

计算机 科学技术与应用

Technology and Application of Computer Science



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

(517 666 0904)

263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

Copyright © 2026 by ART AND TECHNOLOGY PRESS INC. (United States)

Complimentary Copy



Editorial Board Member

Rui Liu

Trans-Asia Gas Pipeline Co.,Ltd.

Yun Cui

Jiangsu University of Science and Technology

Wanting Liu

HongFuJin(ZhengZhoHon) Precision Electronitronic Company Limited.

Renda Han

School of Computer Science and Technology, Hainan University

Xiao Tao

ZS Associates

Jilei Liu

Leoch International Technology Limited

Ying Zhou

Shanghai Xunmeng Information Technology Co., Ltd

Xiaoming Shen

Xishan District Anzhen Xiuyi Digital Computer Repair Studio



计算机科学技术 与应用

Technology and Application of Computer Science

半月刊

第3卷 第5期 2026年3月刊

主管 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

主办 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

编辑 《计算机科学技术与应用》编辑部

ISSN(O): 2998-8934

ISSN(P): 2998-8926

地址: 263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

网址: <https://arttechpress.com>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。

计算机工程与应用 | COMPUTER ENGINEERING AND APPLICATIONS

- | | | |
|-----|--|---|
| 001 | 工业机器人视觉定位技术在微创手术中的应用
Application of Industrial Robot Visual Positioning Technology in Minimally Invasive Surgery | 杨鼎国
Yang Dingguo |
| 004 | 大数据技术在通信工程项目管理中的应用探讨
Discussion on the Application of Big Data Technology in Communication Engineering Project Management | 雷晓萍
Lei Xiaoping |
| 007 | 基于 JAVA 的实验室器材管理系统的设计与实现
Design and Implementation of a Laboratory Equipment Management System Based on JAVA | 唐鹏程, 韩思鑫
Tang Pengcheng, Han Sixin |
| 010 | 基于 Copula 函数的不同地区年度巨灾损失相关性分析
Correlation Analysis of Annual Catastrophe Losses in Different Regions Based on Copula | 史千里
Shi Qianli |
| 015 | 检察院大模型网络安全防护路径探索
Exploration of Cybersecurity Protection Paths for Procuratorate Large Models | 洪我杭
Hong Wohang |
| 018 | 大数据技术在测绘地理信息中的应用研究
Research on the Application of Big Data Technology in Surveying and Mapping Geographic Information | 马科
Ma Ke |
| 021 | 数字化制造背景下3D打印微专业提质培优建设策略
Quality Improvement and Excellence Cultivation Strategies for the 3D Printing Minor Under the Background of Digital Manufacturing | 陈穆
Chen Mu |
| 024 | 中职智慧校园系统整体架构设计与实现
Overall Architecture Design and Implementation of Secondary Vocational Smart Campus System | 王雄, 魏新俊
Wang Xiong, Wei Xinjun |
| 027 | 基于 YOLOv13-HyperACE 的甘蔗整秆收获识别方法
Sugarcane Whole Stalk Harvest Recognition Method Based on YOLOv13-HyperACE | 林舒晗, 肖诗正, 侯明鑫, 李星晨, 杨桢毅, 牛钊君, 孟庆河
Lin Shuhan, Xiao Shizheng, Hou Mingxin, Li Xingchen, Yang Zhenyi, Niu Zhaojun, Meng Qinghe |
| 030 | 高架桥振动模型分析与健康检测
Vibration Model Analysis and Health Inspection of Viaduct | 汪寅章
Wang Yin Zhang |
| 033 | 基于 Apache Doris 的高性能实时数仓架构设计与业务落地实践
Architecture Design and Business Implementation Practice of High-Performance Real-Time Data Warehouse Based on Apache Doris | 邹婷
Zou Ting |

计算机科学与技术 | COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY

- | | | |
|-----|---|---------------------|
| 036 | 无线通信设备资产数字化台账构建与落地路径
Construction and Implementation Path of Digital Asset Ledger for Wireless Communication Equipment | 安居位
An Juwei |
| 039 | 云计算平台中的信息网络资源管理与调度
Information Network Resource Management and Scheduling in Cloud Computing Platforms | 张亚楠
Zhang Ya'nán |
| 042 | CNN-LSTM 融合算法铝电解异常检测研究
Research on Anomaly Detection in Aluminum Electrolysis Based on CNN-LSTM Fusion Algorithm | 陈威
Chen Wei |

045	动车组高安全等级列车网络控制技术研究 Research on High-Safety-Level Train Network Control Technology for EMUs	曾维康 Zeng Weikang
048	计算机网络通信技术故障分析及维修方法 Fault Analysis and Maintenance Methods of Computer Network Communication Technology	赵玉强, 孙元绪, 林庆强 Zhao Yuqiang, Sun Yuanxu, Lin Qingqiang
051	多设备协同场景下音视频同步技术研究 Research on Audio-Video Synchronization Technology in Multi-Device Collaboration Scenarios	赵洪良, 张平贺 Zhao Hongliang, Zhang Pinghe
054	云计算环境下的数据安全与隐私保护问题研究 Research on Data Security and Privacy Protection Issues in Cloud Computing Environment	尹青伟 Yin Qingwei
057	非标机械设备技术改造与其创新路径分析 Analysis on Technical Renovation and Innovation Paths of Non-Standard Mechanical Equipment	王玉启 Wang Yuqi
060	人工智能与物联网在智慧城市中的应用研究 Research on the Application of Artificial Intelligence and Internet of Things in Smart Cities	李怀昱 Li Huaiyu
063	面向视频解析任务的异构 GPU 性能建模与中立评估框架研究 Research on Heterogeneous GPU Performance Modeling and Neutral Evaluation Framework for Video Parsing Tasks	王俊, 刘本军 Wang Jun, Liu Benjun
067	聚焦视觉-语言对齐: 遥感多模态大模型技术综述与前沿展望 Focusing on Vision-Language Alignment: Review and Frontier Prospect of Remote Sensing Multimodal Large Model Technology	王琼洁 Wang Qiongjie
070	基于 SSA-RF 的客户流失预测模型研究 Research on Customer Churn Prediction Model Based on SSA-RF	张三妞 Zhang Sanniu
073	基于教育数据分类分级的大模型框架研究 Research on Large Model Framework Based on Education Data Classification and Grading	孙志磊, 张旗, 赵澄 Sun Zhilei, Zhang Qi, Zhao Cheng

计算机理论与研究 | COMPUTER THEORY AND RESEARCH

076	立体因果图中的条件作用事件 Conditioned action events in a Cubic Dynamic Uncertain Causality Graph	汪志勋 Wang Zhixun
080	岗课赛证融通模式在高职应用化工专业教学中的构建与实施研究 Research on the Construction and Implementation of the Post-Course-Competition-Certificate Integration Mode in the Teaching of Higher Vocational Applied Chemical Engineering Major	尹一然 Yin Yiran
083	公共数据授权运营收益分配的制度张力与调适路径 ——基于某市授权运营案例的财政法分析 Institutional Tension and Adjustment Paths of Benefit Distribution in Authorized Operation of Public Data ——A Fiscal Law Analysis Based on a City's Authorized Operation Cases	李祥舟, 李志男, 陈迺青, 张玉杰, 崔献波, 许和平, 温秀岩 Li Xiangzhou, Li Zhinan, Chen Yiqing, Zhang Yujie, Cui Xianbo, Xu Heping, Wen Xiuyan
086	数字化背景下档案管理信息化研究 Research on Informatization of Archives Management Under the Digital Background	张丽娟 Zhang Lijuan
089	建筑企业工程管理与施工质量控制的有效措施探讨 Discussion on Effective Measures for Engineering Management and Construction Quality Control in Construction Enterprises	尹玉玉, 陈广超 Yin Yuyu, Chen Guangchao
092	大数据驱动的学生学习行为分析与教学干预机制 Big Data-Driven Analysis of Students' Learning Behavior and Teaching Intervention Mechanism	崔毓剑 Cui Yujian
095	我国制造业新型技术改造的现实困境与破局路径研究 Research on the Realistic Dilemma and Breakthrough Path of New Technological Transformation in China's Manufacturing Industry	唐蕾, 王伟强, 戴思宇 Tang Lei, Wang Weiqiang, Dai Siyu
098	大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的拉动效应研究 Hometown for Live Streaming E-commerce on Rural Talent "Migration Backflow"	蒋丽梅, 黄渭春, 覃金凤, 宁宝宽, 黄勤艳, 覃素香 Jiang Limei, Huang Weichun, Qin Jinfeng, Ning Baokuan, Huang Qinyan, Qin Suxiang
101	新加坡高等教育国际化的演进态势与优化策略研究——基于 CiteSpace 的可视化分析 Research on the Evolution Trend and Optimization Strategy of Internationalization of Higher Education in Singapore: A Visual Analysis Based on CiteSpace	邓永燕 Deng Yongyan
104	中国新文化运动背景下书籍装帧设计的视觉叙事机制研究 Research on the Visual Narrative Mechanism of Book Binding Design in the Context of the New Culture Movement in China	余佳成 Yu Jiacheng
107	高职财税类专业教师数字教学能力框架研究 Research on the Digital Teaching Competence Framework for Finance and Taxation Teachers in Vocational Colleges	高维雪, 王若衡 Gao Weixue, Wang Ruoheng
110	面向开放场景理解的遥感点云多模态融合与开放词汇技术综述 A Review of Multi-modal Fusion and Open Vocabulary Techniques for Remote Sensing Point Clouds in Open Scene Understanding	王琼洁 Wang Qiongjie
113	童言稚语的理解与回应——高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的培养 Understanding and Responding to Children's Naive Remarks——Cultivation of Preschool Education Majors' Child-directed Speech Regulation Ability in Higher Vocational Colleges	刘诗靖 Liu Shijing
117	信息化教学在技师学院经济类课堂中的应用研究 Research on the Application of Informationized Teaching in Economic Courses of Technician Colleges	刘汉宾 Liu Hanbin

人工智能 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE

120	AI 赋能 C 语言项目化教学改革与实践 AI-Empowered Project-Based Teaching Reform and Practice in C Programming	师飘, 郑祥明, 赵美佳, 刘国庆 Shi Piao, Zheng Xiangming, Zhao Meijia, Liu Guoqing
123	装备运维中轴承状态监测与智能诊断研究 Research on Bearing Condition Monitoring and Intelligent Diagnosis in Equipment Maintenance and Operation	南雨轩 Nan Yuxuan
126	基于 RAG 与工具调用的税务多智能体系统 Multi-Agent Tax System based on RAG and Tool Use	文颖, 黎栋梁, 徐丰磊, 张颖 Wen Ying, Li Dongliang, Xu Fenglei, Zhang Ying
130	智能化时代计算机应用与通信技术的融合创新研究 Research on the Integration and Innovation of Computer Application and Communication Technology in the Intelligent Era	孙元绪, 林庆强, 赵玉强 Sun Yuanxu, Lin Qingqiang, Zhao Yuqiang
133	人工智能时代下小学课后服务优化路径研究 Research on the Optimization Paths of Primary School After-School Services in the AI Era	程小梅, 刘子或 Cheng Xiaomei, Liu Ziyu
136	AI 赋能下中职教育数字化转型策略探析 Research on Digital Transformation Strategies of Secondary Vocational Education Empowered by AI	付英, 杜亮 Fu Ying, Du Liang
139	生成式 AI 技术在网络安全防护中的应用 Application of Generative AI Technology in Network Security Protection	蒋帆 Jiang Fan
142	散养鸡智能化信息管理系统设计策略 Design Strategies of Intelligent Information Management System for Free-Range Chickens	王翠娥, 兰静 Wang Cui'e, Lan Jing
145	人工智能赋能高校个性化学习的认知路径分析 Analysis of Cognitive Paths for Artificial Intelligence-Enabled Personalized Learning in Universities	崔毓剑 Cui Yujian
148	智能制造背景下高校电子信息工程专业教学研究 Research on Teaching of Electronic Information Engineering in Universities Under the Background of Intelligent Manufacturing	刘洁 Liu Jie
151	人工智能技术在医药领域的应用思考 Reflections on the Application of Artificial Intelligence Technology in the Pharmaceutical Field	张茂恒 Zhang Maoheng
154	智能制造与工业互联网融合推进企业绿色低碳发展 Integration of Intelligent Manufacturing and Industrial Internet to Promote Green and Low-Carbon Development of Enterprises	陈美霞 Chen Meixia
157	江西应用型本科高校人工智能产业学院 AI 人才培养的困境与突破 Dilemmas and Breakthroughs in AI Talent Training of Artificial Intelligence Industry Colleges in Jiangxi's Applied Undergraduate Universities	宋伟强 Song Weiqiang
160	智能变电站高压断路器智能化改造技改实践 Technical Renovation Practice of Intelligent Transformation for High-Voltage Circuit Breakers in Intelligent Substations	刘嵩 Liu Song
163	AIGC 支撑下中职短视频实训“师－生－AI”协同教学模式实践 Practice of the "Teacher-Student-AI" Collaborative Teaching Model in Secondary Vocational Short Video Practical Training Supported by AIGC	李帅 Li Shuai
166	融合主动学习的智能化声学 CT 实验平台研制 Development of an Intelligent Acoustic CT Experimental Platform Integrating Active Learning	张玉峰, 王勇幸 Zhang Yufeng, Wang Yongxing
169	江西应用型高校产教融合科教融汇与产业学院建设研究——构建“人工智能+专业集群”产业学院新模式 Research on the Integration of Industry and Education, the Convergence of Science and Education, and the Construction of Industrial Colleges in Jiangxi's Applied Universities: Establishing a New Model of "Artificial Intelligence + Professional Cluster" Industrial Colleges	宋伟强, 叶珍 Song Weiqiang, Ye Zhen
173	我国智能制造系统解决方案综述：发展态势、能力现状与提升路径研究 A Review of China's Intelligent Manufacturing System Solutions: Development Trends, Capability Status and Enhancement Paths	李广朋, 牛鹏飞, 郭峻源, 王明钊 Li Guangpeng, Niu Pengfei, Guo Junyuan, Wang Mingzhao

工业机器人视觉定位技术在微创手术中的应用

杨鼎国

北京 100010

DOI: 10.61369/TACS.2026050004

摘 要： 微创手术因创伤小、出血少、恢复周期短等优势，成为现代外科临床治疗主流。随医疗精准化、智能化诊疗需求升级，工业机器人技术向医疗外科领域迁移，视觉定位技术作为核心支撑，对提升手术精度、保障稳定性、降低风险至关重要。本文从工业机器人视觉定位技术原理入手，对比单目、双目等技术方案特点，结合骨科、腹腔镜等手术场景，阐述其在病灶识别等方面的应用机制。针对软组织形变等实际难题，剖析现有技术瓶颈并提出优化策略。最后结合人工智能等技术趋势，展望其在微创手术领域的未来方向。研究旨在为医疗机器人研发、临床实践及学术研究提供理论参考与实践思路。

关 键 词： 工业机器人；视觉定位；微创手术；手术导航；机器视觉；多模态融合

Application of Industrial Robot Visual Positioning Technology in Minimally Invasive Surgery

Yang Dingguo

Beijing 100010

Abstract： Minimally invasive surgery has become the mainstream approach in modern surgical clinical practice due to its advantages of minimal trauma, reduced bleeding, and shorter recovery periods. With the upgrading of precision and intelligent diagnostic and therapeutic demands in healthcare, industrial robotics technology is being applied to the field of medical surgery, where visual positioning technology serves as a core support for enhancing surgical accuracy, ensuring stability, and reducing risks. This article begins by examining the principles of industrial robot visual positioning technology, compares the characteristics of monocular and binocular technical solutions, and illustrates their application mechanisms in lesion recognition through surgical scenarios such as orthopedics and laparoscopy. Addressing practical challenges like soft tissue deformation, the study analyzes existing technical bottlenecks and proposes optimization strategies. Finally, it explores future directions for minimally invasive surgery by integrating technological trends such as artificial intelligence. The research aims to provide theoretical references and practical insights for medical robot development, clinical practice, and academic research.

Keywords： industrial robot; visual positioning; minimally invasive surgery; surgical navigation; machine vision; multimodal fusion

引言

（一）研究背景

现代外科医疗技术进入微创化、精准化、智能化新阶段，腹腔镜等微创诊疗设备广泛普及，手术操作从传统宏观粗放式转向微观精细式。尽管微创手术优化了治疗效果，但存在操作空间狭小、视野受限、震颤难消除、依赖医生经验等局限，影响手术安全与患者康复，制约其发展。机器人在精度、稳定性、承载能力上有优势，引入微创手术领域可精准操控器械、稳定持镜、辅助切割缝合，弥补人工手术缺陷。机器人精准感知手术环境、定位病灶与器械位置，核心依赖视觉定位技术，它是连接机器人与微创手术的桥梁，也是推动微创机器人升级的核心技术。

（二）研究意义

从临床应用层面看，工业机器人视觉定位技术可实现亚毫米级手术定位，减小误差、降低误伤、提升准确率，适用于高精度手术，提升微创手术安全性与有效性。从工程技术层面看，将该技术从工业迁移至医疗需突破技术难题，推动跨领域融合创新，完善技术体系，促进核心技术自主化。从社会医疗层面看，依托此技术可降低复杂微创手术门槛，提升基层医院能力，缩小地区差距，助力精准与

普惠医疗，缓解资源分配不均问题。

（三）国内外研究现状

国外微创手术机器人视觉定位技术研究起步早、积累深厚，如达芬奇手术机器人已实现高清三维视觉与主从操控的成熟临床应用，构建了完善技术体系。近年来，美国高校科研机构围绕无标记视觉追踪等方向深入研究，提升了视觉定位技术的鲁棒性与智能化水平。国内相关研究起步晚，但在政策扶持与科研投入加大推动下，技术快速突破，北京航空航天大学等科研院校在多领域取得重要成果，部分自主研发产品进入临床试验与应用阶段。不过，我国在核心算法鲁棒性等方面与国际先进水平有差距，相关技术有待进一步优化完善。

一、工业机器人视觉定位技术基本原理

工业机器人视觉定位技术，核心是通过图像传感器采集手术区域视觉信息，经图像处理等流程获取病灶、手术器械三维空间位姿信息，引导机器人精准操作的技术体系。与工业生产场景相比，微创手术对视觉定位技术要求更严苛，核心为亚毫米级定位精度、高实时性、强场景鲁棒性、高医疗安全冗余性，不同类型视觉定位技术原理与应用特点有差异。

（一）单目视觉定位技术

单目视觉定位技术用单个图像传感器获取手术区域二维图像信息，通过目标物体先验尺寸、运动恢复结构或 PnP 算法，实现二维图像到三维空间坐标转换以定位目标。该技术硬件结构简单、成本低、设备小巧，易集成在微型微创诊疗器械中，适合空间有限的手术场景。但它缺乏直接深度信息，定位精度有限，对人工标记物依赖性强，多用于穿刺导航、简单手术器械定位及低成本微创机器人系统。

（二）双目立体视觉定位技术

双目立体视觉定位技术模拟人双眼视觉，用两参数一致的图像传感器从不同视角同步采集手术区域图像，基于视差原理与三角测量法计算目标深度信息实现三维定位。核心流程有相机标定、极线校正、特征匹配、三维重建、位姿解算。该技术成熟度高，能获取完整三维信息，实时性好，无需额外投射结构光，适配多数微创手术场景。不过，它对传感器基线距离、光照一致性要求高，手术器械或组织遮挡易使特征匹配失效，影响定位精度。目前，该技术广泛用于腹腔镜三维重建、骨科术中配准、持镜机器人定位等场景。

（三）结构光视觉定位技术

结构光视觉定位技术投射结构化光源，结合图像传感器拍摄手术区域图像，经解码计算获取目标物体深度信息，完成三维重建与定位。该技术三维重建密度高、定位精度优，对弱纹理区域感知效果好，能精准重建组织表面形态。不过，结构光易受术中血液、烟雾、组织反光等干扰，动态场景下定位稳定性差，多用于静态或准静态组织表面重建、术前手术规划与术中图像配准等环节。

二、视觉定位技术在微创手术中的典型应用

（一）骨科微创手术

骨科微创手术对骨骼定位、器械置入精度要求高，工业机器

人视觉定位技术解决传统手术精度不足问题。在脊柱椎弓根螺钉置入手术中，利用双目视觉或光学导航系统精准配准术前 CT 影像与术中解剖标志，引导机器人按术前规划路径置入螺钉，定位误差控制在 1mm 以内，降低神经、血管损伤风险；在全膝关节、髌关节置换微创手术中，视觉定位系统实时监控截骨平面与假体置入角度，精准控制截骨量与假体位置，提升假体与人体骨骼匹配度，减少术后疼痛与假体翻修概率。

（二）腹腔镜微创手术

腹腔镜手术是视觉定位技术的代表性应用场景。三维腹腔镜视觉系统能为医生提供清晰的三维视野与深度感知信息，避免传统腹腔镜手术中“穿孔”“误扎”等问题；基于视觉定位的自动持镜机器人可根据医生需求实时调整镜头位置与角度，替代助手持镜，解放医生双手，提升手术连贯性；此外，视觉定位系统能实时追踪手术器械位置，规划防碰撞路径，设置安全操作区域告警，提升手术安全性。

（三）神经外科微创手术

神经外科手术涉及脑组织、血管等精密脆弱组织，操作容错率极低，视觉定位技术是保障手术安全的核心支撑。在内镜下脑肿瘤切除手术中，视觉定位系统融合术前 MRI 影像数据，增强显示病灶边界，引导精准切除肿瘤，减少正常脑组织损伤；在深部脑刺激电极植入手术中，依托该技术实现亚毫米级靶点定位，确保电极植入位置精准，保障手术效果；利用视觉语义分割技术，能实时识别血管、神经等危险区域，提前发出避让提示，降低术中并发症发生率。

（四）眼科显微微创手术

眼科显微手术操作空间极小，对操作精度的要求达到微米级，人工手术难以避免手部震颤带来的操作误差。工业机器人结合视觉定位技术，可实时捕捉手术器械位姿，自动抵消人手微小震颤，实现稳定的显微操作；将 OCT 影像与显微视觉定位技术融合，能够精准定位视网膜、玻璃体等眼部组织，完成视网膜下注射、玻璃体切割等超精细手术操作，实现人工手术无法完成的复杂诊疗操作，拓展了眼科疾病的治疗方案。

三、临床应用中的关键技术难点与优化策略

（一）软组织形变导致的定位漂移问题

人体腹腔、颅脑等部位软组织会因生理运动和手术器械操作发生弹性形变，导致术前组织三维模型与术中实际位置偏差，引

发视觉定位漂移、降低操作精度。针对此问题，可利用术中实时三维重建技术动态更新软组织形态模型、同步修正定位数据；引入生物力学模型预测软组织形变趋势，提前补偿定位信息；采用多模态影像实时配准技术融合术中超声、OCT 等影像信息，动态校准定位误差，提升软组织场景定位稳定性。

（二）术中环境干扰导致的视觉感知失效

微创手术中，电凝烟雾、术中出血、光照不均等问题会使视觉图像模糊、特征缺失，导致视觉定位系统感知失效。对此，可通过图像增强、去雾、降噪算法预处理原始图像，优化图像质量；采用基于深度学习的鲁棒特征提取模型，降低图像质量对特征识别的影响，提升复杂干扰场景下特征提取成功率；搭建视觉与惯性测量单元融合定位系统，在视觉短时感知失效时，由惯性测量单元维持定位连续性，避免定位中断。

（三）多器械操作遮挡导致的追踪中断

腹腔镜、胸腔镜等微创手术中，多器械同时操作易出现相互遮挡问题，导致视觉特征丢失、器械追踪中断。优化方案如下：采用多视角视觉传感器布置方案，从不同角度采集手术区域信息，弥补单一视角遮挡缺陷；基于器械运动轨迹预测算法，对短时遮挡的器械进行轨迹插值跟踪，维持定位连续性；优化无标记深度学习追踪模型，提升器械部分遮挡场景下的识别与追踪能力，减少追踪中断概率。

四、未来发展趋势

（一）人工智能与视觉定位深度融合

未来，小样本学习、自监督学习、迁移学习等人工智能技术将与视觉定位深度融合，解决微创手术数据标注难度大、场景复

杂多样的问题，进一步提升手术器械、病灶组织的识别精度与追踪稳定性，实现真正意义上的无标记、全自动视觉定位，推动微创机器人向自主化、智能化方向发展。

（二）多模态融合感知技术持续升级

单一视觉信息仅能获取组织表面信息，无法满足复杂手术的深层感知需求，未来视觉定位将进一步融合 OCT、超声、CT、力学、生理信号等多维度信息，构建全息化手术场景感知体系，实现从“表面视觉感知”到“深层组织穿透感知”的升级，提升复杂病灶、隐蔽组织的定位能力。

（三）视觉传感器微型化与柔性化

针对人体自然腔道、狭小手术空间的应用需求，视觉传感器将朝着微型化、柔性化方向发展，微型内窥相机、柔性视觉探头等设备将不断迭代，能够深入更多传统器械无法到达的手术区域，拓展微创手术的适应症范围，提升诊疗的灵活性与适用性。

五、结论

工业机器人视觉定位技术为微创手术提供“环境感知－精准定位－操作执行”闭环技术支撑，破解传统微创手术精度低等难题，推动其从人工经验主导转向精准智能主导。技术从传统视觉定位发展到结构光等，突破医疗复杂场景应用约束，在多个微创领域有优异应用价值。现阶段，该技术在微创手术应用中面临软组织形变等难题，需结合临床需求持续优化。未来，随人工智能等技术发展，视觉定位技术将朝智能化等方向演进，完善医疗机器人技术体系，推动微创手术机器人升级为智能外科系统，为精准、智能医疗发展提供核心技术支撑。

参考文献

[1] 王田苗, 胡天亮, 张帆. 医疗外科机器人研究现状与发展趋势 [J]. 机械工程学报, 2020, 56(15): 1-12.
[2] 孙立宁, 杜志江. 微创手术机器人技术与临床应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2019: 45-89.
[3] 季林红, 李剑, 王兴松. 骨科手术机器人视觉导航关键技术研究进展 [J]. 医用生物力学, 2021, 36(02): 175-182.
[4] 张福学, 刘畅, 赵万华. 腹腔镜三维视觉定位与机器人操控系统设计 [J]. 中国医疗器械杂志, 2020, 44(03): 198-203.
[5] 马宏伟, 赵万华, 周建军. 神经外科手术机器人视觉导航定位精度优化研究 [J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35(08): 845-849.
[6] 吴鑫, 王战玺, 李丽. 双目立体视觉在微创穿刺手术中的定位应用研究 [J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(11): 267-274.
[7] 李祖贺, 王凤琴, 张龙. 基于深度学习的手术器械无标记视觉追踪方法 [J]. 模式识别与人工智能, 2022, 35(04): 361-369.
[8] 陈世雄, 刘军, 王浩. 多模态影像融合在微创外科手术导航中的应用研究 [J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(06): 926-930.
[9] 杨运泰, 陈峰, 吴伟. 工业机器人手眼标定技术在微创外科中的优化应用 [J]. 控制与决策, 2020, 35(07): 1756-1762.
[10] 国家药品监督管理局医疗器械技术审评中心. 手术机器人技术指导原则与临床评价要点 [Z]. 2023-05-12.

大数据技术在通信工程项目管理中的应用探讨

雷晓萍

山西通信通达微波技术有限公司, 山西 太原 030006

DOI: 10.61369/TACS.2026050007

摘 要： 数字科技和信息基础设施搭建深度交融，促使通信工程朝着规模化、复杂化的方向迈进。传统项目管理主要依靠人工统计和经验决策，常常出现数据零散、管控不及时、风险预警不够等状况，难以符合现代工程建设的要求。大数据技术拥有多源数据融合、实时分析、模型预估以及可视化管控的能力，能够贯穿项目整个生命周期实现数据驱动式管理。文章从应用意义、实施场景、保障手段等方面，分析大数据于通信工程进度、成本、质量、风险、资源这五大核心管理环节的落地途径，目的是化解传统管理难题，提高工程建设效率与综合效益，为通信行业高质量进步提供实践参考。

关 键 词： 大数据技术；通信工程；项目管理；全生命周期；精细化管控

Discussion on the Application of Big Data Technology in Communication Engineering Project Management

Lei Xiaoping

Shanxi Communication Tongda Microwave Technology Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030006

Abstract： The deep integration of digital technology and information infrastructure has propelled communication engineering toward greater scale and complexity. Traditional project management primarily relies on manual data collection and experience-based decision-making, often resulting in fragmented data, delayed oversight, and insufficient risk alerts—shortcomings that fail to meet modern construction requirements. Big data technology, with its capabilities in multi-source data integration, real-time analysis, predictive modeling, and visualized management, enables data-driven governance throughout the entire project lifecycle. This article examines how big data can be applied to the five core management dimensions of communication engineering—progress, cost, quality, risk, and resource allocation—from perspectives including practical significance, implementation scenarios, and support mechanisms. The aim is to address limitations of traditional management approaches, enhance construction efficiency and overall performance, and provide actionable insights for advancing the communication industry to higher standards.

Keywords： big data technology; communication engineering; project management; full life cycle; refined control and management

引言

通信工程作为数字经济发展的主要基础，担负着网络覆盖、容量提高、业务承载等核心功能。随着5G专网、算力网络、千兆光网等新型基础设施加速建设，项目规模不断扩大、技术复杂程度提高、协同部门增加，对管理精准度与响应速率提出更高要求。长久以来通信工程项目管理依靠人工填写、实地巡检、事后总结等形式，数据收集分散、处理效能低、共享能力差，容易引发工期延迟、成本超预算、质量隐患等状况。大数据技术可破除部门隔阂、整合全流程数据，基于动态监控、智能分析、提前预估实现全过程可调控。所以把大数据和通信工程项目管理进行深度结合，搭建智能化管控系统，已成为行业转型的必然走向。

一、大数据在通信工程项目管理中的应用价值

（一）推动流程重构，提升管理精细化水平

通信工程类项目包括勘察设计、施工建造、设备调试、验收

运维等多个环节，数据来源广泛、种类多样、更新迅速。在传统的管理模式当中，各个环节的数据独立进行存储，且标准存在差异，从而形成数据孤岛。依靠人工来处理不仅耗费时间与精力，还容易出现误差。大数据平台能够实现进度、成本、人员、设

备、物料、检测等多方面数据的统一接入与标准化处置，基于自动化的比对、清洗、分析，即时输出主要指标，促使管理从经验驱动转变为数据驱动。基于统一数据底座，管理流程更具透明性与规范性，管控精细度更高，有力提高项目的标准化和精细化程度。

（二）强化风险预警，提高项目抗风险能力

通信工程建设周期久、现场状况繁杂，容易受地质状况、气象变化、供应链起伏、政策变动等因素作用，风险具备隐蔽性、突发性、传导性等特性。传统的风险管控依靠管理人员的经验，风险识别存在滞后性、预判能力欠缺、应对较为被动。运用大数据技术，能够整合过往项目风险库、即时监测数据、外部环境数据，搭建风险识别和预测模型，对技术方面风险、安全方面风险、成本方面风险、工期方面风险、供应链方面风险等开展动态识别与分级预警。基于预先介入、完善规划，能够明显降低风险出现概率，削减经济损失，确保项目顺利开展。

（三）优化决策机制，增强决策科学性与可靠性

项目决策覆盖规划、设计、建造、验收全流程，直接左右建设成果。传统的决策方式依靠主观判定，缺乏足够的数据支撑，容易产生偏差。大数据基于多方面的挖掘以及关联分析，把现场状况、资源负载、成本走向、质量指标等转变为量化的根据，为方案筛选、资源分配、进度调节、成本管控提供客观的支撑。管理者能够根据可视化看板实时把控项目状况，实现从被动响应到主动预判的转变，提高决策效率与执行成效。

二、大数据在通信工程项目管理中的具体应用

（一）进度管理：实时监控与动态纠偏

进度管理是项目按时交付的主要。传统方式以周报、月报作为主要形式，信息存在滞后性，偏差的发现与处置不够及时。大数据平台能够对接施工日志、定位系统以及设备运行数据，实时收集工序完成状况、人员出勤情况、机械使用比率、物料到场状态等信息，和计划进度开展可视化比较。若出现偏差情况，系统会自行分析原因，像人员短缺、设备故障、物料供应延迟、工序存在瓶颈等，同时给出优化方面的建议。基于动态调节施工安排和资源调配，保证主要节点在可控范围，确保项目按时交付。

（二）成本管理：全过程动态核算与优化

通信工程的成本包含材料、人工、机械、协调、管理等多种费用，其结构较为复杂。传统的成本核算存在周期较长、误差偏大的情况，超支问题不易提前察觉。大数据能够实现成本数据的实时收集、自动汇总、动态核算，让实际支出与预算进行实时对照，针对异常项目及时发出预警。基于对过往项目数据开展挖掘工作，能够分析材料价格走向、供应商履约状况、施工方案经济程度等内容，为采购策略制定、租赁计划安排、预算编制工作提供支撑根据。全流程成本公开化，有利于降低浪费、削减不合理费用，提高项目盈利程度。

（三）质量管理：标准落地与过程可控

工程品质直接影响网络的稳定性和使用年限。传统的质量管

控方式主要是抽检以及事后整改，很难实现全过程的覆盖。大数据根据国家与行业规范为准则，建立质量标准库，实时收集施工工艺、检测数据、设备参数、隐蔽工程记录等信息，对主要指标开展在线监测。当数据超过阈值时，系统马上发出预警，推动现场进行复检并开展闭环整改。基于对过往缺陷数据开展统计分析，能够明确高频问题所在环节，优化施工技术以及管控主要要点，从根源上加强工程质量的稳定性。

（四）风险管理：全周期识别、预判与应对

通信工程建设项目面临的风险种类繁多，其影响领域广泛。大数据基于搭建风险数据库，对过往事故、隐患、故障开展分类标记，建立出风险特征库。综合现场即时数据、气象资讯、供应链数据、政策资讯等，基于算法模型预估风险发生的概率和影响程度，实现分级预警。对于高风险项目，系统会自动推荐应对措施，像调整工程周期、更替供应商、强化防护措施、储备物资等，实现风险早发现、早预判、早处置。

（五）资源管理：智能调配与高效利用

项目包括人力、机械、材料、车辆等众多资源，常规调度易产生闲置或不足情况。大数据基于分析资源利用效率、负载状况、需求走向，实现智能匹配与优化调配。平台能够实时监测资源的位置和状态，把闲置的资源调配到需求紧张的工段；根据历史数据对各阶段的资源峰值进行预测，提前做好采购、租赁以及储备工作，在确保施工连续性的同时，减少库存积压和浪费现象，提高整体资源的利用效能。

三、实施保障措施

（一）建立统一数据标准与治理机制

清晰界定数据的采集、存储、传输以及应用的规范，统一字段、口径和格式，从起始点提高数据的质量。建立数据审核、清理、更新的制度，保证数据真实、准确、可用。

（二）完善数据安全与权限管理体系

加强数据加密、访问管控、操作记录、备份还原等手段，精准划分权限界限，确保项目敏感数据和商业信息的安全。

（三）加强复合型人才队伍建设

培育具备通信工程、项目管理、大数据技术的复合型人才，加强一线人员的数据运用能力，促进技术落地并取得成效。

（四）推动平台迭代与业务融合

根据项目实际需求为指引，不断优化大数据平台的功能，强化与物联网、移动端、可视化系统的协作，提高易用性和实用性。

四、结论

大数据技术为通信工程项目管理给出系统化、智能化的解决办法，基于在进度、成本、质量、风险、资源等主要环节的深入运用，确实解决传统模式里信息不对称、管控粗放、决策滞后等难题，促使管理朝着精细化、数字化、智能化方向转变。在实际

操作里，要秉持问题导向，健全标准、安全、人才、平台等保障机制，推动技术和业务的深度结合。未来一段时期，随着大数据、人工智能、物联网等技术不断创新，通信工程项目管理能够实现更高水准的协同管控与高效运作，为新型信息基础设施建设提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 陈勇刚. 大数据技术在通信工程项目资源优化配置中的应用研究 [J]. 现代工程科技, 2024, 3(23): 5-8.
- [2] 李宁. 大数据技术在通信工程项目管理中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(12): 94-95.
- [3] 汪洋. 大数据技术在通信工程项目管理中的应用研究 [J]. 通讯世界, 2024, 31(09): 166-168.
- [4] 黄宏成. 大数据驱动的通信工程施工项目精细化管理研究 [J]. 中国新通信, 2023, 25(18): 13-15.
- [5] 赵宇, 王健. 通信工程项目全生命周期管理中大数据技术的应用 [J]. 邮电设计技术, 2023(11): 67-69.
- [6] 李娟. 大数据与人工智能融合在通信工程成本管控中的实践 [J]. 工程经济, 2024, 34(05): 29-32.
- [7] 张磊, 刘思远. 通信工程项目风险管理的大数据分析方法 [J]. 通信技术, 2023, 56(08): 989-995.
- [8] 王鹏. 现代通信工程项目管理与大数据技术的结合应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2022.
- [9] 周明, 陈晓峰. 大数据在通信工程进度管理中的应用与优化 [J]. 信息技术与信息化, 2024(03): 189-191.
- [10] 吴海波. 通信工程质量管控中大数据技术的实践路径 [J]. 智能城市, 2023, 9(24): 82-84.

基于 JAVA 的实验室器材管理系统的设计与实现

唐鹏程, 韩思鑫

陕西科技大学镐京学院, 陕西 咸阳 712046

DOI: 10.61369/TACS.2026050009

摘 要 : 随着经济与科研事业的高速发展, 实验室在科研领域的地位愈发重要, 传统人工模式的实验室器材管理弊端日益凸显, 器材借用、损坏管控等问题亟待解决。本文设计并实现的基于 JAVA 的实验室器材管理系统, 后端采用 JAVA Spring Boot 框架开发, 前端借助 HBuilder 搭建操作界面, 选用轻量级 MySQL 关系型数据库存储数据。系统划分学生与管理员双端口, 实现分角色权限操作, 学生端可完成器材查询、借用申请、历史记录查看等操作, 管理员端实现器材信息增删改查、借用申请审核、器材统计及报表生成等功能。经实践验证, 该系统有效解决了传统器材管理的各类问题, 大幅提升实验室器材管理效率与数据准确性, 优化了器材全生命周期管理流程, 为师生使用器材与管理员日常管控提供了极大便利。

关 键 词 : Spring Boot; 实验室器材申请; MySQL 数据库

Design and Implementation of a Laboratory Equipment Management System Based on JAVA

Tang Pengcheng, Han Sixin

Haojing College, Shaanxi University of Science & Technology, Xianyang, Shaanxi 712046

Abstract : With the rapid development of the economy and scientific research, laboratories have become increasingly important in the field of scientific research. The drawbacks of traditional manual laboratory equipment management have become more prominent, with issues such as equipment borrowing and damage control urgently needing resolution. This paper presents the design and implementation of a laboratory equipment management system based on JAVA. The backend is developed using the JAVA SpringBoot framework, while the frontend interface is constructed with the assistance of HBuilder. A lightweight MySQL relational database is selected for data storage. The system features dual ports for students and administrators, enabling role-based permission operations. The student port allows for equipment inquiry, borrowing applications, and viewing historical records, among other functions. The administrator port facilitates equipment information management (addition, deletion, modification, and inquiry), borrowing application approval, equipment statistics, and report generation. Practical verification demonstrates that the system effectively resolves various issues associated with traditional equipment management, significantly enhancing the efficiency and data accuracy of laboratory equipment management. It optimizes the entire lifecycle management process of equipment, providing great convenience for both teachers and students in using the equipment and for administrators in daily management and control.

Keywords : SpringBoot; laboratory equipment application; MySQL database

引言

在科研领域快速发展的当下, 实验室作为科研工作开展的核心场所, 其内部器材管理效率直接影响科研进度与实验开展质量。传统实验室器材管理多依赖人工登记、纸质记录, 存在管理效率低下、信息查询困难、借用归还流程混乱、器材状态跟踪不及时等问题, 既增加了实验室运营管理成本, 也容易出现器材重复采购、损坏丢失无法追责等情况^[1]。为破解上述管理痛点, 依托成熟的 JAVA 技术体系搭建数字化管理系统成为必然趋势。本文基于 SpringBoot 框架、MySQL 数据库等技术, 设计并实现一套分角色的实验室器材管理系统, 聚焦器材借用、归还、信息管控、数据统计等核心业务, 旨在规范实验室器材管理流程, 提升管理效率与数据准确性, 为实验室日常运营与科研工作推进提供便捷高效的数字化支撑。

一、系统开发依托的核心技术阐述

（一）JAVA 语言具备核心开发支撑能力

JAVA 是面向对象的编程语言，拥有封装、继承、多态三大核心特性，同时支持多线程、反射、网络编程等功能，具备跨平台、稳定性强、安全性高的优势，是本系统后端开发的核心语言。其生态丰富，兼容各类主流开发框架，搭配 Maven 工具可高效管理项目依赖包，省去手动引入 jar 包的繁琐流程，实现轻量化开发。本系统借助 JAVA 语言的特性，实现后端业务逻辑封装、数据交互处理，同时保障系统可跨平台部署运行，适配不同操作系统的使用需求。

（二）SpringBoot 框架简化后端开发流程

SpringBoot 是基于 Spring 框架的开源 JAVA 框架，遵循“约定大于配置”核心原则，由 Pivotal 团队维护，主打快速开发、简化配置。该框架具备自动化配置、内置 Tomcat 等嵌入式 Web 容器、智能依赖管理三大核心优势，大幅减少手动配置文件与冗余代码，无需额外部署独立 Web 容器即可快速启动项目。本系统选用 SpringBoot 搭建后端架构，依托其高效特性快速实现业务模块开发，提升开发效率，同时保障后端系统运行稳定、易于维护^[2]。

（三）前端技术实现界面交互与页面渲染

JavaScript 是直译式客户端脚本语言，具备动态类型、弱类型特性，主要用于实现网页动态交互效果，配合 HTML、CSS 完成前端页面布局与样式设计。本系统前端借助 HBuilder 工具开发，以 JavaScript 为核心实现前端表单验证、页面交互、异步数据传输等功能，优化用户操作体验。前端技术整体轻量化，无需复杂配置，可快速搭建简洁直观的操作界面，实现前后端数据无缝对接，保障学生与管理员操作流程流畅便捷。

二、实验室器材管理系统全方位需求分析

（一）系统落地应用具备双重可行性

1. 经济层面满足低成本开发运营要求

本系统选用的 JAVA、SpringBoot、MySQL 等技术均为开源免费资源，无需支付技术授权费用，开发成本极低；系统部署可依托常规云服务器或普通计算机完成，硬件投入小。从运营效益来看，系统上线后可替代人工管理模式，减少人力、物力消耗，规避器材重复采购、管理混乱造成的资源浪费，其带来的管理效益与成本节约远高于开发与维护成本，因此经济层面完全可行^[3]。

2. 技术层面具备成熟落地的支撑条件

系统所用各项技术均为行业成熟方案，生态完善、资料丰富，开发与调试难度低；JAVA 语言的跨平台特性、SpringBoot 的轻量化部署能力、MySQL 的稳定数据处理能力，可完全满足系统功能与性能需求。开发人员可快速掌握技术要点，顺利完成系统搭建、功能实现与后期维护，同时系统可在 Windows 等主流系统部署，也可轻松迁移至其他平台，技术层面具备充分的可行性。

（二）系统核心功能性需求明确划分

1. 学生用户拥有专属操作功能模块

学生作为系统主要使用群体，需先完成注册登录，方可使用相

关功能。学生端核心功能包括：器材信息查询，可查看全部器材列表与详情，支持关键词检索；器材借用申请，针对待用器材提交借用申请，系统自动记录申请信息；个人中心管理，查看个人借用历史记录、申请审批状态，同时可修改个人基本信息。所有功能流程简洁，贴合学生日常使用器材的实际需求，操作门槛低。

2. 管理员用户拥有全流程管控功能

管理员作为系统核心管控角色，拥有最高操作权限，负责实验室器材全流程管理。管理员端核心功能包括：用户信息管理，查看、管理学生用户账号；器材信息管理，完成器材信息录入、修改、删除、状态更新；借用申请审核，对学生提交的借用、归还申请进行审批，通过或驳回申请；器材数据统计，统计器材使用情况、报废情况；报表生成，导出器材相关报表，方便随时查看与归档^[4]。

（三）系统非功能性需求保障运行质量

除核心功能外，系统需满足四大非功能性需求：可维护性方面，代码模块化设计，结构清晰，便于后期功能修改、问题修复；可移植性方面，依托 JAVA 跨平台特性，可在不同操作系统与服务器间迁移，不影响运行性能；稳定性方面，可承受常规并发访问，无卡顿、崩溃问题，保障长期稳定运行；安全性方面，具备完善的权限认证机制，用户密码加密存储，防范外部攻击，保障数据安全与操作合规。

三、实验室器材管理系统整体方案设计

（一）系统搭建完整架构设计

本系统采用 B/S 架构模式，整体分为前端展示层、后端业务层、数据访问层、数据持久层四层架构。前端展示层负责搭建用户操作界面，实现用户交互与数据展示；后端业务层以 SpringBoot 为核心，处理各项业务逻辑、权限管控与请求响应；数据访问层负责衔接后端与数据库，实现数据增删改查操作；数据持久层依托 MySQL 完成数据存储与备份^[5]。四层架构分工明确、协同运作，保障系统功能高效落地，同时具备良好的扩展性。

（二）系统分角色功能模块设计

系统按照角色差异划分为学生端与管理端两大功能模块，各模块下设细分功能单元，互不干扰、权限清晰。学生端模块聚焦器材使用相关操作，满足基础使用需求；管理端模块聚焦全流程管理与管控，覆盖器材、用户、申请、统计全场景，实现实验室器材的规范化、数字化管理。模块设计逻辑连贯，业务流程闭环，既避免功能交叉冗余，又能全面覆盖实验室器材管理的所有核心场景。

（三）系统规范数据库结构设计

1. 数据库完成逻辑结构设计

数据库逻辑结构通过 E-R 图梳理核心实体与关联关系，系统核心实体包括用户、器材、借用申请、角色、用户角色关联五大类，明确各实体属性与关联规则：用户与角色为多对多关联，用户与借用申请为一对多关联，器材与借用申请为一对多关联。通过规范实体关联，避免数据冗余与混乱，保障数据一致性，为后续物理表结构设计奠定基础。

2. 数据库完成物理结构设计

基于逻辑结构设计,系统共设计5张核心数据表,分别为用户信息表(user_info)、角色表(roles)、用户角色关联表(user_roles)、器材信息表(asset)、借用申请表(apply)。每张表均明确字段名称、类型、主键、非空约束及字段含义,规范字段命名与数据格式,确保数据存储规范、查询高效。表间通过外键建立关联,保障数据联动性,实现器材、用户、申请数据的协同管理。

(四) 系统核心业务流程设计

系统核心业务流程分为学生器材借用流程与管理员管理流程,全程规范化、闭环化。学生借用流程为:注册登录→查询器材→提交借用申请→等待审核→审核通过使用→提交归还申请→审核通过完成归还;管理员管理流程为:登录系统→管理器材信息→审核学生申请→更新器材状态→统计器材数据→生成报表。两大流程衔接紧密,实现器材从待用、申请、在用、归回到待用的全生命周期跟踪管控。

四、实验室器材管理系统功能实现

(一) 系统搭建适配运行环境

1. 系统配置适配硬件环境

系统硬件配置分为开发主机、数据库服务器、客户端三类:开发主机采用 I5 处理器、8G DDR3 内存、500G 硬盘,满足开发调试需求;数据库服务器采用 I5 处理器、4G DDR3 内存、100G 硬盘,保障数据存储与查询效率;客户端无特殊硬件要求,仅需常规配置计算机即可,通过浏览器访问系统,适配多终端使用场景。

2. 系统配置适配软件环境

软件环境方面,开发与运行系统采用 Windows 11 操作系统,后端采用 JDK1.8、SpringBoot 框架、Maven 工具,Web 容器选用 Tomcat8.0,数据库为 MySQL;前端采用 HBuilder 开发,依托 HTML、CSS、JavaScript 实现界面搭建。所有软件版本适配性良好,无兼容问题,可快速完成系统部署与启动,保障各项功能正常运行。

(二) 管理员端核心功能实现

管理员端功能通过后台界面实现,核心功能包括登录验证、器材信息管理、用户管理、申请审核、数据统计。管理员输入账号密码登录系统,通过身份验证后进入管理主界面;器材管理模块可完成器材信息录入、修改、删除、查询,实时更新器材状态;用户管理模块可查看学生信息,清理无效账号;申请审核模块可查看待审批申请,进行通过或驳回操作,同步更新器材状态;同时可统计器材使用、报废数据,生成对应报表。

(三) 学生端核心功能实现

学生端功能面向普通用户设计,界面简洁易操作,核心功能包括注册登录、器材查询、借用申请、个人中心。学生填写个人信息完成注册,凭借账号密码登录系统;登录后可浏览全部器材信息,通过关键词快速查找目标器材,查看器材型号、保修期、状态等详情;针对待用器材提交借用申请,可实时查看审批进度;个人中心可查看历史借用记录、归还状态,同时修改个人账号信息,保障信息准确性。

五、实验室器材管理系统功能测试验证

(一) 系统测试明确核心目的

系统测试的核心目的是验证系统各项功能是否符合需求设计,确保用户登录、器材管理、申请审核、数据查询等功能正常运行;检验系统在常规操作与异常操作下的稳定性,避免出现卡顿、崩溃、数据错乱等问题;验证系统权限管控、数据存储的安全性,保障不同角色操作合规、数据不泄露;同时检验界面易用性,确保用户操作流畅,最终保障系统具备实际落地应用的能力。

(二) 系统测试制定规范说明

本次测试采用黑盒测试方法,聚焦功能实现效果,测试内容覆盖用户登录、器材管理、申请审核、信息查询等核心模块;测试过程模拟正常操作、错误输入、空值提交、越权操作等多种场景,检验系统容错能力与并发处理能力;测试过程全程记录操作步骤、预期结果与实际结果,针对问题及时排查修复,确保系统所有功能模块均通过测试,满足使用要求。

(三) 系统完成全面功能测试

本次测试设计多组测试用例,覆盖核心功能场景:用户登录测试,验证已注册用户正确密码登录成功、错误密码或未注册账号登录失败,空值输入提示报错;器材信息管理测试,验证器材录入、修改、删除、查询功能正常,数据保存准确;申请审核测试,验证学生申请提交、管理员审核、器材状态同步更新功能正常;学生信息查询测试,验证器材检索、历史记录查看功能流畅。所有测试用例均通过验证,系统功能运行稳定,满足设计需求。

六、结论

本文设计的基于 JAVA 的实验室器材管理系统,依托 Spring Boot 框架、MySQL 数据库等成熟技术,成功实现分角色的实验室器材数字化管理,解决了传统人工管理效率低、流程乱、信息不透明等痛点。系统实现了器材信息管理、借用申请审核、数据统计、报表生成等核心功能,学生端与管理员端权限清晰、操作便捷,经测试功能稳定、数据准确,有效提升了实验室器材管理效率与规范性。同时系统存在界面优化空间、权限精细化管控不足等问题,后期可进一步优化升级,完善系统功能,更好地适配实验室多元化管理需求,为科研工作开展提供更优质的支撑。

参考文献

- [1] 蒋曰钦. 实验室器材网上借用实验室器材系统的设计与实现 [D]. 青岛学, 2019.
- [2] 王辰. 基于 Java 的中小型实验室器材网上借用实验室器材系统设计与实现 [D]. 吉林大学, 2015.
- [3] 曹课兴, 张慧. 星级实验室器材综合管理系统的设计与实现 [J]. 电子测试, 2014(12):9 ~ 10.
- [4] 袁田. 实验室器材信息管理系统 [D]. 江西财经大学, 2018.
- [5] 杨琳, 冯婷婷, 梁东云, 等. 基于 Java 的实验室设备管理系统的设计与研究 [J]. 计算机技术与发展, 2020, 30(02): 178 ~ 182.

基于 Copula 函数的不同地区年度巨灾损失相关性分析

史千里

上海财经大学, 上海 200433

DOI: 10.61369/TACS.2026050010

摘 要 : 本研究采用 Copula 函数对中国不同地区年度巨灾损失的相关性进行定量研究。采用非参数核密度法拟合进行边缘分布, 以规避参数分布假设带来的潜在问题; 模型优选则使用两阶段极大似然法估计高斯 Copula 与 t-Copula 参数, 进而结合欧式平方距离、AIC 及 OLS 准则完成。结果表明, t-Copula 在多数区域对上表现更佳, 能够有效识别不同地区间巨灾损失的尾部相关特征。本研究成果可用于跨区巨灾风险管理、再保险定价与风险分担机制的制定。

关 键 词 : Copula 函数; 巨灾损失; 相关性分析; 核密度估计; 模型优选

Correlation Analysis of Annual Catastrophe Losses in Different Regions Based on Copula

Shi Qianli

Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433

Abstract : The study employs Copula to quantitatively investigate the correlation of annual catastrophe losses across different regions in China. The nonparametric kernel density method is used to fit the marginal distributions in order to avoid potential issues arising from parametric distribution assumptions. For model selection, a two-stage maximum likelihood estimation is applied to estimate the parameters of the Gaussian Copula and t-Copula, followed by model comparison using the Euclidean squared distance, AIC, and OLS criteria. The results show that the t-Copula performs better for most of regional pairs, effectively capturing tail dependence characteristics of catastrophe losses between different regions. The findings can be applied to cross-regional catastrophe risk management, reinsurance pricing, and the design of risk-sharing mechanisms.

Keywords : Copula; catastrophe losses; correlation analysis; kernel density estimation; model selection

引言

我国面临的地震、洪水、台风等巨灾风险在空间上存在较为显著的集聚性和联动特征, 但对于描述极端事件之间的联动关系问题, 传统 Pearson 线性相关系数方法无法对其进行准确刻画。Copula 理论依托 Sklar 定理, 将多元联合分布拆解为边缘分布与纯相关结构, 为复杂相依关系建模提供了灵活的分析框架, 在金融风险度量、资产组合配置等领域得到广泛应用。近年来, Copula 模型在金融领域的应用不断深化, 模型形式也由静态向动态 Copula、Vine Copula 拓展。闫海波^[1]、王沛瑶^[2]分别采用 Copula 模型对金融业整体风险和风险溢出效应进行了研究。王阳^[3]、Tian Jing^[4]等人的研究则将阿基米德 Copula、R-Vine Copula 引入保险经济资本测量领域。

在 Copula 模型的保险应用层面, 韩明洋^[5]、Rusyda^[6]及王淼等人^[7]分别将其应用于农业保险和森林保险的定价研究, 韩浩等人^[8]则在保险业系统性风险方向应用 Copula 模型进行了研究。但在中国学界有关巨灾损失相关性分析的研究中, Copula 模型的应用场景仍较为有限。首先从数据层面来看, 普遍存在数据约束问题, 公开渠道可获得的巨灾损失数据, 存在序列短、非正态、厚尾、平稳性差等一系列问题。数据统计口径也存在差异, 进一步导致参数估计不稳定。模型层面, 肖宇谷等^[9]的研究将 Copula 模型引入农险大灾的灾因分析, 但与其他多数研究类似, 采用单一 Copula 形式, 缺少多形式模型对比与系统性拟合优度检验, 难以证明所选形式的最优性。此外, 虽然何树红等^[10]在 Copula 应用于地质灾害研究方面做了尝试, 孟宜成^[11]也采用不同 Copula 模型进行了极端事件统计研究, 但整体而言实践层面的转化存在明显不足, 相关研究结果未能有效嵌入跨区域风险分散、再保险布局等决策和实用流程。

为弥补上述不足, 本文尝试构建一套较为完整的地区巨灾损失相关性分析框架。以2004–2022年度巨灾直接经济损失为研究对象, 设计4区域、6区域、8区域三种地区分组方案共49组区域对; 同时通过非参数核密度估计拟合边缘分布, 估计高斯 Copula 与 t-Copula 参数, 采用多准则综合优选, 计算 Kendall 秩相关、Spearman 秩相关及尾部相关系数, 展示我国巨灾损失的空间相关模式和异质性, 为后续的全统筹巨灾风险分散研究提供依据。

一、理论基础

(一) Sklar 定理

Sklar 定理是 Copula 模型的核心理论。对于 n 维联合分布函数 F ，将其分解为各变量边缘分布 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 与一个 Copula 连接函数 C ：

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C[F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)] \quad (1)$$

当边缘分布连续时，对应的 Copula 函数唯一。联合密度函数为：

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c[F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)] \prod_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (2)$$

其中 $c(u_1, u_2, \dots, u_n) = \frac{\partial C(u_1, u_2, \dots, u_n)}{\partial u_1 \partial u_2 \dots \partial u_n}$ ， f_n 为边缘密度。Sklar 定理实现了边缘分布与相依结构的解耦建模，为 Copula 理论的进一步应用奠定基础。

(二) 椭圆 Copula 函数族

本文基于刻画对称相依结构的能力，选用椭圆族中的高斯 Copula 与 t-Copula 进行研究，其中 t-Copula 额外具备尾部相关能力，与巨灾损失的极端联动场景适应度更高。

高斯 Copula 由多元正态分布派生而来，分布函数为：

$$C(u_1, \dots, u_n, \rho) = \Phi_\rho[\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_n)] \quad (3)$$

其中 ρ 为相关矩阵， Φ_ρ 表示相关系数矩阵为 ρ 的 n 元标准正态分布函数。

t-Copula 源于多元 t 分布，相比高斯 Copula 而言更善于体现变量的厚尾特征和尾部相关性，其分布函数为：

$$C(u_1, \dots, u_n, \rho, k) = t_{\rho, k}(t_k^{-1}(u_1), \dots, t_k^{-1}(u_n)) \quad (4)$$

其中 $t_{\rho, k}$ 是相关矩阵为 ρ 、自由度为 k 的 n 元 t 分布函数，自由度越小，尾部相关性越强，对金融资产收益率序列中常见的极端值联动现象的描述性也更强。

(三) 边缘分布的拟合

确定边缘分布作为构建 Copula 模型的重要步骤，一般通过参数法和非参数法确定。参数法具有较强主观性，结果可能存在较大误差。非参数法则通过引入经验分布函数和核分布，更适用于边缘分布难以确定的情况。

1. 非参数核密度估计法

考虑到巨灾损失数据的分布形式复杂、难以预先设定，采用参数法易带来模型误设风险。基于此点考虑，本文采用非参数核密度法进行估计，依托数据特征拟合边缘分布，达到提升模型稳健性的目的。

设 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为来自总体 X 的独立同分布样本，其密度函数 $f(x)$ 的核密度估计为：

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (5)$$

其中 K 为核函数（通常取高斯核，即 $K(x) = (1/\sqrt{2\pi})e^{-x^2/2}$ ），窗宽 h 通过最小化积分均方误差（MISE）确定最优值。完成各区域损失增长率核密度估计后，再经概率积分变换将之转换为 $[0, 1]$ 均匀序列，以满足 Copula 建模的基本要求。

2. 基于极大似然估计的 Copula 函数参数估计

Copula 模型参数估计通常分为两个主要阶段，一是确定边缘分布的参数，二是估计 Copula 函数中的相依参数。设随机变量 X 与 Y 的联合分布函数可表示为：

$$H(x, y; \alpha) = C(F(x; \theta_1), G(y; \theta_2); \alpha) \quad (6)$$

其中， α 为 Copula 函数中的待估参数， θ_1 与 θ_2 分别为边缘分布 F 与 G 的参数。相应的联合密度函数为：

$$h(x, y; \alpha) = c(F(x; \theta_1), G(y; \theta_2); \alpha) f(x; \theta_1) g(y; \theta_2) \quad (7)$$

对于样本 $(X_i, Y_i), i=1, 2, \dots, n$ ，其似然函数可写为：

$$L(\alpha) = \prod_{i=1}^n h(x_i, y_i; \alpha) \quad (8)$$

得到参数的极大似然估计为：

$$\hat{\alpha} = \operatorname{argmax} \ln L(\alpha) \quad (9)$$

实际应用场景中，如果边缘分布的形式难以准确设定，且对边缘分布与 Copula 函数参数进行联合估计的计算复杂度较高时，会采用两阶段估计法以简化估计过程。具体做法为先通过非参数核密度估计得到边缘分布函数估计值，再将其代入 Copula 函数似然函数，仅估计相依参数 α 。使用该方法，可以在充分利用样本信息的同时，避免边缘分布形式的误设风险，计算也更简便。

此时 Copula 参数为：

$$\hat{\alpha} = \operatorname{argmax} \ln c(F_h(x_i), G_h(y_i); \alpha) \quad (10)$$

通过上述方法，可在边缘分布未知或难以参数化情况下，实现对 Copula 函数参数的稳健估计。

(四) 参数估计与模型选优准则

以经验 Copula 为基准：

$$\hat{C}_n(u, v) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{[F_n(x_i) \leq u]} I_{[G_n(y_i) \leq v]}, u, v \in [0, 1] \quad (11)$$

其中， I 为示性函数， $F_n(x)$ 和 $G(y)$ 分别为变量 X 和 Y 的经验分布函数，其中 $F_n(x_i) \leq u$ ， $I_{[F_n(x_i) \leq u]} = 1$ 。经验 Copula 为后续的理论 Copula 模型提供了直观的拟合基准。

1. 欧式平方距离法

欧式平方距离法通过计算理论 Copula 模型与经验 Copula 之间的欧式平方距离，评价模型的拟合效果。公式为：

$$d_w^2 = \sum_{i=1}^n \left| \hat{C}_n(u_i, v_i) - \hat{C}_w(u_i, v_i) \right| \quad (12)$$

其中 W 表示某一类 Copula 模型的估计值， u_i, v_i 为边缘分布函数的估计值。欧式平方距离越小，理论 Copula 与经验 Copula 越接近，模型的拟合效果也就越好。

2. AIC、OLS 最小准则

除了欧式距离，AIC（赤池信息准则）和 OLS（均方根误差）也是常用的模型选择工具。AIC 兼顾了模型的拟合优度与复杂度，其标准形式为：

$$AIC = -2\ln(L) + 2m \quad (13)$$

其中 L 是 Copula 模型的最大似然函数值， m 是模型中参数的个数。AIC 值越小，表明模型在拟合优度与复杂度之间取得的平衡更好。

OLS 是均方误差的平方根，反映了模型预测值与经验值之间的平均偏差，表达为：

$$OLS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{C}_n(u_i, v_i) - \hat{C}_w(u_i, v_i) \right)^2} \quad (14)$$

实际应用中通常以 AIC 和 OLS 值最小的 Copula 模型为最优模型。综合使用欧式距离、AIC 和 OLS 准则，可以有效提升模型选择的稳健性及准确性。

二、实证分析

(一) 数据选取与处理

本研究所用数据来自《中国巨灾损失统计年鉴》(2010—

2022 年) 及各地应急管理厅数据, 研究时段位 2004—2022 年, 选取中国不同地理区域的年度巨灾直接经济损失金额。为考察区域划分方式对相关性的影响, 我们设计了三种分组方案: 4 区域(东部、中部、西部、东北, 共 6 组区域对)、6 区域(东北、华北、华东、中南、西北、西南, 15 组区域对)、8 区域(东北、中部、华北、华南、江北、江南、西北、西南, 28 组区域对), 总计 49 组区域对, 每组包含 19 个年度观测值。我们首先对原始经济损失金额数据进行对数转换, 降低异方差, 并计算年度增长率序列作为分析对象。

描述性统计显示(表 1)。

地区	组别	增长率均值	最大值	偏度	峰度	JB 检验 h 值	JB 检验 p 值	Lilliefors 检验 h 值	Lilliefors 检验 p 值
东部	4	-0.010	0.556	-0.745	2.631	-	0.146	-	0.346
中部	4	0.035	0.637	0.183	2.032	-	0.500	-	0.340
西部	4	0.045	0.921	0.462	5.779	1.000	0.020	1.000	0.035
东北	4	-0.011	0.806	-0.260	2.269	-	0.500	-	0.664
东北	6	-0.011	0.806	-0.260	2.269	-	0.500	-	0.665
中南	6	0.042	0.665	0.108	1.595	-	0.195	-	0.408
华东	6	0.002	0.837	-0.775	2.379	-	0.112	-	0.063
华北	6	-0.010	0.717	0.026	2.306	-	0.500	-	0.929
西北	6	0.056	0.804	0.004	2.090	-	0.500	-	0.570
西南	6	0.046	1.095	0.824	6.631	1.000	0.006	-	0.071
东北	8	-0.011	0.806	-0.260	2.269	-	0.500	-	0.664
中部	8	0.021	0.788	-0.002	2.634	-	0.500	-	0.759
华北	8	-0.010	0.717	0.026	2.306	-	0.500	-	0.928
华南	8	0.077	0.977	0.406	2.013	-	0.291	-	0.099
江北	8	-0.078	0.939	-1.015	3.891	1.000	0.049	1.000	0.049
江南	8	0.022	0.966	0.089	2.258	-	0.500	-	0.311
西北	8	0.056	0.804	0.004	2.090	-	0.500	-	0.571
西南	8	0.046	1.095	0.824	6.631	1.000	0.006	-	0.074

从表 1 中的描述性统计结果可以看出, 各区域增长率均接近 0, 趋势不明显。多数区域的偏度绝对值小于 0.5, 说明分布近似对称。峰度方面西南地区最高, 达到 6.63, 具有显著的尖峰厚尾特征。而 Jarque-B 检验与 Lilliefors 检验结果则表明, 西部、西南、江北等区域显著拒绝正态分布假设, 在不宜强行采用参数分布。所有序列在概率积分变换后均通过均匀分布检验, 满足 Copula 建模条件。

本研究涉及的各区域损失增长率均为连续型变量, 满足 Copula 建模的连续边缘分布要求。我们采用非参数核密度估计(高斯核, 最优窗宽由积分均方误差确定)拟合边缘分布, 而后通过概率积分变换将原始观测转换为均匀分数序列 (U_i, V_j) 并检验其均匀性, 再对各个区域对分别进行高斯 Copula 与 t-Copula 拟合, 并基于 AIC、OLS 及欧式平方距离选择最优模型。至于 19 年样本量偏小的问题, 仍可通过伪极大似然估计给出有意义的相依性度量。

(二) 基于非参数核密度法确定边缘分布函数

如上一节提到, 本文采用非参数核密度估计法来拟合各区域

损失增长率的边缘分布。图 1 和图 2 分别展示了 6 区域情景下, 东北地区、西南地区损失增长率的核密度估计曲线与经验分布曲线的对比情况。虽然在数值上并不完全相同, 但仍然可以看出核密度估计曲线与经验分布曲线拟合效果良好, 能够准确捕捉样本分布特征, 为 Copula 建模提供可靠边缘分布输入。

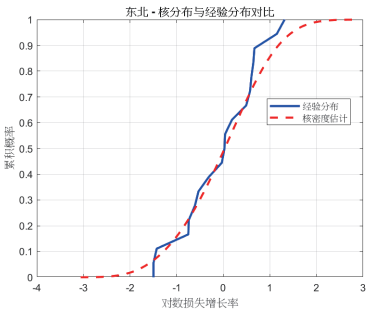


图 1 东北地区巨灾损失增长率核密度估计与经验分布对比

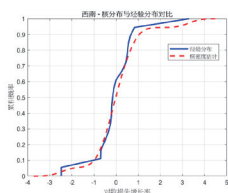


图2 西南地区巨灾损失增长率核密度估计与经验分布对比

(说明：以上2图中蓝色实线为经验分布曲线，红色点线为核密度估计曲线，两者重合度高。)

(三) Copula 模型求解与检验

1. Copula 函数模型的参数估计与相关性测度计算

对于基于核密度估计得到的均匀分布序列 (U_i, V_j) ，我们采用极大似然估计法分别对高斯 Copula 与 t-Copula 进行参数估计。表2展示部分区域对的参数估计结果及相关性测度。

表2 各区域对 Copula 参数估计及相关性测度

组别	地区1	地区2	高斯 Copula						T-Copula				
			ρ	Kendall τ	Spearman τ	λ_{up}	λ_{low}	ρ	ν	Kendall τ	Spearman τ	λ_{up}	λ_{low}
4	东部	中部	0.348	0.226	0.334	0	0	0.348	4.669E+06	0.226	0.334	0	0
4	东部	西部	0.121	0.077	0.115	0	0	0.121	1.482E+07	0.077	0.115	0	0
4	东部	东北	0.116	0.074	0.111	0	0	0.116	1.310E+07	0.074	0.111	0	0
4	中部	西部	0.409	0.268	0.393	0	0	0.409	1.388E+07	0.268	0.393	0	0
4	中部	东北	0.166	0.106	0.159	0	0	0.166	1.211E+07	0.106	0.159	0	0
4	西部	东北	0.123	0.079	0.118	0	0	0.193	2.883	0.124	0.185	0.182	0.182
6	东北	中南	-0.083	-0.053	-0.079	0	0	-0.121	4.500	-0.077	-0.116	0.041	0.041
6	东北	华东	0.067	0.043	0.064	0	0	0.067	1.514E+07	0.043	0.064	0	0
6	东北	华北	0.175	0.112	0.167	0	0	0.175	1.462E+07	0.112	0.167	0	0
6	东北	西北	0.126	0.080	0.120	0	0	0.200	1.892	0.128	0.191	0.262	0.262
6	东北	西南	-0.102	-0.065	-0.098	0	0	-0.102	4.669E+06	-0.065	-0.098	0	0
							...						
8	华南	西南	0.629	0.433	0.611	0	0	0.629	1.514E+07	0.433	0.611	0	0
8	江北	江南	0.454	0.300	0.437	0	0	0.454	1.227E+07	0.300	0.437	0	0
8	江北	西北	-0.016	-0.010	-0.015	0	0	-0.016	1.329E+07	-0.010	-0.015	0	0
8	江北	西南	0.228	0.146	0.218	0	0	0.228	4.669E+06	0.146	0.218	0	0
8	江南	西北	0.120	0.077	0.115	0	0	0.120	4.669E+06	0.077	0.115	0	0
8	江南	西南	0.375	0.245	0.361	0	0	0.375	1.311E+07	0.245	0.361	0	0
8	西北	西南	0.678	0.474	0.661	0	0	0.652	1.381	0.452	0.634	0.542	0.542

表2的结果显示 t-Copula 的参数估计呈现较为明显的两极分化特征。在第一类无尾部依赖的区域对中，多数区域对自由度 ν 极大（如 4.67×10^6 ），尾部相关系数 $\lambda = 0$ ，且 ρ 与高斯 Copula 一致（例如东部-中部、东北-华东等），体现了其 t-Copula 退化为高斯 Copula，区域间的损失相依结构可被视为对称且尾部渐近独立。

第二类存在尾部依赖的区域对则存在较小的 ν （1.38-2.88）， λ 也显著非零。以西部-东北、西北-西南区域对为例，他们地理邻近、灾害类型相近，其损失增长率序列也表现出较高的峰度与偏度（西南地区峰度6.63，西部峰度5.78），为 t-Copula 捕捉尾部依赖提供了数据基础。

整体相关性方面，各区域对的 Kendall τ 和 Spearman ρ 介于 -0.5至0.7之间，多数呈中等正相关，部分区域对如中南-西

北存在较强的相关性，少数则存在微弱负相关。存在尾部依赖的区域对中，t-Copula 估计的尾部相关系数高于高斯 Copula 的零值，说明 t-Copula 更能捕捉极端损失的并发风险。

2. 最优 Copula 函数的选择

本研究以经验 Copula 为基准，综合运用欧式平方距离、AIC 与 OLS 准则进行最优 Copula 选择。如前文所述，AIC 兼顾拟合优度与复杂度，适用于小样本情景；欧式距离与 OLS 则直接度量理论 Copula 与经验 Copula 的偏差。

图3箱线图显示，t-Copula 的 AIC 值整体低于高斯 Copula 且分布更集中：在49组区域对的选优结果中，t-Copula 胜出28组（57.14%），其平均欧式距离（0.0486）、AIC（-103.16）、OLS（0.0514）均优于高斯 Copula。

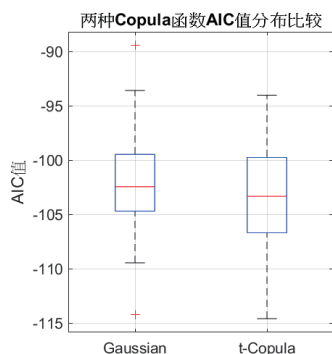


图3. 两种 Copula 模型 AIC 值分布箱线图

从平均指标结果来看，t-Copula 普遍优于高斯 Copula，其中欧式距离（0.0486 vs 0.0565）、AIC（-103.16 vs -102.28）、OLS（0.0514 vs 0.0556）。具体到各个区域组别的结果来看，两种类型 Copula 的胜出率存在较大差异，且呈现区域划分越细，厚尾特征越突出，t-Copula 优势越明显的趋势。

4 区域情景中，t-Copula 在 6 区域对中全部胜出。该组区域的划分最简略，但地理邻近性与灾害同源性突出，t-Copula 的尾部依赖刻画能力得以充分发挥。

6 区域情景中，t-Copula 在 15 个区域对中胜出 6 次，高斯 Copula 则胜出 9 次。该区域分组情景下各区域尾部特征不显著，高斯 Copula 足以进行描述。

8 区域情境下，t-Copula 胜出 16 次，高斯 Copula 胜出 12 次。

该区域分组情景下西南、西北地区的峰度高，各区域更为明显的尖峰厚尾特征便于 t-Copula 体现优势。

三、结论

本研究通过对中国 2004 至 2022 年间，不同区域巨灾损失相关性结构开展实证分析后，得到以下主要结论：

整体而言 t-Copula 更适配中国巨灾损失数据特点。尾部对称且渐近独立的区域对，相依结构近似高斯 Copula；地理邻近、灾害同源性高的区域对则存在显著尾部依赖，极端风险同步性强，t-Copula 的描述性更强。区域划分的细致度显著影响模型选择结果，细化区域更易体现灾害异质性与尾部特征，t-Copula 优势更突出。

本研究的结果在实践层面具备明确的应用价值，再保险定价与风险共担机制研究需要赋予高尾部依赖区域更高的极端风险权重，而对尾部独立区域则可采用高斯 Copula 简化模型，提升研究所需大规模组合运算的效率。

本文仍存在改进空间：目前样本长度有限可能影响尾部参数识别精度，而受制于数据获取渠道而采用的未按洪水、地震、台风等灾害类型拆分建模的做法，则可能掩盖不同灾害的相依异质性。未来的研究可考虑遵循延长数据序列和开展灾害类型分层建模的方向则进行。更进一步地，可以考虑引入动态 Copula，达到提升模型对巨灾风险时空相依结构刻画能力的目的。

参考文献

- [1] 闫海波、沙龙. 中国金融业风险溢出预警研究——基于藤 Copula CoVaR 模型[J]. 金融发展评论, 2024(08): 1-16.
- [2] 王沛瑶. 基于 GARCH-Copula-CoVaR 模型的金融科技行业对传统金融业风险溢出效应探究[J]. 企业改革与管理, 2024(08): 110-112.
- [3] 王阳. 基于 R-Vine Copula 的财险业务保险风险经济资本测量[J]. 金融理论探索, 2021(04): 66-80.
- [4] Tian Jing. Dependence Analysis of Insurance Businesses Based on Hierarchical Archimedean Copula Function[J]. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1952, Issue 4, 2021.
- [5] 韩明洋. 基于 Copula 函数的定价模型：以山东省玉米为例[J]. 山西农经, 2024(24): 96-99.
- [6] Rusyda H. A.; Noviyanti L.; Soleh A. Z.; Chadidjah A.; Indrayatna F., The design of multiple crop insurance in Indonesia based on revenue risk using the copula model approach[J]. Journal of Applied Statistics, Volume 48, Issue 13-15, 2021.
- [7] 王森, 石焱, 胡明形, 邵杨, 周文琪, 卢妍洁. 基于 Copula 模型的江西省森林综合保险纯费率厘定的研究[J]. 林业经济问题, 2025, 45(01): 101-112.
- [8] 韩浩, 王向楠, 刘璐. 保险业系统性风险及对相关行业的溢出效应研究[J]. 保险研究, 2020(07): 31-48.
- [9] 肖宇谷, 杨晓波, 齐纪元. 我国农业保险大灾风险的空间分散效应测度与应用研究[J]. 保险研究, 2022(07): 58-68.
- [10] 何树红, 黄振雄, 郑尚平. 基于 Copula 模型的云南省地质灾害风险评估研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2023, 45(02): 256-265.
- [11] 孟宜成. 基于极值 Copula 和上尾 copula 的极端事件巨额损失统计推理研究[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2021, 35(03): 21-26.

检察院大模型网络安全防护路径探索

洪我杭

北京市人民检察院第三分院，北京 100022

DOI: 10.61369/TACS.2026050021

摘 要： 随着人工智能技术飞速发展，大模型技术在检察业务中的应用价值不断提升，尤其在智能阅卷、辅助量刑、类案推送等场景中发挥了重要作用，显著提升了办案效率。但随着大模型普及应用，检察院面临的网络安全风险也进一步增多。本文通过分析检察院大模型应用的基础架构与部署方案，系统梳理其在训练数据层、输入层、输出层以及治理环节面临的各类安全风险，并结合当前主流安全产品技术路线，提出“边界防护—内容检测—行为审计—智能对抗”的四维联动防护体系，以此打造“AI 对抗 AI”的新型防护机制，为检察机关数字化转型筑牢安全底座。

关 键 词： 检察大模型；网络安全；敏感信息防泄漏；AI 对抗 AI；安全智能体

Exploration of Cybersecurity Protection Paths for Procuratorate Large Models

Hong Wohang

The Third Branch of People's Procuratorate of Beijing Municipality, Beijing 100022

Abstract： With the rapid development of artificial intelligence technology, the application value of large model technology in procuratorial business has been continuously improved. It has played an important role especially in scenarios such as intelligent case review, auxiliary sentencing, and similar case recommendation, significantly enhancing case-handling efficiency. However, with the popularization and application of large models, the cybersecurity risks faced by procuratorates have further increased. By analyzing the basic architecture and deployment schemes of large model applications in procuratorates, this paper systematically sorts out various security risks existing in the training data layer, input layer, output layer, and governance links. Combined with the technical routes of current mainstream security products, it proposes a four-dimensional linked protection system of "boundary protection - content detection - behavior audit - intelligent countermeasure", so as to build a new protection mechanism of "AI vs. AI" and lay a solid security foundation for the digital transformation of procuratorial organs.

Keywords： procuratorate large models; cybersecurity; sensitive information leakage prevention; AI vs. AI; security intelligent agent

引言

生成式人工智能大模型正在全面重塑现代司法工作模式。在检察领域，智能阅卷、类案检索、量刑辅助、证据审查、法律文书生成等场景中已经开始运用大模型技术，并且为法律监督质效提升提供了重要驱动力。然而，技术红利的释放必然同步伴随着新的安全风险。大模型一旦嵌入案件管理平台、检察工作网等系统，具备一定的内部数据调用权限，就意味着传统网络安全界限就此突破，必须警惕各类新型网络攻击。《大规模语言模型应用 Top 10》中提出，提示注入、模型越狱、过度代理是当前大模型系统应用面临的主要风险，而在司法场景下，该类风险将进一步演变为篡改证据、泄密案情、误导裁决等问题。因此，在检察院应用生成式人工智能辅助工作的同时，必须全面升级网络安全防护体系，以此保证其数据安全。

一、检察院大模型面临的网络安全风险

（一）训练数据层风险：数据投毒与虚假信息传导

在检察机关应用场景下，大模型训练数据主要包含法律法规库、真实检察案例、各类裁判文书、内部工作规范等。但在训练数据采集、标注、清洗等环节，一旦受到恶意投毒污染，就会使

得大模型学习的法律知识出现错误，甚至其认知出现偏差，进而对后续的检察工作产生不可预估的影响。具体来说，攻击者可以通过向开源法律数据集投递错误法条、虚假信息，或者大范围虚构裁判观点等方式，影响检察机关调用的第三方预训练模型，进而埋下安全隐患^[1]。比如在司法审判场景下，大模型因受到污染而生成了不准确的法律意见，或者给出了被篡改的分析结果，很可

能对检察官的专业判断产生误导。

（二）输入层安全风险：提示注入与权限越界

检察院大模型的数据输入层是最直接的攻击节点。首先，攻击者可以通过注入提示词，构造对抗性提示，从而达到破坏系统防护的效果，由此即可对大模型进行诱导，使其输出内容或行为逻辑受到影响。在检察场景中，攻击者可以通过咨询案件等方式进行伪装，以此绕过检测，达到获取案件信息甚至调用内部数据的目的。其次，攻击者也可以借助角色扮演、分段拼接、隐喻表达等方式实现模型越狱攻击，迫使大模型无视内置安全协议。比如攻击者可以伪装成“法学研究者”，对大模型提出内部案件评议过程的模拟请求，由此窃取其敏感决策逻辑^[2]。此外，过度代理也是检察院大模型面临的重要风险。检察机关通过赋予大模型工具调用权限，可以实现信息查询、法律检索等服务功能。攻击者可以利用权限设计缺陷，通过提示注入的方式篡改数据，从而将安全风险传导至业务系统深层。

（三）输出层安全风险：敏感泄露与不当处理

大模型的输出信息不可完全预测，因此在输出层同样面临着敏感信息泄露的核心风险。在检察院应用场景下，大模型很可能在输出环节无意带出案件侦查细节、涉案人员身份信息、内部审查意见等关键信息，甚至攻击者可以通过持续多轮次的对话，将碎片信息逐步拼凑完整，以此构建案件画像^[3]。此外，大模型还面临着不当输出处理风险，即当大模型生成的回复信息交由下级组件自动执行时，如果没有经过验证，很容易引发脚本、服务端请求伪造等二次攻击。

（四）治理维度风险：服务滥用与供应链安全

在治理环节，检察院大模型还需要面对模型盗窃、拒绝服务攻击、供应链漏洞等多元风险因子。模型盗窃风险表现为攻击者通过大量针对性查询，逆向还原大模型的知识边界与推理逻辑，从而使得模型资产变相流失，甚至被人用于生成虚假文件。拒绝服务攻击表现为攻击者通过变长输入洪水、递归上下文扩展等查询方式，大量消耗模型算力，从而使得正常业务无法获得响应^[4]。供应链漏洞在于检察机关在大模型构建中可能会选择第三方基础模型，同时还会引入开源组件或者外部数据源，但每一个环节一旦被留下后门，都将引发不可预估的问题。

二、检察院大模型网络安全防护策略

（一）部署大模型应用防火墙，构建内容级安全闸门

作为大模型推理业务应用场景，检察院应全面部署大模型应用防火墙（MAF），由此建立专用安全网关，可以通过在线部署、实时拦截等方式，对大模型输入输出的内容进行深度检测。针对检察院网络架构，大模型应用防火墙可以采用 API 代理式或者应用前端两种模式。

首先，大模型应用防火墙系统的核心优势在于防护提示词注入攻击。提示词注入攻击主要依托自然语言、上下文设计等方式完成攻击，传统安全防护工具基于特定规则无法识别，但大模型系统可以有效识别其提示词注入问题。在检察院场景下，攻击者

往往会借助同义替换、语言混合、情境设计等方式完成注入，而 MAF 可以借助多引擎检测架构完成识别和拦截。其中显式高速内容检测引擎可以识别关键词是否带有恶意或异常格式；多级 Transformer 语义检测引擎可以通过自然语言分析其是否存在攻击意图，并对上下文内容建立宏观认知^[5]。

其次，MAF 针对敏感信息泄露问题具有良好的防护效果。防火墙系统可以对大模型输入输出数据全面解析，进而根据信息类型库完成分类配置。在检察院系统中，可以将身份证、手机号、案件编号、涉案人姓名、内部机构代码、文书文号等各类信息纳入特定信息类别，进而通过脱敏或替代等方式避免信息泄露。

最后，MAF 还可以有效防止大模型应用暴露。检察院大模型业务繁杂，其中管理后台、Web 接口、API 端点等都存在攻击节点。而 MAF 可以通过内置防火墙，规避防御命令注入、跨站脚本、SQL 注入、服务端请求伪造等攻击^[6]。此外，针对大模型资源消耗型攻击，MAF 还可以采用动态令牌技术进行防护，确保每个访问者都有唯一令牌，从而有效拦截自动化脚本产生的恶意请求。

（二）引入 AI 对抗 AI 机制，实现智能威胁检测与响应

随着生成式 AI 技术的发展与应用，在网络安全防护领域，“以大模型技术对抗大模型风险”已经成为共识，其技术路线在于建立专用于安全检测的大模型，通过模型蒸馏与微调辅助，进而将通用大模型转化为小型专用模型。

在安全检测大模型构建环节，应按照“教师模型训练—知识蒸馏—任务微调”的逻辑实施。第一步应利用大规模安全数据集训练出教师模型，通过输入提示词注入、过度代理、敏感信息泄露等各项攻击的模式与案例信息，由此分析其攻击行为特征和语言表征，进而借助软标签知识迁移训练学生模型^[7]，并根据检察业务需求进行微调，使其适配司法领域的使用习惯。

例如国内某安全公司研发的威胁检测智能体，即实现了将专家级研判能力系统化、模型化的目的。该智能体具备意图理解与推理规划的能力，因此可以在防护活动中自主制定分析策略，进而可以根据单条告警信息，对相关所有日志、情报、行为进行溯源检索，从而还原攻击路径。在检察院应用场景下，该模型将具备主动威胁发现的能力，实现还原攻击全貌、指导精准处置的效果。

（三）强化端侧安全管控，筑牢智能体落地根基

随着大模型向智能体形态转变，其将会成为检察办公终端中的重要助手，但同时也将安全风险引入终端设备环节。检察院终端设备中存储着大量保密信息、卷宗与工作文档，一旦泄露将造成灾难级危险。

第一，在设备系统安全管理方面，应坚持“管住手”原则，即确保智能体不会越权操作。具体来说，应建立细粒度权限管控机制，明确智能体访问的文件目录、可调用的接口规范以及可执行的命令范畴^[8]。在检测到恶意命令时，智能体监控系统要迅速熔断，避免出现高危操作。

第二，在运行环境安全构建方面，应坚持“安全沙箱”建设原则，即将智能体运行环境与终端核心资源进行隔离处置，具体

来说可以采用进程隔离、文件系统虚拟化、网络访问控制等手段实现^[9]。在检察院内网闭环场景下，该设计方案具有良好的适配特征。

第三，在自身免疫安全防护方面，应坚持“管住嘴”原则，即建立审核系统对智能体输出内容进行过滤与审计。比如可以通过敏感文件检查系统，避免智能体在回复时引用涉密信息；也可以通过高危命令熔断系统，阻止智能体的恶意删除、格式化等操作。

（四）构建全链路审计体系，实现风险可视化与可追溯

可审计、可追溯、可归责是大模型安全防护体系构建的终极标准。在检察院工作场景下，大模型输出的每一条信息都可能与案件相关，因此必须构建全链路的审计体系，形成完善的追溯系统与可视化机制。

在全链路审计系统设计中，应涵盖对话内容审计、风险行为审计、系统交互审计三个层面，从而将用户对话、异常事件、操作命令等信息进行记录与审核。在风险可视化系统建立时，可以

基于 AI 的基线建模与聚类分析，掌握检察院常规业务行为模式，进而对异常活动主动发出警告^[10]。同时，可以借助可视化仪表，将风险分布、攻击趋势、模型健康度等指标进行图表化呈现，从而为安全管理决策提供明确的数据支撑。

三、结语

综上所述，大模型技术正在重塑检察院业务体系的生产格局与生态结构，但在提升效率的同时更要同步演进安全防护系统，以此避免风险失控。本文分别从风险识别与防护策略入手，详细剖析了检察院大模型网络安全防护体系的构建方案，通过 MAF 大模型应用防火墙、AI 对抗 AI 机制建设、端侧安全管控机制以及全链路审计体系等策略，为大模型应用提供保障。需要注意的是，技术防护手段并非万全之策，还需要检察机关建立完善的全流程安全管理制度，制定安全标准与应用规范，以此构筑坚不可摧的安全防线，让大模型真正成为司法公正的助力。

参考文献

[1] 陈晶. 专题导读：大模型赋能网络安全，从对抗防护到体系重塑 [J]. 计算, 2025, 1(03):6-7.

[2] 鲁坤, 邵忠平, 王治录. 人工智能促进检察机关数字化与信息化转型 [J]. 法治时代, 2025, (06):81-83.

[3] 王颖. 人工智能在刑事检察中的应用研究 [D]. 黑龙江大学, 2025.

[4] 符能. 基于网络安全大模型的网络安全防护技术研究 [J]. 数字通信世界, 2025, (04):31-33.

[5] 王新华, 徐清波, 严若飞. 网络安全态势感知平台实时监控与响应机制研究 [A] 第39次全国计算机安全学术交流会论文集 [C]. 中国计算机学会, 《信息安全研究》杂志社, 2024:3.

[6] 陈冬妮, 胡浩翔. 人工智能嵌入智慧检务的实践与展望——检察机关法律监督的科技智慧 [A] 第五届全国检察官阅读征文活动获奖文选 - 优秀奖 [C]. 最高人民检察院法律政策研究室, 2024:10.

[7] 谢毅特. 数字治理视角下基层检察院智慧检务建设研究 [D]. 江西师范大学, 2024.

[8] 丁遥遥, 徐玉洁. 盐城经开区检察院高效办理网络金融案件 [N]. 江苏法治报, 2023-08-21(001).

[9] 田聪. 成都市 W 区检察院信息技术外包存在问题及对策研究 [D]. 四川大学, 2023.

[10] 强化网络安全保障力促智慧检务健康发展 [N]. 检察日报, 2021-06-19(003).

大数据技术在测绘地理信息中的应用研究

马科

肥城正泰房地产测绘有限公司, 山东 肥城 271600

DOI: 10.61369/TACS.2026050026

摘 要 : 信息技术迅速更新, 测绘地理信息数据大量增长, 也具有多种来源、动态变化等特点。传统测绘技术在数据处理速度、信息挖掘程度、服务精确度等各方面的不足愈加明显, 不能适应新时代行业发展的多样化要求。大数据技术的出现和运用, 冲破了传统测绘地理信息工作技术上的束缚, 依靠对海量多源地理数据的整合、剖析并挖掘, 促使测绘地理信息工作流程得到改善, 效率得以提高。因此, 本文系统探究大数据技术在测绘地理信息方面的运用, 剖析当下应用过程中存在的问题并给出相应的解决办法, 对于促进测绘地理信息行业的健康发展有着重要意义。

关 键 词 : 大数据技术; 测绘地理信息; 价值; 问题; 应用

Research on the Application of Big Data Technology in Surveying and Mapping Geographic Information

Ma Ke

Feicheng Zhengtai Real Estate Surveying and Mapping Co., Ltd., Feicheng, Shandong 271600

Abstract : With the rapid updating of information technology, surveying and mapping geographic information data have increased substantially and show the characteristics of diverse sources and dynamic changes. The shortcomings of traditional surveying and mapping technology in terms of data processing speed, information mining depth, service accuracy and other aspects have become increasingly prominent, making it unable to adapt to the diversified requirements of industrial development in the new era. The emergence and application of big data technology have broken through the technical constraints of traditional surveying and mapping geographic information work. Relying on the integration, analysis and mining of massive multi-source geographic data, it has improved the workflow and efficiency of surveying and mapping geographic information. Therefore, this paper systematically explores the application of big data technology in surveying and mapping geographic information, analyzes the existing problems in the current application process and puts forward corresponding solutions, which is of great significance for promoting the healthy development of the surveying and mapping geographic information industry.

Keywords : big data technology; surveying and mapping geographic information; value; problems; application

一、大数据技术在测绘地理信息中的应用价值

(一) 提升测绘地理信息的精准度与可靠性

传统的测绘技术由于数据采集手段、处理方法的限制, 不能对复杂的地理场景进行全面的覆盖, 并且数据误差也很难得到有效控制, 从而影响到地理信息的应用效果。大数据技术依靠多源数据融合的特点, 把各种地理数据融合起来, 用多维度数据互相验证、重复出现错误数据剔除等方式来提高测绘地理信息的准确性。同时大数据技术可以对地理数据进行实时监测和动态更新, 及时发现地理空间的小变化, 防止因为数据滞后而造成的决策失误, 提高地理信息的可靠性, 给各种需要地理空间数据的工作提供高质量的基础支持。

(二) 优化测绘地理信息的处理效率与流程

测绘地理信息工作包含数据收集、整理、分析、储存等一系

列的工作内容, 传统的处理方式主要是依靠人工来完成, 存在着流程繁杂、效率低下等问题, 无法满足海量数据处理的需求。大数据技术有很强的数据处理能力, 可以依靠自动化的算法来快速筛选、分类、整合、分析大量的地理数据, 大大减少人工干预, 缩短数据处理的时间^[1-3]。同时大数据技术可以重新塑造测绘地理信息的工作流程, 使数据的采集、处理、分析、应用之间更加一体化, 消除各个方面的信息障碍, 提高测绘地理信息工作的协同程度和效率, 使测绘地理信息工作更加快捷、方便。

(三) 拓展测绘地理信息应用场景与服务范围

传统的测绘地理信息应用领域比较单一, 主要是用于国土测绘、工程建设等传统行业, 数据价值没有得到充分的挖掘。大数据技术可以发掘出地理数据背后的关系以及隐藏的规律, 把测绘地理信息同各个行业的需求联系起来, 拓宽测绘地理信息的应用领域和内容。无论是国土空间规划、生态环境保护、防灾减灾,

还是智慧城市创建、交通运输、农业发展等各个方面，都可以借助大数据技术达成地理信息的精确运用，给行业决策赋予科学支撑，促使测绘地理信息由“基础服务”转变为“增值服务”，充分挖掘地理数据的价值。

二、大数据技术在测绘地理信息中的应用问题

（一）技术适配性不足，融合深度不够

大数据技术同测绘地理信息技术的融合处在初级阶段，核心技术的适配性欠缺成了目前碰到的主要问题。一方面，部分测绘单位的大数据处理技术同自身测绘业务需求相脱离，缺少针对自身测绘业务特点的技术改进，造成大数据技术优势无法发挥出来，还存在数据处理速度慢、精度达不到要求的问题^[4]。另一方面，大数据技术同传统测绘技术的融合程度不高，没有达到流程上的深度衔接和技术上的互补共生，传统的测绘技术优势没有得到充分保留，大数据技术的创新价值也没有得到有效落地，出现技术脱节的现象。另外，大数据分析算法专业性欠缺，不能很好地满足测绘地理信息领域对于复杂地理数据的深入挖掘要求，造成地理数据价值不能得到充分的发挥。

（二）复合型人才短缺，能力结构失衡

大数据技术应用于测绘地理信息的时候，需要具有测绘地理信息专业知识以及大数据技术知识的复合型人才，但当前行业中没有这种人才，是造成技术无法使用的最大障碍。传统的测绘从业人员大多熟悉测绘专业知识，但是缺少大数据处理、分析、挖掘的相关技能，不能适应大数据时代的工作需要；大数据领域的从业人员又缺乏测绘地理信息专业背景，不能准确把握行业需求，不能开发出符合测绘业务的大数据应用方案。行业内缺少系统的复合型人才培育体系，现有的人才培训投入较少，人才的能力结构失衡，不能适应大数据技术同测绘地理信息融合发展要求^[5]。

（三）数据标准不统一，安全保障薄弱

大数据时代测绘地理信息数据呈现多源异构、海量增长的特点，但是目前行业内缺少统一的数据标准和规范，造成各个来源、各种类型的地理数据不能够很好地整合起来并共享。不同的测绘单位数据格式、分类标准、编码规则不一样，造成数据互不兼容，不能互相共享利用，降低了数据利用率。数据安全保障体系不健全，测绘地理信息数据属于国家地理安全、自然资源等敏感信息，大量的测绘地理信息数据在存储、传输、应用的过程中存在着数据泄露、篡改、丢失的安全隐患。除此之外，数据管理制度不健全，缺少数据管理的责任和流程，不能对地理数据的全生命周期进行有效的控制，从而加大了数据安全风险。

三、大数据技术在测绘地理信息中的应用策略

（一）深化技术融合，提升核心技术适配性

一方面，根据不同的测绘单位业务特点，改进大数据处理技术，创建符合测绘业务实际的大数据应用工具和专用平台，重点

解决大数据处理同测绘业务不相适应的问题，经由技术改良，使得大数据技术可以精确契合地形测绘、地籍测绘、工程测绘等各种场景的需求，有效提升数据处理的速度和精确度，防止出现技术与业务相脱离、优势不能发挥的现象。另一方面，重视传统测绘技术和大数据技术的互补共生，不能因为引进大数据技术而忽略传统测绘技术的优势，保留传统测绘技术在精准采集、实地核查、现场校验等各方面的独特价值，结合大数据技术的海量数据处理、多源信息融合、深度分析挖掘能力，对测绘地理信息工作流程进行重构和优化，实现数据采集、处理、分析、应用各个环节的有机衔接，打破各个环节的信息壁垒，提高工作效率[6-7]。另外，加强大数据分析算法的研发和应用，结合测绘地理信息领域专业特点，研发出具有针对性的专业化分析算法，主要提高对复杂地理数据、异构数据的深入挖掘能力，挖掘出地理数据背后隐藏的联系和规律，充分发挥地理数据的核心价值，为测绘地理信息工作科学决策提供强有力的支撑，使技术融合由表面到深层次发展，真正达到技术赋能行业发展的目的。

（二）加强人才培养，优化复合型人才结构

大数据技术同测绘地理信息的融合，给从业人员的综合能力提出更高的要求，既要有扎实的测绘地理信息专业知识，也要有测绘工作的核心流程和技术标准的熟悉程度，还要能熟练使用大数据处理、分析、挖掘的相关技术，能够有效地运用大数据工具来解决测绘工作中遇到的问题，而目前行业内复合型人才缺乏，成了阻碍技术落地的关键因素。就这一问题而言，首先应该加强高校同企业的紧密合作，创建产学研融合的人才培育平台，更新高校有关专业的人才培育方案，增添测绘地理信息和大数据技术融合方面的课程内容，把理论教学同企业实践结合起来，造就出既有专业知识又有实践才能的复合型人才，达成人才培养同行业需求的精准对接，从源头上解决人才供给不足的问题[8]。其次，对行业现有的从业人员进行培训提升，制定系统的培训计划，开展大数据技术、测绘新技术、智能测绘工具等相关的培训，重点提高传统测绘从业人员的大数据应用能力，使他们尽快适应大数据时代的工作要求，引导大数据领域的从业人员学习测绘地理信息专业知识，补齐专业短板，实现人才能力的全面提升。最后，完善人才激励机制，加大复合型人才引进和培养力度，明确人才晋升通道和薪酬待遇，营造尊重人才、培养人才、留住人才的良好行业环境，吸引更多的复合型人才投身到测绘地理信息行业，不断优化人才队伍结构，为大数据技术与行业的深度融合提供强有力的人才支撑。

（三）完善数据管理，强化数据安全保障

大数据时代测绘地理信息数据具有多源异构、海量增长、实时动态等特点，数据整合、共享、安全保障等问题愈加繁杂，但由于行业内部的数据标准不统一、安全保障不到位等缘由，致使数据的利得受到阻碍，而且存在安全方面的问题。首先应当尽快创建统一的数据标准和规范，以行业主管部门为核心，依照测绘地理信息业务特性及应用需要，确定数据格式、分类标准、编码规则、存储规范等，并统一各类地理数据的技术要求，冲破测绘单位、各个领域之间数据壁垒，促使各类来源、各种类型的地理

数据得到整合,改善数据共享程度与利用效能,彻底消除数据孤岛现象。其次,创建起完善的、完备的数据安全保障体系,根据测绘地理信息数据的敏感性特点,加强数据存储、传输、应用、销毁等各个方面的安全防护工作,使用先进的加密技术、访问控制技术、数据备份技术等手段,建立全方位、多层次的安全防护体系,防范数据泄露、篡改、丢失等安全风险,保证国家地理安全、自然资源等重要信息的安全。最后完善数据管理制度,确定数据管理的责任主体、工作流程和考核标准,建立数据全生命周期管理机制,对地理数据的采集、处理、存储、应用、销毁等各个环节实行全过程管控,规范数据管理行为,保证数据的规范性、安全性、可用性,为大数据技术在测绘地理信息领域应用创

造安全有序的环境,使数据价值得到充分发挥^[9-10]。

四、结论

随着大数据技术不断更新和行业可持续发展,测绘地理信息行业将会朝着智能化、精准化、高效化的方向不断发展,充分发挥地理数据价值,给国民经济的发展、国土空间规划、生态环境保护等各个方面提供更好的支持。同时,大数据技术同人工智能、物联网等新技术融合应用,会给测绘地理信息行业带来新的发展机遇,促使测绘地理信息行业进入新的发展阶段。

参考文献

- [1] 姚一鸣,张钧淇,蒋大鹏,等.自然资源数字化治理标准体系与测绘地理信息标准体系对比分析研究[J].中国标准化,2025,(17):155-163.
- [2] 赵青峰,徐海涛.矿山地质工程测量中新型测绘地理信息技术的应用分析[J].石材,2025,(09):25-27.
- [3] 本刊编辑部.以数据之治助力数字生态文明建设——写在第22个全国测绘法宣传日之际[J].青海国土经略,2025,(04):1.
- [4] 陈朝霞.面向城市实景三维建设的测绘地理信息技术应用与创新分析[J].房地产世界,2025,(16):152-154.
- [5] 丁志刚,许立鹏,张凌云.数字化测绘中地理信息采集标准化问题及大数据融合技术探讨[J].石化技术,2025,32(05):199-200.
- [6] 解读《自然资源部关于加快测绘地理信息事业转型升级更好支撑高质量发展的意见》[J].青海国土经略,2023,(05):38-40.
- [7] 赵永雨,陈立,潘娜娜.测绘地理信息系统在智慧城市测绘工程中的应用[J].智慧中国,2023,(10):73-74.
- [8] 张莹莹.城市测绘地理信息档案多源数据融合能力评估指标及方法[J].甘肃科技,2023,39(08):90-93.
- [9] 忠实践行“八八战略”着力提升保障能级全面推进测绘地理信息事业转型升级[J].浙江国土资源,2023,(08):16-19.
- [10] 张敏.测绘地理信息档案管理中大数据处理技术的应用研究[J].辽宁自然资源,2021,(09):58-59.

数字化制造背景下3D打印微专业提质培优建设策略

陈穆

滁州城市职业学院, 安徽 滁州 239000

DOI: 10.61369/TACS.2026050029

摘 要 : 在数字化制造产业快速迭代、国家智能制造战略深入推进的背景下, 3D打印作为颠覆性核心技术, 其人才需求缺口持续扩大, 3D打印微专业成为衔接产业需求与人才培养的重要载体。基于此, 本文将立足数字化制造背景, 重点探讨3D打印微专业提质培优建设策略, 以期为推动3D打印微专业实现内涵式发展, 培养兼具跨学科素养、工程实践能力与创新思维的复合型人才提供理论支撑。

关 键 词 : 数字化制造; 3D打印微专业; 提质培优; 复合型人才

Quality Improvement and Excellence Cultivation Strategies for the 3D Printing Minor Under the Background of Digital Manufacturing

Chen Mu

Chuzhou City Vocational College, Chuzhou, Anhui 239000

Abstract : Against the background of the rapid iteration of the digital manufacturing industry and the in-depth advancement of the national intelligent manufacturing strategy, 3D printing, as a disruptive core technology, has witnessed a continuous expansion in the talent demand gap. The 3D printing minor has thus become an important carrier connecting industrial needs with talent cultivation. Based on this, this paper, focusing on the context of digital manufacturing, focuses on exploring the quality improvement and excellence cultivation strategies for the 3D printing minor. It aims to provide theoretical support for promoting the connotative development of the 3D printing minor and cultivating compound talents with interdisciplinary literacy, engineering practice capabilities, and innovative thinking.

