

科学与社会 可持续发展

Scientific and Social Sustainable Development



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

Chenxi Liu
Beijing University Of Technology

Yuxin Song
Shanghai Customs College

Haifeng Su
Foshan Polytechnic

Liangliang Zhao
Shanghai Yuyinyang Sports Culture Co., Ltd.



科学与社会可持续发展

Scientific and Social Sustainable Development

半月刊

第2卷 第9期 2026年5月刊

主管 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

主办 ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

编辑 《科学与社会可持续发展》编辑部

ISSN(O): 3066-8980

ISSN(P): 3066-8964

地址: 263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

网址: <https://arttechpress.com>

本刊说明:

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

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

科学技术与可持续发展 | SCIENCE TECHNOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

- 001 电气工程自动化与人工智能技术的融合及未来发展趋势 王泽, 马宁
The Integration of Electrical Engineering Automation and Artificial Intelligence Technology and Future Development Trends Wang Ze, Ma Ning
- 004 水下图像增强技术在水下机器人设计中的应用研究 王宇轩
Research on the Application of Underwater Image Enhancement Technology in the Design of Underwater Robots Wang Yuxuan
- 007 规模化养殖场动物细菌耐药性监测与分析 费枫, 董炳华
Monitoring and Analysis of Animal Bacterial Drug Resistance in Large-Scale Farms Fei Feng, Dong Binghua
- 010 土工材料性能优化及其工程应用研究 张保利
Research on Performance Optimization and Engineering Application of Geosynthetics Zhang Baoli
- 013 基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计探究 王金杯
Research on Architectural Interior Decoration Design Based on BIM Technology Wang Jinbei
- 016 自动化技术在港口起重机械中的应用 江国健
Application of Automation Technology in Port Cranes Jiang Guojian
- 019 风电场集电线路故障预防与快速定位实践分析 张辉, 万伟, 陈旭, 王佳男, 梁俊杰, 李根康
Practice Analysis of Fault Prevention and Rapid Location for Collector Lines in Wind Farms Zhang Hui, Wan Wei, Chen Xu, Wang Jia'nan, Liang Junjie, Li Genkang
- 022 风电场集电线路故障精准定位对运维效率的影响研究 张辉, 万伟, 陈旭, 王佳男, 梁俊杰, 李根康
Research on the Impact of Accurate Fault Location of Collector Lines in Wind Farms on Operation and Maintenance Efficiency Zhang Hui, Wan Wei, Chen Xu, Wang Jia'nan, Liang Junjie, Li Genkang
- 025 超长冲程抽油机井的举升工艺分析及优化研究 张振桐
Research on Lifting Process Analysis and Optimization of Ultra-long Stroke Pumping Wells Zhang Zhentong
- 028 工业互联网赋能制造企业数字化转型路径研究 陈美霞
Research on the Path of Industrial Internet Empowering the Digital Transformation of Manufacturing Enterprises Chen Meixia
- 031 机器视觉在光伏电站不安全行为识别的应用 郑瑞新, 鲍鸿达, 贾振龙, 范科, 冯晓锐, 张记
Application of Machine Vision in Unsafe Behavior Recognition of Photovoltaic Power Stations Zheng Ruixin, Bao Hongda, Jia Zhenlong, Fan Ke, Feng Xiaorui, Zhang Ji
- 034 基于机械臂手的甘蔗整杆收获控制仿真分析 支坤芳, 郑杜豪, 侯明鑫, 李星晨, 杨桢毅, 牛钊君, 孟庆河
Simulation Analysis of Sugarcane Whole-Stem Harvesting Control Based on Robotic Arm Zhi Kunfang, Zheng Duhao, Hou Mingxin, Li Xingchen, Yang Zhenyi, Niu Zhaojun, Meng Qinghe
- 037 基于物理特征门控注意力的长短期记忆网络的风电功率预测 滕菲
Wind Power Prediction Based on Long Short-Term Memory (LSTM) Network with Physical Feature Gated Attention Teng Fei

040	基于热成像与视觉识别的道路空洞检测研究 Early Warning System for Road Cavity Detection Based on Thermal Imaging and Visual Recognition	朱鹏, 王玉江, 张学朝, 龙成 Zhu Peng, Wang Yujiang, Zhang Xuechao, Long Cheng
043	基于 STM32单片机的履带小车自动控制系统设计 Design of an Automatic Control System for a Tracked Vehicle Based on STM32 Microcontroller	姚铠洋, 刘元林, 张文熙, 梁俊涛, 麦卓荣, 刘泽宇, 陈科尹, 金扬印 Yao Kaiyang, Liu Yuanlin, Zhang Wenxi, Liang Juntao, Mai Zhuorong, Liu Zeyu, Chen Keyin, Jin Yangyin
046	基于预防性试验的互感器故障分析与检测研究 Research on Fault Analysis and Detection of Transformers Based on Preventive Tests	白月川, 李敏, 雷禾雨, 赵盛泽 Bai Yuechuan, Li Min, Lei Heyu, Zhao Shengze
049	钢-混凝土组合梁时变分析研究进展 Research Progress on Time-dependent Analysis of Steel-Concrete Composite Beams	杭振园 Hang Zhenyuan

可持续发展教育 | EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

052	大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径分析 Path Analysis of Collaborative Development Between Statistics and Artificial Intelligence in the Big Data Era	柳泽锦 Liu Zejin
055	数字经济背景下高职工商管理专业人才培养模式改革 Reform of Talent Cultivation Model for Business Administration in Higher Vocational Education under the Background of Digital Economy	郑志健 Zheng Zhijian
058	日本高中地理教科书中的当代中国形象研究 A Study of the Image of Contemporary China in Japanese High School Geography Textbooks	王晴萱, 沈景垠, 陈国娇, 张勇 Wang Qingxuan, Shen Jingyin, Chen Guojiao, Zhang Yong
061	刑事政策的人道主义略论 A Brief Study on Humanitarianism in Criminal Policy	杨方泉 Yang Fangquan
064	文化与科技融合: 人工智能赋能先秦人文思想的文化传播策略研究 Integration of Culture and Technology: Research on the Cultural Dissemination Strategies of Pre-Qin Humanistic Thoughts Empowered by Artificial Intelligence	胡宝淇, 庄诗涵, 张蔚熙, 林炫彤, 梁海勇 Hu Baoqi, Zhuang Shihan, Zhang Weixi, Lin Xuantong, Liang Haiyong
067	数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合对策研究 Research on Countermeasures for Empowering Industry-Education Integration in International Economics and Trade Major via Digital Technology	刘伟玲 Liu Weiling

可持续发展理论 | SUSTAINABLE DEVELOPMENT THEORY

070	“十五五”健康规划导向下禄劝县县域医共体高质量发展实践探究 Exploration on the High-Quality Development Practice of County Medical Community in Luquan County Under the Guidance of the "15th Five-Year" Health Plan	施敏, 杨淑吉, 胡开蝶, 邓佳妮, 蒋虹 Shi Min, Yang Shuji, Hu Kaidie, Deng Jiani, Jiang Hong
073	信息化技术在企业工程管理中的应用 Application of Information Technology in Enterprise Engineering Management	冷元朝, 赵伦荣 Leng Yuanzhao, Zhao Lunrong
076	文化互鉴视域下韩国传统文化在高校的传播与实践 Dissemination and Practice of Traditional Korean Culture in Universities from the Perspective of Cultural Mutual Learning	王涛 Wang Tao
079	公路施工安全标准化管理存在的问题及对策 Problems and Countermeasures in Standardized Safety Management of Highway Construction	徐园 Xu Yuan
082	从“主体信用”到“实物信用”: 数字化驱动下的大宗商品供应链风控体系重构——基于区块链与物联网融合技术的视角 From "Entity Credit" to "Physical Credit": Reconstructing the Risk Control System of Bulk Commodity Supply Chains Driven by Digitalization — A Perspective Based on the Integration of Blockchain and Internet of Things Technologies	邱文镇 Qiu Wenzhen
085	深度媒介化背景下企业家形象抖音传播效果的实证研究 An Empirical Study on the Communication Effect of Entrepreneurs' Images on Douyin under the Background of Deep Mediatization	杨一迪, 李微 Yang Yidi, Li Wei
088	非遗活化视角下海安花鼓文化的旅游经济价值挖掘与产业化路径研究 Research on the Tourism Economic Value Mining and Industrialization Path of Hai'an Flower Drum from the Perspective of Intangible Cultural Heritage Activation	王亚楠, 刘佳怡, 顾瑶, 胡博洋, 牟强强, 王芳, 冯雪阳 Wang Ya'nan, Liu Jiayi, Gu Yao, Hu Boyang, Mou Qiangqiang, Wang Fang, Feng Xueyang
092	论黑格尔之重视经验 On Hegel's Emphasis on Experience	张曦 Zhang Xi
094	高质量发展视域下张掖市农文旅融合效率评价研究 A Study on the Efficiency Evaluation of the Integration of Agriculture, Culture, and Tourism in Zhangye City from the Perspective of High-Quality Development	马琪琪, 刘晶, 王艳华, 王璐璐 Ma Qiqi, Liu Jing, Wang Yanhua, Wang Lulu
097	国有企业贸易业务风险管理策略研究 Research on Risk Management Strategies for State-Owned Enterprise Trade Business	刘相杰 Liu Xiangjie
100	残疾人就业支持问题及对策研究 Research on Employment Support Issues and Countermeasures for People with Disabilities	胡康宁, 邵志民 Hu Kangning, Shao Zhimin
104	多重身份视域下韩寒赛车电影的影像叙事研究 Research on the Visual Narrative of Han Han's Racing Films from the Perspective of Multiple Identities	崔耀中 Cui Yaozhong
107	整合营销视角下连南瑶族民宿营销策略研究 Research on the Marketing Strategy of Liannan Yao Ethnic Minority Homestays from the Perspective of Integrated Marketing	肖荆, 黄晨薇, 黄佩铃 Xiao Jing, Huang Chenwei, Huang Peiling

110	流程型组织在服务行业中的应用研究 Research on the Application of Process-Oriented Organization in the Service Industry	林鹏, 胡延新, 牟永欣, 刘宇, 刘晓燕, 陆达 Lin Peng, Hu Yanxin, Mou Yongxin, Liu Yu, Liu Xiaoyan, Lu Da
-----	--	---

生态环境与可持续发展 | ECOLOGICAL ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

115	危化品道路泄漏事故中初期围堵作业时效对扩散控制的关键作用 The Key Role of Timeliness of Initial Containment Operations in Diffusion Control During Road Hazardous Chemicals Leakage Accidents	屈朝峰 Qu Chaofeng
118	生态文明建设下森林培育现状、生态问题及可持续发展对策 Current Situation, Ecological Problems and Sustainable Development Countermeasures of Forest Cultivation Under the Construction of Ecological Civilization	黄焕芳, 刘洪畅 Huang Huanfang, Liu Hongchang
121	RCEP 成员国营商环境比较研究 A Comparative Study on the Business Environment of RCEP Member States	白金龙 Bai Jinlong
124	南昌市航空产业链绿色低碳协同发展路径与政策支持研究 Research on the Path and Policy Support for the Green and Low-Carbon Co-Development of the Aviation Industry Chain in Nanchang City	陈华脉 Chen Huamai
127	再生水农业灌溉的利用现状和影响分析 The Current Situation and Impact Analysis of Reclaimed Water for Agricultural Irrigation	李乾龙, 张文莉, 李继国, 负晓玲 Li Qianlong, Zhang Wenli, Li Jiguo, Yun Xiaoling
131	构建百亿千瓦灵活性电源近零碳支撑体系 Construction of Near-Zero Carbon Support System for Hundred-Million-Kilowatt Flexible Power Sources	蔡观, 王子渊, 曾宇佳, 蔡花艳 Cai Guan, Wang Ziyuan, Zeng Yujia, Cai Huayan
134	中国—东南亚新能源汽车产业协作的路径、挑战与前景 Paths, Challenges and Prospects of China-Southeast Asia New Energy Vehicle Industry Cooperation	范佳诚 Fan Jiacheng
137	绿电直连模式下的交易机制设计与电碳协同路径探索 Design of Trading Mechanism and Exploration of Power-Carbon Synergy Path Under the Green Power Direct Connection Mode	冉钰 Ran Yu

电气工程自动化与人工智能技术的融合及未来发展趋势

王泽, 马宁

广西本博科技有限公司, 广西 南宁 530000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090006

摘 要 : 伴随着智能化技术的迅速发展, 工业企业也正向智能化方向转变, 在这种背景下, 新型电力系统也在不断完善, 而电气工程自动化与人工智能技术的深度融合, 也成为行业技术升级的重要方向。而企业在发展的过程中, 电气工程自动化与人工智能技术的结合可以给企业带来更加高效、精准的能源管理以及设备运维能力, 进而使系统更加可靠、快速。本文主要从电气工程自动化与人工智能技术融合的发展现状入手, 深入分析了电气工程自动化与人工智能技术融合的重要意义, 并对电气工程自动化与人工智能技术融合的实践路径进行了深入探讨, 希望给电气工程领域技术创新、产业升级、高质量发展提供新的思路。

关 键 词 : 电气工程自动化; 人工智能; 技术融合; 未来趋势

The Integration of Electrical Engineering Automation and Artificial Intelligence Technology and Future Development Trends

Wang Ze, Ma Ning

Guangxi Benbo Technology Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530000

Abstract : With the rapid development of intelligent technologies, industrial enterprises are also transitioning towards intelligence. Against this backdrop, new power systems are continuously improving, and the deep integration of electrical engineering automation and artificial intelligence technology has become a crucial direction for technological upgrades in the industry. During the process of enterprise development, the combination of electrical engineering automation and artificial intelligence technology can provide enterprises with more efficient and precise energy management and equipment operation and maintenance capabilities, thereby enhancing system reliability and speed. This paper starts with an overview of the current development status of the integration of electrical engineering automation and artificial intelligence technology, delves into the significance of this integration, and thoroughly explores practical pathways for its implementation. It aims to offer new insights for technological innovation, industrial upgrading, and high-quality development in the field of electrical engineering.

Keywords : electrical engineering automation; artificial intelligence; technology integration; future trends

引言

电气工程自动化是支撑工业生产、能源供应、城市基础设施运行的技术体系, 它的价值不只是提高设备运行效率, 在保证系统安全稳定、优化能源配置方面也有着十分重要的作用。当新型电力系统形成之时, 人工智能技术也会给电气自动化带来新的活力, 同时依靠大模型推理、边缘计算等 AI 技术, 可以使电气自动化系统的运行状况得到更加准确的感知、分析, 使其能够作出更加有效果的决策和执行闭环, 进而使电气系统朝着越来越智能、越来越具有自主性的方向前进。

一、电气工程自动化与人工智能技术融合的发展现状

当前电气工程自动化和人工智能技术的融合已经从传统的理论探索进入了规模化落地的阶段, 逐渐形成了局部应用成熟、全

局推广加速的发展趋势。具体来说, 在技术层面, 机器学习、深度学习、知识图谱、计算机视觉和边缘智能等人工智能技术和电气工程自动化内容深度融合, 从而为监测电气设备的状态、诊断故障和预测潜在风险提供智能化的技术支持^[1]。在能源调度方

面,人工智能算法能够根据实时负荷变化和气象数据等动态化的数据来不断调整电力分配策略,使整体的电力分配策略能够更加适配实际运营的需求。而从应用场景来看,工业制造、能源电力和智能建筑等领域已经出现了融合应用的案例,而且部分大型企业也通过搭建智能化的管理平台将电气系统和智能化技术进行了深度融合,使其从传统的被动运维转向了主动预测,有效推动了生产流程的智能化升级。不过,虽然电气工程自动化和人工智能技术的融合虽然取得了一定的成果,但是在融合过程中相关企业也仍然会面临一些新的问题^[2]。比如,部分企业在融入智能化技术时缺少专业的人才支持,实际工作过程中既掌握电气工程自动化又熟悉人工智能算法的复合型人才非常稀少,导致企业在技术融合过程中很难真正发挥出智能化技术的最大功能。同时,在引入智能化技术的同时,数据安全和隐私保护等问题也逐渐受到了重视。电气系统在运行过程中会产生大量敏感数据,而这些数据在和人工智能技术进行融合时 also 具有很高的安全风险,因此,智能化技术的应用对于企业的数据管理和安全防护体系也提出了更高的要求^[3]。另外,不同企业的电气自动化系统的标准也存在较大的差异,部分企业的接口兼容性比较差,这种情况很容易导致人工智能技术在跨系统和跨平台的融合应用中面临很大限制,同时也很容易影响到技术融合的整体推进效率。

二、电气工程自动化与人工智能技术融合的重要意义

（一）提升系统运行效能，推动工业生产提质增效

在智能化发展趋势的引导下,人工智能技术和电气工程自动化的融合能够从根本上突破传统自动化系统中存在的限制,在一定程度上可以推动工业生产和电力运行的全流程优化进程。相关企业可以通过灵活运用智能算法来对不同类型的电气设备运行数据进行实时分析,保证系统能够实时感知设备运行的状态、环境参数和生产需求等各个方面的动态变化^[4]。同时智能化系统也可以自主调整后续的运行策略并控制参数,使整个电气系统在电机控制、生产线调度、电网潮流优化等场景中都能够实现高精度度和高响应速度的动态化调整。

（二）强化安全防控能力，保障系统稳定可靠运行

对于工业生产和能源供应来说,电气系统的安全运行是保证其能够稳定高效运转的重要前提。传统的电气系统安全主要是依赖人工巡检和经验判断,这种模式很容易产生响应落后、漏检误判等问题,会直接影响到系统运行的可靠性和连续性。而人工智能技术能够为电气自动化系统提供主动感知、智能预警和快速处置的安全防控功能,以此使工作人员能够通过计算机终端实时掌握全网设备健康状态。同时智能技术也能够替代人工完成高危场景和复杂环境下的巡检作业,从而有效降低人员的安全风险^[5]。最后,在电力系统中 AI 技术能够通过实时分析来快速分辨出电网运行的实际风险,并为其生成最合适的故障隔离和恢复方案,以此大幅提升电网的抗干扰和自愈能力,有效保证电力供应的连续性和可靠性。

三、电气工程自动化与人工智能技术融合的实践路径

（一）技术协同创新，夯实融合发展底层支撑

在电气工程自动化发展的过程中,技术融合是推动其与人工智能技术融合发展的重要核心,相关企业需要从硬件升级、算法优化和框架重构这三个角度入手,重新调整现有的技术框架和发展方向。具体来说,从硬件层面来看,企业需要推动自身传统电气设备的智能化改造,将智能传感器、边缘计算芯片和通信模块进行统一整合,不仅能够构建出具备实时感知和智能化本地决策的新型智能终端,而且还能够将设备之间所采集的实时数据和运行状态上传到云平台,以此来保证 AI 技术和工业场景的适配程度,进一步提升边缘端智能决策的综合能力^[6]。在算法方面,相关工作人员应该把重点放在电气领域专业需求上,既要机器学习、深度学习算法模型的使用方式进行优化,又要为企业研究出更加轻量化、可解释、鲁棒性强的行业专用 AI 模型,还要解决传统模型导致的决策不透明、复杂工况适应性差的问题,使企业能够将理论与智能算法深度融合,形成自适应、自优化的混合控制体系^[7]。最后从架构上来说,企业可以创建一个统一开放的平台把 AI 的能力同电气系统结合起来,并且加入云端系统来做模型训练、全局优化以及数据存储这些主要的工作。通过灵活运用边缘端实时推理、本地控制以及数据预处理等功能,能够使系统有较快的响应速度。

（二）场景深度落地，推动融合技术规模化应用

企业在分析场景应用过程的时候,需要根据实际使用需求来决定应用场景和智能化技术的结合,进而使电力系统从原来的一点应用变成整个区域的覆盖。详细来讲,在电力系统中,把人工智能应用于电网调度、设备运维、新能源消纳以及电力市场交易等各个方面,可以促使企业创建起智能调度、智能巡检等关键应用场景,进而明显改善电网运行效率以及新能源利用水平^[8]。工业电气控制系统中智能技术可以深入到 PLC 编程、电机控制、能效管理当中去,进而使得设备运行具有较强的自适应调节能力和能效动态优化的效果。这种方式使得企业可以满足各种品种、小批量生产的要求,能够有效提高产线的柔性以及反应速度。另外,企业利用智能系统中计算机视觉、红外热成像等技术可以建立更加完善、智能的电气设备运行和维护智能监测系统,对变压器、开关柜、电缆接头等重要设备的温度、振动频率、局部放电等各个方面的工作状态进行实时监测。相关智能系统可以迅速地发现设备出现的异常情况,比如温度突然升高、局部放电变大、异响次数增多等现象出现的时候,系统就会立刻发出分层预警警报,并且根据设备以往运行数据和故障案例库,给出更加准确的故障预测报告和维护建议。这样可以有效地改善传统的检修方式,使检修方式由原来的定期检修变为现在的状态检修,从而保证设备安全运行的连续性和可靠性^[9]。

（三）生态体系构建，完善融合发展保障机制

良好的电力系统生态体系是推动人工智能技术和电气工程自动化融合与可持续发展的关键,因此企业需要建立更加完善的融合发展保障机制,从多个角度入手为技术融合提供全方位的支

持。一方面，企业需要和行业协会、科研机构 and 高校展开深度合作，为电气工程的自动化和人工智能技术的融合制定相应的接口标准、数据格式标准、安全规范和伦理准则等，使其形成统一的、可互操作的技术标准体系，以此来保证不同主体在使用不同系统和平台时也能够无缝对接所需要的数据和服务，不仅能够有效降低系统集成的成本，而且也能够避免出现因为没有统一标准而产生的兼容性风险^[10]。另一方面，针对人才培养企业需要和高校进行深度合作，通过引导高校增加人工智能与电气工程相关的学科课程和实践教学环节来调整高校的专业设置，使他们能够从一开始就培养出既有电气自动化专业知识又熟练掌握人工智能算法与工程实践能力的复合型人才。同时企业内部也需要不断加强和外部的合作，通过和科研机构共同建设实验室和开展联合项目的方式，为自身企业员工提供更多的前沿技术培训和实战演练机会，从而不断提升现有员工的综合能力。

四、电气工程自动化与人工智能技术融合的未来发展趋势

在未来发展过程中，人工智能技术会凭借其强大的数据处理和自主决策能力更深层次地融入电气工程自动化的各个环节，电气自动化系统的自主学习、自主决策和自主执行能力都会得到强化，这也意味着电气工程系统将逐渐从传统的被动响应转向主动预测与动态优化的形式。而随着量子计算和数字孪生技术的不断成熟，电气自动化系统也会具有更加强大的数字孪生仿真能力，企业能够通过运用相关技术模拟出不同情况下的运行状态，保证能够在故障发生前精准识别潜在风险，最大程度上提升系统运行的可靠性。另外，人机协作技术的优化和进步也会进一步提升 AI 技术的可使用性，通过灵活运用自然语言交互和知识图谱检索功能能够让工程师以更直观、更高效的方式获取设备状态、故障诊断建议与优化策略，同时也能够降低技术使用的门槛，使 AI 真正成为工程师日常运维与决策的得力助手。

参考文献

[1] 潘玉春. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用分析 [C]// 广西大学广西县域经济发展研究院. 第一届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会论文集. 杭州: 夸克电力科技有限公司, 2025: 39-41.

[2] 何学圣. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用 [J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(04): 59-61.

[3] 沈豫扬. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用 [J]. 信息记录材料, 2025, 26(02): 138-140.

[4] 冯娟. 人工智能信息技术在电气工程自动化中的运用 [J]. 信息记录材料, 2024, 25(12): 64-66.

[5] 曹祥林, 周凌孟. 基于人工智能环境下电气工程及其自动化的智能化技术探索 [J]. 装备制造技术, 2024, (09): 91-93.

[6] 刘宝国. 人工智能与电气自动化技术的融合创新应用 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (14): 81-83.

[7] 王宏伟. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(04): 43-45+82.

[8] 张卫斌. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用研究 [J]. 河北农机, 2023, (07): 67-69.

[9] 李宏健, 王安国, 刘馨鑫, 等. 人工智能技术在电气工程自动化控制中的应用研究 [J]. 电子元器件与信息技术, 2022, 6(12): 129-132.

[10] 李帅. 人工智能技术在电气工程自动化控制中的应用 [J]. 光源与照明, 2021, (10): 104-106.

水下图像增强技术在水下机器人设计中的应用研究

王宇轩

宁波财经学院, 浙江 宁波 315175

DOI: 10.61369/SSSD.2026090008

摘 要： 水下机器人在海洋资源勘探、水下环境监测以及水下作业维修等领域有着广泛的应用，其视觉感知系统性能如何，直接影响着其作业精度。由于水下水体对光的吸收与散射效应，水下机器人搭载的光学相机在获取图像时往往会面临色彩失真、细节模糊等问题，这也会对其水下作业能力带来直接冲击。对此，本文在分析水下图像增强技术核心类型及适配特性的同时，就水下图像增强技术在水下机器人设计中的具体应用和改进方向等进行了探讨，旨在为相关人士提供一些借鉴参考。

关 键 词： 水下图像增强；水下机器人；设计应用

Research on the Application of Underwater Image Enhancement Technology in the Design of Underwater Robots

Wang Yuxuan

Ningbo University of Finance and Economics, Ningbo, Zhejiang 315175

Abstract： Underwater robots are widely used in marine resource exploration, underwater environmental monitoring, underwater operation and maintenance, and other fields. The performance of their visual perception system directly determines their operational accuracy. Due to the absorption and scattering effects of underwater media on light, optical cameras mounted on underwater robots often suffer from problems such as color distortion and blurred details when capturing images, which directly impair their underwater operational capabilities. In response to these issues, this paper analyzes the core types and adaptive characteristics of underwater image enhancement technologies, and discusses their specific applications and improvement directions in the design of underwater robots, aiming to provide references for relevant researchers and engineers.

Keywords： underwater image enhancement; underwater robots; design and application

随着海洋开发力度的不断加大，复杂水下作业也从以往的“人工模式”逐步向着“机器人模式”方向转变，水下机器人被应用在了海洋资源勘探、水产养殖监测、水下管线检修等多个领域^[1]。而在水下环境中，水体对于光线的选择性吸收散射作用、水中浮游生物与悬浮物的干扰等因素直接影响着水下机器人相机图像捕捉效果。水下图像增强技术能够依托特定的算法或技术手段，对退化的水下图像进行处理，校正色彩偏差、提升对比度、还原细节信息，从而改善图像质量，为水下机器人的视觉感知提供清晰、可靠的图像数据。将该技术应用到水下机器人设计中来能够有效弥补水下视觉感知的短板，对于水下机器人自主作业能力与环境适应性的提升有着重要现实意义。

一、水下图像增强技术核心类型及适配特性

从处理原理角度来看，水下图像增强技术可以分为“传统”与“深度学习”两大类。它们在适配场景以及处理效果方面有着一定的差异，具体可以基于水下机器人的硬件条件和作业需求进行科学选择，以此来更好地保证水下机器人设计的科学性与实用性。

（一）传统水下图像增强技术

对于传统的水下图像增强技术而言，其硬件构成较为简单，同时运算量不大，通常适用于作业场景简单或者硬件配置有限的水下机器人^[2]。该类技术的核心包括直方图均衡化（HE）、对比度

限制的直方图均衡化（CLAHE）、小波变换、Retinex 算法等。其中，对比度限制的直方图均衡化作为直方图均衡化的改进型，能够有效降低水下机器人作业过程的噪声，保证水下机器人相机生成图像的局部对比度，还原图像的一些具体细节。它一般适用于光照均匀的浅水区，成本低并且很容易部署在一些嵌入式设备当中^[3]。此外，传统水下图像增强技术中的小波变换技术能够推动图像从空域向频域的转变，让高频细节部分得到有效增强，保障浅水环境下的图像清晰度，但是其在深水场景下的图像处理效果是较为有限的^[4]。而 Retinex 算法则基于颜色恒常理论，通过分离图像的辐射照度与反射照度，来对亮度进行矫正，适用于亮度不高、照度不均

匀的一些水下场景，它的劣势在于增强后容易出现噪声放大、图像失真等问题，因此需要结合降噪处理来处理使用。

（二）基于深度学习的水下图像增强技术

基于深度学习的水下图像增强技术主要是借助神经网络模型进行运转作业，能够自主学习水下图像退化规律，可以应对浑水、深水等一些较为复杂的水下环境，因此图像处理效果相对于传统类水下增强技术较为优秀^[6]。其核心技术包括有生成对抗网络（GAN）、多专家学习模型、仿生视觉增强模型等。其中，生成对抗网络模型（包括 FUnIE-GAN、CycleGAN 等）能够快速增强水下图像且对数据依赖度较低，无需成对的水下图像数据，能够在单板计算机上进行实时推理，适用于那些实时作业需求的应用场景^[6]。轻量级深度学习模型（包括 CFENet、轻量级非线性无激活网络）不但能够保证增强效果，拥有较快的处理速度，有效提高运算效率，而且可以适配那些硬件性能不高的水下机器人，充分提升 PSNR、SSIM 指标，进而有效提高图像质量。此外，仿生视觉增强框架（如 BRIUIE）借鉴生物视网膜的结构与功能，可生成更符合人眼视觉评估标准的增强图像，更有利于机器人的目标识别与环境判断。

二、水下图像增强技术在水下机器人设计中的具体应用

水下机器人的核心设计模块主要包括视觉感知系统、自主导航系统、目标识别系统，水下图像增强技术通过为这三大模块提供高质量的图像数据，实现机器人作业性能的提升，其具体应用需结合模块功能与作业需求，实现技术与设计的深度融合。

（一）视觉感知系统设计中的应用

视觉感知系统好比是水下机器人的“眼睛”，负责识别和反馈水下环境信息等重要职责。它主要有光学相机、图像采集以及处理模块所构成。水下图像增强技术主要集成于图像处理模块，能够有效保证水下机器人的视觉感知能力^[7]。在具体的设计过程中，应当基于水下机器人的具体作业场景（深水或浅水、清水或浑水）来科学选择相应的增强算法。例如，在浅水或水质较为清澈的作业环境中，水下机器人视觉感知系统的设计应当同时运用白平衡技术与 CLAHE 算法，在此基础上，集成于图像处理模块。期间，通过白平衡技术来对水下图像的蓝绿色偏进行及时校正，在此基础上，依托 CLAHE 算法来保证后续图像的对比度，还原养殖生物体态特征、运动状态等一些细节，让水下机器人能够更好地捕捉到周围的环境信息，为后续的作业决策奠定数据基础。又如，在深水或水质较为浑浊的作业环境中，水下机器人的视觉感知系统设计应当运用轻量级 GAN 模型（如 FUnIE-GAN），通过嵌入式芯片的运用来强化算法，以此来达到实时增强水下图像的目的，避免可能出现的图像模糊或光线昏暗等问题，进而保证水下机器人的工作效率^[8]。此外，在水下机器人视觉感知系统设计中，需考虑图像增强的实时性，避免因算法运算量过大而导致的延迟处理问题，从而影响到水下机器人的工作效率。因此，对于那些硬件配置有限的水下机器人，应当优先运用传统增强技术，或者运用一些轻量级的深度学习模型；对于那些结构复杂的

高端大型水下机器人，则可以采用复杂的深度学习模型，同时运用 GPU 加速模块，来同时保证作业实时性以及作业有效性。

（二）自主导航系统设计中的应用

在水下机器人设计中，自主导航系统主要是基于视觉图像识别水下的地形特征与路标信息（如标记物、礁石、水下管道等），从而为机器人作业路径规划提供数据支持。但是退化的水下图像会使得地形判断、路标识别出现偏差，进而导致水下机器人导航故障等问题。水下图像增强技术则能够还原图像中的一些地形细节、路标信息，为机器人自主导航提供视觉信息支持，有效提升其导航的稳定性和精准性^[9]。水下机器人的自主导航系统设计中，图像增强技术与导航算法（如视觉 SLAM 算法）协同工作：首先依托增强算法来对水下地形、路标图像信息进行捕捉，校正其色彩偏差，提升其细节清晰度，让导航算法能够精确地识别出具体的地形信息和路标信息，然后依托导航算法基于增强后的图像数据，完成对作业路径的计算与规划，有效避免传统模式下可能存在的路线偏移以及碰撞等问题。例如，在水下管线检修机器人自主导航系统设计过程中，可以依托 Retinex 算法与小波变换结合的方式，来有效增强管线图像的边缘细节，让导航算法能够清晰识别管线走向、接口位置，保证水下机器人能够精准导航和顺利作业。此外，面对浑水环境下的导航精度问题，可以依托图像融合增强技术，结合不同传感器（光学相机、声呐）获取的图像信息，通过拉普拉斯图像融合方法来生成更全面和更清晰的图像，进而为水下机器人自主导航提供精准的视觉数据支持。

（三）目标识别系统设计中的应用

目标识别是直接影响水下机器人作业质量的功能模块，它的识别精准度如何主要取决于水下图像的生成质量。水下图像增强技术在该系统中的运用主要目的是改善图像生成质量，提升目标与背景的区分度，从而让识别算法能够快速、精准地提取信息、识别目标^[10]。在该系统的设计过程中，图像增强技术作为预处理环节，集成于识别算法前端，具体应用流程为：相机捕捉水下目标信息——增强算法进行处理（校正色彩、提升对比度等）——识别算法提取目标特征——完成目标识别。例如，在水下勘探机器人设计中，勘探目标的图像容易因水体散射出现细节模糊、色彩失真等问题，采用基于对比学习的增强与检测多任务框架，可在增强图像质量的同时，引导增强过程向有利于目标检测的方向进行，使识别算法能够准确提取目标的轮廓、纹理特征，实现目标的精准识别与定位。又如，在水下故障检测机器人的目标识别系统设计中，通过轻量级深度学习增强模型，处理水下设备的图像，还原具体目标的故障细节，在此基础上，识别算法基于所获得的信息快速识别出故障的类型与位置，进而为后续的故障维修作业提供精准的信息依据。

三、水下图像增强技术在水下机器人设计中的应用要点与优化方向

（一）核心要点

水下图像增强技术在水下机器人设计中的应用首先应当注重

适配性，即要结合水下机器人的具体应用场景、硬件配置来科学选择技术类型，以此来保证设计的实用性。例如，浅水作业或小型水下机器人应当优先选择传统的增强技术或者运用轻量级的深度学习模型；深水作业或大型水下机器人则应当选择复杂深度学习模型，以此来保证其作业效率。其次，是要保证设计的实时性控制，即要优化增强算法的实际效率，缩短其反应处理时间，具体通过简化算法结构以及硬件加速等方式来实现这一目标。再者，是要注重协同优化原则，保证水下图像增强技术和机器人相机、导航以及目标识别等模块进行协同设计，以此来提升水下机器人的整体作业性能。

（二）未来优化方向

未来水下机器人将会继续得到广泛应用，而其优化方向主要有三个方面：一是轻量化算法的研发，通过简化深度学习模型结构来达到降低运算量与参数量的目的，有效保证增强效果，提升算法的适配性与实时性，从而应用于各类水下机器人设计之中；

二是多种先进技术的融合，将红外线、声呐感知等技术与图像增强技术进行融合运用，以此来进一步提高水下机器人的作业性能；三是自适应的增强，即研发能够基于水下环境变化而自主调整增强参数算法的水下机器人，以此来适应不同的场景，全面提高水下机器人的自主作业能力。

总之，水下图像增强技术是提升水下机器人视觉感知能力的关键支撑，其在机器人视觉感知、自主导航、目标识别三大核心设计模块中的合理应用，能够有效解决水下图像退化问题，提升机器人的作业精度、效率与环境适应性。在实际的水下机器人设计中，应当基于其具体的应用场景和硬件条件来科学选择增强技术类型，以此来充分发挥水下图像增强技术作用，有效提高水下机器人的作业效率。未来，随着水下图像增强技术的不断发展，水下机器人也将向更高精度、更自主、更适应复杂水下环境的方向发展，为海洋开发、水下作业提供更有力的技术支撑。

参考文献

[1] 秦艳霞. 水下机器人图像增强与目标检测算法研究 [D]. 江西理工大学, 2025.
[2] 于双洋. 观测型水下机器人设计及图像增强技术研究 [D]. 江苏科技大学, 2025.
[3] 刘海鹏. 面向水下机器人的图像增强及目标检测算法研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2025.
[4] 苏旭. 水下图像增强与目标识别研究 [D]. 沈阳工业大学, 2024.
[5] 付亚威. 面向水下环境的图像增强和目标检测算法研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2024.
[6] 高康. 面向水下机器人视觉的图像增强技术研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2024.
[7] 黄鑫明. 水下图像增强方法及目标检测算法与应用研究 [D]. 江苏科技大学, 2025.
[8] 王博. 水下机器人图像增强复原方法研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2024.
[9] 王上尹. 海底图像融合中图像增强方法研究 [D]. 太原科技大学, 2024.
[10] 郭雨青, 曾庆军, 夏楠, 等. 图像增强水下自主机器人目标识别研究 [J]. 中国测试, 2021, 47(11): 47-52.

规模化养殖场动物细菌耐药性监测与分析

费枫¹, 董炳华²

1. 嘉兴职业技术学院, 浙江 嘉兴 314036

2. 嘉兴秀洲康雅牧业有限公司, 浙江 嘉兴 314011

DOI: 10.61369/SSSD.2026090010

摘 要 : 随着我国畜牧业规模化、集约化发展, 养殖场为控制畜禽疾病, 提高养殖成活率与生产效益, 抗菌药物的使用成为常规的方式。抗菌药物在杀灭有害细菌的同时, 如果长期、不规范使用也会对细菌产生选择性的压力, 促使细菌发生变异, 并产生多种抗菌药物的耐药性。细菌耐药性不仅会提高畜禽疫病防治工作的难度, 还会直接增加养殖的成本, 通过食物链、环境传播等途径威胁人类健康安全, 从而成为制约畜牧业高质量发展的瓶颈。基于此, 本文深入探究规模化养殖场动物细菌耐药性监测工作, 以供参考。

关 键 词 : 规模化; 养殖场; 动物细菌; 耐药性; 监测

Monitoring and Analysis of Animal Bacterial Drug Resistance in Large-Scale Farms

Fei Feng¹, Dong Binghua²

1. Jiaxing Vocational and Technical College, Jiaxing, Zhejiang 314036

2. Jiaxing Xiuzhou Kangya Animal Husbandry Co., Ltd., Jiaxing, Zhejiang 314011

Abstract : With the large-scale and intensive development of animal husbandry in China, the application of antibacterial drugs has become a conventional measure for breeding farms to prevent and control livestock and poultry diseases and improve survival rate and production efficiency. While eliminating harmful bacteria, the long-term and irregular use of antibiotics will generate selective pressure on bacteria, induce bacterial variation and lead to the emergence of multidrug resistance. Bacterial drug resistance not only increases the difficulty of livestock disease prevention and control and raises breeding costs, but also threatens human health through food chain and environmental transmission, becoming a key bottleneck restricting the high-quality development of animal husbandry. On this basis, this paper conducts an in-depth exploration on the monitoring of animal bacterial drug resistance in large-scale breeding farms, so as to provide relevant references.

Keywords : large-scale breeding; livestock farm; animal bacteria; drug resistance; monitoring

前言

在当代畜牧业发展过程中, 规模化养殖成为当前的主流模式, 在提升养殖成效, 确保畜牧产品供应的同时, 也由于养殖密度较大、疫病防控压力大等特点, 动物细菌的耐药性问题突出。规模化养殖场的养殖密度较高, 养殖环境封闭, 细菌传播速度相对较快, 这也使细菌耐药性的产生和扩散速度加快。

一、规模化养殖场动物细菌耐药性监测的意义

(一) 指导抗菌药物合理使用, 降低养殖成本

在畜禽疫病防治工作中, 如果不加选择地使用抗菌药物, 不仅无法有效控制疫病, 还会直接增加养殖的成本, 加速耐药性的产生。耐药性的监测能够明确不同养殖场、不同畜禽品种和疫病相对应的耐药谱, 充分了解哪些抗菌药物对当前流行的细菌菌株有效, 哪些已经产生耐药性, 从而为养殖场提供精准的用药支持, 避免出现无效用药、过度用药的问题, 减少抗菌药物的浪费, 降低养殖过程中出现的用药成本, 提高疫病防治的成效^[1]。

(二) 遏制耐药性蔓延, 保障畜禽产品质量

耐药细菌及其耐药基因以畜禽产品进入到人体内, 当人体食用含有耐药细菌的产品后, 可能会引发感染, 并且在感染后常规的抗菌药物治疗效果并不明显, 会直接增加治疗的难度。除此之外, 耐药基因还可能在人体内的细菌之间进行传递, 进一步扩大耐药的范围。耐药性的监测也有助于及时发现耐药株的流行趋势, 从而采取相应的方式, 减少耐药细菌在养殖场内的传播, 降低产品中耐药细菌的残留风险, 确保畜禽产品的质量。

(三) 完善公共卫生防范体系, 降低公共卫生风险

动物细菌耐药性作为全球公共卫生领域的重点问题, 具有跨

物种传播的特征。规模化养殖作为耐药细菌产生和扩散的重要场所，其耐药性监测数据是公共卫生防控体系的组成。通过系统监测能够掌握区域内动物细菌耐药性的规律，从而为公共卫生部门提供数据上的支持，及时发现出现的卫生隐患，从而构建更加安全的卫生防控机制^[2]。

（四）推动畜牧业健康发展，实现可持续发展

目前，绿色养殖、健康养殖已成为畜牧业发展的重要趋势，而细菌耐药性问题则是影响绿色养殖发展的重要因素。而过度使用抗菌药物还会使养殖过程中的耐药细菌增加，污染土壤和水源等生态环境，直接破坏生态资源的平衡性。而耐药性监测则有助于引导养殖者规范抗菌药物的正确使用，采用绿色防控技术，避免药物对环境带来危害，促进畜牧业的可持续发展^[3]。

二、规模化养殖场动物细菌耐药性监测的过程

（一）监测内容

规模化养殖场动物细菌耐药性监测的核心内容包括监测菌株的选择、监测抗菌药物的选择以及监测样本的采集。在监测菌株的选择上，重点监测规模化养殖场常见致病菌及人畜共患病致病菌，包括革兰氏阴性菌（大肠杆菌、沙门氏菌）和革兰氏阳性菌（葡萄球菌、链球菌、肠球菌）。本次共分离培养各类细菌486株，其中大肠杆菌192株（占39.5%）、沙门氏菌78株（占16.1%）、葡萄球菌87株（占17.9%）、链球菌65株（占13.4%）、肠球菌64株（占13.2%）。

表 1 分离菌株种类及数量分布

菌株种类	分离株数（株）	占比（%）
大肠杆菌	192	39.51
沙门氏菌	78	16.05
葡萄球菌	87	17.90
链球菌	65	13.37
肠球菌	64	13.17
合计	486	100.00

在监测抗菌药物的选择上，应结合规模化养殖场的实际用药情况，涉及到养殖过程中常见的各类抗菌药物，需要考虑临床常用的、对人类健康影响较大的抗菌药物，从而保障监测结果能够充分反映养殖场的用药合理性。包括β-内酰胺类（青霉素、头孢曲松、氨苄西林）、四环素类（四环素、多西环素）、喹诺酮类（环丙沙星、左氧氟沙星）、磺胺类（磺胺嘧啶、磺胺甲恶唑）、大环内酯类（红霉素、泰乐菌素）、氨基糖苷类（庆大霉素、阿米卡星）^[4]。

在监测样本的采集中，应考虑到样本代表性直接影响监测结果的准确性。覆盖20家规模化养殖场的不同养殖环节，共采集样本1200份，其中畜禽样本850份（血液200份、粪便500份、组织器官150份），环境样本350份（土壤100份、饮用水100份、饲料100份、圈舍空气50份）。样本合格率98.3%，有效样本1179份，为后续监测及分析提供了可靠基础^[5]。

表 2 监测抗菌药物分类

药物类别	包含抗菌药物
β-内酰胺类	青霉素、头孢曲松、氨苄西林
四环素类	四环素、多西环素
喹诺酮类	环丙沙星、左氧氟沙星
磺胺类	磺胺嘧啶、磺胺甲恶唑
大环内酯类	红霉素、泰乐菌素
氨基糖苷类	庆大霉素、阿米卡星

（二）监测方法

规模化养殖场动物细菌耐药性监测的方法主要包括细菌分离培养、药敏试验、耐药基因检测等要素。利用这三种方法进行监测并采集数据。

细菌分离培养中，将采集的样本接种至麦康凯培养基、SS培养基等专用培养基，置于37℃恒温培养箱中培养18-24小时，观察菌落形态，通过革兰氏染色、生化试验，分离鉴定目标致病菌。本次分离培养的486株细菌中，纯培养菌株472株，纯培养率97.1%，有效排除杂菌干扰。

药敏试验期间，采用纸片扩散法（常规检测）和稀释法（精准验证）相结合，参照CLSI标准开展药敏试验。将含有不同抗菌药物的纸片均匀放置在接种目标菌的琼脂培养基上，37℃培养24小时后，测量抑菌圈直径，判断细菌对该抗菌药物的敏感程度（敏感、中介、耐药）。本次共完成472株纯培养菌株的药敏试验，试验合格率99.2%。

耐药基因检测过程中，针对主要耐药类型，设计特定引物，采用聚合酶链式反应（PCR）扩增耐药基因，检测耐药基因携带情况。本次重点检测β-内酰胺类耐药基因（blaTEM、blaNDM）、四环素类耐药基因（tetA、tetB）、喹诺酮类耐药基因（gyrA、parC），共检测出耐药基因阳性菌株289株，阳性率61.2%^[6]。

（三）监测结果

在整体趋势分析上，结合不同监测周期的结果分析细菌耐药性的变化特点，判断耐药性是呈现上升趋势、下降趋势还是稳定趋势。

整体耐药性趋势分析如下：本次监测显示，20家规模化养殖场动物细菌总体耐药率为63.5%，其中多重耐药率（对3类及以上抗菌药物耐药）为29.8%。对比监测初期（第1-3个月）和监测末期（第10-12个月）数据，总体耐药率从71.3%降至58.7%，多重耐药率从38.5%降至24.2%，呈现明显下降趋势，表明随着监测工作推进和用药规范，耐药性蔓延得到有效遏制。但需注意，大肠杆菌对氨苄西林、四环素的耐药率仍维持在70%以上，沙门氏菌对磺胺类药物的耐药率达68.2%，仍是重点防控对象。

不同畜禽品类耐药性差异分析如下：不同畜禽品种的细菌耐药性存在显著差异（P<0.05）。其中，生猪养殖场细菌总体耐药率最高（70.3%），主要致病菌为大肠杆菌（耐药率75.6%）、副猪嗜血杆菌（耐药率69.8%），与生猪消化道、呼吸道疾病高发、抗菌药物使用频繁密切相关；蛋鸡养殖场细菌总体耐药率为62.1%，主要致病菌为沙门氏菌（耐药率68.2%）、链球菌（耐药率61.5%）；肉牛养殖场细菌总体耐药率最低（52.8%），主要致

病菌为葡萄球菌（耐药率58.6%）、肠球菌（耐药率53.1%）。分析结论：不同畜禽品种的疫病流行特点和用药习惯，是导致耐药性差异的核心因素，需针对性制定用药方案^[7]。

不同抗菌药物耐药性分析如下：6类抗菌药物的耐药性差异显著，其中四环素类、磺胺类药物耐药率最高，分别为72.3%和69.5%；β-内酰胺类（氨苄西林、青霉素）耐药率为67.8%；喹诺酮类耐药率为58.7%；氨基糖苷类耐药率为42.3%；大环内酯类耐药率最低（38.9%）。进一步分析发现，临床应用越频繁、使用剂量越大的抗菌药物，耐药率越高：四环素类、磺胺类药物因价格低廉、广谱抗菌，被多数养殖场广泛使用，导致其耐药率居高不下；而氨基糖苷类、大环内酯类药物因使用成本较高、使用场景有限，耐药率相对较低。

不同养殖环节耐药性分析如下：畜禽样本中，粪便样本细菌耐药率最高（68.9%），其次是组织器官（63.2%）、血液（52.7%），表明消化道是耐药细菌的主要滋生场所；环境样本中，土壤样本耐药率最高（58.6%），其次是饲料（47.3%）、饮用水（31.4%）、圈舍空气（28.9%），说明养殖废弃物（粪便）是耐药细菌污染环境的主要途径，进而通过环境循环再次感染畜禽，形成耐药性传播闭环^[8]。

表 3 各类抗菌药物总体耐药率

药物类别	耐药率（%）
四环素类	72.3
磺胺类	69.5
β-内酰胺类	67.8
喹诺酮类	58.7
氨基糖苷类	42.3
大环内酯类	38.9

表 4 不同畜禽养殖场细菌总体耐药率对比

养殖类型	总体耐药率（%）	主要致病菌	耐药率（%）
生猪养殖场	70.3	大肠杆菌	75.6
		副猪嗜血杆菌	69.8
蛋鸡养殖场	62.1	沙门氏菌	68.2
		链球菌	61.5
肉牛养殖场	52.8	葡萄球菌	58.6
		肠球菌	53.1

表 5 不同类型样本细菌耐药率

样本类别	样本名称	耐药率（%）
畜禽样本	粪便	68.9
	组织器官	63.2
	血液	52.7
环境样本	土壤	58.6
	饲料	47.3
	饮用水	31.4
	圈舍空气	28.9

三、规模化养殖场动物细菌耐药性的防控注意事项

（一）规范抗菌药物使用

规范抗菌药物使用尤为关键，养殖场应根据实际情况合理用药，避免出现过度使用和滥用抗菌药物的问题。构建更加完善的用药管理制度，明确具体的用药流程和规范，并记录好用药的具体细则，以便于追溯和监测。不仅如此，加强养殖人员的专业培训，提高对细菌耐药性的认识，使其根据药敏试验结果选择合适的抗菌药物，避免盲目使用抗菌药物^[9]。

（二）优化养殖环境

良好的环境能够有效减少细菌的繁殖和传播，这也是遏制耐药性扩散的重要措施。规模化养殖场应加强圈舍环境卫生管理，定期对圈舍进行清扫和消毒，保持良好的通风环境，避免细菌滋生问题的出现。不仅如此，加强养殖废弃物的处理，对粪便、污水等进行无害处理，防止耐药细菌和耐药基因通过废弃物污染土壤。

（三）加强养殖管理

加强养殖管理，提升畜禽自身的免疫力是减少抗菌药物使用的重要方式。规模化养殖场应优化养殖模式，合理控制养殖的密度，提升畜禽的免疫力。加强畜禽的营养管理，根据不同品种和生长阶段的畜禽需求，提供营养均衡的饲料，避免食用发霉变质的饲料，保障畜禽增强体质^[10]。

四、结语

综上所述，规模化养殖场动物细菌耐药性问题成为当前畜牧业发展和安全卫生面临的挑战。其产生和扩散是抗菌药物不规范使用、养殖环境、养殖管理等方面共同作用的结果。为此，这就需要加强对细菌耐药性的监测，确保掌握当前耐药性的趋势，为合理使用抗菌药物提供帮助，促进畜牧业的健康发展。

参考文献

[1] 赵晓雨, 宋祥彬, 郭玉秋, 等. 山东省动物源细菌耐药性监测溯源系统的建立与应用 [J]. 中国动物检疫, 2025, 42(10): 51-55+63.

[2] 迪那拉·恰热甫汗, 帕孜来提·依明. 关于动物源细菌耐药性及兽用抗生素药物减量化工作的思考 [J]. 新疆畜牧业, 2025, 41(04): 34-37.

[3] 王晶晶, 罗毅, 刘华香. 动物源细菌耐药性监测对养殖业可持续发展的影响 [J]. 现代畜牧科技, 2025, (06): 141-143.

[4] 李文超, 李维俏, 李欣, 等. 动物源细菌耐药性及中药消减耐药性的研究进展 [J]. 畜牧兽医学报, 2025, 56(06): 2555-2576.

[5] 宗帅州. 浙江省内不同类型家禽养殖场细菌耐药性差异及耐药基因 blaNDM 的传播机制研究 [D]. 浙江工商大学, 2024.

[6] 彭凯. 三代纳米孔测序技术在鸡源细菌耐药性研究中的方法开发及应用 [D]. 扬州大学, 2024.

[7] 蒋玥. 山东省家禽养殖场禽源沙门氏菌四重 PCR 方法建立及耐药性分析 [D]. 扬州大学, 2021.

[8] 顾欣. 上海地区动物源细菌耐药性趋势及耐药基因的研究. 上海市, 上海市动物疫病预防控制中心, 2020-10-23.

[9] 曲志娜. 养殖场动物源细菌耐药性监测与风险控制 [J]. 兽医导刊, 2017, (13): 10-12.

[10] 宋立, 范学政, 张纯萍, 等. 我国动物源细菌耐药性数据库的建立与应用 [J]. 中国兽药杂志, 2015, 49(08): 64-69.

土工材料性能优化及其工程应用研究

张保利

泰安佳路通工程材料有限公司, 山东 泰安 271000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090011

摘 要： 土工材料是现代土木工程、水利工程、交通工程等领域的重要基础材料，土工材料的好坏直接关系到工程结构是否稳定、耐久、安全。随着各种工程建设规模的扩大以及复杂程度的提高，传统土工材料在抗老化、抗腐蚀、力学强度等方面存在的不足越来越明显，不能满足工程建设多样化的需求。本文主要研究土工材料性能优化的主要思路、主要方向以及常用的土工材料性能优化技术，分析不同种类土工材料优化后的工程应用场景，为各类工程中土工材料合理选用、性能提高和高效应用提供参考，促进土工材料行业可持续发展和工程建设质量提高。

关 键 词： 土工材料；性能优化；工程应用

Research on Performance Optimization and Engineering Application of Geosynthetics

Zhang Baoli

Tai'an Jialutong Engineering Materials Co., Ltd., Tai'an, Shandong 271000

Abstract： Geosynthetics are important basic materials in modern civil engineering, water conservancy engineering, transportation engineering and other fields. The performance of geosynthetics is directly related to the stability, durability and safety of engineering structures. With the expansion of engineering construction scale and increase of complexity, the shortcomings of traditional geosynthetics in aging resistance, corrosion resistance, mechanical strength and other aspects have become increasingly prominent, which can no longer meet the diversified demands of engineering construction. This paper mainly studies the main ideas, directions and common technologies for the performance optimization of geosynthetics, and analyzes the engineering application scenarios of different optimized geosynthetics. It provides a reference for the rational selection, performance improvement and efficient application of geosynthetics in various projects, so as to promote the sustainable development of the geosynthetics industry and the improvement of engineering construction quality.

Keywords： geosynthetics; performance optimization; engineering application

在现代工程建设中，土工材料的应用范围不断扩大，从一般的路基防护、河道整治，到大型的水利枢纽、高速公路、垃圾填埋场等重点工程，土工材料都起着不可替代的作用^[1]。土工材料因为具有轻质、方便、成本可控等特点，逐渐代替了传统的天然建筑材料，成了改善工程土体性能、增强工程结构稳定性的重要材料。目前土工材料性能优化是土木工程研究的热点，相关的优化技术及应用经验日益丰富，但是从行业层面来讲，还存在着优化技术使用不规范、不同工程场景下的优化方案针对性欠缺等状况，需要对土工材料性能优化的主要方向以及工程应用重点展开全面整理，为行业发展赋予完备的参照。

一、土工材料性能优化的核心思路与方向

（一）土工材料性能优化的核心思路

土工材料性能优化的核心思想就是根据工程的实际需要，结合土工材料本身的特点和应用环境，采用合理的工程技术手段来提高土工材料的薄弱性能，提高土工材料的综合性能，使其更好地满足工程的需求^[2]。优化时要遵循“因地制宜、按需优化”的原则，各个工程场景的地质状况，气候环境，荷载需求千差万别，

对土工材料的性能侧重点也有所不同，所以优化方案必须依照具体工程需求展开有针对性的设计，不能盲目地进行优化。土工材料性能优化还要考虑经济性、实用性，在提高土工材料性能的同时，尽量控制优化成本，使优化后的土工材料能在工程中得到广泛的应用^[3]。

（二）土工材料性能优化的主要方向

根据土工材料核心性能要求及工程应用需要，土工材料性能优化主要从力学性能优化、抗老化性能优化、抗腐蚀性性能优化、

防渗性能优化四个方面展开，各个优化方向都有对应的优化思路和技术手段^[4]。

力学性能优化是土工材料性能优化的基础方向，主要解决土工材料抗拉、抗压、抗剪强度不够的问题，采用材料改性、结构调整等方法提高材料的力学性能，使材料能承受更大的工程荷载，防止土体变形、结构破坏。

抗老化性能优化主要是对合成土工材料进行处理，以达到长期在自然环境中不老化、性能不衰减的目的。优化时，主要用到添加抗老化剂、改进材料配方、表面处理等手段来提高土工材料的抗紫外线、抗温度变化、抗风雨侵蚀的能力，从而延长材料的使用寿命。

抗腐蚀性能优化主要是针对在腐蚀性环境下使用的土工材料，即污水处理厂、化工厂、盐碱地等，采用材料改性和防腐处理的方法，提高土工材料抵抗酸碱盐、化学药剂等腐蚀性物质的能力，防止土工材料的降解和损坏。

防渗性能优化主要是对土工膜、复合土工膜等防渗类土工材料进行改进，提高材料的防渗性能，阻止水分和有害物质的渗透。

二、土工材料性能优化的常用技术

（一）材料改性技术

材料改性技术属于土工材料性能改善的重要手段，主要是通过改变土工材料的原料配方、内部结构等途径来提高土工材料各项性能。根据改性方式的不同，可以分为物理改性和化学改性两种类型，两种改性技术各有特点，适合于不同的土工材料和优化要求^[5]。物理改性技术主要是利用物理手段，如混合、拉伸、编织等，对土工材料内部结构和形态进行改变，从而提高土工材料的力学性能和使用性能，该技术具有操作简便、成本低、环保性好等特点，被广泛应用于各种土工材料的性能改进。化学改性技术主要是利用化学试剂或者化学反应，对土工材料的化学性质进行改变，从而提高土工材料的抗老化、抗腐蚀、防渗等性能。合成土工材料生产时加入抗老化剂、防腐剂、防渗剂等化学试剂来提高其抗老化、抗腐蚀性；用化学交联反应提高土工材料内部结合力，提高土工材料力学性能及稳定性。

（二）生产工艺优化技术

生产工艺对土工材料性能有影响，通过改进生产工艺可以在不改变原料配方的基础上提高土工材料性能、降低生产成本，是土工材料性能优化的技术手段之一。不同的土工材料生产工艺不同，优化的方向也有所不同。对土工布、土工膜等合成土工材料的生产工艺优化主要是对原料熔融、挤出、编织、成型等环节进行优化。优化原料熔融温度、时间，保证原料充分熔融，减少材料内部孔隙、缺陷，提高材料的致密性、防渗性；优化挤出工艺，控制材料厚度、均匀度，保证材料性能稳定；改进编织工艺，提高材料编织密度、整体性，增强材料力学性能、过滤性能。复合土工材料生产工艺优化主要是复合环节，通过改进复合方式和工艺参数来保证不同种类的土工材料之间结合紧密，防止

出现分层、脱落等现象，提高复合土工材料的综合性能^[6]。

（三）表面处理技术

表面处理技术主要是提高土工材料表面性能，改善材料耐磨性、抗老化性、抗腐蚀性、粘结性，适用于各种土工材料的性能改进，特别适合于长期处于自然环境中的土工材料以及与其他材料粘结的土工材料。常见的表面处理有涂层处理、等离子处理、紫外线处理等。涂层处理是应用最广的一种表面处理技术，在土工材料表面涂刷一层防护涂层，形成保护膜，抵御外界环境的侵蚀，提高材料的抗老化、抗腐蚀、防渗性能。土工膜表面涂覆防腐涂层以提高材料在腐蚀性环境中稳定性，在土工布表面涂覆耐磨涂层以提高材料耐磨性，延长材料使用寿命。等离子处理技术利用等离子体的作用，改变土工材料表面的物理化学性质，提高土工材料表面的活性和粘结性，使土工材料与其他材料有更好的粘结性能，提高施工质量。

三、土工材料在工程中的具体应用

（一）土木工程中的应用

土木工程是土工材料应用最广的领域之一，优化后的土工材料在地基处理、路基加固、边坡防护等各方面发挥着重要作用，提高了土木工程结构稳定性及耐久性^[7]。在地基处理中，优化后土工格栅、土工布等材料的力学性能及加筋作用明显增强，可显著提高软土地基承载力，减小地基沉降，避免地基变形破坏，适合于各种建筑地基、道路地基等工程。在软土地基处理时，铺设优化过的土工格栅可以分散地基荷载，提高地基的整体性、承载力，加快地基固结速度，减小工程施工难度。路基加固后使用优化过的土工材料，可提高路基的力学强度与稳定度，防止路基开裂、沉降、滑坡等问题发生，适合于高速公路、铁路、普通公路等各种道路路基工程。铺设优化过的土工布、土工格栅后，可提高路基的抗剪强度、抗拉强度，减小路基不均匀沉降，延长道路使用寿命，降低道路养护费用。

（二）水利工程中的应用

水利工程对于土工材料的防渗、抗腐蚀、抗老化性能要求较高，优化后的土工材料在水利工程中得到广泛应用，主要用在堤坝防渗、河道整治、水库加固等场合，提高了水利工程的安全性、耐久性^[8]。优化后的土工膜、复合土工膜等材料，具有更好的防渗性能和抗老化性能，可以有效地阻止堤坝渗漏，防止堤坝溃决，适合于各种水库堤坝、河道堤坝等工程。例如在水库堤坝修建时用上铺设过复合土工膜，可形成一个完整防渗体系，阻隔水分渗透，减少堤坝渗漏损耗，保证水库安全运行。河道整治时，改良后的土工布、土工格栅等材料具有较好的过滤、防护、加筋作用，能较好地防止河道冲刷、水土流失，改善河道生态环境，适合用于河道清淤、河道护坡等工程。河道护坡工程中采用经改进的土工布可以过滤水中的泥沙，防止土体流失，保护护坡结构，提高护坡稳定性、耐久性。水库加固后，优化过的土工材料可以提高水库堤坝的力学强度和防渗性能，解决水库堤坝的渗漏、变形问题，延长水库的使用寿命。

（三）环保工程中的应用

随着环保意识的提高，环保工程对于土工材料的环保性以及防渗性能要求越来越高，经过优化的土工材料在垃圾填埋场、污水处理厂等环保工程中得到广泛应用，有效地防止了环境污染，保护了生态环境。垃圾填埋场优化后使用的土工膜、复合土工膜等材料，有较好的防渗和抗腐蚀性能，可以有效地阻止垃圾渗滤液的渗透，防止渗滤液污染地下水、土壤，保护周围环境。在垃圾填埋场底部及周边铺设优化过的土工膜，形成一个完整的防渗屏障，把垃圾渗滤液收集起来加以处理，防止造成环境污染。污水处理厂中优化过的土工材料主要用作污水处理池的防渗、过滤、防护，可以防止污水渗漏，提高污水处理效果，适合用于污水处理池、污泥填埋场等设施。在污水处理池的建造过程中，使用了经过优化处理过的土工膜来防止污水渗透，从而保护了地下水环境，铺设优化后的土工布可以过滤污水中的杂质，提高污水处理的效果^[9]。

（四）其他工程中的应用

除了土木工程、水利工程、环保工程之外，优化后的土工材料也被应用到矿山工程、港口工程、机场工程等其他领域中，发挥着重要的作用。矿山工程中优化后的土工材料主要用在矿山边坡防护、尾矿库防渗等方面，可以防止矿山边坡滑坡、尾矿库渗漏，保证矿山生产安全，减少环境污染^[10]。港口工程中，优化后的土工材料主要用在港口码头的防护、地基加固等地方，可以

提高港口码头的稳定性、耐久性，抵抗海浪、潮汐的侵蚀。港口码头地基加固时，铺设优化后的土工格栅可以提高地基的承载力，减小地基沉降，保证码头结构稳定，在港口护坡工程中，铺设优化后的土工布、土工膜可防止护坡结构被海浪侵蚀，延长护坡使用寿命。在机场工程中，优化后的土工材料主要用在机场跑道地基加固、停机坪防护等地方，可以提高机场跑道和停机坪的承载能力与稳定性，保证飞机安全起降。

四、结论

伴随着科技的不断进步以及工程建设需求的不断提高，土工材料性能的改善将会向更高效、更环保、更多元的方向发展。未来土工材料性能优化技术会不断革新，新型的优化技术、材料将会不断出现，比如环保型改性材料的研发、智能化优化技术的应用等，都会使土工材料的性能得到进一步提高，优化成本得以降低，环境污染程度得到减小。土工材料的应用范围会越来越广，在新能源、生态修复等新兴领域应用的会越来越多，给土工材料行业的发展带来新的机遇。另外，随着行业标准不断更新完善，土工材料性能改善及工程应用会愈加规范、标准化，有效克服目前行业内存在的一些优化技术应用无序、经验欠缺等状况，促使土工材料行业朝着可持续发展迈进。

参考文献

- [1] 杜杰贵, 赵云萍, 张浩楠, 等. 土工合成材料改善沥青路面结构性能研究进展 [J]. 塑料科技, 2025, 54(02): 208-213.
- [2] 姜军, 彭良臣, 杨德胜. “白改黑”路面土工材料防反射裂缝试验及应用研究 [J]. 公路交通技术, 2025, 42(01): 55-62.
- [3] 林洪谊. 土工合成材料在公路高填方边坡加固技术及应用 [J]. 中国住宅设施, 2025, (12): 43-45.
- [4] 初蕾. 高速公路土工合成材料在路基加固中的应用 [J]. 散装水泥, 2025, (06): 105-107.
- [5] 孙文娟, 郭威威. 水利水电工程中土工合成材料的综合应用与技术进展 [J]. 内江科技, 2025, 46(11): 139-140.
- [6] 代茂华, 郝晟. 土工合成材料柔性约束碎石桩地基处理技术 [J]. 天津建设科技, 2022, 32(05): 11-14.
- [7] 宋晖. 土工合成材料在道路工程中的应用 [J]. 四川水泥, 2022, (09): 178-180.
- [8] 王新岐, 曾伟, 王朝辉, 等. 泥态固化土材料组成及其工程性质研究进展 [J]. 天津建设科技, 2022, 32(04): 1-7.
- [9] 赵景琳, 卢波, 刘东旭. 基于柔性复合材料面层的土钉墙支护应用研究 [J]. 合成材料老化与应用, 2022, 51(03): 151-154.
- [10] 郭东悦, 孙无为, 叶志坤, 等. 土工合成材料在内河航道整治工程中的应用 [J]. 中国水运 (下半月), 2023, 19(22): 141-142.

基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计探究

王金杯

深圳大学, 广东 深圳 518060

DOI: 10.61369/SSSD.2026090012

摘 要 : 随着建筑行业信息化与智能化的深入发展, 建筑信息模型技术已成为推动产业变革的核心动力。传统建筑室内装饰设计长期面临信息孤岛、协同效率低、施工变更频繁及成本控制困难等痛点。本文旨在探讨 BIM 技术在建筑室内装饰设计中的应用意义与具体策略。首先, 从提升设计效率、实现多专业协同、优化材料成本管理及促进全生命周期运维四个维度, 阐述了 BIM 技术的应用价值。其次, 结合实践, 提出了基于 BIM 技术的可视化设计、碰撞检测、参数化施工图输出及数据驱动的一体化管理等设计策略。旨在提升设计精度与施工质量, 实现装饰设计工业化与智慧化转型。

关 键 词 : BIM 技术; 建筑室内装饰设计; 协同设计

Research on Architectural Interior Decoration Design Based on BIM Technology

Wang Jinbei

Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060

Abstract : With the in-depth development of informatization and intelligence in the construction industry, Building Information Modeling (BIM) has become the core driving force for industrial transformation. Traditional architectural interior decoration design has long been plagued by pain points such as information silos, low collaboration efficiency, frequent construction changes, and difficult cost control. This paper aims to explore the application significance and specific strategies of BIM technology in architectural interior decoration design. Firstly, it expounds the application value of BIM from four dimensions: improving design efficiency, realizing multi-disciplinary collaboration, optimizing material cost management, and promoting full-life-cycle operation and maintenance. Secondly, combined with practice, it puts forward design strategies such as BIM-based visual design, collision detection, parametric construction drawing output, and data-driven integrated management. The purpose is to improve design accuracy and construction quality, and realize the industrialized and intelligent transformation of decoration design.

Keywords : BIM technology; architectural interior decoration design; collaborative design

引言

BIM 不仅仅是三维建模软件, 更是一种基于三维数字模型的全生命周期管理方法论, 其核心在于“信息”的集成与共享。将 BIM 技术引入室内装饰设计领域, 设计师能够在统一的数字平台中构建包含几何信息、物理信息、功能信息及成本信息的三维装饰模型。通过该模型, 设计意图得以直观呈现, 各专业间的矛盾得以自动检测, 材料与成本得以动态管控^[1]。因此, 深入探究基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计策略, 对于提升设计效率、保障施工质量、降低建设成本以及推动装饰行业数字化转型具有重要的理论价值与现实意义。

一、BIM 技术在建筑室内装饰设计中应用的意义

(一) 提升设计效率与协同性

BIM 技术为室内装饰设计构建了统一、共享的三维协同工作环境, 从根本上颠覆了传统离散式、串联式的设计流程。在传统模式下, 装饰设计师、结构工程师、机电工程师各自为政, 图纸间的矛盾往往只能在施工阶段通过现场协调会来解决, 过程烦琐

且效率低下。而基于 BIM 的协同平台支持“中心文件”或“工作集”模式, 允许不同专业的设计人员同时在同一模型上开展工作, 任何一方的修改都能实时同步至其他专业, 实现了真正的并行设计^[2]。例如, 当装饰设计师调整吊顶高度时, 暖通工程师能够立即在模型中看到风管与吊顶的空间关系, 从而提前调整管线路径。这种实时的视觉与信息反馈极大地减少了专业间的沟通盲区与信息传递误差, 避免了因图纸版本混乱或信息遗漏导致的大量

重复劳动。

（二）实现多专业信息集成与碰撞检测

建筑室内装饰设计的核心难点在于有限的空间内协调容纳结构构件、机电管线、消防设施及装饰面层等多个系统。传统二维图纸叠加审核方式难以直观发现深层次的空间冲突，常导致施工现场出现“按图施工却无法安装”的困境。BIM 技术通过构建包含完整几何与属性信息的三维模型，能够利用自动化碰撞检测工具精确识别不同专业构件之间的空间干涉。具体而言，在装饰设计阶段，可将建筑结构模型、机电模型与装饰模型整合至同一平台，系统自动查找并高亮显示如装饰龙骨与风管重叠、灯槽与消防喷淋头位置冲突、开关插座嵌入结构柱等具体问题。设计师根据碰撞报告，可在虚拟环境中提前进行管线综合排布或优化装饰节点设计，将问题解决在图纸阶段而非施工现场^[3]。

（三）优化装饰材料用量与成本管控

传统的人工量测及主观估算建筑内装修材料的数量不仅耗时而且易出错，难以保障材料用量的准确性，造成多买造成浪费或是少买延误工程进度。利用 BIM 技术，每一个室内装修构件如地面、墙面、天花板、木材面等都拥有一系列可以自定义的参数：尺寸、材质、重量等。在 BIM 工具中，通过“明细表”功能就可以迅速准确地定位到某一个指定的位置或者某一类产品的材料用量，例如会议室的地面石材覆盖率、墙面软包面积、踢脚板长度等。这种基于模型的数据收集方法要比人工计算更快捷，并且能够保证所有的数据都与设计同步——设计如果发生变化，相关的物料表也随之变化，而无须再次人工检查。这一特性让我们可以更好地把握成本^[4]。预算部门可以直接根据 BIM 中详细的列表获得市场价以及成本估算，建立基于设计主导的一体化报量—结算工作流程体系。另外，在进行 4d 模拟施工进度计划的同时，还可以根据施工进度计划进行动态的采购和进场，从而有效地降低库存成本及资金占用，最终达到对装饰项目的全程精细的成本控制^[5]。

（四）促进装饰设计的全生命周期管理

BIM 技术不仅限于其在设计建造阶段的重要作用，可以将 BIM 技术延伸到建筑物全生命周期内，形成一个有效数据平台完成室内装修设计全过程管控。但传统装饰工程移交过程中各专业的图纸、材料表、设备说明等资料是孤立存在并与现场实际情况不相符，这就导致后期维护、改造相当麻烦。而采用 BIM 技术所提供的交付成果中包含有关所有装修构件的所有信息：材料的品牌、尺寸、厂商、安装日期、保修期、养护方法等等，而非几何信息。当设施管理人员想要查看吊顶内隐藏的管线或者更换某一堵墙上的板面时，他们只需要通过 BIM 模型就能获得所有的必要信息，同时可以迅速确定出问题部件的具体位置。另外，如果几年之后要进行空间调整或是再次装修的话，设计师们可以在现有的完工 BIM 模型的基础上开始新的设计，这样就可以精确地理解原始架构、管道布局以及表面处理方式，因此避免了无计划拆除带来的安全风险以及资源浪费的问题^[6]。由此 BIM 技术将装饰设计从单次性的服务提升到包含整座建筑全生命周期的信息支持类服务，显著提升了资产长期价值及管理效能。

二、基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计策略

（一）构建全专业协同的三维可视化设计流程

BIM 装修措施实施的重点是：在完成全专业的协同设计流程的前提下将三维可视化作为核心沟通媒介进行展示，在具体操作上分为以下几个阶段：首先建筑以及结构方面提供土建模型后由机电部分提供管线综合模型，最后由装饰部分依照上述模型创建“搭积木”或者串联系列模型^[7]。这样设计师就不用依赖二维平面以及立体图片去想象空间、材质、灯光等问题，而直接可以在三维环境中考虑有关的因素。例如，利用 BIM 软件自带的渲染引擎（Enscape 或 Lumion 插件）可以直接将模型转化为效果图，并且这样的转换是一次性完成的，这样就避免了传统效果图与最终施工图不一致的问题。其中最关键的就是建立统一参照系、项目计量单位及名称标准，确保各专业模块能正确对齐，并且应经常召开“模型修订会”，所有成员根据同一模型来审查设计进程。而且用观点储存及点评的功能来记录关键的意见。正是依托这样的专业全方位和三维可视化协同工作方式，设计师能够最大限度地更新方案，并降低沟通成本，确保设计创意从概念到落地零损耗，解决了过去装修设计“效果图一套，落地一套”的痛点^[8]。

（二）实施全构件多维度碰撞检测与管线综合

针对室内装饰设计中反复出现的空间冲突现象，我们应当采取分级分类的冲突检测及管线综合方案。“硬性冲突检查”是指不同实体构件间的刚性交叉，如结构柱及吊顶龙骨、风管及灯槽、水管与墙形等，利用 Navisworks 或 Revit 自带的碰撞检测功能，指定待检专业（如建模装饰层与机电专业），自动生成碰撞报告并按照严重程度对装饰标高进行优化或管线综合排布。二是“gap collision”或者叫作“soft collision”，主要判断上述部件是否具备设计规定的间隙尺寸，例如检修门的尺寸，灯泡管与通风口之间的距离是否满足散热的要求；三是“piping integration layout”。即在保证其功能性及标准的前提下，将机械电气线路进行支架设计以及线路布局，进而为表面装饰留下更多的连续高度空间，实现最终视觉上的开阔与美观。用这个办法可在虚拟空间中实现房屋及机械设备的“占有权”，彻底消除建设过程中最普遍出现的垂直方向上的矛盾冲突，从而可以真正地实现一次成优的内装效果^[9]。

（三）建立参数化装饰构件库与自动化施工图输出

为达到高效精准的设计装修效果，应建立公司级或项目级的参数化装饰组件库并在此基础上完成部分自动化生成施工蓝图。区别于传统二维图块或是静止不动的三维模型，参数化组件库的核心在于“变动因子”，如一门族组件可以设置参数控制其大小尺寸、肌理材质、开启形式及对应于二维表达，包括平面图中的门开合线、立面图中剖分线。建筑装饰业应将常见材料做法，如轻钢龙骨隔墙、不同种类的吊顶、墙面上吊挂系统、地面铺贴板块等，做成标准参数化族库，服务于设计师需求。深度设计阶段可直接将库中的零件提取至模型上，工程量由系统自动统计，并实时更新二图；同时借助 BIM 软件“模板”、“注释”，实现从三维模型中拆出符合我国制图标准的平立剖详及大样图、节点细

部图等功能。由于所有图都是从同一模型中导出的，因此可以杜绝平面、立、剖不符这样的低级错误出现。该方法最大的优势在于可以免去设计师大量的重复出图工作量，将设计师从繁杂的设计工作中解放出来，集中精力进行方案设计及节点深化，并能确保设计方案的一致性以及准确性，从而显著提高施工图纸质量与工作效率。

（四）推动基于BIM模型的数据化施工与运维管理

为了充分发挥装饰设计 BIM 模型的作用，应该将装饰设计 BIM 模型贯穿于设计、施工直至运营管理和维护全过程，即实施“设计－施工－运维一体”的战略，让 BIM 模型作为项目各阶段的数据中心，在施工现场，施工方可以依据设计方提供的 LOD400（加工级别）的详细装饰 BIM 模型对工程施工进行进一步深化。例如生成瓷砖、石料以及木板正确排布计划以及生产工艺并将其数字化以供自动化生产设备使用，进而发展工厂预制化和现场安装化的现代装潢方式；同时结合模型与施工进度计划（4D）和成本、资源计划（5D），在设计阶段就将材料入库、人员安排及工序先后关系进行预测，从而实现动态的资源优化；运行和管理阶段，由设计师提供完整的竣工文档信息，如所有装饰构件及关联供应商、维修时间、服务请求等相关运维属性，在 BIM 运维平台上，物业管理人员可以直观查询某房间的墙纸种类、管道系统中

某一阀门的位置等信息。这可以有效加快故障响应速度并提供更好地服务；此外还可将该静态的装饰模型集成在楼宇自控系统及资产管理平台中，将其进一步转化为动态空间资产管理大屏^[10]。通过对模型数据进行全过程的引导，在装饰设计中不再是孤立的过程，而是成为联系建筑全生命周期的信息枢纽，极大降低了长久运营及未来的改造风险。

三、结语

综上所述，BIM 技术为建筑室内装饰设计领域带来了一场从工具到思维的深刻变革。本文系统分析了 BIM 技术在提升设计协同效率、实现多专业信息集成与碰撞检测、优化材料成本管理以及促进全生命周期运维管理四个方面的核心意义，并相应提出了构建全专业三维可视化设计流程、实施全构件多维度碰撞检测、建立参数化构件库与自动化出图体系，以及推动模型数据向施工运维阶段无缝传递的四项关键设计策略。实践表明，BIM 技术的应用不仅有效解决了传统装饰设计中信息孤岛、频繁返工、成本失控等长期痛点，更将装饰设计从纯粹的审美与功能布局提升为一种数据驱动的、可模拟、可优化的科学决策过程。

参考文献

[1] 耿恺. 基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计分析 [J]. 佛山陶瓷, 2025, 35(11): 112-114.
[2] 符献智. 传统建筑元素在现代室内装饰设计中的传承与发展研究 [J]. 居舍, 2025, (30): 9-11.
[3] 李冲. 既有建筑室内装饰设计浅谈 [J]. 中国房地产业, 2025, (27): 176-178.
[4] 夏婧. 基于 BIM 技术的建筑室内装饰设计 [J]. 居舍, 2025, (24): 72-75.
[5] 葛强. BIM 技术在建筑室内装饰设计中的应用分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (18): 49-51.
[6] 周晓宇. 个性化需求下的建筑室内装饰设计创新 [J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1): 72-73.
[7] 宋星. 智能化建筑室内装饰设计 [J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1): 183-185.
[8] 周建鑫, 赵俊翱. BIM 技术支持下建筑室内装饰设计的创新对策 [J]. 中华民居, 2024, 17(09): 136-138.
[9] 宋政桦. 基于数字化技术的建筑室内装饰设计方法研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (20): 97-99.
[10] 赵明哲, 唐建. BIM 技术导向下公共建筑室内装饰设计研究 [J]. 住宅产业, 2024, (04): 63-66.

自动化技术在港口起重机械中的应用

江国健

广州特种设备检测研究院, 广东 广州 510000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090013

摘 要： 港口作为货物集散的中心枢纽，其作业效率、安全性、经济性等如今已成为港口竞争的重要影响因素。港口起重机械是港口作业的主要设备，常被用于货物装卸、转运、堆存等工作。而自动化技术的发展与应用，让港口起重机械由人工操作变为无人化、智能化操作，从根本上改变了传统的港口作业方式，大大提高了港口作业效率。为此，本文阐述了自动化技术在港口起重机械中应用的价值、具体应用场景及其发展，旨在进一步推动智慧港口建设与发展，仅供参考。

关 键 词： 自动化技术；港口起重机械；技术应用

Application of Automation Technology in Port Cranes

Jiang Guojian

Guangzhou Special Equipment Inspection and Research Institute, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： As a central hub for cargo distribution, ports' operational efficiency, safety and economy have become key competitive factors. Port cranes are core equipment for port operations, widely used in cargo loading, unloading, transportation and stacking. With the development and application of automation technology, port cranes have realized unmanned and intelligent operation instead of manual control, fundamentally reforming traditional port operation modes and greatly improving operational efficiency. This paper expounds the application value, specific scenarios and development trends of automation technology in port cranes, so as to further promote the construction and upgrading of smart ports.

