

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

目录CONTENTS

科学与社会可持续发展

Scientific and Social Sustainable Development

半月刊

第2卷 第6期 2025年3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 基于移动通信技术的汽车远程故障诊断策略研究 王重阳
Research on Vehicle Remote Fault Diagnosis Strategies Based on Mobile Communication Technology Wang Chongyang
- 004 新质生产力视角下民族地区智慧文旅机制研究——基于达茂旗案例分析 刘毅, 王冉, 雷蕾
Research on the Mechanism of Smart Cultural Tourism in Ethnic Minority Areas from the Perspective of New-Quality Productivity —A Case Study of Damao Banner Liu Yi, Wang Ran, Lei Lei
- 007 弯曲光伏面板曲率瓶颈破解: 基于机器学习的实证优化研究 张吉, 王进勇, 王琳, 钱路宁, 王棣威, 王彦雄
Breaking the Curvature Bottleneck of Curved Photovoltaic Panels: An Empirical Optimization Study Based on Machine Learning Zhang Ji, Wang Jinyong, Wang Lin, Qian Luning, Wang Diwei, Wang Yanxiong
- 011 物联网 (IoT) 在通信信息化中的关键作用 蒋国华
The Key Role of Internet of Things (IoT) in Communication Informatization Jiang Guohua
- 014 化工工程中的节能降耗工艺技术研究 王健, 刘娟
Research on Energy-Saving and Consumption-Reducing Process Technologies in Chemical Engineering Wang Jian, Liu Juan
- 017 基于数智技术的医院医务科智慧管理策略研究 刘蕊芝
Research on Smart Management Strategies of Hospital Medical Affairs Department Based on Digital-Intelligent Technology Liu Ruizhi
- 020 再生陶瓷骨料粒径及替代率对 UHPC 力学性能的影响 肖兆辉
Effects of Particle Size and Replacement Ratio of Recycled Ceramic Aggregate on the Mechanical Properties of UHPC Xiao Zhaohui
- 023 区域型与国际化融合下金属材料工程专业中新合作办学项目的示范性作用 马静, 李建辉, 王建刚, 冯志浩, 张欣, 崔宇航
Demonstrative Effect of China-New Zealand Cooperative Education Projects in the Metal Materials Engineering Major under the Integration of Regional and Internationalization Ma Jing, Li Jianhui, Wang Jiangang, Feng Zhihao, Zhang Xin, Cui Yuhang
- 026 营养与风味的科学重构: 探索谷物精深加工的无限可能 刘洁
Scientific Reconstruction of Nutrition and Flavor: Exploring the Unlimited Possibilities of Grain Deep Processing Liu Jie
- 029 面向构网型新能源并网的电力电子变流器自适应虚拟同步控制策略 加康
Adaptive Virtual Synchronous Control Strategy of Power Electronic Converters for Grid-Forming New Energy Grid Connection Jia Kang
- 032 高效液相色谱-质谱联用技术在食品添加剂检测中的应用 李亚男
Application of High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (HPLC-MS/MS) Technology in the Detection of Food Additives Li Yanan
- 035 中国式现代化视域下新华书店数字化转型的 PESTEL 分析与发展战略 唐容桓
PESTEL Analysis and Development Strategy for the Digital Transformation of Xinhua Bookstore from the Perspective of Chinese-Style Modernization Tang Rongzhen

038	总体国家安全观视域下大学生网络意识形态治理对策研究 Countermeasures of College Students' Network Ideology Governance under the Perspective of National Security	邹培杰 Zou Peijie
041	基于频率跟踪的超声波电源研究 Research on Ultrasonic Power Supply Based on Frequency Tracking	李光洋 Li Guangyang
044	测绘工程技术在智慧城市建设中的创新应用 Innovative Applications of Surveying and Mapping Engineering Technology in Smart City Construction	陈芸 Chen Yun
047	高原铁路通信工程施工技术要点及质量控制策略研究 Research on Construction Technology Key Points and Quality Control Strategies of Plateau Railway Communication Engineering	赵以亮 Zhao Yiliang
050	水上交通船舶智能化技术在安全管理中的应用研究 Research on the Application of Ship Intelligent Technology in Water Transport Safety Management	许健, 罗兵 Xu Jian, Luo Bing
053	数字化背景下高职实验实训室安全管理探索与实践 Exploration and Practice of Safety Management in Higher Vocational Experimental and Training Rooms Under the Digital Background	徐绍有 Xu Shaoyou
056	物联网技术在仪器仪表自动化控制中的应用研究 Research on the Application of Internet of Things Technology in the Automatic Control of Instruments and Meters	张志国 Zhang Zhiguo

可持续发展理论 | SUSTAINABLE DEVELOPMENT THEORY

059	岩土工程地质灾害防治技术及预控分析 Research on Prevention and Control Technologies and Pre-control Analysis of Geological Hazards in Geotechnical Engineering	王鹏荣 Wang Pengrong
062	建筑工程管理中合同管理的常见问题及应对措施 Common Problems and Countermeasures of Contract Management in Construction Engineering Management	蔡鸿生 Cai Hongsheng
065	舞乐协同疗愈促进大众身心健康的价值与实践 The Value and Practice of Dance-Music Collaborative Healing in Promoting Public Physical and Mental Health	孙茜 Sun Han
068	从“合作”到“共治”：政府部门与社交媒体平台协同路径探索——以“防灾减灾科普作品创作季”为例 "Cooperation" to "Co-governance": the Approaches to the Cooperation between Government Agencies and Social Media Platforms—A Case Study of the "Creation Contest on Public Awareness for Disaster Prevention and Mitigation"	张文妮 Zhang Wenni
071	数字普惠金融提升福建省农业全要素生产率的路径与对策研究 Research on Paths and Countermeasures of Digital Inclusive Finance Enhancing Agricultural Total Factor Productivity in Fujian Province	黄世旺, 刘鸣一, 王志超, 邱文堰 Huang Shiwang, Liu Mingyi, Wang Zhichao, Qiu Wenyan
076	中国社会保障满意度的影响因素及政策启示——基于 CGSS2015 数据的实证研究 Influencing Factors of Satisfaction with Social Security in China and Policy Implications: An Empirical Study Based on CGSS2015 Data	林昱彤 Lin Yutong
079	社会治安培训方法与策略研究 Research on Training Methods and Strategies for Social Security	赵娟娟 Zhao Juanjuan
082	股份制商业银行信贷资产信用风险管理研究 Research on Credit Risk Management of Credit Assets in Joint-Stock Commercial Banks	刘明柱 Liu Mingzhu
085	大数据背景下工程造价管理分析 Analysis of Engineering Cost Management Under the Background of Big Data	李雪峰 Li Xuefeng
088	出版社标准化建设——提升质量、效率与竞争力的有效路径 Standardization Construction of Publishing Houses——An Effective Path to Improving Quality, Efficiency and Competitiveness	唐鹏 Tang Kun
091	“谷子经济”大热：此类商品为何在“Z时代”消费群体大火 The Boom of "Guzi Economy": Why Such Commodities Have Gained Immense Popularity Among Gen Z Consumers	秦小雅 Qin Xiaoya
094	思政工作推动企业文化软实力建设创新发展思考 Thoughts on Promoting the Innovation and Development of Corporate Cultural Soft Power through Ideological and Political Work	安婧 An Jing
097	建筑工程管理中风险管理的重要性及对策研究 Research on the Importance and Countermeasures of Risk Management in Construction Project Management	蔡鸿生 Cai Hongsheng
100	晚明经济变迁带来的士大夫文化转向 The Cultural Shift of the Scholar-Officials Brought About by Economic Changes in the Late Ming Dynasty	王源浩, 胡宜 Wang Yuanhao, Hu Yi
103	粤港澳大湾区跨境电商物流供应链协同优化研究 Research on the Collaborative Optimization of Cross-Border E-Commerce Logistics Supply Chain in the Guangdong-Macao Greater Bay Area	赵晓宇 Zhao Xiaoyu
106	新时代丽水处州餐饮品牌 IP 塑造与创新 Brand IP Cultivation and Innovative Development of Lishui Chuzhou Catering Industry in the New Era	方叶惠子 Fang Yehuizi
109	“两检”协同试点在生猪屠宰质量安全监管中的实践与优化路径研究 Study on the Practice and Optimization Path of the Pilot Program of the Two Inspections in the Quality and Safety Supervision of Pig Slaughter	解从兵, 范锋, 叶仙军, 翁宇翔, 黄源, 张培培 Xie Congbing, Fan Feng, Ye Xianjun, Weng Yuxiang, Huang Yuan, Zhang Peipei

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

112	农村高质量供水研究进展 Research Progress on Rural High-Quality Water Supply	王伟, 蒋巨峰 Wang Wei, Jiang Jufeng
115	巴彦柴达木煤矿地应力测量及井田应力场特征分析 In-situ Geostress Measurement and Stress Field Characteristics Analysis of Bayan Qaidam Coal Mine Field	王亮, 李亚斌, 李应强, 李文帅, 张学峰, 兰天伟, 杨美明 Wang Liang, Li Yabin, Li Yingqiang, Li Wenshuai, Zhang Xuefeng, Lan Tianwei, Yang Meiming
118	农业人工智能技术在农业物联网中的应用策略 Application Strategies of Agricultural Artificial Intelligence in Agricultural Internet of Things	刘国忠 Liu Guozhong
121	国家储备林项目施工管理软件的设计与实现 Design and Implementation of Construction Management Software for National Reserve Forest Projects	蒋平, 杨小军, 李小东, 苏城怡 Jiang Ping, Yang Xiaojun, Li Xiaodong, Su Xingyi
124	中国农业碳排放时空差异与驱动因素分析 Analysis of Spatiotemporal Differences and Driving Factors of Agricultural Carbon Emissions in China	闫佳林 Yan Jialin
127	基于重大突发公共事件的房地产项目投资决策研究：两阶段决策框架的构建与实证 Research on Real Estate Project Investment Decisions in Response to Major Public Emergencies: Construction and Empirical Analysis of a Two-Stage Decision Framework	沈庆奥 Shen Qing'ao
130	节能降碳政策背景下工业项目能源管理与碳排放控制的协同实践研究 Research on the Collaborative Practice of Energy Management and Carbon Emission Control in Industrial Projects under the Background of Energy Conservation and Carbon Reduction Policies	李娜, 马佳燕, 朱玲 Li Na, Ma Jiayan, Zhu Ling
133	关中盆地某地热开发区块地热地质特征及开发现状 Geothermal Geological Characteristics and Current Situation of A Geothermal Development Zone in the Guanzhong Basin	董洁, 陈创, 张鑫鑫, 李秀娟 Dong Jie, Chen Chuang, Zhang Xinxin, Li Xiujuan
136	船舶制造企业一般工业固体废物资源化管理实践 Practices of Resource Management for General Industrial Solid Waste in Shipbuilding Enterprises	刘灿, 林骏 Liu Can, Lin Jun
139	人性化理念在风景园林设计中的应用策略 Application Strategies of the Humanized Concept in Landscape Architecture Design	梁慧 Liang Hui
142	赣州市水资源优化配置与社会经济发展探讨 Discussion on Optimal Allocation of Water Resources and Socioeconomic Development in Ganzhou City	王乔 Wang Qiao
145	高分子材料应用过程中对环境的影响及保护对策 Environmental Impacts of Polymer Materials During Application and Corresponding Protection Strategies	张保利, 王东 Zhang Baoli ¹ , Wang Dong
148	退役光伏组件资源化利用关键技术及发展趋势研究综述 Review of Key Technologies and Development Trends for Resource Utilization of Discarded Photovoltaic Modules	王艳妮, 王民杰, 胡永权, 陈延军, 祁忠琴 Wang Yanni, Wang Minjie, Hu Yongquan, Chen Yanjun, Qi Zhongqin

基于移动通信技术的汽车远程故障诊断策略研究

王重阳

沈阳工学院, 辽宁 沈阳 113122

DOI: 10.61369/SSSD.2026060002

摘 要 : 近些年, 随着汽车产业升级转型稳步推进, 对汽车远程故障诊断所提出的要求越来越高。移动通信技术的迭代演进呈现出速率提升、延迟降低、连接数增加、覆盖范围扩大的核心趋势, 能够为汽车远程故障诊断提供了差异化的技术支撑。基于移动通信技术开展汽车远程故障诊断, 不仅能够支持全场景故障信息实时采集, 也能缩短车辆维修周期, 并实现预防性故障预警, 全面提升汽车远程故障诊断质量, 为汽车安全稳定行驶保驾护航。对此本文首先阐述移动通信技术在汽车远程故障诊断中的应用价值, 接着提出一系列行之有效的诊断策略, 以期对相关研究者提供一定的参考与借鉴。

关 键 词 : 移动通信技术; 汽车; 远程故障诊断; 策略

Research on Vehicle Remote Fault Diagnosis Strategies Based on Mobile Communication Technology

Wang Chongyang

Shenyang Institute of Technology, Shenyang, Liaoning 113122

Abstract : In recent years, with the steady advancement of the upgrading and transformation of the automotive industry, higher requirements have been put forward for vehicle remote fault diagnosis. The iterative evolution of mobile communication technology presents core trends of increased data rate, reduced latency, expanded number of connections, and widened coverage, which can provide differentiated technical support for vehicle remote fault diagnosis. Conducting vehicle remote fault diagnosis based on mobile communication technology can not only support real-time collection of fault information in all scenarios, but also shorten the vehicle maintenance cycle, realize preventive fault early warning, comprehensively improve the quality of vehicle remote fault diagnosis, and escort the safe and stable operation of vehicles. In this regard, this paper first expounds the application value of mobile communication technology in vehicle remote fault diagnosis, and then puts forward a series of effective diagnosis strategies, aiming to provide certain reference for relevant researchers.

Keywords : mobile communication technology; vehicles; remote fault diagnosis; strategies

一、移动通信技术在汽车远程故障诊断中的应用价值

(一) 有利于支持全场景故障信息实时采集

传统故障诊断模式受限于技术水平和通信质量, 无论是通信带宽还是通信链路稳定性, 均无法满足车辆故障诊断需求, 仅能远距离上传发动机转速在内的车辆基础参数, 不具备捕捉瞬时故障特征与高频动态数据的能力, 往往需要将车辆返厂维修, 实地采集故障数据, 才能准确判定故障性质。随着4G/5G移动通信技术的应用推广, 通过增加峰值带宽和降低通信时延, 技术层面已具备车辆远程故障诊断条件, 可实现对全场景故障信息的实时采集和传输, 同步传输海量车辆参数, 包含实时工况数据、多媒体数据、故障代码及环境数据, 并将其提交给云端平台, 正常情况下其通信时延 $\leq 1\text{ms}$, 可满足故障实时诊断需求, 而在传统诊断模式下, 数据延迟在数秒至几分钟不等^[1]。

(二) 有利于缩短车辆维修周期

传统维修模式下, 车主在发现车辆异常后需自行判断故障程

度并前往维修站点, 维修人员需通过问询、试驾等方式初步排查, 再借助专用设备连接车载系统读取故障数据, 整个过程耗时较长, 尤其当故障隐蔽或复杂时, 可能需要多次检测甚至拆解部件才能定位问题, 导致维修周期大幅延长。而基于移动通信技术的远程故障诊断系统, 能够在车辆发生故障的第一时间, 将实时故障数据、工况信息等精准传输至云端诊断平台, 维修人员可通过平台提前获取详细的故障参数与初步分析结果, 在车主将车辆送至维修站之前, 即可制定针对性的维修方案、准备所需零部件和工具, 避免传统模式中反复检测和等待配件的时间浪费, 显著提升了维修效率, 有效缩短了车辆的整体维修周期, 减少了车主的等待时间和车辆停用带来的不便^[2]。

(三) 有利于实现预防性故障预警

由于早期车载通信装置的功能较为单一, 因此在云端管理平台无法实现对行驶过程中车辆信息的精准采集, 仅能模糊掌握车辆状况, 如根据发动机转速等简单参数推测出是否存在异常情况。一般而言, 直到出现熄火或者制动失灵等情况才能发现异

常,这种做法相当于“补救性维修”的方式。在移动通信技术的帮助下,云端管理平台可以实时跟踪车辆运行状态,将所有车况参数以及外部环境因素都纳入监测范围,并使用机器学习算法分析故障发生的原因,再结合实时采集的数据预判车辆参数变化趋势,预测各种可能发生的故障及其时间,由“补救性维修”变为“预知性维修”。如基于刹车片厚度及刹车液压力变化状况,对刹车片的失效时间进行预估,并提示驾驶员检查或者更换刹车片,避免由于刹车功能失灵造成交通事故的发生^[3]。

二、基于移动通信技术的汽车远程故障诊断策略

（一）合理选择通信技术

第一,综合考虑车辆使用场景和诊断需求。针对传输速度快并且数据储存容量大的应用场景,例如对于高清视频监控的要求或者需要频繁上传大量实时监测数据,并对这些数据展开深度分析,则需要采用延迟较小、速率高以及容量大的第五代移动通信技术(5G技术)。5G技术具有微秒级低延时响应,确保在突发状况下车辆能够即时响应,实时上传多种传感装置数据。如果是定期上报车况状态或者上传小容量数据,则采用第四代移动通信系统(4G)或其衍生技术,如LTE-M、NB-IoT等技术,以此提高成本效益和网络适应性^[4]。

第二,充分考虑通信的安全性。车辆故障数据通常包含个人隐私、安全风险,所选用的移动通信技术的加密机制足够完善,如采用端到端加密、身份认证接入、权限控制等方式,防止信息被泄露篡改伪造。另外考虑移动通信技术在车辆内部环境中的适用性、抗干扰性、生命周期性、稳定性及扩展性等问题,确保汽车远程故障诊断能够稳定运行。同时,在具体应用过程中,也可以选用多种通讯模块组合,根据不同网络条件及数据传输需求,自行切换或者融合不同通信方式,以达到最优的性能和成本平衡^[5]。

（二）故障数据采集与传输

第一,故障数据采集。故障数据采集与传输是远程故障诊断核心,其质量决定诊断结果准确性与及时性。明确数据采集范围与类型,涵盖车辆动态运行参数(如发动机转速等)、电控系统实时数据流(如传感器输出信号等)、故障码(DTC);还可采集车辆静态信息(如车辆识别码等)和驾驶员操作习惯数据。数据采集通过车载诊断接口与车辆电控单元通信,用标准诊断协议读取数据,新能源汽车要关注关键部件数据流。为实时捕捉故障,数据采集需高频采样。采集完成后要进行预处理,包括数据清洗(去除异常值和噪声)、数据压缩(减小数据量)、数据格式化(转换为统一标准格式),可在车载终端本地完成^[6]。

第二,数据传输。维修人员结合数据量、重要程度以及实时性,灵活选择不同的数据采集机制。针对关键性故障数据应当采用实时上报方式,确保关键信息得到及时传达;针对普通监测数据或者非紧急故障,维修人员可以采用定时上报或者事件触发式上报,也可以使用边缘计算就近对原始数据进行初步加工和分析,只传送与可疑目标有关系的数据,由此在减少无关信息的同

时,也可以提高数据处理效率。此外,在数据传输过程中,维修人员还需要结合实际情况构建完善的数据重发机制、数据校对机制等,确保及时发现数据传输中的错误数据或者缺失数据,能够修正这些数据并重新传输,从而确保接收方所获得的数据信息是正确、完整的,进而精准定位汽车故障所在,提高故障诊断与维修水平^[7]。

（三）故障识别与诊断

在汽车故障检测以及诊断过程中,维修人员需要深度且细致地分析所接收的一切故障信息。对此,充分利用所搭建的数据库初步匹配故障码,快速判断出已知且常见的几种故障类型及原因。但是,如果维修人员无法通过故障码找到对应的匹配项,或者是遇到了比较复杂的状况,将使用较先进的智能算法,如机器学习中的神经网络和支持向量机等算法,多维度分析车辆的历史故障信息、实时运行工况,如发动机转速、温度、压力、制动情况等,同时也要综合分析外部环境信息,如路况、天气、湿度等,并挖掘出其中所蕴含的规律。另外,在将新获取的数据特征信息输入训练好的学习模型之后,维修人员能够准确判断车辆是否存在故障、存在什么故障及故障严重程度,并根据专业知识库进行验证和完善诊断结果,确保诊断结论的准确性及可靠性。比如,当检测到发动机某一缸点火线圈电压异常,除了利用故障码方式提示点火线圈存在的故障之外,还会结合该缸的燃油效率值、发动机振动情况等,判断是点火线圈老化还是线路故障抑或ECU控制单元故障引起,从而为后续的维修提供精准的指导方向^[8]。

（四）安全防护

第一,安全防护。为了确保汽车远程故障诊断系统稳定运行,在故障诊断过程中,维修人员还应制定完善的安全策略,如信息保密性、网络安全性和访问安全性等。具体如,在数据传输和存储过程中,维修人员对车辆装置故障信息进行强加密处理,如AES加密算法,保证各环节数据不会被非授权访问和篡改,并对涉及用户敏感信息及车辆重要数据等信息进行脱敏处理,比如,车辆识别码、行驶轨迹、驾驶员习惯特征等,并在满足诊断需求的前提下保护用户隐私。同时,云端管理平台中还应当构建完善的数据备份及恢复机制,维修人员也要定期备份远程故障诊断数据,避免因自然灾害、硬件故障等问题,造成的数据丢失,确保数据的完整性以及有效性,远程故障诊断质量也将随之提高^[9]。

第二,网络安全。维修人员需要采取多种措施抵御网络攻击,为汽车远程故障诊断系统稳定运行保驾护航,并充分发挥移动通信技术在远程故障诊断中的作用。一是加强车载通信模块安全防护,维修人员可以部署防火墙、引进入侵检测技术,实时监测流量大小,识别非法破坏性数据包并及时拦截,如DDoS攻击、端口扫描等,提高安全防护有效性;二是云端管理平台是远程诊断系统中负责存储与管理数据的重要模块,应当建立全方位防御机制,比如,网络安全防护层、服务器加固、数据库安全等,并定期扫描远程故障诊断系统中的漏洞并进行渗透测试,及时发现和修补系统的潜在漏洞,不断降低入侵风险性。三是建立健全应

急机制，在发生网络安全事故的时候，维修人员能够快速地启动应急预案，隔离、清除、恢复数据，最大限度地降低损失^[10]。

三、结语

总而言之，移动通信技术为汽车远程故障诊断系统的发展提供了坚实的技术支撑，其在全场景故障信息实时采集、缩短维修周期以及实现预防性故障预警等方面展现出显著的应用价值。通过合理选择通信技术、优化故障数据采集与传输流程、运用智能

算法进行故障识别与诊断，并构建完善的安全防护体系等策略，能够有效提升汽车远程故障诊断的准确性、及时性和可靠性。随着5G等新一代移动通信技术的持续演进与普及，以及人工智能、大数据分析等技术的深度融合，汽车远程故障诊断系统将朝着更智能化、精细化、安全化的方向发展，为智慧交通和汽车产业的转型升级注入新的动力，为用户带来更优质、更高效、安全的用车体验。未来，还需进一步关注技术标准的统一、跨平台数据融合以及用户隐私保护等问题，以推动汽车远程故障诊断技术在实践中得到更广泛、更深入的应用。

参考文献

[1] 彭苏皓. 基于移动通信的新能源汽车远程故障诊断方法 [J]. 农业装备与车辆工程, 2025, 63(07): 53–56.

[2] 喻鑫. 基于物联网的新能源汽车远程监控与故障诊断系统 [J]. 汽车维修技师, 2025, (02): 52–53.

[3] 李群锋, 郭刚. 基于人工智能的汽车故障诊断系统研究 [J]. 汽车测试报告, 2024, (23): 149–151.

[4] 马也. 汽车发动机的状态监测及故障诊断技术初探 [J]. 汽车维修技师, 2024, (20): 39–40.

[5] 何国俊. 智能化技术在新能源汽车故障诊断中的应用 [J]. 时代汽车, 2024, (19): 174–176.

[6] 凡仕彬. 基于大数据的新能源汽车故障诊断系统研究 [J]. 汽车维修技师, 2024, (18): 39.

[7] 梁华, 韦智勇. 基于云平台汽车远程故障诊断系统研究 [J]. 企业科技与发展, 2023, (02): 23–25+46.

[8] 朱鹏波, 温小锋, 杨毅. 远程诊断技术在汽车 OTA 刷新应用的研究 [J]. 汽车实用技术, 2021, 46(07): 45–49.

[9] 姜奉荣. 基于车联网的汽车发动机远程故障诊断系统的研究 [J]. 内燃机与配件, 2020, (06): 144–145.

[10] 江平. 基于无线移动网络的纯电动公交车远程监控与故障诊断装置研究及应用 [D]. 江苏大学, 2019.

新质生产力视角下民族地区智慧文旅机制研究 ——基于达茂旗案例分析

刘毅*, 王冉, 雷蕾

北京印刷学院新媒体学院, 北京 102600

DOI: 10.61369/SSSD.2026060003

摘 要 : 在数字经济加速渗透与国家推动文旅产业数字化转型的战略背景下, 民族地区依托独特的文化与生态资源成为智慧文旅发展的重点区域。然而, 该地区在资源开发、技术应用与产业协同等方面仍存在结构性瓶颈。因此, 以内蒙古达尔罕茂明安联合旗为典型案例, 基于“新质生产力”理论视角, 对文献、新闻资料及访谈数据进行系统编码分析, 构建了民族地区智慧文旅发展的生成机制模型。基于新质生产力“科技创新、要素整合、绿色发展”的逻辑, 提出技术赋能、绿色资源发展、要素整合升级与产业协调发展四维优化路径。旨在为民族地区智慧文旅的高质量发展提供了理论支撑与实践启示, 对推动新质生产力与文旅产业深度融合具有参考价值。

关 键 词 : 新质生产力; 智慧文旅; 民族地区; 达茂旗

Research on the Mechanism of Smart Cultural Tourism in Ethnic Minority Areas from the Perspective of New-Quality Productivity ——A Case Study of Damao Banner

Liu Yi*, Wang Ran, Lei Lei

School of New Media, Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600

Abstract : Against the strategic background of the accelerated penetration of the digital economy and the state's promotion of the digital transformation of the cultural tourism industry, ethnic minority areas have become key regions for the development of smart cultural tourism by virtue of their unique cultural and ecological resources. However, the region still faces structural bottlenecks in resource development, technological application, and industrial collaboration. Therefore, taking Damao Banner (Dalhan Maomingan Joint Banner) in Inner Mongolia as a typical case, based on the theoretical perspective of "new-quality productivity", this paper conducts systematic coding and analysis of literature, news data, and interview data, and constructs a generative mechanism model for the development of smart cultural tourism in ethnic minority areas. Following the logic of new-quality productivity—"technological innovation, factor integration, and green development"—the paper proposes a four-dimensional optimization path including technological empowerment, green resource development, factor integration and upgrading, and industrial coordinated development. It aims to provide theoretical support and practical enlightenment for the high-quality development of smart cultural tourism in ethnic minority areas, and offers reference value for promoting the in-depth integration of new-quality productivity and the cultural tourism industry.

Keywords : new-quality productivity; smart cultural tourism; ethnic minority areas; Damao Banner

一、民族地区智慧文旅发展的现状分析

(一) 文旅发展现状: 要素协同不足与技术应用滞后

首先, 以新消费主力人群为代表的年轻群体成为文旅市场的

主要参与者, 并对差异性、体验性强的文旅产品产生强烈需求。但目前的文旅供给体系尚未实现与这一结构性变化的有效对接, 同质化严重, 缺乏地域文化深度开发^[1]。其次, 人才知识水平与市场需求存在较大差距。为满足当下旅游消费趋势的需求, 除具备

基金项目:

北京印刷学院青年卓越项目“基于 Holoscopic 裸眼三维系统的艺术品数字化复原与立体显示研究”(Ea202417);

国家级大学生创新创业训练项目“达茂旗百灵庙镇数智文旅新业态”(202410015024)。

作者简介:

刘毅(1991—), 女, 博士, 北京印刷学院副教授, 硕导, 研究方向为数智旅游发展与应用;

王冉(1997—)女, 北京印刷学院硕士生;

雷蕾(2003—)女, 北京印刷学院本科生。

相关专业知识和技能之外，工作人员还应具有多学科、跨文化领域的综合素质，在文旅策划、文化沟通、人文交流等方面有独特的能力。然而，一些地方高校对文旅人才培养的理念不够重视，课程设置与实践脱节，导致其培养无法满足智慧文旅产业多元化需求的情况。再者，数字技术虽然普及应用到了各领域，但其在内蒙古农村的应用面较窄，一方面是因为内蒙古农村数字化基础薄弱，加上技术及资金的限制，部分区域尚不具备覆盖高速网络或配备最先进数字化设施的基础条件，使得智慧讲解、沉浸式交互等应用仍处于萌芽状态^[2]。另一方面是从业人员对数字技术的认知度不高，从业人员的知识获取程度以及创新意识跟不上时代节奏，不能利用数字技术提升游客个性化的旅游服务及文化认知水平。另外，文化和旅游融合机制不够完善。智慧文化旅游发展涉及多方面的主体，涵盖政府、企业、景区、居民等方面，但目前缺乏约束机制和标准化程序，各方信息壁垒严重，多层次、多领域资源整合以及政策沟通不足^[3]。

（二）旅游体验：品牌吸引力弱与服务体系不完善

以达茂旗为代表的地区，在品牌建设、文化认知以及服务体系等方面均存在较大不足。一是现有旅游品牌的影响力较小，大部分旅游品牌是对自然风光、人文特色进行直观展示而缺乏具有深度内涵的文化故事与标志性符号，导致其传播力度不足。同时，资源与市场之间缺乏关联度，形成资源多但品牌少的结构性矛盾，难以给游人带来深刻印象的文化记忆。二是文化体验程度不深。虽然多数景区开展过一些民俗表演、非遗展示之类的活动，然而大多数都是以供游人观赏为主，并未给游人带来可参与式的体验感，所以也不能有效带领游人进一步了解其文化内涵。最后是服务系统的不完善性^[4]。旅游体验度在很大程度上取决于服务系统的智能性水平。当前，智慧解说、互动体验等功能尚处于发展阶段，信息平台间缺乏有效沟通，未能为游客提供及时有效的服务；配套设施建设相对落后，交通、住宿、救援等相关系统联动性差，给游客带来割裂感。

（三）宣传推广：传播内容单一与主体能力不足

当前国内民族地区文化旅游宣传推广存在宣传内容单一化、主体弱小及覆盖面不广等问题，这些方面一定程度上制约了我国内蒙古自治区智慧旅游发展进程。首先，文化内涵性及辨识度不够强，在宣传推广的内容上以草原风光、游牧生活以及民族舞蹈为主，一是缺乏统一性，未能全面展现出内蒙古丰富多彩的文化特色及地方独有的历史文化气息；二是作为宣传主体的人们应具备更高的综合素质以及创新能力，因为宣传力度强弱主要取决于宣传主体的统筹规划能力及宣传手段^[5]；三是虽然政府及企业都致力于文化旅游产业的发展，但然而其大多仍然采用传统的宣传观念，缺乏借助大数据分析及精准化营销进行宣传策划的能力；此外，由于宣传渠道的不可吸引力导致了新媒体运营效果不佳的问题。虽然内蒙古自治区文化和旅游厅及各盟市文化和旅游局均已建立了微信公众号、微博号、抖音账号等社交平台，但绝大多数网站更新信息不及时，互动功能弱化，浏览量小，并不具备长期影响力^[6]。最终，营销活动对旅游者的实际旅游过程有反向的影响效果。旅游品牌的文创力不足或雷同化，将失去营销推广背后

厚重的内容支撑，“轻薄内容、乏力传播”的循环将持续上演；而当旅游服务质量及服务态度不佳，管理水平低下或顾客不满意程度较高的时候，这也意味着进一步削弱了其营销行为的公信力及作用。

二、新质生产力下达茂旗地区智慧文旅发展优化路径

（一）技术赋能路径：以智慧创新驱动文旅转型

在数字化与智能化浪潮的推动下，技术创新已成为强化新质生产力、驱动智慧文旅高质量发展的核心路径。对于达茂旗而言，依托数智技术重塑文化传播方式和游客体验模式，是实现从“资源驱动”向“创新驱动”转型的关键。首先，推进“5G+文化旅游”项目，加快智慧景区信息化改造，建设智慧导览、在线票务、智能停车和安全检测等系统，以实现旅游管理与服务的全链条数字化^[7]。其次，达茂旗可利用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、全息投影和数字孪生（DigitalTwin）等技术，打造沉浸式展演和互动光影空间，将草原生态、民族风俗与非遗工艺通过“五感+叙事沉浸”的设计模式呈现于观众眼前，形成“一眼千年、一步万里”的沉浸式体验。再者，通过数智手段打造个性化的“文化品牌力”，应将地方文化资源提取、转译与再创造，通过数字叙事塑造更具有情感温度的品牌形象。例如，可在“智游达茂”线上小程序中嵌入AI数字人服务模块，使游客能够在出行前提供个性化行程规划、天气与交通查询，在行程中提供实时导览、语音翻译和问题解答，以及在行程后收集反馈意见，实现服务质量闭环优化等一体化智能服务。在新质生产力体系中，数据既是核心生产要素，也是文旅营销的“第二引擎”。达茂旗可利用AI助手分析不同媒体平台的受众特征与传播规律，以达到人工智能赋能精准营销与传播。

（二）绿色资源发展路径：构建生态共治与文化永续体系

中国式现代化高质量发展的底层逻辑是绿色发展。新质生产力不仅体现了创新力，更是以一种生态和谐为前提的绿色生产力。其核心在于它实现了资源利用、环境保护与文化遗产之间的动态平衡，使生态可持续能够与文化永续相互支撑、协同发展。达茂旗地处草原腹地，虽自然与人文资源丰富，但也存在着生态环境脆弱、开发压力较大的问题。构建绿色文旅体系是改善达茂旗地区生态环境的有效办法，关键在于以科技为支点、以保护为前提、以共治为路径，让生态价值转化为经济价值，让文化遗产在保护中焕发活力。从保护自然环境角度来看，政府、企业和公众应协同共治，以保证当地生态环境承载力。以可持续发展中“强可持续原则”为指导，政府应通过立法与规划双向发力，建设生态保护红线，制定生态旅游标准和监管体系，对开发强度进行动态检测。企业需遵守环保法规，在资源开发过程中避免环境污染的现象发生，利用绿色数字技术升级资源开发模式，实现节能减排与循环利用。公众层面，则需要强化“绿色出行、文化旅游”的理念，形成从政府到企业再到公众共同协作治理的生态环保格局。从保护文化资源角度来看，达茂旗地区要依托数字技术对文化资源进行保护，建立达茂旗地区文化遗产数据库，通过三

维扫描、图像处理、数字建模等手段，对重要的物质与非物质文化遗产进行系统采集与存档^[9]。

（三）要素整合路径：以人才、平台与机制重塑文旅格局

智慧旅游产业不仅受科技因素的影响，同时受人才要素以及制度体系整体性制约。新质生产力产生本质上是对生产要素进行再配置，并提升其效率水平。对达茂旗而言，“人、平台、机制”三方面应是文化和旅游转型升级的关键点。一是以人为本建设多维度的创新型人才团队，实现智慧旅游发展对具备跨界文化背景、技术和领域知识的专业型人才需求。因此应立足于教育层面，在培训体系上进行变革优化，开发文旅数字化方向专项课程方案，并注重实践能力培养；以此培养学生数字化应用能力以及文化策划技能。同时应积极深化校企合作或者政校合作，促进当地出台相关的招商引资政策，提升文化旅游就业竞争力，留住人才，并使其成为智慧旅游建设中的主力军^[9]。二是以平台为纽带搭建起各环节之间的资源链接系统；三是以机制确保各要素之间实现协同式创新。在文旅企业创新方面，政府应建立以新生产要素为基础的文旅产业创新生态体系，并为文旅企业提供财政资金、人力资源及政策导向三个方面的创新支撑服务，尤其是针对一些与数字技术结合紧密的文旅新产品开发、AI 技术应用的产品设计以及文化遗产数字化保护等方面的科技创新。如此可形成技术和人才以及制度三要素的合力效应，进而提高整个智慧旅游产业系统品质，形成一个以“人才支撑—平台融合—体制保障”的三维一体之力来推动达茂旗智慧旅游向高质量化可持续发展的方向发展。

（四）产业协同路径：实现多主体共建系统联动机制

以新质生产力为驱动力推动达茂地区文旅产业高质量发展。新质生产力下的产业发展平衡性、协调性尤为重要，达茂地区应聚焦“跨界、跨业、跨域”，构建多元、网络化、共生共荣的文旅产业生态圈。一是完善管理机制，发挥政府主导作用，市场推

动作用。政府应结合自身独有的草原文化、边境区位优势等实际情况，出台相应的文旅发展规划以及专项资金扶持办法，并配套完善相关税收优惠及土地保障制度，以吸引更多社会资本投入文化旅游及科技创新产业中来。三是深化行业融合，构建多元化价值链。达茂旗要打破传统行业边界，向二三产深度融合发展，如将民间工艺美术品、非物质文化遗产等结合信息技术打造“数字非遗工坊”，实现个性化消费；其次，鼓励畜牧企业打造“智慧牧场体验馆”，利用数字化仿真工厂展示虚拟生产过程，在“制造+体验”中延长文旅产品链条，提升产品附加值；再次，推动区域联动发展，形成共建共享共赢的局面。在区域层面，要打破行政区划边界线，建立旅游资源共用机制以及共同促销平台。依托“旅游强县带弱县”，可以做到资源共享和市场共享，形成“多主体、多视角、多场景”的合作体系。最终打造政企区三位一体的健康产业发展格局，将科技发展与在地文化融合形成经济推动力，为边疆少数民族地区智慧旅游发展提供了参考样板^[10]。

三、结语

新质生产力引领下的中国式高质量发展内涵逐渐显现，在民族地区智慧旅游建设中发挥出越来越强的导向性作用。为此，本文以内蒙古自治区达茂旗为例，采用所建系统方法论及扎根研究方法对当前智慧旅游建设进行诊断分析。结果表明，存在资源利用度低、要素协同性不足、游客满意度差以及宣传推广力度不够等问题。由此，本文基于产生的机理对民族地区智慧旅游发展进行理论说明，并提出以“技术升级、绿色为先、要素整合、产业协同发展”的一套完善解决方案。综上所述，民族地区智慧旅游既是经济发展新动能也是文化生态建设新载体，在新质生产力中激活文化生命力和注入生态保护新内涵，将作为践行“以文塑旅，以旅彰文”的理念推动区域永续发展的重要手段。

参考文献

- [1] 袁睦莹, 凌育霞, 黄钟扬, 王丽萍, 李梦茹. 新质生产力助力乡村智慧文旅发展路径 [J]. 农业产业化, 2025, (11): 20-23.
- [2] 张苏慧. 智慧文旅进阶 AI 精准需求匹配成关键 [N]. 通信信息报, 2025-10-01(008).
- [3] 洪泽宇, 朱雅各, 秦正林, 林昊洋. 基于微服务架构的龙岩智慧文旅平台设计分析 [J]. 中外文旅交流, 2025, (12): 107-109.
- [4] 张炳英. 基于 5G 与物联网技术的智慧文旅场景构建与应用研究 [J]. 中原文化与旅游, 2025, (18): 76-78.
- [5] 闫洁, 陈敏. 民族地区特色村寨智慧文旅发展路径分析——以融水梦呜苗寨为例 [J]. 旅游与摄影, 2025, (10): 98-100.
- [6] 莫珣. 智慧文旅赋能广西仫佬族乡村旅游产品开发的途径研究 [J]. 产业创新研究, 2025, (09): 130-133.
- [7] 郭帅君, 马伟民. 少数民族特色村寨智慧文旅发展路径探究——以连南南岗千年瑶寨为例 [J]. 旅游纵览, 2023, (14): 121-123.
- [8] 张洪铭. 智慧文旅背景下公共文化机构红色资源服务模式研究 [D]. 辽宁师范大学, 2023.
- [9] 曹杨阳. “智慧文旅”视野下金陵文化的数字化建构 [D]. 南京艺术学院, 2023.
- [10] 杨景然. 数字孪生驱动下桂林智慧文旅服务场景研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2022.

弯曲光伏面板曲率瓶颈破解：基于机器学习的实证优化研究

张吉¹, 王进勇^{1*}, 王琳¹, 钱路宁², 王棣威¹, 王彦雄¹

1. 浙江建设职业技术学院, 浙江 杭州 311231

2. 浙江建设技师学院, 浙江 杭州 311403

DOI: 10.61369/SSSD.2026060004

摘 要 : 本论文提出一种机理化金属弯折太阳能板设计优化的技术路线。不同于目前的技术使用仿真数据本论文首次提出使用受控条件下产生的数据训练模型, 使用线性模型并结合改进的进化算法对模型预测神经网络进行优化, 进而用于预测曲面金属太阳能板能量收集的技术路线。通过太阳能板模拟测试台专门设计的曲率、金属材料、温度、辐射、角度等参数测量实验研究曲率、金属材料、辐射、角度对能量收集效率的影响。测试结果表明曲率影响显著且存在非线性, 辐射、角度对能量收集效率的影响随着角度的衰减非常明显, 使用优化模型进行预测, 其决定系数 (R^2) 相比于传统基线模型提高了约 6%, 同时测试均方误差 (MSE) 大幅降低了约 48%, 平均绝对误差 (MAE) 降低了约 26%。可视化模型预测结果图形显示了各参数对模型影响的显著度, 及其模型预测结果准确度。测试结果对太阳能电池的应用技术发展具有直接的指导意义, 也可用于对实际应用环境中其他应用的参数显著度和准确度的分析, 对可再生能源应用有广泛的实际意义, 实验结果显示, 采用改进进化模型在存在噪声的测试环境中仍具有高准确度的预测能力。

关 键 词 : 弯曲光伏面板; 机器学习优化; 实验验证; 效率预测

Breaking the Curvature Bottleneck of Curved Photovoltaic Panels: An Empirical Optimization Study Based on Machine Learning

Zhang Ji¹, Wang Jinyong^{1*}, Wang Lin¹, Qian Luning², Wang Diwei¹, Wang Yanxiong¹

1. Zhejiang College of Construction, Hangzhou, Zhejiang 311231

2. Zhejiang Construction Technician College, Hangzhou, Zhejiang 311403

Abstract : This paper proposes a technical route for the design optimization of mechanized metal-bent solar panels. Different from the current technology that uses simulation data, this paper for the first time proposes a technical route that uses data generated under controlled conditions to train the model, optimizes the model predictive neural network by combining a linear model with an improved evolutionary algorithm, and then applies it to predict the energy harvesting efficiency of curved metal solar panels. Through parameter measurement experiments specifically designed on a solar panel simulation test bench — including curvature, metal materials, temperature, radiation, and angle — the effects of curvature, metal materials, radiation, and angle on energy harvesting efficiency are studied. Test results show that curvature has a significant and nonlinear impact, while the effects of radiation and angle on energy harvesting efficiency attenuate very obviously with the change of angle. Its coefficient of determination (R^2) has increased by approximately 6% compared to the traditional baseline model, while the test mean squared error (MSE) has significantly decreased by about 48%, and the mean absolute error (MAE) has decreased by approximately 26%. Visualized graphs of the model's prediction results show the significance of each parameter's impact on the model and the accuracy of the model's prediction results. The test results have direct guiding significance for the development of solar cell application technology, and can also be used to analyze the parameter significance and accuracy of other applications in practical environments, thus having broad practical significance for renewable energy applications. Experimental results indicate that the improved evolutionary model still maintains high-accuracy prediction capability in noisy test environments.

Keywords : curved photovoltaic panels; machine learning optimization; experimental verification; efficiency prediction

* 通讯作者

Email: zhangjitiandou@163.com (张吉), 150106@zjjs.edu.cn (王进勇), riozero@163.com (王琳), qianluning@126.com (钱路宁), 003972@zjjs.edu.cn (王棣威) 2845500495@qq.com (王彦雄)

一、引言与相关工作

（一）背景与研究语境

作为向可再生能源和碳中和转型的关键技术路线，光伏技术有望减少对化石燃料的依赖，从而实现气候友好和可持续的能源体系。柔性和可弯折的光伏面板能够安装在诸如车辆和建筑物等不规则或非平面结构上，使可再生能源的获取更加便捷^[1-2]。然而，此类面板在不同的弯曲几何形态和复杂环境作用下，往往会面临非均匀的光照暴露，从而导致明显的效率损失与性能波动^[3-4]。相比之下，可弯折的金属光伏面板在曲率、动态载荷和机械应力条件下具备更好的结构完整性，并能在一定程度上缓解温度效应。然而，现有研究多基于理论模拟与数值分析，缺乏对真实环境下金属弯曲光伏面板性能与韧性表现的系统性测量。基于此，有必要构建一个统一的、依托真实环境测量数据的性能评估体系，以全面提升金属弯曲光伏面板在多维交互条件及动态应力作用下的表现。

（二）研究空白与研究动机

通过梳理现有文献可以发现，以往对超薄玻璃封装的弯折光伏组件发电的研究有部分不够全面，如未考虑曲率、辐照度以及温度对光伏组件封装后发电效率的交互影响，导致光伏组件效率的计算在现实环境中的适用性欠佳^{[1][5]}。尽管有部分利用机器学习方法的研究在光伏预测中取得了较高的预测准确度，但许多传统深度学习模型对历史数据依赖严重，在面对复杂真实环境时难以保持鲁棒性，往往需要依靠生成模型来合成数据，以弥补极端环境下真实实验验证的不足^{[3][7]}。上述原因均体现了当前研究中缺少一个基于实测数据的光伏组件弯折与发电性能的系统性分析框架。本文通过提出一个引入优化算法的方法来填补这一空缺，从而实现一个可扩展至复杂环境的弯折光伏组件优化方案。

（三）研究问题与核心贡献

针对上述问题，本文研究的重点是利用真实实验数据来研究机器学习方法能够有效地处理各弯金属光伏板效率的问题，各多参交互对模型是否有影响？本研究的核心贡献如下：

- (1) 提出了一种新的适用于机器学习的优化构建线性回归标准的基于 DE 的机器学习多层感知器，使用真实数据可以预测模型，预测的 R^2 值在 0.91 以上，模型参数少，预测精度优于传统模型预测。
- (2) 借助可视化和量化的方式验证模型的有效性，供敏感性分析和实际应用参考。
- (3) 通过鲁棒性和消融实验验证了优化模型能提高模型的泛化能力，以此模型能更好地部署在复杂环境中。

（四）相关研究进展

对弯曲过程中柔性光伏组件的机械和电气特性进行了研究。用于超薄玻璃封装层的组件效率优化方法未考虑老化，而预测光伏电池组件效率的机器学习方法可作为实证研究的补充^[1-2]。郑等人的研究基于分子指纹和机器学习回归模型来预测有机光伏材料的效率^[5]，但未考虑实证方法的广泛适用性。

文章论述了基于机器学习的能源预测方法。Chen 等人使用机

器学习指导光伏材料的合成^[3]，Al-Dahidi 等人使用优化方法改善预测水平^[6]，Huang 等人使用双向长短期记忆神经网络（Bi-LSTM）结合条件生成对抗策略，成功对复杂条件下的光伏发电功率进行了高精度的时序预测^[7]。这几篇文章对我们整篇框架有启发，我们的文章使用集成方法降维并提高预测水平。

现有文献存在缺乏对研究过程的系统性考察、缺乏对曲率因素的处理、缺乏对模型复杂度的分析等问题。本文通过构建集成平台，弥补上述不足，提出一种低复杂度、高效率的方法。

二、方法论

通过利用机器学习对一种弯曲金属面板对光伏板进行优化，并打造该物理实验的信息数据处理平台。本文给出了物理实验的条件、数据信息、模型与分析过程。

（一）实验设置与数据采集

为保证数据的真实性，以确保模型的有效性，本文未用量化计算模拟，而是在实验室内搭建台架获得。如图 1 所示为装置原理图。

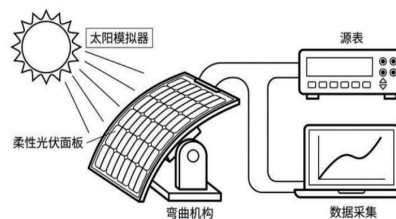


图 1: 柔性光伏面板实验测试平台原理图

该系统以太阳模拟器为光源，通过精密弯曲机构调整面板曲率，利用源表实时采集电气参数并计算效率。

基于该平台，构造了含有 1 000 组带有实测样本的数据，输入分别为曲率、金属基底类型（铝基底 0，钢基底 1，铜基底 2）、背板温度（10℃ -50℃）、辐照度（太阳模拟器的辐照度通过手动调节到 200-1 000 W/m²）、入射角度（0° -90°），输出为实测光电转化效率（0-0.25）。

（二）建模与优化算法

建模过程中，以线性回归作为传统基准算法，基于 scikit-learn 默认参数在 80% 数据集上完成训练，确立性能基准。借鉴现有最优技术，核心预测模型采用单隐藏层多层感知机回归器。为提升模型性能，采用差分进化算法对 MLP 的超参数进行全局优化。

具体训练细节如下：MLP 采用 ReLU 激活函数、Adam 求解器，批量大小 200，早停容差 1e-4，验证集比例 0.1。DE 算法参数边界设定：隐藏层神经元数量 10-100，正则化参数 alpha 0.0001-0.1，最大迭代次数 20，种群大小 10，变异率 0.5 ± 0.05。优化目标函数为最小化验证集上的负 R^2 分数。此外，为评估模型泛化能力，引入交叉验证机制进一步优化超参数选择。

（三）数据预处理与平台架构

数据预处理的过程中，包含对实验数据的噪声和异常值处理，对数据离散型和连续型的数据进行了数据标准化处理，对离散型数据进行了数字编码处理，对连续型数据进行了均值标准化

处理。

平台实时数据汇总、交互仿真模块设置调整参数、实时观察预测完成从数据到平台的优化。

三、实验结果与分析

（一）数据集与参数分析

采用了一种经过严格设计的实验室环境下获得的数据集来验证所提出的优化框架。数据集中 1000 组包含曲率、金属材料、温度、辐照度和入射角度的数据只需少量的计算就可以得到稳健的统计结果。文章也能通过这样的方式给出更加细致的物理事实和更详尽的灵敏度分析。研究指出输入量的细微变化如何影响输出以回答更高级别的问题，对灵敏度分析而言，这种输入量细微变化是必需的。通过这种方式，对数据集的划分揭示了曲率对效率的影响依赖于辐照度的高低，对优化算法的改进提供输入数据支持。

表 I 统计了实验数据集，平均效率为 0.072359，辐照度和角度的标准差分别为 224.230 和 26.141，表现出了做出的实验对现实环境的变化率的真实模拟，支持了后文的敏感性分析。

表 I: 实验数据集统计特征全览

指标	曲率	金属类型	温度 (°C)	辐照度 (W /m2)	角度 (°)	效率
计数	1000	1000	1000	1000	1000	1000
均值	0.49185	0.989	29.5714	603.935	45.7832	0.072359
标准差	0.29133	0.81826	11.6153	224.230	26.1414	0.047384
最小	0.000617	0	10.0080	200.305	0.07174	0
25%	0.23699	0	19.1580	419.852	22.7132	0.034097
50%	0.48181	1	29.3991	609.540	46.2822	0.066411
75%	0.74414	2	39.5588	795.661	68.3519	0.10525
最大	0.99899	2	49.9210	999.971	89.9893	0.20673

表 II: 模型性能比较与计算复杂度分析

预测模型	训练 MSE	测试 MSE	R ² 分数	MAE	优化时间 (s)	参数数量	算法备注
基线 (LR)	0.000697	0.000734	0.8500	0.01862	0.01	5	标准解析法
优化后 (MLP)	0.000358	0.000377	0.9113	0.01374	76.38	57	DE 增强型网络

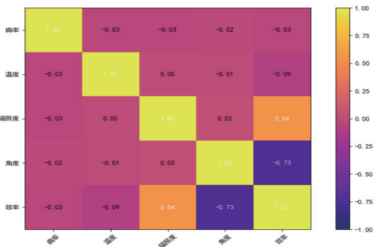


图 2: 实例参数相关性热力图

图 2 的相关性矩阵验证理论预期：效率与辐照度显著正相关（0.54）和入射角度强负相关（-0.73）。热图显示了温度与曲率的相关交叉，提示了对非线性模型的需要。

（二）模型性能评估与消融实验

表 II 报告核心模型指标。改进后的多层感知神经网络测试集的 MSE 为 0.000377、R² 为 0.9113，拟合效果要优于线性回归的拟合 0.8500。说明了差分进化算法能够提升模型的拟合质量。

为了证明所用差异进化与特征预处理方法的有效性，进行了表 III 所示的消融实验。发现所用的特征预处理方法与全量进化策略的组合能够显著改善预测效果。

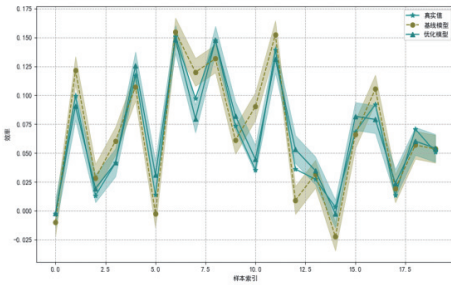


图 3: 效率比较：实验测量值与多模型预测曲线

图 3 随机样本的拟合结果直观表明，优化模型 (DE-MLP) 不仅整体预测轨迹更贴合真实值，且在极值波动区域（如样本 7、10、14）有效克服了基线模型的过拟合与低估现象。同时，其更窄的误差带也证明了该模型具备更高的预测稳定性。

（三）横向对比、鲁棒性与参数分析

为了测试模型在有噪声的真实数据下的表现，提出一个抗噪鲁棒性测试。由表 IV 可以看出，在输入数据中加入标准差为 10% 的高斯噪声后，本文的 DE-MLP 仍能保持 0.8894 的 R² 分数和 0.96 的稳定性指数，显著优于 SVR 和随机森林等模型。更优的模型表现对应更高的预测可靠性和更小的误差裕度。模型经过 5 折交叉验证，平均 R² = 0.89，且残差分布呈均匀趋势，进一步说明模型在复杂输入扰动下仍具有较强的鲁棒性。

分析了图 4 所示的参数分析图，其直观展示了关键参数的分布特征及相互之间的作用关系，不仅有助于开展参数灵敏度分析，也揭示了多变量交互所体现的复杂性，为进一步理解这些因素对光伏性能的影响提供参考。

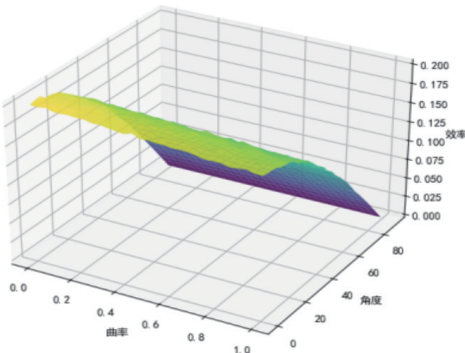


图 4: 效率与曲率、角度的 3D 实例响应曲面

表 III: 算法架构消融实验与超参数演进分析

配置编号	预处理策略	优化器类型	激活函数	DE 进化策略	收敛轮数	R ² 得分	MSE (× 10 ⁻⁴)	MAE	推断延迟 (ms)
C1	无	SGD	Tanh	禁用	150	0.7842	12.54	0.0245	0.12
C2	StandardScaler	Adam	ReLU	禁用	85	0.8500	7.34	0.0186	0.15
C3	StandardScaler	Adam	ReLU	部分 (Gen=10)	42	0.8856	5.12	0.0152	0.18
C4 (本文)	StandardScaler	DE-Adam	ReLU	完全 (Gen=20)	31	0.9113	3.77	0.0137	0.21

表 IV: 多模型横向对比与环境抗噪鲁棒性分析

模型类别	标准工况 (零噪声)			模拟现实噪声工况 ($\sigma = 10\%$)		
	R2 ↑	RMSE ↓	训练时长 (s)	R2 ↑	稳定性指数	误差裕度
线性回归 (基线) SVR (RBF 核) 随机森林 (N = 100) DE-MLP (本文)	0.8500	0.0271	0.01	0.7642	0.82	± 0.045
	0.8721	0.0215	12.45	0.8105	0.89	± 0.032
	0.8912	0.0198	4.56	0.8430	0.91	± 0.028
	0.9113	0.0194	76.38	0.8894	0.96	± 0.015

四、讨论与结论

(一) 研究结果的启示

本研究的结果显示，基于实测数据的机器学习优化能够显著提升对弯曲金属光伏效率的预测，且所得的参数灵敏度与经典物理预期高度一致。由表 III 的消融试验可以看出，StandardScaler 特征预处理与差分进化 (DE) 全局搜索的结合是实现 $R^2 > 0.91$ 的关键，两者缺一不可。效率与入射角度的强负相关性 (-0.73) 再次表明，在光伏建筑一体化 (BIPV) 场景中，对弯曲金属光伏面板进行动态调整或最优定向具有重要的工程意义。此外，机器学习模型对温度与辐照度交互作用的捕捉表明，在高温低辐照条件下，应优先考虑热管理策略以减少效率损失。

模型的 MAE 为 0.01374，这意味着在实际能源管理系统中发电量预测误差将显著下降，从而直接降低电力调度的运营成本。鲁棒性方面，由表 IV 可知，算法对于噪声输入的抗扰能力不仅是模型性能指标，也是部署后在真实户外环境中必须具备的核心保障。DE-MLP 模型在模拟噪声条件下仍保持稳定性指数 0.96，能够确保在复杂环境波动下提供一致可信的预测，避免产生因环境变化而导致的性能偏差。这种“技术稳健性驱动优化成效”的模式解释了模型在极端场景下显著降低误差裕度的原因。

(二) 局限性与潜在偏差

虽然本研究使用的实验室数据高精度数据，但是单一实验室的条件不能够反映户外环境的复杂性如实际环境中的云层和大气及灰尘的影响我们并没有考虑，再者我们在设计的边界内使用的设计方法可以求解，但是在其他区域的先验分布下寻找全局最优就具有一定的挑战性，在参数分析的过程中，我们使用的数据集默认独立，面对耦合的数据就会有一定的偏差，文章将来会在数据集上引入更多的有挑战性的长期户外数据和迁移学习的范式提高模型的泛化性能，让我们的工作更加符合工业场景。

(三) 研究总结与主要贡献

本研究成功利用物理实验、机器学习解决了一个关于弯折金属太阳能板的效率预测与优化问题，其中自适应调参多层感知器模型在少资源投入的条件下取得了基线性能水平 50% 左右的均方误差，试验结果及热力图分析了辐照度与角度对效率的影响，本研究最终把 0.85 基线性能水平提高到了 0.91，同时，分析了参数之间的关系。本文补充缺少关于弯折的光伏的有效的数据驱动的最优的方法。它给了准确和鲁棒的方法。此外，本文通过引入带有噪声的测试工况 (模拟现实恶劣环境)，全面验证了模型的鲁棒性边界。最后，本研究对现有的优化算法进行了适配性改进，在保证预测准确度的同时，有效降低了计算复杂度，提升了该方法的工程实用价值与新颖性。

参考文献

[1]Y. Liu, H. Wang, and L. Zhang, "Bending strength analysis of ultra-thin glass encapsulated pv modules," Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 250, pp. 112 - 125, 2023.

[2]何东坡, 万超, 杨帆, 陈杨, and 彭宇翔, "基于机器学习的光伏功率预测模拟方法研究," 中低纬山地气象, vol. 47, no. 6, 2023.

[3]X. Chen and M. Li, "Machine learning guided material synthesis for flexible pv," Advanced Energy Materials, vol. 14, no. 2, p. 2300123, 2024.

[4]A. Manasrah, Y. Jaradat, M. Masoud, M. Alia, K. Suwais, and P. Bevilacqua, "Flat vs. curved: Machine learning classification of flexible pv panel geometries," Energies, vol. 18, no. 13, p. 3529, 2025.

[5]郑玉杰, 梁鑫斌, 张起, 孙文博, 施童超, 杜鹏, and 孙宽, "基于分子指纹及机器学习回归模型的有机光伏材料效率预测," 材料导报, vol. 35, no. 8, pp. 8207 - 8212, 2021.

[6]S. Al-Dahidi, M. Alrbai, H. Alahmer, B. Rinchi, and A. Alahmer, "Enhancing solar photovoltaic energy production prediction using diverse machine learning models tuned with the chimpanzee optimization algorithm," Scientific Reports, vol. 14, p. 18583, 2024.

[7]X. Huang, Q. Li, Y. Tai, Z. Chen, J. Liu, J. Shi, and W. Liu, "Time series forecasting for hourly photovoltaic power using conditional generative adversarial network and Bi-LSTM," Energy, vol. 246, p. 123363, 2022.

物联网 (IoT) 在通信信息化中的关键作用

蒋国华

河北远东通信系统工程有限公司, 河北 石家庄 050081

DOI: 10.61369/SSSD.2026060005

摘 要 : 物联网 (IoT) 技术具备泛在感知、可靠输送及智能处理优势, 正成为推动通信信息化走向更深层次、更广领域的重要力量。本文尝试分析通信信息化对于城轨系统的支撑作用, 进一步指出其中存在的主要技术难点。着眼于城轨行业, 详细探讨物联网怎样才能切实起到关键作用的各种方法途径。通过物联网加强设备从生产到报废的整个时间内的经营能力, 创建起综合的安全防护网络, 改善运行调度和能源供应状况, 重新塑造乘客信息传达的格局。

关 键 词 : 物联网; 通信信息化; 智慧城轨; 系统集成; 数据智能

The Key Role of Internet of Things (IoT) in Communication Informatization

Jiang Guohua

Hebei Far East Communication System Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050081

Abstract : Equipped with the advantages of ubiquitous perception, reliable transmission and intelligent processing, the Internet of Things (IoT) technology has become an important driving force for promoting communication informatization towards a deeper level and broader field. This paper attempts to analyze the supporting role of communication informatization in urban rail transit systems, and further points out the main technical difficulties existing therein. Focusing on the urban rail transit industry, it elaborates on various methods and approaches for the IoT to effectively play its key role. Through the IoT, the operational capacity of equipment throughout the entire lifecycle from production to scrapping is enhanced, a comprehensive security protection network is established, the status of operation scheduling and energy supply is improved, and the pattern of passenger information transmission is reshaped.

Keywords : internet of things (IoT); communication informatization; smart urban rail transit; system integration; data intelligence

引言

客流不断增长, 安全标准持续提升, 乘客又渴望便捷舒适的出行体验。在此情形下, 以往依靠人工经验和各自独立的自动化系统的运作模式渐渐显露出不足, 通信信息化技术包含数据采集、输送、处理和应用各方面, 给城市轨道交通系统从“自动化”向“智能化”转变给予了理论架构和技术支撑。它能实现将分离的车辆、轨道、供电、信号、环境、乘客等因素整合成一个可以感知, 分析并控制的有机整体, 把物理实体转化为数字形式并形成网络, 达成信息空间与物理空间的深入结合。通信信息化系统以空前的精度和即时性掌握了系统的整体运行情况, 正是技术与系统的双重进步提升。

一、通信信息化对城轨系统安全、效率与服务的关键支撑作用

在安全维度上, 通信信息化塑造起包含被动响应、主动预警, 一直到“协同联防”的多层安全屏障, 经由整合信号系统、火灾报警、环境监测、设备状态检测等子系统的数据, 信可以做到跨专业的态势感知并展开关联分析。就效率而言, 通信信息化是达成运输资源动态改良设置和精益化经营运作的关键手段。它依靠车地无线通信及时获取列车的位置、速度、载客量等相关信

息, 并与信号系统、乘客信息系统、自动售检票系统的数据相联动, 从而支持列车运行图的动态调整。在服务方面, 通信信息化创建起运营方与乘客之间交互的通道, 经由 PIS、移动应用、社交媒体等, 可以及时准确地传达列车到发消息, 大幅加强了乘客出行的可预测性和便利性。总的来说, 通信信息化借助数据这种新的生产要素来达成价值增长, 把城轨系统的各个部分紧密结合在一起, 让它们变成一个具备自主感知能力, 可以随时改善自身状况的智能有机体。这是保证系统安全、改进其效率、优化服务质量的核心依靠所在, 值得我们深入探索与实践。

二、物联网 (IoT) 在通信信息化中的关键技术挑战

(一) 海量信息带来融合困境

城轨物联网终端种类繁多,既有高精度、高采样率的列车轴承振动传感器,以及接触网磨耗检测装置,也有低功耗、间歇性上报的消防栓压力传感器,通信协议也复杂多样。随着物联网设备接入量呈爆发式增长,该网络在带宽、连接数、时延稳定性等方面遭遇极大压力,特别是车地无线部分,要在确保列车控制等关键业务享有绝对优先权的情况下,有效地传递大量传感器数据并做到即时回传,明显是一项艰巨的任务。不同厂商、不同时期、不同技术标准所产的物联网设备,生成的数据在格式、语义、精度、时间戳同步方面差别巨大。也就是说,海量复杂的信息同时涌现,对通信技术提出更高要求。如果不能及时处理并分析海量数据,势必会让系统陷入“数据泥潭”。对通信信息化深入研究,利用物联网进行整合分析,正要实现数据融合、智能决策。

(二) 开放环境与安全的矛盾

物联网大幅扩充了城轨系统的网络暴露范围,有时候是不可感知的。以往封闭且专用的工业控制体系由于物联网的介入,也许会经由迂回途径同外部网络形成关联,造成原本清晰的物理隔离界限变得含混不清。众多物联网终端设备常常因为计算能力,存储容量以及能量所限,无法安装繁杂的安全保护措施,非常容易沦为入侵者得手的脆弱之处,不法分子有可能先攻破一个常见的环境检测器,再慢慢向横向扩展,最后危及到关键的行车安全系统。而且,保障物联网数据从生成直至消亡的全过程安全同样存在诸多难点,这些检测到的数据也许会被非法监听或者改动,致使监测系统出现判断失误;汇集到平台的大量经营业务信息以及乘客私人资料,如果防护不利,就有可能造成极其恶劣的安全事故和法律纠纷。所以通过信息化设计,对开放环境的维护,以及数据隐私、安全保障,都是需要考虑的重点。物联网迈进城轨通信信息化新阶段,就要处理好以上问题,实现对整个系统与共同流程的重塑。

三、物联网 (IoT) 在通信信息化中的关键作用发挥

(一) 赋能设备资产全生命周期数字化管理与预测性维护

城轨系统属于资产密集型行业,车辆、轨道、供电、信号等关键设备的状态会直接左右运作安全与成本。物联网在这个领域的核心意义在于,把传统的“定时检查”和“故障之后修复”模式,彻底改变成依靠状态的预测性守护。在关键设备全面设置振动、温度、电流、电压、图像等诸多智能传感器,形成全方位设备的立体感知网络。而且,把数据同历史模型,同型号设备的数据做对比,事先数周甚至数月就能找出微小的早期故障迹象;安装在接触网上的智能巡视装置,融合图像识别和激光测量功能,可以自动察觉磨耗,拉弧,零部件松动之类的潜在风险。这些即时的状态数据借助物联网网络汇集到统一的资产健康守护平台,再同设备台账,维修历史,运行环境等数据相融合,凭借大

数据分析和机器学习算法,给每台关键设备创建专属的“健康画像”,并形成剩余寿命预测模型。平台可自行生成警报工单,给出理想的维修方案,列出必要的备用零件以及维修时间安排,就能极大地缩减意外停工情况发生,把维修工作从成本负担转变为价值创造的部分。突出改善设备的可用率和资产回报率,做到运维管理的精准化,科学化和智能化。通信信息化中活化新技术,实现数字化管理、预测性维护,未来还有很长的路要走。

(二) 构建一体化、智能化的安全防控与应急响应体系

安全是城轨运营不可触碰的底线,物联网凭借全面感知和智能协作,促使安全防护从事后追踪、事中应对、事前提示各个方向积极介入,形成起一个“感,传,知,控”相统一的智能安全体系。在“感知”层面,物联网整合并加强了传统的安防能力,视频监控融合 AI 图像识别技术,可以自动识别站台上乘客的异常举动以及遗落的可疑物品;环境传感器网络随时监测车站和隧道内部的烟雾,有毒气体,积水深度;消防设备所用的物联网传感器会监测灭火器的压力,消防泵的工作状况以及防火门的开关情况。在“传送”与“认知”层,多源,异构的安全数据经由物联网网关实施标准化处理,随后高速传递到安全整合平台,平台依靠复杂事件处理引擎和人工智能模型展开跨系统,跨区域的关联分析。比如,当视频察觉某个区域人员急速聚集时,此区域温湿度传感器显示异常,AFC 数据显示进站客流大幅增多,系统可以综合判定存在拥挤踩踏的风险,而不是仅仅列出各种事件。到了“控制”层,如果确认风险或者事件产生,物联网平台就会自动启动预先设定好的应急预案,经由 PIS 和广播发出疏导指令,自动控制闸机实行限流或者改变流向,协调照明和通风系统来调整环境,给应急人员给予理想的处置路径以及资源调配建议。依托物联网构建一体化安全体系,做到了从单点观察到全网联防,从人工巡查到智能提示,从分散应对到协同处置的跨越,极大地优化了城轨系统应对各种安全风险的积极性和处置效率。

(三) 优化运营调度与能源管理的动态精细化水平

物联网实现智能管控,在城轨运作方面带来前所未有的便利,利于按需运作、绿色低碳更好地实施。就运作调度而言,物联网拓展了传统列车自动监测系统的感知范围,除了列车位置和速度之外,车载物联网传感器能够随时上报列车满载率,各车厢拥挤情况,车门开关状况等信息,站台传感器则可以精准地计算上车和下车的客流数量以及站台上滞留的人数。而且,如果结合穿戴设备或者手机信号的匿名数据,就可以从宏观层面掌握线路客流的出发地、目的地分布及其走向趋势。这些即时且非常详细的客流和车辆状态数据被输送到智能调度决策辅助系统之后,就能让调度人员更为精确,快捷地执行诸如调整发车间距,调配空车救援,采取跳站或区间车之类的调度措施。系统能够模拟各种调度方案的效果,并选出既能满足客流需求又能保证准点率的较好方案,能在高峰时段大幅度提升运力,在平峰时段节省能耗。物联网形成起牵引用电、动力照明、通风空调等全套系统的能源监测网络,依靠这些数据创建细致的能耗模型,找出能耗异常之处和节能的可能性,按照客流预测和实际环境参数,动态改良车站空调系统的运行策略。遵照列车即时运行轨迹和线路状

况，给司机给予最节能的驾驶指导。对于再生制动产生的电能实施更为高效的吸纳和利用管理。物联网促使能源守护由粗放的总量控制朝着依照即时需求执行动态，精确又智能的调节转变，有益于城轨系统达成突出的节能减耗目的。绿色低碳、可持续正是未来城轨行业的发展方向，借助物联网建设通信系统，进行信息化、数字化与智能化改造，势必能够携领域轨行业可持续、高质量发展。

四、结论

全面来看，大力推动物联网技术向城轨通信信息化实施更新并深度融合，已不是一种可选的技术路线，而是该行业迎接未来挑战，做到可持续发展的必定战略抉择。一线工作人员要积极参与，整合技术研发、标准制订、投资形式、人员培训等，齐心协力创佳绩，完全发掘物联网的潜力，引导城轨交通步入智能化的新阶段。

参考文献

- [1] 赵若涵, 张丹, 王甜甜. 物联网时代信息通信技术的发展应用 [J]. 信息记录材料, 2023, 24(09): 121-123.
- [2] 成明峰. 5G 无线通信技术及对物联网产业链发展的价值分析 [J]. 产业科技创新, 2023, 5(04): 92-94.
- [3] 李磊. 5G 移动通信与物联网技术在电力系统中应用 [J]. 中国宽带, 2023, 19(07): 46-48.
- [4] 陈锐. 基于物联网技术的消防通信网络设计与实现研究 [J]. 消防界 (电子版), 2023, 9(10): 34-36.
- [5] 王晓芳. 基于物联网的城市轨道交通智能支付平台的关键技术研究 [J]. 自动化与仪表, 2021, 36(12): 96-98+102.
- [6] 姜仕军, 徐晓晨, 徐燕芬, 等. IoTDB 物联网数据库在城市轨道交通车辆智能运维系统中的应用 [J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(09): 207-211.
- [7] 党晓勇, 王佳. 基于物联网的多线路共用接触网监测管理系统研究 [J]. 电气化铁道, 2020, 31(05): 66-68+78.
- [8] 林昊. 物联网与移动互联技术在城市轨道交通设备维修中的应用 [J]. 中国设备工程, 2020, (16): 76-77.
- [9] 黄娇. 5G 与物联网融合在城市轨道交通运维中的探究 [J]. 中小企业管理与科技 (下旬刊), 2020, (04): 120-121.
- [10] 张春杰, 武智博, 张硕桐. 物联网及人工智能技术在城市轨道交通综合监控系统中的应用探究 [J]. 电子世界, 2020, (07): 55-56.

化工工程中的节能降耗工艺技术研究

王健¹, 刘娟²

1. 山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

2. 山东安特检测有限公司, 山东 滨州 256500

DOI: 10.61369/SSSD.2026060009

摘 要 : 随着全球资源日益匮乏, 环境问题日渐加剧, 节能降耗已经成为各行业关注的焦点。化工行业是能源消耗和环境污染重点领域, 应用节能降耗技术能降低生产成本, 提升企业市场竞争力, 为环境保护和资源可持续利用带来积极影响。本文主要探讨化工工程节能降耗的战略重要性及节能降耗工艺技术的应用, 期望能为化工工程节能降耗技术的应用提供有益参考, 推动化工工艺向高效、环保的方向发展。

关 键 词 : 化工工程; 节能降耗; 工艺技术

Research on Energy-Saving and Consumption-Reducing Process Technologies in Chemical Engineering

Wang Jian¹, Liu Juan²

1. Shandong Chambroad Petrochemical Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256500

2. Shandong Ante Testing Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256500

Abstract : With the increasing scarcity of global resources and the worsening environmental problems, energy conservation and consumption reduction have become the focus of attention in various industries. The chemical industry is a key field of energy consumption and environmental pollution. The application of energy-saving and consumption-reducing technologies can reduce production costs, enhance the market competitiveness of enterprises, and bring positive impacts on environmental protection and the sustainable utilization of resources. This paper mainly discusses the strategic importance of energy saving and consumption reduction in chemical engineering and the application of energy-saving and consumption-reducing process technologies, aiming to provide useful reference for the application of energy-saving and consumption-reducing technologies in chemical engineering and promote the development of chemical processes towards an efficient and environmentally friendly direction.

Keywords : chemical engineering; energy saving and consumption reduction; process technologies

引言

化工行业是国民经济产业体系的重要组成部分, 需在推动产业升级的同时, 积极践行国家生态保护政策。传统化工工艺下, 能源利用率低、原料消耗多、废物排放大, 种种问题制约着化工行业的发展。如今, 随着技术的更新迭代, 越来越多的节能技术在化工工程中推广应用, 如变频调速技术、废热回收技术等, 其能够减少能源浪费, 提升原料循环利用率, 降低整体生产损耗。本文重点探究化工工艺中常用的节能降耗技术, 挖掘潜在的节能降耗措施, 期望能提高能源利用效率, 促进化工行业的可持续发展和绿色转型。

一、化工工程中节能降耗技术的重要性

化工生产本身属于高耗能、高排放的行业, 多数工艺需要在高温、高压的条件下开展。电力、蒸汽、煤炭等能源在企业生产成本中占比较高, 部分高耗能化工产品的能源成本占比甚至更高^[1]。应用变频调速、废热回收、高效换热等节能降耗技术, 可以降低生产过程中的能源损耗。比如, 将生产余热回收转化为可循环利用的蒸汽, 降低外购能源用量, 直接减轻企业的经济负担, 提升市场竞争力。与此同时, 化工生产中能源过度消耗往往伴随

大量废气、废水排放, 这会加重环境负荷, 节能降耗技术可提升能源利用率、降低废弃物排放量, 帮助企业实现绿色低碳生产, 此举契合国家环保政策与全球可持续发展趋势, 有利于企业长远发展。

二、化工工艺能源消耗现状

化工行业是高能耗产业, 其生产过程中需要消耗较高能源, 这不仅会增加企业的运营成本, 同时也会制约行业的高质量发

展。因此，在化工生产作业中，核心重点之一便是在保障生产效率与产品质量的前提下，最大限度限制能源损耗。当前，化工企业能耗管控仍面临诸多困境，生产过程中仍存在的各类不合理、不可逆的客观因素。同时，人为操作不规范、流程监管不到位也会导致资源浪费^[2]。因此，加强对化工工艺能耗现状的研究与改进尤为重要，需规范生产运作环节，减少各类不规范操作带来的能源损耗，同时加快化工生产工艺的更新迭代，通过科学手段严控能源使用量，实现节能减排，推动化工行业可持续发展。

三、化工工程节能降耗工艺技术应用

（一）高效催化剂应用技术

化工反应的能耗与原料利用率，与反应路径和条件密切相关。高效催化剂应用技术主要优化反应机制，为化学反应提供更合理的反应通道，减少反应所需要的苛刻条件以及不必要的副反应发生^[3]。传统化工反应对温度、压力等反应条件要求十分严苛，不仅需要投入大量能源以满足反应所需的环境条件，还易因复杂苛刻的反应环境影响产物的最终纯度。催化剂通过改变反应的活化能要求，让反应可以在更温和的工况下顺利推进，同时引导反应朝着目标产物的方向进行，减少无用副产物的生成。

在石油化工领域，催化裂化过程中使用的催化剂能针对性地处理原油分子结构，将重质油转化为更具利用价值的轻质油品，让原料得到更充分的利用，减少废弃物产生^[4]。在精细化工生产中，新型催化材料凭借特殊的结构特性，还能够精准用于反应靶点，适配特定化工产品的合成需求。

（二）变频调速节能技术

化工生产中的泵、风机、搅拌器等动力设备，运行负荷常随生产工况变化。变频调速节能技术针对设备运行与负荷匹配问题，调整电机运行状态，避免设备在非满负荷工况下无效耗能^[5]。传统恒速电机无论生产负荷多少，都保持固定功率运行。这会导致，负荷较低时，多余的能量得不到有效利用，造成浪费。变频调速技术根据实际生产中的负荷变化，实时调整电机的运行频率，确保电机输出功率匹配负荷需求。

在流体输送系统中，泵类设备用于各类介质的传输，不同生产阶段对输送流量的要求不同。变频调速技术可根据实际流量需求调整泵的运行状态，防止因为恒速运行时通过阀门节流等方式损失能量。在反应釜搅拌系统中，不同反应阶段对搅拌强度的需求存在差异，变频调速可适配这种变化，在保证反应所需的搅拌效果的同时，还能避免过度搅拌带来的能源消耗^[6]。

（三）阻垢防腐节能技术

化工设备在长期运行中，管道和换热面易出现结垢现象，设备材质也可能受到腐蚀影响，这两类问题都会影响设备运行效率，增加能源消耗，缩短设备使用寿命。阻垢防腐节能技术主要用于防止及清除管道、设备和热交换器内部的垢积物，提高化工工艺设备的效率，延长其使用寿命^[7]。

阻垢技术分为不同类型，垢积物防治技术主要是通过向化工工艺系统中添加阻垢剂，使其在设备内部形成一层致密防垢保护

膜，从源头上阻止垢积物的附着生成。垢积物清除技术主要针对的是在设备内形成的垢积物，可根据垢型特性，选用酸性、碱性或酶类专用清洗剂，破坏垢积物分子结构，削弱其在设备内部的黏着力，使其剥离、溶解，便于后续清洗去除。^[8]垢积物监测技术通过监测工艺系统内的压力、温度、介质流量等参数，掌握垢积物的生成情况，以便技术人员及时采取措施，避免过度堆积影响生产。

防腐蚀技术主要是要升级材质，并采取表层防护措施。选用耐腐蚀性更强的材料制作设备，可以提升设备抵御腐蚀的能力。在设备表面加上涂层、镀层等防护处理，形成隔离层，阻断腐蚀介质与设备本体的接触，减少腐蚀带来的损害。配套的监测技术可实时关注设备运行状态，及时发现结垢和腐蚀的早期迹象，提前采取应对措施。

（四）污染物控制与资源回收技术

化工生产过程中，必然会产生废气、废水、废渣等废弃物，这些废弃物不仅浪费有限的资源，还会对周边土壤、水体、空气造成污染。因此，污染物的控制与资源回收是化工工程节能降耗的关键环节，核心是通过针对性处理技术减少污染物的排放以达到环保标准，同时实现废弃物的循环利用。

针对化工厂中煤炭燃烧产生的硫化氢、二氧化碳等酸性气体，实际生产过程中主要采用酸性气体脱出技术处理，常用物理吸收、化学吸收或生物降解三种方式。具体流程贴合现场实操，先通过预处理去除废气中的杂质，再经冷却单元将废气温度降至-40℃，促进酸性气体充分吸收分离，最后利用富含特定微生物的过滤系统，将酸性气体转化为硫磺或硫酸盐，实现无害化处理与资源回收。

原材料回收利用技术通过对废水、废渣以及关键资源的回收进而再利用，降低原材料的过度消耗，有效控制生产成本。其中化工废水主要采用三级处理工艺。一级处理通过物理过滤、沉降以及化学中和、沉淀等简单实操手段，去除水中悬浮固体和部分易处理的有害物质；二级处理结合活性污泥法、膜生物反应器等生物处理技术，搭配超滤、反渗透等膜分离工艺，分解水中有机物和污染物；三级处理采用离子交换等先进技术，对废水进行深度净化，循环用于生产中的洗涤、冷却等环节^[9]。废渣回收可通过粉碎、筛选、再加工等简单可行的步骤，将工业废渣转化为建筑材料、农用肥料等产品，实现资源再利用，进一步降低生产能耗和成本。

（五）热能梯级利用技术

化工生产过程中，会伴随产生大量余热资源，如高温废气、废渣、工艺余热等，不加以回收利用，也是一种资源的浪费，还会增加企业的隐性能耗成本。热能梯级利用技术可以根据余热温度与品位，采用不同的回收方式，实现对热能的分级匹配与高效利用^[9]。

在化工生产实践中，热能梯级利用主要分为三个层面。其中，高温余热回收主要通过余热发电系统实现，将高温废气、废渣的热能转化为电能，供给生产或民用；中温余热则通过热管技术进行远距离传输，用于原料预热、车间供暖等；低温余热可依

托有机朗肯循环装置进行发电，或通过吸收式制冷系统转化为冷量，用于工艺冷却。

为进一步提升热能梯级利用效率，减少热能在传输、利用过程中的损耗，还需要同步优化配套的加热系统。在实际生产中，可采用高效换热器与新型纳米绝热材料，减少散热损失；推广电磁感应加热与旋流燃烧技术，强化燃烧完全度与传热效率。同时，实施多级加热方案，根据物料特性匹配热源，结合智能温控系统实时调控，实现按需供热。

（六）智能化管控技术

智能化管控技术旨在通过整合数据采集、分析、优化决策等功能，更加精准地管控化工生产的能源损耗，是实现节能降耗技术的重要支撑。

构建 DCS 集散控制系统与 OPC-UA 协议架构，可以实时采集能效数据与工艺参数，并筛选出最佳工艺参数组合。在关键能耗节点安装上温度、压力、流量等传感设备，就可以建立全面覆盖的在线监测网络，技术人员便可以实时掌握能源消耗与工艺运行状态。基于 PLC 控制器组建自动化监控网络，当监测到能耗出

现异常，或者物料损耗超标时，系统会自动激活预警模块，技术人员便可以快速处理^[10]。

大数据、数字孪生等技术的应用可以进一步提高管控水平，即对采集的能耗数据进行深入分析，可挖掘节能潜力，优化生产调度方案。数字孪生技术可以用于模拟生产场景，技术人员可以提前预测能耗的变化趋势，进而提前调整操作参数，保证能源供需处于平衡状态。

四、结语

化工工程中，节能降耗工艺技术的研究与应用是实现可持续发展的重要途径。化工企业必须将节能降耗作为重要发展战略，全面推进技术创新、设备升级降低能源消耗与污染物排放，提升资源利用率与经济效益。未来，随着绿色化工理念的深入发展与技术的持续进步，节能降耗工艺技术将向高效化、集成化、智能化方向迈进，为化工行业构建低碳、环保、高效的生产体系提供有力支撑。

参考文献

- [1] 樊龙龙, 刘艳, 董养林. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化研究 [J]. 产业创新研究, 2024, (24): 78-80.
- [2] 李程. 化工炼厂设备的节能降耗技术研究与应用 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(10): 98-100.
- [3] 李良. 节能降耗技术在化工工艺中的应用研究 [J]. 当代化工研究, 2024, (17): 161-163.
- [4] 祖燕霞. 节能降耗技术在化工工艺中的应用分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15): 172-174.
- [5] 王化淳. 化工工艺中常见的节能降耗技术措施 [J]. 石化技术, 2024, 31(07): 170-172.
- [6] 王伟, 姜永要, 郑锐. 化工生产工艺的节能降耗技术探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(10): 181-183.
- [7] 褚衍佩, 刘婷婷. 节能降耗技术在化工工艺中的应用研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(05): 64-66.
- [8] 韩云飞, 牛颖颖. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(04): 183-185.
- [9] 张瑶, 李媛, 崔燕, 等. 化工工艺中节能降耗技术及应用 [J]. 天津化工, 2023, 37(06): 61-63.
- [10] 阮金俊. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化策略 [J]. 石化技术, 2023, 30(03): 231-233.

基于数智技术的医院医务科智慧管理策略研究

刘蕊芝

晋城市人民医院, 山西 晋城 048026

DOI: 10.61369/SSSD.2026060010

摘 要 : 在数智时代背景下, 医院管理模式迎来了改革的新契机。作为医院医疗质量安全管控、医疗流程优化、医疗资源统筹的核心部门, 医院医务科管理模式数智化转型已经成为必然趋势。对此, 本文围绕基于数智技术的医院医务科智慧管理策略进行深入研究, 旨在为提升医院管理和服务质量、推动医院管理数智化转型提供一些参考和借鉴。

关 键 词 : 数智技术; 医院; 医务科; 智慧管理

Research on Smart Management Strategies of Hospital Medical Affairs Department Based on Digital-Intelligent Technology

Liu Ruizhi

Jincheng People's Hospital, Jincheng, Shanxi 048026

Abstract : Against the backdrop of the digital-intelligent era, hospital management models have ushered in a new opportunity for reform. As the core department responsible for hospital medical quality and safety control, medical process optimization, and medical resource coordination, the digital-intelligent transformation of the management model of the hospital medical affairs department has become an inevitable trend. In this regard, this paper conducts an in-depth study on the smart management strategies of the hospital medical affairs department based on digital-intelligent technology, aiming to provide some references for improving hospital management and service quality and promoting the digital-intelligent transformation of hospital management.

