

科学与社会 可持续发展

Scientific and Social Sustainable Development



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

(517 666 0904)

263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

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

Complimentary Copy



Editorial Board Member

Chenxi Liu
Beijing University Of Technology

Yuxin Song
Shanghai Customs College

Haifeng Su
Foshan Polytechnic

Liangliang Zhao
Shanghai Yuyinyang Sports Culture Co., Ltd.

科学与社会可持续发展

Scientific and Social Sustainable Development

半月刊

第2卷 第7期 2026年4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 | 工科背景下“生物化学”课程思政的融入实践
Practical Integration of Curriculum Ideological and Political Education in the Biochemistry Course Under the Engineering Background | 王燕
Wang Yan |
| 004 | 建筑暖通空调安装施工关键技术探讨
Discussion on Key Technologies of HVAC Installation and Construction in Buildings | 赵曦濠, 梁培安, 黄庆
Zhao Ximeng, Liang Peian, Huang Qing |
| 007 | 质量目标管理在建筑施工管理中的运用
Application of Quality Objective Management in Construction Management | 安守慧
An Shouhui |
| 010 | 自动化选矿技术的现状及展望
Current Status and Prospects of Automated Mineral Processing Technology | 陈海滔
Chen Haitao |
| 013 | 智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式研究
Research on the Construction Model of "Standardization + Technological Innovation" for Smart Mines | 邹龙峰, 谢永磊, 张逸
Zou Longfeng, Xie Yonglei, Zhang Yi |
| 016 | 端勾钢纤维与水泥基材料粘结性能变参数试验研究
Experimental Study on the Bonding Performance of End-Hooked Steel Fibers with Cement-Based Materials under Variable Parameters | 傅振洋
Fu Zhenyang |
| 020 | 氮掺杂分级多孔碳纳米球的制备及在超级电容器中的应用
Preparation of Nitrogen-doped Hierarchical Porous Carbon Nanospheres and Their Application in Supercapacitors | 董哲, 张明, 叶妍璐, 高宇泽, 刘琦琦, 王丹丹, 弭侃, 聂红娇
Dong Zhe, Zhang Ming, Ye Yanlu, Gao Yuze, Liu Qiqi, Wang Dandan, Mi Kan, Nie Hongjiao |
| 024 | 数字化转型与企业绿色技术创新研究综述
Research Review on Digital Transformation and Corporate Green Technology Innovation | 唐琳玉
Tang Linyu |
| 027 | 汽车绿色制造背景下流化床反应器升流区与降流区面积比对流场的影响
Effect of Upflow to Downflow Zone Area Ratio on Flow Field in a Fluidized-Bed Reactor Under the Background of Green Automotive Manufacturing | 张毅
Zhang Yi |
| 030 | 花岗岩热-液氮冲击作用下I/II复合型断裂行为研究
Study on the I/II Mixed Mode Fracture Behavior of Granite under Thermal-Hydrothermal Nitrogen Shock Loading | 罗宇晴
Luo Yuqing |
| 033 | 地铁电客车均衡维修模式的实践探究
Practical Exploration of the Equalized Maintenance Mode for Metro Electric Multiple Units (EMUs) | 陈孚望, 刘媛
Chen Fuwang, Liu Yuan |
| 036 | 船舶用涂层仿生减阻性能检测探索及应用研究
Exploration and Application Research on Bionic Drag Reduction Performance Testing of Coatings for Ships | 刘桃凤, 封俊
Liu Taofeng, Feng Jun |
| 039 | 智能仪器仪表技术的运用及发展探析
Analysis on the Application and Development of Intelligent Instrument and Meter Technology | 张志国
Zhang Zhiguo |

可持续发展教育 | EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

042	人工智能赋能高校物流与供应链管理教学模式创新探索 Exploring Innovative Teaching Models for Logistics and Supply Chain Management in Universities with the Support of Artificial Intelligence	杨佳, 林秋风, 范兴琪 Yang Jia, Lin Qiufeng, Fan Xingqi
045	数字化转型背景下核电企业员工培训模式创新研究 Research on the Innovation of Employee Training Models in Nuclear Power Enterprises Under the Background of Digital Transformation	张鲁峰 Zhang Lufeng
048	基于多维度协同治理视角下大学生宿舍矛盾调解机制研究 Research on College Students' Dormitory Conflict Mediation Mechanism from the Perspective of Multi-Dimensional Collaborative Governance	崔铭君, 杨烽巍 Cui Mingjun, Yang Fengwei
051	器械普拉提训练干预青少年篮球运动员动作稳定性的生理机制探讨 Exploration of the Physiological Mechanisms of Equipment Pilates Training Intervention on the Motor Stability of Adolescent Basketball Players	王泽纬, 李丹 Wang Zewei, Li Dan
054	教学关键要素改革背景下职教高考与中高职贯通的融合发展研究 Research on Integrated Development of Vocational College Entrance Examination and Secondary-Higher-Vocational Undergraduate Connection Under the Background of Reform in Key Teaching Elements	郝雷刚, 齐敬英, 庞俊霞, 李俊勇, 孙瑞翔, 李娇 Hao Leigang, Qi Jingying, Pang Junxia, Li Junyong, Sun Ruixiang, Li Jiao
057	损失违约与迟延履行: 二元违约赔偿功能体系的法理构造与司法适用 Legal Structure and Judicial Application of the Dual Default Compensation System: Damages for Breach of Contract and Delay Guarantee	高健伟, 祖德伟, 刘晨阳, 牟晓宇 Gao Jianwei, Zu Dewei, Liu Chenyang, Mou Xiaoyu
060	大数据环境下会计信息预测功能增强研究 —— 以建筑施工企业为例 Research on the Enhancement of Accounting Information Prediction Function in the Big Data Environment: A Case Study of Construction Enterprises	潘琴, 彭静, 段一萍, 智绪金, 罗灿 Pan Qin, Peng Jing, Duan Yiping, Zhi Xujin, Luo Can
063	潮州市茶文化六步调解法的产生背景、形成过程与未来发展解析 Analysis on the Background, Formation Process and Future Development of the Six Step Mediation Method of Chaozhou Tea Culture	余创林 Yu Chuanglin

可持续发展理论 | SUSTAINABLE DEVELOPMENT THEORY

066	多维度浅谈国际战略传播 A Multi-Dimensional Discussion on International Strategic Communication	禹明坤 Yu Mingkun
069	人工智能时代数字政府建设的现实困境及优化路径 Practical Dilemmas and Optimization Paths of Digital Government Construction in the Artificial Intelligence Era	邸菁 Di Jing
072	工程造价结算审核中的问题与对策分析 Analysis of Problems and Countermeasures in Engineering Cost Settlement Audit	梁梦婷 Liang Mengting
075	城镇燃气行业人工智能应用对策分析 Analysis of Artificial Intelligence Application Countermeasures in the Urban Gas Industry	李爽 Li Shuang
078	绿色建筑工程造价影响因素及控制策略研究 Research on Influencing Factors and Control Strategies of Green Building Engineering Cost	安守慧 An Shouhui
081	数字化转型背景下 AI 对医院内部控制模式的重塑研究 Research on the Reshaping of Hospital Internal Control Modes by AI Under the Background of Digital Transformation	周磊 Zhou Lei
084	低空经济中的测绘地理信息服务实践 Practice of Surveying, Mapping and Geospatial Information Services in the Low-Altitude Economy	周洁 Zhou Jie
087	地方传统都市报大型国际赛事报道的实践特征与优化路径 —— 以《柳州晚报》《南国今报》巴黎奥运会报道为例 Practical Characteristics and Optimization Paths of Large-Scale International Event Reports by Local Traditional Urban Newspapers — A Case Study of Paris Olympic Games Reports in Liuzhou Evening News and Nanguo Daily News	李明祖 Li Mingzu
090	《新神榜：杨戬》：影游融合的创作路径探析 New Gods: Yang Jian: An Analysis of the Creation Path of Film - Game Integration	赵慧宇 Zhao Huiyu
093	加氢站建设的影响因素分析 —— 以日本为例 Analysis of Factors Influencing the Construction of Hydrogen Refueling Stations A Case Study of Japan	张宸凯, 白井, 信雄 Zhang Chenkai, Bai Jing, Xin Xiong
096	中国—东盟自由贸易区建设视域下跨境旅游教育合作现状与发展路径 Current Situation and Development Path of Cross-Border Tourism Education Cooperation from the Perspective of China-ASEAN Free Trade Area Construction	陈邦瑜, 杨琼 Chen Bangyu, Yang Qiong
099	基于 HRP 系统的综合公立医院多院区考勤管理探讨 Discussion on the Comprehensive Attendance Management of Multi-Location Public Hospitals Based on the HRP System	石雨诗, 曾博莘 Shi Yushi, Zeng Boxin
102	人口迁移背景下的那达慕赛事的城际传播研究 —— 以长春市为例 Research on Inter-city Communication of Nadam Competitions in the Context of Population Migration: A Case Study of Changchun City	欧尼贡 Ounigong

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

105	园林景观设计中花卉植物的色彩配置与应用研究 Research on the Color Configuration and Application of Flowering Plants in Landscape Design	丁锡峰 Ding Xifeng
-----	--	--------------------

108	化工工程工艺中的绿色化工技术研究 Research on Green Chemical Technology in Chemical Engineering and Processes	刘娟, 王健 Liu Juan, Wang Jian
111	乡村振兴背景下田园综合体的发展建设——以普宁市占陇镇下寨村为例 Development and Construction of Idyllic Complex Under the Background of Rural Revitalization —A Case Study of Xiazhai Village, Zhanlong Town, Puning City	雷锦桐, 李敏洁, 许北祈, 彭莹莹, 黄琬琴 Lei Jintong, Li Minjie, Xu Beiqi, Peng Yingying, Huang Wanqin
114	现代风景园林工程中立体绿化施工技术探讨 Discussion on Three-Dimensional Greening Construction Technology in Modern Landscape Engineering	刘茜 Liu Qian
117	协同视角下农村自然灾害防治能力提升研究 Research on Improving Rural Natural Disaster Prevention and Control Capabilities from a Collaborative Perspective	曹明杰, 王雨涵 Cao Mingjie, Wang Yuhuan
120	信息技术在大气环境监测工作中的应用路径研究 Research on the Application Paths of Information Technology in Atmospheric Environment Monitoring	韦敏炎 Wei Minyan
123	大巷掘进穿越大水沟保护煤柱区的可行性与安全控制研究 Feasibility and Safety Control of Main Roadway Excavation Crossing the Protective Coal Pillar Zone of Dashuigou Surface Water Body	张孝福, 兰天伟, 路凯翔, 张志佳 Zhang Xiaofu, Lan Tianwei, Lu Kaixiang, Zhang Zhijia
127	植物资源规划和管理中新质生产力的综合应用策略——以上海长兴岛郊野公园为例 Comprehensive Application Strategies of New-Quality Productivity in Plant Resource Planning and Management — A Case Study of Shanghai Changxing Island Country Park	周亮 Zhou Liang
130	生物质气化炉元素转化规律与热值分析研究 Study on Element Transformation Law and Calorific Value Analysis of Biomass Gasifiers	张晓光, 穆安勤, 穆富杰, 王傲天, 李雪 Zhang Xiaoguang, Mu Anqin, Mu Fujie, Wang Aotian, Li Xue
134	长沙世界旅游目的地建设的文旅融合路径 The Cultural and Tourism Integration Path of Changsha World Tourism Destination Construction	王春梅, 黄帆 Wang Chunmei, Huang fan
137	玉米芯生物炭吸附亚甲基蓝的特性研究 Study on Adsorption Characteristics of Methylene Blue from Corn Cob Biochar	王雨蝶, 廖东铭, 许春雨, 王彤彤, 鞠祯郅, 王玺尧, 宋紫萱, 谭珍珍 Wang Yudie, Liao Dongming, Xu Chunyu, Wang Tongtong, Ju Zhenzhi, Wang Xiyao, Song Zixuan, Tan Zhenzhen

工科背景下“生物化学”课程思政的融入实践

王燕

齐齐哈尔大学食品与生物工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006

DOI: 10.61369/SSSD.2026070004

摘 要 : 随着教育改革的深入实施,“生物化学”课程应与时俱进,以工科为背景,注重思政融入,以期在培养学生专业知识和技能的同时,不断提高其职业素养和道德修养。本文对工科背景下“生物化学”课程思政的融入实践进行了重点探究,以期能够为“生物化学”课程教师提供有益参考和借鉴。

关 键 词 : 工科背景;“生物化学”课程;思政;融入实践

Practical Integration of Curriculum Ideological and Political Education in the Biochemistry Course Under the Engineering Background

Wang Yan

School of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006

Abstract : With the in-depth implementation of education reform, the Biochemistry course should keep pace with the times. Under the engineering background, it should focus on the integration of Curriculum Ideological and Political Education (CIPE), aiming to continuously improve students' professional quality and moral cultivation while cultivating their professional knowledge and skills. This paper focuses on exploring the practical integration of Curriculum Ideological and Political Education in the Biochemistry course under the engineering background, hoping to provide useful reference for teachers of the Biochemistry course.

Keywords : engineering background; Biochemistry course; curriculum ideological and political education (CIPE); practical integration

“生物化学”属于工科专业的一门核心基础课程,主要研究生命现象化学本质,包含蛋白质、酶等核心内容。随着高等教育教学改革的深入实施,课程思政已成为其重要方向。以工科为背景,加强课程思政融入,已成为众多教师关注的焦点^[1]。在传统生物化学课堂中,教师重知识传授,轻视价值引领,导致学生在学习时,只能领悟其中的科学精神,未能将它和社会责任联系起来。本文对生物化学课程思政的融入实践进行了重点探究,以期在进行知识传授的同时,开展价值教育,并注重二者之间的协同效应,借助对教学内容的合理设计,把思政元素潜移默化地传递给学生,以培养新时代工程人才^[2]。

一、工科生物化学课程思政的建设基础

(一) 课程内容蕴含丰富的思政资源

生物化学课程内容和人类生活、社会发展具有千丝万缕的联系。如蛋白质结构和功能的关系,体现出二者相统一的哲学思想。而酶的高效催化作用,则揭示出自然界的调控机制。相互协调的代谢途径,反映出生命系统整体性、平衡性特征。从思政视角进行分析,发现这些知识点本身蕴含着辩证唯物主义的世界观。教师不应只单纯地讲解知识点,而是要注重对学生的引导,使其在认识自然界的同时,能够掌握其中的自然规律,从而形成科学的思维方式^[3]。

此外,生物化学发展史也是一项极为宝贵的思政资源。巴斯德否定自然发生说,体现了严谨求实的科学态度。Krebs发现三羧酸循环,则展现出坚持不懈的探索精神……这些都为爱国主义教育

育提供了丰富的素材。通过对这些知识的学习,有利于培养学生的科学精神和家国情怀。“生物化学”课程教师在教学时,应正确看待课程思政,其既不是额外添加的内容,也不是新增的负担,通过对这些资源的充分挖掘和利用,有利于解决重知识传授、轻价值引领的问题,让二者同步发生。总之,教师唯有深刻理解思政价值,才会有主动融入的意愿,也才能在教学中自然呈现。值得注意的是,呈现时不用刻意为之,而是要伴随着知识讲解徐徐展开,从而转变学生固有认知,让他们感受到思政不再是单纯说教。可以说,挖掘课程思政资源为工科背景下“生物化学”课程思政的融入实践奠定了坚实基础^[4]。

(二) 工科人才培养需要价值引领

工科学生的就业方向为工程技术相关工作,其职业活动和社会发展与人民福祉息息相关。随着科技的进步,生物化学知识的应用范围越来越广泛,在食品、医药等领域都能见到其身影^[5]。在

项目信息:

黑龙江省教学改革重点项目《新工科背景下食品生物化学课程思政教学改革》SJGZ20220111;

黑龙江省科技成果转化落地模式的构建(23GJYBJ17)。

这些领域的工程实践应遵循伦理规范。如基因工程在改良物种的同时,也可能会带来生态方面的风险。生物制药过程包含动物实验、临床试验。食品添加剂直接关系公众的健康安全。工科人才除精通专业知识之外,还应具备正确的价值观念,对技术应用应承担的社会责任了然于心,同时,具备工科理论意识,在面对复杂情境时,能够做出合理判断。基于此,生物化学课程应主动作为,承担起价值引领这一职责。教师可借助课程思政来培养学生科学观与职业观,让他们明白科学研究的意义是服务人类,促进人类进步,而工程技术则能造福社会^[6]。

二、工科生物化学课程思政的融入路径

(一) 课堂讲授中的自然融入

课程思政的顺利实施离不开课堂讲授。教师在课堂中讲解专业知识的时候,可在适当位置引入思政元素。如在讲解蛋白质结构和功能关系的时候,可自然引入蛋白质工程的社会应用,如蛋白质结构除可开发新药用于治疗疾病之外,还能用在工业用酶方面,有利于提高生产效率。这样的教学设计有利于转变学生理念,使其深刻意识到这些应用的价值,在服务人类健康和社会发展的同时,也能对科研工作社会价值具有一个全面、客观的认知。在讲解酶的作用机理的时候,也可从其广泛应用入手。如我国的传统酿造工艺便是利用了酶的催化作用,无论是酿酒、制酱还是发面都需要酶。从历史作为切入点进行讲解,有利于学生走进祖先,了解其智慧,感受中华饮食文化的历史悠久和博大精深,提高其文化自信。在讲解代谢调控的时候,教师应引导学生走进生命系统了解其精妙平衡,有助于转变学生对自然界的认知,使其深刻体会其和谐统一,是帮助学生形成科学价值观的重要途径^[7]。

讲授时,教师应注意融入自然性。即在融入的时候,不能单纯说教,而是要寻找知识和价值二者之间的结合点^[8]。如在讲解糖代谢的时候,教师可向学生介绍我国科学家在胰岛素合成方面做出的杰出贡献,即标志着我国在生物化学领域达到了世界先进水平。这项成果的诞生经历了种种磨难,艰苦的科研条件并没有吓退科学家,其凭借一腔爱国热忱克服了艰难万险,科学家身上为国争光这一奋斗精神时至今日仍然闪耀着璀璨的光芒。教师在讲解核酸结构与功能这部分内容时,可向学生介绍人类基因组计划的国际合作。在该合作中,我国的科学家也承担了一些测序任务,为人类了解自身做出了杰出贡献^[9]。这样的讲解方式,有利于培养学生的爱国意识,增强其投身科学事业的使命感。教师在讲解时,注重自然融入,从而在进行知识传授的同时,也能完成价值引导,更有利于学生接受,长此以往,对培养学生良好的思考习惯大有裨益,使他们能够从价值视角分析专业知识。