Keywords： automation technology; port crane; technical application

港口起重机械是港口作业的主要载体，包括岸边集装箱起重机、门座起重机、桥式起重机、集装箱门式起重机等，其作业的效率 and 安全性可以直接影响港口吞吐量和服务质量^[1]。传统的港口起重机械依靠人工操作，普遍存在误差多、风险高、效率低等问题，不能满足智慧港口智能化、高效化的发展要求^[2]。而随着工业自动化、人工智能等技术的不断发展，自动化技术开始渗透到港口起重机械的运行、管理等领域，为智慧港口建设提供了强有力的技术支撑。因此，探索自动化技术在港口起重机械中的应用，有一定的必要性和重要性。

一、自动化技术在港口起重机械中应用的价值

（一）提升作业效率，满足规模化作业需求

传统的港口起重机械依靠人工操作，受到人工操作熟练程度、劳动强度、休息时间等各方面的制约，作业效率较低。而自动化技术的应用，让起重机械能够自主、连续作业，摆脱了人工操作的制约，能大大提高作业效率^[3]。不仅如此，自动化技术可以依靠智能调度系统之间的相互配合，让各个起重机械、各个环节之间没有断点，实现作业不空转，能大大减少作业等待的时间，从而提高港口的吞吐量和服务能力。

（二）强化作业安全，降低安全风险

港口起重机械的作业环境复杂，涉及高空、重载、露天等作业。而人工操作常常会出现很多安全隐患，比如超载、碰撞、人员坠落，易对作业人员生命安全及港口财产安全造成严重威胁^[4]。自动化技术的应用，可以有效避免因人工操作所带来的误

差与危险，能大大提高作业的安全性。例如，重量传感器、位移传感器等可对货物的重量和设备工作状态进行实时检测，防止出现超载、偏载等情况；激光传感器、视觉传感器可对作业区内的障碍物进行检测，防止发生碰撞事故；自动控制技术可保障设备在工作时保持平稳的状态，减少由于人为操作不当而产生的安全隐患。

（三）降低运营成本，提升经济效益

港口起重机械运营成本通常包括人工成本、设备维护成本等多个方面^[5]。而自动化技术的应用，能有效降低港口运营的成本，提高港口经济效益。一方面，自动化作业可以大大降低对作业人员的需求，降低人员薪酬、培训等人工成本。一台自动化岸边集装箱起重机只需1到2名远程监控人员，而传统人工操作需要4到5名作业人员，大大降低了人工投入。另一方面，利用传感器对设备的运行状况进行实时监测，可以提前发现故障并加以预防，实现对设备的主动维护，能减少因设备故障而导致的停机时间，从

而降低设备更换成本。

二、自动化技术在港口起重机械中的具体应用场景

（一）岸边集装箱起重机的自动化应用

岸边集装箱起重机是港口集装箱装卸的主要设备，其自动化应用主要是无人装卸、精准对接，可依靠传感器、自动控制、人工智能等技术，完成集装箱的自动抓取、转运和装卸等工作。岸边集装箱起重机可利用视觉传感器、图像识别技术对船舶上的集装箱进行识别定位，用传感器检测集装箱重量、姿态，自动控制系统控制吊具准确抓取集装箱，通过变频调速、伺服控制技术控制起重机起升、变幅、行走动作，将集装箱准确运送到码头的集装箱卡车上或堆场上，从而实现装卸作业全过程自动化^[6]。除此之外，岸边集装箱起重机的自动化应用还具备远程监控、故障预警等功能。传感器在对设备的运行状况监测完以后，会将相关数据传送到管理平台。这样，管理人员可以远程观察设备的工作状况，提前预测出故障出现的可能性，借此来实现主动维护，从而减少设备停机的时间。

（二）集装箱门式起重机的自动化应用

集装箱门式起重机主要用在港口集装箱的堆存和转运上，其自动化应用的核心是自动堆存和智能调度，可利用自动化技术实现对集装箱地有序堆存和快速转运，能够大大提高堆存效率和空间利用率。自动化集装箱门式起重机依靠激光传感器、位移传感器等，可精准对自身的位路和集装箱的位路进行定位，并且利用自动控制技术控制起重机完成自动行走、吊具升降、集装箱抓取等动作。而且，自动化集装箱门式起重机还可根据港口管理系统下达的堆存指令，自动识别集装箱的编号、种类，将集装箱精准堆放到指定位置上，并记录下集装箱的堆存信息，从而达到智能化管理集装箱的目的。在转运作业中，自动化集装箱门式起重机还可以与岸边集装箱起重机或集装箱卡车自动对接，完成集装箱的转运作业，从而实现作业流程的无缝衔接^[7]。除此之外，自动化轨道吊和无人集卡协同作业时，可以利用激光雷达精确找到吊具和集装箱之间的相对位置，然后用防摇算法消除摆动，最后由无人集卡按照系统的规划路径完成转运，全程不需要人工操作，能大大提高港口作业的效率。

（三）门座起重机的自动化应用

门座起重机主要用在港口散货、件杂货的装卸和转运上，其自动化应用的核心是精准装卸、安全作业，可根据散货、件杂货的特点，利用自动化技术实现对作业任务的精准控制^[8]。门座起重机可以依靠重量传感器、压力传感器等，对货物的重量实施即时监测，能避免出现超载等问题，还可以借助视觉传感器、激光传感器等，对作业区域内的障碍物和环境状况加以识别，并且能够规避恶劣环境或障碍物等对作业造成的干扰。除此之外，自动化门座起重机可依靠自动控制技术，可以控制抓斗的升降、开合，完成散货地准确抓取和卸载，并根据散货的堆积情况，自动调节卸载位置，防止散货散落，同时在件杂货装卸作业中，利用图像识别技术识别件杂货的种类及位置，精确抓取并转运。这样

可以有效减少人为因素的影响，能够大大提高作业的效率与安全水平。

（四）起重机械的自动化调度与管理

除了单台起重机械的自动化作业之外，自动化技术也可以应用到港口起重机械的整体调度和管理当中，依靠建立智能调度系统，实现多台起重机械以及各个作业环节之间的协同作业，从而提高港口的整体作业效率^[9]。智能调度系统可依靠物联网技术，将所有的起重机械作业数据、货物信息、船舶到港计划等全部纳入其中，利用人工智能算法对作业调度方案进行优化设计，能够有效避免作业冲突、提高作业效率。当多艘船舶同时到港时，智能调度系统可根据船舶的装卸需求和起重机械的作业状况，将岸边集装箱起重机、集装箱门式起重机等这些设备的作业任务进行合理分配，以达到多台设备协同作业的目的，从而减少船舶在港停留的时间。而且，智能调度系统可以对作业进度进行实时监测，及时调整作业方案，以便更好地应对作业过程中出现的突发状况，从而保证作业流程顺利推进。

三、自动化技术在港口起重机械中的应用发展

（一）核心技术自主化升级，打破国外垄断

从目前来看，部分我国港口起重机械的自动化核心技术仍依赖国外进口。因此，相关部门有必要加大对港口起重机械自动化技术的研发力度，推动港口起重机械设备的核心技术自主化，打破进口设备技术壁垒，从而降低港口起重机械设备的运用成本^[10]。同时，相关部门还要加强与企业、高校、科研机构等的合作，积极构建产学研一体化的核心技术自主研发体系，推进技术创新与成果转化工作，从而提高我国港口起重机械自动化技术的核心竞争力。

（二）多技术融合发展，提升适配性和可靠性

将自动化技术与人工智能、物联网、大数据、5G 等技术深度融合，可以大大提高港口起重机械的适配性与可靠性。例如，将自动化技术与5G 技术相结合，可以实现对起重机械的远程精准控制和数据的实时传输；与大数据技术相结合，可以更好地分析作业数据和作业环境，能有效优化作业的流程，提高设备在复杂环境中的应对能力；与数字孪生技术相结合，可以创设虚拟的码头环境，并借此展开模拟测试，有利于提高设备实际应用的可靠性。例如，丹麦马士基集团与通用电气（GE）联手创建的 Port of Aarhus 数字孪生平台，凭借对起重机运行数据的实时收集来创设虚拟模型，可以提前察觉潜在的问题故障，并且能够制定出科学、合理的设备维护方案，大大提高了设备应用的可靠性。

（三）绿色化发展，契合可持续发展需求

随着全球可持续发展的理念不断深入，港口行业也需要朝着绿色化的方向发展。因此，自动化技术和绿色技术有必要深度融合到港口起重机械当中去，从而推动港口起重机械的绿色化升级。相关部门可以采用更加节能的电机或者使用变频调速技术来降低能耗，还可与新能源技术相结合，使用电动或者氢能等新型能源代替传统的燃油动力，从而减少污染物的排放，实现绿色作

业，最终达到推动港口行业绿色化发展的目的。

四、结语

总而言之，将自动化技术应用于港口起重机械，是港口行业转型升级的必然走向，能够大大推进智慧港口建设不断深入。从应用场景上来看，自动化技术可以被应用于岸边集装箱起重机、

集装箱门式起重机、门座起重机等各种起重机械上，涉及集装箱装卸、散货处理、货物堆存等诸多作业环节，有利于形成全流程的自动化作业体系。而随着现代科学技术的不断发展，自动化技术在港口起重机械中会得到更加广泛地使用，最终实现全流程无人化作业，从而促使港口行业朝着更高效、更安全、更智能、更绿色的方向发展，为全球贸易的发展提供强有力的技术支撑。

参考文献

[1] 王勇, 吴迪清, 陈强. 机械自动化技术在港口起重机械制造中的应用研究 [J]. 凿岩机械气动工具, 2025, 51 (06): 202-204.

[2] 鹿晓龙. 自动化技术在提升起重机械制造质量中的应用 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (01): 37-38.

[3] 楼小康, 刘厚玺. 自动化技术在提升起重机械制造质量中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (09): 101-103.

[4] 关永宏, 张文玲. 基于 BIM 技术的起重机械设计与制造 [J]. 机械工业标准化与质量, 2024, (09): 47-50.

[5] 楼小康, 袁建华. 信息化时代起重机械无损检测技术的创新与应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (07): 174-176.

[6] 房博. 智慧工地技术在起重机械安全管理中的运用 [J]. 工程机械与维修, 2024, (07): 31-33.

[7] 陈庆龙, 张亮, 徐学众. 自动化技术在港口起重机械中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53 (06): 160-161.

[8] 高宇. 智慧工地技术在建筑起重机械安全管理中的应用实践 [J]. 中国新通信, 2024, 26 (12): 62-64.

[9] 李娜, 刘关四, 王志杰, 等. 港口起重机械运行状态监测数据集成分析系统开发及应用 [J]. 中国特种设备安全, 2022, 38 (09): 1-4+30.

[10] 王吉如, 李永华, 王水明. 港口起重机械自动化技术研究与实践 [J]. 中国战略新兴产业, 2022, (21): 169-171.

风电场集电线路故障预防与快速定位实践分析

张辉¹, 万伟¹, 陈旭¹, 王佳男², 梁俊杰², 李根康²

1. 巨鹿县建投风能有限公司, 河北 邢台 054000

2. 巨鹿县建设新能风力发电有限公司, 河北 邢台 054000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090016

摘 要 : 随着全球“双碳”目标的深入推进, 风电作为清洁能源的重要组成部分, 其装机容量持续增加, 集电线路作为风电场电能汇集、传输的神经网络, 具有安全稳定的特点, 它也直接影响着风电场的发电效率、经济效益以及供电可靠性。然而, 风电场主要选址在高海拔的山区、矿业荒原和沿海滩涂等自然条件恶劣的地区, 集电线路长期处于复杂的环境中, 这也受气象灾害、设备老化等外界因素影响, 故障频发并且难度较大, 会直接导致出现较大的经济损失。基于此, 本文深入探究风电场集电线路故障预防与快速定位, 进而助力风电场实现安全、高效和稳定运行。

关 键 词 : 风电场; 集电线路; 故障预防; 故障定位; 运维管理

Practice Analysis of Fault Prevention and Rapid Location for Collector Lines in Wind Farms

Zhang Hui¹, Wan Wei¹, Chen Xu¹, Wang Jia'nan², Liang Junjie², Li Genkang²

1. Julu County Jiantou Wind Energy Co., Ltd., Xingtai, Hebei 054000

2. Julu County Jiantou Xin'heng Wind Power Generation Co., Ltd., Xingtai, Hebei 054000

Abstract : With the in-depth advancement of the global "dual carbon" goals, wind power, as an important component of clean and renewable energy, has witnessed a continuous increase in installed capacity. As the neural network for power collection and transmission in wind farms, collector lines feature safety and stability, and directly affect the power generation efficiency, economic benefits and power supply reliability of wind farms. However, wind farms are mainly located in harsh natural environments such as high-altitude mountainous areas, mining wastelands and coastal tidal flats. Collector lines are exposed to complex environments for a long time and affected by external factors such as meteorological disasters and equipment aging, resulting in frequent faults and great difficulty in troubleshooting, which directly leads to significant economic losses. Based on this, this paper conducts an in-depth exploration on the fault prevention and rapid location of collector lines in wind farms, so as to assist wind farms in achieving safe, efficient and stable operation.

Keywords : wind farm; collector line; fault prevention; fault location; operation and maintenance management

引言

近年来, 我国风电产业实现跨越式发展, 容量目前已稳居全球首位, 成为推动能源结构转型、实现“双碳”目标的关键力量。集电线路作为风电场的重要组成部分, 承担着将单台风机发出的电能汇集、输送至升压站的重要使命, 这也是连接风力发电组合电网的桥梁, 运行的状态直接影响着整个电厂的运营成效。然而, 目前我国风电场逐渐向深远海、高海拔地区拓展, 集电线路的运行环境将更加复杂, 故障发生的概率也逐渐提升, 难度不断加大。这就需要优化运维管理模式, 降低故障发生率, 缩短故障处理的时间。

一、集电线路常见故障类型及成因

(一) 主要故障类型

从国内大量风电场运行数据来看, 集电线路故障以单相接地、相间短路、雷击闪络、电缆接头故障、外力破坏五类最为典型。

单相接地故障最为常见, 它主要表现在线路某一相导体与大地或接地体意外连通, 表现为零序保护动作跳闸。如果修复不及时则可能会出现相间短路, 从而导致设备的绝缘受损。

相间短路故障电流相对较大, 破坏性也比较强, 通常恢复的时间也较长。雷击故障主要体现在山区和开阔地带, 过电压易造

项目信息: 基于高频电流的检测的电缆集电线路故障智能预警和精准定位技术研究。

成绝缘子击穿，避雷器失效。出现故障后，故障点会产生剧烈的电弧，从而温度急剧升高，导致电缆过热而出现烧毁，引发火灾现象^[1]。

雷击故障也较为常见，具有较为明显的季节性差异，在多雷地区容易出现这类问题，故障特征主要为电压保护器动作，存在故障点伴随烧灼的痕迹，跳闸出现的可能性较大，雷击容易导致线路绝缘层局部碳化，从而引发故障问题。

绝缘老化故障也是主要的故障种类之一，它表现为绝缘电阻下降，局部放电量超标，跳闸的概率相对较大，并且修复时间也比较长，故障点相对隐蔽，需要大范围的排查，长期运行容易导致绝缘性能的不断恶化，从而导致击穿故障。

除此之外，还包括线路故障、接触不良和复合型故障问题，断线故障表现为回路电阻无穷大、通信中断，会导致发电量中断，直接影响到网络的稳定性。如果产生复合型故障，抢修的难度将会更高，容易产生次生故障，修复的时间也会更长^[2]。

（二）故障主要成因

1. 自然环境因素

自然环境因素是户外集电线路故障的主要因素，风电场选址具有特殊性，这就导致线路长期在恶劣的环境下暴露。一是气候在还会有影响，强风会导致线路出现剧烈的摇摆，从而产生导线与杆塔、导线与导线之间的放电，长期风疲劳还会造成导线、金具器械出现损伤。暴雨，冰雪会直接侵蚀线路的绝缘层，从而降低绝缘的性能，产生闪络事故，导致地线覆冰过载，并出现断线倒塔。高海拔地区的紫外线较高，温度较低也容易导致绝缘层出现老化问题。

2. 设备自身因素

设备自身存在较大的缺陷，集电线路故障是最关键的原因。一是设备制造缺陷，电缆、绝缘子、金具、断路器等设备在生产的过程中存在工艺上的缺陷，包括电缆绝缘层厚度不均匀，绝缘子瓷质开裂，金具材质不达标，容易导致设备的运行效率下降。电流互感器则作为电力系统的重要组件，其极性正确性直接影响保护装置的动作^[3]。二是设备存在老化问题，集电线路设备长期在电、热、机械应力联合作用下运行，会出现老化的情况，电缆绝缘层出现氧化。三是设备选型不当，如果选用的设备不符合风电场恶劣的环境要求，包括在多雷地区没有选用防雷性能较强的绝缘子，在沿海地区没有选用耐盐雾腐蚀的电缆，则容易导致设备出现寿命缩短的问题。

3. 施工质量因素

施工质量是集电线路长期稳定运行的基础，在实施过程中的不规范操作则会留下一系列的隐患问题。一是线路敷设不规范，架空线立杆不垂直，会导致张力不足或较大，会产生显线摆幅度增加，引发短路或断线的情况。电缆敷设时牵引力超过预定值，则会导致导体出现变形的情况，挖掘机误操作会导致电缆外护套破损。二是接头处理不当。电缆中间接头，终端头是线路的薄弱环节，如果压接工艺不良，接触电阻将直接超标，会导致局部过热。三是接地系统施工缺陷，接地体埋地的深度不足、接地电阻超标，也会导致雷击电流无法及时泄放，从而增加雷击故障的概

率。四是施工验收不合格，施工完成后没有按照规范进行电阻测试和交接试验，无法及时发现施工隐患，从而导致投运后故障问题频频出现^[4]。

二、风电场集电线路故障预防与快速定位

（一）预防方法

优化设备的选型。设备选型的合理性直接影响着集电线路运行的可靠性。这就需要根据风电场的地理环境、气候条件展开分析，选择合适的设备，从源头上减少故障问题。一是电缆的选型应根据风电场的环境分析，选择耐老化、耐高低温、耐盐雾、抗紫外线的电缆，确保其具有良好的绝缘性能和机械性能，适合风电场集电线路的使用。沿海风电场应选用耐盐雾腐蚀的海底电缆，保障敷设的深度在1—3米中间，增强抗腐蚀的耐力。二是绝缘子与金具的选型，多雷地区主要选用防雷绝缘子，增强线路放电的能力。污染严重的地区则需要选用防污绝缘子，减少绝缘子故障。三是保护设备选型，选用性能可靠、动作精准的断路器、隔离开关等设备，确保设备保护的有效性^[5]。四是辅助设备选型，配备可靠的防雷装置以及接地装置，降低雷击的概率。

严格施工规范。施工的质量直接影响着故障预防的效果。为此，这就需要强化施工管理。一是优化线路路径设计，选用地理信息系统分析周边地形、交通等信息，借助卫星影像和地形数据，避开重型车辆通行区、规划道路、地质灾害隐患区。电缆沟开挖依据地质勘探报告确定深度，避免沟壁出现塌陷。二是规范线路敷设的施工，架空线路立杆应垂直，导线张力控制在合理的范围内，避免导线过度松弛或过紧。线缆敷设应采用张力放线设备精准控制张力，避免拉伸和松弛受损。三是加强接头处理，电缆中间接头、终端头由专业资质的人员进行工艺规范操作，采用专用保护盒填充高性能绝缘防水密封胶，防止水分、灰尘入侵，避免局部放电或绝缘击穿。

强化运维管理。常态化的运维管理是预防集电线路故障的重要方式。为此，这就需要建立健全管理机制，优化运维模式，提高运维人员的素质能力。一是构建完善的巡检制度，结合风电场的实际情况制定巡检计划，确保巡检工作的有效开展。在巡检的过程中可以采用人工巡检、智能巡检一体化的模式，构建立体巡检网络。人工巡检重点检查导线、绝缘子、接头装置等设备的运行状态，及时清理线路的杂物，排查外力破坏问题。智能巡检则利用无人机、智能摄像头等设备发现隐患缺陷，可以利用红外测温等技术实时捕捉异常信号。二是加强设备状态的监测，安装在线监测系统，实时监测线路的温度、绝缘性能等数据，建立设备状态数据库，结合数据信息进行分析，及时发现异常问题。三是加强防雷保护维护，定期检查避雷针、避雷器等防雷设备的运行情况，及时清理避雷针上的杂物，检查避雷器的绝缘性能，测试接地电阻，确保防雷设备的有效运行^[6]。四是提升运维人员专业素养，定期开展专业技能培训，邀请行业专家进行授课，分享实践经验。组织运维人员开展应急演练，确保提高故障应急处理能力。

（二）快速定位方法

故障录波分析法。通过安装故障录波装置，记录故障发生期间的电压、电流波形等数据信息，结合保护装置的动作信息，分析故障的类型和故障相位、故障距离等参数，进而确定定位故障点。这种方法适合应用于各类故障的定位，特别是复杂故障，定位精准度较高，能够为故障分析提供数据上的支持^[7]。

行波故障定位技术。利用故障发生时产生的行波数据，通过行波定位装置测量行波的传播时间和速度，计算故障点的距离。这种方法定位速度较快，精度比较高，不受故障类型、过渡电阻的影响，更加适用于架空线路和电缆线路的故障定位，行波故障定位技术分为单端定位和双端定位。单端定位只能在线路的一端安装定位装置，操作较为简单，成本比较低。双端定位则需要在线路两端安装定位装置，确保定位的精准度更高，它更加适用于复杂的地形和长距离的线路^[8]。

无人机巡检定位技术。利用无人机的机械性和高清摄像功能，对集电线路进行空中检测，并利用无人机设备的红外热像仪、高清摄像头，及时捕捉线路的故障问题，实时传输图像数

据。运维人员则需要通过地面终端快速定位故障点。这种方法更加适用于地形复杂、交通不便的区域，能够提高巡检的效率和定位的精准性，减少人工巡检的工作量和安全风险^[9-10]。

三、结语

综上所述，风电场集电线路是电能汇集和传输的重要方式，其安全稳定运行对风电场的发电效率、经济效益和供电可靠性具有影响。目前，风电集电线路容易受自然环境、设备自身和施工质量等多种因素影响，出现故障问题并且具有较高的定位难度，这也影响了风电场的正常运行。为此，这就需要通过优化设备选型、严格施工管理减少故障隐患。并采用智能化的故障定位技术，精准找出故障问题。未来，随着风电产业的持续发展以及智能化技术的进步，风电集电线路故障预防和快速定位技术将更加智能化和精准化，确保缩短故障处理时间，为风电产业高质量发展提供支持。

参考文献

[1] 李德胜. 风电场集电线路电缆故障查找与改进 [J]. 大众用电, 2025, 40(09): 55-56.
[2] 唐雪峰. 风电场集电线路电气设计与故障研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(16): 121-124.
[3] 李俊男. 风电场集电线路隐患放电识别特性研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (08): 293-296.
[4] 高毅. 风电场集电线路故障定位与保护技术研究 [J]. 电力设备管理, 2025, (13): 167-169.
[5] 张恒坤, 白迪. 风电场集电多分支线路故障区段定位方法 [J]. 沈阳工程学院学报 (自然科学版), 2025, 21(03): 74-79.
[6] 何云飞. 基于时频域的风电场集电线路故障定位方法研究 [D]. 昆明理工大学, 2025.
[7] 李俊男. 风电场集电线路隐患放电识别特性研究 [J]. 自动化应用, 2025, 66(09): 134-137.
[8] 王帆, 孟锦国, 姚新建, 等. 海上风电场集电线路修复案例分析 [J]. 水电与新能源, 2025, 39(04): 66-68+72.
[9] 方占跃. 混架风电场集电线路故障测距方法研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (04): 40-43.
[10] 赵忠立, 贾焜. 风电场集电线路故障在线定位方案探讨 [J]. 农村电气化, 2025, (02): 44-47.

风电场集电线路故障精准定位对运维效率的影响研究

张辉¹, 王伟¹, 陈旭¹, 王佳男², 梁俊杰², 李根康²

1. 巨鹿县建投风能有限公司, 河北 邢台 054000

2. 巨鹿县建设新能风力发电有限公司, 河北 邢台 054000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090017

摘 要 : 在“双碳”目标的驱动下,我国风电产业飞速发展,正从“规模扩张”向“高质量发展”转型,成为落实“双碳”目标、构建新型电力系统的核心组成部分。作为风电场电能传输的核心枢纽,集电线路运行稳定性将会对风电场的发电效率、安全水平产生直接影响。风电场集电线路具有覆盖范围广、运行环境复杂、故障发生率高、故障排除难度大等特点,传统故障定位方法精准度不高,耗时长,已经成为限制运维效率提升的重要因素。而集电线路故障精准定位能够有效缩短故障定位和排查时间,降低资源损耗,对提升风电场运维效率具有重要作用。对此,本文就风电场集电线路故障精准定位对运维效率的影响进行深入研究,旨在为提升风电场运维效率提供一些参考和借鉴。

关 键 词 : 风电场; 集电线路; 故障精准定位; 运维效率

Research on the Impact of Accurate Fault Location of Collector Lines in Wind Farms on Operation and Maintenance Efficiency

Zhang Hui¹, Wan Wei¹, Chen Xu¹, Wang Jia'nan², Liang Junjie², Li Genkang²

1. Julu County Jiantou Wind Energy Co., Ltd., Xingtai, Hebei 054000

2. Julu County Jiantou Xin'heng Wind Power Generation Co., Ltd., Xingtai, Hebei 054000

Abstract : Driven by the "dual carbon" goals, China's wind power industry has developed rapidly, transforming from "scale expansion" to "high-quality development", and has become a core component of implementing the "dual carbon" goals and building a new power system. As the core hub for power transmission in wind farms, the operational stability of collector lines directly affects the power generation efficiency and safety level of wind farms. Collector lines in wind farms are characterized by wide coverage, complex operating environments, high fault rates, and great difficulty in fault elimination. Traditional fault location methods have low accuracy and long time consumption, which have become important factors restricting the improvement of operation and maintenance (O&M) efficiency. Accurate fault location of collector lines can effectively shorten the time for fault location and elimination, reduce resource loss, and play a crucial role in improving the O&M efficiency of wind farms. In this regard, this paper conducts an in-depth research on the impact of accurate fault location of collector lines in wind farms on O&M efficiency, aiming to provide reference for improving the O&M efficiency of wind farms.

Keywords : wind farm; collector line; accurate fault location; operation and maintenance (O&M) efficiency

引言

截至2025年底,我国风电累计并网容量达6.4亿千瓦,同比增长23%,约占全国电力总装机的16%,占全球风电总装机的40%以上^[1]。集电线路作为连接风力发电机组与升压站的关键环节,承担着汇集和传输电能的重要任务,其运维效率将会对风电场的整体效益产生直接影响。然而,集电线路存在线路长、分支多、运行环境复杂等特点,故障率居高不下,严重影响风电场的整体效能。根据行业统计,风电场集电线路故障占全场电气故障的60%以上。传统故障定位方法,如人工巡检、阻抗法等存在一定局限,定位误差较大,故障排查工作耗时巨大,这不仅会造成大量电能损失,同时还会增加运维人员的工作难度和安全风险。

在此背景下,探究集电线路故障精准定位对运维效率的影响,提出行之有效的策略,对于提升风电场管理水平、降低运维成本、保障风电场安全稳定运行具有重要现实意义^[2]。

一、集电线路故障精准定位对运维效率的核心影响

（一）缩短故障排查时间，提升抢修响应速度

在风电场运维工作中，故障排查往往需要耗费大量的时间，这也是影响抢修效率的主要因素之一。以往，阻抗法是进行故障定位的主要方法之一，然而，这种方法容易受负荷波动、过渡电阻以及线路参数误差等因素的影响，故障定位精准度不高^[3]；除此之外，人工巡检也常被运用在线路故障排查工作中。这种方法不仅对运维人员的专业素养有着较高的要求，同时也往往耗费大量的时间，严重影响排查效率的提升。

故障精准定位技术，如行波法、分布式光纤传感法、人工智能融合定位法等，能够实现精准定位，极大地缩小定位误差，运维人员可根据定位结果快速完成故障抢修，极大地缩短故障排查和检修时间，显著提升抢修效率。

（二）降低停电损失，提升风电场发电效益

风电场集电线路故障可能会导致整条线路上的所有风机停电，造成巨大的发电量损耗。以一条装机容量50MW的集电线路为例，假设平均风速为6m/s，该机组每小时可发电量约为2.5万千瓦时，按照当前上网电价进行计算，每小时经济损失可达7500元。若故障排查超过10小时，发电量损失可达25万千瓦时，经济损失超过7.5万元。精准的故障定位能够有效缩短维修时间，降低发电量损失，增加经济收入，提升风电场发电效益^[4]。

（三）优化运维资源配置，降低综合运维成本

在传统运维模式下，为了顺利处理集电线路故障，风电场往往会配备大量的检修人员和设备。一旦发生故障，往往需要耗费大量的人力和物力资源。同时，长时间的户外巡检工作也会一定程度上增加运维人员的安全风险，管理成本随之也会不断提升。

故障精准定位能够实现运维资源的优化配置，提升资源投放的精准性，减少人力和物力资源的损耗，仅安排少量运维人员和设备即可快速完成检修任务。这不仅减少资源投入，还缩短抢修时间，降低运维人员的安全风险。除此之外，故障精准定位能够准确获知故障的类型和严重程度，为运维人员快速完成故障抢修、避免因准备不足导致二次延误奠定基础^[5]。

（四）推动运维模式升级，提升管理精细化水平

传统运维工作以故障抢修为主，缺乏对故障规律的深入分析和精准预判。故障精准定位系统能够利用先进的技术手段，收集故障发生的时间、位置、类型等数据，形成一个庞大的故障数据库。通过利用大数据技术，可对相关数据进行深入分析，总结出不同区域、不同季节、不同类型故障的发生规律，提前预测故障高危区域，为开展预防性维护工作提供数据支撑，推动运维模式升级，由传统的“被动抢修”向“主动预防”方向转变^[6]。除此之外，故障精准定位系统还能够为集电线路的设计、优化提供数据支撑。例如，通过对故障数据进行深入分析，在新建风电场集电线路设计过程中，可优化设计方案，规避自然灾害高发地区，从源头降低故障发生率。

二、提升风电场集电线路故障精准定位的策略

当前，风电场集电线路故障主要存在技术应用不充分、监测体系不完善、数据利用率较低等问题，导致运维效率难以提升^[7]。对此，本文从技术融合、系统建设、数据应用等三个方面着手，提出行之有效的风电场集电线路故障精准定位策略。

（一）融合多技术优势，提升故障定位精度

传统的故障定位技术存在一定局限，往往定位误差较大^[8]。因此，在新时期，有必要结合不同定位技术的优势，构建多技术融合的复合定位方案，以此提升故障定位精度。行波法是当前主流的精准定位技术，具有定位精度高、不受过渡电阻影响等优势，其对行波信号的收集和识别有着较高的要求；分布式光纤传感法能够实现线路全段进行实时监测，故障定位较为准确，但经济成本较高；阻抗法也是一种常见的故障定位技术，其所需设备较为简单，经济成本较低，但存在较大的定位误差，可将其作为辅助定位手段。在具体实践中，可采用“行波法为主+阻抗法为辅+光纤传感补充”的融合定位模式。在集电线路首端与分支处安装行波采集装置，利用行波法实现故障的初步定位；可利用阻抗法进行交叉验证，以此消除误差，提升故障定位准确度。同时，还可以在重要区域或故障高发区域铺设分布式光纤，以此实现故障的精准定位。除此之外，还可以将人工智能、大数据等先进技术引入，通过对历史故障数据进行收集和分析，提升故障信号的识别准确率和定位速度。

（二）完善全域监测体系，实现故障实时感知

为了实现故障精准定位，还有必要构建覆盖集电线路全段的智能化检测体系^[9]。当前，大部分风电场仅在升压站侧安装故障定位装置，并未在线路分支、末端等位置安装，这导致故障定位不准确，存在较大误差。对此，应优化检测装置的布局，在集电线路的每条分支、末端等位置安装故障指示器、行波采集终端等，以此实现对线路的实时检测。同时，还可以利用物联网技术，将检测装置与风电场调度中心连接，构建“终端采集——网络传输——平台分析”的一体化监测系统。检测装置能够实时收集各种数据，如电压数据、电流数据、行波等，并通过5G或光纤网络传送至平台，平台对收集的数据进行深入分析，一旦发现数据异常，检测到故障，立即发送故障信息，包括故障类型、故障位置等内容，实现故障的精准感知和定位，为故障抢修奠定坚实基础。

（三）建立故障数据平台，深化数据价值应用

数据是提升故障定位精准度和运维管理水平的重要资源^[10]。当前，部分风电场的故障数据存储较为分散，缺乏统一、规范的管理和分析，数据价值并未得到充分挖掘和利用。对此，有必要构建一个故障数据平台，整合历史故障数据，推动数据资源共享，深化数据价值应用。

对此，可利用大数据、人工智能等技术对数据库数据进行深度挖掘，全面分析故障发生规律、类型特点、季节特征等因素，构建故障预测模型，以此实现故障的精准预测，为后期故障预防和检修工作的顺利开展提供助力。例如，可结合故障数据精准预

测线路在冰雪、雷雨等自然灾害下发生故障的概率，提前发布预警信息，制定针对性的维护方案，实现资源的优化配置，为风电场的稳定运行奠定基础。此外，还可通过数据共享实现行业内的经验交流，汇总不同地形、不同类型风电场的故障案例与定位经验，不断优化故障定位算法与运维策略。

（四）加强运维能力建设，保障技术落地见效

在新时期，还应不断加强运维能力建设，组建专业化的运维团队，以此保障故障定位技术落地见效。当前，部分风电场运维人员专业素养薄弱，对新型故障定位设备、系统等缺乏深入了解，操作生疏，导致技术优势并未充分发挥出来。对此，应加强运维人员培训，定期组织故障定位相关培训活动，培训内容包括故障识别与排查、故障定位系统使用等，以此提升运维人员的专业素养和综合能力。除此之外，还应完善运维管理制度，明确故障定位、抢修响应、数据记录等环节的工作流程与标准，确保故障发生时能够快速响应、高效处置。将故障定位精度、故障处理时间等指标纳入运维人员的绩效考核，激发运维人员的工作积极

性与主动性。同时，加强与设备厂家、科研机构的合作，及时获取技术支持与升级服务，保障故障定位系统的稳定运行与持续优化。

三、结语

总之，集电线路故障精准定位是提升风电场运维效率的核心抓手，其通过缩短故障排查时间、降低停电损失、优化资源配置、推动运维模式升级，能够显著提升风电场的发电效益与管理水平。在风电产业高质量发展的背景下，风电场需高度重视集电线路故障精准定位技术的应用与创新，通过多种方式和手段，提升风电场运维效率。未来，随着新兴技术的不断发展和进步，集电线路故障定位将向更精准、更智能的方向发展。风电场应持续跟踪技术前沿，结合自身实际情况不断优化故障定位方案，最大限度降低故障影响，保障风电场安全、稳定、高效运行，为我国“双碳”目标的实现提供坚实的能源支撑。

参考文献

[1] 崔浩杰, 林莘. 基于信息矩阵的海上风电场集电线路故障定位研究 [J]. 电工技术, 2025, (24): 92-95.

[2] 尹飞, 沈志中, 余从极, 等. 海上风电场集电线路两相短路故障的在线故障测距方法 [J]. 可再生能源, 2025, 43(12): 1647-1654.

[3] 陈明云. 风电场集电线路跳闸原因分析及应对措施 [J]. 福建水力发电, 2025, (02): 54-55.

[4] 景圆圆. 新能源风电场集电线路常见故障及预防策略研究 [J]. 中国战略性新兴产业, 2025, (32): 97-99.

[5] 李德胜. 风电场集电线路电缆故障查找与改进 [J]. 大众用电, 2025, 40(09): 55-56.

[6] 唐雪峰. 风电场集电线路电气设计与故障研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(16): 121-124.

[7] 李俊男. 风电场集电线路隐患放电识别特性研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (08): 293-296.

[8] 张宁. 某风电场 35kV 集电线路分布式故障监测装置加装效果研究 [C]// 中国农业机械工业协会风能装备分会, 第十二届中国风电后市场交流合作大会论文集, 中节能(原平)风力发电有限公司; 2025: 182-186.

[9] 王秉金, 景浩. 基于非线路故障情况下过流二段故障处理措施分析——低电压无功运行工况稳定性分析 [C]// 中国农业机械工业协会风能装备分会, 第十二届中国风电后市场交流合作大会论文集, 嘉泽新能源股份有限公司, 2025: 193-195.

[10] 高毅. 风电场集电线路故障定位与保护技术研究 [J]. 电力设备管理, 2025, (13): 167-169.

[11] 张恒坤, 白迪. 风电场集电多分支线路故障区段定位方法 [J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2025, 21(03): 74-79.

超长冲程抽油机井的举升工艺分析及优化研究

张振桐

大庆油田有限责任公司第五采油厂，黑龙江 大庆 163511

DOI: 10.61369/SSSD.2026090018

摘 要： 伴随着油气开采具备高效化、节能化、长效化特征的发展过程，超长冲程抽油机凭借超长冲程、超低冲次的特点，解决了传统抽油机产液能力差、杆管偏磨严重、系统效率低等问题，在油田开发中得到广泛的应用。本文以超长冲程抽油机井举升工艺为研究对象，根据大庆油田 TF 采油厂现场应用实例，对超长冲程抽油机井举升工艺进行系统化分析，并发掘出超长冲程抽油机及配套设备的技术优势，运用现场应用数据探究应用井的基本情况、泵效与沉没度之间的内在联系以及玻璃钢抽油杆的应用可行性，最后得出研究成果，为超长冲程抽油机井举升工艺的优化升级、推广使用、提高效益提供一定的理论依据和参考。

关 键 词： 超长冲程抽油机；举升工艺；抽油杆

Research on Lifting Process Analysis and Optimization of Ultra-long Stroke Pumping Wells

Zhang Zhentong

The Fifth Oil Production Plant of Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163511

Abstract： As the process of oil and gas extraction evolves, it exhibits characteristics of high efficiency, energy conservation, and long-term sustainability, energy conservation and long-term operation, ultra-long stroke pumping units, featured by ultra-long stroke and ultra-low pumping speed, have solved the deficiencies of traditional pumping units such as poor liquid production capacity, severe rod and tube eccentric wear and low system efficiency, and have been widely applied in oilfield development. Taking the lifting technology of ultra-long stroke pumping wells as the research object, this paper systematically analyzes the lifting process combined with the field application practice of the TF Oil Production Plant in Daqing Oilfield, and summarizes the technical advantages of ultra-long stroke pumping units and supporting equipment. Based on field measured data, it explores the basic conditions of application wells, the internal correlation between pump efficiency and submergence depth, as well as the application feasibility of FRP sucker rods. Relevant research conclusions are concluded, so as to provide theoretical basis and technical reference for the optimization, upgrading, popularization and benefit improvement of the lifting technology for ultra-long stroke pumping wells.

Keywords： ultra-long stroke pumping unit; lifting process; oil rod

引言

伴随着我国油气资源开发越来越深入到深层、低渗、低产区块，传统的游梁式抽油机也已经不能满足高效开采的要求。游梁式抽油机最大冲程为 2.5 ~ 5.5m，最低冲次为 1.5 ~ 3n/min，有冲程短、冲次高、能耗大、杆管偏磨严重、检泵周期短等固有缺陷，不但造成开采成本上升，而且影响产液量提高。在这种情况下，超长冲程抽油机应运而生，它突破了传统抽油机的结构束缚，达成了超长冲程，超低冲次的高效举升模式，足以成为破解低产低效油井开采难题，助力油田开发提质增效的关键设备。

一、超长冲程抽油机举升工艺的特点

超长冲程抽油机举升工艺优势在于它特殊的结构设计以及运行模式，主要表现在以下两个方面：

一是冲程大、冲次低，举升效率高。超长冲程抽油机的最大冲程可达 50m，最低冲次只有 1n/h，远高于游梁式抽油机的 5.5m

最大冲程和 1.5n/min 最低冲次，长冲程能增加抽油泵的有效排量，超低冲次能减少抽油杆和光杆的疲劳损伤，延长抽油杆、光杆、油管、抽油泵等主体井下工具的使用寿命，同时减少冲程损失，平均泵效可以达到 85% 以上，大幅度提高举升效率^[1]。

二是能耗小、系统效率高。该工艺把永磁同步电机和减速器集成起来，减少了传动环节，提高了传动效率，而且没有了平衡

块、曲柄、皮带这些零部件，从而降低了设备在运转时消耗及损失的能量，同传统的游梁式抽油机相比，其节电率不低于60%，如果采取动态平衡调整措施，节电率可达到66%以上，系统效率比一般的节能装置至少提高一倍^[2]。

二、超长冲程抽油机及其配套设备的技术优势

（一）超长冲程抽油机本体的技术优势

超长冲程抽油机在结构设计、技术核心方面有突出表现，自身所具有的主要特点有三个方面。一是结构简单，可靠性好^[3]。与游梁式抽油机相比，该种设备去除了平衡块、曲柄、皮带这些容易损坏的部件，采用电机直接驱动的方式，减少传动环节，降低故障出现的概率，提高系统的可靠度，同时使用滚筒式卷扬结构，传动系统简洁，一次投入较少，运行维护费用较低。动力部分先进，传动效率高。采用永磁同步电机与减速器一体化配备的设计思路，电机效率高、能耗低，减速器传动比准，低速平稳，柔性光杆采用多层钢丝缠绕以及高分子涂层的方式，与传统光杆相比，其抗拉强度和抗弯强度提高很多，也提高了密封性，延长了光杆的使用寿命，同时传动效率也得到明显的改善。三是运行灵活，适用范围广。该设备可以实现单井或者双井之间的切换，可以满足最小5米的井口间距要求，完全满足丛式井组的布局需求，并且具有修井快速让位的功能来提高作业效率；根据油井渗透率、产能差异不同做个性化的参数调节，保证每口井处在最佳的工作状态，特别适合“三低”油藏高效开采。另外设备具有智能控制功能，可以对设备进行远程启停、数据传输、监控，大大提高了设备的运行稳定性，使运行时率得到保证^[4]。

（二）配套设备的技术优势

超长冲程抽油泵是核心配套设备，采用长泵筒、长活塞结构，与超长冲程抽油机相匹配，发挥长冲程优势，在抽油杆和光杆的往复运动中增大单次抽汲排量，降低气体影响，提升泵效，优化密封结构，降低漏失量，适合超低冲次运行^[5]。专用双向油管锚采用Φ116mm规格，为超长冲程抽油机井生产管柱蠕动问题提供优化方案，锚定性能理想稳定，管柱蠕动可控，防止油管磨损、断裂，解决常规Φ114mm双向油管锚适配性差的问题，保证管柱运行的稳定性。

清防蜡设备上用连续管式固体防蜡器和连续杆式固体防蜡器相结合的化学清防蜡技术，可降低采出液的黏度，减小结蜡对举升工艺的影响，比传统热洗、高温高压热洗等清防蜡方式更环保、更高效，不会造成高频次热洗造成的设备损伤；电加热清蜡技术作为补充的清防蜡技术，适用于结蜡严重的油井，尽管投资成本大、耗电量大，但是清防蜡效果明显，可以根据油井实际状况酌情考虑使用^[6]。

三、超长冲程抽油机井在生产实践中的应用分析

（一）应用井基本概况

大庆油田TF采油厂A区块为低渗透油藏，油层埋藏较深，

无连通水井，原油黏度中等，结蜡现象较常见，前期采用游梁式抽油机举升，泵效低、能耗大、杆管偏磨严重等问题突出，后期改用超长冲程抽油机举升，选取3口井进行试点，具体基本情况如表1所示。

3口试点井均采用了超长冲程抽油机，配备Φ57mm超长冲程抽油泵，初始泵深根据地质资料及生产需求确定，使用Φ116mm专用双向油管锚固定管柱，采用连续管式固体防蜡器化学清防蜡技术。地质资料包含油层厚度、射孔顶界深度、原油密度、渗透率等参数，射孔顶界深度直接影响泵挂深度合理设定；设备流程数据有抽油机冲程、冲次、额定载荷、抽油泵泵径、泵长、油管规格、抽油杆类型、抽油杆长度等；生产数据有产液量、泵效、沉没度、悬点载荷等，具体数据见表1。^[7]

表1 试点井基本参数

井号	射孔顶界深度 (m)	原油密度 (kg/m ³)	冲程 (m)	冲次 (n/h)	初始泵深 (m)	抽油杆类型
a	1650	890	40	2	1580	普通HY级钢制抽油杆
b	1720	885	45	1.5	1650	普通HY级钢制抽油杆
c	1680	895	42	1.8	1620	普通HY级钢制抽油杆

（二）泵效与沉没度的关系分析

泵效是评价抽油机举升工艺效率的重要指标，沉没度是决定泵效的重要因素，它直接影响到抽油泵的供液能力及举升效果。沉没度过低，抽油泵供液不足，就会出现液击现象，加大抽油杆和油管的偏磨、断脱风险；沉没度过高，会使泵的充满系数下降，抽油杆和油管容易发生伸缩变形，造成较大的冲程损失，会抑制油层出液，降低系统的效率^[8]。为了探究超长冲程抽油机井泵效和沉没度之间的关系，选取的3口试点井配套的Φ57mm抽油泵进行现场实测，得到正常生产工况下沉没度的最大值、最小值、平均值和对应的泵效最大值、平均值，具体数据见表2。

表2 试点井沉没度和泵效的最小值、最大值和平均值

井号	沉没度 最小值 (m)	沉没度 最大值 (m)	沉没度平 均值 (m)	泵效最 小值 (%)	泵效最 大值 (%)	泵效平 均值 (%)
a	480	580	530	62	68	65
b	490	590	540	63	69	66
c	470	570	520	61	67	64

（三）玻璃钢抽油杆应用可行性分析

超长冲程抽油机井举升工艺中，抽油杆是关键部件，其性能好坏直接影响举升系统是否稳定、能耗的高低以及使用寿命的长短^[9]。传统的普通HY级钢制抽油杆具有很高的抗拉强度，但是由于单位长度的质量较大，所以会加大悬点的载荷，在泵挂加深后，最大载荷和交变载荷增大的问题更加严重，而且杆管偏磨现象也不能完全解决。玻璃钢抽油杆作为一款新型抽油杆，具有单位长度质量轻、耐腐蚀、耐磨损等优点，近几年来在抽油机井中

逐渐推广应用。

第一，技术上讲，玻璃钢抽油杆的主要性质和超长冲程抽油机的运行方式是相适应的。玻璃钢抽油杆抗挤强度小，只适合下入冲次 3.5n/min 及以下的井，而超长冲程抽油机最高冲次为 0.2n/min（试点井冲次为 1.5 ~ 2n/h），远远小于玻璃钢抽油杆的适用冲次范围，所以从运行速度来说，玻璃钢抽油杆完全符合超长冲程抽油机井的举升要求。另外玻璃钢抽油杆的密度只有钢材的四分之一左右，单位长度质量轻，以 $\Phi 25\text{mm}$ 玻璃钢抽油杆为例，单位长度质量仅为 1.34kg/m，比同规格普通 HY 级钢制抽油杆（2.76kg/m）低很多，可以有效地减轻抽油杆柱的自重，降低悬点最大载荷，满足深井应用中载荷超标的需求，和超长冲程抽油机深井应用的优化要求相吻合^[10]。

第二，在性能上来说，玻璃钢抽油杆比普通 HY 级钢制抽油杆要节能、抗偏磨得多。一方面，单位长度质量轻能大大降低悬点载荷，节省电机和配电箱的能耗，按照预测理论的最大载荷经验公式计算，在相同的泵深、冲程、冲次等条件下，用 $\Phi 25\text{mm}$ 玻璃钢抽油杆代替同规格普通 HY 级钢制抽油杆，3 口试点井的预测理论最大载荷可降低 30% 以上，载荷利用率可以达到 70% 以内，有效地避免了由于载荷过大引起的停机问题。另一方面，玻璃钢抽油杆表面光滑、摩擦系数低，和油管之间摩擦力比普通 HY 级钢制抽油杆要小很多，可以有效地减少杆管偏磨现象，对试点井这样井斜角大的油井来说尤其适用，能够进一步延长检泵周期，有效降低维修成本。

四、结论及展望

（一）结论

超长冲程抽油机举升工艺具备超长冲程、超低冲次、高效节

能、杆管轻度偏磨等显著优点，可以有效地提升泵效，缩减能耗并延长检泵周期，适合低渗、低产这类复杂地质条件的油井；不过在深井的现场应用中会遭遇悬点载荷过高、飘绳、管柱蠕动等状况，清防蜡工作较为繁杂，需要通过采用改良的配套设备以及设定合理的工艺参数来加以应对。

超长冲程抽油机及配套设备构成了一个协同高效的举升系统，抽油机自身结构简单、动力先进、运行灵活，配套的超长冲程抽油泵、超长冲程抽油机井专用油管锚、清防蜡设备等辅助元器件又大大提高了系统的稳定性及举升效率，比传统游梁式抽油机的举升系统节约能耗可达到 60% 以上，泵效提高明显。

（二）展望

一是对设备结构及工艺参数做进一步的改善。根据不同的油藏地质条件以及生产需要，对超长冲程抽油机的冲程、冲次等主要参数进行优化，开发出适合下入定点测试井、套变套损井的小直径专用油管锚；改善抽油泵的结构，提高抽油泵抗偏磨、抗漏失的能力，使抽油泵的使用寿命得到进一步的延长。以长庆油田的动态平衡技术为借鉴实例，研究多井协同举升方式，利用削峰填谷原理来减少举升系统的总悬点载荷及总扭矩，从而达到改善节能效果，保持举升系统稳定的目标。

二是推广新型配套技术及新型材料。加大玻璃钢抽油杆等新型材料的研发与应用力度，改善其抗挤强度和连接性能，削减初期的投资成本。研发既高效，又长效的清防蜡技术，解决清防蜡有效期短、热洗周期短、投资成本高等难题，改良清防蜡效果，避免设备发生短周期损害，消除安全环保事故。探究智能化清防蜡技术和举升系统相结合的方法，达到对清防蜡全过程进行实时监测、自动调控的目的。

参考文献

- [1] 贾俊敏, 张涵淇, 郝瑞辉, 等. 井下滑动密封超长冲程抽油机举升技术研究 [J]. 石油工业技术监督, 2025, 41(02): 46–49. DOI: 10.20029/j.issn.1004–1346.2025.02.010.
- [2] 单欣. 大庆油田超长冲程采油技术的应用探讨 [J]. 化学工程与装备, 2024, (07): 56–58+65. DOI: 10.19566/j.cnki.cn35–1285/tq.2024.07.029.
- [3] 刘玲. 超长冲程抽油机井增效原理研究 [D]. 东北石油大学, 2024. DOI: 10.26995/d.cnki.gdqsc.2024.001084.
- [4] 江旺权. 超长冲程采油系统举升性能研究 [D]. 东北石油大学, 2024. DOI: 10.26995/d.cnki.gdqsc.2024.001009.
- [5] 吴方方. 基于碳纤维连续抽油杆的超长冲程抽油机研究 [D]. 西安石油大学, 2024. DOI: 10.27400/d.cnki.gxasc.2024.000579.
- [6] 陈星言. 超长冲程抽油机设计与维护 [J]. 设备管理与维修, 2024, (05): 77–80. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001–0599.2024.03.25.
- [7] 倪勃. 超长冲程抽油机采油技术在油田的研究与应用 [J]. 石油石化节能, 2023, 13(07): 25–28.
- [8] 张端光. 柔性光杆超长冲程抽油机的设计 [J]. 石化技术, 2023, 30(01): 48–50+34.
- [9] 超长冲程抽油机技术及产品 [J]. 石油科技论坛, 2022, 41(03): 109.
- [10] 邢敏. 柔性超长冲程抽油机控制系统设计与故障诊断研究 [D]. 兰州理工大学, 2022. DOI: 10.27206/d.cnki.ggsgu.2022.001143.

工业互联网赋能制造企业数字化转型路径研究

陈美霞

山东仕邦农化有限公司, 山东 济南 250100

DOI: 10.61369/SSSD.2026090019

摘 要 : 在新一轮科技革命与产业革命的背景下, 工业互联网作为新一代信息技术与制造业深度融合的核心引擎, 正在重塑制造业的生产流程和业务模式, 推动制造企业数字化转型。本文从技术、要素、效率、质量入手, 阐述工业互联网赋能制造企业数字化转型的核心逻辑, 重点围绕理念转变、战略转型、流程重塑、业态升级、人才保障五个方面, 探讨工业互联网赋能制造企业数字化转型的路径, 为制造业数字化、网络化、智能化与高质量发展提供参考。

关 键 词 : 工业互联网; 制造企业; 数字化转型; 路径

Research on the Path of Industrial Internet Empowering the Digital Transformation of Manufacturing Enterprises

Chen Meixia

Shandong Shibang Agricultural Chemical Co., Ltd., Jinan, Shandong 250100

Abstract : Against the backdrop of a new round of scientific and technological revolution and industrial transformation, the Industrial Internet, as the core engine for the in-depth integration of new-generation information technologies and manufacturing industry, is reshaping the production processes and business models of the manufacturing sector, and advancing the digital transformation of manufacturing enterprises. Starting with technology, factors, efficiency and quality, this paper expounds the core logic of the Industrial Internet empowering manufacturing enterprises' digital transformation. It mainly explores the transformation paths from five dimensions: concept renewal, strategic adjustment, process reengineering, business upgrading and talent support, so as to provide references for the digital, networked, intelligent and high-quality development of the manufacturing industry.

Keywords : industrial internet; manufacturing enterprises; digital transformation; path

引言

伴随大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术的飞速发展, 工业互联网逐步成为支撑制造企业转型升级的重要平台。工业互联网主要通过重构全要素、全产业链、全生命周期的互联网体系, 实现人-机-物的泛在连接, 在线整合企业内外的资源, 打通制造产业链的数据壁垒, 为多主体参与柔性制造、个性定制、协同创新提供基础支撑。我国是制造业大国, 也是互联网大国, 制造业数字化转型是运用数字技术, 对产品研发、设计、生产、管理等全流程进行价值重塑的过程, 是制造企业实现经营业态与商业模式升级的有效方式。山东省工业和信息化厅发布的《2025年全省工业互联网赋能制造业数字化转型工作要点》(鲁工信工联〔2025〕10号)明确指出, 要强化平台支撑, 深入实施工业互联网平台梯次培优工程, 围绕“工业互联网安全”方向遴选启动制造业数字化转型揭榜挂帅试点项目, 精准赋能行业和领域数字化转型。由此, 将工业互联网与数字化智能制造深度融合, 推动制造业实现产品设计、生产制造、运营管理网络化、智能化改造, 对发展数字经济、加快制造业高质量发展具有重要意义。

一、工业互联网赋能制造企业数字化转型的核心逻辑

在传统制造业发展中, 部分制造企业存在生产管理效率低、产量质量不高问题, 再加上资金、人才、技术支撑不足, 缺乏实践经验, 数字化转型效果不理想^[1]。而工业互联网可以从以下四个方面, 加快制造企业的数字化转型升级步伐, 有助于提高生产效率、产品服务质量、市场响应能力等, 走向高质量发展。

(一) 技术赋能

工业互联网为数字技术与先进制造技术的交叉融合提供了试验平台, 赋能制造企业生产与服务方式网络化转型^[2]。在工业互联网的支持下, 5G通信、物联网、虚拟现实、人工智能等技术已经在制造领域取得一定突破。在产品设计与研发环节, 制造企业可以借助大数据与人工智能技术, 结合产品缺陷优化设计方案, 开发新的产品。在产品生产与服务管理环节, 将新一代人工智能技

术融入制造系统，能够使系统具备专家决策能力、分析复杂问题的能力与持续学习能力，让制造业实现智能研发、智能生产与智能管理。

（二）要素赋能

在互联网环境下，工业数据是制造企业数字化转型的关键要素。而工业互联网能够借助大数据，实现大规模工业数据的采集、存储、传输和共享，为数据价值的挖掘和开发应用提供了广阔的空间^[3]。经过一段时间的探索，我国基于工业互联网的数据赋能体系逐渐完善，形成了基于数据采集、传输与分析的运用体系，在设备运维、精益生产与供应链管理等环节取得了显著应用成效^[4]。同时，工业互联网平台还能根据制造企业业务类型，提供数字化转型方案，给其带来新合作伙伴、新市场和新资源，改变制造企业的要素结构。

（三）效率赋能

工业互联网可以在线整合制造企业内外的资源要素，提高资源开发、采集和利用效率，赋能企业研发设计、生产制造、供应链管理效率提升^[5]。在产品研发环节，企业可以依托工业互联网平台，从全球获取或筛选优质研发资源，集聚产业链上中下游企业的力量，开展协同创新工作，并借助消费者需求与反馈数据，提高数据研发质量。在生产加工环节，依托工业互联网平台，企业可以建立人机协同－精益管理的智能制造体系，挖掘生产系统与机器人产生的数据价值，重塑产品制造流程，减少资源耗费，提高良品率^[6]。在供应链管理环节，依托互联网平台与企业内外的供应链企业建立动态协同关系，及时优化供应链资源配置，降低企业库存成本，提高资源利用效率。

（四）质量赋能

产品质量是制造企业高质量发展的关键，工业互联网赋能制造企业研发设计智能化、生产数字化、设备管控智能化、产品质检智能化，有助于企业把控产品的研发和生产标准，提高产品质量^[7]。依托工业互联网，制造企业可以将数字化工具运用在设计、生产与管理环节，开发智能化、一体化的运维产品，提高企业设备智能化水平，推动产品研发向高端市场迈进。基于工业互联网平台的数字化与智能化生产具备自动检验产品缺陷的能力，能够自动诊断生产中的问题，并结合业务需求进行智能决策，保证产品数量和质量稳定性。同时，基于产品智能检测环节，企业可以定期分析研发、生产与管理环节存在的漏洞，打通数字化转型发展的堵点，向客户提供更便捷、更专业、更个性化的服务。

二、工业互联网赋能制造企业数字化转型路径

（一）理念转变：提高对工业互联网的认识，加强服务平台的建设

工业互联网赋能制造企业数字化转型需要以数字化理念为导向，管理者应正确认识工业互联网内涵、优势与建设需求，结合业务需求与自身优势，规划工业互联网建设目标与路径，从整体上做好投资计划、人员规划、业务规划、路径规划等工作，并将

其纳入战略管理体系，统一工业互联网赋能数字化转型的共识，从上到下加以落实^[8]。工业互联网的前期建设需要大量资金，且建设周期长、投资风险大，管理者应自上而下地分析行业特点、核心业务需求，联合科技公司开展工业互联网服务平台建设的研讨会，从解决行业或企业需求痛点出发，形成初步建设－迭代优化的技术方案，逐步建立起贴合制造企业需求的工业互联网平台。具体而言，工业互联网服务平台需要系统、技术与设备的支持，企业应聚焦数字技术理论与关键制造技术的结合点，从数字化生产系统、标准化技术工具、上中下游信息交流等方面出发，制定和完善互联技术框架，突破前沿理论在实践中的应用难题，逐步形成适配行业不同场景的共性标准、通用标准，加快数字化转型步伐。

（二）战略转型：加快多方主体的协同参与，共建开放创新数字生态

工业互联网赋能制造企业数字化转型需要明确数字化转型战略，管理者应树立开放、合作、共享、创新的理念，联合行业多元主体，共同打造基于工业互联网的数字生态系统，融通集聚来自上中下游的优质资源和要素^[9]。政府部门可以建立健全工业互联网标识解析体系，制定规范化的数据使用和管理制度，促进数据资源在制造行业的流动、使用和交易，并健全政策引导机制，吸引高新互联网企业、信息技术企业与不同规模的制造企业加入平台，促进开放创新生态的形成。科技公司应加强平台功能建设与升级，推动各个合作主体将信息接入平台，借助工业互联网平台进行数据连接互动，建立起实时更新的数据资源系统，促进人才、资本、数据与技术要素的流通共享，进而带动制造业产业链上下游企业的数字化转型。制造企业可以对接基于工业互联网平台的数字生态，与其他主体展开交流与合作，建立起跨层次的互动交流与资源共享体系，提高数字资源水平与数字技术应用能力，进而加快数字化转型。例如，海尔集团依托 COSMOPlat 平台打造十多个行业生态，其中的 HOPE 创新平台拥有来自世界一流网络资源，可以根据客户需求快速匹配所需的技术资源，帮助其解决创新发展各类难题。

（三）流程重塑：借助平台优化生产流程，实现企业制造模式升级

制造企业应借助工业互联网平台的泛在化连接优势，搜集生产过程中的数据，建立起集产品管理、工艺设置、工艺流程等数据的智能分析体系，然后结合大数据分析结果找到需要调整的方向，优化生产流程，打造数据化、自动化的生产模式。具体实施流程包含设备接入、流程优化、智能升级。在设备接入环节，管理者应将生产设备状态信息接入服务平台，借助工业互联网进行异常状态指标的探测与预测，一旦生产设备指标超出阈值即发出警报，辅助人员解决问题，降低损失。在流程优化环节，基于工业互联网的数据采集和建模功能，构建覆盖生产、制造和管理环节的数据模型，并运用虚拟仿真计算结果，找出排产计划、人员安排与物料投放的改进方向，得到更合理的生产流程。在智能升级阶段，融合了人工智能系统的工业互联网平台能够对接企业生产线，全面采集生产和运行数据，迭代形成更优的智能生产方

案，提高智能制造水平。

（四）业态升级：利用平台发现新的商业模式，实现业态升级

制造企业借助工业互联网平台的全连接特征，打造以用户为中心的个性化定制商业模式，推动经营模式从以产品为中心转向以产品+服务为中心，以智能服务推动传统工业业态转型升级^[10]。具体实施包含定制个性化服务、建立智能运维服务体系、联合上中下游企业协同互动。制造企业可以借助工业互联网平台的物联网技术，分析用户的产品生产、物流和使用信息，建立基于用户需求的产品档案，为后续研发个性化产品提供信息。设备智能运维有赖于人工智能识别和数据诊断技术，企业可借助工业互联网平台采集设备运维数据，利用人工智能系统远程诊断设备状态信息，形成预测性的运维方案，向客户提供智能运维服务。在制造业生态中，企业可依托工业互联网平台整合内部的资源，也可以与上下游企业之间进行沟通互动，搜集外部用户的需求与运维数据，通过聚合分析寻找跨界合作机会，探索新业态的升级与创新方向。

（五）人才保障：完善人才招聘保障体系，协同培养数字化人才

工业互联网赋能制造企业数字化转型离不开数字化人才队伍

的支持。制造企业应建立内部数字化人才招聘与培养体系，将懂数字技术及应用纳入人才招聘指标，增设运营数字化相关的培训主题，由点及面地传递数字化转型知识和技术，提高全体员工的创造力。在人才培养上，企业立足地方高校相关专业，采用产教融合的方式，搭建产学研用一体化协同平台，建立制造类数字化人才培养基地，培育引进既懂得业务知识又掌握数字技能的优秀人才。

三、结束语

综上所述，制造企业数字化转型是一项长期、系统、复杂的工程，不能一蹴而就，也不能盲目照搬。制造企业应立足自身行业特征、发展阶段、资源优势，坚持问题导向、需求牵引、价值优先、分步实施原则，依托工业互联网平台，从基础连接做起，逐步实现数据贯通、业务智能、产业链协同与生态共建。未来，随着人工智能、数字孪生、区块链、量子计算等技术持续突破，工业互联网将向更智能、更高效、更安全、更开放方向演进，制造企业需持续深化技术融合、业务创新与生态协同，不断提升数字化、智能化水平，在新一轮科技革命和产业变革中赢得主动、赢得优势、赢得未来。

参考文献

- [1] 牛雪妍. 工业互联网平台赋能河南中小企业数字化转型的对策研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2025, 15(10): 97100+129.
- [2] 曹若楠, 郭小波, 杨延超, 等. 工业互联网平台赋能中小企业数字化转型模式及路径研究 [J]. 数字化转型, 2025, 2(05): 2935+43.
- [3] 秦梦轩. 工业互联网平台赋能国有企业数字化转型: 新质生产力的实践路径 [J]. 国有资产管理, 2025(04): 2529.
- [4] 张明超, 孙新波, 刘剑桥. 工业互联网平台赋能制造企业数字化转型的驱动因素及作用路径研究 [J]. 科学与科学技术管理, 2025, 46(10): 102119.
- [5] 李彦武. 工业互联网平台助推制造业数字化转型研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(10): 910+14.
- [6] 管子祺, 张皓翔. 工业互联网赋能制造业数字化转型路径与实施策略分析 [J]. 互联网周刊, 2024(11): 1820.
- [7] 王红艳. 工业互联网与先进制造业融合发展的趋势研究 [J]. 现代管理科学, 2024(02): 173181.
- [8] 俞园园. 工业互联网平台赋能制造企业数字化转型的路径研究——以无锡为例 [J]. 江南论坛, 2024(02): 3438.
- [9] 王婷, 李淑珍, 胡婷婷. 工业互联网背景下制造企业数字化转型策略研究 [J]. 营销界, 2023(22): 2022.
- [10] 赵京鹤, 高明, 梁楠. 工业互联网助推制造企业数字化转型 [J]. 中国自动识别技术, 2022(01): 5860.

机器视觉在光伏电站不安全行为识别的应用

郑瑞新¹, 鲍鸿达¹, 贾振龙¹, 范科², 冯晓锐³, 张记³

1. 北京京能国际控股有限公司, 北京 102200

2. 北京京能国际控股有限公司北方分公司, 内蒙古 呼和浩特市 010010

3. 北京京能国际综合智慧能源有限公司, 北京 100000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090020

摘 要 : 随着光伏发电技术在全球普及, 光伏电站装机容量也在逐渐增大, 对人员安全、设备安全和电站安全提出了更高要求, 安全运维技术成为制约其发展的要素之一。目前传统光伏电站的视频监控系统, 只能做到值班人员实时“监督”或者“事后取证”, 效率低下且受人为影响。文章提出基于机器视觉在光伏电站不安全行为识别的方案, 实现对传统摄像头的 AI 赋能, 希望能有效提高光伏电站的安全管理水平, 降低违章行为的发生, 促进光伏行业的健康发展。

关 键 词 : 机器视觉; 深度学习; 视频监控; 光伏电站; 不安全行为

Application of Machine Vision in Unsafe Behavior Recognition of Photovoltaic Power Stations

Zheng Ruixin¹, Bao Hongda¹, Jia Zhenlong¹, Fan Ke², Feng Xiaorui³, Zhang Ji³

1. Beijing Jingneng International Holdings Co., Ltd., Beijing 102200

2. Northern Branch of Beijing Jingneng International Holdings Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010010

3. Beijing Jingneng International Integrated Smart Energy Co., Ltd., Beijing 100000

Abstract : With the global popularization of photovoltaic power generation technology, the installed capacity of photovoltaic power stations is gradually increasing, posing higher requirements for personnel safety, equipment safety and power station safety. Safety operation and maintenance technology has become one of the key factors restricting its development. At present, the video surveillance systems of traditional photovoltaic power stations can only achieve real-time "supervision" by on-duty personnel or "post-event forensics", which is inefficient and affected by human factors. This paper proposes a scheme for unsafe behavior recognition in photovoltaic power stations based on machine vision, realizing AI empowerment of traditional cameras. It is expected to effectively improve the safety management level of photovoltaic power stations, reduce the occurrence of violations, and promote the healthy development of the photovoltaic industry.

Keywords : machine vision; deep learning; video surveillance; photovoltaic power stations; unsafe behavior

一、不安全行为识别的重要性

光伏电站涉及的专业领域广泛, 对员工安全意识和操作技能有更高的要求, 在电站内进行电力操作和施工不安全行为可能导致电力设备的损坏、电力工作人员的人身伤亡以及经济损失等一系列严重后果。在传统视频监控系统中, 摄像头通常只能提供基本的监控功能录像和拍照, 只能为事后追查提供证据。对于光伏电站内容易产生安全隐患的关键问题如烟火、未一人操作一人监护、走错间隔、未带安全帽、未戴绝缘手套、未穿绝缘靴、未穿工衣等缺乏良好的管理手段。随着政府和电力企业对安全运维技术的持续投入和各类应用实践, 视频监控的应用方式正在由被动监控向主动监控转变, 由“看得见”、“看得清”、“看得明”向“提前看”发展, 通过智能化发现手段对视频进行分析, 即对视频中出现的 unsafe 行为和违规事件进行提取和记录, 从而达到及时告警发现, 解放人力提高生产工作效率, 进而杜绝危害事件的产生。

二、不安全行为识别的算法实现

(一) 不安全行为识别的场景选择

光伏电站在其运行和维护过程中涉及到许多安全风险, 根据光伏电站安全管理要求, 选择了易导致电站出现安全隐患的不安全行为场景, 进行识别算法开发, 分别为烟火、抽烟、未一人操作一人监护、走错间隔、未戴安全帽、未戴绝缘手套、未穿绝缘靴、未穿工衣。

光伏电站设备老化和故障, 设备选型和安装不当, 光伏组件热斑效应导致电池局部烧毁, 都容易造成火灾事故, 一旦出现火灾不仅可能造成设备损坏, 还可能危及人员的生命安全。

在操作过程中, 如果只有一人操作而没有监护人, 一旦发生意外情况, 操作人员可能无法及时应对导致事故扩大, 因此必须严格遵守一人操作一人监护的规定, 确保操作过程的安全和稳定。

走错间隔也是光伏电站中的一大安全隐患，在光伏电站中各个设备之间的间隔和位置都有严格的规定和要求，如果走错间隔可能会误触带电设备引发触电事故，因此必须严格遵守电站的布局 and 规定，确保走错间隔的可能性降至最低。

抽烟、未戴安全帽、未戴绝缘手套、未穿绝缘靴、未穿工衣行为也是光伏电站中的安全隐患，在接触电气设备或进行电气操作时，如果不佩戴相应的防护用品，可能会发生触电事故，严重时可能危及生命，因此，必须严格遵守安全操作规程，佩戴相应的防护用品，确保工作场所的安全。为了确保电站的安全和稳定运行，必须严格遵守相关的安全规定和操作规程，实现当前不安全行为监管和异常及时发现。

（二）机器视觉识别技术的选择

传统的机器视觉方法主要依赖于人工设计和选择的特征提取方法，而这些方法往往无法适应复杂多变的场景和任务。而深度学习可以通过自动学习和提取图像中的特征，解决了传统机器视觉方法在处理复杂场景和大规模数据时存在的计算复杂度高、精度不足等问题。

深度学习可以通过训练大量的数据集，学习到从图像中提取有效特征的方法，进而实现目标检测和识别任务。同时，深度学习还可以通过端到端的训练，实现从图像输入到目标输出的直接映射，无需进行复杂的预处理和后处理。这使得深度学习可以进一步优化传统机器视觉方法，提高其性能和泛化能力。在机器视觉领域，基于深度学习识别技术，通过精心设计的卷积神经网络（Convolutional Neural Networks, CNN），并利用大量的标注数据进行不断地学习和优化这个网络的参数，最终实现网络对视觉数据的预测达到人类的预期，从而达到对“目标物体”的精准识别。卷积神经网络是一种类似于人工神经网络的多层感知器，被用来分析视觉图像，主要由卷积（convolution）、激活（activation），和池化（pooling）三种结构组成。卷积操作中的卷积核是网络的主要参数，通过卷积操作可以对图像空间进行特征提取；激活是指对上一层输出的特征进行非线性映射，增加特征的表示能力；池化是一种降采样操作，主要目标是降低特征图的分辨率，因为特征图参数太多，而图像细节不利于高层特征的抽取。最后通过标注数据和构建损失函数来实现参数的优化，实现对这个深度网络的输出与我们的预期一致。

（三）不安全行为的智能分析

不安全行为的智能分析主要是利用深度学习图像语义分割全卷积神经网络技术，对电站上烟火、未一人操作一人监护、未戴安全帽、未戴绝缘手套、未穿绝缘靴等相关违规事件进行识别。语义分割主要包含编码和解码两个部分。编码部分主要将大尺度的原始图像通过大量的卷积和池化操作表示成高维度低分辨率的特征图像，可以看作是图像下采样过程的高层语义抽象。解码部分是在图像中实现更精准目标区域预测，需要将低分辨率的特征图恢复到原始尺度，并能够识别对应区域的场景类别。这个过程要对特征图进行上采样，为了获取更多的细节信息，可以利用编码过程的多个不同分辨率的特征图（即池化层输出），实现更精准目标区域识别。学习部分通过采集和标注违规场景的图

像，设计反馈机制，对编码和解码部分中的神经网络参数进行学习。最终实现违规场景识别模型，使得预测结果达到人工预期效果，从而实现违规场景智能分析。

三、不安全行为识别监控软件开发

（一）不安全行为识别监控软件技术架构

不安全行为识别监控软件采用云边协同的 AIOT 技术架构。云边协同技术架构是一种将云计算和边缘计算相结合的技术架构，旨在实现更高效、更智能的计算服务。在这种技术架构中，云计算负责处理大规模的数据存储和计算任务，而边缘计算则负责处理实时性要求较高的智能发现的分析任务，充分利用云计算和边缘计算的优势。如图2所示，物联网接入层通过物联网采集技术接入光伏区、升压站摄像头的实时监控数据，边缘计算层实现视频图像的实时计算识别，并和云端应用层进行交互。最终实现在云端应用层对光伏电站不安全行为和违规事件进行监控和预警。其中在云计算和边缘计算之间的数据传输和通信也是关键要素，为了保证数据的安全性和隐私性，采用加密技术和安全协议来保护数据传输和通信过程。

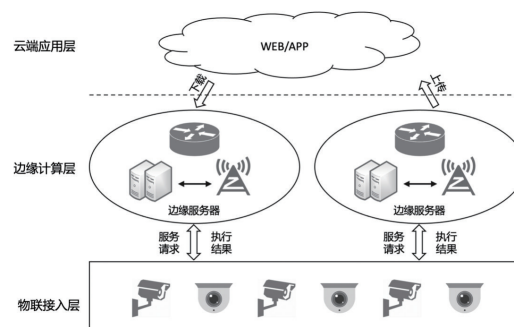


图1 不安全行为识别系统整体技术架构

（二）不安全行为识别监控软件功能应用

基于云边协同的技术架构，结合光伏电站不安全行为识别管理需求，不安全行为识别监控工软件主要包括综合信息、智能识别、视频监控、智能告警、移动 APP 功能，从而实现不安全行为的及时发现，保证光伏电站安全稳定运行。

（1）综合信息，以可视化形式全方位地直观展示不安全行为的实时运行情况、违规图片及历史统计数据，包括设备工况统计、电站告警统计、AI 识别人物统计等，在发现不安全行为时并以声音、弹窗形式推送给管理人员。

（2）智能识别，支持对电站不安全行为结果的查询，支持对算法类型、识别结果等筛选。支持对实时、历史识别结果的查询、筛选，支持设备详情的查看。可以针对单个摄像头配置不同的异常识别算法、预置位、识别区域、巡检周期等，同时支持对识别结果的审核、统计等。支持针对两票、巡检等不同的工作内容，对摄像头编排不同的识别能力，监管现场的不安全行为。

（3）视频监控，支持通过光伏电站平台图查询摄像头，并支持图形的下钻和自定义。可以进行实时浏览、视频源选择及画面分割监视，支持1、4、8、9、16画面。支持远程控制监控设备包

括云台转动，聚焦、变焦、调光圈，设置预置位等动作。支持按照文件类型、文件位置、开始时间、结束时间查询各个摄像头的录像信息，支持录像在线回放和下载。支持视频自动巡视功能，在可设定的间隔时间内对电站的监控点进行图像巡检，参与轮巡的对象可以任意设定。支持配置摄像预置位，实现摄像头的预置位巡检。

（4）智能告警，支持按照设备维度展示告警列表，支持告警筛选、导出、查看处理建议。支持提供告警时间段内的录像和历史图像查看。支持按电站、设备、测点不同维度屏蔽告警。支持按设备配置告警策略，在满足触发条件时，则平台将产生对应的告警信号，支持配置告警建议处理方式。

（5）移动 APP，支持通过移动 APP 查看电站的识别结果，支持按实时告警、历史告警进行查询识别结果，并支持实时视频

浏览、历史录像查询等功能，实现随时随地接收现场的不安全行为告警。

四、结语

综上所述，随着光伏电站规模的不断扩大和智能技术的不断进步，安全管理的重要性将更加凸显。采用机器视觉技术对现有视频监控系统进行升级改造，可逐步实现环境、人员以及行为等不安全要素的自动智能告警，提高多场站统一监视、远程查看不安全行为分析报警情况等能力。在日后的应用与探究过程中，可以对机器视觉在不安全行为识别的应用进行深度探索，希望能为光伏电站提供更完善、更准确的不安全监控应用。

参考文献

[1] 牟少樊. 基于机器视觉的驾驶员不安全行为识别预警研究 [D]. 武汉工程大学, 2023.DOI: 10.27727/d.cnki.gwhxc.2023.000138.

[2] 方伟立, 丁烈云. 工人不安全行为智能识别与矫正研究 [J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2022, 50(8):5.

[3] 崔刚. 融合车辆轨迹与机器视觉的驾驶安全检测技术及应用 [D]. 内蒙古大学, 2021.DOI: 10.27224/d.cnki.gnmdu.2021.000132.

[4] 张国玲, 元文斌. 基于物联网的高危产业生产事故隐患监测及预警系统的研发 [J]. 电子制作, 2021(14):4.DOI: 10.3969/j.issn.1006-5059.2021.14.031.

[5] 庄廷琳, 宁福华, 谢俏敏, 等. 基于机器视觉的建筑工人不安全行为智慧识别与管理 [J]. 价值工程, 2025(18).

[6] 华北科技学院. 一种基于机器视觉的井下人员不安全行为快速分析与识别方法 :202211013155.X[P].2022-10-21.

[7] 隋龙琨. 基于机器视觉的井下人员不安全行为识别方法及应用研究 [D]. 华北科技学院, 2024.DOI: 10.27861/d.cnki.gnckj.2024.000068.

[8] 魏涵. 基于机器视觉和本体的施工场景危险源识别方法研究 [D]. 中南大学, 2022.

[9] 张泽明, 曹金凤, 贾舒安, 等. 基于 YOLOv5 的加油站不安全行为检测算法研究 [J]. 工业安全与环保, 2024, 50(05):80-85+91.

[10] 武耀明, 徐明智, 幸贞雄. 加油站员工不安全行为智能监测预警系统设计 [J]. 应用化工, 2022, 51(S02):308-311.

基于机械臂手的甘蔗整杆收获控制仿真分析

支坤芳¹, 郑杜豪¹, 侯明鑫^{1*}, 李星晨¹, 杨桢毅¹, 牛钊君², 孟庆河²

1. 广东海洋大学机械工程学院, 广东 湛江 524088

2. 中国热带农业科学院农业机械研究所, 广东 湛江 524013

DOI: 10.61369/SSSD.2026090024

摘 要 : 针对当前甘蔗整杆收获机械存在伤蔗率高、自动化程度低、夹持稳定性不足等问题, 设计一种适用于田间作业的甘蔗收获机械臂手。采用 SolidWorks 完成三维建模与运动仿真, 建立甘蔗整杆抓取力学模型并进行夹持受力计算, 基于 ROS2 与 MoveIt2 搭建控制仿真平台, 完成轨迹规划与控制器设计。仿真结果表明, 该机械臂手可稳定完成甘蔗抓取、提升、转运等动作, 夹持力匹配甘蔗力学特性, 控制器响应快、定位精度高, 可为甘蔗整杆收获装备智能化提供技术参考。

关 键 词 : 甘蔗整杆收获; 机械臂手; SolidWorks 仿真; 受力分析; MoveIt2

Simulation Analysis of Sugarcane Whole-Stem Harvesting Control Based on Robotic Arm

Zhi Kunfang¹, Zheng Duhao¹, Hou Mingxin^{1*}, Li Xingchen¹, Yang Zhenyi¹, Niu Zhaojun², Meng Qinghe²

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

2. Institute of agricultural machinery research, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524088

Abstract : Addressing the current issues of high sugarcane damage rates, low automation, and insufficient clamping stability in sugarcane whole-stem harvesting machinery, a sugarcane harvesting robotic arm suitable for field operations is designed. SolidWorks is used to complete 3D modeling and motion simulation, establish a mechanical model for grasping the whole sugarcane stem, and perform clamping force calculations. A control simulation platform is built based on ROS2 and MoveIt2 to complete trajectory planning and controller design. The simulation results show that the robotic arm can stably complete actions such as grasping, lifting, and transporting sugarcane. The clamping force matches the mechanical characteristics of sugarcane, and the controller has fast response and high positioning accuracy, providing a technical reference for the intelligentization of sugarcane whole-stem harvesting equipment.

