

# 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4期 2026年2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:

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 论文未曾以任何形式公开发表过。
5. 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



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

- 001 大数据环境下敏感数据识别分类分级技术优化与安全管控策略 邹婷  
Optimization of Sensitive Data Identification, Classification and Grading Technology  
and Security Control Strategies in the Big Data Environment Zou Ting
- 004 企业财务共享中心财税一体化建设——以 H 公司为例 张燕军  
Construction of Financial and Tax Integration in Enterprise Financial  
Shared Service Centers— A Case Study of H Company Zhang Yanjun
- 008 基于暗场稀疏先验的 QDPC 相位重建  
与缺陷检测 曾子铭, 夏宇轩, 刘玄玉, 王艳华, 李好, 涂雨轩  
QDPC Phase Reconstruction and Defect Detection  
Based on Dark-Field Sparse Prior Zeng Ziming, Xia Yuxuan, Liu Xuanyu, Wang Yanhua, Li Hao, Tu Yuxuan
- 011 美育引领下高职传统文化课堂“五育融合”教学模式构建  
——以《3dsMax&VRay 效果图制作》课程为例 陈琳  
Construction of "Five-Education Integration" Teaching Mode in Traditional Culture  
Classroom of Higher Vocational Education under the Guidance of Aesthetic  
Education —— Taking the Course "3dsMax&VRay Rendering"  
as An Example Chen Lin
- 014 基于智能感知的光伏系统蓄电池电流在线监控器  
创新设计与效能优化 余剑生  
Innovative Design and Efficiency Optimization of On-line Monitor for Battery Current  
of Photovoltaic System Based on Intelligent Sensing Yu Jiansheng
- 017 区域特种机器人产业发展现状及研发需求  
调查报告 赵炫弟, 宋崇栋, 李孟, 袁涛, 季本波, 陈杨  
The Investigation Report of Development Status and Research  
and Development Needs of Regional Special Robot  
Industry Zhao Xuandi, Song Dongdong, Li Meng, Yuan Tao, Ji Benbo, Chen Yang
- 020 基于动态 Token 聚合注意力机制的双模态 OCTA  
分割网络 李鸿飞, 王文念, 梅嫣嫣, 彭磊  
Dual-Modal OCTA Segmentation Network Based on Dynamic Token Aggregation  
Attention Mechanism Li Hongfei, Wang Wennian, Mei Yanyan, Peng Lei
- 023 基于点云数据的非对称变位斜齿轮传动误差检测 文领  
Detection of Transmission Error of Asymmetric Variable-Position  
Helical Gear Based on Point Cloud Data Wen Ling
- 029 新工科背景下“C 语言程序设计”课程思政教学改革与实践 张萍, 孔德凤  
Reform and Practice of Ideological and Political Education in the Course of  
"C Language Programming" under the Background of  
New Engineering Zhang Ping, Kong Defeng

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

- 032 大数据时代下裸眼 3D 在户外广告中的应用发展 曾潇  
Application and Development of Glass-Free 3D in Outdoor Advertising  
in the Big Data Era Zeng Xiao
- 035 计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用探讨 蒋超静  
Discussion on the Application of Computer Technology in Mechanical Manufacturing  
Equipment and Its Automation Jiang Chaojing
- 038 城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测模型研究 李仙仙  
Research on the Intelligent Detection Model for Risk Sources in the Operation  
Protection Zone of Urban Rail Transit Li Xianxian

|     |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 041 | 检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展路径研究<br>Research on the Path of Inspection and Testing Services Empowering the High-Quality Development of Liaoning's Advantage Industries                                                       | 谢晓波<br>Xie Xiaobo                                                                                         |
| 044 | 地浸采铀数据管理与智能分析系统研发与应用<br>Research and Application of Data Management and Intelligent Analysis System for In-Situ Leaching Uranium Mining                                                                             | 王晓伟, 刘志锋, 周义朋, 张传飞, 周意如<br>Wang Xiaowei, Liu Zhifeng, Zhou Yipeng, Zhang Chuanfei, Zhou Yiru              |
| 047 | 潍坊生姜产业发展困境与辐照脱毒技术的应用前景研究<br>Research on the Development Dilemma of Weifang Ginger Industry and the Application Prospect of Irradiation Detoxification Technology                                                    | 李琳琳, 邢玉园, 王钊奇<br>Li Linlin, Xing Yuyuan, Wang Zhaoqi                                                      |
| 050 | 虚拟仿真与声音建模技术在钢琴结构教学中的应用研究——基于“结构－声音－艺术表达”模型<br>Research on the Application of Virtual Simulation and Sound Modeling Technology in Piano Structure Teaching——Based on the "Structure-Sound-Artistic Expression" Model | 胡倩如, 刘兆蕤<br>Hu Qianru, Liu Zhaorui                                                                        |
| 054 | 基于物联网技术应用课程思政建设与研究<br>Ideological and Political Construction and Research of Application Based on Internet of Things Technology                                                                                     | 梅隼, 杜娟, 张胜, 洪蕾, 陈琛, 胡国华, 胡学友<br>Mei Jian, Du Juan, Zhang Sheng, Hong Lei, Chen Chen, Hu Guohua, Hu Xueyou |
| 057 | 基于枣庄大数据领域发展现状对“城市大脑”的研究<br>Research on "City Brain" Based on the Development Status of Zaozhuang's Big Data Field                                                                                                   | 朱恒超, 王亚男, 朱恒海, 王伟, 吴玉琳<br>Zhu Hengchao, Wang Ya'nan, Zhu Henghai, Wang Wei, Wu Yulin                      |
| 060 | 基于可视化规则引擎的轨道交通车辆智能预警系统研究——以 CJ6 型动车组为例<br>Research on Intelligent Early Warning System for Rail Transit Vehicles Based on Visualized Rule Engine --Take the CJ6 type EMU as an example                              | 仲继生, 陈之恒<br>Zhong Jisheng, Chen Zhiheng                                                                   |

## 人工智能 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 065 | AI 辅助教学在虚拟现实技术专业课程中的应用探索<br>Exploration on the Application of AI-Assisted Teaching in Professional Courses of Virtual Reality Technology                                                                                                                                                                            | 慕万刚<br>Mu Wan'gang                                          |
| 068 | 人工智能在计算机应用软件开发中的应用探索<br>Exploration of the Application of Artificial Intelligence in Computer Application Software Development                                                                                                                                                                                      | 郑建波<br>Zheng Jianbo                                         |
| 071 | 数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合<br>In-depth Integration of AI Technology and Higher Vocational Computer Course Teaching in Digital Transformation                                                                                                                                                                        | 张海清<br>Zhang Haiqing                                        |
| 074 | 面向 AI 应用的计算机基础实践教学创新研究<br>Research on Innovative Teaching of College Computer Foundation Practice Oriented to AI Applications                                                                                                                                                                                       | 解琨阳<br>Xie Kunyang                                          |
| 077 | 以人工智能助力企业转型发展<br>Artificial Intelligence Empowers the Transformation and Development of Enterprises                                                                                                                                                                                                                 | 肖纬昊<br>Xiao Weihao                                          |
| 080 | 通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用探索<br>Exploration of the Application of Communication Technology and Electronic Information Technology in the Field of Artificial Intelligence                                                                                                                                                 | 林庆强, 张永政, 孙元绪<br>Lin Qingqiang, Zhang Yongzheng, Sun Yuanxu |
| 083 | 人工智能驱动产教融合：高育人模式创新与理论探析<br>Artificial Intelligence-Driven Integration of Industry and Education: Innovation and Theoretical Analysis of Talent Cultivation Models in Higher Vocational Colleges                                                                                                                     | 杜妍<br>Du Yan                                                |
| 086 | 小龙虾机器人在 AI 教学中的应用研究<br>Research on the Application of Shrimp Robot in AI Education                                                                                                                                                                                                                                  | 段珊, 李伟, 周燕<br>Duan Shan, Li Wei, Zhou Yan                   |
| 089 | AI 辅助的 JavaEE 课程实践教学改革创新研究——基于华为云平台<br>Research on AI-Assisted Practical Teaching Reform in JavaEE Courses—Based on the Huawei Cloud Platform                                                                                                                                                                       | 林涛, 张扬嵩<br>Lin Tao, Zhang Yangsong                          |
| 092 | AI+XR 自适应沉浸空间的情绪设计理论与实践：大学生焦虑舒缓环境的公共艺术建构<br>Theory and Practice of Emotional Design in AI+XR Adaptive Immersive Spaces: Public Art Construction for Anxiety-Relief Environments for College Students                                                                                                                | 何念, 林子钰<br>He Nian, Lin Ziyu                                |
| 095 | AIGC 赋能非遗教学中“人机协同创意素养”的评价指标建构——以中职非遗掐丝珐琅社团为例<br>AIGC Empowers the Construction of Evaluation Indicators for "Human-Machine Collaborative Creative Literacy" in Intangible Cultural Heritage Education —Taking the Traditional Chinese Non-heritage Cloisonné Art Club in Secondary Vocational Schools as an Example | 邱宇枫<br>Qiu Yufeng                                           |
| 098 | AI 赋能小学音乐课堂教学的实践路径探究<br>Exploration of Practical Paths for AI-empowered Primary School Music Classroom Teaching                                                                                                                                                                                                     | 董海燕<br>Dong Haiyan                                          |

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

|     |                                                                                                                                              |                                                               |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 101 | 基于产教融合的高校“数字系统设计”教学改革探索<br>Exploration of Teaching Reform in "Digital System Design" at Universities Based on Industry-Education Integration | 刘焕峰, 胡云, 刘大雷, 康瑾<br>Liu Huanfeng, Hu Yun, Liu Dalei, Kang Jin |
| 104 | 基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估研究<br>Research on Soybean Growth Monitoring and Yield Estimation Based on UAV Remote Sensing                              | 吴姗姗, 郝晓函<br>Wu Shanshan, Hao Xiaohan                          |
| 107 | 基于深度学习的方言语音识别技术探究<br>Exploration of Dialect Speech Recognition Technology Based on Deep Learning                                             | 陶薇薇<br>Tao Weiwei                                             |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 110 | <b>数字化信息化环境中职业教育产教融合生态构建与协同机制研究</b><br>Research on the Ecological Construction and Collaborative Mechanism of Industry-Education Integration in Vocational Education in the Digital Information Environment                                                                                                                                    | 倪箫吟<br>Ni Xiaoyin                                                                                                                              |
| 113 | <b>ESG 导向的数字化转型如何塑造企业供应链韧性？——基于上市公司多源数据的实证研究</b><br>How ESG-Oriented Digital Transformation Shapes Corporate Supply Chain Resilience: An Empirical Study Based on Multi-Source Data of Listed Companies                                                                                                                                        | 郑雄，戴尚佐<br>Zheng Xiong, Dai Shangzuo                                                                                                            |
| 116 | <b>利用虚拟互动技术促进深度学习的研究</b><br>Research on Promoting Deep Learning through Virtual Interactive Technology                                                                                                                                                                                                                                         | 钟亮<br>Zhong Liang                                                                                                                              |
| 119 | <b>大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化路径探析</b><br>Analysis of the Modernization Path of Ideological and Political Work Ability of Counselors under the Empowerment of Big Data                                                                                                                                                                                  | 王誉晔<br>Wang Yuye                                                                                                                               |
| 122 | <b>系统安全综合实训课程的教学实践与探索</b><br>Teaching Practice and Exploration of the Comprehensive Training Course on System Security                                                                                                                                                                                                                         | 姚慧<br>Yao Hui                                                                                                                                  |
| 125 | <b>低空经济背景下民办职业教育低空物流人才培养模式创新研究</b><br>Innovative Research on the Training Model of Low-altitude Logistics Talents in Private Vocational Education under the Background of Low-altitude Economy                                                                                                                                                 | 于文玲，邢潇敏<br>Yu Wenling, Xing Xiaomin                                                                                                            |
| 128 | <b>基于交通需求预测与空间规划的高速公路互通加密方案优化研究——以瑞安市为例</b><br>Research on Optimization of Expressway Interchange Encryption Scheme Based on Traffic Demand Forecasting and Spatial Planning — A Case Study of Ruian City                                                                                                                                      | 张海彬，薛纪力，陶秋钢，潘剑超<br>Zhang Haibin, Xue Jili, Tao Qiugang, Pan Jianchao                                                                           |
| 132 | <b>不合格小盒自动拆烟装置的设计与研究</b><br>Design and Research of Automatic Cigarette Disassembly Device for Non-compliant Small Boxes                                                                                                                                                                                                                        | 王德胜，束晨，孙越<br>Wang Desheng, Shu Chen, Sun Yue                                                                                                   |
| 135 | <b>大数据与智能计算在物理电子领域的融合发展及理论研究综述</b><br>A Review of the Integrated Development and Theoretical Research of Big Data and Intelligent Computing in the Field of Physical Electronics                                                                                                                                                               | 邹儒<br>Zou Ru                                                                                                                                   |
| 138 | <b>信息化时代高职院校思想政治教育话语体系创新路径研究</b><br>Research on the Innovation Path of Ideological and Political Education Discourse System in Higher Vocational Colleges in the Internet Era                                                                                                                                                                  | 蒋静<br>Jiang Jing                                                                                                                               |
| 141 | <b>基于 ArkUI 的声明式 UI 与传统命令式 UI 开发对比研究</b><br>A Comparative Study on Declarative UI Based on ArkUI and Traditional Imperative UI Development                                                                                                                                                                                                     | 孙磊<br>Sun Lei                                                                                                                                  |
| 145 | <b>感知·决策·干预：室内设计前置介入下的住宅智慧安防全链路闭环构建研究</b><br>Perception · Decision · Intervention: Research on the Construction of a Full-Link Closed Loop for Smart Residential Security Under Pre-intervention of Interior Design                                                                                                                            | 高丽君<br>Gao Lijun                                                                                                                               |
| 149 | <b>积极行为支持理论视域下辅导员对“行为偏差型”学生的分层干预研究——以宁夏财经职业技术学院学生校园危机干预为例</b><br>A Hierarchical Intervention Study of Counselors on "Behavior Deviant" Students From the Perspective of Positive Behavior Support Theory: Taking the Campus Crisis Intervention of Students at Ningxia Vocational and Technical College of Finance and Economics as an Example | 毛方方<br>Mao Fangfang                                                                                                                            |
| 152 | <b>基 ROS 与非接触式面部识别融合的“门前三小”便民服务体系研究</b><br>Research on the "Three Small Services in Front of the Door" Convenience Service System Integrating ROS and Contactless Facial Recognition                                                                                                                                                           | 吴玲，王周好，高婷婷，吴笃信，黄佳武，陈薇，刘江燕，崔昕怡，雒志欣<br>Wu Ling, Wang Zhouhao, Gao Tingting, Wu Duxin, Huang Jiawu, Chen Wei, Liu Jiangyan, Cui Xinyi, Luo Zhixin |



# 大数据环境下敏感数据识别分类分级技术优化 与安全管控策略

邹婷

南京高泰信息科技有限公司，江苏 南京 210046

DOI: 10.61369/TACS.2026040015

**摘 要：** 大数据环境下，敏感数据识别、分类分级与安全管控已成为数据安全治理的核心议题。针对海量异构数据带来的识别精度不足、分类标准不统一、管控策略难以落地等现实困境，本文系统分析了当前敏感数据治理的核心痛点，提出“规则+AI”融合的智能识别技术、“业务-安全”双维分类分级框架及数据资产盘点与标签化管理策略，构建涵盖数据全生命周期的安全管控体系，旨在实现安全管控与业务发展的动态平衡。

**关 键 词：** 大数据；敏感数据；数据识别；数据分类分级；安全管控

## Optimization of Sensitive Data Identification, Classification and Grading Technology and Security Control Strategies in the Big Data Environment

Zou Ting

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

**Abstract：** In the big data environment, the identification, classification, grading and security control of sensitive data have become core issues in data security governance. Aiming at the practical dilemmas brought by massive heterogeneous data, such as insufficient identification accuracy, inconsistent classification standards, and difficulty in implementing control strategies, this paper systematically analyzes the core pain points of current sensitive data governance. It proposes an intelligent identification technology integrating "rules + AI", a "business-security" dual-dimensional classification and grading framework, and strategies for data asset inventory and label-based management. A security control system covering the entire data lifecycle is constructed to achieve the dynamic balance between security control and business development.

**Keywords：** big data; sensitive data; data identification; data classification and grading; security control

## 引言

随着大数据技术的快速发展和广泛应用，数据已成为关键的生产要素和战略资源。然而，数据价值的释放与数据安全风险的加剧如影随形。敏感数据的泄露、滥用和违规流转不仅给个人隐私带来严重威胁，也给企业声誉和国家信息安全造成重大损失<sup>[1]</sup>。近年来，《数据安全法》《个人信息保护法》等法律法规的相继出台，对敏感数据的识别、分类分级和安全管控提出了明确要求<sup>[2]</sup>。如何在海量数据中精准识别敏感信息、科学实施分类分级、动态配置安全管控策略，成为数据安全领域亟待突破的关键问题。

## 一、大数据环境下敏感数据治理核心痛点

### （一）数据特性与治理能力不匹配

大数据体量巨大、类型多样、产生高速、价值密度低，与治理能力矛盾突出。数据规模指数级增长，传统识别方式效率成本不可行；数据结构复杂，多模态数据对识别技术适应性要求高；数据快速流转和动态更新，静态规则难以覆盖全貌，漏报误报普遍，导致敏感数据“看不清、认不全、管不住”<sup>[3]</sup>。

### （二）识别分类分级体系不健全

许多组织在敏感数据识别与分类分级方面缺乏系统化、标准

化框架。识别维度上，依赖单一技术手段，对深层特征挖掘不足，难以应对规避手段；分类标准上，不同行业部门差异大，跨系统数据共享交换面临标准冲突；分级逻辑上，简单挂钩保密等级与敏感程度，缺乏动态调整机制，结果可解释性不足，影响体系落地。

### （三）安全管控与业务发展失衡

敏感数据安全管控与业务发展需求矛盾突出。部分组织采取“一刀切”强管控策略，阻碍数据价值释放；另一些组织投入不足，敏感数据在多场景缺乏有效防护，存在泄漏滥用风险。需建立差异化管控策略，实现安全与发展的动态平衡<sup>[4]</sup>。

## 二、大数据环境下敏感数据识别分类分级技术优化路径

### （一）构建“规则+AI”融合的智能识别体系

针对大数据环境下敏感数据识别面临的精度与效率双重挑战，构建“规则+AI”融合的智能识别体系是可行的技术优化路径。该体系的核心设计思想是充分发挥规则引擎的确定性与人工智能的泛化能力，形成互补优势<sup>[5]</sup>。具体而言，规则引擎层基于正则表达式、关键字词典、数据格式校验等传统技术，对身份证号、银行卡号、手机号码等具有明确模式特征的敏感数据进行快速匹配，实现低延迟、高精度的初步筛选。人工智能层则采用自然语言处理、深度学习和预训练大模型技术，对规则引擎难以覆盖的非结构化文本、语义隐含信息、图像中的敏感文字等进行智能识别。在实际部署中，可构建多模型协同架构：利用命名实体识别模型抽取文本中的敏感实体，采用文本分类模型判断文档整体敏感等级，借助图神经网络挖掘数据之间的关联敏感度。为提升识别体系的持续适应能力，应引入主动学习机制，将人工复核结果作为反馈信号对模型进行增量训练，使识别能力随业务数据演化而动态提升。

### （二）建立“业务-安全”双维分类分级框架

传统按安全保护角度对数据进行等级划分的方法主要是依据窃取该类数据可能造成的损失程度来进行等级划分，这种单一维度难以全面反映不同类别数据在各类商业活动场景中所面临的差异化风险特征。“业务-安全”双维层级体系是开展精细化管控的重要基础，其包含两个核心组成部分：一是从业务视角，在对数据的行业归属、对象类别、用途属性等方面进行划分，例如可将数据归属于诸如客户信息、产品数据、业务数据、财务数据、科研数据等诸多类别，在每个类别下再细分若干子类；二是在安全性方面根据数据的重要程度及危害等级进行分级定义：一般分为四层——关键、重要、一般、公共。这两者的组合构成了分类分级矩阵，为进行差异化管控提供框架指引<sup>[6]</sup>。

### （三）优化数据资产盘点与标签化管理

首先应进行数据资产盘点，这是分类定级的前提条件；其次，标签化管理是将分类定级成果落地的关键环节。在推进数据资产管理过程中，应变“填表式”为“挖掘式”，借助自动扫描技术和数据地图实现：全面测绘组织内部的数据存储位置、大小、类型、流向等信息，建立动态更新的数字资产清单；对于结构化数据可通过解析元数据以及样本抽样进行特征推断的方式实现；对于非结构化数据则需借助内容识别引擎来对文件的内容及附属品进行深度认知。其二，建立统一的数据标记体系是实现精确化管控的重要手段。每个数据或一组数据应具备不同种类的标记，如：商业标记、安全标记、科技标记、合法标记等。标记生成可采用自动化标记及人工核对方式：由辨识结果生成的原始标记，然后由数据所有者或者安全专家审核修改。标签体系应该与元数据管理系统、数据目录系统深度集成，实现标签信息随数据流通而流转。

## 三、大数据环境下敏感数据全生命周期安全管控体系构建

### （一）数据采集阶段：源头管控与合规接入

数据采集是敏感信息生命周期管理的第一步，在这一步上做好的工作能够为后续的数据使用奠定良好的基础<sup>[7]</sup>。因此在数据采集环节应遵循“最小化”的原则，明确不同业务场景下数据采集的内容范围、频率及方式，并杜绝越界采集敏感数据的行为。对于来自外部的数据，应建立合规的接入机制来确认数据来源的有效性和访问范围的有效性以及数据提供者的安全保障能力。在技术实现上，可在采集端口处或数据录入层部署前端识别器，对进入的数据流进行实时处理和敏感性判断，对于超出范围或者过分敏感的数据进行预警或者拦截。针对 UGC 文本、日志等内容应特别关注是否有敏感信息，可加入敏感数据过滤组件在入库前甄别清除；同时建立数据溯源源机制，为每条数据记录附加不可篡改的原始数据印记，用于后期的数据审计及追溯。

### （二）数据存储阶段：分级防护与安全加密

对于存储阶段而言，在这个过程中保障数据安全的主要措施是采取与其数据敏感性相适应的安全防护等级：一般数据和公开数据采用低保护级别的访问控制和容错技术；关键数据采用较高保护级别的访问控制技术和完整性技术；重要数据则采取最高保护级别的安全防护技术，如数据加密、设备安全的模块保护以及严格的访问审查等。对于密码策略的选择，则应根据数据被使用频率及环境而定：若为高频访问的高敏感数据，可选用透明式加密或者列级别加密方式，在保证安全的前提下减少性能损耗；若为低频访问的档案数据，那在推荐上建议采用全盘加密或者文件级加密配合密钥多层级管理机制<sup>[8]</sup>。对于存储结构来说，可以采用数据分类分区的存储方式，将不同级别的敏感性数据进行物理或逻辑隔离，避免因混放而引起高级别数据泄漏风险。

### （三）数据传输阶段：全程加密与动态管控

数据传输阶段面临窃听、劫持、篡改等安全威胁，其中窃听攻击：攻击者试图获取传输的数据；劫持攻击：攻击者试图将传输过程中的数据截获并进行存储；篡改攻击：攻击者试图对传输的数据进行篡改。对此，管控首要考虑的是如何保护敏感信息不被泄露和破坏，在传输过程中采取最基本的防护手段是端到端加密，即涉及敏感信息的所有通信均采用 TLS/IPsec 加密传输<sup>[9]</sup>。此外，还应禁止明文传输敏感信息，对于跨域传递不同类型的安全级别信息的情况，比如内外向云、生产到测试等，则应在网络边界部署安全网关进行隧道加密传输以及协议过滤；动态化则希望根据数据等级、传输路径风险、用户行为特征等因素动态地调整安全策略。具体而言，可以构建 SDN 技术下的动态访问控制系统，在检测到存在高风险传输行为后自动执行增强认证、限速或者终止操作；在数据交互场景下如数据共享、公开等场合，应构建安全交换系统，实现审查机制与传输控制的协同作用，此时非法传输请求无法发送。

### （四）数据使用阶段：动态脱敏与细粒度管控

在此过程中要做好数据安全和个人信息保护工作，这部分是

整个链条中最敏感也是最容易受到侵害的地方，例如分析、软件测试、业务查询以及共享给第三方等都可能造成数据泄漏事件的发生。而避免此类事情发生的有效手段之一即为引入动态脱敏技术进行使用期安全管理。该技术的主要思路是在向用户提供数据之前根据用户的身份信息、访问场景及数据敏感性等因素实现对敏感数据的实时转换或隐藏。所以动态脱敏应当具有策略配置功能，在服务器端如客服人员请求客户个人资料时，他们可能只能看到身份证号后四位；但如果是一个数据分析人员想要取出来所有信息的话，那么得到的就是一个彻底打码过的身份证号码了。面对软件测试场景，可以采用静态脱敏的方法，也就是在相对安全的生产环境中进行数据脱敏操作，然后将其拷贝至测试环境中，可以有效防止敏感信息的非保护性披露<sup>[9]</sup>；二是细粒度访问控制技术能够应对传统基于表格级或者文档级的权限系统难以满足大数据应用场景需求的情况，需要引入基于属性的访问控制系统：并且结合用户特征、数据特征、环境特征及行为特征等多种手段实现行级、列级甚至元素级的访问控制机制<sup>[10]</sup>。

**（五）数据销毁阶段：彻底销毁与合规留痕**

擦除意味着信息生命周期的终止，也是最容易被忽视的安全环节。彻底擦除是指对存储介质上的敏感信息进行不可追溯性清

除，以避免它们通过任何技术手段恢复。对于机械硬盘，可通过多次覆盖的方式进行信息擦除；而对于 SSD 来说，由于有磨损均衡的存在，简单的擦除无法保证彻底擦除数据，应该使用安全擦除指令或是物理摧毁；对于云计算环境来说，则需要确认所有备份文件、镜像以及缓存都被清除并获取垃圾证明（Cloud Service Provider）。合规的做法就是要留下记录，比如销毁申请、审批过程、执行动作、验证确认等，以备监管审计和司法认可之用；从业务管理上，则应形成分级别的销毁方案，在不同保密等级下有不同的销毁方式及留存时限。

**四、结语**

大数据环境下敏感数据的识别分类分级与安全管控，是一个涉及技术、管理、组织等多维度的复杂系统工程。本文提出了技术优化的三条路径：构建“规则+AI”融合的智能识别体系以提升识别的精度和效率，建立“业务－安全”双维分类分级框架以实现差异化的风险判定，优化数据资产盘点与标签化管理以夯实治理的数据基础。未来，还需持续推动技术迭代与管理创新，方能在数据要素化浪潮中行稳致远。

**参考文献**

[1] 杨新涛, 曾谛, 陈青钦, 常津铭, 李果. 数据安全管控体系的研究与应用——基于“六步工作法”的探索[J]. 中国宽带, 2025, 21(10): 49–51.

[2] 仇建栋. 智慧校园隐私保护的数据分级策略研究[J]. 信息系统工程, 2025, (02): 119–123.

[3] 李苹. 铁路敏感数据流通安全管控体系研究及应用[J]. 铁路计算机应用, 2024, 33(10): 67–72.

[4] 林婧. 政务数据安全治理研究[D]. 福建师范大学, 2024.

[5] 陈易臻. 侦查中的数据分类分级保护制度研究[D]. 西南政法大学, 2023.

[6] 谭柳燕. 基于 AI 的数据分类关键技术研究[D]. 四川大学, 2023.

[7] 安美芳. 一种面向大数据安全的敏感内容识别机制研究与实现[D]. 北京交通大学, 2022.

[8] 张新华. 大数据安全与敏感数据保护技术应用研究[J]. 信息记录材料, 2021, 22(04): 211–212.

[9] 焦翌. 大数据环境下敏感数据资产梳理研究[J]. 中国科技信息, 2020, (18): 76+79.

[10] 焦翌, 王飞. 基于大数据平台的数据安全技术能力体系建设研究[J]. 信息记录材料, 2020, 21(07): 139–140.

# 企业财务共享中心财税一体化建设 ——以 H 公司为例

张燕军

无锡南洋职业技术学院，江苏 无锡 214000

DOI: 10.61369/TACS.2026040018

**摘 要：** 随着金税四期的全面落地以及税收征管的数字化转型，传统的税收征管难以满足新时代的监管要求，无法满足企业高质量发展要求。基于此，财税一体化转型成为企业转型升级发展的关键路径。本文对 H 公司财务共享中心财税一体化建设过程进行研究，全面总结其在流程优化、信息协同共享、税务风险防控等核心领域取得的实践成效，以期为同类企业推进财税一体化建设提供实践参考。

**关 键 词：** 财务共享中心；财税一体化；数字化转型；税务风险管理

## Construction of Financial and Tax Integration in Enterprise Financial Shared Service Centers— A Case Study of H Company

Zhang Yanjun

Wuxi South Ocean College, Wuxi, Jiangsu 214000

**Abstract：** With the full implementation of Golden Tax Phase IV and the digital transformation of tax administration, traditional tax administration is unable to meet the regulatory requirements of the new era and cannot satisfy the needs of high-quality enterprise development. Based on this, the integration of finance and taxation has become a key pathway for enterprise transformation and upgrading. This paper studies the process of building an integrated finance and taxation system at H Company's financial shared services center, comprehensively summarizing its practical achievements in core areas such as process optimization, information collaboration and sharing, and tax risk prevention and control, in order to provide practical references for similar enterprises to promote the construction of integrated finance and taxation systems.

**Keywords：** financial shared service center; financial and tax integration; digital transformation; tax risk management

## 引言

随着国家税改的不断推荐，金税四期全面落地，“以数治税”成为当前税收征管的主流特征，同时数字化的发展也对企业的财税管理提出了新的要求，财务共享中心是企业进行财税数字化转型的关键。有学者提出，当前企业财务共享中心功能单一，存在财务核算与税务管理割裂、数据共享不畅以及风险管控滞后等问题<sup>[1]</sup>。进行财税一体化建设成为解决当前困境的关键途径。基于此，本文以 H 公司为例，深入剖析其财务一体化建设路径，归纳总结经验，为同类型企业进行财务共享中心财税一体化转型提供参考。

## 一、财务共享中心财税一体化建设的必要性

线下办理、人工报送的模式已无法满足征管要求，企业亟需依托财务共享中心实现税务业务的线上化、自动化处理。

### （一）税收征管数字化倒逼企业财税转型

#### 1. 电子税务局推动税务业务线上化

全国统一的电子税务局实现了纳税申报、发票开具、税费缴纳等业务的全流程线上办理，要求企业打通内部财税系统与电子税务局的对接通道，实现税务数据的自动传输与实时交互。传统

#### 2. 金税四期强化税务数据监管

金税四期以发票电子化为核心，依托大数据、人工智能技术实现对企业财税数据的全方位监控，实现了企业资金流、发票流、业务流的“三流合一”核查。企业财税数据的真实性、一致性成为征管重点，传统分散式的财税管理模式易出现数据偏差，

### 项目信息：

1. 2025 年江苏高校哲学社会科学研究课题《“数智驱动·四链融通”：新商科背景下高职财经类人才嵌入电商产业链融合培养模式研究》，项目编号：2025SJYB0764。

2. 2024 年江苏省高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师。

3. 2025 年江苏省高等教育教学改革研究课题《新质生产力驱动下民办高职商科多元协同培育机制研究——以无锡 A 职院数智电商产业学院为例》，项目编号：2025JGYB714。

作者简介：张燕军（1986-），女，江苏江阴人，讲师，中级会计师；研究方向：会计。

而财税一体化能够实现财务与税务数据的同步归集、统一管理，满足金税四期的监管要求。

3. 税务合规要求不断提升

随着金税四期和数字化的转型发展，促使税务机关强化了纳税管理，尤其是发票电子化改革实现了发票全生命周期可追溯，发票管理和纳税申报监管成为税务合规要求的重要内容，也反向促使企业建立全流程税务合规管理。而财税一体化能够满足企业的这一诉求，将合规要求与业务关联起来，在业务中嵌入合规制度，助力企业对税务风险进行事前预防与事中监控，有效帮助企业提升税务合规能力。

（二）传统财税管理模式的弊端亟待解决

1. 信息孤岛导致财税数据互通性差

传统财务管理模式下，信息孤岛是导致财务信息共享最大的障碍。对大部分公司来说，税务是单独的财务模块，其大部分数据的获取需要依靠财会人员人工操作完成，再手动录入报税系统，不仅增加了财会人员的工作量，也增加了由于人工操作可能发生的差错，不利于纳税的快速有效。因此，实现财务系统与税务系统的数据同步共享是当前大部分企业要解决的主要问题。

2. 流程繁琐降低税务管理效率

传统财务管理依靠人工操作，流程繁琐且效率低下。财税业务通常涉及多部门协作，从纳税申报到发票报销，从税额计算到交税批准等需层层审批。例如，增值税申报需要经过业务端提报、财务审核、税务核算和人工填报四个环节，通常要耗时3个工作日，且纳税申报表填写复杂易错。此外，由于各分公司税务处理标准不统一，增加了集团的管理难度。

3. 风险防控滞后增加税务管理隐患

传统财税管理模式下的风险防控滞后性，已无法适应复杂的税务环境。对大部分公司来说，税务风险识别主要依赖事后审计，缺乏有效的事前监管，主要表现在无法对发票真伪、税负异常等问题进行实时监控。不少公司都曾因此出现重复报销发票导致税务处罚的情况。由于缺乏风控意识，对国家新税法政策的落地未能及时响应，造成企业利益损失。

二、H 公司财务共享中心财税一体化建设历程

（一）H 公司简介

H 公司成立于2008年，主营机械设备研发与生产，公司资产总额18.5亿元，员工人数2300余人，下辖12家分公司及3个生产基地，业务覆盖全国20余个省市。公司于2020年搭建财务共享中心，实现了费用报销、账务核算、资金支付的集中化处理，但税务管理仍处于分散状态，各分公司独立处理税务业务，总公司仅进行事后审核，财税管理脱节问题突出。

为解决上述问题，H 公司于2021年启动财务共享中心财税一体化建设，与国内财税信息化服务商合作，依托原有财务共享平台，搭建税务管理子系统，实现财税业务的深度融合。

（二）财税一体化建设目标

H 公司以一体化、标准化、集中化和智能化为目标，构建

财务共享中心财税一体化管理体系。①一体化管控：打通财务、税务与业务系统数据通道，实现业务流、发票流、资金流、财务流、税务流的“五流合一”，提升数据处理效率。②标准化管控：制定统一的财税数据标准、业务流程标准和操作规范，实现各分公司税务处理的同质化管理，降低沟通成本。③集中化管控：依托财务共享中心实现税务业务的集中处理，包括发票集中管理、申报集中处理、风险集中监控，强化公司税务管控能力。④智能化管控：通过技术工具实现财税业务的自动化操作，搭建风险预警模型，实现税务管理从人工操作向智能管控的转变。

（三）财税一体化建设阶段

H 公司财税一体化建设遵循整体规划、分步实施、试点先行、全面推广的原则，结合企业原有财务共享基础与数字化转型节奏，四个阶段依次推进，各阶段核心建设内容详见表1。

表1 H 公司财务共享中心财税一体化建设四阶段推进表

| 阶段             | 核心建设内容                                                                          |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 基础搭建阶段 (2021年) | 财税系统初步融合。开发财务共享中心税务模块；统一分公司财税数据口径与业务处理标准，制定发票管理、纳税申报标准化操作规范，实现财税数据初步归集。         |
| 技术赋能阶段 (2022年) | 智能化工具引入。引入 OCR 发票智能识别、RPA 财务机器人、税务云平台三大核心工具；搭建发票池；通过 RPA 机器人替代人工完成发票验伪、税费计提等工作。 |
| 平台升级阶段 (2023年) | 税企直连与流程优化。完成财务共享平台与电子税务局、金税四期系统直连对接；优化发票开具、报销、认证全流程，取消线下税盘操作；升级智能报账系统。          |
| 深化应用阶段 (2024年) | 风险防控体系构建。在财税一体化平台嵌入税务风险防控模块，搭建核心风险预警指标体系；完善电子化涉税档案管理系统；将合规管控嵌入业务全环节。            |

三、H 公司财务共享中心财税一体化实践

H 公司以财务共享中心为基础，通过优化发票管理流程、精简税务信息流转、构建数字化风险防控体系三大举措，实现财税一体化的全面落地。

（一）优化全票种一体化发票管理流程

以税务云平台为核心，搭建发票全生命周期管理体系，实现进项销项发票的自动化处理、发票池数据化管理、发票信息全流程追溯，取消线下税盘操作，实现与金税四期系统的无缝对接。

1. 销项发票管理

销项发票管理流程如图1所示。业务端根据销售订单在财务共享中心提交开票申请，经发票中心审核后，申请信息自动同步至税务云平台；平台从销售系统中自动提取开票数据，生成电子发票并完成线上开具，发票信息实时推送至客户端，同时自动同步至财务核算系统，完成记账处理。整个流程无需人工录入数据，开票效率较传统模式提升80%。

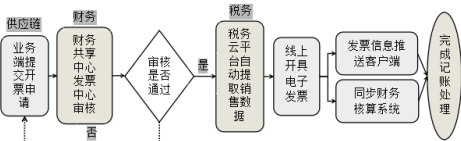


图1 H 公司销项发票管理流程

## 2. 进项发票管理

进项发票管理流程如图2所示。供应商开具的进项发票通过电子发票服务平台自动推送至H公司税务云平台，平台自动调用OCR识别、验伪与查重功能，对发票信息进行校验；校验通过后，发票数据自动同步至财务共享中心报销系统，与报销单、采购订单自动匹配；完成报账后，平台自动完成发票勾选认证，认证数据同步至税务局系统，并生成抵扣明细表，供税务人员查询。该流程实现了进项发票从接收到认证的全流程自动化，将传统模式下需要多人协作的流程压缩为系统自动完成。

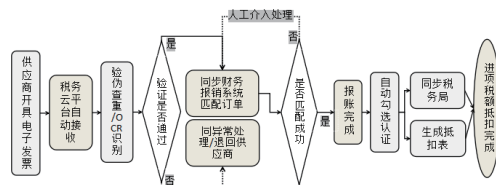


图2 H公司进项发票管理流程

## 3. 发票池数据仓建设

H公司搭建发票池进行发票统一管理。发票池数据仓的建设有效解决了发票管理的难题，一方面，通过发票池实现了对发票实时监控，尤其是即将认证逾期的发票进行预警，降低发票管理风险；另一方面，通过发票池的编码功能对已经报销的发票进行自动拦截，有效降低了重复报销的问题。此外，通过发票池能够识别发票信息，有效统计经营数据，为经营决策提供帮助。

## 4. 发票全流程追溯

税务云平台支持发票信息的多维度查询与全流程追溯，可从发票号码、开具日期、供应商/客户、业务类型四个维度检索发票信息，并实现从发票追溯至业务源头，包括销售订单、合同、发货单和报销单等，所有单据均标注唯一编号，实现发票、业务与财务的全程可追溯。

## （二）精简税务信息流处理流程

引入智能报账系统并与税务云平台深度对接，实现从报账申请、税费计提、纳税申报到税费缴纳的全流程数字化处理，精简审批环节，实现税务信息的数据不落地与流程线上化。

### 1. 智能报账系统与税务云对接

升级财务共享中心报账系统，实现电子发票的自动接收、验伪、去重，员工通过手机端即可完成发票上传、报销申请，系统自动匹配费用标准、生成报销单；审批流程线上化，支持多级审批节点的自动推送，审批结果实时反馈，报账处理周期缩短至1个工作日。同时，系统与税务云平台数据互通，报销数据自动转化为税务核算数据，实现报账与计税的一体化。

### 2. 税费计提与缴纳标准化流程

税费计提与缴纳流程如图3所示。财务人员在税务云平台填制税费计提单，系统根据财务数据自动计算应计提税费，生成计提凭证并同步至财务核算系统；计提单经共享中心初核、复核岗审核通过后，自动推送至资金管理系统，由资金结算岗完成线上税费缴纳；缴纳完成后，完税凭证自动回传至税务云平台，生成电子档案归档，整个流程实现“计提—审核—缴纳—归档”的标准化、自动化处理。

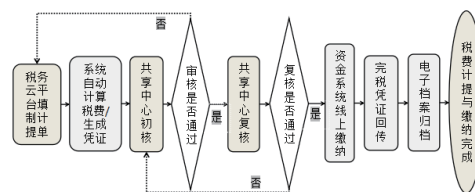


图3 H公司税费计提与缴纳流程

## 3. 纳税申报自动化处理

搭建纳税申报模板管理实现自动化申报。根据不同税种的申报要求，制定标准化申报模板，设置自动取数规则与表间逻辑校验；税务云平台从财务系统、发票池自动提取申报数据，填充至申报模板，完成数据的逻辑校验后，自动推送至电子税务局，实现纳税申报的一键报送。申报数据与财务数据实时同步，可随时调取核查，解决了传统人工填报效率低、易出错的问题。

## （三）构建数字化税务风险防控体系

H公司以税务云平台为核心，结合大数据分析技术，构建事前预防、事中监控和事后追溯的全流程税务风险防控体系，将风险控制点嵌入财税业务流程，实现税务风险的智能化识别、预警与处置。

### 1. 风险控制点内嵌业务流程

H公司通过制定税务风险管理标准，将风险控制点嵌入业务流程，通过强化对业务流程的管理从而实现对风险的全流程监控。以发票管理为例，在发票的入账环节，系统自动校验发票信息与金税四期系统的一致性，及时拦截有异常的发票，降低发票后续管理的风险。将风险控制点内嵌业务流程，实现了对风险的流程管理，降低各类风险的发生。

### 2. 建立税务风险预警机制

一方面，选取选取增值税税负率、企业所得税贡献率、发票作废率和进项税额抵扣占比等核心指标进行风险预警；另一方面，借助税务云平台进行各项指标的实时监控。当税务云平台监控某项指标超出所设置的预警值时自动触发预警机制，相关税务管理人员获取风险信息，并根据数据信息完成风险评估报告，深入分析风险原因和对策建议。通过建立预警机制，能够有效帮助H公司预警各类税务风险，例如当发票作废率过高时，系统自动预警提醒，快速查找原因，提出风险预警措施。

### 3. 完善涉税档案溯源管理

搭建电子化涉税档案管理系统，实现各类涉税资料的集中归档、数字化存储与全流程可追溯管理。档案包含发票原件、纳税申报表、完税凭证、汇算清缴报告以及税务稽查资料等，将纸质版资料扫描录入，完成全部涉税资料的数字化转化和储存；按档案类型、时间和业务编号进行分类，便于税务稽查，实现电子档案数据与财税业务流程联动，同时满足内部审计等场景下的资料调取，夯实业财税管理基础。

## 四、H公司财务共享中心财税一体化建设成效

为科学评估H公司财税一体化建设成效，本文以2020年（建设前）为基准，选取信息共享、流程效率、风险防控、管理成本

四个维度，对比2024年（建设后）的关键指标变化，并结合行业平均水平进行参照分析。

（一）打破信息壁垒，实现财税数据全流程共享与追溯

财税一体化建设，有效的帮助 H 公司消除了信息孤岛的问题，实现了业财务数据以及不同部门数据的共享共有，提高了信息的流通效率。税务系统可通过财务一体化平台获取税务信息，不仅确保了财务数据与税务数据的一致性和准确性，也有效降低了人工录入的错误。此外，财务一体化实现了发票管理与纳税申报以及税款缴纳的流程统一，任何环节可逆向追溯至业务源头，满足金税四期的监管要求与企业内部管理需求。H 公司能够实时掌握各分公司的财税数据，实现对下属部门的动态管控，提升了公司整体的财税管理透明度。

（二）优化业务流程，显著提升税务管理效率

通过自动化、智能化技术手段与流程重构，H 公司税务管理各环节效率大幅提升。如表2所示，电子发票开具效率提升80%，进项发票认证时间从人均每日50份提升至500份；纳税申报实现一键报送，申报处理周期从3个工作日缩短至0.5个工作日；费用报账处理周期从5个工作日缩短至1个工作日。同时，统一的税务处理标准实现了各分公司财税业务的同质化管理，减少了流程衔接中的沟通成本，公司税务管理整体效率提升70%以上。

表2 H 公司财税一体化建设前后关键效率指标对比

| 指标       | 2020年（建设前） | 2024年（建设后） | 变化    |
|----------|------------|------------|-------|
| 电子发票开票效率 | 100/人/日    | 180/人/日    | +80%  |
| 进项发票认证效率 | 50份/人/日    | 500份/人/日   | +900% |
| 纳税申报周期   | 3个工作日      | 0.5个工作日    | -83%  |
| 费用报账周期   | 5个工作日      | 1个工作日      | -80%  |

（三）强化风险防控，提升税务处理合规性

通过构建数字化税务风险防控体系的，H 公司实现了对税务风

险的事前预防、事中监控与事后追溯，有效降低了税务风险敞口。数字化税务风险防控体系下强化了对发票的管理，有效降低了发票风险。据统计，财税一体化建设后，H 公司因发票问题产生的处罚为0，而建设之前，2020年 H 公司因发票问题导致的税务处罚共计6起，涉及金额84万元，财税一体化下及时识别税负异常与申报偏差等问题，实现风险的早发现和早处置，显著提升了税务处理的合规性和安全性。同时，税收优惠政策能够快速落地，2024年公司累计享受税收优惠超800万元，较2020年提升30%。

（四）降低管理成本，实现财税管理集约化发展

H 公司依托财务共享中心的集中化管理，逐步实现了税务业务的集中处理。H 公司通过 RPA 机器人以及 OCR 技术替代部分人工，税务工作人员从22人精简为8人，人工成本降低60%，成本效益显著。同时，财税一体化建设推动了财务管理职能的转型，财务人员的核心职能从核算申报纳税逐渐转为纳税筹划与风险管控，实现了从“核算型”向“管理型”的转变，推动了财务人员的转型发展，进一步助力 H 公司的财税集约化。

五、结语

在金税四期落地的背景下，财税一体化建设成为是企业破解传统财税管理瓶颈的主要途径之一。本文对 H 公司财务一体化进行全面剖析，深入分析其转型路径与效果，H 公司的财务一体化建设案例为同类型企业的发展提供了可借鉴的案例。

展望未来，财税改革将不断持续发展，财务一体化将成为未来企业进行财务转型的主要趋势。企业财务一体化进程也将从简单的业财税融合不断向深度数据挖掘迈进。企业只有持续不断优化财务共享平台，才能在财税的变革中立于不败之地，为企业长远发展提供强有力的支撑，进而推动长远稳定发展。

参考文献

- [1] 肖南云，徐妍，姜雪松. 集团企业财务共享中心财税一体化建设实践——以 W 集团为例 [J]. 中国集体经济，2025(20):159-164.
- [2] 鲁琳. 业财税一体化财务云在集团公司中的应用 [J]. 财会通讯，2024(10):124-129+176.
- [3] 贾凯. 数字化转型中的财务共享中心重构 [J]. 财会通讯，2024(14):119-123.
- [4] 彭法，喻璐，黄娟. 浙能集团“三智一体”税务管理体系的探索与实践 [J]. 财务与会计，2023(21):23-26.
- [5] 黎小双，白宏磊，陆伟. 华润燃气财税一体化智慧运营实践 [J]. 财务与会计，2023(23):31-34.

# 基于暗场稀疏先验的 QDPC 相位重建与缺陷检测

曾子铭<sup>1</sup>, 夏宇轩<sup>1</sup>, 刘玄玉<sup>2\*</sup>, 王艳华<sup>1</sup>, 李好<sup>1</sup>, 涂雨轩<sup>1</sup>

1. 深圳职业技术大学 广东 深圳 518055

2. 深圳市宣恒医疗科技有限公司, 广东 深圳 518102

DOI: 10.61369/TACS.2026040026

**摘 要 :** 定量差分相衬 (Quantitative Differential Phase Contrast, QDPC) 成像作为一种非干涉定量相位恢复技术, 在无标记生物样本成像中具有重要应用。然而, 传统 QDPC 重建算法未充分考虑成像系统的内在特性, 导致重建质量易受噪声和背景波动影响。近年来, 研究者提出利用暗场稀疏先验 (Dark-field Sparse Prior, DSP) 改进 QDPC 相位重建, 通过 L0 范数优化实现高保真度相位恢复。本文系统阐述了暗场图像与 QDPC 相位重建的基本原理, 分析了 DSP 方法的核心思想与数学实现, 并探讨了其在缺陷检测领域的应用潜力。

**关 键 词 :** 定量差分相衬; 暗场稀疏先验; 相位重建; 缺陷检测; L0 范数

## QDPC Phase Reconstruction and Defect Detection Based on Dark-Field Sparse Prior

Zeng Ziming<sup>1</sup>, Xia Yuxuan<sup>1</sup>, Liu Xuanyu<sup>2\*</sup>, Wang Yanhua<sup>1</sup>, Li Hao<sup>1</sup>, Tu Yuxuan<sup>1</sup>

1. Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen, Guangdong 518055

2. Shenzhen Xuanheng Medical Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518102

**Abstract :** Quantitative Differential Phase Contrast (QDPC) imaging, as an interferometry-free quantitative phase recovery technique, has important applications in label-free biological sample imaging. However, traditional QDPC reconstruction algorithms do not fully consider the inherent characteristics of the imaging system, making the reconstruction quality susceptible to noise and background fluctuations. In recent years, researchers have proposed using the Dark-field Sparse Prior (DSP) to improve QDPC phase reconstruction, achieving high-fidelity phase recovery through L0-norm optimization. This paper systematically elaborates the basic principles of dark-field imaging and QDPC phase reconstruction, analyzes the core idea and mathematical implementation of the DSP method, and discusses its potential application in the field of defect detection.

**Keywords :** quantitative differential phase contrast; dark-field sparse prior; phase reconstruction; defect detection; L0-norm

## 引言

在光学显微成像领域, 定量相位成像技术能够对透明样本 (如活细胞、组织切片) 进行无标记观测, 避免了荧光标记可能带来的光毒性和光漂白问题。其中, 定量差分相衬 (Quantitative Differential Phase Contrast, QDPC) 成像因其系统结构简单、成像速度快、定量精度高等优势, 成为生物医学研究的重要工具<sup>[1]</sup>。

QDPC 的基本原理是通过非对称照明获取多幅相衬图像, 利用相位传递函数 (Phase Transfer Function, PTF) 进行反卷积重建, 从而恢复样本的定量相位分布。然而, 这一过程面临两个关键挑战: 一是 PTF 本身具有带限特性, 属于病态逆问题, 对噪声极其敏感; 二是实验采集的原始图像中不可避免地存在相机噪声和背景波动, 这些扰动会在重建相位中放大为伪影。传统方法通过硬件升级 (如高信噪比相机、优质光源) 或算法改进 (如 L2 范数正则化、全变分正则化) 来缓解上述问题, 但均未充分利用 QDPC 成像的内在物理特性。Zhang 等人<sup>[2]</sup> 提出的暗场稀疏先验 (Dark-field Sparse Prior, DSP) 方法, 从图像本质出发, 利用暗场图像在理想情况下的稀疏特性, 实现了无需修改硬件的高保真度 QDPC 重建。本文将系统阐述这一方法的原理、实现及其在缺陷检测中的应用前景。

项目信息: 本文受广东大学生科技创新培育专项资金资助项目、教育部职业院校中国特色学徒制教学指导委员会研究课题 2025 年度重点项目 (ZJZX078)、广东省教育厅科研项目 (2025ZDZX3070)、深圳职业技术大学校级科技类项目 (6023310004K)、深圳职业技术大学 2025 年度 “创新创业教育专项” 《创新思维》深耕课程项目 (401300107)、深圳职业技术学院博士后出站后期资助项目、深圳职业技术大学 2025 年度学校质量工程校级 (重点) 教研项目 (7025310500)、深圳职业技术大学专创融合示范课程项目《智能网联汽车技术应用》、广东省科技创新战略专项资金 (大学生科技创新培育) 攀登计划项目 (pdjh2026bc380) 资助。

通信作者: 刘玄玉

## 一、暗场图像与 QDPC 相位重建原理

### （一）差分相衬成像的物理机制

QDPC 成像系统通常采用 4-f 光学结构<sup>[3]</sup>，通过可编程 LED 或 LCD 阵列产生非对称照明模式。以单轴方向为例，分别采集左、右斜入射照明下的两幅强度图像  $I_{left}$  和  $I_{right}$ ，计算差分相衬图像：

$$S = \frac{I_{left} - I_{right}}{I_{left} + I_{right}} \quad (1)$$

该归一化差分操作能够有效消除背景成分，保留与样本相位梯度相关的对比度信息。根据弱物体近似，差分相衬图像  $S$  与样本相位  $\Phi$  之间的关系可表示为卷积过程<sup>[2]</sup>：

$$S = H \otimes \Phi + \epsilon \quad (2)$$

其中  $H$  为系统点扩散函数（Point Spread Function, PSF）对应的 Toeplitz 矩阵， $\epsilon$  为噪声项。QDPC 系统的相位传递函数（PTF）本质上是一个边缘检测滤波器，这一固有特性为后续引入稀疏先验提供了理论依据。

### （二）暗场图像与稀疏性特征

在光学成像中，“暗场”通常指仅收集样本散射光的成像模式。而在 QDPC 成像中，暗场稀疏先验基于一个关键观察：在理想情况下，差分相衬图像的大部分像素值应为零。这是因为反非对称照明下两幅图像的相减操作会抵消所有背景成分，仅保留与样本结构相关的边缘信息<sup>[2]</sup>。这一特性意味着理想的差分相衬图像具有天然的稀疏性——图像中仅有少量像素对应样本边界，其余背景区域像素值为零。然而，实际采集的图像受到噪声、背景波动和非理想光学条件的影响，这种稀疏性被破坏，导致后续相位重建质量下降。

## 二、暗场稀疏先验的数学实现

### （一）融合 DSP 的代价函数

为了在相位重建过程中恢复暗场图像应有的稀疏性，Zhang 等人<sup>[4]</sup>提出在优化目标中引入暗场稀疏先验项。传统的 QDPC 相位重建问题可表述为：

$$\Phi = \underset{\Phi}{\operatorname{argmin}} \{F(S, \Phi) + \alpha R(\Phi)\} \quad (3)$$

其中  $F$  为数据项（采用 L2 范数衡量测量值与预测值之差）， $R$  为正则项， $\alpha$  为惩罚参数。

DSP 方法将暗场图像的稀疏性作为先验知识，构建新的代价函数：

$$\Phi = \underset{\Phi}{\operatorname{argmin}} \Phi S - H \Phi^2 + \lambda S_{dark0} \quad (4)$$

其中  $S_{dark0}$  表示暗场图像，L0 范数直接统计非零像素个数，强制暗场图像中大部分像素值为零。

### （二）L0 范数优化求解

L0 范数优化属于 NP 难问题，无法直接求解。为此，Fan 等人<sup>[5]</sup>发展了两种求解策略：

（1）半二次分裂法（Half Quadratic Splitting）：引入辅助变量将原问题分解为两个子问题交替优化，一个子问题在图像域

求解，另一个在变换域求解。

（2）Richardson-Lucy 反卷积：将 DSP 先验与经典的 Richardson-Lucy 迭代算法结合，在保持非负约束的同时促进稀疏性。

## 三、实验验证与性能评估

### （一）成像系统配置

实验采用标准 QDPC 4-f 光学成像系统。系统前端通过可编程 LED 阵列产生非对称照明模式，沿水平方向依次采集左斜入射照明下的强度图像  $I_{left}$  和右斜入射照明下的强度图像  $I_{right}$ ，进而计算差分相衬图像  $S$ 。系统后端的 CMOS 相机以 12 位灰度模式记录原始强度图像，图像分辨率统一设定为  $512 \times 512$  像素。

### （二）模拟数据验证

首先在仿真数据上验证 DSP 方法的有效性，本文通过生成已知相位分布的模拟样本，分别采用传统  $L_2$ -QDPC、TV-QDPC 和 DSP-QDPC 进行重建，以峰值信噪比（PSNR）和结构相似性（SSIM）作为评价指标。

结果显示，DSP 方法在低信噪比条件下仍能保持较高的重建精度，有效抑制了传统方法中常见的振铃伪影和“白雾”效应。采用 L0 范数优化的 DSP 方法相较于传统的 L2 范数和全变分正则化方法，在相位重建质量和计算效率上均有显著提升。在低信噪比条件下，DSP 方法的重建结果峰值信噪比（PSNR）提升约 3~5 dB，结构相似性（SSIM）提高 0.11，同时单次重建耗时减少约 21%。

### （三）实验数据验证

为进一步验证方法在实际系统上的性能，采集了不同类型生物样本（植物根组织、动物血液涂片）的 QDPC 图像。实验结果表明：DSP 方法能够有效去除相机噪声，同时保留样本的细微结构信息；在背景去除效果方面，自动消除由于样本浮动或系统不理想导致的背景波动；可对图像边缘进行增强，利用暗场图像的边缘稀疏特性，重建相位中样本边界更加清晰。

## 四、在缺陷检测中的应用潜力

### （一）传统缺陷检测方法的局限

在工业检测领域，透明材料（如光学薄膜、玻璃基板、生物芯片）的缺陷检测是一项重要任务。传统方法包括暗场显微成像（直接观察散射信号）和干涉相位成像（定量测量光程差）。暗场成像虽能快速定位缺陷，但难以获取缺陷的定量信息（如深度、厚度）；干涉方法虽能定量测量，但系统复杂、对振动敏感。

### （二）DSP-QDPC 的优势

结合 DSP 的 QDPC 技术为缺陷检测提供了新思路：

（1）无需标记的定量测量：直接获取缺陷区域的定量相位信息，反映缺陷的几何厚度或折射率变化；

（2）系统鲁棒性强：通过算法层面的稀疏先验，降低对硬件精密度的依赖，适合工业现场应用；

(3) 边缘敏感性：暗场稀疏先验天然增强样本边缘，对于划痕、微粒等边界清晰的缺陷具有更高检测灵敏度；

(4) 无需修改光学系统：DSP 方法可直接嵌入现有 QDPC 系统的图像处理流程，无需硬件改动，便于技术迁移。

### (三) 潜在应用场景

基于暗场稀疏先验的 QDPC 技术可在多种无标记检测场景中发挥独特优势：在光学元件表面质量检测中，它能够定量测量划痕深度与微粒高度；在透明薄膜均匀性评估中，可有效检测厚度起伏和气泡缺陷；对于微流控芯片的结构验证，该技术可清晰评估通道形貌及堵塞情况；此外，在生物样本污染检测方面，还能准确识别无标记样本中的异物颗粒。

## 五、结论与展望

暗场稀疏先验为 QDPC 相位重建提供了一种简洁而高效的优

化框架。通过利用暗场图像天然的稀疏特性，构建 L0 范数正则化代价函数，DSP 方法在保持数据保真度的同时，显著提升了相位重建的鲁棒性和质量，且无需对光学系统进行任何修改。该框架克服了传统 L2 范数正则化易产生的背景“白雾”伪影以及全变分正则化过度平滑边缘的缺陷，使得在低信噪比条件下仍能获得高保真度的相位恢复结果。

未来研究方向可从以下方面展开：一是深度学习融合，将暗场稀疏先验与深度神经网络结合，探索端到端的相位重建模型；二是动态过程监测，拓展 DSP 方法至时序相位重建，实现对活细胞动态过程或快速运动缺陷的实时检测。随着计算光学成像技术的不断发展，基于暗场稀疏先验的 QDPC 方法有望在生物医学研究和工业缺陷检测领域发挥更大作用。

## 参考文献

- [1]Shao M. Dark-field Sparse Prior for Quantitative DPC Imaging. SPIE Digital Library, 2020.
- [2]Zhang S, Peng T, Ke Z, et al. High-fidelity quantitative differential phase contrast deconvolution using dark-field sparse prior. In the processing of the Sixteenth International Conference on Photonics and Imaging in Biology and Medicine (PIBM 2023). SPIE, 234-242(12745), 2023.
- [3]Peng T, Ke Z, Zhang S, et al. Quantitative differential phase contrast phase reconstruction for sparse samples. Optics and Lasers in Engineering, 74-78(163), 2023.
- [4]Zhang S, Wu H, Peng T, et al. Pupil-driven quantitative differential phase contrast imaging. arXiv preprint, 2306-2310, 2023.
- [5]Fan Y, Sun J, Chen Q, et al. Optimal illumination scheme for isotropic quantitative differential phase contrast microscopy. Photonics Research, 890-905(8), 2019.

# 美育引领下高职传统文化课堂“五育融合”教学模式构建——以《3dsMax&VRay 效果图制作》课程为例

陈琳

湖南商务职业学院, 湖南 长沙 410203

DOI: 10.61369/TACS.2026040033

**摘 要 :** 美育引领下高职传统文化课堂“五育融合”教学模式构建,旨在解决当前技术技能课程中人文素养与综合育人脱节的问题。本文以《3dsMax&VRay 效果图制作》课程为例,阐释美育引领的内涵与功能,分析五育融合的价值逻辑,揭示美育与五育的耦合机制。针对传统文化融入效果图课程的现实困境,包括美育与五育融合实践中的碎片化、工具化倾向,提出以美育为枢纽重构教学目标、内容与流程。构建包含融合目标体系、模块化教学内容及三阶实施流程的教学模式,并从过程组织、评价体系、资源保障三方面设计实施路径,为高职传统文化课堂实现“以美带五、融合育人”提供可操作框架。

**关 键 词 :** 美育引领; 五育融合; 高职教育; 传统文化课堂; 效果图课程

## Construction of "Five-Education Integration" Teaching Mode in Traditional Culture Classroom of Higher Vocational Education under the Guidance of Aesthetic Education —— Taking the Course "3dsMax&VRay Rendering" as An Example

Chen Lin

Hunan Business Vocational College, Changsha, Hunan 410203

**Abstract :** Under the guidance of aesthetic education, the construction of "five-education integration" teaching mode in traditional culture classroom in higher vocational colleges aims to solve the problem that humanistic quality is out of touch with comprehensive education in current technical skills courses. Taking 3dsMax&VRay Rendering as an example, this paper explains the connotation and function of aesthetic education, analyzes the value logic of the integration of five educations, and reveals the coupling mechanism between aesthetic education and five educations. In view of the practical dilemma of the integration of traditional culture into the effect diagram course, including the tendency of fragmentation and instrumentalization in the practice of the integration of aesthetic education and five educations, this paper puts forward the reconstruction of teaching objectives, contents and processes with aesthetic education as the hub. This paper constructs a teaching model that includes the integration of target system, modular teaching content and three-stage implementation process, and designs the implementation path from three aspects: process organization, evaluation system and resource guarantee, so as to provide an operable framework for the traditional culture classroom in higher vocational colleges to realize "educating people with beauty and integration".

**Keywords :** aesthetic education leading; integration of five educations; higher vocational education; traditional culture classroom; rendering course

## 引言

高职院校的《3dsMax&VRay 效果图制作》这门课程以往侧重于软件的操作以及参数的调整,传统文化元素的融入大多止步于纹样贴图这一层面,美育与德育、智育、体育、劳育之间缺少有机联系。美育的引领重视用审美经验来综合多元的教育要素,给五育的融合赋予情感与价值方面的联系<sup>[1]</sup>。本文试图解决这样的问题:怎样在技术实训课堂当中,凭借传统文化内容的载体,塑造美育引领之下的五育融合教学模式?研究会按照顺序去界定核心概念及其逻辑联系,分析教学现状存在的问题,构建教学模式,并规划执行路径,希望给高职设计类专业的课程改革提供理论参考和应用方案。

## 一、核心概念与逻辑关联

### （一）美育引领的内涵与功能定位

美育引领把审美教育当作教学组织的价值核心和方法论基础，通过感知、体验、创造这些审美活动来促使其他各种教育协同产生影响。在此门课程当中，美育的功能定位在于“审美激发”：当学生分析古典建筑构件的大小关系、色彩以及材质的时候，美感评定就成为了知识形成之处。美育不再是附加的部分，融入到建模和渲染的整个过程里面，给技术实践增添文化内涵<sup>[2]</sup>。美育引领具备激发学习动力并调节认知负担的功能，让学生在审美快乐之中完成复杂的技能锻炼。

### （二）五育融合的价值指向与内在逻辑

五育融合关注德育、智育、体育、美育、劳育在教学目标中并非简单相加的整合情况。此融合的价值取向在于塑造“全面发展的人”，其深层逻辑体现为：德育给予文化伦理及工匠精神层面的价值引导；智育构筑起透视原理、光物理以及软件逻辑认知方面的基础；美育充当经验整合与形式创建之间的桥梁；劳育借助建模、布光、渲染等身体实践来达成劳动素养目标；体育虽较为隐匿，但通过坐姿、视知觉调节融入其中。五育环绕着“完成一幅传统文化主题效果图作品”这个关键任务而有机交融，产生出目标一致、流程相互契合的状态。

### （三）美育与五育融合的耦合机制

美育与五育相融合的耦合机制依靠审美经验的“中介性”与“统觉性”形成。审美评判需主体调动所有心理机能，即道德想象（德育）、形式分析（智育）、感官协调（体育）、操作行动（劳育），会自然而然促使各育相互关联。在课程执行方面，这种耦合机制表现为“审美锚点”的设计，把一个经典传统文化场景（比如宋代书房）的数字化复原当作项目主线<sup>[3]</sup>。学生在探寻画面美感之时，必定会牵涉到历史考证（德、智）、空间尺度感知（体）、模型制作与材料调配（劳）。美育充当动力源泉，使五育融合由理念提倡转为成为教学常规。

## 二、教学现状与问题分析

### （一）传统文化融入效果图课程的现状

当前，《3dsMax&VRay 效果图制作》这门课程对待传统文化主要存在三种方式。第一种是纹样素材替换法，即把欧式柱头换成中式花纹；第二种是命题附加法，即让模型具备中国元素；第三种是赏析导入法，也就是在课前出示古画案例。但是这些方法并没有真正深入到课程的知识体系当中，传统文化只是被当作一种表面的装饰物。学生抱怨说“贴图做好之后就忘记了”，文化符号与建模逻辑、光照系统之间没有本质上的联系。多数教学案例仍以现代家居或商业空间为主，传统文化内容占比不足15%，且集中在个别章节，缺乏系统性嵌入。

### （二）美育与五育融合的现实困境

美育融入五育存在三重困境。目标方层面，课程大纲依旧以知识—技能二维框架来界定，美育目标被简单化为“提升审美能

力”，而德、体、劳的目标要么未得到体现，要么只是流于形式。过程层面，实训环节重视参数精准度与渲染速率，审美判断被当作主观感受予以排斥，五育被割裂成各自独立的活动，课间做的眼保健操算作体育活动之类情况屡见不鲜<sup>[4]</sup>。结果层面，学生的作品虽然形式繁多，但却缺少对文化的领悟和价值的阐述，德育与美育出现脱节现象。多数教师缺乏整合教学的规划能力和评价手段，导致“五育并重”流于表面，止步于口号层面。

### （三）问题归因与教学改进突破口

问题的根源在于，课程知识观仍是技术工具理性的一种体现，把美育和传统文化当作“素养点缀物”。教学设计缺少跨育迁移所需的认知脚手架，评价体系也未形成起五育行为方面的指标。要想取得教学改进，存在三个关键之处：第一，重塑知识观，把效果图制作当作“文化意义的视觉塑造进程”，不能仅仅看作是技术成果的展示；第二，规划出包含“审美—认知—操作”三个阶段的任务链，使得各个五育要素在具体的执行步骤当中得以发挥相应的作用；第三，研制基于作品档案袋的综合评价量规，使美育引领可观察、可记录，可以实施观测并予以记录。先从“一座斗拱的数字化渲染”这个最小可行产品入手，慢慢拓展到完整的场景之中。

## 三、教学模式构建

### （一）融合目标体系设计

融合目标体系具备“一核三层”的结构特征。“一核”即美育引领下的审美判断能力，“三层”包含基础层（感知与规范）、综合层（领悟与迁移）以及创造层（表达与反思）。基础层关联智育（软件操作规范）、劳育（建模习惯）和美育（比例感知）；综合层涉及德育（传统文化伦理领悟）、智育（光照物理）和体育（视疲劳防控）；创造层重视五育共同达成效果——学生在渲染作品里表现出文化叙述、技术恰当性以及审美独特性<sup>[5]</sup>。该目标体系通过行为动词予以表述，如“可以通过调节材质反射率来表现木作构件的历史感”。

### （二）教学内容模块重组

把原来的课程按照“建模—材质—灯光—渲染”的线性结构重新组织成四个主题模块。模块一叫“格物：古建构件数字化复原”，此模块重点在于德育和劳育，非常看重榫卯结构所体现的劳动智慧。模块二名为“绘色：传统色彩与材质逻辑”，该模块偏重美育和智育，要剖析矿物颜料在VRay材质里的参数映射情况。模块三被称作“取光：自然光照的文化表意”，此模块着重美育和体育，需模拟书房在不同时间的光环境及其视觉舒适度。模块四叫做“造境：场景叙事与完整表达”，包含五育，即德、智、体、美、劳这五个方面。每个模块设置“审美导引—技术分解—融合实训”三个环节，传统文化不再是贴图，而成为决定技术参数依据。

### （三）教学实施流程构建

教学开展流程被定义为“三阶六步”。第一阶段称为“审美唤醒”，此阶段包含文化语境导入以及审美锚点创建两个部分。教

师会展示《营造法式》图样，并引导学生阐述自身的视觉感受。第二阶段是“融合实训”，这个阶段包含五育任务的分解以及分组协作制作这两部分。以渲染斗拱为例，一组负责历史尺度考证（智德），另一组负责材质反光调节（美劳），还有一组负责视觉疲劳检测（体）。第三阶段属于“审美反思”，其中涉及作品相互评价以及融合日志的撰写<sup>[6]</sup>。要让学生写下自己在哪一育方面最为薄弱。每个步骤限时且设置过程性观察点，教师通过课堂数据表记录各育行为发生频次，形成闭环迭代。

## 四、实施路径与保障机制

### （一）教学过程组织策略

教学过程采取“项目制+角色轮换”策略。以“复原一座消失的宋代亭阁”为主线项目，小组内部设立文化研究员（承担德育考察职责）、技术工程师（重点在于智育）、渲染艺术家（主要负责美育）、质量员（监管劳育与体育）。每两周交换一次角色。每一节课包含5分钟的“审美热身”环节（分析一幅古画的渲染特点），接着是30分钟的综合实训，最后还有10分钟的“五育三问”总结时间（当天哪一育表现较好？哪一育有所缺失？次日怎样提升？）。教师充当审美教练，不直接改动参数，而是通过提问来引导学生开展审美决策，让五育融合成为日常教学节奏中的常态。

### （二）教学评价体系设计

评价体系以“融合表现性评价”框架为依循，其权重分配情况如下：审美判断力占30%，德育渗透占20%，智识应用占20%，劳动规范占15%，健康意识占15%。评价工具为五育融合量规，每种能力划分出四个等级（即萌芽、发展、熟练、引领）。如德育中的“引领”级别体现为“能够自主探究文化根源，并按照此来修正模型所犯的历史性失误”，而劳育里的“熟练”级别则显示为“文件

管理井然有序，对快捷键的运用极为高效，还会自发地整理自己的工作区域”<sup>[7]</sup>。评价主体包含教师、组间互评以及自身评价，用“融合闪光时刻”档案袋去收集代表性作品和反思日志，到学期末执行成长叙事评定，不再采用单一分数排名的方式。

### （三）教学资源与条件保障

资源建设时，要开发“传统文化素材-物理参数对照库”，把古画、文物里的色彩、材质、光照参数转为成VRay可立即调用的预设文件，减小技术难度。建设线上“五育融合案例集”，收集不同融合侧重的学生作品及其评价语。从条件保障来讲，机房需安装双显示器（一个屏幕用于建模，另一个屏幕用作古画参考），还要设置定时护眼提醒（体育方面的保障）。要把“融合教学设计能力”列入教师教学能力竞赛和职称评定标准之中，每学期举办“传统文化数字渲染双年展”，让融合成果得以展示并收获反馈，形成闭环<sup>[8]</sup>。学校层面建立跨专业（艺术、历史、计算机）协同备课制度，从制度上支撑美育引领下的五育融合教学模式持续运行。

## 五、结语

本文以《3dsMax&VRay效果图制作》这门课程为例，构建了美育引导下的高职传统文化课堂“五育融合”教学模式。研究显示，美育能够成为一种组织性的关键点，把德育的文化认同、智育的知识形成、体育的感知调控以及劳育的操作应用整合进效果图制作的技术步骤里面。通过重构融合目标体系、重新安排模块化的教学内容、规划出三个阶段的开展流程，再加上对应的过程组织策略、表现性评价体系以及资源保障机制，有效地解决了传统文化融入仅停留在表面、五育应用零碎割裂的问题。该模式为高职技术技能课程实现“以美带五、融合育人”提供了可操作的实践框架。

## 参考文献

- [1] 迟威娜. 高校五育融合的实践困境与路径创新研究[J]. 牡丹江大学学报, 2025, 34(11): 78-85.
- [2] 李霞. 高职院校心理健康教育与“五育融合”研究[J]. 社会与公益, 2025, (18): 239-241.
- [3] 张娇. “五育融合”理念下五年制高职院校学生社会与情感能力培养的路径研究[J]. 才智, 2025, (17): 61-64.
- [4] 杨鸿锋, 蒋文沛, 刘紫薇, 等. 基于“德育引领五育共进”的高职院校学生评价体系构建[J]. 广西教育, 2023, (24): 51-55.
- [5] 崔琪. 五年制高职文化育人体系构建的背景、挑战与创新路径[J]. 教育视界, 2023, (15): 52-56.
- [6] 杨海宁. “五育融合”理念下高职院校思政实践教学探析[J]. 科学咨询, 2022, (16): 105-107.
- [7] 李千乔, 韩颖. 新时代高职院校审美教育实施现状及路径研究[J]. 连云港职业技术学院学报, 2022, 35(02): 88-92.
- [8] 崔珊珊. 美育视角下高职院校教育改革的必要性及有效路径[J]. 无锡职业技术学院学报, 2022, 21(03): 1-5.

# 基于智能感知的光伏系统蓄电池电流在线监控器创新设计与效能优化

余剑生

广东技术师范大学, 广东 广州 510665

DOI: 10.61369/TACS.2026040034

**摘 要 :** 针对光伏发电系统中蓄电池电流监测精度不足、实时性差、成本较高及数据挖掘不充分等问题, 设计一款基于智能感知的蓄电池电流在线监控器。硬件采用霍尔传感器、STM32F407VET6微控制器、RS485通信与多路稳压电源, 实现高精度非接触式电流采集与稳定传输; 软件采用模块化设计, 融合复合滤波、异常值剔除与CRC校验, 提升数据可靠性; 引入统计分析、趋势预测与支持向量机故障诊断, 实现数据深度利用与安全预警。实验表明, 监控器平均测量误差 $< 0.1\text{A}$ , 响应时间50ms, 在精度、实时性与性价比上优于同类产品, 可有效延长蓄电池寿命、提升系统运行效率。

**关 键 词 :** 光伏发电; 蓄电池; 电流监控; 智能感知; STM32; 故障诊断

## Innovative Design and Efficiency Optimization of On-line Monitor for Battery Current of Photovoltaic System Based on Intelligent Sensing

Yu Jiansheng

Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou, Guangdong 510665

**Abstract :** Aiming at the problems of insufficient monitoring accuracy, poor real-time performance, high cost and inadequate data mining of battery current in photovoltaic power generation systems, an online battery current monitor based on intelligent perception is designed. The hardware adopts Hall sensor, STM32F407VET6 microcontroller, RS485 communication and multi-channel regulated power supply to realize high-precision non-contact current collection and stable transmission; the software adopts modular design, integrating composite filtering, outlier elimination and CRC verification to improve data reliability; statistical analysis, trend prediction and support vector machine fault diagnosis are introduced to realize in-depth data utilization and safety early warning. Experiments show that the monitor has an average measurement error of  $< 0.1\text{A}$  and a response time of 50ms, which is superior to similar products in accuracy, real-time performance and cost performance, and can effectively extend the service life of the battery and improve the system operation efficiency.

**Keywords :** photovoltaic power generation; storage battery; current monitoring; intelligent perception; STM32; fault diagnosis

## 引言

随着全球能源结构转型与环保要求不断提升, 太阳能作为清洁、储量丰富的可再生能源, 已成为应对能源危机与环境问题的重要方向。光伏发电凭借运行稳定、维护简便等优势得到广泛应用, 但太阳能固有的间歇性与不稳定性, 必须依靠蓄电池实现能量存储与供需平衡。蓄电池在光照充足时储存富余电能, 在夜间或阴天释放电力, 是保障光伏系统连续可靠供电的核心储能部件。

蓄电池电流是表征充放电状态、健康水平与剩余容量的关键参数, 精准在线监控至关重要。电流异常会直接引发蓄电池过热、极板损伤、充放电效率下降等问题, 严重缩短使用寿命, 甚至导致系统停机。实时监测电流可优化充放电策略、预判故障、降低运维成本, 对提升光伏系统整体可靠性与经济性具有重要工程价值。

## 一、光伏系统及蓄电池电流监控原理

### (一) 光伏系统工作原理

光伏发电系统依托光生伏特效应实现光电转换, 主要由光伏

组件、控制器、蓄电池、逆变器及负载构成闭环运行系统。光伏组件采用硅基半导体材料, 在光照作用下产生电子 - 空穴对, 在内建电场驱动下定向移动形成直流电流, 完成太阳能到电能的转换。逆变器将直流电转换为符合负载与电网要求的交流电, 通过

调制与滤波抑制谐波，提升供电质量。

蓄电池作为核心储能单元，在光伏输出功率大于负载需求时存储富余电能，在夜间或光照不足时释放能量，保障供电连续。控制器实时监测电压、电流、功率等关键参数，执行充放电保护、状态切换与功率调节，避免过充、过放、过载等风险，维持系统稳定高效运行。整体能量流程表现为：光照充足时，光伏组件发电直供负载并为蓄电池充电；光照不足时，蓄电池放电支撑负载，形成全天候稳定供电闭环。

### （二）蓄电池在光伏系统中的作用

蓄电池是平抑光伏间歇性、保障系统稳定运行的核心部件，主要承担三大功能。第一，时序储能与能量转移，通过“峰储谷放”解决昼夜、阴晴导致的发电波动，是独立光伏系统、偏远地区供电的关键保障。第二，功率动态调节，快速响应负载突变与光照波动，在负载突增或光伏输出骤降时补充功率，在发电过剩时吸收多余能量，平滑系统功率波动，降低设备冲击。第三，电能质量优化，缓冲电压电流扰动，抑制谐波与尖峰干扰，提升供电纯净度，延长后端设备寿命。

蓄电池的工作状态直接由充放电过程决定。充电电流过大会引发温升、极板硫化、析气等问题，严重衰减寿命；充电不足则容量无法充分利用，供电能力下降。放电电流过大、深度放电会加速老化，频繁充放电循环也会加剧性能衰减。因此，对蓄电池充放电进行精细化控制，是提升系统可靠性、延长整体使用寿命的关键。

### （三）蓄电池电流监控的重要性

蓄电池电流是反映充放电状态、健康水平与容量变化的核心特征量，实时高精度监控具有多重工程价值。首先，保障系统连续运行，电流监测为 MPPT 最大功率跟踪提供关键反馈，控制器依据实时电流、电压调整工作点，使光伏组件保持最高转换效率，提升整体发电量。长期电流数据可用于建立状态模型，通过电流异常可快速识别控制器故障、线路断路、负载短路等问题，及时处理可避免系统停机与蓄电池损坏。其次，显著延长蓄电池寿命，合理控制充放电电流可避免过充、过放与大电流损伤，相关数据表明，科学的电流监测与管控可使蓄电池寿命延长 20% - 30%，大幅降低运维与更换成本。

### （四）现有监控技术分析

蓄电池电流监控核心由传感采集、信号处理、数据通信三部分构成，现有技术路线各有侧重，难以全面适配光伏系统的多维度需求。传感层面，霍尔电流传感器采用非接触磁电转换方式，具备电气隔离、线性度优、响应迅速且交直流通用的特点，适配光伏高压场景，但成本较高，易受温度影响出现漂移。分流器依托欧姆定律测量，结构简单、成本低廉且精度适中，却需串入主回路，存在功率损耗，大电流工况下发热明显，影响测量稳定性与设备寿命。

信号处理分为模拟与数字两类：模拟处理实时性强、电路简便，但精度不足、抗干扰弱且参数固定，无法适应复杂电磁环境；数字处理通过 ADC 转换结合微控制器算法完成滤波校准，精度高、灵活性强、抗干扰佳，可实现谐波分析等高级功能，但对

硬件要求更高，成本与功耗也相对提升。

## 二、监控器的系统设计与效能优化分析

### （一）监控器硬件系统设计

监控器硬件采用模块化架构，核心包含电流采集、数据处理、通信及电源四大模块，各模块协同运作，实现光伏系统蓄电池电流的实时精准在线监控。整体架构以数据处理模块为核心，统筹各模块数据交互与功能落地，保障系统稳定运行。

电流采集模块作为数据输入核心，选用霍尔传感器，相较于分流器的接触式测量，其基于霍尔效应的非接触式测量，具备精度高、线性度优、隔离性强的优势，可规避光伏高压大电流环境的电气干扰，保障测量安全。为解决其温度敏感问题，选用带温度补偿功能的霍尔传感器，确保不同环境温度下的测量精度；同时设计信号调理电路，通过运算放大器构成的同相放大电路，将传感器 0 ~ 100mV 微弱信号放大至 0 ~ 3V，适配数据处理模块 ADC 输入范围，搭配二阶低通滤波电路滤除 100Hz 以上高频噪声，提升信号质量。

数据处理模块选用 STM32F407VET6 微控制器，其 168MHz 主频与 12 位集成 ADC 可快速完成信号数字化转换与实时分析，丰富外设便于模块交互；搭配 8MHz HSE 晶振（经 PLL 倍频至 168MHz）、32.768kHz LSE 晶振，以及按键与上电复位结合的复位电路、电源滤波电路，保障微控制器稳定工作。RS485 通信模块通过 MAX485 电平转换芯片实现 TTL 与差分电平转换，6N137 光耦隔离电路提升抗干扰能力，满足远程数据传输需求。电源模块通过 LM2596 芯片将 24V 输入转换为 5V，为传感器及调理电路供电，再经 AMS1117-3.3LDO 芯片转换为 3.3V 供微控制器使用，搭配滤波电容与稳压二极管，确保供电稳定。

### （二）监控器软件系统设计

监控器软件采用模块化设计思想，以数据交互为核心，分为数据采集、数据处理、通信及用户界面四大程序模块，具备良好的可扩展性与维护性，实现光伏系统蓄电池电流的全流程监控。软件整体架构通过消息队列实现各模块数据交互，确保数据传输的一致性与及时性。数据采集程序负责与硬件交互，配置微控制器 ADC 模块，设置合理采样参数，实时采集经信号调理后的电流信号并完成模数转换，为后续处理提供原始数据。数据处理程序是软件核心，对采集的原始数据进行滤波、校准及异常值处理，补偿传感器误差，计算蓄电池充放电状态、剩余容量等关键参数，为监控决策提供支撑。通信程序遵循 RS485 通信协议，将处理后的有效数据打包成特定格式数据包，通过通信接口发送至上位机，同时接收上位机指令，实现监控器参数远程设置与远程控制。用户界面程序提供直观友好的操作界面，以图形化方式实时展示电流数据、历史曲线，支持历史数据按时间范围查询，设置异常报警功能，当电流超出正常范围时及时发出提示，便于用户快速响应。各模块分工明确、协同配合，模块化设计不仅降低了开发难度，也为后续功能升级与维护提供了便利，确保软件系统与硬件模块高效联动。

### （三）数据采集与处理算法设计

为确保采集数据的准确性、实时性与可靠性，设计科学合理的数据采集与处理算法，兼顾数据连续性与抗干扰能力。数据采集采用定时采集与触发采集相结合的方式，通过微控制器定时器中断设置100ms定时采样间隔，实现电流数据的周期性采集，保障数据连续性；当检测到蓄电池充放电状态变化或接收到上位机采集指令时，触发即时采样，精准捕捉关键节点的电流数据。同时采用10次采样取平均值的方法，有效降低随机噪声对采集数据的影响，提升测量精度。数据处理采用复合滤波与异常值处理相结合的算法：复合滤波先通过中值滤波对连续5个采样数据排序取中间值，去除脉冲干扰，再通过滑动平均滤波对最新N个数据求算术平均，平滑数据曲线，减少随机噪声影响；异常值处理采用 $3\sigma$ 准则，基于正态分布特性，将超出 $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 区间的数据判定为异常值，通过相邻正常数据插值替代，避免异常值影响数据分析结果。通过上述算法设计，有效提升了数据质量，为光伏系统蓄电池电流监控的准确性提供了可靠保障，确保系统能够精准反馈蓄电池运行状态。

### （四）系统效能优化设计

针对光伏系统监控器户外长期运行的能耗、运算效率及成本痛点，结合软硬件特性，开展多维度效能优化设计，提升系统综合性能与工程价值，契合光伏电站节能降耗趋势。

硬件上，采用低功耗策略，选用低静态电流霍尔传感器及STM32F407VET6低功耗模式，通过GPIO端口唤醒机制，在电流稳定、无数据传输时段触发休眠，降低待机功耗；优化PCB布局，遵循信号完整性原则，缩短敏感信号路径，增设接地铜箔与电磁屏蔽层抑制EMI，选用贴片元器件缩减体积、降低损耗，提升集成度与稳定性。

软件上，基于指令级优化，精简数据处理冗余步骤，用查表法替代复杂浮点运算，降低CPU占用率；优化复合滤波算法迭代逻辑，动态调整滤波窗口长度，在保证滤波效果的同时减少运算量、提升响应速度；引入LZ77无损压缩算法及优化通信协议

帧结构，减少RS485通信数据量与传输周期，降低传输功耗与误码率。

## 三、实验验证与结果分析

为验证光伏系统蓄电池电流在线监控器的性能，搭建了由光伏系统、本次设计的监控器及各类测试设备组成的实验平台。光伏系统含太阳能板、MPPT逆变器、铅酸蓄电池和控制器，模拟实际光伏发电场景；测试设备包括高精度电流传感器（精度0.1%）、示波器、万用表等，用于校准和验证监控结果。实验设计多工况测试，涵盖不同光照强度、负载类型及环境温度，模拟实际运行场景；数据采集点选在蓄电池正负极等关键位置，采集频率10Hz，持续测试一个月以获取充足数据。实验结果显示，监控器能准确跟踪蓄电池充放电电流变化，波动小且与标准传感器测量值基本一致。误差分析表明，各工况下平均误差均小于0.1A，最大误差不超过0.2A；实时性测试中，监控器平均响应时间为50ms，均满足设计要求，验证了监控器的准确性和可靠性。

## 四、结论

本研究成功开发光伏系统蓄电池电流在线监控器，完成软硬件全流程开发。硬件以STM32F407VET6为核心构建模块化架构，采用高隔离霍尔传感器采集电流并配套调理电路；软件模块化设计，结合采集策略、复合滤波及 $3\sigma$ 算法保障数据质量，通过RS485通信与人机界面实现远程监控管理。

未来将从三方面推进优化：一是优化硬件配置，融入抗干扰技术并选用更高精度的传感器，增强系统在极端环境下的适配能力；二是将AI技术与大数据算法相结合，搭建实时分析预测体系，实现监控决策的智能化升级；三是尝试应用5G、LoRa等新型通信方式，完善分布式监控架构，促进监控器与光伏系统设备的深度协同，进一步提升光伏系统的运行效能与可靠性。

## 参考文献

- [1] 张承瑞, 李建国, 王浩. 光伏储能系统蓄电池电流高精度监控技术研究[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(12): 145-152.
- [2] 刘军, 陈丽, 赵阳. 基于STM32的蓄电池电流在线监测系统设计[J]. 电子技术应用, 2022, 48(8): 132-136.
- [3] 王艳, 李刚, 张磊. 霍尔传感器在光伏蓄电池电流测量中的应用优化[J]. 传感器技术学报, 2023, 36(5): 789-794.

# 区域特种机器人产业发展现状及研发需求调查报告

赵炫弟, 宋崇栋, 李孟, 袁涛, 季本波, 陈杨  
烟台工程职业技术学院, 山东 烟台 264006  
DOI: 10.61369/TACS.2026040035

**摘 要：** 特种机器人作为技术密集型产业的核心载体，是我国战略新兴产业的重要组成部分，其发展水平直接关系到高端制造、安全应急、民生服务等关键领域的技术升级。《中国制造 2025》及《十四五规划》均明确将机器人产业列为重点发展方向，而《山东省机器人产业高质量发展行动计划（2025—2027 年）》进一步定位烟台为全省机器人产业核心集聚地，重点支持多关节机器人、警务协作机器人、智能控制器等细分领域突破。为精准把握烟台地区特种机器人产业的研发投入特征与市场需求导向，本次调研以烟台为核心调研区域，覆盖机器人全产业链配套生态体系等重点企业，通过文献研究、实地访谈、数据采集、政策梳理等方式，系统分析产业发展现状、核心优势与潜在瓶颈，为产业高质量发展提供决策参考。

**关 键 词：** 特种机器人；产业链配套生态体系；产业发展现状；研发需求

## The Investigation Report of Development Status and Research and Development Needs of Regional Special Robot Industry

Zhao Xuandi, Song Dongdong, Li Meng, Yuan Tao, Ji Benbo, Chen Yang  
Yantai Engineering & Technology College, Yantai, Shandong 264006

**Abstract：** As the core carrier of technology intensive industries, special robots are an important component of China's strategic emerging industries, and their development level is directly related to the technological upgrading of key areas such as high-end manufacturing, safety emergency, and livelihood services. The "Made in China 2025" and "14th Five Year Plan" both explicitly list the robotics industry as a key development direction, while the "Shandong Province Robot Industry High Quality Development Action Plan (2025-2027)" further positions Yantai as the core cluster of the province's robotics industry, focusing on supporting breakthroughs in sub sectors such as multi joint robots, police collaborative robots, and intelligent controllers. In order to accurately grasp the R&D investment characteristics and market demand orientation of the special robot industry in Yantai, this survey focuses on Yantai as the core research area, covering key enterprises such as the supporting ecosystem of the entire robot industry chain. Through literature research, on-site interviews, data collection, policy sorting and other methods, the current development status, core advantages and potential bottlenecks of the industry are systematically analyzed, providing decision-making references for high-quality development of the industry.