Keywords : digital manufacturing; 3D printing minor; quality improvement and excellence cultivation; compound talents

引言

在新一轮科技革命和产业变革的推动下, 数字化制造已成为制造业转型升级的核心方向, 3D打印技术凭借个性化制造、复杂结构成型、材料高效利用等优势, 广泛应用于航空航天、医疗健康、文创设计、模具制造等关键领域, 成为智能制造体系中不可或缺的核心技术^[1]。这使得行业对高素质、复合型、实操型3D打印技术人才的需求日益迫切, 传统零散化、单一化的3D打印微专业教学模式已难以适配产业发展要求。因此, 在职业教育体系下, 推动3D微专业提质培优, 可以有效提高专业课程教育质量和人才培养效果, 从而进一步服务数字化制造产业高质量发展。

一、数字化制造背景下3D打印微专业提质培优的重要性

(一) 提高专业教学质量, 助力职业教育现代化发展

《职业教育提质培优行动计划(2020—2023年)》强调要加快职业教育现代化发展。3D打印技术迭代速度快、知识更新周期短, 传统静态化课程难以支撑高质量教学。在数字化制造背景

下, 把数字建模、工艺仿真、材料科学、设备运维、质量检测等核心知识, 全面融入教学内容当中, 这样就可以实现双向对接。不仅可以使课程内容紧跟技术前沿, 贴合行业标准和岗位能力要求, 进而扎实强化学生的知识储备, 也能切实提升整体教学效果^[2]。除此之外, 依托数字化教学方式和虚实结合的实训软硬件条件, 既能打破传统课堂的时间与空间限制, 又能进一步推动理论教学和实践教学做到深度融合。

项目信息:

滁州城市职业学院质量工程项目“增材制造3D打印微专业”(课题编号: 2024wzy03)的阶段性成果;

滁州城市职业学院质量工程项目“艺术设计高水平高职专业”(课题编号: 2023gzzy01)的阶段性成果;

滁州城市职业学院质量工程项目“艺术设计专业群产教融合实践中心”(课题编号: 2024cjhzx01)的阶段性成果。

（二）培育创新型人才，增强制造业核心竞争力

在数字化制造背景下，行业技术迭代更新的节奏越来越快，而且人工智能、大数据、物联网和3D打印技术的融合也变得越来深入，自然而然也就提高了对人才创新能力的整体要求。正因为如此，高职院校可以通过增设创新设计、技术研发这类相关课程，同时进一步强化实践教学环节，一方面为学生搭建创新实践的平台、提供实操锻炼的机会，另一方面引导学生主动去探索3D打印技术的应用边界，不断挖掘全新的创新发展方向，从而循序渐进培养学生的跨学科整合能力与创新应用能力^[3]。

（三）契合产业升级需求，为数字化制造发展提供人才支撑

在数字化制造全面推进的时代背景下，制造业呈现智能化、柔性化、精密化发展趋势，而3D打印技术作为核心支撑，推动生产模式、工艺流程、产品形态不断更新迭代，对相关技术技能人才的结构、能力和素养提出了全新的要求，从业者不仅要掌握3D打印设备操作、模型设计、工艺优化等基础技能，更重要的是，需要具备数字化思维和跨学科整合的能力^[4]。立足数字化制造背景，优化人才培养方案、完善课程体系，可以系统性提升人才培养的针对性与实效性，培养出符合产业发展需求的复合型3D打印人才，填补产业人才缺口；同时3D打印微专业可以及时吸纳产业前沿技术与发展理念，将产业需求转化为人才培养目标，使人才培养过程更贴合产业发展实际，助力产业实现高质量发展^[5]。

二、数字化制造背景下3D打印微专业提质增效现存困境

（一）课程体系与数字化制造技术发展脱节

课程体系是高职院校教师开展课程教学和人才培养的核心载体，传统课程体系的构建多以学科知识的完整性为导向，注重理论知识的讲解，缺乏与产业实际紧密结合的综合性、创新性实践内容，难以实现理论知识与实践能力的有机融合。从课程内容层面来看，目前教学大多围绕传统3D打印的基础理论和基础操作展开，并没有及时把数字化制造背景下的前沿技术、行业发展理念融入进来^[6]。如3D打印和人工智能、大数据、物联网之间的融合应用、绿色打印工艺、个性化定制设计等前沿内容涉及较少，使得学生掌握的知识和产业实际需求相互脱节。除此之外，在课程结构上也存在明显不足，课程很少吸纳跨学科的相关知识，忽视了3D打印技术与机械设计、材料科学、计算机应用等学科相互交叉融合的特点，使得学生的知识体系较为单一，难以形成跨学科整合思维与综合应用能力。

（二）实践教学环节薄弱，数字化实训条件不足

在传统教学模式中，实践教学多以基础的设备操作展开，没有搭建与真实生产流程相匹配的完整训练体系，实训内容偏向验证类、模仿类的练习，对于自主探究、创新设计以及工程综合应用方面的训练比较欠缺，学生难以构建完整的工程思维和培养独立解决实际问题的能力^[7]。除此之外，部分高职院校3D打印微专业的实践平台建设相对落后，缺少规格高、专业性强的实训基地。如虚拟仿真、数字建模、云端协同作业、智能检测等现代化

教学手段运用不够充分。同时实训设备更新比较慢，跟不上行业技术更新换代的节奏，难以满足高精度、复杂结构、智能化方向的3D打印实训要求，学生难以接触行业前沿的设备与新技术，导致实践教学效果不佳。

（三）师资队伍建设不足，难以满足提质培优需求

师资队伍是3D打印微专业提质培优的核心力量，其专业素养、实践能力与教学水平直接决定了提质培优的质量与效果，而当前数字化制造背景下，师资队伍素养呈现不均衡态势，难以适配提质培优工作的核心需求。其一，部分教师长期从事理论教学工作，缺乏一线产业实践经验，对数字化制造产业的发展趋势、3D打印技术的前沿应用、岗位需求变化等了解不深入，难以将产业实际与教学内容有机结合^[8]。

其二，部分教师缺乏系统的教学能力培训与数字化素养提升，难以适应数字化教学的发展需求，无法有效运用数字化教学手段开展教学活动，难以构建沉浸式、交互式的教学场景，难以推动课程教学提质增效；其三，“双师型”教师建设不足，缺乏既懂专业技术、又懂教学方法，还具备产业视野的复合型教师，从而影响了3D打印微专业提质培优工作的高效推进。

三、数字化制造背景下3D打印微专业提质培优建设策略

（一）优化和完善课程体系，精准对接数字化制造产业需求

课程体系是3D打印微专业提质培优的核心载体，其科学性性与系统性直接决定人才培养质量。在数字化制造背景下，高职院校教师需要立足数字化制造产业的发展趋势与3D打印技术的迭代规律，以人才培养目标为导向，构建适配产业需求、兼顾理论与实践、突出创新能力培养的课程体系，以此实现提质增效^[9]。首先，建立持续更新机制，紧密对接3D打印技术标准与前沿发展方向，强化数字孪生、智能制造流程、高精度成型、工艺优化等高阶内容，确保知识体系具备先进性与实用性，在此基础上，强化课程之间的关联性与系统性，避免内容重复、衔接不畅等问题，构建完整的知识体系与能力体系。

其次，数字化制造背景下，产业更注重从业者的复合型能力，因此高职院校教师需要融入机械设计、人工智能、大数据、物联网等相关学科的知识内容，培养学生的跨学科整合能力与综合应用能力，适应3D打印技术与新兴技术融合发展的需求^[10]。最后，坚持以岗位能力为导向，将数字建模、工艺规划、材料科学、智能检测、数据管理等核心要素纳入整体框架，形成理论知识、技术技能、工程应用、职业素养相互衔接的完整课程结构，以此培养学生的综合能力。

（二）加强师资队伍建设，为专业提质培优提供支撑

3D打印技术作为数字化制造领域的前沿交叉技术，兼具实践性、迭代性与跨界融合性，其人才培养对师资队伍的专业素养、实践能力、数字化水平与教学能力提出了更高要求。因此高职院校需要打造一支素养全面、能力突出、结构合理的专业化师资队伍，以此实现人才培养和课程教学质量的实质性提升^[11]。建立教

师企业挂职锻炼机制，推动教师深入数字化制造企业一线，了解产业发展动态、岗位需求标准与技术应用场景，积累实践经验，实现教学内容与产业实际的深度融合。

建立多元化培训体系，定期组织教师参加3D打印技术前沿培训、数字化教学能力培训，系统提升教师的专业素养与教学水平。同时搭建教师教学创新与技术研发平台，为教师提供开展教学改革、技术探索的支撑条件，鼓励教师围绕3D打印技术应用与人才培养开展研究，推动师资队伍素养的持续提升^[12]；重点引进具备企业一线实践经验、掌握3D打印前沿技术与数字化教学方法的复合型人才，吸纳机械设计、人工智能、大数据、物联网等相关领域的专业人才，以此完善师资队伍结构，为3D打印微专业提质培优提供支撑。

（三）强化数字化实践教学体系，提升3D打印微专业育人效能

实践教学体系建设以全流程、沉浸式、工程化为目标，推动实训内容从基础操作向综合应用升级。高职院校应当以数字技术为核心驱动，整合虚拟仿真、数字建模、工艺仿真、智能检测、数据管理等关键功能，构建数字化实践平台，推动实践教学从传统设备操作向数字化、智能化、协同化方向升级^[13]。依托数字化

实训平台与虚拟仿真技术，教师可以创设真实的工作场景，让学生在线模拟训练高难度、高精度的3D打印任务，以此提高提升实践教学的覆盖面与深度，促使学生在了解真实岗位操作标准的同时，可以强化实操能力、夯实理论知识。

此外，高职院校需要以项目驱动、任务导向为核心，推动教学过程与生产过程对接、实训内容与工程任务对接，并开展分层训练、递进训练与个性化训练，满足不同阶段、不同目标的实践教学需求，让实践教学更具科学性、针对性与实效性，以此进一步提升学生对数字化设备、智能系统、工艺规范的掌握程度，增强技术应用能力与岗位适应能力。

四、结语

在数字化制造加速推进的时代背景下，3D打印微专业提质培优建设是职业教育对接产业需求、强化人才支撑的重要举措。通过优化和完善课程体系、加强师资队伍建设、强化数字化实践教学体系等策略，可以有效推动3D打印微专业提质培优，培养适应智能制造发展的复合型技术技能人才。

参考文献

[1] 梁勇. 智能制造背景下高职院校机电一体化专业现代加工技术——3D打印方向人才培养模式研究[J]. 汽车与驾驶维修(维修版), 2025, (01): 67-69.

[2] 田娇. 3D打印技术在高职机械制造及自动化专业教育教学中的应用[J]. 内燃机与配件, 2025, (01): 149-152.

[3] 赵蓓蓓. 3D打印技术在机械专业课程教学改革中的应用研究[J]. 当代农机, 2024, (11): 105-106.

[4] 刘彬煌. 职业学校3D打印专业结合创新创业教育的实践路径探究[J]. 成才, 2024, (14): 158-159.

[5] 叶帅奇. 3D打印技术在汽车类专业实验教学中的应用研究[J]. 内燃机与配件, 2024, (12): 123-125.

[6] 向莉娟. 任务驱动教学法在中职《3D打印技术》课程中的应用研究[D]. 广东技术师范大学, 2024.

[7] 朱秀梦. 基于任务驱动的分层教学法在中职《3D打印实训》课程中的应用研究[D]. 贵州师范大学, 2024.

[8] 马云飞. 中职机械专业实训课程的“三有课堂”实践——以“3D打印综合应用”课程为例[J]. 中学科技, 2024, (09): 19-21.

[9] 朱姝. 3D打印技术在职业教育工业设计专业中的应用研究[J]. 中国教育技术装备, 2023, (24): 15-18+21.

[10] 贾晓丽, 刘璇, 陈建平. 增材制造技术专业逆向工程与3D打印技术课程标准研究[J]. 科学咨询, 2023, (23): 79-81.

[11] 王广原, 吴王平, 江鹏, 等. 新工科背景下智能制造专业3D打印技术课程教学改革探索[J]. 科技风, 2023, (34): 112-114.

[12] 曹育红, 朱姝. 3D打印技术融入职业教育工业设计专业中的思考[J]. 高教学刊, 2023, 9 (26): 76-80.

[13] 杨文平. 中职学校3D打印技术专业人才培养策略[J]. 信息系统工程, 2023, (08): 173-176.

中职智慧校园系统整体架构设计与实现

王雄¹, 魏新俊²

1. 远安县职业教育中心学校, 湖北 远安 444200

2. 远安县特殊教育学校, 湖北 远安 444200

DOI: 10.61369/TACS.2026050033

摘 要 : 在职业教育数字化转型的背景下, 针对中职学校在教学、管理、评价等方面的特殊需求, 本文提出并设计了一套完整的中职智慧校园系统整体架构。该架构基于微服务、物联网及人工智能技术, 以“数据驱动、业务协同、服务融合”为核心, 构建了包含基础设施层、平台支撑层、业务应用层、用户交互层的四层技术架构, 并建立了统一的数据标准与安全保障体系。文章深入分析了中职智慧校园的构建需求, 并详细阐述了各层级、各模块的具体设计与实现策略, 重点解决了数据孤岛、业务流程碎片化及学生评价难等痛点。系统实现策略强调轻量化部署、模块化开发与持续运营优化, 旨在为中职学校提供一套可落地、可扩展、安全高效的智慧校园解决方案。

关 键 词 : 中职教育; 智慧校园; 微服务架构

Overall Architecture Design and Implementation of Secondary Vocational Smart Campus System

Wang Xiong¹, Wei Xinjun²

1.Yuan'an Vocational Education Center School, Yuan'an, Hubei 444200

2.Yuan'an Special Education School, Yuan'an, Hubei 444200

Abstract : Against the background of the digital transformation of vocational education, aiming at the special needs of secondary vocational schools in management, teaching, evaluation and other aspects, this paper proposes and designs a complete overall architecture of the secondary vocational smart campus system. Based on microservice, Internet of Things and artificial intelligence technologies, the architecture takes "data-driven, business collaboration and service integration" as the core, and constructs a four-layer technical architecture including infrastructure layer, platform support layer, business application layer and user interaction layer, as well as establishing unified data standards and a security guarantee system. This paper deeply analyzes the construction demands of secondary vocational smart campus, elaborates on the specific design and implementation strategies of each layer and module, and focuses on solving the pain points such as data silos, fragmented business processes and difficulties in student evaluation. The system implementation strategy highlights lightweight deployment, modular development and continuous operation optimization, aiming to provide a practical, scalable, safe and efficient smart campus solution for secondary vocational schools.

Keywords : secondary vocational education; smart campus; microservice architecture

一、中职智慧校园系统的构建需求

(一) 统一数据标准与消除信息孤岛的需求

当前, 多数中职学校的信息化建设采取“按需采购、分步实施”的模式, 导致学工、教务、宿管、门禁等系统由不同厂商提供, 数据格式与接口各异。学生信息需要在多个系统中重复录入且无法实时同步, 管理决策所需的全域报表无法自动生成, 形成了严重的“信息孤岛”^[1]。因此, 中职智慧校园系统首先必须建立一套涵盖人员、组织机构、资产、教学资源、业务单据的全校统一数据标准与交换规范。该需求要求系统通过数据中台或数据治理平台, 实现各业务子系统间的数据互通、清洗与整合, 形成标准化的主数据管理(MDM)与权威数据源, 为所有上层应用提供一致、准确、实时的数据服务, 从而支撑跨部门的业务流程自动

化与校级数据分析。

(二) 教、学、管全流程数字化的需求

中职学校的管理与教学具有鲜明的职业导向特征, 其核心业务流程包括招生录取、分班排课、学籍异动、日常考勤、技能考核、实习派遣、毕业追踪等。传统模式下, 这些环节存在大量纸质流转和手工操作, 效率低下且易出错。因此, 智慧校园系统需要围绕“教师教学、学生学习、行政管理”三条主线, 实现全景业务流程的线上化与智能化。例如, 在教学方面, 需支持“理实一体化”教室排课、工位预约、实训耗材管理; 在学生管理方面, 需整合人脸识别考勤、宿舍晚点名、行为预警; 在行政方面, 需实现流程引擎驱动的请假、报修、报销等审批。其核心是实现从“人找事”到“事找人”的转变, 大幅提升日常运行效率与管理规范化水平^[2]。

（三）学生画像方式评价的特殊需求

中职学生画像评价方式是以大数据、学习分析技术为核心驱动的新型评价范式，旨在构建全方位、动态的个体成长模型。它采集课堂表现、技能实操、顶岗实习、在线学习、行为习惯等全场景数据，通过数据清洗、特征工程等预处理，再运用聚类、关联规则等算法，提取知识水平、操作规范性、职业素养、协作能力等多维标签，生成可视化的立体画像。在理论上，多元智能理论揭示中职生智能分布的差异性，要求评价个性化；发展性评价观强调持续记录学生的成长增值；能力本位教育思想则聚焦岗位核心能力的分解^[3]。这三者共同为画像评价的维度设计、过程追踪和职业导向提供学理依据。由此，评价突破传统纸笔测试的单一维度局限，转向证据导向的过程性与增值性评价，实现从静态判别到动态诊断、预测干预的跨越。教师可据此开展精准分层与个性化辅导，发掘学生隐性潜能并预警发展风险；学生可借助画像认识自我，增强职业认同，促进自主发展。

（四）校园安全与智能安防融合的需求

中职的学生处于青少年时期，来源比较杂，大多数都是住宿制，因此保障学生的生命财产安全至关重要，需要把视频监控、出入口管控、火灾报警以及电子围栏这些安防系统的功能都融入校园管理系统当中去^[4]。满足传统意义上的查看录像及刷卡进出校门的需求的同时，还需要利用人工智能技术来开展主动的安全防范工作，如采用行为分析手段对学生在重要位置如天台、围墙、水池处出现徘徊、摔倒或打架的行为予以及时发现，并发出警告提示；用人脸识别闸机的方式追查外来人员行踪并且将其列入黑名单之中；结合宿舍归寝情况、请假信息以及出入校门记录生成未返寝室、迟到同学清单发送给老师等等。目的是形成“防患于未然、严控于事发时、追究于过后”的全方位立体化的校园安全保障机制^[5]。

二、中职智慧校园系统整体架构设计与实现策略

（一）基于微服务的四层总体技术架构设计

考虑到中职学校业务发展较快且需要较好的扩展性的需求，系统采用了基于微服务的四层结构，从底层到顶层分别为 IaaS 层（基础层）、PaaS 层（平台层）、SaaS 层（应用层）和 UaaS 层（用户层），其中 IaaS 层将学校的现有服务器、存储、网络设施、物联网中的各种传感器、摄像头作为边缘节点，并利用虚拟化技术将其转化为计算资源池，以支持计算能力和存储空间的灵活调整。平台层是整个体系的核心部分，包括数据中台、技术中台及物联网中台，负责落实数据标准、完成服务注册发现、消息路由、设备接入等功能并为上面的应用提供通用的能力^[6]。业务应用层面按照中职业务领域划分成教育教学、学生管理、实习就业、后勤资产、校园安全五个微服务群组，每个微服务单独开发、运行和发展。UaaS 层则是面向教师、学生、管理者、家长或企业的 Web Portal 或 APP，或者大屏幕驾驶舱等多种访问方式。这种结构保证了系统的高可用性和高性能，在接下来 5 年内的业务增长不会有问题^[8]。

（二）关键子系统微服务化设计与实现策略

根据四层指导思想，在此基础之上着重将重要业务系统作为微服务化改造对象。①教务教学服务群：将其划分为课程管理、排课算法、选课、成绩管理、实训教学以及技能比赛等多个单独的服务^[7]。其中，对于排课服务需要考虑到理实一体类课程的特点而设置复杂的时间空间资源限制算法，尽可能地保证实训工位及企业的兼职老师有空闲时间。②学生管理服务群：分离成学籍、奖惩、资助、操行分、宿舍、行为预警多个小服务。行为预警服务是一个规则引擎应用，可以随时监听来自数据总线上关于考勤情况、门禁情况、消费情况甚至是上网行为的数据流，一旦出现连续几天晚上不回家或者一个月内消费额急剧下降的情况，则会自动产生一条预警记录推送给相关班主任手机端。③实习就业服务群：这是中职特有的服务，主要包含实习档案、岗位库、三方协议、实习日志、企业评价、就业跟踪等内容的小型服务。借助于企业和微信之间的互通互联功能，使得企业在移动设备上能够查看每日工作汇报并且还能做到签到打卡防止作假等情况发生^[9]。所有的微服务都将在一个统一的 API Gateway 下提供给外界调用，其前缀部分均实现了 OAuth2 或 JWT 的身份验证以及流量控制机制。在数据库层面按照服务划分，采取“一库一服务”的方式选择 MySQL 关系型数据库并配合 MongoDB 存储大量日志信息。

（三）数据中台与物联网设备融合的数据治理策略

要打造一个智慧校园，关键是要有数据，并且能够把数据管好用好，这就需要建立一套统一的数据中台以及将这些数据与物联网相结合。对于数据中台来说，在第一步我们发布了中职学校智慧校园核心数据标准，明确了学生、教职工、教学资源、资产、安全事件五大类共 160 项数据元素的标准规范，规定了其对应的唯一编码及其来源。其次，我们将 DataX、Canal 等数据集成工具引入到系统当中来，实现了从各个数据库里面获取各种类型的数据信息，包括一些日志信息等等，然后经过 ODS（操作型数据仓库）→ DWD（明细层）→ DWS（汇总层）→ ADS（应用层），即所谓的 4 层结构来进行清洗、加工处理，去除多余重复的部分。关于物联网方面，则是设计了一个单独的物联网平台，基于 MQTT 协议对接所有的终端，比如智能水表、智能电表、烟雾报警器、门禁、人脸识别闸机等。每一个设备产生的原始事件都由规则引擎推送到了相关的业务端口上，另外针对每个设备所产生的数据也进行了相应的标准化处理之后进入数据中台中的 DWD 层。最后则是借助数据服务目录的方式对外部的应用程序提供了统一的数据服务接口，比如全校一张图、老师的工作情况、学生的成长档案等等。

（四）安全保障体系与智能运维平台的设计实现

安全是智慧校园的生命线，运维则是智慧校园平稳运行的基础。安全保障方面采取了纵深防御策略，在物理环境、网络设备、操作系统、应用程序以及数据等多个维度上进行了全方位的安全保护措施部署^[10]。在应用层面上采用了 RBAC 机制实现了细颗粒化权限管理，并且规定了重要操作必须经过短信二次确认方可执行；在数据层面，则利用透明加解密的方式将教师学生的

信息以列表形式加以加密并保存起来,同时对于备份的数据也做了全面的加密处理;在传输层面,整个网站都启用了 HTTPS 和 TLS v1.3 协议。建立了校园网络安全二级等保合规制度,通过日志服务器、防火墙、杀毒软件 EDR 等,实现一旦发现终端具备攻击行为,防火墙立即对该中毒 IP 进行封杀,避免后续继续发起攻击。

三、结语

本文提出的中职智慧校园系统整体架构,聚焦中职学校特有

的管理、教学与评价需求,通过微服务化、数据中台化及智能化技术手段,解决了系统孤岛、业务流程割断及数据利用率低等核心问题。该架构已在多所中等职业学校得到初步验证,显著提升了管理效能与教学体验。未来,随着生成式 AI 与大模型技术的成熟,系统将向“生成式智慧校园”演进,在个性化学习路径推荐、智能组卷阅卷、校园安全事件自动报告生成等方向进行探索,进一步赋能职业教育高质量发展。

参考文献

[1] 王刚. 容器化微服务架构在智慧校园系统中的应用与挑战 [J]. 数字通信世界, 2025, (10): 74-76.

[2] 范子豪, 张铭成, 杨阳. 基于大数据的智慧校园系统开发 [J]. 科技创新与应用, 2025, 15(05): 62-66+70.

[3] 何奇兵. 基于 Web3D 智慧校园系统应用设计与建设评价 [J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(12): 74-81.

[4] 张晓红. 基于 AI 智能卡的中小学智慧校园系统构建与研究 [J]. 通讯世界, 2024, 31(02): 97-99.

[5] 周勇, 吴瑕, 狄宏林. 基于 WebGIS 的智慧校园系统设计与实现 [J]. 信息记录材料, 2023, 24(12): 72-76.

[6] 李伟, 鲁华栋. 基于 " 互联网 + " 的智慧校园系统的构建 [J]. 青岛远洋船员职业学院学报, 2023, 44(03): 25-28+35.

[7] 张明, 郝志杰, 郑秋梅. 智慧校园背景下智能平安校园系统的研究与设计 [J]. 微型电脑应用, 2023, 39(09): 4-6.

[8] 梁文楷. 基于 RocketMQ 技术的智慧校园系统中数据同步的研究及应用 [J]. 网络安全技术与应用, 2023, (09): 59-62.

[9] 刘珍. 数字化背景下高校智慧校园系统架构研究 [J]. 现代商贸工业, 2023, 44(08): 238-240.

[10] 曾俊煌, 陈舜顺, 刘磊, 王帅. 基于多源点云与 WebGIS 的智慧校园系统设计与实现 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(02): 44-47.

基于 YOLOv13-HyperACE 的甘蔗整杆收获识别方法

林舒哈¹, 肖诗正¹, 侯明鑫^{1*}, 李星晨¹, 杨桢毅¹, 牛钊君², 孟庆河²

1. 广东海洋大学机械工程学院, 广东 湛江 524088

2. 中国热带农业科学院农业机械研究所, 广东 湛江 524013

DOI: 10.61369/TACS.2026050039

摘 要 : 针对甘蔗收获过程中整杆甘蔗的精准识别问题, 提出一种基于改进 YOLOv13 目标检测模型的识别方法。通过构建甘蔗整杆数据集, 引入超图的自适应关联增强注意力 HyperACE(Hypergraph-based Adaptive Correlation Enhancement), 提升模型对密集堆叠甘蔗的检测性能。实验结果表明, 该方法在复杂场景下对单根及堆叠甘蔗的平均识别精度 (mAP) 达到 92.3%, 较原始 YOLOv13 提升 6.7%, 满足机械臂抓取对甘蔗整杆收获识别的实时性与准确性需求。

关 键 词 : 甘蔗整杆识别; 收获; YOLO; 深度学习; 抓取

Sugarcane Whole Stalk Harvest Recognition Method Based on YOLOv13-HyperACE

Lin Shuhan¹, Xiao Shizheng¹, Hou Mingxin^{1*}, Li Xingchen¹, Yang Zhenyi¹, Niu Zhaojun², Meng Qinghe²

1. School of Mechanical Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088

2. Agricultural Machinery Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524013

Abstract : Addressing the issue of precise identification of whole sugarcane stalks during the harvesting process, a recognition method based on an improved YOLOv13 object detection model is proposed. By constructing a dataset of whole sugarcane stalks and introducing HyperACE (Hypergraph-based Adaptive Correlation Enhancement), an adaptive correlation enhancement method based on hypergraph, the detection performance of the model for densely stacked sugarcane is improved. Experimental results show that the average precision (mAP) of this method for single and stacked sugarcane in complex scenes reaches 92.3%, which is 6.7% higher than that of the original YOLOv13, meeting the real-time and accuracy requirements for mechanical arm grasping and harvesting identification of whole sugarcane stalks.

Keywords : sugarcane whole stalk recognition; harvesting; YOLO; deep learning; capture

引言

甘蔗作为广西省重要的糖料作物, 其机械化收获水平直接影响农业生产效率^[1-3]。在整杆式收获作业中, 机械臂需精准识别田间单根及小堆堆叠的甘蔗目标, 以实现无损抓取^[4-6]。然而, 田间环境复杂多变, 甘蔗常呈现细长形态且易发生密集堆叠与相互遮挡, 传统视觉识别方法难以在保证实时性的同时兼顾检测精度, 导致机械臂抓取成功率受限^[7-9]。

针对上述难点, 本文提出一种基于改进 YOLOv13 (You Only Look Once version 13) 的甘蔗整杆识别方法。通过构建专用甘蔗数据集, 并引入超图自适应关联增强注意力机制 (HyperACE) 优化策略, 旨在提升模型对密集粘连目标的特征提取能力与定位精度^[10]。实验表明, 该方法能有效适应复杂田间工况, 为甘蔗收获机械臂的精准作业提供了可靠的技术支撑。

一、材料与方法

(一) 数据集构建

为适配田间甘蔗整杆收获的复杂识别场景, 本文以广西甘蔗主产区的实际收获工况为依据, 构建甘蔗整杆收获目标检测专用数据集。数据采集于自然光照、多云、局部阴影、田间杂草与残

膜干扰等多种环境, 采集设备为分辨率 1280×720 的工业相机, 共获取田间收获状态下甘蔗图像 1580 张, 覆盖单根整杆、2-6 根小堆堆叠、局部重叠遮挡三类典型目标。使用 Label Studio 标注工具对样本进行人工标注, 统一类别标签为 sugarcane, 以最小外接矩形完整包裹甘蔗杆体或堆叠整体, 确保目标边界与实际抓取区域一致。按 7:2:1 的比例将数据集随机划分为训练集、验证集与

项目信息:

广西重点研发计划项目 (桂科 AB23026069;

桂农科 AB241484034);

广东省自然科学基金 (2025A1515012901);

广东海洋大学创新训练项目 (202410566012)。

通讯作者: 侯明鑫, 教授 / 博士, houmx@gdou.edu.cn

测试集，其中训练集1106张、验证集316张、测试集158张，各子集样本分布保持均衡。



图1 基于 LabelStudio 的甘蔗整杆数据集标注

(二) 模型改进方法

针对甘蔗整杆在田间自然生长状态下呈现的细长杆状几何特征，以及在机械化收获过程中极易出现的密集堆叠、相互遮挡、光照反射不均等复杂视觉干扰问题，本文选取当前性能卓越的 YOLOv13 作为基础检测框架。然而，标准的 YOLOv13 模型虽然在通用目标检测任务中表现出极高的实时性与准确性，但在处理甘蔗这种长宽比悬殊 (Aspect Ratio Extreme)、且堆叠区域特征极易混淆的特定农业场景时，其骨干网络 (Backbone) 与特征金字塔 (Neck) 往往难以建立长距离的语义关联，导致对堆叠甘蔗边界框的回归精度不足，易产生漏检或误检。

为解决上述痛点，本研究提出了一种基于超图自适应关联增强注意力机制 (Hypergraph-based Adaptive Correlation Enhancement, HyperACE) 的改进策略。该策略的核心思想在于打破传统卷积神经网络 (CNN) 仅通过局部感受野进行特征提取的局限，利用超图 (Hypergraph) 结构强大的非欧几里得数据建模能力，显式地捕捉甘蔗目标之间复杂的高阶空间关联。具体而言，本研究将 HyperACE 模块深度嵌入至 YOLOv13 的 Neck 网络关键特征融合层中，旨在通过自适应增强密集区域的特征响应，抑制背景噪声干扰，从而提升模型对整杆及小堆甘蔗的精细化识别能力。

1. HyperACE 模块的数学建模与构建逻辑

HyperACE 模块的设计初衷是为了解决密集目标检测中的“特征混淆”问题。在田间场景中，多根甘蔗往往紧密贴合，传统注意力机制 (如 SE、CBAM) 仅关注通道或空间的二阶统计量，难以区分紧密相邻的目标实例。为此，本研究构建了一个基于超图的注意力增强单元，其数学表达过程如下：

首先，假设输入特征图 $F_m \in \mathbb{R}^{C \times H \times W}$ 经过降维处理后得到节点特征矩阵 $X \in \mathbb{R}^{N \times d}$ ，其中 $N=H \times W$ 为特征节点数， d 为特征维度。HyperACE 模块的核心在于构建一个自适应的超图结构 $H=(V, E)$ ，其中 V 代表特征节点集合， E 代表超边集合。

与传统图结构中一条边仅连接两个节点不同，超图允许一条超边 $e_k \in E$ 连接任意数量的节点，这使得模型能够将属于同一根甘蔗 (即具有高度相关性的特征点) 的像素点聚合在一起。超边的构建并非预定义，而是通过可学习的参数动态生成：

$$S = \sigma(X\Phi W_s) \quad (1)$$

式 (1) 中， $S \in \mathbb{R}^{N \times K}$ 为关联矩阵 (Incidence Matrix)， K 为超边数量， Φ 为映射函数， W_s 为可学习权重， σ 为 Sigmoid 激活函数。该过程实现了对甘蔗特征的自适应聚类。

随后，引入超图卷积层进行信息传播。为了增强模型对甘蔗细长形态的适应性，本研究设计了一种加权的超图拉普拉斯算子：

$$F_{out} = D_v^{-1} H P D_e^{-1} W_{att} X \quad (2)$$

式 (2) 中， H 为关联矩阵， P 为超边权重矩阵， D_v 和 D_e 分别为节点度矩阵和超边度矩阵。 W_{att} 是本模块引入的自适应注意力权重，用于在聚合邻居信息时，放大属于甘蔗茎秆的特征响应，抑制土壤、杂草等背景噪声的干扰。通过这种高阶关联建模，模型能够学习到甘蔗之间“谁与谁相邻”、“谁属于同一簇”的深层语义信息，从而有效区分堆叠在一起的多根甘蔗。

2. 基于 YOLOv13 的网络架构融合策略

在具体的网络架构实现上，本文并未盲目堆叠模块，而是经过消融实验验证，选择将 HyperACE 模块嵌入在 YOLOv13 的 Neck 部分的特征金字塔 (FPN) 关键节点。具体位置位于 P3/P4/P5 特征层的上采样与下采样融合路径之后。

选择该位置的逻辑在于：在 Backbone 提取的基础特征中，甘蔗的细长纹理信息尚处于初级阶段，而经过 Neck 的特征融合后，多尺度特征已经初步聚合。此时引入 HyperACE，可以利用超图结构对融合后的特征进行“语义精修”。它不仅能够利用深层特征的语义信息来指导浅层特征的定位 (Top-down refinement)，还能通过自适应关联增强，将分散在不同尺度上的甘蔗特征 (如根部、中部、梢部) 重新关联，形成一个完整的实例表达。

为了保证模型的实时性以满足机械臂抓取的控制周期要求，本研究对 HyperACE 模块的计算复杂度进行了优化。通过引入分组卷积 (Group Convolution) 和降维策略，将超图构建的节点数控制在合理范围内，避免了因图计算带来的过大的计算开销。同时，在激活函数的选择上，采用了最新的 SiLU (Sigmoid Linear Unit) 变体，以提升梯度的流动效率。

3. 针对甘蔗收获场景的特异性优化

甘蔗收获作业通常在户外强光、阴影交替的复杂光照条件下进行，本研究在 HyperACE 模块中额外增加了一个光照鲁棒性分支。该分支通过并行的全局平均池化 (Global Average Pooling) 和最大池化 (Global Max Pooling)，捕捉图像的全局光照分布特征，并将该特征作为先验知识注入到超图的节点特征中。这一设计使得模型在面对甘蔗表面因光照产生的高光或阴影遮挡时，依然能够保持稳定的特征提取能力，有效防止因局部光照变化导致的特征断裂。

综上所述，本文提出的 YOLOv13-HyperACE 模型，通过在特征融合阶段引入超图自适应关联增强机制，不仅保留了 YOLOv13 原有的高速推理优势，更显著增强了其对密集堆叠甘蔗的高阶语义理解能力。这种改进为后续机械臂手的精准抓取提供了更为精确的二维定位信息与实例分割掩码，是实现甘蔗整杆智能化收获的关键技术环节。

二、实验与结果分析



图2 YOLOv13-HyperACE 整杆甘蔗识别结果

为全面评估改进后的 YOLOv13-HyperACE 模型在甘蔗整杆收获场景下的检测性能，本研究在自建的甘蔗整杆数据集上进行了详尽的对比实验与消融实验。实验环境配置如下：操作系统为 Ubuntu 24.04 LTS，深度学习框架采用 PyTorch 2.4.1，GPU 加速使用 NVIDIA RTX5090D（24GB 显存），CPU 为 Intel Core i9-14900K。训练过程中，批量大小（Batch size）设置为 32，初始学习率设为 0.01，动量（Momentum）为 0.937，并采用余弦退火策略进行学习率衰减。为了验证模型的泛化能力，所有实验均进行了 300 个 Epoch 的训练，并选取验证集上 mAP 最高的权重作为最终模型。

（一）模型整体性能对比分析

为了验证本文提出的 YOLOv13n-HyperACE 算法的有效性，本研究选取了原始 YOLOv13 模型、以及目前主流的 YOLOv8 和 YOLOv10 作为基准对比模型。评价指标涵盖了平均精度均值（mAP@0.5）、精确率（Precision）、召回率（Recall）以及单张图片推理时间（FPS）。

实验结果如表 1 所示。从数据中可以看出，原始 YOLOv13 模型在测试集上的 mAP@0.5 为 85.6%，虽然在通用目标检测中表现优异，但在面对田间密集堆叠的甘蔗场景时，其精确率和召回率均出现了明显的瓶颈。相比之下，引入 HyperACE 机制后的改进模型表现出了显著的性能提升。实验数据显示，改进后的模型 mAP@0.5 达到了 92.3%，较原始模型提升了 6.7 个百分点。这一数据的提升得益于 HyperACE 模块对甘蔗细长杆状特征的高阶关联建模能力。同时，改进模型的精确率（Precision）达到了 91.8%，较原始模型提升了 6.2%。这意味着在基于本文方法的机械臂抓取作业中，视觉系统产生误报（如将杂草误认为甘蔗）的概率大幅降低，从而保证了甘蔗整杆抓取动作的可靠性。同时，召回率（Recall）提升至 90.5%，提升了 7.1%，这表明模型在面对甘蔗相互遮挡或光照不均的情况时，漏检率显著下降，能够更完整地识别出田间所有的收获目标。

表 1 不同模型在甘蔗数据集上的性能对比

模型名称	参数量 (M)	mAP@0.5 (%)	精确率 (%)	召回率 (%)	推理速度 (ms)
YOLOv8s	3.0	84.2	85.1	83.3	25.4
YOLOv10s	2.3	86.5	87.9	85.2	22.1
YOLOv13n (原始)	3.1	85.6	85.6	83.4	18.9
YOLOv13n-HyperACE (本文)	3.4	92.3	91.8	90.5	19.2

表 1 表明，虽然引入了 HyperACE 模块导致模型参数量略有增加（从 .1M 增加到 3.4M），但推理时间仅增加了 0.3ms，维持在 19.2ms（约 52FPS），依然满足机械臂实时控制的帧率要求（通常 >30FPS）。这有力地证明了本文提出的算法在精度与速度之间取得了良好的平衡，具备在嵌入式农业机器人平台上部署的潜力。

（二）定性分析与可视化结果讨论

除了定量数据，本研究还选取了多组具有代表性的田间复杂

场景图像进行可视化分析，以直观展示模型的改进效果。

在甘蔗处于强光照射下，且背景中存在大量反光的残膜。原始 YOLOv13 模型由于受到高光干扰，将部分残膜误检为甘蔗（False Positive），同时漏检了阴影中的一根甘蔗。而本文提出的模型，得益于 HyperACE 中的光照鲁棒性分支，能够有效抑制背景噪声，准确地识别出了所有目标，且边界框回归非常精准。

在密集堆叠场景中，多根甘蔗相互交叉重叠。原始模型在重叠区域产生了严重的粘连现象，仅输出了一个巨大的边界框，无法精准识别。相比之下，改进后的模型利用超图的自适应关联能力，成功将重叠的甘蔗分离识别为独立的个体，清晰地勾勒出了每一根甘蔗的轮廓。这种像素级的精准定位，为后续机械臂手的无损分离抓取提供了可靠的视觉依据。

三、结束语

本文针对甘蔗整杆收获过程中密集堆叠、局部遮挡导致识别精度不足的问题，提出一种基于 YOLOv13HyperACE 的整杆甘蔗识别方法。通过构建田间甘蔗专用数据集，在 YOLOv13 网络中嵌入 HyperACE 超图自适应关联增强注意力，有效提升了模型对细长杆状目标与密集堆叠场景的检测性能。实验结果表明，所提方法 mAP@0.5 达 92.3%，较原始模型提升 6.7 个百分点，在复杂田间环境下具备良好的精度与鲁棒性，可稳定输出目标定位信息，满足机械臂精准抓取的工程需求。该研究可为甘蔗智能收获装备的视觉系统提供有效技术方案，对推动南方糖料作物收获机械化、智能化发展具有实际应用价值。

参考文献

[1] 刘金雨, 王冠琳, 廖柳生等. 新发展格局下广西甘蔗产业转型升级研究 [J]. 大众科技, 2026, 28(01): 105-109.

[2] 黄晓玲. 广西糖用甘蔗高产栽培管理技术及其应用实践的深入讨论 [J]. 种子世界, 2026(01), 07-209.

[3] 欧剑荣, 匡昭敏, 李莉等. 广西甘蔗机收作业气候适宜度评价 [J]. 甘蔗糖业, 2025, 54(02): 53-61.

[4] 文飞. 甘蔗收获机械化技术与收获机械推广分析 [J]. 广西农业机械化, 2022(03): 16-18.

[5] 朱昌炜. 基于双目视觉的田间甘蔗空间定位及抓取研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2022.

[6] 吴鹏坤. 甘蔗收获机械推广应用存在的问题与措施研究 [J]. 河北农机, 2021(10): 91-92.

[7] 张邦. 基于机器视觉的堆叠蔗种识别与自动取投技术研究 [D]. 桂林: 桂林理工大学, 2025.

[8] 李隆钦. 基于双目 DSO 算法的蔗根定位与抓取研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2024.

[9] 胡秋生. 机器人柔性触觉末端设计及触觉协同抓取研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2024.

[10] 廖伟辉, 赖景暖, 屠博等. 基于 DSA-YOLOv13 的钢结构表面缺陷检测方法 [J]. 环境技术, 2025, 43(10): 86-93.

高架桥振动模型分析与健康检测

汪寅章

南京邮电大学 电子与光学工程学院, 江苏 南京 210000

DOI: 10.61369/TACS.2026050043

摘 要 : 为延长高铁高架桥的使用时间, 提高其维护效率, 降低其检测与维护成本, 首先对高架桥这一常见轨道交通的铁轨进行理论振动模型分析。设置不同参数的车辆模型, 得出其在同一轨道上运行的振动方程, 以代表不同的车辆产生的不同振动, 再利用同步压缩小波变换获取其时频特性与相关谱图。通过与其他研究者的研究相比较, 并从时域和频域等维度分析后认为, 该模型具有合理性和完备性。随后利用自研制振动检测设备采集了河北某地高铁轨道一段时间的振动信号数据, 并回收。通过分析该振动信号, 提取其时频谱特征, 将实测振动信号与振动模型相比较, 认为该段高铁轨道健康状况良好。并且该方法可为高架桥振动和健康检测提供思路。

关 键 词 : 高铁振动; 模型仿真; 实测信号; 车桥检测; 同步压缩小波变换

Vibration Model Analysis and Health Inspection of Viaduct

Wang Yinzhang

Nanjing University of Posts and Telecommunications, School of Electronic and Optical Engineering, Nanjing, Jiangsu
210000

Abstract : In order to prolong the service time of high-speed railway viaducts, improve their maintenance efficiency and reduce their inspection and maintenance costs, the theoretical vibration model of viaducts, a common rail transit track, is first analyzed. The vehicle models with different parameters are set up, and the vibration equations of the vehicles running on the same track are obtained to represent the different vibrations generated by different vehicles. Then, the time-frequency characteristics and correlation spectra of the vehicles are obtained by using synchronous compressed wavelet transform. Compared with other researchers' research, and analyzed from time domain and frequency domain, the model is reasonable and complete. Then the self developed vibration detection equipment was used to collect the vibration signal data of a high-speed railway track in Hebei for a period of time, and the data was recovered. By analyzing the vibration signal, extracting its time-frequency spectrum characteristics, and comparing the measured vibration signal with the vibration model, it is considered that the high-speed rail track in this section is in good health. And this method can provide ideas for viaduct vibration and health detection.

Keywords : high speed rail vibration; model simulation; measured signal; axle detection; synchronous compression wavelet transform

引言

相关统计数据显示, 截止 2021 年4月, 我国铁路营业里程达 14.63 万公里, 高速铁路运营里程达 3.79 万公里, 位居世界第一, 最高速度达到 350 km/h。由于列车以高速运行, 必然会造成较强的环境振动。列车的高速移动必定会给轨道以及其承重结构带来一定程度上的振动, 而如果振动频率引起共振或振动幅度较大, 则有可能影响铁路高架桥等交通线路的健康与安全^[1]。那么, 高铁轨道振动状态和车桥健康安全情况则是一个亟待解决的问题。

目前由于国内高铁技术的快速发展, 对于该领域的研究主要集中于国内的研究组。

李小珍等^[2]于2012年对简支桥在列车运行下的振动开展了研究, 其构建了桥梁在任意移动荷载列模型作用下其竖向振动的解析表达式。该表达式包含了列车速度、桥梁重量和刚度、阻尼系数等维度, 具有较高的完备性。在随后的研究中^[3], 李小珍等分析了以 250 ~ 385 km/h 运行的列车产生的振动, 利用模型仿真和实测数据得出结论, 列车各部分振动具有一定的周期性, 其原因是车轮和钢轨接缝的周期性碰撞, 同时车体和桥梁的振动加速度级在 80dB 之内。同年, 宋晓东等^[4]对某一段高速铁路的简支箱梁竖向向下振动基频进行分析和研究, 其根据桥梁材质和列车速度等因素判断出, 不同车速下 33.1m 跨度的桥梁基于预应力的基频, 并且指出在车桥设计与建设时应当避免这些基频, 以免列车引起共振, 造成桥梁损伤。这一研究具有一定的实际工程意义。

在以往的研究中,主要采用图像分析方法和雷达反射波等方法检测高铁车桥等健康状况。现有的系统通常需要布置多组、多种传感器^{[4][5]},包括温度传感器、应力传感器、位移传感器等。这种系统具有一定的复杂度,成本较高,维护较难。相对而言,北京交通大学杨叶^[6]等设计了基于图像采集技术的嵌入式 GPU 平台检测系统,此研究通过该平台采集数据和构建数据集,为在不同外界条件下的健康检测和异物判定提供了数据基础,其在初步的测试中整体准确率达到 96% 以上。刘志平等^[7]利用毫米波探底雷达这种设备检测高速铁路桥梁振动情况,同时与理论模型做对比,从振动波形等信息判断桥梁健康与安全状况。

基于以上调研,本研究提出一种根据套高架桥振动波形检查其健康状况的方式。本研究采用自研制的振动检测设备采集高架桥振动信号,通过振动加速度时频分析等方式分析采集到的信号,并与构建的振动模型做对比,以判定高速铁路高架桥等车桥结构的使用状况,从而为车桥检修提供一定参考。

一、模型构建与仿真

高架桥振动主要由列车经过轨道时的外力引起,根据受迫振动原理,轨道所受外力主要为列车重力等竖直方向的力,所以其主要受迫振动为竖直方向振动。假设高架桥及轨道处于健康状态,则其密度 ρ 不随轨道坐标位置变化而变化,保持为一个定值。当列车匀速运行时列车速度为 v ,由于每一节列车车厢长度近似相等,所以可以将列车对某一轨道定点的压力看作似周期压力^[8]。

在似周期激励下的轨道受迫振动的一般振动方程为:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P_0 \sin \omega t \quad (1)$$

在初始状态为 0 的条件下的解析解为:

$$x(t) = x_1(t) + Be^{-\xi\omega_d t} \left[\sin \theta \cos \omega_d t + \frac{\omega_d}{\omega_n} (\xi \sin \theta - \lambda \cos \theta) \sin \omega_d t \right] + B \sin(\omega t - \theta) \quad (2)$$

其中, $x_1(t)$ 为自由振动,持续时间较短,并且会快速衰减,

在本研究中忽略不计; $B = \frac{P_0}{k}$ 为静位移, p_0 为振力幅, k 为弹性系数; ξ 为阻尼系数; $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$, ω_n 为固有圆频率。

设相每一节车厢长度为 L ,则 x_0 点受迫振动周期为 $t_0 = \frac{L}{v}$ 。设一列列车有 n 节车厢。

当列车靠近采集点时,采集点振动主要为采集前置点的受迫振动引起的伴随受迫振动的自由振动,其具体形式为(2)式中的第二项。该振动本质上属于瞬态响应,当列车到达采集点或受迫振动持续了较长时间后,则主要振型被受迫振动这一稳态响应取代,即为(2)式中的第三项。

当 $0 \leq t < \frac{nL}{v}$ 时,采集点振动主要是由车厢载荷引起的受迫振动;当 $t \geq \frac{nL}{v}$ 时,采集点振动主要为列车载荷离开后轨道的伴随自由振动。

由振型叠加原理,对 n 节车厢引起的振动叠加,其振动响应解析式为:

$$x(t) = \sum_{n=1}^{nL} Be^{-\xi\omega_d t} \left[\sin \theta \cos \omega_d t + \frac{\omega_d}{\omega_n} (\xi \sin \theta - \lambda \cos \theta) \sin \omega_d t \right] + \sum_{n=1}^{nL} B \sin \left(\omega \frac{L}{v} - \theta \right) \quad (3)$$

对上述解析式所描述的模型进行仿真波形绘制,波形图如图1所示。

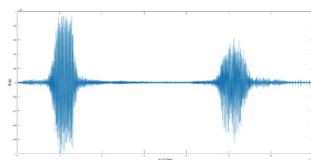


图1 仿真信号时域振动波形图

在仿真波形中,假设有两列列车经过振动采集点,时常共 70s。两列列车的质量分别为 m_1 、 m_2 ,且 $m_1 > m_2$;列车长度分别为 L_1 、 L_2 ,且 $L_1 < L_2$,二者速度均为 v ,匀速行驶。从图中可以看出,对振幅做归一化处理后列车 2 由于质量较小,其振幅也相对小于列车。

对此波形图做同步压缩小波变化,其时频谱图如图2所示。

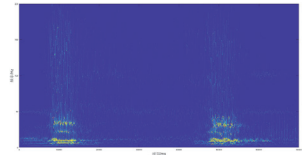


图2 仿真信号时频谱图

从该时频谱图可以看出,仿真列车产生的振动主要集中在 10Hz 和 30Hz 左右,该结果与文献^[9]分析内容一致,并且强振动信号在时间域上与时域振动波形吻合,那么我们认为该仿真模型具有较高的参考性。

二、实测数据分析

本研究根据自研制的振动勘测设备设计高铁车桥健康检测方案。在河北某地高铁高架桥附近放置了若干自研制的振动检测设备,设备距离列车轨道约 14m,用以收集高速列车经过时产生的振动信号。设备有稳定的 5G 通信模块和超长电池寿命,可支持长时间的振动检测和通信。采集器以埋藏方式放置在高铁线路附近。设备运行后持续采集周边环境的振动数据,根据既定程序,每间隔 1 小时将数据块发送到云端服务器。数据块信息包括基本振动数据、采集开始时间、经纬度坐标、存储器剩余空间等等。随后利用基于 matlab 开发的 GM_Tools 地震波处理软件进行管理和分析。

采集完毕后回收解析设备数据,查看全部采集到的时段的信号波形,筛选出设备位置合适、数据完整、没有损坏的、具有代表性的实测数据段进行分析,最终选定两个设备中同一时段采集到的振动信号。为便于分析,将截取的数据段的起始时间点设为相对时间零点,两组信号分别命名为 A、B,截取的一段信号如图3示。

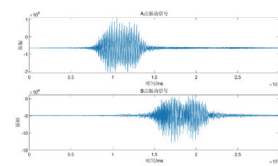


图3 实测信号时域振动波形图

实测数据振动幅度与模拟波形接近，且在强振幅信号前后都有明显的列车靠近和离开采集点的过程，即振动幅度较小、持续时间较长的自由振动振动信号。

对实测信号做同步压缩小波变化，其时频谱图如图4所示。

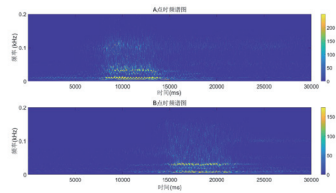


图4 实测数据时频谱图

实测振动信号的主要频率集中在10Hz和30Hz两个频点左右，该结果与模拟结果一致。

为了进一步分析高铁振动信号的其它振动特征，对模拟信号做二阶差分求导，再绘制其时频谱图。如图5所示。

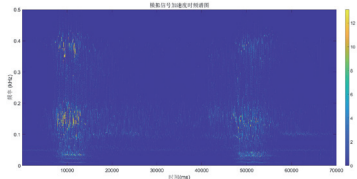


图5 模拟信号的加速度时频谱图

从加速度的时频谱图可以看出，高铁高架桥所受竖向冲击力的频率主要在150Hz和350Hz左右，结合文献^[10]中对车轨耦合以及地面振动的研究，在列车质量较大的情况下会出现两个压力频点，其中350Hz的较高频率频点为大质量引起的叠加振动频率。多种受力作用下的车桥轨道会产生多个频率的振动，若与车桥轨道的基频相对应、产生共振现象，将会对桥梁健康和安全造成威胁^[11]。从检测角度而言，应加强对大质量列车对桥梁压力的检测。

结合《城市区域环境振动测量方法》计算和分析二者的振级。根据国家《城市区域环境振动测量方法》^[12]，振级定义公式为：

$$VAL = 20 \log_{10} \frac{a_0}{a} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

其中，a为振动加速度有效值， $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ 为基准加速度。模拟数据和实测数据的竖向加速度有效值和振级如表1所示。

表1 各组数据竖向加速度有效值和相应振级

	模拟信号	实测信号 A	实测信号 B
加速度有效值	1500.208 mm/s ²	1491.546 mm/s ²	1506.043 mm/s ²
振级	76.447dB	74.378dB	77.043dB

从表中可以看出，实测数据振级与模拟数据误差较小。当桥梁受损或产生共振现象时，其振级将远大于理论模拟值^[7]。设备放置距离轨道20m，根据其采集到的高铁振动信号，被检测的两列列车产生的振动噪声的振级，低于《城市区域环境振动测量标准》所规定的30m外振级低于80dB的要求，故不会对周边环境造成影响。振级主要用于噪声防治方面研究，本文不予过多阐述。

由文献^[1]可知，列车竖向激振频率可由列车速度v和列车长度d进行估计 $f = v / (3.6d)$ 。我国目前主要客运列车车厢长度约为26m左右，稳定运行速度一般为350km/h，其对应共振基频为3.74Hz。从图2可以看出，测试段轨道振动主频为10Hz，频率较

低的次峰信号频率也在6Hz左右，远高于理论值。从目前测试和分析结果来看，实地测试的该段高铁线路桥梁健康状况良好。

三、结论

本研究通过模拟数据和实测数据对比，对河北某段高速铁路桥梁振动情况进行检测，并以其判定桥梁的健康状况，研究结果如下：

与其它研究相对比，利用列车振动方程构建的简化振动模型能较好地模拟和表达列车经过高铁轨道某一点时产生的振动情况，这一点为后续实测数据的分析和对比提供了理论支撑。高速列车产生的振动信号主要集中在10Hz和30Hz两个频点，其中10Hz频率的信号强度最大，为主峰信号；30Hz的频率信号相对较弱，但也会对车桥轨道产生影响。在列车质量较大时，车桥轨道受到的似周期压力会出现多个频率的情况，即如图5所示，有150Hz和350Hz两个频率的压力对轨道造成振动影响。从共振角度考虑，多个频率的周期振动会对车桥轨道的防护造成压力，需要对多个共振频点进行检测和防护。从实际采集到的数据来看，被采集段的高铁轨道健康状况良好，振动和受力情况在安全指标内，且有一定的安全余量。

本研究尚有不足之处。除了文中所述参数外，还有材料的弹性系数、车辆质量分布、车辆结构对振动的影响等方面没有考虑，高铁振动模型还有待进一步优化。同时对于高架桥振动的检测数据有待补充和完善，对于不同的轨道和车辆，需要较大的历史数据作为检测和基础，该方面需要进一步补充。

参考文献

[1] 宋晓东, 邱晓为, 李小珍, 等. 莫-喀高速铁路简支箱梁竖向下限基频研究[J]. 西南交通大学学报, 2019, 54(4):6.

[2] 李小珍, 张志俊, 刘全民. 任意移动荷载作用下简支梁桥竖向振动响应解析分析[J]. 振动与冲击, 2012, 31(20):6.

[3] 李小珍, 陈桂媛, 朱艳, 赵宇. 高速铁路轨道-桥梁-土体系统的振动传递特性试验研究[J]. 振动与冲击, 2019, 38(17):58-64+72.DOI:10.13465/j.cnki.jvs.2019.17.008.

[4] 梅琴. 高速铁路大跨度桥梁钢轨伸缩调节器区轨道结构健康监测系统设计及应用[J]. 铁路计算机应用, 2020, 29(05):33-37.

[5] 陈兴权, 王莹, 杨宏印, 王亚飞, 李培涛. 某重载铁路连续刚构桥梁健康监测方案设计[J]. 武汉工程大学学报, 2021, 43(05):557-561.DOI:10.19843/j.cnki.CN42-1779/TQ.202009012.

[6] 杨叶. 基于嵌入式GPU平台的铁路异物入侵检测系统研究[D]. 北京交通大学, 2021. DOI:10.26944/d.cnki.gbfju.2021.001613.

[7] 刘志平, 罗翔, 何秀凤. 利用毫米波雷达测量系统的高铁车桥振动检测[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2021, 49(04):561-568.

[8] 杨飞, 吴细水, 孙宪夫, 魏子龙, 柯在田, 杨爱红. 钢轨制不平顺激励下的动车组动力响应特性[J]. 西南交通大学学报, 2022, 57(02):267-276+294.

[9] 包乾宗, 许杰, 许明瑞. 高铁地震信号时频特征对比分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2019, 55(05):805-812.DOI:10.13209/j.0479-8023.2019.076.

[10] 贾颖绚. 基于解析的车轨耦合模型及地铁对环境的振动影响研究[D]. 北京交通大学, 2009.

[11] 李小珍, 邱晓为, 刘德军, 等. 时速400 km/h铁路常用跨度预应力混凝土简支梁竖向基频限值研究[J]. 工程力学, 2018, 35(5): 204-213.

[12] GB/T 10071-1988, 城市区域环境振动测量方法[S].

基于 Apache Doris 的高性能实时数仓架构设计与业务落地实践

邹婷

南京高泰信息科技有限公司, 江苏 南京 210046

DOI: 10.61369/TACS.2026050056

摘 要 : 数字化背景下, 企业对实时数据的分析与处理要求渐高。传统的离线数仓在数据处理时效性方面处于劣势, 并不能满足企业当下的需求, 实时数仓成为企业数据架构升级的重要方向。Apache Doris 作为分布式分析型数据库, 在低延迟查询、高吞吐写入与多源数据兼容方面具备显著优势, 适合用于搭建高性能实时数仓体系。基于此, 本文阐明实时数仓应用价值与优势, 结合 Apache Doris 技术特点设计实时数仓架构, 探讨其在电商、金融等行业的落地案例, 总结落地规划与优化思路, 期望能为各行业实时数据建设提供实践参考。

关 键 词 : Apache Doris; 实时数仓; 离线数仓; 架构设计; 业务落地

Architecture Design and Business Implementation Practice of High-Performance Real-Time Data Warehouse Based on Apache Doris

Zou Ting

Nanjing Gaotai Information Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210046

Abstract : In the context of digitalization, enterprises have increasingly stringent requirements for real-time data analysis and processing. Traditional offline data warehouses are at a disadvantage in terms of data processing timeliness and cannot meet current enterprise needs, making real-time data warehouses an important direction for upgrading enterprise data architectures. Apache Doris, as a distributed analytical database, offers significant advantages in low-latency querying, high-throughput writing, and compatibility with multi-source data, making it suitable for building a high-performance real-time data warehouse system. Based on this, this paper elucidates the application value and advantages of real-time data warehouses, designs a real-time data warehouse architecture incorporating the technical characteristics of Apache Doris, explores its implementation cases in industries such as e-commerce and finance, and summarizes implementation planning and optimization approaches. It aims to provide practical references for real-time data construction across various industries.

Keywords : Apache Doris; real-time data warehouse; offline data warehouse; architecture design; business implementation

引言

在实时数仓普及之前, 企业多依赖离线数仓处理数据, 这类数仓以固定周期批量加工数据, 数据从产生到可用存在较长延迟, 适用于历史复盘、固定报表等非即时性需求。实时数仓能够缩短数据处理周期, 让企业能在业务运行中快速获取数据, 拓展了数据应用场景, 成为企业数字化升级的关键。Apache Doris 凭借高并发、低延迟的核心优势, 成为企业搭建实时数仓的优选组件。本文围绕 Apache Doris, 梳理实时数仓架构设计思路, 结合行业案例阐述应用方式, 为企业实时数据体系建设提供参考。

一、实时数仓应用价值与优势

实时数仓是面向企业即时性数据处理需求搭建的数据分析体系, 主要用于对业务产生的流式数据进行快速接入、计算与查询。随着企业数字化运营的转型, 实时数仓从早期辅助性的数据应用工具, 逐步发展为支撑核心业务决策的关键基础设施, 在零

售、金融、物流等行业广泛应用^[1]。Apache Doris 作为成熟的分布式 MPP 分析型数据库, 凭借低延迟查询、高吞吐写入的特性, 成为当前企业搭建高性能实时数仓的主流技术选择。

实时数仓的应用, 可以使数据在极短的时间内完成加工并投入使用, 企业经营决策可以紧跟业务变化做出调整。企业内部分散在不同系统中的业务数据、行为数据得以高效整合, 数据之间

的关联价值也可以得到进一步发掘。流批一体的运行模式让数据处理流程更加简洁，企业在系统运维上的投入也随之减少，资源可以根据业务波动灵活调配，整体运行效率得到提升^[2]。传统离线数仓更适合长期历史数据的复盘分析，数据加工存在固定周期，在时效性和场景适配性上难以跟上当前业务的发展节奏，实时数仓则很好地弥补了这一不足，更能适配企业现代化的数据运营需求。

二、Apache Doris 的技术架构与原理分析

（一）Apache Doris 的整体架构设计

Apache Doris 的整体架构由前端节点和后端节点两部分构成，企业可以根据自身的业务规模和需求，选择存算一体或者存算分离的部署方式^[3]。

1. 前端节点（FE）

FE 是 Apache Doris 的控制中心，负责元数据管理、查询解析和优化、请求调度等工作^[4]。FE 节点有三种角色：

Leader 节点：负责元数据变更、集群管理和请求分发

Follower 节点：参与元数据投票，提供查询服务

Observer 节点：不参与投票，仅提供查询服务，用于扩展查询能力

FE 通过类 Raft 协议保障元数据的高可用和一致性。多个 FE 节点组成集群，避免单点故障。

2. 后端节点（BE）

BE 是数据存储和计算的核心节点，负责数据存储、副本管理和查询执行^[5]。BE 节点的核心功能包括：

数据分片存储，每个表被分为多个 Tablet，分布在不同 BE 节点

数据副本管理，默认3副本，保障数据可靠性

向量化执行引擎，利用 CPU SIMD 指令加速查询

MPP 并行计算，多个 BE 节点协同完成复杂查询

3. 存算分离架构

Apache Doris 3.0 版本引入存算分离架构，将系统分为三层：

元数据层：管理元数据和请求规划

计算层：由多个计算组组成，支持独立扩展

共享存储层：使用对象存储或分布式文件系统存储数据

存算分离架构让用户可以独立扩展存储和计算资源，提高资源利用率，降低总体拥有成本。

（二）核心技术特性

1. 多数据模型支持

多数据模型支持 Apache Doris 提供三种核心数据模型，适配不同业务场景：

明细模型（Duplicate Key）：适合日志、行为等原始数据存储，保留数据所有细节

聚合模型（Aggregate Key）：适合统计分析场景，自动聚合数据，提高查询效率

主键模型（Unique Key）：支持行级更新，适合需要实时更

新的业务场景

这些模型可以在同一集群中并存，满足企业多样化的数据存储需求。

2. LSM-Tree 存储引擎

Apache Doris 采用 LSM-Tree 存储引擎，实现秒级数据可见性。数据写入流程如下：

数据首先写入内存表（MemTable）

内存表达到阈值后冻结为不可变内存表

后台线程将不可变内存表刷盘为 Segment 文件

定期执行 Compaction 合并小文件，优化查询性能

这种机制兼顾了高写入性能和快速查询能力，适合实时数据场景。

3. 向量化执行引擎

Apache Doris 执行引擎基于 MPP 框架和 Pipeline 数据处理模型，支持向量化执行。向量化执行引擎可以一次处理一批数据，利用 CPU 缓存和 SIMD 指令，单节点扫描速度可达 2GB/s^[6]。

4. 湖仓一体能力

Apache Doris 支持直接访问外部数据湖（如 Hive、Iceberg、Hudi、Paimon）中的数据，这种能力让企业可以利用已有的数据湖资产，同时享受 Doris 的高性能查询体验^[7]。Apache Doris 3.0 版本还增加了数据湖写回功能，用户可以在 Doris 中完成多个数据源之间的数据分析、共享、处理和存储操作。

三、基于 Apache Doris 的实时数仓架构搭建思路

（一）数据接入层

数据接入层负责采集和传输各类数据，采用 Flink CDC 抓取业务库中的数据变更信息，

Kafka 则用来中转流式数据，让数据可以有序传递到后续环节。接入层支持多种数据格式，如 JSON、CSV、Parquet 等，不同来源、不同结构的数据都能顺利汇入数仓体系。

（二）数据存储层

数据存储层采用 Apache Doris 作为主存储，同时搭配数据湖存储原始数据，经加工处理后的数据统一放在 Doris 中，平台运行产生的完整历史数据则归档在数据湖内容^[8]。Apache Doris 自带自动分区与分桶的相关配置，数据在查询时可以更快被定位到，整体的查询体验也会更流畅。

（三）计算引擎层

计算引擎层由 Apache Doris MPP 引擎和 Flink 共同用承担计算任务。Flink 主要处理流式数据的加工计算，Apache Doris 负责复杂分析和批量数据处理。两者分工协作，形成流批一体的计算模式，数据不用重复处理，能够更高效流转到后续环节^[9]。Apache Doris 的向量化执行引擎搭配并行计算能力，面对复杂查询时，能快速给出结果，无需让用户长时间等待。

（四）数据服务层

数据服务层提供统一的数据访问接口，包括 JDBC/ODBC、REST API 等常用形式。通过 BI 工具如 Tableau、Power BI，用

户可以实时查询和分析数据^[10]。即便多个业务场景同时发起数据查询，系统也可以保持良好的运行状态，满足多场景并行使用的需求。

（五）应用层

应用层面向具体业务场景，如实时报表、业务监控、个性化推荐等。应用层根据业务需求调用数据服务层接口，获取实时数据结果。通过可视化展示，帮助用户快速理解数据，做出决策。

四、Apache Doris 实时数仓业务落地实践

（一）电商行业

电商行业具备数据流量庞大、业务链路零散的特征，行业对数据实时性分析要求严苛，数据处理门槛高。京东精准通广告平台每日产生大量广告曝光、用户点击以及交易转化行为数据，各类投放消耗与消费数据分散在不同业务模块中，进而加大数据整合与查询分析的工作难度。为改善该现状，京东广告团队引入 Apache Doris 搭建实时数据平台，面向广告商家提供投放数据检索、可视化报表统计等基础服务。平台结合广告业务实际使用场景，采用差异化的数据存储管理模式。一方面完整留存曝光、点击等原始明细数据，保障数据溯源能力；另一方面依据广告主常用分析维度，对投放消耗、推广计划等数据做聚合处理，实时同步预算管控、投放策略调整等业务信息。同时平台直连数据湖原始投放日志，简化数据流转链路，缩短数据加工延迟。由于广告主存在高频报表查看、多维数据分析的使用需求，技术团队针对性优化系统运行参数与集群调度逻辑，提升平台并发查询能力。在 618、双十一等电商大促节点，平台能够平稳承接查询流量峰值，方便商家实时掌握投放情况，并依托数据调整投放方案。当前平台日均可支撑千万级查询请求，即便处于大促高负载环境，系统依旧能够保持平稳运行。

（二）物流行业

纵腾集团需要处理大量物流数据，包括订单信息、运输状态和仓储数据。采用 Apache Doris 构建流批一体数仓后，实现了以

下优化：

数据模型选择：纵腾集团选用 Unique 模型模拟 ODS 层，每张表设置 70 个 Tablet，充分考虑 Compaction 性能及小文件场景。

写入性能优化后，最大写入时效达到 269 MB/S&680K ops/s，平均写入时效达到 70 MB/S&180K ops/s，提升了数据接入速度。

查询性能提升 Apache Doris 的查询压测性能优异，相比原来的方案，查询速度提升了 5 倍以上，可以提供更优质的物流业务实时查询服务。

（三）电信行业

天翼云基于 Apache Doris 和 Iceberg 构建湖仓一体平台，集群规模超过 3000 个节点，存储容量超过 15PB。

湖仓一体架构天翼云实现了“存储在湖、计算在仓”的高效协同模式，Apache Doris 作为计算引擎直接访问 Iceberg 数据湖中的数据。

大规模数据处理平台支持 PB 级数据的实时分析，可以满足电信行业的大规模数据处理需求。

多场景支持天翼云的湖仓一体方案满足了报表和 BI 分析、湖仓融合分析、日志存储分析、高并发实时分析等多种场景需求。

五、结语

Apache Doris 能够为企业搭建高性能实时数仓，更能适配当下企业即时性的数据应用需求，帮助企业快速落地实时数据处理体系。不同行业的业务特点存在区别，基于 Apache Doris 的实时数仓落地形式也会有所不同，企业可以结合自身数据源、业务需求和资源条件，定制适配的架构方案。随着企业数据化运营的不断深入，实时数仓的应用场景会持续拓展，Apache Doris 也会在更多行业的数据体系建设中发挥作用，推动业务的精细化运营与发展。

参考文献

[1] 丁肖, 陈辉, 耿兴隆, 等. 基于 Flink 的工业大数据实时数仓的设计与实现 [J]. 科技传播, 2025, 17(05): 24-27.
[2] 义天鹏. 银行湖仓一体大数据平台的探索与实践 [J]. 金融科技时代, 2024, 32(05): 64-71+75.
[3] 薛振文, 李彤, 牛帆. 大数据时代数据仓库技术的发展及应用 [J]. 中国传媒科技, 2023, (10): 154-15.
[4] 田名艳. 电信运营商大数据实时数仓系统的设计与实现 [D]. 北京工业大学, 2023.
[5] 张煜杨. 电商大数据处理平台的设计与实现 [D]. 华东师范大学, 2023.
[6] 贺晓松. 大数据背景下的数据仓库架构设计及实践研究 [J]. 中国新技术新产品, 2022, (19): 22-25.
[7] 孙志成, 许昆龙, 郑斌. 金融机构大数据技术应用创新实践 [J]. 信息技术与标准化, 2022, (06): 50-54+61.
[8] 李钊. 基于 Flink 的电商实时数仓系统的实现与应用 [D]. 大连交通大学, 2022.
[9] 吕家尧. 面向工业领域的实时数据仓库的设计与实现 [D]. 中国科学院大学 (中国科学院沈阳计算技术研究所), 2022.
[10] 卢山. 实时数仓架构探索与实践 [J]. 电子世界, 2022, (02): 96-97.

无线通信设备资产数字化台账构建与落地路径

安居位

重庆电讯职业学院, 重庆 402247

DOI: 10.61369/TACS.2026050002

摘 要： 聚焦通信行业精益运营转型需求，深入剖析无线通信设备资产管理的传统痛点，构建涵盖统一数据标准、多维感知、智能分析、决策支撑的数字化台账体系，明确具体落地路径，旨在为运营商破解资产管控难题、压缩运营成本、优化投资决策、践行绿色发展理念提供切实可行的学术支撑与实践指引，助力行业实现高质量发展。

关 键 词： 无线通信设备；数字化台账；构建

Construction and Implementation Path of Digital Asset Ledger for Wireless Communication Equipment

An Juwei

Chongqing College of Electronic Technology, Chongqing 402247

Abstract： Focusing on the demand for lean operation transformation in the communication industry, this paper delves into the traditional pain points in the asset management of wireless communication equipment. It constructs a digital ledger system encompassing unified data standards, multi-dimensional perception, intelligent analysis, and decision support, and outlines specific implementation paths. The aim is to provide practical academic support and practical guidance for operators to solve asset management and control challenges, reduce operational costs, optimize investment decisions, and practice green development concepts, thereby facilitating the high-quality development of the industry.

Keywords： wireless communication equipment; digital ledger; construction

引言

目前通信行业正在由规模扩张向精益经营转变，但是无线设备资产管理工作却处在发展的瓶颈期，底数不清、账实不符、决策失误等状况十分严重，不但大大增加了企业的运营成本，而且极大地影响了投资效益的提高。在此背景下，怎样冲破传统管理的束缚，创建起科学高效的无线通信设备数字化台账，破解管理难题，释放资产价值，就成了运营商达成精益经营、增强核心竞争力的重要课题。

一、无线通信设备资产的特点

（一）分布广泛与物理环境复杂

无线通信设备资产最显著的特点就是它的空间分布是高度分散的，运行环境也是严苛的。和核心机房内集中部署的交换机、服务器相比，基站天线、射频单元、直放站、室分系统等无线设备遍布在城市高楼的顶端、郊区的通信铁塔、地下交通隧道、偏远山区的开阔地带、大型室内商业综合体中。广域化覆盖格局给资产的物理巡检和常态化监管带来了很大的困难，传统的依靠人工纸质记录进行台账更新的方式，已经不能满足高频次、全覆盖的资产管理要求。同时这些设备大多长时间处于户外环境之中，

要经常受到风雨侵袭、雷电袭击、极端温差变化和工业粉尘污染等各方面因素的考验，有些地方的设备还会遇到人为破坏或者被偷走的危险。这就对资产管理系统提出明确的要求，必须具有全天候的状态监控能力和精准的定位追踪功能，否则很容易出现资产管理盲区，造成资产流失或者账实不符的问题。

（二）技术迭代快与全生命周期跨度大

目前无线通信设备正处在技术代际快速更替的重要时期，资产价值随着时间的推移呈较快下降趋势，而且全生命周期管理链条很长。伴随着通信技术由第四代向第五代甚至第六代的发展，大量的老旧设备被退网、利旧或者报废，而新型设备又不断进入网络，造成网络中多制式、多厂家、多型号设备长期共存的局

项目信息：项目名称：基于无线通信设备配电系统的电弧故障识别研究，项目编号：KJQN202505502；重庆电讯职业学院科学技术研究项目“无线通信设备资源资产数字化管理应用技术研究”（课题编号：DX25KJ009）的阶段性成果。

作者简介：安居位（1987.06—），男，汉族，甘肃庆阳，毕业于重庆大学通信工程学院，获得工学学士学位，中级通信工程师，主要研究方向：无线移动通信技术和电子与通信技术。

面，大大增加了资产盘点和折旧核算的难度。无线通信设备从采购出厂、物流运输、站点安装、入网运行，到日常巡检、故障维修、软件升级，直到最后拆卸报废，一般都在十年以上。设备在长时间内会因为地理位置的变化而不断被调动、移动，并且它的物理形态和功能也会随之发生多次改变。传统的静态台账管理方式不能很好地记录设备这种动态的时空变化轨迹，造成企业很难准确把握设备在各个生命周期阶段真实剩余价值和运维成本，从而影响到网络建设投资决策的科学性和准确性。

二、数字化管理的全链条价值

（一）运营成本维度的精细化管理

数字化管理依靠全域可视的资产动态图谱，彻底冲破了传统粗放式运营的束缚，达成运营成本精确掌控并有效缩减的目的。传统的人工管理模式，设备底数不清、运行状况不明的情况比较严重，经常会出现仓库里闲置的设备还在进行维护费用的支出，同一个区域的设备功能重叠却依然要投入资源的情况。数字化台账可以对每台设备的运行参数、位置信息等进行实时追踪，依靠智能算法找出低效资产、闲置资源，给跨区域设备调配、复用提供强有力的支持，使企业重新购买新设备的资金支出明显减少。^[1]与此同时，依靠实时监控数据的精准运维代替了以前盲目巡检、故障之后被动维修的方式，系统可以提前预测出可能存在的故障隐患，促使维修人员有针对性地更换某些部件，从而避免不必要的人员上站成本以及整机替换带来的浪费。由被动应对向主动预测的运维转型，既降低了备件库存资金占用，又减少了网络中断造成的间接损失，使每一个运营投入都能够产生可以量化的、可感知的实际效益。

（二）投资决策维度的科学化导航

精准完备的资产数据成了现代通信网络投资规划的根基，数字化管理让投资决策由凭个人经验做出的模糊判断，变成依靠大量数据支撑的科学决策。目前5G网络正在加快向县域、乡村渗透，6G技术研发不断推进，运营商面临巨大的资本投入压力，由于缺少实时全面的资产数据支撑，盲目追加基站建设、造成新设备长期低负载运行的资源错配现象时有发生。数字化管理系统把设备的位置、容量、使用年限、负载率等各方面的关键信息纳入到统一的管理当中，依靠数据建模对各个区域真实的通信需求和已有的设备承载能力进行深层次的剖析。依靠这种量化的分析能力，企业可以先在用户密度低的乡村地区，优先对现有的4G设备进行升级，而不是盲目的建设新的5G基站，在业务量大的地方，准确地规划出基站的数量和位置，达到资源的最佳配置。^[2]

（三）绿色低碳与生态协同维度的价值延伸

无线通信设备资产数字化管理既是企业内部降本增效的主要手段，又是落实国家“双碳”战略、推进通信行业绿色可持续发展的主要方式。通信设备全生命周期所造成的碳排放，在运营商的整个碳足迹当中占有相当大的比例，传统的管理模式，设备过早报废、低效运转等问题，造成严重的能源浪费和电子垃圾污染。数字化台账可使设备得到更好的维护，利于资源再利用，减

少环境负担。^[3]系统可以准确地评价老旧设备的剩余寿命和性能状态，给合理制定利旧方案提供依据，防止把还有使用价值的设备列入报废程序，达到资源高效再利用的目的。同时利用优化的设备运行参数、平衡的负载分配来达到降低基站能耗、减少无效电磁辐射的目的，从而实现绿色通信的理念。由此产生的产业链上下游生态协同效应，使通信行业能耗发展模式由原来的绿色低碳、可持续发展为主向新的绿色低碳、可持续发展的方向转变。

三、当前运营商资产管理存在的主要问题

（一）账实不符与信息孤岛现象严重

目前运营商在资产管理过程中最突出的问题就是物理资产和账面记录长期脱节，并且各个信息系统之间的壁垒问题更加严重。由于无线设备分布极其分散，且设备经常出现位置移动、功能配置变更等状况，传统的依靠人工定期盘点来管理的方式已经不能满足实时、准确反映资产动态变化的要求，从而造成大量的设备已经投入实际使用，但是财务账面上仍然显示为在途或者库存状态；还有部分设备已经完成了报废拆除，但是账面上依然标注为在用，这样的账实不符现象时有发生。更明显的是，企业内部常常存在着多个互相独立的信息系统，即负责财务核算的ERP系统、负责工程管理的系统、负责网络维护的网管系统等等，它们彼此之间并没有统一的数据标准以及互通的接口。这样一种“烟囱式”的建设方式，造成同一个设备在不同的系统中属性信息、运行状态的描述会有所不同，从而形成一个个孤立的信息孤岛。

（二）缺乏全生命周期动态追踪与预测能力

目前，运营商现有的资产管理模式大多只停留在静态记录和事后统计上，缺少对设备全生命周期轨迹的动态追踪，也没有对设备未来运行状态做出准确的预测能力。传统的台账管理只重视资产的购入和报废这两个重要节点，而忽视了设备在它的整个生命周期里所经历的使用、维修、调拨、升级等一系列的重要环节。无线通信设备资产价值的核心在于运行期间的网络承载能力和健康稳定状态，但是现有的管理系统不能实时采集设备运行参数和所处环境数据，这就使得资产管理成为单纯的固定资产卡片管理，不能和网络实际运行性能有效关联。^[4]当设备出现故障或者网络出现拥塞的时候，管理人员只能依靠回溯纸质单据、咨询资深员工等方式来查找问题的源头，不能进行数据化的归因分析和精准的排查。由于该种滞后性的管理模式，企业对于通信技术的更新换代、网络扩容升级等需求不能准确地去衡量存量资产的实际剩余价值，从而造成企业要么过早淘汰设备而产生资源浪费，要么超期服役而造成网络安全隐患。

四、无线通信设备资产数字化台账的构建与实现路径

（一）统一数据标准与全量资产数字化

对于目前运营商资产管理中存在的账实不符、信息孤岛等问题，创建数字化台账的第一步就是创建全域统一的数据标准和编

码体系。在传统的管理模式下，财务系统、网管系统、采购系统对于同一个设备的命名规则、属性定义都是不一样的，数据互通共享也就成了不可能的事情。因此企业需要建立一套包含设备整个生命周期的标准化元数据规范，给每一台无线设备赋予唯一的身份识别码，从而对设备的入库、安装、调拨和报废等全过程进行“一码到底”的管理。在此基础上，全面展开全网资产的全量盘点和数据清洗工作，利用 RFID 射频识别、二维码、图像识别等技术手段，对存量设备的物理信息实施全方位采集并加以数字化建档，从而达成账面数据同现场实物的精确对应、无缝对接。建立标准的数据底座，彻底消除各个系统之间存在的信息壁垒，解决信息不对称的问题，给上层管理应用提供高质量、高可信度的数据支持，从根本上解决资产底数不清的长期困扰。

（二）构建多维感知与动态追踪体系

为了克服传统管理模式缺少全生命周期动态跟踪能力的缺陷，依靠物联网技术创建起多维感知系统就成为必然之路。无线通信设备分布范围大、运行环境变化无常，单靠人工巡检是很难发现设备的实时状态变化的。其实现途径应该依靠 GIS 地理信息系统和 IoT 物联网技术，在重要的设备上安装智能传感器、定位模块以及环境监测单元，从而获取设备的地理位置、运行温度湿度、电压电流、信号强度等主要运行参数。^[5]采用边缘计算技术，对数据进行本地化快速处理和异常情况的即时上报，达到资产状态可视、可管、可控的目的。该种动态跟踪机制可以即时反馈出设备物理位移、配置变化等各方面的信息，还可以自动保存下设备从开始使用到全部使用结束的每一个细节。把物理世界里设备运行状态的毫秒级信息直接映射到数字空间，从根本上打破了以前静态、滞后式的台账管理方式，使企业可以随时了解任何时间、任何地点每一台资产的实际运行情况和存在的状态。

（三）智能分析与预测性维护模型构建

由于传统的管理模式依靠经验来判断，缺少科学的决策支持，所以数字化台账的创建要加入大数据分析和人工智能算法，把系统从单纯的数据库转变为智慧决策的中心。其实现路径主要是对设备负载率、故障率、使用年限、环境参数等各方面数据之间的内在联系进行深入挖掘，用算法建模来构建设备健康度评价模型和剩余寿命预测模型。系统可以利用历史故障数据来准确地

发现故障出现的规律和可能的原因，提前发出预警信号给设备隐患，使维修人员能够有针对性地进行维护工作，从根本上杜绝了以往那种被动式的维修方式，即“救火式”维修，也不再盲目巡检、故障后维修的传统做法，避免了不必要的人员上站费用以及整机更换造成的损失。借助仿真技术模拟不同的网络负荷下设备运行情况，给网络优化赋予量化参照意见，促使资产管理由表面的记载统计转变为深入的数据剖析，给运维资源的精确分配赋予科学支撑，从而削减无谓的运维开支。^[6]

（四）数据驱动的投资决策与资源配置优化

数字化台账的最终落地方案在于给运营商的投资决策赋予科学支撑，化解传统模式里投资无序、资源错配的难题，达成数据引领的投资规划闭环。系统要将市场部门的用户增长数据同运维部门的设备容量数据融合起来，创建起完备的投资效益评价模型，使管理者可以清楚地知晓各个区域现存设备的承载能力，负载状况以及剩余寿命。5G 网络向县域、乡村延伸、6G 技术加速研发的背景之下，这样的量化分析能力就显得格外重要，企业可以依据用户密度低的乡村地区，先对现有的 4G 设备实施升级改造，而不能一概而论地新建 5G 基站；对于高业务量的区域，可以精确计算出基站的数量以及位置，保证资源投放与实际需求相契合。数字化台账把投资决策同资产现状紧密联系起来，冲破部门间的资讯壁垒，达成网络创建和资产运作的有机衔接，保证每一个资本支出都能投向回报率高、战略价值大重点的项目上，防止无效投资，稳步提升整体资产回报率，落实精益运营的主要观念。

五、结束语

无线通信设备资产数字化台账的建立，是运营商开展精益运营的主要手段，依靠统一的数据标准、创建多维感知系统、加入智能分析、改善投资决策等途径，从根本上冲破了传统资产管理的粗放局面。它不但把资产管控由被动滞后转变为主动精准，而且使运营成本压缩、投资效益提高和绿色低碳发展三者相辅相成。伴随着人工智能以及数字孪生技术的深度融合，数字化台账会越来越有助于通信资产的全生命周期智慧运营，给通信行业高质量发展提供源源不断的动力。

参考文献

- [1] 黄曹,何敬远,权威,等.基于中台架构的医院后勤智能综合管理平台构建与创新应用[J].中国医院建筑与装备,2025,26(11):25-32.
- [2] 郭奎灵.Z企业数字化转型业务流程优化研究[D].电子科技大学,2025.
- [3] 蒋帅.中交物资公司项目运营中数字化台账系统的构建与应用[J].中国科技投资,2025,(23):7-9.
- [4] 周锐,钱振航,刘莹.公共项目数字化资产管理平台设计及应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(06):74-76.
- [5] 边晓睿.大型石化企业员工健康数字化管理体系的探索[J].化工安全与环境,2024,37(06):73-76.
- [6] 李向阳,李欢.基于大数据技术的网络安全数据分析平台构建[J].无线互联科技,2024,21(01):58-60.

云计算平台中的信息网络资源管理与调度

张亚楠

中国地质博物馆, 北京 100034

DOI: 10.61369/TACS.2026050006

摘 要： 云计算平台中的资源管理与调度是确保平台高效运行的核心问题之一。随着计算需求的多样化和平台规模的扩展，如何优化资源调度，提高资源利用率，减少延迟，成为了重要的研究方向。本文分析了云计算平台中信息网络资源管理和调度的关键挑战，探讨了现有调度算法的优缺点以及适用场景。针对这些问题，提出了基于优先级的资源分配、负载均衡和动态调度策略的优化方案，并介绍了智能算法在调度中的应用。最后，探讨了如何通过综合优化方案提升资源调度效率，从而推动云计算平台向更加高效和智能化的方向发展。

关 键 词： 云计算；资源管理；资源调度；优化算法；平台性能

Information Network Resource Management and Scheduling in Cloud Computing Platforms

Zhang Ya'nan

China Geological Museum, Beijing 100034

Abstract： Resource management and scheduling in cloud computing platforms are among the core issues ensuring efficient operation. With the diversification of computing demands and the expansion of platform scale, optimizing resource scheduling, improving utilization, and reducing latency have become critical research directions. This paper analyzes the key challenges in information network resource management and scheduling within cloud computing platforms, examines the advantages, disadvantages, and applicable scenarios of existing scheduling algorithms. To address these issues, an optimized solution based on priority-based resource allocation, load balancing, and dynamic scheduling strategies is proposed, along with the application of intelligent algorithms in scheduling. Finally, it explores how comprehensive optimization solutions can enhance resource scheduling efficiency, thereby advancing cloud computing platforms toward greater efficiency and intelligence.

Keywords： cloud computing; resource management; resource scheduling; optimization algorithms; platform performance

引言

随着互联网的发展，云计算已经成为当下信息技术发展的一个重要趋势，在企业、教育、医疗等行业得到了广泛应用。云计算平台提供给用户可伸缩、弹性的计算能力、存储能力和网络服务能力，那么在如此复杂多变的云计算平台上进行资源的有效管理和调度成为一个亟需解决的问题^[1]。在日益增长的计算需求和愈发复杂的网络环境下，传统的资源管理方法已经不能适应发展的需要，因此本文研究了云计算平台的信息网络资源管理和调度的问题，对现有的技术进行讨论并给出改进的方法，从而提高资源利用率，降低调度时延，增强系统的运行效率。

一、信息网络资源管理面临的挑战

（一）云计算平台中的资源多样性

云平台上存在的资源类型多样，包含计算资源、存储资源、网路宽带及虚拟化资源等等，其除了存在功能及属性上的差异外

还有着不同需求的运转条件及负载特点^[2]。各类别资源拥有各自的使用环境及管理方法，如计算类资源多数情况下会利用到虚拟化技术来对其进行处理，存储资源包括数据冗余以及容错的问题。

由于云计算环境下各类不同的资源常常会随着实时负载的变化而被自动调度使用，因此其资源具有动态性和可伸缩性特点^[3]。如何

在这些多样化的资源中实现有效管理，确保它们的协同工作，是一个亟待解决的问题。

（二）资源管理的复杂性

由于云计算平台往往包含多个节点、多种类型的资源及 VM，在对这些资源进行管理和调度的过程中，需动态感知各类型资源的状态信息并按照用户需求对资源进行合理的调度^[4]。然而传统的中心化管理方式难以满足规模化的云平台需求，而基于分布式资源管理的灵活性虽强，但也增加系统复杂度。云平台还需要解决多租户之间资源隔离的问题，实现不同用户间的资源公平分配。因此，资源管理不仅需要考虑到资源的有效利用，还需保证安全性、隔离性与可伸缩性，使得资源管理系统在应对海量数据时依然能够高效稳定。

（三）动态资源需求与资源不足问题

云数据中心业务负荷具有动态性和随机性的特征，在不同时间周期内可能产生较大的计算、存储需求，并且不同类型的应用对资源的需求也不尽相同；而传统静态资源调度难以满足其动态特性，造成资源浪费或者资源短缺的现象，特别是在高峰时段由于资源短缺会出现服务性能降低的问题。甚至导致整个系统的崩溃。所以如何实时地对资源进行预测，并根据预测结果及时调整资源的分配方式，避免资源的浪费又可以解决资源不足的问题成为了云计算平台管理中的一个难题。动态负载均衡和智能调度技术的引入，将有助于有效解决这一问题，保证系统的平稳运行与高效利用。

二、现有资源调度算法分析

（一）经典调度算法的优缺点

经典资源调度算法是云平台上长时间使用的调度算法，例如最短作业优先（SJF）、轮转调度（RR）和最先到先服务（FCFS）等。它们根据任务的不同特点尝试用不同方法提高资源利用率，在大规模动态变化的云环境下表现出了很大的局限性。SJF 最小化了平均响应时间，但当任务负载高度不均的时候会导致资源饥饿；RR 可以保证公平性，在高负载的情况下可能会浪费资源。经典算法未能有效考虑云计算平台资源的弹性需求及其多样性，难以满足高效性与公平性之间的平衡。

（二）现有调度算法的适用场景

传统的调度算法通常针对某一方面的问题进行设计，在高性能计算中，静态资源和固定优先级的调度也许更为合适，可以保证计算任务的优先权。在多租户的云环境下，负载均衡以及资源划分算法能够在多个租户之间共享并隔离资源，减少竞争^[5]。容器和微服务中，容器调度算法可通过容器的快速移动及自适应扩容来应对负载的突变，在单个或部分因素影响的场景中可以很好地完成调度工作，但针对多因素、多任务依赖以及强时效性的调度仍需进一步提高精度与效率。

（三）资源调度中的瓶颈问题

云平台资源调度存在诸多瓶颈，例如算法计算复杂性和响应时间。当云平台规模变大后，传统调度算法处理大量任务时不能

保证实时性，会导致调度决策滞后，影响系统性能；资源调度的数据传输和任务移动可能产生较高的延迟。特别是分布式环境下，网络通信是一个瓶颈，在不同种类资源以及任务的并发调度下，增加了调度算法的复杂度，如何能够在满足资源分配公平性的前提下迅速做决定也是目前一大难点。基于智能算法的调度方案可能能够缓解这一问题，但其实现复杂度高，仍需进一步的优化和研究。

三、优化资源管理与调度的方法

（一）基于优先级的资源分配方法

在云环境中进行合理的资源调度十分必要，在此基础上提出的基于优先级的资源调度算法能根据任务所具有的不同优先级对资源进行动态调度。该算法一般会把任务划分为不同的优先级层次，并为更高优先级的任务提供更多的处理资源，较低优先级的任务按照一定的规则得到相应的处理资源。为了防止低优先级任务长期处于等待状态，一般采用“抢占式”的调度方式，即高优先级任务可抢占低优先级任务，以确保关键任务得到及时执行。优先级分配法能够很好地解决多个并发任务间的资源分配问题，保证系统响应速度以及稳定性；优先级分配法具有很好的可扩展性，可根据不同的业务需求对任务的优先级进行调整，能够使云平台上运行不同种类任务具有灵活性。同样这种方法也存在对优先级的设置比较复杂的问题，在实际应用中如何根据不同的场景进行相应的优先级设置是目前的研究难点。

（二）负载均衡与动态调度策略

负载均衡及动态调度机制是提高云平台资源使用率的有效方法。云平台上存在不同时刻的用户请求量不同，即负载变化，采用静态的方式很难满足云平台在高峰或低谷时刻的需求。负载均衡算法可以实时地监控各个节点上的负载状态，并根据这些信息对任务或者资源进行再分配，保证所有节点的负载处于合理的范围之内，防止一部分节点过载，另一些节点空闲的状态出现^[6]。动态调度不仅可以依据任务的实时需求以及平台的负载进行资源的调整，还可以在遇到故障的时候对任务做出及时地转移以实现高可用性的目的。常用的动态调度策略有基于性能预测的预调度及基于实时负载的调度。性能预测利用历史信息 and 趋势进行预测，提前预知负载的变化趋势以便提前做好资源预留和调度工作；实时调度则是依据当前负载变化情况进行决策。合理地结合负载均衡及动态调度策略可提升平台资源利用率以及系统运行的可靠性。

（三）智能算法在资源调度中的应用

基于机器学习以及深度学习的智能算法在云计算资源调度中越来越受到重视。传统资源调度算法一般采用固定规则和设定好的参数，无法很好地应对复杂的动态云计算环境。智能算法可以通过对以往的数据、任务信息及系统状况进行学习并不断改进自身。给出更加灵活的调度决策。基于对资源使用的状态、任务的运行时间和系统的负载情况进行分析，智能算法可以对未来一段时间内所需要的资源情况进行预测，并据此提前进行调度。强化

学习等算法可以在资源调度的过程中进行自适应调整和优化，自动寻优最优调度策略。智能算法的优点是能处理大量的复杂信息，在不断变化的情况下找出最优的资源分配方案，提高调度效率以及系统响应速度。虽然智能算法对于资源调度有较好的发展前景，但是它具有较高的计算复杂性，如何兼顾算法的计算性能与调度性能，依然是制约其广泛应用的核心问题^[7]。

四、提升云计算平台资源调度效率的策略

（一）改进资源调度算法的可扩展性

为了提高资源调度效率，需要增强现有调度算法的可扩展性。资源调度算法的可扩展性不仅仅是能够在资源数增多的情况下保持较高的调度效率，同时还要能应对平台规模的变化情况。针对此问题，分布式调度算法成为一个发展趋势，它能以分布式的形式对各个节点上的资源进行调度和管理，减轻单个控制点压力^[8]。引入层次化调度可以实现在不同层级的任务调度，在一定程度上实现了资源的有效利用。云计算平台中对计算、存储及网络等各类资源进行独立的调度，减少各个层次间的资源竞争，提高整体的调度性能。为满足负载变化以及临时增加的作业需求，同样地，基于实时监控的自适应调度算法也可在负载发生变化后及时调整调度决策以实现对资源的动态合理分配，提高其调度算法的可扩展性，保证云平台在大规模大负载环境下的高效调度能力。

（二）实现资源管理的自动化与智能化

随着云计算平台的日益复杂化，人工参与资源管理的作用越来越小，在云环境中开展自动化的、智能化的资源管理模式成为必然趋势。所谓资源管理自动化是指利用自动化工具及算法代替人为的资源管理行为，从而提高资源调度工作的效率及准确率。其中，自动化调度算法就是根据实时信息对资源进行动态调配。减少人工配置的复杂性和失误性^[9]。智能化的资源管理则是引入机器学习及数据挖掘的方法对以往的历史资源消耗情况进行分析从而对未来的需求做出预估，并进行精准的资源预留和资源调度。智能的调度器可以感知到平台内外环境的变化并实时地调整计算作业以及资源的部署，提高资源利用率，降低资源浪费。智能的

资源管理不仅包括对任务进行合理的调度，也包含异常检测及自动恢复机制，在系统出现故障或者资源不足的情况下，智能的调度系统可以对这些问题进行自动检测以及相应的处理措施，保证了云平台的高可用性。实现自动化和智能化资源管理不仅能够提升资源调度效率，还能大幅减少人工干预的成本，提高平台运行的稳定性和灵活性。

（三）综合优化方案的设计与实现

针对如何提高云数据中心资源利用率的问题，一种单独的算法或者策略很难解决实际问题，所以研究出一个综合性的优化方案是提高资源调度效率的有效途径之一。综合优化方案就是将多种调度策略以及优化算法相结合，在不同场合使用不同的策略进行调节。在任务调度过程中可以采用以优先级为基础加上负载平衡的调度方法，既满足高优先级任务得到及时处理的需求，又避免了某些资源过载的情况出现，在资源的分配上可以采用动态调节的方法，根据目前平台上的实际负载情况对资源分配的比例进行动态调整，从而使资源达到最优使用。综合优化也可用到虚拟化技术和容器化技术实现多租户下的资源隔离以及调度。通过对虚拟化管理层进行统一调度，并根据多租户对资源的隔离性需求，合理地调配并管理资源。在平台可扩展方面，在综合优化中还要考虑到平台规模的逐渐扩大，能够使系统随资源的增多而有效运转起来。将多种调度方式结合起来，再搭配大数据分析及预测方法，综上所述，整体优化策略可以对各个方面的进行协调统一考虑，以达到提升资源利用率的目的，并降低能源消耗及资源浪费情况，从而提升云服务系统的整体运行效能。

五、结语

综上所述，资源管理和调度是提高云计算平台效率的核心环节之一，在改进调度算法可扩展性的基础上，实现资源管理的自动化和智能化以及对资源管理进行综合优化能有效提高云计算平台的资源利用及系统性能；在未来，随着科学技术的发展，智能化的调度和优化将是云计算平台资源管理的重要发展方向。为更加便捷、弹性的云化服务能力提供支撑。

参考文献

- [1] 吴元杰. 容器编排技术在云计算弹性资源管理中的应用设计 [J]. 信息记录材料, 2025, 26(10): 169-171.
- [2] 姚海燕. 基于云计算的档案数字资源存储与管理模式研究 [J]. 办公室业务, 2025, (13): 102-104.
- [3] 白迪. 云计算技术在广电行业资源管理中的应用探究 [J]. 数字传媒研究, 2025, 42(04): 6-8.
- [4] 陈诚. 基于云计算的计算机实验室资源管理系统设计 [J]. 信息记录材料, 2025, 26(02): 187-189.
- [5] 刘迪莎. AI 赋能应用型本科院校大学英语混合式教学模式构建与实践 [J]. 太原城市职业技术学院学报, 2025, (12): 105-107.
- [6] 陈颖. 生成式 AI 驱动下的大学英语数字化教学模式重构 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2025, 38(04): 26-29.
- [7] 姚沈良, 石武, 薛雨健. 云计算平台在生态环境监测与预警中的应用研究 [J]. 科技资讯, 2025, 23(21): 31-33.
- [8] 谢科军, 崔文华, 郑娟. 基于云计算平台的财务信息集成与共享机制优化研究 [J]. 市场周刊, 2025, 38(29): 112-115.
- [9] 李克民, 周逸淳, 王伟康, 等. 基于云计算平台的配电网运维检修资源调度优化研究 [J]. 电气时代, 2025, (09): 77-79.

CNN-LSTM 融合算法铝电解异常检测研究

陈威

中铝郑州有色金属研究院有限公司数字与信息化技术研究所, 河南 郑州 450041

DOI: 10.61369/TACS.2026050011

摘 要： 基于 CNN-LSTM 融合算法开展铝电解异常检测研究，对于解决铝电解多物理场耦合过程中的异常识别难题、提升生产安全性与效率、推动行业智能化转型具有重要意义。当前铝电解异常检测存在传统方法精度低、漏检率高，难以捕捉参数时空关联特征的痛点。本文结合铝电解生产关键参数特性，设计 CNN-LSTM 融合算法架构，通过 CNN 提取工艺参数局部空间特征，LSTM 捕捉时序依赖关系，引入注意力机制优化融合效果，构建完整异常检测系统，助力行业实现数字化、绿色化生产升级。

关 键 词： CNN-LSTM 融合算法；铝电解；异常检测；时空特征

Research on Anomaly Detection in Aluminum Electrolysis Based on CNN-LSTM Fusion Algorithm

Chen Wei

Digital and Information Technology Research Institute, Zhengzhou Nonferrous Metals Research Institute Co., Ltd., China
Aluminum Corporation, Zhengzhou, Henan 450041

Abstract： Conducting research on anomaly detection in aluminum electrolysis based on the CNN-LSTM fusion algorithm holds significant importance in addressing the challenges of anomaly identification in the multi-physical field coupling process of aluminum electrolysis, enhancing production safety and efficiency, and promoting intelligent transformation within the industry. Currently, anomaly detection in aluminum electrolysis suffers from the drawbacks of low accuracy and high missed detection rates with traditional methods, making it difficult to capture the spatiotemporal correlation characteristics of parameters. This paper designs a CNN-LSTM fusion algorithm architecture tailored to the characteristics of key parameters in aluminum electrolysis production. It utilizes CNN to extract local spatial features of process parameters and LSTM to capture temporal dependencies. Additionally, an attention mechanism is introduced to optimize the fusion effect, thereby constructing a comprehensive anomaly detection system that aids the industry in achieving digital and green production upgrades.