Keywords : harvesting of whole sugarcane stalks; robotic arm; SolidWorks simulation; force analysis; MoveIt2

引言

我国甘蔗主产区机械化收获仍以切段式为主, 整杆收获具有蔗汁损失少、商品化率高、后续加工效益好等优势, 是高端甘蔗收获技术发展方向^[1-3]。现有整杆收获设备多采用刚性夹持结构, 对甘蔗外形适应性差, 易出现压裂、打滑、倒伏等问题^[4-6]。机械臂手具备柔性调节、精准控制、自主作业能力, 可显著提升收获质量^[7-9]。目前, 农业机械臂多集中于移栽、采摘等场景, 针对甘蔗整杆收获的专用机械臂手研究较少, 且缺乏完整的建模—受力—控制—仿真体系。本文以甘蔗整杆收获为目标, 设计多关节机械臂手, 通过 SolidWorks 建模验证结构合理性, 开展抓取静力学计算, 基于 ROS2 (Robot Operating System 2) 与 MoveIt2 实现运动规划与闭环控制, 通过联合仿真验证方案可行性, 为实机开发提供理论依据。

项目信息:

广西重点研发计划项目 (桂科 AB23026069;

桂农科 AB241484034);

广东省自然科学基金 (2025A1515012901);

广东海洋大学创新训练项目 (202410566012)。

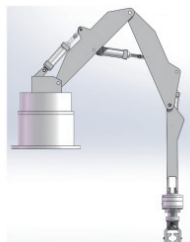
通讯作者: 侯明鑫, 教授 / 博士, houmx@gdou.edu.cn

一、机械臂建模与甘蔗抓取受力分析

(一) 作业背景



(a) 甘蔗整杆收获机械臂



(b) 甘蔗作业机械臂设计图

图1 甘蔗整杆收获机械臂手装备

我国甘蔗种植与收获作业多集中于南方丘陵及缓坡地块，传统人工收获效率低、劳动强度大，现有切段式收获机虽普及率较高，但存在蔗茎破损严重、蔗汁流失、原料品质下降等问题。整杆式收获能够最大程度保留甘蔗完整性，提升储运与加工效益，是甘蔗机械化收获的重要发展方向。图1(a)为田间实际作业场景下的甘蔗整杆收获机械臂，图1(b)为甘蔗作业机械臂设计结构，该装备以多自由度机械臂手为核心执行部件，可适应田间不规则蔗株分布与复杂地形扰动，完成精准定位、柔性夹持、稳定提升等连续动作。与传统刚性夹持机构相比，本机械臂手采用关节式串联结构，配合自适应夹持末端，可根据甘蔗茎秆直径与姿态实时调整夹持姿态与力度，有效降低压裂、打滑、倒伏等损伤风险，满足田间高效、低损、自动化整杆收获需求，为甘蔗收获装备智能化升级提供可行技术路径。

(二) 甘蔗整杆抓取受力计算

在针对最大抓取质量为250kg甘蔗的整杆抓取过程中，机械臂手需精确计算并施加合适的夹持力。设甘蔗最大质量 m_{max} 为250kg，重力加速度 g 取 $9.8m/s^2$ ，则甘蔗所受最大重力 F_{gmax} 为： $F_{gmax}=m_{max}\cdot g=250\times 9.8=2450N$ 。为确保甘蔗在抓取过程中不滑落，机械臂手需提供的最小夹持力 F_{cmin} 应满足静摩擦条件，即 $F_{cmin}\geq \frac{F_{gmax}}{\mu}$ ，其中 μ 为机械臂手与甘蔗接触面间的静摩擦系数，其值取决于材料表面特性，一般可通过实验测定。同时，为防止甘蔗因夹持力过大而受损，需根据甘蔗的抗压强度 σ_{max} 和接触面积 A 来确定夹持力的上限，即 $F_{cmin}\leq \sigma_{max}\cdot A$ 。通过综合考量这些因素，可设计出既稳定又安全的机械臂手夹持策略。

二、基于 MoveIt2 的机械臂控制仿真

在完成机械臂手的结构设计与甘蔗抓取静力学验证后，为进一步验证其在复杂田间环境下的运动控制性能与轨迹规划能力，本研究构建了基于 ROS2 的高保真仿真平台。该平台利用 MoveIt2 运动规划框架，旨在实现从几何模型到动力学仿真的映射，以及闭环控制策略的验证。

1. 仿真环境构建与模型集成

首先，将 SolidWorks 中完成的机械臂手三维模型通过 sw_urdf_exporter 插件导出为 URDF (Unified Robot Description

Format) 格式。为确保仿真精度，需在 URDF 文件中精确配置各连杆 (Link) 的质量、质心坐标及惯性张量，并定义关节 (Joint) 的运动学参数 (DH 参数)。随后，将配置好的模型导入 Gazebo 物理仿真环境。为实现 ROS2 与 Gazebo 的通信，本研究配置了 gazebo_ros_control 插件，加载 JointStateController 以实时发布关节状态，并针对各驱动关节加载 JointTrajectoryController 以接收外部轨迹指令。在此过程中，特别针对甘蔗茎秆的物理属性进行了建模，将其定义为具有特定摩擦系数和碰撞属性的柔性体，以模拟真实的抓取环境。

2. 运动规划场景配置

基于 MoveIt2 的 Setup Assistant，对机械臂手进行配置生成。通过配置运动学求解器 (Kinematics Solver)，本研究选用了 KDL (Kinematics and Dynamics Library) 算法以解决逆运动学问题。在 Planning Scene 模块中，构建了包含整杆甘蔗目标物体的虚拟作业场景 (如图2所示)。通过 RViz2 可视化界面，实现了机械臂手与甘蔗模型的同步显示，为后续的轨迹规划提供了可视化的交互环境。

3. 控制器设计与轨迹规划

针对甘蔗整杆收获的特定工况，本研究设计了基于位置控制的闭环控制策略。利用 MoveIt2 内置的 OMPL (Open Motion Planning Library) 算法库，采用 RRTConnect (快速探索随机树连接) 算法进行运动学求解。在规划过程中，设定了关节位置、速度及加速度的约束条件，以确保生成的轨迹符合机械臂的动力学特性，避免过大的冲击力对甘蔗造成损伤。针对甘蔗抓取任务，规划了从初始位姿到抓取位姿的无碰撞平滑轨迹。控制器通过订阅 /joint_trajectory 话题接收目标轨迹点，并通过 PID 控制算法驱动 Gazebo 中的虚拟关节运动。



图2 MoveIt2 中的机械臂手建模与整杆甘蔗抓取仿真

4. 仿真结果与分析

仿真结果表明，该控制架构具有良好的实时性与鲁棒性。在模拟的甘蔗抓取任务中，机械臂手能够根据视觉反馈 (模拟) 实时调整末端执行器位姿，精确驱动各关节协同运动。在接近、姿态调整及夹持提升过程中，控制器响应迅速，轨迹跟踪误差控制在允许范围内，未出现奇异点或剧烈抖动现象。特别是在夹持力闭环控制仿真中，系统能根据反馈力矩动态调整关节输出，验证了所设计控制策略在田间复杂作业环境下的可行性，为后续实物样机的控制系统开发奠定了坚实的理论基础。

三、结束语

本文针对甘蔗整秆收获过程中存在的伤蔗率高、自动化程度低等问题，设计了一种基于机械臂手的甘蔗收获控制系统。通过SolidWorks 完成了机械臂手的三维建模与初步仿真验证，并对甘蔗整秆抓取过程进行了详细的受力分析。进一步，依托 ROS2与

MoveIt2搭建了高保真仿真平台，实现了机械臂手的运动规划与闭环控制。仿真结果表明，所设计的机械臂手能够稳定、高效地完成甘蔗的抓取、提升与转运任务，且控制器响应迅速、定位精度高。本研究为甘蔗整秆收获装备的智能化提供了可行的技术路径与理论依据。

参考文献

[1] 凌莉. 甘蔗全程机械化收割过程中的损失控制技术 [J]. 河北农机, 2025(14): 30–32.

[2] 汪鸿宇. 丘陵山地甘蔗割堆机输送及集堆装置的设计与仿真分析 [D]. 柳州: 广西科技大学, 2025.

[3] 李明春; 张顺生; 李啸宇等. 中国甘蔗收割机的发展现状与展望 [J]. 热带农业科学, 2025, 45(01): 126–132.

[4] 韦雨彤. 丘陵地区履带式甘蔗收获机调平控制系统设计与试验研究 [D]. 南宁: 广西民族大学, 2025.

[5] 韦志高. 甘蔗收获机械化的影响因素及应对策略 [J]. 农村科学实验, 2026(04): 91–93.

[6] 李朝博. 丘陵山地甘蔗割堆机整机设计与研究 [D]. 柳州: 广西科技大学, 2025.

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

[8] 梅松, 夏先飞, 何静等. 果园高效机械化生产装备现状与发展重点 [J]. 中国农学通报, 2025, 41(26): 117–129.

[9] 刘建林. 面向精密装配任务的机械臂多目标轨迹规划研究 [D]. 贵州: 贵州大学, 2025.

基于物理特征门控注意力的长短期记忆网络的风电功率预测

滕菲

哈尔滨电力职业技术学院，黑龙江 哈尔滨 150030

DOI: 10.61369/SSSD.2026090027

摘 要： 风力发电的波动性对电力系统的安全稳定运行构成挑战。但现有预测方法忽略物理规律，导致其在极端场景下的精度较差。因此，本文提出了一种基于物理特征门控注意力的长短期记忆网络预测方法。该方法首先通过相关性分析筛选出风速作为核心物理特征，并利用该物理特征向量融合局部时序模式与全局依赖关系。实验结果表明，所提方法在多种指标上展现出优秀的性能。

关 键 词： 新能源预测；风力出力预测；深度学习；长短期记忆网络；注意力机制

Wind Power Prediction Based on Long Short-Term Memory (LSTM) Network with Physical Feature Gated Attention

Teng Fei

Harbin Electric Power Vocational Technology College, Harbin, Heilongjiang 150030

Abstract： The variability of wind power generation poses challenges to the safe and stable operation of power systems. However, existing prediction methods neglect physical laws, resulting in poor accuracy in extreme scenarios. Therefore, this paper proposes a Long Short-Term Memory (LSTM) prediction method based on physically-informed gated attention. This method first selects wind speed as the core physical feature through correlation analysis and utilizes this physical feature vector to integrate local temporal patterns with global dependencies. Experimental results demonstrate that the proposed method exhibits excellent performance across multiple metrics.

Keywords： new energy forecasting; wind power output forecasting; deep learning; long short-term memory network; attention mechanism

引言

风力发电作为清洁能源的重要组成部分，因其资源丰富、环境友好等优势，在全国能源结构转型中扮演着关键的角色^[1]。然而，风电输出功率呈现出显著的波动性，这给电力系统的安全稳定运行带来了严峻挑战^[2]。因此，实现高精度的风电功率预测具有至关重要的意义。当前，韩健等^[3]提出了基于长短期记忆网络和卷积神经网络的混合预测方法。米云宝等^[4]建基于卷积神经网络与双向门控循环单元组合的预测模型。然而，现有模型的建模过程未能有效融入物理规律^[5]。这导致模型在面对训练数据分布外的场景时，将产生不准确的预测结果^[6,7]。

针对上述问题，本文提出一种新颖的基于物理特征门控注意力的长短期记忆网络方法。所提出的方法基于关键物理特征，自适应地融合局部时序模式与全局依赖关系。

一、方法

传统的注意力机制完全依赖数据驱动，可能产生物理上不合理的预测结果^[8-10]。为此，本文提出了一种新颖的风电功率预测

方法。

原始输入序列 $X=x_1, x_2, \dots, x_T \in R^{T \times d_{input}}$ 首先通过一个两层 LSTM 网络进行编码。LSTM 的输出序列为 $H=h_1, \dots, h_T$ ，其中 h_t 为时间步 t 的隐藏状态。最后一层输出 h_T 被记为 f_{lstm} ，作为局部时

序模式的代表。

为捕获序列中的全局依赖关系，将长短期记忆网络的输出 H 输入到一个多头自注意力层。最终输出同样为一个序列。提取该序列最后一个时间步的特征 f_{att} ，作为全局上下文信息的浓缩表示。

该模块由一个两层的全连接网络组成，被用来将二维物理特征 $v_{physics}$ 映射为一个与特征维度相同的门控权重向量 g ：

$$g = \sigma(W_2 \cdot \text{ReLU}(W_1 \cdot v_{physics} + b_1) + b_2) \quad (1)$$

其中 $W_1 \in R^{T \times d_{hidden}/2 \times 2}$ ， $W_2 \in R^{T \times d_{hidden}/2}$ ， $\sigma(\cdot)$ 为 Sigmoid 激活函数，确保 g 的每个元素值域在 (0.1) 之间。本文采用 Pearson 相关系数对各输入特征与目标功率序列之间的线性相关性进行量化评估，定义如下：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

其中， x_i 和 y_i 分别为第 i 个样本的特征值和功率值， $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 分别为对应变量的均值， n 为样本总数。风速与风电功率之间呈现出极高的正相关性。因此，本文选定风速作为核心物理特征，并基于此构造更具代表性的物理特征向量。具体而言，我们构造了两

个特征组合成物理特征向量：

$$v_{physics} = [v_{current}, v_{avg}] \in R^2 \quad (3)$$

其中 $v_{current}$ 表示预测时刻的风速。 v_{avg} 反映过去一小时的风速趋势。接着，本文通过一个两层神经网络将物理特征映射为门控权重：

$$g = \sigma(W_2 \cdot \text{ReLU}(W_1 \cdot v_{physics} + b_1) + b_2) \quad (4)$$

其中 σ 为 Sigmoid 激活函数，确保门控权重 $g \in (0.1)$ ，并指导特征进行自适应融合调节。最后，长短期记忆网络特征与注意力特征通过门控权重进行自适应融合：

$$f_{fused} = g \odot f_{attention} + (1 - g) \odot f_{lstm} \quad (5)$$

当风速变化剧烈时，门控权重倾向于增强注意力特征的贡献；当风速平稳时，则更多依赖长短期记忆网络的局部时序特征。融合后的特征 f_{fused} 经过一个两层全连接网络后，映射为最终的标量预测值 $\hat{y}$ 。

$$\hat{y} = W_{out2} \cdot \text{ReLU}(W_{out1} \cdot f_{fused} + b_{out1}) + b_{out2} \quad (6)$$

二、实验

本文采用某风电场 2021–2022 年的历史数据进行验证。

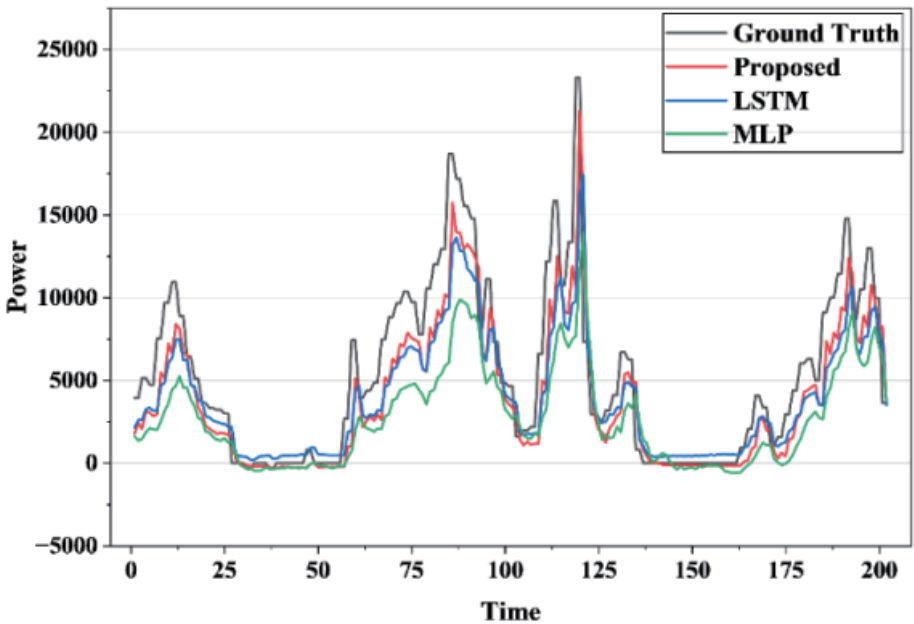


图1 对比实验结果

图1展示了三种模型在测试集上的功率预测结果。本文提出的方法在大部分评估指标上取得了最优性能。从曲线趋势上看，MLP 模型的预测曲线最为平滑，但对功率的快速波动响应迟钝，尤其在功率骤升或骤降时刻出现明显滞后，这表明纯前馈网络难以有效建模时序依赖关系。其次，LSTM 在某些极端天气条件下，预测值出现较大偏差。最后，本文提出的方法展现出最佳的

预测性能。其在功率剧烈变化时仍能保持较高的预测精度。

表1 三种模型的预测性能对比

	MAE	RMSE	MAPE	
MLP	4057.02	6643.33	25.99	0.9554
LSTM	2996.22	5531.84	17.89	0.9691
Proposed	2992.69	6427.95	18.82	0.9583

三、结论

本文针对风电功率预测中纯数据驱动模型缺乏物理一致性的问题，提出了一种基于物理特征门控注意力的长短期记忆网络方法。

该方法通过筛选风速作为核心特征，设计物理驱动的门控融合模块，动态调节局部时序特征与注意力全局特征的权重。实验结果表明，本文为构建高可靠性的风电预测系统提供了有效方案。

参考文献

[1] 张懿夫, 张海峰, 崔运海, 等. 考虑多源数据融合的风力发电机组功率预测模型 [J]. 自动化与仪器仪表, 2026, (02): 166–170. DOI: 10.14016/j.cnki.1001-9227.2026.02.166.

[2] 夏卫平, 邓艾东, 薛原, 等. 基于 VMD 和多时间尺度分类预测的风电单机短期功率预测研究 [J]. 太阳能学报, 2025, 46(12): 554–563. DOI: 10.19912/j.0254-0096.tynxb.2024-1466.

[3] 韩健. 基于 LSTM-CNN 混合预测的风电功率预测技术研究 [J]. 石油石化节能与计量, 2025, 15(12): 14–18.

[4] 米云宝. 时序数据挖掘下风力发电机组输出功率预测方法 [J]. 技术与市场, 2026, 33(03): 101–104.

[5] 李传栋, 张明慧, 张逸, 等. 考虑风力波动相关性的风电场超短期出力预测 [J]. 太阳能学报, 2025, 46(11): 754–763. DOI: 10.19912/j.0254-0096.tynxb.2024-1299.

[6] 马昕远, 伊海港. 基于 CNN-LSTM-Attention 的风力发电功率预测与可解释性分析 [J]. 长江信息通信, 2025, 38(11): 17–21. DOI: 10.20153/j.issn.2096-9759.2025.11.005.

[7] G.Wang, L.Jia and Q.Xiao. A Hybrid Approach Based on Unequal Span Segmentation-Clustering for Short-Term Wind Power Forecasting [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2024, vol.39, no.1, pp.203–216.

[8] Y.Wang, Q.Hu, D.Srinivasan and Z.Wang. Wind Power Curve Modeling and Wind Power Forecasting With Inconsistent Data [J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2019, vol.10, no.1, pp.16–25.

[9] J.Sathyaraj and V.Sankardoss. Enhancing Short-Term Wind Speed Prediction Based on Deep Learning With Ensemble Learning Model for Small Wind Turbine Applications [J]. IEEE Access, 2025, vol.13, pp.82759–82782.

[10] S.Wang, J.Li, Z.Hou, Q.Meng and M.Li. Composite Model-free Adaptive Predictive Control for Wind Power Generation Based on Full Wind Speed [J]. CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2022, vol.8, no.6, pp.1659–1669.

基于热成像与视觉识别的道路空洞检测研究

朱鹏¹, 王玉江¹, 张学朝¹, 龙成^{2*}

1. 广西科技大学, 广西 柳州 545000

2. 广西汽车拖拉机研究所有限公司, 广西 柳州 545000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090033

摘 要 : 城市道路地下空洞的快速无损探测是基础设施安全运维的关键难题。传统单一模态方法各有局限: 可见光相机依赖外部光照, 在弱光、夜间或隧道等场景下图像质量严重退化; 探地雷达虽然能够穿透路面, 但设备成本高昂、探测速度慢, 且数据判读依赖专业经验, 难以胜任大面积路网的快速普查任务。本文基于道路致灾空洞的热效应理论, 提出一种融合热成像与视觉识别的多模态检测方案。实验表明, 该融合策略在弱光环境下将平均检测精度 (mAP@0.5) 从 84.9% 提升至 92.9%, 在完全无光环境下从 67.5% 提升至 92.9%, 实时检测帧率达到 23.7 fps, 满足车载移动巡检的工程需求。

关 键 词 : 多模态融合; 空洞检测; 热成像; 视觉识别

Early Warning System for Road Cavity Detection Based on Thermal Imaging and Visual Recognition

Zhu Peng¹, Wang Yujiang¹, Zhang Xuechao¹, Long Cheng^{2*}

1. Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou, Guangxi 545000

2. Guangxi Automobile and Tractor Research Institute Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi 545000

Abstract : The rapid, non-destructive detection of underground voids in urban roads is a critical challenge for the safe operation and maintenance of infrastructure. Traditional single-modality methods each have their limitations: visible-light cameras rely on external lighting, resulting in severely degraded image quality in low-light conditions, at night, or in tunnels; while ground-penetrating radar (GPR) can penetrate the road surface, it is expensive, slow, and requires specialized expertise to interpret the data, making it unsuitable for rapid, large-scale surveys of road networks. Based on the thermal effect theory of road-damaging voids, this paper proposes a multimodal detection scheme that integrates thermal imaging with visual recognition. Experiments demonstrate that this fusion strategy improves the mAP@0.5 from 84.9% to 92.9% in low-light conditions and from 67.5% to 92.9% in complete darkness, while achieving a real-time detection frame rate of 23.7 fps, thereby meeting the engineering requirements for vehicle-mounted mobile inspections.

Keywords : multi-modal fusion; cavity detection; thermal imaging; visual recognition

引言

随着城市交通基础设施服役年限的增长, 道路地下空洞引发的坍塌事故时有发生, 造成严重的人员伤亡和经济损失。因此, 城市道路地下空洞的快速、无损探测已成为基础设施安全运维与防灾减灾的核心问题。

目前主流检测方法存在明显局限。基于可见光相机的视觉检测方法高度依赖外部环境光照条件, 在弱光、夜间或隧道等复杂场景中, 图像质量与检测性能会发生严重退化。探地雷达技术虽然能够发射电磁波直接穿透路面探测地下空洞, 但其设备成本高昂、探测速度慢, 且对数据的判读依赖专业经验, 难以胜任大面积路网的快速普查任务。红外热成像技术提供了一条极具潜力的互补路径。研究表明, 道路内部致灾空洞的存在会显著改变沥青混凝土路面结构的传热特性: 在夏季晴好天气等典型条件下, 空洞上方地表的留存热量相对较少, 导致其表面温度比周边坚实路基低 1.0~1.4° C。这一微小但规律的温差特征, 可以被当前市面普及的商用红外热像仪 (温度分辨率可达 0.05~0.07° C) 有效探测, 从而从物理机制上赋予了基于红外热像技术进行病害快速普查的可行性。然而, 红外热成像技术并非完美无缺: 红外图像的本质是温度场的视觉映射, 其画面往往缺乏清晰的纹理细节与高分辨率的边缘特征, 单独使用时视觉算法难以

基金项目: 广西科技重大专项项目 桂科 AA24263037。

作者简介: 朱鹏, 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能驾驶。

通讯作者: 龙成, 男, 学士, 主要研究方向: 汽车测试技术。

对病害进行精确定位和特征表征。近年来，深度学习技术的突破为道路病害自动检测提供了新的解决方案，而特征级融合策略被证明能够有效结合红外与可见光的互补优势，在全天候条件下显著提升检测鲁棒性。

基于上述背景，本文提出一套完整的多模态融合检测框架。整体流程划分为四个关键阶段：数据采集（同步获取可见光、热红外及定位数据）、数据预处理（包括去噪、增强和基于互信息的空间配准）、多模态融合识别（双分支特征提取与跨模态 Transformer 融合）、分析与报告（风险分级、可视化输出与维修工单生成）。

一、基于红外热成像的道路空洞监测模型

道路结构可视为多层介质，其瞬态热传导行为由傅里叶热传导方程描述。考虑日间太阳辐射强度随时间呈正弦规律变化，以及路面与空气之间的对流换热效应，可以将道路简化为多层平壁的一维稳态导热问题进行分析。针对典型城市道路结构（沥青混凝土层0.5 m、路基土层1 m、地基土层3.5 m），在凌晨无太阳辐射条件下，可以估算空洞处与坚实路基处的热流量。

仿真结果与理论分析表明：空洞处热流量约为坚实路基的4倍。这意味着空洞上方热量散失更快，导致路面留存热量减少，表面温度降低。根据一维稳态导热公式进一步估算，空洞上方与坚实路基处的路面温度差约为1.061~1.368℃。如图1所示。

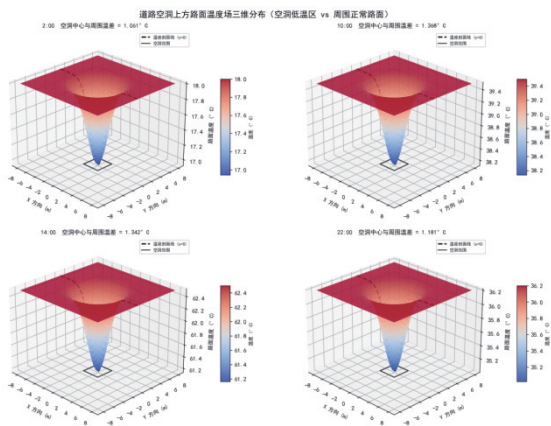


图1：三维温度仿真图

图1所示，空洞中心处温度最低，向两侧逐渐升高，远离空洞后趋于恒定。不同时刻（例如凌晨2:00、上午10:00、下午14:00和夜间22:00）的温差分别为1.061℃、1.368℃、1.342℃和1.181℃，全天温差范围稳定在1.061~1.368℃之间。此外，空洞对路面温度场的水平影响范围约为空洞自身宽度的2.17倍。

为了验证红外热像仪实际探测这一微小温差的可行性，论文调研了市场上常见的主流红外热像仪，其温度分辨率在0.05~0.07℃之间，远小于空洞引起的1.0~1.4℃温差。因此，采用商用红外热像仪完全能够可靠地探测出路面温度场的异常区域，为基于热成像的道路病害快速普查提供了物理和仪器层面的可行性支撑。

二、基于 YOLOv8 框架的视觉检测机制

视觉检测部分采用目标检测方法，通过车载测距相机获取路面图像，利用卷积神经网络（CNN）进行特征提取。整个检测

流程包括：图像输入、卷积层提取局部特征、ReLU 激活函数引入非线性、池化层压缩特征图尺寸以降低计算复杂度、全连接层整合特征并与预训练权重文件比对，最终输出检测目标的类别和位置。

在图像识别中，二维卷积运算本质上是将输入图像的像素矩阵与一个小尺寸的卷积核进行加权求和，从而生成输出特征图。最大池化操作则在局部区域内取最大值，达到特征降维和提取主要纹理信息的目的。ReLU 激活函数将特征矩阵中的负数置为零，有效缓解梯度消失问题并增加网络的非线性表达能力。通过多次重复卷积、激活和池化的过程，网络能够逐层抽象出从边缘、角点到复杂病害形态的高层语义特征。全连接层将这些特征映射到样本标记空间，输出裂缝、空洞等不同病害类别的概率。

为了对检测到的病害进行风险评估，综合考虑道路缺陷的类型、缺陷的大小、以及车辆与缺陷之间的距离，对不同类型的缺陷赋予风险值。最终，系统输出道路风险的综合评定结果，为后续预警和维修决策提供量化依据。

三、基于热成像与视觉识别的多模态融合识别

从热传导理论出发，定量给出了道路空洞引起的路面温差范围（1.0~1.4℃）及其空间影响尺度，并验证了当前红外热像仪可有效探测该温差。同时基于 CNN 的图像检测模型，定义了二维卷积、池化、ReLU 激活等基本运算。将热成像的温度异常信息与可见光图像的纹理细节进行多模态融合，构建完整的道路空洞识别预警框架。

（一）同步采集与输入定义

系统同步采集三个数据流：可见光图像序列、热红外图像序列，以及车载定位系统（GNSS-IMU 紧耦合）提供的三维空间坐标。可见光与热红外相机经过时间同步校准，确保两者在每一时刻对应同一空间场景。定位系统同步记录每一帧图像的地理坐标。

（二）基于互信息的空间对齐

由于可见光与热红外图像的成像机理不同，二者之间不存在简单的像素强度相关性。因此，不能直接进行像素级叠加。本文采用基于互信息的配准方法：通过采用分层策略：在低分辨率层利用头脑风暴优化算法进行全局搜索，避免陷入局部最优；在高分辨率层采用 Powell 算法进行精细调整，确保配准精度。配准后得到空间对齐的图像对，为后续特征级融合奠定基础。

（三）双分支特征提取网络

构建两个并行的卷积神经网络分支，分别处理可见光图像和

热红外图像。每个分支遵循标准的卷积、ReLU 激活、最大池化操作，提取多尺度的特征图。值得注意的是，热红外分支的输入空洞温差：空洞中心温度最低，温差范围为 1.0~1.4° C，温度异常区的水平范围约为空洞宽度的 2 倍。这些物理规律通过训练数据隐式编码于热红外分支的网络参数中，使网络能够有针对性地关注温度异常区域。

（四）跨模态融合 Transformer（CFT）

这是整个融合框架的核心创新点。具体做法是：将双分支网络提取的第 1 层特征图分别展平为序列形式，然后计算跨模态注意力。具体包含两个方向的注意力计算：

可见光→红外注意力：可见光分支的查询向量与红外分支的键值向量进行交互，使得可见光分支能够主动“询问”热红外分支哪里存在温度异常，从而将注意力集中在可能的空洞候选区域。红外→可见光注意力：热红外分支的查询向量与可见光分支的键值向量交互，使得热红外分支能够借助可见光分支提供的清晰纹理和边缘信息，对空洞的边界进行精确定位。通过这种双向交互，热成像扮演了“候选区域提示”的角色——告诉视觉系统哪里可能有空洞；而视觉识别则扮演了“精细定位修正”的角色——告诉热成像系统空洞的确切边界。两者互为辅助、相互增强，共同支撑融合监测。

四、时空关联与温差实测验证

对于每一个检测到的病害，系统通过相机投影模型将其像素坐标转换为相对于载具的局部坐标，结合 GNSS-IMU 提供的载具位置和姿态，计算出病害的绝对地理坐标。由于单帧检测可能存在噪声，系统采用多帧融合策略：同一个病害在连续多帧中被观测到多次，根据每次观测时的距离（越近权重越高）和图像清晰

度（梯度熵越大越清晰）赋予不同权重，计算融合后的置信度和最终地理坐标，有效降低了虚警和定位抖动。

在检测到空洞类别的区域，系统从配准后的热红外图像中提取空洞对应像素区域的温度值，并计算与周围坚实路面平均温度之间的实测温差。如果实测温差落在 1.0~1.4° C 这个区间内，则判定为“潜在空洞”，建议复检；如果实测温差同时满足热流通量估算（空洞处热流通量约为坚实路基的 4 倍），则可进一步确认空洞的存在。这一温差验证环节为检测结果增加了物理可解释性，有效减少了误报。

五、总结与展望

本文以多模态融合为核心，构建了热成像与视觉识别协同的道路空洞检测方案。热效应分析作为辅助手段，定量揭示了空洞引起路面温差（1.061~1.368° C）及热流通量变化（空洞处约为坚实路基的 4 倍），验证了红外热像仪（温度分辨率 0.05~0.07° C）能够可靠探测温度异常区域。视觉识别作为另一辅助支路，基于 CNN 提取可见光图像的纹理与几何特征。在此基础上，通过互信息配准实现热红外与可见光图像的空间对齐，并引入跨模态融合 Transformer（CFT）在特征级进行动态交互——以热成像提供的温差异常为“候选区域提示”，以视觉提供的边缘纹理为“精细定位修正”，两者互为辅助、共同支撑融合监测。实验表明，该融合策略在弱光条件下将 mAP@0.5 从 84.9% 提升至 92.9%，在无光条件下从 67.5% 提升至 92.9%，证明了“融合为主、热效与视觉为辅”的检测架构的有效性。最终输出双光融合可视化图、GIS 专题地图及结构化报告，形成从数据采集到风险决策的完整链路。

参考文献

[1] 王蕊, 宋宏伟. 道路致灾空洞热效应与快速探测可行性研究 [J]. 科学技术与工程, 2022, 22(14): 5871-5877.
[2] 严作人. 层状路面体系的温度场分析 [J]. 同济大学学报, 1984(3): 76-85.
[3] 郭林飞, 柴仕琦, 董静怡, 等. 我国城市路面塌陷事故统计分析 [J]. 工程管理学报, 2020, 34(2): 49-54.
[4] 刘金龙. 地质雷达在路面脱空探测中的应用 [J]. 江苏建筑, 2017, 186(S1): 84-85.
[5] 王志军, 袁东升, 宋文婷, 等. 工程热力学与传热学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2018.
[6] 王志, 刘梓, 李恩等. 结合红外热成像和可见光成像的道路裂缝实时实例分割 [J]. 国际路面工程杂志, 2025, 26(1).
[7] 白洁. 三维探地雷达在道路地下空洞检测中的应用 [J]. 建材技术与应用, 2025, (06): 102-105.
[8] 李松, 史涛, 崔杰, 等. 一种红外和可见光融合图像的道路目标检测方法 [J]. 红外技术, 2025, 47(11): 1390-1397.
[9] 赵伟诚, 凌宏伟. 基于视觉感知系统的道路空洞检测技术研究 [J]. 上海公路, 2025, (03): 7-11+35+246.
[10] 赵思豪. 基于红外与可见光图像的路面病害检测方法研究 [D]. 兰州交通大学, 2025.
[11] 陈炳鑫. 基于红外与可见光图像融合的道路目标检测方法研究 [D]. 广东工业大学, 2025.
[12] 栗昱昊. 基于深度学习的道路裂纹检测研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2025.
[13] 许晓莹, 陈斌. 探地雷达技术在城市道路地下空洞隐患检测的应用研究 [J]. 市政技术, 2021, 39 (S1): 143-148+176.

基于 STM32 单片机的履带小车自动控制系统设计

姚铠洋¹, 刘元林^{1*}, 张文熙¹, 梁俊涛¹, 麦卓荣¹, 刘泽宇¹, 陈科尹¹, 金扬印²

1. 嘉应学院物理与电子工程学院, 广东 梅州 514015

2. 梅州市鑫农机械制造有限公司, 广东 梅州 514015

DOI: 10.61369/SSSD.2026090034

摘 要 : 针对复杂地面环境下移动载体的自主行走需求, 设计一款基于 STM32F103C8T6 单片机的履带小车自动控制系统。系统以 STM32 为主控制器, 搭配 L298N 电机驱动模块、HC-SR04 超声波避障模块、TCRT5000 红外循迹模块及电源模块, 实现小车自主循迹、自动避障、直线调速等功能。硬件部分采用模块化设计, 简化电路布线与后期维护; 软件部分采用 Keil MDK 开发环境, 基于 HAL 库编写控制程序, 通过中断采集传感器数据, 结合逻辑判断实现小车自主决策。经实物测试, 小车可平稳完成循迹行驶、障碍规避动作, 运行稳定可靠, 适用于巡检、探测等简易自动化场景。

关 键 词 : STM32 单片机; 履带小车; 自动控制; 循迹避障; 电机驱动

Design of an Automatic Control System for a Tracked Vehicle Based on STM32 Microcontroller

Yao Kaiyang¹, Liu Yuanlin^{1*}, Zhang Wenxi¹, Liang Juntao¹, Mai Zhuorong¹, Liu Zeyu¹, Chen Keyin¹, Jin Yangyin²

1.School of Physics and Electronic Engineering, Jia Ying University, Meizhou, Guangdong 514015

2.Meizhou Xinnong Machinery Manufacturing Co., Ltd., Meizhou, Guangdong 514015

Abstract : To address the autonomous locomotion requirements of mobile carriers in complex ground environments, this paper presents an automatic control system for a tracked vehicle based on the STM32F103C8T6 microcontroller. The system employs the STM32 as the main controller and integrates an L298N motor drive module, an HC-SR04 ultrasonic obstacle avoidance module, a TCRT5000 infrared line-tracking module, and a power supply module, enabling autonomous line tracking, automatic obstacle avoidance, and linear speed regulation. The hardware adopts a modular design to simplify circuit wiring and facilitate maintenance; the software is developed in the Keil MDK environment using the HAL library. Sensor data are acquired via interrupts, and autonomous decision-making is achieved through logical judgment. Physical test results demonstrate that the vehicle can stably perform line-tracking and obstacle avoidance tasks, making it suitable for simple automated scenarios such as inspection and detection.

Keywords : STM32F103C8T6; tracked mobile robot; embedded control system; line tracking and obstacle avoidance; motor drive control

引言

我国国土辽阔、地形地貌复杂多样, 丘陵、高原、盆地等复杂地貌在我国分布较广, 相比于轮式的小车, 履带车可以适应上述复杂多变的地形, 解决轮式车不能在复杂地形中安全快速行驶的问题^[1]。

本文设计的履带小车自动控制系统, 以 STM32F103C8T6 为核心, 整合传感器检测、电机驱动、自主决策功能, 实现小车无人工干预的自动行走。为履带式移动平台的智能化设计提供参考方案。

项目信息:

2025 年嘉应学院大学生创新训练计划国家级项目《柑橘采摘先锋——轻量化设计智能采摘机器人》(202510582004);

2021 年广东省线下一流本科课程——精密机械与仪器设计 (422A1002);

2022 年度广东省课程思政改革示范项目——精密机械与仪器设计 (423A0202);

2023 年度广东省教育科学规划课题 (高等教育专项: 2023GXJK490);

2023 年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目 (424A1603);

2024 年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目 (425A3201);

2024 年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目 (425A3203);

嘉应学院人才科研启动项目 (2024RC18); 2024 年度校企合作共建课程 (424A2816)。

作者简介: 姚铠洋 (2005—), 男, 嘉应学院物理与电子工程学院本科生, 主要研究方向为测控技术与仪器研究。

通信作者: 刘元林 (1970—), 男, 硕士, 教授, 研究方向为机械结构无损检测技术、机械设计及理论。

一、系统总体设计

国内的果园机械化水平较低，大部分的作业环节还主要是采用人工作业为主，仅有少数规模大些的果园在部分生产环节配备了一些半机械化的辅助机械，不适宜果园生产机械化的快速发展。因此，探究适合我国果园种植模式的机械化设备迫在眉睫^[2]。

所以本系统采用模块化分层设计，分为主控制器模块、电源模块、传感器检测模块、电机驱动模块、执行机构五大核心部分，整体架构如图1所示。

主控制器模块作为系统核心，负责接收传感器采集信息，经运算处理后输出控制指令；传感器模块负责实时采集路面轨迹与前方障碍距离数据；电机驱动模块接收控制器指令，实现小车运动动作。

系统核心功能：①红外循迹：沿地面黑色轨迹自动行驶；②超声波避障：检测到障碍物时自主转向规避；③调速控制：通过PWM波调节电机转速，保证行驶平稳性；④状态指示：通过LED灯显示小车运行状态。

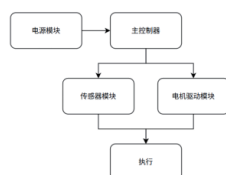


图1 系统总体架构框图

二、硬件电路设计

动力机械及作业机械因地形起伏、机体重心高等问题，导致作业稳定性差，作业效率低，严重影响作业质量、阻碍农业机械化和现代化发展^[3]。

因此，本项目硬件设计遵循低成本、易实现、高可靠性原则，选用通用元器件搭建电路，各模块独立布线，便于故障排查与功能扩展。

（一）主控制器模块

系统主控制器采用 STM32F103C8T6 嵌入式处理器，作为 32 位微控制器，其接口丰富、易于使用，为系统提供了可靠的控制核心^[4]。

该系统采用 STM32F103C8T6 最小系统板。最小系统包含复位电路、时钟电路、下载接口，保障单片机正常启动与程序烧录。最小系统板原理图如图2所示。

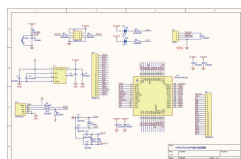


图2 系统硬件原理图

（二）电源模块

常见的供电系统典型异常故障表现为：蓄电池存在电量不足或损坏的情况、线路出现破损现象、继电器发生故障等导致电压

输出不稳定或完全无输出^[5]。因此系统采用双电源供电方案：7.4V 锂电池组为电机驱动模块供电，经 AMS1117-5V 稳压芯片转换为 5V 电压供电。AMS1117-5V 稳压芯片电路图如图3所示。

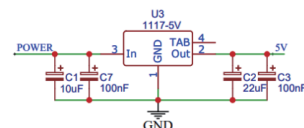


图3 AMS1117-5V 稳压芯片电路图

（三）传感器模块

1. 红外循迹模块：选用 4 路 TCRT5000 红外反射传感器，安装于小车底盘下方。循迹功能基于不同颜色表面对红外光反射率差异的原理实现^[6]。传感器发射红外线，地面黑色轨迹吸收率高、反射率低，白色地面反射率高，通过 LM393 比较器输出高低电平信号，传输至 STM32 的 GPIO 口，判断小车偏离轨迹状态。TCRT5000 红外反射传感器原理图如图4所示。

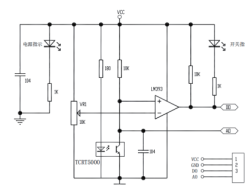


图4 TCRT5000 红外反射传感器原理图

2. 超声波避障模块：选用 HC-SR04 模块能很好的满足本设计要求。回响信号的脉冲宽度与所测的距离成正比，通过发射信号至收到回响信号时间间隔可以计算出距离^[7]。通过引脚发送触发信号，接收反射信号，再通过定时器计算时间，换算障碍物距离，设定安全阈值，低于阈值则触发避障程序。超声波模块原理图如图5所示。

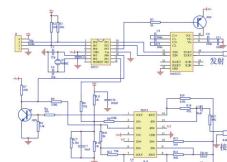


图5 超声波模块原理图

（四）电机驱动模块

在电源和电池模块系统构建完成后，还需要依靠高性能的电机驱动系统来促进小车更好地运行^[8]。电源系统为整车提供了稳定的能量供给基础，而电机驱动系统则是将电能转化为机械动能的核心执行单元。

因此系统采用 L298N 电机驱动芯片，可同时驱动两路直流减速电机，支持电机正反转、PWM 调速。STM32 控制电机方向与转速，驱动左右履带电机独立运转，实现小车运动。电机驱动模块原理图如图6所示。

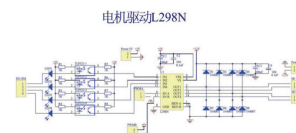


图6 电机驱动模块原理图

三、软件程序设计

随着“中国制造2025”计划的提出，必将促进智能车相关领域的投入和发展，为智能车带来更广阔的应用前景^[9]。软件整体采用主循环+中断的双层架构设计：在主循环中实现小车核心任务；通过不同机制实时采集超声波、红外循迹等传感器数据，确保系统能够快速响应外部环境变化，实现高实时性、高可靠性的自主控制。

（一）主程序流程

系统上电后，首先执行初始化操作：GPIO 端口、定时器、中断配置、传感器与电机驱动模块初始化。初始化完成后，进入主循环，依次读取红外循迹信号、超声波距离信号，判断小车行驶状态，调用对应的控制函数（循迹、避障、调速），循环执行直至断电。核心程序流程如图7所示。

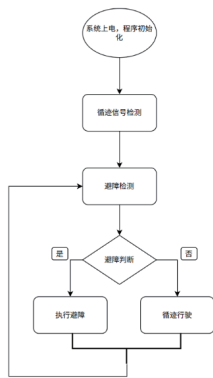


图7 核心程序流程图

（二）功能子程序设计

1. 循迹控制子程序：读取4路红外传感器电平，若中间两路传感器检测到黑线，小车直行；若左侧传感器偏离黑线，控制右侧减速、左侧全速，实现左转；若右侧传感器偏离黑线，控制左侧减速、右侧全速，实现右转，修正行驶轨迹。
2. 避障控制子程序：超声波模块定时采集障碍距离，当距离小于20cm时，小车立即停止，延时后执行后退动作，随后检测左右侧障碍，选择无障碍方向转向，转向完成后恢复循迹行驶。
3. PWM 调速子程序：通过定时器输出占空比可调的 PWM

波，占空比越大电机转速越快，系统设定默认占空比保证小车平稳行驶，转向时适当降低转速，提升动作精准度。

四、系统测试与结果分析

（一）测试环境与方案

搭建实物测试平台：小车底盘采用金属履带结构，搭载设计的硬件电路；测试路面铺设黑色循迹轨迹，设置障碍物；通过USB 线连接电脑调试串口，观测传感器数据与小车运行状态。测试项目：①循迹行驶稳定性；②避障响应速度；③电机调速平稳性；④连续运行可靠性。

（二）测试结果

经多次实物测试，系统各项功能均达标：小车可沿预设轨迹平稳行驶，偏离轨迹时修正响应迅速；超声波模块检测障碍精准，避障动作流畅无卡顿；电机调速无抖动，履带行走无打滑；连续运行30分钟，系统无死机、断电故障，整体可靠性满足设计要求。测试数据如表1所示。

表1 系统测试数据

测试项目	测试指标	实测结果
循迹偏差	$\leq 5\text{mm}$	3mm
避障响应时间	$\leq 200\text{ms}$	150ms
电机调速范围	0~100% 占空比	正常可调
连续运行时长	$\geq 30\text{min}$	45min 稳定运行

五、结论与展望

本文设计了一套基于 STM32 单片机的履带小车自动控制系统，实现了自主循迹、自动避障与无级调速行驶等核心功能。系统采用模块化硬件与分层软件架构，具备良好的可扩展性，后续可通过扩展更多模块，进一步提升平台的智能化与工程应用能力。随着工业 4.0 和智能制造的深入推进，智能循迹机器人的研究与应用将进一步拓展和深化 [10]。由于该方案结构简单、实用性强，因此适用于校园巡检、室内探测、工程实训等场景，为嵌入式系统及智能移动机器人控制技术的实践应用提供了一套简便可行的参考方案。

参考文献

- [1] 邢鸿成, 温文祥, 苑钧泉, 等. 智能手机遥控定位履带车的设计 [J]. 电脑与电信, 2021, (04): 23-26.
- [2] 梅松, 夏先飞, 何静, 等. 果园高效机械化生产装备现状与发展重点 [J]. 中国农学通报, 2025, 41(26): 117-129.
- [3] 孙景彬, 曾令坤, 应婧, 等. 农业履带底盘关键技术研究现状与展望 [J]. 农业机械学报, 2024, 55(11): 202-220.
- [4] 方帆, 许雪艳. 基于 STM32 的便携式室内空气质量检测系统设计 [J]. 蚌埠学院学报, 2022, 11(02): 51-54.
- [5] 姚乐乐, 匡凯, 康涛, 等. 车用电源系统供电稳定性优化策略 [J]. 汽车与新动力, 2026, 9(01): 5-7.
- [6] 韩强, 杨晓华, 于如兴. 基于 STM32 单片机的智能小车设计 [J]. 汽车实用技术, 2026, 51(02): 21-26.
- [7] 苏岩, 张宇翔, 王策, 等. 基于 51 单片机的循迹避障智能小车设计 [J]. 农机使用与维修, 2025, (01): 35-38+42.
- [8] 邱映杰. 基于单片机的路径识别智能小车控制系统的设计与开发 [J]. 科学技术创新, 2023, (14): 195-198
- [9] 余致立, 王玥, 刘江珊. 基于 GD32 单片机的智能循迹小车的设计 [J]. 机械工程与自动化, 2024, (01): 149-150+154.
- [10] 相群群, 胡晓霞. 循迹机器人软硬件设计及虚拟调试研究 [J]. 信息记录材料, 2026, 27(02): 42-44+75.

基于预防性试验的互感器故障分析与检测研究

白月川¹, 李敏², 雷禾雨³, 赵盛泽^{1*}

1. 华电山东新能源有限公司, 山东 济南 250000

2. 中国电信股份有限公司淄博分公司, 山东 淄博 255000

3. 乌兰察布供电公司修试管理处, 内蒙古 乌兰察布 012000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090036

摘 要 : 互感器是电力系统中实现电压、电流变换以及继电保护、测量和计量的重要设备, 其绝缘性能和运行状态直接关系到电网的安全稳定运行。预防性试验能够通过周期性检测及时发现设备绝缘受潮、老化、局部缺陷及结构异常等问题。本文围绕互感器预防性试验展开研究, 通过绝缘电阻试验、介质损耗角正切值测量、直流电阻测量、极性和变比试验、伏安特性试验以及交流耐压试验和局部放电测量等典型方法开展互感器预防性试验。结果表明预防性试验能够有效识别设备潜在缺陷, 提高设备运行可靠性, 并为状态检修与故障预警提供依据。

关 键 词 : 互感器; 预防性试验; 绝缘电阻; 介质损耗; 局部放电; 电力设备

Research on Fault Analysis and Detection of Transformers Based on Preventive Tests

Bai Yuechuan¹, Li Min², Lei Heyu³, Zhao Shengze^{1*}

1. Huadian Shandong New Energy Co., Ltd., Jinan, Shandong 250000

2. Zibo Branch of China Telecom Co., Ltd., Zibo, Shandong 255000

3. Maintenance and Testing Management Department of Ulanqab Power Supply Company, Ulanqab, Inner Mongolia 012000

Abstract : Transformers are crucial devices in power systems for voltage and current transformation, as well as for relay protection, measurement, and metering. Their insulation performance and operational status directly affect the safe and stable operation of the power grid. Preventive tests can timely detect issues such as insulation moisture, aging, local defects, and structural abnormalities through periodic inspections. This paper focuses on the preventive tests of transformers, conducting tests such as insulation resistance tests, measurement of the tangent of the dielectric loss angle, DC resistance measurement, polarity and ratio tests, volt-ampere characteristic tests, AC withstand voltage tests, and partial discharge measurements. The results show that preventive tests can effectively identify potential defects in the equipment, enhance operational reliability, and provide a basis for condition-based maintenance and fault early warning.

Keywords : transformer; preventive test; insulation resistance; dielectric loss; partial discharge; power equipment

引言

在高压电力系统中, 互感器用于准确测量和控制系统电压以确保电网的稳定运行, 主要承担电压、电流变换以及为测量、计量、保护和控制装置提供标准信号的任务。由于电力系统中互感器运行的数量较多, 运行环境复杂, 多为高电压、大电流的工况, 其内部绝缘系统容易受到电、热、机械结构及外界环境因素的共同影响, 进而出现受潮、老化、局部放电及绝缘劣化等问题。若隐患未能被及时发现, 轻则影响计量和保护准确性, 重则引发设备故障甚至系统事故。

预防性试验是电力设备运行维护中的关键技术环节, 其核心目标在于通过周期性检测掌握设备绝缘状态及电气性能变化规律, 在故障形成和扩大之前发现电力设备异常并采取处理措施。

一、互感器的分类与结构特征

互感器的核心作用是借助闭合磁路铁芯, 配合绕制其上且相

互绝缘的一次绕组与二次绕组, 将电力系统中的高电压、大电流转换为便于测量、保护及控制的低电压、小电流^[1]。互感器可分为电流互感器与电压互感器两大类, 其中, 按绝缘介质分类, 可分

作者简介: 白月川 (1987.11—) 男, 山东淄博人, 助理工程师 / 学士, 研究方向: 电气。

通讯作者: 赵盛泽 (1995.10—), 男, 山东淄博人, 助理工程师 / 学士。研究方向: 经济学。

为干式、浇注绝缘式、油浸式及气体绝缘式；按变换原理分类，则可分为电磁式、电容式及光电式^[2]。

电流互感器的分类方式多样，按用途可分为测量用电流互感器与保护用电流互感器；按安装地点可分为户内式与户外式；按绝缘介质可分为油绝缘、浇注绝缘、干式绝缘、瓷绝缘及气体绝缘等类型。从应用场景来看，低压与中压等级的电流互感器多采用户内式安装，而高压等级的电流互感器则以户外式安装为主^[3]。

从绝缘结构上看，油浸式电流互感器主要包括链型绝缘结构和电容型油纸绝缘结构。电容型电流互感器由于底部结构及末屏位置较为特殊，当受潮或进水时，往往首先表现为末屏对地绝缘性能下降，因此在预防性试验中应重点关注相关测试结果^[4]。

二、预防性试验

预防性试验是指电力设备投入运行后，由运行或试验部门按照规定周期或运行需求实施的状态检测工作，目的是及时发现设备绝缘缺陷及其他潜在故障，防止设备在运行中发生突发性损坏^[5]。

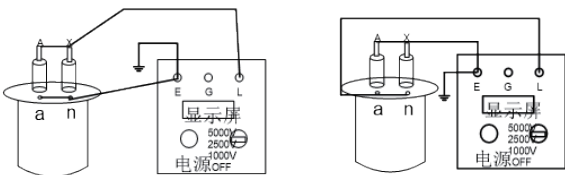
按试验过程中对绝缘的影响程度不同，互感器预防性试验通常分为非破坏性试验和破坏性试验两大类。非破坏性试验是指在低于或接近额定电压条件下，采用电气或非电气方法测量绝缘特性及其变化规律，以判断绝缘状态的一类试验。该类试验对设备绝缘损伤较小，适合周期性检测，但通常不能直接反映绝缘极限耐压能力^[6]。

破坏性试验通常是指在高于设备正常运行电压的条件下进行的耐压试验，其目的是考验设备绝缘在过电压作用下的承受能力。交流耐压试验是典型的破坏性试验方法。此类试验对发现严重绝缘缺陷具有较高有效性，但在设备绝缘已存在明显薄弱环节时，可能造成不可逆损伤，因此一般安排在非破坏性试验之后进行^[7]。

三、互感器预防性试验方法分析

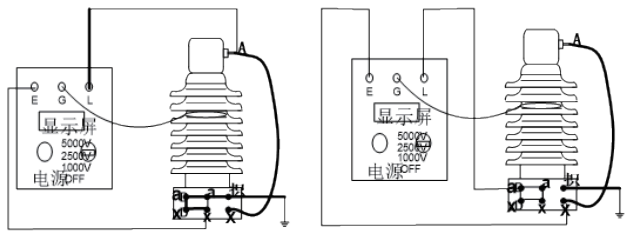
（一）绝缘电阻试验

绝缘电阻试验主要用于检测互感器整体绝缘是否存在受潮、劣化及表面泄漏等问题，是评估设备绝缘状态最基础、最常用的试验项目之一。对于电压互感器，通常采用绝缘电阻表分别测量一次绕组和二次绕组绝缘电阻。具体试验接线如图1、图2所示。



(a) 高压侧对低压侧绝缘电阻 (b) 低压侧对高压侧绝缘电阻

图1 JDJ-10电压互感器绝缘电阻测量



(a) 高压侧对低压侧绝缘电阻 (b) 低压侧对高压侧绝缘电阻

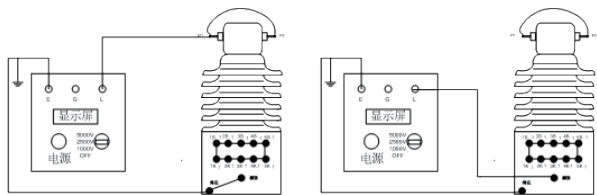
图2 JCC6-10W 串级式电压互感器绝缘电阻测量

表1 电压互感器测量数据结果

互感器型号	高对地绝缘电阻	低对高绝缘电阻	温度	湿度
JDJ-10	11.5GW	2.9GW	22℃	31%RH
JCC6-10W	4.25GW	1.2GW	22℃	31%RH

将上述结果与以往值和出厂值比较发现，所测得的一次绕组绝缘电阻满足要求，二次绕组绝缘电阻不低于10MΩ，所以电压互感器 JDJ-10和 JCC6-10W 的绝缘状况均良好。

电容式电流互感器的绝缘状态监测中，需重点测量主屏间绝缘电阻及末屏对地绝缘电阻，通过这两项指标可有效反映设备底部是否存在受潮或积水现象^[8]。电容型电流互感器的末屏安装于油箱底部，其与大地之间仅通过末屏外屏绝缘及 U 形纸板绝缘实现绝缘隔离，绝缘结构相对薄弱。当互感器发生受潮故障时，水分易在油箱底部积聚，进而导致末屏与油箱之间的绝缘部分受潮最为严重，直接引发绝缘电阻值显著下降。具体测量如图3所示。



(a) 主屏间的绝缘电阻 (b) 末屏对地的绝缘电阻

图3 LB6-110W3 电容式电流互感器绝缘电阻的测量

表2 电容式电流互感器绝缘电阻的测量结果

	主屏间的绝缘电阻	末屏对地的绝缘电阻	温度	湿度
测量数据	∞	100GW	23℃	31%RH

结果表明，相关被试互感器的一次、二次绕组绝缘电阻均满足要求，主屏间绝缘电阻表现为高阻状态，末屏对地绝缘电阻数值较高，表明设备绝缘状况整体良好。

（二）介质损耗角正切值测量

介质损耗角正切值 ($\tan \delta$) 是表征绝缘介质损耗特性的关键参数。测量 20 kV 及以上电磁式互感和 110 kV 及以上电容型电流互感器的末屏对二次绕组及地的介质损失角正切值 $\tan \delta$ ，对发现绝缘受潮、老化、裂纹、局部碳化及电容芯子异常等缺陷具有较高灵敏度。试验室中使用的是 AI-6000D 型介损测试仪，该仪器上面板如图4所示，其简化图如5。

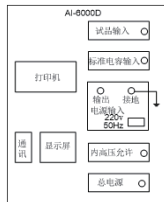


图4 AI-6000D 型介损测试仪面板

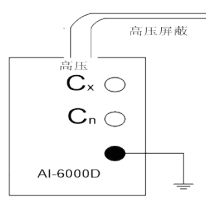


图5 AI-6000D 型介损测试仪面板简化图

在电压互感器试验中,可采用正接线或反接线进行测量;对于串级式电压互感器,还可采用常规法、自激法、末端屏蔽法和末端加压法。对于电容式电压互感器,则应分别测量分压电容及电磁单元的 $\tan \delta$ 和电容量。

(三) 直流电阻测量

直流电阻测量主要用于检查互感器绕组是否存在短路、断路、接线错误、焊点接触不良等问题,同时也可用于核对导线规格及绕组一致性。本研究用 XD2505 型直流电阻测试仪测量 JCC6-10W 串级式电压互感器,具体接线如图6所示。

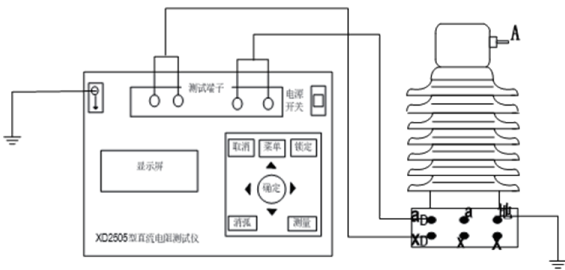


图6 直流电阻测试仪测量 JCC6-10W 接线图

(四) 极性和变比试验

极性和变比试验用于校核互感器的极性连接关系及变换比是否符合铭牌要求,是保证继电保护、测量和计量准确性的必要手段。本研究选用 FA-103 型互感器多功能全自动综合测试仪测量 LB6-110W3 电容式电流互感器,具体接线方式如图7所示。

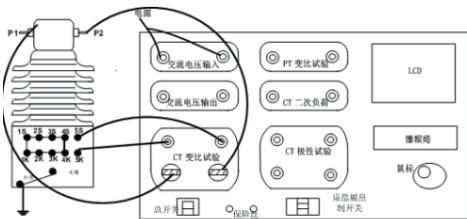


图7 多功能全自动测试仪测量电流互感器极性变比接线图

测量结果为:二次绕组变比为1097.9,误差为-0.19%,减极性;二次辅助绕组变比为627.3,误差为-1.23%,减极性;本

次试验还对 LB6-110W 进行测量,测得的结果为:测量极变比为300/4.994,比差为0.12%,角差为0.15° 减极性;保护级变比为300/4.987,比差为0.26%,角差为0.64° 减极性。通过与被试互感器的铭牌进行比对,所测得的变比与极性均符合铭牌上的标识规定。

(五) 伏安特性试验

伏安特性试验主要针对电流互感器开展,其目的是绘制励磁特性曲线并确定饱和拐点电压,以判断铁心磁路是否存在匝间短路、局部缺陷或磁性能下降等问题。具体接线如图8所示。

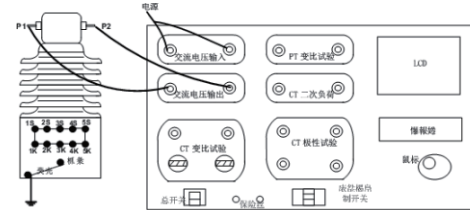


图8 多功能全自动测试仪测量电流互感器伏安特性接线图

四、试验结果综合分析与讨论

从整体试验结果看,绝缘电阻、 $\tan \delta$ 、变比极性以及伏安特性等项目均未发现明显异常,说明被测互感器总体绝缘状况良好,能够满足运行要求。非破坏性试验结果表明,互感器绕组主绝缘、末屏绝缘及二次回路状态均较为稳定,没有出现显著受潮、老化或局部进水迹象。

此外,对于分级绝缘电压互感器和电容型电流互感器,仅依赖单一试验项目通常难以全面判断其绝缘状态,应将绝缘电阻、 $\tan \delta$ 、电容量变化、末屏试验结果及局部放电测量等信息进行综合分析,才能获得更可靠的结论。

五、结论

本文基于互感器预防性试验原始材料,对互感器分类与结构特点、主要试验项目及实施方法进行了系统整理和学术化分析。研究表明,预防性试验是保障互感器安全运行的重要措施,能够有效发现绝缘受潮、老化、局部放电及结构异常等潜在缺陷。建立完善的历史试验数据库并对比历次试验结果,是提高设备状态评估准确性和实现状态检修的重要基础。互感器预防性试验不仅是电力设备运行维护的基础工作,也是保障电网安全、提升设备可靠性和实现精益化运维的重要技术手段。

参考文献

- [1] 李鹏,田建华. 高电压技术实训指导书 [M]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [2] 常美生. 高电压技术 [M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [3] 于长顺,郭琳. 发电厂电气设备 [M]. 北京:中国电力出版社,2008.
- [4] 陈化钢. 电力设备预防性试验技术问答 [M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.
- [5] 河南电力技师学院. 电气试验工 [M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [6] 孙恒峰,张扬,孙正华,等. 不拆高压引线测量220kV CVT 介损及电容量的试验方法 [J]. 电力电容器与无功补偿,2008(5):7-13.
- [7] 赵京武,李红林. 500kV CVT 不拆高压引线预试方法探讨 [J]. 高电压技术,1999(3):4-7.
- [8] 杨殿成,邱朝阳. 220kV 电容式电压互感器不拆引线试验研究 [J]. 云南电力技术,2011,4(1):19-22.

钢－混凝土组合梁时变分析研究进展

杭振园

浙江交通职业技术学院 路桥学院, 浙江 杭州 311112

DOI: 10.61369/SSSD.2026090040

摘 要： 钢－混凝土组合梁在桥梁和建筑结构中应用广泛，混凝土板的收缩和徐变引起的时变效应对结构长期服役性能有显著影响。该文从混凝土收缩徐变基本理论、组合梁时变分析方法、试验研究进展、时变性能影响因素以及再生混凝土组合构件研究现状五个方面，对钢－混凝土组合梁时变分析领域的研究进展进行了系统梳理。回顾了龄期调整有效模量法、逐步计算法和率型模型等方法的发展脉络，总结了从解析解到有限元数值模拟的技术演进路径，归纳了简支梁、连续梁及特殊形式组合梁的长期性能试验成果。在此基础上，指出了非线性徐变理论、界面滑移时变行为和多场耦合分析等方面存在的不足，并对再生混凝土组合构件时变性能等未来研究方向进行了展望。

关 键 词： 钢－混凝土组合梁；时变分析；徐变；收缩；再生混凝土

Research Progress on Time-dependent Analysis of Steel-Concrete Composite Beams

Hang Zhenyuan

School of Road and Bridge Engineering, Zhejiang Institute of Communications, Hangzhou, Zhejiang 311112

Abstract： Steel-concrete composite beams are widely used in bridge and building structures. The time-dependent effects caused by shrinkage and creep of the concrete slab significantly affect the long-term service performance of the structure. This paper systematically reviews the research progress in time-dependent analysis of steel-concrete composite beams from five aspects: fundamental theories of concrete shrinkage and creep, analytical and numerical methods, experimental investigations, influencing factors, and research status of recycled aggregate concrete composite members. The existing research gaps in nonlinear creep theory, time-dependent interface slip behavior, and multi-field coupling analysis are identified, and future research directions are discussed.

Keywords： steel-concrete composite beam; time-dependent analysis; creep; shrinkage; recycled aggregate concrete

引言

钢－混凝土组合梁利用钢与混凝土的力学互补特性，在桥梁和建筑结构中得到广泛应用。长期服役中，混凝土板的收缩和徐变引起截面内力重分布、挠度持续增大以及界面滑移的逐步演化。已有研究表明，约50%的徐变变形发生在加载后三个月内，这一缓慢时变过程深刻影响着组合结构的长期工作性能。大跨径组合梁桥和超高层建筑的不断涌现，使时变效应在结构全寿命周期内的累积日益受到关注。混凝土时变变形不仅导致使用性退化，还可能改变剪力连接件的受力状态，进而波及结构整体安全储备。当前国内外主要设计规范对组合梁长期性能的规定多基于简化假设，对界面滑移时变行为和非线性徐变效应缺乏系统考量。该领域的研究可追溯至20世纪70年代对差异收缩和徐变效应的早期探讨。此后，龄期调整有效模量法(AEMM)的提出将积分型本构方程转化为代数形式，使其成为徐变分析中应用最广的近似方法。近十年间，有限元方法和增量递归算法的引入推动组合梁时变分析从完全剪切假定走向部分相互作用模型，从线性分析拓展至非线性领域。围绕钢－混凝土组合梁的时变性能，以下从混凝土收缩徐变基本理论、分析方法演进、试验研究进展、时变性能影响因素以及再生混凝土组合构件研究现状五个方面展开梳理，并讨论现有研究的不足与可深入的方向。

一、混凝土收缩徐变基本理论

混凝土在持续荷载作用下产生的随时间增长的变形称为徐变，其微观机理涉及毛细孔水分迁移、凝胶体粘性流动和微裂缝

发展等多个物理过程。当应力水平低于0.4~0.5倍轴心抗压强度时，徐变应变与应力近似呈线性关系，称为线性徐变；超过该阈值后，微裂缝加速扩展使徐变速率远超应力增长，进入非线性徐变阶段^[1]。

基金项目：浙江交通职业技术学院高层次人才引进专项项目：钢－混凝土组合梁时变分析模型研究（2025rcxm05）。

作者简介：杭振园（1987—），男，浙江杭州人，博士，副教授，研究方向为钢－混凝土组合结构。

工程中常用的徐变预测模型有 ACI 209、CEB-FIP 和 B3 等。ACI 209 模型形式简洁但参数涵盖范围较窄；CEB-FIP 模型纳入环境湿度、构件理论厚度和加载龄期等因素，在欧洲规范体系中应用广泛；B3 模型基于固结理论建立，对早期加载混凝土的预测精度有所改善。实际工程中应根据混凝土配合比和环境条件选择适宜的模型^[1]。

龄期调整有效模量法 (AEMM) 通过引入老化系数将积分方程简化为代数方程，计算效率高，适用于工程设计和初步分析。逐步算法通过将时间域划分为若干步逐段求解，精度较高但需存储各时间步的应力历史。率型徐变模型以有限个内部变量替代应力历史存储，显著提升了计算效率^[4]。陈永春^[5]发展了中值系数法，以多系数形式实现一步近似求解，思路与 AEMM 法相通但表达形式有所不同。

上述线性徐变理论在常规应力水平下具有良好的适用性，但在高应力状态下其预测能力明显不足。黄海东等^[6]指出，当混凝土应力超过抗压强度 50% 时线性理论不再适用，并提出了非线性徐变计算方法。李兆霞等^[7]从连续介质损伤力学角度出发，建立了描述高应力作用下混凝土徐变损伤演变的本构方程，为非线性徐变分析开辟了另一条理论路径。

二、组合梁时变分析方法

（一）基于 AEMM 的解析方法

龄期调整有效模量法 (AEMM) 将积分型时变本构方程转化为代数形式，为组合梁长期性能分析提供了高效的解析路径。国外学者较早将该思路引入组合梁领域，采用打靶法求解考虑部分相互作用的长期变形控制方程，揭示了长期挠度与连接件布置密度之间的显著相关性——连接件密度越低，长期挠度增幅越大。后续研究将方法推广至等跨度和不等跨度连续梁，使连续组合梁的 AEMM 分析框架趋于完整。基于 AEMM 的解析方法计算效率高、物理概念清晰，但其线性近似特性限制了在高应力状态或大跨度结构中的适用性^[2]。

（二）逐步算法与增量法

逐步算法通过将荷载历史划分为多个时间步逐段求解，理论上可逼近任意精度的徐变响应，但存储量和计算量随时间步数呈二次增长，在大型结构或长持荷期分析中受到制约。为克服这一缺陷，增量分析方法将完整应力历史信息压缩至有限数量的状态变量，避免了对庞大应力历史的依赖。粘弹性 Wiechert 模型的引入使增量递归公式仅需前一步状态信息即可计算当前响应，在保持精度的同时显著降低了计算和存储代价^[4]。

（三）有限元方法

有限元方法能够处理复杂边界条件和非均匀材料属性。梁-壳-连接单元的混合建模策略分别以梁单元模拟钢梁、壳单元模拟混凝土板、非线性弹簧单元模拟剪力连接件，可研究长期荷载下混凝土板有效宽度的变化规律。分层法沿截面高度分层赋予各层不同的本构关系，实现了负弯矩区开裂后截面刚度退化的模拟^[2]。

（四）非线性时变分析方法

实际组合梁在长期服役中往往同时经历开裂、徐变和界面滑移等多重非线性过程。将黏弹性徐变模型与连续体塑性模型结合，可在有限元框架内实现收缩徐变与开裂的耦合分析。针对开裂组合梁建立的非线性部分剪切相互作用模型，揭示了开裂与滑移耦合对长期变形的放大作用。上述非线性方法代表了当前时变分析的前沿水平^[3]。

三、组合梁时变性能试验研究

（一）简支组合梁长期试验

国外学者对简支钢-混凝土组合梁开展了多组长期静载试验，通过改变栓钉连接件布置密度，获得了不同剪力连接度下组合梁的长期挠度、界面滑移及截面应变随时间的变化规律。结果显示约 50% 的附加挠度发生在加载后前 3 个月内，连接件密度较高的试件长期挠度增量相对较小，表明连接件布置密度与长期挠度之间存在显著相关性。足尺简支组合梁长期试验首次报道了栓钉连接件在持续荷载下的长期滑移响应，发现栓钉的等效剪切刚度随时间明显降低，忽略这一刚度退化效应将高估组合作用，导致长期挠度预测偏小。盲螺栓连接件组合梁的试验表明，不同类型连接件的长期刚度退化规律存在差异，在时变分析中应区别对待^[2]。

（二）正负弯矩区及预应力组合梁试验

聂建国等^[8]开展了组合梁正负弯矩区长期性能对比试验。正弯矩区混凝土板受压，收缩徐变引起板内压缩变形增大、组合梁挠度增加和截面内力重分布；负弯矩区混凝土板受拉，收缩变形加剧开裂趋势，开裂后混凝土退出工作使截面有效面积减小，内力重分布更为复杂。试验结果表明负弯矩区组合梁的时变响应特征与正弯矩区存在本质区别，据此建立了正负弯矩作用下组合梁长期性能的解析模型。预应力与非预应力组合梁的对比试验发现，预应力梁虽然长期挠度绝对值较小，但长期变形相对于初始变形的比值反而更大，预应力改变了混凝土板的应力分布和内力重分布路径。近年来对接近实际工程尺度的组合梁桥构件进行的长期行为试验表明，徐变收缩、连接件变形和负弯矩区开裂之间存在复杂耦合效应^[2]。

（三）特殊形式组合梁试验

学者们还将时变性能研究拓展至空间弯曲组合梁和预制装配式组合梁等特殊形式。弯曲组合梁在长期荷载下不仅表现出挠度增长和界面滑移演化，还伴随扭矩的时变重分布。后浇带改变了混凝土板的收缩变形分布和约束条件，为预制装配式组合梁的时变性能评估提供了参考。不同浇筑顺序使各区域混凝土加载龄期不同，在连续梁中引起额外的内力重分布^[2]。

上述试验为理论模型验证提供了基准数据，但现有试验仍有局限：试件数量偏少，持荷时间多在 1 年以内，试验环境多为室内恒温恒湿条件。足尺试验和实际桥梁长期监测数据的匮乏，制约了理论模型向工程应用的转化。

四、再生混凝土组合构件时变性能研究

（一）再生混凝土徐变收缩特性

再生骨料取代率是影响再生混凝土 (RAC) 徐变和收缩行为的核心参数。随取代率提高, RAC 的徐变系数和收缩应变均呈增大趋势, 与普通混凝土相比增幅通常在 20%~80% 之间。肖建庄等^[10]开展了长达 3045 天的超长期加载试验, 揭示了 RAC 梁长期变形的滞后效应, 该现象与 RAC 徐变收缩更强的龄期依赖性密切相关。足尺 RAC 梁长期加载试验发现, 100% 替代率下梁的长期挠度增大 30%, 且再生细骨料对时变行为的影响更为突出。在高应力水平下, RAC 的非线性徐变行为更为显著, 非线性徐变可使徐变系数增加 52%~115%。目前 ACI 209、CEB-FIP 等规范预测模型均基于普通混凝土数据标定, 其对 RAC 的适用性仍存在较大争议^[3]。

（二）再生混凝土组合梁 / 板时变研究现状

相较于 RAC 材料层面的研究, RAC 组合构件的时变性能研究极为有限。非线性热力学有限元模型表明 100% 再生骨料组合板跨中挠度增加 45.5%, 非均匀收缩梯度对连续组合板时变行为具有关键影响。钢-RAC 组合梁的研究量化了混凝土开裂、收缩、徐变和剪切连接程度的综合影响, 发现采用均匀收缩模型会高估 4.5%~10.3% 的挠度^[3]。

上述研究为 RAC 组合构件的时变分析奠定了初步基础, 但若干关键问题仍待解决: 适用于不同取代率的 RAC 徐变收缩本构模型尚未建立; 再生骨料对钢混界面滑移时变行为的影响机制尚不清楚; RAC 组合梁的合理设计方法仍需完善。温成前^[3]在其博士学位论文展望中也指出, 再生混凝土连接件的时变性能亟需进一步评估, 该方向是推动 RAC 在组合结构中工程应用的前提条件。

五、存在的问题与展望

当前组合梁时变分析模型大多建立在线性徐变假设之上。黄海东等^[6]指出, 应力水平超过 0.5 倍抗压强度后线性理论预测偏差显著增大, 但非线性徐变本构模型尚不成熟。界面滑移的时变描述同样面临精度瓶颈——连接件长期刚度退化机制缺乏统一的力学解释。此外, 开裂、徐变、收缩与界面滑移之间的多场耦合效

应虽有学者开始关注, 但系统性理论框架尚未建立^[2]。

长期试验的匮乏是制约该领域发展的重要因素。大多数长期持荷试验的观测周期不超过 1 年, 与桥梁设计基准期相比差距悬殊。再生混凝土、超高性能混凝土等新型材料在组合构件中的长期性能试验几乎是空白^[3]。

针对上述不足, 未来研究可从以下方向展开: 建立考虑非线性徐变、开裂与界面滑移耦合的精细化分析模型; 依托实际桥梁工程开展足尺组合梁长期性能监测; 引入概率理论发展组合梁时变可靠度评估框架; 开展再生混凝土和超高性能混凝土组合构件时变性能的系统研究; 利用数字孪生和智能监测技术为组合梁长期性能管理提供新手段。

从上述研究现状来看, 钢-混凝土组合梁时变分析模型的精细化发展仍面临理论和试验双重挑战, 这也是“钢-混凝土组合梁时变分析模型研究”项目拟解决的核心问题——该项目计划建立考虑界面滑移时变效应的组合梁分析模型, 并通过试验验证其可靠性, 以为组合梁桥的长期性能评估提供理论支撑。

六、结论

混凝土徐变效应的计算方法在过去半个世纪经历了从积分方程直接求解到 AEMM 的简化, 再到率型模型的精细化求解这一演进过程。AEMM 法因计算效率高而成为主流选择; 率型模型在精细化分析中具有独特优势, 但计算代价较高^[4]。非线性徐变理论虽有初步探索^[6,7], 离工程应用仍有距离。

分析方法层面, 从完全剪切假设到部分相互作用模型, 从线性弹性到非线性粘弹性分析, 从解析解到有限元数值模拟, 方法体系已较为完备。多因素耦合模型代表了当前前沿水平, 但仍需更多试验数据支撑^[2]。

试验研究为理论模型校验提供了基准数据, 但现有试验在试件数量、持荷时间和构件类型方面的覆盖面尚不充分。参数敏感性分析表明混凝土徐变系数和剪力连接度对长期挠度的影响最为显著。

再生混凝土组合构件的时变性能是当前研究中最突出的空白领域, 已有研究初步揭示了再生骨料对长期变形的放大效应, 但距形成完善的设计理论尚有大量工作要做^[10]。

参考文献

- [1] 周厦, 陈永春. 收缩 徐变 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1994.
- [2] 温成前. 钢-混凝土组合梁时变分析模型研究 [D]. 青岛: 青岛理工大学, 2024.
- [3] 聂建国, 余志武. 钢-混凝土组合梁在我国的研究及应用 [J]. 土木工程学报, 1999, 32(2): 3-8.
- [4] 陈永春. 混凝土徐变问题的中值系数法 [J]. 建筑科学, 1991(2): 3-8.
- [5] 孙宝俊. 混凝土徐变理论的有效模量法 [J]. 土木工程学报, 1993, 26(3): 66-68.
- [6] 黄海东, 向中富. 混凝土结构非线性徐变计算方法研究 [J]. 工程力学, 2014, 31(2): 96-102.
- [7] 李兆霞. 损伤力学及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [8] 聂建国, 樊健生. 组合梁在负弯矩作用下的刚度分析 [J]. 工程力学, 2003, 20(1): 4-8.
- [9] 杨永清, 李世伟, 蒲黔辉, 等. 大跨悬浇箱梁桥三维非线性收缩徐变效应 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2018, 48(6): 1036-1043.
- [10] 肖建庄, 潘玉珀, 王春晖, 等. 全再生混凝土大跨梁的变形性能与低碳评价 [J]. 中国工程科学, 2025, 27(03): 129-141.

大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径分析

柳泽锦

广东财经大学，广东 广州 510320

DOI: 10.61369/SSSD.2026090005

摘 要： 在大数据技术快速迭代、人工智能应用持续渗透的当下，统计学作为数据处理与规律挖掘的经典学科，与人工智能作为数据智能分析的新兴技术，二者的深度协同已成为推动数字经济高质量发展、破解复杂数据治理难题的核心支撑。人工智能弥补传统统计学在海量数据处理、非结构化数据解析、动态模型优化等方面的短板。基于此，本文针对大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径展开研究，梳理统计学与人工智能的核心关联，剖析人工智能时代统计学面临的全新发展机遇，探索二者协同发展的可行路径，为推动学科融合、技术创新与实践应用提供理论参考与实践指引。

关 键 词： 大数据；统计学；人工智能；协同发展；路径分析

Path Analysis of Collaborative Development Between Statistics and Artificial Intelligence in the Big Data Era

Liu Zejin

Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong 510320

Abstract： With the rapid iteration of big data technology and the continuous penetration of artificial intelligence (AI) applications, statistics— as a classic discipline for data processing and law mining— and AI— as an emerging technology for intelligent data analysis— their in-depth collaboration has become a core support for promoting the high-quality development of the digital economy and solving complex data governance problems. AI makes up for the shortcomings of traditional statistics in massive data processing, unstructured data analysis, dynamic model optimization, and other aspects. Based on this, this paper conducts research on the paths of collaborative development between statistics and AI in the big data era, sorts out the core connections between the two, analyzes the new development opportunities faced by statistics in the AI era, and explores feasible paths for their collaborative development. It aims to provide theoretical reference and practical guidance for promoting disciplinary integration, technological innovation, and practical application.