(二) 专题研讨中的价值辨析

课程思政的深化需注重专题研讨。在实际教学中,教师可基于特定主题开展专题研讨活动。在选择研讨主题时,教师要考虑的内容众多,如和课程内容是否具有强关联,是否结合了学生的兴趣和认知水平。如基于基因编辑技术,教师可从技术原理设

置、社会影响两个层面出发来组织学生进行研讨^[10]。在实际教学中,教师可采用小组合作学习教学法,将学生分为若干小组,让他们分组查阅资料,准备发言内容,并在课堂上阐述自己的观点。有的小组关注点为:基因治疗带来的医学突破,有的小组则关注其可能带来的伦理危机。对于学生的不同观点,教师应注重引导,以帮助他们形成全面认知。通过研讨,加深学生对于该技术的理解,锻炼其辩证思维能力,让科技向善这一价值观念真正进驻学生心田。

专题研讨的成功,离不开教师的精心设计与组织有方。研讨前,教师可为学生提供丰富的参考资料,以帮助学生形成初步认知。研讨中,教师应营造适宜的交流氛围,鼓励学生畅所欲言。研讨后,教师要做的就是及时进行总结提炼,帮助学生达成共识。基于合成生物学发展,教师设置的研讨方向为:技术创新、生态安全。如针对生态安全方面,教师可引导学生分析合成微生物可能会造成的环境风险,分析解决对策,如建立监管机制。有的学生持乐观态度,认为人类能够有效控制技术风险,有的学生则不这样认为,提出应进行更多研究和努力,以保障安全。在此过程中,教师引导学生认识到风险防控重要性的同时,也应关注科技创新,并注重二者的同步推进。为了实现上述目标,需要工程技术人员转变理念,勇担双重责任。此外,专题研讨价值还体现在让学生通过思维碰撞,形成自己的认知判断,并借助对知识的主动建构,筑牢其价值观。

(三) 实践环节中的体验感悟

课程思政的实施可将实践教学作为重要阵地。其中生物化学实验课在锻炼学生操作技能,培养他们科学态度与责任意识方面发挥着重要作用。在实验中,需要学生严格遵守操作规范,这也是职业素养的基本要求。所谓的操作规范指的是准确使用移液器、精确配制试剂、规范操作仪器等。教师在教学中,应引导学生注意细节,因为细节决定成败。教师对学生的严格要求,有利于帮助他们养成良好的习惯,培养其严谨、精益求精的科学态度。对于实验当中出现的误差,不应简单放过,而是要认真分析,归纳其背后原因。分析归纳原因、反思操作步骤就,探寻问题根源,这一过程有效锻炼了学生批判性思维。实验失败之后还需重新尝试,直至实验成功,这一过程有利于锻炼学生的意志品质。总之,科研之路并不是一帆风顺的,而是充满挫折和艰辛,唯有坚持不懈,才能最终取得胜利。教师基于实验经历向学生讲述国内外科学家的奋斗故事,能够引发学生的情感共鸣,使其更能体会科学探索之艰辛和乐趣。

此外,也可以从课后实践入手,拓展课程思政。在实际教学中,教师可组织学生以小组形式查阅我国生物技术的发展相关资料。有的小组查阅到了我国工业用酶方面的成就,有的小组查阅的是发酵工程领域,了解到我国的氨基酸、维生素产量位于世界第一。学生自主查阅,了解这些突出成就,有利于培养其专业自信,提高他们的民族自豪感。在此过程中,教师还应鼓励学生多关注生物技术社会热点。如基因治疗最近取得突破,有利于造福罕见病患者。教师引导学生阅读新闻报道,思考科技和社会伦理之间的关系,能够帮助他们形成关注社会、关心民生的良好习

惯。在此外，教师还可组织学生走进生物技术企业、科研院所进行参观学习，通过参观实验室、生产车间，有利于学生了解科技工作者工作状态，感受其精神风貌。此外，科研人员的工作态度，技术成果的艰辛落地，也给予了学生深刻印象。这些实践活动能够把学生课堂所学的知识和社会现实串联起来，让学生边感悟、边体验、边成长，有利于提高课程思政效果，培养学生职业认同感和社会责任感。

三、结语

总之，工科背景下生物化学课程思政属于一项系统工程。想要该工程顺利实施，需要教师深挖课程当中的思政元素，把科学精神、工程伦理等自然融入教学。课堂讲授、专题研讨等属于有效融入通道，它们之间的相互配合，有利于形成强大的育人合力。

参考文献

- [1] 马陆亭. 新工科、新医科、新农科、新文科—从教育理念到范式变革. 中国高等教育, 2022(12):9-11
- [2] 余婷, 江鹏, 赖祖卉, 等. 生物化学课程思政教学改革探索与实践. 安徽农业科学, 2022, 50(14):273-276
- [3] 谭伟, 王雪山, 李伟, 等. 工程教育专业认证背景下《食品生物化学》的教学改革初探 [J]. 山东化工, 2021, 50 (2) :219-220.
- [4] 刘元法, 傅莉莉. 食品科学与工程类课程思政案例指南 [M]. 北京: 科学出版社, 2023:26-28t.
- [5] 王聪睿, 赵春澎, 杨赟, 等. 课程思政在生物化学课程教学中的实践探索. 浙江医学教育, 2023, 22(2):85-89.
- [6] 全国高校思想政治工作会议召开. 中国高等教育, 2017(20):45-47.
- [7] 张云茹, 张彩琴, 余瑛. 立德树人背景下生物化学课程思政的研究与实践. 科学咨询 (科技 · 管理), 2023, 24(4):208-210.
- [8] 魏曼曼, 梁成伟, 王秀丹, 等. 新工科背景下基于 OBE 理念的生物化学教学模式的改革与创新 [J]. 生命的化学, 2023, 43 (2) : 311-316.
- [9] 廖阳, 李常健, 袁志辉, 等. 生物类专业基础课生物化学课程思政教育探索与创新. 微生物学通报, 2022, 49(4):1415-1425.
- [10] 张雪燕, 姚海燕, 张哲文, 等. 基于 OBE 教育理念的生物化学实验教学研究与实践. 生命的化学, 2023, 43(5):780-785.

建筑暖通空调安装施工关键技术探讨

赵曦濛, 梁培安, 黄庆

中国移动通信集团广东有限公司东莞分公司, 广东 东莞 523878

DOI: 10.61369/SSSD.2026070012

摘 要 : 伴随现代建筑向着大型化、复杂化、智能化的方向不断发展, 暖通空调 (HVAC) 系统是保证建筑室内环境舒适、健康、节能的重要环节, 暖通空调系统安装施工质量的好坏直接影响着系统最终的性能、运行效率和使用寿命。本文以建筑暖通空调安装施工为研究对象, 对它的施工过程中的突出特点进行系统分析, 即多专业交叉施工、质量要求高、空间狭窄、环境敏感等。在此基础上重点研究了管道布局 and 连接技术、设备安装和调试技术两个主要的技术, 对 BIM 技术辅助管道综合排布、管道支吊架科学设置、焊接与法兰连接工艺要点、设备减震处理、精准就位找平、电气接线与系统联合调试等主要的 content 进行了详细的阐述。提出了采用制定标准化施工工艺手册、分阶段验收两个方面的应用策略来规范施工行为, 加强过程质量控制的方法。

关 键 词 : 暖通空调; 安装施工; 施工技术

Discussion on Key Technologies of HVAC Installation and Construction in Buildings

Zhao Ximeng, Liang Peian, Huang Qing

China Mobile Group Guangdong Co., Ltd. Dongguan Branch, Dongguan, Guangdong 523878

Abstract : With the continuous development of modern buildings towards large-scale, complex, and intelligent directions, the Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) system has become an important link to ensure a comfortable, healthy, and energy-efficient indoor environment of buildings. The quality of HVAC system installation and construction directly affects the final performance, operating efficiency, and service life of the system. This paper takes the installation and construction of building HVAC as the research object, and systematically analyzes the prominent characteristics in its construction process, namely multi-professional interdisciplinary construction, high quality requirements, narrow space, and environmental sensitivity. On this basis, it focuses on researching two main technologies: pipeline layout and connection technology, and equipment installation and commissioning technology. It elaborates in detail on the main contents such as BIM technology-assisted comprehensive pipeline arrangement, scientific setting of pipeline supports and hangers, key points of welding and flange connection processes, equipment shock absorption treatment, precise positioning and leveling, electrical wiring, and system joint commissioning. Finally, it proposes application strategies from two aspects—formulating standardized construction process manuals and phased acceptance—to standardize construction behaviors and strengthen process quality control.

Keywords : HVAC; installation and construction; construction technology

引言

建筑暖通空调系统是保证建筑内适宜的温湿度、良好的空气品质、提高人居环境舒适度的主要机电系统。其复杂性表现在系统的设计中, 在整个安装施工过程中也表现出来。安装施工是把设计图纸变成实物的过程, 施工质量的好坏直接影响到系统能否达到设计预期的功能要求, 也关系到系统制冷制热效果的好坏、噪声振动水平的高低、能源消耗效率的高低、长期运行可靠稳定的程度。目前建筑功能越来越复杂, 空间结构也变得千差万别, 给暖通空调系统的方案设计以及施工带来了更高的要求。另外, 绿色建筑、健康建筑理念的推广, 节能减排政策的强力推进, 使得暖通空调系统不能只顾求效率, 还要追求环保。但是, 在实际的施工过程中由于专业交叉多、空间冲突多、工艺要求高、管理链条长等原因常常会出现管道布置不合理、设备安装不准确、调试运行不到位等问题, 造成系统能效低、故障多、用户体验差、严重浪费能源和经济损失等不良后果。因此, 对建筑暖通空调安装施工的关键技术进行深入的研究, 全面剖析其技术要点及应用保障措施, 对规范施工程序、保证工程质量、提高系统综合性能有着十分重要的现实意义。

一、建筑暖通空调安装施工特点

多专业深度交叉、协同的难度大。暖通空调系统同建筑结构、给排水、电气、消防、智能化等各个系统有着密切联系。管道（风管、水管）、纵横交错，设备（主机、水泵、空调机组）要占据一定的空间，经常和结构梁柱、电气桥架、消防管道等产生空间位置的冲突。施工前应做全方面综合管线设计（用 BIM 软件），施工期间要同土建及其他机电专业紧密配合，按顺序进行，任何一个方面的变更或延误都会产生连锁反应^[1]。

施工质量对系统性能的影响是隐蔽的、决定性的。很多施工质量缺陷会在系统运行之前就很难被察觉到。风管漏风、水管保温不到位、设备减震措施失效、管道内部清洁度不够、系统水力平衡调整不合理等现象，在系统投入使用之后才会通过能耗增大、效果不好、噪声超标、设备损坏等形式表现出来^[2]。隐蔽工程质量好坏直接影响到系统能效比、稳定性、寿命。

受建筑空间和结构的限制很大。现代建筑，尤其是高层和商业综合体，设备层、管道井、吊顶空间资源很紧张。暖通空调系统大尺寸风管、水管、大型设备如何在保证建筑净高、使用功能、美观的前提下进行合理的规划、布置设备就位，是施工规划及深化设计阶段必须面对的难题。空间限制给施工顺序、工艺方法和机具的选择带来特别的限制。

系统对于环境以及能源的反应。施工过程中的一举一动都会对系统未来环保、节能效果产生影响。制冷剂泄漏控制、保温材料完整性及环保性、高效设备正确安装、水力系统精准平衡、自动控制传感器准确布置等等，都会同建筑的绿色评级以及运行成本存在直接联系。施工阶段为贯彻设计节能的全过程^[3]。

调试和试运行属于必不可少的部分。暖通空调安装完成并不等于工程结束，它只是整个工程的一个阶段，只有经过调试合格才能进入下一个阶段^[4]。复杂的系统联合调试、性能测试（风量平衡、水温差测试、机组效率测试），试运行期不短，是检验安装质量、达到设计功能的最后一步。调试水平的好坏直接影响到系统由“能运行”到“优化运行”的转变。

二、建筑暖通空调安装施工的关键技术与应用

（一）关键技术

1. 管道布局与连接技术

管道系统是暖通空调的循环血循与吸尘装置，质量好坏直接影响暖通系统的工作效果。

基于 BIM 的管道综合布置技术，在施工之前利用建筑信息模型（BIM）进行三维深化设计，是解决空间冲突、优化路由的主要技术。使用碰撞检测的方法对管道之间的干涉、管道和结构之间出现的干涉等进行检测^[5]。根据模型开展综合支吊架的设计工作，使管道共架安装实现多专业共架施工，使空间得到充分利用，保证布局合理、整齐美观，给出准确的加工预制图，推动工厂化预制，提高现场安装速度和质量。

支吊架设置技术，支吊架选型、间距、固定方式直接决定管

道稳定性、减振降噪效果。严格按照规范计算荷载，选择合适的类型（刚性、抗震、弹簧减震等）。安装位置不能靠近焊缝、法兰等连接件，固定在承重结构上^[6]。冷热介质管道应设滑动支座或者导向支座，使管道自由伸缩。抗震设防地区要使用经过认证的抗震支吊架。

管道连接技术：

焊接连接（主要是用在钢管上）是保证管道强度和密封性的主要方法。需持证焊工操作，按管材、壁厚选择合适的坡口形式和焊接工艺参数。焊接完成后要对焊接质量做外观检查以及无损检测，例如 X 光或者超声波探伤等，保证没有夹渣、气孔、未焊透等缺陷。对空调水系统，焊后必须做严格的管道冲洗，清除焊渣等杂物^[7]。

法兰和螺纹连接采用合格的垫片，螺栓对角均匀拧紧，保证密封面平行接触。螺纹连接应选用合适的密封材料（生料带、麻丝铅油等），拧紧力矩要控制好，不能将螺纹拧断或者造成泄漏。风管法兰连接用的垫料应该选择不透气、具有弹性的材料，连接螺栓的间距应符合规范。

风管咬口及密封技术风管的咬口要平整、严密，宽度一致。薄钢板法兰连接、插条连接等新的工艺都要按照有关规范实施^[8]。风管所有接缝、法兰连接处均要使用专用密封胶密封，这是降低系统漏风率、保证送风效果的重要措施。

2. 设备安装与调试技术

设备是系统的“心脏”“器官”，设备安装精度影响设备运行效率及使用寿命。

设备基础和减震处理技术设备基础要尺寸准确，强度足够，表面平整。对冷水机组、水泵、风机、冷却塔等运转设备进行减震安装是非常关键的^[9]。根据设备重量、转速和建筑结构特点来科学地选型使用弹簧减震器、橡胶减震垫或者惰性块等减震装置。安装时要保证减震器受力均匀，水平度符合要求，防止出现虚脚，保证有效的隔声。

设备就位及找平找正的技术要求为大型设备安装时应编制专项吊装方案。设备就位后，必须用精度高的水平仪进行精确找平。冷水机组、水泵轴向、横向水平度偏差严格限制，一般每米长度不大于 0.1mm。电机和泵之间的联轴器要精准对中，即径向、轴向的偏差要在允许范围内，这是防止设备出现异常振动、轴承损坏的重要工序。

设备配管、电气接线技术中设备进出口管道应设独立的支吊架，不能把管道重量直接作用在设备接口上。与设备相连接的管道宜用柔性短管（橡胶软接头、金属软管）来补偿位移、隔振。电气接线必须由专业的电工进行，保证电源电压、频率与设备相适应，接线牢固可靠，接地保护装置完好，电动机绝缘电阻试验合格。

系统调试和性能测试技术属于安装工程的最终考试。

单机试运转检查设备的转向、电流、电压、温升、噪声、振动是否正常。

系统无生产负荷联合试运转及调试为水系统冲洗、打压、排气；风系统漏风量测试、风量平衡调试；水系统水力平衡调试

(调节静态或者动态平衡阀,使各个环路流量达到设计值);制冷剂充注;自控系统与主机、水泵、阀门的联动调试。

综合效能试验(带负荷工作),接近设计工况的条件下,测量系统的总冷热、水流量、供回水温差、机组 COP(能效比)、系统 EER(能效比)等性能参数,判断是否满足设计要求。

(二)技术应用

1. 制定标准化施工工艺手册

企业或者项目部要编制详细的《暖通空调安装标准化工艺手册》。手册应当图文并茂,对各项重要工序的施工流程、操作要点、质量标准、验收办法和注意事项做出明确规定。对于不同管径的钢管,分别给出不同的焊接坡口角度和焊接层数;对不同型号的减震器给出安装步骤及检查标准;风管漏风测试的方法包括漏光法和漏风量测试法,测试合格标准。把手册当作施工班组技术交底、岗前培训的主要教材,让一线工人知晓“做什么、怎么做、达到什么标准”,促使施工操作规范化、统一化,削减人为质量差别^[10]。

2. 建立分阶段验收机制

改变传统的“竣工后算总账”的验收方式,实行与施工过程相适应的、有约束力的分阶段(或者分节点)验收制度。关键的验收节点有材料设备进场检验,隐蔽工程检验(埋地管道,吊顶内管道保温前,设备基础),管道强度试验和严密性试验检验(水

压试验,气压试验),风管漏风检测检验,设备单机试运转检验,系统联动调试验收。每个节点的验收都要由监理单位组织建设、施工、设计(必要时)等各方人员参加,并根据规范及图纸进行实测实量,填写书面验收记录。不合格的工序坚决不能进入下一道工序,把质量问题消灭在过程之中,实现施工质量全过程闭环控制。

三、结束语

建筑暖通空调安装施工属于一项技术含量高,管理工作繁杂的系统工程。施工质量直接影响到建筑室内环境的好坏以及能源利用情况。现代建筑对暖通空调安装施工提出更高要求,必须深刻认识暖通空调安装施工多专业交叉、质量隐蔽、空间狭窄、重视调试等特点。装配式建筑、智能建造、数字孪生技术不断涌现,“暖通空调”类施工项目正向着“预制化”的方向迈进、以模块化的模式进行建设以及采用智能化的方法完成施工的过程愈加明显。无论技术怎样发展,施工工艺细节的严谨把控、过程质量的严格控制,一直都是形成高效、可靠、绿色暖通空调系统的根基。只有坚持技术和管理并重,才能不断提高暖通空调安装施工水平,给创建舒适、健康、节能的现代建筑环境提供强有力的保障。

参考文献

- [1] 李畅,刘博,王志松,等.建筑暖通空调安装施工关键技术研究[J].科技资讯,2023,21(22):113-116.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2305-5042-0182.
- [2] 王超.建筑暖通空调安装施工关键技术分析[J].产品可靠性报告,2023,(11):103-104.
- [3] 孙新波,张大德.建筑暖通空调水系统安装施工技术应用[J].安装,2023,(08):26-29.
- [4] 梁源.建筑暖通空调安装施工关键技术研究[J].中国新技术新产品,2023,(08):108-110.DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2023.08.014.
- [5] 徐剑华.建筑暖通空调安装施工技术研究[J].价值工程,2022,41(29):127-129.
- [6] 纪国辉.建筑暖通空调水系统安装施工技术的应用研究[J].中国设备工程,2022,(15):215-217.
- [7] 许承训.建筑暖通空调安装施工技术问题探讨[J].江西建材,2022,(06):306-307+310.
- [8] 刘晶,王君,洪涛,等.高层医院建筑暖通空调安装施工技术分析[J].城市建筑空间,2022,29(S1):347-348.
- [9] 舒鹏图.探究建筑暖通空调水系统安装施工技术[J].大陆桥视野,2021,(10):133-134.
- [10] 王彩鹏.建筑暖通空调安装施工技术问题解析[J].四川水泥,2021,(09):347-348.