Keywords： CNN-LSTM fusion algorithm; aluminum electrolysis; anomaly detection; spatiotemporal features

引言

铝电解是能源密集型复杂工业过程，当前行业面临阳极效应、冷槽等多种异常问题，不仅降低电流效率、增加能耗与碳排放，还可能引发设备损坏、生产中断等严重后果。传统异常检测方法依赖人工巡检或单一算法，难以适配多参数耦合的动态变化，漏检率较高。随着人工智能在铝电解行业的应用推进，本文提出 CNN-LSTM 融合算法，整合空间与时序特征提取优势，解决传统方法的局限性，为铝电解异常精准检测提供新路径，助力行业高质量发展。

一、铝电解异常检测问题分析

（一）铝电解生产工艺特点与关键参数

铝电解生产采用霍尔-埃鲁熔盐电解法，其工艺特点表现为多物理场耦合的复杂工业过程。关键工艺参数包括系列电流强

度、槽电压、电解温度、极距、电解质组成、电解质水平、铝水平、槽底电压降以及阳极效应系数等。电解温度通常控制在 950-970℃ 范围内，电流效率目标值 $\geq 95\%$ ，直流电耗基准值为 13500kWh/t-Al，阳极效应系数标准值 ≤ 0.1 次/槽·日。这些参数相互关联，共同维持电解槽的热平衡和物料平衡^[1]。

作者简介：陈威（1994.12—），男，汉，山东济宁人，学历：硕士，毕业学校：贵州大学 电子与通信工程专业，职称：工程师，研究方向：人工智能。

（二）铝电解异常类型及其危害分析

铝电解过程中常见的异常类型包括阳极效应、难灭效应、冷槽、热槽、压槽、电压摆、阳极长包、滚铝及阳极脱落等。阳极效应发生时槽电压急剧升高，能耗大幅增加，同时伴随氟化物等有害气体排放，造成环境污染和设备损耗。难灭效应指阳极效应持续数十分钟至数小时无法熄灭的现象，可能由电解质含炭或氧化铝过饱和引发。冷槽使电解温度低于正常值，电解质收缩，容易产生偏流，严重时可能导致滚铝现象甚至停槽。短路口放炮事故可能引发系列停电，造成严重后果。这些异常不仅影响生产效率，还威胁安全生产。

二、CNN-LSTM 融合算法设计

（一）算法整体架构设计

CNN-LSTM 混合算法根据铝电解工艺数据时空特性设计串行或者并行结构。在串行结构中，先使用 CNN 提取输入多维工艺参数的空间信息，再将得到的信息送入 LSTM 进行时序分析；而在并行结构下，则是同时用 CNN 获取局部空间特征及 LSTM 发现全局的时间相关性，在最后阶段把这两部分结合起来。考虑到铝电解数据的特点，输入层一般设置成多个通道的时间序列，如槽电压、系列电流、电解温度等重要指标。输出层使用 Sigmoid 或者 Softmax 激活函数，完成对故障情况下的二元或多元分类任务。整个框架充分考虑到铝电解过程中多种物理场相互影响的特点，利用神经网络自动地学习出异常规律^[2]。

（二）CNN 模块的特征提取机制

CNN 模块采用一维卷积神经网络处理铝电解时序数据，通过卷积核在时间维度上滑动，提取局部时空特征。卷积层通过多个滤波器捕获不同时间尺度下的工艺参数变化模式，如电压波动、温度趋势等局部特征。池化层进行特征降维，保留重要信息的同时减少计算复杂度。针对铝电解阳极电流信号的多通道特性，可采用多分支 CNN 结构分别处理不同阳极的电流数据，再通过特征融合层整合。CNN 能够自动学习数据中的空间相关性，如同一个时刻不同工艺参数间的关联关系，以及相邻时间点间的局部依赖模式，为后续时序建模提供高质量的特征表示^[3]。

（三）LSTM 模块的时序建模能力

LSTM 模块通过门控机制（输入门、遗忘门、输出门）处理铝电解过程的长期时间依赖关系。遗忘门决定保留多少历史信息，输入门控制新信息的更新，输出门生成当前时刻的隐藏状态。针对铝电解异常发展的时序特性，LSTM 能够捕捉从正常状态到异常状态的渐变过程，如阳极效应发生前电压的缓慢上升趋势。双向 LSTM（BiLSTM）可同时考虑前后时间步的信息，更全面地建模工艺参数的动态变化。在铝电解异常检测中，LSTM 特别适合处理具有明显时间滞后效应的故障模式，如冷槽、热槽等热平衡失调问题，这些异常往往需要较长时间才能显现明显特征。

（四）融合策略与注意力机制

CNN 与 LSTM 的融合策略主要包括特征级融合和决策级融

合。特征级融合将 CNN 提取的空间特征与 LSTM 提取的时序特征在中间层进行拼接或加权求和，形成综合特征表示。决策级融合则分别训练 CNN 和 LSTM 子模型，最后通过投票或加权平均整合预测结果。注意力机制被引入以增强重要特征的权重，自适应注意力加权（AAW）方法可根据不同时间步和特征维度的重要性动态调整权重。在铝电解异常检测中，注意力机制能够聚焦于异常发生前的关键时间窗口和敏感工艺参数，如电压突变前的细微波动，提高模型对早期异常信号的识别能力。

三、铝电解异常检测系统实现

（一）数据采集与预处理方案

铝电解异常检测系统的数据采集依托工业物联网技术，通过 PLC 异构数据采集方案实现多源设备互联。系统采集电解槽电流、电压、槽温等关键参数，数据采样间隔可配置，支持百万级数据点/秒的并发采集，单电解槽数据延迟小于 50 毫秒。针对数据质量问题，采用系统化预处理流程。首先进行数据缺失检查，对缺失值超过半数的特征进行舍弃，其余采用线性插值法填充；异常值处理采用四分位数法识别，将小于 $Q1-1.5IQR$ 或大于 $Q3+1.5IQR$ 的值判定为异常值，并修正为前后数据的均值；最后进行 Min-max 规范化处理，消除不同特征量纲差异。预处理后的数据按时间维度构建数据集，为后续建模提供高质量输入。

（二）特征工程与数据增强

特征工程从原始工艺参数中提取四类特征，包括控制参数（工作电压、设定电压、平均电压）、化验参数（铁、硅、镁、钙含量）、决策参数（出铝量、氟化盐添加量）及测量参数（铝水平、电解质水平、电解温度）。针对铝电解数据的时序特性，进行平稳性检验以确保时间序列统计规律稳定。数据增强技术用于解决异常样本稀缺问题，包括时间序列的随机裁剪、时间扭曲、添加高斯噪声和幅度缩放。针对不同电解槽和工作模式的数据域漂移问题，采用基于对抗迁移学习的领域自适应方法，通过领域对抗训练学习源域与目标域之间的域不变特征表示，提升模型在不同数据域上的泛化能力。

（三）异常检测模型构建

异常检测模型采用基于 PID 搜索优化的 CNN-LSTM-Attention 架构。CNN 部分采用一维卷积神经网络提取数据的高维局部特征，LSTM 部分处理铝电解生产过程中的时序数据并建模长期依赖关系。注意力机制被引入以学习输入参数不同部分之间的关联性，根据输入数据的重要程度进行加权处理。模型构建借鉴并行 LSTM-CNN 结构，将 CNN 提取的局部特征和 LSTM 提取的全局特征拼接起来，充分利用数据特征以提高模型精度。针对铝电解槽对地绝缘电阻预测，构建基于 LSTM 的预测网络，根据预测值与设定阈值的大小关系判断是否出现对地漏电故障。模型输出层采用 Sigmoid 函数实现异常概率输出。

（四）实时监测与预警机制

实时监测系统构建“采集—传输—分析—决策—可视化”的闭环网络，实现电解槽生产数据的全链路实时采集与动态回

传。系统部署高精度槽电压采集模块、专用工业网关及智能终端，对电解槽短路口电压、能耗等20余项关键参数进行毫秒级采集。预警机制采用分级报警体系，通过色带管理（绿色、黄色、橙色、红色）标准循环展示参数状态。当监测到参数超标或关联异常时，系统立即触发分级报警提示，同时结合历史数据与工艺标准，自动生成具体的调整措施建议。异常报警通过现场声传设备进行语音播报，也可通过4G/5G通信模式推送到移动终端。

四、实验验证与结果分析

（一）实验环境与数据集构建

实验环境采用高性能计算平台，硬件配置包括 Intel Xeon Gold 6248R 处理器、NVIDIA RTX 4090 显卡（24GB 显存）、128GB DDR4 内存。软件环境基于 Python 3.10 编程语言，深度学习框架采用 PyTorch 1.11.0，CUDA 版本为 11.3 用于 GPU 加速计算。数据集来源于某大型铝厂实际生产数据，采集时间跨度为 2023 年 1 月至 2024 年 6 月，包含 120 台电解槽的连续运行数据。原始数据包括槽电压、系列电流、电解温度、阳极电流分布等 20 余项关键参数，采样频率为 1Hz，总数据量达到 2.3TB。数据预处理后，按时间顺序以 8:2 的比例将数据集划分为训练集和测试集。训练集用于模型参数学习，测试集用于评估模型泛化性能。针对数据不平衡问题，采用过采样技术增加异常样本数量，确保训练过程中正常样本与异常样本比例接近 1:1，避免模型偏向多数类。

（二）评价指标与对比方法

实验采用多维度评价指标体系，包括分类性能指标和回归性能指标。分类性能指标主要评估异常检测的准确性，包括准确率（Accuracy）、精确率（Precision）、召回率（Recall）、F1 分数（F1-Score）以及接收者操作特征曲线下面积（AUROC）。准确率表示模型预测正确的样本比例；精确率衡量预测为正例的样本中实际为正例的比例；召回率反映实际为正例的样本中被正确预测的比例；F1 分数是精确率和召回率的调和平均数；AUROC 评

估模型在不同阈值下的整体性能，值越大表示模型有效性越好。对比方法选择工业异常检测领域常用的基线模型，包括传统机器学习方法（支持向量机、随机森林）和深度学习模型（LSTM、GRU、GCN），最大程度确保实验结果的全面性和可比性^[4]。

（三）异常检测性能实验

CNN-LSTM 融合算法在铝电解异常检测任务中表现出卓越性能。实验结果显示，本文提出的 CNN-LSTM-Attention 模型在测试集上的平均准确率达到 98.85%，比基线 LSTM 模型高出约 20%。具体而言，模型在阳极效应检测任务中的精确率为 97.56%，召回率为 96.78%，F1 分数达到 0.9686。在冷槽、热槽等热平衡异常检测中，模型同样表现优异，准确率分别达到 96.34% 和 95.87%。与对比方法相比，CNN-LSTM 融合算法在各项指标上均显著优于传统方法：相比 GRU 模型，准确率提升 15.2%；相比 GCN 模型，F1 分数提高 0.12；相比支持向量机，召回率增加 18.7%。模型在 ROC 曲线分析中表现出色，AUROC 值达到 0.992，接近完美分类器水平。这些结果表明，CNN-LSTM 融合算法能够有效捕捉铝电解过程的时空特征，实现高精度异常检测^[5]。

五、结语

本文针对 CNN-LSTM 融合算法应用于铝电解异常检测进行系统的研究工作，对铝电解异常种类及其危害进行了详细的介绍，在此基础上提出了一种新的基于 CNN-LSTM 的混合算法框架、数据预处理方式及实时监控报警策略，并通过实验结果表明该方法比传统的单一的方法更优，能够减少漏检的情况发生，做到及时报警。随着铝电解智能化大模型的发展趋势，提高算法鲁棒性，增加碳排放相关参数监控，扩展应用场景适用范围，促进算法与生产工艺一体化发展，为实现铝电解行业的信息化、低碳化奠定基础。

参考文献

- [1] 电解铝生产碳排放关键参数测试_北检(北京)检测技术研究院|第三方科研检测机构-北检院 <https://www.bjytest.com/bjy/clfx/ylqx/132495.html>
- [2] 肖飞扬, 顾幸生. 基于并行 LSTM-CNN 的化工过程故障检测 [J]. 华东理工大学学报 (自然科学版), 2023, 49(03): 382-390.
- [3] 高翔. 基于统计过程控制方法的铝电解生产工艺优化 [J]. 中国金属通报, 2025, (09): 17-19.
- [4] 新工业网李劫、施辉洪: 铝电解智能制造与数字孪生融合应用 - ENI 文章 - ENI 经济和信息化网_聚焦产业创新 助推智能转型 https://www.enicn.com/Enicn/2025/article_0819/86758.html
- [5] 尹刚, 朱森, 全鹏程, 等. 基于 PID 搜索优化的 CNN-LSTM-Attention 铝电解槽电解温度预测方法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2025, 46(01): 324-337.

动车组高安全等级列车网络控制技术研究

曾维康

株洲中车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001

DOI: 10.61369/TACS.2026050012

摘 要 : 随着铁路的快速发展, 动车组不断向数字化、智能化发展, 列车网络控制系统逐渐承担更加重要的角色, 采用安全性和可靠性更高的网络控制技术来提升网络控制系统的安全等级是当前发展的重要趋势。基于此, 本文结合网络通信标准, 对列车网络控制系统的安全隐患和风险进行分析识别, 研究不同网络拓扑的可靠性及安全性, 设计具备高安全性的核心网络设备实现技术方案, 提出应对网络通信常见危害的安全防御措施, 全方位满足列车网络控制系统的安全使用需求。

关 键 词 : 动车组; 高安全等级; 列车; 网络控制技术

Research on High-Safety-Level Train Network Control Technology for EMUs

Zeng Weikang

Zhuzhou CRRC Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001

Abstract : With the rapid development of railways, EMUs (Electric Multiple Units) are constantly moving towards digitization and intelligence, and the train network control system has gradually assumed a more important role. Adopting network control technology with higher safety and reliability to improve the safety level of the network control system has become an important trend in current development. Based on this, combined with network communication standards, this paper analyzes and identifies potential safety hazards and risks of the train network control system, studies the reliability and safety of different network topologies, designs technical schemes for implementing core network equipment with high safety, and proposes safety defense measures to address common hazards in network communication, so as to fully meet the safe operation requirements of the train network control system.

Keywords : EMUs (Electric Multiple Units); high safety level; train; network control technology

一、动车组网络控制系统安全需求

(一) 功能安全需求

功能安全关注系统发生内部故障情况下仍能够被控制, 防止由于部件失效而造成危险情况发生。系统应当具有“故障导向安全”设计理念, 即当发现有异常或者故障时能够自动转到预先定义好的安全状态中去^[1]。系统结构上要防止单点故障导致整个系统瘫痪, 采用冗余方式使得主、备设备可以互相备份, 在一条线路或者一个单元出现问题时, 另外一条线路上的设备可以直接接手工作保证控制不间断。

(二) 信息安全需求

列车与调度中心、维护平台之间通信增多, 增加了被植入恶意代码、非法访问、信息泄露或者篡改的可能性, 因此需要有完善的安全保障措施, 在系统中配置网络流量检测模块, 对突然大规模的数据包、非法地址等进行监控并阻止其传播, 以免造成列车控制系统被破坏。

(三) 实时性与可靠性需求

牵引、制动、车门、空调等多个子系统的状态信息及命令都需要通过网络进行传递, 而这些控制回路的时间常数一般要在毫秒级

以下, 在速度较高的情况下, 即使是极短的时间也会造成较大的误差, 在列车上经常会遇到较强的电磁干扰、机械震动以及温湿度变化等因素的影响, 因此对于传输介质及接口电路的要求也较高, 需要使用屏蔽双绞线或者光纤进行传输, 用差分信号等方式提高信号质量, 保证整个控制系统能够在各种环境下正常工作^[3]。

二、动车组高安全等级列车网络控制系统的风险分析

(一) 核心设备风险

一方面, 输入输出模块用于获取来自传感器、按钮、继电器等现场设备的状态信号以及向执行器发出控制指令。如果该模块内部电路出现故障、信号采集通道受到干扰或者不能进行有效输出, 都可能导致一些重要状态信息丢失或者是控制命令不能下发。比如牵引使能信号不能正确输出会使列车意外停车, 而紧急制动反馈信号误报则会引发不必要的制动, 给行车带来安全隐患及影响。

另一方面, 网关负责不同子系统间协议转换以及数据转发, 使列车各个功能域相互配合工作。如果网关发生协议解析错误、数据包丢失或者路由规则问题, 则会破坏信息传递一致性及及时

性,造成子系统间“失声”^[4]。尤其是在影响到行车安全的重要通讯通道失效情况下,例如制动力分配器与主控单元之间通信中断,会降低整个列车控制能力。

（二）系统通信风险

网络控制系统是动车组运行的重要中心环节,在动车组中起到连接牵引系统、制动系统、输入输出系统、烟火报警系统等各个重要子系统的桥梁作用。而网络控制系统的通信链路上的数据需要有较高的及时性和安全性,如果在这个通信链路上的数据发生时延、丢失、乱序或者被篡改等情况都可能会影响到列车的操作流程,造成严重的后果。

制动控制单元制动控制信息基于中央控制单元向制动控制单元发送制动控制信息,而这些信息数据包在网络中出现丢失或者延迟情况,会造成制动力不能够及时施加或者缓解,影响列车制动距离可控性。传动控制单元牵引施加以及封锁命令也对时延要求较高,通信问题会导致牵引力错误施加或者本应该被封锁而不被封锁,使列车速度过高或者在不允许牵引区域进行牵引操作,危及行车安全。

三、动车组高安全等级列车的网络控制技术分析

（一）拓扑结构设计

在动车组内,为了提高整个系统的可用性和容错性,在网络拓扑设计上是非常重要的。根据 IEC61375 中 TCN 架构要求,把网络分成列车级以太网骨干网(ETB)以及车辆级以太网编组网(ECN)。ETB 用于编组之间的重要控制命令及状态等信息传递,而 ECN 用于一个编组内部各个子系统的通信。交换机是连接这两层的关键部件,可以实现不同协议间的转换以及数据传输,使信息可以在不同的层次上传输。

ETB 网络拓扑多为线性拓扑,物理链路上采用两路通信链路冗余结构,避免单路故障引起 ETBN 之间通信异常。ECN 网络拓扑,按照 IEC61375-3-4 中规定的拓扑结构,列车 ECN 网络拓扑主要有线形拓扑、环形拓扑和梯形拓扑结构。若采用单线形拓扑,任一车辆级交换机发生硬件故障或链路中断,都将导致整条支路通信失效,存在显著安全隐患,因此该结构不适用于高安全等级要求场景。为提高可用性,可采用双线形网络结构,如图 3-1 所示。通过布置两条独立但并行的通信路径,数据能够在主备通道之间切换。当某一节点出现异常时,相邻节点可通过备用线路维持通信,避免全车网络瘫痪。

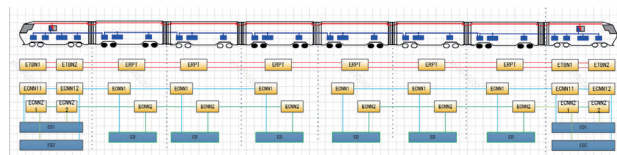


图 3-1 双线形网络拓扑

相比之下,环形网络具有更好的鲁棒性,在此情况下,每台交换机连接前后相邻两个结点并且构成闭环,如图 3-2 所示。正常工作状态下,信息以一种方向流动,若发生某条链路或者某个结点故障,则可以重新建立一条新的路由避开故障区域而使整个

网络仍然连通。

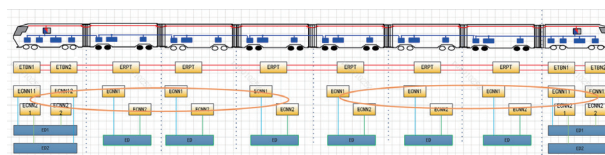


图 3-2 单环形网络拓扑

为了进一步提高安全性,在此基础上可以搭建双环网冗余结构,见图 3-3。两个环网同时运行并且互相作为备用,在一个环完全不能使用时,另外一个环也可以单独支持整个系统的正常运行从而达到 SIL 的要求。因此,双环网加上智能路由算法可以在几毫秒内进行故障检测以及恢复操作保证在列车受到干扰的情况下还能保持正常工作。

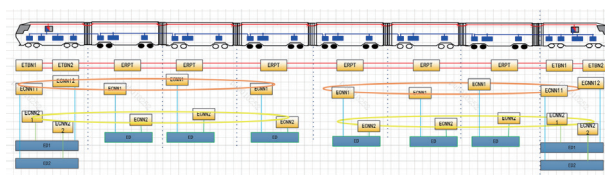


图 3-3 双环形网络拓扑

（二）功能安全架构

安全输入输出架构是动车组高安全等级列车网络控制系统的重要部分,负责重要的信号采集以及控制输出工作。该架构具有完全独立的双冗余结构形式,两套硬件设备各自独立,当发生供电故障、通信故障、输出短路或者开路等常见问题时,可以做到平滑切换而不影响正常运行。

安全数字量输入输出板卡用于采集及驱动重要开关量信号,有完备回路自检功能。在输入端对来自车辆各个子系统状态信号定期读取,通过电气隔离以及滤波消除干扰避免误判。而在输出端使用高可靠度驱动电路,在发送指令的同时发送回来一个检查程序,把已出信号返回到主板上做比较。如果发现输出不符合要求或者反馈有问题时,马上切换到安全状态,断开相应回路并且保存错误日志。

依据《铁路应用通信、信号和处理系统用于信号的安全相关电子系统》(EN 50129),对基于完全独立的双冗余架构实现的安全输入输出模块,进行风险分析活动,识别出该系统主要安全功能为数字量信号采集功能和数字量信号输出功能^[9]。所有诊断动作以高频率循环执行,覆盖上电初始化、运行中监测与突发异常响应全过程,形成闭环安全管理,适用于对安全性与可用性双重严苛的高速列车控制场景。

（三）信息安全防护

随着列车控制系统向数字化、智能化方向发展,网络互联程度不断提高,系统面临的外部攻击和内部数据泄露风险显著增加^[9]。

第一,车载网络使用专门通信协议例如 TRDP 通信具有一定的封闭性。对于这种类型的攻击,需要在接入层面部署身份认证以及访问控制的技术手段,所有的外设连接均需经过数字证书认证以及分权管理,保证仅有的被允许的设备可以接入到列车网络中去。

其次，在数据传输上，重要的控制命令及状态数据使用加密处理，避免数据被篡改，在列车网络系统中，在其边界部署有防火墙，根据预先设定的安全规则对恶意的数据包进行屏蔽，阻止其进一步扩散；而对于涉及到牵引、制动及信号等重要子系统的通信，使用 TRDP 安全协议可以实现动车组网络控制系统安全通信的目的，避免网络通信过程中经常出现的一些问题，是一种适用于基于以太网的列车网络通信控制系统的安全通信协议。

由此，整个信息安全架构从设备选型、系统集成到运维管理全过程实施安全生命周期管理，形成集预防、检测、响应于一体的信息安全闭环，全面提升动车组网络控制系统的抗攻击能力与

运行可靠性。

四、结束语

网络控制系统作为动车组的神经系统和指挥中枢，在列车不断向智能化、高安全性发展进程中，起着至关重要的作用。随着我国铁路的快速发展以及列车信息化、智能化程度越来越高，列车通信网络技术的应用将占据越来越重要的地位。高安全等级网络控制系统研究，可以为将来动车组的设计起到规范指导作用，从而使列车达到更安全、更可靠的要求。

参考文献

[1] 梁北辰, 赵红卫. 基于时间敏感网络的高速动车组网络拓扑仿真测试 [J]. 铁道机车车辆, 2024, 44(6): 41–50.

[2] 刘洋, 李帅, 李常贤. 基于区间预测的高速列车无线网络控制时延补偿方法 [J]. 铁道学报, 2025, 47(5): 77–88.

[3] 李辉. 基于量子密钥分发的智能列车通信安全体系研究 [J]. 智能物联技术, 2025, 57(3): 111–114.

[4] 党小刚, 宋伟, 赵薇. 基于车地协同的新一代动车组车载网络安全运维管理体系研究 [J]. 铁路计算机应用, 2025, 34(10): 74–79.

[5] 薛树坤, 赵婧, 尹光辉. 我国列车网络控制系统研究回顾与展望——基于知识图谱的可视化分析 [J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2025, 24(4): 62–67.

[6] 马昊天. 机电一体化系统高速通信网络架构及数据同步技术研发 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2025(8): 191–194.

[7] 张清妍, 李超. 智能通信技术在继电保护设备中的应用研究 [J]. 通信电源技术, 2025, 42(16): 62–64.

[8] 王国曦. 基于时间敏感网络的配电自动化系统通信架构研究 [J]. 通信电源技术, 2025, 42(20): 155–157.

[9] 敖璐磊. 通信网络拓扑变化对配电网差动保护稳定性的影响与应对策略 [J]. 通信电源技术, 2025, 42(23): 228–230.

[10] 肖磊, 郭洋洋, 李文波, 杨勇, 张陈林. 智能轨道快运系统功能安全研究 [J]. 控制与信息技术, 2020(1): 62–65.

[11] 白金磊, 王跃, 江帆, 等. 基于参数随机分布特性的多质点重载列车安全制动模型研究 [J]. 控制与信息技术, 2024, (04): 44–52.

[12] 金文斌, 张佳辉, 姚柏伶, 等. 基于事件触发预测控制的高速列车轨迹跟踪 [J]. 机车电传动, 2024, (04): 148–154.

计算机网络通信技术故障分析及维修方法

赵玉强¹, 孙元绪², 林庆强³

1. 国网山东省电力公司沂南县供电公司, 山东 临沂 276300

2. 国网山东省电力公司蒙阴县供电公司, 山东 临沂 276200

3. 国网山东省电力公司莒南县供电公司, 山东 临沂 276600

DOI: 10.61369/TACS.2026050014

摘 要 : 随着计算机网络技术的普及与深化, 网络通信已成为各类场景中信息传输的核心载体, 其稳定运行直接关系到日常办公、生产运营等各项活动的有序开展。计算机网络通信系统结构复杂, 涉及硬件设备、软件配置、协议交互等多个层面, 受环境、使用操作、设备损耗等多种因素影响, 易出现各类通信故障, 导致信息传输中断、延迟或异常。本文结合计算机网络通信的基本原理, 系统分析常见的网络通信故障类型及成因, 梳理科学规范的故障诊断路径, 提出针对性的维修方法, 为提升网络通信稳定性、快速解决各类通信故障提供理论参考与实践指导。

关 键 词 : 计算机网络; 通信技术; 故障分析; 维修方法

Fault Analysis and Maintenance Methods of Computer Network Communication Technology

Zhao Yuqiang¹, Sun Yuanxu², Lin Qingqiang³

1. Yinan Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276300

2. Mengyin Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276200

3. Junan Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276600

Abstract : With the popularization and deepening of computer network technology, network communication has become the core carrier of information transmission in various scenarios. Its stable operation is directly related to the orderly development of daily office work, production and operation, and other activities. The computer network communication system has a complex structure involving hardware equipment, software configuration, protocol interaction and other aspects. Affected by environment, operation, equipment loss and other factors, various communication failures are prone to occur, resulting in interruption, delay or abnormality of information transmission. Based on the basic principles of computer network communication, this paper systematically analyzes the common types and causes of network communication faults, sorts out scientific and standardized fault diagnosis paths, and puts forward targeted maintenance methods, so as to provide theoretical reference and practical guidance for improving the stability of network communication and quickly solving various communication faults.

Keywords : computer network; communication technology; fault analysis; maintenance methods

一、计算机网络通信技术故障类型及成因

(一) 物理层故障

物理层故障是由于硬件设备故障、物理连接出现错误或者受到不良的环境因素所引发的。硬件设备方面, 网卡、路由器、交换机等核心设备由于老化、雷击、电压不稳等原因会出现硬件损坏, 从而造成不能正常传输物理信号的情况发生; 网线、光纤等传输介质因为拉扯、磨损、老化等原因会存在断裂、接触不良等问题, 进而影响到信号传输的稳定情况; 设备端口因为使用频繁、灰尘堆积、雷击损坏等原因可能会出现端口异常, 不能正常识别连接的设备^[1]。物理连接上, 网线和设备接口、路由器或者交换机端口的连接松动会造成接触不良, 造成网络时断时续的现

象, 传输介质的线序错误、接口氧化等也会对物理信号的正常传输造成影响。环境因素上高温、潮湿、灰尘过多都会加快硬件设备老化速度, 使设备性能变差进而造成物理层通信故障。

(二) 网络层故障

网络层完成设备之间的通信定位和路由转发工作, 故障主要是由于配置错误或者协议异常所导致的。IP 配置错误属于网络层最常出现的故障原因, 包含 IP 地址冲突、子网掩码设置不当、网关配置错误等, IP 地址冲突会造成冲突设备不能接入网络, 子网掩码错误会使设备不能同同一局域网内其它网段的设备进行通信, 网关配置错误会使得设备不能访问外网。路由协议异常也是网络层故障的原因之一, 路由协议用来确定信息传输的路径, 如果路由协议配置有误或者路由表出现异常, 就会造成信息传输路

径出错,进而引发通信中断或者延迟,而路由设备故障也会对路由转发功能造成影响,从而引起网络层通信异常^[2-3]。ARP 解析异常还会引起网络层故障,造成设备不能正确识别目标设备的物理地址,不能建立起正常的通信连接。

（三）应用层故障

应用层属于网络通信的上层,直接面对用户的应用,完成具体的网络服务,故障主要是由于应用程序、服务配置、协议解析等引起的。应用程序故障属于常见的应用层故障,应用程序自身存在漏洞、版本不兼容或者应用程序进程异常、占用太多资源等情况,会造成无法正常使用网络服务,出现无法访问网页、文件传输失败等状况。服务配置错误也会造成应用层故障,比如 DNS 服务器配置错误、Web 服务器端口配置异常等,DNS 服务器是将域名解析成 IP 地址的服务器,配置错误会造成域名不能解析,无法通过域名访问网络资源;Web 服务器端口配置异常会使得用户无法连接到服务器,无法获得相关的服务。应用层协议异常,如 HTTP、FTP 等协议配置错误或者运行异常,都会影响到应用层服务的正常提供,从而造成通信故障。

二、计算机网络通信技术故障诊断路径

（一）故障信息收集

故障信息收集是故障诊断的基础,核心就是全面、准确地获得和故障有关的各种信息,防止由于信息不足而造成诊断失误。故障表现上要确定故障的明显特征,比如网络全部断开、时断时续、不能访问某些资源、域名不能解析等,把详细的故障表现形式记录下来,为之后定位故障类型提供依据^[4]。故障发生时间要记录故障第一次出现的时间、持续时间、是否反复出现等情况,分析故障发生的时间规律,找出故障发生的时间规律与设备使用高峰、系统更新、环境变化等因素是否有关。影响范围上要确定故障所造成的设备数量、区域大小,进而判定故障属于单台设备故障、局部网段故障还是全网故障,从而缩减故障排查的范围。环境信息方面要了解故障发生时的环境条件,即温度、湿度、雷击、设备移动或者线路调整等情况来排除环境因素以及人为操作因素对故障的影响。

（二）故障范围定位

收集完故障信息之后,利用简单的测试方法可以很快地确定故障发生在本地设备、传输链路还是远端设备上,并且可以缩小排查范围。对本地设备进行测试,检测本地设备的网络连接情况、硬件设备的工作情况,判断故障是由本地设备造成的;对传输链路进行测试,检测传输介质、连接端口状况,判断故障在传输链路上;最后测试远端设备,使用相关的工具测试和远端设备的连通性,判断故障是远端设备还是网络核心设备引起的。根据范围定位可以将故障排查的范围从全网缩小到具体的设备、链路或者网段上,从而提高故障诊断的效率,防止盲目地进行排查。

（三）分层排查验证

分层排查验证属于故障诊断的关键部分,按照从底层到高层的次序,从物理层、网络层、应用层、系统兼容及安全性等各个

方面依次展开排查工作,层层验证故障原因,找到具体的故障所在。首先对物理层进行故障排查,主要对硬件设备、传输介质、物理连接进行检查,用直观观察、替换测试等方式排查设备损坏、连接松动、传输介质异常等问题,如果物理层排查没有发现异常,则进入下一层的排查^[5-6]。其次,查看网络层 IP 地址、子网掩码、网关等配置参数是否正确,查看路由协议、路由表是否正确,查看 ARP 解析是否正确,测试网络层通信是否正常。再次检测应用层故障,查看应用程序是否运行正常,服务配置是否正确,测试应用层协议是否正确等,排除由于应用程序与网络服务不匹配而造成的兼容问题。最后对系统的兼容性、安全性类故障进行排查,网卡驱动、系统版本的兼容性检查,防火墙、安全软件的配置合理性检查,网络安全攻击问题排查。分层排查时,每层排查完之后要执行测试验证,保证该层没有故障之后再往下一层,从而保证故障诊断的正确性。

三、计算机网络通信技术故障维修方法

（一）物理层故障维修

对于硬件设备损坏的网卡、路由器、交换机等设备故障,要及时更换损坏的设备,更换后进行测试,保证设备可以正常使用。对于传输介质异常的网线断裂、光纤磨损等,要更换质量合格的传输介质,保证传输介质的线序正确、连接牢固。对物理连接松动问题进行检查时要查看网线与设备接口、路由器或者交换机端口之间的连接状况,重新插拔连接,清除接口处的灰尘和氧化层,保证接触良好。对由于环境因素引起的故障进行优化网络运行环境,控制环境温度、湿度,定期清理设备灰尘,做好设备防雷、防电压不稳等措施,减少环境因素对硬件设备的影响。定时开展物理层设备的巡检工作,对设备的损耗情况、连接出现的异常现象予以及时发现并加以处理,从而避免由于故障而导致的影响^[7]。

（二）网络层故障维修

网络层故障维修的重点就是解决由于配置错误或者协议异常而产生的问题,主要的方法有配置调整、协议修复、路由优化等。对 IP 地址配置错误进行处理时,如果出现 IP 地址冲突,需要重新分配 IP 地址,保证同一个局域网内的 IP 地址是唯一的;如果子网掩码、网关配置错误,需要修改配置参数,使配置符合网络规划的要求,可以实现正常的通信定位和路由转发。对路由协议异常进行检查,修正错误的配置参数,重启路由协议服务,保证路由协议可以正常工作;路由表异常时,清除错误的路由条目,添加正确的路由信息,保证路由转发功能正常。对 ARP 解析异常进行清理 ARP 缓存,重新获得目标设备的物理地址,使设备可以正确地识别出目标设备,建立正常的通信连接^[8]。另外定期对网络层的配置参数进行检查,发现并改正配置错误,改善路由策略,提高网络层通信的稳定性。

（三）应用层故障维修

应用层故障维修的重点在于解决应用程序、服务配置、协议解析等各方面的故障,主要的方法有应用修复、配置调整、协议

优化等。应用程序出现故障时，如果应用程序存在漏洞，则更新到最新版本进行漏洞的修正；如果应用程序的进程出现异常，就重新启动应用程序，并删除掉异常进程；如果应用程序与设备版本不相适应，那么就需要更新应用版本，并且重新下载并安装新的版本^[9-10]。对服务配置错误，比如 DNS 服务器配置错误，要修正 DNS 服务器地址，选一个稳定的 DNS 服务器；如果 Web 服务器端口配置有误，需要修改端口配置，保证端口可以正常监听并响应请求。对应用层协议异常进行检查，修改错误的参数，重启协议服务，使协议可以交互。

四、结论

计算机网络技术不断发展，网络结构愈加复杂，新型故障类型也将不断出现，对故障诊断与维修技术提出了更高的要求。未来，需进一步深入研究网络通信故障的智能化诊断技术，结合大数据、人工智能等技术，实现故障的自动识别、定位与维修，提升故障处理效率；同时，加强网络运维管理，建立完善的运维体系，定期开展设备维护和故障排查，提前防范各类故障，确保计算机网络通信系统持续、稳定、高效运行，为数字化发展提供可靠的网络支撑。

参考文献

- [1] 张莉华. 基于激光图像信息的机房电气故障自动诊断技术研究 [J]. 微型电脑应用, 2025, 41(07): 268-270.
- [2] 周峰. 多元评估法在课程评价中的应用研究——以“计算机网络基础”课程为例 [J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2025, 38(04): 147-150+160.
- [3] 尚冠宇. 基于改进 RBF 神经网络的四旋翼无人机故障诊断与容错控制 [J]. 计算机应用与软件, 2025, 42(07): 392-397.
- [4] 刘家金, 叶黎明, 江富增, 等. 基于计算机网络技术的高低压成套设备远程监控系统的实现 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(13): 79-81.
- [5] 张子傲, 李岩松. 基于人工神经网络的直流输电系统故障诊断 [J]. 东北电力技术, 2025, 46(06): 10-14.
- [6] 赵运基, 危思成, 许孝卓. 基于时频滤波器和偏移注意神经网络的轴承故障诊断 [J]. 电子测量与仪器学报, 2024, 38(11): 48-57.
- [7] 雷鹏. 计算机网络通信技术常见通信故障研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(21): 129-131.
- [8] 黄玉娇. 局域网内视频会议系统故障诊断与快速恢复 [J]. 中国宽带, 2023, 19(08): 154-156.
- [9] 宗俊丽. 基于模糊关联规则挖掘的局域网故障诊断方法 [J]. 信息系统工程, 2022, (10): 96-99.
- [10] 孙书东. 计算机局域网日常管理与维护技巧及故障排除技术 [J]. 电子技术, 2022, 51(01): 270-271.

多设备协同场景下音视频同步技术研究

赵洪良¹, 张平贺^{2*}

1. 中国电子技术标准化研究院, 北京 100007

2. 工业和信息化部教育与考试中心, 北京 100400

DOI: 10.61369/TACS.2026050016

摘 要 : 随着多设备持有率提升与多媒体应用普及, 音视频交互已广泛应用于远程会议、多机位录制、在线教育等场景, 音视频同步精度成为影响用户体验的核心指标。基于此, 本文立足多设备协同场景特性, 梳理音视频同步技术的核心原理与现状, 重点探讨音视频同步技术优化策略, 以期推动该技术向高效化、智能化方向演进。

关 键 词 : 多设备; 数字化; 音视频同步; 交互体验; 稳定

Research on Audio-Video Synchronization Technology in Multi-Device Collaboration Scenarios

Zhao Hongliang¹, Zhang Pinghe^{2*}

China Electronics Standardization Institute, Beijing 100007

Education and Examination Center of the Ministry of Industry and Information Technology, Beijing 100400

Abstract : With the increase in multi-device ownership and the popularization of multimedia applications, audio-video interaction has been widely used in scenarios such as remote conferences, multi-camera recording, and online education. Audio-video synchronization accuracy has become a core indicator affecting user experience. Based on this, this paper focuses on the characteristics of multi-device collaboration scenarios, sorts out the core principles and current status of audio-video synchronization technology, and focuses on exploring optimization strategies for audio-video synchronization technology. It aims to promote the evolution of this technology towards a more efficient and intelligent direction.

Keywords : multi-device; digitalization; audio-video synchronization; interactive experience; stability

引言

在数字化与智能化快速发展的背景下, 多设备协同已成为多媒体交互的主流形态。音视频同步技术作为多设备协同场景的核心支撑, 广泛应用于远程办公、多机位直播、智慧教育、沉浸式娱乐等多个领域, 直接决定用户交互体验的优劣。随着5G、物联网技术的普及, 多设备协同场景日益复杂, 现有音视频同步技术多针对单一设备或简单场景设计, 难以适配多设备协同的复杂需求, 同步精度与稳定性仍有较大提升空间^[1]。因此, 在多设备协同场景下, 优化音视频同步技术, 可以解决多设备协同中的音视频失步难题, 推动多媒体交互技术向更高效、更稳定、更智能的方向发展。

一、多设备协同场景下音视频同步技术的核心原理

(一) 时间戳同步原理

在多设备协同场景中, 不同设备在音视频的录制、编解码和数据传输等环节存在显著差异。若缺乏统一的时间标准, 音视频数据的产生时间和播放时间将无法对齐, 进而出现声音和画面不同步的问题。生成时间戳需要遵循采集端基准原则^[2]。简单来说, 在音视频数据刚采集完成的那一刻, 由采集设备为其分配唯一的时间戳标记, 精准对应数据实际生成的时间, 避免因采集延迟、编解码耗时这些问题造成时间戳偏移。

同时, 时间戳的格式需采用统一标准, 既要保证精度, 又要

兼顾兼容性, 在满足毫秒级的同步要求的同时, 还要能适配不同设备、不同编解码标准, 让多设备之间的时间戳可以互相识别、互相比较。在音视频数据传输的过程中, 时间戳需与音视频帧数据绑定传送, 确保数据到达接收端后, 接收设备能够快速解析时间戳, 明确数据的时序关系^[3]。

(二) 时钟同步原理

在多设备协同场景中, 音视频同步的本质是多设备间音视频数据时序的对齐, 而时钟偏差是导致时序错位的核心诱因, 需建立统一、精准的时间基准, 促使多设备在音视频采集、传输、播放全流程的时间一致性。在多设备协同场景中, 集中式时钟同步模式以一个主设备作为时钟基准, 其他从设备通过与主设备的时

钟交互，校准自身时钟，实现时钟同步。在此过程中，主设备需要搭载高精度时钟模块，生成稳定可靠的参考时钟^[4]。从设备需定期向主设备发送时钟请求，获取参考时钟信息，再调整自己的时钟频率和相位，以此实现设备间的时钟同步。而分布式时钟同步模式，是依靠各个设备之间相互交互时钟信息，搭建分布式的同步网络。在这种模式下，每台设备既是时钟的发送方，也是时钟的接收方，通过多轮交互与计算，获取整个网络统一的参考时钟，再以此校准自身时钟。

（三）缓冲与延迟补偿原理

在多设备协同场景中，音视频数据在采集、编解码、传输、播放等环节会产生不同程度的延迟，且延迟具有随机性、动态性特征，而缓冲机制的核心作用是缓存音视频数据，调节数据传输与播放的速率差，避免因传输延迟波动导致的播放卡顿或失步^[5]。一方面，根据多设备协同场景的延迟特征，设计动态缓冲容量调整机制，实时监测数据传输延迟的变化，动态调整缓冲容量，在保证播放流畅性的同时，降低播放延迟，实现实时性与流畅性的平衡；另一方面，精准监测各类延迟的实时值，通过延迟检测算法，计算多设备间音视频数据的延迟差值，进而通过调整播放时序、优化数据传输速率等方式，对延迟差异进行补偿。

二、多设备协同场景下音视频同步技术优化困境

（一）核心同步技术瓶颈凸显，难以支撑高精度协同需求

当前各类核心技术的短板相互叠加，形成了难以逾越的技术壁垒，无法充分适配多设备异构、场景复杂的实际应用场景。第一，多设备协同场景中，不同设备的硬件架构、操作系统、编解码标准存在本质差异，导致各设备的时间生成基准存在固有偏差，而时间戳校准技术存在明显短板，难以实现多设备时间基准的绝对统一，导致同步精度下降^[6]。

第二，从时钟同步技术来看，集中式时钟同步模式受主设备性能与负载限制，难以适配大型分布式多设备协同场景，且主设备的单点故障会直接导致整个时钟同步体系崩溃，缺乏足够的可靠性与扩展性。同时分布式时钟同步模式虽具备较强的扩展性与容错能力，但现有同步算法难以有效抵消这些干扰，导致同步精度难以满足高精度场景的应用需求。第三，现有缓冲机制多采用固定容量阈值设计，缺乏对延迟波动的实时感知与动态调整能力，从而出现播放延迟、卡顿失步的问题。

（二）技术融合程度不足，未能形成协同赋能效应

当前，5G、人工智能、物联网、边缘计算等新兴技术的快速发展为同步技术优化提供了新的支撑，但同步技术与5G、物联网技术的融合存在表层化问题，未能充分发挥两类技术的核心优势。在更新和优化过程中，同步技术未充分结合5G网络的低延迟、高带宽、高可靠的特性，仅实现了数据传输层面的简单适配，难以提升多设备协同音视频同步精度^[7]；此外，将人工智能技术简单应用于延迟预测与参数调整，未能构建起全流程智能化同步优化体系，机器学习算法的训练数据覆盖面有限，难以精准捕捉多设备协同场景下延迟变化、设备状态波动的复杂规律。

（三）跨场景适配能力薄弱，应用拓展受到制约

随着多设备协同应用在各个领域越来越普及，不同场景对音视频同步的精度、实时性还有稳定性需求存在显著差异。当前同步技术大多采用通用化的设计思路，没有根据不同场景的核心需求做针对性优化^[8]。这样一来，导致同步技术在部分场景里难以充分发挥出它应有的效果。对于要求高精度、低延迟的专业场景，通用同步技术的精度与响应速度难以满足需求。另外，不同场景下的同步技术优化标准不统一，缺乏针对性的优化规范，导致同步技术在跨场景应用时，需要进行大量的适配调整，难以适配跨场景高精度需求。

三、多设备协同场景下音视频同步技术优化策略

（一）构建核心同步体系，夯实高精度同步基础

核心同步技术是多设备协同场景下音视频同步系统的核心支撑，需遵循精准化、动态化、标准化原则，结合多设备协同场景的异构性、动态性特征，构建高精度、高稳定、高适配的核心同步体系，为多设备协同音视频交互提供坚实的技术支撑^[9]。

其一，建立统一的时间戳生成与校准标准。一方面优化时间戳分配算法，将时间戳生成与音视频采集瞬间精准绑定，最大限度降低采集、编解码等环节耗时对时间戳精度的影响；另一方面引入动态校准算法，融合网络时间协议与精确时间协议的技术优势，实现对多设备时钟偏差的实时检测与动态修正，提升校准算法的自适应能力。

其二，构建集中式与分布式协同互补机制。从集中式模式来看，需优化主设备时钟性能与从设备同步响应机制，提升主设备时钟的稳定性与精度，优化从设备的同步响应速度，减少同步延迟，同时增设主设备冗余备份机制，提升同步系统的可靠性与抗故障能力；从分布式模式来看，需优化设备间时钟交互算法，引入抗干扰设计，有效抵消设备交互延迟、网络抖动等外部因素的影响，提升同步精度^[10]。

其三，构建动态缓冲容量调整机制。实时监测网络状态、设备负载等动态因素的变化，精准预测延迟波动趋势，灵活调整缓冲队列容量，实现音视频交互的实时性与流畅性协同提升。

（二）推动技术深度协同，提升同步系统的自适应能力

5G、人工智能、物联网、边缘计算、云计算等新一代信息技术的快速发展与应用，为音视频同步技术的优化提供了新路径，将新兴技术与同步技术进行融合，实现技术优势互补、效能叠加，提升同步系统的自适应能力、优化效率与扩展能力^[11]。首先，搭建多维度、全方位数据采集体系，实时收集各个设备的运行情况、负载情况、网络状态等核心数据。然后将收集到的实时数据和同步参数优化深度结合，根据这些信息动态调整同步策略，提高同步系统的自我适应能力。并根据设备与网络的动态变化，自动优化同步参数，适配多设备协同场景的复杂变化，充分发挥物联网技术的感知赋能作用，提升同步系统的稳定性与适配性。

其次，借助机器学习、深度学习等算法，对历史延迟数据、

设备运行数据、网络状态数据进行深度分析挖掘，精准捕捉多设备协同场景下延迟变化、设备状态波动的复杂规律，构建高精度延迟预测模型，实现延迟变化的精准预判，提前规避延迟差异带来的时序错位^[12]。同时利用人工智能技术优化缓冲队列管理与时间戳校准算法，提升同步精度与系统运行效率，实现同步技术从数据采集、延迟预测到参数优化、时序对齐的全流程智能化升级。最后，建立同步技术与云计算协同机制，优化边缘计算与云计算的协同架构，实现边缘节点的同步计算任务与云端的集中管理无缝衔接，将部分同步计算任务下沉至边缘节点，减少云端传输延迟，实现对本地多设备同步的快速校准，提升同步响应速度。

（三）强化场景化适配，拓展技术应用边界

随着智能终端设备的普及，多设备协同被广泛应用于各个场景，音视频同步技术性能直接决定用户交互感受与系统服务质量，因此需立足不同多设备协同场景的差异化需求，开展个性化、针对性的优化设计，构建场景化同步优化方案，提升同步技术的跨场景适配能力。针对多设备协同场景的核心需求，明确同步精度、实时性、稳定性的差异化指标，制定针对性的优化标

准，确保同步技术的优化与场景需求精准匹配。比如对于对同步精度、实时性要求较高的场景，需重点优化同步精度与响应速度，强化时间戳校准、时钟同步与延迟补偿的精度，采用高精度同步协议与算法，实现微秒级同步，满足场景的高精度需求。

此外，总结不同场景的同步优化经验，提炼共性优化模块与核心算法，构建场景化同步优化模板，当同步技术向新场景迁移时，可基于模板进行个性化调整，减少重复开发，提升迁移效率。同时收集不同场景的优化数据、策略与效果，为后续场景化优化与技术迁移提供参考，推动同步技术的场景化适配持续深化。

四、结语

综上所述，音视频同步是多设备协同场景中最核心、最典型的技术指标之一，是否具备良好的同步性将会对多设备协同质量产生决定性的影响。通过构建核心同步体系、推动技术深度协同、强化场景化适配等策略，可以推动同步技术向高精度、智能化方向升级。

参考文献

[1] 章卫峰. 音视频同步技术在广播电视节目制作中的应用 [J]. 电声技术, 2025, 49 (02): 131-133.
[2] 张桁. 基于物理模型的火灾音视频同步校正与火源定位研究 [J]. 消防界 (电子版), 2024, 10 (16): 40-42.
[3] 王媛媛. 基于 PTP 的音视频同步技术在电视新闻多机位编辑中的应用 [J]. 电视技术, 2024, 48 (05): 48-50.
[4] 曾文杰. 面向无线投屏场景的音视频传输策略研究与实现 [D]. 武汉理工大学, 2024.
[5] 赵标. 多点视频会议音视频同步技术优化 [J]. 中国宽带, 2024, 20 (04): 61-63.
[6] 刘帅凤, 赵少雄, 周文硕. IP 视频会议系统中音视频同步的研究 [J]. 无线互联科技, 2024, 21 (07): 113-115.
[7] 陈航. 面向音视频语音增强与识别的建模方法研究 [D]. 中国科学技术大学, 2024.
[8] 杜宸翌, 李博, 画芊昊. 基于 MPC 的音视频同步码率自适应测试 [J]. 计算机测量与控制, 2024, 32 (04): 54-60.
[9] 洪学敏, 张海翔. 基于 LSTM-CBAM 的音视频同步人脸视频生成 [J]. 智能计算机与应用, 2023, 13 (05): 151-155.
[10] 方芳. 8K 超高清电视节目音视频时码同步的探索 [J]. 现代电视技术, 2022, (10): 48-51.
[11] 莫瑶. 车载娱乐系统音视频同步技术研究与应用 [D]. 电子科技大学, 2022.
[12] 袁金保, 黄化吉, 杨雪松. 一种直通音频与视频重同步的设计与应用 [J]. 电视技术, 2021, 45 (06): 112-114.

云计算环境下的数据安全与隐私保护问题研究

尹青伟

江苏省教育厅教育宣传中心，江苏 南京 210013

DOI: 10.61369/TACS.2026050017

摘 要： 云计算是推动信息技术发展的动力，是企业数字化转型与信息化建设的支撑。随着云服务的广泛应用，数据安全和隐私保护问题愈发明显，制约了云计算的健康发展。本文基于云计算环境的技术架构，系统性分析当前面临的风险与挑战，并从不同维度出发，提出具有操作性的优化对策。通过加强新技术应用，促进跨行业协同与监管，有助于提高云计算环境下数据安全和隐私保护水平，为云计算可持续发展提供助力。

关 键 词： 云计算；数据安全；隐私保护

Research on Data Security and Privacy Protection Issues in Cloud Computing Environment

Yin Qingwei

Education Promotion Center, Department of Education of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210013

Abstract： Cloud computing is a driving force for the development of information technology and a support for enterprise digital transformation and informatization construction. With the wide application of cloud services, data security and privacy protection issues have become increasingly prominent, restricting the healthy development of cloud computing. Based on the technical architecture of the cloud computing environment, this paper systematically analyzes the current risks and challenges, and puts forward operable optimization countermeasures from different dimensions. Strengthening the application of new technologies and promoting cross-industry collaboration and supervision will help improve the level of data security and privacy protection in cloud computing environments, and provide support for the sustainable development of cloud computing.

Keywords： cloud computing; data security; privacy protection

引言

新时代背景下，以云计算为代表的信息技术融入社会各领域，促进资源分配、服务模式等层面的变革。云计算具有按需服务、成本低等特征，可以促进各领域企业的信息化建设。随着云计算的普及，数据安全与隐私保护问题成为社会性议题，出现了许多云数据泄露事件。基于此，深层次分析云计算环境下数据安全和隐私保护问题，具有重要价值与意义。一方面，可以系统性识别云环境内数据生命周期各环节风险，明确技术、法律等维度挑战。另一方面，可以结合前沿技术趋势，探索可行的防护策略，促进云计算技术发展。

一、云计算环境下数据安全与隐私保护的核心风险与问题

（一）技术层面的安全漏洞与攻击威胁

云计算环境在技术上具有虚拟化、服务化等特征，可以提高工作效率，但也出现新的安全弱点。第一，虚拟化安全风险。云计算的基石是虚拟化，但虚拟层安全的突破，容易造成同一服务器上多租户虚拟机间出现数据泄露。同时，虚拟机逃逸、虚拟网络隔离等问题，很容易成为攻击者冲击的入口^[1]。

第二，数据存储与传输风险。云上数据通常借助多副本、分

布式的形式，存储到不同地理位置内，而数据传输可以借助公共网络或云服务商内部链路。如果出现存储加密度不足的问题，很容易造成数据的非法访问^[2]。

第三，身份认证与访问控制缺陷。在云环境内用户的身份较为多样，访问场景较为复杂，传统的用户密码形式很难应对钓鱼攻击等风险。由于权限设置的宽泛、角色定义不清等问题，很容易出现越权访问或内部的恶意操作。

（二）管理层面的责任模糊与内部风险

在云计算共享责任模型下，服务商和用户需肩负安全义务，但实践过程中，存在责任边界不清，容易带来防护的漏洞。第

一，责任共担模式落地困难。虽当前主流云服务商明确了各层面安全职责，如基础设施、软件等，但用户对自身需要配置的安全选择缺乏理解，容易出现责任空白区域^[3]。如用户误以为云服务商全权负责数据的加密，而实际密钥管理需要用户自行实施。

第二，内部人员威胁。其具体涉及云服务商内部员工、用户管理员等内部人员，如果出现疏忽等问题，可以借助合法权益，实施数据窃取、破坏。由于各因素的存在，如权限过于集中、操作行为缺少审计等，造成风险的进一步加剧^[4]。

第三，安全运维与应急能力不足。许多组织在迁移至云平台之后，仍采取原有安全运维流程，没有针对云环境进行持续性监控、应急响应的机制，容易出现取证困难、安全事件发展滞后等问题，进一步造成安全损失扩大。

（三）合规与法律层面的隐私挑战

数据跨境流动与多元法律环境使得云计算的合规压力日益增加。第一，数据主权与跨境管辖冲突。云数据中学通常分布于全球的各国家与地区，其中数据可能在用户不知晓状况下，进行跨境传输，触及到不同司法区域的数据本地化要求，如欧盟 GDPR 等。由于法律适用和监管责任尚未明确，很容易给用户与跨国企业造成合规风险^[5]。

第二，隐私保护要求升级。随着全球隐私立法的完善，对于个人信息收集、共享以及删除的全生命周期管理要求不断提升。在云计算背景下，多租户架构、数据聚合分析等实践，造成匿名化难度较大，出现隐私泄露风险，用户对于云服务商的信任遭受影响。

第三，审计与举证困境。在云环境中，用户面对底层基础设施控制能力相对有效，当出现安全事件后，往往需依赖云服务商提供日志、证据。如果服务商日志记录不完整、难解读，用户通常面临审计困难、举证不足等问题。

二、云计算环境下数据安全与隐私保护的优化策略

（一）构建全方位、多层次的安全防护体系

第一，深化纵深防御架构。根据云环境的特征，可以构建包含网络、应用等内容的立体防护。从网络层的角度出发，可以借助软件定义边界、微隔离等技术，促进细粒度访问控制的实现。从主机和容器层出发，可以加强镜像安全扫描、运行等过程的保护和漏洞管理，提升数据安全和隐私保护效果^[6]。

第二，强化身份与访问管理。面对现代化信息安全防护体系的建设，可以将用户身份作为信息，开展核心安全防护，并实时最小权限原则，保障各用户、应用获取完成工作任务所需的最低访问权限。为了顺利达成该目标，可以综合使用多因素认证方式，强化身份验证可靠性，并借助单点登录提高用户体验和管理效率，适当结合自适应认证机制，结合登录环境和风险动态调整认证的要求^[7]。另外，通过整合用户行为分析技术，对用户活动进行持续监控，进而智能地、动态地调整系统和数据访问权限。针对云平台管理接口、应用程序编程接口等高风险目标，可以实施较为严格的控制对策，采取基于安全令牌的短期授权机制，制定

和执行精细化控制对策，保障每次访问在严密、动态的监管下，构建其良好的防御安全屏障。

第三，统一安全可视与管控。通过云安全态势管理、云工作负载保护平台等工具，可以对分布与云环境的各种资源，开展统一、高效的安全配置核查和监控，将潜在风险借助直观与可视化方式，更好的呈现出来。同时，可以搭建集合日志聚合与深度分析系统，汇聚不同云平台和地方的日志数据，并实时的识别异常行为与潜在风险，切实提高云环境安全态势感知和主动防御技能。

（二）加强安全管理，提升全员安全意识

确定并且落实责任共担模式。云服务商应该细化责任矩阵，用图示和实例的形式告知用户各自的工作职责。用户要创建云安全责任制，把内部各个部门的数据分类、配置管理、事件响应等工作职责落实到位，防止出现责任不到位的情况^[8]。定期对责任模型进行对照审计，没有防护盲区。

第二，创建云原生安全运维体系。推进安全左移，将安全要求放在系统设计阶段就加以考虑。创建专门的云安全运维小组，制订云环境下事件应对方案，定时举办攻防演习。改进云服务公司同其客户之间安全合作的水平，创建事故事件汇报渠道、数据保存、联合处理等系统。

第三，推行安全意识教育的持续性。对开发、运维、业务人员等不同的角色，做有针对性的云安全培训，内容涉及安全配置实践、隐私保护要求、社会工程防范等内容。模拟钓鱼、安全知识竞赛等手段来提高培训效果，培育企业内部安全文化。

（三）推动新兴技术落地应用，提升防护能力

第一，将隐私增强技术集成起来使用。数据融合分析、联合建模这些场景中，用上隐私计算的联邦学习、差分隐私等方法，才能让数据的价值真正被发挥出来。还可以推动可信执行环境在云计算平台上创建起来，给敏感技术提供硬件级的隔离保护。

第二，以人工智能和自动化为主动防御的。利用机器学习算法来分析大量的日志、流量数据，可以快速形成用户的和实体的行为基线，从而有效地提前发出关于异常访问以及内部威胁的警报^[9]。用自动化编排和响应平台把威胁响应动作进行剧本化，可以大大缩短响应时间。另外还可以从加强 AI 模型安全防护角度来防止对抗样本攻击。

第三，用区块链赋能审计和溯源。研究区块链在云数据审计和溯源中的应用，把重要操作日志、权限改变、数据访问记录等上链存证，依靠它的不可篡改、可追溯的特点来加强审计证据的可信度，给合规举证和纠纷解决赋予技术支持。

（四）加强行业协同与监管，构建良好生态

为了搭建与优化云计算领域的安全和隐私保障机制，可以从多个角度出发，进行协同促进，构建标准化的认证体系。具体来讲，可以鼓励和引导各行业协会、专业标准化组织促进工作开展，制定和发布有关云计算环境的数据安全和隐私保护评价指南^[10]。同时，需要推广基于国际标准的云服务安全认证项目，并借助权威认证，方便用户识别和筛选符合安全要求的合格服务商，有效降低其在市场内的比较和选择成本。

面对行业内部及跨行业信息共享和协同应急响应技能层面，可以建设良好的云安全信息共享平台，包含多企业、跨行业。该平台还需致力于攻击指标、漏洞等安全信息的交换和高效流转。另外，需要推动构建制度化的云安全应急协同机制，保障面临大规模供应链攻击事件时，各方可以快速预警与响应，有效遏制安全威胁的拓展。

通过深化政府部门和企业的交流合作，并重视跨境监管领域的合作，有助于构建良好的生态。政府部门需持续调整适应云计算技术特征与规律的监管框架，清晰划分监管职责，并细化数据出境安全评估流程。同时，可以积极探索创新模式，在可控环境下激励安全新技术测试和应用革新。通过国际间交流、合作，可以推动数据保护规则体系的建设，为企业在全球范围开展业务提供清晰的制度保障。

三、结束语

综上所述，云计算技术的发展，可以赋能数字经济，促进社会革新，为数据安全和隐私保护带来挑战。本文分析云环境下安全风险的特点，如多层次、跨边界等，包括技术、管理等维度，更好的实现有效防护。为了应对相关挑战，需改变孤立、静态思维，积极构建体系化的治理模式。从技术层面出发，可以持续跟踪云架构的演进，促进隐私技术、AI 安全等技术的融合，构建智能弹性防御体系。随着新技术的发展，云计算环境更加复杂，数据安全和隐私保护成为需持续探究的课题。通过技术创新和管理优化的驱动，可以享受云计算红利，打牢数据安全根基，有效保护用户隐私权益。

参考文献

[1] 潘蕊. 云计算环境下的数据加密与隐私保护技术研究 [J]. 科技与创新, 2025, (23): 113-115+118.DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2025.23.035.

[2] 韦宇星, 梁荣华, 莫喻兴. 云计算环境下的数据安全性与隐私保护研究 [J]. 网络安全和信息化, 2025, (08): 24-26.

[3] 周在彪. 云计算环境下的数据隐私保护策略 [J]. 数字通信世界, 2025, (07): 92-94.

[4] 梁仲峰. 云计算环境中的数据安全性与隐私保护方法 [J]. 长江信息通信, 2025, 38(06): 167-169.DOI: 10.20153/j.issn.2096-9759.2025.06.045.

[5] 郑建忠. 云计算环境下的数据加密与隐私保护技术研究 [J]. 信息系统工程, 2025, (05): 40-43.

[6] 刘银山. 云计算环境下的数据安全性与隐私保护技术研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2025, (05): 66-68.

[7] 陈永平. 云计算环境下的多租户数据隔离与隐私保护技术研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (33): 54-56.

[8] 顾睿睿, 覃露. 云计算环境下的数据安全保护与隐私保护 [C]// 中国智慧工程研究会. 2024 社会发展与科技创新交流会议论文集. 广西民族大学; , 2024: 603-605.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.017449.

[9] 田瑞. 云计算环境下的数据安全性与隐私保护 [J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8(04): 163-165.DOI: 10.19772/j.cnki.2096-4455.2024.4.048.

[10] 钟献坤. 云计算环境下的数据安全性与隐私保护 [J]. 数字通信世界, 2024, (03): 158-160.

非标机械设备技术改造与其创新路径分析

王玉启

山东博克工业装备有限公司, 山东 淄博 255000

DOI: 10.61369/TACS.2026050030

摘 要： 在现代制造业向智能化、柔性化转型过程中，非标机械设备成为支持定制化生产、实现产线柔性重构的核心要素，对其改造创新则成为当前亟待关注的焦点问题之一。本文通过系统梳理非标机械设备的概念基础与基本特征，进而从市场需求、技术瓶颈、政策驱动等层面详细阐述其改造创新的现实需求与重要意义。同时在此基础上，依托“数字化—智能化—模块化—绿色化—系统化”五个维度建立非标机械设备技术改造与创新范式，以此实现从“替代人工的工具”向“赋能生产全链路的智能伙伴”的转变目的，为我国制造业高质量发展提供助力。

关 键 词： 非标机械设备；技术改造；模块化设计；智能制造；数字孪生；柔性生产

Analysis on Technical Renovation and Innovation Paths of Non-Standard Mechanical Equipment

Wang Yuqi

Shandong Boke Industrial Equipment Co., Ltd., Zibo, Shandong 255000

Abstract： In the transformation of modern manufacturing toward intelligence and flexibility, non-standard mechanical equipment has become a core element supporting customized production and realizing flexible reconstruction of production lines. Its renovation and innovation have thus become one of the key issues urgently needing attention. This paper systematically sorts out the conceptual basis and basic characteristics of non-standard mechanical equipment, and then elaborates on the practical needs and significance of its renovation and innovation from the perspectives of market demand, technical bottlenecks, and policy drivers. On this basis, an innovation paradigm for the technical renovation of non-standard mechanical equipment is constructed from five dimensions: digitization, intelligence, modularization, greenization and systematization. This aims to realize the transformation from "labor-substituting tools" to "intelligent partners empowering the whole production chain", so as to boost the high-quality development of China's manufacturing industry.

Keywords： non-standard mechanical equipment; technical renovation; modular design; intelligent manufacturing; digital twin; flexible production

引言

随着全球制造业格局重构，人工智能、工业互联网、数字孪生等新兴技术成为推动新一轮科技革命和产业变革的核心动力，并由此推动制造业生产范式向多元化转变，而在“小批量、多品种、定制化”的柔性生产模式中，非标机械设备有着重要作用。非标机械设备旨在根据企业特定的需求、工艺或产品特性，为其提供量身定制的专用设备制造服务。传统非标机械设备行业面临研发时间长、复用率极低、运维成本高等现实问题。2025年，我国发布《机械工业数字化转型实施方案》，为非标机械设备行业发展提供了明确的政策导向，也成为非标机械设备技术改造与创新的关键依据。

一、非标机械设备技术改造的标识、现状需求与意义

（一）非标机械设备的内涵标识与行业定位

非标机械设备属于制造业领域的特殊装备，可以从三个层面概括其特征与内涵。第一，在产品特征方面，非标机械设备没有标准化的设计要求与规范，不受型号与规格约束，仅需要按照需求完成个性化设计或集成组合。第二，在应用领域层面，我国的

非标自动化设备主要在汽车零部件、电子电器和加工制造等领域具有广泛应用价值。第三，在产业链位置层面，非标机械设备处于制造业中游环节，向上对接核心元器件生产，向下接续制造企业终端生产。

随着现代制造业持续升级发展，非标机械设备的角色定位逐步发生转变，从传统认知中的“标准设备补充”转向“解决标准自动化方案无法覆盖工序”的核心载体^[1]，进而成为产线柔性重

构、辅助智能决策的关键。

（二）技术改造的现状困境与现实需求

“两高两低”是现阶段非标机械设备技术改造中面临的结构性难题。

第一，研发与设计时间较长，成本较高。传统生产模式下的非标设备设计需要以工程师丰富的工作经验为基石，并且需要通过反复物理试错的方式验证设备可行性与安全性，这就使得其设计周期难以压缩，成本无法降低，对优秀骨干工程师的依赖性较强^[2]。

第二，企业转型困难，设备复用率低。非标设备属于量身定制的特殊产品，因此其使用条件受到限制，难以实现复用。同时，每次变更产品或转型，都需要进行停机调整^[3]，并由工程师进行机械重构与程序重写，导致其设备生产线呈现出“一次性定制”的特性。

第三，运维工作复杂，全生命周期消耗的成本较高。由于非标设备结构复杂且缺乏标准化规范，因此其故障模式也呈现出多样化特征，往往需要工程师出差进行现场服务，使得服务响应周期长、费用高。

第四，智能化水平较低。传统非标设备生产基本以替代人工为目标，因此未能建立数据感知与智能分析系统，也无法实现自主决策服务，难以将人工智能与物联网等技术集成融合。

（三）技术改造的多重意义

非标机械设备技术改造的意义可以从三个维度进行分析。

第一，在企业维度，技术改造可以显著提升其核心竞争力。一方面，通过数字化仿真技术与模块化设计改造，可以大幅缩短非标机械设备的研发周期，提升交付效率^[4]。另一方面，在人工智能应用改造后，非标机械设备的综合效率得到显著提升，同时单位产品能耗也会有所下降，从而实现降本增效与绿色低碳的效果。

第二，在产业维度，技术改造为制造业高质量发展提供了支持。非标机械设备是现代制造装备体系中的关键组成部分，其技术水平提升可以带动产业链条的全面升级，进而形成产业溢出效应。

第三，在国家维度，技术改造为践行落实制造强国战略提供了核心抓手。现代机械工业转型对非标机械设备有着刚性需求，而技术改造不仅可以加速行业发展，同时还能达成节能降耗、绿色制造的改造目的。

二、非标机械设备技术改造创新路径

（一）数字化设计路径：以数字孪生驱动研发范式变革

在非标机械设备研发与生产环节，数字化设计转型是实现缩短研发时长、压缩试错成本的关键环节。企业应围绕数字孪生技术展开变革，建立“设计—验证—优化”的设计流程。

第一，深化应用数字孪生技术。企业应基于虚拟仿真技术构建与物理设备实时映射的数字孪生系统，以此满足设备模拟运行需求，可以用于检测结构强度、运动路径、振动特性、热力学行

为等，从而降低物理样机的实验次数^[5]。此外，在必要时数字孪生系统还可以支持远程调试与参数优化，从而改进跨地域设备交付方式。

第二，优化CAD/CAE/CAM一体化设计。传统非标设备设计同样有着明确的工艺流程，需要按照结构设计、力学分析、加工路径等规划实施，但其信息传递容易出错^[6]。因此企业还需要构建CAD/CAE/CAM一体化设计平台，从而将概念设计到数控加工的全流程进行无缝衔接，既可以提高设计精度，又可以建立“数据驱动”设计范式。

第三，前置处理虚拟仿真与调试环节。企业在物理设备制造与实验前，可以基于虚拟仿真平台建立全流程验证实验，包括运行逻辑、控制程序、节拍平衡等，从而有效缩短调试时间。

（二）智能化升级路径：从“被动执行”到“主动决策”

随着现代制造业的数字化与智能化升级，非标机械设备技术也应向智能化转变，尤其应在自主感知、数据分析与自主优化方面优化改造，以此发挥其“智能决策”功能。

第一，深度融合AI与机器视觉技术。企业可以在非标机械设备检测环节构建高分辨率视觉系统，由此通过深度学习算法实时识别产品缺陷类型，并自动提出参数优化建议。在焊接、装配等环节，也可以利用AI算法结合大数据分析当前的焊接温度、拧紧扭矩等具体参数^[7]，以此提高工艺质量。

第二，建立自适应控制与预测性维护机制。企业可以在非标机械设备内部植入人工智能系统。通过机器学习算法，该系统可以持续学习设备的生产数据，进而可以根据生产工况变化，自适应调整运行参数。同时，在维护环节，可以借助各类传感器与数据分析系统，实时分析设备的运行状态，并分析其零件寿命，提前发出故障风险、维护需求与零件更换等提醒。

第三，建立边缘计算与实时响应系统。企业应为非标机械设备建立物联网系统，从而将云端数据载入设备端，建立毫秒级的工况感知与响应系统。

（三）模块化与柔性化路径：以标准化组合应对定制化需求

“非标定制”与“效率成本”是企业面临的矛盾点，因此可以通过模块化设计进行平衡与优化，将不同的功能单元拆分为具有复用价值的标准化模块，从而实现通过模块组合满足个性化需求的效果。

第一，建立功能模块的标准化拆解与复用机制。企业可以根据功能单元特征建立非标设备模块拆解方案，通过统一的接口与协议确保输送、抓取、检测、装配等模块可以自由组合^[8]，由此既可以降低成本，还可以降低后期维护与修理难度。

第二，打造柔性产线，提升快速重构能力。在硬件层面，企业应推广协作机器人设备，通过快换夹具缩短生产线产品规格切换时间。在布局方面，企业应设计U型或环形方案，并依托AGV实现柔性物料流转效果。在控制维度，企业则要建立PLC+MES架构系统，并按照生产计划实现参数同步^[9]。

第三，趋向“自重构”进化发展。现阶段企业以可重构自动化为核心，重在推动生产任务快速重组与调整。未来可依托人工智能与历史数据，建立主执行重构系统，达到自主优化与创新改

革的效果。

（四）绿色化与系统化路径：面向可持续与全局最优的创新

在绿色、环保与低碳导向下，非标机械设备技术还应向绿色化与系统化发展，以此突出环境友好与可持续发展特性。

第一，坚持集成应用绿色化技术。在能源利用中，应优先使用高效伺服电机、永磁同步电机以及变频控制系统等软硬件，从根本上降低综合能耗。同时，根据设备需求建立余热回收、光伏供电等系统，以此实现能源的循环利用，甚至可以达到“零碳运行”。在材料应用中，企业应坚持轻量化设计原则，减少材料消耗量，同时增加可回收材料使用占比。在生命周期管理中，通过模块化设计可以提高零件更换与拆解速率，并且可以有效延长设备的整体寿命，减少废弃物产出量。

第二，坚持系统融合设计范式。在智能制造背景下，企业不应将非标设备视为孤立的自动化装置，而是要将其作为生产线中的一个物理节点，由此通过MES、数字孪生、物联网等技术集成，形成完整的系统与生态^[10]。具体来说，设计阶段应明确数据采集方案，通过传感器与机械结构设计满足需求；在关键部件处应预留标准接口，以此实时监控器振动、温度等运行状态；在安全系统中则要建立人机协同安全防护标准，一旦发生危险可以自动启动防护机制。

第三，坚持从单机设备生产向智能工厂建设发展。企业不应

将技术改造停留在孤立单元层面，而是应打造系统化的智能工厂网络节点，确保每台设备都能与系统相连，并实时获取其运行数据，接收顶端调度指令，从而实现多设备自动协同的目的和效果。

三、结语

综上所述，非标机械设备的技术改造与创新升级，是我国现代制造企业提升核心竞争力的核心路径，也是我国制造业高质量发展的必然需求。本文从“数字化—智能化—模块化—绿色化—系统化”五个维度展开优化改革，通过数字化设计有效缩短研发周期，从而为智能化应用打好基础；通过智能化赋能提升设备自主检测与优化能力，使模块化重构更加高效；通过绿色化改造可以保障企业可持续发展，通过系统化设计可以实现全局优化革新。展望未来，非标机械设备的技术演进将在技术维度向自主重构与自我优化发展，在产业维度将向“全生命周期服务”模式升级，在生态维度将加强产业链各方协同发展，共同推动行业技术标准的建立与完善。总之，只有超越“单机设备”的局限，以系统视角和生态思维审视非标机械的技术改造，才能真正释放其在智能制造时代的核心价值。

参考文献

[1] 罗云龙. 非标自动化机械设备的设计标准 [J]. 大众标准化, 2025, (14): 4-6.
[2] 柏云华, 彭磐. 非标机械设备设计中的标准化机构应用与创新 [J]. 大众标准化, 2025, (13): 7-9.
[3] 孙静. A 公司非标自动化设备制造项目进度管理研究 [D]. 长春工业大学, 2025.
[4] 容刚. 谈非标自动化机械设备的设计 [J]. 装备机械, 2023, (04): 60-62.
[5] 宋麒. 大数据驱动的非标自动化设备运维系统设计 [D]. 武汉纺织大学, 2023.
[6] 邱和龙. 基于半监督学习的非标机械生产过程异常检测方法研究 [D]. 西安电子科技大学, 2023.
[7] 黄选鑫. 机械加工非标自动化设备的设计及研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(01): 306-307.
[8] 吕旭东, 柳玉玲, 高铭. 非标自动化机械设备的创新设计探讨 [J]. 中国设备工程, 2021, (16): 177-178.
[9] 李宗旺. 非标机械设备技术改造与其创新路径分析 [J]. 内燃机与配件, 2021, (13): 206-207.
[10] 魏中信. 机械加工非标设备设计及加工研究 [J]. 黑龙江科学, 2021, 12(04): 136-137.

人工智能与物联网在智慧城市中的应用研究

李怀昱

苏州信息职业技术学院, 江苏 苏州 215200

DOI: 10.61369/TACS.2026050031

摘 要 : 数字中国建设不断深入、城市全域数字化转型同时发生的时候, 人工智能和物联网技术深度融合给智慧城市建设提供主要动力。智慧城市是城市发展的一种高级形态, 依靠先进的技术手段可以达到城市资源的合理配置、城市治理效率的提高、市民生活质量的改善等目的。因此, 本文就人工智能和物联网在智慧城市中应用展开研究, 目的在于给改善城市管理效果和市民生活质量、推进智慧城市建设给予参照和借鉴。

关 键 词 : 人工智能; 物联网; 智慧城市

Research on the Application of Artificial Intelligence and Internet of Things in Smart Cities

Li Huaiyu

Suzhou College of Information Technology, Suzhou, Jiangsu 215200

Abstract : As the construction of Digital China continues to deepen and the digital transformation of cities progresses simultaneously, the deep integration of artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies provides a primary driving force for the development of smart cities. Smart cities represent an advanced form of urban development, relying on advanced technological means to achieve rational allocation of urban resources, improve urban governance efficiency, and enhance citizens' quality of life. Therefore, this paper conducts research on the application of AI and IoT in smart cities, aiming to provide references and insights for improving urban management effectiveness, enhancing citizens' quality of life, and advancing the construction of smart cities.

Keywords : artificial intelligence (AI) ; internet of things (IoT) ; smart cities

引言

伴随着科学技术的迅猛发展和城市化的快速发展, 智慧城市成了现代城市发展的一种潮流。人工智能技术具有自主学习、推理、智能决策等能力, 物联网技术可以利用各种传感器和网络设施, 使物与物、物与人之间可以互相连接^[1]。两种技术的融合可以给智慧城市创建注入强大的动力。目前世界各国都在探索人工智能和物联网在智慧城市中的应用, 从而提高城市的管理水平, 提高市民的生活质量。但是我国智慧城市建设中存在技术融合不够、应用场景落地难、产业链条不健全等问题, 严重影响智慧城市的建设。本文从应用意义、现实困境、优化策略三个方面展开论述, 以期给我国智慧城市创建赋予理论支撑和操作参照。

一、人工智能与物联网在智慧城市中的应用意义

人工智能、物联网在智慧城市中应用有重大的现实意义。本文就以下几个方面展开论述。

(一) 提升城市治理水平, 推动治理模式转型

以往, 城市治理以人工管理为主, 对人员的素养和能力有着较高的要求。然而, 这种城市治理往往存在效率低下、盲区较多、响应滞后等问题, 导致城市治理水平难以得到有效提升。而人工智能与物联网的融入应用, 能够构建智能化、自动化、高效化的治理体系, 实现精准化、协同化、快速化的城市治理, 显著

提升城市治理水平^[2]。例如, 扬州市经开区依托人工智能和物联网技术, 打造“智慧水环境全链条智能监管平台”, 能够对城市水质数据进行实时收集和智能分析, 可实现污染提前预警和源头追溯, 显著提升水环境的监管效果。

(二) 优化民生服务供给, 提升居民幸福指数

智慧城市强调“以人为本”, 要求精准满足市民的个性化需求^[3]。而人工智能与物联网技术的应用, 能够准确把握市民的实际需求, 并为其提供针对性的服务, 进而有效提升城市居民幸福指数。例如, 在智慧环卫领域, 扬州市首先采用“无人机巡检+AI识别”模式, 借助高清摄像头和红外技术, 能够精准捕捉公共场

所中隐藏的垃圾，同时还能及时发现建筑工地偷倒垃圾现象，显著缓解人力资源分配不均问题，有效改善城市环境。除此之外，在交通、医疗等领域，人工智能与物联网的应用能够优化资源配置，解决城市交通堵塞问题，提升医疗服务水平，切实增进城市居民幸福感。

（三）推动产业转型升级，培育城市新质生产力

人工智能与物联网在智慧城市中应用，还能够推动城市数字产业发展，推动产业数字化转型和技术升级，为城市经济发展注入强大驱动力^[4]。一方面，智慧城市建设能够催生出一批新兴产业，如智能感知、数据服务、算法研发等，可吸引上下游大量企业聚集，形成完整的数字产业链，推动城市数字经济发展。另一方面，人工智能与物联网的深度融合，倒逼传统产业数字化转型，实现生产效率和产品质量的提升，进而为城市经济发展注入新的活力。

二、人工智能与物联网在智慧城市中的应用困境

尽管人工智能与物联网在智慧城市中的应用取得一定成效，但也面临诸多困难。具体来讲：

（一）技术层面：融合深度不足，核心技术存在短板

人工智能与物联网技术的深度融合是智慧城市建设的关键^[5]。然而，当前，两种技术融合深度不足，并未实现技术、数据、应用等多领域的深度协同，严重影响智慧城市建设进程。除此之外，核心技术存在一定不足。在高端芯片、核心算法、先进感知设备等领域，我国严重依赖进口，自主创新能力匮乏，不仅增加智慧城市建设成本，而且还存在一定的安全隐患。

（二）应用层面：场景落地不足，区域发展不均衡

当前，人工智能与物联网在智慧城市中的应用存在场景落地不足、区域发展不均衡问题^[6]。部分城市缺乏科学规划和顶层设计，盲目跟风建设智慧城市项目，导致项目建设与城市发展需求脱节，难以发挥其实际效能。同时，应用场景落地呈现“碎片化”，各个领域应用难以协同联动。除此之外，区域发展不均衡。我国东部地区在资金、人才、技术等方面具有显著优势，在人工智能与物联网应用方面起步较早，并且取得一定成果，而中西部经济欠发达地区，受多重因素影响，智慧城市建设进程缓慢。

（三）产业层面：产业链不完善，人才供给短缺

从产业层面来看，产业链上游的核心零部件、中游的系统集成、下游的应用服务存在协同性不足问题^[7]。部分环节产能过剩、供给短缺问题并存，产业聚集效应不明显，难以形成完整的产业生态。从人才供给层面来讲，智慧城市建设需要大量复合型人才。然而，我国此类人才培养存在一定不足，人才资源匮乏已经逐渐成为限制技术应用与产业发展的重要因素。此外，大部分智慧城市项目主要由政府负责建设，市场主体参与度不高，长效运营机制不健全，导致部分项目建成后难以充分发挥其效能。

（四）政策与安全层面：标准体系缺失，数据安全隐患突出

完善的政策体系是智慧城市建设的重要保障^[8]。然而，当前，相关政策与标准存在一定不足，导致智慧城市建设面临重重阻

碍。除此之外，数据安全与隐私保护问题日益凸显。物联网设备会收集大量城市运行和城市居民的相关数据，然而，部分设备安全防护能力薄弱，存在较高的数据泄露、滥用风险；人工智能算法的黑箱问题也可能导致决策偏差，进而引发安全隐患，影响城市和居民的安全。

三、人工智能与物联网在智慧城市中的应用策略

（一）深化技术融合，突破核心技术短板

技术融合是推动智慧城市建设的關鍵。对此，应：

首先建立规范统一的数据标准和接口规范，为物联网设备的标准化建设打下坚实的基础，保证各个厂家、各个领域设备之间可以互联互通、数据共享，从而给人工智能算法提供有效数据支持^[9]。其次要加大核心技术的科研投入。核心技术是智慧城市创建的主要组成。为了保证城市的稳定，防止被“卡脖子”，应该加大对企业、科研机构、高校等领域的技术研发投入力度，打破技术壁垒，提高自主研发和创新能力，保证核心技术自主可控。推动人工智能算法同城市应用场景深度融合发展，持续改良算法模型，加强模型的准确度与速度，达成“数据－算法－场景应用”闭环联动。最后就是加快数字基础设施建设。还要积极完善数字技术设施建设，创建高质量数据中心，改善算力统筹和智能调度水平，从而适应人工智能以及物联网技术发展的需要。

（二）聚焦场景落地，推动应用提质增效

应用场景可以很好地表现出现有技术的价值^[10]。因此要坚持“以需求为导向”，推动人工智能和物联网的应用场景落地生根，达到提质增效的目的。具体来讲：

根据各个城市实际需要来创建个性化的、高效的场景应用，防止出现同质化的情况。就工业城市而言，可以重点创建智慧工业场景，为工业城市推进工业数字化、智慧化转型提供基础；就旅游城市来说，可以重点创建智慧文旅、智慧民生等场景，充分挖掘城市旅游资源，促进城市经济的发展。其次就是推动应用场景的协同联动。在数字时代背景下，要冲破传统应用壁垒，对城市管理、民生服务、产业发展等诸多领域展开整合，促使多领域协同发展，塑造起“全域智能”的应用体系。智慧交通同城市智慧管理互相配合，从而达到改善交通状况的目的。最后要统筹区域发展。加大中西部城市资金、政策、技术等各方面的支持力度，保证智慧城市建设的均衡发展，使更多的城市享受到数字技术带来的发展红利，从而不断提高城市居民的生活质量。

（三）完善产业生态，强化人才支撑保障

完善的产业生态和充足的人才供给是智慧城市建设的重要基础。对此，首先，应构建完善的产业链体系。区域政府应充分发挥自身协调作用，积极打造“上游核心零部件—中游系统集成—下游应用服务”的完整产业链，全面提升产业聚集效应。同时，加大对中小企业的扶持力度，在税收、融资等方面给予帮扶，以此提升产业整体竞争力。其次，创新产业运营模式。传统政府单一主导的建设模式存在一定局限，有必要引导市场主体参与，构建“政府引导、市场主导、多元参与”的长效运营机制，以此为

项目的持续开展奠定基础。最后，强化人才培养与引进。最后，加强人才培养与引入。及时革新高校人才培养模式，调整人才培养方案，增设人工智能、物联网等相关专业，以此培养更多符合产业发展需要的复合型人才。同时，还应做好人才引入工作，出台专门的人才引入政策，吸引大量高端人才落户，以此缓解人才短缺问题。同时，对现有从业人员加强培训，提升其综合能力，以更好地满足智慧城市建设的需要。

（四）健全政策体系，强化数据安全保障

健全的政策体系和强大的数据安全保障是智慧城市建设的重点支撑。对此，应：

首先，完善政策支持体系。政府层面应结合实际情况，出台相应配套政策，明确智慧城市建设的重点目标、重点任务以及具体措施，加大资金支持。同时建立健全跨部门协同机制，明确各部门职责，推动资源共享和工作协同。其次，推动标准体系建设。应制定统一的智慧城市标准、物联网设备标准、数据标准，规范建设流程和技术应用，推动智慧城市规范化发展。最

后，加强数据安全和隐私保护。健全数据安全管理制度，提升物联网设备安全防护等级。同时还应对数据的采集、存储、传输等各个环节进行规范，减少数据泄露、滥用等情况的发生。除此之外，还应加强对人工智能算法的监管，确保算法决策公平、公正、透明。

四、结语

人工智能与物联网的深度融合，为智慧城市建设的注入了新的动力，是推动城市数字化、智慧化转型的关键支撑。在数字时代背景下，人工智能与物联网在智慧城市中的应用，不仅能够提升城市管理服务水平，优化民生服务供给，提升市民生活质量，而且还能推动产业数字化转型和技术升级，契合我国城市高质量发展的需求。对此，针对应用过程中存在的诸多问题，有必要通过多种方式和手段，持续优化人工智能与物联网在智慧城市中的应用路径，进而推动智慧城市建设，为我国城市高质量发展奠定坚实基础。

参考文献

[1] 崔雅哲. 人工智能与物联网在智慧城市中的应用研究 [J]. 互联网周刊, 2025, (22): 55-57.
[2] 蒲鉴. 人工智能与物联网在智慧城市中的应用 [J]. 电子技术, 2025, 54(07): 166-167.
[3] 樊戈. 信息化技术在智慧城市道路管理系统中的应用研究与实践分析 [J]. 人民公交, 2025, (11): 93-96.
[4] 林艺馨, 郭阳. 新型智慧城市数字底座构建与应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, 12: 214-216.D
[5] 徐立寅. 研究物联网技术在智慧城市公共交通中的应用 [J]. 人民公交, 2024, (14): 29-31.
[6] 吴蜜. 人工智能与物联网技术在智慧城市中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(02): 362-364.
[7] 万丽娟. 人工智能与物联网在智慧城市中的应用研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(15): 21-23.
[8] 周利敏, 罗运泽. 数智赋能: 智慧城市时代的应急管理 [J]. 理论探讨, 2023, (02): 69-78.
[9] 周国琼, 吴丹琴. 人工智能在智慧城市建设中的应用研究与展望 [J]. 广西城镇建设, 2023, (02): 61-65.
[10] 许晶晶. 人工智能与物联网在智慧城市中的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2023, (04): 42-44.

面向视频解析任务的异构 GPU 性能建模与中立评估框架研究

王俊¹, 刘本军²

1. 湖北集防科技有限公司, 湖北 宜昌 443000

2. 湖北三峡职业技术学院电子信息学院, 湖北 宜昌 443000

DOI: 10.61369/TACS.2026050045

摘要 : 视频结构化解析是智能安防系统的核心技术, 但面临多源异构硬件选型难题。针对当前评估中“硬件参数导向”的局限性, 本文提出一种面向视频解析任务的异构 GPU 中立评估框架。通过分析 GDDR 与 HBM 显存架构的技术差异, 构建包含有效解码并发度、推理吞吐量、带宽-计算平衡性、跨框架适配成本、能耗效率的五维评估模型。基于该框架对 NVIDIA Ampere、AMD CDNA2、华为昇腾等架构进行建模与验证, 发现传统显存位宽指标存在架构依赖性偏差。提出的任务-架构匹配度指标 (TAM) 为多品牌 GPU 选型提供了方法论参考。

关键词 : 异构计算; 视频结构化解析; GPU 性能建模; 中立评估框架

Research on Heterogeneous GPU Performance Modeling and Neutral Evaluation Framework for Video Parsing Tasks

Wang Jun¹, Liu Benjun²

1. Hubei Jifang Technology Co., Ltd., Yichang, Hubei 443000

2. School of Electronic Information, Hubei Three Gorges Polytechnic, Yichang, Hubei 443000

Abstract : Video structured parsing is a core technology of intelligent security systems, yet it faces the difficulty of selecting multi-source heterogeneous hardware. Aiming at the limitations of "hardware parameter-oriented" evaluation in current research, this paper proposes a heterogeneous GPU neutral evaluation framework for video parsing tasks. By analyzing the technical differences between GDDR and HBM memory architectures, a five-dimensional evaluation model is constructed, covering effective decoding concurrency, inference throughput, bandwidth-computation balance, cross-framework adaptation cost, and energy efficiency. Based on this framework, modeling and verification are carried out on architectures such as NVIDIA Ampere, AMD CDNA2, and Huawei Ascend. It is found that the traditional video memory bitwidth index suffers from architecture-dependent bias. The proposed task-architecture matching (TAM) metric provides methodological support for multi-brand GPU selection.

Keywords : heterogeneous computing; video structured parsing; GPU performance modeling; neutral evaluation framework

引言

随着智慧城市建设推进, 城市级视频监控系统数据量呈指数级增长。以“雪亮工程”为例, 单节点需处理数千路高清视频流的实时结构化解析, 涉及目标检测、行为分析等多模态 AI 任务^[1]。GPU 因其强大的 SIMT 计算能力成为主流加速方案。

然而, 视频解析场景下的 GPU 选型面临异构架构评估困境。当前市场存在多种技术路线: NVIDIA Ampere 架构中, A100 采用 HBM2e 显存, A40 采用 GDDR6 显存; AMD CDNA2 (MI210) 基于 HBM2e; 华为昇腾系列采用自研达芬奇架构与 HBM2e^[2-5]。这些架构在显存类型、计算单元设计等方面存在本质差异, 传统“显存带宽”“核心频率”等参数难以客观反映实际性能^[6]。

现有研究存在三方面局限: 一是侧重单一品牌 GPU 的算法优化, 缺乏跨平台对比; 二是评估指标过于依赖峰值算力 (TFLOPS), 忽视视频解析任务的 I/O 密集特性与内存墙 (Memory Wall) 约束^[6]; 三是现有基准测试 (如 MLPerf Inference^[7]) 侧重通用 AI 模型, 缺乏针对视频解析全链路 (解码-预处理-推理-后处理) 的专项评估。本文提出一种去架构依赖的中立评估框架, 核心贡献包括: (1) 解构 GDDR 与 HBM 显存体系在视频编解码、模型推理环节的技术差异; (2) 建立视频解析任务的计算-访存模式模型, 识别性能瓶颈; (3) 提出 TAM 指标及 AHP-熵权组合赋权法; (4) 基于公开技术文档验证 HBM 与 GDDR 架构在视频解析场景下的性能差异。

作者简介:

王俊 (1974—), 男, 湖北集防科技有限公司, 研究方向为视频监控、视频大数据分析。

刘本军 (1976—), 男, 湖北三峡职业技术学院, 研究方向为计算机网络、视频监控。

一、异构 GPU 架构技术差异分析

（一）显存子系统架构对比：GDDR vs HBM

显存带宽是视频解析任务的性能瓶颈之一，当前主流 GPU 采用两种显存架构：（1）GDDR 体系：以 NVIDIA A40 为代表，采用 384bit 位宽，通过高频（16 Gbps）提升带宽，总带宽达 696 GB/s，优势在于成本可控、容量扩展灵活（48 GB GDDR6），但高负载下易遭遇热节流^[2]。（2）HBM 体系：以 NVIDIA A100、AMD MI210、华为昇腾 910B 为代表，采用 3D 堆叠技术实现 4 096 bit 位宽，频率相对较低（1.6~2.0 Gbps），但总带宽可达 1.6~3.2 TB/s，通过硅中介层缩短传输距离，显著降低访存延迟与功耗^[3-5]。

关键差异在于：视频解析任务涉及大规模特征图的频繁读写。在低算术强度（AI<10）的预处理阶段，HBM 架构的高并行通道数具有优势；而在高算术强度（AI>100）的推理阶段，GDDR 架构通过高频率可维持竞争力^[6]。

（二）计算单元与视频解码能力差异

不同厂商针对 AI 推理与视频解码采用不同硬件策略，关键差异如表 1 所示。

表 1 异构 GPU 架构视频解析能力对比				
对比维度	NVIDIA A100 80GB	NVIDIA A40 48GB	AMD MI210 64GB	华为昇腾 910B 64GB
架构	Ampere (GA100)	Ampere (GA102)	CDNA2 (gfx90a)	达芬奇
显存配置	HBM2e 80 GB 2.0 TB/s	GDDR6 48 GB 696 GB/s	HBM2e 64 GB 1.6 TB/s	HBM2e 64 GB 3.2 TB/s
峰值算力 (INT8)	624 TOPS	~150 TOPS	181 TOPS	640 TOPS
视频解码单元	5×NVDEC (第5代)[9]	2×NVDEC	2×VCN 2.6.0	32×DVPP
官方解码能力	157 路并发 [9]	未直接标称	未直接标称	未直接标称
数据来源	^{[3][9]} 官方白皮书	^[4] 官方数据表	^[5] 官方规格页	^[7] 华为白皮书

视频解析任务呈现阶段性特征：前端解码（高 I/O）、中段推理（高计算）、后处理 NMS（高分支）。由表 1 可见：（1）A100 与 A40 采用同代 Ampere 架构，但显存类型截然不同（HBM2e vs GDDR6），可隔离显存体系差异；（2）A100 配备 5×NVDEC，1080p30 HEVC 并发解码能力达 157 路^[9]，A40 配备 2×NVDEC，各厂商在视频处理单元数量上差异显著；（3）NVIDIA Tensor Core、AMD Matrix Core、华为 Cube Core 的异构设计使单一峰值算力指标无法反映实际计算需求。因此，需建立面向视频解析任务特征的分阶段评估模型。

二、视频解析任务特征与性能瓶颈建模

（一）视频结构化解析流水线分析

典型视频解析任务可分解为五个阶段，各阶段对硬件资源需求差异显著，如表 2 所示。

表 2 视频结构化解析流水线五阶段分析				
阶段	计算特征	主要瓶颈	关键资源需求	算术强度 (AI)
视频解码	硬解码单元负载，GPU Shader 利用率低	解码器并发路数限制，显存带宽	单路 1080p@30 fps 约 1.5 GB/s 原始数据	低 (AI<1)
图像预处理	像素级操作 (Resize/Normalize)	显存带宽（读写双通）	低算术强度任务，HBM 带宽利用率比 GDDR 高 15%~20%	极低 (AI ≈ 2~5)
深度学习推理	卷积层 (GEMM)，全连接层混合	计算单元利用率，权重加载带宽	ResNet-50 推理，INT8 精度优先	中等 (AI ≈ 50)
后处理	NMS/ 坐标映射，时序滤波	分支预测效率，原子操作延迟	CPU-GPU 协同，内存随机访问	低 (AI<10)
结构化输出	JSON/XML 编码，网络 I/O	PCIe 带宽，CPU-GPU 协同效率	网络吞吐，序列化开销	极低 (AI<1)

（二）内存墙约束下的有效算力模型

视频解析任务的实际性能受“内存墙”效应制约。依据 Roofline 性能模型^[6]，有效算力利用率 η 定义为：

$$\eta = 1 / (1 + (Brequired / Bactual) \cdot (1/AI))$$

其中，Brequired 为算法所需带宽，Bactual 为硬件提供带宽，AI 为算术强度（每字节访存对应的浮点运算数）。

对于 ResNet-50 前向推理，AI ≈ 50 FLOPs/Byte。若 GPU 提供 1 TB/s 带宽、峰值算力 10 TFLOPs，则 $\eta = 83.3\%$ 。但对于预处理阶段（AI ≈ 2）， η 降至 16.7%，此时性能完全由显存带宽决定。关键洞察：HBM 架构的高带宽在 AI < 10 的低算术强度任务（解码、预处理）中具有决定性优势，而 GDDR 架构仅在 AI > 100 的高计算密度任务中才能发挥峰值性能。

三、异构 GPU 中立评估框架构建

（一）传统硬件参数的架构依赖性缺陷

现行选型常依赖以下参数，但存在架构偏向性：（1）显存位宽：HBM 天然具有高得多位宽（4 096 bit vs 384 bit），但技术原理不同，直接对比无意义；（2）基础频率：GDDR6 可达 16~21 Gbps，HBM2e 仅 1.6~2.0 Gbps，但后者通过位宽补偿实现更高总带宽；（3）峰值算力（TFLOPs）：仅反映理论能力，忽视 I/O 瓶颈；（4）显存类型：限定特定类型即排除其他架构。这些参数未考虑视频解析任务的阶段性特征，也未考虑不同架构在内存墙

约束下的实际效率差异^[6]。

（二）五维中立评估指标体系

本文提出基于任务实际负载的五维指标，消除架构差异带来的评估偏差：

指标1：有效解码并发度（EDC） $EDC = \min(Ndecoder, Vmemory / (Fframe \times Tbuffer))$

其中 Ndecoder 为总解码并发能力，Vmemory 为可用显存，Fframe 为单帧数据量，Tbuffer 为时序缓冲帧数。

指标2：推理吞吐量标准化值（NIT）。采用 ResNet-50 为基准，测量 INT8 精度下实际 FPS 并归一化：

$NIT = Throughputactual / Throughputpeak \times 100\%$

指标3：带宽 - 计算平衡系数（BCB）。评估架构设计是否匹配视频解析任务的访存 - 计算比：

$BCB = (Bactual \times Altask) / Fpeak$

理想值接近 1，过高表示计算单元闲置（带宽瓶颈），过低表示带宽过剩（计算瓶颈）。

指标4：跨框架适配成本（AC）。量化从 PyTorch/ TensorFlow 迁移至目标平台的工程复杂度，包括算子支持率、模型转换成功率等。

指标5：能耗效率（EE）。定义为单位功耗下的有效解析路数：

$EE = EDC / Pcard \text{ (路 / 瓦)}$

（三）任务 - 架构匹配度（TAM）模型

采用 AHP- 熵权组合赋权法确定权重。步骤1：AHP 确定主观权重，构建判断矩阵（表3），得 WAHP = [0.263, 0.263, 0.158, 0.105, 0.105]T。一致性检验：λ max=5.02，CR=0.004<0.1，通过检验。

表3 指标重要性判断矩阵					
指标	EDC	NIT	BCB	AC	EE
EDC	1	1	2	3	3
NIT	1	1	2	3	3
BCB	1/2	1/2	1	2	2
AC	1/3	1/3	1/2	1	1
EE	1/3	1/3	1/2	1	1

步骤2：熵权法确定客观权重，得 Wentropy = [0.238, 0.241, 0.185, 0.172, 0.164]T。步骤3：采用乘法合成法（α=0.5），得最终权重 W = [0.250, 0.252, 0.171, 0.134, 0.133]T。

TAM 计算公式：

$TAM = \sum i=15 wi \times (Mi - Mmin) / (Mmax - Mmin)$

四、异构 GPU 性能评估验证分析

（一）评估对象与数据来源

选取四款代表性 GPU 进行对比，涵盖 HBM 与 GDDR 两大显存体系。硬件规格均来自厂商官方技术白皮书^{[3-5][7][9]}。

表4 评估对象硬件规格

参数	NVIDIA	NVIDIA A40	AMD	华为昇腾
	A100 80GB (HBM)	48GB (GDDR)	MI210 64GB (HBM)	910B 64GB (HBM)
架构	Ampere (GA100)	Ampere (GA102)	CDNA2 (gfx90a)	达芬奇
显存类型 / 容量	HBM2e / 80 GB	GDDR6 / 48 GB	HBM2e / 64 GB	HBM2e / 64 GB
显存带宽	2.0 TB/s	696 GB/s	1.6 TB/s	3.2 TB/s
峰值算力 (INT8)	624 TOPS	~150 TOPS	181 TOPS	640 TOPS
视频解码单元	5 × NVDEC (第5代)[9]	2 × NVDEC[4]	2 × VCN 2.6.0[5]	32 × DVPP[7]
TDP	300 W	300 W	300 W	310 W

注：A40 与 A100 形成同架构下的显存类型对照。A100 解码能力 157 路为官方实测数据^[9]。

（二）单指标性能对比分析

基于 MLPerf Inference v2.1 公开结果^{[6][8]} 进行二次换算，各 GPU 在 ResNet-50 模型上的端到端性能如表5所示。在低算术强度（AI<5）的预处理阶段，HBM 架构带宽利用率显著高于 GDDR 架构，差距达 15%~20%；随着算术强度增加，GDDR 架构通过高频率补偿，差距逐渐缩小。

表5 显存带宽利用率对比（%）

算子类型	算术强度 (AI)	A100 (HBM)	A40 (GDDR)	MI210 (HBM)	昇腾910B (HBM)
图像缩放	2.1	45%	32%	62%	58%
归一化	3.5	58%	41%	71%	68%
卷积层1	25.6	82%	78%	85%	88%
卷积层5	78.3	91%	89%	89%	92%

基于硬件规格与公式推导的解码并发度估算如表6所示。A100 的 EDC 受显存容量限制（142 路），A40 受解码单元数限制（72 路）。

表6 视频解码并发性能估算

GPU 型号	总解码并发能力	显存瓶颈路数	实际限制因素	计算依据
A100 (HBM)	157 路 ^[9]	142 路	显存容量	Cdecoder=157(官方数据)Vmemory/(Fframe × Tbuffer)=142
A40 (GDDR)	72 路	85 路	解码单元数	Cdecoder=72 显存未成为瓶颈
MI210 (HBM)	120 路	98 路	解码单元数	Cdecoder=120
昇腾910B (HBM)	128 路	64 路	显存容量	Cdecoder=128 Vmemory/(Fframe × Tbuffer)=64

（三）TAM 综合评估结果

基于各指标归一化值与组合权重，计算 TAM 得分（满分 1.0）：

表7 异构 GPU TAM 综合评估结果

评估维度	权重	A100 (HBM)	A40 (GDDR)	MI210 (HBM)	昇腾 910B (HBM)
EDC	0.25	0.85	0.42	0.72	0.68
NIT	0.25	0.92	0.74	0.78	0.81
BCB	0.17	0.88	0.65	0.95	0.93
AC	0.13	0.95	0.95	0.65	0.60
EE	0.13	0.75	0.68	0.82	0.88
TAM 综合得分		0.86	0.69	0.78	0.77

发现与讨论：（1）HBM 架构（A100、MI210、昇腾910B）的 TAM 得分显著高于 GDDR 架构（A40），差距达 17%~25%，主要源于低算术强度任务中 HBM 的高带宽利用率优势及 GDDR 的显存带宽瓶颈（696 GB/s vs 2.0 TB/s）。（2）架构互补性：A100在解码并发与软件生态占优；MI210在带宽-计算平衡性上表现最佳（BCB=0.95）；昇腾910B能效比突出（EE=0.88）但适配成本较高；A40虽在视频解析场景落后，但成本优势明显，适合轻量级推理任务。（3）若仅比较峰值算力，A100（624

TOPS）约为 A40（150 TOPS）的 4.2 倍，但 TAM 得分仅高出 25%，说明 GDDR 架构在特定场景仍具性价比。（4）本评估基于公开技术文档与理论建模，实际部署性能可能受驱动版本、散热条件等因素影响，建议作为选型初筛工具，最终决策需结合实测验证。

五、结论

本文针对大规模视频解析场景下的异构 GPU 选型难题，构建了面向任务特征的中立评估框架。主要结论如下：

（1）传统基于显存位宽、基础频率的评估指标存在架构依赖性，无法客观比较 GDDR 与 HBM 差异。提出的 EDC、NIT、BCB、AC、EE 五维任务导向指标消除了这种偏差，在低算术强度的解码与预处理阶段，HBM 架构带宽利用率显著优于 GDDR 架构（差距 15%~20%）。

（2）采用 AHP-熵权组合赋权法确定 TAM 指标权重，CR=0.004<0.1 通过一致性检验。通过 GDDR 代表（A40）与 HBM 代表（A100、MI210、昇腾910B）的对比验证，证明了框架在区分显存体系差异方面的有效性。

（3）TAM 评估揭示了不同架构在视频解析场景下的真实性价比。HBM 架构综合得分显著高于 GDDR 架构，但 GDDR 架构在成本敏感型轻量级任务中仍具应用价值。

参考文献

[1] 王坤峰, 荀超, 王飞跃. 平行视觉: 基于 ACP 的智能视觉计算方法 [J]. 自动化学报, 2016, 42(10): 1490-1500.
[2] Abdelkhalik H, Arafa Y, Santhi N, et al. Demystifying the Nvidia Ampere Architecture through Microbenchmarking and Instruction-level Analysis[C]. IEEE HPEC, 2022. arXiv:2208.11174.
[3] NVIDIA Corporation. NVIDIA A100 Tensor Core GPU Datasheet[EB/OL]. 2021.
[4] NVIDIA Corporation. NVIDIA A40 GPU Datasheet[EB/OL]. 2021.
[5] AMD Corporation. AMD Instinct MI210 Accelerator Specifications[EB/OL]. 2021.
[6] Williams S, Waterman A, Patterson D. Roofline: An insightful visual performance model for multicore architectures[J]. Communications of the ACM, 2009, 52(4): 65-76.
[7] 华为技术有限公司. 昇腾910 AI 处理器技术白皮书 [R]. 2021.
[8] MLCommons. MLPerf Inference v2.1 Results[EB/OL]. <https://mlcommons.org/benchmarks/inference-datacenter/>, 2022.
[9] NVIDIA Corporation. NVIDIA A100 Tensor Core GPU Architecture[EB/OL]. 2020.