Keywords： big data; statistics; artificial intelligence (AI); collaborative development; path analysis

引言

大数据时代，统计学与人工智能的边界逐渐模糊，协同共生关系日益凸显。统计学为人工智能筑牢理论根基，人工智能的算法模型本质上是统计学方法的延伸，缺乏统计学指导的 AI 模型易出现过拟合、泛化能力弱等问题；人工智能则为统计学注入新动能，打破其在数据处理规模、速度、类型上的局限，推动统计学从“样本推断总体”向“全量数据挖掘”转型^[1]。因此，探究大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径，具有重要意义。

一、大数据时代统计学与人工智能协同发展的现存困境

（一）理论融合深度不足

当前二者的融合多停留在方法层面的简单叠加，缺乏体系化的理论重构，学科间的壁垒尚未完全打破。一方面，统计学注重小样本、随机性、可解释性与误差控制，强调假设检验与因果推断的严谨性；而人工智能以数据驱动、非线性建模、黑箱特性为

核心，追求预测精度与泛化能力，二者的理论逻辑存在显著差异，导致融合过程中易出现理念冲突。另一方面，高校学科体系设置仍以传统分科为主，统计学、计算机科学、人工智能等学科各自为政，课程体系缺乏交叉融合设计。多数高校仅简单增设 AI 相关课程，未深入挖掘二者的内在逻辑关联，导致学生难以形成跨学科知识体系，制约了协同发展的理论基础。

（二）数据治理机制不完善

数据是协同发展的基础，但当前数据治理机制不健全，数据

共享与安全的矛盾突出。“数据孤岛”现象普遍，政务、企业、科研机构间的数据壁垒严重，多源数据难以整合，制约了协同分析的深度与广度。例如，金融机构的信贷数据、医疗机构的诊疗数据、政府部门的公共服务数据等，因缺乏统一的共享平台与标准，无法实现有效流通，难以支撑跨领域的协同应用。数据标准不统一，结构化、半结构化、非结构化数据的格式与质量差异较大，缺乏统一的清洗、标注与验证规范，导致数据兼容性与可靠性不足，影响协同模型的训练效果与分析精度。

（三）应用场景融合较浅

二者的应用融合多集中在互联网、金融等新兴领域，且多停留在表层应用，与传统行业的融合深度不足，数据价值转化效率不高。一方面，对于新领域的应用方面主要是将新技术应用于流量及风险预测等领域，例如电子商务中的个性化定制以及金融行业的风险控制系统等，虽然都获得一定的成效，但覆盖性不强，并未达到大范围系统化的集成方法。另一方面，对于传统行业如农业、工业、教育等行业因为没有数字基础，其融合进展较慢。例如，在制造业中虽然开展了质量控制和生产优化等方面的合作，但并未带来生产力提升和竞争力增强的实际效果。

二、大数据时代统计学与人工智能协同发展的重要价值

（一）有利于夯实学科发展根基

二者协同为统计学与人工智能的理论创新提供了全新路径，推动学科体系的迭代升级。对统计学而言，人工智能的非线性建模、动态学习、全量分析等特性，突破了传统统计学在处理高维、非结构化、实时数据时的局限，催生了高维统计、流数据统计、因果发现等新兴研究方向，拓展了统计学的理论边界。对人工智能而言，统计学的概率论、假设检验、误差控制等理论，为AI模型的设计、训练与验证提供了科学支撑，有效解决了模型过拟合、可解释性差、不确定性难量化等问题^[2]。

（二）有利于提升数据处理效能

大数据时代，数据已成为核心生产要素，二者协同是提升数据处理效能、释放数据价值的关键。一方面，借助统计学可对数据收集进行规范化及标准化，采用合适的抽样、清洗及控制技术保证数据的准确性、完整性及一致性，为AI模型提供高质量的数据资源。另一方面，借助AI技术能够解决传统统计分析中海量复杂数据处理的低效性问题，实现“资源”向“资产”的转化。比如AI的自然语言处理能力、图像识别、知识图谱等可以很好地对文字、图像、语音等非结构化数据进行解析，发现其中隐藏的信息及规律。

（三）有利于提升决策科学水平

二者协同为科学决策与国家治理现代化提供了重要支撑。在决策层面，统计学的严谨推断与AI的智能预测相结合，可构建“理论引导—数据驱动”的双重验证机制，避免决策的主观性与盲目性。例如，在宏观经济调控中，通过高频统计数据与AI模型的结合，可实时监测经济走势、预判风险，为政策制定提供及时、

精准的数据依据。在国家治理中，二者协同可提升治理的精准性与高效性。通过整合多源数据，利用统计方法分析治理需求，借助AI技术实现治理过程的智能监测、预警与优化，提升公共服务、社会治理、生态保护等领域的治理效能。

三、大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径

（一）深化理论融合，构建协同理论体系

为促进统计学与人工智能的协同发展，应加强对相关理论的研究与构建，通过构建相关体系，为各项工作的开展提供依据。第一，加强核心理论之间的交叉研究。聚焦在统计概率论与人工智能机器学习以及深度学习的交集区域，在人工智能算法中构建基于统计原理的模型框架，提升人工智能的可信赖程度；研究人工智能自学习理论如何与统计误差控制、参数估计相结合，构建用于海量多源信息数据分析的方法体系新一代统计理论，主要包括如何处理高维数值型的数据、不规则数据分解的问题以及动态地更新模型结构的问题等，突破了传统的假设条件约束^[3]。第二，建立联合实验室机制。结合高校科研院所及企业力量成立联合基础研究平台，推动理论研究与需求对接；加强国内外学术交流，引进前沿创新成果，完善联合理论体系。鼓励不同领域团队联合攻关，对关键理论问题形成共识，以期协同发展提供理论依据^[4]。第三，推动实践与理论创新结合。借助合作的理念解决如经济统计、医疗卫生以及政府治理等问题，用证据的形式说明有效性和对其加以完善，进而促使理论研究结论落地生根。例如在经济统计领域，采用新方法构建高频实时数据，此外测算主观因素的权重，提升经济评价的准确性及科学性。

（二）健全数据治理，夯实协同发展基础

在人工智能时代背景下，数据是协同发展的核心要素，健全的数据共享机制能够打破“数据孤岛”，为统计学与人工智能的协同应用提供高质量的数据支撑。第一，完善数据共享机制。在信息共享方面，建立和完善信息共享制度及相关法律法规，明确信息共享主体、范围以及责任，推动政府信息公开，鼓励企业机构间信息共享，构建全方位信息共享体系；构建和完善信息产权、流通和交易的相关规定体系，打破“数据壁垒”，提高数据资源利用率^[5]。第二，统一数据标准。标准化信息规范：制定多模式的信息存储及转换规则，建立信息质量评估机制，提高信息可交换性以及一致性，实现合作式建模。AI知识图谱技术有助于形成标准化信息规范，应加快该类技术的应用推广，制定统一的信息采集、归类、标注、存储标准，提升信息高质量、实用化水平^[6]。第三，加强数据安全保护。建立数据安全管理和制度体系，在差分隐私下兼顾隐私保护和统计推断精度的问题。健全数据安全相关法律法规，加强对数据采集、处理、流通全过程监管，防止数据泄露、滥用风险。

（三）推动应用落地，拓展协同应用场景

应用落地是协同发展的最终目标，只有将理论与技术转化为实际应用，才能充分释放二者的协同价值，赋能各领域高质量发展。第一，重点领域场景示范。在金融、医疗、政务等重点领域

打造联合应用场景试点示范，以点带面带动各领域服务能力提升与工作效率增长，例如在金融领域建设智能风控试点，在医疗领域建设精准诊疗试点，这都可以进行有效复制并加以传播，成为有益的学习借鉴对象^[7]。第二，拓展到传统的农业、工业、教育等行业领域进行合作，在满足各行业需求的基础上提出对应的解决方案，实现传统行业的数字化发展。针对农业、工业等行业的特点，提供一套融合应用解决方案，提升其生产率和竞争力。第三，引导企业创新。支持技贸一体化研发，培育有竞争力的企业，加强产学研合作，推进成果转化，发挥集聚优势。鼓励企业技术创新，研制不同应用场景下的融合应用产品，拓展应用领域^[8]。

（四）强化政策保障，优化协同发展环境

良好的政策环境是协同发展的重要保障，通过强化政策引导与监管，能够为统计学与人工智能协同发展保驾护航。第一，完善政策支持体系。制定专门政策确定合作的方向和发展重心，提供专项资金支持相关理论研究和技术研发，并给予相应的减税降费激励措施以培育混合型业态；将统计学与人工智能融合发展列入数字中国发展规划之中并加大政策支持力度^[9]。第二，加强行业

自律。建立合作使用的行业管理规范，规范人工智能模型开发及数据应用行为，防范人工智能技术和数据滥用风险以及数据泄漏隐患；制定合作应用自律公约，引导合作发展标准；完善算法审核和监测制度，确保人工智能模型的公平性、透明性、可靠性。第三，加大引导力度。通过学术交流会及大众传媒的宣传等形式提高全社会对二者融合发展的认识水平，形成良好融合发展氛围；加强融合运用知识的科普教育，鼓励企业和社会公众参与融合发展，形成有利于融合发展的社会环境^[10]。

四、结语

综上所述，大数据时代，统计学与人工智能协同发展是必然趋势，二者互补共生、协同赋能。统计学为 AI 提供理论支撑，AI 为统计学注入新动能，推动其理论、方法、应用场景升级。在推进二者协同过程中，应注重深化理论融合、健全数据治理、推动应用落地、强化政策保障等，实现深度融合。随着技术持续迭代，二者融合将更加深入，推动数据科学创新，为数字经济高质量发展、国家治理现代化提供有力支撑。

参考文献

- [1] 顾高翔. 复杂系统与仿真模拟——人工智能时代人口学范式“计算化”转型的新方向[J]. 求索, 2025, (02): 86–96+208.DOI: 10.16059/j.cnki.cn43-1008/c.2025.02.009.
- [2] 李啸晨. 大数据时代统计学与人工智能协同发展的路径探索[N]. 河南经济报, 2025-03-29(010).DOI: 10.28362/n.cnki.nhncx.2025.001311.
- [3] 郑显彤, 陆佳卉. 人工智能时代应加强统计学基础学科人才培养[N]. 中国信息报, 2025-03-12(002).DOI: 10.38309/n.cnki.nzgxx.2025.000258.
- [4] 王钰玉. 人工智能时代统计学的作用及其应用研究[J]. 佳木斯职业学院学报, 2025, 41(02): 115–117.
- [5] 于洋, 宋欣颖, 任莹, 等. 人工智能在放射科住院医师规范化培训中的调查与实践[J]. 中国继续医学教育, 2025, 17(04): 150–154.
- [6] 陈梦根. 人工智能与统计学[J]. 中国统计, 2025, (02): 54–57.
- [7] 洪永森, 邱东, 罗良清. 经济测度与经济统计学面临的挑战与机遇[J]. 统计研究, 2025, 42(01): 4–17.DOI: 10.19343/j.cnki.11-1302/c.2025.01.001.
- [8] 周艳, 翁艳敏. 人工智能辅助口腔环境管理模式在颈动脉狭窄合并牙周炎患者中应用研究[C]//上海市护理学会. 第六届上海国际护理大会论文汇编(下). 南京鼓楼医院; 2024: 387–388.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.059666.
- [9] 本刊编辑一部, 李晓倩. 2021 ~ 2023 年辽宁高考录取普通类本科批次、专科批次以“专业+院校”为序的最低分及位次总览(下)[J]. 招生考试通讯(高考版), 2024, (Z1): 4–174.
- [10] 郭秀花, 李卫, 夏结来, 等. 医学影像人工智能医疗器械临床试验统计设计要点专家共识[J]. 中国卫生统计, 2024, 41(03): 474–480.

数字经济背景下高职工商管理专业人才培养模式改革

郑志健

顺德职业技术大学, 广东 佛山 528300

DOI: 10.61369/SSSD.2026090009

摘 要： 数字经济的快速发展重塑了全球商业格局，催生了商业形态的迭代升级，也对高职工商管理专业人才培养提出了全新要求。高职教育以培养高素质技术技能人才为核心，其工商管理专业传统人才培养模式已难以适配数字经济下企业对复合型、实践型管理人才的需求，出现人才供给与市场需求脱节的问题。本文基于数字经济的时代特征，结合高职院校办学定位，分析高职工商管理专业人才培养的现状，从管理工具、创新意识、能力训练三个维度，提出针对性的改革路径，旨在优化人才培养模式，培养出适配数字经济发展、兼具系统思维与实战能力的高素质工商管理技术技能人才，为高职院校相关专业改革提供参考，助力数字经济高质量发展。

关 键 词： 数字经济；高职；工商管理专业；人才培养模式

Reform of Talent Cultivation Model for Business Administration in Higher Vocational Education under the Background of Digital Economy

Zheng Zhijian

Shunde Polytechnic University, Foshan, Guangdong 528300

Abstract： The rapid development of the digital economy has reshaped the global business landscape, spurred the iterative upgrading of business forms, and posed new requirements for talent cultivation in business administration at higher vocational institutions. Focused on cultivating high-quality technical and skilled talents, the traditional talent cultivation model for business administration in higher vocational education has found it challenging to meet the demands of enterprises for composite and practical management talents in the digital economy era, leading to a disconnect between talent supply and market demand. Based on the characteristics of the digital economy era and the positioning of higher vocational colleges, this paper analyzes the current situation of talent cultivation in business administration at higher vocational institutions. It proposes targeted reform paths from three dimensions: management tools, innovative awareness, and ability training. The aim is to optimize the talent cultivation model, cultivate high-quality business administration technical and skilled talents who are well-suited to the development of the digital economy and possess both systematic thinking and practical capabilities, provide references for the reform of relevant majors in higher vocational colleges, and contribute to the high-quality development of the digital economy.

Keywords： digital economy; higher vocational education; business administration major; talent cultivation model

引言

当前，新一轮科技革命与产业变革加速演进，数字经济已成为推动我国经济高质量发展的核心动能，人工智能、大数据、云计算等数字技术广泛渗透到工商管理的各个领域，推动企业管理从传统模式向数字化、智能化转型。《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十五个五年规划的建议》提出，“深入实施教育数字化战略，优化终身学习公共服务”，为新时代职业教育高质量发展锚定航向，也为高职工商管理专业人才培养提质增效提供了根本遵循。在此背景下，立足数字经济背景，加快高职工商管理专业人才培养模式改革，破解人才培养与市场需求脱节的难题，成为高职院校实现内涵发展、服务产业升级的必然选择。

一、数字经济背景下高职工商管理专业人才培养的现状分析

（一）数字化管理工具应用能力培养不足

目前，一些高职院校的工商管理专业课程设置仍主要以传统

的管理理念为主，不能及时反映社会经济发展特别是产业升级过程中对于新知识、新技术的需求。

一方面，在许多企业已经使用 ERP、CRM 等信息化管理系统的情况下，课堂上还只是对这些概念进行简单介绍以及画出其工作原理图，而忽视让学生接触并掌握这些系统的使用方法。比

如，在 CRM 的教学过程中只是一味地讲解客户分类及客户关系管理的方法而不让学生有机会在真实的或者仿真的环境中去分析客户的资料、捕捉商机以及配置自动化的营销方案等。因此造成了学生毕业后对于公司所使用的系统一无所知需要花费大量时间去熟悉这个过程从而不能马上开展工作。

另一方面，实践教学环节设计一般缺少与业务场景结合紧密的技术平台。有些学校有实训课，但是所用软件版本过时，界面以及功能与企业现有系统有很大区别，无法及时地反映出目前主流技术应用情况；一些实训项目只是让高职生照着规定的方式录入数据，没有涉及到对于各种突发问题如何解决、不同部门之间合作流程设置等问题，降低了学生对于系统整体性和灵活性的认识；在市场营销、运营管理等课程上，老师本来可以通过信息化手段来进行需求预测、价格变动及业绩展示等工作，但是在上课时却很少使用这些工具进行演示，导致学生们形成不到利用数据做决定的认识。

（二）数字化商业模式创新意识培养滞后

目前，一些高职院校在培养学生商业模式意识时，很少关注数字化时代新出现业态及其特点，学生对于基于互联网平台商业模式知之甚少，在课堂上很少讲解平台型企业是如何利用大数据、网络外部性和双边市场进行价值创造，很少分析共享经济如何改变人们拥有权与使用权关系以及长尾理论在跨境电商中实践。

其次，在教学中，教师一般会采用一些固定化案例进行讲解，例如沃尔玛供应链管理或者耐克品牌塑造，而对于字节跳动内容分发机制、美团生活服务平台搭建以及拼多多利用社交媒体进行裂变式推广等则较少涉及。另外，在课堂上师生交流也比较单一，教师较少让高职生参与到数字化商业运营模拟中去。

高职生在实习、实训过程中接触真正的数字化创业较少，在校企合作的企业大多数是传统的工商业企业，提供的岗位工作内容主要是日常的文档管理工作，无法接触到商业上对于模式创新的思考。因为缺少相应的试错机会，高职生对数据资产化、流量变现、订阅制的服务转型等问题只是知道这些名词概念而没有形成一种思维方式，在快速变化的数字化时代只能跟在其后学习而不是走在前面进行创造。

（三）数字营销策略制定能力训练欠缺

数字经济时代，营销模式发生巨大改变，在大量用户行为数据支撑下实现精准化、个性化营销。社交媒体营销、直播营销、短视频营销等各种新型营销方式不断涌现，使企业和消费者之间沟通方式发生变化。但是，在培养学生数字营销能力上，高职院校工商管理专业相对欠缺。

第一，一些学校的市场营销课程仍是以产品、价格、渠道、促销 4P 为基础的教学模式，未能跟上数字经济发展下营销理念的变化。课堂上对于大数据分析、社交媒体运营、搜索引擎优化、程序化广告投放等内容涉及不多，使学生对数字营销仅停留在表面了解上，不能理解其精髓也无法动手操作。

第二，教材更新较慢，很多都是使用一些老的经典案例，比如宝洁传统电视广告、可口可乐传统地推等，这些案例虽然有代

表性但是并不符合现在以用户画像为基础的数字化营销理念，学生通过学习这些案例并不能学会如何使用 Google Analytics、百度统计、抖音巨量引擎等软件对网站流量以及效果进行分析，也不能了解 A/B Test、转化率优化、私域流量运营等现代化营销手段的本质。

第三，实训平台建设不足，模拟环境单一^[7]。高职生在面对复杂的数据来源和多样化的触达渠道时，往往表现出策略整合能力弱、应变能力差的问题。行业对具备数据驱动思维和实战能力的营销人才需求持续上升，而现有培养模式输出的人才结构与此趋势存在脱节。

二、数字经济背景下高职工商管理专业人才培养模式的创新路径

（一）强化数字化管理工具应用能力培养

对于高职生数字化管理工具应用能力较差问题，高职工商管理专业应该从以下几个方面的改进着手开展教学改革工作^[8]。

在课程体系设置上，高职院校应当打破传统的工商企业管理课程重理论讲解而轻实践操作的局面，在课堂教学之中融入数字化管理手段的学习与运用。如在 ERP 教学中，学校可搭建一套基于真实的企业运作过程的沙盘，在该平台上设有采购、生产、销售、库存以及财务结算等各个方面的内容，之后由任课老师带领同学们进行角色扮演完成系统的设置与信息流动的过程，由不断的变化经营数据得到系统回复的结果，使学生们了解这些不同的部分是如何相互联系的，从而对整个企业的运行有一个全面的认识。

在实践教学过程中，教师应注意整合资源并再现场景，在线寻找相关网站如 SAP 官网、用友云官网、金蝶 EAS 官网等提供的免费在线课程让高职生接触行业领先数字化工具，比如教师可使用虚拟仿真建立小企业数字化转型案例库，以客户关系管理系统、商业智能分析工具等为主题组织实训活动使学生掌握通过数据做出预测及改进的方法。

此外，教师队伍建设还要注重提高教师数字素养。学校要制定专门培养方案，让教师参加各种数字管理软件证书课程学习，促进“双师型”教师发展，在校企合作教师实习基地中，让教师到企业信息化部门或者数字化转型小组去，在一线参与整个项目操作过程以增强实际操作技能。

（二）注重数字化商业模式创新意识培育

随着数字经济蓬勃发展，高职院校工商管理专业的教学应注重提升学生的高职生对数字化商业模式创新能力的认识。

第一，教师需要在教学内容上靠近数字经济时代要求，及时更新课程内容，把一些有代表性数字化商业实践活动带到课堂里给学生讲解，比如在课堂上讲拼多多“社交+电商”，让学生了解什么是用户裂变、社群运营还有低成本获取客户的背后原理等；第二，再如“抖音+直播+电商”，这是一种新的内容营销方式也是新的销售渠道，教师可以组织学生在这种新事物进行讨论，分析它如何把流量变成钱、提高转化率和建立品牌信任

感等。

其次，教学资源丰富使高职生有更多学习途径。利用慕课、微课等网络教育资源，高职生可以不受时间和空间约束，自由选择学习内容，了解数字化商业模式基本构成以及发展状况。这些平台上汇集了众多高校及企业优秀课程资源，包括对平台经济、共享经济、订阅制等新型模式介绍及案例分析，有利于高职生建立较为完整知识体系。教师也可以为学生推荐一些相关课程作为辅助材料，引导他们进行进一步学习以及进行案例研究，培养他们探究精神与创新能力。

最后，高职院校应致力于构建产学研深度融合人才培养模式。引导教师与互联网企业、电商平台或者科技型企业开展合作，研发符合具体应用背景的新课程内容。采取校企联合授课、共建实验室或实训基地等方式，把企业真实项目引入课堂，让高职学生在解决实际问题的同时提高自身能力，在此基础上逐渐具备感知数字化商业的变化的能力。

（三）加强数字营销策略制定能力训练

近年来，数字营销已成为驱动业务增长的重要引擎，工商管理类专业必须加快人才培养模式革新，增强高职生的数字营销策略制定能力^[11]。

一方面，教学内容需紧跟行业动态，聚焦真实商业场景中的有效实践。课程教师可以将头部企业的数字营销案例纳入课程体系，引导高职生理解策略背后的逻辑架构与执行细节。以抖音平台的“种草”现象为例，其本质是通过内容激发用户兴趣，实现从种草到拔草的消费闭环。教学中，教师可以先系统拆解典型

“种草”视频的内容结构、情绪调动方式、KOC 合作模式以及话题运营技巧，然后逐步引导高职生归纳出高传播性内容的关键要素，如痛点切入、场景还原、信任构建与行动引导。通过对多个成功案例进行横向对比，帮助高职生建立可迁移的内容创作思维框架，而不仅限于模仿单一形式。

另一方面，教师可以采用工作坊形式组织教学。例如，设置基于真实产品或服务的数字营销项目，要求高职生从市场调研出发，明确品牌定位与目标人群特征，进而选择适配的数字渠道组合。项目过程中融入数据工具的应用训练，如利用百度指数分析关键词热度、借助社交舆情监测平台识别用户关注点，使策略制定建立在数据洞察基础之上。在方案实施环节，通过模拟流量反馈与转化率变化，促使高职生动态调整投放节奏与内容方向，在实践中形成系统的数字营销思维模式。

三、结束语

综上所述，数字经济时代对工商管理人才的能力提出了全新要求，高校必须主动适应这一变化，深化工商管理类专业人才培养模式改革。本文通过分析当前工商管理类专业人才培养模式存在的问题，提出了相应的人才培养模式优化策略，旨在帮助高校培养具备数字化思维和技能的复合型工商管理人才。未来，高职院校应继续加强与企业、行业协会的合作，密切关注数字经济发展趋势和企业人才需求变化，持续推进人才培养模式改革，不断提升人才培养质量，为数字经济高质量发展提供坚实的人才支撑。

参考文献

[1] 宁宁. 数字赋能开放教育工商管理专业人才培养模式变革[J]. 中国信息界, 2024, (05): 134-135.
[2] 李佳佳. 数字经济时代工商管理类人才培养路径研究[J]. 大陆桥视野, 2024, (09): 35-37.
[3] 冯攀攀, 呼延云鸽. 数字经济时代高校财务管理专业人才培养路径[J]. 西部素质教育, 2024, 10(20): 168-171.
[4] 李青, 闫炎, 陈玉清. 数字经济环境下工商管理专业产教融合协同治理的路径研究[J]. 中国管理信息化, 2024, 27(21): 219-222.
[5] 张艺. 数字经济时代工商管理类专业人才培养模式探析[J]. 中国管理信息化, 2024, 27(22): 239-241.
[6] 胡小玲. 数字经济背景下应用型本科院校工商管理专业人才培养模式改革研究——基于新文科建设视角[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2025, 30(01): 57-61.
[7] 孔妍娜. 数字经济时代工商管理类人才培养路径研究[J]. 今日财富, 2025, (06): 85-87.
[8] 陈维维. 数字经济时代工商管理类人才培养路径探析[J]. 产业创新研究, 2025, (11): 187-189.
[9] 钟晶灵. 数字经济时代工商管理类人才培养路径研究[J]. 商业文化, 2025, (13): 192-194.
[10] 马彦勤. 数字经济背景下职业院校数字化人才培养路径研究——以企业管理专业为例[J]. 江苏商论, 2025, (11): 115-118.
[11] 傅小龙. 数字经济背景下高职工商企业管理专业人才培养模式创新[J]. 现代商贸工业, 2026, 47(03): 33-35.

日本高中地理教科书中的当代中国形象研究

王晴萱, 沈景垠, 陈国娇, 张勇
扬州大学 外国语学院, 江苏 扬州 225127
DOI: 10.61369/SSSD.2026090029

摘 要 : 本研究调查了日本东京书籍版高中地理教科书中的当代中国形象。通过内容分析发现, 日本地理教科书中的当代中国是一个经济急速发展、国际影响力显著提升、人民生活水平提高、有发展也有问题、一个多样性丰富的经济大国形象。

关 键 词 : 中国形象; 日本教科书; 高中地理; 东京书籍

A Study of the Image of Contemporary China in Japanese High School Geography Textbooks

Wang Qingxuan, Shen Jingyin, Chen Guojiao, Zhang Yong
School of Foreign Studies, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127

Abstract : This study examines the image of contemporary China in high school geography textbooks published by Tokyo Shoseki (Tokyo Books) in Japan. Through content analysis, it is found that contemporary China in Japanese geography textbooks is portrayed as a major economic power with rapid economic development, significantly enhanced international influence, improved living standards, coexistence of development and problems, and rich diversity.

Keywords : China's image; Japanese textbooks; high school geography; Tokyo Shoseki

一、研究背景

1945年之后的日本中小学教科书制度采用“一纲多本”模式, 即日本政府制定“学习指导要领”(相当于我国的“教学大纲”), 各教材出版社组织专家学者根据学习指导要领编写教科书, 然后由日本政府审定出版。迄今为止, 日本已经制定和修订了9次学习指导要领, 最近一次修订学习指导要领是在2016至2017年, 新学习指导要领分别于2020年(小学), 2021年(初中)和2022年(高中)开始实施。

新学习指导要领的最大变化之一是对高中地理的修订。日本在1989年版的学习指导要领中, 将原来的高中社会科分解为“地理历史科”和“公民科”, 并规定“地理历史科”中只有世界史必修, 结果造成选修地理的学生人数逐年减少, 地理教学的重要性日趋减弱。新学习指导要领新设立了必修科目“地理综合”和选修科目“地理探究”。随着有越来越多的学生学习地理, 有理由相信地理教学的重要性和影响力将逐步提升。

教科书是学校教育的重要工具。日本的地理教育注重区域地理, 因为中国是日本的重要邻国, 同时也是世界第二大经济大国, 日本地理教科书中有较多篇幅涉及中国的经济建设、人口与民族、城市发展等内容, 在日本青少年构建心目中的中国形象过程中发挥着影响作用。另一方面, 日本教科书的编写和出版需要依据日本政府制定的学习指导要领, 其中所呈现的中国形象反映出日本对中国的主要认知和评价。教科书为我们研究日本社会的

中国形象提供了一个重要素材。

当前已经有学者开始关注外国地理教科书中的中国形象问题, 例如詹德斌(2021)调查了韩国地理教科书中的中国形象, 黄艳星、彭飞(2024)分析了摩洛哥高中地理教科书的中国形象。在日本的地理教科书方面, 王民, 蔚东英, 马菁(2021)调查了2012年版日本高中地理教科书。在国外, 日本有学者研究了日本初中地理教科书中有关中国的描述(阿部亮吾, 董梦, 2020)。

本研究通过分析日本东京书籍出版社2023年出版的2册高中地理教科书, 考察和分析日本现行地理教科书所呈现的当代中国形象。研究结果有助于丰富和完善我国有关日本教科书中的中国形象研究, 进而为当下我国国家形象的海外传播提供参考依据。

二、日本的高中地理教学

根据日本最新修订的学习指导要领, 高中地理设立了必修科目“地理综合”和选修科目“地理探究”。地理探究包括“现代世界的系统地理考察”、“现代世界的区域地理考察”和“现代世界的未来日本国土形象”三大项目(表1)。其中, 现代世界诸区域选取不同的国家和地区来介绍世界各地。地理综合包括“用地图和地理信息系统了解现代世界”、“国际理解与国际合作”和“可持续区域建设和我们”三大项目(表1)。地理综合虽然没有专门章节介绍世界各地, 但是会在举例说明的时候会介绍一些主要国家和地区。

项目信息: 国家社科基金项目“日本中学地理教科书中的新中国(1949–2021)形象变迁研究(22BGJ011)” ; 扬州大学科创项目“东亚视域下日本现行地理教科书中的中国形象研究(202411117153Y)”的阶段性研究成果。

表1 2016-17年版学习指导要领高中地理教学内容框架

科目	大项目
高中 地理综合	A. 用地图和地理信息系统了解现代世界
	B. 国际理解与国际合作
	C. 可持续区域建设和我们
高中 地理探究	A. 现代世界的系统地理考察
	B. 现代世界的区域地理考察
	C. 现代世界的未来日本国土形象

(笔者根据学习指导要领制表)

三、研究方法

1. 东京书籍版地理教科书

本研究选取的分析素材是日本东京书籍出版社根据新学习指导要领于2023年出版的2本高中地理教科书，它们是《地理综合》和《地理探究》。东京书籍是日本主要的教科书出版社之一，选取东京书籍版地理教科书具有一定的代表性和权威性。

2本教科书的内容编排基本遵照学习指导要领的要求。其中《地理探究》在现代世界的区域地理考察中有7页内容集中介绍中国。由于中国的重要性，《地理综合》在举例说明中有多处介绍中国。本研究的调查分析主要以《地理探究》的上述内容为主，同时兼顾《地理综合》中涉及中国的相关内容。

2. 分析方法

地理教科书内容丰富，而教科书在内容编排上是有选择的。课文的章节标题往往凸显出教科书的主要内容框架，通过章节标题，我们可以整体把握日本地理教科书中国部分的主要特征（表2）。因此，本研究采用内容分析法，对教科书中国部分的章节标题中的关键词句进行分类整理，得到以下5大类别，即“经济急速发展的国家”、“人民生活水平显著提高的国家”、“国际影响力提升的国家”、“有发展也有问题的国家”、“一个多样性丰富的国家”。下面将结合教科书的课文以及专栏、图表、地图等学习材料，深入阐述此5类中国形象的具体内容。

表2 东京书籍版《地理探究》有关中国的内容框架

《地理探究》
1. 中国的改革开放和急速的工业化
(1) 经济成长的背景
(2) 工业地区的变化
2. 中国的农业・农村现代化和城市化
(1) 中国农业的现代化和经济成长
(2) 中国的农业地区
(3) 变化巨大的中国农业
(4) 中国的城市发展和人口问题
(5) 广域大城市圈的形成
3. 环境问题等课题
(1) 中国的多民族和文化
(2) 中国生活文化的变化
(3) 中国的经济成长和环境问题
(4) 扩大的国内地区差异
(5) 消除经济差异的开发政策
4. 伴随经济成长而增长的中国影响力
(1) 世界工厂
(2) 围绕资源的竞争激化
(3) 留学生归国和产业的知识集约化
(4) “一带一路”构想及其影响

四、研究结果

1. 经济急速发展

教科书主要从3个方面正面描述了中国经济的急速发展。(1) 改革开放和市场经济带动经济发展。1970年代末，中国开始实施改革开放，引入了市场经济。沿海地区建设了经济特区，农村地区的乡镇企业也取得了飞速发展。外国企业纷纷来中国投资建厂，汽车等产业取得巨大发展。教科书使用中国地图展示了经济特区和经济技术开发区以及外商投资的分布。(2) 工业化的进一步发展。现在，中国的工业化已经从沿海地区的珠江三角洲、长江三角洲等地向重庆等内陆地区发展。教科书通过专栏介绍了武汉的工业发展。教科书还指出，2008年的世界经济危机之后，中国的工业开始向高科技产业转型。(3) 除了工业，中国的农业也在发展变化。中国在1980年代开始推行生产责任制，农业生产大幅度增长。随着人们收入水平的提高，中国的肉类消费不断增加，促进了畜牧业的发展。

2. 人民生活水平显著提高

中国的经济发展带来了人民生活水平的显著提高，教科书主要从以下2个方面进行了详细描述。(1) 中国的城市化发展迅速。随着城市化的发展，越来越多人口集中到城市，形成了北京天津、上海及其周边城市、广州及香港等大型城市圈。另外，《地理综合》通过深圳，介绍了中国城市化发展的最新变化。改革开放之初，深圳作为经济特区，开始了工业化发展。2001年之后，随着中国加入世界贸易组织，深圳的发展开始向金融中心转移。现在的深圳呈现出向智能城市的变化。教科书通过照片展示了深圳的无人商店和自动驾驶公交车。(2) 城市生活发生巨变。以城市为中心，人们的生活发生了巨大变化。例如大城市高楼林立，有办公楼和商品房。近年来建设了很多地铁，改善了城市交通。彩电、冰箱、小汽车等耐用消费品迅速普及等。

3. 国际影响力提升

中国的经济发展极大地提升了自身的国际影响力，但也和美国等国产生竞争。教科书从四个方面进行了介绍。(1) 中国成为世界工厂。教科书通过图表显示，中国在钢铁、电脑、手机等许多工业产品方面已经成为世界最大的生产国和出口国。(2) 发展知识密集型产业。中国通过鼓励留学生回国创业、强化大学及研究机构的功能，推动高新技术产业的发展。现在，除了工业生产，中国在信息产业等方面的世界影响力不断提高。(3) “一带一路”倡议。中国通过“一带一路”倡议，积极参与沿线国家的基础建设，例如印度尼西亚的高铁建设、缅甸工业区建设等。(4) 与美国等国的竞争。由于中国在世界范围内的经济活动不断增强，在关税等方面和美国的矛盾开始加剧，在基础建设方面和日本存在竞争。

4. 有发展也有问题

中国经济在急速发展的同时，也存在着几个需要解决的问题。(1) 环境问题。教科书指出，伴随着工业化和城市化发展，出现了煤烟等大气污染、工业废水污染、重金属等土壤污染等环境问题。教科书同时指出，为了解决电力供应问题，中国正在采

取措施,例如建设三峡大坝,大力发展水电等。(2)地区经济差异问题。改革开放之后,东部沿海地区率先发展工业,拉大了与西部内陆地区的经济差异。教科书在这里介绍了中国为消除东西地区差异所进行的西部大开发项目。例如设立重庆直辖市,发展高科技产业等。教科书还通过专栏介绍了西部大开发的主要项目青藏铁路。(3)人口问题。教科书介绍了中国的独生子女政策,指出独生子女政策有效控制了人口增长,但也产生了人口老龄化等社会问题。

5. 一个多样性丰富的国家

中国的多样性主要表现在以下2个方面:(1)多民族国家。教科书介绍说,中国有汉族和55个少数民族,其中汉族约占总人口的九成。少数民族包括维吾尔族、回族、藏族、蒙古族等,很多少数民族保持着自己的独特文化。少数民族聚集的地区设有民族自治区等独立行政单位。(2)丰富多样的地理环境。教科书通过图文介绍说,中国农业地区可以用“南米北面”来形容,即中

国的南北差异巨大。淮河以北地区气温低降雨少,适合于种植小麦、玉米等。而东部及南部沿海地区可以大面积种植水稻。

五、总结

本研究调查分析了日本东京书籍出版的高中地理教科书中的当代中国形象,通过内容分析,我们看到日本高中地理教科书中的当代中国是一个经济急速发展、国际影响力提升、人民生活水平大幅提高、经济有发展也有问题、一个多样性丰富的大国形象。

今后还有两个需要进一步研究的问题。其1,日本有多家出版社出版地理教科书,今后有必要扩大出版社的调查范围,进而全面了解日本地理教科书中的中国形象。其2,地理教科书是日本高中生所学众多科目中的一种,为了更加全面把握教科书中的中国形象,今后有必要结合其他科目的教科书一起进行综合研究。

参考文献

- [1] 黄艳星、彭飞. 摩洛哥高中地理教科书的中国形象研究 [J]. 地理教学. 2024年, (18): 22-26.
- [2] 王民, 蔚东英, 马菁. 国外地理教科书有关中国地理与国家形象比较研究 [M]. 北京: 中国地图出版社, 2021.
- [3] 詹德斌. 从周边看中国: 韩国地理类教科书中的当代中国形象 [J]. 延边大学学报 (社会科学版). 2021年, (2): 14-22.
- [4] 阿部亮吾, 董蓼: 中学校地理教科書にみる「中国地誌」の描き方とその変容 [J]. 地理学報告, 2020年, 122: 13-25.
- [5] 松原宏ほか. 地理総合 [M]. 東京: 東京書籍, 2023.
- [6] 松原宏ほか. 地理探求 [M]. 東京: 東京書籍, 2023.

刑事政策的人道主义略论

杨方泉

中山大学, 广东 广州 510006

DOI: 10.61369/SSSD.2026090037

摘 要： 人道主义是刑事政策的底线，违反人道主义的刑事政策不可能长久地存在下去。从人道主义来看，我国刑事政策还存在不少的问题，如“坦白从宽、抗拒从严”的正当性、审前羁押的普遍性等等。刑事政策的优化可以从犯罪治理、政策理念、具体措施等方面展开。

关 键 词： 刑事政策；人道主义；人权保障

A Brief Study on Humanitarianism in Criminal Policy

Yang Fangquan

Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract： Humanitarianism constitutes the bottom line of criminal policy. Criminal policy that violates humanitarianism cannot sustain for long. From the perspective of humanitarianism, there are still many problems in China's criminal policy, such as the legitimacy of the policy of "leniency to those who confess, severity to those who resist" and the widespread use of pre-trial detention. The optimization of criminal policy can be carried out in terms of crime governance, policy concepts, and specific measures.

Keywords： criminal policy; humanitarianism; human rights protection

一、刑事政策的人道主义之意义

刑事政策的原则是指国家在制定和实施刑事政策过程当中应当遵循的基本准则，是刑事政策本身高度集中的体现。对于刑事政策的原则有哪些，不同的学者看法不同，如俄罗斯学者认为刑事政策的原则有七个，即法治原则、公民在法律面前一律平等原则、民主原则、公正原则、人道主义原则、责任不可避免原则、科学原则^[1]，有的学者认为有四个，包括人道主义、法治原则、科学原则以及国际原则^[2]，还有的学者认为刑事政策的原则有三个，即人道主义、法治主义和科学主义^[3]。我们可以看到，不管是哪种主张，大家都认为人道主义是刑事政策的原则之一。

刑事政策的人道主义原则是指在刑事政策的制定和实施过程中，应当体现对人性尊严的尊重，保障人的基本权利。换言之，在刑事政策的体系中，不能把人当作达到其他目的的手段，一个人即使犯了罪，仍应将他视为一个人看待，给予人应有的待遇^[2]。通俗地讲，刑事政策的人道主义就是要把人当人对待，给予其人道待遇。

从历史上看，刑事政策的人道主义由来已久，但作为系统化的思想体系是西方近代以来才出现。欧洲刑事古典学派确立的资产阶级刑法三大原则之一便是刑罚的人道主义，西欧各资本主义国家也纷纷将人道主义刑罚规定在刑法与刑事诉讼法当中，包括废除或删减死刑、废除肢体刑、废除肉刑逼供等。“二战”后人权保障在各国法律体系中的回归和强化均是人道主义的体现。

在刑事政策的几个原则当中，人道主义原则是基础，在当今世界，没有一个国家不将人道主义作为其刑事政策的基准。在人类历史发展的长河中，任何一个政权实行严酷的反人道的刑事政策，都不可能长治久安，如我国的秦朝被后世史家称为暴秦，二世而亡。某些历史上的刑罚方法，由于其过于残忍，违反了现代社会公认的人道主义，均被扫进了历史的垃圾堆，如伊斯兰教法中的石刑等，就是现代个别国家保留的某些刑罚，也因其不人道而被国际社会诟病，如鞭刑。

人道主义要求国家在制定和实施刑事政策时要尊重和保障人权，不过，人道主义与人权是两个不同的概念。人道主义只是要求把人当人看，给予其人道待遇，而人权除了尊重人之为人的基本权利外还有更丰富的内容，人权一般与公权相对称，它更多的与公法制度相联系。我们知道，一个人权得不到保障的社会就不能算是实现了法治的社会，因为保障人权正是法治制度的目的，而在非民主法治的社会也可以存在某种程度的人道主义。

二、我国刑事政策人道主义的困境

人道主义在我国刑事政策当中的根基并不深厚，在封建王朝时期，统治者奉行的是刑治，所谓的“德主刑辅”，骨子里是严刑峻罚，实行重刑治国，当然谈不上什么人道主义。新中国成立后，我国的刑事政策是“惩办与宽大相结合”，但由于建国初

作者简介：杨方泉（1969—），男，汉族，江西樟树人，博士，副教授，研究方向：刑法学。

期出于“肃反”的需要，在那种恶劣的生存环境中，注重的是“严”的一面，强调惩办的威严和力度，这便是革命的人道主义。在刑事政策中并没有扎下根来，后来“左”的思潮占据上风，阶级斗争扩大化以至发生文化大革命，人道主义更是被称为洪水猛兽，称之为资产阶级的腐朽思想。在这一时期，我们对待犯罪人当然不可能实行什么人道主义，相反，非人道的做法反而大行其道，如批斗、游街以及殴打等屡见不鲜。

改革开放以来，我国总结历史的教训，实行社会主义法制，制定了刑法和刑事诉讼法，反对以前的许多不符合人道主义的习惯做法。我们实行“惩罚与宽大相结合”的刑事政策，与原来的刑事政策虽然只一字之差，但是，其内涵相距巨大，就刑罚而言，更加宽缓而符合人道主义，旧刑法就是一个明证。不过，随着“严打”的进行，刑罚“严”的一面被过于强调，不少非人道的惯常做法死灰复燃，比如对犯罪嫌疑人和被告人进行游街、召开公开审判大会等。进入新时期，随着建设和谐社会理念的提出和落实，我国的刑事政策被确定为“宽严相济刑事政策”，这一刑事政策是对前一时期刑事政策的纠偏，因为前一时期刑事政策过于注重“严”的一面，所以，新时期的刑事政策重在“宽”，也更为注重人道主义。

从以上分析可以看出，由于刑事政策的历史惯性以及新中国刑事实践的坎坷经历，人道主义的观点并没有在我国的刑事司法实践当中扎下根来。在刑事政策的制定和推行中，我们还存在不少违反人道主义的做法。下面笔者仅就当前刑事政策当中某些常见的人们习以为常的现象进行分析。

（一）“坦白从宽，抗拒从严”的刑事司法政策

“坦白从宽，抗拒从严”的刑事司法政策与我国刑事诉讼法中被告人没有沉默权的规定直接相关，被认为是理所当然的一个刑事司法政策。一直以来，我国公安司法机关都是引用这一个司法政策来审讯被告人，该司法政策成为迅速取得被告人供述并侦破案件的最有力工具。但是，笔者认为，“坦白从宽，抗拒从严”的刑事司法政策有违反人道主义之嫌。

根据我国刑事诉讼法的相关规定，犯罪嫌疑人对于侦查人员的提问，应当如实回答，但对于与案件无关的问题，有权拒绝回答。从字面上来看，此项规定对于那些真正的犯罪人，能够让他们自动交代自己的罪行，但实践中往往导致刑讯逼供或者变相的刑讯逼供。从基本的人性来说，自己供述自己的犯罪行为即所谓自证其罪是违反其本性的，正如刑事古典学派所主张的，人的本性都是趋利避害，犯罪人嫌弃人不如实交代自己的罪行或者交代罪行避重就轻是人之常情，而侦查人员要求犯罪人如实交代自己的罪行，也是其法律职责。但是，侦查人员的这个法律职责与犯罪人基于人性本能的拒绝交代罪行之间就始终处于紧张状态，可以说水火不相容。在这种情况下，处于强势一方的侦查人员为了取得口供而实行刑讯逼供就不稀奇了。所以，在我国的刑事司法实践中，刑讯逼供屡禁不绝，不管最高司法机关如何三令五申严厉禁止刑讯逼供均无法根治。这就好比我国以前的计划生育政策，政府要求老百姓只生一个，但儿女两全或者说生二、三个子女是一般人的人性使然，计划生育政策要得到实施就必然

要对违反此政策的人采取强制措施，强制堕胎、强制结扎、扒房揭瓦等违反人道的做法就成为常规手段。

（二）普遍的审前羁押政策

在我国，由于“无罪推定”的制度和观念还有没完全建立起来，犯罪嫌疑人、被告人的权利未能得到有效保障，其基本的人权受到不同程度的剥夺，普遍的审前羁押政策就是一个典型例子。任何人都希望有家人朋友陪伴，不愿与家人朋友长期地分离，夫妻合体、家人团聚是人之为人的基本权利。除非出于自愿，任何机关或者个人不得在法律之外要求他人长期地与家人分离，忍受孤独。很明显，普遍的审前羁押政策违反了这一人道要求。

我国刑事诉讼法对于拘留和逮捕有严格的规定，拘留只适用于现行犯等特殊情况，逮捕适用于那些不逮捕就可能再危害社会的犯罪嫌疑人和被告人，对于取保候审也有明文的规定，但是，在刑事司法实践中，绝大多数人犯罪嫌疑人、被告人审判前处于被羁押的状态。本来根据法律，审前羁押应当是例外，但实际上审前没有羁押是例外。问题是这些犯罪嫌疑人、被告人在法律上应当认为是无罪的人，除非法律规定不得保释，他们都有保释的权利，这也是刑事司法政策人道主义所要求的。

（三）其他违反人道主义的政策做法

犯罪嫌疑人、被告人在看守所羁押期间以及在出庭接受审判过程中，他们被剃光头，要求穿类似囚服的统一制服，这些做法可能是出于管理的方便，但是不是也违反了一般的人道要求了呢？又如犯罪嫌疑人和被告人在被羁押期间，其亲属不能与其会面，鉴于我国实行普遍的审前羁押，这样的做法无疑是很不人道的，更让人难以认同的是，被判处死刑的犯罪人在被执行死刑之前很难见其亲属一面。

三、我国刑事政策的人道化路径

前述我国刑事司法政策中的非人道现象具有深刻的历史根源和制度惯性，具体原因如下所述。

首先，我们长期以来没有建立牢固的民主与法制观念，刑罚权没有得到很好的制约，而没有得到有效制约的权力，必然会滥用，掌握刑罚权力的人为所欲为，眼里没有人，那里还会讲什么人道主义。十年动乱，无法无天，人道主义成为洪水猛兽，本质上是人治即权力没有得到有效制约所导致。

其次，我国刑事政策的制定没有完全建立在科学的基础上，刑事政策是制定刑事法律的指导思想，法律的制定要求科学，“科学立法”是新时期法制建设十六方针的重要组成部分，作为刑事法律指导原则的刑事政策当然需要遵循科学主义的要求。刑事政策的科学主义是指对犯罪的认识以及刑事政策的制定应当基于犯罪社会学等经验科学的研究结论。犯罪学等经验科学的研究表明，一个社会的犯罪具有复杂的原因，最主要的是该社会特有的种族的、自然的和社会环境的综合作用。我国长期盛行的“历史遗留论”、“犯罪外来论”是非常片面的，如“历史遗留论”认为犯罪是旧社会丑恶现象和事物在新社会的延续，这当然有一定的

道理，如新中国建立之初的毒品、卖淫、赌博等犯罪即是，但是即使是这几种犯罪在新社会能够延续也表明新社会存在这些犯罪的土壤。又如“犯罪外来论”主张认为我国的犯罪是受外国资产阶级腐朽思想的影响，这种思想在改革开放初期曾经大行其道。

以上“历史遗留论”与“犯罪外来论”的片面性在于它从我们的社会之外去寻找犯罪的原因，而没有认识到犯罪是我们社会的一部分；实际上，犯罪是社会的“正常现象”，我们应当从社会的各个方面去分析犯罪的原因。更重要的是，这些犯罪原因理论会误导我们的刑事政策，因为犯罪是历史的遗留，所以我们可以将其消灭；因为犯罪是外来的，所以我们可以把它铲除。这样，我们制定的刑事政策就偏于极端，在具体对策措施上，就不惜采取任何极端的方法，包括非人道的做法。另外，由于认为犯罪是社会的毒瘤，而不是社会的一部分，所以，采取非人道的刑事政策也没有道德负担。

刑事政策的人道化任重道远，可行的路径展开如下。

首先，经过几十年的法制建设，民主与法制的观念虽然深入

人心，但人权保障的理念还没有扎下根来。我们知道，法益保护与人权保障是刑事法制的两大目标。在这两个目标发生紧张关系时，应当以人权保障为优先，而人权保障在刑事法制中主要是指保障犯罪嫌疑人、被告人的权利。

其次，我们要树立人道主义在我国刑事司法政策当中的绝对不可动摇的地位。不管面对什么样的治安形势，不管碰到多少残忍的罪犯，我们都要坚持以人道的标准对待犯罪嫌疑人、被告人，须知我们怎样对待犯罪嫌疑人、被告人就是怎样对待我们自己。

再次，我们要认真看待我国长期以来以严刑峻罚来制裁犯罪的政策传统，要认识到严刑峻罚并不能换来长治久安，反而容易养成一种暴戾的社会风气，人心刚硬，以暴易暴。其实，有什么样的社会，就有什么样的犯罪，如果政府带头用暴力来解决问题，所产生的不良影响是难以估量的。我们在强调严厉刑事政策的同时，还要显示社会人心仁慈的一面，如强化犯罪公民的人权保障，发挥赦免制度的刑事政策功能^[4]。

参考文献

- [1] 俄 JC.C. BocxojoB. 刑事政策的基础 [M]. 刘向文 译. 郑州：郑州大学出版社，2002:19.
- [2] [日] 大谷 实. 刑事政策学 [M]. 黎宏 译. 北京：法律出版社，2000:15-17.
- [3] 许福生. 刑事政策学 [M]. 北京：中国民主法制出版社，2006:19-31.
- [4] 谢望原，白岫云. 加入 WTO 后我国刑事政策的调整与革新 [J]. 中国法学，2000(06):13-22.
- [5] 王志远. 宽严相济刑事政策的内涵新解与实践进路 [J]. 上海政法学院学报（法治论丛），2025, 40(4):83-99.
- [6] 李至. “轻轻重重”刑事政策的本土化阐释 [J]. 法治社会，2025 (2):113-126.
- [7] 敖博. 域外刑事法制中的“新惩罚主义”：表征、原因与启示 [J]. 人权，2025(2):78-92.
- [8] 张建伟. 宽严相济刑事政策的历史经验与现实分析 [J]. 中国应用法学，2025(6):76-92.
- [9] 季晨佳. 自由刑法视角下轻罪治理的立场检视与路径纠偏 [J]. 华北电力大学学报（社会科学版），2025(1):97-105.
- [10] 贾宇. 我国宽严相济刑事政策的回顾与展望 [J]. 中国法律评论，2024(1):45-58.

文化与科技融合：人工智能赋能先秦人文思想的 文化传播策略研究

胡宝淇，庄诗涵，张蔚熙，林炫彤，梁海勇*

北师香港浸会大学，广东 珠海 519087

DOI: 10.61369/SSSD.2026090041

摘 要： 数智时代重塑了传统文化传播的媒介环境，先秦人文思想等传统文化的活性传播亟需突破现有范式并探索创新路径。当前先秦人文思想的传播面临文本理解门槛高、受众情感共鸣弱、表现形式与现代审美脱节等现实困境。基于此，本文立足于先秦人文思想，依托智能体（AI agent）技术，构建“人文向导”数字人模型，实现先秦人文思想的具身传播。本研究为传统文化的数字化转化与活化提供技术范式与实践方案，亦响应联合国可持续发展目标中优质教育（SDG 4）与文化包容与遗产保护（SDG 11）的倡议。

关 键 词： 先秦人文思想；智能体；具身传播；可持续发展

Integration of Culture and Technology: Research on the Cultural Dissemination Strategies of Pre-Qin Humanistic Thoughts Empowered by Artificial Intelligence

Hu Baoqi, Zhuang Shiha, Zhang Weixi, Lin Xuanton, Liang Haiyong
Beijing Normal-Hong Kong Baptist University, Zhuhai, Guangdong 519087

Abstract： In the era of digital intelligence, media environment for the digital dissemination of traditional culture has been reshaped. The active dissemination of traditional cultures such as the humanistic thoughts of the pre-Qin period needs to break through existing paradigms and explore innovative paths. At present, the dissemination of pre-Qin humanistic thoughts faces practical predicaments such as high thresholds for text understanding, weak emotional resonance among the audience, and disconnection between the form of expression and modern aesthetics. Therefore, this paper is grounded in the pre-Qin humanistic thoughts and relies on the AI agent technology to construct a digital human model of the "Humanistic Guide", achieving the embodied communication of pre-Qin humanistic thoughts. This research not only provides a technical paradigm and practical solution for the digital transformation and revitalization of traditional culture but also responds to the initiatives on quality education (SDG 4) and cultural inclusion and heritage protection (SDG 11) of the United Nations Sustainable Development Goals.

Keywords： Pre-Qin Humanistic Thoughts; AI agent; embodied communication; sustainable development

前言

数智时代深刻重塑了传统文化传播的生态，先秦人文思想作为中华文明的重要源头，蕴含着丰富的哲学智慧与人文精神。然而，当前先秦人文思想的传播面临一系列现实困境。与此同时，人工智能技术迅猛发展为文化传播带来革命性变革，智能体等新兴技术为传统文化创造性转化与创新性发展提供了新的技术路径。数字文化遗产的保护与活化利用，不仅符合联合国 SDG 4 关于“确保包容和公平的优质教育”及 SDG 11 关于“保护和捍卫世界文化和自然遗产”的目标，更是文化可持续发展的内在要求。基于此，本文立足先秦人文思想，依托智能体技术，探索人工智能赋能先秦人文思想文化传播的创新策略。通过构建“人文向导”数字人，实现先秦人文思想的具身传播，更为中华优秀传统文化的现代转化与数字化活化提供了技术范式与实践方案。

项目信息：北师香港浸会大学2025年度广东省省级大学生创新创业训练计划项目（编号：S202516401006）。

作者简介：

胡宝淇（2005—），女，本科，研究方向：剧场管理与传播；

庄诗涵（2005—），女，本科，研究方向：创意叙事与跨媒介传播；

张蔚熙（2005—），女，本科，研究方向：文化叙事与非物质文化遗产传承与创新；

林炫彤（2005—），女，本科，研究方向：非物质文化遗产数字化传播；

通信作者：梁海勇（1971—），男，博士，副教授，研究方向：创意知识概念建构、艺术与设计管理。

一、先秦人文思想及其传播现状与机遇

（一）先秦人文思想

先秦时期是中华文明的轴心时代，其人文思想奠定了中国传统文化的精神底色^[1]。诸子百家从不同维度开展了对“人”的深刻思考^[2]：以“仁”为核心，建构起的一套以伦理为本位的人文价值体系，强调人内在的道德自觉与自我修养的重要性^[3]；从宇宙本体论的宏观视野出发，“道法自然”确立了超越人类中心主义的生存哲学，彰显出蕴含生态智慧的生存理念^[4]；而“兼相爱、交相利”的主张，则倡导以“兼爱非攻”的实践理性回应现实社会冲突^[5]。这些思想不仅是古人修身养性的重要基石，对现代社会个体成长与发展而言，同样具有不可替代的伦理价值与现实意义。

（二）先秦人文思想的传播现状

当前，先秦人文思想的传播仍多局限于传统文本译介、专家讲座及影视纪录片等形式。这类以单向知识灌输为核心的传播模式，易引发以下现实困境：其一，古汉语文本本身存在较高的理解门槛，使得大众望而却步；其二，单向输出的传播方式难以激发受众参与感，情感共鸣薄弱；其三，其传统表现形式与现代数字社会的审美脱节，致使这一宝贵思想在当代中国社会的传播中逐渐呈现浅表化与标签化的趋势。

（三）数智时代下先秦人文思想的传播机遇

数智化是以人工智能对人类智能的模拟、延伸与超越为核心，驱动数字化与网络化深度融合的社会变革进程^[6]。数智化环境为先秦人文思想的“活性传承”与“活性传播”提供了全新可能。通过人工智能与大数据等技术的深度融合，抽象的人文思想被转化为具象的感知体验。这一转化过程依托智能体赋能的具身化传播，实现思想从符号表征到身体感知的落地。这种体验式传播不仅能有效降低理解门槛，更能助力受众实现沉浸式体验与深度情感共鸣。

二、智能体（AI Agent）与数字化人文向导

（一）智能体（AI Agent）

智能体的发展经历了1.0符号推理期，2.0深度学习突破期，3.0大模型技术革新期等演进阶段。1.0阶段以基于规则的符号系统和专家系统为特征，通过规则编码领域专业知识，进行单向输出^[7]。2.0阶段引入机器学习和神经网络，从规则驱动转向数据驱动方法，实现基础对话。3.0阶段以大语言模型为基础，应用多智能体协作框架，实现双向对话。目前，智能体发展至4.0阶段，具有深度学习能力、多模态信息处理能力等优势，实现了针对用户输入的实时动态调整。从“规则驱动”向“人格化交互”演进的智能体，为文化传播提供了新的载体与技术路径。

（二）智能体技术赋能下的具身传播

智能体重塑了具身传播的形态，为用户构建完整的具身体验。具身传播将身体视为主体与世界互动的媒介，强调身体与技术的深度融合，主张身、心、物与环境的实时交互过程^[8]。智能体通过多模态传感器、算法与执行系统构建“技术化躯体”，模仿

人类的认知与行为，构建出新的具身传播模式。这种技术赋能的传播范式，增强了文化传播的沉浸感与共情力，实现了从知识传递到认知启发的深刻转变。

（三）数字化人文向导：智能体在文化传播中的实践

数字化人文向导是基于智能体技术构建的虚拟文化数字人，它以先秦人文思想为核心，应用先秦文化，通过智能交互启发用户思考并形成个性化认知，是一种创新型文化传播载体。向导指引、指导他人前行的人^[9]；在更广泛的意义上，向导引导个人走出困境、指明发展方向。在数智时代，智能体为向导提供了数字化的载体和平台，结合深度交互模型，使数字化向导的构建成为可能。先秦人文思想为数字化向导提供了核心文化内容，以结构化数据库的形式，整合至对话生成引擎中，作为生成回应的知识检索与推理依据。先秦人文思想作为数字化向导的核心，为其注入哲学底蕴和人文关怀^[10]。数字化人文向导以具身化的数字人形象与用户互动，与用户进行双向对话，以数字化载体传播先秦人文思想。

三、人工智能赋能文化传播策略

（一）构建“人文向导”数字人形象

数智时代下，智能体技术使“人文向导”数字人的构建成为可能。本研究依托智能体4.0演进模型，构建“人文向导”数字人，实现先秦人文思想从文本传播到具身传播的范式转变。

数字人形象设计参考先秦士人温润儒雅、沉稳睿智的气质特征，在服饰、神态与体态设计上借鉴后世相近朝代传世画作的风貌^[11]，塑造具有古典气韵并符合当代审美风格的数字人形象。先秦人文思想以知识库的形式内嵌于数字人的设定系统中，使得该数字人使其具备扎实的人文素养与温和的人文关怀，成为有思想、有温度的文化智能体。在交互中，该数字人以文化向导为定位，精准理解用户诉求，以启发式对话引导用户主动思考，促进其形成个性化认知^[12]。

（二）沉浸式先秦人文思想交互模型的开发

本研究基于扣子（Coze）平台工作流与豆包发布生态完成系统部署，构建低代码、可复制的实践模型，使“人文向导”从概念设计走向可运行的技术实现。

该模型的技术架构包含四层：用户输入层接收用户文字或语音交互；意图识别与语义解析层对输入信息进行处理，判断用户意图并提取关键语义；知识库检索层以先秦典籍原文及权威注释为依据，精准匹配相关知识条目；回复生成层在知识检索结果基础上，遵循“现代汉语为主体、文言引用适度、情感识别与共情回应、价值导向规范”等约束条件生成回复。此外，系统通过豆包Seedance-Pro文生视频模型，将人文向导的文字回应转化为动态肢体表现，进一步完善具身传播的实现条件。

（三）算法驱动的先秦人文思想个性化传播框架

智能体4.0阶段的核心特征在于具备深度学习能力与多模态信息处理优势，能够针对用户输入实现实时动态调整。基于这一技术特性，可依据用户画像的多维特征实施差异化传播策略。

用户特征建模涵盖知识水平、认知风格、行为特征等维度^{[13][14]}。按知识储备,用户可分为初识者与进阶者,互动中分别适配基础释义与思想辨析;按认知偏好,可分为应用型与哲思型,分别侧重日常生活化互动与人生意义的深度探索;按交互深度,可分为浅层问答型与深度对话型,分别适配轻松应答与严肃对话两种交互模式。系统基于上述维度动态构建用户画像,实时调整内容呈现的深度、风格与节奏,使每一位用户都能获得与其认知水平相匹配的文化体验,实现文化传播的精准化与个性化。

(四)生活化应用场景的推广

基于“人文向导”的视觉形象体系,可进一步开发衍生数字文创产品。在文化机构场景中,“人文向导”可部署于线下博物馆互动大屏,结合 D-ID 等数字人生成平台,生成带有语音播报、面部表情与肢体动作的虚拟数字人形象,为观众生动讲解先秦典籍与历史文化,实现沉浸式文化科普。在教育场景中,可用于短视频内容生产、知识付费与公共教育平台的知识讲解,以统一鲜明

的文化形象持续输出先秦人文思想内容。这一模式既能降低真人拍摄成本,又能实现轻量化、规模化、常态化的文化传播,进一步契合联合国可持续发展目标中关于优质教育与文化遗产保护的目标。

四、结束语

本文立足先秦人文思想,以智能体技术为核心驱动力,构建了“人文向导”数字人及其沉浸式交互模型。文章应用了数字人形象构建、交互模型开发、个性化传播与生活化应用推广等策略,旨在探索人工智能赋能传统文化数字化传播的创新路径。上述策略实现了先秦人文思想从单向输出到具身传播的范式转变,为中华优秀传统文化的创造性转化与创新性发展贡献了技术范式与实践参考,亦为文化可持续发展的数字化路径提供了可借鉴的方案。

参考文献

- [1] 陈赟.《六经》成立与中华文明之奠基[J].现代哲学,2024,(01):122-133.
- [2] 刘绪晶,曾振宇.论先秦礼乐教化之“和”思想对现代社会人文教育的启喻[J].山东社会科学,2016(1):155-160.
- [3] 陈红帅.孔子仁道思想的伦理蕴含及其人文价值[J].新楚文化,2025(34):4-6.
- [4] 杨洋.道家生态伦理思想及其当代价值[D].大连海事大学,2013.
- [5] 方勇.墨子[M].中华书局,2011.
- [6] 宁殿霞,位涛涛.数智时代的人工智能发展与数字劳动解放[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2025,54(03):51-61.
- [7] KOTASK.The evolution of AI Agents: From rule-based systems to autonomous intelligence - A comprehensive review[J].Journal of Artificial Intelligence & Cloud Computing,2025,4(2):1-5.
- [8] 甘莅豪,王豪.以智能体为中心:后人类时代具身传播的新图景[J].福建师范大学学报(哲学社会科学版),2026,(02):122-133+170-171.
- [9] 汉典.向导[EB/OL].<https://www.zdic.net/hans/向导>,2026-04-18.
- [10] 孙煜人.春秋时期儒家人文启蒙思想研究[D].长春师范大学,2023.
- [11] 孔子博物馆.孔子燕居像[Z].曲阜:孔子博物馆,明代.
- [12] 武赢,吴永来.孔子启发式教学与苏格拉底提问式教学的德育方法比较及其启示[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2025(9):46-49.
- [13] 宋小飞.不完全信息下在线学习用户特征建模及其在知识推荐中的应用研究[D].华东理工大学,2012.
- [14] 严伟伟,曹灿瑜.多平台视角下用户知识交流主题挖掘与画像分析——以 ChatGPT 话题为例[J].现代情报,2024,44(07):47-59.

数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合对策研究

刘伟玲

广东省外语艺术职业学院，广东 广州 510045

DOI: 10.61369/SSSD.2026090045

摘 要：在数字经济全球化深入推进与我国对外贸易高质量发展的双重背景下，数字技术正深刻重塑国际经济与贸易的业态模式、岗位需求及发展格局。产教融合作为衔接教育链、人才链与产业链、创新链的核心纽带，是破解国际经济与贸易专业（以下简称“国贸专业”）人才培养与行业需求脱节、提升专业办学质量的关键路径。本文旨在推动数字技术与国贸专业产教融合深度融合，培养适应数字贸易时代需求的复合型、应用型国贸人才，为我国对外贸易高质量发展与贸易强国建设提供人才支撑。

关 键 词：数字技术；国际经济与贸易专业；产教融合；人才培养；对策研究

Research on Countermeasures for Empowering Industry-Education Integration in International Economics and Trade Major via Digital Technology

Liu Weiling

Guangdong Teachers College Of Foreign Languages And Arts, Guangzhou, Guangdong 510045

Abstract：Against the dual backdrop of the deepening advancement of digital economic globalization and the high-quality development of China's foreign trade, digital technologies are profoundly reshaping the formats, job requirements and development landscape of the international economy and trade. As a core bridge connecting the education chain, talent chain, industrial chain and innovation chain, the integration of industry and education serves as a key approach to addressing the mismatch between talent cultivation of the International Economics and Trade major and industry demands, as well as improving the quality of professional education. This paper aims to promote the in-depth integration of digital technology and industry-education integration in the International Economics and Trade major, cultivate interdisciplinary and application-oriented international trade professionals who meet the needs of the digital trade era, and provide talent support for the high-quality development of China's foreign trade and the building of a strong trading nation.

Keywords：digital technology; international economics and trade major; integration of industry and education; talent cultivation; countermeasure research

前言

随着大数据、人工智能、区块链、云计算等数字技术的快速迭代与广泛应用，全球贸易正式迈入数字贸易新时代，传统国际经济与贸易模式面临深刻变革，跨境电商、数字服务贸易、智慧物流等新业态、新模式快速崛起，对国贸专业人才的数字化素养、实践能力及创新能力提出了更高要求。国贸专业作为培养外贸领域专业人才的核心载体，其人才培养模式必须主动适应数字贸易发展趋势，而产教融合作为职业教育与产业发展深度对接的重要模式，已成为国贸专业改革发展的必然选择。

一、数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合的挑战

当前，数字技术在国贸专业产教融合中的应用已初步展开，但受高校人才培养模式、企业参与动力、师资队伍素养、政策保障体系等多方面因素制约，数字技术的赋能作用未能充分发挥，产教融合仍面临诸多现实挑战，具体可归纳为以下四个方面。

（一）人才培养定位偏差，与数字贸易岗位需求脱节

数字贸易时代，外贸行业的岗位结构发生显著变化，除传统外贸业务员、单证员、报关员等岗位外，跨境电商运营、数字营销、外贸数据分析师等新型岗位快速涌现，对人才的数字化技能、跨领域素养提出了更高要求^[1]。然而，当前多数高校国贸专业的人才培养定位仍停留在传统贸易模式层面，未能及时对接数字贸易发展需求，存在明显的定位偏差。

（二）校企协同深度不足，数字赋能合力未形成

校企协同是产教融合的核心，也是数字技术赋能产教融合的关键载体。然而，当前国贸专业产教融合中，校企合作多停留在浅层阶段，协同深度不足，难以形成数字技术赋能的合力。一方面，企业参与产教融合的动力不足。多数外贸企业对参与人才培养的重视程度不足。另一方面，校企之间存在信息壁垒，数字资源难以实现共享^[2]。

（三）师资队伍数字化素养薄弱，难以适应赋能需求

师资队伍是数字技术赋能国贸专业产教融合的核心力量，其数字化素养直接决定产教融合的质量与效果。当前，国贸专业师资队伍普遍存在数字化素养薄弱的问题，难以适应数字贸易时代产教融合的发展需求。一方面，多数教师长期从事传统国贸专业教学，缺乏数字贸易相关的实践经验与技能，无法将数字技术与专业教学、实践教学有效融合^[3]。另一方面，师资队伍培养机制不完善，缺乏系统的数字化培训与实践锻炼。

（四）实践教学体系滞后，数字实践平台建设不足

实践教学是产教融合的重要环节，也是培养学生数字化技能与实践能力的关键载体。当前，国贸专业的实践教学体系滞后于数字贸易发展需求，数字实践平台建设不足，难以满足学生数字化实践能力培养的需求。一方面，实践教学内容陈旧，仍以传统贸易实务操作为主，与行业实际实践场景严重脱节^[4]。另一方面，数字实践平台功能不完善，缺乏与企业实际应用场景对接的数字实践平台，无法为学生提供真实的数字贸易实践场景与操作机会。

二、数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合的作用机制

数字技术作为一种新型生产要素，不仅改变了外贸行业的发展模式与岗位需求，也为国贸专业产教融合提供了新的技术支撑与实现路径，通过重构人才培养目标、创新教学模式、强化校企协同、完善实践体系等路径，实现对产教融合的全方位赋能，推动产教融合向深度化、精准化、智能化方向发展，具体作用机制可分为以下四个方面。

（一）重构人才培养目标，实现人才培养与岗位需求精准对接

数字技术的发展推动外贸行业岗位结构与技能要求发生深刻变化，进而倒逼国贸专业重构人才培养目标，实现人才培养与行业岗位需求的精准对接。传统国贸专业的人才培养目标主要聚焦于培养掌握传统贸易理论与实务技能的应用型人才，而数字贸易时代，人才培养目标需转向培养兼具传统贸易素养、数字化技能与跨领域能力的复合型人才^[5]。数字技术能够精准捕捉外贸行业的岗位需求变化，为高校国贸专业人才培养目标的制定提供科学依据。

（二）创新教学模式，提升产教融合教学质量

数字技术为国贸专业产教融合教学模式的创新提供了技术支撑，打破了传统教学的时空限制，推动教学模式从“理论讲授为

主、实践为辅”向“理论与实践深度融合、线上与线下协同”转型，有效提升产教融合的教学质量。一方面，数字技术推动线上教学与线下教学深度融合；另一方面，线下教学可聚焦于实践操作与互动交流，通过数字技术模拟真实的数字贸易场景，让学生在沉浸式体验中提升实践能力^[6]。

（三）强化校企协同，打破产教融合壁垒

数字技术能够打破高校与企业之间的信息壁垒与合作壁垒，强化校企协同，推动产教融合向深度化方向发展。一方面，数字技术搭建了校企协同育人平台，实现高校与企业之间的资源共享、信息互通与优势互补^[7]。高校可通过数字化平台，及时获取企业的岗位需求信息、数字技术应用案例与实践项目资源，将其融入教学与人才培养过程；企业可通过数字化平台，获取高校的科研成果、人才资源与教学资源，推动数字技术创新与人才储备。

（四）完善实践体系，提升学生数字化实践能力

数字技术能够完善国贸专业产教融合的实践体系，为学生提供多元化、真实化的实践场景与操作机会，有效提升学生的数字化实践能力。一方面，数字技术推动实践教学内容的升级，新增跨境电商运营、数字营销、外贸数据处理数字贸易相关实践内容，弥补传统实践教学内容的不足，实现与行业实际实践场景的精准对接^[8]。另一方面，数字技术推动实践平台的智能化升级，建设集虚拟仿真、真实业务对接、数据分析于一体的数字实践平台，为学生提供沉浸式、个性化的实践体验。

三、数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合的对策

针对当前数字技术赋能国贸专业产教融合面临的挑战，结合其作用机制，本文从人才培养定位、校企协同、师资队伍、实践体系、政策保障五个维度，提出针对性的优化对策，推动数字技术与国贸专业产教融合深度融合^[9]。

（一）明确人才培养定位，优化课程体系

立足数字贸易发展趋势，明确国贸专业人才培养定位，优化课程体系，实现人才培养与岗位需求的精准对接。首先，重构人才培养目标，确立“传统贸易素养+数字化技能+跨领域能力”的复合型人才培养目标，突出数字化技能与实践能力的培养，明确数字贸易岗位所需的核心知识与技能，确保培养出的人才能够适应数字贸易时代的岗位需求^[10]。

其次，优化课程体系，构建“基础课程+核心课程+数字课程+实践课程”的四位一体课程体系。基础课程聚焦于传统贸易理论与基础知识，如国际贸易理论、国际贸易实务、国际金融等；核心课程聚焦于数字贸易相关内容，新增跨境电商运营、数字营销、外贸数据分析等课程；实践课程聚焦于数字化实践技能培养，设置虚拟仿真实训、企业顶岗实习、数字贸易项目实践等课程，强化实践教学环节^[11]。

（二）深化校企协同，构建数字赋能的协同育人机制

打破校企壁垒，深化校企协同，构建数字技术赋能的产教融合协同育人机制。首先，强化企业参与产教融合的动力，通过政

策引导、激励机制等方式，鼓励外贸企业主动参与国贸专业产教融合，明确企业在人才培养中的责任与义务，推动企业从“用人单位”向“育人伙伴”转变^[12]。

其次，共建数字贸易产教融合平台，整合高校与企业的资源，搭建集教学、实训、研发、就业于一体的数字化协同育人平台。

（三）强化师资队伍建设，提升教师数字化素养

打造一支兼具理论知识、实践经验与数字化素养的复合型师资队伍，是数字技术赋能国贸专业产教融合的关键。首先，完善师资培养机制，加强对现有教师的数字化培训，制定系统的数字化培训计划，培训内容聚焦于数字贸易相关技术与教学方法，如大数据分析、人工智能、跨境电商平台操作、数字教学工具应用等，提升教师的数字化技能与教学能力。

其次，优化师资队伍结构，加大对复合型教师的引进力度，重点引进兼具传统国贸专业知识、数字化技能与实践经验的教师；同时，聘请企业一线的数字贸易技术骨干与专家担任兼职教师，充实师资队伍，弥补现有师资数字化素养不足的短板^[13]。

（四）完善实践教学体系，推进数字实践平台建设

以数字技术为支撑，完善国贸专业实践教学体系，推进数字实践平台建设，提升学生的数字化实践能力。首先，升级实践教学内容，新增跨境电商运营实训、数字营销实训、外贸数据处理实训等数字贸易相关实践内容，替代部分陈旧的实践教学内容，实现实践教学内容与行业实际实践场景的精准对接。引入企业真实的数字贸易项目与案例，让学生在解决实际问题的过程中提升实践能力与创新能力^[14]。

其次，加大数字实践平台建设投入，建设集虚拟仿真、真实

业务对接、数据分析于一体的数字实践平台，实现实践平台的智能化升级。平台应对接企业实际业务系统，让学生参与真实的数字贸易业务处理，如跨境电商平台运营、外贸数据分析、国际结算等，提升学生的实践技能。

（五）强化政策保障，优化产教融合发展环境

强化政策保障，优化数字技术赋能国贸专业产教融合的发展环境，为产教融合的深入推进提供有力支撑。首先，政府应出台相关政策，明确数字技术赋能国贸专业产教融合的发展目标、重点任务与保障措施，加强政策引导与扶持力度。

其次，加强行业协会的引导作用，发挥行业协会在产教融合中的桥梁与纽带作用，推动高校与企业的深度合作。行业协会可组织企业参与人才培养方案制定、课程开发、实践指导等环节，发布行业岗位需求信息与数字技术应用标准，为高校国贸专业产教融合提供参考^[15]。

四、结束语

数字经济全球化背景下，数字技术正深刻重塑国际经济与贸易行业的发展格局，产教融合作为衔接教育与产业的核心纽带，已成为国贸专业改革发展的必然选择。数字技术通过重构人才培养目标、创新教学模式、强化校企协同、完善实践体系等路径，为国贸专业产教融合提供了新的技术支撑与实现路径，能够有效破解当前产教融合面临的人才培养与岗位需求脱节、校企协同深度不足、师资数字化素养薄弱、实践平台建设滞后等问题，推动产教融合向深度化、精准化、智能化方向发展。

参考文献

- [1] 周杨蕾. 产教融合模式下国际贸易多元化人才培养模式探究 [J]. 对外经贸. 2025 (02): 134-136+160.
- [2] 刘洪芹. 产教融合背景下应用型国际贸易人才培养机制 [J]. 中国外资. 2025 (02): 115-117
- [3] 张嘉欣. 产教融合背景下国际贸易专业场景化实践探索 [J]. 对外经贸. 2025 (01): 139-142
- [4] 刘磊. 职业院校产教融合协同育人机制的构建与应用 [J]. 教育观察. 2024, 13 (31): 98-101
- [5] 余敏丽. 数字技术赋能国际经济与贸易专业产教融合对策研究 [J]. 中国现代教育装备. 2025 (09): 140-142
- [6] 刘淑娴, 马芳萍. 数字经济背景下地方本科院校产教融合模式研究 [J]. 江苏科技信息. 2025, 42 (09): 50-55
- [7] 王刘彬. 数字经济背景下高职院校产教融合人才培养模式研究 [J]. 大学. 2025 (10): 165-168
- [8] 余敏丽. 数字时代国际贸易实务产教融合课程建设研究 [J]. 北方经贸. 2024 (06): 140-143
- [9] 龚雨齐. 产教融合背景下高职院校经贸类专业人才培养路径探究 [J]. 商展经济. 2024 (06): 173-176
- [10] 韩燕, 李舒怡. 数字贸易视域下基于产教融合的高职跨境电商人才培养研究 [J]. 职业教育. 2023, 22 (29): 17-22
- [11] 谢阳越. 产教融合理念下高职数字贸易人才培养路径研究 [J]. 科教导刊. 2023 (17): 51-54
- [12] 邱璐轶, 梁律, 周密. 数字经济时代商贸专业群产教协同实践探索 [J]. 科技创业月刊. 2022, 35 (09): 94-96
- [13] 王海慧, 崔兆龙. 跨境电商时代国际经济与贸易专业的产教融合研究 [J]. 产业创新研究. 2024 (16): 187-189
- [14] 王沐阳. 基于产教融合的高职跨境电商人才培养研究 [J]. 国际公关. 2024 (14): 176-178
- [15] 何伟, 何思瑶. 基于产教融合的跨境电子商务专业校企协同育人模式研究 [J]. 物流科技. 2024, 47 (05): 175-178

“十五五”健康规划导向下禄劝县县域医共体高质量发展实践探究

施敏, 杨淑吉, 胡开蝶, 邓佳妮, 蒋虹*

云南工商学院, 云南 昆明 651700

DOI: 10.61369/SSSD.2026090002

摘 要 : 高质量发展作为供给侧改革的重要导向, 在我国卫生服务体系层面的研究与实践仍处于探索阶段, 难以契合整合型服务体系建设进程。本研究在“十五五”健康规划导向下, 选择禄劝县县域医疗服务共同体为对象, 基于“结构—过程—结果”分析框架, 结合医共体运行过程中最为核心的服务、体制、机制三个维度对其高质量发展进行解读, 构建“三维四阶”的内涵框架, 提出县域医共体高质量发展应当塑造“一体两制”的发展格局, 以健康为中心建设供需均衡的服务提供模式, 以权责适配为导向推进多元协同治理, 以同向发力为目标构建多机制联动的优化方向。

关 键 词 : “十五五”健康规划; 禄劝县; 县域医共体; 高质量发展

Exploration on the High-Quality Development Practice of County Medical Community in Luquan County Under the Guidance of the "15th Five-Year" Health Plan

Shi Min, Yang Shuji, Hu Kaidie, Deng Jiani, Jiang Hong*

Yunnan Technology and Business University, Kunming, Yunnan 651700

Abstract : As an important orientation of supply-side reform, high-quality development is still in the exploration stage in terms of research and practice at the level of China's health service system, making it difficult to keep up with the construction process of the integrated service system. Guided by the "15th Five-Year" Health Plan, this study selects the county medical community in Luquan Yi and Miao Autonomous County as the research object, based on the actual situation of medical and health development in ethnic minority areas. Based on the "structure-process-outcome" analytical framework, it interprets its high-quality development by combining the three core dimensions of service, system, and mechanism in the operation of the medical community, and constructs a "three-dimensional and four-stage" connotation framework. The study proposes that the high-quality development of the county medical community should shape a development pattern of "one system with two mechanisms", build a supply-demand balanced service provision model centered on health, promote multi-stakeholder collaborative governance oriented by the adaptation of powers and responsibilities, and construct an optimization direction of multi-mechanism linkage aiming at joint efforts towards the same goal, so as to provide practical reference for improving the quality and efficiency of county medical communities in ethnic minority areas.