**Keywords：** special robots; industrial chain supporting ecosystem; current status of industrial development; R&D requirement

党的十八大以来，制造业发展步伐加快，机器人产业发展迅猛，工业机器人装机量全球第一。机器人产业是实体经济和数字经济深度融合的典型代表，是培育发展新质生产力的重要方向。在“十五五”规划建议中，具身智能等前沿技术被明确为新的经济增长点。特种机器人作为机器人产业链条中不可或缺的一环，其发展具有基础薄弱但发展迅速的特点。

烟台作为山东工业经济的核心增长极与制造业强市，凭借门类齐全、规模庞大、创新驱动的工业体系，为特种机器人产业发展奠定了坚实基础，其工业基础条件在山东省内具有显著领先优势。尽管成果显著，但是受地域限制在人才和资源等方面与先进地区存在不小的差距，这势必会影响产业的可持续发展。本文通过调研区域特种机器人产业发展现状出发，探讨区域特种机器人发展中迫切存在的研发问题，并提出相应的对策建议，旨在助力区域特机器人产业打造先进制造业集群。

### 一、半岛地区机器人产业发展情况

山东作为我国机器人产业重要基地，在特种机器人领域形

成“政策引导－平台支撑－场景驱动”的区域特色。为进一步抢抓产业发展机遇，加快培育新质生产力山东省工业和信息化厅联合其他部门制定印发了《山东省机器人产业高质量发展行动计划

(2025-2027年)》，这是山东首次专题围绕机器人产业发展制定的政策文件，其谋划了未来三年全省推动机器人产业高质量发展的目标成效、实施路径和支持政策。

《行动计划》预估到2027年，实现山东省机器人制造产业规模突破500亿元，特种机器人占比稳步提升，培育3家以上产值超20亿元领军企业；完善机器人产业生态，打造全国机器人研发制造新增长极，形成“4+N”产业布局，其中以济南、青岛、淄博、济宁为四大高地，其他市发展特色产业，在山东形成覆盖研发、制造、集成、配套、服务的完整产业链。在平台建设方面，引进国家机器人创新中心山东基地，建设机器人国家工程研究中心山东分中心。《行动计划》的出台，加大对机器人产业的支持力度，为省内机器人产学研用深度融合提供了方向。

## 二、烟台地区机器人产业发展情况

烟台市历来重视机器人产业发展，早在2016年就出台了《烟台市人民政府办公室关于推进机器人产业发展的指导意见》，11月印发了《烟台市贯彻〈中国制造2025〉打造烟台智造行动纲要》，将机器人及智能制造装备作为重点发展的新兴产业之一，进一步完善了机器人产业发展的政策体系。两个文件规划建设“一个园区、三个基地”，推动产业要素集聚，为烟台机器人产业发展提供了明确的政策指引和扶持措施。

经过政策精心布局，烟台机器人产业已形成“一核两极”空间格局，以黄渤海新区为核心全链布局，高新区侧重孵化与系统集成，龙口市依托制造业场景驱动应用，覆盖工业、特种、服务机器人等领域，具备龙头引领、创新孵化、场景赋能三大优势，机器人产业正通过产学研联盟、政策扶持加速升级。

其中黄渤海新区培育以国兴智能（专精特新“小巨人”）聚焦消防机器人<sup>[1]</sup>；艾迪艾创实现RV减速机国产化率100%；科曼智能布局档案、岸电、巡检等服务机器人；万华化学与睿创微纳分别提供人形机器人仿生皮肤材料和红外热成像感知技术，形成“核心零部件—本体制造—系统集成—终端应用”完整链条。高新区以孵化驱动，构建“众创空间+孵化器+加速器+创业社区”全链条服务。代表企业有卓瑞智能专攻工业机器人产线，代表项目是为长安铃木等提供焊装系统。经世智能聚焦数字孪生+复合机器人控制系统，产品应用于精密加工、半导体等领域。龙口市依托南山铝业等制造业基础，推动机器人与本地产业深度对接，代表项目：龙牙智能开发3D视觉智能抓取系统，可识别7000多种设备，替代14名工人，本地订单占比超60%，形成“在地化创新”良性循环。

## 三、烟台地区机器人产业发展存在的突出问题

烟台机器人产业虽具备工业基础与应用场景优势<sup>[2]</sup>，但在从规模增长向质量提升的转型过程中，仍面临核心竞争力不足、可持续发展动力薄弱的挑战<sup>[3]</sup>，特别是在技术、人才、研发投入三大核心维度的困境。现从问题本质、具体表现及关联影响展开深度分

析，如下

### （一）技术方面存在核心短板与场景适配双重制约

区域在机器人关键零部件方面有相关产品生产企业，如艾迪机器人实现了RV减速机的自研突破，在驱动器方面有欧瑞传动电气股份有限公司、以太传动电气（烟台）有限公司、烟台欧能传动技术有限公司等实力较强公司，但是整个产业链任然存在关键部件依赖进口的共性问题。据不完全统计，截止2023年现有成品中高精度伺服系统、大速比谐波减速机等核心部件国产率不足15%<sup>[4]</sup>。一方面，国内产品在精度和稳定性方面与外产品仍存在明显短板，这一性能差距导致其难以满足大范围精密装配场景需求；另一方面，机器人控制器与驱动系统算法与智能化水平滞后，难以适应复杂应用场景；再一方面，国产核心控制部件模块化设计、跨域协同不足，不同厂家产品之间存在数据协议、接口规范不统一，难以实现全设备的互联互通，产业生态的碎片化问题突出。再一方面，出口产品因配件供应与维修等综合问题<sup>[5]</sup>，而主动放弃使用区域企业生产的产品。再一方面，核心零部件因为进口导致成本偏高，压缩盈利空间<sup>[6]</sup>。

### （二）人才方面存在供需失衡与结构矛盾并存

烟台地区特种机器人领域呈现人才供需失衡与结构矛盾并存的突出问题，已成为制约产业升级的关键瓶颈。以当地汽车产业为例，当前本地汽车等企业机器人应用需求旺盛，但高端复合型人才极度紧缺，懂核心技术、懂场景适配、懂产业落地的跨领域人才供给严重不足。区域内高校虽配备大量ABB、发那科、越疆、新松机器人等教学设备，人才培养基础较好，但培养方向与企业实际需求错位<sup>[7]</sup>，设备资源未能有效转化为产业竞争力。

技术层面，产学研协同机制不畅，高校、科研机构与企业间人才流动壁垒未完全破除。行业企业面临核心技术短板与场景适配不足双重制约，关键零部件、算法、控制系统等自主化程度不高，面向特种作业场景急需能够实现技术定制化、可靠性、智能化能力的高端人才。科研院所与高校的高端科研人员产业转化能力不足，成果落地效率低，难以形成“研发—应用—迭代”的良性人才与技术循环。

整体来看，烟台特种机器人人才供给呈现“低端有余、高端紧缺、结构错配、循环不畅”特征，设备资源、科研能力与产业需求脱节。亟需打通校企人才双向流动通道，强化复合能力培养与核心技术攻关，推动人才链、创新链与产业链深度融合，构建适配本地产业的人才生态，支撑特种机器人产业高质量发展。

### （三）研发投入方面存在资金约束与效益失衡凸显

烟台地区特种机器人产业在快速发展过程中，企业研发投入面临资金约束与效益失衡的突出矛盾，已成为制约技术突破与产业升级的关键瓶颈。当前本地特种机器人企业以中小规模为主，研发投入高度依赖自有资金，企业融资可得性差、融资成本高，外部资金难以有效支撑核心技术攻关，长期研发投入存在明显资金压力，持续创新能力受限。

受资金约束影响，企业研发投入呈现重应用、轻基础，重短期、轻长期的倾向，多集中于产品集成与场景适配等见效快的环节，对核心零部件、控制系统、算法等底层技术投入不足，核心

技术与关键部件仍依赖外部供应，导致产品附加值低、同质化竞争加剧。同时，特种机器人场景分散、验证周期长、市场化节奏慢，企业高投入难以快速转化为经济效益，形成“投入大、周期长、回报慢、风险高”的困境，进一步削弱企业持续研发意愿。

此外，产学研协同创新的资金共担、收益共享机制不健全，高校科研成果转化效率不高，研发资源与产业需求错配<sup>[9]</sup>，放大了投入与效益的失衡。整体看，资金约束挤压研发空间，效益失衡弱化创新动力，二者叠加致使产业陷入低端锁定，难以形成核心竞争力。

## 四、发展趋势与对策方向

烟台特种机器人产业正处在新质生产力培育与具身智能布局的关键窗口期，依托山东“4+N”产业布局与本地“一核两极”载体，呈现核心部件突破、场景深度渗透、产业链加速闭环的发展趋势。但受核心技术受制、高端人才短缺、研发资金约束等制约，产业仍未形成“研发—应用—迭代”良性循环，必须以打通校企共建共享机制为核心抓手，优化资源配置，系统破解瓶颈。

发展趋势上，产业将向关键部件自主化、场景定制专业化、产研协同一体化升级，依托烟台制造场景优势，聚焦消防、应急、化工、港口等特种赛道，加快向AI+具身智能、AI+智能感知、数字孪生等前沿方向延伸，对接“十五五”未来产业布局。

对策方向以校企共建共享为核心突破，优化资源配置：一是共建人才培养体系，推行“产业教授+企业导师”双聘制，联合开设跨学科课程，定向培养复合型技术与转化人才，破除培养与

需求错位。二是共建创新平台，共享高校实验设备与企业场景资源，联合攻关伺服、减速机、控制器等核心技术，提升部件国产率与场景适配能力。三是共建转化机制，健全人才双向流动、成果收益共享、研发资金共担制度，优化资源配置，打通人才、技术、资金壁垒，让科研成果快速落地量产。

以校企深度共享重构创新生态，可有效补齐技术、人才、资源短板，推动烟台特种机器人产业从规模增长迈向质量跃升，打造山东乃至全国特色先进制造业集群。

## 五、总结

烟台依托雄厚制造业基础与省级政策支撑，特种机器人产业已形成“一核两极”空间格局与完整产业链，正朝着核心部件自主化、场景专业化、产研协同化方向发展，是培育新质生产力的重要载体。但产业仍面临核心技术对外依存度高、高端复合型人才紧缺、研发资金约束与效益失衡等突出问题，产学研循环不畅制约高质量发展。

为此，必须以打通校企共建共享机制为关键抓手，共建人才联合培养体系，定向输送复合型人才；共建技术创新平台，攻坚关键零部件短板；共建成果转化机制，实现人才双向流动、资源共享、收益共担。通过深化产教融合、优化资源配置，打通“研发—应用—迭代”闭环，补齐技术、人才、资源短板，推动烟台特种机器人产业迈向高端化、集聚化，加快建成特色鲜明的先进制造业集群。

## 参考文献

- [1] 刘洁, 隋翔宇, 刘睿晗, 邱峰. 烟台黄渤海新区加大培育力度, 已拥有机器人相关创新平台 10 个—机器人产业提“智”向新 [N]. 烟台日报, 2025-07-13 (2).
- [2] 马立强, 匡绍龙. 烟台服务机器人产业发展战略构想 [J]. 科技管理研究, 2015, (15): 28-32.
- [3] 何潇, 张志娟, 李波, 朱保吉, 高卓. 美国对华技术出口管制视阈下中国机器人领域关键技术能力评价研究 [J]. 全球科技经济瞭望, 2023, 38(09): 68-76.
- [4] 韩义焱, 蒋伏心. 关键核心技术国产替代动态评估: 以工业机器人为例 [J]. 现代经济探讨, 2025 (02): 83-98.
- [5] 李家志, 钟绵生, 王雪飞. 新旧动能转换背景下港口城市产业升级与布局研究—以烟台市为例 [J]. 时代经贸, 2021, 18(06): 88-90.
- [6] 张倩. 智能机器人产业: 现状、问题与对策建议 [J]. 科技中国, 2024(07): 51-55.
- [7] 袁方方. 产教融合下高职工业机器人专业现场工程师培养模式研究 [J]. 山东电力高等专科学校学报, 2026, 29(01): 62-65+75.
- [8] 焦玉涛. 新工科背景下高校跨学科实验室的资源整合与共享机制研究 [J]. 现代职业教育, 2025(35): 85-88.
- [9] 赵筱弟, 刘兴惠, 李至立. 高端智能伺服驱动系统技术研究 [J]. 现代信息科技, 2021, 5(07): 142-145.
- [10] ZHAO X., CORDA J., MEI T. Analysis of the effect of asymmetrical phase parameters in a 3-phase permanent magnet synchronous motor [C]//The XIX International Conference on Electrical Machines—ICEM 2010.Rome: IEEE, 2010: 1-6.
- [11] 赵祖华, 郭振宇. 烟台高铁新区产业定位布局研究 [J]. 企业改革与管理, 2025(13): 154-156.
- [12] 烟台市统计局. 2024 年烟台市国民经济和社会发展统计公报, 烟台日报, 2025-04-09 (3).

# 基于动态 Token 聚合注意力机制的双模态 OCTA 分割网络

李鸿飞, 王文念, 梅嫣嫣, 彭磊

山东第一医科大学 (山东省医学科学院) 医学信息与人工智能学院, 山东 泰安 271016

DOI: 10.61369/TACS.2026040036

**摘要 :** 针对光学相干断层扫描血管成像 (OCTA) 中细小血管信号微弱、受散斑噪声干扰导致单模态分割算法易产生末梢断裂与连通性下降等问题, 本文提出一种双模态视网膜血管分割网络 DDTA-UNet。网络以 U-Net 为基础框架, 融合 OCTA 血流信息与 OCT 结构先验作为双通道输入, 在编码端引入多头动态 Token 聚合注意力模块 (MHDTAA), 以高效建模血管全局拓扑依赖, 在跳跃连接处串联 CBAM 与注意力门控机制对多尺度特征进行联合筛选, 抑制背景噪声干扰。实验结果表明, DDTA-UNet 在 OCTA-500 数据集的 FAZ 分割与大血管分割任务上均展现出较好性能, 验证了双模态融合与动态注意力机制在 OCTA 视网膜血管分割场景中的有效性。

**关键词 :** 光学相干断层扫描血管造影 (OCTA); 视网膜血管分割; 动态 Transformer; 注意力机制; 双模态融合

## Dual-Modal OCTA Segmentation Network Based on Dynamic Token Aggregation Attention Mechanism

Li Hongfei, Wang Wennian, Mei Yanyan, Peng Lei

College of Medical Information and Artificial Intelligence Shandong First Medical University(Shandong Academy of Medical Sciences), Tai'an, Shandong 271016

**Abstract :** To address the problems of weak tiny vessel signal and speckle noise interference in Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA), which lead to tip breakage and poor connectivity of single-modal segmentation algorithms, this paper proposes a dual-modal retinal vessel segmentation network named DDTA-UNet. Based on the U-Net framework, the network takes OCTA blood flow information and OCT structural prior as dual-channel input, introduces a Multi-Head Dynamic Token Aggregation Attention (MHDTAA) module at the encoder to efficiently model the global topological dependence of blood vessels, and serially connects CBAM and attention gating mechanism at the skip connections to jointly filter multi-scale features and suppress background noise interference. Experimental results show that DDTA-UNet achieves excellent performance on both FAZ segmentation and large vessel segmentation tasks on the OCTA-500 dataset, which verifies the effectiveness of dual-modal fusion and dynamic attention mechanism in OCTA retinal vessel segmentation scenarios.

**Keywords :** Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA); retinal vessel segmentation; dynamic Transformer; attention mechanism; dual-modal fusion

## 引言

目前, 眼科疾病是较为普遍的疾病之一。在眼底疾病的诊断过程中, 视网膜眼底图像提供了宝贵的病变特征信息<sup>[1,2]</sup>。细致分析这些图像, 可以获取关于眼底病变的病理学数据, 视网膜血管的密度和形态特征是诊断眼底疾病时不可或缺的重要指标。医学成像技术的飞速发展显著提升了疾病诊断的精确度。光学相干断层扫描血管造影 (OCTA) 技术<sup>[3,4]</sup>保留了光学相干断层扫描 (OCT) 技术的无创性和三维微米级分辨率特性。OCTA 不仅能详尽地揭示视网膜结构, 还增添了血流动态的可视化展示, 极大地丰富了临床诊断信息。

传统的 OCTA 技术虽然能获取三维视网膜数据, 但是临床量化指标如中央凹无血管区 (FAZ) 面积通常基于二维投影图进行, 涉及视网膜层的精确分割。近年来, 有研究将 U-Net 和 3D U-Net 等网络模型应用于图像分割领域<sup>[5,6]</sup>。然而, 这些模型在处理 OCTA 数据以提取二维视网膜指标时, 仍面临依赖大量标注训练数据的难题。

本文提出一种融合 OCTA 血流信息与 OCT 结构先验的双模态视网膜血管分割网络 DDTA-UNet。该网络以 U-Net 为基础框架, 通过动态 Token 聚合注意力机制在控制计算开销的前提下建模血管全局拓扑依赖, 并在跳跃连接处引入多尺度串联注意力筛选以抑制背景噪声干扰, 主要面向视网膜大血管分割与 FAZ 分割两项任务。

## 一、技术背景

### （一）视网膜血管分割

OCT 图像在血流成像方面的局限性导致了相关研究的不充分。OCTA 技术通过提供高分辨率的三维血管成像，可量化视网膜血管分析。

现有的分割方法，虽然可以抑制噪声，但是难以区分大血管与毛细血管，且依赖投影图。本文所提 DDTA-UNet 在编码器端引入 MHDTAA 模块，在有效控制计算复杂度的前提下建模血管全局结构，弥补卷积方法在全局建模方面的不足，能够提升分割精度并降低层分割误差对定量分析的影响。

### （二）无血管区分割

在 OCTA 技术普及之前，FAZ 的边界描述较为模糊，相关研究相对匮乏。本文通过引入 OCT 图像提供的结构先验，与 OCTA 血流信息进行双模态融合，从数据层面强化 FAZ 区域的结构约束，以改善边界分割准确性，避免了对视网膜层分割的依赖和错误层分割的影响。

### （三）注意力机制与多模态融合

在医学图像分割领域，U-Net 等网络模型展现了优异的性能。然而，这些网络利用三维数据生成二维投影图时存在局限，无法有效提取特征。

Transformer 结构的引入显著提升了全局特征建模能力，TransUNet 和 OCT<sup>2</sup>Former 均在 OCTA 血管分割任务中取得了较好性能。然而，标准 Transformer 的自注意力计算复杂度随图像分辨率呈平方级增长，在高分辨率 OCTA 图像处理中计算开销较大，且直接跳跃连接引入的浅层背景噪声会干扰解码器的精细重建。CBAM 与注意力门控机制分别通过通道-空间联合加权和语义引导门控对跳跃连接特征实施自适应筛选，本文将二者串联部署，系统性地抑制噪声特征对解码器路径的干扰。

## 二、方法

本节依照 DDTA-UNet 的前向信息流阐述各核心模块的设计原理，网络整体架构如图 1 所示。

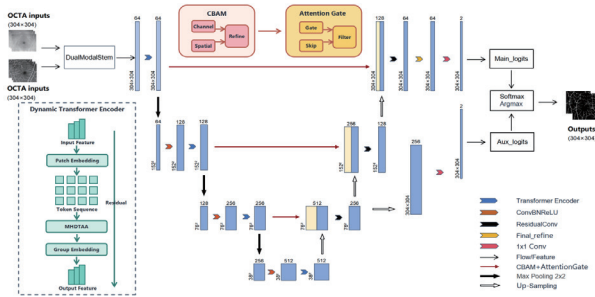


图 1 DDTA-UNet 整体网络架构图

### （一）总体架构

DDTA-UNet 以 U-Net 的 U 型编码器-解码器框架为基

础，以配对的 OCTA-3M 与 OCT-3M 图像作为双通道输入。网络前端 DualModalStem 模块完成跨模态浅层特征融合，编码器由四个编码块（enc1~enc4）组成，以动态 Transformer 编码模块为核心，逐层提取多尺度全局结构特征，每层后接  $2 \times 2$  最大池化进行空间下采样。编码器浅层特征（e1~e3）在传入解码器之前经 CBAM 与注意力门控机制串联筛选，解码器通过双线性上采样与 ResidualConv 逐步重建空间细节，输出头前附加 final\_refine 模块执行特征精炼，训练阶段同时激活辅助输出头以加速中间层收敛。

### （二）动态 Transformer 编码模块

标准 Transformer 自注意力在高分辨率特征图上的计算复杂度为  $O(N^2)$  ( $N=H \times W$ )，在显存受限条件下难以直接部署；同时纯 Transformer 架构缺乏局部归纳偏置，在小规模医学数据集上收敛偏慢。动态 Transformer 编码模块由 PatchEmbed、MHDTAA、GroupEmbedding 与残差连接四个子模块构成，在 enc1 ~ enc4 中逐层部署。PatchEmbed 将二维特征图展平为 Token 序列，其数学表达如式 (1) 所示：

$$X = \text{PatchEmbed}(F) \quad (1)$$

MHDTAA 引入  $M$  个可学习查询向量 ( $M \ll N$ )，通过交叉注意力将  $N$  个 Token 动态聚合为  $M$  个语义 Token 并迭代，更新规则如式 (2) 所示：

$$Q^{(t+1)} = \text{softmax}\left(\frac{Q_{\text{learn}} \cdot K^T}{\sqrt{d}}\right) \cdot V \quad (2)$$

该操作将计算复杂度降至  $O(MN)$ 。GroupEmbedding 通过分组卷积补偿 Token 序列化引发的空间信息损失，并叠加可学习位置嵌入，最终输出与输入残差相加。该模块在 enc1 ~ enc4 中逐层复用，有效降低高分辨率特征图的计算开销，同时保持视网膜血管拓扑的全局连通性。

### （三）跳跃连接模块

为抑制标准跳跃连接引入的背景噪声干扰，本文在 e1~e3 传入解码器之前串联 CBAM 与注意力门控两个子模块。CBAM 依次施加通道注意力与空间注意力对特征执行自适应重标定，其中  $\sigma$  为 Sigmoid 函数，GAP 与 GMP 分别为全局平均池化与全局最大池化， $f_{7 \times 7}$  为  $7 \times 7$  卷积，通道注意力与空间注意力分别如式 (3)、式 (4) 所示：

$$M_c(F) = \sigma\left(MLP(GAP(F)) + MLP(GMP(F))\right) \quad (3)$$

$$M_s(F) = \sigma\left(f_{7 \times 7}\left([GAP_c(F); GMP_c(F)]\right)\right) \quad (4)$$

注意力门控以解码器深层特征  $d_j$  为门控信号，对 CBAM 筛选后的浅层特征  $e_i'$  实施语义引导。权重分配，其中  $\alpha$  为逐元素门控系数， $\diamond$  为逐元素张量积， $W_s$  与  $W_g$  分别为跳跃路径与门控路径的线性投影，门控系数计算及加权输出如式 (5) 所示：

$$\alpha = \sigma\left(BN(W_s(e_i') + W_g(d_j))\right) \quad (5)$$

$$e_i' = \alpha \diamond e_i'$$

两阶段串联筛选使跳跃连接特征在通道-空间维度完成自适应重标定后，进一步受解码器深层语义的引导，系统性地压制背景噪声对解码器路径的干扰。

（四）其他模块

DualModalStem 为双模态融合入口，通过两个独立子网络分别提取 OCTA 与 OCT 浅层特征并计算差异图，三路特征拼接后经降维与联合筛选完成跨模态整合。ConvBNReLU 为全网通用的卷积 - 批归一化 - 激活三元组基础单元，承担逐层特征变换。ResidualConv 在双层卷积路径上引入残差捷径连接，缓解深层网络梯度消失问题。final\_refine 部署于主输出头前，对解码器最终特征图执行精炼卷积，以提升血管边界预测的精度。

（五）训练策略

针对血管像素占比低的类别不平衡问题，采用交叉熵损失与 Dice 损失联合构成分割损失（式 (6)），二者互补以同时约束像素级分类准确性与区域重叠程度：

$$L_{seg} = L_{CE} + L_{Dice} \tag{6}$$

为加速中间层收敛，网络引入辅助监督分支（AUX 头），训练总损失由主输出损失与辅助损失加权叠加构成（式 (7)）；辅助分支仅在训练阶段激活，推理阶段自动关闭：

$$L_{total} = L_{main} + 0.2 \times L_{aux} \tag{7}$$

（六）可视化结果分析

1. 大血管分割结果

图2展示了 DDTA-UNet 在大血管分割任务中3例代表性样本的可视化结果，可见 DDTA-UNet 的优势主要集中于极细末梢毛细血管区域。

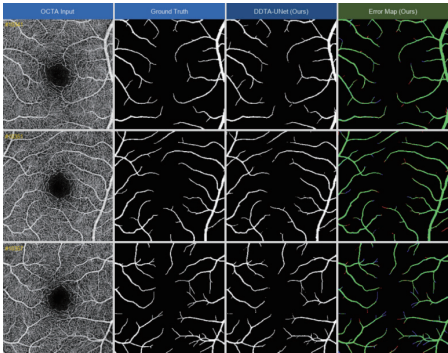


图2 DDTA-UNet 大血管分割可视化结果

2. 无血管区（FAZ）分割结果

图3展示了 FAZ 分割任务中 DDTA-UNet 与 OCT<sup>2</sup>Former 的对比结果。可见 OCT<sup>2</sup>Former 在部分样本 FAZ 边界区域出现分割碎裂，DDTA-UNet 输出的 FAZ 边界整体更为平滑连续，错误像素极少。

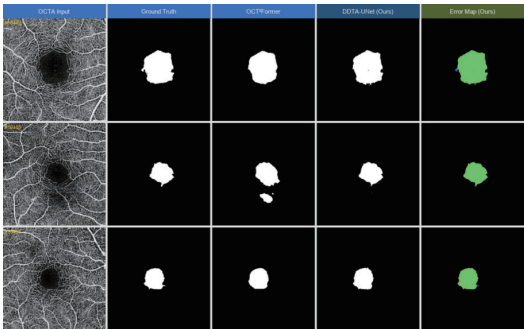


图3 FAZ 分割可视化对比结果

3. 定量对比分析

由表1和表2可知，本文方法在 OCTA 图像的无血管区分割和血管区分割上的 Dice 系数分别达 97.30% 和 91.85%，JAC、精确率均高于对比方法，充分证明了该网络具有优异的分割性能。

表1 大血管区分割定量对比结果

| 方法                      | Dice  | Jaccard | 精确率   | 召回率   |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|
| U-Net                   | 90.60 | 82.88   | --    | --    |
| CE-Net                  | 90.87 | 83.33   | 98.80 | 89.34 |
| TransUNet               | 89.89 | 81.70   | 98.66 | 87.88 |
| OCT <sup>2</sup> Former | 91.93 | 85.13   | 98.94 | 91.45 |
| 本文方法                    | 91.85 | 85.20   | 98.68 | 91.54 |

表2 无血管区分割定量对比结果

| 方法                      | Dice  | Jaccard | 灵敏度   | 特异度   |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|
| OCT <sup>2</sup> Former | 90.53 | 83.19   | 91.56 | 99.62 |
| 本文方法                    | 97.30 | 94.73   | 96.44 | 99.79 |
| 提升幅度                    | +6.77 | +11.54  | +4.88 | +0.17 |

三、结语

本文针对 OCTA 图像低对比度与单模态信息不足的问题，提出双模态视网膜血管分割网络 DDTA-UNet。通过 MHDTAA 动态 Token 聚合机制实现高效全局拓扑建模，结合 CBAM 与注意力门控机制对跳跃连接特征实施联合筛选，并以双模态融合模块引入 OCT 结构先验信息。

在 OCTA-500 数据集上，DDTA-UNet 在 FAZ 分割 Dice 系数达 97.30%，大血管分割 Dice 系数达 91.85%，在 Jaccard 系数与召回率方面表现突出。后续可从扩充训练数据与模型轻量化方向继续优化，以更好地服务于眼科智能筛查临床应用。

参考文献

[1] 朱锦亭, 冯洁. 光学相干断层扫描血管成像术评估成年近视患者黄斑区视网膜血流密度和视网膜厚度 [J]. 中国临床研究, 2024, 37(12): 1895-1899.

[2] 杨雄一, 易果果, 陈艳霞, 等. 应用 OCTA 观察糖尿病视网膜病变的微血管变化 [J]. 国际眼科杂志, 2025, 25(2): 179-190.

[3] 陈子华, 张宏. 光学相干断层扫描血管成像在眼前节疾病中的研究现状 [J]. 中国医药科学, 2024, 14(8): 62-65.

[4] 刘自强, 接传红, 王建伟, 等. OCTA 在神经眼科疾病中应用的研究进展 [J]. 中国中医眼科杂志, 2024, 34(5): 477-480.

[5] 汪有崧, 裴峻鹏, 李增辉, 等. 深度学习的视网膜血管分割研究综述 [J]. 计算机科学与探索, 2024, 18(8): 1960-1978.

[6] 刘新娟, 韩旭, 方二喜. 基于并行 U-Net 模型的眼底微血管图像分割方法 [J]. 中国激光, 2024, 51(21): 103-116.

# 基于点云数据的非对称变位斜齿轮传动误差检测

文领

天津现代职业技术学院机电工程学院, 天津 300350

DOI: 10.61369/TACS.2026040037

**摘 要：** 非对称变位斜齿轮因其在驱动侧具有较大的压力角，从而具备更高的承载能力和传动效率。然而，其齿面结构复杂、啮合特性非对称，使得传统接触式量仪难以对其整个齿面形状进行高密度、高精度评价。为解决这一问题，本文提出一种基于点云数据的非对称变位斜齿轮传动误差检测方法，构建了从三维扫描、点云预处理、齿面偏差计算到传动误差（TE）预测的完整技术流程。

**关 键 词：** 非对称变位斜齿轮；点云测量；三维偏差分析；Geomagic Control X；传动误差；数字化检测

## Detection of Transmission Error of Asymmetric Variable-Position Helical Gear Based on Point Cloud Data

Wen Ling

School of Electromechanical Engineering, Tianjin Modern Vocational Technology College, Tianjin 300350

**Abstract：** Asymmetrically modified helical gears exhibit higher load capacity and transmission efficiency due to their larger pressure angles on the driving side. However, their complex tooth surface structure and asymmetric meshing characteristics make it difficult for traditional contact-type measuring instruments to evaluate the entire tooth surface shape with high density and high precision. To address this issue, this paper proposes a transmission error (TE) detection method for asymmetrically modified helical gears based on point cloud data, establishing a complete technical process from 3D scanning, point cloud preprocessing, tooth surface deviation calculation to TE prediction.

**Keywords：** asymmetric modified helical gear; point cloud measurement; 3D deviation analysis; Geomagic Control X; transmission error; digital detection

## 引言

非对称齿轮凭借其在主动侧采用较大压力角、在背侧采用较小压力角的特殊齿廓形式，可在保证传动效率的同时显著提升承载能力和啮合强度。近年来，随着新能源汽车、机器人、航空传动等领域对轻量化、高效率、低噪声齿轮系统的需求增长，非对称变位斜齿轮逐渐成为研究热点。然而该类齿轮在几何形态、啮合特性及加工工艺上与传统对称齿轮存在显著差异，使其测量与质量控制仍面临诸多挑战<sup>[1]</sup>。

传统齿轮检测通常依赖接触式三坐标测量机（CMM）或齿轮测量中心，其特点是精度高但效率低、点测量密度有限，难以对非对称斜齿轮的螺旋空间齿面实现连续、全面、细节化的误差获取。此外，接触式测头在齿根、尖角等区域容易受到形状遮挡影响，测量不完整。因此，利用结构光扫描仪获取高密度点云并进行误差分析已成为趋势<sup>[2][3]</sup>。

然而，点云数据测量方法本身也存在以下关键问题：

- 1) 点云中包含噪声点、离群点，需进行滤波与平滑处理；
- 2) 多视角拼接后存在局部误差累积，需要高精度配准；
- 3) 点云与理论 CAD 模型之间需进行可靠匹配；
- 4) 需提取齿廓、齿向误差并计算全齿面偏差；

作者简介：文领（1986.12—），男，湖北随州人，讲师，硕士研究生，天津现代职业技术学院机电工程学院教师，天津图学会会员，一带一路暨金砖国家技能发展国际联盟增材制造专业委员，研究方向是机械 CAD/CAM 与增材制造和逆向工程技术。

5) 如何将点云偏差数据映射为传动误差 (TE) 仍缺乏统一模型。

针对上述问题,国内外学者在齿面误差分析、点云重建、啮合理论及 TE 模型等方面开展了大量研究。但现有研究主要面对称齿轮或局部区域分析,缺少面向非对称变位斜齿轮的全流程误差检测体系。

为此,本文提出一种基于点云数据的非对称变位斜齿轮传动误差检测方法,旨在实现齿面几何误差与传动性能的高精度数字化关联。本文的主要研究内容包括:

- 1) 构建非对称变位斜齿轮的点云测量流程,确保高精度与重复性;
- 2) 提出基于 Geomagic Control X 的齿面偏差计算方法,获得全齿面误差;
- 3) 建立包含齿廓偏差、齿向偏差与加载挠度的综合 TE 数学模型;
- 4) 利用 MATLAB 进行 TE 数值求解;
- 5) 通过啮合试验台进行 TE 实验验证。

本文的研究成果对于齿轮制造精度评价、磨削工艺优化、齿面修形设计及智能检测技术具有重要意义。

## 一、非对称变位斜齿轮啮合理论

### (一) 非对称齿轮的几何特性<sup>[4]</sup>

非对称齿轮是指齿轮的主动侧和背侧具有不同的压力角,即:

$$\alpha_1 \neq \alpha_2 \quad (2-1)$$

其中:  $\alpha_1$ : 驱动侧压力角 (较大)、 $\alpha_2$ : 背侧压力角 (较小)

由于传动主要发生在主动侧,因此增大  $\alpha_1$  可显著提升齿面接触强度、弯曲强度以及抗点蚀能力,而较小的  $\alpha_2$  则可保证啮合顺畅性与回程精度。

此外,为进一步优化啮合性能,非对称齿轮常配合正变位或负变位,形成更合理的齿厚分布与接触模式。

### (二) 变位斜齿轮的啮合原理

变位系数  $x$  的作用是改变刀具位置,从而调整齿廓厚度、齿顶高、啮合角和接触应力分布。变位系数引起的齿廓变化可描述为<sup>[6]</sup>:

$$h^* = h + xm \quad (2-2)$$

变位与非对称压力角共同作用,使得啮合接触线呈现明显的空间扭曲特性。

非对称压力角将影响基圆、啮合线方向以及传动误差传播路径,从而对齿面偏差敏感性产生区别。

### (三) 非对称齿面误差的传递特性

齿面几何误差可分为两类: 齿廓偏差和齿向偏差。

几何偏差在啮合过程中投影至啮合线,引起瞬时中心距变化,是传动误差的根本来源<sup>[6]</sup>。对于非对称齿轮,驱动侧压力角较大,其 TE (传动误差) 对误差的灵敏度可表示为:

$$k_{\alpha} = \frac{\partial TE}{\partial \Delta p} \propto \cos \alpha_1 \quad (2-3)$$

即主动侧越陡峭,齿廓偏差对 TE 的影响越显著。

### (四) 齿向误差与接触线错位

斜齿轮的接触线沿齿宽方向延伸,因此齿向误差会导致接触线倾斜或平移。非对称齿轮中,由于两侧压力角不同,其对齿向

偏差的敏感度进一步放大。

偏差映射关系可描述为:

$$\Delta_{eq} = k_h \Delta h \quad (2-4)$$

该等效误差将直接加入传动误差模型,是本文 TE 模型的核心创新之一。

## 二、点云数据采集与预处理方法

由于非对称变位斜齿轮齿面为复杂的空间螺旋曲面,局部曲率变化大、加工区域多、遮挡严重,仅依靠传统接触式测量仪难以实现高密度全域测量。为此,本研究采用激光三维扫描技术获取齿面点云,并通过滤波、平滑、重建和配准实现高精度齿面模型。点云与理论齿轮 CAD 模型的精确对齐是齿面误差计算的关键步骤。本文采用: 基于中心孔和端面进行粗对齐; 使用 Control X 的 Best-Fit Alignment 进行 ICP 精配准。

### (一) 点云采集系统构成与参数设置

实验使用激光结构扫描系统,由投影模块、双摄像机、旋转平台与标定机制组成。

扫描仪关键参数设置如下表:

表 3-1

| 项目     | 参数                    |
|--------|-----------------------|
| 单次扫描精度 | $\pm 10 \mu\text{m}$  |
| 点距     | $30 - 40 \mu\text{m}$ |
| 工作距离   | 450 mm                |
| 分辨率    | $1920 \times 1200$    |
| 转台角步   | $10^\circ - 15^\circ$ |

齿面金属光泽强,为降低反射性噪声,扫描前薄喷亚光显影剂 (约  $5 - 10 \mu\text{m}$ )。扫描采用多角度旋转捕获,确保覆盖齿顶、齿根和两侧面,最终获得约  $1.5 \times 10^6$  点的原始点云。

（二）原始点云误差来源分析

原始点云的误差来源包括：环境光干扰与噪声点；金属反射造成的局部缺失；多视图拼接误差；高反射齿顶的虚点；齿根区域遮挡导致的稀疏点云。为得到高质量数据，必须通过点云预处理技术进行净化。

（三）噪声剔除：统计离群点滤波（SOR）

SOR 方法通过统计点云局部距离特性去除噪声点<sup>[10][11][12]</sup>。对每个点  $P_i$ ，计算 (K) 邻域平均距离：

$$\mu_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k d(p_i, p_j)$$
 (3-1)

全局计算距离均值  $\mu$  与  $\sigma$  标准差，若满足：

$$\mu_i > \mu + \lambda \sigma$$
 (3-2)

则判定为离群点并剔除。

实验设置：K=20； $\lambda=2.0$ 。

处理后约剔除 1.6% 孤立噪声点，提高点云一致性。

（四）点云平滑：移动最小二乘（MLS）

MLS 是构建平滑曲面的主流方法，通过局部加权拟合减少噪声而保持几何特征。其权重函数为：

$$[w(x) = \exp\left(-\frac{|s-p_i|^2}{h^2}\right)]MLS$$
 (3-3)

能保持齿顶棱边、齿根过渡等特征，不会造成齿形圆滑化，是齿面测量中的最佳选择。应用 MLS 后，点云的标准差降低约 30%。

（五）网格重建：Poisson 重建算法

由于齿根、齿侧局部区域点云稀疏，需重建连续网格以保证后续截面分析的准确性。本文采用 Poisson 重建方法<sup>[13]</sup>：

核心是构造法向量场的散度场：

$$\nabla \cdot \vec{V} = \Delta \phi$$

并求解泊松方程得到隐式曲面，通过等值面提取网格。

优势：

- (1) 生成连续平滑曲面；
- (2) 抑制局部噪声；
- (3) 保证齿面拓扑结构一致性。
- (4) 重建后的三角网格约 35 万面。

（六）点云与 CAD 的精配准（基于 ICP）

点云与理论齿轮 CAD 模型的精确对齐是齿面误差计算的关键步骤。本文采用：

基于中心孔和端面进行粗对齐；

使用 Control X 的 Best-Fit Alignment 进行 ICP 精配准<sup>[14][15]</sup>。

ICP 目标函数为点 - 面误差形式：

$$E(R,t) = \sum_{i=1}^N [(Rp_i + t - q_i) \cdot n_i]^2$$
 (3-4)

其中  $n_i$  为 CAD 模型法向，可提高配准稳定性。

实验结果：

RMS = 0.008 - 0.012 mm；

最大配准误差 < 0.02 mm。

说明配准精度满足齿面误差分析要求。

（七）点云质量评价

为评估预处理效果，比较处理前后的点云质量如下表：

表 3-2

| 指标                  | 处理前     | 处理后     |
|---------------------|---------|---------|
| 点 - CAD 距离 RMS (mm) | 0.026   | 0.018   |
| 离群点比例               | 3.8%    | 0.9%    |
| 局部噪声幅度 (mm)         | ± 0.020 | ± 0.010 |

预处理后点云质量显著改善

（八）本章小结

本章构建了完整的点云采集与预处理流程，包括多视角扫描、SOR 滤波、MLS 平滑、Poisson 重建和 ICP 配准。通过该流程获得的高精度点云为后续齿面偏差提取与传动误差计算奠定了坚实基础。

三、基于 Geomagic Control X 的齿面误差分析方法

理论齿轮 CAD 模型通过 SolidWorks 三维建模软件生成，包含非对称压力角齿廓、对应变位系数、螺旋角与齿宽参数及齿根过渡圆角等核心参数，采用 STEP 格式导入 Geomagic Control X。对齐策略分为两步：首先基于齿轮宏观几何特征（内孔圆柱、端面基准平面、外径圆柱）实现粗对齐；随后采用 Control X 的 Best-Fit Alignment 功能进行 ICP 精对齐。

选取 8 个典型齿，每齿提取 1~3 个齿廓截面，Control X 自动截交点云与 CAD 模型，生成 200~300 个有效数据点。齿廓偏差定义为点云到 CAD 齿廓的法向距离

$$\Delta_p(x) = \text{distance}_{\text{normal}}(p, \text{CAD})$$
 (4-1)

误差曲线特征显示：节圆附近误差最小，为加工过程最稳定区域；齿顶正偏差约为 +20~40  $\mu\text{m}$ （磨削过切）；齿根负偏差约为 -30~50  $\mu\text{m}$ （刀具退让不足）

沿齿宽方向选取左端（0% 齿宽）、中央（50% 齿宽）和右端（95% 齿宽）3 个关键截面进行分析。齿向偏差呈线性分布：

$$\Delta_h(x) = ax + b$$
 (4-2)

Control X 自动计算以下核心指标：

均方根误差（RMS）：

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \Delta_i^2}$$
 (4-3)

反映极端误差点，受局部噪声影响较大

峰 - 峰值（PP）：

$$pp = \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}$$
 (4-4)

是传动误差（TE）建模的关键输入参数

采用 CSV 格式导出齿面误差数据，字段包括节圆角度、齿廓偏差、齿向偏差、法向及点序号等，用于 MATLAB 传动误差数值积分。

## 四、非对称变位斜齿轮传动误差数学模型

### (一) 传动误差定义与分类

传动误差 (Transmission Error, TE) 是评价齿轮系统振动与噪声的核心指标, 定义为实际传动角度与理论传动角度的差值。其影响因素包括几何偏差、加工误差、变位系数、齿向倾斜及载荷变形, 其中非对称变位齿轮因主动侧压力角大, 对齿廓误差的敏感度显著提升。根据误差来源, TE 可分为几何传动误差 (GTE) 和加载传动误差 (LTE) [7]。本文采用叠加模型计算总传动误差:

$$TE = GTE + LTE \quad (5-1)$$

其中, GTE 可直接利用 Control X 输出的偏差值计算, LTE 则基于 Hertz 接触理论与轴系挠度模型推导:

### (二) 几何传动误差模型 (基于点云偏差)

齿廓误差 ( $\Delta_p$ ) 沿啮合线方向投影至节面, 会导致瞬时中心距变化, 进而产生几何传动误差分量:

$$GTE_p(\phi) = \Delta_p(\phi) \cos a_1 \quad (5-2)$$

参数说明:

$\phi$ : 齿轮啮合角 ( $^\circ$ );

$a_1$ : 非对称驱动侧压力角 (通常大于  $20^\circ$ )。

由于非对称齿轮的  $a_1$  较大, 存在关系:

$$\cos a_1 < \cos 20^\circ \quad (5-3)$$

这一特性放大了 GTE 对齿廓误差的敏感度, 解释了驱动侧加工精度要求更高的原因。

齿向误差 ( $\Delta_h(x)$ ) 会导致接触线沿齿宽方向倾斜, 使啮合线发生平移, 其对 GTE 的贡献为:

$$GTE_h(\phi) = k_h \Delta_h(\phi) \quad (5-4)$$

等效系数  $k_h$  的影响因素:

螺旋角  $\beta$  (斜齿轮核心参数);

接触线方向;

齿宽 (b)。

理论推导表明,  $k_h$  的简化表达式为:

$$k_h = \sin \beta \quad (5-5)$$

由于斜齿轮的  $\beta > 15^\circ$ , 齿向误差对 GTE 的贡献不可忽略。

### (3) 几何传动误差的叠加

总几何传动误差为齿廓误差与齿向误差贡献的线性叠加:

$$GTE(\phi) = GTE_p(\phi) + GTE_h(\phi) \quad (5-6)$$

至此, 建立了“点云测量→齿廓/齿向偏差→GTE”的完整数学链路, 实现了几何误差到传动误差的量化映射。

### (三) 加载传动误差 (LTE) 模型

加载误差由多力学因素共同作用, 其中齿面接触变形占主导 (约 50%~70%), 其次为齿根弯曲变形与轴系挠度。

#### (1) Hertz 接触变形模型

基于 Hertz 接触理论, 齿面接触区为椭圆, 法向变形量为:

$$\delta_H = \frac{2F}{\pi a E'} \quad (5-7)$$

等效弹性模量 ( $E'$ ) 的计算公式为:

$$\frac{1}{E'} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \quad (5-8)$$

对于钢质齿轮 (工程常用材料), 参数取值为:

弹性模量  $E=210\text{GPa}$ ;

泊松比  $\nu=0.3$ 。

由此可得, Hertz 接触变形量约为  $1-3\text{ }\mu\text{m}$ 。

#### (2) 齿根弯曲挠度

将齿根简化为悬臂梁, 其弯曲变形量为:

$$\delta_f = \frac{FL^3}{3EL} \quad (5-9)$$

参数说明:

$F$ : 齿面接触载荷 (N);

$L$ : 齿顶高 (mm);

$I$ : 齿根截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ )。

工程经验表明, 齿根弯曲变形量约为  $2-5\text{ }\mu\text{m}$ 。

#### (3) 综合加载传动误差

总加载传动误差为各变形分量的叠加:

$$LTE = \delta_H + \delta_f + \delta_s \quad (5-10)$$

其中,  $\delta_s$  为轴系挠度 (包括轴的弯曲与扭转变形), 可通过有限元分析或经验公式估算, 通常为  $1-2\text{ }\mu\text{m}$ 。

### (四) 综合传动误差模型

结合几何与加载误差的贡献, 非对称变位斜齿轮的综合传动误差模型为:

$$TE(\phi) = GTE_p(\phi) + GTE_h(\phi) + LTE(\phi) \quad (5-11)$$

将 Control X 提取的点云误差 (齿廓  $\Delta_p$ 、齿向  $\Delta_h$ ) 代入 GTE 计算, 再结合 LTE 的力学分析结果, 即可得到完整的 TE 曲线, 为后续振动噪声预测提供依据 [8]。

### (五) Control X 与 MATLAB 的误差数据对接方法

为实现“点云测量→模型计算→结果可视化”的闭环, 需将 Control X 的误差数据导入 MATLAB 进行分析。具体步骤为: 首先从 Control X 的 3D Compare 模块导出齿廓/齿向误差的 CSV 格式原始采样点数据; 随后在 MATLAB 中导入数据, 定义齿轮参数 (如非对称压力角、螺旋角), 并依据前述模型计算几何传动误差 GTE 及综合传动误差 TE; 最后进行可视化与后续分析, 如峰-峰值计算、频谱分析及与实验数据对比拟合。

## 五、传动误差实验验证与结果分析

### (一) 试验平台组成与测量原理

实验采用专用齿轮动态误差测量系统, 核心结构包括: 主从动齿轮安装架、高精度扭矩输入装置 (伺服电机+行星减速器)、转速与角位移编码器 (精度  $\pm 0.3^\circ$ )、力矩传感器、实时数据采集卡 (Ni DAQ, 采样频率 10 kHz) 以及控制与分析软件。该平台可模拟空载传动误差 (NLTE)、加载传动误差 (LTE) 及不同转速/载荷下的啮合动力学特性 [9]。

实验采用角位移差法测量传动误差, 数学表达式为:

$$TE(t) = \theta_1(t) - \frac{z_1}{z_2} \theta_2(t) \quad (6-1)$$

式中:

$\theta_1(t)$ : 主动齿轮角位移

$\theta_2(t)$ : 从动齿轮角位移

$Z_1/Z_2$ : 主从动齿轮齿数比

通过包络插值法提高角位移测量分辨率, 最终 TE 测量分辨率约为  $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 。

## (二) 测试工况与参数设置

为全面验证模型适用性, 设置4种典型载荷与转速组合工况: 工况 A (空载, 0 Nm, 300 rpm)、工况 B (中载低速, 10 Nm, 300 rpm)、工况 C (中载高速, 20 Nm, 600 rpm)、工况 D (重载高速, 30 Nm, 600 rpm)。

啮合齿轮为非对称变位斜齿轮, 核心参数为: 模数  $m=2.5$ , 螺旋角  $\beta=20^\circ$ , 压力角主动侧  $28^\circ$ 、背侧  $18^\circ$ , 齿宽  $b=30 \text{ mm}$ , 变位系数  $x_1=0.25$ ,  $x_2=0$ 。齿面误差通过 Control X 点云分析获得: 齿廓峰 - 峰偏差  $40 - 50 \mu\text{m}$ , 齿向峰 - 峰偏差  $25 - 35 \mu\text{m}$ 。

## (三) TE 实测曲线与模型预测结果

空载工况 (A) 下, 实测 NLTE 峰 - 峰值为  $7.8 \mu\text{m}$ , 模型预测几何传动误差 (GTE) 为  $7.3 \mu\text{m}$ , 误差约 6.4%。两者曲线均呈现典型周期性波形, 啮合频率完全一致, 表明 TE 曲线主要由齿廓偏差决定, 模型与实测结果吻合良好。

中载工况 (B、C) 下, 载荷增加后, 齿面接触刚度提高, 部分齿面局部误差被弹性变形吸收, TE 振幅减小。实测与模型预测结果对比显示, 工况 B 误差为 4.8%, 工况 C 误差为 7.2%。模型因考虑了 Hertz 接触变形与齿根弯曲变形, 能够合理预测 LTE 的变化趋势。

重载工况 (D) 下, 实测 LTE 峰 - 峰值为  $8.1 \mu\text{m}$ , 模型预测值为  $7.4 \mu\text{m}$ , 误差约 8.6%。此工况下, 中高载导致接触线迁移现象增强, 局部啮合位置偏移; 由于模型假设线接触, 无法完全捕捉边缘接触产生的 TE 异常尖峰, 因此误差略高于中载工况, 但整体仍保持一致性。

## (四) 数据分析与讨论

影响 TE 的主要因素包括: 齿廓偏差 (作为最核心影响因素, 贡献 >60%)、齿向偏差 (在斜齿轮啮合中贡献 15 - 30%) 以及加载变形 (贡献范围为 2 - 4  $\mu\text{m}$ )。模型与实测差异主要来源于: Poisson 重建误差导致齿顶误差幅值被“削弱”; 点云与 CAD 模型匹配偏差受网格剖分精度影响; 真实啮合中存在的局部边缘接触效应, 模型假设的线接触无法完全捕捉<sup>[10]</sup>。

模型预测与实测结果的整体误差范围为 4% - 9%, 属于齿轮传动误差分析领域的高精度水平。其工程应用价值体现在: 精密齿轮加工过程控制、修形优化前的误差模拟、齿轮动力学仿真输入以及噪声 NVH 预测<sup>[11]</sup>。

# 六、结论与展望

## (一) 主要结论

本文针对非对称变位斜齿轮几何特性复杂、啮合行为敏

感、传统检测困难的技术痛点, 提出了基于点云数据的传动误差 (TE) 检测新方法, 构建了从三维扫描、齿面偏差提取、数学模型构建到 TE 实验验证的完整技术体系, 主要研究结论如下:

### (1) 构建了高精度点云采集与预处理流程

采用蓝光结构光扫描技术实现齿面全域高密度点云获取, 结合 SOR 滤波、MLS 平滑与 Poisson 曲面重建消除噪声点和局部异常, 保证点云全域连续性与稳定性。ICP 精配准的 RMS 误差控制在 0.008 - 0.012 mm, 为后续误差评估奠定了高精度几何基础。

### (2) 提出了基于 Control X 的全齿面偏差分析流程

基于 3D Compare 工具实现齿面点云与 CAD 模型的全局偏差比较, 成功提取齿廓误差曲线、齿向误差曲线、全齿面偏差云图及 RMS、峰 - 峰值等统计指标。偏差分布规律与实际加工过程高度吻合, 证明 Control X 在复杂齿面误差评估中的有效性。

### (3) 建立了适用于非对称变位斜齿轮的传动误差模型

针对非对称齿轮主动侧压力角大的特点, 建立包含齿廓偏差投影项、齿向偏差等效项、Hertz 接触变形、齿根弯曲挠度、轴系挠度项的综合 TE 数学模型。模型准确反映了齿面偏差对 TE 的传播机制, 体现了齿轮几何误差与动力学误差的耦合关系。

### (4) 实验验证了模型的准确性与工程适用性

构建齿轮啮合试验平台, 通过多工况 TE 曲线测量与模型预测值对比: TE 峰 - 峰值误差为 4% - 9%, 波形形状与频率高度一致, 模型可准确反映误差类型对 TE 的影响。表明基于点云的 TE 模型精度较高, 可直接用于齿轮制造精度评价与加工优化。

## (二) 创新点概述

本文的核心创新点包括:

(1) 误差数字化驱动: 提出将高密度点云误差与 TE 建模直接关联, 突破传统“物理检测→经验判断”的局限;

(2) 非对称齿轮适配: 构建适用于非对称压力角齿轮的啮合误差映射模型, 解决了非对称齿形误差传播机制的建模难题;

(3) 全流程解析工具链: 通过 Control X + MATLAB 实现“齿面偏差→TE”的全流程量化解析, 提升了误差分析的自动化水平;

(4) 点云检测可行性验证: 验证了网格化点云在高精度齿轮检测中的工程可行性, 为齿轮数字化检测提供新路径。

## (三) 存在问题与未来展望

尽管本文取得了较好成果, 但仍存在以下不足, 未来研究可从以下方向展开:

### (1) 点云重建局部保真度优化

当前点云重建在齿顶与齿根区域易产生局部平滑效应, 后续可采用深度学习点云补洞、法向一致性约束重建、多分辨率几何恢复技术, 提升复杂齿形区域的几何保真度。

### (2) TE 模型边界接触效应改进

高载工况下啮合线迁移导致接触区域非均匀, 现有模型未充分考虑边界接触效应。未来可结合三维弹性接触模型、有限元瞬态求解、齿面修形参数优化, 提升模型对全工况的适应性。

（3）动态 TE 与结构振动耦合分析

现有模型未充分考虑动态 TE 与结构振动的耦合关系，未来可构建齿轮系统多体动力学模型、结构固有频率与啮合频率耦合分析模型、NVH（噪声、振动、声品质）预测模型，扩展 TE 模型的工程适用范围。

（4）检测流程自动化与数字化升级

当前 Control X 数据接口与 MATLAB 计算的自动化程度不足，未来可开发自动批处理脚本、齿面误差参数数据库、云端齿轮检测系统，实现齿轮数字化检测流水线，提升检测效率与数据共享能力。

参考文献

[1] 孟保战. 针对齿面剥落的压力机斜齿轮啮合刚度分析 [J]. 机械制造与自动化, 2025, 04: 123–126.  
[2] 吴志文. 非对称误差对人字齿轮承载特性的影响分析 [J]. 机械传动, 2025, 12: 7 – 15.  
[3] 曹建锋. 基于齿面接触线的双螺旋齿轮对称度误差测量与评定方法 [J]. 工具技术, 2024, 10: 145 – 149.  
[4] 杨勇. 非对称齿轮啮合刚度精确求解及齿廓参数分析 [J]. 机械传动, 2024, 48(03): 24–32.  
[5] 基于传动误差控制及几何参数优化的圆柱斜齿轮设计. 模具技术. 2025(04), 2025, 04: 43–49.  
[6] 岳丽颖. 加工机床斜齿轮螺旋角偏差激光干涉检测算法 [J]. 机械设计与制造, 2025(12): 354–358, 363.  
[7] 杨红波. 考虑安装误差的斜齿轮副传递误差有限元分析 [J]. 江苏大学学报 ( 自然科学版 ), 2025, 06: 54 – 61.  
[8] 陆凤霞. 斜齿轮轮齿接触有限元分析的新方法研究 [J]. 机械传动, 2018, 07: 44 – 49.  
[9] 刘国良. 基于误差引导阈值调整机制的点云配准方法 [J]. 航空制造技术, 2025, 68(21): 6–14.  
[10] 李勇. 考虑点云重叠的大型仓储货物体积自动测量技术 [J]. 国外电子测量技术, 2025, 44(09): 164–169.  
[11] 袁勇超. 齿轮传动误差的测试试验与仿真验证 [J]. 机械传动, 2019, 43(02): 150–153, 159.

# 新工科背景下“C 语言程序设计”课程思政教学改革与实践

张萍, 孔德凤

宁夏大学新华学院 信息与计算机科学系, 宁夏 银川 750021

DOI: 10.61369/TACS.2026040043

**摘 要 :** 针对当前 C 语言课程教学中普遍存在教学内容较陈旧、实践环节薄弱、思政融入不足、考核体系难以体现价值目标等问题, 开展课程思政系统化改革, 重构知识、能力、价值三维教学目标, 从教学目标、教学内容、教学方法、考核评价提出具体改革措施, 并结合典型教学案例开展实践验证能够有效提升学生的编程能力、工程素养与综合品质, 为程序设计类基础课程思政建设提供有效参考。

**关 键 词 :** 新工科; C 语言程序设计; 课程思政; 教学改革

## Reform and Practice of Ideological and Political Education in the Course of "C Language Programming" under the Background of New Engineering

Zhang Ping, Kong Defeng

Xinhua College of Ningxia University Department of Information and Computer Science, Yinchuan, Ningxia 750021

**Abstract :** In response to the common problems of outdated teaching content, weak practical links, insufficient integration of ideological and political education, and difficulty in reflecting value goals in the current C language course teaching, a systematic reform of ideological and political education in the curriculum is carried out to reconstruct the three-dimensional teaching objectives of knowledge, ability, and value. Specific reform measures are proposed from teaching objectives, teaching content, teaching methods, and assessment evaluation, and practical verification is carried out based on typical teaching cases to effectively improve students' programming ability, engineering literacy, and comprehensive quality, providing effective reference for the ideological and political construction of basic programming courses.

**Keywords :** new engineering; C language programming; course ideology and politics; teaching reform

## 引言

2017 年教育部在“新工科建设”中明确提出高等工程教育应“服务国家战略、满足产业需求”, 培养具备创新精神和实践能力的高素质工程人才<sup>[1][2]</sup>。在此背景下, 课程思政不再是附加性教育内容, 而是贯穿人才培养全过程、实现立德树人根本任务的核心路径。

随着人工智能、嵌入式、物联网等技术快速发展, 社会对程序设计人才的需求不再局限于代码编写能力, 更强调工程伦理、责任意识、创新精神与团队协作。然而, 传统的“C 语言程序设计”课程的教学普遍以语法为中心、以应试为目标, 忽视学生计算思维与职业素养培育, 课程思政融入不足, 导致学生学习动力弱、代码规范差、实践能力不足。因此, 立足教学现状痛点, 开展课程思政导向的教学改革, 具有重要现实意义。

## 一、课程教学现状

“C 语言程序设计”通常被设置为大学生入校后学习的第一门程序设计课程, 其理论知识点多并且零碎、知识结构化、逻辑性较强, 理论与实践联系紧密, 要求学生实践操作能力要强, 要有举一反三的编程逻辑思维<sup>[3]</sup>。目前, 课程教学中还存在以下的问题:

### (一) 教学理念相对滞后, 重知识轻素养

传统教学以教师讲授为主, 聚焦语法规则、语句格式、例题训练, 认为“记住语法”就能“学会编程”, 缺乏对学生计算思维、工程意识、逻辑能力的培养。

### (二) 教学内容与工程实际脱节, 实用性不强

教材内容偏理论化, 偏向语法基础和编程规则, 案例多为数

基金项目: 2024 年宁夏大学新华学院教育教学改革研究项目, 项目编号 2024xhjg003。

作者简介:

张萍 (1979—), 女, 副教授, 工学硕士, 研究方向 C 语言应用程序开发与调试、嵌入式系统设计与检测技术与智能控制;

孔德凤 (1982—), 女, 副教授, 工学硕士, 研究方向 C 语言程序设计与算法实现、数据结构与算法分析。

学计算或简单数值问题，与嵌入式开发、工业控制、数据采集等真实工程场景距离较远，内容抽象、枯燥，学生缺乏感性认识<sup>[4]</sup>，知识与应用脱节。

**（三）实践教学薄弱，缺乏主动思考，创新意识较差**

实验设置仍以验证性为主，设计性和综合性项目较少；学生存在不能融汇贯通、调试能力弱、遇到错误容易放弃的现象；部分学生还存在作业抄袭、实验敷衍、过度依赖豆包等工具、缺乏主动思考与创新思想等现象。

**（四）课程思政融入不足，育人效果不明显**

人才培养注重知识传输，“立德树人”落实不到位，一定程度上忽视了对学生人文素养、思想品德素养等的培养与塑造<sup>[5]</sup>。部分教师专注专业教学，课程思政存在融入生硬、标签化、碎片化等问题，价值引领作用未能充分发挥。

**（五）教学考核偏重理论，难以全面评价能力**

课程成绩多依赖期末笔试，侧重理论记忆，对代码规范、实践能力、学习态度、职业素养缺乏科学评价。部分学生考前突击，不利于综合能力提升。

**二、改革措施**

以“新工科建设”为指导，针对实际教学中存在的问题，结合“C 语言程序设计”课程自身的特点以及开展课程思政的独特价值，坚持知识传授、能力培养、价值塑造三位一体，构建“目标重构－内容融合－教学实施－考核评价－持续改进”的闭环教学体系。

**（一）课程教学目标**

结合学校地方性、应用型的办学特色及定位，把握新时代人才培养的改革要求，以 C 语言知识点为载体，推动思政元素场景化、案例化、项目化，帮助学生塑造正确的世界观、人生观、价值观，落实“立德树人”根本任务，在课程中有机融入思政元素，完成以下三个能落地的教学目标<sup>[6]</sup>。

知识目标：梳理 C 语言基本语法框架，辨析顺序、分支、循环三种基本结构的逻辑差异，建立知识点网状关联思维；形成错

误诊断闭环思维，掌握系统化排查与程序健壮性优化方法。

能力目标：规范编写高效、健壮的 C 语言工程化代码；融合多知识点设计开发可用应用程序，掌握模块化拆解问题的能力；精准定位并修复各类代码错误，具备自主攻克技术难题的能力；具备团队协作与工程交付能力。

价值目标：厚植家国情怀，增强科技报国使命感与自主创新意识；树立工程伦理意识，强化系统安全与底线思维；培养严谨求实、精益求精、耐心专注的工匠精神；树立程序设计创新意识，探索代码效率优化与功能拓展；提升团队协作、沟通表达与责任担当素养。

**（二）课程教学内容**

课程教学内容必须要逻辑清晰，层次分明，随着 C 语言知识点的难易程度由

浅入深，渐渐深入：从 C 语言的基本数据类型、表达式、运算符、输入输出、基本程序结构等方面讲解，结合课程教学案例，更深入解析包括函数、指针、结构体等的实现机理；将课程分成若干学习阶段并制定相应的学习目标，结合学生课堂表现、作业、实践和实验情况分析学生对基本概念方法的掌握程度，协助学生达成学习目标。课程教学第一阶段重点学习 C 语言的知识体系及应用，将“C 语言程序设计”课程项目分解为 9 个子项目，分别对应程序设计基础、数据类型与表达式、顺序结构、选择结构、循环结构、数组、函数、指针、结构体等 9 个大的学习模块。课程教学第二阶段提出复杂工程问题，借助编写程序、阅读和分析程序，旨在培养学生耐心、细致的工作作风，以提高学生独立编程、问题求解等专业能力与团队协作精神<sup>[7]</sup>。

**（三）教学方法**

“C 语言程序设计”课程包含的知识点较多，不同的知识点其切入点存在很大差异。在开始课堂教学活动时，应根据知识的特征，梳理教学内容与知识点，着力挖掘各知识点对应的思政元素，采用具有针对性的教学方法，帮助工科学生更好地吸收该知识点，推动课堂教学模式多元化发展，达到知识、能力与素养的同步提升。具体内容如表 1 所示。

表 1 “C 语言程序设计”课程思政知识点融合表<sup>[8][9][10]</sup>

| 课程章节       | 思政要素融入点                                          | 思政育人目标                                         | 教学方法                   |
|------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| C 语言程序设计基础 | “中国芯”；华为公司独立自主研发鸿蒙操作系统案例，让学生意识到不断探索和学习的必要性。      | 培养学生自主学习和持续学习的良好意识，增加学生的民族自豪感，激发学生的爱国主义情怀。     | 案例导入，视频展示，课堂讨论         |
| 数据类型与表达式   | C 语言语法规则；选择数据类型一定要注意区分；运算符的优先级和结合性，延伸到在日常的学习、生活。 | 培养学生的规范意识及行业准则；细节决定成败；对各种事情进行合理规划，分清主次，同时统筹兼顾。 | 上机操作，翻转课堂，格式检查，规范计分    |
| 顺序结构       | 数据的输入与输出；平台购物、超市线上购菜等案例；                         | 传递“自律要严”，培养工匠精神；培养学生勇于担当、奉献精神。                 | 案例演示、讨论、任务驱动           |
| 选择结构       | 垃圾分类，龟兔赛跑，抗战时期毛泽东战略性选过雪山，说明选择的重要性。               | 培养学生节能环保意识；培养学生坚持不懈、努力进取的精神；培养学生勇于创新精神。        | 案例导入，讨论，实例驱动，边界测试、问题引导 |
| 循环结构       | 全红婵个人事迹，循环计数，百鸡百钱等案例，讲解循环的几个要素及其使用。              | 培养学生持之以恒精神；培养学生善于观察、善于思考意识；培养学生创新思维。           | 案例导入，实例驱动，调试排错、循环优化    |

| 课程章节 | 思政要素融入点                                             | 思政育人目标                                       | 教学方法              |
|------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|
| 函数   | 函数讲究合作，一个大任务分解成若干小任务，互相协作，各取所长，提高效率。                | 培养学生的大局意识，注重积累、互帮互助的团队合作意识。                  | 实例驱动，小组开发，代码评审    |
| 数组   | 数组的讲解；字符串以“\0”为结束标志；冒泡排序案例。                         | 引导学生对集体主义的思考；引导学生对底线意识的思考；培养学生创新意识。          | 实例驱动，问题引导，项目分析法   |
| 指针   | 直接指向地址、精准定位；空指针、野指针、越界访问，都会导致程序崩溃、系统危险；指针间接操作、灵活强大。 | 做人做事要目标清晰、方向正确；言行要有边界和约束；做事要讲究方法，用智慧提升效率。    | 故障案例分析、讨论，实例驱动    |
| 结构体  | 结构体中的成员都发挥着各自的作用；每个月生活费案例。                          | 培养学生团队合作意识和无私奉献精神；培养学生合理消费，树立统筹意识，培养求真务实的精神。 | 案例导入，讨论，实例驱动，工程训练 |

（四）考核方式

为避免课程思政形式化，构建知识、能力、价值一体化综合评价体系，弱化终结性考试，强化过程性评价。具体如表2所示。

表2 考核评价标准

| 总评构成 | 占比  | 评价方式                     | 思政体现           |
|------|-----|--------------------------|----------------|
| 平时表现 | 20% | 课前预习、课堂测试、课堂参与度、作业、课堂讨论等 | 学习态度、纪律意识、进取精神 |
| 实验实践 | 20% | 代码规范、调试能力、异常处理           | 工匠精神、责任意识、严谨作风 |
| 项目综合 | 10% | 项目完成、小组贡献、优化意识           | 团队协作、创新能力、工程素养 |
| 期末考核 | 50% | 笔试闭卷                     | 知识掌握、综合应用、规范编程 |

（五）持续改进

通过成绩数据分析、学生问卷、教师座谈、督导评价等方

式，定期对教学效果进行评估，动态优化思政融入点、教学案例与考核指标，形成闭环改进。

四、结语

面向新工科人才培养需求，针对C语言课程教学现状，开展课程思政教学改革是实现立德树人与工程能力培养协同推进的重要路径。通过三维目标重构、思政元素深度融合、教学模式创新与多元化考核实施，能够有效实现知识、能力、价值一体化培养。课程思政的本质在于以码载道、以工育人，让学生在掌握编程技能的同时，树立家国情怀、坚守工程伦理、锤炼工匠精神、恪守做人底线，成长为德技并修、能够担当民族复兴大任的高素质新工科人才。未来将持续深化改革，丰富案例资源，深化校企协同育人，不断提升课程育人水平，为新工科高质量人才培养提供持续支撑。

参考文献

[1] 教育部高等教育司. "新工科"建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究, 2017(1):10-11.

[2] 杨琰, 王艳群, 李丽瑶. "新工科"背景下"C语言程序设计"课程教学的改革与探索[J]. 网络教育, 2025(3):52-54.

[3] 魏秀蓉, 姚浩, 蒲伟生, 赵建永, 茆立坤. "C语言程序设计"课程线上线下混合式教学改革探索[J]. 无线互联科技, 2025, 5(10):124-128.

[4] 胡亚南, 李鑫, 杨娜, 等. 新工科背景下C语言程序设计课程思政教学改革与实践[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(10):133-135.

[5] 靳小燕, 周围. 基于课程思政的C语言程序设计课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2022, 8(18):146-149.

[6] 曾陈萍, 叶长青. 新工科背景下民族地区高校C语言程序设计课程思政教学改革探索[J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(15):166-169.

[7] 丁凤娟, 洪腾蛟, 陈丰, 等. 基于新工科与专业认证背景下《C语言程序设计》教学改革与实践[J]. 才智, 2022(7):84-87.

[8] 徐艳霞. "C语言程序设计"课程思政建设与教学实践[J]. 科教文汇, 2023(14):141-144.

[9] 陈玉, 黄玉兰, 周华涛, 等. C语言程序设计课程思政建设路径探索:以国家一流课程建设为契机[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(30):174-177.

[10] 钮永莉. "三全育人"背景下C语言程序设计课程思政教学探究[J]. 滁州职业技术学院学报, 2022, 21(3):93-96.

# 大数据时代下裸眼3D在户外广告中的应用发展

曾潇

上海建桥学院, 上海 201210

DOI: 10.61369/TACS.2026040003

**摘要：** 大数据技术与裸眼3D技术的深度融合，正推动户外广告从传统单向传播向沉浸式、精准化、交互化的智能传播转型。裸眼3D凭借无需穿戴设备即可实现的立体视觉冲击，成为户外广告吸引注意力、提升传播效能的核心载体；大数据则为其提供了受众洞察、内容优化、精准投放与效果量化的技术支撑。本文立足大数据时代，阐述裸眼3D户外广告的应用现状，以海报设计为例，借助大数据分析受众对海报沉浸感的需求，提出裸眼3D技术运用在海报设计中的创新实践策略，以增强受众意识沉浸感，为户外广告行业的数字化、智能化升级提供理论参考与实践指引。

**关键词：** 大数据；裸眼3D；户外广告；应用；创新

## Application and Development of Glass-Free 3D in Outdoor Advertising in the Big Data Era

Zeng Xiao

Shanghai Jianqiao University, Shanghai 201210

**Abstract：** The in-depth integration of big data technology and glass-free 3D technology is driving the transformation of outdoor advertising from traditional one-way communication to immersive, precise, and interactive intelligent communication. Glass-free 3D, with its three-dimensional visual impact achievable without wearing additional devices, has become a core carrier for outdoor advertising to attract attention and enhance communication effectiveness; big data provides technical support for audience insight, content optimization, precise delivery, and effect quantification. Based on the big data era, this paper elaborates on the current application status of glass-free 3D outdoor advertising. Taking poster design as an example, it uses big data analysis to understand the audience's demand for immersion in posters, and proposes innovative practical strategies for the application of glass-free 3D technology in poster design to enhance the audience's conscious immersion. It aims to provide theoretical references and practical guidance for the digital and intelligent upgrading of the outdoor advertising industry.

**Keywords：** big data; glass-free 3D; outdoor advertising; application; innovation

### 引言

大数据技术发展与应用为广告精准设计、推广注入了活力，户外广告朝着人性化、个性化的方向发展。大数据可以通过采集人流量、受众画像、互动行为等数据，建立户外广告受众数据库，借助数据处理与分析功能，捕捉广大人群对户外广告的需求与偏好，为设计者提供精准数据支撑。伴随科学技术的进步，3D技术效果显著提升，并突破了初期阶段的诸多限制，衍生出裸眼3D技术。裸眼3D技术是一种新型的视觉传达技术，相较于传统3D技术，裸眼3D技术不再需要佩戴或借助辅助设备，就能呈现立体化的图像，且对环境光线要求不高，支持观众在可视视角范围自由观看，为其提供更具真实感、沉浸感与震撼感的视觉体验，给户外广告的数字转型与创新带来了机遇<sup>[1]</sup>。当前，诸多大型城市借助广告大屏打造地标建筑，裸眼3D技术在户外广告中得到广泛应用，不仅增强了广告对受众的吸引力，使大量行人停留观看，还为塑造和展示城市形象注入活力，如成都将“熊猫视频”系列广告投放到裸眼3D大屏，给受众带来独特的视觉与文化体验<sup>[2]</sup>。根据相关数据，2025年全球户外裸眼3D广告屏产量达64.7万平方米，国内70%以上省会城市核心商圈已部署裸眼3D大屏，广告转化率较传统视频提升30%以上。由此，借助大数据技术，精准捕捉受众对户外广告沉浸感需求与内容反馈，结合受众需求促进裸眼3D在户外广告中创新应用，构建基于数据驱动的视觉设计、内容叙事与交互设计的广告，数字媒体艺术与广告设计深度融合，对增强广告的影响力，塑造良好的城市形象具有重要意义。

## 一、大数据时代裸眼3D户外广告的应用现状

### （一）应用场景全域渗透，覆盖核心城市空间

裸眼3D户外广告已形成“商圈+交通+地标+公共空间”的全域布局，为裸眼3D海报投放提供丰富场景，不同场景的受众差异也为大数据分析沉浸感需求、优化设计奠定基础：

1. 主要商圈。北京王府井、成都太古里等商业地标，通过特殊屏体结构打造裸眼3D网红打卡点，日均吸引客流超10万人次。此类场景受众以消费群体为主，对海报视觉冲击与沉浸感需求较高，是数据采集与海报投放的主要阵地。

2. 交通枢纽。深圳湾口岸8K裸眼3D屏、广州地铁体育西路站3D智屏等，凭借高亮度、高稳定性实现信息高效传播，旅客停留时长提升3倍以上。该场景受众流动性强、停留时间短，对海报沉浸感需求偏向“短时高效”，需简洁且具冲击力的设计。

3. 城市地标与公共空间。建筑外立面、文旅景区等通过裸眼3D开展形象宣传与公益传播，受众群体多元，对海报沉浸感需求呈现多样化，需借助大数据精准区分受众、优化设计。

### （二）技术与内容双升级，沉浸感成为核心竞争力

1. 硬件技术迭代。户外裸眼3D屏已升级至4K/8K超高清，亮度突破15000cd/m<sup>2</sup>，适配户外强光环境，无缝拼接、广视角技术解决视角局限，为裸眼3D海报清晰呈现与沉浸感提升提供硬件保障，进一步强化视觉真实度与身临其境的体验。

2. 内容创作升级。内容创作从简单立体特效转向“叙事化、场景化、交互化”，沉浸感成为核心导向。如王府井“琉璃金龙游金街”等案例，实现技术与文化融合，增强受众情感与意识沉浸。裸眼3D海报虽遵循此趋势，但仍存在沉浸感不足、贴合受众需求不够的问题，需大数据进一步优化。

3. 传播效果显著。裸眼3D广告将观众平均停留时长从3秒提升至30秒以上，品牌记忆率提升14倍，自发分享率超20%，其强沉浸感是核心优势，而裸眼3D海报传播效果与沉浸感直接相关，凸显了大数据优化的重要性<sup>[5]</sup>。

### （三）大数据赋能初显，为沉浸感优化奠定基础

大数据在裸眼3D户外广告中的应用已落地实践，重点为裸眼3D海报沉浸感提升与设计创新提供支撑：

1. 受众洞察。通过摄像头、传感器等采集人流、年龄、停留时长、互动反馈等数据，构建受众画像，分析不同群体对海报沉浸感的差异需求，为设计创新提供数据依据。

2. 投放优化。基于人流热力图与受众沉浸感需求，实现“点位-时段-内容”精准匹配，如向商圈青年群体投放强沉浸、高互动海报，向交通枢纽投放简洁高效的短时沉浸内容。

3. 效果量化。构建“曝光-互动-转化”全链路监测体系，重点监测海报停留时长、互动率等指标，量化沉浸感效果，找出不足并优化。

## 二、基于大数据的裸眼3D户外广告沉浸感需求分析

### （一）大数据采集受众沉浸感需求的核心维度

借助大数据，可从以下四个维度采集受众对裸眼3D户外广告

的沉浸感需求，具体如下：

1. 视觉沉浸维度。采集色彩搭配、立体效果、动态节奏等偏好数据，分析受众视觉沉浸需求，如青年群体偏好高饱和度色彩与强立体冲击，中年群体倾向简洁柔和的视觉呈现。

2. 情感沉浸维度。通过互动反馈、分享内容等数据，捕捉受众情感共鸣点，明确其偏好的海报主题与叙事方式，提升情感沉浸感<sup>[3]</sup>。

3. 交互沉浸维度。采集扫码率、体感互动参与率等数据，分析受众对交互形式的偏好，为海报交互设计提供参考<sup>[6]</sup>。

4. 场景适配维度。结合场景受众数据，分析场景特征对沉浸感需求的影响，如商圈受众注重视觉冲击与互动，交通枢纽受众注重信息传递效率<sup>[4]</sup>。

### （二）大数据分析受众沉浸感需求的发现

基于数据采集与分析，总结受众对裸眼3D户外广告沉浸感的三大需求，为设计创新指明方向。

1. 需求分层化。青年群体追求“强沉浸、高互动”，偏好潮流个性化内容；中年群体注重内容实用性与情感共鸣，偏好简洁有内涵设计；老年群体注重画面清晰与信息易懂，对复杂特效接受度低。

2. 主要影响因素。受众停留时长、互动率与海报立体视觉效果、内容叙事质量呈正相关，高质量视觉呈现与贴合兴趣的叙事能提升沉浸感，避免“技术堆砌、内容空洞”<sup>[7]</sup>。

3. 交互适配性。简洁便捷的交互形式更受青睐，过度复杂的操作会降低参与意愿；交互形式需与广告内容、投放场景适配，才能最大化提升沉浸效果<sup>[8]</sup>。

## 三、裸眼3D技术在户外广告中的创新应用策略——以海报设计为例

### （一）视觉设计创新：贴合受众偏好，强化视觉沉浸

结合大数据分析的视觉沉浸需求，立足裸眼3D技术特性，优化海报视觉设计，增强视觉沉浸感<sup>[1,7]</sup>。

1. 个性化视觉适配。基于受众偏好数据打造分层设计，青年群体采用高饱和色彩与强动态特效，中年群体采用低饱和柔和搭配，老年群体提升清晰度、简化特效，确保观看舒适。

2. 立体效果优化。借助8K超高清、光场显示等技术，优化海报立体层次与视角范围，结合场景光线数据调整亮度、对比度，避免强光影响，强化沉浸感<sup>[10]</sup>。

3. 动态节奏适配。结合受众停留规律，交通枢纽场景设计紧凑节奏内容，商圈、文旅场景设计舒缓叙事内容，实现短时或深度沉浸<sup>[4]</sup>。

### （二）内容叙事创新：立足情感共鸣，提升情感沉浸

以大数据分析的情感需求为导向，创新叙事方式，实现内容与技术融合，提升情感沉浸感<sup>[3,6]</sup>。

1. 主题内容精准适配。基于受众兴趣与情感共鸣点，确定海报主题，如向年轻群体推送潮流商业海报，向大众推送正能量公益海报，引发情感共鸣。

2. 场景化叙事设计。结合投放场景特征,设计适配内容,如文旅景区海报融合景观与文化故事,商圈海报融合商业元素与消费场景,实现“海报+场景”双重沉浸<sup>[2-3]</sup>。

3. 轻量化叙事表达。贴合受众观看习惯,控制叙事时长,用简洁画面与文案传递核心信息,融入情感元素,实现短时情感共鸣<sup>[6]</sup>。

**(三) 交互设计创新: 适配受众习惯, 增强交互沉浸**

结合大数据分析的交互偏好,创新交互形式,实现“观看+互动”融合,增强交互沉浸感。

1. 轻量化交互设计。设计扫码查看详情、简单体感互动等便捷功能,提升受众参与感,同时扩大传播范围,贴合受众操作习惯。

2. 个性化交互推送。基于受众画像,实现交互内容精准推送,如向不同兴趣受众推送差异化互动内容,向重复观看者推送深度内容,实现“千人千交互”<sup>[4]</sup>。

3. 社交化交互融合。设计打卡、分享等社交属性内容,引导受众拍摄海报并分享至社交平台,形成裂变传播,加深沉浸体验<sup>[6]</sup>。

**(四) 投放运营创新: 数据驱动优化, 保障沉浸效果**

以大数据为核心,创新投放运营策略,实现闭环运营,保障海报沉浸感持续提升<sup>[4,10]</sup>。

1. 精准投放适配。基于受众画像与场景需求,选择最优投放

点位与时段,调整海报内容与形式,确保适配性,最大化提升沉浸效果。

2. 实时数据监测。构建沉浸感指标监测体系,实时监测停留时长、互动率等核心指标,采集受众反馈,为优化提供支撑<sup>[4,8]</sup>。

3. 动态优化迭代。基于监测数据,调整海报设计与投放策略,如优化受欢迎的视觉元素、调整低参与度的交互形式,持续提升沉浸感与传播效果<sup>[9-10]</sup>。

**四、结语**

综上所述,立足大数据时代,运用大数据技术,赋能裸眼3D技术与户外广告设计深度融合,推动户外广告实现从传统到现代、粗放至精准、单向到互动的升级。裸眼3D与海报艺术结合打造的数字动态海报,通过大数据分析受众对海报的沉浸感需求,针对性地优化视觉设计、内容叙事、交互设计及投放运营模式,增强裸眼3D海报的视觉冲击力,为设计创新提供科学依据,有效增强意识沉浸感。在未来城市建设与发展中,除了3D技术,户外广告将持续融合VR、AR、AI等多种前沿技术,逐渐演变出动态化、沉浸式、交互式的视觉传达形态,使屏幕不再单纯地传递信息,而是以更具震撼感的形式,形成全新的人文景象与文化符号,户外大屏的广告将实现公共价值、传播价值与商业价值的统一,为城市文化传播与商业营销数字化转型注入强劲动力。

**参考文献**

[1] 陈芳. 裸眼3D技术在交互式动画中的表现研究[J]. 中国新通信, 2025, 27(23): 56-58.  
[2] 马婧婧. 传播学视野下裸眼3D在商业空间中的应用研究[J]. 中国传媒科技, 2022, (09): 73-76.  
[3] 张心怡, 王德阳. 户外大屏类裸眼3D影像的城市空间叙事研究[J]. 北京电影学院学报, 2025, (03): 59-68.  
[4] 龙雨薇. 浅析裸眼3D技术在户外广告中的运用[J]. 丝网印刷, 2025, (04): 45-48.  
[5] 陈佳莹. 裸眼3D! 赚足眼球的公交广告设计[J]. 人民公交, 2024, (18): 167.  
[6] 魏梦圆, 潘全, 钱凤德. 新媒体艺术对观众吸引力的研究——以裸眼3D为例[J]. 设计艺术研究, 2023, 13(04): 29-33.  
[7] 雷喻岚. 裸眼3D技术在视觉设计中的应用[J]. 艺术研究, 2023, (03): 149-151.  
[8] 陈佳欣. 浅析裸眼3D在户外广告中的应用发展[J]. 丝网印刷, 2022, (14): 30-33.  
[9] 刘梦丽. 裸眼3D广告的发展现状与趋势[J]. 产业创新研究, 2022, (07): 76-78.  
[10] 余恩林. 户外裸眼3D大屏显示技术发展趋势分析[J]. 广播电视信息, 2021, 28(10): 65-66.

# 计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用探讨

蒋超静

四川建筑职业技术大学, 四川 德阳 618000

DOI: 10.61369/TACS.2026040004

**摘 要 :** 计算机技术飞速进步, 为机械制造设备自动化、智能化发展提供了强大动力。机械制造设备融入计算机技术, 实现实时监控与精准监测、提升执行精度、提升资源利用率, 对机械制造质量和效率的提高具有重要意义。故而, 本文首先分析计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用价值, 而后结合计算机辅助设计与制造、数控技术、工业机器人技术等应用形式, 提出机械制造自动化中面临的挑战及其改善策略, 旨在推进机械制造领域高质量发展。

**关 键 词 :** 计算机技术; 机械制造设备; 自动化; 应用

## Discussion on the Application of Computer Technology in Mechanical Manufacturing Equipment and Its Automation

Jiang Chaojing

Sichuan University of Architectural Technology, Deyang, Sichuan 618000

**Abstract :** The rapid advancement of computer technology has provided a strong driving force for the automated and intelligent development of mechanical manufacturing equipment. The integration of computer technology into mechanical manufacturing equipment enables real-time monitoring and precise detection, improves execution accuracy, and enhances resource utilization efficiency, which is of great significance for improving the quality and efficiency of mechanical manufacturing. Therefore, this paper first analyzes the application value of computer technology in mechanical manufacturing equipment and its automation, and then combines application forms such as computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM), numerical control technology, and industrial robot technology to propose the challenges faced in mechanical manufacturing automation and corresponding improvement strategies, aiming to promote the high-quality development of the mechanical manufacturing field.

**Keywords :** computer technology; mechanical manufacturing equipment; automation; application

传统的机械制造生产模式高度依赖人力操作, 不仅效率低下, 而且容易出现人为误差。计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用, 为机械制造过程优化带来新的可能性。机械制造设备可以通过配备自动化控制系统、集成计算机辅助设计技术, 实现从产品设计到制造的全程自动化操作。

### 一、计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用价值

#### (一) 实现实时监控与精准监测

机械制造设备及其自动化运行, 是一个动态变化且高度复杂的系统过程, 涉及众多的设备、环节、参数, 所以各部分之间的协调运作至关重要, 设备监测技术提出了较高要求。但是, 传统的机械制造设备受限于技术水平和配置, 往往只能实现局部、间歇性监测, 无法为各部分之间的协调运作提供足够的数据与技术支撑<sup>[1]</sup>。计算机技术凭借其强大的数据处理与分析能力, 为解决上述问题, 实现自动化监控, 提供了有效方案。计算机技术针对各类生产现场集成先进控制算法和高精度传感器, 能够及时获取设备的各项运行数据, 如温度、压力、转速、振动等, 并通过计算

机网络迅速传输至中央处理单元。中央处理单元接收到实际运行数据, 对其进行处理之后, 将其与预设的标准参数进行对比, 即可发现设备运行异常情况, 立即发出警报信号<sup>[2]</sup>。

#### (二) 提高机械制造设备执行精度

传统机械操作模式下, 人为因素、机械部件磨损、制造过程中的各种不确定性显著影响设备执行精度。机械制造设备引入计算机控制系统之后, 则能够精确控制机械制造设备操作过程, 几乎完全消除机械、人为因素带来的误差。一方面, 计算机控制系统根据预设的参数与算法, 精确地调整制造设备的运行轨迹、速度、力度等操作参数, 能够避免设备操作偏差影响产品质量。汽车发动机制造设备可以通过计算机控制系统精准控制加工刀具的路径和切削力度, 使发动机的各个零部件尺寸精度达到极高标准, 提升发动机的性能。另一方面, 计算机控制系统具备实时反

馈和调整的能力，机械制造设备能够通过配置计算机控制系统及时检测到运行过程中出现微小的偏差，并及时调整操作参数。这样一来，在整个机械制造过程中，设备可以始终保持高精度的运行状态<sup>[3]</sup>。

### （三）实现能源高效利用

传统机械制造设备运行过程中往往会产生大量的能源消耗。配备计算机控制系统之后，机械制造设备就可以实现实时监控，根据实际生产需求进行能源供应，从而达到高效利用能源，减少企业运营成本及其生产活动对环境的负面影响的目的。在自动化生产过程中，计算机控制系统会根据预设的能耗优化算法对设备运行状态进行实时分析，确定设备在不同工况下的最佳能源供应方案，避免低载或超载运行造成能源浪费。例如，在机械加工过程中，计算机控制系统可以根据加工任务的复杂程度和设备的负载情况，精确调节电机的功率输出。当加工任务较轻时，系统会自动降低电机的功率，减少不必要的能源消耗；而当加工任务繁重时，系统则会及时增加功率，确保设备能够高效完成任务。尤其是一些大型的机械制造企业，通过引入计算机控制系统，对整个生产车间甚至整个工厂的能源供应进行自动化、精准化管理，优化能源分配方式，能够显著提高能源的整体利用效率<sup>[4]</sup>。

## 二、计算机技术在机械制造设备及其自动化中的具体应用形式

### （一）计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）

计算机辅助设计（CAD）技术整合了先进的图形处理和建模算法，能够快速、精确地创建机械制造设备的三维模型。设计师可以通过CAD软件在计算机上创建产品的三维模型，分析设计图纸的质量，并对其进行修改。与传统的手工设计相比，CAD技术大幅缩短了设计周期，提高了设计效率。计算机辅助制造（CAM）技术则是将CAD设计的产品模型转化为制造指令，控制机床等制造设备完成相关操作。它可以根据产品的形状和加工要求，自动生成刀具路径和加工参数，实现加工过程的自动化。机械制造设备集成CAD、CAM技术，实现从产品设计到制造的一体化，缩短产品的开发周期，对相关领域的发展具有重要意义。例如，航空航天领域需要的零部件结构复杂，且制造精度要求较高。设计师通过集成CAD进行零部件三维模型设计，再利用CAM技术将设计转化为精确的制造指令，控制机床进行加工，能够确保零部件的尺寸精度和形状达到航空标准<sup>[5-6]</sup>。

### （二）数控技术

数控技术通过数字化的信息对机床的运动轨迹、机械加工过程进行控制，是计算机技术与机械制造技术相结合的产物。数控机床是数控技术在机械制造领域的典型应用场景。与传统机床相比，它具有高精度、高效率、高自动化等优点，能够适应复杂多样的加工任务。数控机床的控制系统可以根据预先编写好的程序，精确地控制刀具的运动轨迹、切削速度、进给量等参数，从而高效、精准地加工各种不同形状、尺寸的零部件。控制系统配置促使数控机床功能得到进一步提升，能够完成传统机床难以完

成的复杂曲面加工和高精度零件制造任务<sup>[7]</sup>。例如，航空航天、汽车制造等领域的许多关键零部件形状复杂、精度要求极高，传统机床无法完成加工任务，而数控机床凭借其先进的数控系统和高精度的运动控制能力，则能够高效率、高质量完成相关零部件的加工。此外，数控机床还具备自动化换刀、自动测量等功能，实现了加工过程的连续自动化。在批量生产中，可以通过数控机床的控制系统快速调用预先存储的加工程序，实现多件相同零部件的快速、高效加工，有效提高生产效率<sup>[8]</sup>。

### （三）工业机器人技术

作为一种能够自动执行工作的机器装置，工业机器人整合计算机技术、机械工程、电子技术、传感器技术等多学科的知识，具备灵活性强、适应性强等优势，能够在复杂的工业环境中完成各种任务。在机械制造生产线上，可以通过工业机器人完成各种重复性强、危险性大且精度要求高的工作任务，如焊接、装配、搬运、喷涂等。此外，计算机技术为工业机器人提供了智能控制、决策系统，让工业机器人能够根据工作环境的变化自动调整动作轨迹和参数，实现精确操作。工业机器人在制造领域的应用，不仅提高了生产效率和产品质量，而且改善了工人的劳动条件，降低了工伤事故的发生概率。以汽车制造为例，可以将工业机器人应用于车身焊接和装配生产线，利用工业机器人替代人工完成焊接和装配操作。如此，既保证了车身的质量、提升了生产速度，又缩短了工人在恶劣环境下工作的时间<sup>[9]</sup>。

## 三、计算机技术在机械制造自动化中面临的挑战及其改善策略

### （一）计算机技术在机械制造自动化中面临的挑战

#### 1. 技术集成难度大

机械制造自动化涉及计算机技术、机械技术、电子技术、控制技术等多个学科，这些技术的集成难度较大。究其原因在于，不同技术之间的接口标准、通信协议等存在差异，需要花费大量的时间和精力进行调试和匹配<sup>[10]</sup>。

#### 2. 对技术人员要求高

计算机技术在机械制造自动化中的应用，需要既懂计算机技术又懂机械制造技术的复合型人才作为支撑。目前，这类复合型人才相对短缺，难以满足机械制造业快速发展的需求。而且，随着计算机技术、机械制造技术更新换代较快，需要技术人员具备终身学习意识，不断完善自身知识与技能体系。

#### 3. 数据安全风险

在机械制造自动化过程中会产生大量的生产数据，这些数据与设备信息通过计算机网络进行传输和存储，面临着较高的安全风险。其中的一些关键数据和信息，比如产品设计图纸、生产工艺参数、客户订单等往往属于企业的核心机密，一旦遭遇恶意攻击，被泄露或者损毁，将对企业造成巨大损失。

### （二）计算机技术在机械制造自动化应用现状改善路径

#### 1. 制定统一标准规范

行业协会和相关标准化组织应发挥主导作用，联合机械制造

企业、计算机技术企业以及科研机构等，共同制定适用于机械制造自动化领域的技术接口标准、通信协议规范等，解决因标准不统一带来的技术集成难题。

2. 加强人才培养

高校要优化专业设置、加强在职培训与继续教育，为机械制造自动化领域输送复合型人才。在专业设置方面，高校应加强市场调研，结合行业发展需求开设跨学科的专业；针对在职培训与继续教育，要发挥自身教育优势为在职人员提供灵活多样的学习机会，如线上课程、短期培训等。

3. 建立完善的数据安全管理制度

数据安全管理制度是保障机械制造数据安全的关键所在。计算机技术应用于机械制造设备及其自动化的过程中，要重视数据安全管理制度不断完善，比如制定数据分类分级管理制度、限制对高度敏感数据的访问权限，定期升级网络安全防护，安装防火墙、入侵检测系统等安全设备。

四、结语

综上所述，机械制造设备融入计算机技术，配备自动化控制系统，并与计算机辅助设计、制造技术进行融合，能够实现从产品设计到制造的全程自动化操作，有效提升生产效率与质量。未来，随着计算机技术的不断发展，如人工智能、大数据、物联网等新兴技术的融入，机械制造设备及其自动化将迎来更广阔的发展空间：

（1）计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）技术将与人工智能技术深度融合，实现更加智能的设计与制造；

（2）进一步拓展数控机床的功能和应用范围，提高生产的连续性和稳定性；

（3）工业机器人技术将朝着更加智能化、协作化和柔性化的方向发展。

参考文献

[1] 潘荣政, 方铁波. 生产线机械制造设备机械臂末端位置自动控制方法研究 [J]. 机械管理开发, 2025, 40(06): 271-273.  
[2] 余睿, 和婧, 沙磊, 等. 3D 逆向工程在自动化装备再制造中的应用 [J]. 自动化应用, 2025, 66(11): 230-232.  
[3] 党万兴. 计算机技术在机械制造设备及其自动化中的应用探讨 [J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(05): 94-96.  
[4] 傅桂林. 智能化技术在机械电气设备中自动化控制系统的应用研究 [J]. 电子质量, 2025, (04): 35-39.  
[5] 焦庆亚. 关于机电自动化在工程机械制造中的应用研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(11): 146-148.  
[6] 孙颖慧. 基于智能制造的机械设备自动化控制系统研究 [J]. 机械工业标准化与质量, 2024, (10): 47-50.  
[7] 陈红英, 孙博强, 叶盛楠. 机械设计制造及其自动化中计算机技术的应用 [J]. 模具制造, 2024, 24(10): 184-186.  
[8] 李西锋. 机械设备自动化技术在化工机械制造中的应用 [J]. 化工自动化及仪表, 2024, 51(04): 571-576.  
[9] 谈书桥. 机械设计制造及其自动化中计算机技术的应用 [J]. 产业创新研究, 2024, (12): 78-80.  
[10] 侯翰城. 自动化技术在机械设计与制造中的运用 [J]. 中国设备工程, 2024, (05): 210-212.