聚焦视觉－语言对齐：遥感多模态大模型技术综述 与前沿展望

王琼洁

中国电子信息产业发展研究院，北京 100036

DOI: 10.61369/TACS.2026050049

摘 要： 在视觉大模型快速演进的背景下，测绘遥感领域正由以分类、检测和分割为核心的单任务解译模式，逐步走向以视觉－语言对齐、指令跟随和自然语言交互为特征的多模态理解范式。相较于自然图像场景，遥感图像具有俯视视角、尺度跨度大、目标密集、跨传感器差异显著以及专业知识依赖强等特点，使通用视觉大模型难以直接迁移。围绕这一问题，本文从遥感视觉－文本对齐的基础与难点出发，系统梳理了遥感多模态大模型的数据构建、训练范式与核心架构演进。首先，概述了以 CLIP 类模型为基础的遥感视觉－语言表征学习及其在领域持续预训练中的发展。其次，重点总结了遥感图文预训练数据、指令微调数据以及人机协同生成策略对模型能力形成的作用，并梳理了从全局图理解到空间基础关联、再到多传感器统一建模的主要技术路线。最后，结合测绘遥感业务对空间定位精度、时空一致性、可靠性与工程可部署性的要求，分析了当前方法在遥感领域幻觉、细粒度定位、动态推理、评测体系和边缘部署等方面面临的主要问题。

关 键 词： 遥感多模态大模型；视觉－语言对齐；指令微调；空间基础关联；视觉问答；测绘遥感

Focusing on Vision-Language Alignment: Review and Frontier Prospect of Remote Sensing Multimodal Large Model Technology

Wang Qiongjie

China Center for Information Industry Development, Beijing 100036

Abstract： With the rapid evolution of visual large models, the field of surveying and remote sensing is shifting from single-task interpretation centered on classification, detection and segmentation to a multimodal understanding paradigm characterized by vision-language alignment, instruction following and natural language interaction. Different from natural images, remote sensing images feature top-down perspective, large scale span, dense targets, prominent cross-sensor differences and high reliance on professional knowledge, making general visual large models difficult to be directly transferred. Focusing on this issue, this paper systematically reviews the data construction, training paradigms and core architecture evolution of remote sensing multimodal large models based on the fundamentals and difficulties of remote sensing vision-language alignment. Firstly, it summarizes remote sensing vision-language representation learning based on CLIP and its development in domain continual pre-training. Secondly, it highlights the roles of remote sensing image-text pre-training data, instruction tuning data and human-machine collaborative generation strategies in model capability building, and sorts out the major technical routes from global image-text understanding to spatial correlation and multi-sensor unified modeling. Finally, in combination with the requirements of surveying and remote sensing services for spatial positioning accuracy, spatiotemporal consistency, reliability and engineering deployability, it analyzes the main challenges existing in current methods, including model hallucination, fine-grained localization, dynamic reasoning, evaluation system and edge deployment in the remote sensing field.

Keywords： remote sensing multimodal large model; vision-language alignment; instruction tuning; spatial correlation; visual question answering; surveying and remote sensing

引言

过去十余年，卷积神经网络和视觉 Transformer 在遥感场景分类、目标检测、变化检测与语义分割等任务中取得了显著进展，但这类方法大多遵循“特定任务－特定模型－特定数据集”的封闭式范式。模型通常只能输出固定类别标签、边界框或分割结果，难以支持

复杂语义查询、跨任务迁移以及与人类专家的自然语言交互^{[1][2][3]}。随着通用多模态大模型的发展，遥感智能解译正在从“视觉识别”走向“视觉—语言联合理解”，这为地球观测信息服务方式的重构提供了新的技术契机^{[4][5]}。然而，通用视觉大模型并不能直接等同于遥感解决方案。遥感图像多为俯视视角，目标尺度跨度大、密集度高，且不同传感器在成像机理、噪声形式和空间分辨率上差异显著。与此同时，遥感业务解译还高度依赖地理知识、场景上下文和时空关系，这使得通用模型在迁移到遥感领域时容易出现语义漂移、细粒度定位不稳以及专业知识幻觉等问题。因此，围绕视觉—语言对齐机制重构遥感大模型，已成为当前研究的核心议题。

本文围绕遥感多模态大模型的关键研究链路展开综述，重点关注视觉—语言表征基础、数据与训练范式、核心架构演进以及应用中的现实挑战。本文聚焦遥感多模态大模型的关键链路，梳理其对齐基础、数据训练范式、核心架构演进，并剖析现实挑战与未来方向。

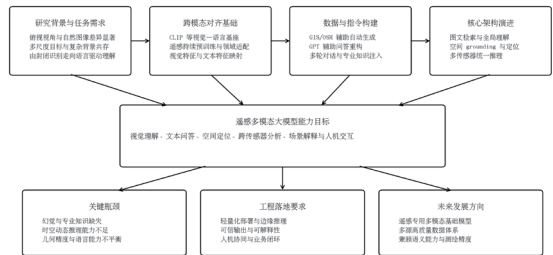


图1 遥感视觉大模型研究的技术框架与演进逻辑

一、遥感视觉—语言对齐的基础与难点

为了更清晰地展示遥感视觉大模型研究从跨模态对齐基础、数据与指令构建到架构演进、关键挑战及未来方向的整体逻辑，本文对相关技术脉络进行了归纳，如图1所示。视觉—语言对齐的目标，是将图像与文本映射到共享语义空间，使模型既能理解视觉内容，又能根据语言指令完成检索、问答、定位与推理。CLIP 等模型通过大规模图文对的对比学习，为多模态理解提供了稳健基座，也成为遥感视觉大模型的重要起点^{[6][7]}。在此基础上，RemoteCLIP^[8] 和 GeoRSCLIP^[9] 等工作通过持续预训练或领域化扩展，将遥感图像、航拍影像与配套文本纳入统一训练框架，提升了模型对遥感语义的敏感性和零样本迁移能力。这说明，视觉—语言对齐不仅是模型结构问题，更依赖于领域数据和领域语义空间的再塑造。

与自然图像相比，遥感视觉—语言对齐至少存在四方面特殊难点。一是俯视视角缺乏明显轮廓；二是高分图像内全局场景与微小目标并存；三是多传感器机理各异；四是场景解释高度依赖专业先验。正因为这些因素叠加，遥感视觉大模型的研究重点，不应只是“把通用模型搬过来”，而应是构建面向遥感场景的专门对齐机制。进一步看，遥感视觉—语言对齐所面对的并非单一语义映射问题，而是“视觉表征、空间关系与专业知识”三者之间的联合耦合。自然图像中的文本描述往往围绕物体外观、动作和场景氛围展开，而遥感语义表达更强调对象的地理功能、空间组合和上下位层级关系。例如，同样是一片建筑群，自然图像中的描述可能关注“住宅区”或“工厂”，而遥感判读中还需要进一步区分其是否临近交通干线、是否呈现规则化布局、是否具备特定的用地组织特征。这意味着，遥感视觉大模型不仅要学会把图像片段与词汇对应起来，还需要建立对象之间、对象与区域之间以及对象与业务知识之间的关系化表达能力。也正因如此，后续研究逐渐从单纯提升图文相似度，转向关注多尺度区域建模、空间基础关联和知识约束下的多模态推理。

二、数据基础与训练范式

（一）遥感图文预训练数据的构建

相较于自然图像领域可以直接从互联网获取大规模图文对，遥感多模态模型长期受制于高质量图文数据稀缺。为缓解这一问题，研究者开始借助理工坐标、GIS 矢量数据和开放地图语义信息构建遥感图文预训练语料。SkyScript^[10] 通过地理坐标关联开放遥感图像与 OpenStreetMap 标签，形成大规模、语义多样的图文数据集，为遥感视觉—语言预训练提供了重要数据基础。^[10] 这一策略的价值在于，它不再仅依赖人工撰写描述，而是利用地理信息系统中已有的对象类别、道路结构和地物属性，自动扩展视觉—文本对应关系。

不过，自动化构建的数据并不意味着可以直接满足高质量对齐需求。GIS 标签通常更偏向对象名称与属性记录，而缺乏自然语言中的关系表达、语义层次和任务导向。遥感大模型如果仅依赖此类弱监督语料，往往能够学习到图文相关性，却难以支撑复杂问答和细粒度推理。因此，预训练数据的关键不只是规模，更在于其是否覆盖多尺度场景、专业术语、对象关系以及不同传感器下的语义稳定性。

（二）指令微调与人机协同数据生成

在多模态大模型研究中，指令微调决定了模型能否将底层对齐能力转化为可交互、可问答、可推理的任务能力。遥感领域的难点在于，真实高质量的遥感对话数据非常有限。为此，研究者普遍采用“结构化标注+通用大模型重写”的方式，将目标框、分割掩码、类别标签和图像元信息组织为输入，再借助 GPT-4 类模型生成遥感问答、描述和推理指令。RSGPT^[11] 即是这一方向的早期代表，它构建了遥感图像描述与问答基准，推动了面向遥感场景的视觉语言交互研究。

从训练范式角度看，遥感多模态数据构建还呈现出两个值得关注的趋势。其一，是由“静态描述型数据”向“任务驱动型数据”扩展。前者主要回答图像内容是什么，后者则更强调模型能否根据指令完成检索、比较、定位、判断和解释等复合任务。其

二,是由“单模态图像问答”向“多源协同问答”扩展,即在训练样本中同时引入影像、元数据、时间信息和传感器类型,使模型逐步形成对遥感业务场景的上下文感知能力。对综述研究而言,这一变化说明数据已不再只是模型训练的支撑材料,而是在很大程度上决定了模型能力边界:数据组织方式不同,模型最终形成的交互能力和推理深度也会显著不同。

从方法论上看,遥感指令微调数据的构建正在从单轮问答走向多层次、多任务和多粒度组织。一类数据关注图像级理解,如场景描述、土地利用判断和区域功能识别;另一类数据强调区域级或对象级理解,如指代表达、目标定位和属性描述;还有一类数据尝试融入跨时相、跨传感器和业务知识,提升模型的时空推理与专业问答能力。人机协同机制在此过程中尤为重要:通用大模型可以提供流畅语言,而遥感专家或规则系统则负责约束专业正确性。二者结合,才能避免训练语料“语言好看但知识不稳”的问题。

三、核心架构与技术演进

(一) 从全局图文理解到空间基础关联

遥感视觉大模型的早期工作主要关注全局图文理解,即让模型回答“图像中有什么”“场景大致属于哪一类”这类问题。此时,视觉编码器负责提取整图特征,语言模型则在整体语义层面进行生成与推理。这一范式适合遥感图像描述、检索和粗粒度问答,但难以满足“目标在哪里”“某个设施位于何处”之类更接近业务需求的任务。GeoChat^[12]的代表性意义在于,它将高分辨率遥感图像、多任务对话和空间基础关联结合起来,使模型不仅能够回答图像内容,还能够根据文本指令输出对应区域或目标的位置,从而推动遥感多模态模型由“会描述”走向“会定位”。

空间基础关联之所以重要,是因为遥感应用普遍要求把语义结果落实到明确的地理位置上。无论是灾害应急中的受损设施定位,还是国土调查中的地物检索,都不能只停留在文本解释层面。与此同时,遥感图像中存在大量尺度差异显著、边界复杂甚至旋转分布明显的目标,这使空间基础关联比自然图像场景更具挑战。因此,这一阶段的方法设计重点,不仅包括视觉特征与文本特征的匹配,还包括多尺度区域建模、坐标离散化表达以及高分辨率输入下的局部推理机制。

值得注意的是,多传感器统一建模并不只是把多种影像简单拼接输入,而是要求模型能够理解不同传感器之间在信息表达上的互补性与差异性。光学数据更适合描述地物外观、纹理和颜色,SAR数据则在穿透云雾、反映结构与粗糙度方面具有独特优势,红外数据又能够补充热特征与异常状态信息。若模型无法显式处理这些差异,就容易在统一训练中出现表征混淆,反而削弱各模态的判别能力。因此,当前多传感器路线的关键问题,一方面在于如何通过模态适配器、路由机制或分层对齐策略保留不同传感器的独特性,另一方面在于如何在统一语义空间中实现跨模态信息融合,使模型既能开展联合推理,又不丢失对单一传感器物理属性的敏感性。

(二) 多传感器统一建模与任务协同

随着模型能力的提升,研究开始从单一光学图像理解扩展到多传感器统一建模。EarthGPT^[13]试图在统一框架下处理光学、SAR与红外等多种遥感数据,并通过多任务指令微调提升跨传感器理解能

力。^[13]这一趋势说明,遥感视觉大模型的发展不再局限于“把图像和文本对齐”,而是进一步迈向“把不同传感器、不同任务和不同表达粒度纳入同一语义空间”。对于真实遥感业务而言,这种统一建模具有明显优势:光学影像受云雾影响时,可借助 SAR 弥补感知盲区;图像级判断与区域级定位也可以在一个对话框中协同完成。

四、结论

总体来看,遥感视觉大模型的研究正在推动地球观测智能解译由单一视觉识别向视觉—语言联合理解转变。以 RemoteCLIP 为代表的领域视觉—语言基座、以 SkyScript 为代表的数据库构建策略、以 RSGPT 为代表的指令微调实践,以及以 GeoChat 和 EarthGPT 为代表的空间基础关联与多传感器统一建模方法,共同构成了当前遥感多模态大模型的主要发展脉络。从综述视角看,这一方向的关键不在于简单复制通用视觉大模型框架,而在于面向遥感场景重建数据、对齐、推理与评测体系。未来,随着高质量遥感多模态数据的持续积累、几何与物理约束下的对齐机制不断完善,以及更可靠的行业知识注入方式逐步成熟,遥感视觉大模型有望成为测绘遥感智能解译的重要基础设施。

参考文献

- [1] 龚健雅,季顺平. 摄影测量与深度学习 [J]. 测绘学报, 2018, 47(6): 693–704.
- [2] 李德仁,张良培,夏桂松. 遥感大数据自动分析与数据挖掘 [J]. 测绘学报, 2014(12): 1211–1216. DOI:10.13485/j.cnki.1-20892.0140.187.
- [3] 燕琴,顾海燕,杨懿,等. 智能遥感大模型研究进展与发展方向 [J]. 测绘学报, 2024, 53(10): 1967–1980. DOI:10.11947/j.agcs.2024.20240053.3..
- [4] 张良培,张乐飞,袁强强. 遥感大模型:进展与前瞻 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, 48(10): 1574–1581. DOI:10.13203/j.whugis.20230341.
- [5] 张永军,李彦胜,党博,等. 多模态遥感基础大模型:研究现状与未来展望 [J]. 测绘学报, 2024, 53(10): 1942–1954. DOI:10.11947/j.agcs.2024.20240019.
- [6] Radford A, Kim J W, Hallacy C, et al. Learning transferable visual models from natural language supervision[C]//International conference on machine learning. PmLR, 2021: 8748–8763.
- [7] Li J, Li D, Savarese S, et al. Blip-2: Bootstrapping language-image pre-training with frozen image encoders and large language models[C]//International conference on machine learning. PMLR, 2023: 19730–19742.
- [8] Liu F, Chen D, Guan Z, et al. Remoteclip: A vision language foundation model for remote sensing[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2024, 62: 1–16.
- [9] Zhang Z, Zhao T, Guo Y, et al. RS5M and GeoRSCLIP: A large-scale vision-language dataset and a large vision-language model for remote sensing[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2024, 62: 1–23.
- [10] Wang Z, Prabha R, Huang T, et al. SkyScript: A large and semantically diverse vision-language dataset for remote sensing[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2024, 38(6): 5805–5813.
- [11] Hu Y, Yuan J, Wen C, et al. Rsgpt: A remote sensing vision language model and benchmark[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2025, 224: 272–286.
- [12] Kuckreja K, Danish M S, Naseer M, et al. Geochat: Grounded large vision-language model for remote sensing[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2024: 27831–27840.
- [13] Zhang W, Cai M, Zhang T, et al. EarthGPT: A universal multimodal large language model for multisensor image comprehension in remote sensing domain[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2024, 62: 1–20.
- [14] Li X, Wen C, Hu Y, et al. Vision-language models in remote sensing: Current progress and future trends[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 2024, 12(2): 32–66.
- [15] Cha K, Yu D, Seo J. Pushing the limits of vision-language models in remote sensing without human annotations[J]. arXiv preprint arXiv:2409.07048, 2024.

基于 SSA-RF 的客户流失预测模型研究

张三姐

南宁理工学院, 广西 南宁 530100

DOI: 10.61369/TACS.2026050052

摘 要： 在市场竞争日趋激烈的环境下，客户流失已成为制约企业持续经营的重要因素。精准识别具有流失倾向的客户，能够帮助企业合理分配营销资源、降低用户流失风险，具有重要的现实意义。随机森林模型因泛化能力强、运行稳定，被广泛应用于客户流失预测任务中，但该模型的预测效果高度依赖超参数选择，人工调参效率较低且难以达到全局最优。针对这一问题，本文引入麻雀优化算法（SSA）对随机森林（RF）模型进行超参数寻优，构建一种基于麻雀优化随机森林（SSA-RF）的客户流失预测模型。以客户流失公共数据集为实验对象，将麻雀优化算法用于寻找随机森林中决策树数量、树最大深度等关键参数的最优组合，并与逻辑回归、SVM、K 近邻、决策树、传统随机森林、AdaBoost 等多种机器学习模型进行对比实验。实验结果显示，麻雀优化随机森林模型在测试集上的表现稳定，AUC 达到 0.86，整体预测效果优于多数传统机器学习模型，具有良好的分类精度与泛化性能，可为企业客户流失预警与精准挽留提供技术支持。

关 键 词： 客户流失预测；麻雀优化算法；随机森林；超参数优化；机器学习；AUC

Research on Customer Churn Prediction Model Based on SSA-RF

Zhang Sanniu

Nanning College of Technology, Nanning, GuangXi 530100

Abstract： Against the backdrop of increasingly fierce market competition, customer churn has become a critical factor restricting the sustainable operation of enterprises. Accurately identifying customers with churn tendency can help enterprises rationally allocate marketing resources and reduce the risk of user loss, which is of important practical significance. The random forest (RF) model is widely applied in customer churn prediction due to its strong generalization ability and stable operation performance. However, its prediction performance is highly dependent on hyperparameter selection, and manual parameter tuning is inefficient and difficult to achieve global optimization. To address this problem, this paper introduces the Sparrow Search Algorithm (SSA) to optimize the hyperparameters of the random forest model and constructs a customer churn prediction model based on SSA-RF. Taking a public customer churn dataset as the experimental subject, the Sparrow Search Algorithm is adopted to search for the optimal combination of key hyperparameters of random forest, including the number of decision trees and the maximum tree depth. Comparative experiments are conducted with multiple machine learning models such as logistic regression, SVM, K-nearest neighbor, decision tree, traditional random forest and AdaBoost. The experimental results show that the SSA-RF model maintains stable performance on the test set with an AUC value of 0.86. It delivers better overall prediction performance than most traditional machine learning models and possesses satisfactory classification accuracy and generalization capability. This model can provide technical support for enterprise customer churn early warning and precise customer retention.

Keywords： customer churn prediction; sparrow search algorithm; random forest; hyperparameter optimization; machine learning; AUC

引言

随着数字经济不断深化，企业间的竞争逐渐从产品竞争转向用户资源竞争。获取新客户的营销与运营成本远高于维护老客户，因此，降低客户流失率、提升用户留存水平，成为企业提升营收与核心竞争力的关键手段。客户流失预测本质上是一项二分类任务，通过对用户历史行为、业务属性、消费记录等数据进行学习，构建分类模型以判断用户是否存在流失风险^[1]。随机森林作为一种集成学习模型，通过多棵决策树联合决策，具有抗噪能力强、对异常值不敏感、不易过拟合等优点，非常适合处理客户流失这类不平衡分类问题。

然而，随机森林的预测效果受超参数影响明显，依靠经验手动调节参数，不仅效率低下，还容易陷入局部最优，无法充分发挥模型性能^[4-5]。

麻雀优化算法是一种新型群体智能优化算法，该算法能够在复杂解空间中自动寻找最优参数组合，非常适合用于机器学习模型的超参数优化^[6]。基于此，本文将麻雀优化算法与随机森林相结合，利用麻雀算法自动优化随机森林的关键超参数，构建更高效的客户流失预测模型。通过多组对比实验验证模型性能，以期能为电信、金融、互联网等行业的客户流失管理提供实用的方法参考^[7]。

一、相关理论基础

（一）客户流失预测研究现状

客户流失是指客户离开服务提供商的比例，又因为获取新客户的成本既高又难，保持已有顾客的成本远远小于赢得新顾客的成本，因此对于给定的特定参数，顾客是否会流失变得尤为重要。随着机器学习技术的发展，决策树、神经网络等模型逐渐成为主流^[8]。

集成学习模型通过融合多个基学习器的结果，进一步提升了预测精度与稳定性。随机森林、XGBoost、LightGBM 等模型在客户流失预测中表现突出^[9]。但在实际应用中，这类模型的超参数数量较多，参数组合空间巨大，人工调参难以达到最优效果，因此借助智能优化算法进行自动参数寻优，成为近年来的研究热点^[10]。

（二）随机森林模型

随机森林是一种集成算法 (Ensemble Learning)，它隶属于 Bagging 类，随机森林能够获得如此了不起的成就，关键是因为“随机”和“森林”，一种使其拥有抗过拟合，一种则使其变得更为准确。随机森林算法中的森林是由数据结构上的树型结构所组成，这些树在计算机领域被称为决策树 (Decision Tree)，而构成随机森林的基本单位就是数据结构中树形结构的决策树。随机森林算法，就是将多颗决策树集成在一起的算法。因此随机森林中的森林含义就是由一棵棵决策树所组成的森林。

（三）麻雀优化算法

麻雀优化算法是一种模拟麻雀群体行为的智能优化方法，该算法模拟麻雀在觅食过程中的角色分工与信息交互机制，通过群体协作不断向更优位置移动，最终找到问题的最优解。

在算法运行过程中，麻雀被分为三种角色：发现者、加入者和警戒者。三类个体相互配合，使算法在全局搜索和局部开发之间保持良好平衡，能够高效、稳定地找到最优参数组合。

相比于传统网格搜索、随机搜索，麻雀优化算法具有迭代次数少、寻优效率高、不易陷入局部最优等优势，非常适合用于机器学习模型的超参数优化任务。

（四）模型评价指标

客户流失数据通常存在类别不平衡问题，仅使用准确率评价模型存在一定局限性。因此本文采用准确率与 AUC 作为综合评价指标^[11]。

准确率表示模型预测正确的样本占总样本的比例，直观反映模型整体分类效果。AUC 是衡量二分类模型优劣的重要指标，它

表示客户流失预测模型对流失样本的区分强弱，取值在 0 到 1 之间，数值越接近 1，说明模型对流失客户与非流失客户的识别能力越强，在不平衡数据集上更具参考价值^[12]。

二、实验设计

（一）数据集介绍

实验采用公共客户流失数据集，共 10349 条，数据包含用户个人属性、业务使用情况、消费特征以及用户流失标签。其中第一列为目标标签，1 代表该客户已流失，0 代表客户未流失，其余字段为模型输入特征。数据集涵盖了与用户流失高度相关的多维度信息，能够为模型提供充足的特征支撑。数据预处理包括：缺失值处理、分类特征编码、数据标准化，最后数据集划分，按照 8:2 的比例将数据集划分为训练集和测试集，并采用分层抽样方式，保证训练集与测试集中流失与非流失样本比例一致，使实验结果更加可靠。

（二）基于麻雀优化的随机森林模型构建

本文使用麻雀优化算法对随机森林的超参数进行自动寻优，重点优化决策树数量和最大树深度两个核心参数，以测试集 AUC 作为算法的优化目标，构建麻雀优化随机森林模型。

模型构建流程如下：

1. 初始化麻雀种群，设置种群规模、最大迭代次数等基本参数；
2. 将每只麻雀的位置对应为一组随机森林超参数组合；
3. 计算每只麻雀对应的适应度值，即当前参数组合下模型的预测效果；
4. 按照发现者、加入者、警戒者的行为规则，不断更新麻雀位置，逐步向更优的参数组合靠近；
5. 迭代完成后，输出最优超参数组合，使用该组合训练最终的随机森林预测模型。

通过麻雀优化算法替代人工调参，使模型能够自动找到更适合当前数据集的参数配置，提升预测精度与运行效率。

（三）对比实验设置

为全面验证麻雀优化随机森林模型的有效性，本文选取六种常用机器学习模型进行对比，包括逻辑回归、SVM、K 近邻、决策树、传统随机森林、AdaBoost 模型。所有模型均在相同数据集、相同预处理方式下运行，保证实验公平性。通过对比各模型的准确率与 AUC，综合判断模型性能优劣。

三、实验结果与分析

实验在 Python 环境下完成，基于 pandas、scikit-learn 等工
具库实现数据处理、模型构建与结果评估。各模型在测试集上的
表现如下表所示。

表 1 各模型预测结果对比

模型	准确率	AUC
逻辑回归	0.8215	0.8237
SVM	0.8192	0.8205
K 近邻	0.8053	0.8126
决策树	0.7987	0.8014
传统随机森林	0.8413	0.8409
AdaBoost	0.8341	0.8378
SSA-RF	0.8526	0.8601

从实验结果可以看出，SSA-RF 模型在本次数据集上表现最
优，AUC 达到 0.8601，主要原因是该模型本身对客户流失这类非
线性分类问题具有较强的适应性。本文构建的麻雀优化随机森林
模型 AUC 明显高于逻辑回归、SVM、K 近邻、决策树等模型，
与 AdaBoost 模型相比同样具有一定优势。

从模型稳定性角度分析，传统随机森林采用人工经验参数，
参数设置依赖调试经验，在不同数据集上的泛化能力不稳定。而
麻雀优化随机森林通过智能算法自动寻优，不依赖人工调试，具
有更强的通用性和稳定性，在实际工程应用中更具落地价值。

从整体趋势来看，集成学习模型的表现普遍优于单一模型，
说明多模型融合的方式能够有效提升客户流失预测效果。决策树
模型精度最低，主要原因是单一树模型结构简单，对复杂数据的
拟合能力不足，容易出现过拟合现象。逻辑回归与 SVM 作为经典
线性模型，在处理非线性特征时存在一定局限，因此预测效果略
逊于树模型与集成模型。

综合来看，麻雀优化随机森林模型在保证较高预测精度的同
时，实现了超参数的自动化优化，减少了人工调试成本，模型泛
化能力更强，能够满足企业客户流失预测的实际需求。

四、结论与展望

本文针对客户流失预测问题，提出一种基于麻雀优化算法的
随机森林预测模型，利用麻雀优化算法自动寻找随机森林的最优
超参数组合，优化了传统模型人工调参效率低、易陷入局部最优
的问题，与其它分类器进行对比，结果表明本文算法能提高客户
流失的分类准确率。

参考文献

[1] 薛俊杰, 沈波. 麻雀搜索算法: 一种新型群智能优化方法 [J]. 系统科学与控制工程, 2020, 8 (1): 22-34.
[2] 王健, 李刚, 张宇. 基于麻雀优化随机森林的电信客户流失预测 [J]. 计算机工程与应用, 2024, 60 (5): 189-196.
[3] 刘畅, 赵海, 孙媛媛. 改进麻雀算法优化随机森林的信用卡欺诈检测 [J]. 计算机应用研究, 2023, 40 (8): 2356-2360.
[4] 张磊, 陈静, 李明. 随机森林在客户流失预测中的应用综述 [J]. 数据分析与知识发现, 2022, 6 (3): 1-12.
[5] 夏国恩. 客户流失预测研究现状与发展趋势 [J]. 计算机应用研究, 2024, 41 (2): 321-325.
[6] 左恣. 基于鲸鱼优化 XGBoost 的电商用户流失预测 [J]. 电子商务评论, 2025, 7: 1892-1901.
[7] 刘飞. 通信企业客户流失预测方法研究综述 [J]. 企业科技与发展, 2023 (10): 273-275.
[8] 李阳, 刘胜辉, 赵洪松. 数据挖掘在电信客户流失管理中的应用 [J]. 电脑知识与技术, 2023, 19 (12): 518-521.
[9] 冀振明, 陶世群. 基于决策树的保险客户流失分析 [J]. 计算机工程与科学, 2022, 44 (7): 1289-1295.
[10] 薛思瑞, 张长胜, 丁鑫. 融合多策略改进麻雀搜索算法的性能研究 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2025, 47 (0): 1-13.
[11] Coussment K, Van Den Poel D. Churn prediction in subscription services using support vector machines [J]. Expert Systems with Applications, 2021, 185: 115678.
[12] Huang B Q, Kechadi M T. Customer churn prediction for internet services using machine learning [J]. Data Warehousing and Knowledge Discovery, 2022: 229-243.

基于教育数据分类分级的大模型框架研究

孙志磊¹, 张旗², 赵澄¹

1. 浙江工业大学 信息技术中心, 浙江 杭州 310023

2. 杭州安恒信息技术股份有限公司, 浙江 杭州 310051

DOI: 10.61369/TACS.2026050055

摘 要 : 随着教育数字化转型的深入推进, 智慧校园与教育大数据系统产生的海量多源异构数据, 对数据治理的安全性、合规性与智能化水平提出严峻挑战。传统人工规则或关键词匹配方法存在泛化能力弱、语义理解不足等局限, 难以适配教育场景的动态演化特征。为此, 本文提出面向教育领域的可解释智能数据分类分级框架 EDCF-LLM (Educational Data Classification and Grading Framework with LLM)。该框架将预定义分类体系建模为有向树结构, 引入智能体 (Agent) 作为流程控制器, 通过分层提示策略引导大语言模型 (LLM) 构建从粗粒度到细粒度的递归推理路径; 设计多轮决策校验机制抑制语义漂移, 并融合检索增强生成 (RAG) 机制缓解 LLM “幻觉” 风险。实验结果表明, 该方法在准确率、召回率与 F1 分数上显著优于传统基线模型, 实现高精度自动分类与推理路径可追溯, 为教育数据安全管控与可信共享奠定技术基础。

关 键 词 : 教育数据治理; 分类分级; 大语言模型; 递归推理; 检索增强生成

Research on Large Model Framework Based on Education Data Classification and Grading

Sun Zhilei¹, Zhang Qi², Zhao Cheng¹

1. Information Technology Center, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Zhejiang 310023

2. Hangzhou DBAPP Security Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310051

Abstract : With the in-depth advancement of educational digital transformation, the massive multi-source heterogeneous data generated by smart campuses and educational big data systems has posed severe challenges to the security, compliance, and intelligence level of data governance. Traditional manual rule-based or keyword matching methods have limitations such as weak generalization ability and insufficient semantic understanding, making it difficult to adapt to the dynamically evolving characteristics of educational scenarios. To address this, this paper proposes an interpretable intelligent data classification and grading framework for the educational field — EDCF-LLM (Educational Data Classification and Grading Framework with LLM). The framework models the predefined classification system as a directed tree structure, introduces an Agent as the process controller, and guides the Large Language Model (LLM) to construct a recursive reasoning path from coarse-grained to fine-grained through a hierarchical prompting strategy. A multi-round decision verification mechanism is designed to suppress semantic drift, and the Retrieval-Augmented Generation (RAG) mechanism is integrated to mitigate the "hallucination" risk of LLMs. Experimental results show that this method significantly outperforms traditional baseline models in precision, recall, and F1-score, achieving high-precision automatic classification and traceable reasoning paths. It lays a technical foundation for the security control and trusted sharing of educational data.

Keywords : educational data governance; classification and grading; Large Language Model (LLM); recursive reasoning; Retrieval-Augmented Generation (RAG)

引言

在教育信息化纵深发展背景下, 学生行为轨迹、学业表现、心理健康记录等多元数据快速积累, 成为精准教育决策的核心生产要素。此类数据蕴含敏感个人信息与机构核心资产, 泄露将引发隐私侵犯与社会风险, 亟需建立科学的数据治理体系。数据分类与分级作为核心环节, 分别承担资源组织与安全防护职能: 分类依据语义特征构建结构化目录, 分级根据敏感度设定差异化保护策略。

当前教育领域数据分类分级实践仍依赖人工规则或关键词匹配技术，面临三大局限：一是难以覆盖非结构化文本隐含语义；二是规则库更新滞后于政策与业务演化；三是缺乏深层语义建模能力，误判率高。部分研究引入人工神经网络、TF-IDF 权重等特征工程手段^[1,2]，但性能依赖特征设计质量；基于 BERT 的预训练模型虽在自然语言处理任务中表现突出^[3]，却因教育领域术语密集、标注数据稀缺，面临领域适配不足与过拟合问题。

为此, 本文提出 EDCF-LLM 框架, 将 LLM 的语言理解优势与结构化知识体系的逻辑约束相融合, 通过智能体驱动的分层递归推理机制, 实现灵活且可控的自动化分类分级, 解决现有方法在语义理解深度、动态适应能力与决策透明度方面的不足。

一、相关工作

（一）国内外数据分类分级实践

数据分类分级范式已从“合规驱动”演进至“智能治理”。国际上, 欧盟 GDPR 确立“设计即隐私”原则, 实现个人数据全链条管控; 我国《数据安全法》实施后, 形成国家—行业—组织三级标准体系。教育领域中, 刘英群等^[4]提出“数据资产生态”概念, 甘清云等^[5]论述分类分级的安全基础作用, 张聪^[6]构建高校数据分类模型, 杨伟平等^[7]提出二维分类分级框架。但现有研究多聚焦静态体系设计, 缺乏动态语义演化建模, 传统“规则—匹配”范式在非结构化数据、多模态场景下泛化能力弱, 亟需实现从“人工定义”向“语义理解驱动”的跃迁。

（二）LLM 相关应用

LLM 凭借卓越的上下文理解与少样本泛化能力，在自然语言处理领域展现变革潜力。Wei 等^[8]提出 FLAN 模型，验证指令微调的零样本泛化能力；Farr 等^[9]提出多模型共识不确定性量化方法，提升 LLM 辅助标注可信度；Kuzman 等^[10]构建 LLM 教师-学生框架，实现无人工标注的多语言分类；Hong 等^[11]融合机器学习与 LLM，提升异构数据威胁检测性能。

然而, LLM 直接用于数据治理面临三重挑战: 一是“幻觉”问题威胁结果准确性; 二是知识固化难以适配外部规范更新; 三是决策过程黑箱化, 缺乏可解释性, 无法满足教育数据治理的合规要求。因此, 需引入结构性引导与外部知识干预, 构建可信智能治理系统。

二、EDCF-LLM 框架设计

EDCF-LLM 框架的核心是构建智能体 (Agent)、RAG 与 LLM 三位一体的协同体系, 形成 “控制 — 执行 — 知识支撑” 闭环。框架将 LLM 转化为特定语境下的合规推理决策支持引擎, 整体结构如图 1 所示。

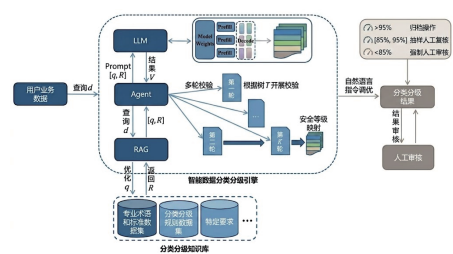


图 1 EDCF-LLM 模型框架

(一) Agent 流程控制中枢

Agent 贯穿 LLM 的知识建构与推理执行阶段，通过显式建模分类结构、编排提示序列、约束推理空间及验证决策路径，弥补 LLM 在记忆保持、逻辑一致性与过程可控性上的缺陷。

1. 学习构建阶段：分层认知路径形式化

Agent 将预定义分类分级框架 F 解析为有向树结构 $T=(V,E)$, V 为分类标签, E 为父子隶属关系, 根节点 r 代表顶层维度, 叶节点 L 映射至敏感度等级 $S=\{L1,L2,L3\}$ 。基于该结构, Agent 生成多轮提示序列:

$$Prompt_t = [SysPrompt; Context_t; Query], t = 1, 2, \dots, k \quad t=1, 2, \dots, k \quad (1)$$

其中 k 为最大推理深度，引导 LLM 渐进式认知：首轮识别根节点子节点完成粗粒度判定，中间轮聚焦当前节点子类细化，最终轮定位叶节点并输出敏感等级。

2. 推理执行阶段：路径规划与动态验证

面对待分类数据 d , Agent 规划从根节点到叶节点的推理路径, 每步决策需满足 $(v_{t-1}, v_t) \in E$, 防止语义漂移或非法跳转。若 LLM 返回无效节点, 模型自动回退并调整提示重试。

3. 结果输出与置信度评估

成功构建分类路径 $\text{Patch}(d) = (v_1, v_2, \dots, v_k)$ 后，通过映射函数 ϕ 确定敏感等级 $S(d) = \phi(v_k)$ ，输出结构化元组：

$$\text{Output } (d) = (d, \text{Path } (d), s, \text{Conf } (d)) \quad (2)$$

其中置信度 $\text{Conf}(d)$ 定义为各步最大概率的均值:

$$\text{Conf}(d) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{c \in \text{children}(v_{i-1})} P(c | d, v_1, \dots, v_{i-1}, T) \quad (3)$$

用于人工审核排序与模型诊断。

（二）LLM 语义理解引擎

LLM 作为核心语义理解引擎，在 Agent 控制下输出候选类别置信度分布，不独立决策。通过“控制 - 执行”分离架构，Agent 维护推理状态、构建上下文并限定候选集合，LLM 专注语义解码，协同完成分类路径构建。

1. 多步递归分类推理过程

给定数据实例 d ，目标是在有向树 T 约束下识别最优路径 $\pi = (v_1, v_2, \dots, v_k)$ ，整个过程分解为 k 轮递归推理，第 i 步决策为条件概率最大化问题：

$$v_i = \arg \max_{c \in \text{children}(v_{i-1})} \text{P}(c | d, v_1, \dots, v_{i-1}, T, K_i) \quad (4)$$

具体分为三阶段：首轮粗粒度范畴判定，聚焦顶层语义匹配；次轮子类细化，收缩语义空间增强上下文敏感性；最终轮末端分类与敏感度判定，形成完整语义路径。

2. 检索增强生成 RAG

为缓解 LLM 领域适配不足问题，RAG 作为动态知识供给引擎嵌入推理流程。推理前，RAG 依据当前上下文从知识库 K（含结构化规范与非结构化示例）检索相关片段，注入 Prompt 引导 LLM 精准判别。

工作流程如下：首先对原始查询 q 重生成 q' ，提升检索效力；随后采用混合检索策略融合关键词检索（BM25 算法）与向量检索（余弦相似度）：

$$BM25(q', d) = \sum_{w \in q'} IDF(w) * \frac{f(w, d)(k_1 + 1)}{f(w, d) + k_1 \left(1 - b + b * \frac{|d|}{avgdl} \right)} \quad (5)$$

$$Sim(q', d) = \frac{Embed(q')^T * Embed(d)}{\|Embed(q')\| * \|Embed(d)\|} \quad (6)$$

$$Score_{q', d} = \alpha * BM25(q', d) + (1 - \alpha) * Sim(q', d), \alpha \in [0, 1] \quad (7)$$

检索所得 Top-n 片段与 q' 拼接输入 Agent，确保 LLM 推理基于可验证知识，抑制幻觉。

三、实验设计与性能评估

（一）实验数据

实验数据来源于智慧校园平台日志与业务系统记录，涵盖教师、学生、教学、科研等完整业务场景。数据经脱敏处理后，通过规范化清洗（格式标准化、关键字段对齐、语义归一化），依据《教育数据分类分级指南》细化为 18 个子任务集合，含 26350 个有效字段样本。

（二）对比实验

选取三类基线方法对比：规则匹配器（Rule-based Matcher）、SVM+TF-IDF 模型、微调 BERT 模型（Fine-tuned BERT），分别代表人工规则、传统机器学习与深度语义建模技

术。从时间效率、准确率、召回率、F1 分数四维度评估性能。

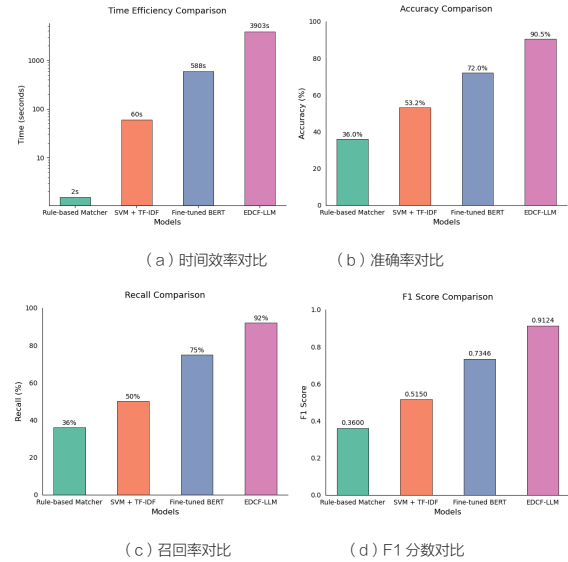


图 2 各模型综合性能与效率对比

如图 2 所示，EDCF-LLM 在准确率、召回率与 F1 分数上显著超越基线模型：相比规则匹配与机器学习模型，性能提升尤为明显；即使与微调 BERT 相比，仍保持更高的准确率与召回率，体现出上下文建模与复杂模式捕捉的优越性。

四、结论

本文提出 EDCF-LLM 框架，融合 LLM 语义理解能力与结构化知识体系约束机制，通过有向树结构建模分类逻辑、Agent 驱动分层递归推理、RAG 增强知识适配，实现教育数据智能化分类分级。实验结果表明，该框架在真实教育场景中性能优于传统方法，为教育数据安全治理、合规共享与价值释放提供有效技术路径。未来可进一步优化检索策略与推理效率，拓展多模态教育数据的适配能力。

参考文献：

- [1]Haisheng Gu, Qing Li, Duanming Shen. Research on sensitive text classification detection and classification based on improved artificial neural network[J]. Journal of Combinatorial Optimization, 2023(46): DOI: 10.1007/s10878-023-01085-8.
- [2]Sheridan Paul, Onsjö Mikael. The hypergeometric test performs comparably to TF-IDF on standard text analysis tasks[J] Multimedia Tools and Applications, 2023(83):28875-28890.
- [3]Hossain Md.Mithun, Hossain Md. Shakil , Mridha M. F. et.al. Multi task opinion enhanced hybrid BERT model for mental health analysis[J]. Scientific Reports, 2025: DOI: 10.1038/s41598-025-86124-6
- [4]刘英群, 周潜, 韩锡斌. 教育场景驱动的高校数据治理 [J]. 中国电化教育, 2024, 444: 38-43.
- [5]甘清云. 浅谈数据安全之数据分类分级 [J]. 网络安全技术与应用, 2025, 1: 67-69.
- [6]张聪. 高校数据分类分级策略的探讨与实践 [J]. 网络安全与数据治理, 2024, 43(6): 53-57.
- [7]杨伟平, 曾德华, 段婷婷, 赵显. 数字化转型背景下的教育数据分类分级研究 [J]. 现代教育技术, 2025, 1: 89-97.
- [8]Wei Jason, Bosma Maarten, Zhao Vincent Y. et al. Finetuned Language Models Are Zero-Shot Learners[J]. Computation and Language. 2021: arxiv-2109.01652.
- [9]David T. Farr, Lynnette Hui Xian Ng, Iain J. Cruickshank. et al. Ensemble-Based Uncertainty Quantification for Reliable LLM Classification in Social Data Applications [J]. IEEE Access. 2025: DOI: 10.1109/access.2025.3585414.
- [10]Taja Kuzman, Nikola Ljubešić. LLM Teacher-Student Framework for Text Classification With No Manually Annotated Data: A Case Study in IPTC News Topic Classification[J] IEEE Access, 2025 :DOI: 10.1109/access.2025.3544814
- [11]Chaerim Hong, Taeyeon Oh. Optimization for threat classification of various data types-based on ML model and LLM [J]. Scientific Reports. 2025: DOI: 10.1038/s41598-025-05182-y.

立体因果图中的条件作用事件

汪志勋

重庆师范大学数学科学学院, 重庆 401331

DOI: 10.61369/TACS.2026050003

摘 要： 着眼于拓展条件作用事件在动态因果推理中的应用范围，进一步完善立体因果图（Cubic DUCG）的理论架构，重点研究了穿越式因果连接中的两种新形式——条件作用延展与条件作用延滞。通过建立包含此类事件的立体因果图模型，文章分析了它们在约简前后的逻辑结构对应关系，证明了二者在动态推理体系中具有逻辑等价性。结果表明，一般动态不确定因果图（DUCG）中关于条件作用事件的已有结论能够有效地迁移至立体因果图。这一研究工作不仅丰富了立体因果图的理论内涵，也为处理具有时序依赖与结构复杂性的不确定因果问题提供了更为系统、高效的理论基础与分析工具。

关 键 词： 立体因果图；因果关系；条件作用事件

Conditioned action events in a Cubic Dynamic Uncertain Causality Graph

Wang Zhixun

School of Mathematical Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331

Abstract： Focusing on expanding the application scope of conditioning events in dynamic causal reasoning and further refining the theoretical framework of the Cubic Dynamic Uncertain Causal Graph (Cubic DUCG), this study specifically investigates two new forms within trans-causal connections: conditioning extension and conditioning delay. By constructing Cubic DUCG models incorporating such events, the paper analyzes the correspondence of their logical structures before and after reduction, demonstrating their logical equivalence within the dynamic reasoning system. The results indicate that existing conclusions regarding conditioning events in the general Dynamic Uncertain Causal Graph (DUCG) can be effectively transferred to the Cubic DUCG. This research not only enriches the theoretical foundation of the Cubic DUCG but also provides a more systematic and efficient theoretical basis as well as analytical tools for addressing uncertain causal problems characterized by temporal dependencies and structural complexity.

Keywords： cubic dynamic uncertain causality graph; causal relationships; conditioned action events

在人工智能领域，对不确定因果关系的表达与推理始终是一项核心挑战。以贝叶斯网络^[1-3]为代表的传统模型在处理多状态变量及复杂时序因果问题时存在局限。动态不确定因果图^[4-7]（DUCG）的提出为复杂系统建模提供了新范式，其引入的条件作用事件机制增强了模型的表达能力。然而，面对跨越多个时间切片且存在因果关联的动态场景（即第四类^[8-9]动态问题），通用 DUCG 方法通常难以提供符合时序逻辑的推理解释。

为突破此限制，立体因果图^[10]（Cubic DUCG）被专门提出，以处理因果作用的“延展”与“延滞”效应。现有研究已初步构建了其模型框架，但对条件作用事件在这一新架构下的表现形式与推理机制尚未深入探讨。为此，本研究旨在系统探讨条件作用事件在立体因果图中的两种新形式——条件作用延展与条件作用延滞，并证明它们能够无缝融入立体因果图的动态推理体系。

本研究通过理论推导与逻辑等价性证明，揭示了包含此类事件的模型在约简前后具有一致的逻辑展开结果。这一关键结论使得通用 DUCG 中关于条件作用事件的成熟理论得以直接应用于立体因果图，显著简化了复杂动态情境下的推理计算。研究成果不仅拓展了条件作用事件的应用边界，深化了立体因果图的理论体系，也为处理更具复杂性和时序性的不确定因果问题提供了更为坚实的理论基础与高效分析方法。

一、Cubic DUCG 简介

（一）基本定义与假设

Cubic DUCG 模型是 DUCG 模型的拓展模型，其依然基于

DUCG 模型的基本假设： V_i 是子变量 X_n 的父变量， $V \in (X, B, G)$

则有 $X_{nk} = \sum_i (r_{ni} / r_n) \sum_{j_i} A_{nkij_i} V_{j_i}$ 成立，其中 j_i 表示父变量 V_i 所处

状态， r_{ni} 表示 X_n 与 V_i 之间的关联度，且 $r_n = \sum_i r_{ni}$ 。 A_{nkij_i} 表示

作者简介：汪志勋（2001.1—），男，汉族，安徽黄山，硕士研究生，无职称，研究方向：应用数理统计。

在 V_{j_i} 已经发生的条件下 V_{j_i} 导致 X_{nk} 发生这一随机事件。也被称作父事件 V_{j_i} 与子事件 X_{nk} 之间的作用事件。当 $A_{nk:j_i}$ 为条件作用事件时，在图形表示中通常用虚线有向弧表示父变量与子变量间的因果关系，只有当 $A_{nk:j_i}$ 的条件满足时，此时的条件作用事件才变为普通作用事件，且连接父变量与子变量的虚线有向弧变为实线有向弧。

(二) Cubic DUCG 建模方法

常见的时序模型中受限于 Markov 假设： t 时刻变量集合 X_t 只与 $(t-1)$ 时刻有关，而与更多的过去时刻无关。而采用穿越式因果连接的 Cubic DUCG 模型克服了这一限制，它允许将任意两个时刻的变量集合相连接，从而使模型能够“逐步生长”。建模方法为初因故障模式分解、时间片内横向因果化简、建立穿越式连接。

由此建立起 $Slice_DG(B_i; t_m)$ 与 $Cubic_DG(B_i; t_{m-1})$ 间的穿越式连接，并以此类推完成整个 $Cubic_DG(B_i; t_m)$ 内部的穿越式连接。

当我们接受了一个新时间片的数据时，也可以参照上述方法建立与原 Cubic DUCG 的穿越式连接，使得模型“逐步生长”。

二、Cubic DUCG 中的条件作用事件

(一) 条件作用事件的分类

Cubic DUCG 中的条件作用事件可以分为时间片内的条件作用事件与穿越式连接中的条件作用事件。时间片内的条件作用事件也就是我们说的一般动态 DUCG 中的条件作用事件，这里不做特别讨论。把条件作用事件拓展到 Cubic DUCG 上，不难发现穿越式连接中的条件作用事件有两种：条件作用延展与条件作用延滞。这两类跨时间片的条件作用事件是否能够融入 Cubic DUCG 的动态推理过程呢。

(二) 约简前后的逻辑等价性证明

Cubic DUCG 动态推理是基于约简后的立体因果图进行的，把故障模式 B_i 对应的推理因果图称作 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 。其中约简 [10] 表示逻辑意义重合的变量及因果关系在立体因果图中删除、合而为一，而这些变量和关系在因果图中仍然存在，只是因其逻辑意义等同、推理中可依据幂等律吸收，因此通过约简来获得因果图模型的简化。如图 1 所示为故障模式 B_i 对应的推理因果图 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 约简前后对比。

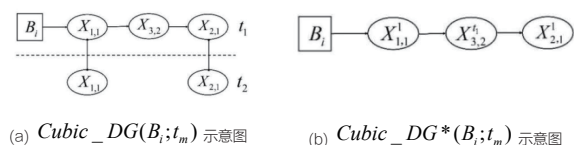


图 1

两者的逻辑展开结果等同，但文中并无具体的证明过程。那么，穿越式连接中包含条件作用事件的 DUCG 是否也满足这一结论呢？如果结果满足，就说明 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 可以使用一般动态 DUCG 中条件作用事件的相关结论，这将方便我们计算 Cubic

DUCG 的相关参数，大大增加模型的可解释性。下文将证明两者中包含条件作用事件的逻辑展开结果也等同。

证明 首先要明确什么是逻辑展开结果等同，根据 DUCG 的相关知识，对于任何给定的证据 E 和任何假设事件 H_{j_i} （在 $Cubic_DG(B_i; t_m)$ 中通常是根原因 B_i ），对约简前后的 Cubic DUCG 图的证据进行逻辑展开，所得到的两个仅包含基本事件（ B, A, P 等）的互斥积之和表达式是逻辑等价的。对于一般证据的逻辑展开已经有了结果等同的结论，本文只对条件作用事件指向的节点进行研究。

那么可以考虑这样一种情况： $Cubic_DG(B_i; t_m)$ 中的穿越式连接包含条件作用事件，其条件为根原因的某一状态或者是某一状态的余事件。那么对于这样一个穿越式连接中包含条件作用事件的 DUCG，可以先用它构建立体因果图模型，然后进行约简，最后证明约简前后的 Cubic DUCG 图逻辑展开的表达式是逻辑等价的。

构建 Cubic DUCG 图模型：穿越式连接中包含条件作用事件的 DUCG 也遵循初因故障模式分解、时间片内横向因果化简和建立穿越式连接三步的构建方法，与一般 DUCG 的不同之处在于穿越式连接的构建。应该说明经过分解与化简得到的因果图中，条件作用事件的条件应该是根原因的某一状态或者是某一状态的余事件。因为条件作用事件的条件必须是可以判断是否可以满足的，如果条件无法判断是否可以满足，就没有办法进行约简，必须保留时间片的区分。这时只有证据与根原因是给定的，而证据中变量的状态是给定的，如果这些证据作为条件，会使得条件作用事件转变成一般的作用事件，我们不需要对这种情况进行讨论，那么条件就只能是根原因。一个穿越式连接中包含条件作用事件的 $Cubic_DG(B_i; t_m)$ 图见图 2。

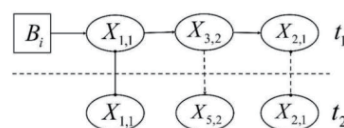


图 2 穿越式连接中包含条件作用事件的 $Cubic_DG(B_i; t_m)$ 图

可以看到图中有三条穿越式连接，一条实线表示的是一般的因果作用延展，含义是时序因果作用中结果事件在不受其他因素改变的情况下可保持其状态不变至后续时刻，一条虚线箭头表示条件作用延滞，含义是在满足条件的情况下，该事件转变成一般的延滞事件，另一条虚线连接表示条件作用延展，含义是在满足条件的情况下该事件转变成一般的延展事件。

约简 Cubic DUCG 图：约简是处理 Cubic DUCG 中逻辑重合事件的方法，那么延滞事件是不可约简。而在现有框架内解决条件作用延展的约简方法有两个：1、仿照延滞事件的处理方法，不对其约简。这显然会增加模型的复杂度，并非理想方法；2、因为穿越式连接中的条件作用事件一般以根原因的某一状态或者是某一状态的余事件为条件，在不同时间片中往往同时满足或者不满足，因此条件作用延展的节点只能有两种情况：无法约简或者重合为一个节点 X_{nk}^1 （1 表示第一次重合）。因此我们可以先分别讨论条件满足或不满足的情况下的约简模型，最后再合并讨论。约简

后的 Cubic DUCG 图见图3。

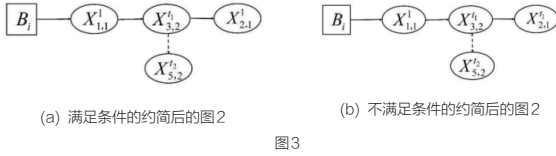


图3

假设条件作用延展的条件为 $Z_{2,2}(t_2; t_1)$ ，条件作用延滞的条件为 $Z_{5,3}(t_2; t_1)$ ，已知 $X_{11}^1 = X_{11}(t_1) = X_{11}$ 、 $X_{21}^1 = X_{21}(t_1) = X_{21}$ 下文证明图3与图4的逻辑展开结果等同。

图2：由全概率公式

$$\begin{aligned} X_{21}(t_2) &= (Z_{2,2}(t_2; t_1) + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1))X_{21}(t_1) \\ &= Z_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] + \\ &\quad \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] \\ X_{52}(t_2) &= (Z_{5,3}(t_2; t_1) + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1))X_{52}(t_1) \\ &= Z_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] \end{aligned}$$

图3：

$$\begin{aligned} X_{21}^1 &= F_{21,32}(1; t_1)F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i \\ X_{21}^h &= F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i \\ X_{52}^1 &= (Z_{5,3}(t_2; t_1) + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1))X_{52}^1 \\ &= Z_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] \end{aligned}$$

则

$$\begin{aligned} X_{21}(t_2) &= Z_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] \\ &= Z_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(1; t_1)F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)[F_{21,32}(t_1; t_1)F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] \\ &= Z_{2,2}(t_2; t_1)X_{21}^1 + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)X_{21}^h \\ X_{52}(t_2) &= Z_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; t_1)F_{11,i}(t_1; t_1)B_i] \\ &= Z_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] + \bar{Z}_{5,3}(t_2; t_1)[F_{32,11}(t_1; 1)F_{11,i}(1; t_1)B_i] \\ &= X_{52}^1 \end{aligned}$$

可以看到图2与图3中条件作用延滞对应的变量确实是逻辑等价的，也就是逻辑展开结果等同。观察 $X_{21}(t_2)$ 的展开式，是一个关于 X_{21}^1 和 X_{21}^h 的全概率展开式。我们可以将图3合并，图3中的变量 X_{21}^1 与 X_{21}^h 就合并为一个变量 $X_{21}^{1/h}$ ，当条件满足时 $X_{21}^{1/h}$ 变为 X_{21}^1 ，条件不满足时 $X_{21}^{1/h}$ 变为 X_{21}^h 。如图4。

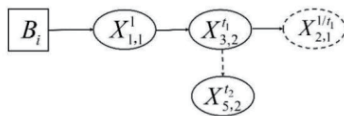


图4 约简后的图2

$$\begin{aligned} X_{21}^{1/h} &= Z_{2,2}(t_2; t_1)[X_{21}^1 | Z_{2,2}(t_2; t_1)] + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)[X_{21}^h | \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)] \\ &= Z_{2,2}(t_2; t_1)X_{21}^1 + \bar{Z}_{2,2}(t_2; t_1)X_{21}^h = X_{21}(t_2) \end{aligned}$$

通过新的约简方法，条件作用延展的逻辑展开结果也被证明是等价的。这样就把条件作用延展与条件作用延滞纳入到了立体因果图的动态推理里来，推广条件作用事件到更为复杂的情形中，增加了条件作用事件的使用场景，同时也丰富了 DUCG 的理论体系。

例1 在一般 DUCG 中，文章^[11]提出命题：对于 M-DUCG 中条件作用事件为某一父变量的某一状态的余事件情形。变量逻辑展开式存在一般形式。即：设 X_n 有 m 个父变量， $A_{nk,ij}$ 是一个条件作用事件，设其条件为 $Z_{n,i} = \bar{V}_{i,j'_i}$ 其中 V_{i,j'_i} 表示父变量 V_i 处于 j'_i 状态， $V \in \{X, B, G\}$ ， $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ ， $i_i \in \{1, 2, \dots, m\}$ ，

$i \neq i_1$ 。

则有

$$\begin{aligned} X_{nk} &= \sum_{i' \neq i_1} (r_{n,i'} / \sum_{i' \neq i_1} r_{n,i'}) V_{i,j'_i} \sum_{j'_i} A_{nk,i',j'_i} V_{i',j'_i} + (r_{n,i_1} / \sum_{i' \neq i_1} r_{n,i'}) A_{nk,i_1,j'_i} V_{i,j'_i} + \\ &\quad \sum_{i' \neq i_1} (r_{n,i'} / \sum_{i' \neq i_1} r_{n,i'}) \bar{V}_{i,j'_i} \sum_{j'_i} A_{nk,i',j'_i} V_{i',j'_i} + (r_{n,i_1} / \sum_{i' \neq i_1} r_{n,i'}) \sum_{j'_i} A_{nk,i_1,j'_i} V_{i,j'_i} \quad (1) \end{aligned}$$

这样的命题也有其在立体因果图中的对应形式：在

$Cubic_DG(B_i; t_m)$ 图中（也就是说证据与根原因已知，即根原因的指标已知，而状态未知，其他变量的指标与状态均已知），设 $X_{nk}(t_{m_n})$ 有 h 个父变量 $V_{y_g}(t_{m_y})$ ($m_y \leq m_n$)， $V \in \{X, B, G\}$ ， $A_{nk;y_g}(t_{m_n}; t_{m_y})$ 是一个条件作用事件，设其条件为 $Z_{n,y}(t_{m_n}; t_{m_y}) = \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}}$ ，即为根原因的某一状态的余事件情形， $y \in \{1, 2, \dots, h\}$ 。

这里要说明父变量为 h 个指标互不同的变量：对于 $V_{y_g}(t_p) \rightarrow X_{nk}(t_q)$ ， $V_{y'_g}(t_{p'}) \rightarrow X_{nk}(t_q)$ ，当 $y = y'$ 时，则 $V_{y_g}(t_p) \rightarrow X_{nk}(t_q)$ ， $V_{y_g}(t_{p'}) \rightarrow X_{nk}(t_q)$ ，这违反了建立穿越式连接的步骤三，所以父变量的指标互不相同。 $X_{nk}(t_{m_n})$ 与其父变量之间不存在因果作用延展，那么对于约简前后的 Cubic DUCG 图有

$V_{y_g}(t_{m_y}) = V_{y_g}^{t_{m_y}}$ 。这时 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 就相当于一般 DUCG，用 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 进行动态推理：

$$\begin{aligned} X_{nk}^{t_{m_n}} &= (Z_{n,y}(t_{m_n}; t_{m_y}) + \bar{Z}_{n,y}(t_{m_n}; t_{m_y})) X_{nk}^{t_{m_n}} \\ &= (V_{ig'_i}^{t_{m_n}} + \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}}) [(r_{n,y}(t_{m_n}; t_{m_y}) / r_n(t_{m_n})) V_{y_g}^{t_{m_n}} + (r_{n,i_1}(t_{m_n}; t_{m_y}) / r_n(t_{m_n})) A_{nk,i_1,g'_i}(t_{m_n}; t_{m_y}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,i_2}(t_{m_n}; t_{m_y}) / r_n(t_{m_n})) A_{nk,i_2,g'_i}(t_{m_n}; t_{m_y}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} + \dots + (r_{n,i_h}(t_{m_n}; t_{m_y}) / r_n(t_{m_n})) \sum_{g'_i} A_{nk,i_h,g'_i}(t_{m_n}; t_{m_y}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,h}(t_{m_n}; t_{m_h}) / r_n(t_{m_h})) A_{nk,hg'_h}(t_{m_n}; t_{m_h}) V_{hg'_h}^{t_{m_n}}] \\ &= (r_{n,1}(t_{m_n}; t_{m_1}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,1,g'_i}(t_{m_n}; t_{m_1}) V_{1g'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,2}(t_{m_n}; t_{m_2}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,2,g'_i}(t_{m_n}; t_{m_2}) V_{2g'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + \dots + (r_{n,i}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) A_{nk,ig'_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,h}(t_{m_n}; t_{m_h}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,hg'_h}(t_{m_n}; t_{m_h}) V_{hg'_h}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,y}(t_{m_n}; t_{m_y}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,yg'_y}(t_{m_n}; t_{m_y}) V_{yg'_y}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,1}(t_{m_n}; t_{m_1}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,1g'_i}(t_{m_n}; t_{m_1}) V_{1g'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,2}(t_{m_n}; t_{m_2}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,2g'_i}(t_{m_n}; t_{m_2}) V_{2g'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + \dots + (r_{n,i}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \sum_{g'_i \neq g'_i} A_{nk,ig'_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,h}(t_{m_n}; t_{m_h}) / \sum_{y'=1}^h r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,hg'_h}(t_{m_n}; t_{m_h}) V_{hg'_h}^{t_{m_n}} \\ &= \sum_{y' \neq y, i} (r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,y'g'_y}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) V_{y'g'_y}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,i}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) A_{nk,ig'_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,i}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \sum_{g'_i \neq g'_i} A_{nk,ig'_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,h}(t_{m_n}; t_{m_h}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,hg'_h}(t_{m_n}; t_{m_h}) V_{hg'_h}^{t_{m_n}} \\ &= \sum_{y' \neq y, i} (r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,y'g'_y}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) V_{y'g'_y}^{t_{m_n}} \\ &\quad + (r_{n,i}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y' \neq y} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \sum_{g'_i \neq g'_i} A_{nk,ig'_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig'_i}^{t_{m_n}} \\ &\quad + \sum_{y' \neq i} (r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) / \sum_{y' \neq i} r_{n,y'}(t_{m_n}; t_{m_{y'}})) \bar{V}_{ig'_i}^{t_{m_n}} A_{nk,y'g'_y}(t_{m_n}; t_{m_{y'}}) V_{y'g'_y}^{t_{m_n}} \quad (2) \end{aligned}$$

而将 $i = y, j = g, i_1 = i$ 代入式 (1) 可以更直接地得到 $X_{nk}(t_{m_n})$ 的

展开式。

$$\begin{aligned}
 X_{nk}^{t_{m_n}} = & \sum_{y^n \neq y, j} (r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) / \sum_{y^n \neq y} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) V_{ig_i}^{t_{m_n}} \sum_{g_{y^n}} A_{nk:y^n g_{y^n}}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) V_{y^n g_{y^n}}^{t_{m_{y^n}}} \\
 & + (r_{n:d}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y^n \neq y} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) \sum_{g_i} A_{nk:ig_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig_i}^{t_{m_i}} \\
 & + \sum_{y^n \neq i} (r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) / \sum_{y^n \neq i} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) \bar{V}_{ig_i}^{t_{m_n}} \sum_{g_{y^n}} A_{nk:y^n g_{y^n}}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) V_{y^n g_{y^n}}^{t_{m_{y^n}}} \\
 & + (r_{n:d}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y^n \neq i} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) \sum_{g_i \neq g_i} A_{nk:ig_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig_i}^{t_{m_i}} \quad (3)
 \end{aligned}$$

将已知的证据代入式 (3)，得到

$$\begin{aligned}
 X_{nk}^{t_{m_n}} = & \sum_{y^n \neq y, j} (r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) / \sum_{y^n \neq y} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) V_{ig_i}^{t_{m_n}} A_{nk:y^n g_{y^n}}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) V_{y^n g_{y^n}}^{t_{m_{y^n}}} \\
 & + (r_{n:d}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y^n \neq y} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) A_{nk:ig_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig_i}^{t_{m_i}} \\
 & + (r_{n:d}(t_{m_n}; t_{m_i}) / \sum_{y^n \neq i} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) \sum_{g_i \neq g_i} A_{nk:ig_i}(t_{m_n}; t_{m_i}) V_{ig_i}^{t_{m_i}} \\
 & + \sum_{y^n \neq i} (r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) / \sum_{y^n \neq i} r_{n:y^n}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}})) \bar{V}_{ig_i}^{t_{m_n}} A_{nk:y^n g_{y^n}}(t_{m_n}; t_{m_{y^n}}) V_{y^n g_{y^n}}^{t_{m_{y^n}}} \quad (4)
 \end{aligned}$$

对比式 (2) 与式 (4)，两者的展开结果是相同的。

通过上述过程可以看出，存在条件作用事件的 $Cubic_DG^*(B_i; t_m)$ 模型是可以直接使用一般 DUCG 中的结论的，并且比直接推导要更加简单方便。这无疑增加了条件作用事件的使用场景，将一般 DUCG 中的条件作用事件的相关结论拓展到 Cubic DUCG 上。

三、结论

本文系统探讨了立体因果图中条件作用事件的延展与延滞两种形式，证明了其在穿越式因果连接中仍适配动态推理体系。通过逻辑展开等价性验证，将一般 DUCG 中条件作用事件的相关结论有效拓展至立体因果图，增加了条件作用事件的使用场景。研究不仅丰富了立体因果图的理论内涵，也为复杂动态因果系统的动态推理提供了更为灵活高效的方法基础。

参考文献:

- [1] PEARL J. Fusion, propagation and structuring in belief networks[J]. Artificial Intelligence, 1986, 29(3): 241–288.
- [2] MIROSLAV S, JANA M, DIMITRIS D. Bayesian network application for the risk assessment of existing energy production units[J]. Pathology and Immunopathology Research, 2018, 169: 312–320.
- [3] ZHANG D, LIU Q, YAN H, et al. A matrix analytic approach for Bayesian network modeling and inference of a manufacturing system[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2021, 60: 202–213.
- [4] 张勤. DUCG: 一种新的动态不确定因果知识的表达和推理方法 (I): 离散、静态、证据确定和有向无环图情况 [J]. 计算机学报, 2010, 33(4): 625–651.
- [5] ZHANG Q, DONG C, CUI Y. Dynamic uncertain causality graph for knowledge representation and probabilistic reasoning: statistics base, matrix, and application[J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2014, 25(4): 645–663.
- [6] ZHANG Q. Dynamic uncertain causality graph for knowledge representation and probabilistic reasoning: directed cyclic graph and joint probability distribution[J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2015, 26(7): 1503–1517.
- [7] Zhang Q. Dynamic uncertain causality graph for knowledge representation and reasoning: continuous variable, uncertain evidence, and failure forecast[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2015, 45(7): 990–1003.
- [8] ZHANG Q, GENG S. Dynamic uncertain causality graph applied to dynamic fault diagnoses of large and complex systems[J]. IEEE Transactions on Reliability, 2015, 64(3): 910–927.
- [9] 李晓宾, 李淑珍. 模糊动态贝叶斯网络防御态势感知模型 [J]. 探测与控制学报, 2017, 39(3): 124–129.
- [10] 董春玲, 赵越, 张勤. 动态故障诊断中的立体因果建模与不确定性推理方法 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2018, 58(7): 614–622.
- [11] 胡婷婷, 王洪春, 吴成姚. 基于 M-DUCG 中条件作用事件展开的一般形式 [J]. 重庆师范大学学报 (自然科学版), 2019, 36(02): 75–80.

岗课赛证融通模式在高职应用化工专业教学中的构建与实施研究

尹一然

黑龙江能源职业学院, 黑龙江 双鸭山 155100

DOI: 10.61369/TACS.2026050020

摘 要 : 在职业教育高质量发展与化工产业智能化、绿色化转型的双重背景下, 高职应用化工专业人才培养与行业岗位需求脱节、实践教学薄弱、学生职业能力不足等问题日益凸显。岗课赛证融通作为现代职业教育综合育人的核心模式, 能够有效衔接岗位需求、课程教学、技能竞赛与职业资格证书, 破解人才培养困境。基于此, 本文聚焦于高职应用化工专业教学实际, 从课程体系、教学实施、认证机制三个维度构建适配化工专业的融通模式, 探索具体实施路径, 为高职应用化工专业教学改革、提升技术技能人才培养质量提供参考。

关 键 词 : 岗课赛证; 高职; 应用化工专业; 教学模式构建

Research on the Construction and Implementation of the Post-Course-Competition-Certificate Integration Mode in the Teaching of Higher Vocational Applied Chemical Engineering Major

Yin Yiran

Heilongjiang Vocational College of Energy, Shuangyashan, Heilongjiang 155100

Abstract : Against the dual background of the high-quality development of vocational education and the intelligent and green transformation of the chemical industry, problems such as the disconnection between talent training of higher vocational Applied Chemical Engineering majors and industry post demands, weak practical teaching, and insufficient vocational competence of students have become increasingly prominent. As the core mode of comprehensive education in modern vocational education, the integration of post-course-competition-certificate can effectively connect post demands, curriculum teaching, skill competitions and vocational certificates, and solve the dilemma of talent training. Based on this, focusing on the teaching practice of higher vocational Applied Chemical Engineering majors, this paper constructs an integration mode suitable for chemical majors from three dimensions: curriculum system, teaching implementation and certification mechanism, and explores specific implementation paths. It aims to provide reference for the teaching reform of higher vocational Applied Chemical Engineering majors and the improvement of the quality of technical and skilled talent training.

Keywords : post-course-competition-certificate integration; higher vocational education; applied chemical engineering major; teaching mode construction

一、岗课赛证融通模式在高职应用化工专业教学中的构建困境

(一) 人才培养方案与企业岗位标准脱节

目前, 在高职院校应用化工专业的人才培养方案制定上存在与企业岗位需求脱节现象。一是教育目标多以传统的学科为导向进行规划, 未考虑到目前化工行业对于技术技能型人才的能力要求。二是课程安排侧重于理论教学, 而忽略了岗位所需要的操作规程、安全意识及应对突发事件的能力等。三是企业在生产和管理上注重生产过程的规范化、设备使用熟练程度以及环境保护和安全管理责任等, 但是这方面的内容却未得到有效体现或者被分

散到各个不同的课程之中未能很好地融合在一起。

其次, 专业的教学标准更新周期长, 不能适应化工行业的技术进步以及生产工艺的变化而对岗位的能力提出新的要求。一些学校的培养方案多年未进行实质性的改革, 造成学生所学的知识不能满足企业的用人需求, 需要花费一定的时间去重新学习才能上手。

此外, 岗位标准还具有地域性和时效性特点, 但是目前的人才培养方案过于单一、僵化, 缺少灵活性以及针对性。不同的大小、类型的化工企业对于岗位的要求不一样, 但是教学计划却不能做到一一匹配, 导致培养出来的人才不能很好地满足岗位要求。这不但不利于学生的就业, 也不利于职业院校为地方经济发

展服务的功能发挥。

（二）实践教学与企业真实生产场景贴合度不足

当前，部分高职院校的应用化工专业仍沿用传统的实验室模拟方式进行实训，教学内容局限于基础操作和验证性实验，缺乏对现代化化工企业复杂工艺流程的真实还原^[3]。

一是教学设备更新较为滞后，很难精准匹配企业现役的智能化、自动化生产线，致使学生在校期间难以接触 DCS 控制系统、安全联锁系统等工业级装置。部分实训项目停留在低层次重复操作，没能体现化工生产中的连续作业、应急处置与多岗位协作特点。

二是校企合作深度不够，企业参与教学的积极性不高，真实生产数据、工艺参数与操作规程未能有效融入教学资源^[4]。与此同时，教师队伍中具备丰富企业实践经验的比例也偏低，指导过程中偏重理论讲解，忽视了现场操作细节与安全规范的渗透。

三是实习环节时间较短，岗位轮换有限，学生往往只能驻足观察，很少能够真正参与到核心工序的操作。部分合作的化工企业出于安全与生产稳定性考虑，还会限制实习生进入核心生产区域，这些举措进一步削弱了实践的真实性^[5]。

（三）技能竞赛、职业资格证书考核与日常教学分离

在高职应用化工专业教学中，技能大赛一般被视为阶段性突击任务，在比赛前集中一段时间加强训练，而很少与正常课程紧密结合。这样突击式、应试式的准备方式使参赛选手只对某些比赛项目反复练习，不能把竞赛所需要的能力逐渐渗透到平时的学习中。同时，比赛中的工艺操作规程、安全要求、团体工作等也不利于回归课堂传授给学生。因此容易形成“为了比赛而比赛”。

另一方面，职业资格证书考核也存在脱离教学实际的情况。目前，一些高职院校把证书培训放在学期末或者实习前进行，而这些培训的内容又与证书考核的要求相差甚远。平时的教学主要是理论知识的传授以及基本技能的培养，但是对于国家职业标准所规定的操作技能等级的要求涉及较少，尤其是对于新型的化工生产设备的操作，智能控制系统的使用等都落后于时代的要求^[6]。另外，一些老师对于证书的评价标准认识不足，在课堂上也无法很好地针对考试的要求进行教学，所以学生就需要再外面的培训机构进行补习才能合格，这样就造成了脱节现象，影响教学的效果，不利于高水平的技术技能型人才的成长。

二、岗课赛证融通模式在高职应用化工专业教学中的实施策略

（一）对接岗位需求，优化专业课程体系

行业技术革新不断加快，对高水平技术技能人才的需求不断增加。为了使培养目标更符合社会需求，高职院校要开展行业调研与岗位分析工作。走访当地主要化工厂，了解各岗位任职资格条件，明确各项主要职责，进而把握行业对员工的知识、技能以及素质方面的要求。之后，学校组织由学院教师、行业人士及企业师傅组成的调研组，采取发放问卷、实地交流以及参观的方式收集第一手资料，总结归纳出包括生产操作、工艺控制、安全防

护、维修保养等在内的主要工种。

根据调查确定岗位能力要求，提取每个岗位需要掌握的核心技能点以及素质要求，形成可不断更新的岗位能力地图，建设模块化、阶梯型数字化化工专业课程。高职院校应用化工专业要从以学科为中心的课程模式转变为以工作任务为导向的能力本位模式，以典型的工作任务构建课程模块。即整个课程可分为基础素养层、专业核心层和拓展提升层，不同层次之间有梯度的关系。基础素养层包括化学基础知识、安全生产理念和信息技术的应用；专业核心层是针对主要岗位群所需要的技术能力进行设置，例如化工单元操作、化工工艺仿真等课程；而在拓展提升层引入绿色化工、智能制造等内容，提高学生就业竞争力及创新能力。各门课程之间相互关联，形成知识技能链路，方便学生自主选择学习路径。

其次，高职应用化工专业应同时开展数字化课程资源建设工作以适应不同层次以及不同个体的需求。一方面，在虚拟仿真实验室中开展化工工艺的操作练习，使一些不能在现实中完成的操作成为可能；另一方面，利用大数据分析学生的学习行为并进行反馈，让老师能够更好地把握学情进而更准确地调整教学方法。而这些数字化资源除了用于课堂教学之外还可以让学生在课后自主学习或者温习所学知识等，从而达到线上线下相结合的效果。这也正是课程建设和资源建设对于实现“岗课”有效对接起到的作用，使得教学内容与生产实践紧密结合^[4]。

（二）以赛项驱动教与学，提升学生实践能力

第一，组织学生参加国家级、省级和行业的职业技能大赛，是促进教育教学改革的有效手段。采取有效的选拔及训练方式，将竞赛的内容渗透到平时的教学当中，“以赛促学、以赛促教”。在应用化工专业上，教师要充分挖掘出化学实验技术、化工生产仿真实操、安全环保操作等内容，让学生不同年级之间、不同专业的学生组队参赛，提高学生的合作精神以及动手能力；教师还需要根据比赛的要求重新设计实训项目，将竞赛的规定变成可操作化的教学内容，使未参赛的学生也能够了解最新的技术和评价标准^[5]。

第二，利用先进的互联网技术搭建网络化竞赛平台，供师生进行线上准备比赛以及资料交流等。该竞赛平台包括在线模拟考试、历届试题解答及名师点评、排名等功能，可以让学生自我进行阶段性的练习。而且该平台还可以根据每个学生的具体情况分析其薄弱点并及时为其提供有针对性的帮助。后台的数据也反馈到课堂教学中作为改进课堂教学内容的重要参考。

第三，注重竞赛成果向教学资源及生产实践应用。指导教师需对学生的获奖作品进行规范化处理后编入化工教材案例库，在今后的教学活动中加以利用；同时要提炼出参赛经验教训，将其转化为适合课堂教学的内容；最后还要鼓励学生把在比赛中学会的新试剂比例以及如何控制反应条件等带回工厂进行实习或技术服务，在生产一线提高工作效率和产品质量，真正发挥高技术人才的作用。

第四，以竞赛为抓手促进校企合作，建立长期有效的产教对接平台。高职院校可邀请行业协会和龙头企业参与赛项开发工

作,使考核目标符合产业转型需求。同时,在竞赛期间企业会发现优质人才,进而参与到学生培养工作中,“竞赛-挑选-实习-就业”一条龙服务。其次,学校通过竞赛了解行业最新技术和岗位要求,便于及时购置新设备改善实训条件。因此,竞赛现场既是一所学校的窗口也是吸引企业的渠道,有利于创建合作共建产业学院或者联合实验室的良好合作方式,真正让教育链对接上产业链。

(三) 强化职业技能认证,培养复合型人才

职业技能认证是沟通教育与产业之间的纽带,把职业资格标准引入教学中有利于提高学生就业竞争力以及技术适应性,在当今社会,化工企业对于员工技术水平及安全意识的要求日益严格,“1+X”证书制度是国家给予职业院校的一项重要政策指导和支持措施^[10]。

将职业技能等级证书考核标准与课程目标相结合可以促进学历教育与职业能力评价的有效融合,有利于克服以往职业教育中过于注重理论而忽视实践的问题,在实际操作上,高职院校要根据化工行业主要工作岗位,确定相应的职业技能等级证书体系,比如化工总控工、化学检验工、危险化学品安全作业等,并对各种证书的考核内容及要求作出规定。

其次,教学内容以证书考核要求为基础重新设计,在课堂教

学中穿插知识点以及操作技能,使学生在校期间就能完成相应学习及考证准备工作;另外,实训也需仿真考证实际情境,设置标准操作程序与评分标准,提高学生的考试能力以及操作水平。

另外,设立学分银行,使证书成果和课程学分可以相互认可并兑换,激励大学生参加认证的热情。同时教师也需要进行职业技能考评员资格培训,以胜任对学生进行指导和评判的能力。把认证的成绩作为对教学工作考核的一部分,促使教师不断改进教学内容,做到与时俱进。

三、结束语

综上所述,岗课赛证融通模式是高职应用化工专业对接行业需求、深化教学改革、提升育人质量的有效路径。通过以岗位需求为导向、课程教学为载体、技能竞赛为抓手、职业资格证书为验证,构建系统化的融通育人模式,能够有效破解传统教学与岗位脱节、赛教分离、课证脱节的难题,实现专业教学与行业岗位的精准对接。在后续教学实践中,高职应用化工专业应持续聚焦化工产业发展趋势,不断优化岗课赛证融通体系,深化校企协同育人,创新教学模式与评价机制,全力培养符合行业需求的高素质技术技能人才,助力职业教育高质量发展与化工产业转型升级。

参考文献

- [1] 赵志国. 化工安全专业“岗课赛证”融合育人模式构建[J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(10): 221-223.
- [2] 焦向华. “岗课赛证”融合下化工专业管理会计课程教学体系构建与实践[J]. 塑料工业, 2025, 53(08): 195.
- [3] 武志远. 高职化工生物技术专业“岗课赛证创”融合的育人体系的构建[J]. 开封大学学报, 2025, 39(02): 56-60.
- [4] 达海容, 陈丽惠. 基于虚拟仿真技术的化工专业课程教学模式与效果评价研究[J]. 化学工程与装备, 2024, (12): 166-168+180.
- [5] 韩艳霞, 王丽. 新型学徒制下“岗课赛证思创”融通的模块化课程体系构建——以化工类专业为例[J]. 开封大学学报, 2024, 38(04): 70-73.
- [6] 彭德萍, 宋春雨. 基于“岗课赛证”实践的应用化工技术专业人才培养模式总结[J]. 化工管理, 2024, (28): 27-31.
- [7] 王欣羽. “岗课赛证”机制在提升应用化工专业学生实践能力中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(06): 232-234.
- [8] 姜玉梅, 肖洁, 李蓝, 等. 高职化工类专业“岗课赛证”融通育人模式实践[J]. 化工管理, 2023, (34): 37-42.
- [9] 张颖异. “岗课赛证”融合的应用化工技术专业课程思政体系构建[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(10): 86-88.
- [10] 王钰, 田琨. “岗课赛证”融合的应用化工技术专业课程体系构建[J]. 当代化工研究, 2022, (13): 141-143.

公共数据授权运营收益分配的制度张力与调适路径 ——基于某市授权运营案例的财政法分析

李祥舟¹, 李志男², 陈迎青¹, 张玉杰³, 崔献波⁵, 许和平⁴, 温秀岩⁶

1. 江苏跨境数据科技有限公司, 江苏 南京 210018

2. 北京市科学技术研究院, 北京 100089

3. 南京邮电大学, 江苏 南京 210023

4. 浙江泽厚律师事务所, 浙江 杭州 310000

5. 南京可信数通科技有限公司, 江苏 南京 211800

6. 南京数智亿达科技有限公司, 江苏 南京 210001

DOI: 10.61369/TACS.2026050022

摘 要 : 公共数据授权运营是推动数据要素市场化配置和释放公共数据价值的重要制度安排, 收益分配机制则直接关系到授权运营的可持续性与公共利益实现。本文采用规范分析与案例研究相结合的方法, 以某市公共数据授权运营项目为例, 围绕收益确认、财政归集、分配实现与监督约束展开分析。基于此, 本文提出, 公共数据授权运营收益分配应由“比例博弈”转向“收益归集—预算返还—绩效分配”的制度化路径, 通过累进激励、多主体协调和全过程监督, 构建兼顾合规性、激励性、公平性与公益性的收益分配机制。

关 键 词 : 公共数据; 授权运营; 收益分配; 制度调适

Institutional Tension and Adjustment Paths of Benefit Distribution in Authorized Operation of Public Data—A Fiscal Law Analysis Based on a City's Authorized Operation Cases

Li Xiangzhou¹, Li Zhinan², Chen Yiqing¹, Zhang Yujie³, Cui Xianbo⁵, Xu Heping⁴, Wen Xiuyan⁶

1. Jiangsu Cross-border Data Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210018

2. Beijing Academy of Science and Technology, Beijing 100089

3. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210023

4. Zhejiang Zehou Law Firm, Hangzhou, Zhejiang 310000

5. Nanjing Trusted Datacom Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 211800

6. Nanjing Shuzhi Yida Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210001

Abstract : Authorized operation of public data is an important institutional arrangement to promote the market-oriented allocation of data factors and release the value of public data. The benefit distribution mechanism is directly related to the sustainability of authorized operation and the realization of public interests. By combining normative analysis and case study, this paper takes a city's public data authorized operation project as an example, and analyzes benefit confirmation, fiscal collection, distribution realization and supervision and restraint. On this basis, this paper proposes that the benefit distribution of public data authorized operation should shift from "ratio game" to an institutional path of "benefit collection - budget return - performance-based distribution". Through progressive incentives, multi-stakeholder coordination and whole-process supervision, a benefit distribution mechanism that balances compliance, incentive, fairness and public welfare should be constructed.

Keywords : public data; authorized operation; benefit distribution; institutional adjustment

引言

随着数字中国建设和数据要素市场化配置改革的持续推进, 公共数据正从传统意义上的政务信息资源, 逐步转化为兼具公共治理价值与要素配置价值的重要基础性资源。2022年, 中共中央、国务院印发《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》, 首次从国家层面系统部署数据产权、流通交易、收益分配和安全治理等基础制度^[1]。2024年, 中共中央办公厅、国务院办公厅又印发《关于

加快公共数据资源开发利用的意见》，进一步提出探索依规授权运营、建立健全收益分配机制、兼顾效率与公平等要求^[2]。随后，财政部《关于加强数据资产管理的指导意见》以及国家发展改革委、国家数据局印发的《公共数据资源授权运营实施规范（试行）》相继出台，标志着公共数据授权运营已经从地方试点探索逐步进入制度规则加快成型的新阶段^{[3][4]}。

一、案例事实、交易结构及其制度意义

本文所讨论的案例发生于某市公共数据授权运营试点实践中。为便于聚焦制度分析，本文对具体地区、单位和商业信息作匿名化处理。该项目由某市市场监管部门作为授权方，向某国有数据运营企业提供特定范围内的公共数据资源支持；运营企业在此基础上负责数据产品研发、技术整合、产品包装、渠道推广以及交易撮合等工作。根据双方约定，项目初期的数据产品开发费用、经纪费用以及市场拓展成本均由运营方自行承担，授权方原则上不承担前期投入。待数据产品完成交易并形成收入后，双方再按照预先约定的比例进行收益分配，且该比例明显向运营方倾斜。

从交易结构看，该模式具有三个鲜明特征。其一，运营机构承担了几乎全部前期研发与市场不确定性风险，因此高比例收益分享具有一定风险补偿逻辑。其二，收益实现依赖于数据产品成功交易，而非单纯的数据提供行为，因此表面上带有较强的“市场化合作”色彩。其三，交易收入按协议直接在双方之间进行划转，未再经过统一财政归集与预算安排程序。这种结构在地方试点中并非孤例，其吸引力正在于能够用相对直接的收益激励撬动企业投入与创新积极性。

但也正因为如此，该案例成为观察公共数据授权运营收益分配制度张力的典型切口。一方面，它清楚地展示了市场激励的现实需要：如果完全否认企业在场景开发、技术研发和市场拓展中的成本与风险，授权运营机制就可能沦为缺乏商业可持续性的行政推动项目。另一方面，它又暴露出当前地方试点中最常见的问题：当公共数据收益以“协议分成”的方式被处理时，公共数据的公共属性、授权单位的财政法地位以及多部门协同供数的制度需求，都有可能被简化为一种双边合同安排，从而导致公共资源收益管理与市场化激励机制之间的结构性错位。

因此，该案例的研究价值不在于判断某一具体分成比例是否绝对合理，而在于揭示一个更为基础的制度问题：公共数据授权运营中的收益，到底能否被简单理解为商业利润并直接分账，抑或必须在财政法意义上先完成收益归集，再通过预算或绩效机制实现激励。围绕这一问题展开分析，有助于将地方实践中的经验和争议提升为具有普遍解释力的制度命题。

二、案例中的制度张力及其成因

（一）收益法律性质与直接分成逻辑之间的张力

从表面上看，案例中的收益源于运营机构开发的数据产品成功交易，因而似乎可以被理解为合作双方围绕一项市场化产品形

成的合同收益；但若进一步追问交易成立的前提，就会发现该收益并不具有纯粹的私法属性。运营机构之所以能够开发相应产品，根本原因在于其获得了来自授权单位的公共数据资源支持，而授权单位之所以能够提供相关资源，又是基于其公共管理职责所形成或掌握的数据。因此，对于授权单位而言，其基于公共数据而取得的对应收益，不能简单等同于一般企业之间的商业利润，而更接近于行政事业单位利用公共资源形成的有偿使用收益^{[5][7]}。一旦承认这一点，收益分配的首要问题就不再是“分多少”，而是“该收益应否以及如何纳入财政管理”。

（二）市场激励需求与财政法约束之间的张力

必须承认，案例中的高比例分成并非毫无依据。运营机构在项目中承担前期开发费用、场景构建成本、交易撮合成本以及交易失败风险，高收益分享在一定程度上体现了对风险承担与专业能力投入的市场补偿。如果完全采用“收益全额上缴财政、企业仅获固定服务费”的方式，确实可能削弱创新主体的参与意愿，进而降低公共数据授权运营的市场效率^{[5][8]}。但问题在于，激励必要性并不能当然推出“可直接分账”的制度正当性。财政部在数据资产管理政策中已经明确提出，行政事业单位利用数据资产取得的收入应按照有关规定纳入预算管理，坚持“收支两条线”原则。这说明，财政法并不排斥激励，但要求激励必须在规范的归集—支出路径中实现。案例中收益直接划转的做法，恰恰跳过了这一关键环节^[6]。

（三）双边分配结构与多主体权益协调之间的张力

门理想等指出，公共数据授权运营收益分配的现实困境之一，在于收益主体与责任主体之间经常出现错位^[9]。在实践中，许多数据产品并非单一部门数据即可形成，而是由多个部门、多个层级乃至公共数据与社会数据融合后共同生成。若收益仅在授权单位与运营机构之间进行双边分配，其他数源单位的投入与协同价值就难以被体现，久而久之可能削弱跨部门供数积极性，影响数据汇聚和后续场景拓展。与此同时，公共数据开发利用涉及广泛社会利益，特别是在与个人信息、企业信息、公共服务场景相联系的领域，收益分配安排若完全封闭于政府部门与运营企业之间，也容易造成公共利益表达不足和社会监督失灵^[10]。

三、公共数据授权运营收益分配的制度调适路径

（一）以“收益归集—预算返还”替代“账户直分”

针对直接分成模式的核心缺陷，首先应完成收益流转路径的合规化改造。对于授权单位对应收益，应依法依规纳入财政归集体系，按照行政事业单位收入和国有资产收益管理的要求统一管理；对于运营机构的收益补偿，则可通过预算安排、政府购买服

务、专项扶持资金、绩效奖励等方式实现^[9]。这一方案的关键，不在于否定企业获益，而在于将获益从“账户直接划拨”转变为“财政规则内实现”。只有先完成收益归集，后续激励机制才具备制度正当性与可持续性。

（二）建立分层累进的收益分配机制

收益分配机制不宜简单采取固定比例，而应结合项目成熟度、市场风险、开发难度和收益规模实行分层设计。在项目初期，可适度提高对运营机构的激励强度，以弥补其研发与市场拓展成本；在项目进入稳定收益阶段后，则应逐步提高公共收益留存比例，以确保公共数据开发成果更充分地反哺财政和公共服务^[9]。就制度形式而言，可根据基准收益线、超额收益线和风险贡献度设置累进分配规则，将“投入—绩效—收益”之间建立更为清晰的对应关系^[12]。如此既有利于维持企业创新动力，也能避免长期高比例向单一运营主体倾斜所带来的公益性流失。

（三）构建多主体参与的收益协调机制

公共数据产品往往以跨部门、跨层级、跨领域数据融合为基础，因此收益分配制度也应突破“授权单位—运营机构”双边框架，转向多主体协调机制。对于涉及多个数源单位的数据产品，应在授权运营前就明确数据贡献识别、收益分享原则和利益协调程序，通过数据清单、责任清单和收益清单的联动，实现收益分配的前置化设计^[13]。必要时，可由公共数据主管部门或财政部门建立统筹协调机制，对相关收益进行统一核算和再分配。对于涉及个人信息保护、企业敏感数据利用或社会公共服务场景的数据产品，还应通过规则设计强化权利保护、用途约束和信息披露要求，防止收益分配安排侵蚀公共利益和个体权益^[14]。

（四）完善绩效评价、信息公开与监督审计机制

收益分配制度能否长期稳定运行，最终取决于是否形成可核

验、可评价、可监督的治理闭环。首先，应建立以数据安全、产品质量、应用效果、财政贡献和社会效益为核心的绩效评价体系，将其作为预算返还和激励分配的重要依据^[11]。其次，应提升收益实现与使用过程的公开透明程度，至少应在不涉及商业秘密和安全敏感信息的前提下，公开公共数据授权运营的授权范围、项目类型、收益规模及资金用途，增强社会可监督性。最后，应将授权运营收益管理纳入财政、审计和数据主管部门的协同监管范围，构建覆盖授权、开发、交易、结算和分配全流程的监督机制^[15]。只有如此，公共数据授权运营收益分配才能真正实现从“项目安排”向“制度安排”的转变。

四、结论

公共数据授权运营收益分配问题，表面上是运营方与授权方之间的比例协调，实质上是公共资源收益如何在财政法约束、数据治理要求与市场激励目标之间实现制度兼容的问题。本文基于某市案例的分析表明，当前直接分成模式引发争议的关键，不在于运营机构分成高低，而在于其将本应纳入财政管理和公共利益评价的收益，提前处理为合同性利润分配结果，从而压缩了公共数据的公共属性、多部门协同供数需求以及收益反哺社会的制度空间。因此，公共数据授权运营收益分配制度的完善，不应停留于比例优化，而应进一步转向路径重构。较为可行的制度方向，是确立“收益归集—预算返还—绩效分配”的基本思路，以财政归集保障合规性，以绩效返还维持激励性，以多主体协调增强公平性，以信息公开和审计监督强化公益性。

参考文献

[1] 中共中央，国务院．关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见 [Z].2022-12-19.
[2] 中共中央办公厅，国务院办公厅．关于加快公共数据资源开发利用的意见 [Z].2024-10-09.
[3] 财政部．关于印发《关于加强数据资产管理的指导意见》的通知（财资〔2023〕141号） [Z].2024-01-11.
[4] 国家发展改革委，国家数据局．关于印发《公共数据资源授权运营实施规范（试行）》的通知（发改数据规〔2025〕27号） [Z].2025-01-20.
[5] 门理想，张瑶瑶，张会平，等．公共数据授权运营的收益分配体系研究 [J].电子政务，2023(11):14-27.
[6] 沈斌．公共数据授权运营的功能定位、法律属性与制度展开 [J].电子政务，2023(11):42-53.
[7] 高圣平，孙玉维．公共数据授权运营的法律属性与责任承担 [J].江苏社会科学，2024(4):130-140.
[8] 叶宜含．公共数据授权运营赋能新质生产力的逻辑展开与法治进路 [J].北京理工大学学报（社会科学版），2024，26(6):28-40.
[9] 杨舒涵．公共数据授权运营中的垄断风险与制度纾困 [J].山东科技大学学报（社会科学版），2025，27(5):45-53.
[10] 王锡铎，黄智杰．公平利用权：公共数据开放制度建构的权利基础 [J].华东政法大学学报，2022，25(2):59-72.
[11] 曾光辉，蔡荪萍．公共数据授权运营的模式、困难及发展建议 [J].厦门特区党校学报，2025，(04):47-57.
[12] 孙静，王建冬．权利流转视角下公共数据授权运营收益分配机制完善研究 [J].电子政务，2025，(12):11-19.
[13] 张素华，刘寅．公共数据授权运营收益分配的实践困境及制度构建 [J].行政管理改革，2025，(05):35-45.
[14] 黄燕飞，万寿琼．优化公共数据授权运营和机制的思考 [J].预算管理，2025，(02):68-72.
[15] 孙清白．公共数据授权运营营利性性与公益性的冲突及其制度协调 [J].行政法学研究，2024，(03):140-153.

数字化背景下档案管理信息化研究

张丽娟

吉林省德惠市军队离退休干部服务站, 吉林 德惠 130300

DOI: 10.61369/TACS.2026050023

摘 要 : 在数字技术飞速迭代、信息时代全面来临的当下, 档案管理工作作为记录历史、传承文明、服务发展的重要工作, 正面临着前所未有的变革与机遇。数字化浪潮打破了传统档案管理的固有模式, 推动档案管理从“实体保管”向“信息服务”转型, 而信息化建设则成为实现这一转型的核心路径。基于此, 本文立足数字化发展背景, 系统分析当前档案管理中存在的问题, 深入探讨档案管理信息化的应用意义, 提出针对性的应用对策, 旨在为推动档案管理信息化高质量发展、提升档案管理效能、充分发挥档案资源的价值提供理论参考与实践借鉴。

关 键 词 : 数字化; 档案管理; 信息化; 档案资源

Research on Informatization of Archives Management Under the Digital Background

Zhang Lijuan

Demobilized Cadre Service Station of Dehui City, Jilin Province, Dehui, Jilin 130300

Abstract : With the rapid iteration of digital technology and the full arrival of the information age, archives management, as an important task of recording history, inheriting civilization and serving social development, is facing unprecedented changes and opportunities. The digital wave has broken the inherent mode of traditional archives management, promoting the transformation of archives management from "physical preservation" to "information service", and informatization construction has become the core path to achieve this transformation. Based on the background of digital development, this paper systematically analyzes the existing problems in current archives management, deeply discusses the application significance of archives management informatization, and puts forward targeted countermeasures. It aims to provide theoretical and practical references for promoting the high-quality development of archives management informatization, improving archives management efficiency, and giving full play to the value of archives resources.