Keywords : digital-intelligent technology; hospital; medical affairs department; smart management

引言

当前, 人工智能、大数据、物联网等数智技术飞速发展和广泛应用, 医疗领域的服务模式和管理形态发生了显著的变化, 智慧医疗、数字医疗服务、数字医院等已经成为医疗领域的热门词汇。作为统筹医院医疗工作的核心部门, 医院医务科承担着医疗资源调度、专业培训、医务纠纷处理等重要任务, 其管理水平将会对医院的医疗服务质量、患者满意度等产生直接影响。

以往, 我国大部分医院医务科采用传统管理模式, 主要依赖人工方式完成审批、统计等工作, 不仅极易发生人为错误, 造成大量资源损耗, 同时还会降低工作效率, 难以为决策提供充足的数据支撑。在数智时代背景下, 传统管理模式已经难以满足医院医务科的多元需求, 亟须进行改革和优化, 继续借助数智技术赋能管理升级。数字技术赋能医院医务科, 能够简化管理流程, 实现自动化、智能化管理, 提升工作效率, 同时还能通过对大量数据进行分析和挖掘, 为医院决策制定、资源分配等提供数据支撑, 从而显著提升医务科管理效能, 更好地适应数智时代发展的需要。

一、基于数智技术的医院医务科智慧管理的重要意义

(一) 提升管理效能, 降低医疗风险

医疗质量不仅是医院实现持续发展的重要前提, 同时也是医务科管理的主要目标。数智技术应用, 能够突破传统医疗监管限制, 对患者诊疗过程进行全面监控, 实现医疗质量的科学化、精细化管理。例如, 通过智慧医疗监管平台, 可以对病患电子病历、用药记录、检查结果等数据进行收集和分析, 自动核查是否

存在违规医疗行为, 如过度用药、过度检查等情况, 并及时发送预警, 帮助医院及时纠正违规行为, 提升医疗服务质量。

(二) 优化资源配置, 提升运转效率

医务科还承担着医院医疗资源调配的重任, 如科室床位分配、人员排班、医疗设备使用等。以往, 资源管理模式以经验判断为主, 存在医疗资源分配不均衡、利用率较低等问题。而在数智技术的助力下, 医务科可以对医疗资源数据进行收集和分析, 并根据分析结果智能调度医疗资源, 实现资源的精准分配和高效

利用，有效减少医疗资源分配不均、利用率不高等问题的发生。这样做不仅能够减轻医务科人员工作负担，提升工作效率，同时还能提升医院运转效率，提升医疗服务质量。

（三）规范管理流程，推动管理升级

医务科管理工作繁杂，涉及多个方面，如医疗纠纷处理、医护人员培训、文件审核等，传统管理存在流程烦琐、审批缓慢、追溯性差等问题，严重影响工作质量的提升。而在数智时代背景下，数字技术融入医务科管理，能够推动医疗管理数智化转型，通过搭建一体化医务管理系统，可以将各类管理任务线上化、自动化、标准化，极大地优化工作流程，提升管理效率，提高管理工作智能化水平。

（四）支撑决策制定，助力医院发展

全面、精准的数据能够为医院战略规划与重大决策的制定提供强有力支撑。在以往，由于相关数据分散在医院的各个科室，统计工作面临较大难度，从而难以为医院做出科学决策提供数据支撑。而在数智时代下，运用数智技术，可以对医院医疗数据进行全面整理和分析，以可视化方式呈现出来，生成各类报表或报告，从而为医院管理部门制定决策、调整发展规划提供数据支撑。除此之外，还可以利用 AI 模型对医疗数据进行深度挖掘，对未来医疗资源消耗、医疗服务需求等进行精准预判，从而为医务科提前做好工作规划提供助力。

二、基于数智技术的医院医务科智慧管理优化策略

（一）建立健全基础设施，筑牢智慧管理技术支撑

健全的数智化基础设施是推进医务科智慧管理和医院数智化转型的重要基石。对此，医院应加大资源投入，完善数智化基础设施，为推动医务科智慧管理奠定坚实基础。首先，统筹规划。针对医院当前各类管理系统，应明确数据格式，制定统一的数据接口标准，以此打破信息孤岛，实现数据共享，推动医务科各项管理工作的线上化、一体化开展。同时，该平台应具备完善的功能，如数据采集、分析、预警等，能够适配医务科的多元需求。其次，优化硬件和软件设施。及时替换老旧终端设备，提升服务器效能，同时购置专业的存储和安全防护设备，满足海量数据存储、安全防护的需求。最后，组建专业技术团队。聘请具有深厚专业背景的技术人才，主要负责医院数智设备的维护、检修等工作，确保一体化智慧管理平台始终处于健康运行状态。

（二）构建一体化数据库，深化数据价值挖掘利用

数据是医务科智慧管理的核心元素。对此，医院应积极构建一体化医疗数据库，加强医院医疗数据的整合和分析，深化数据价值的挖掘利用。首先，应推动多源医疗数据整合。对各个系统的数据资源，如电子病历、影像归档、通信系统等进行全面整合，形成一个完整、全面的医务管理数据集。制定统一的数据标准和数据处理规范，同时，针对海量数据进行清洗、去重、纠错等处理，以此提升数据质量，确保数据具备真实性和可靠性。其次，深化数据挖掘。可利用人工智能、大数据等数智技术，对整合后的医疗数据进行深度分析，探索隐藏在数据背后的规律和问

题，以此为医务科制定决策、优化流程、提升医疗服务质量提供数据助力。例如，可以对病患就诊数据进行深度分析，了解当前疾病流行趋势、患者年龄特征、地域分布等信息，从而为医院优化医疗资源分配、调整人员排班提供数据参考。除此之外，还可以利用数智技术对诊疗数据进行收集和分析，以此为规范医生诊疗行为奠定基础。

（三）优化智慧管理流程，推动与临床工作深度融合

智慧管理的主要目标是优化医疗资源分配，提升管理效能和医疗服务质量，更好地履行医疗服务责任。对此，医院应结合医务科与临床需求，优化智慧管理流程，推动数智技术与临床工作紧密融合，以此提升医疗服务质量。首先，梳理和再造管理流程。针对医务科负责的各项工 作，如医疗纠纷处理、医护人员培训、医疗资源调配等，梳理各项工作流程的重点和难点，并充分利用数智技术的强大功能，优化工作流程，实现流程的线上化和智能化，提升工作效能。例如，针对医疗纠纷处理，可以利用数智技术对其进行优化，实现线上反馈、证据上传、结果反馈的全流程管理，极大简化纠纷处理流程，提升处理效率和用户满意度。其次，推动智慧管理系统与临床工作系统的深度融合。打破信息壁垒，实现临床系统，包括电子病历系统、药房管理系统等与医务科智慧管理系统数据共享，以此为医疗工作更好地开展奠定基础。例如，当临床科室需要开展新项目时，可通过智慧管理系统在线提交材料，完成项目申报工作，系统会自动将申请流转至医务科审批部门，审批部门线上完成审批工作。这样做，能够极大简化审批流程，提升审批速度，确保新项目能够快速在临床开展。最后，完善流程优化反馈机制。定期收集医护人员、医务科工作人员对智慧管理流程的意见和建议，并以此为参考，对其进行优化和革新，提升流程的适配性，更好地满足医院发展的需要。

（四）强化人员素养培育，打造专业化智慧管理团队

专业化人才队伍是推动医务科智慧管理、推动医院数智化转型的核心力量。对此，医院应加强人员素养培育，打造一支专业化智慧管理团队。具体来讲，首先，完善培训机制，开展分层培训。针对医务科工作人员的不同需求，制定针对性培训计划，以此提升培训实效。例如，针对管理人员，培训重点为大数据分析、智慧管理平台操作技能等；针对普通医护人员，培训重点为平台线上操作流程、数据安全、数智技术概论等内容。培训方式可采用线上与线下相结合的方式，线上可通过直播教学、在线课程、短视频等方式开展学习，线下可定期开展专项培训活动，通过案例分析、面对面指导等方式，提升培训实效。其次，做好人才引入工作。医院有必要制定人才引入方案，聘请一些既具有深厚专业背景又具备强大数智技术专业能力的专业人才，充实医务科管理团队和技术维护团队，以此为推动医务科智慧管理优化奠定坚实的人才基础。最后，建立健全激励机制。将智慧管理工作成效、数智素养等纳入医院医护人员考核评估体系，评估结果与医护人员的员工绩效、职称审核、评奖评优挂钩，以此激发医护人员的积极性和主动性，使他们主动参与智慧管理建设。

（五）完善保障机制，筑牢数据安全底线

数据安全是医务科智慧管理的底线。对此，在数智时代背景下，医院应完善数据安全与隐私保护机制，通过多种方式和手段，全方位筑牢数据安全底线。具体来讲，首先，建立健全数据安全管理制度。明确数据收集、分析、使用等环节的操作规范，科学划分各部门的数据安全责任。同时，构建数据安全问责机制，对违规操作行为进行严肃问责，作出合理惩罚。同时，制定数据安全应急处理方案，定期开展演练活动，提升医务人员的适应能力和处置能力，更好地应对黑客攻击、数据泄露等突发事件。其次，建立完善的安全防护体系。运用多种先进技术手段，如防火墙技术、访问控制技术、入侵检测技术等，针对智慧管理平台、医疗数据库进行全方位保护，以此避免数据泄露、滥用等问题的发生。例如，可以设置严格的访问权限和身份认证，只有经过授权的工作人员才能够访问数据库。最后，加强数据安全教育，可以定期开展专题讲座、案例研讨会等活动，全面提升工作人员的数据安全意识。同时还可以利用短视频平台，通过短视频

的方式，向工作人员普及安全操作规范和数据安全法律法规，使他们深刻认识到数据安全性的重要性和违反安全操作规范的危害，帮助他们树立正确的数据安全性观念和思想认知。总之，通过多种方式和手段，加强数据安全教育，从源头做好数据安全风险防范工作，从而筑牢数据安全底线。

三、结语

总之，在数智时代背景下，数智技术的飞速发展和广泛应用，在社会各个领域发生了显著改变，数智化转型已经成为医院高质量发展的必然趋势。对此，作为医院医疗管理的核心部门，医务科智慧管理模式也应紧跟时代发展趋势，通过多种方式和手段，如建立健全基础设施、构建一体化数据库、优化智慧管理流程等，以此推动智慧管理建设，为推动医院实现持续发展奠定坚实基础。

参考文献

[1] 范丽君. K 市公立医院智慧医院建设存在的问题及对策研究 [D]. 江苏大学 ,2024.

[2] 李杨. J 医院智慧医疗建设水平评价与对策研究 [D]. 西安理工大学 ,2024.

[3] 杨迪. S 市中医院 " 智慧医院 " 财务信息化建设优化研究 [D]. 河南大学 ,2024.

[4] 刘健. 三级中医医院综合医疗服务能力评价指标体系构建及实证研究 [D]. 南京医科大学 ,2024.

[5] 黄钰祺. 基于 " 智慧医院 " 建设理念的医疗建筑设计与管理研究 [D]. 广东工业大学 ,2024.

[6] 顾驰洲. 中医医院智慧化建设问题与对策研究 [D]. 苏州大学 ,2024.

[7] 王帅翔. 智慧医院背景下医院信息化运行问题及对策研究 [D]. 郑州航空工业管理学院 ,2024.

[8] 易敏. 北京市市属医院智慧服务现状分析与影响因素模型构建研究 [D]. 北京协和医学院 ,2024.

[9] 朱伟杰. 基于网络层次分析的智慧医院项目实施效果综合评价 [D]. 华南理工大学 ,2024.

[10] 陈思言. 四川省智慧中医医院评审指标体系构建研究 [D]. 四川师范大学 ,2023.

再生陶瓷骨料粒径及替代率对 UHPC 力学性能的影响

肖兆辉

聊城大学建筑工程学院, 山东 聊城 252000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060011

摘 要 : 将废弃瓷砖经破碎、筛分后作为细骨料替代石英砂制备 UHPC, 可实现陶瓷固废的资源化利用。为探究再生陶瓷骨料 (RCA) 对 UHPC 力学性能与耐久性能的影响规律与作用机制, 本文以最大粒径 ($D_{\max}$) 和替代率 (R_c) 为变量, 设计了 15 组不同配合比的再生陶瓷细骨料 UHPC 试件, 通过抗压强度试验、抗弯强度试验分析, 系统研究了各组试件的宏观性能演变。结果表明: 抗压强度随 $D_{\max}$ 与 R_c 的提高总体呈上升趋势, 但存在边界效应— $R_c < 50\%$ 时, 部分低替代率组 (如 $D_{\max}=1.25\text{mm}$ 、 $R_c=30\%$) 因骨料-基体界面适配性不足出现强度波动 (较基准组下降 5.57%); 当 $R_c \geq 50\%$ 时, 各组抗压强度显著且持续提升, $D_{\max}=5\text{mm}$ 、 $R_c=100\%$ 时达峰值 171MPa。抗弯强度则受粒径与替代率的反向调控, $D_{\max}=1.25\text{mm}$ 、 $R_c=100\%$ 时最优 (26.6MPa)。

关 键 词 : 再生陶瓷骨料; 粒径; 替代率; 力学性能

Effects of Particle Size and Replacement Ratio of Recycled Ceramic Aggregate on the Mechanical Properties of UHPC

Xiao Zhaohui

School of Civil Engineering and Architecture, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252000

Abstract : Waste ceramic tiles were crushed and sieved to serve as fine aggregate to replace quartz sand for preparing UHPC, which can realize the resource utilization of ceramic solid waste. To explore the influence laws and action mechanisms of recycled ceramic aggregate (RCA) on the mechanical and durability properties of UHPC, this paper took the maximum particle size ($D_{\max}$) and replacement ratio (R_c) as variables to design 15 groups of recycled ceramic fine aggregate UHPC specimens with different mix proportions. Through the analysis of compressive strength tests and flexural strength tests, the macroscopic performance evolution of each group of specimens was systematically studied. The results show that the compressive strength generally presents an upward trend with the increase of $D_{\max}$ and R_c , but there exists a boundary effect — when $R_c < 50\%$, the strength of some low replacement ratio groups (e.g., $D_{\max}=1.25\text{mm}$, $R_c=30\%$) fluctuates due to insufficient aggregate-matrix interface compatibility (decreasing by 5.57% compared with the reference group); when $R_c \geq 50\%$, the compressive strength of all groups increases significantly and continuously, reaching a peak value of 171 MPa at $D_{\max}=5\text{mm}$ and $R_c=100\%$. In contrast, the flexural strength is subject to the reverse regulation of particle size and replacement ratio, achieving the optimal value of 26.6 MPa at $D_{\max}=1.25\text{mm}$ and $R_c=100\%$.

Keywords : recycled ceramic aggregate (RCA); particle size; replacement ratio; mechanical properties; UHPC

引言

UHPC 具有高强度、高韧性和高耐久性, 应用前景广阔。但存在缺陷: 脆性导致抗拉抗折强度低、易开裂; 石英砂生产能耗高, 对生态不利^[1]。中国城市化使建筑废弃物快速增长, 陶瓷废弃物年产量超 2000 万吨, 利用率仅 5%。传统处置方式消耗土地并污染环境。因此, 高值化利用建筑陶瓷废弃物是实现“双碳”目标的迫切需求。将废弃瓷砖转化为再生骨料用于 UHPC, 具有资源协同效益, 为高性能水泥基材料提供新思路。

学者们研究了废弃陶瓷作混凝土骨料, 成果显著。在替代率方面: 万超^[2]发现陶瓷骨料粘结强度较低; 陆盛武等^[3]称随碳化龄期延长, 抗压和劈拉强度升, 抗折强度降; 邵莲芬等^[4]发现随掺量增加, 抗压强度升, 流动性和抗折降; Sivakumar 等^[5]指出陶瓷细骨料对抗压和抗折强度有积极影响填充效应; Zhang 等^[6]在 100% 替代率下, 抗压和抗折强度分别提高 15.5% 和 26.5%; Zareei 等^[7]发现 40%

替代率力学性能最佳。在粒径方面：陈浩等^[8]揭示粒径越大，坍落度越小、孔隙率越高；王芳等^[9]称小粒径减小过渡区厚度与裂缝率，提升稳定性；陈晓等^[10]明确0.3 - 0.6mm 对 C60 混凝土强化最显著；Sagoe-crentsil 等^[11]证实小粒径在强度提升和裂缝抑制方面优势；El-Sayed 等^[12]表明粒径越小，坍落度越低但抗压强度升，与比表面积和活性效应相关。

现有研究多关注骨料粒径或替代率的单一影响，缺乏对再生陶瓷骨料粒径与替代率协同效应的系统研究。本研究通过调整粒径与替代率梯度，构建多元体系，重点揭示其粒径分布演变对 UHPC 抗压、抗弯等力学性能的耦合作用机制。

一、原材料与试验设计

（一）试验原材料

试验材料包括水泥、硅灰、再生陶瓷骨料、石英砂、钢纤维、减水剂和水。水泥为高强硅酸盐水泥，强度等级 52.5，比表面积 381m²/kg。硅灰的 SiO₂ 含量 >96%，比表面积 23700m²/kg，需水量比 124%。石英砂的 SiO₂ 含量 >98.6%，密度 2.66g/cm³，莫氏硬度 7.5；粒径分布按再生陶瓷骨料级配复配。钢纤维为平直镀铜型，长度 10-20mm，直径 0.10-0.25mm，抗拉强度 ≥ 2850MPa。减水剂为聚羧酸系，减水率 ≥ 25%，固含量 39%。水为实验室自来水。再生陶瓷细骨料源自废弃瓷砖，经处理分三个粒级：0-1.25mm、0-2.5mm、0-5mm，用于替代石英砂进行配比试验。

（二）试样制备与试验方法

1. 混凝土配合比设计

超高性能混凝土的水胶比通常为 0.14 - 0.20，本试验确定为 0.18。胶凝材料由水泥和硅灰组成，硅灰掺量为水泥质量的 10%。细骨料由石英砂和再生陶瓷骨料组成，胶砂比为 1:1。减水剂掺量为胶凝材料质量的 1.5%。钢纤维掺量为混凝土体积的 2%，具体配合比如表 1 所示。

表 1. 再生陶瓷骨料粒径不同下超高性能混凝土的配合比

粒径 (mm)	掺量 (%)	水泥	硅灰	石英砂	再生陶瓷 骨料	钢纤维 (kg/ m ³)	减水剂 (kg/ m ³)	水 (kg/ m ³)
0-1.25	0	1026	114	1140	0	156	17.1	205.2
0-1.25	30	1026	114	798	342	156	17.1	205.2
0-1.25	50	1026	114	570	570	156	17.1	205.2
0-1.25	70	1026	114	342	798	156	17.1	205.2
0-1.25	100	1026	114	0	1140	156	17.1	205.2
0-2.5	0	1026	114	1140	0	156	17.1	205.2
0-2.5	30	1026	114	798	342	156	17.1	205.2
0-2.5	50	1026	114	570	570	156	17.1	205.2
0-2.5	70	1026	114	342	798	156	17.1	205.2
0-2.5	100	1026	114	0	1140	156	17.1	205.2
0-5	0	1026	114	1140	0	156	17.1	205.2
0-5	30	1026	114	798	342	156	17.1	205.2
0-5	50	1026	114	570	570	156	17.1	205.2
0-5	70	1026	114	342	798	156	17.1	205.2
0-5	100	1026	114	0	1140	156	17.1	205.2

2. 试样制备

依据《超高性能混凝土试验方法标准》(T/CECS864 - 2021) 制备混凝土试件。按顺序将再生陶瓷骨料、石英砂、水泥和硅灰倒入卧式搅拌机中干拌 60s；在搅拌过程中缓慢加入减水剂与水的混合液，搅拌 10min；随后均匀加入钢纤维，继续搅拌 5min。将拌合物注入涂有脱模剂的模具中振捣密实。试件在自然条件下静置 24h 后脱模，置于温度 20 ± 2℃、相对湿度 95% 的标准养护室中养护至 28d 龄期。

（三）试验方法

1. 抗压强度试验

依据 T/CECS864 - 2021，采用液压伺服压力试验机测试 28d 抗压强度。试件尺寸为 100mm × 100mm × 100mm，加载速率控制为 1.2MPa/s，取 6 个试件平均值作为最终结果。

2.3.2 抗弯强度试验

按 T/CECS864 - 2021 进行三点弯曲试验。试件尺寸为 100mm × 100mm × 400mm，跨距 300mm，以 0.1mm/min 的位移速率加载至破坏，根据峰值荷载计算弯拉强度。

二、结果与讨论

（一）抗压强度分析

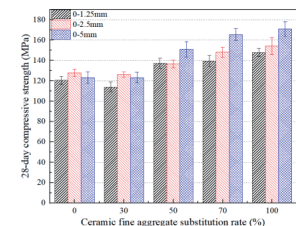


图 3 UHPC 28 天抗压强度

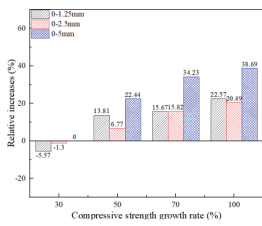


图 4 UHPC 抗压强度增长率

不同 D_{max} 及 R_c 下 UHPC 的 28d 抗压强度及增长率如图 3、图 4 所示。

1. 强度变化规律与边界效应

试验结果表明，抗压强度随 D_{max} 与 R_c 的变化存在明显边界效应：

$R_c < 50\%$ （低替代率）：强度波动较大。 $R_c = 30\%$ 时， $D_{max} = 1.25\text{mm}$ 、 2.5mm 、 5mm 组抗压强度分别为 122.3MPa、127.9MPa、121.6MPa，较基准组 ($R_c = 0\%$ ，129.5MPa) 分别下降 5.57%、1.3%、0%。原因是低替代率下，RCA 与石英砂的粒径差异较小，未形成有效骨架支撑，且部分 R_cA 表面残留的釉层阻

碍水化产物粘结，导致界面缺陷增加；

$R_c \geq 50\%$ （高替代率）：强度持续提升。 $R_c=100\%$ 时，三组抗压强度达峰值，增长率分别为22.57%（ $D_{\max}=1.25\text{mm}$ ）、20.49%（ $D_{\max}=2.5\text{mm}$ ）、38.69%（ $D_{\max}=5\text{mm}$ ），其中 $D_{\max}=5\text{mm}$ 、 $R_c=100\%$ 组最高（171MPa）。这是因为高替代率下，RCA的骨架作用凸显：大粒径RCA（ $D_{\max}=5\text{mm}$ ）收缩率远低于水泥石，可有效约束水泥石收缩，减少内部拉应力与微裂缝；

（二）抗弯强度分析

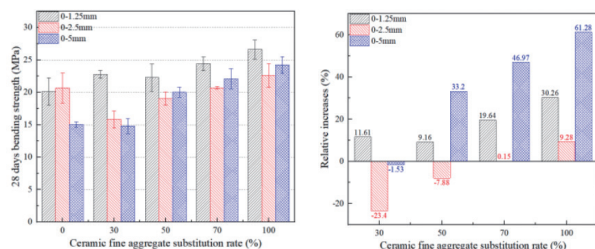


图5 28天抗弯强度

图6 抗弯强度增长率

再生陶瓷骨料UHPc的28d抗弯强度及增长率如图5、图6所示。抗弯强度与抗压强度呈现显著反向趋势：随 $D_{\max}$ 增大、 R_c 提高（ $R_c \geq 50\%$ ），抗弯强度逐渐下降；除基准组外，所有替代率下均为 $D_{\max}=1.25\text{mm}$ 组抗弯强度最高。

1. 反向趋势的机制解释

抗弯强度与抗压强度的差异源于受力模式对材料缺陷的敏感性不同：

抗压载荷下的“缺陷不敏感”：压缩应力作用下，混凝土内部的微裂缝（主要分布于ITZ）会被挤压闭合，大粒径RCA的骨

架作用占主导，强度主要取决于骨料-基体的整体承载能力；

弯曲载荷下的“缺陷敏感”：弯曲应力作用下，拉应力区的微裂缝易扩展，强度取决于基体匀质性、纤维分散性及骨料形态。具体表现为：

基体匀质性：小粒径RCA（ $D_{\max}=1.25\text{mm}$ ）可提升基体匀质性，其钢纤维分布均匀度较 $D_{\max}=5\text{mm}$ 组降低，均匀分布的纤维能有效阻裂。

骨料形态影响：大粒径RCA中片状颗粒占比高于小粒径组，片状颗粒易导致纤维团聚，形成局部无纤维区，降低抗弯承载力。

三、结论

本试验研究了陶瓷细骨料最大粒径及替代率对超高性能混凝土力学性能的影响。主要得到以下结论：

抗压强度的边界效应：抗压强度随 $D_{\max}$ 与 R_c 的提高总体呈上升趋势，但 $R_c < 50\%$ 时因界面适配性不足出现强度波动； $R_c \geq 50\%$ 时增强效应显著， $D_{\max}=5\text{mm}$ 、 $R_c=100\%$ 时达峰值171MPa（较基准组提升32%），大粒径骨料的骨架作用与高替代率的活性协同是主要原因。

抗弯强度的反向调控机制：抗弯强度随 $D_{\max}$ 增大、 R_c 提高而下降， $D_{\max}=1.25\text{mm}$ 、 $R_c=100\%$ 时最优（26.6MPa）。弯曲载荷下，小粒径骨料提升基体匀质性与纤维分散性，减少ITZ薄弱点，而大粒径骨料易导致纤维团聚与裂缝扩展。

综上，可根据工程实际需求，选择适宜的陶瓷骨料最大粒径和替代率，以实现UHPC力学性能与资源化利用的双重优化。

参考文献

- [1] 杨娟, 朋改非, 税国双. 再生钢纤维增强超高性能混凝土的力学性能[J]. 复合材料学报, 2019, 36(8): 1949-1956.
- [2] 万超. 再生陶瓷粗骨料混凝土基本力学性能与碳化试验研究[D]. 华侨大学, 2009.
- [3] 陆盛武, 曾志兴, 万超. 陶瓷粗骨料再生混凝土碳化后力学性能研究[J]. 混凝土, 2014, (08): 49-51+6.
- [4] 邵莲芬, 张文忠. 陶瓷再生粗骨料混凝土力学性能与耐久性研究[J]. 新型建筑材料, 2016, 43(09): 33-35.
- [5] Sivakumar, A., Srividhya, S., Sathiyamoorthy, V., Seenivasan, M., & Subbarayan, M. R. Impact of waste ceramic tiles as partial replacement of fine and coarse aggregate in concrete[J]. Materials Today: Proceedings, 2022, 61, 224-231.
- [6] Zhang, L., Shen, H., Xu, K., Huang, W., Wang, Y., Chen, M., & Han, B. Effect of ceramic waste tile as a fine aggregate on the mechanical properties of low-carbon ultrahigh performance concrete[J]. Construction and Building Materials, 2023, 370, 130595.
- [7] Zareei, S. A., Ameri, F., Bahrami, N., Shoaee, P., Musaei, H. R., & Nurian, F. Green high strength concrete containing recycled waste ceramic aggregates and waste carpet fibers: Mechanical, durability, and microstructural properties[J]. Journal of Building Engineering, 2019, 26, 100914.
- [8] 陈浩, 刘敏, 吴丹. 不同粒径再生陶瓷骨料对混凝土工作性及微观结构的影响[J]. 混凝土, 2022, (9): 34-38+43.
- [9] 王芳, 李刚, 张宇. 陶瓷骨料粒径分布对再生混凝土界面过渡区的影响[J]. 材料导报, 2020, 34(16): 16089-16093.
- [10] 陈晓, 马丽, 董强. 再生陶瓷细骨料粒径对高强混凝土性能的调控作用[J]. 建筑结构学报, 2024, 45(1): 123-130.
- [11] Sagoe-Crentsil, K., Brown, A. A., & Taylor, P. C. Effect of ceramic aggregate particle size on the mechanical properties of concrete[J]. Construction and Building Materials, 2020, 245: 118432.
- [12] El-Sayed, M., El-Dieb, A. S., & Mahmoud, M. A. Influence of fine ceramic aggregate particle size on workability and strength of normal concrete[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2022, 34(8): 04022186.

区域型与国际化融合下金属材料工程专业中新合作办学项目的示范性作用

马静, 李建辉, 王建刚, 冯志浩*, 张欣, 崔宇航
河北科技大学材料科学与工程学院, 河北 石家庄 050018
DOI: 10.61369/SSSD.2026060016

摘 要 : 依托河北省钢铁企业国际化人才的需求, 河北科技大学金属材料工程专业中新合作办学项目致力于培养钢铁行业国际化应用型技术人才, 在人才培养、课程建设、师资队伍、科研合作方面进行了建设。“双师双课堂”授课模式促进了国际化应用型人才培养; 全英文 + 双语教学模式, 创新教学方法建设省一流特色课程; 国际化师资助力金属材料工程国家一流专业建设和通过工程教育专业认证; 工程创新国际论坛拓宽了教师的国际化视野, 科研合作深化促进了产业转型升级。金属材料工程中外合作办学项目被评为河北省级示范性项目, 人才培养质量赢得社会广泛认可。

关 键 词 : 合作办学; 国际化; 金属材料工程专业

Demonstrative Effect of China-New Zealand Cooperative Education Projects in the Metal Materials Engineering Major under the Integration of Regional and Internationalization

Ma Jing, Li Jianhui, Wang Jiangang, Feng Zhihao*, Zhang Xin, Cui Yuhang
School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050018

Abstract : Based on the demand for international talents in steel enterprises in Hebei province, China-New Zealand cooperation project in metallic materials engineering at Hebei university of science and technology is committed to cultivate international applied technical talents in the steel industry, which was developed in terms of talent cultivation, curriculum construction, teaching staff, and scientific research cooperation. The "dual teacher and dual classroom" teaching model promoted the cultivation of international applied talents; The innovative teaching method of Full English plus bilingual teaching mode accelerated the construction of provincial first-class characteristic course; International teaching staff support the construction of national first-class major and the certification of engineering education major in metal materials engineering; The international forum on engineering innovation broadened the international perspective of teachers and the deepening of scientific research cooperation promoted industrial transformation and upgrading. The foreign cooperative education project of metal materials engineering was rated as a Hebei provincial-level demonstrative project and the quality of talent cultivation has won widespread social recognition.

Keywords : cooperative education; internationalization; metallic materials engineering major

钢铁堪称现代人类工业社会的“口粮”，一个国家钢铁产量一直被当作衡量其工业生产能力的主要指标。目前，河北省已经成为中国乃至全世界的钢铁生产基地^[1-3]，产量可撑起全球钢铁的半壁江山，金属材料的后加工、深加工和精加工的产业聚集企业数量庞大。围绕加快新兴市场和“一带一路”沿线国家战略布局，拓宽国际视野，近年来，河北省钢铁行业主动融入并紧紧抓住全球经济一体化机遇，河钢集团和敬业集团分别收购了塞尔维亚斯梅代雷沃钢厂和英国钢铁公司^[4-5]，因此对金属材料工程国际化应用型专业人才需求日趋增强。

依托学校“区域型、应用型、国际性”的定位，2015年河北科技大学与新西兰怀卡托大学合作举办的金属材料工程本科教育项目开始招生，致力于在以钢铁为代表的材料领域培养钢铁行业国际化应用型技术人才，服务于京津冀区域发展^[6]。截至到目前，该项目已招生11届学生，在人才培养、课程建设、师资队伍、科研合作方面取得了丰硕的成绩。

项目信息：
河北省研究生教育教学改革研究项目（编号：YJG2024075）；
河北科技大学教育教学改革研究项目（编号：2024-ZD07）；
河北科技大学教育教学改革研究项目（编号：2024-YB19）；
河北省研究生示范课程（编号：KCJSX2024083）；
河北省创新创业课程（专创融合课程，课程编号：2025cxkc057）。

一、专业简介

河北科技大学金属材料工程专业起源于1972年的石家庄电机制造学校金属材料及热处理专业，1977年招收第一届本科生。1999年根据教育部颁布的学科专业目录经专业整合更名为金属材料工程专业，2007年被遴选为国家特色专业建设点和河北省品牌特色专业^[7-8]、河北省冶金材料教育创新高地，2008年被评为国家级教学团队，2012年被批准为国家级专业综合改革试点^[9]。2015年中新合作办学项目开始招生，2019年金属材料工程中外合作办学项目顺利通过了教育部合格性评估。2021年被列为国家一流本科专业建设点。2023年该专业通过了教育部工程教育专业认证。

新西兰怀卡托大学是一所综合性国立大学，教学质量和研究水平均享有国际声誉（被誉为南半球“哈佛”）。怀卡托大学自然科学与工程学院的材料工程学科，在最近一届新西兰教育部与高教署发起的PBRF学科排名中名列前茅。金属材料工程合作办学项目旨在培养具有国际化视野，通晓国际规则，具备科学研究和创新意识，能在金属材料领域从事科学研究、技术开发、工艺和设备设计、生产与经营管理等工作，为航空航天、交通运输、能源电力等行业培养国际化应用型工程技术人才。

二、项目示范性建设成效

1. “双师双课堂”授课模式促进国际化应用型人才培养

探索出了“双师双课堂”授课模式。“双师双课堂”的建设与发展主要包括两个方面，一是外方选派3名外籍教师为合作办学项目学生全英文授课，分别教授英语和专业核心课程。教师完全按照国际化的标准进行授课，包括全英文、小班化、小组讨论、个人展示、实地调查及课外辅导等模式，使学生最大程度的学习、消化和吸收国外先进教育，培养及提升学生的工程化、国际化视野。二是为每门外教课程配备两名具有博士学位的专业老师作为助教老师，加强助教老师对地方企业研发、生产与发展特色的认知，使其快速掌控企业经营生产所需求的能力与意识。助教老师结合地方区域经济特色，通过引入企业实际研发与生产案例有目的性的对学生进行专业辅导，增强学生以专业视角分析及解决实际问题的能力。

在双师双课堂教学模式下，学生的工程能力和国际化视野得到显著提高。2015年至今累计有40人攻读河北科技大学—怀卡托大学双学位，其中11人选择继续在怀大攻读硕士，3人成功申请到全额博士奖学金。考研率逐年攀升，2022届研究生录取率达61.7%，进入天津大学、北京科技大学、东北大学、河北工业大学等985/211高校攻读硕士学位。每年有约20%的学生进入澳大利亚悉尼大学、新南威尔士大学、加拿大滑铁卢大学等国外知名深造。毕业生就业单位包括中航上大、中信戴卡、首钢、国家能源等知名企业，在金属材料制备及加工相关产业领域从事技术开发和研究工作，人才培养质量赢得社会广泛认可，为京津冀乃至全国的钢铁行业培养了国际化应用型高素质人才。

2. 全英文+双语教学模式，创新教学方法建设特色课程

在外教全英文授课的基础上，中方教师建设了《腐蚀防护》、《材料现代研究方法》、《表面工程》等双语课程^[10]，引入国外优质英文原版教材，开展中英文授课；采用案例教学、专题讨论、参与式等多样化教学方法，开展工程师进课堂、翻转课堂、线上线下混合式教学等新型教学模式，激发学生的学习兴趣和探究潜能，引导学生自主学习，提升学生的高阶能力。

实施科研反哺教学，将科研成果和科技前沿融入理论与实践教学中，教学内容紧密结合专业发展方向和动态，适时更新；推进信息技术与教育教学的深度融合，推动课堂教学质量的提高。专业教师积极参与教学改革，获河北省教学研究项目5项，积极参加教学创新大赛并取得优异成绩。《材料科学基础》《低碳型超高压电炉炼钢虚拟仿真实验》《金属工艺学》获国家一流课程，《材料科学基础》获河北省课程思政示范课程，研究成果获河北省教学成果奖5项。

3. “引进来、走出去”，国际化师资助力专业发展

“引进来，走出去”的培养模式有利于提升国内专业师资队伍的教学素养，也成为培养国际化创新型人才的驱动力。学院除新西兰外教外还定期聘请国外知名大学教师来校讲学，提高学生跨文化交流能力。另一方面，鼓励教师出国培训、讲学，我校金属材料工程专业与新西兰怀卡托大学每年均会派出专业教师到新西兰进行访学交流，以提升教师的国际化水平。

中西方在文化、教育、思维等方面存在差异，简单复制国外教学方法很大程度上会对国内教师及学生造成不适应性，甚至会对专业人才培养产生反作用。为解决合作办学专业“接轨国际化教育”与“保护专业底蕴及传统特色”之间的矛盾性，针对每门专业课程，双方教师在教学理念及方法、教材的选择、授课内容及课时分配等方面均逐一进行深入探讨并分享教学经验，并最终确定适合合作办学专业学生的教学路径。经过双方交流互通，专业教师学习了外方先进的教学理念和教学方法，并加以理解吸收，专业教师的国际化视野显著拓宽，将其融入到金属材料工程专业的教学中。同时将注重学生工程能力培养的特色课程《工程基础实验》课程引入非合作办学金属材料工程专业的课程设置，以工程教育认证的OBE理念为导向，获得了良好的教学成果，助力金属材料工程专业获得国家一流专业，并通过了教育部工程教育专业认证。金属材料工程产业学院入选首批河北省现代产业学院，金属材料系获河北省先进基层教学组织。材料科学与工程教师团队2023年获河北省高校黄大年式教师团队。

4. 工程创新国际论坛，合作深化促进学科发展

为加强双方合作交流，由河北科技大学与新西兰怀卡托大学主办，河北省国际人才交流协会协办，双方在生物医药、地震监测、智能机器视觉技术以及先进材料等多个领域共举办了三届工程创新国际论坛，在新华网等新闻媒体上报道。论坛由2018年只有中新两个学校教师参加，扩展至2022年多个高校教师包括日本工程院外籍院士等知名学者参加，涉及领域也相应拓宽。通过工程创新国际论坛，与会国内外专家学者共话新能源与新材料、先进金属材料及成形技术领域发展国际前沿共性问题，开展跨界研讨。国际论坛的举办为与会各国学者提供了很好的交流平台，促

进了国内外专家的学术交流与合作，教师的科研国际视野得到显著提升，科研推向更深层次的合作，扩大了学校的影响力。

中新合作办学项目开拓了学院教师的国际化视野，教学科研水平。学院有4名教师入选全球前2%顶尖科学家“2024年度科学影响力排行榜”榜单。科睿唯安（Clarivate）《基本科学指标数据库》（ESI）数据2023年7月最新ESI排名显示，河北科技大学材料科学学科首次进入ESI全球排名前1%，标志着该学科进入国际高水平学科行列。合作办学项目2023年被河北省教育厅评为河北省示范性项目。2024年，材料科学与工程成功获批一级学科博士学位授权点。

三、结语

中新合作办学项目通过优质教育资源的引入与融合进行课程体系国际化重构，不仅培养了国际化师资队伍，促进了国际化应用型人才的培养，而且中新两校的综合能力均得到了很大的提升，新西兰怀卡托大学2024年QS世界排名跃居第235名，刷新了历史最新位次。金属材料工程中外合作办学项目将继续以秉承培养国际化应用型人才的教育理念，充分发挥合作办学的示范作用，将其教学理念和教学方法发扬光大，辐射应用到非合作办学专业；将合作领域由教学延伸至科研领域，对京津冀钢铁行业的发展贡献力量。

参考文献

[1] 高云龙.“一带一路”背景下中国先进钢铁工业发展分析——以河北省为例[J]. 经济论坛, 2018(2): 4-6

[2] 马雪娇. 河北省钢铁出口贸易现状及对策研究[J]. 中国储运, 2024 (12): 127-128

[3] 雷雨. 关于加快推进河北钢铁产业高质量发展的若干思考[J]. 冶金管理, 2025, 499:32-36

[4] 史立强.“钢铁侠”出国记——河钢国际化战略转型之路[D]. 沈阳: 东北大学, 2021

[5] 马志超, 王欢欢, 张杰.“一带一路”背景下河北省钢铁企业国际化路径研究[J]. 河北冶金, 2022(8): 74-78

[6] 冯志浩, 李建辉, 董会苒等. 适用于服务区域特色经济的地方高校中外合作办学人才培养变革路径[J]. 中国教育技术装备, 2022(4): 1-3

[7] 马静, 胡建文, 刁美艳等. 材料工程专业实验与技能一体化教学模式的探索[J]. 中国现代教育装备, 2014(11): 67-68

[8] 马静, 胡建文, 刁美艳.“腐蚀与防护”双语教学探究[J]. 中国电力教育, 2011(7): 119-120.

[9] 马静, 李建辉, 胡建文等. 合金的扩散与相变研究生课程教学改革探讨[J]. 中国现代教育装备, 2022(11): 126-128

[10] 马静, 李建辉, 张欣等. 表面工程课程教学改革创新探索[J]. 中国现代教育装备, 2023(6): 129-132

营养与风味的科学重构：探索谷物精深加工的无限可能

刘洁

山东省农业科学院成果转化与推广处, 山东 济南 250000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060017

摘 要： 随着全球粮食安全发展与公众健康需求不断提升，传统谷物加工模式已经难以满足新时代的食品服务需求。本文立足“营养与风味的科学重构”视角展开研究，通过分析谷物中营养与风味的物质基础及其在传统加工中的损失机制，进而从酶解、发酵、物理改性、挤压与微胶囊等技术维度提出现代谷物精深加工的发展趋势，以此夯实其在营养活化、风味重塑及副产物高值化利用等层面的作用机制，达到推动谷物加工模式从“粗放利用”向“精准开发”变革的目的。

关 键 词： 谷物精深加工；营养重构；风味重塑；食品科技；可持续发展

Scientific Reconstruction of Nutrition and Flavor: Exploring the Unlimited Possibilities of Grain Deep Processing

Liu Jie

Achievement Transformation and Promotion Department, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250000

Abstract： With the global development of food security and the continuous improvement of public health demands, the traditional grain processing model has been difficult to meet the food service needs of the new era. Based on the perspective of "scientific reconstruction of nutrition and flavor", this paper conducts research by analyzing the material basis of nutrition and flavor in grains and their loss mechanisms during traditional processing. Furthermore, it proposes the development trends of modern grain deep processing from technical dimensions such as enzymatic hydrolysis, fermentation, physical modification, extrusion, and microencapsulation, so as to consolidate its functional mechanisms in aspects such as nutrition activation, flavor remodeling, and high-value utilization of by-products. The purpose is to promote the transformation of the grain processing model from "extensive utilization" to "precision development".

Keywords： grain deep processing; nutrition reconstruction; flavor remodeling; food science and technology; sustainable development

引言

随着我国粮食安全战略的深化落实，传统以“去粗取精”为核心谷物加工模式已经难以满足新的时代需求。简单的碾米、制粉工艺不仅造成了大量的营养物质流失，而且还会使得米糠、麦麸等富含生物活性成分的副产物被废弃，进而对“健康中国”行动计划目标受阻。与此同时，当代消费大众对谷物食品提出了更高的要求，强调“既健康又好吃”，而传统加工工艺在营养与风味方面往往存在无法调和的矛盾。对此，以科技驱动的谷物精深加工技术革命悄然兴起，其以“全谷物利用”为核心理念，充分发挥物理、化学及生物技术优势，从而对谷物成分进行科学分离与改性重组，达到功能强化的目的和效果。本文即以此为背景，探索谷物精深加工背后的物质基础与技术本质，并展望其在构建健康、可持续未来食品体系中的无限可能。

一、谷物营养与风味的物质基础与加工影响

（一）谷物的营养宝藏：从胚乳到麸皮的梯度分布

谷物籽粒可以视为一个微型的“营养库”，其营养成分按照梯度进行分布。其中最内层的胚乳则用于储存淀粉和蛋白质，也

是谷物提供碳水化合物的核心来源。但富集了绝大多数生物活性成分的胚芽与糊粉层，却在传统加工环节中被混入麸皮中。其中胚芽含有优质的油脂、蛋白质、维生素E和B族维生素，麸皮层则含有较多的膳食纤维、矿物质、植物化学素等^[1]。该结构特征使得谷物不仅可以作为主食为人类提供主要能量来源，而且同样可

以提供重要的营养物质，为人类带来健康。比如其所含的膳食纤维有助于调节肠道微生态，而多酚类物质可以发挥抗氧化、抗炎的抗氧化、抗炎

（二）风味的诗意来源：香气前体与化学反应的交响

谷物在食品加工中可以散发出诱人的香气，该风味特征是其内部多种化合物共同作用的结果。其风味物质在加工过程中会发生化学变化，由于其本身含有游离氨基酸、还原糖、不饱和脂肪酸等大量无味的香气前体，因此在加热、蒸煮、烘焙、挤压等过程中，就会通过化学反应生成不同的香气，构成其风味特征。具体来说，相关反应主要包括以下三种：第一，美拉德反应。该反应特指氨基酸与还原糖之间发生的一系列复杂反应，其一方面可以生成类黑精，从而为谷物食物增添色泽，另一方面则可以生成大量吡嗪类、呋喃类等挥发性化合物，由此散发出坚果香与焦糖香的混合风味，成为谷物烘焙香和焦香的主要原因^[2]。第二，焦糖化反应，特指糖类在高温下脱水、降解和聚合的反应，该反应可以生成的风味物质包括呋喃类和麦芽酚类等物质，可以产生甜香、奶油香等风味特征。第三，脂肪氧化降解，特指谷物中不饱和脂肪酸在脂肪氧合酶或热作用下的氧化反应，其可以生成小分子的醛、酮、醇类物质^[3]，从而为谷物食品带来具有谷物清新的青草香或花果香。但在过度氧化情况下，则会进一步产生哈喇味。

（三）传统加工的困境：营养与风味的双重损失

在传统加工工艺下，谷物食品往往以提高口感与延长保质期为目的，而该过程使得其一定程度上需要牺牲营养与天然风味。从营养的结构性流失方面来说，传统碾米和制粉工艺采用物理碾削或筛分的方式，将胚芽和麸皮去除。但这一环节使得胚芽和麸皮所包含的膳食纤维、维生素、矿物质及植物化学素等大幅损失，由此导致其加工食品成为主要含有“热量”的精致淀粉源。米糠、麦麸被废弃后，虽然价值极高，但由于含有不稳定脂肪酶，因而极易发生酸败变质^[4]，多数情况下仅能用于饲料，从而产生资源浪费。在风味扁平化与异味生成方面，传统加工工艺为了保证口感并提升保质期，通常使用过度碾白或化学处理的方式，使得谷物本身细腻、复合的天然风味被严重削弱。同时，胚芽被去除的过程中虽然将不饱和脂肪酸同样去除，可以有效防止氧化酸败产生的异味，但同样使得谷物失去了原有的饱满风味。此外，在干燥与储存条件差异下，谷物还可能会受到微生物污染并产生霉味，同样也会造成谷物风味品质降低。

二、基于营养与风味需求的谷物精深加工技术路径

（一）营养活化与释放：生物技术的精准介入

在谷物精深加工技术领域，生物技术是实现营养重构的重要手段，当前主要采用的包括酶解技术与发酵技术。

酶解技术是指在加工环节添加特定的工业酶制剂，可以对谷物组分进行高效转化。例如在谷物麸皮处理中，可以通过纤维素酶和木聚糖酶将其中的不溶性膳食纤维进行水解，从而将其转化为水溶性膳食纤维，突出其益生元功能。在谷物蛋白处理中，可以使用蛋白酶水解作用将其转化为更易吸收的小分子肽和氨基

酸^[5]。例如从玉米蛋白中可以提取出玉米肽，可以发挥其醒酒护肝功能；在燕麦蛋白中可以制备燕麦肽，具有抗氧化活性特征。总之，酶解技术是当前谷物精深加工中制备功能性谷物配料的核心手段，具有反应条件温和、底物特异性强、产物易于控制等优势。

发酵技术是指通过乳酸菌、酵母菌等特定菌种代谢过程中产生的复杂酶系，对谷物底物产生作用。一方面，微生物可有效分解植酸，从而解除对矿物质元素的整合，促进人体对铁、锌等微量元素的吸收；另一方面，发酵过程可以将大分子蛋白降解，进而转化为风味物质和活性肽，并合成新的有益代谢产物，例如 γ -氨基丁酸、维生素 K2 等^[6]，从而实现营养与风味的双重提升。

（二）物理改性：激活与保护的双重艺术

在谷物精深加工中，物理改性技术具有重要地位，具有绿色且高效的特征。

超微粉碎与气流粉碎是提升谷物溶出率和体内吸收利用率的重要手段，其可以将谷物或麸皮粉碎至微米甚至纳米级^[7]，而该过程可以有效破坏谷物细胞壁，从而将细胞内部的多酚、黄酮、膳食纤维等营养物质释放出来，同时还可以避免全谷物食品口感粗糙的问题。

挤压膨化技术可以极大地改善谷物消化率，并赋予产品酥脆的质构。该技术集成了混合、熟化、成型三位一体的高温短时加工技术，在高温高压条件下瞬间挤压膨化，可以使谷物淀粉迅速糊化、蛋白质变性、脂肪复合，同时还可以降解其中的胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子^[8]。此外，在精确控制水分、温度、螺杆转速等工艺参数的条件下，该技术还可以定向调控美拉德反应程度，从而保证生成预想的烘焙香气。

蒸汽稳定化处理可以提高米糠、胚芽的高值化利用率，其主要通过高温饱和蒸汽进行瞬时处理，将米糠、胚芽等副产物中的脂肪氧化酶和脂肪酶迅速失活，既可以延长保质期，又可以提高谷物的稳定性，从而可以进一步加工为营养强化剂或功能性油脂。

（三）风味定向重塑：从被动保留到主动设计

随着现代食品加工技术的优化升级，在谷物精深加工环节还可以实现主动设计风味。

热反应风味调控旨在精准控制烘焙、蒸煮、油炸等热处理方式及其条件，以此引导美拉德反应方向。例如在咖啡或麦芽烘焙时，可以调控温度和升温速率，从而控制其生成的吡嗪类和呋喃类化合物，以此达到主动设计香气特征的效果。

发酵产香技术旨在借助乳酸菌、酵母菌的发酵活动，通过生成的乳酸、酯类或者醇类和醛类赋予燕麦奶、米露等发酵谷物饮品独特风味，还可以遮盖其原有的苦涩味。

香气回收与微胶囊包埋技术则可以在浓缩、干燥等谷物加工过程中，将易挥发的香气通过精馏、吸附的方式进行回收，而后通过喷雾干燥或分子包埋技术，将其封装以改性淀粉或环糊精为壁材的微胶囊中^[9]。当用户冲泡速食粥或谷物粉时，胶囊遇水破裂即可将香气释放，带来“新鲜现煮”的感官体验。

（四）营养强化与复配：构建协同增效的健康矩阵

单一的谷物食品通常存在氨基酸组成不平衡或营养物质不均

衡的问题，这就可以通过营养强化与复配技术进行改进。

氨基酸互补技术可以将赖氨酸含量高的豆类蛋白与蛋氨酸含量高的谷物蛋白进行科学配比，从而达到提升混合蛋白利用率的效果，为高蛋白营养代餐粉、植物基肉制品的开发提供了理论依据。

微量营养素精准强化技术则可以根据特定人群需求，将其所需的微量营养元素或风味进行包装，从而稳定添加到其食品之中，达到精准化、个性化服务的效果。

（五）副产物高值化利用：循环经济的产业实践

在谷物精深加工领域，还应注重其绿色属性，全面提升谷物产品的利用率。

在米糠的综合利用中，可以通过压榨或超临界 CO₂ 萃取获得米糠油，可以为人们提供谷维素、植物甾醇等营养物质^[10]。同时，脱脂米糠粕还可以用于提取米糠蛋白、膳食纤维或植酸。其中米糠蛋白可以用于婴幼儿食品开发；米糠膳食纤维可以作为益生元添加在食品中。

在麦麸加工中，通过酶解可以制备阿拉伯木聚糖和低聚糖，

通过发酵则可以生成乙醇或有机肥。在胚芽加工中，可以提取其中的谷胱甘肽和维生素 E，并用于营养补充剂和化妆品。

此外，玉米加工副产物也获得了广泛应用，除了玉米淀粉外，还可以用于提取植酸、提取玉米黄素和玉米肽、制油、生产木糖醇，实现了从原料到产品再到再生资源的全利用。

三、结语

综上所述，谷物精深加工不仅是技术升级与优化，更是一种融合食品科学、营养学、生态学与现代工程学的系统哲学。它既可以为“健康中国”与“双碳”目标实现提供动力，又可以重构人与食物、农业与生态之间的关系。展望未来，随着合成生物学、人工智能、精准营养等前沿技术的不断渗透，谷物精深加工将迈向更加个性化、智能化和低碳化的新纪元。届时或许可以为个体定制基于其肠道菌群特征的谷物营养方案，利用 AI 优化出能耗最低、产出最高的绿色生产工艺。

参考文献

[1] 徐锐. 以农产品精深加工与食品工业驱动特色产业价值链提升研究——基于金昌市农产品加工业的调查分析 [J]. 农业科技与信息, 2025, (12): 142-145+150.
[2] 刘丽娟. 仁怀市高粱精深加工现状与提升路径研究 [J]. 粮油科学与工程, 2025, 39(06): 38-40.
[3] 周静. 科技赋能强链延链精深加工提质增效 [N]. 黑龙江日报, 2025-11-30(004).
[4] 王宸之, 熊伟, 梁强, 宣朴, 姚英政, 项超, 张驰松, 杜俊波. 四川省大豆精深加工产业发展现状、存在问题及对策建议 [J]. 四川农业科技, 2025, (11): 123-125.
[5] 张恒达, 李生龙, 张成林, 朱晓月, 崔晨昊, 范仲亚. 谷物加工设备智能化发展与实践 [J]. 中国食品学报, 2025, 25(01): 1-11.
[6] 冉秋艺, 孙虎. 传统谷物加工农具的设计逻辑及创新应用研究 [J]. 工业设计研究, 2023, (00): 261-269.
[7] 张莹璐. 谷物加工发酵工艺优化及其生物抑菌效果分析 [J]. 粮食与饲料工业, 2024, (04): 38-41.
[8] 高琨, 汪丽萍, 翟小童, 谭斌. 全谷物生物加工研究进展与发展方向 [J]. 中国食品学报, 2024, 24(07): 387-400.
[9] 程潇辉, 刘玮, 李莹, 刘霞. 全谷物加工工艺及其营养成分对疾病的预防作用研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2025, 31(06): 65-69.
[10] 张洵, 刘贺, 李娜. 全谷物加工方式对其营养功能影响的研究进展 [J]. 渤海大学学报 (自然科学版), 2023, 44(01): 10-20.

面向构网型新能源并网的电力电子变流器自适应虚拟同步控制策略

加康

临汾汾能电力科技试验有限公司, 山西 临汾 041000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060022

摘 要 : 在“双碳”目标引领下, 构网型新能源并网成为电力系统转型的关键方向, 电力电子变流器的控制策略直接决定并网系统稳定性。传统虚拟同步控制 (VSG) 采用固定参数, 难以适配新能源出力波动、电网扰动等复杂工况, 易引发频率振荡、电压偏差等问题。自适应虚拟同步控制策略通过实时检测电网状态参数动态调整控制参数, 经工程实践验证可显著提升并网系统抗干扰能力与稳态性能^[1]。结合临汾汾能电力科技试验有限公司的工程应用经验, 本文对该策略的理论原理、设计方法及工程应用进行系统阐述, 为相关领域试验与技术服务提供理论与工程参考。

关 键 词 : 构网型新能源; 电力电子变流器; 自适应控制; 虚拟同步发电机; 并网稳定

Adaptive Virtual Synchronous Control Strategy of Power Electronic Converters for Grid-Forming New Energy Grid Connection

Jia Kang

Linfen Fenneng Electric Power Technology Test Co., Ltd., Linfen, Shanxi 041000

Abstract : Driven by the "Dual Carbon" goals, grid-forming new energy grid connection has become a pivotal direction for the transformation of power systems, and the control strategies of power electronic converters directly determine the stability of grid-connected systems. Traditional Virtual Synchronous Control (VSG) adopts fixed parameters, which are difficult to adapt to complex operating conditions such as fluctuations in new energy output and grid disturbances, and are prone to problems including frequency oscillation and voltage deviation. The adaptive virtual synchronous control strategy dynamically adjusts the control parameters by real-time detection of grid state parameters, which has been verified by engineering practice to significantly improve the anti-interference capability and steady-state performance of grid-connected systems. Combining the engineering application experience of Linfen Fenneng Electric Power Technology Test Co., Ltd., this paper systematically expounds the theoretical principles, design methods and engineering applications of this strategy, providing theoretical and engineering references for tests and technical services in related fields.

Keywords : grid-forming new energy; power electronic converter; adaptive control; virtual synchronous generator; grid connection stability

引言

(一) 研究背景与意义

我国“碳达峰、碳中和”战略目标推动新能源发电从“补充能源”向“主体能源”转型, 光伏、风电等新能源并网规模持续扩大。传统跟网型控制模式下, 并网变流器不具备同步发电机的惯量与阻尼特性, 导致电网等效惯量下降、阻尼不足, 引发频率波动、电压不稳等问题, 英国“8.9”、南澳大利亚“9.28”大停电均与此相关^[2]。

构网型新能源并网模式通过控制变流器模拟同步发电机外特性, 为电网提供惯量与阻尼支撑, 是解决高比例新能源并网稳定性问题的关键路径。虚拟同步控制 (VSG) 作为构网型控制主流技术, 虽能实现主动并网支撑, 但传统 VSG 采用固定虚拟惯量与阻尼系数, 无法适配新能源出力随机性、电网阻抗动态变化等工况, 存在频率振荡、响应迟缓等缺陷。

临汾汾能电力科技试验有限公司专注于电力电子设备试验、新能源并网测试等业务, 积累了丰富工程经验。随着新能源并网规模扩张, 公司相关试验业务量激增, 亟需先进控制策略支撑试验精度提升^[3]。因此, 开展自适应虚拟同步控制策略研究, 不仅具有重要理论价值, 更能为公司试验业务优化、技术升级提供有力支撑, 保障区域新能源并网工程安全稳定运行。

（二）国内外研究现状

国外对构网型新能源并网与 VSG 技术研究起步较早，欧美搭建示范工程提出频率偏差反馈式惯量自适应方法，但未考虑电压与功率波动协同影响；日本结合模糊控制的 VSG 自适应策略，存在规则设计复杂、控制精度有限等问题。

国内高校提出基于根轨迹法、强化学习的 VSG 参数自适应策略，虽提升了动态性能，但计算复杂、工程实现难度大；部分企业优化 VSG 控制结构，却未兼顾新能源出力与电网扰动协同影响^[4]。临汾汾能电力科技试验有限公司在试验中发现，现有 VSG 策略适应性差、精度不足，亟需兼顾理论与实用性的自适应控制策略。

（三）研究内容与技术路线

本文结合公司工程实践，系统阐述自适应虚拟同步控制策略的理论、设计、仿真及应用，重点包括：构网型新能源并网系统建模与传统 VSG 局限性分析；自适应控制策略原理与设计；仿真验证；工程试验应用。技术路线为：明确研究背景与意义→梳理国内外研究现状→建立系统数学模型→设计自适应控制策略→开展仿真验证→实施工程试验验证→总结成果与展望。

一、构网型新能源并网系统建模与传统 VSG 控制局限性分析

（一）构网型新能源并网系统拓扑结构

构网型新能源并网系统由新能源发电单元、电力电子变流器、滤波环节、并网接口及公共电网组成。新能源电能经直流滤波后送入变流器，变流器采用电压源型拓扑，通过构网型控制将直流电能转换为与电网同频同相的交流电，经 LC 滤波滤除高频谐波后接入电网。公司试验平台均采用此类拓扑，确保试验与工程实际一致^[5]。

（二）电力电子变流器数学模型

采用 dq 同步旋转坐标系建模，忽略开关损耗与死区效应，通过 Park 变换得到变流器交流侧 dq 轴数学模型，反映滤波电感、输出电流、电网角频率等参数的动态关系；直流侧能量平衡方程反映直流电容、电压变化率、新能源出力与功率传递的关联，为控制策略设计提供理论基础。

（三）传统虚拟同步控制（VSG）数学模型

传统 VSG 核心数学模型包括：转子运动方程（模拟同步发电机惯性与阻尼，由虚拟机械转矩、电磁转矩及阻尼系数决定）、有功-频率下垂控制方程（通过有功偏差调整虚拟机械转矩，维持频率稳定）、无功-电压下垂控制方程（通过无功偏差调整输出电压参考值，保障电压稳定）。

（四）传统 VSG 控制局限性分析

结合公司试验经验，传统 VSG 固定参数存在明显缺陷：一是难以适配新能源出力波动，如光伏出力从 50% 突变至 80% 时，频率偏差达 0.5Hz，超出 GB/T 19963-2021 规定的 $\pm 0.2\text{Hz}$ 范围；二是电网扰动适应性弱，电网电压跌落 10% 时，无功功率波动达 20%，稳态调整时间超 0.5s；三是无法兼顾稳态精度与动态响应，固定参数配置存在固有矛盾。因此，亟需设计自适应控制策略解决上述问题。

二、构网型新能源并网的自适应虚拟同步控制策略原理与设计

（一）控制策略设计目标

结合系统需求与公司试验经验，自适应 VSG 控制策略目

标为：具备实时自适应调节能力，适配复杂工况；频率偏差 $\leq \pm 0.2\text{Hz}$ 、电压偏差 $\leq \pm 5\%$ 、稳态调整时间 $\leq 0.3\text{s}$ ，动态与稳态性能优良；结构简洁、计算量小，便于工程实现；抗干扰能力强，运行可靠。

（二）自适应调节机制设计

核心为多参数协同自适应调节机制，通过检测频率偏差 $\Delta\omega$ 、电压偏差 ΔU 、功率波动 ΔP_e 、 ΔQ ，构建调节函数，动态优化虚拟惯量 J、阻尼系数 D 及下垂系数 K_p 、 K_q 。

频率偏差自适应调节： $\Delta\omega$ 较大时，减小 J、增大 D 加快响应； $\Delta\omega$ 较小时，增大 J、减小 D 提升精度，结合变论域模糊控制构建调节函数，实现二者协同优化。

电压偏差自适应调节：综合 ΔU 与 ΔQ 影响，构建无功下垂系数 K_q 调节函数，偏差越大， K_q 越趋近最大值，加快调压速度；偏差越小， K_q 趋近最小值，提升稳态精度。

功率波动自适应调节：以 ΔP_e 为核心，构建有功下垂系数 K_p 调节函数，波动越大， K_p 越趋近最大值，抑制频率波动；波动越小， K_p 趋近最小值，提升频率精度。

（三）自适应 VSG 控制整体架构与工作原理

控制架构分为四部分：信号检测模块（采集电压、电流、新能源出力信号，处理得到状态参数）；自适应参数调节模块（代入调节函数，更新控制参数）；VSG 核心控制模块（基于新参数生成电压参考值）；电流电压双环控制模块（生成 PWM 驱动信号，控制变流器跟踪参考值，增设保护环节）。各模块协同工作，确保系统稳定^[6-7]。

（四）控制策略稳定性分析

采用小信号分析法，对自适应 VSG 模型线性化，得到小信号特征方程。结合公司试验平台参数仿真验证，合理设置调节系数与参数上下限，可使所有特征值位于复平面左半平面，证明策略运行稳定。

三、自适应虚拟同步控制策略仿真分析

（一）仿真模型搭建

基于 MATLAB/Simulink 搭建仿真模型，结合公司试验参数设定：光伏额定功率 100kW，变流器为两电平电压源型（额定

380V，开关频率10kHz），电网额定50Hz，传统与自适应 VSG 参数明确。设置两种工况：新能源出力突变（50kW →80kW）、电网电压扰动（跌落10%后恢复），对比两种控制策略效果^[7]。

（二）仿真结果分析

工况1（出力突变）：传统 VSG 频率偏差最大0.5Hz、调整时间0.6s，电压偏差7%、调整时间0.5s，有功波动15%；自适应 VSG 频率偏差0.15Hz、调整时间0.2s，电压偏差3.5%、调整时间0.18s，有功波动5%，动态与稳态性能更优。

工况2（电压扰动）：传统 VSG 电压偏差12%、调整时间0.7s，无功波动20%；自适应 VSG 电压偏差6%、调整时间0.25s，无功波动8%，抗干扰能力显著提升。

仿真结论：自适应 VSG 策略各项性能指标满足标准与设计目标，优于传统 VSG，为工程应用奠定基础。

四、自适应虚拟同步控制策略工程试验应用

（一）试验平台搭建

依托公司试验资源搭建平台：直流电源模拟新能源单元，100kW 两电平变流器（DSP+FPGA 架构），阻感负载模拟电网，NI 数据采集系统记录数据，控制系统嵌入两种控制算法，开展对比试验，工况与仿真一致，每类工况重复3次取平均值。

（二）试验结果分析

工况1（出力突变）：传统 VSG 频率偏差0.48Hz、调整时间

0.58s，电压偏差6.8%、调整时间0.49s，有功波动14.5%；自适应 VSG 频率偏差0.16Hz、调整时间0.22s，电压偏差3.6%、调整时间0.19s，有功波动5.2%，与仿真结果一致。

工况2（电压扰动）：传统 VSG 电压偏差11.8%、调整时间0.68s，无功波动19.6%；自适应 VSG 电压偏差6.2%、调整时间0.26s，无功波动8.3%，抗干扰能力达标。

试验结论：自适应 VSG 策略工程实用性得到验证，可直接应用于公司试验业务，为技术服务提供支撑^[8-9]。

五、自适应虚拟同步控制策略理论价值与工程应用总结

（一）理论价值与工程应用总结

本文提出的自适应虚拟同步控制策略，有效解决了传统 VSG 固定参数的局限性；基于多参数协同调节机制，实现动态与稳态性能兼顾，理论严谨；仿真与试验验证表明，策略性能满足标准，结构简洁、便于工程实现，可适配公司试验平台，提升公司技术竞争力，保障区域新能源并网安全^[10]。

（二）技术发展前景

未来将开展多台变流器协同控制研究，适配多机并网试验；融合智能优化算法，提升极端工况抗干扰能力；优化工程实现方案，降低成本，推动规模化应用。

参考文献

- [1] 张承瑞，李娟，王磊. 构网型新能源并网虚拟同步控制技术研究进展 [J]. 电力系统自动化，2023，47(12): 1-18.
- [2] 李建林，赵斌，刘静. 电力电子变流器虚拟同步控制原理与应用 [M]. 北京：中国电力出版社，2022.
- [3] 王士柏，张帆，李鹏. 面向高比例新能源并网的自适应虚拟同步控制策略 [J]. 中国电机工程学报，2023，43(8): 2890-2902.
- [4] 刘敏，陈杰，张强. 构网型逆变器虚拟同步控制参数自适应优化方法 [J]. 电工技术学报，2023，38(10): 2678-2688.
- [5] GB/T 19963-2021. 光伏电站接入电力系统技术规定 [S]. 北京：中国标准出版社，2021.
- [6] 陈树勇，李占奎，丁杰. 高比例新能源并网电力系统稳定性分析与控制 [J]. 中国电机工程学报，2022，42(1): 1-16.
- [7] 赵清林，王艳，李洪珠. 电压源型逆变器虚拟同步控制稳定性研究 [J]. 电力自动化设备，2023，43(5): 123-130.
- [8] 临汾汾能电力科技试验有限公司. 电力电子变流器试验规程 [Z]. 2024.
- [9] 王宇，李丽，张磊. 基于模糊控制的虚拟同步机参数自适应调节策略 [J]. 电力系统保护与控制，2023，51(7): 102-110.
- [10] Huang Y, Li W, Zhang H. Adaptive Virtual Synchronous Control for Grid-Forming Inverters in Renewable Energy Integration[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2022, 37(5): 5890-5901.

高效液相色谱－质谱联用技术在食品添加剂检测中的应用

李亚男

曲阜市检验检测中心, 山东 曲阜 273100

DOI: 10.61369/SSSD.2026060027

摘 要 : 食品添加剂是现代食品工业生产中不可或缺的重要组成部分,但其超范围、超限量使用以及非法添加物滥用,已成为影响食品安全的重要风险因素。传统检测方法存在灵敏度偏低、选择性有限、基质干扰明显、难以同时定性定量等问题,难以满足当前复杂食品基质与痕量水平检测需求。高效液相色谱－质谱联用(HPLC-MS/MS)技术兼具液相色谱高效分离能力与质谱高灵敏度、高特异性定性定量优势,在痕量、多组分、复杂基质食品添加剂检测中表现突出。本文从HPLC-MS/MS技术原理与特点、样品前处理关键技术、在各类食品添加剂及非法添加物中的典型应用、方法学质量控制、现存问题与发展趋势等方面进行综述,为该技术在食品安全监管、生产控制与风险监测中的推广应用提供参考。

关 键 词 : 高效液相色谱－质谱联用; 食品添加剂; 食品安全; 多残留检测; 痕量分析

Application of High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (HPLC-MS/MS) Technology in the Detection of Food Additives

Li Yanan

Qufu Inspection and Testing Center, Qufu, Shandong 273100

Abstract : Food additives are an indispensable part of modern food industrial production. However, their off-scope use, excessive dosage, and the abuse of illegal additives have become important risk factors affecting food safety. Traditional detection methods have problems such as low sensitivity, limited selectivity, obvious matrix interference, and difficulty in simultaneous qualitative and quantitative analysis, which are difficult to meet the current detection needs of complex food matrices and trace-level analytes. High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (HPLC-MS/MS) technology combines the high-efficiency separation capability of liquid chromatography with the advantages of high sensitivity and high specificity for qualitative and quantitative analysis of mass spectrometry, and performs excellently in the detection of trace, multi-component, and complex matrix food additives. This paper reviews the principles and characteristics of HPLC-MS/MS technology, key sample pretreatment technologies, typical applications in various food additives and illegal additives, methodological quality control, existing problems and development trends, aiming to provide reference for the promotion and application of this technology in food safety supervision, production control and risk monitoring.

Keywords : high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS); food additives; food safety; multi-residue detection; trace analysis

引言

随着食品工业快速发展,食品添加剂在改善食品色泽、风味、口感、质地及延长货架期等方面发挥着不可替代的作用。我国《食品安全国家标准食品添加剂使用标准》(GB 2760)对各类添加剂的使用范围、最大使用量及残留限量均作出明确规定。然而,受利益驱动,部分生产经营者存在超范围使用、超限量添加、非法添加工业染料与违禁化合物等行为,可能对人体肝脏、肾脏、神经系统等造成潜在危害,甚至具有慢性毒性、致敏性与致癌风险。因此,建立准确、灵敏、高效的食品添加剂检测方法,对保障食品安全、支撑市场监管具有重要现实意义。

传统检测方法如分光光度法、薄层色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法等,在实际应用中存在明显局限:紫外检测器依赖物质结构生色基团,极性与热不稳定性物质难以直接测定;复杂基质中易出现假阳性;难以实现多组分同时快速筛查;痕量水平检出能力不足。高效液相色谱－质谱联用技术将高效液相色谱的分离能力与质谱的结构鉴别能力相结合,可在复杂基质中实现目标物精准定性与定量,具有灵敏度高、特异性强、线性范围宽、适用范围广等优势,已成为食品添加剂检测领域的主流技术与发展方向。本文系统梳理HPLC-MS/MS在食品添加剂检测中的应用现状,分析关键技术要点与现存问题,并对未来发展趋势进行展望。

一、高效液相色谱－质谱联用技术原理与特点

（一）基本原理

高效液相色谱－质谱联用主要由高效液相色谱系统、接口离子源、质量分析器及数据处理系统构成。样品经提取、净化后进入色谱柱，在流动相洗脱作用下，不同组分依据极性、分配系数等差异实现分离。分离后的组分依次进入离子源，通过电喷雾电离（ESI）、大气压化学电离（APCI）等软电离方式转化为气相带电离子，再经质量分析器进行质量分析与多级碎片扫描。

在多反应监测模式（MRM）下，仪器首先筛选特征母离子，经碰撞诱导解离产生特征子离子，以母离子－子离子对作为定性定量依据，显著降低基质背景干扰，提高检测准确性与灵敏度。高分辨质谱如四极杆－轨道阱（Q-Orbitrap）、四极杆－飞行时间（Q-TOF）可提供精确质量数，支持未知物筛查与结构确证，适用于非法添加物与新型风险物质监测。

（二）技术优势

1. 高灵敏度：MRM 模式选择性强，信噪比高，检出限可达 $\mu\text{g/kg}$ 至 ng/kg 级，满足痕量与超痕量检测要求。
2. 高特异性：以保留时间、母离子质量、子离子碎片信息多重定性，有效降低假阳性。
3. 高通量：一次进样可同时实现防腐剂、甜味剂、着色剂、抗氧化剂等多类别多组分同步测定。
4. 适用性广：可分析非挥发性、热不稳定、强极性与大分子添加剂，多数情况下无需衍生化。
5. 定性可靠：可区分同分异构体、结构类似物与基质共流出组分，适合复杂食品基质。

二、样品前处理关键技术

食品基质复杂，含有脂肪、蛋白质、糖类、色素、有机酸等大量干扰物质，易产生基质效应，影响离子化效率与定量准确性。因此，前处理是 HPLC-MS/MS 检测成功的关键环节。

（一）常用提取技术

有机溶剂提取是最常用方式，甲醇、乙腈、水溶液及其混合体系可有效提取多数食品添加剂，辅以超声、振荡、均质等方式提高提取效率。对于油脂类、高蛋白基质，常采用沉淀蛋白、液液分配等方式初步净化。

（二）净化技术

- 固相萃取（SPE）：利用 HLB、C18、阴离子交换等吸附剂去除杂质、富集目标物，净化效果好、重现性高。
- QuEChERS：快速提取－分散固相萃取，操作简便、成本低、通量高，广泛应用于果蔬、肉制品、糕点、调味品等。
- 基质分散固相萃取：使用 C18、PSA、GCB 等吸附剂去除脂肪酸、色素、糖类干扰，适合批量样品处理。

当前前处理技术向微型化、自动化、在线化、低有机溶剂消耗方向发展，在线固相萃取与串联质谱联用可实现自动化前处理与检测，减少人为误差，提高检测效率与稳定性。

三、HPLC-MS/MS 在食品添加剂检测中的典型应用

（一）防腐剂与抗氧化剂检测

苯甲酸、山梨酸、脱氢乙酸、对羟基苯甲酸酯类、特丁基对苯二酚（TBHQ）、没食子酸丙酯等是应用最广泛的防腐剂与抗氧化剂。长期过量摄入可能影响肝肾功能与代谢健康。

HPLC-MS/MS 多采用负离子模式，MRM 定量，基质匹配曲线校正基质效应。研究表明，QuEChERS 结合 HPLC-MS/MS 可同时测定多种防腐剂与抗氧化剂，检出限低、回收率稳定，适用于饮料、糕点、肉制品、食用油、调味品等多种基质，解决传统液相色谱共流出、假阳性、灵敏度不足等问题。

（二）人工甜味剂检测

人工甜味剂具有甜度高、热量低等特点，广泛用于低糖、无糖食品与饮料。常见包括安赛蜜、甜蜜素、阿斯巴甜、三氯蔗糖、纽甜、阿力甜等。部分甜味剂限量严格，非法滥用风险较高。

HPLC-MS/MS 可实现正负离子切换扫描，一次进样同时测定多种甜味剂。亲水作用色谱（HILIC）对强极性甜味剂保留效果更佳，有效改善峰形与分离度。该方法已广泛应用于碳酸饮料、蜜饯、果冻、调味糖浆、无糖食品等样品，灵敏度与特异性远优于传统紫外检测方法。

（三）食用色素与非法工业染料检测

合成着色剂如柠檬黄、日落黄、胭脂红、诱惑红、亮蓝等使用普遍，但必须严格控制使用范围与用量。更严重的是，部分不法商家非法添加苏丹红、碱性嫩黄、罗丹明 B、孔雀石绿等工业染料，具有显著安全隐患。

HPLC-MS/MS 可同时实现合法色素定量与非法染料快速筛查。高分辨质谱可通过精确质量与二级谱库进行未知物定性，适用于非靶向筛查与风险物质发现。该技术在辣椒油、豆制品、调味品、肉制品、饮料等基质中应用广泛，可有效识别违禁色素，为监管执法提供关键技术支撑。

（四）其他添加剂与非法添加物检测

HPLC-MS/MS 还可用于增稠剂、乳化剂、保水剂、漂白剂、防腐剂代谢物等检测。同时，在保健食品、减肥食品、功能性饮料中非法添加的酚酞、西布曲明、利尿剂、激素等物质，也可通过该技术快速筛查与确证。其高灵敏度与强抗干扰能力，使其成为打击非法添加、保障特殊食品安全性的重要手段。

四、方法学验证与质量控制

为保证检测结果准确可靠，HPLC-MS/MS 方法需进行系统方法学验证：

- 线性关系：标准曲线相关系数 R^2 一般应 ≥ 0.995 ，线性范围覆盖实际样品浓度区间。
- 检出限与定量限：以信噪比 3:1 与 10:1 计算，满足国家标准限量要求。
- 准确度：加标回收率通常控制在 70%~120%，复杂基质可适

当放宽。

- 精密度：日内与日间精密度 RSD 一般 $\leq 10\%$ ，保证方法稳定可靠。
- 基质效应：采用基质匹配标准曲线、内标法、稀释法等进行校正，减少离子抑制或增强影响。
- 特异性：空白基质无干扰峰，保留时间与离子对比比例偏差在允许范围内，避免假阳性。

五、现存问题与挑战

尽管 HPLC-MS/MS 应用广泛，但在实际推广与日常检测中仍面临若干问题：

1. 基质效应显著：高蛋白、高脂肪、高糖基质易产生离子抑制，影响定量准确性。
2. 前处理复杂且依赖人工：复杂样品步骤多、耗时长，易引入误差。
3. 标准物质不足：新型添加剂、代谢产物、衍生物与未知非法添加物缺乏标准品，难以准确定量。
4. 仪器成本较高：高分辨质谱与配套设备昂贵，维护成本高，基层实验室普及难度大。
5. 方法标准化程度不一：多组分高通量方法多处于科研阶段，国家标准仍以单类别为主。
6. 数据处理难度大：非靶向筛查产生海量数据，智能解谱、谱库建设与自动化报告仍需完善。

六、发展趋势与展望

未来，HPLC-MS/MS 将向更高灵敏度、更高通量、更智能化、更标准化方向发展：

1. 超高效与快速化：UHPLC-MS/MS 缩短分析时间，提高检测通量，满足大批量样品监测需求。
2. 高分辨质谱常态化：Q-Orbitrap、Q-TOF 广泛用于未知物筛查、结构确证与风险预警。
3. 前处理自动化与在线化：在线 SPE、机器人样品处理、微萃取技术减少人工操作，提升重复性。
4. 多组分一体化检测：建立覆盖添加剂、农残、兽残、真菌毒素、环境污染物的一站式筛查方法，实现多目标同时监测。
5. 智能化数据处理：AI 辅助峰识别、基质效应校正、谱库检索与自动报告，提升效率与准确性。
6. 现场快速检测：便携式质谱、原位电离技术逐步成熟，支持现场实时筛查与应急处置。
7. 标准体系完善：更多高通量、多类别 HPLC-MS/MS 方法上升为国家标准，推动检测技术规范化和统一化。

七、结论

高效液相色谱-质谱联用技术凭借高灵敏度、高特异性、高通量及广泛适用性，已成为食品添加剂定性定量检测的核心技术，可有效解决传统方法基质干扰大、灵敏度低、假阳性、难以同时测定多组分等问题，在防腐剂、抗氧化剂、甜味剂、合成色素及非法添加物检测中发挥不可替代的作用。随着前处理技术优化、仪器性能提升、智能化数据处理发展与标准体系不断完善，HPLC-MS/MS 将进一步提高检测准确性、可靠性与普及程度，为食品安全风险监测、生产过程控制、市场监管执法提供更有力的技术支撑，对保障消费者健康、推动食品工业高质量发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 国家卫生健康委员会. GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准 [S]. 北京：中国标准出版社，2014.
- [2] 王强，李刚，张蓉. 高效液相色谱-串联质谱在食品添加剂检测中的应用进展 [J]. 食品安全质量检测学报，2021，12(8)：3120-3128.
- [3] 陈秀明，林雁飞，胡小钟. QuEChERS-HPLC-MS/MS 法同时测定食品中多种防腐剂和抗氧化剂 [J]. 分析测试学报，2020，39(5)：610-616.
- [4] 赵晓娟，黄现强. 高效液相色谱-质谱联用技术在食品甜味剂检测中的研究进展 [J]. 食品科学技术学报，2022，40(2)：58-67.
- [5] 刘艳霞，孙鑫，吴宇梅. 超高效液相色谱-高分辨质谱在食品非法添加物非靶向筛查中的应用 [J]. 分析试验室，2021，40(11)：1342-1348.
- [6] 中国食品科学技术学会. 现代食品检测技术与应用 [M]. 北京：化学工业出版社，2020.

中国式现代化视域下新华书店数字化转型的 PESTEL 分析与发展战略

唐容桢

安徽阜阳新华书店, 安徽 阜阳 236000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060032

摘 要 : 中国式现代化以人民为中心、坚持社会主义方向, 注重物质文明与精神文明协调发展, 为新华书店数字化转型提供了战略指引。新华书店作为我国公共文化服务的核心载体, 其数字化转型不仅是适应媒介变革、应对市场竞争的必然选择, 更是践行中国式现代化文化建设要求的重要举措。本文基于 PESTEL 分析框架, 系统剖析政策、经济、社会、技术、环境、法律六大因素对新华书店数字化转型的影响, 结合中国式现代化的核心要义, 从坚守意识形态主阵地、创新终身学习服务商业模式、探索服务国家战略增长模式三个维度, 构建新华书店数字化转型的发展战略。

关 键 词 : 中国式; 新华书店; 数字化转型; PESTEL 分析; 战略

PESTEL Analysis and Development Strategy for the Digital Transformation of Xinhua Bookstore from the Perspective of Chinese-Style Modernization

Tang Rongzhen

Fuyang Xinhua Bookstore, Fuyang, Anhui 236000

Abstract : Chinese-style modernization, which is people-centered, adheres to the socialist direction, and emphasizes the coordinated development of material civilization and spiritual civilization, provides strategic guidance for the digital transformation of Xinhua Bookstore. As a core carrier of China's public cultural services, the digital transformation of Xinhua Bookstore is not only an inevitable choice to adapt to media changes and respond to market competition, but also an important measure to fulfill the cultural construction requirements of Chinese-style modernization. Based on the PESTEL analysis framework, this paper systematically examines the impacts of six factors—Political, Economic, Social, Technological, Environmental, and Legal—on the digital transformation of Xinhua Bookstore. Combined with the essence of Chinese-style modernization, it constructs a development strategy for the digital transformation of Xinhua Bookstore from three dimensions: upholding the main ideological position, innovating a business model for lifelong learning services, and exploring a growth model serving national strategies.

Keywords : Chinese-style modernization; Xinhua Bookstore; digital transformation; PESTEL analysis; strategy

一、坚守意识形态主阵地的战略定位

(一) 主题出版物的价值链优化

主题出版物是传播党的创新理论的重要载体。从价值链分析的角度, 新华书店需要通过上下游整合, 建立从内容策划到发行推广的全产业链优势。具体而言, 可以通过与出版社建立战略联盟, 提前介入选题策划, 确保内容质量; 通过建立多元化的发行渠道, 提高传播效率; 通过创新营销方式, 增强读者参与度。

在数字化转型方面, 新华书店可以借鉴 "线上 + 线下" 融合发展的新零售模式, 通过建立全渠道服务体系, 提升主题出版物的传播效果和覆盖面。同时, 运用大数据分析读者偏好, 实现精准推送和个性化服务, 提高主题出版物的市场影响力。

(二) 意识形态安全的风险管控

国家高度重视意识形态安全建设, 出台一系列政策规范网络文化传播秩序, 要求新华书店坚守意识形态底线, 各级出版行政主管部门的常态化监管也为风险管控提供了坚实保障。以上新技术的应用推广既为意识形态风险管控提供了支撑, 单也带来了新的挑战。算法偏见可能导致主流内容传播受阻, 网络攻击可能泄露敏感信息, 诸如此类的还有很多。下一步工作是通过加强技术防护、优化算法模型、建立风险预警机制, 及时发现和处置技术层面的意识形态风险。在法律层面, 《网络安全法》《出版管理条例》等法律法规, 明确了数字化传播中的内容责任和安全义务, 为风险管控提供了明确的法律遵循。新华书店需严格遵守相关政策与法律规定, 依托技术手段加强主流价值引导、过滤不良信

息，平衡社会效益与经济效益，确保数字化转型过程中意识形态安全可控，坚守意识形态主阵地底线。

（三）阅读服务的普惠性创新

阅读服务的普惠性是中国式现代化“全体人民共同富裕”理念在文化领域的具体体现，新华书店数字化转型需聚焦群众需求，推动阅读服务向普惠化、均等化、数字化升级，让优质阅读资源惠及全体人民。国家大力推进公共文化服务体系建设，出台政策支持新华书店拓展基层阅读服务，鼓励数字化阅读服务向农村、偏远地区延伸，扶持实体书店、农村发行网点信息化建设，为阅读服务普惠性创新提供了政策支持和资金保障。全民阅读氛围日益浓厚，老年人、青少年、农村居民等不同群体的阅读需求呈现多元化，数字化阅读服务能够适配不同群体的需求，如适老化改造、青少年 AI 伴读、农村数字书屋等，实现阅读服务的全覆盖。移动互联网、5G、智能终端等技术的普及，打破了阅读的时空限制，新华书店通过打造线上阅读平台、智能借阅设备、云书馆等，打通公共文化服务“最后一公里”，让群众随时随地获取优质阅读资源，真正实现全体人民共享文化发展成果。

二、终身学习服务体系的商业模式创新

（一）空间场景的重构与体验升级

立足多元宏观环境，重构“轻量化、场景化、绿色化”的终身学习空间，实现体验升级与价值赋能。后疫情时代居民消费更趋理性，文化消费呈现“精准化、低成本、高体验”的特点，新华书店无需盲目打造大型线下场景，可依托社区、校园、园区等存量空间，构建小型化、精细化的数字化学习场景，降低场地租赁、运营维护成本，同时通过场景轻量化运营，提升投入产出比，契合经济高质量发展要求。结合“双碳”目标与绿色发展理念，场景重构需融入环保理念，采用可循环、低碳化材料打造线下学习空间，线上场景则重点推广无纸化学习、绿色阅读模式，减少资源消耗，同时通过数字化手段优化场景能耗管理，如智能调控灯光、空调，实现绿色运营，契合人与自然和谐共生的中国式现代化内涵。针对不同群体终身学习的场景需求，青少年需沉浸式研学场景，职场人需便捷化充电场景，老年人需适老化学习场景，通过数字化技术实现场景的灵活适配，线上搭建虚拟学习空间，线下打造“一站式”融合场景，打破场景边界，让终身学习融入日常生活，真正实现人的全面发展。

（二）数字化转型与平台构建

当前数字经济与实体经济深度融合，中小城市及基层区域的终身学习市场潜力巨大，新华书店可依托区域经济发展差异，构建分层级数字化平台，针对经济发达地区，打造高端化、个性化学习平台，提供付费定制服务。例如，针对基层区域，推出低成本、普惠性平台，依托政府公共文化资金扶持，降低运营成本，同时通过平台流量变现、广告合作等模式，实现商业模式可持续，兼顾普惠性与经济效益。大数据、云计算、人工智能、移动互联网等技术的成熟应用，为数字化平台的构建提供了核心支撑，能够实现平台的功能优化、服务升级，如大数据分析用户需

求、AI 智能荐课、云端资源存储等，5G 技术的普及更提升了平台的传输速度和稳定性，为沉浸式学习、实时互动学习提供了保障。《网络安全法》《数据安全法》等法律法规，规范了数字化平台的数据收集、存储、使用等行为，保障用户隐私和数据安全，《出版物市场管理规定》则规范了平台上的内容审核，确保学习资源的合法性、合规性。新华书店具有天然优势，在经济、技术与法律三个层面发力，必将开创中国式、现代化的未来生态。

（三）服务创新与价值创造

服务创新是新华书店数字化转型的核心动力，也是构建终身学习服务体系、实现价值创造的关键。终身学习理念深入人心，群众的学习需求从“被动接受”向“主动参与”转变，对服务的个性化、互动性、便捷性要求不断提升，这为服务创新提供了明确导向。居民文化消费能力的提升，让群众愿意为个性化、高品质的终身学习服务付费，推动新华书店创新服务产品，如付费课程、一对一辅导、定制化学习方案等，实现经济效益提升。新华书店聚焦群众需求，依托技术创新优化服务模式，兼顾社会效益与经济效益，实现价值创造的良性循环，推动终身学习服务体系不断完善。

三、服务国家战略的增长模式探索

（一）三农服务的价值链整合

乡村振兴是中国式现代化的重要战略，服务“三农”是新华书店履行社会责任、服务国家战略的重要体现。对此，新华书店应通过数字化转型，整合三农服务价值链，搭建“文化+农业”的服务平台，助力乡村振兴战略实施，实现自身增长模式的创新。依托数字化平台，整合农业技术、种植养殖知识、农产品市场信息等资源，推出适配农村群众需求的数字化阅读资源和在线培训课程，通过线上直播、短视频等形式，为农村群众提供农业技术指导、市场信息解读等服务，提升农村群众的农业生产技能和市场竞争力。还要打破文化产品与农产品销售的界限，搭建“知识+特产”的助农平台，助力农产品上行，如呼和浩特市新华书店入驻绿色农畜产品通用提货券平台，台州市新华书店携手供销社打造“文化+助农”门店，宜昌、钦州等地新华书店通过直播带货推广当地农产品，实现“送文化”向“种文化”“促增收”转变，为中国式现代化农村建设贡献力量。

（二）科技融合与产业升级

科技强国是中国式现代化的核心战略之一，科技融合是新华书店数字化转型、实现产业升级的关键路径。新华书店应主动拥抱数字科技，推动科技与文化产业深度融合，优化产业结构、提升产业竞争力，探索服务国家科技战略的增长模式。具体要加大对大数据、人工智能、云计算、虚拟现实等先进技术的投入，将其应用于图书采购、库存管理、营销推广、服务供给等各个环节，提升运营效率和服务质量。与科技企业合作研发数字化阅读设备和平台，与教育企业合作开展在线教育服务，与文化企业合作打造文创产品、数字内容等，实现产业协同发展。依托数字化技术，推动新华书店从传统图书发行企业向综合性文化科技企业

转型，优化产业结构，提升产业附加值，如山东新华通过科技融合实现转型升级，八年来资产总额、营业收入、利润总额均实现翻倍增长，总体经济规模保持全国发行集团第一方阵。

（三）生态圈构建与协同发展

中国式现代化强调协同发展，新华书店数字化转型加强与出版社、印刷厂、物流企业等产业链上下游主体的数字化协同，构建“出版—发行—物流—消费”的数字化产业链，实现资源共享、优势互补。例如，与出版社建立数字化对接机制，实现图书内容的实时同步和精准推送；与物流企业合作搭建数字化物流平台，优化物流配送流程，提升配送效率，确保图书和数字化产品及时送达用户手中。或者与政府部门、高校、科研机构、社区、企业等相关主体的协同合作，构建“政府引导、企业主导、社会参与”的协同发展生态圈。以此突破新华书店本身的功能局限，在多个领域、多个

层面凸显优势，加快数字化转型，推动整个文化行业、社会与国家的和谐发展，形成良性竞争、协同发展的格局。

四、结论与建议

中国式现代化视域下，新华书店数字化转型是践行精神文明建设要求、服务国家战略、满足人民群众精神文化需求的必然选择，PESTEL 分析框架下的政策、经济、社会、技术、环境、法律六大因素相互作用、协同发力，既为新华书店数字化转型提供了机遇，也带来了挑战。相关书店必须响应时代号召，立足意识形态主阵地定位，结合宏观环境变化，通过模式创新、服务升级、生态构建，实现社会效益与经济效益的统一，为推进文化自信自强、建设社会主义文化强国注入新动能。

参考文献

[1] 南洋. 华北新华书店总店：参与创办新中国新华书店总店 [J]. 共产党员（河北），2024，(23):52-54.