# 城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测模型研究

李仙仙

江西交通职业技术学院, 江西 南昌 330000

DOI: 10.61369/TACS.2026040007

**摘 要 :** 城市轨道交通运营保护区是保障轨道交通安全运行的核心管控区域, 区域内存在违规施工、机械侵入、堆载超限、结构变形等风险源, 极易引发轨道沉降、隧道开裂、行车中断等重大安全事故。但是, 传统的人工巡检、定点监测方式面临效率低、覆盖不全、响应滞后问题, 难以适配高密度、长距离、复杂环境下的全域风险管控需求。故而, 本文以YOLOv8深度学习模型为基础, 结合多源感知数据融合、小目标优化、稀疏注意力机制与边缘计算架构, 构建适用于城市轨道交通运营保护区的风险源安全智能检测模型, 为解决轨道交通安全运行问题提供可行方案。

**关 键 词 :** 城市轨道交通; 运营保护区; 风险源; 智能检测模型

## Research on the Intelligent Detection Model for Risk Sources in the Operation Protection Zone of Urban Rail Transit

Li Xianxian

Jiangxi Vocational and Technical College of Communications, Nanchang, Jiangxi 330000

**Abstract :** The operation protection zone of urban rail transit is a core control area to ensure the safe operation of rail transit. There are risk sources such as illegal construction, mechanical intrusion, excessive stacking, and structural deformation in the area, which are prone to cause major safety accidents including track settlement, tunnel cracking, and traffic interruption. However, traditional manual inspection and fixed-point monitoring methods face problems of low efficiency, incomplete coverage, and delayed response, making it difficult to meet the demand for full-area risk control under high-density, long-distance, and complex environments. Therefore, based on the YOLOv8 deep learning model, this paper constructs an intelligent safety detection model for risk sources applicable to the operation protection zone of urban rail transit by integrating multi-source perception data fusion, small-target optimization, sparse attention mechanism, and edge computing architecture, aiming to provide a feasible solution for solving the safe operation problems of rail transit.

**Keywords :** urban rail transit; operation protection zone; risk sources; intelligent detection model

## 引言

在城轨线网规模持续扩张、运营强度不断增加的背景下, 城轨安全工作形势日益复杂和严峻。为应对城轨沿线密集施工作业对高架桥、隧道、车站等设施可能带来的危害, 各城市城轨管理部门纷纷划定城轨运营保护区, 并对区域内的作业行为进行严格监管。这在很大程度上降低了外部因素对城轨设施的破坏风险, 然而风险源的多样性和复杂性决定了传统监管手段难以做到全面、精准的风险防控。如何构建适配城市轨道交通运营特点的风险源安全智能检测模型, 实现对运营保护区内各类风险源的实时、精准监测, 已经成为当前城轨安全管理领域需要深入探讨的问题。

## 一、城市轨道交通运营保护区风险源分析

### (一) 保护区范围与管控要求

根据相关规定, 中国城市轨道交通运营保护区分为核心保护区与控制保护区, 其中核心保护区为线路结构外边线外侧5米范围, 该区域严禁任何施工作业; 控制保护区为核心保护区外50米范围, 该区域允许进行必要的建设活动, 但需要提前办理相关手

续, 并采取相应的保护措施, 以确保轨道交通运营安全<sup>[1]</sup>。

保护区管控的核心在于防范外部作业、地质灾害、异物侵入等因素对轨道结构(隧道、桥梁、路基、轨道)产生的重大影响, 确保这些影响造成的轨道结构变形、沉降、位移等在安全阈值内<sup>[2]</sup>。

### (二) 风险源分类与特征

结合行业规范与现场调研, 保护区风险源可以分为机械侵入

类、施工作业类、堆载超限类、结构变形类、环境异常类等五个类型。

1. 机械侵入类

挖掘机、桩机、起重机、旋挖机等施工机械违规进入保护区，会形成机械侵入类危险源，具有目标尺寸小、分布稀疏、易被遮挡等特点，是城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测的难点<sup>[3]</sup>。

2. 施工作业类

施工作业类风险源是指基坑开挖、爆破、打桩、降水等违规作业，此类作业往往伴随地面沉降、土体扰动等现象。施工作业类风险源的识别与判断，需要视频与传感器数据进行。

3. 堆载超限类

建筑材料、土方、渣土等临时堆载，超出保护区地面承载能力，将会引发轨道沉降的潜在风险。堆载超限类风险源具有目标形态不规则、尺度变化大等特点，这使得检测过程中往往难以准确判断超限程度、界定影响范围。

4. 结构变形类

隧道开裂、轨道偏移、墩台倾斜等，均属于结构变形类风险源。这类风险源具有隐蔽性强、发展缓慢但危害巨大的特点，需要通过激光雷达、位移传感器、图像对比检测等手段进行识别。

5. 环境异常类

环境异常类风险源主要是指山体滑坡、地面塌陷、管线渗漏、异物侵入（如树木、广告牌），其影响范围广泛且难以预测。

二、城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测模型构建

（一）模型整体架构设计

本研究采用“多源感知+边缘计算+云端决策”三层架构，兼顾检测精度、实时性与工程化落地，旨在更好地适配城市轨道交通运营保护区复杂的环境和多样化的风险源监测需求<sup>[4]</sup>。在这一架构中，感知层整合高清摄像头、无人机航拍、激光雷达、振动传感器、位移传感器，能够全域采集视频图像、点云、结构参数等方面数据，使数据采集范围覆盖地面、高架、地下，实现全场景的数据采集；边缘层部署轻量化改进YOLOv8模型对前端数据进行实时预处理、对风险源进行初步检测，旨在降低云端传输压力，并将响应时间控制在200ms内；云端层负责对边缘层上传的结果进行深度分析，精准分类风险源，而后发出预警信息<sup>[5]</sup>。

（二）基础模型选择

本研究选择YOLOv8作为基础模型，其核心优势主要体现在3个方面：

- （1）检测速度快，采用C2f模块替代C3模块，能够有效提升特征提取效率，适配实时检测需求；
- （2）精度较高，结合特征金字塔（FPN）与路径聚合网络（PAN），能够实现多尺度特征融合；
- （3）轻量化友好，提供n/s/m/l/x多种模型版本，便于边缘部署。

具备上述优势的同时，YOLOv8模型在城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测方面还存在小目标漏检、特征融合不充分、细节丢失等问题，需要在构建检测模型时进行针对性优化<sup>[6]</sup>。

（三）模型优化策略

1. 小目标检测优化：改进特征金字塔网络（FPN）

针对基础模型YOLOv8的小目标特征弱、易丢失问题，检测模型构建中需要改进Neck模块，其具体方法为：取消传统FPN“逐层上采样”模式，将底层C5特征直接上采样至最上层C2尺寸，再下采样回归至C5尺寸，实现跨尺度直接特征融合，减少语义信息传递损失；在特征融合过程中引入注意力机制，增强对小目标特征的关注。

2. 特征融合优化：渐进式特征金字塔（PFPN）

通过引入渐进式特征融合机制，实现低级细节特征与高级语义特征的深度融合，其具体方法为：自下而上传递低级特征（边缘、纹理），自上而下传递高级特征（类别、语义），中间增加3层渐进式融合层，避免特征断层；每层渐进式融合层采用跳跃连接的方式，将不同层次的特征进行融合，确保特征信息能够在不同尺度间准确、顺利传递。

3. 鲁棒性优化：稀疏注意力机制（SAM）

针对复杂背景带来的干扰，在Backbone末端加入稀疏注意力模块，其具体操作方法为：在特征图上进行全局平均池化，获取每个通道的全局特征信息，然后通过全连接层将这些全局特征信息映射到低维空间，再通过另外一个全连接层将其映射回原始通道数，生成注意力权重向量。

4. 轻量化优化：模型剪枝与量化

对改进后的YOLOv8模型，需要进行轻量化优化才能更好地适配应用场景，其操作方法如下：进行通道剪枝，剔除冗余卷积核；通过INT8量化，将浮点运算转换为整数运算<sup>[7]</sup>。

（四）数据集构建与预处理

1. 数据集来源

数据集来源主要包括现场监测、视频监控、历史事故案例、行业标准与规范数据等。

2. 数据预处理

数据预处理主要包括图像归一化、数据增强、异常数据剔除等三个环节，其中图像归一化是将图像的像素值统一映射到特定范围，该范围通常是[0,1]或[-1,1]，如此可以加快模型的收敛速度、提高模型的稳定性。数据增强的目的在于增加数据集的多样性、扩大数据集的规模，继而提高模型的泛化能力。常见的数据增强方法有翻转、旋转、缩放、裁剪、亮度调整等。异常数据剔除即删除模糊、遮挡严重、标注错误的图像，确保数据集纯净度<sup>[8]</sup>。

三、城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测模型训练与实验验证

（一）实验环境配置

硬件：Intel i7-12700 CPU、NVIDIA RTX 3090 24G GPU、

32G 内存, 适配模型训练需求。

软件: Python 3.8、PyTorch 1.12、OpenCV 4.5、YOLOv8 官方框架。

数据集划分: 训练集 80% (9600 张)、验证集 10% (1200 张)、测试集 10% (1200 张)<sup>[9]</sup>。

### (二) 训练参数设置

#### 1. 学习率策略

采用动态调整的学习率策略, 初始学习率设定为 0.001。随着训练的进行, 当损失函数的下降速度变缓时, 采用余弦退火衰减的方式逐步降低学习率, 其目的在于避免模型在接近最优解时出现震荡, 确保模型更精确地收敛到最优值<sup>[10]</sup>。

#### 2. 批量大小

批量大小设置为 16。合适的批量大小能够在训练效率和内存使用之间取得平衡。

#### 3. 训练轮数

训练轮数设置为 200 轮, 让模型充分学习数据集中的特征信息。

#### 4. 优化器

选择 Adam 优化器, 它集合了 AdaGrad 和 RMSProp 的优点, 能够自适应地调整每个参数的学习率, 具备较快收敛速度和良好泛化性能。

### (三) 评价指标

采用目标检测通用指标: 精确率 (Precision, P)、召回率 (Recall, R)、平均精度均值 (mAP 0.5)、推理速度 (FPS), 旨在综合评估模型性能, 确保它与实际应用场景的适配性。

### (四) 实验结果与分析

#### 1. 改进模型与基准模型对比

改进模型在精确率、召回率、mAP 0.5 等方面的表现均优于

基础模型; 推理速度下降 4FPS, 仍满足实时检测需求。这表明优化策略具备有效性。

#### 2. 不同风险源检测效果

机械侵入类: 小目标检测能力显著提升。

堆载超限类: 能够更好地适配不规则形态目标。

结构变形类: 结合激光雷达数据能够显著提升检测准确率。

综合来看, 改进后的检测模型进一步满足城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测需要, 实现了检测精度、效率提升。

#### 3. 边缘部署测试

将改进模型部署于 Jetson Nano 边缘设备进行现场测试, 测试结果表明改进后的检测模型满足秒级预警需求, 且鲁棒性良好, 能够适配雨天、傍晚等复杂检测环境。

### (五) 消融实验

对各优化模块的贡献进行验证发现: 仅改进 FPN 能够将检测精确率提升 3.2%; 仅加入稀疏注意力能够将精确率提升 2.8%; 仅轻量化优化能够将推理速度提升 30%, 而且其精度无明显下降; 通过组合优化, 促使各模块相互协同用, 能够确保检测精度与速度达到最优平衡。

## 四、结论与展望

本研究通过小目标优化、特征融合优化、鲁棒性优化、轻量化设计等措施, 对 YOLOv8 智能检测模型进行改进, 能够有效提升模型精确率、边缘部署响应速度, 使其更好地适配城市轨道交通运营保护区风险源安全智能检测场景。未来, 可从优化模型性能、拓展应用场景、结合新技术等方向入手对该模型进行改进, 为解决城市轨道交通运营安全管理问题提供更完善的方案。

## 参考文献

- [1] 王一帆. 人工智能技术在城市轨道交通的应用与探索 [C]// 中国智慧工程研究会. 2024 智慧施工与规划设计学术交流会论文集. 重庆设计集团有限公司; , 2024: 830-831.
- [2] 温凯越, 仇维斌, 曹海珍, 等. 基于 VOSviewer 的城市轨道交通安全风险可视化分析 [J]. 安全, 2024, 45(01): 73-80.
- [3] 马卫东, 梁孟昌, 崔博. 城市轨道交通 AI 技术在安全监测中的应用研究 [J]. 现代城市轨道交通, 2023, (11): 114-119.
- [4] 刘孟栋. 城市轨道交通综合监控系统的数据安全分析 [J]. 网络安全技术与应用, 2023, (07): 125-126.
- [5] 王丽佳, 贾波, 黄龙, 等. 绍兴轨道交通 1 号线建设中的文物保护 [J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(01): 245-250.
- [6] 卢尚君. R 公司城市轨道交通安全评估业务营销策略研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2022.
- [7] 王俊彦, 衣然, 张斌, 等. 新型入侵检测技术在城市轨道交通信号系统中的应用研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(07): 43-46.
- [8] 施锦峰. 城市轨道交通智能施工调度管理系统建设与应用 [J]. 现代信息科技, 2022, 6(13): 167-171.
- [9] 李继超. 复杂地质条件下城市轨道交通深大基坑安全建造与无损检测关键技术. 江苏省, 中国建设基础设施有限公司, 2022-06-08.
- [10] 王玮, 庞婷婷. 基于数据挖掘的城市轨道交通信息安全检测 [J]. 微型电脑应用, 2022, 38(02): 113-115.

# 检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展路径研究

谢晓波

辽宁省检验检测认证技术审评中心，辽宁 沈阳 110032

DOI: 10.61369/TACS.2026040009

**摘 要：** 检验检测作为质量基础设施的核心组成部分，是推动产业提质增效、规范发展的关键支撑，更是赋能辽宁优势产业转型升级、实现高质量发展的重要抓手。当前，辽宁拥有装备制造、农产品加工、能源化工等特色优势产业，正加快构建现代化产业体系，全力推进万亿级产业基地提质升级，而检验检测行业对建设现代化产业体系的支撑作用日益增强。基于此，探讨检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展路径，以期为辽宁优势产业转型升级、实现高质量发展提供理论指引与实践参考。

**关 键 词：** 检验检测服务；优势产业；质量；技术创新

## Research on the Path of Inspection and Testing Services Empowering the High-Quality Development of Liaoning's Advantage Industries

Xie Xiaobo

Liaoning Inspection, Testing, Certification and Technical Evaluation Center, Shenyang, Liaoning 110032

**Abstract：** Inspection and testing, as a core component of the quality infrastructure, is a key support for promoting the improvement and efficiency enhancement of industries, as well as for regulating their development. It is also an important means to empower the transformation and upgrading of Liaoning's advantageous industries and achieve high-quality development. Currently, Liaoning has characteristic advantageous industries such as equipment manufacturing, agricultural product processing, and energy and chemical industries. It is accelerating the construction of a modern industrial system and fully promoting the upgrading of trillion-yuan-level industrial bases. The inspection and testing industry is increasingly playing a supporting role in building a modern industrial system. Based on this, exploring the path of enabling inspection and testing services to promote the high-quality development of Liaoning's advantageous industries is expected to provide theoretical guidance and practical references for the transformation and upgrading of Liaoning's advantageous industries and the realization of high-quality development.

**Keywords：** inspection and testing services; advantage industries; quality; technological innovation

### 引言

“十五五”规划强调产业应以坚持高质量发展为主题，以改革创新为根本动力实现转型升级。检验检测作为质量基础设施的核心支撑，是打通产业创新链、产业链、供应链的关键环节，更是推动老工业基地转型升级、实现高质量发展的重要引擎。辽宁作为新中国工业的摇篮，工业门类齐全，培育了装备制造、石化和精细化工、冶金新材料等优势产业，正全力推进万亿级产业基地建设，朝着现代化产业体系迈进<sup>[1]</sup>。将检验检测服务融入产业发展中，不仅可以破解产业质量提升瓶颈，推动优势产业转型升级、夯实实体经济根基，还可以助力辽宁全面振兴、打造具有国际竞争力的先进制造业新高地。

### 一、检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展的价值体现

#### （一）强化质量管控，筑牢产业高质量发展根基

质量是产业核心竞争力的核心体现，更是产业实现转型升级、突破发展瓶颈的关键前提。辽宁优势产业以装备制造、石化和精细化工、冶金新材料等传统产业为主，这类产业长期面临产

品质量稳定性不足、高端产品占比偏低、质量标准与国际接轨不畅等问题，严重影响了产业核心竞争力的提升和市场拓展能力<sup>[2]</sup>。通过贯穿产业研发、生产、流通、售后全链条的质量管控，检验检测服务通过贯穿产业研发、生产、流通、售后全链条的质量管控，可以实现对产品质量的精准把控与动态优化，帮助企业规避研发过程中的质量风险，提升研发成果的质量稳定性与可行性，推动辽宁优势产业从规模扩张向质量提升转型。辽宁优势产业要

实现高质量发展，必须突破质量标准瓶颈，契合国内外市场的质量要求，而检验检测服务作为标准实施的重要载体，能够帮助企业精准对接各类质量标准，引导企业按照高标准组织生产，推动产业产品质量达到国际先进水平，打破国际贸易中的技术壁垒，提升辽宁优势产业产品的出口竞争力<sup>[3]</sup>。

### （二）推动技术创新，激活产业高质量发展动能

技术创新是产业高质量发展的核心驱动力，也是“十五五”规划中“加快高水平科技自立自强，引领发展新质生产力”的核心要求。检验检测服务对创新技术、新型材料、新产品的性能、可靠性、安全性进行精准检测与验证，帮助研发人员及时发现技术缺陷与不足，优化创新方案，提升研发成果的成熟度与可行性，减少创新投入与风险<sup>[4]</sup>。检验检测服务在一定程度上可以推动产业技术创新标准的创新与完善，并对行业技术发展趋势的研判与检测数据的积累，参与制定符合产业发展实际的技术标准，引领产业技术创新方向，推动辽宁优势产业突破核心技术瓶颈，激活产业高质量发展的内生动能，促进产业实现创新发展。

### （三）优化产业生态，拓宽产业高质量发展空间

产业生态的优化是产业高质量发展的重要保障。辽宁优势产业产业链条长、涉及环节多，上下游企业之间的质量协同与技术协同是产业链高效运行的关键，检验检测服务可以为产业链上下游企业提供统一的质量标准与检测服务，打破产业链各环节的信息壁垒，实现质量数据、技术数据的共享，推动产业链资源优化配置，提升产业链整体运行效率与质量水平，打造协同高效、优势互补的产业链生态，推动辽宁优势产业向集群化、规模化方向发展<sup>[5]</sup>。最重要的是检验检测服务作为市场监管的重要技术支撑，能够通过对市场主体产品质量的检测与监管，打击假冒伪劣产品，规范市场竞争行为，维护市场秩序，提升市场公信力，推动产业良性竞争与可持续发展。

## 二、检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展的现实困境

### （一）检验检测服务与产业需求适配不足

辽宁优势产业以装备制造、石化和精细化工、冶金新材料等传统产业为核心，同时逐步培育新兴优势产业，这类产业在转型升级过程中，对检验检测服务的专业性、精准性、前瞻性提出了差异化、个性化需求<sup>[6]</sup>。当前，优势产业在生产工艺优化、核心产品升级、绿色低碳转型等过程中，需要专业化的检验检测服务提供技术支撑，然而部分检验检测机构多以通用型检测服务为主，核心技术聚焦不足，缺乏针对特定优势产业的专项检测能力，无法满足产业精细化、个性化的检测需求。另外，检验检测机构对辽宁优势产业的发展现状、技术瓶颈、质量需求了解不深入，缺乏对产业发展趋势的精准研判，无法提前布局针对性的检测技术与服务，导致服务供给滞后于产业需求<sup>[7]</sup>。

### （二）检验检测技术创新滞后

技术是检验检测服务的核心竞争力，也是实现对产业高效赋能的关键支撑。与发达地区相比，辽宁部分检验检测机构的研发

投入占比偏低，多数机构更注重短期盈利，缺乏对长期技术研发的投入，难以开展针对辽宁优势产业特色的核心检测技术研发，无法突破高端检测技术瓶颈<sup>[8]</sup>。优势产业在向高端化、智能化、绿色化转型过程中，对高端检测技术与装备的需求日益迫切，而当前辽宁多数检验检测机构仍依赖传统检测技术与装备，缺乏对新型检测技术、智能化检测装备的引进与应用，无法开展高端产品、核心零部件的精准检测，难以满足产业技术升级的需求。

### （三）人才队伍建设不足

检验检测服务的专业性、技术性极强，需要兼具产业知识、检测技术、创新能力的复合型人才，而当前辽宁检验检测领域的人才队伍存在结构不合理、专业能力不足、创新意识薄弱等问题，缺乏既熟悉辽宁优势产业特点，又掌握高端检测技术的复合型人才<sup>[9]</sup>。同时，人才培养与引进机制不完善，对现有人才的培训力度不足，难以提升人才的专业能力与创新能力；高端人才引进难度较大，无法有效吸引外部优质人才，导致检验检测机构的技术创新能力难以提升，无法为辽宁优势产业高质量发展提供强有力的技术支撑。

## 三、检验检测服务赋能辽宁优势产业高质量发展的实践路径

### （一）建立主体协同机制，提高检验检测服务质量

产业转型升级是推动区域经济高质量发展的关键动力，其中检验检测机构、企业、高校、科研院所、政府部门等主体发挥着重要作用<sup>[10]</sup>。因此，需要构建完善的主体联动机制，优化资源配置，形成赋能合力，推动检验检测服务与辽宁优势产业深度融合，提升赋能效能。从政府部门来看，应强化政策引导与规划引领，出台针对性的扶持政策，推动检验检测资源向辽宁优势产业集聚，引导检验检测机构聚焦产业需求提供服务；同时政府部门应加大对检验检测行业的扶持力度，推动检验检测机构规模化、专业化发展，培育一批具有核心竞争力的检验检测机构，为产业赋能提供有力支撑。

从高校、科研院所来看，一方面，高校、科研院所应聚焦辽宁优势产业技术升级需求，调整研发方向，开展针对性的科研攻关，为检验检测机构提供技术支撑；另一方面，检验检测机构应依托高校、科研院所的科研资源，提升技术创新能力，将科研成果转化为实际检测能力<sup>[11]</sup>。从企业角度来看，企业应主动参与协同合作，提出产业需求，利用高校、科研院所与检验检测机构的资源解决自身质量与技术难题，推动创新成果产业化应用，提升产业整体技术创新水平与质量水平。

### （二）强化技术创新驱动，提升检验检测服务能力

技术是检验检测服务赋能产业高质量发展的核心动力，只有加大研发投入、突破核心技术，持续提升检验检测技术水平，才能跟上产业技术升级步伐，充分发挥其赋能作用<sup>[12]</sup>。首先，优化研发资源配置，打破产学研之间的壁垒，促使高校、科研院所和检验检测机构聚焦产业技术升级需求，开展联合研发，提升研发成果的针对性与实用性，实现技术创新，提升检验检测服务的专

业性、精准性与前瞻性。

其次，聚焦辽宁优势产业向高端化、智能化、绿色化转型的需求，引导检验检测机构引进、吸收、消化国际先进检测技术与装备，同时加大自主研发力度，研发适配产业需求的新型检测技术、智能化检测装备，提升高端产品、核心零部件的精准检测能力，满足产业技术升级的需求；最后，加强与国际、国内先进标准的对接，主动参与行业标准、国家标准的制定与修订，推动形成符合辽宁优势产业发展实际、与国际接轨的检验检测标准体系，助力产业突破国际贸易技术壁垒，提升产品国际竞争力。

**（三）构建检验检测服务体系，精准对接产业需求**

辽宁优势产业具有鲜明的产业特色与差异化发展需求，检验检测服务体系的构建需立足产业实际，摒弃同质化服务模式，聚焦产业痛点难点，打造专业化、个性化、一体化的检验检测服务，实现服务供给与产业需求的精准匹配<sup>[13]</sup>。其一，深入了解辽宁优势产业的发展现状、技术瓶颈、质量需求与发展趋势，精准研判产业在转型升级过程中对检验检测服务的个性化、差异化需求，包括特色检测项目、技术标准适配、全链条服务等方面的需求，形成动态更新的产业需求清单，为检验检测服务供给优化提供精准指引。

其二，聚焦辽宁装备制造、石化和精细化工、冶金新材料等优势产业，引导检验检测机构聚焦产业特色，重点发展特种材料性能检测、高端装备可靠性检测、化工产品环保检测、绿色低碳指标检测等特色服务，弥补专业化检测能力短板，满足产业精细化、个性化的检测需求；其三，构建全链条检验检测服务体系，提供涵盖技术咨询、质量诊断、标准适配、风险预警、失效分析等一体化综合服务，从根本上帮助产业解决质量管控与技术升级中的实际问题，提升赋能实效，与此同时，制定符合辽宁优势产业特点的检验检测服务标准，规范服务流程与服务质量，提升服务的专业性与公信力。

**四、结语**

综上所述，检验检测服务作为质量基础设施关键支撑，对辽宁装备制造、精细化工、冶金新材料等优势产业提质升级具有重要战略意义。通过建立主体协同机制、强化技术创新驱动、构建检验检测服务体系等路径，可以持续推动检验检测与产业研发、生产、流通深度融合，助力辽宁全面振兴取得新突破。

**参考文献**

[1] 韦柳伊. 提升检验检测服务水平 助力质量强国建设 [N]. 中国市场监管报, 2024-09-26 (006).  
[2] 杨琦. 江苏: 推动检验检测服务重点产业链 [J]. 中国质量监管, 2024, (06): 17.  
[3] 李挥. "五打造" 提升检验检测服务质效 [J]. 共产党员 (河北), 2023, (22): 30.  
[4] 吴柏廷, 魏莹, 马杰. 基于区块链的工程质量检验检测服务平台框架构建 [J]. 建筑经济, 2023, 44 (S1): 320-325.  
[5] 余婧, 焦建超, 王瑞. 发挥检验检测服务优势 助力特色产业赋能增效 [N]. 山西市场导报, 2023-05-25 (C04).  
[6] 刘凤莲. 公共检验检测服务平台助推产业集群效益提升机制研究——以滨州市商用厨具产业为例 [J]. 中国标准化, 2023, (07): 224-227.  
[7] 韩雷涛, 杜丽, 李杨, 等. 浅谈检验检测服务输出创新过程与标准化实施——以浙江省太阳能产品质量检验中心为例 [J]. 中国标准化, 2022, (24): 170-173.  
[8] 张彤, 邢然, 蒋洁蓉. "标准化+" 检验检测服务赋能纺织业高质量创新 [J]. 质量与认证, 2022, (11): 86-87.  
[9] 冯洁, 赵股瑶, 谭敏清, 等. 全国新兴产业检验检测服务资源分布的调研报告 [J]. 中国检验检测, 2022, 30 (05): 3-7.  
[10] 江苏省纺织产品质量监督检验研究院——打造 "标准化+" 检验检测服务模式 助推纺织产业高质量发展 [J]. 中国质量监管, 2022, (06): 68-69.  
[11] 张婷婷, 让冉, 张龙波, 等. 面向新兴产业的检验检测服务关系抽取 [J]. 智能计算机与应用, 2022, 12 (02): 32-36+43.  
[12] 李夏, 陈伟. 检验检测服务产业品牌创建研究 [J]. 营销界, 2021, (03): 17-18.  
[13] 于洋. 辽宁检验检测机构改革后的发展与对策研究 [J]. 中国集体经济, 2020, (15): 72-73.

# 地浸采铀数据管理与智能分析系统研发与应用

王晓伟<sup>1</sup>, 刘志锋<sup>2\*</sup>, 周义朋<sup>2</sup>, 张传飞<sup>1</sup>, 周意如<sup>1</sup>

1. 中核内蒙古矿业有限公, 内蒙古 呼和浩特 010000

2. 东华理工大学, 江西 南昌 330013

DOI: 10.61369/TACS.2026040017

**摘 要 :** 针对地浸采铀矿山生产过程中海量数据形成的“数据孤岛”与“数据沉睡”问题, 本文依托内蒙古巴彦乌拉铀矿山, 研建了一套地浸采铀数据仓库管理系统及采区运行分析系统。系统采用分层架构设计, 整合矿床、矿段、采区、钻孔及水冶厂等多源异构数据, 构建了包含基础信息、生产运行、工艺监测等八大功能模块的数据管理平台。同时, 开发了矿床-采区-单元三级可视化快速诊断系统, 集成等值线图、气泡图、曲线图等多种动态展示形式, 支持基于 IDW 和 Kriging 插值算法的等值线动态绘制。系统已在内蒙古巴彦乌拉铀矿山成功应用, 显著提升了地浸采铀数据管理水平与生产决策支持能力。

**关 键 词 :** 地浸采铀; 可视化系统; 快速诊断; 智能分析

## Research and Application of Data Management and Intelligent Analysis System for In-Situ Leaching Uranium Mining

Wang Xiaowei<sup>1</sup>, Liu Zhifeng<sup>2\*</sup>, Zhou Yipeng<sup>2</sup>, Zhang Chuanfei<sup>1</sup>, Zhou Yiru<sup>1</sup>

1. CNNC Inner Mongolia Mining Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010000

2. East China University of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013

**Abstract :** Aiming at the problems of "data silos" and "data sleeping" caused by massive data in the production process of in-situ leaching uranium mines, this paper relies on the Bayan Wula Uranium Mine in Inner Mongolia to develop and construct a set of data warehouse management system and mining area operation analysis system for in-situ leaching uranium mining. The system adopts a hierarchical architecture design, integrates multi-source heterogeneous data including deposits, ore blocks, mining areas, boreholes and hydrometallurgical plants, and builds a data management platform containing eight functional modules such as basic information, production operation and process monitoring. At the same time, a three-level visual rapid diagnosis system of deposit-mining area-unit is developed, which integrates a variety of dynamic display forms such as contour maps, bubble charts and curve graphs, and supports the dynamic drawing of contour maps based on IDW and Kriging interpolation algorithms. The system has been successfully applied in the Bayan Wula Uranium Mine in Inner Mongolia, which significantly improves the data management level and production decision support capacity of in-situ leaching uranium mining.

**Keywords :** in-situ leaching uranium mining; visualization system; rapid diagnosis; intelligent analysis

## 引言

核电的主要燃料铀, 作为国家重大战略物资, 影响着我国能源战略发展<sup>[1]</sup>。我国目前以砂岩型铀矿开发为主, 主要采用地浸采铀技术, 该技术被誉为世界地质矿产业的重大技术革命, 具有基建投资省、建设周期短、生产成本低、资源利用率高、环境友好等优点<sup>[2-3]</sup>。“十四五”期间, 中国铀业在内蒙古积极实施两个千吨级铀矿大基地建设, 亟需以数字化和智能化为标志的第四代铀矿采冶技术支撑产业升级。

内蒙古是“十四五”天然铀生产的主战场, 巴彦乌拉地浸铀矿山建成于2014年。受地质条件等因素制约, 该矿山投产以来各采区浸出液铀浓度普遍偏低, 采取传统技术措施效果不明显<sup>[4-5]</sup>。基于较完善的信息化基础, 对采区全流程数据进行系统整合分析, 实施井场精益化调控, 成为提高浸采效率的新方向。

目前, 在铀矿山地浸采铀数字化研究方面, 综合各类数据的数据仓库尚未建设, 基于地浸大数据进行智能分析的方法体系尚未形

\* 通讯作者: 刘志锋, Email: zfliu@ecut.edu.cn

成,砂岩铀矿地浸采冶注/抽液影响分析决策系统有待研发<sup>[6-7]</sup>。捷克 DIAMO 公司采用自主研发的 GTIS 软件实现了地下水监测数据、钻孔信息等的处理与显示,并采用 MODFLOW 软件建立地下水运移数字模型进行退役治理评估<sup>[8]</sup>。国内铀采冶自动化程度虽有提高,但在数据仓库建设、大数据分析、智能决策等方面仍有很多工作需要建设和改进<sup>[9-10]</sup>。

为此,本文依托中核内蒙古矿业有限公司与东华理工大学联合项目,以巴彦乌拉铀矿山为基地,针对地浸采区的“数据孤岛”与“数据沉睡”问题,开展数据仓库研建,建立地浸采区运行快速分析方法,研发基于机器学习的智能分析决策技术,最终实现对海量地浸数据的智能分析和价值挖掘。

## 一、系统总体设计

### (一) 系统需求分析

本系统主要针对砂岩型铀矿信息化工作需要,唤醒多年积累的“沉睡”数据,首先需要对数据进行高效管理,实现数据的收集、清洗、查询和管理等,将前期生产积累的各种存储格式数据,利用信息化技术存入数据仓库,以便统一管理和应用[31-33]。

### (二) 系统架构设计

系统的架构设计采用了分层架构(图1),每个层次都有明确的职责和功能,有利于降低系统的耦合度,提高可维护性和可扩展性。主要分为访问层、表现层、中间层、应用层和数据层。

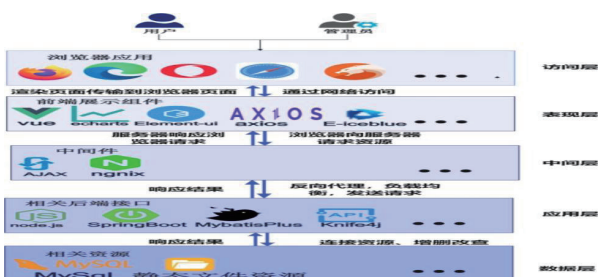


图1 系统设计架构图

系统以内蒙古巴彦乌拉砂岩铀矿地浸采铀生产数据为基础,所有结构设计按照实际工作人员的日常工作进行逻辑设计。在实际铀矿开采中按照矿床、矿段、采区、钻孔、水冶厂的包含逻辑关系,系统基础信息菜单中的矿床、矿段、采区、钻孔、水冶厂、工序即体现其分级逻辑。

系统采用 B/S 架构开发数据管理系统,负责外部数据的入库操作,包括:管理员登陆、数据新增录入、数据检查修正、数据删除、数据自动存储(例如地浸抽注量)等。

## 二、系统功能模块设计

根据地浸采铀井场实际情况,系统功能细化为八个模块:基础信息模块、生产运行模块、工艺监测模块、原材料模块、产品统计模块、设备管理模块、安全环保模块和报表系统模块。

(1) 基础信息模块:包括矿床、矿段、采区、钻孔、水冶厂基础信息的管理,支持数据查询、导入、插入、删除及数据库同步。

(2) 生产运行模块:涵盖采区、钻孔、塔组设备、塔设备、槽设备、气体站、集液池、配液池的生产运行数据管理,支持日

期查询、数据修改和分类筛选。

(3) 工艺监测模块:包含采区(单日/周期)、钻孔单元(周期)、吸附淋洗(单日)、萃取反萃取(单日)、沉淀(单日)、树脂杂项(周期)、树脂再生(周期)等工艺数据的综合管理。

(4) 原材料模块:管理大宗分析检测、大宗消耗统计、燃动消耗统计、萃取剂配制、树脂性能等数据。

(5) 产品统计模块:包括产品和产品称重数据的管理。

(6) 设备管理模块:管理井场设备、塔组、单塔、槽、配液池、集液池等基础信息。

(7) 安全环保模块:涵盖周边环境、地下水、固体废物、蒸发池、工作场所辐射防护、个人剂量、运输载体辐射防护等数据。

(8) 报表系统模块:提供采区生产运行报表、采区洗井提泵情况统计表、铀浓度浸出液量对比统计表、生产参数月报表、生产日统计报表、抽/注液孔水量记录表等,支持报表编辑和导出。

## 三、系统开发关键技术

### (一) 数据库技术

系统采用 MySQL 进行数据存储和管理,MySQL 是一个成熟可靠的关系型数据库,具有高性能、高可靠性和强扩展性等特点。在数据表的设计方面加入了索引,显著提升了数据查询和操作的效率。

### (二) 前端开发技术

系统的前端采用 vue 框架进行开发,该框架具有高效、简洁和灵活的特点,通过组件化的开发方式,将功能模块进行精细化拆分,提高代码的可读性和可维护性。系统使用 vue-router 实现路由,实现页面的刷新跳转和前端路由管理。同时使用 Element UI 组件库,快速构建美观且响应迅速的用户界面。

### (三) 后端开发技术

系统的后端采用 node.js 构建轻量级的网络应用程序,提供中间层的请求接口。使用 SpringBoot 框架构建 Java 后端应用程序,该框架具有自动配置和起步依赖等特点,内嵌 servlet 容器,提高了开发和部署效率。系统结合 MyBatis-Plus 组件,提供通用的 CRUD 操作,简化与数据库的交互。使用 Knife4j 生成详细的 API 文档,方便开发人员查阅和调试。结合 E-iceblue 组件实现 Word 和 Excel 表格模板的创建和修改。

### (四) 可视化技术

Echarts: ECharts 是一个由百度开发的基于 JavaScript 的数

据可视化库, 提供了丰富的图表类型和交互功能。本系统采用前端 vue 框架下的 Echarts 绘制矿区下各个生产指标的曲线以及各数据之间的贡献率等。

Plotly.js: Plotly.js 是一个基于 JavaScript 的开源图表库, 提供了丰富的图表类型和交互功能。由于本系统需要绘制采区下各个单元的等值线图, 故采用 Plotly.js 图表库, 在其基础上开发绘制了等值线图与气泡图的叠加图。

等值线图绘制算法: (1) IDW 插值算法: 基于现有数据点之间的空间距离和数据值之间的权重关系, 对未知位置的数据进行估计。距离越近的数据点权重越大。(2) Kriging 插值算法: 通过变异函数模型, 求得满足无偏估计和估计方差最小条件下的最优权重系数, 对未知点进行估计。相比反距离插值, 克里金插值具有更高的精度。

## 四、系统应用成果

系统在内蒙古巴彦乌拉矿山成功应用, 取得了以下成果:

(1) 集成化数据管理: 将内蒙古巴彦乌拉砂岩铀矿地浸采铀生产数据整合到一个系统中, 实现了数据的集中管理和统一访问, 提高了数据的可用性和准确性。

(2) 快速智能分析及可视化系统: 基于数据仓库实现了快速分析和可视化功能, 用户可通过系统快速获取所需信息, 并通过可视化图表直观理解数据含义和趋势。

(3) 生产决策支持: 通过快速智能分析系统及时发现生产异常, 帮助管理人员采取相应措施, 提高生产效率; 大屏展示系统

实现矿山生产数据的实时监测, 为决策提供准确及时的支持。



图2 系统应用效果图

## 五、结论

本文依托巴彦乌拉拉铀矿山, 成功研建了一套地浸采铀数据仓库管理系统及采区运行分析系统。系统采用分层架构设计, 整合矿床、矿段、采区、钻孔及水冶厂等多源异构数据, 构建了包含八大功能模块的数据管理平台。研建了数据管理系统, 实现了亿级数据的秒级响应, 1000万条记录查询单条响应时间为0.023秒, 1亿条记录查询单条响应时间为0.032秒; 开发了矿床-采区-单元三级可视化快速智能分析系统, 集成等值线图、气泡图、曲线图等多种动态展示形式, 支持基于IDW和Kriging插值算法的等值线动态绘制。系统已在内蒙古巴彦乌拉拉铀矿山成功应用, 显著提升了地浸采铀数据管理水平与生产决策支持能力。本研究成果为地浸铀矿山的数字化、智能化转型提供了技术支撑和实践经验, 对我国天然铀产业的升级发展具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 赵琛, 王一帆, 李思颖, 陶泽勇. 中国未来核电发展趋势与关键技术 [J]. 能源与节能, 2020(11): 46-49+67.
- [2] 朱鹏, 陈建昌, 尉小龙等. 砂岩型铀矿床地浸采铀工艺方法概述 [J]. 采矿技术, 2011, 11(04): 4-6.
- [3] 李孝君. 地浸采铀方法研究及展望 [J]. 绿色科技, 2018, (3): 54-56.
- [4] 潘宏峰, 刘成东, 万建军, 赵严. 内蒙古巴彦乌拉拉铀矿床地质特征 [J]. 中国金属通报, 2021(04): 116-117.
- [5] 何挺, 刘金辉, 阳奕汉, 姚光怀, 邢拥国, 胡鹏飞, 王如意, 梁大业, 王晓伟, 张锋. 内蒙古巴彦乌拉拉铀矿地浸采区地下水示踪试验 [J]. 有色金属 (冶炼部分), 2021(10): 50-57.
- [6] 吴冬, 包峰, 程文娟, 顾红超, 陈波, 张栋栋. 数字铀矿山技术研究进展与展望 [J]. 铀矿冶, 2017, 36(S1): 1-6.
- [7] 李喜龙. 内蒙古某铀矿数字化矿山建设的思考 [C]. 中国核科学技术进展报告 (第六卷)——中国核学会2019年学术年会论文集第2册 (铀矿地质分卷 (下)、铀矿冶分卷), 2019: 231-236.
- [8] Hähne, R., Schöpe, M., Paul, M., Slezak, J. (2002). Water balance and hydrogeological modeling in the case of the TPF Rozna/ Czech Republic. In: Merkel, B.J., Planer-Friedrich, B., Wolkersdorfer, C. (eds) Uranium in the Aquatic Environment. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] 苏学斌, 杜志明. 我国地浸采铀工艺技术发展现状与展望 [J]. 中国矿业, 2012, 21(9): 79-83.
- [10] 中国核能行业协会. (2020). 数字化转型面临的问题分析. 载于《中国核能发展报告 (2020)》.

# 潍坊生姜产业发展困境与辐照脱毒技术的应用前景研究

李琳琳<sup>1</sup>, 邢玉园<sup>1</sup>, 王钊奇<sup>2</sup>

1. 潍坊职业学院, 山东 潍坊 261041

2. 中国人民解放军93540部队, 河南 南阳 474350

DOI: 10.61369/TACS.2026040019

**摘 要 :** 潍坊作为全国生姜核心主产区与出口重镇, 依托优越的自然禀赋和完善的产业基础, 已形成规模化种植、加工、流通一体化产业体系, 生姜种植面积、产量及出口量均居全国前列, 成为当地乡村振兴的特色支柱产业。然而, 生姜长期无性繁殖引发的种性退化、连作障碍等问题日益凸显, 叠加产业链附加值偏低、种业创新滞后等结构性短板, 严重制约产业高质量发展。辐照脱毒技术作为物理脱毒的重要手段, 凭借脱毒率高、无化学残留、操作可控等优势, 为破解潍坊生姜产业核心瓶颈提供了有效技术路径。本文结合潍坊生姜产业发展实际, 系统分析产业发展现状与核心困境, 基于辐照脱毒技术的研究成果与实践应用, 深入探讨该技术的应用价值与发展前景, 为推动潍坊生姜产业种业创新、实现全链条升级提供理论参考与实践支撑。

**关 键 词 :** 潍坊生姜; 产业发展; 种性退化; 辐照脱毒技术; 应用前景

## Research on the Development Dilemma of Weifang Ginger Industry and the Application Prospect of Irradiation Detoxification Technology

Li Linlin<sup>1</sup>, Xing Yuyuan<sup>1</sup>, Wang Zhaoji<sup>2</sup>

1. Weifang Vocational College, Weifang, Shandong 261041

2. Unit 93540 of the Chinese People's Liberation Army, Nanyang, Henan 474350

**Abstract :** As a core ginger production area and key export hub in China, Weifang has leveraged its superior natural endowments and well-established industrial foundation to establish an integrated industrial system encompassing large-scale planting, processing, and distribution. Its ginger planting area, production, and export volume rank among the top in the country, making it a distinctive pillar industry for local rural revitalization. However, issues such as seed degeneration and continuous cropping obstacles caused by long-term asexual reproduction of ginger have become increasingly prominent. Coupled with structural shortcomings like low added value in the industrial chain and lagging seed industry innovation, these factors severely restrict the high-quality development of the industry. Irradiation virus elimination technology, as an important means of physical virus elimination, offers advantages such as high virus elimination rate, no chemical residues, and controllable operation, providing an effective technical path to address the core bottlenecks in the Weifang ginger industry. This paper, based on the actual development of the Weifang ginger industry, systematically analyzes the current status and core dilemmas of the industry. Drawing from research results and practical applications of irradiation virus elimination technology, it delves into the application value and development prospects of this technology, offering theoretical reference and practical support for promoting seed industry innovation and achieving full-chain upgrading in the Weifang ginger industry.

**Keywords :** Weifang ginger; industrial development; degeneration of seed quality; irradiation virus elimination technology; Application prospects

## 引言

潍坊地处山东半岛中部, 位于北纬36° 黄金农业带, 土壤肥沃、日照充沛、水资源优质, 为生姜种植提供了得天独厚的自然条件。历经多年发展, 潍坊生姜产业已形成区域化、规模化、外向化发展格局, 安丘、昌邑、峡山等主产区种植面积稳定, 其中安丘市是全国最大的生姜生产、流转和出口基地, 年出口量占全国总出口量的80%, 产品远销全球80多个国家和地区; 昌邑市生姜常年种植面积10万亩, 年产值达50余亿元, 成为当地第一产业支柱。2024年潍坊市出台《生姜产业全链条高质量发展意见》, 明确提出2030年全产业链总产值突破600亿元的发展目标, 为产业升级划定清晰方向。作为无性繁殖作物, 生姜产业长期面临种性退化、土传病害高发、连作障碍突出等行业共性问题, 潍坊产区表现尤为典型。传统种植模式下, 农药化肥滥用导致土壤退化、产品品质参差不齐, 加之深加工转化率低、品牌化程度不足, 产业发展陷入“产量高而附加值低、规模大而竞争力弱”的困境。为破解产业瓶颈, 潍坊市以种业创新为核

心，依托潍坊职业学院、潍坊市潍职大姜脱毒种苗研究院等科研机构，开展辐照脱毒姜苗培育技术研发，结合山东农业大学等院校的前期研究基础，形成了一系列具有实践价值的技术成果。本文基于潍坊生姜产业发展现状，结合辐照脱毒技术的研究与应用实践，剖析产业发展痛点，探索科技赋能下产业全链条升级的路径，为推动潍坊生姜产业高质量发展、助力乡村振兴提供参考。

## 一、潍坊生姜产业发展现状与产业优势

### （一）种植规模全国领先，出口优势显著

潍坊生姜种植已形成区域化、规模化格局，安丘、昌邑、峡山等主产区种植面积稳定，截至2025年，全市生姜种植面积超30万亩，年产量超150万吨，规模化种植基地占比达60%以上，形成了以安丘为核心、昌邑和峡山为支撑的产业布局。依托便利的交通物流条件，潍坊建成多个生姜专业批发市场，成为北方地区生姜流通的核心枢纽，辐射全国20余个省市及日韩、欧盟、东南亚等国际市场。其中，安丘大姜创下全国生产、流转、出口三项“全国之最”，海外市场每10块中国姜就有8块产自安丘，出口优势稳居全国首位。

### （二）政策体系不断完善，顶层设计清晰

潍坊市高度重视生姜产业发展，2024年出台《生姜产业全链条高质量发展意见》，构建“种植生态化、加工规范化、产品品牌化”发展格局，提出标准化体系建设、工厂化种苗繁育、绿色化种植等六大攻坚行动。政策明确支持建设3-4个生姜种苗繁育基地，打造年产超5000万株的育苗龙头企业，将生姜种植、加工设施设备纳入农机购置补贴，设立产业发展专项资金，形成“政府引导、市场主导、多方参与”的产业发展机制。各县市区也出台配套政策，昌邑市强化产学研融合，峡山区打造有机生姜融合创新产业园，形成上下联动的政策支撑体系。

### （三）科技创新持续突破，技术应用初见成效

潍坊市以种业创新为核心，推动生姜种植技术迭代升级，形成多项具有自主知识产权的技术成果。潍坊职业学院联合潍坊市潍职大姜脱毒种苗研究院开展辐照脱毒姜苗培育项目，通过精准控制辐照参数，实现生姜脱毒率95%以上；峡山区有机生姜融合创新产业园研发“长白山松塔皮复合基质”栽培技术，实现生姜零农药种植，亩产较传统模式增产189%；昌邑市研发的“生姜连作提质增效栽培技术”入选山东省农业主推技术，亩均减少化肥农药投入600余元。

### （四）产业融合逐步深化，品牌建设稳步推进

潍坊市加快推动生姜产业一二三产融合，延伸产业链、提升附加值。峡山区有机生姜融合创新产业园建成集“组培种苗-有机种植-精深加工”于一体的全产业链平台，开发姜脯、姜精油、鲜姜饮品等深加工产品，其中鲜姜饮品填补国际市场空白；安丘、昌邑等地引入生姜预制菜、姜黄素提取等深加工项目，推动产业从“鲜姜销售”向“产品加工”转型。品牌建设方面，“安丘大姜”成为国家地理标志产品，“禄牌”“峡兴”等企业品牌逐步打响，有机生姜进入盒马鲜生、山姆会员店等高端商超，售价达普通生姜的3-5倍，品牌溢价能力初步显现。

## 二、潍坊生姜产业发展面临的核心问题

### （一）种苗带毒严重，种性退化制约产业根基

生姜无性繁殖的特性导致病毒病通过种姜代代传播，潍坊主产区传统姜种带毒率居高不下，生姜花叶病毒、黄瓜花叶病毒、烟草花叶病毒等多种病毒复合侵染，引发严重的种性退化。表现为植株矮化、叶片畸形、分枝减少，地下块茎发育不良、质地松软，不仅导致大田生姜减产30%-70%，部分重茬地块甚至绝收，还使姜辣素、姜黄素等核心品质指标下降，商品性大打折扣。传统种植模式下，姜农多沿用自留种，缺乏专业的病毒检测和脱毒处理环节，陷入“越种产量越低、越种品质越差”的恶性循环。

### （二）连作障碍加剧，绿色种植转型难度大

潍坊生姜主产区多为常年连作地块，长期种植导致土壤中病原微生物累积、重金属富集，姜瘟病、根腐病等土传病害高发，连作障碍日益严重。为保障基本产量，部分姜农仍采用“高农药、高化肥”的粗放式种植模式，传统种植每亩需投入约200公斤化肥、30公斤农药，即便如此，产量仍以每年10%-15%的速度下降。过量的化学投入品不仅增加了姜农的生产成本，还导致土壤板结、地下水污染，部分地块存在农药残留超标问题，与绿色、有机消费需求脱节。虽然基质栽培、生物炭土壤改良等绿色技术已实现试点应用，但这类技术初期投入高，普通姜农难以承担。

### （三）产业链条仍显薄弱，精深加工占比偏低

潍坊市生姜产业仍以鲜姜销售和初级加工为主，深加工转化率不足20%，产业链条短、附加值低的问题突出。全市大部分生姜加工企业以生产姜干、姜粉等初级产品为主，姜精油、姜黄素、生姜保健食品等高端精深加工产品占比不足5%，产品同质化严重，利润空间有限。产业上下游协同性不足，种植端分散的小农户与加工端龙头企业缺乏紧密的利益联结机制，企业难以获得稳定的优质原料，姜农也无法分享深加工环节的高附加值利润。

## 三、辐照脱毒技术的应用价值与研究基础

### （一）技术核心原理与优势

辐照脱毒技术是以 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线为核心辐照源的物理脱毒手段，其核心原理是利用射线的电离辐射作用，破坏生姜植株体内病毒的核酸结构（DNA或RNA），使病毒失去复制、转录和侵染能力，从而实现病毒灭活的脱毒目标。生姜茎尖分生组织细胞分裂速度快、再生能力强且病毒含量极低，是脱毒苗培育的最佳材料，通过精准控制辐照剂量和时间，既能有效灭活茎尖分生组织中的病毒，又能保证分生组织细胞的正常分裂和生长发育。山东农业大学的研究表明，刚收获不久的新鲜根茎（入窖一个月，生姜刚完成

圆头过程)比催芽后的根茎对<sup>60</sup>Co-γ射线辐照敏感性更强,在同样辐照剂量下,前者的诱变效应远高于后者。15Gy-20Gy的辐照剂量是辐照新鲜根茎的适宜剂量,此时变异类型较多,并能达到一定的成苗率。该技术与传统脱毒技术相比,具有显著优势:

**(二) 技术在潍坊的研究与实践进展**

潍坊市联合潍坊市潍职大姜脱毒种苗研究院开展辐照脱毒姜苗培育研究,科研团队以当地主栽生姜品种为研究对象,经系统性攻关确定了适配的辐照技术参数:采用35-40Gy的<sup>60</sup>Co-γ射线剂量辐照生姜茎尖分生组织,可实现95%以上的脱毒率,同时有效保留生姜植株的优良生长特性。

依托这一科研成果,潍坊已建成小型辐照脱毒姜苗试验培育基地,完成脱毒姜苗的实验室组培与小范围大田试种。试种区域集中在安丘、昌邑等核心产区,结果显示,辐照脱毒姜苗在当地土壤和气候条件下生态势良好,植株抗逆性、产量和品质均显著优于传统姜种,亩产较传统种植提升30%-40%,姜辣素含量提升20%左右,农药使用量减少35%以上。

**(三) 技术对产业问题的解决路径**

**1. 破解种苗带毒难题,遏制种性退化**

辐照脱毒技术通过精准辐照生姜茎尖分生组织,可有效灭活病毒,培育出无病毒的脱毒姜苗,从源头解决潍坊生姜种苗带毒问题。研究证实,<sup>60</sup>Co-γ射线辐照能在生姜外部形态、细胞学特征、生理生化性状等方面产生显著诱变效应,经二代培育后的生姜生长势较初代明显恢复,可筛选出稳定遗传的优良变异株。潍坊的试种实践表明,脱毒姜苗种植后,植株生长势显著增强,株高、茎粗、分枝数均优于传统带毒苗,有效遏制了种性退化。当前文件内容过长,豆包只阅读了前82%。

**2. 提升抗逆性,缓解连作障碍**

采用辐照脱毒技术培育的脱毒姜苗,因去除了体内病毒,对姜瘟病、根腐病等土传病害的抗逆性大幅提升。试种数据显示,种植脱毒姜苗可减少农药使用量30%以上,既降低了姜农的农资投入成本,又减少了化学投入品对土壤的污染。脱毒姜苗能在连作地块正常生长,有效缓解长期连作引发的减产问题,打破潍坊生姜种植“连作-减产-滥用农药-土壤退化”的恶性循环。

**3. 推动种业创新,助力产业链升级**

辐照脱毒技术的研发与应用,弥补了潍坊生姜种业创新滞后的短板。通过建设标准化的辐照脱毒姜苗培育基地,可实现脱毒姜苗的工厂化、规模化培育,提高脱毒姜种的普及率。优质脱毒姜苗的规模化供应,能为潍坊生姜精深加工产业提供稳定、优质的原料,推动产业从“鲜姜销售”“初级加工”向“精深加工”“高端制造”转型。

**四、辐照脱毒技术在潍坊生姜产业中的应用前景**

**(一) 技术研发持续深化,本地化适配能力提升**

目前,适配潍坊当地生姜品种的最佳辐照剂量和处理材料已明确,未来将进一步优化技术参数,结合潍坊不同产区的土壤、气候条件,培育适配性更强的脱毒姜品种。随着科研攻关的持续

深化,将辐照脱毒技术与基因检测、分子育种等技术融合,可提高病毒检测精度和优良突变株筛选效率,推动脱毒姜苗培育向精准化、智能化方向发展。

**(二) 培育体系逐步完善,规模化种苗供应能力增强**

依托现有科研成果,潍坊正加快建设标准化的辐照脱毒姜苗培育基地,推动技术从实验室走向田间地头。未来将构建“科研院校+种苗研究院+种植基地”的育繁推一体化体系,以潍坊职业学院、潍坊市潍职大姜脱毒种苗研究院为技术核心,在安丘、昌邑、峡山等主产区建设二级繁育基地,实现脱毒姜苗的工厂化培育、规模化繁育。借助峡山区全国首个组培姜种产业化基地的经验,推动辐照脱毒姜苗与组培技术深度融合,降低培育成本,提高种苗供应能力。

**(三) 产学研协同创新,技术融合应用趋势凸显**

未来,潍坊将进一步深化“政产学研用”协同创新机制,推动辐照脱毒技术与其他现代农业技术深度融合。科研院校将与农业龙头企业、种植基地开展深度合作,将辐照脱毒技术与物联网智能环控、水肥一体化、区块链溯源等技术结合,构建生姜全产业链智慧种植体系;同时,将脱毒姜苗培育与基质栽培、生物质炭土壤改良等技术融合,形成“脱毒种苗+绿色种植”的综合解决方案。产学研协同创新将推动辐照脱毒技术在生姜精深加工领域的延伸应用,利用脱毒生姜的优质原料,开发更多高附加值的生姜产品,实现技术价值的最大化。

**五、结论与展望**

潍坊生姜产业凭借突出的种植优势、完善的产业布局及强劲的科技与政策支撑,已成为全国生姜产业标杆,但种苗带毒、种性退化、连作障碍等问题仍制约其高质量发展。辐照脱毒技术作为高效、绿色、可控的物理脱毒手段,能从源头破解核心瓶颈,在遏制种性退化、缓解连作障碍、提升产量品质等方面具有不可替代的价值。目前,该技术在潍坊已完成核心科研攻关,确定适配当地品种的技术参数并实现小范围试种,“智姜一号”等脱毒姜种的推广为姜农带来显著经济效益,获得市场广泛认可。未来,随着技术研发深化、培育体系完善、政策扶持加码及产学研协同推进,该技术将实现规模化、产业化应用,推动潍坊生姜产业向良种化、绿色化、标准化、品牌化转型,从“生姜大市”迈向“生姜强市”,为全国生姜产业发展提供示范,以产业升级带动乡村振兴,助力我国农业高质量发展。

**参考文献**

[1] 李淑敏. 济南市生姜产业发展现状与优化路径 [J]. 农业工程技术, 2025, 45(35): 118-120. DOI: 10.16815/j.cnki.11-5436/s.2025.35.054.

[2] 黄伟波, 杨瑶华, 翟家慧, 等. 昌邑生姜根腐病和茎基腐病影响因素及应对策略 [J]. 农技服务, 2025, 42(11): 87-92.

[3] 郑佳乐. 乡村振兴背景下莱芜生姜产业创新发展路径探索 [J]. 农村经济与科技, 2025, 36(06): 80-82.

[4] 黄世国, 彭玉珊, 孙兆奇. 莱芜生姜产业链品牌化建设存在问题及提升对策研究 [J]. 内蒙古科技与经济, 2025, (01): 95-98.

[5] 雷亚敏. 莱芜生姜全产业链价值增值机理与路径研究 [D]. 天津农学院, 2024. DOI: 10.27717/d.cnki.gtjnx.2024.000044.

# 虚拟仿真与声音建模技术在钢琴结构教学中的应用研究——基于“结构－声音－艺术表达”模型

胡倩如，刘兆蕊

西安音乐学院，陕西 西安 710061

DOI: 10.61369/TACS.2026040027

**摘 要：** 本文针对传统钢琴结构教学中机械结构认知与声音理解、艺术表达相脱节的问题，提出并构建了“结构－声音－艺术表达”三元互构理论模型。通过整合虚拟仿真与声音建模技术探索钢琴结构参数如何通过影响钢琴声学特性进而作用于音乐表达的深层机制。文章首先梳理了国内外研究现状，指出当前研究存在闭环断裂、解释性不足和实践脱节等共性缺陷。在此基础上，构建了从“结构认知”到“声音理解”再到“演奏优化”的教学闭环。通过教学实验，验证了该模型在提升学习者结构认知、声音辨识能力及演奏表现力方面的有效性。本研究为钢琴结构教学的数字化转型提供了新的理论视角与实践路径。

**关 键 词：** 虚拟仿真；声音建模；钢琴结构教学；声音认知；艺术表达；三元互构模型

## Research on the Application of Virtual Simulation and Sound Modeling Technology in Piano Structure Teaching — Based on the "Structure-Sound-Artistic Expression" Model

Hu Qianru, Liu Zhaorui

Xi'an Conservatory of Music, Xi'an, Shaanxi 710061

**Abstract：** Aiming at the problem of disconnection between mechanical structure cognition, sound understanding and artistic expression in traditional piano structure teaching, this paper proposes and constructs a ternary mutual-construction theoretical model of "Structure-Sound-Artistic Expression". By integrating virtual simulation and sound modeling technology, it explores the deep mechanism of how piano structure parameters affect musical expression through influencing piano acoustic characteristics. Firstly, the paper sorts out the research status at home and abroad, and points out the common defects of current research such as closed-loop fracture, insufficient interpretability and disconnection from practice. On this basis, it constructs a teaching closed-loop from "structure cognition" to "sound understanding" and then to "performance optimization". Through teaching experiments, the effectiveness of the model in improving learners' structural cognition, sound recognition ability and performance expressiveness is verified. This study provides a new theoretical perspective and practical path for the digital transformation of piano structure teaching.

**Keywords：** virtual simulation; sound modeling; piano structure teaching; sound cognition; artistic expression; ternary mutual-construction model

### 引言

随着数字技术的飞速发展，虚拟仿真与声音建模技术在钢琴机械结构教育领域的应用日益广泛。然而，当前钢琴结构教学中，普遍存在结构认知、声音理解与艺术表达三者相互割裂的问题。学习者虽能熟练掌握钢琴击弦机各零部件名称，却难以理解调整结构参数为何改变音色，更无法将音色变化与特定的音乐风格或艺术表现需求联系起来。

传统的钢琴结构教学多依赖于静态图示或实物拆解，导致结构抽象难以理解、音色变化缺乏直观反馈等问题。而虚拟仿真技术可以动态、立体地展示钢琴机械结构的运动逻辑，声音建模技术则能够实时模拟因机械结构变化所带来的音色差异。但现有研究并没有将二者紧密的结合，未能建立起从物理结构到声学特性再到音乐表演的完整关联。因此，如何整合这两项技术，构建一个展示结构对声音、声音对艺术表达影响的教学模型，成为本文的核心问题。

项目信息：西安音乐学院校级科研项目成果”字样（例：本文为西安音乐学院校级科研项目《虚拟仿真技术与钢琴艺术的互构研究——基于结构教学的知识转译与认知重构》（项目编号：XYKY2025YB04研究成果）。

一、国内外研究综述

(一) 国外研究

1) 在钢琴结构可视化与教学工具方面,麻省理工学院媒体实验室开发的“*Andantino*”系统<sup>[1]</sup>,通过投影动画角色在钢琴键盘上行走的方式,引导儿童进行钢琴学习,但该系统主要关注演奏动作的可视化引导,并未涉及钢琴内部机械结构的展示及其与声音的关联。*Thorin* 等人<sup>[2]</sup>对钢琴击弦机动力学建模进行了深入探讨,提出采用运动驱动仿真(输入位置、输出力)来研究结构动力学,但其关注点仅限于触觉与机械层面,未延伸至声音建模。此外,雅马哈公司利用高精度物理模型模拟钢琴机械结构的各个零部件之间的相互作用,但未能进一步关联声音生成或艺术需求。

2) 在钢琴声学物理建模领域, *Simionato* 等人<sup>[3]</sup>提出了基于物理信息的可微分钢琴建模方法,从琴弦振动到声音合成的端到端可微分建模,为结构参数与声学特性之间的精确映射提供了新的计算框架。*Bank* 与 *Chabassier*<sup>[4]</sup>系统梳理了基于模型的数字钢琴技术,从琴弦、音板、击弦机的物理建模出发,阐述了如何实现高保真声音合成。上述研究为理解“结构参数-声学特征”的映射关系奠定了理论基础,但未延伸至教学应用或艺术表达层面。此外, *PianoTeq* 物理建模软件作为商业化工具,通过精确调节弦槌质量、硬度、击弦点等结构参数并实时合成声音,为连接结构与声音提供了技术支撑。

(二) 国内研究

华南理工大学刘尧楠<sup>[5]</sup>系统分析了钢琴结构参数变化对音质的影响,但未延伸至教学应用或艺术表达层面。*沈阳音乐学院*<sup>[6]</sup>则以高校钢琴结构概论课程为研究对象,探讨了构建 VR 教学系统的技术路径,然而该研究工具未能与声音特性进行有效结合。

综合分析国内外研究现状,当前研究主要存在两方面不足:  
① 闭环断裂:结构、声音与艺术表达三者之间缺乏系统性整合,未能形成完整的教学闭环。  
② 解释性不足:技术工具多侧重功能实现,对“结构如何影响声音、声音如何服务艺术表达”的内在机制缺乏深入阐释。

为此,本文以“结构-声音-艺术表达”三元互构模型为核心,整合虚拟仿真与声音建模技术,构建“结构认知→声音理解→演奏优化→艺术表达”完整教学闭环,并通过教学实验验证其有效性。

二、理论框架

(一) 模型构成与内在关系

“结构-声音-艺术表达”三元互构模型旨在揭示钢琴从物理实体到声学载体再到艺术表现的内在转化逻辑,三者之间既呈现层级递进的单向影响关系,又构成教学应用中双向反馈的闭环系统。

(1) 结构层是模型的物理基础。它涵盖了钢琴击弦机的核心物理参数(如琴键高度、击弦距离、击弦点位置)和机械联动逻辑

(如琴键高度如何影响弦槌击弦速度)。此层主要聚焦钢琴结构的物理状态及机械运动。

(2) 声音层是模型的声学载体。结构层的任何变化都会通过复杂的物理过程映射为声学参数的变化,如基频、泛音分布、响度及延音时长等。此层所反映的是结构属性向声学特征转化的结果。

(3) 表达层是模型最终的艺术表达。不同的声学特性决定了钢琴适合演绎何种音乐风格与艺术情感。例如,明亮而快速衰减的钢琴音色适合表现巴洛克音乐的清晰颗粒感,而浑厚且延音长的音色则更适用于表现浪漫派作品的歌唱性。此层反映声学特性与艺术表现需求之间的内在关联。

它们三层之间形成了明确的逻辑链条。结构层的参数设定决定了声音层的声学属性,声音层的属性又直接制约并影响了表达层的艺术可能性。与此同时,在教学应用中,学习者可以通过调整结构层参数,在声音层实时感知变化,并最终理解这种变化如何服务于表达层的特定艺术需求。这一逻辑链条为后续教学流程的设计提供了理论依据。

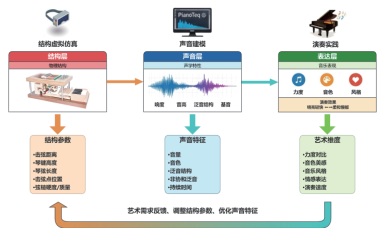


图1 钢琴“结构-声音-艺术表达”三元互构模型

(二) 模型驱动的教学流程

基于上述模型,本文以自研的虚拟仿真工具“钢琴模拟器”与声音建模工具 *PianoTeq* 为核心,设计了“结构认知→声音理解→演奏优化→艺术表达”的教学逻辑:

(1) 结构拆解与功能解析:拆解钢琴击弦机的核心部件,分析其物理参数与联动逻辑,通过“钢琴模拟器”3D 可视化展示钢琴击弦机结构。

(2) 声音合成与参数调控:基于 *PianoTeq* 软件调节钢琴结构的相关参数,测量声音的基频、泛音分布、频谱等指标,结合主观听感评价,分析结构参数与声音特征之间的关系。

(3) 艺术表达与结构适配:通过演奏不同风格的音乐片段,验证声音特性对艺术表达的影响。

(4) 闭环验证与教学应用:通过教学实验对比两组学生在结构认知、声音理解、演奏表现上的差异,从而优化分层教学流程。

三、教学实验

本文采用定性分析与定量测量相结合的实验方法,其优势在于能够通过控制变量、设置对照组与实验组的方式,较为客观地检验教学干预的实际效果。定量测量用于评估学习者在结构认知、声音识别及演奏表现力等方面的客观差异;定性分析则用于解释学习者在声音辨识与艺术表达过程中的主观感知与认知

过程。

### (一) 实验对象

选取某音乐学院相关专业本科学生30名作为实验对象,且均已具备基础的钢琴演奏能力与乐理知识,但尚未系统学习钢琴结构相关知识。实验采用随机分组的方式,将30名学生均分为实验组(15人)与对照组(15人),确保两组在实验前的基础水平无显著差异。

### (二) 实验工具

(1) 结构可视化工具“钢琴模拟器”:该工具支持立式钢琴击弦机约2000多个部件的3D动态拆解与联动演示,可直观展示不同触键方式下各部件的运动逻辑。

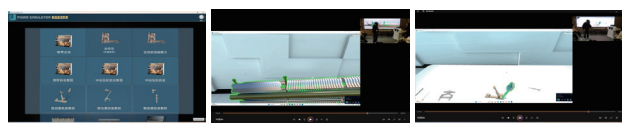


图2 钢琴模拟器操作界面

(2) 声音合成工具 PianoTeq:这是一款基于物理建模的钢琴声音合成软件,能够精确调节弦槌质量、硬度、击弦点等与结构相关的参数,并实时合成声音。同时还支持 MIDI 文件导入与音色预设选择功能,可用于演奏与听辨测试。

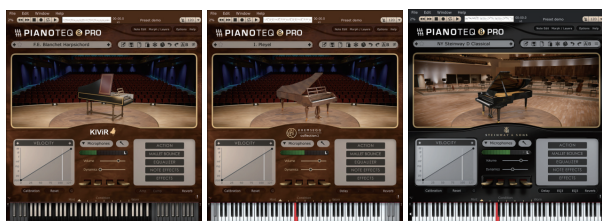


图3 PianoTeq 操作界面

(左:羽管键琴1733年;中:普莱耶尔钢琴1835年;右:施坦威D系列钢琴)

### (三) 实验流程

两组学生分别接受为期2课时的不同教学方式:

#### 1. 对照组:

采用传统钢琴结构教学方法,即结合钢琴实物、二维图片及教师口头讲解进行教学。

#### 2. 实验组:

采用基于三元互构的整合教学法。

(1) 结构认知阶段:使用钢琴模拟器动态拆解并观察钢琴击弦机在不同触键方式下的运动逻辑,帮助学生理解各部件的联动关系。

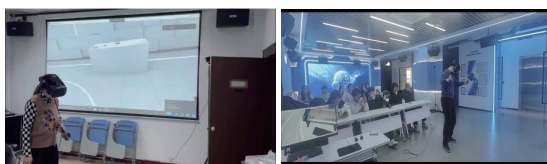


图4 学生佩戴VR头显使用钢琴模拟器进行操作

(2) 声音理解阶段:学生在 PianoTeq 中调节与结构相对应的参数(如弦槌质量、击弦点位置等),实时聆听并分析声音频谱、波形等客观指标的变化,建立结构参数与声学特征之间的映射关系。

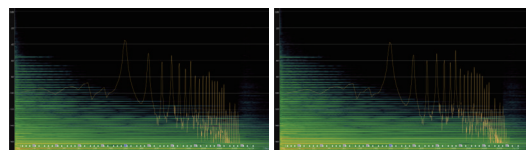


图5 小字1组c在不同击弦点状态下呈现的泛音列分布

(左:击弦点位于1/7.7处;右击弦点位于1/24处)

(3) 演奏实践阶段:将巴赫《C大调前奏曲 BWV 846》与肖邦《降b小调夜曲 Op.9 No.1》的 MIDI 乐谱文件导入 PianoTeq。学生在软件中可以为不同风格的音乐片段选择合适的音色预设,并使用电钢琴进行演奏实践,阐述其选择的依据。

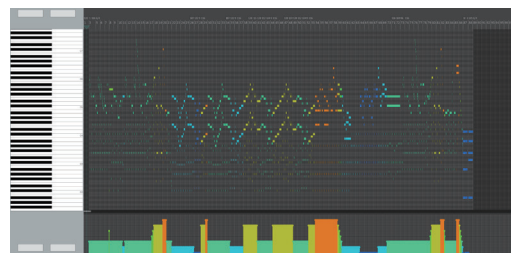


图6 肖邦《降b小调夜曲 Op.9 No.1》MIDI 乐谱

教学干预结束后,对所有学生进行统一的测试与访谈,以评估教学效果。测试包含以下四个维度:

(1) 结构认知能力:通过笔试的形式,测试学生对钢琴击弦机结构与传动原理的理解程度,内容包括部件名称、机械联动逻辑及结构参数对运动状态的影响。

(2) 声音识别能力:设计听辨测试,播放由不同结构参数(弦槌硬度、琴弦长度、弦槌击弦点、制音器位置、音板机械阻抗)合成的音色,要求学生判断对应的参数变化,并解释其声学特征。

(3) 演奏表现力匹配:将两首钢琴曲的 MIDI 文件导入 PianoTeq。学生在软件中聆听不同钢琴音色(如施坦威、普莱耶尔、羽管键琴)演奏上述音乐片段,并选择最合适的一组音色匹配方案。

(4) 访谈调查:最后,对实验组学生进行半结构化访谈。访谈围绕三个方面展开:①学生对三元互构教学模式的接受程度;②该教学模式对学习效率的提升作用;③该教学模式对学习兴趣的激发效果。

### (四) 数据分析

#### 1. 定量分析

定量数据来源于测试得到的结构认知笔试成绩、声音听辨测试成绩及演奏匹配测试得分。①采用独立样本 t 检验比较实验组与对照组在各测试指标上的成绩差异;②采用配对样本 t 检验分别比较两组教学对三项能力维度干预的组内效果。定量分析的结果如图7所示。独立样本结果显示,实验组在结构认知、声音识别及演奏匹配三项测试中的平均得分均显著高于对照组。组内配对结果显示,实验组三项指标得分呈依次递增的态势。这一结果与教学流程的递进逻辑相吻合:结构认知阶段为声音理解提供了物理基础,声音理解阶段又为艺术表达提供了声学依据,各阶段学习相互支撑,最终形成整体提升。

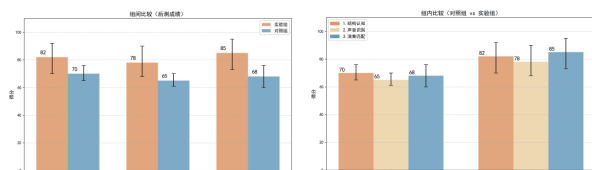


图7 组间和组内定量分析结果 (左: 组间比较; 右: 组内比较)

## 2. 定性分析

定性数据来源于实验组 15 名学生的半结构化访谈。所有受访学生均对该教学模式表示认可, 认为虚拟仿真与声音建模技术使抽象的结构知识变得更直观易懂; 动手操作、即时反馈的方式显著提高了学习效率。同时, 学生对 VR 拆解和实时声音调节表现出浓厚兴趣, 他们认为使用新兴技术手段能够使原本枯燥的课程变得生动有趣。定性分析结果与定量分析结果相互印证, 表明基于三元互构模型的教学方案获得了学生的认可与积极评价。

## 四、结论

本文构建的“结构-声音-艺术表达”三元互构理论模型, 整合虚拟仿真与声音建模技术, 为钢琴结构教学提供了新路径。实验表明, 该模型在提升学习者的结构认知、声音辨识能力及演奏匹配能力方面均显著优于传统教学方法。实验组三项测试指标呈现结构认知-声音识别-演奏匹配得分依次递增的态势, 印证了教学流程递进逻辑的合理性。定性分析也显示学生对该模式的接受度、学习效率及兴趣激发均持积极评价。

然而, 本文存在教学实验时长较短 (2 课时)、样本量有限 (30 人) 的局限。未来可从以下方面深入探索: 一是延长实验周期、扩大样本范围, 检验模型的长期教学效果与普适性; 二是将该模型应用于非专业学习者、钢琴调修培训等更广泛的场景, 拓展其应用边界; 三是开发一体化教学平台, 将结构仿真与声音建模技术深度融合, 进一步提升交互体验与教学效率。

## 参考文献

- [1]Xiao X, Ishii H. Inspect, embody, invent: a design framework for music learning and beyond[C]//Proceedings of the 2016 chi conference on human factors in computing systems. 2016: 5397-5408.
- [2]Anders Thorin, Xavier Boutillon, Jos é Lozada. Modelling the dynamics of the piano action: is apparent success real?. Acta Acustica united with Acustica, 2014, pp.10.
- [3]Simionato R., Fasciani S. and Holm S. (2024). Physics-informed differentiable method for piano modeling. Front. Sig. Proc. 3:1276748.
- [4]Balazs Bank, Juliette Chabassier. Model-based digital pianos: from physics to sound synthesis. IEEE Signal Processing Magazine, 2019, 36 (1), pp.11.
- [5] 刘晓楠. 钢琴机械机构的性能分析及对音质的影响研究 [D]. 华南理工大学, 2011.
- [6] 庄晓雪, 邵申弘. 基于 VR 技术进行钢琴结构线上教学的研究 [J]. 乐器, 2023(10):20-23.

# 基于物联网技术应用课程思政建设与研究

梅健, 杜娟, 张胜\*, 洪蕾, 陈琛, 胡国华, 胡学友

合肥大学 电子信息与自动化学院, 安徽 合肥 230601

DOI: 10.61369/TACS.2026040038

**摘 要 :** 课程思政是高校思想政治教育改革的重要方向之一, 也是落实习近平总书记对高校育人工作指示精神的重要途径之一。加强对课程思政内涵的理解, 不断挖掘课程思政元素与专业课程有效融合, 对推进专业课程思政建设具有重要意义。积极进行课程思政教学改革探索, 努力构建高校“三全育人”教育体系, 夯实人才培养目标。以《物联网技术》课程为例, 深入探讨课程思政元素的挖掘和专业课程思政教学探索实践, 促进学生专业技能与思政素养的同步提升。

**关 键 词 :** 物联网; 课程思政实施; 教学改革

## Ideological and Political Construction and Research of Application Based on Internet of Things Technology

Mei Jian, Du Juan, Zhang Sheng, Hong Lei, Chen Chen, Hu Guohua, Hu Xueyou  
HeFei University, School of Electronic Information and Automation, Hefei, Anhui 230601

**Abstract :** Strengthening the understanding of the connotation of curriculum ideological and political education, constantly excavating the elements of curriculum ideological and political education and the construction of effective implementation mechanism of professional curriculum ideological and political education are of great significance to promote the construction of professional curriculum ideological and political education. Actively exploring the reform of curriculum ideological and political teaching is an important measure to realize the moral education and implement the goal of talent training in universities. Based on the connection of things technology, this paper deeply discusses the mining of Ideological and political elements of the course and the implementation of Ideological and political teaching of professional courses.

**Keywords :** internet of things technology; ideological and political construction; reform in education

随着社会和科技的发展, 国家对人才培养越来越重视, 党的十八大以来, 国家要求高校人才培养以培养社会主义建设者和接班人为目的, 以立德树人为根本任务, 以学生发展为中心。高校作为人才培养的摇篮, 担负着时代的使命, 如何把“立德树人”的根本任务落到实处, 构建全员、全程、全课程育人格局的形式, 将各类课程与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应, 培养出德才兼备的高质量人才成为高校人才培养的重要任务。因此课程思政的融入成为各专业课程建设的重要任务。

### 一、课程思政实施的意义

#### (一) 课程思政建设的意义

目前新时代的大学生中部分学生思想现状令人堪忧, 盲目乐

观的骄傲心态和急于求成的浮躁心态存在蔓延的态势。随着改革开放的发展, 崇洋媚外之风也在盛行, 部分学生民族自豪感缺失, 过分的夸大我国发展中存在的矛盾和问题。缺乏正确的人生观和价值观以及人生的目标规划, 思想意志不坚定, 人生目标不

#### 项目信息:

2024年合肥大学质量工程项目“嵌入式开发技术(2024hfutxsxx04)”;  
2021合肥学院研究生质量工程项目“物联网技术与应用课程思政建设与研究(2021Ykcsz01)”;  
2023年安徽省质量工程项目“以服务安徽新一代信息技术产业为导向的电子信息技术专业硕士研究生人才培养研究(2023jyxggjY254)”;  
2023年高等学校省级质量工程项目“通信工程专业教学创新团队(No.2023cxt070)”;  
2023年度安徽省新时代育人质量工程项目(研究生教育)“现代通信技术线下示范课(No.2023jysxsxfkc046)”;  
2024年安徽省质量工程项目“AI助力基于产品导向理念的‘电工电子实训’实践教学模式探索(2024jyxm0320)”;  
2025年合肥大学质量工程项目“通信电路与系统(2025hfuxsxx01)”。

#### 作者简介:

梅健(1988—), 男, 安徽蚌埠, 博士, 合肥大学, 主要从事智能信息处理技术研究;  
杜娟(1980—)女, 安徽亳州人, 硕士, 合肥大学, 讲师, 主要从事学生思想政治教育研究;  
洪蕾(1984—)女, 安徽寿县, 博士, 合肥大学, 主要从事雷达系统设计研究;  
陈琛,(1984—), 女, 汉, 安徽铜陵人, 硕士, 合肥学院, 讲师, 主要从事肌电信号检测与智能化教学研究;  
胡国华(1978—)男, 安徽安庆, 博士, 合肥大学, 教授, 主要从事人工智能系统研究;  
胡学友(1974—), 男, 安徽肥东人, 博士, 合肥大学, 教授, 主要从事数字图像处理研究。  
通讯作者: 张胜(1980—), 男, 汉, 安徽涡阳人, 博士, 合肥大学, 副教授, 主要从事信号检测控制与电磁兼容研究。

明确,缺乏应有的感恩精神和积极进取的精神,同时也忽视对社会的贡献。因此在高等教育实施中,急需强化思政教育,将专业课程教学融入思政元素,形成知识传递和思政教育有机结合,培育综合素质过硬的社会主义接班人<sup>[1-2]</sup>。

目前高校思想政治理论课讲授的基础的政教育很难全面满足德育培养需要。其主要原因是教育教学思想观念落后,教学内容空洞抽象、教学方法不够灵活,全靠学生对知识点死记硬背,学习兴趣不足。因此,很难将优秀的思想文化理念融入到学生思想意识,对学生的积极正确的人生观、价值观的形成贡献不足;另一方面,在课程教学的实施上,教师教得也是力不从心。如何改变现状,打破思政建设的瓶颈,实现全程、全课程育人格局,培育德才兼备的社会主义接班人面临着巨大的挑战。通过教学改革,优秀思政元素的挖掘,实现全方位思政教育,成为专业课程实施的重要组成部分<sup>[3]</sup>。

## （二）物联网应用技术课程思政

根据物联网课程的知识结构特点,在课程教学实施过程中实现以学生为中心,教师主导,学院党委统筹,建立全过程、一体化课程思政建设与实施体系。在课程教学中巧妙的融入思政元素,潜移默化的引导学生树立正确的世界观、人生观和价值观,使学生成为具有远大共产主义理想、良好的家国情怀、优良的道德情操以及健全人格的物联网行业建设者;使学生成为爱国敬业,担当中华民族伟大复兴大任的建设者和接班人<sup>[4-5]</sup>。

# 二、思政元素挖掘与教学实施

针对《物联网技术与应用》课程教学进行顶层设计,树立价值引领和知识传授同步发展的理念。以学生情感目标、认知目标以及知识和能力目标培养为出发点,围绕新时代党中央对人才培养的新要求和新使命,以着力培养基础扎实、专业能力强、德智体美劳全面发展的高素质创新人才为目标,不断优化课程目标。《物联网技术与应用》教学旨在让学生掌握并运用物联网技术的基础上,通过合理的教学过程设计,将工匠精神、职业精神以及专业精神传递给学生,通过优化教学模式与教学内容,在课程大纲中构建“课程思政”核心素材模块,使课程思政朝着常态化健康发展,让学生在学习专业知识的同时学会做人、做事<sup>[6-7]</sup>。

## （一）思政元素挖掘

### 1. 厚植爱国情怀,坚定理想信念

目前当代社会的发展,青年一代站在“两个一百年”历史交汇点,面临统筹疫情防控和经济社会发展两个大局,新时代的青年应该把握历史发展大局,从历史的发展中汲取营养,厚植家国情怀,坚定理想信念,激发爱国情怀,勇担时代使命,坚定正确的政治立场,成为社会主义建设的优秀接班人。

### 2. 弘扬时代精神,勇担时代使命

在讲解物联网中“物”的标识时,首先通过生活中实例介绍信息的载体,比如银行卡、学生卡、通行卡等 RFID,在购买商品时印制的条形码,以及目前广泛使用的二维码,使学生对信息载体有广泛的了解。要求学生通过文献查找详细了解标识技术的发

展历程及科技的进步。其次,给学生详细讲解各标识涉及到的相关技术问题,引导学生根据自己的兴趣爱好明确研究方向,为以后的发展树立目标,激发学习兴趣。再次,介绍张直中、林为干等科学家在射频技术发展上取得的成就以及为中国射频技术发展做出的重要贡献,使学生了解我国科学技术发展的政策理念,树立理想信念,坚定科技兴国的决心,发扬时代精神,勇担民族复兴使命,在相关的技术领域做出自己的贡献。

## 3. 传承科学精神,掌握科学方法

在物联网课程教学过程中将唯物辩证思维与科学精神培养相结合,不断挖掘课程中蕴含的丰富而深刻的哲学思想,有意识地引导学生将辩证思维用于生活学习中各种矛盾的处理,帮助学生更好地探索科学技术发展的基本方法,并利用科学技术改变人类,造福人类。物联网系统是一个有机的组合体,每一个模块都是物联网系统不可或缺的组成部分,在讲解物联设计时,可以从局部的模块到整体,然后再从整体到部分,全方位考虑物联网的功能、结构、安全以及可靠性和稳定性。

## 4. 强化工程伦理,树立道德理念

物联网信息通过感知、传送、应用等多个层次实现信息的收集与利用,不仅给人们的生活和生产带来了巨大方便,也为关系重塑以及利益分配埋下了隐患。在物联网的全息感知环境下,海量传感器收集的数据信息看似零碎、微不足道,但通过数据分析、智能算法的挖掘与整合,个人的行为和生活细节便展现无遗,如通过分析一个人在网上购买信息记录与网络活动轨迹,可以对个人偏好、购买力等多方面信息进行掌握。这些信息本应该属于个人隐私,然而一旦被别有用心的人掌握利用,对于个人来说影响很大。物联网技术的合理使用离不开伦理道德的潜在规约,越是强大技术,越需要从业技术人员具有强大的责任心以及良好社会公德。通过教育使学生提高对他人隐私的尊重和对自身隐私的重视,在主观意识上建立良好的职业道德认知。

## （二）优化教学团队

在课程思政建设和实施上,教学团队建设至关重要,在团队构建上实行院党委把关,专业教师实施,辅导员参与,形成“三位一体”教学模式。在教学过程中,教师起着举足轻重的作用,需要为学生“传道”“授业”“解惑”,因此,首先要提高教师的思政教育意识,教师必须牢牢把握立德树人的根本,不断提高青年教师主动承担课程教学、思政教育的积极性。教师不仅需要更新教学理念,牢固树立问题意识,而且要不断学习并进行深入的理论挖掘,实现以理服人、以情动人,以足够的理论深度解答学生关注的现实问题。对此,构建稳定的高水平教学团队很重要,要做到以评促教,构建优良的课程思政教学团队,不断完善激励机制,将思政考核纳入考核内容,充分发挥出激励作用<sup>[8]</sup>。

## （三）课程教学实施

实施物联网知识教学背景下,由于教师起着根本作用,在教学过程中,更需要深入掌握和灵活运用相关教学模式,做好顶层设计,不断总结实施过程中的经验并做出改进,在学生情感认同的基础上开展互动式和民主化教学,保证思政课教学效果的提升和教学目标的实现。通过讲练结合、小组讨论等多种教学方法的

综合运用,实现“教学做”一体化教学模式。先掌握的学生作为教师的助手,帮助其他还没理解和掌握的同学,实现在掌握知识道路上一个都不能掉队的目标。从而培养学生之间相互信任、相互团结、责任担当、大局意识的精神,同时也建立起学生的成就感,提升学生的自信心。布置大作业,鼓励学生分组完成,培养学生工程实践和团队协作的能力、敬业精神和责任精神、诚信友善和吃苦耐劳的道德品质。设备选型环节,引导学生科学、环保地选取设备,在满足要求的同时要求学生不能浪费,培养学生节能环保节约的意识,让学生树立正确的生态文明观念<sup>[9]</sup>。

#### 1. 多维元素并举,丰富思政内涵

在课程教学实施过程中,围绕政治认同、家国情怀、文化素养、宪法法治意识、道德修养,引导学生运用马克思主义、唯物辩证法等科学理念和方法认识、分析和解决问题。通过多维并举、综合运用以及有机融合,将社会主义核心价值观教育、法治教育和中华优秀传统文化教育、爱国主义教育等融入到课程教学。运用先进教学理论,对大学生的认知规律和学习特点进行深入研究,实现教师主导性与学生主体性相统一,使课堂教学在师生双向良性互动中进行,从而形成良好的教学氛围。

#### 2. 多模式教学融合,丰富教学手段

在教学过程中加强教学顶层设计,充分利用现代化、信息化的教学手段,建立多维度交叉融合的教学设计与数字化课程。通过线下课程教学(课堂授课、讨论等)和线上课程教学(微课、MOOC等)相结合,不断的丰富教学过程,激发学生学习兴趣。不断总结课程教学实施过程中的经验,在学生情感认同的基础上开展互动式和民主化教学,保证专业课程思政教学效果的提升和教学目标的实现。依据不同兴趣和认知差异将学生划分为多个小组,采取差异化教学手段,构建多层次、立体化的教学模式,满足学生个体学习需求,最终实现学习效果全面提升。

#### 3. 课程思政教学实施

在物联网教学实施过程中,以物联网课程内容知识讲解为基础,深挖课程思政元素,实现课程思政与物联网专业知识的巧妙融合。如在讲解物联网结构时,物联网的第三层结构是应用层,应用层的主要功能是通过感知层获取的信息进行分析以实现对某个对象的控制。以智能农业为例,首先通过温湿度传感器采集

农业大棚中的温度、湿度、CO<sub>2</sub>的浓度以及大棚内光照度等信息,通过无线传输方式将数据送达数据分析中心,根据不同农作物最佳生长环境需求,通过大数据分析对农业大棚环境进行控制,营造植物最佳生长环境。通过案例分析让学生体验到科技发展对促进传统行业精细化控制的力量,将科技兴国的内涵融入到教学,激发学生投身科技进步的热情<sup>[10]</sup>。

#### (四) 教学效果评价体系建设

根据授课效果及学生的信息反馈,不断完善教学效果评价体系,形成一套系统完整的综合性评价和持续改进体系,如图1。从教学内容分析和教育对象分析入手,通过制定教学目标、教学策略以及教学过程设计,实现物联网技术与课程思政的融合,根据教学反馈不断的调整教学目标,实现教学效果的提升。从注重学业成绩转向多元化综合评价,从注重量化转向注重质量,注重学生差异化评价,建立多维度评价机制。不断的发展完善专业课程思政建设,形成持续改进机制。

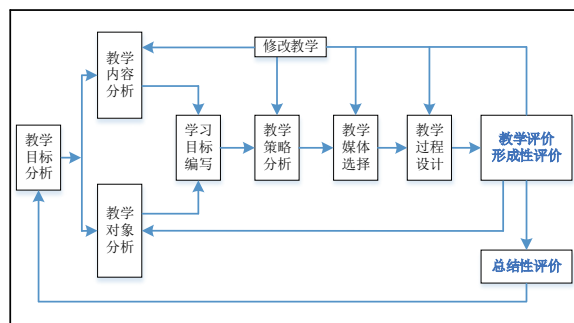


图1 教学效果评价体系构建

### 三、总结

物联网技术属于近年来全球科技发展的前沿领域,高校物联网应用技术教育肩负培养适应社会主义现代化建设需要的物联网技术应用专业人才的重任。本文根据物联网课程的知识特点,通过课程思政元素的挖掘、思政教学团队打造和课程思政教学实施优化,形成教学效果评价改进体系。实现课程教学中情感目标、认知目标以及知识和能力目标的达成,促进学生专业素养、思想素养及人文素养的提升。

### 参考文献

- [1] 刘蓓蓓, 胡楠. 全媒体时代思政课一体化建设的守正和创新[J]. 大学: 思政教研, 2021.
- [2] 孙泽宇, 李蒙, 龚蕾. 新工科背景下物联网工程专业课程改革与建设[J]. 洛阳师范学院学报, 2021.
- [3] 冯天浩, 唐昌维. "数据共享"对高校思政教育对策研究[J]. 课程教育研究, 2021(10):2.
- [4] 王若倩, 顾卫杰, 曹帅, 等. 高职物联网专业群课程思政教学实践机制探索[J]. 2021(2020-2):18-23.
- [5] 段焜, 侯春. 高专《物联网技术》课程思政实施路径探索[J]. 2022(22).
- [6] 丁小一. 课程思政与物联网应用技术专业实践课程的融合. 湖北农机化(2021). (7). 3.
- [7] 张一潘. 高校课程思政中的思政元素挖掘梳理论析[J]. 内蒙古农业大学学报: 社会科学版, 2020, 22(6):5.
- [8] 刘汉平, 张秀梅, 栗军, 等. 物联网工程专业课程思政师资队伍建设的探索[J]. 高教学刊, 2020(18):4.
- [9] 秦娜, 刘宴涛. 物联网课程的思政融入策略[J]. 高教学刊, 2021, 7(36):4.
- [10] 刘昕彤, 马文华. 高校数字电子技术课程教学实施"课程思政"探索[J]. 成才之路, 2021(25):2.