Keywords : digitization; archives management; informatization; archives resources

引言

随着大数据、云计算、人工智能、区块链等数字技术的快速发展, 人类社会已全面进入数字化时代, 各类信息的产生、传输、存储与利用方式发生根本性变革, 档案管理工作也随之迎来新的发展契机与挑战。档案管理信息化是指将数字技术应用于档案管理全过程, 实现档案收集、整理、保管、检索、利用等环节的数字化、网络化、智能化, 构建“数字档案”管理体系的过程^[1]。在数字化背景下, 推动档案管理信息化建设, 既是档案管理工作自身发展的内在需求, 也是服务国家治理体系和治理能力现代化、促进经济社会高质量发展的重要举措。因此, 深入研究数字化背景下档案管理信息化工作, 具有重要意义。

一、当前档案管理中存在的问题

(一) 信息化意识不足

当前, 部分单位和档案管理人员对数字化背景下档案管理信息化的重要性认识不足, 管理理念仍停留在传统模式, 缺乏主动转型的意识和动力。部分管理者将档案管理简单等同于“保管档案”, 忽视档案资源的开发利用和信息化建设, 投入不足且缺乏

长远规划, 导致档案管理工作长期处于被动状态, 无法适应数字化时代的多样化服务需求。部分档案管理人员思想保守, 习惯于人工操作模式, 对数字技术接受度不高, 缺乏主动学习和应用的积极性, 甚至对档案信息化建设存在抵触情绪。

(二) 技术应用薄弱

技术应用水平不高、基础设施不完善, 是制约档案管理信息化发展的重要瓶颈。部分单位尤其是基层单位, 档案信息化基础

设施投入不足，缺乏专业的服务器、存储设备、扫描设备等硬件设施，导致档案数字化转换、电子档案存储等工作无法顺利开展。另一方面，档案管理软件系统建设滞后，缺乏针对性和实用性。部分软件功能单一，仅能实现简单的档案录入、检索，无法满足全流程管理需求；部分软件兼容性差，无法与单位其他业务系统对接，形成“信息孤岛”；部分软件缺乏智能化功能，仍需大量人工操作，未能真正提升管理效率。

（三）专业人才匮乏

档案管理信息化建设需要既掌握档案管理专业知识，又熟悉数字技术的复合型人才，而当前我国档案管理人才队伍建设滞后，专业人才匮乏，已成为关键制约因素。档案管理人员结构不合理，年龄老化现象突出，老员工虽有丰富的传统档案管理经验，但缺乏数字技术知识，难以适应信息化工作需求；年轻员工虽熟悉数字技术，但缺乏档案管理专业知识，无法有效开展信息化管理工作。同时，人才培养机制不完善，缺乏系统的培训体系，部分单位的培训流于形式，内容缺乏针对性和实用性，无法有效提升管理人员的专业技能。档案管理岗位吸引力不足，薪酬待遇偏低，难以吸引高素质复合型人才加入，人才流失严重。

二、数字化背景下档案管理信息化的应用意义

（一）有利于提升档案管理效率

档案管理信息化最直接的意义在于打破传统档案管理的烦琐流程，大幅提升管理效率，降低管理成本。传统档案工作主要为人工操作，在每一个环节中都需要投入大量的人力物力财力时间，工作效率不高，容易出错。利用信息技术手段实现智能化和自动化的档案管理方式，则能有效减少人力资源的投入，并提高效率。例如：借助于档案管理软件，办事人员可以快捷地录入、归档以及检索文件，并在数秒内便可查询到想要的内容，较之人工检索可快上百倍；另外，由于电子化文档无需耗费大量的空间进行存储，也无需专门的档案室来进行保管，从而大大降低了设备及人工成本。此外，档案信息的数字化可以实现在线阅读及归还，减少不必要的程序，提升服务水平，并能够对资料进行网络统计，在线生成的报表表格便于管理人员作出正确的决策^[2]。

（二）有利于促进档案资源共享

数字化背景下，档案管理信息化打破了传统档案管理的时空限制，实现档案资源的跨地域、跨部门共享，有效提升利用价值。传统的文件储存方法为实物形式，在使用过程中受地域以及时间限制，因而其适用范围较小，难以发挥应有的作用。当将文件进行转化形成电子版文件之后，则可以借助网络实现共享功能，这样任何人都能够从手机终端中获取或者下载该文件，进一步拓宽其使用范围。另外，数字化的形式还能帮助我们对档案资料进行分类整合，避免出现“信息孤岛”，实现信息互通互联。政府部门可以通过该平台将不同部门间的档案资源整合在一起，供本单位工作人员查阅，提升工作效率；还可以利用信息公开的服务网站向公众提供非涉密档案以满足社会各阶层的不同需求，最大限度地实现档案社会效益^[3]。

（三）有利于强化档案安全保管

档案安全保管是档案管理的核心任务，档案管理信息化能够有效强化安全保管，保障档案的完整性和安全性。传统纸质档案易受自然因素和人为因素影响，出现损毁、丢失、篡改等问题，且一旦损毁难以恢复。而电子档案通过数字化存储，采用多重备份、加密等技术，可有效防范各类破坏，保障档案安全^[4]。同时，档案信息化可实现档案存储环境的智能监控，实时监测温湿度、消防等状态，及时处理安全隐患，保障档案长期安全保管，电子档案在线移交也可避免传统移交中的损毁、丢失问题。

三、数字化背景下档案管理信息化的应用对策

（一）更新管理理念，强化信息化意识

推动档案管理信息化建设，首先要更新管理理念，强化信息化意识，树立“以信息化带动档案管理现代化”的理念。第一，强化领导认识，在充分认识到文件处理工作实现信息化的重要性基础上，将文件信息化建设纳入单位整体发展之中，加大文件信息化建设投入，制定切实可行的长远和近期规划，明确文件信息化工作的职能分工和工作程序，确保文件信息的正常运转^[5]。同时，明确文件数字化与文件信息化之间的关系，认识到文件信息化是一个综合系统，并涵盖了所有文件管理流程，避免出现“重数字化轻信息技术”的误区；同时将文件信息化纳入政府部门的电子政务及信息技术总体计划中，可以与其他部门的文件信息化建立协同合作关系，实现各部门的数据连接性以及资源共享应用^[6]。第二，对文书保管人员加强宣传教育工作，增强其数字意识，促使文书保管人员主动转变思维模式，走出传统管理模式的误区，树立“为人民服务”的文本书面管理理念，学习并应用数码技术，从而促进自身业务水平的发展。可以采取开设专门的培训课程、讲座或者研讨会的形式，对档案管理人员进行电子化管理知识和技能方面的培训，使其充分认识电子化管理的重要意义以及优势，增强其开展电子化管理工作的积极性和主动性；同时还要营造重视电子化管理的良好氛围，鼓励档案管理人员勇于创新，积极探索电子化管理的方法和路径^[7]。

（二）完善基础设施，提升技术应用水平

完善的基础设施和先进的技术应用，是档案管理信息化建设的基础。第一，应加大档案信息化基础设施投入力度，并配备相应的硬件设施，如服务器、存储设备、扫描设备、网络环境、温湿度控制设备、消防设备以及安全设施等来确保档案数字化加工、电子文档管理、网上数据传输得以顺利进行。例如，需要高性能的服务器以及大容量的海量级硬盘用于保存电子文件；需要高品质高效率的扫描仪用于加快档案信息化建设进程及提高质量；需要稳定、安全的网络平台，便于档案信息共享交流。此外，还应当遵守《政府部门档案管理办法》，建设达标档案库房和数字加工间，配备安防设施，如智能门禁验证、红外报警器、监控摄像头等以保障档案的安全保管及信息保密^[8]。第二，加强档案管理软件建设，提升技术水平和应用水平。根据单位实际需求开发或引进全方位、兼容性强、智能化程度高的档案管理软件

系统实现从收集整理、保管、查阅、利用、统计、移交等各个环节的信息化管理。同时也要对软件系统进行升级维护,及时填补安全漏洞,改进功能,维持正常运行;还要加强档案管理系统与其他业务系统的对接工作,打破“孤岛”,实现档案信息与其他业务信息互联互通。要严格按照行业标准进行档案数字化工作,确保在护理过程中收集到了全部元数据信息,并且保证了数字文件不会发生改变,提高电子文件的真实性以及实用性。同时,要建立档案数字化的日常化制度,循序渐进开展档案数字化的工作,然后将传统的纸质文件逐步转为电子版文件^[9]。

(三) 加强人才培育,建设复合型队伍

复合型专业人才队伍是推动档案管理信息化建设的关键,要加强人才培育,建设一支兼具档案管理专业知识和数字技术的复合型队伍。第一,应当优化员工队伍,大力引进一些具备档案工作经验的同时又掌握了数据信息技术和云存储等相关信息技术的人才来加强档案管理队伍,并对原有职工进行培训培养,建立长效机制,制定合理的培养计划,采取集中培训、实践锻炼等形式提升其业务素质及综合素养水平。第二,完善人事奖励机制,提高档案人员工资待遇,建立良好的绩效考核制度,对优秀人才进

行嘉奖,激励其工作积极性与创造性。同时加强职业规划指导,为其提供晋升机会与发展空间,提升岗位竞争力,减少人员的流动性。设置专职的档案管理人员岗位,稳定人员队伍,避免出现人员频繁调动的现象,确保了档案工作的连续性。同时也要加强保密教育工作,增强领导层的保密意识以及防范能力^[10]。

四、结语

综上所述,数字化背景下,档案管理信息化是档案管理工作发展的必然趋势,也是适应时代发展、满足社会需求的重要举措,不仅能够提升管理效率、降低管理成本,促进档案资源共享、提升利用价值,还能强化安全保管、保障档案完整,对推动档案管理现代化、服务国家治理体系和治理能力现代化具有重要意义。为推动档案管理信息化发展,相关部门应更新管理理念、强化信息化意识,完善基础设施、提升技术应用水平,加强人才培育、建设复合型队伍。在后续工作中,档案部门人员应不断探索新方法、新路径,充分发挥档案资源价值,推动档案管理信息化建设持续健康发展。

参考文献

- [1] 周嘉亮. 信息化背景下办公室档案管理的数字化转型路径[J]. 办公自动化, 2025, 30(08): 60-62.
- [2] 宋月涵. 信息化背景下企业档案管理数字化建设路径研究[J]. 信息记录材料, 2025, 26(02): 159-161. DOI: 10.16009/j.cnki.cn13-1295/tq.2025.02.017.
- [3] 王立群. 数字化背景下科研档案管理信息化建设路径[J]. 中国市场, 2024, (29): 107-110. DOI: 10.13939/j.cnki.zgsc.2024.29.027.
- [4] 何丽霞. 数字化背景下疏勒河中心档案管理信息化系统构建研究[J]. 办公室业务, 2024, (15): 12-14.
- [5] 杜樱俏, 李真. 数字化背景下基层人事档案管理信息化建设现状及解决措施[J]. 兰台内外, 2024, (16): 28-30.
- [6] 姚芳. 数字化背景下高校科研档案管理信息化建设[J]. 安徽警官职业学院学报, 2023, 22(02): 112-115.
- [7] 蔡婷婷. 基于数字化背景下地质档案信息化建设研究[J]. 黑龙江档案, 2023, (01): 32-34.
- [8] 魏文君. 信息化背景下技工院校档案管理数字化转型研究[J]. 兰台内外, 2022, (36): 52-53+45.
- [9] 季朝辉. 数字化背景下档案的信息化管理研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(09): 198-200.
- [10] 叶金霞. 加强数字化建设提升档案管理信息化水平[J]. 今日财富, 2021, (24): 49-51.

建筑企业工程管理与施工质量控制的有效措施探讨

尹玉玉¹, 陈广超²

1. 山东源信建设工程有限公司, 山东 济南 250014

2. 山东龙奥建筑安装工程有限公司, 山东 济南 266102

DOI: 10.61369/TACS.2026050025

摘 要 : 随着社会的不断发展, 建筑行业也走上了发展快车道。对于广大建筑企业而言, 工程管理水平与施工质量如何, 不但影响着其社会口碑与市场竞争力, 而且也是保障建筑工程安全的重要前提。结合建筑工程施工实际, 从工程管理体系、施工质量管控、人员管理、技术应用等方面, 探讨建筑企业工程管理与施工质量控制的有效措施, 以期能够为广大建筑企业提升管理效能、保障施工质量提供一些借鉴参考。

关 键 词 : 建筑企业; 工程管理; 施工质量控制; 有效措施

Discussion on Effective Measures for Engineering Management and Construction Quality Control in Construction Enterprises

Yin Yuyu¹, Chen Guangchao²

1. Shandong Yuanxin Construction Engineering Co., Ltd., Jinan, Shandong 250014

2. Shandong Longao Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Jinan, Shandong 266102

Abstract : With the continuous social development, the construction industry has entered a fast track of development. For most construction enterprises, the level of engineering management and construction quality not only affects their social reputation and market competitiveness, but also serves as an important prerequisite for ensuring the safety of construction projects. Combined with the reality of construction project implementation, this paper discusses effective measures for engineering management and construction quality control in construction enterprises from aspects such as the engineering management system, construction quality control, personnel management, and technology application. It aims to provide references for construction enterprises to improve management efficiency and ensure construction quality.

Keywords : construction enterprises; engineering management; construction quality control; effective measures

建筑行业作为国民经济的支柱产业, 其工程管理与施工质量如何, 直接影响着人民群众生命财产安全, 关系着社会公共利益。工程管理是贯穿建筑工程全流程的系统性工作, 涵盖施工准备、施工实施、竣工验收等各个环节, 而施工质量控制则是工程管理的核心目标之一^[1]。当前, 随着建筑行业的不断发展, 广大建筑企业也在不断强化工程管理与质量控制。但部分企业在工程管理与质量控制中也存在流程不规范、责任不明确等问题, 直接影响着建筑工程质量。对此, 深入探讨建筑企业工程管理与施工质量控制的有效措施, 无论是对提升建筑企业核心竞争力, 还是推动建筑行业高质量发展, 都具有重要现实意义。

一、完善工程管理体系, 明确管理责任分工

完善的工程管理体系是保障工程管理有序开展、提升管理效能的基础, 也是落实施工质量控制的重要前提。在新时期, 建筑企业应当基于自身的发展实际情况以及建筑工程的施工特点, 加快构建完善的工程管理体系, 明确各个部门以及岗位的具体职责, 以此来有效提高工程管理的标准性与规范性^[2]。首先, 应当从工程进度管理、施工组织设计、成本管理、质量管理以及安全管理等角度出发, 加快构建完善的工程管理制度, 对各个环节的工作细则和责任主体加以明确, 以此来保证工程管理有章可循、

有规可依。例如, 在施工组织设计过程中, 应当基于工程施工的环境条件、规模程度等因素, 科学制定相应的施工细则, 明确施工方案、流程、工艺以及质量控制要点, 以此来保证施工活动的科学推进, 避免随意施工、盲目施工等问题。其次, 要引入岗位责任制, 对各个环节的责任分工加以明确, 以此来将质量控制责任落实到各个部门与岗位之上, 提升各个岗位人员的质量把控意识。例如, 应当明确项目经理的职责, 包括统筹施工全过程、协调各个部门等, 以此来保证建筑工程施工能够稳步、安全和高质量推进; 明确技术负责人的职责, 包括负责施工技术指导和质量管控, 及时解决施工过程中的技术难题等, 以此来有效提升建

筑工程质量；明确质量员应严格按照质量标准对施工工序进行检验，杜绝不合格工序进入下一道流程^[3]。再者，要完善监督考核机制。定期对工程管理的各项工作进行监督检查，及时发现和处理问题。在此基础上，将工程管理与质量控制和相关人员的绩效挂钩，搭建相应的奖惩机制，以此来有效激发员工的积极性，调动他们的责任心，从而更好地保障工程管理质量与质量控制效果^[4]。

二、强化施工质量全过程控制，筑牢质量防线

施工质量控制是工程管理的核心，应贯穿于建筑工程施工的全过程，从施工准备阶段、施工实施阶段到竣工验收阶段，层层把控，确保工程质量符合相关标准和要求^[5]。首先，在施工准备阶段，应当对原材料、设备以及构配件进行严格的质量把关，如建立原材料进场检验制度，通过抽样检测等方式来检验原材料的质量，如果出现不合格的情况应当禁止其进场使用；对于那些进场施工设备应当进行严格的质量安全检测，保证其性能与安全性能能够满足施工需求。同时，图纸会审工作一定要科学、规范，企业可以组织相关技术人员对工程施工的图纸进行认真审核与科学分析，及时发现其中可能存在的问题并联系设计单位进行修改，以此来有效落实事前的质量安全控制。此外，还应充分做好施工人员的技术交底工作，要将施工的质量标准、具体方案以及详细工艺都交底给施工人员，使他们能够明确施工流程、施工要求，进而在后续更为规范和高效地完成施工任务。其次，在施工实施阶段，应当充分关注施工工序的质量，其作为影响建筑工程施工的核心环节，应当严格依照施工质量标准和相关方案来有序推进。对此，建筑企业应当充分做好施工工序的检查工作，重点在自检的基础上，融入互检、交接检，构建三位一体的工序质量保证体系。例如，在混凝土浇筑的过程中，为了更好地保证施工质量，应当充分控制好混凝土配合比以及搅拌时间，在浇筑完成之后，也应及时开展后续的养护工作，以此来避免出现麻面、裂缝等质量问题；在钢筋加工与安装施工中，应当对钢筋的数量、型号、规格等进行严格控制，保证其能够间距合理、连接稳固。在此基础上，也要充分做好质量巡检工作，安排专门人员对施工过程进行质量巡查，及时发现问题并第一时间进行处理，以此来有效避免施工质量与安全问题^[6]。再者，在竣工验收阶段，应当基于国家相关标准和规范进行严格地验收审核，全面把握工程的功能、质量与安全。同时，在验收过程中，不要忽视那些隐蔽工程，重点做好其检查工作。同时，也应关注建筑工程的关键部位与使用功能，如果发现问题，应当第一时间联系施工单位，责令其进行限期整改，整改完成后重新验收，直至验收合格，以此来有效保障整个建筑工程施工的质量。

三、加强人员管理，提升从业人员专业素养

人才是第一资源。从业人员专业素养如何，直接影响着建筑企业工程管理与施工质量。对此，现代建筑企业应当加强人员管理，从多角度着手提升从业人员的专业素养，强化他们的责任意识

识，为工程管理和质量控制奠定坚实的人才基础^[7]。首先，要充分做好人才的引进和选拔工作，重点引入那些具有较强专业能力和素养的人才，选拔那些具有丰富管理经验与责任意识的人员担任重要岗位职责，以此来有效提升团队的整体人才素养水平。其次，应当定期组织管理人才的培训工作，联合相关专家开展相关培训活动，引领管理人员学习先进的管理理念、管理方法，不断提升他们的管理能力和专业水平。在此基础上，尤其要做好管理人员的职业道德培训工作，增强他们的安全意识、质量意识、服务意识与责任心，确保他们能够更好地履行好自己的职责义务，科学推进工程管理与质量把控工作。再者，针对施工人员也应做好培训管理工作，不断提升他们的整体素质^[8]。例如，建筑企业可以建立相应的施工人员培训机制，对于那些新入场的施工人员进行充分的岗前安全、施工、质量标准培训，考核合格的人才才能上岗工作。又如，建筑企业要积极推进定期岗位培训工作，不断提升施工人员的技术水平、质量意识，规范他们的操作行为。最后，应当加强对施工人员的管理，规范施工人员的操作行为，杜绝违章作业、野蛮施工等现象，以此有效保证施工质量。

四、推广先进技术和设备，提升工程管理和质量控制水平

科技是第一生产力。随着科学技术的不断发展，越来越多的先进技术和设备被应用到了建筑工程中来。它们不但提升了建筑工程的施工效率，而且也有效地推动了工程质量的提升与工程成本的降低。对此，建筑企业也应积极推广和应用先进技术、先进设备，以此来不断提升工程管理和质量控制水平。首先，是先进技术的应用。建筑企业应当立足新时代背景，本着“因时而变、因时而新”的思路积极应用先进的技术工艺^[9]。例如，可以引入BIM技术、装配式建筑施工技术等等，以此来推动工程管理与质量控制水平提升，如可引入BIM技术，通过搭建数字化的建筑工程模块来实现对工程施工的全过程、可视化管理，及时发现工程施工过程中的问题并进行调整解决，推动工程管理的精细化转型；引入装配式建筑施工技术，优化现场装配、施工质量，减少以往建筑施工过程中存在的质量安全、环境保护问题。此外，还可以引入绿色施工技术，有效减少工程施工过程中的资源消耗，推动建筑工程的绿色化、可持续发展。其次，是先进设备的应用。建筑企业应当积极引入先进的技术设备以及质量检测设备，通过前者的引入来有效保证建筑施工的效率，减少可能存在的人工操作问题，有效提高施工工艺的规范性和施工质量；通过混凝土强度检测仪、钢筋保护层测定仪等一些质量检测设备的引入来强化对建筑施工过程中原材料采购、施工工序推进等环节的质量把控，及时发现和处理可能存在的质量隐患，有效提升质量控制效果。

五、加强成本与进度管理，实现质量、进度、成本协同管控

建筑工程管理中，质量、进度、成本三者相互关联、相互影

响，缺一不可。建筑企业应加强成本与进度管理，实现质量、进度、成本的协同管控，确保工程顺利推进，实现企业的经济效益和社会效益^[10]。首先，在进度管理过程中，应当明确施工进度计划，制定科学的施工方案，尤其是要结合工程的施工难度、具体规模、资源配置情况等来对各个阶段的施工目标与施工进度等加以明确，推动工程施工的有序开展。在此基础上，应当合理调配机械设备、科学安排施工人员以及施工工序，加强对施工过程中各个环节的监控并定期做好进度对比工作，以此来及时发现施工进度偏差，找到具体的影响因素，及时调整施工方案，为工程施工的有序开展提供保障。其次，在成本管理过程中，应当不断完善相关体系建设，尤其是要加强对工程成本的全过程控制，以此来有效提升工程施工规范性。例如，在工程施工的准备阶段中，企业应当充分开展成本预算工作，明确工程的实际成本以及控制目标，为后续工程质量、进度与成本协同管控奠基；在施工实施阶段，企业应当充分做好机械设备、构配件、原材料的控制工作，不断优化施工方案，减少工程施工过程中物料浪费问题，降

低人工使用成本；在竣工验收阶段则应科学推进成本核算工作，基于预算成本来分析实际成本数据，如果出现较大偏差可以及时分析其中的原因并总结相关经验，从而为后续更好地开展成本管理工作奠定基础。此外，还应充分处理好三者之间的关系，避免为了追求进度或降低成本而牺牲工程质量，确保质量、进度、成本协同发展。

总的来说，建筑企业工程管理与施工质量控制是一项系统性、长期性的工作，直接关系到建筑企业的生存和发展，也关系到建筑行业的高质量发展。当前，建筑行业市场竞争日益激烈，建筑企业要提升核心竞争力，必须不断完善工程管理体系，强化施工质量全过程控制，加强人员管理，推广先进技术和设备，实现质量、进度、成本的协同管控。只有这样，才能有效提升工程管理水平 and 施工质量，减少质量隐患，确保工程安全、稳定投入使用，推动建筑企业实现可持续发展，为建筑行业的高质量发展贡献力量。

参考文献

[1] 魏志达. 建筑企业工程管理与施工质量控制的有效措施探讨 [J]. 企业改革与管理, 2025, (21): 33-35.
[2] 包文倩. 优化建筑企业工程管理与施工质量控制的有效途径 [J]. 中小企业管理与科技, 2024, (12): 120-122.
[3] 吕少鸿. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022, (26): 40-42.
[4] 刘军. 浅析建筑工程管理中创新模式的应用 [J]. 房地产世界, 2022, (07): 134-136.
[5] 方丰荣. 建筑工程管理质量监管有效措施探析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2021, (12): 176-177.
[6] 范锐杰. 建筑工程管理中创新模式的应用及发展分析 [J]. 居舍, 2021, (27): 169-170.
[7] 杨卫奇, 林文剑. 建筑工程质量控制与验收 [M]. 重庆大学出版社: 202108: 315.
[8] 王丽霞. 工程预算管理中存在的问题及对策分析 [J]. 商讯, 2021, (20): 162-164.
[9] 华伟新. 建筑工程管理中创新模式的应用及发展分析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2021, (06): 124-125.
[10] 张悦. 工程预算管理中存在的问题及对策 [J]. 中国产经, 2021, (10): 66-68.

大数据驱动的学生学习行为分析与教学干预机制

崔毓剑

湖南汽车工程职业大学, 湖南 株洲 412001

DOI: 10.61369/TACS.2026050028

摘 要： 教育数字化背景下，大数据技术在教育领域的应用逐渐成为热点。依托大数据开展学生学习行为分析，能够精准还原学生学习状态、挖掘行为规律、掌握学习短板，为学生提供精准化、个性化教学辅导，从而提升育人效果。本文围绕全流程学习行为数据治理、特征挖掘、闭环式教学干预三大模块展开探究，整合数据中台、知识追踪模型、智能预警机制等平台与技术，构建可落地的学习行为分析与干预体系，期望为高校推进精准教学、实现个性化育人提供有益参考。

关 键 词： 大数据；学习行为分析；精准教学；教学干预；教育数字化

Big Data-Driven Analysis of Students' Learning Behavior and Teaching Intervention Mechanism

Cui Yujian

Hunan Automotive Engineering Vocational University, Zhuzhou, Hunan 412001

Abstract： Under the background of educational digitalization, the application of big data in the education field has become a growing hotspot. Carrying out students' learning behavior analysis based on big data can accurately restore students' learning status, explore behavioral rules and identify learning deficiencies, so as to provide targeted and personalized teaching tutoring and improve the overall talent cultivation effect. Centering on three core modules including full-process learning behavior data governance, feature mining and closed-loop teaching intervention, this paper integrates data middle platform, knowledge tracing model, intelligent early warning mechanism and other technologies and platforms. It constructs a practical system for learning behavior analysis and intervention, aiming to offer valuable references for universities to promote precision teaching and realize personalized education.

Keywords： big data; learning behavior analysis; precision teaching; teaching intervention; educational digitalization

引言

教育部等九部门印发的《关于加快推进教育数字化的意见》（教办〔2025〕3号）提出，推进教育数据集成和有效治理，推动实现教学全过程、发展全要素伴随式数据采集与学生精准画像，构建大数据赋能的教育教学新体系。大数据技术的普及应用，让高校能够打通多源数据壁垒，将学生抽象的学习习惯转化为可量化、可追溯、可预测的行为指标，为教学提供客观依据。高校依托这些数据，可以掌握学生学习行为特征，进而构建教学干预机制。本文系统阐述大数据驱动学习行为分析与教学干预的完整体系，为高校数字化教学改革提供有益参考。

一、大数据驱动学习行为分析的实践基础

目前国内高校已具备落地学习行为分析的完整基础。硬件层面，高校普遍部署电子班牌、智能中控、物联网感知设备，可采集线下课堂行为数据^[1]；超星、学习通、慕课堂等在线教学平台，能自动记录线上学习轨迹；一卡通、图书馆、校园网络系统可采集生活与自主学习数据，全面收集学生数据^[2]。软件层面，高校普遍搭建校级数据中台，采用“本地私有云+教育专有云”

混合存储架构，满足数据安全与计算需求；Hadoop、Spark 等分布式计算框架普及，Python、ECharts 等工具降低了分析门槛，K-means 聚类、主成分分析、知识追踪等算法已广泛应用于学情分析。

二、全场景学习行为数据采集与标准化治理

高校学习行为数据分散在多个系统中，只有完成统一采集与

标准化治理,才能保证分析结果准确可靠,这是整个体系的基础环节。

（一）多维度全场景数据采集

高校应采用“线上+线下、课内+课外、学习+生活”的全场景采集模式,整合学生全周期数据。线上数据主要来自在线教学平台,通过平台埋点采集登录时长、视频观看进度、资源浏览、作业提交、讨论互动、随堂测验等数据^[3];线下数据通过电子班牌、课堂物联网设备采集考勤、答题、课堂互动、小组协作表现等数据;辅助数据整合图书馆借阅、自习室使用、校园网络访问、一卡通消费等数据。高校可采用 CDC 变更数据捕获技术,对接 Oracle、MySQL 等异构数据库数据,通过 API、物联网设备等方式接入各类数据源,实时同步传输数据,保证数据的及时性与完整性。

（二）分层分级数据治理体系

采集的原始数据存在缺失、错误、格式不统一等问题,不能直接用于分析,高校可按照分层处理的思路,一步步完成数据的标准化治理。高校可搭建四层数据处理架构,依次完成数据的缓冲、清洗、整合与聚合。第一步搭建数据缓冲层,可用 ETL 工具将抽取的原始数据临时存储,避免数据丢失;第二步构建基础数据层,对原始数据做清洗处理,剔除无效数据,对缺失记录采用均值插补等方式补充,统一数据格式^[4];第三步搭建通用数据层,按照学习行为、互动行为、资源使用等主题,将清洗后的数据整合成规整的宽表;第四步构建聚合数据层,提炼出可直接用于分析的行为指标,为后续特征挖掘做好准备^[5]。整个治理过程遵循“一数一源、谁生产谁负责”原则,明确各部门数据责任,由数据产生部门负责数据准确性,实现数据全生命周期管理。

三、融合个性化与情境的学习行为特征深度挖掘

挖掘学生学习行为特征,要贴合学生的个性化差异与真实学习场景,根据科学的步骤梳理规律、提炼特点。高校可从个性化特征提取、情境影响分析、算法建模画像三个环节,逐步完成学习行为特征的深度挖掘。

（一）个性化学习行为核心特征

学生的学习习惯存在明显个体差异,高校可以从数据中提取三类核心特征,精准刻画学生的学习行为特点。

高校可先提取学习节律特征,统计学习时段、单次时长与频率,区分集中学习、碎片化学习、间歇性学习等不同节律类型^[6];再提炼资源偏好特征,记录学生对文本、视频、动画、习题等不同学习资源的使用频次、浏览时长、收藏情况,明确学生的资源使用倾向;最后总结互动模式特征,统计学生在课堂、讨论区的发言、提问、回应次数,划分主动互动、被动响应、低参与等不同互动类型^[7]。

（二）学习情境对行为的影响

要读懂学生的学习行为,需要厘清不同学习场景对行为的作用关系。高校可以从三类核心学习情境入手,开展行为与情境的关联分析。

一是聚焦个体自主学习情境,统计学生在无外部约束的条件下,梳理个人兴趣、注意力度及学习行为的影响。二是研究任务驱动学习情境,记录作业、测验、课堂任务等明确要求下,学生的行为变化与投入状态;三是分析社交协作学习情境,跟踪小组讨论、班级互动、同伴互助场景中,学生的参与行为与沟通表现^[8]。

（三）基于算法的群体画像构建

在提取学生特征的基础上,高校可运用机器学习算法,对学生行为进行归类建模,形成可用于教学指导的群体画像。

可以先用主成分分析法(PCA)处理多维度行为指标,筛选冗余信息,把签到、作业、互动、测验等原始指标简化为核心关键指标,降低分析难度;再用 K-means 聚类算法,按照行为特征的相似程度对学生分组,划分出行为特点清晰的学生群体;最后用 Apriori 关联规则算法,挖掘学习行为和学业成绩、课程学习之间的潜在联系,找到影响学习效果的关键行为。使用算法时要结合本校教学实际调整参数,让分组结果和关联规律符合真实学情。

四、闭环式精准教学干预机制的构建

（一）实时动态学习行为监测与学情诊断

进行教学干预前,需持续追踪学生的学习行为,再基于数据判断学生的学习问题。高校可以借助智慧教学平台,全过程记录学生的线上线下学习行为,把学习时长、作业完成、课堂互动、测验答题等数据统一汇总^[9]。再用深度学习知识追踪模型,持续评估学生对知识点的掌握情况,结合各项行为数据,梳理出学生在学习中存在的具体问题。

这类问题主要分为三类:一是投入不足,表现为学习时长不够、任务完成率低;二是认知障碍,表现为知识点错题率高、理解困难;三是习惯偏差,表现为学习时间混乱、拖延作业、缺乏互动^[10]。完成问题判断后,平台可以自动生成学情诊断报告,以可视化图表呈现班级与个体的学习状态,教师可以清楚地掌握教学情况。对于有学业风险学生,系统提前触发预警,推送至授课教师与辅导员,提前开展干预工作。

（二）实时分层分类靶向干预

高校针对不同类型学生,应制定差异化干预方案。对于学习投入度高、自主学习能力强的学生,可以增加探究性任务、学科竞赛资源,鼓励这类学生参与班级学习互助工作,发挥示范带动作用^[11];对于任务驱动型学生,可以优化课程趣味性,增加互动环节,引导学生主动参与学习;对于习惯碎片化学习的学生,推送短时长微课、知识点小结,适配这类学生的学习节奏;对于低投入型学生,安排一对一帮扶,降低基础任务难度,推送基础辅导资源,定期跟踪进度,逐步提升学习参与度^[12]。

干预措施要落实到课中与课后环节。课中教师可以根据诊断数据调整教学节奏与内容。课后,可以利用知识图谱定位学生学习的薄弱点,定向推送微课、变式习题^[13]。针对作业拖延问题,可以按照学生的历史提交习惯,分时段发送提醒,常规学生截止

前1小时提醒,有拖延记录的学生提前一天多轮提醒,逾期未交的学生可以通过辅导资源和延期申请通道,帮助其完成作业。针对专注度下降问题,可以通过平台发送温和的提醒,同时让教师及时关注并引导学生回归学习状态。

（三）干预效果的反馈优化流程

实时干预后,要持续追踪学生的行为变化和学习效果数据,形成完整的反馈流程。通过平台自动记录干预后的学习数据,对比干预前后的学习表现,可以判断干预措施是否有效^[14]。教师可以根据反馈结果,调整干预策略与教学方案;学校根据整体干预数据,优化课程安排、学习资源供给和教学管理方式,持续改进教学工作^[15]。同时高校可以将干预效果纳入教学评价,推动教师

主动运用数据优化教学,让精准干预成为常态化教学行为。

五、结语

教育数字化的全面推进,让大数据深度融入高校教育教学的全过程。依托规范的数据采集治理流程、贴合实际学习场景的行为分析方法,以及连贯可落地的教学干预体系,高校能够将零散的学习数据转化为优化教学的实际动力。未来,随着智能技术与教育教学的持续融合,大数据驱动的教学模式将不断完善,进一步提升高校教学的精准度与实效性,实现高质量育人。

参考文献

[1] 李栋, 闫晓雨. 基于大数据 + 大模型的高校精准教学模式研究 [J]. 陕西教育 (高教), 2025, (07): 28-30. DOI: 10.16773/j.cnki.1002-2058.2025.07.007.

[2] 江婕, 于文婷, 王海燕. 基于多模态数据的智慧课堂学生学习行为研究 [J]. 中国教育信息化, 2024, 30(04): 107-117.

[3] 张婧. 浅谈大数据背景下高校教学管理工作的创新 [J]. 长春师范大学学报, 2023, 42(11): 161-164.

[4] 李凯, 杨彩霖. 基于大数据的开放教育学生画像构建研究——以西安开放大学为例 [J]. 河北开放大学学报, 2023, 28(03): 29-33. DOI: 10.13559/j.cnki.hbgd.2023.03.017.

[5] 吴传荣, 刘雅杰, 黎建新, 等. 基于大数据的学生个性化学习行为与精准教学策略研究 [J]. 科教导刊, 2023, (17): 149-152. DOI: 10.16400/j.cnki.kjdk.2023.17.046.

[6] 郎波, 樊一娜. 基于真实校园场景的学习行为标准化管理研究 [J]. 中国标准化, 2023, (04): 163-165.

[7] 刘楚菲, 刘宇辰. 基于大数据的学生网络学习行为自动监控系统设计 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2022, 34(23): 250-252.

[8] 宋卓卿. 面向在线课程的学生学习行为建模研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2022. DOI: 10.27049/d.cnki.ggldc.2022.000537.

[9] 孙金晓. 基于教育大数据的学生学习行为分析与预测 [J]. 电子技术与软件工程, 2022, (03): 247-250. DOI: 10.20109/j.cnki.ietse.2022.03.059.

[10] 韩树河, 陈镇江, 牛旭航. 基于机器学习和大数据技术的高校学生在线学习行为探讨 [J]. 无线互联科技, 2022, 19(01): 114-116.

[11] 王俊松, 边荟崧, 周晓峰. 基于大数据的高校学生在线学习行为建模研究 [J]. 信息化研究, 2021, 47(06): 11-17+29.

[12] 许兴权, 颜杰森. 基于学生行为的大数据分析 [J]. 互联网周刊, 2021, (22): 62-64.

[13] 钟亚妹. 线上教学学生行为与成效的大数据分析研究 [J]. 无线互联科技, 2021, 18(15): 126-127.

[14] 李春艳. 教育大数据背景下学生网络学习行为机制研究 [J]. 电脑知识与技术, 2021, 17(20): 41-42. DOI: 10.14004/j.cnki.ckt.2021.1961.

[15] 周金容, 杨华, 胡振, 等. 基于教育大数据的学生学习行为预测分析平台的构建与实现 [J]. 中国多媒体与网络教学学报 (中旬刊), 2020, (11): 47-49+52.

我国制造业新型技术改造的现实困境与破局路径研究

唐蕾，王伟强^{*}，戴思宇

中国工业互联网研究院（工业和信息化部密码应用研究中心），北京 100015

DOI: 10.61369/TACS.2026050040

摘 要： 大力推进制造业新型技术改造，是加速传统产业转型升级、实现制造业高端化智能化绿色化发展，以及培育壮大新质生产力的关键举措。为全面挖掘我国制造业新型技术改造的真实成效与实施痛点，本文基于广泛的实地调研，系统梳理了各地方及企业在顶层政策设计、标杆场景探索与服务生态构建等方面的阶段性进展。研究发现，尽管政策与市场双轮驱动成效初显，但当前技术改造实践中依然面临“形改而神未变”的深层次困境，具体表现为：企业认知存在偏差导致改造实践“表层化”、软硬件有效供给断层导致解决方案“脱节化”、多主体与产业链生态协同不足导致改造价值“碎片化”。针对上述痛点，本文提出旨在推动技术改造走深走实的破局路径：一是深化政策引导，推动技术改造由单点“设备更新”向全流程“系统重构”跃升；二是强化精准供给，聚焦核心技术协同突破，打造轻量化、模块化的行业级解决方案；三是健全协同机制，打通数据壁垒，构建“产学研用金”一体化的技术改造赋能生态。本文研究旨在为新时期优化制造业技术改造政策体系、全面提升技术改造质效提供理论参考与决策支撑。

关 键 词： 制造业；新型技术改造；数字化转型；智能制造；产业协同

Research on the Realistic Dilemma and Breakthrough Path of New Technological Transformation in China's Manufacturing Industry

Tang Lei, Wang Weiqiang^{*}, Dai Siyu

China Academy of Industrial Internet (Cryptography Application Research Center of the Ministry of Industry and Information Technology), Beijing 100015

Abstract： Vigorously promoting the new technological transformation of the manufacturing industry is a key measure to accelerate the transformation and upgrading of traditional industries, realize the high-end, intelligent and green development of the manufacturing industry, and foster and expand new quality productive forces. To comprehensively explore the actual effects and implementation pain points of China's manufacturing new technological transformation, this paper systematically sorts out the phased progress of local governments and enterprises in top-level policy design, benchmark scenario exploration and service ecosystem construction based on extensive field investigations. The study finds that although the two-wheel drive of policy and market has achieved initial results, the current technological transformation still faces the deep-seated dilemma of "superficial transformation without essential change". Specifically, it is manifested as: superficial transformation practice caused by biased enterprise cognition, disconnected solutions caused by the fault in effective supply of software and hardware, and fragmented transformation value due to insufficient collaboration among multi-stakeholders and industrial chain ecology. In response to the above pain points, this paper proposes breakthrough paths to promote the in-depth and solid implementation of technological transformation: First, deepen policy guidance to promote the leap of technological transformation from single-point "equipment renewal" to full-process "system reconstruction"; Second, strengthen precise supply, focus on the collaborative breakthrough of core technologies, and develop lightweight and modular industry-level solutions; Third, improve the collaboration mechanism, break down data barriers, and build an enabling ecosystem for technological transformation integrating "industry-university-research-application-finance". This study aims to provide theoretical reference and decision support for optimizing the policy system of manufacturing technological transformation and comprehensively improving its quality and efficiency in the new era.

Keywords： manufacturing industry; new technological transformation; digital transformation; intelligent manufacturing; industrial collaboration

作者简介：

唐蕾 (1989.7—)，女，现为中国工业互联网研究院总体规划所工程师，研究方向：工业互联网、制造业数字化转型、新型技术改造，电子信息工程等；

王伟强 (1987.10—)，男，现为中国工业互联网研究院总体规划所高级工程师，研究方向：两化融合、制造业数字化转型、新型技术改造、工业互联网等；

戴思宇 (1995.12—)，女，现为中国工业互联网研究院总体规划所工程师，研究方向：工业互联网平台、制造业数字化转型、两化融合等。

引言

大力推进制造业新型技术改造，是应对新一轮科技革命和产业变革、推动传统产业转型升级的必由之路，也是提高制造业高端化、智能化、绿色化发展水平，加快培育新质生产力的重要战略举措^[1,2,3]。近年来，我国新型技术改造工作在政策引导与市场驱动下取得了显著进展，但随着改造步入深水区，部分深层次矛盾逐步显现^[4]。为全面了解各地方在推进制造业新型技术改造过程中的真实情况与典型经验。

一、现状：政策与市场双轮驱动，新型技术改造取得阶段性进展

（一）顶层设计持续强化，政策体系日益完善

各城市在推动新型技术改造过程中，着力加强顶层设计与政策引领，逐步构建起全流程、多要素支撑的工作与政策体系，确保政策落地见效^[5]。政策体系方面，针对资金、人才、土地等关键要素，各地出台了配套支持政策^[6]。例如，沈阳市通过“专项资金+清单管理”模式强化项目支持，并依托“兴沈英才计划”吸引高端人才，同时在区县层面同步出台配套政策，形成立体化保障。郑州市则创新运用市县两级应急周转资金池，借助第三方平台进行专业化运作，有效化解了制造业企业的资金周转难题。

（二）企业探索纵深推进，重点领域涌现标杆实践

企业作为创新主体，在智能制造、供应链协同、产业集群数字化等重点领域开展深度探索，形成了可资借鉴的标杆实践^[7]。在“点”上，一批领军企业正通过建设高水平的智能工厂，树立行业技术改造的示范样板。例如，武汉市相关企业依据该市“未来工厂”建设标准，积极开展自我评估与梯次建设，遵循“数字化产线—示范智能车间—标杆智能工厂—数字领航企业”的升级路径，为同类企业提供了清晰的转型范本。在“线”上，以链主企业为核心，通过技术赋能带动产业链整体升级，已成为新型技术改造趋势。在“面”上，在重点产业集群内，企业利用公共平台资源，探索“整零协同”的融合转型路径。

（三）服务生态加快构建，支撑能力显著提升

各城市积极培育和汇聚各类技术服务资源，推动形成平台赋能、专业服务与产业集聚相互促进的良好生态，公共服务供给能力显著增强^[8]。平台赋能方面，一批工业互联网平台及解决方案服务商正成为推动企业场景落地与技术应用的关键力量。例如，郑州相关服务商为企业提供了融合5G、边缘计算等技术的综合解决方案，有效支撑了其在柔性生产、远程操控、设备协同等典型场景的创新应用，显著提升了企业生产的敏捷性与协同能力。专业服务方面，面向重点行业的专业化技术服务能力正在形成，助力破解国产工业软件与核心技术的应用瓶颈。例如，武汉市积极引导和培育光电子、汽车等领域的行业解决方案服务商，针对工业控制系统、制造执行系统及行业大模型等关键环节开展协同攻关，为产业链的自主可控提供了专业化支撑。产业发展方面，通过引导新兴产业集聚发展，形成了技术、人才、资金等要素高效配置的生态圈，为技术改造提供了深厚的土壤。例如，天津滨海

新区通过系统布局人工智能、新一代信息技术、信创等新兴产业集群，并加快建设“天津智港”等新型基础设施，构建了各领域深度融合的产业生态，为区域内企业提供了强大的技术溢出效应与协同创新环境。

二、问题：“形改而神未变”现象突出，制约新型技术改造走深走实

（一）认知存在偏差，改造实践“表层化”

一是战略规划重视不够。企业普遍未制定系统性改造战略，将技术改造简单等同于设备更新，导致实践缺乏深度与可持续性。

二是内涵理解存在偏差。部分企业仍将新型技术改造简单等同于先进设备采购与软件系统上线，忽视了数据治理、流程再造和组织变革等软性投入。这种理解偏差使得改造停留在单点环节的“打补丁”式优化，未能实现研发、生产、管理全流程的系统性重构，限制了新型技术改造的整体效能释放。

三是业务融合深度不足。部分企业技术改造项目仅完成基础的设备联网与数据采集，并未深入到工艺参数优化、质量闭环控制、生产调度优化等核心业务环节。新技术应用与主营业务形成“两张皮”，如同在旧有体系上“打补丁”，未能实现对生产范式与管理模式的根本性变革，改造的边际效益快速递减。

（二）有效供给断层，改造方案“脱节化”

一是国产化技术供给能力薄弱。尽管我国已基本解决关键技术装备的“有无”问题，但国产品牌在可靠性、精度和稳定性方面与国外领先产品存在较大差距，远不能满足市场需求^[9]。

二是供需对接渠道梗阻。部分地区本地服务商数量少、专业能力参差不齐，优质数字化产品和解决方案推广渠道有限。

三是解决方案难以满足深度需求。市场上充斥的通用型、标准化解决方案，缺乏对特定行业核心痛点的深度理解和知识沉淀。

（三）生态协同不足，改造价值“碎片化”

一是链式协同创新动力不足。受产业链关联度松散、新系统改造成本高昂等因素制约，龙头企业带动效应未充分释放，上下游协同改造缺乏创新路径，导致改造价值无法从单点向全链路延伸。

二是多主体协同机制缺位。企业、服务商、高校院所、金融机构等多元主体间尚未建立起目标一致、风险共担、利益共享的

机制，各方在技术路线、接口标准、合作模式上难以协同。

三是数据壁垒阻碍全链路优化。企业间数据标准不一、安全顾虑重重，导致供应链上下游信息“各自为战”，生产、仓储、物流等环节的数据无法贯通，使得全链路的生产协同、库存优化、精准履约等系统性价值无从实现^[10]。

三、建议：聚焦“真改造、深融合、强协同”，扎实推动新型技术改造提质增效

（一）深化政策引导，推动技改从“设备更新”向“系统重构”跃升

一是优化财政资金支持方式。持续研究出台强技改、扩投资、促转型等专项政策，通过设备奖补、技改专项贴息、股权投资支持等多种形式，形成差异化扶持体系。在支持设备更新的基础上，增设针对业务流程再造、数据治理等软性投入的专项事后奖励，引导企业关注全流程的系统性重构。

二是打好要素保障“组合拳”。加强中央财政资金与“两新两重”、技术改造再贷款等政策的协同，形成支持试点工作的政策合力。支持地方将技术改造政策与大规模设备更新、中小企业数字化转型等国家战略紧密结合，统筹土地、投资、科技、金融、人才等各类要素资源。

三是构建长效推进机制。探索创新支持企业技术改造的有效举措，建立体系化推进机制，涵盖诊断评估、标杆遴选、动态督导、绩效评价等关键环节，整合各方面的资源，形成体系化、全方位推进新型技术改造的长效机制。

（二）强化精准供给，打造行业级“轻量化、模块化”解决方案

一是推动核心技术迭代升级。通过重点行业的智能工厂建设，牵引市场需求，带动通用、专用智能制造装备加速迭代，以及面向产品全生命周期和制造全过程的核心工业软件系统升级，促进智能制造装备与核心软件协同突破，补齐国产软硬件在特定领域应用的短板。二是创新解决方案开发模式。鼓励解决方案供应商与用户加强供需互动、联合创新，围绕特定典型场景和细分行业的核心痛点，开发精准适用的解决方案。推广“轻量化、模块化”的产品理念，将复杂系统解构为功能独立、易于部署的标准化产品包与应用组件，降低中小企业的应用门槛和试错成本。

三是制定差异化供给策略。鼓励各地结合产业基础，“因地制宜”制定推进方案。充分发挥行业协会和服务商作用，及时总结典型经验做法和标志性成果，加大宣传推广力度，激发企业技术改造活力，提振企业投资信心，营造良好的社会氛围。

（三）健全协同机制，构建“产学研用金”一体化技改生态

一是搭建多层次公共服务平台。支持建立国家级与区域性技术改造公共服务平台，打造一站式服务体系，实时掌握改造动态。鼓励建设制造业数字化转型能力中心，打造区域综合服务载体。支持龙头企业建设智慧供应链管理平台，开放系统接口，引导上下游企业协同改造。

二是构建产学研用金协同创新体系。推进重点龙头企业联合高校、科研院所建立协同创新联合体，实现研究成果精准对接与本地转化。加强产融合作，综合运用信贷、债券、融资担保、产业基金等多元化金融工具。引入全球技术与人才资源，助力产学研用金生态融入全球创新网络。

三是优化数据互通与安全共享机制。制定数据互通与安全共享标准，统一数据接口与格式规范。推行“数据脱敏+使用权共享”模式，为全链路优化提供基础支撑。优化数据要素流通市场配置，设立数据资产登记中心，支持企业将脱敏后的生产数据、能耗数据资产化。

四、结论

制造业新型技术改造不仅是先进技术与传统工业的简单叠加，更是一场触及企业发展战略、业务流程、组织架构和产业生态的深刻变革，是一项兼具复杂性与长期性的系统工程。本文基于广泛的实地调研发现，尽管我国制造业在新型技术改造的顶层设计、标杆培育与生态构建上成效初显，但“形改而神未变”的现实困境依然突出。企业认知的“表层化”、软硬件供给的“脱节化”以及生态协同的“碎片化”，共同构成了当前制约新型技术改造向纵深推进的核心壁垒。面对上述痛点，本文提出，破解新型技术改造困境的关键在于跳出传统“唯设备论”和“单点优化”的局限，必须坚持政策引导、精准供给与生态协同的综合施策。未来，需进一步推动技术改造从单点应用向全局优化、从表层改造向深度系统重构跨越，从而为我国制造业加快形成新质生产力、迈向全球价值链中高端筑牢坚实根基。

参考文献

- [1] 周济，朱高峰，王礼恒，等. 高端化、智能化、绿色化、融合化——我国制造业创新发展的战略方向与技术路线 [J/OL]. 中国工程科学, 2026, 28(1): 1-11.
- [2] 苗圩. 关于推进新型工业化进程中一些实际发展问题的思考与建议 [J]. 新型工业化理论与实践, 2024, 1(03): 1-4.
- [3] 苏波，李培根，瞿国春，等. 我国智能制造发展十年回顾总结与未来展望 [J/OL]. 中国工程科学, 2026, 28(1): 1-10.
- [4] 李婧文. 国际产业链重构下的中国制造业升级路径与经济效益分析 [J]. 产业创新研究, 2025, (15): 48-50.
- [5] 陈秋慧. 关于成都加快推进制造业新型技术改造城市试点的思考 [J]. 产城, 2025, (2): 28-29.
- [6] 张航燕，王昱童. 我国制造业转型升级战略价值、主要成效与发展路径研究 [J]. 价格理论与实践, 2025, (3): 27-32.
- [7] 任昌满，林晓星，屠晶鑫. 中国制造业供应链韧性治理研究 [J]. 投资与合作, 2025, (10): 55-57.
- [8] 芦存博，左璇，金博，等. 大模型赋能的工业软件在智能制造领域的应用研究与探索 [J]. 数字化转型, 2025, 2(11): 41-51.
- [9] 苗彦涛，王瑞，武强. 面向信创国产化技术的突破路径研究 [J]. 中国军转民, 2025, (18): 51-52.
- [10] 谭洪波，耿志超. 数据要素驱动新质生产力：理论逻辑、现实挑战和推进路径 [J]. 价格理论与实践, 2024, (05): 39-44+145.

大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的 拉动效应研究

蒋丽梅, 黄渭春, 覃金凤, 宁宝宽, 黄勤艳*, 覃素香

广西民族师范学院商学院, 广西 崇左 532200

DOI: 10.61369/TACS.2026050041

摘 要 : 乡村振兴战略的深入推进为乡村人才回流提供了政策支撑, 直播带货作为数字经济赋能乡村发展的新型业态, 成为拉动乡村人才“洄游”的重要抓手。本文以大学生返乡直播带货为研究切入点, 探讨其对乡村人才“洄游”的拉动价值, 分析当前实践发展现状与现存问题, 通过综合分析问卷调查结果, 本文提炼出一系列旨在增强这一效应的精准策略建议, 旨在为优化乡村人才回流机制、促进乡村人才振兴提供实证依据。

关 键 词 : 大学生返乡; 直播带货; 乡村人才“洄游”; 拉动效应; 乡村振兴

Hometown for Live Streaming E-commerce on Rural Talent "Migration Backflow"

Jiang Limei, Huang Weichun, Qin Jinfeng, Ning Baokuan, Huang Qinyan*, Qin Suxiang

Business School, Guangxi Normal University for Nationalities, Chongzuo, Guangxi 532200

Abstract : The in-depth advancement of the rural revitalization strategy has provided policy support for the return of rural talents. As a new form of digital economy empowering rural development, live streaming e-commerce has become an important starting point for driving the "migration backflow" of rural talents. Taking college students' returning to their hometowns for live streaming e-commerce as the research entry point, this paper explores its pull value on rural talent "migration backflow", analyzes the current status of practical development and existing problems. By comprehensively analyzing the results of a questionnaire survey, this paper refines a series of targeted strategic suggestions to enhance this effect, aiming to provide empirical evidence for optimizing the rural talent return mechanism and promoting rural talent revitalization.

Keywords : college students returning to hometowns; live streaming e-commerce; rural talent "migration backflow"; pull effect; rural revitalization

推进乡村振兴是我国经济社会发展的重要部署, 人才返乡更是其中核心环节。数字经济与乡村发展深度结合, 为破解乡村人才短缺提供了新思路, 直播带货也成为激活乡村资源、带动产业升级的重要力量。目前乡村直播领域专业人才紧缺, 本土从业者运营能力不足。高校学子返乡开展直播创业, 既能为乡村注入专业活力, 也能拓宽自身发展道路, 实现人才回流与乡村产业互相促进、协同发展。

一、大学生返乡直播带货与乡村人才“洄游”现实意义

乡村人才“洄游”是破解乡村人才短缺、夯实乡村内生发展动力的核心路径, 而大学生返乡直播带货作为数字经济背景下的新型返乡创业形态, 为乡村人才“洄游”注入了新活力, 兼具人才振兴、产业发展与城乡融合的多重现实意义。

从乡村人才振兴角度, 大学生返乡开展直播带货创业, 不仅实现了自身的人才回流, 更能通过示范效应吸引更多青年人才返乡就

业创业, 逐步形成乡村人才集聚的良性循环, 填补乡村数字电商、产业运营等领域的人才缺口。从乡村产业发展角度, 大学生凭借数字技能、品牌策划能力, 能有效盘活乡村特色农产品、民族文化等本土资源, 推动农产品品牌化、市场化升级, 完善乡村直播电商产业链, 以产业发展为人才“洄游”提供可持续的就业创业载体。从城乡融合发展角度, 大学生返乡直播带货搭建起城乡资源互通的桥梁, 既让城市消费市场更好地对接乡村特色供给, 也让乡村发展理念、产业模式与城市接轨, 而人才的双向流动与资源的高效配置,

项目信息: 广西民族师范学院自治区级大学生创新创业训练计划项目 (项目编号: S202510604052)

作者简介:

蒋丽梅 (2002—), 女, 广西桂林人, 广西民族师范学院, 市场营销2022级本科生。

黄渭春 (2002—), 男, 广西南宁人, 广西民族师范学院, 国际经济与贸易2022级本科生。

覃金凤 (2003—), 女, 广西玉林人, 广西民族师范学院, 市场营销2022级本科生。

宁宝宽 (2003—), 女, 广西玉林人, 广西民族师范学院, 市场营销2022级本科生。

黄勤艳 (指导教师), 广西民族师范学院, 讲师, 硕士, 研究方向: 思想政治教育、创新创业教育。

覃素香 (指导教师), 广西民族师范学院, 教授, 硕士; 研究方向: 消费者行为, 品牌策划。

进一步推动了城乡融合发展，为乡村振兴注入持续动力。

同时，大学生返乡直播带货也为自身发展开辟了新路径，有效缓解了城市就业压力，让大学生在乡村的广阔天地中实现个人价值与社会价值的统一，成为新时代“知农、爱农、强农、兴农”的新农人。

二、大学生返乡直播带货助力乡村人才“洄游”发展现状

乡村振兴战略实施以来，国家先后出台《乡村振兴促进法》《“十四五”推进农业农村现代化规划》等政策文件，明确提出“培育壮大乡村数字电商人才队伍”，为大学生返乡创业及乡村人才回流提供坚实政策支撑^[1]。我国乡村数字经济规模持续扩张，截至2024年底，全国农产品电商网络零售额突破6300亿元，直播电商在农产品销售中的渗透率大幅提升，成为激活乡村特色资源价值的关键抓手^[2]。当前在乡村振兴政策引导与数字经济发展浪潮下，大学生返乡直播带货实践已初见成效，逐步成为助力乡村人才“洄游”的重要形式，整体发展呈现出“实践形式多元、区域特色鲜明、带动效应初显”的特征。

从实践形式看主要分两类，一是院校组织的临时性直播助农实践，高校结合农产品产销周期，以校地合作模式组织大学生开展公益直播，既提升其数字电商实操能力、拓宽农产品销路，也培育了乡土认同感，为人才回流铺垫；二是大学生毕业返乡后的持续性直播带货创业，这类大学生成立团队开展专业化直播，形成稳定模式与规模，成为人才“洄游”核心，还带动村民参与产业链，实现创业带就业的效应。

从区域发展看各地依托自身资源形成特色。广西作为乡村振兴重点帮扶区域，兼具优质特色农产品与多元民族文化资源，截至2024年底，全国累计认定的2544个地理标志产品中广西占比可观，具备发展乡村直播经济的天然禀赋^[3]。近年来，广西多地积极响应政策号召，推动大学生返乡直播助农，涌现出“天等指天椒大学生直播团”“融水苗绣非遗直播工坊”等典型案例，部分县域组织青年电商联盟、返乡实践大学生等力量，常态化开展“青春直播助农”带货活动10913场次，销售马铃薯、中药材、百合等农特产品226.13万单，销售额达8890.24万元，大学生返乡直播带货的实践成效初步显现^[4]。大学生返乡直播带货不仅推动了本地特色产业发展，更吸引了周边地区青年人才的关注与回流。

从拉动效应看大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的带动作用已初步显现。首批返乡创业的大学生通过直播带货取得成功后，其示范效应吸引了更多有返乡意愿的大学生加入，大学生在创业过程中，通过技能培训、经验分享等方式，培育了一批本土乡村直播电商人才，推动了乡村本土人才的“内生性”成长，让乡村人才“洄游”从“外部引进”向“内外结合”转变，进一步夯实了乡村人才队伍建设的基础。

三、大学生返乡直播带货拉动乡村人才“洄游”现存问题

大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的拉动效应已初步

显现，但在实践过程中，受主体认知、能力素养、产业基础、外部支持等多方面因素影响，其拉动作用的发挥仍面临诸多现实问题，制约了乡村人才“洄游”的长效性与稳定性。

（一）返乡创业意愿偏低，人才“洄游”内生动力不足

受传统“学而优则仕”及城市优先的就业观念影响，多数大学生对乡村创业的认知存在偏差，普遍认为乡村创业发展空间小、配套设施不完善，对返乡直播带货的创业意愿较低。同时，部分大学生乡土认同感薄弱，对家乡的资源禀赋、发展前景缺乏深入了解，缺乏扎根乡村、服务乡村的主观意愿。而家庭层面对大学生返乡创业的支持力度不足，多数家属更倾向于让大学生在城市寻求稳定工作，对返乡创业持反对或观望态度，进一步弱化了大学生的返乡创业积极性，成为制约乡村人才“洄游”的核心内因。

（二）综合创业能力欠缺，示范带动效应难以发挥

问卷调查结论显示，返乡大学生的综合能力与直播带货创业、人才带动的实际需求存在明显差距。部分大学生仅具备基础的数字直播操作技能，但在农产品选品、供应链管理、品牌策划、市场运营等核心环节能力不足，导致直播带货转化率低、收益稳定性差，创业成功率不高。同时，大学生对乡村本土产业知识了解甚少，对农产品种植、加工、品质把控等环节缺乏认知，难以精准挖掘产品特色，直播内容同质化严重，缺乏核心竞争力。此外，部分大学生缺乏风险应对、团队管理等综合能力，返乡创业难以持续运营，无法形成有效的创业示范效应，难以吸引更多青年人才回流乡村。

（三）乡村产业基础薄弱，人才“洄游”载体支撑不足

乡村直播电商产业配套的不完善，让大学生返乡直播带货缺乏可持续的产业支撑，也难以人才“洄游”提供稳定的就业创业载体。一方面，部分乡村尤其是偏远县域，农产品仓储、冷链物流、质检包装等基础设施短缺，导致农产品损耗率高、品控难以保证，直接影响直播带货的口碑与可持续性；另一方面，乡村特色产业品牌化建设滞后，多数农产品缺乏统一的质量标准与特色品牌形象，产品附加值低，大学生直播带货难以形成规模效应。乡村直播电商产业链条短，上下游衔接不畅，缺乏专业的运营、售后等配套服务，产业发展的吸引力不足，无法为返乡人才提供多元化的就业创业岗位，制约了人才“洄游”后的长期扎根。

（四）社会支持体系不完善，人才“洄游”保障机制缺失

大学生返乡直播带货创业及乡村人才“洄游”的长效发展，缺乏全方位、系统化的社会支持体系保障。从政策层面来看，针对大学生返乡直播带货的专项扶持政策不足，现有创业补贴、贷款优惠、场地支持等政策针对性与落地性不强，部分政策申请流程繁琐，大学生难以快速享受政策红利；从校地合作来看，高校与地方政府的协同育人机制不完善，高校的创业教育与乡村实际需求脱节，缺乏针对乡村直播电商的实操性培训，而地方政府对高校返乡创业大学生的跟踪服务不足，难以解决其创业过程中的实际难题；从乡村配套来看，乡村教育、医疗、交通等公共服务设施与城市差距较大，社会保障体系不完善，返乡大学生的生活、发展顾虑较多，成为制约人才“洄游”后长期留乡的重要因素。

四、强化大学生返乡直播带货人才“洄游”拉动效应的策略

问卷调研显示得出结论，结合当前大学生返乡直播带货助力乡村人才“洄游”的现存问题，从内生动力培育、综合能力提升、产业基础夯实、社会支持完善四个维度，提出针对性策略，强化大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的拉动效应，推动乡村人才“引得来、留得住、发展好”。

（一）培育内生动力，激发大学生返乡直播带货创业意愿

一是加强乡土认同感培育，各高校结合乡村振兴实践，组织大学生开展乡村调研、暑期“三下乡”、直播助农实践等活动，让大学生深入了解家乡的资源禀赋、发展前景与乡村振兴的现实需求，挖掘返乡创业典型案例进行宣传推广，通过榜样示范引领，培育大学生的乡土情结与家国情怀，让大学生愿意返乡、扎根乡村。二是加强政策宣传与引导，地方政府整合返乡创业扶持政策，通过高校宣讲、微信公众号、短视频、乡村宣传栏等多种渠道，向大学生及家属普及返乡直播带货的创业补贴、贷款优惠、场地支持等政策，同时向大学生家属宣传乡村创业的发展前景，转变家庭传统就业观念，争取家庭对大学生返乡创业的支持，从内外部共同激发大学生的返乡创业意愿。

（二）提升综合能力，增强大学生返乡直播带货创业竞争力

一是优化高校创业教育体系，各高校结合乡村直播电商的实际需求，开设农产品选品、供应链管理、直播运营、品牌策划、数据复盘等实操性课程，联合县域电商产业园、乡村直播基地建立实训基地，开展“直播助农实践营”等活动，让大学生在真实场景中提升数字电商实操能力。二是建立返乡创业人才专项培训机制，地方政府邀请行业专家、资深主播、本土农业大户、电商从业者，为返乡大学生开展针对性的技能培训，涵盖农产品专业知识、直播营销技巧、市场运营策略、创业风险应对等内容，组织返乡创业大学生开展经验交流、资源对接活动，实现优势互补，全面提升大学生的综合创业能力。

（三）夯实产业基础，搭建乡村人才“洄游”的优质载体

一是推动乡村特色产业品牌化发展，地方政府依托本地资源禀赋，聚焦地理标志农产品、非遗手作、乡村文旅等核心资源，制定特色产业发展规划，推动农产品标准化、品质化建设，打造县域特色农产品品牌，提升产品附加值，为大学生返乡直播带货提供优质、稳定的货源支撑。二是完善乡村直播电商配套产业链，由政府牵头整合资源，加大对乡村仓储、冷链物流、质检包装等基础设施的投入，重点解决偏远县域农产品“出村难、保鲜难”问题，搭建乡村直播货源对接平台，同时引导物流企业、电商平台向乡村倾斜资源，降低大学生返乡直播带货的运营成本，提升产业发展的可持续性。三是培育乡村直播电商产业集群，鼓励大学生返乡创业团队与本地农户、合作社建立合作模式，形成“大学生创业团队+农户+合作社”的产业发展模式，实现利益共享、风险共担，推动乡村直播电商产业规模化、规范化发展，为乡村人才“洄游”提供更多稳定的就业创业岗位。

（四）完善社会支持，构建乡村人才“洄游”的长效保障机制

一是完善专项扶持政策，地方政府出台大学生返乡直播带货专项创业政策，简化政策申请流程，加大创业补贴、低息无息贷款、场地租金减免、设备扶持等政策支持力度，为大学生返乡创业解决初期资金、硬件等难题；建立创业激励机制，对直播带货成效显著、助农作用突出的返乡大学生给予荣誉表彰与政策奖励，提升其创业的获得感与成就感。二是深化校地协同合作，高校与地方政府建立长期稳定的合作机制，高校根据地方乡村产业需求，定制化培养直播电商专业人才，地方政府为高校学生提供实习实践岗位与创业孵化平台，建立返乡创业大学生跟踪服务机制，由高校与地方政府共同为返乡大学生提供技术指导、创业咨询、资源对接等后续服务，及时解决其创业过程中的实际难题。三是优化乡村公共服务配套，地方政府加大对乡村教育、医疗、交通等公共服务设施的投入，推动乡村社会保障体系与城市接轨，让返乡大学生享受与城市就业人员同等的养老保险、医疗保险等社保待遇，解决其子女教育、家人就医等生活顾虑；完善乡村创业环境，建设乡村创业孵化基地、青年交流社群，为返乡人才提供良好的工作与生活环境，让大学生返乡后能留得住、发展好。

五、结语

大学生返乡直播带货作为数字经济赋能乡村发展的新型业态，是拉动乡村人才“洄游”、推动乡村人才振兴的重要抓手，其不仅为大学生返乡创业开辟了新路径，更能以创业带动就业，推动乡村特色产业发展，为乡村振兴注入持续的人才动力与产业活力。

当前大学生返乡直播带货助力乡村人才“洄游”虽已初见成效，但仍面临返乡创业意愿偏低、综合创业能力欠缺、乡村产业基础薄弱、社会支持体系不完善等现实问题。唯有从培育内生动力、提升综合能力、夯实产业基础、完善社会支持四个维度精准发力，才能不断强化大学生返乡直播带货对乡村人才“洄游”的拉动效应，推动更多大学生返乡创业就业，逐步形成“人才回流—产业发展—人才集聚”的良性循环。

乡村人才“洄游”是乡村振兴的核心支撑，而大学生作为新时代乡村振兴的重要主体，其返乡直播带货创业实践既是个人价值的实现，更是乡村发展的重要机遇。未来，需进一步推动政策、产业、人才、服务的深度融合，让大学生返乡直播带货成为乡村人才“洄游”的重要引擎，为乡村全面振兴筑牢人才根基，推动乡村发展从“输血式”帮扶向“造血式”内生发展转变。

参考文献

- [1] 光明日报，求是网. 为乡村振兴提供强大的人才队伍支撑. [EB/OL]. (2024-02-20) [2025-10-10].
- [2] 网信中国，中华人民共和国农业农村部. 中央网信办等四部门印发《2024年数字乡村发展工作要点》. [EB/OL]. (2024-05-16) [2025-10-10].
- [3] 农民日报，中国保护知识产权网. 国家知识产权局：中国累计认定地理标志产品2544个. [EB/OL]. (2025-01-21) [2025-10-10].
- [4] 中国青年报. “青春直播助农”赋能乡村振兴. [EB/OL]. (2024-07-03) [2025-10-10].

新加坡高等教育国际化的演进态势与优化策略研究 ——基于 CiteSpace 的可视化分析

邓永燕

四川外国语大学, 重庆 400031

DOI: 10.61369/TACS.2026050042

摘 要 : 文章采用 Citespace 软件, 针对中国知网收录的91篇新加坡高等教育国际化主题文献的关键词词频、研究热点与主题演化进行了分析, 系统梳理了近20年以来国内研究新加坡高等教育国际化的演进逻辑与发展动态。分析发现, 我国对新加坡高等教育国际化主题的相关研究, 主要聚焦“高等教育”“教育改革”和“启示”等六大议题。具体实践方面, 新加坡高等教育国际化研究呈现出技术驱动深化、模式创新迭代、治理体系重构的鲜明特征。因此, 本文结合可视化分析结果与文本分析内容针对性提出优化策略, 以为我国更好借鉴新加坡高等教育国际化发展路径提供参考。

关 键 词 : 新加坡; 高等教育; 教育国际化; 文献计量; 研究热点

Research on the Evolution Trend and Optimization Strategy of Internationalization of Higher Education in Singapore: A Visual Analysis Based on CiteSpace

Deng Yongyan

Sichuan International Studies University, Chongqing 400031

Abstract : The article employs Citespace software to analyze keyword frequency, research hotspots, and thematic evolution of 91 literature articles on Singapore's higher education internationalization indexed by China National Knowledge Infrastructure (CNKI), systematically reviewing the evolutionary logic and development trends of domestic research on Singapore's higher education internationalization over the past two decades. The analysis reveals that related studies in China primarily focus on six major topics: "higher education," "educational reform," and "insights." In terms of practical implementation, research on Singapore's higher education internationalization exhibits distinct characteristics of technology-driven deepening, model innovation iteration, and governance system restructuring. Therefore, this paper proposes targeted optimization strategies based on visualization analysis results and textual analysis content to provide references for China to better learn from Singapore's development path of higher education internationalization.

Keywords : Singapore; higher education; education internationalization; bibliometrics; research hotspots

近年来, 新加坡高等教育国际化已成为全球教育研究中的重要范例。将高等教育国际化上升为国家战略已通过系统性的政策布局与多元路径推进, 形成了独具特色的发展模式。现有研究多从政策分析质性方法切入, 缺乏对研究热点演变的量化分析。基于此, 本研究拟运用 CiteSpace 等科学计量工具, 对新加坡高等教育国际化的文献进行可视化分析。

一、研究设计

本文遵循科学的文献筛选流程, 对检索得到的文献进行手动筛查和保留; 并借助文献计量工具对新加坡高等教育国际化主题领域的研究成果进行可视化分析与解读。

(一) 数据来源

本研究以中国知网(CNKI)数据库为数据来源, 以“新加坡

高等教育”&“国际化”, 或者“新加坡”&“高等教育国际化”为主题词进行检索, 需要说明的是, 教育国际化发展离不开全球化背景。因此将“全球化”与“新加坡高等教育”也进行了匹配检索。不限定期刊来源, 发表时间截至2025年底。

(二) 文献筛选

首先, 对检索主题进行分类, 将主要的“高等教育”和“国际化”为一类, 共检索文献9533篇; 其他关键词“全球化”“新

加坡”为另一类，共检索文献303篇。其次，经过初步筛选，排除数据库中的重复文献通过浏览内容排除相关度不高的文献共计212篇。最终保留有效文献数量为91篇。

二、文献计量分析

（一）整体发文趋势



图1 新加坡高等教育国际化发文年度分布及趋势

从图1数据来看，新加坡高等教育国际化研究在过去二十年间呈现出明显的“先波动酝酿、再集中爆发、后回归平缓”的三阶段演进特征，具体如下：

2014年之前处在缓慢增长的“探索期”，这一阶段的发文数量总体上处于低位波动态势。其中2007年（9篇）、2010年（5篇）、2011年（10篇）曾出现短期的小高峰，显示出国内学术界对新加坡高等教育国际化进程的初步关注。2018年达到整个时间序列的最高峰，标志着该主题进入了快速成长的“黄金阶段”，其研究成果开始规模化涌现。2018年之后，年度发文数量虽出现明显回落，显示出研究从爆发式增长逐步转向理性沉淀与系统深化，研究议题更趋专注与凝练。

（二）研究热点与主题演化

关键词作为研究者对文献主题的精炼概括，高度凝聚了研究内容的核心内涵，具备突出的代表性与辨识度。借助此类图谱，研究者可以系统识别领域内的主题分布结构，探测出若干相互关联的研究集群及其对应的子方向，进而从宏观上把握该领域的关键议题与研究热点。为进一步探究各个研究主题的关系，本研究采用 CiteSpace6.3R1 进行分析，显示出主题聚类的分布情况，选取 K 聚类，最终呈现出不同类别的聚类图谱。该聚类图谱是由一个个不规则区域组成的，每个区域对应着一个聚类标签，顺序则是从 0 到 X，数字越小说明其聚类规模越大，包含的关键词越多^[7]。通过分析得到 108 个节点、159 条连接线的关键词聚类分析图谱（见图2）。该图谱模块值为 0.7739，大于临界值 0.3，说明聚类结构显著；平均轮廓值为 0.976，远远超出临界值 0.7，说明聚类结果真实可靠^[4]，综合上述指标可知该图谱结果高效且具有说服力。从图谱中可以发现，研究焦点从最开始的教育改革和对中国的启示逐渐过渡到全球化背景下的人才理念传输，在国际市场中维系新加坡的领先地位。



图2 关键词聚类图谱

关键词所分布的时间线图谱可以为研究者提供更为直观的动态视角，以便更好观察新加坡高等教育国际化研究热点及时间跨度的演变趋势，从而对未来的研究方向进行预测（见图3）。具体来说，从2006年开始到2010年，研究焦点主要是“新加坡”“中国”“启示”“国际化”及“高等教育”。2010–2015年间，各热点数及热点之间的连线数逐渐增多，研究方向由关注国内教育改革向外延伸。2015–2020年间，逐渐从聚焦具体研究内容拓展到全面关注教育局势。2020年到如今，研究热点愈发深入。

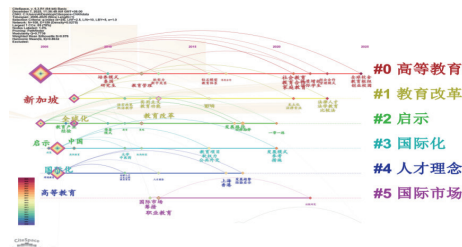


图3 关键词时间线图谱

三、新加坡高等教育国际化研究的优化路径

由于国内数据库相关研究文献数量较少，为更为具体地对新加坡高等教育国际化的未来研究方向提出优化策略，在量化分析结果上，本文结合文本分析方法帮助梳理新加坡高等教育国际化研究的演进脉络，并凝练其发展前沿的趋势。

（一）前沿分析

1. 可视化结果分析

由上图图谱可知，在2006年初期研究开始聚焦新加坡在全球化背景下进行高校人才培养模式的教育改革，其丰富经验为中国早期高职教育改革的发展之路提供了借鉴模式。到2020年研究拓展得到深化，新加坡将高等教育上升至国家重要战略，其发展态势既吸引各国家间的人才流通，也推动了国际市场下当代大学机构转型需求的步伐。

2. 研究文本现状调查

新加坡高等教育国际化研究，作为比较教育研究中的一个重要议题，早期的研究多集中于对新加坡国际化战略的宏观概述与特点总结。学者赵亮（2007）对新加坡政府推出的一系列高等教育国际化政策措施进行了梳理，旨在为中国提供借鉴。进入2010年初期，研究视角开始向具体实践领域延伸。学者刘晓亮、赵俊峰（2012）首次系统地将新加坡高等教育国际化历程明确划分阶段，为后续研究提供了历史分期框架，具有重要意义。2020年至今，高等职业教育国际化成为热点。综上所述，反映出对于新加坡高等教育国际化的相关研究日益成熟和精细化的趋势。

（二）优化策略提出

基于对新加坡高等教育国际化当前实践的深入分析及全球教育变革的前沿观察，本文概括出新加坡高等教育国际化研究在未来发展会持续呈现出技术驱动深化、模式创新迭代、治理体系重构的鲜明特征。为更好地持续该阶段特征以进行新加坡高等教育国际化的相关研究，本文提出以下优化策略：

1. 研究内容聚焦

(1) 技术驱动与个性化学习的全面深化

未来,以人工智能(AI)为核心的数字技术将从辅助工具升级为重塑教育生态的根本力量。新加坡政府已于2023年9月正式发布《教育技术总体规划2030》^[5],其核心目标是利用技术变革教学方式,为学生、教师和学校创造更加个性化、协作和智能化的学习环境。

(2) 数字素养与技能同步育人的模式创新

为应对技术爆炸性增长带来的挑战,新加坡已将培养学生面向未来的核心技能置于战略中心。其增强版的“21世纪核心能力框架”强调,未来的学习者必须是自主学习者、积极的贡献者、有爱心的公民和自信的个体。新加坡已将人工智能学习工具嵌入国家学习平台^[8],并计划通过系统培训,确保教育系统中的所有利益相关者都能健康、安全、审慎地运用技术。

(3) 大学角色与教育生态治理体系的协同机理

在数字信息时代,高等教育机构的传统功能和定位将面临深刻反思与调整^[6]。

未来的新加坡高校国际化将超越传统的师生流动,转向构建更开放协同的网络化治理技术生态系统,这也意味着政府、高校、研究机构、科技企业乃至社区和家庭将建立更紧密的公私合作伙伴关系。

2. 研究方法创新

(1) 强化量化与混合方法研究:

经过本次文献计量筛选得出:国内现有研究多以质性案例分析和政策文本解读为主。文献计量研究可以系统全面、客观透明地对某一研究领域开展有效的可视化分析,未来也应大力引入问卷调查、大数据分析、社会网络分析(SNA)等量化方法。

(2) 深化比较研究的“可比性”与“机制挖掘”:

当前比较研究多停留在多地教育改革模式并列的客观描述上,而非深层机制的挖掘探讨。未来研究可尝试构建统一的分析框架,深入探索在相似全球化背景下,以新加坡为代表的他国教育国际化的发展态势为借鉴案例,重点剖析其背后深层机制的差异化作用。

3. 研究视角多元

(1) 提升理论对话与建构的自觉性:

多数研究结论只停留在“启示”层面,而理论创新方面贡献模糊。未来研究需主动与跨国高等教育理论、全球人才流动理论、创新系统理论等深度融合,自主构建深层理论体系框架。

(2) 引入多元批判性视角:

现有研究多以“成功经验”叙事为主,批判性分析较少。未来可引入政治经济学、后殖民理论、公平正义等多元批判性视角,鼓励各学科间的交叉研究,系统审视高等教育国际化进程中的权力关系、文化霸权、不平等加剧等问题。

(3) 深化“在地国际化”与“跨境国际化”的互动研究:

过往研究往往侧重学生流动、合作办学等单一的“跨境”维度。后期应强化对我国高校课程、校园文化、地方学生国际素养培养等“在地国际化”措施的研究,并积极探究其与“跨境国际化”模式的互补与协同。

综上,未来新加坡高等教育国际化的发展态势,是一条以人工智能等数字技术为引擎,以培养具备高阶思维与全球素养的终身学习者为核心目标,通过重构大学本位与协同治理系统来实现国家知识经济竞争力持续升级的清晰路径,为此,国内未来研究方向可基于上述内容持续深化。

参考文献

- [1] 黄福涛. “全球化”时代的高等教育国际化——历史与比较的视角[J]. 北京大学教育评论, 2003, (2): 93-98. DOI: 10.19355/j.cnki.1671-9468.2003.02.015.
- [2] 陶媛. 新加坡教育改革优先关注基础教育[J]. 世界教育信息, 2014, 27(15): 76-77.
- [3] 中华人民共和国外交部. 中华人民共和国和新加坡共和国政府联合声明(全文)[EB/OL]. (2018-11-15)[2025-12-07]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677076/1207_677088/201811/t20181115_8005153.shtml.
- [4] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.2015.02.009.
- [5] 新加坡教育部. More Support for Schools and Students to Shape the Future of Learning[EB/OL]. (2023-09-20)[2025-12-10]. <https://www.moe.gov.sg/news/press-releases/20230920-more-support-for-schools-and-students-to-shape-the-future-of-learning>.
- [6] 季海菊. 新媒体时代高校思想政治教育研究[J]. 南京师范大学, 2013.
- [7] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, et al. "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement", International Journal of Surgery, 2010, 8 (5) pp.336-341.
- [8] 中国教育科学研究院. 世界数字教育大会发布 GDEI 2025[EB/OL]. (2025-05-16)[2025-12-10]. <https://www.cnaes.edu.cn/post/31082>.

中国新文化运动背景下书籍装帧设计的视觉叙事机制研究

余佳成

江西师范大学, 江西 南昌 330200

DOI: 10.61369/TACS.2026050044

摘 要 : 新文化运动是中国近代思想启蒙与现代设计萌芽的关键时期, 书籍装帧设计作为视觉文化的重要载体, 在这一阶段实现了从传统向现代的范式转型。本文以视觉叙事机制为理论框架, 探讨新文化运动背景下书籍装帧设计在视觉语言与物质载体等层面的叙事建构。

关 键 词 : 新文化运动; 书籍装帧设计; 视觉叙事

Research on the Visual Narrative Mechanism of Book Binding Design in the Context of the New Culture Movement in China

Yu Jiacheng

Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330200

Abstract : The New Culture Movement was a critical period for China's modern ideological enlightenment and the germination of modern design. As a significant vehicle of visual culture, book design during this phase underwent a paradigmatic transformation from tradition to modernity. This paper adopts the theoretical framework of visual narrative mechanisms to explore the narrative construction of book design in terms of visual language and material carriers against the backdrop of the New Culture Movement.

Keywords : new culture movement; book design; visual narrative

引言

新文化运动是对辛亥革命后政治乱象（如袁世凯称帝、军阀混战）以及深层社会问题的反思, 是中国20世纪初期一场声势浩大影响深远的思想启蒙运动, 它以提倡白话文为发端的新文化革命和创造, 使中国在许多方面都发生了翻天覆地的变化。同时, 它也催生了中国现代意义上的“设计”萌发, 藉由生活的潜移默化, 开始了“现代设计”的历程。

这一时代背景下, 书籍装帧设计作为视觉文化与思想传播的重要载体, 发生了革命性的变化。从传统线装书到现代平装书的范式革命, 不仅体现了技术材料和制作工艺的革新, 更折射出社会文化转型期视觉叙事机制的深刻演变。这一时期被视为“中国现代书籍设计的发轫时期”, 书籍装帧从单纯的书籍保护功能, 逐渐演变为传递新文化思想、表达现代美学理念的视觉叙事媒介。

一、时代语境——新文化运动与设计萌芽

（一）文化环境：批判与重建

打倒孔家店是这一时期最鲜明的文化旗帜。运动健将们（如陈独秀、鲁迅、胡适、李大钊等）认为以儒家思想为核心的旧礼教是禁锢人性、阻碍中国进步的根源, 对其进行了猛烈批判。

文学革命方面, 胡适在《新青年》上发表《文学改良刍议》, 倡导以白话文代替文言文作为正式的文学语言。陈独秀紧随其后发表《文学革命论》, 主张推倒贵族文学、古典文学、山林文学, 建设国民文学、写实文学、社会文学。这使文学从士大夫的专属变为大众启蒙的工具。

同时, 在这一时期, 大量西方思潮被引入, 如自由主义、实

用主义、无政府主义、马克思主义等。尼采、易卜生、托尔斯泰等人的思想备受推崇。强调个人权利、自由恋爱、妇女解放（如批判贞节牌坊），呼吁“重新估定一切价值”。

（二）知识环境：转型与争鸣

文化环境的重建深刻影响了知识环境。在这一时期, 从“四书五经”到“赛先生”的转变标志着知识体系的核心从传统的经史子集转向现代自然科学与社会科学。科学的思维方法（实证、理性）被奉为圭臬。

同时, 北京大学成为思想中心, 在蔡元培“思想自由, 兼容并包”的办学方针下, 北大汇集了陈独秀、胡适、李大钊、鲁迅（兼课）、钱玄同、刘半农等新派学者, 同时也保留了辜鸿铭等守旧学者, 形成了激烈的思想交锋。

（三）出版环境：繁荣与传播

由陈独秀创办的《新青年》杂志，是新文化运动最核心的阵地。它首倡文学革命，引入马克思主义，几乎每一期都引发全国性的讨论。

在新文化运动的影响下，报刊与书局林立，成为传播新思想的重要平台。亚东图书馆、泰东图书局、商务印书馆、中华书局等新兴书局接连涌现，积极出版新文化书籍和教科书，如《尝试集》（中国第一部白话诗集）、《女神》等。

（四）设计环境：现代性的萌芽

随着世界印刷技术的改进，欧洲文化和艺术价值导向也对当时中国书籍装帧的冲击非常大，书籍装帧艺术风格由单一转向多元。书籍装帧设计打破了传统线装书的样式，开始采用西式平装与精装。

由于白话文和新式标点符号的推广，出现了字体与版式革新，报刊书籍的版式从竖排右起逐渐向横排左起过渡（尽管当时仍以竖排为主），排版更加清晰易读。

经济的逐渐发展使得商业美术开始兴起，在上海等大城市，月份牌、广告画等商业设计形式融合了中西方风格，反映了都市生活和现代消费文化的萌芽。

正是在这样的环境下，这一时期的书籍装帧艺术才得以不断发展，成为中国现代书籍设计史的开端，也体现出了这一时期所特有的时代性。

二、主体实践——先驱者们的封面设计视觉叙事探索

封面是装帧设计中的重要组成部分，具有保护书页和传达书籍核心内容的功能。封面也是与其文本相呼应的书籍内容精髓的再现，是书籍设计中一个不可欠缺的重要部分。

（一）“民族性”的叙事：传统元素的创造性运用

鲁迅曾说过：“他以新的形，尤其是新的色来写出他自己的世界，而其中仍有中国向来的灵魂——要字面免得流于玄虚，则就是：民族性”。即便历史的洪流不断向前推进，思想不断进步，西方文化传播，中国传统文化中的民族性始终是不能舍弃的，所需的是“取其精华，去其糟粕”，在设计中也是这样，舍弃的应是传统中老套的设计形式，保留优秀传统文化元素，并融入时代背景。

在新文化运动时期，不少设计师积极吸收现代主义、装饰艺术以及日本平面设计等多种流派的创作理念与表现手法，将中国传统的书法、水墨绘画与各类传统纹样巧妙融入封面设计之中。这种融合既反映出新一代知识分子对民族传统文化的重视，也彰显出他们对现代设计语言的独到理解。以陈之佛设计的《忏余集》（郁达夫著）封面为例，其作品将青铜器上的古典纹饰与现代几何图形有机结合，展现出借助现代设计方法将传统符号转化为适用于新兴传播媒介的视觉理念。

图1是曹辛之为《寥寥集》（沈钧儒著）所设计的封面。《寥寥集》是一部诗集，而诗歌是一种含蓄的艺术，所以曹辛志在这

本诗集的封面设计中突出了这种含蓄，其封面设计整体简洁别致，浅米色的底上隐隐能够看到写意的幽兰，在中国传统文化中，幽兰被视为高洁、典雅、孤傲的象征；而写意是一种中国画的手法，通过简练放纵的笔触表现物象的意态神韵，强调内在精神实质。这种写意的形式使得设计显得洒脱而又不失法度，既高洁又端正，与上方规整的宋体字相互映照，设计简练而又含蓄，同时采用“花中君子”的兰花也是对作者沈钧儒君子之风的诠释与致敬。



图1

（二）“现代性”的叙事：西方潮流的本土实践

面对19世纪末20世纪初的社会变革，先驱者们试图在西方设计艺术与本土装帧传统之间，探索出一条真正契合时代需求的发展道路。然而，这一过程并非一帆风顺，其间甚至出现了“全盘西化”或“全盘中用”等极端主张。正是在这一背景下，英国工艺美术运动所倡导的设计改良思想，为中国书籍封面设计者带来了新的灵感，也与当时学习西方文化的潮流不谋而合。

鲁迅作为新文化运动的中坚力量与代表人物，同时也是书籍封面设计革新的积极倡导者和支持者。他对传统的书籍封面设计并不满意，曾指出：“过去所出的书，书面上或者找名人题字，或者采用铅字排印，这些都是老套。我想把它改一改，所以自己来设计。”在此基础上，鲁迅提出了“新思想要用新形式来包装”的设计理念，积极倡导学习西方艺术，主张借鉴当时西方流行的设计风格与手法，以增强封面的艺术表现力。通过不断学习与借鉴西方的文化与思想，鲁迅逐步构建并确立起自己的现代思想观念和专业审美准则。他广泛涉猎西方现代艺术与设计作品，曾“系统地介绍德国、苏俄等西方国家和日本的艺术成果，从色彩、图案到线条、装订、排版各方面予以采用和吸收”，并成功将这些元素运用于书籍封面设计之中，从而推动中国书籍封面摆脱旧有样式，呈现出崭新的面貌。

钱君匋作为著名的出版家与书法家，他不仅对当时刚刚兴起的“西式开本”进行了实践性探索，其封面设计更常运用抽象的平面装饰图案与和谐的色彩对比，整体呈现出强烈的装饰韵味。他的这些设计实践，对当时的中国书籍装帧设计起到了显著的推进作用，例如他为开明书店设计的《两条血痕》便是其中的典范之作。

（三）“象征性”的叙事：隐喻与思想的内在表达

“象征”所指的是一种用甲来表现乙的形式，是一种“以此

代彼”的思维方式和表达手法，象征体的字面意义或物理属性是次要的，重要的是它背后所承载的深层、普遍的寓意。例如在谈论鸽子时，人们联想到和平，谈论十字架时想到的不是两根木头交叉的物体，而是它象征的基督教、救赎、信仰等意义。

在《九叶集》（图2）的封面设计中，曹辛之先生展现了他非凡的象征手法与精妙的巧思。这部诗集收录了九位进步诗人的作品，设计师的核心意象是一棵以半抽象笔法绘就的大树。只见它枝干粗壮，树冠丰茂，更有九片叶子翩然挺立，每一片的形状都独一无二。曹辛之正是以此树喻指九位诗人，向读者揭示：他们的诗歌之所以能生机勃勃、各具风格，正是因为他们将创作的根须深深地扎进了生活的土壤之中。



图2

三、物质载体——纸张媒介的视觉传递叙事

自古以来，作为造纸古国的中国在世界文明进程中有着其不可取代的贡献。中国人发明了造纸术用以书写和绘画，后来有了印刷术，文化信息的传递变得更加广泛。纸是传递文化的主要载体、信息传播的媒介视觉传递的平台，与人们的生活、学习、劳动和生产息息相关，是人类无法离开现实存在。不同类型的纸张不仅构成了书籍物质层面的“肉身”，同时也作为艺术有机体中的重要组成部分，与作家的审美意识或思想相互融合、发生质变，进而生成一种不可分割的精神骨架。

1920年代初期，随着英美日等国生产的道林纸和更先进的印刷技术传入中国，新文学著作的出版开始普遍采用道林纸作为行业标准。与此同时，以上海和北京为中心的图书出版业迅速崛起，这些技术进步与产业繁荣，在客观上为新文学的诞生与发展

提供了至关重要的物质基础。道林纸在彼时成为了新文学图书印刷的上等纸张。例如闻一多的《红烛》、郭沫若的《女神》以及鲁迅的《呐喊》就都采用了道林纸。

鲁迅向来对瓷青纸情有独钟，他的《域外小说集》、《凯绥·珂勒惠支版画选集》等都采用了瓷青纸。瓷青纸是一种华丽的染色加工纸，这种纸张颜色如瓷器的青釉，新鲜时与宣德青花瓷相似，表面光滑有光泽，质地较为厚重，可分层揭开，且具有不易褪色的特点。通过色彩与质感，传递庄重的文化意象，自带历史沉淀感。在《桃色的云》的封面上，鲁迅特意选用进口的日本“雁皮纸”，使书籍获得了与众不同的感官特质。及至1933年底，他与郑振铎合力推出的《北平笈谱》更是匠心独具：书中融合了传统拱花技艺印制的笈纸和现代印刷纸张，通过两种材质肌理的直接对话，生动地隐喻并展现了新旧文化之间的深刻碰撞与创造性交融。

在这些设计作品中，纸张的色彩、质地与字体被艺术化地融合为一个整体，其审美意蕴和气质也与文本内容相互呼应、彼此阐释。在作者精神力量的灌注与再造之下，纸张在艺术层面获得了生命的永恒。

四、结语

新文化运动时期的书籍装帧设计，不仅是中国现代书籍设计的发轫，更是一场视觉叙事的深刻变革。在这一历史转型期中，书籍装帧从传统的功能性装帧，逐步发展为融合思想表达、美学追求与文化认同的综合性视觉文本。在文化批判与重建的背景下，设计师们通过对传统元素的创造性转化、西方现代语言的本土实践以及象征隐喻的精神表达，构建起具有民族气质与现代意识的视觉叙事体系。同时，纸张、字体、色彩等物质媒介的视觉化运用，进一步强化了书籍作为文化载体的叙事张力与审美价值。

这一时期的设计实践，不仅奠定了中国现代书籍装帧的基本范式，也为后续书籍视觉设计的发展提供了丰富的思想资源与方法论启示。其视觉叙事机制的形成，既是对时代精神的回应，也是设计语言自觉与成熟的标志。在今天全球化与本土化交织的文化语境中，重新审视新文化运动时期书籍装帧的视觉叙事经验，对于构建具有中国特色的视觉传达理论体系与设计实践，仍具有重要的历史意义与当代价值。

参考文献

- [1] 黄艳华. 思想启蒙与视觉革命：新文化运动时期中国现代书籍设计的范式转型研究（1915—1930）[J]. 设计艺术研究, 2025, 15(05): 120-125.
- [2] 张璟. 新文化运动时期代表性出版物设计整理与统计[J]. 上海工艺美术, 2025, (03): 45-47.
- [3] 刘一蓝. “美”的实在与超脱——新文化运动中的艺术、设计与美育[J]. 装饰, 2021, (07): 60-73.
- [4] 吕春风. 鲁迅书籍装帧设计中的传统与现代[J]. 鲁迅研究月刊, 2019, (07): 76-82.
- [5] 刘静. 鲁迅书籍封面设计的视觉特征研究[D]. 太原理工大学, 2017.
- [6] 陈凌. 新文化运动时期书籍封面设计的美学追求[J]. 大舞台, 2014, (10): 83-84.
- [7] 谢欣. 鲁迅书籍封面设计的启蒙叙事[J]. 装饰, 2013, (02): 109-111.
- [8] 周大鹏. 浅析民国时期视觉设计的风格与形成[J]. 艺术与设计(理论), 2011, 2(06): 51-53.
- [9] 顾德先. 新文化运动时期的书籍封面设计[J]. 黔南民族师范学院学报, 2003, (04): 95-98.

高职财税类专业教师数字教学能力框架研究

高维雪, 王若衡

重庆工商职业学院, 重庆 401519

DOI: 10.61369/TACS.2026050046

摘 要 : 在“人工智能+”行动深入推进的背景下, 高职财税类专业教师的数字教学能力成为影响人才培养质量的关键因素。本文基于联合国教科文组织《教师人工智能能力框架》与教育部《教师数字素养》标准, 结合财税行业智能化转型的现实需求, 构建了涵盖“工具应用→教学转化→生态创新”三个层级的“三级进阶”教师数字教学能力框架, 并围绕财税专业“规则密集、数据驱动、场景明确”的特性, 提出能力发展的路径建议, 为高职财税类专业教师数字教学能力的系统提升提供理论支撑与实践参考。

关 键 词 : 人工智能+; 高职教育; 财税类专业; 教师数字教学能力; 能力框架

Research on the Digital Teaching Competence Framework for Finance and Taxation Teachers in Vocational Colleges

Gao Weixue, Wang Ruoheng

Chongqing Technology and Business Institute, Chongqing 401519

Abstract : Against the backdrop of the further implementation of the "Artificial Intelligence Plus" initiative, the digital teaching competence of teachers majoring in finance and taxation in higher vocational colleges has become a key factor affecting the quality of talent cultivation. Based on the AI Competency Framework for Teachers issued by UNESCO and the Teachers' Digital Literacy standard released by the Ministry of Education of China, and in light of the practical needs of the intelligent transformation of the finance and taxation industry, this paper constructs a "three-level progressive" digital teaching competence framework for teachers covering three levels: "tool application → teaching transformation → ecological innovation". In view of the characteristics of finance and taxation majors—"rule-intensive, data-driven and scenario-specific", it puts forward path suggestions for competence development, so as to provide theoretical support and practical references for the systematic improvement of digital teaching competence of teachers in finance and taxation majors in higher vocational colleges.

Keywords : AI Plus; vocational education; finance and taxation; digital teaching competence; competence framework

2025年, 国务院印发《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》, 明确提出“构建人机协同的教育教学新模式, 推动育人重心从知识传授为主向能力提升为本转变”。这一政策导向为高职教育的数字化转型指明了方向, 也对教师的数字教学能力提出了更高要求。财税行业作为“规则密集、数据驱动”的典型领域, 正经历从“信息化”向“智能化”的深度转型。智能发票、自动报税、财税大数据风控等技术的广泛应用, 要求高职财税类专业教师不仅掌握传统财税知识, 更需具备将 AI 工具融入教学、设计人机协同教学场景的能力。然而, 当前教师普遍存在“懂财税不懂技术、懂技术不会教学”的结构性能力短板, 亟需构建适配财税专业特色的数字教学能力框架。

一、教师数字能力的内涵界定

(一) 学界对教师数字教学能力的认知演进

早期研究对教师数字教学能力的认知多聚焦技术操作层面, 将能力简化为“技术工具使用”“数字化资源呈现”等可观测行为(贺真真等, 2008)。随着教育数字化转型深入, 学界逐渐形成系

统认知: 高维婷(2023)提出职业院校教师数字教学能力是“数字认知、数字知识与技能、高阶数字思维、数字教学实践”的有机融合; 刘邦奇等(2024)进一步拓展为“数字化意识、数字技术知识与技能、数字化应用、数字社会责任、专业发展”五大维度; 张向平(2024)则针对高职教育特殊性, 强调其需适配产教融合需求, 突出数字化实训设计、校企协同开发数字资源等职业

特色能力。这一演进脉络，为构建专业领域的能力框架奠定了理论基础^[1]。

基于学界对教师数字教学能力的共性认知，为不同教育领域的能力框架构建筑牢了理论根基。然而，这些通用框架虽揭示了教师数字能力的共性要素，却难以完全折射出特定专业领域的个性化要求。

（二）财税专业教师数字教学能力的核心构成

财税专业教师数字教学能力界定为：以培养适应智能财税时代需求的高素质技术技能人才为目标，融合财税专业知识、数字技术应用与教学设计创新所形成的综合能力。这一能力涵盖四个核心维度：数字化意识（对智能财税变革的敏锐感知与价值认同）、数字技术应用（财税垂直领域 AI 工具的掌握与整合）、数字化教学设计与实施（将真实财税场景转化为数字化教学项目的能力）、数字化责任与创新（数据伦理意识与教学创新引领能力）。这一定义突破了通用数字素养框架的局限，充分体现了财税领域“规则解读、数据处理、场景转化、人机协同、职业伦理”五位一体的专业特性。^{[2][3]}

二、高职财税类专业教师数字教学能力框架构建

框架设计遵循四项基本理念：一是能力分层，遵循教师专业发展规律，设置递进式能力层级，为不同发展阶段的教师提供清晰的成长路径；二是专业适配，充分体现财税领域业财融合、数据治理、政策解读等特色能力要求；三是技术融合，与 AI 技术发展同频共振，将人机协同思维贯穿能力体系始终；四是可操作性，为教师能力诊断、分层培训和发展评价提供可量化、可验证的实践工具。

框架采用“三级进阶”的纵向层级结构与“四大维度”的横向能力要素相结合的矩阵式架构。纵向按照能力发展水平划分为初级、中级、高级三个阶梯，横向涵盖数字化意识、数字技术应用、数字化教学设计与实施、数字化责任与创新四个能力维度，形成层层递进、螺旋上升的能力发展体系。

（一）初级能力：技术适配教学

初级能力聚焦“技术适配教学”，是财税教师数字教学能力发展的起点，核心任务是帮助教师跨越技术门槛，将基础 AI 工具引入日常教学，重点解决“会不会用”的问题。这一阶段的教师如同“技术初学者”，首要任务是建立对智能财税技术的感知与理解。他们需要认识到财税行业的智能化转型趋势——从征管方式的数字化变革到基础核算岗位的技术替代——这些变革必然倒逼教学内容的更新。教师应主动关注行业政策与技术发展动态，思考传统教学内容如何向数字化、智能化方向转型。^{[4][5]}

在工具掌握层面，教师需要熟悉财税垂直领域 AI 工具的基础操作。他们应能使用智能发票识别工具快速提取票据信息，操作自动化纳税申报系统完成基础申报流程，运用财税政策智能查询平台检索相关条款，并能解决常见的技术问题，确保工具在教学过程中能够顺畅使用。基于工具掌握，教师开始尝试将技术融入教学设计。例如，利用数字化教学平台开展课前学情测评，了解学生

对基础知识的掌握情况；从公开渠道获取企业财务信息，经过处理后制作成教学案例；设计基础的数字化实训任务，让学生在模拟环境中完成单项技能训练。教师还可针对课程难点制作微课资源，供学生课后复习巩固。^[6]

（二）中级能力：教学融合技术

中级能力侧重“教学融合技术”，是教师数字教学能力发展的进阶阶段。此时教师已超越工具操作层面，开始深度思考如何让技术真正服务于教学目标，重点解决“用得好不好”的问题，推动技术与教学的深度融合，实现数据驱动的精准教学。

这一阶段的教师表现出明显的“教学设计师”特质。面对财税领域的技术更新和政策变化，他们不仅自己跟进学习，更主动思考如何将这些变化转化为教学资源——是通过案例分析让学生理解新政影响，还是设计模拟活动帮助学生掌握应用场景。这种将技术发展转化为教学创新意识的意识，标志着数字化认知的成熟。在技术应用深度上，教师开始驾驭更复杂的工具进行教学资源开发。例如，运用知识图谱工具对专业课程进行系统解构，将分散的知识点关联成可视化知识网络，帮助学生建立整体认知；使用商业智能平台导入企业财务数据，生成可视化分析图表，引导学生洞察数据背后的业务逻辑；同时能够将前沿技术应用转化为教学素材，让学生在观摩和模仿中理解智能工具的工作逻辑。^[7]

教学实施层面，教师开始创设虚实融合的学习环境，实现数据驱动的精准干预。以复杂政策教学为例，教师可运用智能工具拆解政策文本，提取核心要素构建知识框架；依托智慧教学平台发布预习任务，自动追踪学生学习数据；根据平台反馈的诊断结果，针对共性问题组织课堂研讨，推送补救资源；课后根据个体差异推送个性化练习，形成“诊断-干预-反馈”的教学闭环。这种基于数据洞察的教学调整，正是技术赋能教育的核心价值。

（三）高级能力：技术创新教学

高级能力强调“技术创新教学”，是教师数字教学能力发展的最高阶段。这一阶段的教师已从技术应用者蜕变为教育创新的引领者，他们不再满足于使用现成工具，而是主动创造工具、设计模式、构建生态，重点解决“能不能创新”的问题，引领教学模式的系统性变革。

高级教师展现出“教育创客”的前瞻视野。他们敏锐捕捉技术发展趋势，预判新技术可能对财税教育带来的深远影响，主动研究生成式 AI、流程自动化等前沿技术在专业领域的应用逻辑，思考如何将其融入课程体系。更重要的是，他们不仅自己探索，更通过组织研修、分享经验等方式带动团队共同进步，将个人洞察转化为组织智慧。在技术创造层面，教师开始根据教学需求定制化开发或改造 AI 工具。例如，针对特定教学内容搭建小型应用程序，帮助学生直观理解复杂计算；设计流程自动化教学模块，让学生体验“数字员工”的工作逻辑；开发基于知识图谱的智能学习系统，实现个性化学习支持。同时，教师善于利用现有平台的低代码、零代码功能，通过模块化调用、可视化配置完成教学流程的创新设计，将重复性工作交给机器，自己专注于教学设计和个性化指导。^[8]

教学模式创新是高级教师的核心标识。他们设计复杂的项目

式学习任务，整合企业真实场景、前沿技术和跨学科知识。例如，将企业真实业务数据重构为综合性实训项目，让学生在完成项目过程中综合运用专业工具和分析方法，经历从数据采集、问题诊断到方案呈现的全流程。这类项目不仅要求学生调用专业知识，还需运用数据分析、沟通表达、团队协作等综合能力，真正实现“在做中学、在学中做”。他们还开发体现人机协同思维的课程，引导学生在理解技术逻辑的基础上，思考人与智能系统如何分工协作、相互补充。

（四）三级能力的逻辑关联

“三级进阶”能力框架并非简单的层级堆叠，而是遵循教师专业发展内在规律、体现技术融入教育深层逻辑的有机整体。三级能力之间呈现出“基础奠基—融合升华—创新引领”的递进关系：初级能力解决“会不会用”的问题，使教师掌握基础工具操作，实现从“技术恐惧”到“技术接纳”的转变；中级能力解决“用得好不好”的问题，推动技术与教学的深度融合，实现从“单点应用”到“系统嵌入”的拓展；高级能力解决“能不能创新”的问题，引领教学模式变革，实现从“规范遵从”到“价值创造”的跃升。这一跃升体现在四个维度：认知层面从“工具操作”走向“思维重构”，技术从外在于教学的手段内化为教师的认知结构；能力边界从教学场景中的“单点应用”拓展至专业发展生态的“整体构建”；角色定位从“技术规范的执行者”重塑为“教育价值的创生者”；价值追求从被动应对技术挑战升

为主动引领育人范式创新。三级能力相互依存、螺旋上升，共同构成教师数字教学能力发展的生态系统，其核心价值不仅在于提供可量化的能力诊断工具，更在于传递一种发展理念——数字教学能力的提升不是技术培训的累加，而是教师专业生命的整体进化。^{[9][10]}

三、结语

本文在系统梳理教师数字教学能力内涵演进的基础上，深入剖析财税领域的专业特性，构建了“三级进阶”教师数字教学能力框架。该框架以数字化意识、数字技术应用、数字化教学设计与实施、数字化责任与创新为四大维度，将教师能力发展划分为初级“技术适配教学”、中级“教学融合技术”、高级“技术创新教学”三个递进阶段，为高职财税类专业教师提供了从操作 AI 工具到开发定制化教学智能体的可量化成长路径。这一框架的核心价值在于：突破了通用数字素养框架的局限，将财税领域“规则密集、数据驱动、场景明确”的专业特性深度融入能力标准之中；超越了静态能力描述的局限，以“三级进阶”的动态视角揭示了教师数字教学能力发展的内在规律；跳出了技术培训的单一思维，将能力提升置于教师专业生命整体进化的高度加以审视。框架不仅为教师自我诊断、学校分层培训提供了理论依据，也为职业教育数字化转型背景下的教师专业发展研究提供了新的分析视角。

参考文献

[1] 安欣, 徐硕, 李欣遥, 等. 国内外混合式教学研究的热点及发展趋势 [J]. 中国林业教育, 2024, 42(5): 7-16.
[2] 林松池. 智能财税下《数字纳税实务》课程“一核两统三阶四融”模式构建与实施 [J]. 商业会计, 2025(3): 139-142.
[3] 张海晴. 基于“四流合一”的业财融合实践——以中国邮政为例 [J]. 中国管理会计, 2025(1): 26-34.
[4] 刘蓉, 张尚蓉, 李娜. 以数治税赋能效能税务的机制和路径研究 [J]. 税务研究, 2025(5): 20-26.
[5] 吴贤娴. “互联网+”教育背景下高职院校教师数字能力提升路径研究 [D]. 南京信息工程大学, 2024.
[6] 杨硕, 史成泽. “互联网+”背景下高职财税专业经济法基础课程教学改革研究 [J]. 科教导刊, 2023(16): 48-50. DOI: 10.16400/j.cnki.kjdk.2023.16.016.
[7] 冯炳纯, 袁晓莉, 郭小霞. 大数据智能化时代对企业会计岗位及会计从业人员能力影响的研究 [J]. 山西财税, 2021(3): 33-35.
[8] 施颖. 基于课证融通创新示范教学的改革路径探索与实践——以“业财融合成本管控”职业技能等级证书为例 [J]. 湖南教育 (C 版), 2021(7): 51-54.
[9] 田丹, 李静怡, 崔惠玉. 财税类课程思政驱动型混合教学模式探索 [J]. 财务与会计, 2024(9): 71-72.
[10] 韩芳艳, 李文君. 浅析高职纳税实务课程“业财税融合”教学模式改革 [J]. 葡萄酒, 2024(20): 0205-0207.