Keywords : "15th Five-Year" Health Plan; Luquan County; county medical community; high-quality development

一、“十五五”健康规划的背景导向

“十五五”健康规划是在我国大力实施健康中国战略背景下的重要指导方针, 是为了更好地促进卫生健康服务体系结构优化、功能提升而进行的一系列制度创新。“十五五”健康规划的主要目的是让全体人民享有健康, 使医疗卫生服务更公平、更便捷、更可靠。“十五五”健康规划坚持把人民健康放在优先发展的战略地位, 在卫生健康工作中把预防为主、全生命周期健康管理

和服务贯穿始终, 突出由“以治病为中心”转向“以人民健康为中心”。在资源配置方面, “十五五”健康规划注重均衡发展和城乡一体化建设, 在夯实基层卫生服务能力的基础上, 引导优质医疗卫生资源下沉, 减少区域间、人群间的差异。

该规划十分注重整个医疗卫生服务系统的效率提升, 在此基础上提出要建立以分级诊疗制度、现代医院管理制度、全民医保制度、药品供应保障制度和综合监管制度等五大基本医疗卫生制度相协调发展的新格局。而在其中, 县域医共体是整合县域内卫

项目信息: 云南工商学院本科生科研项目, 项目名称: “十五五”健康规划导向下云南禄劝县彝族自治县县域医共体高质量建设现状研究。

通讯作者: 蒋虹

生资源、提高基层医疗卫生服务能力的重要抓手,“十四五”健康规划强调各地根据实际情况探索推进紧密型县域医共体建设,实现县级医院、乡镇卫生院以及村卫生室之间的统一管理、连续服务、互联互通以及共同承担责任,从而促进县域医疗卫生服务体系功能重塑及高水平发展。

二、禄劝县县域医共体建设面临的困境

(一) 县级核心医院自身发展压力大

随着医疗服务需求持续增长,群众对高水平诊疗服务的期待不断提升,禄劝县的县域医院在专科建设、人才引进、设备配置等方面投入不断加大,财政负担也日益加重。

一方面,医保支付方式改革不断推进,按病种付费、总额控制等措施使医院收入减少,运营压力增大,在禄劝县内慢性病、常见病患者本应以乡镇卫生院为主承担情况下,由于群众就医观念未彻底改变,再加上乡镇卫生院服务能力较弱,大部分此类疾病患者都涌向县级医院,造成优质医疗资源被过度使用,“头重脚轻”现象。

另一方面,医院完成日常工作的同时还要进行对乡镇卫生院的技术指导、人员培训以及管理等工作,这更加重了人手不足的问题。一些部门的医生经常加班加点,造成工作效率和服务质量下降。而且由于信息系统的建设缺乏统一的标准,数据不能很好地共享,在一定程度上影响了禄劝县人民医院在医共体中发挥应有的作用。

(二) 基层卫生院生存与发展压力大

由于地理位置以及经济发展条件限制,禄劝县部分乡镇卫生院设施落后,医疗设备老化,不能有效解决当地群众就医问题。

第一,医务人员数量不足,结构性短缺严重。全科医生、公共卫生人才紧缺,造成服务能力不足;一些乡镇卫生院年门诊人次较少,经济效益差,缺乏有效的绩效激励措施,影响工作人员的积极性。

第二,由于上级医疗机构的技术虹吸作用显著,常见病、慢性病患者不断涌入县级医院就诊,造成基层医疗机构的空间被进一步挤压,在医保支付方式改革尚未全面推行之前,基层卫生院缺少相应的资金支持,运营压力增大。

第三,信息化水平不高也影响其与县级医院协作配合,在远程会诊、双向转诊等方面落实不到位。虽然国家层面提出强基层的要求,但是从实际情况来看,优质医疗资源仍然集中在县级医院,乡镇卫生院得不到有效帮助。而这种不平衡的发展造成一些落后地区乡镇卫生院处于一种“弱者越弱”的恶性循环之中,不利于县域医共体作用有效发挥。

县乡村“一体化”管理体系不成熟

禄劝县在推进县域医共体建设中,县乡村“一体化”管理模式未建立和完善,县级医院对乡镇卫生院、村卫生室的管理没有统一,职能不清,资源分散,服务不畅。

第一,在全国范围内,医疗信息平台未做到真正联通,造成患者到上级或下级医疗机构就诊时无法及时调阅其以往病历、检

验报告等现象,不利于连续性治疗;第二,在人员配备方面,优质医生主要集中在县级医院,而乡镇卫生院等基层医疗卫生机构工作人员短缺,且缺乏接受继续教育的机会,难以满足分级诊疗要求;第三,在绩效考核上,上下级医疗机构之间未建立统一标准,各自为政地对本单位职工进行考核,忽视整个地区居民健康水平提升情况;第四,从领导层面上看,相关部门之间缺少有效沟通协作渠道,卫生计生委、医疗保险局以及财政局等单位之间合作不够密切,影响整体工作效率。以上问题均是由于体制机制本身存在缺陷而导致医共体内部合作意愿不高,难以形成一种共同承担责任并且享受成果的合作体。

三、“十五五”健康规划下禄劝县县域医共体高质量发展的实践

(一) 以健康规划为中心,建设供需均衡服务模式

传统的医疗卫生服务体系重视疾病发生之后的治疗,在卫生资源分配上以医院和住院为主,而对于预防、康复以及健康管理的需求关注较少。这使得过度依赖医疗服务的方式给禄劝县人民医院带来很大压力,同时也造成基层卫生资源浪费,使当地群众健康水平提升较慢。目前的改革思路就是要将健康理念融入到医共体工作中去,在全面了解区域内人群主要健康问题基础上明确疾病谱及健康风险分布情况,做到从“治已病”到“治未病”。通过信息化手段汇集辖区内居民电子健康档案、慢性病管理和公共卫生监测等相关信息,医共体可以及时掌握辖区内居民健康状况变化趋势,便于早期发现高血压、糖尿病等高危人群并尽早进行干预。

服务模式转变也表现在由被动应对到主动提供转变。以前,禄劝县基层医疗卫生机构大多是坐等病人上门就医,由于交通不便以及医护人员不足等原因造成医疗服务可得性受到限制,在一些偏远乡村地区,群众看医生花费较大并且缺少健康管理问题十分突出。而在现阶段,禄劝县医共体需组织家庭医生队伍到村入户进行巡诊、健康检查以及个性化健康宣教工作,把服务送到老百姓身边。同时随着互联网技术日益发达,可以利用智能手机等工具开展在线问诊、健康监测数据即时上传以及预警提醒,提高对重点人群的关注程度。对于孕妇、老人、残障人士等不同人群做好分类登记并设计不同类型的服务包以便更好地实施基本公共卫生服务和个性化健康管理相结合的工作方式。通过对服务流程重新设计,医共体能够及时了解居民真实健康状况并有效解决其健康问题从而使得资源得到更好利用以促进人群整体健康状况改善。

(二) 以权责适配为导向,推进多元主体协同治理

禄劝县县级医院是县域内医疗机构龙头,在县域医共体中负责统筹管理工作,根据各家单位功能定位及服务能力划分任务,使分工明确、运转良好。利用信息化手段搭建起全县范围内资源共享平台,把人员调配与服务需要相结合,实行医生不定期轮流下派到基层工作,注重补齐基层薄弱环节。

另一方面,禄劝县基层医疗卫生机构需承担辖区内居民健康

档案建立、慢性病患者追踪管理以及健康宣教等工作，打造横向一张网格局，使公共卫生服务无处不在；利用家庭医生签约制度贯穿预防、治疗及康复过程，构成纵向多条线管理模式，在日常接诊过程中融入健康危险因素筛查和指导，提高对群众健康需求发现及反应速度；基本医疗不仅仅是看病就医途径，也是上一级医疗机构专科医生与社区公共卫生服务相联系纽带，使服务链环环相扣。

另一方面，技术支撑及资源下沉要有效。禄劝县县级医院可以派遣医生到乡镇卫生院进行坐诊、带教，如临床诊疗常规、慢性病管理工作、中医非药物疗法等。培训内容也可以根据当地常见病种及人群健康状况来定，突出针对性、实用性，使受训者能够掌握并在今后工作中运用，在此基础上流动资源始终以提高服务能力和改善患者感受为中心，使得医共体由表层联合向实质融合转变。

（三）以同向发力为目标，构建多机制的联动模式

医共体的高质量发展需要各方面力量在目标一致的前提下进行合作，禄劝县需建立多种模式相结合的机制。第一，居民对健康的需要以及响应这些需要是医共体工作的起点。“十五五”健康规划提出全生命周期健康管理的要求下，医疗卫生服务已经不再只针对疾病的诊治，还包括预防、康复及健康管理等内容。因此，禄劝县要根据当地的人口基数、慢性病谱的变化以及地域特征等实际情况，搭建以大数据为基础的健康需求实时监测平台，把群众的真实健康需求作为指导工作开展的方向标。

其次，人力资源是卫生服务体系运行的基石，能力提升保障措施决定着服务水平及可持续性。禄劝县县级医院可以通过定向培养、岗位轮训以及远程教育提高乡镇卫生院医生技术水平，还

可以通过绩效考核与职称评定留任偏远地区工作人员。而在医共体内部实施统一招聘、调配及分层培训，消除人员流动壁垒，优化人力资源使用。

其次，组织间良好协作需要有相同价值观以及公平合理利益分配。而在以往管理模式中，不同级别医院之间存在着资源争夺和功能重叠现象，造成医疗服务割裂状态。而成立医共体理事会进行重大事项集体商议及实行财务集中管理方式，则可以让每个参与方承担相应职责并获得相应回报，从而建立起一种“利益共同体”。与此同时，信息化建设又加强了彼此间信任感，在此基础上才有可能实现上下级医院之间上下转诊、检验结果互认以及用药衔接等工作顺利开展。而在这种情况下，各个单位也从原来的各自为战开始变成相互配合，形成以患者健康为目标服务体系。

四、结束语

综上所述，推动禄劝县县域医共体高质量发展需立足区域实际，强化政策引导与制度创新。在“十五五”健康规划的战略指引下，完善财政投入机制，加大对县级医院和乡镇卫生院的支持力度，增强了基础设施建设与人才队伍建设，缩小了城乡医疗服务差距，完成了从“以治病为中心”向“以健康为中心”的转变。未来，禄劝县应以“十五五”健康规划为契机，持续推进县域医共体体制机制创新，打造具有民族地区特色的整合型卫生健康服务模式。探索建立跨部门协作机制，将健康融入所有政策，形成政府主导、部门协同、社会参与的大健康格局。通过持续改革与实践积累，为中西地区县域医疗卫生体制改革提供可复制、可推广的经验样本。

参考文献

[1] 贺睿博, 张亮. 健康中国战略下县域医共体高质量发展: 基本内涵、策略基础与优化方向 [J]. 中国公共卫生, 2026, 42(03): 301-307.

[2] 边颖, 尹刚, 张梓洵, 等. 信息化建设赋能紧密型县域医共体高质量发展的机制研究 [J]. 中国全科医学, 2025, 28(19): 2426-2432+2448.

[3] 周娟, 杨明, 杨国泉. 公立医院高质量发展背景下的县域医共体建设 [J]. 中外医疗, 2024, 43(23): 195-198.

[4] 杨志星, 李建平. 宁夏永宁: 探索县域医共体高质量发展之路 [J]. 中国卫生, 2024, (03): 62-63.

[5] 杨金坤, 王蕾, 禄沙沙, 等. 贵州省紧密型县域医共体高质量发展的实践探索——以县域医疗次中心建设为抓手 [J]. 卫生经济研究, 2023, 40(08): 75-78.

[6] 黄杰, 利韵. 三个“坚持”推动紧密型县域医共体建设高质量发展 [J]. 人口与健康, 2023, (05): 52-53.

[7] 曾富凤. 五措并举推进县域医共体高质量发展 [J]. 人口与健康, 2023, (05): 54.

[8] 邹伟能, 陈超亿, 谢平茹, 等. 湖北省县域医共体高质量发展质性研究 [J]. 中国医院, 2023, 27(04): 28-32.

[9] 沈慧, 沈颖, 倪鑫, 等. 高质量发展视域下专科联盟管理模式案例研究 [J]. 中国医院管理, 2022, 42(05): 7-11.

[10] 刘峰. 发挥牵头医院优势做好县域医共体建设推动基层卫生健康事业高质量发展 [J]. 中国农村卫生, 2022, 14(02): 26-29.

信息化技术在企业工程管理中的应用

冷元朝¹, 赵伦荣²

1. 重庆江来建设工程有限公司, 重庆 404500

2. 重庆两江新区云奥工程质量检测有限公司, 重庆 401122

DOI: 10.61369/SSSD.2026090003

摘 要 : 随着科学技术的不断发展, 我们已然步入了信息化时代。信息技术在为人们生活各个领域提供便利的同时, 也为企业工程管理带来了新机遇、新活力, 并逐渐成为现代企业工程管理模式创新改革和提升核心竞争力的重要支撑。以往企业工程管理过程中面临的信息传递滞后、数据碎片化、协同效率低下等问题都将因信息化技术应用得到有效解决, 工程管理的科学性、精准性、安全性与有效性都将得到有效提升。本文立足信息化时代背景, 就信息化技术在企业工程管理中的应用价值和路径进行了探讨, 旨在为相关人士提供一些新的借鉴参考。

关 键 词 : 信息化技术; 企业工程管理; 应用价值; 应用路径

Application of Information Technology in Enterprise Engineering Management

Leng Yuanzhao¹, Zhao Lunrong²

1. Chongqing Jianglai Construction Engineering Co., Ltd., Chongqing 404500

2. Chongqing Liangjiang New Area Yun'ao Engineering Quality Inspection Co., Ltd., Chongqing 401122

Abstract : With the continuous development of science and technology, we have entered the information age. While information technology provides convenience for various fields of people's lives, it also brings new opportunities and vitality to enterprise engineering management, and has gradually become an important support for the innovative reform of modern enterprise engineering management models and the improvement of core competitiveness. Problems such as lagging information transmission, fragmented data, and low collaborative efficiency faced in previous enterprise engineering management processes will be effectively solved by the application of information technology, and the scientificity, accuracy, safety and effectiveness of engineering management will be significantly improved. Based on the background of the information age, this paper discusses the application value and application paths of information technology in enterprise engineering management, aiming to provide some new references for relevant personnel.

Keywords : information technology; enterprise engineering management; application value; application paths

企业工程管理的核心目标是在保障工程质量、安全的前提下, 实现进度、成本的精准管控。而随着信息化时代的来临, 大数据、物联网、BIM、云计算等技术也得到了广泛应用, 这也有力推动了现代企业工程管理模式的创新。对此, 广大企业应当深刻把握信息技术在工厂管理中的应用价值, 积极探索其有效的应用路径, 从而依托信息化改革来打破信息壁垒, 优化管理流程, 提升相关决策的精准性与科学性, 全面保障工程管理质量, 提升自身的核心竞争力。

一、信息化技术在企业工程管理中的应用价值

(一) 提升管理效率, 破解流程瓶颈

在以往的企业工程管理模式中, 信息的传递方式主要依赖于人工记录、纸质传播以及线下沟通, 这种传统化模式不但耗时耗力, 而且也容易出现信息传递延迟、遗漏以及丢失等问题, 影响着工程管理效率。而信息技术的应用能够为企业工程管理搭建数

字化平台, 推动成本管控、质量检测、工程决策等环节的线上化转型, 这也能够有效减少时间与物力消耗, 进一步保证信息的传递有效性和安全性。例如, 在工程进度管理平台上, 相关人员可以随时随地地查看各项工程的施工进度, 并基于既定的计划进行精准对比, 及时发现可能存在的偏差问题并进行方案调整, 从而有效保障工程进度。此外, 在信息化技术应用过程中, 相关管理工作流程也将得到优化, 管理人员可以从烦琐的事务性工作中解

放出来，聚焦核心管控工作，有效保障工程管理质量与效果。

（二）优化成本管控，降低运营损耗

在企业工程管理中，成本管控作为重要一环，其质量如何直接关系到企业自身的收益以及可持续发展。在以往的成本管理模式中，成本核算工作大多是以人工核算的方式来展开的，相关数据更新不够及时，这也导致成本数据无法得到精准化、动态化的监控，极容易出现费用超支或者材料浪费等问题，影响着相关工程的顺利推进。而信息化技术能够实现对人工消耗、材料采购、机械使用以及工程预算等各类数据的有效整合，在此基础上，构建动态化的管控体系，让成本核算更及时、更灵活、更精准。例如，通过大数据技术，企业能够整合相关项目的历史数据信息，进而构建相应的大模型，精准预测材料价格、人工费用等成本变动情况。此外，在信息化技术辅助下，企业可以依托数字系统来实时对比预算与实际支出差异，及时发现异常情况并进行优化调整，从而有效降低运营损耗，全面提升项目盈利水平。

（三）强化质量安全，规避管控风险

安全无小事。在现代企业工程管理中，工程质量与安全生产是基础底线。以往的质量安全管理大多是以人工检测为主，检查过程中往往会出现疏忽遗漏、责任追溯困难等问题，这也影响着工程管理的安全推进。而信息化技术的应用则能够有效保障工程质量与安全生产，一方面企业可以通过各类传感器的运用来实时监测工程施工过程中的异常参数变化，及时发现并应对质量问题；另一方面企业可以通过智能安全系统等设备来对工程现场进行全方位检测，及时发现违规行为并进行预警提醒，相关人员则可以及时进行应对处理，从而构建一个“发现—整改—反馈”的闭环管理体系，将安全事故发生率进一步降低，有效规避各类管控风险。

二、信息化技术在企业工程管理中的应用路径

（一）构建一体化数字化管理平台，实现全流程管控

在信息化时代下，现代企业应当基于自身的工程管理需求，加快构建一体化的数字管理平台，将工程管理中的成本、质量、安全等各个管理模块深度整合，以此来实现对工程全周期的管理。具体来说，数字管理平台应当具备数据整合、实时监控、数据分析、预警提醒、线上协同等功能，以此来进一步促进各个部门间的深度融合与信息共享，让相关数据能够得到及时共用。例如，部分企业搭建的数字化管理平台，对成本核算、施工进度、材料管理以及安全巡检等模块进行深度整合。管理人员可通过平台来对各个项目的推进情况进行实时监控，这也大幅提升了其工程管理的效率与质量。又如，某企业通过数字化管理平台来整合检测信息，实现检测流程线上化、检测报告数字化，提升检测效率与检测质量。其次，数字化管理平台应当适用于移动手机端，以此来便于工作人员查看数据和处理相关事务，全面提高工程管理的效率。再者，数字管理平台也应当具备第三方介入功能，如可以和监理单位、供应商等主体系统进行全面对接，打破以往工程管理经验方经常存在的信息化孤岛问题，有效降低沟通成本，促进

多主体之间的沟通协作，助力工程项目的有效衔接和推进。

（二）深化 BIM 技术应用，推动管理精细化

BIM 技术又叫作建筑信息模型（Building Information Modeling，简称 BIM），其具有可视化、协同化、模拟化、优化性等特点能够以信息化的方式来呈现工程信息，构建数字化的建筑模型，形象展示现代企业工程管理各个环节的实际推进情况，对于工程管理质量的提升有着重要促进意义。对此，企业也应强化 BIM 技术的应用，以此来打破二维设计与管理的局限，推动工程管理向着精细化方向不断发展。首先，在工程设计阶段，可以依托 BIM 技术来构建三维信息模型，以此来对机电、建筑、结构等信息进行全面整合，直观呈现空间关系，提前排查管线碰撞、空间布局不合理等问题，减少设计变更与返工。其次，在工程施工阶段，可以依托 BIM 技术来对工程各个环节的施工进度进行有效监控，进而为管理人员做出相关决策提供精准的依据。例如，某建筑企业利用 BIM 技术来生成工程项目 4D 进度模型，动态化地呈现出工程施工工序、资源运用情况等信息，在此基础上，及时调整工程进度和资源，有效保障工程施工进度与质量。再者，在工程运维阶段，企业可以依托 BIM 技术来充分整合各个阶段、各个模块的数据以及运维记录，在此基础上，对工程设备等进行全周期的运维管理，有效提升其使用寿命，让运维成本得到大幅度降低。此外，还可以结合 GIS 技术，将 BIM 模型与地理信息结合，适用于城市地下管网、大型桥梁等复杂工程的管理。

（三）运用物联网与 AI 技术，实现现场智能化管控

在信息化时代，物联网以及 AI 技术得到了广泛应用。现代企业工程管理也可以将其引入到实际工作中来，以此来有效提升管理的有效性与安全性。具体来说，企业可以将物联网引入到现场管理之中，在此基础上，布置传感器、摄像头、RFID 标签等，从而对工程现场的材料运用、机械运转、人员操作、环境变化等情况进行实时监测和分析，第一时间发现问题并反馈，保障工程管理的及时性与有效性。例如，可以依托定位系统对施工人员的行为轨迹进行精准采集，在此基础上，结合电子围栏等技术来有效防止其进入危险区域，保证他们的人身安全；依托机械数字监控设备来对工程施工设备的运行状态进行实时监控，及时发现其异常运行情况并进行预警报告，从而提高设备维护的及时性与有效性；借助环境检测技术来对施工环境的湿度、噪声等进行实时监测，及时发现并反馈异常情况，助力工程管理的绿色化推进。其次，可以立足当前 AI 技术发展大背景，将 AI 技术引入到现场数据采集与分析之中，对工程质量、安全情况进行智能检测和分析。例如，利用图像识别技术对混凝土浇筑面进行自动巡检，标记蜂窝麻面、裂缝等问题，让质量安全管控从“被动应对”转向“主动预判”，提升管控的精准性与及时性。又如，构建数智化的智能调度系统，对工程进程中的各种资源配置情况进行智能检测，精准统计资源消耗情况，并给出智能化的调配建议分析，保障资源的有效利用，避免资源短缺情况，提升工程管理的质量与效果。

（四）加强数据管理与人才培养，夯实应用基础

人才是第一资源。在信息化时代下，现代企业工程管理的改

革与升级离不开高素质人才队伍助力。所以，应当加强数据管理与人才培养，以此来夯实信息化技术的应用基础。首先，可以科学搭建数据管理制度，明确工程管理过程中信息数据的储存、采集、分享以及应用等各个环节的准则与规范，保证数据能够真实可靠、储存安全、及时分享和有效运用，以此来更好地发挥信息化技术对于工程管理质量提升的促进作用。其次，企业要注重人才培养工作的有序推进，加快打造一支专业能力较强、信息素养良好的复合型人才队伍，保证相关人员不但具备良好的专业能力，而且也能够有效运用信息化技术手段来高质量完成工作任务。例如，企业可以联合相关专家，定期开展关于信息化技术应用方面的座谈会、培训会等活动，为员工带来先进的理念和技术指导，进一步提升他们的信息化操作能力与应用水平，让员工能够熟练掌握数字化设备与平台使用方法，充分发挥信息化技术的应用价值。在此基础上，企业也要优化人才结构，在培养人才的基础上，引入具有较强信息化应用能力与信息素养的专业人才，

弥补企业人才短板，推动信息化技术与工程管理的深度融合。例如，企业可与高校、科研机构合作，开展定向人才培养，同时搭建技术交流平台，促进员工之间的技术分享与提升，为信息化技术的持续应用提供人才保障。此外，为了有效提高人才综合素质，激发人才的信息化学习与应用积极性，企业还可以建立相应的激励机制，鼓励工程管理人员将信息化技术应用到实践工作中来，加大其绩效考核占比，激发员工学习相关知识技术、对其展开实践应用的积极性，从而夯实信息化技术应用基础，实现提升工程管理质量的目标。

总的来说，在新时期现代企业工程管理也亟待从“传统化”向“信息化”“数字化”方向转型。对此，企业应当拥抱信息化时代变化，进一步深化信息化技术与工程管理的深度融合，不断优化应用路径、完善管理体系、加强人才培养，充分发挥信息化技术的赋能作用，推动工程管理水平持续提升，实现项目效益与企业竞争力的双重提升，为我国工程建设行业的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1] 梁雅静. 建筑工程管理中数字信息化技术应用研究 [J]. 信息系统工程, 2025, (10): 110-113.
- [2] 张书鸣. 智能建造在公共建筑工程管理中的应用分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(09): 221-223.
- [3] 池小龙. 数字化技术在建筑工程管理中的运用策略探讨 [J]. 企业改革与管理, 2025, (17): 166-168.
- [4] 林志刚. 市政道路工程管理中的数字化转型策略 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (25): 45-47.
- [5] 韩洪昌. 住宅建筑工程管理中精细化管理模式的应用 [J]. 居舍, 2025, (17): 142-145.
- [6] 王中兴. 信息技术在建筑工程管理中的创新方法探讨 [J]. 中国战略新兴产业, 2025, (14): 182-184.
- [7] 陈保平. 智能建造技术在工程管理中的应用与价值分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (18): 62-64.
- [8] 薛玉凤. 信息化工程管理在企业转型升级中的作用 [J]. 信息系统工程, 2024, (06): 129-132.
- [9] 曹明浩. 信息化背景下建筑企业工程管理发展路径研究 [J]. 中小企业管理与科技, 2024, (10): 58-60.
- [10] 高亚男. 建筑工程管理信息化研究 [J]. 中外企业家, 2020, (18): 78.

文化互鉴视域下韩国传统文化在高校的传播与实践

王涛

韩国汉阳大学, 韩国 首尔 04763

DOI: 10.61369/SSSD.2026090004

摘 要 : 在文化互鉴成为文明交流趋势的背景下, 韩国传统文化作为东亚文化圈的重要组成部分, 其在高校的传播与实践, 既是跨文化交流的重要载体, 也是丰富高校校园文化、培养学生跨文化素养的重要路径。本文以文化互鉴为研究视角, 阐述韩国传统文化在高校传播的价值与载体, 重点围绕课程教学、校园文化、新媒体传播、跨文化交流四个维度, 提出韩国传统文化在高校的传播与实践路径, 为高校培养学生国际化视野、促进优秀传统文化传承与弘扬提供理论参考与实践借鉴。

关 键 词 : 文化互鉴; 韩国传统文化; 高校; 传播; 实践路径

Dissemination and Practice of Traditional Korean Culture in Universities from the Perspective of Cultural Mutual Learning

Wang Tao

Hanyang University, Seoul, Republic of Korea 04763

Abstract : Against the background that cultural mutual learning has become a trend of civilization exchange, traditional Korean culture, as an important part of the East Asian cultural circle, its dissemination and practice in universities are not only an important carrier of cross-cultural communication, but also a key path to enrich campus culture and cultivate students' cross-cultural competence. From the perspective of cultural mutual learning, this paper elaborates on the value and carriers of the dissemination of traditional Korean culture in universities. Focusing on four dimensions—curriculum teaching, campus culture, new media communication, and cross-cultural exchanges—it proposes the dissemination and practice paths of traditional Korean culture in universities. It aims to provide theoretical reference and practical experience for universities to cultivate students' international perspective and promote the inheritance and promotion of excellent traditional culture.

Keywords : cultural mutual learning; traditional Korean culture; universities; dissemination; practice paths

引言

新时代文明交流互鉴观主张“文明因多样而交流, 因交流而互鉴, 因互鉴而发展”^[1]。文化是文明在长期发展演进过程中积累而成的物质财富和精神财富之总和。虽然文明间积累的物质财富大同小异, 但受各国国情、地理位置、历史传统等因素影响, 不同国家积累的精神财富却各有不同。文化交流是人类社会实践活动的重要组成部分, 开展交流互鉴不仅是一种文明对自身文化价值的普遍认同和充分肯定, 还意味着一种文明对外来文化价值的普遍尊重和充分理解。韩国地处亚洲, 经过长期发展, 形成了涵盖节日文化、服饰文化、饮食文化、建筑文化等多维传统文化体系, 且保留独特的民族文化特点。而高校是知识创新、人才培养的高地, 拥有丰富的学术资源与人才优势, 在国际文化交流与发展中扮演着独特的角色。在全球跨文化交际背景下, 各国人文交流的持续深化, 同时融媒体时代的到来给韩国传统文化在高校的传播带来了机遇, 但仍面临传播深度不足、互鉴性不强、文化挖掘不深等问题。由此, 立足文化互鉴视域, 推动韩国传统文化在高校传播, 对推动韩国传统文化传承, 促进世界文化多样性发展具有重要意义。

一、文化互鉴视域下韩国传统文化在高校的传播价值

立足文化互鉴视域, 韩国传统文化在高校的传播兼具育人、校园发展、文化传承、国际交流四重价值, 是高校履行社会责任、推动文化发展的重要举措, 具体如下:

(一) 育人价值: 培育青年文化素养, 筑牢民族认同根基

高校肩负着弘扬优秀传统文化、培养青年学生人文素养的使命。在文化互鉴理念下, 将韩国传统文化融入人才培养与校园文化建设中, 高校能够建立起文化传播与育人体系, 让学生在日常生活、学习和交流中, 参与传统文化类交流与实践活动, 了解韩

国文化特色，感受多民族文化的魅力，潜移默化地培养其文化自信^[4]。同时，韩国传统文化不仅包含独特的风俗文化，还蕴藏着丰富的人文精神。高校可在传播的过程中，让学生站在世界文化多元化发展视角，了解韩国文化中的宝贵精神财富，从中汲取精神营养，提高文化素养与民族认同感。

（二）校园价值：丰富校园文化内涵，营造多元育人氛围

校园是高校大学生主要活动场所，也是文化宣传的重要阵地。将韩国传统文化融入校园文化体系，高校能够拓展校园文化内涵，围绕韩国舞蹈、工艺、服装等传统文化主题，重构校园的物质环境、精神环境，使文化内涵体现在校园景观、建筑装潢、校园活动中，让学生在校园活动中随时了解优秀文化。在建设基于传统文化的校园环境中，高校可结合学生兴趣偏好，丰富传统文化的介绍和传播形式，增强韩国传统文化的吸引力，促进校园文化与民族文化、世界文化融合发展。

（三）文化价值：推动传统文化传承创新，提升文化生命力

高校是推动韩国传统文化传承与发展的重要阵地，要利用好教书育人的契机，将传统文化渗透到学生学习与成长环节，调动学生了解、传承与创新传统文化的积极性。将韩国传统文化引入教研与教育体系，高校能够结合传统文化与各个学院、专业之间的联系，鼓励专业教师与学生参与传统文化调研、资源开发和保护工作，引导其从专业视角探索传统文化创新发展与创造性转化路径，为韩国传统文化的传承与发展注入生命力。除了文化类专业方向，高校能够引导工科专业师生，站在跨学科视角，开展传统文化引领的课程建设与教学改革工作，将文化育人目标融入课程教学中，推动传统文化创新发展^[5]。

（四）国际价值：搭建文化互鉴桥梁，助力文明交流发展

基于文化互鉴理论，文化是民族的也是世界的。将韩国传统文化引入高校传播体系，能够搭建文化交流与对话平台，让前往高校交流的专家、教师和留学生了解韩国民族文化的多样性。同时，采用国际交流、校际合作、展览与竞赛等形式，高校能够引导师生将传统文化融入科研展示、教研展示与竞赛项目中，促进韩国传统文化从校园走向校外、走向世界，促进多民族优秀传统文化交流与发展。

二、文化互鉴视域下韩国传统文化在高校的传播载体

结合新时代文明交流互鉴的现实进路及数字技术赋能特点，韩国传统文化在高校的传播载体分为四大类，相互补充、协同发力，构建全方位传播体系。

（一）课程载体：筑牢传播基础，强化互鉴理念引导

课程是高校文化传播与人才培养的核心载体。在专业课程中，面向艺术类、传播类专业，增设韩国文化方向的课程，从多元文化交融与发展视角，展现文化发展脉络，导入传统假面舞、韩国服饰文化、礼仪文化案例，培养学生文化素养与传播兴趣。在通识选修课程中，面向全校学生开设韩国传统礼仪与饮食类的线上课程，选编趣味性的案例与故事，吸引广大学生了解韩国传统文化，扩大文化传播的覆盖面^[6]。在跨学科融合课程中，面向艺

术类、表演类课程，将韩文化与教育戏剧、舞蹈教学融合，开发特色课程，让学生在体验文化特色的同时，形成创新意识。

（二）校园文化载体：营造传承氛围，强化实践体验

校园文化能潜移默化影响学生认知，是传统文化传播的重要载体。高校应利用好校园环境，搭建韩文化系列传播与体验平台，运用 VR、MR、AR 等技术，还原传统节日活动场景，邀请留学生参与假面舞、韩服走秀等活动，实现文化交流。同时，依托社团活动阵地，邀请对韩国传统文化感兴趣的学生组建韩文化社团，定期开展线上线下文化宣传、实践体验活动，并促进韩文化社团与他国文化社团交流合作，共同举办文化交流与实践活动。此外，校园环境建设是韩国文化传播的重要载体，展示墙、文化长廊、宿舍都可以成为文化展览区，营造沉浸式文化体验氛围^[6]。

（三）新媒体载体：创新传播形式，拓宽传播范围

数字技术赋能下，新媒体成为文化传播的主要载体。高校可依托校园网、抖音号、公众号，设置韩文化科普模块，借助大数据与 AI 大模型，向感兴趣的学生推荐个性化内容，增强传播效果^[6]。面向网络粉丝社群，搭建线上交流平台，定期邀请韩文化专家、传承者与艺人，开展直播分享与线下分享活动，突破时空传播限制。借助融媒体平台，定期开展韩文化短视频宣传竞赛，引导学生结合感兴趣的文化内容，拍摄短视频和 Vlog 等形式，促进传统文化“破圈”传播。

（四）跨文化交流载体：搭建互鉴桥梁，推动双向传播

跨文化交流载体是实现双向互鉴的关键，契合文明交流互鉴现实进路。高校可与国外高校建立合作关系，通过实施联合办学和交换生项目，促进跨文化合作交流。在文化交流活动设计上，邀请留学生、国外文化爱好者、国外非遗传承者来校展演，促进韩文化与多国文化交流，实现双向互鉴。此外，教师也可以依托跨文化交流平台，联合国外文化机构，开展文化创造性与创新性转化的科研项目，运用转化成果举办展览活动，促进跨文化深度互鉴。

三、文化互鉴视域下韩国传统文化在高校的实践路径

立足文化互鉴视域，结合文化主体间性理论与文明交流互鉴生成机制，韩国传统文化在高校的传播需注重“传承创新、双向互鉴、实践落地”，具体路径如下：

（一）优化课程教学实践，强化传承与互鉴理念

课程教学是传播核心环节，通过构建融合韩国文化的课程体系，实现“理论+实践+传承+互鉴”结合。

1. 完善课程体系。优化课程设置，增加跨学科与实践课程比重，融入文化创新与跨文化交流内容，确保课程与时俱进。

2. 创新教学方法。摒弃“填鸭式”教学，采用案例教学、实践体验、教育戏剧等方式，结合数字技术开展混合式教学，借助虚拟仿真技术提升体验感^[7]。

3. 强化师资建设。定期开展教师培训与国际交流，提升教师传统文化素养与跨文化教学能力，聘请专家、艺人担任兼职教师。

（二）深化校园文化实践，营造传承与互鉴氛围

校园文化实践是强化学生体验的重要途径。

1. 打造校园文化品牌。定期举办传统文化节、艺术展演等品牌活动，形成常态化体系，结合传统节日邀请留学生参与，推动跨文化交流与互鉴。
2. 强化学生社团实践。支持传统文化社团开展多元化活动，鼓励与国外高校社团合作，提升学生文化素养与跨文化能力。
3. 融入校园环境建设。打造传统文化展示墙、景观小品，陈列文化展品，营造“传承互鉴”氛围。

（三）推动新媒体传播实践，创新传承与互鉴形式

结合数字赋能理念，创新传播形式，提升互鉴性。

1. 创新传播内容。结合大学生兴趣，打造兼具知识性与趣味性的内容，融入互鉴理念，制作传统文化与世界文化对话等短视频^[10]。
2. 强化互动传播。利用新媒体互动功能，开展作品征集、直播互动等活动，邀请留学生参与，促进跨文化对话^[8]。
3. 推动技术应用。借助人工智能、大数据、虚拟仿真技术，开发虚拟体验小程序、线上展厅，推送个性化内容，推动传统文化国际化传播^[9]。

（四）深化跨文化交流实践，实现传承与互鉴双向发展

践行文化主体间平等对话理念，深化跨文化交流。

1. 拓展校际合作。扩大交换生、联合办学规模，开展学术交流、文化展演，组织学生开展文化调研，促进文化交流。
2. 搭建民间交流平台。鼓励学生与留学生开展一对一交流，组织传统文化志愿服务活动，提升学生跨文化交流能力。
3. 推动文化创新融合。引导学生结合本土文化优势，吸收世界优秀文化成果，开展创新创作，推动传统文化创造性转化。

四、结语

综上所述，立足文本互鉴视角，推动韩国传统文化在高校的传播与发展，是培养学生正确跨文化交流观念，促进多元文化交流与创新发展的现实需求。因此，高校应树立文化互鉴思维，全面挖掘韩国优秀传统文化资源，利用课程教学、校园活动、新媒体平台、跨文化活动等传播载体，通过优化文化类课程教学、丰富校园文化实践活动、创新新媒体传播内容、拓展跨文化交流等方式，整合数字技术与融媒体资源，推动传统文化与校园文化、跨文化教育深度融合，引导学生树立文化自信与互鉴理念，提升跨文化能力，推动韩国传统文化传承创新与国际传播，实现与世界文化双向奔赴，为促进人类文明多元化发展贡献高校力量。

参考文献

- [1] 韩升, 段昀辉. 世界文明交流互鉴的文化主体间性证成 [J]. 新疆社会科学, 2025, (06): 117-125+173.
- [2] 杨仁忠, 蔺雨. 新时代文明交流互鉴的价值意蕴、生成机制与现实进路 [J]. 道德与文明, 2025, (06): 17-27.
- [3] 柳雨春, 辛子涵. 基于国学视角的传统文化传播方式探析 [J]. 汉字文化, 2025, (19): 60-62.
- [4] 乔新. 从“活化”到“破圈”: 传统文化传播的创造性表达机制探析 [J]. 新闻爱好者, 2025, (09): 68-70.
- [5] 李壮. 传统文化传承与校园文化建设研究——评《让优秀传统文化浸润校园》[J]. 语文建设, 2025, (10): 88.
- [6] 全湛威. 人工智能赋能高校文化传播的研究 [J]. 传播与版权, 2024, (18): 65-68.
- [7] 谭珂瑾, 姚颖. 教育戏剧在高校传统文化传播中的教学实践 [J]. 新闻研究导刊, 2022, 13(06): 74-77.
- [8] 渠可心. 数智时代高校图书馆传承中华优秀传统文化的创新路径 [J]. 传播与版权, 2024, (06): 52-55.
- [9] 王玉姝, 于丽娜. 人工智能赋能中华优秀传统文化传播的路径与意义 [J]. 延边教育学院学报, 2025, 39(02): 101-105.
- [10] 吴海风, 王程辉, 刘流民. 破圈与传承: 短视频助力高校传播中华优秀传统文化的路径研究 [J]. 传媒论坛, 2025, (23): 117-119.

公路施工安全标准化管理存在的问题及对策

徐园

春璟建设集团有限公司, 广东 湛江 524400

DOI: 10.61369/SSSD.2026090007

摘 要 : 随着我国交通基础设施建设的快速发展, 公路工程项目呈现出施工环境复杂、技术要求高、规模大等特点, 对安全管理工作提出了更高要求。但是, 公路施工安全标准化管理体系不健全、数字化水平低、设施设备配备滞后等问题普遍存在, 限制了施工安全管理工作的开展。基于此, 本文结合公路施工安全标准化管理的重要性、实施现状, 提出构建全过程安全管控机制与智慧化安全监管平台、强化设备设施、完善安全风险评估与动态管理机制的有效策略, 旨在推动施工企业高质量发展。

关 键 词 : 公路施工; 施工安全标准化管理; 问题; 对策

Problems and Countermeasures in Standardized Safety Management of Highway Construction

Xu Yuan

Chunjing Construction Group Co., Ltd., Zhanjiang, Guangdong 524400

Abstract : With the rapid development of China's transportation infrastructure construction, highway engineering projects are characterized by complex construction environments, high technical requirements, and large scales, posing higher demands on safety management. However, issues such as an inadequate standardized safety management system for highway construction, low digitalization levels, and outdated equipment and facilities are prevalent, limiting the effectiveness of construction safety management. Based on this, this paper, considering the importance and current implementation status of standardized safety management in highway construction, proposes effective strategies including establishing a whole-process safety control mechanism and an intelligent safety supervision platform, strengthening equipment and facilities, and improving safety risk assessment and dynamic management mechanisms. The aim is to promote high-quality development of construction enterprises.

Keywords : highway construction; standardized safety management in construction; problems; countermeasures

作为提升公路施工质量与安全性的重要举措, 安全标准化管理能够规范施工各环节的操作流程, 有效降低安全事故发生的风险。但是, 在实际操作过程中, 往往存在安全管理机制不健全、数字化程度低等问题, 导致施工现场安全隐患较高、工程进度与质量达不到预期。因此, 企业需要从管理体系、技术手段、资源配置、安全风险评估等多个维度入手, 全面提升安全管理水平, 为公路建设安全施工提供保障。

一、公路施工安全标准化管理的重要性

(一) 工程质量与施工安全的双重保障

标准化管理涉及人员操作规范、安全防护、材料存放、设备管理等多个方面, 是一种通过有效规范施工过程, 减少人为因素导致的失误, 提高施工效率与安全性的措施^[1]。相比于传统管理方式, 标准化管理进一步明确各岗位职责、规范操作流程, 减少了因职责不清范导致的管理漏洞、因操作不规范带来的安全隐患。对于公路施工而言, 安全标准化管理不仅是确保工程质量的基础, 而且是实现施工安全目标的关键手段。企业通过标准化管理

协调各方关系, 优化资源配置, 从根本上提升工程整体质量与施工安全水平, 符合现代施工管理的发展趋势。

(二) 施工企业精细管理的内在需求

在竞争日益激烈的市场环境中, 企业需要通过精细化管理提升自身竞争力, 获得更为广阔的发展空间^[2]。公路施工安全标准化管理提供的管理框架, 正是企业优化内部流程, 降低运营成本, 实现精细管理的关键。该管理框架明确各项工作职责、各个环节的操作流程与规范, 能够更大程度上避免管理盲区与责任真空问题, 使公路施工的每个环节都得到有效管控^[3]。依托该管理框架, 企业能够为工作人员提供清晰的操作依据, 有效避免操作失

误、不规范等问题带来的安全风险。

二、公路施工安全标准化管理存在的问题

（一）安全管理体系机制不健全

部分企业的公路工程施工安全管理体系存在制度性缺陷，导致安全标准化管理流于形式，难以发挥应有作用^[4]。首先，这表现在安全管理组织机构设置不合理，职责划分不明确，在实际执行管理标准的过程中出现推诿扯皮的现象；其次，安全管理部门仅停留在“挂牌”层面，缺乏管理措施与监督机制，导致安全管理标准无法真正落地；最后，安全管理制度体系存在“碎片化”问题，各项制度之间缺乏有效衔接，难以形成管理闭环。

（二）安全管理数字化水平有待提升

公路施工安全管理数字化建设滞后，不能满足施工安全管理需求，是阻碍企业实现公路施工安全标准化管理的重要因素。部分企业的施工安全管理仍然以传统人工巡检方式为主，缺乏数字化手段，导致数据采集不全面、信息传递不及时、安全隐患难以得到快速识别和处理。在这些企业，施工数据往往分散在不同部门，难以实现统一管理^[5]。很多时候，安全管理会由于缺少数据支持而过度依赖工作人员的经验判断。

（三）安全设施设备配备滞后

为了节约成本，部分企业会选择压缩安全设施设备购置预算，减少施工现场安全防护措施。在这些企业，安全设施设备配备与工程建设规模不匹配，难以满足施工现场安全防护需求，安全设施设备配备问题已然成为制约公路施工安全标准化管理的重要因素。比如，某公路施工企业由于预算不足，一直沿用旧的大型机械设备安全保护装置，未能对其进行更换，导致设备运行过程中的安全隐患增大。

（四）安全风险评估机制执行不严

安全风险评估机制执行不严主要体现在缺少风险分级管控体系，施工现场的潜在安全风险无法及时被全部识别、准确评估、有效防范；施工现场的动态风险监控机制存在缺失，导致安全措施与施工进度、环境变化不匹配。这种执行层面的松懈，使得安全风险评估机制难以发挥应有的预警和防控作用，施工安全得不到充分保障。

三、公路施工安全标准化管理的优化对策

（一）构建全过程安全管控机制

施工企业需要建立完善的项目全生命周期安全管理机制，将标准化安全管理贯穿于项目策划、实施、验收等各个阶段，形成管理闭环。首先，在项目策划阶段，企业应明确安全管理目标，制定详细的安全管理计划，并将计划中涉及的各方面安全责任落实到具体岗位和部门；构建科学的安全风险评估体系，对项目的潜在风险进行评估；结合评估结果制定针对性的安全管控方案，为项目实施阶段安全管理工作的开展提供依据^[6-7]。进入项目实施阶段之后，企业需要采取网格化的安全管理模式，也就是将

施工现场划分为若干个网格单元，为每个单元配备专门的安全管理人员。安全管理人员可以按照安全责任分配措施、安全管控方案，对负责的网格进行每日巡检，从而能够及时发现用电防护、临边洞口防护、大型机械作业等环节的安全隐患，提出整改建议。在质量验收阶段，企业应严格按照验收标准对工程的各项安全措施进行检查、评估，以确保每个环节的安全措施达到施工要求，避免安全隐患流入下一环节^[8]。

（二）推进智慧化安全监管平台建设

为了适应公路施工安全标准化管理需求，企业要积极推进智慧化安全监管平台建设。该平台整合施工现场监控与智能传感设备、三维可视化模型、数据管理系统，能够帮助企业实时了解施工现场的安全状况，提升企业对安全事故的防范、应对能力。其中，监控与智能传感设备部署在施工现场，实时采集各类安全数据，为安全管理提供全面的数据支持；施工现场三维可视化模型基于 BIM 技术构建而成，结合监控与智能传感设备采集的信息分析施工现场的人员分布、设备运行状态、环境参数等；数据管理系统整合各类安全数据，实现数据的高效存储、深度分析、高度共享、充分应用。所述措施构建的智慧化安全监管平台，能够实现对施工现场的全天候、全方位监控，以及对关键环节、重点部位的重点监控，其在公路施工安全标准化管理中的应用对提升现场巡检与隐患排查工作效率有重要意义。

（三）加大安全投入，强化设备设施

施工企业要加大安全投入，配备适配的安全设施，为现场施工人员提供更加可靠的安全保障。首先，企业可以把安全投入纳入企业年度预算管理，确保专项资金的合理分配与使用。如此，能够确保安全防护设施设备的配置数量、种类、质量与施工现场的安全管理需求相匹配，避免因资金不足而导致安全隐患。其次，企业要严格按照国家标准，为施工现场配备劳动防护用品，包括安全帽、防护手套、防护眼镜等，为施工现场工作人员提供必要的安全防护。企业提供此类防护用品时，应注意保证其质量和数量，避免因防护用品不足或质量不达标而导致现场工作人员安全风险加大^[9]。最后，企业要定期检测施工现场的安全防护设备性能，并对其进行保养，确保其防护功能达标。比如，针对大型机械设备，可以定期进行安全性能检测与维护，并建立档案，对每次性能检测与维护工作的时间、内容、负责人信息进行记录，确保相关工作有序、有效开展；针对安全网、脚手架、临边防护等小型安全设施，要采取详细的检查计划与标准，确保各项检查工作落实到位，能够及时发现老化、损坏的部分，对其进行更换。

（四）完善安全风险评估与动态管理机制，提升风险防控能力

针对安全风险评估机制执行不严的问题，施工企业要构建完善的安全风险评估与动态管理机制。该机制由风险分级管控体系、动态风险管理模式、安全风险评估结果复核与应用制度构成，其在公路工程项目的运用，有助于提升施工企业的风险防控能力，降低安全风险对工程与企业发展的影响。其中，风险分级管控体系结合安全事故严重程度、发生概率等指标，对安全风险

进行分类分级，并针对所属分类和等级，在相应区域部署管控措施，比如在深基坑、高边坡等高风险区域部署安排专职风险管控人员、设置醒目的安全警示标识，定期进行专项安全隐患排查。动态风险管理机制是根据施工进度和环境变化及时调整安全策略，确保安全策略始终符合实际需求的先进管理机制。比如，当天气条件恶劣或施工难度增加的时候，工程施工风险也会有相应提升，企业需要针对性调整隐患排查频率、安全管控力量。这种动态风险管理机制，能够有效提升风险管理效能，避免风险应对不及时、措施不适用等问题。施工安全风险评估结果的复核与应用，是落实安全标准化目标，提升施工安全性的关键环节。企业需要重视该环节，通过定期复核风险评估结果，撰写风险评估报告，结合报告内容优化施工流程、改进施工管理措施，进而提升整体风险防控效果^[10]。

四、结语

公路施工安全标准化管理是提升工程质量、确保施工安全的重要举措，需要企业引起足够重视。企业要正视公路施工安全标准化管理中存在的管理体系不健全、数字化水平低、设施设备配备滞后等问题，以问题为导向构建全过程安全管控机制与智慧化安全监管平台、强化设备设施配备、完善安全风险评估与动态管理机制。

未来，随着科技的不断进步和管理理念的持续更新，公路施工安全标准化管理也将迎来新的发展机遇。企业应积极拥抱新技术，基于风险预测模型构建、环保理念渗透、安全管理数据的深度挖掘与分析、跨部门协作机制构建等方面进行更多有益尝试，进一步提升安全管理整体效能。

参考文献

[1] 吴雪山. 公路工程施工现场安全管理标准化建设及提升路径[J]. 大众标准化, 2025, (22): 74–76.

[2] 陈文斌. 公路隧道施工中的安全风险管理与防控措施[C]// 广西网络安全和数字化联合会. 第十三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集. 浙江源通建设工程有限公司; 2025: 632–634.

[3] 吴椅. 公路工程施工安全标准化管理体系构建与实践效果分析[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(18): 173–175.

[4] 何唯玺. 公路工程施工现场安全管理标准化建设的关键要素与策略[J]. 汽车画刊, 2025, (08): 203–205.

[5] 蔡睿. 公路工程施工现场安全管理标准化建设及提升路径[J]. 大众标准化, 2024, (06): 64–66.

[6] 肖禹. 公路工程施工现场安全管理标准化建设与提升路径分析[J]. 运输经理世界, 2023, (34): 37–39.

[7] 巩爱军. 公路工程施工现场安全管理标准化建设与提升路径研究[J]. 大众标准化, 2023, (12): 73–75.

[8] 申向东. 公路工程施工企业现场安全管理标准化建设与提升[J]. 大众标准化, 2023, (11): 64–66.

[9] 谭建德. 公路工程施工现场安全管理标准化现状及趋势展望[J]. 大众标准化, 2023, (09): 151–152+155.

[10] 严旭东. 公路施工如何推进安全管理标准化[C]// 贵阳至黄平高速公路项目论文集. 中交二公局萌兴工程有限公司; 2022: 241–244.

从“主体信用”到“实物信用”：数字化驱动下的大宗商品供应链风控体系重构——基于区块链与物联网融合技术的视角

邱文镇

福建省龙岩市国贸有限公司，福建 龙岩 364000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090021

摘 要： 大宗商品供应链遵循“谁控制货物谁掌握主动”的铁律。然而，传统风控模式过度依赖主体信用和静态书面材料审核，导致虚假仓单、重复质押、一货多卖、融资性贸易等风险事件频发。本文提出以区块链与物联网融合技术为核心，构建“实物信用”主导的数字化风控新模式，并结合典型创新案例，为大宗商品供应链企业数字化转型与风控能力提升提供理论支撑与实践指引。

关 键 词： 数字化风控；区块链；物联网；实物信用

From "Entity Credit" to "Physical Credit": Reconstructing the Risk Control System of Bulk Commodity Supply Chains Driven by Digitalization — A Perspective Based on the Integration of Blockchain and Internet of Things Technologies

Qiu Wenzhen

Fujian Longyan International Trade Co., Ltd., Longyan, Fujian 364000

Abstract： The bulk commodity supply chain follows the rule that "who controls the goods takes the initiative." However, traditional risk control models rely excessively on entity credit and document review, leading to frequent risk incidents such as false warehouse receipts, repledges, resale act, and financing trade. This paper proposes establishing a new digital risk control model focusing on "physical credit" by integrating the technologies of blockchain and the Internet of Things. By analyzing typical innovative cases, this paper provides theoretical support and practical guidance for bulk commodity supply chain enterprises in digital transformation and improvement of risk control capabilities.

Keywords： digital risk control; blockchain; Internet of Things; entity credit

引言

大宗商品是国民经济的重要支柱，同时在全球经济中亦扮演着重要角色。但大宗商品供应链行业一直存在着三个重大的风险：一是交易主体的信用风险：上下游客户真实的资信和经营情况难以穿透；二是货权风险：仓单风险、一货多卖等问题难题；三是内控风险：贸易商企业人工审核效率低下、内部信息孤岛导致信息割裂，企业风控成本高。其中交易主体的信用风险与货权风险互相交织，货权是交易各方利益归属点，对交易主体信用的审查本身也是为保障货权的实现。故货物权属的清晰度是大宗商品供应链企业风险控制的重要关注点。加之，各级部门对大宗贸易管理政策的出台，使得从事大宗商品贸易的国企不得不重构企业的风控体系。本文从国企风控视角，结合相关案例，探讨大宗商品贸易企业内部风控关注点从“主体信用”向“实物信用”转型的路径。

一、大宗商品供应链风险的类型化分析

（一）主体信用风险

在大宗商品贸易中，交易主体风险是交易审查的重点。其不仅涉及对方是否“赖账”，更涵盖主体真实性、履约能力、交易

意图合法性及关联关系隐蔽性等多维度风险。传统风控主要依赖对主体信用的审查，如股东背景、实缴注册资本、涉诉情况等，以上情况具有静态化、难穿透、重形式等局限，无法实时反映企业资信的动态情况。此外，上游供应商与下游采购商之间隐藏的关联交易、表外融资等行为也往往会使企业的信用评估或调查失

作者简介：邱文镇（1988.07—），男，硕士研究生，经济师，研究方向：商业及供应链管理。

真。真实的股权架构和投资情况难以穿透。交易对手方可能为空壳公司、隐性关联方或临时设立的通道企业，传统尽调手段无法穿透识别最终受益人，导致“与谁交易”这一基本问题无法准确回答。

（二）货权风险

大宗商品供应链中，交易货物与单据凭证的分离是风险产生的根本原因。在实际操作中，贸易商对货物的管控程度较低，往往未实地核查或有效掌控货物。货物交付与提货环节多依赖纸质单据或扫描件流转，流程效率低下且易受人为因素干扰，从而显著放大操作风险。“大宗商品产业链呈现‘两端强势、中间弱势’的格局。上游原材料生产商（如央企、国企）与下游终端品牌商（如大型制造业企业）在供应链中占据主导地位，而贸易商处于中间流通环节，长期面临压款、压货的困境。例如，上游企业要求贸易商提前支付全额货款，下游企业却延迟付款，导致贸易商资金链高度紧张，抗风险能力被削弱，使其在市场价格波动时极易陷入流动性危机。”^[1] 尤其值得关注的是，部分仓储环节从业人员违规操作，例如重复开具仓单，进一步加剧了货权的不确定性。

（三）数据孤岛问题

数据孤岛是指在企业内部，基于历史、技术或管理上的原因，各个部门或子公司之间的数据无法共享，形成了独立且难以整合的数据存储区域。^[2] 数据孤岛会使得企业难以实现高效的风险管理。企业内部对统一贸易信息存在多系统、多部门、多环节单独或同时操作的情况，但相互之间没有高效的对接通道，导致大量信息重复报送或未及时对接进而导致信息遗漏或信息冗余的问题。企业对市场变化的响应速度和准确性将大幅降低，企业难以形成统一、高效的风险评估和应对措施，导致经营的不确定性、重复性和潜在的经济损失。

二、区块链与物联网结合：构建大宗贸易以“实物信用”为交易重点的技术基础

（一）基于区块链技术构建的大宗商品供应链

区块链类似于一个公共账本，每个区块就像一页账本，这个账本记录着一段时间内发生的交易信息，比如“a向b购买煤油。”每个区块形成的时候，都会打上一个不可篡改的时间戳，然后与上一个区块的时间戳连接在一起。一旦扣在一起，对任何一个区块的修改都会导致时间戳之间无法吻合，这个链条就会断裂。所以区块链就是一个一环扣一环、不可逆也不可篡改的数据链条，它具有去中心化、不可篡改、公开透明的特性，可以用来记录一些具有价值的信息，然后保证这些信息的真实性、唯一性和流转过度的可追溯性。

区块链的上述特性能够很好地适配大宗商品贸易的需求。⁽¹⁾ 在航运领域，中国宝武、中远海运、上港集团、上海数据集团等多家央企和航运贸易骨干企业，与国家区块链技术创新中心共同打造的航运贸易区块链网络（简称“航贸链”），通过引入区块链技术，使得电子提单、提货单、仓单都能刻录进区块中，保证“单货一致”、数据可追溯，构建可信的贸易物流数据链。⁽²⁾ 大

宗贸易最典型的特征就是仓单交易，区块链的不可篡改性可以保证链上仓单所代表的货权的唯一性，杜绝一货多卖；同时，极大地便利了质押融资，使得中小企业可以借助区块链上的仓单从银行处获得贷款，也方便了银行的安全审查，从而高效放款。

（二）基于物联网技术构建的大宗商品供应链

物联网是指把任何物品通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。^[3] 物联网技术通过在货物、仓库及运输车辆上布设智能感知终端，使货权方与仓储管理人员能够实时监测物资动态，从而将以往难以直观掌控的物理环境转化为实时可信的数据流，有效应对供应链中存在的货权不清、监管盲区及信息不对称等突出问题。其在实践中的典型应用场景包括：（1）仓储与库存管理的智能化。作为物联网应用最为成熟、成效最为显著的领域，该技术能够推动传统“黑箱仓库”向透明可控的“智能监管仓”转型。（2）构建“物的信用”体系。专业的存货监管机构，借助物联网监管系统，实时采集并精准记录货物动态信息。（3）环境状态的智能调控。当温湿度传感器或气体检测仪监测到环境参数异常时，系统能够联动通风、降温等调控设备自动响应，实现及时干预。

（三）区块链与物联网共建“实物信用”的创新型应用

如果说物联网是延伸至物理世界的“触手”和“感官”，负责感知和采集货物的实时状态；那么区块链就是一个去中心化的“信任存储器”，负责为这些数据贴上不可篡改的“标签”，并自动执行预设的商业规定。两者合作，将“物的信用”从理念变成了可落地、可验证的现实，在大宗商品供应链中焕发新的价值：

1. 从“模糊存货”到“硬核凭证”：物联网设备（如储罐传感器、智能摄像头）7×24小时不间断地采集货物数据，这些实时数据直接上传并记录在区块链上并生成的“电子仓单”。这种“单子仓单”不再是一纸文书，而是一个与实物状态强绑定、权属清晰、过程可溯的数字凭证，从根本上杜绝了“一货多卖”“虚假仓单”“走单不走货”的贸易风险。通过数据全程可追溯、多方业务协同，大宗商品贸易正从依赖企业主体信用，转向基于货物状态与归属的“实物信用”。电子提单、提货单、仓单在交易链条上融合互通，实时核算价值，让仓库中静止的货物，转化为高效流动的资产。^[4]

1. 从“不敢做”到“愿意做”：区块链解决了确权难题，物联网解决了监管难题，两者共同为机构构建了可靠的风控基础，让存单质押的安全性得到保证。例如：上海银行则为有色金属企业打造了“数据信用+物的信用”的创新服务模式，精准破解动产融资的“确权难、监管难”问题。

2. 重塑跨境信任，从“漫长验厂”到“一键追溯”：在国际贸易中，因交易双方在地理、法律与文化层面存在差异，长期以来面临质量争议频发、信任成本居高不下的困境。传统的“实地验厂”模式不仅耗时费力，且难以全面覆盖每一批次商品的真实质量状况。区块链和物联网技术的引入，为重构跨境信任机制提供了创新路径。通过将权威检测机构出具的每一批次商品检测报告

告,以及涵盖生产、运输、通关等环节的全流程物流数据,实时记录并存证于区块链网络之中,形成不可篡改、可溯源的数字化“质量保证书”。

3. 优化全链协同:从“信息孤岛”到“透明网络”:构建覆盖全国甚至全球的智能仓储网络,通过数字化系统实现实时库存共享与就近调配,极大提升了供应链的响应速度和资源利用效率。例如:乐陵的香辛料平台在全国布局了9大交割仓,通过数字化系统联动,使得从广西仓发货到东南亚客户的物流周期缩短了5天,成本降低12%。

三、数字化背景下大宗商品供应链企业风控制度的重构路径

(一) 打造数字化管理体系

1. 建立企业数据中台

大宗商品贸易企业内部通常面临多套独立业务系统(例如ERP、CRM、采购系统、仓储系统、财务系统等)并存的困境,为更好地解决数据孤岛问题,打通信息壁垒,实现企业各部门之间的高效协同,需要在企业内部建立一体化的数据采集、整合和反馈机制,使得不同部门工作人员能够在不同业务环节中在数据中台实现对贸易信息的抓取、融合与共享,保证信息同时性和完整性。

2. 构建供应链上下游企业协同平台

构建供应链上下游协同平台,通过该平台将上下游企业的ERP、WMS、MES等不同系统打通,实现数据实时共享。改变以前通过邮件、电话、微信确认订单、库存、物流状态的沟通模式,在平台上一键可查就可以消除信息延迟和错误等问题,极大地提高沟通和交易效率。同时,平台上的历史交易、履约记录、货物信息等数据也可以成为中小企业的信用证明和数据资产,方便其向银行申请融资贷款或应收账款保理等。再大胆一点设想,使用平台的上下游主体可以协同创新,共同参与产品的研发、设计和生产,共同促进产品的迭代创新。协同平台的本质上是将传统、零和的“甲乙方”买卖关系转变为共生、共赢的伙伴关系。通过搭建供应链协同平台,推动产能、库存、订单等关键信息互联互通,以此提高供应链整体响应速度、降低全产业链运营成本。同时也可以整合产业链资源,推动价值创新。

3. 建立风险监管体系

供应链企业尤其是贸易商应当搭建风险监管平台,通过搜集相应的数据(包括但不限于交易主体资信、企业公示信息、股权结构、交易体量等),借助人工智能帮助企业及时识别其中的潜在风险节点,并建立动态预警机制,以提升应变能力与抗风险水平。具体可以从以下几个方面入手:一是构建交易客户信用信息库。该信息库包括采集企业的资质文件、年度报告、经营信息、银行授信等级、税务信用评级、行政处罚记录,以及相关司法平台披露的法律诉讼信息。同时,借助已搜集的信息和过往产生的交易,企业可以建立优质客户名单,构建可持续发展的供应链贸易关系。二是加强对关联方及交易链条的穿透式核查。依托已搜

集的数据,深入剖析上下游企业之间是否存在隐性关联关系或潜在的利益输送路径,防范因虚构交易、循环贸易或隐性控制所带来的合规风险与资金安全隐患。三是强化对贸易的真实性的审查。在业务开展过程中,要求交易方提供贸易背景证明材料,涵盖货权转移凭证、物流运输单据、仓储记录等关键文件,同样也是为了防止虚构交易、循环贸易、一货多卖带来的风险和隐患。

(二) 培养专业人员队伍

1. 培养数字化人才

随着人工智能的快速发展,数字化与人工智能将深度交织发展,借助人工智能和数字化技术,大宗商品供应链企业将极大地提高交易的安全性,所以企业应建立系统化的人才引进与培养机制。考虑到国有企业自身的体制特点以及大宗商品交易涉及环节复杂、链条长、风控要求高等特性,招揽的人才除应具备扎实的技术能力,还要理解大宗商品贸易核心的业务逻辑,同时熟悉国有企业的运营模式、合规要求及组织文化,以确保技术与业务的有效融合。

2. 建设专业的贸易人才

从实践来看,供应链企业所面临的贸易风险往往与人为因素密切相关,特别是在业务执行层面,若相关贸易人员对行业特征、业务流程及潜在风险缺乏系统认知与深入理解,便难以在交易过程中及时识别异常信号,进而可能使企业承受较大经济损失。因此,为最大限度降低由人为因素引发的交易风险,必须从能力建设与职业素养两个维度协同发力,打造一支既懂业务又具备责任意识的高素质贸易人才队伍。从强化业务理论素养与实践能力的培养,到加强职业道德教育与责任意识建设。

四、结语

在数字化浪潮的推动下,数字技术正在深刻改变大宗商品贸易长此以往的运行逻辑。大宗商品贸易企业的风控逻辑因物联网、大数据、区块链及人工智能等新兴技术逐渐从“主体信用”到“实物信用”转变。借助数字化技术,大宗贸易货物流、资金流和信息流得以在数据世界相互映射,助力解决大宗贸易过程中信息不对称、货权不清、监管滞后等风险难题。企业应持续推进数字化技术的优化与迭代,推动技术与业务场景深度融合,利用数字技术提升贸易透明度、强化风控体系以及优化决策效率,使得企业能在复杂多变的市场环境中构建更具韧性的竞争优势。

参考文献

- [1] 徐铁钢. 供应链金融模式下大宗商品货权融资风险管理[J], 当代会计, 2025(14), 88-90.
- [2] 黄元靖. 国有企业大宗商品供应链数字化的路径与实施[J], 商场现代化, 2025(3), 43-46.
- [3] 周家珍. 基于物联网技术的供应链金融业务创新探索[J], 西南金融, 2021(06), 50-60.
- [4] 解放日报.“航贸链”加快覆盖上海辐射长三角[EB/OL]. 央广网 2025-12-25, https://www.cnr.cn/shanghai/tt/20251225/t20251225_527472039.shtml.

深度媒介化背景下企业家形象抖音传播效果的实证研究

杨一迪, 李微

河北传媒学院, 河北 石家庄 051430

DOI: 10.61369/SSSD.2026090022

摘 要 : 深度媒介化时代, 以抖音为代表的短视频平台重构了企业家形象的建构逻辑与传播生态。通过整合媒介化社会理论与 SOR 模型, 构建“平台-内容-用户-算法”分析框架, 并采用内容分析、文本挖掘、问卷调查等方法, 对企业家抖音短视频的传播效果进行实证检验, 发现企业家短视频的“亲民化内容”通过情感共鸣显著正向影响品牌态度与消费意愿; 算法推荐强化了“争议性内容”的传播广度, 但也加剧了认知风险; 用户认知则出现“慕强心理”与“反权威情绪”之间的相互矛盾。研究最终构建了涵盖传播广度、商业转化、形象认同与风险系数的四维评估体系, 并提炼出“人设-内容-平台”协同的传播范式, 可为企业家媒介化生存与企业数字化转型提供理论参考与实践指引。

关 键 词 : 深度媒介化; 企业家形象; 抖音; 传播效果; SOR 模型

An Empirical Study on the Communication Effect of Entrepreneurs' Images on Douyin under the Background of Deep Mediatization

Yang Yidi, Li Wei

Hebei Institute of Communications, Shijiazhuang, Hebei 051430

Abstract : In the era of deep mediatization, short-video platforms represented by Douyin have reconstructed the construction logic and communication ecology of entrepreneurs' images. By integrating the theory of mediatized society and the SOR model, this study constructs an analytical framework of "platform-content-user-algorithm" and adopts methods including content analysis, text mining, and questionnaire survey to empirically examine the communication effect of entrepreneurs' short videos on Douyin. The results show that "people-friendly content" in entrepreneurs' short videos significantly and positively influences brand attitude and consumption intention through emotional resonance; algorithm recommendation enhances the communication breadth of "controversial content" but also intensifies cognitive risks; and users' cognition presents contradictions between "admiration for the strong" and "anti-authoritarian sentiment". Finally, this study establishes a four-dimensional evaluation system covering communication breadth, commercial transformation, image identity and risk coefficient, and extracts a communication paradigm featuring the coordination of "persona-content-platform", which can provide theoretical reference and practical guidance for entrepreneurs' mediatized existence and enterprises' digital transformation.

Keywords : deep mediatization; entrepreneur image; Douyin; communication effect; SOR model

数字技术的迅猛发展与平台经济的全面渗透, 将社会推向“深度媒介化”阶段, 媒介逻辑深度嵌入社会结构与日常实践。^[1] 传统媒体时代, 企业家形象多由专业机构建构; 深度媒介化语境下, 抖音凭借算法推荐与用户共创机制, 成为企业家自我叙事与品牌传播的核心平台。雷军、俞敏洪等“网红化”转型重塑了个人形象, 并显著影响企业声誉与市场价值。然而, 既有研究多聚焦传统媒体或泛社交媒体, 缺乏针对抖音平台特性的深入剖析及基于实证模型的效果机制探索。为此, 本研究整合媒介化理论与 SOR 模型, 旨在揭示企业家形象在抖音平台的内容特征、心理影响路径及系统评估框架, 以期理论发展与商业实践提供依据。

一、文献综述

(一) 深度媒介化理论

“深度媒介化”理论由 Hepp 等人提出, 主张媒介已超越信息

传递工具范畴, 成为形塑社会关系与文化实践的基础性架构^[2]。

包括即时性、视觉优先、情感化、算法化在内的媒介逻辑正深刻改变社会交往、权力运作与身份认同的方式。在商业传播领域,

这意味着企业及企业家的形象管理必须适应平台生态下的内容生

项目信息: 标注“2026年河北传媒学院在读研究生创新能力培养资助项目(HCCXXM2026006)”。

产、算法分发与参与式文化。抖音作为典型的深度媒介化平台，其算法推荐、短视频形态与高互动性，共同构成了企业家形象建构的新规则与新场域。

（二）企业家形象研究

企业家形象研究历经演变。早期研究基于框架理论与批判话语分析，侧重传统媒体对企业家形象的“他塑”及其背后的意识形态^[3]。社交媒体兴起后，研究转向企业家在微博、微信等平台的自我呈现策略与印象管理^[4]。近年来，随着短视频的崛起，学者开始关注抖音等平台对企业传播的变革性影响^[5]。然而，现有研究多停留在现象描述或个案分析层面，在深度媒介化理论统摄下，对平台技术逻辑、内容特征与用户心理进行整合性、机制化考察的研究尚显不足。

（三）SOR 模型及其在传播效果研究中的应用

SOR（刺激－有机体－反应）模型为解释外部环境如何通过影响个体内部状态进而引发行为反应提供了清晰框架^[6]。该模型在新媒体研究中被广泛应用于分析内容特征、界面设计等刺激对用户认知、情感及最终行为的影响路径^[7]。国内研究亦将其应用于直播电商、文旅短视频等领域。^[8]然而，将 SOR 模型置于深度媒介化语境，并聚焦于企业家这一特殊传播主体在抖音平台的效果机制研究，仍有待深入。本研究旨在探索抖音独特生态下 SOR 链条的具体形态。

二、研究设计

（一）模型构建

研究构建的理论框架以深度媒介化为背景，遵循“刺激－有机体－反应”（SOR）逻辑。刺激层包含企业家抖音短视频的“台前内容”与“争议性内容”；有机体层聚焦用户的情感共鸣与认知专业性感知；反应层涵盖传播广度、品牌态度及消费意愿。同时，算法推荐强度作为调节变量，强化争议性内容对传播广度的正向影响。该框架揭示了平台内容特征、用户心理状态与传播效果之间的链式传导机制。

（二）研究假设

基于框架，提出如下假设：

H1：企业家短视频的“台前”内容正向影响用户情感共鸣；

H2：用户情感共鸣正向影响其品牌态度与消费意愿；

H3：企业家短视频的“争议性内容”正向影响传播广度；

H4：企业家短视频的“争议性内容”负向影响用户心理与用户反应；

H5：算法推荐强度正向调节“争议性内容”与传播广度的关系；

H6：用户的认知专业性感知正向影响其情感共鸣。

（三）研究方法 & 实施

1. 媒介信息样本提取与内容分析

为解构企业家抖音内容特征，本研究采用目的性抽样，选取粉丝量超过100万、且具有较高公众认知度的6位科技与制造业企业家抖音账号。利用 Python 爬虫工具，抓取上述账号2025年1

月至2026年1月期间发布的视频数据，依据播放量、点赞量、分享量等指标，筛选出高互动视频500条作为内容分析样本。

基于 SOR 框架与研究假设，构建内容分析编码表，对样本视频的主题类型、视觉符号、语言风格及发布策略进行系统编码与量化分析，以归纳内容建构规律。

2. 量表开发与数据收集

（1）测量维度与题项

在测量工具中，媒介话语分为亲民化内容“视频让我感觉真实亲切”、专业化内容“讲解专业可信”与争议性内容“发表尖锐观点”。社会共识包含共同认知“代表积极的企业家精神”、情感共鸣“引发我的情感共鸣”及共同意志“愿意支持其企业”。企业认同涵盖品牌态度“品牌好感度提升”、消费意愿“愿意购买推荐产品”与互动行为“点赞评论分享”。调节变量算法感知以“经常在推荐流中刷到”测量。所有题项均采用李克特五分量表。

（2）问卷数据收集

同时，于2025年10月至12月通过在线调研平台发放问卷。调查对象为过去一个月内每周使用抖音3次以上的抖音活跃用户。共回收问卷1200份，剔除无效答卷后，获得有效样本1032份，有效回收率为86.0%。样本人口统计学特征为男性占48.6%，女性占51.4%，年龄以18-35岁为主，学历以本科/大专为主。

3. 数据分析方法

采用 SPSS 26.0 进行描述性统计、信效度检验。同时，利用 AMOS 24.0 构建结构方程模型（SEM），检验假设路径及模型拟合度，并通过分层回归分析检验调节效应。

三、结果与分析

（一）信度与效度检验

问卷总体 Cronbach's α 系数为0.932，各分量表 α 系数在0.823-0.887之间，表明量表具有良好信度。KMO 值为0.909，Bartlett 球形检验显著（ $\chi^2=22147.188$, $p<0.001$ ），适合进行因子分析。验证性因子分析（CFA）显示，各题项因子载荷介于0.645-0.964之间，平均方差抽取量（AVE）均大于0.5，组合信度（CR）均大于0.7，表明聚敛效度良好。且各变量 AVE 平方根均大于与其他变量的相关系数，区分效度成立。

（二）结构模型估计及路径检验

运用 AMOS 24.0 对理论模型进行检验，模型拟合指标如下： $\chi^2/df = 1.807$, $RMR = 0.030$, $RMSEA = 0.027$, $GFI = 0.959$, $AGFI = 0.950$, $CFI = 0.986$, $TLI = 0.984$ 。各项指标均达到优良标准，表明模型与数据适配良好。

路径检验结果显示：台前内容正向影响情感共鸣（ $\beta=0.42$ ）；情感共鸣正向影响品牌态度（ $\beta=0.51$ ）与消费意愿（ $\beta=0.38$ ）；争议性内容正向影响传播广度（ $\beta=0.29$ ），负向影响情感共鸣（ $\beta=-0.18$ ）；算法推荐正向调节争议性内容与传播广度的关系（ $\Delta R^2=0.04$ ）；认知专业性正向影响情感共鸣（ $\beta=0.33$ ）。所有假设均成立。

研究假设检验结果表明：企业家“台前内容”显著激发用户

情感共鸣，验证了人格化表达优于权威宣示的情感连接逻辑。情感共鸣对品牌态度与消费意愿均呈显著正向影响，表明情感是连接企业家形象与企业认同的核心纽带，且“情感驱动消费”逻辑成立。争议性内容虽能提升传播广度，但其对情感共鸣呈显著负向影响，说明流量不等于认同，且以牺牲正向情感连接为代价，不利于形象深度建构。算法推荐强度正向调节争议性内容与传播广度的关系，强化其扩散效应。用户对企业家专业能力的感知显著增强情感共鸣，表明理性信任与感性连接相互支撑。

四、讨论与启示

（一）企业家传播实现了从“权威宣示”到“人格共鸣”的转变

在深度媒介化背景下，企业家在抖音平台的形象传播实现了从“权威宣示”向“人格共鸣”的根本性转变。亲民化内容更易激发用户情感共鸣，表明平台传播逻辑已由“信息权威”转向“人格信任”，用户渴望看到真实、立体、有温度的“人”。雷军通过“理工男+反差萌”的人设策略，将个人形象与小米品牌深度绑定，印证了这一逻辑。^[9]对企业家而言，传播策略须从“讲产品”转向“讲自己”，将个人经历与日常感悟纳入内容体系，使用户在碎片化观看中完成对企业家形象的“拼图式”认知。

（二）算法推荐在企业家形象传播起着双重作用

在抖音平台，算法对亲民化内容具有显著放大效应，助力企业家触达广泛用户；争议性内容虽能借算法扩大传播广度，却易引发更多负面评论，表明算法既是优质内容的“放大器”，也是争议内容的“风险加速器”。百果园董事长余惠勇“教育消费者”言论引发的舆情危机即为例证：争议言论经短视频迅速发酵，导致股价下跌。短视频以碎片化叙事、算法推荐与情绪共振重构舆情逻辑，高管每句话均可能成为独立新闻议题。因此，企业家须将算法纳入核心考量，建立数据驱动的内容审核与舆情预警机制，动态监控争议性内容，避免绝对化表述，在追求传播广度的同时守住形象安全底线。

（三）理性信任与感性连接并非相互替代，而是相互支撑的传播机制

成功的形象传播需在“专业权威”与“亲民表达”间寻求动态平衡，单一策略难以持续。企业家IP沉淀为品牌资产，应向三个方向演进：专业化，如张朝阳通过物理课重塑形象；组织化，构建高管团队IP矩阵以分散风险；生态化，吸纳用户参与内容生产与价值分配，实现共创共赢。内容策略上应践行“专业筑基，情感联结”的复合叙事，以专业知识建立信任，以生活化表达拉近心理距离，最终实现从“人格有趣”到“品牌可信”的价值转化。

参考文献

- [1] Couldry, N., & Hepp, A. (2017). The mediated construction of reality. Polity Press.
- [2] Hepp A., Roitsch C., Berg M. Investigating communication networks contextually: Qualitative network analysis as cross-media research[J]. MediaKultur: Journal of Media and Communication Research, 2016, 32(60): 20-20.
- [3] 张瑞宁. 企业家形象的媒体构建及其影响[D]. 上海财经大学, 2022.
- [4] 孟冉. 社交媒体语境下品牌营销传播中企业家形象策略研究[D]. 导师: 王春泉. 西北大学, 2018.
- [5] 牛瑜婕. 河南知名企业抖音号品牌传播研究[D]. 河南大学, 2022.
- [6] Lin S C, Tseng H T, Shirazi F, et al. Exploring factors influencing impulse buying in live streaming shop: a stimulus-organism-response (SOR) perspective[J]. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics, 2022, 35(6): 1383-1403.
- [7] Eroglu, S. A., Machleit, K. A., & Davis, L. M. (2003). Empirical testing of a model of online store atmospherics and shopper responses. Psychology & Marketing, 20*(2), 139-150.
- [8] 冷风, 王绪龙, 付晨雨. 直播电商氛围线索对冲动性购买意愿的影响[J]. 科技和产业, 2025, 25(08): 16-23.
- [9] 袁文久. 自媒体营销对消费者汽车购买意愿影响研究[D]. 北京邮电大学, 2025. DOI: 10.26969/d.cnki.gbydu.2025.003472.
- [10] 郑晨予, 范红. 国家形象承载力视角下的中国精英民营企业集群类型研究——基于微信公众号10万+文本的智能数据挖掘和智能聚类分析[J]. 传媒, 2019, (23): 93-96.

非遗活化视角下海安花鼓文化的旅游经济价值挖掘与产业化路径研究

王亚楠, 刘佳怡, 顾瑶, 胡博洋, 牟强强, 王芳, 冯雪阳*

南通理工学院, 江苏 南通 226000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090023

摘要： 在非遗活化与文旅融合背景下，本研究以海安花鼓为对象，构建“直接经济价值+间接经济价值”量化框架，基于官方统计与问卷数据测算其旅游经济贡献，提出“时空折叠”体验与IP全链条开发等创新路径，为中小城市非遗产业化提供可复制方案。

关键词： 非遗活化；海安花鼓；旅游经济价值；产业化路径；价值量化

Research on the Tourism Economic Value Mining and Industrialization Path of Hai'an Flower Drum from the Perspective of Intangible Cultural Heritage Activation

Wang Ya'nan, Liu Jiayi, Gu Yao, Hu Boyang, Mou Qiangqiang, Wang Fang, Feng Xueyang*

Nantong Institute of Technology, Nantong, Jiangsu 226000

Abstract： Against the background of intangible cultural heritage activation and cultural-tourism integration, this study takes Hai'an Flower Drum as the research object, constructs a quantitative framework of "direct economic value + indirect economic value", measures its tourism economic contribution based on official statistics and questionnaire data, and puts forward innovative paths such as "time-space folding" experience and full-chain IP development, so as to provide a replicable scheme for the industrialization of intangible cultural heritage in small and medium-sized cities.