# 基于枣庄大数据领域发展现状对“城市大脑”的研究

朱恒超<sup>1</sup>, 王亚男<sup>2</sup>, 朱恒海<sup>3</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 吴玉琳<sup>1</sup>

1. 枣庄职业学院, 山东 枣庄 277800

2. 枣庄技师学院, 山东 枣庄 277100

3. 枣庄矿业(集团)有限责任公司, 山东 枣庄 277160

DOI: 10.61369/TACS.2026040041

**摘 要 :** 当前城市信息模型(CIM)在我国被正式提出后,国家将其视作开展智慧城市建设的主要技术支持,智慧城市建设工作在我国各个省份地市陆续开展,智慧城市建设也为下一步城市大脑发展打下了坚实基础,城市大脑从“起步萌芽”状态逐渐向“各种智慧化应用场景落地”的快速发展阶段转换,推进城市大脑建设的地方数量和相关建设项目数量不断上升,同时所覆盖的行业领域不断拓展、技术应用水平也不断提升。本文基于枣庄本土现状情况从城市信息模型的概念以及内涵入手,提出基于城市信息模型的新型智慧城市技术架构体系,并对平台在城市的规建管方面的应用展开分析,为基于CIM的新型智慧城市建设提供了“城市大脑”一套可行的解决方案。

**关 键 词 :** 城市大脑; 大数据; 智慧城市; 数字枣庄

## Research on "City Brain" Based on the Development Status of Zaozhuang's Big Data Field

Zhu Hengchao<sup>1</sup>, Wang Ya'nan<sup>2</sup>, Zhu Henghai<sup>3</sup>, Wang Wei<sup>1</sup>, Wu Yulin<sup>1</sup>

1. Zaozhuang Vocational College, Zaozhuang, Shandong 277800

2. Zaozhuang Technician College, Zaozhuang, Shandong 277100

3. Zaozhuang Mining (Group) Co., Ltd., Zaozhuang, Shandong 277160

**Abstract :** Since the formal proposal of the City Information Model (CIM) in China, the state has regarded it as the main technical support for smart city construction. Smart city construction has been carried out successively in cities and prefectures across various provinces in China, laying a solid foundation for the subsequent development of the "City Brain". The "City Brain" has gradually transformed from the "initial germination" stage to a rapid development phase of "implementing various intelligent application scenarios". The number of localities promoting City Brain construction and related projects has been continuously increasing, while the covered industry fields have been expanding and the level of technological application has been rising. Based on the local status quo of Zaozhuang, this paper starts with the concept and connotation of the City Information Model, proposes a new smart city technical architecture system based on CIM, and analyzes the application of the platform in urban planning, construction and management. It provides a feasible solution of "City Brain" for the construction of new smart cities based on CIM.

**Keywords :** city brain; big data; smart city; digital Zaozhuang

## 引言

“城市大脑”概念最早在2016年10月被中国工程院院士王坚提出,作为城市数字化转型的核心载体,城市大脑一经提出便迅速成为各地推进智慧城市建设的抓手。2018年5月15日发布的《杭州城市数据大脑规划》明确指出:“城市大脑”是按照城市学“城市生命体”理论和“互联网+现代治理”思维,创新运用大数据、云计算、人工智能等前沿科技构建的平台型人工智能中枢。从实践层面来看,城市大脑是面向数字时代提出的城市治理中国方案,标志着我国城市治理模式从传统经验驱动向数据智能驱动转型。

随着数字中国、数字强省战略深入实施,国家层面陆续出台《“十四五”数字经济发展规划》《关于加强城市数字治理提升城市治理水平的指导意见》等政策文件,明确支持各地建设城市大脑、城市智能中枢等新型数字基础设施,推动城市治理体系和治理能力现代化。山东省将数字强省建设列为重点工程,提出打造一批城市大脑标杆项目,构建省市县三级联动的智慧城市体系,为枣庄市推进城市

大脑建设指明方向、提供政策支撑。

国家信息中心在 2020 年 11 月 17 日《城市大脑规划建设与应用研究报告》中给出权威定义：城市大脑是充分利用云计算、大数据、物联网、人工智能、区块链、数字孪生等新一代信息技术，推动城市数据资源汇聚融合和运行态势全域感知，驱动业务流程优化和再造，实现城市治理能力提升、产业结构优化和管理模式创新的综合平台，是城市新一代的数字基础设施、现代化治理和服务的智能中枢。

当前，枣庄市正处于资源型城市转型攻坚、工业强市、产业兴市的关键阶段，加快城市大脑建设，既是落实国家、省数字战略的必然要求，也是提升城市治理效能、优化营商环境、培育数字经济新业态、增强城市核心竞争力的重要举措。本文立足枣庄大数据发展实际，系统梳理城市信息模型（CIM）核心内涵与技术逻辑，构建适配枣庄城市特色的城市大脑技术架构，探索规建管一体化应用路径，为枣庄市新型智慧城市高质量发展提供理论参考与实践方案。

## 一、基础分析

### （一）已建成大型数据中心，形成可靠的保障能力

枣庄鲁南云数据中心采用绿色、柔性、智能的设计理念，建设标准是国际一流的 T3+ 标准，整体抗震级别为 8 级，层面防水为 I 级，建筑耐火等级为一级，已建成机柜约 4200 架，机柜建设规模迈入全省第一方阵，2021 年底被山东省大数据局评审为山东省第一批省级新型大中型数据中心和边缘数据中心节点；拥有互联网一级骨干节点和出口带宽资源 5040G，被省大数据评定为全省首个政务云灾备基地。

### （二）已汇聚丰富算力资源，形成强大的云网支撑

枣庄市自 2016 年大力建设电子政务云平台，是全省唯一——在一个物理场所由四家运营商共同建设的电子政务云平台，可提供 VCPU 4 万余核；目前市、区、乡、村政务外网覆盖率 100%；不断整合推进政务外网“一网多平面”应用，重点提升网络服务能力，确保能够同时承载通用数据、视频监控、视频会议、物联感知等不同类型数据。

### （三）已统建多个基础平台，形成高效的共享机制

枣庄市政府按照省市统一部署，积极推动一体化统建平台建设，有效实现了资源的集约、共享，避免了资源浪费。网站领域：整合归集各级政府（部门）网站，建成统一管理、统一形象、统一服务的“一站式”集约化政府网站集群平台；办公领域，建成全市一体化政务 OA 平台；视频监控领域：建成市级视频赋能共享平台；视频会议领域：建成综合视频会议系统，打通省、市、区、镇街、村居等五级；政务服务领域：建成政务服务网和爱枣庄 APP，打造服务枣庄本地市民，以及与公众联络和交流的总窗口；数据中台领域：建成一体化大数据平台，为全市各级各部门提供数据支撑；业务中台领域：建设一体化综合指挥平台，接入全市主要政务部门业务系统和上万条数据。

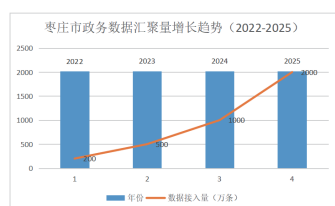


图1 枣庄市政务数据汇聚量增长趋势（2022-2025）

### （四）已打造众多应用场景，释放大量的数字红利

枣庄已打造“无证明服务”品牌，规范电子证照制发，加强电子签章应用，提高电子证照的覆盖面、鲜活度和权威性，通过数据共享支持跨层级、跨区域互认，在行政执法、社会生活等各个领域打造数字化应用场景，多部门打造的信息化平台管理指挥平台，实现对各领域应急事件及时处置。

### （五）数据安全体系逐步完善，筑牢数字安全屏障

枣庄市高度重视数据安全与网络安全保障工作，按照“数据安全与信息化建设同步规划、同步建设、同步使用”原则，构建覆盖数据全生命周期的安全防护体系。市级建立数据分类分级管理制度，明确政务数据共享开放安全责任，强化敏感数据脱敏、加密、访问控制等技术防护。依托鲁南云数据中心安全设施，部署防火墙、入侵检测、安全审计、态势感知等设备，形成“物理安全—网络安全—系统安全—数据安全—应用安全”的纵深防御体系，为城市大脑建设运行提供可靠安全保障。

### （六）数字人才与产业配套逐步完善，夯实发展根基

枣庄市依托本地高校、职业院校资源，加强大数据、人工智能、云计算等数字技能人才培养，枣庄职业学院等院校开设相关专业，为城市大脑建设输送本土化技术人才。同时，全市积极引进数字经济企业，培育本地信息化服务商，形成“建设—运维—应用—迭代”的全链条产业配套。人才队伍与产业生态的逐步完善，为城市大脑长效运营、场景创新、技术升级提供可持续支撑。

## 二、主要建设内容

### （一）建设思路

枣庄市建设“城市大脑”所需的基础设施、算力资源、数据共享、指挥管理等核心要素已基本具备，数字化应用场景持续拓展，城市大脑雏形初步显现、功能逐步发挥。当前阶段，亟需以顶层设计为引领、以资源整合为核心、以场景应用为导向、以安全可控为底线，统一规划、统一标准、统一架构、统一平台，明确建设目标与实施路径，全面整合现有资源、激活数据要素潜能、补齐技术与应用短板，避免重复建设、资源浪费与数据孤岛，构建具有枣庄特色、鲁南领先、省内先进的城市大脑体系。

## （二）建设目标

短期目标（1—2 年）：完成城市大脑总体架构搭建，实现核心系统上线运行，数据资源汇聚共享水平显著提升，重点领域智慧场景全面落地，城市治理数字化、智能化水平明显提高。

中期目标（3—5 年）：建成一体化智能中枢，数据要素市场化配置机制基本形成，CIM 平台深度应用，数字孪生城市初具规模，城市大脑在优政、兴业、惠民领域形成一批标杆应用。

长期目标：打造自适应、自学习、自优化的城市智能体，实现城市治理精准化、公共服务便捷化、产业发展智慧化、生态宜居高品质化，全面支撑枣庄数字城市建设与高质量转型发展。

## （三）建设架构

围绕“数字枣庄”建设目标，立足我市发展实际，对标国内、省内领先城市，以“一中心、三体系、N 应用”的“1+3+N”架构体系推进建设落地。

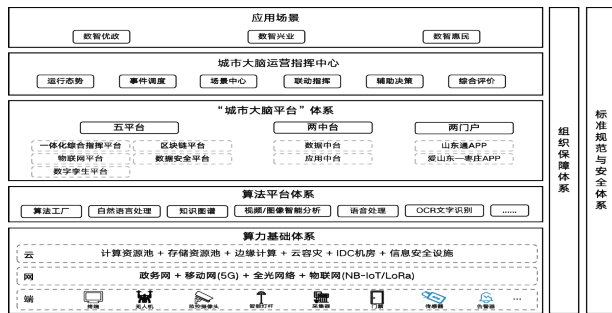


图2 枣庄市城市大脑总体架构

“一中心”。即城市大脑运营指挥中心，一个集大屏显示、业务控制、指挥作战、设备控制等功能在内的一体化综合运行管理指挥大厅，实现人员、装备、制度“一厅集合”，用于城市运行监测、管理和联动指挥。

“三体系”。即“城市大脑平台”、算力基础和算法平台三大体系，其中“城市大脑平台”，通过打造“五平台两中台两门户”，形成多源数据融合、敏捷应用部署、三维空间服务、物联感知、云网安全等“数智”能力体系，加快全市数据资源“聚通用”，打造成为场景驱动、数据赋能、业务联动、安全稳定、智能决策的“数智”中枢。算力基础，包括弹性协同的计算存储体系、物联网全覆盖智能感知体系、高速广域的网络覆盖传输体系，以政务云、政务外网、感知终端等新基建工程为重点，夯实城市大脑底座。算法平台，提供涵盖视频、图像、语音、文本等全栈式智能算法，为全市城管、安防、环保等各行业提供算法支撑。

“N 应用”。即赋能优政、兴业、惠民的 N 个应用场景，依托数字底座和智慧中心，赋能政府高效服务、社会精细治理、民生普惠便捷、城市品质提升、营商环境优化、产业创新驱动，为枣庄新型智慧城市建设创造“数智”新动能。

## （四）重点建设任务

数据资源整合提升工程：全面归集政务数据、社会数据、物联感知数据，完善数据治理标准，提升数据质量，推动数据跨部门、跨层级、跨区域共享共用。

CIM 平台融合应用工程：基于城市信息模型，构建地上地下、室内室外、虚实融合的城市三维数字底座，支撑城市规划、

建设、管理、运营全周期数字化。

智慧场景深化拓展工程：重点推进智慧交通、智慧城管、智慧环保、智慧应急、智慧社区、智慧园区、智慧文旅、智慧医疗等场景落地。

安全保障能力提升工程：完善网络安全、数据安全、应用安全体系，建立安全监测、预警、处置、应急闭环机制。

运营运维体系建设工程：建立专业化运营团队、标准化运维流程、市场化运营机制，保障城市大脑长效运行。

## 三、结束语

新型城市大脑是智慧城市的核心中枢与智能引擎，其建设是一项系统性、长期性、复杂性工程。在枣庄市城市大脑推进过程中，必须坚持顶层引领、统筹集约、问题导向、实用为先，坚决避免重复建设、资源浪费，着力打破部门数据壁垒、消除信息孤岛，健全标准规范与制度保障，推动数据、网络、业务、应用深度融合。

建设过程中应充分发挥 CIM 平台协同仿真、模拟推演、数字化映射等独特优势，将城市物理空间与数字空间精准映射，为城市规划科学编制、项目建设精准管控、城市运行高效治理提供数字化支撑。本文立足枣庄智慧城市建设基础，结合本地资源禀赋与发展需求，明晰城市大脑核心内涵，构建“1+3+N”总体架构，提出适配枣庄的技术路径与应用方向，为枣庄市基于 CIM 的新型智慧城市建设提供可落地、可复制、可推广的解决方案。

当前，新一代信息技术加速迭代，数字经济蓬勃发展，城市大脑已成为城市现代化建设的必答题。枣庄市应抢抓数字战略机遇，持续完善城市大脑架构，不断拓展智慧应用场景，深化数据要素赋能，以城市大脑建设推动城市治理体系和治理能力现代化，为枣庄资源型城市转型突破、工业强市产业兴市、打造鲁南数字经济高地注入强劲数字动力，在新型智慧城市建设征程中不断开辟新路径、展现新作为、实现新突破。

## 参考文献

- [1] 段志军. 基于城市信息模型的新型智慧城市平台建设探讨 [J]. 湖南：湖南地图出版社，2020:138-139.
- [2] 严泰光. 北京市海淀区“城市大脑”思维确立与实践研究 [J]. 北京：城市管理与科技，2015:38-41.
- [3] 邹俊燕. 城市大脑发展现状、典型实践与路径建议 [J]. 北京：信息通信与政策，2021:6-11.
- [4] 刘锋. 互联网进化的趋势与规律 [D]. 北京：科技论文在线，2008:32-33.
- [5] 锋行链盟. 城市大脑规划建设与应用研究报告 (2020) 附下载 [J/ol]. 网易，2021-12-31. <https://www.163.com/dy/article/FVG963P10511BH10.html> .
- [6] 杨若平. 石林县电子商务发展调研与建议 [J]. 云南：时代金融，2019:17-18.
- [7] 俞可欣. 智慧城市话语研究：杭州与伦敦的比较 [D]. 杭州：杭州师范大学，2022.
- [8] 邹俊燕. 城市大脑发展现状、典型实践与路径建议 [M]. 北京：信息通信技术与政策，2021（11）.
- [9] 严泰光. 北京市海淀区“城市大脑”思维确立与实践研究 [M]. 北京：城市管理与科技，2018.
- [10] 曲延春. 数字政府建设中信息孤岛的成因及其治理 [M]. 济南：山东师范大学学报（社会科学版），2020(65):125-132.

# 基于可视化规则引擎的轨道交通车辆智能预警系统研究 ——以 CJ6 型动车组为例

仲继生, 陈之恒

中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001

DOI: 10.61369/TACS.2026040047

**摘 要 :** 针对轨道交通车辆预警规则变更频繁、硬编码开发响应滞后且维护成本高的难题, 本文提出一种基于 Drools 可视化规则引擎的智能预警方法, 并以 CJ6 型动车组为例开展应用研究。其核心创新在于, 通过图形化规则编排界面, 将复杂的运维经验抽象为可拖拽的“参数节点”与“函数算子”, 并自动编译生成标准 DRL 文件热加载至诊断引擎, 实现了业务逻辑与底层代码的深度解耦。实车测试表明, 该系统能稳定处理单列车 15475 个测点、每秒数万条数据的并发流, 99 分位规则判断延迟仅 91ms, 故障上传端到端延迟控制在 672ms 以内, CPU 平均使用率低于 10%, 全面满足车载环境实时性与可靠性要求。该研究为构建高灵活性的轨道交通智能运维体系提供了可行的技术路径。

**关 键 词 :** 规则引擎; Drools; CJ6 型动车组; 故障诊断; 实时预警; 智能运维

## Research on Intelligent Early Warning System for Rail Transit Vehicles Based on Visualized Rule Engine --Take the CJ6 type EMU as an example

Zhong Jisheng, Chen Zhiheng

CRRC Zhuzhou Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412000

**Abstract :** To address the challenges of frequent warning rule changes, delayed response of hard-coded development, and high maintenance costs in rail transit vehicles, this paper proposes an intelligent warning method based on the Drools visual rule engine, taking the CJ6 EMU as a case study. The core innovation lies in abstracting complex operational experience into draggable "parameter nodes" and "function operators" through a graphical rule configuration interface. These are automatically compiled into standard DRL files and hot-loaded into the diagnostic engine, achieving deep decoupling of business logic from underlying code. Real-vehicle tests demonstrate that the system can stably handle concurrent data streams from 15,475 measurement points per train set, processing tens of thousands of data points per second. The 99th percentile rule evaluation latency is only 91ms, and the end-to-end fault upload delay is controlled within 672ms, with average CPU usage below 10%, fully meeting the real-time and reliability requirements of the onboard environment. This research provides a feasible technical pathway for building a highly flexible intelligent operation and maintenance system for rail transit.

**Keywords :** rule engine; Drools; CJ6 EMU; fault diagnosis; real-time warning; intelligent operation and maintenance

### 一、概述

随着轨道交通装备智能化水平的不断提升, 车载监测系统所产生的数据量呈指数级增长, 对故障诊断的实时性与准确性提出了更高要求<sup>[1]</sup>。传统的故障诊断方法多采用硬编码方式将业务逻辑嵌入软件系统, 导致规则变更周期长、维护成本高, 难以适应快速变化的运维需求。

规则引擎作为一种将业务决策逻辑与应用程序代码解耦的中间件技术, 通过预定义规则库与高效推理机制, 能够实现对复杂逻辑的快速响应与动态更新。在轨道交通领域, 已有研究表明, 规则引擎在列控数据验证方面展现出良好的应用前景<sup>[2]</sup>, 能够实现验证逻辑与代码分离, 有效提升系统的敏捷响应能力<sup>[3]</sup>。

本文以 CJ6 型动车组为研究对象, 基于实际运维文档《CJ6 型动车组预警报警模型》, 设计并实现了一套基于 Drools 规则引擎的智能预警报警系统。系统涵盖齿轮箱、电机、轴承、制动、高压等 15 大类、40 余条预警规则, 采用边缘计算架构实现传感器数据的实时处理与分级预警<sup>[4]</sup>。实际运行结果表明, 该系统能够支持单列车 600 个传感器、每秒 600 条数据的并发处理, 诊断延迟控制在 100ms 以内, 预警准确率满足现场运维需求, 为轨道交通装备的智能化运维提供了可行路径<sup>[5]</sup>。

### 二、CJ6 型动车组预警报警需求分析

本节围绕 CJ6 型动车组预警报警系统的工程需求展开分析。

一方面，车载监测普及带来海量并发数据，对系统吞吐量和实时处理能力提出更高要求，亟须引入高效计算方案；另一方面，传统故障诊断软件因业务逻辑与代码强耦合，导致开发周期长、维护成本高，难以灵活响应运维规则的快速变化。基于上述问题，本节将从监测现状、预警模型特征及传统开发模式局限性三方面进行分析，为后续引入规则引擎奠定需求基础。

（一）CJ6型动车组监测概况

CJ6型动车组是我国自主研发的时速160公里动力分散型电力动车组<sup>[4]</sup>，主要服务于长株潭城际铁路等线路，具有启停频繁、运行密度高、周转时间短的特点。车辆采用“2动2拖”4节编组形式，支持灵活重联运行，最大可实现8节编组，对列车运行安全性和可靠性提出了更高要求。

全车部署了高密度信号采集网络，以4节编组为单位，全车信号总数达到15475个，其中传感器信号约占50%，其余为状态信号、控制信号和通信信号以及结果变量。监测范围覆盖走行部、高压系统、牵引系统、制动系统、辅助系统等关键部件，数据采集频率为1Hz，每日单列车产生的监测数据量可达GB级别。这些海量实时数据为车辆状态感知与故障预警提供了丰富的信息基础，但同时也对数据处理能力提出了严峻挑战。

面对如此庞大的实时数据流，传统的人工阈值判定或简单的固定规则判断已难以满足复杂工况下的精准预警需求。首先，数千个传感器测点之间存在复杂的物理耦合关系，单一测点的数值异常可能是多种故障模式的表现，需要结合多源信息综合判断。其次，车辆运行环境复杂多变，环境温度、线路条件、负载状态等因素都会影响设备运行参数，要求预警规则具备自适应能力。再者，机械电气设备的故障往往具有时序演化特征，早期故障表现为缓慢指标漂移，突发故障则表现为参数剧烈突变，需要系统具备不同时间窗口的处理能力。

这些复杂特性使得传统基于硬编码的预警系统面临诸多瓶颈：规则变更需要修改源代码并重新部署，单次调整周期往往需要数天时间，难以适应运维模型的快速迭代；时序窗口计算、多源数据融合等复杂逻辑在传统编程范式下实现困难且效率低下；面对15475个信号的实时流入，层层嵌套的条件判断语句导致CPU开销急剧增加，难以满足车载系统毫秒级的实时诊断要求。因此，迫切需要引入灵活高效的规则引擎技术，将业务逻辑与系统实现解耦，实现预警规则的动态配置和高效执行。本文以CJ6型动车组为例，基于Drools规则引擎构建智能预警报警系统，以解决上述复杂工况下的实时诊断难题。

（二）预警诊断模型概述

如表1所示，CJ6型动车组的预警诊断模型呈现出覆盖面广与逻辑高度复杂的显著特征。全车预警共划分为12大类、39项核心规则，跨越机械传动、电气与制动等多个子系统，深度覆盖齿轮箱、电机、轴箱轴承、总风系统等关键部件。在判定逻辑上，该模型突破了单一的固定阈值判断，广泛融合了环境温度耦合、同源设备均值比较、时序变化率追踪以及跨系统状态组合等多维判定条件。这种多变量交叉关联、时序窗口嵌套的综合诊断机制，导致业务逻辑的分支与状态链路极其繁杂，对底层系统的高效计

算与解耦能力提出了极大的挑战。

| 序号               | 部件/系统    | 规则数量 | 主要监测参数与判定维度                 |
|------------------|----------|------|-----------------------------|
| 1                | 小/大齿轮箱   | 10   | 绝对温度、温差、均衡温差、温度突变（结合环温）     |
| 2                | 电机定子与轴承  | 7    | 绝对温度、温差、均衡温差、温度突变           |
| 3                | 轴箱轴承     | 4    | 绝对温度（分级判定）、温差、均衡温差、突变       |
| 4                | WTD 通讯设备 | 1    | 连续离线时间（>3天）                 |
| 5                | 总风系统     | 1    | 单车压力异常、重联列车管不贯通、打风频率异常      |
| 6                | 高压系统     | 1    | 网压异常持续时间                    |
| 7                | 蓄电池      | 3    | 均充/浮充单节电压偏低（<均值0.9倍）、充放电电压降 |
| 8                | 基础空气制动   | 1    | 强迫缓解操作后的制动缸（BC）压力残留         |
| 9                | EP 阀系统   | 1    | 列车管减压量及持续时间异常               |
| 10               | 变流器水冷系统  | 5    | 冷却水入口温度（分级）、进出水温差、系统流量及压力   |
| 11               | 变压器系统    | 3    | 变压器油温超限（>90℃ / >95℃）        |
| 12               | 空转滑行系统   | 2    | 持续空转/滑行预警、频繁空转/滑行预警         |
| 合计 共计 39 条核心诊断逻辑 |          |      |                             |

表 1: CJ6型动车组预警项点分布

（三）传统模型开发困难

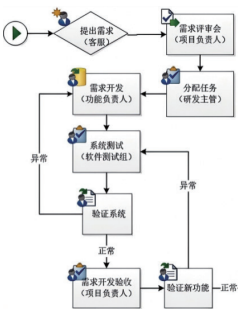


图1 传统故障诊断模型开发流程图

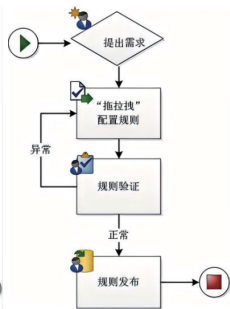


图2 基于规则引擎的诊断模型开发流程

在传统的轨道交通预警报警系统开发与维护中，预警规则往往通过硬编码的方式直接固化在软件系统的底层逻辑中。如图1所示，传统的故障诊断模型开发流程极为繁琐，涉及需求提出（客服）、需求评审（项目负责人）、任务分配（研发主管）、代码开发（功能负责人）、系统测试（软件测试组）以及最终的验收与发布等多个串行环节。一旦现场工况发生变化或需要调整预警阈值，研发人员必须对软件内部代码进行修改，甚至可能引发底层功能的重构。这不仅导致开发成本高昂、涉及人员众多，而且每次更新都需要重新编译、全面测试并重启发布软件，整体响应周期长，难以满足实际运维中业务规则频繁变更的需求。

为了突破传统硬编码带来的研发瓶颈，引入规则引擎成为一

种行之有效的解决方案。如图2所示,使用规则引擎后的开发流程得到了根本性的简化。新的流程将易变的业务逻辑与底层系统架构深度解耦,业务人员或系统管理员只需通过“拖拉拽”等可视化界面的配置方式,即可完成规则的定义与修改。新规则配置完成后,可直接在系统中进行闭环验证,验证通过后即可实现规则的热发布。整个过程无需修改系统底层代码,也不涉及复杂的跨部门协同与软件重启发布。这种范式的转变从根本上降低了预警逻辑修改的技术门槛与复杂性,大幅削减了开发成本和人力投入,使得系统能够敏捷地应对现场需求的快速迭代。

### 三、基于 Drools 的规则引擎系统设计

#### (一) 规则引擎定义

规则引擎是一种旨在将易变的业务决策逻辑与底层应用程序深度解耦的基础软件组件。其核心架构通常包含规则库、工作内存与推理机,通过引入如 Rete 或 Phreak 等高效的模式匹配算法,系统能够对连续输入的“事实”数据与预设规则条件进行高速增量计算与状态评估。在轨道交通车辆的高频并发监测场景中,规则引擎摒弃了传统的硬编码模式,有效规避了复杂条件嵌套带来的性能瓶颈;它不仅能够以毫秒级低延迟处理多源传感器交叉融合、时序窗口分析及环境参数耦合等复杂预警逻辑,还使得运维专家可以借助可视化或近自然语言的方式直接参与规则的动态配置与迭代,从而显著提升了智能预警报警系统的可扩展性与工程实用性。

#### (二) 总体架构

针对 CJ6 型动车组车载设备传感器节点密集、数据采样频次高(1Hz)及预警逻辑多维耦合等典型特征,本文提出一种微服务架构。该架构旨在实现故障诊断逻辑与底层业务代码的深度解耦,保障海量并发状态下的低延迟推理响应。结合边缘诊断与中心聚合的分层设计思想,系统自下而上划分为数据接入层、核心处理层、数据存储层、服务治理与调度层以及展示与交互层,系统总体架构如图3所示。

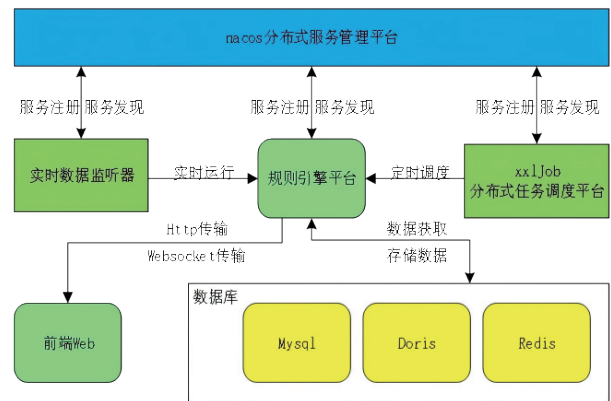


图3 基于规则引擎的智能预警报警系统总体架构

系统各核心模块及其数据交互流向具体描述如下:

- 数据接入层(实时数据监听器):作为车载异构数据的统一入口,该层主要承担 CJ6 型动车组 15475 个信号的实时采集任

务。数据实时接入组件对高速流入的原始报文进行协议解析、异常值清洗与标准化封装,将其转化为规则引擎可识别的事实对象(Fact),随后通过高吞吐量的实时流推入核心处理中枢。

- 核心处理层(规则引擎平台):作为本系统的智能诊断推理核心,该层深度集成了 Drools 规则引擎。通过预加载包含环境耦合、时序变化率及系统级差值等多维度计算逻辑的预警规则集,引擎利用高效的模式匹配算法(Rete)对连续输入的数据流执行高速逻辑推理,进而毫秒级输出符合 A/B/C 分级标准的预警诊断结果。

- 数据存储层(数据库):为适配不同模态数据的读写特性,系统构建了多元化的混合异构存储架构。其中,MySQL 等关系型数据库用于持久化存储预警规则元数据、车辆基础配置及系统权限模型;高性能分析型数据库(如 Apache Doris)专门承载海量历史监测数据与报警日志,以支撑复杂的多维数据挖掘与事后故障追溯;同时,系统引入 Redis 构建内存级缓存,用于管理高频访问的事实对象、车辆实时状态快照以及计算温升突变所需的时序滑动窗口,从而有效降低高频计算场景下的 I/O 延迟。

- 服务治理与调度层(任务调度平台):在分布式部署架构下,本层依托 Nacos 分布式服务管理平台提供完善的服务注册与发现机制,确保“数据接入”“规则计算”等微服务节点的通信可靠性与动态弹性扩缩容能力。此外,系统集成 xxlJob 分布式任务调度框架,负责管理长周期组合规则的定时校验任务与离线分析调度。

- 展示与交互层(前端 Web):该层采用 Web 化视窗为车辆运维人员提供全景可视化的交互接口。前端应用通过 HTTP 协议与核心服务层通信,实现诊断规则的动态编排与历史运维数据检索;同时,利用 WebSocket 技术建立全双工长连接,确保车辆实时工况及突发报警指令能够以极低延迟推送至终端界面,形成完整的监测预警闭环。

### 四、CJ6 型动车组应用案例分析

#### (一) 规则库设计

本案例的规则库设计,采用的是图形化界面设计,以此来降低规则开发门槛。如图4所示,规则库摒弃了传统的代码硬编码模式,转而采用面向领域专家(车辆运维人员)的“节点化、可视化”规则编排设计理念。



图4 规则配置主界面

在底层抽象设计上,系统将 CJ6 型动车组复杂的物理架构

（如牵引系统、制动系统、通风监测等）及其海量传感器测点映射为标准化的“参数节点”，同时将各类诊断所需的固定阈值和计算逻辑封装为高内聚的“常量节点”与“函数算子”（如四则运算、关系运算及逻辑与或非运算等）。

在规则构建机制上，预警诊断模型的设计过程被巧妙转化为直观的拓扑连线操作。业务专家无需具备专业的编程背景，只需依据实际的预警诊断模型，提取关键监测参数、设定阈值条件，并通过连线建立数据流转与逻辑校验链路，即可编排组合出跨系统、多维度的复杂预警规则。

在系统执行引擎层面，当可视化规则拓扑定型并提交后，平台后台的核心解析器会自动将其编译并转化为 Drools 规则引擎原生支持的标准化规则描述语言（DRL 脚本）。生成的 DRL 文件随后被无缝下发并热加载至车载边缘计算节点中。这种“所见即所得”的规则库设计机制，不仅在物理层面实现了业务诊断逻辑与底层软件架构的绝对解耦，更从工程实践角度打通了从“运维经验”到“机器执行”的快速转化通道，赋予了系统极高的动态扩展与敏捷迭代能力。

### （二）引擎诊断流程

系统在 CJ6 型动车组上共部署预警规则 39 条。以图中所示的故障诊断流程为例，该流程清晰地展示了基于规则引擎的预警机制如何实现从传感器数据采集到最终诊断结果输出的完整闭环。

如图 5 所示，诊断流程始于计算结果变量以及多源传感器数据的实时采集。车载报文数据（如计算结果变量、传感器数据等）首先被下发至地面解析程序，数据解析后上传至 Kafka 存储。随后，规则引擎系统监听解析后的新数据，并存储到工作内存中，引擎根据预加载的预警规则集进行逐条匹配与逻辑推理。

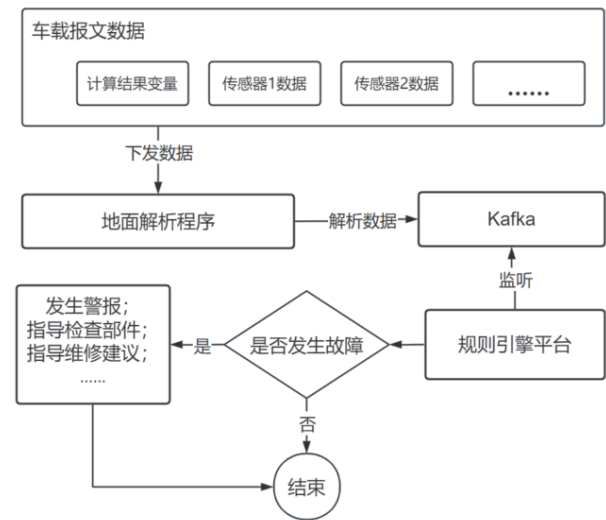


图5 故障诊断流程图

在规则执行过程中，一旦某条规则的条件被触发（例如，轴箱温度超过绝对阈值且与相邻轴箱的温差超出允许范围），引擎立即执行该规则对应的动作集。这些动作包括：发出分级警报（如 A 类严重报警、B 类中度报警等）、请求规则引擎继续评估关联规则、遍历其他相关规则以确认是否存在复合故障，以及向运维终端提示具体的检查部件（如“建议检查轴箱轴承”）、输出结

构化的诊断结果，供运维人员及时处置。

该机制的核心优势在于，复杂的跨系统计算与阈值判定逻辑被完全封装在规则引擎的可配置规则集中。若后续需要调整诊断逻辑（例如修改温差阈值或增加新的判定条件），运维人员仅需在可视化规则配置界面中修改相应节点或连线，系统即可自动完成规则的热加载与生效，无需对底层软件代码进行任何修改或重新部署，从而实现了业务敏捷性与系统稳定性的统一。

### （三）系统性能测试分析

为验证基于规则引擎的智能预警报警系统在真实车载环境下的处理能力，我们在实验室搭建了模拟测试环境，对系统进行了全面的性能压力测试。测试环境配置如下：服务器采用 Intel Xeon Gold 5218 CPU（48 核心）、96GB DDR4 内存、6TB SAS 存储，操作系统为 CentOS7.9。被测系统完整部署了 Drools 规则引擎及配套的数据接入、存储与展示模块，规则库包含 CJ6 型动车组全部的 39 条预警逻辑，覆盖阈值判定、差值分析、时序窗口及多条条件组合等复杂类型。

测试数据源模拟了 15 列 CJ6 型动车组的实时监测流，每列车按照实际信号规模生成 15475 个测点数据（其中约 50% 为传感器数据），数据更新频率为 1Hz，即系统需并发处理约 20 万条数据 / 秒的接入与规则匹配。测试持续 2160 小时，重点观测规则引擎的处理延迟及系统资源占用情况。

延迟指标定义如下：

1. 规则判断延迟：从数据进入规则引擎工作内存到规则匹配完成并输出诊断结论的时间间隔（不包括数据预处理与动作执行）。
2. 故障上传执行延迟：从数据到达系统入口到最终预警信息推送至前端界面或存储数据库的完整端到端耗时，包含数据解析、规则判断、动作触发及网络传输。

测试结果表明，系统在满负荷压力下表现稳定，各项延迟指标均满足车载实时诊断的严苛要求。具体数据如表 2 所示。

从表 2 可以看出，规则判断延迟平均为 42ms，最坏情况不超过 100ms；故障上传执行延迟平均为 218ms，最坏情况控制在 1s 以内。这一性能表现完全满足 CJ6 型动车组 1Hz 数据更新频率下的实时诊断需求，且留有充足余量应对突发峰值。

| 统计指标 | 规则判断延迟 | 故障上传执行延迟 |
|------|--------|----------|
| 平均值  | 42     | 218      |
| P95  | 76     | 456      |
| P99  | 91     | 672      |
| 最大值  | 98     | 987      |
|      |        |          |

表 2 系统处理延迟实测结果（单位：ms）

在系统资源消耗方面，CPU 平均使用率低于 10%，峰值情况下亦未超过 15%，充分体现了规则引擎高效的模式匹配算法对计算资源的友好性。内存占用方面，常用内存（活跃使用）小于 40GB，运行内存常驻占用率稳定在 12GB 以内，主要包含规则引擎的工作内存及滑动窗口缓存。系统在 2160 小时连续运行中未发生内存泄漏或规则执行错误，表明其具有良好的稳定性与可

靠性。

五、结束语

本文针对轨道交通车辆高频海量监测数据处理与复杂预警逻辑解耦的工程难题，提出并构建了一种基于 Drools 规则引擎的 CJ6 型动车组智能预警报警系统。通过引入边缘计算架构与可视化规则编排技术，系统彻底突破了传统硬编码模式下规则变更困难、响应滞后的瓶颈，实现了故障诊断逻辑的动态配置与快速热发布。测试与实车应用表明，系统能够高效处理涵盖齿轮箱、变

流器、高压系统等关键部件的 39 条核心规则，在单列车每日 GB 级数据量的并发压力下，平均规则判断延迟仅为 42ms，完全满足现场 100ms 级的高可靠、低延迟诊断需求。

本研究的成功实施不仅验证了规则引擎在实现业务决策与底层代码深度解耦方面的巨大工程价值，更为轨道交通装备的智能化运维体系提供了一套高可扩展的范式。面对未来日趋复杂的行车工况，下一步研究将聚焦于突破现有静态计算模型的局限，探索预警规则的自适应学习机制与预测性维护算法，并计划引入大模型辅助自动化生成 DRL 代码，以期进一步降低现场运维门槛，推动车载智能诊断技术向全面自动化与认知化演进。

参考文献

[1] 赵焱, 曾云峰, 陈龙, 等. 基于大数据的城轨车辆 PHM 智能运维系统的研究与实践 [J]. 铁道车辆, 2022, 60(6): 133-138. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7602.2022.06.029.

[2] 崔岩. 规则引擎在列控产品配置数据验证中的应用 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(7): 29-34. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4440.2020.07.007.

[3] 杜星熠, 胡静, 蒋伟, 等. 基于 Drools 规则引擎的物联网数据查询方法设计 [J]. 测控技术, 2022, 41(8): 71-77. DOI: 10.19708/j.ckjs.2022.08.012.

[4] 同强强, 何伟. 一种基于行动规则的仿真推演引擎设计与实现 [J]. 舰船电子工程, 2022, 42(12): 85-88, 112. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9730.2022.12.019.

[5] 王钰. 基于规则引擎的气象台站元数据质量控制方法 [J]. 江西科学, 2023, 41(6): 1198-1201. DOI: 10.13990/j.issn1001-3679.2023.06.029.

# AI 辅助教学在虚拟现实技术专业课程中的应用探索

慕万刚

河北东方学院, 河北 廊坊 065001

DOI: 10.61369/TACS.2026040005

**摘 要 :** 伴随着人工智能技术的迅速发展, 它在教育领域的应用也越来越普遍, 给传统的教学方式带来了深刻的改变。虚拟现实技术专业属于一门交叉性、实践性较强的新兴学科, 它所面对的教学内容更新速度较快, 实训资源缺乏, 个性化指导欠缺等问题十分突出。本文主要研究 AI 辅助教学在该专业课程中的应用策略, 从 AI 辅助教学的概念和价值入手, 从个性化学习路径设计、智能实训指导、虚实融合教学场景构建、多维教学评价四个方面提出具体的运用策略, 为提高虚拟现实技术专业教学质量、人才培养质量提供一定的借鉴。

**关 键 词 :** AI 辅助教学; 虚拟现实技术专业; 专业教学; 应用策略

## Exploration on the Application of AI-Assisted Teaching in Professional Courses of Virtual Reality Technology

Mu Wan'gang

Hebei Oriental University, Langfang, Hebei 065001

**Abstract :** With the rapid development of artificial intelligence technology, its application in the field of education has become increasingly widespread, bringing profound changes to traditional teaching methods. The virtual reality technology major is an emerging interdisciplinary subject with strong practicality. It faces prominent problems such as the rapid update of teaching content, lack of practical training resources, and insufficient personalized guidance. This paper mainly studies the application strategies of AI-assisted teaching in the professional courses of this major. Starting from the concept and value of AI-assisted teaching, it proposes specific application strategies from four aspects: personalized learning path design, intelligent practical training guidance, construction of virtual-real integrated teaching scenarios, and multi-dimensional teaching evaluation. It aims to provide certain references for improving the teaching quality and talent training quality of the virtual reality technology major.

**Keywords :** AI-assisted teaching; virtual reality technology major; professional teaching; application strategies

## 引言

虚拟现实技术属于数字经济的主要支撑技术之一, 近些年来, 在游戏娱乐、教育培训、医疗仿真、工业设计等众多领域有着十分广阔的运用空间。伴随着产业需求的不断扩大, 各大高校纷纷开设虚拟现实技术专业, 努力培养出有技术创新能力、有实践应用能力的高素质人才。但是虚拟现实技术专业包含计算机图形学、三维建模、人机交互、空间计算等众多学科领域, 知识体系复杂, 技能要求高, 对教学资源的丰富性、实训环境的真实性、教学指导的准确性有更高的要求<sup>[1]</sup>。同时人工智能技术的飞速发展正在从根本上改变教育形态。AI 辅助教学依靠智能算法、自然语言处理、计算机视觉这些技术手段, 可以对学习过程展开精确剖析, 开展个性化的资源推送并给予即时的反馈指导, 从而为解决传统教学难题赋予了新的可能性。把 AI 辅助教学融入虚拟现实技术专业课中去, 既可以提高教学效率, 又可以很好地解决专业教学所遇到的特殊问题<sup>[2]</sup>。

## 一、AI 辅助教学的概念及应用价值

### (一) AI 辅助教学的概念

AI 辅助教学就是把人工智能技术当作教学的支持手段, 在教学活动中各个环节中使用, 从而达到教学过程智能化、个性化、高效化的目的。它并不是取代教师的 AI, 而是在智能系统的帮助下与教师合作来提高教学质量的一种方法。AI 辅助教学包含智能辅导系统、自适应学习平台、智能测评工具、虚拟助教等众多形

式, 依靠学习者的各种行为数据来创建用户画像, 并且可以动态地对教学策略进行调整, 从而给予学习者个性化的帮助<sup>[3]</sup>。

从技术角度来说, AI 辅助教学主要是依靠机器学习、自然语言处理、知识图谱这些技术, 对教学内容、学习行为以及教学反馈展开建模并加以剖析。智能辅导系统可以依据学生答题情况来判定学生的知识薄弱之处, 然后推荐相应学习资源; 自然语言处理技术使得智能问答系统可以理解学生的问题, 给出即时的回答。从教育理念上讲, AI 辅助教学体现的是以学生为中心的思

想,重视因材施教和过程性评价,有利于实现从“教”到“学”的重心转移。

### (二) AI 辅助教学的应用价值

人工智能辅助教学在高等教育中应用的价值有以下几点。从提高教学效率的角度来说, AI 可以完成那些重复的、机械性的教学工作,比如作业批改、考勤统计、常见问题解答等等,从而让教师有更多的时间去关注教学设计、课堂互动以及个性化的辅导。其次,在促进个性化学习上, AI 系统可以按照学生的学习进度、能力水平、兴趣爱好等动态改变学习路径以及资源推送,给不同层次的学生给予个性化的学习支撑,很好地克服了传统课堂“一刀切”的情况<sup>[4]</sup>。其次,在提高教学精准度上, AI 依靠数据分析可以迅速察觉学生的学习难题以及认知上的差异,给教师给予准确的诊断信息,促使教师开展有目的性的干预。除此以外, AI 辅助教学还可以扩大教学时空范围,在七天七夜无间断的时间里为学生提供学习的帮助。虚拟现实技术属于实践性较强的专业,因此 AI 辅助教学具有更大的价值,在虚拟仿真实验、项目式学习、技能训练等方面起着重要的作用<sup>[5]</sup>。

## 二、AI 辅助教学在虚拟现实技术专业课程中的应用策略

### (一) 基于知识图谱的个性化学习路径设计

虚拟现实技术专业课程体系存在知识结构繁杂、技能链条长的特性,学生在学习期间若前期概念理解不到位,就会对后面高阶技能的掌握造成影响。因此可以建立基于知识图谱的个性化学习路径推荐系统。首先对虚拟现实技术专业核心知识点进行梳理,即三维数学基础、计算机图形学原理、Unity/Unreal 引擎操作、交互设计逻辑、性能优化方法等,建立知识点之间的联系以及层次结构,形成完整的课程知识图谱。在此基础上,采用 AI 算法对学生的作业、测验、实验等学习行为进行跟踪,根据学生在各项活动中表现出来的不足之处来分析出学生知识掌握的薄弱环节,并且依据这些信息来生成个性化的学习路径。当系统检测到学生对“三维空间变换”模块的理解出现偏差的时候,会自动推送相应的预备知识复习材料,给出针对性的练习题以及讲解视频,保证学生有扎实的基础之后再学习下一阶段的学习<sup>[6]</sup>。对于学有余力的学生,系统可以推荐拓展性的内容,即前沿技术论文、高级开发技巧或者竞赛项目,来满足他们的深度学习需求。基于知识图谱的个性化学习路径设计可以有效地避免一刀切的教学方式,使每个学生都能按照自己的速度进行知识的建构,进而提高学习的效果和课程的完成率。

### (二) 基于智能算法的虚拟现实实训项目动态生成与指导

虚拟现实技术专业高度依赖实践训练,学生完成理论课程之后要经过大量的项目实训才能把所学技能掌握好。但是传统的实训教学一般采用统一的项目任务,不能顾及学生的个体差异,而且教师面对众多的学生时很难给予足够的个别指导。AI 辅助教学可以利用智能算法实现实训项目动态生成、实时指导<sup>[7]</sup>。因此可以创建出以虚拟现实开发为对象的智能实训平台,该平台自带诸

多实训模板和功能模块,包括场景搭建、交互逻辑编写、UI 设计以及性能测试等等。AI 系统按照学生学习进度、历史项目表现以及当前技能水平,自动生成实训项目的难易程度及内容侧重点。对初学者来说,系统可以生成基础型任务,搭建一个简单的虚拟展馆并实现基本漫游功能;对进阶学生来说,系统可以生成复合型任务,开发出具有多用户交互和实时数据驱动的虚拟仿真系统。人工智能智能助手可以在实训过程中随时观察学生所处的环境,对学生的操作行为进行及时地监督,一旦发现学生出现代码错误、逻辑错误或者性能问题等情况的时候,系统就会立刻给出提示和改进建议,还可以给部分参考代码段。学生编写的 VR 交互脚本有语法错误的时候, AI 会自动找到错误所在并给出改正的示例。即时反馈机制大大缩减了解决问题的时间,提高了实训效率,并且减轻了教师的重复性指导工作<sup>[8]</sup>。

### (三) 基于大语言模型的虚拟现实课程智能问答与虚实融合教学场景构建

虚拟现实技术专业课程里,学生常常会碰到工具运用、代码调试、设计思想等各方面的疑惑,传统的课堂答疑以及线上论坛存在着延迟且碎片化的状况。以大语言模型为基础的智能问答系统可以为该问题提供一种有效的解决办法。将专业教材、课程讲义、开发文档、常见问题库等知识资源输入大语言模型,创建专属的虚拟现实课程知识库,学生可以在任何时候使用自然语言向它提问来获取准确详细的解答<sup>[9]</sup>。智能问答系统不仅可以回答事实性问题,比如“如何在 Unity 中实现手柄射线交互”,还可以帮助用户解决复杂的任务,例如“请分析我的项目性能瓶颈并给出优化方案”。该策略大大提高了学习支持的即时性、全面性,使学生在自主学习、项目开发的过程中可以得到不断的技术帮助。另外,虚实融合教学场景的创建属于 AI 和 VR 技术融合的一种重要方式。利用 AI 生成内容技术,根据教学需要可以自动生成虚拟场景、三维模型、动画资源、交互逻辑等,大大降低教学资源的制作成本。讲授虚拟现实场景设计课程时,教师只需输入场景描述文本, AI 就可以自动生成符合要求的三维场景原型,学生在此基础上进行二次开发和创意拓展。另外 AI 还能促使虚拟角色进行智能对话、行为反应,创建出更加有沉浸感和互动性的教学情境,让学生在类似真实的环境中去学习交互设计、用户体验改善等课程内容。这样的虚实结合教学方式,既加强了课程的趣味性、吸引力,又给学生提供更具有挑战性、创造性的学习体验。

### (四) 基于多模态数据分析的教学效果智能评价与反馈机制

虚拟现实技术专业教学评价长期以来存在着评价维度单一、过程性评价缺失等状况。传统的评价方式是以最终的项目成果或者考试成绩来衡量学生的努力程度、解决问题的能力和合作情况。利用 AI 多模态数据分析的优势,构建出更加科学、全面的教学评价和反馈体系。多模态数据是学生在在学习过程中产生的各种行为数据,例如代码提交记录、开发环境操作日志、VR 设备使用轨迹、课堂互动参与度、小组协作贡献度等。AI 系统对这些数据加以整合分析之后,便可以产生出多方面学习画像,从而给教师以及学生给予精确的评价回馈。项目式学习过程中, AI 可以跟踪学生各个开发阶段的时间分配以及遇到的技术难题,进而给出个

性化的改进意见。对存在拖延或者进度滞后学生的系统提前发出预警，提醒教师及时介入。对于在协作项目中做出突出贡献的学生，系统会把他们的贡献行为记入综合评价中<sup>[10]</sup>。另外，AI 还可以完成 VR 开发项目的自动化测试和评价工作，用自动化的测试用例来检验项目的功能是否完整、性能指标是否达标、交互体验是否良好，给项目评分提供客观的依据。该种依靠多模态数据的智能评价方式冲破了传统评价的束缚，达成过程和结果双管齐下、定量和定性同向而行的效果，有益于更加真实、全面地体现学生的学习成果，并且给教学改良赋予数据支持。

### 三、结语

人工智能辅助教学是信息技术同教育相融合所催生出的一种现象，它给高等教育带来了深刻的变化。虚拟现实技术专业课程

中加入 AI 辅助教学，是顺应技术发展潮流的必然选择，也是破解专业教学难题的一种有效途径。本文从个性化学习路径设计、智能实训指导、虚实融合教学场景构建、多维教学评价四个方面，对 AI 辅助教学在虚拟现实技术专业课程中的具体应用策略进行系统的探究。经过实践证明，这些策略可以提高教学效率，促进学生个性化的成长，提高实践教学针对性、有效性。未来应加强 AI 教育工具的研发和改进，对教师开展系统的 AI 素养培训，建立完善的数字治理机制来保证 AI 辅助教学的健康有序发展。人工智能和虚拟现实技术深度融合将产生很多新的教学模式，如借助 AI 技术驱动的自适应 VR 学习环境、智能虚拟导师系统等，值得进一步研究。可以预料到的是，在技术不断成熟、应用经验不断积累的过程中，AI 辅助教学对于虚拟现实技术专业人才的培养起着越来越大的作用，为培养出高素质创新型人才创造了有利条件。

### 参考文献

[1] 王珊珊, 朱秀丽. 基于跨学科融合与 AI 辅助的电路设计课程教学实践分析 [J]. 集成电路应用, 2025, 42(11): 516-518.

[2] 惠林虎, 李永彬, 常永虎. 基于 OBE 与 AI 辅助教学融合的计算机组成原理课程教学改革 [J]. 西部素质教育, 2025, 11(21): 145-148.

[3] 赵钧, 付瑶, 麻可昕, 张慧杨. 基于 AI 辅助的《城市设计》课程教学创新实践 [J]. 世界建筑, 2025, (08): 60-64.

[4] 赵一娇, 布艺扬, 赵双柱. 基于 OBE 理念的 AI 辅助数字美术设计课程教学改革 [J]. 新美域, 2025, (08): 70-73.

[5] 王丹. 以 AI 技术推动数媒专业课程教学创新 [N]. 安徽日报·农村版, 2025-07-04(007).

[6] 李和香. 依托教学能力大赛《虚拟现实项目实训》课程教学研究与实践 [J]. 办公自动化, 2025, 30(05): 35-37.

[7] 陈慕花. 基于人工智能技术的计算机课程教学创新分析 [J]. 电子技术, 2025, 54(01): 148-149.

[8] 顾汉杰, 孙瑜亮, 陈华锋. 虚拟现实技术课程混合式教学模式研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(23): 142-144.

[9] 解晓磊. 《虚拟现实技术》课程中教学内容及方法改革研究 [J]. 办公自动化, 2024, 29(08): 39-41.

[10] 李晖, 潘凡. 智能科学技术专业虚拟现实技术课程教学方法新思考 [J]. 计算机教育, 2015, (18): 75-78.

# 人工智能在计算机应用软件开发中的应用探索

郑建波

绵阳市绵州通科技有限责任公司，四川 绵阳 621000

DOI: 10.61369/TACS.2026040008

**摘 要：** 当下计算机应用软件开发面临效率瓶颈，代码复用性差、需求变更响应迟缓，且传统开发模式难以精准适配复杂多变的业务场景，导致软件质量与交付周期难以保障。基于此，本文深入探究人工智能在计算机应用软件开发中的创新应用路径。通过引入智能代码生成、自动化测试、需求智能解析等技术，旨在打破传统开发局限，提升开发效率与代码质量，实现软件快速迭代与精准交付，为计算机应用软件开发领域提供智能化转型新思路。

**关 键 词：** 人工智能；计算机应用软件；自然语言处理

## Exploration of the Application of Artificial Intelligence in Computer Application Software Development

Zheng Jianbo

Mianyang Mianzhoutong Technology Co., Ltd., Mianyang, Sichuan 621000

**Abstract：** Currently, computer application software development is facing efficiency bottlenecks, such as poor code reusability, slow response to requirement changes, and the difficulty of traditional development models in accurately adapting to complex and volatile business scenarios, which makes it hard to guarantee software quality and delivery cycles. Based on this, this paper deeply explores the innovative application paths of artificial intelligence (AI) in computer application software development. By introducing technologies such as intelligent code generation, automated testing, and intelligent requirement analysis, it aims to break the limitations of traditional development, improve development efficiency and code quality, realize rapid software iteration and accurate delivery, and provide new ideas for the intelligent transformation in the field of computer application software development.

**Keywords：** artificial intelligence (AI); computer application software; natural language processing

## 引言

“人工智能 + 制造”专项行动实施意见明确指出以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大和二十届历次全会精神，完整准确全面贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，统筹发展和安全，坚持创新驱动、场景牵引、市场主导、安全可信、开放共享、普惠融通，一端抓技术供给，推动“智能产业化”，一端抓赋能应用，加快“产业智能化”，整体壮大产业生态，促进人工智能科技创新与产业创新深度融合、人工智能技术与制造业应用“双向赋能”，加快制造业智能化、绿色化、融合化发展，有力支撑制造强国、网络强国和数字中国建设<sup>[1]</sup>。企业应该根据国家的政策性文件走符合国家发展的道路，这样才能够促进自身的发展。

## 一、人工智能在计算机应用软件开发中应用的意义

### （一）提升开发效率与质量

在计算机应用软件开发中，人工智能的应用极大地提升了开发效率与质量。从需求分析环节来看，自然语言处理技术能精准解析用户以自然语言表述的需求，快速提取关键信息，减少人工理解偏差，缩短需求确认周期。设计阶段，智能架构设计算法依据软件特性与需求，迅速生成适配的架构方案，避免人工设计可

能出现的架构不合理问题<sup>[2]</sup>。编码时，代码自动生成与智能补全功能，减少开发人员重复编码工作，降低出错率。测试环节，智能测试用例生成覆盖更多边界情况，缺陷智能定位与分类能快速精准找出问题，保障软件质量，整体推动开发进程高效优质推进<sup>[3]</sup>。

### （二）增强软件智能化与个性化

人工智能赋予计算机应用软件更强的智能化与个性化能力。借助机器学习算法，软件能够自主学习用户行为模式与偏好，依据这些信息为用户提供个性化服务。例如，根据用户历史操作习

惯优化界面布局与功能展示顺序，提升用户操作的便捷性与舒适度<sup>[4]</sup>。在交互方面，自然语言处理和语音识别技术使软件能以更自然的方式与用户交流，理解用户意图并准确回应。同时，智能决策系统让软件在面对复杂情况时能自主分析并做出合理决策，为用户提供更智能、贴心的服务体验，满足用户日益多样化、个性化的需求，增强软件的市场竞争力<sup>[5]</sup>。

## 二、人工智能在计算机应用软件开发的应用

### （一）需求分析阶段

#### 1. 自然语言处理助力需求理解

在传统的需求分析过程中，开发人员是通过与用户进行面对面沟通或查阅文档的方式来了解用户的需求，这导致信息传递可能存在一些理解性的偏差。现如今，开发人员可通过人工智能当中的自然语言处理技术来对用户的需求进行语义分析和理解，从而更好地了解用户的真实想法<sup>[6]</sup>。例如，开发人员可利用词法分析、句法分析等技术，来将用户的需求语句分解为单词和短语，并分析它们之间的语法关系，从而更好地了解用户需求的含义；还可通过语义角色标注等方法，进一步确定用户需求的语义内容；更可通过情感分析技术，来分析用户对需求的重视程度<sup>[7]</sup>。

#### 2. 智能需求挖掘与预测

开发人员可对用户大量的历史需求数据和相关项目资料进行分析和挖掘，从而更好地发现潜在的需求模式和趋势。例如，开发人员可通过机器学习中的分类算法，将用户已有的需求按照不同的特征进行分类，从而进一步了解各类需求的特点和规律；还可通过预测算法来预测当前项目的相关信息和需求，从而更好地指导后续的开发工作；更可以根据这些分析结果，提前细化用户的需求，从而满足用户的潜在需求。

### （二）设计阶段

#### 1. 智能架构设计

软件架构设计是软件工程中非常重要的步骤，软件架构决定软件的性能、扩展性和可维护性。人工智能可以依据软件的功能需求和性能指标、流量数据等因素，分析已有的架构成功案例，用智能推荐的方式从已知的架构案例中推荐出适合的架构方案给软件开发人员。例如，对于一个大型的分布式系统，人工智能可以分析该系统的业务逻辑、数据分布和访问方式，推荐采用微服务的软件架构<sup>[8]</sup>。采用微服务架构，可以将一个大型的分布式系统划分为多个小型的独立的服务，每个服务都是独立的，可以独立开发、部署、扩展，提高了系统的灵活性和可维护性。人工智能还可以根据系统性能指标要求，分析推荐采用哪种分布式的数据库来搭建，以及哪些缓存策略来优化系统性能<sup>[9]</sup>。

#### 2. 个性化界面设计

开发人员应该在了解用户需求的基础上，进行个性化的界面设计，这样才能够给客户留下更好的印象，与客户进行后续的深入沟通和交流。例如，开发人员可根据用户的行为数据、偏好和审美观念，实现个性化的界面设计；也可以收集用户使用类似软件时的操作习惯、点击热区、停留时间等数据，来分析用户的行

为和偏好，从而更好地为用户进行服务；更可以根据用户的反馈意见，持续优化界面设计，提升用户的使用体验。

### （三）编码阶段

#### 1. 代码自动生成

开发人员在传统编写代码的过程中会通过查找资源、借鉴相似网站的方式来进行代码的编写。现如今，开发人员可通过自然语言处理技术将设计文档中的功能描述转化为计算机可理解的代码逻辑，再结合代码模板和智能填充算法生成具体的代码，并进行一定的优化和调整，以此来找到适合本程序的代码，减少人工编写代码的工作量和错误率。例如，开发人员要实现一个包括用户名和密码的输入、验证以及登录成功后的跳转用户登录功能，可以将文字输入到人工智能系统当中，并让其转化为代码的框架，填充一些常见的输入验证的代码、数据库查询的代码等代码片段，进行适当的修改和完善，最终查看展示的界面效果，以此来节省更多的代码编写时间。

#### 2. 智能代码补全与纠错

开发人员在传统编写代码并查找错误的过程中，通过设置断点的方式来进一步定位错误，这会消耗大量的时间。现如今，开发人员可将代码输入人工智能当中，并让其分析代码的上下文和语法结构，预测开发人员接下来可能要输入的代码，并提供相应的补全建议；还可利用静态代码分析技术，来检测代码中可能存在的语法错误、逻辑错误和潜在的安全漏洞，从而及时解决出现的问题。例如，开发人员输入一个函数调用的部分代码，此时人工智能会自动补全函数的参数列表，并分析代码中可能存在的空指针引用、数组越界等常见错误，指出错误的位置及原因，提供修改的建议，从而使他们能够快速解决问题。

### （四）测试阶段

#### 1. 智能测试用例生成

开发人员在传统的测试当中主要是通过人工设计用例，这不仅会出现效率较低的问题，还会出现覆盖面不全的问题。现如今，开发人员可通过遗传算法、模糊测试等技术来生成符合软件功能需求和代码结构的测试用例，从而更好地提高测试的全面性和有效性，快速地发现可能存在的问题。例如，对于一个输入参数为整数的函数，开发人员可通过人工智能来生成包含正整数、负整数、零、极大值和极小值等各种边界值的测试用例，以及一些随机生成的异常值测试用例，从而自动地检测函数在不同输入情况下的稳定性和正确性，提高测试的效率和质量。

#### 2. 缺陷智能定位与分类

开发人员可通过人工智能技术来分析测试结果数据和代码执行轨迹，并利用机器学习算法建立缺陷预测模型，将缺陷与代码中的特定模块、函数或语句关联起来，从而快速准确地定位软件缺陷的位置和类型。例如，人工智能发现一个测试用例执行失败，既会分析该测试用例的输入数据、预期输出和实际输出，又会分析代码的执行路径和变量值等信息，从而更好地确定缺陷可能存在的代码段。同时，人工智能会根据功能缺陷、性能缺陷、安全缺陷等缺陷进行分类，并提供针对性的修复建议。

### （五）维护阶段

#### 1. 智能故障诊断与预测

开发人员可通过人工智能来实时监测软件的性能指标和运行状态，以此来更好地建立故障预测模型，发现潜在的故障风险，进行故障诊断，确定故障的原因和位置。例如，开发人员对于一个服务器端的软件系统，可以通过人工智能监测服务器的 CPU 使用率、内存占用率、网络流量等指标，以此来更好地了解指标出现的异常波动情况，及时发出预警信号。其中，如果系统出现崩溃或响应缓慢等故障，人工智能会通过分析系统日志、错误信息等数据，结合故障预测模型，来快速定位有故障的问题，从而更好地维护系统的安全。

#### 2. 软件智能升级与优化

随着业务的发展和用户需求的变化，软件需要不断进行升级和优化。人工智能可以根据用户反馈和使用数据，分析软件的性能瓶颈和功能不足之处，为软件升级提供决策支持。同时，在软件升级过程中，人工智能可以自动检测代码的兼容性问题，确保

升级后的软件能够稳定运行。例如，通过对用户对软件不同功能的使用频率和满意度的调查分析，人工智能可以确定哪些功能需要优先升级和优化。在升级过程中，利用代码分析技术检查新代码与旧代码之间的接口兼容性、数据类型兼容性问题，提前发现并解决潜在的兼容性问题，减少升级过程中的风险和故障<sup>[10]</sup>。

## 三、结束语

在计算机应用软件开发不断迈向新阶段的当下，人工智能的融入已成为不可阻挡的趋势。它不仅为开发过程带来了效率的飞跃，更在代码优化、需求精准捕捉、智能测试等方面展现出巨大潜力，有力推动软件向智能化、个性化发展。然而，这一融合之路并非坦途，数据安全、算法可解释性等问题亟待解决。随着技术持续突破与完善，人工智能与计算机应用软件开发结合将愈发紧密。未来，开发人员需紧跟时代步伐，积极探索创新应用模式，让人工智能更好地赋能软件开发，为社会创造更多价值，开启计算机应用软件发展的崭新篇章。

## 参考文献

- [1] 赵霏. 基于神经网络技术的计算机应用软件开发技术探讨 [J]. 互联网周刊, 2024, (23): 28–30.
- [2] 张军. 基于人工智能的计算机应用软件开发技术分析 [J]. 软件, 2024, 45(10): 175–177.
- [3] 王晓红. 基于人工智能的计算机应用软件开发技术 [J]. 中国信息界, 2024, (05): 37–39.
- [4] 杨义. 基于动态库的嵌入式训练计算机应用软件移植的研究 [C]// 天津市电子工业协会. 天津市电子工业协会 2024 年年会论文集. 天津: 天津七一二通信广播股份有限公司; , 2024: 31–35.
- [5] 梁一笑. 浅析人工智能技术在计算机应用软件开发中的应用 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(08): 59–61.
- [6] 尹杰. 计算机应用软件自动化开发技术分析 [J]. 信息记录材料, 2024, 25(03): 165–167.
- [7] 肖转红. 人工智能在计算机应用软件设计中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53(02): 134–135.
- [8] 吕丰秀. 计算机应用软件中的自动化开发技术分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(10): 150–151.
- [9] 李大伟. 基于人工智能的计算机应用软件开发技术分析 [J]. 软件, 2023, 44(09): 124–126.
- [10] 薛梦丹. 基于人工智能的计算机应用软件开发技术应用分析 [J]. 中国高科技, 2023, (13): 40–42.

# 数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合

张海清

呼和浩特职业技术大学, 内蒙古 呼和浩特 010070

DOI: 10.61369/TACS.2026040010

**摘 要 :** 随着数字化技术的快速发展, 数字化转型已经成为各行各业高质量发展的必然趋势, 而高职教育作为培养高素质技术技能人才的重要场地, 其计算机课程教学也需要紧跟时代发展的趋势将 AI 技术融入教学过程, 以此不断提高教学质量和人才培养的适配性。而 AI 技术的快速更新和升级也能够为高职计算机课程教学提供智能化的教学工具和个性化的学习路径, 能够有效帮助教师精准识别学生学习过程中的知识盲区, 从而实现因材施教。本文主要从高职计算机课程教学现状入手, 深入分析了数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合的重要性, 并对数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合的有效路径进行了系统的探讨, 希望能够为高职计算机课程教学改革提供新的思路。

**关 键 词 :** 数字化转型; AI 技术; 高职计算机课程; 教学融合

## In-depth Integration of AI Technology and Higher Vocational Computer Course Teaching in Digital Transformation

Zhang Haiqing

Hohhot Vocational and Technical University, Hohhot, Inner Mongolia 010070

**Abstract :** With the rapid development of digital technology, digital transformation has become an inevitable trend for the high-quality development of all walks of life. As an important institution for cultivating high-quality technical and skilled talents, higher vocational education needs to keep up with the trend of the times in its computer course teaching by integrating AI technology into the teaching process, so as to continuously improve teaching quality and the adaptability of talent training. Meanwhile, the rapid update and upgrading of AI technology can provide intelligent teaching tools and personalized learning paths for higher vocational computer course teaching, effectively helping teachers accurately identify students' knowledge blind spots in the learning process and thus realize individualized teaching. Starting from the current situation of higher vocational computer course teaching, this paper deeply analyzes the importance of the in-depth integration of AI technology and higher vocational computer course teaching in digital transformation, and systematically explores the effective paths for such integration. It is hoped to provide new ideas for the teaching reform of higher vocational computer courses.

**Keywords :** digital transformation; AI technology; higher vocational computer courses; teaching integration

## 引言

当前阶段数字经济和智慧教育正在不断融合, 人工智能、大数据和云计算等新兴技术也在调整教育教学形态, 而职业教育作为与社会就业和产业发展联系最为紧密的教育类型, 也需要顺应技术变革的趋势, 不断推动教学模式、教学方法和教学手段的创新。另外 AI 工具也具有个性化适配、智能诊断和实时反馈等核心优势, 这可以帮助高职计算机教学优化现阶段的教学结构, 从而有效打破传统教学的时间限制和空间限制, 全面提高计算机教学的教学质量。因此在数字化转型趋势发展过程中, 将 AI 技术融入高职计算机教学不仅能够顺应职业教育数字化发展的要求, 而且也是提升人才培养质量和增强学生就业竞争力的重要措施。

## 一、高职计算机课程教学现状

当前高职计算机课程教学在数字化技术的支持下虽然取得了一定的教学效果, 但是从整体来看仍然存在一些需要解决的问

题, 这些问题不仅会影响到教学质量的提升, 也会影响人才培养的适配性与可持续性发展<sup>[1]</sup>。具体来说, 从教学内容角度来看, 部分高职院校计算机课程内容的更新速度和时代发展存在一定的脱节现象, 教师在教学过程中仍然以传统计算机基础知识和基础操

作技能为主，并不能及时将 AI、大数据、云计算等数字化转型背景下的前沿技术融入教学过程，导致整体的教学过程和行业实际的岗位需求很容易存在脱节问题。而在这种学习模式下，学生也很难将知识内化为解决真实问题的能力，在适应岗位对应的实际场景时也会出现不适应的问题<sup>[2]</sup>。在教学模式方面，传统的教学模式仍然是以教师讲授为主的，学生在学习过程中处在被动接受的状态，在这种状态下学生很容易缺少主动思考和自主探究的能力，很难提升自身的综合应用能力。同时整体课程中实践课程的安排也比较少，导致学生的动手实践能力和问题解决能力也很难得到提高。而在教学方法方面，计算机教师通常会采用以理论讲解和机械练习为主的方式，整体的教学方法也比较单一，部分教师的教学课堂缺少情景化、项目化和案例化的教学设计，没有将理论知识和职业实践进行深度结合，导致学生的实践能力和创新思维不能得到有效培养<sup>[3]</sup>。

## 二、数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合的重要性

### （一）助力因材施教落地，实现个性化精准教学

AI 工具可以通过大数据分析和学情诊断等功能来全面采集学生课前预习、课堂互动和课后练习等环节的学习数据，通过精准识别每个学生的知识掌握程度、学习薄弱环节和学习习惯来为学生生成个性化的学习画像。而以学习画像中的数据为基础，AI 工具也可以为不同层次的学生推送差异化的学习资源、练习题目和实操任务，以此保证每个层次的学生都能够获得针对性的指导，从而真正实现个性化教学<sup>[4]</sup>。同时 AI 智能助教也可以随时为学生解答问题，以便增强学习的时效性，也可以破解教师指导的时空限制问题，在满足学生越来越多样化的学习需求的同时，也可以充分调动他们的学习主动性，有效提高课堂教学的适配度。

### （二）推动课程体系优化，全面提升教学质量

在数字化转型背景的推动下，行业企业对于计算机专业技术技能型人才的需求也发生了变化，不仅要求学生具备扎实的计算机基础知识和操作技能，而且对于他们的 AI 应用能力、创新思维和适应产业升级的能力也提出了更高要求。而 AI 技术和高职计算机课程教学的融合能够有效推动课程体系的优化和升级，从而推动人才培养和行业需求的精准对接。另外通过融合 AI 技术，能够帮助教师及时更新高职计算机课程的教学内容，在将人工智能前沿技术、真实产业案例和项目化任务融入教学过程后，可以有效解决传统教学课程内容落后的问题，使课程内容能够更加贴合行业企业的实际岗位需求，最大程度上提升学生的职业核心竞争力<sup>[5]</sup>。

### （三）补齐实践教学短板，强化学生实操与岗位适配能力

高职计算机教学的核心是培养学生的实操能力，AI 虚拟仿真工具和智能实训平台可以帮助教师突破课堂中的教学设备、场地和成本的限制，通过 AI 技术来为学生搭建高度还原行业岗位的虚拟实训场景<sup>[6]</sup>。学生可以在虚拟场景中反复进行实操训练，不需要担心操作不当导致设备损坏等问题的发生。同时 AI 工具也可以实

时监控学生的操作过程，以此来帮助教师指出学生实操过程中存在的错误和问题，为他们后续的发展指明方向。

## 三、数字化转型中 AI 技术与高职计算机课程教学深度融合的有效路径

### （一）优化课程体系，构建“AI+ 计算机”融合型课程内容

课程体系是推动 AI 技术和高职计算机课程教学深度融合的重要载体，因此需要教师构建更加科学合理的课程体系，以 AI 技术为基础结合计算机教学的主要目标和岗位能力要求，重新构建课程结构、内容模块和教学实践方法，从而推动课程体系从知识传授向着能力培养转型。一方面，高职院校应当以数字化转型背景和行业企业岗位需求为导向，重新构建高职计算机课程体系，以此来将传统教学过程中的学科限制打破，从而构建出跨学科、项目化、模块化的课程结构<sup>[7]</sup>。同时教师也可以将 AI 技术全面融入计算机专业的核心课程、基础课程和实践课程中，保证课程内容和行业发展同步。比如在基础课程中，教师可以融入 AI 基础知识和 AI 思维培养等内容，使学生能够对 AI 技术原理和应用方式有初步的认识，并且也可以为他们后续的课程学习做好准备。在核心课程中，教师就可以深入挖掘课程特点并融入对应的 AI 应用技术，比如可以在计算机编程课程中融入 AI 辅助编程和智能调试技术，以此来帮助学生提升自身的代码编写效率和问题解决能力；也可以在数据库课程中引入 AI 驱动的数据分析与智能查询优化模块，使学生能够在真实的实践场景中掌握数据治理与智能决策支持的核心能力<sup>[8]</sup>。而在实践课程中，教师可以为学生设计 AI 相关的实践项目，使学生能够在实践的过程中不断提升自身的工程实践能力、团队协作意识与创新思维，从而全面提升他们的综合能力。

### （二）创新教学模式，打造智能化混合式教学场景

在将 AI 技术融入计算机教学的过程中，教师需要以现有的教学模式为基础进行优化和调整，通过融合 AI 技术来打破传统教学过程中存在的限制，为学生打造出更加个性化、动态化和沉浸式的学习环境。在实际应用过程中，教师可以构建线上和线下相结合的混合式教学模式。在线上以 AI 智能教学平台为支撑，采集学生的知识掌握程度、操作熟练度和学习偏好等与日常相关的学习数据，以此来全程追踪学生的学习过程，包括课堂上的知识点掌握情况、技能操作的正确率、课后作业的完成情况以及自主学习的时长与内容等，为他们生成详细的学习报告。AI 技术能够根据每个学生不同的学习情况推送更加具有针对性的学习资源和练习任务，同时也能够更加清楚地向教师展示每个学生的优势和短板，从而为教师后续制定差异化的教学策略提供科学的依据<sup>[9]</sup>。在线下教学中，教师可以利用 AI 技术为学生展示教学内容，比如可以通过虚拟仿真技术来为学生更加直观地展示出算法运行的过程，从而使抽象的教学内容变得更加具体化，有效增强学生对复杂知识的理解能力。另外，教师也可以融入项目化教学模式，将行业企业中的实际项目作为依据来设计教学案例，能够让学生在项目实践的过程中掌握 AI 技术和计算机专业技能，使学生能够

完成从项目设计、方案制定到项目实施、成果展示的完整项目流程，从而有效提高他们的实践能力、创新能力和团队合作能力。

**（三）构建 AI 驱动的多元教学评价体系，实现精准反馈与持续改进**

传统单一的终结性评价模式很难完全反映出学生整个学习过程的进步和退步情况，因此计算机专业教师需要结合 AI 大数据分析技术构建出多元化的智能评价体系。教师可以用 AI 工具全程采集学生的学习数据，包括课前预习完成度、课堂互动参与度、实操任务完成质量、作业正确率和自主学习时长等，对学生学习的整个过程进行动态跟踪和量化评价，以此全面反映学生的学习态度和能力提升情况<sup>[10]</sup>。而针对实操考核、编程作业和设计作品等更加具有主观性的内容，AI 工具可以先完成基础的规范性评价，再由教师结合 AI 的评价结果进行个性化点评，从而最大程度上提升评价效率和评价结果的客观性。而在完成评价之后，AI 工具也

可以以每个学生个人评价报告和班级整体学情报告为基础为他们生成针对性的改进意见，使学生能够更加清晰地认识到自身知识存在的漏洞和技能实践过程中的短板，为他们后续学习方向的改进打下基础。另外也可以将行业岗位标准融入 AI 评价体系，以企业用人要求为基础来设定相应的评价指标，保证教学评价和行业岗位需求的一致性，从而全面提升学生的岗位适配能力。

**四、结论**

在数字化转型背景下，高职计算机教学应当紧跟时代发展的趋势，将 AI 技术和现阶段的教学进行深度融合，从而真正提升高职院校的人才培养质量和学生的岗位适应能力，也能够为学生未来的发展打下坚实的基础。

**参考文献**

[1] 黄海波. 高职计算机专业项目驱动教学模式研究——以计算机网络技术课程为例 [J]. 教育观察, 2025, 14(10): 111–113.

[2] 王珏. 1+X 证书制度下高职计算机专业课证融通教学改革——以 Web 前端开发技术课程为例 [J]. 辽宁师专学报 (自然科学版), 2025, 27(01): 49–53.

[3] 肖桢怀. 课程思政视域下高职计算机网络技术专业课程教学研究 [J]. 商丘职业技术学院学报, 2024, 23(06): 86–90+96.

[4] 潘丽. 虚拟现实技术在高职计算机应用课程中的创新教学模式研究 [C]// 冶金工业教育资源开发中心, 中国钢协职业培训中心. 第 13 届钢铁行业职业教育培训优秀多媒体课件活动系列研讨会——教育理论与教育管理高质量发展之路论文集. 抚州职业技术学院; , 2024: 189–191.

[5] 周林娥, 史芳行. 高职“计算机网络技术”课程思政教学改革探究 [J]. 中国新通信, 2024, 26(07): 64–67.

[6] 孙昕. 高职院校计算机网络技术专业“网络安全”课程教学探讨 [J]. 华东科技, 2024, (03): 129–131.

[7] 马超, 史峰. 基于职业能力的高职计算机应用技术专业课程移动教学分析 [J]. 大学, 2023, (S1): 107–109.

[8] 王倩. 新一代信息技术背景下高职计算机基础课程教学模式探究 [J]. 办公自动化, 2023, 28(23): 24–26.

[9] 崔钰珂. 混合教学模式下高职院校计算机专业电子技术基础课程教学策略 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(19): 243–246.

[10] 吴姗, 彭茜, 屈晶. 线上线下混合式教学模式在高职院校计算机基础课程教学中的应用研究——以雅安职业技术学院为例 [J]. 产业与科技论坛, 2023, 22(04): 169–171.

# 面向 AI 应用的计算机基础实践教学创新研究

解琨阳

中北大学创新创业学院 中北大学前沿交叉科学研究院, 山西 太原 030051

DOI: 10.61369/TACS.2026040011

**摘 要 :** 在新时代背景下, 大学生的计算机知识水平与应用能力, 已成为衡量其综合素质的重要标准。当前, AI 技术在教育领域得到了广泛的应用, 并逐渐成为新趋势。基于此, 本文将重点探讨面向 AI 应用的计算机基础实践教学创新路径, 期望为计算机基础实践教学改革提供理论指引与实践参考。

**关 键 词 :** AI 技术; 计算机基础; 实践教学; 数字化; 人才培养

## Research on Innovative Teaching of College Computer Foundation Practice Oriented to AI Applications

Xie Kunyang

College of Innovation and Entrepreneurship, North University of China & Institute for Advanced Interdisciplinary Studies,  
North University of China, Taiyuan, Shanxi 030051

**Abstract :** Against the background of the new era, college students' computer knowledge and application ability have become important criteria for measuring their comprehensive quality. At present, AI technology has been widely applied in the field of education and has gradually become a new trend. Based on this, this paper focuses on exploring the innovative paths of computer foundation practice teaching oriented to AI applications, aiming to provide theoretical guidance and practical reference for the reform of computer foundation practice teaching.

**Keywords :** AI technology; computer foundation; practical teaching; digitalization; talent training

### 引言

计算机基础实践教学作为培养学生计算机应用能力、奠定数字化素养的核心课程, 是衔接基础教学与 AI 应用的重要桥梁。在人工智能时代背景下, 社会对具备计算机基础能力与 AI 适配能力的复合型人才需求日益迫切, 推动计算机基础实践教学创新是适配 AI 时代发展、推动教育数字化转型的关键环节<sup>[1]</sup>。当前, 我国计算机基础实践教学仍存在一些难题, 无法有效激发学生的学习主动性与创新思维, 难以衔接 AI 时代对人才的核心需求。而将 AI 技术应用于计算机基础实践教学中, 可以实现教学内容、教学模式、实践场景的有效创新, 提升教学质量、强化学生的计算机基础实践能力与 AI 适配能力, 培育符合时代需求的复合型人才。

### 一、计算机基础实践教学应用 AI 技术的意义

#### (一) 实现个性化教学, 精准对接产业需求

当前, AI 技术在高校教育数字化转型中发挥着关键的作用, 可以有效满足学生的个性化需求, 实现精准教学<sup>[2]</sup>。大数据分析技术与智能算法可以迅速处理海量数据, 精准捕捉学生的学习基础、能力水平、学习节奏与学习需求, 构建个性化的学生学习画像, 帮助教师精确分析学情, 制定个性化教学方案, 精准对接学生的个体需求, 提升教学针对性。另外 AI 智能教学平台可以实时监测学生的实践操作过程, 精准识别学生在实践中遇到的困惑、操作误区与知识短板, 及时提供个性化的纠错指导、思路引导与方法讲解, 并自动匹配适配学生能力水平与学习需求的实践教学资源、实践任务与学习路径, 如智能助教系统可根据学生代码风

格和解题思路提供针对性指导, 帮助学生快速突破学习瓶颈, 提升实践学习的效率与质量<sup>[3]</sup>。

#### (二) 强化实践能力培养, 满足新时代人才要求

在人工智能时代下, 社会 and 行业对计算机从业者的能力提出了更高的要求, 传统计算机基础实践教学侧重单一操作技能训练, 已难以满足新时代人才培养的核心需求。基于 AI 技术各个场景中的应用, 教师可以将 AI 基础应用、智能工具操作、数据处理与分析、AI 辅助决策等相关内容纳入实践体系, 让学生在实践中掌握 AI 时代必备的基础技能, 构建复合型知识与能力框架<sup>[4]</sup>。另一方面, 教师可以利用 AI 技术构建虚拟应用场景, 让学生在沉浸式实践中学会运用计算机基础技能解决 AI 相关的实际问题, 提升知识迁移能力与实践应用能力, 让学生能够快速适配 AI 时代的各类应用场景, 为后续职业发展与终身学习奠定坚实基础。

### （三）推动高校教育数字化转型，提高课程教学质量

在人工智能技术全面赋能教育领域的时代背景下，教育数字化转型已成为国家教育战略的核心方向。AI 技术的应用改变了知识获取、传递与应用的方式，可以助力计算机基础实践教学从低效灌输向高效赋能的转变，推动教学质量的持续提升<sup>[5]</sup>。具体来说，AI 技术的应用可以打破传统教学中理论与实践脱节、技能训练与应用场景割裂的局限，助力教师积极构建沉浸式、个性化的实践教学场景，创新互动式、探究式教学方法，激发学生的学习兴趣与主动探究意识，提升教学的实效性。

同时，面向 AI 应用的教学创新有助于推动高校计算机基础实践教学的标准化、规范化建设，实现从经验教学向数据驱动的转变，不仅可以优化实践教学流程，还可以依据真实数据精准培养学生能力，推动计算机基础实践教学高质量发展<sup>[6]</sup>。

## 二、面向 AI 应用的计算机基础实践教学创新的现实困境

### （一）教学内容滞后于技术发展

教学内容作为计算机基础实践教学创新的核心载体，其时效性直接影响人才培养的质量。AI 技术发展呈现出快速化、多元化的特点，新的 AI 工具、应用场景、技术理念不断涌现，这就给计算机基础实践教学的内容体系提出了全新的要求<sup>[7]</sup>。然而，当前部分高校的计算机基础实践教学内容还停留在传统编程语言和算法实现上，对 AI 系统搭建、多智能体协同、数据处理技术等前沿内容覆盖不足，导致教学内容和当下 AI 技术的实际发展严重脱节，学生难以掌握 AI 时代需要的技能和知识。除此之外，教学内容的设计没有精准对接 AI 行业的真实需求，未能结合 AI 时代不同岗位对计算机基础能力和 AI 应用能力的要求，难以支撑学生后续职业发展和能力提升。

### （二）AI 技术融入不够深入

AI 技术作为教学创新的核心赋能载体，其价值的发挥依赖于与教学体系、教学内容、教学目标的深度绑定<sup>[8]</sup>。当前 AI 技术的应用多采用通用化模式，缺乏对教学内容的深度挖掘，未能结合基础操作、数据处理、程序设计等不同模块的教学重点，设计相对应的技术应用场景与实践任务，导致技术应用与实践教学脱节。计算机基础实践教学体系涵盖内容设计、模式创新和评价反馈等环节，AI 技术的应用需要覆盖各个环节，AI 技术的应用多集中于实践任务推送、操作结果评价等单一环节，缺乏对学生思维发展和创新能力等素养的评估，无法充分发挥 AI 技术智能化、精准化的优势。

### （三）实践教学场景过于单一

AI 时代下，计算机基础技能与 AI 技术的融合应用场景涵盖多个领域，不同领域的应用需求、操作逻辑存在差异，而当前的实践教学场景多集中于基础操作类场景，缺乏 AI 基础应用、智能数据分析、AI 辅助决策等多元化场景，导致学生接触的场景范围有限，无法全面掌握不同场景下的技能应用方法<sup>[9]</sup>。面向 AI 应用的实践教学，需要构建真实、贴合实际的应用场景，让学生在沉

浸式体验中提升实践能力与 AI 应用能力。而当前的实践教学场景多为虚拟的基础操作场景，缺乏对真实 AI 应用场景的模拟与还原，场景设计过于简单，无法呈现实际应用中的复杂问题与操作逻辑，导致学生在实践过程中难以获得真实的应用体验<sup>[10]</sup>。

## 三、面向 AI 应用的计算机基础实践教学创新路径

### （一）重构课程体系，精准适配 AI 技术发展需求

其一，AI 时代下，计算机行业对于从业者的能力和素养要求发生了变化，计算机基础实践教学不仅需要夯实学生的计算机基础实践技能，还要强化学生的 AI 适配能力、创新思维与综合素养<sup>[11]</sup>。因此教师需要立足 AI 时代计算机发展特点和学生学习需求，调整目标内涵、培育重点与能力要求，明确学生应具备的关键能力，确保学生的计算机基础能力与 AI 时代的技术应用场景深度适配。

其二，教师需要搭建基础通识、核心能力、创新应用三位一体的内容体系，帮助学生夯实计算机基础技能和综合素养。具体来说：基础通识模块应当增设 AI 基础应用、智能工具操作、数据处理与分析、AI 伦理与安全等内容；核心能力模块需要增加数据结构与算法、智能系统设计、AI 应用开发等相关知识；创新模块应当聚焦 AI 技术和计算机基础教学的交叉领域，重点融入物联网技术、云计算、数据模型搭建、AI 工具开发等内容，确保教学内容精准对接 AI 时代的人才需求。

其三，建立多维度、多层次的评价指标体系，其中需要涵盖基础能力、AI 适配能力、创新思维与伦理素养四大核心维度，各维度指标需进一步细化为可测量、可观察的具体指标，并设置分层化的评价标准，以适配不同基础、不同层次学生的发展需求<sup>[12]</sup>。同时需要打破单一评价主体的局限，实施智能互评、师生共评、AI 辅助自评等方法，提升评价的客观性与全面性。

### （二）构建智能实践教学平台，增强课程教学实效性

借助 AI 技术构建智能实践教学平台可以破解传统实践教学资源不足、场景受限、指导滞后的困境，实现从教师主导向智能赋能的转型，为学生提供个性化、沉浸式、高适配的实践学习体验<sup>[13]</sup>。首先，依托自然语言处理、机器学习、大数据分析与智能推荐算法等核心 AI 技术，构建具备自主感知、智能分析与动态适配能力的教学机制，对学生学习行为、操作过程、能力水平与知识漏洞进行全方位数据采集与深度解析，为后续的个性化教学与精准指导提供数据支撑。

其次，构建实践教学资源库，整合优质课程视频、案例代码、行业数据集和竞赛信息等资源，为学生提供多元学习内容支撑。此外资源库可以依托学生画像自动推送个性化、梯度化的学习资源，增强学生学习体验<sup>[14]</sup>。最后，构建智能实践教学平台可以根据学生的学习反馈与能力短板，推送针对性地巩固练习与创新挑战任务，实现教学活动的数字化、智能化与高效化。

### （三）丰富实践教学场景，强化学生实践能力培育

实践教学作为培育学生实践能力与 AI 适配能力的关键环节，其场景的丰富性、真实性直接决定教学创新的成效。借助 AI 虚拟

仿真技术，教师可以创设真实的 AI 应用场景，还原实际工作中的操作流程、复杂问题和真实环境，让学生在安全、可控的环境中反复练习，熟练掌握不同场景下的技能用法，提高解决复杂问题的能力，实现知识与技能的有效迁移。比如学生可以模拟计算机网络拓扑结构，进行网线的铺设和网络参数的配置，直观感受网络协议和数据传输的过程<sup>[15]</sup>。

同时，可以构建多元化的场景体系，打造基础操作场景、AI 基础应用场景、数据处理场景、综合应用场景等多元化场景，实现场景类型的全面覆盖。比如基础操作场景聚焦核心基础技能的巩固，为学生能力提升奠定基础；AI 基础应用场景侧重 AI 工具的基础操作与应用逻辑，帮助学生熟悉 AI 技术的应用方法。最重要的是，AI 技术可以支撑个性化场景设计，教师可以结合学生的学

习基础、能力水平，设计基础层、提高层、拓展层三个梯度的实践场景，让每一位学生都能在原有基础上获得提升，激发学习主动性与成就感。

## 四、结语

综上所述，将 AI 技术与计算机基础实践教学融合，推进课程教学创新是顺应智能时代技术变革、适配人才培养需求的必然选择。通过重构课程体系、构建智能实践教学平台、丰富实践教学场景等路径，可以不断完善教学体系、深化技术应用，推动计算机基础实践教学向智能化、实用化、个性化方向升级，培养适应智能时代的复合型技术人才。

## 参考文献

- [1] 朱丽. 人工智能技术与大学计算机基础课程教学融合路径探索 [J]. 大学教育, 2024, (16): 60-63.
- [2] 李秀, 陆军, 牛颂杰, 等. 人工智能时代计算机基础课程建设与教育教学思考 [J]. 清华大学教育研究, 2024, 45 (02): 42-49+70.
- [3] 韩得强. 计算机基础教学中的信息技术应用 [J]. 电子技术, 2024, 53 (03): 94-95.
- [4] 彭天昊, 潘有顺, 刘赟. 计算机基础课程的 AI 分层教学实践 [J]. 电子技术, 2023, 52 (08): 78-80.
- [5] 施明君. 大数据背景下高职院校计算机基础教学策略探索 [J]. 电脑知识与技术, 2023, 19 (17): 160-162.
- [6] 吕丰秀. 基于互联网的计算机基础教学实践 [J]. 集成电路应用, 2022, 39 (12): 88-89.
- [7] 李浩. 混合教学模式在大学《计算机基础》教学中的探索与实践研究 [J]. 中国新通信, 2022, 24 (21): 137-139.
- [8] 张国瑞. 计算机基础教学研究可视化分析 [J]. 贵州师范学院学报, 2022, 38 (10): 42-51.
- [9] 曾光, 廖福香. 以应用为导向的高职计算机基础教学探究 [J]. 科技风, 2022, (26): 83-86.
- [10] 徐丽, 刘泽超, 庄园. 以专业特色为导向的高等院校计算机基础教学改革研究 [J]. 大学, 2022, (23): 145-148.
- [11] 乔智. 微课在计算机基础教学中的应用 [J]. 数字技术与应用, 2022, 40 (05): 69-71.
- [12] 李明明. " 计算机基础 " 课程实践教学存在的问题与解决策略 [J]. 无线互联科技, 2022, 19 (08): 145-146.
- [13] 唐阳. 大数据时代中职学校计算机基础教学策略 [J]. 中国新通信, 2022, 24 (08): 128-130.
- [14] 钱耀如, 袁一平. 教育信息化新形势下的高校计算机基础教学探讨 [J]. 科教导刊, 2022, (05): 100-102.
- [15] 陈冬华. 信息化背景下计算机基础教学中的探索与思考 [J]. 公关世界, 2021, (20): 121-122.