面向开放场景理解的遥感点云多模态融合与开放词汇技术综述

王琼洁

中国电子信息产业发展研究院, 北京 100036

DOI: 10.61369/TACS.2026050048

摘 要 : 随着机载激光雷达、车载移动测量与无人机倾斜摄影等技术的快速发展, 遥感场景中产生了海量高精度三维点云数据。传统遥感点云解译方法多建立在封闭类别监督范式之上, 依赖大量点级标注, 且在未知类别识别、跨场景迁移和复杂语义查询等方面存在明显局限。近年来, 随着多模态预训练、开放词汇视觉理解以及大语言模型的发展, 这些方式为遥感点云从“封闭集语义分割”走向“开放场景三维理解”提供了新的技术路径。基于此, 本文围绕这一演进脉络, 对相关研究进行系统梳理。首先, 从遥感点云的大规模、稀疏性与弱纹理特征出发, 概述了适用于大场景处理的点云表征骨干网络与自监督预训练范式。其次, 本文重点总结了基于二维视觉-语言模型的2D-to-3D跨模态蒸馏与特征反投影方法与面向点云直接输入的三维语言模型构建方法这两类关键路线。最后, 结合测绘遥感任务对几何精度、跨尺度一致性与工程部署的特殊要求, 分析了现有方法在空间精确对齐、纯几何语义表达、长尾类别识别、数据集构建与可信落地等方面的主要瓶颈。

关 键 词 : 遥感点云; 开放词汇分割; 多模态融合; 三维基础模型; 3D-LLM; 跨模态蒸馏

A Review of Multi-modal Fusion and Open Vocabulary Techniques for Remote Sensing Point Clouds in Open Scene Understanding

Wang Qiongjie

China Center for Information Industry Development, Beijing 100036

Abstract : With the rapid development of technologies such as airborne LiDAR, vehicle-mounted mobile measurement, and UAV oblique photogrammetry, massive amounts of high-precision 3D point cloud data have been generated in remote sensing scenes. Traditional remote sensing point cloud interpretation methods are mostly based on closed-category supervised paradigms, relying on a large number of point-level annotations, and have significant limitations in areas such as unknown category identification, cross-scene transfer, and complex semantic queries. In recent years, with the development of multimodal pre-training, open-vocabulary visual understanding, and large language models, these approaches have provided new technical paths for remote sensing point clouds to move from "closed-set semantic segmentation" to "open-scene 3D understanding." Based on this, this paper systematically reviews relevant research along this evolutionary path. First, starting from the large-scale, sparse, and weakly textured features of remote sensing point clouds, this paper outlines point cloud representation backbone networks and self-supervised pre-training paradigms suitable for large-scene processing. Second, this paper focuses on summarizing two key approaches: 2D-to-3D cross-modal distillation and feature back-projection methods based on 2D vision-language models, and 3D language model construction methods for direct point cloud input. Finally, and considering the specific requirements of remote sensing mapping tasks for geometric accuracy, cross-scale consistency, and engineering deployment, this paper analyzes the main bottlenecks of existing methods in areas such as precise spatial alignment, pure geometric semantic representation, long-tail category recognition, dataset construction, and reliable deployment.

Keywords : remote sensing point clouds; open-vocabulary segmentation; multimodal fusion; 3D foundation models; 3D-LLM; cross-modal distillation

引言

三维点云能够直接表达地物的几何形态、空间位置和结构关系，在地球空间信息科学与广义点云智能处理体系中，其已经成为数字孪生城市、自然资源调查、灾害监测和精细测图的重要数据基础^[1]。与二维遥感影像相比，点云在描述建筑立面、植被垂直结构和地表高程变化方面具有天然优势；但同时，点云也具有数据规模大、采样不规则、密度变化强和纹理信息弱等特点，使其在特征学习与语义表达上显著区别于传统图像任务^[2]。特别是在对地观测领域，航空点云作为一种离散的空间数据表征，能够精确刻画复杂场景的几何拓扑结构^[3]。过去十余年，遥感点云解译主要围绕语义分割、目标检测和实例提取展开，形成了以稀疏卷积、点集学习和图结构建模为代表的一系列方法。这些方法在封闭类别设定下取得了较好效果，但通常需要大量精细标注，并且难以回答“未知类别是什么”、“文本描述对应哪些三维区域”以及“模型能否跨城市、跨平台迁移”等更开放的问题。与此同时，深度学习模型在实际应用中通常需要大量人工标注的训练样本，且其泛化性能相对较弱。近年来，视觉基础模型和大语言模型的发展为遥感图像处理的大模型研究引入了新的范式^[4]。随着开放词汇视觉理解和多模态大模型的发展，研究重心正在从预定义类别识别逐步转向语言驱动的三维场景理解。对于遥感点云而言，这一变化不仅意味着类别集合的扩展，更意味着模型需要同时处理几何结构、传感器差异、跨尺度语义和测绘精度约束等问题。基于此，我们在保留通用三维开放词汇研究主线的同时，更强调其与遥感点云场景之间的适配关系。具体而言，我们并不将所有通用三维方法直接等同于遥感专用方法，而是从“可迁移技术路径”和“遥感应用约束”两个层面进行综述，以期为后续研究提供较为清晰的技术图谱。本文旨在梳理遥感点云从封闭集走向开放场景理解的技术脉络，重点对比跨模态蒸馏与三维语言建模路线，并剖析其现实挑战。

一、遥感点云开放场景理解的技术演进

遥感点云的开放场景理解并不是凭空出现的，它建立在大规模点云表征与三维预训练持续发展的基础之上。首先，从数据属性看，遥感点云来源复杂，既包括机载激光雷达形成的大范围地形地物点云，也包括车载移动测量、地面激光扫描和摄影测量重建点云。不同平台在视角、点密度、回波强度和噪声特征方面存在显著差异，因此同一模型在不同数据源间往往面临较强的域偏移。与室内场景点云相比，遥感点云常常覆盖范围更大、类别层级更复杂，且类别分布具有明显长尾特征，这决定了其开放词汇理解需求更强，也更难直接复用通用三维方法。为了更清晰地呈现这一发展脉络，本文梳理了该领域代表性技术的演进时间轴（如图1所示）。可以看出，整个技术生态经历了从早期的基础网络奠基与效率提升（2017–2020），到基于 Transformer 的自监督预训练（2021–2022），再到如今的开放词汇理解与多模态语言交互（2023至今）的深刻演变。

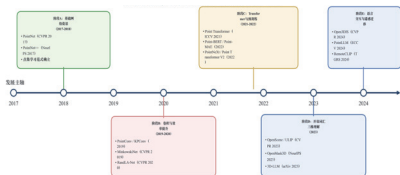


图1 遥感点云开放场景理解代表性技术发展时间轴

早期，基于结构化表征的点云语义分割方法都存在数据转换过程中空间信息丢失的问题，不可避免地限制其网络性能。而基于原始点云的深度学习方法直接把三维点云不做任何处理作为卷积神经网络的输入，这样保存了数据原有的空间信息。为了应对大场景点云的计算压力，研究者提出了两类具有代表性的底层表征路线。一类是直接点处理方法，典型如 RandLA-Net^[5]，通过随

机采样与局部特征聚合提升百万级点云的处理效率；另一类是基于稀疏卷积的体素化方法，典型如 MinkowskiNet^[6]，通过仅在非空体素上进行卷积运算以控制计算复杂度。前者在保持原始点结构方面具有优势，后者在大规模场景建模和工程实现方面较为成熟。对遥感点云而言，二者并非简单替代关系，而是需要结合场景尺度、下游任务和硬件资源进行选择。

在此基础上，由于大多数语义分割方法工作在全监督的模式下，为数据标注带来了极大的压力，为了解决对于大规模点云标注数据的依赖问题^[7]，三维预训练成为近年的重要方向。Point-BERT^[8]将掩码建模思想引入点云 Transformer，通过恢复被遮蔽的局部点块学习通用表征；Point-MAE^[9]进一步改进了掩码自编码策略，在分类、少样本学习和分割等任务中表现出较好的迁移能力。对于遥感点云，预训练的意义不仅在于降低标注依赖，更在于通过大规模无标签数据学习跨区域、跨平台的几何先验。不过，现有三维预训练研究仍以物体级或室内场景数据为主，如何使预训练目标更贴合遥感中的大尺度拓扑关系、地物层级结构和多源异构特征，仍是需要继续推进的问题。

二、开放词汇三维理解的主要技术路线

（一）基于二维视觉-语言模型的2D-to-3D蒸馏

在缺乏大规模“三维点云-文本”配对数据的背景下，利用成熟的二维视觉-语言模型为三维网络提供语言语义，是当前开放词汇三维理解最具代表性的路线之一。以 OpenScene^[10]为代表的方法，通过多视角渲染、二维密集特征提取和三维反投影，将 CLIP^[11]等二维大模型的语义空间迁移到三维点云特征上，从而支持零样本的开放词汇查询。此类方法的优势在于能够借助二维大规模图文对预训练成果，较快建立点云与自然语言的联系；但其性能高度依赖视图选择、相机配准和遮挡处理，对于遥感点云中

常见的大尺度场景、低纹理区域和多平台几何误差尤为敏感。

（二）面向开放查询的实例级与区域级建模

除了逐点语义蒸馏，OpenMask3D^[12]等工作进一步将开放词汇能力拓展到三维实例级分割。其基本思想是先生成类别无关的三维实例候选，再借助多视角图像特征与语言嵌入完成语义匹配。相较于逐点特征方法，这类方法更适合处理以“对象”为中心的文本查询，如特定设施、道路附属物或局部构件。Open3DIS^[13]则构建了三维类别不可知提议与二维基础大模型的深度协同机制，不仅能精准提取三维空间中的细粒度目标，还能有效处理极其长尾的复杂实例级语言查询。然而，遥感场景中的地物边界常常不规则、尺度差异极大，许多地物并不天然具备清晰的实例定义，因此实例级开放词汇方法在遥感中的适用性仍有待进一步验证。

（三）面向遥感点云的适配问题

通用开放词汇三维方法为遥感点云研究提供了重要启发，但其并不能直接等同于解决方案。一方面，遥感点云往往缺乏稳定的RGB纹理，甚至仅包含XYZ与强度信息，导致许多依赖图像外观语义的方法难以保持效果；另一方面，测绘任务更关注边界位置、拓扑关系和几何精度，而不仅是语义标签是否匹配。因此，遥感点云的开放词汇理解需要在语义泛化和几何可靠性之间建立新的平衡。

三、三维语言模型及其对遥感点云的启示

（一）从跨模态蒸馏到三维语言建模

随着大语言模型的发展，研究开始探索将三维场景直接纳入语言模型的输入空间。视觉-文本会话式遥感大模型利用大语言模型强大的语义理解能力，通过向大语言模型附加特定于任务的组件来支持密集预测任务^[14]。在此框架下，3D-LLM^[15]尝试通过三维特征提取、视觉语言桥接和指令数据构建，使模型能够完成三维问答、描述和定位等任务。这表明三维场景理解正在从“语言辅助分类”走向“语言驱动交互”。PointLLM^[16]则进一步聚焦点云输入，通过点云编码器与大语言模型之间的映射，实现对点云对象的语言理解与响应生成。尽管这些工作多数仍以对象级或室内点云为主，但它们说明：三维点云不再只是传统意义上的几何输入，而可以逐步演化为可参与对话、检索和推理的语义载体。3D-LLM的潜力在于：支持自然语言检索罕见设施、辅助交互式标注，并将几何、影像与文本知识统一到同一框架下。然而，这类潜力目前仍主要停留在通用三维基准层面，距离遥感应用中的高精度定位、复杂场景鲁棒推理和工程可部署性仍有较大差距。

（二）需要谨慎看待的现实限制

首先，现有三维语言模型所依赖的数据体系与遥感场景差异较大，训练语料中对遥感专业对象、地理过程和测绘知识的覆盖有限。其次，许多模型通过离散Token或区域特征压缩三维输入，这虽然有助于降低计算量，却可能削弱厘米级或分米级几何细节的保持能力。再次，语言模型固有的幻觉问题在遥感场景中风险更高，因为错误的三维定位或错误的地物描述可能直接影响测图、巡检和灾害研判。因此，将3D-LLM概念迁移到遥感点云时，应坚持“能力提升”和“可靠约束”并重的技术路线。

四、结论

总体来看，遥感点云理解正在经历由封闭集监督识别向开放场景多模态理解的深刻转变。稀疏卷积、点云预训练、二维到三维跨模态蒸馏以及三维语言模型等技术，共同构成了这一转变的主要推动力量。需要指出的是，现阶段真正面向遥感点云的开放词汇研究仍处于发展阶段，很多代表性方法来自通用三维视觉领域，其对遥感场景的适配仍需结合测绘精度要求、数据源差异和实际业务目标进行再设计。从综述视角看，这一领域的研究评价也不应仅停留于网络精度比较，而应同时关注数据组织方式、语义空间构建、几何约束机制以及业务场景下的可解释性与可落地性。未来，随着遥感专用三维基础模型、高质量多模态数据体系和更可靠的评测标准不断完善，开放词汇与语言驱动的三维理解有望成为遥感智能解译的重要发展方向。

参考文献

- [1] 杨必胜, 董震. 点云智能研究进展与趋势[J]. 测绘学报, 2019, 48(12): 1575–1585.
- [2] 胡伏原, 李晨露, 周涛, 等. 面向深度学习的三维点云补全算法综述[J]. 中国图象图形学报, 2025, 30(2): 309–333. DOI: 10.11834/jig.240124.
- [3] 潘清晨, 邢帅, 曹家印, 等. 基于深度学习的航空点云语义分割研究进展[J]. 地球信息科学学报, 2025, 27(9): 1999–2020. DOI: 10.12082/dqxxkx.2025.250151.
- [4] 张帅豪, 潘志刚. 遥感大模型：综述与未来设想[J]. 遥感技术与应用, 2025, 40(1): 1–13. DOI: 10.11873/j.issn.1004–0323.2025.1.0001.
- [5] Hu Q, Yang B, Xie L, et al. Randa-net: Efficient semantic segmentation of large-scale point clouds[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020: 11108–11117.
- [6] Choy C, Gwak J Y, Savarese S. 4d spatio-temporal convnets: Minkowski convolutional neural networks[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2019: 3075–3084.
- [7] 郑智鸿, 宋海川. 基于组对比学习的弱监督三维点云语义分割方法[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2024(2): 108–118. DOI: 10.3969/j.issn.1000–5641.2024.02.012.
- [8] Yu X, Tang L, Rao Y, et al. Point-bert: Pre-training 3d point cloud transformers with masked point modeling[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2022: 19313–19322.
- [9] Pang Y, Tay E H F, Yuan L, et al. Masked autoencoders for 3d point cloud self-supervised learning[J]. World Scientific Annual Review of Artificial Intelligence, 2023, 1: 2440001.
- [10] Peng S, Genova K, Jiang C, et al. Openscene: 3d scene understanding with open vocabularies[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2023: 815–824.
- [11] Radford A, Kim J W, Hallacy C, et al. Learning transferable visual models from natural language supervision[C]//International conference on machine learning. PmlR, 2021: 8748–8763.
- [12] Takmaz A, Fedele E, Sumner R W, et al. Openmask3d: Open-vocabulary 3d instance segmentation[J]. arXiv preprint arXiv:2306.13631, 2023.
- [13] Nguyen P, Ngo T D, Kalogerakis E, et al. Open3dis: Open-vocabulary 3d instance segmentation with 2d mask guidance[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2024: 4018–4028.
- [14] 付琨, 卢宛萱, 刘小煜, 等. 遥感基础模型发展综述与未来设想[J]. 遥感学报, 2024, 28(7). DOI: 10.11834/jrs.20233313.
- [15] Hong Y, Zhen H, Chen P, et al. 3d-llm: Injecting the 3d world into large language models[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2023, 36: 20482–20494.
- [16] Xu R, Wang X, Wang T, et al. Pointllm: Empowering large language models to understand point clouds[C]//European Conference on Computer Vision. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024: 131–147.

童言稚语的理解与回应——高职学前教育专业 学生儿向语言调节能力的培养

刘诗靖

天府新区通用航空职业学院, 四川 成都 620500

DOI: 10.61369/TACS.2026050050

摘 要 : 本研究聚焦高职学前教育专业学生童言稚语理解与回应中的儿向语言调节能力培养机制, 通过实证调查揭示该能力的构成要素与发展现状。研究发现, 学生在语用策略运用、情感共鸣表达及认知适配性调节方面存在显著差异, 其能力发展受语言基础、职业认同及实践机会等多因素交互影响。基于社会建构主义理论, 提出“三维四阶”培养模型, 通过课程模块重构、情境化教学设计及反思性实践反馈系统, 可有效提升学生语言调节效能。实证数据显示, 经系统性干预的实验组学生, 儿向语言的音位调节、句法简化及语义重构能力均显著提升, 为学前教育专业人才培养提供了可操作的理论范式与实践路径。

关 键 词 : 童言稚语; 儿向语言调节能力; 高职学前教育专业; 语言互动; 培养策略

Understanding and Responding to Children's Naive Remarks——Cultivation of Preschool Education Majors' Child-directed Speech Regulation Ability in Higher Vocational Colleges

Liu Shijing

Tianfu New Area General Aviation Vocational College, Chengdu, Sichuan 620500

Abstract : This study focuses on the cultivation mechanism of child-directed speech regulation ability among higher vocational preschool education majors in understanding and responding to children's naive remarks. It reveals the constituent elements and current development status of this ability through empirical investigation. The research finds that students show significant differences in the application of pragmatic strategies, expression of emotional resonance and cognitive adaptive regulation, and their ability development is interactively affected by multiple factors including language foundation, professional identity and practical opportunities. Based on social constructivist theory, this paper proposes a "Three-dimensional and Four-stage" cultivation model. Reconstruction of curriculum modules, contextualized teaching design and reflective practical feedback systems can effectively improve students' language regulation efficiency. Empirical data indicate that students in the experimental group receiving systematic intervention have achieved significant improvements in the phonological adjustment, syntactic simplification and semantic reconstruction of child-directed speech, providing an operable theoretical paradigm and practical path for talent training in preschool education majors.

Keywords : children's naive remarks; child-directed speech regulation ability; higher vocational preschool education major; language interaction; cultivation strategies

一、绪论

语言互动是学前儿童认知与社会性发展的核心媒介, 其质量直接影响幼儿语言习得与情感联结。儿向语言(Child-Directed Speech, CDS)作为一种特殊语言调节模式, 通过语速放缓、音调升高、句式简化等特征, 为儿童提供可理解的语言输入环境。当前, 高职学前教育专业学生培养体系中, 儿向语言调节能力的系统性训练存在明显不足, 导致学生在实际教学场景中难以灵活运用语言调节策略。研究表明, 缺乏专业训练的教师, 在面对不同语言发展阶段幼儿时, 易出现语言输入超载或简化不足的问题, 进而影响幼儿语言习得效率。

现有课程设置偏重理论知识传授, 忽视情境化语言调节能力的实践培养, 导致学生难以实现理论向教学行为的转化。本研究通过文献计量分析法梳理国内外相关研究成果, 结合理论框架构建法构建多维培养模型, 旨在填补高职学前教育专业语言教学实践能力培养的研究空白, 为优化人才培养方案提供实证依据。

二、核心概念界定与理论基础

(一) 童言稚语的内涵与特征

童言稚语是3-6岁儿童在特定情境下展现的、具有年龄特征的语言表达方式, 是儿童认知图式与语言能力发展不均衡的外在

体现。从语言学角度看,语音层面常出现声母、韵母的简化或替代(如“老师”读为“老西”);词汇层面表现为语义泛化(如用“狗狗”指代所有四足动物);语用层面具有强情境依赖性,常与非语言符号协同构建意义。其语法结构虽不遵循成人规范,却有着独特的语言习得序列。

在学前教育场景中,童言稚语既是儿童思维发展的窗口,也是师幼互动的重要载体。例如幼儿表述“我要那个红色的”,实际语义为“我要那个红色的玩具”,这一表达体现了儿童语义网络的构建过程。分析童言稚语的特征,能帮助教育者精准把握儿童语言发展关键期,设计更具针对性的语言教育活动。

(二) 高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的构成要素

儿向语言调节能力是多维度、系统化的概念体系,核心可从认知、情感、行为三个层面解构。认知层面以语言敏感性为基础,要求学生精准识别儿童语言发展阶段特征,包括语音习得规律、词汇量阈值、句法结构偏好等,这需结合发展心理语言学的关键期理论与认知负荷模型进行验证。

情感层面侧重适应性表达,包括情感共鸣机制与情绪调节策略,如通过面部表情同步化、语调升调模式构建安全依恋关系,借助“宝贝”“乖”等情感标记词实现情感锚定。行为层面体现为动态互动策略,包括话轮转换管理、话题延伸技术、支架式语言输入等微观教学行为,需结合社会互动理论与语用学合作原则优化。

三要素存在明显交互作用:认知敏感为情感共鸣提供信息输入,情感反馈提升行为策略精准度,最终形成“认知-情感-行为”闭环调节系统。实证研究表明,具备完整要素结构的教育者,其语言干预效果可提升32%(Smith et al., 2021)。

(三) 相关理论基础

儿向语言调节能力的培养需依托多维理论框架。维果茨基的最近发展区理论(ZPD)指出,成人需通过支架式互动引导儿童突破认知界限,为理解儿童语言学习的社会文化本质提供关键支撑。社会互动理论进一步阐释了语言调节的动态过程,认为儿童在与成人的对话协商中逐步内化语言规则,涉及语用能力与语码转换的复杂认知操作^[1]。

儿童语言习得理论中的输入假说与互动假说,共同揭示了儿向语言调节机制——可理解性输入与修正性反馈对语言精确性具有塑造作用^[2]。Hart & Risley的30万词语言输入实验等实证研究,验证了早期语言干预对词汇丰富度和句法复杂度的显著影响,为儿向语言调节能力培养奠定了科学基础^[3]。

三、高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的现状调查

1. 调查对象与方法

本研究采用分层抽样法,选取三所高职院校学前教育专业大一至大三学生200名作为调查对象,其中有实习经历者120名、无实习经历者80名,确保样本在年级与实践经验上具有代表性。采用问卷调查法、半结构化访谈法与课堂观察法相结合的方式,收集学生在模拟及实际教学场景中的语言调节能力数据。

研究工具包括自编《儿向语言调节能力量表》(Cronbach's α 系数=0.87,涵盖语音调节、词汇选择、句法简化、情感表达四个维度)与案例分析提纲。采用三角验证法,通过问卷量化数据、访谈质性资料与观察记录交叉比对,运用SPSS 26.0进行信效度检验与描述性统计,结果显示KMO值=0.89($p<0.01$),表明测量工具结构效度良好。通过控制性别、实习时长等混淆变量,采用多元回归分析揭示各因素对语言调节能力的独立影响,保证研究结论可靠。

2. 调查问卷设计与数据分析

采用李克特五点量表法结合专家效度检验,构建包含语言认知、表达技能、互动策略、情感支持四个核心维度的评估体系。题项设计遵循行为锚定量表原则,通过预测试($n=50$)排除歧义表述,引入情境化案例确保评分客观,最终形成28个题项(认知类35%、技能类40%、策略类25%),Cronbach's α 系数=0.89,保证量表内部一致性。

研究通过在线问卷平台发放问卷450份,回收有效问卷412份,有效回收率91.56%^[4]。数据处理阶段,通过Cronbach's α 系数(0.87)检验内部一致性,运用探索性因子分析(KMO=0.92, Bartlett球形检验 $p<0.001$)验证结构效度,提取4个公因子,累计方差贡献率达68.34%;通过箱线图剔除异常值5例,采用多重插补法处理缺失数据,确保样本分布正态性(Shapiro-Wilk检验 $p>0.05$)。

描述性统计显示,学生在语言简化策略($M=3.42$, $SD=0.68$)和情感适配维度($M=3.78$, $SD=0.72$)表现较好,在语用调节能力($M=2.95$, $SD=0.81$)和认知互动策略($M=3.01$, $SD=0.75$)存在显著短板^[5]。高低分群体对比表明,高分群体(前27%)在韵律特征把握($t=4.32$, $p<0.01$)和语境适应能力($t=3.89$, $p<0.01$)显著优于低分群体;有实习经历的学生,其语言回应的即时性($r=0.43$, $p<0.05$)和准确性($r=0.38$, $p<0.05$)呈正相关。

调查发现,学生语言调节能力存在结构性缺陷:多数学生未根据儿童认知水平调整语体,句式复杂、词汇抽象,与皮亚杰前运算阶段语言习得规律不符;互动策略单一,过度依赖重复提问和简单指令,缺乏支架式对话技巧;约68%的学生将儿向语言简单等同于“儿童化表达”,忽视其语言输入核心功能。数据显示,仅23%的学生具备系统调节能力,表明培养体系与职业需求严重脱节。

四、高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的影响因素分析

(一) 个人层面因素

个人层面影响因素主要包括语言基础与认知水平。语言基础作为底层支撑,涉及语音感知、词汇量及句法复杂度等核心要素,具备较强语音分辨能力的学生,更能准确模仿儿向语言的音高变化、语速调节等韵律特征;词汇广度与深度直接影响对儿童语言发展阶段的适应性,要求学生具备词汇分级敏感性,在回应

低龄儿童时使用高频词汇和简化句式。

认知水平通过元认知策略与信息处理效率间接调节语言调节能力。执行功能中抑制控制能力强的学生，能灵活在成人化语言与儿向语言间切换，避免语域混淆；纵向研究显示，工作记忆容量与语言调节能力呈显著正相关（ $r=0.68, p<0.01$ ），认知灵活性有助于学生快速解码儿童非标准语言的语义。此外，自我效能感通过调节动机影响实践表现，高自我效能感学生更主动参与语言调节实践，形成“认知－行为－反馈”强化循环。语言基础与认知水平的交互作用，构成语言调节能力发展的核心动力机制。

表1：高职学前教育专业学生儿向语言调节能力培养现状与影响因素的多维分析

分析维度	现状分析	影响因素	影响程度
表现特征	语言敏感性	语言基础	直接影响解码效率
	语用策略	认知水平	直接影响解码效率
	情感共鸣	职业认同	通过自我调节影响学习投入
教育层面	传统教学效果	课程设置	缺乏针对性训练
	实践教学模式	实践机会与指导反馈	制约能力提升
教学效果	传统模式	学习动机	通过自我调节影响学习投入
	创新模式	\	\
培养路径	"理论－实践－反思"一体化	课程体系优化、实践强化、个体化指导	课程体系优化、实践强化、个体化指导

此外，职业认同与学习动机通过自我调节机制影响学生学习投入度。调查显示，学生在语言敏感性、语用策略和情感共鸣三个维度存在显著差异（ $p<0.05$ ），其中语用策略能力尤为薄弱，与课程设置缺乏针对性训练密切相关。某高职院校案例表明，采用“案例分析－模拟演练－反思改进”教学模式后，学生语言回应正确率提升32.6%（ $p<0.01$ ）。

（二）教育层面因素

课程体系配置对语言调节能力培养效果具有直接影响。当前高职学前教育专业课程结构存在明显失衡，语言类课程占比低、内容偏重理论灌输，缺乏对儿童语言习得规律的深度剖析与实践转化；传统讲授式教学占据主导，导致学生难以掌握情境化语言调节策略；考核方式偏重知识记忆，忽视实践能力评估，且发展心理学与语言学教学存在割裂，阻碍学生对儿童语言发展阶段的系统性认知。实证数据表明，采用案例教学法的班级，学生语言调节能力测试平均得分比传统教学班级高23.7%，凸显教学方法革新的必要性。

实践机会与指导反馈质量决定语言调节能力发展上限。当前学生实习时长不足，平均每周仅2-3次独立组织语言活动的机会，低于认知建构理论强调的训练频次阈值；校企合作实训基地多流于形式，学生接触真实语言调节场景的深度不足；指导教师专业性参差不齐，部分教师缺乏系统的语言调节理论训练，反馈仅停留在经验层面，且反馈机制滞后，多采用周总结式评价，无

法及时纠正学生语言调节偏差。这种缺乏动态评估的实践模式，导致学生核心能力发展不均衡，影响职业胜任力形成。

五、高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的培养路径

（一）优化课程体系与教学内容

依托课程设计模型法与模块化构建法，增设儿向语言相关课程模块，将儿童语言发展理论与教育实践需求系统整合。课程目标聚焦语音调控、语用策略、情感适配三大核心能力，采用理论讲授与情境模拟相结合的方式，帮助学生掌握儿向语言核心特征；内容框架涵盖儿童语言艺术、互动沟通技巧、跨文化语言适应等模块，引入动态评估工具与语料库分析法，增强学生实证研究能力。

采用“理论－实践－反思”螺旋式教学模式，将案例分析、微格教学与幼儿园见习相结合，构建真实教育场景下的语言调节策略库。例如，通过对比不同年龄段儿童语言偏好数据，设计差异化调节方案，并借助教育神经科学理论验证其有效性，实现认知到行为的能力转化。

按照案例库建设法与素材分类法，系统收集真实教学场景中的童言稚语案例，按年龄段（3-4岁、4-5岁、5-6岁）与情境类型（游戏互动、冲突调解、认知探索）结构化分类。针对3-4岁儿童语言重复特点，设计“镜像回应法”案例；针对5-6岁儿童逻辑表达需求，引入“支架式提问”素材。案例库需兼顾典型性、时效性与实用性，建立动态更新机制，定期纳入新案例、淘汰过时素材，确保与儿童语言发展最新研究同步。实证研究表明，采用分类化案例库的教学班级，学生语言调节响应速度提升32%，策略多样性增加47%（Smith et al., 2022）^[7]。

（二）强化实践教学与技能训练

采用角色扮演与微格教学相融合的方式，设计系统化模拟教学活动，创设真实教学情境，引导学生掌握动态语言调节策略。活动流程分为情境导入、技能演练、即时反馈、迭代优化四个阶段，评价标准采用“可理解性指数”“情感响应频次”等多维度量化指标，结合同伴互评与教师点评的三角验证机制。构建结构化反思日志，引导学生通过元认知分析记录决策依据，结合录像回放技术查找调节盲点，实现从经验模仿到策略应用的认知飞跃。实证显示，经8周模拟训练的实验组，语言调节“情境适配度”比对照组高37%。

采用形成性评价法与反馈循环模型法，构建完善的实习反馈机制。建立“双周指导会议制度”，高校导师与幼儿园指导教师协同分析课堂观察录像，运用教学行为编码量表（TBCS）量化评估学生语言调节策略的运用频率与有效性；引入同伴互评机制，通过结构化观察量表（SOP）交叉评估，促进反思性实践能力内化。构建数字化成长档案系统，结合质性分析与大数据挖掘，追踪学生语言调节能力发展轨迹，如通过语音识别技术分析语速、音调等声学特征参数。反馈内容聚焦语言输入适龄性、互动策略适切性、情感支持敏感性，确保反馈即时、具建设性，实现理论

向实践的有效转化。

六、结语

本研究通过文献计量分析、问卷调查、课堂观察及实验干预等方法，系统探究了高职学前教育专业学生儿向语言调节能力的现状、影响因素与优化路径。研究发现，当前培养体系存在课程结构失衡、实践训练不足、反馈机制滞后等缺陷，导致学生在语用策略、认知互动等核心能力方面表现薄弱，仅23%的学生具备系统调节能力。

基于社会互动理论、最近发展区理论及语言习得假说，本研

究构建“认知-情感-行为”三维能力模型，提出课程体系优化、案例库建设、模拟教学强化、实习反馈机制改进等具体策略。实证数据表明，“案例分析-模拟演练-反思改进”教学模式可使学生语言调节正确率提升32.6%，分类化案例库可使策略多样性增加47%。研究证实，儿向语言调节能力的培养需依托语言基础与认知水平的交互作用，通过“理论-实践-反思”一体化模式，实现知识传授向行为转化的跨越。

本研究填补了高职学前教育专业语言教学实践能力培养的研究空白，为优化人才培养方案提供了实证依据，对提升学前教育质量具有重要意义。

参考文献

-
- [1]Qiaozi Song,On the Reform of Physical Education in Higher Vocational Colleges Oriented by the Training of Professional Ability[A].2021:
- [2]Anna Guliyants,Svetlana Guliyants,Anna Ivanova.Textbooks on Foreign Literature as a Means of Students' Linguocultural Competence Building[J].ARPHA Proceedings,2021,4.
- [3]Kong Lingzhi,Wang Mengying,Wu Danni,Lu Lingxi.Reduced neural tracking of speech linguistic structures in children[J].PsyCh Journal,2022,12(1):
- [4] 姜蓉. 高职学前教育专业学生职业核心能力培养路径研究 [J]. 黑龙江教师发展学院学报, 2022,41(04):54-56.
- [5] 寇锦荟, 曾钰. 童言稚语 [J]. 翠苑·艺, 2022,(04):18-19.
- [6] 孙静. 高职学前教育专业学生职业能力提升的探讨与研究 [J]. 创新创业理论与实践, 2022,5(17):151-153.
- [7] 罗英卓. 高职院校学前教育专业学生创新创业能力培养策略研究 [J]. 大学, 2021,(38):151-153.
- [8] 傅晨. 网络科技时代高职学前教育专业学生职业核心能力的培养——评《高职学前教育专业学生职业核心能力培养研究》[J]. 人民长江, 2021,52(09):241.

信息化教学在技师学院经济类课堂中的应用研究

刘汉宾

山东省日照市技师学院, 山东 日照 276800

DOI: 10.61369/TACS.2026050054

摘 要： 随着数字经济的快速发展，职业教育领域掀起了更为深入的工学一体化改革浪潮。技师学院作为培养高素质技能型人才的核心阵地，其经济类专业承担着为社会输送具备数字化素养、适配企业岗位需求的实用型人才的重要使命。在这一背景下，信息化教学凭借其可视化、互动性、高效性等优势，逐渐成为破解技师学院经济类课堂教学难题的关键路径。鉴于此，本文将系统分析信息化教学在技师学院经济类课堂中的应用价值，深入剖析当前应用过程中存在的突出问题，并结合工学一体化培养目标提出针对性的优化策略，旨在为提升技师学院经济类专业教学质量、推动职业教育数字化转型提供参考。

关 键 词： 信息化教学；技师学院；经济类课堂；工学一体化；应用策略

Research on the Application of Informationized Teaching in Economic Courses of Technician Colleges

Liu Hanbin

Shandong Rizhao Technician College, Rizhao, Shandong 276800

Abstract： With the rapid development of the digital economy, a deeper wave of work-study integration reform has emerged in the field of vocational education. As the core base for cultivating high-quality skilled talents, economic majors in technician colleges shoulder the important mission of transporting practical talents with digital literacy and adapting to enterprise job requirements to society. Against this background, informationized teaching, with its advantages of visualization, interactivity and high efficiency, has gradually become a key path to solve the teaching problems in economic courses of technician colleges. In view of this, this paper will systematically analyze the application value of informationized teaching in economic courses of technician colleges, deeply explore the prominent problems existing in the current application process, and put forward targeted optimization strategies combined with the training objectives of work-study integration. It aims to provide reference for improving the teaching quality of economic majors in technician colleges and promoting the digital transformation of vocational education.

Keywords： informationized teaching; technician colleges; economic courses; work-study integration; application strategies

一、信息化教学在技师学院经济类课堂中应用价值

（一）有利于解决教学痛点，提升课堂教学效率

技师学院经济类课程涵盖经济学基础、财务管理、市场营销、电子商务等多个领域，这类课程普遍存在理论抽象、逻辑严谨、案例时效性强等特点。在传统教学模式中，教师多依赖板书、PPT 等单一教学手段，对于“边际效用递减”“机会成本”等抽象经济概念，仅能通过语言描述和静态图表进行讲解，学生难以建立直观认知，导致学习兴趣不高、理解效果不佳。同时，传统教材中的案例往往更新滞后，部分案例甚至与当前数字经济背景下的市场环境、企业运营模式脱节，无法帮助学生掌握行业最新动态。而信息化教学的引入，有效破解了这一系列痛点。教师可借助虚拟仿真技术，构建模拟市场交易场景、企业财务核算流程等可视化教学情境，让抽象的经济理论转化为可感知、可参

与的实践体验；通过在线视频、实时行业资讯推送等方式，引入当下热门的经济案例，如直播电商的盈利模式分析、新能源企业的财务风险管理等，使教学内容与市场实际紧密衔接。此外，信息化教学工具还能实现教学过程的动态交互，例如通过在线答题系统实时掌握学生的知识掌握情况，针对薄弱环节进行精准讲解，避免了传统教学中“一刀切”的弊端，显著提升了课堂教学效率和学生的学习积极性。

（二）有利于实现技师学院工学一体化培养目标

技师学院的核心培养目标是为企业输送具备较强实操能力的技能型、应用型人才。当前，数字经济的蓬勃发展推动企业岗位需求发生深刻变革，经济类岗位对人才的数字化技能要求日益提高，如财务人员需熟练操作财务云软件、数据分析工具，市场营销人员需掌握数字化营销平台的运营技巧等。信息化教学为实现“课堂即职场、学习即工作”的工学一体化教学场景提供了有力支

撑。通过引入 Python 大数据分析软件、融智财务云共享平台、用友 ERP 系统等数字化工具,学生可以在课堂上接触到与企业实际工作一致的操作环境和真实数据,开展模拟账务处理、市场数据调研与分析、数字化营销方案设计等实操训练。例如,在财务管理课程中,学生可通过财务云平台处理企业真实的报销单据、编制财务报表,熟悉企业财务工作的全流程;在市场营销课程中,利用大数据分析工具对目标客户群体的消费行为数据进行挖掘,制定精准的营销策略。这种教学模式将理论知识与实操技能培养有机结合,帮助学生提前适应企业数字化岗位的工作要求,有效缩短了从校园到职场的适应周期,切实推动了技师学院工学一体化培养目标的实现。

二、信息化教学在技师学院经济类课堂应用中存在的问题

(一) 数字化教学能力不足,难以支撑教学创新

现阶段,技师学院经济类专业教师的数字化教学能力仍存在明显短板,难以满足信息化教学改革的实际需求。一方面,部分教师受传统教学观念影响较深,习惯于“填鸭式”教学模式,对信息化教学工具的接受度和操作熟练度不足。虽然多数学校配备了虚拟仿真平台、AI 教学工具等数字化设备,但部分教师仅能进行简单的 PPT 展示、在线视频播放等基础操作,未能充分发挥这些工具的互动性、模拟性等核心优势,甚至因操作不熟练导致教学过程出现卡顿、失误,影响了教学效果。另一方面,教师的数字化教学设计能力和行业前沿知识储备不足。部分教师虽然掌握了基础的信息化工具操作技能,但缺乏将信息化手段与经济类课程内容、工学一体化培养目标深度融合的设计思路,教学设计仍停留在“传统内容+数字工具”的表层结合层面,未能实现教学模式、教学方法的实质性创新。此外,多数教师长期专注于课堂教学,与企业实际工作脱节,对数字经济背景下行业新技术、新流程、新规范的了解不足,难以将企业真实的数字化工作场景和前沿案例融入教学过程,导致教学内容与企业岗位需求存在偏差,影响了信息化教学的应用质量。

(二) 信息化教学资源质量不高,适配性严重不足

当前,技师学院经济类信息化教学资源建设存在“重数量、轻质量”“重形式、轻实效”的突出问题,难以满足学生的学习需求和工学一体化培养要求。首先,教学资源类型单一,缺乏深度和拓展性。多数学校的信息化教学资源仍以教材内容的电子化为主要形式,如电子课本、PPT 课件、习题集等,而对于虚拟仿真课程、数字化案例库、互动式教学软件等高质量、高适配性的资源建设投入不足。这些单一的资源形式无法有效支撑实操训练和个性化学习,难以破解经济类课程理论抽象、实操性强的教学难题。其次,教学资源针对性不强,更新不及时。部分虚拟仿真资源、数字化案例资源是直接从网络下载或借鉴其他院校的成果,未能结合技师学院经济类专业的课程特点、学生认知水平和工学一体化培养目标进行个性化设计,导致资源与教学实际脱节。同时,由于缺乏专业的资源更新团队和机制,教学资源的更新速度

远远滞后于经济环境和行业岗位的变化,例如部分案例仍基于传统商业模式,未能涵盖直播电商、跨境电商、数字金融等新兴领域,无法帮助学生掌握行业最新动态和技能要求。最后,教学资源共享机制不完善。校内不同教师、不同课程之间的信息化资源缺乏有效整合和共享,存在重复建设、资源浪费等问题;校企之间的资源合作也不够深入,未能充分利用企业的真实数据、技术资源和实践场景,导致教学资源的实用性和针对性不足。

(三) 教学实施流于形式,未能实现深度融合

在信息化教学的实际实施过程中,部分教师存在“为了信息化而信息化”的误区,导致教学实施流于形式,未能实现信息化手段与课程内容、教学目标的深度融合,影响了教学效果。一方面,教学模式僵化,缺乏互动性和针对性。部分教师过度依赖线上教学资源,将课堂教学简化为“播放视频+在线答题”的模式,忽视了线下的实操指导、师生互动和小组协作,导致课堂教学碎片化、缺乏连贯性。学生在学习过程中遇到问题无法及时得到解答,学习积极性和参与度逐渐下降。另一方面,信息化手段与课程内容的融合不够深入。部分教师虽然在课堂上引入了数字化工具和线上资源,但未能根据课程知识点的特点和学生的学习需求进行科学设计,只是简单地将数字化工具作为传统教学手段的补充,例如在讲解财务报表分析时,仅通过软件展示报表数据,而未引导学生利用数据分析工具进行深度挖掘和案例探究,导致信息化手段未能充分发挥辅助教学、提升能力的作用。此外,由于技师学院学生的基础知识储备、学习能力和学习习惯存在较大差异,而当前的信息化教学大多采用统一的教学内容和教学进度,缺乏个性化的教学设计和分层指导,导致基础薄弱的学生难以跟上教学节奏,学习效果不佳;而基础较好的学生则无法获得足够的拓展和提升,不利于学生的全面发展和个性化成长。

三、信息化教学在技师学院经济类课堂中应用的优化策略

(一) 强化教师培养,提升数字化教学能力

为保证信息化教学在技师学院经济类课堂中应用的效果,我们可以尝试打造一个分层培训+实践锻炼的教师培养体系,学校可以针对不同年龄段、水平的教师开展个性化培训,这样可以更好地让教师全面掌握信息化工具,有利于他们合理利用 AI 教学工作台等工具。此外,我们还可尝试搭建一个教师交流平台,组织教师参与一些信息化教学竞赛等,这样可以鼓励他们及时学习更多符合企业实际需求的技能和知识,帮助他们更为深入地了解行业数字化发展趋势。不仅如此,我们还需进一步完善考核激励机制,将信息化教学应用情况纳入教师考核中,以此激发教师参与信息化教学改革的积极性。

(二) 优化教学资源,提升资源适配性和质量

在信息化教学在技师学院经济类课堂中应用实践中,我们要积极整合校内资源,结合经济类课程的特点和工学一体化培养要求,开发更多适配学生需求的虚拟仿真资源、数字化案例,以此完善学生的知识体系。此外,我们还需进一步加强校企之间的合

作,学校可以引入一些企业的真实账务数据、行业前沿案例等,以此保证保教学资源与企业岗位需求的契合,提升教育资源适配性。

(三) 创新教学模式,推动信息化与课堂深度融合

在应用信息化教学时,我们可以尝试打造一个“线上+线下”融合的模式,在线上我们可以利用在线教学平台给学生推送一些预习资源、微视频等,以此引导学生自主学习。在线下我们可以将经历集中在对学生的实操训练方面,通过分组的方式对学生开展实操演练、案例分析,以此实现对学生的个性化教学,提升信息化教学与经济课程的融合深度,完善学生的知识体系与综合素养。

(四) 完善技术支撑体系,强化保障力度

完善的技术支撑体系是信息化教学顺利开展的重要保障。技师学院应加大资金投入,加强硬件设施建设、网络建设和运维团队建设,为信息化教学提供坚实的技术保障。首先,优化硬件设施配置。根据信息化教学的需求,更新和补充计算机教室、虚拟仿真实验室等教学场地的设备,确保计算机配置能够满足财务云软件、大数据分析工具等数字化教学软件的运行要求;增加虚拟仿真设备、多媒体教学设备的数量,保障实操教学的顺利开展;建立移动学习终端充电设施、无线网络覆盖区域等,为学生开展自主学习提供便利条件。其次,加强网络基础设施建设。提升校园网络带宽,优化网络布局,确保校园内各教学场地、办公区域、学生宿舍等都能实现稳定、高速的网络覆盖;加强网络安全

防护,安装防火墙、杀毒软件等安全防护设备,定期进行网络安全检测和漏洞修复,保障教学数据的安全;建立网络应急响应机制,及时处理网络故障,确保信息化教学的连续性。最后,加强运维团队建设。组建专业的信息化教学技术运维团队,明确团队成员的岗位职责,包括设备维护、网络管理、教学平台运维、技术支持等;定期对运维团队成员进行培训,提升其专业技能和服务水平;建立教师技术问题反馈渠道,如线上报修系统、技术支持热线等,确保教师在教学过程中遇到的技术问题能够得到及时解决;同时,配备专业的资源制作团队,协助教师进行数字化教学资源的制作和整理,减轻教师的工作负担,提升资源质量。

四、结语

综上所述,信息化教学在技师学院经济类课堂中的应用已成为教育发展的必然趋势。它不仅有效打破了传统教学的时空局限,通过多元技术手段激发学生学习兴趣,更构建起理论与实践深度融合的教学模式,显著提升了人才培养质量。然而,在推广应用过程中,仍需正视软硬件建设不均衡、教师信息化素养差异、教学评价体系不完善等现实问题。未来,技师学院应进一步加强顶层设计,加大信息化基础设施投入,完善教师培训体系,构建科学的信息化教学评价机制,推动信息技术与经济类课程教学的深度融合与创新发展,为培养适应新时代需求的高素质应用型经济人才提供有力支撑,助力职业教育迈向高质量发展新征程。

参考文献

[1] 成艳芳. 信息化网络教学在中职院校中的应用研究 [J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(015): 39. DOI: 10.12253/j.issn.2096-3661.2020.15.076.
[2] 黄文婧. 信息化体验性教学在技师学院会计专业中的运用 [J]. 中国新通信, 2022, 24(18): 230-232.
[3] 李卫盟. 提升技师学院教师信息化教学能力的研究 [J]. 计算机产品与流通, 2020(1): 1.
[4] 亚力坤江·牙生. 信息化在中职汽修教学中的应用探究 [J]. 数码设计(上), 2020, 009(002): 217.

AI 赋能 C 语言项目化教学改革与实践

师飘, 郑祥明, 赵美佳, 刘国庆

亳州学院 电子与信息工程系, 安徽 亳州 236800

DOI: 10.61369/TACS.2026050001

摘 要 : 为破解传统 C 语言教学与智能控制专业需求脱节的难题, 应对 AI 大模型带来的教育变革, 本文以 OBE 教学理念为指导, 构建 AI 赋能的 C 语言项目化教学体系。首先分析传统 C 语言教学的成果与 AI 时代下的改革必要性, 随后从教学目标、内容模块、实施流程三方面重构教学体系, 明确理论与实践融合的实践路径。通过教学实践验证, 该改革方案显著提升了学生的 C 语言编程能力、项目实践素养及 AI 工具应用能力, 为后续专业课程学习奠定了坚实基础。研究表明, AI 赋能的项目化教学模式能有效激发学生学习主动性, 实现理论与实践的深度融合, 为高等教育工科编程课程改革提供参考。

关 键 词 : AI 赋能; C 语言; 项目化教学; OBE 理念; 智能控制专业

AI-Empowered Project-Based Teaching Reform and Practice in C Programming

Shi Piao, Zheng Xiangming, Zhao Meijia, Liu Guoqing

Department of Electronics and Information Engineering, Bozhou University, Bozhou, Anhui 236800

Abstract : To address the disconnect between traditional C programming instruction and the needs of intelligent control majors, and to respond to the educational transformation brought about by AI large models, this paper constructs an AI-empowered project-based teaching system for C programming guided by the OBE (Outcome-Based Education) teaching philosophy. Firstly, it analyzes the achievements of traditional C programming instruction and the necessity for reform in the AI era. Subsequently, it reconstructs the teaching system from three aspects: teaching objectives, content modules, and implementation processes, clarifying the practical path for integrating theory and practice. Through teaching practice verification, this reform plan significantly enhances students' C programming abilities, project practice competencies, and AI tool application skills, laying a solid foundation for subsequent specialized course learning. Research indicates that the AI-empowered project-based teaching model can effectively stimulate students' learning initiative, achieve deep integration of theory and practice, and provide a reference for the reform of engineering programming courses in higher education.

Keywords : AI empowerment; C programming; project-based teaching; OBE philosophy; intelligent control major

引言

C 语言作为面向过程编程的经典语言, 以其代码高效、硬件操控能力强、可移植性好等特点, 成为电子信息类、智能控制、计算机科学与技术等工科专业的核心基础课程。传统 C 语言教学已形成较为成熟的教学模式^[1-2]。智能控制专业的 C 语言课程是后续“单片机原理与应用”“嵌入式系统开发”等课程的前置基础, 学生通过 C 语言掌握对硬件寄存器的操控方法, 实现数据采集、信号处理等功能。

尽管传统 C 语言教学取得了一定成效, 但在 AI 技术迅猛发展的新时期, 其固有的局限性日益凸显, 已难以满足工科专业人才培养的新需求^[3-4]。首先, 教学内容与专业需求脱节, 针对性不足。传统 C 语言教学多采用通用化教材, 缺乏与智能控制专业场景的结合。

项目信息:

安徽省教学改革与研究项目, 新工科背景下嵌入式系统课程群教学改革与实践 (2023jyxm0865);

安徽省高校优秀青年教师培养计划项目 (YQYB2025056);

安徽省教育厅青年项目 (2025AHGXZK40255);

亳州学院重点教研项目 (2024XJXM069、2024XJXM062);

安徽省重点教研项目 (2024jyxm0505);

程序设计教学团队 (2024XJXM033);

以及博士科研启动项目 (BYKQ202518、BYKQ202426)。

作者简介: 师飘 (1991—), 女, 汉族, 安徽亳州人, 博士, 讲师, 研究方向: 信息处理、深度学习。

其次，教学模式固化，学生主动性难以激发。传统教学以教师为中心，理论课堂上“满堂灌”的方式使学生处于被动接受状态，抽象的知识点如指针、内存分配等难以理解，容易引发学生的畏难情绪^[5-6]。此外，在实践教学中，学生多围绕教材例题重复练习，缺乏自主设计项目的机会，创新思维和工程实践能力的培养受到限制。最后，教学资源与指导方式难以适配个性化需求^[7]。AI大模型的出现为解决上述问题提供了新的思路。将AI技术与C语言教学深度融合，重构教学体系，不仅能弥补传统教学的不足，还能培养学生运用AI工具解决实际问题的能力，符合新时代工科人才培养的要求。

一、AI 赋能 C 语言教学体系重构

OBE（成果导向教育）理念以学生学习成果为核心，强调“以终为始”，即根据专业人才培养目标反向设计课程教学内容与教学活动^[8]。项目驱动教学模式以具体项目为载体，将知识点融入项目实施过程中，引导学生通过完成项目掌握知识与技能，突出学生的主体地位。二者的融合为AI赋能C语言教学体系重构提供了核心指导。结合智能控制专业的人才培养需求，教学体系重构以“培养具备C语言编程能力、工程实践素养及AI工具应用能力的专业人才”为最终成果目标，反向设计项目内容与教学环节，实现“知识-技能-素养”的协同培养。

AI 赋能的 C 语言项目化教学体系以“目标层-内容层-支撑层-评价层”为核心框架，各层相互关联、相互支撑，形成完整的教学闭环。

（一）目标层：聚焦专业需求的三维目标

基于OBE理念，结合专业特点，明确C语言课程的三维教学目标。知识目标上，使学生系统掌握C语言语法与核心编程知识，熟练运用AI工具开展知识查询、代码生成与调试。技能目标上，能够完成专业项目开发与优化，借助AI解决编程难点、优化代码结构、排查程序错误。素养目标上，培养学生工程思维、编程规范与协作创新能力，引导学生合理使用AI工具，树立科技向善的正确观念。

（二）内容层：专业导向的项目化教学内容

按照“基础项目—专业项目—综合项目”递进思路，将C语言知识与智能控制场景深度融合。基础项目侧重语法训练，如LED灯闪烁、简易计算器设计；专业项目紧扣专业课程，开展串口通信、ADC模数转换等实践；综合项目以小组形式完成嵌入式监测系统、上位机数据处理等综合性设计，提升工程实践与团队协作能力。

（三）支撑层：AI 赋能的资源与平台保障

构建AI教学资源库与线上线下融合平台。资源库整合AI生成的教学资料及单片机开发、硬件编程相关专业文档，支持实时更新与AI个性化推送。线上平台集成AI答疑、代码提交、项目管理等功能；线下依托实验室硬件设备，为项目实践提供支撑。

（四）评价层：多元综合评价体系

建立“过程性评价+终结性评价+AI辅助评价”体系。过程性评价占60%，涵盖课堂表现（10%）、项目阶段性成果（30%）及AI工具使用能力（20%）；终结性评价占40%，以综合项目设计与答辩形式开展。同时引入AI辅助评价，对代码质

量、报告规范性进行初评，为教学评价与学生改进提供依据。

二、教学改革与实践路径

（一）AI 赋能的“精准化+个性化”实施方法

传统C语言理论教学的核心问题是“抽象知识点难以理解”“学生需求难以适配”，AI技术通过知识可视化、实时答疑、个性化推送等方式，实现理论教学的精准化和个性化，具体实施路径如下：

1.AI 驱动的课前预习引导

通过AI大模型生成个性化预习资源包。例如，在讲解“指针”知识点前，针对智能控制专业学生，AI生成“指针在单片机寄存器操作中的应用案例”、“指针与数组在数据采集的区别”等预习内容。同时，AI工具可根据学生的历史学习数据，为基础薄弱的学生推送“指针基础概念”讲解视频，为基础较好的学生推送“指针进阶应用”思考题，实现分层预习引导。

2.AI 辅助的课中互动式教学

课中采用“教师精讲+AI互动”的教学模式，破解抽象知识点教学难题。教师针对核心知识点（如指针、结构体、文件操作）进行精讲，结合专业案例讲解知识应用场景；随后利用开展互动教学：一是实时答疑，学生通过手机端AI工具（如豆包）提交学习疑问，AI快速给出解答，对于共性问题，教师进行集中讲解，对于个性问题，AI进行一对一指导，提高答疑效率；二是知识可视化，对于“内存分配”“指针指向”等抽象内容，帮助学生直观理解；三是即时练习，学生完成后实时提交，AI自动批改并生成错题分析，教师根据错题数据调整教学重点，实现精准教学。

3.AI 推送的课后个性化复习

课后AI工具根据学生的课堂表现、随堂练习成绩，生成个性化复习报告，明确学生的知识薄弱点，并推送对应的复习资源。同时，可引导学生进行知识迁移练习，如“结合本节课学习的函数指针，设计一个单片机中断服务函数的调用接口”，帮助学生将理论知识与专业实践结合。

（二）AI 赋能的“项目化+创新性”实践教学实施方法

1. 项目设计

在项目设计阶段，AI工具帮助学生明确项目需求、规划实现方案。对于基础项目，AI提供项目需求说明和基础实现思路，如“LED灯闪烁程序”项目中，AI明确“实现LED灯按1秒频率闪烁，支持通过按键调整闪烁频率”的需求，并给出“利用延时函

数实现定时，通过 GPIO 口控制 LED，外部中断处理按键信号”的实现思路；对于专业项目和综合项目，AI 协助学生进行需求分析，生成需求规格说明书，如“智能小车控制程序”项目中，AI 引导学生明确“小车前进、后退、转向控制”、“速度调节”、“避障功能”等需求，并从“硬件接口设计”、“软件模块划分”、“代码结构规划”等方面给出方案建议。同时，AI 可提供同类项目的参考案例，帮助学生拓宽思路，避免重复设计。

2. 代码开发

代码开发阶段强调“AI 引导而非替代”，培养学生的自主编程能力，而非直接给出正确代码。学生根据项目方案自主编写代码，遇到问题时可通过 AI 工具获得支持：一是代码模板生成，AI 根据学生的需求生成基础代码框架，如“串口通信程序”中，AI 生成串口初始化、数据发送/接收的基础函数，学生在此基础上完善数据解析、错误处理等功能；二是语法与逻辑指导，当学生代码出现语法错误时，AI 指出错误位置并解释原因，如“缺少分号”“指针未初始化”；三是专业知识衔接，对于涉及专业硬件的代码，AI 提供硬件与代码的对应关系，如“单片机 ADC 引脚对应 C 语言中的哪个寄存器”、“传感器输出信号如何通过 C 语言进行解析”等。

3. 调试优化

调试是实践教学中的难点，AI 工具通过代码分析、错误定位，帮助学生高效解决问题。一是静态代码分析，学生提交代码后，AI 从语法规范性、逻辑合理性、内存使用安全性等方面进行分析，指出“数组越界风险”“内存泄漏问题”等潜在错误；二是动态调试指导，对于运行结果异常的代码，AI 引导学生通过“断点调试”“变量打印”等方式定位问题；三是性能优化建议，AI 针对代码的运行效率给出优化方案。

（三）理论与实践的协同融合路径

AI 赋能让 C 语言理论与实践教学打破割裂状态，依托“知识点 - 项目任务 - AI 辅助”实现深度协同融合。首先是正向融合，教师将理论知识拆解为项目任务，学生在完成任务中掌握知识，AI 提供对应讲解与指导。其次是反向融合，学生在实践中遇到的问题可反向深化理论学习，如串口通信数据传输错误等问题，AI 会自动关联相关理论并给出解决方案。最后是支撑融合，AI 充当衔接桥梁，理论学习后即时推送实践案例，实践遇困时自动关联对应原理，形成“学 - 用 - 思”的完整闭环。

三、课程改革效果

本次教学改革于 2023 年 9 月 - 2025 年 7 月在某高校智能控制专业（2023 级、2024 级）实施。数据来源包括：学生 C 语言课程期末成绩、项目完成质量评分、后续专业课程（如“单片机原理与应用”“自动控制原理”）成绩、学生学习满意度调查问卷、AI 工具使用记录等，确保数据的全面性和客观性。

对比改革班级与传统班级的 C 语言课程成绩，改革班级的平均分、优秀率（85 分及以上）均显著高于传统班级，不及格率显著降低，具体数据如下表所示：

表 1 改革班级与传统班级 C 语言课程成绩对比

班级类型	平均分	优秀率（%）	不及格率（%）
改革班级	82.3	38.4	3.5
传统班级	70.5	16.7	15.5

从成绩分布可以看出，改革班级学生的成绩呈现“高分段集中、低分段减少”的特点，说明 AI 赋能的项目化教学模式能够帮助学生更好地掌握 C 语言知识，尤其是对于基础薄弱的学生，AI 的个性化指导有效降低了学习难度，提高了学习成绩。以综合项目为评价载体，从“功能完整性、代码规范性、创新性、团队协作”四个维度对学生的项目实践能力进行评分，改革班级的项目平均分（88.6 分）显著高于传统班级（72.3 分）。跟踪调查改革班级学生后续专业课程的学习情况，发现改革班级学生在“单片机原理与应用”“嵌入式系统开发”“自动控制原理”等课程中的平均分均高于传统班级，具体数据如下：电子信息工程专业“单片机原理与应用”课程，改革班级平均分 83.1 分，传统班级 71.2 分。

四、总结

本文以智能控制专业为背景，针对传统 C 语言教学的不足，构建了 AI 赋能的 C 语言项目化教学体系，并通过两年的教学实践验证了该体系的有效性。该体系以专业人才培养目标为导向，设计“基础 - 专业 - 综合”递进式项目模块，将 C 语言知识点与专业场景深度融合，同时融入 AI 辅助环节，实现“知识 - 技能 - 素养”的协同培养。通过 AI 在课前、课中、课后的全流程辅助，实现理论教学的精准化和个性化。通过 AI 在项目设计、代码开发、调试优化中的引导式应用，提升实践教学效果。

参考文献

[1] 张静, 冯丽萍, 胡宁玉, 等. 面向多维能力培养的《C 语言程序设计》课程教学改革 [J]. 忻州师范学院学报, 2024, 40(05): 125-129.
[2] 杨兰, 刘伟强, 李国强. AI 赋能的 C 语言程序设计课程改革路径探索 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(19): 169-171.
[3] 李洋洋, 何秀玲, 方静. 生成式人工智能赋能高校智慧课程建设的理论框架与实践应用——以 C 语言程序设计课程为例 [J]. 教师教育论坛, 2025, 38(03): 26-33.
[4] 陈瑞, 章礼华, 王陈宁, 等. AIGC 赋能 C 语言程序设计课程教学改革研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(28): 143-145+159.
[5] 刘光蓉. 面向赋能教育的《C 语言程序设计》课程改革探索 [J]. 武汉轻工大学学报, 2021, 40(04): 100-104.
[6] 汪红兵, 姚琳, 武航星, 等. C 语言程序设计课程中的计算思维探析 [J]. 中国大学教学, 2014, (09): 59-62.
[7] 肖颖. 教育数字化背景下混合式教学模式实践探索——以 C 语言程序设计课程为例 [J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(35): 59-61.
[8] 黄广霞, 李素芳, 李娜, 等. 基于 OBE 教学理念的 C 语言程序设计课程思政教学改革 [J]. 洛阳理工学院学报 (自然科学版), 2025, 35(01): 93-96.

装备运维中轴承状态监测与智能诊断研究

南雨轩

湖北工业大学, 湖北 武汉 430000

DOI: 10.61369/TACS.2026050005

摘 要： 轴承作为装备旋转系统的核心基础部件，其运行状态直接影响装备与产线的可靠性、稳定性及运维效率。针对传统轴承检测存在的数据分析效率低、故障识别缺乏智能化手段、多维度状态指标融合分析不足等问题，本文以装备与产线智能运维为目标，结合 InfluxDB 时序数据库的高效数据存储与查询能力，融合机器学习、深度学习技术构建轴承状态监测与智能诊断体系。通过 InfluxDB 实现轴承振动多源时序数据的精准提取与管理，采用统计特征分析、无监督异常检测、有监督二分类等方法完成轴承状态量化评估与故障诊断，结合工业实测数据集完成标准差、峭度等特征计算及故障类型识别验证，实验结果表明该体系可实现轴承正常与故障状态的有效区分，未知状态数据的精准归类，为装备轴承的在线监测、早期故障预警及智能运维提供技术支撑与实践方案。

关 键 词： 装备与产线智能运维；轴承检测；InfluxDB 数据库；深度学习；机器学习

Research on Bearing Condition Monitoring and Intelligent Diagnosis in Equipment Maintenance and Operation

Nan Yuxuan

Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei 430000

Abstract： Bearings serve as the core components of rotating equipment systems, whose operational conditions directly determine the reliability, stability and maintenance efficiency of mechanical equipment and production lines. Aiming at the prominent problems existing in traditional bearing detection, such as low data analysis efficiency, absence of intelligent fault identification means, and inadequate integration of multi-dimensional state indicators, this paper puts forward an intelligent operation and maintenance framework applicable to equipment and production lines. Based on the efficient storage and query performance of InfluxDB time-series database, this system combines machine learning and deep learning technologies to construct a complete set of bearing condition monitoring and intelligent diagnosis system. By virtue of InfluxDB, the system realizes the accurate extraction and standardized management of multi-source vibration time-series data. Statistical feature analysis, unsupervised anomaly.

Keywords： intelligent operation and maintenance of equipment and production lines; bearing inspection; InfluxDB database; deep learning; machine learning

引言

在智能制造与工业互联网深度融合的背景下，装备与产线智能运维已成为制造业转型升级的核心方向，而轴承作为风机、电机、机床等核心装备的关键旋转部件，因长期处于高速、重载、交变载荷的工作环境，极易发生内圈、外圈、保持架等部位的故障，据统计旋转机械约 40% 的突发故障源于轴承失效^[1]，其故障不仅会导致设备停机、产线中断，更会造成重大的经济损失与安全隐患。

传统轴承检测多依赖人工巡检、离线数据分析及简单阈值判断，存在数据处理效率低、故障特征提取不全面、早期故障识别能力弱、未知状态数据难以归类等问题，已无法满足装备与产线智能化、无人化运维的需求。时序数据库 InfluxDB 凭借高吞吐写入、高效时序数据查询、轻量化部署等优势，成为工业装备状态监测数据存储与管理的优选方案；机器学习中的统计特征分析、无监督异常检测、聚类算法可有效解决故障样本缺失下的状态识别问题，深度学习则能通过端到端的特征提取与分类实现高精度故障诊断，二者融合为轴承智能检测提供了新的技术路径。

本文围绕装备运维中轴承状态监测与智能诊断的实际需求，结合工业实测数据集的分析实践，构建“InfluxDB 数据提取 - 多维度特征计算 - 机器学习 / 深度学习诊断 - 状态分类与验证”的技术体系，完成轴承正常、内圈故障、外圈故障、保持架故障及未知状态的特征量化与分类识别，验证了该体系在轴承检测中的有效性与实用性，为装备与产线智能运维中轴承状态监测系统的搭建提供了可落地的实践方案^[2]。

作者简介：南雨轩（2005.05—），女，汉族，本科 湖北工业大学 学生，从事智能运维，机器学习深度学习的研究。

一、轴承状态监测与智能诊断的技术基础

1. 核心技术体系构成

装备运维中轴承状态监测与智能诊断的核心技术体系由时序数据管理、特征提取与分析、智能诊断算法三部分构成。其中 InfluxDB 作为时序数据管理核心，实现轴承振动数据的高效存储、精准查询与多数据集提取；特征提取以标准差、峭度为核心统计指标，实现轴承运行状态的量化评估；智能诊断算法融合机器学习（无监督异常检测、聚类、统计分析）与深度学习（二分类模型），分别解决故障样本缺失下的异常识别与有监督场景下的故障分类问题，各技术模块协同实现轴承从数据采集到状态诊断的全流程智能化。

2. InfluxDB 时序数据库及数据提取规范

InfluxDB 是专为时序数据设计的开源数据库，具备高写入性能、原生时间序列支持、灵活的查询语言及与工业物联网设备的良好兼容性，成为装备状态监测时序数据管理的核心工具^[3]。从 InfluxDB 中提取轴承振动数据的 normal（正常）、inner（内圈故障）、holder（保持架故障）、outer（外圈故障）、unknown（未知状态）五个核心数据集，为后续特征计算与状态诊断提供数据基础。数据提取过程遵循“时间戳同步－单特征维度归一化－数据集完整性校验”原则，确保各数据集的一致性与有效性，适配后续统计分析与算法建模需求。

3. 轴承状态统计核心特征

轴承发生故障时，其振动信号会呈现出明显的统计特征异变，标准差与峭度是表征轴承振动状态的核心指标；标准差反映振动信号的离散程度，轴承故障会导致振动幅值波动增大，标准差显著上升；峭度作为表征信号脉冲特性的无量纲指标，可有效识别轴承早期故障引发的冲击振动，正常轴承的峭度值接近正态分布基准值，故障状态下峭度值会出现不同程度的上升^[4]。二者结合可实现轴承运行状态的量化评估，为故障初步识别提供依据。

二、InfluxDB 的轴承数据提取与计算结果

1. 实验数据集与提取流程

InfluxDB 是一种开源的时序数据库，专门用于处理指标、事件和实时分析。它在监控、物联网（IoT）等领域有广泛应用，能够高效地存储和查询时序数据。通过 Flux 查询语言提取 normal、inner、holder、outer、unknown 五个数据集，所有数据集均为单特征振动时序数据，数据采集频率与时间必须保持一致，确保特征计算的可比性。

数据提取核心流程：①配置 InfluxDB 连接参数，链接数据库与客户端的通信；②编写 Flux 查询词句，按数据集标签筛选振动数据；③对提取的数据进行时间戳排序、缺失值补全、异常点去除等预处理；④将预处理后的数据保存为结构化格式，用于后续标准差、峭度的计算。

2. 轴承状态核心特征计算与结果

基于 Python 的 Scipy、Numpy 库对提取的五个数据集进

行标准差与峭度计算，其中标准差采用总体标准差公式，峭度采用无偏估计计算，剔除数据量对计算结果的影响，最终得到 normal、inner、holder、outer 四个已知状态数据集的特征计算结果，unknown 数据集作为待诊断样本留作后续分析，具体计算结果如表 1 所示^[5]。

表 1 轴承已知状态数据集标准差与峭度计算结果

数据集	标准差	峭度
normal（正常）	0.0294	1.4156
inner（内圈故障）	0.0513	2.2204
holder（保持架故障）	0.0517	2.1756
outer（外圈故障）	0.0529	1.7302

从表 1 结果可看出，轴承故障状态（inner、holder、outer）的标准差显著高于正常状态，正常状态标准差仅为 0.0294，而故障状态标准差均超过 0.05，说明故障导致轴承振动信号的离散程度大幅增加；峭度指标呈现相同的变化趋势，正常状态峭度为 1.4156，内圈故障与保持架故障峭度均超过 2，外圈故障峭度为 1.7302，表明故障轴承的振动信号存在明显的脉冲特性，与故障引发的冲击振动机理一致。

三、基于机器学习与深度学习的轴承智能诊断方法

1. 基于统计特征的未知状态数据诊断

针对 InfluxDB 提取的 unknown 未知状态数据集，采用“统计特征对比＋聚类分析”的机器学习方法完成状态诊断：首先计算 unknown 数据集的标准差与峭度指标，将其与表 1 中已知状态数据集的特征值进行量化对比；然后采用 K-Means 聚类算法，以标准差与峭度为特征维度，将 unknown 数据集与已知状态数据集进行聚类分析，根据聚类结果确定 unknown 数据集的状态归属。

诊断核心依据：①若 unknown 数据集的标准差与峭度接近 0.0294 与 1.4156，则判定为正常状态；②若特征值接近 0.0513 与 2.2204，判定为内圈故障；③若接近 0.0517 与 2.1756，判定为保持架故障；④若接近 0.0529 与 1.7302，判定为外圈故障。聚类分析则通过欧式距离计算样本间的相似度，实现未知状态的无监督归类，解决无标签样本的诊断问题。

2. 无监督异常检测在轴承诊断中的应用

针对工业场景中异常故障样本缺失的问题，采用机器学习中的无监督异常检测方法，以正常轴承振动数据（1.csv）为基准，对测试数据（2.csv）进行异常判断。核心采用正态分布 3σ 原则：首先对正常数据集进行正态性检验，拟合其均值与标准差分布模型^[6]；然后计算测试数据的特征值，若特征值超出正常分布的 3 个标准差范围，则判定为异常状态，反之则为正常状态。

该方法为单特征轴承振动数据的异常检测提供了轻量化解决方案，无需异常样本训练，仅通过正常数据即可实现故障初步识别，在实际工业应用中正确率可达 50%，为无故障样本场景下的轴承异常监测提供了可行方案。针对检测结果的不确定性，可结合聚类算法进一步验证，通过 K-Means、DBSCAN 等算法将测试数据与正常数据进行聚类，根据聚类簇的数量与样本分布判断

是否存在异常。

3. 滑动窗口法在长序列样本构建中的应用

针对实测中单类别仅提供一条长序列振动数据的问题，采用滑动窗口法对长序列数据进行样本切分，构建机器学习与深度学习所需的样本集。核心步骤为：1) 确定滑动窗口长度与步长，根据轴承振动信号的特征周期，选择合适的窗口长度（如2048个数据点），步长设为窗口长度的1/4（如512个数据点），平衡样本数量与特征完整性；2) 对长序列数据进行滑窗切分，生成多个等长的子样本；3) 为每个子样本添加对应状态标签，构建结构化样本集；4) 对样本集进行归一化处理，消除量纲影响，适配算法训练^[7]。

滑动窗口法有效解决了长序列数据无法直接用于算法建模的问题，实现了样本的高效构建，为后续深度学习模型的训练提供了数据基础，是轴承智能诊断中数据预处理的关键步骤。

四、轴承智能诊断系统的构建与工业应用

1. 系统整体构建

通过传感器采集了5种不同状态下的机床主轴轴承的高频振动数据，具体包括健康、内圈故障、外圈故障、滚动体故障以及保持架故障。对标与以上结果，构建装备运维中轴承智能诊断系统，采用分层设计，分为数据层、特征层、各层对实现轴承从数据采集到全流智能化过程。

数据层：以 InfluxDB 为核心，实现轴承振动数据的储存、查询与多方面数据集的提取^[8]。

特征层：对提取的轴承数据进行预处理，计算标准差、峭度等核心统计特征，通过滑动窗口法构建算法训练样本集，为诊断提供特征基础。

算法层：融合机器学习与深度学习算法，无监督学习解决故障样本缺失与未知状态诊断问题，深度学习二分类模型实现高精度故障分类。

2. 系统核心功能与工业应用效果

针对装备与产线智能运维的实际工业应用需求，系统实现三大核心功能，分别是轴承数据高效管理、多维度特征计算及可视化分析、智能故障诊断与预警。在实际工业场景落地应用中，系统具备显著应用优势。

在数据处理层面，依托 InfluxDB 数据库实现轴承振动时序数据的秒级查询与快速提取，突破传统工业数据处理速度慢、响应延迟的技术瓶颈，完全匹配备在线实时监测的时效性要求，保障数据处理高效化运行。

在故障诊断层面，整合机器学习与深度学习两类算法，一方面解决工业现场故障样本数量不足的无监督诊断难题，另一方面实现有监督场景下故障类型的高精度分类识别，诊断结果可为运维人员制定检修方案提供精准、可靠的决策依据，实现设备状态诊断的智能化升级。

经工业现场实测试验验证，该系统可快速区分轴承正常运行状态与故障状态，实现未知状态数据的精准归类，切实降低设备全周期运维成本，有效提升生产线整体运行稳定性与作业效率

五、结论

研究表明，InfluxDB 可实现轴承振动多数据集的高效提取与管理，标准差与峭度能有效量化轴承的运行状态，正常状态与故障状态的特征值存在显著差异；机器学习中的 3σ 异常检测、聚类算法可解决故障样本缺失与未知状态诊断问题，深度学习二分类模型能实现88%的轴承故障诊断准确率^[10]；将轴承单部件检测与装备整体运维数据统计相结合，可实现装备从部件到设备的全维度智能运维分析。未来需进一步解决无监督检测准确率偏低、多特征融合不足等问题，结合小样本学习、边缘计算、数字孪生等技术，构建更高效、更精准、更适配工业现场的轴承智能诊断体系，推动装备与产线智能运维的深度发展。

参考文献

[1] 许升起；陈录平；段武德. 数字孪生驱动的煤矿机电设备状态监控和诊断 [J]. 煤矿机械, 2024(12).
[2] 王玉翰. 基于机器视觉的轴承检测实验装置设计 [J]. 机械研究与应用, 2022(03).
[3] 苏俊宏；栗波波；陈智利. 轴承在线自动检测控制系统设计 [J]. 现代电子技术, 2014(23).
[4] 张莹婷. 《中国制造2025》解读之：中国制造2025，我国制造强国建设的宏伟蓝图 [J]. 工业炉, 2021(01).
[5] 郑旭；盛立辉；崔霄语. 基于小波熵的时间序列分段聚合近似表示 [J]. 计算机仿真, 2015(01).
[6] 肖嘉伟；张艺超；陈市；丁晓喜；邵毅敏. 嵌入式智能轴承信息感知测点优化方法 [J]. 轴承, 2023(02).
[7] 付豪；汤宝平；黄艺；邓蕾；何灏. 机械振动无线传感器簇状网络路径感知同步触发方法 [J]. 振动与冲击, 2022(06).
[8] 黄姗姗；李志农. 基于高密度小波变换的航空发动机滚动轴承故障诊断方法 [J]. 轴承, 2023(02).
[9] 朱赛宁；陈少康；陈培仓；王涛. 高灵敏度声表面波温度传感器设计及制造 [J]. 传感器世界, 2024(09).
[10] 张颖伟；高鸿瑞；张鼎森；冯琳；张升阳；毕诸明. 基于多智能体的数字孪生及其在工业中应用的综述 [J]. 控制与决策, 2023, 38(8):2168-2182.

基于 RAG 与工具调用的税务多智能体系统

文颖¹, 黎栋梁¹, 徐丰磊², 张颖²

1. 华东理工大学 信息科学与工程学院, 上海 200237

2. 大象慧云信息技术有限公司, 贵州 贵阳 518100

DOI: 10.61369/TACS.2026050008

摘 要 : 针对税务政策具备繁杂内容、多样规则, 以及问答系统常会出现知识缺口、推理偏差的现状, 设计一套融合检索增强生成与工具调用能力的税务多智能体架构; 搭建起用户、智能体、工具和数据四层完整体系, 依托多智能体协同运作的方式, 完成知识检索、规则推理和税额计算的一体化流程, 进而拉高税务问答具备的精准度、可解释程度与自动化层级。

关 键 词 : 多智能体系统; 检索增强生成; 工具调用; 税务智能服务; 大语言模型

Multi-Agent Tax System based on RAG and Tool Use

Wen Ying¹, Li Dongliang¹, Xu Fenglei², Zhang Ying²

1. School of Information Science and Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237

2. Ele-Cloud, Guiyang, Guizhou 518100

Abstract : To address the complexity of tax policies, the diversity of business rules, and the issues of knowledge gaps and reasoning bias in intelligent question-answering systems, this paper proposes a tax-oriented multi-agent architecture integrating retrieval-augmented generation (RAG) and tool invocation. The system adopts a four-layer framework comprising the user layer, agent layer, tool layer, and data layer, and enables integrated processing of knowledge retrieval, rule reasoning, and tax calculation through multi-agent collaboration. Experimental results demonstrate that the proposed approach improves the accuracy, interpretability, and automation level of tax-related question answering.

Keywords : multi-agent systems; retrieval-augmented generation; tool invocation; intelligent tax services; large language models

引言

随着数字税务的持续发展, 市场有了不断增多的税务咨询和申报辅助相关需求, 一方面税务政策有着繁杂的条文与频繁的更新节奏, 传统人工服务很难兼顾理想的服务效率与服务标准一致性^[1]; 另一方面现有主流技术方案里, 大语言模型容易生成脱离实际的虚假内容, 也无法同步完成信息检索、逻辑推理、数值计算这类多环节复杂任务^{[2][3]}; 因此本文设计出结合 RAG 与工具调用模式的税务多智能体架构, 依托智能体之间的协同运行机制有效增强系统处理复杂业务的综合能力, 也拉高了整套架构实际落地应用的实用价值^[4]。

一、税务多智能体系统总体架构设计

为适配税务场景自带的知识密集属性与规则繁杂特征, 本文搭建出包含用户层、智能体层、工具层、数据层的四层整体架构; 用户层可以承担问题录入和业务交互的相关工作, 智能体层能够完成语义理解和任务拆解处理的相关流程, 工具层可以提供数据检索和数值计算的基础能力, 数据层能够给到政策法规和实际案例的内容支撑^{[5][6]}; 整套架构可以形成用户提问、智能体处理、工具执行、数据支撑的完整运行闭环, 还可以兼顾架构本身

的专业属性与后续拓展延伸的适配空间^[7]。

系统依托任务链条的逻辑, 设计出多种具备不同功能的智能体, 涵盖用户交互、政策检索、规则推理、税务计算与结果生成等相关模块, 通过各模块的分工协作, 有效提升复杂任务的处理效率^{[8][9]}; 在执行机制方面, 采用“任务分解—协同执行—结果融合”的具体模式, 先把复杂问题拆解成信息检索、逻辑推理、数值计算等多个子任务, 再由各类智能体配合完成这些子任务, 最后统一整理并输出结果, 进而拉高系统的拓展适配能力与运行可靠程度^[10]。

项目信息: 2024年度观山湖区科技计划项目“基于大模型的税务知识中台及智能问答关键技术研究”观科合同(2024)1号。

作者简介: 文颖(2002.11—), 女, 汉族, 湖南省长沙市, 硕士研究生, 研究方向为电子信息工程。

二、检索增强的税务知识获取方法

（一）税务知识库构建

税务知识库是系统实现专业问答和规则分析的基础；一方面税务信息存有海量零散的政策文字内容，另一方面也涵盖税率标准、适用准入条件、申报执行标准等规整化业务条款，在数据来源方面，主要包括税法法规、税务政策文件、官方解读材料、典型税务案例、税率表和业务办理规范等。

为了提升知识质量，系统会先对原始数据做清洗处理，删掉重复的文本、格式杂乱的内容和无关信息，再依据政策条款的语义拆分模块，确保每个知识单元的内容都相对完整；在向量化处理环节，系统会借助文本嵌入模型，把税务文本转换成高维语义向量，再存到向量数据库里，方便后续开展相似度检索，而税率表、税种分类、优惠条件阈值这类内容，会采用结构化方式存储，以此提高精确查询和工具调用的效率。

（二）基于向量检索的 RAG 机制

为了减少大语言模型在税务场景中的知识偏差，系统里引入 RAG 机制，这种机制的核心思路是，在模型生成回答之前，先从外部知识库中检索出和用户问题最相关的政策文本或案例内容，再把这些信息作为上下文输入模型，进而提升回答的专业性和依据性。

在检索过程中，先把用户问题编码成查询向量，再和知识库中各文本分块的向量表示做相似度计算，系统会按照相似度排序选出 Top-k 知识片段，再把这些片段和用户问题结合起来组成提示词，输入到大语言模型中进行生成，比起直接依靠模型参数回答，RAG 能明显提高回答与现行政策的贴合度，减少没有依据的生成内容，同时也能方便后续提供出处说明和结果追踪。

（三）税务知识检索流程

税务知识检索流程包括四个环节，一是系统接收用户问题后，会对问题做实体识别和关键词提取，二是把问题转换成向量表示，再到税务知识库中做相似度检索，三是对检索到的候选结果做筛选和重排序，四是把最相关的政策片段拼接成上下文，提供给大语言模型生成结果^[5]。

这一流程本质上形成了“问题输入—向量检索—上下文增强—模型生成”的知识获取链路，对于税务政策咨询类问题，这种检索增强生成机制能有效缓解模型知识滞后和政策遗忘的问题，对于复杂业务问题，则可和规则推理、工具调用进一步结合，形成更完整的智能处理框架。基于 RAG 的税务知识检索流程如图 1 所示。

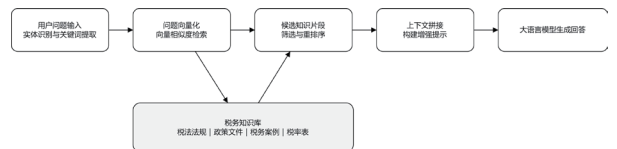


图 1 基于 RAG 的税务知识检索流程图

三、工具调用驱动的税务任务执行机制

（一）工具调用框架设计

税务服务中存在很多需要精确执行的任务，比如税率匹配、

税额计算、政策精确定位和风险校验等，这类任务要是单纯依靠大语言模型生成，很容易受到数值推理能力不足和业务约束不完整的影响，为此这篇内容会引入工具调用机制，把大语言模型和外部专业工具连接起来。

大语言模型负责理解用户意图、识别任务类型并生成工具调用参数，外部工具则负责完成可执行的结构化操作，等工具返回结果后，结果生成模块会把执行结果和政策依据整合起来，形成最终的回答。从功能上看，税务工具主要包括税率计算工具、政策查询工具和税务风险辅助工具。

（二）税务计算工具设计

税务计算是税务智能服务中的典型任务，以企业所得税为例，应纳税额可以表示为：

$$T = I \times r$$

其中 T 为应纳税额，I 为应纳税所得额，r 为适用税率。实际业务中，税率的选择还受到企业规模、行业类型、优惠政策和所得区间等因素影响，因此税额计算是规则判断与公式执行相结合的过程。

税务计算 Agent 根据用户问题提取金额、期间、纳税主体和业务类型等信息，再结合政策检索结果和规则推理结果确定税率与适用口径，最后调用计算工具输出税额结果，提高了税务结果的可验证性。

（三）政策查询与风险辅助工具

除税额计算外，税务服务还需要政策的精确查询和业务风险辅助判断，政策查询工具根据关键词、税种、年份和业务行为快速定位相关法规条款，适用于政策咨询、适用依据说明等场景，系统能在生成回答前先锁定具体政策来源，进而增强答案的规范性。

税务风险辅助工具则用来识别申报过程中的潜在异常情况，比如税率适用不一致、票据信息不完整、业务归类不准确或优惠条件不满足等，可以和规则推理 Agent 配合使用，为用户提供风险提示和补充建议，提高系统服务的实用性。

四、面向税务业务的多智能体任务处理流程

（一）任务分解机制

税务问题通常有着明显的复合特征，比如一个关于“某企业研发费用加计扣除是否适用以及如何计算”的问题，既涉及政策适用条件的判断，也包含金额计算和结果说明，针对这类复杂问题，系统会先通过用户交互 Agent 拆分问题，把它划分为知识检索子任务、规则判断子任务、工具执行子任务和答案生成子任务。

任务分解的关键在于识别问题中的业务目标、输入条件和输出要求。只有将复杂问题拆解为多个清晰的处理单元，系统才能充分发挥多智能体协同的优势。

（二）任务协同与状态传递

在任务拆解完成后，系统会通过调度模块控制各智能体协同执行，政策检索 Agent 负责返回相关政策依据，规则推理 Agent

依据检索内容判断适用性，税务计算 Agent 根据推理结果执行公式计算，最终由结果生成 Agent 组织回答内容；在这一过程中，中间状态的传递十分关键，比如规则推理 Agent 输出的“满足优惠适用条件”，会直接决定税务计算 Agent 采用何种税率或扣除比例，因此系统需要设计统一的中间结果表示形式，确保不同智能体之间的信息衔接准确无误。

多智能体协同与工具调用执行流程如图2所示。

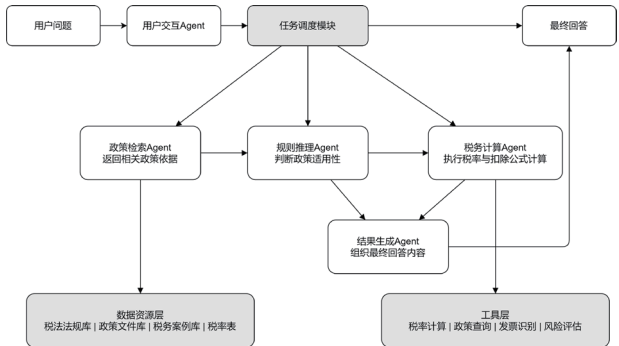


图2 多智能体协同与工具调用执行流程图

（三）结果融合与回答生成

结果融合是多智能体系统面向最终用户输出的关键环节，系统在生成回答时，不仅需要给出结论，还需要尽可能补充政策依据、适用前提和计算逻辑。对于税务场景而言，单纯给出结果往往不足以满足业务需求，用户更关注“为什么适用”“依据是什么”“计算过程如何”，所以结果生成 Agent 需要对前面各智能体结果进行总结，将检索到的政策内容、规则判断过程和工具返回结果整合为结构清晰、逻辑完整的回答。

五、实验设计与结果分析

（一）实验数据与评测任务

为验证所提出方法的有效性，本文构建了面向税务场景的实验数据集与知识库，在知识库构建方面，会基于2022 - 2024年全国税收政策文件、法规条文及相关解读材料，经过数据清洗、文本分块与向量化处理后，最终形成包含2691条知识单元的税务知识库，每条知识单元都会以政策条款或语义完整片段为基本粒度，用来支持后续的向量检索与上下文增强生成。

在模型配置方面，本文选用通义系列大语言模型 Tongyi-Xiaomi-Analysis-Pro 作为基础生成模型，用于完成问题理解、上下文融合及结果生成任务，在此基础上，通过引入检索增强、工具调用以及多智能体协同机制，对模型能力进行逐步扩展。

在评测任务设计上，结合税务业务实际需求，构建测试集，涵盖三类典型任务：（1）政策问答任务，主要考察模型对税收政策条文的理解与检索能力；（2）规则判断任务，侧重评估模型对税务适用条件的逻辑推理能力；（3）税额计算任务，用于验证模型在结合规则与数值计算场景下的执行能力。

在实验对比设置上，选取四种方法进行评估：纯大语言模型（Baseline 1）、RAG 增强方法（Baseline 2）、RAG+ 工具调用方法（Baseline 3）以及本文提出的 RAG+Tool+Multi-Agent 方

法。通过统一评测框架，对不同方法在各类任务中的表现进行系统对比分析。

（二）实验结果与对比分析

（1）整体性能对比

在统一评测框架下，对四种系统配置进行了对比实验。实验结果如表1所示。在30条样本的小规模实验中，本文方法取得最高总体任务分数（overall task score=0.4333），优于 Baseline 3（0.4000）、Baseline 2（0.0667）和 Baseline 1（0.0333）。在扩展至300条样本后，本文方法仍保持最优（0.4000），表明该方法在更大规模数据下具有良好的稳定性。

表1 不同方法在税务任务上的性能对比

方法	总体得分	问答得分	计算得分
仅 LLM	0.0333	0.02	0.0
RAG	0.0667	0.03	0.0
RAG + Tool	0.35	0.05	1.0
RAG+Tool+Multi-Agent	0.4	0.15	1.0

（2）子任务分析

从子任务角度分析，在税额计算任务中，包含工具调用的方法（Baseline 3与本文方法）均达到 calculation score=1.0，显著优于未引入工具的 Baseline 1与 Baseline 2（均为0.0），表明工具调用是提升数值计算能力的关键因素。

在问答与规则推理任务中，本文方法在300条实验中 qa score 达到0.15，高于 Baseline 3（0.05），说明多智能体协同机制在复杂语义理解与推理场景中具有额外增益。

（3）消融实验分析

进一步开展消融实验，分别去除 RAG、工具调用与多智能体协同模块。实验结果如图3所示，工具调用对计算类任务影响最为显著，而多智能体机制对复杂问答与推理任务具有关键作用，验证了系统模块设计的合理性。

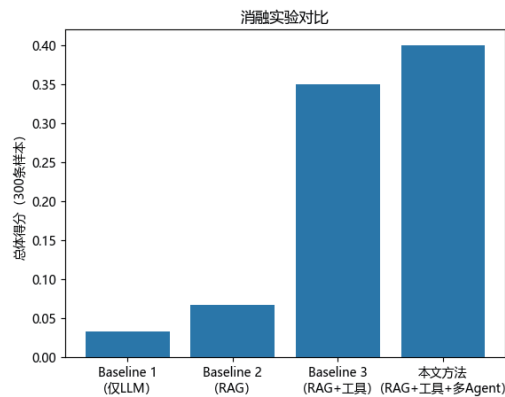


图3 不同方法在消融实验中的性能对比

综合实验结果可以看出，单独引入 RAG 带来的性能提升相对有限，而工具增强和多智能体协同能有效的提升系统性能，工具调用主要提升数值计算的准确性，多智能体协同增强了复杂语义任务的稳定性与结果可解释性。

六、结语

本文针对税务场景中知识获取困难、规则复杂及任务执行要求高的问题，提出了一种结合 RAG 与工具调用的多智能体系统架构，实现了政策检索、规则推理与税务计算的协同处理。实验结

果表明，该方法在问答与计算任务中具有较好的性能与稳定性，相比传统单模型方法，本架构在知识支撑与执行能力方面更具优势，能够提供更具依据性的服务，未来可结合知识图谱与规则链推理，进一步拓展系统能力与应用范围。

参考文献

-
- [1]Aslett J, Hamilton S, Gonzalez I, et al. Understanding artificial intelligence in tax and customs administration[M]. Washington, DC: International Monetary Fund, 2024.
 - [2]Nay J J, Karamardian D, Lawsky S B, et al. Large language models as tax attorneys: a case study in legal capabilities emergence[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2024, 382(2270): 20230159.
 - [3]Fei Z, Shen X, Zhu D, et al. Lawbench: Benchmarking legal knowledge of large language models[C]//Proceedings of the 2024 conference on empirical methods in natural language processing. 2024: 7933–7962.
 - [4]Pipitone N, Alami G H. Legalbench-rag: A benchmark for retrieval-augmented generation in the legal domain[J]. arXiv preprint arXiv:2408.10343, 2024.
 - [5]Gao Y, Xiong Y, Gao X, et al. Retrieval-augmented generation for large language models: A survey[J]. arXiv preprint arXiv:2312.10997, 2023, 2(1): 32.
 - [6]Huang Y, Huang J. A Survey on Retrieval-Augmented Text Generation for Large Language Models[J]. arXiv e-prints, 2024: arXiv: 2404.10981.
 - [7]Fan W, Ding Y, Ning L, et al. A survey on rag meeting llms: Towards retrieval-augmented large language models[C]//Proceedings of the 30th ACM SIGKDD conference on knowledge discovery and data mining. 2024: 6491–6501.
 - [8]Schick T, Dwivedi-Yu J, Dessì R, et al. Toolformer: Language models can teach themselves to use tools[J]. Advances in neural information processing systems, 2023, 36: 68539–68551.
 - [9]Yao S, Zhao J, Yu D, et al. React: Synergizing reasoning and acting in language models[C]//The eleventh international conference on learning representations. 2022.
 - [10]Qin Y, Hu S, Lin Y, et al. Tool learning with foundation models[J]. ACM Computing Surveys, 2024, 57(4): 1–40.

智能化时代计算机应用与通信技术的融合创新研究

孙元绪¹, 林庆强², 赵玉强³

1. 国网山东省电力公司蒙阴县供电公司, 山东 临沂 276200
2. 国网山东省电力公司莒南县供电公司, 山东 临沂 276600
3. 国网山东省电力公司沂南县供电公司, 山东 临沂 276301

DOI: 10.61369/TACS.2026050013

摘 要 : 近些年, 随着信息技术的飞速发展, 智能化已成为推动社会进步与产业升级的核心驱动力。计算机应用技术与通信技术作为智能化时代的两大支柱, 其深度融合不仅重塑了传统技术架构, 更催生了一系列创新应用与服务模式。二者的融合并非简单的技术叠加, 而是基于统一的信息模型与技术底座, 实现“感知—传输—计算—反馈”的闭环协同, 催生全新的技术体系、应用场景与产业生态, 助力智能化社会建设与数字经济高质量发展。对此, 本文首先提出智能化时代计算机应用与通信技术融合的创新路径, 接着阐述智能化时代计算机应用与通信技术融合的核心应用场景, 以期对相关研究者提供一定的参考与借鉴。

关 键 词 : 智能化时代; 计算机应用; 通信技术; 融合创新

Research on the Integration and Innovation of Computer Application and Communication Technology in the Intelligent Era

Sun Yuanxu¹, Lin Qingqiang², Zhao Yuqiang³

1. Mengyin Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276200
2. Junan Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276600
3. Yinan Power Supply Company, State Grid Shandong Electric Power Company, Linyi, Shandong 276301

Abstract : In recent years, with the rapid development of information technology, intelligence has become the core driving force for social progress and industrial upgrading. As the two pillars of the intelligent era, computer application technology and communication technology have deeply integrated, which has not only reshaped the traditional technical architecture, but also spawned a series of innovative applications and service models. The integration of the two is not a simple superposition of technologies, but the realization of closed-loop collaboration of "sensing - transmission - computing - feedback" based on a unified information model and technical foundation, giving birth to a brand-new technical system, application scenarios and industrial ecology, and supporting the construction of an intelligent society and the high-quality development of the digital economy. This paper first puts forward the innovative paths for the integration of computer application and communication technology in the intelligent era, and then expounds the core application scenarios of their integration, so as to provide certain reference for relevant researchers.