[2] 梁晔." 双碳 " 目标下的第五立面景观生态设计研究 —— 以淮南新华书店为例 [J]. 淮南师范学院学报，2024，26(03):105-110.

[3] 江妍. 新零售模式下传统书店改革探索 —— 以新华书店为例 [J]. 商场现代化，2024，(06):32-34.

[4] 梁晓云，刘树老. 客家土楼建筑文化在书店空间设计中的应用 —— 以新华书店 " 光的空间 " 为例 [J]. 城市建筑，2024，21(01):217-220.

[5] 刘凤岭. 省新华书店：做到 " 五个抓实 " 扛起管党治企政治责任 [J]. 共产党员（河北），2023，(10):36.

[6] 江翠平，路小静. 海外新华书店的公共文化空间构建 [J]. 出版发行研究，2023，(04):78-84.

[7] 林薇. 传承红色基因续写新华篇章 —— 新时代宁夏新华书店高质量发展路径浅谈 [J]. 新闻传播，2022，(21):95-97.

[8] 孙思琪. 新零售时代零售行业市场营销存在的问题及对策 —— 以 A 省新华书店为例 [J]. 现代营销（学苑版），2021，(18):52-53.

[9] 葛天琪，郑力鹏. 我国书店的发展历程及建筑空间的演变 —— 以广州书店为例 [J]. 美与时代（城市版），2021，(05):1-4.

[10] 周挥辉，毛军刚. 新华书店的迭代升级与品牌振兴研究 [J]. 中国编辑，2020，(11):44-48.

总体国家安全观视域下大学生网络意识形态治理对策研究

邹培杰

温州大学, 浙江 温州 325000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060033

摘 要 : 人工智能与大数据时代, 网络意识形态安全日渐成为国家安全体系的重要组成部分, Z 世代大学生作为网络原住民, 其思想动态与价值取向直接关系到国家意识形态安全与未来发展。浙江作为互联网产业高地, 大学生面临的网络信息环境更为复杂, 高校网络意识形态治理任务艰巨。本研究以总体国家安全观为指导, 系统分析大学生网络意识形态治理的现实困境, 结合浙江地域特色探索多元协同的治理路径。研究发现, 当前高校网络意识形态治理仍存在治理理念滞后、协同机制缺失、技术赋能不足等问题, 基于此构建政府 - 社会 - 高校 - 学生多元协同的治理模型, 提出针对性治理对策, 为新时代高校网络意识形态治理实践提供理论参考与实践范式。

关 键 词 : 总体国家安全观; 大学生; 网络意识形态; 治理对策; 多元协同

Countermeasures of College Students' Network Ideology Governance under the Perspective of National Security

Zou Peijie

Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325000

Abstract : In the era of artificial intelligence and big data, cybersecurity has become a critical component of national security systems. As digital natives, Generation Z college students' ideological trends and value orientations directly impact national ideological security and future development. Zhejiang, as a hub for internet industries, faces more complex online information environments for its students, making university cybersecurity governance particularly challenging. Guided by the holistic national security concept, this study systematically analyzes the practical challenges in managing college students' online ideology and explores collaborative governance approaches tailored to Zhejiang's regional characteristics. The research identifies persistent issues including outdated governance philosophies, lack of coordination mechanisms, and insufficient technological empowerment. Based on these findings, a multi-stakeholder governance model integrating government, society, universities, and students is proposed, along with targeted countermeasures. This study provides theoretical references and practical frameworks for advancing university cybersecurity governance in the new era.

Keywords : holistic national security concept; college students; online ideology; governance strategies; multi-stakeholder collaboration

引言

2014年4月15日, 习近平总书记创造性提出总体国家安全观, 为新时代国家安全工作确立了根本遵循和行动指南。^[1] 在大国战略博弈持续加剧、网络空间成为意识形态斗争主阵地的当下, 意识形态领域的安全风险呈现出网络化、碎片化、圈层化的新特征, 网络意识形态治理成为维护国家政治安全、文化安全的核心环节。^[2] Z 世代大学生成长于互联网时代, 其学习生活、价值塑造与网络空间深度绑定, 极易受到网络中历史虚无主义、泛娱乐化、极端个人主义等错误思潮的侵蚀, 成为网络意识形态治理的重点群体。^[3] 在此背景下, 将总体国家安全观这一宏观指导思想具体化、操作化应用于大学生网络意识形态治理领域, 超越传统说教式的管理模式, 引入“治理”理念构建多元协同的治理体系, 具有重要的理论价值与实践意义。

一、总体国家安全观与大学生网络意识形态治理的内在契合

总体国家安全观以人民安全为宗旨、政治安全为根本，统筹传统与非传统安全，其核心要义与大学生网络意识形态治理高度契合。网络意识形态安全作为非传统安全重要范畴，大学生网络意识形态治理以培育时代新人为目标，抵制境外渗透和网络错误思潮、守住高校意识形态阵地，是坚守国家政治安全的必然要求，也实现了个人发展与国家安全的统一。^[4] 总体国家安全观的“总体性”“系统性”要求，决定了大学生网络意识形态治理并非高校单一职责，而是涵盖政府、社会、高校、学生多元主体，涉及教育、技术、制度等多维度的系统工程，需各方协同发力形成立体化治理体系。面对网络空间意识形态斗争新形势，总体国家安全观提出的底线思维要求，指引高校精准识别历史虚无主义、网络谣言等风险，健全监测预警干预机制，同时与时俱进创新治理理念、方法与载体，提升治理精准性和有效性。^[5-6]

二、大学生网络意识形态治理的现实困境——基于浙江省高校的调研分析

本研究通过问卷调查、访谈等方法，对浙江省多所高校的大学生网络意识形态现状及治理情况开展调研，调研对象涵盖不同年级、不同专业的大学生及高校教师、辅导员等，共发放问卷800份，回收有效问卷765份。结合调研结果，梳理出当前大学生网络意识形态治理面临的主要现实困境。

（一）治理理念滞后，内容与载体缺乏创新

部分高校仍停留在传统“管控式”管理层面，将网络意识形态工作等同于舆情管控，重封堵惩处、轻价值引领与主体赋能，且缺乏与政府、社会、家庭的协同联动，与总体国家安全观的系统治理要求相悖，也难以适应Z世代大学生的思想特征，无法实现治理长效化。同时，治理内容存在同质化、形式化问题，多以抽象教条的理论灌输为主，与大学生日常生活、专业学习结合不紧密；载体依赖传统网络平台，缺乏短视频、直播等大学生喜闻乐见的形式，且未结合浙江数字经济特色利用本土资源，吸引力与针对性不足。

（二）技术赋能不足，风险识别能力薄弱

互联网人工智能时代，网络意识形态风险表现更隐蔽、传播路径更多元，历史虚无主义、境外渗透等借助短视频、小众社交平台等传播，但部分高校仍以人工监测为主，缺乏大数据、人工智能等技术赋能，未搭建专业监测预警平台。此外，高校思政工作队伍数字素养偏低，缺乏运用大数据分析学生思想动态、识别风险的能力，导致风险发现滞后、研判不准、干预不及时，难以防范化解突发风险。

（三）协同机制缺失，治理队伍能力不足

网络意识形态治理需四方主体协同发力，但当前协同机制不健全，各方“各自为战”：政府专项指导与资源支持不足，社会主体参与度低，高校校内各部门协同不畅，学生主体作用未充分

发挥。同时，复合型治理人才匮乏，思政工作队伍多缺乏网络技术、舆情研判等专业能力，且高校专项培训不足，加之工作任务繁重，缺乏时间精力开展专项研究与实践，制约了治理质量与效能。

三、总体国家安全观视域下大学生网络意识形态治理的对策路径

基于总体国家安全观的核心要义与系统思维，结合浙江省高校网络意识形态治理的现实困境与浙江地域特色，本研究构建“政府引导、社会参与、高校主导、学生主体”的多元协同治理模型，从理念转型、技术赋能、机制构建、内容创新、队伍建设五个方面提出针对性治理对策，推动大学生网络意识形态治理工作提质增效。

（一）转变治理理念，树立系统治理与底线思维相结合的理念

总体国家安全观要求运用系统思维统筹各方面工作，同时坚持底线思维防范化解重大风险。高校作为大学生网络意识形态治理的主导主体，首先要完成从“管控式管理”到“系统性治理”的理念转型，将网络意识形态治理纳入学校整体发展规划与人才培养体系，贯穿于教育教学、管理服务、校园文化建设的全过程。既要树立系统治理理念，打破“单一主体、单向发力”的治理模式，强化“多元协同、全方位治理”的意识，将价值引领、能力培养、制度保障、技术防控有机结合，实现治理工作的系统化、规范化。也要牢固树立底线思维，增强风险意识与忧患意识，将防范化解网络意识形态领域的重大风险作为治理工作的重中之重，精准识别历史虚无主义、境外意识形态渗透等各类风险的表现形式与传播路径，建立健全风险防控体系，守住网络意识形态安全的底线。同时，坚持“以生为本”的治理理念，将大学生的成长成才与国家安全有机结合，注重发挥大学生的主体作用，实现从“被动管理”到“主动参与”的转变。

（二）强化技术赋能，构建智能化的网络意识形态风险防控体系

结合浙江数字经济发达的地域特色，充分利用大数据、人工智能、云计算等现代信息技术，构建智能化的网络意识形态风险防控体系，提升风险识别、监测、预警与干预的精准性与实效性。高校一是可以联合浙江本地互联网企业、科技公司，搭建大学生网络意识形态风险监测预警平台，整合校园网络、大学生常用社交平台、短视频平台等数据资源，通过关键词抓取、情感分析、传播路径追踪等技术手段，实现对网络意识形态风险的实时监测、精准研判与提前预警；二是运用大数据技术分析大学生的网络行为、信息获取渠道、价值取向等，建立大学生思想动态数据库，实现对大学生思想状况的精准画像，为个性化的价值引导与风险干预提供数据支撑；三是加强校园网络平台的技术防护，提升对不良信息的过滤、封堵能力，从技术层面切断网络错误思潮的传播渠道。同时，注重技术伦理建设，坚持技术赋能与价值引领相统一，防止技术滥用对大学生思想自由的过度干预。

（三）构建协同机制，形成政府－社会－高校－学生多元共治格局

以总体国家安全观的系统思维为指导，健全多元主体协同治理机制，打破主体之间的壁垒，实现政府、社会、高校、学生四方主体的优势互补、联动发力，形成“人人有责、人人尽责、人人享有”的多元共治格局。从政府层面，网信、教育等相关主管部门应加强顶层设计，出台针对高校网络意识形态治理的专项指导意见，建立协调联动机制，加强对高校网络意识形态治理工作的督导与评估，推动政策落地见效，进一步加强对网络不良信息的审核管控，营造清朗的网络空间。从社会层面，充分发挥浙江互联网企业、媒体机构等社会主体的作用，建立高校与社会主体的合作机制，互联网企业可为高校提供技术支持与实践平台，媒体机构可参与优质网络文化内容创作等，形成全社会共同参与网络意识形态治理的良好氛围。从高校层面，建立校内宣传、学工、思政课教学、团委等部门的协同工作机制，明确各部门的职责分工，加强工作对接与配合，形成校内治理合力。从学生层面，充分发挥学生骨干、学生社团、青马工程学员的先锋模范作用，建立大学生网络意识形态自我教育、自我管理、自我监督工作机制，开展网络文明志愿者、网络舆情观察员等活动，引导大学生主动参与网络意识形态治理，自觉抵制不良网络信息，成为校园网络安全主理人。

（四）创新治理内容与载体，增强教育引导的针对性与吸引力

结合 Z 世代大学生的思想行为特征，创新网络意识形态治理的内容与载体，推动理论教育与实践教育相结合、线上教育与线下教育相融合，增强教育引导的针对性、吸引力与感染力。将总体国家安全观与大学生的专业学习、日常生活、职业发展相结合，挖掘浙江本地的红色资源、数字经济发展成果、共同富裕实践案例等，深化“行走的思政课”改革，将抽象的理论转化为具体的实践案例，让大学生在感受身边变化中坚定理想信念。进一步加强大学生网络媒介素养、网络法治素养教育，提升大学生的网络辨别能力、自我保护能力与法治意识，针对网络历史虚无主义、泛娱乐化等错误思潮，开展专题辨析活动，引导大学生明辨

是非、坚定立场。同时，充分利用短视频、直播、小红书、抖音等大学生喜闻乐见的网络平台，发动朋辈主体创作推出一批兼具思想性、趣味性、互动性的网络文化产品，打造校园网络文化品牌，传播校园正能量，营造清朗的校园网络空间。

（五）加强队伍建设，打造高素质复合型的网络意识形态治理队伍

思政工作队伍是大学生网络意识形态治理的核心力量，结合治理工作的政治性、技术性、实践性要求，加强队伍建设，打造一支政治强、业务精、作风正、懂技术、善治理的高素质复合型治理队伍。优化队伍结构，鼓励思政教师、辅导员通过网络意识形态治理专项培训转型为兼具马克思主义理论功底与网络技术、大数据分析等专业能力的复合型人才，充实网络意识形态治理队伍。完善激励机制，高校建立网络意识形态治理工作的考核评价与激励机制，将网络意识形态治理工作纳入思政工作队伍的绩效考核体系，对在治理工作中表现突出的个人与集体予以表彰奖励，激发队伍的工作积极性与创造性；同时，为思政工作队伍开展专项研究提供经费、时间等保障，鼓励队伍开展网络意识形态治理的理论与实践研究，以研究促实践、以实践提能力。

四、结论与展望

总体国家安全观为新时代大学生网络意识形态治理确立了价值导向、构建了系统框架、明确了实践要求，将总体国家安全观融入大学生网络意识形态治理全过程，是维护国家意识形态安全、培养担当民族复兴大任时代新人的必然要求。大学生网络意识形态治理是一项系统工程，需要打破单一主体的治理局限，充分发挥政府、社会、高校、学生的多元主体作用，实现治理理念、治理方法、治理载体的全面创新，同时结合地域特色挖掘本土资源，提升治理工作的针对性与实效性。未来，结合人工智能、大语言模型等新一代信息技术的发展，进一步探索数字技术与网络意识形态治理的深度融合路径，不断提升治理的智能化、精准化水平，推动大学生网络意识形态治理工作不断迈上新台阶。

参考文献

- [1] 习近平. 习近平著作选读（第一卷）[M]. 北京，人民出版社，2023.
- [2] 伍志燕. 网络强国战略下中国共产党网络意识形态生态治理能力：逻辑、样态及效能[J]. 贵州师范大学学报（社会科学版），1-11.
- [3] 赵巍. 网络圈群视域下提升大学生主流意识形态认同策略研究[J]. 传播与版权，2025，(23): 82-85.
- [4] 王圆圆. 习近平关于网络意识形态安全重要论述的理论精髓与实践路径[J]. 哈尔滨学院学报，2025，46(09): 1-5.
- [5] 张皓凝. 新时代网络意识形态风险防范的现实意义、面临挑战和实践路径[J]. 陕西教育（高教），2025，(01): 10-12.
- [6] 洪晓楠，翟思羽. 国内网络意识形态研究的学术图景、热点演进及未来展望：基于科学知识图谱的分析[J]. 中国社会科学院大学学报，2024，44(10): 23-42+160-161+165.

基于频率跟踪的超声波电源研究

李光洋

四川 德阳 618000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060037

摘 要： 频率跟踪是影响超声波电源的重要技术指标，跟踪速度对焊接质量与效率具有直接影响。高频率的超声波能带来更好的处理效果，如在精密加工、医疗成像等领域。大功率的电源则能满足大型工业设备需求，提升生产效率。本文阐述频率跟踪的基本原理，分析频率跟踪对超声波电源的重要性，介绍常见频率跟踪方法，探讨基于三种频率技术的超声波电源的设计。经过仿真验证与实验得出，此方法在跟踪精度、响应时间、功率稳定性上表现出色，适配现实应用需求。

关 键 词： 频率跟踪；超声波电源；控制方法

Research on Ultrasonic Power Supply Based on Frequency Tracking

Li Guangyang

Deyang, Sichuan 618000

Abstract： Frequency tracking is a crucial technical indicator affecting ultrasonic power supplies, and the tracking speed has a direct impact on welding quality and efficiency. High-frequency ultrasound can achieve better processing results, such as in precision machining, medical imaging and other fields. High-power power supplies can meet the needs of large-scale industrial equipment and improve production efficiency. This paper elaborates on the basic principle of frequency tracking, analyzes its importance to ultrasonic power supplies, introduces common frequency tracking methods, and discusses the design of ultrasonic power supplies based on three frequency technologies. Through simulation verification and experiments, it is concluded that this method performs excellently in tracking accuracy, response time and power stability, and is suitable for practical application requirements.

Keywords： frequency tracking; ultrasonic power supply; control methods

近年来，随着数字技术和智能控制算法的飞速发展，频率跟踪技术取得了重大突破。数字信号处理（DSP）、现场可编程门阵列（FPGA）等先进技术被广泛应用于超声波电源中，实现了更加灵活、精准的频率跟踪。同时，智能控制算法如模糊控制、神经网络控制等的引入，进一步提升了频率跟踪的性能，使超声波电源能够更好地适应复杂多变的工作环境。

一、频率跟踪的基本原理

频率跟踪旨在让超声波电源输出频率紧跟换能器谐振频率变化，确保系统高效稳定运行，常见的频率跟踪原理有基于相位差和电流反馈等^[1]。基于相位差的原理是利用换能器两端电压与电流的相位关系，控制电路依据相位差的大小和方向，相应地调整电源输出频率，使相位差趋近于零，从而让电源输出频率与换能器谐振频率重新保持一致，实现频率跟踪。基于电流反馈的原理则聚焦于换能器电流的变化^[2]。控制系统根据预设的电流阈值和实际检测到的电流值进行比较分析，判断频率是否偏离谐振点。若偏离，控制系统会调整电源输出频率，使电流恢复到谐振状态下的设定值，以此保证电源输出频率始终跟踪换能器的谐振频率^[3]。

二、频率跟踪技术的重要性

频率跟踪技术对超声波电源意义重大。在提升效率方面，换能器工作时，其谐振频率会因发热、负载变化等因素漂移。若超声波电源输出频率与换能器谐振频率不一致，电能到声能的转换效率就会降低。频率跟踪技术能实时调整电源输出频率，使之与换能器谐振频率保持一致，确保能量高效转换，减少电能损耗，提高能源利用率^[4]。

在稳定性上，频率跟踪技术可有效避免因频率失配引发的系统不稳定。当电源输出频率偏离换能器谐振频率时，可能导致系统振动异常、噪声增大，甚至引发设备故障。通过频率跟踪，能使超声波电源在各种工况下都保持稳定运行，降低设备损坏风

险，延长设备使用寿命。

频率跟踪技术还能增强超声波电源对不同工作环境和负载条件的适应性，确保在复杂多变的实际应用场景中，都能可靠、高效地工作，为超声波技术在各领域的广泛应用提供有力支撑。

三、常见频率跟踪方法分析

（一）锁相法

频率跟踪精度较高，能够实现较为精确的频率锁定，可使电源输出频率与换能器谐振频率高度匹配，有效提升系统的稳定性和能量转换效率。跟踪速度相对较快，能够在短时间内对频率变化做出响应，适应一定程度的频率波动^[9]。技术相对成熟，在实际应用中积累了丰富的经验，可靠性有一定保障。

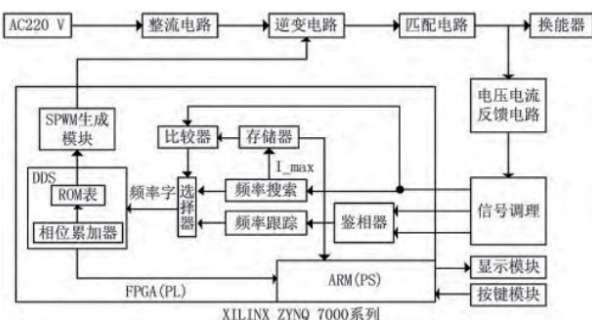
（二）双参数联合控制法

结合了相位和电流等多个参数的信息，综合判断频率是否处于谐振状态，相比单一参数控制更加准确可靠，能有效扩大频率跟踪范围。对多峰超声振动系统具有较好的适应性，可在不同的谐振峰之间实现稳定的频率跟踪，提高了系统的通用性。控制策略相对灵活，可以根据不同的应用场景和需求。

四、基于不同技术的频率跟踪超声波电源设计

（一）基于 FPGA 的宽频超声波电源设计

基于 FPGA 的宽频超声波电源系统主要由 FPGA 芯片、信号调理电路、功率放大电路、换能器以及反馈检测电路等部分构成，其工作流程如下：首先，FPGA 芯片根据预设的参数和反馈信号，生成特定频率和占空比的 PWM 信号。这些 PWM 信号经过信号调理电路进行电平转换、滤波等处理后，输入到功率放大电路。功率放大电路对信号进行功率放大，将放大后的信号施加到换能器上，驱动换能器产生超声波。在换能器工作过程中，反馈检测电路实时采集换能器的电流、电压等信号，并将这些信号反馈给 FPGA 芯片。FPGA 芯片根据反馈信号，实时调整 PWM 信号的频率和占空比，以实现超声波电源输出频率的精确控制和跟踪^[6]。



图：宽频超声波电源系统结构图

基于 FPGA 的宽频超声波电源具有显著优势。FPGA 具有高度的灵活性和可重构性，能够方便地实现各种复杂的控制算法和功能，适应不同的应用需求^[7]。通过对 FPGA 进行编程，可以轻

松调整超声波电源的输出频率范围、精度以及其他性能参数。此外，FPGA 的处理速度快，能够实时响应换能器的频率变化，实现快速的频率跟踪。同时，基于 FPGA 的设计还可以减少硬件电路的复杂度，提高系统的可靠性和稳定性，降低成本，为超声波电源在宽频领域的应用提供了有力支持。

（二）基于微分环节锁相环的超声波电源设计

传统锁相环在面对快速变化的频率时，可能存在响应速度不足、跟踪精度受限等问题。微分环节的引入，旨在增强锁相环对频率变化的敏感度和响应能力^[8]。通过对输入信号进行微分处理，能够更敏锐地捕捉到频率的微小变化趋势，从而为后续的频率调整提供更准确的依据。首先要对超声波电源输出频率和换能器的谐振频率进行初调节匹配，为后续精确跟踪奠定基础。接着，检测换能器输出的电流信号，该信号将作为微分环节锁相环的输入信号。利用专门的电路或算法对输入的电流信号进行微分运算，得到反映频率变化率的信号。将此微分信号与锁相环的其他部分协同工作，通过鉴相器比较输入信号与反馈信号的相位差，再经过环路滤波器对误差信号进行处理，最终根据处理后的信号生成驱动信号。这种设计增强了电源对不同负载条件和工作环境的适应性，确保在复杂工况下依然能稳定、高效地工作，提升了整个超声波电源系统的性能和可靠性。

（三）基于模糊 PI 控制技术的超声波电源设计

在超声波电源设计中，模糊 PI 控制技术为实现高效、稳定的频率跟踪提供了新的途径。其硬件电路设计是实现该控制技术的基础^[9]。硬件电路主要包括信号采集模块、微控制器、驱动电路以及功率放大电路等部分。信号采集模块负责采集换能器的电流、电压信号以及电源的输出频率信号等关键参数。这些信号经过调理后，被传输至微控制器。微控制器作为核心部分，采用具备强大运算能力的芯片，如高性能的单片机或 DSP 芯片，以满足模糊 PI 控制算法的复杂运算需求。它接收采集到的信号，并依据模糊 PI 控制算法进行处理，生成相应的控制信号。驱动电路则将微控制器输出的控制信号进行放大和转换，使其能够驱动功率放大电路中的功率器件，如 MOSFET 等。功率放大电路将输入的信号进行功率放大，为换能器提供足够的能量，确保换能器能够正常工作。软件程序设计是模糊 PI 控制技术的核心。需要对采集到的信号进行分析和处理，获取频率偏差和偏差变化率等关键信息。然后，将这些信息作为模糊 PI 控制器的输入变量。在模糊 PI 控制器中，通过定义模糊集合和隶属度函数，将精确的输入变量模糊化。通过硬件电路与软件程序的协同工作，模糊 PI 控制技术能够有效提高超声波电源的频率跟踪性能，增强系统对不同工况的适应性，实现稳定、高效的运行^[10]。

五、频率跟踪超声波电源的性能测试与实验分析

为深入探究频率跟踪超声波电源性能，开展具体实验。实验选用基于 FPGA 的宽频超声波电源作为测试对象，搭配特定型号换能器，设定负载条件模拟实际应用场景。

实验过程中，先对频率跟踪范围进行测试。逐步改变换能器

谐振频率，从较低频率缓慢提升至较高频率，同时观察电源输出频率的跟踪情况。实验数据显示，在轻负载条件下，电源能够稳定跟踪换能器谐振频率从 20kHz 到 80kHz 的变化范围；在重负载条件下，频率跟踪范围略有缩小，为 25kHz 到 75kHz。这表明该电源在不同负载下均具备一定的频率跟踪能力，且轻负载时表现更优。

接着测试频率跟踪精度。在多个不同频率点上，使用高精度频率测量仪器分别测量电源输出频率和换能器谐振频率。经多次测量统计，在整个频率跟踪范围内，频率偏差平均值控制在 $\pm 50\text{Hz}$ 以内，最大值不超过 $\pm 100\text{Hz}$ 。这一结果说明电源输出频率与换能器谐振频率接近程度较高，频率跟踪精度良好。

响应时间测试方面，通过瞬间改变换能器谐振频率，记录电源输出频率的响应情况。多次实验数据表明，电源对换能器谐振频率变化的平均响应时间约为 50ms，能够快速对频率变化做出响应。

在输出功率稳定性测试中，在不同频率和负载条件下，电源输出功率波动范围控制在 $\pm 3\%$ 以内，展现出较好的输出功率稳定性。

综合实验数据与结果可知，基于 FPGA 的宽频超声波电源在频率跟踪范围、精度、响应时间以及输出功率稳定性等方面均有出色表现，能够满足多数实际应用场景的需求。

六、结论

综上所述，基于 FPGA 的宽频超声波电源虽性能良好，但仍有可提升空间。频率跟踪精度虽能满足多数场景，但在一些对精度要求极高的应用中，仍有优化必要。这或许是反馈检测电路存在一定噪声干扰，影响了信号的准确性。可增加信号滤波环节，采用更先进的滤波算法，去除噪声干扰，提高反馈信号的质量。响应时间方面，虽然平均响应时间较短，但在某些快速频率变化的场景下，可能还不够迅速。可进一步优化 FPGA 的控制算法，减少信号处理的延迟，提高系统对频率变化的响应速度。输出功率稳定性方面，虽波动范围在可接受范围内，但为了适应更复杂的工况，可引入智能功率调节算法，根据负载和频率变化实时调整功率输出，进一步提高输出功率的稳定性。

参考文献

- [1] 邓孝祥, 刘晓东. 超声波电源频率跟踪系统的研究 [J]. 中国新技术新产品, 2024, (02): 11-13.
- [2] 康智斌. 超声波电源频率闭环跟踪控制方法 [J]. 电力电子技术, 2023, 57 (02): 44-46+104.
- [3] 姜朝晨, 王洪岩, 高国丽. 超声波电源控制系统的研究 [J]. 无线互联科技, 2022, 19 (23): 42-44.
- [4] 范鹏, 周俊雄, 刘子源, 等. 超声波频率追踪方法综述 [J]. 电声技术, 2022, 46 (08): 1-5.
- [5] 彭皆彩, 王宾, 石晓艳, 等. 基于高精 PWM 的超声波电源频率跟踪控制 [J]. 佳木斯大学学报 (自然科学版), 2021, 39 (03): 137-140+158.
- [6] 刘宁庄, 张宏滨, 许龙, 等. 基于 FPGA 的超声波电源功率测量研究与设计 [J]. 电力电子技术, 2022, 56 (10): 69-71.
- [7] 付为伟, 黄海波, 冯浩文, 等. 基于 FPGA 的超声波焊接电源信号源设计 [J]. 湖北汽车工业学院学报, 2022, 36(01): 52-57+62.
- [8] 刘宁庄, 张文婧, 许龙, 等. 数字锁相环频率跟踪控制方法的优化设计 [J]. 电力电子技术, 2023, 57 (11): 19-22.
- [9] 黄秋霖. 基于模糊 PI 的超声电源频率跟踪系统研究 [J]. 现代计算机, 2019, (28): 80-83.
- [10] 李素玲, 白书华. 基于模糊 PI 算法的频率自动控制系统设计 [J]. 南昌大学学报 (理科版), 2022, 46 (05): 577-582.

测绘工程技术在智慧城市建设中的创新应用

陈芸

山东信邦地理信息科技有限公司, 山东 泰安 271600

DOI: 10.61369/SSSD.2026060039

摘 要 : 智慧城市建设面临数据孤岛、技术更新滞后、人才短缺及数据安全隐患等问题。基于此, 本文深入探究了测绘工程技术在智慧城市建设中应用的意义和策略, 旨在通过测绘工程、激光雷达、遥感等先进技术, 实现地理空间数据的实时采集与深度融合, 为智慧城市提供精准、动态的决策支持, 推动城市治理现代化与可持续发展。

关 键 词 : 测绘工程技术; 城市建设; 技术创新

Innovative Applications of Surveying and Mapping Engineering Technology in Smart City Construction

Chen Yun

Shandong Xinbang Geomatics Technology Co., Ltd., Tai'an, Shandong 271600

Abstract : Smart city construction is confronted with problems such as data silos, backward technological updates, talent shortages and potential data security risks. Based on this, this paper conducts an in-depth exploration of the significance and strategies of applying surveying and mapping engineering technology in smart city construction. It aims to realize the real-time collection and in-depth integration of geospatial data through advanced technologies such as surveying and mapping engineering, LiDAR (Light Detection and Ranging) and remote sensing, so as to provide accurate and dynamic decision support for smart cities and promote the modernization and sustainable development of urban governance.

Keywords : surveying and mapping engineering technology; urban construction; technological innovation

引言

国家发展改革委等部门关于印发《深化智慧城市发展推进全域数字化转型行动计划》的通知中明确指出深化“一网统管”建设, 构建城市运行体征指标体系, 建立数据赋能、分级协作、闭环落实的智慧高效治理机制; 鼓励有条件的城市建设数字化城市综合运行和治理中心, 探索建立基于智能中枢的多级贯通智能化平台, 推进城市运行、综合治理、交通管理、应急管理等系统互联接入, 提升监测预警、事件流转、指挥调度、决策支持等核心能力; 加强基础平台功能整合、协同发展, 完善城市信息模型(CIM)平台; 强化实景三维中国数据开发利用; 推动国土空间信息模型(TIM)、城市信息模型(CIM)、建筑信息模型(BIM)等在城市管理中的应用; 加快城市运行管理服务平台建设, 完善城市运行管理工作机制, 探索实施全流程数字化报建, 推进建立历史文化街区、建筑物、地下管廊等数字档案; 构建房屋安全隐患动态监测和智能预警技术体系, 提升房屋建筑管理智慧化水平^[1]。企业应该根据国家的政策性文件进行智慧城市建设, 这样才能够更好地推动城市向智慧化发展。

一、测绘工程技术在智慧城市建设中应用的意义

(一) 提供精准空间信息基础

智慧城市的建设依赖于对城市各类要素的精确感知与定位, 测绘工程技术能够获取高精度的地理空间信息, 为智慧城市构建起坚实的数据基石^[2]。通过先进的测绘手段, 如全球导航卫星系统(GNSS)、激光雷达扫描等, 可以精确测定城市中建筑物、道路、桥梁等基础设施的三维坐标, 以及地形地貌的详细特征^[3]。

(二) 助力城市规划科学决策

在城市规划阶段, 测绘工程技术能够提供土地利用情况、建筑密度、交通流量分布等全面的城市现状信息, 从而使规划者能够更好地融合空间数据和其他经济数据进行分析, 模拟出不同的规划方案, 评估对城市发展、生态环境、交通出行等方面的影响; 在城市建设阶段, 规划者能够更好地运用高精度的全站仪、三维激光扫描仪等测绘技术, 来对施工现场进行详细的地形测绘和建筑定位放样, 从而更好地建设出更加科学合理、符合城市长

远发展需求的建筑^[4]。

二、测绘工程技术在智慧城市建设中应用的策略

（一）加强技术创新与融合

随着科技的不断发展，测绘工程技术也在不断更新换代。为了更好地满足智慧城市建设的需求，需要加强测绘技术与新兴技术的创新融合。例如，将测绘技术与大数据、云计算、人工智能等技术相结合，实现测绘数据的高效存储、处理和分析。利用大数据技术对海量的测绘数据进行挖掘和分析，提取有价值的信息，为智慧城市建设提供更深入的决策支持。

（二）建立统一的数据标准与共享平台

智慧城市建设涉及多个部门和领域，需要大量的测绘数据支持。为了实现测绘数据的有效共享和协同应用，需要建立统一的数据标准和共享平台。制定规范的数据格式、坐标系统和元数据标准，确保不同来源的测绘数据能够无缝对接和集成。同时，搭建统一的测绘数据共享平台，实现数据的集中管理和共享发布，方便各部门和用户获取和使用测绘数据。

（三）培养高素质专业人才队伍

测绘工程技术在智慧城市建设中的应用需要具备专业知识和技能的高素质人才。因此，需要加强测绘专业人才的培养，提高人才的综合素质和创新能力^[5]。高校和职业院校应优化测绘专业课程设置，增加与智慧城市建设相关的课程内容，如地理信息系统、遥感技术、大数据分析等，培养学生的跨学科知识和实践能力。同时，企业应加强对在职人员的培训和继续教育，鼓励员工参加学术交流和培训活动，及时了解行业最新技术和发展动态，提升员工的专业水平和业务能力，更好地应用到城市建设当中^[6]。

（四）强化政策支持与引导

政府在智慧城市建设中发挥着重要的引导和推动作用。为了促进测绘工程技术在智慧城市建设中的应用，政府应出台相关的政策措施，加大对测绘技术研发和应用的支持力度。例如，设立专项科研基金，鼓励科研机构和企业开展测绘技术创新研究；制定优惠政策，引导社会资本投入测绘领域，推动测绘产业的发展；加强对测绘数据安全和隐私保护的监管，保障测绘数据的合法使用和安全共享^[7]。通过政策支持与引导，为测绘工程技术在智慧城市建设中的应用创造良好的政策环境和发展条件，从而使城市更好地进行建设。

三、测绘工程技术在智慧城市建设中的创新应用

（一）三维城市建模与可视化应用

传统的二维地图已难以满足智慧城市对空间信息直观、立体表达的需求。测绘工程技术可以通过雷达扫描、倾斜摄影测量等技术获取城市地物的三维数据，从而更好地建立起逼真的三维城市模型，为城市规划、建设和管理提供直观的视觉参考，推动城市旅游行业的全面发展。

例如，在城市规划中，规划师可以利用三维城市模型进行虚拟漫游和方案展示，直观地了解规划方案的效果，提高规划的科学性和合理性。在城市旅游方面，游客可以使用手机 APP 或虚拟现实设备观看城市的三维模型，更好地了解旅游景点的分布情况和特色体验项目。这种基于三维城市模型的应用方式，不仅能够让游客实时查询相关信息，还能根据自己的需求选择合适的景点。

（二）智能交通系统中的测绘应用

交通是智慧城市建设中的重要环节，在智能交通领域也离不开测绘工程技术的支持，可以通过 GNSS 和 GIS 来对车辆进行实时定位和导航。在车辆上安装 GNSS 定位设备，把车辆位置信息实时传输到交通管理中心，交警部门可实时获取车辆行驶轨迹及交通流分布情况，并基于 GIS 平台为司机提供实时的交通信息及最佳行车路径指引，引导车辆合理分流，缓解交通压力^[8]。

例如，通过激光雷达扫描等方式对公路、铁路、桥梁等交通设施进行定期扫描，获得交通设施的三维变形数据，实时监控交通设施的破损情况及危险因素，并在交通信号灯处设置传感器，在测绘数据的基础上，结合车流状况对交通信号灯进行智能控制，按照实时交通情况进行调节红绿灯时间长短，提高交通运行效率^[9]。

（三）城市环境监测中的测绘创新应用

城市生活环境直接关系到人们的生活质量和身体健康状态，而测绘工程技术对于城市环境监测有着其自身优势，在城市环境中应用遥感技术可实现大气环境、水环境以及土壤环境的大范围、快速监测工作。通过对遥感影像资料的分析能够掌握城市空气中所含污染物的分布情况、水体富营养化的程度、土壤的污染情况等信息。集成 GIS 技术，将环境监测数据与城市的地理空间信息相结合，分析环境问题存在的区域特征及原因，为环境管理、环境治理等工作提供参考^[10]。

例如，在城市的空气污染监测方面，可借助多光谱遥感技术对不同的大气污染物如 SO₂ 气体、NO_x 气体及颗粒物进行识别并制作大气污染分布图；结合气象资料对大气污染物的扩散情况进行判断，从而提出有针对性的污染控制对策。此外还可采用无人机搭载环境监测传感器，实时监测城市重点区域，获得高分辨率的环境信息，提高环境监测精度及及时性。

（四）城市公共安全领域的测绘应用

城市公共安全是智慧城市的主要建设目标之一，测绘工程技术可以对城市的公共安全起到良好的保障作用。在城市消防过程中，基于三维城市模型及 GIS 可以实现对火灾发生的地理位置进行迅速精准地查找，并能够掌握周围建筑物的位置信息以及消防设备的情况，从而辅助消防部门做出科学合理的决策。

例如，在地震灾害预警方面，采用测绘技术获得城市地质构造的信息，并结合地震监测的数据来预测地震的发生概率以及影响范围，提前进行预警；在应急疏散方面，可以依据三维的城市模型及人口分布状况来进行最优的疏散路径设计，让居民能够迅速而有效地疏散到安全的地方；在监控方面，运用测绘手段对受灾区域进行动态监控，向救灾工作者反馈灾害详情及救灾指令，

确保救灾活动的科学性及高效性。

（五）智慧社区建设中的测绘应用

社区是一个智慧城市的基本单元，测绘工程技术在智慧社区建设中也有广泛的应用。企业可以通过测绘技术来建立起一个社区的三维模型和地理信息系统，从而更好地实现社区设施的数字化管理。

例如，企业可以开发一款社区 APP，使居民不仅可以通过 APP 查询社区内的公共服务设施位置、活动信息等内容，还可以进行物业缴费、报修等操作；还可以结合三维社区的模型，来为居民提供虚拟的社区漫游服务，从而使社区居民能够提前了解社区的环境，增强他们的归属感和幸福感；更可以通过安装摄像头和传感器的方式，来对社区内的安全进行实时的检测和预警，从

而更好地保证居民的生命财产安全。

四、结束语

测绘工程技术作为智慧城市建设的基石，正通过持续创新不断拓展其应用边界。从高精度三维建模到动态时空信息融合，从智能感知网络构建到多源数据协同分析，其技术突破正深度赋能城市规划、治理与服务。未来，随着数字孪生、人工智能等技术的深度融合，测绘工程将进一步推动智慧城市向全要素感知、全场景智能、全周期可持续的方向演进，为构建宜居、韧性、智慧的城市生态提供核心支撑。

参考文献

[1] 黄宝华. 测绘类应用型高校与地方协同育人机制研究——以山东交通学院测绘工程专业为例 [J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2024, 40(04): 95-100.

[2] 赵培楠, 杨洁. 虚拟现实技术在测绘工程中的应用与三维模型建设探析 [J]. 数字技术与应用, 2024, 42(07): 149-151.

[3] 吴云龙, 钟玉龙, 史绪国, 等. 新质生产力要求下的测绘工程专业课程建设途径探索与实践 [J]. 测绘地理信息, 2025, 50(02): 135-140.

[4] 方刚. 测绘工程专业教学团队建设的思考与实践——以宿州学院为例 [J]. 宿州学院学报, 2024, 39(06): 72-76.

[5] 吴磊. 测绘工程中的特殊地形测绘技术应用研究——以某城市的复杂区域为例 [J]. 房地产世界, 2024, (09): 155-157.

[6] 张俊. 一流专业建设背景下课程思政教学改革探讨——以贵州大学测绘工程专业为例 [J]. 教育教学论坛, 2024, (10): 70-73.

[7] 向云飞, 杨强, 陈媛媛, 等. 工程教育认证背景下 BIM 技术及测绘应用课程建设研究 [J]. 中国多媒体与网络教学学报 (上旬刊), 2023, (11): 169-172.

[8] 赵永雨, 陈立, 潘娜娜. 测绘地理信息系统在智慧城市测绘工程中的应用 [J]. 智慧中国, 2023, (10): 73-74.

[9] 侯建国, 司海燕, 杨泽运, 等. 基于“国家一流专业”建设的课程体系优化——以黑龙江工程学院测绘工程专业为例 [J]. 测绘工程, 2023, 32(05): 74-80.

[10] 侯建国, 司海燕, 杨泽运, 等. 测绘工程专业实践教学模式演变与新型工科建设实践 [J]. 中国冶金教育, 2023, (04): 53-56+61.

高原铁路通信工程施工技术要点及质量控制策略研究

赵以亮

中国铁路青藏集团有限公司西宁通信段，青海 西宁 810007

DOI: 10.61369/SSSD.2026060042

摘 要： 高原铁路是我国边疆与内陆连通的核心交通枢纽，更是推动高原地区经济发展、促进民族文化交流的关键基础设施。因其穿越复杂的高原地理环境，对通信工程的施工技术与质量控制提出了更高的要求。本文结合现场施工实践，系统分析了各类极端环境对工程施工、设备运行及运维作业的具体影响，梳理总结了施工准备、核心工序施工、设备调试三个关键环节的技术要点，从施工全过程管控、环境适应性防控、人员管理、设备保障四个方面，提出了针对性强、可操作性高的质量控制策略，为后续高原铁路通信工程施工、运维及质量管控工作提供一些理论参考和实践借鉴。

关 键 词： 高原铁路；通信工程；施工技术；质量控制策略

Research on Construction Technology Key Points and Quality Control Strategies of Plateau Railway Communication Engineering

Zhao Yiliang

Xining Communication Section, China State Railway Qinghai-Tibet Group Co., Ltd., Xining, Qinghai 810007

Abstract： Plateau railways are the core transportation hubs connecting China's border areas with inland regions, and more importantly, they are the key infrastructure for promoting economic development and facilitating ethnic cultural exchanges in plateau areas. Due to their traversal of the complex plateau geographical environment, higher requirements are put forward for the construction technology and quality control of communication projects. Combined with on-site construction practice, this paper systematically analyzes the specific impacts of various extreme environments on project construction, equipment operation and operation and maintenance work, sorts out and summarizes the key technical points of three critical links: construction preparation, core process construction and equipment commissioning. From four aspects—full-process construction control, environmental adaptability prevention and control, personnel management, and equipment guarantee—it proposes targeted and highly operable quality control strategies, providing certain theoretical references and practical insights for the subsequent construction, operation and maintenance, and quality control of plateau railway communication projects.

Keywords： plateau railway; communication engineering; construction technology; quality control strategies

引言

青藏、川藏、新藏铁路作为我国铁路交通网络的核心组成部分，承担着连接边疆与内陆的重要使命，既有显著的经济价值，也具备重要的战略意义。通信工程是高原铁路运营的“神经中枢”，列车调度指挥、应急通信保障、行车安全监控等核心任务，都离不开通信系统的稳定支撑。

不同于平原地区铁路通信工程，高原地区存在高海拔低氧、昼夜温差大、冻胀融沉、强风沙侵蚀等独特的恶劣环境，这些环境不仅会影响通信设备的稳定性和耐久性，对施工人员的专业素养、操作技能和应急处置能力也提出了更高要求。本文结合我国在高原铁路通信工程施工、运维中的长期实践，深入研究高原铁路通信工程施工技术要点，结合现场实际工况构建科学可行的质量控制策略，对于保障工程施工顺利推进、确保通信系统长期稳定运行、提升高原铁路运营安全性和可靠性，具有重要的理论价值和现实指导意义。

一、高原铁路通信工程施工环境特点及对工程和维护的影响

（一）高海拔环境的影响

根据国家铁路数据统计，从实际勘察数据来看，川藏铁路部分路段海拔超过4000m，新藏铁路八成以上路段海拔高于

4500m，青藏铁路唐古拉山垭口海拔更是达到5072m，极高海拔环境给通信工程施工和设备运行带来了诸多难题。在高海拔低氧条件下，施工人员体力消耗快、耐力下降，直接影响施工进度和作业效率；通信设备的散热性能会受到明显影响，加之强紫外线辐射，会加速电子元件老化，侵蚀设备外壳和线缆外套，导致设备破损、性能失效。

此外，低海拔地区常用的电磁波传播规律在高海拔地区不适用，较低的大气密度会阻碍电磁波传播，容易形成信号覆盖盲区，影响通信质量。对于运维人员而言，高海拔环境易引发高原反应，轻微者出现头痛、胸闷等不适，严重时危及人身安全；同时，高原地区昼夜温差悬殊，户外巡检时需携带供氧、保暖设备，不仅增加了作业复杂度，也降低了巡检效率^[1-2]。

（二）冻胀环境的影响

冻胀是高原地区冬季最典型的地质现象，也是影响通信工程质量的重要因素。其形成主要是因为低温环境下，土壤孔隙中的水分冻结后体积膨胀，产生向上的冻胀力，这种力量作用于地下通信电缆、光缆等设施，容易导致设备位移、结构变形，严重时会造成线缆断裂，直接中断通信系统运行。

冻胀还会破坏土壤原有结构，使土壤孔隙增大、质地疏松；到了春季，气温回升导致冻土消融，会引发融沉现象，土壤承载力大幅下降，进一步加剧通信设施的融沉、变形，增加后期运维的难度和成本。在施工环节，冬季冻结后的土壤质地坚硬，开挖、敷设等工序难度显著增加，不仅消耗更多人力物力，还容易损坏施工设备，影响施工进度和工程质量^[3-4]。

（三）低气压环境的影响

高原地区的低气压环境，对通信工程施工质量和设备运行稳定性的影响不容忽视。高原铁路通信工程中使用的部分精密设备，其参数校准是基于标准大气压环境，在低气压工况下，设备内部元器件的工作性能会发生偏移，进而导致通信质量下降^[5]。

在现场施工中，低气压会干扰焊接作业的电弧稳定性，导致焊接接头质量不达标，间接影响通信线路的传输性能和使用寿命；同时，低气压环境下空气密度减小，机械设备的散热效率会明显降低，若不能及时采取散热措施，容易导致设备过热故障，影响施工进度和设备正常运维。

（四）强风沙环境的影响

强风沙是高原铁路通信工程面临的另一大难题，其对工程施工、设备运行和线路运维的影响是长期且多方面的。在强风沙天气中，细小的沙尘颗粒会渗透到通信设备的外部防护结构中，磨损、侵蚀设备外壳，严重时还会侵入设备内部，导致核心零部件卡滞、损坏，影响设备运行稳定性。

此外，强风沙天气会大幅降低户外能见度，给通信工程户外施工、日常检修作业带来极大不便，不仅增加了作业人员的操作难度和安全风险，容易引发安全事故，还会严重影响作业效率。对于架空通信线路，强风会导致线路剧烈摇晃、摆动，影响通信传输的可靠性；对于埋地线路，长期的风沙堆积和侵蚀会改变地表地貌，导致埋地光缆受压、位移，进而引发线路故障。

二、高原铁路通信工程施工技术要点

高原铁路通信工程施工技术的核心，是结合高原极端环境特点，在常规铁路通信工程施工技术的基础上，进行针对性调整和优化，确保技术适配现场工况。结合三条高原铁路通信工程施工实践，施工技术要点主要集中在施工准备、核心工序施工、设备

调试三个关键阶段，三个阶段环环相扣、缺一不可，共同保障工程整体质量。

（一）施工准备阶段技术要点

做好施工准备是工程顺利推进的前提。结合高原施工特点，重点要做好现场勘察、设备材料管控、施工人员培训三项工作。

首先，要对施工现场进行全面勘察和科学评估，重点排查地形地貌、冻土分布、气压变化、气温规律等关键参数，通过收集、分析现场气象、地质数据，制定符合高原实际的施工组织方案和应急处置预案，为工程有序推进提供保障。比如在冻土地段施工，需要专门设计施工方案，配备专用施工机械设备，同时严格筛选施工材料和通信设备，确保其能够适应冻土区域的施工和运行要求。

其次，要对所有进场的设备、材料进行严格检测和性能校验，重点核查其在高海拔、低气压、强风沙、大温差环境下的安全性和可靠性，杜绝不合格设备、材料进场使用。

最后，要加强施工人员专项培训，结合高原施工难点和安全要求，定期开展培训和技能考核，让施工人员熟练掌握高原施工技术和安全规范，提升专业素养和实操能力，降低施工安全风险。

（二）核心工序施工阶段技术要点

核心工序施工质量直接决定工程整体质量，需要结合不同施工内容的特点，采取针对性技术措施，严格把控质量关口。

在通信线路敷设方面，针对架空线路，要充分考虑冻胀、融沉对杆塔基础的影响，可采用深埋杆塔基础或桩基础工艺，在基础周边设置保温防护措施，防止地基因冻胀融沉发生变形；导线、光缆架设要避开大风天气，选择风力较小的时段作业，确保架设张力均匀，避免线路受损。

针对埋地光缆，要根据冻土类型和埋藏深度，选择合适的开挖机械和施工方法；季节性冻土地段，优先在非冻结期开展沟槽开挖，若确需在冻结期施工，要采取专项破冻技术，科学处置开挖出的冻土，防止冻土消融后影响沟槽边坡稳定性。同时，在光缆敷设过程中，要合理控制牵引力和敷设速度，避免光缆过度拉伸、弯曲，造成线路损伤^[7-8]。

在管道施工中，尤其是冻土区域，管道材质要优先选择兼具柔性和耐低温性能的产品，避免管道因冻胀融沉发生破损，同时加强管道接口的密封和防腐处理，延长管道使用寿命。在通信机房和基站建设方面，机房选址要避开风口、地质不稳定区域，房屋结构设计要充分考虑高原抗风、防寒、保温需求，确保机房和基站能够稳定运行。

（三）设备调试阶段技术要点

高原环境下的设备调试，不能照搬平原地区的调试流程，必须充分考虑高海拔、低气压等环境因素的影响，采取针对性调试方法。

设备安装完成后，首先进行初步调试，重点检查设备通电情况，确认设备能够正常启动；随后开展单机调试，逐一检测发射功率、接收灵敏度等各项功能指标，与设备技术手册标准值进行比对，若出现参数偏差，要重点排查高原环境的影响，及时进行校准调整。

单机调试合格后，开展通信网络系统联网调试，测试各节点间通信链路的畅通性、数据传输的稳定性，以及语音、图像等核心业务的正常性。调试过程中，要重点监测设备在极端温度下的

运行状态，可通过模拟高低温环境进行专项测试，确保设备能够适应高原昼夜温差大的工况。同时，要严格测试系统冗余备份功能和应急切换功能，确保突发故障时，通信链路能够及时切换，保障通信连续性。

调试完成后，要进行一段时间的系统试运行，密切监测各项性能指标，收集运行数据，针对试运行中发现问题及时优化调整，为后续系统常态化运维提供数据支撑。

三、高原铁路通信工程质量控制策略

（一）施工全过程管控，筑牢质量基础

高原铁路通信工程质量控制，必须贯穿项目立项至竣工验收的全过程，构建全流程闭环管理体系，确保每个环节都有管控、有监督。

施工前期，在完成常规技术交底、资源配置的基础上，要结合高原环境特点，组织技术人员、现场施工人员开展施工方案专项研讨，邀请行业专家进行论证评估，确保施工方案科学可行、贴合现场实际。

同时，建立健全材料进场检验制度，严格执行进场验收流程，定期对进场材料进行抽样检测，坚决杜绝不合格材料进场、以次充好，从源头保障工程质量。施工过程中，推行精细化管理，将整体施工任务分解为若干细分工序，明确每个工序的质量控制点、质量标准和责任人员，严格执行自检、互检、交接检“三检制度”，只有上一道工序质量达标，才能进入下一道工序施工，确保工序质量可控^[6]。

此外，可依托数字技术构建智能化施工管理平台，整合施工进度、质量检测、环境监测等核心数据，实现质量管控的智能化、高效化，提升管控水平。施工后期，制定严格的验收规范和标准，组建建设、施工、监理、设计等多方联合验收小组，对工程质量进行全面验收，重点核查工程质量是否符合设计要求、行业标准和高原运行适配性，验收合格后方可投入运营。

（二）强化环境适应性管控，破解核心难题

针对高原不同极端环境的影响，要制定差异化的防控和优化措施，确保工程质量和设备运行稳定性。

针对冻胀融沉环境，要加强冻土层动态监测，实时掌握冻土变化规律，优化沟槽开挖和防冻垫层铺设工艺，春季融沉期加大巡检频次，及时发现并处置通信设施变形、位移等隐患，防止隐患扩大。

针对低气压环境，优化设备安装和调试工艺，重点提升焊接、熔接合格率，优先选用经高原专项测试合格的专用通信设备，确保设备性能适应高原工况。针对强风沙环境，加强设备密封防护设计，规范线缆标识保护，在风沙频发路段增设防风沙屏障，减少风沙对设备和线路的侵蚀。

（三）加强人员管控，提升施工质量

人员是工程施工和运维的核心，加强人员管控，是保障高原铁路通信工程质量和安全的关键。在施工人员管理方面，要严格筛选具备高原施工经验的从业人员，结合高原施工特点，开展专项培训和技能考核，规范施工操作流程，确保施工人员熟练掌握高原施工技术和安全要求。同时，科学配置施工人员，合理排班，避免人员过度劳累，配备专业医疗保障人员和应急救援设

备，全方位保障施工人员人身安全^[9]。

在运维人员管理方面，同样要加强专项培训，重点提升运维人员的高原环境适应能力和设备故障排查、处置能力，为运维人员配备齐全的防护装备，优化户外运维作业流程，降低作业风险，提升运维效率和质量。

（四）严格设备管控，保障设备性能

设备运行稳定性直接关系到通信系统的正常运行，需要构建设备全流程闭环管控体系，实现设备选型、进场、安装调试、运维的全环节规范化管控。在设备选型阶段，要优先选用经高原极端环境专项测试合格的专用通信设备，确保设备能够适应高海拔、低气压、强风沙、大温差的运行环境。

设备进场阶段，严格执行质量检验流程，重点核查设备质量、防护性能和高原适配性，杜绝不合格设备投入使用。安装调试阶段，规范操作流程，重点测试设备在极端环境下的运行稳定性，精准校准设备参数，确保调试质量达标。运维阶段，建立设备定期巡检制度，结合青藏、川藏、新藏三条铁路的实际工况，优化巡检方案，定期开展设备保养维护，完善故障应急预案，足额储备应急物资，提升故障快速处置能力，及时处理设备故障，降低运维人员户外作业压力，保障通信系统持续稳定运行。

四、结语

结合青藏、川藏、新藏三条高原铁路通信工程施工实践来看，高原铁路通信工程施工面临着高海拔、冻胀融沉、低气压、强风沙等极端环境的综合制约，加之高海拔低氧环境对运维人员作业能力和人身安全的影响，其施工难度和运维压力远高于平原地区铁路通信工程^[10]。

本文结合在高原铁路通信工程施工、运维中的长期实践经验，系统分析了各类极端环境对工程施工、设备运行和人员作业的影响，梳理总结了施工准备、核心工序施工、设备调试三个关键环节的技术要点，从施工全过程管控、环境适应性防控、人员管理、设备保障四个方面，提出了针对性强、可落地的质量控制策略。希望本文的研究成果，能够为我国高原铁路通信工程施工、质量管控和后期运维提供参考和借鉴，助力提升高原铁路通信工程建设质量和通信系统长期稳定运行水平，为高原铁路高质量发展提供技术支撑。

参考文献

- [1] 赵亚雄. 高原长大铁路隧道施工安全风险分级管控研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2024.
- [2] 樊子路. 重大铁路工程项目路地多主体协同管理研究 [D]. 北京交通大学, 2024.
- [3] 王昱. 山区铁路隧道钻爆法施工安全风险演化路径及防控研究 [D]. 中南大学, 2024.
- [4] 刘凯. 重大铁路隧道工程施工安全韧性形成机理与提升机制研究 [D]. 北京交通大学, 2025.
- [5] 梁雨灵. 铁路桥梁施工安全风险因素聚类分析及其数据库研究 [D]. 中南大学, 2024.
- [6] 刘雅倩. 西部山区桥梁工程施工安全风险演化及管控研究 [D]. 中南大学, 2024.
- [7] 周委. 高原铁路混凝土制备与施工质量控制技术 [J]. 建设监理, 2024, (04): 88-90+115.
- [8] 郭浩然. 高原单线铁路隧道富水段超前注浆堵水施工技术 [J]. 现代盐化工, 2024, 51(02): 68-70.
- [9] 王小虎. 我国西部铁路建设项目监理的主要风险及应对措施 [J]. 今日财富, 2024, (10): 11-13.
- [10] 陈曦. 大型铁路建设对高原地区土壤侵蚀影响的研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2024.

水上交通船舶智能化技术在安全管理中的应用研究

许健, 罗兵

海军工程大学研究生院, 湖北 武汉 430033

DOI: 10.61369/SSSD.2026060043

摘 要 : 随着全球水上交通需求的持续增长, 船舶数量和航运密度不断提升, 传统安全管理模式在应对复杂航行环境、突发风险预警和人为操作误差等方面的局限体现出来。在此背景下, 以人工智能、物联网、大数据为代表的智能化技术正深刻重塑水上交通安全管理理念和实践, 有助于破解传统安全管理模式中人工依赖度高、预警响应滞后、监管覆盖不足等问题。基于此, 本文深入探究水上交通船舶智能化技术在安全管理中的应用, 以供参考。

关 键 词 : 水上交通; 船舶智能化; 安全管理; 智能感知; 风险预警

Research on the Application of Ship Intelligent Technology in Water Transport Safety Management

Xu Jian, Luo Bing

Graduate School of Naval University of Engineering, Wuhan, Hubei 430033

Abstract : With the continuous growth of global water transport demand, the number of ships and shipping density have been increasing. The limitations of traditional safety management models have become apparent in addressing complex navigation environments, sudden risk early warning, and human operational errors. Against this background, intelligent technologies represented by artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and big data are profoundly reshaping the concepts and practices of water transport safety management. These technologies help solve problems in traditional safety management models such as high reliance on manual work, delayed early warning and response, and insufficient regulatory coverage. Based on this, this paper deeply explores the application of ship intelligent technology in water transport safety management for reference.

Keywords : water transport; ship intelligence; safety management; intelligent perception; risk early warning

前言

水上交通的运量相对较大, 成本比较低, 其能耗相对较少, 是连接内陆和沿海、国内与国际的重要交通运输渠道, 在全球供应链与区域经济发展中具有重要的地位。然而, 目前水上交通环境相对恶劣, 容易造成巨大的经济损失和人员伤亡, 可能对水域安全和生态环境造成破坏。而推动航运业的智能化转型, 有助于提升水上交通安全能力, 降低安全事故发生率, 保障航运业的高质量发展。

一、水上交通船舶智能化核心技术及应用场景

(一) 船舶自动识别系统及应用

船舶自动识别系统是水上交通船舶智能化的基础核心技术, 主要由船载 AIS 设备、岸基 AIS 接收设备及数据处理平台组成, 能够自动采集船舶的关键信息, 通过 VHF 频段实时广播, 并接收其他船舶及平台的信息, 实现信息之间的相互交流^[1]。

在安全管理中的应用场景包括如下几方面: 一是船舶避碰预警, AIS 系统能够实时显示周边的船舶航行状态, 并根据电子海图, 自动计算船舶之间的会遇距离, 会遇时间, 当存在碰撞风险后, 及时向船员发出相应的预警提示, 提醒船员调整航向和速

度, 降低碰撞事故发生率。二是岸基监管调度, 海事监管部门通过岸基 AIS 接收设备, 掌握辖区内所有的船舶航行轨迹和停泊位置, 做好精准的监管, 实现对水域内的动态管理^[2]。三是事故的溯源和调查, AIS 系统能够存储船舶近期的航行数据, 如果发生安全事故则可以提取关键的数据信息, 还原船舶的航行轨迹和过程。AIS 系统现阶段已成为船舶必备的安全设备, 我国沿海和内河主要航道的船舶都已安装这一设备, 监管的效率得到提升^[3]。

(二) 智能监控与感知技术及应用

智能监控与感知技术是实现船舶安全实时监测的重要手段, 它涉及到视频监控、红外传感、雷达探测等技术, 能够全方位、全时段对船舶航行的状态、海员的操作行为和相关的信息进行整

合，为安全管理提供数据上的支持。

智能监控与感知技术的应用场景包括如下几方面：一是船舶现场智能监控。包括船舶驾驶台、机舱、甲板等关键部位安装高清视频，实现对船员行为与设备数据的实时监控。这累计数能够精准识别船员的行为，发现疲劳驾驶、玩手机、未穿救生衣等危险行为，当检测到危险行为后发送预警。二是航道环境智能感知。在航道关键路段、桥梁、码头等区域安装雷达监测设备和水文气象传感器，采集航道水深、水流速度、风力等环境的参数，结合电子海图建立航道环境动态监测模型^[6]。三是无人机巡检监管。利用无人机具有机动性强、覆盖面积广、操作便捷的优势，对偏远水域重点航道港口和码头等区域进行巡检。无人机搭载高清摄像头和红外热成像设备，及时识别违规航行的问题，加强监管。四是危险区域的智能化监管。在船舶燃油舱、压载舱等危险区域设置立体感知的电子围栏，对人员进行监管，对未经授权人员进入危险区域，系统可以在0.3秒内发出本地声光和驾驶弹窗，有效防范违规进入引发的安全事故。

（三）大数据与人工智能技术及应用

大数据与人工智能技术是推动船舶安全管理精准化、智能化转型的重要驱动力。利用船舶航行数据、设备运行数据、航道环境数据等数据信息，结合机器学习、深度学习等算法，对安全风险进行充分的预警分析和监管。

大数据与人工智能技术应用场景如下：一是安全风险智能预测。构建船舶安全风险预测机制，利用大数据技术对历史航行数据和事故信息进行分析，充分了解船舶在航行过程中可能会遇到的薄弱问题，预测和判断船舶发生事故的概率。针对船舶碰撞事故，结合船舶航行速度、航向和会遇距离等数据，通过机器学习算法，提前向监管部门和船员发出预警，指导主体采取防范措施^[6]。二是分级预警量化输出。依据风险回归算法展开分析，将船舶会遇距离、会遇时间、航权差异等指标转化为直观的风险评级，实现有效预警。三是船舶设备预测性维护。利用大数据技术实时采集船舶主机、舵机、导航设备等关键设备的运行数据，通过人工智能算法分析设备的运行状态，排查故障问题。这种模式能够改变事后维修的模式，降低设备故障所出现的风险，减少维护成本^[6]。

（四）通信与协同监管技术及应用

通信与协同监管技术是实现船舶、岸基、港口多主体协同安全管理的重要支持。涉及到5G通信、卫星通信等技术，能够实现数据的有效传输、共享和交互，提升协同的效率。

通信与协同监管技术及应用场景如下：一是实时数据传输与共享。利用5G通信技术的高速率、低延迟的特点，实现船舶航行数据、设备运行数据、监控数据等信息的有效传输，确保沿岸监管部门、航运企业能够及时掌握船舶的安全状态。与此同时，构建水上交通船舶安全管理大数据平台，整合各主体的数据资源，打破信息孤岛，实现数据的共享和协同。二是多主体协同管控。根据通信技术和大数据平台，构建海事监管部门、航运企业和港口码头，由多主体协同参与，实现对船舶安全管理的全面协同。三是应急协同处置。当发生安全问题时，通过通信技术实现救援

人员、救援设备、船舶、岸基平台之间的通信和协同，快速传递事故信息和救援指令，统筹协调救援资源^[7-9]。

二、优化船舶智能化技术在安全管理中应用的策略

（一）强化核心技术研发，提升技术融合水平

加大核心技术自主研发的投入力度。政府应出台相应的扶持政策，加大对船舶智能化核心技术研发的资金支持和政策引导，鼓励企业、科研机构 and 高校开展产学研合作，聚焦于高端传感器、人工智能算法、自动控制系统等核心技术进行研发，突破技术上的局限，提升核心技术的自主化能力。例如，支持企业研发高精度、高使用价值的船用传感器和视频监控设备，开发具有自主知识产权的人工智能算法和大数据分析平台。

推动技术之间的融合。加强各领域智能化技术的融合应用。统一技术标准和数据接口，实现不同设备、不同系统之间的数据有效衔接。例如，推动AIS系统、智能监控系统、大数据平台、卫星导航系统之间的深度融合，构建一体化的水上交通船舶安全管理智能化平台。加强卫星导航技术和智能航行技术之间的有效融合，优化自动航行系统算法，提升系统在复杂航道环境和条件下的适应能力^[10]。

提升技术针对性和适应性。根据不同水域、不同类型的船舶安全管理需求，开发具有针对性的智能化技术和设备。例如，针对内河浅水区、复杂的航道，开发适用于内河船舶的智能化导航和监控设备。针对极端气候条件，优化智能化设备的运行稳定性和精度，提升技术的适应性。根据船舶的类型和差异，制定个性化的安全管理解决方案，确保技术的有效使用^[11]。

（二）完善管理规定内容，构建管理保障体系

完善法律法规制度。加快针对船舶智能化技术的法律法规的制定，明确智能船舶的航行权限和责任认定的内容，规范船舶智能化技术的应用和推广。例如，明确智能船舶自动航行的适用范围和安全要求，界定船舶发生安全事故的责任主体和责任划分，规范数据采集、传输和共享的行为，确保数据信息的安全性。

构建技术标准体系。构建完善的船舶智能化技术标准体系，明确智能化设备、系统的技术标准和数据格式、接口规范等，确保不同企业研发的设备、系统之间的兼容互通。例如，制定船用智能化设备的质量标准、性能标准、规范设备的生产与检验。制定智能化技术应用的操作规范，指导船员、监管人员规范使用智能化技术和设备^[12-13]。

强化数据安全。加强对船舶智能化数据的安全管理，完善数据安全管理制度和防范措施，防范数据泄漏等安全隐患。例如，对敏感数据进行加密处理，采用加密算法保障数据在传输、储存过程中的安全性。建立数据安全应急处置机制，及时应对数据安全事件。加强对数据的使用监管，规范数据采集和使用，保障数据安全与隐私。

优化监管模式。结合船舶智能化技术的应用，优化水上交通船舶安全监管模式，构建精准化、智能化的监管体系。加强海事监管人员的专业培训，提升监管人员对船舶智能化技术、大数据

分析等相关知识的掌握，提高监管人员运用智能化设备和系统开展监管的能力。

（三）注重培养优秀人才，加大资金投入力度

培养复合型人才。构建多元化人才培养体系，培养掌握船舶航行、安全管理等专业知识，又熟悉智能化技术的复合型人才。高校应开设船舶智能化领域的专业、优化课程设置，将船舶专业知识与人工智能、大数据、物联网等智能化技术知识结合，培养专业研发与应用人才。航运企业需加强对现有船员、管理人员的培训，开展智能化技术相关的培训，提升从业人员的智能化技术应用能力。加强产学研合作，鼓励企业、科研机构、高校开展人才交流与合作，构建实践型人才体系^[14-15]。

加大资金上的投入和支持。政府应加大对船舶智能化技术研发、设备安装、系统升级等方面的资金投入，出台政府扶持政策，支持企业开展核心技术研发和智能化技术的应用。航运企业

应提高对船舶智能化技术应用的重视程度，安排资金，加大对智能化设备、系统的采购、安装与维护投入，提升船舶智能化的水平。

三、结语

综上所述，船舶智能化技术作为现代航运业发展的重要趋势，在水上交通船舶安全管理中具有广泛的应用场景和效果。通过船舶自动识别系统、智能监控与感知技术、大数据与人工智能、通信与协同管控技术等核心智能化技术，有助于突破传统安全管理模式中的问题，实现有效监管，减少了运营成本，保障了航运业的安全。未来，船舶智能化技术将成为水上交通船舶安全管理核心支撑，推动航运业的安全、高效和智能化发展，为区域经济发展提供支持。

参考文献

- [1] 蒋红帅. 智能技术在水上交通中的应用与展望 [J]. 汽车周刊, 2025, (02): 47-49.
- [2] 王小芳, 高东运. 水上交通船舶智能化技术在安全管理中的应用 [J]. 中国航务周刊, 2024, (31): 51-53.
- [3] 徐春. 推动智能船舶发展构建安全水上交通环境 [J]. 中国海事, 2023, (01): 6-8.
- [4] 姚瑶. 智能船舶交通事故所涉不法行为的刑法规制 [J]. 中国海商法研究, 2022, 33(03): 15-24.
- [5] 周伟. 基于智能化船舶领域模型的水上交通流仿真及应用 [D]. 上海海事大学, 2022.
- [6] 于涛, 周怡明. 南京内河水上交综合执法智能化监管的应用探索 [J]. 中国水运, 2022, (03): 73-74.
- [7] 刘佳铭, 李赫. 船舶智能化研究现状及发展趋势 [J]. 机电设备, 2021, 38(04): 49-53.
- [8] 尹先明, 郑永春. 海上船舶交通监管及服务系统的智能化实践应用 [J]. 中国海事, 2021, (03): 55-57.
- [9] 周锋, 张禾, 李宁. 基于港口协同决策的全球水上交通信息管理建设 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20(22): 34-36.
- [10] 杨鑫. 面向自主航行场景的船舶交通冲突解脱方法研究 [D]. 武汉理工大学, 2020.
- [11] 陈坤. 智慧交通在内河船舶安全管理智能化中的应用 [J]. 中国航务周刊, 2024, (48): 62-64.
- [12] 吴佐政. 船舶智能化趋势下的航行安全技术研究 [J]. 珠江水运, 2024, (16): 112-114.
- [13] 田野. 自动化无人驾驶船舶技术的应用与挑战 [J]. 船舶物资与市场, 2024, 32 (08): 13-15.
- [14] 王小芳, 高东运. 水上交通船舶智能化技术在安全管理中的应用 [J]. 中国航务周刊, 2024, (31): 51-53.
- [15] 赵广柱. 智慧交通在内河船舶安全管理智能化中的应用 [J]. 船电技术, 2024, 44 (06): 36-37.

数字化背景下高职实验实训室安全管理探索与实践

徐绍有

柳州城市职业学院, 广西 柳州 545036

DOI: 10.61369/SSSD.2026060045

摘 要 : 随着数字化技术的不断发展与普及应用, 各行各业都在朝着数字化、智能化的方向转型升级。高职实验实训室作为培养高技能人才的重要场所之一, 也是保障学生生命安全、教学科研工作正常开展的关键所在。在数字化背景下, 数字化技术的应用为高职实验实训室安全管理的转型提供了有力的技术支持。基于此, 本文主要针对数字化背景下高职实验实训室安全管理的重要意义、现存问题、基本原则和实践路径进行了相关探索, 旨在为高职院校创建科学高效的实验实训室安全管理体系提供一定参考与借鉴。

关 键 词 : 数字化; 高职; 实验实训室; 安全管理

Exploration and Practice of Safety Management in Higher Vocational Experimental and Training Rooms Under the Digital Background

Xu Shaoyou

Liuzhou City Vocational College, Liuzhou, Guangxi 545036

Abstract : With the continuous development and popularization of digital technologies, all walks of life are transforming and upgrading towards digitalization and intelligence. As an important venue for cultivating high-skilled talents, the experimental and training rooms of higher vocational colleges are also crucial to ensuring students' life safety and the smooth development of teaching and scientific research work. Under the digital background, the application of digital technologies has provided strong technical support for the transformation of safety management in higher vocational experimental and training rooms. Based on this, this paper mainly explores the important significance, existing problems, basic principles and practical paths of safety management in higher vocational experimental and training rooms under the digital background, aiming to provide certain reference for higher vocational colleges to establish a scientific and efficient safety management system for experimental and training rooms.

Keywords : digitalization; higher vocational colleges; experimental and training rooms; safety management

实验实训室是高职生进行实践训练的重要活动场所, 但同时也是安全风险较高的地方。然而, 传统的高职实验实训室安全管理大多依靠人工巡查、手工记载等方式实现的, 普遍存在管理低效、风险提前发现不了等问题, 难以满足新时代实验实训设备智能化、精细化的管理要求^[1]。而在数字化背景下, 大数据、VR、云计算等数字化技术逐渐深入到了实验实训室安全管理的各个环节当中, 为实验实训室安全管理工作的开展提供了新思路。因此, 高职院校有必要基于数字化背景探索实验实训室安全管理的创新路径, 以便更好地促进自身高质量发展。

一、数字化背景下高职实验实训室安全管理的重要意义

在数字化背景下, 数字化技术与高职实验实训室安全管理深度融合, 既是管理方式的革新, 又是提升人才培养质量、推动职业教育高质量发展的有效举措, 其意义主要体现在以下几个方面:

一是对师生的生命安全、财产安全提供了更多保障, 形成了学校的防患网。高职实验实训室所包含的各类专业设备、易燃易爆或者有毒有害试剂等安全风险点较多且覆盖面广, 一旦出现安

全事故, 将会危及到师生的生命健康, 还会给学校带来巨大的经济损失^[2]。而通过利用数字化技术, 学校可以提前察觉潜在的安全隐患, 迅速阻止违规行为的发生, 把安全事故扼杀在萌芽状态之中, 从根本上降低安全事故发生率, 从而为师生创造一个安全稳定的实训环境。

二是可以提高实验实训室的安全管理效能和水平。在传统的高职实验实训室安全管理中, 设备的保养、人员进入系统、安全隐患排查等工作大多依靠人工来完成, 普遍存在流程繁杂、记录不完整、信息传达迟缓等问题, 容易造成管理上的疏漏^[3]。数字化技术则可以通过对设备、人员、隐患排查等各方面的安全管理工

作进行全流程数字化控制，既能简化管理环节，规范管理行为，减少因人工操作产生的失误，又能实现对安全管理数据的实时共享和高效流转，有利于大大提高实验实训室安全管理的效率和规范化程度。

三是可以推动职业教育数字化转型。实验实训室安全管理数字化建设是当前高职院校数字化转型的重要组成部分。在数字化背景下，高职院校建立健全的数字化实验实训室安全管理体系可以促使实训管理模式革新，能够有效改善资源分配状况，打破“数据孤岛”局面，有利于实现跨部门、跨专业协同治理，达到提高自身总体管理能力的目的^[4]。

二、数字化背景下高职实验实训室安全管理的现存问题

在数字化背景下，高职实验实训室安全管理工作的开展普遍存在以下问题：

第一，数字化管理理念滞后，没有足够重视。部分高职院校对于实验实训室安全管理工作存在一定的认识偏差，在处理事故时更多强调的是应急反应而不是提前防范和精确控制。部分院校管理者认为数字化建设投入大、见效慢，缺乏主动推进数字化转型的意识和动力，进而导致数字化安全管理建设进度缓慢，无法发挥出数字化技术对实验实训室安全管理的赋能作用^[5]。

第二，缺乏完善的数字化管理体系，存在数据孤岛的问题。虽然部分高职院校已经建立了安全管理工作相关的数字化平台，但平台的功能不够完善，大多只停留在单个模块的管理上，并没有实现对设备管理、人员管理、隐患排查等主要模块之间的有机结合^[6]。简言之，整个管理流程是零散的。另外，部分院校的各个二级学院、各个实训室的安全数据“各自为政”，没有建立统一的数据库来支撑管理，使得安全管理效率较低，并且不能对安全风险开展全面、有效的分析和预警工作，从而无法实现精细化管理。

第三，技术应用不深、防控精度不高。部分高职院校对于数字化技术的使用，存在“重建设，轻应用”的问题，虽然引进了智能监测设备、数字化平台等，但是技术的应用程度不高。例如，有的院校只能利用智能监测设备进行数据采集，不能对异常数据实施智能分析并发出警报，对于数字化平台的应用大多也只是用来记录数据，并没有发挥出大数据分析的作用，无法准确找出安全风险点和薄弱环节^[7]。另外，部分高职院校对于数字化技术设备的维护不当，导致传感器老化、系统卡顿等问题时有发生，这也会导致技术的应用效果不佳，无法实现预期的风险防控。

第四，管理队伍的数字化素养不高，缺少必要的支持力量。实验实训室安全管理数字化建设需要依靠一支既懂安全管理又会使用数字化技术的队伍。但是，目前部分高职院校的实训室管理员、安全管理人员等缺少系统的数字化技术培训，对于如何进行数字化操作以及对智能化监测设备的日常运维等的能力不够，无法充分发挥出数字化管理的赋能作用^[8]。

三、数字化背景下高职实验实训室安全管理的实践策略

（一）更新管理理念，提高重视程度

在数字化背景下，高职院校要树立数字化赋能安全管理的理念，正确认识数字化技术对实验实训室安全管理工作所起的重要作用，将数字化安全管理建设当作院校总体发展计划的一部分，根据实际情况加大资金投入和政策扶持力度，积极推行安全管理的数字化转变。同时，高职院校也要加强对管理者、教师、学生等的数字化安全管理知识宣传教育，提高全校师生对数字化安全管理的认识和参与程度，从而形成“人人重视数字化，人人参与数字化”的良好氛围^[9]。另外，高职院校还可以将实验室安全工作作为学校内部检查、日常工作的考核项目，借此进一步加强各主体的责任意识。

（二）完善数字化管理体系，打破“数据孤岛”

为提高管理的效率和水平，高职院校有必要建立一个统一的实验实训室安全管理工作数字化平台，将设备管理、人员管理、隐患排查、应急处理这些关键部分有机地整合起来，从而实现对整个安全管理过程的数字化管理^[10]。

具体来看，高职院校可以建立实训设备电子台账，对实训设备的型号、购置时间、维护记录、安全参数等进行登记，并用传感器对设备运行情况进行实时监测。一旦发现异常，数字化平台就会发出警报通知管理人员及时处理，还可以对设备维护保养进行智能化调度，如此就能有效解决设备维护不到位的问题。

就人员管理而言，高职院校可以采用数字化准入制度，要求学生须经过线上安全培训并取得考核通过之后才能获得实训资格。之后，数字化平台会将学生的实训时长、操作行为等记录下来，对于违规的操作予以即时提示并留存档案，以此来加强学生的安全意识。

对隐患的排查和处理，高职院校在隐患排查的过程中可以利用数字化平台向管理人员提交隐患、跟进整改进度，从而实现实验实训室安全的闭环管理。首先，高职院校需要建立数字化应急处置体系，将应急处置流程、自救指南等内容录入到数字化平台当中，一旦发生事故，则立即发出应急预案指令书，加快应急响应速度。同时，院校还要建立统一安全信息数据库，将各个二级学院、各个实训室的安全数据整合起来，达成数据共享和协同处理的目的，打破“数据孤岛”，进而达到提高安全管理水平的目的。

（三）深化技术应用，提升风险防控精准度

在数字化背景下，高职院校需要根据实验实训室的重要风险点来准确安装智能监测设备，对环境、设备、操作等各方面进行全方位、实时监测，从而提高风险防范的准确性。例如，院校可以在化工类实训室中安装气体传感器、温湿度传感器来检测有毒有害气体浓度以及环境温度和湿度。当达到危险范围时，这些设备就会马上启动排风系统，并将警报信息传送给管理员及实训的师生。再比如，院校可以在电工电子实训室内用数字孪生技术创建虚拟模型，即时映射出设备的运转情况，对于不合规的操作立

即发出警告并断电。另外，管理者还可以通过手机、电脑等手段随时掌握实训情况并做出相应调整，并利用大数据分析技术全方位地分析安全数据，借此准确找出安全风险点以及薄弱之处，从而为安全管理决策提供科学的支撑。

（四）加强队伍建设，提升数字化管理能力

为保证实验实训室数字化管理工作顺利进行，高职院校需要组建一支专业的数字化安全管理队伍，为数字化安全管理提供充足的人才支持。首先，院校要加强实训室管理员、安全管理人员对物联网、大数据以及数字化平台的操作等方面的培训，提高其数字操作能力和技术应用水平，以保证系统的正常运转。其次，院校需要加强对教师的数字化技术安全教育培训工作，提高其安全教育意识和数字化应用能力。最后，院校还可以引进具有安全管理与数字化技术双重专业背景的人才，借此来进一步充实管理

队伍，改善队伍结构。另外，院校也要积极借鉴其他学校先进的数字化安全管理工作经验，从而更好提高管理队伍的专业素质与业务水平。

四、结语

总而言之，在数字化背景下，推动高职实验实训室安全管理数字化转型是保证师生生命安全、规范实训管理、促进职业教育高质量发展的必然要求。在实践中，高职院校可以通过更新管理观念、创建数字管理体系、推进技术应用、强化队伍力量等多项举措来充分发挥出数字化技术的赋能效果，从而推动实验实训室安全管理工作由“被动应对”转变为“主动预防”，为高职院校实践教学的正常开展提供强有力的技术支撑。

参考文献

[1] 霍婧. 探索信息化赋能高职院校实验实训室管理优化策略——以苏州高博职业学院为例 [J]. 黑龙江画报, 2025, (04): 96-98.

[2] 赵宇艳. 高职院校实验实训室管理队伍建设探究 [J]. 佳木斯职业学院学报, 2025, 41 (02): 228-230.

[3] 肖华. 高职院校实验实训室消防管理存在问题与对策研究 [J]. 中国多媒体与网络教学学报 (中旬刊), 2024, (10): 148-151.

[4] 王文成, 余文杰, 林珺琰, 等. 新时代高职实验实训室建设与安全管理研究 [J]. 中国现代教育装备, 2024, (15): 47-50.

[5] 赵玲云. 高职院校实验实训室管理人员队伍建设策略研究 [J]. 公关世界, 2024, (11): 67-69.

[6] 文云, 赵红红. PDCA 循环在高职院校实验实训室安全管理中的应用 [J]. 内江科技, 2024, 45 (05): 64-65+68.

[7] 王晓刚, 罗谧. 工匠精神引领下高职院校实验实训室学生安全教育管理思考 [J]. 产业与科技论坛, 2023, 22 (05): 238-240.

[8] 王小艳, 杨小燕, 胡瑾, 等. 高职院校化工类实验实训室安全教育实践探索 [J]. 内蒙古石油化工, 2022, 48 (10): 74-77.

[9] 顾建芳. 新形势下高职院校对实验实训室的安全管理策略研究 [J]. 山西青年, 2022, (04): 134-136.

[10] 王慧茵. 高职院校实验实训室建设与管理现状及应对路径 [J]. 科技经济市场, 2022, (02): 125-127.