# 以人工智能助力企业转型发展

肖伟昊

中国盐业集团有限公司，北京 100076

DOI: 10.61369/TACS.2026040012

**摘 要：** 在数字化浪潮席卷下，企业转型迫在眉睫，人工智能成为关键驱动力。它凭借强大的数据处理与分析能力，深度融入企业运营各环节。在生产制造中，实现智能排产、质量精准检测，提升效率与质量；于市场营销领域，精准洞察消费者需求，定制个性化营销策略，增强市场竞争力。同时，人工智能助力企业优化供应链管理，降低库存成本。其还能挖掘数据潜在价值，为企业决策提供科学依据，推动企业从传统模式向智能化、高效化方向转型，实现可持续发展，在激烈市场竞争中占据优势地位。

**关 键 词：** 人工智能；企业转型；优化决策

## Artificial Intelligence Empowers the Transformation and Development of Enterprises

Xiao Weihao

China National Salt Industry Group Co., Ltd., Beijing 100076

**Abstract：** Amid the sweeping wave of digitalization, enterprise transformation is imminent, and artificial intelligence has become a key driving force. With its powerful data processing and analysis capabilities, AI is deeply integrated into all aspects of enterprise operations. In manufacturing, it realizes intelligent production scheduling and accurate quality inspection, improving efficiency and product quality. In the field of marketing, it accurately identifies consumer demands and customizes personalized marketing strategies to enhance market competitiveness. Meanwhile, artificial intelligence helps enterprises optimize supply chain management and reduce inventory costs. It can also tap the potential value of data, provide a scientific basis for enterprise decision-making, promote the transformation of enterprises from traditional models to intelligent and efficient development, achieve sustainable development, and gain a dominant position in the fierce market competition.

**Keywords：** artificial intelligence; enterprise transformation; decision optimization

## 引言

《“人工智能+制造”专项行动实施意见》中明确指出推动建立企业首席数据官制度，持续推进数据管理能力成熟度国家标准贯标，夯实企业数据治理基础。梳理适配行业模型需求的数据资源清单，发布制造业高质量数据集建设指南，用好制造业数字化转型促进中心等载体，推动将基础数据转化为高质量行业数据集，实现“以模引数”。指导企业加强数据工程能力建设，促进企业数据开发与模型建设深度融合，探索建立“数据协同、模型训练、应用开发、安全保障”一体化机制，实现“用数赋模”<sup>[1]</sup>。企业应该根据国家的政策性文件进行转型，这样才能够实现自身的全面发展。

## 一、人工智能助力企业转型发展的意义

### （一）推动生产流程智能化升级

人工智能通过模拟人类感知与决策能力，为企业生产流程注入动态优化基因。其核心价值在于突破传统生产模式的静态局限，通过机器学习算法对设备运行、物料流动等环节进行实时解析，实现生产要素的自主协同与智能调配。这种变革使企业能够从经验驱动转向数据驱动，在复杂生产场景中构建自适应调节机制，既提升资源利用效率，又降低人为干预误差<sup>[2]</sup>。更关键的是，

AI技术可挖掘生产数据中的隐性规律，为工艺改进提供科学依据，推动企业从被动执行向主动创新转型，形成持续优化的生产生态。

### （二）重构产品服务价值维度

随着人工智能技术的发展，企业传统的产品用户正在被重新定义。企业通过植入智能算法，产品可以摆脱传统意义上的“硬件”束缚，变成能够基于历史数据进行学习的服务产品。企业能够通过打破传统产品的限制，提供“硬件+软件+数据”的价值增值新方式<sup>[3]</sup>。通过服务模块的智能推送，基于历史数据的人工智

能够根据用户的特定需求改变服务的方向；通过故障预测和主动维护，将事后维修转变为预防维修，改善用户的售后体验。通过上述这些方式，企业可以更深入地满足用户的需求，增强用户粘性，发掘新的利润增长点，从传统产品制造商向解决方案提供商转变<sup>[4]</sup>。

### （三）优化组织决策效能体系

人工智能对企业决策机制产生革命性影响。传统决策往往建立在较少的信息和基于有限判断的基础上，而人工智能能够利用多源异构的大数据资源，通过对深度学习模型的训练探索复杂系统的潜在联系<sup>[5]</sup>。这使得企业能够在战略决策等高维决策问题上，突破个别决策者的感知和理性能力的限制，运用科学分析框架，基于大数据进行分析。更重要的是，人工智能能够实现决策过程的标准化和自动化，降低决策者的实施偏移，提高执行效率。智能工具也使一线员工具备决策能力，推动企业从金字塔结构向网络合作结构转变，激发整体创新潜力。

### （四）培育可持续发展竞争壁垒

人工智能为企业赢得长期竞争优势提供战略性的支撑力量。在技术上，人工智能与行业知识深度融合，构建技术上的“护城河”，后来者难以简单模仿、超越；在数据上，企业利用人工智能系统沉淀的用户行为数据、生产运营数据等核心资产，成为差异化竞争的坚实基础；更重要的是，人工智能所带来的创新机制可以驱动企业不断“新陈代谢”，灵活适配市场需求，持续探索技术迭代中的新增长点。形成动态竞争格局，提升企业抗风险能力，推动其向价值链高端跃升，构建以智能技术引领的可持续发展生态。

## 二、人工智能助力企业转型发展的路径

### （一）以智能技术重构企业核心业务价值链

企业应将人工智能广泛应用于研发、生产、销售、服务等环节，形成整体智能价值循环。在研发领域，通过自然语言处理技术解读行业文献、专利和用户意见中的语义信息，挖掘长尾需求和创新构思，采用生成式人工智能设计软件自动生成产品创意并快速仿真验证，高效探索可行方案<sup>[6]</sup>。在生产领域，通过智能感知和控制系统采集生产设备和环境参数，运用机器学习算法持续优化生产参数和流程，实现生产活动由基于人工经验控制向基于智能自适应控制转变。在销售领域，建设智能推荐系统，基于用户行为和历史数据，运用深度学习模型分析用户消费偏好和场景，生成产品推荐策略，提高客户转化率和单笔订单金额。在服务领域，建设智能客服系统，通过语音和文本理解技术提供7×24小时在线服务，基于知识图谱解答用户问题，通过情绪分析判断用户情绪，调整服务策略以提高用户满意度。通过整条价值链的智能化升级，形成去中心化、不可复制的智能资产，实现传统业务到智能业务的转型升级<sup>[7]</sup>。

### （二）构建数据驱动的智能决策支持体系

企业应建立数据治理机制，覆盖全体员工，贯穿各个业务单元，对业务、运营等内部数据以及行业、市场等外部数据，以及

第三方数据源进行整合，建设企业级数据中台，实现数据资产化、标准化；基于企业数据中台，建设智能分析平台，对海量数据进行清洗、集成，结合机器学习算法发现数据中的规律和关联，推断动态决策模型<sup>[8]</sup>。提供战略决策支持，模拟各种市场情况下的业务表现，为高级管理层在行业趋势预测、市场竞争分析、资源分配优化等提供依据；提供运营决策支持，实时监控关键指标波动，一旦发现异常便自动触发预警和优化建议，对库存优化、生产调度、物流运输路径规划等业务场景进行自动调优；提供风险决策支持，利用异常检测算法发现风险迹象并提前制定防控措施，对信用风险、供应链中断、合规性检查等业务场景进行监控<sup>[9]</sup>。通过数据和算法的深度融合，实现从经验决策到数据决策的转变，提高决策速度和决策精确度，降低决策风险。

### （三）打造智能产品与服务生态体系

企业必须利用人工智能技术重新定义产品价值主张，从传统的功能型产品向既具有环境感知能力、自主决策能力和远程操控能力，又嵌入传感器、通信模块和边缘处理器，实现产品运行数据的本地处理和数据上传，并通过AI支持的预测性维护、优化使用、能效管理等服务，延长产品使用寿命，提高客户黏性的产品转变。通过构建智能服务平台，汇集产品使用过程、客户互动和外部服务资源数据，利用自然语言处理技术实现智能派单、流程自动化和质量监控，提高服务响应速度和服务问题解决速度，并通过诸如客户定制、在线诊断、客户服务培训等基于人工智能的增值服务，拓展服务边界，开辟新收入来源。通过产品和服务的智能化转型，企业可以由单纯的产品供应商转变为解决方案提供商，构建以智能产品为中心的生态体系，实现价值创造模式的转变<sup>[10]</sup>。

### （四）推动人机协同的组织变革与能力升级

企业应重构组织架构与工作流程，建立人机协同的新型工作模式，实现人力资源与AI能力的优势互补。在流程优化层面，将重复性、规则性任务交由AI系统处理，例如自动化财务报销、智能合同审核、数据录入等，释放人力资源聚焦高价值工作，如战略规划、创新管理、客户关系维护等<sup>[11]</sup>。在知识管理领域，部署智能助手系统，通过语义理解技术快速检索企业文档库与外部知识源，为员工提供实时决策支持，同时利用知识图谱技术构建企业知识网络，促进知识共享与传承。在创新机制上，建立AI辅助的创意孵化平台，利用生成式AI生成创新方案原型，结合人工评估与优化，加速创新成果转化；设立跨部门创新团队，整合技术、业务与数据人才，推动AI技术与业务场景的深度融合。通过组织变革与能力升级，企业能够提升运营效率与创新能力，构建适应智能时代的敏捷型组织与学习型文化。

### （五）构建开放共赢的智能产业生态体系

构建产业协同生态，打破竞争思维，通过技术开放和数据共享，实现资源能力共享、能力互补和价值共创。技术上，建设AI开发平台，向生态合作者开放模型、算法和工具、计算资源等，降低小企业应用AI障碍，共同打造行业解决方案，例如，智能制造、智慧医疗、智慧金融等领域联合创新；数据上，建立数据资源共享机制，与上下游企业共享非敏感数据，提升供应链协同效

率，又如，需求预测、库存共享、物流优化等；也可从外部数据提供商购买外部市场数据和用户数据，补充数据维度，提升决策科学性。标准制定上，联合行业头部企业和科研机构，制定 AI 伦理、安全和互操作标准，促进人工智能健康有序发展；参与国际标准制定，提高中国企业在世界智能产业领域话语权和影响力。

### 三、结束语

人工智能为企业转型发展带来了前所未有的机遇与可能。它

不仅革新了企业的生产运营模式，更重塑了企业的市场竞争力格局。随着技术的持续进步，人工智能在企业转型中的作用将愈发凸显。企业应积极拥抱这一变革，加大在人工智能领域的投入与探索，培养专业人才，构建智能生态系统。唯有如此，才能在瞬息万变的市场环境中，借助人工智能的强大力量，实现转型升级的华丽转身，开启高质量发展的新篇章，在未来的商业竞争中立于不败之地。

### 参考文献

[1] 杨洁, 宋婧. 人工智能与企业数实融合——基于数据资产化和数字创新能力的链式中介效应 [J]. 荆楚理工学院学报, 2025, 40(06): 79–95.

[2] 彭文红, 吴涛. 人工智能背景下科技企业孵化模式发展问题及对策研究——以常州市为例 [J]. 中国科技产业, 2025, (12): 63–65.

[3] 曹森. 国内外人工智能技术在网络安全应用领域的发展比较研究——以企业为研究对象 [J]. 信息通信技术, 2025, 19(06): 67–72.

[4] 曲显晓. 人工智能对企业环境、社会和公司治理 (ESG) 绩效的双向影响 [J]. 科技管理研究, 2025, 45(23): 158–168.

[5] 赖泳杏, 范利民. 人工智能对零售企业劳动力成本的影响——基于人力资本结构升级的中介效应 [J]. 企业科技与发展, 2025, (12): 1–5+68.

[6] 黄佩芳. 大数据与人工智能赋能企业预算制度改革的技术与管理协同研究 [J]. 知识经济, 2025, (34): 65–68.

[7] 周源, 代兴良, 许冠南. 人工智能如何影响企业颠覆性绿色创新——基于知识重组的视角 [J]. 管理评论, 2025, 37(11): 206–218.

[8] 赵瑞彤, 胡海晨. 人工智能的双重角色与企业突破式创新——基于资源编排理论的实证研究 [J]. 科技进步与对策, 2025, 42(23): 12–22.

[9] 谢在阳, 魏佳艺, 梁雪, 等. 营商环境何以驱动 ICT 企业人工智能创新：基于 fsQCA 与复杂中介模型的组态路径研究 [J]. 中国软科学, 2025, (11): 161–173.

[10] 廖宇. 人工智能技术影响下企业人力资源管理的变革探讨——基于新质生产力发展视角 [J]. 现代商贸工业, 2025, (23): 115–118.

[11] 林春培, 王世泽, 朱晓艳, 等. "赋能"vs"负能": 人工智能应用对高科技企业突破性创新的影响研究 [J]. 研究与发展管理, 2025, 37(06): 66–79.

# 通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用探索

林庆强<sup>1</sup>, 张永政<sup>2</sup>, 孙元绪<sup>2</sup>

1. 国网山东省电力公司莒南县供电公司, 山东 临沂 276600

2. 国网山东省电力公司蒙阴县供电公司, 山东 临沂 276200

DOI: 10.61369/TACS.2026040013

**摘 要 :** 在数智化时代, 人工智能已成为推动电力行业智能化转型升级的核心引擎, 其规模化发展高度依赖通信技术与电子信息技术的底层支撑。通信技术构建起人工智能数据传输的“神经网络”, 电子信息技术筑牢人工智能算力供给与数据处理的“硬件底座”, 二者与人工智能的深度融合, 打破了技术应用边界, 推动人工智能从理论探索走向产业化落地。本文阐述通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用价值, 重点围绕5G通信、边缘通信、集成电路、传感器等技术, 分析通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用, 为电力行业智能化升级提供参考。

**关 键 词 :** 通信技术; 电子信息技术; 人工智能; 应用

## Exploration of the Application of Communication Technology and Electronic Information Technology in the Field of Artificial Intelligence

Lin Qingqiang<sup>1</sup>, Zhang Yongzheng<sup>2</sup>, Sun Yuanxu<sup>2</sup>

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

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

**Abstract :** In the digital-intelligent era, artificial intelligence (AI) has become the core engine driving the intelligent transformation and upgrading of the power industry. Its large-scale development highly relies on the underlying support of communication technology and electronic information technology. Communication technology constructs the "neural network" for AI data transmission, while electronic information technology builds the "hardware foundation" for AI computing power supply and data processing. The in-depth integration of these two technologies with AI breaks the boundaries of technical application and promotes AI from theoretical exploration to industrialization. This paper elaborates on the application value of communication technology and electronic information technology in the field of AI, focusing on technologies such as 5G communication, edge communication, integrated circuits, and sensors to analyze their specific applications in AI. It aims to provide reference for the intelligent upgrading of the power industry.

**Keywords :** communication technology; electronic information technology; artificial intelligence (AI); application

## 引言

随着人工智能技术向深度学习、大规模数据处理、多场景落地方向快速发展, 其对数据传输的速率、时延、稳定性, 以及算力供给的高效性、低功耗提出了日益严苛的要求<sup>[1]</sup>。通信技术作为数据交互的核心载体, 承担着人工智能“数据流动”的关键使命; 电子信息技术作为硬件支撑核心, 通过专用芯片、嵌入式系统、传感器等设备, 解决人工智能算力供给、数据采集与信号处理的核心痛点。

当前, 5G、边缘通信、专用 AI 芯片、传感器等技术的迭代升级, 进一步推动了三者的深度融合, 在电力营销、电力运检、电网安全与智能服务等领域实现广泛应用<sup>[2]</sup>。由此, 加强通信技术与电子信息技术在人工智能领域的研究, 推动三者协同发展, 对提升人工智能应用效能, 保障电力行业智能化转型升级具有重要意义。

## 一、通信技术在人工智能领域的具体应用

通信技术作为人工智能数据传输与协同交互的核心载体, 其不同技术类型根据场景需求形成差异化应用路径, 覆盖模型训

练、推理部署、终端交互等全流程, 具体应用如下:

### (一) 5G 移动通信技术在人工智能领域的应用

5G 技术的三大应用场景与人工智能核心需求高度契合, 是当前人工智能大规模落地的通信支撑。

### 1. 支撑人工智能大规模模型训练

人工智能涉及大规模数据处理、大量设备的连接，以及复杂 AI 大模型的训练，而传统通信技术存在数据传输速率低、时延高的不足<sup>[9]</sup>。而 5G 通信技术具有 eMBB 特性，支持电网系统海量数据的高速率传输，使得分散在多终端的数据快速上传到云端平台，赋能模型训练效率提升，为智能调度、故障预判等场景的 AI 模型训练提供有力支撑。

### 2. 赋能人工智能实时推理与决策

电力调度、配网故障抢修等实时应用对时延要求极高，需毫秒级响应。5G 技术的 uRLLC 特性可将时延降至 1ms 以内，保障推理决策指令实时传输，规避应用风险，可实现电力巡检机器人 AI 控制实时响应、配网故障 AI 辅助诊断等应用，提升供电可靠性<sup>[10]</sup>。

### 3. 支撑大规模人工智能终端协同

人工智能在电力行业的规模化应用需大量终端设备协同，5G 技术的 mMTC 特性可实现每平方公里 100 万个终端连接，支撑大规模终端协同交互，在智能巡检、用电信息采集、智慧供电服务等场景中，可实现设备联动与 AI 精准控制，推动电力行业智能化升级。

## （二）边缘通信技术在人工智能领域的应用

边缘通信技术将通信与计算节点部署在终端附近，实现“数据就近采集、处理、决策”，有效解决传统云端人工智能时延高、带宽占用大、隐私泄露风险高的问题，适配电力行业现场运维需求<sup>[11]</sup>。

### 1. 推动人工智能推理的本地化部署

传统人工智能推理依赖云端算力，存在带宽占用大、时延高的问题。边缘通信与人工智能融合后，将轻量化 AI 推理模型部署在边缘节点，可实现电力现场设备监测数据在边缘侧完成推理决策，无需全量上传云端，大幅降低时延与带宽消耗，适配配网巡检、台区运维、用电异常监测等电力场景需求。

### 2. 支撑分布式人工智能协同推理

复杂人工智能任务单一边缘节点算力难以满足需求，边缘通信技术可实现多个边缘节点协同联动，构建分布式推理体系，共享数据与算力资源，协同完成复杂 AI 任务推理，提升电力调度、全域巡检、故障抢修等场景的处理效能，助力供电所高效开展运维工作。

## （三）物联网通信技术在人工智能领域的应用

物联网通信技术以低功耗、广覆盖、高连接密度为核心优势，为人工智能提供海量数据采集支撑，构建电力系统数据采集网络，适配电力行业多场景数据采集需求。

### 1. 农业人工智能的数据采集支撑

LoRa 低功耗广域网技术可部署在大面积农田，连接各类传感器，实时采集农田环境数据与农业用电数据，通过 AI 模型实现灌溉、施肥、病虫害防治精准控制及农业用电优化，推动农业生产智能化升级与节能用电。

### 2. 智慧城市场景的多维度数据采集

NB-IoT 技术具备高连接密度、低功耗特点，可连接城市各类终端设备及电力感知设备，实时采集交通流量、环境质量、用

电负荷等数据，为 AI 智慧城市管理平台及电力负荷调度提供支撑，实现交通调度、环境治理与电力负荷优化的协同管控<sup>[12]</sup>。

### 3. 智能家居的终端互联与数据交互

ZigBee 低功耗短距离通信技术适合室内智能家居互联，可连接各类智能设备与用电监测终端，采集用户使用习惯与用电数据，通过 AI 模型分析需求，实现设备自动调节、个性化用电服务与用电节能优化，提升家居智能化体验与供电服务质量。

## 二、电子信息技术在人工智能领域的具体应用

电子信息技术作为人工智能的“硬件底座”，贯穿“数据采集—模型训练—推理部署”全流程，通过集成电路、传感器、信号处理、嵌入式系统等核心技术，为人工智能在电力场景中的应用提供算力支撑、数据采集与处理能力，具体应用如下：

### （一）集成电路技术在人工智能领域的应用

集成电路技术是人工智能算力供给核心，专用 AI 芯片迭代升级，有效解决传统通用芯片算力不足、功耗过高问题，应用主要集中在模型训练与推理两个环节<sup>[13]</sup>。

#### 1. 支撑人工智能模型训练的专用芯片应用

深度学习模型训练需大规模并行计算能力，传统通用 CPU 串行架构难以满足需求。专用 AI 芯片通过架构优化具备强大并行计算能力，其中 GPU 是模型训练主流硬件，TPU 能效比更高，ASIC 芯片可实现算法与硬件深度适配，为电力调度、故障预判、负荷预测等人工智能模型向大参数、高精度方向发展提供支撑。

#### 2. 支撑人工智能推理部署的专用芯片应用

人工智能推理部署需兼顾算力与功耗，专用 AI 芯片通过差异化设计适配不同场景，尤其适配电力现场运维场景：FPGA 可编程、低延迟，适合电力巡检机器人、配网故障诊断等实时性要求高的场景；类脑芯片低功耗、高并行，适配新型 AI 模型与便携式电力监测终端；嵌入式 AI 芯片体积小、功耗低，可集成在各类电力终端设备中，支撑 AI 推理本地化部署。

### （二）传感器技术在人工智能领域的应用

传感器作为电子信息技术核心组成部分，是人工智能数据采集入口，可实现“人—机—物”多维度数据精准采集，为电力场景下的 AI 模型训练提供高质量数据<sup>[14]</sup>。

#### 1. 视觉传感器在人工智能领域的应用

视觉传感器（CMOS、红外、激光雷达等）是计算机视觉 AI 的核心数据来源，在电力巡检中支撑线路、设备缺陷识别与决策，在人脸识别用电身份验证中实现身份核验，在电力工业质检中提升设备检测效率，应用场景广泛且贴合电力工作实际。

#### 2. 声学传感器在人工智能领域的应用

声学传感器（麦克风阵列、声呐等）可采集声音数据，支撑语音识别、声纹识别、电力设备异响检测等应用，在电力语音调度、用电身份验证、设备故障预警等场景中发挥重要作用，助力供电所提升运维与服务效率。

#### 3. 环境传感器在人工智能领域的应用

环境传感器（温湿度、气体、振动等）可采集环境参数数

据，支撑电力设备运维、智能家居、工业监控、环境治理等应用，通过 AI 模型实现电力设备运行环境监测、故障预警与环境趋势分析，保障电力设备安全稳定运行<sup>[9]</sup>。

（三）信号处理技术在人工智能领域的应用

传感器采集的原始数据存在噪声、干扰等问题，难以直接用于人工智能模型训练，信号处理技术通过降噪、特征提取、数据融合等操作提纯数据，为电力场景下的 AI 模型提供高质量训练数据。

1. 数据降噪处理，提升数据质量

原始数据在采集、传输中易受干扰产生噪声，影响模型训练精度。信号处理技术通过数字滤波、卡尔曼滤波等方法去除噪声、提纯有效数据，保障电力语音调度、设备故障诊断等 AI 应用的准确性，助力供电所精准开展运维工作。

2. 特征提取，优化模型训练效率

原始数据包含大量冗余信息，信号处理技术通过傅里叶变换、小波变换等方法提取核心特征、去除冗余，优化 AI 模型训练效率，助力电力设备缺陷识别、负荷预测等场景的模型优化，提升电力系统智能化水平。

3. 数据融合，提升数据完整性

人工智能模型训练需多维度数据支撑，信号处理技术通过数据融合整合不同传感器、场景的采集数据，形成完整数据集，提升数据完整性，为电力调度、设备运维、故障抢修等场景的 AI 决策提供全面支撑，保障供电可靠性。

（四）嵌入式系统技术在人工智能领域的应用

嵌入式系统技术将硬件与软件深度融合，具备体积小、功耗低、实时性强的特点，可实现 AI 算法本地化部署，推动人工智能向电力终端设备普及。

1. 便携式智能终端的人工智能应用

嵌入式系统将轻量化 AI 算法集成在智能手机、便携式电力监测终端等设备中，实现 AI 应用本地化运行，支撑电力巡检数据实

时分析、用电身份核验、现场故障初步诊断等功能，提升供电所一线运维与服务效率<sup>[10]</sup>。

2. 工业终端的人工智能应用

嵌入式系统与人工智能融合，实现电力巡检机器人、智能电表、配电终端等工业终端的智能化升级，支撑电力设备精准监测、生产数据实时分析与故障预警，保障电力生产安全与供电稳定。

3. 智能家居终端的人工智能应用

嵌入式系统将 AI 算法集成在智能家居终端与用电监测设备中，实现语音控制、身份验证、用电优化等智能化功能，提升家居安全性、便捷性与用电节能水平，同时助力供电所精准掌握用户用电需求，提升供电服务质量。

三、结论与展望

综上所述，通信技术与电子信息技术是人工智能应用的支撑，二者与人工智能的深度融合，打破技术应用边界，推动人工智能从理论走向电力生产、供电运维、客户服务等场景的产业化落地，为电力行业升级与科技进步注入强劲动力，二者协同赋能人工智能在电力领域的快速发展。

当前，二者在人工智能领域的应用仍面临技术融合深度不足、核心技术瓶颈、数据安全风险、技术标准不统一等问题，制约应用效能提升。通过深化技术融合、加大核心技术研发、强化安全防护、推动标准统一等策略，可有效解决上述问题，推动三者协同发展。

展望未来，随着 6G 通信、量子芯片、新型传感器等技术迭代升级，三者融合将向“智能化、协同化、一体化”方向发展，赋能电力应用场景不断拓展，为数字经济发展与社会智能化转型提供有力支撑，推动我国在电力相关领域实现跨越式发展。

参考文献

[1] 樊杰. 人工智能领域中通信技术与电子信息技术的融合应用 [J]. 中国宽带, 2025, 21(12): 157-159.  
[2] 何楚翘, 马高磊. 人工智能领域计算机通信技术与电子信息技术分析 [J]. 中国新通信, 2025, 27(20): 16-18.  
[3] 夏荣剑. 电子信息技术在人工智能领域的应用 [J]. 智慧中国, 2025, (07): 14-15.  
[4] 平峰. 通信技术与电子信息技术应用于人工智能领域的思考 [J]. 电子元器件与信息技术, 2025, 9(05): 181-183.  
[5] 靳玉哈. 计算机通信技术与电子信息技术在人工智能领域的实践探析 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(15): 163-165.  
[6] 冯佳康, 黄昊. 计算机通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用分析 [J]. 数字通信世界, 2023, (10): 110-112.  
[7] 赵文彬. 5G 移动通信技术在人工智能领域中的应用探析 [J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(05): 95-97.  
[8] 刘通. 计算机通信技术与电子信息在人工智能领域的应用分析 [J]. 电子元器件与信息技术, 2022, 6(10): 175-178.  
[9] 徐志胜. 计算机通信技术与电子信息在人工智能领域的实践应用 [J]. 数字技术与应用, 2022, 40(03): 93-95.  
[10] 周睿. 计算机通信技术与电子信息技术在人工智能领域的应用分析 [J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8(03): 55-58.

# 人工智能驱动产教融合：高职育人模式创新与理论探析

杜妍

武汉软件工程职业学院，湖北 武汉 430205

DOI: 10.61369/TACS.2026040016

**摘 要：** 在职业教育数字化转型全面提速、产教融合提质增效成为国家战略的时代背景下，人工智能技术为破解高职传统产教融合育人瓶颈，提供了关键技术支撑与系统性革新路径。当前高职产教融合普遍存在校企协同松散、育人场景与产业岗位脱节、人才培养精准度不足、AI 应用浮于表面等现实困境，难以适配产业数字化转型对高素质技术技能人才的核心需求。基于此，本文立足纯理论研究视角，聚焦人工智能驱动产教融合的内在耦合逻辑，以高职育人模式创新为核心议题，梳理相关理论基础、研判现实痛点，构建“AI 赋能 + 产教协同”全链条育人创新模式，拆解四大核心运行模块的理论内涵与实施路径，剖析模式落地的现实梗阻及深层成因，最终提出针对性优化策略与发展建议。研究旨在填补人工智能与产教融合深度耦合的理论研究空白，为高职院校深化产教融合改革、推进数字化育人转型提供理论参考与实践指引，助力高职教育高质量发展。

**关 键 词：** 人工智能；产教融合；高职教育；职业教育数字化

## Artificial Intelligence-Driven Integration of Industry and Education: Innovation and Theoretical Analysis of Talent Cultivation Models in Higher Vocational Colleges

Du Yan

Wuhan Vocational College of Software and Engineering, Wuhan, Hubei 430205

**Abstract：** Against the backdrop of the accelerated digital transformation of vocational education and the upgrading of industry-education integration as a national strategy, artificial intelligence technology provides critical technical support and a systematic innovation path for addressing the bottlenecks in the traditional industry-education integrated talent cultivation in higher vocational colleges. At present, the industry-education integration in higher vocational education is generally plagued by practical dilemmas such as loose school-enterprise collaboration, disconnection between education scenarios and industrial positions, insufficient precision in talent cultivation, and superficial AI application. These problems make it difficult to meet the core demand for high-quality technical and skilled talents in the context of industrial digital transformation. From a purely theoretical perspective, this paper focuses on the internal coupling logic of artificial intelligence-driven industry-education integration, with the innovation of talent cultivation models in higher vocational colleges as the core theme. It sorts out relevant theoretical foundations, identifies practical pain points, constructs a full-chain innovative talent cultivation model of "AI empowerment + industry-education collaboration", dissects the theoretical connotations and implementation paths of its four core operational modules, and analyzes the practical obstacles and deep-seated causes for the model's implementation. Finally, targeted optimization strategies and development suggestions are proposed. This study aims to fill the theoretical research gap in the deep coupling between artificial intelligence and industry-education integration, provide theoretical references and practical guidelines for higher vocational colleges to deepen the reform of industry-education integration and promote digital talent cultivation transformation, and support the high-quality development of higher vocational education.

**Keywords：** artificial intelligence; integration of industry and education; higher vocational education; digitalization of vocational education

## 引言

### 研究背景与意义

数字经济推动产业升级与数字化转型，市场对技术技能人才的需求向精准化、复合型转变，职业教育深化产教融合、革新育人模式

项目信息：中国成人教育协会科学研究课题，课题名称《产教融合视域下人工智能赋能中高职与成人教育协同的实践模式研究》，课题编号：2025-0153Y。

作者简介：杜妍（1996.02—），女，汉族，甘肃兰州人，讲师，人工智能训练师，湖北省技术能手。研究方向：人工智能与职业教育融合、中高职衔接、成人教育协同、产教融合实践创新等。

成为高质量发展的必然选择。国家相继出台《国家职业教育改革实施方案》等政策，要求推动新一代信息技术与职业教育深度融合，破解校企协同“两张皮”等痛点<sup>[1]</sup>，人工智能与职业教育的融合也成为学界研究热点<sup>[2]</sup>。

当前高职产教融合育人实践仍存诸多短板：校企协同缺乏长效机制，企业参与动力不足；人才培养方案与课程内容滞后于产业发展，实践教学脱离岗位需求<sup>[3]</sup>；育人方式标准化，缺乏个性化设计；考核评价重结果轻过程；人工智能仅应用于线上教学等浅层环节，未融入产教协同全流程<sup>[4]</sup>。在此背景下，从理论层面探究人工智能驱动的产教融合育人创新模式，既能填补理论研究碎片化短板，也能为高职数字化育人改革提供系统性支撑。

### 国内外研究现状

国外职业教育技术赋能产教融合研究起步早，聚焦人工智能在虚拟实训、智能匹配等方面的应用，形成了数字化与双元制、现代学徒制融合的育人范式，但研究语境基于发达国家职教体系，与我国适配性不足<sup>[5]</sup>。

国内研究多聚焦产教融合机制创新、人工智能单一应用路径，针对二者深度耦合、高职育人模式系统性革新的理论研究匮乏，部分实践探索类研究缺乏对模式内核与运行逻辑的深层剖析<sup>[6]</sup>。本文立足纯理论视角，梳理技术赋能与产教融合的耦合关系，构建完整的育人模式理论框架，弥补现有研究不足。

### 研究思路与方法

本文遵循“理论剖析—现状研判—模式构建—逻辑阐释—路径优化”的研究思路，依托文献梳理与逻辑推演开展研究，采用四种方法：一是文献研究法，梳理职业教育数字化、产教融合等领域核心文献，夯实理论基础；二是逻辑演绎法，推导人工智能驱动产教融合的内在机理与育人逻辑；三是归纳总结法，提炼传统育人模式痛点，构建并拆解创新模式运行机制；四是对比分析法，辨析传统与创新模式的核心差异，凸显技术赋能的革新价值。

## 一、核心概念与理论基础

### （一）核心概念界定

人工智能驱动产教融合：以人工智能算法、大数据分析等技术为核心驱动力，打破校企时空与信息壁垒，实现产业需求精准传导、教学资源动态优化，推动产教融合从“浅层合作”向“深度耦合、利益共生”转型的新型育人形态。

高职育人模式：高职院校围绕高素质技术技能人才培养目标，整合校企资源、重构课程体系、优化实践流程、完善考核机制的系统性方案，是人才培养理念、路径与保障的集中体现，直接决定培养质量与产业适配度。

### （二）理论基础

其一，协同治理理论，为校企、行业、政府等多方主体协同育人提供理论支撑，明确各主体权责边界与协作逻辑，推动实现资源互补、利益共享、风险共担，夯实产教深度融合的制度基础<sup>[7]</sup>；其二，个性化学习理论，依托人工智能技术精准刻画学生学习画像，定制差异化教学与实训方案，打破传统标准化育人局限，提升育人针对性与实效性<sup>[8]</sup>；其三，产教融合理论，立足产业需求导向，推动教学链、产业链、创新链有机衔接，强调人才培养与产业发展同频共振，保障育人方向始终贴合市场需求<sup>[9]</sup>；其四，技术赋能教育理论，阐释信息技术对教育教学流程、形态、质量的重构作用，明确人工智能在优化教学环节、提升育人效率、革新教育模式中的核心价值<sup>[10]</sup>。

## 二、人工智能驱动产教融合的现实逻辑与痛点研判

### （一）人工智能驱动产教融合的内在逻辑

从价值逻辑看，人工智能赋能产教融合是职业教育适配数字经济、落实国家战略的必然选择，核心是提升人才培养质量；从

技术逻辑看，人工智能通过数据采集、智能分析等实现产业需求与育人环节无缝对接，打通校企信息壁垒；从运行逻辑看，技术赋能贯穿人才培养全流程，推动产教融合向“全链条、全方位协同”转变，形成闭环育人体系<sup>[11]</sup>。

### （二）高职传统产教融合育人模式的核心痛点

一是校企协同机制松散，缺乏利益联结，院校育人与企业用人脱节；二是人才培养方案固化，课程内容滞后，实践教学场景单一，脱离岗位技术要求；三是育人方式标准化，无个性化设计，无法适配学生差异化需求；四是考核评价体系单一，重理论轻实践、重结果轻过程，难以全面衡量学生能力与素养；五是人工智能应用浮于表面，仅为辅助教学工具，未融入产教协同核心环节，赋能价值未充分释放。

## 三、人工智能驱动产教融合的高职育人创新模式构建

### （一）模式构建原则

坚守五大核心原则，兼顾理论合理性与实践可行性：一是产业导向原则，紧跟行业与岗位需求变化；二是技术赋能原则，推动人工智能与教育教学深度融合；三是协同共赢原则，兼顾院校与企业需求，构建多方共生协作体系；四是落地可行原则，立足高职办学与产业发展实际；五是动态迭代原则，顺应产业与技术发展，持续优化模式模块与路径。

### （二）模式核心架构与运行模块

构建“AI 赋能 + 产教协同”全链条育人创新模式，以人工智能为技术支撑、产教深度融合为核心，围绕人才培养“需求对接—教学实施—协同管理—评价考核”全流程，拆解为四大有机衔接的核心运行模块，形成闭环式理论育人框架。

AI 驱动产业需求精准对接模块：作为逻辑起点，依托人工智能大数据平台抓取企业岗位技能需求、技术标准等数据，算法分

析研判人才缺口，反向重构培养方案、动态调整课程设置，从源头实现产业需求与育人目标无缝对接。

AI 赋能课程与实训重构模块：作为核心实施环节，立足企业真实岗位要求，依托 AI 虚拟仿真技术搭建沉浸式实训场景，破解高危、高成本岗位实操难题；通过 AI 分析学生学习数据，推送个性化资源与实训任务，实现现实深度融合。

AI 支撑校企协同共管模块：作为运行保障，搭建数字化校企协同管理平台，界定院校、企业、行业权责，实现教学、实训、实习的全程溯源与管控；推动企业参与培养方案制定、课程开发，鼓励教师深入企业实践，构建长效协同机制。

AI 多元评价考核模块：作为成效检验环节，摒弃单一笔试模式，利用 AI 采集学生实训、课堂表现、企业评价等多维度数据，构建过程与结果结合、定量与定性统一、院校与企业共评的多元化评价体系，精准衡量育人成效与人才质量。

## 四、创新模式落地的现实梗阻与深层成因

### （一）表层现实梗阻

一是技术落地成本偏高，高职办学经费有限，中小微企业技术投入意愿低，AI 平台与仿真系统搭建存在资金障碍；二是师资数字化素养薄弱，部分教师缺乏 AI 应用能力与产教融合经验，难以适配模式运行要求；三是校企权责划分模糊，缺乏利益共享与风险分担机制，企业参与主动性不足；四是数据安全与隐私保护体系不完善，AI 平台数据采集、使用存在潜在风险。

### （二）深层成因剖析

从制度层面，产教融合政策配套不完善，缺乏针对性激励与约束机制，多方协同的制度保障不足；从理念层面，部分院校与企业固守传统思维，对人工智能赋能的核心价值认知不足，技术应用与育人改革脱节；从资源层面，校企优质资源共享渠道不畅，行业协会桥梁作用未充分发挥，资源整合力度不足；从评价层面，传统应试化、结果化评价思维根深蒂固，多元化、过程性评价体系未形成行业共识<sup>[12]</sup>。

## 五、模式优化路径与发展策略

推进高职数字化产教融合提质增效，需从顶层设计、技术落地、师资培育、运行协同四大维度统筹发力、一体推进，构建全

参考文献

链条、闭环式的优化体系。

首先聚焦顶层设计优化，着力完善制度保障体系，依托政府出台专项扶持政策，持续加大数字化产教融合经费投入，建立企业参与育人的税收减免、荣誉表彰等多元激励机制，同时明确校企多方权责边界，制定标准化协同育人规范，搭建利益共享、风险共担的长效合作机制，为产教融合深度开展筑牢制度根基。

在此基础上优化技术实施路径，切实降低 AI 技术落地应用门槛，联合科技企业、行业协会搭建区域性公共 AI 育人平台，针对性开发轻量化、低成本的智能教学与实训工具，同步推动 AI 技术与院校现有教学平台兼容升级，避免重复建设造成资源浪费，并且健全数据安全防护体系，筑牢育人全流程安全防线。

针对师资短板发力推进师资建设优化，全面提升数字化育人能力，构建常态化、系统化的师资培训体系，常态化开展 AI 技术应用、产教融合实务等专题培训，推动教师转变传统育人理念，同时建立校企师资双向流动机制，严格落实教师企业实践、企业导师进校园授课制度，全力打造素质过硬、结构合理的双师型数字化师资队伍。

最后强化运行机制优化，打破校企信息壁垒，建立产业需求动态传导机制，推动人才培养方案与课程体系紧跟产业发展实时迭代，充分发挥行业协会桥梁纽带作用，搭建高效互通的多方沟通平台，统筹调配各类优质资源，创新校企合作载体形式，深化订单培养、共建实训基地等合作模式，持续提升多方协同育人的粘性与实效。

## 六、结论与展望

本文系统剖析了人工智能驱动产教融合的内在逻辑，针对高职传统产教融合育人模式的核心痛点，构建了“需求对接—教学实施—协同管理—评价考核”四大模块有机衔接的全链条育人创新模式，厘清了模式运行的理论内涵与实施路径，并深度剖析了模式落地的现实梗阻与优化策略。研究证实，人工智能与产教融合的深度耦合，是高职育人模式革新的核心方向，能够从根本上破解校企协同脱节、人才培养错位等长期痛点，为高职教育数字化转型提供可参考的理论范式。

未来研究将进一步结合后续实践发展，补充典型案例分析与实践成效检验，推动理论研究与实践落地深度结合，持续完善高职数字化产教融合育人体系，助力职业教育高质量发展，为产业数字化转型输送更多高素质技术技能人才。

[1] 中华人民共和国国务院. 国家职业教育改革实施方案 [Z]. 2019.

[2] 张尧学. 职业教育数字化转型的内涵、逻辑与路径 [J]. 教育研究, 2023(05): 12-18.

[3] 匡瑛. 职业教育产教融合的理论逻辑、现实困境与实践路径 [J]. 教育研究, 2022(08): 67-75.

[4] 王健. 人工智能赋能职业教育实训教学的实践路径 [J]. 职教论坛, 2023(10): 92-97.

[5] 赵志群. 职业教育产教融合的国际比较与经验借鉴 [J]. 中国职业技术教育, 2022(15): 56-62.

[6] 李政. 产教融合视域下高职数字化育人模式创新研究 [J]. 中国职业技术教育, 2024(02): 78-83.

[7] 俞可平. 协同治理理论与中国治理现代化 [M]. 北京: 中央编译出版社, 2021.

[8] 祝智庭. 个性化学习的理论与实践重构 [J]. 中国电化教育, 2022(07): 1-8.

[9] 徐国庆. 职业教育产教融合的本质、内涵与实现路径 [J]. 教育研究, 2021(09): 89-96.

[10] 朱永新. 人工智能与未来教育 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2023.

[11] 吴南中, 夏海鹰. 人工智能赋能职业教育的价值逻辑与实践范式 [J]. 职业技术教育, 2023(13): 23-28.

[12] 刘育锋. 职业教育产教融合政策执行困境与破解策略 [J]. 职业技术教育, 2022(31): 12-17.

# 小龙虾机器人在 AI 教学中的应用研究

段珊, 李伟, 周燕

江西科技职业学院, 江西 南昌 330200

DOI: 10.61369/TACS.2026040025

**摘 要 :** 在教育数字化全面推进背景下, 人工智能技术正在重塑高职教学形式。传统 AI 教学工具成本高、部署难、数据安全性差, 难以适配基层院校。而以小龙虾作为开源免费、支持本地部署、零代码操作的多模态 AI 助手, 它数据安全可控、上手快、实操性强, 为基层院校提供了低成本落地智慧教学的新路径。本文基于江西科技职业学院的教学实践, 结合文献研究、案例分析与行动研究方法, 系统分析出小龙虾在高职教学中的技术特征、应用场景、实施成效及存在问题, 并提出优化策略。研究显示, 此工具可明显提升备课、批改效率, 增强课堂互动性, 助力个性化教学落地, 并保障数据安全。研究结果可为各同类院校提供参考, 推动高职教育数字化高质量发展。

**关 键 词 :** 小龙虾机器人; AI 教学; 人机协同; 人工智能

## Research on the Application of Shrimp Robot in AI Education

Duan Shan, Li Wei, Zhou Yan

Jiangxi Vocational College of Science and Technology, Nanchang, Jiangxi 330200

**Abstract :** Against the backdrop of the comprehensive advancement of educational digitalization, artificial intelligence technology is reshaping the teaching paradigm of higher vocational education. Traditional AI teaching tools are plagued by problems such as high costs, difficult deployment, and poor data security, making them unsuitable for the actual school-running conditions of grassroots colleges. As an open-source, free, locally deployable, and code-free multimodal AI assistant, OpenClaw enjoys advantages including controllable data security, easy operation, and strong practicability, providing a new approach for grassroots colleges to carry out intelligent teaching at a low cost. Based on the teaching practice of Jiangxi Science and Technology Vocational University, this paper systematically analyzes the technical characteristics, application scenarios, implementation effects and existing problems of OpenClaw in higher vocational teaching by adopting literature research, case analysis and action research, and puts forward corresponding optimization strategies. Research shows that this tool can significantly improve teachers' efficiency in lesson preparation and homework correction, enhance classroom interaction, facilitate the implementation of personalized teaching, and effectively ensure data security. The research results can provide practical references for similar higher vocational colleges and promote the high-quality digital development of higher vocational education.

**Keywords :** crayfish robot; AI teaching; Human-Robot collaboration; artificial intelligence

## 引言

在高职教育数字化改革的不断深入下,《职业教育数字化战略行动实施方案》提出了构建智能化、实践化、个性化的教学体系,用以提升技术技能人才培养质量<sup>[1]</sup>。各高职院校作为区域技能人才培养的主阵地,面临着学生基础差异大、任务重、经费有限等,急需低成本、易操作、安全可控的 AI 教学工具赋能教学,来破解这些传统教学模式效率不高、互动不足、因材施教、落实不到位的问题。

主流 AI 教学平台采用云端架构,授权成本较高,学生隐私数据上传云端后泄露风险加大,不符合教育数据安全管理的有关规定<sup>[2]</sup>。复杂的操作界面与较高的技术门槛限制了中老年教师的使用,致诸多院校智慧教学平台难以融入日常教学。现有研究多在对通用大模型在教育领域的一些宏观应用探讨,而对开源轻量化、贴近教学实操的 AI 助手研究不多,尤其缺少结合各高职院校实际教学场景的实践研究<sup>[3]</sup>。因此,本文以江西科技职业学院的互动教学为例,系统探讨小龙虾在 AI 教学中的应用路径、实践成效、现存问题与改进策略。

## 一、小龙虾的技术特性及教学适配性

### (一) 核心技术

小龙虾是面向教育场景设计的开源多模态 AI 工具,具备四

项关键技术特征: 1、它具备多模态交互能力,支持图形、图像、音频、文档等多形式的输入输出,能适配不同学科的教学交互需求<sup>[4]</sup>; 2、它能本地化部署架构,所有数据均可存储于校园内网,无需上传第三方,降低隐私泄露风险; 3、零代码自然语言交互,

教师无需具备编程基础，通过口语化指令即可完成教案生成、课件制作、作业批改等操作，大幅降低使用门槛；4、开源可定制架构，可结合人工智能等专业特点进行功能扩展与模块优化，提升专业教学适配度<sup>[5]</sup>。

### （二）教学适配优势

小龙虾的技术特性与高职院校教学需求相契合，有应用优势。1、开源免费的特点使院校无需承担高额成本，适合基层院校全面普及推广；2、本地化部署模式严格符合教育数据安全与隐私保护规范，有效避免数据泄露风险，保障校园信息安全<sup>[6]</sup>；3、操作流程简洁易懂，短时间培训即可熟手，能适配不同年龄的教师使用；4、可快速生成教案、实训指导书、课程任务单等，高度契合高职院校项目化、实践化、重实操的教学特点<sup>[7]</sup>。

## 二、小龙虾在 AI 教学中的应用

### （一）备课：智能提效，

备课是教学的重要环节，也是工作量最多的部分。小龙虾可显著提升备课效率与质量，教师只需输入课程名称、教学目标、重难点、课时安排等信息，小龙虾即可自动生成结构完整、逻辑清晰、包含教学流程、活动设计、板书规划的规范教案<sup>[8]</sup>。还可一键提取教材核心知识点，整合行业案例、习题与素材，生成配套的 PPT 课件，大幅减少教师搜集资料、排版制作的时间。针对人工智能专业，小龙虾可快速梳理《Python 数据分析》、《小龙虾控制技术》等核心课程的知识框架，自动匹配行业应用案例与实操要点，帮助教师优化教学设计。

### （二）教学：多模态互动，激活课堂

高职学生学习主动性差异大，传统讲授模式会使学生注意力不集中。小龙虾作为智能助教，可有效打造互动课堂。在课堂上，小龙虾承担着答疑工作，解答学生概念性、常识性问题，减轻教师课堂答疑压力，提升教学效率<sup>[9]</sup>。针对人工智能专业中数据流程、系统架构、业务逻辑等抽象知识点，小龙虾可通过动态可视化方式进行演示，将抽象内容转为直观图，让课堂氛围更加活跃。

### （三）作业评价：智能批改，精准反馈

作业批改是高职教师耗时最多的工作，而小龙虾可实现作业智能化批改与高效反馈，针对选择、判断、填空题，可通过图像识别与文本比对快速完成批量批改，自动统计高频易错点，形成基础学情数据；针对论述题、案例分析、课程设计报告等题，可从内容逻辑、知识点契合度、结构是否规范等维度进行评分，并给出针对性修改建议<sup>[2]</sup>。批改完成后，系统自动生成班级学情分析报告，清晰呈现班级整体学习状况与学生个体薄弱环节，为教师精准调整教学策略、优化教学内容提供数据支撑。

### （四）辅导：分层施教，因材施教

因职业院校学生知识基础、学习能力差异明显。小龙虾可基于学情数据为不同层次学生提供个性化辅导，对基础差的学生推送基础知识点讲解、简单实操练习，帮助其夯实基础、建立信心；对基础中等学生强化重难点巩固，提供变式训练与综合案

例，提升专业应用能力；对基础较好的学生推送行业前沿案例、拓展课题与技能竞赛资源，培养创新思维与综合素养<sup>[5]</sup>。学生可随时向小龙虾进行提问、查阅资料、自主练习，实现随时随地个性化学习，真正落实因材施教理念。

### （五）教研：数据赋能，提高水平

教研上，小龙虾可有效助力教师提升教研效率。小龙虾可自动汇总教学案例、整理文献资料、筛选优秀教学设计，协助教师撰写教学反思、教研论文与课题申报材料，简化教研准备流程<sup>[9]</sup>。还可梳理课堂教学、对作业完成、学情变化数据全程监测，开展教学效果复盘分析，帮助教师精准发现问题、优化教学方法。最后还能支持教研组资源共享与协同备课，促进教师跨学科交流，推动人工智能等专业课程改革与教学创新，助力教师专业能力的提升。

## 三、江西科技职业学院应用成效

江西科技职业学院于2026年1月在人工智能、人工智能等专业启动小龙虾教学试点，覆盖37名一线教师与1300余名学生。经过本学期实践应用，教学成效显著。

在教学效率方面，教师单课时备课时间从120分钟缩短至45分钟，作业批改效率提升68%以上，大幅减轻重复性工作，使教师能够将更多精力投入教学设计、实训指导与师生互动中<sup>[9]</sup>。在教学质量方面，学生课堂活跃度提升40%，学习主动性明显增强，玩手机睡觉现象减少。各专业核心课程合格率从53%提升至70%，学生专业实操能力有明显进步。在数据安全上，所有教学数据与学生信息均实现校内本地化存储，未出现任何隐私泄露问题，完全符合校园数据安全要求。同时，中老年教师均能快速上手并熟练使用，逐步形成“教师主导+AI辅助”的常态化教学模式，整体应用效果获得师生广泛认可。

## 四、存在问题

### （一）专业深度适配能力有限

小龙虾在公共基础课、文科类课程中应用效果较好，但面对机电、机器人维修、护理等专业性较强的课程，在高阶知识推理、综合案例分析、复杂实训指导等方面彰显不足，难以满足高职深度专业教学与实训的教学需求<sup>[9]</sup>。

### （二）学科覆盖范围不均

小龙虾功能开发偏向理论类课程，对实验类、实训实操类、艺术体育类课程适配性较弱，功能覆盖存在明显的学科差异，无法满足高职院校对多学科、多类型课程的教学需求，应用范围存在着局限性。

### （三）教师融合应用能力参差不齐

学校部分老师仅将小龙虾作为教案生成、作业批改的简单工具，停留在浅层应用层面，缺乏将 AI 技术与专业教学设计、课堂逻辑、实训流程深度的融合，不能发挥小龙虾的智能赋能价值<sup>[10]</sup>。

#### （四）人机协同教学模式不成熟

目前小龙虾还在发展中，其应用多停留在工具辅助层面，没形成系统化、规范化的人机协同教学体系，教师与小龙虾的教学分工不够清晰，缺少成熟的融合教学方案，导致小龙虾智能价值未能完全释放。

## 五、优化策略

#### （一）技术迭代升级，强化专业适配

依托开源社区优势，联合技术团队与一线教师，针对信息管理、数据库、财务等高职核心专业开发专属功能模块，提升专业知识推理、综合案例分析、实训流程指导等深度能力 [4]，同时集成语音交互、动态可视化等功能，丰富教学交互形式，提升多学科课程适配度。

#### （二）分层分类培训，提升应用能力

针对各年龄段、技术水平不同的教师开展分层培训，对中老年教师重点开展基础实操培训，简化操作流程；对青年教师强化“AI+ 专业教学设计”高阶培训，提升技术与教学融合能力 [8]。建立校内示范课堂与优秀案例库，以点带面提升整体教师应用水平。

#### （三）构建协同体系，明确人机分工

确立“教师为主导、小龙虾为辅助”的定位，梳理清晰分

工：教师负责重难点讲授、价值引领、专业指导、综合评价；小龙虾承担资料整理、作业批改、基础答疑、数据统计、个性化推送等重复性工作<sup>[2]</sup>，构建高效协同教学模式。

#### （四）完善制度保障，推动常态应用

学校制定小龙虾教学应用规范与数据安全管理制度，明确数据使用与管理要求；将 AI 教学应用成效纳入教师教学考核，激励教师深入应用；建立常态化反馈机制，持续优化功能与服务，实现智慧教学规范化、长效化运行<sup>[1]</sup>。

## 六、结论

小龙虾作为开源、本地化、轻量化的 AI 教学工具，为推进教育数字化转型提供了低成本、高安全、易落地的有效方案。其在备课、教学、作业评价、个性化辅导、教研中全流程应用，可提升教学效率与质量，减轻教师负担，助力因材施教，能有效保障教育数据安全，具备较强实践推广价值。

小龙虾在专业深度适配、学科覆盖均衡性、教师融合应用能力与人机协同体系建设等方面存在着提升空间，通过技术升级、对师资的培训、在模式上的创新、制度的完善将持续优化。未来小龙虾将进一步融入高职各专业的教学全过程，完善专业功能模块，成为推动职业教育数字化转型与高质量发展的重要支撑，为区域高素质技术技能人才培养提供更多助力。

## 参考文献

- [1] 教育部. 职业教育数字化战略行动实施方案（2023—2027）[Z]. 2023.
- [2] 张立国, 王冉. 人工智能赋能教育教学的实践路径[J]. 中国电化教育, 2024(2):45-52.
- [3] 李艳. 开源 AI 工具在职业教育中的应用探索[J]. 职业技术教育, 2025(5):36-38.
- [4] 王健. 本地化 AI 教学助手的数据安全策略[J]. 中国教育信息化, 2025(10):78-81.
- [5] 刘敏. 人机协同教学模式在高职智慧课堂中的应用[J]. 教育信息技术, 2026(1):23-25.
- [6] 陈晓明. 高职教师 AI 教学能力提升路径[J]. 教师教育研究, 2024,36(3):89-94.
- [7] 赵雪梅. 高职院校 AI 教学工具应用现状与优化[J]. 基础教育参考, 2025(8):67-69.
- [8] 周海涛. 教育数据安全与隐私保护制度建设[J]. 中国教育学刊, 2024(S1):112-114.
- [9] 刘永红. 信息管理类专业数字化教学改革研究[J]. 高等职业教育探索, 2025(4):44-49.
- [10] 程志强. 高职院校 AI 教学应用困境与突破路径[J]. 职业教育论坛, 2026(2):50-55.

# AI 辅助的 JavaEE 课程实践教学改革研究

## ——基于华为云平台

林涛, 张扬嵩

福州理工学院, 福建 福州 350001

DOI: 10.61369/TACS.2026040040

**摘 要 :** 随着软件开发技术的不断发展, 传统教学模式下的《JavaEE 应用开发》课程在教学实践性、学生参与度方面逐渐显示不足。为提升教学质量, 本文以项目驱动教学模式的基础上, 结合 AI 大模型辅助编程技术, 对课程实践教学模式进行了改革研究。在此基础上, 引入华为云平台构建统一的实践教学环境, 使学生能够在接近真实企业环境的条件下开展开发实践。实践结果表明, 该教学模式有效提升了学生的学习兴趣及工程实践能力。

**关 键 词 :** JavaEE; AI 辅助编程; 华为云; 教学改革

## Research on AI-Assisted Practical Teaching Reform in JavaEE Courses —Based on the Huawei Cloud Platform

Lin Tao, Zhang Yangsong

Fuzhou University of Technology Fuzhou, Fujian 350001

**Abstract :** With the continuous advancement of software development technologies, the traditional teaching model for the "Java EE Application Development" course has gradually revealed shortcomings in terms of practical application and student engagement. To improve teaching quality, this paper conducts a study on reforming the course's practical teaching model by integrating AI large-model-assisted programming technology into a project-driven teaching framework. Building on this foundation, the Huawei Cloud platform is introduced to establish a unified practical teaching environment, enabling students to engage in development practice under conditions that closely resemble a real-world enterprise environment. Practical results indicate that this teaching model has effectively enhanced students' interest in learning and their engineering practical skills.

**Keywords :** JavaEE; AI assisted programming; Huawei Cloud; educational reform

## 引言

在传统教学模式下, 《JavaEE 应用开发》课程在实施过程中逐渐暴露出实践环节薄弱、学生参与度不高以及工程实践能力不足等问题。近年来, AI 技术的快速发展为程序设计教学提供了新的技术支撑, 尤其是 AI 辅助编程工具, 在代码生成、调试优化等方面展现出显著优势。同时, 云平台技术的广泛应用, 企业开发模式不断向平台化和工程化方向发展。在此背景下, 将 AI 辅助编程与云平台技术引入课程教学, 成为提升实践教学质量的重要路径。本文以《JavaEE 应用开发》课程为研究对象, 提出一种融入 AI 辅助编程以及华为云平台的实践教学改革模式, 通过重构教学内容、优化教学方法, 提升学生的工程实践能力。

## 一、教学存在问题与优化思路

### (一) 实践教学环节不足及优化路径

传统 JavaEE 应用开发课程多聚焦于“掌握 JavaEE 开发模式、理解 Java 主流框架原理”等理论知识表述, 缺乏与行业岗位需求的关联映射。计算机类专业毕业要求提出“具备解决复杂工

程问题的能力”、“能够参与团队协作”等核心实践环节指标, 却未将宏观要求细化为课程的具体实践能力产出, 导致教学实施缺乏精准导向<sup>[1]</sup>。学生难以参与完整的软件开发流程, 无法形成对企业级项目开发的整体认知。同时, 传统教学环境多依赖本地配置, 开发与部署环境割裂, 不利于培养学生的工程实践能力。

在此过程中, 引入 AI 辅助编程工具, 支持代码生成、错误定

作者简介:

林涛, 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为软件开发、大数据、人工智能等, 教改项目: 《JavaEE 应用开发》实践教学模式的改革与创新;

张扬嵩, 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为华为开发技术栈、人工智能等。

与调试优化，降低开发门槛，同时引导学生理解 AI 生成代码的逻辑结构，提升其分析与改进能力<sup>[2]</sup>。另外，在实践环境方面，依托华为云平台构建统一的工程化开发环境，打破传统本地开发与实际应用环境割裂的问题。

### （二）学生参与度不高及提升策略

在以教师讲授为主的课堂模式下，学生多处于被动接受知识的状态，缺乏主动深入思考的机会。尤其是在《JavaEE 应用开发》课程中，涉及技术体系较为复杂，包含如 SSM 框架、前后端交互、数据库设计等多个模块，整体学习门槛较高。课程实践的代码量较大、配置繁琐，且各模块之间关联性强，导致部分学生在实践初期频繁受挫。同时，由于课堂教学以统一进度推进，基础较弱的学生容易跟不上进度，而基础较好的学生则缺乏进一步探索的空间，从而整体影响课堂参与度。

引入 AI 辅助编程工具 TRAE，在编程学习上给学生带来极大的便利。TRAE 可以自动完成烦琐和重复性任务（如代码生成、注释撰写），提升了编程效率。另外，TRAE 可提供即时反馈和帮助，使学生能够快速克服学习障碍，从而增强编程学习的获得感，提升学习动机<sup>[3]</sup>。

### （三）评价方式单一及多元评价机制构建

传统课程考核多以简单实验报告为主，评价内容侧重理论知识掌握情况，缺乏对实践能力、团队协作能力及项目开发能力的综合评价。评价方式单一，难以全面反映学生的真实学习效果。另外，在引入 AI 辅助编程工具的背景下，如果缺少相应的评价标准，也容易出现学生过度依赖 AI 生成代码、忽视代码理解，从而影响学习效果的真实性。

针对上述问题，本文构建了以过程性评价为主、结果性评价为辅的多元评价机制。另外，结合 AI 辅助编程的使用情况，重点考察学生对 AI 生成代码的理解能力、修改能力等，引导其合理使用 AI 工具。

## 二、基于 AI 辅助编程的教学模式设计

针对上述问题，本文构建了以项目驱动为核心、AI 辅助编程为支撑、华为云平台为实践环境的教学模式，从教学目标、教学内容、教学过程及评价体系等方面进行系统设计。

### （一）教学目标体系构建

在教学目标设计上，以 AI 辅助编程为驱动，以工程实践能力培养为核心，构建“知识—能力—素养”三位一体的教学目标体系，推动课程由“知识传授导向”向“能力培养导向”转变<sup>[4]</sup>。

在知识层面，围绕 JavaEE 应用开发核心内容，系统构建课程知识体系，使学生掌握 Web 开发基本原理、主流开发框架、数据库技术以及前后端交互机制等关键知识，并在此基础上理解现代软件开发的基本架构与技术体系。

在能力层面，强调“AI 辅助开发能力”与“工程实践能力”的协同培养。一方面，引入 AI 大模型工具参与代码生成、调试与优化过程，培养学生在开发过程中合理使用智能工具的能力，提高开发效率；另一方面，通过华为云平台，使学生能够完成从需

求分析、系统设计到功能实现与部署的完整开发流程，提升其问题分析与解决能力。

在素养层面，通过小组协作开发，强化团队协作与沟通能力；同时，引导学生正确认识 AI 辅助编程的作用边界，避免对自动生成代码的依赖，逐步形成规范化的软件工程习惯。以下图 3.1 是教学目标体系构建的教学模式结构图。

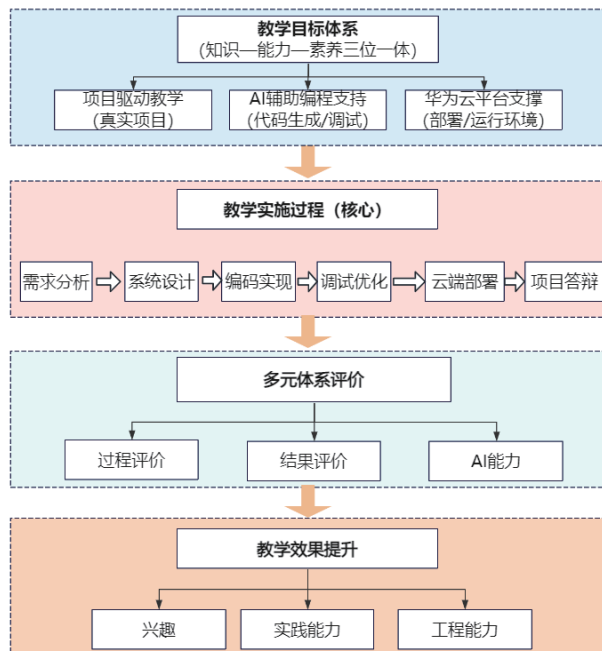


图 3.1 基于 AI 辅助的教学模式结构图

### （二）教学内容设计

在教学内容设计上，围绕“项目驱动+AI 辅助+云平台支撑”的思路，对传统课程内容进行系统重构，将分散的知识点整合到完整的软件开发流程中，实现由“知识模块教学”向“项目任务驱动”的转变。

在技术内容体系上，引入以 Spring Boot 为核心的主流开发框架，整合 MyBatis、Restful API 及前后端交互机制，适当融入微服务架构与接口设计思想，构建贴近企业实际需求的技术体系。

在教学内容组织上，以项目开发全过程为主线，将内容划分为需求分析、系统设计、功能实现、调试优化与部署发布等多个阶段。每一阶段均设置对应的知识点与实践任务，使学生在完成具体开发任务的过程中逐步掌握相关技术。

在教学内容实施过程中，引入 AI 编程工具，将其融入代码编写、错误排查等关键环节。例如，在电商系统项目开发中，针对商品管理模块的实现，学生需要完成商品实体类（Product）、数据访问层（DAO）及数据库表结构设计等内容。传统方式下，学生需手动编写大量基础性代码，如实体类属性定义、Getter/Setter 方法以及基础 SQL 语句，过程重复性强且容易出错，影响开发效率。在引入 AI 辅助编程工具后，可引导学生通过自然语言描述需求，由 AI 工具生成基础代码框架。例如，学生输入“生成一个包含商品信息的 Java 实体类”，AI 工具可自动生成标准化的实体类代码；在数据库设计，学生可基于业务描述生成数据表的 SQL。通过此方式，将重复性较强的“体力性编码工作”交由 AI

完成，使学生能够将更多精力投入到核心编程中。在教学过程中也强调对 AI 生成代码的分析与优化，引导学生检查代码规范性、字段设计合理性等。

（三）教学实施模式设计

在教学组织方式上，以真实项目为主线，采用“任务分解—阶段推进—成果验收”的方式组织教学。教师根据教学进度发布阶段任务，学生以小组形式完成相应开发内容，实现教学过程的结构化推进。

在教学支持方式上，构建 AI 辅助编程的协同学习机制。在每个阶段，引导学生合理使用 AI 工具完成代码生成、问题定位等任务，并通过“AI 生成—人工分析—优化改进”的流程，促进学生理解代码逻辑与系统结构。同时，教师通过典型案例讲解，引导学生识别 AI 生成代码中的潜在问题，提升学生的批判性思维能力。

在教学实践环境上，依托华为云平台构建统一的云端开发与运行环境。学生在完成本地开发后，可将项目部署至云服务器，并结合云数据库进行数据管理，实现系统的在线运行与测试。通过“开发—部署—验证”一体化实践过程，使学生全面掌握企业级应用开发流程，增强其实践的真实性与完整性<sup>[5]</sup>。

（四）评价体系设计

为全面评价学生学习效果，构建以过程性评价为主、结果性评价为辅的多元评价体系。

过程性评价主要包括课堂参与情况、阶段任务完成情况及团队协作表现等，强调学习过程中的持续表现；结果性评价主要依据项目成果质量与最终答辩表现。

在具体实施中，通过项目展示与答辩环节，考察学生对系统设计与实现过程的理解程度。同时，结合小组成员互评与教师评价，确保评价结果的客观性与公平性。

该评价体系能够更加全面地反映学生的实践能力与综合素养，有助于激发学生的学习积极性。

表 3.1 评价指标表

| 指标类别  | 指标      | 权重  | 说明                 |
|-------|---------|-----|--------------------|
| 过程性评价 | 课堂参与    | 10% | 出勤情况、课堂互动与任务参与度    |
|       | 阶段任务完成  | 20% | 各阶段功能实现情况与提交质量     |
|       | 团队协作    | 15% | 小组分工、协作情况及贡献度      |
|       | AI 使用能力 | 10% | AI 工具使用的合理性及代码理解能力 |
| 结果性评价 | 项目实现    | 30% | 功能完整性              |
|       | 项目答辩表现  | 15% | 技术讲解能力与问题回答情况      |

三、教学实施效果分析

通过课程改革的实施，取得了较为显著的教学效果。以下表 4.1 是教学实施效果分析对比。

表 4.1 教学改革前后效果对比

| 对比维度    | 改革前（传统教学）  | 改革后（AI+项目驱动）   |
|---------|------------|----------------|
| 教学模式    | 以教师讲授为主    | 项目驱动 + AI 辅助   |
| 学生参与度   | 被动学习，参与度较低 | 主动参与，任务驱动明显提升  |
| 实践能力    | 以验证性实验为主   | 完整项目开发能力显著提升   |
| 工程意识    | 缺乏系统开发流程认知 | 掌握完整软件工程流程     |
| AI 技术应用 | 基本未涉及      | 能够合理使用 AI 辅助编程 |
| 开发效率    | 手工编码，效率较低  | AI 辅助提升开发效率    |
| 团队协作    | 协作较少       | 小组协作明显增强       |
| 项目成果质量  | 功能简单，系统性较弱 | 功能完整，系统结构更规范   |
| 学习兴趣    | 兴趣一般       | 学习积极性明显提升      |

四、结语

本文针对《JavaEE 应用开发》课程在传统教学模式下存在的问题，提出了一种融合项目驱动教学、AI 辅助编程与华为云平台的实践教学模式，并建立多元化评价机制，有效提升了课程的教学质量。未来，将进一步探索 AI 技术与云平台在教学中的深度融合，不断完善实践教学体系，以更好地服务于应用型软件工程人才的培养。

参考文献

[1] 李俊. 基于 OBE 理念的 Java 语言程序设计课程教学改革研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(20): 134–136. DOI: 10.14004/j.cnki.ckt.2024.1055.

[2] 蒙之森, 徐毓贤. 将 DeepSeek 辅助编程融入《计算物理基础》课程的教学改革探讨 [J]. 科技视界, 2025, 15(09): 93–96.

[3] Fan G, Liu D, Zhang R, et al. The impact of AI assisted pair programming on student motivation, program – ming anxiety, collaborative learning, and programming performance: a comparative study with traditional pair programming and individual approaches [J]. International Journal of STEM Education, 2025, 12 (1) : 16.

[4] 余宏涛, 范芳蕾, 黄伟莉, 等. 基于“知识 – 能力 – 素质”协同培养的“机械工程测试技术”课程建设 [J]. 湖北理工学院学报, 2025, 41(06): 88–92.

[5] 吕云翔, 杨洪洋, 许鸿智, 等. 基于华为云 DevCloud 的“软件工程”实训课程改革初探——以软件学院为例 [J]. 工业和信息化教育, 2021, (10): 83–87.

# AI+XR 自适应沉浸空间的情绪设计理论与实践： 大学生焦虑舒缓环境的公共艺术建构

何念，林子钰

广州工商学院，广东 广州 510000

DOI: 10.61369/TACS.2026040042

**摘 要：** 在数字技术迅猛发展与大学生焦虑问题愈发严重的双重社会背景之下，公共艺术的创作逻辑正发生着翻天覆地的变革，其核心价值诉求也聚焦于以情感链接为目地的沉浸式互动体验与情绪疗愈场景的构建。人工智能的高速发展为这一进程提供了重要的技术支撑与全新的实现路径。借助算法生成和多维数字技术，公共艺术作品能够实现与受众的情绪共鸣及动态反馈，进而创造个性化的情感体验场景。AI 与 XR 技术的深度融合也进一步拓展了公共艺术赋能大学生心理疗愈的干预边界，并为相关实践提供了全新思路。本文立足数字时代背景，提出自适应沉浸式公共艺术空间的具体构建路径，为大学生焦虑舒缓环境的创建提供坚实的理论支撑与可行的实践参考。

**关 键 词：** AI+XR 技术；公共艺术；自适应沉浸空间；大学生焦虑；疗愈空间

## Theory and Practice of Emotional Design in AI+XR Adaptive Immersive Spaces: Public Art Construction for Anxiety-Relief Environments for College Students

He Nian, Lin Ziyu

Guangzhou College of Commerce and Technology, Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract：** Against the dual social background of rapid development of digital technology and the growing problem of anxiety among college students, the creative logic of public art is undergoing tremendous changes. Its core value pursuit now focuses on the construction of immersive interactive experiences and emotional healing scenarios aimed at emotional connection. The rapid development of artificial intelligence provides important technical support and a brand-new implementation path for this process. With algorithmic generation and multi-dimensional digital technologies, public artworks can achieve emotional resonance and dynamic feedback with audiences, thereby creating personalized emotional experience scenarios. The deep integration of AI and XR technologies has further expanded the intervention boundaries of public art in enabling psychological healing for college students and offered new ideas for relevant practices. Based on the background of the digital era, this paper proposes specific construction paths for an adaptive immersive public art space, aiming to provide solid theoretical support and feasible practical references for the creation of anxiety-relief environments for college students.

**Keywords：** AI+XR technology; public art; adaptive immersive space; college student anxiety; healing space

### 一、公共艺术空间构建的升级

#### （一）从“物理空间”到“情绪空间”

人工智能的发展与数字生存的深化，正持续改变着公共艺术的生产与接受方式。公共艺术空间的构建逻辑以逐步完成从“审美导向”到“情绪导向”的深度转变。这既是数字时代技术赋能艺术创新的必然结果，也是公共艺术回应大众心理需求的现实选

择传统公共艺术侧重物理空间占据与视觉形象的展示，通过实体装置在开放空间确立共享视觉秩序，其创作目的为审美表达与文化传播。数字时代催生了公共艺术范式的根本性转移，即从关注“物”的空间属性转向关心“人”的情感体验，实现向“情感公共”的深度回归。至此公共艺术已经不再是单纯被凝视的客体，而是激发、承载与流转集体情感的媒介和场域，通过感官交互触发情感共鸣，建立个体与个体、个体与环境的深层情感联结。这

项目信息：2024广州工商学院国家级大学生创新创业训练计划项目《基于 XR 虚实结合技术的大学生焦虑症心理疗愈空间设计》(202413714005)。

作者简介：

何念，广州工商学院视觉传达设计专业；

林子钰，硕士毕业于广州美术学院，应用心理学博士。

种转向推动公共艺术功能再次升级，在数字技术加持下，艺术空间可感知情绪波动并以多感官形式回应，将隐性心理活动显性化，将私密个体焦虑转化为可被公共空间接纳、疏导的集体经验，本质上是对现代性人际疏离的修复，试图在虚实交织中重建关注共情与理解的新型公共领域。

从“文化传播”到“情感联结”的时代演进中，公共艺术正以多元化表达形态深度渗透日常生活，成为传递温暖、疏解情绪的重要载体，同时也为服务大学生心理健康提供了全新的逻辑参考。

## （二）数字时代的公共艺术介入大学生心理疗愈的新契机

当前社会，学习生活与就业竞争等不确定性多重压力交织叠加，致使焦虑情绪在大学生群体中呈现出普遍性、多样性的分布趋势。传统心理干预模式普遍存在资源供给不足、受众病耻感突出、干预时机滞后等现实困境。在数字时代背景下，公共艺术凭借其无门槛性、包容性与审美性的天然特质，成为介入大学生心理疗愈的新型优选载体。其优势在于“去医疗化”的疗愈逻辑，将心理疏导过程自然融入审美体验与互动参与之中，有效弱化学生的心理防御，实现潜移默化的情绪疏解与心理调适。

数字技术的引入丰富了公共艺术的表达手段，AI与XR技术的深度融合，有效突破了传统公共艺术的表达边界与应用局限。依托多模态信息感知系统，充分捕捉用户生理与情绪状态，并通过多维空间反馈给予精准响应，构建“定制化”的疗愈场景与沉浸式虚拟“安全岛”，为焦虑大学生提供专属的心理缓冲地带，显著提升了心理疗愈的针对性与实践效能。

把握数字技术为艺术创作带来的发展契机，紧抓时代情绪特征，打造具有疗愈的公共艺术空间作品，依托AI+XR技术构建适配大学生焦虑舒缓需求的公共艺术空间，灵活调整表达内容与呈现形式。以互动体验为纽带，引导大学生主动参与艺术体验、释放焦虑情绪。这种技术与艺术的融合不仅能够推动公共艺术实现数字化转型与内涵升级，更能为高校心理健康服务体系的优化完善提供全新的实践路径与支撑载体。

## 二、AI+XR技术赋能的公共艺术空间

### （一）自适应沉浸式空间是多种技术手段的高度融合

“自适应沉浸式公共艺术空间”是能够依据用户的生理情绪状态，动态调整环境参数与内容叙事的智能艺术场域。具备实时感知、智能决策与持续迭代的类生命体核心特征。其空间构建的方式则需要多维度技术的联合应用。首先以多模态情感感知技术为“感知终端”，通过计算机视觉、可穿戴设备等手段，精准捕捉用户生理与情绪数据。以AI决策引擎为“核心大脑”，依托情感计算模型与强化学习算法，实现内容的实时生成与动态适配。再以XR沉浸式呈现技术为“外在形态”，通过全息投影、空间音频渲染等，打造高保真虚拟疗愈场景。最后以边缘计算与游戏引擎为“底层支撑”，保障低延迟交互的流畅体验，最终形成精准的，高效的，定制化的大学生智能心理疗愈系统。

### （二）技术赋能公共艺术空间构建的核心优势

AI结合XR赋能公共艺术空间构建的首要优势是实现从“静

态预设”到“动态自适应”的范式变革。传统公共艺术展现形态固定，难以逃脱创作者对受众心理预设的局限。而融合多模态感知与AI决策引擎的智能空间，可毫秒级捕捉用户生理数据，通过“千人千面”的个性化干预，赋予用户心理掌控感，将单向的视觉凝视转化为全身心的沉浸式感官体验，构建“感知-干预-反馈”的闭环，最大化的贴合受众的情绪心理、诱导体验者自然进入深层放松的心流体验。

人工智能技术的引入，赋予空间无限内容创新与科学迭代的能力。借助智能生成技术，空间可根据校园集体情绪实时创作独特视听景观，避免审美疲劳；底层大数据分析 with 联邦学习技术，将艺术疗愈的成果从主观经验转化为实证科学，在保护隐私的前提下量化疗愈效能，实现自我优化，使公共艺术空间升级为具备感知、共情与进化能力的智能生命体，为数字化心理健康治理提供兼具人文温度与科技精度的全新路径。

## 三、自适应沉浸式公共艺术空间构建的新路径

### （一）触达情绪的设计原则

唐·诺曼的“情绪设计理论”指出，优秀的设计不仅要满足功能需求，更要触达用户的内心，与用户建立深层次的情感连接。因此自适应沉浸式公共艺术空间的构建应注意摒弃技术至上的认知偏差，将AI、XR等数字技术转化为兼具科技精准度与人文关怀的疗愈媒介，让技术应用始终围绕情感链接与心理疗愈的核心目标，切实发挥支撑作用。创作逻辑也需结合情绪设计理论的三个层面进行深化推进。

首先是情绪设计的本能层，核心是通过多感官联动打造“即时愉悦”的情绪体验，引导受众能快速与艺术空间建立正向情感联结。依托多模态感知与XR沉浸技术，从视觉、听觉、触觉等维度搭建沉浸式感官体验场域，让受众在进入空间后即可产生自觉的亲近感，自然的融入，快速建立起对空间的认同与安全感，进而为后续开展情绪疏导构建前置基础。

行为层设计核心则是构建“掌控感”，依托手势识别、呼吸联动等技术，将用户自然肢体动作转化为空间环境调控指令，通过即时反馈让受众紧握对空间的主导权，进而缓解焦虑情绪带来的无力感。同时嵌入强化学习算法，动态校准交互阈值，确保交互难度与用户操作能力适配，维持心流体验状态，推动情绪调节从“被动接受”向“主动参与”转型。

最后反思层设计依托智能生成技术，将抽象焦虑具象化为视觉隐喻故事，帮助用户重新认知自身心理状态。结合校园文化与群体情绪数据，生成能够引发情感共鸣的沉浸式体验场景。强化身份认同并提高自信程度。自此，依据情绪设计的三层理论，通过人工智能数据驱动形成有机生态，便可共同塑造具备感知、共情与进化能力的智能疗愈生命体。

### （二）疗愈机制的建构内核

自适应沉浸式公共艺术空间的构建应始终保持多元开放性原则，为受众打造非评判的情感接纳与意义共创场域。依据接受美学的“召唤结构”理论，我们打造这个艺术空间时，应做到不评

判用户的任何情绪，让用户真正成为空间的主人，并允许用户自己赋予空间意义。在设计上，用抽象的艺术形式来映射情绪，使用户能把心里的焦虑无负担的释放出来。同时借助人工智能与实时渲染技术，根据每个人的不同需求，自动调整空间呈现的视觉形式。采取“先跟随后引导”的方式，让用户可以随时暂停、调整，或者退出。再加上多元的艺术化入口设计，保障用户的安全感，自主性，降低防御心理。

在沉浸式体验方面注重身体的互动与感知重构。基于“具身认知”理论，借助 XR 技术，让身体的动作和空间的反馈紧密结合起来，形成联动，以身体放松反向诱导心理松弛。将用户生理变化数据实时映射为可视化艺术效果，通过数字化身剥离社会角色束缚，实现注意力的“软着陆”。引入虚拟角色同步模仿机制激活镜像神经元，强化放松心理暗示。

给与用户游戏般的愉悦体验，借鉴游戏设计的核心逻辑与心理机制，引入叙事疗愈，建立正向奖励规则。创造无压力的沉浸式互动体验场景。通过设定低门槛的隐喻性任务，引导用户进入心流体验状态，阻断焦虑情绪的负面反刍。结合 AI 个性化旁白引导，将情绪疏导过程转化为自我探索的游戏旅程，强化用户主动调节意识，推动情绪调节从“被动应对”向“主动掌控”转变，提升心理疗愈的长期效能。

## 四、局限与未来

### （一）技术的有限与情绪的无限

数字技术赋能自适应沉浸式公共艺术空间的构建，虽实现了交互闭环与体验升级，但仍存在不可忽视的局限。技术本身难以解码人类情感中晦涩、流动的复杂内涵，也无法完全替代人与人之间的共情联结。算法的标准化逻辑也容易抹平个体情绪的独特特征。因此应时刻警惕疗愈体验陷入“高技术、低温度”的陷阱，确保工具理性与人文关怀之间的和谐共存。人类情绪的复杂无法被算法完全量化与掌控，这也是技术疗愈的核心局限所在。真正的疗愈，从来不是技术对情绪的单向度规训，而是让个体在与空间、与他人的互动中重获自我认同与心理掌控感。因此，技术应用必须回归人文本位，在精准捕捉情绪、提供便捷交互的同时，尊重情感的复杂性与独特性，避免陷入“技术至上”的误

区，这样才能使公共艺术的疗愈价值真正落地，切实服务于心理健康干预体系的建设。

### （二）未来预期

展望未来，各种多维技术将持续迭代。生成式 AI、深度强化学习及多模态融合技术也将不断突破其使用局限，而自适应沉浸式公共艺术空间也将随着科技的进步，不断展现出更多元丰富的面貌。也推动其在大学生焦虑舒缓应用中从“被动干预”到“主体共创”再到“自主完善”理想化转型。在“人机协作”的创作中，AI 或许不再是单纯的数据处理工具，而是依托深度强化学习算法，实时捕捉学生的创作，动态调整干预方向。学生不再是单纯的数据提供者，而是艺术层面的主导创造者。这种通过创造性行动重建自我效能感和掌控感的过程，正是大学生焦虑舒缓的核心疗愈逻辑。

另外，考虑到信息泄露问题，未来 AI 隐私计算和边缘计算这两种技术结合起来，再加上非接触式的感知技术，打造一套全面的隐私保护机制。创建虚拟网络警察，实时监控危险行为。通过智能算法，把学生的生理、情绪这类敏感数据进行加密处理，并做到只在本地设备上计算且即时销毁，保证敏感数据不会泄露。消除大学生被监控的心理负担。最终实现人工智能技术理性与人文关怀的深度融合，让公共艺术空间真正成为守护大学生心理健康的温柔屏障，彰显 AI+XR 技术赋能高校心理健康服务的核心价值。

## 五、结语

AI 与 XR 技术的深度融合，为公共艺术赋能大学生焦虑舒缓空间构建提供了全新路径，也推动公共艺术完成了从“静态展示”到“动态适配”的范式变革。自适应沉浸式公共艺术空间的建构，核心是实现“技术服务于人”，而非“人依附于技术”，其本质是通过艺术、科技与心理疗愈的协同，为大学生搭建一个安全、包容的情绪释放出口。未来，唯有坚守人文关怀内核，平衡“技术理性”与“情感温度”，不断优化技术应用、完善隐私保护体系，才能让公共艺术真正融入高校心理健康服务，实现艺术疗愈、科技赋能与教育育人的有机统一，为大学生心理健康保驾护航，推动数字时代公共艺术的创新发展与价值升华。

## 参考文献

- [1]【美】唐纳德·A·诺曼.情感化设计[M].付秋芳,程进三,译.北京:电子工业出版社,2007:28-35.
- [2]皮卡德 R W.情感计算[M].罗森林,译.北京:电子工业出版社,2005:45-58.
- [3]柳沙.设计艺术心理学[M].北京:清华大学出版社,2006:79-92.
- [4]周璇,吴刚.具身认知视角下 XR 沉浸式心理疗愈空间设计[J].装饰,2023(7):142-143.
- [5]王健,李萌.AI+XR 技术赋能公共艺术疗愈空间建构——以大学生焦虑舒缓为导向[J].艺术百家,2024,40(2):123-129.
- [6]陈阳,刘敏.自适应沉浸空间的技术融合与情感表达[J].数字媒体艺术,2023,9(4):76-83.
- [7]赵阳,陈明.隐私计算技术在智能疗愈空间中的应用与伦理规范[J].计算机应用研究,2024,41(3):879-884.
- [8]李丽,张磊.游戏化叙事在大学生焦虑疗愈中的应用研究[J].高校心理健康教育,2024,7(1):58-64.
- [9]张敏,李然.多模态情感感知技术在大学生焦虑识别中的应用[J].计算机工程与应用,2023,59(11):234-240.
- [10]刘芳,王浩.数字时代公共艺术的情感转向与疗愈价值[J].美术研究,2022(4):112-117.

# AIGC 赋能非遗教学中“人机协同创意素养”的评价指标建构——以中职非遗掐丝珐琅社团为例

邱宇枫

成都市洞子口职业高级中学, 四川 成都 610081

DOI: 10.61369/TACS.2026040044

**摘 要 :** 生成式人工智能 ( AIGC ) 的介入使传统非遗教学评价面临 AI 贡献与学生创意难以区分的难题。本研究基于传统工艺“技、艺、道”评价框架, 聚焦“艺”维度, 提出“人机协同创意素养”, 并分解为审美判断力、创意转化力、文化表达力三个二级指标及三级水平描述。采用行动研究法, 以某中职学校掐丝珐琅社团学生为对象, 经历三轮主题创作与指标修订, 收集作品、日志、访谈等数据进行检验, 最终版指标具有良好的可操作性, 在承认 AI 工具价值的同时, 守护了学生创意主体地位。

**关 键 词 :** AIGC; 非遗教学; 人机协同; 评价指标

## AIGC Empowers the Construction of Evaluation Indicators for “Human-Machine Collaborative Creative Literacy” in Intangible Cultural Heritage Education——Taking the Traditional Chinese Non-heritage Cloisonné Art Club in Secondary Vocational Schools as an Example

Qiu Yufeng

Chengdu Dongzikou Vocational High School, Chengdu, Sichuan 610081

**Abstract :** The intervention of generative artificial intelligence ( AIGC ) makes the traditional intangible cultural heritage teaching evaluation face the problem that it is difficult to distinguish between AI contribution and students' creativity. Based on the evaluation framework of traditional crafts 'technology, art and Tao', this study focuses on the dimension of 'art', puts forward 'man-machine collaborative creative literacy', and decomposes it into three second-level indicators and three-level description of aesthetic judgment, creative transformation and cultural expression. Using the action research method, taking the students of the silk enamel community in a secondary vocational school as the object, after three rounds of theme creation and index revision, collecting data such as works, logs, and interviews for testing, the final version of the index has good operability. While acknowledging the value of AI tools, it guards the dominant position of students' creativity.