质量目标管理在建筑施工管理中的运用

安守慧

内蒙古锐信工程项目管理有限责任公司，内蒙古 呼和浩特 010020

DOI: 10.61369/SSSD.2026070013

摘 要： 建筑施工质量直接关系到人民生命财产安全、企业市场竞争力及行业可持续发展，质量目标管理作为一种科学高效的管理模式，在建筑施工管理中发挥着核心引领作用。本文结合建筑施工管理的实际特点，阐述质量目标管理在建筑施工中的应用价值，探索其科学合理的应用路径，通过明确目标、细化分工、全程管控、完善保障，解决当前建筑施工中质量管控松散、标准不统一、责任不明确等问题，为建筑施工企业提升质量管控水平、降低施工风险、实现高质量发展提供理论参考与实践借鉴。

关 键 词： 质量目标管理；建筑施工管理；应用价值；应用路径；质量管控

Application of Quality Objective Management in Construction Management

An Shouhui

Inner Mongolia Ruixin Engineering Project Management Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010020

Abstract： Construction quality is directly related to people's life and property safety, enterprises' market competitiveness and the sustainable development of the industry. As a scientific and efficient management mode, quality objective management plays a core leading role in construction management. Combined with the practical characteristics of construction management, this paper expounds the application value of quality objective management in construction, and explores its scientific and reasonable application paths. By clarifying objectives, refining division of labor, implementing whole-process control and improving guarantee mechanisms, it solves current problems such as loose quality control, inconsistent standards and unclear responsibilities in construction, so as to provide theoretical and practical references for construction enterprises to improve quality control, reduce construction risks and achieve high-quality development.

Keywords： quality objective management; construction management; application value; application path; quality control

引言

随着我国城市化进程的持续推进，建筑行业迎来高质量发展新阶段，工程质量成为行业竞争的核心要素，也是衡量施工企业管理水平的重要标志。当前，部分建筑施工项目存在质量管控意识薄弱、目标不清晰、流程不规范等问题，导致工程质量隐患频发，不仅影响项目使用寿命和使用安全，还损害企业品牌形象与经济效益。质量目标管理以明确的质量目标为导向，通过目标分解、过程执行、监督考核、持续改进的闭环管理，实现施工全流程质量可控^[1]。将其应用于建筑施工管理，能够有效规范施工行为、优化资源配置、强化责任落实，对提升工程质量、推动建筑行业规范化发展具有重要意义。本文基于此，深入探讨质量目标管理在建筑施工管理中的应用价值与具体路径。

一、质量目标管理在建筑施工管理中的应用价值

（一）筑牢工程质量安全防线

建筑工程的核心使命是保障使用安全，质量目标管理通过明确施工各环节、各分项工程的质量标准和验收要求，将质量责任落实到每一道工序、每一个岗位，从根本上杜绝质量隐患的产生。在施工过程中，质量目标管理以国家建筑工程质量验收规范和行业标准为依据，结合项目实际制定具体可量化的质量目标，明确混凝土强度、钢筋绑扎、砌体施工等关键环节的质量要求，

避免施工过程中的随意性和盲目性。通过全程跟踪管控，及时发现施工中的质量问题并督促整改，有效防范质量事故的发生，确保工程质量符合安全标准，为建筑工程的安全使用筑牢基础^[2]。同时，严格的质量目标管控能够减少工程返工次数，避免因质量问题导致的安全隐患，保障施工人员人身安全和项目后期使用安全，践行“百年大计，质量第一”的建筑行业理念。

（二）提升施工企业经济效益

质量目标管理能够通过优化施工流程、减少资源浪费、降低返工成本，显著提升建筑施工企业的经济效益。传统建筑施工

中,由于质量目标不明确、管控不到位,常常出现材料浪费、工序返工、工期延误等问题,增加了施工成本。而质量目标管理通过提前明确质量标准,规范施工操作流程,引导施工人员严格按照标准施工,减少因操作不规范、质量不达标导致的返工损失。同时,通过目标分解优化资源配置,合理调配人力、物力、财力资源,避免资源闲置和浪费,提高资源利用效率^[9]。此外,高质量的工程能够提升企业的市场信誉和竞争力,帮助企业赢得更多项目订单,扩大市场份额,实现经济效益的持续提升。据行业统计,严格执行质量目标管理的企业,其项目平均一次验收合格率高出行业平均水平15%以上,有效降低了返工带来的经济损失。

（三）规范建筑施工管理流程

质量目标管理能够推动建筑施工管理的规范化、标准化,解决当前部分施工项目管理混乱、流程不清晰的问题。质量目标管理要求建立完善的质量管理制度和流程,明确各部门、各岗位的职责分工,形成“目标明确、分工合理、流程规范、监督到位”的管理体系。在施工前,明确项目整体质量目标,并将其分解为各个分部、分项工程的具体质量目标,制定对应的施工方案和质量管控措施;在施工过程中,严格按照质量目标和施工规范执行,加强对施工工序的监督检查,确保每一道工序都符合质量要求^[4];在施工后,按照质量目标进行验收,做好质量复盘和总结,形成闭环管理。通过这一系列规范流程,有效规范施工行为,减少管理漏洞,提升施工管理的整体水平,推动建筑施工企业向规范化、标准化方向发展。

（四）增强企业市场核心竞争力

在当前激烈的建筑市场竞争中,工程质量是企业核心竞争力的重要体现,而质量目标管理是提升工程质量的关键手段。随着建筑行业的不断发展,业主对工程质量的要求越来越高,高质量的工程能够赢得业主的认可和信任,树立良好的企业品牌形象。施工企业通过实施质量目标管理,持续提升工程质量,打造优质工程案例,能够在市场竞争中脱颖而出,获得更多的市场资源和项目机会^[5]。同时,质量目标管理能够推动企业不断优化管理模式、提升技术水平和人员素质,形成长效的质量管控机制,增强企业的可持续发展能力。在质量强国战略的推动下,注重质量目标管理的企业能够更好地适应行业发展趋势,应对市场竞争挑战,实现企业的长远发展,进一步提升企业在行业内的影响力和核心竞争力。

二、质量目标管理在建筑施工管理中的应用路径

（一）科学制定合理的质量目标体系

科学合理的质量目标体系是质量目标管理在建筑施工中有效应用的基础,制定质量目标需结合项目实际、行业标准和业主需求,确保目标的可行性、针对性和可量化性。首先,施工企业应深入调研项目情况,包括项目类型、规模、结构特点、施工环境等,结合国家建筑工程质量验收规范和行业标准,明确项目整体质量目标,例如单位工程一次验收合格率、分项工程优良率等核心指标,确保目标符合行业要求和项目实际^[6]。其次,将整体质

量目标层层分解,细化为分部工程、分项工程、施工工序的具体质量目标,明确每个目标的具体要求、验收标准和完成时限,确保质量目标覆盖施工全流程。同时,质量目标的制定应充分考虑施工技术水平、人员素质、资源条件等因素,避免目标过高或过低,过高易导致无法实现,打击施工人员积极性,过低则无法起到质量管控作用。此外,应建立质量目标动态调整机制,根据施工过程中的实际情况,及时优化和调整质量目标,确保目标始终贴合施工实际,为质量管控提供明确指引^[7]。在目标制定过程中,还应广泛征求技术人员、施工班组和监理单位的意见,确保目标的科学性和可操作性,遵循具体、可衡量、可达成、相关性强、时限明确的原则。

（二）细化质量责任落实到人

质量责任的落实是质量目标管理落地的关键,只有将质量责任明确到每一个部门、每一个岗位、每一个人员,才能确保质量目标的有效执行。施工企业应建立完善的质量责任体系,明确项目经理、技术负责人、质量管理员、施工班组、一线施工人员的具体质量责任,形成“谁施工、谁负责,谁管理、谁负责”的责任机制^[8]。项目经理作为项目质量第一责任人,全面负责项目质量目标的制定、实施和监督,统筹协调各部门的质量管控工作;技术负责人负责制定施工技术方案和质量管控措施,指导施工人员规范操作,解决施工中的技术难题;质量管理员负责全程监督施工质量,检查工序质量是否符合目标要求,及时发现和整改质量问题;施工班组负责按照质量目标和施工规范进行施工,确保本班组施工工序质量达标;一线施工人员应严格按照操作规范施工,对自身施工行为和施工质量负责。同时,应签订质量责任状,明确各岗位的质量责任和奖惩措施,将质量目标的完成情况与个人绩效、薪酬挂钩,对严格执行质量标准、完成质量目标的人员给予奖励,对未达到质量目标、造成质量隐患或质量事故的人员给予处罚,充分调动施工人员的积极性和责任心,确保质量责任落到实处。此外,还应采用质量责任矩阵表,清晰标注每项任务的责任人、配合方、时间节点及验收标准,实现责任可追溯。

（三）强化施工全流程质量管控

质量目标的实现需要贯穿施工全流程,强化施工前、施工中、施工后的全程质量管控,确保每一道工序都符合质量目标要求。施工前,应做好质量准备工作,组织施工人员学习质量目标、施工规范和操作流程,开展技术交底和质量培训,提升施工人员的质量意识和操作水平;严格检查施工原材料、构配件和施工设备的质量,对进场材料进行抽样检测,不合格材料严禁进场使用,确保施工资源的质量达标;优化施工方案,结合质量目标制定科学合理的施工流程和管控措施,提前预判施工中的质量风险,制定应对方案。施工中,应加强对施工工序的监督检查,实行施工班组自检、质量管理员专检的双检制度,每道工序完成后必须经过验收合格,方可进入下一道工序;重点加强对关键工序、隐蔽工程的质量管控,对钢筋绑扎、混凝土浇筑、防水施工等关键环节实行旁站监督,详细记录施工过程和质量数据,确保工序质量符合要求;及时发现施工中的质量问题,明确整改责任

人、整改措施和整改时限，跟踪整改落实情况，形成质量问题闭环管理^[9]。施工后，应严格按照质量目标进行竣工验收，全面检查工程质量是否符合验收标准，对验收中发现的质量问题及时整改；做好工程质量档案整理工作，记录施工全过程的质量数据、验收记录和整改情况，为工程后期维护和质量追溯提供依据；开展质量复盘工作，总结质量目标实现过程中的经验和不足，为后续项目的质量目标管理提供参考。

（四）完善质量监督考核与持续改进机制

完善的质量监督考核与持续改进机制，是确保质量目标管理长期有效运行的保障。施工企业应建立健全质量监督体系，明确监督职责、监督流程和监督方式，成立专门的质量监督小组，对施工全流程进行常态化监督检查，重点检查质量目标的落实情况、施工工序质量、质量责任的履行情况等，确保质量管控工作落到实处。同时，建立科学的质量考核机制，制定详细的考核指标，包括质量目标完成率、工序合格率、质量问题整改率等，定期对各部门、各岗位的质量工作进行考核，考核结果与绩效薪酬、评优评先挂钩，充分发挥考核的激励和约束作用。此外，应建立质量持续改进机制，定期开展质量分析会议，总结质量目标

管理过程中的经验和不足，分析质量问题产生的原因，制定针对性的改进措施；收集施工人员、监理单位、业主的意见和建议，优化质量目标体系和管控措施^[10]；借鉴同行业优秀企业的质量目标管理经验，结合企业自身实际，不断完善质量管理体系和流程，提升质量目标管理水平。同时，推行 PDCA 循环管理模式，通过计划、执行、检查、改进的循环迭代，持续优化质量管控流程，及时解决质量管控中的问题，推动工程质量不断提升。

三、结语

质量目标管理作为一种科学高效的管理模式，在建筑施工管理中具有重要的应用价值，能够筑牢工程质量安全防线、提升企业经济效益、规范施工管理流程、增强企业市场竞争力。在建筑施工管理中应用质量目标管理，需通过科学制定质量目标体系、细化质量责任落实到人、强化施工全流程质量管控、完善质量监督考核与持续改进机制，实现质量目标的有效落地，推动工程质量不断提升。

参考文献

[1] 韦东东, 赵国炳. 质量目标管理在建筑施工管理中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (33): 16-18.

[2] 张赛寿. 工程监理在建筑施工质量管理中的作用研究 [J]. 江西建材, 2024, (09): 324-326.

[3] 孙鹏. 风险思维在建筑施工质量管理中的应用研究 [J]. 工程建设和设计, 2024, (18): 212-214.

[4] 许世杰. 目标管理法在建筑工程质量管理中的应用研究 [J]. 房地产世界, 2024, (17): 89-91.

[5] 朱斌. 智慧工地技术在建筑施工起重机械设备质量管理中的应用 [J]. 建设机械技术与管理, 2024, 37 (04): 119-121.

[6] 史红坤. BIM 技术在建筑施工质量管理中的应用 [J]. 工程与建设, 2024, 38 (02): 489-490+493.

[7] 燕宁, 袁磊磊. 目标管理方法在建筑工程质量管理中的应用 [J]. 房地产世界, 2024, (06): 65-67.

[8] 李文君. 目标管理方法在建筑工程质量管理中的应用研究 [J]. 砖瓦, 2023, (01): 126-129.

[9] 李文成. 工程监理在建筑施工质量管理中的作用 [J]. 居舍, 2022, (15): 139-142.

[10] 王磊. 建筑工程施工中多方位管理在质量管理中的应用 [J]. 中小企业管理与科技, 2022, (10): 121-123.

自动化选矿技术的现状及展望

陈海滔

文山学院, 云南 文山 663099

DOI: 10.61369/SSSD.2026070017

摘 要： 人工智能、大数据及物联网技术融合创新，推动现代选矿业深刻变革，还将实现由单机自动化迈向全流程智能化、现代化领域。因此，本文重在剖析破碎、磨矿、浮选关键环节中的自动化技术的应用情况，特别是自动加药系统和液位智能调控系统对于优化分选效率、稳定精矿品位所取得的积极成果。针对当下技术应用当中存在的传感器精度不够、多源数据难以融合以及复合型人才缺少等问题，给出了对应的解决办法。未来，选矿技术还会朝着数字孪生、无人值守和绿色高效的方向变革发展，创建起具有自感知、自决策、自执行能力的智能矿山生态系统，值得我们深入探索与实践。

关 键 词： 自动化选矿技术；现状；问题；对策；未来展望

Current Status and Prospects of Automated Mineral Processing Technology

Chen Haitao

Wenshan University, Wenshan, Yunnan 663099

Abstract： The integrated innovation of artificial intelligence, big data, and the Internet of Things (IoT) technologies has driven profound transformations in the modern mineral processing industry, and will further realize the leap from single-machine automation to full-process intelligence and modernization. Therefore, this paper focuses on analyzing the application of automated technologies in key links such as crushing, grinding, and flotation, especially the positive achievements of automatic dosing systems and intelligent liquid level control systems in optimizing separation efficiency and stabilizing concentrate grade. In response to the current problems in technology application, such as insufficient sensor accuracy, difficulty in fusing multi-source data, and shortage of interdisciplinary talents, corresponding solutions are proposed. In the future, mineral processing technology will continue to evolve towards digital twin, unattended operation, and green efficiency, establishing an intelligent mine ecosystem with self-perception, self-decision-making, and self-execution capabilities, which is worthy of in-depth exploration and practice.