物联网技术在仪器仪表自动化控制中的应用研究

张志国

泰安市万力仪器仪表有限公司, 山东 泰安 271000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060049

摘 要 : 物联网技术为仪器仪表行业发展注入了活力, 促进了仪器仪表产业向智能化、高效化、精准化方向转型, 实现了仪器仪表从单机操作向互联网协同操作的转型目标。本文分析了物联网技术特点, 阐述了物联网在仪器仪表中的应用优势, 从数据采集与共享、设备远程监控与维护、加强数据通信管理和远程故障诊断四个方面进行阐述, 旨在明确物联网技术在仪器仪表自动化控制中的应用路径, 为现代工业生产、智能制造业发展提供参考。

关 键 词 : 物联网; 仪器仪表; 自动化控制; 应用路径

Research on the Application of Internet of Things Technology in the Automatic Control of Instruments and Meters

Zhang Zhiguo

Tai'an Wanli Instrument Co., Ltd., Tai'an, Shandong 271000

Abstract : Internet of Things (IoT) technology has injected vitality into the development of the instrument and meter industry, driving its transformation toward intellectualization, high efficiency and precision, and realizing the strategic goal of shifting instruments and meters from standalone operation to internet-based collaborative operation. This paper analyzes the characteristics of IoT technology and expounds its application advantages in instruments and meters. It further elaborates on the specific applications from four aspects: data acquisition and sharing, remote monitoring and maintenance of equipment, enhanced data communication management, and remote fault diagnosis. The research aims to clarify the application paths of IoT technology in the automatic control of instruments and meters, and provide references for the development of modern industrial production and intelligent manufacturing.

Keywords : internet of things (IoT); instruments and meters; automatic control; application paths

引言

物联网具有全面感知、可靠传输、智能化处理和精准控制等特点, 可以代替人工操作和控制仪器仪表, 实现实时监测、数据精准分析和自动化控制, 从而提高仪器仪表自动化控制效果。因此, 企业要积极把物联网技术应用在仪器仪表自动化控制中, 智能化管理各类仪器仪表, 对各个仪器仪表数据进行采集、储存、传输和分析, 实现对仪器仪表的远程监控、故障诊断, 实现仪器仪表的自动化控制, 帮助企业提高生产效率和产品质量。

一、物联网技术特点

(一) 全面感知

物联网技术具有全面感知的特点, 不仅可以全面收集温度、湿度、气压等各类传感器中的数据, 还可以实时获取外部环境、其他设备等数据, 并对数据进行分析、归类, 为技术人员监测各类传感器和设备运行状况提供技术支持^[1]。同时, 物联网技术具有良好感知能力, 通过微型感知终端获取和分析各类设备数据, 确保数据的正确性和完整性, 为仪器仪表自动化控制奠定良好基础。

(二) 数据传输可靠

物联网通过以太网、光纤通信等通信技术传输数据, 还可以利用5G技术、Wi-Fi、远距离无线电等无线通信技术传输数据, 提高数据传输效率和质量, 便于适应不同工作场景对设备与传感器数据传输的需求。物联网在工业生产设备控制、自动驾驶和仪器仪表自动化控制等领域有着广泛运用, 可以高效挖掘和传输车辆、道路和仪器仪表数据, 并把数据传输给控制系统, 确保自动化控制指令得以及时执行^[2]。

(三) 智能化处理各类数据

物联网技术可以利用边缘与运算技术对各类数据进行计算,

一方面可以对设备端数据进行分析,根据数据智能化分析设备运行状况,及时发现设备运行过程中潜在的故障问题,从而确保设备正常运行^[8]。另一方面,物联网可以利用大数据对设备云端数据进行分析,自动化储存各类数据,再利用深度学习算法对数据进行智能化分析,智能化预测设备故障、优化能耗方案,进一步提高自动化控制效果^[4]。

（四）精准控制

精准控制是物联网最显著的特点,可以根据收集的各个传感器、仪器仪表的数据自动下发控制指令,精准化、智能化控制设备运行,从而提高设备运行与管理质量^[9]。例如制造类企业利用物联网技术对水、电、气等仪器仪表数据进行采集和分析,并通过物联网平台把数据传输到管理平台,便于管理人员线上对这些数据进行分析和控制,精准下达调节车间温湿度、关闭泄漏阀门等控制指令,灵活调整设备运行参数,从而提高生产效率,确保生产安全。

二、物联网在仪器仪表自动化控制中的应用优势

（一）有利于智能化管理仪器仪表

物联网技术改变了仪器仪表自动化控制模式,从独立监测仪器仪表逐步向协同化、集中管理各类仪器仪表,实现远程监测与控制,并对各个仪器仪表数据进行采集和分析,有利于提高仪器仪表管理工作效率和质量。例如技术人员可以利用物联网技术监测压力表、流量计和气压表等仪器仪表数据,建立线上数据库,确保监测数据的真实性和完整性,并科学预测设备潜在故障风险,及时解决潜在的故障风险,确保设备和生产顺利运转^[6]。

（二）有利于降低仪器仪表维护成本

物联网技术可以对仪器仪表运行状态进行实时监测,通过分析仪器仪表振动幅度、温度和电流等数据,提前发现其潜在的电极老化、机械磨损等故障,并及时向物联网系统发送安全提醒,督促维修人员及时更换损坏的零部件,避免仪器仪表突然停机^[7]。此外,物联网技术根据生产标准、仪器仪表运行情况、环境负荷等数据可以对仪器仪表进行自动校准,精准控制仪器仪表,代替人工监测,从而帮助企业降低仪器仪表维护成本。

（三）有利于确保企业生产安全

智能制造背景下,物联网技术在仪器仪表领域的应用越来越广泛,为企业安全生产、提高产品质量奠定了良好基础。例如企业可以利用物联网技术把阀门、电机和气压表等设备控制器衔接起来,对管道气压、温度等进行监测,一旦发现管道内气压或温度超高,可以自动关闭设备阀门,确保生产安全^[8]。此外,企业可以利用物联网技术把各个仪器仪表回传的数据统一导入数据库,通过云端或可编程逻辑控制器进行数据分析,及时发现生产线运行过程中存在的问题,确保生产线安全运转。

三、物联网技术在仪器仪表自动化控制中的应用路径

（一）采集和共享设备数据,提高自动化控制效果

物联网技术可以对仪器仪表数据进行高效、快速地采集,并

通过“有线+无线”双通道通信技术来传输数据,进一步提高数据传输效率,促进数据共享^[9]。物联网技术采用消息队列遥测传输协议,从而确保物联网与各类仪器仪表的适配性,满足不同厂商、不同型号仪器仪表数据共享需求,解决仪器仪表自动化控制中存在的“数据孤岛”问题。技术人员要根据仪器仪表使用场景来选择合适的物联网通信方式,确保网络通信的通畅,便于把仪器仪表数据传到物联网系统,为仪器仪表自动化控制奠定良好基础。例如物联网技术可以根据仪器仪表自动化控制需求采集数据,并设定好数据采集频率,确保实时、准确获取气压、温度和电压等数据,并对采集的数据进行滤波处理,剔除异常数据,加快数据传输速度^[10]。此外,物联网技术可以实现多主体操作,便于企业设置物联网系统管理员、操作员等角色,明确数据访问权限,并通过传输层安全协议对数据进行加密处理,避免数据被篡改,从而提高仪器仪表数据传输真实性,进而提高仪器仪表自动化控制效果。

（二）远程监控与维护仪器仪表,降低设备维护成本

物联网技术可以帮助企业搭建智能化控制平台,便于对仪器仪表进行远程监控,实时监测仪器仪表的温度、压力和电压等数据,便于技术人员根据数据运行情况调整关键参数,确保设备和系统正常运转。例如技术人员可以根据生产线需求来设定仪器仪表监测预警值,通过物联网技术监测整条生产线上的仪器仪表,把数据实时传输到系统平台,通过趋势图直观显示仪器仪表运行状态,一旦设备温度超过80℃,物联网系统会自动触发报警装置,并通知管理人员及时处理故障^[11]。此外,技术人员可以通过物联网云端查看仪器仪表数据,对异常数据进行重点分析,根据系统自动生成的维修工单确定存在故障的设备,及时通知维修人员,降低仪器仪表维护成本,避免由于设备故障耽误生产线运转,进一步提高仪器仪表自动化控制水平,降低仪器仪表和生产设备故障发生率,从而帮助企业降低维护成本^[12]。

（三）加强设备数据通信,提高设备数据传输质量

企业可以利用物联网技术加强仪器仪表数据通信管理,逐步完善自动化控制系统,提高数据传输质量,为提高仪器仪表自动化控制效果奠定良好基础^[13]。第一,技术人员可以根据生产标准、仪器仪表参数来选择通信协议,优先采用 MQTT 等成熟协议,提高自动控制系统兼容性,便于传输不同厂家、不同型号仪器仪表数据,从而实现仪器仪表自动化控制目标。例如在仪器仪表在长距离、低功耗应用场景中,技术人员要优先选用 LoRa 通信技术,缩短设备通信传输距离,降低数据传输过程中的能耗,并建立“边缘层网络层云端”三层架构数据传输模式,避免出现数据延迟问题。第二,技术人员可以采用 TLS/SSL 等加密技术来传输仪器仪表数据,从而避免数据在传输过程中被篡改或窃取;还可以采用数字证书、密钥管理等技术进行用户身份认证,只有通过授权的账号或设备才可以访问,确保数据传输安全,进一步提高仪器仪表自动化控制效果^[14]。

（四）开展远程故障诊断,确保设备运行安全

物联网技术可以为仪器仪表远程故障诊断提供技术支持,从而帮助维修人员确定故障原因、及时更换损坏的零部件,确保仪

器仪表自动化控制系统的顺利运转。首先,物联网技术可以自动、实时采集仪器仪表数据,再利用人工智能、机器学习对数据进行智能化分析,精准识别其中的异常数据,确定故障位置和原因。一旦达到系统设置的安全预警值,自动化控制系统会自动切断设备电源,及时通知维修人员和管理人员,及时对仪器仪表进行维修,缩短设备维修时间,避免耽误企业生产^[15]。其次,物联网技术可以远程对仪器仪表设备磨损情况进行分析,科学评估仪器仪表剩余的使用寿命,及时提醒维修人员更换磨损零部件;还可以根据维修记录评估仪器仪表运行情况,为设备维护提供数据支持,进一步延长仪器仪表使用寿命。

四、结语

总之,物联网技术为仪器仪表自动化控制技术发展注入了活力,不仅可以对仪器仪表进行远程故障检测,降低设备故障率,还可以提高产品生产精度,促进现代工业、智能制造业发展。未来,企业要把物联网与人工智能、云计算等技术衔接起来,逐步完善仪器仪表自动化控制技术体系,提高设备数据采集、分析和处理效率,提高设备远程故障检测与维护质量,进一步提高仪器仪表自动化控制效果,为企业高质量发展奠定良好基础。

参考文献

- [1] 赵旭阳. 物联网技术在油气田仪表自控系统设计中的应用探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(04): 109-111.
- [2] 李英, 何述超. 基于物联网技术的计算机实验室仪器运行自动化控制系统 [J]. 自动化与仪表, 2024, 39(11): 133-136.
- [3] 赵平林. 基于物联网的电气自动化仪器远程监控技术研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(11): 68-70.
- [4] 郭金祥. 自动化控制技术在工业仪器仪表中的应用研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(08): 210-212.
- [5] 马宏伟. 基于物联网的特种设备检验仪器质量监控与管理 [J]. 设备管理与维修, 2024, (14): 95-97.
- [6] 李鹏. 基于物联网技术的检验检测机构仪器设备管理模式探索 [J]. 大众标准化, 2024, (14): 175-177.
- [7] 张宝龙. 基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(07): 25-27.
- [8] 郭锐. 仪表自动化设备故障与维护技术浅析 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(07): 104-106.
- [9] 王嘉敏, 郝增辉. 基于物联网的变电站仪器仪表监控技术研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(06): 70-72.
- [10] 罗步升, 罗子舜, 孙正义. 基于单片机技术的电缆管道异常监测仪器自动化控制系统 [J]. 自动化与仪表, 2024, 39(05): 49-53.
- [11] 胡德林, 岳军, 杨金永. 电气自动化仪表与自动化控制技术研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(04): 57-59.
- [12] 高媛媛. 工业仪器仪表中自动化控制技术的应用探析 [J]. 机械工业标准化与质量, 2024, (03): 41-44.
- [13] 任伟, 张盛. 物联网技术在地震仪器和云平台中的应用探索 [J]. 地质论评, 2023, 69(S1): 565-566.
- [14] 刘松霖, 殷婷婷, 陆怡成, 等. 基于物联网技术的智能仪器远程电控管理系统 [J]. 物联网技术, 2022, 12(06): 118-122.
- [15] 姚青倩, 卢媛, 强彦雯, 等. "互联网+"背景下大型仪器平台的智慧化管理 [J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 300-302+318

岩土工程地质灾害防治技术及预控分析

王鹏荣

陕西铁道工程勘察有限公司, 陕西 西安 710043

DOI: 10.61369/SSSD.2026060006

摘 要 : 岩土工程地质灾害属于建设工程中所面临的重大安全隐患之一, 具有突发性、破坏性强、影响面广的特点, , 不但对人民生命财产安全构成严重威胁的危险因素, 而且也会阻碍工程建设的正常进行。基于此, 本文主要对岩土工程地质灾害防治技术进行了相关探索, 然后进行了岩土工程数值模拟, 最后提出了地质灾害的预控体系构建, 旨在为岩土工程领域地质灾害的科学防控、风险规避提供一定参考和借鉴, 从而更好助力工程建设高效、安全推进。

关 键 词 : 岩土工程; 地质灾害; 防治技术; 预控分析; 数值模拟

Research on Prevention and Control Technologies and Pre-control Analysis of Geological Hazards in Geotechnical Engineering

Wang Pengrong

Shaanxi Railway Engineering Survey Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710043

Abstract : Geological hazards in geotechnical engineering are among the major potential safety risks faced in construction projects, characterized by sudden occurrence, high destructiveness and wide-ranging impacts. They not only pose a severe threat to people's lives and property safety, but also impede the smooth progress of engineering construction. On this basis, this paper mainly explores the prevention and control technologies for geological hazards in geotechnical engineering, then conducts numerical simulation of geotechnical engineering, and finally proposes the construction of a pre-control system for geological hazards. The study aims to provide certain reference for the scientific prevention and control as well as risk avoidance of geological hazards in the field of geotechnical engineering, thereby facilitating the efficient and safe advancement of engineering construction.

Keywords : geotechnical engineering; geological hazards; prevention and control technologies; pre-control analysis; numerical simulation

随着我国工程建设规模的不断增大, 山区、丘陵地带的工程建设项目越来越多。在此形势下, 滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降等各类岩土工程地质灾害频发, 给工程施工及后期运营带来很大的困难^[1]。因此, 加强对岩土工程地质灾害防治技术的研究, 建立科学完善的预控体系, 无疑是当前岩土工程领域的重要研究课题之一。

一、岩土工程地质灾害防治技术

(一) 滑坡灾害防治技术

滑坡灾害防治技术分为主动防治和技术两种。主动防治技术是提高岩土体稳定性的方法, 从源头上抑制滑坡的发生, 主要有边坡修整技术, 削坡减载、放缓边坡坡度, 降低岩土体下滑力, 适合于坡度较大、下滑力较大的滑坡隐患点。排水技术则可以通过设置排水盲沟、渗沟、井点降水等设施, 降低地下水位, 排除岩土体中的孔隙水, 增大岩土体抗剪强度, 减小滑坡诱因^[2]。加固技术主要是通过锚杆(索)加固、抗滑桩加固、注浆加固等, 利用锚杆(索)的拉力、抗滑桩的抗剪力、注浆体的胶结作用来增强岩土体的整体性与稳定性, 适用于软弱岩土体滑坡、深层滑坡^[3]。被动防治技术则主要是阻止滑坡体滑动之后造成的更大破

坏, 主要采取设置抗滑挡墙来阻挡滑坡体下滑、铺设防滑网、落石槽等方法拦截滑坡体中碎石、土等, 减小灾害损失。

(二) 崩塌灾害防治技术

崩塌灾害的防治重点就是消除危岩体、加强岩土体的稳定性, 主要的技术有危岩体清除技术, 对于不稳定的危岩体采用人工或爆破清除的方法来消除崩塌隐患, 适合于危岩体体积小、位置浅的情况^[4]。锚固技术也可以用来应对崩塌灾害的防治, 主要用锚杆、锚索把危岩体和稳定岩土体联结起来, 约束危岩体的位移, 提升危岩体的稳定性。喷锚支护技术主要是在岩土体表面喷射混凝土并打入锚杆, 形成组合支护体系, 增大岩土体抗风化、抗崩落的能力。而排水技术的应用, 主要是通过及时排除岩土体内的雨水、地下水等, 减小水对岩土体的侵蚀, 降低崩塌的风险^[5]。

（三）泥石流灾害防治技术

泥石流灾害防治技术主要是从“拦、排、固”三个方面来构建综合治理体系，即拦挡技术、排导技术、固坡保土技术^[6]。拦挡技术是设置拦挡坝、格栅坝等设施，拦截泥石流中的固体物质，减缓泥石流流速，降低其破坏力，适用于泥石流沟谷中游地区。排导技术是指修建排导槽、泄洪道等方式，引导泥石流向指定方向流动，防止其对建筑物、道路造成危害，适用于泥石流沟谷下游地区。固坡保土技术就是植树造林、种草、铺草皮等方法，恢复山区植被覆盖率，减少水土流失，抑制泥石流固体物质来源，从根本上阻止泥石流的发生^[7]。

（四）地面沉降灾害防治技术

地面沉降灾害防治的技术主要是以“控源、补源、加固”为主，主要有地下水调控技术，合理控制地下水开采量，划定地下水禁采区、限采区，通过人工回灌地下水，补充地下水资源，稳定地下水位，从而抑制地面沉降。岩土体加固技术主要是对沉降区域的建筑物基础、地下管网进行加固，采用注浆、换填等方式，提高岩土体承载力，减小沉降对工程设施的损害。在工程选址优化方面，应当在地面沉降容易发生的地方，不建重大工程项目，或用桩基、深基础等技术来适应地面沉降环境^[8]。

二、岩土工程数值模拟实例应用

岩土工程数值模拟主要利用计算机技术，用建立的岩土体力学模型来模拟岩土体在不同的工况下、不同的外力作用下发生变形、破坏的过程，能有效提高防治工程的精度和可靠性^[9]。本文以某山区公路边坡滑坡防治工程为例，介绍数值模拟在岩土工程地质灾害防治中的具体应用，实例内容如下：

该山区公路边坡全长85m，最大坡高32m，边坡坡度为1:1.2，岩土体主要为中风化砂岩、粉质黏土，粉质黏土层厚2~5m，分布在边坡表面，抗剪强度低，遇水容易软化，属于滑坡易发区。前期勘察时发现此边坡存在明显的变形现象，坡顶有裂缝，最大的裂缝宽度达到8mm，初步判定是浅层滑坡的隐患，需要做相应的防治工作。为了改善防治方案，提高防治效果，用FLAC3D数值模拟软件，对边坡天然工况、暴雨工况下变形、稳定性的模拟分析，并对锚杆加固方案的效果进行验证。

根据现场勘察数据，建立边坡三维数值模型，确定岩土体力学参数：中风化砂岩的弹性模量为28GPa、泊松比为0.25、黏聚力为180kPa、内摩擦角为32°；粉质黏土的弹性模量为1.8GPa、泊松比为0.32、黏聚力为28kPa、内摩擦角为16°。模拟工况有两种，一种是天然工况（没有降雨），另一种是暴雨工况（连续降雨72h，地下水位上升3m），分别计算边坡的稳定系数和变形量。模拟结果表明，在天然情况下，边坡的稳定系数为1.18，属于欠稳定的范围。在暴雨工况下，粉质黏土层抗剪强度明显下降，边坡的稳定系数降到0.92，处于不稳定的状态，坡顶的最大沉降量达到152mm，坡脚的最大水平位移达到98mm，和现场勘察的变形痕迹相符合，说明模型的合理。

根据模拟的结果，选择采用锚杆加固的方法，锚杆长度为

12m，间距为2.5m×2.5m，锚杆直径为25mm，设计拉力为180kN。用数值模拟来检验加固的效果，仿真结果表明，经锚杆加固后的天然工况下边坡稳定性系数为1.45，暴雨工况下稳定系数为1.23，都达到了稳定状态，坡顶最大沉降量降低到35mm，坡脚最大水平位移降到22mm，变形量明显减少，符合防治的要求。可见，数值模拟可以用来防治工程的设计，给类似边坡滑坡防治工程提供了一种可行的方法。

三、岩土工程地质灾害预控分析

（一）前期勘察预控

前期勘察属于地质灾害预控的基础工作，主要目的就是対岩土工程地质条件进行全面的了解，找出可能存在的地质灾害隐患，并给工程的设计、施工提供科学依据。勘察工作要按照全面勘察、重点突出的原则，用地质测绘、钻探、物探、室内试验等多方面的方法来了解岩土体性质、地质构造、水文地质条件、不良地质体分布情况，并对各种参数进行分析评价，划分出不同的灾害隐患等级，给出相应的防治措施。勘察时要重点注意软弱岩土体、断层、节理等不良地质地段及地下水、暴雨等诱发因素，在可能产生地质灾害的类型、规模、发生概率上做出初步判断，防止在地质灾害高易发区盲目开展工程建设。

（二）施工过程预控

施工过程属于地质灾害发生的高峰期，施工不合理的容易引起各种各样的地质灾害，所以施工过程中预控就显得尤为重要。一是优化施工方案，根据勘察结果合理确定基坑开挖、边坡开挖、爆破施工等工艺参数，防止违规施工，即基坑开挖要按分层开挖、分层支护的原则进行，不能一次开挖太深^[10]。二是加强施工监测，在施工中对边坡变形、地下水位、岩土体应力等指标进行实时监测，设置监测点，定期采集监测数据，分析数据变化规律，及时发现异常情况，发出预警信号。三是做好应急防范，制订出施工过程中的地质灾害应急预案，配置好应急物资和设备，加强应急演练，保证在灾害来临时可以迅速处理，减小人员伤亡及经济损失。四是对施工现场加强管理，及时清除施工垃圾，修建好排水系统，防止雨水冲刷岩土体，引发灾害。

（三）后期运营预控

工程建成之后，后期运营过程中地质灾害的预防主要就是长期监测、维护，保证工程设施的安全稳定运行。一是建立长期监测系统，对工程周围边坡、地基、地下管网等进行长期监测，定期做地质勘察复查，及时发现灾害隐患。二是加强设施维护，定期对防治工程设施（锚杆、抗滑桩、排水设施等）进行检查、维修和加固，保证其正常发挥作用，防止由于设施老化、损坏造成灾害隐患增大。三是加强宣传工作，提高工程运营管理人员以及周边群众的地质灾害防范意识，普及灾害识别、自救互救知识，减少人为因素引发灾害的机会。四是对隐患进行排查，定期对地质灾害隐患进行排查，对已查明的隐患点及时采取相应的处理措施，做到早发现、早处理。

（四）预警体系构建

地质灾害预警体系是预控工作的重要部分，它的目的就是及

时发现灾害的前兆，发出预警信号，给灾害处置争取时间。预警体系是由监测系统、预警指标、预警发布三大部分组成。一是监测系统，用数值模拟、现场监测等手段来建立一个全方位、多层次的监测网，可以对岩土体变形、地下水位、降雨量、地震动等各种参数进行实时监测，保证监测数据的准确性和及时性。二是预警指标，根据不同的灾害类型及其前兆特征来确定合理的预警指标与阈值，例如滑坡灾害的预警指标可以包含坡顶沉降量、水平位移量、地下水位变化量等，在监测数据达到预警阈值的时候就会发出预警信号。三是预警发布，创建起多种预警信息发布方式，使用短信、广播、警报器、微信群等途径把预警信息及时地传达给工程管理人员、周边居民以及相关的政府部门，使预警信息传递到实处，并且明确规定预警响应程序，让接到预警通知的

人们能迅速地采取相应的行动去实施应急处理工作。

四、结语

总而言之，岩土工程地质灾害类型多样、成因复杂，其发生严重威胁人民群众生命财产安全和工程建设安全，做好灾害防治和预控工作具有重要的现实意义。未来，随着科技的不断发展，岩土工程地质灾害防治和预控技术将朝着智能化、精准化的方向发展。对此，相关部门应当进一步加强岩土体力学特性、灾害形成机理的研究，深入探索数值模拟技术与大数据、人工智能、物联网等技术的融合应用，从而提高灾害预测、预警的精准度。

参考文献

- [1] 吴丽玲. 岩土工程在地质灾害防治中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2024, (12): 47-49.
- [2] 左江博. 岩土工程地质灾害防治新技术及防治探讨 [J]. 工程建设与设计, 2024, (21): 37-39.
- [3] 邓育呈, 唐聪. 岩土工程勘察在地质灾害防治中的应用 [J]. 百科知识, 2024, (27): 25-26.
- [4] 李壬飞. 岩土工程地质灾害防治技术及预控分析 [J]. 中国住宅设施, 2024, (04): 96-98.
- [5] 董坤, 陈东海. 分析地质灾害防治技术在岩土工程中的运用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (12): 166-168.
- [6] 施少亿. 岩土工程地质灾害防治技术及防治分析 [J]. 低碳世界, 2023, 13 (04): 57-59.
- [7] 黄欣. 岩土工程地质灾害防治技术及预控研究 [J]. 四川建材, 2023, 49 (01): 68-70.
- [8] 姚桂嘉. 岩土工程地质灾害防治技术及预控措施 [J]. 四川水泥, 2021, (11): 101-102.
- [9] 吴大章. 岩土工程地质灾害防治技术及预控 [J]. 中国建筑装饰装修, 2021, (08): 162-163.
- [10] 卢凯. 岩土工程边坡地质灾害防治技术及预控研究 [J]. 冶金管理, 2021, (09): 101-102.

建筑工程管理中合同管理的常见问题及应对措施

蔡鸿生

深圳市勘察测绘院（集团）有限公司，广东 深圳 518028

DOI: 10.61369/SSSD.2026060007

摘 要： 建筑工程具有周期长、涉及主体多、风险因素复杂等特点，而合同管理则是保障建筑工程质量、进度与成本控制的核心环节。然而，在实际合同管理工作中难免会出现条款模糊、执行偏差及结算争议等问题导致纠纷。基于此，本文将浅析建筑工程合同管理的重要性及常见问题，并探讨解决这些问题的应对措施，以期为建筑行业的可持续发展提供理论参考。

关 键 词： 建筑工程管理；合同管理；应对措施

Common Problems and Countermeasures of Contract Management in Construction Engineering Management

Cai Hongsheng

Shenzhen Surveying and Mapping Institute (Group) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518028

Abstract： Construction projects are characterized by long cycles, multiple involved subjects and complex risk factors, and contract management is the core link to ensure the quality, progress and cost control of construction projects. However, in practical contract management work, problems such as ambiguous clauses, execution deviations and settlement disputes are inevitably prone to occur, leading to disputes. Based on this, this paper briefly analyzes the importance and common problems of construction engineering contract management, and explores the countermeasures to solve these problems, aiming to provide theoretical reference for the sustainable development of the construction industry.

Keywords： construction engineering management; contract management; countermeasures

建筑工程合同管理作为界定各方主体权利义务、规范项目推进的核心依据，其管理质量对建筑工程项目成果、工程质量、经济效益等方面有直接影响。因此，建筑工程项目相关单位应重视合同管理工作，并针对各环节可能存在的风险点，建立完善的风险预警机制和应对措施。通过构建合同全生命周期管控体系，采取系统性应对措施，实现风险前置防控、过程动态管控、纠纷高效化解。

一、建筑工程合同管理的重要性

（一）明确建筑工程的权责边界

建筑工程涉及多方主体，而且各方诉求具有差异性，明确的合同规范能够有效避免责任推诿、法律纠纷等问题出现。建筑工程合同中通过清晰界定开发单位、施工单位、监理单位等不同主体在工程设计、施工进度、质量标准、资金支付等方面的具体权利与义务，让每个主体都能清楚知晓自己在工程开展推进中的权责范围，提前识别到潜在的风险并按照相应预案进行处理^[1]。比如，工程质量除了要求施工单位要按照设计图纸和国家现行施工规范进行施工外，一些工程项目还需要开发单位按照合同内容提供相应的施工条件及按时支付工程款项。如工程质量出现问题，应根据合同规定明晰相关责任主体。由此可见，明确的权责边界划分能够有效保障建筑工程的有序推进。

（二）推动工程全流程顺畅运转

建筑工程流程繁杂，合同管理作为核心纽带，能将所有主体

的行为进行协调统一，发挥管控作用。相较于一般的法律事务，建筑工程合同管理涉及的时间周期较长，即从工程开始到结束为止。同时，在合同中通过建立合同台账、履约跟踪机制与风险预警体系，可以帮助工程项目负责人员及时发现问题并第一时间解决问题，避免小问题演变成大问题。在合同执行过程中，规范的合同管理有助于建立良好的沟通机制，减少信息不对称现象的发生^[2]。比如，当出现工程变更时，要在合同中约定“先审批、后实施”的原则，避免无据可依的随意变更导致完工结算纠纷。此外，在建筑工程施工中，应对合同执行状态进行实时追踪，以实现协同效率的提升与问题处置时效的保证。

二、建筑工程管理中合同管理的常见问题

（一）合同签订阶段

一方面，一是部分建筑工程项目签订合同时并没有明确规定工程范围、质量要求、付款方式以及违约责任等内容，存在一些

模糊条款。比如，仅写明“工程质量达到相关规范要求”，但不注明具体是哪项国家标准、行业标准或者地方标准的具体编号，导致后续施工时各方主体对施工质量标准产生理解偏差^[3]。另一方面，缺乏对工程变更处理程序、不可抗力情形界定、纠纷解决方式等内容界定的重视，这在一定程度上加大了合同管理的潜在风险。此外，有的合同签订前没有做好充分的市场调研及风险分析，未考虑原材料价格涨跌、政府政策调整等因素可能带来的风险影响，也没有设置相应的防范机制，使得合同在真正执行的时候难以有效应对外部风险的影响。

（二）合同执行阶段

在合同执行阶段，容易出现合同执行不到位的情况。具体表现为施工单位降低操作规范标准、监理单位在施工过程监管中失职及关键步骤记录缺失等。一些分包单位为追求最大利润会违规替换合同规定的原材料或简化必要流程；建设单位则只注重书面汇报，缺乏有效的质量检测机制。另外，合同变更管理混乱也是执行阶段的突出问题。部分建筑工程在施工过程中因突发情况或其他客观因素需要对设计图纸进行变更、增减工程量等。这时如未严格按照合同约定流程办理变更程序，仅以口头商定或非正式文件代替，会导致变更事项不具备法律效力，进而为最终结算埋下隐患^[4]。同时，有的工程参与主体对合同条款的执行情况缺乏及时监控，没有及时发现和纠正违约行为，导致合同约定的权利义务难以真正得到贯彻落实。

（三）合同结算阶段

首先，结算依据不充分。具体表现为签证单签署不全、设计变更追溯链断裂、建材价格确认断档等。施工日志与检测报告发生矛盾，隐蔽工程验收影像资料未按节点归档，这些都可能造成竣工结算产生误差。究其本质原因，主要是施工管理中资料归档存在缺陷，监理、施工、建设三方数据录入标准不统一，变更指令变更不能即时追踪留痕。其次，结算流程不清晰。部分建筑工程在结算时缺乏明确的流程规范，各参与主体职责划分存在“空白地带”，导致结算工作推进缓慢。例如，结算申请提交后，建设单位内部审核环节多、审批周期长，且缺乏有效的时间约束，施工单位往往需要多次催促才能获得反馈，进而导致结算周期高于法定时限。

三、建筑工程管理中合同管理的应对措施

（一）完善条款内容，规范合同签订事务

条款内容是建筑工程合同的核心所在。因此，在合同管理中，首要任务就是要根据实际项目的特点与需求，对合同条款内容进行优化，明确各方权责。首先，根据建筑工程类型、规模和特殊需求，以行业规范合同示范文本为基础，进行相应调整和补充完善。并由法务、造价、技术等工作人员进行联合审核，确保条款内容在合法合规的基础上，逻辑清晰、表述精准，并明确技术标准、质量要求的明确执行具体版本与依据，杜绝“参照行业标准”等模糊化表述^[5]。其次，应当将有关建筑工程建设范围、施工周期、工程质量、计价方式、付款节点、违约责任以及争议

解决方法等方面条款进行明确约定。其中，在计价方式、付款节点相关约定中，要对计价类型、风险范围、调价条件及材料价格波动应对机制等方面做出明确规定。通过清晰界定预付款、进度款、竣工结算款的支付条件、程序及时限，从根源减少工程款纠纷。

与此同时，要对开发单位、施工单位、供应商等主体的履约能力进行全面评估，重点审查营业执照、资质证书、安全生产许可证等核心证照，以及对过往项目履约记录、财务报表、信用档案等进行核查，降低建筑工程合同管理的潜在风险^[6]。同时，严格遵循《招标投标法》及相关法律法规，确保招标投标程序公开、公平、公正，以杜绝串标围标、评标不公等问题。

（二）加强执行监督，动态管控履约过程

在合同执行过程中，应建立全过程、动态化的监管模式。首先，在合同执行时，运用信息化管控平台对施工的进度、质量、付款进行信息整合及可视化监控，以确保所有参与主体均按照合同履约到位^[7]。例如，将材料进场检验报告、隐蔽工程验收记录等相关数据资料录入信息化平台上，如此便能实现施工单位、监理单位和开发单位数据实时共享并相互监督，避免由于信息传递滞后或有误而造成的履约偏差。其次，要明确合同变更程序及责任划分，所有设计变更、工程量增减等事务都要以书面形式提出申请，变更指令经监理单位审查及开发单位认可后，形成正式的变更文件并归档到合同附件当中。再者，配备专职人员负责合同变更事务的跟踪工作也十分必要，这也有助于保证新指令传递至各个执行环节，以及将最新合同内容录入合同管理系统，实现所有变更都可追溯。同时，建立风险预警机制，对可能出现的履约风险进行提前预警，以便及早应对降低损失。

最后，要定期进行履约检查，由建筑工程管理相关人员与法务部门共同对各方主体合同条款履行情况进行定期评估，重点关注存在质量不达标、进度滞后、款项支付延迟等情况，如出现问题及时发出整改通知，按照合同要求追究相关单位责任，确保整个合同执行过程始终处于可控状态。

（三）优化结算流程，保障合同管理的高效推进

首先，构建标准化、可操作的结算资料管理体系。明确各类结算凭证的格式、签字及归档要求，如签证单编号规则及审批层级；明确隐蔽工程验收影像资料必须有时间戳与关键部位标识等，从而确保结算依据的完整性和可追溯性^[8]。同时，借助 BIM 技术及建筑工程管理软件进行数据联动，将施工日志、试验报告单、材料价格确认表等相关数据资料实时上传到结算系统，对数据进行自动校验，减少人为操作误差。

其次，完善结算流程，明确各环节时间节点。通过制作计算流程图，明确开发单位、施工单位和监理单位的具体职责与协作环节。例如，规定开发单位收到结算申请后 15 日内完成初审，对超期未反馈的情况设置问责机制。引入第三方审计机构进行独立核算，对存在异议的结算项目，采取现场勘测和市场调查相结合的方式，保证结算成果的真实性及公正性。最后，建立“协商－调解－仲裁”的结算纠纷快速处理机制。比如，10 万元以内争议由建筑工程管理人员现场协商；10 万元－50 万元邀请第三方行业

专家调解程序；50万元以上直接提交建设工程仲裁委员会^[9]。此外，还应加强结算培训工作，确保各参与主体单位结算相关负责人熟练掌握结算流程规范及资料提交流程。在日常工作上保证结算资料标准、格式的规范和完整，进一步缩短结算周期，保障合同高效推进。

（四）提升人员素质，推动合同管理数字化转型

建筑工程各方主体应有计划地对相关人员进行专业培训，使相关工作人员掌握《民法典》中的合同编、工程管理、造价核算等相关专业知识，并结合典型案例，培养他们的合同条款理解能力和风险识别判断能力。鼓励相关从业人员考取注册造价工程师、一级建造师等相关资格证书，打造一支专业化的建筑工程合同管理人才队伍。随着建筑行业数智化转型的加快，合同管理也应与时俱进地适应转型需求。企业通过引入专业的合同管理系统，实现合同起草、签订、执行、归档全流程线上处理，同时系统可自动抓取合同关键信息，生成履约进度台账及风险预警报告^[10]。另外，在合同管理工作中，还应利用好大数据技术，对历

史合同数据进行挖掘分析，总结常见风险点和管理漏洞，从而为今后的合同起草提供数据支持。

此外，还可利用区块链技术，提升合同文件的不可篡改及可追溯性，避免人为主观造成的不准确信息。例如，在合同签订环节，通过电子签章功能实现异地快速签约，缩短合同流转周期，实现建筑工程合同管理数字化水平的全面提升。

四、结语

综上所述，建筑工程合同管理任重道远。在合同的签订、执行和结算阶段都会受到诸多主客观因素影响导致风险问题旅游发生，威胁着建筑工程施工的顺利推进。通过规范合同签订事务、动态管控履约过程、优化结算流程、推动数字化转型等措施的落实，能够有效预防风险，提升合同管理水平。未来，建筑工程合同管理还需持续创新管理理念与方法，推动建筑行业向精细化、数字化转型。

参考文献

- [1] 左志强. 建筑工程管理中的合同问题及索赔措施研究 [J]. 乡镇企业导报, 2025, (03): 42-44.
- [2] 邢晓飞, 苏彩丽. 情势变更原则在建筑工程施工合同管理中的应用 [J]. 石河子科技, 2024, (04): 65-66.
- [3] 石钦明. 合同管理在建筑工程建设管理中的应用 [J]. 大众标准化, 2024, (12): 157-159.
- [4] 刘一琪. 浅谈 BIM 技术在建筑工程合同管理中的应用 [J]. 房地产世界, 2024, (11): 125-127.
- [5] 谢荣超. 合同管理在建筑工程建设管理中的应用研究 [J]. 中国住宅设施, 2024, (05): 119-121.
- [6] 彭海军. 建筑工程建设管理中合同管理思考 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (36): 79-81.
- [7] 肖彤. 浅析合同管理在建筑工程管理中的应用 [J]. 企业改革与管理, 2023, (14): 34-35.
- [8] 李少斌. 建筑工程建设管理中合同管理研究 [J]. 居业, 2023, (05): 174-176.
- [9] 温咏. 建筑工程项目管理中的合同管理探究 [J]. 广西城镇建设, 2023, (04): 51-54.
- [10] 朱敏. 探究建设单位如何降低建筑工程合同管理中的风险 [J]. 低碳世界, 2023, 13(01): 153-155.

舞乐协同疗愈促进大众身心健康的价值与实践

孙菡

泰州学院, 江苏 泰州 225300

DOI: 10.61369/SSSD.2026060008

摘 要 : 舞乐协同疗愈顾名思义,是借助舞蹈和音乐的艺术性,转向对大众情绪的抚慰,达成促进大众身心健康的目的。在如今社会更迭、科技创新的大环境下,利用舞乐协同创新疗愈形式,势必能够达成高度便捷性、个性化目标。从理论角度来看,舞乐协同能够激活人的听、动、感三维共振,实现集体律动重建社会联结;从实践角度来看,舞乐协同能够嵌入公共空间活动,丰富人们的身心感受。因此,本文探讨舞乐协同疗愈兼具个体疗愈、社会凝聚的价值意蕴,进一步提出几点可行且有效的实践策略,使其真正融入公共卫生与社区服务体系。

关 键 词 : 舞乐协同; 疗愈; 身心健康; 价值; 实践策略

The Value and Practice of Dance-Music Collaborative Healing in Promoting Public Physical and Mental Health

Sun Han

Taizhou University, Taizhou, Jiangsu 225300

Abstract : As the name suggests, dance-music collaborative healing leverages the artistry of dance and music to soothe the public's emotions, aiming to promote their physical and mental health. Against the backdrop of rapid social changes and technological innovation today, innovating healing forms through dance-music collaboration is bound to achieve high convenience and personalization. From a theoretical perspective, dance-music collaboration can activate the three-dimensional resonance of human hearing, movement, and sensation, and realize collective rhythm to rebuild social connections; from a practical perspective, it can be embedded in public space activities to enrich people's physical and mental experiences. Therefore, this paper explores the value implication of dance-music collaborative healing, which encompasses both individual healing and social cohesion, and further proposes several feasible and effective practical strategies to integrate it into the public health and community service systems.

Keywords : dance-music collaboration; healing; physical and mental health; value; practical strategies

引言

现代生活节奏加快,群众的心理压力逐渐上升,对公共空间、社会服务提出了更高要求。传统疗愈模式是针对特殊人群的,因此药物和谈话手段的使用都与当下环境不符,亦或者说低效、低质。在此背景下,研发舞乐协同疗愈新模式,基于艺术观察、创作表达的方式达成身与心的统一,或许能够达到不一样的效果境界。舞乐协同即融合舞蹈与音乐,创造一个极具亲和力、参与性和文化根植性的外部环境,极力促成人在认知、情感与行动方面的和谐发展,进而有效提高大众的身心健康水平。当前,国内在舞乐协同疗愈方面的工作还处于初级探索阶段,研究深入并提出可操作、可复制、可评估的实践策略,对于构建和谐稳定的社会环境具有深远意义。以下围绕舞乐协同疗愈促进大众身心健康的价值意蕴和实践策略具体展开。

一、舞乐协同疗愈促进大众身心健康的价值意蕴

(一) 同身同心,多维共振

舞乐协同疗愈源于“身心一体”的整体健康观念,核心价值在于经由音乐、舞蹈同时介入,激发人体感知、运动、情感系统的全面共鸣。音乐依靠自身节奏、旋律及和声作用于听觉途径,调控自主神经系统、左右心率、呼吸和皮质醇含量;舞蹈借助身

体动作的展示空间变换来激活本体感觉与前庭系统,推动神经可塑性及情绪宣泄。当二者共同发挥作用的时候,既增添了感官输入的丰富度,又形成起“听-动-感”三者合一的整合渠道。这显然有益于人冲破心理防御屏障,进而在非言语方面达成情绪抒发和自身观察,优化心理韧性与身体协调能力。按照具身认知理论来看,舞乐协同就是把抽象的情绪具体化成身体动作和声音表现,让疗愈由“被动接纳”变成“积极投身”,具有极强的人本

主义价值。

（二）文化共情，社会联结

舞乐属于人类最古老、最艺术的文化形式之一，肩负着集体记忆及社群认同的重任。如今社会节奏极快、压力巨大，个体很容易掉进孤独感和意义感缺乏的窘境。而舞乐协同疗愈借助集体性的律动和共鸣来重塑人与人之间的情感联系，当参与人员随着同样的节奏一同舞动并发出声音的时候，镜像神经元系统就会被唤醒，从而产生一种“共时性感受”，进一步提升他们的归属感和社会支撑感。以文化符号的非言语交流，打破了语言障碍，冲破了社会身份差异，给不同年龄、背景的群体赋予了平等参与的疗愈场所。从社会生态学角度看，舞乐协同既是个人情绪调节的手段，也是社区心理健康创建的柔化载体，还具备增进社会凝聚力和文化疗愈力的深层次价值。

二、舞乐协同疗愈促进大众身心健康的实践策略

（一）构建分层递进式舞乐疗愈课程体系

为有效地推广舞乐协同疗愈模式，按照人群特征和健康需求规划科学、系统又实用的分层课程体系，凝聚基础层、专项层、深度层覆盖大众身心健康维度，做出优化调整。其中，基础层适合普通大众，“体验－感知－放松”是其核心，经由简单的律动加上舒缓的音乐，引领参与者形成身体意识并察觉情绪变化，可以放在社区中心、企业休息室或者校园课外活动当中。专项层关注特定人群，按照临床心理学的原理，制订出带有目的性的舞乐干预单元。比如对于有抑郁倾向的人，用逐渐加快的节奏再加上上肢拉伸动作，促使多巴胺产生；对于阿尔茨海默病早期患者，利用他们熟悉的旧歌并配上重复的步伐，加强他们的回忆能力和指向功能。深度层针对有更多价值和艺术追求的个体，要采用即兴创作、主题叙事等，促使其借自编舞段及配乐来表现内心矛盾，在专业人士指引下达成自身整合。也可面向某些疾病患者、严重身心健康问题者进行疗愈。在开展此类课程时，要有规范化的教案、安全考量量表及成果跟进机制，还要培训兼具音乐治疗和舞蹈治疗资格的复合型讲师，以保障干预措施既科学又符合伦理，也要利用数字平台开设线上微课程。以此增强覆盖维度、广度和深度，创建起“线下沉浸＋线上拓展”的混合形式，切实做到普惠与精确兼顾。

（二）打造社区嵌入式舞乐疗愈公共空间

舞乐协同疗愈达成可持续发展目标，就离不开物理与社会环境的有效支撑，实现城市社区、乡村文化礼堂、公园绿地等公共场域中的舞乐疗愈空间。这不是传统意义上的表演台，更像一个低门槛、高包容度、重互动性的“疗愈角”。在公共环境中建设这样的场地，就是为了解决大众潜在的身心健康问题，使其参与外部交流与互动，来达到疗愈目的。从设计到布置，兼顾声学的舒适度以及行走路线的开放性，而且要设置便携式打击乐器、节奏垫、投影指引屏等，经营模式采取“政府引导＋社会组织承接＋居民自治”的多方合作机制，街道负责供应场地和基本经费，专业机构承担内容创作和人员培训任务，社区志愿者则帮忙日常

筹划相关事务。开展活动做到多种化与趣味性兼具，比如清晨做“律动唤醒操”，傍晚享受“家庭共舞时光”，周末参加“跨代音乐即兴坊”等，重视代际融合以及邻里之间的互动。关键在于，此类空间成为社区心理服务网络的延伸部分，要同基层卫生站，社工站相配合，针对筛选出来的高风险人群实施转介或者共同干预措施，把舞乐疗愈融入到生活场景当中。既能削减参与心理活动的障碍，又能在不知不觉中营造出“用身体表达自己，靠节奏治愈心灵”的社区氛围，让心理健康支持从应对危机向日常滋养转变。

（三）开发智能技术赋能的个性化舞乐干预系统

随着人工智能和可穿戴设备不断创新发展，舞乐协同疗愈可借助技术手段达到个性服务与支持目的，为广大群众的身心健康提供支持。系统前端利用智能手环、姿态捕捉摄像头设备及时获取用户的心率变异性、皮肤电反应、动作幅度以及节奏同步度等生理和行为数据；中台依靠机器学习算法来判断用户当下的情绪状况，找到合适的音乐风格以及舞蹈动作库；而后端凭借AR/VR界面或者语音指示，随时调节节奏快慢，动作难易程度以及视觉提示内容，从而制定出适合用户的改良计划。比如说，系统察觉到使用者处于极度焦虑的状态时，自动播放每分钟60拍（BPM）以下的 α 波诱导音乐，然后引导他慢慢做深蹲、伸展这样的循环动作，还要同步监测心率变异量的变化情况直到回到基本水平。对智能手环、手表的功能延伸，就可以实现，如果增加疗愈功能，获得运用舞乐协同的方式达到目的，就能够服务大众身心健康，产生独特的优势与价值功能。系统还能够获取用户的情绪编纂日记，总结在睡眠、饮食等生活角度的数据信息，出具报告，也给用户更多这一方面的指导。当然，这一技术的推广普及，关键在于技术上的成熟与进步，与当前人工智能的广泛应用是密不可分的，该门技术如何脱离宏大叙述，走进千万家庭进行大众身心健康疗愈，还有很长的路要走。

（四）推动跨学科融合的舞乐疗愈人才培养与标准建设

舞乐协同疗愈的有效落地，根本在于专业化人才供给与行业规范的确立，逐步形成完整、全面的疗愈模式与工作体系。当前，国内相关从业者多来自单一艺术或心理背景，缺乏系统整合能力。亟需建立“艺术＋心理＋医学＋教育”四位一体的交叉培养体系，有组织、有目的、有计划地推广舞乐疗愈模式。高校可设立“身心艺术疗愈”微专业或辅修方向，课程涵盖基础神经科学、发展心理学、音乐治疗技术、创造性舞蹈、伦理法规等内容，并设置不少于200小时的临床实习。同时，鼓励医院康复科、精神卫生中心、特殊教育学校设立舞乐疗愈岗位，打通职业发展通道。在标准建设方面，应由行业协会牵头，制定《舞乐协同疗愈操作指南》《从业人员能力框架》《安全风险评估清单》等规范文件，明确适用人群、禁忌症、干预流程与效果评价指标。此外，推动将符合条件的舞乐疗愈项目纳入医保或商业健康保险支付范围，提升服务可及性。长远来看，还需加强本土化研究，挖掘中国传统乐舞（如太极导引、敦煌舞韵、民歌对唱）中的疗愈元素，构建具有文化适切性的理论模型与实践范式，避免简单照搬西方模式。可见，夯实人才与制度双基石，舞乐协同疗愈才

能从边缘探索走向主流健康服务体系，舞乐才能够脱离原本单一的艺术价值体系产生新叙事，为广大群众提供服务、做出贡献。作为该方面的工作人员，必须充分了解其理论与实践部分，将疗愈课程体系、工作平台与公共空间等等，以技术驱动大众身心健康水平提升、思想与文化素质进步，值得我们深入探索与实践。

三、结论

总而言之，舞乐协同疗愈以其独特的身心整合机制与社会文

化功能，为应对当代心理健康挑战提供了富有创造力、趣味性的解决方案。舞乐协同疗愈并非替代医学治疗，而是作为预防性、支持性的补充手段，嵌入全生命周期健康服务体系之中，创新相应工作模式。在未来，我们还需警惕过度娱乐化或去专业化倾向，坚持“科学为基、人文为魂、文化为脉”的原则。同时鼓励跨领域合作，将中国传统乐舞智慧与现代健康理念相结合，发展具有中国特色的舞乐疗愈范式。这样才能让丰富的疗愈形式发挥应有作用，在新时代下成为滋养大众身心、促进社会和谐的日常实践。

参考文献

-
- [1] 叶丹, 王景文, 郎杰斌. "阅读疗愈"服务的实践探索与未来思考——2024年"阅读与心理健康"学术研讨会综述 [J]. 图书馆杂志, 2025, 44(04): 48-54+31.
- [2] 崔馨文, 杜巍巍. "中国特色"的舞蹈艺术对大中小学心理健康的疗愈研究 [J]. 大众文艺, 2024, (18): 130-132.
- [3] 李苏湘. 舞蹈疗愈在高校心理健康教育中的实践与应用 [J]. 中国音乐剧, 2024, (03): 144-147.
- [4] 何云. 舞动疗愈在大学生心理健康教育中的应用 [J]. 中国教育学刊, 2024, (06): 148.
- [5] 方思琳. "艺术疗愈"在高校大学生心理健康教育中的应用研究 [J]. 佳木斯职业学院学报, 2024, 40(03): 82-84.
- [6] 孟建军. "林泉·高致疗愈音乐会"带给人们别样的感受 [J]. 乐器, 2023, (06): 105.
- [7] 许莹莹. 少林易筋经在大众心理健康中的应用研究进展 [J]. 武术研究, 2022, 7(01): 85-87+96.
- [8] 葛慧超, 易杨. 中英合作舞蹈疗愈项目"舞在当下"的实践与本土化思考 [J]. 艺术市场, 2021, (11): 60-61.
- [9] 张乐乐. 疗愈的浅滩——当舞蹈美育遇见舞蹈治疗 [J]. 当代舞蹈艺术研究, 2020, 5(04): 90-95.
- [10] 吴昌, 杨梦园. 论城市公共空间与大众健康——以近代宁波公园为例 [J]. 宁波教育学院学报, 2020, 22(06): 97-101.

从“合作”到“共治”：政府部门与社交媒体平台协同路径探索——以“防灾减灾科普作品创作季”为例

张文妮

北京市地震局，北京 100080

DOI: 10.61369/SSSD.2026060013

摘 要： 本文以协同治理理论为框架，通过对北京市地震局与爱奇艺合办的“防灾减灾科普作品创作季”案例深描，剖析政府部门与商业媒体平台在防灾减灾科普领域从“资源合作”到“生态共建”的创新路径。本文讨论了“科学严谨性”与“病毒式传播”的内在张力，并进一步提出构建“共治”模式的优化方案，为防灾减灾科普等公共服务领域的协同治理实践提供可操作的参考方案。

关 键 词： 社交媒体；防灾减灾；公众参与；多元协同治理

"Cooperation" to "Co-governance": the Approaches to the Cooperation between Government Agencies and Social Media Platforms—A Case Study of the "Creation Contest on Public Awareness for Disaster Prevention and Mitigation"

Zhang Wenni

Beijing Earthquake Administration, Beijing 100080

Abstract： This paper employs the framework of collaborative governance theory to conduct an in-depth case study of the "Creation Contest on Public Awareness for Disaster Prevention and Mitigation" a collaborative event by the Beijing Earthquake Agency and iQiyi. It analyzes the innovative approaches to government departments and commercial media platforms in the field of popularizing disaster prevention and mitigation, which evolves from "resource sharing" to "ecosystem co-building". The paper discusses the inherent tension between "rigorous science" and "viral marketing." Furthermore, it proposes an optimized scheme for building a "co-governance" model, aiming to provide feasible references for implementing collaborative governance in public services such as popularizing disaster prevention and mitigation.

Keywords： social media; disaster risk reduction; public participation; multi-stakeholder collaborative governance

一、研究背景

在进入平台化时代背景下，政府机构在履行风险沟通与科普宣教等公共服务职能时，正面临前所未有的结构性挑战。传统的公共服务信息传播模式、防灾减灾科普，往往受到传播渠道单一化、内容主题泛化以及难以精准触达细分受众群体的限制。这种单向、自上而下的传播方式，难以适应数字原住民对于信息互动性、即时性和个性化的需求。这种困境反映了传统单向传播模式的局限性，政府机关或科研部门作为知识供给者，其内容具备科学的严谨性和专业性，但在媒介形式和传播效率上难以在平台型社交媒体的算法机制下保持竞争力。

如何充分释放社会互动、参与、自治方面的潜能，是政务新媒体在观念、制度和实践方面较为欠缺的环节。政府机关、科研部门与平台型社交媒体的协同传播在公共服务方面显得尤为重要，尤其在突发事件多、相对垂直的防灾减灾领域现有实践与研究都相对缺乏。

二、文献综述

现有研究着重关注政府部门与传统媒体的合作。比如在传播主体方面，高慧军等学者强调政务新媒体与主流全媒体作为危机信息的关键供给者，必须建立严格的内部追责机制，防止错误信息通过权威渠道放大传播风险；张宝生等基于“拉斯韦尔5W理论”构建自然灾害舆情预警系统，提出政务微博需与传统媒体共享监测数据，通过信息处理模块实现跨平台风险信号的标准化识别；李星玥则从信息归档角度指出，重大突发事件中政务新媒体需与传统媒体建立内容互证机制，通过政策文件与民生记录的交叉验证还原事件全貌。在技术协同方面，张敏等开发的情感极化监测模型证明，传统媒体的权威报道能有效中和社交媒体中23.7%的极端情绪，但需通过智能算法监管避免“回音室效应”的负面叠加；官贺等对50场自然灾害的实证研究表明，政务微博使用标准化话题标签（如#抗震救灾#）时，其信息被传统媒体引用的概率提升41.3%，形成跨平台议程设置合力。谢泗薪基于航空物流

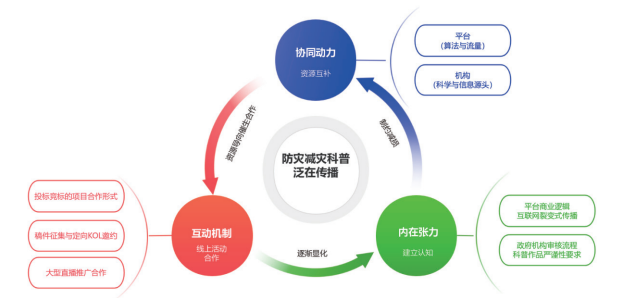
案例提出，危机情境下组织印象管理需采用“双向沟通”策略，政务新媒体应主动将传统媒体的深度报道转化为社交化表达，实现认知与情感的双重引导。少数研究关注到了政务新媒体如何借助社交媒体提升传播能力，如姜景等通过比较政务抖音与微博的传播效能，发现短视频平台通过音乐、道具等流行元素实现的情感共鸣效应，可弥补传统媒体在年轻群体中的传播断层。

然而进入到数字化社会，比起搭建平台开设自媒体账号，协同治理更有利于政府部门的主体性发挥。同时，政府部门与商业平台之间的资源互补，也赋予了二者协同的必然性与可行性，社交媒体平台凭借其庞大的用户基数、算法驱动的技术优势和巨大的规模效应，在用户触达和内容分发方面具备传统媒体难以比拟的能力。将这种高效的商业化触达能力与政府机构所独有的信息权威性、科学严谨性相结合，对于提升公共信息的传播效率至关重要。

但在协同治理过程中，必须正视平台型媒体所具有的“双重性”。政府部门追求社会价值最大化，关注社会安全、科普普及和公信力建设；而商业平台的核心驱动力是经济价值最大化，关注流量、用户时长和广告收入，这种内在张力是协同治理中最大的矛盾点。成功的协同治理要求建立一个合作性框架，不仅利用平台的创新性，同时也要将其纳入社会性规制力量，以实现公共利益与商业利益的长期动态平衡的目标。

综上所述，既有研究为本文提供了坚实基础，但也留下了探索空间：即对政府与商业平台这一新型协同主体的常态化合作机制缺乏系统性剖析。因此，本文将以‘北京市地震局-爱奇艺合作案例’为研究对象，构建一个包含‘协同动力-互动机制-内在张力’的分析框架（如下图所示），旨在深入回答以下核心问题：

1. 驱动政府与平台走向协同的内外因素为何？
2. 双方通过何种具体的互动机制实现资源整合与价值共创？
3. ‘合作’中面临的核心张力是什么，以及如何构建可持续的‘共治’模式以平衡这些张力？



三、案例分析

2024及2025年，在中国地震局公共服务司（法规司）的指导下，北京市地震局联合爱奇艺开展了“防灾减灾科普作品创作季”（后文简称‘创作季’）活动。活动采用定向邀约（PGC）与公开征集（UGC）相结合的征稿方式，借助爱奇艺平台影响力，

邀请防灾减灾领域的专业人士、科普工作者或爱好者，参与科普作品的创作和分享。一方面，爱奇艺利用其MCN网络，定向邀请了平台内头部科普创作者，确保内容的基本质量与影响力；另一方面，通过设立总奖金池与流量激励，向社会公众广泛征稿，以激发创作活力。2025年度单独设立高校赛道配合线下讲座的形式，持续培养社会科普力量。

（一）协同治理驱动力

北京市地震局与爱奇艺的合作，是基于双方优势互补的结构化对接。从地震相关部门的视角来看，其核心驱动力是解决防灾减灾科普传播中“入心入脑”的问题，并实现社交媒体环境下引导“泛在科普”主体的机制创新。从平台端来看，其驱动力在于履行企业社会责任，提升其内容生态的多元性、专业性以及品牌公信力。同时，可以吸引高质量的科普工作者和关键意见领袖入驻，从而优化平台的内容供给侧。

这种合作在宏观层面是中国数字治理理念从传统的“以政府为主导”向“多主体协同”转型的重要体现。相关委办局正在审慎地将部分公共信息传播的责任和内容生产的权力释放给社会力量和商业平台，以期达到超越单一主体能力的社会效能。这种转变的本质在于承认公共服务在数字时代的供给侧必须多元化、社会化，从而实现专业权威与大众媒介生态的有效对接。合作背后折射出政府治理与民间话语的良性互动，是参与式传播理念在社交媒体时代的有益尝试，为新时代讲好防震减灾故事提供了参考范本。因为参与式传播与大众传播的最大不同在于，大众传播是自上而下、点对面的精英式传播，而参与式传播则是自下而上或社会群体之间的横向传播和交往。

（二）互动机制与传播效果

“创作季”活动的设计打破了传统的政府信息发布模式，形成了一套综合性的互动机制，包括视频征稿、KOL邀请、设立专门的高校赛道以及关键时间节点下的‘圆桌对话’直播等，多维度的互动模式调动了社会各界参与防灾减灾科普的主动性和创造性。

2025年中小学生安全教育日（3月31日）活动正式上线，并定向邀请10位包含专业的科普机构和全网百万级粉丝的博主们进行投稿。在全民国家安全教育日（4月15日）邀请专家，以圆桌对谈的形式解答创作者们在选题与呈现方面的疑问，直播观看量超过130万人次，在防震减灾宣传周（5月12—18日）投稿活动专题页在爱奇艺网页端、移动端的科普频道正式上线，专题页中展示投稿征集来的20个优质视频内容，每天更新轮换10个视频进行展示。截至5月19日，参与共创的社会力量共计1025人，投稿视频总数4471条，其中有效投稿视频400余条。投稿视频共计获得3000多万曝光量，专题页播放量达到1254万次。

“创作季”的核心设计理念在于构建一个将公众、专业机构和KOL有效纳入的共创生态系统。这一设计标志着科普传播模式从政府传统的单向知识供给，向多方参与、共建共享的生态构建迈进。视频征稿的模式鼓励公众利用爱奇艺的短视频生态创作内容，这顺应了媒介传播语境发展和民众真实消费的需求。更具战略意义的是，活动在2025年专门设立了高校赛道。这不仅仅

是简单的流量吸引策略，它代表了对未来科普人才的孵化，以及对专业知识储备的整合与再生产，实现了对青年群体和学术力量的定向动员。这种共创机制，将公众从被动的受众转变为知识生产的主动参与者，极大增强了活动的内生动力和覆盖深度。

（三）合作内在张力

在这种合作框架下，存在着科学严谨性与病毒式传播之间的内在张力。防灾减灾科普要求内容必须科学严谨、专业专注，坚守知识传播的底线意识。但商业平台追求的流量导向，可能会促使创作者迎合低门槛的娱乐化内容。为平衡上述张力，双方构建了一套“三审三校”式的联合审查机制，确保公共利益优先于纯粹的流量指标。具体流程为：创作者完成稿件后，首先由爱奇艺内容审核团队进行第一轮筛选，剔除明显违规及低质投流作品；通过初筛的作品算为“有效投稿”，由北京市地震局专家及相应领域内专家进行科学性评审，重点核查灾害预警信息、避险动作要领等关键知识的准确性；最终，对于拟授予“优秀作品”称号的投稿，由传媒领域顶尖从业者及学者进行最终排名，再由合办双方代表组成的终审评议组进行合议。这套机制虽增加了流程复杂度，却是确保公共利益在流量逻辑中不受侵蚀的关键防火墙。

四、结论与总结

虽然北京市地震局与爱奇艺的合作已取得阶段性成功，但目前的合作仍主要基于项目制，缺乏长期稳定的制度化框架。未来创新路径的关键在于基于现有“合作”升级为具有约束力的“共治”模式，使之成为常态化的治理机制。

在制度设计方面，需要借鉴数字平台合作性治理框架的成功

经验，主动将社会性规制力量引入。这需要设立一个独立的第三方数据审计员或专家委员会（即外部算法师），他们将负责对科普内容的科学严谨性以及平台算法的分发合规性进行技术磋商和监督。这种外部监督机制有助于确保商业平台的经济效益追求与公共服务的社会价值目标之间能够实现长期平衡。进阶策略之二在于明确数据使用与权益归属。鉴于征稿作品数量巨大，政府和平台必须共同制定透明的规则，明确这些由公众共创的公共数据和内容的使用权、知识产权和版权。这一明确性是维护参与者积极性并保证激励机制有效性的前提。

无论传播形式如何动态更新，防灾减灾科普的底线意识要求其内容必须始终坚持科学严谨、专业专注的原则。在海量用户生成内容涌入平台时，维护内容质量成为协同治理的核心挑战。

政府机构应与平台共同开发一套内容审核机制，对经过专业机构严格审核的作品赋予官方权威认证标志。这套标记系统能够在平台内有效运行，使用户在浏览内容时快速识别出准确、权威的公共服务信息，从而在流量为王的生态中，为优质内容提供信任背书，有效对抗虚假信息带来的风险。创新路径之二则是设计更具吸引力的多元化激励机制。除了平台提供的流量曝光和点击量激励外，应提供更具实质意义的回馈，例如提供专业技能培训机会，或颁发认可的证书。这些非物质激励措施对于保持社会力量参与的长期动力至关重要。

协同治理的最终愿景是实现数字赋能下的社会效益最大化。政府机构与商业社交媒体平台的协同治理，绝非仅仅是媒介技术的简单应用，而是对现代国家治理体系和治理能力现代化的一次深刻而系统的实践探索，通过持续优化这种参与式、协同式的传播机制，能够构建一个更加透明、更具韧性的公共领域。

参考文献

- [1] 周怡靓, 曾培伦. 在“受众”中找回“公众”: 我国政务新媒体的治理界面失灵与调适 [J]. 新闻界, 2025, (07): 47-56. DOI:10.15897/j.cnki.cn51-1046/g2.20250714.001.
- [2] 贾哲敏. 新时代政务新媒体: 历程回溯与发展路径 [J]. 山西师大学报(社会科学版), 2020, 47(06): 83-88+124. DOI:10.16207/j.cnki.1001-5957.2020.06.008.
- [3] 高慧军, 黄华津, 吴爱妍. 社交媒体平台公共危机传播治理: 理论进路与实践探索 [J]. 中国行政管理, 2024, 40(08): 129-138. 10.19735/j.issn.1006-0863.2024.08.13.
- [4] 张宝生, 杨晓婷, 王晓红. 面向突发自然灾害事件的政务微博舆情动态预警机制研究 [J]. 情报科学, 2024, 42(02): 43-55. 10.13833/j.issn.1007-7634.2024.02.005.
- [5] 姜景, 王文韬. 面向突发公共事件舆情的政务抖音研究——兼与政务微博的比较 [J]. 情报杂志, 2020, 39(01): 100-106+114.
- [6] 李星羽, 杨千. 重大突发事件社交媒体信息归档与管理——基于新型冠状病毒肺炎“疫”的思考 [J]. 档案与建设, 2020(03): 23-26+40.
- [7] 张敏, 张可, 张东鑫. 政务社交媒体中公众情感治理: 理论框架与实施策略 [J]. 情报科学, 2024, 42(10): 116-124+170. 10.13833/j.issn.1007-7634.2024.10.015.
- [8] 官贺, 董旭. 自然灾害情境下属地政务微博的话题标签使用与效果 [J]. 新闻大学, 2024(10): 59-73+123. 10.20050/j.cnki.xwdx.2024.10.009.
- [9] 谢泗薪, 李春华. 应急救援情景下航空物流企业社交媒体印象管理策略研究——基于数字化情绪感染视角 [J]. 价格月刊, 2022(05): 76-88. 10.14076/j.issn.1006-2025.2022.05.12.
- [10] 赵康. 数字平台的合作性治理 [EB/OL]. [2025-11-4]. http://www.cass.cn/xueshuchengguo/shehuihengfaxuebu/202305/t20230518_5638962.shtml.
- [11] 权腾龙, 张慧峰, 李志恒, 等. 5G 技术背景下防震减灾科普宣传活动的传播策略 [J]. 地震科学进展, 2022, 52(10): 495-500. DOI: 10.19987/j.dzxxjz.2022-057.

数字普惠金融提升福建省农业全要素生产率的路径与对策研究

黄世旺^{1,2*}, 刘鸣一³, 王志超³, 邱文堰¹

1. 泉州师范学院创新发展研究中心, 福建 泉州 362000

2. 美国密歇根州立大学, 美国 东兰辛 48824

3. 福建农林大学数字经济学院, 福建 泉州 362000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060014

摘 要 : 福建省农业全要素生产率的提升碰到生产要素配置不均、技术进步滞后等问题, 数字普惠金融从三方面发力: 提高农村金融服务可获取性、削减融资开支、推动技术创新和落地, 为农业生产注入全新动力, 搭建数字化金融服务体系, 整合资源分配, 实现农村金融服务普惠, 带动农业生产效率增长。数字普惠金融能有效推动农业技术运用、强化农户资金获取能力、提升农业要素流动效率。福建省可从完善数字基础设施、创新金融产品服务、强化政策支持入手, 进一步拉高农业全要素生产率; 大力发展数字普惠金融, 可助力提高农业生产效率, 还能为乡村振兴和农业现代化推进提供可行方案。

关 键 词 : 数字普惠金融; 农业全要素生产率; 资源配置; 技术创新

Research on Paths and Countermeasures of Digital Inclusive Finance Enhancing Agricultural Total Factor Productivity in Fujian Province

Huang Shiwang^{1,2*}, Liu Mingyi³, Wang Zhichao³, Qiu Wenyan¹

1. Innovation and Development Research Center, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000

2. Michigan State University, East Lansing, USA 48824

3. School of Digital Economy, Fujian Agriculture and Forestry University, Quanzhou, Fujian 362000

Abstract : The enhancement of agricultural total factor productivity (ATFP) in Fujian Province is constrained by issues such as uneven allocation of production factors and lagging technological progress. Digital inclusive finance injects new impetus into agricultural production through three key pathways: improving the accessibility of rural financial services, reducing financing costs, and facilitating technological innovation and implementation. By building digital financial service systems and integrating resource allocation, it realizes the inclusiveness of rural financial services and drives the growth of agricultural production efficiency. Specifically, digital inclusive finance effectively promotes the application of agricultural technologies, strengthens farmers' ability to access funds, and enhances the flow efficiency of agricultural factors. To further elevate agricultural total factor productivity, Fujian Province can focus on three countermeasures: improving digital infrastructure, innovating financial products and services, and strengthening policy support. The vigorous development of digital inclusive finance not only helps improve agricultural production efficiency but also provides feasible solutions for rural revitalization and the advancement of agricultural modernization.

Keywords : digital inclusive finance; agricultural total factor productivity (ATFP); resource allocation; technological innovation

引言

福建属于我国农业大省行列, 需直面资源配置不均、技术进步缓慢等现实困境拖慢农业全要素生产率提高, 数字普惠金融作为推动农业现代化的新鲜力量, 正渐渐成为破解这些问题的关键核心。依托数字化技术, 数字普惠金融不光提升了农户获取资金的实力, 还助力农业生产技术的普及和应用。金融科技稳步发展, 数字普惠金融在显著改善农业生产效率、促进资源优化配置, 展现出巨大潜力^[1]。因此, 探究数字普惠金融对福建省农业全要素生产率的有效提升方式, 成为推进乡村振兴战略实施的重点命题。

项目信息:

福建省高校中青年骨干教师赴海外研学深造项目;

福建省高层次人才和青年人才培养资助项目;

泉州师范学院高层次人才科研资助项目 (H20011);

教育部产学研合作协同育人项目 (220605052121135; 220903906263309)。

一、数字普惠金融、农业全要素生产率的理论与机制分析

（一）农业全要素生产率的内涵与测度

农业全要素生产率（Total Factor Productivity, TFP）即在当前技术标准下，基于投入要素的农业总产出综合效率^[2]，是评判农业高质量发展的核心指标。按照索洛增长理论，全要素生产率是拉动经济增长，实现技术进步与效率提升的核心动力，并指明产出增长中排除资本（K）和劳动（L）投入增加贡献的部分，能从生产函数拆分出来，写为：

$$Y=A \cdot F(K,L)$$

A 就是全要素生产率，代表技术进步和生产组织优化的效用，TFP 提高说明投入相同要素可达成更高产出，表明农业资源配置效率与技术应用水平的进步。

实际测度环节，通用方法囊括非参数的 DEA（Data Envelopment Analysis，数据包络分析）与 Malmquist 指数，另外包含随机前沿分析（SFA）等参数方法。Malmquist 指数能把 TFP 增长拆成技术进步（technical change）和技术效率变化（efficiency change）两部分，可更明晰把握农业生产效率变动的来源。DEA-Malmquist 模型构建各阶段生产前沿面，能衡量 2011-2021 年中国各省农业 TFP 的时间维度变化态势，显示技术进步为 TFP 增长提供重要支撑^[3]。

农业 TFP 的测算结果为政策评估与对策设计提供量化依据，运用三阶段 SBM-DEA 模型可精准管控环境变量和随机误差，提升 TFP 估计精准度。实地调研证实，数字金融渗透率持续攀升的大环境中，覆盖广度、使用深度和数字化程度，均能明显正向拉动农业 TFP，使用深度对 TFP 的贡献位居首位^[4]。

（二）数字普惠金融的概念与发展特征

数字普惠金融依托互联网、移动支付、大数据、云计算和人工智能等数字技术搭建金融服务体系，目标定为实现金融服务广覆盖、低成本、高可得性。而数字普惠金融核心目标是借助数字技术突破传统金融服务在地理、规模和信息不对称等方面的限制，为广大农户和农业经营主体提供便捷、低门槛的融资、储蓄、支付及风险管理相关服务。

数字普惠金融的核心特征包含：覆盖广度高，靠数字渠道扩大服务触达边界，农村和边远地区金融参与率明显提高；使用深度高，和传统普惠金融不一样，用户可获得基础信贷服务，还可大范围享有数字支付、数字保险、供应链金融等多种金融产品，数字金融服务的使用深度对农业 TFP 提升的拉动作用最强^[4]；数字化技术水平高，用大数据征信弱化信息不对称，让信贷审批提速，同时强化风险控制能力，增强金融服务的效率与精准性。靠中国政策推动和技术革新双轮驱动，数字普惠金融呈高速发展状态，根据 Peking University Digital Financial Inclusion Index（数字普惠金融指数），2011-2021 年各省份数字普惠金融整体水平稳步上升，各区域发展水平差异突出，东部地区普惠金融发展领先中西部，让农业生产要素配置效率和技术扩散速度出现空间层面的差异影响^[4]。

（三）数字普惠金融提升农业 TFP 的理论机制

1. 缓解农业融资约束

传统农村金融准入门槛高、覆盖范围有限，难以契合小农户和农业经营主体对生产性资金的需求。数字普惠金融利用大数据征信、智能风险评估等技术途径，可明显减少金融机构的交易与风控成本，提升农户申请贷款的获批率及额度。数字信贷、数字保险等产品助力农业经营主体更快拿到资本，用来购买先进农机设备、优良种子和肥料等生产物资，真正提升资本要素和技术要素的生产效率。在该环节中数字普惠金融降低了信息不对称问题的影响，还提升了资金配置精准度，推动资本投入和产出效率的比值进一步优化。

2. 促进技术创新与扩散

数字普惠金融借助推动农业技术扩散提升农业技术水平。互联网平台是信息和知识的传播载体，助力农业科技成果、优质生产经验和新模式快速普及，增进农业技术效率与技术进步率。数字金融支付和交易安全机制强化农户间信任联结，可推动构建知识共享生态，加快新技术、新工艺向农业生产的扩散。进行 TFP 分析，一般用 Malmquist 指数中的技术变迁项代表技术进步部分，它反映前沿生产可能性曲线的外移速率。数字普惠金融对技术扩散的促进作用，在 Malmquist 技术变迁贡献里占比很高，这一情况说明，技术进步是拉动全要素生产率稳步增长的关键^[3]，尤其在数据支撑的农业生产场景里。

3. 优化要素配置与生产结构

数字普惠金融依托信息平台推动土地、资本、劳动力等要素在空间和产业间高效流动，提升传统农业生产的要素配置效率。通过依托互联网信息服务推动土地流转和规模经营，实现更高效利用土地等稀缺资源。此外，数字金融服务降低农户转为新型农业经营主体的制度门槛，提增农业要素边际贡献率，数字普惠金融还借助信息公开化和金融成本下降^[5]，让投入要素对产出效率的反应更灵敏，降低闲置与浪费，提升整体生产结构效率。

4. 推动农业产业融合发展

数字普惠金融为农村电商、供应链金融、农业保险等新兴业态提供金融支持与支付基础设施。通过拉近农业生产和市场流通、加工服务等环节的关联，产业融合发展，可拉高农业产品附加值，还强化全产业链组织效率，能挖掘农业生产最大潜力。有研究表现，不同区域数字普惠金融对农业产业融合的促进力度各不相同，但从全局看，可优化农业产业结构，增强农业 TFP 的空间协作性与竞争水平^[6]。

二、福建省数字普惠金融与农业 TFP 的现状与特点

（一）福建省农业生产与全要素生产率现状

福建省农业占地方经济的比重相对偏低，但这里生产粮食和特色农产品，基础规模稳步扩张。2024 年福建省农林牧渔业总产值为 5854.87 亿元左右，较去年同期增长 3.4%。具体来看，粮食种植面积达 844.41 千公顷，收获粮食 514.38 万吨，稻谷、油料、茶叶、蔬菜等主要农产品产量全部有所增长，呈现农业生

产稳步增长的基本态势，农业增加值占地区生产总值的比例为5.7%–5.8%，能看出第一产业在福建经济结构里起基础作用。如图1所示。

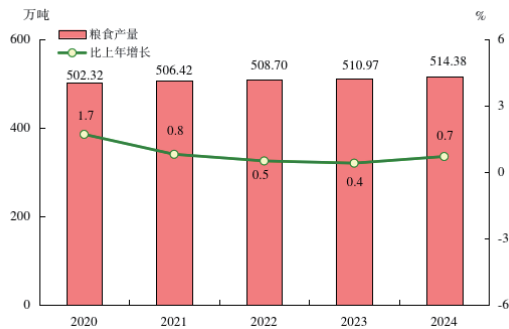


图1 2020–2024年粮食产量及其增长速度

福建省地理资源禀赋多元复杂，西北丘陵和东南沿海的多样地形催生差异化农业生产格局，适合茶叶、水果及水产等多类农业发展。该类地理条件使农业TFP的提升既遭技术和要素配置约束，也受生产组织形式制约。通过农业TFP测算（基于DEAMalmquist等模型）显示，福建省农业生产效率整体呈缓慢上升走向，技术进步对TFP的贡献逐年凸显，技术效率提升展现为要素使用率和资源配置效率的优化^[6]。

TFP的动态变化特征层面，研究借助三阶段SBMDEA模型核算中国各省（包括福建）2011–2021年农业TFP，研究结果表明，数字普惠金融发展水平和农业TFP呈正相关关系^[7]，使用深度对全要素生产率提升贡献排名第一，这能看出要素和技术资源配置均衡时，福建农业生产效率提升有持续性。

（二）福建省数字普惠金融发展情况

福建省数字金融服务发展势头较猛，尤其在移动互联网和电商平台基础设施建设上推进速度快。截至2024年，全省移动电话用户数破5061万户，拥有5G移动电话的用户共2866万户，占移动用户总量56.6%，普及互联网基础设施，给农村地区数字金融服务推广筑牢基础^[6]。

服务架构排布上，福州、厦门等核心城市在数字普惠金融服务覆盖、数字支付及农业金融产品推广方面进展迅速；南平、三明等山区地区因经济发展水平和基础设施条件受限，数字金融服务渗透占比偏慢。这类省内差距体现在数字化金融用户活跃度、农村网点布局、数字信贷产品使用率等指标上，年轻用户对移动支付、在线贷款和数字保险接受意愿高，促进农村数字金融加速渗透，一并缩减城乡金融服务差距。从推广成果分析，福建省全力参与“数字中国”建设，推进农村数字普惠金融试点，用地方政策推动金融机构开展数字信贷、小额保险及农产品供应链金融服务，切实提升农村金融服务的可获得性和便捷性。依托地方政府扶持和金融科技企业参与，农村数字金融服务触达范围更深更广，为农业生产主体供给资金流通与风险管理的数字化支持^[7]。

（三）福建省数字普惠金融促进农业TFP的实证证据

借助固定效应模型分析福建省9个地级市2011–2021年面板数据后显示，数字普惠金融指数与农业TFP存在明显正向关联，

每提高1个标准单位的数字普惠金融水平，农业TFP整体水平显著上升，分解效应证实，该推动作用主要通过加快农业技术进步和提升技术运用效率达成，数字金融服务可推动技术创新在农业中推广和采纳^[6]。

剔除城镇化率、产业结构优化和经济发展水平等变量干扰后，数字普惠金融依旧能显著解释农业TFP，这说明它在优化农业资源配置、促进技术扩散方面的作用稳定可靠，城镇化率提升和产业结构优化也对农业TFP形成正向溢出效应，种植结构的短期调整，可能对TFP产生一定抑制，这说明要素结构变化和数字普惠金融的协同极其关键。

看机制路径层面，数字普惠金融拉动农业TFP提升的核心路径如下：一是完善农业生产主体的融资支撑，提速农业资本形成与更新；二是借助数字渠道提速技术信息传播和农户学习效应，优化技术效率。理顺要素流动，让土地、资本等资源在区域和产业间达成更高效配置，实证分析结论表明，技术进步与效率提升是这条路径的关键中介因素，指明数字普惠金融在农业技术扩散和资源优化配置中的核心地位^[8]。如表1所示。

表1 福建省部分农业指标情况

指标	数值	说明
农林牧渔业总产值（2024）	5854.87亿元	第一产业占GDP比约5.7%
粮食产量	514.38万吨	增长0.7%
移动电话用户	5061.08万户	移动普及率高
5G用户	2866.20万户	提升数字服务基础

三、数字普惠金融提升福建省农业全要素生产率的主要路径

（一）提升数字普惠金融覆盖广度与普及率

延展数字普惠金融覆盖维度是提升农业全要素生产率（TFP）的核心前提，用2个关键指标量化覆盖广度：服务可达性，是代表金融服务网点、数字终端等在农村地区的覆盖范围；服务渗透率，是指农村人群对各类数字金融产品的实际使用占比。2015至2024年，中国农村数字金融服务点从每10万农户约84个提升至约132个，福建省核心农业县覆盖密度已超国家平均水平，服务渗透率突破70%，农户参与数字信贷、数字保险的概率明显上升，增强资金获取可能性^[9]。

扩大信用产品与保险服务覆盖，可有效降低农业生产中自然风险和价格波动带来的系统性冲击。“信保联动”的微型信用贷款与数字农业保险机制，既能降低贷款违约率、缩短理赔周期，又可引导更多农户参与数字普惠金融平台，提升风险分散与资源配置效率，为农业生产主体提供稳定、低成本的资金支持，增强资本与技术投入的边际效益。在此过程中，配合财政贴息与税收减免政策，引导金融机构降低涉农数字信贷产品利率和准入门槛，有助于进一步扩大数字普惠金融在农业生产领域的实际覆盖效果。

（二）强化数字技术对农业生产的赋能

数字技术是拉动农业TFP增长的关键动力。涉及精细化

管理、决策智能化和资源优化配置等环节，采用农业物联网（IoT）、大数据、云计算以及人工智能（AI）算法等技术，提升生产中水肥管理、病虫害预测和农产品品质监控等环节的精准度。实施农业物联网应用，每日由传感器采集的土壤水分、营养含量等数据，可经无线网络实时传送到中央数据库，依托决策支持系统（DSS）制定精细化施肥和灌溉方案。其与传统经验管理对照，可让水肥利用效率提高约28%，明显削减无效投入。

智能决策系统可作为提升 TFP 的关键技术。该算法借助多源数据，能完成产量预测、市场价格趋势分析等任务，向农户或农业企业提供时效型建议。按照2023年农业科技应用统计，采用智能决策系统的农业经营主体平均产出增速约为7.6%，解析全要素生产率环节中，技术进步贡献率达45%左右^[10]。依托大数据和AI分析，还能优化生产计划及供应链节奏，促使生产和市场需求高度契合，以此强化资源使用效率和经济效益。

（三）深化农村金融产品与服务创新

贴合农业生产周期特点的数字金融产品能明显提升农业 TFP。农业生产存在季节性和周期性特征，传统金融风控难度大，长期农业信贷支持力度欠缺。数字信贷依托大数据征信模型，靠非传统信用特征（如农业经营历史、社交网络行为等）补充传统信用评估，可把审批周期缩减到平均3天以内，把贷款成本压低约15%。此外，依托供需匹配算法，还能给不同农业生产主体推送匹配度最高的专属金融方案。

供应链金融借助农业产业链上下游数据共享，实现核心企业信用传导至中小农户，增加融资通路。依托订单的数字供应链金融产品，能让农业企业在产品实际交付前，依托订单流转申请融资。目前相关试点县此类产品使用率超过35%，有效解决流动资金短缺难题。依托数字农业保险打造“收益挂钩型保险”产品，把保险赔付和产出水平绑定，让风险管理贴合生产实际，增强农户对金融产品的接受度与参与意愿。

（四）促进农业与市场、产业融合发展

数字平台是衔接农业生产和市场流通的关键中介。依托农村电商平台，农产品可直接进入规模更大的市场，砍掉中间环节，加快市场流通速率。据统计，2024年福建省农产品电商交易规模达281亿元人民币，较去年增长约18%，其中特色农产品出口增幅超20%。基于数字平台的产销对接模式，能让农业生产主体及时获取市场需求的变动反馈，调整生产结构，优化资源配置，提升生产效益和市场竞争能力。数字电商平台不只加速农产品流通，还拉高了农产品的市场认知度和品牌价值，切实推进农业产业链现代化、高效化^[11]。

构建农业数字生态系统，显著提升农业经营主体的信息服务水平。这类系统一般包含生产决策支持、金融服务、市场交易、物流跟踪等模块，依托信息共享和系统协同，构建农业生产、加工、销售和风险管理的全流程闭环。接入区块链溯源系统的农产品，交易价格普遍上涨约8%，部分高端市场甚至能溢价15%以上。兼具智能属性和系统特征的信息服机制，可强化农业市场的对接效能，提高农业生产组织的效率，为产业链各环节提升更高附加值，进而拉动全要素生产率的稳步提高。

四、福建省数字普惠金融提升农业全要素生产率的对策建议

（一）完善数字基础设施建设与农村数字能力

强化农村数字基础设施建设，是实现数字普惠金融服务覆盖农业农村、赋能乡村振兴的关键前提与核心依托^[12]。2023年以前，全国农村互联网普及率为66.5%，数字化服务触达能力显著强化，但山区、丘陵等偏远地区至今还存在网络覆盖盲区、带宽无保障、信号延迟高这类突出问题，大幅阻碍数字金融服务在农业生产、农村商贸、农户生活等场景的深度拓展。福建省需严格依照《福建省“十四五”数字福建专项规划》提出的建设目标，2021-2025年全面推进数字化基础设施建设，推进乡村互联网基站扩容、5G网络深度覆盖、宽带光纤升级改造等基建工程，对齐城市网络服务标准，让农村和城市拥有一样的网络连接质量，着力抬升100 Mbps以上宽带覆盖率、5G信号行政村全覆盖等关键指标。基于这一前提，要进一步推进针对农民群体的精准数字教育培训，以开设定期数字金融素养课程、搭建线上线下混合培训平台、组建专业讲师下乡指导团队等为载体，全面提升农户对数字支付、移动银行、在线信贷、农业保险线上办理等服务的认知水平和实际操作能力。协助农村居民熟练运用基础数字工具，有效缩减“数字技能鸿沟”导致的金融服务获取不平等状况。

（二）完善财政激励与制度保障并行的数字普惠金融政策体系

建立契合农业生产特性的数字普惠金融政策体系，关键在于强化政府在财政激励与制度引导中的作用。通过财政贴息、税收减免等政策工具，引导金融机构降低涉农贷款利率和审批门槛，扩大普惠性农业信贷投放规模，推动中小农户和新型农业经营主体以合理价格、低门槛获取生产性资金，有效缓解融资约束。同时，应依托福建省科技特派员制度，探索开展数字普惠金融领域科技特派员选认与派驻，将数字金融服务能力建设纳入基层服务体系，通过金融素养培训、数字工具应用指导和风险防范宣传，培育普惠金融文化，提升农村金融消费者认知与使用能力，并在完善数据安全、消费者权益保护和风险防控机制的基础上，保障农村居民以适度、便捷、可持续方式享受普惠金融服务，增强数字普惠金融对农业高质量发展的长期支撑作用。

（三）鼓励产学研合作与技术推广机制建设

加快农业生产效率提升与技术扩散节奏，得依托农业科技与数字技术深度融合。通过支持高校、科研机构 and 地方农业企业、数字金融平台构建长期合作机制，携手开发数字农业技术，开展农业物联网、遥感监测与智能决策系统等关键技术的应用探索。可依托建立联合实验室、技术示范园区和农业数字实验基地等方式，搭建从研发到试点再到推广的全流程技术转移机制，拔高科技成果产业化层次^[13]。科研机构通过携手地方政府推进智慧农业技术试点，备齐技术应用数据和操作规范后，再借助培训与示范推广，拓展成熟技术应用范围。地方政府制定技术推广补贴政策、构建技术服务标准体系，提高农业生产组织对新技术的接纳比率和运用效率，切实拉高全要素生产率里的技术进步环节，给

农业现代化添续稳定动力。

（四）构建多方协同发展机制

数字普惠金融推动农业全要素生产率提升，有赖于政府、金融机构、科技企业和农业合作组织协同发力。政府通过财政补贴、税收优惠和政策引导基金撬动社会资本参与农村数字基础设施和金融服务建设；金融机构与科技企业加强协作，依托开放平台提升数据共享效率，开发契合农业需求的数字信贷、保险和供应链金融产品；农业合作社和基层组织发挥连接农户与市场的纽带作用，推动金融服务下沉。通过构建多主体协同机制，实现信息共享、资源互补和风险共担，形成“政策引导、市场驱动、技术支撑”的发展格局，持续提升福建省农业生产效率和全要素生产率。

五、结语

提升农业全要素生产率，数字普惠金融在福建省发挥关键作用。通过完善数字基础设施、强化数字技术赋能和创新金融服务，构建高效的资源配置与风险管理机制，并配合优化政策体系、健全监管环境和推进产学研协同，夯实农业可持续发展基础。同时，应深化数字教育培训，提升农户数字金融素养，依托多方协作推动农业全产业链融合发展。福建省需通过财政贴息、税收减免等政策工具，引导金融机构降低涉农金融服务成本，并依托科技特派员制度推进数字普惠金融能力下沉，持续强化数字普惠金融对农业全要素生产率提升的支撑作用。加快农业现代化脚步，再提农业生产效率，助力农村经济高质量发展，给乡村振兴战略落地筑牢坚实后盾。

参考文献

[1] 申云, 刘彦君, 李京蓉. 数字普惠金融赋能农业新质生产力提升的逻辑、障碍及路径 [J]. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2024, 24(05): 158-171.