Keywords : intelligent era; computer application; communication technology; integration and innovation

一、智能化时代计算机应用与通信技术融合的创新路径

(一) 设备层融合, 硬件协同与终端智能化升级

设备层融合首先是硬件协同架构的优化。建立统一的硬件接口标准和通信协议, 确保不同类型的计算机设备、通信终端实现无缝对接、协同工作, 消除设备之间信息孤岛, 传感器采集到的原始数据也可以通过通信模块迅速上传到边缘节点, 计算机应用系统对这些数据进行预处理后, 按照数据优先级决定是否上传到云端平台, 大大降低核心网络的传输压力, 提高数据处理速度。另外, 终端设备的智能化还表现在硬件形态多样化、小型化, 即

可穿戴巡检设备、无人机巡检终端等, 利用北斗定位模块、红外传感器以及高清摄像头等, 并与计算机视觉算法、实时通信技术等相结合, 完成对电力线路、变电站等设施的全方位、智能化巡检, 进一步降低人工巡检的成本, 提高故障发现与定位的精准性^[1]。

(二) 网络层融合, 架构重构与资源协同调度

网络层融合是计算机应用和通信技术深度合作的重要桥梁, 其主要是对网络进行重新设计, 并且协调好各方面资源, 构建全新的网络体系。传统的单网架构逐渐转变为软件定义网络(SDN)、网络功能虚拟化(NFV)。SDN技术将网络控制平面和数据转发平面分开, 达到对网络流量集中管理、动态配置的目的, 使计算机

应用系统根据业务需求随时改变网络带宽、路由策略、服务质量（QoS）。网络层还要建立智能化流量调度算法，利用人工智能技术预测、分类网络流量，实现动态分配网络带宽资源的目标，避免出现网络拥塞的情况，保证重要业务数据能够得到优先传输。网络层融合还要加强安全防护体系，通过加密传输、入侵检测、身份认证等技术，充分保证跨设备、跨网络的数据交互安全，为计算机应用和通信技术深度融合提供强有力的保障^[2]。

（三）应用层融合，场景赋能与服务模式创新

应用层融合是将计算机应用和通信技术深度融合应用到具体实践中，以技术为驱动，促使各行各业服务模式由单一、标准化转变为场景化、个性化。比如，智慧医疗依靠5G+边缘计算技术，实现远程诊断、远程手术，医生可以借助高清视频传输以及实时数据交互等方式，向偏远地区的患者提供优质医疗服务，突破时空束缚，而且电子健康档案跨机构共享以及AI辅助诊断系统应用之后，诊疗速度和精确度得到改善，创建“线上+线下”一体化医疗服务新形态。另外，工业制造场景中应用层融合表现为工业互联网平台搭建，通过通信技术将生产设备、传感器、控制系统等有机连接，计算机应用对采集到的生产数据展开分析，从而达到预测性维护、质量智能检测、柔性生产调度等目的，促使传统制造朝着智能制造方向转变，服务模式由单纯的销售产品转变为“产品+服务+数据”综合解决方案的供应^[3]。

二、智能化时代计算机应用与通信技术融合的核心应用场景

（一）工业领域，智能制造与工业互联网

在工业领域方面，智能制造与工业互联网深度融合能够深度改革传统生产模式。计算机应用技术依靠工业互联网平台数字化管控生产全过程。比如，在汽车制造车间中，传感器不间断地采集设备运转、物料运送以及产品质量等数据，并且把这些数据上传到云端或者边缘计算节点上。计算机应用系统则通过大数据分析、机器学习算法对这些数据进行深入挖掘，除了能对生产线运行状况进行实时监测之外，可以及时捕捉到生产设备出现的异常情况并发出警报，从而达到预测性维修的目的，削减非计划停机的时间，而且还可以借助对生产数据的追溯剖析，改良生产工艺参数，提高产品生产合格率^[4]。另外，工业互联网平台可以动态调配生产资源，并进行柔性生产，当市场需求发生改变的时候，计算机应用系统可以迅速调整生产计划，协调供应链各个环节，完成小批量、多品种的高效生产，满足个性化定制的需求。此外，数字孪生技术在工业领域的应用也属于计算机应用和通信技术融合的典型表现，在建立物理工厂数字化镜像之后，计算机应用系统可以对生产过程展开虚拟仿真并加以优化，通信技术则保证数字模型与物理实体之间的实时数据交流，进而促使生产全过程实现精确管控以及持续改良^[5]。

（二）医疗领域，智能医疗与远程诊疗

在医疗领域方面，智能医疗同远程诊疗相融合，对传统的医疗服务模式产生了深刻的影响，也为医疗资源合理调配、提高诊

疗效率以及患者便捷就医提供有力的支持。深度融合计算机应用技术和通信技术，能够突破时间、空间带来的局限性，搭建涵盖“预防、诊断、治疗、康复”的全流程智能化医疗服务系统。另外，计算机视觉、深度学习等技术与医学影像设备深度结合，能够对CT、MRI、病理切片等医学影像进行自动分析与识别，辅助医生迅速找出病灶并作出判断，通信技术使得这些智能诊断的结果可以及时、安全地传送给医生，从而为临床决策提供强有力的支持。远程诊疗是计算机和通信技术融合的具体表现，通过高清视频通信、实时数据传输等方式，医生可以远程对基层患者进行问诊、体格检查，也能进行远程手术指导。偏远地区患者可以借助远程诊疗平台与三甲医院医生一对一沟通，获得患者病历、检验检查资料、高清视频画面等信息后，根据诊断意见制定诊疗方案。除此之外，在患者监护上，通过通信技术将患者的心率、血压、血糖等生命体征数据，及时传送到医院信息系统中，计算机应用系统可以对这些数据进行持续监测并加以智能分析，当出现异常时会立刻通知医护人员，从而达到对慢性病患者以及术后康复患者的远程实时监护，使医疗服务更具及时性与有效性，进而提升患者的依从性和治疗效果^[6]。

（三）交通领域，智能交通与车联网

在交通领域方面，智能交通和车联网融合应用能够从根本上改变交通模式，计算机应用系统实时分析大量的交通数据，依靠通信技术实现数据高效传输，使交通管理更加智能化，出行服务更加精准，车辆运行更加协同。例如，城市交通信号控制中，计算机应用可以依靠在道路各个节点上安装的传感器，对实时采集到的车流量、车速、排队长度等数据加以分析，并参照历史交通数据与路况，借助通信网络及时改变交通信号灯的配时安排，有效地缩减车辆拥堵的时间，提高道路通行速度。在车联网应用中，车辆借助车载终端同周围车辆、道路基础设施以及云端平台实现信息交互，计算机应用系统会对这些交互信息加以处理并作出决定，从而为驾驶者提供优质的交通安全出行服务。智能导航系统依靠通信技术获得实时交通信息，并通过计算机算法规划出最佳出行路线，并且随着路况的变化而不断更新。在智能公交系统当中，计算机应用系统依靠通信网络对公交车的位置、速度以及载客量进行实时监测，乘客可以借助手机APP等终端去查询车辆到站信息，公交调度中心也能依照实时数据科学开展调度工作，从而提高公交系统的运行效率和服务质量^[7]。

（四）民生领域，智慧生活与公共服务

在民生领域方面，智慧生活同公共服务深度融合后，大众生活方式以及城市治理模式将发生彻底改变。计算机应用和通信技术相融合后，公共服务供给将变得更加高效、精准，为居民带来了全新的便捷体验。例如，在智慧社区创建中，利用物联网传感器、智能门禁系统以及社区服务云平台等，确保居民能够实现远程开门、智能安防监控、在线报修等操作，而且物业也可以借助大数据技术分析与了解居民的需求，向他们提供个性化的服务，以此加强社区管理效能与居民生活品质^[8]。在智慧政务中，利用“互联网+政务服务”平台打破传统政务服务的时空局限，居民与企业利用电脑端、手机APP等方式，通过在线形式完成社保、

医保、营业执照申请、不动产登记等业务的办理，大大缩减业务办理的时间和流程，提升政府服务透明度以及公信力。在智慧零售场景中，计算机视觉识别、移动支付、大数据分析技术的应用，催生了无人便利店、智能导购等全新的零售模式，消费者可以享受到更加方便快捷的购物体验，商家也可以根据消费数据对营销策略进行精准调整，提高商家营业额。所以，在民生领域中广泛应用计算机应用与通信技术，能够大大提高公共服务的质量和效率，实现科技赋能民生，使居民生活变得更加智慧、便捷、舒适^[9]。

三、结语

总而言之，智能化时代计算机应用与通信技术的融合是信息技术发展的必然趋势，其创新路径涵盖设备层、网络层及应用层的深度协同与优化，核心应用场景则广泛渗透于工业、医疗、交通及民生等关键领域，深刻改变了传统产业形态与社会服务模式。未来，随着5G/6G、人工智能、云计算、大数据等技术的持续演进，计算机应用与通信技术的融合将迈向更深层次、更广范围，不仅为各行业数字化转型提供强大驱动力，也将进一步推动社会生产效率提升与人民生活品质改善，为构建更加智能、高效、安全的数字社会奠定坚实基础。

参考文献

[1] 郝春云. 数智时代计算机应用与通信技术的融合路径分析 [J]. 数字技术与应用, 2025, 43(12): 213-215.

[2] 郜旭庆. 智能化时代计算机应用与通信技术的融合创新研究 [J]. 数字通信世界, 2025, (09): 112-114.

[3] 马腾. 计算机通信技术在电子信息工程中的应用探讨 [J]. 数字通信世界, 2025, (08): 103-105.

[4] 张丹丹, 邱秀兰. 计算机通信与信息技术在新能源汽车智能化中的应用 [J]. 汽车测试报告, 2025, (12): 58-60.

[5] 张梦含, 朱云洁, 田正本. 计算机技术辅助制造类企业智能化生产的应用研究 [J]. 石河子科技, 2025, (03): 33-34.

[6] 樊剑剑. 基于计算机视觉技术的智能化农业机械应用研究 [J]. 中国农机装备, 2025, (01): 74-76.

[7] 索晓冉, 李伟杰, 左丽娜. 计算机网络技术在建筑智能化发展中的应用 [J]. 建筑科学, 2024, 40(03): 187.

[8] 谭江汇, 周亮, 罗小刚. 智能化计算机网络安全技术的应用研究 [J]. 中国新通信, 2023, 25(16): 84-86.

[9] 朱凯. 探究智能化时代信息通信技术的发展与应用 [C] 天津市电子学会. 第三十六届中国（天津）2022' IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集. 天津市峰泽智能科技有限公司; , 2022: 209-211.

[10] 甘留军. 探究智能化时代信息通信技术的发展与应用 [J]. 中国新通信, 2022, 24(03): 1-3.

人工智能时代下小学课后服务优化路径研究

程小梅¹, 刘子彧²

1. 陕西省西安市灞桥区东城第一小学五星分校, 陕西 西安 710038

2. 西安市临潼区铁路中学, 陕西 西安 710600

DOI: 10.61369/TACS.2026050015

摘 要 : 在教育数字化转型以及“双减”政策不断深入发展的大背景之下, 小学课后服务属于基础教育的关键部分, 处在技术应用脱离、资源对接欠缺、教师数字能力缺乏和监管机制缺失这四种现实困境当中。本文以人工智能技术与小学课后服务深度融合为研究对象, 运用文献研究法和逻辑分析法, 对目前小学课后服务存在的问题进行梳理, 从服务模式、资源供给、教师能力、监管机制四个方面出发, 提出相应的优化策略, 用实践案例来补充说明, 形成一个科学合理的课后服务优化框架。目的在于给小学课后服务提质增效赋予实践引领, 推进课后服务重回育人本位, 助力学生全面而有个性地发展, 为基础教育高质量发展给予参照。

关 键 词 : 人工智能; 小学; 课后服务; 优化研究

Research on the Optimization Paths of Primary School After-School Services in the AI Era

Cheng Xiaomei¹, Liu Ziyu²

1. Wuxing Branch of Dongcheng No.1 Primary School, Baqiao District, Xi'an, Shaanxi 710038

2. Xi'an Lintong Railway Middle School, Xi'an, Shaanxi 710600

Abstract : Against the background of the digital transformation of education and the in-depth advancement of the "Double Reduction" policy, primary school after-school services, as a key part of basic education, are facing four practical dilemmas: detachment from technological application, lack of resource connection, insufficient digital capabilities of teachers, and absence of supervision mechanisms. Focusing on the in-depth integration of artificial intelligence (AI) technology and primary school after-school services, this paper adopts the literature research method and logical analysis method to sort out the existing problems of current primary school after-school services. It proposes corresponding optimization strategies from four aspects: service model, resource supply, teacher capabilities, and supervision mechanisms, supplemented by practical cases, so as to form a scientific and reasonable optimization framework for after-school services. The purpose is to provide practical guidance for improving the quality and efficiency of primary school after-school services, promote after-school services to return to the education-oriented nature, help students achieve all-round and personalized development, and offer reference for the high-quality development of basic education.

Keywords : artificial intelligence; primary schools; after-school services; optimization research

“双减”政策推行之后, 小学课后服务实现了全覆盖, 很好地解决了家长的“三点半”问题。教育部《关于进一步规范义务教育课后服务有关工作的通知》、中小学人工智能教育指南都提出了要发挥数字化的作用来推进课后服务。目前, 传统的课后服务还存在着师资短缺、内容雷同、个性化服务欠缺等短板, 不能很好地满足学生的全面发展需要。人工智能技术的更新给课后服务质量提升赋予了新可能, 怎样借助有关教育文件精神, 把 AI 技术融入课后服务全过程之中, 破解现存难题, 改良服务途径, 成了当下基础教育领域急需探究的重要课题^[1]。

一、人工智能时代下小学课后服务优化路径研究难点

(一) 技术应用与教学融合不足

人工智能技术在小学课后服务中应用大多处于浅层次, 没有和课后服务的教学目标、内容设计以及学生的发展需求建立起深

层次的联系。大多数学校引入的智能设备和系统只起到基本的管理作用, 并没有很好地融入作业辅导、兴趣拓展、个性化指导等主要服务环节中去, 造成技术的应用同教学实践相脱离。部分学校盲目引进智能技术, 忽视了课后服务的教育本质, 过分依赖技术工具而忽视师生互动, 使技术不能起到提质增效的作用, 反

而加重了服务流程的繁杂程度，无法达到技术赋能课后服务质量提升的目的，造成技术与教学“两张皮”的困境^[2]。

（二）智能资源适配学情难度较大

小学阶段学生个体差异大，不同年级、不同学科、不同学习基础的学生对于课后服务的需求是多元化的、个性化的，给智能资源的匹配带来很大困难。目前市面上的课后服务智能资源大多为标准化设计，没有考虑到小学生认知规律、学习特点以及个体需求，不能满足各个层次学生的发展需求。智能资源内容难度、呈现形式很难与学生的实际学情相匹配，要么过于简单不能满足学有余力学生的拓展需要，要么难度过高超出了学生所能承受的范围，造成智能资源利用率低，不能真正实现因材施教，无法发挥智能资源对课后服务的支撑作用^[3]。

（三）教师数字素养提升进程缓慢

课后服务质量的提高要靠教师的主体性，目前的小学教师数字素养水平不能满足人工智能时代服务的要求。部分教师对人工智能技术认识不深，不能熟练地使用智能设备、智能系统开展课后服务，不能很好地掌握智能教学工具和智能数据的应用。同时针对课后服务场景的教师数字素养专项培训较少，培训内容与实际教学需求相脱离，不能有效地提高教师的技术应用能力^[4]。一些老师有着技术上的畏难心理，在使用智能技术的过程中积极性并不高，致使智能技术不能在课后服务中起到预期的作用，从而影响了课后服务智能化的进程。

（四）课后服务智能监管体系欠缺

人工智能时代小学课后服务智能化发展缺少完善的监管机制，不能保证服务质量与安全。现有的监管机制大多关注传统课后服务人员、时间的管理，对于智能技术的应用、智能资源的使用、学生信息安全等方面的监管存在着明显的不足。没有专业的监管队伍和科学的监管标准，不能对智能系统的运行状况、智能资源是否合适、教师技术运用是否规范进行有效地监管。

二、人工智能时代下小学课后服务优化实践路径

（一）深耕技术赋能创新服务模式

教师要从课后服务的核心目标出发，冲破传统服务模式的束缚，依靠人工智能技术的助力，促使服务模式发生革新。需要对智能技术的功能特点进行深入地研究，根据课后服务教学需求和学生的发展特点，将智能工具与作业辅导、兴趣培养、习惯养成等服务环节结合起来，摒弃技术浅层应用的错误^[5]。积极探寻智能化服务场景，依靠智能系统来简化并改善服务流程，借助技术手段把服务资源融合起来，统筹安排服务事宜，从而达成服务形式的多样化，使技术真正为教育本质服务，进而提升课后服务的效率和品质，达成由“被动服务”转向“主动赋能”的转变。

比如在“AI+课后服务模式创新”项目当中，教师要依靠智能教学平台，整合作业辅导、兴趣拓展等各种服务资源，创建起线上线下相融合的服务场景。教师依照课后服务的时间及学生的需求，依靠智能系统精心规划服务项目，把智能答疑工具加入作业指导当中，创建分层答疑模块，给予学习有困难的学生有关知

识点拆解讲解的服务，给学有余力的学生提供扩展性的答疑内容，进而达成学生疑问得到及时响应，有效回答的目的^[6]。同时利用智能兴趣课程平台根据学生前期的调查问卷和平时的表现给学生个性化的兴趣学习内容推荐，即编程类的、美育类的、体育类等各方面。教师还要借助智能系统及时了解学生的参与状况和学习反映，创建起每天的服务数据报告，依照报告中体现的学生参与率、学习满意程度等指标来动态调整服务安排，改善服务流程，每周举办一次服务复盘，依照学生意见改进线上线下融合模式，使技术同服务实践深度交融，切实加强服务的针对性和高效性，冲破传统课后服务的时空束缚和形式局限，让课后服务更灵活多样。

（二）精准匹配资源满足个性需求

教师要立足于学生的个体差异，以人工智能技术为关键的赋能手段，创建起可以执行的个性化课后服务实施路径，依靠学情分析达成资源精准对接。依靠 AI 驱动的智能测评工具，对学生的学业基础、兴趣爱好、能力欠缺等各方面进行全方位的数据采集，创建起一个标准化的个性化学生档案，准确找到每个学生不同的服务需求。依靠 AI 算法对智能资源展开自动筛选、整合并适应，针对不同的学生采取差别化的难度梯度和呈现方式，从而达到资源供给同学生需求精准对接的目的^[7]。采用 AI 追踪系统对学生成绩、反馈等各项数据进行汇总整理，及时发现存在的问题并加以解决，并据此做出相应调整改进教学目标，从而使得智能资源更好的满足学生综合发展的需要。

以“学情精准适配和智能资源供给”项目为例，教师依靠人工智能学情测评系统对学生学习基础、知识薄弱点、兴趣方向做全方位检测，涵盖全学科基础知识点、学习能力、学习习惯等各方面，创建起包含多项成长指标的个性化电子档案，借助 AI 同步机制及时更新学生课堂表现、作业完成、课后服务参与等数据，达成学情动态更新。教师依靠 AI 标签系统，对现有的智能课后服务资源实施自动分类筛选，按照学科、难度、类型展开精准划分，就不同的学生群体达成资源的智能分级推送，为基础薄弱的学生供应基本稳固类资源，为中等水平的学生供应能力加强类资源，为学有余力的学生供应拓展拔高的类资源，依照学生兴趣喜好智能推送个性化的拓展资源，从而让赋能举措真正落到实处并取得实效。

（三）强化素养培育提升执教能力

教师要树立终身学习的观念，不断提高自身的数字素养，来适应人工智能时代课后服务发展的需要。积极学习人工智能有关知识、技能，熟练掌握各种智能教学工具、智能管理系统操作方法，提高对技术的应用能力^[8]。积极参加针对课后服务场景技术应用难点的专项培训，主动交流学习经验，借鉴先进的实践方法，把所学技术同服务实践深度融合。树立正确的技术应用观念，克服技术畏难心理，积极探寻技术在课后服务中创新运用的途径，不断提高自身执教水平和提高综合素质，给课后服务智能化改良赋予关键支持。

比如在“教师数字素养提升”的专项培养展开研究的时候，要组织教师参加课后服务情境下的 AI 技术专项培训，学会操作智

能教学软件以及学情诊断系统。教师要联系自身的课后服务教学实践，积极寻找智能技术的应用场景，在培训过程中同其他教师交流技术应用的经验，学习优秀的实践案例，解决自身在技术应用上遇到的问题。教师还要制定个人数字素养提升计划，在课余时间自主学习 AI 相关知识，反复练习智能工具的操作，把所学技术灵活地应用到作业辅导、资源适配等课后服务中去，不断提高自身的教学技术和执教水平，适应智能化课后服务的发展需要。

（四）构建智能机制规范服务运行

教师可配合参与智能监管体系的完善工作，以辅助保障服务有序运行为相关职责，履行日常监管相关义务^[9]。可借助基础智能监管工具，对课后服务中学生状态、技术运用、资源利用等情况开展日常监测，及时发现并纠正服务过程中的不规范问题。日常梳理服务过程中的常见风险点，结合实际工作提出相关优化建议，助力完善监管准则与流程。加强对学生智能设备使用的日常引导，规范学生网络行为，引导规避信息泄露、网络沉迷等问题，配合政府相关部门工作，助力形成协同监管氛围，保障课后服务平稳有序开展^[10]。

比如，在“课后服务智能监管提质”相关工作中，教师可借助校园智能监管平台，对学生课后服务时段的智能设备使用、学

习状态及自身技术应用规范性进行日常关注。结合工作实际梳理服务中存在的问题，向学校监管部门提出相关优化建议，助力监管标准与流程的逐步完善。做好学生智能设备使用的日常引导，提醒学生规范使用行为，做好个人信息安全防护，配合监管单位的专项检查，发现问题及时做好反馈，助力构建协同监管机制，保障课后服务规范有序推进。

三、结语

因此本文主要研究人工智能时代下小学课后服务的优化路径。从技术赋能、资源适配、素养培育、监管体系四个方面对目前课后服务中技术融合、资源供给、教师能力、治理机制存在的主要问题梳理，提出以技术创新推动服务模式转型、用数据推动资源精准匹配、分层培训提升教师数字素养、智能监管建立规范运行体系的实践路径。研究围绕教育数字化转型和“双减”政策精神展开，创建起技术同教育深度整合、以人为本的课后服务改善架构，给小学课后服务高质量发展赋予可执行的途径引领和实际参照，助力课后服务重回育人本源，推进学生全面发展且具有个性特征。

参考文献

- [1] 梁中锋, 李小娟, 章光琼, 等. 数智技术赋能课后服务高质量发展的逻辑理性与实践路向 [J]. 教育研究与实验, 2025 (2): 45-52.
- [2] 教育部办公厅等四部门. 关于进一步规范义务教育课后服务有关工作的通知 [EB/OL]. (2024-01-04). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s3321/202401/t20240104_1098002.html.
- [3] 祝新宇. 生成式人工智能与教育融合发展: 教育变革的实践转向 [J]. 教育研究, 2025 (4): 12-20.
- [4] 王湖滨, 马云. 上海市小学生校内课后服务现状、问题与优化建议 [J]. 上海教育科研, 2024 (3): 67-71.
- [5] 龙宝新, 李莎莎. 行动者网络视域下学校课后服务协同供给机制研究 [J]. 教育科学, 2024 (1): 36-42.
- [6] 李小娟, 刘清堂, 王云豪, 等. 教育数字化赋能差异化作业设计的行动逻辑和服务模型 [J]. 电化教育研究, 2023 (8): 96-102.
- [7] 张抗抗, 杜静. 从管理到治理: 基础教育作业治理的内涵、框架与进路 [J]. 中国教育科学 (中英文), 2021 (5): 98-107.
- [8] 教育部基础教育司负责人就《关于进一步规范义务教育课后服务有关工作的通知》答记者问 [EB/OL]. (2023-12-27). http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s271/202312/t20231227_1096307.html.
- [9] 王阿习. 技术赋能科学教育服务供给路径与实施建议 [J]. 现代教育技术, 2023 (8): 12-18.
- [10] 周洪宇, 王会波. 中小学课后服务功能如何优化 —— 基于系统论视角 [J]. 现代教育管理, 2022 (8): 1-10.

AI 赋能下中职教育数字化转型策略探析

付英, 杜亮

湖北省孝感生物工程学校, 湖北 孝感 432000

DOI: 10.61369/TACS.2026050018

摘 要 : 在人工智能与现代教育的融合进程中, 教育数字化转型进入智慧化、智能化发展阶段。针对现阶段中职教育数字化转型面临的资源缺陷、教学模式单一、评价体系落后、教师数字素养不足等问题, 应充分发挥 AI 技术的数据处理、智能分析以及个性化服务功能, 以此推动中职教育数字化转型有效落实。本文即通过阐述其转型困境, 进而从资源建设、教学模式、评价体系、教师发展等维度提出 AI 赋能中职教育数字化转型的改革范式, 以此为中职教育高质量发展赋能。

关 键 词 : 人工智能; 中职教育; 数字化转型; 赋能策略; 教育变革

Research on Digital Transformation Strategies of Secondary Vocational Education Empowered by AI

Fu Ying, Du Liang

Xiaogan Bioengineering School of Hubei Province, Xiaogan, Hubei 432000

Abstract : With the integration of artificial intelligence and modern education, the digital transformation of education has entered a stage of intelligent development. In view of the problems existing in the current digital transformation of secondary vocational education, such as insufficient resources, single teaching mode, backward evaluation system and low digital literacy of teachers, AI technology should be fully utilized in data processing, intelligent analysis and personalized services to effectively promote the digital transformation of secondary vocational education. This paper expounds the transformation dilemmas, and then puts forward the reform paradigm of AI-empowered digital transformation of secondary vocational education from the dimensions of resource construction, teaching mode, evaluation system and teacher development, so as to empower the high-quality development of secondary vocational education.

Keywords : artificial intelligence; secondary vocational education; digital transformation; empowering strategies; educational reform

引言

在数字时代背景下, 人工智能技术已经融入现代教育的全流程, 并且持续推动着教育形态与教学生态的深刻变革。中职教育作为我国现代职业教育体系中的基础组成部分, 不仅承担着技术技能型人才的培养责任, 而且需要适应时代变化与企业需求, 以此为学生的可持续发展创造良好环境。对此, 中职学校应遵循 AI 技术的智能化、个性化、自动化特征, 以此解决资源配置、教学组织、学习支持、管理服务等多维度的教育难题, 从而为数字化转型注入新动能。

一、中职教育数字化转型面临的困境

(一) 数字化基础设施薄弱, 资源配置不均

数字化基础设施建设不足是当前中职教育数字化转型面临的首要问题。一方面, 部分中职学校缺乏全覆盖的一体化网络系统, 终端设备未能及时更新, 未能普及智慧教室, 尤其农村与偏远地区的学校更为突出, 使得数字化转型无法全面落实。另一方面, 中职学校对于数字化教学资源的开发力度不足, 大多数字化

资源都是传统教学资源转化而来, 比如课件、电子教案等, 缺乏基于 AI 技术加持的智能服务、人机互动的教学资源。

(二) 教学模式固化, 智能化教学应用不足

在教学模式方面, 中职学校尽管一直在推进教学方法的革新与优化, 但部分教师缺乏智能化教学工具的使用技巧, 即使在教学活动中引入了多媒体、智慧教学平台等工具, 但在实际教学中仍将其作为辅助道具, 并未根据数字化技术的功能特征重构教学流程, 也无法重新确立学生的主体地位^[1]。此外, AI 技术应用方

面也停留在浅层，未能将个性化推荐、智能辅导、虚拟仿真实训等应用场景进一步普及。

（三）评价体系单一，数据驱动决策能力弱

现阶段，中职教育采取的评价体系较为单一，多数学校采用终结性评价为主、过程性评价为辅的评价模式，使得其评价指标聚焦学生的知识掌握和技能操作结果层面，对学生学习过程表现、思维能力、合作意识、职业素养等动态监测不足^[2]。在数字化转型视域下，中职学校应建立数据驱动的精准评价机制，但目前学校未能建立系统化的数据采集、整合与分析平台，无法根据学生的学习行为数据、实训操作数据等做出科学评价，未能形成高质量的数字化治理体系。

（四）教师数字素养不足，技术应用能力欠缺

中职教育的数字化转型需要教师作为核心执行者，但中职教师大多缺乏充足的数字素养与数字化工具应用技能。一方面，部分教师由于年龄原因，对 AI 技术的接受度与使用能力较低，甚至存在畏难情绪。另一方面，学校未能建立系统化的数字化教学培训体系，教师缺乏学习成长的空间与平台^[3]。此外，职业教育更关注“双师”培养，多数教师既要专注教学工作，又要夯实专业技能，缺乏精力和时间兼顾数字化教学能力学习。

二、AI 赋能下中职教育数字化的转型策略

（一）构建智能化的数字资源体系，优化资源配置

1. 建设 AI 驱动的智慧学习平台

AI 技术同教学平台结合之后，就会形成高质量、智能化的数字资源体系。中职学校在智慧学习平台上应该设立教学资源、实训模拟、学习管理等多种模块^[4]，利用 AI 和大数据技术对学生学习行为和水平进行全方位的分析，从而达到个性化推送学习资源的目的，最终达到精准教学的目标。

2. 开发虚拟仿真实训资源

设备昂贵、场地受限、安全隐患等都是制约中职学校实训教学改革的主要因素。学校要推进“AI+VR+AR”等技术融合，创建虚拟仿真实训系统。该系统可以供学生在虚拟环境中反复练习、操作，既可以模拟真实的工艺流程，又可以利用 AI 系统实时判断学生操作是否规范，指出学生的操作失误并给出改进方案，从而大大提高实训的效果，保证学生的安全。

3. 建立区域数字化资源共享机制

中职学校要加大区域联动力度，同其他同类学校共建共享数字化资源库。一方面可以联合企业、行业机构进行资源开发，创建起“政—校—企”协同机制，改善资源建设结构^[5]。另一方面就是发挥人工智能的优势，利用智能生成、自动分类、优化标注、个性化推荐等手段来提高资源的利用率，改善资源配置。

4. 推进 AI 赋能的资源质量动态评估与迭代

中职学校还要创建起数字教学资源质量评价体系，依靠 AI 大模型对数字资源的使用率、学生学习成果反馈、学生评价等各方面情况进行打分，从而自动找出低效低质资源和过时资源。同时要组织教师和企业一起参加资源迭代活动，创建起“使用—反

馈—改进—再使用”的生态系统，保证数字化教学资源的先进性、鲜活性、有效性。

（二）创新智能化教学模式，促进教学深度变革

1. 实施 AI 辅助的个性化教学

教师应掌握智能教学平台的应用方法，一方面要根据学生课堂表现、作业情况、测验成绩等数据，借助 AI 建立学生数字画像，了解其学习风格、薄弱缺陷和兴趣偏好，进而构建个性化的学习方案。另一方面，教师应调整教学策略，针对学生差异建立分层教学体系，落实因材施教。

2. 推广智慧课堂与混合式教学

中职学校要全面创建智慧教室，采用人脸识别、语音识别、行为分析等 AI 技术手段，让学生随时随地知道自己在课堂上处于怎样的状态，情绪如何波动，参与度怎样等等，并据此调整课堂的组织与推进速度。教师应该全方位推进混合式教学模式的创建，在线利用 AI 助教系统给学生提供预习、答疑、练习、测评等各方面支持^[7]，线下根据线上学习反馈来改进活动的设计。

3. 强化 AI 赋能下的项目式与协作学习

在项目化学习和协作学习的模式之下，教师应该依靠 AI 技术和教学平台来引领学生按照一定的分工、步骤去完成任务。教师还可以利用平台对学生参与项目过程中所付出的努力、交流的情况以及合作的过程进行收集，从而对学生的合作能力以及解决问题的能力进行有针对性的培养。

（三）构建数据驱动的多元评价体系，实现精准育人

1. 建立全过程学习数据采集与分析系统

学校要创建以 AI 技术为依托的数据集成中心，全方位收集并剖析学生的课堂参与情况、作业完成状况、实训操作记录、在线学习成果等各类行为数据，经由数据挖掘分析之后，把学生的学业成绩和成长过程直观地展现出来，从而对学生的实际表现做出科学的评价^[8]。

2. 推动形成性与终结性评价相结合

中职学校应提高过程性评价的权重。一方面，可以借助 AI 系统，根据学生日常表现与学习数据生成阶段性报告，反馈学生该阶段的进步幅度与各项变化。另一方面，教师则要依托 AI 评测结果，结合自身观察，对学生的过程性发展进行客观评价。

3. 支持职业技能等级认定的智能化

中职学校应该加大过程性评价的比重。另一方面就是利用 AI 系统根据学生日常表现、学习数据生成阶段性报告，反馈学生该阶段进步的幅度以及各方面的发展变化。另一方面，教师要依靠 AI 评测结果，联系自身观察，对学生的过程性发展做出客观评价。

（四）提升教师数字素养，强化 AI 应用能力

1. 开展分层分类的数字技能培训

中职学校要制订分层次的培训计划，对不同年龄阶段、不同学科、不同技术基础的教师有不同的培训要求。基础层应该以智能教学工具的操作和应用技巧为主，进阶层以推动 AI 技术与课程设计、数据分析的融合为重，高层次以优化和迭代 AI 工具的应用方式为目的。另外还要创建工作坊、线上课程、教学沙龙、企业

实践等多元化的培训方式^[9]。

2. 构建 AI 辅助的教师专业发展支持系统

中职学校要创建教师专业发展平台，将 AI 技术整合进去，给教师赋予资源推荐、教学案例产生、教研活动提议、作业批改、学情剖析、教学反思等支撑功能。也可以对教师的教学行为数据加以记录并进行总结分析，从而得出教师教学能力、风格、习惯等方面的总结，提出相应的建议和改进措施。

3. 建立校企协同的教师数字能力提升机制

中职学校要加大校企合作力度，并且聘请技术专家到学校来，用专题讲座、实践指导等形式参与到教学当中。同时应该定期组织教师到企业中去，参加企业的数字化生产流程，提高教师对 AI 赋能职业场景的认识^[10]。除此之外还要和企业合作开展教学大赛、征文活动等，促使教师在教研活动中提高自己的数字素养和创新能力。

4. 设立 AI 教育应用专项教研团队与激励机制

有条件的中职学校可以校内组建 AI 教育应用教研团队，用技术攻关、课例研讨、经验分享等方式把教研成果推广普及。同时还要建立专项经费和激励机制，对在 AI 技术应用方面有突出成绩的教师给予荣誉和资金上的奖励，把优秀的教学案例转化为可以

推广的校本课程或者教学资源，从而产生示范带动作用。

三、结语

综上所述，AI 技术已经成为推动教育形态深刻变革的重要力量。在此背景下，中职教育数字化转型不仅要顺应时代潮流，更要实现提升办学质量、服务经济社会的核心目标。现阶段，中职教育在基础设施建设、教学模式创新、评价机制改革、教师能力培养等方面面临诸多问题，这就需要从资源建设、教学创新、评价改革、教师发展等多维度切入改革，以此构建 AI 赋能的职业教育数字化转型范式，从而实现资源体系的智能化革新，教学模式的个性化实践，评价体系的数据化驱动以及教师数字素养的持续提升。

未来，中职学校该应进一步深化 AI 技术教育赋能的教研工作，并结合自身专业优势与本土特色，开发符合学校教育结构与人才培养需求的数字化革新体系。但在 AI 技术应用的过程中，还需关注其伦理、安全与公平层面的问题，践行“技术服务人才培养”本质。唯有如此，中职教育才能顺应数字化浪潮，才能实现高质量发展，才能培养出符合智能时代需求的优秀人才。

参考文献

[1] 刘英,王小玲,马文杰,陈晓霞.数字化转型背景下中职涉农专业学生职业素养与技能培育策略研究——基于人工智能技术的融合创新视角[J].甘肃教育研究,2025,(24):12-16.

[2] 宣蓓秋.人工智能在中职计算机辅助教学中的应用前景分析[A]第十四届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集(上册)[C].广西网络安全和信息化联合会,广西网络安全和信息化联合会,2025:2.

[3] 吕增亚,陈琪,王连进,赵健宇,赵林强.DeepSeek在中等职业教育中的应用探析[J].中国教育技术装备,2025,(23):57-62.

[4] 林博韬.人工智能视域下中职课堂数字素养提升的模型与实施路径[J].广西教育,2025,(32):60-65.

[5] 刘祥.中职教育中生动课堂与人工智能的融合创新实践[J].知识文库,2025,41(21):29-32.

[6] 雷蕾,杨云.“人工智能+教育”助力中职教育学科融合的实践探索[J].四川劳动保障,2025,(21):81-82.

[7] 郭丹莉.生成式人工智能赋能中职新形态教材建设策略研究[J].教师,2025,(29):137-140.

[8] 方艺洁,刘云东.AIGC赋能中职艺术课堂数字化教育教学模式提升策略[J].知识文库,2025,41(16):21-24.

[9] 赵琳琳.人工智能辅助中职生数字化阅读的校本实践[J].太原城市职业技术学院学报,2025,(07):69-71.

[10] 胡雪敏.教育数字化转型背景下中职教师数字素养现状调查及提升策略研究[D].湖北大学,2024.

生成式 AI 技术在网络安全防护中的应用

蒋帆

94750 部队, 福建 龙岩 366200

DOI: 10.61369/TACS.2026050019

摘 要 : 随着新型信息技术的发展与革新, 网络攻击手段也在不断升级, 并呈现出智能化、复杂化的发展趋势, 对传统网络安全防御体系带来严峻挑战。生成式人工智能 (Generative AI) 依靠自身语义理解、内容生成与模式识别等功能优势, 已经成为重塑网络安全防护的重要载体。本文通过分析生成式 AI 在网络安全防护中的核心优势, 进而围绕威胁检测与狩猎、AI 钓鱼邮件防御、智能攻防演练与漏洞挖掘、代码安全与自动化修复等维度, 提出基于生成式 AI 技术的新型网络安全防护范式构建策略, 以此推动网络安全行业向智能理解、自主决策的新阶段发展。

关 键 词 : 生成式 AI; 网络安全; 大语言模型; 威胁检测; 钓鱼防御; 智能攻防

Application of Generative AI Technology in Network Security Protection

Jiang Fan

94750 Troops, Longyan, Fujian 366200

Abstract : With the development and innovation of new information technologies, cyber attack methods are also constantly upgrading, showing an intelligent and complicated development trend, which poses severe challenges to the traditional network security defense system. Relying on its advantages in semantic understanding, content generation, pattern recognition and other functions, Generative AI has become an important carrier for reshaping network security protection. By analyzing the core advantages of generative AI in network security protection, this paper proposes strategies for constructing a new network security protection paradigm based on generative AI technology around threat detection and hunting, AI phishing email defense, intelligent attack-defense exercises and vulnerability mining, code security and automatic repair, so as to promote the network security industry to a new stage of intelligent understanding and autonomous decision-making.

Keywords : generative AI; network security; large language model; threat detection; phishing defense; intelligent attack and defense

引言

在数字经济时代, 网络安全已经成为国家战略与社会治理层面的重要议题。在人工智能技术辅助下, 网络攻击从传统模式向智能漏洞挖掘、自动化侦察、恶意代码生成等形态转变升级, 使得其攻击效率与隐蔽性显著提高。面对网络安全的威胁态势, 生成式 AI 技术带来新的防护可能, 其可以基于数据学习、大语言模型、扩散模型、生成对抗网络等不同技术路线, 识别非结构化的安全文本, 自动生成安全防护分析报告, 模拟攻击对抗场景, 甚至还可以自动编写安全补丁。现阶段, 生成式 AI 技术在网络安全防护中的应用正在向规模化落地发展, 尤其在威胁因子检测、网络安全运营、代码、身份与数据安全、合规审计等场景有着重要应用, 进而成为网络安全防御侧的智能组件。

一、生成式 AI 技术在网络安全防护中的应用优势

(一) 从被动防御到主动预测: 防护范式的根本转变

在网络安全传统防御体系下, 其防护功能采取“检测—响应”的基本逻辑, 即只能在攻击出现后才能通过日志分析、警告信息、溯源研究等方式完成响应。该防御体系无法有效解决 APT 攻击、零日漏洞、多阶段复合攻击等威胁。生成式 AI 的应用重在推动防御体系从被动防御向主动预测升级, 具体可以从三个层面

分析其优势。第一, 可以自动生成威胁样本, 从而模拟不同类型的攻击行为, 通过训练与测试提升防御系统的对抗水平。第二, 可以展现出强大的推理能力, 可以根据历史数据推算出潜在的攻击路径, 进而挖掘出漏洞利用链^[1]。第三, 具备可持续性的安全评估与动态风险追踪能力, 并生成针对性的防护建议。

(二) 从规则匹配到语义理解: 认知能力的质的飞跃

传统的安全检测与防护工具需要依赖提前设定的规则, 并通过特征签名赋予权限, 从而使得其防护功能具有较大局限, 尤其

无法应对通过变种设计的攻击，或者全新类型的威胁。同时，在日常运行维护中还需要人力支持，需要花费较大的成本支出。生成式 AI 技术基于自然语言模型与语义理解能力，进而展现出多个维度的功能优势。其一可以智能解读安全告警，并对其关键信息进行关联分析，从而自动生成安全事件报告。其二可以自动挖掘与整合网络威胁情报，由此可以提取出威胁指标、攻击技术等相关信息，为防御体系优化提供参考。其三可以识别深层的攻击意图。针对钓鱼邮件、社交工程攻击等特殊攻击场景，其攻击意图通常隐藏在正常的文本或数据中^[2]。而生成式 AI 可以理解其深层意图，进而精准识别伪装后的工程学攻击内容。

（三）从人工依赖到智能决策：安全运营的效率革命

网络安全领域面临着高端人才短缺的问题，但传统安全防护运营需要专业人力支持，由此使得安全防护领域发展受限。生成式 AI 的应用一定程度上释放了大量人力，并且提供了智能决策辅助，显著提升了安全防护运营工作的效率。第一，针对安全事件可以提供自动化响应与编排，从而形成标准化的处置流程，有效降低损失。第二，有序传承和调用安全相关知识与数据。生成式 AI 可以通过大规模学习相关报告、文档与处置记录，在安全分析师解决问题时提供辅助^[3]。第三，持续学习与自主进化。生成式 AI 可以通过持续学习不断优化自身的检测模型与响应策略，从而具备不断更新和应对新攻击、新环境的能力。

二、生成式 AI 技术在网络安全防护中的应用策略

（一）智能化威胁检测与威胁狩猎：从被动响应到主动出击

第一，多源数据融合与行为异常检测。在信息大爆炸背景下，现代企业的网络安全数据种类繁多且数量庞大，生成式 AI 可以将多源异构数据融合，从而建立正常的行为基线，以此实时监督基线运行状态，提取异常数据。以 HyperGLLM 框架为例，其可以精准提取基础行为特征，并智能识别跨事件、长时间尺度下的复杂行为模式与隐藏依赖，从而检测出高级威胁^[4]。

第二，智能化威胁狩猎。生成式 AI 具备完整的工作流，可以独立完成“生成假设、验证假设、关联证据”等工作，进而发现潜在的威胁痕迹。在大语言模型支持下，生成式 AI 可以运用语义推理引擎，分析告警、工作日志、威胁情报、钓鱼内容和代码工件等数据信息，从而快速完成检测、分类与解释，并为检索工具提供辅助。

第三，多模态威胁检测。生成式 AI 可以通过多模态分析应对多样化的攻击手段。例如 SAGE 框架中，可以通过相互解耦的模态专家网络，确保不同模态保持独立的语义表达，进而在全局专家协商与“仲裁庭”机制下，可以实现更高质量的检查效果^[5]。

（二）AI 驱动钓鱼邮件检测与社会工程学防御：对抗语义伪装

第一，基于语义分析的钓鱼邮件检测。AI 生成的钓鱼内容依靠语义伪装与社会工程学，可以欺骗传统以规则匹配为基础的防御机制，因此需要建立以语义理解与上下文验证为基础的检测机制。生成式 AI 可以依托大语言模型对邮件文本进行检测分析，进

而理解其意图、语气特征和隐含的情感倾向，完成威胁识别。

第二，多模态钓鱼检测系统。生成式 AI 技术可以辅助处理通信语义，也可以基于计算机视觉识别界面是否为伪造，甚至可以利用行为生物特征检测通话模式是否异常，从而达到从短信、电话、网页等多维度的检测效果。

第三，新型载荷载体的检测与防御。新型钓鱼攻击还会利用 SVG 图像、ICS 日历邀请等方式绕过安全防护系统。生成式 AI 技术可以结合计算机视觉技术，深入分析 SVG 文件是否存在隐藏指令；也可以识别 ICS 文件中的邀请链接是否异常^[6]。

（三）智能攻防演练与自动化漏洞挖掘：以攻促防的 AI 实践

第一，自主化 AI 红队测试。当前大量企业在部署 AI 大模型，以此提供客服机器人、自动工作流、智能工作助手等服务，带来便捷服务的同时也产生了越狱攻击、提示词注入、数据窃取、智能体操控等新型攻击方式。生成式 AI 可以辅助模拟渗透测试，创建不同的复杂攻击场景，从而拓宽 AI 应用的安全边界。

第二，基于 AI 攻防的漏洞挖掘。生成式 AI 有着突出的代码漏洞挖掘能力。例如 Mythos Preview 模型可以通过 AI 自动设计攻击与防御方案，进而在攻防过程中不断发现其代码漏洞，有效减少危险的攻击入口^[7]。

第三，常态化与自动化的攻防演练。传统安全防护体系下，红蓝对抗演练采用特殊“活动”的形式开展，无法高频率实施。但生成式 AI 可以建立攻击模拟系统，从而在非工作时间不断进行模拟演练，测试防御系统的各个环节，发现脆弱点即可生成完整的演练报告和修复建议^[8]。

（四）代码安全审计与自动化漏洞修复：从发现到修复的智能闭环

第一，智能代码审查。生成式 AI 可以分析和理解代码的语义逻辑，因此可以用于直接审查计算机系统及其软件设备的代码。例如 Aardvark 智能体可以监控代码的提交与变更活动，进而自动识别潜在的漏洞，并推断可能的攻击路径，并生成完善的修复建议^[9]。

第二，大规模漏洞检测与修复实证。LLM-GUARD 项目组对 ChatGPT-4、Claude 3 和 LLaMA 4 三种模型进行了系统测评，验证了其在 C++ 和 Python 等不同类型代码中的缺陷检测能力^[10]。实验表明，所有模型在基础语法与语义错误识别方面均有较好表现，但在高级安全漏洞检测与复杂生产环境代码分析方面还需要进一步提升^[11]。

第三，供应链安全的 AI 化保障。开源组件和第三方库是现代软件开发的重要基础，这也使得供应链风险在日益提升。生成式 AI 可以分析开源仓库相关数据以及漏洞数据库，从而自动识别供应链是否存在风险点^[12]。

（五）AI 内容安全治理与合规建设：构建可信 AI 应用环境

第一，生成式 AI 自身的风险面管理。生成式 AI 是现代网络安全攻击的重要工具，尤其在诱导模型注入、敏感信息挖掘、恶意指令输入、数据投毒等方式，会严重影响和干扰大模型。因此生成式 AI 安全工具的部署需要建立子啊完善的防护体系之上，包括安全过滤模型输入输出数据、建立最小权限机制、定期开展红队测试等^[13]。

第二，数据安全与隐私合规。生成式 AI 在数据学习过程中不可避免地会接触到敏感信息，比如网络日志、行为记录、漏洞信息等^[14]。因此在 AI 防护工具使用时必须明确数据采集、存储与使用符合法律要求，并建立完善的数据防泄露措施，所有数据都要脱敏处理后输入模型，以此建立完善的数据流转审计机制。

第三，面向未来的治理框架构建。生成式 AI 防护工具的大规模应用还需解决“安全信任壁垒”问题。我国发布了首份《生成式人工智能网络安全等级保护与检测技术白皮书》，系统梳理了生成式 AI 可能面对的安全风险，进而确保监管部门明确 AI 安全的衡量方式、监督依据、具体影响与责任边界，为相关产业规范有序发展提供了技术支撑^[15]。

三、结语

综上所述，生成式 AI 技术在网络安全防护领域的应用，标志着安全防御从“人防”走向“智防”的历史性转折。生成式 AI 一方面为网络防护体系带来了根本性的改变，另一方面也在被攻击者系统性地滥用，带来数据隐私、模型安全、结果可信等方面的全新危险。展望未来，生成式 AI 与网络安全的深度融合还需从智能体构建、AI 攻防对抗新常态、安全治理框架完善等方面切入，以此充分发挥其优势，规避其风险。

参考文献

[1] 施欣晨. 基于人工智能的计算机网络安全防护系统设计研究 [J]. 中国信息化, 2025, (12): 38+11.

[2] 余龙. 融合区块链与人工智能的智能家居网络安全防护体系 [J]. 中国宽带, 2026, 22(01): 63-65.

[3] 高菲. 基于 AI 告警降噪技术在网络安全防护中的应用 [J]. 网络安全技术与应用, 2025, (11): 57-59.

[4] 席旭. 基于人工智能的计算机网络信息安全防护策略研究 [J]. 科技资讯, 2025, 23(18): 52-54.

[5] 姚仕聪. 基于人工智能的移动通信网络安全防护策略研究 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2025, (08): 159-161.

[6] 杨信. 基于人工智能技术的计算机网络安全防护系统设计研究 [J]. 中国自动识别技术, 2025, (04): 55-58.

[7] 何龙. 人工智能在网络安全防护中的应用与挑战 [J]. 中国安防, 2025, (08): 91-94.

[8] 欧阳金福. 人工智能视角下数据中心的网络运维与安全防护策略 [J]. 中国宽带, 2025, 21(06): 46-48.

[9] 徐阳, 徐良, 张鹰军. 人工智能在网络安全防护中的实践应用及其风险防范 [J]. 保密科学技术, 2025, (02): 21-26.

[10] 黄哲. AI 赋能千行百业网络安全防护任重道远 [N]. 中国计算机报, 2024-08-12(010).

[11] 高洁. 基于人工智能的网络安全防护策略研究 [J]. 信息与电脑, 2024, 36(23): 98-100.

[12] 王志翔. 基于人工智能的网络安全研究 [J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 43-45.

[13] 李芄达. 筑牢网络安全防火墙 [N]. 经济日报, 2024-10-10(006).

[14] 王俊岭. 网络安全防护迎来新需求 [N]. 人民日报海外版, 2024-08-07(011).

[15] 张彬, 张亚勇. 人工智能时代网络安全防护探赜 [J]. 网络安全和信息化, 2024, (03): 6-8.

散养鸡智能化信息管理系统设计策略

王翠娥^{1,2}, 兰静^{1,2}

1. 吕梁学院, 山西 吕梁 033000

2. 吕梁市大数据智能与应用技术重点实验室, 山西 吕梁 033000

DOI: 10.61369/TACS.2026050024

摘 要 : 在我国畜牧业数字化转型与食品安全监管趋严的背景下, 散养鸡养殖作为特色畜禽产业, 长期受限于人工管理粗放、数据采集缺失、过程监管薄弱、产品无法溯源等问题, 难以实现标准化、规模化发展。基于此, 本文针对散养鸡智能化信息管理系统设计展开研究, 分析了当前散养鸡养殖管理中存在的问题, 探究了散养鸡智能化信息管理系统建设必要性与可行性, 并提出了相应的设计对策, 旨在提升养殖管理效率、降低运营成本、强化食品安全保障能力, 为散养鸡产业高质量发展提供支撑。

关 键 词 : 散养鸡; 智能化信息管理; 系统设计; 食品安全溯源; 数字化养殖

Design Strategies of Intelligent Information Management System for Free-Range Chickens

Wang Cui'e^{1,2}, Lan Jing^{1,2}

1. Lyuliang University, Lvliang, Shanxi 033000

2. Key Laboratory of Big Data Intelligence and Application Technology of Lvliang, Lvliang, Shanxi 033000

Abstract : Against the background of the digital transformation of China's animal husbandry and the tightening of food safety supervision, free-range chicken breeding, as a characteristic livestock and poultry industry, has long been restricted by problems such as extensive manual management, lack of data collection, weak process supervision, and inability to trace products, making it difficult to achieve standardized and large-scale development. Based on this, this paper conducts research on the design of an intelligent information management system for free-range chickens. It analyzes the current problems in free-range chicken breeding management, explores the necessity and feasibility of constructing the intelligent information management system, and proposes corresponding design strategies. The purpose is to improve breeding management efficiency, reduce operating costs, strengthen food safety guarantee capabilities, and provide support for the high-quality development of the free-range chicken industry.

Keywords : free-range chickens; intelligent information management; system design; food safety traceability; digital breeding

引言

散养鸡产业凭借生态养殖、产品品质优良等优势, 成为城乡居民消费升级的重要选择, 也是农村地区增收致富的特色产业。随着乡村振兴战略深入推进与农业数字化快速发展, 推动散养鸡养殖从“经验驱动”向“数据驱动”转型, 已成为产业升级的必然方向。散养鸡智能化信息管理系统以解决行业痛点为目标, 将信息技术与养殖业务深度融合, 实现鸡只管理、饲料管控、产蛋监测、库存管理、线上销售、咨询服务、食品安全追溯等功能一体化运行^[1]。系统兼顾实用性与经济性, 无需高额硬件投入即可完成数字化改造, 适用于广大中小型散养鸡养殖企业与养殖户, 对提升产业整体竞争力、保障禽蛋产品安全、促进养殖户增收具有重要的理论价值与现实意义。

一、散养鸡养殖管理现存问题

(一) 人工管理模式粗放, 效率与准确性不足

当前散养鸡养殖仍高度依赖人工操作, 饲料领用、鸡只生长

情况、产蛋数量、健康状况、库存变动等信息多采用纸质登记或简易表格记录。人工管理存在数据录入滞后、错记漏记、统计口径不统一等问题, 不仅工作量大、重复劳动多, 而且信息查询困难、汇总效率低。由于缺乏标准化流程, 不同饲养人员记录方式

项目信息:

畜禽养殖智能装备与标准化技术集成, 项目编号: 2023NYXF19;

基于云计算的“吕梁山护工”服务移动平台建设, 项目编号: 2023GXZF19。

存在差异，数据难以有效整合与分析，管理者无法实时掌握养殖现场真实情况，容易导致决策滞后、管理失控。

（二）养殖数据采集缺失，科学决策缺乏支撑

散养鸡养殖涉及鸡群品种、日龄、数量、健康状态、饲料消耗、采食量、产蛋率、环境温湿度等多项关键数据。传统模式下数据采集碎片化、不连续、不规范，无法形成完整的数据链条，难以反映鸡群生长规律与生产趋势。管理者只能依靠主观经验调整饲喂量、养殖密度与防疫措施，容易出现饲料浪费、生长不均匀、产蛋率波动、疾病发现不及时等问题，直接影响养殖效益与产品稳定性。

（三）食品安全溯源体系缺失，市场信任度偏低

消费者对畜禽来源、饲喂原料、是否用药、出栏或产蛋时间等问题非常关心，而散养鸡没有完整记录和唯一标识，产品无法溯源，过程无法跟踪，责任无法追溯。一旦出现质量安全问题，难以追溯到源头及责任部门；又因缺乏公开信息展示以及官方追溯认证，使得此类散养型禽类及产品难以形成品牌特色及核心竞争力，导致价格相对较低，并不能有效提升品牌价值及市场信任度。

（四）多角色协同不畅，管理规范性与安全性不足

散养鸡养殖运营涉及管理者、饲养员工、终端消费者三类主体，传统模式下信息传递不畅、权限边界模糊。员工无法便捷上报养殖数据，管理者难以实时监管生产过程，消费者缺乏了解产品信息的正规渠道。同时，数据管理缺乏权限控制与安全机制，存在信息泄露、误操作、数据篡改等风险，管理规范性和数据安全性与系统稳定性均无法得到有效保障。

二、散养鸡智能化信息管理系统建设必要性与可行性

（一）建设必要性

散养鸡的信息管理系统建设是改善传统养殖弊端以及促进现代化标准化养殖的重要环节。信息管理系统能代替人工完成很多重复性劳动，如自动记录与实时更新的数据、快速查找与智能化统计，大幅提升了管理效率；全程电子化的监控以保障饲喂、防疫、库存等方面的管控，降低养殖风险从而提高产品质量；建立食品安全可溯源体系以应对监管需求和消费诉求，提升品牌竞争力；贯通产销环节，产销对接，降低成本，提高经济效益。在这样的农业数字化转型及食品安全高压管控背景下，系统建设十分必要和迫切^[4]。

（二）技术可行性

系统采用当前成熟稳定、开源免费的技术架构，前端使用 Vue.js 构建交互界面，后端基于 Java 主流框架提供服务，数据库采用 MySQL 存储数据，搭配可视化工具实现数据图表展示。整体技术栈开发门槛低、兼容性强、部署简便，支持 Windows 与 Linux 等多环境运行。系统采用 B/S 架构，用户通过浏览器即可访问，无需安装专用客户端，适配电脑、平板等多种设备，技术实现路径成熟可靠，无技术壁垒。

（三）经济可行性

系统开发与部署成本较低，核心功能无需依赖高价传感器与

智能设备，仅需常规计算机与网络即可运行。后期维护简单、运维费用低，适合中小型养殖主体的经济承受能力。通过减少人工投入、降低饲料浪费、提高产蛋率、提升产品溢价，系统可在短期内实现成本回收，经济效益显著，具备良好的经济可行性。

（四）操作可行性

系统遵循简洁易用、贴合养殖实际的设计原则，界面布局清晰、业务流程直观、操作步骤简化。饲养人员只需简单培训即可完成信息录入；管理者可通过可视化界面快速查看数据；消费者可便捷浏览产品、提交咨询与完成购买。各角色功能聚焦核心需求，操作门槛低、实用性强，能够在农村养殖场景快速推广应用^[5]。

三、散养鸡智能化信息管理系统设计策略

（一）总体架构设计策略

系统采用的是多层次模块化的设计模式，由上至下分别为表现层、业务逻辑层、数据访问层以及数据存储层，具有层次清晰、耦合度低、可维护性好、可扩展性强等特点。对所有角色而言，提供可视化操作页面，分为三大部分，分别是用户端、员工端、管理端。每一个模块都有自己的页面及权限；业务逻辑层主要是进行授权验证、流程控制、校验比对以及业务处理，保证系统正常运行；数据访问层主要用于实现数据库增删改查，保障了数据安全及高效性；数据存储层则是所有的数据汇集地，包括用户、员工、鸡只、饲料、鸡蛋、订单、跟踪日志、消息、新闻等内容的数据信息^[4]；对于权限控制采用的是 RBAC 权限控制模型，将用户分为普通用户、养鸡员、管理员三种角色，其中普通用户的权限是浏览、购买、咨询；养鸡员的权限是产出、录入、库存；管理员的权限是设置、用户、数据以及报表。这样做是为了权责清晰、协同高效、留痕可溯、安全可控^[5]。

（二）核心功能模块设计策略

系统围绕散养鸡养殖一库存一销售一服务全生命周期，设计六大核心功能模块，形成闭环管理。第一，基础信息管理模块，对家禽品种、饲料供给、蛋鸡产蛋量、养殖场、员工等相关基础信息进行补充和完善，确保系统内所有数据统一化以及格式规范化，并为其后续操作提供保障。第二，养殖过程管理模块，包括家禽引进、生长记录、饲养管理、产蛋管理、健康监测、防疫管理和环境管理等内容，实现全过程跟踪管理，每一批次的鸡只或鸡蛋都有对应的文件资料^[6]。第三，库存管理模块，在存货管理中还涉及采购原材料的入库、领用及存放鸡蛋的入库、出库以及库存预警设置等功能，可以随时掌握物资产品库存情况，避免积压、变质或损耗等情况的发生。第四，销售与商城模块，系统可实现产品展示、购物车、支付、订单、物流信息、客户评价等功能，能够开展线上+线下销售模式，拓宽销售渠道。第五，用户服务模块，负责产品公告、养殖科普、在线咨询以及售后解答等工作，增强消费者的互动性，增强品牌黏性。第六，系统管理模块，包括用户注册、角色分配、统计分析、日志记录、系统设置等内容，确保系统的安全及稳定性，并遵守相关的规定运行^[7]。各模块既相对独立运行，又能相互交换信息，形成一套完整的涵盖

各项工作的信息化管理平台。

（三）食品安全溯源设计策略

食品安全溯源是整个溯源体系的基础，其基本原理就是全程记录、唯一标识和可追溯查询展示。对每一批次的鸡蛋或者肉鸡都有一个独立的溯源码，并将所有饲养信息、饲养日粮、出壳 / 出场日期、饲养场所、饲喂配方、防疫消毒、饲养人员、销售去向进行串联。消费者通过这个追踪码就可以追溯到该产品的出生、饲养方式、饲料来源、健康情况、加工时间、保质期等信息。对以上溯源信息进行权限管控，只能授权人员录入并可追溯不可篡改，确保数据真实性。这样散养鸡产品就从“无标识、无依据”，变成了“可追溯、可查询、可信任”的状态，商品的销售力以及品牌价值都得到了大幅提升^[9]。

（四）数据管理与可视化策略

数据采集、存储、分析及展示是智能管理系统的核心模块。所有养殖数据、库存数据、销售数据都可以进行实时录入、自动汇总，并支持快速查询、批量处理以及数据导出等功能。管理员在后台即可通过可视化看板查看核心指标。如当天的上蛋数、总存栏量、耗料情况、出售后收入、在库情况、预警提示等等。将统计的数据以曲线图、柱状图、饼状图的形式直观地反映出来，让管理层第一时间了解经营动态；同时设置了预警提醒功能，当出现缺料、上蛋异常、超储以及数据异常等情况时，一旦发生就由系统自动提醒，提前发现潜在风险及时处理；用数据做决策，

让管理科学化、精准化、高效化^[9]。

（五）低成本与可扩展设计策略

系统本着轻量化、低成本、易实施原则，在充分满足主业务的前提下不做过多的功能扩展，尽量降低养殖户使用门槛；采用模块化建设思路，基础版可满足常规的管理需求，后续可通过叠加物联监测、智能饲喂、自动环控、物流溯源、财务报表、会员管理等功能进行自由延伸。该系统提供本地部署及云部署两种形式供养殖户根据自身经济实力大小以及规模来抉择；在人机交互设计上可以进行一定的自定义配置以适配不同畜牧场的需求，具备良好的扩展性并可以根据畜牧场发展需求不断迭代升级^[10]。

四、结语

综上所述，散养鸡智能化信息管理系统以数字化、智能化手段破解传统散养鸡养殖管理难题，通过科学的架构设计、完善的功能规划、严格的权限管控、完整的溯源机制与直观的数据呈现，构建了一套适合中小型散养鸡企业的轻量化信息管理方案，在提升管理效率、降低运营成本、保障产品安全、增强市场信任等方面发挥重要作用。随着农业数字化、智能化持续推进，系统可进一步融合物联网、大数据、人工智能等技术，实现环境自动监测、精准饲喂、疾病早期预警、产销智能匹配等高级能力，推动散养鸡养殖向更高效、更安全、更智能的方向发展。

参考文献

[1] 李浩, 韩艳, 李惠敏, 等. 人工智能对家禽专业期刊编审的影响——以《家禽科学》为例 [J]. 家禽科学, 2025, 47(09): 8–11.

[2] 李雪英, 仝潇洋, 祖建彬, 等. 智能笼养系统在家禽饲养中的应用研究进展 [J]. 国外畜牧学 (猪与禽), 2025, 45(01): 64–67.

[3] 段永邦, 刘济丹, 伍祥龙. 数字化技术在家禽精准饲喂领域的应用与推广 [J]. 家禽科学, 2025, 47(08): 152–154.

[4] 周子轩, 薛皓, 温鹏, 等. 家禽健康信息智能感知技术研究现状与展望 [J]. 农业机械学报, 2025, 56(07): 477–494.

[5] 殷若新, 李永刚, 肖玲, 等. 家禽集约化设施养殖存在的主要问题与应对策略 [J]. 家禽科学, 2024, 46(12): 66–69.

[6] 罗洪, 姚英茂, 程方平, 等. 家禽养殖场的智能健康监测技术 [J]. 四川畜牧兽医, 2025, 52(07): 38–40.

[7] 余志安, 肖瑞全, 李秋生, 等. 江西省家禽产业数字化现实基础、制约因素及推进路径 [J]. 中国禽业导刊, 2024, 41(08): 19–25.

[8] 樊永昌, 秦立静, 赵永杰, 等. 基于微信小程序的家禽“云养殖”平台设计与研究 [J]. 现代信息科技, 2024, 8(15): 69–73. DOI: 10.19850/j.cnki.2096–4706.2024.15.015.

[9] 严品, 雷雅婷, 王欢, 等. 家禽养殖业的困境与出路: 挑战、创新与可持续发展 [J]. 家禽科学, 2025, 47(06): 44–52.

[10] 任淑静, Vladislav Vorotnikov. 新一代人工智能解决方案预示着农业管理新时代的到来 [J]. 国外畜牧学 (猪与禽), 2024, 44(06): 72–74.

人工智能赋能高校个性化学习的认知路径分析

崔毓剑

湖南汽车工程职业大学，湖南 株洲 412001

DOI: 10.61369/TACS.2026050027

摘 要： 人工智能技术的快速发展和广泛应用推动高校教育现代化、智能化变革，使得个性化学习成为高校教育教学的主要趋势。将人工智能技术应用于高校教学中，可以助力学生实现自适应学习和精准化学习，有效提高教学质量。基于此，本文将重点探讨人工智能赋能高校个性化学习的认知路径，以期为人工智能与高校个性化学习深度融合提供理论参考。

关 键 词： 人工智能；高校；个性化学习；认知规律；因材施教

Analysis of Cognitive Paths for Artificial Intelligence-Enabled Personalized Learning in Universities

Cui Yujian

Hunan Automotive Engineering Vocational University, Zhuzhou, Hunan 412001

Abstract： The rapid development and wide application of artificial intelligence (AI) technology have promoted the modernization and intelligent transformation of university education, making personalized learning a major trend in university teaching and education. Applying AI technology in university teaching can help students achieve adaptive learning and precise learning, effectively improving teaching quality. Based on this, this paper focuses on exploring the cognitive paths for AI-enabled personalized learning in universities, aiming to provide theoretical reference for the in-depth integration of AI and personalized learning in higher education institutions.

Keywords： artificial intelligence (AI); universities; personalized learning; cognitive laws; teaching students in accordance with their aptitude

引言

随着教育数字化转型的深入推进与人工智能技术的快速迭代，高校教育逐渐向精准化、个性化转型，传统高校学习模式受限于教学资源、教学规模与教学方法，难以精准匹配学生的认知特征、学习节奏与发展需求。而人工智能技术凭借数据处理、智能分析、精准推送等核心优势，可以打破传统教学的时空限制与认知诊断壁垒，精准捕捉学生的认知规律、学习偏好与认知短板，构建适配每个学生的个性化学习方案，重塑高校教育生态，为培养创新型人才提供有力支撑。

一、人工智能赋能高校个性化学习的意义

（一）精准分析学情，高效制定个性化学习方案

高校学生的认知发展已进入成熟阶段，具备自主学习的基础与能力。人工智能技术具有自动化和数据驱动的显著优势，可以利用多维度数据采集技术全面捕捉学生的学习行为、认知反馈、学习偏好等相关数据，包括学习时长、知识点掌握情况、答题正确率、思维方式、学习习惯等，对学情数据进行全方位、无死角采集^[1]。在此基础上，教师可以构建起精准的学生个人学情画像与群体学情特征，清晰呈现每个学生的认知起点、认知水平、认知节奏、认知短板与学习需求，同时梳理出群体学生的共性学习特征与共性问题，实现对学情的精准诊断与科学研判，明确学生的

个性化学习需求与发展方向，以此为每个学生制定个性化的学习方案，实现学习方案与学生学情的精准适配。

（二）推动高校教育教学转型，构建个性化育人体系

人工智能技术为高校教学筑牢了技术支撑，助力教学理念、模式、内容与评价实现全面升级。首先在教学理念层面，推动高校教育从以教为主转向以学为本，着重关注学生个性化发展，将认知成长和能力提升作为核心目标，进一步凸显学生的主体作用。在教学模式层面，能够打破传统课堂的时空束缚，搭建个性化教学模式，实现学习过程的实时监测与学习反馈的及时回应，让教学开展更有针对性^[2]。在教学内容方面，结合学生自身的认知特点与发展需要，人工智能平台可以将教学内容进行模块化拆分、个性化重组，完成精准适配，让不同认知水平、不同专业方

向的学生收获适配的学习内容。此外，人工智能能够打破传统单一的终结性评价模式，通过实时采集学生的认知行为数据，助力教师全面、客观地评价学生的认知提升过程与学习成效，从而进一步推进学生个性化发展^[3]。

（三）动态优化学习过程，全方位实现个性化学习

在教育数字化转型背景下，高校教育正面临着数字化、智能化升级的迫切需求，而人工智能作为教育数字化转型的核心技术支撑，能够与高校个性化学习深度融合，提升教育教学的数字化水平与智能化效能。

一方面，人工智能平台能够有效整合各类优质教育资源，搭建丰富、形式多元、个性化的学习资源库。与此同时借助智能算法，可以自动对各类学习内容进行分类筛选与优化整理。简单来讲，结合学生自身的认知特点和实际学习需求，人工智能平台可以精准匹配并推送合适的学习资料。这样一来，学生可以随时随地、轻松便捷地获取高质量、高效率的学习资源，极大提升线上学习的便利性与时效性^[4]；另一方面，在人工智能技术的支撑下，学习不再受课堂时间、教学场地的限制，可以结合自己的认知节奏，灵活规划、自由安排学习进度与时间，保障整个学习过程连贯有序、稳步推进，实现高质量的个性化学习。

二、人工智能赋能高校个性化学习面临的困境

（一）学情分析的深度不足

现阶段的学情数据收集，大多只聚焦学生外在的学习行为信息，如学习时长、答题正确率、错题知识点分布等显性内容。然而，针对学生内在的认知特点、思维模式、学习动机与兴趣偏好等隐性信息，整体的采集和分析较为薄弱，正因如此难以厘清各类认知要素之间的内在联系，导致教师无法精准找准学生认知发展的核心诉求与主要短板^[5]。此外，高校学生认知发展趋于成熟，普遍拥有自主学习能力和独立思辨能力，认知需求也愈发多元，只靠简单的数据统计难以把握其认知规律，导致后续学习方案、学习内容和学生实际需求相互脱节，从而难以真正发挥人工智能助力个性化学习的核心作用。

（二）教师技术应用能力与素养水平不足

教师作为高校个性化学习的引导者、组织者与实施者，其人工智能应用能力与素养水平，直接决定了人工智能技术在教学场景中的应用质量与效果。在推进个性化学习过程中，教师需要依赖各类智能教学平台、学情分析工具、资源推送系统等技术载体，而当前部分高校教师缺乏系统的人工智能技术应用培训，对各类智能教学工具的操作流程、功能特性掌握不熟练，难以根据教学需求与学生认知特点，灵活运用人工智能工具开展教学活动，导致人工智能工具的功能难以充分发挥，技术赋能流于形式^[6]。当前高校教师的数据解读能力、数据应用能力不足，难以借助人工智能采集的学情数据精准把握学生的认知特征与学习需求，也难以利用人工智能技术制定教学方案，从而影响了人工智能技术赋能个性化学习的实效。

（三）学习路径动态化调整机制不完善

学生的认知发展是动态变化的过程，在日常学习中，其认知水平、薄弱短板与学习需求会随着学习推进持续转变。而高校教师借助人工智能规划个性化学习路径时，大多只依据入学基础、兴趣测评制定静态方案，没有充分兼顾学生阶段性的认知成长，造成调整依据片面、单薄，难以准确捕捉学生认知的核心变化，最终削弱学习路径优化的针对性与科学性^[7]。事实上，在教学课堂中，学习路径往往采用一刀切的统一模式，并没有充分兼顾学生的个体差异，难以结合每位学生的认知节奏、学习偏好与知识短板，量身定制差异化调整策略，无法真正落实因材施教的教育理念。

三、人工智能赋能高校个性化学习的认知路径

（一）构建多元数据采集体系，精准对接学生认知特点与发展需求

高校个性化学习路径建设是一项长期工作，教师需要结合实际教学目标和学生学习核心数据，以此实现对学生认知本质的深度挖掘，确保个性化学习的推进始终贴合学生的认知发展规律^[8]。大数据采集技术可以对学生学习过程进行全方位研判，并实时采集相关数据，如学习时长、知识点掌握程度、答题速度与正确率、认知偏好、认知短板等，并对采集到的海量数据进行深度分析、整合与提炼，以此构建精准的学生认知画像，为教师调整教学方案提供支撑。

在此基础上，教师需要利用算法模型对收集到的数据进行分类、关联和挖掘，揭示不同认知要素之间的内在关联，以此分析学生需求的变化趋势并预测存在的学习障碍，以此才能保证学习的针对性与实效性。另外，依托构建的认知画像，高校教师需要从认知深度、认知广度、认知速度、认知方法等多个维度，对学生的认知能力进行综合研判，精准把握学生的发展广度与深度，为后续个性化学习内容的设计、学习路径的规划提供科学依据^[9]。

（二）建立个性化学习资源体系，落实因材施教教育目标

传统高校教学资源存在资源供给不足、资源类型单一、资源适配性差、资源更新滞后等问题，难以满足高校学生多样化的学习需求与认知发展需求，也难以支撑个性化学习的常态化开展。人工智能技术具有强大的资源整合能力，整合国内外各类优质教育资源，包括精品课程、教学课件、学术文献、实训视频、模拟题库、专家讲座等多种类型，构建起覆盖不同学科、不同层次、不同领域的海量教学资源库^[10]。具体来说，人工智能平台可以基于学生的学习画像、教学目标、教学方案，为教师提供相适配的教学资源，助力教师优化教学流程，提高教学质量。

最重要的是，人工智能可以依托学生认知诊断，为不同层次学生提供合适的学习资源。对于基础层的学生，人工智能系统可以精准识别这类学生的认知短板，针对性提供基础层资源，确保学习资源贴合其认知水平，避免因资源难度过高导致的认知负荷过大，帮助学生快速掌握核心知识，建立基本的认知框架；对于提高层的学生，人工智能系统可以为学生提供一些微课视频、习题练习和实训类资源，并根据学生的学习结果逐步增加资源的难

度，引导学生深化对知识点的理解与掌握，培养学生的逻辑思维与认知应用能力^[11]；对于高阶层的学生，人工智能系统可以提供前沿知识、学术延伸、创新思维训练等资源，满足这类学生的认知拓展需求，引导学生突破现有认知边界，培养创新思维与高阶认知能力，让每个学生都能获得适配自身认知需求的资源支撑，推动个性化学习的深入推进。

（三）创新学生学习路径，实现个性化学习的终极目标

在传统教学模式中，学生学习路径多由教师统一制定，固定不变，难以兼顾学生的个体差异，导致部分学生因学习路径适配性不足，出现学习进度过快或过慢、认知负荷过高或过低的问题，难以实现认知能力的有效提升。因此教师需要以人工智能技术为载体，以认知发展规律为依据，结合学生的学习目标与学习需求，创新学习路径。在线上线下融合学习模式中，学生可以借助智能终端，随时随地开展学习活动。无论是课前预习、课中巩固，还是课后复习、拓展提升，学生都能根据自身的时间安排与认知需求，自主选择学习时间、学习地点，实现学习的自主性与灵活性。

在线上环节，通过精准的认知诊断，人工智能平台可以为每个学生推送适配的个性化学习资源与学习任务，学生可以根据自

身的认知节奏与时间安排，自主开展线上学习；与此同时，后台系统可以实时跟踪学生的线上学习数据，精准评估学生的线上学习效果，明确学生的认知短板与学习需求。在线下环节，依托人工智能提供的学生认知数据，教师能够精准把握每个学生的认知状态与学习需求，开展针对性的线下教学活动。比如结合学生的认知短板与学习需求，开展针对性的答疑解惑、小组研讨、思维训练等活动，引导学生深化对知识的理解与掌握，培养学生的逻辑思维、创新思维与合作能力。另外，智能算法可以整合线上线下学习数据，全面评估学生的认知提升效果，动态优化线上资源、任务推送与线下教学安排，从而实现个性化学习的终极目标。

四、结语

总之，人工智能为高校个性化学习提供了全新的技术范式与认知路径，是高等教育数字化转型的必然趋势。通过构建多元数据采集体系、建立个性化学习资源体系、创新学生学习路径等策略，可以适配不同学生的认知偏好与学习习惯，推动学生认知能力的全面、深度提升，从而有效提高教学质量。

参考文献

[1] 郑银芳, 陈治云. 基于“互联网+”的高校英语个性化学习策略探析 [J]. 湖南科技学院学报, 2024, 45 (06): 99-104.

[2] 王琦, 王金水, 吴兴泉, 等. 人工智能背景下高校大学生个性化学习探索 [J]. 信息与电脑, 2024, 36 (24): 227-229.

[3] 齐凤林, 沈佳杰, 王茂异, 等. 人工智能在高校信息化中的应用研究综述 [J]. 计算机工程, 2025, 51 (04): 1-14.

[4] 钟石根, 刘阳. 构建高校学生个性化学习环境的策略与挑战 [J]. 黑龙江教师发展学院学报, 2024, 43 (12): 63-66.

[5] 彭军. 个性化英语学习模式在提升高校新生大学英语四级通过率中的应用研究 [J]. 现代英语, 2024, (19): 94-96.

[6] 苗峰, 张强, 杨坤. 高校智慧体育课堂中基于个性化学习路径的设计与实施研究 [J]. 科教文汇, 2024, (07): 136-139.

[7] 陈耀东. 新媒体视域下高校大学生个性化学习的困境与策略探索 [J]. 现代职业教育, 2023, (33): 17-20.

[8] 熊嘉伟. 个性化学习的高校章程规制: 法理检视与具体展开 [J]. 上海法学研究, 2023, 10 (02): 259-275.

[9] 陈翠红. 协同过滤算法在高校学生个性化学习空间构建中的应用探究 [J]. 科技视界, 2023, (14): 64-68.

[10] 颜正恕. 基于大数据的高校动态个性化学习模式国内外研究热点与趋势分析 [J]. 互联网周刊, 2023, (05): 22-24.

[11] 曹陵玉, 梁坤, 林川楠, 等. 基于数字孪生学习者的高校个性化混合教学模式研究 [J]. 创新创业理论研究与实践, 2022, 5 (22): 121-124.

智能制造背景下高校电子信息工程专业教学研究

刘洁

电子科技大学成都学院, 四川 成都 611731

DOI: 10.61369/TACS.2026050032

摘 要 : 在全球制造业向智能制造转型的浪潮下, 电子信息工程属于支撑智能制造发展的主要学科, 人才培养质量的好坏直接关系到制造强国战略实施的效果。目前高校电子信息工程专业教学还存在着课程体系滞后、实践教学薄弱、师资队伍与产业脱节等问题, 不能适应智能制造对复合型、创新型人才的要求。本文从智能制造的发展对于电子信息工程专业人才能力的要求入手, 探究适应智能制造背景的教学改革途径, 从课程体系重构、实践教学创新等方面提出具体的实践措施, 提高专业教学质量, 培养出符合智能制造产业发展的高素质电子信息工程人才, 为高校电子信息工程专业教学改革提供理论参考和实践借鉴。

关 键 词 : 智能制造; 高校; 电子信息工程专业

Research on Teaching of Electronic Information Engineering in Universities Under the Background of Intelligent Manufacturing

Liu Jie

Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 611731

Abstract : Under the wave of global manufacturing transformation toward intelligent manufacturing, electronic information engineering serves as a major discipline supporting the development of intelligent manufacturing. The quality of talent training is directly related to the implementation effect of the strategy of making China a strong manufacturing country. At present, the teaching of electronic information engineering in universities still suffers from problems such as outdated curriculum system, weak practical teaching, and disconnection between teaching staff and industry, which cannot meet the requirements of intelligent manufacturing for interdisciplinary and innovative talents. Starting from the requirements of the development of intelligent manufacturing for the professional abilities of electronic information engineering talents, this paper explores teaching reform approaches adapted to the background of intelligent manufacturing, and puts forward specific practical measures from the perspectives of curriculum system reconstruction and practical teaching innovation, so as to improve professional teaching quality, cultivate high-quality electronic information engineering talents meeting the development of the intelligent manufacturing industry, and provide theoretical references and practical references for the teaching reform of electronic information engineering in universities.

Keywords : intelligent manufacturing; universities; electronic information engineering

引言

随着新一代信息技术同制造业的深度融合, 智能制造成了制造业高质量发展的重要驱动力, 也是我国打造制造强国的主要力量。智能制造是以工业互联网、大数据、人工智能、数字孪生等技术为依托, 重构了制造业生产方式、产业组织、价值链, 对从业人员知识结构、专业技能、创新能力提出更高要求。电子信息工程专业是一门将电子技术、信息技术、控制技术等多学科的知识有机结合起来的综合学科, 是智能制造产业发展的主要推动力, 其培养出的学生直接从事智能制造装备的研发、智能生产系统的搭建、工业数据的处理等工作。

一、智能制造背景下高校电子信息工程专业教学要求

(一) 构建跨学科、复合型知识体系

智能制造是多学科、多技术融合的结果, 电子信息工程专业的学生要冲破传统单一学科知识的限制, 创建起跨学科、复合型

的知识架构^[1]。一方面要扎实地掌握本专业的主要知识, 即电子电路、数字信号处理、嵌入式系统、通信技术、微电子技术等基础知识和专业知识, 这是从事智能制造工作必须具备的条件; 另一方面又要涉猎智能制造相关的知识, 即工业互联网、大数据分析、人工智能、数字孪生、工业机器人控制等知识, 掌握智能制

造核心技术、生产过程和产业标准，使电子信息技术同智能制造技术相融合^[2]。

学生需要掌握工业互联网的组网技术、协议标准以及数据传输原理，可以搭建起智能生产的网络结构，掌握大数据分析基本方法及工具，可以对工业生产过程中多种类型的异构数据展开采集、处理并加以分析，从而给生产改进赋予支撑，知晓人工智能技术在智能制造里应用情况，比如机器视觉检测，智能调度，预测性维护等^[3]。

（二）强化实践操作与创新应用能力

智能制造产业重视实践应用，电子信息工程专业的学生要拥有较强的能力去完成实践任务并运用到创新应用中，从而将理论知识转化成具体的工作能力来应对智能制造生产过程里的各类问题。首先要拥有良好的电子电路设计、焊接、调试能力以及嵌入式系统开发和调试的能力，对通信设备操作及维护有基本了解，并能独立开展基础电子信息产品设计和测试任务^[4]。另外还要有智能制造的相关核心实践技能，即工业机器人编程与调试、智能生产系统搭建和运维、工业数据采集与分析、智能传感器的应用与校准等，可以满足智能制造岗位的实际工作需要。此外创新能力属于智能制造人才的核心竞争力，高校应当重视对学生进行创新思维以及创新能力的培养，使学生能够把电子信息技术与智能制造技术相结合，展开创新性的研究活动以及实践活动。以智能装备研发、生产流程优化、工业软件二次开发等项目为载体，使学生在参与的过程中锻炼发现、分析、解决问题的能力，从而提高学生的创新应用水平^[5]。另外学生还要有较强的合作和沟通能力，在参与智能制造产业项目的时候可以同各个部门、各个领域展开合作，以适应智能制造产业协同工作模式的要求。

（三）培养符合产业需求的综合素养

智能制造产业飞速发展除了要有专业知识和技能之外，还要有满足产业需求的综合职业素养。另一方面需要培养学生工匠精神，重视细节、精益求精，以电子信息产品研发、智能系统调试等工作为依托，在产品的质量和系统可靠性上做到最好^[6]。另外需要培养学生终身学习的能力，智能制造技术更新换代速度很快，新的理论、新的技术、新的设备层出不穷，学生要树立终身学习的思想，能及时了解行业发展动态，学习新知识、掌握新技能，适应产业发展的变化。

二、智能制造背景下高校电子信息工程专业教学实践策略

（一）重构课程体系，实现与产业需求的精准对接

第一，加强基础核心课程的建设，奠定学生专业的基础。保留电子电路、数字信号处理、嵌入式系统、通信原理等传统的专业核心课，并对课程内容进行改进，把智能制造的最新技术以及案例有机地融合进来，在嵌入式系统课程中加入工业嵌入式系统开发和应用的內容，在数字信号处理课程中加入工业数据处理、机器视觉信号分析的内容，使基础课程更好地服务于智能制造的发展需要^[7]。加强数学、物理等基础学科教学，给学生学习后续专

业课程、跨学科知识奠定基础。

第二，开设智能制造相关专业方向课程，凸显专业特色。按照智能制造产业岗位需求来设置工业互联网、智能控制、大数据分析、数字孪生等专业方向，开设相应的专业核心课程，包括工业互联网技术、智能机器人控制、工业大数据处理、数字孪生建模与仿真等。另外，加入行业标准以及企业培训课程，把企业岗位技能要求加入到课程教学中，使学生学习符合企业需要的专业技能^[8]。以企业为依托开展工业机器人编程与调试、智能生产系统运维等课程的开设工作，由企业的工程师进行授课，提高课程的实用程度。

（二）创新实践教学模式，提升学生实践应用能力

第一，加强校内实训基地的建设，创建实践教学平台。高校应该加大对校内实训基地的投入，创建以电子信息技术、智能制造技术为主要内容的综合性实训中心，提供工业机器人、智能生产流水线、工业互联网设备、数字孪生仿真系统等先进的实训设备，模拟出智能制造生产场景，使学生在实际操作中进行训练^[9]。例如创建智能控制实训区、工业数据处理实训区、数字孪生仿真实训区等，给学生赋予基本实践、专业实践以及综合实践的环境。另外，健全实训教学管理制度，设置专门的实训指导教师队伍，保证实训教学有条不紊地进行。

第二，加深校企合作，拓宽企业的实践途径。高校要同智能制造有关的企业创建深度合作关系，共同创建实践教学基地，把企业的生产车间当作学生的实践地点，让学生参与到企业的实际生产项目当中，了解企业的生产流程和岗位需求，从而加强实践操作能力。同电子信息设备制造企业、智能制造系统集成企业合作，举办顶岗实习、短期实训等活动，在工程师的指导下，让学生产生参与智能装备研发、生产流程优化、系统调试等实际工作，积累一定的经验。同时聘请企业工程师进校进行专题讲座、现场指导等实践活动，把企业的最新技术、最新的岗位技能传授给学生。

（三）加强师资队伍建设，提升教师的专业素养和教学能力

第一，对教师进行专业培训，提高教师的知识结构。高校应当制定教师培训计划，有组织地对教师进行智能制造培训会、研讨会、学术交流等的安排，使教师获得有关智能制造行业动态发展的信息以及掌握当前智能制造技术的发展动向和要求，最终促使教师教育观念和知识结构更新工作取得进展。组织教师参加工业互联网、人工智能、数字孪生等技术的培训，聘请行业专家、企业技术人员给教师做有关专题培训工作，提高教师的专业能力^[10]。同时促进教师攻读有关专业的博士学位或者参加进修学习，拓宽知识面、提高学术水平。

第二，推动教师到企业去实践，提高教师的实践教学能力。高校要建立教师企业实践制度，规定教师到智能制造相关企业挂职锻炼、参与企业实际项目研发、参与企业生产管理等，丰富自身的实践经验，提高自己的实践教学水平。如安排教师去企业做技术顾问、项目负责人等，参加智能装备的研发、生产流程的改进等项目，把企业的实际案例、岗位技能融入到教学中，提高教学的实用性、针对性。

（四）优化教学评价体系，保障教学改革的有效实施

第一，重视对学生学习过程的评价，重视过程性评价。改变传统只看期末考试的评价方式，把课堂表现、作业完成情况、实验实训成绩、项目参与情况等纳入到过程性评价中，占总成绩的比例不低于40%。比如课堂提问、小组讨论、作业反馈等都是评价学生学习态度及掌握情况的方式，实训报告、项目成果、操作考核等方式也是评价学生实践操作能力及解决问题能力的手段。并且建立学生的学习档案，对学生的各项学习活动进行记载，并且对学生的学习情况有全方位的了解。

第二，完善终结性评价，重视知识的应用。终结性评价主要采取期末考试、课程设计、毕业设计等手段来实施，主要是对学生的专业知识的综合掌握情况以及应用能力进行考察。对考试内容、考试方式加以优化，减少死记硬背的知识点，增加案例分析、项目设计、实践操作等题型的比重，考查学生综合运用知识的能力以及创新创造的能力。期末考试中设置有关智能制造的案例分析题，用以考查学生对所学知识的应用情况，以及在实际工

程中解决问题的能力；毕业设计中要求学生以智能制造为主题展开创新性研究及设计，从而提高学生综合运用知识进行创新应用的能力。

三、结束语

综上所述，智能制造迅速发展给高校电子信息工程专业教学改革提供了机会，也带来了挑战。高校电子信息工程专业是培养智能制造关键人才的摇篮，必须顺应产业变革的发展需要，确立教学目标，推进教学革新，不断改善人才培养水准。本文通过对智能制造背景之下电子信息工程专业教学知识、技能、素养的要求进行分析，在课程体系重构、实践教学改革、师资队伍建设和教学评价改进四个方面提出了相应的教学实践策略，以期达到专业教学同智能制造产业需求深度融合的目的，培养出具有多学科知识、较强的实践能力、创新能力的复合型电子信息工程人才。

参考文献

[1] 吴吉权. 基于人工智能与高校电子信息工程教学的融合发展探析 [J]. 中国信息界, 2025, (12): 221-223.

[2] 杨磊. 浅析线上线下混合教学模式在高校电子信息教学中的应用 [N]. 重庆科技报, 2025-06-19(006).

[3] 徐微微, 王宇飞, 刘佳. 应用型高校电子信息工程专业“双师型”教师教学实践研究 [J]. 塑料包装, 2025, 35(03): 326-328+563.

[4] 李迎松, 黄志祥. 赛教研融通视角下高校电子信息类专业教学探索 [J]. 西部素质教育, 2025, 11(06): 11-15.DOI: 10.16681/j.cnki.wcqe.202506003.

[5] 丛飞. 项目教学法在电子信息工程课程教学中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(11): 128-129.DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.11.056.

[6] 苏宏锋. 基于制造业数字化转型的电子信息实践教学实践 [J]. 电子技术, 2024, 53(01): 86-87.

[7] 王岳, 孙文洋, 黄敏, 等. 工程教育认证背景下的电子信息工程教学改革与创新——以“信息理论与编码”为例 [J]. 科技风, 2023, (36): 137-139.DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202336046.

[8] 毛云龙, 李思, 解志斌. “互联网+”时代下高校电子信息专业教学模式创新与应用研究 [J]. 中国新通信, 2023, 25(24): 137-139.

[9] 牟付海. 基于互联网的电子信息工程教学创新实践 [J]. 电子技术, 2023, 52(04): 102-103.

[10] 付莉, 付秀伟, 于军, 等. 地方工科高校电子信息工程专业创新应用型人才实践教学体系的构建与实施 [J]. 吉林化工学院学报, 2022, 39(06): 14-18.DOI: 10.16039/j.cnki.cn22-1249.2022.06.004.

人工智能技术在医药领域的应用思考

张茂恒

日照市东港区市场监管综合行政执法大队, 山东 日照 276800

DOI: 10.61369/TACS.2026050034

摘 要 : 随着医药行业向着智能化、高质量发展迈进,在医药行业各个层面也逐渐地被人工智能所渗透进去,它成了解决医药行业发展的痛点问题以及提高发展质量的重要助力。本文主要研究人工智能技术在医药领域的应用实践,对人工智能技术在医药领域的应用意义进行系统的分析,对数据质量、成分解析、基础设施、模型泛化等核心应用难点进行剖析,并针对行业实际情况提出相应的应用路径,结合具体的实践方向给出对应的实施案例,明确工作者的核心方法论。研究目的在于给医药领域的人工智能技术落地应用赋予实际参照,促进技术同医药领域的深度融合发展,助力行业规范化、智能化发展,给医药质量改善和民生健康保障赋予技术支撑。

关 键 词 : 人工智能;医药领域;应用难点;应用路径

Reflections on the Application of Artificial Intelligence Technology in the Pharmaceutical Field

Zhang Maoheng

Rizhao Donggang District Comprehensive Administrative Law Enforcement Brigade for Market Supervision, Rizhao, Shandong 276800

Abstract : As the pharmaceutical industry strides toward intelligent and high-quality development, artificial intelligence (AI) has gradually penetrated all levels of the industry, becoming an important driving force for solving the pain points in the development of the pharmaceutical industry and improving the quality of development. This paper mainly studies the application practice of AI technology in the pharmaceutical field, systematically analyzes the application significance of AI technology in this field, dissects the core application difficulties such as data quality, component analysis, infrastructure and model generalization, and proposes corresponding application paths according to the actual situation of the industry. It also provides corresponding implementation cases combined with specific practical directions and clarifies the core methodology for practitioners. The purpose of the research is to provide practical reference for the landing application of AI technology in the pharmaceutical field, promote the in-depth integration and development of technology and the pharmaceutical field, assist the standardized and intelligent development of the industry, and provide technical support for the improvement of pharmaceutical quality and the protection of people's livelihood and health.

Keywords : artificial intelligence (AI); pharmaceutical field; application difficulties; application paths

目前医药工业正处在集采降价、研发壁垒高、供应链内卷等多重困境之中,并且“健康中国”战略促使医药行业向高质量发展转型。伴随着人工智能技术的不断更新,它已经深入到医药研发、临床诊断、健康管理等各个环节,是解决行业痛点的利器。《医药工业数智化转型实施方案》(2025—2030年)中提出要推进医药产业链同数智技术深度融合发展,积极推动人工智能、大数据、物联网等科技手段应用于医药行业研究^[1]。在此背景下,虽然人工智能可以提高研发效率、改善诊疗服务,但是它也存在着数据孤岛、合规监管不到位等问题,因此对人工智能在医药领域应用价值和发展路径进行系统的研究,具有重要的现实意义和研究价值^[2]。

一、人工智能技术在医药领域的应用难点

(一) 数据质量参差,标准体系缺失

医药领域数据来源多样,包含临床诊疗记录、药物研发数据、健康监测数据等各个方面,各个机构、不同的场景下数据的采集标准不一样,部分数据存在缺失、错误、冗余的情况,数据

的真实性、完整性无法得到保证。同时行业内没有统一的数据规范和共享机制,不同的主体之间数据格式不兼容、接口不互通,造成数据不能很好地整合利用。人工智能模型的训练需要高质量、标准化的数据,数据质量参差不齐会影响模型训练的效果,降低应用的准确性,缺少标准体系又阻碍了数据的跨领域、跨机构流通,限制了AI技术在医药领域的规模化应用^[3]。

（二）中药成分复杂，智能解析困难

传统医药体系中天然产物的组成是多样化的、复杂的，它的有效成分种类繁多、含量相差很大，而且成分之间还存在着协同作用，不能用单一的指标来准确地加以定义。目前的人工智能技术对于单一成分的解析有比较大的优势，但是面对复杂的多成分、多靶点体系时，很难准确找到有效成分的作用靶点和作用机理，也不能全面地把握成分之间的相互作用关系。体系药效评价没有统一标准，相关数据积累不够，使得智能解析模型不能得到准确地训练，不能充分发挥技术的优势，不能满足相关领域智能化应用的需求^[4]。

（三）基础设施薄弱，跨界融合受阻

基层医疗和医药相关的机构信息化基础设施建设滞后，缺少完善的硬件设备和软件系统，不能支持人工智能技术的应用。大部分基层机构缺少专门的工作人员来操作、保养和升级 AI 设备，造成即使引进了相关技术也无法发挥出它的应用价值。同时 AI 技术同医药领域跨界融合要依靠多学科知识支撑，基层机构缺少跨领域的复合型人才，技术研发和应用之间衔接不畅，致使 AI 技术同基层医药服务、生产等环节的融合受阻，不能真正下沉到基层场景^[5]。

（四）工艺动态多变，模型泛化不足

医药生产工艺受到原料品质、反应条件、环境因素等诸多变量的影响，是动态多变的，不同的批次、不同的场合下工艺参数是不一样的，稳定性无法保证。人工智能模型训练大多使用固定的工艺数据，对于工艺参数的动态变化缺乏适应性，模型训练结束后不能适应工艺参数的变化与调整。当工艺条件发生改变的时候，模型的预测精度和应用效果就会明显降低，泛化能力差，不能很好地适应复杂的多变生产环境，不能对医药生产工艺进行准确的控制和优化，制约了 AI 技术在医药生产环节的应用^[6]。

二、人工智能技术在医药领域的应用路径

（一）强化智能检测，筑牢饮片防线

以医药原料加工为研究对象，工作者要将光谱分析、图像识别等技术综合起来，创建起多维度智能检测模型，从原料的外观特征、成分含量等主要数据入手，从而达成对原料质量的准确识别和筛查。^[7]同步优化检测算法可提升模型对细微缺陷，成分异常的识别灵敏度，搭建起全流程检测体系，达成原料入库，加工，出库各环节的及时检测及动态管控。同时根据检测数据反馈不断优化模型参数，完善检测标准，用智能技术对原料质量进行全方位、精细化的控制，保证加工环节质量稳定，为后续生产及应用打下基础。

比如，在“医药原料智能检测体系构建”项目中，工作人员要联合机器视觉和近红外光谱技术来创建原料质量智能检测模型，获取各个产地、各个批次原料的外观纹理、光谱特性数据，对模型加以训练和更新，改良特征提取办法，改善对于原料杂质，成分差别识别的精确度。并且制定统一的数据采集和预处理标准，把多机构检测的数据整合起来，完善模型训练的数据集，

根据模型实时反馈出来的检测结果来调整检测参数，从而达到闭环优化的目的，保证检测结果的准确性和一致性。工作人员还要建立数据校验模块，对采集到的原始数据进行去噪、补全处理，剔除异常数据，保证输入模型的数据质量，采用交叉验证的方法对模型性能进行全方位的评价，防止出现过拟合的问题。另外需要建立模型性能检测体系，定期对模型识别精度、响应速度等进行检测，根据实际情况的变化不断更新模型参数，保证模型可以长时间稳定运行，为原料加工环节质量控制提供技术支持，构筑起质量控制的第一道防线，推动原料质量控制智能化、标准化提升。

（二）优化制剂工艺，提升生产质效

对医药制剂生产环节的工作者来说，要依靠人工智能算法，对生产工艺参数展开系统的分析和建模，找出工艺参数同产品质量之间的内在联系，创建工艺优化模型。实时采集生产过程中各种参数数据，根据工艺参数的变化进行实时调节，以达到生产工艺的智能化控制，降低工艺波动给产品质量带来的影响^[8]。同时整合生产全过程数据，创建智能生产管理平台，对生产进度、质量指标实施实时监测和动态改良，促使生产流程标准化、智能化，缩减生产损耗，提高生产效率和产品质量的一致性。

比如在“医药制剂智能生产工艺优化”项目中，工作人员要依靠机器学习算法，对制剂生产过程中搅拌速度、反应温度、反应时间等主要参数实施系统的建模，探寻各个参数同制剂纯度、溶出度等质量指标之间的内在联系，创建工艺参数优化模型。通过对生产过程中各种参数数据的实时采集，并输入模型中进行分析预测，从而对工艺参数进行动态调整，达到自适应调节生产工艺的目的。另外搭建生产数据集成平台，将各个生产环节的数据进行整合，从而达到参数变化和质量波动的实时联动分析目的，不断对模型参数进行优化，使生产工艺更加稳定可控。工作人员要对生产过程中产生的各种数据实施标准化处理，统一数据的格式和计量单位，消除数据的偏差，创建工艺参数数据库，保存各个批次、各种条件下的工艺数据以及质量数据，给模型训练赋予充足的支撑。另外需要建立模型适应性机制，按照原料品质、生产环境等改变时，自动对模型的参数做出调整，从而保证模型可以精准地匹配到不同的生产情况当中，有效地削减生产损耗，提高生产效率以及产品质量的一致性，促使生产环节朝着智能化、高效化的方向前进。

（三）贯通追溯体系，规范基层监管

立足基层医药监管的需求，工作者要创建起一体化的智能追溯平台，把生产、流通、使用等各个环节的数据融合起来，达成数据的互通互联，塑造起全链条的追溯体系。利用人工智能对监测追溯数据进行快速分析可以发现异常的流转行为，从而达到基层医药产品动态监管的效果^[9]。建立完善的追溯数据标准，对追溯数据的采集与录入实施标准化控制，助推追溯体系同基层监管深度融合，改进监管流程，提升监管效能，达成对基层医药市场进行规范化、精细化监管的有效期目标，保证药品流通安全^[10]。

以“基层医药产品全链条追溯和监管赋能”项目为例，工作人员要依靠区块链以及人工智能技术来创建起一体化的追溯监管

平台,制订统一的数据接口标准,并把生产企业的相关数据同流通企业的相关数据以及基层医疗机构的相关数据融合起来,达成对产品从生产到使用全过程数据的贯通。采用智能分析算法对追溯数据实时进行检测,在产品流动环节中出现的异常节点和违规行为会产生监管预警信息,并把它们传达到基层监管部门那里。另一方面,对基层人员开展追溯数据录入的培训,组织人员开展溯源数据的采集录入工作,使基层人员可以顺利地完溯源数据在信息系统中的录入,让溯源体系同基层监管工作相结合。工作人员要创建分级权限管理模块,明晰各个主体的数据访问及操作权限,保证追溯数据安全,保密,及时,准确,进而构建起数据更新机制。另外还要创建监管数据分析模块,对追溯数据加以深入挖掘,剖析基层医药产品流通规律及监管薄弱之处,给基层监管政策制定赋予数据支撑,从而规范基层医药市场秩序,保证医药产品流通安全。

（四）赋能药学服务，监测用药风险

围绕药学服务提质增效的目标,工作者要创建智能药学服务体系,用自然语言处理、大数据分析等技术整合患者的用药史、体质特点、疾病情况等各方面数据,创建个性化的用药指导模型。利用智能模型对用药方案进行精准评价,把药物相互作用、不良反应等有关信息一同纳入考量范围之内,给患者给出精确的用药意见。同时创建用药监测平台,实时追踪患者的用药情况,动态剖析用药风险,立刻发出风险警报,健全用药回馈体系,不断改进药学服务模式,提升药学服务的精确度和专业性。

以“智能药学服务体系建设和用药风险防控”项目为例,工作人员要依靠自然语言处理技术对患者的病历、用药记录等文本数据加以解析,把患者的体质、疾病种类、合并用药等各方面信

息整合起来,创建起个性化的用药指导和风险监测模型。对患者的用药方案进行系统地评价,分析药物间的相互作用、用药剂量是否合理、不良反应发生的风险等,给出个性化的用药指导方案。同时搭建用药监测终端,对患者用药反馈信息进行实时采集,输入模型当中进行动态分析,找出用药风险点并发出警报,建立用药反馈与方案调整机制来提高药学服务质量。工作人员要建立起多源数据融合机制,把医院诊疗系统,药店售药系统,健康监测设备等各个渠道的数据加以整合,从而扩充模型训练的数据种类,改良模型算法,加强模型对于用药风险识别的灵敏程度以及预测精确度。另外还要搭建起药学服务交互模块,实现患者和药师之间的线上互动,及时解答患者的用药疑问,同步更新用药指导方案,保证用药安全,促使药学服务模式由原来的被动式服务向主动式服务转变。

三、结语

因此本文主要研究人工智能技术在医药领域的应用意义、应用难点和应用路径,对技术应用过程中遇到的各种问题进行了系统地分析,提出了适合行业的解决办法,并且给出了具体的实践方向和案例支撑。研究明确人工智能技术对于医药领域提质增效、规范发展起到的重要支撑作用,也指明了数据、技术、设施、人才等各方面的制约因素,给出的应用路径可以给医药领域工作者提供实践上的参考,促进人工智能技术同医药领域的深度融合,推进医药行业的规范化、智能化发展,为医药质量的提高和民生健康保障提供技术支持。

参考文献

- [1] 朱珈震,李静,张静.基于专利分析的医药领域人工智能应用现状研究[J].中国新药杂志,2024,33(18):1857-1865. DOI:10.3969/j.issn.1003-3734.2024.18.001.
- [2] 段小星,杨慧玲,关克磊,等.某三级甲等医院人工智能辅助医药领域专利申请及授权现状分析[J].中国药业,2024,33(10):11-15. DOI:10.3969/j.issn.1006-4931.2024.10.003.
- [3] 单士楠,乔天慈,邵文博,等.人工智能在新型冠状病毒感染药物再利用中的应用及对中医药治疗领域的启示[J].中华中医药学刊,2024,42(11):26-31. DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2024.11.006.
- [4] 彭蕾,肖云辉,田昊,等.近30年人工智能在中医药领域的热点及趋势:基于CiteSpace和VOSviewer的文献计量分析[J].海南医学,2025,36(15):2229-2238. DOI:10.3969/j.issn.1003-6350.2025.15.020.
- [5] 扎西才旦,陈静,周瓜加.人工智能技术在藏医药领域的应用思考[J].电子质量,2025(9):102-106. DOI:10.3969/j.issn.1003-0107.2025.09.020.
- [6] 胡宁,彭明强,张春瑜,等.基于文献计量学的人工智能在中医药领域中的研究热点及发展趋势分析[J].医学信息,2025,38(13):1-6. DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2025.13.001.
- [7] 杨柳,周诗婕,高文仓.人工智能在中医药领域的应用进展[J].基层中医药,2024,3(6):113-119. DOI:10.20065/j.cnki.bbcm.20240127.
- [8] 官方荣.人工智能在生物医药领域中的应用和进展[J].中国药科大学学报,2023,54(3):261-268. DOI:10.11665/j.issn.1000-5048.2023030304.
- [9] 陈琦,张君冬,郑婉婷,等.基于LDA模型的中医药人工智能领域主题演化分析[J].世界科学技术-中医药现代化,2022,24(9):3315-3324. DOI:10.11842/wst.20210715008.
- [10] 吴文玉,詹少锋,焦欣,等.中医药领域机器学习研究的现状与发展趋势探讨[J].中华中医药学刊,2026,44(2):11-16,后插5-后插6. DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.02.003.