Keywords： automated mineral processing technology; current status; problems; countermeasures; future prospects

引言

矿产资源是国民经济发展的物质根基，选矿是连接采矿和冶炼的关键环节，其技术水平直接影响到资源利用率和未来经济效益。以往的选矿生产一直依靠人工经验来操作，存在劳动强度大、生产指标起伏较大、能耗高、安全风险多等问题。近年来，“十四五”规划持续推进，2025年中央经济工作会议重视“新质生产力”，智能化和绿色化已然成为矿业转型的关键方向。自动化选矿技术融合先进的传感、自动控制和数据分析方法，可以精确调节粉碎、磨矿、浮选等复杂工艺流程，不但明显削减了经营成本，还优化了资源回收率 and 环境友好性。研究尝试整理自动化选矿技术在各个主要工序中的应用情况，分析其中的技术难点，并对其在数字孪生和人工智能推动下的未来走向作出预估，希望给该行业的技术革新提供一些参考。

一、自动化选矿技术与应用

（一）破碎的自动化选矿技术

破碎是选矿流程的关键一部分，其自动化程度直接影响到后续工序的入料粒度稳定性及整个系统的能效表现。当下，破碎自动化不仅仅是简单的单机开关控制而已，而是发展成依靠大量传

感器协同工作的全流程智能调节体系。现代化的破碎生产线往往装备有高精度激光雷达、毫米波雷达、机器视觉类的先进设备，可以随时掌握给料粒度分布情况、矿石硬度变动状况、破碎机内部物料填充比例等重要信息。凭借这些前端采集到的数据，中央控制单元借助复杂的模型预测控制理论，灵活调整给料机转速，破碎机排矿口径大小（即 CSS 值）以及主轴旋转速度，从而保证

破碎出来的颗粒一直保持在理想范围之内，很大程度上防止了过度粉碎的发生，明显改善磨矿阶段的加工能力^[1]。对于圆锥破碎机和旋回破碎机而言，智能润滑系统和液压过载保护系统做到了深度结合，会遵照负载波动情况自动调整润滑压力及流量，一旦检测到无法破碎的物体进入时，可在极短时间内作出反应以自动打开排矿口。在大型露天矿山当中，破碎站已经同无人驾驶矿卡调度系统紧密相连，达成了从采场到破碎站之间的“无人化”连续运输及作业目标^[2]。基于数据反馈进一步改善了爆破块度与破碎参数之间的适应关系，促使破碎工艺朝着“少人值守，无人操控，智能决策”的更高层级方向发展。

（二）磨矿的自动化选矿技术

磨矿作业在选矿流程中能耗最大，而且对最终回收率的影响非常关键。当前，先进的磨矿自动化系统全面运用功率密度分析、声学频谱监测及磁电式料位计等方法，创建起针对磨机内部钢球充填率、矿浆浓度、物料粒度的立体感知网络。依靠所得数据，分布式控制系统（DCS）可以立即计算并调控给矿量、补水比例及分级机的返砂比，促使磨机一直维持在接近理想功率点的状态，很好地解决了传统人工操作时经常出现的“胀肚”或者“空磨”问题^[3-4]。在半自磨（SAG）和球磨机联合工艺流程当中，智能控制系统采用了专家系统和模糊逻辑控制策略，可以按照矿石性质的波动自动调整磨矿细度设置值，并且同浮选前段的浓密机构成回路联动，以保证入选品位的稳定。在线粒度分析仪被采用之后，磨矿产品的细度做到了秒级反馈，系统依照此反馈自动调节旋流器组的工作压力和底流口大小，从而达成分级效率的动态改良。对于长期存在的衬板磨蚀难题，凭借振动信号分析和数字孪生技术的预测性守护系统，能够准确预测衬板剩余寿命并规划合适更换时间，再配合智能钢球投放系统，做到了介质损耗的精准化经营。磨矿自动化深入应用以后，吨矿电耗明显下降，且能够稳定磨矿细度，给后续选别作业营造了良好条件，是选矿厂降低成本、提升效益的关键因素。

（三）浮选的自动化选矿技术

1. 自动加药系统

浮选过程中的药剂制度是决定矿物分离效果的关键要素，自动加药系统是达成药剂精确投放、维持浮选指标稳定的核心技术设备。现在的智能自动加药系统利用高精度伺服电机来带动计量泵或者依靠质量流量计形成闭环控制体系，把加药误差缩小到 $\pm 1\%$ 以内，一些先进的设备可以做到 $\pm 0.5\%$ 这样极高的准确度^[5]。这个系统同在线品位分析仪，矿浆pH计，电位计以及泡沫图像分析系统紧密融合起来，创建起一种依靠机理模型和数据推动相融合的专家控制方案。系统可以随时察觉到矿浆里目标矿物含量，药剂剩余浓度以及泡沫矿化状况的微细变动，而且能在极短的时间内自动调节捕收剂，起泡剂和抑制剂的加入量，从而做到了“按需用药”和“前馈-反馈”双重控制。这样的智能加药形式不但大幅削减了药剂用量，平均节省比例超过15%，而且有效地抑制了由于操作人员经验差别造成的回收率波动，使得精矿品位和回收率一同得到了改善^[6]。新型加药系统具有完备的自诊断能力和防堵塞功能，可自动清洗管路，监测药剂液位与粘度的改

变情况，保证在复杂恶劣工况下长时间稳定运行，做到了浮选药剂管理的数字化、精准化、智能化。

2. 液位智能调控系统

基于自动化技术，液位控制系统利用非接触式雷达液位计或者超声波液位计充当检测元件，配合电动气动调节阀或者变频调速渣浆泵作为执行机构，创建起响应速度快的闭环控制回路。该系统既能把单个浮选槽的液位精准控制在毫米级别范围之内，又可以经由多变量解耦控制算法来协调粗选、扫选、精选各个作业段之间的液位差异，保证矿浆流动稳定而且泡沫层厚度合适。更重要的是，现代液位智能调控系统并非孤立存在，而是同泡沫图像分析技术紧密关联，借助随时识别泡沫的大小、颜色、流速及稳定性，间接推测浮选状况，并反过来改良液位设置值。系统检测到泡沫黏度过大或者脉石含量增多时，会自动微调液位高度来改变刮泡深度，进而改善精矿质量。在大型浮选柱的应用方面，液位控制关乎微泡形成和矿化碰撞的概率，智能系统精准地维持气-液界面的稳定性，明显改善了微细粒矿物的回收率。此系统有着很强的抗干扰能力，当给矿量大幅波动或者药剂制度调整时，能立即回到稳态，有效地防止由于液位无法控制而产生的跑槽或者沉槽事故^[7]。液位智能调控得到全面推广，很大程度上加强了浮选作业的整体稳定性及其分选效率。

二、自动化选矿技术的技术应用问题与对策

自动化选矿技术在深度应用方面面临诸多严峻考验，关键难点在于无法及时准确感知矿石复杂多变的性质，而且控制模型缺乏泛化能力。虽然在线元素分析仪和机器视觉系统已经得到初步推广，但是在应对高泥化、多金属共存、嵌布粒度特别细的复杂矿体时，传感器很容易受到矿浆气泡、磨损和化学药剂的影响，造成重要品位数据出现偏差，从而引起浮选药剂投放过多或者回收率产生波动。现存的控制系统大多依靠线性或者经过简化的机理模型，很难精确描绘选矿过程里那些强烈的非线性特征，巨大的时延现象以及众多变量相互交织的情况，所以像模型预测控制这样的先进控制方法，在实际操作环境里常常因为模型不相符合而失去作用，只能降级成传统的PID控制，使得智能化改良的实际效果大打折扣。针对前面提到的问题，迫切要形成起“感知-决策-执行”的闭合回路深度协同机制^[8-9]。其一，要开发出抗干扰能力较强且具有自校准功能的多模态融合传感技术，把太赫兹、高光谱这些新的检测方法同原位分析联系起来以改善分析的精准度；其二，要推进数据激发与机理模型深入融合的数字孪生技术的应用，凭借深度学习找出大量历史生产数据当中潜藏的规律，动态调整控制参数，以此逐步构建出依托云边协同的自适应改良平台，做到从单个设备自动化朝着全流程智能协同控制转变，才能在波动的工作条件下守住指标稳定并且削减能耗药耗。

三、自动化选矿技术的发展展望

展望未来，自动化选矿技术会朝着全域感知、自主决策和绿

色集约方向发展，改变矿业生产的既定模式。工业物联网、5G 低时延通信、边缘计算技术成熟后，选矿厂就能创建起毫秒级响应速度的神经末梢网络，做到从破碎磨矿一直到脱水尾矿处理的全过程数字化模拟。数字孪生体既用来随时观察情况，又会成为工艺改良和故障预测的关键依托。借助虚拟空间的快速更新来引导实际生产，极大地缩减新工艺调试的时间。人工智能会从辅助手段变成具有认知能力的“超级操作员”，依靠改进学习算法，在多种限制之下自行探寻整体上的理想解决方案，达成不需要人工干涉的自适应闭环调节，而且能够遵照市场金价、电价、药剂成本的变动自动调整生产计划以最大程度提升经济收益^[10]。当然，技术发展需紧密结合双碳目标，要精准执行能量流与物质流运作，大幅缩减单位矿石处理的能耗和水耗，助力打造无废矿山。日后选矿厂会变成高度整合的黑灯工厂，人机协作形式会是人类专家着重开展战略决策与异常处理，常规运作则完全由智能系统

接手，逐步创建起资源利用率最高、环境影响最小、韧性很强的智慧矿业新生态。

四、结论

综上所述，自动化选矿技术飞速发展，在破碎、磨矿及浮选等环节广泛应用，尤其是自动加药与液位调控技术的成熟应用，有效解决了传统生产中指标不稳定、能耗高的问题。尽管当前仍面临高端传感器依赖进口、数据孤岛效应及跨界人才匮乏等挑战，但随着5G、工业互联网及人工智能技术的持续突破，这些问题正逐步得到缓解。未来，选矿技术将深度融入数字孪生与自主决策体系，实现真正的“无人化”与“黑灯工厂”愿景。进而在保障国家资源安全、实现“双碳”目标及构建绿色矿山方面发挥不可替代的战略作用，引领全球矿业进入智慧互联的新纪元。

参考文献

-
- [1] 衣成壁. 电气控制自动化技术在选煤厂中的应用[J]. 自动化应用, 2024, 65(S1): 273-275.
- [2] 霍鹏. 自动化技术在选煤厂机电设备方面的实践研究[J]. 矿业装备, 2024, (06): 114-116.
- [3] 肖良. 矿物加工工程中的自动化技术应用问题及优化对策分析[J]. 矿业装备, 2024, (04): 109-111.
- [4] 牛慧, 滕斌, 袁金龙. 电气控制自动化技术应用于选煤厂的实践探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (19): 157-159.
- [5] 凌佳韵. 自动化监测技术在矿用设备安全防护中的应用[J]. 设备管理与维修, 2023, (18): 129-131.
- [6] 张添钧. 基于矿业新形势下选矿自动化技术应用及建议探讨[J]. 有色矿冶, 2021, 37(05): 59-61.
- [7] 白益文. 电气控制自动化技术在选煤厂中的应用分析[J]. 矿业装备, 2021, (03): 232-233.
- [8] 徐鹰, 岳慧君, 段伟杰. 基于选矿电气自动化控制技术特点与运用探讨[J]. 科技与创新, 2020, (07): 145-146.
- [9] 徐小贤. 矿山选矿作业中电气自动化技术的应用及其创新发展[J]. 世界有色金属, 2019, (10): 66-67.
- [10] 彭培祯. PLC 控制技术在选矿工艺破碎自动化中的应用[J]. 设备管理与维修, 2018, (22): 168-169.

智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式研究

邹龙峰, 谢永磊, 张逸

山东新巨龙能源有限责任公司, 山东 菏泽 274918

DOI: 10.61369/SSSD.2026070018

摘 要 : 智慧矿山是矿业领域适应新型工业化发展的重要转型方向, 其建设需要有标准化的规范作为引领, 也需要有科技创新作为支撑和保障。然而, 目前我国智慧矿山建设仍存在科技创新与产业需求相脱节、标准体系不健全等问题, 限制了行业的发展。为此, 本文分析了智慧矿山建设中标准化发展状况, 阐述了智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式的实践路径, 旨在为智慧矿山建设规范化发展和智能化转型提供一定的理论支持和实践指导, 仅供参考。

关 键 词 : 智慧矿山; 标准化; 科技创新; 建设模式

Research on the Construction Model of "Standardization + Technological Innovation" for Smart Mines

Zou Longfeng, Xie Yonglei, Zhang Yi

Shandong Xinjulong Energy Co., Ltd., Heze, Shandong 274918

Abstract : Smart mines represent a crucial transformation direction for the mining industry to adapt to the development of new-type industrialization. Their construction requires standardization as guidance, while also relying on technological innovation for support and guarantee. However, the current construction of smart mines in China still faces issues such as the disconnection between technological innovation and industrial needs, as well as an inadequate standard system, which have restricted the development of the industry. To address this, this paper analyzes the development status of standardization in smart mine construction and elaborates on the practical paths of the "standardization + technological innovation" construction model. It aims to provide certain theoretical support and practical guidance for the standardized development and intelligent transformation of smart mines, for reference only.

Keywords : smart mines; standardization; technological innovation; construction model

随着我国新型工业化进程的加快, 传统矿山高风险、低效率、高污染、人力密集的发展模式已经不能满足新时代发展的需要^[1]。而智慧矿山以数字化、智能化、自动化技术为依托, 融合了人工智能、大数据等新技术, 为实现安全、绿色、高效、智能化生产提供了技术支持。因此, 在数智化时代背景下, 加强智慧矿山建设如今已成为矿山行业转型升级、实现高质量发展的必由之路。

一、智慧矿山建设中标准化发展状况

(一) 智慧矿山标准的发展现状

国家矿山安监局、应急管理部等七个部门联合印发的《关于深入推进矿山智能化建设 促进矿山安全发展的指导意见》中提出, 到2026年建立完整的矿山智能化标准体系, 为智慧矿山标准化发展指明了方向^[2]。

国家层面相关部门相继出台了与智慧矿山有关的诸多标准规范, 主要针对矿山智能化建设的关键部分, 涵盖了智能开采、安全监测、数据融合、设备管理等多个领域^[3]。例如, 智能矿山数据融合共享规范的推广应用, 为矿山数据互通互联赋予了统一准则。在行业层面, 煤炭、非煤矿山等行业的行业协会充分发挥自

身的作用, 根据行业的发展实际情况, 制定出一系列的行业标准, 对不同的矿种、不同的场景下标准化的要求进行了细化, 使标准和行业生产实践紧密结合。而大型矿山企业作为智慧矿山创建的先驱者, 依据自身创建经验, 制订了企业标准, 主要集中于智能装备应用、生产流程掌控等方面, 为企业内部智慧矿山建设提供了规范引领^[4]。另外, 部分企业标准在行业的推广下, 也成为了行业标准的重要补充。

不过, 从总体上看, 智慧矿山标准体系还处在起步阶段, 标准覆盖面还不够广。部分领域存在标准缺失、滞后等问题, 不能满足智慧矿山全流程、全场景建设的需求。

(二) 智慧矿山标准化现实挑战

尽管智慧矿山标准化建设取得了一定的成效, 但仍存在诸多

问题。一是标准体系不健全。矿山人工智能大模型应用、机器人集群协同等新兴领域缺少相应的标准规范，各领域、各层级的标准之间存在衔接不畅、重复交叉的情况^[5]。二是标准更新跟不上技术发展。智慧矿山技术迭代速度很快，5G、人工智能等新技术在矿山领域的应用不断深入，但是相关标准的制定和更新速度跟不上技术发展的速度，这就容易导致一些新技术的应用缺少规范的指导。三是标准执行力度不够。部分矿山企业对于标准化建设的重视程度不高，存在重建设、轻标准的现象，标准落地执行不到位。

二、智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式的实践路径

（一）智慧矿山“安全—绿色—高效—智能”的核心建设导向

安全、绿色、高效、智能是智慧矿山建设的主要目的，也是推进“标准化+科技创新”模式发展的主要方向。四者互相联系、有机统一，共同构成智慧矿山建设的价值体系^[6]。

安全是智慧矿山建设的基本前提。矿山行业属于高危行业，传统开采模式下安全风险高、事故频发，而智慧矿山依靠智能化技术完成危险岗位机器人替代、安全风险智能预警，能从源头上削减人员伤亡风险。标准化则为安全管理、设备运转、风险防控提供了清晰准则，能保证安全目的得以达成。

绿色是智慧矿山建设的必然需求，契合“双碳”目标及生态文明建设的要求。智慧矿山依靠科技创新达成节能降耗、减排治污，促使矿山开采由“高碳开采”转向“低碳运维”。标准化则明晰了绿色开采的技术标准和评价指标，能有效引导矿山企业践行绿色发展理念。

高效是智慧矿山建设的主要目的，主要依靠智能化技术改善生产流程，提升设备利用率，缩减人力耗费，能大幅提高矿山生产的效率。而标准化通过对生产流程加以规范，能统一技术标准，防止流程重复、技术浪费，可以保证高效目标的落实。

智能是智慧矿山建设的主要特点，强调要将新技术融入到矿山全流程中，以实现矿山全流程智能化管控，促使矿山从“人工操作”向“智能决策”转变。而标准化则为智能化技术的应用提供了规范框架，能保证智能系统稳定运行。

总之，“安全、绿色、高效、智能”的建设目标确定了以“标准化+科技创新”为导向的智慧矿山发展路径。

（二）“数字化—自动化—智能化—标准化”的阶梯式建设路径

智慧矿山的数字化、自动化、智能化、标准化建设，共同形成了一条完整的智慧矿山建设之路，也是“标准化+科技创新”融合发展的具体体现。

数字化是智慧矿山建设的基础阶段，主要任务是对矿山的各种数据进行采集、存储和整理，消除传统矿山存在的信息孤岛现象，通过部署智能感知终端、数据采集设备，对矿山地质、开采、运输、安全等各种数据进行全方位采集，建立统一的数据资

源管理体系，为后面自动化、智能化建设提供数据支持。该阶段主要做的是数据采集、存储、格式等基本标准的制定，以保证数据的规范性、兼容性^[7]。

自动化是智慧矿山建设的过渡阶段，主要是为了减少人工干预，通过部署自动化设备、控制系统，促使采掘、运输、通风、排水等重要环节实现自动化运行。目前，无人采煤工作面、无人驾驶矿卡等应用已经出现，矿山生产也由原来的“人工操作”逐渐向“自动化运行”转变。该阶段的标准化工作主要是对自动化设备技术要求、操作规范和运维标准等进行完善，保证自动化系统正常运转。

智能化是智慧矿山建设的关键阶段，主要是为了实现矿山全流程的智能决策与协同控制，强调将人工智能、大数据、数字孪生等新技术融合起来，通过建立矿山智能决策平台，对采集到的各种数据进行分析处理，从而达到生产流程优化调度、安全风险精准防控、设备故障预测预警的目的^[8]。该阶段标准化主要对智能化技术应用规范、智能系统接口标准、智能决策评价标准等进行统一规范，促使智能化技术规范使用。

标准化是智慧矿山建设的保证阶段，它需要渗透到数字化、自动化、智能化建设的全过程当中，是实现智慧矿山规模化、高品质发展的关键保证，需建立完善的体系标准，对各个阶段的建设要求、技术应用、管理流程进行规范，以保证智慧矿山建设的统一性、规范性和可操作性。标准化可以促使数字化、自动化、智能化成果被固定下来并加以推广，有利于促进技术经验共享，让智慧矿山建设由“点上突破”迈向“全面普及”。