[2] 安红霞. 数字普惠金融对农业绿色全要素生产率的影响机制及空间溢出效应 [J]. 江苏农业科学, 2024, 52(18): 288-296.

[3] 龚斌磊, 袁菱苒. 新质生产力视角下的农业全要素生产率: 理论、测度与实证 [J]. 农业经济问题, 2024, (04): 68-80.

[4] 咎金莉, 滕磊. 数字普惠金融对农业全要素生产率的影响研究——基于面板门槛回归的实证 [J]. 金融理论探索, 2024, (03): 40-51.

[5] 郭梦婷. 山区县域数字普惠金融赋能农业全要素生产率提升研究——以浙江省山区26县为例 [J]. 浙江农业学报, 2024, 36(09): 2155-2169.

[6] 王志超. 数字普惠金融对福建省农业全要素生产率的影响研究 [D]. 福建农林大学, 2025.

[7] 刘成坤, 程子婷, 危俊卿. 乡村振兴背景下的数字普惠金融与农业绿色发展 [J]. 青海社会科学, 2024, (03): 117-129.

[8] 程子婷. 数字普惠金融对我国农业绿色全要素生产率的影响研究 [D]. 江西财经大学, 2024.

[9] 朱巧英. 数字普惠金融对农业全要素生产率的影响研究 [D]. 河南师范大学, 2024.

[10] 刘玥岷. 数字普惠金融对农业绿色全要素生产率的影响研究 [D]. 中南财经政法大学, 2023.

[11] 武佳藤. 数字普惠金融对我国农业全要素生产率的影响研究 [D]. 天津财经大学, 2021.

[12] 曹璨, 袁浩然. 数字普惠金融对新型农业经营主体全要素生产率的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(11): 285-296.

[13] 刘松, 胡云瑞. 数字普惠金融与绿色全要素生产率——基于空间杜宾模型的实证研究 [J]. 长江大学学报 (社会科学版), 2024, 47(04): 75-84.

中国社会保障满意度的影响因素及政策启示 ——基于 CGSS2015 数据的实证研究

林昱彤

中山大学中山眼科中心, 广东 广州 510623

DOI: 10.61369/SSSD.2026060015

摘 要 : 本研究基于中国综合社会调查 (CGSS2015) 数据, 运用多元线性回归模型分析城乡居民社会保障满意度的影响因素。研究揭示了社会结构、认知态度与经济条件的多维作用机制, 在此基础上对完善城乡居民社会保障制度提出了政策建议。

关 键 词 : 社会保障; 社会保障满意度; 城乡居民

Influencing Factors of Satisfaction with Social Security in China and Policy Implications: An Empirical Study Based on CGSS2015 Data

Lin Yutong

Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510623

Abstract : This study is based on data from the China General Social Survey (CGSS2015) and employs a multiple linear regression model to analyze the influencing factors of urban and rural residents' satisfaction with social security. The research reveals the multidimensional mechanisms of social structure, cognitive attitudes, and economic conditions, and provides policy recommendations for improving the social security system for urban and rural residents.

Keywords : social security; social security satisfaction; urban and rural residents

一、问题的提出

社会保障是国家应对社会风险、保障基本生活的安全制度。近年来, 我国财政社保支出持续增长, 体现了“公平与效率并重”的治理转向。然而, 在区域发展不平衡与城乡二元结构制约下, 社保体系仍存在“碎片化”与区域差异, 可能导致公众主观评价的系统性落差。为此, 本研究聚焦两个问题: 一是城乡居民社保满意度的总体水平与空间分布; 二是个体特征、心理认知及宏观因素对其的影响机制, 旨在为制度优化提供依据。

二、文献综述与研究假设

(一) 概念界定

“社会保障”概念源自西方, 经本土化发展, 其核心内涵为国家主导、应对风险、保障基本安全。本研究将“社会保障满意度”界定为: 居民基于对制度运行效果的主观认知, 通过比较实际体验与期望所形成的综合性心理评价。该定义融合了期望差异模型 (Olivel)、公共服务评价说与制度效能评价说的核心要素。

(二) 影响因素与研究述评

现有研究可分为两类: 一是将满意度作为自变量, 探讨其对行为 (如创业) 的影响, 结论存在分歧, 体现了社保效应的双重性。二是将满意度作为因变量, 其影响因素研究已从个体客观特征向多层次框架、群体差异及心理认知深化。

既有研究在样本代表性 (多基于局部样本) 与方法论 (多采用离散模型处理连续变量) 上存在局限。为此, 本研究旨在从以下两方面进行推进: 第一, 在数据上, 采用具有全国代表性的中国综合社会调查 (CGSS2015) 数据, 以提高结论的普适性。第二, 在方法上, 针对连续型的满意度得分, 采用最小二乘法 (OLS) 构建多元线性回归模型进行估计。通过构建一个融合人口特征、主观认知、社会态度、经济地位与区域结构的综合分析框架, 本研究试图系统检验并整合既有研究发现, 厘清社会保障满意度的复杂形成机制。

(三) 研究假设

本研究提出以下研究假设:

H1 (人口特征差异假设): 城乡居民在年龄、性别、婚姻状况等人口统计学特征上的差异会显著影响其社会保障满意度。老年群体由于对医疗保障和养老服务的需求更高, 其满意度评价可能呈现特殊模式; 女性可能因生育保障等因素表现出与男性不同的满意度特征。

H2 (教育水平效应假设): 居民受教育程度与其社会保障满意度呈正相关关系。教育水平较高的群体通常具有更强的政策理解能力和权益意识, 能够更有效地利用社会保障资源, 从而产生更高的满意度评价。

H3 (社会态度调节假设): 居民的社会态度差异 (包括社会公平感知、政府信任度等) 会显著调节其社会保障满意度。对社会公平感知较强、政府信任度较高的个体, 即使面对相同的社会

保障服务水平，也可能表现出更高的满意度。

H4（社会地位影响假设）：主观社会地位与社会保障满意度存在正向关联。自评社会地位较高的居民，通常拥有更丰富的社会资源和更强的风险应对能力，这种优势地位可能转化为对社会保障体系更积极的评价。

H5（家庭经济缓冲假设）：家庭经济水平对社会保障满意度具有正向促进作用，经济条件较好的家庭可能因需求与保障匹配度最高而表现出最强的“获得感”，提升其对社会保障体系的整体满意度。

H6（区域异质性假设）：由于区域发展不平衡与政策执行差异，不同地理区域（东部 / 中部 / 西部 / 东北）居民的社会保障满意度存在系统性差异。

三、研究设计

（一）数据来源

本研究数据来源于2015年《中国综合社会调查》（CGSS2015），数据采用多阶段分层抽样方法，覆盖全国31个省、自治区和直辖市（不含港澳台）。本文在使用CGSS2015全部样本的基础上，经过数据筛选与清理，共获得有效样本8645份，为实证分析提供了可靠的数据支持。

（二）模型设定及操作化

本研究以城乡居民的社会保障满意度为因变量。由于该变量为连续型得分（0 - 100），可采用线性回归的普通最小二乘法（OLS）模型进行估计。模型设定如下：

其中，表示第*i*个居民的社会保障满意度，为包括人口特征、教育水平、社会态度、社会地位、家庭经济及区域因素在内的解释变量，为随机误差项。该模型能够系统刻画不同层面因素对社会保障满意度的影响方向与强度。

因变量社会保障满意度，直接采用问卷中“您对我国政府提供的社会保障服务的满意度如何？”一题的测量结果，为0（完全不满意）至100（完全满意）的连续分值。在自变量选择中，人口特征包括性别、年龄、政治面貌、户口、婚姻、健康状况；主观认知即教育程度（小学及以下至研究生及以上）；社会态度操作为养老观念（二分）、社会公平感（五级）；社会地位衡量为个人年收入、失业时长、主观阶层认同（1-10级）；家庭因素即家庭经济水平（五级自评）；区域因素分为东部、中部、西部、东北。

四、结果与思考

（一）统计描述

样本的描述性统计结果（表1）显示，我国城乡居民社会保障满意度的平均得分为69.27分（标准差=18.02），总体处于“基本满意”区间，但距“非常满意”（80分及以上）仍有一定差距。本研究样本在人口学特征上具有良好代表性，样本在年龄、户

籍、政治面貌等方面结构均衡，能较好代表我国城乡居民特征。

表1 描述性统计表

变量名	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
社会保障满意度	8645	69.27	18.02	0	100
性别	8645	0.50	0.50	0	1
年龄	8645	49.86	16.14	18	95
政治面貌	8645	0.12	0.32	0	1
健康状况	8645	3.64	1.06	1	5
户口类型	8645	0.54	0.50	0	1
婚姻状况	8645	0.80	0.40	0	1
主观认知水平	8645	3.09	1.26	1	6
养老观念	8645	0.10	0.30	0	1
公平感	8645	3.19	1.01	1	5
收入水平	8645	3.54	19.75	0	1000
失业时长	8645	44.20	91.04	0	864
阶层认同	8645	4.35	1.63	1	10
家庭经济水平	8645	2.67	0.72	1	5
地理区域	8645	2.14	1.07	1	4

（二）多元线性回归结果

多重共线性诊断显示所有方差膨胀因子（VIF）均远低于10，表明模型不存在严重的共线性问题。采用多元线性回归分析，结果显示：（1）模型解释力逐步增强。随着人口特征、主观认知、社会态度、社会地位、家庭经济及区域因素的依次纳入，调整R²由2.1%上升至11.3%（*p*<0.001），验证了社会保障满意度受多层次因素共同影响的理论假设。（2）最终模型解释了满意度变异的11.3%，与同类研究（如孙莉莉等，2019，R²=12.1%）相当，说明模型拟合度良好，但也提示仍有其他潜在变量未被纳入。（3）各模型增量的F检验结果均显著（*p*<0.001），表明新增变量对解释力提升具有统计意义，证实了多维因素共同作用的分析框架有效性。

H1：年龄（ $\beta=0.119$, *p*<0.001）与中共党员身份（ $\beta=1.492$, *p*<0.05）显著提升满意度，H1得到支持，自评健康状况越好，满意度倾向于越高。

H2：教育程度与满意度呈稳定负相关。研究生及以上群体满意度降幅最大（ $\beta=-7.218$, *p*<0.001），支持H2的“批判效应”。强有力地印证了高学历群体因认知深入、期望更高而产生的“批判性认知效应”。

H3：社会公平感影响最强，感觉“完全公平”者比“完全不公平”者满意度高18.674分（*p*<0.001）。认为养老应主要由政府负责会降低满意度（ $\beta=-2.729$, *p*<0.001），支持H3。

H4：主观阶层认同每升1级，满意度提高0.754分（*p*<0.001），但客观个人收入影响不显著，部分支持H4。这表明，对自身社会地位的心理认同比单纯的客观收入指标更能影响个体的社会保障评价。

H5：呈现“中部隆起”效应。与“远低于平均”家庭相比，

“平均水平” 家庭满意度显著更高（ $\beta=3.060$, $p<0.01$ ），部分支持 H5。

H6：与东部相比，中部（ $\beta=2.150$ ）与西部（ $\beta=2.294$ ）居民满意度更高，东北居民满意度显著更低（ $\beta=-3.551$ ），均 $p<0.001$ ，支持 H6，形成“东西高、东北低”格局。地理区域对社会保障满意度有独立于个体特征的显著影响。

五、结论与建议

本研究基于全国代表性的 CGSS2015 数据，通过多元线性回归模型系统分析了城乡居民社会保障满意度的形成机制。研究发现，满意度受社会结构、心理认知与经济社会环境多维因素共同塑造：年龄增长、中共党员身份、更高的主观社会地位及更强的

社会公平感知能显著提升满意度；而教育水平则呈现独特的“批判效应”，学历越高满意度反而越低；家庭经济影响呈“中部隆起”的非线性特征，中等收入群体最为满意；区域差异显著，形成“东西高、东北低”的空间格局。这些结论揭示，公众评价不仅基于客观保障水平，更深受主观比较与心理感知的影响。因此，政策优化需多维推进：宏观上，实施区域精准调控，重点支持东北等满意度洼地，并深化城乡制度整合；微观上，需将提升“公平感”作为核心，缩小待遇差距，优化服务流程，同时加强对高学历群体的政策沟通与预期引导。此外，应推动养老服务与就业保障体系向普惠与赋能转型，并构建以满意度监测为核心的治理反馈闭环，最终驱动社会保障制度在提升公众获得感与促进社会公平方面实现持续优化。

参考文献

- [1] 陈静, 柳颖. 新型城镇化进程中的农民工社会保障满意度及其影响因素分析——基于江苏省 13 地市的实证调查 [J]. 农村经济, 2018(04):111-116.
- [2] 纪江明. 中心城市社会保障公众满意度及其影响因素研究——基于“2012 新加坡连氏中国城市公共服务质量调查”的实证分析 [J]. 中共浙江省委党校学报, 2015, 31(03):76-83.
- [3] 李原. 中国财政社会保障支出研究 [J]. 合作经济与科技, 2016(05):186-188.
- [4] 连城, 赵家章, 张自然. 高生活成本拖累城市生活质量满意度提高——中国 35 个城市生活质量调查报告 (2012)[J]. 经济学动态, 2012(07):25-34.
- [5] 任保平. 中国社会保障模式 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2001.
- [6] 王悦. 农村社会保障满意度及其影响因素分析——基于辽宁省沈阳市沈北新区 306 户农民家庭的调查 [J]. 社会保障研究, 2015(02):28-33.
- [7] Kotler. P. Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation and Control[M]. New Jersey:Prentice-Hall.Lnc., 1997:87.
- [8] 肖云 卢. 我国农业户籍人口的社会保障满意度及其影响因素——基于 CSS2021 的实证分析 [J]. Operations Research and Fuzziology. 2023, 13(04):2938-2944.
- [9] 宋凯琳, 孙远太, 刘路杨. 经济增长, 收入水平与社会保障满意度 [J]. 科学决策, 2023(3):70-82.DOI: 10.3773/j.issn.1006-4885.2023.03.070.
- [10] 房超. 基于问卷调查的农民工社会保障满意度影响因素研究 [D]. 山西农业大学, 2022.

社会治安培训方法与策略研究

赵娟娟

德州市人民警察训练中心, 山东 德州 253000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060018

摘 要 : 随着社会的快速发展和治理现代化的不断推进, 社会治安工作面临着前所未有的挑战。警察训练中心是提升社会治安一线工作人员警务专业水平、实战能力、职业道德品质的主要场所, 其培训方法与策略需与时俱进地进行改革和创新。基于此, 本文将浅析社会治安培训现状, 并对社会治安培训的科学与优化策略进行探讨, 以期为推进社会治安工作的高质量发展提供一定的理论支持和借鉴。

关 键 词 : 社会治安; 培训方法; 培训策略

Research on Training Methods and Strategies for Social Security

Zhao Juanjuan

Dezhou Police Training Center, Dezhou, Shandong 253000

Abstract : With the rapid social development and the continuous advancement of governance modernization, social security work is facing unprecedented challenges. As the main venue for improving the professional policing skills, practical combat capabilities and professional ethics of frontline social security personnel, police training centers need to keep pace with the times to reform and innovate their training methods and strategies. Based on this, this paper briefly analyzes the current situation of social security training, and discusses the scientific methods and optimization strategies for social security training, aiming to provide certain theoretical support and reference for promoting the high-quality development of social security work.

Keywords : social security; training methods; training strategies

随着我国社会经济的迅速发展和城市化的持续推进, 人民对社会治安的期望不断提高, 对社会治安工作者专业能力、执法水平和服务质量的要求也越来越高。能力培训是提高社会治安工作队伍战斗力、规范执法行为、加强服务意识的重要途径, 培训工作的科学性、培训策略的合理性直接影响参训人员能力提升的效果, 从而影响到整个社会治安治理体系的运行效能。因此, 在社会治安培训中, 要正视当前社会治安培训中的不足, 对社会治安培训的方法和策略进行创新改革, 这也是推进社会治安治理能力现代化的必然要求。

一、社会治安培训现状

近年来, 各级公安机关培训部门十分重视社会治安培训工作, 不断健全完善培训体系、探索新的培训方式、提高培训质量, 逐渐形成了常态化、系统的培训局面。培训内容上, 包含社会治安防控、违法犯罪打击、执法规范化、应急处置、群众工作等内容, 基本上覆盖了社会治安工作的主要方面; 培训对象上, 实现了对公安民警、辅警、基层治安管理人员等各类社会治安工作者的全覆盖, 并根据新警、在职民警、基层骨干等不同的群体特点, 进行了分类的培训; 培训方式上, 逐渐摆脱了传统的“填鸭式”教学, 开始使用案例教学、模拟实战、现场教学等方式来提高培训的趣味性和实用性^[1]。但也仍存在着一些亟待改进之处, 如部分培训内容与实战需求结合不够紧密、部分教学方法创新不足、师资队伍实战能力有待进一步提升、培训效果评估体系不够完善等。这些问题在某种程度上制约着培训质量持续提高。

二、社会治安培训的科学方法

(一) 案例教学法

案例教学法属于社会治安培训中最为实用、具有针对性的方法之一, 它的主要作用就是从社会治安工作中选择一些典型案例, 组织参训人员对其加以剖析、讨论, 在吸取经验的同时也能够发现其中的不足之处, 从而提高解决问题的能力。在社会治安培训中, 所选案例首先要具有代表性和普遍性, 涵盖社会治安防控、违法犯罪打击、应急处置等主要社会治安工作, 并且应联系参训人员岗位特点及现实需要选择贴近基层、贴近实战的实例。需要注意的是, 案例的正向引导作用至关重要, 应选择经过处理的典型案例, 而不是负面或者敏感的案例来影响参训人员的学习效果^[2]。比如, 在开展矛盾纠纷化解培训时, 选取基层民警成功解决的邻里纠纷、劳资纠纷等典型案例, 引导参训人员学习化解矛盾纠纷的方法和技巧。同时, 案例教学不能只停留在案例本身

上,要重视案例的延伸与拓展,促使参训人员把案例中获得的经验和技巧应用到实际工作当中去,联系自身的岗位情况来考虑怎样解决类似的问题,从而达到“学一案、会一类、通一片”的培训目的。

（二）模拟实战训练法

社会治安工作具有很强的实战性,参训人员的操作水平直接影响到工作的效果。模拟实战训练法是在模拟的环境下组织参训人员进行实际操作演练,模拟各种突发事件的处理过程来提高参训人员的实际操作能力以及应对突发事件的能力,是实现以练促战的主要途径。首先,场景设置要真实。根据社会治安工作实际需要,设置包含街头巡逻、违法犯罪处理、突发事件应对、群众纠纷调解等各方面内容的培训,并且提供相应的装备和道具,在真实的环境下模拟出各种情境,使参加培训的人有身临其境的感觉来提高他们的参与度^[3]。其次,训练组织要科学。按照参训人员的岗位特性以及培训目的来制订具体的训练计划,确定训练的内容、流程及考核的标准,分组进行训练,保证每一个参训人员都能够参加进来并得到充分的锻炼。最后,指导评语要具体。训练结束之后,教师需要就参训人员的表现展开全面的点评,肯定其优点并指出现有存在的不足之处,并依照实战的要求来剖析处置过程中所遭遇的问题以及改进办法,促使参训人员从中汲取教训,提高自身的技能水平。

（三）混合式教学法

随着信息技术的迅猛发展,“线上+线下”的混合式教学法已经成了社会治安培训的一种重要补充形式,可以很好地克服时间、空间上的限制,扩大培训范围并提高培训的灵活性,从而更好地满足参训人员多样化的学习需求。一方面,要利用好网络平台上传培训课件、案例视频、教学资料等线上资源,在线上平台发布相关课程内容有理论知识、实操技巧、政策解读等,为参训人员提供打破时空限制的学习机会^[4]。另一方面,线下培训主要是实操训练、案例分析、现场教学等,采用线上预习、线下实操、线上复习的方式提高培训效果。以开展执法规范化培训为例,在线上平台上发布有关执法规范的理论知识、案例视频等材料给参训人员进行学习,线下培训主要是对参训人员进行模拟执法实操训练,教师现场指导纠正,并且要求参训人员完成相关复习资料的学习以及线上测试,从而达到巩固培训效果的目的。

三、社会治安培训的优化策略

（一）优化培训内容,强化针对性和实用性

首先,夯实理论基础。基础理论知识是参训人员开展工作的前提,需涵盖社会治安相关的法律法规、政策文件、工作规范等内容,如《中华人民共和国治安管理处罚法》《中华人民共和国人民警察法》等,并根据社会治安工作的新形势及时更新理论知识,加入新型违法犯罪的特点、社会治安防控的新理念、新方法等内容,使参训人员掌握系统理论知识,树立正确的执法观念和工作思想^[5]。其次,加强实战训练。实战技能是参训人员工作中的主要能力,在社会治安培训中,要根据不同的岗位需求来开展

相应的实战技能培训。对基层一线的民警、辅警进行社会治安巡逻、违法犯罪处置、应急救援、群众工作等实操技能培训;对管理人员进行统筹协调、指挥调度、风险研判等能力培训;对新警进行基础技能、岗位适应、职业规范等培训。

最后,还应紧跟时代发展步伐,引入大数据、人工智能、云计算等新兴技术。例如,增设大数据警务应用相关培训模块,为参训人员系统讲解如何运用专业的数据采集工具对警务大数据进行收集,以及运用数据挖掘算法、机器学习模型等技术对数据进行深度分析的方法和技巧,帮助他们精准识别潜在的犯罪线索、预测社会治安风险趋势,提升基于数据的决策能力^[6]。

（二）强化师资建设,提升教学质量与效果

加强师资队伍建设,是提升社会治安培训质量的重要保障。对此,训练中心要不断优化师资队伍结构。在内部层面加强师资力量建设,从基层一线选派业务精湛、教学有方的民警充实到师资队伍中来,开展师资培训、教学交流、实战演练等活动,提高内部师资的教学和实战能力。在外部层面,拓宽师资来源渠道,聘请公安院校专家教授、基层公安机关业务骨干、相关行业人士等担任兼职教师,增强师资队伍专业性,补齐内部师资短板^[7]。例如,每年至少引进5名具有不同专业背景和实战经验的民警担任兼职教师,将一线的实战经验和最新的执法案例带入课堂。

强化师资培训提升。训练中心可以建立常态化师资培训机制,定期组织师资队伍参加各种培训、学术交流、实战演练等各方面的活动,学习先进的教学方式及培训思想,掌握最新的社会治安工作动态,提高师资队伍的教学与实战水平。同时,组织教师去基层公安单位开展实地调研工作,掌握一线办案的实际需要,充实课堂教学案例资料,提高教学的实效性^[8]。此外,训练中心还应完善师资激励机制。建立科学合理的师资激励制度,对于工作出色的教师予以表扬奖励、职称提升、外出进修等方面的激励措施,以此来调动教师教学的积极性与主动参与性。

（三）完善培训保障,强化保障与支撑作用

警察训练中心要加大教学设施设备的投资力度,创建标准的训练场地、模拟实战场景、多媒体教室等,并且配置相应的训练装备、应急处置器材、信息化教学设备等一系列的教学设备,以适应实战训练以及教学工作的要求。加强教学设施设备的保养、维修工作,保证设施设备正常运转,为培训工作顺利进行创造条件。例如,某市人民警察训练中心就建设了特警五项训练场、标准化田径场、智能化实弹射击馆、多功能警体馆等功能区域,配备高精度射击靶具、探测设备等,为实战训练提供坚实支撑^[9]。

与此同时,健全培训管理制度,完善培训报名制度、教学管理制度、考核评价制度、档案管理制度等各个环节的管理制度,规范培训工作程序,保证培训工作顺利进行。加强对参加培训人员的管理,严格执行培训纪律,保证参加人员认真听讲、自觉完成学习任务。例如,训练中心压实警种主训责任,分类别制定练兵规划,分批次落实训练任务,确保内容全覆盖、对象全覆盖。

（四）健全评估体系,提高培训成果的转化

首先,创建多元化的评价指标体系。根据培训目标和培训内

容来建立包含理论知识、实战技能、职业素养、工作成效等各方面的评价指标体系,其中理论知识评价采用笔试、线上测试等形式;实战技能评价采取实操演练、模拟处置的形式;职业素养评价依靠日常表现、交流发言的方式展开;工作成效评价借助跟踪调研、基层反馈的方式来完成,全方位地评判参训人员的培训成果^[10]。不断加强日常检查、定时考察、回馈等途径对培训工作加以追踪督查并评定成效,使培训成果转变成实际操作内容。

其次,强化评价结果的应用与转化工作。创建评价成果反馈体系,把评价成果及时回馈给参加培训的人员以及有关单位,肯定成绩,指出缺点,引导参训人员就不足之处展开改善提高。将评价结果同参训人员的绩效考评、职称评定、岗位调动等联系起来,促使参训人员积极参加学习。另外,还要建立培训成果转化机制,对参训人员进行跟踪指导,使其把所学的培训内容应用到

实际的工作当中去,在经验交流、案例分析、现场指导等途径上促进培训效果向工作成效转化,如技能擂台赛、专业大比武等培训活动,实现以赛促学、以赛促训、以赛促战的目的。

四、结语

综上所述,新时代下,社会治安工作面临的新形势、新任务、新挑战,对社会治安培训工作提出了更高要求。对此,警察训练中心应积极探索案例教学法、模拟实战训练法、混合式教学法的创新应用,并通过优化培训内容、强化师资建设、完善培训保障、健全评估体系等策略的实践,促进社会治安培训方法及策略的发展和完善,从而培养出更多优秀的社会治安工作者。

参考文献

[1] 常婷. 公安英模精神融入治安秩序管理课程思政的路径探究 [J]. 科学咨询, 2025, (19): 141-144.

[2] 旦增赤来. " 校局合作 " 背景下治安专业综合实训课程改革探索 [J]. 山西青年, 2025, (13): 142-144.

[3] 赵东新, 李素菁, 张松. 以某地为例谈警犬技术在社会面治安巡逻防控中的实战应用 [J]. 中国工作犬业, 2025, (07): 42-45.

[4] 吕学军. OBE 教育理念融入公安院校教学改革路径探究——以宁夏警官职业学院 " 治安案件查处 " 课程教学改革为例 [J]. 宁夏教育, 2025, (06): 72-73.

[5] 刘雨菲. 新疆公安机关入警训练及其新质战斗力提升的内在逻辑与实践成效 [J]. 新疆警察学院学报, 2025, 45(01): 59-65.

[6] 刘雨菲. 治安秩序管理课程混合式教学模式探索与改革 [J]. 法制博览, 2024, (32): 13-15.

[7] 周静雅. 治安学高质量课程建设与教学改革刍议 [J]. 公安教育, 2024, (11): 65-68.

[8] 邓丽艳, 张晗. 高校治安管理课程实践教学有效开展的路径研究 [J]. 佳木斯职业学院学报, 2024, 40(09): 113-115.

[9] 全晓丽. 大数据背景下 " 治安案件查处 " 课程教学改革探析 [J]. 警学研究, 2023, (06): 112-120.

[10] 柴龙, 冯燕. 校局合作背景下治安专业综合实训课程改革探索 [J]. 广州市公安管理干部学院学报, 2023, 33(02): 42-50.

股份制商业银行信贷资产信用风险管理研究

刘明柱

天津外国语大学滨海外事学院, 天津 300270

DOI: 10.61369/SSSD.2026060021

摘 要： 在金融市场化改革持续深化与经济结构转型加速的背景下，股份制商业银行作为我国金融体系的重要组成部分，其信贷资产规模稳步扩张，服务实体经济的能力不断增强，但信贷资产信用风险也随之呈现出复杂性、隐蔽性等新特征。信贷资产信用风险管理直接关系到股份制商业银行的资产质量、盈利能力与核心竞争力，更是维护金融体系稳定的关键环节。基于此，本文针对股份制商业银行信贷资产信用风险管理展开研究，分析当前管理工作中存在的问题，阐述强化信用风险管理的重要价值，最终提出针对性的实施对策，为股份制商业银行提升信贷资产信用风险管理水平、实现稳健经营提供参考。

关 键 词： 股份制商业银行；信贷资产；信用风险管理；风险防控

Research on Credit Risk Management of Credit Assets in Joint-Stock Commercial Banks

Liu Mingzhu

BinHai School of Foreign Affairs of Tianjin Foreign Studies University, Tianjin 300270

Abstract： Against the backdrop of the deepening financial market-oriented reform and accelerated economic restructuring, joint-stock commercial banks, as an important part of China's financial system, have witnessed steady expansion in the scale of their credit assets and continuous enhancement in their ability to serve the real economy. However, the credit risks of credit assets have also presented new characteristics such as complexity and concealment. Credit risk management of credit assets is directly related to the asset quality, profitability and core competitiveness of joint-stock commercial banks, and is even a key link in maintaining the stability of the financial system. Based on this, this paper conducts research on the credit risk management of credit assets in joint-stock commercial banks, analyzes the existing problems in current management work, expounds the important value of strengthening credit risk management, and finally puts forward targeted implementation countermeasures. It aims to provide reference for joint-stock commercial banks to improve the level of credit risk management of credit assets and achieve stable operation.

Keywords： joint-stock commercial banks; credit assets; credit risk management; risk prevention and control

引言

近年来，我国经济从高速增长阶段转向高质量发展阶段，产业结构调整、企业转型升级步伐加快，部分行业和企业面临经营压力，导致股份制商业银行信贷资产信用风险暴露概率上升。股份制商业银行与大型国有商业银行相比，在资本实力、网点布局、客户资源等方面存在一定差距，抗风险能力相对较弱，一旦信贷资产信用风险集中爆发，不仅会影响银行自身的生存与发展，还可能通过金融传导效应引发区域金融风险，冲击实体经济稳定^[1]。因此，深入剖析股份制商业银行信贷资产信用风险管理的有效策略，具有重要意义。

一、股份制商业银行信贷资产信用风险管理现状

近年来，股份制商业银行信贷资产规模持续扩张。截至2023年末，股份制商业银行总资产达69.66万亿元，同比增长6.7%，信贷业务在资产结构中占比超70%。从资产质量看，2023年9月末不良贷款率为1.30%，较上年末有所下降，但部分领域风险仍

较突出，如房地产相关信贷不良率较整体水平高出0.4个百分点。在业务结构上，信贷投向向零售端和新兴领域倾斜，2023年股份制商业银行个人消费贷款、绿色信贷余额同比分别增长12.3%和28.5%，但这类业务风险特征复杂，对风险管理提出新要求。从行业分布看，制造业、批发零售业信贷占比合计达45%，而这两个行业受经济周期影响较大，不良贷款贡献度超60%。

二、股份制商业银行信贷资产信用风险管理中存在的问题

（一）风险识别前瞻性不足

现有风险识别多依赖历史数据，对宏观经济波动的敏感度不足。2022-2023年，30%的股份制商业银行在餐饮、旅游等行业的信贷违约率同比上升2.1个百分点，而事前未建立有效的预警机制。风险识别属于信贷资产信用风险管理的关键部分，其预见性的强弱直接影响整体防控成效。现有风险评估大多依靠过往数据及传统经验判断，对外部因素像宏观经济走向、产业政策变动、市场波动的适应能力较弱^[2]。现有流程大多围绕单个客户微观层面分析，缺少对企业之间关联性或产业链传导机制的深入探究，没有充分考虑跨行业、跨区域系统性风险及其潜在影响。

（二）风险计量精准性有限

传统计量模型对小微企业适配性不足，目前股份制商业银行小微企业信贷不良率平均为2.8%，较大型企业高出1.5个百分点，部分银行因模型参数设置不合理，导致风险计量偏差超30%。风险计量作为衡量信贷资产信用水平的重要环节，在形成科学化风险管理框架方面占据着决定性的作用^[3]。但部分机构采用定量模型之类的方式，不过受到改变现有参数设立缺乏针对性等局限性的妨碍，导致没能做到全面结合本国特色市场要素同企业本身的实际运作状况，算出的数据出现偏差。

（三）风险监控实时性不强

多数银行仍依赖月度、季度静态数据监测，实时监测覆盖率不足40%。风险监控是及时发现信贷资产信用风险隐患的主要工具。目前，我国股份制商业银行在信贷资产信用风险方面存在实时性不足、覆盖范围有限等问题，大多数监测体系看重事后评价，依靠月度、季度的财务报表和信贷审查报告等静态材料实施分析，不能真实地表现出客户的经营动态、现金流变化及外部市场环境的即时情况；预警机制往往出现反应滞后，缺少专项干预计划的支持情形，技术支撑水平有待提升。

三、股份制商业银行信贷资产信用风险管理的重要价值

（一）有利于保障银行资产安全与稳健经营

完善信用风险管理机制能够系统识别潜在风险因素，准确评估其量化特征，及时采取干预措施降低不良贷款比率，减少银行经济损失，维护资产安全。科学化的信用管理实践有利于优化资源配置效率，也有助于银行集中精力于低风险、高收益业务领域，避免因过度扩张而带来的经营隐患，提高银行盈利能力与抵御外部冲击的能力，最终达成可持续发展的战略目标^[4]。对于资本规模相对有限的股份制商业银行而言，健全的风险管控体系就是防范多重金融风险叠加的重要屏障，在复杂市场环境下保持持续稳健运营具有重要意义。

（二）有利于服务实体经济高质量发展

强化信用风险管理手段，可促使银行形成更为科学严谨的授

信审批体系与投放模式，从而对制造业转型、小微企业扶持以及绿色产业发展予以精准支持，并为区域经济可持续发展供应持续稳定的融资保障。高效的信用管理机制还可用来限制高危低效领域过度借贷现象，促使企业规范经营行为并优化产业结构布局，防止资金空转与资源闲置问题，从而推动金融市场与实体经济发展相互协调共生的局面出现^[5]。

（三）有利于维护金融体系稳定与社会和谐

股份制商业银行是我国金融体系的重要组成部分，其庞大的信贷资产规模以及广袤的服务网络赋予其在信用风险管理方面显著的战略地位。提升这类金融机构的信用风险防控水平，可以有效地清除单个机构存在的风险隐患，也可凭借规范同业拆借、关联授信等途径切断风险传播链条，进而遏制住区域性乃至系统性金融风险蔓延的态势^[6]。

四、股份制商业银行信贷资产信用风险管理的实施对策

（一）强化风险识别前瞻性，拓宽风险识别维度

股份制商业银行要冲破传统的风险识别模式，优化风险识别的前瞻性与系统性。第一，建立多维度的风险识别体系。需创建多种风险监测体系，把宏观经济走向、产业政策导向、市场环境改变等外部因素纳入监测范畴，深入探究经济周期起伏、行业发展趋势、监管政策变动等背后的机理，要完善专门领域的预警指标库，在高危领域提前执行信贷管控或者缓释手段；要重视供应链上下游联动可能带来的风险隐患，剖析企业关联网络结构特点，找出关联交易中存在的漏洞及其传导途径，防止局部风险蔓延到整体生态链^[7]。第二，优化风险识别方法。要构建改进的风险评估体系，把传统风控经验同现代信息技术手段融合起来，在普惠金融、绿色信贷等新兴业务领域形成起差别化的监测模型，格外留意小微企业的现金流稳定情况、绿色项目的合法性以及核心要素指标等方面表现。

（二）优化风险计量体系，提升计量精准性

精准的风险计量是提高信用风险管理水平的关键，股份制商业银行要从模型、数据、技术三个方面改进风险计量体系。第一，完善风险计量模型，按照自身业务特点和风险情况，采用合适的量化模型，比如信用风险评价模型、集中度风险计量模型等，合理调整模型参数，提升模型对我国市场环境和企业实际情况的适应性；要重视模型的检验和更新，定时评判模型的有效性和精确度，依照市场改变、业务发展及时改良模型，防止模型固定不变造成计量误差。第二，强化数据支撑能力。为提升数据支撑水平，要塑造起系统的数据治理架构，制订统一的数据规范，完善从采集、存储、处理到应用的全过程管控体系，改进数据品质和可信度；加深同征信机构和其他第三方平台的战略协作，拓宽多种数据来源渠道，把客户财务信息、交易行为特点以及宏观经济状况等各类异构数据资源整合起来，给信用风险评价给予全方位、精确的信息支撑^[8]。

（三）构建智能化监测系统，增强监测实时性

股份制商业银行要依靠金融科技手段，创建起智能化、全周

期的风险防控体系，优化监测效能和扩大覆盖范围。第一，搭建智能风控平台。整合大数据分析、机器学习、区块链技术等先进工具，做到信贷资产的动态追踪和实时预警功能，利用人工智能算法，对客户经营状况、资金流动趋向、市场环境变动等多方面数据实施即时处理，自动找出风险因素并发出警报，保证相关信息及时传达到相关部门，从而大幅缩减风险管理反应时间。第二，扩大风险监测范围。要健全风险监测体系，将逾期贷款、不良贷款等显性风险纳入常态化监测范围，关注类、正常类贷款潜在隐患重点监测，信贷资金用途偏离、关联方交易异常、担保物价值波动等隐性风险因素重点防范，建立以区块链技术为基础的资金流转全生命周期管理系统，每笔信贷资金流向清晰可查，套利空间遏制、违规操作杜绝^[9]。第三，改进监测流程设计。要减少人工干预环节，全流程自动化运行模式转型，提高工作效率，提升数据准确率，确保对海量信贷资产的全面覆盖和精准监测。

（四）完善风险管理机制，强化协同防控能力

健全的风险管理体系是信用风险管理成效的关键保障，股份制商业银行要在组织架构、制度建设和人才培育这三个层面来完善风控机制。在机构设置方面，要创建权责分明、分块协作的管理框架，清楚界定董事会、管理层以及各职能部门的职责范围，还要打通部门之间的合作通道、消除条块分割的障碍，营造起全员参与、全周期覆盖的风险防控体系，风险管理部门的重点是进行顶层设计和统筹协调工作，业务一线则负责在操作当中进行合

规审查，从而保证信贷审批过程中全方位的监督管控效果^[10]。在制度层面，要创建起系统化的信贷资产信用风险管理架构，包含信贷审批流程，风险缓释办法，不良贷款处置方案以及责任追究体系等内容，还要细化各个环节的操作标准和风控要求，改良业务运作形式以达成规范化运作。在人力资源规划方面，要加大风险管理专业人才的培育强度，吸引具有金融学、统计学和信息技术背景的人才队伍，不断经由专门培训提升全体员工的风险识别能力和量化分析水平，进而塑造出一支高水平的专业化风险管理人才队伍^[11]。

五、结语

综上所述，强化信贷资产信用风险管理，不仅是股份制商业银行提升核心竞争力、保障资产安全的内在需求，也是服务实体经济、维护金融体系稳定的重要责任。股份制商业银行应立足自身实际，针对风险管理中存在的问题，通过强化风险识别前瞻性、优化风险计量体系、构建智能化监测系统、完善风险管理机制等措施，构建科学有效的信用风险管理体系，为自身稳健发展和实体经济高质量发展提供有力支撑。随着监管政策的不断完善和金融科技的持续迭代，股份制商业银行信贷资产信用风险管理将朝着更加精细化、智能化、系统化的方向发展，为金融体系的稳定运行注入更强动力。

参考文献

[1] 郭桂霞, 张尧. 风险自留能抑制信用风险承担吗? ——基于中国商业银行信贷资产证券化数据的实证研究[J]. 国际金融研究, 2022, (12): 46-56. DOI: 10.16475/j.cnki.1006-1029.2022.12.006.

[2] 王鹏程. 商业银行信贷资产预期信用损失问题分析与政策建议[J]. 财会月刊, 2022, (19): 66-75. DOI: 10.19641/j.cnki.42-1290/f.2022.19.007.

[3] 仇知. 我国商业银行信贷资产证券化信用风险研究[D]. 苏州大学, 2021. DOI: 10.27351/d.cnki.gszzhu.2021.000281.

[4] 胡超. 商业银行非信贷资产信用风险审计存在问题及内部审计重点探究[J]. 审计与理财, 2021, (05): 21-22. DOI: 10.19419/j.cnki.36-1264/f.2021.05.010.

[5] 许文彬. 我国商业银行信贷资产证券化风险管理研究[D]. 湖南大学, 2020. DOI: 10.27135/d.cnki.ghudu.2020.001434.

[6] 王星予. 商业银行信贷资产证券化的信用风险及影响因素研究[D]. 四川师范大学, 2020. DOI: 10.27347/d.cnki.gssdu.2020.001028.

[7] 王星予, 余丽霞, 阳晓明. 商业银行信贷资产证券化信用风险研究——基于修正的 KMV 模型[J]. 金融监管研究, 2019, (03): 54-66. DOI: 10.13490/j.cnki.frr.2019.03.004.

[8] 郭宇晓. 商业银行信贷资产证券化的研究[D]. 云南大学, 2019.

[9] 黄俊俊. 我国商业银行信贷资产证券化研究[D]. 贵州财经大学, 2018.

[10] 王安娜. 商业银行信贷资产证券化的风险管理研究[J]. 经贸实践, 2017, (13): 90.

[11] 王文煜. 关于商业银行信贷资产证券化业务的风险管理研究[J]. 财经界, 2017, (11): 33-34. DOI: 10.16266/j.cnki.cn11-4098/f.2017.07.021.

大数据背景下工程造价管理分析

李雪峰

丽江师范学院, 云南 丽江 674199

DOI: 10.61369/SSSD.2026060023

摘 要 : 在数字经济快速发展的今天, 大数据技术已渗透到各行各业, 为传统行业的转型升级提供了全新路径。工程造价管理作为工程建设领域的核心环节, 贯穿项目投资决策、设计、施工、竣工结算全生命周期, 其管理的科学性、精准性直接影响工程建设经济效益与社会效益。传统工程造价管理模式存在数据碎片化、核算效率低、风险预判不足等问题, 难以适应新时代工程建设规模化、复杂化、精细化的发展需求。本文以大数据技术为核心, 结合工程造价管理全流程, 分析大数据在工程造价管理中的应用价值, 剖析当前应用过程中存在的问题, 提出针对性优化策略。

关 键 词 : 大数据; 工程造价管理; 全生命周期; 数据整合; 风险管控

Analysis of Engineering Cost Management Under the Background of Big Data

Li Xuefeng

Lijiang Normal University, Lijiang, Yunnan 674199

Abstract : With the rapid development of the digital economy, big data technology has penetrated into various industries, providing a new path for the transformation and upgrading of traditional industries. As a core link in the field of engineering construction, engineering cost management runs through the entire life cycle of project investment decision-making, design, construction, and completion settlement. Its scientificity and accuracy directly affect the economic and social benefits of engineering construction. The traditional engineering cost management model has problems such as fragmented data, low accounting efficiency, and insufficient risk prediction, making it difficult to adapt to the large-scale, complex, and refined development needs of engineering construction in the new era. Focusing on big data technology and combining the entire process of engineering cost management, this paper analyzes the application value of big data in engineering cost management, examines the existing problems in the current application process, and puts forward targeted optimization strategies.

Keywords : big data; engineering cost management; entire life cycle; data integration; risk management and control

引言

随着我国工程建设行业的持续扩张, 各类工程项目数量不断增加, 工程规模不断扩大, 工程造价管理的难度也随之提升。工程造价管理是对工程项目全生命周期的成本进行规划、控制、核算与分析的系统性工作, 涵盖投资估算、设计概算、施工图预算、招标投标、施工成本控制、竣工结算等多个环节, 每个环节都涉及海量的数据信息, 包括人工、材料、机械、工期、质量、政策等多方面内容。传统工程造价管理主要依赖人工核算、经验判断, 存在数据处理效率低、信息不对称、成本控制滞后、风险预判不足等弊端, 容易导致工程造价失控、工期延误、资源浪费等问题, 制约了工程建设行业的健康发展。

大数据技术以其海量数据存储、高速数据处理、多维度数据挖掘、精准数据分析的优势, 为工程造价管理的转型升级提供了重要支撑。大数据技术能够整合工程项目全生命周期的各类数据, 打破数据壁垒, 实现数据共享与高效利用, 通过对数据的深度分析, 为工程造价管理的各个环节提供科学的决策依据, 提升工程造价管理的精准性、高效性与智能化水平。近年来, 我国不断推动工程建设行业数字化转型, 住房和城乡建设部发布的《工程造价改革工作方案》明确提出要利用大数据、人工智能等信息技术提高工程造价管理水平, 为大数据在工程造价领域的应用提供了政策指引^[1]。

一、大数据技术在工程造价管理中的核心特征与应用价值

(一) 大数据技术的核心特征

大数据技术是指对海量、高速、多样、价值密度低的数据集

进行采集、存储、处理、分析与挖掘, 提取有价值信息, 为决策提供支撑的一系列技术的总称。结合工程造价管理的实际需求, 大数据技术的核心特征主要体现在四个方面: 一是海量性, 工程造价管理涉及工程项目全生命周期的各类数据, 包括人工单价、材料价格、机械台班、施工工艺、政策法规、市场行情等, 数据

量庞大，需依托大数据技术实现海量数据的高效存储与管理^[2]；二是多样性，工程造价数据涵盖结构化数据（如工程量清单、造价定额）、半结构化数据（如合同文本、变更签证）和非结构化数据（如施工影像、图纸资料），大数据技术能够实现多类型数据的整合与处理^[3]；三是高速性，工程项目建设周期长、动态变化大，材料价格、施工进度等数据实时更新，大数据技术能够实现数据的实时采集、快速处理，及时反馈数据变化，为成本控制提供及时支撑^[4]；四是价值性，大数据技术能够从海量杂乱的数据中挖掘出有价值的信息，如成本变化规律、风险隐患、优化空间等，为工程造价决策提供科学依据，提升管理的科学性与精准性^[5]。

（二）大数据在工程造价管理中的应用价值

大数据技术在工程造价管理中的应用，能够打破传统管理模式的局限，实现工程造价管理的全流程优化，其应用价值主要体现在以下几个方面。

首先，提升工程造价核算的精准性与效率。传统工程造价核算依赖人工计算，不仅工作量大、耗时久，还容易出现计算误差，导致工程造价偏差。大数据技术能够整合工程项目各类数据，通过智能化算法实现工程量计算、费用核算的自动化，减少人工干预，降低计算误差，同时大幅提升核算效率。例如，通过大数据平台整合历史工程数据、现行定额标准、市场价格信息，能够快速完成投资估算、施工图预算的编制，将传统需要5-7天的估算周期缩短至2-3小时，准确率提升约30%-50%^[6]，为工程项目的快速推进提供支撑。

其次，优化工程造价全生命周期管控。工程造价管理贯穿项目全生命周期，每个环节的决策都直接影响最终的工程造价。大数据技术能够实现各环节数据的无缝衔接，打破数据壁垒，实现数据共享。在投资决策阶段，通过分析历史工程数据、市场行情数据，能够精准预测项目投资成本，为投资决策提供科学依据^[7]；在设计阶段，通过大数据分析优化设计方案，避免设计不合理导致的成本浪费；在施工阶段，实时采集施工进度、材料消耗、人工投入等数据，动态监控成本变化，及时发现成本偏差并采取整改措施；在竣工结算阶段，通过大数据比对竣工资料与预算数据，快速完成结算审核，减少结算纠纷^[8]。

再次，强化工程造价风险预判与管控。工程项目建设过程中，面临着材料价格波动、工期延误、政策调整、施工工艺变更等多种风险，这些风险都会导致工程造价失控。大数据技术能够通过历史数据的分析，挖掘风险发生的规律，预判潜在的风险隐患，提前制定防控措施。例如，通过分析历年材料价格波动数据，预测未来材料价格走势，提前锁定材料采购价格，降低材料价格波动带来的成本风险^[9]；通过对施工过程中各类数据的实时监测，及时发现施工过程中的违规操作、进度滞后等问题，避免风险扩大，保障工程造价的可控性。

最后，推动工程造价管理的标准化与规范化。大数据技术能够整合各类工程造价相关的标准、规范、定额等数据，建立统一的工程造价数据库，实现工程造价管理的标准化。同时，通过大数据分析，能够发现工程造价管理过程中的不规范行为，完善管

理流程，推动工程造价管理的规范化发展，提升行业整体管理水平^[10]。此外，大数据还能帮助工程人员实现项目的精细化管理，提高资源利用效率，进一步降低工程成本。

二、大数据背景下工程造价管理的应用现状与存在问题

（一）应用现状

近年来，随着大数据技术的快速发展，我国工程造价行业逐步开始应用大数据技术，推动工程造价管理的数字化转型，取得了一定的成效。一方面，部分大型建筑企业、工程造价咨询机构搭建了大数据管理平台，整合了企业内部的工程数据、市场价格数据、定额标准数据等，实现了工程造价核算、成本控制的智能化，提升了管理效率与精准性。

（二）存在问题

尽管大数据技术在工程造价管理中的应用取得了一定的成效，但结合行业实践来看，当前仍存在诸多问题，制约了大数据技术的深度应用，主要体现在以下几个方面。

第一，数据整合能力不足，数据壁垒突出。工程造价管理涉及建设单位、施工单位、设计单位、咨询单位、监理单位等多个主体，每个主体都拥有各自的工程数据，但由于缺乏统一的数据标准和共享机制，数据格式不统一、数据口径不一致，导致各类数据难以有效整合，形成了“数据孤岛”^[4]。例如，建设单位的投资数据、施工单位的施工数据、设计单位的设计数据无法实现无缝衔接，数据重复录入、数据缺失等问题突出，不仅浪费了大量的人力物力，还影响了大数据分析的准确性与有效性。同时，数据来源的多元化也增加了数据整合的难度，政府行业组织、企业项目、互联网等多渠道的数据难以实现高效融合^[11]。

第二，数据质量参差不齐，影响分析结果。大数据分析的准确性依赖于高质量的数据，而当前工程造价数据存在诸多质量问题。一方面，部分数据采集不规范，数据录入不完整、不准确，存在虚假数据、重复数据等问题；另一方面，数据更新不及时，材料价格、政策法规等数据的动态变化无法及时反映到大数据平台中，导致大数据分析结果与实际情况存在偏差，无法为决策提供可靠支撑^[6]。此外，部分非结构化数据（如施工影像、图纸资料）的处理难度较大，难以转化为可分析的结构化数据，进一步影响了数据质量^[5]。

三、大数据背景下工程造价管理的优化策略

（一）加强数据整合，打破数据壁垒

打破数据壁垒、实现数据高效整合是大数据技术在工程造价管理中深度应用的前提。首先，建立统一的数据标准体系，明确数据的格式、口径、分类等要求，规范数据采集、录入、存储、传输的流程，确保不同主体、不同平台的数据能够实现无缝对接^[4]。建议行业协会牵头，联合建设单位、施工单位、咨询单位等相关主体，制定统一的工程造价数据标准，明确结构化数据、

半结构化数据、非结构化数据的处理规范，实现数据的标准化管理。

其次，搭建统一的大数据共享平台，整合行业内的各类数据资源，包括工程数据、市场价格数据、定额标准数据、政策法规数据、历史工程案例数据等，实现数据的集中存储与共享^[6]。平台应具备数据采集、数据处理、数据查询、数据分析等功能，为工程造价从业人员提供全方位的数据支持。同时，建立数据共享机制，明确数据共享的范围、权限、流程，鼓励各相关主体积极上传数据、共享数据，打破“数据孤岛”。

（二）提升数据质量，强化数据管理

高质量的数据是大数据分析的基础，因此，必须加强数据质量管理，提升数据的准确性、完整性、及时性。首先，规范数据采集流程，明确数据采集的责任主体、采集标准、采集方法，加强对数据采集过程的监督与管理，避免虚假数据、重复数据的录入^[7]。采用自动化采集技术，减少人工录入，降低录入误差，例如，通过物联网技术实时采集施工过程中的材料消耗、人工投入等数据，通过 RPA 技术自动抓取各地造价站发布的材料信息价，确保数据采集的准确性与及时性^[8]。其次，建立数据清洗与校验机制，对采集到的各类数据进行清洗、筛选、校验，剔除虚假数据、重复数据、无效数据，补充缺失数据，确保数据的完整性与准确性^[9]。

（三）加强人才培养，提升技术应用水平

人才是大数据技术在工程造价管理中深度应用的核心支撑，因此，必须加强复合型人才的培养，提升从业人员的技术应用水平。首先，优化人才培养体系，高校、职业院校应调整工程造价专业的课程设置，增加大数据技术、计算机技术、数据分析等相关课程，培养既懂工程造价又懂大数据技术的复合型人才^[10]。其次，加强对现有从业人员的培训，定期组织大数据技术应用、大数据平台操作、数据分析方法等相关培训，提升从业人员的专业

技能^[7]。邀请行业专家、大数据技术人才开展专题讲座，分享大数据在工程造价管理中的应用经验与技巧，帮助从业人员更新知识理念，掌握大数据技术的应用方法。同时，鼓励从业人员参加相关的职业资格考试、技能竞赛，提升自身的专业素养。

最后，加大人才引进力度，吸引大数据技术、计算机技术等相关领域的人才进入工程造价行业，组建专业的大数据技术团队，为大数据技术的深度应用提供人才支撑^[8]。企业应完善人才激励机制，提高复合型人才薪酬待遇，营造良好的人才发展环境，留住人才、用好人才。同时，加强行业内人才交流，促进人才资源的合理流动，提升行业整体人才水平。

四、结论与展望

大数据技术的发展为工程造价管理的转型升级提供了全新的机遇，其在工程造价管理中的应用，能够提升管理的精准性、高效性与智能化水平，优化工程造价全生命周期管控，强化风险预判与管控，推动工程造价行业的高质量发展。本文通过对大数据背景下工程造价管理的分析，明确了大数据技术的核心特征与应用价值，剖析了当前应用过程中存在的数据整合不足、数据质量参差不齐、人才短缺、标准规范不完善、应用场景不深入等问题，并针对性地提出了加强数据整合、提升数据质量、加强人才培养、完善标准规范、拓展应用场景等优化策略，为大数据在工程造价管理中的深度应用提供了理论支撑与实践参考。

未来，还需要进一步加强大数据技术在工程造价管理中的应用研究，探索更加创新的应用模式，解决应用过程中出现的新问题、新挑战，不断提升工程造价管理的数字化水平，助力工程建设行业实现高质量发展。同时，加强国际交流与合作，借鉴国外先进经验，推动我国工程造价大数据应用与国际接轨。

参考文献

- [1] 王要武，刘宁. 大数据在建筑工程造价管理中的应用研究 [J]. 土木工程学报，2020，53(06): 113-121.
- [2] 张建平，李丁. 基于机器学习的建筑工程造价预测模型构建与验证 [J]. 建筑经济，2021，42(08): 56-60.
- [3] 刘贵应，陈莉. 多源数据融合的工程造价预测方法研究 [J]. 重庆大学学报（自然科学版），2019，42(11): 78-86.
- [4] 王清标，赵伟. 大数据驱动的建设项目成本动态预测模型 [J]. 系统工程理论与实践，2022，42(03): 821-830.
- [5] 李启明，朱伟. 建筑工程造价管理信息化发展现状与趋势 [J]. 东南大学学报（哲学社会科学版），2020，22(02): 65-72+147.
- [6] 陈建国，张敏. 大数据背景下工程造价管理的创新路径研究 [J]. 建筑技术，2021，52(07): 865-868.
- [7] 赵军，李娟. 大数据技术在工程造价全生命周期管理中的应用 [J]. 工程造价管理，2020(04): 38-43.
- [8] 孙晓丽，王浩. 大数据时代工程造价数据整合与应用研究 [J]. 工程经济，2021，31(09): 1-5.
- [9] 周建亮，张艳. 大数据背景下工程造价管理的问题与优化策略 [J]. 建筑经济，2020，41(10): 45-48.
- [10] 吴敏，李丽. 大数据与 BIM 融合在工程造价管理中的应用研究 [J]. 施工技术，2022，51(08): 156-159.

出版社标准化建设——提升质量、效率与竞争力的有效路径

唐鹄

中国法治出版社, 北京 100053

DOI: 10.61369/SSSD.2026060024

摘 要 : 标准化建设是保障出版质量、提升工作效率的有效抓手,也是落实降本增效、增强核心竞争力、实现融合升级与可持续发展的核心要素。出版社标准化建设,对于保障出版质量、提升出版效率、参与市场竞争、融入行业高速发展意义重大。因此,从内容把控、流程重塑、品控与人才培养等维度实现出版社标准化建设成为必然选择。未来,出版社标准化建设将朝着数字化与智能化深度融合、国际标准与本土特色相结合、标准化与创新发展协同的方向加速推进。

关 键 词 : 融合发展; 出版社标准化; 基本要求; 核心要义; 实践构建; 实践重点; 未来趋势

Standardization Construction of Publishing Houses —An Effective Path to Improving Quality, Efficiency and Competitiveness

Tang Kun

China Legal Publishing House, Beijing 100053

Abstract : Standardization construction is an effective starting point to ensure publishing quality and improve work efficiency. It is also a core element for achieving cost reduction and efficiency enhancement, strengthening core competitiveness, and realizing integrated upgrading and sustainable development. Standardization construction in publishing houses is of great significance for guaranteeing publishing quality, improving publishing efficiency, participating in market competition, and integrating into the high-speed development of the industry. Therefore, it has become an inevitable choice to carry out standardization construction in publishing houses from the dimensions of content control, process reengineering, quality control and talent training. In the future, the standardization construction of publishing houses will accelerate in the direction of deep integration of digitalization and intelligence, combination of international standards and local characteristics, and coordination of standardization and innovative development.

Keywords : integrated development; publishing house standardization; basic requirements; core essence; practical construction; key practice points; future trends

标准化建设是保障出版质量、提升工作效率的有效抓手,也是增强核心竞争力、实现出版融合升级与可持续发展的核心要素。特别是专业类中小型出版社在资源统筹与协同相对不足、抗御风险能力相对有限的条件下,聚焦主业主业建立标准化体系,是实现降本增效、提升出版质量与效率的有效路径,亦是“十五五”规划开局之年,构建以传统出版为主体、融媒体发展与数智化服务为两翼的“一体两翼”发展格局,致力于更好地为建设社会主义法治国家、社会主义文化强国贡献宣传文化力量的关键之举。

一、出版社标准化建设的基本要求

出版社标准化工作全面落实国家标准化战略,以推动出版技术进步,促进出版业健康、有序发展为宗旨,贯彻协调统一、广泛参与、鼓励创新、国际接轨、支撑发展的标准化工作方针,坚持依法办事、科学公正、公开透明和协调推进的原则。

出版社标准化工作的主要任务是在全行业开展标准的制定、修订、宣传、实施,运用标准化手段促进出版社的技术进步,提升出版社产品质量和服务质量。

出版社不得无标准生产,应依法执行强制性标准,积极采用推荐性标准;鼓励研究国际标准和国外先进标准,结合我国国情和产业发展的需要,积极采用,制定相关标准。

出版领域强制性行业标准的代号为CY;推荐性行业标准的代号为CY/T;行业标准化指导性技术文件的代号为CY/Z。

任何单位和个人在出版领域开展生产、经营等活动中,应依法执行强制性标准,积极采用推荐性标准和行业标准化指导性技术文件。任何单位开展的生产和服务活动,应当执行相应的企业标准或项目标准、工程标准。禁止生产、销售和进口不符合强制

性标准的产品。

出版领域各类产品未达到相关强制性标准要求，不得进入流通领域；凡未通过标准检验和标准符合性测试认证的产品不得参评相关奖励。

出版物质量不符合有关标准的，根据《出版管理条例》第67条的规定，由出版行政主管部门责令改正，给予警告；情节严重的，责令限期停业整顿或者由原发证机关吊销许可证。^[1]

二、出版社标准化建设的核心要义

（一）出版质量的保障网

编校质量是出版社生存之基，直接关系到出版社的声誉与读者的信任。比如，在编辑校对环节，如果没有统一的校对符号使用标准和差错率控制要求，文字错误、格式混乱等基础业务问题就可能频发。科学、系统、可执行的标准体系有助于统一出版流程与规范，有效保障出版物内容品控与严选。

（二）业务效率的加速器

标准化流程能够有效减少工作中的重复劳动、沟通成本与人为错误，提升出版效率与内容一致性。以选题申报为例，当我们有了明确的选题论证标准和申报材料格式要求，在确保选题论证满足价值性、创新性、可行性、具体性原则的前提下，申报材料格式规范无疑会为编委会进行全面快速评估起到很好的助力作用。

（三）市场竞争的决胜器

在市场上，标准化的出版物更容易获得读者认可。出版全流程遵循系统化、规范化宗旨，从选题策划、组稿、审稿到排版、印刷，每个环节都有明确的技术标准和操作规范，确保了内容的准确性、体例的一致性与印制发行等流程的规范性，助力我们的图书在众多竞品中脱颖而出，从而提升读者对图书权威性和可信度的认可。融媒体发展至今日，出版社官网、官微、官抖、视频号等内容平台也纳入到“三审三校”管理范围，质量控制的边界已从传统纸书逐步扩展到出版业态全领域。同时，对接国际出版标准及参与标准共建，有助于提升我国出版标准的国际影响力，助力出版“出海”。

（四）行业发展的通行证

数字出版已进入深度融合与高质量发展并重，从“规模扩张”向“价值增值”跃升的阶段。标准化正是破解数字化转型困局的关键抓手。构建“数据+算法+算力”驱动的知识服务体系，制定统一的数据格式标准、元数据标准，能让我们的内容在不同平台顺畅流转，实现“一次编辑、多种生成、多元传播”，为数智化、多元化发展补齐短板。

三、出版社标准化建设的实然构建

（一）内容把控标准化

1. 选题策划标准化

选题策划是出版的起点，标准化选题论证能够有效保障图书

质量、出版结构优化，更加有把握实现可预期的社会效益与经济效益。通过选题论证流程标准化：市场调研—编辑部门内部讨论完善—市场部意见吸纳—分管社领导预审—编委会论证，确保论证选题符合统一的价值性、创新性、可行性、具体性原则要求。制定规范统一、要素齐全、重点突出的《选题策划申报表》《选题论证意见表》模板等，为选题申报、论证评审和出版决策提供有效支撑。

2. 编辑加工标准化

严格遵守《出版管理条例》《图书质量管理规定》《图书质量保障体系》等规定。（1）初审，应由出版社具有编辑职称或具备一定条件的助理编辑人员担任（一般为注册责任编辑）。在审读全部稿件的基础上，主要负责从专业的角度对稿件的思想政治倾向、社会价值、文化学术价值和出版价值等进行审查。要逐字逐句审读全部稿件，严格把好政治导向关、知识关、文字关，消除政治性差错和技术性差错，防止出现原则性错误。（2）复审，应由出版社具有正、副编审职称的编辑室主任一级的人员担任。审读全部稿件，并对稿件质量及初审报告提出复审意见，作出总的评价，并解决初审中提出的问题。（3）终审，应由具有正、副编审职称的社长、总编辑（副社长、副总编辑）或由社长、总编辑指定的具有正、副编审职称的人员担任。非社长、总编辑终审的书稿意见，要经过社长、总编辑审核。根据初审、复审意见，主要负责对稿件的内容，包括思想政治倾向、学术质量、社会效果、是否符合党和国家的政策法规等方面作出评价。属于应当由主管部门转报出版行政部门备案的重大选题、或初审和复审意见不一致的，终审者应通读稿件，在此基础上，对能否出版作出决定。

3. 校对质检标准化

我们要严格执行“三校”：一校排版差错、二校内容细节、三校全面检查、通读关注逻辑与表达。校对，应由出版社专业校对人员担任。终校必须由本社有中级以上专业技术职称的专职校对人员担任。聘请的社外校对人员，必须具有相应的专业技术职称和丰富的校对经验。出版社每出一种书，都要指定一名具有专业技术职称的专职校对人员为责任校对，负责校样的文字技术整理工作，监督检查各校次的质量，并负责付印样的通读工作。一般图书的专业校对对应不低于三个校次，重点图书、工具书等，应相应增加校次。最基本的要求就是熟练掌握校对符号的使用，常见的校对符号如删除号、改正号等，务必准确运用。

（二）出版流程标准化

出版流程应遵守《新闻出版行业标准化管理办法》及《学术出版规范 图书出版流程管理》的规定，遵循“选题策划—组稿签约—书稿撰写—三审三校—排版设计—申请书号—印刷装订—质检入库—营销发行”的流程要求，从选题策划到营销发行的每一环节，都有明确的操作规范和时间节点。

（三）质量管理标准化

1. 内部质量目标设定与管控标准化

科学合理的质量目标应含括内容、编校、设计、印制等。出版社设定总体质量目标，各部门和个人也有相应分目标，落实到

部门和个人，形成全员参与的质量管理体系。（1）做好书稿资料留存管理，为倒查机制的落实提供可行性。选题策划、组稿、审校、排版、付印等各环节的过程资料做好签字留痕、留存管理，确保过程可追溯，责任明确。（2）按照《国家新闻出版署关于开展图书“质量管理”年度专项工作的通知》要求，高度重视并认真开展图书质量自查工作，重视日常的质量管理。书稿付印前，未执行方正智能辅助审校、黑马校对等软件辅助审校操作的，不得交付印制；未按终审意见修改或实质性修改内容未经终审同意的，不得交付印制；按照部分出版社的质量管理规范要求，质检差错率 $\geq 0.9\%$ 的，不得交付印制。（3）加强成品质检与反馈机制，按照《印刷产品质量评价和分等导则》标准进行抽检。

2. 质量控制体系外部监督与协作标准化

建立常态化读者反馈通道，将编校、印制问题反馈反向用于质量改进。通过定期抽检、客户反馈等方式进行质量监控。与印刷厂、质检机构合作，落实定期抽检制度。主动公开质量检查结果，接受社会监督，不断优化质量管理体系。

（四）人员管理标准化

1. 岗位标准化

明确各岗位核心职能与任职要求，目标任务与聘任流程等均应公开透明。岗位职责明晰：责任编辑岗位应具备扎实的文字功底和专业知识，市场营销岗位要熟悉市场动态和销售技巧等。新入职员工需通过标准化考核需持证上岗，坚决杜绝“有证无能”或“有能无证”的情况。

2. 培训标准化

按照《出版印刷发行行业岗位规范和培训要求》的指导意见，针对出版社的领导管理类、内容生产类、运营支持类、专项业务类岗位不同属性和岗位要求，建立培训标准化机制，定期组织标准解读会。聚焦培训出版工作新趋势、新要求及工作重点、难点、痛点等具体问题（如编辑流程优化、质量管控难点、标准化操作规范等），采用引进来、走出去的方式，推动培训成果有效转化为工作实效。同时，将标准化执行情况纳入绩效考核，建立激励机制。鼓励优化建议的提出，实现从“被动执行”到“主动优化”的转变。形成“规范—创新—再规范”的良性循环，提升部门及员工认知与执行力，推动出版工作高质量发展。

四、融合发展背景下出版社标准化建设的实践重点

全媒体、全渠道、全介质是当前新型出版传播的发展趋势，线上线下相结合的传播方式构成全方位立体化传播新形态。融合发展背景下出版社标准化建设要以出版图书内容为基础，同步策划配套音像、电子、互联网等多种形式的产品，加强传统出版和数字出版的双向赋能。通过与优质电子书集成商合作，充分把握数字时代不同读者群体的新型阅读需求，选择最适合的媒体形式和传播渠道，提供个性化服务，实现对读者的全覆盖及最佳传播效果。利用好新兴媒体宣传手段，充分发挥出版社官方网站、抖音、微信公众号等新媒体平台等作用，依托出版社特有资源，搭建多渠道新媒体传播方式：重点一、纸数融合读物，运用数字技

术为纸质图书等传统出版物赋能的出版融合发展业务，如与图书融为一体、为图书业务增值的书配二维码业务等；重点二、数智型出版产品，向读者提供纯数字出版产品和服务的出版融合发展业务，包括原创数字化出版产品和服务、与已出版内容相一致的数字化产品和服务、将数字化内容汇集后形成的产品和服务等，如电子书、有声书、数字期刊、数据库、APP、数字教材与课程等；重点三、自有新媒体运营渠道，运用各类互联网平台和渠道，以自有团队、账号等销售产品和服务的出版融合发展业务，如通过直播、短视频、电商平台、微信、微博自设店铺等销售图书、数字产品等；重点四、数字设施建设服务，以自主开发的技术、平台等，为其他单位提供服务的出版融合发展业务，如可在其他出版单位落地应用的ERP系统、智能编校系统、数据中台系统、融合发展平台等。

五、出版社标准化建设的未来趋势

（一）数字化与智能化深度融合

随着大数据、云计算、人工智能(AI)、区块链等技术的不断发展和日益成熟，出版社标准化建设将向数字化和智能化方向深度融合。例如，利用人工智能技术实现自动校对、智能排版，极大压缩出版周期、减少人工干预的同时降低出错率；通过大数据分析，为选题策划和市场营销提供精准的决策支持，定制目标客群画像，出版社可实现个性化推荐、精准首发与添货；借助区块链技术，构建版权信任体系，实现数字版权的可信存证、实现版权转让、分成结算的自动化执行，降低交易成本。

（二）国际标准与本土特色相结合

在全球化背景下，出版社标准化建设既要遵循国际通用的出版标准，又要体现本土文化特色和出版需求。通过与国际标准接轨，采用国际通用的出版技术规范，确保出版物在跨国流通中实现无缝对接，提升我国出版物的国际影响力；同时，结合本土文化和市场特点，制定具有中国特色的出版标准，推动中华优秀传统文化的传播。

（三）标准化与创新协同发展推进

标准化建设并非一成不变，绝非僵化的框架。出版社的标准化建设与创新协同，应与出版社的创新发展形成动态平衡，二者是“守正”与“创新”的双向良性互动。在遵循核心标准的基础上，鼓励员工进行创新实践，探索新的出版模式、内容形式和传播渠道。通过创新，不断丰富和完善标准化体系，推动出版社的可持续发展。

出版社标准化建设是一项系统工程，需要我们持之以恒、久久为功。让我们携手共进，以标准化建设为引领，不断提升出版质量和服务水平，推动出版社实现高质量发展，为繁荣出版事业作出更大的贡献！

参考文献

[1]《新闻出版行业标准化管理办法》第3、4、6、25、32、33、35条。

“谷子经济” 大热：此类商品为何在 “Z 时代” 消费群体大火

秦小雅

内蒙古大学，内蒙古 呼和浩特 010021

DOI: 10.61369/SSSD.2026060029

摘 要：“谷子经济”是近几年的热点，在二次元产业中发展迅速，诸如吧唧、痛包等名词也逐渐进入大众视野，此经济类型中涉及到的多类商品也受到以“Z 时代”消费群体为主的消费者喜爱。本文探讨谷子经济的发展历程、发展优势以及其火爆的原因，分析年轻消费群体对于此类产品热切关注和追捧的原因，并尝试得出正确对待这一经济类型和相关亚文化的方式，用客观的视角对这一产业、这一消费模式和相关的亚文化的利弊进行分析。作为新兴产品，“谷子”成为其消费者的一种精神慰藉，其商品所涉及的 IP 之广泛，让谷子经济受到不同 IP 粉丝的支持，发展势头强劲。

关 键 词：谷子经济；亚文化；二次元；文化消费；情感寄托

The Boom of "Guzi Economy": Why Such Commodities Have Gained Immense Popularity Among Gen Z Consumers

Qin Xiaoya

Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021

Abstract： "Goods economy" has emerged as a hot topic in recent years, experiencing rapid development within the anime industry. Terms such as "barajitsu" and "tankobon" have gradually entered the public eye, and various products involved in this economic category have gained popularity among consumers, primarily those from the "Z generation". This article explores the development history, advantages, and reasons for the popularity of the goods economy, analyzes the reasons why young consumers are eagerly paying attention to and pursuing such products, and attempts to draw conclusions on the correct approach to this economic category and related subcultures. It objectively analyzes the pros and cons of this industry, consumption model, and related subcultures. As an emerging product, "goods" have become a source of spiritual comfort for its consumers. The wide range of IPs involved in its products has garnered support from fans of different IPs, giving the goods economy a strong development momentum.

Keywords： Guzi Economy; subculture; two-dimensional culture (ACGN); cultural consumption; emotional sustenance

引言

（一）何谓“谷子经济”

谷子经济又称“IP 经济”（“谷子”由商品的英文单词“goods”音译而来，也有一种说法是“谷子”源于日语“グッズ”音译，），指以知识产权（IP）为核心，通过内容创作、品牌授权、衍生开发以及跨媒介运营实现商业价值的经济形态。其核心在于将故事、形象、品牌等无形文化资产转化为多元化的产品与服务，覆盖影视、游戏、动漫、文创、消费品等多个领域。

谷子经济的产业链分为上游、中游、下游三部分。上游产业链为 IP 与原材料，包括 IP 资源的开发与运营、原材料的选择两部分。谷子经济的 IP 选择范围多样，动漫 IP、影视 IP、游戏 IP、文学 IP 等都可以被选择，同时也可以创造新的 IP。选择的 IP 需要注意授权问题，做好宣传、推广、产品设计等工作。常见的谷子原材料则包括塑料、金属、布条、纸片和电子元器件等^[1]。中游产业链为谷子的设计与生产，涉及徽章、卡牌、手办、立牌等不同形式的谷子的设计，以及生产商的确定和商家的支持。我们常见的谷子经济生产商有泡泡玛特、卡游、广博股份等。下游产业链为销售环节，分为线上、线下两个销售类型。一般来说，线上销售多选择京东、天猫、拼多多、淘宝等平台，线下销售则以谷子店、快闪店、盲盒机、主题街区等为主。

（二）“谷子经济”与亚文化

当一个社会的某一群体形成既包括主流文化的某些特征，又包括一些其他群体所不具备的文化要素、生活方式时，这个群体文化被称为亚文化。亚文化的类型学分类可分为四类：文化符号类、文化产业类、文化抗争类、文化实践类。二次元文化就是亚文化的一种。

二次元原指“二维世界”，包含长度和宽度的二维空间，后来成为了 ACGN 亚文化圈专门用语，特意用“二次元”来指代。它由二维图像的动画、漫画、游戏等作品构成，简单来讲就是在纸面或屏幕等平面上所呈现的动画、游戏等平面视觉作品，里面的角色都是图像形式，区别于真人饰演的影视剧，因此被称为“纸片人”^[2-3]。通过这些载体创造的虚拟世界被动漫爱好者称为“二次元世界”，简称“二次元”。在某种意义上讲，二次元还意指喜爱它的人就像生活在一个平面世界中一样。“二次元”词义逐渐脱离原本的空间属性，并衍生出与主流文化相对独立的次文化体系，也就是“二次元”文化。该词广泛在 ACGN 文化圈中被用作对“架空世界”或者说梦想世界的一种称呼，具有“架空”、“幻想”之意，用各种憧憬的体现虐袭观赏者的视觉体验，但 ACGN 并非等同于二次元。二次元的本质是人类幻想出来的虚拟世界。谷子经济与亚文化的联系主要就体现在 IP 方面。

（三）“Z 时代”以及其与“谷子经济”的联系

Z 世代（Generation Z），是一个网络流行语，也指新时代人群，别称为“网生代”“互联网世代”“二次元世代”“数媒土著”，通常是指 1995 年至 2009 年出生的一代人，他们一出生就与网络信息时代无缝对接，受数字信息技术、即时通信设备、智能手机产品等影响比较大^[4]。

或许正因 Z 时代人群对网络信息时代的熟悉性和对一些网络文化等的相对较高的接受程度，这部分人对于谷子经济较为接受良好，更愿意参与到谷子经济的消费中来。全球新经济产业第三方数据挖掘和分析机构 iiMedia Research（艾媒咨询）最新发布的《2024-2025 年中国谷子经济市场分析报告》数据显示中国泛二次元用户规模逐年递增，2023 年达 4.90 亿人。中国谷子经济市场规模呈上升趋势，增长速度加快。

一、“谷子经济”的发展历程分析

（一）诞生与发展

谷子经济原本局限于小众二次元圈子内，以日谷为主要谷子类型。伴随着中国国内潮玩、二次元经济的崛起，基于国内 IP 生产的周边商品拥有着日益庞大的受众群体。二次元内容平台、游戏厂商、潮玩巨头在谷子经济发展过程中发挥了关键的作用，并形成了完善的运营模式。2021 年起，Bilibili（B 站）推出原创 IP 动漫作品《时光代理人》，在播出过程中不断开发周边商品。

（二）发展现状和成功案例

目前，中国有超 20 个一二线城市的超 60 个核心商圈都在打造二次元消费城市地标，谷子经济因其较为良好的发展势头而受到多家生产商的逐渐重视。

以泡泡玛特为例，POP MART（泡泡玛特）是成立于 2010 年的中国潮流文化娱乐品牌，业务涵盖全球艺术家挖掘、IP 孵化运营、消费者触达、潮玩文化推广、创新业务孵化与投资五个领域，所属企业为泡泡玛特国际集团有限公司。泡泡玛特曾获 2021 中国授权金星奖“卓越人气 IP 奖、2022 金狮国际广告影片奖“最佳动画片”银奖、《2024 中国出海品牌百强榜》新锐品牌前十等荣誉。该公司下设 IP 众多，以九大 IP 为主要、原创 IP，其中就包括在 2025 年 6 月份爆火的 Labubu，这一 IP 及相关产品在国内外产生极高热度，产品需求量迅速上涨，出现部分国外艺人为此 IP 进行宣传的现象。

二、“谷子经济”国内市场火爆原因的分析

据分析，“谷子经济”能够在国内市场产生较高的热度，有以下几方面的原因。

第一，“谷子经济”自身存在的情感化设计，让消费者可以从中获得情感满足。美国社会学家欧文·戈夫曼（Erving Goffman）在《日常生活的自我呈现》一书中提出，社会互动类似于戏剧表演，人们在不同的社会情境中扮演不同的角色，并通过各种策略来展示自我，以期望在他人心中留下特定的印象^[5-6]。个体在社会互动中会努力塑造和维护自己的形象，通过“前台”和“后台”的区分来管理表演，在熟人面前展现相对真实的自我，而在一般熟悉和陌生的人面前展示刻意表演出的自我。这即为戈夫曼的“拟剧理论”。这种行为在当代虚拟网络当中，作为一种人为行为举止而较为普遍的出现。“谷子”作为网络社交中的情感化设计的自发形态，为用户提供了一个陌生化的内心舞台。

第二，谷子经济涉及的众多 IP 有其粉丝，各家 IP 的粉丝对于谷子经济的发展有着助力作用，为获得心仪 IP 的谷子、满足精神与情感上的需求，这部分人群有不小的概率用购买谷子产品的方式来推动谷子经济的发展^[7]。“谷子经济”本质是“情绪消费”的体现。年轻人通过购买周边商品，实现与虚拟角色的情感连接，并在社交圈层中建立身份认同。例如，一枚限量徽章以 7.2 万元成交的案例，折射出稀缺性与情感溢价的双重效应。

第三，Z 世代消费群体崛起，他们追求个性化、情感化的消费需求，为“谷子经济”的发展提供广阔的市场空间。数据显示，

2024年，中国“谷子经济”市场规模已达1689亿元，较2023年增长40%，预计2029年将突破3000亿元。这一增长得益于5亿泛二次元用户的消费力驱动，尤其是“Z世代”（90后、00后）成为主力，其年均消费超千元，部分限量款商品溢价甚至高达数倍。

三、为何“Z时代”成为主要消费群体

“Z时代”成为谷子经济的主要消费群体，主要有四大驱动因素。

第一，情绪价值驱动。在物质丰裕的时代，Z世代的消费动机已从“实用性”转向“情绪性”。他们更愿意为能带来即时快乐、缓解压力的产品付费。根据《后疫情时代消费心理研究报告》，2022年以“取悦自己”为目的的消费者占比同比提升9%至42%。而谷子作为二次元角色的实体化载体，恰好成为情绪出口^[8]。例如，《原神》《明日方舟》等热门IP的周边商品，让消费者通过收藏、展示与虚拟角色建立情感联结，获得“摸得着的满足感”。

第二，“口红效应”驱动。“口红效应”是指因经济萧条而导致口红热卖的一种有趣的经济现象，也叫“低价产品偏爱趋势”，诞生于美国。目前，在我国国内经济增速放缓、生活压力加大的背景下，“口红效应”在谷子经济中愈发显著。消费者倾向于通过小额消费调节情绪，而单价低（多在几十元至百元）、设计精美的谷子成为理想选择。例如，Jellycat毛绒玩具在双十一期间1分钟成交额破去年首日全天销售额，印证了情绪消费的爆发力。

第三，IP生态和国产内容驱动。优质IP是谷子经济的核心引擎。国内IP如《原神》《偶像梦幻祭》等凭借高质量内容与跨界合作，持续扩大影响力。以《偶像梦幻祭》为例，其角色“朔间零”的生日纪念活动中，粉丝用11020件稀有谷子摆阵，总价达数百万元。这类现象级案例背后，是IP与消费者情感纽带的深度绑定^[9]。同时，国产内容的质量不断提升，相关IP的谷子种类不断丰富，也吸引着部分年轻消费者因国产优质内容而进行消费。

第四，社交货币属性和圈层身份认同驱动。现在，“谷子”不仅是年轻消费者表达对相关IP喜爱的具体情感承载物，还是Z世代的“社交护照”，即，购入谷子的个体通过在社交平台、日常

生活和出行中展示所拥有的谷子产品，来表明自己的喜好偏好，吸引相同喜好的个体，展示个人的喜好以丰富个人的社交网络形象等，贴上一个身份标签。相同喜好的个体一般倾向于构成一个圈子，以不同年龄、不同职业等的有相同喜好IP的个体组成。个体在其中获得归属感，得到心理上的满足。

四、“谷子经济”发展面临的问题

虽然目前这一经济模式发展势头较强、取得不少发展成果，但“谷子经济”仍然面临有发展问题。主要有以下几方面。

第一，市场中仍存在有粗制滥造的劣质产品。部分生产商为抓住谷子经济的发展机遇，生产盗版、劣质产品，产权问题受到挑战，产品质量存在一定隐患。

第二，部分产品涉及的IP存在问题，存在有传播错误价值观和低俗、不健康内容的产品生产行为。如某日本动漫的内容存在有意识形态问题，与我国主流价值观相悖，但该IP的谷子仍有生产，这一行为传播了错误的价值观，在严肃领域存在问题、产生冲击。这类行为不利于谷子经济的健康发展。

第三，不同人群对谷子经济和谷子的认识存在冲突。iiMedia Research（艾媒咨询）调研数据显示，在二次元群体中，未购买过谷子商品的人群的主要认为谷子商品实用性不大，占比为36.96%。艾媒咨询分析师认为，目前市面上的谷子主要以收藏价值与展示价值为主，这与实用主义者的需求相悖。

五、结论

“谷子”虽小，却已成为观察Z世代消费偏好、文化认同和IP经济爆发力的窗口。未来，“谷子经济”或向“文化+”业态延伸，如泡泡玛特规划推出潮流饰品、主题乐园，而青岛等城市则探索“IP+文旅”模式，将二次元消费嵌入城市地标。业内人士认为，“谷子经济”的爆发，既是年轻一代情感需求的映射，也是文化产业与商业生态融合的缩影。然而，从狂热到理性，行业需在IP创新、产业链协同与合规经营中寻找平衡^[10]。

“谷子经济”发展前景，目前处于较为良好的状态。相信，通过多方共同努力，这一经济新业态将焕发更多活力，实现健康发展和高质量发展。

参考文献

- [1] 刘慧.“谷子经济”大热背后[J].企业观察家,2024,(12):37.
- [2] 徐子涵.电商环境下Z世代大学生“谷子”消费研究[J].电子商务评论,2025,14(12):161-169.DOI:10.12677/ecl.2025.14123841.
- [3] 杨春.“谷子经济”的崛起逻辑与促进消费的机制研究[J].经济学家,2025(8):68-77.
- [4] 王媛,付佳.二次元文化背景下“谷子经济”热潮探究[J].中原文学,2025(18):69-71.
- [5] 郭露骏,徐莹.Z世代驱动下“谷子经济”的电商发展:现实图景,结构困境与破局路径[J].电子商务评论,2025,14(5):1788-1796.DOI:10.12677/ecl.2025.1451461.
- [6] 杨晓彤.年轻人消费新风尚:为“情绪价值”买单[J].宁夏画报,2025,(06):78-84.
- [7] 戴俊骋.“谷子经济”的发展现状及趋势分析[J].人民论坛,2025(10).
- [8] 成军帅.从圈层到全民,“谷子”戳中年轻人认同[J].现代商业银行,2025(14).
- [9] 乐晶,王兆铭.青年新消费主义:“谷子经济”的发展脉络与文化机理[J].中国青年研究,2025(9).
- [10] 滕国鹏,张昕婷.后亚文化视域下青年“吃谷”现象论析[J].浙江理工大学学报,2025(12).