**Keywords :** AIGC; intangible cultural heritage teaching; human-machine collaboration; evaluation indicators

### 引言

#### (一) 研究背景与问题提出

在中等职业学校非遗手工社团教学中, 有两种矛盾日渐突出: 一是非遗作品创作对审美素养要求较高, 学生虽有美术基础, 但创新能力不足, 缺乏创造性传承的动力。生成式人工智能 ( AIGC ) 的发展带来了契机: 图像生成模型可帮助学生快速生成纹样, 对话型人工智能可以解读纹样文化寓意, 新的“人机协作”的模式激发了学生的创作热情。

但 AIGC 进入非遗教学后, 新痛点随之出现: 传统手工艺教学评价依赖教师主观判断, AI 贡献程度与学生创意参与度难以评判。例如, 学生甲使用 AI 生成纹样后稍作调整就完成作品, 学生乙全程手绘并多次打磨草稿——最终效果较好的甲是否应获得更高评价? 依据是什么? 因此, 建构一套能有效评价学生“人机协同创意素养”的指标, 成为 AIGC 时代非遗教学评价改革的迫切需求<sup>[1]</sup>。

#### (二) 核心概念界定

AIGC 赋能下的非遗教学是在非遗手工艺传授过程中, 将生成式人工智能作为创意辅助工具, 融入纹样设计、色彩搭配、造型构图、文化内涵解析等环节的教学模式。学生需进行甄别筛选、修改优化及再次创造。

人机协同创意素养是本研究关注的核心评价对象，指学生与 AIGC 协作完成非遗手工创意设计任务中所展现的过程性综合能力，包含审美判断力、创意转化力、文化表达力。

## 一、理论框架与评价指标建构

### （一）传统工艺的“技、艺、道”及其“艺”维度评价

非遗手工社团课程为中职学生感悟文化自信提供了丰富的实践创作平台。其育人目标是“技术、艺术、文化”三位一体的综合素养培育，既需要具备传统工艺与现代技术融合的专业技能，还需要掌握美术学科知识，更应当涵养工匠精神与文化遗产意识，这与中国传统工艺中“技、艺、道”的内涵精神一脉相承<sup>[2]</sup>。

以掐丝珐琅工艺为例，“技”指向掐丝材料的处理、工具操作与釉料配制烧制等工艺规范；“艺”考察题材的审美选择、构图设计与色彩搭配；“道”则融合了文化内涵、匠心精神与创作主体性。三者“由技入艺、由艺悟道”，构成评价传统工艺研习成效的基本维度。

在掐丝珐琅社团教学中，传统的“艺”维度评价从构图、色彩、意境三方面展开。构图考量纹样的布局均衡、线条节奏与画面完整；色彩考察学生对中国传统色彩美学的理解、颜色的对比与过渡平衡；意境考察作品整体传达的美感氛围和文化韵味<sup>[3]</sup>。但掐丝珐琅作品创意生成的过程并未进入评价视野，导致 AIGC 融入对这一传统评价模式产生了根本性冲击：当学生利用 AI 极短时间内生成多个设计图，作品的审美质量有多少来自 AI 算力，又有多少来自学生的审美判断与创造性转化？传统“艺”维度评价已经无法区分“AI 贡献”与“学生智慧”，需要对“艺”维度进行 AIGC 时代的内涵重构<sup>[4]</sup>。

### （二）“人机协同创意素养”的提出

在传统工艺“技、艺、道”评价内涵中，“艺”维度评价受 AI 冲击最为明显，故提出“人机协同创意素养”，重构 AIGC 时代非遗教学“艺”维度的评价指标。根据 AIGC 的创意生成原理，将“人机协同创意素养”细分为三个二级指标：审美判断力、创意转化力、文化表达力，分别对应人机协同创意过程中的三个核心环节——输入端的方案选择与判断、加工端的修改与转化、输出端的文化表达与呈现。

（1）审美判断力。指学生在 AI 生成的多个设计方案中，能够根据主题要求、审美质量识别优劣，筛选出掐丝珐琅工艺可行可操作且具有美学价值的方案。

（2）创意转化力。指学生对 AI 生成的素材进行修改、重组与再创造，形成具有个人艺术风格和工艺可行性的最终方案。

（3）文化表达力。指学生能够在 AI 生成的纹样基础上，通过查阅经典，拓展对传统文化符号的理解，并在作品中体现文化意蕴。

### （三）评价指标的层级化设计

为适应中职学生的认知发展规律与技能掌握阶段，将上述三个二级指标分别设计为三级水平。

层级化设计遵循两条原则：第一，各级水平描述与中职社团学生的实际学情相匹配——中职生普遍美术基础薄弱，聚焦于

“能做、可测”的行为表现；第二，评价观察点只针对掐丝珐琅的基础工艺难度，确保评价指标与教学实际紧密相连；第三，依托于中职掐丝珐琅社团的实际教学场景，各指标均配有具体的观察点与评分依据，以确保教师评价有据可循、引导学生有向可依。

### （四）研究设计与实施概述

本研究采用行动研究法，由社团指导教师在教学边应用指标边修订完善。研究对象为某中职学校掐丝珐琅社团 22 名学生。研究分三个阶段：第一阶段为前期准备与工具培训，教师以“豆包”为例录制微课，指导学生掌握提示词撰写、图案生成等操作，并完成指标初稿制定。第二阶段为三轮主题创作，分别对应审美判断力（传统纹样提炼，6 课时）、创意转化力（传统纹样创新，8 课时）、文化表达力（古诗意境表达，8 课时）。学生每次使用 AI 完成设计后填写“人机协作日志”，教师使用指标评分并记录问题，每轮结束后根据反馈修订指标。第三阶段为后测与效果检验，学生完成综合创作，教师使用最终版指标评价，并通过问卷和访谈了解指标的区分度与引导作用。

## 二、指标应用效果分析

### （一）指标的区分度检验

第二阶段结束，教师使用修订后的评价指标对作品评分。将学生按美术基础自评分为较好、一般、薄弱，比较三组在各指标上的得分差异。三个指标能有效区分不同水平学生。

以“审美判断力”指标，第一轮创作，较好组得分 2.8 分（满分 3 分），一般组 2.1 分，薄弱组 1.4 分。较好组学生能够从 AI 5 个结果中筛选出最优方案，给出“该纹样曲线流畅，没有细小断点，适合掐丝”等判断依据；薄弱组仅凭直觉选择“感觉好看”的方案，未说明理由。

“创意转化力”指标区分度更明显。第二轮创作，较好组得分 2.6 分，一般组 1.8 分，薄弱组 1.2 分。较好组甲将 AI 辅助生成的三兔共耳图案与宝相花纹进行融合，调整了花瓣的弧度与疏密，在日志中记录了 4 次修改；薄弱组乙直接把 AI 生成的纹样转印到掐丝底胎上，日志中“手工修改”一栏空白。

“文化表达力”指标同样区分明显。较好组得分 2.5 分，一般组 1.9 分，薄弱组 1.3 分。较好组丙在阐释“白浪茫茫与海连”时，联想到“海上生莲”，借助 AI 了解宋代莲纹的文化寓意后选用莲花元素，并通过传统色彩月白、青莲的渐变表达意境；薄弱组丁使用 AI 生成的单一荷花图案，对诗句的深层意蕴体现有不足。

### （二）指标的引导作用检验

通过学生前测与后测问卷对比和访谈，发现评价指标对学生的创作行为产生了引导作用，学生“主体性意识”增强。

促使学生关注创作过程。前测中仅有 18.2% 学生表示在创作时会记录自己的设计思路和修改过程。后测中这一比例上升至 77.3%。

学生丁说：“以前我画完就交了，现在因为老师会看我的修改记录对比，我会专门把过程保存下来，去归纳每一步修改的经验。”

明确了学生可达到的创意标准。前测时多数学生认为“创意”就是“想出一个别人没画过的图案”。后测时，学生对“创意”的理解更为具体。59.1% 学生提到了“对 AI 方案进行有思考的修改”，40.9% 学生提到了“融合不同方案的优点”。

提升了学生对文化内涵的研究兴趣。后测中55.5% 学生“主动查阅了纹样的文化寓意”，前测无一人提到。学生甲说：“以前只觉得纹样好看就行，现在我会先去查一下我喜欢的纹样代表什么，这样完成的作品更有价值。”

（三）指标的修订与完善

教师每轮创作后均根据评分体验和学生反馈，修订了以下主要问题：

第一，指标一、二中有类似表述需要界定区分。“审美判断力”中的“能结合掐丝工艺可行性给出判断依据”与“创意转化

力”中的“识别 AI 方案中不符合掐丝工艺的部分”表述相近，容易导致同一行为在两个指标中重复计分。修订措施：“审美判断力”侧重于“选”——学生能多中选优，判断依据包括工艺可行性，但不要求做出修改；“创意转化力”侧重于“改”——学生在选定方案后对不符合工艺实际的局部线稿进行调整<sup>[5]</sup>。

第二，指标三的“文化表达力”评分描述不够具体，学生的文化表达很难界定是否准确。比如学生乙能写出柿蒂纹的名称和基本寓意，但作品应用在“桃花依旧笑春风”的古诗创作中，文化寓意不匹配。修订措施：增加“纹样在掐丝作品中的应用呈现能够体现对其文化内涵的理解”这一观察点，并在日志中完善评价依据。

经过修订，最终版指标在表述清晰度、可操作性上均有提升。

四、结论与启示

（一）最终修订版“人机协同创意素养”评价指标

表1 “人机协同创意素养”评价指标

| 二级指标  | 水平等级 | 观察点与行为描述                                                                                             | 评分依据                            |
|-------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 审美判断力 | 基础   | 能从 AI 生成的多个方案中选出一个纹样，说出基本的筛选理由。                                                                      | AI 方案截图 + 简要说明                  |
|       | 良好   | 能选出符合主题要求、线条疏密合理的纹样，并结合掐丝工艺可行性给出具体判断依据。                                                              | AI 方案截图 + 判断依据说明                |
|       | 优秀   | 能在多个 AI 方案中进行比较性判断，明确指出所选方案在构图、线条、工艺可行性等方面的综合优势，并指出被淘汰方案的不足之处。                                       | AI 方案对比记录 + 综合分析                |
| 创意转化力 | 基础   | 能对 AI 生成的纹样进行简单修改，或识别不符合掐丝工艺的部分并进行初步调整。                                                              | 修改前后对比图 + 修改说明                  |
|       | 良好   | 能融合两个或以上 AI 方案的优点形成新构图，或进行全面调整，使其符合掐丝工艺操作需求，修改痕迹清晰有记录。                                               | 多方案融合过程记录 + 修改前后对比 + 说明         |
|       | 优秀   | 能在 AI 方案基础上进行创造性重构，形成具有个人风格的掐丝线稿；或加入具有文化内涵或个性表达的设计元素，使最终方案明显区别于原始 AI 素材。能清晰说明“我的修改”与“AI 生成”之间的区别与联系。 | 完整创作过程记录 + 创意说明                 |
| 文化表达力 | 基础   | 能说明所选纹样的名称及基本寓意；纹样的视觉表达无明显文化误用。                                                                      | 纹样寓意说明                          |
|       | 良好   | 能结合相关文化背景说明纹样的深层寓意；纹样在掐丝作品中的呈现方式能够体现对文化内涵的理解。                                                        | 纹样寓意与文化背景说明                     |
|       | 优秀   | 能借助 AI 拓展对传统文化符号的理解，将所学文化知识创造性地融入纹样设计中；作品在纹样、色彩、构图的整体呈现上能够传递特定的文化情感或叙事。                              | 完整文化调研记录 + AI 辅助理解过程说明 + 作品文化阐释 |

（二）评价指标的价值

“人机协同创意素养”评价指标的构建旨在为非遗教学评价改革提供一个可操作的工具与路径——在承认 AI 工具价值的同时，守护并彰显“人”在非遗传承中的主体地位与创造性价值<sup>[6]</sup>。

第一，从结果评价转向过程评价。传统掐丝珐琅评价聚焦于最终作品，重构评价指标纳入了人机协作过程中的判断、选择、修改与转化环节，让学生的创意思维由不可见变为可见，回应了AIGC“如何区分 AI 贡献与学生智慧”的核心难题。

第二，从模糊判断转向可操作测量。指标将抽象“人机协同创意素养”拆解为具体观察点与行为描述，并配以方案对比图、修改过程记录、文化阐释评分依据，使教师评价有据可循，学生学习有向可依。

第三，从甄别考核转向发展引导。指标层级化设计体现了发展性评价理念。指标公布，学生在日志记录、文化查阅、创意修

改、方案融合等方面的行为，说明指标对学生人机协作能力的引导功能。

参考文献

[1] 王朝侠. 通道之技的美学思考——《庄子》中的工艺美术思想[J]. 艺术探索, 2013, 27(03): 65–66. DOI: 10.13574/j.cnki.artsexp.2013.03.010.

[2] 费利君. 基于技、艺、道三位一体的徽州工匠精神传承与发展[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(02): 34–38.

[3] 季中扬. 《庄子》中的技艺美学与工匠精神[J]. 江苏社会科学, 2021, (03): 168–175+244. DOI: 10.13858/j.cnki.cn32–1312/c.20210525.018.

[4] 蒋慧芳, 曾文婕. 生成式人工智能推动教育评价转型[J]. 中国教育学报, 2025, (08): 41–48.

[5] 付欣雨. 寻求具有“教育性”的表现性评价——《中小学表现性评价的理论与技术》评介[J]. 地理教学, 2023, (14): 1.

[6] 樊欣欣. 表现性评价在初中美术项目式学习中的实践研究[D]. 河南师范大学, 2024.

# AI 赋能小学音乐课堂教学的实践路径探究

董海燕

东营市广饶县第一实验小学, 山东 东营 257300

DOI: 10.61369/TACS.2026040045

**摘 要 :** 人工智能技术的快速发展为广大一线小学音乐教师带来了前所未有的机遇与挑战。本文从一线教学的实际痛点出发,剖析了当前小学音乐课堂在个性化指导、沉浸式体验、创编式教学、精准化评价四方面面临的现实困境,系统阐述了笔者在 AI 技术赋能小学音乐课堂教学中的四大实践探索:智能助教赋能精准教学、虚拟现实构建沉浸场域、智适应学习实现因材施教、生成式 AI 激发创意表达。文章旨在为处于变革时代的一线音乐教师提供可操作、可复制的融合教学策略,推动 AI 从理论性存在走向日常化应用,真正实现技术赋能下的音乐课堂提质增效。

**关 键 词 :** AI 赋能; 实践路径; 技术融合

## Exploration of Practical Paths for AI-empowered Primary School Music Classroom Teaching

Dong Haiyan

No. 1 Experimental Primary School, Guangrao County, Dongying City, Dongying, Shandong 257300

**Abstract :** The rapid development of artificial intelligence technology has brought unprecedented opportunities and challenges to frontline primary school music teachers. Starting from the actual pain points of frontline teaching, this paper analyzes the practical dilemmas currently faced by primary school music classrooms in four aspects: personalized guidance, immersive experience, creative teaching, and precise evaluation. It systematically expounds on the author's four practical explorations in empowering primary school music classroom teaching with AI technology: intelligent teaching assistants empowering precise teaching, virtual reality constructing immersive environments, intelligent adaptive learning realizing according to aptitude, and generative AI inspiring creative expression. This article aims to provide actionable and replicable integrated teaching strategies for frontline music teachers in the era of transformation, promoting the transition of AI from a theoretical concept to daily application, and truly achieving quality improvement and efficiency enhancement in music classrooms through technological empowerment.

**Keywords :** AI empowerment; practical pathways; technological integration

### 一、当前小学音乐课堂教学的现实困境

#### (一) 个性化指导困境

作为市学科带头人、县小学音乐兼职教研员,我常常走进各学校的音乐课堂。然而走进任何一个小学的音乐课堂,我们都会面对这样一个基本现实:一个班四十多个孩子,音乐基础参差不齐,有的学过钢琴或音乐基础素养,有的连音阶都唱不准;有的天生音准感极佳,有的却是五音不全。我深知在有限的40分钟内,仅凭一架钢琴、一个课件,教师无法做到对每个学生的音准、节奏、气息进行精准诊断和个别指导。<sup>[1][2]</sup>教师通过都是重点关照几个唱得好的和几个明显跑调的,而中间那几十个孩子,他们的细微问题、他们的进步与困惑,在常态式的课堂教学中极易被淹没、被忽略。

#### (二) 沉浸式体验的困境

音乐是听觉的艺术,更是情感的艺术。要培养学生的审美感知能力,必须让他们沉浸在高质量的音乐作品中。然而我们面对的现实是:许多学校的音乐教室仍在使用十年前的音响设备往往

音质失真,难以培养学生的审美能力;教材配套的音视频资源陈旧,难以激发学生的学习兴趣。<sup>[3][4]</sup>更令教师无奈的是,当欣赏交响童话《彼得与狼》时,我们只能靠口述来描绘不同乐器的音色特点。如果让学生通过听辨来感知和了解乐器的音色,从而发现这些乐器的音色所代表的人物形象。这种“听而不见”的教学方式,严重削弱了音乐的感染力,使原本应当直击心灵的美育,变成了枯燥的知识记忆。

例如:在执教一年级音乐课《动物说话》时,为学生展现一幅动物联欢的多媒体课件,请学生说说图画表现的是什么情景(场面),学生很自然的看出是“动物音乐会”“动物联欢”“动物聚会”等等,接着我又提问学生,在这幅画当中,你能发现什么?学生兴高采烈的回答:动物们在唱歌、跳舞、主持……看似简单的问题,不仅培养了学生的观察力,而且让学生从画面中接近、了解了小动物们,为进一步更好的感受学唱歌曲《动物说话》做好铺垫。

#### (三) 创编式教学的困境

《义务教育艺术课程标准(2022年版)》明确提出,要培养

学生的艺术表现和创意实践素养。然而，在现实中，创作教学几乎是音乐教师的“禁区”。原因很简单：乐理门槛太高。当教师布置“请用 do、re、mi 三个音创编一小段旋律”时，大部分孩子面对空白的五线谱束手无策；当他们脑海中有美妙的旋律时，却无法将其转化为符号记录下来。久而久之，创作变成了少数特长生的专利，多数孩子则在一次次的挫败中关闭了创造的大门例如：在唱歌课《草原就是我的家》一课时，在学生初听后，让学生根据歌词的内容，想象描绘的是一幅什么样的画面，请学生创作描绘一幅草原的画面。<sup>[5]</sup>在音乐声中，几位同学加上自己的想象，很快就各自的理解画出了一幅美丽的草原图景：有蓝天、太阳、小鸟、草原、小朋友、还有在草原上奔跑的马儿。同学们看到这幅依据想象画出的作品后，并能为美丽的图景编创歌表演，用肢体语言来表达对歌曲的理解。为进一步学习歌曲奠定了良好的基础。

#### （四）精准化评价的困境

教学评价是课堂教学的重要组成部分，但在传统模式下，音乐课的评价严重滞后。教师往往只能通过期末的演唱素养测评给出一个笼统的等级，而学生在整个学期中的点滴进步、具体问题，都无法得到及时、精准的反馈。这种重结果轻过程的评价方式，不仅无法发挥评价的诊断和激励功能，更让学生和家长产生“音乐课是副科，随便唱唱就行”的错误认知。

这些痛点，恰恰是促使我们改变的起点。当我们直面这些长期困扰一线教师的难题时，AI 的兴起，给了我一个崭新的解决以上问题的思路。在几年的尝试与探索中，我逐步形成了四个着力点。

## 二、AI 技术赋能小学音乐课堂的四大着力点

### （一）智能助教——让精准教学走向“数据实证”

传统教学中，教师依靠耳朵去捕捉学生的音准偏差，依靠经验去判断教学的节奏。AI 的介入，让音乐教学第一次拥有了可视化的工具。<sup>[6][7]</sup>一是音准节奏的可视化纠偏。实践中，我尝试引入智能跟唱软件和音乐可视化 APP。当学生演唱时，屏幕上会实时显示音高波形线和节奏光点——唱准了，光点变绿；唱高了，波形上飘；节奏慢了，光点滞后。这种将抽象的声音转化为直观图像的方式，让学生“看见”自己的声音，让教师“看见”每个学生的细节。这种精准的靶向教学，使课堂效率提升了数倍。二是合唱教学的声部分析。合唱教学是小学音乐课的难点，学生常常在声部交织中迷失。AI 声部分离技术为这一难题提供了解决方案。在排练二声部歌曲《小白船》时，我利用 AI 工具将两个声部分别提取出来，让学生先听自己的声部，再听合成效果。当某一声部出现问题时，系统能够精准定位到具体的节拍位置和音高偏差。这种技术支撑下的合唱教学，大大减轻了教师的负担，也提升了学生的信心。三是日常练习的智能陪练。课后练习是巩固教学效果的关键，但学生回家后往往缺乏有效指导。AI 陪练软件的出现，弥补了这一空白。学生在家演唱时，APP 会实时打分，标注错误乐句，并给出示范音频。<sup>[8]</sup>第二天回到课堂，教师可以通过后台数

据了解每个学生的练习情况，精准把握教学起点。这种“课前预习—课中强化—课后巩固”的闭环，让教学不再局限于 40 分钟的课堂。

### （二）沉浸场域——让审美体验走向“具身体验”

音乐欣赏课长期以来面临一个尴尬：学生听不进去、听不明白。VR/AR 技术以及 AI 生成音画系统的引入，为审美体验开辟了全新维度。一是虚拟乐器交互体验。在《认识民族乐器》一课中，我利用 AR 技术让学生“亲手演奏”编钟、古筝、琵琶。学生只需在平板电脑上点击或滑动，就能触发相应乐器的真实音色，并看到乐器的 3D 结构展示。当学习到“拨弦”“拉弦”“吹管”等演奏技法时，学生不再是听老师描述，而是通过虚拟交互亲身感受。这种具身化的学习方式，让知识从抽象变得可触可感。二是视听联觉的沉浸场域。音乐是流动的画面，画面是凝固的音乐。在欣赏法国作曲家圣桑的《动物狂欢节》时，我借助 AI 音画生成技术，让音乐实时驱动画面：大提琴的旋律流淌时，屏幕上的天鹅缓缓游动；钢琴的跳跃音型响起时，袋鼠在画面中欢快地蹦跳。学生在视听融合的沉浸场域中，既理解了音乐的形象性，又在不知不觉中建立了“音乐—情感—画面”的联觉能力。三是跨时空的名家对话。AI 语音合成技术还为我们创造了与音乐家跨时空对话的可能。<sup>[9]</sup>在教学《小步舞曲》一课中，我利用 AI 让“巴赫”的声音出现在课堂上，用第一人称讲述《小步舞曲》的创作故事。当音乐家的形象变得鲜活立体，学生的心灵受到强烈震撼。这种情感共鸣，是任何说教都无法替代的。

### （三）智适应学习——让因材施教走向“系统落地”

“因材施教”是教育的理想境界，但在四十多个孩子班级教学背景下，这一理想往往停留在口头上。智适应学习平台的引入，让个性化教学从梦想变为现实。一是学生音乐素养的数字画像。借助 AI 学习分析平台，我为班上的每个学生建立了“音乐素养数字画像”。平台通过记录学生的课堂表现、课后练习、单元测评等多维数据，绘制出音准能力、节奏感、音域范围、音乐偏好等各项指标的可视化图谱。<sup>[10]</sup>当我打开学生的个人页面，每个孩子的优势与短板一目了然……这成为我实施分层教学的坚实依据。二是分层推送的自适应学习资源。基于学生的数字画像，AI 系统能够为不同学生推送差异化的学习资源。对于节奏感弱的学生，系统自动推送节奏游戏和分解练习；对于音准问题的学生，系统生成针对性的视唱练习并逐句示范；对于学有余力的学生，系统推荐拓展曲目和即兴伴奏挑战。每个孩子都在适合自己的节奏中获得了成长。三是过程性评价的智能记录。AI 还彻底改变了音乐课的评价方式。每节课的演唱、每次练习的记录、每项活动的参与，都被系统实时记录并生成成长轨迹。期末时，学生收获的不再是一个简单的等级，而是一份包含音准发展曲线、节奏能力变化、课堂参与度的综合素养报告。这份报告，让学生看见自己的进步，让家长了解孩子的成长，也让音乐课的“过程性评价”真正落到实处。

### （四）创意工坊——让艺术培育走向“人人创造”

创编教学是音乐教育的“金字塔尖”，也是 AI 技术最具潜力的应用领域。AI 音乐生成工具的成熟，让创作的门槛大幅降低，

让每个孩子都能体验到创造的快乐。一是诗词谱曲的跨学科融合。AI 还为跨学科学习提供了便利。在“诗词咏流传”主题单元中，我让学生选择自己喜欢的古诗，利用 AI 工具为其谱曲。有的孩子选择了《静夜思》，生成了舒缓优美的旋律；有的孩子选择了《出塞》，AI 给出了雄浑有力的进行曲风格。学生从“选择古诗—分析意境—调整参数—修改完善”的完整过程中，既加深了对诗词的理解，又体验了音乐创作的乐趣。这种融合式的学习，让音乐课与语文、历史等学科产生了深度链接。二是即兴伴奏的智能陪练。对于学习乐器的学生，AI 即兴伴奏功能提供了全新的练习体验。当学生弹奏一首简单的旋律时，AI 会根据和声规则自动生成伴奏，让学生仿佛置身于一个完整的乐队之中。这种“一人演奏，万人倾听”的体验，极大地激发了学生练习的积极性。更重要的是，学生在这个过程中逐渐理解和声的进行、织体的变化，音乐素养得到全面提升。

作为一线教师，我见过太多教学改革的风起云涌，也见证过无数老师从“抵触”到“拥抱”的转变。说实话，两年前我第一次接触 AI 音乐教学工具时，心里也犯嘀咕：这玩意儿会不会让音乐课变味儿？可当我亲眼看着那个从来不敢开口唱歌的孩子，在 AI 陪练软件的鼓励下，一遍遍练习、一点点进步，最后自信地在

全班面前唱出完整歌曲时；当我看着那些曾经在创作课上只会摇头说“老师我不会”的学生，用 AI 工具生成出第一段属于自己的旋律，眼睛里闪着光对我说“老师，原来我也可以”时——我彻底明白了，AI 从来不是来抢我们饭碗的，它是来帮我们守住饭碗的。我们音乐老师最怕什么？最怕学生觉得音乐课“没意思”，最怕那些天赋不足的孩子早早被贴上“五音不全”的标签，最怕在四十分钟的课堂里心有余而力不足。而 AI 恰恰在替我们解决这些“最怕”的事：精准诊断让每个孩子都被看见，沉浸体验让每段音乐都活起来，智能陪练让每个课后都有效果。

27 年的音乐课堂教学实践，我越来越坚信：音乐教育的本质从来不是教会孩子唱几首歌、认识几个音符，而是让美的种子在他们心里生根发芽。AI 不是那把种子，但它是能让种子扎根更深、开得更旺的阳光和雨露。所以，别再犹豫，也别再观望——从今天起，哪怕只是试着用一个小软件，哪怕只是让 AI 帮你分析一次学生的演唱数据，你都会发现，原来技术真的可以让我们更从容、更温暖、更有力量地站在孩子们面前。我这段时间探索的最大心得就是：真正的好老师，从来不拒绝任何能让孩子学得更好的工具。拥抱 AI 吧，因为我们的课堂值得更好，我们的孩子值得更好。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育艺术课程标准（2022 年版）[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
- [2] 李政涛. 人工智能与未来教育 [M]. 上海：华东师范大学出版社，2020.
- [3] 王红. 信息技术环境下小学音乐教学模式创新研究 [J]. 中国音乐教育，2023(5): 28-32.
- [4] 刘畅. AI 技术在音乐教育中的应用现状与展望 [J]. 人民音乐，2024(2): 45-49.
- [5] 张丽. 智慧教育视域下小学音乐课堂变革的实践探索 [J]. 中小学音乐教育，2023(11): 12-16.
- [6] 黄曦. AI 赋能初中音乐课堂教学的创新实践研究 [J]. 课堂内外（高中版），2025(33): 13-15.
- [7] 邓金虹，符盛. 教育数字化背景下 AI 赋能小学数学课堂教学的策略研究 [J]. 信息与电脑，2025(18): 167-169.
- [8] 梁音子金钊. AI 赋能教师视角下的小学道德与法治课堂教学优化探究 [J]. 2025.
- [9] 杜娟. AI 赋能小学语文阅读精准教学实践 [J]. 2025.
- [10] 谢金芬. 生活教育视域下智能 AI 赋能小学古诗词教学的策略 [J]. 生活教育，2025(22): 105-109.

# 基于产教融合的高校“数字系统设计”教学改革探索

刘焕峰, 胡云, 刘大雷, 康槿

西安电子科技大学, 陕西 西安 710071

DOI: 10.61369/TACS.2026040001

**摘 要 :** 新一代信息技术的迅猛发展, 使得数字系统在设计复杂度、集成度及应用场景上深化变革, 对高校电子信息类专业人才的培养提出了更高要求。“数字系统设计”作为连接理论基础与工程实践的核心课程, 其教学质量直接关系到学生的专业胜任力。然而, 传统教学模式往往重理论轻实践, 教材内容更新缓慢, 难以匹配快速迭代的产业技术, 导致毕业生面临“就业难”与企业“招人难”的结构性矛盾。产教融合作为破解这一难题的关键举措, 旨在打破学校与企业间的壁垒, 实现教育链、人才链与产业链、创新链的有机衔接。重构“数字系统设计”课程的教学内容与方法, 以期提升高校工程教育质量提供新的视角与解决方案。

**关 键 词 :** 产教融合; 高校; 数字系统设计; 教学改革; 路径

## Exploration of Teaching Reform in "Digital System Design" at Universities Based on Industry-Education Integration

Liu Huanfeng, Hu Yun, Liu Dalei, Kang Jin

Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071

**Abstract :** With the rapid advancement of the new generation of information technology, digital systems have undergone profound transformations in terms of design complexity, integration level, and application scenarios, imposing higher requirements on the cultivation of talents in electronic information-related majors at universities. As a core course bridging theoretical foundations and engineering practice, the teaching quality of "Digital System Design" is directly linked to students' professional competence. However, the traditional teaching model tends to prioritize theory over practice, and textbook content updates at a sluggish pace, making it difficult to keep up with the rapidly iterating industrial technologies. This has resulted in a structural contradiction where graduates face "employment challenges" while enterprises encounter "recruitment difficulties". As a key measure to address this predicament, industry-education integration aims to break down the barriers between universities and enterprises, realizing the organic connection of the education chain, talent chain, industrial chain, and innovation chain. This paper explores the reconstruction of the teaching content and methods of the "Digital System Design" course, intending to provide a new perspective and solutions for enhancing the quality of university engineering education.

**Keywords :** industry-education integration; universities; Digital System Design; teaching reform; paths

### 引言

产教融合是新时代职业教育和高等教育高质量发展的主要战略, 本质就是冲破传统教育封闭办学的障碍, 创建起教育链、人才链、产业链、创新链有机衔接的生态共同体。数字系统设计课程改革是响应国家数字化战略、落实产教融合理念的重要教学实践, 将传统的以理论推导为主的课程体系转变为以复杂工程问题解决为本位的能力本位教育<sup>[1-3]</sup>。产教融合引领数字系统设计课程改革, 旨在提出全新的教育方案, 助力高等教育转型与升级。

### 一、高校“数字系统设计”教学现状与问题

当前, 高校“数字系统设计”课程教学存在理论和实践环节脱离、教学内容跟不上产业发展脚步、实验平台陈旧、学生工程创新能力不强等问题。课程体系大多侧重于传统理论推导和中小规模逻辑电路分析, 对于基于 FPGA/SoC 的现代复杂系统设计方

法学、高层次综合 (HLS)、软硬协同设计等前沿技术的介绍很少, 造成学生知识结构同企业实际需求之间存在着较大的代差。实验教学环节大多为验证性实验, 缺少综合性、设计性和创新性的项目, 实验箱硬件平台更新缓慢, 不能满足人工智能、高速接口等新兴应用场合的开发要求, 造成学生面对真实工程问题时无从下手<sup>[4]</sup>。并且, 教学模式仍然是灌输式的, 过分依靠仿真软件而

忽略了板级调试和系统联调，学生缺少对时序约束、功耗优化、信号完整性等重要的工程问题的直观认识和解决能力。另外师资队伍的工程背景比较薄弱，大多数教师缺少大型数字系统研发的经历，不能把产业界最新的规范、设计流程和典型案例很好地融入到课堂中。考核方式大多只重视期末笔试，忽略了对学生系统设计过程、团队合作能力、文档撰写能力等各方面综合评价，造成学生高分低能的现象比较严重。当然，产教融合也不到位，企业资源进入不足，造成课程内容封闭僵化，不能及时适应集成电路产业快速更新的技术变革，大大降低了高素质数字芯片设计人才的培养质量。

表1 高校“数字系统设计”教学问题

| 维度   | 传教学模式表现                   | 存在的主要问题                                    | 后果                                   |
|------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 课程内容 | 侧重传统理论推导、中小规模逻辑电路分析。      | 缺乏 FPGA/SoC 现代复杂系统设计方法学、高层次综合（HLS）等前沿技术介绍。 | 学生知识结构与企业实际需求存在较大代差，难以适应产业升级。        |
| 实验实践 | 多为验证性实验；实验箱硬件平台陈旧；依赖仿真软件。 | 缺少综合性、设计性及创新性项目；忽视板级调试、时序约束、功耗优化等工程问题。     | 学生面对真实工程问题无从下手，缺乏解决复杂工程问题的能力。        |
| 师资队伍 | 教师理论基础扎实，但多缺乏大型数字系统研发经历。  | 工程背景薄弱，难以将产业界最新规范、设计流程和典型案例融入课堂。           | 教学内容封闭僵化，无法及时响应集成电路产业的快速技术变革。        |
| 考核评价 | 重视期末闭卷笔试，忽略过程评价。          | 缺乏对系统设计过程、团队合作、文档撰写能力的综合评价。                | 出现“高分低能”现象，毕业生面临“就业难”与企业“招人难”的结构性矛盾。 |

## 二、基于产教融合的高校“数字系统设计”教学改革路径

### （一）重构课程体系

在数字经济迅猛发展之际，高校“数字系统设计”课程传统教学模式已经不能满足快速变化的产业技术要求，因此重构课程体系成了改革的第一要务。首先应该成立以高校教师和企业资深工程师为成员的课程建设委员会，定期研究行业最新动态，把企业真实的工程项目案例变成教学模块。以目前主流的 FPGA 开发流程、SoC 架构设计、基于 RISC-V 的处理器设计等实际应用为载体，取代过时的理论验证实验<sup>[6-7]</sup>。课程内容要按照基础理论、工程实践、创新应用的顺序推进，保证学生掌握数字逻辑的基础知识之后，能用 Verilog 或者 VHDL 对复杂的系统建模。其次就是课程体系的动态调整机制，必须依靠大数据分析技术及时了解招聘市场对于数字芯片设计、嵌入式系统开发等岗位的技能要求发生了怎样的变化，每学期对课程大纲做小范围

的修订，使教学内容与行业标准保持一致。采用企业级 EDA 工具、云仿真平台等，在虚拟环境中对整个 EDA 流程，即代码编写、综合布局布线、板级验证进行全流程模拟训练，大大缩短了学生由校园向职场的过渡时间。那么，重构之后的课程体系就会形成一种开放的、灵活的、充满活力的教学生态，“数字系统设计”也不再只是独立的一门理论课，必将迸发出更强大的力量，为培养出具有解决复杂工程问题能力的高素质数字人才打下良好基础。

### （二）共建实训平台

基于产教融合的育人改革不是一蹴而就的，必须要创建起高水平、虚实相联的实训平台，才能冲破物理空间的束缚。高校应该联合头部半导体企业、EDA 软件厂商和地方政府一起投入资源创建数字系统创新工场。一是装配实体实验室，配备最新的 FPGA 开发板、高速示波器、逻辑分析仪以及各种传感器模块，模拟真实工作与实践环境；二是云端虚拟仿真中心，用云计算、大模型技术创建可以弹性扩展的数字电路设计和验证环境<sup>[8]</sup>。学生可以随时在虚拟环境中使用企业级 EDA 工具链做大规模的逻辑综合、时序分析、功耗评估，并且可以利用数字孪生技术预演、调试复杂的 SoC 系统。企业导师可以采用远程接入的方式对学生项目进展进行指导，给学生提供工程经验中遇到的“避坑指南”。另外平台还要建立产业界真实项目库，智能物联网网关设计、边缘计算加速卡开发等都可以让学生以项目组形式参与全流程的研发。可见，沉浸式环境不仅可以提高学生工程实践能力，还可以培养学生团队合作意识和项目管理意识。随着人工智能技术的不断深入，该平台会具备智能诊断、个性化的推荐学习路径等各方面的功能，给每一个学生量身打造成长方案，真正成为孕育数字工匠的摇篮。

### （三）革新师资队伍

教师是教学改革的执行者、引领者，在当前的教育变革背景下十分重要。在数字系统设计方面，高校教师普遍存在着理论基础扎实、工程实践经验缺乏的状况，企业专家虽然经验丰富但是缺少系统的教学法培训。因此，创建一支专兼并存、优势互补的“双师型”教师队伍是改革成功的保证。一方面实行教师入企挂职计划，选派青年教师到芯片设计公司、系统集成商等企业一线，参加实际的研发项目，时间半年到一年<sup>[9]</sup>。在此期间教师不仅要掌握最新的技术栈、开发流程，还要了解企业的人用标准、工程文化，把鲜活的工程案例带入课堂。另一方面实行“产业导师进课堂”，聘请企业资深架构师、技术总监作为兼职教授或者客座讲师，承担核心课程部分章节的讲授、毕业设计的指导以及创新创业大赛的辅导工作。企业导师所带来的是技术知识、行业视野以及职业素养的熏陶。为了促进双方的深度融合，还要创建联合教研室，定期举办教学研讨会，一起研发教材，设计实验项目，并制定考核标准。另外还要建立科学的评价激励机制，把教师参加产教融合的成果纳入绩效考核和职称评聘体系中，调动教师参与改革的积极性。深化师资力量融合，不仅可以提高教师整体素质，还可以从根本上改变数字系统设计课程教学方式，培养出真正符合产业需求的高素质人才。

**（四）完善评价体系**

按照产教融合的改革路径，必须彻底改变评价体系，把以能力产出（OBE）为标准的多元考核机制作为核心。新的评价体系要贯穿学生学习的全过程，从知识掌握、技能运用、项目实践、职业素养等各方面进行考查。大幅度降低期末闭卷考试的比重，提高过程性评价所占比例，把学生在项目设计、代码规范、调试记录、团队讨论等方面的表现纳入到考核范围之中。对接企业级项目验收标准，作为评分依据，聘请企业专家对毕业设计、课程项目进行答辩评审，主要考查作品是否具有实用性、创新性，并且能解决实际工程问题。优秀的数字系统设计作品要具备功能正确、功耗小、面积小、时序收敛好等特点，并且要有完整的文档和测试报告。我们还有必要创建多元化的证书认证体系，激励学生取得行业协会认可的职业技能等级证书或者厂商认证，把证书折算成课程学分<sup>[10]</sup>。通过大数据技术对学生在学习平台上所产生的一切行为数据加以挖掘分析，得到个性化的才能画像，给教师更准确的教学反馈，促使学生察觉自身存在的不足并加以改善。总之，确定科学、公正、全面的评价标准可以有效地调动学生学习的积极性和创造力，培养出既具有扎实的理论基础又具备解决复杂工程问题的能力的高素质人才。

表2 “数字系统设计”课程多元考核设置

| 考核维度 | 具体措施                     | 评价依据 / 标准           |
|------|--------------------------|---------------------|
| 过程评价 | 纳入项目设计、代码规范、调试记录及团队讨论表现。 | 学习全过程行为数据。          |
| 结果验收 | 严格项目验收标准，由企业专家参与答辩评审。    | 实用性、创新性、时序收敛、功耗面积等。 |
| 反馈机制 | 利用大数据分析学习行为，生成个人才能画像并反馈。 | 数字化学习平台行为挖掘分析。      |

三、结论

综上所述，基于产教融合的“数字系统设计”教学改革是顺应产业发展趋势、提升人才培养质量的必然选择。构建校企深度合作机制，解决了教学内容滞后于技术发展的问題，更将企业的真实项目、技术标准及企业文化融入教学全过程，极大地激发了学生的学习主动性与创新潜能。未来，高校应进一步强化与行业龙头企业的战略合作，推动教育供给侧改革，形成可复制、可推广的改革经验，为国家数字经济高质量发展输送更多高素质的创新型工程技术人才。

参考文献

[1] 寒蓉蓉, 胡严, 方元, 等. 基于 RISC-V 架构的数字系统教学课程实验设计 [J]. 电气电子教学学报, 2025, 47(S1): 120-124.

[2] 容涛涛. 应用型思维模式在数字电子课程教学中的实践 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(02): 214-215.

[3] 屈民军, 唐奕. "数字系统设计实验"的改革与实践研究 [J]. 工业和信息化教育, 2023, (07): 83-87+94.

[4] 乔世坤, 李明, 董光辉. 基于自主学习能力培养的数字系统设计实验考核改革 [J]. 实验科学与技术, 2022, 20(05): 123-127.

[5] 陈佃军. "数字系统设计"课程教学中联系思政内容的一个实例 [J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(01): 54-56.

[6] 赵萍, 赵倩. 构建以培养数字系统设计应用型人才为核心的实践教学体系初探 [J]. 中国电力教育, 2021, (S1): 24-25.

[7] 贾小涛, 王雪岩, 杨建磊. "数字系统设计"课程实践教学设计与探索 [J]. 工业和信息化教育, 2021, (12): 82-85+94.

[8] 杜娟. 基于 CAD 辅助技术的视觉传达自动化数字系统设计 [J]. 制造业自动化, 2021, 43(08): 119-123.

[9] 罗阳锦, 张升伟, 陆浩. 高光谱微波辐射计宽带高速数字系统设计 [J]. 电子学报, 2021, 49(02): 380-386.

[10] 孙敏, 金印彬, 宁改娣, 等. OBE 理念下数字电子技术实验教学改革与实践 [J]. 中国教育信息化, 2020, (02): 41-43.

# 基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估研究

吴姗姗<sup>1</sup>, 郝晓函<sup>2</sup>

1. 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041

2. 吉林省种子管理总站, 吉林 长春 130000

DOI: 10.61369/TACS.2026040002

**摘 要 :** 近年来, 低空无人机遥感技术发展迅速, 并凭借能够获取高时空高分辨率的遥感影像、机动性好、操作简单等优势, 成为作物长势监测与产量预估的重要工具。大豆生产领域引入无人机遥感技术, 进行长势监测与产量预估, 是实现精准农业, 提升大豆产量的重要举措。基于此, 本文在分析大豆监测常用无人机遥感平台及传感器的基础上, 提出基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估数据处理方法、关键技术, 探讨具体生产实践中面临的挑战及其应对策略, 旨在为智慧农业发展提供参考。

**关 键 词 :** 无人机遥感; 大豆; 长势监测; 产量预估

## Research on Soybean Growth Monitoring and Yield Estimation Based on UAV Remote Sensing

Wu Shanshan<sup>1</sup>, Hao Xiaohan<sup>2</sup>

1. Heilongjiang Agricultural Economics Vocational College, Mudanjiang, Heilongjiang 157041

2. Jilin Provincial Seed Management Station, Changchun, Jilin 130000

**Abstract :** In recent years, low-altitude UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing technology has developed rapidly. With the advantages of acquiring remote sensing images with high spatiotemporal resolution, good maneuverability, and simple operation, it has become an important tool for crop growth monitoring and yield estimation. The introduction of UAV remote sensing technology into soybean production for growth monitoring and yield estimation is a key measure to realize precision agriculture and improve soybean yield. Based on this, this paper analyzes the common UAV remote sensing platforms and sensors for soybean monitoring, proposes data processing methods and key technologies for soybean growth monitoring and yield estimation based on UAV remote sensing, and discusses the challenges faced in specific production practices and their corresponding countermeasures, aiming to provide references for the development of smart agriculture.

**Keywords :** UAV remote sensing; soybean; growth monitoring; yield estimation

## 引言

无人机遥感平台可搭载激光雷达、热红外相机、高光谱相机、多光谱相机等传感器, 准确获取作物的点云、纹理、光谱等信息, 为技术人员监测、评估作物生长的各项指标, 预估作物产量提供数据支撑。技术人员通过无人机搭载多光谱传感器, 快速获取田间数据, 而后结合机器学习算法实现精准分析, 进而了解大豆的生长状况(如植株高度、叶面积指数、叶绿素含量等), 对不同生长阶段的大豆进行模拟, 而后采取科学管理措施, 并预测大豆产量, 对推进大豆产业高质量发展有重要意义。智慧农业背景下, 大豆生产要重视无人机遥感技术应用, 从而获得更具针对性的决策依据。

## 一、大豆长势监测常用的无人机遥感平台及传感器

无人机遥感技术整合无人机与遥感技术, 利用各种类型的传感器获取大豆生长过程中的多源信息, 实现对大豆各个生长阶段的实时监测。在大豆生长监测中融入无人机遥感技术, 为相关管理活动提供类型丰富、低成本、高分辨率的数据, 是推进智慧农业建设的重要路径。

### (一) 常用无人机遥感平台

无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV), 又称无人驾驶航空器, 依托机载程序控制装置、无线电遥控操纵无人机飞行平台。当前, 无人机已经广泛应用于大豆生产领域, 在其整体生长监测与产量预估方面更是发挥着不可替代的作用。大豆生产领域中, 常用的无人机遥感平台可分为多旋翼无人机、固定翼无人机、无人直升机等类型, 技术人员需要结合具体应用场景和监测

需求进行选择<sup>[1]</sup>。其中，多旋翼无人机操作灵活、起降方便，能够在低空稳定飞行，多应用于小面积大豆种植区域的详细监测；固定翼无人机飞行速度快、续航时间长，适用于大面积大豆种植区域的快速扫描和监测，能够辅助技术人员普查大豆生长状况；无人直升机则兼具多旋翼无人机和固定翼无人机的部分特点，它垂直起降、悬停性能好、飞行半径较大，能适应复杂地形下的大豆监测任务<sup>[2]</sup>。

### （二）无人机传感器

就当前而言，农业监测中常用的传感器有激光雷达、热红外相机、高光谱相机、多光谱相机、近红外相机、数码相机等。针对大豆长势监测与产量预估，不同类型的传感器所获得的数据具有不同的特点和用途，单一传感器提供的数据难以全面反映大豆生长过程中的多维度变化<sup>[3]</sup>。比如，RGB与多光谱传感器提供的影像数据只是某特定时期的遥感影像，难以体现大豆生长的动态变化；激光雷达虽能获取大豆植株的三维结构信息，但难以全面反映大豆的光谱特征。因此，产业发展中需要综合运用多种传感器的数据，构建多源数据融合的监测体系，获得包括雷达、激光、热红外、多光谱、可见光在内的多源遥感影像，利用多模态数据进行大豆长势监测与产量预估<sup>[4]</sup>。

## 二、基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估常用数据处理方法

随着无人机传感器技术快速发展，大豆长势监测与产量估算可用的数据源愈发丰富，正在实现从单一的光谱数据向温度、点云、纹理多源数据的转变，同时产量估算建模方法也由早期的线性回归方法逐步发展为如今的机器学习、深度学习等更为先进的方法<sup>[5]</sup>。

### （一）线性回归方法

线性回归方法是一种较为基础的产量估算建模方法，它通过建立自变量（如大豆的某些生长指标）与因变量（产量）之间的线性关系来进行产量预估。大豆产量与特征参数、植被指数等的线性关系差，所以该方法适用性不强且精度低，已经逐渐被更为先进的方法所取代。有研究人员基于无人机多光谱和RGB图像计算植被指数，结合线性回归模型对大豆产量进行估算，结果显示其估算精度仍然不够高。

### （二）机器学习

机器学习能够从无人机图像数据中“学习”信息并处理预测因子与目标变量之间关系，打破了特定方程的局限性，逐渐取代线性回归模型，在大豆产量估测方面展现出较大应用潜力。比如，有研究人员利用无人机获取大豆的多光谱影像，通过机器学习算法中的随机森林模型对大豆产量进行预测，结果表明其预测精度较高。虽然，机器学习算法构建的预测模型预测精度较高，但是机器学习模型处理时序数据、复杂非线性关系的能力较弱，且可解释性有限，需要研究者在这些方面进行更多有益尝试<sup>[6]</sup>。

### （三）深度学习

深度学习能够自动学习与目标任务相关的数据特征，并通过

构建深度神经网络模型对无人机获取的多源数据进行深度挖掘、分析，处理复杂的非线性关系和时序数据，在大豆长势监测与产量预估方面具有巨大的应用前景。当前，卷积神经网络（CNN）逐渐成为深度学习的常用框架，它能够自动提取图像中的特征，在处理无人机获取的大豆图像数据方面表现出色<sup>[7]</sup>。

## 三、基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估技术要点

在实际运用无人机遥感技术进行大豆长势监测与产量预估时，有多个关键技术要点需要引起重视。

### （一）精准获取信息

智能化、高效化、机械化、科学化、集约化、区域化是未来农业生产发展的重要特征，尤其是近几年无人机遥感快速发展，为提升农业信息精准度，提升大豆长势监测与产量预估准确性带来新的可能。为了获得准确结果，实际生产中不仅要合理选择产量估算建模方法，而且要做到精准获取信息。比如，实际生产中可以根据大豆种植区域的实际情况和监测需求，挑选最合适的传感器组合，获得多源数据；结合地形特征、监测需求设置飞行高度、速度、航线等飞行参数，以更少时间和更低成本获得准确数据<sup>[8-9]</sup>。

### （二）病虫害治疗

这是大豆长势监测与产量预估的重要方面，大豆生产中可以利用无人机搭载的传感器获取目标图像，然后由技术人员对图像光谱进行分析。病虫害对大豆产值影响最大的问题之一，如果情况严重可能导致大豆大幅减产甚至绝收。大豆生产中需要通过无人机遥感技术获取数据，分析其光谱特征变化，及时发现大豆植株病虫害。例如，当大豆感染某种病害时，其叶片的叶绿素含量会下降，在多光谱影像中就会呈现出特定波段的反射率异常。这种异常能够帮助技术人员及时发现问题，并准确判断病虫害的种类、发生程度，采取适宜的干预方法。

### （三）田间除草

除草是保证大豆产量的基础性工作，如果不及及时处理田间杂草，将会导致大豆养分不足，产量降低。在种植生产时，应借助无人机遥感技术快速准确地识别杂草分布区域，为精准除草作业提供可靠依据。无人机搭载的多光谱相机或高分辨率相机，可以获取大豆田间的清晰影像，传输给数据分析系统。系统通过分析影像，准确区分杂草和大豆植株，确定杂草的位置和分布范围<sup>[10]</sup>。

## 四、无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战及其应对策略

### （一）主要挑战

无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战包括数据获取质量难以得到保证、数据处理与分析方法复杂、模型精度与泛化能力不足、模型迁移性与普适性差等，具体如下。

数据获取质量难以得到保证：无人机遥感数据获取受云层、大气、光照等环境因素影响显著，环境因素可能导致数据缺失或质量下降。

数据处理与分析方法复杂：无人机影像遥感作物长势监测流程包括影像拼接、几何校正、辐射校正等预处理，以及参数估算、精度分析、制图成图等功能，比较复杂。

模型精度与泛化能力不足：当前基于无人机遥感的作物估产模型在精度和泛化能力方面仍存在不足。

模型迁移性与普适性差：学者们通常使用交叉验证的方法来验证作物估产模型的性能，较少使用独立验证法。

（二）应对策略

针对无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战，技术人员可以采取以下应对策略提升数据获取质量、模型精度与泛化能力，简化数据处理流程，改善模型迁移性与普适性。

优化飞行参数：降低飞行高度（至50—100米）以提高分辨率，控制速度（≤80km/h）减少模糊；搭载高精度RTK模块，实现厘米级定位。

数据增强与迁移学习：通过旋转、缩放影像增加样本多样性；采用YOLOv8、ResNet等模型提升病虫害识别准确率至92%。

品种与环境协同建模：构建动态自适应监测策略，根据大豆生长周期调整模型参数。

跨区域验证与参数调整：在不同生态区（如伊利诺伊州、爱荷华州）独立验证模型，分析区域差异；建立参数库，根据气候、土壤条件自动调用最优模型配置。

通用特征提取框架：设计基于深度学习的通用特征提取器，减少对品种特异性的依赖。

五、结语

综上所述，低空无人机遥感技术为大豆长势监测与产量预估提供了重要工具，是该领域推进智慧农业的关键支撑。大豆生长势监测与产量预估中，要融入无人机遥感技术，为相关管理活动提供类型丰富、低成本、高分辨率的数据，提升管理决策科学性、产量预估准确性。当前，无人机传感器技术快速发展，大豆长势监测与产量估算可用的数据源愈发丰富，这为机器学习、深度学习等先进的数据处理方法替代早期的线性回归方法带来可能。在实际操作中，技术人员可以通过合理选择无人机遥感平台与传感器、精准获取信息，提升大豆长势监测与产量预估准确度，并将无人机遥感推广到病虫害治疗、田间除草等领域。

参考文献

[1] 张文渊, 吕福海. 智慧农业中基于人工智能的无人机遥感数据处理与无线通信优化研究 [J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 92–94.

[2] 杨晓军. 无人机遥感技术在智慧农业中的应用研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2024, 52(23): 11–15.

[3] 李朝阳. 无人机遥感技术在农田水利监测中的应用与优化策略 [J]. 农村科学实验, 2024, (21): 84–86.

[4] 王宇唯, 马旭, 谭德妍, 等. 无人机遥感与地面观测的多模态数据融合反演水稻氮含量 [J]. 农业工程学报, 2024, 40(18): 100–109.

[5] 吴宇通, 张伟, 石文强, 等. 基于无人机遥感的大豆倒伏识别研究 [J]. 中国农机化学报, 2024, 45(09): 209–214+257.

[6] 李瑞鑫, 张宝林, 潘丽杰, 等. 不同无人机飞行高度下玉米叶片叶绿素相对含量的无人机遥感反演及其指示叶位的识别 [J]. 江苏农业学报, 2024, 40(07): 1234–1244.

[7] 班甜甜, 蔡家斌, 马超, 等. 基于无人机和遥感技术的蔬菜表型信息采集与监测研究 [J]. 南方农机, 2024, 55(12): 30–32+54.

[8] 李雪. 基于无人机遥感的小麦长势监测和产量估测研究 [D]. 河南科技大学, 2024.

[9] 李婉钰, 吴文轩, 于明磊, 等. 基于无人机多光谱数据的水稻籽粒蛋白质积累动态监测 [C]// 中国作物学会. 第二十届中国作物学会学术年会论文摘要集. 南京农业大学国家信息农业工程技术中心, 农业农村部农作物系统分析与决策重点实验室, 智慧农业教育部工程研究中心, 江苏省信息农业重点实验室, 江苏省现代作物生产协同创新中心; , 2023: 445.

[10] 李敏, 郭雷风, 王瑞利. 无人机遥感在马铃薯田间表型研究中的应用 [J]. 河南农业科学, 2023, 52(09): 24–32.

# 基于深度学习的方言语音识别技术探究

陶薇薇

四川文化产业职业学院，四川 成都 610000

DOI: 10.61369/TACS.2026040006

**摘 要：** 方言属于地域文化的重要载体，它承载着特定群体的历史记忆和文化基因，但是，其在传承时会遇到较为严峻挑战，这样会对方言的发展与传承产生极大阻碍作用。通过将深度学习技术引入语音识别领域，能够为方言语音的识别提供一个更为高效、精准的技术路径，它也可以成为方言数字化保护的核心。鉴于此，本文将针对深度学习下的方言语音识别技术展开分析，并结合发展中的问题提出一些策略，仅供各位同仁参考。

**关 键 词：** 深度学习；方言；语音识别；技术

## Exploration of Dialect Speech Recognition Technology Based on Deep Learning

Tao Weiwei

Sichuan Vocational College of Culture and Industry, Chengdu, Sichuan 610000

**Abstract：** Dialects are important carriers of regional culture, bearing the historical memories and cultural genes of specific groups. However, they face severe challenges in inheritance, which greatly hinder the development and inheritance of dialects. The introduction of deep learning technology into the field of speech recognition can provide a more efficient and accurate technical path for dialect speech recognition, and it can also become the core of dialect digital protection. In view of this, this paper will analyze the dialect speech recognition technology under deep learning and put forward some strategies combined with the existing problems in development, for reference only.

**Keywords：** deep learning; dialects; speech recognition; technology

### 一、基于深度学习的方言语音识别技术的价值

#### （一）有利于完善语音识别研究体系

传统的研究多是集中在普通话以及主流的外语方面，人们对于方言语音识别的研究较为不足，通过引入深度学习技术，能够有效打破传统算法的瓶颈，我们可以更为精准地捕捉方言的韵律与声调，这样可以有效填补现有技术的空白，有利于推动语音识别向多语种、多方言的方向拓展<sup>[1]</sup>。此外，开展基于深度学习的方言语音识别技术的研究还能进一步推动深度学习跨领域创新，方言语音识别本身有较强的特殊性，它也对深度学习模型的特征提取提出了更高的要求，这就需要对现有模型展开改革与优化，设计更多适配低资源场景的轻量化模型，这样能大幅提升模型在复杂语音场景的应用能力。

#### （二）有利于方言文化活态传承

方言是地域文化的重要载体，它也是中华民族文化多样性的直观体现。现阶段，受到城市化、普通话普及等方面的影响，很多方言面临着传承断层的问题，很多小众方言开始逐渐消亡。通过开展基于深度学习的方言语音识别技术改革与应用，能够更为有效地实现方言语音精准转写、存储与检索，这样可以逐渐打造一个方言语音语料库与文化数据库，能够更好地将口头文化遗产数字化保存<sup>[2]</sup>。同时，我们还可结合深度学习开发一些方言学习APP等，这样可以更好地推动方言活态传承，有利于守护地域文

化根脉。

#### （三）有利于推动智能语音产业升级

现阶段，我国的智能语音产业快速发展，但是很多产品的方言语音识别存在一定的不足，这样会对产品的覆盖产生阻碍作用。通过开展基于深度学习的方言语音识别技术改革与创新，能够进一步推动智能语音产业的升级，更好地填补方言市场的空白，有利于拓展产业应用边界，各个相关企业可以开发更多方言智能终端以及方言语音输入等产品，这样可以极大扩大市场覆盖面，创造更多经济价值<sup>[3]</sup>。

### 二、基于深度学习的方言语音识别技术面临的问题

#### （一）数据稀缺、质量参差不齐

数据是开展高质量模型训练的基础，充足高质量的方言语音数据是保证方言识别精度的重要因素，但是，当前很多方言语音的数据存在诸多问题。在实际工作中，方言数据本身较为稀缺且采集难度很大。方言通常使用的范围比较小，而且缺乏一个较为统一的标准，多数方言也没有一个统一的书面形式作为记录，这样对方言的数据采集产生很大阻碍作用。此外，方言本身的发音随意性较强，这也在一定程度上增加了采集与标注的难度，很多方言的使用者多是集中在一些特定的地域且多是中老年人，这也为方言的数据采集增加了难度<sup>[4]</sup>。

在进行方言的数据采集时,会受到设备、环境等多方面因素的影响,这样会导致一些语音存在噪声、失真等问题,这样会对后续的资源应用产生不良影响。在采集过程中,也缺乏一个较为统一的标准,标注人员的专业水平也参差不齐,经常会出现标注错误、遗漏等问题,还有一些数据存在重复冗余的情况,这样也会大幅降低数据的利用效率。

### (二) 模型适配性不足、泛化能力弱

现阶段,主流的深度学习模型多是针对普通话或主流外语设计,这就导致其对方言的适配性较为不足,存在能力弱、训练成本高等问题,这样会对基于深度学习的方言语音识别技术的应用产生阻碍作用。一般来说,方言与普通话在声调、韵律等方面存在明显不同,如粤语九声六调等,但是,主流的模型并没有充分考虑这些特性,这就导致其很难精准捕捉方言的核心特征。此外,很多模型的泛化能力较弱,不同方言的语音差异较大,同一方言内部也会因为口音、人群等存在一定的差异,这就导致基于特定数据训练的模型在遇到没有见过的口音以及场景时,会出现识别精度大幅下降的情况<sup>[9]</sup>。

### (三) 环境抗干扰能力弱,场景适配性不足

实际应用中,复杂的环境干扰与多样场景需求会进一步凸显该技术在环境适配方面的不足。当前的方言语音识别技术本身抗干扰能力较弱,在一些实际的场景中,环境噪声、设备噪声等都会对技术的应用产生干扰,这样会在很大程度上影响语音特征的提取,从而导致识别精度下降。方言数据稀缺也会让数据的增强效果有限,使其很难应对复杂的噪声环境,嘈杂场景以及低成本设备下,很容易出现识别精度下降的情况<sup>[10]</sup>。此外,不同场景的方言语音特点差异大,当前的语言模型多是基于单一场景数据训练产生的,它们缺乏对多场景特征的学习,这样会导致日常对话模型难以识别方言戏曲等专业场景语音,整体的场景适配性较为不足。

## 三、基于深度学习的方言语音识别技术的优化路径

### (一) 数据层面: 构建高质量、多元化方言语音数据集

数据作为深度学习模型训练的核心,其质量、规模以及分布会在很多程度上影响方言语音识别的精度,为此,我们要提升基于深度学习的方言语音识别技术改革,需要进一步解决当前的数据瓶颈。在实际工作中,我们可以尝试从采集、预处理、共享以及增强四个方面展开协同发力,这样可以逐渐打造一个更高质量的方言语音数据集

我们要不断加大对各个方言区的数据采集力度,重点关注一些小众方言、濒危方言等,在采集时,我们可以尝试与政府、企业、高校等展开合作,组建一个更为专业的采集团队,而后方可深入方言核心区域全面采集不同年龄段、性别、口音的方言语音数据。在采集数据时,我们应保证数据涵盖日常对话、专业领域以及民俗活动等诸多场景,这样可以有效扩展数据覆盖的全面性。同时,我们应进一步规范采集流程,尽可能选用一些高精度的采集设备,在采集时,还需严格控制采集环境的噪声干扰,这

样可以有效避免语音数据的失真<sup>[7]</sup>。

为提升采集数据的效率,我们可以尝试引入众包的模式,鼓励方言使用者主动参与到数据的采集中,这样能够大幅降低采集数据的成本,也能在一定程度上扩大方言数据采集的规模,有利于弥补专业采集团队的覆盖短板。在数据预处理环节,我们可以尝试采用傅里叶变换、小波变换等先进的信号处理技术,这样可以有效去除语音数据中的环境噪声、设备噪声等,还能进一步增强语音信号的强度,有利于提升方言数据的清晰度。不仅如此,我们还需对所有语音数据进行标准化处理,尽可能统一采样率、时长以及格式等关键参数,这样可以确保数据的一致性。为提升基于深度学习的方言语音识别技术优化效果,我们可以尝试建立一个更为严格的标注标准,组建一个由语言学专家与技术人员组成的专业标注团队,这样可以对语音数据的音素、声调等进行更为精准的标注。

### (二) 模型层面: 优化模型结构, 提升适配性与泛化能力

深度学习模型是方言语音识别技术优化的核心,它的适配性、泛化能力以及训练效率会在很大程度上影响技术的应用效果,为此,我们可以结合方言语音的独特性对模型进行一个全方位的优化,以此方可实现更为精准地识别与高效训练。在模型结构优化方面,我们要主动打破单一的声学特征的局限,尽可能融入 MFCC、FBANK 等互补声学特征,还可以结合实际情况设计一个专门的特征融合模块,这样可以更好地整合不同特征在频谱细节、时序动态性的优势,构建一个更为全面的方言声学表征。

在提升模型泛化能力方面,我们应进一步扩大训练数据的覆盖面,将不同地域、口音、年龄段的方言语音数据纳入训练范围,这样可以让模型更为充分地学习多样化的方言语音特征,从而有效减少地域、人群差异带来的识别偏差<sup>[8]</sup>。我们可以广泛采用迁移学习、半监督学习等先进训练方法开展基于深度学习的方言语音识别技术优化,我们可以基于迁移学习将普通话语音识别模型的参数迁移到方言模型训练中,利用普通话数据的学习成果辅助方言模型训练,这样可以有效缓解方言数据稀缺的问题。在降低训练成本以及推动模型轻量化方面,我们要进一步加强与云计算平台合作,利用云计算的强大计算资源降低中小科研机构、企业的计算成本,同时,这样也能进一步优化模型训练的算法,减少训练过程中的参数调整次数,从而大幅缩短训练时间,提升训练效率。通过模型压缩、量化等技术,可以进一步减少模型的参数数量与计算量,在保证识别精度的前提下降低模型的训练成本与部署成本。

### (三) 环境适配层面: 增强模型抗干扰能力, 提升场景适配性

在开展基于深度学习的方言语音识别技术优化时,我们要进一步提升方言语音识别技术的抗干扰能力与场景适配性,这就需要针对环境干扰和场景的差异采取一些更具针对性的优化措施,这样才能确保技术在不同场景下的精准识别。在增强模型抗干扰能力方面,我们可以重点优化噪声抑制以及语音增强技术,利用基于深度学习的噪声抑制模型精准识别并过滤环境噪声、设备噪声等干扰,而后方可结合空间滤波技术强化目标声源信号,这样

可以大幅提升语音数据的信噪比与清晰度<sup>[9]</sup>。

在模型训练过程中，我们可以主动加入一些含有噪声的方言语音数据，这样可以让模型更为充分地学习噪声环境下的语音特征，有利于提升模型对噪声的适应能力。同时，我们可以采用数据增强技术模拟不同强度、类型的噪声环境，生成更为多样化的含噪声语音数据，这样可以扩大训练数据的多样性，有利于增强模型的抗干扰能力。此外，我们可以进一步优化语音端点的检测技术，通过精准识别方言语音的起始与结束位置避免噪声片段对

识别结果的影响，这样可以确保即使在复杂噪声环境下也能精准提取有效语音特征，有利于提升基于深度学习的方言语音识别技术的精度。在提升场景适配性方面，我们可以尝试构建一个多场景方言语音数据集，全面采集日常对话、方言戏曲、政务服务等各类场景的方言语音数据。针对不同场景的语音特点，我们可以对模型展开一些针对性的优化，以此促使基于深度学习的方言语音识别技术优化质量提升到一个新的高度<sup>[10]</sup>。

## 参考文献

[1] 黄雪琴, 张良峰, 耿强. 基于 WeNet 模型的海南方言语音识别技术研究 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(36): 26-28.

[2] 陈嘉, 陈章华, 何侠, 等. 基于多模态标注技术的潮汕方言语音识别系统在广电融媒体中的应用研究 [J]. 广播电视信息, 2025, 32(12): 62-66.

[3] 吕冰清, 李秀志, 何军成, 等. 方言语音识别技术在老年人智能设备中的应用研究 [C]// 郑州市社会学学会, 郑州大学社会工作系. 2025 年社会学研讨会新质生产力分论坛论文集 (下册). 桂林电子科技大学北海校区; 2025: 91-92.

[4] 郝博阳. 基于深度学习的方言语音识别技术研究 [D]. 长春大学, 2024.

[5] 许鹏远. 基于深度学习的河南方言识别研究 [D]. 西安石油大学, 2024.

[6] 毛跃辉. 方言语音识别关键技术研究及其在空调上的应用 [J]. 家电科技, 2022, (S1): 167-171.

[7] 何铭. 面向藏语的语音识别技术研究 [D]. 天津大学, 2021.

[8] 张敬康. 基于深度学习的大同方言语音情感识别 [D]. 中北大学, 2020.

[9] 刘晓峰. 山西大同地方方言语音识别技术及应用研究 [D]. 中北大学, 2020.

[10] 许彬彬, 洪青阳, 李柏翰, 等. 基于闽南方言语音识别技术的数据库设计与标注 [C]// 中国中文信息学会语音信息专业委员会. 第十四届全国人机语音通讯学术会议 (NCMMSC'2017) 论文集. 厦门大学中文系; 厦门大学智能科学与技术系; 厦门第六中学; 厦门大学电子工程系; 2017: 32-37.

# 数字信息化环境中职业教育产教融合生态构建 与协同机制研究

倪箫吟

柳州工学院, 广西 柳州 545616

DOI: 10.61369/TACS.2026040014

**摘 要 :** 人工智能、大数据和云计算等新技术为职业教育产教融合发展注入了活力, 逐步完善了产教融合生态系统, 为政府、职业院校、企业和行业协会搭建起合作桥梁, 有利于完善职业教育产教融合生态系统, 促进职业教育高质量发展。本文立足教育信息化背景, 分析了职业教育产教融合生态系统发展历程, 阐述了产教融合生态系统构建路径、产教融合协同机制构建路径, 从多元合作模式、校企深度合作、优化专业集群、加强人才队伍建设、完善产教融合评价等方面进行阐述, 旨在构建多元合作模式, 提高职业教育质量。

**关 键 词 :** 教育信息化; 职业教育; 产教融合; 生态机制; 构建路径

## Research on the Ecological Construction and Collaborative Mechanism of Industry-Education Integration in Vocational Education in the Digital Information Environment

Ni Xiaoyin

Liuzhou Institute of Technology, Liuzhou, Guangxi 545616

**Abstract :** New technologies such as artificial intelligence, big data and cloud computing have injected vitality into the development of industry-education integration in vocational education, gradually improved the industry-education integration ecosystem, built a cooperation bridge among governments, vocational colleges, enterprises and industry associations, which is conducive to improving the industry-education integration ecosystem of vocational education and promoting the high-quality development of vocational education. Based on the background of educational informatization, this paper analyzes the development course of the industry-education integration ecosystem in vocational education, expounds the construction path of the industry-education integration ecosystem and the construction path of the industry-education integration collaborative mechanism. It elaborates from aspects such as diversified cooperation models, in-depth school-enterprise cooperation, optimization of professional clusters, strengthening of talent team construction, and improvement of industry-education integration evaluation, aiming to build diversified cooperation models and improve the quality of vocational education.

**Keywords :** educational informatization; vocational education; industry-education integration; ecological mechanism; construction path

### 引言

随着“双高计划”的不断深化, 产教融合在职业教育中的重要性越发凸显出来, 促进了职业院校、企业与行业协会的深度合作, 优化了职业教育资源优化配置, 逐步完善专业课程群, 深度促进了学科交叉与融合, 从而提高学生职业技能、职业道德素养和数字技术应用能力。因此, 职业院校要立足生态学视角, 巧借教育信息化“东风”, 构建产教融合新生态, 通过互联网平台与行业协会、企业开展合作, 围绕产业转型、企业人才需求优化课程群, 培养更多德技双修的职业人才, 为区域发展奠定扎实人才基础, 助力乡村振兴战略建设。

#### 项目信息:

柳州市教育科学规划 2024 年度职业教育课题 项目名称: 职业教育产教融合的生态机制与测评研究 (课题编号: 2024ZJC011);  
2024 年柳州市职业教育教学改革项目: 新工科背景下地方应用型工科院校产教融合协同育人机制研究 (项目编号: LZJ2024C082)。

## 一、职业教育产教融合生态系统发展历程

### （一）产教融合发育期

虽然我国职业教育起步比较晚，落后于德国、美国、澳大利亚等发达国家，但是发展势头非常迅猛。1991年国务院发布的《关于大力发展职业技术教育的决定》，明确提出“工学结合”教学模式<sup>[1]</sup>。2005年，国务院发布《国务院关于大力发展职业教育的决定》，明确提出“大力推行工学结合、校企合作的培养模式”。2007年我国学术界发表了第一篇关于“产教融合”的文章，掀起了产教融合研究热潮。这一时期，我国产教融合模式初步成型，以校企合作、工学结合模式为主，确保教育效益最大化，一方面职业院校根据市场需求、企业用人需求开设相关专业、建立课程群，拓展校企合作内容与规模；另一方面组织学生深入企业实习，但是由于校企双方权利与义务不明确，存在利益分配不均、人才培养质量参差不齐的问题。

### （二）产教融合发展期

十八大以来，我国创新驱动战略全面实施，促进了人才供给侧与教育供给侧改革，为“产教融合”发展奠定了良好基础。这一时期，产教融合生态系统中的参与主体逐步增多、校企合作项目增多，有效提高了职业教育质量，也为学生提供一些工作机会。但是产教融合生态系统尚未形成规模，产业链衔接不紧密，企业、行业协会往往从经济利益角度选择合作院校和学生，导致校企双方难以达成稳定、持久的合作关系。由于产教融合参与主体权责划分不明确，职业院校与行业协会、企业在合作工作中容易产生矛盾，普遍存在“校热企冷”的问题<sup>[2]</sup>。

### （三）产教融合稳定期

经过几十年的发展，我国职业教育产教融合生态系统进入稳定期，逐步走向成熟，促进了职业教育高质量发展。这一时期的职业教育产教融合生态系统形成了完善的价值观、组织链和利益链，明确了各参与主体权利与义务、经济权益和管理机制，确保各个主体都可以参与到产教融合建设中。当职业教育产教融合生态系统进入成熟期后，政府扶持力度加大、行业协会技术指导力度加大、企业资金与科研投入加大，逐步形成多元协同教育模式，有效推进职业院校专业群建设、数智化教学改革和科技成果转化，更好地服务区域经济发展<sup>[3]</sup>。

## 二、数字信息化环境中职业教育产教融合生态系统构建路径

### （一）借助 AI 技术构建多元化合作模式

在数字信息化背景下，职业院校要“AI+ 产教融合”新生态，让人工智能赋能产教融合建设，促进与政府、行业协会、企业之间的深度合作。首先，政府部门要积极牵头，出台针对产教融合的利好政策，从而鼓励更多企业、行业协会参与产教融合，促进多方合作，联合出资建立产教融合平台，便于各方进行线上与线下交流，构建多元合作模式<sup>[4]</sup>。例如政府、行业协会、企业和职业院校可以联合创办产教融合基地，对接人工智能、无人机、工业机器人等新兴产业，引进

各类数控设备、电气自动化设备、物联网系统，打造智能化实践基地，既可以满足职业院校实训教学需求，又可以满足行业协会与企业培训需求，更好地服务产教融合各个参与主体，从而完善职业教育产教融合生态系统。其次，职业院校要联合企业、行业协会推进在线开放课程建设，利用 AI 技术、大数据和虚拟仿真技术重塑产教融合教学生态，把企业典型工作案例、行业新技术、前沿科研成果、先进设备等融入线上在线开放课程中，促进产业发展、岗位技能和职业教育的“无缝衔接”，帮助职业院校学生、企业在职人员提高职业技能，从而提高产教融合教学和人才培养质量<sup>[5]</sup>。

### （二）明确校企双方权利与义务

为了保证产教融合的顺利推进，职业院校与企业要加强合作，制定完善的产教融合机制，明确双方权利与义务，保障双方权益，从而促进校企深度合作，扎实推进产教融合建设。企业要践行为职业院校投资、提供设备与技术支持的义务，并享有优先选拔职业院校优秀学生的权利<sup>[6]</sup>。例如企业可以投资职业院校实训基地，提供先进的生产设备、优秀技术人员，配合职业院校教师开展教学，把企业典型案例、管理模式和科研成果融入职业教育中，既可以帮助学生掌握职业技能，促进其创新能力、工匠精神发展；又可以优先选拔优秀学生，壮大企业人才队伍。此外，职业院校要优先为合作企业输送优秀人才、推进科技成果转化，并协助企业开展员工培训工作，并享有企业招聘岗位、教师挂职锻炼等权利，为师生争取合法权益，从而激发师生参与产教融合的积极性，促进职业教育高质量发展。

### （三）建设产教融合专业集群

生态视角下的产教融合以校企合作为核心，立足区域产业链特色，推进专业集群建设，积极构建“产学研”一体化教育模式，更好地服务产业链发展。第一，学校要立足区域产业发展特色，围绕产业链对本校各个专业或专业群进行有机整合，构建以专业集群为载体的产学研教育模式，促进产业链、创新链的“无缝衔接”。例如学校可以立足当地智能制造业转型需求，对机械加工、机电一体化、自动化控制等专业进行整合，把工业机器人和无人机等作为特色课程，建立智能制造专业集群，培养复合型制造人才，助力当地智能制造业高质量发展<sup>[7]</sup>。第二，职业院校、行业协会和企业要做好市场调研，明确区域特色优势产业、新兴产业和重点产业，围绕这些产业优化职业院校专业群、企业转型方案和科技成果转化方案，整合多方优质资源，促进产教融合专业集群发展。以广西柳州为例，产教融合专业集群要立足汽车、钢铁和机械装备产业传统优势产业特点，构建智能装备制造专业集群；立足人工智能、新能源、新材料和新兴产业发展需求，构建人工智能专业集群；立足农业与文旅融合产业，抓住东盟发展机遇，推广特色农产品和旅游景点，构建“农业+旅游”专业集群<sup>[8]</sup>。

## 三、数字信息化环境中职业教育产教融合协同机制构建路径

### （一）加强专业人才培养建设

首先，职业院校要重视“双师型”教师队伍建设，定期组织

教师深入行业协会学习、深入企业挂职锻炼,让教师跟随行业专家、企业技术人员学习智能化设备操作、新生产工艺,不断丰富教师专业知识储备、提高教师实践技能,帮助他们成长为“双师型”教师,为推进产教融合建设奠定良好基础。同时,学校还要组织数字化教学培训,邀请行业专家、企业技术人员担任培训讲师,系统化介绍物联网、人工智能、大数据与云计算等新技术在机械加工、装备制造、新能源汽车等领域的应用,激发教师学习人工智能技术的热情,从而提高他们数字技术应用能力,为产教融合产业集群建设、在线课程建设奠定良好基础。其次,学校还要借助互联网技术构建“校行企”三方联平台,实现与企业、行业协会的线上合作,一方面可以邀请企业专家、行业专家远程授课,让学生及时了解行业新动态和新技术、了解不同岗位技能规范,帮助他们提高职业技能<sup>[9]</sup>。另一方面,学校、行业和企业可以定期举办线上会议,总结产教融合建设中存在的不足,及时制定相关解决方案,进一步提高行业专家、企业专家和职业院校教师综合能力,提高专业师资队伍水平。

### (二) 构建智能化产教融合评价机制

政府、行业协会、企业和职业院校要联合开展产教融合评价,借助大数据、云计算等技术对各个参与主体、治理过程、教育过程和人才培养质量等进行评价,及时发现其中存在的问题,不断完善产教融合生态系统。例如政府部门可以借助大数据汇总产教融合平台各类数据,自动生成各类图表,直观呈现产教融合建设情况,对企业、行业协会与职业院校义务履行情况进行评价,重点考核企业资金投入、学校人才输送和行业技术资料效果,采用星级评价制度;对校企合作实训基地运行情况、科技成

果转化率等进行评价,指出双方在合作过程中存在的问题,进一步提高产教融合质量<sup>[10]</sup>。

### (三) 秉持“利益共享”合作原则

职业院校与企业在产教融合建设中要秉持利益共享原则,除了在教学领域、人才培养领域的合作,还要加强在科研领域的合作,及时把科研成果转化为生产力,既可以提高企业经济效益,又可以为职业院校争取更多科研资金,实现共赢,促进产教融合生态系统平衡。例如职业院校可以积极对接企业科研项目,促进骨干教师和企业科研人员之间的合作,联合推进科研项目,携手攻克技术难关,加快科技成果转化,实现利益均摊,从而确保产教融合各项工作的顺利开展。同时,校企双方要把共同创造的一部分利润反哺产教融合项目,帮助企业提高生产效率、产品质量,帮助职业院校完善科研实验室、实训基地设备,全面提高产教融合建设水平。

## 四、结语

总之,产教融合是促进职业教育高质量发展的重要基础,也是促进区域经济发展的重要动力,不仅可以优化教育资源配置,提高职业教育与人才培养质量,还可以促进政府、行业协会、企业与职业院校的深度合作,有效提高职业教育和复合型技能人才培养质量。未来,职业院校要深化人工智能技术在产教融合建设中的应用,邀请行业协会与企业参与虚拟仿真教学、人才培养方案设计,实现多方共赢,为促进区域经济发展贡献一份力量。

## 参考文献

- [1] 高波,方越. 高等职业教育产教融合的生态机制研究 [J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2025, 26(04): 60-64.
- [2] 朱伟. 产教融合背景下高职院校文化育人的问题表征与路径构建——基于教育生态学视角 [J]. 浙江工商职业技术学院学报, 2025, 24(02): 57-61.
- [3] 袁枫,王明哲. 教育生态学视角下职业院校产教融合实训基地运行机制研究 [J]. 新课程研究, 2025, (09): 90-92.
- [4] 陈裕先,谢禾生. 应用型本科产教融合共同体的生态化建设研究 [J]. 职教论坛, 2024, 40(11): 102-107.
- [5] 董彦宗. 产教深度融合生态系统的模型构建、现实困境及实践策略 [J]. 教育与职业, 2024, (18): 44-49.
- [6] 蔡立锋,欧才学. 组织生态学理论视域下职业教育产教融合实训基地发展机制与评价体系的构建研究 [J]. 职业技术, 2024, 23(08): 19-24+30.
- [7] 谢剑虹. 教育生态学视域下高职院校产教融合的实践路径 [J]. 岳阳职业技术学院学报, 2023, 38(04): 1-5.
- [8] 辛海霞. 教育生态学视角下产教融合创新生态系统研究——以化工专业群为例 [J]. 化学工程与装备, 2023, (02): 299-301.
- [9] 吴济慧. 职业教育产教融合的生态机制与测评研究 [D]. 湖南农业大学, 2021.
- [10] 郭苗苗. 职业教育产教融合生态系统构建研究 [D]. 华中师范大学, 2021.

# ESG 导向的数字化转型如何塑造企业供应链韧性？ ——基于上市公司多源数据的实证研究

郑雄，戴尚佐

延边大学经济管理学院，吉林 延吉 133002

DOI: 10.61369/TACS.2026040020

**摘 要：** 本文把2014—2023年中国A股上市公司作为研究对象，在对样本数据进行整理之后，形成了32183个企业一年度观测值，在此基础上，将ESG绩效、数字化转型与供应链韧性纳入同一分析框架之中，并结合企业和年份双向固定效应模型展开实证检验，用来分析ESG导向下的数字化转型对供应链韧性的影响，以及相关作用路径是如何逐步发挥出来的。从研究结果来看，一是企业ESG表现越高，其供应链韧性往往也会随之得到提升，这说明在环境、社会与治理等方面投入较多、管理较规范的企业，在面对外部冲击时更具稳定性，也更容易把风险控制在一定范围之内；二是把数字化转型因素纳入分析之后可以发现，其在ESG绩效影响供应链韧性的过程中发挥了部分中介作用，也就是说企业可以通过推进数字技术的应用，把原本分散的信息整合起来，使供应链的信息可视性得到提升，同时在协同效率以及风险响应能力方面也会随之增强。总体来看，本文在现有研究的基础上，把ESG绩效、数字化转型与供应链韧性这三者之间的关系进行了整合分析，在一定程度上拓展了相关研究的分析视角，同时也通过实证结果表明，企业可以借助数字化路径，把可持续发展目标与供应链风险治理结合起来推进，这对于后续理论研究以及企业实践都具有一定的参考价值。

**关 键 词：** ESG绩效；数字化转型；供应链韧性

## How ESG-Oriented Digital Transformation Shapes Corporate Supply Chain Resilience: An Empirical Study Based on Multi-Source Data of Listed Companies

Zheng Xiong, Dai Shangzuo

School of Economics and Management, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002

**Abstract：** This study takes Chinese A-share listed companies from 2014 to 2023 as the research sample. After data processing, a total of 32,183 firm-year observations are obtained. On this basis, ESG performance, digital transformation, and supply chain resilience are incorporated into a unified analytical framework, and a two-way fixed effects model controlling for firm and year is used to examine the impact of ESG-oriented digital transformation on supply chain resilience as well as its underlying mechanisms. The results show that ESG performance is positively associated with supply chain resilience. Firms with higher ESG engagement, reflected in environmental, social, and governance practices that are more structured and standardized, tend to maintain greater stability when facing external shocks and are better able to contain risks within controllable ranges. When digital transformation is introduced, it is found to play a partial mediating role between ESG performance and supply chain resilience. Through the application of digital technologies, firms are able to integrate fragmented information, improve supply chain visibility, and enhance coordination efficiency as well as responsiveness to risks, which in turn strengthens supply chain resilience. Overall, this study integrates ESG performance, digital transformation, and supply chain resilience within a unified framework, extending the existing literature. The empirical results suggest that firms can use digitalization as a pathway to transmit ESG effects into supply chain risk management, providing implications for both research and managerial practice.

**Keywords：** ESG performance; digital transformation; supply chain resilience

### 一、问题提出

随着全球经济环境不确定性的持续加剧，企业在经营过程中更频繁地面临突发事件与市场波动的冲击，供应链运行稳定性因

此受到更为严峻的挑战。在此背景下，供应链韧性逐渐成为企业战略管理中的核心议题之一。供应链韧性通常是指企业供应链系统在遭受外部冲击或风险扰动时，能够维持基本运营不中断，并在较短时间内恢复至正常状态，甚至在一定条件下实现运行效率

优化的一种动态能力。近年来，疫情冲击、地缘政治风险上升以及自然灾害频发等因素叠加，使供应链中断风险显著增加，从而推动企业管理实践与学术研究对供应链韧性的关注持续增强，并逐步形成稳定研究议题<sup>[1]</sup>。

与此同时，环境、社会与治理（ESG）因素在企业评价体系中的地位不断提升，其内涵也逐渐从合规性与声誉管理扩展至企业可持续发展能力的综合衡量指标。已有研究普遍认为，ESG 绩效不仅会对企业财务表现与外部投资决策产生影响，还可能通过改善企业资源获取能力与风险管理水平，进而增强其抗风险能力与长期竞争优势。然而，从现有文献来看，相关研究更多集中于 ESG 与财务绩效、融资成本及投资行为之间的关系，而针对 ESG 如何作用于供应链韧性的系统性分析仍相对不足，尤其是在中国制度与市场环境下，其作用路径与传导机制尚未得到充分揭示<sup>[2]</sup>。

基于上述研究背景，本文聚焦于一个核心问题，即企业 ESG 绩效是否能够通过促进数字化转型，进而对供应链韧性产生影响。围绕该问题，本文基于中国上市公司多源数据构建理论分析框架，并通过实证模型对 ESG 导向数字化转型与供应链韧性之间的关系进行检验，以期识别其内在作用路径及机制。一方面，该研究在一定程度上弥补了现有文献中关于 ESG 与供应链韧性关系研究的不足；另一方面，也为企业如何通过数字化手段实现 ESG 价值转化提供经验证据，并为相关管理实践与政策制定提供参考依据。

## 二、理论分析与研究假设

基于组织合法性理论和利益相关者理论，企业承担环境、社会与治理（ESG）责任有助于提升其在利益相关者中的声誉和信任，从而获得更高的外部合法性，使企业在制度与市场环境中更容易被认可与接受。在已有研究中也可以看到，ESG 绩效表现较好的企业，往往会在供应链体系内部慢慢形成信息、资金以及产品等方面的相对优势，同时这种优势还会通过一种类似“外溢”的方式向上下游扩散，使企业与合作伙伴之间的关系变得更加稳定，而这种稳定性一旦形成，就会在很大程度上改善信息交流的环境，把原本较高的交易成本压下来，也能把资源在不同环节之间配置得更加合理，进而使供应链在面对冲击时更有抵抗能力，在受到干扰之后也更容易恢复到原有状态<sup>[3]</sup>；如果从资源基础观的角度来进一步看，ESG 绩效本身也可以被理解为一种逐步积累起来的无形资产，同时也体现为企业在动态能力方面的一种储备，谭劲松等（2022）在研究中指出，ESG 水平较高的企业，通常在资源获取、整合以及风险管理这些方面会表现出更强的能力，也更有条件去应对外部环境中的不确定性变化，而在履行社会责任过程中所沉淀下来的信任资本，也被证明能够在一定程度上把企业的韧性水平带动起来，在这些分析基础之上，可以推测 ESG 表现与供应链韧性之间大体上呈现出一种正向关联关系

结合具体的经验证据来看，王雅格（2024）基于中国 A 股上市公司样本所开展的研究发现，企业在 ESG 方面表现越好，其供应链韧性水平往往也会随之提高，这种提升不仅体现在抵抗冲

击的能力上，也体现在恢复能力的增强上；同时，也有学者在对 2015—2022 年样本进行检验之后指出，ESG 评级较高的企业，其供应链韧性表现明显更强，而且这种影响并不是直接单一路径实现的，而是通过缓解融资约束、提升企业声誉以及增强产品差异化等多种机制逐步传导出来的；信春华等（2024）的研究同样给出了类似的结论，即随着 ESG 绩效不断提高，企业与供应链合作方之间的关系会变得更加稳定，这种稳定关系进一步为产业链和供应链整体韧性以及安全水平的提升提供了支撑<sup>[4]</sup>。

因此，本研究提出假设 H1：企业 ESG 绩效越高，其供应链韧性（Res）水平越强。

从动态能力理论的角度来进一步展开，可以把数字化转型理解为企业在经营过程中逐步培育感知环境变化以及快速响应市场需求能力的一种重要方式，Teece（2007）认为，数字化转型的过程本质上是在不断构建新的技术能力与管理能力，使企业能够把内部与外部资源重新整合并加以配置，以适应不确定环境所带来的各种挑战，在这一过程中企业所获得的灵活性与敏捷性，会转化为支撑供应链韧性的重要内在动力；池毛毛等（2022）在对制造业企业进行实证分析时也发现，通过推进数字化转型，企业的动态能力得到了明显增强，并进一步带动了创新绩效的提升，这在一定程度上说明数字技术确实可以帮助企业更好地适应环境变化，而把这一逻辑放到供应链情境之中，可以理解为数字化转型有助于企业在面对供应链中断或波动时，更快做出调整与应对，从而降低冲击带来的不利影响<sup>[5]</sup>。

在此基础上再进一步来看，数字化转型与 ESG 相关举措之间并不是相互独立的，两者在实际运行中往往会产生一定的协同效果，Wu 等（2024）的研究发现，当供应链数字化水平与 ESG 信息透明度同时得到提升时，可以在一定程度上缓解供应链中的“牛鞭效应”，这一结果从侧面说明，数字技术在其中起到了放大作用，使 ESG 实践对供应链稳定性的正向影响更加明显<sup>[6]</sup>。由此可以推断，企业 ESG 绩效之所以能够提升供应链韧性，并不完全是直接作用的结果，其中有一部分是通过数字化转型这一过程逐步实现的，也就是说数字化在两者之间承担了一种中介角色。

因此，本研究提出假设 H2：企业的数字化转型在 ESG 绩效与供应链韧性之间起到中介作用。

## 三、研究设计

### （一）样本选取

本文以 2014—2023 年 A 股上市公司为初始研究对象，并基于年度层面数据展开实证分析。为提高研究样本的有效性与结论的可靠性，进一步按照以下标准对原始样本进行筛选：第一，剔除金融行业上市公司。原因在于金融类企业在市场准入、业务监管及会计处理方式等方面具有明显特殊性，与其他行业企业存在较大差异；第二，剔除 ST、SST、\*ST 及 PT 类公司。此类企业通常经营状况异常，存在较高的财务粉饰动机，可能对实证结果造成干扰；第三，删除关键变量缺失以及存在异常值的样本。<sup>[6]</sup>经过上述处理后，最终获得 32183 个企业一年度观测值，形成非平衡

面板数据，为后续分析提供了较为可靠的数据基础。

（二）数据来源

本文所使用的数据主要来源于国泰安（CSMAR）数据库。为降低极端值对回归结果的干扰，在正式开展实证检验之前，本文对企业层面的连续型变量按照年度进行上下1%的缩尾处理。全部数据整理、统计分析及模型估计工作均借助 Stata 18.0 软件完成。<sup>[7]</sup>

（三）模型设定

在模型选择方面，本文首先对样本数据进行了 F 检验，结果见表1。表1结果表明，在固定效应模型与混合效应模型的比较中，F 检验统计量为6.66，且 p 值为0.0000，说明固定效应模型更适合本文样本数据。进一步地，Hausman 检验统计量为568.80，对应 p 值同样为0.0000，表明应采用固定效应模型而非随机效应模型。

表1 回归模型选择的检验结果

|                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 表 A：选择固定效应模型还是混合效应模型的检验结果                                                                         |
| H <sub>0</sub> : all u <sub>i</sub> =0:<br>F(4938, 27151)=6.64<br>Prob>F=0.0000                   |
| 表 B：选择固定效应模型还是随机效应模型的检验结果                                                                         |
| H <sub>0</sub> : difference in coefficients not systematic<br>chi2(88)=565.40<br>Prob>chi2=0.0000 |

综合上述检验结果，本文最终采用企业个体和年份双向固定效应模型进行估计。一方面，该模型能够在一定程度上缓解遗漏变量引发的内生性问题；另一方面，也有助于控制不同年份宏观环境变化所带来的共同影响。因此，双向固定效应模型更契合本文的研究需要，具体模型设定如下：

$$Res_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESG_{it} + \sum \phi_i Controls_{it} + \mu_i + \mu_{year} + \varepsilon_{it}$$

在上述模型中，i 和 t 分别表示企业个体与年份；β<sub>0</sub> 为截距项；β<sub>1</sub> 为核心解释变量的回归系数，也是本文关注的重点参数；控制变量对应的系数以 φ<sub>i</sub> 表示；μ<sub>i</sub> 和 μ<sub>year</sub> 分别代表企业固定效应与年份固定效应；ε<sub>i,t</sub> 为随机误差项，用以反映未被观测因素所造成的影响。<sup>[8]</sup>

四、研究结论

本研究是在对中国 A 股上市公司多源数据进行整理与匹配的基础上展开的，在具体分析过程中把 ESG 导向的数字化转型与供应链韧性放在同一框架之中加以考察，并结合实证方法对三者之间的作用关系进行了系统检验，从整体结果来看可以发现，企业 ESG 表现的提升会对供应链韧性产生较为稳定的正向影响，也就是说当企业在环境、社会以及治理等方面的投入逐步增加之后，其供应链在面对外部不确定性和冲击时，更容易保持运行的稳定性，同时在受到干扰之后也能够较快恢复，这一结果在一定程度上把 ESG 战略在企业风险应对与运行保障中的实际作用体现了出来。

在进一步分析作用机制时可以看到，数字化转型在 ESG 绩效

与供应链韧性之间起到了中介作用，企业在推进 ESG 相关实践的过程中，会把数字技术逐步引入到经营管理与供应链运行之中，通过这一过程把资源配置方式加以优化，同时对内部流程进行调整，使信息在不同环节之间的传递更加顺畅，在此基础上，供应链的信息可视性以及整体反应能力都会得到提升，从而在外部环境发生波动时能够更及时地作出响应，从实证结果来看，这一路径在统计上是成立的，也说明数字化转型可以被看作连接 ESG 战略与供应链韧性之间的重要环节，因此企业在提升 ESG 绩效的同时，有必要同步推进数字技术的应用与管理方式的调整，以更充分地发挥 ESG 所带来的综合效应。

在对企业异质性进行分析之后可以发现，不同产权性质的企业在上述作用关系中表现出一定差异，其中非国有企业在 ESG 绩效提升之后，其供应链韧性所受到的带动更为明显，这一结果可以从企业所处的外部环境来理解，即非国有企业通常面临更强的市场约束与更高的不确定性，因此更依赖通过 ESG 表现来积累声誉与获取外部信任，同时也更倾向于通过推进数字化转型来强化自身对风险的应对能力，这一发现为不同类型企业在制定供应链韧性提升策略时提供了参考，也为政策层面在引导不同所有制企业开展 ESG 投入时如何进行差异化安排提供了一定依据；此外，通过对模型进行稳健性检验与内生性处理，在替换变量以及引入滞后变量之后，相关结论依然保持一致，没有出现明显变化，这在一定程度上增强了研究结果的可靠性。

总体来看，本研究在既有文献的基础上，对 ESG 绩效、数字化转型与供应链韧性之间的关系进行了整合分析，使相关作用路径得到进一步清晰化，同时也从实践角度表明，企业可以通过推进数字化转型，把 ESG 目标逐步落实到具体经营活动之中，并在这一过程中带动供应链体系向更加稳定且更具韧性的方向演进，这对于企业实践以及政策制定在推动可持续发展与风险治理协同推进方面，都具有一定的参考意义。

参考文献

[1] 谭劲松，黄仁玉，张京心. ESG 表现与企业风险——基于资源获取视角的解释 [J]. 管理科学，2022，35(5): 3–18.