（三）“新基建—新技术—新产业—新模式”的协同发展路径

智慧矿山“新基建—新技术—新产业—新模式”的发展路径，是“标准化+科技创新”模式得以落地的载体。四者相互联系、共同发展，是推动智慧矿山建设与发展升级的有效途径。

新基建是智慧矿山发展的基础支撑，主要包含矿山工业互联网、算力基础设施、智能感知网络等内容，是新技术应用、新产业发展的载体。在实践中，相关企业需加快矿山新基建建设，科学布置环境、视频图像传感、设备状态监测、人员及设备精准定位等智能感知终端，让设备接入网络化，并建立数据信息全时域、全过程采集传输的矿山工业互联网，从而为新技术的应用提供网络支撑和数据保障^[9]。标准化在新基建阶段的主要作用就是制定基础设施建设标准、接口标准、安全标准，以保证新基建的兼容性、安全性。

新技术是智慧矿山发展的主要动力，主要包括5G、人工智能、大数据、数字孪生、矿山机器人等技术，是智慧矿山转型升级的主要支撑。在实践中，相关企业需加快新技术在矿山领域的融合应用，主要解决透明地质、井下精准定位导航、矿岩识别、智能装备集群协同控制等问题，积极探索人工智能大模型在矿山安全预警、生产调度等场景中的具体应用，从而提高矿山智能化水平。标准化则需要根据新技术的应用场景、技术要求、安全规范等来制定标准，从而促使新技术规范、有序使用，推进技术成果转化。

新产业是智慧矿山发展的重要成果，主要包括智能矿山装备制造、矿山智能化服务、矿山大数据应用等相关的产业，是智慧矿山建设带动相关产业协同发展的一种表现形式。随着智慧矿山建设的推进，智能装备、工业软件、数据服务等细分赛道快速崛起，形成了一千亿级的智慧矿山市场，促使矿山产业由高端化、智能化、绿色化发展^[10]。而标准化可以规范新产业的发展，制定产业准入标准、产品质量标准、服务标准等，有利于促进新产业高质量发展，从而形成“矿山智能化建设—新产业发展—技术创新提升”的良性循环。

新模式是智慧矿山发展的最终目标，核心就是形成以标准化为引领、科技创新为驱动、全流程智能管控、绿色高效发展为特征的智慧矿山建设新模式，取代传统矿山的发展模式。该种新模式以标准化为规范，以科技创新为支撑，对矿山生产、安全、管理、环保等各方面的全过程进行智能化和规范化管控，有利于促

进矿山行业的高质量发展。其中，标准化与科技创新深度交融，是新模式产生的关键所在，有利于促使矿山建设由“单个设备智能”向“整个矿井协同智能”转变，由“试验展示”转向“长久有效”。

三、结语

总而言之，智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式，是推动矿山行业转型升级、实现高质量发展的必由之路，也是践行绿色发展理念的重要举措。一方面，标准化为智慧矿山建设提供规范引领；另一方面，科技创新为智慧矿山建设提供核心支撑。二者相辅相成，共同推动智慧矿山建设与发展。未来，随着技术的不断发展和标准体系的逐步完善，“标准化+科技创新”智慧矿山建设模式势必会不断得到优化，并向全行业普及迈进。

参考文献

-
- [1] 漆东生,白新惠,漆洮珠,等.新质生产力引领无废资源绿色智慧矿山建设的路径[J].建材世界,2024,45(06):116-121+126.
- [2] 李雅琳,张宏达.智慧矿山建设中现代测绘地理信息技术运用分析[J].世界有色金属,2024,(22):167-169.
- [3] 贾乐强.双碳背景下智慧矿山建设安全管理策略研究[J].绿色建造与智能建筑,2024,(11):9-12.
- [4] 李璐.5G无线通信技术在智慧矿山建设中的应用[J].矿业装备,2024,(10):92-94.
- [5] 刘裕鑫.数字化背景下智慧矿山建设的策略研究[J].世界有色金属,2024,(18):47-49.
- [6] 韩伶俐.统筹生态保护治理视域下的绿色智慧矿山建设[J].世界有色金属,2024,(16):127-129.
- [7] 殷鹏,张传江,雷雨,等.智慧矿山数据标准化建设探索与实践[J].价值工程,2024,43(21):13-16.
- [8] 赵中阳.智慧矿山建设的研究与应用[J].中国金属通报,2024,(07):88-90.
- [9] 任艳艳,王云娜,晁萌.数字时代智慧矿山建设的探索与实践[J].数字通信世界,2024,(02):87-89.
- [10] 冯亚,刘燕平,张伟伟,等.智慧矿山“标准化+科技创新”建设模式研究[J].标准科学,2022,(03):23-30.

端勾钢纤维与水泥基材料粘结性能变参数试验研究

傅振洋

深圳大学 土木与交通工程学院, 广东 深圳 518060

DOI: 10.61369/SSSD.2026070025

摘 要 : 为研究端勾钢纤维与水泥基材料界面粘结性能的变化规律, 本文开展了不同纤维倾斜角度 (0° 、 30° 、 45°) 单纤维静态拉拔试验。通过分析荷载-位移曲线及多指标评价体系, 系统探讨了参数变化对界面破坏机理和能量耗散特征的影响。结果表明: 纤维倾斜角度的增大可显著提升峰值荷载、极限粘结强度与拉拔能, 45° 倾斜时分别较 0° 提高 41.72%、59.29% 和 54.26%; 本文结果可为端勾钢纤维水泥基材料中界面设计与性能优化提供试验依据。

关 键 词 : 端勾钢纤维; 水泥基材料; 粘结性能; 倾斜角度

Experimental Study on the Bonding Performance of End-Hooked Steel Fibers with Cement-Based Materials under Variable Parameters

Fu Zhenyang

College of Civil and Transportation Engineering, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060

Abstract : To investigate the variation patterns in the interfacial bond strength between end-hooked steel fibres and cementitious matrices, this study conducted single-fibre static pull-out tests under different fibre inclination angles (0° , 30° , 45°). By analysing load-displacement curves and employing a multi-indicator evaluation system, the influence of parameter variations on interfacial failure mechanisms and energy dissipation characteristics was systematically examined. Results indicate that increasing the fibre inclination angle significantly enhances peak load, ultimate bond strength, and pull-out energy. At 45° , these values increased by 41.72%, 59.29%, and 54.26%. The findings of this study provide experimental evidence for interface design and performance optimisation in end-hooked steel fibre cement-based materials.

Keywords : end-hooked steel fibres; cementitious materials; bonding properties; inclination angle

引言

钢纤维增强水泥基复合材料因其优异的抗裂性、韧性和耐久性, 在现代土木工程中得到广泛应用。钢纤维通过桥接裂缝、延缓裂缝扩展, 显著提升混凝土结构的力学性能与服役寿命^[1]。其中, 钢纤维与水泥基材料之间的界面粘结性能是决定复合材料整体行为的关键因素, 直接影响荷载传递效率、裂缝控制能力以及破坏模式^[2, 3]。

端勾钢纤维因其端部特有的弯曲设计, 能在界面中形成机械锚固效应, 较平直纤维具有更高的拔出荷载和能量耗散能力。目前, 已有诸多学者围绕纤维类型、几何参数、基体性能等因素对界面粘结的影响开展了研究, 并建立了多种理论模型与评价指标^[4-7]。然而, 在实际工程中, 钢纤维在混凝土基体内呈三维随机分布, 其取向往往与受力方向形成一定夹角, 导致界面受力机制复杂化^[8]。因此, 系统开展变参数条件下端勾钢纤维-水泥基材料界面粘结性能试验研究, 揭示其多阶段脱粘机制与能量演化规律, 对完善纤维混凝土细观力学理论、指导其配合比设计与工程应用具有重要价值。

为此, 本文以端勾钢纤维-水泥砂浆界面体系为研究对象, 设计并开展了变参数拉拔试验, 系统探究纤维倾斜角度 (0° 、 30° 、 45°) 对粘结性能的影响。通过单纤维静态拉拔试验, 获取荷载-位移全过程曲线, 结合最大拉拔应力、极限粘结强度、拉拔能、等效粘结强度及平均粘结强度等多指标评价体系, 定量分析各参数的影响规律, 并从界面脱粘机制、破坏形态、能量吸收等方面阐释其微观力学行为。本研究旨在为端勾钢纤维增强水泥基材料的设计与应用提供试验依据与理论参考, 推动其在高层建筑、地下工程、抗爆结构等领域的优化与推广。

一、实验材料及方法

(一) 实验材料

本研究所用原材料为深圳市守信水泥投资有限公司生产的普

通硅酸盐水泥 P.O 42.5; 细骨料为符合 GB/T 14684-2022《建设用砂》的标准砂; 水为深圳市自来水。采用上述试验材料制备强度等级为 C40 的水泥砂浆, 砂浆强度的配合比如表 1 所示。制作流程为将砂、水泥和水分别依次倒入搅拌锅中, 并进行搅拌, 搅

拌时间为2 min。

表1 水泥砂浆基体配合比（质量比）

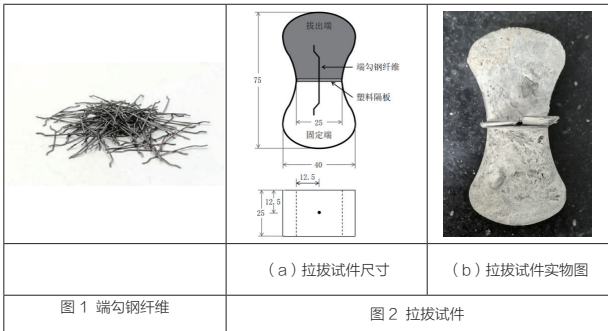
砂浆强度	配合比		
	水 /kg · m ⁻³	水泥 /kg · m ⁻³	砂 /kg · m ⁻³
C40	343	700	1113

所用钢纤维为赣州大业金属纤维有限公司生产的端勾钢纤维，如图1所示；钢纤维具体参数如表2所示。

表2 钢纤维参数

材料	长度 /mm	直径 /mm	密度 / kg · m ⁻³	长径比	抗拉强度 /MPa
端勾钢纤维	35	0.75	7850	47	≥1200

将制作完成的砂浆依次倒入定制的“8”字型金属模具中，并制作成狗骨形试件，具体尺寸如图2所示



（二）实验方法

试件夹具为定制的狗骨试件夹具，如图3（a）所示；试验采用深圳万测试验设备有限公司生产的微机控制电子万能试验机（TSE503B-F）对狗骨形试件进行单纤维拉拔试验，如图3（b）所示。



（三）纤维拉拔粘结性能评价指标

(1) 最大拉拔应力 $\sigma_{f,max}$ 和抗拉强度利用率 R

纤维拉拔试验中最大拉拔应力 $\sigma_{f,max}$ 和抗拉强度利用率 R 是评价钢纤维自身受力性能的参数指标：

$$\sigma_{f,max} = \frac{F_{max}}{A_f} = \frac{4F_{max}}{\pi d_f^2} \quad (1)$$

$$R = \frac{\sigma_{f,max}}{f_t} \times 100\% \quad (2)$$

式中， F_{max} —— 钢纤维最大拔出荷载（N）；

A_f 、 d_f —— 钢纤维横截面积（mm²）、钢纤维等效直径（mm）；

f_t —— 钢纤维抗拉强度（MPa）；

(2) 极限粘结强度 τ_{max}

极限粘结强度 τ_{max} 为拉拔过程中达到的最大荷载对应的平均粘结应力：

$$\tau_{max} = \frac{F_{max}}{\pi d_f (l_f - s)} \quad (3)$$

式中， l_f —— 钢纤维埋置长度（mm）；

s —— 峰值荷载对应位移（mm）；

(3) 拉拔能 W_p

拉拔能 W_p 为钢纤维从基体中完全拔出（或达到最大滑移量）所需的总能量，即力 - 位移曲线的围合面积：

$$W_p = \int_0^{l_f} F(s) ds \quad (4)$$

式中， $F(s)$ —— 钢纤维拉拔力 - 位移曲线；

(4) 等效粘结强度 τ_{eq}

等效粘结强度 τ_{eq} 为钢纤维拉拔过程中所消耗能量的平均粘结强度：

$$\tau_{eq} = \frac{2W_p}{\pi d_f l_f^2} \quad (5)$$

(5) 平均粘结强度 τ_{av}

平均粘结强度 τ_{av} 为从开始加载到纤维被完全拔出（或达到最大滑移量）整个过程中，荷载平均值对应的粘结应力，也指特定滑移量前的平均粘结应力：

$$\tau_{av} = \frac{F_{max}}{\pi d_f l_f} \quad (6)$$

二、实验结果分析

（一）单纤维静态拉拔实验

本节按照第1.2节所述方法，对无倾斜角钢纤维进行静态拉拔实验，力 - 位移曲线如图4所示，试验结果所示。

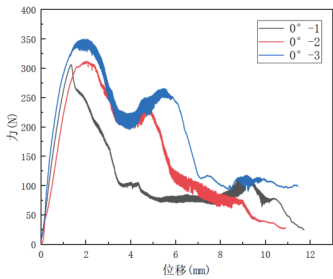


图4 无倾斜角钢纤维静态拉拔力 - 位移曲线图

表3 无倾斜角单根纤维拉拔试验结果

编号	荷载峰值 F_{max}/N	平均荷载峰值 p_{max}/N	峰值位移 s/mm
0° -1	306.4	322.9	1.33
0° -2	312.1		2.01
0° -3	350.2		1.94

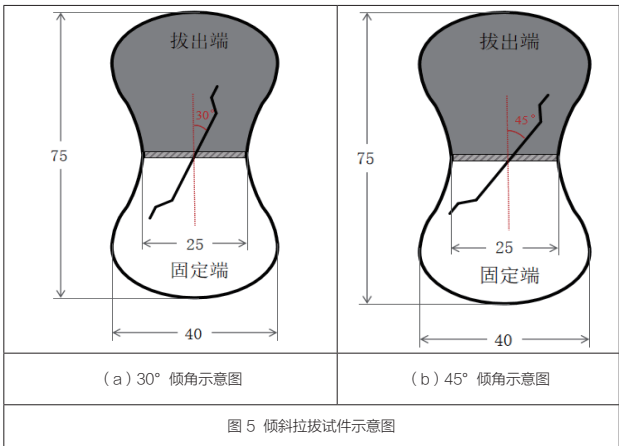
将表 3 所得数据代入第 1.3 节中的公式 (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 计算, 得到无倾斜角端钩钢纤维的粘结性能评价指标, 计算结果如表 4 所示。

表 4 无倾斜角单根纤维粘结性能评价指标

编号	最大拉拔应力 $\sigma_{f,max}/N$	抗拉强度 利用率 R	极限粘结 强度 τ_{max}/MPa	拉拔能 $W_p/N \cdot mm$	等效粘结 强度 τ_{eq} /MPa	平均粘结强 度 τ_{av} / MPa
0° -1	693.55	57.80%	8.86	1138.28	3.77	8.13
0° -2	706.45	58.87%	9.47	1460.02	4.84	8.28
0° -3	792.69	66.06%	10.57	1551.35	5.14	9.29
平均	730.90	60.91%	9.63	1383.22	4.59	8.57

(二) 倾斜单纤维静态拉拔实验

为进一步研究倾斜角度对拉拔粘结强度的影响, 论文设置了两组试验: 纤维分别以 30° 和 45° 的角度倾斜于砂浆水平面, 如图 5 所示。



按照第 1.2 节所述方法, 对无倾斜角钢纤维进行静态拉拔实验, 力-位移曲线如图 6 所示, 试验结果如表 5 所示。

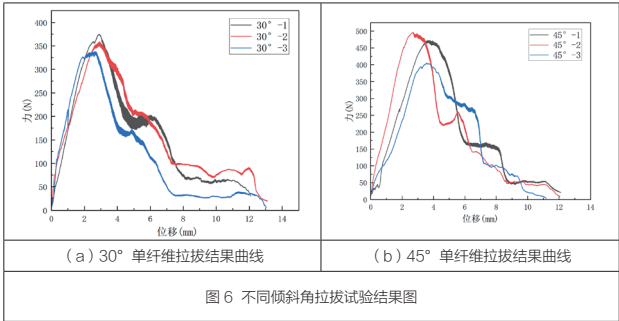


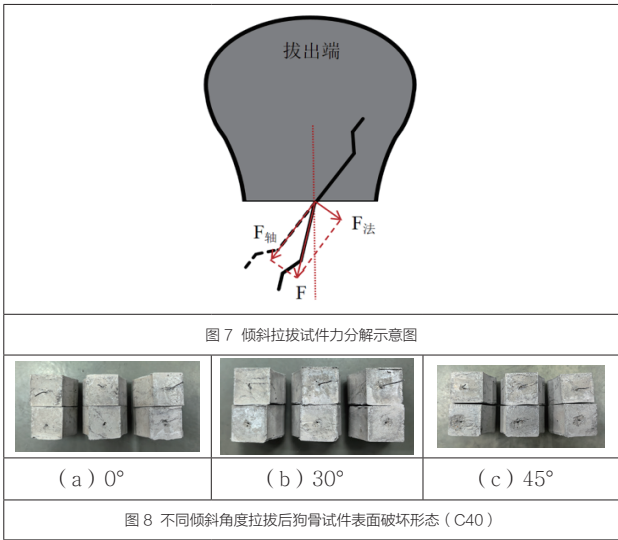
表 5 倾斜单根纤维拉拔试验结果

编号	荷载峰值 F_{max}/N	平均荷载峰值 P_{max}/N	峰值位移 S/mm
30° -1	374.6	356.9	2.90
30° -2	358.2		2.92
30° -3	337.8		2.66