思政工作推动企业文化软实力建设创新发展思考

安婧

广东中烟工业有限责任公司，广东 广州 510610

DOI: 10.61369/SSSD.2026060031

摘 要： 本文基于《中国共产党思想政治工作条例》精神，结合广东中烟实践探索，探讨思政工作与企业文化软实力建设的内在联系、主导作用及协同路径。研究发现，企业思政工作与文化软实力建设具有目标同向、价值同源、实践同行的内在一致性，通过构建大思政格局，创新话语表达与载体形式，深化员工主体参与，建立科学评估体系，能够有效将政治优势转化为文化软实力提升的发展动能，助力企业在复杂市场环境中行稳致远。

关 键 词： 思政工作；文化软实力；国有企业；主导作用；发展路径

Thoughts on Promoting the Innovation and Development of Corporate Cultural Soft Power through Ideological and Political Work

An Jing

China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510610

Abstract： Based on The Regulations on the Ideological and Political Work of the Communist Party of China and the practice of China Tobacco Guangdong, this paper explores the relationship between ideological and political work and cultural soft power. Findings indicate their alignment in goals, values, and practice. By building an integrated framework, innovating methods, and establishing evaluation mechanisms, political strengths can be transformed into drivers for cultural soft power, supporting enterprises in navigating complex markets.

Keywords： ideological and political work; cultural soft power; state-owned enterprises; leading role; development path

一、思政工作与文化软实力的内涵联系

（一）思政工作与文化软实力的内涵

《中国共产党思想政治工作条例》明确要求：“企业思想政治工作应当坚持不懈用党的创新理论武装全党、教育人民”，思想政治工作的内涵可概括为党组织领导下，围绕生产经营，通过教育引导坚定职工理想信念的系统实践。文化软实力建设则是指通过精神、制度、行为等维度塑造，提升企业内聚力和影响力的过程。二者均以人为中心，注重思想塑造和价值塑造，是企业高质量发展的软性支撑力量。

（二）思政工作与文化软实力的联系

《条例》明确思政工作应“注重同生产经营管理、人力资源开发、企业精神培育、企业文化建设等相结合”。思政工作为文化软实力提供政治引领和价值保证，确保文化软实力不偏离正确方向。借助文化符号、仪式活动、传播媒介等，思想政治教育会更具吸引力和说服力，更容易被员工所接受^[1-3]。广东中烟在“强国路上 悦由心生”文艺汇演策划中，党组织全程指导，确保节目内容既体现艺术性又彰显政治性，使文化载体成为传播主流价值的有效平台。另一方面，文化软实力为思政工作提供实践载体和创新动力。广东中烟在开展“党员过‘政治生日’”活动中通过庄重温馨的仪式，强化党员身份认同和政治归属，将抽象政治要求转化为具象情感体验。两者相辅相成，共同服务于企业治理理

代化。

二、思政工作在文化软实力建设中的主导作用

（一）政治引领作用

“坚持和加强党的全面领导”是思政工作首要原则，这一原则明确了党组织主体责任。文化软实力建设过程中，思政工作必须牢牢掌握意识形态工作领导权，党组织在确定文化理念、制定行为准则、规划文化项目时，确保其符合国家战略、体现核心价值观。如召开党组会议确保文化举措与党的路线方针政策同频共振。同时，通过理论学习中心组、三会一课、主题党日、青年理论学习小组、员工大讲堂等形式，帮助职工深刻理解国家发展大局、行业变革趋势和企业战略意图，超越“就文化论文化”局限，为文化软实力建设奠定思想基础。

（二）价值彰显作用

思政工作在价值层面必须“培育和践行社会主义核心价值观”，为文化软实力创新发展提供明晰方向和目标。在多元文化交融、价值观念碰撞的复杂环境中，思政工作将核心价值观转化为企业价值理念和行为准则，为文化软实力赋予鲜明政治底色和道德内涵。例如，在确定企业愿景、使命及行为准则时，思政部门牵头讨论，保证文化理念同国家战略、社会公序良俗相一致^[4]。同时，积极选树典型、宣传榜样，将抽象价值转换过程直观化，推

动文化理念“外化于行、内化于心”，实现文化合法化、社会化。

（三）思想凝聚作用

思政工作依靠持续思想动员、理论武装为文化软实力建设赋予强大精神动力和认知支持。在新时代、全球化竞争中，企业急需打破传统思维定式，创建开放、包容、进取的创新文化氛围。思政工作通过理论宣贯将文化创新放到更广阔格局中去筹划，深入一线、大兴调研，加强人文关怀和心理疏导，分析员工思想动态，通过谈心谈话、专题研讨、心得交流、讲座引导、课程互动等方式，对于Z世代员工“躺平”“内卷”“意义感缺乏”等现实问题开展针对性心理疏导和价值澄清，激发员工主人翁精神和创造潜能^[5]。长此以往形成个体“认知—情感—行动”有机循环，让文化转变为自觉行动，达成同心同德、齐心协力的发展目标。如广东中烟基于部分青年职工认为传统思政教育形式单一，创新开展了青年座谈会，由党组领导与青年代表面对面答疑解惑，增强青年对企业的认同感和归属感。

三、思政工作与文化创新的协同发展路径

（一）构建大思政工作格局，强化顶层设计统筹

推动思政工作与文化软实力建设协同发展，关键是打破传统条块分割的管理模式，创建系统集成、协同高效的融合机制。《条例》明确要求“企业党组织要认真履行思想政治工作主体责任”“建立健全党委统一领导、党政齐抓共管、宣传部门组织协调、有关部门分工负责、全体职工积极参与的工作格局”。这为构建思政工作与文化软实力建设协同机制提供了制度依据。企业成立党组（党委）挂帅、思政工作部门牵头的“软实力建设工作领导小组”，将宣传与企业文化职能部门、人力资源部门、工会群团组织、基层党组织纳入统一工作体系，形成党组领导、部门协同、全员参与的大思政局面和软实力建设工作体系。广东中烟将思政工作目标纳入软实力建设规划，推动“161”软实力建设启航计划，明确阶段性任务，确保思政工作与软实力建设同规划、同部署、同落实。在制度层面，制定思政工作部门牵头的《软实力建设实施方案》，在重大文化活动、品牌传播、员工培训中嵌入思政和企业文化元素；在资源保障上，积极支持企业文化展厅建设、思政课程开发、企业文化故事、企业文化工作坊等一系列项目，实现思政工作与文化软实力创新同向同行；在基层单位广泛设立“党员先锋岗”“党员示范区”“党员突击队”，实现全产业链革新与价值坚守同频共振。特别是将思政工作成效纳入党建工作责任制考核和领导班子、领导干部目标绩效管理，通过制度约束确保工作落地。笔者认为，优化顶层设计从根本上防止了思政工作被边缘化、文化创新空心化，使二者的目标一致、资源共融、行动相促，在企业高质量发展进程中形成合力^[6]。

（二）创新思政话语表达方式，赋能文化载体升级

《条例》强调要“创新方式方法，增强思想政治工作的时代感和吸引力”。面对Z世代员工（00后、10后）信息接收习惯的深刻变化，“灌输式”思政模式已经不能发挥作用了，不仅教育层面要抛弃“满堂灌”“定式化”模式，企业工作中也要有所突破

与创新^[7]，必须推动思政话语由“政治语言”向“生活语言”“青年语言”“数字语言”转变，带动文化软实力载体升级。一是运用新媒体技术，打造沉浸式文化产品。充分利用短视频、直播、H5、VR/AR、AI互动等新技术，开发沉浸式、交互式思政文化产品。例如开发“AR打卡地图”，员工扫描办公区二维码即可观看党史、企业奋斗史；在内部融媒体平台推出“每日一学”“员工讲述”类型栏目，引导职工及时学习创新理论。二是融入仪式场景，增强文化感染力。将思政工作嵌入仪式场景，如为新员工开设红色启航课程，讲述企业发展与国家战略同频共振历程；在重大项目启动会增设党员突击队授旗仪式。举行重温入党誓词、分享初心故事等仪式，强化党员身份意识和责任担当。三是创新文艺作品，提升文化传播力。积极开展文化创新竞赛，鼓励员工团体与文艺院团、央媒、地方媒体合作，创作出体现企业精神的微视频、微党课、原创歌曲MV等作品，以艺术感染力传播主流价值。用贴近员工认知习惯、符合时代审美情趣的方式表达和演绎企业文化理念，推动思政工作从抽象说教变为可体验、可感知、可参与、可传播的文化实践，有效提升文化创新的吸引力、感染力和持久力。

（三）深化员工主体参与机制，激发文化共创内生动力

《条例》指出要“尊重职工主体地位”“激发职工参与思想政治工作的积极性和创造性”。文化软实力的生命力来自于职工广泛认同和主动创造，必须推动其从文化接受者向共建者转变。可通过搭建“协同创新平台”，鼓励跨部门开展文化创新项目；搭建意见提案平台，鼓励员工提出文化改进建议；设立一线文化观察员，汇聚基层意见建议；大力开展榜样选树活动，组织员工口述初心故事、工作经历等，用平凡人的真实故事体现企业核心价值观。思政工作者也应深入到基层，用谈心日、午餐会等形式倾听员工对于文化形式化、口号化的批评意见，并且促使文化内容不断更新改进^[8]。要积极推动以员工为主导的共创机制提高员工对企业文化的认同感，使思政工作更具有温度和实效性，真正做到了人人成为文化代言人、处处成为思政课堂。

（四）建立科学评估与持续改进体系，推动机制持续优化

《条例》要求“完善思想政治工作保障监督机制”“强化结果导向和责任追究”。为确保思政工作与文化软实力建设融合取得实效，要建立起科学、闭环、可持续的评估反馈机制。一是设定多维评价指标，全面评估融合成效。围绕价值契合度、参与活跃度、行为规范转化率、社会美誉度等指标，采用定量和定性相结合的方式，匿名衡量员工对文化软实力建设工作和价值观贯彻的认同程度。对内部平台思政内容点击量、评论互动数进行数据统计分析，量化效果评估。组织职工座谈访谈，了解软实力建设实际效果和改进建议。评价结果要形成专项报告，报党组（党委）研究决定，作为下一年度预算安排及思政重点工作调整的依据^[9]。最重要是把融合成效纳入党建考核及部门绩效评价中，实行“一票否决”或者加分激励。积极加入行业思政研究会，定期征集研究成果和工作案例，学习借鉴兄弟单位在红色文化传承、思政品牌建设等方面的先进经验，推进螺旋上升式改进，使思政工作同文化软实力建设由物理相加向化学相融发展，搭建起新时代企业文化

化软实力建设的强劲动力系统^[10]。

四、结论

思政工作与文化软实力建设是相辅相成、互促共进的有机整

体，必须坚持和加强党的全面领导，充分发挥党组织的政治核心作用，构建大思政格局，以系统思维推进二者深度融合。通过构建“政治引领－文化浸润－行为养成－价值实现”的良性循环生态，将企业政治优势转化为文化软实力和核心竞争力，为企业高质量发展注入持久动力。

参考文献

[1] 霍秀丽. 传统文化资源在企业思政工作中的创造性运用研究 [J]. 办公室业务, 2024, (09): 3-5.

[2] 戴燕春, 曹吉昌, 袁畅, 等. 聚能企业文化创新思政工作——首开房地集团企业文化建设及党建思政工作实践 [J]. 住宅产业, 2024, (04): 92-96.

[3] 王超. 浅析企业思政工作与企业文化建设的有效融合 [J]. 中外企业文化, 2024, (03): 124-126.

[4] 杨凡. 新时期建筑施工企业思政工作应与时俱进和创新 [J]. 现代企业, 2024, (02): 150-152.

[5] 王勇彬. 以“七个抓”推进企业思政工作 [J]. 思想政治工作研究, 2024, (02): 57-58.

[6] 吴巧, 熊嘉庆. 加强企业政工干部队伍建设与提升企业思政工作水平的探究 [J]. 现代企业文化, 2023, (36): 77-80.

[7] 刘峰. 以企业文化建设促进石油企业职工思政工作创新的思考 [J]. 中外企业文化, 2023, (11): 120-122.

[8] 刘长源. 高质量发展背景下城投企业思政工作创新发展研究 [J]. 办公室业务, 2023, (20): 59-61.

[9] 林爱华. 新形势下企业思政工作存在的问题及提升措施研究 [J]. 中小企业管理与科技 (下旬刊), 2021, (11): 152-154.

[10] 田富学. 新时代视域下师德失范事件的预警与应对机制研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 社会科学, 2024(7): 0139-0142.

建筑工程管理中风险管理的重要性及对策研究

蔡鸿生

深圳市勘察测绘院（集团）有限公司，广东 深圳 518028

DOI: 10.61369/SSSD.2026060034

摘 要： 建筑工程因投资规模大、建设周期长、涉及主体多、环境复杂多变等特性，在全生命周期内面临技术、安全、质量、成本、进度等多重风险。风险管理作为建筑工程管理的核心环节，直接决定项目目标的实现、企业经济效益的高低及行业的健康发展。本文基于学术研究规范，系统阐述建筑工程风险管理的核心内涵与重要价值，深入剖析当前行业在风险管理意识、体系、方法、技术等方面存在的突出问题，结合实际场景提出针对性优化对策，为建筑企业完善风险管理体系、提升风险防控能力提供理论参考与实践指引，助力建筑行业向高质量发展转型。

关 键 词： 建筑工程管理；风险管理；风险防控；全生命周期；风险评估

Research on the Importance and Countermeasures of Risk Management in Construction Project Management

Cai Hongsheng

Shenzhen Surveying and Mapping Institute (Group) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518028

Abstract： Construction projects, characterized by large-scale investments, extended timelines, multiple stakeholders, and complex environmental conditions, face multifaceted risks throughout their lifecycle—including technical challenges, safety hazards, quality issues, cost overruns, and schedule delays. As the cornerstone of construction project management, risk management directly determines project success, corporate profitability, and the industry's sustainable development. This paper systematically examines the core principles and strategic value of construction risk management based on academic research standards. It identifies critical gaps in current industry practices regarding risk awareness, management frameworks, methodologies, and technological applications. Through practical case studies, the paper proposes targeted optimization strategies to enhance risk control capabilities and refine management systems. These insights provide both theoretical foundations and actionable guidance for construction enterprises, facilitating the industry's transition toward high-quality development.

Keywords： construction project management; risk management; risk prevention and control; full life cycle; risk assessment

引言

（一）研究背景

随着我国城镇化进程持续推进与基础设施建设不断升级，建筑工程行业迎来规模化发展机遇，高层建筑、城市综合体、交通枢纽等各类项目数量与规模同步攀升，技术复杂度与管理难度也随之增加。建筑工程建设过程受自然环境、政策法规、市场波动、供应链稳定性、施工技术等多重内外因素影响，风险隐患贯穿于决策、勘察设计、招投标、施工实施、竣工验收等各个阶段。近年来，因风险管理缺失或管控不到位引发的安全事故、工期延误、成本超支、合同纠纷等问题屡有发生，不仅造成严重的人员伤亡和财产损失，还损害企业信誉，制约行业可持续发展。在此背景下，构建科学完善的风险管理体系，有效防范与化解工程各环节风险，已成为建筑工程管理领域亟待解决的核心课题。

（二）研究意义

1. 理论意义：当前关于建筑工程风险管理的研究多聚焦于单一风险类型或特定施工环节，缺乏对项目全生命周期风险管理的系统性整合。本文梳理风险管理的核心逻辑与内在关联，完善建筑工程管理的理论体系，为后续相关研究提供坚实的理论支撑与研究思路。

2. 实践意义：本文提出的风险管理对策紧密结合建筑工程实际操作场景，具有较强的针对性与可操作性。建筑企业通过应用这些对策，可提升风险预判、应急处置与全过程管控能力，减少风险事件发生概率及损失程度，保障工程质量、安全、进度、成本等核心目标实现，增强市场竞争力与可持续发展能力。

（三）研究方法

1. 文献研究法：系统梳理国内外关于建筑工程风险管理、项目管理的相关文献、专著及行业报告，深入了解风险管理的理论基础、研究现状与发展趋势，构建研究的理论框架。
2. 案例分析法：结合近年来建筑行业典型风险事件案例，如施工安全事故、成本超支纠纷、工期延误赔偿等，剖析风险根源、传导路径及影响，为对策提出提供现实依据。
3. 归纳总结法：基于文献研究与案例分析结果，归纳当前建筑工程风险管理的共性问题与核心规律，结合行业发展特点，提炼针对性强、可落地的优化对策。

一、建筑工程管理中风险管理的核心内涵与重要性

（一）核心内涵

建筑工程风险管理是建筑企业或项目管理团队在项目全生命周期内，运用系统的理论与方法，对可能影响工程建设目标实现的各类不确定因素进行识别、分析、评估、应对与监控的一系列活动总称。其核心目标是通过科学的风险管理流程，降低风险发生概率与损失程度，确保工程建设顺利推进，最终实现项目质量、安全、进度、成本的预期目标。

建筑工程风险管理具有鲜明特性：一是系统性，需统筹项目各环节、各参与主体及各类影响因素，构建全方位风险防控体系；二是动态性，风险随项目推进、外部环境变化而演变，需及时调整管理策略；三是全过程性，需覆盖项目全生命周期，实现风险前置防控、过程管控与事后处置；四是综合性，需融合多学科知识，协调各方资源形成风险管理合力。

（二）重要性

1. 保障工程安全与质量，维护社会公共利益。安全与质量是建筑工程的生命线，施工中高空作业、动火作业、大型机械操作等环节风险较高，地质条件、施工工艺、材料质量、人员操作等因素均可能引发安全事故与质量缺陷。通过有效的风险管理，提前识别风险点，制定防控措施，加强过程监控与隐患整改，可最大限度避免安全事故，确保工程质量符合标准，保障人民群众生命财产安全。

2. 控制工程成本，提升项目经济效益。建筑工程项目投资规模大、资金占用周期长，原材料价格波动、人工成本上涨、设计变更、工期延误、安全事故等风险均可能导致成本超支。通过风险管理提前预判成本风险，建立价格预警机制、优化施工方案、严控设计变更、规避事故损失，可有效降低超支风险，确保项目在预算范围内完成，同时减少事故赔偿、返工费用等额外支出，提升经济效益。

3. 保障工程进度，确保项目按期交付。建筑工程施工周期长，受恶劣天气、供应链延迟、参建单位协调不畅、政策调整等因素影响，工期延误风险突出。通过风险管理识别关键影响因素，制定应急预案，合理安排工序、储备备用资源、加强各方协调，可有效应对突发情况，保障进度按计划推进，避免逾期引发的合同纠纷，维护企业信誉。

4. 提升企业核心竞争力，促进行业健康发展。在激烈的市场竞争中，风险管理能力已成为企业核心竞争力的重要组成部分。

具备完善风险管理体系的企业，能有效规避风险、保障项目顺利实施，赢得业主信任与市场份额；全行业风险管理水平提升，可减少工程事故、规范市场秩序，推动行业从规模扩张向质量效益转型。

5. 规范经营行为，规避法律合规风险。建筑行业法律法规繁多，项目建设中违法违规操作可能面临行政处罚、法律诉讼、资质降级等风险。通过风险管理，确保项目全过程遵守法律法规，规范招投标程序、落实安全防护措施、健全合同管理体系，可有效规避合规风险，保障企业合法经营。

二、当前建筑工程管理中风险管理存在的突出问题

（一）风险管理意识淡薄，重视程度不足

部分建筑企业和项目管理人员存在“重进度、重成本、轻风险”的错误观念，将风险管理视为辅助工作。企业高层缺乏战略重视，未将风险管理纳入核心流程，资源投入不足，多数企业无专门风险管理部门与专业团队，风险管理多由其他部门兼职负责；基层人员风险意识薄弱，缺乏风险识别、评估与应对能力，为赶进度、降成本甚至违规操作，导致小风险积累演变为大事故。

（二）风险管理体系不完善，流程不规范

多数企业尚未建立系统完善的风险管理体系，流程缺乏科学性。一是风险管理制度缺失，无明确的操作流程与责任分工，工作无章可循；二是流程不完整，仅停留在风险识别或事后应急阶段，未形成“识别—评估—应对—监控”的闭环管理，无法动态跟踪风险变化；三是责任划分模糊，出现风险问题后相互推诿，难以落实责任追究，导致风险管理流于形式。

（三）风险识别方法单一，覆盖范围不全面

风险识别环节存在明显不足，多数企业依赖管理人员过往经验，德尔菲法、故障树分析法等专业方法应用较少，精准度低；识别范围集中于施工阶段的安全、质量风险，对决策阶段市场政策风险、设计阶段技术风险、招投标阶段合同风险等重视不足，存在管控盲区；识别流于表面，未深入分析风险根源与潜在影响，隐蔽性、关联性风险易被遗漏。

（四）风险评估科学性不足，缺乏量化支撑

风险评估多以定性分析为主，量化分析不足。评估指标体系不健全，指标选取随意，无法全面反映风险实际情况；评估方法落后，依赖主观判断划分风险等级，无数据支持与科学计算，结

果可信度低，难以指导应对策略制定。例如评估成本风险时，仅简单判断风险高低，未量化超支金额与影响范围，影响措施针对性。

（五）风险应对策略单一，应急处置能力薄弱

应对策略同质化严重，对不同类型、等级的风险采用统一措施，缺乏个性化方案；部分措施过于原则化，未明确实施步骤、责任主体与时间节点，可操作性差；应急预案不完善、可操作性弱，应急救援队伍建设滞后、物资储备不足，风险事件发生后无法快速处置，导致损失扩大。

（六）风险管理技术落后，信息化水平不足

传统人工风险管理方式效率低、易出错，难以满足复杂项目需求。多数企业缺乏专业风险管理信息系统，风险数据收集、分析依赖人工，无法实现实时更新与动态管理；BIM、大数据、物联网等先进技术应用较少，未能发挥其在风险识别、模拟分析、实时监控等方面的优势，风险管理技术水平滞后于行业发展。

三、建筑工程管理中风险管理的优化对策

（一）强化风险管理意识，树立全员参与理念

企业高层应树立正确风险管理理念，将其纳入发展战略与项目管理核心流程，加大资源投入，建立专门风险管理部门与专业团队。将风险教育纳入员工培训体系，针对不同岗位开展个性化培训，提高全员风险意识与专业能力，树立“全员参与、全程防控”理念。通过案例分享、专题讲座营造风险管理文化，建立奖惩机制，激发员工参与积极性。

（二）完善风险管理体系，规范闭环管理流程

结合行业特点与企业实际，制定完善的风险管理制度，明确风险管理目标、流程与责任分工，涵盖项目全生命周期，并根据环境变化及时修订。构建“识别—评估—应对—监控”闭环流程，实现风险全过程动态管控。按照“谁主管、谁负责”原则，明确各岗位风险责任，建立责任追究制度，确保风险管理落到实处。

（三）创新风险识别方法，实现全范围覆盖

综合运用经验判断法、德尔菲法、故障树分析法、SWOT 分析法等多元手段，提高风险识别精准度。扩大识别范围，覆盖项目全生命周期与技术、安全、成本、合同、法律等多维度风险，加强对隐蔽性、关联性风险的识别。建立企业级风险信息库，收集过往项目风险案例与应对经验，为新项目识别提供参考，总结

风险管理规律。

（四）优化风险评估体系，强化量化分析支撑

构建科学的风险评估指标体系，选取具有代表性、可量化的指标，涵盖多维度风险因素，确保评估全面准确。采用定量与定性结合的评估方法，对可量化指标进行数据计算分析，对难以量化的风险结合专家判断评估，引入层次分析法、模糊综合评价法提升结果可信度。建立风险数据收集管理机制，利用大数据技术分析风险变化趋势，提高评估前瞻性。

（五）制定精准应对策略，提升应急处置能力

根据风险评估结果，针对性采用风险规避、降低、转移、自留等策略。对高风险不可控因素采取规避策略，中等风险通过优化方案、加强防护降低损失，可转移风险通过保险、合同条款转移给第三方，低风险自行承担损失。明确应对措施的实施步骤、责任主体与资源保障，提高可操作性。完善应急预案，明确应急组织机构与流程，定期开展演练，加强应急物资储备与队伍建设，提升处置能力。

（六）推进信息化建设，提升风险管理技术水平

加大信息化投入，构建集风险识别、评估、应对、监控于一体的专业信息系统，实现风险数据实时更新与动态管控，为决策提供数据支持。积极推广 BIM、大数据、物联网等先进技术应用，通过可视化模拟提前发现施工风险，通过实时监测掌握现场状态，通过数据分析预判风险趋势，全面提升风险管理技术水平。

四、结论

建筑工程风险管理是保障工程顺利推进、实现项目目标、提升企业竞争力的关键环节，对维护社会公共利益、促进行业高质量发展具有重要意义。当前我国建筑工程风险管理仍存在意识淡薄、体系不完善、方法单一、技术落后、应急能力薄弱等突出问题，严重影响风险管理效果，制约行业可持续发展。

建筑企业需从强化风险意识、完善闭环体系、创新识别方法、优化评估体系、制定精准对策、推进信息化建设等方面入手，全面提升风险管理水平。通过科学有效的风险管理，可防范化解各阶段风险，保障工程安全质量、控制成本、确保进度，提升企业经济效益与市场竞争力。未来，随着建筑行业数字化、智能化转型，风险管理将向智能化、一体化方向发展，企业需顺应趋势，持续创新管理模式，助力行业健康发展。

参考文献

[1] 王要武, 刘贵应. 建设工程项目风险管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
[2] 刘伊生. 建设工程管理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.
[3] 陈勇强, 吕文学. 工程合同与风险管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
[4] 王孟钧, 何清华. 基于 BIM 的建筑工程全过程风险管理研究 [J]. 中国安全科学学报, 2020, 30(5): 136-142.
[5] 张静晓, 李慧. 建筑企业风险管理体系构建与实施路径 [J]. 建筑经济, 2019, 40(8): 32-36.
[6] 李丽红, 王强. 建筑工程施工阶段风险识别与评估方法研究 [J]. 施工技术, 2021, 50(12): 145-148.
[7] 赵振宇. 大数据技术在建筑工程风险管理中的应用 [J]. 工程管理学报, 2020, 34(3): 78-83.

晚明经济变迁带来的士大夫文化转向

王源浩，胡宜

江西财经大学人文学院，江西 南昌 330000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060036

摘 要： 本文聚焦晚明经济变局下的士大夫文化转向，指出明朝以恢复汉家儒家文化为核心，而晚明商品经济发展与制度松动引发了文化领域的重大变革。正德后，活字印刷推动出版业商业化，催生了以售文、编书为生的“山人”群体，打破了士大夫对功名的单一依附。阳明心学的兴起否定了程朱理学对人欲的压制，催生类似西方人文主义的个人主义思潮，文学创作也从颂扬礼教转向关注个体命运与批判僵化秩序。这一转变还体现为士大夫云游之风复兴、尚侠尚武精神回归，以及女山人的出现，后者标志着女性在商业与文化领域获得有限解放。晚明士大夫文化转向呈现出向初唐开放包容靠拢的特征，与西方近代化进程遥相呼应，虽因满清入关而中断，却彰显了中华传统文化关注个体生命的韧性，是中国早期近代化的重要文化表征。

关 键 词： 晚明经济；山人群体；士大夫文化

The Cultural Shift of the Scholar-Officials Brought About by Economic Changes in the Late Ming Dynasty

Wang Yuanhao, Hu Yi

School of Humanities, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi 330000

Abstract： This article focuses on the cultural shift of scholar-officials under the economic changes in the late Ming Dynasty, pointing out that the Ming Dynasty centered on restoring Han Confucian culture, while the development of the commodity economy and the loosening of systems in the late Ming Dynasty triggered significant changes in the cultural field. After the Zhengde reign, movable type printing promoted the commercialization of the publishing industry, giving rise to a group of "mountain people" who made a living by selling books and compiling books, and breaking the single dependence of scholars and officials on fame and fortune. The rise of Wang Yangming's School of Thought negated the suppression of human desires by Cheng-Zhu Neo-Confucianism, giving rise to an individualistic trend similar to Western humanism. Literary creation also shifted from praising rites and teachings to focusing on individual destinies and criticizing rigid order. This transformation is also reflected in the revival of the trend of scholars and officials traveling, the return of the spirit of chivalry and martial prowess, and the emergence of the female mountain people, the latter of whom marked the limited liberation of women in the commercial and cultural fields. The cultural shift of the scholarofficials in the late Ming Dynasty showed a feature of moving closer to the openness and inclusiveness of the early Tang Dynasty, which echoed the modernization process of the West. Although it was interrupted by the Manchu's entry into the Pass, it demonstrated the resilience of traditional Chinese culture in focusing on individual life and was an important cultural manifestation of China's early modernization.

Keyword: the economy of the late ming dynasty; the group of mountain people; scholar-official culture

明朝作为一个力主恢复汉文化的王朝，其社会以及文化的最大特点，就是尽可能去除外族文化带来的文化动荡，以及重新建立汉唐宋以来的儒家文化主导的汉民族文化，这也是整个明朝士大夫文化的重要特征^[1]。但随着晚明经济的变局与经济改革的变化，晚明的士大夫文化开始出现了内在的精神转向。这一转变也象征了士大夫阶层在晚明社会格局当中的变化，而这一变化可以说是千百年来的中华文明史上少有的自由开放。这种转变它既是对汉唐以来的民族传统文化的一种继承，也是对僵化的礼教的一种叛逆。实际上，我们可以从这一变化当中看出，在这一段历史时期上，中西方的近代化进程正在遥相呼应。

一、正德以来的商品经济发展带来的个人主义思潮

正德时期是明朝社会、经济、文化乃至政治的重大分水岭，

随着社会的变化，新的经济因素渐趋产生，社会、思想乃至文化开始由明初的保守、沉闷、逐渐趋向革新、活跃。明初的文化在正德之后呈现出两种完全不一样的面貌^[2]。

作者简介：王源浩（2000.6—），江西财经大学人文学院在读研究生，研究方向：经济社会学。

从明太祖朱元璋建立明朝一直到正德时期，明初的社会呈现出一段非常保守的文化特征。朱元璋立国的基本方针，就是让明朝统治下的子民能在农耕社会中重新安居乐业，重新建立起自汉唐以来的汉民族的农耕文化。尽管朱元璋并不能从个人、从统治者的身份去去除历史变化进程上新添加的各个社会群体，但是他尽可能地在保护汉家文化的立场上，保护传统的四民（士农工商）的合法利益，但同时限制他们在地域空间上的流通。强迫他们必须待在地方，不能因事四处远游。因此，整个明初社会呈现出一片保守的面貌，且由于汉家文化的恢复和统一的汉族王朝的重新建立，社会对于传统文化处于十分尊敬的态度中，思想处于一种统一的风气下。我们可以从明初的文学看出，这种统一的思想使得士大夫阶级的文化也处于一潭死水的风貌，相比元代甚至有退步之风。这并非是一种文学退步的意味，而是思想的统一使得许多的社会问题可以在一种统一的价值体系中得到阐释，并不需要文学创作来进行新的视角解读。因此明初的士大夫文化主要以评鉴古汉家文化诗词赋，高歌颂德明王朝建立为主。

正德时期以来，明朝的商品经济迅速发展，导致了城市的集中发展，城市生活日趋繁华。而导致这一生活繁荣的最大经济因素，就是出版业的商业化。活字印刷的技术出现，大大改良了出版文字的篇幅、速度以及方式。在过去印刷不方便的情况下，往往必须是非常经典的，官方允许的典籍，才可以印刷流通。而活字印刷的出现，大大改变了这一现象，使得惜字如金的中华文化也开始产生了大篇幅的小说记录，小说这一形式也从这样的技术变化当中兴起兴盛。小说的出现，使得文字记录不再局限于帝王将相的历史阐述，他也开始关注于老百姓的生活需要，这也正是他的商业特征。而这种商业的需要，也使得许多士大夫文人嗅到了商机，又或是找到了一条不需要依靠朝廷的谋生之路，由此出现了一个庞大的文人阶层——山人。山人文化群体的出现是晚明士大夫文化转向的一种外在呈现，这一群体的出现也大大加速了各种思潮在文人内部的传播和流通速度。

另一个思想上的重大转变，就是阳明心学的建立。程朱理学对于社会秩序的巨大控制，就来自于它对于欲望的规训，否认欲望在个体身上的合理性，认为这一私欲就是混乱之源。强调一种机械的，固化的阶级、家庭与性别的伦理秩序^[3]。而王阳明则从多个角度，否定了这一机械看法的僵化性，王阳明认为私欲在人身存在是具有一定合理性的，由此人应该向内探求求圣之道，而并非单单向外探求一种制度的建立。王阳明也许没有意识到，他的这一龙场悟道的思想转变，造成了社会文化的历史性的变化，他将过度追求外化规训的儒皮法骨的理学文化，转向了追求个性自由的，个人主义文化。而这一文化上的转变，马上就在山人群体内迅速传播，由此形成了一股类似西方人文主义思潮的个人主义思潮。

这一特征我们可以在文学上的变化找出。比如同样写有潘金莲故事的明初的水浒传对比晚明的金瓶梅。同样的故事，水浒传则专注于武松复仇的正义性和英雄主义的叙事，实际上是重新强调了理学秩序和礼教对规训性别秩序的重要性。而金瓶梅却重点完全不同，他更偏向于西门庆和潘金莲的视角，使得读者对对立

的两方都产生了一种悲悯，从而侧面抨击了抑制人爱欲的礼教的罪恶性，这种罪恶就是导致这场悲剧的罪魁祸首，而非完全归因于一种个人的道德沉沦。这种个人主义的兴起，使得汉族文化向着一种新的方向开始发展^[4]。

二、山人群体的兴起

山人并不是明朝所特有的产物，他原本只是归隐的儒士的一种自称，由于陶渊明对于归隐于南山的美好文学描绘，士大夫文化往往对归隐山林有一种朦胧的向往。但至少在明朝之前，这种向往很多时候有一种文人的酸臭气的意味在里面，得不到自己想要的官职，便说自己向往山林，实际上离开朝廷的俸禄，这些士大夫往往不能在社会上生存，更不用说荒野求生。但出版业的商业化，彻底改变了这种局面，文人不一定非要考取功名才能将学识转化为经济利益，从事文艺出版，也可以将自己的学识转变为财富，甚至这种财富要比官职的俸禄要多。因此，大量的在野的知识分子出现了，他们不追求考取功名，而是一种商业上的成功，他们为了一种雅名，便称自己为山人，一个沉浮于商海的隐士，颇有讽刺与玩乐的意味。

大量底层知识阶层借“山人”身份活跃于社会的各个层面，是明代特有的一种社会现象与文化现象^[5]。这个群体初兴于弘治年间，在嘉靖朝发展壮大，至万历朝大盛。他们精于诗文、博览博观，以干谒、售文、设馆、入幕等方式为生计，而能让他们摆脱对权贵的依附、掌握话语权的重要手段正是参与出版活动。嘉靖以降，有30余位知名山人涉足出版业，负有盛名者除陈继儒外，还有徐渭、屠隆、王稚登、梅鼎祚、黄省曾、俞安期等人。山人从事出版业，主要是负责编书、校书、刻书、抄书与推广书籍等工作，仅就前三项统计，流传至今的作品就达百余种。山人是深受心学洗礼与社会经济发展新动向影响，在价值观与生活方式上均发生重大转变的另类文人。

由此可见，晚明的士大夫阶层也高度参与进了商品经济的发展当中，并且从而改变了自身的文化特征。山人群体的出现，带动了晚明士大夫文化的几个重大转变^[6]。其一是云游，云游的这一传统我们可以在唐朝的文人习俗中看到，唐代诗人杜甫的许多登高之作就是在三十岁之前云游而作，唐时文人有一种风俗，就是在三十岁之前可以云游四方，再考取功名。这种风俗其实带有很重的阶级特征，由于唐朝科举制度刚刚建立，实际上把控官场的大部分官员仍属于门阀大族，这种云游实属于一种阶级特权。而且唐朝科举实行双轨制，不一定非要通过考试来当官，也可以通过推荐的形式当官。而在科举日益完善的宋明，这种云游对于考试制度下的考生来说不亚于天方夜谭，同时明初强硬的户籍制度也阻止了这种云游现象的发生。

但随着晚明制度的松动，商品经济的兴起，山人通过出版业争取了大量钱财，获得了这种旅游的经济基础^[7]。再加上制度上，王朝对商人阶级的诸多限制，使得山人并不能享受如今市场经济下商业上的完全自由，云游就成了他们花销钱财的一个去处。既可以满足社会交往，扩大自己的文人社交圈，还可以在自然中远

离权贵对他们的控制与骚扰。晚明士大夫中爱好云游的典型就是大名鼎鼎的徐霞客^[8]。

其二就是尚侠尚武。对于尚侠的文人，我们通常会想到李白，他不仅是诗人，也是剑客——十步杀一人，千里不留行。李白的侠客行正是唐朝游侠之风的代表之作。晚明的文人虽在客观的社会管制上无法像李白那样四处杀恶，但是他们在反对理学控制的层面上，往往向往这种自由的生活。因此晚明的文人多以崇拜为主，他们将儒学与侠盗的劫富济贫的行为相结合，极大发展了儒家中的“义”的概念。他们多喜爱于侠盗之士结交朋友，甚至在经济上协助这些侠盗。客观上，反应了晚明社会管制的极大松动，士大夫文人对日益僵化腐朽的王朝的失望。由此我们可以看出，晚明的文人反对宋以来的理学，由此他们的文化特征也向着宋以前的初唐文风靠拢，但由于存在着诸多社会限制，他们形成了一种类似初唐，但却独特自洽的文化氛围^[9]。

三、女山人的出现

晚明山人群体还有一个非常重要的变化，那就是女山人的出现。女性在理学下的管控与规训相较于男性更为严重，因为她们还要服从于一种性别秩序。但是这并不代表女性在古代就是完全愚昧无知的被动姿态，作为智人，女性与男性一样，也会有对于社会的思考，对于人生的追求，但这些都以一种被社会压制的形态而出现。因此，我们需要辩证看待晚明所谓淫乱小说的出现以及对金瓶梅的污名化，性欲望管制上的松动，正是晚明女性挣脱礼教的一种控制。三言二拍是一个非常好的研究这一话题的著作，我们可以看到，在晚明时期，冯梦龙的小说中的女性都是以一种感性的，智慧的形象出现，比如最经典的杜十娘的形象，一个足智多谋，敢爱敢恨，风情万种的知识女性，在社会中却只有妓女这一位置留给他，而她的解脱之道只有依靠男人赎身。这一故事不仅抨击了礼教的性别控制，还体现了作者本人，冯梦龙的观念特征。冯梦龙这样的男性作者，在晚明也十分注重感情，并且认为感情在人类生活中是十分重要的，并且会站在女性视角上去看问题。我们要知道，三言二拍在当时属于商业内容，类似于我们现在的脱口秀，如果只有冯梦龙一个人是这么思考的，他完全不可能找到他作品的观众，更别提取得当时商业上的成功。因

此，三言二拍的观念，恰好反应了晚明使命社会的一种变化特征，也更是士大夫文人的一种情感诉求，那就是同情礼教控制下的女性。

在这一意义上，山人群体对于女性的接纳，也就不奇怪了。

商品经济发展有一个非常重要的商业逻辑，就是需求。而作为社会中占据一半人口的女性，她们的需求也是一个天大的商机，但是古代的女性在嫁人后经济是被男性控制的，那怎么办呢？从宋代开始，就催生了这么一种专门解决女性需求的女性商人，他们统称为三姑六婆。由于女性在经济上和人身自由上受到控制，因此针对女性的商品交易要有一个可以出入男主人宅邸而不被人说闲话，同时知晓女性需求的人，那么三姑六婆就很好的符合这一特征。而到了晚明之后，三姑六婆其实从事的更多是皮条生意，即勾引别人老婆去和买家发生关系，因为女性在礼教下被压抑最深的需求就是性需求，我们可以从潘金莲的故事，以及三言二拍中王巧儿的故事看出，如果不是这些三姑六婆，女性在旧社会中没法光明正大出入其他男性宅邸。因此三姑六婆一直不管在文学上还是社会上，都是十分讨人厌恶的角色。而这样的需求很显然，不能成为一个正当的，社会主流所允许的从商路径。但出版业的商业化，改变了这一局面。它给予了女性从商的一种正规的路径，同时山人群体对于有才华的知识女性更为包容，这层身份能够给予她们一定的社会庇护。

四、总结

晚明商品经济的发展与出版技术的更新，导致了晚明士大夫阶层重大的文化变化。他们从明初的崇尚传统，崇尚理学的统一思想，开始转变为抵制礼教，崇尚心学，崇尚个人主义，追求商业成功的文化氛围。同时这一改变使得文化开始迅速向着初唐的开放包容靠拢，与西方此时正在进行的人文主义思潮遥相呼应，是中国社会变化巨变的前兆。只可惜这一进程被满清入关所打断，中国的政治走向了更加集中化的极端，反身对商品经济的继续发展产生了极强的压制。因此晚明的文化繁荣总归是昙花一现，但这种昙花一现也深刻影响了我们的民族文化，他代表着我们的民族文化不仅有了秩序的一面，也有了关注个体生命的一面。这就是我们民族文化的韧性所在。

参考文献

- [1] 蔡燕梅. 明末山人尺牍集的编刊及其文献价值 [J]. 印刷文化 (中英文), 2024, (03): 99-120.
- [2] 张俊福. 明末清初话本小说之民俗性研究 [D]. 兰州大学, 2022.
- [3] 云玉杰. 明末清初才子佳人小说中佳人形象研究 [D]. 哈尔滨师范大学, 2021.
- [4] 朱建磊. 晚明社会文化变迁与政治秩序的互动 [J]. 青海社会科学, 2019, (06): 226-231.
- [5] 吴琼. 明末清初的文学嬗变 [D]. 上海师范大学, 2012.
- [6] 廖丹琪. 从“三言二拍”看晚明社会的变迁 [J]. 全国商情 (理论研究), 2010, (03): 138-140.
- [7] 张显清. 晚明：中国早期近代化的开端 [J]. 河北学刊, 2008, (01): 63-67+75.
- [8] 胡海义. 明末清初“西湖小说”研究 [D]. 暨南大学, 2006.
- [9] 冯玉荣. 明末清初松江士人与地方社会 [D]. 复旦大学, 2005.

粤港澳大湾区跨境电商物流供应链协同优化研究

赵晓宇

商学院, 澳门科技大学, 中国 澳门 999078

DOI: 10.61369/SSSD.2026060044

摘 要 : 粤港澳大湾区作为我国对外开放程度最高、经济活力最强的区域之一, 正逐步成为跨境电商发展的核心枢纽。然而, 在“一国两制三关税区”的特殊制度环境下, 跨境物流供应链仍面临协同效率不高、资源整合不足等结构性挑战。本文基于粤港澳大湾区跨境电商物流发展现状, 系统剖析当前物流供应链协同中存在的主要问题, 并从制度协同、设施联通、产业联动、数字赋能四个维度提出协同优化路径, 特别结合港珠澳大桥经贸新通道建设与横琴粤澳深度合作区制度创新实践, 探索构建“珠海生产 + 港澳物流 + 全球配送”的供应链协同模式, 旨在为提升粤港澳大湾区跨境电商物流供应链的整体效能提供理论参考与实践指导。

关 键 词 : 粤港澳大湾区; 跨境电商; 物流供应链; 协同优化

Research on the Collaborative Optimization of Cross-Border E-Commerce Logistics Supply Chain in the Guangdong-Macao Greater Bay Area

Zhao Xiaoyu

Business School, Macau University of Science and Technology, Macau, China 999078

Abstract : As one of the regions with the highest degree of opening-up and strongest economic vitality in China, the Guangdong-Macao Greater Bay Area (GBA) is gradually becoming a core hub for the development of cross-border e-commerce. However, under the special institutional environment of "one country, two systems, and three customs territories", the cross-border logistics supply chain still faces structural challenges such as low collaborative efficiency and insufficient resource integration. Based on the current development status of cross-border e-commerce logistics in the GBA, this paper systematically analyzes the main problems existing in the current logistics supply chain collaboration, and proposes collaborative optimization paths from four dimensions: institutional coordination, infrastructure connectivity, industrial linkage, and digital empowerment. Particularly combined with the construction of the new economic and trade corridor of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge and the institutional innovation practice of the Hengqin Guangdong-Macao In-Depth Cooperation Zone, it explores and constructs a supply chain collaboration model of "Zhuhai production + Hong Kong-Macao logistics + global distribution". The research aims to provide theoretical reference and practical guidance for improving the overall efficiency of the cross-border e-commerce logistics supply chain in the GBA.

Keywords : Guangdong-Macao Greater Bay Area (GBA); cross-border e-commerce; logistics supply chain; collaborative optimization

引言

在“双循环”新发展格局下, 跨境电商已成为连接国内国际市场的重要桥梁, 而物流供应链的协同效率直接影响着跨境电商的竞争力和发展空间。粤港澳大湾区凭借其独特的地理区位、完善的产业基础和开放的政策环境, 在全国跨境电商发展中占据重要地位。然而, 粤港澳三地分属不同关税区, 法律体系、监管标准、营商环境存在显著差异, 这种“一国两制三法域”的特殊格局既是大湾区的独特优势, 也构成了跨境物流协同的制度壁垒。与此同时, 全球供应链重构加速演进, 贸易保护主义抬头, 海外市场监管门槛持续提升, 对企业构建更具韧性、弹性与协同性的供应链体系提出了更高要求^[1]。在此背景下, 如何充分发挥粤港澳大湾区的综合优势, 破解跨境物流协同难题, 成为亟需深入研究的现实课题。

一、粤港澳大湾区跨境电商物流供应链协同中存在的问题

（一）三地制度差异导致通关协同成本偏高

粤港澳大湾区跨境电商物流供应链协同面临的首要障碍，主要来自粤港澳三地制度差异带来的通关壁垒。香港、澳门作为特别行政区，在海关监管、检验检疫、税收征管等方面与内地执行不同的法律体系和技术标准，这种“一国两制三关税区”的特殊格局，客观上增加了跨境物流的制度性交易成本^[2]。具体来说，跨境电商货物从内地进入香港或澳门，需要同时满足两地的报关要求，重复申报、重复查验的情况时有发生，这直接拉长了通关时间，也抬高了物流成本。更复杂的是，跨境电商涉及信息流、资金流、物流的跨境流动，海关、税务、外汇管理等部门的政策协同还不够顺畅，部分地区货物通关和企业收结汇的便利化程度有待提高，全链条监管体系尚不健全^[3]。

（二）跨境物流基础设施衔接与资源共享不足

虽然粤港澳大湾区拥有世界级的港口群和机场群，但跨境物流基础设施的衔接与资源共享仍存在明显短板。从空运资源来看，香港国际机场是全球最繁忙的货运机场，航线网络覆盖全球；澳门机场则在连接葡语国家市场方面具有独特优势；珠三角地区也有广州、深圳、珠海等多个干线机场。但三地机场之间尚未形成高效的协同机制，货源组织、航线衔接、地面转运等环节仍较为割裂。近年来，珠海市借助香港机场入股珠海机场的机会，正在推动“经珠港飞”等模式发展，但整体而言，跨境航空物流的协同效应仍有待释放^[4]。从陆路通道来看，港珠澳大桥虽已建成通车，但大桥的物流潜力还没有充分发挥出来。有调研显示，大桥通车初期，部分粤西企业宁愿多花三四个小时走深圳路线，也不愿尝试走珠海通道，这说明物流通道的市场认可度还需要时间培育。

（三）产业链与物流链协同机制尚未形成

跨境电子商务物流链的有效运转取决于制造业与物流业之间的深度结合以及协同的发展。广东澳门大湾区属于中国最集中的一部分制造业，但是没有形成良好的制造业与物流业的合作关系。首先是制造成本对跨境物流缺乏正确的认知，他们对国际物流规则以及国外的监管政策不了解，导致产品研发和物流需求脱节，增加了后续物流运作难度；第二，物流企业不能很好地适应制造企业的特殊性要求，其标准化的服务难以满足个性化的要求，提供解决方案的能力有限^[5]。

（四）数字化协同平台支撑薄弱

虽然信息化的运用对提升整个物流供应链的合作效率具有重要作用，但就目前来说，粤港澳大湾区跨境电子商务物流仍然处于相对分散的状态。主要原因是：首先，存在比较明显的数据互通壁垒影响着区域之间的信息共享。由于粤港两地所实行的相关法律制度及政策有所区别，一是个人信息、商务数据安全缺乏统一标准，制约物流信息跨境共享；二是现有物流信息系统多为企业自建系统，缺少互联各环节的公共平台，导致供应链上下游各环节间的信息不对称，不利于协同决策的数据支撑^[6]。其次，仓储物

联网不够智能，海外仓布局过于集中而且智能程度不足，专业化物流网络未形成。

二、粤港澳大湾区跨境电商物流供应链协同优化路径

（一）实施“政策协同、数据共享、服务一体”的监管新模式

破解制度差异带来的协同困境的第一步就是推动三地监管标准的趋同化。在大湾区内地和澳门两地，我们应当充分发挥国家新区、自贸区以及跨境电商综试区等多种平台政策叠加优势，打造制度改革试验区。具体举措是借鉴广州海关“出口退货合包”监控经验，深圳前海跨境交易平台等创新试点，综合海关、税务、外汇、商务等部门资源，打造“商关汇税贷保”综合一体监管服务新模式。新机制的核心目标就是实现政策统一跨部门、跨区域延伸。这样就达到了监督信息联网和处理行动联动的目的。而处于珠海市的横琴粤澳深度合作区则应该享受“分线管理”方针下的优惠政策，寻求跨境物流管理的新突破^[7]。其采取了“一线放开，二线管住”的管理模式，在区内企业进行跨境电商业务及国际业务时可享受免税进口、离岸结算便利性及两地15%的税收优惠。这也为它探索跨境物流监管提供了特殊条件。因此，建议深化合作区与澳门建立跨境电子商务物流监管一体化的模式，在一次报关的情况下一次放行，将极大节省通关成本。同时，我们要把握机遇对接数字经济伙伴关系协定等国际规则，充分运用粤港澳大湾区“一国两制三法域”的优势特点，探索建立电子签名、跨境数据流动等领域“湾区方案”，为公司参与国际竞争提供法治保障。

（二）搭建“空陆联运+数字贸易”的立体物流网络

基础设施互联互通是物流供应链协同合作的基本前提。为发挥好港珠澳大桥的作用，应加快形成“香港-珠海-广西西部-中国西南”的快速物流通道并加大珠港澳三地的机场对接，构建面向全世界的空中物流“金三角”。另外，在交通建设方面，加快完善港珠澳大桥新的经济通道布局，推进广州、深圳、佛山、东莞等物流基地、空港国际智能物流园、高栏港综合保税区等物流实体协同合作，形成一体化、全要素覆盖的物流网络体系，这些物流节点不仅可作为跨境电商快件分拨中心，还应延伸到冷冻快递、大宗货物贸易等其他增值服务方面，在航空物流联盟方面，需加强珠港澳三地机场合作，积极发展“珠海-港/澳”的出口模式。具体措施为：推进“境内集货-珠海报关-直航全球”的运输线路建设，吸引电商企业在珠海建立前置仓，在桥头堡快速清关通关到港珠澳，再对接两地国际航线发往全球各地，有效降低跨境物流时效，提升整体竞争力^[8]。

（三）深化“跨境电商+产业带”融合发展

深入参与物流链、产业链是提升物流供应链协同效率的有效手段，在此基础上，粤港澳大湾区应充分发挥自身雄厚的工业基础优势打造“跨境电商+产业区”模式，推动跨境电子商务平台企业、物流企业以及生产企业之间的战略合作。一是引导制造业企业以跨境电商为驱动重构生产流程，并且参照国际规范对技术

加以改进，并借助诸如香港生产力促进局之类的机构力量加强绿色、ESG 合规等方面的弱项能力；第二，促使物流企业从运输服务商向供应链服务商转型，为自己的客户提供仓储、报关、配送及售后的一体化解决方案。在区域布局上，应利用好“珠海+横琴+澳门”的三边联动效应，建立“县域工厂+琴澳过境+全球销售”的供应链模式。具体而言，可引导珠西制造业企业将产品集中在珠海进行加工生产，并依托横琴享受便利的通关服务后，再通过澳门对接葡语系国家市场，最终实现全世界的商品派送。该思路的重点在于政策资源梯度转移，将横琴的物流补贴、租金减免等优惠政策向粤东西北各县区覆盖，形成全产业环节支持体系^[9]。在选优产业上应着重考虑电子信息、装备制造、家电、墨盒等优势产业，培育一批具有国际竞争力的大宗电商企业，推动企业从“贴牌出口”向“品牌输出”的发展模式转变。

（四）完善全链条智能化的协同支撑体系

信息化是提升物流供应链协同效率的重要引擎，在大湾区内应加快 AI 大数据、区块链等相关技术应用在跨境电商物流行业上，构建全方位智能化的一体化辅助体系。首先是智能海关与智慧物流融合发展，建议推广 AI 申报、区块链追溯等技术应用于大湾区内港口。最终实现报关单自动生成、产品全流程追溯、监管信息即时共享的目标。比如珠海优跨境供应链公司案例表明，建立数字运营平台，可将合规管理、时效管控从痛点变成核心竞争力。二是构建跨境数据互通平台。依托横琴粤澳深度合作区，探索“数据运河”，在保障数据安全的前提下促进三地物流信息有序传输和共享，平台可以搜集到资源信息、运力信息、仓储信息、通关信息等一系列重要的数据，以辅助供应链协同决策。刚

刚启动实施的“中国跨境电商高质量发展指数”，这也是用数字技术为小微企业出海提供决策支持的一次成功探索^[10]。最后一步则是优化海外仓全球布局。支持企业在美欧核心城市设立智能仓储基地，加大在 RCEP 合作成员国、中国-葡萄牙经贸合作新模式下海外市场仓的布局力度。海外仓不仅是仓储设施，更是客户服务站、品牌形象店、本地经营据点，所以我们要推动它们的信息化升级，实现仓储实时优化配置以及物流路径智能规划。

三、结语

粤港澳大湾区跨境电商物流供应链的协同优化是一个动态演进过程，在全球供应链重构加速、贸易保护主义抬头的复杂背景下，大湾区企业要想在国际市场中站稳脚跟，需要打造更具韧性、弹性与协同性的供应链体系，完成从单点突破到系统出海的战略转型。本文从制度协同、设施联通、产业联动、数字赋能四个维度提出了协同优化路径，核心在于充分发挥“一国两制”的制度优势，将制度差异转化为协同红利，将地理邻近转化为经济融合。港珠澳大桥的车流不息与横琴粤澳深度合作区的制度创新，正在重塑粤港澳大湾区的物流版图与竞争格局。随着粤港澳三地规则衔接的持续推进、基础设施的不断完善、产业协同的日益深化、数字赋能的全面渗透，粤港澳大湾区完全有条件建设成为全球跨境电商物流供应链的重要枢纽。这不仅将为区域经济高质量发展注入新动能，也将为我国参与全球供应链重构、提升国际竞争力提供“湾区方案”。

参考文献

- [1] 李聪. 基于数智化物流网络管理平台的跨境电商海外仓供应链协同模式探讨 [J]. 中国乡镇企业会计, 2025, (23): 105-107.
- [2] 李治国, 骆柳君, 邹丽琴. 跨境电商物流供应链的协同机制与优化策略 [J]. 全国流通经济, 2025, (18): 42-45.
- [3] 薛山山. 跨境电商背景下全球供应链协同优化研究 [J]. 商展经济, 2025, (17): 18-21.
- [4] 王文霞. “双循环”格局下跨境电商物流协同发展策略研究——以粤港澳大湾区为例 [J]. 中国商论, 2025, 34(16): 131-134.
- [5] 胡宇航. 基于共生理论的跨境电商供应链协同机制研究 [D]. 上海海关学院, 2025.
- [6] 王瑾. 跨境电商物流供应链协同发展研究 [J]. 中国储运, 2023, (09): 53-54.
- [7] 阳群, 彭雪. 粤港澳大湾区跨境电商物流发展路径研究 [J]. 中国航务周刊, 2023, (08): 45-47.
- [8] 宋毓. 对跨境电商物流供应链协同发展的分析 [J]. 中国航务周刊, 2022, (08): 49-50.
- [9] 项姬秀. 跨境电商与物流链的融合发展——基于产业结构优化视角 [J]. 商业经济研究, 2021, (24): 108-110.
- [10] 赵亚杰, 齐芯, 辛明. 共享经济视角下粤港澳大湾区跨境电商物流发展解析 [J]. 现代商业, 2021, (11): 12-14.

新时代丽水处州餐饮品牌 IP 塑造与创新

方叶惠子

丽水职业技术学院 数智财贸管理学院, 浙江 丽水 323000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060046

摘 要 : 区域餐饮品牌作为当地餐饮文化历史传承和发展的重要载体, 其战略价值在新时代消费升级背景下持续凸显, 不仅是区域文化的标识, 更是历史发展的重要见证。本文以丽水处州餐饮文化为研究对象, 基于品牌资产理论和文化 IP 构建视角, 采用政策文本分析、实地调研、案例比较、数据分析方法, 系统剖析其品牌建设现状与存在问题。研究显示, 当前处州餐饮品牌存在文化符号挖掘不足、标准化体系缺失、政策支持力度不够及品牌效应分散等问题。针对上述问题, 本研究创新性地从社会、市场与政府三个维度, 构建立体化的餐饮品牌 IP 构建路径, 为丽水处州餐饮的品牌化与 IP 化转型提供可操作的策略体系, 也为国内同类型地区餐饮文化的现代化传承与创新性发展提供理论框架与实践范式。

关 键 词 : 丽水; 处州餐饮; 餐饮文化; 品牌 IP 塑造

Brand IP Cultivation and Innovative Development of Lishui Chuzhou Catering Industry in the New Era

Fang Yehuizi

Lishui Vocational & Technical College School of Digital Finance and Trade, Lishui, Zhejiang 323000

Abstract : As an important carrier for the inheritance and development of local catering culture, regional catering brands continue to highlight their strategic value in the context of consumption upgrading in the new era. They are not only symbols of regional culture, but also important witnesses of historical development. Taking the catering culture of Chuzhou, Lishui as the research object, based on the theory of brand assets and the perspective of cultural IP construction, this paper systematically analyzes the current situation and existing problems of its brand construction by using policy text analysis, field research, case comparison and data analysis methods. The research shows that the current Chuzhou catering brands have problems such as insufficient excavation of cultural symbols, lack of standardization system, insufficient policy support and scattered brand effects. In response to the above problems, this study innovatively constructs a three-dimensional path for catering brand IP construction from three dimensions: society, market and government, providing an operable strategic system for the branding and IP transformation of Lishui Chuzhou catering, and also providing a theoretical framework and practical paradigm for the modern inheritance and innovative development of catering culture in similar regions in China.

Keywords : Lishui; Chuzhou catering; catering culture; brand IP building

引言

近年来, 我国政府出台一系列规划意见推动餐饮文化品牌建设, 2024年2月, 国家商务部联合多部门发布《关于促进餐饮业高质量发展的指导意见》, 明确提出提升餐饮服务品质、创新消费场景。2023年浙江省餐饮收入总额达3662亿元, 同比增长14.9%, 市场活力强劲。但作为浙江省“大花园”建设核心区的丽水市, 餐饮业发展相对滞后, 2023年规上餐饮服务企业仅58家, 总营业收入约48亿元, 与全省平均水平差距明显。

目前, 丽水处州餐饮品牌形象塑造主要依赖少数实体门店, 缺乏具有广泛影响力的文化代表性主体。在此背景下, 如何通过系统性品牌 IP 塑造提升丽水餐饮行业的知名度与竞争力, 成为关乎丽水经济发展的关键课题。本文重点探讨处州餐饮品牌建设的结构性困境、政策与市场机制的影响、IP 化转型可行性及三方协同机制, 提出可操作的创新策略, 推动区域餐饮产业升级。

项目信息: 2025年度丽水市哲学社会科学常规课题“‘处州’餐饮文化传承与创新发展研究”(LB202507)。

作者简介: 方叶惠子, 女, 浙江, 讲师, 硕士研究生。

一、丽水处州餐饮文化发展及品牌构建政策环境

（一）省域政策

餐饮业是扩大内需、普惠民生的重要产业，近年来浙江省大力推进餐饮业高质量发展。2024年9月，浙江省依据国家相关意见，推出四大具体政策举措：一是实施餐饮品牌培育工程和标准化建设，支持“名菜、名小吃、名厨、名店”培育，截至2023年底，全省已累计评选省级“名菜”150余道、“名小吃”80余种、“名店”200余家；二是加快消费场景创新和产业链融合，鼓励“中央厨房”发展，推动连锁餐饮向县乡延伸，借助“餐饮+文旅”模式打造精品美食旅游线路；三是提升餐饮服务质量，构建标准化体系，强化数字化食品安全监管，全省餐饮单位“阳光厨房”覆盖率达85%；四是推动餐饮品牌绿色发展和文化输出，推行反食品浪费标准，支持餐饮品牌进军海外市场，2023年全省餐饮企业海外新增门店40余家。

（二）丽水市政策

在省级政策指引下，丽水市注重餐饮行业高质量发展，聚焦美食文化资源挖掘与品牌打造，出台多项针对性政策：一是打造特色餐饮品牌，依托本土文化，挖掘缙云烧饼、遂昌风炉等特色美食的文化潜力，培育地方特色美食品牌30余个，其中“缙云烧饼”全国门店突破8000家，年产值达30亿元；二是推动餐饮企业提质增效，鼓励企业上限纳统并给予资金奖励，培育重点餐饮企业，支持连锁经营发展，截至2024年4月，全市限上餐饮企业达127家；三是强化品牌引领，依托老字号餐饮品牌，定期开展品牌评选活动，发挥其在文化传承与品牌构建中的带动作用；四是加强人才培育，支持校企合作建设人才培养基地，举办餐饮赛事和“名师名厨”评选，为品牌打造提供人力资源支撑。

丽水处州餐饮文化作为浙西南区域性餐饮文化代表，其品牌建设需依托现有基础，借助政策东风，发挥消费市场活力，推动餐饮文化与品牌发展成为拉动内需、促进区域经济发展的重要动力。

二、丽水处州餐饮品牌打造的研究综述

本文梳理2020–2024年间相关研究成果，从三个维度展开综述：

（一）文化符号挖掘与品牌价值重构

李墨（2022）指出，区域餐饮品牌需立足自身特色，挖掘传统文化视觉元素，强化与消费者的情感联结。池银花等人（2022）认为，地方特色餐饮品牌是区域文化与品牌价值的体现，应融入区域文旅发展框架，挖掘地域特色文化，打造“餐饮+文旅”沉浸式消费场景，实现品牌体验从单一味觉向多维文化升级。

（二）政策协同与产业化生态优化

邓苗（2021）提出，丽水餐饮品牌打造需发挥政府与企业双重作用，政府应强化食品安全监管，通过政策协同扩大品牌影响力。王珂等人（2021）以乡村振兴为背景，指出餐饮品牌打造应与乡村经济深度绑定，构建品牌赋能乡村经济、乡村经济反哺品牌的良性循环。

（三）数字化赋能与餐饮品牌可持续发展

李华（2023）从数字化视角出发，强调区域性餐饮品牌应利

用大数据分析精准定位消费者偏好。刘一骏等人（2024）指出，餐饮品牌可持续发展需注重IP形象设计，通过创新设计与品牌故事宣传凸显个性化，提升核心竞争力。

综上，现有研究多聚焦宏观政策与个案分析，对品牌跨区域扩张的文化适应性及系统化IP构建路径探讨不足。本文以丽水处州餐饮文化为切入点，结合市场环境 with 品牌现状，探索新时代品牌建设核心策略。

三、丽水处州餐饮文化品牌建设现状与问题分析

调研显示，受访企业中60%以上为小型单店作坊，品牌建设缺乏标准化流程；37%为中小连锁企业，具备初步品牌标准；仅3%为大型连锁企业，拥有统一品牌文化体系。当前，丽水处州餐饮品牌建设主要存在四大问题：

（一）缺少统一谋划，品牌标准不统一

丽水9个区县各有代表性传统美食，但地方政府对餐饮文化发展缺少长远谋划，未打造统一的品牌标准与体系。餐饮经营以小作坊为主，规模化、标准化程度低，全市餐饮小作坊标准化率仅为40%左右。同时，餐饮与文旅融合浅层化，文旅餐饮消费仅占全市旅游总收入的15%，低于全省25%的平均水平，未能形成协同发展效应，严重制约品牌发展。

（二）文化符号挖掘不足，品牌定位模糊

现有品牌（如“处州万象宴”）与道教饮食、瓯江农耕等历史文脉关联较弱，品牌叙事断裂；餐饮文化体验设计传统，缺乏数字化沉浸手段，仅20%的游客对现有餐饮文化体验表示“印象深刻”。此外，品牌客群定位矛盾，既试图通过相关政策吸引年轻群体，又依赖传统活动聚焦中老年市场，导致品牌形象碎片化。2023年丽水餐饮消费中，30岁以下客群占比仅35%，低于杭州、宁波等城市50%以上的水平。

（三）政府财政支持力度不足

2023年丽水市餐饮相关财政投入主要集中在食品安全监管领域，其中监督抽检经费954万元、小作坊数字化监管130万元、学校食堂数字化监管1242万元，而直接用于特色美食品牌建设的资金仅142万元，支持力度明显不足，制约了品牌培育与推广的深度开展。

（四）品牌缺乏统一性，发展模式单调

丽水区域公用品牌缺失，“同品异牌”现象普遍，内部消耗严重；优质农产品（如山茶油、特色蔬果）的高附加值餐饮IP开发滞后，缺乏全国性知名餐饮品牌，品牌附加值偏低。2023年丽水市农产品加工转化率仅为55%，低于全省65%的平均水平，深加工餐饮品牌开发明显不足。

四、丽水处州餐饮文化品牌构建的新时代飞跃

结合丽水处州餐饮品牌建设现状与问题，本文从社会、市场、政府三个维度，构建“一地一餐饮IP”的品牌格局，推动品牌实现高质量发展。

（一）社会供给侧——文化赋能与 IP 构建：深化品牌内涵与认同机制

1. 构建处州餐饮文化谱系与品牌叙事体系

联合高校与科研机构，梳理“丽九味”药膳、畲族饮食等非遗资源，挖掘养生理念、瓯江农耕等文化基因，实现“一地一文化 IP”差异化定位。例如，将缙云烧饼与黄帝祭祀文化结合，打造“祭典美食”IP；借助数字孪生技术与 AR 互动菜单，将文化符号转化为沉浸式消费体验，提升品牌情感联结力。

2. 推动非遗技艺与现代餐饮体验深度融合

借鉴“豆腐工坊”模式，将石仓豆腐制作等非遗技艺融入现代餐饮场景，通过“非遗传承人驻店+研学体验”机制，形成“体验—传播—复购”闭环。定期举办非遗美食创新大赛，鼓励青年厨师将传统技艺与现代健康理念结合，实现文化传承与创新的平衡。

3. 弘扬工匠精神，强化人才梯队建设

依托丽水餐饮行业产教融合共同体，加强职业教育与餐饮行业的交流合作，培养餐饮烹饪行业接班人。设立“处州餐饮名师工作室”，给予非遗传承人资金补贴；与高校合作开设餐饮品牌管理微专业，推行“校企双导师制”，培养复合型人才；支持处州餐饮菜品博物馆建设，深挖菜品文化，创新地方菜系。

4. 挖掘品牌故事，强化消费者教育

收集整理处州餐饮文化历史典故，制作《处州美食故事集》用于宣传与教育；开展“处州美食课堂”社区活动，增强消费者对品牌文化的认知与信任；开发儿童饮食教育绘本，从小培养地域文化认同。

（二）市场供给侧——市场融合与场景创新：拓展品牌传播与消费转化路径

1. 打造老字号与文旅集群，增强集聚效应

依托餐饮老字号与美食代表的文化底蕴，构建餐饮老字号博物馆、美食小镇等，打造餐饮旅游融合发展新地标，为消费者提供美食体验与文化感知的双重服务。开发美食周边产品，结合 OTA 平台数据优化游客体验，提升品牌集聚效应。

2. 实施差异化定位与多层次运营策略

推动“一县一 IP”特色餐饮布局，围绕各县市特色菜品打造专属品牌，形成“味美浙江·处州万象宴”区域消费品牌，强化标准化输出，避免同质化竞争。实施市场细分运营，针对不同消费需求打造特色模式，通过差异化定价覆盖多层次消费群体，扩大市场渗透率。

3. 构建“美食+文旅”品牌联动推广模式

依托省市相关政策，推动餐饮与文旅、住宿等产业协同发展，打造文旅融合餐饮品牌。借助短视频平台发起美食挑战赛，邀请 KOL 直播体验；与国际旅游平台合作，推出多语言美食地图；建立会员积分系统，提升品牌忠诚度。

（三）政府供给侧——政策支持与生态构建：完善制度保障与产业协同机制

1. 强化顶层设计与标准化体系构建

培育区域美食公用品牌，坚持“定位、传承、选评、联动、推广”五位一体原则，梳理代表处州文化的特色菜品。制定《丽水餐饮服务规范》《“百县千碗”评价标准》等文件，构建全链条品牌标准化体系，涵盖菜品制作、服务流程、文化表达等环节，形成可复制的品牌输出模式。

2. 构建“母子品牌”矩阵，推动产业升级

构建“处州餐饮+县域美食+企业品牌”的“母子品牌矩阵”，以处州餐饮区域公用品牌为引领，通过品牌构建、金融服务、电商联动等，孵化培育更多餐饮文化品牌，推动丽水精品餐饮全产业链升级，实现规模经营与品牌效应双赢。

3. 优化餐饮基础设施与智慧食安监管生态

主导建设“百县千碗”美食街区与体验馆，实施装修费用分级补助政策，突出处州餐饮文化符号，形成集群效应。引导餐饮企业运用大数据、人工智能优化供应链管理，建立“食材直供平台”，推动中央厨房与预制菜标准化生产。构建从农田到餐桌的数字化监管体系，落实“四个最严”要求，建立品牌声誉预警机制与消费保障基金，为品牌发展提供可持续保障。

五、结论

餐饮文化传承创新与品牌构建是丽水餐饮高质量发展的必经之路。本文分析发现，丽水处州餐饮存在四大核心问题，制约其从传统美食向现代餐饮 IP 转型。据此，本文从社会、市场、政府三方提出系统化构建路径。本研究存在局限，未来可聚焦数字化技术应用、跨区域品牌 IP 化比较、Z 世代消费群体联结三大方向。总之，处州餐饮 IP 塑造需三方协同，通过文化挖掘、场景创新与制度保障，实现从“地方美食”到“文化 IP”的跃升，为区域发展注入动能。

参考文献

- [1] 李墨. 武汉区域文化元素在老字号餐饮品牌中的设计与应用 [D]. 武汉纺织大学, 2022.
- [2] 池银花, 刘玉荣, 赖文光. 塑造闽西餐饮品牌 弘扬闽西餐饮文化 [N]. 闽西日报, 2022-01-11 (005).
- [3] 邓苗. “甘肃老字号”餐饮品牌消费者认知度研究 [J]. 商场现代化, 2025, (06): 28-30.
- [4] 王珂, 张犁, 刘莹. 面向乡村振兴战略的乡村特色餐饮服务设计研究 [J]. 西北美术, 2021, (04): 121-126.
- [5] 李华. 数字化时代餐饮品牌定位与传播研究 [J]. 中国食品学报, 2023, 23 (5): 1-8.
- [6] 刘一骏, 刘梦瑜, 李杨. 小吊梨汤: 餐饮品牌如何通过打造 IP 形象来吸引年轻消费者 [J]. 国际公关, 2024, (19): 81-82.
- [7] 曾楠轩, 王永聪, 李琛, 等. 成渝双城经济圈建设背景下自贡餐饮文化品牌的塑造与推广研究——基于游客感知视角 [J]. 商业经济, 2023, (12): 27-30+37.
- [8] 甘慕仪, 高蓝洋, 储晶. 城市旅游餐饮品牌培育创新路径探讨——基于消费社会学视角 [J]. 商业经济研究, 2023, (11): 72-76.
- [9] 彭彭婷, 刘勇. 铸就经典餐饮文化品牌 [J]. 中国商界, 2023, (11): 64-65.
- [10] 黄子迈. 弘扬特色餐饮文化 提升琼菜品牌影响力 [J]. 今日海南, 2024, (10): 36-38.

“两检”协同试点在生猪屠宰质量安全监管中的实践与优化路径研究

解从兵¹, 范锋², 叶仙军², 翁宇翔², 黄源², 张培培^{3*}

1. 台州市黄岩区农业农村局, 浙江 台州 318020

2. 台州市黄岩区畜牧兽医所, 浙江 台州 318020

3. 台州市动物疫病预防控制中心, 浙江 台州 318000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060047

摘 要 : 为提升生猪屠宰环节质量安全监管效能, 台州市黄岩区开展了屠宰检疫与肉品品质检验协同试点。本文基于试点企业2年的生产数据与工作实践, 系统分析了“两检”协同在降本增效、强化源头管控、完善追溯体系等方面的成效。研究表明, 通过以源头管控精细化、“两检”标准严格化、流程运转高效化推进“两检”协同工作; 在源头管控上, 宰后“两检”检出不合格产品无害化处理数量头均明显减少, 优化生猪供应商近百家; 在检出比率上, 白条产品头均修割占比提升; 在流程优化上, 精简检疫岗并节约财政支出, 出厂耗时缩短约10%。“两检”后较2024年同期显著降低, 企业通过加强前端采购把关有效减少了损失与成本。同时, 试点也暴露出专业人才队伍建设滞后、跨部门标准衔接不畅、设施配套保障不足等关键挑战。本文据此提出了强化人才支撑、深化机制建设、优化技术应用及完善保障体系等对策建议, 以期为构建更科学、高效、协同的屠宰质量安全监管模式提供参考。

关 键 词 : “两检”协同; 屠宰监管; 质量安全; 溯源管理; 风险管制

Study on the Practice and Optimization Path of the Pilot Program of the Two Inspections in the Quality and Safety Supervision of Pig Slaughter

Xie Congbing¹, Fan Feng², Ye Xianjun², Weng Yuxiang², Huang Yuan², Zhang Peipei^{3*}

1. Huangyan District Agriculture and Rural Affairs Bureau, Taizhou, Zhejiang 318020

2. Taizhou Huangyan District Animal Husbandry and Veterinary Institute, Taizhou, Zhejiang 318020

3. Taizhou Center for Animal Disease Control and Prevention, Taizhou, Zhejiang 318000

Abstract : To enhance the quality and safety supervision efficiency in the pig slaughtering process, Huangyan District of Taizhou City has implemented a pilot program for coordinated slaughter quarantine and meat quality inspection. Based on two years of production data and operational practices from participating enterprises, this study systematically analyzes the effectiveness of the "two-inspection" coordination in cost reduction, efficiency improvement, strengthening source control, and optimizing traceability systems. The research demonstrates that through refined source control, stricter "two-inspection" standards, and optimized workflow processes, the coordinated efforts have achieved significant improvements. Specifically, in source control, the number of non-compliant products identified during post-slaughter inspections and subsequently disposed of harmlessly per head has decreased markedly, with nearly 100 pig suppliers optimized. In terms of inspection rates, the proportion of processed pork products requiring trimming per head has increased. Regarding process optimization, the streamlined quarantine positions have reduced fiscal expenditures while shortening the time to market by approximately 10%. Post-inspection metrics show a significant decline compared to the same period in 2024, with enterprises effectively minimizing losses and costs through enhanced procurement controls. However, the pilot also revealed key challenges including lagging professional talent development, poor inter-departmental standard alignment, and inadequate facility support. The study proposes countermeasures such as strengthening talent support, deepening institutional mechanisms, optimizing technological applications, and improving safeguard systems, aiming to provide references for establishing a more scientific, efficient, and coordinated slaughter quality and safety supervision model.

Keywords : "dual inspection" coordination; slaughterhouse supervision; quality and safety; traceability management; risk control

项目信息: 依据农业农村部畜牧兽医局农牧便函[2025]600号及浙江省农业农村厅《生猪屠宰“两检”协同试点指导方案》(浙农牧发〔2025〕4号)文件。

作者简介: 解从兵(1973—), 男, 本科, 高级兽医师, 研究方向: 畜牧兽医与农业绿色发展。

* 通讯作者: 张培培(1986—), 女, 研究生, 助理兽医师, 研究方向: 动物疫病控制与屠宰管理工作。

引言

生猪屠宰是连接养殖与消费的关键环节，其质量安全直接关系食品安全、公共卫生与消费者权益。传统的屠宰环节监管中，官方兽医实施的屠宰检疫与企业自主开展的肉品品质检验（以下简称“两检”）在职责、标准、流程上往往存在交叉、重复与脱节，影响了监管整体效能与资源利用效率。为破解这一难题，探索“两检”深度融合的协同监管模式，对于提升风险防控能力、落实企业主体责任与部门监管责任、保障肉品质量安全具有重要意义。本研究基于台州市黄岩区及企业（以浙江诚远食品有限公司生猪屠宰场为例）的实践运行数据，分析评估“两检”协同试点成效，剖析存在问题，并提出系统性的优化路径与建议。

一、“两检”协同试点的实践成效分析

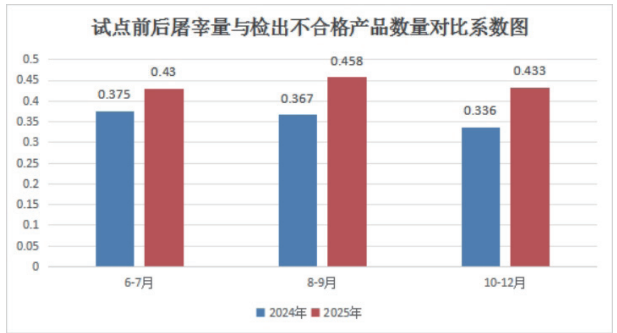
（一）显著降低屠宰损失，提升经济生态效益

试点通过建立检疫检验信息即时反馈机制，将屠宰过程及后端不合格产品销毁中发现的问题迅速追溯至生猪采购源头，指导企业优化调整供应商名录与采购标准，从而有效减少了问题生猪入场^[1]。数据显示，试点企业2025年下半年试点期间共生猪屠宰量15.6191万头，“两检”不合格产品检出数6.9315万公斤，平均2.25 kg / 头，与2024年同期15.3139万头不合格产品检出数5.3181万公斤，平均2.88kg/ 头；对比少检出不合格产品0.63 kg / 头。体现了屠宰量增加反而“两检”不合格产品检出数减少，企业强化源头采购管控有力^[2]，优化生猪供应商名录近100家。也直接降低了企业的无害化处理成本和相关物流损耗以及地方财政节约，体现了协同机制在风险防控前端拦截的经济价值^[3]。

（二）强化源头质量控制，实现风险关口前移

协同机制不仅关注宰后结果，更注重宰前及过程质量控制。例如，内脏检查岗及时发现并反馈如心包膜粘连、坏死灶、纤维索性肺炎等病害案例，促使企业针对性调整下一批次的生猪采购策略，从源头上减少了内脏类产品的报废率。这表明，“两检”协同推动了监管焦点从“终端处理”向“源头防控”的转变，提升了质量安全管理的主观性和预见性。

经统计数据提供如下图表，2025年8月份开始随着屠宰量增加而检出不合格产品数量明显下降，因岗位优化合理，环比去年同期10—12月份检出不合格产品数量增加^[4]，说明“两检”人员履职注重质量严格把关，检出不合格产品类型倒逼试点企业前端采购把关很重要。



（三）引导企业追求品质，稳定与减少头损率

在保障食品安全底线的基础上，试点企业为满足市场对高品质

质肉品的需求，主动加强了白条产品的修割标准。2025年下半年，因品质加修导致的头均修割占比平均为1.196%，略高于2024年同期的平均1.05%。这反映了企业在协同机制引导下，对产品品质的重视程度有了大幅提升。尽管修割率会随市场价格波动，但企业通过精细化管理，在提升品质与控制损耗间寻求平衡产效益^[5]。

（四）完善协同追溯体系，提升监管服务效能

通过“合署办公+线上协同”，实现了全流程信息复核共享，构建了可追溯的监管服务体系。试点期间升级了信息管理系统，将检疫与检验信息统一录入浙江省数字畜牧应用系统单一平台，实现了数据共享与全链条追溯。该平台可实时追踪活畜来源、运输轨迹、屠宰加工、检疫检验及产品流向、不合格产品无害化处置，一旦发现问题，能够快速定位源头并实施精准召回，极大地增强了风险管控的时效性和准确性，筑牢了肉品质量安全防线^[6]。

二、试点期间面临的主要问题与挑战

尽管试点取得初步成效，但深层次问题依然制约着“两检”协同的深化与推广工作。

（一）专业人才队伍建设严重滞后

1. 官方兽医力量薄弱：人员数量不足与年龄结构老化并存，年轻人难以适应夜间屠宰检疫工作，不能全满足日益专业化的日常畜牧养殖环节监管与夜间参与检疫工作的需求。

2. 企业检验队伍不稳：人员流动性大，待遇偏低，年轻人难以适应夜间检验工作，专业素养参差不齐。部分经验丰富的老员工面临职业技能认定（考证）困难，影响了队伍整体专业水平的认定与提升^[7]。

3. 协检人员保障缺失：作为实际承担大量一线检疫工作的特殊工种，协检人员待遇低、流动性大的问题突出，队伍不稳定，直接影响“两检”协同工作的质量和连续性。

（二）跨部门标准衔接存在障碍

农业农村部门与市场监管部门在兽药残留检测项目、执法尺度等方面仍存在差异，导致在协同监管中出现标准冲突与流程断点，影响部门工作效率。此外，对于生猪屠宰后脏器难一一对应、潜伏期疫病及兽药残留难实时监测等技术难点，现有手段存在局限性，亟待引入 AI 图像识别、智能监测等新技术予以辅助检

疫检验工作突破。

（三）设施配套保障支撑不足

“两检”协同的深化需要持续投入，如更新 AI 红外测温、检疫巡查机器人、“两检”岗位辅助等智能设备，但地方财政紧张，难以提供足额专项补助。同时，试点企业因实施更严格的内控标准导致成本增加，在市场价格低迷时期（如 2025 年猪价下行周期长）面临更大的市场竞争压力，影响了其持续投入与试点扩面的积极性^[9]。

三、优化“两检”协同体系的路径与建议

（一）强化人才支撑，构建稳定队伍

建议借鉴公安部门“民警+协警”等成熟辅助人员管理制度，探索建立规范的官方兽医、辅助检疫人员、兽医卫生检验人员职业体系，明确其职责、资质、培训与待遇保障，稳定一线“两检”人员队伍。同时，开展多层次培训，建立官方兽医与企业兽医卫生检验人员交流学习机制，并加强政策宣传，提升企业对人才建设的重视程度。

（二）推动技术赋能，破解监管难题

建议顶层设计上农业农村部畜牧兽医局及中国动物疫病预防控制中心（农业农村部屠宰技术中心）统一提供与“两检”有关数据库，鼓励并支持试点单位引入 AI 自动技术、物联网设备等，用于智能识别病变组织、关联追溯胴体与脏器、监测兽药残留风险等，提升监管的精准化与智能化水平，弥补人工不足问题^[9]。

（三）加大政策扶持，夯实扩面基础

建议省、市、县三级财政设立专项扶持资金，对试点企业在设施智能化改造、成本增加等方面给予分批次适当补贴，减轻其经营压力。在总结评估现有试点如“黄岩经验”的基础上，科学制定扩面试点工作方案，为全面构建高效协同的生猪屠宰质量安全监管体系奠定基础。

（四）完善标准体系，推动制度建设

当前，“两检”协同试点虽有成效，但在法律法规层面的支撑仍显不足，部分地区存在政策衔接难、权责边界不清等问题。建议国家层面加快修订《生猪屠宰管理条例》及配套规章，明确农业农村部门与市场监管部门在屠宰环节的职责边界与协作机制，推动“检疫+检验”在流程、标准、信息上的深度融合。可探索建立“两检合一”的法定监管模式，将企业自检行为与政府监管职能有效衔接，形成“企业主责、政府监管、第三方参与”的协同治理格局^[10]。

（五）健全“两检”协同绩效评估机制

为确保“两检”协同体系持续优化，建议建立常态化的绩效评估机制。由农业农村、市场监管、财政、审计等部门联合组成评估工作组，定期对试点地区的协同机制运行情况开展第三方评估，重点考察检疫检验流程衔接度、数据共享及时性、问题处置效率、企业满意度、公众信任度等指标。评估结果应作为财政补贴、政策调整、试点扩面的重要依据。鼓励试点地区探索“两检协同风险预警指数”，综合市场价格波动、疫病流行态势、季节因素等，动态调整检疫检验频次与重点，实现资源精准配置。

四、结论

“两检”协同试点是提升生猪屠宰环节质量安全监管效能的有效探索。实践证明，它能有效降低财政投入和企业成本、宰后经济损失、强化源头控制、完善全程追溯等等。然而，其可持续发展有赖于专业人才队伍的建设、跨部门标准的真正统一、技术手段的创新应用以及必要的财政政策支持。未来，需系统性地解决这些瓶颈问题，将局部试点经验转化为可复制、可推广的常态化监管模式，最终实现保障肉品安全、促进行业高质量发展的“双重”目标。

参考文献

[1] 陈雪峰, 姜强, 纪建常, 等. 对生猪屠宰检疫和肉品品质检验工作进行整合的建议 [J]. 养殖与饲料, 2024, 23(04): 108–111.
[2] 贾佳, 等. 对生猪屠宰检疫和肉品品质检验工作进行整合的建议 [J]. 养殖与饲料, 2024, 23(4).
[3] 佚名. 分析新形势下畜禽屠宰检疫与肉品品质检验“两检合一”[J]. 吉林畜牧兽医, 2023, 44(2): 129–130.
[4] 刘成相. 生猪屠宰检验检疫监管问题及优化对策 [J]. 北方牧业, 2023, (9).
[5] 梁瑞坤. 生猪屠宰风险因素及信息化监管模式 [J]. 今日农业, 2022, (8): 0082.
[6] 佚名. 生猪屠宰检验检疫监管模式分析 [J]. 今日畜牧兽医, 2020(9).
[7] 徐位梅. 生猪屠宰检验检疫监管模式分析 [J]. 今日畜牧兽医, 2019, (22).
[8] 李真, 梁莹. 屠宰检疫和肉品品质检验两检合一势在必行 [J]. 吉林畜牧兽医, 2017(2).
[9] 侯佩兴, 黄优强. 生猪屠宰检验检疫监管模式探讨 [J]. 中国动物检疫, 2016(5): 21–23, 26.
[10] 薛文凯. 生猪屠宰检疫中官方兽医的监管责任 [J]. 当代畜牧, 2024(4): 101–102.