Keywords： intangible cultural heritage activation; Hai'an Flower Drum; tourism economic value; industrialization path; value quantification

引言

“十四五”是我国开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年，我国高度重视非物质文化遗产保护工作^[1]，依据《中华人民共和国非物质文化遗产法》（2011）^[2]及《“十四五”文化发展规划》（2021）^[3]，国家明确要求实施双重保护机制：一方面推进抢救性记录，对国家级非遗项目100%实施数字化建档（文旅部，2023）^[4]；另一方面强化生产性保护，截至2024年已设立100家国家级非遗生产性保护示范基地^[5]。

在此政策导向下，文旅融合成为核心战略。2023年文旅部等八部门联合印发《关于推动非物质文化遗产与旅游深度融合发展的通知》^[6]，明确要求将非遗资源全面纳入旅游产业链。

江苏省积极响应国家部署。据2024年省政府工作报告显示：全省文旅收入达1.2万亿元，同比增长18%（江苏统计局，2024）^[7]。同步实施的“非遗进景区”计划成效显著，已覆盖省内90%以上4A级景区（江苏文旅厅，2023）^[8]，为非遗活化提供实践基础。

一、研究意义

文化价值维度：海安花鼓作为国家级非遗项目^[9]，具有不可

替代的地域文化属性。其不仅是苏中地区唯一活态传承的战鼓文化，更保存着10种传统鼓谱与8支专业传承队伍，堪称长三角文化基因的活化石。

项目信息：项目编号 S202512056022，2025江苏省大学生省级创新训练项目非遗活化视角下海安花鼓文化的旅游经济价值挖掘与产业化路径研究。

作者简介：

王亚楠（2004.02—），女，汉族，河南信阳人，本科在读，研究方向：非遗经济。

刘佳怡（2005.03—），女，汉族，甘肃白银人，本科在读，研究方向：非遗经济。

顾瑶（2005.08—），女，汉族，江苏泰州人，本科在读，研究方向：非遗经济。

胡博洋（2005.03—），男，汉族，河南开封人，本科在读，研究方向：非遗经济。

牟强强（2002.10—），男，汉族，甘肃天水人，本科在读，研究方向：非遗经济。

王芳（1989.04—）女，汉族，辽宁朝阳人，副教授，硕士研究生，研究方向：非遗经济 高校教育。

通讯作者：冯雪阳（1993.09—）女，汉族，山东济宁，讲师，硕士研究生，研究方向：金融工程。

经济价值层面：研究显示当前南通市非遗旅游产业存在明显短板——2023年其非遗旅游收入仅占文旅总收入的3.8%，显著低于全省9.5%的平均水平^[10]。

本课题通过挖掘海安花鼓的经济潜能，有望激活南通“江海文化”旅游带建设，为《南通市文旅融合发展规划（2021-2025）》^[11]提出的“苏中文旅协同发展示范区”提供核心支撑。更重要的是，此举将填补苏中地区非遗旅游产业化空白，形成区域经济发展新动能。

二、理论基础

（一）核心概念

1. 非遗活化

海安花鼓为2006年首批国家级非遗^[1]，活态传承以梯队建设为核心，依托几家基地累计培训超万人^[2]，通过“非遗进校园”，少儿社团及高校课程覆盖2000余学生^[3]。

创新转化聚焦多维突破，曾参与国庆50周年联欢^[4]、北京奥运会暖场表演^[5]，获“山花奖”“群星奖”。政策上，江苏非遗经费从2007年400万元增至2024年2000万元^[6]，海安设专项基金助力活化。

2. 旅游经济价值

海安花鼓的旅游经济价值呈现双维驱动效应。

直接消费端，2024年“海安非遗文化旅游节”期间，花鼓专场展演吸引游客4.2万人次，且花鼓鼓面绘制体验单项收入占比达45%^[7]；同年中秋非遗市集上，花鼓主题非遗食品销售额突破28万元，占市集总营收22%^[8]。

产业链拉动层面，花鼓IP与海安博物馆合作推出“鼓韵寻踪”特展，带动博物馆年度客流量增长35%^[9]；依托花鼓文化打造的3家主题民宿，2024年平均入住率达82%，较普通民宿高30个百分点^[10]。政策上，海安市2024年投入非遗文旅融合专项资金150万元，重点支持花鼓旅游项目，直接带动相关产业就业岗位新增120个，形成“展演引流—消费转化—产业联动”的闭环。

（二）研究进展

海安花鼓采用“展演引流+研学筑基+文创变现”模式，如新春灯会融合花鼓表演吸引8万游客，联动商圈创收1873万元，同步开发鼓形文创年销超50万元。而对比云南纳西古乐“单一展演”模式，其依托音乐节年演出300余场，但衍生品开发薄弱。海安模式更重全链条融合，将非遗从表演转化为可体验、可消费的生活场景。

三、海安花鼓文化的资源禀赋与开发现状

（一）资源价值评估

海安花鼓历史追溯至明代嘉靖年间，已有400余年历史，是江苏地域文化代表性民间舞蹈，具极高艺术审美价值。依托《“十四五”非物质文化遗产保护规划》政策背书，艺术独特性形成差异化文旅竞争力。花鼓表演蕴含江淮农耕文明基因，仪式性鼓乐

符号可转化为品牌资产^[11]。《江苏省“十四五”文旅发展规划》将其纳入“非遗+旅游”示范项目，使“海安花鼓”地理标志与省“非遗旅游”政策联动^[12]，开发空间显著。其内蕴南黄海边农家、渔乡社会生活写照，为研究当地社会风情及民族民间舞蹈形成、发展与创新提供学术素材。表演时左手托鼓、右手执桴的动作，能全面锻炼参与者身体素质与中枢神经系统、内脏器官，具健身价值。

（二）文化独特性

海安花鼓现存10种传统鼓谱为苏中独有，节奏型态融合江淮农耕节律、海盐文化图腾^[13]及婚嫁、祭祀等民俗场景，鼓点节奏具地域唯一性^[14]，是艺术传承关键元素，配合舞蹈动作形成独特表演节奏与韵律。现有8支传承人队伍，涵盖老、中、青、少年年龄段，传承体系完善。作为南通文化标识，社区传承参与度达68%，高于苏中非遗平均水平^[15]，经学校、社区推广，受众超10万人次。表演形式含闹场歌舞、杂剧演唱、收场歌舞等，闹场歌舞中“风摆柳”“麻雀移步”等动作从自然与劳作生活提炼，独具特色。

（三）空间载体

海安青墩遗址为新石器时代文化遗址，为花鼓起源与发展研究提供历史土壤，其祭祀陶器纹饰与花鼓图腾的考古关联，被用于设计“青墩—花鼓”主题研学路线^[16]，年引流研学游客3.2万人次^[7]。文旅局借遗址宣传强化花鼓文化根基，策划“青墩文化节”实现文旅嫁接。532文化产业园为花鼓提供展示、表演与交流空间，整合非遗资源打造展演、体验、文创综合体，2023年“河豚节”“梨花节”中，花鼓展演吸引超万人参与，形成“节庆+产业”模式^[8]。学校、社区亦是重要载体，南通理工学院将其纳入课程、成立艺术团，推动校园传播。

四、旅游经济价值量化模型结构

（一）价值评估方法

采用“直接经济价值（DEV）+间接经济价值（IEV）”二元框架，严格遵循旅游卫星账户（TSA:RMF 2008）^[1]标准。

直接价值：景区现场交易（门票/演出/衍生品），对应TSA“旅游特征产品当期产出”

间接价值：供应链延伸效应（就业/品牌/产业链），需通过投入产出表与计量模型量化

价格基准：DEV采用不含增值税的生产者价格，IEV换算为增加值口径避免重复计算

（二）数据采集与测算

数据采集

1. 官方数据

海安市文化广电和旅游局年报/政务公开（用于游客总量、行政口径、可用在岗从业人员数据）。

南通统计年鉴/江苏省文旅数据（用于行业分配系数、地区人均旅游消费水平与投入产出系数校准）。

2. 问卷（主要一手数据）

样本量与方式：目标500份有效问卷（Likert 五级），采用二维码线上回收并按年龄 / 性别 / 游客与本地配额控制以提高代表性。

（三）数据测量与处理

1. 量表信度与描述性统计

表3三类量表及关键统计

题项域	复合均值 (Mean)	说明
A- 经济带 (A1 - A4)	3.9095	Cronbach's α = 0.705 (信度可接受)
B- 就业带动 (B5 - B8)	3.8220	Cronbach's α = 0.689 (略低；提示后续关注 B7 项目)
C- 产业化 / 衍生 (C9 - C12)	3.6075	Cronbach's α = 0.714 (信度良好)
——数据来源：模拟问卷数据 (n=500)；官方校准：海安市文 旅局年报、南通统计年鉴。		

2. 领域平均得分可视化与测量解读

经济带感知最高 (3.9095)，说明短期消费与基础设施改善感受最强；产业化得分最低但仍处于正向接受区间，代表存在转化空间。

3. 衍生消费与付费意愿

愿意为该非遗项目或相关演出付费的受访者比例 = 64.0%；愿付平均（仅针对愿付者）= ¥ 33.7。

愿购买衍生 / 周边产品的受访者比例 = 60.2%；拟购平均（仅针对购买者）= ¥ 47.3。

基于问卷意愿比例与均额的模拟估算，单位游客在该非遗项目相关的演出付费与衍生品购买上，预期可贡献约 ¥ 50.04 / 人的增量消费。

（四）非遗旅游经济价值评估数据

本部分以“直接经济价值（DEV）+ 间接经济价值（IEV）”二元框架展开，严格区分：问卷获得的微观意愿 / 消费指标用于 DEV 中“演出 / 付费”和“衍生品销售”子项；IEV（就业乘数、产业链延伸）使用地方投入—产出或年鉴 / 学术文献中给定的系数进行校准）。

1. 游客支付意愿度

指标定义：受访者是否愿意为该非遗项 / 演出付费（是 / 否）与愿付金额（仅对“愿付者”）。

模拟结果（示例）：愿付比例 = 64.0%；愿付均额（对愿付者）= ¥ 33.7。

解释 / 可用性：该指标直接用于 DEV 中“演出 / 付费收入”的微观估计：演出收入 per 人 = 愿付比例 × 愿付均额。

计算（示例）：33.7 × 0.64 = ¥ 21.57 / 人（期望贡献）。

2. 衍生品消费潜力

指标定义：是否愿购买衍生品（Y/N）与拟购均额（仅对购买者）。

模拟结果（示例）：愿购比例 = 60.2%；拟购均额（购买者）

= ¥ 47.3。

计算（示例）：47.3 × 0.602 = ¥ 28.47 / 人（期望贡献）。

3. 单位游客 DEV

表 4 游客期望增量消费

项目	计算公式	示例数值（模拟）	结果
演出 / 付费 收入	每位游客期望付费 × 年游客量	21.57 × 年游客量	¥ 21.57/ 人
衍生品销售	每位游客期望购买额 × 年游客量	28.47 × 年游客量	¥ 28.47/ 人
DEV 小计 (每位)	合计	50.04 × 年游客量	¥ 50.04/ 人
——数据来源：模拟问卷数据 (n=500)；用于示例计算。			

DEV 年度外推

每位游客 DEV（示例）= ¥ 50.04/ 人。下列为三个年游客量情景的 DEV 总额（示例）：

表 5

年游客量（情景）	计算公式	DEV 总额（¥）
保守（50,000）	50.04 × 50,000	¥ 2,502,000
中等（200,000）	50.04 × 200,000	¥ 10,008,000
规模（500,000）	50.04 × 500,000	¥ 25,020,000
——数据来源：游客 DEV 模拟问卷 (n=500)		

IEV（间接经济价值）估算：就业拉动

1. 取值说明

方案 A（旅游专项参考）：e=21.41（每 100 万元旅游消费带动约 21.41 个岗位）——省级研究 / 报告示例。

方案 B（通用服务业参考）：e=9.1（第三产业每 100 万元增加值吸纳约 9.1 人）——国家统计局 / 政府资料。

就业乘数：m=1.5（示例中位值；文献中常见范围约 1.2 - 2.0，最终应以地区表或学术文献确定）。

2. 方案 A：用 e=21.41, m=1.5（旅游专项参考）

采用更专门的旅游用 e 值，DEV 在 50k - 500k 游客情景下能分别带来约 54→536 个直接岗位，乘数后总就业拉动约 80→804 人。

3. 方案 B：用 e=9.1, m=1.5 第三产业通用口径）

若按第三产业通用的就业强度估算（更保守），对应的直接岗位与总岗位显著较低（约 23→228 直接岗位；乘数后 34→342）。

（六）文旅局从业人员数统计数据

在非遗旅游经济价值测算的就业效应部分，除了模型估算的就业乘数外，还需要结合官方的行业从业人员统计进行校准。本研究阶段采用《南通统计年鉴 2023》¹ 提供的分行业在岗职工数据作为替代参考。年鉴数据显示，2022 年南通市“住宿和餐饮业”在岗职工 1,394 人，“文化、体育和娱乐业”在岗职工 1,386 人。这两类行业在功能上均与文旅部门高度相关，因而可作为区域文旅产业就业基数的合理参照。

五、创新点与实践价值

（一）核心创新点

在非遗活化与旅游产业化融合背景下，本研究于 IP 孵化层面深度创新，构建“海安花鼓”全链条 IP 开发体系，从花鼓服饰刺绣纹样、鼓点节奏韵律等核心文化元素切入。实体文创端，制作花鼓造型乐器摆件，融合传统乐器与现代工艺，兼具古朴韵味与现代审美，成为热门游客纪念品；数字资产领域，创建虚拟花鼓传承人形象，借数字技术让传承人讲述花鼓历史，并赋予鼓乐数字权益，吸引数字艺术爱好者，实现文化符号价值最大化转化。

场景营造上，本研究创新提出“时空折叠”体验设计理念。借鉴恩阳古镇“微创式活化”打造“时空折叠带”的古今共生模式，依托海安水乡特色，构建“白天实景演出加夜间沉浸剧场”双场景。白天在古运河畔设实景表演空间，将花鼓表演与水乡生

活融合，演员着花鼓服饰穿梭于古桥、流水间，展现水乡与非遗交织的魅力；夜间在非遗工坊设全息投影剧场，以光影技术重现花鼓历史演变，从古代节庆初登场到各时期表演形式变迁，让游客穿越时空感知文化内涵，通过平衡古今价值、重构空间功能实现时空折叠，增强体验感。

（二）实践价值

本研究为长三角中小城市非遗开发提供可借鉴方案，操作层面形成“文化元素提取—IP 衍生开发—场景沉浸体验—数字生态构建”标准化流程。江苏南通理工学院用科技推动海安花鼓传承（如制作非遗表情包）正是文化元素提取与 IP 衍生开发的实践。该流程可解决同类地区非遗产业化中产品同质化、体验单一化问题，各地可依自身非遗特色，提取文化元素、开发专属 IP、打造沉浸场景、构建数字生态，推动非遗产业化。

参考文献

- [1] 市政府办公室关于印发南通市“十四五”文化和旅游发展规划的通知.2022-8
- [2] 《中华人民共和国非物质文化遗产法》. 中国政府网.2011-02-25
- [3] 《“十四五”文化发展规划》. 中共中央办公厅.2021-08
- [4] 《国家级非遗代表性传承人抢救性记录工作规程》. 文旅办发〔2022〕165号
- [5] 《国家级文化生态保护区管理办法》. 文化和旅游部令第2号
- [6] 《关于推动非物质文化遗产与旅游深度融合发展的通知》. 文旅非遗发〔2023〕29号
- [7] 《2024年江苏省政府工作报告》. 江苏省人民政府.2024-01
- [8] 《江苏省“非遗进景区”实施评估报告》. 苏文旅发〔2023〕87号
- [9] 《2023年江苏文化和旅游发展统计报告》. 江苏省文旅厅.P27
- [10] 《南通市文旅融合发展规划（2021-2025）》. 通政发〔2021〕12号

论黑格尔之重视经验

张曦

中山大学哲学系, 广东 广州 510275

DOI: 10.61369/SSSD.2026090025

摘 要 : 黑格尔哲学常被误解为漠视经验的抽象思辨, 本文旨在澄清这一成见。通过分析《精神现象学》中意识经验的辩证运动、黑格尔对经验论的批判性继承, 以及其哲学与时代现实的深刻关联, 本文论证黑格尔不仅不忽视经验, 反而以更深刻的方式揭示了经验概念的丰富内涵, 对于克服经验与概念的虚假对立具有重要启发意义。

关 键 词 : 黑格尔; 经验; 精神现象学; 经验主义; 现实

On Hegel's Emphasis on Experience

Zhang Xi

DEPARTMENT OF PHILOSOPHY SUN YAT-SEN UNIVERSITY, Guangzhou, Guangdong 510275

Abstract : Hegel's philosophy is often misunderstood as abstract speculation indifferent to experience. This paper aims to dispel this misconception by examining the dialectical movement of conscious experience in *The Phenomenology of Spirit*, Hegel's critical inheritance of empiricism, and the profound connection between his philosophy and the realities of his era. It demonstrates that Hegel not only does not neglect experience but reveals the rich connotations of the experiential concept in a more profound manner, offering significant insights into overcoming the false opposition between experience and concept.

Keywords : Hegel; experience; Phenomenology of Spirit; empiricism; reality

一、引言：重新发现黑格尔的经验概念

在当代哲学讨论中, “回归经验” 常被视为一种健康的哲学取向, 而使用 “宏大概念” 进行抽象解说的思想方式则被批评为与经验脱节。黑格尔的绝对观念论便常成为这类指控的靶子。正如在《做中国哲学》的《兑换观念的支票——中国哲学的新探索》(以下简称《兑换》) 一文中, 作者认为哲学不能 “漠视经验”, 具体来说就是 “使用各种宏大概念, 对世界进行贴标签式的抽象解说的思想方式。” 为了进一步说明什么是与 “经验脱节”, 文中引用赖欣巴哈对黑格尔的一段批评, 并认为赖欣巴哈 “这一嘲讽中最核心的地方, 就是指那种不知所云的说法, ‘与他眼睛所看见、他耳朵所听见、他的手指所触到的东西’ ”, 也就是与生活经验没点联系。”^[1]

哲学的确应当反对与抽象虚玄之风, 重视 “生活经验”。但是这里认为黑格尔的哲学与 “生活经验” 并不相关, 暗示黑格尔的哲学是对 “世界进行贴标签式的抽象解说的思想方式” 的一个代表, 而这是否符合黑格尔哲学呢? 本文的核心意图, 正是要打破这一成见, 论述黑格尔哲学中丰富而深刻的经验维度。黑格尔不仅不排斥经验, 反而以更为辩证的方式将经验置于其体系的基础地位。这体现在两个层面: 其一, 在认识论层面, 黑格尔明确承认 “哲学与经验的一致至少可以看成是考验哲学真理的外在的试金石。同样也可以说, 哲学的最高目的就在于确认思想与经验的一致, 并达到自觉的理性与存在于事物中的理性的和解, 亦即达到理性与现实的和解。”^[2] 其二, 在历史与实践层面, 黑格尔坚持哲学是 “哲学……是被把握在思想中的它的时代。”^[3]。

二、黑格尔经验概念的多重维度

黑格尔的经验概念贯穿其哲学体系, 从认识的逻辑发展和历史的发展来说都十分重要。

(一) 作为 “意识经验科学” 的辩证运动

“现在看一看黑格尔的体系。必须从黑格尔的《现象学》即从黑格尔哲学的真正诞生地和秘密开始。”^[4] 当我们回到在《精神现象学》中, 首先发现, 其副标题即为 “作为意识的经验科学”, “经验” 特指意识自身形成与发展的必然历程。它描述意识从最直接的感性确定性出发, 历经知觉、知性、自我意识、理性等一系列 “意识形态”, 最终抵达 “绝对知识” 的完整道路。驱动这一进程的内在动力正是 “经验”, 这里的经验描述的是意识的整个经历过程, 意识最初的认知对象会因其内在矛盾而转化为新的对象, 这个新对象包含着对前一个对象的扬弃。意识的经验, 即是它不断遭遇自身界限、否定既有形态、并在更高形态中重新把握对象的运动。经验的终极目的, 是消除主体与客体、现象与本质的外在对立, 实现思维与存在的同一。

(二) 作为经验论之经验

经验论所研究的经验, 是就认识的起点来说, 即人们在生活中通过 “他眼睛所看见、他耳朵所听见、他的手指所触到” 的感官刺激而形成的经验。黑格尔哲学重视这种意义上的经验:

简言之, 哲学的内容就是现实 (Wirklichkeit)。我们对于这种内容的最初的意识便叫做经验。……对于这个同一内容的意识, 哲学与别的认识方式, 既然仅有形式上的区别, 所以哲学必然与现实和经验相一致。甚至可以说, 哲学与经验的一致至少可以看

成是考验哲学真理的外在的试金石。同样也可以说,哲学的最高目的就在于确认思想与经验的一致,并达到自觉的理性与存在于事物中的理性的和解,亦即达到理性与现实的和解。^[5]

黑格尔不但重视经验,而且从哲学上对经验论进行深刻反思。他认为经验主义哲学体现了自由的原则,“就主观方面来看,同样必须承认经验主义中还包含有一个重要的自由原则,即凡我们认为应有效用的知识,我们必须亲眼看到,亲身经历过。”^[6]同时黑格尔认为经验主义是有问题的,经验主义尽管拒斥形而上的概念,但是暗中却不得不用这些概念:

科学的经验主义者总难免不陷于一个根本的错觉,他应用物质、力、以及一、多、普遍性、无限性等形而上学范畴,更进而依靠这些范畴的线索向前推论,因此他便不能不假定并应用推论的形式。在这些情形下,他不知道,经验主义中即已包含并运用形而上学的原则了。不过他只是完全在无批判的、不自觉的状态中运用形而上学的范畴和范畴的联系罢了。^[7]

恐怕赖欣巴哈笔下的科学家,也不能不利用一些形而上学的概念来进行科学研究。《兑换》一文也觉得赖欣巴哈过于苛刻,所以说:“实验室的经验是重要的经验,但它只是经验的一个方面,不能孤立作为理解丰富的观念世界的标准。”《兑换》进而提供了几种经验的类型,如“身体活动的经验”“道德生活的经验”“语言学习与运用的经验”还有“与所有经验类型相伴随的意识经验”。^[8]

上述对经验类型的划分,其实也就承认了,经验不是杂乱的,而是有类型的,而类型是人的思想赋予的(尽管这些类型何以成立需要进一步说明),这种关于经验的类型的想法与黑格尔的关于经验的范畴的说法有异曲同工之妙,可以说二者同样对经验有深入研究,因此作者不能说黑格尔不重视“生活经验”。

(三) 客观精神领域中的制度化经验

“生活经验”如果侧重点在生活,含义指的是我们在生活中经历的那些现实状况。那么黑格尔同样重视这种“生活经验”。

在《法哲学原理》的序言中,他说:“哲学……是被把握在思想中的它的时代。”^[9]这指出了哲学与时代的关系,哲学不仅要讨论观念之间的联系,讨论过去的观念体系,而且要关注我们生活的时代,从哲学的高度来理解时代。

那么黑格尔的哲学是关于哪个时代的呢?据他的判断,整个德国古典哲学都与一个世界历史事件有关:

世界历史上这一个伟大的时代(其最内在的本质将在世界历史里得到理解),只有两个民族,即日耳曼民族和法兰西民族参加了……这个原则在德国是作为思想、精神、概念,在法国是在现实界中汹涌出来。这个原则出现在德国现实生活中,显得是一种外部环境的暴力和对于这种暴力的反动。^[10]

“在法国是在现实界中汹涌出来”的运动显然是指法国大革命,法国和德国同时参与着这场革命,法国人是以实干的方式,而德国人是以哲学思辨的方式(当然包括黑格尔本人的思辨),他们共同完成着这场运动,这也说明哲学思想参与着现实。世界历史这个词显然是一个“大词”,但却准确的概括了这场革命的世界历史意义,词语是对现实的表达,现实本身足够宏大,词语

不宏大则不足以表达现实,不能简单把宏大的词语视为所谓的“标签”。

黑格尔说哲学是“把握在思想中的时代”,黑格尔的哲学是否达到或者部分达到这个标准呢?马克思说:“德国的国家哲学和法哲学在黑格尔的著作中得到了最系统、最丰富和最终的表述”,而“德国的法哲学和国家哲学是唯一与正式的当代现实保持在同等水平[al pari]上的德国历史”。^[11]马克思对现代国家进行批判,就必须批判作为现代国家观念补充的黑格尔的法哲学,因为它与“当代现实保持在同等水平”。所以单就法哲学来说,即便看起来如此抽象,也与当时的历史状况保持着深刻的联系。

三、结论

综上所述,黑格尔的经验概念绝非一种脱离于具体生活的抽象虚构,恰恰相反,它同时贯通了认识发生学上的感性直接性、意识自我检验的辩证历程以及客观精神领域中的时代制度内涵。黑格尔不仅从不否认“眼睛所见、耳朵所闻、手指所触”的经验在认识中的起点地位,反而正是要通过辩证的考察指明,倘若哲学仅仅停留于这种孤立、静止的感性给予,它就无法说明科学知识的普遍有效性,也无法理解道德、法权、艺术与宗教等更深厚的“生活经验”何以具有客观的精神结构。与其说黑格尔忽视经验,不如说他从最宽广的幅度上捍卫了经验概念的丰富内涵。最后,通过上述考察,面对黑格尔的哲学,应该重提恩格斯的说法:

当然,由于“体系”的需要,他在这里常常不得不求救于强制性的结构,但是这些结构仅仅是他的建筑物的骨架和脚手架;人们只要不是无谓地停留在它们面前,而是深入到大厦里面去,那就会发现无数的珍宝,这些珍宝就是在今天也还保持着充分的价值。^[12]

参考文献

- [1] 杨晓慧. 哲学与生活:论作为一种生活方式的儒家哲学[J]. 山东青年政治学院学报, 2025, 41(04):38-44.DOI:10.16320/j.cnki.sdqzxxxyb.2025.04.004.
- [2] 陆心宇. 在康德与黑格尔之间的心理学观念论[J]. 哲学研究, 2026, (01):143-157.
- [3] 于淑娴.《黑格尔法哲学批判》中“真正的民主制”思想探析[J]. 今古文创, 2026, (13):67-69.DOI:10.20024/j.cnki.CN42-1911/I.2026.13.020.
- [4] 董颖波. 马克思与儒家共同体思想比较研究[D]. 北京建筑大学, 2025.DOI:10.26943/d.cnki.gbjzc.2025.000812.
- [5] 郑智婕. 从黑格尔到马克思:辩证法的范式重构与当代价值[J]. 江南论坛, 2026, (01):63-68.
- [6] 郭冠宇. 重审黑格尔法哲学的始点——黑格尔自由意志概念的系统定位与逻辑结构[J]. 哲学动态, 2025, (12):80-93.
- [7] 林静夏. 马克思对自由问题反思的逻辑进阶——基于资本主义现代性批判的视角[J]. 宁德师范学院学报(哲学社会科学版), 2025, (04):9-17.
- [8] 樊晓磊. 马克思权利思想研究[D]. 西南政法大学, 2014.
- [9] 王宝峰. 未来中国哲学导论[M]. 西北大学出版社:201802:161.
- [10] 陈永杰, 王宇轩. 论马克思对伊壁鸠鲁哲学中“偶然性”的扬弃[J]. 东岳论丛, 2026, 47(03):166-173.DOI:10.15981/j.cnki.dongyueluncong.2026.03.016.
- [11] 吴艳东, 何军杰. 中国特色社会主义文化价值感召力的内在结构、形成机制和提升路径[J]. 思想教育研究, 2026, (03):58-66.
- [12] 刘旦, 郭国祥. 论中国特色社会主义教育强国思政引领力的逻辑理路[J]. 教育治理研究, 2025, 11(02):3-12.

高质量发展视域下张掖市农文旅融合效率评价研究

马琪琪, 刘晶, 王艳华, 王璐璐

河西学院经济管理学院, 甘肃 张掖 734000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090028

摘 要 : 在全面推进乡村振兴与高质量发展战略引领下, 农文旅融合成为推动乡村振兴、激活区域经济活力的重要路径。张掖市依托丰富的农业资源、独特的文旅禀赋, 在农文旅融合发展中取得显著成效, 但仍存在融合层次不深、效率不均等问题。本文以张掖市6个县(区)为研究对象, 基于高质量发展内涵, 构建农文旅融合效率评价指标体系, 运用DEA-SBM模型, 从综合效率、纯技术效率、规模效率三个维度, 对张掖市农文旅融合效率进行实证评价, 剖析效率差异及影响因素, 并提出针对性对策建议。研究表明, 张掖市六县区农文旅融合综合效率整体处于中等水平, 区域间效率差异明显, 纯技术效率不足是制约融合效率提升的主要瓶颈; 农业资源赋能不足、文旅IP挖掘不深、融合机制不健全等是核心问题。

关 键 词 : 农文旅融合; DEA-SBM模型; 效率评价; 张掖市

A Study on the Efficiency Evaluation of the Integration of Agriculture, Culture, and Tourism in Zhangye City from the Perspective of High-Quality Development

Ma Qiqi, Liu Jing, Wang Yanhua, Wang Lulu

Hexi University, School of Economics and Management, Zhangye, Gansu 734000

Abstract : Under the comprehensive promotion of rural revitalization and the strategic guidance of high-quality development, the integration of agriculture, culture, and tourism has become an important path to driving rural revitalization and activating regional economic vitality. Relying on abundant agricultural resources and unique cultural and tourism endowments, Zhangye City has achieved significant results in the integration of agriculture, culture, and tourism, but there are still issues such as insufficient depth of integration and uneven efficiency. This paper takes six counties (districts) of Zhangye City as the research object, constructs an evaluation index system for the efficiency of agriculture-culture-tourism integration based on the connotation of high-quality development, and uses the DEA-SBM model to empirically evaluate the integration efficiency of agriculture, culture, and tourism in Zhangye City from three dimensions: comprehensive efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency. The study analyzes efficiency differences and influencing factors and proposes targeted policy recommendations. The research shows that the overall comprehensive efficiency of agriculture-culture-tourism integration in the six counties (districts) of Zhangye City is at a medium level, with significant regional efficiency differences. Insufficient pure technical efficiency is the main bottleneck restricting the improvement of integration efficiency; core issues include inadequate empowerment of agricultural resources, insufficient development of cultural and tourism IP, and an underdeveloped integration mechanism.

Keywords : agriculture-culture-tourism integration; DEA-SBM model; efficiency evaluation; Zhangye City

引言

随着我国经济迈入高质量发展新阶段, 产业融合成为推动区域经济转型升级的核心路径。“农业+文化+旅游”的融合发展模式, 凭借以农业为根基、文化为灵魂、旅游为载体的逻辑, 成为破解“三农”困境、推动文旅提质增效的重要抓手。该模式通过资源整合与业态创新, 既助力实现乡村振兴, 又推动文旅产业向高质量转型, 深度契合“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念。

张掖市作为丝绸之路经济带的重要节点, 具备得天独厚的农文旅资源优势。农业上, 作为甘肃旱作农业核心区, 其玉米制种产业占据全国半壁江山, 肉牛、小枣等特色农产品享誉全国, “三品一标”总量达252个, 为农文旅融合筑牢产业基础; 文化上, 拥有丹霞地

项目信息:

大学生创新创业训练计划项目——《乡村振兴背景下河西走廊农文旅产业高质量发展融合发展的效率评价研究》研究成果; (项目编号为 S202410740023);

校长基金项目——《乡村振兴背景下河西走廊农文旅融合发展的效率测度、时空演进与路径优化研究》阶段性研究成果。

貌、裕固族文化、丝路文化等独特资源，20项非遗项目入选省级名录，文化底蕴深厚；旅游上，建成57家A级景区，2021–2024年累计接待游客超1.3亿人次，旅游收入近800亿元，文旅产业已成为全市首位产业。近年来，张掖市打造了乌江稻渔共生、清泉如意花海等标杆项目，推出“跟着非遗游张掖”主题线路，休闲农业经营收入达4.48亿元。但融合发展过程中仍存在农业与文旅产业脱节、文化内涵挖掘不足、资源配置效率偏低、区域发展不均衡等问题，制约了高质量发展进程。

国外关于农文旅融合的研究起步早、理论体系成熟，聚焦可持续与社区参与，如Peter E. Murphy（1985）、Richard W. Butler（1980）。国内研究随政策驱动快速崛起，侧重本土化实践与乡村振兴结合，整体呈现“理论借鉴—本土创新—深化拓展”的演进脉络。在研究视角上，学者欧阳绮雯（2023）、顾江寒（2021）聚焦省域、城市群等典型区域，探讨融合效率的时空演变特征与优化路径；在研究方法上，DEA模型、熵权法等被广泛应用，其中DEA–SBM模型因能有效处理投入产出松弛问题，成为主流工具，如王婉清（2022）、陈敏敏（2025）；在研究内容上，学者王雪婷（2024）、赵鑫（2025）从资源禀赋、产业结构、政策支持等维度，剖析了驱动融合效率提升的关键因素。尽管现有研究奠定了坚实基础，但仍缺乏对张掖这类拥有独特资源禀赋城市的针对性分析，且部分研究的效率评价指标体系未能充分契合高质量发展要求，对生态效益、文化效益等核心维度的考量有所缺失。

基于此，本文以张掖市六县区为研究案例，结合其特色农文旅资源与高质量发展要求，构建科学的农文旅融合效率评价指标体系，运用DEA–SBM模型开展实证研究，剖析融合效率现状与问题，提出针对性的对策建议，为张掖市农文旅融合高质量发展提供实践借鉴，也可为同类中小城市的农文旅融合发展提供理论参考与实践范式。

一、张掖市农文旅融合效率评价指标体系构建与数据来源

（一）指标体系构建

本文参考叶凯（2023）研究，遵循科学性、系统性原则，从投入与产出两大维度构建农文旅融合效率评价指标体系。投入指标包括：农业投入（农业总产值、特色农产品种植面积），反映农业基础与资源投入规模；文化投入（博物馆数量、文化事业机构人员数量），体现文化资源禀赋与保护力度；旅游投入（旅行社数量、规模以上服务业从业人员平均数），表征旅游设施建设和人力投入水平。产出指标涵盖：经济效益（公共预算收入、第三产业生产总值），衡量融合发展的经济贡献；社会效益（农村居民人均可支配收入、农村住宿和餐饮业从业人数），反映就业带动与民生改善；生态效益（林地面积、荒山荒（沙）地造林面积），评估绿色发展与生态保护成效。该体系综合体现农文旅融合的多维目标，兼顾高质量发展要求与数据可得性。

（二）数据来源

本文数据源于张掖市六县区2015–2024年统计年鉴，共60个决策单元。为兼顾静态测度与动态趋势分析，采用2024年截面数据进行DEA–SBM模型运算，并利用2015–2024年面板数据测算十年平均效率与演变趋势，缺失数据以均值法补齐。鉴于肃南县2024年荒山荒（沙）地造林面积为极端小值，为避免对SBM模型造成过度影响，在稳健性检验中剔除该指标后重算，效率波动小于3%，效率排名与核心结论未发生实质性变化，模型结果稳健；主分析中保留该指标以维持指标体系完整性。

二、张掖市农文旅融合效率评价分析

本文运用DEA–SBM模型对张掖市2024年六个县区的截面数据进行效率测算。运用相关计算软件，从综合效率（TE）、纯技术效率（PTE）、规模效率（SE）三个维度评价，三者满足：综

合效率 = 纯技术效率 × 规模效率，结果如表1所示。

1. 综合效率分析

通过计算，2024年张掖市六县区农文旅高质量融合综合效率平均值为0.604，整体处于中等水平，距离DEA有效仍有较大提升空间。

表1 张掖市六县区农文旅融合效率测算结果（2024年）

县区	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	排名
甘州区	0.847	1.000	0.847	递减	1
临泽县	0.725	0.729	0.995	递增	2
高台县	0.674	0.679	0.993	递增	3
山丹县	0.612	0.644	0.950	递增	4
民乐县	0.498	0.500	0.996	递增	5
肃南县	0.268	0.600	0.447	递增	6
均值	0.604	0.692	0.872	—	—

由表1所示，甘州区综合效率最高（0.847），为DEA纯技术有效；肃南县最低（0.268），与其生态功能定位，交通可达性不足，人口稀少等因素相关。综合效率超过0.7的仅甘州区和临泽县（占33.3%），低于0.5的为民乐县和肃南县（占33.3%），区域两极分化明显。

2. 纯技术效率与规模效率分析

通过计算，六县区纯技术效率均值为0.692，低于综合效率均值，表明纯技术效率不足是制约综合效率提升的核心瓶颈。甘州区纯技术效率为1.000，其余县区均小于1，其中民乐县最低（0.500）。纯技术效率普遍偏低反映出县域层面缺乏专业的产业融合管理人才、部门条块分割导致要素整合存在体制性障碍。

规模效率均值为0.872，显著高于纯技术效率均值，表明总体规模水平较为合理。甘州区处于规模收益递减阶段，继续扩大投入可能面临边际收益下降；其余五县区均处于规模收益递增阶段，适度扩大投入规模有助于提升效率。肃南县规模效率仅0.447，远低于其他县区，表明其要素聚集效应尚未充分显现。

3. 投入冗余与产出不足分析

运用SBM模型投影分析，识别非DEA有效县区的效率损失因素。

表2 非 DEA 有效县区投入冗余与产出不足分析（2024 年）

县区	主要投入冗余指标	主要产出不足指标
临泽县	特色农产品种植面积（冗余率约 18%）、文化事业机构人员（冗余率约 15%）	第三产业生产总值（不足率约 12%）、农村居民人均可支配收入（不足率约 8%）
高台县	规模以上服务业从业人员（冗余率约 22%）、农业总产值（冗余率约 10%）	公共预算收入（不足率约 15%）、第三产业生产总值（不足率约 10%）
山丹县	特色农产品种植面积（冗余率约 20%）、博物馆数量（冗余率约 25%）	第三产业生产总值（不足率约 18%）、农村居民人均可支配收入（不足率约 10%）
民乐县	文化事业机构人员（冗余率约 35%）、规模以上服务业从业人员（冗余率约 30%）	公共预算收入（不足率约 25%）、第三产业生产总值（不足率约 20%）
肃南县	规模以上服务业从业人员（冗余率约 40%）	第三产业生产总值（不足率约 45%）、公共预算收入（不足率约 30%）

注：肃南县“荒山荒（沙）地造林面积”因存在极端值，在投影分析中不纳入主要冗余指标（稳健性检验已剔除该指标）。

文化事业机构人员冗余问题突出（民乐县 35%、山丹县 25%），规模以上服务业从业人员冗余率普遍偏高（肃南县 40%、民乐县 30%）。第三产业生产总值产出不足最为严重（肃南县 45%、民乐县 20%），公共预算收入产出不足次之，揭示出农文旅融合对地方经济增长的贡献潜力尚未充分释放。

4. 动态效率趋势分析

为进一步揭示效率的演变特征，本文对 2015–2024 年六县区农文旅融合综合效率进行动态测度。十年间，张掖市农文旅高质量融合综合效率均值为 0.715，整体呈波动上升态势：2015–2018 年均值约为 0.68，2019 年起逐步改善，2022 年达到阶段性高点 0.76，2023–2024 年略有回落但仍保持在 0.74 以上。

分县区看，甘州区十年综合效率均值最高（0.892），其中 2019–2024 年有 5 年达到 DEA 有效；临泽县次之（0.846），2020–2024 年连续五年保持 0.85 以上；高台县（0.713）和民乐县（0.678）波动较大；山丹县（0.582）和肃南县（0.579）长期处于 0.55–0.65 区间，是制约全市效率提升的薄弱区域。纯技术效率十年均值为 0.762，规模效率均值为 0.938，再次验证纯技术效率不足是主要瓶颈。

从动态分析可以看出张掖市农文旅融合效率整体向好但增速平缓，区域“两极分化”格局长期存在，甘州区、临泽县属于相对高效区间，肃南县、山丹县属于持续低效区间，高台县和民乐县处于中游但稳定性不足。

三、提升张掖市农文旅高质量融合效率的对策建议

基于上述分析结果，针对张掖市农文旅融合发展存在的效率短板，结合各县区实际情况，提出以下针对性对策建议。

（一）夯实农业基础，强化融合根基。

针对肃南、山丹农业投入不足、特色种植规模偏小问题，加大资源整合力度。一是扩大特色种养规模，推动提质增效。肃南

依托高山细毛羊、牦牛等发展草原牧业与旅游体验融合模式；山丹结合军马场、焉支山资源，推动马文化与休闲农业深度融合。二是延伸农业产业链，发展深加工，推出农事体验项目，推动农业资源向旅游产品转化。三是强化科技支撑，推广智慧农业，提升资源利用效率，赋能融合发展。

（二）深挖文旅 IP，提升品牌效应。

发挥甘州、临泽龙头作用，同时深挖肃南、山丹、民乐文旅 IP。一是打造差异化品牌：甘州围绕历史文化名城打造“历史文化体验”IP；临泽深耕“七彩丹霞+星空旅游”特色，提升辨识度；肃南深挖裕固族文化，开发民俗体验、非遗展演产品，释放农文旅价值。二是完善服务设施，优化文化机构人员配置，提升旅行社服务能力，缩小县区间差距。三是创新业态，推动产品从观光型向体验型、沉浸式转型，增强吸引力。

（三）完善融合机制，提升纯技术效率。

针对纯技术效率不足这一核心瓶颈，多措并举破解制约。一是建立跨部门协调机制，在市级层面签订农文旅融合发展协议，统筹规划、协同推进；搭建资源共享平台，实现信息互通与县区间协作，推动甘州优质文旅服务资源与肃南、山丹对接，实现优势互补。二是优化人才与技术配置，针对文化机构人员结构性矛盾，推行“多岗合一、一专多能”模式；推动高校与县区合作，共建技术转化平台，强化人才培养与技术引进；将融合效率纳入县区高质量发展考核体系，以考核倒逼效率提升。

（四）立足资源禀赋，实施差异化发展。

结合各县区禀赋与发展阶段，因地制宜制定路径。甘州重点解决规模收益递减问题，转向内涵提升，发展都市休闲农业与文创产业。临泽、高台、山丹、民乐处于规模收益递增阶段，适度扩大投入，完善旅游配套；其中民乐纯技术效率最低，优先强化人才引进与管理能力建设；肃南聚焦规模效率偏低问题，优化布局，优先发展核心吸引力强的精品文旅项目，避免无差别投入，提升资源效能。

（五）构建全域网络，提升整体效率。

强化六县区协同联动，形成以甘州为引领、多县区协同的农文旅融合新格局。一是依托 G30 连霍高速、兰新铁路等交通干线，构建“核心景区+特色村镇+产业基地”空间网络，实现客源共享、线路互推、品牌共建，提升游客深度。二是推动农特产品、文创产品区域流通，在甘州建集中展销中心，各县设分销点，形成“城带乡、乡促城”格局；探索跨县区产业链协作机制，优化要素配置，提升区域整体效率。

参考文献

[1]MURPHY P E. Tourism: A community approach[M]. New York: Methuen,1985.
[2]BUTLER R W. The concept of a tourist area cycle of evolution:Implications for management of resources[J]. Canadian Geographer / Le Géographe canadien,1980,24(1):5–12.
[3]欧阳绮雯，王志强. 新疆农旅融合效率时空规律与影响因素研究 [J]. 江西农业学报, 2023(11): 228–234,246.
[4]陈敏敏，肖建武. 永州市休闲农业发展效率评价 [J]. 安徽农业科学, 2025,53(4):109–114.
[5]叶凯. 广西农文旅融合效率评价与提升路径研究 [D]. 广西大学 ,2023.

国有企业贸易业务风险管理策略研究

刘相杰

赤海国际贸易（上海）有限公司，上海 201500

DOI: 10.61369/SSSD.2026090030

摘 要： 在经济发展面临下行压力的复杂背景下，部分国有企业为摆脱经济困境，片面追求业绩增长，忽视了系统性风险管理，导致虚假贸易、“空转走单”等违规行为频发。传统风险管理模式已经无法适应现状的发展。国企在优化风险管理的过程中，能够有效提升资金使用效率以及投资回报率，能够有效改善企业的营收水平以及现金流质量，也能够进一步提升企业市场竞争力。因此，本文将聚焦于国有企业贸易业务中的风险管理领域，系统分析当前国有企业面临的风险应对能力不足、风险控制体系不完善及信息化系统建设滞后等诸多问题，并进一步提出加强市场风险应对能力、优化风险控制措施、加速信息化建设等一系列解决方案，以为贸易业务的可持续高质量发展提供理论支撑与实践路径，以促进国有企业稳步健康发展。

关 键 词： 国有企业；贸易业务；风险管理

Research on Risk Management Strategies for State-Owned Enterprise Trade Business

Liu Xiangjie

Chihai International Trade (Shanghai) Co.,Ltd., Shanghai 201500

Abstract： In the complex context of downward pressure on economic development, some state-owned enterprises, in an attempt to escape economic difficulties, pursue performance growth unilaterally while neglecting systematic risk management, resulting in frequent violations such as false trading and 'empty transactions.' Traditional risk management models have proven powerless under the current circumstances. Strengthening risk management not only significantly improves the financial returns of state-owned enterprises and optimizes internal revenue structures and cash flow levels, but it also effectively enhances the market competitiveness of enterprises. Therefore, this paper focuses on the field of risk management in the trade business of state-owned enterprises, systematically analyzing issues such as insufficient risk response capabilities, imperfect risk control systems, and lagging informatization system construction. Furthermore, it proposes a series of solutions, including strengthening market risk response capabilities, optimizing risk control measures, and accelerating informatization construction, to provide theoretical support and practical paths for the sustainable and high-quality development of trade business, thereby ensuring the healthy development of state-owned enterprises.

Keywords： state-owned enterprises; trade business; risk management

一、国有企业贸易业务风险管理概述

（一）国有企业贸易业务风险管理的概念

国有企业的贸易业务风险管理是针对国有全资、控股或实际控制的公司，在实施进出口贸易、国内贸易、转口贸易和供应链贸易等活动时，围绕整个业务流程的各个环节，采取识别、评估、预警、控制、处置及监督改进的方法，以防范和缓解各种风险，确保国有资产的安全、合法运营和可持续发展的综合管理措施。其目标主要是确保合规底线不被突破，在确保减少资金损失风险的前提下，避免国有资产受到损害，杜绝重特大法律风险及声誉风险事件发生，并能在保证效益的基础上，维持适度的风险控制水平。

（二）国有企业贸易业务风险管理的特点

国企经营规模大、业务广，面临市场、操作、合规等多重风险^[1]。由于国有产权属性、监管体制以及政策引导等因素的影响，国有企业贸易业务风险管理具有以下显著特征：首先，监管约束刚性化。在遵循市场规律的基础上，同时还要遵守法律制度 and 国有资产监督管理的规定，在各个监管主体下必须设定相应的“底线”，并且把合规矩放在第一位。第二，资产安全的地位提升。以防止国有资产流失和保证国有资本保值增值为目标；第三，合规要求前置化。严格要求真实的贸易背景，禁止融资性贸易、空转贸易、虚假贸易等违法违规行为；第四，控方式应实行穿透式管理，要求做到资金流、货物流、发票流、合同流的四流一致性核验；第五，内控制度应实现制衡，保障不相容岗位分

离、分级授权审批和集体决策制度落实，业务、财务、风控、法务、审计等部门之间的互相监督及闭环运行。

（三）国有企业贸易业务风险管理的重要性

一是防止国有资产流失。贸易业务常涉及大宗商品或大额资金，若风险管理失控，易发生合同欺诈、货款拖欠、货物损失等问题，直接造成国有资产流失。二是严防合规及审计风险：国资委已明确禁止“融资性贸易”、“空转走单”等虚假贸易行为这种做法其实是一种借贷行为，如果出现断流现象，则会造成国企大量的经济损失。做好风险管控工作能够保障企业业务的真实性及合法性，防止在审计中被判定为不合法，并遭到问责处理。三是防范信用和资金风险：贸易链条长、上下游依存度大；一旦出现客户违约或者破产，国有企业的应收就有可能收不回。四是要规避市场和操作风险：价格、汇率、物流都有可能导致损失，规范可以规避风险。五是避免法律和经营暴雷风险：合同、物权凭证瑕疵等导致国企败诉。此外，与无真实实力的企业合作开展“托盘”贸易，一旦对方无法付款，国企将成为实际垫资方，引发连锁暴雷，并承担连带赔偿责任。

二、国有企业贸易业务风险管理中存在的问题

（一）市场风险应对能力不足

首先，价格风险突出，特别是大宗商品价格波动是贸易活动中最直接、最常见的市场风险。但是很多国企在需要使用期货、期权等金融衍生品进行风险管理的时候，却常常不敢用不会用。在全球大宗商品市场波动日益加剧的情况下，不作为和不当行为本身就构成了最大的风险。第二是信用风险。部分国有企业往往采用垫资贸易模式，然而由于合作伙伴信用和履约能力参差不齐，如对市场风险评估不足，容易导致合同违约情况发生^[2]。

（二）风险管控体系不完善

一是制度体系“碎片化”而非“系统化”。多数国有企业各项制度往往是不同时期、针对不同类型问题“零打碎敲”，没有统一的核心主线贯穿其中，导致各制度之间互相冲突、重复交叉，造成执行层面无所适从的现象；二是制度与业务“两张皮”。虽然制度是在集团层面统一设计，但没有结合贸易子公司实际业务特点进行针对性制定，存在照搬和抄袭、无法适用等问题，最终流于形式成为“抽屉文件”。三是机制建设碎片化：全面风险管理体系的核心在于实现“业务自防、合规督导、审计监督”的闭环管理。实践中，“三道防线”往往演变为“孤岛式”的碎片化治理模式：一线业务部门重发展轻风险防范，未能从源头上把控风险；合规部门对业务的干预过多被认为“只设卡不解决问题”；内审机构和合规管理部门之间也易出现职责重叠或者监管空白。最后是流程管理亦呈现碎片化状态。一个完善的全面风险管理体系应覆盖“事前预防防范、事中控制阻断、事后追溯优化”的全流程闭环，但大多数国有企业在流程控制上出现事前的准入管理形同虚设，事关键节点的管控缺乏，事后的问题复盘与改进机制则被忽视。

（三）信息化系统建设滞后

目前很多国有企业对于贸易业务的信息系统建设还比较落后，并成为阻碍贸易业务规范开展、控制风险以及实现高质量发展的一个结构性制约因素。具体表现在以下几个方面：第一，“信息孤岛”和系统分散。很多国有企业内部业务系统的系统老化、分散化的情况都较为严重，在对这些系统进行整合的时候并没有能够实现集中化的管控，各部门间软件不兼容。财务的预算数据、仓储的库存信息、项目的履约记录分别存储于不同的系统之中，形成了天然的信息壁垒；二是业务流“半数字化”。尽管不少公司上线了信息系统，但实际运行中仍然较多依靠人工台帐和线下操作。三是风控水平偏“事后再处理”。因缺少实时监控手段导致风险预警严重滞后，往往在损失已经发生后才会发现风险。例如，在业务尽调、合同审核和货权监管等环节没有形成有效联动，无法做到对风险指标的实时监测以及大数据分析。

（四）人才保障机制不健全

外贸业务全球化属性要求人才具备时差工作抗压能力、汇率波动应对敏感度、国际市场风险预判能力^[3]。当前人才保障机制尚不健全。其一，风险防范意识的缺乏。企业管理层在市场压力下，容易注重经济效益而忽视法律风险，使得风险防范措施不到位，增加了风险暴露可能性^[4]。其二，专业人才的培养与引进不足。部分国有企业缺少专业的贸易、法律、风险管理等方面的人才，并没有建立起完善的人才培养及引进机制，导致企业健康发展受到限制。其三，激励机制存在缺失。46号令确立了终身追责的刚性约束，任何利用虚假贸易获取资金的操作，其风险与代价已经从“业务风险”上升为决策者个人的“职业生涯风险”。在这种高压态势下，风险控制人员的风险责任被不断放大，但与此相配套的权限和薪酬却没有得到提高。

三、国有企业贸易业务风险管理问题的应对措施

（一）提高市场风险应对能力

一方面观念的转变至关重要。

企业的经营者们应该认识到在全球化和市场化的企业运营环境下，不采取对冲措施来规避市场风险本身就是一种高风险的行为方式；套期保值不仅仅是一种投机行为，它也是大宗贸易活动的核心组成部分，是保障经营利润和锁定成本收益的必要工具。同时，资源优化整合有助于提高风险治理及企业估值提升^[5]。通过资源整合能力，能够在供应链贸易中实现高效的资源配置和精准的市场预测^[6]。国有企业开展贸易业务时应应对上下游企业信用状况、经营情况、还款能力等情况进行全面分析，为贸易业务的风险控制奠定坚实的第一道屏障基础。另外，健全客户及供应商评价制度。国有贸易企业应建立客户及供应商评价制度，以便于对供应链进行科学化的管控。业务部门应质量、交付、成本、服务、合规等方面对供应商进行全面评价。同时，建立严格的单据管理和审核机制，防止出现“空转走单”或伪造单据的情况，从而保证货权的合法性^[7]。

（二）完善风险管控措施

一是制度一体化强化风险管理体系根基。将风控、内控、合规三条并行线拧成一股绳，用“求同存异、合并同类项”的方法，实现资源整合、效率倍增的“1+1+1>3”。山煤国际通过“业务—风险—合规”三位一体改革将“合规成本”转化为“利润中心”^[8]。二是组织一体化打破部门壁垒，构建协同联动的治理架构。根据国企“集体决策”原则及“三重一大”议事规则，组织架构应按照决策层、执行层、监督层设置，细化梳理“三道防线”工作职责，健全职责明确、制度健全、流程清晰、规范长效的风控工作机制，推动各业务部门履行内控体系建设及运行职责。三是流程一体化构建覆盖“事前预警防范、事中控制阻断、事后追溯优化”的全过程风控体系。事前建立全面详实的客商准入与资信评估体系，从源头上识别并阻断潜在风险。事中内置智能风控规则，覆盖贸易业务立项、合同审批、收发货、库存管理、结算支付、资金管理等环节，对关键指标实施重点监控，打破部门信息壁垒，实现业务、风控、财务一体化协同管理。建立风险预警机制，便于管理人员及时制定针对性防范措施^[9]。事后建立完善的数据统计与分析功能，对“线上+线下”数据自动清洗、分析、融合，实现全流程信息获取和多维度复盘与效果评估，形成风险处置完整闭环。

（三）加快信息化建设

一是打造集成数字化平台。打破资金、货物、物流、销售等相关业务环节数据壁垒，实现全流程数字化管理。二是推进风险管理工具智能化发展。综合运用 AI、统计学算法和关系知识图谱等数字技术，强化对贸易金额、上下游企业、交易方式等复杂风险场景的多维精准筛查，实现风险管理从“事后审查”向“事中监控”的关键转变。三是重塑信息化定位。通过数智系统解决合规转型、货权管控、风险防控等重点难题，助力企业向贸易服务

商转型或创收。利用区块链技术设计电子仓单平台，实现货权唯一性验证^[10]。

（四）加强队伍培养

一是优化人才引进渠道。国企应该积极引入贸易、法律等相关专业人才，并注意考察其创新意识、合作意识以及适应能力。二是创新贸易培训方式。利用 AI 模拟外贸场景，从通用培训向场景化培训转变^[11]。围绕识别虚假贸易、货权控制、客户信用评价等为主要场景开发实训课件。把以往的单向传输式的讲授转变为双向交流的赋能型授课，采用研讨、模拟、实操等方式进行授课，增强培训的有效性。建立导师带徒、跟班学习等常态化培养机制，让经验在组织内部有效传承。三是建立风险收益绑定的长效激励机制。将风控人员的利益与业务的长期稳健运行深度绑定，避免短期行为导向。显著提升绩效浮动部分在整体薪酬中的占比，将风控及业务人员的工作质量、风险预警的及时性、损失规避的贡献度等纳入量化考核体系，让“防住了风险”与“创造了价值”在薪酬上得到真实体现。

四、结语

国有企业贸易业务的风险管理本质上是一场平衡安全与发展的长期博弈，真正的智慧就是用体系化的风险管理能力来保证贸易业务高质量发展。针对当前国有企业贸易业务存在的问题，国有企业应该不断的提高市场风险应对能力、完善风险管控机制、加快信息化建设、提高人才保障。当风控成为融入业务血脉的“导航系统”，当人才成为主动创造价值的“风控合伙人”，当制度成为激发活力的“基础设施”——国企贸易业务才能真正在服务国家战略与市场竞争的双重使命中，走出一条安全与效率并重、合规与创新共生的新路。

参考文献

- [1] 张静. 业财融合视角下财会成本管控优化探析 [J]. 中国会展 (中国会议), 2025(24): 71-73.
- [2] 于晗阳. 国有企业供应链贸易业务的风险管理策略研究 [J]. 现代企业文化, 2024 (23) : 61-63.
- [3] 杨菲, 杜欣欣, 揭伟. 产教融合视角下职业院校财经商贸数智人才培养路径探析 [J]. 产业创新研究, 2025, (06): 181-183.
- [4] 康凯, 刘涛. 贸易信用对供应链企业运营效率和创新能力的研究 [J]. 中国社会科学院大学学报, 2023, 43(11): 64-77+134+137.
- [5] Fraser J, Quail R, Simkins B. What's Wrong with Enterprise Risk Management? [J]. Journal of Risk and Financial Management, 2024, 17(7): 274-274.
- [6] 崔竹. 国有企业虚假贸易新特征及风险防范策略 [J]. 企业管理, 2024(2): 113-117.
- [7] 洪华霜. 国有企业供应链贸易业务风险管理研究 [J]. 中外企业文化, 2022(12): 88-90.
- [8] 陈一杰. 山煤国际全面风险管理体系建设实践 [J]. 财务与会计, 2023, (17): 16-20.
- [9] 冯子轩. 国有企业供应链贸易业务风险控制研究 [J]. 中国市场, 2021 (30) : 142-143.
- [10] 王晓光, 周强, 徐开元. 基于区块链的电子仓单质押信任机制分析与设计 [J]. 供应链管理, 2021, 2(03): 93-104.
- [11] 徐明. 产教融合背景下会展专业人才培养模式探究——以北京市对外贸易学校为例 [J]. 北京工业职业技术学院学报, 2022, 21(04): 72-76.

残疾人就业支持问题及对策研究

胡康宁, 邵志民*

复旦大学公共卫生学院, 上海 200032

DOI: 10.61369/SSSD.2026090032

摘 要 : 实现共同富裕背景下, 促进残疾人就业具有重要意义。当前我国已形成以《残疾人保障法》和《残疾人就业条例》为核心的多层次就业支持体系, 就业规模持续扩大。然而, 残疾人就业仍面临培训与市场需求错配、社会包容度低等问题。为此, 应从推动融合就业、提升残疾人培训精准性等方面综合改进, 推动残疾人从被动就业保障向主动参与转变, 构建更加公平、包容、可持续的残疾人就业支环境。

关 键 词 : 残疾人就业; 就业支持; 对策建议

Research on Employment Support Issues and Countermeasures for People with Disabilities

Hu Kangning, Shao Zhimin*

School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032

Abstract : Under the background of achieving common prosperity, promoting employment for people with disabilities is of great significance. Currently, China has established a multi-tiered employment support system centered around the "Law on the Protection of Persons with Disabilities" and the "Regulations on the Employment of Persons with Disabilities," with the employment scale continuously expanding. However, employment for people with disabilities still faces challenges such as mismatches between training and market demands and low social inclusiveness. To address these issues, comprehensive improvements should be made, including promoting integrated employment and enhancing the precision of training for people with disabilities. This will facilitate a shift from passive employment protection to active participation, creating a more equitable, inclusive, and sustainable employment support environment for people with disabilities.

Keywords : employment of people with disabilities; employment support; countermeasures and suggestions

引言

实现共同富裕是中国式现代化的核心目标之一。残疾人作为社会的重要群体, 其能否共享经济社会发展成果, 是衡量共同富裕实现的一个关键维度。就业不仅是残疾人获取劳动性收入的主要渠道, 更是其融入社会、实现自我价值的重要途径, 直接关系到残疾人权益的保障水平。根据国家统计局的调查数据, 截至2023年, 全国残疾人总人数达8591.4万, 占总人口的6.34%^[1], 在此背景下, 拓宽残疾人就业创业渠道, 优化就业结构, 从而保障残疾人就业权益尤为关键^[2]。基于此, 深入探讨当前残疾人就业支持面临的问题, 具有十分重要的现实意义。

一、残疾人就业支持的现状概述

近年来, 我国持续完善残疾人就业支持, 多渠道促进残疾人就业。以1990年颁布的《中华人民共和国残疾人保障法》为基础、2007年颁布的《残疾人就业条例》为专项法规, 确立了集中与分散相结合的就业方针, 按比例就业制度不断健全, 为残疾人进入企事业单位就业提供了制度保障^[3], 并通过2021年颁布的《机关、事业单位、国有企业带头安排残疾人就业办法》明确要求省级地市级机关和一定规模事业单位到2025年至少安排1名残

人。针对智力、精神及重度肢体残疾人等就业困难群体, 2015年出台《关于发展残疾人辅助性就业的意见》明确了机构认定标准和扶持政策, 为智力、精神及重度肢体残疾人等就业困难群体参与社会劳动、获得劳动报酬提供了重要通道^[4]; 同时2018年发布的《关于扶持残疾人自主就业创业的意见》从税收、信贷、场地、补贴等多维度支持自主创业和灵活就业。在财税激励方面, 2015年《残疾人就业保障金征收使用管理办法》规范了保障金征缴与使用, 2016年《关于促进残疾人就业增值税优惠政策的通知》实行按人数限额即征即退增值税, 2019年《关于完善残

人就业保障金制度更好促进残疾人就业的总体方案》进一步优化分档征收、暂免小微企业残保金等制度。在提升就业能力方面，2022年发布的《“十四五”残疾人职业技能提升计划》将残疾人劳动者纳入职业培训补贴范围，重点支持在岗、灵活就业及自主创业人员；2021年发布的《“十四五”农村困难残疾人实用技术培训项目实施方案》帮助农村残疾人掌握种植养殖、手工加工等实用技能，各地依托就业帮扶基地扩大就业机会。国务院办公厅先后印发《促进残疾人就业三年行动方案（2022—2024年）》和（2025—2027年），提出新增就业百万人的具体目标，从机关企事业单位带头、企业助力、自主创业、辅助性就业、残疾人大学生帮扶、农村残疾人就业、盲人就业、就业服务提升、职业能力提升、权益保障等十个方面部署措施。总体来看，我国已构建起法律保障、财税支持、就业服务、技能培训、专项帮扶相结合的残疾人就业政策，正向实现残疾人较为充分较高质量就业的目标稳步迈进。国家层面残疾人就业支持相关政策见表1。

表1 国家层面残疾人就业支持相关政策

序号	政策名称	发文时间	发文字号
1	《中华人民共和国残疾人保障法》	1990年12月28日通过，2008年4月24日修订，2018年10月26日修正	主席令第三号
2	《残疾人就业条例》	2007年2月25日	国务院令488号
3	《关于发展残疾人辅助性就业的意见》	2015年6月29日	残联发〔2015〕27号
4	《残疾人就业保障金征收使用管理办法》	2015年9月9日	财税〔2015〕72号
5	《关于促进残疾人就业增值税优惠政策的通知》	2016年5月5日	财税〔2016〕52号
6	《促进残疾人就业增值税优惠政策管理办法》	2016年5月27日	国家税务总局公告2016年第33号
7	《关于扶持残疾人自主就业创业的意见》	2018年1月12日	残联发〔2018〕6号
8	《关于完善残疾人就业保障金制度更好促进残疾人就业的总体方案》	2019年12月27日	发改价格规〔2019〕2015号
9	《“十四五”残疾人保障和发展规划》	2021年7月8日	国发〔2021〕10号
10	《机关、事业单位、国有企业带头安排残疾人就业办法》	2021年10月12日	残联发〔2021〕51号
11	《“十四五”农村困难残疾人实用技术培训项目实施方案》	2021年	残联厅函〔2021〕290号
12	《“十四五”残疾人职业技能提升计划》	2022年2月15日	（未单独编制文号）
13	《促进残疾人就业三年行动方案（2022—2024年）》	2022年3月25日	国办发〔2022〕6号
14	《促进残疾人就业三年行动方案（2025—2027年）》	2025年6月30日	国办发〔2025〕23号

二、残疾人就业面临的问题

（一）职业技能培训针对性不强，与市场需求存在结构性错配

职业技能培训是提升残疾人就业竞争力的关键环节，但当前培训工作在质量和精准性上仍存在明显不足。从基础设施来看，绝大多数地区尚未建立起专门面向残疾人的职业培训基地，现有的培训资源主要依托于特殊教育学校附带开展的就业技能培训。然而，这类培训在师资力量、专业设置等方面存在明显局限，一方面专业教师数量不足，难以满足多样化教学需求，另一方面培训专业面较为狭窄，往往集中在少数传统领域，难以覆盖不同残疾类型、不同就业方向的实际需要。与此同时，针对残疾人特点设计的职业教育体系和技能资格考试认证制度也相对滞后，缺乏与不同残疾类别、不同能力水平相匹配的分类分级标准。上述因素共同作用，导致能够真正参与系统化职业技能培训的残疾人比例长期处于较低水平。涂斌^[5]等研究发现，农村困难残疾人实用技术培训人数从50.9万人下降至25.9万人，降幅达49.1%，培训内容以传统种植养殖技术为主，与电商、数字农业等新兴就业形态需求严重脱节，折射出政策工具选择与残疾人实际就业需求之间的错配。

（二）用人单位顾虑较多，社会包容度有待提升

用人单位的态度直接影响残疾人就业的实现。具体而言，用人单位安排残疾人就业需要额外付出成本，包括特殊培训、岗位适配性改造、便利设施安装及专人照顾等。不仅如此，由于全社会无障碍设施建设和助残服务尚不完善，许多问题仅靠用人单位一己之力往往难以在短期内解决，这使得部分企业宁愿缴纳残疾人就业保障金，也不愿安排残疾人就业。龚燕^[7]对雇主的调查显示，有76%的雇主认为对残疾人的工作条件需要高度负责，直观认为雇佣残疾人会增加成本。这种成本顾虑与社会偏见相互叠加，使残疾人进入主流劳动力市场面临双重障碍。此外，部分用人单位对残疾人的劳动能力仍存在较为普遍的刻板印象，认为其工作效率偏低、日常管理难度较大，甚至担心接纳残疾人就业会影响团队的整体形象与工作氛围。这种认知偏差的形成，与当前社会层面关于残疾人就业成功案例的宣传力度不足密切相关。由于缺乏足够多的正面典型和可借鉴经验，企业之间也难以形成有效的示范带动效应，使得许多用人单位在吸纳残疾人就业问题上长期处于观望状态。上述因素相互叠加，共同导致残疾人在求职过程中面临就业机会受限、所能获得的岗位层次偏低等困境。

（三）残疾人自身能力制约，就业动力不足

全国8500万残疾人中，15岁及以上残疾人文盲人口达3591万人，文盲率为43.29%；小学毕业人数占比31.07%，高中以上学历的残疾人占比不足5%。低学历导致职业技能匮乏，进而使残疾人可选择的工作岗位范围极为狭窄。冯杰等^[6]指出，人力资本的严重不足使残疾人在劳动力市场竞争中长期处于不利地位。与此同时，部分残疾人存在“等、靠、要”的依赖思想，没有形成积极的就业观念^[7]。这种观念的形成有多重原因：一方面，家庭与社会长期以来对残疾人往往采取过度保护的态度，出发点虽是善意，却在客观上削弱了残疾人独立参与社会劳动的意识与能力，

使部分残疾人习惯于依赖外部支持而非主动争取就业机会。另一方面，残疾人获取就业信息的渠道相对有限，加之身边缺乏可参照的成功榜样，也在很大程度上削弱了其主动求职的内在动力。除此之外，现有的职业技能培训与劳动力市场的实际需求之间存在明显脱节，许多残疾人参加培训后仍然难以实现有效就业，这种培训与就业之间的断裂进一步打击了他们提升技能的积极性。综合来看，残疾人不仅面临客观的能力短板，更在主观上受到就业意愿不足、就业信心缺乏等内在因素的制约。因此，要真正推动残疾人就业，既要提升其技能水平，也需要从观念引导和心理支持入手，激发其主动参与就业的动力。

三、完善残疾人就业支持的对策建议

（一）提升职业技能培训的精准性

残疾人职业培训的发展应该向精准、更具个性化的服务模式。这意味着培训不能采取一刀切的方式，而是需要针对不同残疾类型、不同能力水平的特点，设计出各有侧重的培养方案。具体而言，培训内容既要帮助残疾人掌握岗位所需的硬技能，如设备操作、软件使用等，也要注重培养其正确的就业观念、沟通能力和团队协作意识等软实力。只有将硬技能与软实力有机结合，培训的实际效果才能得到保障。

与此同时，职业培训还需要紧跟数字经济的发展趋势。当前大量工作岗位可以通过网络远程完成，这为残疾人就业创造了新的机会。应当积极开发适合残疾人参与的数字化培训项目，例如电商运营、在线客服、数据标注等，帮助他们跨越数字门槛，真正享受到信息化发展所带来的就业红利。数字化培训不仅降低了残疾人参与工作的物理障碍，也拓宽了其职业选择的空间。

此外，补贴政策的落实同样至关重要。无论残疾人在户籍地、常住地还是求职地参加培训，都应当平等享受相应的培训补贴。灵活就业和自主创业的残疾人群体，也应被纳入补贴覆盖范围。只有通过完善补贴机制，鼓励更多残疾人主动参加培训、真正学有所获，从而提高培训成果向实际就业的转化效率，使职业培训真正成为推动残疾人就业的有力支撑。

（二）营造包容就业文化

要进一步落实好面向用人单位的税收优惠、社保减免和岗位补贴。政府可以针对企业为安置残疾人进行的无障碍改造、专项培训等实际支出，给予针对性的补助，帮助企业降低雇用残疾人的综合成本。让雇用残疾人成为企业主动愿意做的选择，而不是觉得是一种负担。同时建立专业的雇主支持体系。残联和社会组织可以为用人单位提供招聘对接、工作场所改造咨询等服务，帮助企业解决最初雇用残疾人时的实际顾虑，让企业知道该怎么做、从哪里入手。在企业/机构的就业观念上，加强面向全社会的宣传倡导。通过报道真实、鲜活的成功案例，开展企业社会责任评选等活动，逐步营造一个理解、尊重、支持残疾人就业的社会氛围。要传递一个核心理念：促进残疾人就业，不仅仅是企业应尽的义务，更是全社会共同的职责。只有当制度保障、专业服务与社会观念形成合力，才能真正消除雇佣偏见，推动形成更加包容

的就业环境。

（三）加强就业激励，激发残疾人的就业动力

在促进残疾人就业中，心理支持服务是不可或缺的环节。部分残疾人由于长期受外部环境及自身经历影响，容易形成自卑心理与自我设限，从而削弱其主动参与就业的意愿。因此，有必要将职业心理辅导系统纳入残疾人就业服务体系，协助具备就业能力的残疾人克服心理障碍，培育自立自强的就业意识。对于教育基础较为薄弱的群体，则需进一步加大残疾人教育投入，推动特殊教育与职业教育之间的有效转衔，从源头上提升残疾人的人力资本水平。此外，可探索建立残疾人就业奖励机制，对实现稳定就业的残疾人给予适当补贴或表彰，通过榜样示范效应激发更广泛残疾人群体的就业动力。针对部分残疾人中存在的等、靠、要等被动就业思想，应借助社区宣传、典型案例分享以及同伴教育等方式，逐步引导其转变就业观念，增强主动参与就业的内在动力。

（四）健全残疾人就业服务网络，推动供需精准对接

提高残疾人就业服务信息的触达，为残疾及相关用人单位提供有效的岗位信息和对接渠道十分关键。应当建立覆盖城乡、分层分类的残疾人就业服务网络。市级层面可依托公共服务机构设立残疾人就业服务专窗或专区，配备熟悉残疾人特点的专业人员；在县区 and 街道层面，应将就业服务延伸至社区残疾人联合会和基层服务站点。同时充分利用信息化手段，建设或整合残疾人就业信息平台，实现残疾人求职信息、技能水平、就业意向与用人单位岗位需求的智能匹配。平台可引入远程面试、岗位试用等功能，降低残疾人求职的交通和时间成本。此外，应加强就业服务与职业培训、心理辅导之间的衔接，为每一位有就业意愿的残疾人建立服务档案，提供从需求评估、培训推荐、岗位对接到入职跟踪的全流程服务。

（五）拓展农村残疾人就业渠道，推动特色化就业

农村残疾人占残疾人总数的大部分，且受制于交通不便、服务资源匮乏、产业发展滞后等因素，就业难度更大。当前农村残疾人实用技术培训仍以传统种植养殖为主，与现代农业、乡村旅游、电商等新业态融合不足。因此，应因地制宜拓展农村残疾人就业渠道。一方面，依托当地特色农业、手工业、农产品加工业，建立残疾人就业帮扶基地，为残疾人提供就近就便的就业岗位。另一方面，积极开发适合农村残疾人的公益性岗位，如图书管理、残疾人专职委员等，安排困难残疾人上岗。同时助农村残疾人掌握直播带货、农产品线上销售等技能，让农村残疾人在家门口实现稳定增收和体面就业。

四、小结

就业是残疾人融入社会、实现自身价值、共享发展成果的重要途径。当前，我国残疾人就业支持政策不断完善，就业人数也在持续增加，但仍然存在一些突出问题，比如就业质量整体偏低，很多人从事的是临时性、低收入的岗位，服务供给与实际需求之间也常有错位，培训内容与岗位要求脱节的情况并不少见。

要让残疾人就业从过去的庇护性保护转向真正的融合发展，关键是要帮助残疾人从被动接受保障走向主动参与社会。这需要政府、用人单位、社会组织以及残疾人自身等多方共同努力，在政策落实、岗位开发、服务对接和社会观念等方面持续推进，才能构建一个更加公平、包容、可持续的残疾人就业支持环境。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家统计局，中国残疾人联合会．中国残疾人事业统计年鉴2023[M]．北京：中国统计出版社，2023．

[2] 国务院办公厅．国务院办公厅关于印发《促进残疾人就业三年行动方案（2025—2027年）》的通知：国办发〔2025〕23号[A/OL]．(2025-06-30)[2026-03-20]．https://www.gov.cn/zhengce/content/2025-06/30/content_5684090.htm．

[3] 聂慎海，包学雄．我国残疾人按比例就业制度的法律保护现状与对策[J]．现代特殊教育，2022，(06)：29-33．

[4] 梁士坤．残疾人就业保障金政策的制度创新、现实困境及其发展方向[J]．理论月刊，2016，(05)：148-152．

[5] 涂斌，陈思．政策一实践一效果”：中国农村残疾人就业支持服务体系有效性研究[J]．新经济，2025（8）：100-114．

[6] 冯杰，郭洪森．共同富裕视角下我国残疾人就业保障问题研究[J]．长沙民政职业技术学院学报，2022（2）：1-7．

[7] 党敏恺，龙梅．残疾人就业现状及对策建议[J]．新西部，2024（4）：168-170．

多重身份视域下韩寒赛车电影的影像叙事研究

崔耀中

南京传媒学院, 江苏 南京 210000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090035

摘 要：韩寒作为导演、作家、职业赛车手的多重身份，使他的电影创作具有了特别的叙事特点。本文从多重身份的视角出发，以韩寒执导的赛车题材电影为研究对象，分析其身份叠合对影像叙事的影响。研究赛车手身份给电影带来身体感知的运动影像，作家身份怎样构建反叛与成长并置的叙事结构，导演身份怎样实现类型惯例的作者化改写。本文通过文本细读和身份理论分析，揭示了韩寒电影中多重身份互文性叙事策略，也揭示了韩寒电影中多重身份互文性叙事策略所折射出的中国当代青年文化症候。研究认为，韩寒赛车电影的叙事特征本质上是其多重身份在电影媒介中协商、投射的结果，给理解作者电影与身份认同的关系提供了一个典型案例。

关 键 词：韩寒；赛车电影；多重身份；影像叙事；作者电影

Research on the Visual Narrative of Han Han's Racing Films from the Perspective of Multiple Identities

Cui Yaozhong

Communication University of China, Nanjing, Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract：As a director, writer and professional racing driver, Han Han's multiple identities have endowed his film creation with distinctive narrative characteristics. From the perspective of multiple identities, this paper takes Han Han's racing-themed films as the research object and analyzes the influence of his overlapping identities on visual narration. It explores how the identity of a racing driver brings kinesthetic moving images to the films, how the identity of a writer constructs a narrative structure juxtaposing rebellion and growth, and how the identity of a director realizes the auteurist rewriting of genre conventions. Through close reading of texts and analysis of identity theory, this paper reveals the intertextual narrative strategy of multiple identities in Han Han's films, as well as the symptoms of contemporary Chinese youth culture reflected by such a strategy. The study holds that the narrative characteristics of Han Han's racing films are essentially the result of the negotiation and projection of his multiple identities in the film medium, providing a typical case for understanding the relationship between auteur films and identity.

Keywords：Han Han; racing films; multiple identities; visual narration; auteur films

韩寒从作家、赛车手到电影导演之后，多重身份的叠加使其电影创作成为当代文化研究的样本。赛车题材电影是其导演生涯的主要序列，它既表现了运动影像的特殊美学，又体现了其身份认同的多重投射。现有的研究大多集中在导演身份或者文本主题上，很少有从多重身份叠合的角度对它的影像叙事机制进行系统分析的研究成果。本文试图填补这一研究空白，研究韩寒的作家、赛车手、导演三重身份怎样共同作用于其赛车电影的叙事建构。

一、身份叠合：韩寒赛车电影的作者语境

（一）作家身份与叙事话语的文学基因

韩寒的创作生涯是从作家开始的。1999年他以《杯中窥人》获得首届全国新概念作文比赛一等奖，次年出版的长篇小说《三重门》成为中国青春文学现象级作品。作家身份给他的不单是语言的敏感，更是一种观察世界、结构故事的基本思维模式。反讽、解构、对成长主题的执着追问，这些文学基因在他后来的电

影创作中一直存在，而且是以一种隐秘而顽强的方式渗透到叙事话语的肌理里。

文学基因在台词的修辞密度和反讽语调上有所体现。不同于常规商业片中功能性的对白，韩寒电影中的人物语言具有很强的自反性以及间离效果。张弛在禁赛五年后重返赛场，面对年轻对手林臻东的“优势”，他冷静地自嘲道：“当一个人对自己失去信心的时候，他才是真的过时了。”这类台词既是叙事推进的手段，又是作家式的人生注脚。其次，从叙事结构上来说，韩寒延

续了其小说里经常出现的环形闭合、宿命回响的手法。飞驰人生结局张弛冲过终点后失控坠海，不是线性的胜利，而是一个开放性的哲学谜题，事件的意义是通过未完成来建构的。

（二）职业赛车手与身体经验的影像转化

作家身份之后，韩寒走上了职业赛车手的道路。自2003年进入赛车圈以后，韩寒先后获得2009年中国汽车拉力锦标赛（CRC）N组年度总冠军、2012年CRC中国汽车拉力锦标赛和中国房车锦标赛（CTCC）双料年度总冠军。职业赛车手的身份使他获得了普通导演所无法达到的身体体验和空间感知方式。这并不是简单的知识积累，而是内化为一种具身化的认知图式，深深地影响着赛车电影的影像表达。

赛车在飞驰人生系列中既是叙事的道具，又是被赋予生命体征的“角色”。韩寒大量使用驾驶舱主观视点、引擎盖低角度机位、轮胎摩擦地面的微观特写，这些镜头语言不是形式主义的炫技，而是赛车手在高速运动中形成的视觉记忆和身体节奏的影像转化。弯道超车时车手视线轨迹、换挡时手臂肌肉的瞬时反应、刹车点选择的预判逻辑等常人难以察觉的细节，被准确地转化为视听节奏。

二、叙事结构：作家身份与文本策略的互文

（一）反叛姿态与成长主题的叙事并置

韩寒的作家身份给他的电影带来了一种独特的叙事张力，反叛姿态和成长主题不是线性递进的，而是持续并置、相互消解的。这源于其小说里常见的“青春叛逆”和“成年规训”的对位法。

以《飞驰人生》系列为例，主人公张弛的处境本身就是一种反讽性的反转，曾经的拉力赛五冠王因为非法飙车被禁赛五年，成为炒饭摊主。这一设定消解了传统赛车英雄的完美光环，使反叛不再是无因的青春躁动，而是成年人在规则与欲望之间真实挣扎的缩影。张弛对赛车的执念既是反叛命运的出口，又是笨拙而深沉的父爱的表达——他试图通过重返赛场来挽回儿子心目中的形象。反叛与成长在这里不是先后关系，而是同一枚硬币的两面，重返赛场是对禁赛规则的反叛，为了儿子和尊严而战，是历经沧桑后的成长。

（二）冷峻幽默与情感表达的距离控制

韩寒的冷峻幽默本质上就是一种叙事距离的控制，是作家语言节制感的影像转化。不同于喜剧导演对于情感宣泄的追求，韩寒在情感高潮处会插入反讽台词或者荒诞情境，有意制造出出戏的效果。

在飞驰人生系列中，张弛冲向终点的时候，影片并没有陷入煽情。相反，当赛车失控飞向天空的时候，画面转到对手林臻东的错愕表情，紧接着是一句冷静的旁白或者角色间的冷幽默对话，把即将喷薄而出的情感悬置起来。距离控制使情感表达不致于滥情，留下文学式的留白。幽默本身也成为情感的防御机制，张弛用各种玩笑来掩饰复出之路的窘迫和心酸，正如韩寒在小说中用反讽来包裹真诚。双重距离是作家型导演独有的叙事标志，也

使《飞驰人生》系列在欢笑之余，始终留有一丝挥之不去的忧伤底色。

（三）代际冲突与父权秩序的叙事解构

代际冲突是韩寒不断书写的主题，但他的处理方式并非简单的子代反抗父代，而是一种作家式的解构。他在《飞驰人生》系列中把代际关系的探讨置于赛车这个极限场域里重新定义。

张弛与儿子张飞（非亲生，却胜似亲生）的关系是影片的情感内核。张弛对于“好父亲”身份的焦虑表演，恰恰是对传统父权绝对权威的解构——父爱不再是与生俱来的天然正确，而是一个需要不断争取、随时可能失败的身份实践。他因非法飙车失去了一切，却拼命想在儿子面前证明自己是一个英雄。这个失败的父亲形象，打破了传统叙事中父亲作为规则制定者的刻板印象。

三、运动影像：赛车手身份与身体叙事的建构

（一）速度节奏与运动时间的影像呈现

职业赛车手的训练使韩寒对速度节奏的把握不是来自于导演教科书的构图法则，而是来自于对时间压缩的本能感受。赛车手在认知中，速度不是恒定的物理量，它会随着赛道曲率、抓地力、心理状态的起伏而变化。韩寒把这种感知逻辑变成影像的时间语法。

在飞驰人生系列中，直道加速段用连续的长镜头和稳定的跟拍来营造时间绵延的流畅感；弯道攻防时用快速跳切和变速升格，把一秒拆解成多个微观时刻——轮胎尖叫、方向盘修正、对手车身的挤压。节奏的断裂对应着车手在极限状态下时间膨胀的心理体验。

（二）机械互动与身体延伸的空间关系

韩寒的赛车电影里，赛车与车手的关系不再是“人一工具”的主客二元对立，而是身体延伸的现象学具身化。职业赛车手的训练使方向盘、换挡杆、踏板不再是外部装置，而是身体图式的有机部分——车手通过座椅震动感知抓地力，通过方向盘回馈判断路面纹理。

韩寒用镜头语言把这种延伸关系具体化，大量的特写表现手和方向盘之间不需要视觉确认的默契配合，声效设计中引擎转速的声波和心跳节奏重叠剪辑，把机械声变成身体脉动的外化。韩寒在空间呈现上打破了传统赛车片中驾驶舱和赛道的内外对立，形成了身体、机械、道路的连接感。

四、类型改写：导演身份与作者策略的协商

（一）赛车类型的作者化改写策略

韩寒作为导演，对赛车类型片进行了系统的作者化改写，其主要策略可以概括为“类型规约的悬置与重置”。传统赛车类型片有明确的英雄叙事结构，主角要经历挫折、战胜对手、赢得胜利。韩寒把闭环打乱，把终点变成开放的哲学谜题。

张弛冲线之后失控坠海，这不是胜利，也不是失败，而是对“胜利”本身的质疑。影片重新确定了冲突的焦点，对手不再是反

派车手，而是时间（五年禁赛造成的职业生涯断层）、规则（严苛的赛制和资金限制）、自身极限（中年身体的衰退和意志的角力）。飞驰人生2继续了这一策略，张驰的复出不再是去打败某个具体的敌人，而是去和过去的自己和解。重置类型冲突焦点之后，赛车电影就从竞技片升格为存在主义寓言。

（二）类型元素与个人表达的融合路径

韩寒把赛车、喜剧、怀旧音乐等类型元素变成个人表达的载体。赛车场景既是速度的奇观，又是本真生命哲学的展演，冷幽默台词既是逗笑的手段，又是作家式反讽的距离控制。

《飞驰人生》系列里反复出现的 Beyond 乐队《光辉岁月》，不但是背景音乐，更是一个代际记忆和精神宣言的叙事锚点，那句“风雨中抱紧自由”和张驰的命运形成互文，把个人奋斗嵌入一代人的集体情感结构之中。喜剧元素的加入也有个人色彩，叶经理从《飞驰人生》里的温情领路人到《飞驰人生2》里的为利益不择手段的对手，角色的反本身就带有强烈的作者式批判。韩寒的融合路径可以概括为用类型材料来搭建私人寓言。每一个类型元素都被重新编码，服务于他对自由、宿命、自我、和解等一贯主题的追问，在商业类型片中留下鲜明的作者指纹。

（三）商业类型与作者电影的平衡机制

韩寒的导演身份使他在商业回报和作者表达之间找到一个动态的平衡。他用表层类型、内层作者的嵌套结构来完成商业卖点的表层呈现和存在主义追问、反讽叙事、开放结局的内层植入。平衡的关键在于“类型满足的延迟与变形”——观众获得竞技快感，但是被导向非传统的结局；笑点密集，但是笑声之后留有余味。避免了纯作者电影的小众困境，也拒绝了商业片的彻底妥协，使韩寒在产业体系中保持相对的作者自主性，形成其独特的“中间姿态”。

五、文化症候：多重身份与时代精神的互构

（一）青年文化身份在影像中的投射

韩寒作为“80后”代表人物，其多重身份本身是青年亚文化

进入主流视野的标本。赛车电影里反复出现的“小镇青年逆袭”叙事，并不是孤立的个人怀旧，而是代代人从边缘走向中心的文化寓言。张弛、徐太浪等主人公身上既有理想主义的执拗，又有现实的挫败感，这是转型期中国青年文化身份的典型症候，即既想冲破阶层固化赛道，又对成功学保持反讽距离。赛车成了青年身份焦虑的速度化转喻，每一次加速都是对“我是谁”的追问。

（二）精英与大众身份之间的叙事协商

韩寒的作家身份赋予他精英式的文化资本，赛车手和导演的身份要求他面对大众市场。张力在电影里表现为一种叙事协商策略，影片既有智性密度较高的冷幽默台词（精英编码），又有通俗易懂的喜剧桥段和燃情场面（大众编码）。更重要的是，叙事视角常常在精英反讽和大众共情之间来回摇摆，《飞驰人生》中韩寒既用俯视的视角来批判竞技体育的虚妄，又用平视的镜头来关注张驰为梦想付出的肉身代价。

（三）个体表达与时代精神的互文关系

韩寒的赛车电影不是封闭的个人表达，而是和时代精神有着深刻的互文关系。影片中“热血逆袭”的表层叙事符合中国社会对于“奋斗”“梦想”的主流召唤，而结局的虚无与反讽（冲线后的坠落、胜利后的迷失）则暗合了后现代语境下对成功叙事的祛魅。双重书写是韩寒这一代文化生产者的典型姿态，既不能完全认同主流价值，也不能完全脱离市场逻辑。

结束语：韩寒赛车电影的影像叙事，是作家、赛车手、导演多重身份在电影媒介上的协商与投射。赛车手身份赋予其影像以身体感知的运动质感，作家身份带来叙事结构的文学基因和主题表达的自觉，导演身份实现了类型惯例的作者化改写和商业表达的个人化融合。三重身份的叠加使韩寒的赛车电影不同于其他作者导演的叙事特点，也使其成为研究多重身份与作者电影关系的样本。

参考文献

- [1] 徐艺璇. 自我阐释、类型交织与符码链接——韩寒电影中“车”叙事研究. 电影研究, 2024, (07): 104-106.
- [2] 李昕婕. 《飞驰人生2》：中国式“作家电影”与赛车喜剧类型论. 艺苑, 2024, (02): 13-18.
- [3] 石田宇, 孟威. 《飞驰人生》系列电影：“中”式赛车电影的奇观塑造与深邃内涵. 电影评介, 2024, (07): 50-55.