45° -1	471.8	457.6	3.76
45° -2	496.0		2.70
45° -3	405.1		3.58

由表 5 可知, 倾斜拉拔试件的峰值荷载明显高于无倾斜试件, 但拉拔曲线基本失去二次峰值特征, 如图 6 所示。其机理在于: 纤维倾斜后, 外力分解为轴向分力和法向分力^[9], 如图 7 所示。轴向分力产生界面剪切应力, 使纤维有拔出趋势; 法向分力则将纤维压向孔壁, 根据库仑摩擦定律增大摩擦力, 这是峰值荷载提升的主因。同时结合图 8 可得, 在纤维拉拔端出口处, 法向应力还会导致应力集中并破坏周围基体^[10, 11], 倾角越大, 需破坏的基体越多, 峰值荷载进一步升高, 与表 5 中 45° 结果高于 30° 相符。

上述结论对于理解钢纤维水泥基材料的力学行为具有重要意义。在实际的钢纤维水泥基材料中, 纤维呈三维随机分布, 各种角度的纤维同时存在^[12], 倾斜纤维主要贡献初裂强度与峰值抗力, 而直向或小角度纤维则通过界面摩擦、桥联及端钩再锚固等多阶段耗能, 提供开裂后延性与韧性。



将表 5 所得数据代入第 1.3 节中的公式 (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 计算, 得到无倾斜角端钩钢纤维的粘结性能评价指标, 计算结果如表 6 所示。

表 6 不同倾斜角单根纤维粘结性能评价指标

编号	最大拉拔应力 $\sigma_{f,max}/N$	抗拉强度 利用率 R	极限 粘结 强度 τ_{max}/MPa	拉拔 能 W_p / N · mm	等效 粘结 强度 τ_{eq} / MPa	平均粘 结强 度 τ_{av} / MPa
30° -1	847.92	70.66%	12.14	1735.35	5.75	9.94
30° -2	810.80	67.57%	11.62	1907.54	6.32	9.50
30° -3	764.62	63.72%	10.75	1445.51	4.79	8.96
平均	807.78	67.32%	11.50	1696.13	5.62	9.47
45° -1	1067.94	88.99%	16.36	2165.91	7.18	12.51

45° -2	1122.71	93.56%	15.83	2206.14	7.31	13.16
45° -3	916.96	76.41%	13.84	2027.83	6.72	10.75
平 均	1035.87	86.32%	15.34	2133.29	7.07	12.14

综合分析表 5 和表 6 的数据可得，纤维倾斜角度对拉拔性能影响显著。与 0° 相比，30° 和 45° 倾角的峰值荷载分别提高 10.53% 和 41.72%，极限粘结强度分别提高 19.42% 和 59.29%，拉拔能分别提高 22.62% 和 54.26%。

三、结论

本文通过端勾钢纤维与水泥砂浆基体的单纤维拉拔试验，分别研究了纤维倾斜角度与基体强度对界面粘结性能的影响，得出以下主要结论：

纤维倾斜角度显著影响界面粘结性能。随着倾斜角度从 0° 增大至 45°，峰值荷载、极限粘结强度与拉拔能分别提升 41.72%、59.29% 和 54.26%，主要归因于法向分力增强的摩擦力及出口处基体压碎耗能；但倾斜角度增大会削弱端钩的二次锚固效应，导致荷载－位移曲线失去双峰值特征，延性有所降低。

参考文献

[1]BARROS J A. Steel fibre reinforced concrete: Material properties and structural applications [M]. Fibrous and composite materials for civil engineering applications. Elsevier, 2011: 95–155.

[2] 赵楠，卿龙邦，杨卓凡，et al. 不同龄期钢纤维增强水泥砂浆纤维拉拔试验与模拟研究 [J]. 硅酸盐通报，2021，40(7): 9.

[3] 沈荣熹，王璋水，崔玉忠. 纤维增强水泥与纤维增强混凝土 [M]. 纤维增强水泥与纤维增强混凝土，2006.

[4]CHEN J, LI F, HU P, et al. The effect of steel fiber on the mechanical properties of high-performance steel fiber reinforced concrete [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2025, 3080(000): 012140.

[5]MARCALIKOVA Z, CAJKA R, BILEK V, et al. Determination of Mechanical Characteristics for Fiber-Reinforced Concrete with Straight and Hooked Fibers [J]. Crystals, 2020, 10(6): 545.

[6]ABDALLAH S, FAN M. Anchorage mechanisms of novel geometrical hooked-end steel fibres [J]. Materials & Structures, 2017.

[7]KHABAZ A. Impact of fiber shape on mechanical behavior of steel fiber in fiber reinforced concrete FRC [J]. 2015.

[8]NAJARI A, BLANCO A, FUENTE A D L, et al. Discrete Element Simulation of the Fresh State Steel Fiber Reinforced Self-compacting Concrete [J]. RILEM Bookseries, 2021: 610–20.

[9]LARANJEIRA F, AGUADO A, MOLINS C. Predicting the pullout response of inclined straight steel fibers [J]. Materials and structures, 2010, 43(6): 875–95.

[10]POVEDA E, YU R C, TARIFA M, et al. Rate effect in inclined fibre pull-out for smooth and hooked-end fibres: a numerical study [J]. International Journal of Fracture, 2020, 223(1): 135–49.

[11]ZHANG H, YU R C. Inclined fiber pullout from a cementitious matrix: a numerical study [J]. Materials, 2016, 9(10): 800.

[12] 鞠杨，刘红彬，陈健，et al. 超高强度活性粉末混凝土的韧性表征方法 [J]. 中国科学：E 辑，2009，(4): 793–808.

氮掺杂分级多孔碳纳米球的制备及在超级电容器中的应用

董哲, 张明, 叶妍璐, 高宇泽, 刘琦琦, 王丹丹, 弭侃*, 聂红娇*

临沂大学化学化工学院, 山东 临沂 276005

DOI: 10.61369/SSSD.2026070029

摘 要 : 以碳酸钙微球为模板剂, 通过简便易行的方法制备了氮掺杂分级多孔碳纳米球电极, 并研究了其在超级电容器中的电化学性能。由于多孔碳纳米球的分级孔道结构有效提高了比表面积和离子传输能力, 氮掺杂分级多孔碳纳米球电极在超级电容器中的电化学性能得到了显著提高。研究表明, 其在 1 A/g 时的放电容量达到 261.2 F/g, 此外, 氮掺杂分级多孔碳纳米球电极还具有良好的倍率性能和循环稳定性。

关 键 词 : 分级孔结构; 多孔碳电极; 氮掺杂; 超级电容器

Preparation of Nitrogen-doped Hierarchical Porous Carbon Nanospheres and Their Application in Supercapacitors

Dong Zhe, Zhang Ming, Ye Yanlu, Gao Yuze, Liu Qiqi, Wang Dandan, Mi Kan*, Nie Hongjiao*

School of Chemistry & Chemical Engineering, Linyi University, Linyi, Shandong 276005

Abstract : Nitrogen-doped hierarchical porous carbon nanosphere electrodes were prepared by a facile method using calcium carbonate microspheres as template, and their electrochemical performance in supercapacitors was investigated. Due to hierarchical porous structure, which could effectively improve the specific surface area and ion transport of the electrode, the electrochemical performance of the nitrogen-doped porous carbon nanosphere electrode was significantly improved. It delivered a gravimetric capacitance of 261.2 F/g at 1 A/g and had good rate performance and cycling stability.

Keywords : hierarchical porous structure; porous carbon electrode; nitrogen-doped; supercapacitor

能源是国民经济发展和国家安全的重要基石。随着社会经济的发展, 人们对能源的需求持续攀升, 但传统化石能源的大量消耗, 正带来愈发严峻的环境问题。因此, 调整能源结构、推动能源供给多元化、大规模利用可再生能源正成为世界各国的共识^[1]。然而, 风能、太阳能等可再生能源具有明显的不连续、不稳定和不可控的特征, 无法为人们的日常生活提供持续稳定的能源支持^[2]。为了调整发电与供电之间的时差矛盾, 减少自然条件影响, 保证可再生能源发电和供电的连续性和稳定性, 迫切需要开发清洁、稳定、高效的能源转化及储存技术^[3-4]。在各种储能技术中, 超级电容器具有循环寿命长、比功率高、充放电速度快等优点, 在便携式设备、固定式储能系统和电动汽车等领域有着广阔的应用前景。

电极材料是影响超级电容器电化学性能的最关键因素之一^[5-8]。常用的电极材料包括多孔碳材料、金属氧化物和导电聚合物三类^[9-11]。其中, 多孔碳材料, 例如活性炭、碳纳米管、石墨烯、生物质炭等, 因其导电性好、孔结构发达且可调、价廉易得等优点被认

为是超级电容器的理想电极材料^[12-14]。研究证明, 多孔碳材料的比表面积是决定超级电容器放电容量的主要因素之一^[15]。基于双电层电容 (EDLC) 的储能机制, 超级电容器的比电容可通过增加电极材料的活性位点而显著提高^[16]。因此, 通过调整电极材料的微观结构可以获得更高的比表面积, 并获得更高的放电容量。但是传统的多孔碳材料通常存在聚集的微孔结构, 离子传输阻力较大, 电解液能够到达的电极活性面积较小, 导致电极材料的实际比电容和能量密度较低, 是碳基双电层超级电容器的主要缺陷。因此, 在多孔碳材料中构建有效的电荷扩散路径, 对于在超快速充电速率下获得高电容至关重要。

分级多孔碳材料具有相互连接并组装为分级模式的多尺度孔, 有利于电解质的渗透和离子扩散, 可以显著改善离子传输并提高比电容。Cao 等^[17]通过将生物油直接碳化制备了氮、氧共掺杂的分级多孔碳纳米片电极。三维贯通的微孔和介孔, 一方面为离子吸附提供了大量的活性位点, 另一方面可以有效促进电解液在电极内部的传输, 提高电极的利用率。此外, 表面掺杂的大量

项目信息: 山东省自然科学基金面上项目, 用于超级电容器的 ZIF 基多通道碳纳米管电极的合成及离子动力学研究 (ZR2023ME123); 山东省高等学校大学生创新创业训练计划项目, 基于生物质的 ZIF 基碳纳米管电极的合成及在超级电容器中的应用研究 (S202510452042)。

作者简介: 董哲 (2005—), 女, 本科生, 主要从事电化学储能材料的研究。

通讯作者:

聂红娇 (1989—), 女, 博士研究生, 副教授, 从事纳米材料的制备及电化学应用方面的研究工作;

弭侃 (1990—), 男, 博士研究生, 副教授, 从事纳米材料的制备及电化学应用方面的研究工作。

杂原子可以有效调控多孔碳电极的能带结构和表面性质,促进电化学反应的快速进行。其在0.5 A/g 的电流密度下的放电容量达到289 F/g,循环10000次后放电容量基本不变。Wang 等人^[18]用花型氧化锌纳米片作为硬模板制备了花型分级多孔碳球 FHPC。合成的分级多孔结构由许多微孔和中孔碳片组成,碳片径向组装形成狭缝状大孔,作为电解液传输通道。该 FHPC 电极在2 mV/s 的扫描速率下提供了294 F/g 的高比电容,在500 mV/s 下还能保持71% 的电容,远高于在相同扫描速率下的对比电极。

除了通过控制碳材料的比表面积以及孔分布对碳材料的电化学性能进行调控外,引入杂原子同样能够提高碳纳米材料的电化学性能。这主要是由于,杂原子的引入改善了材料的浸润性,并赋予了碳材料赝电容特性^[19-20]。

基于此,本文以纳米碳酸钙为模板,采用简单的硬模板法制备了含氮多孔碳纳米球电极材料。该电极具有分级孔道结构,中间的大孔可以作为电解液传输的“高速公路”和“储液罐”,保证带电离子快速进入电极内部,而壁上附着的大量微孔主要提供离子吸附所需要的活性界面。将该电极应用于超级电容器中,其在1 A/g 的电流密度下可以获得261.2 F/g 的容量,而且当放电电流密度提高到20 A/g 时,其容量保持率高达70.5%。

一、实验部分

(一) 原料与试剂

无水氯化钙(CaCl_2)、无水碳酸钠(Na_2CO_3),均为分析纯,Aladdin 试剂有限公司;聚苯乙烯磺酸钠(PSS,平均分子量70000)、盐酸多巴胺($\text{C}_8\text{H}_{12}\text{ClNO}_2$,纯度98%),Tris-HCl 缓冲液(10 mM, pH=8.5),Aladdin 试剂。

(一) 样品的制备

1. 纳米碳酸钙微球的合成

在180 mL 去离子水中加入1.998g CaCl_2 和3.6g PSS 并充分溶解,标记为溶液1,同时,在60 mL 去离子水中加入0.636g Na_2CO_3 和1.2g PSS 溶解得到溶液2。然后,将溶液2置于磁力搅拌器上充分搅拌,并将溶液1缓慢加入,持续搅拌15min 得到白色沉淀,离心分离样品并用去离子水洗涤三次。最后,将洗涤后的样品置于60 °C 烘箱中干燥12h 即可得到白色纳米碳酸钙微球。

2. 含氮分级多孔碳纳米球的合成

首先将100 mg 盐酸多巴胺溶解于100 mL Tris-HCl 缓冲液中,得到均一透明溶液。在上述溶液中加入150 mg 纳米碳酸钙微球,超声分散后搅拌18h。将得到的黑色沉淀离心分离并用去离子水洗涤三次,干燥后得到 $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ 复合材料。

将上述 $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ 复合材料放置于干燥的石英舟内,在管式炉中氮气气氛下800 °C 碳化2h,升温速率为5 °C /min,降温后取出,然后再2 mol/L 的 HCl 中浸泡搅拌24h 去除残留模板,即可得到含氮分级多孔碳纳米球(N-HPCS)。

(三) 样品的表征与测试

1. 形貌表征

采用场发射扫描电镜和透射电镜对样品进行形貌表征。

2. 电化学性能测试

工作电极的制备:将上述制备的含氮分级多孔碳纳米球、聚偏氟乙烯和乙炔黑按照8:1:1 的质量比混合,将三者置于干净的研钵中,向研钵中滴加适量的 N - 甲基吡咯烷酮,充分研磨使材料混合均匀并呈浆状。然后将研磨好的电极材料均匀涂抹在规格为1 cm × 1 cm 的泡沫镍正反两面。使用油压机,在大约10 MPa 的压力条件下,将样品压制成薄的电极片。最后,将涂抹好的泡沫镍材料置于干净的烧杯内,在60°C 的真空烘箱中干燥24h。

电化学测试:利用 CHI 760E 电化学工作站在三电极测试系统中对样品的电化学性能进行研究。在三电极体系中以铂箔为对电极,Ag/AgCl 电极为参比电极,含氮分级多孔碳纳米球电极为工作电极,使用2 mol/L 的 KOH 溶液作为电解质。根据方程式(1),从放电过程获得电极的比电容(C)。

$$C = \frac{I\Delta t}{m\Delta V} \quad (1)$$

式中,C 为活性电极的重量比电容,单位F;I 为负载电流,单位A;Δt 为放电时间,单位s;ΔV 为放电过程中的电位降,单位V;m 为工作电极的质量,单位g。

二、结果与讨论

(一) 形貌表征

首先,对作为模板剂的碳酸钙微球的微观形貌进行了透射电子显微镜(TEM)和扫描电子显微镜(SEM)表征,结果如图1所示。从TEM 和 SEM 图片可以看出碳酸钙呈规则的实心球形且形貌均一,球体直径为1 μm 左右。这种规则的球型结构为后续空心碳球的制备奠定了基础。

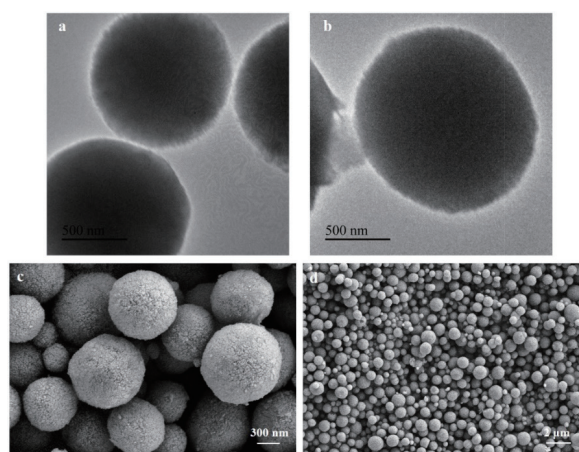


图1 碳酸钙微球的 TEM 图片(a、b)和 SEM 图片(c、d)

Fig. 1 TEM (a, b) and SEM (c, d) images of CaCO_3 spheres

对原位包裹聚多巴胺(PDA)后的碳酸钙微球进行 TEM 表征,结果如图2a 和 b 所示。从图中可以看出 $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ 仍保留了原来的球形结构,PDA 颗粒较为均匀地覆盖在碳酸钙微球表面。 $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ 经高温碳化及酸洗后得到含氮多孔碳纳米球 N-HPCS,其形貌如图2c 和 d 所示。N-HPCS 具有空心球状结构且形貌均一,空心球的直径约为1 μm 左右,与模板剂的尺寸相

当,且球形结构比较稳定没有出现破损。此外,空心球的外壁具有丰富的多孔结构,这些丰富的孔道结构大大增加了多孔碳纳米球的比表面积和表面活性位点,同时中间的大孔可以作为电解液传输的“高速公路”和“储液罐”,保证带电离子快速进入电极内部,以此作为超级电容器的电极材料,可以大大提高超级电容器的电化学性能。

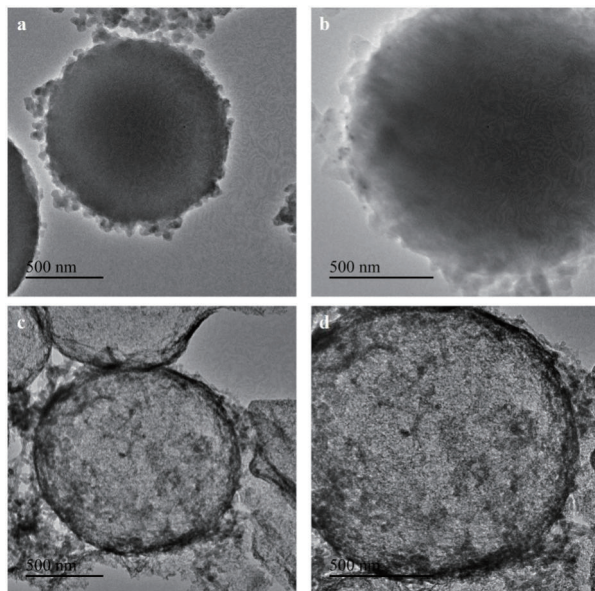


图2 $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ (a、b) 和 N-HPCS (c、d) 的 TEM 图片