[2] 王雅格，胡志强. 企业 ESG 表现对供应链韧性影响的实证检验 [J]. 统计与决策，2024，40(8): 179–183.

[3] 信春华，张笑愚，王鑫怡. 企业 ESG 表现有助于稳定供应链合作关系吗？[J]. 经济与管理研究，2024，45(1): 35–54.

[4] 郝颖，李雪轶，倪娟，李江晖. 社会责任履行、信任凝聚与企业发展韧性——基于经济不确定性场景的研究 [J]. 财经研究，2024，50(10): 94–108.

[5] 池毛毛，王俊晶，王伟军. 数字化转型背景下企业创新绩效的影响机制研究——基于 NCA 与 SEM 的混合方法 [J]. 科学学研究，2022，40(2): 319–331.

[6] 李信谕. 数字化转型驱动供应链韧性提升路径研究 [J]. 电子商务评论，2025，14(4): 1502–1508.

[7] 王海军，王淞正，张琛，郭龙飞. 数字化转型提高了企业 ESG 责任表现吗？——基于 MSCI 指数的经验研究 [J]. 外国经济与管理，2023，45(6): 19–35.

[8] Hess T, Matt C, Benlian A, et al. Options for formulating a digital transformation strategy [J]. MIS Quarterly Executive, 2016, 15(2): 123–139.

[9] Wu L, Wang M, Kumar A, et al. Mitigating the bullwhip effect through supply chain ESG transparency: Roles of digitalization and signal strength [J]. International Journal of Operations & Production Management, 2024, 44(12): 1707–1731.

# 利用虚拟互动技术促进深度学习的研究

钟亮

广东水利电力职业技术学院, 广东 广州 510630

DOI: 10.61369/TACS.2026040021

**摘 要 :** 深度学习强调学习者在理解的基础上整合新知、解决复杂问题并实现知识迁移的能力,已成为当前教育改革的重要方向。虚拟互动技术凭借其沉浸性、交互性与想象性,为促进深度学习提供了可能。本研究在梳理深度学习与虚拟互动教育应用研究的基础上,探究了一种融合虚拟互动技术与探究式学习的教学模式。该模式通过创设虚拟探究情境、重构项目化内容、营造虚实融合的学习环境以及使用数据驱动的探究评价机制,来提升学生的问题解决能力与团队协作能力,促进知识的建构与迁移。

**关 键 词 :** 深度学习; 虚拟互动技术; 探究式; 高职; 数字媒体技术

## Research on Promoting Deep Learning through Virtual Interactive Technology

Zhong Liang

Guangdong Polytechnic of Water Resources and Electric Engineering, Guangzhou, Guangdong 510630

**Abstract :** Deep learning emphasizes the ability of learners to integrate new knowledge, solve complex problems, and achieve knowledge transfer on the basis of understanding. It has become an important direction of current educational reform. Virtual interactive technology, with its immersiveness, interactivity, and imagination, provides the possibility for promoting deep learning. Based on a review of the research on deep learning and the application of virtual interactive education, this study explores a teaching model that integrates virtual interactive technology and inquiry-based learning. This model enhances students' problem-solving and teamwork abilities and promotes knowledge construction and transfer by creating virtual inquiry scenarios, reconstructing project-based content, creating a virtual-real integrated learning environment, and using data-driven inquiry evaluation mechanisms.

**Keywords :** deep learning; virtual interactive technology; inquiry-based; higher vocational education; digital media technology

## 引言

随着技术和全球化的经济变化发展,研究者发现,企业在招聘员工时对具备复杂思维和沟通能力的人变得更为青睐。深度学习,它改变了当前教学中只围绕记忆、运用的中低思维模式,作为一种以深度理解为基点,以解决复杂问题和创新为目标,让学习者主动批判地整合新知识的一种学习方式,成为驱动教育技术应用的新手段,受到政府、学校、研究机构、社会机构的广泛关注。

一些研究发现,沉浸式虚拟现实相比非沉浸式虚拟现实更能促进学生的概念理解、知识迁移和情感投入,更有利于学习效果的提高<sup>[1]</sup>。同时,虽然有研究探讨了虚拟交互环境下的学习动机与参与度,但较少研究关注虚拟环境如何实现深度学习的学习投入。特别是在高职教育背景下,针对复杂任务情境,虚拟互动技术究竟如何影响学生的深度学习投入与认知,仍需进一步探究。

## 一、深度学习

近年来,无论是理论界还是实践界,许多学者都针对深度学习进行了研究。大家基本上达成了一个共识,那就是深度学习主要要从两个方面进行研究:计算机领域的机器学习(或人工智能)研究和教育领域的学习研究。计算机领域的深度学习应用更为广

泛,影响也更大,有不少产生巨大实际应用价值的算法研究出现,主要参考的是人类大脑皮层的神经系统复杂的信息加工方法,通过视觉系统,感知外界的各种刺激,并对这些信息进行处理和理解,形成独特的深度学习机制。

教育领域的深度学习研究是在学习科学视角下展开的,主要依据学习者对信息获取和加工方式的不同来进行区分<sup>[2]</sup>。从

### 项目信息:

广东省高职院校课程思政示范课程建设项目“交互媒体设计”(KCSZ2024085);

广东水利电力职业技术学院教学改革项目“利用多媒体画面语言促进深度学习智慧教育的应用——以《交互媒体设计》课程为例”(GX0205JGYB025)。

作者简介:钟亮,(1979.12—),女,江西萍乡,副教授,博士,主要研究方向为数字媒体技术、教育学、软件开发。

表面上看，深度学习与浅层学习之间最主要的区别在于学习结果上，但深度学习有一个知识迁移的过程，更有助于学习者提高解决问题的能力，使得学生在高阶思维产生更深的变化。

但有不少研究观点表明，真正的深度学习应该是使得学习者能自发地、主动地、积极地投入学习。早期学者将深度学习能力分成六个维度：掌握核心学习知识能力、批判性思维和复杂问题解决能力、团队协作能力、有效沟通能力、学会学习能力和学习毅力，使得教育领域的深度学习在理论和实践普及方面都有了很大的进步<sup>[5][6]</sup>。很多学者近年来也参与了VR技术促进深度学习的小学科学课程设计和大学实验教学设计的研 究，并取得了一定的成效<sup>[5][6]</sup>。从学习过程来看，深度学习着眼于关注学习者，强调学习者批判、创新，提倡学习者情境化学习，关注学习者未来发展。

## 二、虚拟互动技术促进深度学习

深度学习强调学生通过批判性思维、创造性运用和问题解决能力的提升。高职学生注重多元化学习情境的感受，喜欢游戏化的课堂。通过逼真模拟环境在课堂中的加入和游戏化的互动，能更加激发他们的参与度和思考度。

虚拟互动技术可以让教师创设与真实世界连接的学习情境，使学生在虚拟情境和任务驱动下，将新旧知识进行联系，并在不同的任务和情境下，进行知识的重构和应用。

(1) 通过高度逼真的虚拟环境构建，学生能够全身心投入到学习场景中，从而减少外界干扰并提升注意力集中度<sup>[7]</sup>。(2) 交互性则是虚拟现实技术的另一大优势，它允许学生与虚拟环境中的对象进行实时互动，从而增强学习的参与感与主动性<sup>[8]</sup>。(3) 虚拟现实技术还具备强大的想象性，它能够突破传统教学手段的限制，为学生创造超越现实的学习情境，从而深化对知识的理解与掌握。

## 三、利用互动技术促进深度学习的教学活动设计

为了推动学生深度学习的效果，本课程通过结合虚拟互动和探究式学习理论为指导进行设计。探究式学习理论强调以学生为中心，以问题为导向，除了要求同学们用所学技能来解决问题外，更侧重在解决问题的过程中，提出探究性问题，启发大家获得并综合运用所学知识进行解答<sup>[9]</sup>。

### (一) 创设探究情境

本课程学习的目标在涵盖知识、能力和素质等基础上，考虑着力培养学生解决复杂问题的综合能力 and 高级思维等学习能力。因此，在“交互媒体设计”课程中，目标设计不再局限于简单的功能实现，而是通过虚拟互动项目，培育学生的高阶思维、岗位综合能力、非认知能力和迁移能力。而探究式学习的起点在于真实且富有挑战性的问题情境。因此，我们通过虚拟互动技术构建高保真的三维探究场景，将抽象的引擎原理转化为可感知的周边现象。

### (二) 重构项目化学习内容

以大概概念方式重构学习内容，将每个大单元的项目体系化，形成相互联系的“理论、实验、实训、实务”等四维递进结构。

依据目标分解课程任务，遵循从“学科内学习-跨学科探索-真实问题解决”的递进路径，设置对应不同高阶目标的“基本性任务、挑战性任务、创造性任务”。例如，在“三维虚拟场景构建”模块中，基础性任务要求学生掌握基本的场景创建与资源打包；挑战性任务要求学生针对不同VR设备进行性能优化与适配；创造性任务则要求学生设计并实现一个完整的在该虚拟场景中进行交互式特效展现的项目，由此发展学生迁移应用、批判探究、协作交流等综合素养。

### (三) 营造虚实空间的学习环境

为搭建好“理实结合、虚实一体”的多元化学习环境，课程学习环境分成物理、虚拟和社会三空间。物理空间包括智慧教室、VR实训室、企业工作室、技能大师工作室、大学生校外实训基地等；虚拟空间包括VR虚拟仿真平台、在线云课堂、信息化教学支持资源等；社会空间包括小组学习、师生互动、技能大师师带徒、项目沟通群等交流空间<sup>[10]</sup>。

探究式学习的核心是“提出假设-实验验证-得出结论”的循环过程。充分考虑学生学习过程和实验结果的差异化和个性化，学生可以在虚拟空间，充分利用虚拟仿真技术的学习模式、实训模式，进行反复假设验证从而提高技能掌握。这种高频次、低成本的虚拟空间的“假设-验证”循环，使学生能够深入探索引擎底层逻辑，从经验性操作上升为原理性理解，有效促进了程序性知识的深度建构，并顺利迁移到物理空间实践和社会空间交流中。

### (四) 数据驱动探究评价

考核评估不仅凭学期末的考试来决定，还应该考虑学生在教学过程中的收获和学习态度的变化。其中，探究式学习不仅关注结果，更强调对探究过程的监控与反思，因此在过程性考核中应多加重视。虚拟互动系统能够全程记录学生的操作轨迹、 viewpoints 分布、参数调整及协作对话等全过程数据。学生可利用系统的“回放”功能，重现自己的探究路径，反思假设的合理性与策略的有效性。促使他们从盲目试错转向策略性探究，逐步形成自主规划、自我调节的高阶思维能力。教师通过分析学生的全过程数据，可以精准识别学生在探究过程中的进步变化，从而进行探究评价。具体的考核方案如表1所示。

表1 评价考核方案

| 类别             | 考核主体 | 内容                        | 评价数据                     |
|----------------|------|---------------------------|--------------------------|
| 过程性评价<br>(40%) | 个人   | 团队参与<br>技能操作<br>探究问题提出和解答 | 传统测试<br>虚拟互动系统记录<br>观察数据 |
|                | 个人   | 自我评价<br>小组内互评             | 问卷调查<br>虚拟互动系统记录         |
| 形成性评价<br>(40%) | 个人   | 作品完成度<br>作品质量             | 教师评价数据<br>小组评价数据         |
|                | 小组   | 小组自评<br>小组互评              | 教师评价数据<br>社会空间评价数据       |
| 增值评价<br>(20%)  | 小组   | 问题解决能力                    | 项目记录数据                   |
|                | 个人   | 技能成长                      | 虚拟互动系统记录                 |

## 四、教学活动实施

在本研究中,教学实施选择了“交互媒体设计”课程中“光照设计”教学为例,教学活动对象为高职数字媒体技术专业的大二学生。活动目标旨在能够有效了解如何使用软件平台设计真实感强的光影效果,理解实时光源和烘焙光源对场景光照的影响。我们参照“课前导学、课中研学、课后练学”的三阶段来进行教学实施。

### (一) 课前导学: 以实带虚, 促进学生主动知识建构

课前发布项目任务,并在虚拟空间提供虚拟仿真预习模式。学生按照虚拟仿真学习模式的步骤提示自主学习,形成对三维场景光照的框架认知,如光效位置、光效特点等,认识任务所需工具及设置检查标准。

### (二) 课中研学: 以虚助实, 促进学生深度知识迁移

1. 认知模式理解讨论。教师引导学生区别实时和烘焙光照设计模式的异同点,通过案例分析和比较分析,明确设计逻辑的顺序,对应行业标准,小组讨论得出不可或缺的关键步骤,以培养学生比较与分析的思维。

2. 单项操作实训演练。教师分解工作过程,细化单项技能任务并示范教学;学生模仿演练,纠错修正。

3. 虚实融合协作模拟。进入虚拟交互系统实训模式,完成全流程操作规范与熟练。侧重考察开发小组各成员的任务协作与

沟通,引导小组不断琢磨细节与问题回顾,以培养团队协作的思维。并在物理空间进行实操训练。

### (三) 课后练学: 虚实结合, 促进学生创造性解决问题

课后练学包含虚拟仿真训练与课外实践巩固。借助虚拟仿真技术,考查技能性知识的掌握情况;在社会空间的课外实践项目中考查知识的应用情况。指导学生参加职业技能比赛、1+X 职业资格认证考核、横向科研项目设计等真实工作内容,巩固课程所学并力求创新。

## 五、结果结论和建议

通过以上教学活动的实施和评价数据的结果,可以发现虚拟互动技术不仅作为工具,可以提供沉浸式体验,还能重构探究式学习流程。通过虚拟互动技术,提供技术层面上的沉浸感,有效提高学生的空间认知能力,能让学生直观感知光影变化对场景的影响,从而加强学生对光照策略和光照模式应用的能力;利用探究式学习和同伴协作中的即时反馈,可加速设计错误的修正,从而提高设计效率,加强团队协作能力。然而,研究也发现,探究式学习对教师的引导能力提出了更高要求,部分学生在初期面对开放性问题时存在“无从下手”的焦虑,需要更精细的引导。此外,高质量虚拟交互场景的开发与维护仍需进一步优化。

## 参考文献

- [1] 毛耀忠,刘旭东,宋晓琴.沉浸式虚拟现实对学生学习绩效的影响——基于54项实验和准实验研究的元分析[J].现代远程教育研究,2023,35(01):93-102.
- [2] 刘妍,胡碧皓,尹欢欢等.虚拟现实(VR)沉浸式环境如何实现深度取向的学习投入?——复杂任务情境中的学习效果研究[J].远程教育杂志,2021,39(04):72-82.
- [3] 刘仁助.基于深度学习的虚拟现实场景生成算法研究[J].信息记录材料,2024,25(4):153-155.
- [4] 吴惠婷,钟媚,陈玉帆.利用VR技术促进深度学习的小学科学课例设计[J].中国教育技术装备,2022,11(533):123-125.
- [5] 胡艺龄,聂静,张天琦.利用VR技术促进深度学习的小学科学课例设计[J].现代远程教育研究,2021,33(5):94-100.
- [6] 谷林玉.基于虚拟现实技术的三维动画课程教学设计研究[J].电脑知识与技术,2022,18(32):131-133.
- [7] 朱飞娜.案例教学法在三维动画设计教学中的应用[J].科技创新导报,2020,17(17):193-194.
- [8] 文一,王钰莹,陈飞宇.移动增强现实技术促进深度学习的潜能与挑战[J].2025.
- [9] 曹永芹.基于深度学习的线上互动教学的实践与思考[J].华夏教师,2023(16):59-61.
- [10] 王钰莹,陈飞宇.虚拟现实技术促进深度学习的作用机制与实践路径研究[J].中国航班,2025(32):104-106.

# 大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化路径探析

王誉晔

大连财经学院, 辽宁 大连 116622

DOI: 10.61369/TACS.2026040022

**摘 要 :** 大数据技术的迅猛发展的背景下, 高等教育思政工作面临着全新的机遇与挑战, 辅导员作为大学生思想政治教育的核心力量, 其工作能力的现代化是推进高校思政工作高质量发展的关键支撑。本文立足大数据技术的核心优势, 结合辅导员思政工作的实际需求, 界定大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的核心内涵, 剖析当前工作中存在的数据素养不足、技术应用浅层化、数据治理不规范、协同机制不完善等现实困境, 从数据素养提升、技术融合深化、工作模式创新、保障体系完善四个维度, 探索大数据赋能辅导员思政工作能力现代化的具体路径, 为高校培育高素质辅导员队伍、提升思政工作实效性提供理论参考与实践借鉴。

**关 键 词 :** 大数据; 辅导员; 思政工作能力; 现代化; 路径探析

## Analysis of the Modernization Path of Ideological and Political Work Ability of Counselors under the Empowerment of Big Data

Wang Yuye

Dalian University of Finance and Economics, Dalian, Liaoning 116622

**Abstract :** Against the backdrop of the rapid development of big data technology, ideological and political work in higher education is facing new opportunities and challenges. As the core force in ideological and political education for college students, the modernization of counselors' work abilities is a key support for promoting high-quality development of ideological and political work in universities. Based on the core advantages of big data technology and combined with the actual needs of counselors' ideological and political work, this paper defines the core connotation of the modernization of counselors' ideological and political work abilities under the empowerment of big data, analyzes the current practical dilemmas such as insufficient data literacy, superficial application of technology, non-standard data governance, and imperfect collaborative mechanisms, and explores specific paths for the modernization of counselors' ideological and political work abilities through four dimensions: enhancing data literacy, deepening technology integration, innovating work modes, and improving the security system. This provides theoretical references and practical insights for universities to cultivate a high-quality team of counselors and enhance the effectiveness of ideological and political work.

**Keywords :** big data; counselor; ideological and political work ability; modernization; path exploration

### 一、大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的核心内涵

大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化, 是指辅导员依托大数据技术、理念与方法, 对传统思政工作能力进行优化升级, 形成适应数字时代要求、贴合大学生成长规律的综合能力体系, 其核心内涵涵盖四个维度, 既体现了大数据技术的赋能特性, 也彰显了思政工作的育人本质。

其一, 数据素养能力, 这是现代化能力的基础前提。主要包括辅导员对大数据的认知能力、数据采集与整合能力、数据分析与解读能力, 以及数据安全与隐私保护意识。在大数据环境下, 辅导员需能够识别各类学生数据的价值, 熟练运用数据工具整合学生学籍、学业、心理、行为等多维度数据, 通过数据分析挖掘学生思想动态与成长需求, 同时严格遵守数据安全相关法规, 守

护学生个人隐私, 避免数据泄露与滥用。

其二, 精准育人能力, 这是现代化能力的核心目标。传统思政工作多以“一刀切”的模式开展, 难以兼顾学生的个性化需求。大数据赋能下, 辅导员可通过对学生多源数据的深度分析, 构建精准的学生画像, 精准识别学生的思想困惑、学业困难、心理压力等问题, 实现思政教育从“大水漫灌”向“精准滴灌”转变, 提升思政工作的针对性与实效性。

其三, 技术应用能力, 这是现代化能力的关键支撑。辅导员需熟练运用大数据相关技术与平台, 如智慧学工系统、舆情监测工具、智能交互平台等, 将大数据技术与思政教育、日常管理、心理疏导、就业指导等工作深度融合, 打破传统思政工作的时空限制, 创新工作载体与方式, 提升工作效率与质量。

其四, 协同育人能力, 这是现代化能力的重要延伸。大数据技术打破了高校各部门之间的信息壁垒, 辅导员需依托大数据平

台,加强与教务、心理、后勤、就业等部门的协同配合,实现学生数据共享、工作联动,同时联动家庭、社会资源,构建“学校-家庭-社会”三位一体的协同育人体系,形成思政工作合力。

## 二、大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的现实困境

当前,大数据技术在高校辅导员思政工作中的应用已逐步展开,但受限于理念、技术、资源、机制等多方面因素,辅导员思政工作能力现代化进程中仍面临诸多困境,具体表现为以下四个方面。

### (一) 数据素养不足,难以适应大数据时代需求

多数辅导员缺乏系统的大数据知识培训,数据素养整体偏低,成为制约其能力现代化的首要瓶颈。一方面,部分辅导员对大数据的认知较为片面,仅将其视为一种工具,未能深刻理解大数据理念对思政工作模式的变革作用,缺乏主动运用大数据开展工作的意识;另一方面,辅导员的数据采集、分析与应用能力不足,面对海量的学生数据,难以快速筛选有价值的信息,无法通过数据分析精准把握学生思想动态,甚至出现数据解读偏差,导致工作针对性不强。

### (二) 技术应用表层化,赋能实效未能充分发挥

当前大数据在辅导员思政工作中的应用多处于浅层阶段,未能实现与思政工作的深度融合。部分高校虽引入了智慧学工系统、舆情监测平台等大数据工具,但辅导员多将其用于日常事务管理,如通知发布、考勤统计、奖助贷审核等,未能将其与学生思想引导、心理疏导、价值引领等核心工作结合起来。同时,部分大数据平台功能不完善,数据更新不及时、数据接口不兼容,导致数据无法有效整合与共享,形成“信息孤岛”,难以发挥大数据的分析、预测与预警功能。

### (三) 数据治理不规范,制约赋能质量提升

数据治理体系不完善,是影响大数据赋能效果的重要因素。一方面,学生数据采集缺乏统一标准,高校各部门的数据格式、采集范围、更新频率不统一,导致数据杂乱无章、准确性不足,难以形成有效的数据支撑;另一方面,数据存储与管理机制不健全,部分高校缺乏专门的数据管理部门与专业的技术人员,学生数据分散存储在不同部门,缺乏统一的管理与维护,容易出现数据丢失、损坏等问题。

### (四) 协同机制不完善,育人合力未能有效形成

大数据赋能下的思政工作需要多部门、多主体的协同配合,但当前高校辅导员思政工作的协同机制仍不完善。一方面,高校内部各部门之间缺乏有效的联动机制,教务、心理、就业等部门的学生数据相互独立,未能实现共享,辅导员在开展工作时需跨部门手动调取数据,耗时费力,且易因数据滞后或缺失导致研判偏差;另一方面,学校与家庭、社会的协同育人机制不健全,缺乏有效的数据互通渠道,辅导员难以全面掌握学生的家庭环境、社会经历等信息,无法形成“学校-家庭-社会”三位一体的育人合力。

## 三、大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的实践路径

针对当前大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的现实困境,结合大数据技术的优势与辅导员思政工作的实际需求,从数据素养提升、技术融合深化、工作模式创新、保障体系完善四个维度,探索切实可行的实践路径,推动辅导员思政工作能力实现现代化升级。

### (一) 强化数据素养培育,筑牢能力现代化基础

数据素养是大数据时代辅导员的核心素养,需通过系统培训、实践锻炼等方式,全面提升辅导员的数据素养。首先,构建分层分类的培训体系,结合辅导员的工作年限、岗位需求,开展针对性的大数据培训。对于新入职辅导员,重点开展大数据基础知识、数据工具使用等入门培训;对于资深辅导员,重点开展数据分析、数据建模、舆情研判等进阶培训,邀请大数据领域专家、优秀辅导员开展专题讲座与案例分享,提升培训的实效性。其次,搭建实践平台,鼓励辅导员参与大数据相关的科研项目、工作实践,如学生思想动态数据分析、舆情监测与处置等,在实践中积累经验、提升能力。

### (二) 深化技术融合应用,提升思政工作实效

推动大数据技术与辅导员思政工作深度融合,打破传统工作模式的局限,提升工作的精准性与实效性。首先,优化大数据平台建设,整合智慧学工、舆情监测、心理测评等各类平台,统一数据标准,打通数据接口,实现学生数据的集中管理与共享,构建全面、精准的学生数据资源库,为辅导员开展工作提供有力的数据支撑。其次,创新工作载体与方式,依托大数据技术,构建线上线下融合的思政工作模式。线上,利用微信公众号、短视频平台、智能交互工具等,推送个性化的思政内容,开展线上谈心谈话、心理疏导,打破时空限制,实现“学生在哪里,思政工作就在哪里”;线下,结合数据分析结果,开展针对性的主题班会、社会实践、谈心谈话等活动,将线上数据优势转化为线下工作实效。例如,通过分析学生网络行为数据,掌握学生的兴趣偏好与思想动态,推送贴合学生需求的思政内容;通过分析学生心理测评数据,精准识别心理危机隐患,及时开展干预疏导。

### (三) 创新工作模式,推动思政工作提质增效

依托大数据技术,创新辅导员思政工作模式,实现从“经验型”向“数据驱动型”转变。首先,构建精准育人模式,通过对学籍、学业、心理、行为、消费等多维度数据的深度分析,构建精准的学生画像,精准识别学生的思想困惑、学业困难、心理压力等问题,制定个性化的教育引导方案,实现思政教育的精准滴灌。例如,针对学业困难学生,结合其学习数据,分析困难原因,制定个性化的学业帮扶计划;针对就业迷茫学生,结合其专业特长、兴趣爱好、职业倾向等数据,开展精准的就业指导。其次,构建预警防控模式,利用大数据技术,对学生的异常行为、负面情绪等数据进行实时监测与分析,建立预警机制,及时发现学生的安全隐患、心理危机等问题,做到早发现、早干预、早处置,降低风险发生率。例如,通过分析学生宿舍行为日志、

校园卡消费轨迹等数据，识别孤独、抑郁等异常状态，及时开展心理疏导；通过监测学生网络言论，及时发现舆情苗头，做好舆情处置工作。

#### （四）完善协同机制，凝聚育人合力

构建多部门、多主体协同育人机制，打破信息壁垒，凝聚思政工作合力，为辅导员思政工作能力现代化提供保障。首先，完善高校内部协同机制，成立大数据赋能思政工作领导小组，统筹协调各部门工作，明确各部门的职责分工，建立学生数据共享机制，实现教务、心理、就业、后勤等部门的数据互通，让辅导员能够快速获取全面的学生数据，提升工作效率。例如，辅导员可通过数据共享平台，快速查询学生的学业成绩、心理测评结果、就业意向等信息，为开展工作提供支撑。其次，健全校地协同、家校协同机制，加强与地方政府、企业、社区等社会机构的合作，建立数据互通渠道，获取学生的社会实践、社会评价等数据，丰富学生画像；加强与学生家长的沟通与联系，通过大数据平台向家长推送学生的在校表现、学业情况等数据，引导家长参与思政教育，形成家校共育合力。

### 四、大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化的保障体系

推动辅导员思政工作能力现代化，需要完善的保障体系作为支撑，从政策、资源、技术、机制等方面入手，为大数据赋能思政工作提供有力保障。

#### （一）强化政策保障，明确发展方向

高校应结合自身实际，制定大数据赋能辅导员思政工作能力现代化的相关政策，明确工作目标、任务与要求，将其纳入学校思政工作总体规划与辅导员队伍建设规划。同时，出台激励政策，鼓励辅导员主动学习大数据知识、运用大数据开展工作，对在大数据应用中表现突出的辅导员给予表彰与奖励，激发辅导员的工作积极性与主动性。

#### （二）加强资源保障，夯实工作基础

加大对大数据技术应用的投入，完善大数据平台建设，配备必要的硬件设备与软件工具，保障数据采集、存储、分析、应用等工作的顺利开展。同时，组建专业的技术团队，负责大数据平

台的维护、数据管理与技术支持，为辅导员提供专业的技术指导，解决辅导员在数据应用中遇到的问题。

#### （三）完善技术保障，提升赋能水平

加强大数据技术研发与应用，优化大数据平台功能，提升平台的稳定性、安全性与易用性，实现数据的快速采集、高效分析与精准应用。同时，引入先进的数据分析技术与工具，如机器学习、人工智能等，提升数据挖掘与解读能力，为辅导员开展精准育人、预警防控等工作提供技术支撑。

#### （四）健全机制保障，确保长效运行

建立健全大数据赋能辅导员思政工作的长效机制，确保工作有序开展、持续推进。首先，建立数据管理制度，明确数据采集、存储、使用、共享等环节的规范与要求，加强数据安全管控，防范数据泄露与滥用风险；其次，建立考核评价机制，将大数据应用能力、思政工作实效等纳入辅导员绩效考核、职称评定的重要指标，形成科学的考核评价体系；

### 五、结论

大数据技术为辅导员思政工作能力现代化提供了全新的机遇，其核心优势在于能够打破传统思政工作的局限，实现精准育人、高效育人。当前，大数据赋能下辅导员思政工作能力现代化仍面临数据素养不足、技术应用浅层化、数据治理不规范、协同机制不完善等现实困境。要推动辅导员思政工作能力现代化，需强化数据素养培育，筑牢能力基础；深化技术融合应用，提升工作实效；创新工作模式，推动提质增效；完善协同机制，凝聚育人合力；健全保障体系，确保长效运行。

大数据赋能辅导员思政工作能力现代化是一个长期的系统工程，需要高校、辅导员、社会等多方面的共同努力。辅导员应主动适应大数据时代的发展要求，树立大数据理念，提升数据素养与技术应用能力，将大数据技术与思政工作深度融合，创新工作方法载体，不断提升思政工作的针对性与实效性。高校应加强统筹规划，完善保障体系，为辅导员能力现代化提供有力支撑。唯有如此，才能培育出高素质的辅导员队伍，推动高校思政工作高质量发展，为培养担当民族复兴大任的时代新人提供坚实保障。

### 参考文献

- [1] 徐运明, 陈梦琦. 高职院校装配式建筑教学改革与实践研究 [J]. 电脑采购, 2025(17): 220-222.
- [2] 贺洁为, 唐晓芊, 唐艳梅. 高职院校装配式建筑教学改革与实践研究 [J]. 住宅与房地产, 2024(9).
- [3] 杨莅琛. 基于产教融合的装配式建筑工程技术专业实践教学体系的构建与实践 [J]. 2025.
- [4] 许茜, 杨红玉, 吴生海, 等. "岗课赛证" 融通的高职土建类数字化教材建设实践——以《装配式混凝土建筑施工技术》为例 [C]// 第五届高等院校数字化教学与课程思政建设研讨会论文集. 2024.
- [5] 张净霞. 高职（交通土建类）学生装配式建筑职业技能与工匠精神融合研究 [J]. 中国建设信息化, 2020(23): 2.

# 系统安全综合实训课程的教学实践与探索

姚慧

湖北工程学院, 湖北 孝感 432000

DOI: 10.61369/TACS.2026040023

**摘 要 :** 作为网络空间安全专业的关键实践环节, 系统安全综合实训课程致力于全面构建学生在 Web 渗透测试与安全防护领域的核心实践技能。本文以 Vulnhub 靶场作为核心实践平台, 采用以实战为导向的教学模式, 详细阐述了课程的教学目标设定、内容模块化构建、多元化教学方法以及综合性考核评价机制。通过对2022级学生课程目标达成度的量化评估, 验证了教学效果, 并基于教学实践中识别的问题, 提出了具有可操作性的课程优化与持续改进方案, 旨在为同类专业实践课程的建设与改革提供借鉴。

**关 键 词 :** 网络空间安全; 系统安全综合实训; Web 渗透测试; 实践教学; 课程目标达成度

## Teaching Practice and Exploration of the Comprehensive Training Course on System Security

Yao Hui

Hubei Engineering University, XiaoGan, HuBei 432000

**Abstract :** As a critical practical component of the Cybersecurity program, the System Security Comprehensive Training course is dedicated to comprehensively cultivating students' core practical competencies in Web penetration testing and security defense. This paper employs Vulnhub as the core practical platform and adopts a practice-driven teaching model, elaborating in detail on the course's teaching objective formulation, modular content design, diversified teaching methodologies, and integrated assessment and evaluation mechanism. Through quantitative evaluation of the course objective achievement of the 2022 cohort, the teaching effectiveness is validated. Based on the issues identified during teaching practice, actionable strategies for course optimization and continuous improvement are proposed, with the aim of providing insights for the development and reform of similar professional practical courses.

**Keywords :** cybersecurity; system security comprehensive training; Web penetration testing; practical teaching; course objective achievement

### 一、课程定位与教学目标

系统安全综合实训是网络空间安全专业一门连接理论知识与工程实践的核心专业实践课程, 共计48学时(全部为实验学时), 对应3学分。其先修课程涵盖计算机网络、网络安全、网络攻防技术等, 是学生进行毕业设计前至关重要的综合性能力训练环节<sup>[1]</sup>。本课程以 Vulnhub Web 渗透靶场为主要实践载体, 构建了高度仿真的网络攻防对抗环境。通过一系列结构化的 Web 渗透测试项目实践, 使学生深入理解 Web 系统常见安全漏洞的机理与攻击方法。

结合专业毕业要求, 课程确立了四项核心教学目标: 一是掌握 Web 渗透测试的标准技术流程(涵盖信息收集、漏洞利用、权限提升等环节), 能够熟练运用 Burp Suite、SQLMap 等主流工具完成对指定 Vulnhub 靶场的渗透任务; 二是能够针对 SQL 注入、跨站脚本(XSS)等典型 Web 安全漏洞, 构思并设计基础性的安全防护方案, 并理解安全系统设计与开发的基本逻辑; 三是在防御方案设计过程中, 能够综合考虑法律、安全等多重约束条

件, 展现出初步的创新思维, 例如对防御策略进行优化改进; 四是通过实践操作, 深刻认识 Web 渗透测试活动可能对网络环境、服务器资源等方面产生的潜在影响。上述课程目标分别对毕业要求中的“设计/开发解决方案”、“使用现代工具”、“环境与可持续发展”等指标点形成了强支撑或中等支撑, 是达成专业人才培养目标的关键实践环节<sup>[2]</sup>。

### 二、课程教学内容与方法设计

#### (一) 模块化教学内容体系构建

课程紧密围绕四项教学目标, 构建了由“环境部署与工具使用”、“Web 渗透核心技术”、“安全防御方案设计”及“综合项目实践”四大知识模块组成的教学内容体系。各模块内容循序渐进、相互衔接, 总学时为48, 分配比例为6:16:12:14, 实现了从基础技能训练到复杂综合应用的能力培养闭环。

1. 环境部署与工具模块: 本模块核心内容包括 Vulnhub 靶场镜像的安装与配置, 以及在 Kali Linux 环境下 Nmap、Burp

Suite、SQLMap 等渗透测试工具的配置与基础操作。重点在于培养学生搭建实验环境和操作核心工具的基本技能，同时强调所有渗透测试活动必须基于合法授权的前提，帮助学生树立牢固的合规意识。

2. Web 渗透技术模块：本模块全面覆盖渗透测试的核心流程，包括信息收集（如 Nmap 端口扫描、Web 目录枚举）、漏洞利用（如 SQL 注入的手工测试与 SQLMap 自动化利用、XSS 攻击载荷的构造）以及权限提升技术。通过贴近实战的操作训练，使学生掌握 Web 渗透测试的全流程技术要点，并结合非法渗透行为的法律追责案例教学，强化学生的法律底线意识。

3. 防御方案设计模块：本模块聚焦于典型 Web 漏洞的防护实现技术，例如针对 SQL 注入的参数化查询防护、针对 XSS 的输入过滤与输出编码等。要求学生不仅掌握技术实现方法，还需在方案中主动融入《网络安全法》等法律法规的合规性要求，并鼓励探索轻量化、高效率的防御策略优化路径，从而培养学生的安全防护设计能力与初步的创新思维。

4. 综合项目实践模块：本模块以自定义的综合性 Web 靶场为项目载体，要求学生以小组协作形式，完整实施一次渗透测试全流程，并撰写专业的渗透测试报告与对应的安全防御方案报告。课程组织小组答辩与项目复盘讨论，并结合“护网行动”等国家级网络安全实战演练的经典案例进行讲解，激发学生维护国家网络安全的使命感，强化其团队协作能力与职业规范。

### （二）“实战驱动 + 多维互动”教学模式

课程突破了以理论讲授为主的传统教学模式，综合运用实践教学、案例分析、小组协作项目及对抗演练（拓展环节）等多种教学方法，突出学生在学习过程中的主体地位，构建了“教、学、练、战”一体化的教学模式<sup>[3]</sup>。

1. 实践教学：以 Vulnhub 靶场为具体操作对象，教师通过多媒体演示结合实时屏幕投屏，详细讲解渗透技术的操作流程与工具使用技巧，学生同步进行实操练习。教师巡回指导，及时解决学生操作中遇到的问题，实现“边讲边练、讲练深度融合”，促进学生快速将理论知识转化为实际操作能力。

2. 案例分析：选取 Struts2 远程代码执行、Heartbleed 等具有代表性的经典 Web 安全漏洞案例，深入剖析其漏洞原理、具体攻击过程以及有效的防御技术应用。组织学生进行交互式课堂讨论，引导其分析漏洞利用的关键环节与防御策略的核心思想，从而提升学生的技术深度分析与复杂问题研判能力。

3. 小组协作项目：将学生划分为 4-6 人的项目小组，布置针对自定义 Web 靶场的攻防综合项目。要求各小组通过协作，完成从信息收集、漏洞发现与利用到最终防御方案设计的全流程。教师定期组织项目进度汇报，针对各小组遇到的技术难点与团队协作问题进行针对性指导，着力培养学生的团队协作精神与解决复杂工程问题的能力。

4. 对抗演练（拓展选做）：将学生分为攻击方（红队）与防守方（蓝队）。攻击方实施 Web 渗透测试，防守方则需实时监控、发现攻击并部署漏洞修复与防御策略。通过屏幕共享、日志分析等方式展示对抗过程，演练结束后组织全面的复盘讨论，总

结渗透技巧的有效性与防御策略的优劣，极大强化学生的实战应用与安全应急处置能力。

此外，课程在各个教学环节中有机融入了课程思政元素，将合法合规意识、维护国家网络安全的责任感与使命感、团队协作的职业规范等贯穿于教学全过程，实现学生专业实践能力与综合职业素养的协同培养<sup>[4]</sup>。

## 三、课程考核体系与达成度分析

### （一）多元化考核体系设计

各项课程目标在总评成绩中的考核权重进行了差异化设计：课程目标 1（基础技术）和课程目标 4（环境认知）各占 10%，侧重于考核学生的基础操作与理论认知能力；课程目标 2（防御设计）和课程目标 3（合规创新）各占 40%，重点突出对学生安全方案设计能力与综合创新素养的考核。该考核体系与教学目标高度契合，能够较为全面地反映学生的综合实践能力水平。

课程摒弃了单一的期末笔试考核模式，构建了由“项目实践过程”（占 40%）、“项目答辩”（占 30%）和“项目报告”（占 30%）三部分构成的多元化综合考核体系。考核内容与四项课程目标精准对应，旨在实现“以考核促进学习，以评价驱动能力提升”。

1. 项目实践：此项考核支撑全部四项课程目标。以团队形式完成实践任务，评分依据包括实践文档的完整性、测试逻辑的合理性、操作过程的规范性等。团队负责人需根据各成员的实际贡献度，在 0.80 至 1.10 的范围内设定个人评分系数（团队平均系数不超过 1，且系数不重复），最终个人成绩由团队基础分结合个人系数计算得出。

2. 答辩：此项考核主要支撑课程目标 2 和 3。以团队为单位进行答辩，成绩由“答辩过程分”（占 60%，考核项目讲解的清晰度、技术阐述的准确性及回答问题的能力）和“答辩 PPT 质量分”（占 40%，考核 PPT 结构的完整性、内容的全面性与呈现效果）两部分组成，再结合个人贡献系数折算为个人最终成绩。

3. 项目报告：此项考核主要支撑课程目标 2 和 3。以团队提交的电子版项目报告为评价对象，从渗透测试步骤的完整性、漏洞分析的清晰度与深度、工具使用的规范性、技术细节的准确性以及文档格式的规范性等多个维度进行评分，同样结合个人贡献系数计算个人成绩。

### （二）2022 级学生课程目标达成度分析

2022 级网络空间安全专业共有 51 名学生修读本课程。课程总评成绩平均值为 83.06 分，中位数为 83.00 分，标准差为 7.21。最高分为 96.99 分，最低分为 66.40 分，无不及格学生。成绩分布情况为：优秀（ $\geq 90$  分）10 人，占比 19.61%；良好（80-89 分）24 人，占比 47.06%；中等（70-79 分）16 人，占比 31.37%；及格（60-69 分）1 人，占比 1.96%。成绩分布基本符合正态分布，表明整体教学效果良好。

四项课程目标的达成度均显著高于 0.6 的预设合格标准，具体表现如下：课程目标 1 的达成度为 0.88，表明学生能够熟练使用各

类渗透测试工具完成靶场任务，技术基础较为扎实，较2021级提升了0.10；课程目标2的达成度为0.82，表明学生能够有效识别典型 Web 漏洞并设计出基础防御方案，对系统设计开发流程有较好理解，较2021级提升了0.08；课程目标3的达成度为0.82，表明学生能够在防御方案中融入法律、安全等约束因素，并体现出一定的创新意识，合规与创新能力较2021级提升了0.08；课程目标4的达成度为0.88，表明学生能够深入认知 Web 渗透测试对环境的潜在影响，理论联系实际的能力较2021级提升了0.06。

整体而言，2022级学生在 Web 渗透基础技术操作和环境认知方面表现突出，在防御方案设计与合规创新能力方面也呈现出稳步提升的态势。各课程目标达成度均实现了同比（较2021级）增长，这证明课程现行的教学内容设计、教学方法应用以及考核评价体系是科学且有效的，能够有力地支撑学生实践应用能力的培养。

## 四、课程教学存在的问题与持续改进措施

### （一）教学过程中存在的核心问题

尽管课程整体教学效果良好，目标达成度较高，但结合教学实践反馈与达成度分析的深层次解读，仍可识别出一些亟待优化的问题：一是 Web 渗透技术教学目前主要依托于标准化靶场场景，与企业真实、复杂的网络环境存在一定差距，导致学生在面对多因素交织的复杂场景时，其技术应变与综合应对能力尚有提升空间；二是在漏洞防御方案设计环节，教学多侧重于基础防护方法的实现，学生对漏洞产生的底层机制理解不够深入，导致所设计的方案在针对性与创新性方面有待加强；三是法律法规与安全因素在方案中的融入目前多作为基础性要求提出，学生对法律条款的理解深度及其在工程实践中的具体应用能力（即合规设计能力）有待进一步深化<sup>[5]</sup>。

### （二）针对性持续改进措施

针对上述问题，结合课程教学目标与专业人才培养的总体要求，拟从四大教学模块出发，制定分层、可操作的持续改进措施，以推动课程教学质量实现螺旋式上升：

1. 优化 Web 渗透技术教学：在现有靶场基础上，引入基于企业真实事件改编的网络安全案例与高仿真网络环境，增设复杂场景下的渗透测试实操项目，例如多漏洞链式利用、内网横向移动渗透等。同时，建立学生“技术互助学习小组”，鼓励学生分享在解决复杂问题过程中的经验与思路，从而提升其在复杂、动态

场景下的技术应对与协同攻关能力。

2. 深化防御方案设计教学：在教学中增加对典型漏洞底层原理的深入剖析，结合 CVE 漏洞数据库详情、OWASP Top 10年度安全报告等资源，引导学生从源代码、协议机制等根源上理解漏洞成因。引入“项目式学习”（PBL）模式，要求学生以小组为单位，针对一个模拟的企业级 Web 应用，设计一套完整的安全防御体系方案，并组织跨小组的方案互评与公开展示，以提升方案设计的系统性、针对性与创新性。

3. 强化合规与创新意识培养：系统性地将《网络安全法》、《数据安全法》、《个人信息保护法》等关键法律法规的核心条款融入相关教学模块，并结合近期真实的网络安全违法处罚案例开展警示教育<sup>[6]</sup>。在考核中设立“防御方案创新奖”评比环节，明确鼓励学生探索轻量化部署、低资源消耗、高效率防护的创新型防御策略，并对评选出的优秀创新方案进行课堂专题展示与推广，有效激发学生的创新思维与探索热情。

课程教学团队将持续跟踪上述各项改进措施的实施效果，结合后续年级学生的课程目标达成度数据、教学满意度反馈以及行业技术发展动态，对教学内容、教学方法与考核体系进行动态评估与优化，建立并完善“教学-实践-考核-反馈-改进”的闭环质量管理机制，确保课程建设始终与网络空间安全行业的技术演进趋势及人才能力需求保持同步。

## 五、结语

系统安全综合实训作为网络空间安全专业人才培养体系中的核心实践课程，是锤炼学生 Web 渗透测试与安全防御实战能力、塑造其合法合规职业素养的关键环节。本文通过对课程定位、教学目标、内容体系、教学方法及考核评价机制的系统性梳理，结合对2022级学生课程目标达成情况的实证分析，明确了当前课程教学的优势所在与不足之处，并据此提出了具有针对性的持续改进策略。网络空间安全技术日新月异，面临的威胁态势持续演变，与之相应的实践课程教学也必须保持动态发展与持续革新<sup>[7]</sup>。展望未来，系统安全综合实训课程将继续坚持“实战驱动、能力为本、素养协同”的教学理念，紧密对接网络安全行业的技术前沿发展与企业的实际人才需求，不断优化课程教学内容与实战载体，创新教学方法与考核模式，持续提升课程教学质量和育人成效，为培养能够适应并引领网络空间安全行业发展的高素质、应用型专业人才奠定更为坚实的实践能力基础。

## 参考文献

- [1] 牛晓博, 胡正高, 刘曼琳. 网络安全课程对抗式教学方法探索与实践 [J]. 网络安全技术与应用, 2025, (04): 122-124.
- [2] 王怀习, 束妮娜, 王晨, 等. 科研学术反哺教学在网络空间安全学科中的教学探索与实践 [J]. 高教学刊, 2025, 11(13): 22-25. DOI: 10.19980/j.CN23-1593/G4.2025.13.006.
- [3] 曾晟珂, 何明星, 牛宪华, 等. 课程思政视角下研究生案例教学探索与实践——以西安大学密码学与网络安全课程为例 [J]. 软件导刊, 2024, 23(08): 198-203.
- [4] 游海晖, 廉龙颖, 陈荣丽, 等. 网络安全课程思政的教学框架研究 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(26): 169-171. DOI: 10.14004/j.cnki.ckt.2025.1338.
- [5] 曹越, 杜雪茹, 陈治宏, 等. 信息化时代下网络安全课程创新探索 [J]. 计算机教育, 2025, (09): 55-60. DOI: 10.16512/j.cnki.jsjy.2025.09.013.
- [6] 胡雪丽, 马旭攀, 丁文博, 以实战能力为导向的网络信息安全课程教学改革 [J]. 计算机教育, 2025, (08): 22-27. DOI: 10.16512/j.cnki.jsjy.2025.08.012.
- [7] 杨玉丽, 陈永乐, 于丹. 新工科背景下网络协议安全课程教改探索 [J]. 大学教育, 2024, (10): 52-54+63.

# 低空经济背景下民办职业教育低空物流人才培养模式创新研究

于文玲，邢潇敏

上海中侨职业技术大学，上海 201514

DOI: 10.61369/TACS.2026040024

**摘 要：**低空物流作为低空经济的典型应用场景，正面临百万级人才缺口。本文结合低空物流产业发展现状分析了低空物流岗位能力需求，系统梳理了当前民办院校在低空物流人才培养方面的经验做法。针对目前民办职业院校人才培养目标模糊、体系不完善等问题，本文提出构建“低空物流技术与运营”专业体系、打造“岗课赛证”融通课程体系、完善“政一行一企一校”协同育人机制、推进“三全育人”培养模式改革、探索“虚实结合、产训一体”的多元化实践路径等对策建议。

**关 键 词：**民办职业教育；低空物流；人才培养模式

## Innovative Research on the Training Model of Low-altitude Logistics Talents in Private Vocational Education under the Background of Low-altitude Economy

Yu Wenling, Xing Xiaomin

Shanghai Zhongqiao Vocational and Technical University, Shanghai 201514

**Abstract：**As a typical application scenario of the low-altitude economy, low-altitude logistics is facing a talent shortage of millions. This article analyzes the job competency requirements for low-altitude logistics based on the current development status of the low-altitude logistics industry, and systematically reviews the experience and practices of private colleges and universities in cultivating talents for low-altitude logistics. In response to the current issues of vague talent cultivation goals and imperfect systems in private vocational colleges, this paper proposes countermeasures and suggestions such as constructing a "Low-altitude Logistics Technology and Operation" professional system, developing a "position-course-competition-certificate" integrated curriculum system, improving the "government-industry-enterprise-school" collaborative education mechanism, advancing the reform of the "holistic education" cultivation model, and exploring diversified practical paths that combine virtual and real environments and integrate production and training.

**Keywords：**private vocational education; low-altitude logistics; talent cultivation model

### 引言

作为新兴经济形态低空经济正成为推动中国经济高质量发展的重要引擎。低空物流作为低空经济最具应用价值的赛道之一，已广泛渗透到电商配送、医疗急救、乡村振兴、应急救援等领域，市场规模已达万亿级。然而，产业高速发展的背后，人才短缺问题日趋突出。行业相关数据显示，我国低空物流领域人才缺口已达百万级，无人机操控员、无人机物流调度、设备运维等岗位缺口尤为突出。民办职业院校作为技术技能人才供给的主阵地，目前尚未设立独立的低空物流技术与运营专业，只是在物流相关专业中零星开设低空物流课程，培养目标模糊、课程体系碎片化、实操训练薄弱，不能切实满足企业对无人机操控、运维、调度、合规、运营一体化复合型人才

### 一、低空物流人才需求分析

#### （一）低空物流人才需求现状

人才是低空物流发展的核心要素<sup>[1]</sup>。近年来中国低空经济以空前的速度发展，2025年低空经济规模达1.5万亿元。据国家民航局

预测，到2035年低空经济规模将达3.5万亿元。低空物流作为低空经济的核心应用场景之一，正面临严峻的人才短缺挑战。仅无人机操控员岗位，2025年缺口高达100万。这仅仅是冰山一角，低空物流产业链各环节存在巨大的人才缺口。根据产业发展预测和企业调研，中国未来5年低空经济各领域的人才总需求见下表1。

项目信息：中国民办教育协会2025年度规划课题，课题编号：CANQN250887。

表1 中国低空经济人才总需求量预测

| 类别     | 预测需求  | 覆盖岗位        |
|--------|-------|-------------|
| 无人机操控员 | 200 万 | 各类专业操控员     |
| 研发技术人员 | 50 万  | 全产业链技术岗位    |
| 运营管理人员 | 30 万  | 各类运营和管理岗位   |
| 维修保障人员 | 40 万  | 维修技师和保障人员   |
| 培训教育人员 | 10 万  | 培训师和教育工作者   |
| 监管服务人员 | 20 万  | 空管、通航、安全监管等 |

（二）低空物流人才能力要求

低空物流作为融合无人机技术与现代物流管理的新业态，对人才能力结构提出了新的要求<sup>[2]</sup>。通过对低空物流相关企业调研发现，企业在用人过程中不仅关注单一技能掌握情况，更强调多种能力的协同发展，如下图1所示。

（1）专业技术能力

低空经济背景下，无人机物流技术呈现多模态融合特征。从业人员应掌握无人机飞行控制技术，清楚不同场景下的飞行策略及操作要点；具备智能调度能力，能进行路径规划与任务分配，提高物流运行效率；理解低空空域协同机制，掌握空域管理规则与通信协调技术，实现多机协同与合规运行<sup>[3]</sup>。

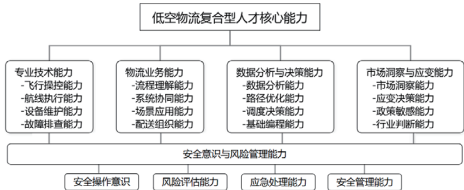


图1 低空物流复合型人才能力结构图

（2）物流业务能力

低空物流的高效运作需与仓储、分拣、订单处理及末端配送等环节紧密衔接，因此要求从业人员既要建立系统化的物流管理认知，把握整体运作逻辑，又要具备将无人机配送嵌入现有业务体系的整合能力。例如，面对生鲜、医药、城市末端等不同应用场景，需依据时效约束与货物属性差异，对运输任务进行合理组织与动态调度。

（3）数据分析与决策能力

面对飞行数据、路径轨迹数据及设备运行数据等海量信息，低空物流从业人员应具备数据建模与系统分析能力，掌握基础统计分析方法与数据可视化技术，能开展需求预测、路径优化与调度决策，实现精细化运营与预测性维护。同时，从业人员应具备Python或R语言等编程基础，能参与简单算法开发与系统优化，不断提升低空物流运行决策的科学性<sup>[4]</sup>。

（4）市场洞察与应变能力

低空经济处于快速演进之中，这要求从业人员必须保持对行业动态的持续关注，主动、及时地掌握行业发展动向、技术进步情况、政策变化信息，同时注意观察用户需求变化，分析政策环境及竞争态势，由此在复杂多变的市场中做出科学合理的判断，从而增强企业在低空物流领域的适应能力。

（5）安全意识与风险管理能力

低空物流运行对安全有极高的要求，从业人员必须具备牢固的安全意识和较强的风险管理能力，掌握空域申报流程的合规操

作、飞行风险的量化评估方法以及应急预案编制等核心技能。同时，面对设备突发故障、气象条件骤变及外部信号干扰等典型不确定因素，应具备风险识别、评估与应急处置能力<sup>[5]</sup>。

二、民办职业教育人才培养现状分析

“低空物流”作为新兴交叉学科，需融合无人机技术、低空飞行管理、物流组织、安全合规等多方面内容，对专业建设的系统性及实践条件都提出了更高的要求。目前我国民办职业院校在低空物流专业设置上尚处在探索、试点阶段，还没有形成真正规模化、体系化的独立专业布局，各院校都在以渐进式路径进行相关人才培养的探索。

（一）依托原有专业延伸开展低空物流方向培养

这是目前民办职业院校开展低空物流人才培养最常见、最成熟的模式。多数院校以现有现代物流管理、无人机应用技术、智能制造技术等专业为基础，在原有课程体系内设置低空物流方向课程或专题教学模块<sup>[6]</sup>。浙江广厦建设职业技术大学设置了“无人机物流应用技术”和“低空安全技术”微专业，从技术应用、运行安全两个维度设计低空物流课程。广州华立学院开设的“低空经济管理”微专业，则侧重培养低空运行规划及物流调度复合型人才。二者都是以原专业培养目标为主，低空物流多为补充性、拓展性内容，系统性、完整性仍有提升空间。

（二）以产业学院为载体推进低空物流专业探索

依托产业学院推进产教融合，是民办职业院校探索低空物流人才培养的重要途径。广州华商职业学院与企业共建低空经济产业学院，把行业资源实质性地引入课程开发、实训基地建设、项目教学诸多环节，很好地补充了院校在设备、实践条件上的短板。上海中侨职业技术大学利用区域产业优势，联合政府、行业组织、企业共建协同育人基地，将低空物流能力直接、有机地嵌入无人机应用技术专业体系之中。目前产业学院模式大都以试点或项目化形式展开，扩大覆盖面、实现规模化仍需继续努力。

（三）参与行业共同体与试点项目积累建设经验

部分民办职业院校选择以加入低空物流产教融合共同体、行业联盟或区域试点项目等形式，主动、系统地介入低空物流专业建设的前期论证工作，参加行业标准研讨、岗位能力分析、人才培养方案论证等活动，逐渐积累低空物流专业建设的理论与实践经验，为之后专业申报及专业建设做好充分准备。该路径采取“先调研、再论证、后建设”的稳步推进思路，能切实降低专业建设的风险，但短期内对学生培养的直接支撑作用有限。

三、民办职业教育低空物流人才培养优化建议

结合职业教育发展规律和低空物流产业特点，应从专业定位、培养目标、课程体系、实践教学和校企合作等多个维度，系统推进低空物流人才培养模式优化。

（一）构建“低空物流技术与运营”专业体系

在低空经济持续推进和政策环境逐步明朗的背景下，职业院

校应以“低空物流技术与运营”为核心方向，逐步推动低空物流由“专业方向探索”向“独立专业建设”转型。在专业定位上，应明确以服务低空物流一线技术技能岗位和运行管理岗位为主要目标，突出技术应用与物流运营协同培养的特色，避免培养目标泛化或定位模糊。低空物流人才培养应围绕“能操作、懂流程、会调度、守安全”进行系统设计，将无人机操作能力、物流业务理解能力、数据分析与编程能力、市场洞察与应变能力以及安全合规与风险防控能力作为核心能力模块，明确不同能力在培养过程中的侧重点和递进关系。

（二）打造“岗课赛证”融通课程体系

民办职业院校应围绕低空物流典型岗位能力需求，以“专业技术能力—物流业务能力—数据分析与决策能力”为主线，打造“岗课赛证”融通的课程体系，做到课程内容与岗位能力的精准匹配<sup>[7]</sup>，见表2。

表2 低空物流“岗课赛证”融通课程体系

| 能力模块      | 核心课程                                                         | 对应岗位             | 技能证书                             | 竞赛        |
|-----------|--------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------|
| 专业技术能力    | 无人机原理与构造、空域管理与飞行规则、低空无人机操控技术、无人机检测与维护、低空飞行安全与应急处置、无人机通信与导航技术 | 无人机驾驶员、无人机运维工程师等 | 民用无人机驾驶员执照（CAAC）、无人机装调检修工（中級/高級） | 智能飞行器应用技术 |
| 物流业务能力    | 低空经济与物流发展概论、物流无人机系统应用、低空物流运营管理、智慧供应链运营管理                     | 物流运营工程师、调度专员等    | 供应链管理师（三級）                       | 供应链管理     |
| 数据分析与决策能力 | 大数据分析技术、大数据分析与应用、低空物流航线规划与设计、低空物流场站规划与管理                     | 数据分析专员、智慧物流平台主管等 | 商务数据分析师（三級）                      | 大数据应用开发   |

（三）构建“政—行—企—校”低空物流协同育人机制

民办职业院校应充分发挥机制灵活优势，构建政府引导、行业指导、企业深度参与、学校主体实施的四位一体育人格局<sup>[8]</sup>。民办院校应主动对接民航管理部门与地方政府，争取低空空域开放、产业学院建设补贴及校企合作税收优惠等政策支持，并积极参与区域低空经济发展规划，将人才培养纳入产业生态体系。民办院校应鼓励教师积极加入相关行业协会，强化行业协会的指导功能，结合低空物流产业特点制定专属职教标准，开发产学研用课程，组织行业技能竞赛，依托大师工作室等开展订单式培养，丰富育人内涵。民办院校应与顺丰、美团、京东等头部企业建立稳定的合作关系，与企业共建产教联合体和双创基地，推动教学过程与生产过程衔接，引入真实项目与业务场景，推动“教学做一体化”。同时，民办高校应立足主体地位，整合各方资源组建专兼职教师队伍，将低空物流前沿技术与标准融入课程，推进专业与产业岗位精准对接，汇聚协同育人合力，培养适配低空物流产业发展的技能型、创新型人才。

（四）实施“三全育人”培养模式改革

全过程推行工学交替，构建“1+1+1”分段递进培养模式。第一年在校学习基础知识、基本技能，第二年在企业真实环境做项目实践，第三年在企业顶岗实习并完成毕业设计，实践教学课时占总课时比例不少于60%。全面推进全方位评价改革，建立以能力为导向的多元评价体系，综合使用企业导师评价、真实工作任务评价、职业技能等级认定等评价形式。全员协同育人，真正形成学校、企业、行业、第三方机构四方联动的育人共同体，整合

校内教师、企业导师、行业专家各方之力，组建专兼结合、校企混编的教学团队，对专业建设、课程实施、实习管理各环节进行全过程监控、持续改进，切实保障人才培养质量<sup>[9]</sup>。

（五）探索多元化实践教学新路径

低空物流实践教学受到空域、设备、经费等多种因素的制约，民办职业院校应有计划地构建“虚实结合、产训一体”的多元化实践教学模式，以数字孪生技术为基础建设低空物流仿真实训平台，开发城市、山区、海岛等不同场景的运行系统，再借助VR/AR技术模拟复杂气象、设备故障等多种情境，强化学生对低空物流全流程及应急处置的认知<sup>[10]</sup>。校企协同共建校外飞行训练基地，共享空域资源及飞行设备，组织无人机实飞训练，同时在校内建设集智能仓储、无人机配送于一体的综合实训中心，实行“仿真训练+实飞操作”的分段式教学。引入企业真实业务，在校内打造“低空物流配送中心”，承接校园快递、文件传输、应急物资配送等真实任务，让学生在真实运营环境中直接参与岗位实践，切实提升职业适应能力。

四、总结

低空物流作为低空经济十分重要的支撑领域，正在快速扩张、高速发展，对复合技术技能型人才的需求也在持续增长。民办职业院校机制灵活、产教融合优势明显，在低空物流人才培养上已有良好基础，但目前整体尚处在探索期。因此本文从能力需求出发，提出以“专业建设为引领、课程体系为核心、协同育人为保障、实践教学为支撑”的整体优化路径，有助于推动低空物流人才培养从“探索型”向“体系化、规模化、规范化”发展，为低空经济高质量发展夯实人才基础。

参考文献

[1] 张军, 宗超, 魏愚凡. 低空物流的发展现状与前景分析——以安徽省为例 [J]. 全国流通经济, 2025(22): 13-16.

[2] 范仁军, 魏进. 数字经济时代下我国低空物流发展现状及创新发展策略研究 [J]. 物流科技, 2025(17): 67-69.

[3] 梁冲. 低空经济崛起对高职航空物流人才培养的挑战与对策 [J]. 中国航务周刊, 2025(24): 98-100.

[4] 卜伟娜. 低空经济背景下物流人才培养路径研究 [J]. 商场现代化, 2025(19): 74-76.

[5] 王玫. 低空经济视域下高职航空物流专业人才培养模式构建与实践路径 [J]. 成都航空职业技术学院学报, 2025, 41(04): 44-48+71.

[6] 庞婧. 低空物流人才培养模式探究——以烟台职业学院为例 [J]. 理论园地, 2025(15): 87-89.

[7] 刘雪梅. “岗课赛证”融通背景下高取现代物流管理专业课程教学改革研究 [J]. 中国储运, 2025(11): 63-64.

[8] 张丹. “政企校”多元协同育人路径构建研究 [J]. 辽宁经济职业技术学院. 辽宁经济管理干部学院学报, 2025(04): 172-174.

[9] 胡枫, 王林. “三全育人”视域下高校物流管理专业人才培养路径探析 [J]. 物流科技, 2024(07): 171-173.

[10] 杨云飞. “人工智能+物流”驱动人才培养范式变革——全国大学生物流设计大赛引领产教融合新篇 [J]. 中国物流与采购, 2025, (18): 28-29. DOI: 10.16079/j.cnki.issn1671-6663.2025.18.049.

# 基于交通需求预测与空间规划的高速公路互通加密方案优化研究——以瑞安市为例

张海彬<sup>1</sup>, 薛纪力<sup>1</sup>, 陶秋钢<sup>2</sup>, 潘剑超<sup>2\*</sup>

1. 瑞安市交通运输局, 浙江 瑞安 325200

2. 浙江大学 工程师学院, 浙江 杭州 310058

DOI: 10.61369/TACS.2026040028

**摘 要 :** 随着温瑞同城化进程加快与瑞安市产业空间东扩, 现有高速公路互通布局已难以充分覆盖城市主要功能区, 局部路段服务间距偏大的矛盾日益凸显。本文以瑞安市都市区高速公路网络为研究对象, 在梳理现状与规划互通分布特征的基础上, 构建融合交通需求预测与设施选址优化的互通加密研究框架。模型以加权服务成本最小化为目标, 纳入预算、最小间距及工程可行性等约束, 形成0-1整数规划问题, 并辅以两阶段启发式求解策略提升计算效率。以2045年为特征年, 对5处拟加密互通(含3处位于甬台温高速复线、1处位于瑞安联络线高速、1处位于温州绕城高速西南线)进行交通规模预测与工程经济评价。研究结果表明, 实施加密方案后, 都市区范围内落地互通口总数将由现状10处增至18处, 平均互通间距由10.20 km降至8.03 km, 降幅约21.3%, 最大间距从20.9 km压缩至16.6 km; 各拟设互通在特征年呈现合理的进出口交通规模, 具备充分的工程建设依据。本文提出近期/中期/远期分阶段实施建议, 并强调互通建设与城市道路系统及区域控规的协同配套。

**关 键 词 :** 高速公路; 互通加密; 设施选址模型; 交通需求预测

## Research on Optimization of Expressway Interchange Encryption Scheme Based on Traffic Demand Forecasting and Spatial Planning — A Case Study of Ruian City

Zhang Haibin<sup>1</sup>, Xue Jili<sup>1</sup>, Tao Qiugang<sup>2</sup>, Pan Jianchao<sup>2\*</sup>

1. Ruian Transportation Bureau, Ruian, Zhejiang 325200

2. College of Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058

**Abstract :** With the accelerated integration of Wenzhou and Ruian and the eastward expansion of Ruian's industrial space, the existing layout of expressway interchanges can no longer fully cover the city's main functional areas, and the contradiction of excessively large service intervals on some road sections has become increasingly prominent. Taking the metropolitan expressway network of Ruian City as the research object, this paper sorts out the distribution characteristics of existing and planned interchanges, and constructs a research framework for interchange encryption integrating traffic demand forecasting and facility location optimization. Aiming at minimizing the weighted service cost, the model incorporates constraints such as budget, minimum spacing and engineering feasibility to form a 0-1 integer programming problem, supplemented by a two-stage heuristic solution strategy to improve computational efficiency. Taking 2045 as the characteristic year, traffic volume forecasting and engineering economic evaluation are carried out for 5 proposed interchanges (including 3 on the Ningbo-Taizhou-Wenzhou Expressway Double Line, 1 on the Ruian Link Expressway, and 1 on the Southwest Section of Wenzhou Ring Expressway). The results show that after the implementation of the encryption scheme, the total number of ground interchanges in the metropolitan area will increase from 10 to 18; the average interchange spacing will drop from 10.20 km to 8.03 km, a decrease of about 21.3%; and the maximum spacing will be reduced from 20.9 km to 16.6 km. Each proposed interchange shows a reasonable traffic scale of entrance and exit in the characteristic year, providing sufficient basis for engineering construction. This paper puts forward phased implementation suggestions for short-term, medium-term and long-term, and emphasizes the coordinated matching of interchange construction with urban road systems and regional regulatory plans.

**Keywords :** expressway; interchange encryption; facility location model; traffic demand forecasting

项目信息: 浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划资助, 项目编号: 2024C0327, 台州市科技计划项目资助, 项目编号25gyb33。

作者简介: 张海彬(1988—), 男, 汉族, 浙江瑞安人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 交通规划。

通讯作者: 潘剑超, Email: panjianchao@zju.edu.cn

高速公路互通加密是提升路网服务水平、优化交通资源配置的重要手段。现行规范在布局原则上要求对沿线两侧各区块的近远期交通规划进行充分调查,分析被交道路性质,确保其具备足够通行能力<sup>[1]</sup>。在此框架之上,张驰等系统综述了互通立交出入口安全性,指出现行规范变速车道长度规定与实际驾驶行为及车辆特性存在偏差,建议深化出入口几何设计指标的精细化研究<sup>[2]</sup>。安欣基于实证数据建立了隧道出口与互通出口最小净距的计算模型,为不同线形条件下净距控制值的确定提供了量化支撑<sup>[3]</sup>。Kabashkin 基于运输需求层次框架与 Petri 网构建的 MCDM 模型,在多式联运路线选择中展示了将工程约束与需求层次耦合的技术路径<sup>[4]</sup>。上述研究表明,将设施选址模型与多准则评价相结合,是处理互通加密这类兼具工程约束与政策目标的规划问题的有效途径。

## 一、研究区概况与数据基础

根据研究区高速公路网络的统计结果,瑞安市都市区范围内现状已建成并投入运行的高速互通口共10个,互通间距差异较大。这一空间分布特征反映了两类典型问题:一是主要城市功能区与高速通道之间仍存在较大的服务盲区;二是个别路段因地形或历史原因形成了间距偏小的局部聚集,整体布局均衡性有待改善。



到18个,最大间距降至约16.6 km,最小间距维持在约4.1 km,平均间距降至8.03 km,相较现状改善约21.3%(表1-1)。

| 统计口径    | 互通数量<br>(个) | 最大间距<br>(km) | 最小间距<br>(km) | 平均间距<br>(km) |
|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 现状      | 10          | 20.9         | 3.9          | 10.20        |
| 规划(未加密) | 13          | 30.7         | 4.2          | 12.70        |
| 加密方案    | 18          | 16.6         | 4.1          | 8.03         |

交通需求是互通加密方案评价的重要基础。本文基于区域交通调查数据与交通需求预测成果,对特征年交通运行状态进行分析。以OD (Origin-Destination) 出行矩阵为基础,通过交通分配模型将区域出行需求分配至高速公路网络,从而获得各路段及互通节点的交通量指标。在此基础上,提取各拟建互通节点的进出口交通量,并结合高速公路主线交通量,分析互通在区域交通系统中的服务功能与交通分担作用。

| Vehicle Type        | Proportion |
|---------------------|------------|
| 客车 (Passenger Cars) | 73.79%     |
| 货车 (Cargo Vehicles) | 26.21%     |

空间布局指标用于反映互通在高速公路网络中的分布合理性。互通间距指标衡量相邻互通之间的距离特征,包括最大间距、最小间距及平均间距,可综合反映互通分布的均衡性与覆盖

水平。间距改善率用于定量衡量互通加密对空间布局的优化程度，其计算式为：

其中， $L_0$  为加密前平均互通间距， $L_1$  为加密后平均互通间距， $L_0 > L_1$ ，表明间距均衡性改善越显著。

2. 交通运行指标

交通运行指标用于反映高速公路网络的运行状态。本文采用路段交通量作为核心指标，表示单位时间内通过某一高速路段的交通流规模，用于反映主线廊道的运行负荷水平，并为互通进出口交通量的背景参照提供依据。

3. 服务能力指标

服务能力指标用于反映互通节点对区域交通的服务水平，包括三项具体指标。互通进出口交通量表示互通节点与地方道路之间的交通交换规模，是评价互通服务能力的基础依据。单站服务规模通过统计各互通节点进出口交通量之和，反映单个互通对区域交通需求的承载能力。平均服务水平通过计算各互通节点单站规模的均值，反映整体互通系统的服务能力水平。

三、实证分析：瑞安市互通加密方案评价

（一）加密方案总体设计

综合交通需求预测结果、现状互通服务盲区识别与工程可行性分析，本研究提出在瑞安市都市区高速公路网络上新增或改建5处互通节点，具体选址分布于甬台温高速复线（3处）、瑞安联络线高速（1处）与温州绕城高速西南线（1处）。各互通的空间布点以消除现状服务盲区、衔接主要城市功能区为核心目标，互通形式与连接线方案则综合考虑地形地物条件、被交道路等级与近远期交通需求确定（表3-1）。

表3-1 拟实施互通概况

| 互通名称      | 所属路线      | 建设性质 | 连接线（km） | 建设时序 |
|-----------|-----------|------|---------|------|
| 塘下东互通     | 甬台温高速复线   | 新建   | 2.02    | 近期   |
| 上望互通      | 甬台温高速复线   | 新建   | —       | 中期   |
| 海西复合枢纽    | 甬台温高速复线   | 改建   | —       | 近期   |
| 丰和互通      | 瑞安联络线高速   | 新建   | 0.73    | 远期   |
| 郑楼（飞云南）互通 | 温州绕城高速西南线 | 新建   | —       | 远期   |

实施时序以近期 / 中期 / 远期三档划分，其中近期优先推进工程条件成熟且交通需求较为迫切的节点，远期互通则以区域产业发展与控规配套完善为前提，保障方案落地与城市规划的协调同步。



图3-1 瑞安市加密互通分布图

（二）交通需求预测结果

1. 特征年互通进出口交通量

基于建立的交通需求预测模型，结合2021年调查数据标定的路网分配参数，预测得到各拟加密互通在特征年（2045年）的进出口交通量（表3-2）。

表3-2 2045年瑞安高速公路网预测交通量

| 互通名称      | 进口交通量 | 出口交通量 | 合计    |
|-----------|-------|-------|-------|
| 塘下东互通     | 4663  | 7626  | 12289 |
| 上望互通      | 6475  | 6687  | 13162 |
| 海西复合枢纽    | 5475  | 5687  | 11162 |
| 丰和互通      | 9765  | 6573  | 16338 |
| 郑楼（飞云南）互通 | 4926  | 6713  | 11639 |
| 合计        | 31304 | 33286 | 64590 |
| 平均        | 6261  | 6657  | 12918 |

注：表中数值均以 PCU/d 为单位，依据同一预测口径的路网分配结果整理汇总。

为建立互通预测流量与主线廊道运行状态的内在联系，本文整合了主要高速廊道在特征年的通行量与饱和度背景参照值。在主要廊道中，某干线高速的预测日通行量约为112925 PCU/d，饱和度处于中偏高水平。相较之下，各拟设互通单站的进出口合计流量体现了其对周边城市出行转换需求的实际承载作用，加密的本质在于“分化局部可达性瓶颈”，而非单纯扩大主线流量总量。

2. 互通间距改善效果

加密方案实施后，都市区范围内互通的空间分布均衡性得到显著提升。依据2.2.1节定义的间距改善率公式，将加密前平均间距 20.9 km、加密后平均间距 16.6 km 代入，得到为，最大互通间距由20.9 km 压缩至16.6 km，有效消除了现有路网中服务盲区最突出的路段；最小间距维持在4.1 km，满足《公路工程技术标准》关于最小间距不小于4 km 的强制性规定。

（三）方案综合评价

5处拟加密互通在特征年呈现出合理的交通规模，其服务范围覆盖了现状路网中可达性薄弱的主要功能区，都市区范围内高速公路的需求覆盖率得到明显提升。各互通的建设总投资已由工程规划预估，近期互通的投资规模相对可控，且旅行时间节省带来的社会经济效益可在合理期限内覆盖建设成本。

四、政策与工程建议

在实施策略层面，建议严格遵循近期 / 中期 / 远期的分阶段推进原则，避免因集中建设形成过大的交通组织压力与财政投资压力。近期互通应在完成用地预控与工程许可的前提下尽快启动建设，使其尽早发挥分流与承载效益；中远期互通则须与区域控制性详细规划、产业引导方向及地面道路配套实现联动推进，防止高速互通建设超前于配套条件而形成“孤岛节点”。

在工程设计层面，各互通的连接线设计标准应与预测的互通进出口流量相匹配，避免以低等级连接线承接高流量需求。匝道设计参数应结合特征年高峰小时流量进行验算，并对施工期主线

与被交道路的交通组织作出专项预案安排。与城市规划的深度衔接。建议相关部门在互通附近划定用地控制区，从规划管控层面防范未来建设活动对互通安全距离的侵占。

在协同规划层面，互通加密方案的有效落地依赖于交通规划

参考文献

[1] 公路工程技术标准：JTG B01—2014[S]. 北京：人民交通出版社，2014.

[2] 张驰，刘锴，王世法，等. 高速公路互通式立体交叉出入口安全性研究综述 [J]. 交通信息与安全，2023,41(02):1-17.

[3] 安欣，孙毅，李涛，等. 高速公路隧道出口与互通出口最小净距研究 [J]. 公路交通科技，2021,38(09):132-140.

[4] Kabashkin I. Model of Multi Criteria Decision-Making for Selection of Transportation Alternatives on the Base of Transport Needs Hierarchy Framework and Application of Petri Net[J].Sustainability,2023,15(16).

[5] 葛梦雪，宋国华，王芃森，等. 基于手机应用软件测算 OD 数据的区域交通需求预测 [J]. 公路交通科技，2019,36(05):152-158.

[6] 裴玉龙，宇文翀，常铮，等. 基于综合交通网络的干线公路客流预测方法 [J]. 交通运输工程学报，2022,22(04):259-272.

[7] 岳宜宝. 基于手机信令与公交卡数据的公交网络优化——以上海西虹桥商务区为例 [J]. 人民公交，2026,(01):78-83.

# 不合格小盒自动拆烟装置的设计与研究

王德胜, 束晨, 孙越

江苏中烟工业有限责任公司南京卷烟厂, 江苏 南京 210019

DOI: 10.61369/TACS.2026040029

**摘 要 :** 针对卷烟生产中不合格烟包拆解依赖人工、效率低下、劳动强度大且烟支易损伤的问题, 以全流程自动化拆解、高效物料分离为目标, 设计了一套不合格小盒自动拆烟装置。装置围绕“上料—切割—分离—收集”的工艺流程, 集成爬坡式自动理料、圆刀端面切除、高压吹气分离和分类收集等模块, 由PLC控制系统统一协调, 实现不合格小盒的有序输送、端部开封以及烟支与包装纸的自动分离与回收。研究重点在于理料机构、切刀机构、气流分离结构及控制逻辑的系统设计与匹配, 为卷烟不合格烟包拆解提供一种结构紧凑、可推广的技术方案。

**关 键 词 :** 不合格烟包; 自动拆烟装置

## Design and Research of Automatic Cigarette Disassembly Device for Non-Compliant Small Boxes

Wang Desheng, Shu Chen, Sun Yue

Jiangsu Zhongyan Industrial Company Nanjing Cigarette Factory, Nanjing, Jiangsu 210019

**Abstract :** To address the challenges in cigarette packaging defect handling during production—including manual reliance on inefficient disassembly processes, high labor intensity, and cigarette damage risks—this study developed an automated defect carton dismantling system designed for full-process automation and efficient material separation. The system integrates modular components including ramp-type automatic material handling, circular blade edge trimming, high-pressure air separation, and classification collection, operating under a unified PLC control system to achieve sequential carton conveyance, end-opening, and automated cigarette-packaging separation/recovery. Key research focuses on systematic design and coordination of material handling mechanisms, cutting blade assemblies, airflow separation structures, and control logic, delivering a compact and scalable technical solution for cigarette packaging defect processing.

**Keywords :** non-compliant cigarette packaging; automatic cigarette unpacking device

## 引言

卷烟包装环节由于设备调试、抽检和工艺波动等原因, 会产生一定数量的不合格小盒。这类烟包通常仍含有合格烟支, 需要拆解后回收烟丝再利用。长期以来, 多数工厂仍以人工拆解为主, 存在效率低、劳动强度大、作业环境差以及烟支损伤率高等问题, 与当前卷烟行业自动化、智能化的发展趋势不相适应。

近年来, 圆刀高速分切和高压气流分离等技术在轻工和包装领域逐步成熟, 为不合格烟包的自动拆解提供了可借鉴的思路。本文在梳理相关技术基础上, 围绕“低损伤输送、稳定切割、高效分离”三个目标, 提出一套不合格小盒自动拆烟装置总体方案, 并重点分析其关键机构及控制策略。

## 一、装置总体方案

装置面向卷烟生产线旁路布置, 采用“人工散投 + 自动理料 + 自动拆解 + 分类收集”的总体思路。总体由四个机械模块和一个电气控制系统组成: 爬坡式自动整理送料装置、圆刀端面切除装置、高压吹气分离装置、烟支与包装纸分类收集装置, 以及

PLC 控制与人机交互系统。各模块可根据现场空间灵活调整位置和高度。

整体结构上, 装置沿物料流向依次布置爬坡理料段、端面切除段和吹气分离与收集段, 输送路径尽量采用平直过渡, 以降低对小盒和烟支的机械冲击。PLC 通过对各段输送速度、切刀转速和吹气动作的统一协调, 实现连续自动运行。

## 二、关键机构设计

### （一）爬坡式自动整理送料装置

爬坡式自动整理送料装置承担着将散乱不合格小盒提升、整理和定向的功能<sup>[1,2]</sup>。装置由爬坡输送带、水平输送段和可调式护栏等组成。操作人员将不合格小盒批量倒入爬坡段进料端，小盒在防滑输送带的带动下被提升到一定高度，经缓冲滑道平缓过渡到水平输送段。

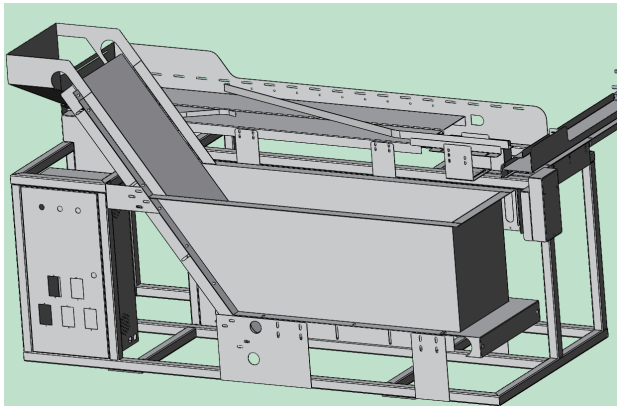


图1：爬坡式自动整理送料装置

水平段两侧布置可调式护栏，通过调节护栏间距，仅允许姿态和方向满足要求的小盒通过；姿态不合格的小盒则回落至前端重新进入理料过程，从而在不挤压烟包的前提下实现“自循环”整理。末端光电传感器用于检测小盒到位信号，PLC 根据下游工位节奏自动调节爬坡和水平输送速度，保证供料均匀且避免堆积。

### （二）圆刀端面切除装置

圆刀端面切除装置<sup>[3-6]</sup>布置在理料段之后，与水平输送段平直衔接。装置采用双组硬质合金圆刀对滚布置，通过调节机构可适配不同规格小盒的切割位置和间隙。小盒进入切刀区域后，在压板的作用下被稳定定位，两侧圆刀同步旋转完成两端封口切除，为后续气流分离打开通道。

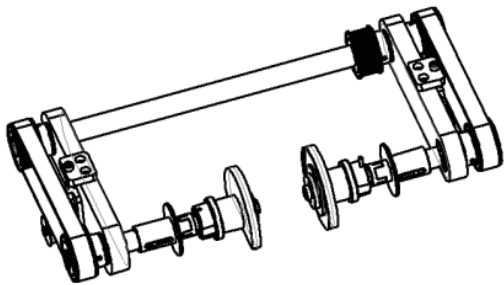


图2：小盒端面切除机构

切刀转速与输送线速度由 PLC 统一协调，使切入和切出过程中的相对速度保持在合理范围内，减小对小盒的拉拽和挤压，获得较为平整的切口。为减少纸屑堆积，在圆刀附近设置简单的导流和收集结构，将端面废料引导至专用收集箱，便于集中处理。

### （三）高压吹气分离及分类收集装置<sup>[7]</sup>

小盒经端面切除后进入吹气分离区。装置在切口附近布置若干吹气嘴，喷射方向指向小盒内部。PLC 控制高速电磁阀产生短时高压气流，利用气流冲击将烟支从包装纸中推出。为了控制烟支运动状态，在吹气区布置导流槽和缓降结构，使烟支以较平稳的速度脱离并滑入下方收集箱。

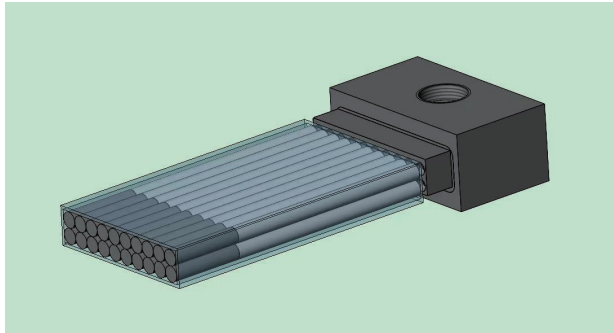


图3：高压吹气分离

包装纸则沿输送带继续前行，经导板导入独立收集箱。端面切除产生的小废料单独收集，避免与烟支混合。各收集箱采用可拆卸结构，便于操作人员安排清理和转运。

### （四）电气控制与人机界面

电气控制系统采用 PLC + 触摸屏架构，核心功能包括多输送段和切刀的速度联动、高压吹气动作的时序控制、关键位置传感器信号采集以及故障报警。操作人员通过触摸屏可设置爬坡输送速度、圆刀转速及吹气相关参数，并实时查看运行状态。

系统设置急停按钮、安全联锁和基本自诊断逻辑。当出现卡料、传感器异常或气源压力不足等情况时，<sup>[8]</sup>PLC 能够限制相关动作或停机，并在界面上提示故障位置和类型，方便排查。通过对各模块运行状态的集中监控，保证整机在典型工况下稳定、安全运行。

## 三、性能与应用分析

从结构和控制逻辑上看，装置通过爬坡理料、圆刀端面切除和高压吹气分离等模块的组合应用，实现了不合格小盒从投料到烟支、包装纸分类收集的连续自动处理流程。与传统以人工拆解为主的方式相比，该方案在作业组织上显著减少了人工直接参与拆解的环节，更适合在卷烟生产线旁路长期运行。

装置采用模块化和标准化设计思路，爬坡理料、切刀机构、吹气分离和收集箱等单元均可独立拆装和维护，关键部件尽量选用通用规格件，便于备件管理和后期升级。<sup>[9]</sup>通过调整护栏间距、圆刀位置及吹气参数，可在不更换核心部件的前提下适配多种规格小盒，具备一定的通用性。

## 四、结论与展望

从工程应用角度看，该装置通过减少人工直接拆解操作、集中处理烟支和包装纸，有利于改善作业环境并提高拆解环节的自

动化水平。<sup>[10]</sup> 后续可在以下方面进一步研究：一是完善多规格适配能力，缩短规格切换时间；二是结合机器视觉技术，对小盒姿态和分离效果进行在线监测；三是引入远程监控和预测性维护理念，提升长期运行的可靠性和维护效率。

参考文献

[1] 张宸源, 李俊岑. 卷烟小盒产品分道整理机构的设计与开发 [J]. 仪器与设备, 2025, 13(4): 769–776.

[2] 张磊. 一种基于 PLC 的物料传送系统设计 [D]. 济南: 山东建筑大学, 2024.

[3] 王昕, 朱青. ZJ118 卷接机组中 MAX 二次分切圆刀降温清洁装置的设计与应用 [J]. 中国烟草学报, 2024, 30(2): 38–41.

[4] 李洋, 周明, 吴昊. 双圆刀对滚切割的力学特性与精度控制 [J]. 机械科学与技术, 2024, 43(8): 1210–1216.

[5] 王己锋, 谢诗辉, 邱勇杰, 等. YJ27 接装机切纸轮刮刀装置的改进 [J]. 烟草科技, 2018, 51(3): 24–26.

[6] 刘军, 陈祥, 李鹏. 薄膜高速分切圆刀间隙与重叠量优化设计 [J]. 包装工程, 2023, 44(11): 215–222.

[7] 王鹏, 刘娟, 赵鑫. 脉冲高压气流在柔性物料分离中的应用及参数优化 [J]. 包装工程, 2023, 44(19): 189–196.

[8] 张号, 李守成, 吕小波, 等. YB55 小盒透明纸包装机烟包自动整理输送装置的设计与应用 [J]. 烟草科技, 2022(006): 055.

[9] 王茂方, 徐启勇, 陈圣, 等. 卷烟小盒分包装装置的设计 [J]. 设备管理与维修, 2022(1): 110–111.

[10] 张天奇, 张胜利, 李乃利, 等. ZB45 型包装机组小盒商标纸拆封补料装置的设计 [J]. 设备管理与维修, 2025(13): 13–18.