整合营销视角下连南瑶族民宿营销策略研究

肖荆, 黄晨薇, 黄佩铃

湛江科技学院 管理学院, 广东 湛江 524000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090038

摘 要 : 本研究以连南瑶族民宿为研究对象, 基于整合营销理论分析在基础设施建设、服务标准化程度、文化资源转化能力及市场竞争格局等方面的发展现状, 发现连南瑶族民宿的营销环节存在品牌辨识度较低、市场定位模糊、数字化渠道整合滞后及文化体验同质化等问题。基于整合营销传播理论, 从文化、产品、渠道、用户四个方面提出营销优化建议, 提出了塑造品牌文化 IP、客群分层定位、线上线下渠道协同及非遗活化体验设计等创新路径。本文对连南瑶族民宿的研究结果和建议, 希望能提升其核心竞争力和突破营销困难, 为民族地区民宿产业未来发展提供参考价值。

关 键 词 : 营销策略; 整合营销理论; 连南瑶族民宿

Research on the Marketing Strategy of Liannan Yao Ethnic Minority Homestays from the Perspective of Integrated Marketing

Xiao Jing, Huang Chenwei, Huang Peiling

School of Management, Zhanjiang University of Science and Technology, Zhanjiang, Guangdong 524000

Abstract : Taking Liannan Yao ethnic minority homestays as the research object, this study analyzes their development status in terms of infrastructure construction, service standardization level, cultural resource transformation capacity and market competition pattern based on the integrated marketing theory. It is found that the marketing links of Liannan Yao homestays face problems such as low brand recognition, vague market positioning, lagging digital channel integration and homogenized cultural experiences. Based on the integrated marketing communication theory, this paper puts forward marketing optimization suggestions from four aspects: culture, product, channel and user, and proposes innovative paths including shaping brand cultural IP, hierarchical positioning of customer groups, online-offline channel synergy and intangible cultural heritage (ICH) living experience design. The research results and suggestions of this paper are expected to enhance the core competitiveness of Liannan Yao homestays, help them break through marketing difficulties, and provide reference value for the future development of the homestay industry in ethnic minority areas.

Keywords : marketing strategy; integrated marketing theory; Liannan Yao ethnic minority homestays

引言

随着旅游市场的不断成熟、发展以及消费的升级, 我们正在从物质消费转向更深层次的文化消费, 传统酒店住宿业已经难以满足消费者对个性化产品多样化的强烈消费需求, 同时旅游者越来越追求个性化的旅游品牌和高品质的旅游服务体验。民族特色民宿作为一种深度体验当地文化和生活方式的旅游住宿形式^[1], 逐渐成为热门选择。连南瑶族自治县推出“一寨一韵”概念, 以不同瑶寨具有代表性的民族文化、民俗活动和自然景观, 打造独具特色的民族风情体验。目前连南瑶族民宿面临着数字化营销滞后、同质化竞争严重等挑战, 如何加强品牌建设和营销策略优化工作成为其可持续发展的重要出路。本研究以连南瑶族民宿为对象, 在整合营销理论的基础下提出品牌建设、文化融合、多渠道营销等策略。

整合营销传播源于美国, 1989 年美国广告公司协会提出第一个整合营销即通过评估和使用广告、直接邮寄、人员推销和公共关系等传播手段的战略规则, 来提供明确的、一致的和最大的传播效果^[3]。传播的定义, IMC 是一个营销传播计划概念, 它认可企业通过完整的营销传播计划所带来的增加值。整合营销传播是面向现有及潜在的消费者, 通过传播手段对外形成统一的、一体化的传播活动和形象整合, 达成传播的综合效应, 并与消费者建立相应的联系和促使其做出相应行为的营销活动^[3]。笔者认为整合营销不在于单一维度的优化, 而在于让文化成为产品的故事内核, 让产品成为渠道的传播素材, 让渠道成为用户关系的连接节点, 最终使品牌认知在消费者心中形成统一、持续、可累积的印象。

项目信息: “攀登计划”湛江科技学院大学生科技创新培育专项资金项目, 2025ZKGLDC06X, 湛江科技学院大学生创新创业训练计划项目, 连南瑶族文化活态传承与乡村振兴的创新路径: 基于南岗千年瑶寨民宿改造的应用型实践研究。

一、连南瑶族民宿发展现状

（一）连南瑶族民宿发展概况

近年来，连南瑶族自治县县委、县政府坚持生态立县的发展战略，探索“生态+文旅”的模式，深入挖掘当地旅游资源，主要以景区提升带动周边区域和沿线旅游发展，大力推进村庄人居环境整治。政府大力发展乡村旅游、非遗研学等文旅项目，乡村民宿、非遗手工艺文创等产业，文旅特色产业蓬勃兴起。早几年主要依靠的是千年瑶寨景区带动民宿的发展，村民把自家老房子改造接待游客，到2022年景区已有90多家民宿。但目前连南瑶族民宿缺乏统一的品牌核心理念和价值主张，各民宿经营主体以自行经营为主，未能形成“一个声音”的品牌传播凝聚力。

（二）连南瑶族民宿的游客特征

1. 游客特征

问卷的描述性统计分析显示，受访者以女性为主，21~25岁年龄段占比最高，女性和年轻人是比较愿意与社交分享习惯，具有较强的文化消费意愿，构成民宿非遗体验的主要核心目标客群。

表 1 性别统计表

性别	频率	百分比
男	75	37.1
女	127	62.9
总计	202	100.0

表 2 年龄分布表

年龄	频率	百分比
15~20	73	36.1
15岁以下	2	1.0
21~25	83	41.1
26~30	21	10.4
31~40	9	4.5
41~50	11	5.4
51~60	1	0.5
60以上	2	1.0
总计	202	100.0

2. 游客喜好

受访者对特色主题民宿表现出兴趣较高，且愿意参与游戏互动，与伴侣体验瑶族婚俗活动。在团体活动偏好中，篝火晚会占比最高。这说明游客倾向于选择具有明确文化故事载体、互动参与性强的差异化产品体验。

3. 游客认知

问卷调查显示，受访者对排瑶文化“非常了解”的比例不高，反映出潜在游客的文化认知基础薄弱，难以自发形成明确的文化消费动机。

4. 游客需求

问卷数据显示消费者对互动体验型产品有强烈需求，“文化体

验活动丰富”是受访者选择最多的选项，游客渴望沉浸式、互动性文化体验，期待民宿提供更具参与感的非遗活动，而非静态的文化展示，同时游客普遍认为互联网才是最有效传播渠道。

5. 游客细分

为深入识别连南瑶族民宿的潜在目标客群，本研究采用K-Means聚类分析方法，选取“排瑶文化了解程度”“非遗融入民宿的重要性”“额外支付意愿”“传统文化与现代传播技术结合态度”“游戏参与意愿”五个变量，对202名受访者进行市场细分。数据经过标准化处理，最终确定3个最优聚类，各聚类样本量分别为81、81、40，占总样本的40.1%、40.1%、19.8%。

聚类1属于价格敏感观望型，该群体对排瑶文化仅停留在表面，对非遗融入民宿的重要性评价一般，仅愿意支付10%以内的额外费用。他们价格敏感，文化消费动力不足，但普遍愿意参与小游戏。此类游客多为初次或偶尔入住民宿的年轻学生，需要以低门槛、趣味性活动激发兴趣。

聚类2属于文化认同潜力型，该群体文化了解程度同样为“听说过”，但高度认可非遗融入民宿的重要性，愿意支付10%~50%的额外费用。他们具有较强的文化消费意愿，但实际认知尚浅，是可通过文化传播和教育转化的高潜力客群。以高学历年轻女性、情侣为主，偏爱参与性强的活动例如篝火晚会、长鼓舞等。

聚类3是文化深度热衷型，该群体对排瑶文化“非常了解”，非常看重非遗融入，愿意支付10%~50%的溢价。他们是民宿的核心重度用户，对文化体验的原真性和深度有更高要求，期待沉浸式、个性化的非遗活动，如瑶绣手工艺、瑶浴理疗。

表 3 最终聚类中心

变量	聚类1(N=81)	聚类2(N=81)	聚类3(N=40)
文化了解程度	听说过	听说过	非常了解
非遗融入重要性	一般	非常重要	非常重要
额外支付意愿	10% 以内	10%~50%	10%~50%
技术结合态度	支持	支持	支持
游戏参与意愿	愿意	愿意	愿意

（三）连南瑶族民宿的发展优势

连南瑶族民宿最核心的优势在于其深厚的瑶族文化底蕴，当地建筑风格都大多保留了排瑶传统的“石土结合”特色，依山而建，不仅具有极强的地域辨识度，也顺应了连南原本的生态环境。消费者大多来源于以珠三角城市，这些城市经济发达，居民消费能力强，而且距离较近，短途旅游成为这些地方居民休闲度假的首选。当前连南瑶族民宿的主要消费群体的消费行为已从单一的住宿需求转向多元化的体验需求。

（四）连南瑶族民宿的发展劣势

当地的民宿多为个体或小规模经营，缺少“用一个声音说话”，存在各方面的不统一、不规范等问题，影响游客的整体体验，造成区域民宿的整体品牌形象存在潜在风险。这使得其在市场推广、品牌建设和渠道拓展上力量分散，难以形成规模效应和

强大品牌合力。

（五）连南瑶族民宿的发展机遇

当前文化和旅游深度融合已经成为了国家战略与消费热点，游客追求有故事、有文化、有互动的深度体验，社交媒体、短视频平台、在线旅游社区等数字化渠道为民宿提供了低成本、高效率的营销触达途径，突破地域限制连接并影响潜在的目标客群。

（六）连南瑶族民宿的发展挑战

民宿行业越来越多市场竞争者，各类型共同着吸引游客的注意力和影响游客的消费预算，市场环境会更复杂。如果缺乏清晰的品牌定位和整合的营销传播，连南瑶族民宿作为一个区域整体，很容易被淹没在大量的旅游产品信息中，难以形成独特而深刻的品牌记忆点。

二、连南瑶族民宿的整合营销传播策略建议

（一）品牌文化 IP

IP 自身有着极强的跨媒介衍生能力^[4]，阿贵哥和沙腰妹是排瑶对未婚男女青年的传统称呼，结合二次元可爱形象，将排瑶文化中的经典人物阿贵哥与沙腰妹进行“萌化”设计，保留阿贵哥与沙腰妹的传统服饰特色。通过与 IP 相关的内容创作、互动活动等方式，品牌可以与消费者产生更深层次的情感共鸣，从而建立起长期稳定的品牌忠诚度。这种情感连接有助于品牌在竞争激烈的市场中脱颖而出，形成独特的品牌形象和品牌价值^[5]。

（二）产品体验差异化

结合聚类分析的三类客群，针对性地满足不同客群需求，南岗千年瑶寨商业化成熟，价格敏感观望型客群的房间设计应遵循“轻文化、重趣味、低成本”原则，通过房间内的软装元素，例如瑶族纹样抱枕、卡通 IP 墙贴，以及游戏互动、知识问答、打卡拍照等，将文化体验转化为游戏化互动。客人完成任务后可兑换低成本文创小奖品，以趣味性激发其对瑶族文化的初步兴趣，为后续转化奠定基础。针对文化认同潜力型客群，推出在空间装饰、软装配色、器物选材等方面系统融入瑶族传统纹样、图腾符号与手工艺元素，使住客从视觉、触觉到嗅觉全方位感知瑶族文化氛围，重点开展长鼓舞教学、瑶绣体验及篝火晚会，满足其强互动与社交需求。针对文化深度热衷型，主推油岭民俗瑶寨的原生态

风貌，提供瑶浴房、瑶绣主题房及非遗研学课程，实现高附加值文化沉浸。通过分层设计与两寨互补，既延续了原有文化资源转化路径，又提升了不同客群的经济贡献与满意度^[6]。

（三）渠道矩阵协同化

利用整合营销传播，品牌可以通过多元渠道广泛触达目标用户，从而提升传播效能^[7]。建立以 OTA 平台为交易基础、抖音和小红书为内容种草、微信社群为用户关系维护的线上渠道矩阵^[8]，利用这些平台，发起相关的话题，鼓励用户参与内容共创，分享在连南瑶族自治县住民宿的体验感受，让文化在互动中“活”起来，吸引更多的潜在消费者，形成从种草到搜索，再到预订和分享的闭环^[9]。线下将民宿本身、当地景区、文化场馆等线下空间，打造为营销体验的重要一部分^[10]。

（四）用户关系长效化

基于兴趣标签建立微信社群，定期分享文化知识、发布活动预告，培养高粘性用户社群。建立长效反馈机制，通过问卷调研、在线评价系统主动收集游客反馈，将建议融入产品改进，让游客感受到尊重与重视，从而建立深层情感连接。

三、结语

本研究在整合营销理论的基础上，从文化、产品、渠道、用户四个方面提出营销优化建议，探讨连南瑶族民宿的营销现状、问题与改进建议，存在着品牌定位、文化转化、渠道整合和用户关系维护方面的有着不足，市场竞争力不够。各民宿经营主体分散，缺乏统一的品牌核心理念与整合营销传播，民宿对小红书、抖音等内容平台缺乏系统性运营，缺少有效的社群运营，难以形成口碑传播和促进新客转化。

本研究提出的解决方案是“文化共鸣、产品价值、渠道协同、用户关系”四大整合营销策略，打造品牌文化 IP，增强辨识度与情感连接，针对不同客群分层匹配体验项目，构建线上线下协同渠道，建立会员制度与长效用户反馈机制。该策略体系不仅丰富了整合营销理论在民族地区文旅融合领域的应用，更提供了具体、可落地的行动方案，对连南瑶族民宿产业转型升级具有直接的实践意义。

参考文献

[1] 李强红. 民族地区旅游民宿可持续发展研究——以甘孜州王母村为例 [J]. 西部旅游, 2024, (10): 42-44.

[2] 徐崑峰. 整合营销传播视域下李宁品牌传播研究 [D]. 贵州民族大学, 2024.DOI: 10.27807/d.cnki.cgzmz.2024.000355.

[3] 骆家宝. 基于整合营销传播理论的茶文化旅游推广策略——以英德市为例 [J]. 广东茶业, 2024, (01): 33-37.

[4] 黄景茵, 张晓刚, 李易苍. 南岗千年瑶寨旅游 IP 建构策略探究 [J]. 创意设计源, 2024, (01): 13-17+29.

[5] 朱玥豪. 文化记忆视域下张家口长城文创 IP 形象设计研究 [D]. 河北建筑工程学院, 2025.DOI: 10.27870/d.cnki.ghbjz.2025.000132.

[6] 夏瑞谦, 范斌, 郝婷. 基于“新旧”共生理念的适老民宿设计研究 [J]. 工业设计, 2026, (04): 79-82.DOI: 10.26920/j.cnki.231516cn.2026.04.042.

[7] 向怀宇. 数字化环境下整合营销传播的一体化协同路径研究 [J]. 营销界, 2025, (22): 28-30.

[8] 马应山. 旅游目的地的整合营销传播研究 [D]. 兰州财经大学, 2025.DOI: 10.27732/d.cnki.gnzsx.2025.000408.

[9] 聂鑫焱. “特色小镇”形象的整合营销传播策略——以乌镇为例 [J]. 青年记者, 2018, (05): 124-125.DOI: 10.15997/j.cnki.qnjz.2018.05.079

[10] 何青君, 张桢, 郭小兰. 数字化背景下“非遗文创+民宿营销”助力乡村振兴的研究——以重庆市江津区旅游民宿为例 [J]. 现代营销, 2025, (24): 110-112.DOI: 10.19921/j.cnki.1009-2994.2025-24-0110-037.

流程型组织在服务行业中的应用研究

林鹏, 胡延新, 牟永欣, 刘宇, 刘晓燕, 陆达

中国华油集团有限公司, 北京 100724

DOI: 10.61369/SSSD.2026090039

摘 要 : 随着市场竞争的加剧和客户需求的多样化, 传统的职能型组织架构在服务行业中逐渐暴露出效率低下、协同不足、客户响应迟缓等问题。流程型组织以客户需求为导向, 通过优化业务流程、打破部门壁垒、提升组织协同效率, 成为服务行业组织变革的重要方向。本文以华油集团试点项目部的流程型组织优化方案为例, 探讨流程型组织在服务行业中的应用价值、实施路径及优化策略, 并结合案例分析其实际效果, 为服务行业企业提供可借鉴的组织变革思路。

关 键 词 : 流程型组织; 服务行业; 客户导向; 组织效率

Research on the Application of Process-Oriented Organization in the Service Industry

Lin Peng, Hu Yanxin, Mou Yongxin, Liu Yu, Liu Xiaoyan, Lu Da

China Huayou Group Co., Ltd., Beijing 100724

Abstract : With the intensification of market competition and the diversification of customer demands, the traditional functional organizational structure has gradually exposed problems such as low efficiency, insufficient collaboration and slow customer response in the service industry. Taking customer needs as the orientation, process-oriented organization has become an important direction of organizational transformation in the service industry by optimizing business processes, breaking departmental barriers and improving organizational collaboration efficiency. Taking the process-oriented organization optimization plan of the pilot project department of Huayou Group as an example, this paper discusses the application value, implementation path and optimization strategy of process-oriented organization in the service industry, analyzes its actual effect combined with the case, and provides referenceable organizational transformation ideas for enterprises in the service industry.

Keywords : process-oriented organization; service industry; customer orientation; organizational efficiency

引言

在服务行业中, 客户满意度是企业核心竞争力的关键指标。传统的职能型组织架构以部门职能为中心, 容易形成“部门墙”, 导致跨部门协作效率低下、客户需求响应滞后。流程型组织 (Process-Oriented Organization) 以业务流程为核心, 强调横向协同和客户导向需求的快速响应, 能够显著提升服务行业的运营效率和客户体验^[1]。

本文以华油集团试点项目部的流程型组织建设实践为例, 表明流程型组织可以在服务行业中具体应用, 探讨其建设方法、实施路径及预期价值, 为同类企业提供参考。

一、流程型组织的理论基础

(一) 流程型组织的定义

流程型组织是一种以业务流程为中心的组织架构模式, 以客户价值创造为目标, 打破传统职能部门之间的界限, 通过横向整合组织资源、明晰流程节点权责、改善流程运行机制来创建起来的一种扁平化的、协同化的组织架构模式。本质就是把企业运营逻辑由“部门职能推动”变为“业务流程推动”, 使所有的组织活动都围绕为客户创造价值这个核心流程开展, 从而实现业务流程的端到端贯通^[2]。其核心特点包括:

客户导向: 所有业务流程的设计以客户需求为出发点。

横向协同: 打破部门壁垒, 强调跨职能团队的协作。

权责明确: 每个流程节点有清晰的职责和绩效标准。

效率优先: 通过流程优化减少冗余环节, 提升响应速度。

(二) 职能型组织与流程型组织的对比

服务行业运作的本质就是经过一系列连续服务环节给客户提供价值体验的过程, 而职能型组织部门割裂的特点和服务业业务特性存在天然的冲突, 流程型组织对组织逻辑的重新塑造使其和服务业发展需求高度契合。两者在组织逻辑、运营模式、客户服务等各方面核心差异主要表现在以下几个方面。

1. 传统职能型组织的弊端

职能型组织把部门作为基本运营单位，各部门有各自不同的职责、考核标准和资源分配体系，这种结构模式在服务行业中所产生的弊端是普遍存在的，并且具有很强的顽固性，已经成为阻碍企业发展的一种主要障碍^[3]。

第一，部门协同效率低。这是由于各职能部门只从自身职能出发，没有建立跨部门合作的动力与保障机制造成的。客户需求要经过多个部门层层协调，反馈时间长。如华油集团本部职能部门之间“各自为战”，客户需求需多部门协调，反馈周期长，项目客户的实际需求要经过市场、运营、行政等部门多次流转才能得到最终的答复，一般需要48小时以上才能得到响应。

第二，客户体验不佳，职能分割导致服务碎片化，客户投诉需辗转多个部门。由于职能割裂，服务流程被人为切割成“碎片化的”服务，使得客户在接受服务过程中需要多次联系不同部门的工作人员，从而造成服务体验不连续、不一致。以客户提出酒店住宿服务问题为例，必须先与前厅部沟通联系，然后前厅部再将信息传递给客房部，当涉及到服务补偿的时候还要再次联络财务部，多次沟通不但会加重客户的成本负担，而且容易激化客户之间的矛盾^[4]。

第三，资源浪费，重复性工作和冗余审批增加运营成本。各个部门之间没有形成有效资源共享的机制，造成很多重复性、冗余的手续，使得企业的运行成本大大增加，同时整体运行效率也受到影响。华油集团各个基层项目部分别从事采购、人事、财务等基础性工作，造成采购成本居高不下，并且占用大量核心运营人力，使基层单位陷入重行政、轻服务的运营困境^[5]。

2. 流程型组织的优势

提升客户响应速度：通过流程整合，缩短服务周期。

增强组织灵活性：快速适应市场变化，如华油集团试点项目部通过增设“OTA运营岗”快速拓展线上渠道。

降低运营成本：减少非增值环节，如将事务性工作集中至区域公司共享。

二、流程型组织在服务行业的应用实践——以华油集团为例

（一）指导思想

坚定华油集团“1245”治企规划，扎实做好“对外对内三服务”，以流程型组织建设为抓手，充分调研行业头部企业，深化业态全面流程对标和组织机构对标，突出以客户为中心，适应专业化发展需求，建立完善与行业规律相统一、与酒店管理实际相匹配的项目组织机构和精干高效的岗位配置规范，牵引带动基层项目构建灵活高效、充满活力的流程型组织，形成项目发展的动力和基础，推动基层不断开创高质量发展新局面。

（二）基本原则

1. 坚持流程先导。坚持以业务决定流程，以流程决定组织，把流程型组织建设作为推动项目组织优化的重要抓手，在系统梳理优化流程的基础上，将流程运行落实到部门和岗位设置，形成

适合流程运行的组织机构。

2. 坚持对标提升。深入对标学习行业头部企业，剖析组织设置逻辑，挖掘业务、流程、组织、机制、赋能放权等方面的短板与差距，在基层项目构建符合行业运行规律的组织机构与运行机制。

3. 坚持功能聚焦。牢固树立“项目是华油集团发展根基”理念，通过赋能放权减负，构建本部及业态两级基层项目发展支撑体系，剥离基层项目非增值业务和职能，让项目轻装上阵，聚焦核心功能谋发展。

（三）工作开展和经验方法

华油集团对标华为铁三角，遵循“战略决定业务，业务决定流程，流程决定组织”主线，在试点建设过程中，提炼总结了流程型组织建设“三阶六步七成果”法，为工作全面推广奠定基础。

1. 三阶段

（1）梳理业务，以公司战略为引领，从客户旅程视角厘清主要业务。公司战略明确了公司的重点业务、发展方向，从而确定了业务的商业模式。商业模式决定了与之匹配的业务运营模式，包括业务价值流、业务能力框架等。业务梳理过程中，华油集团组织专业团队对各基层项目部进行实地调研、与客户交谈、与员工座谈，对酒店运营、物业服务、餐饮服务等主要业务流程节点、客户需求、资源供给、存在问题进行了全面的梳理，从客户需求产生、需求对接、服务提供、服务反馈、服务优化全流程的角度出发，明确了各个业务板块的核心价值创造环节，为之后流程梳理和组织结构设计打下了基础^[6]。

（2）明确流程，以客户需求为导向，根据业务运行梳理流程架构。流程是业务发展的载体，应根据业务需求梳理整个流程，使业务和流程融为一体。同时，要以客户体验牵引流程体系建设，删除冗余的、非增值枝节流程，缩短与客户接触的距离，提高组织整体的响应能力。以客户需求和业务导向为基础，重构企业价值链。在这一环节，华油集团以客户体验为轴心展开流程体系构建工作，重点删去那些没有效率的、不是增值的过程环节，合并那些雷同的部分，把繁杂的审批手续缩减，从而减小与客户的接触距离，改善组织系统整体的反应速度。从客户的需求以及业务方向出发，对企业的价值链进行重组，把各个业务部门的流程纵向合并起来，从而形成完整的流程链条，保证客户的各项需求能够通过流程链条在第一时间得到响应与解决^[7]。

（3）设计组织，以精干高效为原则，根据流程架构梳理对应的部门、部门职责并匹配到具体岗位、岗位职责。组织设计应体现业务流程的要求，与业务流程发展相匹配，按流程角色要求明确组织的责任和权力，避免组织重叠。在组织设计时，华油集团坚持扁平化管理的原则，减少管理层级，合并职能相近的部门，增加与核心流程相匹配的岗位，确定各个部门、各个岗位在流程运行中所承担的角色和职责，使每一个流程节点都有相应的责任主体，每一个部门、每一个岗位都可以在流程体系中找到自己的价值定位，从而达到组织资源与流程运行高效匹配的目的^[8]。

2. 六步骤

从业务出发，建立统一的流程体系，明确流程的分层分级，逐级落实企业的战略规划，最终实现全流程的顺畅运行，而且通过有效执行流程规避风险。

（1）结合战略进行业务分析

业务分析是流程型组织创建的开始，主要是依照企业的发展战略，确定各个业务部门的发展方向，业务范围以及市场定位，并且还要确定客户的需求，从而给流程的设计以及组织的对接提供依据。业务分析要以“战略引领、客户至上、实事求是”为原则，从企业自身业务特点和各子公司实际情况出发来考虑^[9]。例如阳光餐饮公司战略为“一体两翼”即团餐和零售两项业务并行发展，进行业务分析时就要统筹考虑两项业务。华油集团酒店业务发展战略包含酒店项目开发全周期和酒店项目服务运营两项业务，而天坛饭店只涉及酒店项目服务运营业务，分析时应聚焦酒店项目服务运营方面。

（2）设计整体流程架构（一级流程）

一级流程为“链”，即业务价值链，是业务流程的主干，明确了流程类，从客户价值出发，体现了公司的业务模式和价值链特点。例如，天坛饭店1级流程是酒店项目服务运营，以客户住宿体验为中心来建立客户的需求对接、服务供给、服务反馈的完整的业务价值链，为之后的二级、三级流程的设计打下了基础^[10]。

（3）设计二、三级流程

二级流程为“段”，即运作模式流程，是运营模式层面的业务子流程，因业务场景不同而出现差异化。梳理的是流程组，即一个流程组内部的业务运作逻辑是相似的、强相关的。例如，天坛饭店二级流程包括市场营销、住宿服务、在店增值服务、客户问题响应与解决及酒店运营管理。

三级流程为“块”，即业务能力/活动运作模式流程，是为实现运营模式所需要的业务能力与业务活动。它梳理的是被重复执行、逻辑上相互关联的一组业务活动序列，将明确的输入转换成明确的输出，从而实现为客户创造和向客户交付价值（产品和服务）的业务目的。例如，天坛饭店三级流程中，市场营销流程可细分为营销管理、公关管理、收益管理和渠道管理；住宿服务流程可分为预订服务、入住服务、礼宾服务、客房服务和退房服务。

（4）将二、三级流程与部门相匹配，形成部门职责

二、三级流程设计完成后，要根据流程运行的需求和价值创造的功能，把流程同企业的部门进行精准地匹配，确定出每个部门所对应的流程及主要职责，达到“流程到部门、职责到岗位”的精准对接。部门职责的确定要遵循“流程导向、权责对等、精干高效”的准则，保证各个部门的职责同流程运作相契合，不能出现部门职责和流程需求不一致的情况。

例如，天坛饭店市场营销二级流程对应部门就是市场营销部，主要职责是通过负责销售工作，为酒店招揽客源，创造经济效益；负责公关工作，树立酒店形象，创造社会效益；负责客户满意度改善、OTA等销售渠道运营；负责收益管理，实现酒店收益最大化。各个职责同市场营销流程的每一个三级环节一一对应

起来，使得流程运行同部门工作紧密贴合。

（5）将三、四级流程与岗位相匹配

四级流程为“线”，即 workflow，梳理的是子流程，是流程的一种，是一个更大流程的一部分。一般会用流程图和流程说明文件来呈现。以酒店大客户开发与销售流程为例，流程图和流程说明文件。根据流程运行，可知大客户开发与销售匹配岗位为销售经理，职责是开展市场分析并收集客户需求信息，了解客户信息并作出判断是否为有潜力的客户，拜访客户并建立联系，通过洽谈促成合作，签订合同。

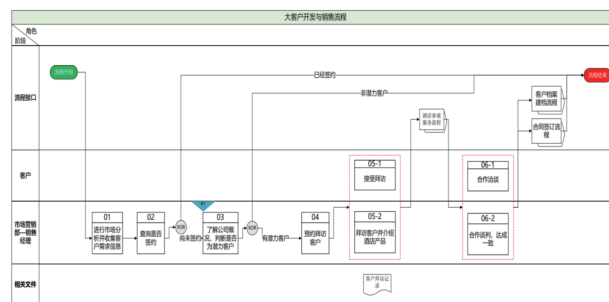


图1：大客户开发与销售流程图

流程图是流程运行的最直观表达，理清了流程运行的轨迹，明确主要角色、流程上下游接口及输出文件等关键要素。

流程说明文件是对流程图的说明书，明确了该流程在整个流程体系中的坐标，它的上下游流程及接口，也会明确该流程涉及的岗位和职责、绩效考核指标、风险控制点、配套支持文件等内容。

（6）梳理部门职责和岗位职责

通过流程层层分解，明确部门、岗位设置及职责后，要结合行业头部企业对标，再次从客户需求角度重新审视整个流程，进一步优化完善部门职责和岗位职责。这一环节属于流程型组织创建的关键闭环，其关键之处在于借助“回头看”这种做法来识别出流程规划、组织契合、责任划定等环节出现的问题及其缺失情况，进而迅速作出改良，从而保证部门职责及岗位职责具备科学性、合理性以及可行性。在梳理优化过程中，华油集团主要从三个角度入手，即职责和流程运行的匹配性检查、职责客户导向的检查、职责精简高效的检查。经过多方视角的观察和改善之后才有了科学有效的部门职责体系以及岗位职责体系。

3. 七成果

三阶六步的实施过程就是层层产生成果的过程，每一个阶段、每一个步骤的结束都会产生一个成果文件，成果文件成了流程型组织创建的重要载体，也是后续流程运行及组织管理的主要依靠。三阶六步完成后，输出成果有七个。

（1）业务架构图，是结合战略进行业务分析的输出。对企业核心业务板块、业务内容、业务逻辑以及各个业务板块间的关系做了全面的呈现，指明了企业业务发展的框架以及核心价值取向。

（2）流程架构图，是完成二级流程梳理的输出。清晰地体现出企业一级流程与二级流程之间的架构联系、逻辑排列以及价值创造的功能，创建起企业的流程体系架构。

(3) 流程键盘图，是完成三级流程梳理的输出（图2）。用可视化的方式表现出了各个二级流程的三级流程细分内容，明确各三级流程的运行节点及相互关系，就像一个“键盘”，使得各个流程环节一目了然、便于操作。

(4) 流程与部门对应图及部门主要职责梳理，是完成二、三级流程梳理的输出。确定各个二级流程和企业部门之间的对应关系，对各个部门的主要职责进行了系统的梳理，实现了流程到部门的精准对接。

(5) 部门职责与岗位对应图，是完成三、四级流程梳理的输出（图3）。把部门职责和内部岗位对应起来，清楚地表现出各个部门的职责以及内部岗位之间的对应关系，使各个岗位在部门中具体的位置和所要做的事情一目了然。

(6) 岗位主要职责，是完成四级流程梳理后的输出。对各部门具体负责的事项进行了详细地说明，即各个岗位具体的职责任务、操作标准、协作要求、绩效考核指标等，为一线员工的工作提供直接指引。

(7) 审视缺失的部门或岗位并通过流程将部门及岗位串联，是完成四级流程梳理后再整体审视后的输出。对整个流程体系和组织职责体系进行全面审视，找到并补齐缺失的部门或岗位，再通过流程体系把各个部门、各个岗位有机地连接在一起，形成“流程牵引、部门协同、岗位联动”的组织运行体系，保证组织架构的完整性以及流程运行的顺畅性。



图2：酒店项目流程键盘图



图3：从流程到部门到岗位对应图

(四) 配套机制

流程型组织的建立以及有效运行，不能单靠流程架构、组织架构来完成，还必须要有健全的配套制度做支撑。华油集团在流程型组织建设试点阶段，按照流程运转的主要需求，塑造起能力中心创建，基层赋能放权，绩效考核改良，人才培养保证等诸多配套安排，给流程型组织的落实生长并实现高效运作赋予了雄厚的制度支撑，其关键的配套机制有：

1. 能力中心建设。项目流程型组织中，后方机关单位要有很好的综合协调能力，构建工程、集采、合规等能力中心，为项目提供支持、服务和监督，让项目聚焦运营核心功能，提高流程运作效率，减少项目行政职责，及时准确地为前方作战团队提供支持。能力中心的创建主要目的是把事务性、通用性、专业性的工作集中在基层作战指挥部中进行集中处理，使前方作战队伍可

以集中精力从事客户服务、市场拓展等工作，而不再承担过多的行政管理工作，从而提高工作效率，降低运营成本，保证工作的高质量、高效率完成。这种组织形式才能实现跨部门、跨岗位流程的贯通，提高全流程的响应能力。例如，阳光餐饮公司创建中央厨房，对食材实行统一加工、统一配送，提升餐饮服务标准化程度，削减食材的购买以及加工费用；北物分创建合规共享中心，给各个项目部提供统一的合规咨询、合同审核、风险控制等服务，有效地防范了基层项目的经营风险；东北分创建片区集采小组，实现各个项目部物资的统一采购、统一配送，大大提高了集采率，降低了采购成本。能力中心和基层项目部形成了以后方支持、前方作战为特点的协同运转模式，打通了跨部门、跨岗位流程，使企业的全流程响应速度以及运营速度得到提高。

2. 基层赋能放权。以及时响应客户需求为中心，坚持放管结合原则，进一步明确基层权责权限，向基层单位精准放权，给予基层应有的事权，切实为基层减负，既要夯实监督监管责任，确保基层用好事权；又要向下服务，提升基层效率和效益，做到事权下放有保有压，进一步提高流程效率，确保项目灵活高效充满活力。华油集团在赋能放权时做到了“放而不乱、管而不死”两个方面，即本部的监督监管责任不能放松，保证基层用好事权、管好资源；本部的服务意识要强，给基层项目部提供全方位的支持服务，提高基层的运营效率和效益。放权过程坚持“有保有压”，对与客户服务、市场拓展直接相关的零星采购、客户服务补偿、现场决策等事权实行最大程度下放，而重大投资、重大人事调整、重大战略决策等事权则由集团本部统一管控，保证企业发展的战略一致。例如，以四川分公司、新疆分公司为代表的分公司，针对基层项目部零星采购权限进行优化，将一定金额以下的零星采购审批权下放至项目部，让项目部可以按照客户的需求和运营的实际需要，快速完成采购任务，从而大大缩短了采购时间，提高了工作效率。

3. 绩效考核优化机制

绩效考核是引导员工行为、保证流程运转的重要手段，流程型组织的绩效考核方式应当由过去的部门考核转变为流程考核、团队考核、个人考核相融合的综合考核体系，把考核目标同流程运转成果、客户价值产生、团队协同效能联系起来，冲破部门利益壁垒，加强员工的流程意识和协同意识。华油集团在试点项目部创建起以流程运转速度、客户满意程度、价值创造水平为主要内容的绩效考评指标体系，把流程关键绩效指标（KPI）分解到各个部门、各个团队以及各个岗位上，实现了“人人有指标、个个有责任”。以酒店入退房办理时长、OTA 业务收入增长速度、客户问题处理速度等为流程指标，将它们纳入部门和岗位绩效考核之中，把客户满意度、有效投诉率等客户指标当作团队和个人绩效考核的评判依据。在绩效考核中加入团队协作指标，重视部门之间、岗位之间的合作与配合，在流程协同上表现优异的个人、团队都将得到额外的奖励，从而形成以流程为导向、以价值为目的的绩效考核体系^[15]。

4. 人才培养保障机制

流程型组织运转当中，对员工各方面能力的要求也愈发高，

不仅要具备一定的专业水准，还要具备较强的操作流程观念、协作理念和解决问题的能力。因此，华油集团创建起契合流程型组织的培训保证体系，针对流程运作的主要需求展开专业且系统的员工培育和能力改善举措。一方面，华油集团组织了流程管理、跨部门协作、客户服务等各方面的专项培训，增强了员工的流程意识和综合能力，使员工熟悉流程结构、掌握流程操作标准、理解协同配合要求；另一方面，创建起了流程导师制，安排流程运行有经验的同事成为导师，为新入职员工以及基层员工提供一对一的帮助指导，促使他们尽快掌握流程的操作技能。与此同时又建立了内部人才流动制度，促进员工在各个部门、岗位之间的交流与学习来形成复合型人才，从而给流程型组织的运转提供强有力的支持。

（五）流程型组织试点建设取得成效

1. 业务流程提速见效。天坛饭店通过优化入退住流程，办理入退住时长缩短35%，通过优化在线旅游代理商（简称OTA）运营流程，OTA收入同比上涨7%。北物分15项管理流程平均压减2~3个环节，提速30%。

2. 客户满意度明显提升。天坛饭店制定权限管理办法，提升客户意见处理效率，客户有效投诉率降低至1.1%，OTA评分提高0.1分。昆明阳光酒店携程评分由4.68分提升至4.71分，去哪儿网评分由4.7提升至4.9分。大连和怡阳光酒店携程评分由4.87分提升到4.92分。

3. 组织效能持续提高。阳光餐饮朝阳项目部通过优化后厨生产组织模式、非核心业务外包等方式，降低人工成本18.96万元/年。北物分通过推广项目制管理，压减组织机构14个，占比23%。上海物业项目部合并办公室、人力资源、市场开发三个部门，重新梳理部门岗位职责，做到减人不减岗，降低人工成本约

18万元/年。新疆分公司整合乌鲁木齐大厦业主餐厅与酒店餐饮部，合并后优化前厅岗位8人、文员岗位1人、后厨岗位22人，在满足业务流程运行的基础上，降低用工成本约23.6万元/月。

4. 区域公司赋能放权创效。北物分通过区域共享财务、人事、采购、合同和部分工程业务，相关人员压减17%。东北分公司成立集中采购小组，大连、沈阳、大庆三个片区进行集中采购管理，实现集采率86%，节约采购成本65万元/年。四川分公司对零星采购权限进行优化，年累计采购额3万元以下、单次3000元以下由项目部审批采购，激发四川国际大厦项目部深度挖潜，全年实现创收15万元。新疆分公司整合本部职能部室赋能基层项目，建立工程运维和培训共享中心，优化专业部门与项目部间的协作。

5. 创建项目流程型组织样板。以阳光餐饮朝阳项目部、天坛饭店和丰和大厦为试点，梳理优化业务流程，沿着流程梳理组织机构，优化部门、岗位设置及职责，初步构建了项目流程型组织样板，为全面推广流程型组织建设提供了有益借鉴。

三、结论与展望

流程型组织通过以客户为中心、以流程为导向的变革，能够有效解决服务行业协同效率低、客户响应慢等问题。华油集团的实践表明，流程型组织建设需结合战略目标、业务特点和客户需求，通过组织结构重塑、职责优化和技术支持实现落地。流程型组织建设是一个持续的过程，需要企业不断地进行探索和实践，根据市场变化和客户需求及时调整和完善组织架构和流程体系。未来，随着数字化转型的深入，流程型组织将与人工智能、大数据等技术深度融合，进一步推动服务行业的效能革命。

参考文献

[1] 夏忠毅. 华为IPD结构化流程及其敏捷变革[J]. 中国石化, 2025, (10): 23-27.
[2] 红狮携手华为开启流程型组织建设新征程[J]. 中国水泥, 2022, (06): 67.
[3] 唐佳佳. A公司营销中心流程型组织设计研究[D]. 西北工业大学, 2022.000556.
[4] 刘峰源. 论印刷企业数字化转型（中）——实施数字化转型的关键点[J]. 印刷杂志, 2021, (04): 29-32.
[5] 以价值创造为导向的流程型组织[J]. 企业管理, 2021, (04): 65-69.
[6] 蒋敏, 李国祥, 胡洪贵, 等. 大型军工企业以价值创造为导向的流程型组织建设[C]//中国企业发展优秀成果2020（第四届）上卷. 成都飞机工业(集团)有限公司, 2020: 555-575.
[7] 宋广怡, 陈凤祥, 孙悦, 等. 基于体系融合推进流程型组织建设[J]. 电子质量, 2020, (05): 77-79+89.
[8] 章珏, 耿翠霞, 王立超. 软件企业构建流程型组织的实践方法研究[J]. 电子质量, 2025, (11): 89-92.

危化品道路泄漏事故中初期围堵作业时效对扩散控制的关键作用

屈朝峰

明光浩淼安防科技股份有限公司，安徽 滁州 239400

DOI: 10.61369/SSSD.2026090001

摘 要： 危化品道路泄漏事故的发生可能对环境 and 人员安全造成严重威胁。初期围堵作业作为应急响应中的重要环节，对扩散控制具有至关重要的作用。围堵作业的时效性直接影响到泄漏物质的扩散范围及其对周围环境的危害程度。及时的围堵作业能够在第一时间遏制事故扩展，减少二次污染和灾难发生的概率。研究表明，初期围堵作业的高效实施，能够有效控制事故的蔓延，降低救援难度，缩短应急处理时间，为后续处置赢得宝贵的时间。本文探讨了围堵作业时效与扩散控制之间的关系，并提出了优化围堵时效的具体策略和方法。

关 键 词： 危化品泄漏；初期围堵作业；扩散控制；时效性；应急响应

The Key Role of Timeliness of Initial Containment Operations in Diffusion Control During Road Hazardous Chemicals Leakage Accidents

Qu Chaofeng

Mingguang Haomiao Security Technology Co., Ltd., Chuzhou, Anhui 239400

Abstract： Road leakage accidents involving hazardous chemicals may pose severe threats to the environment and personnel safety. As a critical part of emergency response, initial containment operations play a vital role in diffusion control. The timeliness of containment operations directly affects the diffusion scope of leaked substances and the degree of harm to the surrounding environment. Prompt containment can curb the escalation of accidents at the earliest stage and reduce the probability of secondary pollution and disasters. Studies have shown that efficient implementation of initial containment operations can effectively control the spread of accidents, lower the difficulty of rescue operations, shorten the duration of emergency treatment, and gain valuable time for subsequent disposal. This paper discusses the relationship between the timeliness of containment operations and diffusion control, and proposes specific strategies and methods to optimize containment timeliness.

Keywords： hazardous chemicals leakage; initial containment operation; diffusion control; timeliness; emergency response

引言

危化品道路泄漏事故常常发生在交通繁忙的城市或高速公路上，其突发性和危害性使得事故处理面临着巨大的挑战。及时有效的初期围堵作业成为了控制泄漏扩散的关键环节，而作业时效性则直接决定了围堵效果的好坏。围堵作业如果不能在最短时间内有效展开，泄漏物质可能扩散到更大范围，造成二次污染甚至更严重的灾难。当前的危化品泄漏事故应急管理中，围堵作业时效的优化仍然是一个亟待解决的问题。探索围堵作业时效与扩散控制的关系，研究其关键技术和策略，将为提升应急响应能力和保障公众安全提供重要依据。

一、危化品道路泄漏事故中初期围堵作业时效对扩散控制的作用

危化品道路泄漏事故具有突发性、高危害性的特点，一旦发生，泄漏物质易快速扩散，对周边人员安全、生态环境造成严重威胁，甚至引发爆炸、中毒等二次灾难。初期围堵作业作为应急

响应的首要环节，其时效性直接决定扩散控制的成效，是遏制事故升级、降低灾害损失的核心关键，对保障公众安全和生态环境具有不可替代的重要作用^[1]。

初期围堵作业的时效性，是缩小泄漏扩散范围的核心前提。危化品尤其是挥发性液体、有毒气体，泄漏后会在短时间内借助风力、地形等因素快速蔓延，扩散范围与时间呈正相关。若围堵

作业在事故发生后10分钟内启动,可有效将泄漏物质控制在源头区域,避免其渗透至地下水、土壤或扩散至居民区、交通干道;若延误超过30分钟,扩散范围将扩大2-3倍,不仅增加后续处置难度,还会提升二次污染和人员伤亡的风险。及时的围堵的作业能构建第一道防线,遏制泄漏物质的扩散势头,为后续吸附、回收、无害化处理赢得宝贵时间。

时效优先的初期围堵,能显著降低救援难度和应急处置成本。危化品泄漏扩散后,受扩散范围、物质浓度、周边环境等因素影响,救援作业需投入更多的人力、物资和技术装备,且处置周期大幅延长。而高效及时的围堵作业,可将泄漏物质控制在有限区域内,减少泄漏物质与外界环境的接触,降低其反应活性,避免引发燃烧、爆炸等次生灾害。同时,集中管控的泄漏物质便于后续针对性处置,减少应急物资的浪费和环境治理的成本,大幅提升应急处置的效率和安全性。

初期围堵作业的时效性,直接关系到应急响应的整体成效和公众安全保障。危化品泄漏可能导致周边居民中毒、呼吸道损伤等健康问题,及时围堵能快速切断泄漏物质的扩散路径,减少人员暴露在危险环境中的时间,降低人员伤亡概率。此外,及时围堵可避免泄漏物质污染饮用水源、农田等关键区域,保护生态环境免受长期破坏。反之,围堵时效不足会导致事故态势失控,不仅增加救援人员的作业风险,还会对周边群众的生命财产安全造成不可逆的损失。

二、危化品道路泄漏事故围堵作业时效面临的主要问题

(一) 围堵作业时效性不足的问题分析

危化品道路泄漏事故发生时,围堵作业的时效性是影响扩散控制效果的关键因素。事故初期,由于指挥和反应滞后、信息沟通不畅,围堵作业常常未能在最短时间内启动^[2]。具体来说,事故现场的交通管制、道路条件及周边环境对围堵作业的展开形成了较大制约。许多情况下,事故发生地的交通状况复杂、人员调度困难,导致现场应急响应团队的到场时间延迟,影响了围堵作业的时效。尤其在高温、高湿等环境条件下,危化品泄漏的扩散速度较快,围堵作业的时效性一旦延误,将直接导致泄漏物质迅速蔓延,增加处理难度。

(二) 扩散控制难度加大的原因

在危化品泄漏初期,若围堵作业未能迅速展开,泄漏物质会迅速扩散到更大范围,影响区域安全。在初期阶段,泄漏物质的性质和外界环境因素决定了其扩散的速度和范围。某些危化品如气体类、挥发性液体,一旦未能及时封堵,将扩散至较远的区域,增加了二次污染和环境破坏的风险。而地形复杂、风速较大等自然因素进一步加剧了扩散控制的难度。随着时间的推移,泄漏物质的扩散会超出初期围堵作业的控制范围,造成局部生态破坏或对周围居民的健康构成威胁。

(三) 应急响应资源配置的挑战

在危化品道路泄漏事故的应急响应中,资源的合理配置至关

重要。应急物资、装备和人员的迅速到位,是围堵作业能否顺利进行的基础。现实情况往往是应急资源存在配置不均、数量不足和应急响应速度滞后的问题。在危化品泄漏事故的应急处理中,尤其是在初期围堵作业中,物资的短缺和设备的不足会导致应急响应效率降低,围堵效果不显著。道路交通限制、特殊装备和化学品检测设备的缺乏,使得围堵作业的效率大打折扣^[3]。

三、优化围堵作业时效的策略与方法

(一) 提高初期围堵作业反应速度的策略

提高初期围堵作业反应速度的核心在于建立高效的指挥与协调机制,打破信息壁垒、优化调度流程,确保事故发生后能够快速响应、高效处置。事故发生后,快速获取现场信息和准确评估泄漏状况是迅速启动围堵作业的前提,而信息传递的滞后和指挥调度的不畅,往往是导致围堵作业延误的主要原因^[4]。因此,应构建“现场-指挥中心-应急队伍”三位一体的实时通信体系,利用5G、物联网等现代化通信技术,实现事故现场图像、泄漏物质初步判断、周边环境等关键信息的即时传达,确保指挥中心能够在最短时间内掌握现场实情,做出科学决策并快速下达围堵指令。同时,要明确各应急部门的职责分工,建立扁平化指挥模式,减少层级传达环节,避免因职责交叉、指令模糊导致的响应延迟^[5]。

现场应急人员的预部署也是提升反应速度的重要措施。针对危化品运输高频路段、高速公路出入口、城市交通枢纽等事故高发区域,应合理设置应急响应点,提前储备围堵所需的沙袋、封堵垫、吸附材料等应急物资,配备专业的应急人员和装备,实现“就近响应、快速处置”。此外,要完善道路交通管控预案,事故发生后,立即联动交通、交警部门,快速实施现场交通管制,开辟应急通道,引导社会车辆分流,避免因交通拥堵导致应急队伍、物资无法及时抵达现场。同时,加强应急队伍的日常演练,模拟不同类型、不同场景的危化品泄漏事故,提升应急人员对事故的快速识别、快速响应和协同配合能力,确保在真实事故发生时,能够迅速进入工作状态,启动围堵作业,最大限度缩短响应时间^[6]。

(二) 先进技术在围堵作业中的应用

随着科技的不断发展,各类先进工具和设备已逐步应用于危化品泄漏事故的围堵作业中,有效弥补了传统围堵方式效率低、精度差、风险高的不足,极大地提升了作业效率和精确度,为围堵作业的时效性提供了有力支撑^[7]。无人机、机器人、智能传感器等新型技术手段已被广泛应用于危险品泄漏事故的监测和围堵工作,形成了“空中监测、地面处置、数据支撑”的立体化围堵体系。其中,无人机凭借其灵活、快速、全覆盖的优势,可在事故发生后迅速升空,实时获取现场图像、泄漏范围等信息,协助事故指挥人员准确掌握泄漏情况、判断泄漏趋势,及时调整围堵策略,避免盲目围堵造成的时间浪费和资源损耗^[8]。

智能传感器则能够通过精确检测泄漏物质的成分、浓度和流动轨迹,为围堵作业提供精准的数据支持,帮助应急人员明确围

堵重点区域和封堵方向,提高围堵作业的针对性和有效性。例如,挥发性气体传感器可实时监测泄漏气体的扩散范围,液体传感器可追踪泄漏液体的流向,为围堵方案的制定提供科学依据。此外,自动化封堵系统、智能吸附设备等先进装备的应用,能够帮助现场人员在短时间内完成初期围堵工作,减少人工操作的失误和延误,同时降低应急人员接触危化品的风险。应急救援人员这一过程中扮演着技术应用的核心角色,需要熟练掌握各类新技术设备的使用方法和操作规范,在现场指挥中起到桥梁和纽带作用,指导现场人员正确使用设备,及时处理设备运行过程中出现的故障,确保技术设备能够充分发挥作用,进一步提升围堵作业的时效和质量^[9]。

（三）应急管理中的救援人员角色与责任

应急救援人员为危化品泄漏事故应急处置中的核心技术力量,需要具备扎实的专业知识、丰富的应急处置经验和较强的协调调度能力,在围堵作业中扮演着方案制定者、资源协调者、技术支持者的多重角色,其履职效果直接影响围堵作业的时效性和有效性。首先,在事故发生的第一时间,应急救援人员需要迅速抵达现场,结合现场勘查情况、泄漏物质特性、周边环境等因素,协助指挥中心制定初步应急方案,明确围堵作业的优先级、

实施路径和技术要点,避免因方案不合理导致的围堵延误。例如,针对挥发性强的危化品,应优先制定快速封堵、吸附的围堵方案;针对腐蚀性危化品,应选择耐腐蚀的封堵材料和装备,确保围堵措施的可行性和安全性^[10]。其次,应急救援人员负责现场资源的协调和调配,包括围堵设备、应急物资、人员的安排等,以确保围堵作业不受外部条件限制而拖延,需要实时掌握现场资源的储备情况和使用状态,根据围堵作业的进展,合理调度装备和人员,及时补充短缺物资,避免出现资源闲置或供应不足的情况。同时,对接各应急部门和救援队伍,协调各方力量协同配合,化解作业过程中的各类矛盾和问题,确保围堵作业高效推进。

四、结语

围堵作业时效性在危化品道路泄漏事故中的关键作用不可忽视。通过优化围堵反应速度、应用先进技术以及加强应急救援人员的职责分工,能够有效提高围堵作业效率,减少扩散风险,保障应急响应效果。提升时效性和作业质量对于减少危化品泄漏事故的损失至关重要。

参考文献

- [1] 杜旭东. 危化品泄漏事故应急处置中的队伍调度模型优化探索 [J]. 现代职业安全, 2025, (11): 91-93.
- [2] 王莹. 危化品泄漏引发火灾的处置技术优化与实践 [J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(06): 88-90.
- [3] 王越, 李杨, 林德强. 化工过程中的危化品泄漏与应急处置技术探究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(08): 1-3.
- [4] 刘玉成, 赵黎旻, 邓艳. 危化品泄漏事故应急响应与处理技术 [J]. 现代盐化工, 2025, 52(05): 18-20.
- [5] 郝思田. 危化品泄漏事故分析与防控方法研究 [J]. 化工管理, 2024, (34): 107-109.
- [6] 臧艳茹, 曲放, 胡浩, 等. 危化品泄漏应急封堵装置的研究 [J]. 化工装备技术, 2024, 45(03): 25-27.
- [7] 慕洋洋, 李晋, 任常兴, 等. 危化品泄漏围堵材料理化性能及燃烧行为研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(01): 55-59.
- [8] 王立坤, 胡瑾秋, 多英全, 等. 危化品泄漏事故应急处置风险辨识与对策研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2024, 20(S1): 32-39.
- [9] 张烨. 危化品罐车泄漏事故救援对策分析 [J]. 水上安全, 2024, (01): 128-130.
- [10] 滕霖, 白金宝, 刘斌. 用于危化品泄漏及防护的风洞试验平台的搭建 [J]. 实验技术与管理, 2021, 38(11): 298-302.

生态文明建设下森林培育现状、生态问题及可持续发展对策

黄焕芳¹, 刘洪畅²

1. 赣州市林业发展服务中心南康分中心, 江西 赣州 341400

2. 赣州市南康区生态公益林场, 江西 赣州 341400

DOI: 10.61369/SSSD.2026090014

摘 要 : 在生态文明建设全面推进的时代背景下, 森林作为陆地生态系统的核心载体, 是维护生态平衡、调节气候环境、保障生物多样性的关键基础。森林培育工作的高质量开展, 直接关系到生态保护与社会经济协同发展的整体成效。现阶段我国森林培育规模持续扩大, 绿化覆盖水平稳步提升, 但长期粗放式培育模式遗留的发展短板依然存在, 森林结构失衡、生态修复能力薄弱、管护机制不完善等问题逐步凸显。本文结合生态文明建设总体要求, 系统梳理当前森林培育发展现状, 深度剖析各类生态问题的形成诱因, 针对性提出科学可行的可持续发展对策, 为森林资源长效保护与合理利用提供理论参考与实践支撑。

关 键 词 : 生态文明建设; 森林培育; 生态问题; 可持续发展

Current Situation, Ecological Problems and Sustainable Development Countermeasures of Forest Cultivation Under the Construction of Ecological Civilization

Huang Huanfang¹, Liu Hongchang²

Nankang Branch of Ganzhou Forestry Development Service Center, Ganzhou, Jiangxi 341400

Ecological Public Welfare Forest Farm of Nankang District, Ganzhou, Jiangxi 341400

Abstract : Against the background of comprehensively promoting the construction of ecological civilization, forests, as the core carrier of terrestrial ecosystems, are the key foundation for maintaining ecological balance, regulating climate and environment, and protecting biodiversity. The high-quality development of forest cultivation is directly related to the overall effect of coordinated development between ecological protection and social economy. At present, the scale of forest cultivation in China continues to expand and the greening coverage has been steadily improved. However, the development shortcomings left by the long-term extensive cultivation mode still exist, and problems such as unbalanced forest structure, weak ecological restoration capacity and imperfect management and protection mechanisms have become increasingly prominent. Combined with the overall requirements of ecological civilization construction, this paper systematically sorts out the current development situation of forest cultivation, deeply analyzes the causes of various ecological problems, and puts forward scientific and feasible sustainable development countermeasures, so as to provide theoretical reference and practical support for the long-term protection and rational utilization of forest resources.

Keywords : ecological civilization construction; forest cultivation; ecological problems; sustainable development

生态文明建设是新时代社会高质量发展的核心战略内容, 绿色发展理念已全面融入国土空间治理与自然资源保护全过程。森林资源具备涵养水源、固碳释氧、防风固沙、净化环境等多元生态功能, 是生态文明体系构建的重要组成部分。随着生态保护力度不断加大, 各地持续推进植树造林、退耕还林、国土绿化等重点工程, 森林培育工作进入快速发展阶段。但在培育实践中, 部分区域忽视森林生态系统整体性与规律性, 重数量轻质量、重造林轻养护的发展模式尚未彻底转变, 引发一系列生态隐患^[1]。立足生态文明建设视角, 优化森林培育模式, 破解生态发展难题, 推动森林资源可持续经营, 成为当前林业发展亟待解决的重要课题。

一、生态文明建设下森林培育现状及生态问题

（一）森林培育整体规模稳步提升，绿化格局持续优化

近年来，国家高度重视林业生态建设，相继出台多项林业扶持政策与生态保护规划，持续加大财政资金投入，推动森林培育工作常态化、规模化开展。全国范围内大规模开展人工造林、封山育林、退化林修复等专项行动，国土绿化面积逐年增长，森林覆盖率稳步提高，区域绿化基础不断夯实。各大林区结合地域自然条件，合理规划造林区域，扩大林地覆盖范围，逐步扭转部分地区土地沙化、水土流失加剧的发展态势^[9]。城乡绿化一体化建设同步推进，城市防护林、乡村生态林、生态保护区林地建设协同发展，形成多层次、广范围的森林绿化格局。整体来看，我国森林资源总量不断增加，森林培育事业整体呈现稳步向好的发展态势，为生态文明建设筑牢了绿色根基，区域生态环境基础得到有效改善。

（二）森林树种结构单一固化，生态系统稳定性不足

当前多数地区森林培育过程中，普遍存在树种选择同质化、种植结构简单化的问题。为提升造林成活率、缩短成林周期，人工造林多集中选用生长速度快、经济价值较高的单一速生树种，乡土树种、珍稀树种、慢生树种的培育占比严重不足。大面积纯林广泛分布，混交林培育占比较低，森林植被层次简单，乔木、灌木、草本植物搭配不合理，无法形成多层次复合式森林生态结构^[3]。单一树种构成的森林群落抗干扰能力较弱，面对病虫害侵袭、极端天气影响时抵御能力极差，极易出现大规模林木枯萎死亡的现象。同时树种结构失衡会直接破坏区域生物生存环境，导致林下植被退化、野生动物栖息地缩减，生物多样性不断降低，森林生态系统自我调节与自我修复能力持续弱化，难以发挥复合型生态防护功能。

（三）培育方式粗放落后，资源利用效率偏低

传统林业培育理念长期影响森林培育实践，粗放式培育管理模式依旧普遍存在。部分区域造林前期缺乏科学规划，未结合土壤条件、气候特征、水文环境等自然要素开展实地调研，盲目推进造林工程，导致林木生长环境与树种生长需求不匹配，林木长势孱弱，后期存活率大幅下降。森林培育过程中，施肥、灌溉、除草等抚育措施落实不到位，重前期造林、轻后期管护的现象十分突出，新造林地长期缺乏精细化养护，杂草争夺养分、土壤肥力流失等问题频发。在林木资源利用层面，短期经济利益导向明显，过度看重木材产出与经济收益，忽视森林长期生态价值开发，乱砍滥伐、过度采伐现象屡禁不止^[4]。培育技术更新缓慢，现代化林业培育设备与科学培育技术普及程度不足，传统人工劳作模式占据主导，森林培育整体效率低下，林地土壤、水资源等自然资源无法实现高效合理利用。

（四）管护体系建设滞后，生态治理保障能力薄弱

完善的管护机制是森林培育长效发展的重要保障，现阶段我国森林管护体系建设仍存在明显短板。基层林业管理部门人员配置不足，专业技术人才缺口较大，一线管护人员专业素养参差不齐，缺乏系统的生态培育、病虫害防治、生态修复等专业知识，

难以满足现代化森林管护工作需求。森林管护制度落实不够严格，林地巡查、生态监测、违规处罚等管理制度执行力度不足，非法侵占林地、乱砍滥伐、违规开垦等破坏森林资源的行为无法得到及时管控与惩处^[5]。生态监测技术应用不足，多数林区仍采用人工巡查的传统监测方式，智能化、信息化监测设备覆盖率低，无法实时掌握林木生长状态、病虫害发展趋势、生态环境变化情况。同时跨区域、跨部门协同治理机制不完善，林业、环保、农业等部门沟通协作不足，面对区域性森林生态问题难以形成治理合力，森林生态问题治理存在滞后性与片面性。

二、生态文明建设下森林培育可持续发展策略

（一）科学统筹培育规划，构建协调化森林发展格局

立足生态文明建设整体布局，结合不同区域自然地理条件、生态承载能力与社会发展需求，编制科学合理的森林培育中长期发展规划，实现森林培育与生态保护、城乡建设、经济发展深度融合。严格遵循因地制宜、适地适树的核心原则，造林前期开展全面实地勘察，综合考量区域土壤特质、气候条件、水文分布等自然因素，合理规划造林区域、确定造林规模与培育类型。优化国土绿化空间布局，重点强化生态脆弱区、水土流失严重区、风沙频发区的防护林建设，完善生态屏障体系；统筹推进城市生态林、乡村绿化林、风景涵养林建设，兼顾生态防护、景观美化与民生需求^[6]。强化规划落地执行力度，建立规划动态调整机制，结合生态环境变化与发展实际，及时优化培育方案，杜绝盲目造林、重复建设等不合理行为。统筹协调森林资源保护与开发利用的关系，合理划定生态保护红线、林地管控边界，严格管控林地开发强度，保障森林培育工作有序规范推进，推动区域森林资源均衡协调发展。

（二）优化树种种植结构，提升森林生态系统稳定性

转变单一化造林培育理念，以生态系统平衡发展为核心，全面优化森林树种结构与植被配置模式。大幅减少纯林种植规模，大力推广针阔混交林、乔灌木复合林培育模式，合理搭配速生树种与慢生树种、经济树种与生态树种、外来树种与本土乡土树种，丰富森林植被种类，构建多层次、复合型、近自然化的森林群落结构。加大乡土树种、珍稀保护树种培育力度，充分发挥乡土树种适应性强、抗逆性高、契合本地生态环境的优势，提升林木自然存活能力与生长质量。结合生物多样性保护要求，在林区合理保留原生植被与自然生态斑块，为野生动物、林下微生物提供生存栖息空间，完善森林生态食物链^[7]。建立树种培育筛选机制，加强优良生态树种选育与推广，严控有害外来树种引进，防范生物入侵风险。通过多元化树种配置与结构优化，增强森林生态系统抵御自然灾害、病虫害侵袭的能力，强化森林涵养水源、固碳保土、净化空气等综合生态功能，实现森林生态系统良性循环。

（三）革新培育技术模式，推行精细化培育管理体系

依托现代林业科技发展成果，全面革新传统粗放式培育模式，推动森林培育向精细化、科学化、现代化转型。加大林业科

研发投入力度，加强高校、科研院所与林业基层单位的合作，围绕林木良种培育、土壤改良、节水灌溉、病虫害绿色防控等关键领域开展技术攻关，研发适配不同区域的森林培育实用技术。积极推广现代化培育设备与绿色培育技术，应用精准施肥、节水灌溉、林下土地改良等科学手段，改善林木生长环境，提升土地资源与水资源利用效率^[9]。落实全周期抚育管理理念，摒弃重造林轻养护的落后思维，建立从苗木选育、造林种植到后期抚育、成林养护的全流程管理机制，定期开展除草修枝、肥力补充、林木修整等抚育工作，保障林木健康生长。合理调控森林采伐节奏，实行限额采伐、择期采伐制度，推行科学采伐方式，避免过度采伐破坏森林结构，同步落实采伐迹地更新造林工作，确保森林资源消耗量与培育增长量动态平衡^[10]。加快林业数字化转型，运用大数据、物联网、遥感监测等技术，搭建森林培育数字化管理平台，实现培育过程智能化管控，全面提升森林培育整体质量与效率。

（四）完善管护保障机制，筑牢森林生态安全防护防线

健全森林培育管护制度体系，完善林地保护、生态监管、违规惩处等相关规章制度，明确各部门管护职责，细化管理标准，推动森林管护工作制度化、规范化开展。加强基层林业人才队伍建设，扩充基层管护人员编制，定期开展生态培育、病虫害防治、应急处置等专业技能培训，提升管护队伍综合专业素养。加大森林资源执法监管力度，强化日常林地巡查管控，严厉打击非法侵占林地、乱砍滥伐、违法排污破坏林地环境等违法行为，依托法律法规加大惩处力度，形成长效震慑。加快智慧林区建设，

普及高清监控、无人机巡查、环境传感器等智能化监测设备，构建全覆盖、实时化的生态监测网络，动态监测林木生长、病虫害发生、生态环境变化等关键信息，实现生态问题早发现、早预警、早治理^[10]。健全跨部门协同治理机制，加强林业、生态环境、自然资源等部门联动协作，打通信息共享渠道，统筹推进区域性森林生态治理、联合执法、灾害防控等工作。同时加大生态保护宣传教育力度，借助新媒体平台、线下宣传活动等多种形式，普及森林保护与生态文明知识，引导社会群众树立爱护林意识，营造全民参与森林培育与生态保护的良好社会氛围，为森林可持续发展筑牢制度、人才与群众基础。

三、结语

森林培育是生态文明建设的核心举措，也是实现人与自然是和谐共生的重要途径。面对当前森林培育领域存在的结构失衡、模式粗放、管护薄弱等现实问题，必须牢牢坚守绿色发展理念，以可持续发展为导向，科学规划培育布局，优化森林植被结构，升级培育技术体系，健全长效管护机制。通过多维度协同发力，持续提升森林培育质量与生态服务功能，不断修复完善森林生态系统，充分释放森林资源生态价值与社会价值，推动林业产业高质量发展，为生态文明建设纵深推进、生态环境持续改善提供坚实的森林资源保障。

参考文献

[1] 原杨梅. 森林抚育间伐技术在森林培育中的应用研究 [J]. 花木盆景, 2025, (05): 89-91.
[2] 于希湖. 森林培育中的生物多样性保护与生态恢复技术研究 [J]. 农业科技创新, 2025, (03): 119-121.
[3] 刘林. 以实现森林资源增长为目标的森林培育技术创新分析 [J]. 中国农村科技, 2025, (01): 48-50.
[4] 李安明. 林木种苗繁育技术与森林培育优化措施的深入研究 [J]. 农民致富之友, 2025, (01): 129-131.
[5] 李健. 森林培育重要性的提升措施研究——以山西省太行山林业管理为例 [J]. 森林防火, 2025, 43 (06): 140-143.
[6] 罗绍芹, 王海梅. 多功能森林经营模式在资源保护与培育中的应用研究 [J]. 农业灾害研究, 2025, 15 (12): 184-186.
[7] 邹琳, 隋晓雯, 黄先宁. 林业生态建设与病虫害防治 [M]. 辽宁科学技术出版社: 202307: 111.
[8] 叶文代. 浅析森林培育在生态文明建设中的重要性 [J]. 花卉, 2020, (12): 225-226.
[9] 黎晓云. 生态文明建设中实施森林培育的重要性 [J]. 花卉, 2020, (06): 196-197.
[10] 欧海雄. 森林培育在生态文明建设中的重要性分析 [J]. 花卉, 2017, (12): 132-133.

RCEP 成员国营商环境比较研究

白金龙

宁波财经学院国际经济贸易学院, 浙江 宁波 315327

DOI: 10.61369/SSSD.2026090015

摘 要 : RCEP 作为全球规模最大的自由贸易协定, 成员国经济发展水平、制度体系与市场环境差异显著, 营商环境比较研究对深化区域经贸合作具有重要理论与现实意义。基于此, 本文将通过多维比较, 揭示成员间营商环境差异的形成机理与优化路径, 为推动区域营商环境协同改善、促进产业链供应链深度融合、提升区域经济一体化水平提供理论参考。

关 键 词 : RCEP; 营商环境; 贸易便利化; 制度成本; 跨境投资

A Comparative Study on the Business Environment of RCEP Member States

Bai Jinlong

School of International Economics and Trade, Ningbo University of Finance & Economics, Ningbo, Zhejiang 315327

Abstract : As the world's largest free trade agreement, RCEP features remarkable differences in economic development levels, institutional systems and market environments among its member states. A comparative study on business environments is of important theoretical and practical significance for deepening regional economic and trade cooperation. Through multi-dimensional comparison, this paper reveals the formation mechanism and optimization paths of business environment disparities among RCEP members, so as to provide theoretical references for promoting the coordinated improvement of regional business environment, accelerating the in-depth integration of industrial and supply chains, and advancing regional economic integration.

Keywords : RCEP; business environment; trade facilitation; institutional cost; cross-border investment

引言

《区域全面经济伙伴关系协定》旨在通过削减关税、统一经贸规则, 构建起全球规模最大、最具发展潜力的自由贸易区, 促进区域经济一体化。RCEP 成员国涵盖发达国家、发展中国家及最不发达国家, 经济发展水平、制度体系、产业结构、治理能力差异显著, 营商环境的区域分化特征明显。营商环境作为贸易投资便利化、产业合作深化、要素高效流动的重要基础, 直接影响区域内资源配置效率、产业链供应链融合程度与经济增长动能^[1]。当前, 推进贸易投资自由化、提升区域整体竞争力、实现高水平制度型开放, 已成为 RCEP 成员国的共同目标。系统开展 RCEP 成员国营商环境比较研究, 有助于厘清不同国家在市场准入、政务效率、法治保障、要素供给、创新生态等方面的优势与差异, 把握区域营商环境的演化规律。

一、RCEP 成员国营商环境差异的形成原因

(一) 经济发展水平的梯度差异

RCEP 涵盖发达国家、新兴工业化国家、发展中国家及最不发达国家, 不同国家的人均 GDP、产业结构、经济市场化程度存在巨大差距^[2]。一方面, 发达国家、新兴工业化国家凭借雄厚的经济实力, 能够持续加大对营商环境基础设施的投入, 完善交通、物流、通信、能源等硬件设施, 为市场主体提供高效便捷的基础支撑, 同时, 高收入经济体的产业结构以高端制造业、现代服务业为主, 对营商环境的专业化、精细化、国际化要求更高, 可以推动其在政务服务效率、市场监管规范、知识产权保护等软件层

面不断优化^[3]; 另一方面, 经济发展水平较低的国家受限于经济总量与财政实力, 在基础设施建设上投入不足, 硬件设施的完善度与便捷性较低, 其产业结构多以初级产品加工、传统制造业为主, 导致其在政务服务、市场规范、创新支撑等软件建设上进展缓慢, 难以满足现代企业生产经营的基础需求。

(二) 制度体系与治理能力的差异

制度体系作为营商环境的核心支撑, 其合理性、稳定性和透明度, 直接关系到市场主体的经营预期和投资选择, 而政府治理能力, 直接决定了制度落地效率和效果。由于各国政府的施政理念、政策制定能力和执行效率各不相同, 呈现出两种不同态势: 部分成员国坚持市场化导向, 推行贸易投资自由化, 简化行政审

批、降低市场准入门槛、优化政务服务,凭借高效、透明、廉洁的治理,为市场主体提供有力支持,激发市场活力^[4];而部分成员国则存在政府干预过多、审批繁琐、壁垒较多、服务低效且不透明等问题,直接影响了营商环境的优化升级。此外,各个国家之间的制度适配性存在较大差异。简单来说,一部分成员国能够结合自身的经济发展阶段和区域合作的实际需求,灵活调整并不断完善自身的制度体系。而部分成员国制度建设相对僵化、缺乏弹性,难以跟上经济发展的节奏,同时也无法适应区域合作不断变化的新形势。

（三）文化与社会环境的差异

文化与社会环境的形成具有长期性、历史性特征,深刻影响着—个国家的制度执行、市场秩序与社会协作,进而对营商环境产生潜移默化的深远影响。部分成员国崇尚创新、包容、竞争与合作,社会氛围开放多元,对新事物、新产业、新模式的接受度高,可以为企业创新发展提供宽松的社会环境,激发市场主体的创新活力与创业热情,提升营商环境的吸引力与竞争力^[5]。而部分成员国营商文化不够成熟,契约精神薄弱,诚信体系不完善,市场秩序不够规范,间接增加企业的经营成本与风险。不同的社会文化环境造就不同成员国的营商环境的分化特征,间接影响市场主体的经营行为、合作模式与发展预期。

二、RCEP 成员国营商环境多维度比较分析

（一）市场准入

RCEP 各成员国在市场准入的开放层级、行业覆盖范围及规则协同程度等方面,存在显著的梯度差异,这是各国经济发展水平、产业竞争实力以及制度政策导向共同作用的结果,同时也是影响整个区域贸易与投资自由化稳步推进的关键因素^[6]。具体而言,发达国家依托自身成熟完善的市场体系、强劲的产业竞争力,再加上完备的制度保障,整体的市场准入开放程度处于区域最高水平。尤其是在制造业领域,基本做到了全方位对外开放,不仅逐步取消、大幅削减各类非关税壁垒,还充分保障各类市场主体能够公平参与竞争,使其可以无差别地享受各项政策红利与制度支持。新兴工业化国家的市场准入开放层级处于中等水平,其开放逻辑兼顾产业保护与开放发展,注重与自身产业发展阶段相适配,避免盲目开放对本土产业造成冲击,可以有效、有序推动产业升级与规模化发展。发展中国家及最不发达国家的市场准入开放层级相对较低,受限于产业竞争力较弱、市场体系不完善、制度保障不足等因素,在多数行业尤其是高端制造业、现代服务业领域保留较多准入限制,难以充分适配区域内贸易投资自由化的发展需求。

（二）政务服务与监管

RCEP 成员国在政务服务效能、监管规范程度、服务便捷性等方面呈现明显的层级差异,可以集中反映各国政府治理能力、服务理念与制度设计的不同。发达国家凭借成熟的电子政务体系、高效的政府治理机制与先进的服务理念,可以全面推进政务服务数字化转型,实现企业注册、审批、备案、变更等各类政务服务

的线上化、智能化办理^[7];新兴工业化国家的政务服务效能处于持续优化提升阶段,正逐步推进电子政务建设,整合政务服务资源,简化行政审批流程,推动政务服务“一站式”办理,同时,还能注重借鉴发达国家的先进经验,结合自身实际情况,完善政务服务标准;发展中国家及最不发达国家的政务服务效能相对较低,电子政务建设滞后,政务服务数字化、智能化程度不高,多数政务服务仍需线下办理。

（三）要素供给与保障

发达国家拥有成熟完善的金融体系,资本市场活跃,融资渠道多元,形成了覆盖股权融资、债权融资、风险投资等多维度的融资体系,可以为企业的研发创新、扩大生产、转型升级提供充足的资金支撑和个性化、多元化的金融服务。新兴工业化国家注重加强金融改革与创新,推进金融市场开放,吸引外资进入金融领域,以此完善金融监管体系^[8];发展中国家及最不发达国家的资金要素供给相对不足金融监管体系不够健全,金融风险防控能力较弱,难以满足企业发展尤其是研发创新、扩大生产的资金需求。另外,在人才与技术供给方面也存在显著差异。发达国家、新兴工业国家人才储备充足、结构合理,并注重技术创新,可以为市场主体提供先进的技术支撑;而发展中国家及最不发达国家的人才与技术要素供给短缺,教育投入不足,核心技术依赖进口,技术成果转化效率低。

三、RCEP 成员国营商环境优化路径

（一）深化市场准入协同开放,构建区域统一准入规则体系

市场准入的协同优化并不是单一国家层面的简单开放,更多是依托 RCEP 整体框架形成的区域合作共识。总的来说,RCEP 需要充分结合各个成员国的经济发展水平、自身产业定位等实际情况,搭建、区域统一、公平且高效运行的市场准入体系,进而有效提升区域各类生产要素的流通效率,不断激发整体市场发展活力^[9]。

具体来看,首先要搭建常态化的准入规则对接平台。一方面,依托 RCEP 框架下既定的各项开放承诺,持续拓宽区域市场准入的覆盖范围,推动各成员国在自身优势产业领域,实行更高标准、更高水平的对外开放;另一方面,可以采用梯度化的开放模式,充分兼顾发展中国家以及最不发达国家的产业发展现状与现实需求,为其预留合理空间、设置适度的开放缓冲期,从而更好平衡开放节奏与产业发展之间的关系,真正实现区域开放与发展的良性互动。

其次,重点推进数字经济、高端服务业等新兴领域的准入规则协同,打破区域内新兴领域的准入壁垒,推动相关领域的要素自由流动与产业协同发展,提升区域内新兴产业的整体竞争力。除此之外,建立准入规则的动态更新机制,根据区域经济发展与产业升级需求,及时调整完善准入规则,确保规则的适配性与前瞻性^[10]。最后,建立区域内准入规则执行的协同监督机制。推动成员国之间的信息共享,实现准入审批信息、市场主体信用信息的互联互通,提升准入管理的透明度与高效性,降低市场主体的

信息不对称成本与交易成本。

（二）推进政务服务与监管协同升级，提升区域治理效能

政务服务与监管的协同升级需立足各国治理水平，依托区域合作机制，推动理念共享、经验互鉴、机制协同，实现政务服务与监管的提质增效。如企业注册、业务审批、项目备案、信息变更等常见事项，可以打通跨区域通道，做到数据互通、资质互认、异地可办。这样一来，可以有效破除政务服务中的地域隔阂与行政壁垒，提升办事便捷度。同时可以引导发展中国家及最不发达国家借鉴发达国家先进的政务服务标准体系，制定区域内统一的政务服务标准，明确服务流程、服务规范与服务时限，实现政务服务的标准化、规范化^[11]。

建立成员国之间政务服务交流合作机制，推动发达国家向发展中国家及最不发达国家分享电子政务建设、流程优化、服务创新等方面的先进经验，推行“一站式”“一窗式”服务模式，提升政务服务的精准性与人性化水平，为市场主体提供全流程、全方位的服务支撑。构建区域内协同监管体系，推动成员国监管规则的协同对接，建立统一的监管标准与监管流程，实现监管信息的互联互通、监管执法的协同联动。

（三）建立健全要素配置体系，实现各个成员国协同均衡发展

立足各国要素禀赋差异，建立健全配置体系，推动区域内资金、人才、技术、基础设施等核心生产要素的协同供给与高效配

置，破解要素供给不均衡、配置效率不高的问题，为市场主体提供充足、优质、高效的要素支撑，推动区域产业协同发展与经济高质量发展。其一，建立金融服务协同机制，推动金融创新与产业发展的深度融合，鼓励金融机构开发适配区域产业发展需求的金融产品与服务，加大对研发创新、产业升级、中小企业发展等领域的资金支持力度，推动资金要素向高附加值产业、新兴产业集聚，提升资金要素的配置效率。

其二，构建区域内人才培养与流动协同机制，依托各国教育资源优势，开展联合人才培养项目，提升区域内人才培养质量；同时建立区域内技术创新合作平台，推动成员国之间的技术交流与成果共享，提升区域整体技术创新能力。其三，推动基础设施的数字化、智能化升级，依托数字化技术，提升基础设施的运营效率与服务水平，为区域内要素流动与产业发展提供坚实的基础设施支撑。

四、结语

总之，受经济基础、产业结构与治理模式影响，成员国营商环境呈现明显梯度差距，也影响了区域要素自由流动与经贸协同发展。通过构建区域统一准入规则体系、推进政务服务与监管协同升级、建立健全要素配置体系等路径，逐步提升区域整体营商环境，为亚太经济一体化高质量发展筑牢基础。

参考文献

[1] 温晓华，梅佳. 构建 RCEP 下广西营商环境优化的法治路径 [J]. 市场周刊，2025，38 (01): 155-158.
[2] 顾晓明. RCEP 成员国贸易便利化对中国制造业出口的影响研究 [D]. 首都经济贸易大学，2024.
[3] 邓梦娜. RCEP 成员国投资便利化影响中国对其制造业 OFDI 的研究 [D]. 武汉理工大学，2024.
[4] 连梦园. 贸易便利化水平对中国高新技术产品出口的影响研究 [D]. 东南大学，2024.
[5] 路坦. RCEP 成员国贸易便利化对中国跨境电商出口影响研究 [D]. 山东财经大学，2024.
[6] 陈诚. RCEP 国家营商环境对中国 OFDI 影响研究 [D]. 西南财经大学，2024.
[7] 王雪莹. RCEP 国家数字营商环境对我国对外直接投资的影响研究 [D]. 辽宁大学，2024.
[8] 陈杉，李泽瑜. RCEP 视域下我国农产品营商环境法治化建设研究 [J]. 东北农业大学学报 (社会科学版)，2024，22 (01): 90-96.
[9] 刘卫，甘翔翀. RCEP 区域税收营商环境评价研究——基于偏序集评价方法 [J]. 地方财政研究，2023，(11): 53-63.
[10] 盘长丽. RCEP 背景下广西优化营商环境法治体系建设研究——基于山东、海南、天津的经验借鉴 [J]. 创新，2023，17 (06): 95-107.
[11] 严驰. RCEP 知识产权章对法治化营商环境的影响 [J]. 江苏商论，2023，(07): 136-138.