Fig. 2 TEM images of $\text{CaCO}_3\text{@PDA}$ (a, b) and porous carbon nanospheres

(二) 电化学分析

为了研究 N-HPCS 在超级电容器中的工作性能,采用 CHI 760E 电化学工作站进行了循环伏安 (CV) 和恒电流充放电测试,电势范围选择在 $-0.5 \sim 0.0 \text{ V}$ 之间。

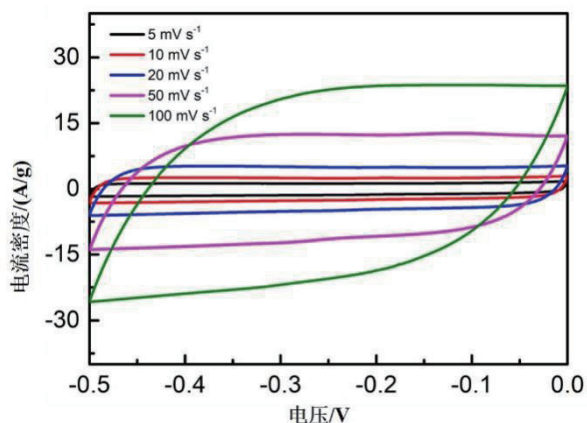


图3 N-HPCS 电极材料在不同扫描速度下的循环伏安测试曲线

Fig. 3 CV curves of N-HPCS at various scan rates

图3展示了 N-HPCS 电极在不同扫描速率下的循环伏安曲线。如图所示, N-HPCS 电极的循环伏安曲线呈不规则的矩形,说明其受到双电层电容和表面法拉第氧化还原反应的共同影响,同时具有双电层电容特性和赝电容特性。其赝电容特性主要来源于表面的含氮官能团。此外,随着扫描速度的增加,峰电流的强度明显增加,显示出良好的电化学可逆性。

图4a显示了 N-HPCS 电极在 $-0.5 \sim 0 \text{ V}$ 的电压范围内的恒电流充放电 (GCD) 曲线,由图可见,其 GCD 曲线近似三角形,显示出良好的电化学电容行为。随后,根据上述 GCD 曲线计算了 N-HPCS 电极在不同电流密度下的放电比电容,如图4b所示。由图可见,在电流密度为 1 A/g 时,可获得 261.2 F/g 的最大放电容量。随着放电电流密度的增加,放电容量逐渐减小,其在 2 、 5 、 10 和 20 A/g 时的放电容量分别为 250 F/g 、 233 F/g 、 214 F/g 、 184 F/g 。电流密度为 10 A/g 时,其放电容量的保持率为 82% ,即使在 20 A/g 的高电流密度下,其放电容量仍有 70.5% 保持率,表明其具有优良的倍率性能。这主要是由于 N-HPCS 中间的空心大孔缩短了离子/电子扩散路径,促进了离子/电子的扩散。

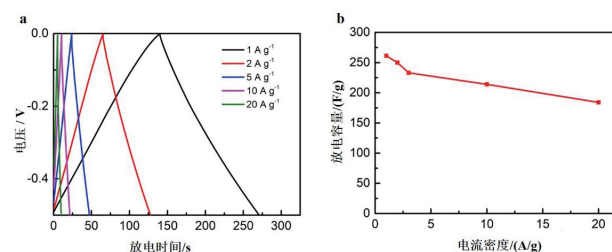


图4 N-HPCS 电极材料在不同电流密度下的 GCD 曲线 (a) 和在不同放电电流密度下的比电容 (b)

Fig. 4 GCD curves (a) and specific capacity versus discharge current density (b) of N-HPCS

图5展示了 N-HPCS 电极在电流密度为 10 A/g 时的循环稳定性。从图中可以看出,在放电电流为 10 A/g 时,经过 3000 次循环, N-HPCS 电极的放电容量保持率为 82% ,说明其在超级电容器中具有良好的循环稳定性。

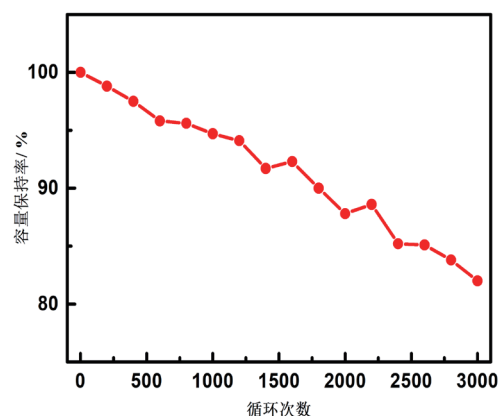


图5 N-HPCS 电极在 10 A/g 时的循环稳定性

Fig. 5 Cycling performance for N-HPCS at 10 A/g

三、结论

以简便易行的硬模板法获得了具有大比表面积和分层多孔结构的含氮空心碳球材料。该材料呈均一的空心球状,同时孔壁具有高度发达的孔道结构和较大的比表面积,中间的大孔内核可以

作为电解液传输的“高速公路”和“储液罐”，保证带电离子快速进入电极内部，而孔壁上附着的大量微孔主要提供离子吸附所需要的活性界面。电化学测试结果表明，在1.0 A/g 的电流密度下，其放电比电容达到261.2 F/g，并且具有优良的倍率性能和循环稳定性。

参考文献

- [1] 肖谧, 宿玉鹏, 杜伯学. 超级电容器研究进展 [J]. 电子元件与材料, 2019, 38(9): 1-12.
- [2] 苏伯尼, 王宁. 2018年我国能源科技发展分析 [J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(7): 15-18.
- [3] 柴华. 多孔碳纳米材料的制备及其在超级电容器中的应用 [D]. 扬州: 扬州大学, 2019: 1-83.
- [4] Chen H, Cong T N, Yang W. Progress in electrical energy storage system: a critical review[J]. Prog Nat Sci, 2009, 19(3): 291-312.
- [5] Guo T, Zhou D, Pang L, Sun S, Zhou T, Su J. Perspectives on working voltage of aqueous supercapacitors[J]. Small, 2022, 2106360.
- [6] Li T, Qin T, Yang C, Zhang W, Zhang W. Mechanism orienting structure construction of electrodes for aqueous electrochemical energy storage systems: a review[J]. Nanoscale, 2021, 13: 3412.
- [7] 聂红娇, 于跃, 宋兰兰. Cu/BTC 自支撑电极的制备及在超级电容器中的应用 [J]. 化工新型材料, 2021, 49(8): 106-110.
- [8] Sun H, Liang S, Xu Z, Zheng W, Liu X, Zhang C, Gao S, Ji Z, Liu S, Xie W. Hierarchical Ni₃S₂ nanorod@nanosheet arrays on Ni foam for high-performance supercapacitor[J]. Nanotechnology, 2022, 33 (7): 075604.
- [9] Li Y, Zhang Y, Zhang H, Xing T, Chen G. A facile approach to prepare a flexible sandwich-structured supercapacitor with rGO-coated cotton fabric as electrodes[J]. RSC Adv, 2019, 9: 4180.
- [10] Liao Q, Wang C. Amorphous FeOOH nanorods and Co₃O₄ nanoflakes as binder-free electrodes for high-performance all-solid-state asymmetric supercapacitors[J]. CrystEngComm, 2019, 21: 662.
- [11] Blaha M, Bousa M, Vales V, Frank O, Kalbac M. Two-dimensional CVD-Graphene/Polyaniline supercapacitors: synthesis strategy and electrochemical operation[J]. ACS Appl Mater Inter, 2021, 13 (29): 34686.
- [12] Chao Y, Chen S, Xiao Y, Hu X, Lu Y, Chen H, Xin S, Bai Y. Ordinary filter paper-derived hierarchical pore structure carbon materials for supercapacitor[J]. J Energy Storage, 2021, 35: 102331.
- [13] Wang Q, Qin B, Zhang X, Xie X, Jin L, Cao Q. Synthesis of N-doping carbon nanosheets with controllable porosity derived from bio-oil for high-performance supercapacitors[J]. J Mater Chem A, 2018, 6: 19653.
- [14] Kumar S, Saeed G, Zhu L, Hui K, Kim N, Lee J. 0D to 3D carbon-based networks combined with pseudocapacitive electrode material for high energy density supercapacitor: A reviews[J]. Chem Eng J, 2021, 403: 126352.
- [15] Yang Y, Chen D, Han W, Cheng Y, Sun B, Hou C, Zhao G, Liu D, Chen G, Han J, Zhang X. Nature-inspired self-activation method for the controllable synthesis of highly porous carbons for high-performance supercapacitors[J]. Carbon, 2023, 205: 1-9.
- [16] Liu L, Niu Z, Chen J. Unconventional supercapacitors from nanocarbon-based electrode materials to device configurations[J]. Chem Soc Rev, 2016, 45: 4340-4363.
- [17] Wang Q, Yan J, Wang Y, Wei T, Zhang M, Jing X, Fan Z. Three-dimensional flower-like and hierarchical porous carbon materials as high-rate performance electrodes for supercapacitors[J]. Carbon, 2014, 67: 119-127.
- [18] Wang Q, Qin B, Zhang X, Xie X, Jin L, Cao Q. Synthesis of N-doping carbon nanosheets with controllable porosity derived from bio-oil for high-performance supercapacitors[J]. J Mater Chem A, 2018, 6: 19653.
- [19] Lee W H, Moon J H. Monodispersed N-doped carbon nanospheres for supercapacitor application[J]. ACS Appl Mater Interfaces, 2014, 6(16): 13968.
- [20] Gonz á lez A, Goikolea E, Barrena J A. Review on supercapacitors: technologies and materials[J]. Renew Sust Energy Rev, 2016, 58: 1189.

数字化转型与企业绿色技术创新研究综述

唐琳玉

山东财经大学燕山学院会计学院, 山东 济南 271199

DOI: 10.61369/SSSD.2026070033

摘 要： 随着企业数字化转型进程加快和经济绿色发展战略不断推进，数字化转型能否有效驱动企业绿色技术创新水平是亟待探索的问题。基于此，本文通过梳理国内外相关文献，系统整理了数字化转型的驱动因素、经济效应、非经济后果，企业绿色技术创新的涵义、指标构建、影响因素、经济后果，最后，就两者之间关系进行梳理分析，为深入探索企业数字化转型作用其绿色技术创新的影响机制提供新思路，也为企业“数”“绿”实践结合提供理论参考。

关 键 词： 数字化转型；企业绿色技术创新；驱动因素；经济效应

Research Review on Digital Transformation and Corporate Green Technology Innovation

Tang Linyu

School of Accounting, Yanshan College, Shandong University of Finance and Economics, Jinan, Shandong 271199

Abstract： With the acceleration of corporate digital transformation and the continuous advancement of the green economic development strategy, whether digital transformation can effectively drive the level of corporate green technology innovation is an urgent issue to be explored. Based on this, by sorting out relevant domestic and foreign literature, this paper systematically reviews the driving factors, economic effects and non-economic consequences of digital transformation, as well as the connotation, indicator construction, influencing factors and economic consequences of corporate green technology innovation. Finally, it analyzes the relationship between the two, which provides new ideas for further exploring the impact mechanism of corporate digital transformation on green technology innovation, and also offers theoretical references for the integration of digital and green practices in enterprises.

Keywords： digital transformation; corporate green technology innovation; driving factors; economic effects

引言

绿色生产力内含新质生产力“创新”“质优”的重要特征，以“新”助力、以“质”赋能、以“先进”引领，新质生产力对绿色发展提出要求，绿色生产力为新质生产力提供动能。加速绿色技术的颠覆性创新，推进传统产业与新兴产业的数实融合，是实现经济高质量发展与绿色生态保护和谐共生的有力保障^[1]。绿色技术是绿色生产力发展水平的主要标志，绿色技术创新则是转变经济发展方式、实现绿色可持续发展的重要动力，也是中国实现“碳达峰”“碳中和”的重要支撑，完成中国传统生产力向新质生产力的升级跃迁。但是，“绿色壁垒”、投资风险高、转化效率低等绿色技术创新问题一直是企业难以跨越的鸿沟。基于此，找到解决绿色技术创新难题的有效手段，是理论界和实务界目前一直关注的热点话题。

党的二十大报告提出加快发展数字经济，同时坚持“创新是第一动力”。数字化转型引发的价值创造逻辑重构逐渐成为推动企业转型和绿色创新发展的风向标，其带来更高技术含量的劳动资料也是新质生产力的动力源泉。我国的绿色技术创新水平较低，企业开展数字化转型为绿色技术创新水平的提升奠定了新的要素资源、环境支撑和发展机遇，提升了我国产业链和创新链的竞争力。大数据、区块链、人工智能等为主的数字技术与企业发展相融合，企业创新模式得以更新，创新要素得到重新组合。借助新的生产要素——数据，数字化转型是提升创新水平^[2]、赋能城市碳减排的重要动能和新引擎。基于此，考察在新质生产力引领下，企业数字化转型能否实现绿色技术创新高质量发展，对于寻求企业数绿结合的发展方向，具有重要的学术价值与现实意义，也为绿色创新的提质增量提供新思路。

本文就数字化转型与企业绿色技术创新二者间的关系展开综述，主要梳理了国内外学者的相关研究成果，并通过分析整理得出结论，为未来研究提供新方向。

项目信息：山东财经大学燕山学院2024年度校级科研项目（项目编号：ysky202402）。

作者简介：唐琳玉（1992—），女，汉族，山东栖霞人，山东财经大学燕山学院讲师，硕士，研究方向：公司治理与企业创新。

一、数字化转型相关研究

本文系统梳理现有研究中关于企业数字化转型的关键驱动因素及其经济效应，从外部制度环境和企业内部治理结构等多个层面总结其对企业数字化转型的促进作用。

（一）数字化转型的驱动因素

立足企业外部制度环境，基础设施、营商环境、财政金融政策等都会影响企业数字化转型。郑国强等研究发现，数据要素的驱动效应随着企业数字化程度的加深，呈现边际递减的特征；金融科技发展和区位导向型政策也对企业数字化转型产生促进作用；云计算、物联网、区块链及人工智能等新技术的应用和升级，是提升数字化水平的关键因素。张祥建等以我国非金融企业上市公司为考察对象，研究发现，公共数据开放能够降本增效、提升融资能力、促进数字技术创新，进而显著提升企业的数字化转型水平^[3]。

立足于企业内部治理结构，管理层背景特征差异、企业经营模式、组织活动、业务流程、机构投资者等会显著影响企业数字化转型的程度。其中，管理者作为企业经营发展的掌舵人，对企业数字化转型的影响尤为显著。刘冀徽等研究得出，具有研发背景的董事长能够起到正向促进企业数字化转型的作用。高管具有信息技术背景也会减少管理短视，倾向于采用数字化专利等方式，进而提升企业数字化转型水平^[4]。

（二）企业数字化转型的经济效应

企业数字化转型对经济效率、技术生产率、企业创新、产业分工、贸易规模等方面都会产生影响。袁淳等研究发现，企业数字化转型通过降低企业外部成本来提升其分工水平；洪俊杰等得出，数字化转型能够显著提高企业的出口质量；杨白冰等发现，随着企业数字化转型程度的加深，对就业结构也产生显著影响，尤其需要服务型、高技能型员工。张鹏杨等研究得出，数字化转型在应对贸易摩擦、提升出口韧性中起到提升作用^[5]。

（三）数字化转型的非经济后果

数字化转型的非经济后果主要涉及与经济利益无关的、不易被量化的社会、文化、安全、环境等方面，主要聚焦于环境治理、企业 ESG 表现等。数字化转型对企业承担社会责任起到显著的推动作用。数字化转型通过媒体实现对中国矿业企业的监督，进而提升其环境治理水平。Melander 和 Pazirandeh 则发现，数字化转型打破行业壁垒，共享绿色创新知识，实现环境可持续健康发展。胡洁等指出，数字化转型可以通过绿色技术创新、企业治理和信息透明度提升等改善企业的 ESG 表现^[6]。

二、企业绿色技术创新相关研究

（一）绿色技术创新的涵义及指标构建

在涵义上，学术界主要从环境经济学、创新经济学、战略管理和产业组织等角度进行探讨。自 20 世纪 60 年代至 80 年代开始，绿色技术创新的概念开始萌芽，国外相关学者将企业创新发展与环境保护建立链接，而绿色技术创新则通过改进技术，如高

效的生产工艺、环保的产品设计，来减少企业对环境的影响。

在指标构建上，前期由于受到数据可得性的限制，绿色技术创新主要以研发支出和绿色生产率等间接指标为主。随着深度挖掘专利信息，绿色技术创新主要以专利数据作为关键衡量指标^[7]。然而，大部分研究主要聚焦数量研究，采用绿色专利申请和授权数量来刻画绿色技术创新。进一步地，绿色技术创新又细分为策略性和实质性绿色创新。刘相锋等将企业当年度申请并获批绿色专利，但在识别窗口期内完全没有获得引用的绿色专利，作为策略性绿色创新的代理变量。关于质量研究则偏少，陶锋等通过构建专利知识宽度指标衡量绿色技术创新活动的质量，首次全面考察了环保目标责任制对绿色技术创新活动数量和质量的影响。

（二）绿色技术创新的影响因素

从企业外部因素来看，既往文献主要对政府研发补助、国有资本参股、环保约谈政策、知识产权保护等加以研究。环境保护税改革的实施，大力推动地区污染行业开展企业绿色技术创新。环境规制中的排污收费倒逼企业不断提升绿色技术创新水平。排污权交易试点政策的实施，进一步促进企业开展绿色技术创新活动^[8]。

从企业内部因素来看，高管经历、业绩反馈、企业战略等都会对绿色技术创新产生影响。邢丽云等得出企业的绿色吸收与动态能力能够积极促进企业的绿色技术创新水平。具有海外经历、绿色经历的企业高管也可以不断推动企业开展绿色技术创新。