# 大数据与智能计算在物理电子领域的融合发展及理论研究综述

邹儒

广东技术师范大学, 广东 广州 510665

DOI: 10.61369/TACS.2026040030

**摘 要 :** 随着大数据和智能计算发展得越来越快, 物理电子研究也在从传统的解析建模, 慢慢转向数据驱动和智能驱动的新模式。这篇文章梳理了二者融合的理论基础、技术路径和最新进展, 重点聚焦多物理场耦合计算、微纳结构多尺度建模, 以及数据驱动规律挖掘这几个方向的研究现状。从目前来看, 物理信息神经网络、代理模型还有自适应离散化方法, 已经成了提升复杂物理系统求解效率与精度的关键技术。不过, 现在的研究也还面临不少难题: 微观到宏观的跨尺度关联, 缺一套自治的理论框架; 多场耦合模型在强非线性条件下的泛化能力还不够; 另外, 计算效率与物理保真度怎么平衡, 也还没有一个统一的标准。

**关 键 词 :** 智能计算; 大数据; 物理电子; 多物理场耦合; 多尺度建模; 物理信息神经网络

## A Review of the Integrated Development and Theoretical Research of Big Data and Intelligent Computing in the Field of Physical Electronics

Zou Ru

Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou, Guangdong 510665

**Abstract :** With the rapid development of big data and intelligent computing, physical electronics research is gradually shifting from traditional analytical modeling to data-driven and intelligence-driven paradigms. This review summarizes the theoretical foundations, technical pathways, and recent advances in integrating these two approaches, with a focus on the current state of research in multiphysics coupling computation, multiscale modeling of micro/nanostructures, and data-driven discovery of physical laws. To date, key technologies such as physics-informed neural networks, surrogate models, and adaptive discretization methods have become essential for improving the efficiency and accuracy of solving complex physical systems. However, several challenges remain: the lack of a self-consistent theoretical framework for cross-scale correlations from micro to macro scales, insufficient generalization capability of multiphysics coupling models under strong nonlinear conditions, and the absence of a unified standard for balancing computational efficiency and physical fidelity.

**Keywords :** intelligent computing; big data; physical electronics; multi-physics coupling; multiscale modeling; physics-informed neural network

### 一、大数据与智能计算在物理电子领域的应用概述

#### (一) 物理电子领域的研究内涵与现实特征

物理电子以微观粒子动力学行为、电磁场分布与传输特性、低维结构中的输运效应、场与物质耦合作用为主要研究内容, 是连接凝聚态物理、电磁场理论与现代电子工程的重要桥梁。其研究对象普遍具有尺度微小、结构复杂、多场耦合强烈和非线性行为显著等特点。随着器件尺寸进入纳米量级, 量子效应、界面效应、尺度效应逐渐占据主导, 系统行为不再遵循经典宏观物理规律。

以往的研究, 理论分析主要靠手推公式和搭建理想模型, 力求到闭合解, 往往需要简化边界、忽略弱耦合甚至假设介质均

匀, 但这只适用于结构简单、耦合不强的理想状况下。一旦深入到微纳结构、强场环境或超快过程这些复杂场景, 传统解析方法就很难完整描述系统的演化全貌。与此同时, 数值仿真和理论推演产生了海量数据, 光靠人工去挖有效信息是有限的, 这也正好给大数据和智能计算的深度介入提供了现实需求与应用土壤。

#### (二) 计算机技术赋能物理电子研究的必要性与价值

物理电子研究难在哪? 主要难在于强耦合、非线性, 还附带有多个尺度的物理过程, 这些过程既要算得准, 还得算得快。数值计算和建模仿真就派上用场了, 它们能把抽象的物理规律变成能计算、能迭代的数学模型, 粒子怎么运动、场怎么分布、能量怎么传递、载流子怎么输运, 都能描述得清清楚楚, 正好补上了传统解析方法适用面窄的短板。

人工智能和大数据技术一出来,进一步推动科研模式推向了从模型驱动慢慢转向数据驱动,再往智能驱动演进。通过对多源、多维度的物理信息进行学习、拟合和关联挖掘,能发现传统理论方法发现不了的隐含规律,这样一来模型构建更准,理论推演也更快。智能计算和物理电子深度的融合,不光把物理电子研究的维度和深度都拉宽了,还给计算机算法和数据处理技术提供了用武之地,形成了基础理论和工程技术互相促进、一起发展的新局面,对新型电子器件设计、功能材料理论预测、光电系统性能分析这些领域,都有很重要的意义。

### （三）交叉研究范畴

智能计算、大数据与物理电子的交叉研究,以物理基本规律为内核,以计算方法与数据技术为工具,围绕物理问题数学模型化、连续场离散化处理、数值算法设计、多尺度模型构建、数据驱动规律挖掘等内容展开。研究过程既强调计算方法对物理系统的表征能力,也注重物理守恒律与基本原理对计算模型的约束作用,不在单纯偏向算法实现或实验验证。

## 二、智能计算与物理电子融合的理论体系及实现路径

### （一）物理问题的数学抽象与计算模型构建

把物理问题转化成规范可算的数学模型,是智能计算与物理电子融合的基础环节。实际研究中,常见的做法是把粒子运动、场演化、载流子输运、能量耗散这些物理行为,用微分方程、积分关系、状态方程这类数学形式定量表达出来。在此基础上,再结合计算机的运算逻辑,把模型变量、边界条件、参数区间和优化目标一一明确,让建立的数学体系既符合物理原理,也能适配数值计算和智能算法的运行要求。物理问题的数学抽象,不光是简单的形式转换,而是在保留核心物理机制的前提下,对冗余变量和弱耦合关系做合理简化,保证后续计算在物理上严谨、在算法上可行,这是实现理论与计算深度融合的关键一步。

### （二）连续物理场的离散化处理与数值表征

物理电子领域里,电磁场、静电场、温度场还有载流子浓度场,本身是连续分布的,但计算机只能处理离散的数据结构,所以离散化就成了连接物理理论与数值计算的关键一环。常用的办法是通过空间网格划分、节点采样、时间步长分解这些手段,把连续的空间和演化过程转成离散的单元。特别是针对物理电子系统中场分布不均、耦合程度各有差异的情况,研究人员广泛采用了自适应网格、非结构化网格等策略,在保证物理信息完整的同时,兼顾计算效率和稳定性。

### （三）数值算法与智能计算的协同优化机制

引入智能算法,能很好地改善传统数值方法在高维、强非线性、多场耦合系统里收敛慢、容易陷入局部最优、鲁棒性差这些老问题。像神经网络拟合、代理模型构建、智能迭代策略、自适应参数调整这些手段,都能有效加快方程收敛、优化求解路径,还能把复杂模型的泛化能力提上去。在实际融合体系里,传统数值算法负责把物理问题求解的严谨性和一致性把好关,智能计算则用来提升求解效率、处理复杂约束和不确定性,两边一互补,

就能搭起一个既高效又稳定的混合计算框架,给复杂物理电子系统的理论分析和特性预测提供可靠的支撑。

### （四）大数据驱动下的物理规律挖掘与理论验证

大数据技术为物理电子研究提供了从海量多源信息中自动提取规律、验证理论的能力。在不同结构、不同工况、不同参数下得到的仿真数据、理论推导结果、模型参数集合,经过数据精确分析提取后,可构建高质量标准化数据集。利用机器学习、统计学习、关联规则挖掘等手段,能够发现物理量之间的隐含关联、识别系统演化趋势、检验理论模型的适用范围与合理性。

数据驱动方法不用事先做太多假设,能在一定程度上弥补传统理论模型因简化假设带来的那块偏差,让理论更贴近真实的物理过程,把物理电子研究从定性描述往前推到精准定量分析。同时,用大数据来做理论验证这种思路,也为新型结构预测和未知规律探索提供了高效又可行的研究手段。

## 三、融合领域研究进展与关键理论问题

### （一）多物理场耦合计算与数值模拟研究进展

多物理场耦合在物理电子系统里很常见,电磁场、热场、载流子输运场、应力场这些场互相影响、互相调制,一起决定了器件与系统的宏观性能。这几年靠着计算机技术的进步,多场耦合建模与数值模拟发展得挺快。耦合方程的数值求解框架一直在完善,像分步求解、交替迭代、区域分解、紧耦合迭代这些方法,都有效提升了复杂耦合系统的计算稳定性和收敛性。

另外,智能优化算法发展出来的自适应耦合模型,也在慢慢推进,它能根据场分布的特点,动态调整耦合关系和求解顺序,计算精度和适用场景也就跟着不断拓展了。现在,多物理场耦合模拟已经是微纳电子器件、光电集成系统、微波器件理论分析里离不开的工具了,在揭示多场协同作用机制、改进理论模型、指导器件结构设计这些方面,都起着很重要的作用。

### （二）微纳结构与低维系统中的计算理论发展

微纳结构和低维材料体系,一个显著特点就是尺度效应、界面效应和量子效应特别明显,很多经典物理电子理论直接用不太合适。得益于计算机技术不断进步,多尺度计算理论也跟着发展起来了。它把第一性原理计算、分子动力学、蒙特卡洛方法还有宏观有限元仿真这些方法揉在一起,从微观电子行为到宏观器件性能都能跨尺度统一表征。智能算法在这里面起的作用不小,可以用来拟合尺度边界、做参数的自适应传递、修正模型误差,还能优化计算流程,让统一计算框架覆盖的尺度范围越来越大。现在,多尺度计算理论已经用在低维电子输运、量子点器件、二维材料光电特性这些方向上了,为新型微纳功能器件的理论设计和机理分析打下了基础。

### （三）多尺度建模与跨尺度关联的核心理论难题

虽然多尺度计算这些年进步不小,但跨尺度关联和模型统一的问题,依然是目前理论难题的核心。微观粒子的行为本来就是量子的、统计随机的,而宏观器件的响应是确定性的,这两个层次的规律要衔接起来,到现在也没找到一个统一、自洽的理论体

系，让这两个层次的规律衔接起来。目前的处理方式中，不同尺度之间的物理量传递大多靠经验参数和近似假设，误差难免；再加上尺度过渡区域的边界约束、非均匀效应和动态演化过程，建模难度就更大了。怎么实现微观—介观—宏观的无缝衔接、参数自洽传递，以及物理规律的统一，目前还没形成成熟的办法，这在某种程度上也限制了计算模型还原真实物理电子系统的能力，也是未来理论研究需要重点突破的地方。

**（四）模型近似、计算效率与理论真实性的平衡问题**

构建计算模型的时候，模型简化程度、计算效率，还有理论真实性之间的矛盾，一直是绕不开的难题。为了提高计算效率，总得做一些合理近似和降阶处理，但如果简化过了头，一些关键的物理机制就会被忽略，模型也就失真了；反过来，要是太追求还原真实物理过程，方程的维数就会猛增，计算量也跟着指数级上涨，甚至超出硬件和算法能扛住的范围。虽然智能优化、模型降阶、自适应网格这些技术，在一定程度上缓解了这个问题的，但目前还没有一个通用又严谨的平衡准则。在遵守物理守恒律和基本原理的前提下，怎么借助智能计算和数据驱动策略，做出“近似合理、精度可控、效率可行”的计算模型，这是理论研究和工程应用都绕不开的关键问题，也是衡量智能计算与物理电子融合技术成熟度的一个重要标尺。

**四、融合发展趋势与全文总结**

未来，人工智能和大数据技术会更深入地融入物理电子研究的全过程，慢慢形成一种智能感知、自动建模、自主优化、规律自发现的新研究范式。像物理信息神经网络、强化学习、进化算法这些方法，也会越来越多地用在偏微分方程求解、模型降阶、参数反演以及隐式规律挖掘上，推动物理电子基础理论实现新的突破。

与此同时，大数据和高性能计算正成为前沿研究离不开的基础设施。分布式计算、异构加速、云计算这些技术，能支撑起超大规模多物理场系统的仿真；多源数据融合、知识图谱、迁移学习等方法，则进一步打破理论、仿真、文献数据之间的壁垒，让学科交叉向材料科学、量子科学、先进制造等领域不断拓展，形成协同创新的格局。

总的来说，本文梳理了智能计算、大数据与物理电子融合发展的理论基础、技术路径、研究进展和核心科学问题。看得出来，计算机科学给传统物理电子研究提供了工具支撑，帮我们突破了解析方法和简化模型本身的局限。不过，目前领域里还面临着多尺度衔接难、多场耦合理论不统一、模型精度和效率不好兼顾这些理论挑战，未来还得靠智能算法、大数据和高性能计算来持续突破。。

**参考文献**

[1] 牛海洋. 人工智能赋能材料科学专刊前言 [J]. 金属学报, 2024, 60(10): 1297–1298.  
[2] 张巍. 基于智能算法的电子电工与计算机技术应用 [J]. 电子技术, 2025, 54(02): 280–281.  
[3] 吴剑, 傅文军, 蒋捷. 智能计算与具身智能的交叉融合创新 [J]. 中国仪器仪表, 2025, (10): 17–20.  
[4] 刘城城, 魏海霞, 付奎源, 等. 机器学习在材料科学中的应用 [J]. 鞍钢技术, 2024, (06): 34–49.  
[5] 邓祥文, 伍力源, 赵锐, 等. 机器学习在光电子能谱中的应用及展望 [J]. 物理学报, 2024, 73(21): 64–84.

# 信息化时代高职院校思想政治教育话语体系 创新路径研究

蒋静

宁夏财经职业技术学院, 宁夏 银川 750011

DOI: 10.61369/TACS.2026040031

**摘 要 :** 深度发展的信息化技术对高职院校思政教育话语体系提出了新的挑战。当前, 高职思政教育面临话语内容脱离实际、表达方式僵化、传播渠道滞后、主体互动缺失等现实困境, 严重影响教育实效性。本文立足信息化时代特征与高职院校办学定位, 从言语内容、言语表达、言语传播、言语主体四个维度系统提出创新路径, 旨在构建具有时代性、针对性与吸引力的思政教育话语体系, 为培养德技并修的高素质技术技能人才提供理论支撑与实践指导。

**关 键 词 :** 信息化时代; 高职院校; 思想政治教育; 话语体系; 创新路径

## Research on the Innovation Path of Ideological and Political Education Discourse System in Higher Vocational Colleges in the Internet Era

Jiang Jing

Ningxia College of Finance And Economics, Yinchuan, Ningxia 750011

**Abstract :** The rapid development of Internet technology challenges the discourse system of ideological and political education in higher vocational colleges. Current problems include unrealistic content, rigid expression, outdated communication channels, and lack of interaction, which seriously reduce educational effectiveness. Based on the Internet era and vocational education orientation, this paper proposes innovative pathways from four dimensions: discourse content, expression, communication, and subjects, aiming to build a contemporary, targeted, and attractive discourse system for cultivating skilled talents with both technical competence and moral integrity.

**Keywords :** internet era; higher vocational colleges; ideological and political education; discourse system; innovation pathways

当前信息化技术正在以大数据、人工智能、云计算为代表重塑着社会生产生活方式。作为培养高素质技术技能人才主阵地的高职院校, 思想政治教育工作面临的机遇与挑战前所未有。信息化一方面为思政教育提供了资源载体丰富、传播渠道多元与互动平台便捷的优势; 另一方面, 信息化环境中的信息爆炸、价值多元、话语泛化等现象也在不停地冲击思政教育话语的权威性、吸引力和说服力<sup>[1]</sup>。

高职学生作为“信息化原生代”, 其信息获取习惯、认知方式与话语偏好具有鲜明的时代特征: 依赖网络获取信息, 追求个性表达, 青睐直观生动的传播形式, 而对刻板说教式的话语具有天然的抵触心理。然而, 目前部分高职院校思政教育话语体系仍沿用传统模式, 存在内容陈旧、表达生硬等问题, 难以适应信息化时代学生的思想特点与接受习惯, 导致思政教育陷入“说者无心、听者无心”的困境。因此, 立足信息化时代背景, 探索高职院校思想政治教育话语体系的创新路径, 成为提升思政教育实效性、落实立德树人根本任务的迫切需要。

关于信息化与思政教育的融合, 国外内学者已有不少研究。有的学者围绕思政教育话语系统的内涵和特点, 对传统话语系统的不足之处进行了探讨<sup>[2]</sup>; 另一些学者则从技术应用的角度对思政教育中的大数据和人工智能实践路径进行了深入研究<sup>[3]</sup>, 但专门针对高职思政教育话语体系创新在信息化时代的系统性研究相对不足。国外高校注重利用信息化技术开展价值观教育与公民教育, 在网络教育平台建设、互动式教学方法等方面积累了一定经验。而国外相关研究由于社会制度、教育体制、文化背景等方面的差异, 侧重于意识形态传播的话语策略较少, 其成果在我国高等职业院校思政教育实践中很难得到直接应用。

### 一、高职院校思想政治教育话语体系的内涵

高职院校思想政治教育话语体系是指在思想政治教育实践中, 教育主体为实现立德树人目标, 围绕特定教育内容, 运用特

定话语形式与传播途径, 与学生进行思想沟通与价值引领的有机整体。核心构成包括: 言语内容, 即思政教育的核心思想与价值理念; 言语表达, 即言语的呈现形式与表达手法; 言语传播, 即言语传递的渠道和途径; 言语主体, 即言语的发出者与接受者。

项目信息: 宁夏财经职业技术学院2025年校级科研课题辅导员专项项目“信息化时代高职院校思想政治教育话语体系创新路径研究”(CYXJ202515)。

高职院校思政教育话语体系与普通高校相比，具有鲜明的职业特点，需要与职业教育规律和学生职业发展需求相结合，突出职业道德、职业责任、工匠精神等内容的引领作用。

## 二、信息化时代高职院校思想政治教育话语体系的现实困境

### （一）言语内容：脱离实践，缺乏针对性与实效性

理论与实践脱节。当前部分高职思政教育话语内容仍以政治理论为主，过于注重理论体系的完整性，忽视了与学生的职业实践、生活实际与思想困惑的结合。脱离实践的话语内容使思政教育变成了空洞的理论说教，学生难以产生认同感。

职业特色缺失而同质化严重。高职高专与普通高校的思政话语内容趋同，职业教育的特色和需求未能得到充分体现。对职业道德、职业规范、行业伦理等与学生职业发展密切相关的内容关注不足，难以满足学生未来职业生活的价值需求。

内容滞后，难以回应时代热点。新时代中国特色社会主义思想、社会热点问题、行业发展动态等内容未能及时融入，信息化时代信息更新速度快，社会热点事件频发，但一些思政教育话语内容陈旧固化。例如，对于“内卷”“躺平”<sup>[4]</sup>等学生热议的社会现象，思政教育缺乏及时、有力的回应，导致话语失去时代吸引力和思想引领力。

### （二）言语表达：僵化单一，缺乏吸引力与感染力

语言风格刻板，充满“说教味”<sup>[5]</sup>。传统思政教育话语多采用官方化、学术化的语言，表达生硬、晦涩难懂，充满“说教味”与“灌输感”。教师习惯于用“应该”“必须”这类命令式语言，缺乏与学生平等对话的意识。

单一的表现形式和视觉呈现的缺失。部分思政教育仍以课堂讲授、文字材料为主，缺乏图片、视频、动画、直播等直观生动的表现形式。相比之下，抖音、小红书等平台上的短视频内容以其生动有趣的形式吸引了大量学生，而思政教育却未能充分利用这些形式。

缺乏情感共鸣，忽视情感因素。传统思政话语过于注重理性说教，忽视了情感因素的重要作用。对学生思想困惑和情感需要，言语表达上缺乏重视和回应，在情感上很难引起共鸣。思政教育应当是“以情动人、以理服人”的过程，但现实中往往变成了冷冰冰的理论灌输，导致教育效果大打折扣。

### （三）言语沟通：渠道滞后，缺乏覆盖力与互动性

传播渠道单一，对传统班级过度依赖。部分高职院校仍将课堂教学作为思政话语传播的唯一渠道，忽视了信息化平台的传播优势。一些高校、机构虽然建立了思政网站、微信公众号等平台，但由于内容更新不及时，形式单一，难以覆盖学生的网络生活场景，其传播互动功能未能得到充分发挥。

单向传递，缺乏双向互动机制。传统的思政话语传播大多是缺乏有效互动交流机制的单向灌输模式，“老师讲，学生听”。信息化时代下，学生更注重参与感与表达权，单向传播模式难以满足学生的互动需求，导致话语传播陷入“自说自话”的困境。

传播缺乏时效性，舆论引导拖后腿。社会热点事件发生后，信息化上会迅速形成舆论浪潮，但部分思政教育工作者未能及时借助网络平台发声，对热点事件进行正确引导，导致思政话语在舆论场中失去话语权，难以有效应对错误思潮的冲击。

### （四）言语主体：地位失衡，缺乏协同性与专业性

主体地位失衡，师生关系不平等。在传统的思政教育中，教师是话语的绝对主导者，学生处于被动接受的地位，两者之间缺乏平等的对话关系，信息化时代下，学生获取信息的渠道更加多元，对教师的话语权威提出挑战，这种地位失衡导致话语传播的有效性大幅下降。

主体协调不够，育人合力不足。思政教育话语的主体包括思政课教师、专业课教师、辅导员、行政人员等，但目前各主体之间缺乏有效的协同机制。思政课老师注重理论传授，专业课老师忽视思政渗透，辅导员注重日常管理，未能形成“全员育人，全程育人，全方位育人”<sup>[6]</sup>的话语协同系统。

## 三、高职院校思想政治教育话语体系在信息化时代的创新路径

### （一）言语内容创新：构建“理论+职业+生活+热点”的多元内容体系

强化理论内容的通俗化转化。结合具体案例和现实问题，把抽象的马克思主义理论和新时期中国特色社会主义思想，转化为通俗易懂的话语表达。例如，在讲解“共同富裕”时，可结合乡村振兴中的典型案例，分析共同富裕的实践路径。编写符合高职学生认知特点的通俗读本、案例教材，增强理论内容的可读性与可接受性。

突出职业导向的内容供给。结合高职院校的专业设置与职业岗位需求，将职业道德、职业规范、行业伦理、工匠精神、劳动精神等内容融入思政话语体系。如加强“医者仁心”的职业伦理教育，以护理专业学生为对象；以机械专业学生为目标，突出工匠精神的培养，做到“精”字当头。思政课程设计邀请行业专家和企业骨干参与，实现思政与职教的深度融合。

融入生活实际与学生需求。把思政教育内容与学生生活紧密结合起来，关注学生学习生活、情感困惑、人际交往、就业压力等现实需要。精准把握学生思想动态和需求痛点，按需供给思政内容，通过问卷调查和面谈的方式，做到“滴水不漏”的有效灌输与精准灌溉。

### （二）言语表达创新：打造“通俗+生动+个性+情感”的表达范式

语言风格通俗化、网络化。摒弃生硬的官方话语与学术话语，吸收网络流行语中的积极元素，采用接地气、有温度的语言进行表达。如以学生熟悉的词语切入题目，如“内卷”等，引导学生树立正确的奋斗观；用“YYDS”“Defense”这样的流行语来提升话语的亲切感<sup>[7]</sup>。同时注意语言的简洁和逻辑，切忌表达冗长晦涩。

运用可视化、具象化的表现形式。充分利用信息化技术，将

思政内容转化为图片、视频、动画、短视频、直播等直观生动的形式。例如，制作“党史微视频”“工匠精神动画短片”，通过抖音、快手等平台传播；开展“思政直播课<sup>[8]</sup>”，邀请先进典型与学生实时互动。运用VR、AR技术，营造身临其境的思政场景，提升文字感染力。

突出表达服务个性化与定制化。基于大数据技术分析学生的专业特点、兴趣爱好、思想动态，为不同群体学生提供个性化的话语表达。例如，针对理工科学生，采用逻辑推理、案例分析的表达方式；针对文科学生，注重情感共鸣、人文关怀的表达风格。

### （三）言语传播创新：构建“课堂+网络+实践”的立体化传播矩阵

优化传统课堂传播主渠道。以案例教学法、情景教学法、小组讨论法等互动式教学法，打破“教师讲，学生听”的单向传播模式，改革传统思政课堂教学模式。运用技术手段，如智慧课堂、多媒体设备等，增强课堂教学的趣味性和互动性。在专业课教学中融入思政话语，做到“课程思政、思政课程”全覆盖。

拓展网络传播新阵地。建设“三微一端”<sup>[9]</sup>思政传播平台，开发思政类微课、慕课，便于学生碎片化学习。增强互动性，利用弹幕、评论区、投票等功能，鼓励学生各抒己见。开设“思政网红”教师账号，培养思政在网络上有影响力。开展线上主题教育活动，如“云参观”红色基地、“云对话”榜样人物等。

深化实践传播路径。组织红色教育基地参观学习，开展行业调研与企业参访，组织志愿服务与社会实践活动，让学生在亲身体验中深化价值认同。推行“劳教+思政<sup>[10]</sup>”模式，培养学生劳动精神和劳动实践中的责任意识。建立实践成果展示与分享机制，鼓励学生通过短视频、图文等形式分享实践感悟。

### （四）言语主体创新：构建“教师+学生+企业+社会”的协同育人机制

提高教师队伍的专业能力和信息化素养。通过短视频制作、直播、数据分析等技术的运用，定期开展新媒体技术培训，增强教师能力。开展网络话语能力培训，帮助教师了解网络话语特点与学生话语偏好。建立思政教师“网络工作室”，鼓励教师尝试网络话语创新。

多方协同联动增强。构建思政课教师、专业课教师、辅导员、企业导师共同参与的育人机制。切实做到教育为本，建立长期沟通协调制度，实行集体备课制度。建立“辅导员+思政教师”结对机制，邀请企业导师参与思政课程设计，将企业用人标准、职业道德要求融入思政内容。

建立制度保障与激励机制。将话语体系创新纳入学校思政工作总体规划，设立思政话语创新专项经费。建立对创新成果突出的教师在职称评定、评优评先等方面予以倾斜的话语创新成果评价机制。创新思政话语优秀案例评选推广活动将定期开展。

信息化时代为高职院校带来了创新思想政治教育话语体系的时代契机，同时也提出了更高的要求。当前高职思政教育面临话语内容脱离实践、表达方式僵化、传播渠道滞后、主体协同不足等现实困境，亟需从话语内容、表达方式、传播路径、主体协同四个维度系统推进创新。通过构建“理论+职业+生活+热点”的多元内容体系，打造“通俗+生动+个性+情感”的表达范式，构建“课堂+网络+实践”的立体传播矩阵，形成“教师+学生+企业+社会”的协同育人机制，思政教育的吸引力和实效性可以得到有效提升。高职院校要为培养德、技、修兼备的高素质技术技能型人才提供坚实保障，立足办学特色，不断深化话语体系创新。

## 参考文献

- [1] 蔡吴清清. 网络圈层化视域下思想政治教育话语体系创新探究[J]. 公关世界, 2025(13): 29-31.
- [2] 梁沥丹. 新媒体视域下高校思想政治教育话语体系创新路径探析[N]. 固原日报, 2026-01-31(3).
- [3] 谭梦芹. 高校思想政治教育话语体系创新的路径研究[D]. 重庆 重庆理工大学, 2025(04): 5-11.
- [4] 王翠莲. 高校思想政治教育话语体系融媒体表达创新路径研究[J]. 新闻研究导刊, 2025, 16(14): 170-174.
- [5] 周丽. 新时代思想政治教育话语体系创新研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2023: 34-36.
- [6] 胡树祥, 谢玉进. 网络思想政治教育创新发展的逻辑与未来趋势[J]. 思想教育研究, 2024, (10): 54-59.
- [7] 易宇峰. 网络思想政治教育平台研究 以易班为例[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2021: 82-85.
- [8] 吴楠, 丁廷祥. 高职院校网络思想政治教育话语体系优化路径分析——以辅导员工作室为载体[C]. 首届高校辅导员名师工作室南北论坛文集, 2025: 28-31.
- [9] 康莉莉. 新时代高校网络思想政治教育工作提升路径[J]. 宁波教育学院学报, 2024(04): 79-83.
- [10] 李鹏. 文化自信视角下高校创新思想政治教育话语体系的路径研究[J]. 成都理工大学学报(社会科学版). 2022, 30(03): 107-112.

# 基于 ArkUI 的声明式 UI 与传统命令式 UI 开发对比研究

孙磊

阜阳职业技术学院信息与智能制造学院, 安徽 阜阳 236000

DOI: 10.61369/TACS.2026040032

**摘 要 :** 早期的 Android 应用开发, 是以命令式开发的方式实现 UI 组件的构建。随着页面功能的复杂化, 复杂交互和状态同步过程中代码冗余问题也随之而来。声明式开发框架通过组合函数进行 UI 定义, 实现由状态变量驱动 UI 组件更新。本文以基于 ArkUI 的声明式 UI 与传统的命令式 UI 为研究对象, 对比分析两种不同开发范式的核心构建逻辑。通过一个手机新闻列表应用的开发实践, 分析两者的优点。实验证明声明式开发相较于命令式开发, 其 UI 结构和组件之间的状态依赖比较简单、开发效率高、代码可维护性高、状态管理更佳。

**关 键 词 :** ArkUI; 声明式 UI; 命令式 UI; 开发对比

## A Comparative Study on Declarative UI Based on ArkUI and Traditional Imperative UI Development

Sun Lei

Fuyang Institute of Technology, Fuyang, Anhui 236000

**Abstract :** The UI component construction was achieved through imperative development method in the early days of Android application development. While the page functionalities are becoming more and more complex, here come the issues of code redundancy during complex interactions and state synchronization. The declarative development frameworks define the UI through composition functions, realizing the state variables to make UI components update. This thesis compares and analyzes the core constructions of two different development methods: the declarative UI based on the ArkUI and the traditional imperative UI. The thesis compares the two method and analyzes their respective advantages by the development practice of a mobile news list application. The result shows that the declarative development, compared to the imperative development, has a better UI structure and state dependencies between components, higher development efficiency, and higher code maintainability.

**Keywords :** ArkUI; declarative UI; imperative UI; development comparison

### 一、背景

在移动互联网高速发展的当下, 智能手机、平板、智能穿戴设备已经成为人们日常生活中必不可少的一部分。各种各样的应用程序如雨春笋般出现, 市场竞争愈发激烈。应用服务质量和用户满意度成为应用程序发展的核心竞争力<sup>[1]</sup>。良好的用户体验 (User Experience, UX) 和用户界面 (User Interface, UI) 是确保手机 App 在激烈竞争中能脱颖而出的重要因素。UI 界面既要保证视觉的美观, 还要保证与用户的交互性。在此过程中, 前后端开发需要紧密地协作, 以确保应用的运作和良好的用户使用体验<sup>[2]</sup>。

移动互联网时代, Android 手机占据半壁江山, 涌现了众多基于 Android 开发的手机应用 App。早期 Android 开发时, 基本上是以命令式开发的方式实现 UI 页面的构建。开发者通过 XML 布局文件定义 UI 页面的结构, 然后在 Activity 文件中通过组件 id 获得 UI 组件对象, 最后对 UI 组件添加监听事件等。这种 UI 构建方式在简单页面时尚可使用, 但随着页面功能的复杂化, 复杂交

互和状态同步中代码冗余等问题随之而来。

针对命令式 UI 的不足, 目前声明式 UI 成了业界的主流解决方案趋势。声明式框架通过组合函数进行 UI 定义, 仅需声明目标界面, 框架自动处理底层更新, 可有效提升代码的可读性、可维护性等, 消除 UI 组件状态与 UI 的不一致隐患。目前, 苹果公司的 SwiftUI、谷歌公司的 Jetpack Compose 等技术都采用了声明式开发, 紧跟技术发展趋势 [3]。华为公司推出的 Harmony 方舟开发框架 (ArkUI), 是一套构建声明式 UI 的开发框架。其使用简洁的 UI 信息语法、种类丰富的 UI 组件, 有效提升了应用 UI 界面的开发效率<sup>[4,5]</sup>。

目前, 声明式 UI 在 iOS 的 SwiftUI、Android 的 Jetpack Compose 研究比较广泛, 作为后起之秀的 ArkUI, 这一新框架的深入开发体验研究相对较少。本文通过研究 ArkUI 的声明式开发框架, 通过一个手机新闻列表应用的开发实践, 从开发效率、代码可读性、可维护性等角度与 Android 传统命令式开发进行对比, 分析两者之间的优点和适用范围。

## 二、UI 框架技术

### (一) HarmonyOS 应用架构

HarmonyOS 是华为研发的移动操作系统。其核心设计理念是通过统一的架构和语言,实现手机、平板、智能穿戴设备等多种终端设备的协同与资源共享<sup>[6]</sup>。同时,HarmonyOS 支持“一次开发、多端部署”,旨在在万物互联时代提供一个安全流畅的操作系统<sup>[7]</sup>。

HarmonyOS 技术的核心是方舟编程语言 (ArkTS)、DevEco Studio 工具链以及声明式的方舟 UI 框架 (ArkUI) [8]。

#### ArkTS 语言

它是 HarmonyOS 的开发语言,区别于 Android 使用的 Java 和 Kotlin。在 TypeScript 的基础上,深化代码静态检查与分析过程,实现程序性能的提升 [9,10]。

#### DevEco Studio

它是为鸿蒙应用开发设计的一站式集成开发环境,为开发者提供了丰富的工具和功能,为开发者的开发、编译、调试工作提供了便利。同时其安装过程较 Android Studio 更加方便快捷,简化了其配置过程,对国内用户友好。

#### ArkUI

它是一套构建应用界面的声明式 UI 开发框架。详细介绍见 2.2 节。

### (二) ArkUI 核心框架

#### 1. 命令式 UI 与声明式 UI

命令式 UI: 需要描述界面从原始状态到目标状态的每一个操作步骤,通过一系列指令构建和更新界面。

声明式 UI: 需要描述界面在任意状态下应呈现的 UI 画面,运行时自动根据状态变化完成界面更新。

#### 2. 界面构建对比

命令式 UI: 使用 Java 风格的面向对象的 API 方法,通过视图引用组件并调用其属性、方法。

```
Button button = findViewById(R.id.button);
button.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        Text.setText("Clicked");
    }
});
```

声明式 UI: 使用函数语句来描述 UI 界面,将 UI 结构定义为状态的函数。

```
@State message : string = "Hello";
build(){
    Button("Click here")
    .onClick(() => {
        this.message = "Clicked"
    })
    Text(`${this.message}`)
```

```
}
```

#### 3. 状态对比

命令式: UI 状态存储在各个视图控件中,更新时需要通过手动方式同步各组件视图。

声明式: UI 状态进行集中管理,通过框架的差异算法自动将新状态进行 UI 变更。

#### 4. 基于 ArkTS 的声明式开发

ArkUI 共有两种不同的开发范式——基于 ArkTS 的声明式开发和兼容 JS 的类 Web 开发,本文主要讨论前者。

基于 ArkTS 的声明式开发范式的本质是通过描述式语言实现 UI 与状态的单向数据流绑定 [11]。该模型将 UI 抽象为状态的纯函数映射 ( $UI = f(state)$ ),开发者仅需声明状态变量与界面结构的逻辑关系,系统就可以自动高效地完成 UI 页面的更新渲染 [12]。

在 ArkTS 中,通过装饰器 (如 @State) 来标记状态变量。一个变量只有在被装饰器标记之后才能成为“状态变量”,否则就只是一个简单的普通变量。被装饰器标记的状态变量的变化会自动触发 UI 界面的更新渲染,肩负起更新 UI 的责任。

```
@State stateCount: number = 0
normalCount: number = 0
build() {
    Text(' 状态变量: '+`${this.stateCount}`)
    Text(' 普通变量: '+`${this.normalCount}`)
    Button(' 增加 ')
    .onClick(() => {
        this.stateCount++
        this.normalCount++
        console.log(' 状态变量当前值: ', this.stateCount)
        console.log(' 普通变量当前值: ', this.normalCount)
    })
}
```

如上述代码所示,有两个变量, stateCount 和 normalCount。前者 stateCount 被装饰器 @State 修饰成为状态变量,后者 normalCount 则是一个普通变量。当点击“增加”按钮时,引用状态变量 stateCount 的 Text 组件的数字会立即更新,因为触发了组件重新渲染;引用普通变量 normalCount 的 Text 组件的数字不会发生变化,即使变量的值的确增加了。查看应用的运行日志,发现两个变量的数值在增加,从而证明状态变量可以驱动 UI 刷新,普通变量不可以。

现代应用开发逐渐向声明式开发范式过渡,因此本文聚焦于 ArkTS 的声明式 UI 进行研究,对比基于 ArkTS 的声明式开发与基于早期 Android 的命令式开发,分析两者之间的优点和适用范围。

## 三、新闻列表开发实践与开发体验评估

本章在上述基于 Android 的命令式 UI 和基于 ArkUI 的声明式 UI 的基础上,通过实践验证的方式,分别开发一个新闻 APP 的列表功能页面,然后采用对比分析法,对比两种不同的开发方

式在开发效率、代码可读性、可维护性方面的差异与特点。

### （一）应用整体设计

当前，设计并开发一个新闻 APP 的列表功能页面，可实现新闻列表的上下滑动功能。页面整体布局为垂直线性布局，布局上方是一个固定位置的文本框，用于标记新闻列表页的标题。在主页标题下方是一个可滑动的 List 结构，里面显示新闻列表，如图 1 所示。列表的每一个 Item 是一个水平线性布局结构，左侧为新闻图片的展示框，右侧是一个垂直线性布局结构，其上侧是新闻标题，下侧是新闻摘要，如图 2 所示。

新闻列表中的新闻数据来自资源文件中解析的 Json 格式文件，模拟从网络上拉取的新闻数据。本文选取了 2026 年 3 月部分新闻条目作为数据来源，数据经过整理，抽取出新闻标题、摘要、图片资源。

```
[
  {
    "title": "总书记的两会之间 落地有回响",
    "summary": "全国两会上，习近平总书记与代表委员共商国是，频频互动。",
    "imageUrl": "app.media.news1"
  }
]
```



图 1 新闻列表主页



图 2 新闻 Item 子项

### （二）基于 ArkUI 的新闻列表开发

基于 ArkUI 开发的新闻列表主页面，其展示效果如图 1 所示。主要包含以下文件：

1.News.etc 文件：新闻类的数据结构，包括新闻标题、摘要、图片资源等属性。

2.news.json 文件：新闻数据的 Json 文件，包括十条数据，用于模拟从网络上下载的时事新闻。

3.NewsListPage.etc 文件：新闻列表的主页面，实现新闻列表页的 UI 绘制、Json 数据解析、新闻列表项加载。

在 NewsListPage.etc 文件中，涉及四个方法和一个属性：

1.newList 数组：自定义新闻数组变量，存储新闻数据。

2.loadNewsFromRawFile(): 从 rawfile 目录异步加载 json 文件，并解析数据。

3.aboutToAppear(): ArkTS 组件中的生命周期函数，此处用于预加载阶段的数据初始化。通过调用异步数据加载方法，为组件内部的状态变量获得初始值。

4.NewsItem(): 用于创建单个新闻列表项组件。

5.build(): 存放 UI 描述的代码。

涉及两个装饰器的使用：

1.@State 装饰器：用于修饰自定义 newList 数组变量，保存状态数据，存储从 news.json 文件中解析的新闻数据，数据状态变化会触发所在组件的 UI 进行重新渲染。这里的 newList 数组会在新闻列表中进行加载填充。

2.@Builder 装饰器：用于装饰自定义的新闻列表项 NewsItem() 构建函数，以便在新闻列表中复用列表项组件。

### （三）基于 Android 的新闻列表开发

基于 Android 开发新闻列表主页面的功能实现，开发的展示效果图如图 3 所示。主要包含以下文件：

1.activity\_news\_list.xml 文件：新闻页的 Xml 布局文件。

2.item\_news.xml 文件：新闻列表项 Item 的 Xml 布局文件。

3.news.json 文件：新闻数据的 Json 文件。

4.News.java 文件：新闻类的数据结构。

5.GsonParser.java 文件：Json 文件解析的工具类，用于解析 news.json 文件中的新闻信息。

6.NewsAdapter.java 文件：新闻列表项 Item 填充适配，加载 item\_news 文件，并对表项中的新闻标题、摘要、图片进行填充，并且需要获得 ViewHolder 对刷新的新闻表项进行不断加载填充。

7.NewsListActivity.java 文件：主 Activity 页面，加载 activity\_news\_list 文件，使用 NewsAdapter 对新闻列表进行数据填充。



图 3 Android 新闻列表主页

### （四）开发体验测评与分析

对比上述两种功能相同的新闻列表开发，前者共涉及 3 个主要文件，未进行单独的前端页面的设计。在主文件中，直接进行 UI

的布局,并通过 @State 保存状态数据,通过 @Build 装饰自定义组件。其 UI 结构和组件之间的状态依赖比较简单且一目了然,对 APP 初学者友好。共涉及核心代码 100 余行。

后者共涉及 7 个主要文件,并且单独定义了主页面和列表项的 Xml 文件,分别由主 Activity 文件和新闻 Adapter 文件加载,依赖复杂。NewsAdapter 需单独设计,并在列表子项 item 中填充数据,开发逻辑与依赖较为复杂,其涉及的前端布局设计对 Web 前端开发者更加友好。共涉及核心代码 140 行,布局文件代码 70 行,代码开发效率与可维护性较低。

四、结语

本文以华为 Harmony 的 ArkUI 声明式开发框架为研究对象,

与早期 Android 的命令式开发框架进行开发对比研究。分别用这两种方式各开发一个新闻列表 APP,从开发效率、代码可读性、可维护性等角度,对两种不同的开发效果进行对比。实验结果表明,基于 ArkUI 的声明式开发,其 UI 结构、状态依赖更加一目了然,开发效率更高,体现了 ArkUI 声明式 UI 在提升开发体验方面的价值;传统的命令式开发对 Web 前端开发者更加友好,体现了两种不同方法的适用范围。不过本研究仍有局限,例如评测主观性较强,App 复杂度相对较低。下一步工作,可在此基础上,对基于 ArkUI 的声明式开发在内存消耗、APP 打开速率方面进行更深层次的比较。

参考文献

[1] 王玉珍, 樊晓艺. 直播电商中互动性对消费者购买行为影响研究——基于用户粘性中介作用的分析[J]. 统计与管理, 2025, 40(06): 63–68. DOI: 10.16722/j.issn.1674-537x.2025.06.005.

[2] 徐梦霞, 徐豪, 郑韬. 基于用户体验的 UI 设计与前后端功能实现的深度融合[J]. 现代传输, 2025, (06): 50–54.

[3] 杨政. 跨平台与声明式交互界面技术在企业移动应用中的探索应用[J]. 电子世界, 2021(7): 13–14.

[4] 范承宇, 李竞择, 欧阳迪. 基于方舟开发框架的智能装备监控应用研究[J]. 机电产品开发与创新, 2024, 37(2): 114–117. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6673.2024.02.031.

[5] 林钟雪. 鸿蒙创新性应用开发: 基于 HarmonyOS Next 与 ArkTS API12+ 的深度实践指南 [EB/OL]. (2025-02-25)[2025-09-24]. <https://juejin.cn/post/7474976018568527881>.

[6] 黄日胜, 刘中柱. 基于鸿蒙系统的智慧教室移动控制 App 的设计与实现[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2025, 24(04): 60–66.

[7] 陈赵云. HarmonyOS 首选项数据存储研究[J]. 电脑知识与技术, 2026, 22(01): 68–70. DOI: 10.14004/j.cnki.ckt.2026.0010.

[8] 张雅文. 原生鸿蒙操作系统应用开发的关键技术与产业化路径研究[J]. 信息系统工程, 2025, (10): 133–136.

[9] 薛云兰, 邓远飞. 基于 ArkTS 语言的面试助手鸿蒙应用开发[J]. 互联网周刊, 2025, (21): 34–37.

[10] 李涛, 徐威, 赵彦, 等. 基于 Harmony OS NEXT 的智慧桃园系统设计[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2024, 23(6): 36–42.

[11] 张正海. 基于 ArkTS 的 HarmonyOS 原生应用开发研究[J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(19): 87–89.

[12] 基于 HarmonyOS 应用开发的课程建设初探[J]. 龙军; 何畅; 赵东东. 电脑知识与技术, 2022(01).

# 感知·决策·干预：室内设计前置介入下的住宅智慧安防全链路闭环构建研究

高丽君

石家庄财经职业学院, 河北 石家庄 050051

DOI: 10.61369/TACS.2026040039

**摘 要：** 随着物联网与人工智能技术的迭代，住宅安防正经历从被动记录向主动防御的范式转移。然而，当前室内设计实践中，安防系统往往被视为后期附加的弱电设备，导致空间美学割裂与系统联动效能低下。本文立足于室内设计师的专业视角，重新定义智慧安防的内涵，提出必须将智能探测、智能报警与智能防御纳入统一框架。文章通过分析全链路闭环的逻辑架构，深入探讨了探测器在建筑界面中的消隐策略、报警信息在空间介质中的柔性传达方式，以及防御动作对空间物理形态的主动重塑机制。研究认为，室内设计师的角色应从空间美化者转变为安全场景的架构师，唯有通过前置化的空间干预设计，才能真正实现守护生命与财产安全的智慧人居愿景。

**关 键 词：** 智慧安防；室内设计；空间前置干预；主动防御；全链路闭环

## Perception · Decision · Intervention: Research on the Construction of a Full-Link Closed Loop for Smart Residential Security Under Pre-intervention of Interior Design

Gao Lijun

Shijiazhuang Vocational College of Finance and Economics, Shijiazhuang, Hebei 050051

**Abstract :** With the iteration of the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) technologies, residential security is undergoing a paradigm shift from passive recording to active defense. However, in current interior design practices, security systems are often regarded as post-added weak current equipment, resulting in the fragmentation of spatial aesthetics and low efficiency of system linkage. Based on the professional perspective of interior designers, this paper redefines the connotation of smart security and proposes that intelligent detection, intelligent alarm, and intelligent defense must be integrated into a unified framework. By analyzing the logical architecture of the full-link closed loop, the paper deeply explores the concealment strategy of detectors in building interfaces, the flexible transmission mode of alarm information in spatial media, and the active remodeling mechanism of defensive actions on spatial physical forms. The research holds that the role of interior designers should transform from spatial beautifiers to architects of security scenarios. Only through pre-emptive spatial intervention design can the vision of smart human settlements that safeguards life and property security be truly realized.

**Keywords :** smart security; interior design; pre-spatial intervention; active defense; full-link closed loop

### 一、引言：走出“事后追溯”的困境

在传统的住宅装修逻辑中，安防是一个令人遗憾的“补丁工程”。当墙面漆已干透、家具已入场，业主才想起在显眼处贴上门窗磁传感器，或在窗帘盒附近拖一根明线安装摄像头。这种滞后不仅破坏了室内设计的整体感，更使得安防系统长期处于“信息孤岛”状态——它能记录盗贼离去的背影，却无法在火灾初起时切断燃气；它能推送门锁被撬的告警，却无法在深夜启动灯光进行威慑。据相关统计，我国每年住宅火灾中，超过60%的伤亡

案例发生在未安装联动报警装置的居所；而在已安装传统安防设备的住宅中，由于探测器位置不当、报警方式单一、防御手段缺失，真正实现“早发现、快处置”的比例不足三成。

造成这一困境的深层原因，在于传统室内设计流程将安防系统视为“弱电末端”——即在空间形态、材质选型、照明回路均已确定之后，由业主或施工方自行购买成品设备并采用明装或局部暗装的方式添附上去。这种设计逻辑导致了两类不可调和的矛盾：其一是美学矛盾——突兀的探测器壳体、暴露的信号线槽、与装饰风格格格不入的报警喇叭，使得设计师精心营造的空间氛

围被粗暴打断；其二是效能矛盾——由于未在方案阶段预判气流路径、传感器覆盖盲区以及执行机构的物理空间，后期安装的探测器往往处于“假装探测”的状态，而防御动作（如关阀、排风、开窗）则因缺少预留线路与接口而根本无法实现。

要打破这一困境，室内设计必须从空间规划的源头介入。本文认为，一个完整的智慧安防闭环不应仅局限于门禁与监控，它应包含三个递进的逻辑层次：

智能探测——精准捕捉烟雾、燃气、火焰等环境异动；

智能报警——基于 AI 逻辑进行分级告警与信息分发；

智能防御——通过空间物理联动实施主动反制。室内设计师的使命，便是将这三个层次无缝嵌入住宅的骨骼与肌肤之中，在平面布局阶段即完成安防点位的科学排布，在天花综合设计阶段实现传感器与灯具、风口的一体化整合，在机电深化阶段预留所有联动控制所需的管线与驱动空间。

## 二、概念厘清：智慧安防闭环的“铁三角”模型

在进入设计方法论之前，有必要从室内设计的专业视角对智慧安防的构成进行重新定义。与传统安防的“门禁、报警、监控”老三样不同，面向未来的住宅安防必须构建“探测-报警-防御”的完整闭环。

### （一）智能探测：从“边界感知”到“环境嗅探”

智能探测是安防闭环的末梢神经。除了常规的门窗磁感应（边界感知），室内设计师必须重点关注环境嗅探型传感器：

烟雾与火灾探测：不仅是天花板上一个圆盘，而是涉及空气对流的空间预判。烟雾颗粒随热气流上升，在天花板聚集后向四周扩散。设计师需要根据房间的净高、吊顶造型、横梁位置以及空调回风口布局，确定每个烟感的保护半径，并确保进烟通道不被吊顶跌级、灯槽反边或装饰格栅阻挡。

燃气泄漏探测：涉及比空气重（一氧化碳、液化石油气）或轻（天然气）的气体物理特性，这直接决定了探测器的安装标高等核心设计参数。

### （二）智能报警：从“刺耳鸣响”到“柔性告知”

传统的报警是简单粗暴的声光刺激，极易造成老人与儿童的恐慌。智能报警的核心在于分级与定向，即根据危险的紧迫程度，选择不同的媒介与强度向居住者传递信息。

本地语音报警：利用背景音乐系统或智能音箱进行温和的人声提示（如：“主人，厨房有燃气泄漏，请勿开灯”）。

远程手机提示：将可视化信息推送至用户终端，实现无视距离的知情。

### （三）智能防御：从“被动通知”到“主动反制”

这是智慧安防区别于传统安防的核心价值跃迁。智能防御指系统在判断危险发生后，不等待人工指令，主动调动空间内所有资源进行物理干预。其动作可归纳为三类：

切断危险源：如关闭燃气电磁阀、切断非消防电源、关闭中央空调风机（防止烟雾蔓延）。

启动空间屏障：如联动开窗排风、降下防火卷帘、关闭防火

门、启动正压送风系统以维持疏散通道无烟。

实施心理威慑：如全屋灯光全亮、模拟多人谈话声、自动拨打物业或报警电话。

对比维度表：传统安防 vs. 全链路智慧安防

| 维度   | 传统安防（后期安装）   | 全链路智慧安防（设计前置）      |
|------|--------------|--------------------|
| 探测布局 | 明装布线，破坏天花平整度 | 隐蔽式嵌入，融入吊顶灯槽与检修口   |
| 报警体验 | 刺耳蜂鸣，老人易发心脏病 | 背景音乐语音提示，灯光渐变色警示   |
| 防御响应 | 仅发送短信通知业主    | 自主切断燃气、强制排风、全屋亮灯威慑 |
| 空间关联 | 设备与装修风格割裂    | 探测器与建筑构件同色、同质、同平面  |

## 三、核心策略：室内设计师主导下的空间干预方法论

当明确了“铁三角”模型后，室内设计师的工作便不再是简单的选型，而是围绕“如何安放感知器官”、“如何设计预警媒介”、“如何预设防御动作”展开的三维空间设计。

### （一）感知层设计：智能探测器的建筑化消隐与科学定位

室内设计师在处理智能探测时，必须兼具美学造诣与物理常识。

#### （1）厨房场景：燃气与烟雾的差异化埋点

燃气泄漏探测涉及气体密度差异。使用天然气的住宅，设计师应在厨房吊顶内或天花板最高处预留 220V 电源暗盒，探测器嵌入吊顶，仅留进气格栅与天花齐平。使用液化石油气的住宅，则应在橱柜地柜底部（距地 30cm 处）预留插座，利用柜体踢脚板隐藏走线。

设计要点：此处还必须联动智能防御——在燃气管道入户的橱柜水槽下方预留机械手/电磁阀的安装空间与强电接口。一旦探测到泄漏，系统通过智能报警提示主人的同时，智能防御模块将强制关闭阀门。

#### （2）卧室与客厅场景：烟感的视觉“隐退”

传统烟感突兀地吸顶安装，破坏了天花设计的极简感。当前设计师倾向于采用嵌入式筒灯一体化方案：将烟感探头集成在 LED 筒灯的驱动模块旁，利用筒灯的开孔进行探测。既保证了 360 度无遮挡的进烟通道，又实现了“见光不见设备”的极致美学。

#### （3）隐蔽工程验收：探测回路的自检设计

室内设计师在绘制机电点位图时，必须标注探测器供电回路必须接入 UPS 不间断电源（通常藏在衣帽间高柜顶部）。这是防止火灾发生时市电先断、探测器失效的致命缺陷。

### （二）决策层设计：智能报警的分级叙事与空间媒介运用

智能报警不应是刺耳的噪声污染。室内设计师是家庭情绪的调控师，应利用空间内已有的视听媒介构建柔性预警系统。

分级报警设计策略表：

| 报警级别 | 触发条件                   | 室内设计师预设的交互反馈                                                  | 所需配合的空间预留                           |
|------|------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 一级预警 | 厨房烟雾浓度轻微超标（炒菜油烟）       | 语音报警：厨房吸顶音箱发出“正在开启强排风”提示。<br>视觉：吧台灯带变为橙色呼吸。                   | 厨房吊顶预留智能音箱音频线；橱柜灯带接入智能调光驱动。         |
| 二级告警 | 燃气浓度超标、门口可疑长时间逗留       | 语音报警：全屋背景音乐暂停，发出清晰人声“厨房燃气泄漏，请勿触动开关”。<br>视觉：过道地脚灯自动亮起指引逃生路线。   | 需在方案阶段规划背景音乐主机与安防系统的干接点联动；过道电路独立控制。 |
| 三级特急 | 确认火灾发生、独居老人跌倒（需结合萌宠探测） | 语音报警：高音警号间歇性鸣叫。<br>手机提示：推送含实时监控截图的短信。<br>智能防御：入户门锁自动弹开（便于救援）。 | 防盗门预留12V常闭/常开信号线（需在墙体预埋时套管）。        |

（三）干预层设计：智能防御的空间重塑与主动反制

这是室内设计师最能发挥空间创造力的领域。智能防御要求空间本身具备“应激性”。

（1）主动排烟与逃生通道保障

在火灾发生初期，烟雾是致死首因。智能防御策略要求设计师在方案阶段计算空间容积与换气量。

设计动作：当任一烟感触发二级告警，智能防御系统自动执行：关闭中央空调回风阀（防止烟窜入其他房间）→开启厨房、阳台电动窗（预留开窗器强电）→启动厨房排烟风机。

设计落地：设计师必须在窗户型材上方预留220V电源线及智能开窗器链条收纳槽。

（2）心理威慑型的空间“表演”

（3）针对夜间入侵，物理阻挡往往来不及，但心理威慑极其有效。这依赖于灯光场景的预设。

（4）设计动作：深夜触发门磁或室外红外对射时，智能防御系统判定为“入侵模式”。系统自动调用全屋灯光场景：客厅主灯闪烁一次后全亮，主卧床头灯带亮起深红色（警告但不刺眼），室外庭院射灯全开。

设计意义：这是利用光环境设计进行的主动反制，让入侵者误以为家中全员惊醒并戒备，从而达到驱离效果。

（5）针对特殊灾害的强制物理切断

针对燃气与火灾，最有效的智能防御是“断气、断电、开门”。

燃气防御闭环：智能探测（燃气传感器）→智能报警（语音+App）→智能防御（机械手强制关闭球阀+联动排风扇开启）。

空间预留要求：设计师在橱柜设计时，需在燃气表附近设置无柜门遮挡的开放格或百叶门，以保证机械手有足够空间执行动作，且符合燃气公司通风规范。

四、设计师角色的嬗变：从“空间化妆师”到“安全架构师”

通过上述“感知－决策－干预”的全链路分析，我们可以清晰地看到，室内设计师的职能边界正在发生深刻的外延。

（一）知识结构的复合化挑战

智慧安防的设计要求设计师不仅懂CAD制图与色彩搭配，更要懂流体力学、电气规范、甚至行为心理学。未来的顶级住宅设计师，必然是懂技术逻辑的空间导演。

（二）设计流程的颠覆性前置

传统的设计流程是：平面布局→效果图→施工图→智能家居进场。这种线性流程中，安防系统被压缩在最后阶段，只能“见缝插针”地安装，效果可想而知。智慧安防全链路下的流程应变为：

平面布局阶段：同步绘制安防探测点位逻辑图，标注烟感、气感、门磁、水浸等传感器的数量和大致位置。

水电深化阶段：将探测器电源线、信号线、联动控制线纳入强弱电点位图，与插座、开关、网络接口同层深化，并标明管径、线型及屏蔽要求。

天花综合布置图阶段：将烟感、温感、喇叭、摄像头、电动窗帘电机（用于开窗）、投影仪等所有顶部设备与灯具、风口、喷淋头整合在一张图中，确保无遮挡、无冲突、美观统一。

效果图验证：在上述设计完成后，使用BIM或3D渲染软件生成效果图，重点检验探测器是否与装饰造型协调，灯带颜色是否达到预警可视性要求。

施工交底：向电工、木工、智能家居安装人员逐一交底每个探测器的定位尺寸、开孔大小、线盒预留方式。

只有完成这五步前置，安防系统才能真正成为空间的“基因”而非“补丁”。

（三）个性化与标准化的博弈

尽管国家标准（如GB/T 50314）对探测器安装间距有严格规定，但室内设计师需在标准红线之上进行场景化微调。例如，标准规定烟感离墙至少0.5m，但若业主家有高耸的定制书柜阻挡气流，设计师必须通过计算模拟，将烟感点位向气流汇聚处偏移，并选用更灵敏的激光型探测器。这正是室内设计专业价值的体现——在通用规范与具体居住个体之间架设安全的桥梁。

五、结语

当火灾的烟雾刚刚聚拢于天花板，智能探测系统已悄无声息地关断了燃气总阀；当深夜的可疑身影靠近门窗，智能防御系统已用灯光筑起了无形的心理高墙；当这一切发生时，墙面平整如初，天花干净利落，唯有柔和的女声提示你危险已解除——这便是室内设计师为居住者构筑的理想安全图景。

智能探测、智能报警、智能防御共同编织的智慧安防之网，

其落脚点不应是冷冰冰的弱电机柜，而应是室内设计师笔下的每一寸吊顶标高、每一处插座点位、每一路灯光回路。唯有将安防视为空间的基础基因而非电器的外挂补丁，我们才能真正兑现

“智慧”二字背后对生命的敬畏与守护。未来已来，室内设计师当仁不让地站在了守护居家安全的第一道防线上。

## 参考文献

- 
- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住宅设计规范 (GB 50096-2011)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2011.
- [2] 中华人民共和国公安部. 火灾自动报警系统设计规范 (GB 50116-2013)[S]. 北京：中国计划出版社，2013.
- [3] 赵晓峰. 智能家居环境下的安防系统空间适配性研究 [J]. 建筑技艺, 2024(05): 112-115.
- [4] 王明. 主动防御型住宅安防设计策略——基于物联网与 AI 的联动机制探索 [J]. 智能建筑电气技术, 2025(02): 45-49.
- [5] 李思远. 消隐的建筑设备：精装住宅机电点位的一体化设计表达 [J]. 室内设计与装修, 2024(08): 88-91.
- [6] NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code, 2022 Edition [S]. National Fire Protection Association.

# 积极行为支持理论视域下辅导员对“行为偏差型”学生的分层干预研究——以宁夏财经职业技术学院学生校园危机干预为例

毛方方

宁夏财经职业技术学院, 宁夏 银川 750011

DOI: 10.61369/TACS.2026040046

**摘 要 :** 伴随高职院校办学规模扩大, 学生行为失范问题日趋突出, 传统惩戒式管理效能不足。本研究以积极行为支持 (PBS) 理论为基础, 构建 “行为偏差型” 学生三级递进干预体系, 以宁夏财经职业技术学院为对象开展混合研究。通过 428 份问卷、16 名思政教师访谈及典型个案一年追踪发现, 初级全员预防、中级团体辅导、高级个性化干预成效显著。数据显示, 学生违纪率下降 37.5%, 学业满意度提升 23.8%, 心理健康状况明显改善。功能行为评估、多方协同支持与数据动态监控是干预核心。研究形成 “预防 — 甄别 — 介入 — 评价” 闭环模式, 可为高职院校危机干预与辅导员专业化建设提供参考。

**关 键 词 :** 积极行为支持; 行为偏差型学生; 分层干预; 校园危机干预; 混合方法研究

## A Hierarchical Intervention Study of Counselors on "Behavior Deviant" Students From the Perspective of Positive Behavior Support Theory: Taking the Campus Crisis Intervention of Students at Ningxia Vocational and Technical College of Finance and Economics as an Example

Mao Fangfang

Ningxia College of Finance And Economics, Yinchuan, Ningxia 750011

**Abstract :** Based on Positive Behavioral Support (PBS) theory, this study constructs a three-tier progressive intervention system for behaviorally deviant students at Ningxia Finance and Economics Vocational and Technical College. Using mixed methods (428 questionnaires, 16 teacher interviews, one-year case tracking), results show significant effects: student violation rate decreased by 37.5%, academic satisfaction increased by 23.8%, and mental health improved. Functional behavior assessment, multi-party collaboration, and dynamic data monitoring are core strategies. The study forms a "prevention-identification-intervention-evaluation" closed-loop model, providing references for crisis intervention and counselor professionalization in higher vocational colleges.

**Keywords :** positive behavior support; behaviorally deviant students; tiered intervention; school crisis intervention; mixed methods research

### 一、绪论

#### (一) 研究背景与意义

目前我国高职教育正处于蓬勃发展阶段, 2019-2023年全国高职院校在校生人数由1417万人增加到1675万人, 增长率为18.2%。伴随着招生规模扩大以及生源结构变化, 高职院校学生行为偏差问题越来越严重。传统的以惩罚为主的学生管理工作已经不能满足新时代对学生工作的要求, 需要建立一套科学、系统的干预机制。

#### (二) 国内外研究现状

积极行为支持理论源于20世纪80年代美国特殊教育, 现

已成为国际主流行为干预方式<sup>[1]</sup>。国外研究侧重理论构建与实证, Horner 提出三级预防模型, Sugai 验证其在减少学生问题行为中的有效性, 近年聚焦具体策略与跨文化应用。国内研究起步较晚, 多限于理论引介与本土化探索, 张明分析 PBS 在中国教育环境的可行性, 李华设计相关学校干预方案, 但针对高职学生特殊性的实证及系统分层干预研究仍显不足。

#### (三) 研究思路与方法

本文采用混合研究方法, 构建 “理论建构—现状调研—模式设计—效果验证” 路径, 以宁夏财经职业技术学院为对象, 通过问卷调查与聚类分析识别行为偏差类型, 结合辅导员半结构化访谈及扎根理论提炼干预因素, 并开展准实验以前测后测评估分层

干预成效，全过程遵循混合方法规范，确保数据全面与分析有效。

#### （四）研究创新点与重难点

基于积极行为支持理论，结合中国高职实际，构建具中国特色的分层干预模型，建立“预防—发现—干预—评价”循环机制<sup>[6]</sup>，聚焦行为偏差学生的精准识别、协同干预与效果评估。

## 二、核心概念

积极行为支持基于应用行为分析，通过优化环境与技能培养减少问题行为，摒弃惩罚，强调尊重学生价值。分层干预含三级：一级面向全体营造积极环境；二级为轻度问题者提供小组支持；三级对严重问题实施个案指导，体现预防为主、精准施策原则。

## 三、高职院校行为偏差型学生危机干预现状调研——以宁夏财经职业技术学院为例

#### （一）调研设计与实施

本研究采用分层抽样法，于宁夏财经职业技术学院六个学院随机选取428名学生（男生241人，女生187人），涵盖会计、金融、电商等专业<sup>[2]</sup>；使用信度分别为0.87和0.84的自编“学生行为特征问卷”与“危机干预现状问卷”，线上线下共发放并全部有效回收；另对16位辅导员进行半结构化访谈。

#### （二）行为偏差学生特征与危机诱因分析

调研显示，宁夏财经职业技术学院行为偏差型学生占比19.4%，主要分为四类：学业困难型占42.2%，表现为学习动力不足、缺课多、成绩下滑；人际冲突型占27.8%，存在同学关系紧张、师生沟通不畅等问题；情绪调节困难型占18.1%，情绪波动大、适应与抗压能力弱；行为违规型占11.9%，多存在违纪、陋习及网络沉迷现象<sup>[3]</sup>。

#### （三）辅导员干预现状与现存问题

访谈显示，辅导员干预行为偏差学生仍以谈话、处分、家校沟通为主，缺乏系统方案与专业支撑。67.5%的辅导员应对复杂问题时力不从心，缺少有效工具<sup>[4]</sup>；82.3%因压力较大无法持续跟踪。干预多为事后处置、碎片化开展，预防不足且效果评价机制缺失，难以持续优化<sup>[5]</sup>。

## 四、积极行为支持视域下辅导员分层干预体系构建

#### （一）一级干预：全员正向行为支持（预防层）

一级干预面向全体学生，通过制定积极语言表述的行为标准、优化校园环境、营造友好氛围及实施正向激励（如多样奖励），结合新生适应教育、朋辈互助、班级行为评价与校园文化活动，由全体教师协同推进“三全育人”，使80%–85%学生养成良好行为习惯。

#### （二）二级干预：重点群体靶向支持（干预层）

二级干预面向一级预防后仍存轻微行为问题的10%–15%学生，问题含偶发逃学、学习动力不足等。以小组开展学习、人际

等技能训练，辅导员运用认知行为疗法等指导，每周1–2次，每次60–90分钟，持续6–8周并动态调整方案<sup>[7]</sup>，防止问题恶化，预期成功率75%–80%。

#### （三）三级干预：高危个体深度支持（处置层）

三级干预针对1%–5%高危学生，其行为偏差严重、背景复杂，需以功能性行为评估为基础，分析行为成因与功能，组建辅导员、心理咨询师、教师及家长团队，实施每周3–5次一对一密集干预，提供环境支持与家校协同<sup>[8]</sup>，并制定突发事件预案，促使其行为改善并回归低层级支持。

## 五、宁夏财经职业技术学院分层干预实践与案例分析

#### （一）典型案例实施过程

以宁夏财经职业技术学院电商2023级张某为案例，该生入学后存在课堂违纪、人际紧张、成绩下滑等问题，经功能分析列为三级干预对象，问题主要为吸引关注与逃避学习任务。研究团队为其制定个性化方案，设置行为目标与奖励制度，每周两次一对一指导，教授沟通与学习方法，并联动辅导员、心理教师、学业导师及宿管开展协同支持。一学期后，其违纪行为减少85%，人际关系明显改善，成绩由不及格提升至良好。

#### （二）干预效果评估与反馈

学院构建多层次干预效果评价机制，通过量化指标与定性反馈衡量成效。实施分层干预一年后，学生违纪率由12.4%降至7.8%，学习满意度从68.5%升至84.7%，心理健康筛查高风险学生比例由15.2%降至9.8%；参训辅导员在行为分析、干预技巧及危机处理等方面专业素养显著提升。

#### （三）实践经验与问题反思

分层干预虽取得成效，形成了科学评估工具、规范干预流程及多部门协作机制，但仍存在明显不足。辅导员行为功能分析能力薄弱，复杂个案干预效果有限；心理专业师资短缺，资源不足制约三级干预落地；数据采集与分析滞后，缺乏即时预警反馈；家校协同不够深入，家庭与社会支持力量未能充分整合，影响整体干预成效。

## 六、优化辅导员分层干预的对策建议

提升辅导员积极行为支持理论与应用能力，是强化干预效果的关键。需构建包含行为功能分析、方案制定执行、数据研判的培训体系，坚持理实结合，增强其问题研判能力。建立辅导员发展档案，完善资格认证与继续教育，鼓励参与学术交流。同时校地联动专业机构，引入外部专家督导与案例指导，提升复杂行为问题处置水平<sup>[10]</sup>。建立跨部门学生行为支持委员会，协调学工、心理、教务、安保等部门，制定统一标准与程序，完善信息共享平台，定期开展案例分析与经验交流，强化协同联动。建立家校社医联动支持体系，通过家长学校、家访及网络平台加强家校协同，联合社区提供实践机会，强化医校合作开通绿色就医通道，构建协调机制与信息平台整合资源。

## 七、结论与展望

### （一）研究结论

本研究基于积极行为支持理论构建分层干预方案，在宁夏财经职业技术学院应用后，验证了该理论在高职院校的可行性与有效性。三级递进式干预实现了从事后补救向事前预防的转变。数据显示学生行为与学业状况明显改善，辅导员专业能力得以提升；行为

功能分析、精准支持及多方资源协同是干预成功的关键。

### （二）研究不足与未来展望

本研究存在局限：样本仅来自单一院校，外部效度需更大范围验证；干预效果观察期较短，尚需长期追踪以确认其持续性；未来应聚焦行为偏差学生的精准识别与针对性干预，探索人工智能等新技术在行为预测与干预决策中的应用，并加强跨文化研究，调整积极行为支持理论以适配我国教育文化背景。

## 参考文献

- [1] Department of Educational Psychology, Miami University, Oxford, Ohio, USA, Department of Educational Psychology, Miami University, Oxford, Ohio, USA, Department of Family Science and Social Work, Miami University, Oxford, Ohio, USA, Department of Educational Psychology, Miami University, Oxford, Ohio, USA. School-Wide Positive Behavioral Interventions and Supports (SWPBIS): A synthesis of existing research[J]. International Journal of School & Educational Psychology, 2019, 7 (4).
- [2] 刘清. 基于心理健康视角的高校学生危机事件干预与管理研究 [A]. 广西大学广西县域经济发展研究院, 第一届智慧教育创新发展研究学术交流会议论文集 [C]. 潍坊工商职业学院: 广西大学广西县域经济发展研究院, 2026: 154-155.
- [3] 李正仁, 聂宁, 于仕兴, 董爽. 高校学生心理危机干预机制的实践探究——以北京林业大学为例 [J]. 中国林业教育, 2025, 43 (05): 72-78.
- [4] 林英, 罗晓银. 问题、方略与情志——评徐雁《书香危言：当代大学生阅读危机干预方略》[J]. 河北科技图苑, 2025, 38 (01): 67+93-96.
- [5] 万丰华, 陈思静. 环境行为干预中的溢出效应 [J]. 心理技术与应用, 2023, 11 (05): 311-320.
- [6] 胡晓霞. 基于辅导员视角的大学生寝室人际关系危机干预的个案分析与启示 [J]. 花炮科技与市场, 2020, (03): 197.
- [7] 王希宾, 王芳. 高校学生危机干预制度研究 [J]. 知识文库, 2019, (15): 244-245.
- [8] 娄坤. 高校组织管理创新与危机干预策略 [J]. 黑龙江高教研究, 2016, (06): 20-23.
- [9] 刘东江, 孔庆娜. 高校心理危机干预工作中教育管理与心理健康工作的融合 [J]. 思想政治教育研究, 2012, 28 (10): 130-132.
- [10] 刘铁忠, 周连景, 李海艳, 李志祥. 高教园区大学生群体危机干预演化模型——以北京市高教园区为例 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2012, 14 (02): 84-88.

# 基 ROS 与非接触式面部识别融合的“门前三小”便民服务体系研究

吴玲, 王周好, 高婷婷, 吴笃信, 黄佳武, 陈薇, 刘江燕, 崔昕怡, 雒志欣

黑龙江东方学院 信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150066

DOI: 10.61369/TACS.2026040048

**摘 要 :** 在这些年来, “门前三小”工程慢慢的形成了较为密集的基层服务点位网络, 在农村公共文化资源覆盖方面发挥了不小的正向作用。但是从实际运行情况来看, 行动不便群体所面临的“最后一百米”问题依旧没有被真正的解决, 还是有小瑕疵。尤其是在乡村老龄化不断加深的背景下, 传统依赖人工组织的“人到点”模式开始显现出明显压力, 不仅人力投入持续增加, 服务效率也难以进一步提升, 同时还存在参与门槛偏高的问题。基于此, 我们设计了一个“云端调度—ROS 移动执行—边缘感知”的闭环服务体系, 以攸县实际场景为例进行验证。系统在平台层通过微信小程序实现任务派发和资源调度; 车端集成 ROS Noetic 中间件, 采用 EKF 融合 ORB-SLAM3 与 Cartographer 多源 SLAM 框架, 地图分辨率 0.05 m, 并优化 YOLOv5s 目标检测和 MPPI 路径规划。识别评估层通过边缘计算部署 ArcFace 非接触式身份核验和 OpenPose+LSTM 动作编码, 实现数据本地化处理和隐私保护。基于攸县 816 个数字化点位的实地测试显示: SLAM 建图准确率达 98.7%, 自主导航避障成功率超过 95%; 与传统人工模式相比, 末端触达效率提升约 32.1%, 组织成本下降 28.0%, 关怀精准度提高 41.1%。该体系无需改变既有点位网络, 即可实现公共文化投递、便民跑腿和适老关怀的统一数据闭环, 为中西部地区数字乡村治理提供低成本、可复制的解决方案。

**关 键 词 :** 基层公共服务; 数字治理; ROS 生活服务机器人; 多源融合导航; 边缘计算; 非接触式动作编码; 适老化服务

## Research on the “Three Small Services in Front of the Door” Convenience Service System Integrating ROS and Contactless Facial Recognition

Wu Ling, Wang Zhouhao, Gao Tingting, Wu Duxin, Huang Jiawu, Chen Wei, Liu Jiangyan, Cui Xinyi, Luo Zhixin

School of Information Engineering, Heilongjiang Oriental College, Harbin, Heilongjiang 150066

**Abstract :** The “Menqian Sanxiao” project has developed a dense network of grassroots service points, contributing significantly to rural cultural resource accessibility. However, the so-called “last 100 meters” accessibility barrier for mobility-limited populations remains a challenge. In response, we propose a closed-loop system integrating cloud-based scheduling, ROS mobile execution, and edge perception. The platform layer uses a WeChat mini-program for task assignment; the vehicle layer integrates ROS Noetic middleware with an EKF-fused ORB-SLAM3 and Cartographer multi-source SLAM framework (map resolution 0.05 m), optimized YOLOv5s object detection, and MPPI path planning. The perception layer deploys ArcFace contactless identity verification and OpenPose+LSTM action encoding on edge computing, ensuring privacy-compliant local data processing. Field tests across 816 digitized points in You County demonstrated SLAM mapping accuracy of 98.7% and autonomous navigation success rates above 95%. Compared with traditional manual approaches, terminal delivery efficiency increased by 32.1%, organizational costs decreased by 28.0%, and care precision improved by 41.1%. This system allows integration of public cultural delivery, convenient errands, and elderly care without altering existing point networks, providing a low-cost, replicable solution for digital rural governance in central and western China.

**Keywords :** Grassroots public services; digital governance; ROS life service robots; multi-source fusion navigation; edge computing; contactless motion coding; age-friendly services

## 引言

基层公共文化服务既是乡村振兴的重要组成部分, 也是推动乡村治理现代化的重要抓手。党的二十大报告明确提出, 要进一步健全现代公共文化服务体系, 并推动公共资源向农村地区持续下沉。在这一背景下, 湖南省攸县“门前三小”工程逐渐形成了较为典型的基

层公共服务模式。截至2024年底，全县已完成816个数字化点位建设，覆盖297个村级服务中心，服务半径缩短至300—500米，基本解决了传统乡村公共服务中“距离远、覆盖弱”的问题。

但需要看到的是，物理距离的缩短，并不代表服务已经真正做到“精准到人”。对于高龄老人、残障人士等行动能力较弱的群体而言，即便服务点已经下沉到村级空间，“最后一百米”仍然是最难跨过去的一环。现实中，很多线下活动依然高度依赖志愿者维持运行，人力消耗较大；与此同时，部分老年人对智能设备使用并不熟悉，也在一定程度上影响了数字平台的实际渗透效果。作者团队于2024年开展的1280份问卷调研显示，约85%的行动不便群体希望服务能够“送达家门口”，另有78%的老年受访者更倾向于简单、友好的适老化交互方式。可以看出，在乡村老龄化与基层劳动力不足的双重压力下，传统服务模式已经难以持续满足现实需求。

与此同时，目前市场上常见的商用服务机器人，大多面向室内或结构化环境设计，在乡村泥土路、坡道、弱网以及复杂光照等条件下，往往难以保持稳定运行。所以说，怎么去构建适配乡村复杂场景的低成本智能服务体系，慢慢的成为数字乡村建设中的非常重要的刚需问题。

基于此，本文以攸县“门前三小”工程为应用场景，提出“云端平台调度—ROS移动终端—边缘感知评估”一体化乡村便民服务体系。本文主要工作包括以下几个方面：首先，将ROS智能移动平台引入基层公共服务场景，使其成为高密度点位网络中的物理执行终端，实现公共文化、便民跑腿与适老关怀等业务的统一闭环；其次，构建EKF多源融合SLAM与轻量化YOLOv5s协同方案，以增强乡村复杂路况下的导航与感知能力；最后，在边缘端融合ArcFace与OpenPose+LSTM，实现隐私保护条件下的无感签到与行为关怀分析。

## 一、文献综述与理论基础

### （一）基层公共文化服务的治理逻辑

从近年的研究趋势来看，基层公共文化服务已经不再只是单纯强调“建了多少点位”，而是越来越关注治理协同与实际触达效果。有学者提出，乡村中的微空间不仅承担文化传播功能，更在村庄认同、熟人关系维系以及基层治理互动中发挥着潜在作用。随着数字化建设推进，越来越多学者开始关注数字技术在基层治理中的嵌入方式，并指出资源下沉需要借助数字化路径缓解空间可达性问题。

湖南省“门前三小”实践在一定程度上实现了农村公共文化资源的广泛覆盖，但已有研究更多聚焦于其组织形式与文化传播价值，对于“最后一百米”精准触达问题的技术支撑研究相对不足。陈波、耿达基于27省147个行政村调查指出，在城镇化快速推进过程中，农村文化建设普遍面临空心化与形式化问题，其根源在于缺乏持续性的动力机制与基层协同体系。所以说，单单依靠固定点位建设，是不能够真正的去解决基层服务中的深层治理问题。

### （二）ROS移动服务机器人的场景适配性

ROS目前已经成为机器人开发领域应用最广泛的平台之一，在室内导航、巡检以及物流配送等方向形成了相对成熟的技术体系。曾阳剑等基于ROS平台设计了多传感器融合巡检机器人，通过Gmapping建图、A全局规划以及改进DWA局部避障，实现了室内场景下较稳定的自主巡检。蔡明珠等则结合Cartographer、A与TEB算法构建移动机器人导航系统，在路径规划与定位精度方面取得了较好效果。

但需要指出的是，现有研究大多围绕结构化环境展开，对于乡村非结构化场景下的适配性研究仍然有限。就比如，农村泥土路面振动、低信号网络环境以及复杂天气变化，都会对机器人定位稳定性以及感知能力产生较大影响。换句话说，现有ROS系统

在乡村公共服务场景中的长期运行可靠性仍有待进一步验证。

### （三）非接触式感知与适老化的工程应用

随着边缘计算与计算机视觉技术的发展，非接触式身份识别逐渐被应用于养老、医疗与公共服务等场景。RetinaFace、ArcFace等算法在复杂环境中的识别精度已得到验证，而基于姿态识别的人体行为分析技术，也开始用于跌倒检测、疲劳识别等领域。

不过，目前多数研究仍停留在实验室或单一场景测试阶段，对于县域尺度、多点位协同场景中的工程化部署与隐私治理机制讨论相对不足。尤其是在基层治理环境下，如何兼顾技术效率与居民隐私保护，仍然是实际落地过程中无法回避的问题。

### （四）研究缺口与切入点

综合现有研究不难发现，当前基层公共服务数字化建设仍存在一些较为突出的短板。简单来说，一方面，公共服务平台、机器人执行系统以及感知识别模块之间尚未形成真正协同的闭环；另一方面，现有机器人系统对乡村复杂环境的适配能力仍然有限。此外，围绕老年群体展开的无感交互与关怀反馈机制，目前也还不够成熟。

因此，本文结合攸县816个真实点位的运行需求，尝试构建“平台调度—移动执行—无感感知”协同体系，以期为乡村基层公共服务提供一种更具落地性的技术方案。

## 二、攸县“门前三小”场景与服务需求剖析

### （一）历史沿革与当前规模

攸县“门前三小”最早可追溯至2009年石羊塘镇谭家垅村高桥组夏昭炎教授创办的农家书屋。2017年底，该模式开始在全县范围推广，并于2018年3月全面铺开。2021年以后，原有“小书屋、小讲堂、小戏台”等内容进一步扩展，逐渐形成“门前十小”体系。随着数字化建设推进，2023—2025年间，当地逐步形

成“智慧门前三小”框架。

截至目前，全县已覆盖17个乡镇（街道）、297个村级服务中心，共建设816个数字化点位，并带动民间投入资金超过1.1亿元。服务半径由最初的3—5公里缩短至300—500米，基层群众在空间上的可达性明显提升。

在数字资源方面，平台注册用户已达到15.3万人，约占当地常住人口的25.5%。平台整合电子书超过10万册，精品课程2000余门，资源规模较数字化转型前增长超过10倍。同时，当地依托1769名“四老”志愿者，持续开展公益电影、戏曲下乡等活动，逐渐形成较稳定的基层治理基础。

## （二）供需错配识别与多维环境约束

尽管“门前三小”已经形成高密度的点位覆盖，但在实际运行过程中，仍存在明显的供需错配现象。作者团队调研发现，当前体系主要面临以下几个方面的问题。

首先，当前体系在“最后一百米”触达方面依旧存在明显不足。对于高龄老人或残障人士而言，即便服务点已经较为接近，也并不意味着他们能够顺利参与相关活动。调研中，不少受访者都提到，相比“去点位”，他们更希望服务能够直接送到家门口。相关数据显示，约85%的行动不便群体持有这一观点。

其次，活动组织高度依赖人工。无论是签到、秩序维护还是物资搬运，目前依旧主要依靠志愿者完成，这不仅增加了组织成本，也导致服务稳定性较差。

此外，乡村场景本身具有明显的非结构化特征。泥土道路、复杂坡道、弱4G信号以及光照剧烈变化等因素，都会影响机器人导航与识别效果。现有单一平台模式更多停留在“线上管理”层面，缺少真正意义上的物理执行能力。

## （三）治理范式从“静态空间”向“动态触达”转型的逻辑

随着基层群众对精准化、个性化服务需求不断增加，传统“人到点”的静态服务模式已难以满足现实治理需求。引入移动机器人作为平台的延伸执行终端，可以在一定程度上突破固定点位限制，实现弱网环境下的物料配送、引导陪伴以及信息触达。

与此同时，结合非接触式识别技术，可进一步完善身份核验与关怀提示流程，在尽量不打扰老人日常生活的情况下，形成基于数据反馈的动态治理机制。与传统单一机器人应用不同，本文依托816个真实点位构建“平台调度—机器人执行—无感签到”协同闭环，其核心并不只是技术叠加，而是强调基层服务体系中的动态触达能力。

# 三、融合服务体系总体设计

## （一）层次化架构模型

为适应乡村复杂场景下的多任务协同需求，本文构建“平台层—车端层—识别评估层”三维解耦架构，以实现服务调度、移动执行与边缘感知之间的协同运行。

平台管理层主要负责云端调度与资源统筹。系统以微信小程序作为用户入口，并配合后台管理系统完成任务下发、文化资源推送以及志愿者协同管理。平台同时整合现有数字化点位数据，

用于党建宣传、农技指导及中医药科普等多类型业务调度。

车端执行层则基于ROS Noetic中间件构建移动感知与决策系统。通过车载计算单元完成环境建模、路径规划及实时避障，使机器人能够作为平台指令的物理执行终端。

识别评估层部署于边缘端，主要完成非接触式身份核验与动作编码分析。系统仅提取必要特征数据回传云端，以此构建分级提示与关怀预警机制，尽量减少敏感信息暴露风险。

## （二）异构通信与数据流转机制

考虑到乡村地区普遍存在网络不稳定的问题，本文设计了“长连接+离线优先”的通信机制，以提升系统在弱网环境中的连续运行能力。

在实时通信部分，系统采用ROSbridge与WebSocket协议实现车端与移动终端之间的双向通信，从而支持远程低时延监控与必要情况下的人工干预。

在隐私与数据安全方面，系统遵循《个人信息保护法》的相关要求，坚持“本地处理、匿名上传”的原则。换言之，原始面部图像数据不会上传至云端，而是在边缘端完成即时处理与销毁，仅保留脱敏后的状态编码数据用于服务调度。

## （三）低成本适老化设计策略

考虑到县域场景中的实际部署条件，本文在系统设计阶段便尽量强调低成本与易推广性，因此在软硬件层面都进行了针对性的适配与优化。

首先，在硬件配置上，通过算法轻量化与低功耗模块选型，将单车综合成本控制在1.8万元以内，降低了后续规模化部署门槛。

其次，在交互设计方面，系统采用大字体、高对比度界面，并增加慢速语音播报模块，以适应老年用户的视觉与听觉特点。

并且在我们看来，在针对乡村断网及复杂道路环境的情况下，系统还增加了离线地图重定位功能，从而让机器人在网络异常情况下依旧能够完成基本引导与配送任务。

# 四、关键技术实现

## （一）乡村非结构化环境下的自主导航与多源融合

系统感知层集成RPLIDAR、RGB-D相机与IMU等多种传感器，并采用EKF融合ORB-SLAM3视觉约束与Cartographer激光匹配结果，以提升复杂环境中的定位稳定性。

考虑到乡村道路振动较大，本文进一步引入动态观测权重算子，对观测噪声协方差进行实时调整，以减弱泥土路面和碎石路面带来的高频干扰。实验结果显示，经优化后，YOLOv5s平均推理时间约为60 ms，mAP达到92.5%。在动态障碍物环境下，MPPI路径规划平均耗时120 ms，避障成功率达到97.2%。

状态预测阶段主要利用IMU数据作为控制输入，对机器人运动学模型进行高频先验估计：

$$\hat{x}_{k|k-1} = f(\hat{x}_{k-1|k-1}, u_k, w_k)$$

随后结合动态权重修正机制求解最优卡尔曼增益：

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + \alpha_k R_{base})^{-1}$$

从而提升整体状态估计精度。

（二）非接触式面部识别与动作编码

针对老年群体在公共服务交互中操作复杂的问题，本文构建了基于边缘计算的无感知模块。

在身份核验部分，系统采用 ArcFace 模型进行面部特征提取，并结合改进距离度量损失函数，以提高复杂光照环境下的识别稳定性。实测结果显示，单人核验时间控制在 300 ms 以内，识别准确率达到 98.5%。

在行为识别部分，系统结合 OpenPose 骨架提取算法与 LSTM 模型，对疲劳状态、注意力变化等行为特征进行实时编码分析。值得说明的是，该模块并不会长期保存原始图像，而是仅将脱敏后的行为特征转化为服务提示信息，用于后续关怀提醒与闭环派单。

（三）安全、隐私与伦理保障

由于基层治理场景本身涉及较多个人信息与敏感数据，因此在系统设计过程中，安全与伦理问题被放在了相对重要的位置。基于这一考虑，本文进一步建立了对应的安全与伦理约束机制。

首先，所有生物识别原始数据均在本地边缘端完成处理，不进行云端长期存储，从物理层面降低隐私泄露风险。

其次，系统建立分级权限控制机制，并保留志愿者人工审核流程，确保技术系统始终处于辅助角色。

此外，动作编码结果仅作为关怀建议使用，严禁替代专业医疗诊断。基于此，可以在一定程度上避免技术应用越过基层治理中的伦理边界。

五、应用流程与闭环治理机制

本文构建了“常态化 + 专项化”并行运行的双轨服务机制，以提升基层公共服务的动态响应能力。

在活动专项流中，平台会在活动开始前自动生成调度任务；活动进行期间，机器人负责现场核验、路线引导及状态监测；活动结束后，系统根据识别结果自动触发异常回访与志愿者跟进机制。

在日常关怀流中，机器人则主要承担送货到户、定时巡检及陪伴提醒等便民服务功能。

通过前端感知模块持续回传状态编码信息，平台最终形成“服务派发—状态反馈—效果评估”的闭环逻辑，从而增强基层治理中的数字化感知能力。

六、实验验证与效果评估

（一）车端底层性能验证

实验结果表明，在 50 次重复测试条件下，系统 SLAM 建图准确率达到 98.7%。自主导航成功率为 96.2%，整体运行稳定性较高。

在路径规划算法对比中，MPPI 算法在动态障碍物环境中的综合表现优于 TEB 与 DWA 方案，尤其在复杂路径与临时障碍物场

景下，避障稳定性更为明显。

（二）系统综合效能评估（对照实验）

本文进一步将所构建的融合体系与传统人工服务模式进行准实验对比。结果显示，在相同服务规模条件下，系统在末端触达效率、组织成本以及关怀识别精准度等方面均表现出较明显优势。

其中，末端服务效率提升 32.1%，组织成本下降 28.0%，关怀精准度提高 41.1%。从整体运行情况来看，移动机器人与边缘感知系统的引入，确实增强了基层公共服务体系的动态响应能力。

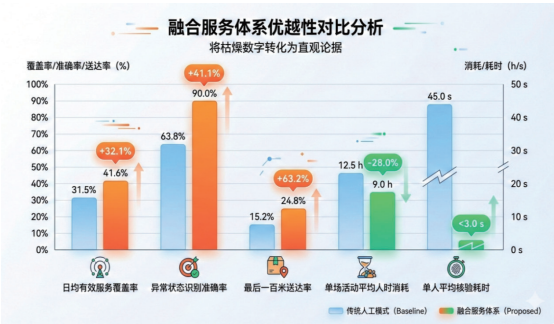


图 1：融合服务体系效能评估分组柱状图

七、结论

总体而言，本文所提出的“云端调度—ROS 移动执行—边缘感知”融合体系，在乡村公共服务场景中表现出一定的工程应用潜力。从目前测试结果来看，该体系能够在一定程度上缓解基层服务中长期存在的人力不足与触达效率偏低等问题。通过将移动机器人嵌入“门前三小”点位网络，实现了公共文化投递、便民跑腿与适老关怀等业务协同，也在一定程度上缓解了基层人力不足与服务触达不均的问题。

不过，当前体系仍存在一些需要进一步优化的方面。例如，弱网环境下的数据连续性与电池续航能力，仍然会影响长距离作业稳定性；多车协同调度算法以及乡村环境中的长期运维成本，也有待后续研究进一步完善。

未来，研究将重点围绕“端云大模型融合”展开，尝试提升机器人对老年用户自然语言的理解能力，并探索基于 5G 通信的高可靠远程接管机制，以增强复杂场景下的服务稳定性与交互友好性。

参考文献

[1] 曾阳剑. 基于 ROS 的多传感器融合巡检机器人系统研究 [J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(2): 377–390. DOI: 10.12677/airr.2025.142037.

[2] 蔡明珠, 刘肖燕, 唐志伟. 基于多传感器融合 SLAM 的 ROS 服务机器人研究 [J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(2): 65–70.

[3] 陈波, 耿达. 城镇化加速期我国农村文化建设: 空心化、格式化与动力机制 [J]. 中国软科学, 2014(7): 77–91.

[4] 陈天祥, 蓝云, 胡友芳. 双重嵌入: 以数字技术打破基层治理中的条块分割 [J]. 江苏行政学院学报, 2023(1): 1–12.

[5] 国家发展改革委社会司. 湖南攸县: “门前三小”搭建农村文化大舞台 [EB/OL]. (2021–01–19).

[6] 湖南省发展和改革委员会. 湘村数智 | 数字乡村建设的“攸县路径” [EB/OL]. (2025). <https://gov.rednet.cn/content/646956/69/15570405.html>.