南昌市航空产业链绿色低碳协同发展路径与政策支持研究

陈华脉

南昌航空大学经济管理学院, 江西 南昌 330063

DOI: 10.61369/SSSD.2026090026

摘 要 : 在全球“双碳”战略背景下, 航空业作为碳排放增长最快的行业之一, 其绿色低碳转型已成为必然趋势。南昌市作为新中国航空工业的摇篮和国产大飞机核心制造基地, 拥有完整的航空产业链基础, 但在绿色低碳发展方面仍面临诸多挑战。本文通过分析南昌市航空产业链的结构特征与绿色低碳发展存在的问题, 提出了绿色制造升级、清洁能源替代、循环经济发展、数字化赋能和绿色服务延伸五条发展路径, 并从财政、税收、金融、人才和标准体系等方面给出了具体的政策建议, 旨在为南昌市航空产业链实现高质量绿色低碳发展提供理论参考和实践指导。

关 键 词 : 南昌市; 航空产业链; 绿色低碳; 协同发展; 政策支持

Research on the Path and Policy Support for the Green and Low-Carbon Co-Development of the Aviation Industry Chain in Nanchang City

Chen Huamai

School of Economics and Management, Nanchang Hangkong University, Nanchang, Jiangxi 330063

Abstract : Against the global backdrop of the "dual carbon" strategy, the aviation industry, as one of the fastest-growing sectors in carbon emissions, has made its green and low-carbon transformation an inevitable trend. Nanchang, the cradle of New China's aviation industry and the core manufacturing base for domestically produced large aircraft, boasts a complete foundation for the aviation industry chain, yet still faces numerous challenges in green and low-carbon development. This paper analyzes the structural characteristics of Nanchang's aviation industry chain and the existing problems in its green and low-carbon development, and proposes five development paths: green manufacturing upgrading, clean energy substitution, circular economy development, digital empowerment, and green service extension. Furthermore, it puts forward specific policy recommendations from the aspects of finance, taxation, financial support, talent development, and standard system, aiming to provide theoretical reference and practical guidance for the high-quality green and low-carbon development of Nanchang's aviation industry chain.

Keywords : Nanchang City; aviation industry chain; green and low-carbon; coordinated development; policy support

引言

南昌市是新中国第一架飞机的诞生地, 拥有航空工业洪都、中国商飞江西公司等龙头企业, 集聚了2家航空发动机制造企业、45家配套企业和6家科研机构, 已初步形成覆盖设计、试验试飞、审定、制造、交付等环节的完整航空产业链。2024年, 南昌市航空产业实现营业收入总收入918.3亿元, 占全省比重达52%。随着C919大飞机批量生产和C929宽体客机研制的推进, 南昌市航空产业迎来了前所未有的发展机遇^[1]。然而, 在绿色低碳发展方面, 南昌市航空产业链仍存在技术创新不足、协同减排机制缺失、基础设施不完善等问题, 亟需探索适合本地实际的绿色低碳协同发展路径。

一、南昌市航空产业链绿色低碳发展存在的问题

(一). 绿色技术创新能力不足

南昌市航空产业在绿色低碳技术方面与发达国家和国内先进

地区相比仍存在较大差距。在新能源动力技术方面, 电动垂直起降飞行器(eVTOL)、氢能飞机等关键技术尚未取得突破; 在绿色制造技术方面, 精密铸造、增材制造等先进工艺应用不够广泛; 在可持续航空燃料(SAF)方面, 尚未形成本地生产能力,

项目信息: 2025年度南昌市社会科学规划项目: 南昌市航空产业链绿色低碳协同发展模式与政策支持研究(SK2025025)。

主要依赖外部供应^[2]。此外，产学研用结合不够紧密，科研成果转化率较低，绿色技术创新的市场导向性不强。

（二）产业链协同减排机制缺失

南昌市航空产业链上下游企业之间缺乏有效的协同减排机制，各环节各自为政，难以形成减排合力。龙头企业对配套企业的绿色引领作用不够，没有将绿色低碳要求纳入供应链管理体系^[3]。企业之间的碳排放数据共享不畅，无法实现全产业链碳足迹的精准核算和管理。此外，航空制造、民航运输、航空服务等不同环节之间的协同减排也有待加强。

（三）绿色基础设施建设滞后

南昌市航空产业绿色基础设施建设相对滞后，难以满足绿色低碳发展的需要。在机场方面，昌北国际机场的桥电覆盖率、新能源车辆替代率等指标与国内先进机场相比仍有差距；在航空制造方面，绿色工厂、绿色园区建设有待进一步推进；在清洁能源供应方面，航空产业园区的可再生能源利用比例较低；在废弃物处理方面，航空制造产生的金属废料、复合材料废料等回收利用体系不够完善^[4]。

（四）政策支持体系有待完善

虽然南昌市政府出台了一系列支持航空产业发展的政策，但专门针对绿色低碳发展的政策措施还不够完善。财政资金对绿色技术研发和应用的支持力度不足，税收优惠政策的针对性不强，绿色金融产品和服务不够丰富^[5]。此外，政策的协同性不够，不同部门之间的政策缺乏有效衔接，难以形成政策合力。

二、南昌市航空产业链绿色低碳协同发展路径选择

（一）绿色制造升级路径

1. 推广绿色设计理念

在航空产品设计阶段，充分考虑产品全生命周期的环境影响，采用轻量化设计、模块化设计、可回收设计等绿色设计方法^[6]。推广应用碳纤维复合材料、钛合金等轻量化材料，降低飞机重量，减少燃油消耗和碳排放。建立产品碳足迹核算体系，对产品从原材料获取、生产制造、使用到报废回收的全过程进行碳排放核算和管理。

2. 推进绿色工艺改造

加快航空制造企业的绿色化改造，推广应用精密铸造、增材制造、数字化加工等先进制造工艺，提高材料利用率，减少能源消耗和废弃物排放。建设绿色工厂，按照国家绿色工厂标准要求，优化生产流程，完善能源管理体系，实现厂房集约化、原料无害化、生产洁净化、废物资源化、能源低碳化^[7]。

3. 打造绿色供应链体系

龙头企业要发挥引领作用，将绿色低碳要求纳入供应商管理体系，制定绿色采购标准，优先采购绿色低碳产品和服务。建立供应商绿色评价机制，对供应商的环境绩效进行定期评估，推动供应商绿色转型。加强与供应商的合作，共同开展绿色技术研发和应用，实现供应链整体减排。

（二）清洁能源替代路径

1. 大力发展可持续航空燃料（SAF）

依托江西省丰富的生物质资源，建设可持续航空燃料生产基地。重点发展以废弃油脂、农林剩余物、城市生活垃圾等为原料的SAF生产技术，降低SAF生产成本。推动SAF在昌北国际机场的应用，逐步提高SAF掺混比例。鼓励航空公司与SAF生产企业签订长期采购协议，保障SAF稳定供应^[8]。

2. 积极布局新能源航空器

抢抓电动垂直起降飞行器（eVTOL）发展机遇，依托南昌市航空产业基础，引进和培育eVTOL整机制造和核心零部件企业。加强与高校、科研机构的合作，开展电动飞机、氢能飞机等新能源航空器的研发和试验。建设新能源航空器试飞基地，推动新能源航空器的示范应用和商业化运营。

3. 推广地面清洁能源应用

加快昌北国际机场和瑶湖机场的绿色化改造，提高桥电覆盖率，实现地面保障设备全部电气化。推广新能源车辆在机场和航空产业园区的应用，逐步淘汰燃油车辆。在机场和航空产业园区建设分布式光伏电站、储能设施，提高可再生能源利用比例。

（三）循环经济发展路径

1. 加强航空制造废弃物回收利用

建立航空制造废弃物分类回收体系，对金属废料、复合材料废料、电子废弃物等进行分类收集和处理。建设航空废弃物回收利用中心，引进先进的回收处理技术，提高废弃物资源化利用率^[9]。鼓励企业开展航空零部件再制造，延长产品使用寿命，减少资源消耗和废弃物排放。

2. 推动航空维修与再制造产业发展

大力发展航空维修、改装和再制造产业，建设区域性航空维修基地。鼓励企业开展飞机发动机、机载设备等关键部件的维修和再制造业务，提高航空产品的复用率。建立航空二手设备交易市场，规范二手设备的流通和使用，促进资源循环利用。

3. 构建航空产业园区循环经济体系

按照循环经济理念规划和建设航空产业园区，推动企业之间的物流、能量流和信息流的循环流动。建立园区废弃物交换平台，实现企业间废弃物的资源化利用。推广集中供热、集中供气、污水处理等基础设施共享，提高资源利用效率，降低园区整体碳排放。

（四）数字化赋能路径

1. 建设数字孪生航空产业链

利用数字孪生技术，构建航空产品全生命周期数字孪生模型，实现产品设计、生产制造、试验试飞、运营维护等环节的数字化和智能化。通过数字孪生技术优化生产流程，提高生产效率，减少能源消耗和原材料浪费。利用数字孪生技术对飞机运行状态进行实时监测和预测性维护，提高飞机运行效率，降低燃油消耗。

2. 建立碳排放数字化管理平台

建设南昌市航空产业碳排放数字化管理平台，实现产业链上下游企业碳排放数据的实时采集、传输、分析和管理的。利用大数

据、人工智能等技术，对碳排放数据进行深度分析，为企业减排决策和政府监管提供数据支撑。推动碳排放数据与碳交易市场的对接，实现碳排放权的数字化交易。

3. 推动智慧机场建设

加快昌北国际机场和瑶湖机场的智慧化改造，建设智慧运行、智慧服务、智慧管理系统。利用人工智能、物联网、大数据等技术，优化航班调度、地面保障、旅客服务等流程，提高机场运行效率，减少能源消耗和碳排放^[10]。推广自助值机、自助行李托运、无纸化登机智慧服务，提升旅客体验，降低运营成本。

三、南昌市航空产业链绿色低碳协同发展政策建议

（一）财政政策支持

1. 设立航空产业绿色发展专项资金

设立南昌市航空产业绿色发展专项资金，重点支持绿色低碳技术研发、绿色工厂建设、可持续航空燃料生产、新能源航空器示范应用等项目。对在绿色低碳发展方面做出突出贡献的企业和个人给予奖励。

2. 加大政府绿色采购力度

将绿色航空产品和服务纳入政府采购目录，优先采购使用绿色低碳技术生产的航空产品和服务。政府投资的航空项目要严格执行绿色低碳标准，采用绿色建造技术和材料。

3. 支持绿色基础设施建设

加大对航空产业园区绿色基础设施建设的投入，支持分布式光伏、储能设施、废弃物回收利用中心等项目建设。对机场绿色化改造项目给予财政补贴，提高桥电覆盖率和新能源车替代率。

（二）税收政策支持

1. 落实税收优惠政策

落实国家关于支持绿色低碳发展的税收优惠政策，对从事绿色低碳技术研发、绿色产品生产的航空企业给予企业所得税、增值税减免。对企业购置并实际使用的环境保护、节能环保、安全生产等专用设备，按规定抵免企业所得税。

2. 实施差别化税收政策

对高耗能、高排放的航空企业实施差别化税收政策，提高其

资源税、环境保护税等税负。对使用可持续航空燃料的航空公司给予消费税减免，降低 SAF 使用成本。

（三）金融政策支持

发展绿色金融产品和服务，设立绿色产业投资基金，建立绿色保险制度。鼓励银行等金融机构开发针对航空产业绿色低碳发展的绿色信贷产品，加大对绿色航空项目的信贷支持力度。支持符合条件的绿色航空企业发行绿色债券、绿色股票，拓宽融资渠道。设立南昌市航空绿色产业投资基金，引导社会资本投向航空产业绿色低碳领域。基金重点投资于绿色低碳技术研发、新能源航空器制造、可持续航空燃料生产等项目。鼓励保险公司开发绿色保险产品，为绿色航空项目提供风险保障。对投保绿色保险的企业给予保费补贴，降低企业经营风险。

（四）人才政策支持

支持南昌航空大学等高校开设绿色航空、低碳技术等相关专业，培养航空产业绿色低碳发展急需的专业人才。加强校企合作，建立产学研用相结合的人才培养模式，提高人才培养质量。制定更加优惠的人才引进政策，吸引国内外航空绿色低碳领域的高端人才和创新团队来南昌创新创业。为引进的人才提供住房、医疗、子女教育等方面的优惠待遇，解决其后顾之忧。建立健全绿色低碳人才激励机制，对在绿色低碳技术研发和应用方面做出突出贡献的人才给予重奖。鼓励企业建立股权激励制度，激发人才的创新活力。

四、结论

南昌市作为我国重要的航空产业基地，在绿色低碳发展方面具有良好的基础和巨大的潜力。面对全球航空业绿色低碳转型的趋势和国家“双碳”战略的要求，南昌市应抓住机遇，加快推进航空产业链绿色低碳协同发展。通过构建目标、主体、技术、资源和利益五位一体的协同发展机制，实施绿色制造升级、清洁能源替代、循环经济发展、数字化赋能和绿色服务延伸五条发展路径，并辅以完善的财政、税收、金融、人才和标准体系政策支持，南昌市航空产业链一定能够实现高质量绿色低碳发展，为我国航空业实现碳达峰碳中和目标做出重要贡献。

参考文献

[1] 俞好爱, 易志军. 江西通用航空产业高质量发展研究 [J]. 九江职业技术学院学报, 2024, (04): 83-87.
[2] 陈耀飞, 胡紫伟, 王俊殊. "十四五"时期江西航空产业发展对策研究 [J]. 决策咨询, 2022, (01): 58-60.
[3] Jaslin, Md, Dahlan, et al. Upgrading in Global Value Chain of Malaysian Aviation Industry [J]. Procedia Economics & Finance, 2015.
[4] 邓砚谷, 余颖. 基于 FAHP 法的南昌航空文化品牌培育路径研究 [J]. 时代经贸, 2021, 18(10): 99-102.
[5] 高学斌. 感受航空科技魅力促进航空产业发展 [N]. 南昌日报, 2024-10-15(001).
[6] 丁毅. 传统产业深度转型升级: 路径与对策 [J]. 沈阳工业大学学报 (社会科学版), 2025, 18(01): 46-55.
[7] 黄敏镁. 基于演化博弈的供应链协同产品开发合作机制研究 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(06): 155-162
[8] Tukur N M. Decarbonizing the Aviation Industry with Lower-Carbon Aviation Fuel [J]. Chemical Engineering Progress, 2024, 120(12).
[9] 邹润榕. 新型科研机构的协同创新机制研究 [J]. 广东科技, 2013, 22(16): 4-5.
[10] 高银, 李翼鹏, 李文川. 航空产业产学研用一体化协同发展的实现路径——以南昌市为例 [J]. 开发研究, 2021, (06): 88-95.

再生水农业灌溉的利用现状和影响分析

李乾龙, 张文莉*, 李继国, 负晓玲
云南水利水电职业学院, 云南 昆明 650000
DOI: 10.61369/SSSD.2026090031

摘 要 : 我国的人均水资源量不足世界平均水平的 1/4, 是严重缺水国家。利用再生水灌溉是解决我国水资源匮乏的有效途径, 但再生水灌溉对农作物和土壤的影响是复杂的。文章主要针对再生水灌溉对土壤、农作物、人体和地下水的影响, 系统地总结了近年来的研究进展, 目前学界关于再生水灌溉对土壤及作物的影响尚未形成一致结论, 争议主要源于试验可比性不足、相关概念界定不统一等问题。多数研究表明, 再生水灌溉对人体健康影响尚可接受, 但长期采用再生水灌溉农田仍会对土壤水质产生一定负面效应。针对我国再生水灌溉现存的问题与短板, 未来应进一步强化相关理论研究, 并持续开展长期、系统的原位监测与评价工作, 以期对我国再生水灌溉利用提供更加科学的理论指导。

关 键 词 : 再生水; 农业灌溉; 现状; 影响

The Current Situation and Impact Analysis of Reclaimed Water for Agricultural Irrigation

Li Qianlong, Zhang Wenli*, Li Jiguo, Yun Xiaoling

Yunnan Water Conservancy and Hydropower Vocational College, Kunming, Yunnan 650000

Abstract : China's per capita water resources are less than one-fourth of the global average, classifying the country as severely water-scarce. Regenerated water irrigation serves as an effective solution to address water scarcity, yet its impacts on crops and soil are complex. This study systematically reviews recent research progress on the effects of regenerated water irrigation on soil, crops, human health, and groundwater. Current academic consensus remains elusive regarding soil and crop impacts, with controversies primarily stemming from challenges such as experimental incomparability and inconsistent conceptual definitions. Most studies indicate that reclaimed water irrigation has acceptable impacts on human health, but long-term application in agricultural fields may still exert certain negative effects on soil water quality. To address existing challenges and shortcomings in China's reclaimed water irrigation practices, future efforts should focus on strengthening theoretical research and conducting sustained, systematic in-situ monitoring and evaluation. These measures aim to provide more scientifically grounded guidance for optimizing reclaimed water utilization in China's agricultural systems.

Keywords : reclaimed water; agricultural irrigation; current situation; impact.

水资源属于不可再生资源, 联合国在 2020 年发布的《世界水资源发展报告》中指出, 预计到 2030 年, 农业灌溉用水将占据全球淡水资源总量的 70% 以上^[1]。我国作为农业大国, 农业灌溉用水需求量长期处于较高水平, 相关统计数据显示, 2023 年我国农业用水量达 3672.4 亿立方米, 占全国总用水量的 62.2%^[2]。

再生水农田灌溉, 具体是指将城市范围内收集的生活及生产废水, 经过深度净化处理, 使其水质达到农田灌溉用水的限值标准后, 依据农作物不同生育期的需水规律, 通过输配水工程系统输送至田间, 用于农业灌溉的一种水资源调配方式。再生水中含有丰富的氮、磷、钾及有机质等植物生长所必需的营养成分, 应用于农田灌溉不仅能有效减少化肥的施用量、降低农业生产成本, 还可提升水资源的综合利用效率。

一、再生水灌溉利用现状

(一) 国外再生水灌溉利用现状

在再生水灌溉领域, 国外的发展历程远早于我国, 积累了长

期且丰富的实践经验。其中, 美国、新加坡、澳大利亚、日本、以色列等国家, 已构建起较为健全的再生水灌溉标准规范体系, 再生水灌溉回用技术的社会认可度与实际应用率均处于较高水准, 相关灌溉技术已趋于成熟, 应用场景不断延伸, 再生水已逐

项目信息: 云南省教育厅科学研究基金项目: 再生水灌溉对土壤及叶类蔬菜的影响研究 (2024J1832)。

作者简介: 李乾龙 (1989—), 男, 硕士, 讲师。研究方向: 水利工程农田水利灌溉。

通讯作者: 张文莉 (1988—), 女, 硕士, 讲师。研究方向: 环境污染控制与修复。

渐成为这些国家农业灌溉的主导水源^[3]。

就全球再生水回用情况而言，美国当前的再生水回用量位居世界首位，其回用量占全球再生水总回用量的比例约为62.68%^[4]。早在20世纪初，美国加利福尼亚州就率先开展再生水农田补给实践，实现了再生水灌溉的规模化应用。新加坡现阶段已建成五座再生水处理场站，年净化水量可达5.42亿立方米，依托先进的污水资源化处置技术，该国成功摆脱了水资源匮乏的困境，转型为国际水务发展领域的核心地区。

日本于1962年启动再生水开发利用的相关探索，到20世纪80年代进入行业快速发展阶段，截至目前，已建成近两千座小型污水净化设备，经处理合格后的再生水，有超过六成用于稻田栽种与林果培育工作。以色列则从20世纪60年代开始，将污水循环回用纳入国家层面的发展规划，2020年已实现城镇生活污水回收净化的全面覆盖，所产出的再生水能够弥补当地农业种植领域半数的用水缺口。

除上述国家外，巴西、法国、意大利等多个国家，也针对再生水在绿植管护、农田浇灌中的应用价值，陆续开展了理论研究与实际工程的落地推进。但从全球再生水灌溉的整体发展情况来看，多数地区仍承受着经济建设与水资源短缺的双重压力，加之再生水开发项目普遍存在资金短缺、核心技术尚未完善等现实瓶颈，极大地阻碍了污水资源化灌溉模式的广泛普及与长效推进。

（二）国内再生水灌溉利用现状

自20世纪70年代起，我国便开启了再生水用于农业灌溉的探索之路，相关科研工作持续推进。业内学者围绕再生水灌溉对作物生长状况、土壤物理化学特征及重金属累积污染等核心议题，展开了全面且深入的专项研究，为技术应用奠定了早期理论基础。

政策层面的完善为再生水利用事业提供了制度保障。《国务院关于全面加强城市供水节水和水污染防治工作的通知》（国发〔2000〕36号）、《中华人民共和国水法》与《中华人民共和国循环经济促进法》等法规的相继颁布，从宏观层面明确了再生水开发利用与管理的发展方向。2017年，《水利部关于非常规水源纳入水资源统一配置的指导意见》（水资源〔2017〕274号）正式印发，将“完善顶层设计，推动再生水纳入水资源统一配置体系”列为核心任务，直接推动我国再生水利用进入跨越式发展阶段，开发利用规模迅速扩大，原本以污水、初级处理水为主的农业灌溉模式逐步被再生水替代。2021年，《水回用导则》系列国家标准正式发布，进一步为污水资源化利用的标准化、规范化发展提供了关键技术依据^[5]。

尽管我国再生水农业灌溉政策与标准体系逐步完善，但该领域的实践应用整体仍处于发展初期。再生水体中富集的盐分、重金属、致病微生物、农药残留及环境激素等多种污染物，在灌溉过程中会持续对农作物正常生长、耕作土壤理化性质与结构稳定、地下水资源安全构成潜在威胁，同时还可能通过食物链传递对人体健康产生长期不良影响。当前，针对再生水灌溉引发的各类环境风险与健康隐患的专项研究仍较为薄弱，这些未知的风险因素成为制约再生水农业灌溉规模化推广与可持续发展的关键

瓶颈。

二、再生水农业灌溉的影响

（一）再生水灌溉对土壤性质的影响

土壤孔隙是土壤水分、空气的主要储存场所，同时也为植物根系生长、土壤动物及微生物活动提供了必要空间^[6]。土壤孔隙度可直观体现土壤结构好坏与土体密实程度，是评判土壤理化性质的核心指标之一。再生水灌溉会引发土壤物理性质发生改变，其中以土壤孔隙度^[7]、渗透速率等参数的变化最为突出，而土壤物理性质的改变，会进一步打破土壤生态平衡，扰乱土壤生物群落结构，甚至诱发一系列生态环境问题。相较于常规清水灌溉，再生水内部有机质、悬浮物、金属离子、盐分离子等物质含量更高^[8-9]，这些物质随灌溉水进入土壤后，会直接改变土壤原有理化性质^[10]，进而引发土壤孔隙结构发生变化，最终造成土壤水力特性出现相应改变。因此，深入剖析再生水灌溉模式对土壤孔隙结构及基础理化指标的作用机制，具有十分迫切的现实必要性。通过研究证实，再生水灌溉会提升土壤盐度与碱度，促使土壤粘粒出现膨胀、分散现象，进而降低土壤孔隙结构的稳定性；也有相关研究表明，再生水中高含量的固体悬浮物，会堵塞土壤孔隙通道，改变土壤结构形态，甚至导致土壤饱和导水率下降。除此之外，长期开展再生水农业灌溉，水中有机质等成分会在土壤表层不断富集，引发地表结皮现象加剧，使得土壤容重增大、孔隙分布不均程度提升，同时重塑土壤微生物群落结构，最终对土壤孔隙结构产生显著影响。综上，对土壤孔隙特征开展定量研究，是探明再生水灌溉条件下土壤基础理化指标变化规律的重要手段与关键表征方式。

（二）再生水灌溉对土壤肥力的影响

再生水富含氮、磷、钾及有机质等多种作物生长必需的营养元素，这些营养物质会随灌溉过程持续输入耕作层土壤，补充土壤养分储量，从而对土壤肥力水平起到调控作用。土壤肥力直接决定了土壤为作物生长供应养分的综合能力，其中有机质、氮、磷、钾等养分含量，是评估土壤肥力水平的核心依据。当前学界围绕再生水灌溉对土壤肥力的影响展开了大量研究，但尚未形成一致的研究结论。部分学者研究表明，再生水灌溉有助于提升土壤肥力，采用野外调查与采样分析相结合的方法，针对不同再生水灌溉年限的农田土壤养分变化展开研究，结果显示，不同灌溉时长下，再生水灌区土壤有机质含量均高于清水灌溉区域。但也有部分研究提出，再生水灌溉对土壤肥力并未产生显著影响。研究结论出现分歧，主要是因为土壤肥力的变化并非仅受再生水灌溉单一因素影响，还与土壤类型、作物种植种类、田间生长环境等多重因素密切相关。因此，后续相关研究除了要开展更全面、规范的室内模拟试验，还需综合考量各类影响因素，重点开展多因子耦合条件下的田间定位试验研究。

（三）再生水灌溉对土壤环境的影响

通常情况下，土壤自身具备一定的自净能力，但其环境承载力与污染物净化效能均存在一定阈值。若长期将再生水用于农田

灌溉，极易导致各类污染物在土壤体系中持续累积，进而对地下水、作物植株及果实产生次生污染，埋下生态安全隐患。当前，国内外针对再生水灌溉对农田生态环境影响的相关研究，主要聚焦于土壤重金属富集、微生物活性变化等核心领域。

现有多数研究结果显示，短期采用再生水进行农田灌溉，一般不会对土壤环境造成明显污染，但当土壤中已有其他来源的重金属负荷处于较高水平时，需定期开展土壤污染物监测与风险评估，以此防控重金属过度累积带来的环境风险。另外，通过对比多种灌溉模式可知，滴灌技术不仅能有效节约灌溉用水量，还能减少土壤中重金属的累积量，相关研究也证实，再生水滴灌模式下，土壤重金属镉含量能够满足相关标准限值要求，这也凸显了选取科学灌溉方式的重要性。与此同时，土壤重金属累积程度不仅受元素自身理化特性影响，还与再生水灌溉年限呈显著相关性，因此，针对再生水灌溉农田区域，必须定期开展环境监测与生态安全评价，还可通过调节土壤理化性质、优化土壤 pH 值等措施，抑制重金属在土壤中的迁移累积，从而降低农田生态环境风险。

土壤微生物生物量是推动土壤生物地球化学循环、有机质分解转化的核心载体，对维持土壤生物肥力起着关键性作用。相较于地下水灌溉，再生水灌溉会从微生物多样性、种群结构等方面，对土壤微生物群落造成直接影响。相关农业灌溉研究表明，再生水灌溉能够提升土壤微生物的丰度与种类数量，同时增强土壤微生物整体活性。但另一方面，再生水灌溉带来的土壤重金属累积问题，也会干扰土壤微生物的生理功能，降低土壤微生物活性；除此之外，再生水还可能将外源微生物带入土壤环境，打破本土微生物群落的原有结构平衡。有学者以辣椒为研究对象，通过温室盆栽试验探究不同灌溉模式对土壤性状的影响，研究结果证实，再生水具备农田灌溉水源的利用条件，可应用于农业生产灌溉，但不同灌溉模式均会引发不同程度的微生物污染风险，其中条件致病菌、植物病原微生物的潜在危害需重点防控。该研究结论，能为再生水在辣椒种植灌溉中的安全应用与规模化推广，提供详实的理论依据与数据支撑。

（四）再生水灌溉对农作物的影响

诸多研究结果显示，和常规灌溉水源相比，运用再生水实施农田灌溉，可在一定程度上提高农作物的产量。相关试验研究发现，再生水灌溉下水稻产量明显高于河道水灌溉处理组，同时能优化水稻干物质的积累与分配方式，对水稻种群生长指标起到一定的促进效果，不过对水稻株高的生长无明显作用；该试验同时表明，在中水位调控模式下，农村生活污水二级处理出水灌溉水稻，其生理生长状态达到最优。

在我国北方水资源紧缺地区，再生水农田灌溉的相关理论与实践应用更为普及。有研究以宁夏中卫市沙坡头区为试验区，针对六年生枸杞和番茄开展再生水灌溉试验，确定了适配两种作物的节水灌溉施肥制度，为枸杞、番茄的增产提质提供了理论参考与技术支撑。

但再生水灌溉对作物生长的影响并非全部为正向，当再生水输入的养分含量超过作物生长需求阈值时，反而会对作物正常生

长发育产生抑制作用。

有学者针对再生水灌溉冬小麦开展长期监测试验，对连续 10 年灌溉的土壤取样分析后发现，再生水灌溉对土壤钠离子含量的影响最为显著，加大了土壤次生盐渍化的发生风险；现有研究也证实，长期采用污水灌溉的区域，土壤中镉、锌、汞等重金属污染问题较为突出。因此，需要不断优化污水处理技术，降低再生水中有害物质浓度，减少重金属在作物体内的富集风险，从而降低其对农田土壤、作物生长及人体健康的不利影响。当前，国内外针对再生水农田灌溉的研究，大多集中在作物生理代谢、产量、光合特性及品质等方面，针对再生水灌溉下人体健康潜在风险的系统性评估研究仍较为欠缺。

（五）再生水灌溉对人体健康的影响

人体健康安全隐，是再生水推行农田灌溉模式亟需解决的首要问题。尽管污水处理厂处理后的再生水水质能够达到既定排放标准，但水体中依旧残存大量营养物、盐分、有机污染物及重金属，这类物质既是河湖水体的潜在污染源，也会通过河湖生态补水、农业灌溉等路径，对生态环境与人体健康埋下多重潜在风险。相关研究针对城市再生水中 16 种多环芳烃进行跟踪监测后发现，将再生水用于城市绿化、农田灌溉、景观休闲等场景时，人体直接接触引发的致癌、非致癌风险数值，均低于美国国家科学院提出的安全阈值，整体健康风险处于可接受区间，该研究并未针对其深层次潜在健康风险展开全面评估。另有研究指出，水体中的药物与个人护理品（PPCPs），可经由再生水灌溉、污泥资源化还田等方式，进入土壤—植物生态系统，再通过食物链逐级传递，对人体造成慢性毒性损伤。

再生水灌溉对人体健康的影响途径较为多元，既包含人体皮肤直接接触、空气呼吸吸入带来的直接风险，也涵盖土壤污染、农产品污染、地下水污染引发的间接健康风险。想要有效防控此类风险，需多措并举：一方面优化再生水处理工艺技术，提升水质净化效果；另一方面建立科学合理的灌溉制度，强化全流程水质监管与动态监测，同时选育推广耐盐作物品种、配套土壤改良措施，从多维度降低生态与健康风险。

（六）再生水灌溉对地下水的影响

长期采用再生水开展农田灌溉，会对区域地下水水环境产生一定程度的干扰与影响。再生水中含有的有机质、盐分离子、重金属等污染物，会随着土壤水分下渗过程逐渐迁移至地下含水层，进而改变浅层地下水的原有水质特征。现有研究表明，使用经紫外线消毒、且满足当地农业灌溉水质标准的再生水开展农业灌溉，短期内不会对地下水水质及稻田农业生态系统造成显著负面影响，但仍需开展长期跟踪监测。

当前，针对再生水灌溉区域十年以上的长期定位观测研究极为稀缺，对于灌溉区地下水环境长时序时空演变特征与规律，仍缺乏系统性研究分析，这也成为制约再生水农业安全利用的主要瓶颈。国内现有田间灌溉试验大多周期较短，无法获取连续、长效的观测数据，难以支撑长期环境效应的深入研究。除此之外，再生水中的致病微生物、溶解性有机质，会对浅层地下水产生持续性累积污染，这类长期环境作用机制，也是目前该领域亟需深

入探究的核心课题。

三、存在的问题

再生水作为一种替代水源，在淡水资源短缺情况下探索再生水利用具有重要的现实意义。再生水应用于农田灌溉，不仅能够补足农业用水缺口、缓解区域水资源短缺压力，还可实现水资源循环利用，助力节能减排与低碳发展。在科学管控用量与灌溉方式的前提下，合理施用再生水能够促进作物生长发育，有效提升农产品产出水平，也是现代农业灌溉模式转型升级的主流发展方向。现阶段，再生水农用领域的探索已积累一定理论与实践成果，但现有研究表明，该项灌溉利用技术体系仍有待完善，伴随不可忽视的环境隐患，其规模化落地推广仍需开展更为深入的探究。此外，再生水灌溉对农田土壤、农作物品质及地下水环境的

潜在危害评估，以及如何协调生态风险与利用效益之间的平衡，将成为后续科研工作的核心内容。

为推动再生水灌溉模式在国内稳定长效发展，需聚焦农用关键技术攻关，持续研发低成本、高效率的水处理工艺、应用手段与配套设施。同时，结合不同作物品类的生长特性与田间环境差异，制定差异化灌溉方案，并完善配套的水质管控标准与行业规范，以此为再生水农业资源化利用的可持续推进提供制度保障与技术支持。

当前国内诸多城市已逐步推进再生水农用灌溉的科研探索与工程实践工作，再生水资源在农业领域具备广阔的开发前景与利用空间。在再生水灌溉产业的推进过程中，应结合区域自然条件与发展现状进行统筹规划、因地制宜布局，逐步构建适配我国发展实情的行业规范与技术准则，以此保障再生水资源在农业生产中实现稳定、长效的资源化利用。

参考文献

[1] 张红伟, 崔丙健, 刘春成. 再生水农业灌溉中生物污染物研究进展 [J]. 河南农业科学, 2024, 53(3): 1-16.

[2] 中华人民共和国水利部. 2023年中国水资源公报 [R]. 2024.

[3] 慈教进. 再生水：再利用还是再污染 [J]. 生态经济, 2014, 30(12): 10-13.

[4] 陈梓豪, 许萍. 国外再生水饮用回用的案例分析与启示 [J]. 中国给水排水, 2021, 37(14): 13-22, 31.

[5] 陈卓, 郝姝然, 白雪, 等. 《水回用导则再生水厂水质管理》国家标准解读 [J]. 给水排水, 2022, 48(2): 157-162.

[6] 关连珠. 普通土壤学 [M]. 北京：中国农业大学出版社, 2007.

[7] 王茜, 郇环, 王红瑞, 等. 再生水利用对土壤和地下水的影响研究综述 [J]. 南水北调与水利科技, 2018, 16(4): 104-113.

[8] 李松旌, 樊向阳, 崔二苹, 等. 再生水灌溉不同滴头布置方式下 PPCPs 在土壤和番茄中的累积 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(8): 187-194.

[9] 卢佳宇, 王辉, 欧阳赞. 低盐再生水灌溉对亚热带红壤水力特性及微观结构的影响 [J]. 农业工程学报, 2022, 38(18): 103-112.

[10] RAHMAN M M, SHAHRIVAR A A, HAGARE D, et al. Impact of recycled water irrigation on soil salinity and its remediation[J]. Soil Systems, 2022, 6(1): 13-34.

构建百亿千瓦灵活性电源近零碳支撑体系

蔡观¹, 王子渊², 曾宇佳³, 蔡花艳⁴

1. 武汉双碳产业研究院, 湖北 武汉 430062

2. 武汉理工大学安全应急管理学院, 湖北 武汉 430070

3. 武汉理工大学交通与物流工程学院, 湖北 武汉 430070

4. 湖南农业大学人文与外语学院, 湖南 长沙 410000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090042

摘 要 : 我国电力消费2025年已正式迈入10万亿千瓦时(10PWh)时代,并正向20PWh能源强国目标(乃至100PWh)加速跃升。在这一宏大背景下,传统以煤电为“压舱石”的能源安全观正面临前所未有的挑战。受限于材料极限,百万千瓦级超超临界机组主蒸汽温度难以突破1000K,导致度电碳排放存在物理“天花板”;同时,煤电项目全面推广碳捕集、利用与封存(CCUS)技术将面临巨大的成本压力,陷入“经济悬崖”。若继续沿用“风光+煤电兜底”的传统路径,还需新增建设二三十亿千瓦煤电装机,不仅碳排放总量无法控制,更将造成巨大的资产搁浅风险。基于对全球能源转型趋势及我国资源禀赋的深度分析,提出必须彻底转变思路:从依赖“单一煤电调峰”转向构建由创新水能、先进光热、深层地热、高值生物质、多元新型储能、绿氢耦合及工业余热组成的七大新型灵活性电源体系。建议国家层面将“近零碳电网”建设上升为国家战略,通过技术集群攻关、市场机制重构与产业政策引导,打造“实时在线”一二百亿千瓦级的清洁低碳电源灵活性调节能力,替代传统煤电角色,确保我国新型电力系统在10PWh~50PWh新阶段中,实现安全、绿色、经济的能源消费深度转型。

关 键 词 : 灵活性电源; 近零碳电网; 新型电力系统

Construction of Near-Zero Carbon Support System for Hundred-Million-Kilowatt Flexible Power Sources

Cai Guan¹, Wang Ziyuan², Zeng Yujia³, Cai Huayan⁴

1. Wuhan Double Carbon Industry Research Institute, Wuhan, Hubei 430062

2. School of Safety and Emergency Management, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070

3. School of Transportation and Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070

4. College of Humanities and Foreign Languages, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410000

Abstract : China's power consumption has officially entered the 10 trillion kWh (10 PWh) era in 2025 and is accelerating toward the energy power goal of 20 PWh and even 100 PWh. Against this grand backdrop, the traditional energy security concept with coal power as the "ballast stone" is facing unprecedented challenges. Restricted by material limits, the main steam temperature of million-kilowatt ultra-supercritical units can hardly break through 1000 K, resulting in a physical ceiling for carbon emissions per kilowatt-hour. Meanwhile, the full-scale promotion of Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) in coal power projects will face enormous cost pressure and fall into an economic cliff. If the traditional development path of "wind-solar power plus coal power backup" is followed, an additional 2 to 3 billion kilowatts of coal power installed capacity will be required, which will make it impossible to control total carbon emissions and trigger massive asset stranding risks. Based on an in-depth analysis of the global energy transition trend and China's resource endowment, this paper proposes a fundamental shift in thinking: shifting from relying solely on coal power peak regulation to building a new flexible power system consisting of seven categories, including innovative hydropower, advanced concentrating solar power, deep geothermal energy, high-value biomass energy, diversified new energy storage, green hydrogen coupling and industrial waste heat. It is suggested that the construction of a near-zero carbon power grid be elevated to a national strategy. Through key breakthroughs in technological clusters, reconstruction of market mechanisms and guidance of industrial policies, China can build a 10 - 20 billion-kilowatt real-time online flexible regulation capacity of clean and low-carbon power sources, replace the role of traditional coal power, and ensure the in-depth, safe, green and economical transformation of energy consumption of China's new power system in the new stage ranging from 10 PWh to 50 PWh.

Keywords : flexible power source; near-zero carbon power grid; new power system

一、形势研判：能源转型进入“深水区”，煤电传统路径触及双重极

（一）规模量级跃升带来的结构性矛盾

2025年，我国全社会用电量达到10.37万亿千瓦时，成为全球首个年用电量突破10PWh的国家。2025年我国原煤产量为48.3亿吨，进口煤炭4.9亿吨。煤炭消费量占能源消费总量的比重约为51.4%。电力行业作为煤炭消费主力，其碳排放量约占全社会总排放的40%以上。据部分前瞻性研究及极端情景测算，若未来我国实现交通、工业、建筑及能源化工等领域的全面深度电气化，并涵盖绿氢制备等新兴负荷，全社会年用电总量理论需求可能向20 PWh、50 PWh甚至100 PWh数量级迈进。这表明新型能源系统在电力、动力、热力、算力、近零碳能源化工等诸多方向上的绿电需求总量高达100PWh数量级（100万亿度电），新型电力系统任重道远。

然而，我国现有的电力系统架构是建立在化石能源为主导的火电项目基础之上，主要是煤电——此亦即所谓的“煤电压舱石”。若按照当前“风光大规模开发+煤电兜底保供”的模式推演，为平衡“10PWh风光绿电增量”且保障系统安全，理论上需要新增配置二三十亿千瓦的煤电装机容量。更重要的是，当全年总用电量迈向20PWh时，所需的煤电装机总规模将占到全球的三分之二以上（甚至五分之四），会在资源供给、环境容量、经济成本与环境外交等诸多方面背负“不可承受之重”。因此，单纯依靠增加煤电装机来平衡波动性可再生能源的路径，显然已走到尽头。

（二）煤电脱碳的“技术天花板”

从热力学角度分析，燃煤发电效率的提升依赖于蒸汽参数的提高。目前，我国最先进的百万千瓦级二次再热超超临界机组，其主蒸汽温度约为883K（610℃），材料极限大约在900K~1000K之间。受限于传统铁素体耐热钢的性能，常规超超临界机组的主蒸汽温度长期徘徊在600℃~620℃（约873K~893K）。虽然国际能源署（IEA）及多国研究指出，要进一步将主蒸汽温度提升至700℃以上（突破973K，向1000K迈进），面临着镍基高温合金成本高昂、焊接工艺复杂及长期服役性能验证等巨大挑战，但这被视为下一代高效清洁煤电技术（A-USC）的关键突破口，而非不可逾越的热力极限。尽管先进超超临界技术有望将煤电净效率提升至50%以上、度电碳排放降至700g/kWh以下，但在大规模工程应用中，受限于设备老化、燃料品质波动及调峰运行工况，全行业平均效率提升和碳减排仍面临挑战。有观点认为，若技术迭代放缓，2035年即便煤电规模控制在5PWh，其碳排放总量仍可能维持在较高水平（如40亿吨左右），且深度调峰带来的效率损失和磨损问题也不容忽视。

（三）CCUS面临的“经济悬崖”

碳捕集、利用与封存（CCUS）被视为煤电低碳化的终极手段。根据国际能源署（IEA）及国内多家研究机构（如清华大学、中电联）的测算，受限于当前化学吸收法的高能耗与高设备投资，燃煤电厂加装碳捕集装置将导致度电成本（LCOE）增加约

0.2~0.4元人民币。这一增量使得含CCUS的煤电上网电价较常规机组大幅上涨（甚至翻倍），在当前电力市场机制下尚缺乏独立的市场竞争力。其次，全球及我国对二氧化碳的化工利用需求（如制甲醇、尿素等）仅为十亿吨级，而煤电产生的二氧化碳是百亿吨级。巨大的供需缺口意味着绝大部分捕集的二氧化碳必须进行地质封存，这不仅需要庞大的基础设施投资，还涉及长期的监测责任和潜在的环境风险，煤电产生的二氧化碳成为消纳痛点。尽管我国全国碳市场碳价近年来稳步攀升，目前已突破90元/吨，但在外部经济性机制尚不完善、碳价信号仍偏弱的背景下，当前的碳价水平（约90~100元/吨）距离煤电+CCUS项目实现盈亏平衡所需的200~300元/吨仍有巨大差距。因此，短期内单纯依靠碳市场收益难以弥补CCUS项目的普遍亏损，仍需依赖财政补贴或专项基金支持。若强行全面推广，将导致电价飙升，冲击国民经济，形成所谓的“经济悬崖”。我国煤电转型已不再是简单的“节能改造”或“局部优化”，而是面临着生存逻辑的根本性重构。必须做到“先立后破”，寻找能够替代煤电“压舱石”功能，且具备零碳、低成本、大容量特征的新型灵活性电源体系。

二、战略破局：构建七大关键技术路径支撑的“近零碳电网”

面对上述挑战，必须摒弃“煤电为主、新能源为辅”的旧思维，确立“新能源为主体、新型灵活性电源为支撑”的新范式。重点布局七大关键技术路径，构建总规模达一二百亿千瓦级的“实时在线”灵活性电源体系，实现对传统煤电功能的全面替代和超越。

（一）创新水能：从“单一发电”向“流域超级储能枢纽”升级

我国理论水能资源丰富（多年平均约7PWh/丰水年份约10PWh），但传统水电开发已接近饱和。常规水电站蓄能升级是未来发展关键。跨流域抽水蓄能可依托复杂地形，突破常规工程限制，凭借大型隧洞技术挖掘高落差水能，大幅提升水能开发潜力，还能延长储能时长，强化电网稳定调节能力。依托流域清洁能源基地，融合数字孪生与智能技术，革新水电调度模式，搭建多目标协同机制，推动水电从单一发电转向流域资源综合优化配置，助力新能源消纳，增强流域防洪与生态调节能力，构建多元高效的现代化流域能源治理体系。

（二）创新光热：打造“超级热能枢纽”与热电协同

光热发电（CSP）具有自带储能、输出稳定的特性，是替代煤电基荷与调峰功能的理想选择。重点研发应用钨钼超高温合金等新材料，将吸热器工作温度提升至1600℃以上（~2400℃），结合外燃式燃气轮机（热空气动力循环）与熔盐储能/超临界二氧化碳（SCO₂）等热能动力循环发电技术，将光热发电效率提升至50%以上，大幅降低灵活性电源度电成本。此类全新一代的光热发电结合熔盐储能，其技术开发潜力可达一二百亿千瓦及以上。利用光热产生的1000℃以上高温热源，直接驱动水分解或

二氧化碳还原反应，生产零碳航空燃料（SAF）和绿氢。这不仅解决了长时储能问题，更为航空、航运等难电气化领域提供了脱碳方案。在现有煤电厂附近地区增设光热发电项目，且推广“蒸汽加热熔盐储热”技术（如安徽宿州示范项目），建设大规模熔盐储罐。利用低谷电或余热加热熔盐，高峰时释放蒸汽驱动汽轮机。该技术可实现热电解耦，使煤电机组最小技术出力降至30%以下，顶峰能力提升至100%，热-热转换效率超95%。若对全国30%的煤电装机进行此类改造，可催生数千亿元的市场空间，极大提升存量资产价值。

（三）深层地热：开发“无限基荷”与区域零碳能源岛

地热能是唯一不受天气影响、可全天候提供的可再生能源。利用“波钻”（毫米波钻井）等颠覆性钻井技术，突破硬岩钻进瓶颈，向地下2万米甚至更深部进军，开发遍布全国的干热岩资源。探索“地热+熔盐储能”、“地热+液态空气储能”特别是“地热+SCO₂地下储能”技术。利用深层高温岩体作为天然热库，注入超临界二氧化碳进行换热并封存，实现跨季节能量平移。这使得地热电站不仅具备类似抽水蓄能的灵活调节能力，还能实现碳负排放。据估算，我国深层地热开发潜力可达一二十亿千瓦及以上，足以支撑多个区域级的零碳能源岛。

（四）生物质能：唯一可再生碳源的高值化与负碳化

生物质是自然界唯一可再生碳源，具备突出负碳发展潜力，资源总量显著高于化石燃料年度消耗量。伴随能源作物培育、生物工程等技术迭代，全球白颗粒生物成型燃料产能潜力可达百亿吨级，可有效替代电煤，油气转化等能源化利用路径经济价值广阔。严格管控农林废弃物露天焚烧，加快向热解气化、液化等高端技术转型，推动农林剩余物、园林废弃物、城乡生活垃圾等生物质资源化利用，产出绿色甲醇、生物天然气、可持续航空燃料（SAF）及高附加值生物炭。健全 CCER、PURO 等绿碳认证体系，普及生物炭基肥还田模式，以生物炭替代石油焦等化石原料。依托生物炭土壤封存路径，同步实现土壤改良、地力提升与长期固碳，打造农业—能源—生态协同循环体系。生物质生长阶段可固存二氧化碳，结合碳捕集与封存技术形成 BECCS 负碳模式；探索煤炭分质产物与生物质循环流化床耦合燃烧，集成富氧燃烧、碳捕集一体化技术，为工业残余碳排放抵消提供核心支撑。

（五）新型储能：多元技术路线与车网互动（V2G）

储能是新型电力系统建设的核心支撑，需秉持长短时储能协同、多技术路线并行的发展思路。稳固锂电池短时调频调峰优势，重点发展熔盐储热、压缩空气储能、重力储能、飞轮储能、液流电池等长时储能技术，覆盖秒级至跨季节全周期电网调节需求。充分挖掘电动汽车移动储能潜力，伴随电动车规模化普及，

依托车载电池的充放电互动能力，通过智能聚合调度，推动 V2G 车网协同应用，引导电动汽车参与电网调频、负荷调峰，形成大规模分布式灵活调节资源，重塑传统电网运行调控模式。依托海量电动汽车构建规模化应急电源体系，打造兆瓦至吉瓦级移动应急供能载体，以交通与能源跨界融合培育能源领域新质生产力。

（六）氢能：深度脱碳载体与系统耦合剂

氢能作为清洁二次能源，是串联电力、交通、工业领域的关键枢纽，也是破解新能源时空错配、实现全域深度脱碳的核心能源载体。针对我国风光资源夏盛冬缺、用电负荷冬高夏低的逆向供需格局，发挥氢能长周期、大容量储能优势，建设大型跨季能量缓冲体系。依托西北新能源基地富余绿电，夏季规模化制备绿氢、液氨、绿甲醇并长期储存；冬季通过燃料电池、掺氢轮机、氢氨混燃设备反向供电供热，弥补电力基荷缺口，将新能源调节周期从小时级拓展至季度级，破解长时储能短板，大幅提升新能源消纳水平。依托技术突破与产业规模化，力争 2030 年实现绿氢成本大幅下降，达成与化石制氢平价竞争。面向长远发展，绿电、绿氢与灵活调节电源组合，已具备逐步替代传统煤电基础保障作用的技术条件，成为能源结构低碳转型的核心抓手。

（七）工业余热：被忽视的“负成本”资源

工业生产伴生的大量废弃热能（在此处还可将核裂变能特别是乏燃料低放嬗变处理之所释热能视为“工业余热”），是极具开发价值的“负成本”绿色资源。超级热泵技术突破（200℃工业蒸汽~1500℃工艺热），“热/电”储能转换值得期待，通过全面电气化与技术迭代，将传统“排空”的低品位热能转化为高价值能源产品。结合液化空气储能等长时储能技术，解决余热产生与用热负荷的时间错配问题，实现热能的时空转移与稳定供应，灵活性电源开发潜力达一二十亿千瓦及以上。

三、结语

我国能源转型正处于由“量变”积累向“质变”飞跃的关键历史节点。面对未来50PWh乃至更高量级的能源需求，继续依赖传统煤电路径（煤电压舱石）不仅无法实现“双碳”目标，更将使我国陷入能源安全与经济的双重困境。

通过系统性布局创新水能、先进光热、深层地热、高值生物质、多元新型储能、绿氢耦合及工业余热七大路径，我们完全有能力构建“实时在线”一二百亿千瓦级灵活性电源支撑的“近零碳电网”。这不仅是破解煤电转型困局的必由之路，更是中国从“能源大国”迈向“能源强国”，在全球绿色产业竞争中占据制高点、引领人类可持续发展的关键一招。时不我待，需以壮士断腕的决心和久久为功的韧劲，加快推进这一历史性变革。

参考文献

[1] 国网能源研究院. 中国能源电力发展展望2024[R]. 北京：中国电力出版社，2024.
[2] 国家能源局. 《全国煤电机组改造升级实施方案》[Z]. 北京：国家能源局，2021.

中国—东南亚新能源汽车产业协作的路径、挑战与前景

范佳诚

中国传媒大学, 北京 100024

DOI: 10.61369/SSSD.2026090043

摘要 : 在全球绿色转型和“全球南方”国家群体性崛起的背景下, 新能源汽车产业正在成为区域合作与产业升级的重要支点。中国凭借电池研发、整车制造和供应链组织能力, 持续扩大在东南亚市场的投资与出口; 东南亚国家则依托人口规模、资源禀赋、区位优势和政策激励, 积极承接新能源汽车产业链转移。双方合作体现出资源、技术与市场的互补性, 但也面临本地产业基础薄弱、区域规则不统一、中国企业品牌高端化不足以及美国推动供应链“去中国化”等挑战。未来, 中国与东南亚国家应以产业链协同、技术创新和政策沟通为重点, 提升区域供应链韧性 with 战略自主能力。

关键词 : 中国—东盟合作; 全球南方; 新能源汽车

Paths, Challenges and Prospects of China-Southeast Asia New Energy Vehicle Industry Cooperation

Fan Jiacheng

Communication University of China, Beijing 100024

Abstract : Against the backdrop of global green transition and the collective rise of "Global South" countries, the new energy vehicle (NEV) industry has become an important fulcrum for regional cooperation and industrial upgrading. With its strengths in battery R&D, vehicle manufacturing and supply chain organization, China has continuously expanded investment and exports in the Southeast Asian market; Southeast Asian countries, relying on their population size, resource endowments, geographical advantages and policy incentives, have actively undertaken the transfer of the NEV industrial chain. The cooperation between the two sides reflects the complementarity of resources, technology and markets, but also faces challenges such as weak local industrial foundation, inconsistent regional rules, insufficient high-end branding of Chinese enterprises, and the United States' promotion of "de-Chinaization" of the supply chain. In the future, China and Southeast Asian countries should focus on industrial chain coordination, technological innovation and policy communication to enhance the resilience and strategic autonomy of the regional supply chain.

Keywords : China-ASEAN cooperation; Global South; new energy vehicles (NEVs)

一、中国与东南亚国家新能源汽车产业合作基础

中国与东南亚国家均把新能源汽车视为推动绿色经济和产业升级的重要抓手。对中国而言, 国内新能源汽车产业已形成较完整的研发、制造和配套体系, 海外市场成为企业延伸产业空间、释放产能和提升品牌影响力的重要方向。对东南亚而言, 新能源汽车不仅是交通低碳化的选择, 也是吸引外资、扩大就业和重塑制造业结构的契机。东盟2022年总人口接近6.72亿, 其中20至54岁人口占比超过一半, 年轻消费群体和快速增长的中产阶层为新能源汽车普及提供了市场基础。

从区域发展角度看, 双方合作的意义不止于汽车贸易。新能源汽车产业关联动力电池、关键矿物、电子信息、软件服务、充电基础设施和回收利用等多个环节, 能够带动东南亚制造业从劳动密集型环节向技术密集型环节延伸, 也能帮助中国企业在更广

阔市场中验证技术、完善服务网络。它因此成为中国—东盟经贸合作从一般商品交换走向产业链共同建设的典型领域。

(一) 市场需求与政策支持

东南亚国家近年密集出台购车补贴、税收减免、关税优惠和投资激励政策, 推动新能源汽车进入大众消费和本地生产环节。泰国、印度尼西亚、马来西亚和菲律宾等国均希望借助新能源汽车带动本国汽车产业转型。与此同时, 中国品牌在东南亚电动车市场的渗透率迅速提升。相关统计显示, 中国电动汽车销量已占东南亚电动车市场较高份额, 泰国和菲律宾也进入中国新能源汽车出口的重要目的地之列。^[1]在泰国市场, 中国品牌2023年在新能源汽车市场的占有率已达到较高水平, 说明区域消费需求与中国企业产品供给之间形成了较强匹配。^[2]

市场需求的增长还与东南亚城市化进程、能源结构调整和空气污染治理压力有关。曼谷、雅加达、马尼拉等大城市交通拥堵

和尾气排放问题突出，新能源汽车能够在降低使用成本的同时改善城市环境。对于能源进口依赖较高的国家而言，发展电动交通也有助于提升能源安全。政策、消费和环境治理三重因素叠加，使东南亚成为中国新能源汽车企业“出海”的优先区域。

（二）资源禀赋与技术互补

东南亚拥有镍、锡、铜等关键矿产资源，其中印度尼西亚在镍资源和电池材料环节具有突出优势，但在高附加值加工、精炼和电池系统集成方面仍需要外部技术和资本支持。中国则在电池材料加工、整车制造、成本控制和供应链组织方面具有较强能力。双方合作能够使东南亚从资源输出逐步迈向材料加工、零部件生产和整车制造，也有助于中国企业拓展海外市场、分散关键矿产供应风险。正因如此，东南亚被部分观察者视为全球供应链重组中的重要承接区域。^[3]

这种互补关系决定了双方合作具有较强稳定性。东南亚国家希望在矿产开发之外获取技术、税收和就业，中国企业则需要在国际竞争中构建多元化供应链。只要双方能够把资源开发、环境保护和本地能力建设结合起来，新能源汽车合作就能够避免单向度的资源贸易模式，转向更具可持续性的区域产业共同体。

二、中国与东南亚国家新能源汽车合作路径

当前双方合作已经从单纯整车贸易逐步延伸至本地化生产、供应链协同和技术共享。其核心逻辑是：以市场拓展带动品牌进入，以投资建厂推动产业落地，以资源和技术互补提升区域产业链韧性。

（一）整车出口与市场拓展

整车出口仍是中国新能源汽车进入东南亚市场的基础路径。随着中国本土市场竞争加剧，企业需要寻找增长空间，而东南亚庞大人口、较高城市化潜力和政策支持为中国车企提供了机会。比亚迪、上汽、长城等企业通过经销网络、售后体系和本地营销扩大市场份额，并逐步把泰国、印尼等国家作为区域分销中心。东南亚国家则可借助中国车型的性价比优势和成熟供应体系，加快消费者对新能源汽车的接受速度，推动传统燃油车市场向电动化转型。

在这一阶段，中国企业不能只依靠价格竞争，还需根据东南亚国家气候、道路条件、充电习惯和消费偏好进行产品适配。例如，热带高温、高湿和城市短途通勤场景对电池安全、空调能耗和售后响应提出更高要求。企业若能把产品、金融服务、售后维修和充电合作结合起来，就更容易从短期销量增长转向长期品牌沉淀。

（二）本地化生产与区域制造中心建设

与单纯出口相比，本地化生产更能提高双方合作深度。中国车企在泰国、印尼等地设立工厂，不仅能够降低关税和物流成本，也能更好适应当地市场规则，并带动零部件、维修服务、充电设施等配套产业发展。泰国政府提出到2030年将本国汽车年产量约30%转为新能源汽车，并以税收优惠、补贴和电力成本支持吸引外资，这为中国企业投资创造了条件。^[4] 印尼则依托镍资源吸

引电池材料与动力电池项目落地，宁德时代等企业的投资计划体现出中国资本、技术与当地资源结合的方向。^[5]

本地化生产的关键在于提高当地参与度，而不是简单复制中国工厂模式。中国企业可通过合资合作、供应商培育和技术培训，帮助东南亚形成从零部件到整车、从销售到回收的完整生态。当地政府也应在土地、电力、环保审批和职业教育方面提供稳定预期。只有当产业链上下游形成集聚效应，东南亚才可能从销售市场转变为面向区域乃至全球的制造中心。

（三）供应链融合与技术共享

新能源汽车产业链覆盖关键矿产、材料加工、电池制造充电网络和、回收利用等环节。中国与东南亚国家可在上游资源开发、中游材料和电池制造、下游整车生产及售后服务之间形成分工协作。东南亚国家通过资源和区位优势嵌入产业链，中国企业则通过技术、设备和管理经验提升区域制造能力。此类合作有助于形成面向东盟市场并连接全球市场的区域新能源汽车供应链，也能减少单一市场和单一路径带来的风险。已有研究指出，中国—东盟新能源汽车产业合作具备较强现实基础，但仍需在标准、人才和金融支持等方面加强制度化安排。^[6]

三、中国与东南亚国家合作面临的挑战

（一）东南亚产业基础和区域标准不均衡

东南亚新能源汽车产业整体仍处于起步阶段，不同国家在工业基础、消费能力、充电设施和政策执行能力方面差异明显。泰国、印尼和马来西亚政策较为积极，越南、老挝、柬埔寨等国仍在探索适合自身的发展路径。区域标准不统一会提高企业准入、认证和售后成本，也限制统一市场的形成。此外，日韩车企长期深耕东南亚燃油车市场，在渠道、品牌和消费者认知方面仍具优势，中国企业需要在价格优势之外建立长期服务能力和品牌信任。

基础设施不足也是重要制约。充电桩布局、城市电网承载力、跨境支付都会影响消费者使用体验。若充电网络和售后体系建设滞后，新能源汽车可能被视为“购买容易、使用不便”的产品，从而削弱政策补贴的效果。东南亚国家需要把新能源汽车政策与电力规划、城市交通和数字支付体系衔接起来。

（二）中国企业技术、品牌和配套体系仍需提升

中国新能源汽车产业虽具备规模优势，但在高端芯片、车规级半导体、智能驾驶核心算法、高端材料和部分关键零部件方面仍存在短板。相关研究指出，中国新能源汽车在部分核心零部件和关键技术上仍面临自主创新不足的问题。^[7] 同时，中国品牌在海外市场还需要摆脱“低价”“中低端”的刻板印象，通过质量控制、本地售后、金融服务和二手车残值体系建设提升综合竞争力。若售后维修、备件供应和客户服务跟不上，市场份额的快速扩张也可能转化为品牌风险。

（三）外部战略竞争加剧供应链不确定性

中美战略竞争正在向新能源汽车供应链延伸。美国通过关键矿产合作、补贴政策和盟友网络重组电池及整车供应链，试图降

低对中国供应链的依赖。“矿产安全伙伴关系”等机制反映出美国及其盟友正在围绕关键矿物和电池材料构建新的合作框架。^[8] 这种外部压力可能影响东南亚国家的政策选择，也可能增加中国企业在投资审查、技术合作、原产地规则和贸易壁垒方面的不确定性。因此，双方合作不能仅依赖低成本制造，而应更加重视合规能力、供应链透明度和区域政策协调。

此外，外部竞争还可能通过舆论、技术标准和金融规则影响企业经营。部分国家可能在安全审查、数据合规、环境审计和劳工标准方面提出更高要求。中国企业应主动适应国际规则，提升环境、社会和治理表现，在当地社区建设、绿色矿山和透明采购方面形成可验证的实践，从而降低地缘政治因素对商业合作的冲击。

四、合作前景与发展建议

从全球趋势看，新能源汽车仍是绿色产业竞争的核心领域。国际能源署数据显示，2023年全球新能源汽车销量超过1400万辆，新能源汽车在全球汽车市场中的份额持续提升。^[9] 东南亚市场虽然起步较晚，但增长空间大，且各国普遍希望在全球产业链重组中争取更高位置。中国与东南亚国家的合作不仅是企业层面的市场行为，也具有“全球南方”国家共同推进绿色转型、提升产业自主性的战略意义。

未来双方应从三个方面深化合作。第一，建立更稳定的政策沟通机制，在投资准入、产品认证、充电标准、电池回收和数据

安全等方面推进规则衔接，降低企业跨国经营成本。第二，加强产业链本地化和人才培养，推动中国企业与当地高校、职业院校和零部件企业合作，提升东南亚国家在电池材料、零部件和售后服务环节的能力。第三，提升技术创新和供应链韧性，在高端芯片、动力电池回收和充电基础设施方面开展联合项目，避免合作停留在低附加值加工环节。

同时，双方应把合作放在中国—东盟命运共同体和“全球南方”合作的大框架下理解。新能源汽车协作可以成为发展中国家之间以技术、市场和资源互补推动绿色转型的案例。与传统援助或单向投资不同，该模式强调共同建设产业链、共同承担转型成本、共同分享市场收益，更有利于提升区域国家在全球产业规则中的议价能力。

五、结语

总体来看，中国与东南亚国家新能源汽车合作具有坚实基础和广阔前景。中国的技术、制造和供应链优势，与东南亚的市场、资源和区位优势能够形成互补，推动区域产业升级和绿色转型。面对产业基础不均衡、品牌竞争、技术短板和外部地缘政治压力，双方应以长期主义推进合作，从整车出口走向本地化生产、供应链融合和制度化协作。只有在互利共赢和规则协调基础上提升区域产业韧性，中国—东南亚新能源汽车合作才能成为“全球南方”国家协同发展的重要样本。

参考文献

- [1]The ASEAN Secretariat.Asean Statistical Yearbook 2023[R].Jakarta:The ASEAN Secretariat,2023.
- [2]Nancy Wei,"Voltage Visions:China's EV Surge in Southeast Asia",The Diplomat,March 2,2024.
- [3]王思成.泰国拥抱电动汽车“黄金时代”[N].光明日报,2024-08-13(16)
- [4]Amy Chew,"Southeast Asia the'New China'for Supply Chains:Business Group",Aljazeera,March 7,2023.
- [5]"China-led Electronic Vehicle Boom in Thailand Threatens Japan's Grip on Key Market",CNBC,July 10,2023,
- [6]Isabelle Huber,"Indonesia's Battery Industrial Strategy",CSIS,February 4,2022.
- [7]刘琦,郭夏琳,王璟璇.中国—东盟新能源汽车产业合作现状及建议[J].中国经贸导刊,2023,1:59.
- [8]刘霖.中国新能源汽车产业国际竞争力研究[D].商务部国际贸易经济合作研究院,2022.
- [9]"Minerals Security Partnership",U.S.Department of State,[2024-10-20].

绿电直连模式下的交易机制设计与电碳协同路径探索

冉钰

国网四川省电力公司攀枝花供电公司, 四川 攀枝花 617000

DOI: 10.61369/SSSD.2026090044

摘 要 : 在新型电力系统的建设过程中, 绿电直连是重要的供电方式之一, 可以借助专用线路, 促进新能源和电力用户的对接, 为绿电资源的高效使用提供新路径。本文从四川省分时电价机制的调整角度出发, 将绿电直连作为研究基础, 根据全国范围内绿电交易和碳市场发展政策, 客观分析绿电直连模式下的交易机制设计与电碳协同路径, 旨在促进绿电直连模式的市场化进程, 推动电力交易和碳减排目标的融合, 为能源的低碳转型提供借鉴。

关 键 词 : 绿电直连; 交易机制; 电碳协同

Design of Trading Mechanism and Exploration of Power-Carbon Synergy Path Under the Green Power Direct Connection Mode

Ran Yu

Panzhihua Power Supply Company, State Grid Sichuan Electric Power Company, Panzhihua, Sichuan 617000

Abstract : In the construction process of the new power system, green power direct connection is one of the important power supply methods. It can promote the connection between new energy sources and power users through dedicated lines, providing a new path for the efficient use of green power resources. From the perspective of adjusting Sichuan Province's time-of-use electricity price mechanism, this paper takes green power direct connection as the research foundation, and objectively analyzes the trading mechanism design and power-carbon synergy path under the green power direct connection mode in accordance with national green power trading and carbon market development policies. The purpose is to promote the marketization process of the green power direct connection mode, drive the integration of power trading and carbon emission reduction goals, and provide references for the low-carbon transformation of energy.

Keywords : green power direct connection; trading mechanism; power-carbon synergy

引言

基于“双碳”目标的引领, 我国新能源产业发展步伐加快, 绿电交易市场体系逐渐完善, 其中绿电直连具有物理溯源性与较高的资源利用率, 收到政府的重点关注。国家发改委明确了绿电直连定义、规则以及市场地位, 为新能源与公共电网发展指明了正确方向。四川作为西部的能源大省, 具有丰富的绿电资源, 如水电、光伏等, 落地了宜宾高新零碳园区绿电网等试点项目, 并发布了分时电价机制, 根据季节的负荷特点, 对峰谷时段进行调整, 设置良好的调价机制, 为绿电直连的价格与负荷调节打下实践基础。绿电直连模式的核心价值是实现绿电资源的精准化配置与环境价值的实现, 而交易机制的科学性、电碳协同深度直接影响到该模式的活力。当前时代背景下, 我国的绿电市场和碳市场处于相对独立的发展阶段, 碳市场尚未将电力排放融入配额管理, 绿电交易机制设计面临许多挑战。在此背景下, 根据四川省电价政策与绿电实际, 分析绿电直连模式下的交易机制设计与电碳协同路径, 不仅有助于优化运行体系, 还可以促进绿电市场和碳市场的协同, 更好的释放新能源环境价值。

一、绿电直连模式下交易机制设计与电碳协同存在的问题

(一) 绿电直连交易机制体系尚未完善, 价格与分时调节协同不足

价值形成机制较为单一, 无法充分展现出绿电环境价值与分

时特点。在当前时代下, 绿电直连项目电价主要采取市场交易达成, 尚未将碳排放成本、分时电价的差异融入定价体系窗口^[1]。虽然四川省进行了分时电价机制的调整, 结合季节划分峰平谷时段, 建设了灵活的尖峰电价, 但绿电直连项目中电价尚未和峰平谷、尖峰电价产生联动, 低谷阶段绿电消纳激励不足, 高峰时段的绿电调峰价值难以重复体系, 容易造成绿电直连价值信号无法

进行有效引导。

另外，计量结算和费用缴纳的规则仍需细化。绿电直连项目要求具备分表计量条件，但部分分布式绿电直连项目因技术限制，发电、自用、上网电量的计量溯源难度较大，且电源与负荷非同一投资主体时，双方的交易电量结算尚未形成统一的绿证溯源标准^[9]。同时，绿电直连项目需缴纳输配电费、系统运行费用等，但地方层面对于费用缴纳的比例、核算方式尚未出台细化规定，增加了项目的运营成本和市場不确定性。

（二）电碳协同体系存在多重壁垒，政策与市场衔接不畅

绿电市场和碳市场存在清晰的政策边界，但存在协同不足的问题。碳市场当前并未将重点排放单位使用电力产生的间接碳排放融入配额管理，绿电绿证和碳市场的运行相对独立，企业使用绿电减排效应难以在碳市场中直接兑现，造成绿电环境价值受到低估^[9]。虽然四川省内绿电直连项能够借助绿证，进行碳足迹的溯源，但相关政策依据仅限于地方试点，尚未出台全国范围的绿电抵碳政策，电碳协同缺少顶层设计。

另外，减排量的核算标准缺乏统一性，表现出较大的价值量化难度。绿电减排量的核算需要结合绿证的发电量，而碳市场碳配额核算通常基于企业碳排放强度，二者核算方式、计量标准表现出差异性，绿电直连项目分布式特点造成减排量精准核算难度的增加^[4]。同时，绿证与 CCER 的“二选一”衔接机制仍处于过渡期，绿电直连项目业主在选择绿证交易或 CCER 开发时存在决策困境，且部分项目存在减排量重复声明的风险，影响电碳协同的价值兑现。

二、绿电直连模式下的交易机制设计与电碳协同的实践路径

（一）优化绿电直连交易机制，构建与分时电价联动的价格体系

第一，积极建立多元化的定价机制，遵循“电能价值 + 环境价值 + 分时调节”原则。通过将四川省分时电价机制作为基础，将峰平谷、尖峰电价的差异融入到绿电直连体系中，真正可以在高峰、尖峰时段促进绿电收购价值的提高，更好的展现出绿电的价值^[9]。从低谷时段来讲，可以赋予其相应补贴，激励用户增加绿电的使用。同时，通过将碳排放成本融入绿电定价参考中，可以积极建立绿电价格和碳价联动公式，如果碳价波动较大，可以进行绿电直连交易价格的调整，使价格更加合理，展现出良好的环境价值。

第二，细化计量结算与费用缴纳规则。按照国家绿电直连的计量要求，推动绿电直连项目安装符合标准的双向计量装置，实现发电、自用、上网电量的精准计量和区块链溯源，确保绿电物理属性和环境属性的一致性^[9]。对于电源与负荷非同一投资主体的项目，明确双方的交易电量结算标准，以绿证为核心实现交易电量的环境价值溯源。同时，四川省结合地方实际，出台绿电直连项目费用缴纳细化规定，合理确定输配电费、系统运行费用的缴纳比例，对符合条件的零碳园区绿电直连项目给予政策性交叉补

贴减免，降低项目运营成本。

第三，重视市场参与规则的调整，实现准入门槛的降低。通过优化绿电直连项目聚合交易机制，清晰划分电源、负荷非同一主体时的注册流程、收益分配标准，支持分布式绿电资源借助聚合商参与到直连交易中^[7]。在四川省内，针对50千瓦以下的中小工商业用户，可以简化其参与绿电直连交易的备案方式，鼓励其选择合适的套餐，提高其参与热情。

（二）构建电碳协同发展体系，推动政策与市场深度衔接

第一，完善电碳协同的顶层设计，推动绿电抵碳政策落地。从国家层面来讲，需要重视专项政策的出台，加快绿电绿证和碳市场的衔接，并促进绿电减排量在碳市场的抵扣应用，其中明确重点排放单位使用绿电直连项目，并结合绿证核算减排量，有效抵扣相应的碳配额。四川省是我国的绿电能源大省，积极开展地方试点，将宜宾高新区绿电组网项目的减排量纳入地方碳减排考核，为全国性政策出台提供实践经验^[9]。

第二，统一减排量核算标准，实现绿电与碳市场的价值互通。制定绿电直连项目减排量核算专项规范，明确分布式绿电、专线直供绿电的减排量核算方法，实现绿电减排量与碳配额核算标准的对接。同时，优化绿证与 CCER 的衔接机制，过渡期后针对绿电直连项目出台差异化的选择规则，对于跨省直供、园区级的大型绿电直连项目，允许其在绿证和 CCER 之间灵活切换，避免减排量重复声明，提升价值兑现效率。

第三，搭建电碳协同交易平台，实现数据互通与资源优化配置。其中四川电力交易中心与碳交易企业可以开展合作，积极构建省级绿电直连和碳协同的交易平台，有效整合绿电交易、碳配额交易等功能，真正实现绿电直连项目各项数据的互通，如发电数据、碳减排数据等。同时，需要重视省级平台和全国绿电市场、碳市场的数据衔接，有效达成绿电和碳排放资源的优化配置。

（三）提升区域适配性，破解绿电直连与电碳协同的区域壁垒

第一，立足全省电网资源禀赋，靶向推进绿电直连项目落地建设。结合四川省资源布局实际，优先在攀枝花、凉山、阿坝、甘孜等三州一市电网送出受限区域统筹规划区域性绿电直连配套电网，整合区域光伏、风电等新能源资源，通过专线直供园区工业用户，降低企业对公网购电依赖，就近消纳富余绿电。在电网升级改造层面，按照现行电价政策，三州一市绿电直连项目暂不执行尖峰电价，全省其余区域分步推进尖峰电价全域落地，依托完善的分时电价体系，为省内非三州一市区域绿电直连分时计价、电碳联动落地夯实价格基础四川省发展和改革委员会。针对各地无日抄表能力的县域地方电网，加快智能计量基础设施改造，实现用电数据精准采集核算；非三州一市区域待计量条件达标后依规落地尖峰电价，三州一市结合本地绿电直连定价规则另行完善计量配套，从硬件层面为各地差异化绿电直连定价落地筑牢技术支撑。

第二，打造区域绿电直连与电碳协同标杆案例。以宜宾高新区绿电组网项目为核心，进一步扩大项目覆盖范围，推动园区内

更多企业参与绿电直连，实现绿电消纳和碳减排的规模化发展宜宾市人民政府^[10]。同时，依托乐山人福观光茶园等分布式绿电直连项目，探索农业、文旅领域的电碳协同模式，将绿电直连与乡村振兴、绿色旅游相结合，形成多领域、多类型的区域实践案例。通过标杆案例的示范作用，总结可复制、可推广的经验，推动四川省内绿电直连与电碳协同的全域发展。

第三，推动区域绿电标准与国际接轨。四川省可以结合自身的绿电资源优势，根据省内的实践基础，更好的开展绿电项目推进工作。如根据欧盟标准，加快区域内绿电直连项目绿证标准的建设，助力区域发展。同时，可以积极参与到绿电绿证的国际标准制定环节，切实提高我国绿电的国际认可度，为省内出口型企业达成产品碳足迹溯源目标提供助力，更好的满足国际贸易所需。

三、结束语

综上所述，在电力系统的建设过程中，绿电直连模式属于重要创新，可以为绿电资源消纳与环境价值实现提供新路径，而交易机制的科学性、电碳协同的深度性，可以促进该模式的市场化发展。当前绿电直连模式下交易机制存在一些问题，如价格联动不足、计量结算规则细化不够等问题，不利于绿电直连模式的推广和电碳协同的深度融合。基于此，需要从不同角度出发，促进绿电直连定价体系的完善，更好的衔接绿电市场和碳市场政策，打破区域电网与资源的壁垒，有效调整专业支撑体系。绿电直连与电碳协同的发展具有系统性，离不开国家的顶层设计和地方的实践探索，通过政策与市场的协同，发挥技术和制度的支撑作用，才能更好的促进能源低碳转型目标的实现。

参考文献

[1] 陈雯. 绿电直连如何突破成本"硬约束"[J]. 中国战略新兴产业, 2025, (28): 82-84.

[2] 马宁, 许磊, 韩生虎. 氢能绿电直连项目管理模式及未来发展趋势研究 [C]// 中国智慧工程研究会. 2025数字化转型与社会治理现代化经验交流论文集. 陕西氢能绿源科技有限公司; 内蒙古宝丰煤基新材料有限公司; , 2025: 295-296.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2025.073489.

[3] 曹侃. 低碳园区绿电直连模式的应用与效益分析 [J]. 新发现, 2025, (18): 43-45.

[4] 陈昆灿, 陈荣锋, 陈恺, 等. 绿电直连模式下的风光储能容量配置研究 [J]. 电力勘测设计, 2025, (11): 1-6+78.DOI: 10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2025.11.001.

[5] 高亮. 电碳协同背景下企业的电力交易策略 [J]. 中国电力企业管理, 2025, (25): 89-90.

[6] 汪进锋, 勾通, 刘海涛, 等. 基于聚合分布式温控负荷的电网电碳协同优化调度方法 [J/OL]. 中国电力, 1-10[2026-03-27].

[7] 马超, 秦晓辉, 刘晓瑞, 等. 新型电力系统电碳协同研究综述: 量化方法、关键技术与应用展望 [J]. 高电压技术, 2026, 52(01): 193-214.DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20250639.

[8] 张楠, 蒋婷婷, 冯景丽, 等. 绿证全覆盖政策下电碳协同及国际互认的现状思考 [J]. 中国能源, 2025, 47(07): 39-46.

[9] 展曙光, 赵晓林. 绿电直连项目费用缴纳合理性问题探讨 [J]. 中国能源观察, 2025, (07): 38-42.

[10] 孔伟乐. 计及电碳协同的多能互补综合能源系统经济调度 [D]. 安徽理工大学, 2025.DOI: 10.26918/d.cnki.ghngc.2025.001544.