智能制造与工业互联网融合推进企业绿色低碳发展

陈美霞

山东仕邦农化有限公司，山东 菏泽 274300

DOI: 10.61369/TACS.2026050035

摘 要： 基于“双碳”目标驱动与引导，传统农化企业亟待解决污染排放强度大、资源消耗高、能源管理粗放等问题。智能制造与工业互联网等前沿技术的发展与融合，为农化企业绿色化、低碳化转型提供了重要支持。本文即以此为背景，从数据感知、工艺优化、系统协同等维度阐释现阶段企业绿色低碳发展转型中面临的现实困境，进而从能碳数据底座、工艺寻优模型、碳足迹追溯体系、绿色供应链生态等层面提出智能制造与工业互联网融合推进企业绿色低碳发展的高效范式，以此为企业绿色高质量发展奠定理论基础与实践路径。

关 键 词： 智能制造；工业互联网；农化企业；绿色低碳发展；能效优化

Integration of Intelligent Manufacturing and Industrial Internet to Promote Green and Low-Carbon Development of Enterprises

Chen Meixia

Shandong Shibang Agrochemical Co., Ltd., Heze, Shandong 274300

Abstract： Driven and guided by the "dual carbon" goals, traditional agrochemical enterprises are in urgent need of addressing problems such as high pollution emission intensity, high resource consumption and extensive energy management. The development and integration of cutting-edge technologies such as intelligent manufacturing and industrial Internet have provided important support for the green and low-carbon transformation of agrochemical enterprises. Against this background, this paper explains the practical dilemmas faced by enterprises in the current stage of green and low-carbon development transformation from the dimensions of data perception, process optimization and system collaboration. Furthermore, it proposes an efficient paradigm for the integration of intelligent manufacturing and industrial Internet to promote enterprises' green and low-carbon development from the aspects of energy-carbon data base, process optimization model, carbon footprint tracking system and green supply chain ecology. This paper aims to lay a theoretical foundation and practical path for the green and high-quality development of enterprises.

Keywords： intelligent manufacturing; industrial Internet; agrochemical enterprises; green and low-carbon development; energy efficiency optimization

引言

农化企业属于典型的流程型制造业，由于其生产环节涉及复杂化学反应，因而不仅需要创设不同的工艺条件环境，而且需要有效管控有害有毒物质。在绿色低碳转型背景下，传统农化企业在数据感知、工艺优化、系统协同等层面面临着较多困境，由此阻碍了企业的转型升级。对此，企业应全面推进智能制造与工业互联网的深度融合，既要强调端侧智能和精益控制，又要突出泛在连接与平台协同，从而打造“状态感知——实时分析——科学决策——精准执行”四位一体的闭环结构，以此实现绿色低碳转型目标。

一、企业绿色低碳发展中面临的现实困境

（一）数据断点与能碳感知“盲区”并存

农化企业有着大量的生产装置与设备，因此需要纵横连接的管线，并且面对高温高压、易燃易爆等具有较高危险性的工作环境。在此背景下，其工况数据与设备参数的采集要求较高。一方面，部分较为陈旧的设备未配备智能化的传感器系统，其中压

力、温度等关键参数需要人工巡检，使得数据参数的实效性不足，甚至准确性也受到人为因素影响。另一方面，当前构建的DCS、PLC等自动化控制系统大多有着垂直封闭特性，即无法通过网络连接所有设备与系统，使得生产、质量以及环保相关数据无法互通。数据孤岛问题使得企业无法明确生产批次、设备状态、原料品质与环保质量、能耗水平等之间的明确联系，从而无法精准定位影响绿色环保指数的具体因素，呈现出“模糊管理”

状态。

（二）工艺“黑箱”与能效优化“瓶颈”

在农化企业中，其产品生产与合成涉及的反应较为复杂，尤其在多步单元反应中，其需要面对转化率不足、副反应较多等现实困境。在传统工艺流程下，不仅操作难度高，而且需要依赖工作人员的经验 and 能力，因而在追求“保险”的前提下，容易出现原料投放超量、溶剂消耗过量、反应时间超时等问题，而这是造成高耗能并影响碳排放量的重要因素。同时，农化企业的公用工程系统大多缺乏统一的调度系统，尤其在缺乏工业互联网与智能设备辅助下，锅炉容易出现负荷运行或空运行状态，进而造成能源浪费。

（三）环保合规压力与增效减碳成本“两难”

农化企业生产所排放的“三废”有着较为复杂的成分组成，因此其处理难度也更高，使得传统农化企业需要担负较大的环保成本。随着环保排放标准日益严格，“末端治理”方案受到边际效益递减的影响逐步提升，使得其能耗水平和成本支出不断增多。同时，农化企业由于缺乏面向生产全流程的数字工具，使得其物料平衡和碳流追踪能力较差，难以从反应源头落实分子级别的减量设计。总之，当前农化企业采用的治理模式主要在于处理已经产生的污染问题，而并非通过工艺技术从预防层面减少污染与能耗，这就使得减污与降碳之间难以形成协同效益，并由此导致治理成本居高不下，企业绿色竞争力难以长效提升。

二、基于智能制造与工业互联网融合的企业绿色低碳发展策略

（一）构建全域感知的能碳数据基座，破除绿色转型“信息烟囱”

在企业绿色低碳发展中，智能制造与工业互联网融合需要优先将现实工厂与“数字孪生工厂”建立网络映射，从而形成系统化、全流程的数据采集与互联机制。

第一，全面部署泛在化感知层。企业应进行全面化、智能化改造，尤其在各个关键用能点与排放点，需配置无线通信的智能传感器系统，全面采集温度、振动、压力、湿度等各项数据。尤其在废气、废水等收集管道和排放出口，应设置色谱仪和重金属离子检测仪等检验节点，以此实现对生产全程的实时监测。

第二，普及贯通互联化网络。企业应依托5G、OPC UA等技术建立覆盖全厂的工业互联网体系，一方面要建立统一的数据结构，确保PLC、DCS、SCADA、LIMS等系统数据能与环保在线监测系统直接传输。另一方面要打造企业级工业数据分析平台，将采集的生产信息、设备运行参数、能源消耗数据、污染排放数据等进行存储与分析，甚至可以借助大模型进行智能解析，对生产状况进行实时分析与问题预警，精准识别引起高耗能或高排放的具体操作或工况。

第三，建立模型化边缘计算模式。企业应在数据源头的边缘侧部署算力，通过大数据系统对原始数据进行清洗与特征提取，由此建立智能预警系统，一旦某些参数出现异常，系统将向操作

员立即发出预警，以此达到“事中干预”的效果。

第四，建立厂区分布式光伏与储能系统，同时配置智能监测与协同优化方案。在农化企业厂区屋顶、闲置空地等位置，可以通过部署分布式光伏发电系统提供部分能源。一方面可以基于工业互联网平台统一接入光伏逆变器、储能变流器、并网点电表等设备，以此采集和预测相关数据。另一方面可以打造“光伏+储能+生产负荷”调控模型，以此智能配置生产计划，科学选择充电策略。

（二）部署AI驱动的工艺寻优模型，打通能效提升“任督二脉”

在数据互联基础上，企业还应充分引入人工智能技术，推动工业互联网、智能制造与机理模型的深度融合，由此建立以混合建模技术为依托的模型体系，达到从经验操作向智能寻优跃迁的目的。

第一，自适应控制反应过程。农化企业应全面部署深度学习算法，针对发酵、合成等反应过程，整合其反应效率、转化率与进料速率、温度曲线、pH值、催化剂浓度等各个要素之间的大模型，以此把握各个参数之间的非线性关系

第二，建立精馏/蒸发序列能效协同机制。精馏塔、多效蒸发器等设备是农化企业能耗最大的操作单元，因此企业需要借助工业互联网搭建平台，整合其实时负荷、回流量、再沸器蒸汽用量及塔顶塔底压差等数据信息，由此通过混合建模方式，实时计算最低能耗操作点。

第三，设置预测性能源介质调度方案。企业应将生产排程信息联网，并由此通过LSTM系统对接下来4-8小时的能源负荷进行预测。同时，通过智能调度系统按照预测结果进行实时调整，比如可以调整蒸汽锅炉配置，改变储热罐充放热策略等，以此减少锅炉启停和空燃现象。

第四，构建水、电、气系统精细化节约与动态平衡。企业应针对水、电、气三大公用工程建立专用节约机制。在水系统方面，应基于管道流量与压力传感器数据建立水循环优化模型，既可以避免过量排污，又可以监测车间工艺软水、脱盐水的漏损点。在电力系统方面，应基于变压器的负载率、功率因数等数据构建智能调控模型，通过识别负载情况远程控制分合闸。在压缩空气系统方面，可以通过管网压降监测节点识别泄漏问题，同时也可以按照用气需求动态启停空压机群，以此降低水、电、气综合成本。

（三）建立全生命周期碳足迹追溯体系，实现减污降碳“同根共治”

在智能制造与工业互联网融合下，对产品的全生命周期碳足迹实施精细核算与追溯变得可行，进而把末端治理的压力转化为源头设计的动力。

第一，建立动态碳流计算模型。企业应基于工业互联网平台数据建立大规模的数字碳模型，由此对每一台设备、每一个工艺单元确定其碳排放因子，并自动计算和统计每一个批次、每一个生产线乃至每一个产品所导致的直接碳排放以及间接碳排放。

第二，创建全厂物料代谢数字地图，实现物料代谢和“三

废”减量化。企业应追踪原料分子中的碳、氮、磷等元素去向，有多少进入了目标产品？多少进入废水、废气或者废渣？同时，借助智能化工具，技术人员可以对各种工艺调整方案的原子经济性提高程度做量化分析，以此从微观层面实现减污降碳。例如在甲叉法乙草胺生产过程中，技术人员利用平台分析可以得知本批次废水氨氮超标的原因，是中和工序 pH 控制滞后造成的。因此基于其溯源结果即可提出以预控为中心、用前馈为主的精准中和控制方法，既能达到氨氮大幅度降低的目的，又可以使得游离胺的消耗减少一半，从而达到三赢的效果。

第三，建立碳排放资产化与溯源披露机制。企业应采用区块链技术把碳排放数据、碳减排成果上链存证，保证数据不能被篡改、可以追踪。基于此，企业可以为加入碳交易、开发 CCER 项目赋予可靠的依据，也有利于向下游客户或者监管方提供符合国际标准的 CCER 产品碳足迹报告。

（四）打造循环协同的绿色供应链生态，重构产业低碳“价值网络”

智能制造和工业互联网的融合发展不能只在自家工厂内发挥作用，还要延伸到产业链上下游的供应商和客户身上，创建一个全产业链的绿色协同生态系统。

第一，供应商能碳绩效管理就是将工业互联网平台向上游延伸到上游的核心原料供应商，即氯碱、甲醇、苯系物等的供应商，对这些供应商的能碳数据进行合规采集和共享。创建供应商绿色准入和动态评价模型，把供应商的吨产品碳排放、绿色能源利用占比等指标加入采购决定之中。

第二，副产品和余热资源化共同推进，以区域级或者园区级为基础创建物质、能量撮合交易平台。农化企业生产过程中会排

放出很多低品位的余热，还可以得到一些副产品，例如稀盐酸、副产蒸汽等。通过平台将该信息和周边需要热源或原料的企业实时对接，例如农化企业的 H 酸生产单元的强放热反应要用大量的冷却水，相邻的污水处理厂要用中温加热来提高生化池的效率，即可利用平台的协同作用，把热交换后产生的冷却水送至污水厂，可以减少冷却塔的耗电，还可以为污水厂节约加热蒸汽，达到跨企业、跨行业能级匹配、循环经济的目的。

第三，绿色产线和共享制造，新建或者重大技改项目，在设计阶段用数字孪生技术对全生命周期的环境影响进行模拟优化，创建影子工厂做低碳工艺仿真。并且研究工业互联网背景下共享制造的模式，对部分间歇性、高耗能的特殊工艺实行集中化管理，在共享中心统一调度其处理计划与成本分摊，并通过平台下达给各个企业提供服务。

三、结语

智能制造同工业互联网深度融合，绝非只是生产工具效率提高的问题，而是农业化工企业绿色低碳发展方式发生深刻的改变。本文针对农化企业数据、工艺、成本三方面存在的问题进行分析，并从创建感知基座、部署 AI 寻优、创建碳流体系、创建循环生态的递进式策略路径进行了系统的论述。实践证明，依靠“智造”加“互联”，农化企业完全可以打破要环保就牺牲效率、要效率就牺牲减排的两难局面，达到资源效率、能源效率和环境绩效三者最优。企业要积极融入数字化转型的大潮之中，把智能制造、工业互联网架构当作企业绿色战略的根基所在，由被动遵循向主动创造转变。

参考文献

[1] 毕云川. 绿色低碳背景下智能制造厂房给排水施工技术研究 [J]. 中国住宅设施, 2025, (06): 246-248.

[2] 王成军, 袁雪妮. 智能制造何以赋能中国产业绿色低碳转型? [J]. 海南金融, 2025, (02): 3-17.

[3] 李艳霞, 朱国伟, 吴文昊. 工业互联网赋能绿色低碳转型实践与展望 [J]. 通信世界, 2024, (20): 9-11.

[4] 潘军, 夏景. 工业互联网推动工业绿色低碳发展的机理、路径和方向 [J]. 中国电信业, 2024, (08): 26-29.

[5] 张路争. 基于主动标识载体的“工业互联网+绿色低碳”可信碳计量研究 [J]. 节能与环保, 2024, (07): 72-78.

[6] 李萌, 黄钰典, 杨睿哲, 司鹏博, 张延华. 面向绿色低碳的工业互联网: 发展与挑战 [J]. 北京工业大学学报, 2023, 49(11): 1251-1262.

[7] 梅玉坤, 彭军霞, 高智伟. 我国“工业互联网+绿色低碳”发展策略研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(24): 172-174.

[8] 刘胜勇. 构建绿色低碳智能制造系统的对策 [J]. 金属加工 (冷加工), 2022, (04): 9-13.

[9] 郭倩. “工业互联网+双碳”实施方案酝酿待出 [N]. 经济参考报, 2022-03-14(002).

[10] 张玲玲. 江西九江: 聚力智能制造“碳”寻绿色发展 [N]. 中国建材报, 2021-09-16(002).

江西应用型本科高校人工智能产业学院 AI 人才培养的困境与突破

宋伟强

南昌理工学院, 江西 南昌 330044

DOI: 10.61369/TACS.2026050036

摘 要 : 人工智能时代, 教育领域发生深刻变革。人工智能产业快速发展与升级, 社会对高素质技术技能型人才需求更加迫切。以产业学院作为载体开展人才培养工作, 是应用型本科高校培育人工智能专业技术技能型人才的有效路径。当前, 江西应用型本科高校的人工智能产业学院, 在实际人才培养过程中, 仍存在培养定位与区域产业发展脱节、课程内容更新滞后、教师双师能力不足等现实困境。本文结合江西“2+6+N”产业布局与“人工智能+”行动方案要求, 探索具体的人才培养突破路径, 期望为江西应用型本科高校培养适配数字经济与产业升级需求的高素质应用型 AI 人才提供参考。

关 键 词 : 江西; 应用型本科高校; 人工智能产业学院; AI 人才培养; 产教融合

Dilemmas and Breakthroughs in AI Talent Training of Artificial Intelligence Industry Colleges in Jiangxi's Applied Undergraduate Universities

Song Weiqiang

Nanchang Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi 330044

Abstract : In the era of artificial intelligence (AI), profound changes have taken place in the field of education. With the rapid development and upgrading of the AI industry, society has an increasingly urgent demand for high-quality technical and skilled talents. Carrying out talent training through industry colleges is an effective path for applied undergraduate universities to cultivate professional technical and skilled talents in AI. At present, the AI industry colleges of Jiangxi's applied undergraduate universities still face practical dilemmas in the actual talent training process, such as the disconnection between training orientation and regional industrial development, the lag in updating curriculum content, and the insufficient "double-qualified" teacher competence. Combined with the requirements of Jiangxi's "2+6+N" industrial layout and the "AI +" action plan, this paper explores specific breakthrough paths for talent training, aiming to provide reference for Jiangxi's applied undergraduate universities to cultivate high-quality applied AI talents that meet the needs of digital economy and industrial upgrading.

Keywords : Jiangxi; applied undergraduate universities; artificial intelligence industry colleges; AI talent training; industry-education integration

引言

2020年教育部、工信部印发《现代产业学院建设指南(试行)》(教高厅函〔2020〕16号), 明确要求面向应用型高校建设现代产业学院; 江西省随后出台《普通本科高校现代产业学院建设实施方案》, 提出到2025年每所本科高校至少建设1所现代产业学院, 重点支持电子信息、新能源、新一代信息技术等专业建设。但从实际办学情况来看, 多数应用型本科高校人工智能产业学院仍处于起步阶段, 人才培养与产业需求脱节问题突出, 难以满足企业对 AI 技术应用、系统部署、项目实施人才的实际需求^[1]。梳理当前人才培养的核心困境, 探索贴合江西实际的突破路径, 已成为江西应用型本科高校人工智能产业学院高质量发展的紧迫任务。

一、江西应用型本科高校人工智能产业学院人才培养的现实背景

(一) 政策体系提供坚实支撑

国家层面将现代产业学院视为深化产教融合的重要抓手, 明

确产业学院要聚焦人才培养、技术创新、企业服务等功能, 培养适应现代产业的应用型、复合型人才^[2]。江西省立足区域产业发展, 细化现代产业学院建设任务, 要求高校对接省内重点产业, 建设产教融合型专业, 开发校企合作课程, 打造实习实训基地, 建设“双师型”教师队伍。政策明确给予招生、经费、人才保障

项目信息: 江西省高等教育学会2024年度学会重点课题“江西应用型高校产教融合科教融汇与产业学院建设研究——构建人工智能+专业集群产业学院”(课题编号: ZH-C-007)。
作者简介: 宋伟强(1980—), 男, 本科, 高级政工师, 研究方向: 非物质文化遗产、旅游管理、人工智能应用管理、产教融合、企业经营管理。

倾斜，支持企业深度参与产业学院办学，为人工智能产业学院的建设与人才培养提供了清晰的政策依据和资源支持。

（二）区域产业造就人才刚需

推进数字经济做优做强是江西省“一号发展工程”，重点布局电子信息、新能源、智能制造、人工智能等新兴产业，推动传统产业智能化改造。南昌人工智能计算中心、鄱阳湖智算中心建成投用，AI技术在制造业、纺织、医疗、农业等领域加速落地，企业需要大量AI人才。人工智能产业学院对接本土产业岗位需求，可以针对性培养AI人才，从而推动江西产业智能化转型。

（三）办学转型明确发展方向

江西应用型本科高校的定位是服务地方经济社会发展，培养面向生产一线的高素质应用型人才。人工智能产业学院是对传统学科型办学模式的革新，基于产业需求整合办学资源，优化专业设计、课程内容与教学过程^[3]。建设好人工智能产业学院，是高校落实应用型转型的具体实践，也是提升服务江西区域发展能力、打造办学特色的重要路径。

二、江西应用型本科高校人工智能产业学院人才培养的核心困境

（一）培养定位模糊，与江西产业适配性不足

部分高校搭建人工智能产业学院人才培养体系时，并未结合江西当地主导产业的真实应用场景，对现有培养模式进行针对性优化，以至于人才培养目标呈现同质化特点，没有根据具体行业需求，打造“AI+产业”的复合型人才培养定位。这种情况导致高校人才供给和企业岗位需求之间出现结构性错位，即便高校推进人才培养模式改革，本地企业仍难以招到适配岗位AI人才，学生毕业后难就业。

（二）课程体系滞后，难以匹配AI产业迭代速度

人工智能技术更新迭代快，但高校课程内容长期不变，教材沿用多年，缺少大模型应用、计算机视觉、自然语言处理、智能系统部署等前沿内容。校企联合开发课程也较少，质量不一，课程与产业岗位标准脱节^[4]。江西省方案要求实践教学学时不少于总学时30%，实习实践累计不少于1学年，但有些高校实践学时不达标，实践内容以虚拟仿真为主，与企业真实工作任务差距大。岗课赛证融通落实不到位，AI职业技能证书与课程教学分离，学生获取证书的比例低。

（三）师资队伍薄弱，双师双能能力存在短板

人工智能产业学院的教师队伍结构仍需优化，双师双能型教师占比偏低，同时具备扎实AI理论基础和熟练产业实操技能的教师数量不足^[5]。

一是校内专任教师实践能力不足，这源于很多教师长期专注教学，缺少一线实践经历，难以给学生提供有效的实操指导。二是高校教师选聘机制需要完善，尤其针对企业工程师、技术人员的聘用、管理机制。有些学校虽选聘企业工程师任教，但未让其参与到课程开发、实训指导、学生考核评价等教学环节。

（四）产教协同仅停留在表面合作，企业参与缺乏实质动力

人工智能产业学院存在的突出问题是“挂牌多、运行少”，即校企合作仅仅是签订协议、挂牌运行、开展讲座，但是没有深度协同育人^[6]。企业参与人才培养只提供少量实习岗位，不会把真实项目、核心技术、生产设备引入校园，参与课程开发、教学实施、考核评价的积极性不高。政校企行四方联动流于形式，产教融合始终无法深入到人才培养的核心环节。

（五）实践教学薄弱，缺乏真实产业场景支撑

高校人工智能实训基地多是建设的虚拟仿真实验室，虽然能为学生提供虚拟场景进行实操，但与企业真实生产设备和工作场景还是有实际区别。学生只能完成模拟实验，无法参与真实项目开发。校中厂、校外实习实训基地数量不足，运行效率低，学生顶岗实习时间短、内容单一，难以接触企业核心业务实践。

（六）评价体系单一，质量保障闭环尚未形成

人才培养质量评价缺少企业、第三方机构的参与，评价指标重理论成绩、轻实践能力和职业素养。且没有建立常态化的质量诊断与改进机制，人才培养环节出现的问题不能及时发现和整改。

三、江西应用型本科高校人工智能产业学院人才培养的突破路径

（一）锚定江西产业需求，精准校准培养定位

高校要立足江西“2+6+N”产业布局和“人工智能+”行动方案要求，结合本地主导产业需求，明确人工智能产业学院的培养定位。人才培养目标聚焦应用型、复合型、技术技能型AI人才，重点培养学生的AI技术应用、系统部署、项目实施、数据处理能力。高校要打造“AI+行业”特色培养方向^[7]。为保证人才培养质量，高校要定期对江西本土企业进行调研，及时优化完善人才培养规划，贴合企业的实际岗位需求。例如，可以借鉴安徽信息工程学院人工智能产业学院做法，紧扣安徽智能制造、新能源汽车等区域主导产业，设置“AI+智能制造”“AI+新能源”等细分方向，采用“2+2”分段培养模式。大学阶段前两年夯实专业基础、后两年深耕产业场景，同时定期对本土企业岗位进行调研，不断地优化培养方案。^[8]

（二）重构动态课程体系，推进岗课赛证深度融合

高校要联合行业企业、协会、共同开发课程、编写教材、设计教学内容，及时将AI大模型、智能终端、行业数据集等内容融入课程^[9]。高校要严格落实江西省方案要求，保证实践教学学时占比不低于30%，实习实践时间累计不少于1学年，增加企业真实项目、顶岗实习的教学比重。高校要推行课证融通，将人工智能相关职业技能等级证书内容嵌入课程教学，学生毕业时同时获取学历证书和职业技能证书。高校要把学科竞赛、专利发明、企业项目成果纳入课程体系，实现岗、课、赛、证一体化教学。湖南工程学院人工智能现代产业学院在此方面颇有成效，该校联合企业搭建计算机视觉、智能质检、智慧物流等实践项目平台，将深度学习、行业应用等内容纳入课程，推进岗课赛证融通，将职业技

能等级证书考点与学科竞赛能力要求嵌入教学，近 5 年学生获国家级、省级学科竞赛奖项 255 项，该模式可借鉴用于江西高校课程体系重构实践。^[9]

（三）打造三元师资团队，全面提升双师双能水平

高校可构建“产业教授”“企业工程师”“校内双师双能教师”的三元师资结构，聘请 AI 企业技术骨干、专家担任产业教授。建立企业导师激励机制，明确企业导师的教学职责、待遇保障，鼓励企业工程师全程参与教学、实训、考核环节。

进一步完善教师企业挂职制度，定期选派校内专任教师到企业参与一线实践活动；建设“双师型”教师培养基地，定期开展培训，提高双师双能型教师的占比，满足实践教学需求。

（四）健全政校企协同机制，深化产教融合实效

高校要成立由政府部门、高校、企业、行业协会共同组成的产业学院理事会，共同决策人才培养、资源建设、经费使用等事项。落实江西省方案要求，保证合作企业专职管理人员占产业学院日常管理团队比例不少于 30%，让企业深度参与办学管理。政府要完善激励政策，给予参与办学的企业资金、税收、项目支持，激发企业参与动力。高校要与企业建立资源共享、利益共赢机制，企业提供设备、项目、岗位，高校提供人才、科研支持，实现校企协同育人、协同创新。

（五）搭建实景实践平台，强化项目化教学落地

高校要建设生产性实训基地、校中厂，引入本土企业的真实生产流程和工作任务，让学生在校内就能接触产业实操场景。同时，也要拓展校外实习实训基地，优先选择江西本地 AI 相关企业，保障学生顶岗实习时间和质量，让学生参与企业真实项目开发。高校要推行“真实项目、真实岗位、真实场景”的三真教学

模式，采用项目驱动、任务驱动教学法，让学生以企业员工身份完成项目任务。高校同步施行双导师制，校内教师负责指导学生理论学习，企业导师负责实践指导，全程跟进学生实训过程，帮助提升学生的实操能力和职业素养。

（六）构建多元评价体系，完善质量保障闭环

高校应建立学校、企业、第三方机构共同参与的多元评价机制，将企业评价、实习表现、竞赛成果、专利授权等纳入考核体系^[10]。提高过程性考核占比，实践性课程过程性考核占比不低于 50%，改变单一笔试的考核方式，全面评价学生的知识、能力与素养。

此外，高校可建立人工智能人才培养质量诊断平台，定期排查培养环节的问题，制定整改措施，及时优化教学内容和培养方案。跟进已经就业的毕业生，收集企业对毕业生的反馈意见，据此调整培养定位、课程体系、实践教学内容，持续提升人才培养质量。

四、结语

高校要立足江西产业发展实际，以国家和江西省现代产业学院建设政策为引领，锚定本土产业需求校准培养定位，重构动态适配的课程体系，打造双师双能师资队伍，健全政校企协同机制，搭建实景实践平台，完善多元质量评价体系。通过系统化改革突破人才培养瓶颈，培养出适配江西产业需求的高素质应用型 AI 人才，为江西“人工智能+”行动落地、产业智能化升级、经济高质量发展提供人才资源，在服务地方发展中实现应用型本科高校的办学价值。

参考文献

- [1] 朱荣，王艳芝，唐洁，等．现代产业学院人工智能专业人才培养模式与课程体系研究[J]．电脑与信息技术，2025，33(03)：134-137.
- [2] 杨鹏．人工智能与现代产业学院的建构[J]．山西财经大学学报，2025，47(S1)：289-291.
- [3] 吴晓涵．基于产业学院的校企地协同育人模式研究[J]．产业与科技论坛，2025，24(06)：114-117.
- [4] 胡瑛，曾赛峰，张细政，等．人工智能现代产业学院建设路径探索与实践研究[J]．电脑知识与技术，2024，20(25)：133-135.
- [5] 李京阳，吴锦华，王成栋．应用型本科高校产业学院建设探索与实践——以安徽信息工程学院人工智能产业学院为例[J]．创新创业理论与实践，2024，7(12)：101-104.
- [6] 宗文娟．产教融合背景下区域经济数智化财经人才培育策略研究[J]．烟台职业学院学报，2024，19(02)：64-68.
- [7] 胡楠，孟宪伟，高艳，等．“现代产业学院”建设背景下人工智能专业建设方案探究——基于职业核心能力的培养[J]．辽宁科技学院学报，2024，26(02)：56-59.
- [8] 李京阳，吴锦华，王成栋．应用型本科高校产业学院建设探索与实践——以安徽信息工程学院人工智能产业学院为例[J]．创新创业理论与实践，2024(12)：101-104.
- [9] 胡瑛，曾赛峰，张细政，等．人工智能现代产业学院建设路径探索与实践研究[J]．电脑知识与技术，2024，20(25)：133-135.
- [10] 孙锋申，邹翠兰，张志锋．产教深度融合的人工智能产业学院人才培养机制内涵及建设路径探究[J]．职业，2022，(03)：55-57.

智能变电站高压断路器智能化改造技改实践

刘嵩

辽宁大唐国际新能源有限公司锦州热电分公司, 辽宁 锦州 121011

DOI: 10.61369/TACS.2026050037

摘 要 : 高压断路器是智能变电站的关键设备之一, 在信息感知、状态评价及运维管理方面存在不足, 基于目前智能化改造技术水平开展论述, 并提出了采用非接触式多源感知 + 边缘智能计算 + 标准 IEC 61850 通信等核心思路和技术路径实现智能组件升级、在线监测应用以及一次 / 二次融合, 形成涵盖“感知 - 分析 - 决策”的完整闭环, 从而完成高压断路器智能化升级改造工作。本研究成果可供类似变电站高压断路器智能化升级改造时参考借鉴。

关 键 词 : 智能变电站; 高压断路器; 智能化改造; 技改实践

Technical Renovation Practice of Intelligent Transformation for High-Voltage Circuit Breakers in Intelligent Substations

Liu Song

Jinzhou Thermal Power Branch, Liaoning Datang International New Energy Co., Ltd., Jinzhou, Liaoning 121011

Abstract : As one of the core key equipment of intelligent substations, high-voltage circuit breakers have deficiencies in information perception, state evaluation and operation and maintenance management. Based on the current technical level of intelligent transformation, this paper puts forward the core ideas and technical routes including non-contact multi-source perception, edge intelligent computing and IEC 61850 standard communication. It realizes the upgrading of intelligent components, the application of on-line monitoring and the integration of primary and secondary equipment, and forms a complete closed loop of "perception-analysis-decision", so as to complete the intelligent upgrading and transformation of high-voltage circuit breakers. The research results can provide reference for the intelligent renovation of high-voltage circuit breakers in similar substations.

Keywords : intelligent substation; high-voltage circuit breaker; intelligent transformation; technical renovation practice

引言

基于新型电力系统的建设背景, 智能变电站成为实现电网数字化的重要手段之一。作为担负着正常工作状态下接通或切断负荷电流以及发生故障时迅速将短路电流切断的任务的电器, 在整个电网中起着至关重要的作用^[1]。因此, 高压断路器的分合闸可靠程度直接影响了电网的安全稳定及持续供电能力。近年来, 伴随着传感器技术和边缘计算的发展与应用, 加之工业互联网通讯技术的进步, 对高压断路器开展智能化改造具备了一定的基础条件。本研究结合现阶段技术水平现状分析探讨了高压断路器智能化改造的相关思路, 希望能够给业内带来一定的借鉴意义。

一、高压断路器智能化改造的必要性分析

(一) 传统断路器运检模式的局限性

传统的高压开关设备大多采取的是定期检修 (TBM) 的方式, 由运检员根据一定的时间间隔安排对设备进行停机检查与预防性测试。这种方式存在着以下三个方面的弊端: 一是不能够随时了解设备的工作状况, 在一些不明显的机械损坏或电气老化等问题发生时很难得到及时处理; 二是对于故障情况的分析完全依靠个人的经验, 每个运检员对于相同的情况可能会有不同的看法, 因此得出的结果也是参差不齐的, 并没有一个统一的标准可以参照^[2]; 三是由于是按时间来是否需要检修工作, 所以会

出现过多或者过少的现象, 不仅浪费了大量的人力财力, 而且也不能很好地照顾到设备的真实情况。在这种“坐以待毙”的方式下, 随着电力网络的发展壮大, 已经无法适应如今对电能供应可靠性以及精细化管理的要求。

(二) 智能变电站对断路器的新要求

智能变电站的基本特点是全站信息数字化、通信平台网络化以及信息共享标准化, 在这一背景下, 对于高压断路器来说也有了新的更高的要求。在信息采集方面, 它不仅要能实时地检测到分 / 合闸线圈电流及储能机电流值, 还要能测量出其触头运动过程中的行程曲线、振动情况等众多参数, 然后将其通过 IEC-61850 的标准格式转换成统一的信息形式并发送给站控层或间隔层

的相关设备。而在控制上，则要采用性能高且具有多个核心处理单元的微机来完成各种复杂的智能性判别工作并在几秒钟内就给出正确的结果，从而达到正确获取分 / 合闸线圈的状态并且及时发出相应的保护指令的目的。最后是维护管理方面的变化，即智能变电站在日常工作中，除了可以对其进行周期性的检查外，还能随时对其所处状况做出准确地判定并将这种分析的结果反映出来，供维修人员参考以便制定合理的修理方案^[3]。

二、智能化改造总体技术方案

（一）智能化改造的标准体系与技术架构

为确保系统的互通互联性，在标准化建设方面，最新的《断路器操动机构状态智能感知系统技术规范》（T/CCSCIOT 0011—2025）中明确提出了该系统的相关技术要求、试验方法以及安装维护和技术管理的要求，并且还从断路器机械特性的实时监测、线圈电流在线检测到多种信息来源下的综合健康状况评价等多个角度进行了详细的规定。同时，《电力系统设备状态监测数据交互规范》也针对状态监测数据的结构化定义、通信接口以及命名规则等问题做了相应的规定，旨在消除各厂家之间存在的“数据孤岛”^[4]。此外，在技术架构方面，对于智能化改造采用了分层分布式设计方式，由底层至顶层分别为感知层、网络层、平台层和应用层。其中，感知层主要是在断路器本身及其操动机构处布置各种类型的智能传感装置来收集其机械、电学、环境等方面的运行情况；在网络层中则是利用光纤以太网技术和 IEC 61850 协议将这些数据高效地传出去；而在平台层，则是借助变电站的一体化监控或者数字换流站平台建立一个统一的数据存储并加以处理的地方；在应用层可以开展诸如状态评估、故障预测、维修决策等一系列智能化的功能应用。

（二）一二次深度融合方案

一二次深度融合是高压断路器智能化改造的技术核心。传统的方案将一次设备与二次设备分开布局，并且互感器以及控制回路和断路器之间的连接较多的电缆线路，这不仅占据着大量的空间而且增加了电力消耗，同时也会使得其信号传递过程中的节点过多，分布较为零散，容易受到外界因素的影响而产生损坏的情况。为了克服以上缺点，在目前的实际应用过程中提倡一种更加先进的超融合的一体化解决方案，即把真空断路器本身及其相关的隔离开关、电压或电流感应装置、取电部分、智能终端以及备用电源等相关部件进行了高度地整合在一起并采取了一体式的高集成度注塑工艺将其全部包裹起来形成一个整体。这样就能够很大程度上提高了整个系统的测量准确性和绝缘强度，在实际的应用当中也大大减少了一些不必要的电线连接数量从而达到降低由于接触不好而导致的故障问题发生的概率的目的^[5]。而在二次回路中所使用的最新的专利技术则是采用了由智能主控制器、断路器控制模块以及刀闸控制模块相结合的工作模式，来构建出新的二次回路体系，并且利用可以设置成不同形式的控制程序代替以往固定不动的电路联系方式，从而使该系统可以根据实际情况的变化来进行相应的改变。

（三）智能感知与监测装置部署

智能感知设备布置为断路器“触觉”。对于机械特性的监测，在其上部重点配置分 / 合闸线圈电流传感器、储能电机电流传感器及角位移或者直位移传感器，并且还配有振动加速度传感器。根据所接收到的线圈电流波形来反映电磁铁芯的状态变化，从中获取到线圈电流开始时、被触及时以及停止时这些重要的节点信息，则能够推算出是否出现了铁芯卡住的现象或是线圈出现匝间短路等问题发生的可能性。利用非接触式的光传感器代替传统的接触式传感器，可以在复杂的电磁环境中正常工作，从而获得准确无误的分合闸速度、行程曲线、动作时间的信息，消除了因直接接触而带来的磨损和不精确的问题。针对电气特性方面的监控，将霍尔电流传感器或者是罗氏线圈连接至主回路上面，以实现实时性地读取当前流经该线路中的电流大小的情况^[6]。同时，为了达到上述目的，还需要将其上的各个部分都用一个电压检测装置来进行相应的测量，即在进线上设置好相关的电压互感器或是电阻电路之后再行并入进去即可。另外，在这两个部位之间还有一些其他的元件存在，比如是用于感应温度高低的变化程度的温度传感器等，它们均需要装设于相应位置之上，然后用来观察那些重要元器件的升温状况如何^[7]。

三、关键技术与工程实践

（一）非接触式多源感知与振动分析技术

非接触式多源感知及振动分析为目前最典型的高压断路器状态检测技术之一。传统的接触式机械特性监测易受现场电磁场的影响且传感器不易于安装和维护，无法适应智能电网的高要求。为此，提出了一套全新的“非接触光感 + 多源信息”的解决方案，并研发了具有高精度、强抗扰性和长寿命运行特点的在线监测设备，在此基础上构建了以控制电压、机构油压、气室压力、环境温度等多种物理量与机械特性之间的动态关系模型并开展了基于多尺度时序的机械性能预测方法的研究工作，提高了其机械状态的预判能力^[8]。

通过振动信号分析方法解决了 GIS 全封闭结构下断路器故障问题。鉴于 GIS 是一个完全密闭系统，在其中运行的隔离开关及断路器的状态以及机械状况难以观测到，因此传动部分出现故障时会导致机械、电学指示失灵现象发生。研究发现造成 GIS 设备突然性故障的主要原因在于机械上的振动缺陷^[9]。此外还借助于带有注意机制和支持着双向门控循环单元的预测模式，使得对于振动状态预测结果中的平均绝对误差降低到了 0.063 并且均方根误差也低于 5% 左右，相比于传统的预测模式来说，这种新的预测模式使相对误差减少了至少有 37%，这样就实现了对 GIS 机械故障的一种有效的预防方式。

（二）工程实施全流程实践

工程实施过程是把智能化改造设计方案由图纸变为现实的重要步骤，在此过程中要严格把握好规划、设计、安装及调试等工作。在规划设计阶段，要求攻关组人员对现有的断路器做好全面检测，并且了解其是否处于良好的状态，能否对其进行有效的改

造。根据实际情况选择合理的技术方法并明确改造顺序。而在具体实施时，由于检修工作的特殊性质，因此一般会选择在设备停机期间完成相应的安装任务，如安装传感器或换装智能控制器，同时还要完成相关的综合布线等其他相关工作。对于具体的调试工作来说，则主要是为了检验各个部分的功能情况及其相互之间的连接情况，以此保证各种信号数据准确无误，特别是各项保护措施能够有效发挥作用。而在此之后就是系统的联合调试了，在这个过程中就需要通过一些重要的试验来进行必要的检查工作，其中就包含对保护装置的向量检查，从而可以判断出被测电压和电流之间是否存在正确的大小比例关系。传统的向量测试必须有一定的负荷才能开展，这就导致整个测试工作非常麻烦，不仅负荷难以安排，而且还会出现很多问题^[10]。但是采用负荷模拟式的继电保护向量检查的新技术就可以利用高精度的无线同步技术实现对实际工作中所需负荷特性的模拟，使得原本应该放在开始阶段的工作提前到后期展开，这样就能大大提高工作效率并且保障工作人员的安全。

四、结语

高压断路器智能化改造是智能变电站建设深入推进的关键举措之一，更是电力设备运检由“事后修理”转向“事前预防”的重要标志。“文章分别围绕改造背景与意义、整体思路及关键技术，以及具体实施案例等方面展开阐述，并重点介绍了非接触式多源感知、振动分析诊断、IEC 61850标准通信等技术对于提升断路器智能化水平的作用。”目前，1 ~ 2次融合发展技术日益完善，非接触式的光感测和振动分析等先进检测方法也具有较好的应用前景，“基于多种信息来源的数据融合作出健康评价并开展预测性维护决策的系统正逐渐由点至面地推广应用”。借助于人工智能和数字双胞胎的发展，未来高压断路器有望实现从“能看懂自己身体状况”，进而达到“自主管理自身身体健康”的质跃升，助力构建更可靠的新一代电网。

参考文献

[1] 丁健, 卢兴福, 曹俊, 郝越峰, 付渊. 基于改进 Petri 网的变电站高压断路器故障诊断方法 [J]. 国外电子测量技术, 2025, 44(12):57-62.

[2] 阮燕通. 110 kV 变电站智能化改造与远程监控技术应用 [J]. 云南水力发电, 2025, 41(11): 186-189.

[3] 刘斌. 变电站设备的智能化改造与升级策略研究 [J]. 中国设备工程, 2025, (20):31-33.

[4] 刘庆超. 变电站高压断路器断口闪络保护设计与应用研究 [J]. 产业科技创新, 2025, 7(05):49-52.

[5] 张志荣, 张利娟, 陆文虎, 张小龙. 变电站高压 SF6 断路器故障诊断技术研究 [J]. 电力设备管理, 2025, (05):282-284.

[6] 钟声, 何慧忠. 基于电流、振动特征的高压断路器智能诊断技术应用 [J]. 企业管理, 2024, (S2): 168-169.

[7] 彭沛博. 高压断路器在线监测技术研究 [J]. 电气开关, 2024, 62(05):115-117.

[8] 佟洪明, 曹锐. 工矿企业高压开关柜故障分析及智能化改造 [J]. 冶金动力, 2024, (04):7-10.

[9] 陶可鹏, 倪惠浩, 何雄辉. 变电站高压室断路器智能化改造研究与应用 [J]. 机电信息, 2020, (06):51-52.

[10] 郭思婕. 500kV 变电站高压开关设备智能化改造研究 [J]. 红水河, 2014, 33(06):63-64+69.

AIGC 支撑下中职短视频实训“师－生－AI” 协同教学模式实践

李帅

江苏省相城中等专业学校，江苏 苏州 215131

DOI: 10.61369/TACS.2026050038

摘 要： 随着短视频产业的蓬勃发展，各行各业对于技能型短视频人才的需求日益增长。对此，中职教师应适应时代社会发展需求，创新构建 AIGC 技术支撑下“师－生－AI”协同教学模式，为中职短视频实训教学注入新的活力。本文将浅析 AIGC 支撑下“师－生－AI”协同教学模式在中职短视频实训中的应用优势，以及中职短视频实训教学现状，并探讨 AIGC 支撑下中职短视频实训“师－生－AI”协同教学模式的构建策略，以期在中职短视频实训教学质量与教学效率的提高提供一定理论参考。

关 键 词： AIGC；短视频实训；协同教学

Practice of the "Teacher-Student-AI" Collaborative Teaching Model in Secondary Vocational Short Video Practical Training Supported by AIGC

Li Shuai

Jiangsu Xiangcheng Secondary Vocational School, Suzhou, Jiangsu 215131

Abstract： With the vigorous development of the short video industry, the demand for skilled short video talents has been increasingly growing across various sectors. In response to this, teachers in secondary vocational schools should adapt to the needs of the times and social development, innovatively construct a "Teacher-Student-AI" collaborative teaching model supported by AIGC technology, and inject new vitality into short video practical training teaching in secondary vocational education. This paper briefly analyzes the application advantages of the "Teacher-Student-AI" collaborative teaching model supported by AIGC in secondary vocational short video practical training as well as the current status of short video practical training teaching in secondary vocational schools. It also explores the construction strategies of this collaborative teaching model, aiming to provide certain theoretical references for improving the teaching quality and efficiency of short video practical training in secondary vocational education.

Keywords： AIGC; short video practical training; collaborative teaching

AIGC 技术凭借高效性、个性化、智能化、低成本的特点，与中职短视频实训“职业性、实践性、针对性”的教学需求高度契合，将其与“师－生－AI”协同教学模式深度融合，能够有效弥补传统短视频实训教学的短板。因此，中职教师应围绕“教师引导、学生主导、AI 辅助”的核心逻辑，构建 AIGC 支撑下中职短视频实训“师－生－AI”协同教学模式，切实提高中职短视频实训的针对性与有效性。

一、AIGC 支撑下“师－生－AI”协同教学模式在中 职短视频实训中的应用优势

（一）丰富中职短视频实训资源

中职短视频实训对硬件设备、软件资源、实训场景、素材资源等要求较高，然而不少中职学校由于资金、场地等因素的限制，实训资源相对匮乏。基于 AIGC 技术构建“师－生－AI”协同教学模式，有助于改善短视频实训资源利用率低、内容更新

缓慢等问题。从硬件资源上来说，引入轻量化技术可以降低短视频实训对高端拍摄设备、剪辑设备的要求。比如，剪映 AI 版、CapCut AI 等工具可在普通计算机、智能手机上流畅运行，学校无需投入大额资金就能组织学生进行智能剪辑、特效制作、字幕生成等基础实训活动，解决了院校在专业设备方面的投入问题^[1]。从软件资源上来说，AIGC 技术能够实现资源的低成本生成与共享。Pr、Ae 等专业短视频剪辑软件授权费用较高，而 AIGC 相关工具大多免费或成本较低，且符合中职实训需求，可以满足学生

从素材生成到作品输出的全部实训需求。

（二）强化学生职业能力与素养

中职教育以培养面向行业一线的技能型人才为目标。因此，短视频实训教学要与行业岗位需求相适应，聚焦对学生实操技能、创新思维、岗位适应能力等职业能力与素养的培养。AIGC 技术与“师-生-AI”协同教学模式的融合可以促进教学与行业同步、技能与岗位对接，从而强化学生职业能力与素养。一方面，AIGC 工具的使用能让学生接触行业最新的技术及操作流程，帮助学生掌握运用 AI 工具开展实际工作的能力，符合短视频行业“高效创作、个性化输出”的岗位需求^[9]。另一方面，在协同实训中，学生结合 AI 生成的素材与建议进行二次创作，这能够有效锻炼学生的创新思维；小组协同完成实训任务的过程则能提高学生的协同合作能力与解决实际问题能力，这些能力都是短视频行业岗位所需要的职业能力与素养。

二、中职短视频实训教学现状

（一）实训资源难以满足规模化实训需求

在硬件设备方面，许多中职学校的实训设备相对老旧，专业拍摄相机、摄像机、三脚架、灯光设备等数量较少，难以满足规模化短视频实训的开展，学生需要轮流使用设备，这在一定程度上影响了实训的进度和效果。同时，缺少演播室、拍摄棚等专业的实训场景，学生只能在普通教室或者户外进行拍摄，很难达到拍摄质量的要求，也无法模拟出真实的岗位工作环境^[9]。在软件资源方面，大部分学生只能使用免费的剪辑软件，这类软件往往功能较少，不能满足短视频实训中复杂的剪辑、特效制作要求。在素材资源方面，缺少优质的实训素材资源库。学生大多是在网络平台下载实训素材，不仅获取的素材针对性、实用性不强，还存在版权风险，从而影响了短视频作品质量。

（二）教学模式难以满足学生个性化需求

目前，部分中职短视频实训仍以传统的“教师示范、学生模仿”教学模式为主，缺乏创新性和针对性。这种“一刀切”的教学模式无法满足不同层次学生的学习需求，导致实训效果参差不齐。基础薄弱的学生由于缺乏相应基础，难以跟上教师的教学进度，无法掌握核心的实训技能，容易失去学习的兴趣；基础较好的学生则会感觉实训内容缺少挑战性，不能激起他们的学习积极性和创新意识^[4]。另外，传统教学模式中，学生大多处于被动接受知识的状态，缺少自主探索、创新实践的机会，只是机械地模仿教师的操作，而不是形成自己的创作风格，实训作品同质化严重，这既不利于学生个性化创作思维的发展，又无法适配短视频行业对差异化内容创作的岗位要求。

（三）校企合作与产教融合较为形式化

虽然不少中职学校都积极开展校企合作，但多数合作与融合只是表面的，没有做到深度融合，更没有充分发挥企业参与实训教学的核心作用。一方面，企业参与实训教学的积极性不高，大多数企业只给学生提供参观、实习机会或设备支持，很少参与短视频实训课程的设计、教学实施、评价等核心环节，导致实训内

容与企业岗位需求相脱离，学生在实训过程中所学的技能不能满足企业的实际工作需要^[9]。另一方面，中职学校和企业之间缺少有效的沟通与合作机制，学校不能及时了解短视频行业最新的岗位需求和技术动向，并据此调整实训教学内容和人才培养目标，进而无法形成教学、实践、就业一体化的人才培养体系。

三、AIGC 支撑下中职短视频实训“师-生-AI”协同教学模式构建策略

（一）明确三方角色定位，构建协同育人格局

在中职短视频实训中，要明确教师、学生、AI 三者的角色定位和职责分工，使三者协同发力、各司其职，全面提高实训教学效果。教师作为协同教学模式的引导者、指导者与设计者，主要负责以下工作：一是确定实训教学目标，根据行业岗位需求和学生学习基础设计实训教学内容、实训流程和实训任务，确保实训教学的针对性和实用性。在实训过程中，教师要对学生进行针对性指导，解决学生实训过程中出现的技术问题和创作困难，培养学生短视频制作技能和 AIGC 技术应用方法。二是不断提高自身专业水平和 AIGC 技术应用能力，并及时与行业企业沟通交流，了解行业最新的技术以及岗位需求，更新教学内容和教学方式。学生作为协同教学模式的主体者、实践者与创新者，需要主动参与实训过程，根据教学目标和任务要求，自主地开展学习和实践探索工作，利用 AIGC 工具完成实训任务^[9]。三是引导学生积极与教师、同学进行交流，在小组协同实训中进行专业实践并分享自己的学习体会，强化自身的合作意识和能力，进而形成良好的独立创作能力，提高就业竞争力。

AI 作为协同教学模式的辅助者、支撑者与赋能者，应为学生提供素材生成、剪辑优化、字幕添加、特效制作、创意推荐等智能化实训辅助服务，降低学生的实训难度，提高实训效率。同时，为教师提供学情分析、作业批改、作品初步评价、教学资源推送等教学辅助服务，减轻教师的工作负担，提升教学实效性。

（二）优化教学内容设计，对接行业岗位需求

教学内容是中职短视频实训的核心所在，教师应根据 AIGC 技术应用的优势和行业岗位需求，对教学内容进行优化，构建“基础技能+AIGC 应用+岗位实战”三位一体教学体系。基础技能是学生进行短视频实训的前提，教师应根据中职学生学习特点设置短视频基础技能模块，如短视频策划基础、拍摄技巧、基础剪辑、字幕添加、背景音乐搭配等。以基础技能教学为载体，让学生掌握短视频制作的基本流程和基本方法，筑牢实训基础。例如，在讲解镜头景别划分与运用的基础知识点时，教师可指导学生借助 AIGC 工具，快速生成不同景别的样片，直观对比不同景别的呈现效果，帮助学生更快理解理论知识，避免传统教学中仅靠文字讲解过于抽象的问题^[7]。另外，教师要结合 AIGC 技术在短视频行业中的应用场景，设置 AIGC 应用模块为实训教学的主要内容，包括但不限于 AIGC 素材生成、AI 智能剪辑、AI 特效制作、AI 字幕生成、AI 创意策划等。同时，选择剪映 AI 版、豆包 AI、Canva AI 等常用的 AIGC 工具，进行分层教学，引导学生掌

握 AIGC 工具的操作方法和使用技巧，并能用 AIGC 工具解决实训过程中遇到的实际问题。

此外，教师还应与时俱进地引入真实项目，让学生在实战中提高技能，适应岗位要求。例如，教师可与当地农业企业、文化企业合作，承接产品宣传、活动记录等真实的短视频制作订单，让学生以项目小组为单位，从前期策划、拍摄剪辑，到最后修改交付，全程参与项目实操^[8]。让学生感受真实的短视频行业工作要求，在完成真实项目的过程中逐步提升自身的岗位适配度。

（三）完善教学实施流程，提升实训教学实效

首先，教师在 AI 的辅助下完成课前准备环节。教师根据实训教学目标和任务，运用大数据分析软件，对学生已有的学习基础、薄弱环节以及学习需求进行分析，制定出个性化的实训方案。同时，利用 AIGC 工具制作实训素材、案例课件、任务清单等教学资源，并上传到线上教学平台上，供学生在实训前自主预习使用。要求学生按照教师布置的预习任务和 AI 推送的资源提前对实训内容进行了解，完成基础操作练习，为课堂实训做好准备。其次，在课堂实训环节，按照“教师示范引导、学生自主实践”逐步开展协同教学。教师示范引导阶段，教师以实训任务为依托，示范短视频制作的核心流程及 AIGC 工具的使用方法，对预习过程中存在的问题进行集中讲解和答疑，使学生明确实训的重点和操作的标准；学生自主实践阶段，学生按照教师示范和实

训任务的要求，分组开展自主实践，使用 AIGC 工具完成素材生成、拍摄、剪辑、特效制作等工作，遇到问题及时向教师请教或利用 AI 工具获得辅助建议，并对 AI 生成内容进行人工校对与优化^[9]。

最后，在课后拓展环节，中职学校通过与行业企业共建 AIGC 短视频实训基地，引进企业的设备、技术、项目资源，给学生营造出沉浸式、实战化的实训环境^[10]。同时，推动学生顶岗实习，让学生深入企业一线，参与真实的短视频项目创作，在真实的产业场景中检验所学实训技能，将在校所学的理论与实践知识转化为实际岗位工作能力，进一步适应短视频行业的一线岗位要求。

四、结语

综上所述，AIGC 技术日新月异，为中职短视频实训创新改革提供了新的技术支撑，“师-生-AI”协同教学模式的实践应用，能够解决目前中职短视频实训中教学资源短缺、教学模式单一、产教融合表面等问题。未来，中职教师要继续深入探究 AIGC 技术与“师-生-AI”协同教学模式的有机融合，不断优化教学模式与实践方法，并根据短视频行业发展特点不断更新教学内容、应用 AIGC 工具，确保协同教学模式始终适应行业发展与学生学习需求，促进中职教育内涵式发展。

参考文献

- [1] 邹琳. 基于能力画像的数智化教学响应机制研究——以高职《短视频运营实务》课程为例 [J]. 数字化传播, 2025, (12): 142-144.
- [2] 张俊英, 王冰洋. 基于 OBE 理念的零基础玩转短视频通识选修课程教学改革研究 [J]. 中国教育技术装备, 2025, (22): 71-74+85.
- [3] 钟瑞贞. 产教融合背景下“短视频创意与制作”课程教学改革研究 [J]. 新闻传播, 2025, (21): 84-87.
- [4] 滕桃欣, 戴世琴, 常建宝. “三元协同”: 职业教育数字化转型的创新路径 [J]. 广西教育, 2025, (30): 90-94.
- [5] 李艳燕, 孙铭泽, 郑雅倩. 从工具赋能到认知共生: “人工智能+”课堂教学新样态 [J]. 现代远程教育研究, 2025, 37(05): 30-39+68.
- [6] 李亚林, 张伟, 时亚飞. 人工智能驱动的个性化教育生态构建研究——基于“智慧环生”平台的师生协同发展路径探索 [J]. 品位·经典, 2025, (14): 73-75+112.
- [7] 马鸣远, 王思奇. 智能创作时代短视频课程的教学变革与实践研究 [J]. 艺术设计学刊, 2025, (08): 136-138.
- [8] 林心薇, 陈小瀚, 李丹, 等. 基于交互式大模型的“师一生一机”多维度协同教学改革 [J]. 大学教育, 2025, (07): 84-88.
- [9] 史永恒. 基于开源大模型的短视频与直播 AI 实训系统的设计与实现 [J]. 信息技术与信息化, 2024, (08): 195-198.
- [10] 周合强. 基于短视频背景下“数字短片创作”的实践教学与创新路径研究 [J]. 新闻传播, 2024, (15): 84-86.

融合主动学习的智能化声学 CT 实验平台研制

张玉峰², 王勇幸^{1*}

1. 江苏科技大学, 江苏 苏州 215600

2. 江苏科技大学苏州理工学院, 江苏 苏州 215600

DOI: 10.61369/TACS.2026050047

摘 要 : 针对物理实验中常规线性扫频方法测量效率不高、产生较多冗余数据的问题, 本文构建了一套“AI 驱动”的声学 CT 测量系统。研究以亥姆霍兹共振腔为测试对象, 利用边缘计算平台与算法模型的配合, 将物理探测过程转化为一个基于主动学习的优化求解任务。算法部分引入了贝叶斯优化框架, 采用高斯过程回归建立代理模型来描述物理场, 并结合期望改善策略动态选择下一个测量频点。测试结果表明, 该方法平均迭代约 50 次即可准确定位共振峰, 测量耗时相比传统手段减少约 60 倍, 配合集成的 LLM 模块还能对实验偏差给出初步的逻辑解释。相关工作体现了人工智能在提高物理实验自主化程度与参数辨识精度上的应用价值。

关 键 词 : 贝叶斯优化; 声学 CT; 亥姆霍兹共振; 主动学习; 边缘计算

Development of an Intelligent Acoustic CT Experimental Platform Integrating Active Learning

Zhang Yufeng², Wang Yongxing¹

1.Jiangsu University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215600

2.Suzhou Institute of Technology, Jiangsu University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215600

Abstract : To address the inefficiency and redundant data generation inherent in conventional linear frequency-sweep methods during physical experiments, this paper presents an "AI-driven" acoustic computed tomography (CT) measurement system. Using a Helmholtz resonator as the test object, the study leverages the synergy between an edge computing platform and algorithmic models to reframe the physical probing process as an optimization task guided by active learning. Within the algorithmic framework, Bayesian optimization is introduced, where a Gaussian process regression surrogate model is employed to characterize the physical field, and an expected improvement strategy dynamically determines the subsequent measurement frequency points. Experimental results demonstrate that the proposed method accurately identifies resonance peaks within approximately 50 iterations on average, reducing the measurement time by roughly 60-fold compared to traditional approaches. Furthermore, an integrated large language model (LLM) module provides preliminary logical interpretations of experimental deviations. This work highlights the potential of artificial intelligence in enhancing the autonomy and parameter identification accuracy of physical experiments.

Keywords : Bayesian optimization; acoustic computed tomography; Helmholtz resonance; active learning; edge computing

引言

AI for Science 驱动下的实验范式变革

在传统的实验物理研究中, 研究者通常扮演“被动观测者”的角色。以亥姆霍兹共振测量为例, 为了获取腔体的精确共振点, 传统做法是进行全频带的线性扫频。这种方法本质上是对物理空间的“盲目搜索”, 不仅在非共振区域浪费了大量采样资源, 且无法根据已获取的数据对未知频段进行智能推断^[1]。随着人工智能技术的迭代, 将“被动测量”转化为“智能主动探测”已成为物理科学研究的新趋势, 即所谓的 AI for Science。

本研究提出的智能化声学 CT 测量系统, 核心意义在于将“物理直觉”转化为“数学决策”。通过人工智能算法, 系统不再是机械

地记录数据，而是能够理解观测点之间的物理关联。在面对具有复杂边界条件或未知参数的亥姆霍兹共振腔时，AI 能够像经验丰富的实验物理学家一样，优先在“最可能产生新发现”的区域布点。这种基于主动学习的范式，不仅极大地压缩了实验周期，更在数据挖掘深度上实现了质的飞跃，为构建无人值守的自动化实验室提供了核心算法支撑^[2]。

一、物理信息驱动的 AI 建模与主动学习原理

实现测量的自主决策，前提是将物理规律抽象成算法能处理的数学形式。亥姆霍兹共振器的本征频率 f 在理论上明确的表达式，即 $f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL_{eff}}}$ ^[3]。杜功焕等在《声学基础》一书中指出，该公式描述了理想条件下短管-腔体系统的低频共振特性^[4]。但在实际操作环境中，温湿度漂移以及腔壁的微小形变都会带来非线性偏差，仅靠理论值难以精确定位。

对此，研究引入了贝叶斯优化手段，将寻峰过程抽象为对未知目标函数的优化问题。为让模型理解不同频点响应值的平滑过渡，算法采用了高斯过程回归。这里选用了 Matern 核函数来刻画频点间的关联程度。因此，当某个频率点获得较大的幅值响应后，模型会据此推测邻近频段的响应强度，同时给出预测值区间的不确定性估计。

在决定下一步测量位置时，算法依据期望改善函数进行计算^[5]。该函数相当于一个决策环节，它在检测已知高响应区与探测高不确定性区之间做出折中。由此构成的反馈回路使得测量序列能逐步逼近真实共振峰，这一过程体现了主动采样策略在降低信息熵方面的作用。

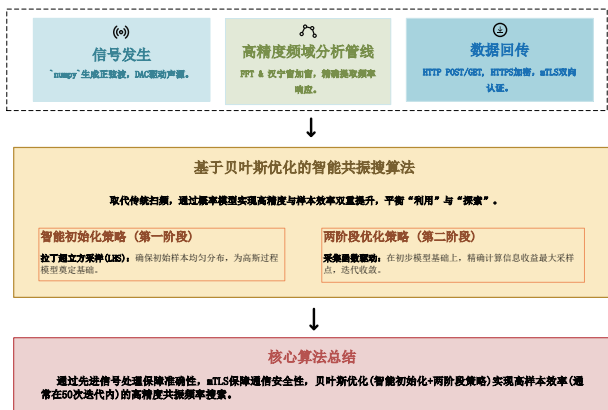


图 1：AI 驱动的主动学习流程与算法逻辑图

三、系统架构设计：边缘计算与 AI 的深度融合

考虑到核心算法对实时数据的需求，平台搭建了一套软硬件协同的运行环境。系统采用树莓派作为前端数据采集与控制的节点，它通过 I2S 总线与高精度音频编解码模块交互，完成扫描信号的发出与声压响应的同步拾取。

在 AI 处理管线中，所有的信号预处理均在边缘端完成。采集到的时域声压信号首先经过汉宁窗加窗处理，以抑制由于时域

截断产生的频谱泄露。随后通过快速傅里叶变换 (FFT) 转化为功率谱密度 (PSD)。为了确保实验在智能化环境下的安全性，系统在树莓派与后端 AI 推理服务器之间建立了双向传输层安全 (mTLS) 加密通信。这种架构设计不仅确保了物理参数在传输过程中的私密性，也为未来分布式、云端的 AI 物理实验网络提供了标准化接口。

AI 在此系统的角色不只是后置的数据处理器，而是实时控制指令的下发者。树莓派负责执行“动作（发声与录音）”，而 AI 服务器负责“思考（更新模型并决定频率）”。这种软硬一体的设计，将物理系统的响应实时转化为 AI 模型的训练样本，实现了真正的在线学习与闭环测量。



图 2：系统硬件拓扑与实物实拍图

四、实验验证：AI 搜索效能与结构反演分析

为验证算法在真实物理场景下的表现，实验针对球形、圆柱形和立方体三种典型腔体进行了测试，工作频段设置在 200 Hz 至 500 Hz。正式测量前，系统先对环境本底及电声器件的非平坦响应进行标定和扣除。

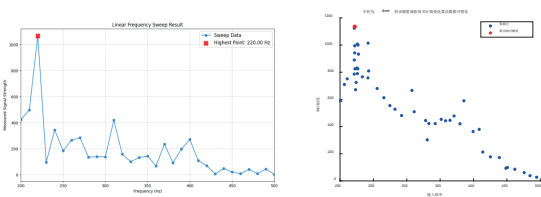


图 3：球形腔体传统高密度线性扫描法和贝叶斯优化对比

以球腔为例，其共振峰的品质因数较高、带宽较窄，用大步长扫描时稍有不慎就可能漏过峰值。传统方式若以 0.1 Hz 为步长覆盖全频段，约需数千次采样，整体耗时近 15 分钟。改用主动寻优方案后，系统先利用拉丁超立方方法在全频段内布设 10 个初始观测点。此后，贝叶斯优化流程快速将搜索重心锁定在 220 Hz 附近。迭代至第 45 步时，模型给出的共振中心频率为 222.18 Hz。与高密度扫描得到的参考值 (221.04 Hz) 相比，两者相差仅为 0.06%，而实际测量次数减少了超过 90%。

在对圆柱腔体的测试中，算法展现了避开局部伪峰干扰的能力。圆柱形腔体因端口修正等效效应容易产生次生谐波，常规的自动寻峰程序有可能被这些假峰误导。而基于高斯过程回归的方法

通过分析全局的不确定度分布，能够识别出局部的假共振点并跳出，最终收敛于主共振频率239.36 Hz。这一结果说明，该框架具备从含噪物理响应中提取主要模态特征的能力，从而支持后续的结构参数反演。

表 1：多构型腔体测量数据对比汇总

腔体构型	理论计算值 (Hz)	线性扫频值 (Hz)	AI 搜索值 (Hz)	相对误差 (%)	总采样步数 (步)	平均效率提升 (倍)
球体	225.12	222.04	222.18	0.06%	45	62.5
圆柱体	242.30	240.00	239.36	0.27%	48	57.7
立方体	218.45	220.00	219.78	0.10%	52	54.5

五、创新应用：LLM 物理助手与交互式实验发现

本项工作的另一个尝试是将大语言模型接入到实验反馈的末端，使测量平台具备了初步的语境化解读能力。这意味着实验过程除了输出数值，还能提供针对异常偏差的文字提示。

当实际测得的频率与经温度修正后的理论推算值之间存在明显偏离时，内置的 LLM 模块会被调用来生成判断信息。例如，它

会读取当时的湿度传感器读数，并在前端输出类似 " 当前实测频率较理论值偏低约 2%，湿度引起的声速变化可能贡献约 0.5% 的偏差，建议进一步确认腔体接口的密封状况 " 的提示。此外，前端界面会对高斯过程的置信区间变化进行动态绘图，使用者可以直观地观察到预测不确定性的缩减过程，这有助于增强对算法决策路径的理解。

六、结论与未来展望

本文介绍了一套由算法驱动的智能声学 CT 测量装置，展现了人工智能技术从辅助计算工具向实验决策环节的延伸。利用贝叶斯优化框架，装置在亥姆霍兹共振频率的测定中实现了较少的测量次数与较高的定位精度，改善了传统扫频方式在时间消耗与数据有效性方面的问题。mTLS 加密机制的加入以及 LLM 辅助诊断功能的集成，进一步丰富了此类智能化实验平台的功能形态。

后续研究计划将该方法推广至非线性效应更强的力学或流体实验中。利用算法对高维空间的探索能力，有望对更复杂的声学网络结构进行在线拓扑辨识。随着基础模型对物理过程理解深度的增加，未来的实验测量有望朝着全流程自主化、具备逻辑推理能力以及多模态信息融合的方向演进。

参考文献：

[1] 吕传茂, 吕海峰, 张晓光, 等. 亥姆霍兹共振消声器的优化设计 [J]. 声学技术, 2020, 39(02): 230–234.

[2] 周志华. 机器学习 [M]. 清华大学出版社, 2016.

[3] Snoek J, Larochelle H, Adams P R. Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms [J]. CoRR, 2012, abs/1206.2944.

[4] 杜功焕, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础 [M]. 南京大学出版社, 2012.

[5] 李宪泽, 毛崎波, 袁玮婷. 宽频亥姆霍兹共振器阵列的吸声性能研究 [J]. 声学技术, 2025, 44(03): 410–417.

[6] 颜华, 陈冠男, 杨奇, 等. 声学 CT 复杂温度场重建研究 [J]. 声学学报, 2012, 37(4): 370–377.

[7] 张立峰, 董祥虎. 基于鲁棒正则化极限学习机的声学层析温度分布重建 [J]. 发电技术, 2025, 46(2): 221–229.

[8] 李森森, 马征达, 丁洁, 等. 基于双向融合金字塔和通道注意力的水下声学图像目标检测 [J]. 声学学报, 2025, 50(4): 1003–1014.

[9] 谭金庆, 何丽平, 罗波, 等. 基于背景噪声信号的城市地下结构高时空分辨率动态监测 [J]. CT 理论与应用研究, 2025, 34(2): 175–189.

[10] 王鹏, 李建龙, 周利敏. 基于多分量特征融合与半监督学习的冰裂声信号检测方法 [J]. 声学学报, 2025, 50(4): 920–931.

江西应用型高校产教融合科教融汇与产业学院建设研究 ——构建“人工智能 + 专业集群”产业学院新模式

宋伟强, 叶珍

南昌理工学院, 江西 南昌 330044

DOI: 10.61369/TACS.2026050051

摘 要 : 在人工智能加速重构知识体系和促进产业发展的态势下, 发展新质生产力对高素质复合型人才提出迫切需求。本文聚焦江西省属高校, 提出构建“人工智能 + 专业集群”产业学院新模式。通过比较分析“企业主导型”、“政府 - 高校 - 多企业协同型”与“开源社区驱动型”三类典型范式, 综合分析产业学院的优势, 提出江西应构建“政府引导、高校主导、开源赋能、多企业协同”的“人工智能 + 专业集群”产业学院的融合创新范式。研究设计“五维一体”系统架构, 涵盖动态专业调整、微专业与小学期、科研 - 教学 - 实践融合、双师型师资建设与多功能服务平台, 并构建“五维评价 + 红黄蓝预警 + 闭环优化”长效机制。建议以江西“1269行动计划”为牵引, 在智能制造、数字经济、新文科等领域先行试点, 推动产教融合新范式的开展, 为区域新质生产力发展提供人才支撑。

关 键 词 : 人工智能; 产教融合; 产业学院; 专业集群; 江西模式

Research on the Integration of Industry and Education, the Convergence of Science and Education, and the Construction of Industrial Colleges in Jiangxi's Applied Universities: Establishing a New Model of "Artificial Intelligence + Professional Cluster" Industrial Colleges

Song Weiqiang, Ye Zhen

Nanchang Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi 330044

Abstract : Amid the accelerated transformation of knowledge systems and industrial advancement driven by artificial intelligence, developing new-quality productive forces has created an urgent demand for high-caliber interdisciplinary talents. This paper focuses on universities under Jiangxi Province's jurisdiction and proposes establishing a novel "Artificial Intelligence + Professional Cluster" industrial college model. Through comparative analysis of three typical paradigms— "enterprise-led," "government-university-multiple-enterprise collaborative," and "open-source community-driven" — and a comprehensive evaluation of industrial colleges' strengths, the study advocates for Jiangxi to adopt an integrated innovation framework characterized by "government guidance, university leadership, open-source empowerment, and multi-enterprise collaboration." The research designs a five-dimensional system architecture encompassing dynamic program adjustments, micro-specializations and short-term courses, integration of research-teaching-practice, dual-qualified faculty development, and multifunctional service platforms, alongside a long-term mechanism combining "five-dimensional evaluation, red-yellow-blue early warning systems, and closed-loop optimization." It recommends leveraging Jiangxi's "1269 Action Plan" to pilot this model in smart manufacturing, digital economy, and new humanities fields, thereby advancing industry-education integration and providing talent support for regional productivity enhancement.

Keywords : artificial intelligence; industry-education integration; industrial college; professional cluster; Jiangxi model

项目信息: 江西省高等教育学会2024年度学会重点课题“江西应用型高校产教融合科教融汇与产业学院建设研究——构建人工智能 + 专业集群产业学院”(课题编号: ZH-C-007)。

作者简介: 宋伟强(1980—), 男, 本科, 高级政工师, 研究方向: 非物质文化遗产、旅游管理、人工智能应用管理、产教融合、企业经营管理。

通讯作者: 叶珍(1990—), 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 人工智能应用管理、教育管理。

引言

AI 时代下应用型高校的转型使命

ChatGPT、Deepseek、通义千问等 AI 迅猛发展，重塑知识获取模式，缩短技术、产业、人才迭代周期，全面渗透制造、医疗、文旅、农业等各行各业，催生跨学科整合、智能工具应用、持续创新三大人才新标准，给应用型本科高校带来机遇与挑战。^[1]

教育部相关文件明确支持应用型高校建设现代产业学院。江西正值产业转型升级期，数字经济、智能制造等新兴产业急需智能技术应用型人才，传统培养模式已难适配。

当下高校探索 “AI + 专业” 融合，打造人工智能 + 专业集群产业学院，成为破解人才供给难题的关键路径；微专业、小学期、项目制学习等也为 AI 与专业融合育人提供支撑。

本研究以江西省属应用型本科高校为对象，结合区域产业现状，探究 “人工智能 + 专业集群” 产业学院建设路径，以期助力产教融合、科教融汇，提升高校服务地方发展能力，为区域经济高质量发展提供理论与实践参考。

一、理论基础与政策依据

本研究以产教融合与科教融汇为框架，结合协同治理理论、成果导向教育（OBE）理念、创新生态系统理论及各级相关政策，为构建 “人工智能 + 专业集群” 产业学院奠定基础。

协同治理理论强调政府、高校、社会等多元主体共治共享，通过资源共享、责任共担、利益协调实现共赢，为产业学院提供制度保障。OBE 理念则以学生成果为导向反向设计课程，确保人才培养与社会需求精准对接，要求产业学院从岗位能力出发重构课程内容，强化能力培养与出口精准。根据创新生态系统理论，由政府、高校、企业、科研机构、开源平台等多元重构的产业学院实为开放创新网络，重在资源互补、知识重构与相互协同，进一步强调了开源社区的 “技术枢纽” 的关键作用。

政策层面，《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》《现代产业学院建设指南（试行）》明确提出，校企协同育人，设立产业学院。江西省相应出台《江西省普通本科高校现代产业学院建设实施方案》，透过江西省 “1269 行动计划”，明确人工智能等产业集群方向。2025 年，《江西省人工智能与制造业数字化转型协同实施方案》进一步提出，建设 “人工智能 + 制造” 交叉学科建设，创新产学研合作培养模式^[2]。

综上，构建 “人工智能 + 专业集群” 产业学院具备充分的理论与政策依据，亟需在实践中探索制度创新路径。

二、国内典型产业学院实践比较与发展趋势研判

当前，我国现代产业学院建设已形成多种实践模式。通过对三类典型范式进行比较，提炼共性经验与差异化特征，有助于为江西模式升级提供借鉴。并在此基础上提出适应江西实际的 “人工智能 + 专业集群” 产业学院新范式。

（一）企业主导型——广西科技大学启迪数字学院

2016 年，广西科技大学与启迪控股共建 “启迪数字学院”，开创了国内产业学院先河，为企业主导模式的典型代表。其核心

特征为企业深度介入学院管理（董事会决策），提供资金、设备、课程体系、导师等优势资源，高校则主要提供场地与生源。

优势在于资源整合效率高、机制灵活；局限在于高度依赖单一企业，生态开放性不足，易受双方决策波动影响。该模式虽提出 “2+1+1” 培养理念，但在 AI 技术快速迭代的背景下，难以适应多方协同需求。

（二）政府—高校—企业协同型——“江西高校产业学院模式” 的实践探索

江西在产业学院建设中逐步形成 “政府引导、高校主体、企业参与” 的协同机制，体现出较强的系统性与可持续性，已建成数十家省级及校级产业学院。典型案例包括：

宜春学院 “大数据与人工智能现代产业学院”（2021 年四方共建）：新增人工智能本科专业 1 个，获批省级一流专业 1 个、一流课程 4 门，编写教材 5 部，立项教育部协同育人项目 10 项，学生获国家级奖项 35 项，构建了跨学科、跨行业的 “双师型” 师资池^[3]。

南昌师范学院 “文化旅游产业学院”（六方共建）：聚焦数字文旅，打造专业群与实训基地，构建 “教学—实践—就业” 一体化培养体系。

江西水利电力大学机器人现代产业学院（与 11 家龙头企业共建）：实行理事会领导、多企轮岗机制，形成覆盖机器人全产业链的人才培养高地。

以上模式特征为政府主动引导、高校统筹主导、多企业协同参与，紧密对接江西省 “1269 行动计划”，具有较强的韧性与推广价值，为构建新范式提供了制度基础与实践经验。

（三）开源社区驱动型——江汉大学与 CSDN 合作实践

2025 年 6 月，多方共同启动 “开源智能网联汽车软件人才培养计划”，形成 “政—校—企” 三元协同机制。主要举措包括共建 “开心实验室”、共建课程与双师教学、推行 “微专业 + 小学期”、进行跨学科人工智能通识教育及引入 CSDN 开发者认证体系等。开心实验室实验室运行不足一年已支撑十余个并行项目，正式学生感兴趣、愿意挑战的实战学习和训练，助力超百名学

完成企业级开发，人才匹配度高^[4]。

该模式以开源社区为枢纽，整合高校资源与企业需求，构建了开放、共享、可持续的育人生态，实现了技术、项目与人才的动态汇聚，活力强劲。

（四）趋势研判：“人工智能+专业集群”融合创新

上述三种模式各有特点：企业主导型效率高但风险集中；江西模式系统性强而资源整合能力有限；开源社区驱动型生态开放却依赖较强的技术对接能力和项目合作能力。

与此同时，国内多地在“人工智能+”融合实践上已先行一步。浙江省提出建设“人工智能领域省级特色优势专业群”，支持“人工智能+X”双学位及本硕衔接项目^[5]；江苏省明确将打造人工智能品牌专业集群，推进本研贯通与双学士学位培养^[6]。而，清华大学面向各专业开设“人工智能创新创业”证书课程，推动学生将AI技术融入本专业场景^[7]；深圳理工大学则构建“人工智能+”产业创新中心，聚焦科研转化与创新创业人才培养^[8]。

展望未来，江西可依托原有基础和成功经验，以AI为底层赋能技术，打破专业壁垒，依托开放平台（如开源社区），如引入CSDN等开源社区作为技术赋能方，通过真实项目驱动，向“政府引导、高校主导、开源赋能、多企协同”的新范式升级，从而推动产业学院的深度融合与可持续发展。

三、新模式构建：“人工智能+专业集群”产业学院系统设计

基于前文分析，本研究提出构建“政府引导、高校主导、开源赋能、多企协同”的“人工智能+专业集群”产业学院新范式，核心是将AI作为通识能力嵌入各专业，形成“底层能力+垂直场景”的复合人才培养体系。

（一）模式定位：融合创新的“江西新范式”

本研究提出，江西应构建“政府引导、高校主导、开源赋能、多企业协同”的“人工智能+专业集群”产业学院新范式。其核心是：

制度根基：依托“江西模式”的多方协同机制，强化顶层设计；

技术引擎：引入CSDN等开源社区，提供动态技术资源与项目供给；

路径：通过“微专业+小学期+项目制”三位一体，实现灵活化、实战化育人；

目标导向：培养具备AI通识素养与行业场景应用能力的复合型技术人才。

（二）“五维一体”系统架构

1. 动态专业调整机制：构建“AI+”专业集群

建立与产业需求联动的专业设置与评估机制，每学年评估专业适配度，围绕“1269行动计划”，构建“AI+智能制造”、“AI+智慧文旅”、“AI+绿色能源”、“AI+现代农业”等专业集群。实行大类招生模式，由学生在通识教育和学科基础培养后，自由选择AI微专业方向。

2. “微专业+小学期”课程新形态：实现灵活化与实战化

开设6-12学分的微专业（如《AI图像处理》《智能语音应用》《工业大数据分析》《AIGC创意设计》等），面向全校学生开放，实行学分互认。推动跨学科人工智能通识教育，培养AI应用能力的复合型人才。

小学期项目制：利用暑期集中4-6周开展“真实项目实训”，组织学生进驻企业或开源社区，完成智能网联汽车视觉识别算法开发、智能工厂缺陷检测优化等一线任务。西南大学2025年“AI+智能网联新能源汽车”微专业在暑期集中4周开设“AI+智能网联新能源汽车”微专业，将基于CARLA场景库与硬件在环系统，实施“虚拟仿真—实车测试”三级实验体系，并与全国智能网联汽车大赛对接，以期提升学生跨学科能力与岗位适应性^[9]。

3. 科研—教学—实践融合机制：打通创新闭环

推动教师横向课题转化为教学案例，鼓励学生参与导师科研项目形成“师生共创”项目包，并通过开源贡献或企业项目孵化、申请专利等创新创业成果，形成“科研→教学→实践→转化”的创新闭环。

4. “双师型”师资队伍建设：构建多元导师体系

实施教师企业挂职（每年不少于1个月），引进企业工程师承担30%以上实践课程，并邀请开源社区技术专家、项目工程师担任校外导师，设立产业教授岗位，构建多元师资体系。

四、机制构建与实施路径

为确保“人工智能+专业集群”产业学院可持续发展，建议江西应用型高校借鉴先进经验，构建以量化评价为导向的长效运行机制，重点围绕以下四方面推进：

（一）建立“五维一体”动态评估体系

由省教育厅牵头，构建年度评估指标体系，涵盖：

1. 人才培养质量：就业对口率、起薪水平、开源认证数量等；
2. 企业满意度：对毕业生能力、项目交付质量的评价；
3. 成果转化效率：专利、软著、开源项目贡献数量；
4. 社会影响力：行业认可度、示范推广情况；
5. 可持续性：资金稳定性、企业/社区参与度、师资更新率。

评估应结合教育部提出的“目标—过程—产出—影响”四维模型，实现全周期绩效管理，形成“评价—反馈—改进”闭环^[10]。实施“年度评估+第三方评价”机制，每年由教育主管部门组织检查，并引入行业协会或咨询机构开展独立评估，形成“问题清单—整改建议—下年度改进”的持续优化闭环。

（二）实行“红黄蓝”预警与动态退出机制

蓝色（优秀）：予以奖励与推广；黄色（待改进）：限期整改；红色（不合格）：暂停招生或重组。对连续两年获“红色”预警的产业学院实行摘牌，确保资源高效配置。

（三）明确四方协同实施路径

政府：出台专项政策、设立基金、推动“开源进校园”；

高校：重构专业体系、推行小学期、设立专职机构、激励教

师参与；

企业：提供真实项目、开放资源、探索“订单式”培养；

开源社区：开放技术资源、发布项目任务、开展开发者认证。

通过四方协同，构建“政策有支持、教学有改革、企业有回报、社区有活力”的良性生态，保障产业学院可持续发展。

（四）数字化管理平台建设

开发“产业学院智慧管理平台”，功能包括：学生能力画像系统（基于学习行为数据分析）；项目智能匹配引擎（自动推荐适合任务）；成果展示与认证通道（对接 GitHub、CSDN 开发者等级）。

五、结论与展望

本研究立足江西应用型高校发展需求，提出构建“人工智能 + 专业集群”产业学院的新范式。通过分析现实瓶颈并借鉴江汉大学与 CSDN 等前沿实践，构建了以 OBE 为导向、“微专业 + 小学

期 + 项目制”为路径的“五维一体”系统架构，旨在深化产教融合与科教融汇。

研究指出，产业学院建设呈现多元化趋势。江汉大学“高校 + 开源社区 + 产业集群”的协同育人实践，为江西提供了可复制的高水平融合路径。该模式以开源社区为枢纽，实现技术、项目与人才的动态汇聚，具有较强的推广价值。

展望未来，江西应以“1269 行动计划”为牵引，推动高校主动对接开源生态，完善专业动态调整与多方协同机制。建议在智能制造、数字经济、数字人文等领域优先试点，逐步形成可复制的现代产业学院“江西模式”，为区域新质生产力发展提供人才支撑。

随着人工智能向经济社会全领域渗透，高校构建“AI+ 专业”新范式已刻不容缓。正如吴岩（2025）所强调：“到 2025 年重点高校全面构建‘人工智能通识 + 专业交叉’课程体系”，现代产业学院正是实现这一转型的关键载体。江西若能把握机遇、系统推进，有望在人工智能赋能高等教育改革中走在前列。

参考文献

[1] 教育部办公厅工业和信息化部办公厅. 现代产业学院建设指南（试行）[EB/OL]. 教高厅函〔2020〕16号, 2020-07-30[2025-09-23].

[2] 江西省工业强省建设工作领导小组. 江西省人工智能与制造业数字化转型协同实施方案 [Z]. 赣共强省小组字〔2025〕3号, 2025-05-23. 内部资料.

[3] 中国教育报. 创新“四位一体”办学模式 培养数智人才 [N]. 2025-05-12(05).

[4] 江汉大学新闻网. 师生校友应邀出席第三届软件创新发展大会 [EB/OL]. 江汉大学新闻网, 2024-06-13.

[5] 浙江省教育厅. 人工智能赋能高校教育教学创新提质行动方案：浙教高教〔2025〕46号 [Z]. 2025-05-26.

[6] 江苏省教育厅. 加快人工智能领域卓越人才培养行动计划：苏教高〔2025〕9号 [Z]. 2025-05-09.

[7] 清华大学基础工业训练中心. 人工智能创新创业能力提升证书培养方案 [EB/OL]. 2023-12-19.

[8] 刘森君. 深圳理工大学“人工智能+”产业创新中心揭牌 [N]. 人民网深圳频道, 2025-04-03.

[9] 西南大学工程技术学院. 西南大学2025年“AI+ 智能网联新能源汽车”微专业招生简章 [EB/OL]. 2025-06-09[2025-10-17].

[10] 教育部高等教育司. 现代产业学院建设成效评价工作提示 [Z]. 2024-03-15.

我国智能制造系统解决方案综述：发展态势、能力现状与提升路径研究

李广朋, 牛鹏飞, 郭峻源, 王明钊
机械工业仪器仪表综合技术经济研究所, 北京 100032
DOI: 10.61369/TACS.2026050053

摘 要 : 在全球制造业数智化转型与我国“十四五”智能制造发展规划的双重驱动下, 智能制造系统解决方案已成为连接技术创新与产业实践的核心纽带。本文基于2023—2025年智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”项目及我国智能制造系统解决方案发展情况, 从市场规模、行业分布、区域特征及国内外能力对比方面, 系统梳理我国解决方案发展格局与演进趋势。研究表明, 我国智能制造系统解决方案已形成需求牵引、政策驱动、区域集聚、集成升级的发展态势, 预计2026年市场规模将突破1.2万亿元; 装备、原材料行业成为需求主力, 华东、华北区域集聚效应显著, 多场景集成化智能化成为核心攻关方向。通过对工厂规划、研发设计、制造运行管理等14类解决方案的国内外能力对标发现, 我国在制造运行、质量管理、仓配一体化等生产管控类领域已实现并跑, 但研发设计、高端工艺优化、核心算法等领域仍存在短板。最后从技术攻关、生态培育、场景开放、标准引领四个维度提出提升路径, 为我国解决方案迈向全球第一梯队提供发展方向参考。

关 键 词 : 智能制造; 系统解决方案; 发展格局; 能力现状; 国内外对比; 提升路径

A Review of China's Intelligent Manufacturing System Solutions: Development Trends, Capability Status and Enhancement Paths

Li Guangpeng, Niu Pengfei, Guo Junyuan, Wang Mingzhao
INSTRUMENTATION TECHNOLOGY AND ECONOMY INSTITUTE, PR.CHINA, Beijing 100032

Abstract : Under the dual impetus of the global manufacturing industry's digital and intelligent transformation and China's "14th Five-Year Plan" for intelligent manufacturing development, intelligent manufacturing system solutions have become the core link connecting technological innovation and industrial practice. Based on the "Challenge and Response" projects of intelligent manufacturing system solutions from 2023 to 2025 and the development status of China's intelligent manufacturing system solutions, this paper systematically reviews the development pattern and evolution trend of China's solutions from the aspects of market size, industry distribution, regional characteristics, and domestic and international capability comparisons. The research shows that China's intelligent manufacturing system solutions have formed a development trend driven by demand, policy, regional agglomeration, and integrated upgrading. It is estimated that the market size will exceed 1.2 trillion yuan in 2026. The equipment and raw materials industries have become the main demand forces, and the agglomeration effect in the East China and North China regions is significant. Multi-scenario integration and intelligence have become the core research directions. Through the comparison of domestic and international capabilities in 14 types of solutions such as factory planning, R&D design, and manufacturing operation management, it is found that China has achieved parity in production control fields such as manufacturing operation and quality management, but there are still shortcomings in R&D design, high-end process optimization, and core algorithms. Finally, enhancement paths are proposed from four dimensions: technological breakthroughs, ecosystem cultivation, scenario opening, and standard leadership, providing a reference for the development direction of China's solutions to enter the first echelon globally.

Keywords : intelligent manufacturing; system solutions; development pattern; capability status; domestic and international comparison; enhancement paths

引言

当前，全球制造业竞争格局正经历深刻重塑，各国正加速抢占智能制造系统解决方案制高点，发展智能制造系统解决方案，对于巩固壮大我国制造业根基、打造智能制造“升级版”乃至掌握未来发展主动权具有重要意义。“十四五”以来，在市场需求与政策引导的“双轮驱动”下，我国智能制造系统解决方案实现了跨越式发展^[1]。工业和信息化部、市场监管总局已连续三年开展智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”工作，培育形成了覆盖重点行业、层次丰富的供应商体系，在智能制造装备、工业软件与系统集成等领域攻克了一系列关键问题，推动了系统解决方案能力从“单一场景化”向“集成化智能化”跃升，实现了从“跟跑”到“并跑”乃至部分领域“领跑”的角色转变，为冲击全球第一梯队奠定了基础。

一、我国智能制造系统解决方案整体发展态势

我国智能制造系统解决方案的发展呈现出显著的“双轮驱动”特征，全球最大的市场需求与具有引导力的政策体系共同构成了产业发展的核心动力^[2]。这一双重优势为我国系统解决方案供应商提供了广阔的应用场景和有利的政策支撑，推动了产业规模的快速发展与基础能力的持续提升。

（一）需求旺盛：促进系统解决方案蓬勃发展

中国拥有世界上最完整的工业体系，制造业增加值占全球比重超过30%，连续13年位居世界首位。这一庞大的产业基数产生了对数智化改造的巨大而迫切的内生需求^[3]。根据高工机器人产业研究所（GGII）数据，2023年中国智能制造系统解决方案市场规模已达约7732亿元，预计到2026年整体市场规模将突破1.2万亿元，这一全球最大的市场容量与应用深度，为本土解决方案提供了很好的试炼场和迭代机会，是其能力快速提升并能够与国际巨头同台竞技的关键因素。

（二）政策牵引：保障系统解决方案行稳致远。

“十三五”“十四五”期间，我国从政策、技术、市场、标准等层面发力，配套出台100余项智能制造系统解决方案及供应商培育相关的政策，为我国智能制造系统解决方案市场快速发展注入了强大的外部驱动力。一是《“十四五”智能制造发展规划》鼓励联合创新，推进工艺、装备、软件、网络的系统集成和深度融合，开发面向典型场景和细分行业的解决方案；二是持续开展“智能制造系统解决方案揭榜挂帅”项目，发掘培育了一批掌握核心技术、深耕细分行业、具有工业基因的专业化供应商；三是成立智能制造系统解决方案供应商联盟，构建智能制造系统集成技术研发、行业应用和市场推广的一体化公共服务平台，推动供应商发展和解决方案复制推广^[4]。

（三）供给发力：加速服务能力全面跃升

在需求与政策双重驱动下，国内各类解决方案供应商6400余家，其中主营业务收入超10亿元的企业已达160余家，形成了一个层次丰富、竞争活跃的供给体系。智能装备领域，国内以汇川、和利时、新松机器人等为代表，正由“硬”向“软”延伸。汇川为其伺服系统、PLC等核心产品开发了配套的SCADA、MES软件，在锂电、光伏等行业提供一体化解决方案。软件服务方面，国内以金蝶国际、中望、摩尔软件、宝信等为代表，在全

球化部署、多语言支持、云原生架构和订阅制商业模式等领域已经达到国外巨头厂商同等水平。系统集成方面，以树根互联、中机六院、中汽工程、赛意等为代表，成为市场的主力军^[5]。总体来看，我国的供给侧在产业规模、软硬件产品、工程服务等方面已具备一定基础，但目前仍缺少像西门子、施耐德电气等国际厂商那样，具备覆盖设计—制造—运维—服务的全栈式技术服务能力的供应商；此外在标准化接口与行业规则库沉淀、中间件与平台化产品、伙伴生态（ISV/SI/OT）协同、全球化交付与规模化复制等方面仍显不足，供给生态仍不完善。

二、智能制系统解决方案主要分类与能力分析

（一）我国智能智能系统解决方案行业分布情况

从智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”公开数据看，2023—2025年累计共有2600余个项目申报，317个解决方案入选工信部揭榜名单，累计攻关/应用技术1000余项、核心装备900余项、工业软件900余项，实现了装备、软件与系统的集成创新^[6]。从四大类行业分布看，系统解决方案在行业内实现规模化渗透，装备行业解决方案数量居首，达872项，占比50.8%；原材料行业444项，占27.0%；消费品行业236项，占12.3%；电子信息行业224项，占9.8%。装备行业尤其是汽车及零部件领域由于产业规模大、竞争激烈，成为系统解决方案集聚领域。

（二）我国智能智能系统解决方案主要分类

为分析我国与国际先进水平在智能制造系统解决方案上的能力水平与差距，本章节面向产品全生命周期、生产制造全过程和供应链全环节开展解决方案分析，以智能制造典型场景参考指引（2025版）的八大关键环节为主线，将智能制系统解决方案归纳为14类，从市场规模与技术水平进行深度剖析，直接给出结论，为后续智能制造系统解决方案支撑方向提供依据^[7]。

1. 工厂规划解决方案

方案概述：工厂规划解决方案聚焦设备/产线布局优化、物流路径仿真、产能节拍模拟等应用，通过数字化建模与仿真技术，帮助企业缩短工厂建设周期、提升资源配置水平。

能力水平：工厂规划解决方案市场呈现“国外主导、国内跟随”的竞争态势。后续应聚焦复杂生产过程建模、高性能仿真引擎等方面开展技术攻关，并通过示范项目验证技术路线，逐步实

现从“工程服务”到“平台产品”的转型。

2. 研发设计解决方案

方案概述：研发设计解决方案聚焦于产品设计和工艺设计场景，基于 CAD、CAE、CAPP、CAM 等软件实现从概念建模、结构分析、工艺设计到生产制造的全过程支持，帮助企业提升产品设计精度、优化工艺设计流程。

能力水平：我国研发设计解决方案市场呈现“国外方案占据主导，国内方案逐步成型”的市场态势。后续应重点围绕高性能三维几何内核、核心求解器、多物理场耦合仿真等开展技术攻关，在重点行业逐步形成智能化的研发设计解决方案体系^[8]。

3. 制造运行管理解决方案

方案概述：制造运行管理解决方案主要聚焦生产计划执行、生产数据采集、设备管理和质量管理等业务活动，通过实时数据采集、分析与决策优化，实现从原材料到成品的全流程透明化管理。

能力水平：我国制造运行管理系统（MOM/MES）解决方案在市场规模和技术水平上已具备较强竞争力。尽管国际巨头在高端市场占据一定优势，但国产 MES 凭借本土化适配与成本优势，已在 600+ 企业案例中验证全链条数字化能力，技术差距显著缩小。

4. 生产计划与调度解决方案

方案概述：生产计划与调度解决方案聚焦主生产计划制定、订单智能分解、多工厂产能协同、动态车间排程四大核心场景，通过高级计划排程系统、有限产能建模等技术，帮助企业实现生产计划和调度的优化与智能化。

能力水平：目前我国生产计划与调度解决方案市场正经历快速增长，技术方面仍与国外方案存在一定差距。后续应聚焦模型构建、优化引擎等方面开展技术攻关，并进行行业知识沉淀，建立覆盖汽车、电子等领域的规则库与模型库，提升场景适配能力。

5. 仓配一体化解决方案

方案概述：仓配一体化解决方案主要面向仓储布局优化、智能分拣与调度、库存管理与路径规划等场景。通过应用智能仓储管理系统与自动化控制系统，为企业提供高效的仓储系统建设、智能化分拣与路径规划服务。

能力水平：仓配一体化解决方案市场呈现“国内方案与国外方案基本相当”的态势。国内方案在技术集成柔性、快速交付及成本控制等方面已形成一定优势，但在全链条系统深度集成和长期可用性方面仍有一定差距。

6. 能碳管理解决方案

方案概述：能碳管理解决方案是基于物联网、大数据和人工智能技术的综合管控系统，通过数字化手段实现能源消耗与碳排放的全流程管理。系统核心功能包括碳足迹追踪、能源优化调度、绿电交易和 ESG 报告等，旨在帮助高耗能企业实现减碳目标、提升能源效率并满足监管要求。

能力水平：我国能碳管理解决方案在碳核算精准度、政策适配性等核心指标上已达到国际先进水平。在实时监测、绿电交

易、碳资产开发等基础功能模块，国内方案展现出较强的本土化服务能力。

7. 柔性产线解决方案

方案概述：柔性产线解决方案聚焦于多品种、小批量生产环境，通过应用自动化控制技术、仿真工具和数据集成手段，帮助企业提升产线的灵活配置与快速切换能力。

能力水平：柔性产线解决方案市场呈现“国内方案迅速崛起，国外方案在高端市场具备优势”的态势。尽管国内方案在市场份额和技术水平上取得了显著进展，但在高精密制造、系统集成和核心部件领域，仍存在一定差距^[9]。未来应聚焦于高端机器人技术、可重构软件开发及关键核心部件开展攻关，持续推动技术创新与产业升级。

8. 工艺优化解决方案

方案概述：工艺优化解决方案面向工艺参数调整、设备控制等场景，通过集成控制系统与工艺优化软件，实现实时工艺参数优化、生产过程自适应调整及设备控制优化等目标。

能力水平：我国工艺优化解决方案市场占有率仍落后国外方案。技术上，国内方案整体水平与国外存在一定差距，后续应加大对跨工艺优化算法、智能调度与决策引擎等技术的研发。

9. 智能检测解决方案

方案概述：智能检测解决方案针对传统生产过程中人工检测精度低、检测效率差以及无法在线上传的问题，面向产品质量控制、缺陷检测、过程监测等多种检测场景，将产品特性和生产过程进行自动化检测与实时分析，解决生产过程中存在的检测误差、质量控制滞后、设备故障检测不及时等核心问题。

能力水平：我国基于机器视觉的智能检测解决方案在检测速度、算法准确率、系统稳定性等关键指标上已与国际先进水平持平。但在核心传感器研发、算法优化等核心技术仍有一定差距，核心部件需依赖国外产品。

10. 质量管理解决方案

方案概述：质量管理解决方案通过实时采集生产数据，建立质量关联模型，实现缺陷预测、全流程追溯等功能，确保产品质量符合标准。

能力水平：我国质量管理解决方案在核心技术、行业应用两个方面达到国际先进水平。当前国内方案在检测精度、追溯深度等核心指标上已逐步超越国外方案^[10]。

11. 设备管理解决方案

方案概述：设备管理解决方案是通过物联网、大数据和人工智能技术，实现工业设备实时监控、预测性维护、工单管理、能耗分析等核心功能的综合数字化管理平台，能够帮助制造企业提升设备利用率、降低运维成本、保障生产连续性。

能力水平：我国设备管理解决方案除预测性维护技术外，在功能完整性、系统稳定性、数据安全性等关键指标上已与国际先进水平持平。在实时监控、工单管理、能耗分析等基础功能模块，国产系统甚至展现出更优的本地化适配能力。

12. 运营管理解决方案

方案概述：运营管理解决方案主要面向资源配置不合理、生

产调度混乱、信息流转效率低等问题，通过集成运营管理平台，应用数据分析、智能调度与优化算法等方式，解决运营中存在的资源浪费、产能不平衡和响应迟缓等核心问题。

能力水平：我国运营管理解决方案在市场规模和占有率上具有一定优势，技术上达到国际先进水平。后续可在数据底座、过程数字孪生、可编排业务流程等智能化方面持续攻关，把国内运营管理解决方案水平从“并跑”推向“领跑”。

13. 产品服务解决方案

方案概述：产品服务解决方案主要面向远程运维、售后服务、客户关系管理等场景，通过构建产品服务管理平台，应用物联网、大数据分析和人工智能等技术，提供远程运维、智能客服支持、全生命周期管理等服务。

能力水平：我国产品服务解决方案具备优势，技术上在远程运维、智能客服与数据驱动的服务管理等方面已达到国际领先水平。随着人工智能技术的广泛应用，国内方案市场占有率正逐渐增大。

14. 供应链管理解决方案

方案概述：供应链管理解决方案主要面向采购管理、库存优化、供应商协同等场景，通过构建供应链管理平台，应用大数据分析、人工智能预测和物联网等技术，构建高效、透明、柔性的供应链体系，实现从单点优化向全链协同的转型。

能力水平：我国供应链管理解决方案在国内市场已占据主导地位，技术水平已达到国际先进水平。逐步形成面向全球网络的“多企业—多区域”供应链协同生态。

三、未来发展建议

当前，全球制造业正加速向智能化、服务化、生态化转型，以系统解决方案为牵引的产业模式创新已成为主要工业国家的战略焦点。我们必须坚持以智能制造为主攻方向，发挥体制优势和市场优势，持续推进系统解决方案遴选培育行动，加快构建安全可控、先进高效的智能制造体系。

一是面向智能制造“升级版”需求，深化系统解决方案遴选培育。持续推进智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”，针对不同层次智能工厂高水平建设需求，深度融合人工智能技术，以遴选为抓手，培育为核心，打造集成化智能化智能制造系统解决方案，推动我国系统解决方案供给侧能力迈向世界第一梯队。

二是推动应用场景开放，加速 AI 技术落地应用。与智能工厂梯度培育形成联动，开放智能排产、质量自优化、预测性维护、AI 辅助研发等高质量工业场景，开展算法训练、模型调优和系统验证，持续迭代优化 AI 模型，加快形成知识驱动、自主决策的智能化解决方案，推动成果在行业内规模化应用。

三是培育领军企业和产业生态，提升系统集成能力。依托系统解决方案供应商联盟，重点支持一批具有产业带动力和生态构建能力的龙头企业，打造覆盖“数据—模型—软件—平台”的全栈式解决方案能力。推动大中小企业融通发展，构建开放协同的产业生态体系，提升我国智能制造系统解决方案的整体竞争力。

四是加强国际合作与标准引领，提升全球话语权。积极参与国际标准制定，鼓励国内企业与国际先进企业开展技术交流与合作，依托国际智能制造联盟，支持国内解决方案走出去，参与全球市场竞争，打造中国智造的国际品牌。

参考文献

[1] 本刊讯. 2018 工业互联网系统解决方案高峰论坛成功召开 [J]. 自动化博览, 2018, 35(12):15.

[2] 王万. 区域智能制造发展战略与对策研究 [D]. 北京建筑大学, 2020.

[3] 熊先青, 吴智慧. 家居产业智能制造的现状与发展趋势 [J]. 林业工程学报, 2018, 3(06):11-18.

[4] 石春竹, 韩庆敏, 李末军. 面向服务的物联汇聚平台的研究与开发 [J]. 微型机与应用, 2017, 36(22):4.DOI:10.19358/j.issn.1674-7720.2017.22.001.

[5] 中机联. 张克林执行副会长在 2018 中国国际机器人产业发展高峰论坛上的致辞 [J]. 工程机械, 2018.

[6] 李永龙. MCM CHINA: 高质量发展, 向新而行 [J]. MW Metal Cutting, 2025(1).

[7] 王万. 智能制造系统解决方案供应商政策实施成效, 存在问题及对策研究 [J]. 制造业自动化, 2023, 45(1):82-84.

[8] 信息技术与标准化编辑部. 2025 智能制造系统解决方案大会在京召开 [J]. 信息技术与标准化, 2025(9).

[9] 邵海军, 罗涛. 基于 5G 和 IMS 技术的智能制造系统解决方案 [J]. 科学技术创新, 2021(29):3.

[10] 赛迪智库智能制造形势分析课题组. 2018 年中国智能制造发展形势展望 [J]. 电器工业, 2018.DOI:CNKI:SUN:DQGY.0.2018-02-019.