农村高质量供水研究进展

王伟, 蒋巨峰

上海艺迈实业有限公司, 上海 201506

DOI: 10.61369/SSSD.2026060001

摘 要 : 保障农村饮水安全, 不仅关系广大人民群众的日常生活与健康福祉, 更是他们最关切、最贴近切身利益的民生要事。本文从农村饮水现阶段重点目标行动和存在的一些短板和问题出发, 结合省内其他地区针对农村饮水工程巩固提升、供水高质量发展实施路径等相关经验, 围绕如何进一步巩固提升农饮水安全工作, 提升农村饮水管理水平和效能, 推进农村饮水工程管理水平现代化, 打造标杆性数字化供水工程, 确保农村饮水供水安全稳定、水质优质、管理效能提升, 运营成本优化, 实现城乡供水同源、同质、同服务。

关 键 词 : 农饮水; 水质提升; 数字赋能, 安全稳定

Research Progress on Rural High-Quality Water Supply

Wang Wei, Jiang Jufeng

Shanghai Yima Industrial Co., Ltd, Shanghai 201506

Abstract : The safety of rural drinking water directly impacts the lives and health of farmers, representing a major livelihood issue that concerns them most closely, directly, and tangibly. This paper starts from the current key target initiatives for rural drinking water as well as existing weaknesses and problems, drawing on relevant experiences from other regions within the province regarding consolidation and enhancement of rural drinking water projects and implementation pathways for high-quality water supply development. It focuses on how to further strengthen rural drinking water safety efforts, improve management standards and efficiency, advance modernization of rural drinking water project management, develop model digital water supply projects, ensure safe and stable water supply, maintain excellent water quality, enhance management effectiveness, optimize operational costs, and ultimately achieve integrated urban-rural water supply with the same source, same quality, and same service.

Keywords : rural drinking water; water quality enhancement; digital empowerment; safety and stability

引言

近年来, 我国通过大力实施农村饮水安全工程, 显著提升了农村地区供水保障能力, 初步构建了较为完备的农村供水设施网络^[1]。在此过程中, 我们始终聚焦农村群众最关切、最迫切的饮水需求, 持续增强供水保障能力与服务水平, 切实提升农村居民的获得感、幸福感和安全感, 为巩固拓展脱贫攻坚成果、全面推进乡村振兴, 以及更好服务中国式现代化建设提供了坚实的水安全保障^[2]。到2024年底, 将重点推进乡村供水大面积发展, 力争使乡村自来水覆盖率升至92%, 并经由小型集中供水、分散式供水工程覆盖63%的农村人口。

一、存在问题

农村供水设施是乡村关键的基础服务工程之一。伴随经济与社会进步, 农民群众对供水质量与稳定性的期望日益提高, 而现有供水标准和保障能力已难以充分满足其对更高生活品质的追求。同时, 在乡村振兴战略全面推进的背景下, 当前农村供水现状与乡村振兴的目标要求之间仍存在显著差距。为加强农村饮用

水安全保障, 水利部于2022年10月24日会同生态环境部、国家疾病预防控制中心及国家乡村振兴局共同发布了《关于开展提升农村供水水质专项工作的指导意见》, 要求以县域为单元, 以农村供水工程为对象, 依据《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2022) 利用水行政主管等部门区域水质监测中心水质巡检、生态环境主管部门饮用水水源水环境质量检测、疾控主管部门饮用水水质监测结果和乡村振兴主管部门防止返贫监测户、脱贫户等有关信

作者简介:

王伟(1987—), 男, 汉, 上海人, 高级工程师, 党员, 硕士, 上海艺迈实业有限公司副总经理, 研究方向: 技术研究开发及高端装备智造;

蒋巨峰(1999—), 男, 汉, 上海人, 助理工程师, 党员, 本科, 上海艺迈实业有限公司总经理, 研究方向: 机械制造及自动化。

息，摸清农村供水水质底数，建立水质台账并及时更新。从以县为单元调查、制定的水质提升专项行动方案看，当前，我国农村供水工程体系已初步形成较为完整的架构，但在实际运行中仍存在若干薄弱环节与亟待解决的难点。^[3]

（一）工程建设标准偏低

农村供水是农村重要基础设施，是城乡公共服务均等化、补短板的重点领域。农村供水项目具有经营性和公益性双重特征，近年来，国家出台多项涉农扶持政策，持续加大农村供水建设投入，但农村基础设施建设仍存在投入与需求不匹配的问题。在农村供水方面，部分地方政府主要依赖中央和省级资金，存在“重建设、轻管理”现象，导致工程标准偏低、信息化水平不足、配套设施不健全。值得注意的是，“十三五”时期，承担脱贫攻坚任务的县因政府重视、投入充分，其供水工程建设和运行管理提升显著；而部分非贫困县则面临资金投入不足甚至缺位的情况。根据2022年底以县为单位开展的水质提升专项行动方案摸排结果显示，目前仍有一定数量的农村居民面临季节性供水保障不足的问题。

（二）水质稳定性不好

水源地作为供水全流程的起始点，水源地水质优劣直接关系到后续各环节的供水保障及高效运维。农村供水中，水源地存在水质和水量受季节、天气、温度影响较大，部分供水设施的受自然本底条件薄弱、水源防护不足及周边水环境污染等多重因素影响，部分地区长期面临高氟水、硝酸盐和氨氮超标以及有机物污染等复合型水质问题。同时，因净化消毒设施配备不齐或运行维护不到位，当前水质保障能力与实际需求之间仍存在明显差距。^[5]

（三）工程可持续性偏差

农村供水工程常常面临现有的中小规模水厂存在设计、施工、运维割裂、重建轻管的现象；农村供水工程点多、面广、线长、分布散的限制，供水设施信息化程度低、信息交互差；处理工艺简单，粗放式加药，药量多、电耗高，运行成本高；部分工程水价机制不健全，受限于地方财政支持能力不足，许多农村供水工程只能维持较低的运行标准，采用简易模式运作。这导致供水水量与水质均不稳定，波动较大，整体供水的持续性与可靠性较为薄弱。

二、方案对策

按照城乡融合发展和全面推进乡村振兴的要求，加快推进农村规模化供水工程设施建设，不断提升农村供水保障水平。聚焦解决农村供水水质问题，加强农村饮用水水源地保护，配套完善净化消毒设施设备，强化水质监测和卫生监督，加快建立健全从源头到龙头的水质保障体系，健全完善农村供水工程长效运行管理机制，不断提升工程管护水平，确保农村供水水质安全^[7]。

（一）城乡一体化供水建设

城乡一体化供水建设的目标，在于消除城市与乡村供水系统长期分离的状态，跨越行政区域的限制，确立“城乡融合、整体发展”的供水体系构建思路。以市或县为整体规划单元，推进供

水体系、水务产业和建设运营的全域整合，建立以可靠水源和规模化供水为核心、小型工程为补充、智慧化管理为支撑的城乡融合供水系统。通过推动城乡供水协同发展，实现覆盖全域、建管统一、城乡联动、规模带动的格局，最终保障居民获得优质安全的饮用水。

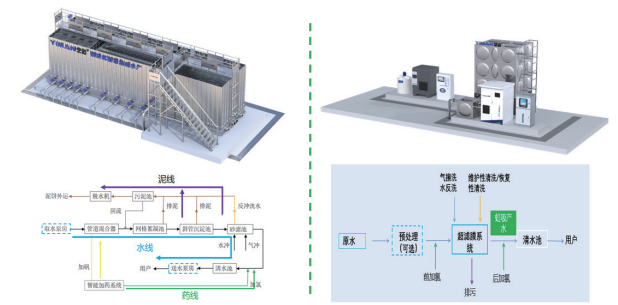


图1 工艺技术产品设备集成化

总体上看，我国农村供水基本形成以集中供水工程为主，集中连片供水、单村分散供水等工程为辅，二者互为补充的供水体系。但农村供水工程量大面广、点多线长，既要管住水源、管好水厂、还要管好管网、最终供水到户，以建设稳定水源为基础，实施规模化供水工程建设和小型工程标准化改造，提升农村供水工程质量标准、要求，推进农村供水规模化建设和高质量发展，在水量、水质、供水保证率和用水方便程度等四个方面，稳步实现“城乡一体化、工程产品化、建设标准化、运行专业化、管理智慧化”^[9-10]。

（二）全流程综合解决方案

提供从水源头到水龙头供水全流程的系统解决方案，提供有一套控制风险且能够提前预知各种风险的预案或者方案，建立供水“一张图”、“一张网”，打通供水全流程，实现供水全过程风险管控，强化了供水行业“运维+监管+服务”，建立以运维为基础的系统化供水工程建设，实现农村供水从水源到水龙头的综合管控水质、水量、水压、视频全流程监控预警分析、风险识别、报表统计，构建完善的供水工程运维与监管体系，推动和建立供水工程管理现代化水平和效能，确保供水安全稳定、提升供水水质、提高管理水平、优化运行成本。



图2 供水全流程可视化

（三）以数字技术推动供水系统智慧化

以数字化、网络化、智能化为核心路径，围绕水源、水厂、管网等核心环节，对水量、水质、水压、计量等关键运行参数及设备状态进行实时监测，构建覆盖供水全过程的风险识别与管控体系。该体系重点针对水源安全、水厂运行、干旱应对、强降雨雨

影响等建立预警机制，并设置风险报警与综合监测大屏。实现对供水水质、水量、旱情、安防及设备故障等问题的主动识别与智能管控。在此基础上，打造具备预报、预警、预演、预案功能的智慧供水系统。以实体供水工程为基础单元，以时空数据为底板、数学模型为核心、工艺流程为驱动，对供水全要素及运行过程进行数字映射、动态模拟、前瞻推演与仿真优化，形成虚实交互、持续迭代的决策支撑机制，建设覆盖全域的城乡供水数字化管理业务系统，贯通水源、水厂、管网至用户终端的全链条管理，提升城乡供水一体化运营效率与管理现代化水平。最终构建技术先进、运行可靠、高效安全、标准统一并具备可扩展性的农村供水数字化工程体系，打造城乡贯通的标准化数字供水样板，实现供水全过程风险智慧管控，全面推动城乡供水向智慧化方向迈进。

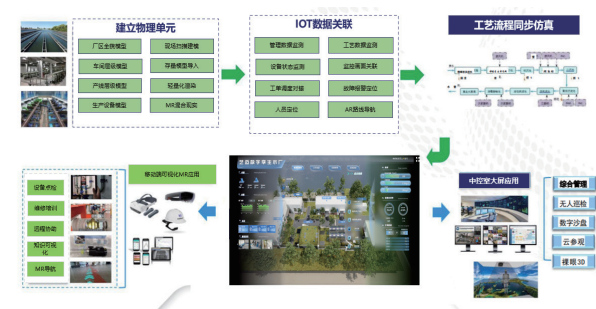


图3 数智赋能供水智能化

四、总结展望

以新时代中国特色社会主义思想为指引，坚持问题导向与目标导向相结合，着力解决农村饮用水水质保障问题。重点加强农村饮用水水源保护，提升供水工程的规模 and 标准，稳步增强供水稳定性和安全性，构建以“设施完善、管理有序、水质合格、运行稳定”为标准的农村供水工程建设和运维体系。遵循“需求引领、应用为本、数字驱动、智慧供水”原则，建设完善数字化、网络化、智能化管理平台，实现供水全流程的数字化映射、智能模拟与前瞻推演，为农村供水管理提供科学、精准、安全、前瞻的决策支撑。通过推进农村供水工程信息化管理，提升管理决策效能；持续提高农村供水水质保障能力，推动农村供水高质量发展，满足农民群众对美好生活的需要，为全面推进乡村振兴提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 赵毅 李. 城乡供水一体化发展战略模式分析 [J]. 探索科学, 2021, (6): 297-8.
- [2] 屈兴红, 刘丽敏, 曾洪学, 等. 丽水市农村饮水达标提标工作实践与思考 [J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2020, 032(006): 12-5.
- [3] 杜洁琴, 岑洋, 胡可可, 等. 缙云县农村饮用水现状、存在问题及提升对策研究 [J]. 浙江水利科技, 2017, 45(003): 33-6.
- [4] 沈松土. 浙江省农村饮用水工程长效管理机制探讨 [J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2012, 24(4): 4.
- [5] 钟徐枫. 集约式信息化管理系统在保障农村饮水安全的应用研究 [J]. 中国仪器仪表, 2020, 000(009): 55-61.
- [6] 杨学亮. 西吉县实施“互联网+城乡供水”项目建设推进城乡供水一体化实践与探索 [J]. 灌溉, 2021, (26): 120-1.
- [7] 孙玉明, 刘怀利. 安徽省农村饮水安全工程信息化建设探讨 [J]. 江淮水利科技, 2019, (6): 3.
- [8] 王大明. 农村供水饮水安全智慧化运维管理建设思路 [J]. 黑龙江水利科技, 2024, (002): 052.
- [9] 张小林. 数字孪生技术在农村生活饮水领域的应用 [J]. 大众标准化, 2023, (13): 148-50.
- [10] 姚蕴熙. 基于数字孪生技术的智能生产线应用研究 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(22): 85-87.

巴彦柴达木煤矿地应力测量及井田应力场特征分析

王亮¹, 李亚斌¹, 李应强¹, 李文帅¹, 张学峰¹, 兰天伟^{2,3}, 杨美明³

1. 中石化长城能源化工(内蒙古)有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017010

2. 辽宁工程技术大学 鄂尔多斯研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 017010

3. 辽宁工程技术大学 矿业学院, 辽宁 阜新 123000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060012

摘 要 : 地应力是赋存在煤岩体内部的原生应力,是导致围岩变形、支护设计以及突水、冲击地压等灾害发生的重要影响因素。为明确巴彦柴达木煤矿井田应力分布特征,本文采用水压致裂法对2-2煤层顶底板进行了地应力测量。测试结果表明,水平最大主应力 σ_H 为25.03MPa,垂直应力 σ_v 为16.32MPa,水平最小主应力 σ_h 为19.11MPa,应力值满足 $\sigma_H > \sigma_v > \sigma_h$,这表明该井田2-2号煤层的地应力场类型为 σ_{Hv} 型,以最大水平主应力为控制的构造应力场类型。基于地质动力区划理论,通过构建地质构造模型,并应用“岩体应力状态分析系统”对井田岩体应力进行反演分析。井田被划分为高应力区、应力梯度区、正常应力区和低应力区,其中高应力区是冲击地压等动力灾害的高发区,而低应力区则适宜布置主要开拓巷道。研究成果为矿井开拓布局优化、采掘顺序规划以及矿压的分区防治提供了可靠的地质力学依据,对保障矿井安全高效建设具有重要的现实意义。

关 键 词 : 地应力; 构造应力; 应力分区; 构造应力场

In-situ Geostress Measurement and Stress Field Characteristics Analysis of Bayan Qaidam Coal Mine Field

Wang Liang¹, Li Yabin¹, Li Yingqiang¹, Li Wenshuai¹, Zhang Xuefeng¹, Lan Tianwei^{2,3}, Yang Meiming³

1. Sinopec Great Wall Energy and Chemical (Inner Mongolia) Co., Ltd., Erdos, Inner Mongolia 017010

2. Erdos Research Institute, Liaoning Technical University, Erdos, Inner Mongolia 017010

3. School of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000

Abstract : In-situ stress is the primary stress existing in coal and rock masses, and it is an important influencing factor leading to surrounding rock deformation, support design, and the occurrence of disasters such as water inrush and rock burst. To clarify the stress distribution characteristics of the coal mine field in Bayan Qaidam Coal Mine, the hydraulic fracturing method was adopted to measure the in-situ stress of the roof and floor of the 2-2 coal seam in this study. The test results show that the maximum horizontal principal stress (σ_H) is 25.03 MPa, the vertical stress (σ_v) is 16.32 MPa, and the minimum horizontal principal stress (σ_h) is 19.11 MPa, with the stress magnitude satisfying $\sigma_H > \sigma_v > \sigma_h$. This indicates that the in-situ stress field type of the 2-2 coal seam in the mine field is σ_{Hv} -type, a tectonic stress field dominated by the maximum horizontal principal stress. Based on the theory of geological dynamic zoning, a geological structure model was established, and the "Rock Mass Stress State Analysis System" was applied to conduct inversion analysis of the rock mass stress in the mine field. The mine field was divided into high-stress areas, stress gradient areas, normal-stress areas, and low-stress areas. Among them, high-stress areas are high-incidence areas for dynamic disasters such as rock burst, while low-stress areas are suitable for arranging main development roadways. The research results provide a reliable geomechanical basis for the optimization of mine development layout, the planning of mining sequence, and the zonal prevention and control of mine pressure, which have important practical significance for ensuring the safe and efficient construction of the mine.

Keywords : in-situ stress; tectonic stress; stress zoning; tectonic stress field

项目信息:

鄂尔多斯市科技“突围”工程“揭榜挂帅”重大项目(JB20251447);

鄂尔多斯市标志性创新团队项目(TD20240005);

鄂尔多斯市重点研发计划项目(YF20250274)。

作者简介: 王亮(1987—),男,陕西定边人,大学本科:工程师,主要从事煤层气开发方面的研究工作,E-mail:wang1912.nxn@sinpec.com。

引言

地应力是赋存在煤岩体内部的原生应力^[1-2]，由地壳板块之间的挤压、拉张等动力作用共同形成，是导致围岩变形、支护设计以及突水、冲击地压等灾害的发生重要影响因素。因此，通过地应力测量准确掌握井田内地应力的分布规律，是具有十分重要的意义。

国内煤矿地应力测量技术已形成多种体系，主要包括力学法、地球物理法和地质构造信息法等。近年来，小孔径水压致裂法因其快速、适用于深部巷道而得到广泛应用，在新汶矿区实现了1000 m以上深度的地应力快速测量，最大水平主应力可达42.1 MPa，验证了该方法在深部煤矿中的有效性。此外，水压致裂法^[3-5]在潞安、晋城等矿区的大面积实测也表明，水平主应力往往占优势，构造应力对应力场分布起主导作用。空心包体应力解除法^[6-9]和应力解除法^[10-12]等技术则在不同岩层条件下提供了可靠的三维应力张量求解手段，已在多座煤矿（如开滦赵各庄、梁宝寺等）实现了原位测量并用于支护优化。

针对巴彦柴达木煤矿受地质构造影响，可能导致应力场呈现水平主应力主导且方向受构造控制的特征。基于此，本文拟在巴彦柴达木煤矿井田开展水压致裂地应力测量，明确井田应力分布和分区特征，为矿井开拓布置优化、及开采方式优化方案防控提供科学依据，对区域新建矿井开采具有重要参考意义。

一、巴彦柴达木井田地质构造概况

鄂尔多斯盆地伊盟隆起东南缘，大地构造位置属中朝大陆板块鄂尔多斯断块内的伊陕单斜区，具体为东胜—靖边单斜构造的中部^[13-16]。井田内构造形态总体为一向南西倾斜的单斜构造，地层倾角约1°，构造复杂程度属简单类型。区内未发现对煤层有较大破坏作用的断层和明显的褶皱构造，仅发育有波状起伏的宽缓褶曲和少量小落差正断层。巴彦柴达木煤矿前期开采阶段构造纲要图，如图1所示。

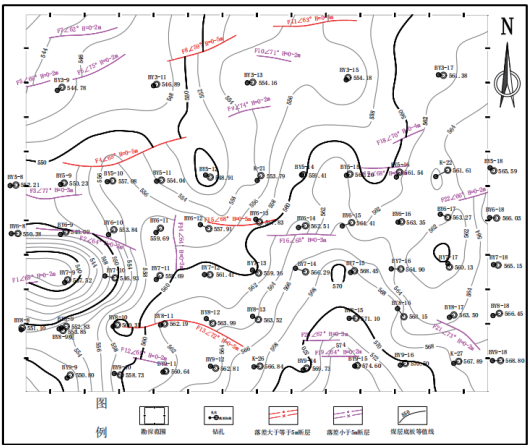


图1 构造纲要图

二、地应力测量与结果分析

（一）地应力测量

巴彦柴达木井田因属于前期准备阶段，无法开展井下实测，按照国家地应力测量规范（DB/T14-2018）要求，测试采用了水压致裂法，对采集仪器和测试系统进行了校正和试压，确保数据质量。测试目标是确定钻孔中最大、最小水平主应力的大小与方向^[17]，并获取岩层破裂压力、重张压力和岩石原位抗拉强度等参数。水压致裂法操作简便、可连续多点测试，适用于深孔地应力的直接测量。YGHF-2020型水压致裂法^[18]地应力测试系统

由高压泵站、便携式数据采集系统、控制系统、推拉开关、电子定向仪、封隔器、印模器及高压油管等组成。能适用Φ76mm、Φ91mm及Φ110mm等各种口径的钻孔，进行0~2000m深度地应力测量要求。所有压力传感器均经现场标定，确保数据准确可靠。

（二）测试结果分析

表1为巴彦柴达木煤矿2-2煤顶板697.10m和2-2煤底板721.15m处水压致裂地应力测量结果。可以看出，水平最大主应力σ_H为25.03MPa，垂直应力σ_v为16.32MPa，水平最小主应力σ_h为19.11MPa，应力值满足σ_H>σ_v>σ_h，这表明巴彦柴达木煤矿2-2号煤层的地应力场类型为σ_Hv型，以最大水平主应力σ_H为控制的构造应力场类型。

表1 水压致裂地应力测量

序 号	测段深 度 (m)	压裂参数 (MPa)						主应力值 (MPa)			破裂方向 (°)
		P _b 地面	P _r 地面	P _s 地面	P _w	P ₀	T	σ _H	σ _v	σ _h	
1	697.10	14.55	11.83	8.07	6.97	2.97	2.72	23.35	15.04	18.47	N69.2° E
2	721.15	15.87	13.51	9.11	7.21	3.21	2.36	25.03	16.32	19.11	N66.1° E

三、井田应力场特征分析

（一）构建顶板岩性数据库

通过整合矿井前期开采阶段范围内的地质钻孔的岩性记录煤层岩层信息，构建了2-2煤层顶板岩性分类与编码数据库，并将其成果转换为网格化数据模型。在此基础上，对顶板岩性的空间展布特征进行了系统分析。研究结果显示，2-2煤层顶板以砂质泥岩为主，局部可见中粒砂岩及粉砂岩等岩性类型的发育。

（二）建立岩体应力计算模型

基于区域板块构造格局与矿井前期开采阶段资料，开展多尺度构造解析，系统识别研究区内断层、褶皱等主要构造要素，并据此构建矿区构造模型。对构造边界及岩性界面进行批处理提取，形成结构化的空间可视化数据集。随后将该构造模型导入型，利用岩体应力状态分析系统^[19]，建立矿区三维地应力计算模型。针对不同岩性顶板及具有差异性断距的断层单元，通过弹性模量、泊松比等参数转换确定其等效力学特征，以保证模型力学

属性的准确表征。模型范围覆盖了已进行三维地震勘探的区域，所建立的应力计算模型尺寸为长5km、宽4km，面积20km²。

（三）构造应力划分

基于水压致裂试验获得的地应力参数，对巴彦柴达木煤矿2-2煤层开展了应力场反演，进而获取矿井前期开采阶段范围内最大主应力、最小主应力及剪应力的空间分布格局。反演计算结果显示，该煤层最大水平主应力整体处于21.5 ~ 29.5MPa区间。依据应力场反演生成的应力等值线成果，对井田进行应力分区：应力集中系数 $k > 1.2$ （27.5 ~ 29.5MPa）范围界定为高应力区； $1 < k \leq 1.2$ （25.5 ~ 27.5MPa）划分为梯度应力区； $k < 0.8$ （21.5 ~ 23.5MPa）区域定义为低应力区； $0.8 < k \leq 1$ （23.5 ~ 25.5MPa）区段则为正常应力区。上述分区为后续巷道布置与冲击地压风险评价提供了基础依据。巴彦柴达木煤矿2-2煤层构造应力区划分，如图2所示。

图2 巴彦柴达木煤矿2-2煤层构造应力区划分

(1) 低应力区域：井田前期开采阶段内共2个区域，位于该井田前期开采阶段的中、东北部，2-2号煤层水平最大主应力值为21.5 ~ 23.5MPa，占井田前期开采阶段面积约为12.6%。

(2) 应力正常区域：位于该井田前期开采阶段的西北、东、西南部。2-2煤层水平最大主应力值为23.5 ~ 25.5MPa，占井田前期开采阶段面积约为62.4%。

(3) 应力梯度区域：应力梯度区域形成的主要原因是，位于构造过渡带，应力变化剧烈，受地层起伏控制。井田前期开采阶段内共3个区域，位于该井田前期开采阶段的西南、北、东南部。2-2煤层水平最大主应力值为25.5 ~ 27.5MPa，占井田前期开采阶段面积约为17.5%。

(4) 高应力区域：高应力区域形成的主要原因是，断裂密集区及背斜轴部，局部应力集中。井田前期开采阶段内共2个区域，位

于该井田前期开采阶段的西南、西部。2-2煤层水平最大主应力值为27.5 ~ 29.5MPa，占井田前期开采阶段面积约为7.5%

（四）不同构造应力区的工程影响分析

不同构造应力区内，岩体的力学行为与能量状态存在显著差异，对采掘工程的影响也各不相同。

(1) 高应力区：岩石承受着较大的切应力作用，部分岩体接近极限平衡状态。当受到采掘扰动时，岩体内弹性能易发生瞬时释放，导致巷道顶板垮落和底鼓等强烈矿压显现，是冲击地压等动力灾害的高发区。

(2) 应力梯度区：应力和变形模量变化剧烈，岩石内部微裂隙发育，体积发生膨胀。该区域地质构造相对复杂，是应力传递和能量迁移的关键通道，开采难度增加，易诱发次生应力集中。

(3) 低应力区：岩体内粘聚力趋于削弱，强度明显降低，但能量不易积聚。该区域岩体受构造应力影响小，是井下最为安全的工程空间，适宜布置主要开拓巷道和作为采掘接替的缓冲区

四、结论

(1) 巴彦柴达木煤矿2-2号煤层属于以最大水平主应力为控制的构造应力场类型。2-2煤层最大水平主应力为29.5MPa，方向为N69.2° E。

(2) 巴彦柴达木煤矿2-2煤层的最大水平主应力值为21.5 ~ 29.5MPa，分为低应力区、应力正常区、应力梯度区及高应力区4个应力区，4个应力区分别占井田面积的12.6%、62.4%、17.5%和7.5%。

(3) 构造应力区划结果为矿井开拓布局优化、采掘顺序规划以及矿压的分区、分级防治提供了直接、可靠的地质力学依据，对保障矿井安全高效建设具有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 康红普. 我国煤矿巷道围岩控制技术70年及展望[J]. 岩石力学与工程学报, 2021, 40(01): 1-30.
- [2] 杨科, 郭鹏慧, 袁亮, 等. 深部开采煤矿典型动力灾害孕灾主控因素与机制研究进展[J]. 煤炭学报, 2025, 50(07): 3466-3487.
- [3] 何杰, 吴拥政, 程蓬, 等. 阳泉矿区主采煤层地应力分布规律实测研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2023, 40(06): 1191-1200.
- [4] 杨跃辉, 孙东生, 秦向辉, 等. 基于测试系统柔度分析的水压致裂法确定最大水平主应力误差分析与讨论[J]. 岩石力学与工程学报, 2024, 43(S1): 3385-3396.
- [5] 高桂云, 王成虎, 刘冀昆, 等. 倾斜钻孔三维地应力张量反演方法及其应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2024, 43(S2): 3700-3709.
- [6] 王炯, 姜健, 张正俊, 等. 星村矿深部采区地应力分布特征及与地质构造关系研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2019, 36(06): 1240-1246.
- [7] 张重远, 吴满路, 廖椿庭. 金川三矿地应力测量及应力状态特征研究[J]. 岩土力学, 2013, 34(11): 3254-3260.
- [8] 王炯, 冯正浩, 孟志刚, 等. 红阳矿区地应力测量及其数值分析研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(01): 134-140.
- [9] 荣海, 韩永亮, 张宏伟, 等. 红庆梁煤矿地应力场特征及巷道稳定性分析[J]. 煤田地质与勘探, 2020, 48(05): 144-151.
- [10] 郭德勇, 揣筱升, 张铁岗, 等. 首山一矿深部地应力分布规律及影响因素[J]. 煤炭学报, 2024, 49(05): 2360-2375.
- [11] 张剑, 康红普, 刘爱卿, 等. 山西西山矿区井下地应力场分布规律[J]. 煤炭学报, 2020, 45(12): 4006-4016. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2020.1605.
- [12] 康红普, 伊丙鼎, 高富强, 等. 中国煤矿井下地应力数据库及地应力分布规律[J]. 煤炭学报, 2019, 44(01): 23-33.
- [13] 李美芬, 马丹, 李磊, 等. 鄂尔多斯盆地东胜煤田侏罗系煤中元素地球化学特征及其古环境意义[J]. 地质学报, 2024, 98(08): 2409-2423.
- [14] 杜佳, 朱光辉, 李勇, 等. 鄂尔多斯盆地致密砂岩气藏勘探开发挑战与技术对策——以临兴——神府气田为例[J]. 天然气工业, 2022, 42(01): 114-124.
- [15] 任战利, 于强, 崔军平, 等. 鄂尔多斯盆地热演化史及其对油气的控制作用[J]. 地学前缘, 2017, 24(03): 137-148.
- [16] 王玥, 郭彦如, 张延玲, 等. 鄂尔多斯盆地东北部山西组层序格架下的砂体成因类型、构型及分布[J]. 岩性油气藏, 2018, 30(03): 80-91.
- [17] 董海清, 兰天伟, 袁永年, 等. 利民煤矿井田地应力场反演及分区特征[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(S2): 105-110.
- [18] 付俊, 蔡君, 周罕, 等. 拉拉铜矿深部地应力场特征及岩爆预测分析[J]. 有色金属(矿山部分), 2024, 76(02): 53-59.
- [19] 张宏伟, 韩军, 宋卫华, 等. 地质动力区划[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009: 151-189.

农业人工智能技术在农业物联网中的应用策略

刘国忠

乐陵市丁坞镇人民政府, 山东 乐陵 253600

DOI: 10.61369/SSSD.2026060019

摘 要 : 随着数字技术的更新迭代, 农业发展模式正突破传统的生产模式的局限, 向数字化、智能化的方向转变。农业物联网作为数字农业的核心基础设施, 通过利用各类传感器、无人机、智能终端等设备, 对农业生产的环境等要素进行整体监控, 确保采集到关键的信息。而农业人工智能技术以机器学习、深度学习、自然语言处理技术为核心, 能够精准分析和识别关键信息, 并做出科学的决策, 实现感知、分析、决策、执行的闭环管理, 提升物联网的数据处理能力, 推动生产模式的变革。基于此, 本文深入探究农业人工智能技术在农业物联网中的应用策略, 致力于推动农业数字化转型, 加快农业现代化进程。

关 键 词 : 农业人工智能技术; 农业物联网; 发展; 决策

Application Strategies of Agricultural Artificial Intelligence in Agricultural Internet of Things

Liu Guozhong

People's Government of Dingwu Town, Leling City, Leling, Shandong 253600

Abstract : With the continuous evolution of digital technologies, the agricultural development model is breaking through the limitations of traditional production and moving toward digitalization and intelligence. As the core infrastructure of digital agriculture, the Agricultural Internet of Things (Ag-IoT) uses sensors, drones, smart terminals and other devices to comprehensively monitor environmental and production factors, ensuring the collection of critical data. Centered on machine learning, deep learning, and natural language processing, agricultural artificial intelligence can accurately analyze and identify key information, make scientific decisions, and implement closed-loop management of perception, analysis, decision-making, and execution. It enhances the data processing capability of the IoT and drives the transformation of production models. On this basis, this paper deeply explores the application strategies of agricultural artificial intelligence in the Agricultural Internet of Things, aiming to promote the digital transformation of agriculture and accelerate the process of agricultural modernization.

Keywords : agricultural artificial intelligence; agricultural internet of things; development; decision-making

前言

在农村现代转型过程中, 农业物联网构建了系统性的网络, 实现了生产环境、作物生长以及农业种植等方面信息的采集和传输, 能够为农业智能化发展奠定坚实基础。农业人工智能技术具有较为强大的数据挖掘能力、分析推理能力和自主决策能力, 能够与农业物联网构建深层次的合作关系, 从而避免出现数据处理效率低、决策滞后、技术水平不足的问题, 真正为农业的高质量发展提供支持。

一、农业人工智能技术与农业物联网的关系

农业人工智能技术与农业物联网并不是相互独立的, 二者具有一定的协同发展关系, 能够双向赋能。农业物联网能够为人工智能技术提供数据上的支持, 人工智能技术则能够为物联网提供智能决策上的帮助, 二者之间的有效融合, 有助于构建更加完善

的农业体系。

(一) 农业物联网: 人工智能技术的数据源泉

物联网的核心在于数据的传输和采集, 它通过农业生产部署各类感知设备, 从而更好地采集和环境有关的数据信息, 还包括植物生长的数据信息。多维度的信息感知和分析, 是人工智能技术实现高效决策的坚实基础, 脱离物联网的感知数据作为支持, 人工智能技术则无法发挥数据分析和决策的作用^[1]。与此同时, 农

业物联网构建的全场景应用载体，能够为人工智能技术提供落地的场景支持。不论是田野种植、畜禽养殖、水产养殖，物联网能够实现全面的覆盖，从而为人工智能技术在不同场景的适配提供坚实的基础。

（二）农业人工智能：农业物联网的大脑

农业物联网通过采集海量的数据信息，但其具有碎片化的特点，传统的数据处理方式无法深层次分析其背后的价值，这也无法为生产决策工作提供支持。农业人工智能技术作为数据信息处理的大脑，能够利用机器学习、深度学习等算法，对物联网采集到的数据信息做好深度的分析、挖掘和思考，构建相应的决策模型，为农业生产提供决策支持。不仅如此，农业人工智能技术还有助于推动农业物联网升级，进而提高整体的应用价值。人工智能技术能够进行自主感知和诊断，有助于降低人工成本。人工智能技术还能实现物联网数据的跨场景共享，进而解决数据孤岛的问题，提升物联网系统的协同性^[2]。

（三）协同融合：推动农业生产的智能化跨越

农业人工智能与物联网之间的融合，其根本在于数据感知、智能分析、科学决策、精准执行的全过程管理，从而推动农业生产的发展。在协同融合体系中，物联网负责感知数据，人工智能则负责处理数据，生成相应的决策，二者之间具有协同发展的联系，二者的有效融合有助于解决农业生产过程中的诸多问题，提升农业生产的整体智能化水平，获得良好的效益^[3]。

二、农业人工智能技术在农业物联网中应用的痛点

（一）技术适配不足，脱离生产实际

现阶段，农业人工智能技术和物联网设备是以实验室环境和规模化的农业场景研发的，缺乏对我国小规模农业生产场景、复杂农业环境的充分适应。一方面，人工智能技术涉及到的信息数据主要包括标准化、规模化的农业生产场景，与我国广大农村地区的种植模式、气候环境并不匹配，这也导致难以满足小规模农户的生产需求^[4]。另一方面，物联网设备的设计缺乏针对性，部分设备在复杂的环境中容易出现损坏的问题，设备的操作较为复杂，这不符合农户的基本使用习惯。不仅如此，农业人工智能技术与物联网设备之间的兼容性存在问题，不同厂商生产的设备和人工智能模型难以实现数据信息的有效共享，这也不利于生产工作的开展。

（二）应用成本偏高，推广难度较大

农业人工智能技术与物联网融合，需要投入大量的资金用于设备的采购、技术的研发和系统的搭建，其具有较高的成本。一方面，物联网设备的采购成本较高，小规模农户难以承担采购的成本。另一方面，农业人工智能模型的研发、优化和维护需要专业的技术团队作为支持，研发成本与维护成本相对较高，整体的费用相对较高，增加了农户的负担。不仅如此，农业生产的比较效益相对较低，农户收入水平有限，对数字化、智能化技术的投入意愿不足，更加倾向于传统的生产模式，这也导致农业人工智能与物联网融合技术的普及难度较大^[5]。

（三）人才短缺严重，技术支撑不足

农村人工智能与物联网融合应用，需要懂得农业生产又懂得数字技术的复合型人才。然而，现阶段我国这类复合型人才较为短缺，这也成为限制农业人工智能与物联网融合应用发展的重要因素。一方面，农村地区的青壮年劳动力大量流失，留在农村从事生产的主要是老年人、妇女，他们的文化水平相对较低，缺乏对数字技术的了解和操作，这也导致技术设备难以发挥作用。另一方面，高校与科研院培养的数字技术人才，大多数缺乏农业生产的经验，不了解农业生产的需求，研发的技术设备与生产实际脱节，无法提供技术上的保障。

三、农业人工智能技术在农业物联网中的应用策略

（一）强化技术适配，实现深度融合

技术适配性是促进农业人工智能与物联网融合应用的关键，这就需要立足我国农业发展的实际情况，聚焦小规模农业场景和复杂的农业环境，优化技术和设备，实现技术与生产实际的有效融合。这就需要做到以下几点：一是聚焦于小规模农业场景，研发适配性强的人工智能模型和物联网设备。科研机构应充分了解农村地区的发展情况，开展生产实际的调研，了解农户的生产需求和养殖模式。根据农户的实际情况研发针对性强的人工智能模型和设备。例如，研发适配大规模大田种植的病虫害识别模型，优化物联网传感器的设计，提升设备在复杂农业环境中的稳定性，简化设备的使用流程^[6]。二是加强技术的协同发展，打破设备和数据之间的孤岛，推动不同厂商和不同领域技术之间的融合，制定统一的设备接口标准，实现人工智能模型与物联网设备之间的有效共享。例如，推动物联网传感器采集的数据能够直接导入不同的人工智能模型，从而进行深入分析，实现数据的跨场景、跨平台共享。三是注重技术试点，逐渐扩大技术的适用范围。选择不同地区、不同农业场景进行技术试点的示范，优化技术和设备，复制和推广相应的经验。不仅如此，还需加强试点地区的技术指导和服务，帮助农户掌握关键的技术和方法，增强农户对农业生产的信心^[7]。

（二）优化成本结构，降低应用门槛

对于农业生产而言，把握好成本尤为关键。为此，在人工智能时代背景下，农业生产应充分利用人工智能技术和物联网技术，将二者结合在一起，优化成本结构，降低应用的门槛，让广大农户有效利用全新的技术设备。这就需要重视以下工作：一是加强技术创新，降低设备的研发成本。科研机构与企业应加大技术的研发投入力度，重点关注物联网设备、人工智能模型的核心技术攻关，优化生产工艺，降低设备的生产成本。不仅如此，鼓励企业进行规模化的生产，通过规模效应降低设备和技术的单位成本，让更多农户能够接受。二是创新应用模式，降低农户应用成本。推广租赁模式、共享模式等新型应用模式，由企业或合作社统一采购物联网设备与人工智能技术服务，农户通过租赁、共享的方式使用设备和服务，不用承担设备的采购和维护，这样也能降低农户的使用门槛。例如，推广无人机共享服务，通过合作

社统一配备无人机，为农户提供作物航拍等领域的服务，这样能够降低农户的投入，提升设备利用率。三是注重政策扶植，补贴农户应用成本。政府应出台针对性的补贴政策，进而加大对小规模农户、偏远农村地区农户的补贴力度，减轻农户的应用负担，提升企业与农户的投入积极性^[8]。

（三）加强人才培养，强化技术支持

复合型人才是推动农业生产工作高质量发展的关键，也是促进人工智能技术与物联网深度融合的核心支撑。为此，这就需要强化人才培养体系，为技术的推广和应用提供人才支持。这就需要重视以下工作：一是优化高校人才培养模式，培养复合型人才。高校应调整人才培养方案，增加农业人工智能、农业物联网、数字农业等技术，构建农业+数字技术的复合型人才培养体系，注重理论和实践的有效融合，培养出新时代的复合型人才。不仅如此，高校还需要注重与科研机构、企业之间的合作，构建人才培养的基地，促进学生的长足发展和进步^[9]。二是强化基础农业技术人员的培养。政府应加大对基层农业技术推广人员的培训力度，注重这方面的投入，设置人工智能、物联网等方面的培

训，提升基层技术人员的技术水平和服务能力，让基层技术人员能够为农户提供专业的支持，帮助农户解决此类问题。三是完善人才引进机制，吸引复合人才扎根农村。政府应出台完善的人才引进机制，吸引更多的优秀人才扎根农村，并投入到农业数字技术领域的工作之中。不仅如此，构建完善的人才激励机制，对表现突出的人才给予奖励和支持，提升人才工作的积极性^[10]。

四、结语

综上所述，人工智能技术与农业物联网之间的融合，是适应时代发展的需求，也是加快农村现代化进程的趋势，它能够解决当前在农业生产中出现的痛点，从而提高生产的效率和质量。这就需要加强二者的有效融合，强化技术的适配性，优化成本结构，加强人才培养，从而发挥技术的优势，促进农业的发展。未来，随着数字技术的不断发展，人工智能与物联网的融合也将更加深入，其应用范围也会逐渐扩大。

参考文献

[1] 陈洁,于晓燕,杨莹莹,等. 农业物联网的信息安全现状、需求及对策 [J]. 农业展望, 2025, 21(04): 139-145.

[2] 恩波热尔灯. 农业物联网技术的应用推广研究 [J]. 办公自动化, 2024, 29(22): 88-90.

[3] 韩光. 农业物联网技术在智慧农场建设中的应用与效益分析 [J]. 农业产业化, 2024, (10): 81-84.

[4] 宋卢郑,蔡九茂,张恒. 农业物联网在智慧灌溉中的应用 [J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(06): 85-86.

[5] 陈小强,王凯,黄敏超. 基于人工智能的智慧农业物联网系统设计 [J]. 无线互联科技, 2024, 21(12): 45-47+63.

[6] 陈小利,林静. 农业物联网技术研究进展与发展趋势分析 [J]. 无线互联科技, 2022, 19(03): 21-22.

[7] 欧非凡,张超群. 农业信息处理技术研究与应用进展 [J]. 中国农学通报, 2021, 37(20): 113-118.

[8] 魏浩冉,陆冬梅,姜姗,等. 人工智能在农业领域应用的制约因素及建议措施 [J]. 南方农业, 2021, 15(05): 230-231.

[9] 吴久江. 草莓塑料大棚物联网技术应用及水分效率分析 [D]. 西北农林科技大学, 2020.

[10] 王少侠. 农业物联网技术与农业机械发展探析 [J]. 农业开发与装备, 2020, (01): 68+70.

国家储备林项目施工管理软件的设计与实现

蒋平, 杨小军, 李小东, 苏城怡

中铁二十三局集团有限公司农林生态分公司, 四川 成都 610000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060020

摘 要 : 以龙泉山生态保护修复暨国家储备林项目为研究对象, 针对传统施工管理模式信息化水平不足的问题, 本文开展国家储备林施工管理软件的设计与实现研究。通过分析施工管理业务流程与数据需求, 构建涵盖巡查、施工进度、物资管理、小班踏查和材料领用等功能的软件体系。

关 键 词 : 国家储备林; 施工管理; 信息化管理; ArcGIS; 软件设计与实现

Design and Implementation of Construction Management Software for National Reserve Forest Projects

Jiang Ping, Yang Xiaojun, Li Xiaodong, Su Xingyi

Agricultural and Forestry Ecology Branch of China Railway 23rd Bureau Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : Taking the Longquanshan Ecological Protection and Restoration and National Reserve Forest Project as the research object, this study focuses on the problem of insufficient informatization in traditional construction management modes and carries out the design and implementation of a national reserve forest construction management software. By analyzing construction management business processes and data requirements, a software system integrating functions such as inspection, construction progress management, material management, subcompartment survey, and material requisition is developed.

Keywords : national reserve forest; construction management; informatization management; ArcGIS; software design and implementation

引言

随着国家对森林资源保护与合理利用重视程度的不断提升, 国家储备林工程在维护生态安全、提升森林质量和保障木材战略储备等方面发挥着日益重要的作用。作为重要的生态建设工程之一, 国家储备林工程的施工管理效率与工程质量直接关系到工程建设成效及生态建设目标的实现。然而, 受传统施工管理模式和管理手段的制约, 当前国家储备林工程在施工管理过程中普遍存在信息传递不畅、管理方式相对滞后、管理效率偏低等问题, 难以适应工程规模不断扩大和管理要求持续提升的现实需求, 也难以满足现代工程建设对精细化、规范化和信息化管理的要求。在此背景下, 研发一套契合国家储备林施工管理特点的软件系统, 通过信息化手段对施工全过程进行有效管理, 对于提升施工管理水平、优化管理流程、保障工程顺利实施具有重要的现实意义和应用价值。

一、研究背景

为贯彻落实国家生态文明建设要求, 切实保障森林资源安全, 我国于2012年启动国家储备林建设工程, 并于2013年在国家林业管理部门倡导下, 引入社会资本和银行贷款等多元化投入机制, 持续推进国家储备林建设^[1]。经过多年的实践探索与规模化实施, 国家储备林工程在国土生态修复、提升森林碳汇能力、优化森林资源结构以及保障木材资源战略储备等方面发挥了显著成效。

但在国家储备林项目施工管理领域, 仍普遍采用传统管理方式, 智能化水平有待进一步提高, 以龙泉山生态保护修复暨国家

储备林项目为例, 项目进场以来, 在施工管理过程中暴露出一系列现实问题: 项目施工小班基数大, 各小班隐蔽工程及关键工序需留存大量影像资料, 数据采集与管理任务繁重; 施工物资、人员、进度等缺乏有效的动态监测和管控手段, 难以实现全过程精细化管理, 亟需借助信息化技术手段, 对国家储备林施工管理模式进行优化与提升。

二、研究方法

(一) 技术路线与实施流程

本文以龙泉山生态保护修复暨国家储备林项目施工管理的实

实际需求为研究对象，围绕国家储备林工程施工全过程管理目标，构建施工管理软件系统的技术路线。首先，通过调研项目运行环境和现有管理模式，明确系统建设目标，界定信息采集内容边界，确定系统的应用领域与功能范围，并形成项目范围规格说明，为后续系统设计奠定基础^[2]。

在此基础上，对项目施工管理业务需求进行系统梳理，重点分析施工流程及其涉及的数据类型、采集方式和技术要求，构建符合国家储备林工程特点的业务模型。在数据采集与管理过程中，引入 ArcGIS 地理信息系统作为空间数据支撑平台，实现施工小班、作业范围、工程位置等空间要素的精确采集与管理，并与属性数据、影像数据进行关联。同时，结合智能微站、无人机及物联网等技术手段，通过 ArcGIS 平台对多源空间数据进行集成与可视化展示，实现施工过程多源数据的自动采集与协同管理。

系统开发完成后，通过人工测试与自动化测试相结合的方式，对系统功能、性能和运行效果进行验证，确保系统的准确性、时效性和可靠性。进一步依托 ArcGIS 的空间分析与数据管理能力，将施工过程中的空间图形数据与业务数据库进行有机融合，实现森林资源管理信息与工程施工管理信息的协同集成^[3]。最后，在系统实际应用过程中，对系统运行效果进行综合评价，并根据反馈持续开展系统维护与优化，形成较为完善的国家储备林施工管理信息化解决方案。

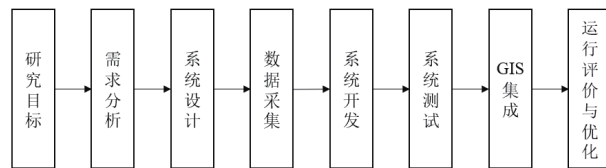


图 2.1 技术路线图

（二）系统测试与部署方法

在前述技术路线的基础上，本文从系统测试与部署两个方面对施工管理软件的实现过程进行研究，以保障系统在实际应用中的稳定性和可靠性。系统测试作为软件开发与实施的重要环节，通过采用系统化、规范化的测试方法，对软件功能、性能及运行稳定性进行验证，并遵循全面性、独立性和可重复性原则，综合运用单元测试、集成测试、系统测试和验收测试，对系统整体运行效果进行逐级检验^[4]。

在系统部署方面，结合龙泉山生态保护修复暨国家储备林项目的业务规模、性能需求及技术条件，对多种部署架构进行对比分析，最终选用容器化部署架构。通过对应用运行环境的标准化与统一封装，实现系统在不同平台环境下的稳定运行，从而提升系统部署效率、运行稳定性及后期维护能力，为软件系统的推广应用提供技术支撑。

三、结果与分析

（一）系统架构构建结果

本研究在系统设计与实现过程中，严格遵循国家电子政务总体框架要求，以“依规建设、统筹规划、整合资源、创新应用、

分级保障、安全可控”为基本原则，结合新一代信息技术发展趋势与物联网智能服务架构，构建了国家储备林施工管理软件的整体系统框架。系统采用自下而上的构建模式，形成由硬件支撑层、数据层、服务层、应用层和用户层组成的五层体系结构^[5]。

从系统运行效果看，硬件支撑层依托手机、平板等移动终端设备，为施工管理 APP 提供稳定的部署环境以及数据存储、传输与调用等基础支撑，保障系统在复杂野外施工环境下的正常运行。

数据层对来自 ArcGIS 平台、物联网设备、无人机影像及人工采集等多源数据进行统一整合与标准化处理，构建了涵盖空间数据、属性数据和多媒体数据的一体化数据支撑环境，为上层业务应用提供可靠的数据基础。

服务层在 ArcGIS 技术支撑下，集成离线地图服务、在线地图服务、移动位置服务和地理数据服务，实现施工小班位置、作业范围和工程进展等空间信息的精准定位与动态调用，为系统业务运行提供稳定的空间数据与位置服务支持^[6]。

应用层作为系统功能实现的核心，通过巡查管理、施工进度管理、物资管理、小班踏查和材料领用等业务模块，将 ArcGIS 空间数据与施工管理业务深度融合，实现施工过程的空间可视化管理和信息化协同，有效提升了施工管理的精细化水平。

用户层面向不同角色用户开放相应功能权限，用户可通过平板电脑和智能手机等终端访问系统，基于 ArcGIS 地图界面完成业务操作和数据查询，为施工管理与决策分析提供直观、可靠的技术支撑。

综合分析表明，该系统架构能够较好地支撑国家储备林施工管理业务需求，ArcGIS 技术在空间数据采集、管理与展示中的应用，为施工全过程管理提供了有效的空间信息支撑，提升了系统的实用性和工程应用价值^[7]。

（二）功能实现与应用效果

研究结果表明，所设计的龙泉山国家储备林施工管理软件以巡查管理、施工进度管理、物资管理、小班踏查和材料领用等业务功能为核心，能够较好地满足不同层级用户在林业工程项目调查与施工管理中的实际需求，实现了施工管理过程的科学化、智能化和信息化。系统在整体架构设计上兼顾移动端、桌面端和 Web 端的协同应用需求^[8]，采用 Hybrid App 开发模式，实现了多终端之间的数据互联互通，具备良好的跨平台兼容性、开发效率和运行稳定性。

（三）系统测试与部署效果

研究结果表明，通过系统化的软件测试与合理的部署架构选择，龙泉山国家储备林施工管理软件在功能完整性、运行稳定性和系统可靠性等方面均达到了设计预期。经单元测试、集成测试、系统测试和验收测试等环节的逐级验证^[9]，系统各功能模块运行稳定，业务流程衔接顺畅，能够满足国家储备林施工管理的实际应用需求。

在系统部署方面，采用容器化部署架构后，软件系统在不同运行环境下表现出较好的适应性和稳定性，系统部署效率和运行可靠性均得到提升，同时有效降低了运行环境差异对系统性能的

影响。总体来看，所采用的系统测试方法与部署方案为施工管理软件的稳定运行和推广应用提供了可靠保障，验证了技术路线及系统实现方案的可行性与有效性。

四、结论与讨论

综上所述，当前市场上虽已存在多种施工管理软件产品，但在功能适配性、业务针对性以及对林业施工行业复杂作业环境和管理模式的支撑能力等方面仍存在一定不足，难以全面满足林业施工行业在施工组织、过程管控和资源配置等方面的实际管理需

求。研发一款面向林业施工行业、具有自主知识产权的施工管理软件，既可弥补现有产品不足，又符合行业信息化发展的现实需要，具有良好的应用前景。从技术层面看，当前信息技术体系和相关开发技术已较为成熟^[10]，能够为国家储备林施工管理软件的开发与实施提供可靠支撑，具备较高的技术可行性。在应用效益方面，该软件的推广有助于提升林业施工管理效率和信息化水平，促进施工管理模式向规范化、智能化转变，优化资源配置，减少资源浪费与环境影响，对推动林业工程高质量建设和行业可持续发展具有积极意义。

参考文献

[1] 詹昭宁. 浅议建立国家储备林制度 -- 关于落实国家储备林若干问题 [J]. 中南林业调查规划, 2014(4):1-3.

[2] 姜喜麟, 秦涛. 国家储备林运行管理机制分析与优化建议 [J]. 林业资源管理, 2018(05):8-13.

[3] 王迪海, 赵忠. 林业生态工程项目施工信息的管理 [J]. 西南学院学报, 2005, (04): 125-126+134.

[4] 吴彩萍, 王岁聪. 林业生态工程信息管理技术探讨 [J]. 陕西林业科技, 2015, (04):78-81.

[5] 鲁东民, 王忠明, 付贺龙. 基于网络地理信息系统的林业资源统计数据可视化系统设计 [J]. 世界林业研究, 2017.30(03):46-51.

[6] 黄晶. 林业系统造林施工项目管理系统的设计与实现 [D]. 东北大学, 2016.

[7] 韩月美, 吴广林, 黄福隆, 等. 广西国有钦廉林场国家储备林建设模式及其效益分析 [J]. 林业科技通讯, 2025, (05):96-98.

[8] 赵昌平, 孙梦, 余小晏, 等. 四川省国家储备林建设现状及高质量发展对策 [J]. 林业建设, 2025, 43(02):21-25.

[9] 蒋彩虹. 广西桂林国家储备林项目实施情况及改进建议 [J]. 农村科学实验, 2025, (02): 124-126.

[10] 江应钦, 郑伟健, 周亦涵. 开化县国储林项目经营与管理体系建设探讨 [J]. 绿色科技, 2023, 25(11):44-49+56.

[11] 杨传金. 国家储备林划定及后期管理面临的问题与建议 [J]. 中南林业调查规划, 2015, 34(04):1-3.

中国农业碳排放时空差异与驱动因素分析

闫佳林

河北地质大学, 河北 石家庄 052160

DOI: 10.61369/SSSD.2026060025

摘 要 : 在全球气候危机与“双碳”目标背景下, 农业碳排放问题成为国际关注焦点。本研究基于中国31个省份2010—2023年面板数据, 综合运用Dagum基尼系数、马尔科夫链、收敛模型及LMDI分解等方法, 系统分析农业碳排放强度的时空演化特征、区域收敛机制及影响因素, 并构建预测模型。研究发现, 中国农业碳排放强度整体呈下降趋势, 且区域分异性逐步降低。研究结果为制定差异化农业减排政策提供了科学依据, 其中耕地集约规模、创新技术、农业经济发展水平对减排有显著正向作用, 而城乡收入差距扩大加剧了碳排放差异。

关 键 词 : 农业碳排放; 时空分异; 收敛性; 影响因素

Analysis of Spatiotemporal Differences and Driving Factors of Agricultural Carbon Emissions in China

Yan Jialin

Hebei GEO University, Shijiazhuang, Hebei 052160

Abstract : Against the background of the global climate crisis and the "dual carbon" goal, agricultural carbon emissions have become the focus of international attention. Based on panel data of 31 provinces in China from 2010 to 2023, this study systematically analyzes the spatiotemporal evolution characteristics, regional convergence mechanism and influencing factors of agricultural carbon emission intensity by comprehensively using the Dagum Gini coefficient, Markov chain, convergence model and LMDI decomposition method, and constructs a prediction model. The study finds that China's agricultural carbon emission intensity shows an overall downward trend, and regional differentiation gradually decreases. The results provide a scientific basis for formulating differentiated agricultural emission reduction policies. Among them, cultivated land intensive scale, innovative technologies and agricultural economic development level have a significant positive effect on emission reduction, while the widening urban-rural income gap exacerbates carbon emission differences.

Keywords : agricultural carbon emissions; spatiotemporal differentiation; convergence; influencing factors

引言

在全球气候危机和“双碳”目标驱动下, 作为基础性产业的农业碳排放问题已经成为国际上的关注焦点。据联合国政府间气候变化专门委员会第六次评估报告可知: 全球近25%的温室气体排放出于农业生产之中, 农业减排已成为实现《巴黎协定》目标的关键路径之一^[1]。其中, 作为全球粮食安全的重要支柱的中国农产品, 用占世界7%的耕地养活了近20%的人口, 但由于中国农业生产活动中对化学肥料、农机等高碳投入品具有长期依赖性使得农业碳排放总量总是居高不下, 尽管当前中国农产品的单位产值碳排放强度高于发达国家32%个百分点但农业领域的低碳转型迫在眉睫。农业碳排放强度即每单位农业产值所产生的碳排放量, 是衡量农业可持续发展能力和环境责任的关键指标之一。农业碳排放强度的预测为制定科学合理的减排策略提供坚实的数据支撑, 是优化资源配置、引导技术创新、调整产业结构的“指南针”。

一、研究方法数据来源

本文的核心议题是中国农业碳排放强度, 构建整合性多元方法分析体系。综合使用Dagum基尼系数、空间马尔科夫链与收敛模型等方法, 旨在通过三个维度实现研究突破深化农业低碳转型的理论框架, 为全球发展中国家的经济增长与碳减排目标提供经验借鉴。农业碳排放强度采用农业碳排放量与农业总产值之比计

算。其中农业碳排放量是根据根据柴油、化肥、农药、农膜、灌溉、翻耕等碳源与其对应的碳排放系数计算加总得到^{[7][9][10]}。

二、结果分析

(一) 基尼系数

本文利用基尼系数测度了2010—2023年全国农业碳排放强度

的组内、组间基尼系数和超变密度。其中，我国整体农业碳排放的分异程度是逐渐增大的，2013–2017年间的增幅最大，年均增幅达13.5%。从四大区域内部的分异程度可以看出，东部和东北部的差异最大，且两者的变化趋势相近，均在16–17年间出现大幅跃升。而西部和中部的分异程度较小，且两者的变化幅度也较小，均为先上升后下降，在波动中逐渐升高。

中国农业碳排放不同区域间的基尼系数是东–东北间的分异程度最大为0.2，且有不断上升的趋势；中–西部间分异程度最小为0.12，在0.1–0.15范围内波动。从多个组间变化趋势观察可看出，出中–西部在小范围波动，其余组间分异程度均有不断扩大的趋势。

（二）马尔科夫链

本文采用马尔可夫链来进一步分析中国农业碳排放的动态转移和流动方向^{[4][5]}。在传统马尔科夫矩阵中，其对角线上数值均大于非对角线数值。低、中低、中高和高水平排放地区在滞后一年，仍维持在原水平的概率为98.84%、76.24%、70.64%、75.70%，这表明不同地区的碳排放水平维持现状的概率很高，有“俱乐部聚集”效应产生。在对角线上方，低、中低、中高水平排放区域出现向上跳级概率为1.16%、0.99%、1.83%，而右上角概率均为0，这说明农业方面的碳减排工作是循序渐进的，不会在现有基础上出现大幅跃升；在对角线下方，中低、中高和高水平排放地区在一年后出现降级概率是22.77%、26.61%、23.36%，这表明在现有基础上出现等级下滑概率更大，需依据农业特有耕种特点并结合先进减排理念和技术。

为进一步验证农业碳排放的空间相关性，本文建立空间马尔科夫矩阵来加以分析，具体结果。首先，在不同空间滞后类型下，同等级矩阵转移概率各不相同，如在空间滞后类型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ下，等级Ⅳ下滑为Ⅲ的概率分别为0、50%、17.78%、25%。这说明在临近省份农业碳排放存在差异前提下，该省份农业碳排放是否发生转移的概率不同。其次，“等级锁定”以及“等级下滑”概率上升。尤其在空间滞后类型Ⅰ的情形下，各等级处于原等级或者下降等级的概率明显高于其他空间滞后类型；且在各空间滞后类型下，等级Ⅰ处于原等级概率值高达98%以上，在周围Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ碳排放的影响下，等级Ⅰ仍为Ⅰ的概率值均为1，这说明中国农业碳排放有着低水平排放趋同倾向；在空间滞后类型Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ中，可以明显观测出对角线的概率值大于非对角线值，这也再次验证传统空间链中的等级固化的“俱乐部聚集”效应；且在对角线下方均有概率值，这说明即使在空间周围是高等级排放水平的影响下，出现等级下滑仍有一定概率，这需要各省份在稳固原有减排基础上，创新减排机制，向上突破升级。最后，“阶级上升”概率很低。在对角线上方的概率值基本为0，这与传统空间矩阵验证相像，即农业碳排放不会出现越级大幅度提升。

（三）核密度估计

本文利用 MATLAB 等相关软件刻画我国2010–2023年期间农业碳排放的动态演进趋势，并从分布位置、主峰形态及拖尾延伸性上着重分析。分布位置上，全国及四大主要区域的核密度

曲线虽部分出现短暂右移，但整体表现左偏移趋势，即核密度曲线分布为先上升后下降的“Λ”型分布，由此可知我国农业碳排放强度表现整体下降，这与我国的农业减排方向趋同。分区域来看，东中西部与全国的核密度趋势相近，均在17年下降至最低点，后出现大幅左偏，农业减排效果明显。东北地区虽逐渐呈多极化排放趋势，但整体碳排放向左偏移，碳排放逐步下降。主峰形态上，全国及东中西的峰值体现为“上升–下降–上升”的“N”形分布，主峰宽度均有“拓宽–收窄”的演进趋势，预计未来将进一步收窄，这表明我国大部分区域的农业控排减排效果好；且全国及东中西的波峰数目向单峰演进，这表明我国碳减排路径基本趋向一致。但东北地区的波峰数目表现出“双峰–三峰–多峰”的趋势，这与东北是多种粮食农产品种植基地，其多采用不同种植方式和减排手段相关。拖尾延伸性上，全国核密度图在17年后出现明显的右拖尾现象，且拖尾逐渐左移，这表明我国农业碳排放的差异性由多变少，多极化分布在未来向单极化演进。分区域来看，我国东中西部无明显的拖尾现象，这也表明我国的右拖尾现象主要由东北地区的多极化碳排放差异造成。

（四）σ收敛检验与结果分析

2010–2023年全国及东部、中部、西部地区农业碳排放强度的变异系数变化，反映各地区农业碳排放的内部差异程度。在2010–2023年这个研究期全国与三大地区的期末变异系数均高于期初值，表明不存在σ收敛现象。如图所示，全国农业碳排放强度变异系数总体呈现上升趋势，这表明我国地区间农业碳排放的离散程度不断扩大，区域差异现象持续加剧；东部地区农业碳排放变异系数波动相对平稳且数值较低，反映了东部地区农业水平较高且内部结构相对稳定，区域内部农业碳排放差异较小，碳减排模式趋于成熟，区域均衡性较好；中部地区农业碳排放强度前期波动上升，在2017年达到较高水平后实现高位波动，反映出其内部发展的不均衡性会在特定阶段加剧并持续；西部地区农业碳排放强度呈现显著的上升趋势，尤其是2015年后增速加快，这体现了西部地区内部农业碳排放的离散程度快速扩大。相比于2010年，2023年年末全国及三大地区的农业碳排放强度变异系数分别增长至0.37、0.21、0.36、0.46，波动幅度为53%、48%、60%、56%。这一现象揭示了空间关联对收敛进程的强化作用。

（五）碳排放因素分解模型——LMDI模型

基于 LMDI 模型将2010–2023年间中国农业碳排放量分解为五个影响因素，即农业生产效率效应、农业水资源效应、农业水土匹配度效应、农业劳动密集度效应和劳动力规模效应，如表7，其抑制碳排放效应作用大小排序为：农业生产效率效应 > 劳动力规模效应 > 农业水土匹配度效应 > 农业水资源效应 > 农业劳动密集度效应。我国2010–2023年期间农业碳排放共减少787.303万吨，其中农业生产效率效应、农业水土匹配度效应和劳动力规模效应起抑制作用，分别减少碳排放为7741.328万吨、645.781万吨和4741.777万吨，其中农业生产效率是最主要的抑制效应。农业水资源效应和农业劳动密集度效应起拉动作用，分别促进碳排放增加7237.278万吨、5104.305万吨。在抑制作用上，农业生产效率对农业碳排放的抑制作用最强，在2010–2023年间其碳减排

7741.328万吨, 年均碳减排595.49万吨。其中, 2010–2016年, 其减排效应不断减弱, 在2016–2023年间其减排效应先增强后减弱, 预计其未来会在波动中促进碳减排效应。

劳动力规模是另一主要的碳减排效应, 在样本期间其碳减排4741.777万吨, 年均碳减排364.75万吨。在2010–2018年间, 其减排效应在波动中小幅上升, 在2019–2021年间其减排效应减弱, 预计其未来会继续促进碳减排。劳动力规模主要通过促进劳动力素质, 进行现代规模化农业生产, 提高农业生产效率进而促进碳减排。农业水土匹配度效应也是促进碳减排的主要效应。在2010–2023其累计减排645.781万吨, 年均减排49.68万吨。在此期间, 农业水土匹配效应与前两项减排效应不同, 并没有大幅增长和降低, 是在小幅上下波动中促进碳减排效应。国家在近几年愈发重视水电站的修建, 注重水源涵养和水土资源修复, 提高水土匹配度, 提高资源可再生和循环能力, 促进碳减排效率提升。提升整体农业劳动力效率, 降低劳动密集度效应引起的高排放问题。

三、结论

本文在探究我国农业碳排放动态演进趋势后, 基于“水–土–人”关联角度利用LMDI模型将我国碳排放量影响因素分解为五个效应。在分析其贡献值及变化趋势后, 得到如下结论: 马尔科夫链验证了排放水平的“俱乐部聚集”效应和等级固化现象, 即我国农业碳排放水平处于原等级或者降级概率很大, 出现“低水平聚集效应”。农业生产效率效应、农业水土匹配度效应及劳动力规模效应均抑制碳排放量。而农业水土匹配度效应和劳动力规模效应均间接影响农业生产效率效应来减少碳排放。根据以上结论, 特提出如下建议: 降低农业碳排放应着重考虑提高农业生产效率。一方面, 政府可通过提高水土匹配度, 提升水土资源承载水平, 增强水土保持能力; 另一方面, 构建现代化农业人才培养体系, 提升整体农业劳动力素质, 向“创新型”“技能型”双型人才培养靠拢, 提升整体农业劳动力效率。

参考文献

- [1] 侯娜, 王琛, 薛海峰, 等. 内蒙古呼包鄂经济圈农业碳排放量及其影响因素 [J/OL]. 中国生态农业学报 (中英文), 1–13.
- [2] 马雯琪, 郭金金, 孙宇颖, 等. 新疆生产建设兵团农业碳排放变化趋势及影响因素分析 [J]. 环境监测管理与技术, 2025, 37(02): 88–92+98.
- [3] 黄进, 常昊, 田野, 等. 劳动力转移对农业碳排放的影响机制及减排潜力分析 [J/OL]. 中国农业资源与区划, 1–15[2025–04–23].
- [4] 汤慧敏, 刘辉. 农业技术进步对农业碳排放的影响研究——基于空间溢出效应与衰减边界的视角 [J/OL]. 中国农机化学报, 1–13[2025–04–23].
- [5] 袁世一, 杨森. 中国农业碳排放强度的时空交互与跃迁机制 [J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(06): 236–247.
- [6] 李国柱, 康冬蕾. 河北省农业碳排放的时空分布、脱钩特征及驱动因素研究 [J/OL]. 北方园艺, 1–15[2025–04–23].
- [7] 王家晨, 王璇, 袁萧, 等. 新疆农业碳排放效率时空演变及影响因素研究 [J]. 环境污染与防治, 2025, 47(03): 47–53.
- [8] 黄书苑, 章语嫣, 张冰冰, 等. 中国农业生产性服务与农业碳排放的非线性分析 [J/OL]. 中国农业资源与区划, 1–16[2025–04–23].
- [9] 张小蓉, 杨燕. 山西省农业碳排放演化趋势及影响因素研究 [J/OL]. 中国农业资源与区划, 1–15[2025–04–23].
- [10] 刘艺, 李谷成, 李练军. 农业社会化服务对农业碳全要素生产率增长的影响 [J]. 华中农业大学学报 (社会科学版), 2025, (02): 42–55.

基于重大突发公共事件的房地产项目投资决策研究： 两阶段决策框架的构建与实证

沈庆奥

安徽工业大学管理科学与工程学院，安徽 马鞍山 243032

DOI: 10.61369/SSSD.2026060026

摘 要： 重大突发公共事件加剧了房地产项目投资决策的复杂性与不确定性，传统决策方法难以适配非常规情境需求。本文构建融合 MICMAC 因素识别模型与两阶段评选方法的投资决策框架：通过 MICMAC 交叉影响矩阵识别关键驱动因素，结合 NPV、IRR 动态财务指标完成初步筛选，运用 AHP-GRAM 综合评价法实现方案优选。以香港宏福苑火灾灾后改造项目为案例进行仿真验证，结果表明该框架能有效整合财务与非财务指标，提升决策科学性与风险抵御能力，为企业应对突发事件提供实用决策工具。

关 键 词： 重大突发公共事件；房地产投资决策；MICMAC 模型；AHP-GRAM；两阶段评选

Research on Real Estate Project Investment Decisions in Response to Major Public Emergencies: Construction and Empirical Analysis of a Two-Stage Decision Framework

Shen Qing'ao

School of Management Science and Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan, Anhui 243032

Abstract： Major public emergencies have intensified the complexity and uncertainty of investment decision-making for real estate projects, making traditional decision-making methods difficult to adapt to the needs of unconventional situations. This paper constructs an investment decision-making framework that integrates the MICMAC factor identification model and a two-stage selection and evaluation method: it identifies key driving factors through the MICMAC cross-impact matrix, completes the preliminary screening by combining dynamic financial indicators such as NPV and IRR, and realizes optimal scheme selection using the AHP-GRAM comprehensive evaluation method. A simulation verification is conducted with the post-fire reconstruction project of Hong Kong's Hongfuyuan as a case study. The results show that this framework can effectively integrate financial and non-financial indicators, improve the scientificity of decision-making and risk resistance capacity, and provide a practical decision-making tool for enterprises to respond to emergencies.

Keywords： major public emergencies; real estate investment decision-making; MICMAC model; AHP-GRAM; two-stage evaluation

引言

近年来，全球范围内重大突发公共事件频发，如公共卫生危机、社会安全事件等，对经济社会运行产生深远影响。2020年新型冠状病毒疫情的爆发，进一步暴露了传统投资决策模型在应对不确定性、动态性和复杂性方面的不足。2022年，中国房地产开发投资额达132895亿元，占国内生产总值（GDP）的比重为11%。在房地产开发流程中，企业的投资决策处于最前端环节，不仅直接影响项目的预期收益，也关乎企业未来的战略走向与发展前景。如何在突发事件背景下进行科学、系统的房地产项目投资决策，成为理论与实践亟待解决的问题。

一、文献综述与理论基础

（一）重大突发公共事件的理论研究

突发公共事件兼具突发性、不确定性、强破坏性与广影响性，现有研究多聚焦危机管理等领域，鲜少探究其对具体行业投

资决策的系统影响。2020年新冠疫情突发，对全国整体经济运行造成了难以预估的冲击。它具有以下三个特征：一是影响突发且广泛，难以预判，对全国经济、卫生、安全等多方面造成普遍影响；二是影响具有持续性，其传播依赖人群聚集，而各类社会经济活动均涉及人群聚集，导致影响持续存在；三是影响存在地区

差异性，疫情借春节返乡扩散至全国，各地因防控措施落实效果不同，疫情状况和防控成效差异显著。^[1]

（二）房地产投资决策影响因素研究

现有研究多聚焦于常规状态下的风险因素、市场因素、政策因素等如表 1^[2]，缺乏对公共突发事件下因素体系的系统识别。

维度	因素
环境	宏观环境
	行业环境
	内部环境
经济分析与评价	财务评价
	不确定性分析
	隐性成本
	运行维护阶段成本
风险	市场风险
	施工进度风险
	气候风险
社会责任	质量和交付
	环境保护
	产品创新

表 1 影响房地产企业投资决策的因素

（三）房地产项目投资决策方法研究

房地产项目投资决策是指运用一定的方法或手段对两个及两个以上的方案，进行科学、系统的分析和判断，从方案中选择最优项的过程。国外的众多学者从不同角度进行阐述和分析，不断完善房地产项目投资决策理论：Georgios N.Angelou 和 Anastasios A.Economides 将实物期权理论和博弈论思想运用到房地产项目投资决策中^[3]。Otto Muk Fai Lau 与 Tony Kak Keung Lo 使用了模糊逻辑系统协助从业人员和投资者解决房地产投资决策方面的难题，对房地产市场进行评估，以帮助投资者进行风险控制^[5]。Subhash C.Namlaa, John F.Wellington 以及 Stephen A. Lewis 在对住宅地产进行分析时采用了数据挖掘技术，对其价值给出了更为准确的评估^[4]。Carlos Marmolejo-Duarte 与 Manuel Ruiz Linerosl 基于选择实验，采用多项式回归模型，联合分析市场商业因素和社会政治因素，评估房地产项目相对属性来进行房地产项目的投资决策^[6]。

随着我国房地产业的高速发展，国内学者意识到对于复杂的房地产项目投资决策，仅凭定性分析难以满足要求，因此定量分析出现。党文强以实物期权和博弈论为基础，将连续时间模型 Smit-Trigeorgis 框架应用于房地产投资领域^[7]。刘朋阳依据传统实物期权值的模糊性，运用模糊数学的思想，构建大型地产项目的模糊实物期权定价模型，通过实例验证了实物期权法^[9]。黄强结合定性方法与定量方法，将层次分析法运用到住宅项目投资决策中^[8]。卢丹丹根据房地产投资决策特点，运用层次分析法、模糊数学、模糊相对排序法，建立新型多目标决策模糊综合评判模型^[10]。

二、研究框架构建

（一）影响因素识别模型

基于 MICMAC 交叉影响矩阵

因素识别：结合文献分析与专家访谈，提炼政策环境、市场波动、资金流动性、项目属性、社会心理 5 个维度 18 项核心影响因素。

矩阵构建：判断因素间相互影响关系，构建交叉影响矩阵。

指标计算：驱动力 = 某因素对其他因素的影响次数；依赖性 = 某因素被其他因素影响的次数。

因素分类：基于驱动力 - 依赖性分析，将因素划分为关键驱动因素、依赖因素^[11]。

（二）两阶段评选方法设计

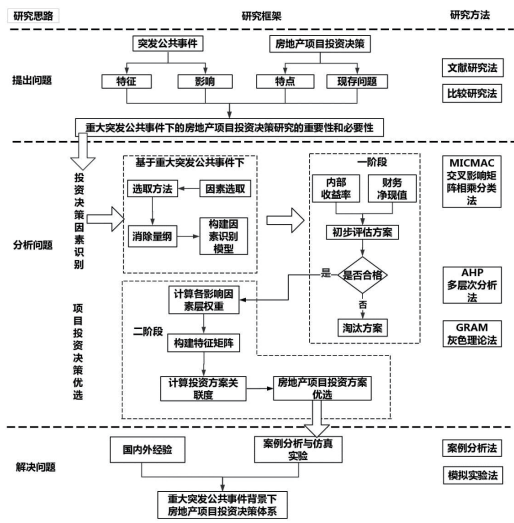
第一阶段：动态指标初步筛选

采用 NPV、IRR 等动态财务指标对备选方案进行初步筛选，剔除不可行方案。

第二阶段：AHP-GRAM 综合优选

运用层次分析法（AHP）确定各指标权重，结合灰色关联分析（GRAM）计算各方案与理想方案的关联度，最终确定最优投资方案。

（三）决策体系的系统集成



三、案例仿真与实证分析

（一）案例选择与数据来源

以香港大火影响下的老旧住宅改造项目为例：选取香港宏福苑老旧住宅改造项目为研究对象。该项目始建于 1983 年，含 8 幢 31 层住宅，2026 年火灾后暴露消防隐患与结构破损问题，需进行灾后改造。

数据来源于香港房屋委员会归档资料、南美侨报网专题报道及专家德尔菲法研判结果。

（二）模型应用过程

1. 因素识别结果

通过 MICMAC 分析，关键驱动因素为香港公营住宅改造政策要求、消防安全验收标准、老旧楼宇改造合规规范；依赖因素包括施工安全管控水平、资产增值预期等。

2. 两阶段评选实施

AHP 计算

准则层两两对比打分表（目标层：宏福苑项目改造综合价值

最优；准则层：C1 安全价值、C2 经济价值、C3 社会价值）

准则层指标	C1：安全价值	C2：经济价值	C3：社会价值
C1：安全价值	1	5	3
C2：经济价值	1/5	1	1/3
C3：社会价值	1/3	3	1

指标层两两对比打分表（准则层 C1：安全价值；指标层：
I 11- I 15）

安全价值指标层	I 11： 消防系统全面升级	I 12： 建筑主体结构加固	I 13： 外墙及外立面安全改造	I 14： 应急配套设施完善	I 15： 施工过程安全管控
I 11：消防系统全面升级	1	1	5	3	5
I 12：建筑主体结构加固	1	1	5	3	5
I 13：外墙及外立面安全改造	1/5	1/5	1	1/3	3
I 14：应急配套设施完善	1/3	1/3	3	1	3
I 15：施工过程安全管控	1/5	1/5	1/3	1/3	1

以此类推 W(C1)=0.633 W(C2)=0.106 W(C3)=0.259。
符合灾后改造 " 安全优先 " 的核心需求，基于该矩阵计算 CR<0.1 即认为矩阵具有一致性，权重分配合理。

灰色关联分析（GRAM）计算

1）结合宏福苑项目改造实际，设定 3 种投资方案：方案 1 聚焦核心安全改造，控制成本；方案 2 兼顾三大价值；方案 3 高标准安全改造 + 强化社会价值。

2）指标归一化处理。由于各指标评价量纲一致（1-10 分），采用“初值归一化”，公式： $x'_{ij}=x_{ij}/x_{i1}$ （i 为指标序号，j 为方案序号），消除数值差异影响，得到归一化矩阵 X'。

3）确定理想方案。理想方案 X0 由各指标归一化后的最大值

构成（即各指标最优表现）， $X0=[\max(x'_{1j}),\max(x'_{2j}),\dots,\max(x'_{nj})]^T$ 。

4）计算灰色关联系数。采用以下公式计算各方案与理想方案的关联系数 ξ_{ij} ：

$$\xi_{ij}=(\min_i \min_j |x'_{0i}-x'_{ij}|+\rho \max_i \max_j |x'_{0i}-x'_{ij}|)/(|x'_{0i}-x'_{ij}|+\rho \max_i \max_j |x'_{0i}-x'_{ij}|)$$

其中， ρ 为分辨系数，通常取 0.5（兼顾分辨率与合理性）； $|x'_{0i}-x'_{ij}|$ 为各方案与理想方案的指标差值绝对值。

5）计算加权灰色关联度。结合 AHP 计算得出的各指标权重 W_i ，采用加权求和法计算各方案的关联度 r_j ，公式：
 $r_j=\sum(W_i \times \xi_{ij})$ （i=1,2,...,15；j=1,2,3）。

6）方案排序及最优方案确定。关联度 r_j 越大，表明该方案与理想方案的贴合度越高，即方案越优；按关联度从大到小排序，排名第一的即为宏福苑项目改造最优投资方案。

经上述步骤计算，各方案关联度结果如下：

方案 1（保守型）关联度 $r1=0.785$ ；方案 2（均衡型）关联度 $r2=0.862$ ；方案 3（优化型）关联度 $r3=0.897$ 。方案 3 > 方案 2 > 方案 1。

结论：方案 3（优化型）关联度最高，与理想方案贴合度最优，确定方案 3 为该项目改造的最优投资方案。

四、结论与建议

重大突发公共事件下，房地产投资决策需系统识别政策、市场、资金等核心影响因素，两阶段评选方法可整合财务与非财务指标，提升决策科学性与适应性，案例仿真验证了所建决策框架的可行性与解释力。企业应建立动态风险评估与应急决策机制，增强决策灵活性与韧性；政府需强化政策协同和信息披露，稳定企业投资预期。本研究在案例代表性、数据粒度与模型复杂度上尚存局限，未来可开展多案例比较研究，引入机器学习优化权重确定，并拓展至跨行业、跨国别分析。

参考文献

- [1] 王菊仙. 重大突发公共卫生事件对企业投资决策的影响 [J]. 财政监督, 2020, (21): 85-89.
- [2] 李永康, 丁光尧. 房地产企业投资决策影响因素探析 [J]. 上海企业, 2024, (10): 83-85.
- [3] Georgios N. Angelou, Anastasios A. Economides 2009. A multi-criteria game theory and real-options model for irreversible ICT investment decisions [J]. Journal of Telecommunications, 33(10):686-705, 10.
- [4] Subhash C. Narulaa, John F. Wellington, Stephen A. Lewis. 2012. Valuating residential real estate using parametric programming [J]. European Journal of Operational Research. 217(1):120-128, 359.
- [5] Otto Muk Fai Lau, Tony Kak Keung Lo. Deciphering real estate investment decisions through fuzzy logic systems [J]. Property Management. 2009, 27(3).
- [6] Carlos Marmolejo-Duarte, Manuel Ruiz-Lineros. Using choice-based-experiments to support real estate design decisions [J]. Journal of European Real Estate research, 2013, 6(1).
- [7] 党文强. 基于实物期权博弈的房地产投资决策 [D]. 西安建筑科技大学, 2011.
- [8] 黄强. 基于 AHP 法的住宅项目投资决策研究 [D]. 大连理工大学, 2016.
- [9] 刘朋阳. 基于模糊实物期权的大型房地产项目投资决策研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2013.
- [10] 卢丹丹. 房地产多目标决策模糊综合优选模型的研究 [D]. 西南交通大学, 2017
- [11] 吴碾子, 徐雷. 基于改进解释结构模型和交叉影响矩阵相乘法的建设工程质量影响因素分析 [J]. 科学技术与工程, 2020, 20(08): 3222-3230.

节能降碳政策背景下工业项目能源管理与碳排放控制的协同实践研究

李娜, 马佳燕*, 朱玲

湖州双碳泓能科技有限公司, 浙江 湖州 313000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060028

摘 要 : 在节能降碳政策持续推进的背景下, 工业项目能源管理与碳排放控制在实际推进过程中呈现出高度关联性, 其协同实施方式正逐渐成为提升节能降碳成效的重要路径。工业项目作为能源消耗和碳排放的重要载体, 其能源管理水平和碳排放控制方式, 对区域绿色低碳转型具有直接影响。基于近年来在工业领域开展节能诊断、碳排放核查、能源利用评价及节能降碳项目咨询的实践经验, 从项目全过程管理角度出发, 对工业项目能源管理与碳排放控制的协同推进路径进行分析。通过梳理政策与标准要求在项目层面的落实情况, 总结能源管理与碳排放控制协同实施的实践做法, 并结合实际案例分析当前存在的主要问题, 提出相应的改进思路。研究结果表明, 通过强化协同管理机制建设, 有助于提升工业项目节能降碳工作的系统性和稳定性。

关 键 词 : 工业项目; 能源管理; 碳排放控制; 协同推进

Research on the Collaborative Practice of Energy Management and Carbon Emission Control in Industrial Projects under the Background of Energy Conservation and Carbon Reduction Policies

Li Na, Ma Jiayan*, Zhu Ling

Huzhou Shuangtan Hongneng Technology Co., Ltd, Huzhou, Zhejiang 313000

Abstract : Against the backdrop of continuously advancing energy conservation and carbon reduction policies, energy management and carbon emission control in industrial projects exhibit a high degree of correlation in practical implementation, with their collaborative approach gradually emerging as a critical pathway to enhance energy-saving and carbon reduction outcomes. As a key driver of energy consumption and carbon emissions, the energy management level and carbon emission control methods of industrial projects directly impact regional green and low-carbon transformation. Based on practical experiences from recent years in conducting energy-saving diagnostics, carbon emission verification, energy utilization evaluations, and energy-saving and carbon reduction project consultations in the industrial sector, this study analyzes the synergistic implementation pathways for energy management and carbon emission control in industrial projects from the perspective of whole-process project management. By reviewing the implementation of policies and standards at the project level, the study summarizes practical approaches to collaborative energy management and carbon emission control, identifies major existing issues through case analysis, and proposes corresponding improvement strategies. The findings indicate that strengthening collaborative management mechanisms can enhance the systematicity and stability of energy-saving and carbon reduction efforts in industrial projects.

Keywords : industrial project; energy management; carbon emission control; collaborative advancement

引言

在“双碳”目标提出并持续推进的背景下, 工业领域节能降碳已从单一的技术改造问题, 逐步演变为涉及政策执行、企业管理和可持续发展的综合性议题。工业项目在建设和运行过程中, 既是能源消耗的集中环节, 也是碳排放管理的重要对象, 其管理方式直接影响节能降碳目标的落实效果。

从实际工作情况看, 工业企业对节能降碳的重视程度整体上在不断提高, 但在具体推进过程中, 能源管理与碳排放控制仍然存在分

散实施的情况。一些企业更多将节能管理和碳排放核算视为不同部门、不同任务，缺乏统一的管理思路，导致相关工作在实施过程中衔接不足、效果有限。

在此背景下，围绕工业项目层面，系统分析能源管理与碳排放控制的协同实施路径，总结实践经验并提出改进建议，对于提升节能降碳工作成效具有现实意义。

一、节能降碳政策与协同管理要求

近年来，我国围绕节能降碳和绿色发展相继出台了一系列政策文件，逐步形成以能耗强度和碳排放强度控制为核心的管理体系。相关政策不仅对工业项目提出了明确的节能要求，也逐步强化了碳排放管理责任。

在工业项目管理中，节能审查、能源利用评价以及碳排放核算等制度，构成了政策落实的重要抓手。从管理实践看，这些制度在目标设定和技术路径上具有较强的内在联系。如果分别推进，容易造成管理重复和资源浪费；如果能够协同实施，则有助于提升整体管理效率。

然而，在具体执行过程中，部分企业仍然将相关政策要求视为独立任务，未能从协同管理角度进行统筹安排，这在一定程度上制约了节能降碳工作的整体效果。

二、工业项目能源管理的实践路径

工业项目能源管理贯穿于规划设计、建设实施和运行管理的全过程，其中前期阶段对后续运行效果具有重要影响。在项目咨询实践中发现，如果在规划设计阶段未充分考虑能源利用效率和用能结构，后期即便通过技术改造进行补救，往往也会受到条件限制。

在项目运行阶段，能源管理的重点逐步转向日常运行控制和管理机制建设。通过完善能源计量体系、加强能耗数据统计和分析，企业可以逐步掌握主要用能环节的能耗特征，为持续优化提供依据。但在实际项目中，仍存在计量点设置不合理、数据分析利用不足等问题，使能源管理成效未能充分体现。

工业项目能源管理是贯穿规划设计、建设实施、运行管理的全过程工作，各阶段实施重点及现存问题、优秀实践特征明确：

（1）规划设计阶段：是决定后续能源利用效果的关键环节，若此阶段未充分考量能源利用效率与用能结构，后期技术改造的补救效果会受客观条件限制，前期科学规划是能源管理的基础。

（2）运行管理阶段：核心工作为完善能源计量体系、强化能耗数据的统计与分析，以此掌握核心用能环节的能耗特征，为能源优化提供数据支撑；但实际中普遍存在计量点设置不合理、数据分析利用不充分的问题，导致能源管理成效难以有效发挥。

（3）优秀实践特征：能源管理成效突出的项目，均在管理制度、节能技术措施落地、人员节能意识培养上形成了稳定运行机制，同时也能为后续碳排放控制工作筑牢基础。

从节能诊断工作经验来看，能源管理成效较为明显的项目，通常在管理制度、技术措施和人员意识等方面形成了相对稳定的运行机制，这也为后续碳排放控制奠定了基础。

三、工业项目碳排放控制的实施现状

相较于能源管理，碳排放控制在工业项目中的系统推进时间相对较短。目前，多数工业项目的碳排放管理仍以核算和统计为主，其基础数据主要来源于能源消费情况。

在实践中发现，如果能源统计和计量基础不够完善，碳排放核算结果的准确性和可比性往往会受到影响。因此，加强能源数据管理，是提升碳排放控制水平的重要前提。

在减排措施方面，工业项目主要通过提升能源利用效率、优化能源结构以及改进生产工艺等方式实现碳排放控制目标。这些措施在实施过程中，与能源管理工作具有高度重合性，也为协同推进提供了现实基础。

四、能源管理与碳排放控制的协同实践

在工业项目实际推进过程中，能源管理与碳排放控制在管理对象、数据基础和实施路径等方面具有较强关联性。通过统一能源与碳排放数据口径，将相关管理要求纳入同一管理体系，有助于减少重复工作，提高管理效率。

从实践效果看，在开展能源分析的同时同步考虑碳排放指标，可以更直观地评估节能措施的减排效果，也有助于企业在制定技术改造方案时进行综合决策。

此外，将节能降碳目标与企业内部管理制度和绩效考核相结合，有助于增强相关工作的执行力。实践表明，能源管理与碳排放控制协同推进的项目，其节能降碳成效往往更加稳定。

五、存在问题与改进建议

尽管工业项目在节能降碳方面已取得一定进展，但在协同推进过程中仍存在一些问題。一是部分企业对协同管理理念认识不足，能源管理与碳排放控制仍然分开实施；二是相关管理制度和技术能力有待进一步完善；三是专业人员配置和管理经验相对不足。

针对上述问题，建议从加强政策解读和能力建设、推动能源与碳管理一体化实施以及引入专业技术支持等方面加以改进。通过逐步完善协同管理机制，有助于提升工业项目节能降碳工作的整体水平。

六、结论

综合实践情况来看，在节能降碳政策要求不断深化的条件下，将工业项目能源管理与碳排放控制协同推进，并纳入项目全过程管理，是提升节能降碳整体成效的有效途径。

我国已建立能耗和碳排放强度双控的政策管理体系，节能审查、碳核算等制度联系紧密，协同推进可提升管理效率，但部分企业仍将二者割裂实施。能源管理贯穿工业项目全流程，前期规划设计尤为关键，现阶段仍存在计量、数据分析不足等问题；碳排放控制起步较晚，多以核算统计为主，其数据准确性依赖完善的能源计量统计基础，减排措施也与能源管理高度重合。二者在

管理对象、数据和路径上关联性强，协同实施能减少重复工作、直观评估减排效果、提升决策科学性，且成效更稳定。目前协同推进仍存在企业认知不足、制度与技术能力欠缺、专业人员匮乏等问题，建议通过加强政策解读与能力建设、推动一体化管理、引入专业技术支持等方式完善协同管理机制，提升工业项目节能降碳整体水平。

未来，随着相关政策和管理要求的不断完善，工业项目在能源管理与碳排放控制协同方面仍具有较大提升空间。对相关实践经验的总结和推广，将为工业领域绿色低碳转型和社会可持续发展提供有益参考。

参考文献

[1] 刘天志. 中国油气工业碳排放影响因素及低碳发展路径研究 [D]. 东北石油大学, 2023.

[2] 蒋惠琴, 张潇, 俞银华, 等. 基于终端能源消费的中国工业部门碳排放初始配额分配研究 [D]. 2020.DOI: 10.14059/j.cnki.cn32-1276n.2020.02.002.

[3] 许传博. "双碳"目标下我国发电企业项目组合管理的挑战及建议 [J]. 项目管理评论, 2022(3): 16-17.

[4] 武金装, 马颖. 湖南省工业能源碳排放分析及碳减排路径建议 [J]. 化工管理, 2022(9): 57-60.

[5] 代鑫波. 工业企业能源管理低碳化路径与政策保障研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2016.DOI: 10.7666/d.Y3114002.

[6] 耿端阳, 许通, 朱庆华, 等. 数字化能源管理系统促进工业界节能减碳的分析与建议 [J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(2): 311-322.DOI: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230516001.

[7] 武金装, 马颖. 湖南省工业能源碳排放分析及碳减排路径建议 [J]. 化工管理, 2022(9): 4.

[8] 蒋惠琴, 张潇, 俞银华, 等. 基于终端能源消费的中国工业部门碳排放初始配额分配研究 [D]. 2020.DOI: 10.14059/j.cnki.cn32-1276n.2020.02.002.

[9] 赵翰欣. 碳排放与能源管理系统的设计与实现 [D]. 大连理工大学, 2016.

[10] 尚天成, 高俊卿, 刘培红, 等. 节余排放配额合同能源管理项目融资模式的构建 [J]. 天津大学学报 (社会科学版), 2012, 14(01): 7-9.

关中盆地某地热开发区块地热地质特征及开发现状

董洁¹, 陈创¹, 张鑫鑫¹, 李秀娟²

1. 陕西工程勘察研究院有限公司, 陕西 西安 710068

2. 中国地质工程集团有限公司, 北京 100093

DOI: 10.61369/SSSD.2026060030

摘 要 : 关中盆地具备良好的热源背景和存储空间, 拥有丰富的地热资源。以关中盆地内一处地热开发区块为研究对象, 在综合分析其区域地质、钻探成果及开采期内动态观测资料的基础上, 基本掌握该处地热地质特征及开发利用现状及存在问题。结果表明: 第四系作为良好的盖层, 地热水赋存于新近系和古近系的砂岩、砂砾岩中; 在深部热传导作用下沿断裂构造, 地热水随深度增加温度不断升高, 地温梯度达 $4.70^{\circ}\text{C}/100\text{m}$; 在开采过程中, 该区块中地下水位以 $3.39\text{m}/\text{a}$ 的速率不断降低, 水化学类型仍为 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型; 为了实现地热资源的可持续发展, 建议完善节水设施、完成回灌井施工、实施动态监测 (水位、水温、水量、水质), 降低对地热开发区块周边环境的影响。

关 键 词 : 关中盆地; 地热开发区块; 地热地质特征; 地温梯度; 开发现状;

Geothermal Geological Characteristics and Current Situation of A Geothermal Development Zone in the Guanzhong Basin

Dong Jie¹, Chen Chuang¹, Zhang Xinxin¹, Li Xiujuan²

1. Shaanxi Institute of Engineering Prospecting Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710068

2. China GEO-Engineering Corporation, Beijing 100093

Abstract : There is a good heat source background and storage space in the Guanzhong Basin. And it has abundant geothermal resources. It takes a geothermal development zone in the Guanzhong basin as the research object. On the basis of comprehensive analysis of its regional geology, drilling results and dynamic observation data during the mining period, basically grasps the geothermal geological characteristics, current situation and existing problems. The results show that: The Quaternary strata serve as a good cover plate. Geothermal water occurs in sandstone and sandy conglomerate of Neogene and Paleogene. Under the action of deep heat conduction, the temperature of geothermal water increase of depth along the fault structure. And the geothermal gradient reaches $4.70^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. In the process of mining, the groundwater level in the zone is decreasing at a rate $3.39\text{m}/\text{a}$. And the hydrochemical type is $\text{Cl}-\text{Na}$ type. In order to realize the sustainable development of geothermal resources, it is suggested to improve water-saving facilities, complete the construction of recharge wells and implement dynamic monitoring (water level, water temperature, water quantity and water quality) to reduce the impact on the surrounding environment of the geothermal development zone.

Keywords : the Guanzhong Basin; a geothermal development zone; geothermal geological characteristics; geothermal gradient; current situation;

地热资源是一种珍贵的综合性矿产资源, 它既可以利用岩石与地热流体中的热能, 同时也可以利用其含有多种矿物质组份的特点将其应用于温泉洗浴、医疗保健等领域^[1]。中国地热资源受地质构造、岩浆活动、地层岩性、水文地质条件等多因素的综合控制, 形成了总体分布不均的特点^[2]。杨丛宁^[3]以辽宁省地热资源为例, 简述了该地地热地质条件, 在此基础上对地热资源量级开发利用潜力评价进行了系统地分析与归纳。孙明行等人^[4]对广西壳幔圈层结构、地温场特征、地热资源分布规律系统分析后, 采用不同的估算方法, 对广西地热资源开发利用潜力进行了系统地评价。王晓飞等人^[5]以河南省嵩县范坡地热田为研究对象, 利用三处温泉与1处地热井地质资料, 对该地热田地热资源赋存特征及储量进行了计算。唐永香等人^[6]总结了天津滨海地热田深部地热赋存规律, 建立了深部地热资源概念模型。王守家^[7]对营口熊岳镇进行地球物理勘探及测井作业后, 系统阐述了该地热田的热源深度、温度分布和地热水的循环模式。高新民^[8]指出, 陕西省地热资源总体开发利用相较于全国比较滞后; 同时, 彭冰等人^[9]指出, 陕西省地热资源呈现较大的地域性差异, 但其浅层和中深层水热型地热资源开发利用主要集中在关中盆地。

关中盆地内地热资源的研究从大致可分为三个阶段, 初步普查—西安、咸阳、宝鸡地热调查—地热资源调查评价^[10]。周阳等人^[11]

作者简介: 董洁 (1994—), 女, 汉族, 硕士学位, 中级工程师, 主要从事水文地质、环境地质研究工作。

利用热物性参数和地温梯度值, 计算了盆地内大地热流值, 分析得出盆地内地热资源开发潜力巨大。黄建军等人^[12]在分析了西安凹陷区地温场及地温梯度特征的同时, 利用体积法计算了西安凹陷区地热流体的总体积储量、总弹性储量和总储量。梁成成^[13]以眉县城区地热田为例, 在分析区域地质、水文地质、地热地质条件的基础上, 通过水热耦合模型对地热资源开采时采灌井的间距及效果进行了预测。由此可见, 现阶段地热资源研究集中在地热资源储量及开发潜力评价等方面, 缺少单点式、长期性地探索地热开发利用及影响。

本文以关中盆地某地热开发区块为例, 结合区域地质资料及钻探成果资料, 利用该地热区块开采期内各项数据, 分析总结该地热区块地热地质特征及开发利用现状, 旨在合理科学、规范有序地开采地热资源, 达到资源的可持续发展。

一、地质概况

(一) 自然地理

地热开发区块位于西咸新区秦汉新城渭城街道坡刘村, G70福银高速自矿区西侧通过, 西安咸阳国际机场位于研究区附近, 秦直大道自区块东侧通过, 234县道自区块北侧通过, 交通极为便利。

地热开发区块所处地貌类型为河流冲积平原, 由北部黄土台塬至渭河, 地势呈阶梯状降低, 高程介于370~480m之间。地貌主要有黄土塬与河谷阶地, 河谷阶地又可分为渭河三级阶地、二级阶地、一级阶地及漫滩。

地热开发区块气候属暖温带半湿润季风气候, 气候温和, 年平均温度9.0~13.2℃, 年极端最低温度-18.6℃, 年极端最高气温41.2℃; 年平均降水量537~650mm。

(二) 区域地质

地热开发区块主要揭露地层有第四系中上更新统一全新统秦川群(Qp-Qh)、第四系下更新统三门组(Qp₁s)、新近系上新统张家坡组(N₂z)、蓝田-霸河组(N₂l+b)、中新统冷水沟组—寇家村组(N₁l+k)、古近系渐新统(E₃)。

从区域地质构造来看, 地热开发区块位于西安凹陷和咸礼凸起两大构造单元的结合部位(图1)。西安凹陷位于渭河断裂(F₃)以南, 秦岭北侧断裂(F₁)以北, 哑柏断裂(F₁₀)以东, 经强烈下陷形成, 据石油钻探资料, 凹陷最深部位新生界厚度近7000m, 第四系厚度达1000m; 咸礼凸起位于关中盆地西北部, 西部以陇县-岐山-哑柏断裂(F₁₀)与宝鸡凸起相隔, 东部以泾河断裂(F₁₁)为界与固原凹陷为界, 南部以渭河断裂(F₃)与西安凹陷相邻。

(三) 水文地质

根据揭露的地层岩性、地下水的埋藏赋存条件, 地热开发区块含水层为冲积(冲湖积)含水岩组, 含水层主要为砂岩、砂砾岩与泥岩互层, 孔隙裂隙发育, 单井涌水量为100~120m³/h, 矿化度为4.89g/L, pH为7.97。

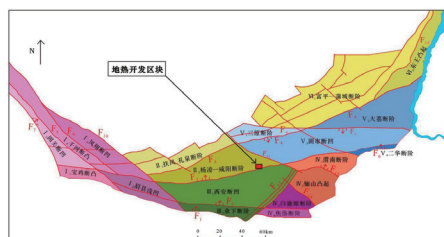


图1 渭河盆地构造分区图

二、地热地质特征

(一) 热源

地热开发区块的主要热源来源于地球内部放射性元素如²³⁸U、²³²Th、⁴⁰K等衰变产生的热量。地热内部热能通过地壳各种岩层以热传导的形式释放, 一般地表常温层(距地面约15m)以下约15km范围内, 地温随深度增加而增高。地热平均增温率约为3℃/100m。

(二) 构造通道

地热开发区块所处构造单元断裂发育, 为水热较缓、循环及运移提供了通道, 导通了热储中流体与地壳深部热力联系。区块位于渭河断裂(F₃)以北3km, 该断裂具有长期性、复活行及产状和性质的多边性, 错切深度大, 后继影响到第四系, 成为区块内沟通深部热源的主要通道。

(三) 盖层

地热开发区块内第四系中上更新统一全新统秦川群、第四系下更新统三门组导热率低、扩散率偏低, 且在区域内厚度较大且分布相对稳定, 保温效果较好, 能够作为良好的保温层, 使得下部热储层热储性能相对稳定。

(四) 热储层

地热开发区块位于咸礼凸起与西安凹陷交界处, 开发利用热储类型为新生界孔隙性热储。区内新生界沉积厚度较大, 岩性主要为砂岩、砂砾岩与泥岩互层, 孔隙裂隙发育, 为地热流体提供了良好的储存空间与运移通道^[14]。

地热开发区块的热储层有新近系和古近系, 其中新近系各热储层砂岩总厚度为565.9m, 砂厚比为7.3%~40.12%。砂岩孔隙度8.33~35.58%, 渗透率8.52~1040.28mD; 热储层井温为46.3℃~135.88℃。古近系热储层砂岩厚8.2m, 砂厚比32.8%, 热储层孔隙度22.60~22.78%, 渗透率136.54~136.7mD; 热储层顶板温度135.88℃, 底板温度136.57℃。

(五) 地温场特征

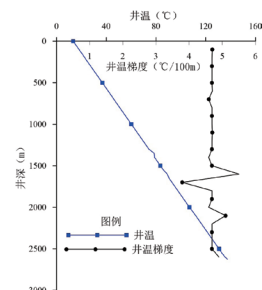


图2 地热开发区块地温、地温梯度垂向直线图

地温梯度是地温和深度的函数, 反映地温随深度变化特征,

不同地区同一深度地温梯度的差异反映彼此地温场的热状态，同一地区不同深度地温梯度则反映垂向地温变化，即随深度增加地温增加的速率，是辨别一个地区是否地热异常的主要指标。其表达式为：

$$\frac{dT}{dz} = \frac{T-T_0}{H-H_0} \times 100 \quad (\text{公式1})^{[15]}$$

式中：

$\frac{dT}{dz}$ —地温梯度平均值（℃ /100m）

T—计算深度 H 处地温（℃）；

H—计算段深度（m）；

T₀—恒温层温度（℃），取值为 15℃；

H₀—恒温层埋深（m），取值为 20m。

结合地热区块测温曲线可知（图 2），地热井底部 2625m 处井温为 137.52℃，根据地热井每百米的井温梯度计算结果，该地热井地温梯度平均值为 4.70℃ /100m，属于地热异常。

三、地热开发利用现状

（一）地热开发利用现状

地热开发区块 2021 年到 2024 年涌水量介于 1.1073 ~ 1.8137×10⁴m³，主要用于建筑楼的供暖及人员的洗浴用水（表 1）。地热水经热水管道提升注入蓄水池，经输送管道输送进入热交换站通过板式热交换器放热。采暖循环回水经采暖循环泵输送至换热器提取热量后，输送至建筑楼供热；供热后的尾水排入人工湖，随后接入市政污水管道。洗浴采用循环供水系统，主要为人员洗浴提供地热水；地热水经管道提升注入蓄水池，混合一定量的自来水，水温达到洗浴要求后由热水泵供给宿舍楼员工洗浴用水。洗浴后的尾水经污水处理站处理后排入市政污水管道。

表 1 地热区块 2021 年 ~ 2024 年量统计表

年份	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	平均
用水量 /（*10 ⁴ m ³ ）	1.6863	1.6959	1.8137	1.1073	1.5758

根据地热区块自地热井建成（2021 年）后地下水位埋深动态观测资料（表 2）可知，该区块水位埋深由成井时 5m 到 2025 年 9 月下降至 52.5m，水位下降了 47.5m，年平均下降速率为 3.39m/a，水位下降幅度较大。由此可见，该地热开发区块内地热资源明显减少，动态监测地热资源的水位、水量等变化规律对实现地热

参考文献

[1] 韩晓旭. 关中盆地地热资源可持续开发利用法律对策研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2012.
[2] 王贵玲, 张薇, 梁继运, 等. 中国地热资源潜力评价 [J]. 地球学报, 2017, 38(04):449-450+134+451-459.
[3] 杨丛宁. 辽宁省地热资源潜力评价 [D]. 辽宁师范大学, 2019.
[4] 孙明行, 王瑞湖, 梁礼革, 等. 广西地热资源特征与潜力评价 [J]. 中国地质, 2023, 50(05):1387-1398.
[5] 王晓飞, 于芳, 李尧. 河南省嵩县饭坡地热田资源赋存特征研究 [J]. 能源与环境, 2023, (03):48-50+62.
[6] 唐永香, 林建旺, 李娜娜, 等. 天津滨海地热田北部深部地热资源赋存规律 [J]. 华北地质, 2024, 47(01):77-84.DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.01.07.
[7] 王守家. 熊岳温泉地热田成因机制探究 [J]. 水利技术监督, 2025, (01):215-218.
[8] 高新民, 杨甫. 陕西省地热资源开发现状 & 对策 [J]. 陕西煤炭, 2020, 39(04):1-5+26.
[9] 彭冰, 郭伟龙, 郝皓施, 等. 对陕西省地热资源开发的几点建议 [J]. 中国国土资源经济, 2020, 33(07):62-67.DOI:10.19676/j.cnki.1672-6995.000491.
[10] 赵慧. 关中盆地地下水地球化学及其开发利用的环境效应研究 [D]. 长安大学, 2009.
[11] 周阳, 穆根晋, 张卉, 等. 关中盆地地温场划分及其地质影响因素 [J]. 中国地质, 2017, 44(05):1017-1026.
[12] 黄建军, 周阳, 滕宏泉, 等. 关中盆地西安凹陷地热水赋存特征及其资源量估算 [J]. 西北地质, 2021, 54(01):196-203.DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.01.017.
[13] 梁成成. 眉县城区中深层地热资源采灌效果影响因素及系统优化布局研究 [D]. 长安大学, 2023.DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2023.001479.
[14] 杨梦辉. 关中盆地地下水开发利用研究 [J]. 地下水, 012, 34(03):75-76.
[15] 王璐, 段晨阳, 孙佳芮, 等. 关中地区地温梯度分布规律及其影响因素研究 [J]. 地下水, 2023, 45(06):42-44+83.DOI:10.19807/j.cnki.DXS.2023-06-012.

资源可持续开发利用具有重要意义。

表 2 地热区块水位埋深动态观测资料统计表（2011 年 ~ 2025 年）

时间	2011.5	2012.5	2013.5	2014.5	2015.5	2016.5	2017.5	2018.5
水位深 /m	5	9.5	15.2	21.5	26.2	31.6	35.1	38.3
时间	2019.5	2020.5	2021.5	2022.5	2023.5	2024.5	2025.5	
水位深 /m	42.2	46.4	47.6	48.8	50.4	51.3	52.5	

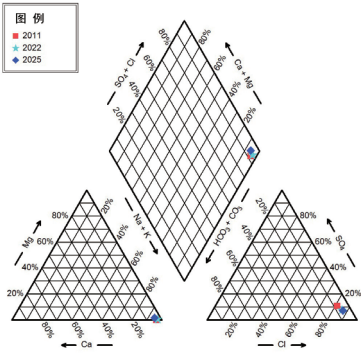


图 3 地热开发区块地热水 Piper 三线图（2021、2022、2025 年

由 Piper 离子三线图（图 3）显示，虽地热水中离子浓度有小幅变化，但其水化学类型没有变化，为 Cl—Na 型水，矿化度均大于 4g/L，属于咸水，三次均达到命名矿水浓度的有氟、硼元素。由此可见，在地热区块开采地热资源的过程中，水—岩作用的不断进行，地下水化学成分存在着细微的变化，在后续开发利用过程中，应注意地热资源的水质变化。

（二）开发利用建议

（1）地热资源是一种珍贵的资源，在开发利用过程中应本着可持续发展的理念，尽快完成区块内回灌井的施工，落实“以灌定采”“采灌结合”“同层等量回灌”的原则，以有效地回补热能损耗，减缓水位埋深下降速率，延长地热水井寿命。

（2）建立健全节水、节能措施，完善相关节水设施，珍惜地热资源，为防止在输水管道中发生跑、滴、漏，避免地热资源的浪费，应采用一些耐高温、耐腐蚀的特种产品。

（3）建立并加强地热井动态监测工作，以掌握地热流体开采量与水位、水温和水质的动态变化规律，以便及时调整或制定地热资源开发和环境保护对策，减少地热资源的浪费，达到高效利用、节能减排的目的，同时降低对地热区块周边环境的影响。

船舶制造企业一般工业固体废物资源化管理实践

刘灿, 林骏

江南造船(集团)有限责任公司, 上海 201913

DOI: 10.61369/SSSD.2026060035

摘 要 : 以某船舶建造企业一般工业固体废物管理实践为例, 分析一般工业固体废物管理现状和问题, 通过构建“拓展品类—分类回收—现场评价”资源化管理体系, 制定改善措施, 有效提升了一般工业固体废物综合利用率, 同时可降低安全风险。

关 键 词 : 船舶建造企业; 一般工业固体废物; 资源化管理

Practices of Resource Management for General Industrial Solid Waste in Shipbuilding Enterprises

Liu Can, Lin Jun

Jiangnan Shipyard(Group) Co, Ltd., Shanghai 201913

Abstract : Taking the general industrial solid waste management practices of a certain shipbuilding enterprise as an example, this paper analyzes the current status and issues of general industrial solid waste management. By establishing a resource recovery management system encompassing "expanded categories, classified recycling, and on-site evaluation", improvement measures have been formulated, effectively enhancing the comprehensive utilization rate of general industrial solid waste while reducing safety and environmental risks.

Keywords : shipbuilding enterprise; general industrial solid waste; resource management

引言

船舶建造行业作为海洋装备制造业的重要支柱, 其生产流程涵盖钢材切割、焊接、涂装、舾装等多个复杂环节, 在创造巨大经济价值的同时, 也伴随着大量一般工业固体废物的产生。近年来, 随着我国“双碳”目标的深入推进、新固废法发布实施和无废工厂建设推进, 对企业固体废物污染防治的要求日益严格, 船舶建造企业面临的安全环保合规压力显著提升。在此背景下, 构建全流程的一般工业固体废物资源化管理体系, 不仅是船舶建造企业落实主体责任、合规运行的必然要求, 更是其优化资源配置、提升行业竞争力、实现经济效益与安全环境效益协同发展的关键路径^[1]。

一、一般工业固体废物管理现状

(一) 分类情况

船舶建造企业一般工业固体废物的产生贯穿钢材加工、船体焊接、涂装作业、舾装安装等全生产链条, 呈现“多点分散、品类混杂”的特点。企业按照可社会化销售利用与否分为固废资源与工业垃圾。

固废资源: 主要包含所有金属类一般工业固废和部分非金属工业固废(焊丝盘、废轮胎、尼龙缆绳、废木材、废纸类、废塑料、焊接废物、焊药皮)等;

工业垃圾: 主要以非金属工业固废为主, 主要包含: 粉尘、三防布、废砂轮片、布料废物等^[2]。

(二) 管理情况

企业一般工业固体废物管理主要分为4个环节。

现场投放: 生产部门根据生产现场需要设置一般工业固废

物临时周转点, 并配置黄色金属垃圾斗、绿色非金属垃圾斗等标识容器用于投放。

收集装运: 供应链管理部每日安排服务单位的装运车辆根据需求到各点位进行装车回收, 运送至本部门一般工业固体废物临时堆场。

现场分拣: 供应链管理部委托服务单位将一般工业固体废物临时堆场的金属废弃物进行分类分拣, 并将混入非金属废弃物的金属检出, 按委外处置的品类进行分类存放。

委托处置: 供应链管理部委托外部单位进行一般工业固体废物处置, 其中涉及直接收集和二次分拣的固废资源开展社会化销售利用, 经过分拣后工业垃圾委托处置单位进行填埋或焚烧处置。

以某企业为例, 2022年, 一般工业固体废物委托处置约5万吨, 工业垃圾处置费用和分拣服务费用合计约1400万元, 随着处置要求的日趋严格和企业的快速发展, 企业的一般工业固体废物

产生量、分拣服务费用和委托处理费用都将同步上升^[3]。

二、存在问题

（一）品类划分体系不完善，后续分拣缺乏可行性。

主要表现为一般工业固体废物从产生之初便处于“混收混存”状态。由于未明确细分品类，员工缺乏分类依据，加之缺乏规范的前置分拣流程，导致焊渣、打磨铁灰、废纸、废塑料等低值废弃物混杂于同一垃圾斗内。此类混合废物难以通过常规手段有效分离，分拣成本往往高于其资源化价值，形成“分拣不划算、不分需付费”的被动局面。最终不仅造成固废资源流失，还迫使企业承担额外的处置费用，同时增加了环保检查中因分类不规范而被追责的潜在风险。

（二）收集装运协同不畅，影响部门间响应支持。

主要表现在生产部门将金属、非金属废弃物分别投入黄、绿垃圾斗，统一转运到供应链管理部工业固废中转场进行二次分拣、整理，其中一般工业固体废物要分拣成多种品类销售。现场配置的2类垃圾斗对应近多种固废资源，现有金属/非金属分类投放方式难以减少二次分拣工作量。与此同时，生产现场需占用大量场地设置临时周转点，受收集转运不及时影响，常出现固废堆放过期、超容等问题，甚至挤占生产物资堆放区域，既违反安全环保管理要求，也干扰正常作业施工，导致生产部门与供应链管理部在分类标准衔接、转运节奏协调等方面缺乏有效协同^[4]。

（三）运行评价量化缺失，制约长期推进动力。

主要表现在一般工业固体废物资源化管理中三项关键场景缺乏明确、可落地的评价标准与数据支撑，一是生产部门现场分类投放环节，未建立量化指标，无法客观衡量一线员工分类执行成效；二是供应链管理部二次分拣环节，未对分拣效率、分拣纯度、资源化回收率等核心数据进行量化统计，分拣工作质量难以精准评估；三公司层面的整体改善效果评价，因缺乏前后数据对比及成本效益分析，管理优化的实际价值难以有效彰显。

受此影响，初期推进的重视程度难以持续维系，管理改进的内在驱动力逐渐弱化，不仅制约了一般工业固体废物资源化利用的实际成效，也阻碍了管理体系的长效运行与持续优化。

三、管理优化方案

（一）解决思路

围绕实现“降本增效、安环提升、清洁生产”的目标，按照公司场地网格化属地划分和建造工序，坚持“分区负责，分段落实，处置合法”的原则，开展一般工业固体废物资源化利用和无害化处置优化工作。即生产部门组织各作业区/班组，对施工中典型工序产生的批量固废，逐品类明确分类、整理、回收流程。供应链管理部在施工后一般工业固体废物现场投放、收集装运、二次分拣等环节，同时进行固废资源的收集、整理，进行社会化销售和处置。安环保卫部组织开展固废资源化运行工作依据相关

数据统计、现场检查情况，开展成效评价管理^[5]。

（二）解决措施

1. 拓展低值回收品类

组织各生产部门开展全流程产废情况摸排，从作业区域、作业阶段、作业内容三个方面，划分产废单元、明确产废类型，识别出具备批量收集条件的一般工业固废细分品类。针对识别出的品类，采用“销售利用价值+实际产生量”的评估方式：先通过调研测算各类固废的资源化利用价值，再结合生产部门预估其产生量。基于评估结果，逐项制定寻源策略，拓展多元化销售渠道，逐步扩大可回收利用固废的品类。自2022年起，已陆续开展废纸、废橡胶、废塑料、焊接废物、工业铁灰等回收工作。

2. 完善装运收集

开展施工中典型工序产生的批量一般工业固体废物分析，制定《一般工业固体废物分类及回收方式图册》，逐品类明确分类、整理、回收流程。典型分类回收流程包括三种：

部门回收：各部门结合“以旧换新”管控要求，在备品备件库、低值器材库、工具库、焊材库等物资发放库房同步开展固废资源回收，确保应收尽收，并分类整理后移交。

现场集中回收：批量产生同品类工业固废的工序，就近集中存放该品类工业固废，集中转运、移交。集中存放方式包括堆垛、装袋、绑扎、打包摆放等。

合规投放：其它零散作业产生的工业固废，应按照金属与否区分：金属类投入黄色垃圾斗，非金属类投入绿色垃圾斗。

3. 持续现场督导

建立三级检查机制，通过部门内部网格化自查评估，联合作业区域检查核算，供应链管理部垃圾斗分类检查与数据统计发布，以及安环保卫部持续安全5S与环保监督巡查，夯实一般工业固体废物全流程监督管理^[6]。具体如下：

部门内部检查。开展网格化责任区的一般工业固体废物分类整理和投放情况的每日检查、通报、宣贯。部门回收情况，应每周自查、评估、通报。

联合区域检查。搭载部、总装部等部门进行联合作业区域投放环节现场分类达标检查，按部门责任核算、发布现场分类达标评估数据。

分类达标检查。供应链管理部对现场垃圾斗分类达标情况进行检查，统计各部门分类移交固废资源量，定期发布各部门分类回收量、分类达标评估数据。

日常监督巡查。安环保卫部持续开展一般工业固体废物管理安全5S、环保监督检查。

4. 完善效果评价

固废资源化运行工作依据相关数据统计、现场检查情况，完善工业垃圾现场分类达标率评价的办法，设置评价指标，在公司综合利用方面，采用综合利用率进行表征，在现场分类投放方面，采用现场分类达标率进行表征，在部门收运协同方面，用二次分拣率进行表征。（见表1）：

表1：固废资源化运行指标描述

序号	指标名称	计算方式	数据来源
1	综合利用率	固废资源销售利用量 / (固废资源销售利用量 + 工业垃圾付费处置量) × 100%	固废资源销售利用量：以公司固废资源销售出厂磅秤数据为准。 工业垃圾付费处置量：以公司工业垃圾付费处置出厂磅秤数据为准。
2	现场分类达标率	(部门所属区域垃圾斗回收达标斗数 + 联合区域折算回收达标斗数 + 部门分类回收折算回收达标斗数) / (部门所属区域垃圾斗回收总斗数 + 联合区域折算总斗数 + 部门分类回收折算回收达标斗数) × 100%	部门所属区域垃圾斗总(回收达标)斗数：指在部门网格化责任区域分类投放情况，以服务单位现场收集装运评价数据为准。 联合区域折算总(回收达标)斗数：指在总组平台、船坞、码头等多部门联合作业区域，投放总(达标)垃圾斗数按固定比例分摊，按主体部门检查数据折算。 部门分类回收折算回收达标斗数：指生产部门开展源头集中、分类收集工作，以托盘、码垛等形式收集固废资源，按一定比例折算至现场分类达标斗数。
3	二次分拣率	临时堆场二次分拣后固废资源处置量 / (临时堆场二次分拣后固废资源处置量 + 临时堆场二次分拣后工业垃圾处置量) × 100%	临时堆场二次分拣后固废资源处置量：指在固废堆场分拣出二次分拣的出厂销售固废重量，以出厂磅秤数据为准。 临时堆场二次分拣后工业垃圾处置量：指在固废堆场分拣出二次分拣后剩下的工业垃圾的固废重量，以出厂磅秤数据为准。

（三）实施方法

完善组织体系。生产部门在现有部门分管领导、科室责任制的基础上，完善基层员工责任体系，赋职、授权，做到各作业区 / 班组施工产生的工业固废分类、整理、回收，有宣贯、有监督、有评估^[7]。

生产部门组建以起重工、仓库保管员等密配人员为主体的“工业固废资源督导员”团队，对本部门 5 S 责任区的工业固废分类投放情况进行每日检查，在相应工作群内通报不按要求投放工业固废的部门或作业区，乃至班组；部门组织工业固废资源督导员到相应责任作业区进行持续宣贯，帮助其掌握工业固废分类投放要求，并逐步改善，安保部监督运行。

生产部门对照每日现场分类检查通报持续组织改善。各生产部门，结合实际逐一明确各类工业固废打包、回收流程，以及责任作业区、班组；指定现场中转场地和回收点并通知供应链管理

部，对接好分类回收转运流程。

供应链管理部逐步完善、扩大分类转运流程和范围、做好回收过程数据记录。在每日工业固废回收分类检查数据基础上，逐步完善现场资源 / 打包、以旧换新等工业固废资源回收的计量工作，全面掌握工业固废回收过程数据，并按要求进行工业固废现场分类达标评价，在数据中找问题、促改善，定期发布评价数据，安环保卫部开展数据抽查。

优化分拣服务单位的工业废弃物理料计费模式，借鉴公司劳务用工改革，服务商班组化管理，优化考核指标，开展分拣数量和分拣质量双考核机制，实施“固定费用 + 考核费用”计费方式，以考核驱动分拣数量和质量提升，实现双赢。

四、实施效果

经过近 4 年的实施，截止至 2025 年底，综合利用率逐年上升，由 62.7% 提升至 84.67%（表 2）。

表 2 近 4 年企业一般工业固废回收处置情况

年份	一般工业固废总量（万吨）	固废资源销售量（万吨）	工业垃圾量（万吨）	综合利用率	二次分拣率	现场分类达标率
2022	4.96	3.11	1.85	62.7%	15.16%	29.84%
2023	9.54	6.74	2.8	70.65%	42.26%	41.79%
2024	11.05	8.5	2.55	76.92%	51.16%	55.55%
2025	12.65	10.71	1.94	84.67%	65.43%	60.13%

五、结论

通过构建“拓展品类 - 分类回收 - 现场评价”管理体系，在一般工业固废产量明显增加的情况下，有效提高了固废资源综合利用率，降低了工业垃圾分拣、回收处置成本费用。

通过生产部门与供应链管理部协同的分类回收处置、开展现场评价的方式，安环保卫部开展监督评方式，部门间互补作用明显，垃圾斗不够、临时中转点脏乱等 5S 矛盾大幅减少。降低了一般工业固体废物安全环保风险，有助于绿色可持续发展。

参考文献

[1] 田伟, 龙凤, 毕粉粉, 葛察忠, 李晓, 段显明. 我国一般工业固体废物综合利用现状与对策研究 [J]. 环境保护科学, 2025, 51(06): 22-29.
[2] 永亮. 绿色理念引领工业固体废物管理 [J]. 黑龙江环境通报, 2025, 38(02): 154-156.
[3] 马云鹏, 周金倩, 王岳. 一般工业固体废物管理存在的问题及对策 [J]. 再生资源与循环经济, 2023, 16(09): 20-23.
[4] 牟思宇, 谢宇斌, 杨箫滢. 我国固体废物利用处置现状与对策研究 [J]. 有色金属 (冶炼部分), 2023, (09): 1-10.
[5] 余丽. 工业固体废物管理和利用对推动绿色发展的影响研究 [J]. 清洗世界, 2021, 37(10): 75-76.
[6] 徐志杰, 赵云皓, 王志凯, 张箐, 卢静, 辛璐. 长三角区域固体废物管理一体化对策研究 [J]. 中国环保产业, 2021, (10): 22-26.
[7] 和丽芬, 刘艳冰. 工业固体废物管理和利用对推动绿色发展的影响 [J]. 环境与发展, 2020, 32(06): 216+218.

人性化理念在风景园林设计中的应用策略

梁慧

泰安市泰山城市建设投资有限公司, 山东 泰安 271000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060038

摘 要 : 人性化理念在风景园林设计中的应用, 让园林景观更具整体性、美观性, 以及时代特色, 进一步满足人们对精神文明的追求。新时期以来, 风景园林工程的建造愈发注重人性化理念的融入, 旨在为人们打造更加舒适、宜人的休闲空间, 提升人们生活品质。基于此, 文章从当前风景园林设计中存在的问题出发, 探讨通过融入人性化理念提升自然风景与现代设计协调性、风景园林项目与公众实际需求契合性、人性化标识与细节部分设计适用性、场地与景观植物配置合理性的可行策略, 以供参考。

关 键 词 : 人性化理念; 风景园林设计; 应用策略

Application Strategies of the Humanized Concept in Landscape Architecture Design

Liang Hui

Tai'an Taishan Urban Construction Investment Co., Ltd., Tai'an, Shandong 271000

Abstract : The application of the humanized concept in landscape architecture design endows landscape with stronger integrity, aesthetics and contemporary characteristics, further meeting people's pursuit of spiritual civilization. Since the new era, the construction of landscape architecture projects has increasingly emphasized the integration of the humanized concept, aiming to create more comfortable and pleasant leisure spaces for people and improve their quality of life. Based on this, starting from the existing problems in current landscape architecture design, this paper explores feasible strategies to enhance the coordination between natural scenery and modern design, the alignment between landscape architecture projects and the actual needs of the public, the applicability of humanized signs and detailed design, and the rationality of site and landscape plant configuration by integrating the humanized concept, for reference.

Keywords : humanized concept; landscape architecture design; application strategies

人性化理念强调以人的需求为核心进行风景园林设计, 关注人在园林空间中的体验与感受, 注重景观与人的互动交流。设计师将人性化理念应用于风景园林设计, 全方位提升风景园林的审美意趣与整体实用价值, 更能满足人们多样化的活动需求。为了风景园林的舒适性、差异性、整体性, 近年来设计师在人性化理念应用方面进行了诸多有益尝试, 但是在实际操作中仍然存在园林空间利用不足、景观互动性较弱、忽视生物多样性保护、缺少地域文化元素等问题。文章以风景园林设计中的实际问题为指向, 探讨人性化理念在设计中的应用策略, 以期为风景园林设计提供参考, 推动风景园林设计向更加人性化、科学化的方向发展。

一、当前风景园林设计中存在的不足

(一) 园林空间利用不足

在园林规划与设计过程中, 园林空间的合理利用至关重要, 然而当前部分园林设计存在空间布局不合理的问题^[1]。这些设计未能充分考虑居民的需求与活动方式, 导致园林空间利用率不高, 不能很好地满足人们的社交与生活需求。比如, 一些园林设计虽然规划了大面积的绿地和休闲区域, 但由于缺乏合理的功能分区, 导致各个区域之间缺乏有效的联系和过渡, 影响到居民的使用; 一些园林设计缺乏合适的活动空间与休闲设施, 交通连接不

够便利, 导致居民在园林中的活动受到限制, 降低了园林使用频率和居民满意度^[2]。

(二) 景观互动性较弱

部分风景园林设计对人们使用感受不够关注, 场地景观设计打造流于形式, 所以环境与使用者交流互动不强, 园林景观仅能作为视觉上的观赏对象存在。例如, 有的园林中雕塑、景观小品仅具备观赏价值, 不能与人们进行近距离接触或互动; 有的园林中植物景观设计过于注重观赏性搭配, 而忽视了植物与人的互动功能, 不能提供触摸、嗅闻、采摘(在合理范围内)等互动体验^[3]。

（三）忽视生物多样性保护

人性化园林设计的理念强调以人为本，要求风景园林设计在追求美观性、舒适性的同时，发挥保护生态环境、调节气候变化作用。但是，部分风景园林设计未能充分考虑水资源利用、水土保持、恢复生物多样性、适应气候变化等方面问题，导致景观植物存活率较低，园林生态稳定性较差，难以形成可持续的生态系统。例如，一些园林设计过于追求视觉效果，大量引入外来植物品种，而忽视了本地植物的应用，这不仅增加了养护成本，还可能对本地生态造成破坏^[4]。

（四）缺少地域文化元素

每个地区都有自己独特的历史积淀与文化传统，它们融入景观设计，能够赋予景观设计独特的灵魂与魅力，彰显地域特色。然而当下许多风景园林设计却忽视了这一点，并未将历史与文化元素充分考虑其中。这些风景园林设计往往直接应用模板化的设计方案，缺少地方特色和个性化元素，不仅降低了居民对设计方案的认同感，而且不能在当地历史文化保护、文化传承中发挥应有作用^[5]。

二、人性化理念在风景园林设计中的应用策略

（一）重视自然风景与现代设计的协调

在风景园林设计中，需要保证设计内容与自然要素的一致性，也就是说，以凸显园林自然属性为前提，通过环境适应性、更为精巧的建造工艺，将现代设计元素巧妙融入其中，使园林既保留自然之美，又具备现代气息。这样的设计整体设计布局与环境相契合，能够营造出和谐统一的景观效果，让人们在欣赏自然美景的同时，也能感受到现代设计带来的便捷与舒适。为此，设计者需要准确把握人性化的本质内涵，并基于公众的角度去思考如何将自然风景与现代设计完美融合。比如，设计人员可以分析原有园林风格、本土文化，而后通过融入历史、文化元素，以及现代化设计思维，实现对原有园林风格的延续；优先选择本地木材、岩石等天然材料进行园林建设，让园林设计回归自然、凸显本地特色；基于海绵城市概念优化园区排水设计，增加下凹式绿化带体系、植草沟等，实现雨水自然积存、自然渗透、自然净化，提升园林应对气候变化的能力^[6]。

（二）充分满足人们的多样化与个性化需求

随着人们生活水平的不断提高，风景园林建设要求也在不断向着个性化、多元化方向发展。所以，如果风景园林设计继续沿用传统方法，将与公众实际需求脱节，则难以获得公众的认可。鉴于此，风景园林设计需要面向人们的多样化与个性化需求进行功能、景观形式、文化内涵等维度地优化，从而能够进一步契合大众期许。首先，这要求设计人员在编制设计方案前充分了解大众在交际、娱乐、赏玩等层面的需求，把人性化理念贯穿到设计全流程。在设计风景园林时，设计人员可以通过问卷调查、实地访谈、社区讨论等方式收集居民对园林功能、景观形式、文化元素等方面的期望与建议，为后续设计工作的开展提供详实的数据支持。其次，设计人员系统评估附近居民对风景园林功能、作用

的认知现状，在掌握居民实际需求与期望的基础上，对风景园林进行个性化设计。例如，若居民普遍希望园林中有供儿童玩耍的区域，设计人员便可规划出专门的儿童游乐区，并布置安全性较高、操作难度较低的游戏设施。最后，设计人员需要关注特殊群体的需求，为出行不便的群体设计便利通行的方案，为老年群体设置休息座椅、无障碍通道，使园林空间满足不同年龄段、不同身体状况人群的需求^[7-8]。

（三）做好人性化标识与细节部分设计

近年来，随着人工智能、大数据、物联网等科技深度融合，人性化标识设计在风景园林设计中愈发重要。人性化标识设计能够为人们提供清晰、准确的指引，帮助人们更好地了解园林的布局、功能分区以及各个景点的信息。在未来的城市建设中，智能化、交互化、数字化标识设计将逐渐取代传统静态标识，成为风景园林标识设计主流。除去临时设施与应急场所之外，风景园林的人性化标识设计可以与人工智能进行融合，通过整合个性化信息推送、多传感器信息采集以及智能交互等功能，为游客提供更加便捷、个性化的服务。相比于传统静态标识，这样的人性化标识能够为用户提供精准导航、实时信息更新、个性化推荐等服务，增强游客在园林中的探索体验和互动乐趣。此外，风景园林设计还要重视细节部分，以提升人们的游览体验、视觉感知，比如通过交通流线、功能分区、景观要素等细微之处的精心设计，营造出舒适、宜人的园林环境，使一草一木都成为园林景观的有机组成部分，回应居民的心理需求^[9-10]。

（四）因地制宜搭配植物种类

在风景园林设计中，植物设计是十分重要的一环，它不仅关乎园林的视觉效果，而且对园林生态系统的稳定性、可持续性有着深刻影响^[11-12]。设计师可以基于人性化设计理念因地制宜搭配植物种类，优化园林景观设计，为人们提供舒适宜人的园林空间^[13]。这需要场地景观植物配置充分考虑空间布局、植物搭配，通过植物的合理搭配实现环境的美化、亮化，让城市变得更有活力和吸引力；注重存活率、观赏性（如优先选择本地适应性强的植物品种），从而契合大众审美需求，适应当地气候条件；充分考量不同植物的生长习性、季节变化特点，以营造出四季有景、层次丰富的景观效果。尤其是观赏树木配置，要格外引起设计人员注意。合理的观赏树木配置，可以提高城市整体的景观水平，增强园林经济效益^[14-15]。

三、结语

综上所述，在风景园林设计中融入人性化理念，能够提升园林景观整体性、美观性，赋予园林景观更加鲜明的时代特色，是推动风景园林设计向更加人性化、科学化方向发展的的重要举措。针对风景园林设计中存在的园林空间利用不足、景观互动性较弱、忽视生物多样性保护、缺少地域文化元素等问题，设计师可以以人性化理念为指导，提升自然风景与现代设计协调性、风景园林项目与公众实际需求契合性、人性化标识与细节部分设计适用性、场地与景观植物配置合理性。

未来,随着人们生活品质的不断提升和对精神文化需求的日益增长,设计师需要从以下几个方面入手持续深化对人性化理念的理解与实践:

(1)在自然风景与现代设计协调性方面,应深入挖掘场地自然特征,通过现代设计手法强化场地记忆,实现人工与自然的有机融合;

(2)在公众需求契合性方面,需建立全龄化服务体系,针对不同群体行为特征设计无障碍设施、亲子空间及适老化场景;

(3)在标识与细节设计适用性方面,应构建多层次导视系统,结合智能交互技术提升信息传达效率;

(4)在植物配置合理性方面,需遵循生态位原理构建复合植物群落,通过植物造景营造具有地域特色的空间意境。

参考文献

[1] 李清清,边紫琳,梁阳丰,等.2024 LA 风景园林设计论坛暨第二届 LA 风景园林奖颁奖典礼顺利举办[J].风景园林,2024,31(S1):124-128.

[2] 王劲.植物景观设计在城市风景园林建设中的应用[J].美与时代(城市版),2024,(11):87-89.

[3] 邓宗益.风景园林人性化设计在城市景观规划中的应用分析[J].大众标准化,2024,(22):130-132.

[4] 邓宗益.当代风景园林设计可持续发展策略的生动实践——福建武平中山河国家湿地公园巡护步道(太平至阳民段)项目设计[J].中华民居,2024,17(08):81-82.

[5] 李思杰,丁铭.可持续建筑材料在风景园林设计中的应用与评估[J].佛山陶瓷,2024,34(11):47-49.

[6] 宋丹.传统园林造园手法在现代风景园林设计中的应用与思考[J].美与时代(城市版),2024,(10):83-85.

[7] 付玉琳.无废城市理念导向下的风景园林规划设计趋势[J].城市建筑,2024,21(20):225-228.

[8] 李曼,樊哲.乡村景观元素在风景园林规划设计中的融入策略[J].人生与伴侣,2024,(38):34-36.

[9] 唐倩,申明达.生态农业与风景园林设计协同促进乡村经济发展的路径研究[J].山西农经,2024,(19):116-118+186.

[10] 蒋思静.风景园林专业设计构成课程思政建设路径研究[J].上海包装,2024,(10):232-234.

[11] 杜家贤.风景园林工程中雨水花园的设计与施工策略[J].花木盆景,2024,(10):105-107.

[12] 罗细,劳鑫.浅谈现代风景园林设计中构成艺术元素的运用[J].佛山陶瓷,2024,34(09):177-179.

[13] 黄万埔.园林植物艺术设计发展与创新——以“第二十三届中国风景园林规划设计大会”为例[J].核农学报,2024,38(10):2052-2053.

[14] 吴作财.浅析风景园林设计风格中自然是永恒的经典[J].现代园艺,2024,47(19):101-103.

[15] 任亚萍,郑鑫.风景园林植物景观设计课程翻转课堂教学模式研究[J].安徽农学通报,2024,30(16):128-131.

赣州市水资源优化配置与社会经济发展探讨

王乔

赣州市市政公用投资控股集团有限公司，江西 赣州 341000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060040

摘 要： 探究水资源与社会经济发展之间的关系，推动水资源合理化利用和科学化配置，对社会经济高质量发展具有重要意义。本文以赣州市为研究对象，基于《2024 年城市建设统计年鉴》数据，采用对比分析法和结构分析方法，分析地区水资源开发利用现状及与社会经济发展的内在关联。研究发现，赣州市水资源基础设施基础良好，供水普及率、污水处理率等指标优于全国平均水平，存在水资源利用效率较低、再生水利用不足、供排水设施发展不协调、市政设施投资结构失衡等问题，导致水资源承载力质效未充分释放，与产业经济高质量发展的耦合协调度不足。针对上述问题，围绕集约利用、循环体系构建、设施布局优化、生态保护与智慧管理四个方面，提出优化配置策略，旨在为赣州市水资源管理与社会经济高质量发展提供参考。

关 键 词： 水资源；优化配置；社会经济；发展；赣州市

Discussion on Optimal Allocation of Water Resources and Socioeconomic Development in Ganzhou City

Wang Qiao

Ganzhou Municipal Public Utility Investment Holding Group Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi 341000

Abstract： Exploring the relationship between water resources and socioeconomic development and promoting the rational utilization and scientific allocation of water resources are of great significance for high-quality socioeconomic development. Taking Ganzhou City as the research object and based on data from the 2024 Urban Construction Statistical Yearbook, this paper analyzes the current situation of regional water resources development and utilization and its internal connection with socioeconomic development using comparative analysis and structural analysis. The study shows that Ganzhou City has a sound foundation in water resources infrastructure, and indicators such as water supply popularization rate and sewage treatment rate are better than the national average. However, problems including low water use efficiency, insufficient reclaimed water utilization, uncoordinated development of water supply and drainage facilities, and unbalanced investment structure of municipal facilities still exist. These problems restrict the full release of the quality and efficiency of water resources carrying capacity and lead to insufficient coupling and coordination between water resources and high-quality industrial economic development. In response to the above problems, this paper puts forward optimal allocation strategies from four aspects: intensive utilization, construction of circular systems, optimized facility layout, and ecological protection plus intelligent management, so as to provide a reference for water resources management and high-quality socioeconomic development in Ganzhou City.

Keywords： water resources; optimal allocation; socioeconomic development; Ganzhou City

一、赣州水资源开发利用的现状

（一）水资源利用效率：保障水平高但集约性不足

根据表1，赣州市2024年人均日生活用水量是全国平均水平的1.64倍，体现了地区水资源供应水平较高，保障了居民用水需求，但整体利用效率有待提高。水资源的集约化利用是经济发展的核心因素^[7]。但是，赣州水资源集约化利用程度存在一定短板，用水模式难以满足节水型社会建设需求。

表1 赣州水资源指标分析

指标维度	赣州数据	全国平均	与全国差距（绝对值）	赣州 / 全国（%）
人均日生活用水量（升）	320.8773213	194.8911984	125.9861229	164.6
供水普及率（%）	99.77078723	99.57067306	0.200114168	100.2

污水处理率（%）	99.65304319	98.93263399	0.7204092	100.7
建成区供水管道密度（公里 / 平方公里）	21.91037891	15.73067591	6.179702998	139.3
建成区排水管道密度（公里 / 平方公里）	12.86182043	13.11108963	0.249269199	98.1
人均公园绿地面积（平方米）	22.3491938	15.91486482	6.434328983	140.4
建成区绿化覆盖率（%）	49.40325371	43.48947696	5.913776748	113.6
生活垃圾无害化处理率（%）	100	99.99	0.01	100

（二）供水基础设施：网络完善度领先全国

赣州市拥有相对完善的供水管道网络，基础设施满足了城市用水需求，供水普及率达99.77%，建成区供水管道密度为21.91公里/平方公里，是全国平均水平的1.39倍。随着供水网络体系的日渐完善，工业和农业用水需求得到满足。这反映了水资源基础设施建设的水平对区域发展的基础支撑作用^[1]。

（三）污水处理与排水系统：处理能力优但结构待协调

水循环各环节协同性影响着流域经济发展^[8]。在社会经济发展中，赣州市对生态水污染治理的重视程度不断提高，污水处理系统建立率达99.65%。但是，排水系统建设仍存在短板，建成区排水管道密度略低于全国平均，且与供水管道密度形成明显差距。这反映出在水资源“供－排－治”全链条中，赣州排水能力有待提高，为后续水资源配置优化指明了方向。

（四）生态环境支撑：生态优势为水资源保护奠定基础

生态优势是水经济发展的核心优势之一^[3]。赣州在生态环境建设层面表现突出，人均公园绿地面积22.35平方米、建成区绿化覆盖率49.40%，良好的生态基底不仅提升了水资源涵养能力，也为水资源可持续利用提供了生态保障。

二、赣州水资源与社会经济发展的关联特征

（一）市政设施投资结构的适配性：重点突出但结构失衡

再生水投入与流域经济发展存在互馈效应^[8]。2024年赣州市市政公用设施建设固定资产投资总规模达71.21亿元，投资结构呈现“排水优先、生态与供水次之、再生水空白”的特征：排水投资占比6.65%，园林绿化投资占比1.39%，供水投资占比1.16%，污水处理投资占比0.81%，再生水利用投资为0。当前投资结构体现了赣州对防洪排涝的重视，但也反映出水资源循环利用环节的投入缺失，该结构与“水资源－经济－生态”协同发展存在一定差距。

表2 赣州市市政投资分析表

指标维度	赣州数据	全国总量
本年完成投资总额	712070	178324244
供水投资	8291	6960480
排水投资	47367	20907899
污水处理投资	5740	6149265
再生水利用投资	0	624384
垃圾处理投资	52	1611643
园林绿化投资	9901	6727558
本年新增固定资产	560557	67006100

（二）水资源承载力与产业发展的协调性：基础良好但仍需优化

作为长江经济带节点城市，赣州水资源承载力与产业发展是协调发展关系^[6]。水资源承载力的提升能够有效支撑产业经济发展，而产业结构的优化也会反向推动水资源利用效率提升。当前赣州供水保障能力、污水处理能力等核心指标均高于全国平均，水资源承载力整体能够匹配城市产业发展需求，但人均用水量过高、再生水利用缺失等问题，导致水资源承载力的“质效”未能

充分释放，与产业经济高质量发展的耦合度仍有提升空间。

（三）水资源利用与经济高质量发展的耦合性：正向关联但脱钩不足

基于“水资源利用与经济高质量发展脱钩关系”理论^[9]，赣州当前水资源利用呈现“高消耗、高保障、低循环”特征，与经济高质量发展的“集约、绿色、循环”要求尚未实现深度脱钩。虽然水资源利用保障了经济发展的基本需求，但高用水量模式下，水资源利用效率与经济发展质量的耦合协调度偏低，这与“集约利用不足会制约经济高质量发展耦合度”的规律一致^[7]。

三、赣州水资源优化配置现存的问题

（一）利用效率层面：集约意识薄弱，浪费现象凸显

在用水量方面，赣州人均水平高于全国平均，体现出企业与居民的节水意识薄弱。在用水结构方面，生活用水占比较高，产业用水集约化水平有待提高，结构不够合理。缺乏量化的用水定额管理体系，尚未将水资源集约利用纳入经济发展指标体系^[6]。

（二）循环利用层面：再生水利用空白，水循环链条断裂

再生水投入是流域经济发展的重要支撑^[8]。赣州再生水利用投资数据欠缺，尚未完全建立起“取水－用水－污水处理－再生利用”的完整水循环体系。水经济发展需依托全链条循环，但赣州经过处理的污染在工业、市政绿化领域的应用程度不高，水循环链条有待建立^{[6][10]}。

（三）设施协调层面：供排水设施失衡，维护机制缺失

赣州供水管道密度与排水管道密度差距显著，供排水设施发展不协调。同时，市政设施投资更多聚焦于新建项目，现有设施的维护保养投入不足。根据水资源“量化－区划－优化”配置方法，赣州未充分结合地区特征，对供排水设施的空间布局与功能匹配进行量化优化，导致设施效能未能充分发挥。

（四）风险应对层面：极端天气应对能力不足，水安全保障有短板

随着气候变化带来的极端降雨事件增多，赣州排水管道密度略低于全国平均的问题逐渐凸显，防洪排涝能力与城市发展规模的适配性不足；同时，水资源监测网络、应急保障机制尚未完全覆盖，与长江经济带高质量发展需筑牢水安全保障基础的要求仍有差距。

四、赣州水资源优化配置的路径探索

（一）提升水资源集约利用效率，推动用水模式转型

1. 强化节水宣传与技术推广

加强水资源管理，通过社区宣传、企业培训、学校教育等多渠道普及节水知识，提升全民节水意识；强制推广节水器具在居民家庭、公共建筑、工业企业中的应用，对采用先进节水技术的企业给予政策补贴，从需求端降低水资源消耗。

2. 完善价格与定额管理体系

建立差异化阶梯水价制度，通过价格杠杆调节用水需求；在

集约利用方面,制定各行业用水定额标准,将用水效率纳入企业考核体系,对超定额用水企业加收水资源税,倒逼产业用水结构优化,逐步将人均日生活用水量降至全国平均水平附近^[7]。

(二) 构建全链条水循环利用体系, 填补再生水利用空白

1. 加大再生水利用专项投资

设立再生水利用专项基金,测算再生水投入与经济发展的互馈效益,将再生水利用投资纳入市政设施投资核心范畴,重点建设再生水处理设施,补齐水循环利用的关键短板^[8]。

2. 拓展再生水应用场景

将处理后的再生水优先用于市政绿化、工业冷却、生态补水等非饮用领域,逐步提高再生水在城市用水总量中的占比,形成“优水优用、循环利用”的用水格局,推动水资源利用与经济发展的脱钩关系向“强脱钩”转变^[9]。

3. 推进海绵城市建设

结合赣州山地城市特征,优化水资源配置方案,建设雨水花园、透水铺装、调蓄池等海绵城市设施,提高雨水资源化利用水平,缓解城市排水压力的同时补充水资源供给。

(三) 优化基础设施投资与布局, 实现供排水协调发展

1. 平衡供排水设施投资结构

适度增加排水管道建设投资,缩小供排水管道密度差距,结合城市发展规划对排水管网进行升级改造;建立“供水-排水-污水处理”投资联动机制,确保各环节投资规模与发展需求相匹配。

2. 强化设施维护与超前规划

建立常态化的基础设施维护投入机制,延长现有供排水、污水处理设施的使用寿命;基于城市人口、产业发展预判,适度超前规划水资源基础设施,提升设施对极端天气、城市扩张的适应能力。

(四) 强化生态保护与智慧管理, 提升配置精细化水平

1. 筑牢生态涵养基础

延续赣州生态建设优势,继续加大园林绿化投资,保护饮用水水源地,加强河流湖泊水环境治理;建立SWOT-AHP模型,将生态保护成效纳入水资源配置评价体系,形成“生态-水资源-经济”的良性循环^[3]。

2. 建设智慧水务管理体系

运用物联网、大数据等技术,搭建智慧水务管理平台,完善水资源量、质监测网络^[2]。借鉴安徽省驷马山灌区的管理经验,实现水资源取、用、排、治全流程的动态监测与精准调控^[4]。

3. 完善应急保障机制

制定水资源应急保障预案,针对干旱、洪涝、水污染等突发事件建立快速响应机制,强化水资源安全保障对社会经济发展的兜底作用。

五、结论与展望

赣州市作为长江经济带重要节点城市,其水资源开发利用基础良好:供水基础设施完善、污水处理能力突出、生态环境支撑力强,水资源配置整体能够匹配社会经济发展的基本需求,但仍面临利用效率偏低、循环利用缺失、设施协调不足等问题。

未来,赣州需以“集约利用、循环发展、协调匹配、智慧管理”为核心,通过优化投资结构、补齐再生水利用短板、强化设施协同、筑牢生态基底等举措,推动水资源配置与社会经济发展深度耦合^[6]。基于水资源利用与经济发展协调评价方法,赣州若能实现人均用水量降低、再生水利用体系建成、供排水设施协调发展,其水资源配置效率将大幅提升,实现“水资源可持续利用-社会经济高质量发展-生态环境持续改善”的三重目标,不仅能支撑本地经济高质量发展,也可为长江经济带其他城市提供水资源优化配置的参考范式^[11]。

参考文献

[1] 吴丹,向筱茜. 中国水资源利用与经济发展协调评价可视化分析[J]. 人民珠江, 2022, 43(12): 82-91.
[2] 杨建军, 闫宏华, 杨文举, 等. 讨赖河流域水资源与社会经济发展的关系[J]. 农业技术与装备, 2024, (11): 35-37.
[3] 黄锋华, 谭超, 黄本胜, 等. 基于SWOT-AHP模型的广东省水经济发展策略研究[J]. 水利规划与设计, 2024, (11): 21-26.
[4] 李辉. 安徽省驷马山灌区水资源有效管理与区域经济可持续发展研究[J]. 中国科技投资, 2025, (01): 33-36.
[5] 孙俊, 赵晨军, 闫鸿远, 等. 水资源承载力与产业经济发展协调状况时空分异——以长江经济带110个城市为例[J]. 人民长江, 2025, 56(01): 1-8.DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2025.01.001.
[6] 董延军, 吴辉明, 林丽霞, 等. 新质生产力背景下水经济发展路径思考[J]. 中国水利, 2024, (19): 37-42.
[7] 焦土兴, 张智慧, 王安周, 等. 河南省水资源集约利用与经济高质量发展耦合协调研究[J]. 安阳师范学院学报, 2024, 26(05): 29-34.DOI: 10.16140/j.cnki.1671-5330.2024.05.022.
[8] 吴凤平, 黄蕊. 再生水投入与长江和黄河流域经济发展的互馈效应研究[J]. 水利经济, 2024, 42(05): 1-8.
[9] 许锴, 陈东景. 基于水足迹的水资源利用与经济高质量发展脱钩关系研究[J]. 水利经济, 2024, 42(05): 20-27.
[10] 周学磊. 加强水资源管理与利用策略[J]. 水上安全, 2024, (14): 109-111.

高分子材料应用过程中对环境的影响及保护对策

张保利¹, 王东²

1. 泰安佳路通工程材料有限公司, 山东 泰安 271000

2. 泰山区省庄镇人民政府, 山东 泰安 271000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060041

摘 要 : 高分子材料在现代社会中应用广泛, 其在环保水处理、医疗、包装、建筑、新能源等领域均有应用, 成为推动经济社会发展的重要基础材料。但是, 其在生产、使用、废弃的过程中极易产生有毒物质、有害气体等污染问题, 尤其白色污染、微塑料危害更是全球性环境难题。本文梳理高分子材料的应用现状, 深入分析其应用流程中对环境的负面影响, 并阐述生物降解、聚氨酯、生物基等环境友好型高分子材料的研发现状与现实局限性, 并从材料研发、工艺升级、政策生态建设、全民环保意识等方面提出针对性对策, 旨在为协调材料应用与环境保护的关系提供参考, 推动社会向绿色低碳循环方向发展。

关 键 词 : 高分子材料; 环境影响; 环境保护; 环境友好型材料; 可降解材料; 回收利用

Environmental Impacts of Polymer Materials During Application and Corresponding Protection Strategies

Zhang Baoli¹, Wang Dong²

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

2.People's Government of Shengzhuang Town, Taishan District, Tai'an, Shandong 271000

Abstract : Polymer materials are widely used in modern society, including environmental water treatment, medical treatment, packaging, construction, new energy and other fields, and have become important basic materials promoting economic and social development. However, during their production, application and disposal, they are prone to produce toxic substances, harmful gases and other pollutants. In particular, white pollution and microplastic hazards have become global environmental problems. This paper reviews the application status of polymer materials, deeply analyzes their negative environmental impacts in the whole application process, and discusses the R&D status and practical limitations of environmentally friendly polymer materials such as biodegradable materials, polyurethane and bio-based materials. Furthermore, targeted countermeasures are proposed from the perspectives of material research and development, process upgrading, policy and ecological construction, and public environmental awareness. It aims to provide a reference for coordinating the relationship between material application and environmental protection, and promote the development of society toward a green, low-carbon and circular mode.

Keywords : polymer materials; environmental impact; environmental protection; environmentally friendly materials; degradable materials; recycling

引言

高分子材料是分子质量极高的化合物为基础加工制成的材料, 其分子结构可灵活调控, 能根据实际需求赋予材料特定性能。因为其轻质、高强、易加工、耐腐蚀等优异特性, 已在环保、医疗、建筑等领域广泛应用。但是, 其广泛应用背后引发的环境问题也愈发凸显。我国作为全球高分子材料的生产和消费大国, 材料应用与生态保护的矛盾尤为突出, 基于此, 本文结合现有研究成果, 分析其环境影响, 探讨环境友好型材料的发展现状, 提出针对性的环境保护对策, 为化解这一发展矛盾提供思路。

一、高分子材料的应用现状

(一) 环保与水处理领域

高分子材料在环境保护相关设备与处理工艺中发挥着关键作用。在生物膜有机污水处理中, 常用到新型高分子填料。其通风

性好、性能稳定, 微生物可以附着其上。斜板沉淀池采用的塑料斜板, 具有板质轻、防腐蚀的优势, 可以增大沉淀面积, 提升沉淀效率。在污水处理和污泥处理中, 会用到复合高聚物絮凝剂, 其可以在不同行业产生的污水处理中应用^[1]。有机高聚物絮凝剂具有稳定性、架桥吸附能力强的优势, 形成质量大、易分离的絮状

物，在保护处理设备的同时，可实现高效固液分离。

（二）民生与工业领域

高分子材料在医疗领域的应用备受重视，这类材料具有优异的生物相容性、定制化和可塑化优势，多应用于人体植入物、药物缓释系统和生物组织工程。例如，由高分子材料制作成心脏瓣膜为心脏瓣膜疾病的治疗带来了新的选择，其比传统的机械瓣膜、生物瓣膜相比使用寿命更长、血液相容性更好，更有利于提高患者的治疗效果与生活质量。

聚氯乙烯（PVC）还是建筑工程领域常见的材料，主要用在管材、窗框和地板的制作上。聚碳酸酯（PC）因透光性和耐冲击性的特点，常被用于采光顶和防弹玻璃等部位^[2]。在高分子材料中加入阻燃剂、抗UV剂等添加剂，能让材料更符合建筑场景对安全、抗老化、耐久性的实际需求。

（三）新能源领域

在新能源产业快速发展的背景下，高分子材料在新能源汽车、储能系统、可再生能源转换中的应用不断深化，凭借定制化的性能优势，实现了多项应用技术的突破，推动新能源产业向高效、安全、低碳方向发展。

例如，在新能源汽车领域，碳纤维增强复合材料（CFRP）与聚酰胺66复合应用可以有效减轻车身重量，生物基聚氨酯泡沫用于车内饰制作，有助于降低碳排放量，符合汽车产业低碳发展的需求^[3]。凝胶高分子材料电解质（GPE）可以有效解决传统液态电解质漏液问题，改善低温环境下的失效问题；用蒙脱土改性聚乙烯制成的电池包防护层，阻燃性能达到UL94 V-0级标准，提升电池包的使用安全性。

二、高分子材料应用对环境的负面影响

（一）生产环节的环境污染

高分子材料加工为成品需经过多道生产工序，整个过程会对环境造成污染。聚氯乙烯（PVC）是化学建材市场的主流产品，其合成过程中使用的单体氯乙烯具有强毒性，长期接触可导致慢性中毒，大量吸入会引发急性中毒症状；加工过程中添加的大量有毒性添加剂具有致癌风险，即使是无毒添加剂也可能造成生物富集污染。部分高分子材料生产还存在挥发性有机化合物（VOCs）排放问题，如发泡聚氨酯生产应用中释放的VOCs会污染大气环境^[4]。

（二）使用过程的环境危害

高分子材料制品在使用过程中会释放有害物质，对环境和人体健康构成威胁。复合地板在使用中会释放游离甲醛，部分装修用高分子材料还会散发的有毒气体；密封材料与摩擦材料中含有的石棉，在使用过程中会逐渐释放，这不仅会对周边环境造成污染，还会危害人体健康^[5]。在特定使用场景下，高分子材料的性能衰减还会间接加剧环境压力。例如，聚乙烯醇缩丁醛树脂（PVB）在长期接触水或潮湿环境时，其性能会受到影响，导致PVB夹层玻璃出现气泡、脱胶等问题，如果其废弃后处理不当，会进一步扩大污染范围。

（三）废弃环节的环境压力

高分子材料废弃物已成为主要环境污染来源之一，如何对其进行无害化、资源化处理是当前值得深思的问题。例如，焚烧处理高分子材料时，含氯高分子如PVC会产生氯化氢气体，甚至生成二噁英等剧毒物质，这些有害气体和物质会通过大气沉降、雨水冲刷等途径，污染大气、水体和土壤^[6]。高分子材料制品在使用、废弃和分解过程中产生的微塑料，可通过河流冲刷、衣物洗涤等多种途径进入水体，渗透到食物链中，对水生生物、陆地生物乃至人类健康构成潜在威胁。

三、环境友好型高分子材料的研究与应用现状

（一）生物降解高分子材料

生物降解高分子材料在特定条件下可被微生物分解为水、二氧化碳和生物质等无害物质，对维护环境稳定和生态平衡具有积极作用。这类材料在包装、农业、医疗等领域应用前景广阔，如生物可降解农膜使用后可自然降解，医疗领域的可降解血管支架、缝线能在体内逐步吸收，减少二次手术需求^[7]。但目前生物降解高分子材料存在生产成本较高的问题，而且在强度、耐热性、耐水性等性能上不及传统材料，同时其降解效率还受温度、湿度及微生物条件的严格限制。

（二）聚氨酯材料（PU）

聚氨酯材料具有良好的耐热性、耐寒性和耐腐蚀性，在化工、建筑、石油、汽车等领域应用广泛，生产与发展过程中对环境影响相对较小。目前主要用于保温隔热和防水等方面，但发泡聚氨酯生产应用中会使用挥发性有机化合物（VOCs），对大气环境造成污染，使其应用范围受到一定限制^[8]。

（三）改性聚氯乙烯树脂（M-PVC）

通过添加增强材料、共混等改性方式，改性聚氯乙烯树脂的强度和韧性可以得到提升，同时具备优异的电绝缘性、耐老化性能和较高的机械强度。目前，成功应用于电子、电器、汽车、建筑、机械等行业。但由于改性剂的分散性、相容性等因素会影响材料性能稳定性，部分改性产品的性能表现不及未改性聚氯乙烯树脂，且生产难度较高，仍需进一步优化改进。

（四）生物基高分子材料

生物基高分子材料以植物纤维、淀粉、木质素等生物质资源为原料，生产过程中碳排放较低，且来源广泛、可再生。但目前生物基高分子材料生产成本比传统石化产物要高，木质素基芳族等生物基单体的规模化制备转化率较低，且需使用较多有机溶剂，与环境友好的初衷存在矛盾。

四、高分子材料应用的环境保护对策

（一）研发高性能环境友好型材料

加大生物降解高分子材料的研发投入，突破其现有的瓶颈。通过分子设计和结构调控，改善生物降解材料的强度、耐热性、耐水性，拓展其应用范围。优化聚乳酸（PLA）、聚羟基脂肪酸

酯（PHA）等材料的合成工艺，采用微生物发酵优化、基因工程改造等技术，降低原材料培育、采集和预处理成本。推进生物基原料的规模化应用，扩大木质纤维素、蓖麻油等生物质资源的利用范围，开发更多高性能生物基单体；加强无溶剂与催化高效合成工艺研发，推广光熔融本体聚合（PMBP）、超临界二氧化碳（ScCO₂）合成等绿色技术，减少挥发性物质排放，提高反应效率^[9]。

（二）推动绿色合成与生产工艺升级

对传统的合成工艺进行改良，优先选择环保可再生资源作为原材料，如 PVA 与玉米淀粉共混物可通过普通加工工艺实现完全分解，玉米淀粉转化的葡萄糖可进一步制作化工原料。推广反应-分离耦合工艺，可以有效缩短生产周期，降低能耗。严格控制生产过程中的污染物排放，加强对聚氯乙烯等有毒有害原材料合成与加工环节的环保监管，推广绿色催化剂和环保添加剂，替代有毒性添加剂^[10]。

（三）加强政策法规与产业生态建设

严格执行《中华人民共和国节约能源法》等现有法律法规，落实节能措施、资源利用率提升和污染物减排要求，推动可再生能源发展。制定针对性政策，限制一次性高分子材料制品的过度使用，通过征收消费税、出台使用限制规定等方式，引导公众减少一次性塑料袋、餐具等产品的消费。同时，加大对环保型高分子材料研发、绿色生产技术改造和回收利用产业的政策扶持力度，降低环境友好型材料的市场推广成本。

构建绿色化工产业生态，开展全生命周期碳足迹管理体系试点，利用区块链技术追溯高分子材料从生物质种植到回收的全流

程碳排放。加强国际合作，建立跨国界的回收网络和技术交流平台。

（四）提升全民环保意识

加强环境保护宣传教育，利用媒体、学校、社区等多种渠道，普及高分子材料污染危害及环保型材料知识，提高公众对白色污染、微塑料危害的认知，引导公众树立绿色消费理念。鼓励公众选择可降解、可回收的高分子材料制品，减少一次性产品使用，养成垃圾分类投放的良好习惯，从消费端减少高分子材料废弃物的产生量。

企业应主动承担环境社会责任，加强环保信息公开，向消费者宣传产品的环保属性、使用注意事项及回收方式，引导消费者正确使用和处置高分子材料制品；行业协会应发挥桥梁作用，组织企业开展环保技术交流与合作，推广先进的环保实践经验，推动全行业环保意识提升。

五、结语

高分子材料是现代社会不可或缺的基础材料，广泛应用于环保、医疗、新能源等诸多领域，为经济社会发展与生活品质提升提供了重要支撑。但其生产、使用及废弃环节带来的环境问题，已成为制约行业发展的关键瓶颈。当前环境友好型高分子材料虽取得一定进展，仍面临诸多挑战。这需要多方协同发力，通过技术创新、绿色工艺升级、强化政策引导与全民环保意识，构建全链条环保治理格局。

参考文献

[1] 格根宝乐尔. 生态修复技术在化工企业污染土壤治理中的应用 [J]. 化工安全与环境, 2024, 37(12): 91-93.
[2] 张智永, 宋晓明. 基于高分子材料合成与应用的绿色化工发展探讨 [J]. 现代盐化工, 2024, 51(03): 3-5.
[3] 宋晓明, 张智永. 高分子化工材料的应用现状及发展趋势 [J]. 现代盐化工, 2024, 51(02): 4-5+8.
[4] 刘金凤, 杨勇, 李永泉, 等. 木质素在合成可降解高分子材料中的应用研究进展 [J]. 工程塑料应用, 2024, 52(02): 175-180.
[5] 张成一. 新型生物可降解高分子材料的合成及应用 [J]. 石化技术, 2023, 30(12): 30-32.
[6] 张乃文. 化学高分子材料的再生利用与资源化研究 [J]. 塑料工业, 2023, 51(11): 196.
[7] 黄彬, 宋玉玉. 化学合成生物降解高分子材料探讨 [J]. 天津化工, 2023, 37(05): 22-24.
[8] 中国完善节能审查制度把好节能降碳“源头关”[J]. 化工时刊, 2023, 37(02): 29.
[9] 周浩, 赵柳, 侯旭. 高分子固体废弃物处理工艺的研究进展 [J]. 长春工业大学学报, 2022, 43(Z1): 573-580.
[10] 雷小梅. 高分子材料的应用对环境保护的影响 [J]. 山西化工, 2021, 41(06): 251-252+255.

退役光伏组件资源化利用关键技术及发展趋势研究综述

王艳妮, 王民杰, 胡永权, 陈延军, 祁忠琴

甘肃省建材科研设计院有限责任公司, 甘肃省绿色建筑技术重点实验室, 甘肃 兰州 730020

DOI: 10.61369/SSSD.2026060048

摘 要 : 退役光伏组件资源化利用是解决光伏产业可持续发展的重要途径。本文综合国内外文献, 系统分析了预处理、物理回收和化学回收三大关键技术的特点和未来技术发展的主要方向, 并提出相关建议, 以期为促进退役光伏产业健康发展提供思路。

关 键 词 : 退役光伏组件; 资源化利用

Review of Key Technologies and Development Trends for Resource Utilization of Discarded Photovoltaic Modules

Wang Yanni, Wang Minjie, Hu Yongquan, Chen Yanjun, Qi Zhongqin

Gansu Building Materials Design & Research Institute Co.Ltd, Lanzhou, Gansu 730020

Abstract : The resource utilization of retired photovoltaic modules is a crucial approach to achieving sustainable development in the photovoltaic industry. This paper systematically analyzes the characteristics and future technological directions of three key technologies—pretreatment, physical recycling, and chemical recycling—by synthesizing domestic and international literature. It also proposes relevant recommendations to provide insights for promoting the healthy development of the retired photovoltaic industry.

Keywords : discarded photovoltaic modules; resource utilization

引言

随着全球光伏装机规模持续扩大, 首批大规模安装的光伏组件将进入了退役高峰。退役组件若处置不当, 将造成资源浪费和环境风险。目前, 退役光伏组件资源化利用技术已成为研究热点。王敏等^[1]对退役组件解离技术进行了深入研究, 提出了新型热处理工艺。郭飞宏等^[2]系统分析了废旧组件回收路径, 为产业发展提供了技术支撑。Wang 等^[3]对晶硅光伏组件回收利用技术进行了系统评述, 指出智能化处理是未来发展方向。Khalifa 等^[4]通过动态物料流分析, 强调建立完整的循环经济体系的重要性。然而, 目前退役光伏组件资源化利用仍面临技术效率低、成本高、环境风险等问题。Curtis 等^[5]研究表明, 回收技术的经济性是制约产业发展的关键因素。因此, 系统研究退役光伏组件资源化利用关键技术, 探索高效低成本的处理方法, 对推动光伏产业可持续发展具有重要意义。本文将重点分析退役光伏组件资源化利用的技术路径, 系统总结处理关键技术, 并对未来发展趋势进行展望。

一、退役光伏组件资源化利用路径分析

退役光伏组件主要由铝边框、接线盒、光伏玻璃、EVA 胶膜、电池片和背板构成。其中玻璃占比最大 (65–75%), 铝边框约占 10–15%, 电池片含硅和银等高值材料。资源化利用路径包括

组件拆解、材料分离和资源回收三大环节。首先拆除铝边框和接线盒, 其次通过热解或机械方式分离压层结构, 最后对电池片进行深度处理提取银、硅等材料。

首先, 在铝边框及接线盒拆除阶段, 需要将光伏组件最外层的铝合金框架和接线盒进行拆解。这些部件具有较高的回收价

值，其中铝边框可直接进行金属回收利用，接线盒中的铜线等导电材料也可以实现资源再利用，回收价值约占组件回收总价值的20-25%^[6]。

其次，压层件解离是整个回收过程中最为关键的步骤。压层件主要由玻璃、EVA 胶膜、电池片和背板等多层材料复合而成。通过热处理、机械剥离等工艺，可以将这些材料逐层分离。其中，光伏玻璃约占组件总重量的65-75%，是回收利用的主要目标物质之一；电池片含有大量的硅材料和金属电极，具有较高的再生价值；背板则可作为工程塑料回收利用^[7]。

最后，在组分回收阶段，将分离出的电池片进行深度处理，可提取银和硅两种主要物质。其中，银的回收具有重要的经济价值，每块标准组件中约含有5-6克银，回收价值显著。硅料的回收则需要进行纯化处理，可作为再生硅料重新用于太阳能电池片的生产。

二、退役光伏组件资源化利用关键技术

（一）预处理技术

预处理包括完整性检测、铝边框拆解、接线盒剥离和表面清洗。完整性检测主要采用 EL（电致发光）检测、红外热成像等无损检测技术，对组件的破损情况、热斑分布等进行全面评估。

表 1 退役光伏组件预处理阶段损伤类型及处理方案

损伤类型	占比（%）	预处理方案	处理效率（片 / 小时）
裂纹损伤	40	机械剥离法	120-150
表面划痕	25	超声波清洗	100-120
层压分离	20	加热软化法	80-100
完好组件	15	标准拆解	150-180

铝边框拆解常用机械剥离法和加热软化法（180-200℃）。超声波清洗技术用于表面处理，清洗效率达99%。智能化控制系统可提升预处理效率20-30%，为后续工序提供高质量原料。

（二）物理回收技术

物理回收是实现压层结构分离的核心环节，主要包括热处理解层、机械分离、气流分选和振动筛分。热处理在450-500℃下使 EVA 胶膜分解，实现玻璃与电池片的初步分离，玻璃完整率可达95% 以上^[8]。机械破碎将物料粒度控制在2-5mm，分离效率85-90%。气流分选利用密度差异分离玻璃、硅料和背板，玻璃纯度可达93-96%^[9]。综合应用上述技术，年处理5000吨的生产线可回收玻璃3250-3500吨、硅料400-450吨、背板150-180吨。

表 2 退役光伏组件物理回收技术参数及效率分析

物理回收方法	处理温度（℃）	分离效率（%）	材料纯度（%）	能耗（kWh/t）
热处理解层	450-500	92-95	95-98	180-200
机械分离	常温	85-90	88-92	120-150
气流分选	常温	88-93	93-96	80-100
振动筛分	常温	90-95	94-97	60-80

（三）化学回收技术

化学回收技术主要针对电池片及其残余物进行化学提取和纯化，包括酸溶解、化学刻蚀、选择性沉淀和电解提纯等方法。硝酸溶解在40℃、8M 条件下处理2-3小时，银回收率达95-98%^[10]；电解提纯在2.5V、35℃条件下可将银纯度提升至99.99% 以上。

表 3 退役光伏组件化学回收工艺参数及效果分析

化学处理方法	工艺条件	回收率（%）	产品纯度（%）	处理时间（h）
硝酸溶解	40℃ ,8M	95-98	98-99	2-3
王水处理	60℃ ,3:1	97-99	99.5-99.9	1-2
氢氟酸刻蚀	25℃ ,4M	92-95	95-98	3-4
电解提纯	2.5V ,35℃	98-99	99.9-99.99	4-5

（四）高值化利用技术

高值化利用是对回收材料进行深加工，提升其经济价值。玻璃经熔融重构（1200℃）后透光率达91% 以上，可用于新型组件^[11]；硅料通过定向凝固提纯至6N 级，满足太阳能电池要求；银和铜经电解精炼后纯度达99.99% 和99.95%，可用于电子浆料和高端导线。以年处理10万片组件为例，深加工后玻璃附加值提升150-200%，硅料价值提升300-350%，金属材料增值180-220%。

表 4 退役光伏组件回收材料高值化利用途径分析

回收材料	提纯工艺	产品等级	应用领域	附加值（元 /kg）
光伏玻璃	熔融重构	一级品	新型组件	15-20
多晶硅	定向凝固	太阳能级	电池片	180-200
银材料	电解精炼	4N	电子工业	3500-4000
铜材料	火法精炼	1# 级	导线制造	45-55

三、发展趋势与展望

（一）技术发展趋势

退役光伏组件资源化利用技术正朝着智能化、绿色化和高值化方向快速发展。其中，智能化处理技术通过5G、物联网和人工智能等技术的深度融合，实现全流程自动化控制，生产效率提高50%；低碳技术包括常温解层、物理分离和绿色提取等新技术；高值化技术通过定向重构提升材料品质，全组分利用技术将整体回收率提升至98% 以上，残余物填埋量减少90%。

（二）政策建议

针对退役光伏组件资源化利用产业发展现状和技术发展趋势，主要提出一下建议：（1）完善法律法规体系，建立健全退役光伏组件回收处理的强制性要求。制定专项管理条例，明确生产者责任延伸制度，规范回收处理流程。建立组件全生命周期追溯制度，实现来源可查、去向可循。（2）加大财税政策支持力度，设立专项资金扶持退役组件处理企业发展。对规范化处理企业给予税收优惠，支持企业技术改造和设备升级。建立回收处理基金，用于补贴回收网络建设和处理设施建设。（3）强化技术创新支持，设立重点研发专项。支持企业、高校和科研院所联合攻

关,突破智能化处理、清洁回收、高值利用等关键技术。(4)建立健全标准体系,制定完善技术规范和产品标准。加快制定回收处理技术规范、再生产品质量标准、环保要求等标准,为产业发展提供技术支撑。

参考文献

[1] 王敏,胡中发,白冰,陈佩,王贵山,张乾生,薛渊,张一,王学斌. 退役晶硅光伏组件解离与资源化研究进展 [J]. 煤炭学报, 2024, 49(10): 4188-4202

[2] 郭飞宏,许贵军,徐文胜,李晨阳,姜小祥,张后虎. 废旧光伏组件回收路径及技术研究 [J]. 材料导报, 2024, 38(S01): 20-26

[3] Wang J, Feng Y, He Y. The research progress on recycling and resource utilization of waste crystalline silicon photovoltaic modules[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2024, 270: 112804.

[4] Khalifa S A, Mastrorocco B V, Au D D, et al. Dynamic material flow analysis of silicon photovoltaic modules to support a circular economy transition[J]. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2022, 30(7): 784-805.

[5] Curtis T L, Buchanan H, Smith L, et al. A circular economy for solar photovoltaic system materials: Drivers, barriers, enablers, and US policy considerations[R]. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2021.

[6] 王魁,李金惠,刘丽丽. 退役晶硅光伏组件中材料物质回收技术现状分析与建议 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2024, 55(6): 2117-2128

[7] 伍宏亮,李少航,刘欢,杨夯,刁红丽. 光伏产业典型污泥处置与资源化利用技术研究进展 [J]. 应用化工, 2023, 52(6): 1855-1859

[8] Tian X, Roose B, Stranks S D, et al. Periodic module rejuvenation provides early market entry for circular all-perovskite tandem photovoltaic technologies[J]. Energy & Environmental Science, 2023, 16(12): 5551-5567.

[9] 孔慧玲,顾卫华,彭圣娟,白建峰. 废旧光伏组件回收及高值化利用研究进展 [J]. 有色金属(冶炼部分), 2023(9): 22-29

[10] 余辉,陈志聪,郑巧,吴丽君,程树英,林培杰. 利用多层感知机和 I - V 特性的光伏组件建模方法 [J]. 福州大学学报(自然科学版), 2021, 49(3): 336-342

[11] Zhao G. Challenges and opportunities for recycling waste photovoltaic modules[J]. Civil Engineering and Energy-Environment Vol 1, 2023: 508-516.