综上，国内外学者在政策因素、环境规制、所有制结构和内部控制等维度较为全面地探究了对企业绿色技术创新的异质性影响。

（三）企业绿色技术创新的经济后果

关于绿色技术创新的经济后果研究相对较少，主要围绕绿色技术创新的环境和经济绩效展开研究。一方面，关于绿色技术创新的环境绩效研究，Miao C 等发现，企业通过进行绿色技术创新，显著控制并降低温室气体二氧化碳的排放量，最终提升环境绩效。然而，李凯杰等进一步研究发现，绿色技术创新对不同地区污染物排放的抑制效果存在显著的差异。Du K 等引入收入水平这一中介变量，得出收入水平达到一定的临界值，绿色技术创新的降碳效应更为显著。另一方面，关于绿色技术创新的经济绩效研究，大部分学者都得出绿色技术创新显著提升企业的绩效。Porter 和 Van der Linde 得出，绿色技术创新可以减少环境政策的影响，通过技术创新，减少环保部门的处罚，帮助企业提升经济绩效。企业开展绿色技术创新，更易被资本市场认可，推动企业增长股票收益。但是，也有部分学者对绿色技术创新推动企业经济绩效的结论持不同意见。杨静等指出，绿色技术创新战略的实施，使得企业的经济效益出现下滑趋势。基于此，企业绿色技术创新的经济绩效仍有待通过实证分析深入探索和研究^[9]。

三、数字化转型与企业绿色技术创新相关研究

数字化转型与绿色技术创新两者之间的关系研究主要形成正向、负向、非线性三方面的观点。

第一，数字化转型为企业绿色技术创新提供有利的要素禀赋。宋德勇等研究发现，人工智能、大数据分析等数字技术实现企业间信息共享，有利于企业研发资源的利用。章秀等得出数字化转型促进跨学科知识的整合重构，便于企业内外部资源整合，进而提升企业绿色技术创新能力。郭丰等也得出企业数字化转型有利于绿色技术创新提质增量^[10]。

第二，数字化转型无法有效推动企业绿色技术创新发展。数字化转型过程需耗费大量人、财、物，企业通常面临大量资金投入但回报周期长的局面，进而造成数字化转型困境^[11]。此外，数字化转型的高成本又会挤占企业的生产成本，从而产生不利于企业技术创新的负向作用。

第三，部分学者认为数字化转型与企业绿色技术创新之间存在非线性关系。地区的数字化水平与资源型企业绿色技术创新之间呈现非线性关系。数字化转型与企业绿色技术创新的关系与企业类型相关。数字化转型对初创期企业的绿色技术创新行为更具推动作用，但是随着企业达到某一阈值，促进作用会随之减弱，

甚至随着数字化进程的深化，会抑制企业绿色技术创新的积极性。Yang 等也得出二者之间存在倒“U”形关系。

四、结语

综上所述，企业数字化转型与绿色技术创新的关系研究已经得到学术界高度关注，且研究视角多元化，为相关领域研究提供了比较丰富的理论分析基础和经验支持，但仍存在较大的研究空间。首先，关于数字化转型的相关研究按照从宏观地区分析到微观企业层次这一脉络展开，聚焦其驱动因素、经济与非经济后果等方面。其次，关于企业绿色技术创新的相关研究，也是学术界关注的热点话题，但在其核心概念界定、指标构建等方面还未达成共识。最后，关于企业开展数字化转型对绿色技术创新影响的相关研究，主要基于资源优化配置和信息共享整合等机制进行探究，其作用机制仍需进一步深入探索^[12]。

参考文献

[1] 郭丰, 任毅. 数字经济创新发展试验区与企业创新: 增量还是提质 [J]. 管理科学, 2025, 38(04): 15-34.

[2] 敬莉, 宁雄伟. 数字化转型对制造业企业绿色创新的“双刃剑”效应 [J]. 新疆财经, 2023, (06): 28-39.

[3] 冀云阳, 周鑫, 张谦. 数字化转型与企业创新——基于研发投入和研发效率视角的分析 [J]. 金融研究, 2023, (04): 111-129.

[4] 李鑫, 王旭. 业绩反馈模糊性对绿色创新的影响研究 [J]. 科研管理, 2025, 46(05): 152-160.

[5] 刘相锋, 丁猛杰, 金喧喧, 等. 激励性政策能否导致发电企业实施策略性绿色创新——兼论政策协同与内外监管效应 [J]. 中国工业经济, 2025, (02): 137-155.

[6] 刘洋, 张艺楠, 陈超. 基于“数实深度融合”的数字产业集群创新系统 [J/OL]. 科学学研究, 1-19.

[7] 苏宗伟, 周豫汝, 曹春辉. CEO 调节焦点对企业数字化转型的影响研究 [J]. 软科学, 2025, 39(04): 44-52.

[8] 陶锋, 赵锦瑜, 周浩. 环境规制实现了绿色技术创新的“增量提质”吗——来自环保目标责任制的证据 [J]. 中国工业经济, 2021, (02): 136-154.

[9] 屠西伟, 张平淡. 企业数字化转型、碳排放与供应链溢出 [J]. 中国工业经济, 2024, (04): 133-151.

[10] 王馨, 王营. 绿色信贷政策增进绿色创新研究 [J]. 管理世界, 2021, 37(06): 173-188+11.

[11] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据 [J]. 管理世界, 2021, 37(07): 130-144+10.

[12] 周海炜, 杨婧怡, 王腾. 企业战略激进度对绿色创新的影响研究 [J/OL]. 科研管理, 1-19.

[13] 周肖肖, 贾梦雨, 赵鑫. 绿色金融助推企业绿色技术创新的演化博弈动态分析和实证研究 [J]. 中国工业经济, 2023, (06): 43-61.

汽车绿色制造背景下流化床反应器升流区与降流区面积比对流场的影响

张毅

南充职业技术学院, 四川 南充 637000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070036

摘 要 : 本研究围绕汽车绿色制造背景下四边形折流式膜生物流化床反应器中升流区与降流区面积比 (Ad/Ar) 对流场特性的影响展开。实验采用 PIV (粒子图像测速) 技术, 结合不同曝气强度 ($0.4 - 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$) 和固定进出水流量 (7.965 L/h) 条件, 对反应器上部、中部和下部区域进行流场可视化分析。结果表明, 随着 Ad/Ar 比值的减小, 升流区液速整体呈下降趋势, 而降流区液速则呈现先升后降的变化趋势。在高曝气强度 ($1.2 - 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$) 下, $Ad/Ar=1/2$ 时升流区液速最大, 气泡附壁效应减弱, 气液混合更均匀。此外, $Ad/Ar=1/2$ 时反应器内部形成较多小尺度涡, 有利于填料流化和传质效率提升。综合分析认为, $Ad/Ar=1/2$ 为该类反应器的最佳结构参数, 可有效提高循环速率、降低膜污染并增强系统抗冲击能力。

关 键 词 : 生物流化床; PIV; 汽车绿色制造; 流场

Effect of Upflow to Downflow Zone Area Ratio on Flow Field in a Fluidized-Bed Reactor Under the Background of Green Automotive Manufacturing

Zhang Yi

Nanchong Vocational Technology College, Nanchong, Sichuan 637000

Abstract : This study focuses on the influence of the upflow-to-downflow zone area ratio (Ad/Ar) on flow field characteristics in a quadrilateral baffled membrane bio-fluidized bed reactor under the context of green automotive manufacturing. Experiments employed particle image velocimetry (PIV) technology to visualize the flow fields in the upper, middle, and lower regions of the reactor under varying aeration intensities ($0.4 - 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$) and a fixed influent/effluent flow rate (7.965 L/h). The results indicate that as the Ad/Ar ratio decreases, the liquid velocity in the upflow zone generally declines, while that in the downflow zone initially increases and subsequently decreases. Under high aeration intensities ($1.2 - 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$), the upflow zone exhibits the highest liquid velocity at $Ad/Ar = 1/2$, accompanied by diminished bubble wall attachment effects and enhanced gas-liquid mixing uniformity. Additionally, at $Ad/Ar = 1/2$, the reactor generates more small-scale vortices, which facilitate carrier fluidization and improve mass transfer efficiency. Comprehensive analysis confirms that $Ad/Ar = 1/2$ is the optimal structural parameter for such reactors, effectively increasing circulation rates, reducing membrane fouling, and strengthening system shock resistance.

Keywords : bio-fluidized bed; PIV; green automotive manufacturing; flow field

随着环保要求的不断提高和绿色制造理念的深入发展^[1], 流化床反应器在污水处理中的应用日益广泛^[2]。特别是在膜生物流化床 (MBFB) 系统中, 其独特的结构设计和流场特性对处理效率和能耗具有重要影响^[3-4]。本文围绕汽车绿色制造背景下膜生物流化床反应器升流区与降流区面积比 (Ad/Ar) 对流场分布的影响展开研究, 旨在优化反应器结构, 实现传质过程强化、能耗最小化及系统稳定性提升。

在传统流化床设计中, 升流区与降流区的面积比例直接影响气液固三相流的流动状态和混合特性^[5]。通过调节曝气强度与反应器结构参数, 可以有效控制气泡的分布与流动路径, 从而改善反应器内部的流场结构^[6]。本研究基于 PIV (粒子图像测速) 技术, 对不同 Ad/Ar 比值下的流场进行可视化分析, 揭示其对气泡附壁效应、液流速度分布及湍动能的影响机制。

通过对实验数据的系统分析, 本文进一步探讨了不同 Ad/Ar 比值下流化床内部流场的演化规律, 为后续优化反应器结构提供理论依据。研究结果表明, 合理的升流区与降流区面积比可有效提升反应器的流化性能和传质效率, 为实现高效、节能的绿色制造工艺提供支持。

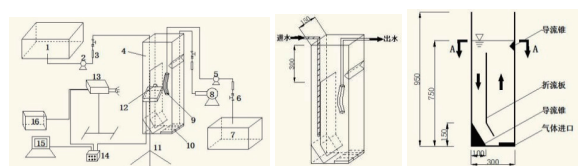
项目信息: 南充市科技局项目 (19YFZJ0008); 四川省科技创新苗子工程 (2929131)

作者简介: 张毅 (1973—), 男, 四川南充人, 主要研究方向为汽车绿色制造,

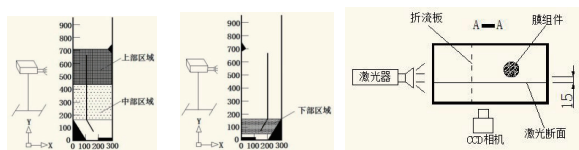
一、实验装置系统和方法

(一) 实验系统介绍

图1(a)给出了实验测试系统的流程图,主要由四边形折流式膜生物流化床反应器、PIV测试系统与曝气系统构成。流化床反应器为长方体透明玻璃容器,长、宽、高的尺寸分别是300、150、950 mm,有效容积是42.75 L。图1(b)给出了折流板低缝高度是72 mm,导流锥倾斜角度是35°。膜组件采用聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤维超滤膜,平均孔径是0.1~0.2 μm,几何尺寸是40 mm×300 mm。曝气系统由内径5.8 mm的曝气管组成,单个曝气单元尺寸是100 mm×20 mm×23 mm,三个单元沿反应器底部均匀分布。为稳定实验条件,曝气单元固定于流化床底部正对膜组件的轴向位置,并通过自制T型微支架实现膜组件的轴向对中。该支架对液相流场的扰动可忽略。



(a) PIV测试系统流程图 (b) 流化床三维构造简图 (c) 流化床二维构造简图



(d) 上部和中部分区 (e) 下部拍摄分区 (f) 激光断面分布图

1. 进水箱 2. 进水泵 3. 流量计 4. 四边形折流式膜生物流化床 5. 蠕动泵 6. 阀门 7. 出水箱
8. 空气压缩机 9. 膜组件 10. 曝气单元 11. 三脚支架 12. CCD相机 13. 激光器 14. 同步器
15. 图像分析处理系统 16. 激光器电源

图1 流化床PIV实验测试系统流程图

(二) PIV测试系统与拍摄分区

PIV测量系统与文献^[7]所述配置一致。实验中,沿流化床轴向依次对上、中、下三个测量截面进行瞬态速度场拍摄,确保固液界面动态行为的多层级高分辨率表征。由于下部测量截面受导流锥遮挡导致激光片光无法有效穿透,且气泡在上部与中部测量截面的流态高度非稳态,为避免光学干扰与数据混叠,PIV实验采用分区拍摄策略:首次与第二次采样分别针对上部与中部测量截面,如图1(d)~(e),第三次独立采集下部测量截面数据如图1(f),确保各区域速度场的物理独立性与测量保真度。实验中,激光片光由流化床左侧水平入射,CCD相机正对观测,其光轴与激光片光平面严格垂直,构成二维测量平面。受限于相机视场范围,为保障空间分辨率,沿流化床轴向设置三个测量截面:上部(300 mm×275 mm)、中部(300 mm×273 mm)与下部(300 mm×115 mm),分别对应图1(d)~(e)所示采样区域。激光片光断面定位在距膜表面15 mm处,与下部测量截面空间重合,如图1(f)所示,确保固液界面附近流场的高精度捕捉。

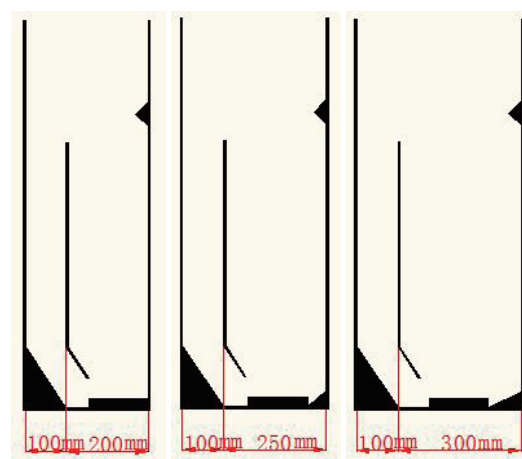
(三) PIV实验介质及三相流可视化实验

实验介质为自来水,填料采用净水级椰壳活性炭,粒径分布为0.4~2.8 mm,堆积密度为604 kg·m⁻³。PIV测量误差主要源

于激光折射、气泡光学扰动、示踪粒子响应特性、系统标定偏差及操作一致性等因素^[8-9]。选用PMMA-Rhodamine B-Particles作为示踪粒子,粒径20~50 μm,质量浓度控制在100 mg·L⁻¹,确保对液相流场的高跟随性,且对流体黏度与速度场无显著扰动。基于前期PIV粒子阻挡概率实验^[3]及本实验尺度,设定填料填充率为0.4%,以平衡流场均匀性与光学穿透性。为抑制活性炭对示踪粒子的吸附效应,每2 h更换一次填料,维持示踪浓度稳定性。

(四) 实验方案

PIV实验在6组梯度曝气强度工况下系统开展,分别为0.4、0.6、0.8、1.0、1.2和1.4 m³·h⁻¹,进水与出水流量恒定为7.965 L·h⁻¹。实验装置有效容积是33.75 L,对应有水深750 mm,确保流化床内流场空间结构稳定,满足轴向测量截面的边界条件一致性要求。图2展示了Ad/Ar分别为1/2、2/5和1/3的四边形折流式膜生物流化床结构简图。其中,Ad/Ar=2/5的底部右侧导流锥尺寸为长45 mm×宽40 mm,Ad/Ar=1/3的底部右侧导流锥尺寸为长80 mm×宽40 mm。



(a) $A_d/A_r=1/2$ (b) $A_d/A_r=2/5$ (c) $A_d/A_r=1/3$

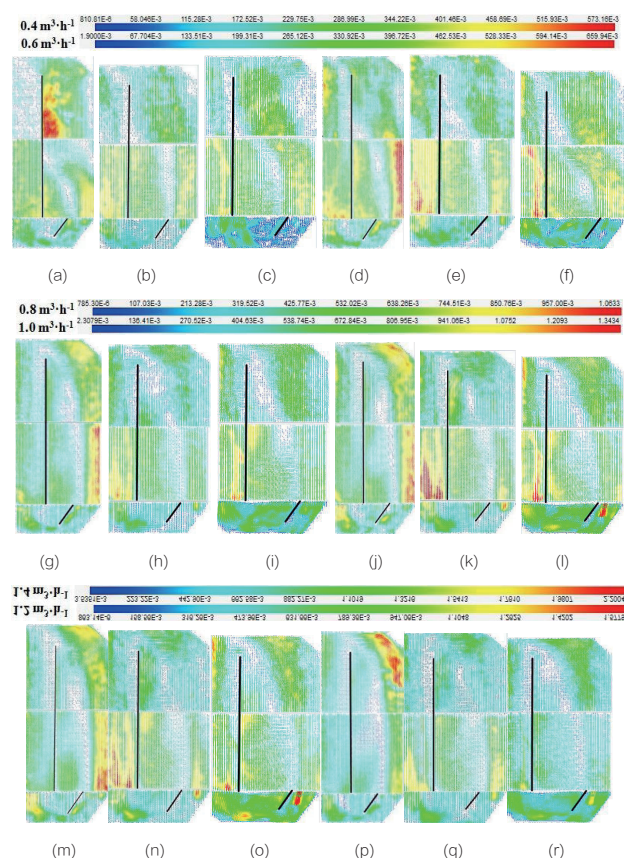
图2 不同降流区面积与升流区面积比的流化床结构图

二、实验结果分析

图3给出了不同Ad/Ar的流化床速度矢量图。从图3可以看出,曝气强度为0.4~1.4 m³·h⁻¹时,流化床升流区由于受到降流区的冲击,中部区域气泡流态向右附壁,接近上部区域之后,气泡受到环流的影响,开始向左附壁;升流区液速整体随Ad/Ar的减小而降低,降低幅度较小,Ad/Ar=1/2流化床升流区整体液速最大;降流区液速整体随Ad/Ar的减小而升高,升高幅度较小。曝气强度为1.2~1.4 m³·h⁻¹时,升流区液速整体随Ad/Ar的减小而降低,Ad/Ar=1/2流化床升流区整体液速最大;降流区液速整体随Ad/Ar的减小呈先升高后下降趋势。曝气强度为1.2~1.4 m³·h⁻¹时,Ad/Ar=2/5和1/3流化床的上部区域气泡羽流向左倾斜角度大于Ad/Ar=1/2流化床,可推论气泡附壁效应随着Ad/Ar的降低而降低。

分析其原因,随着Ad/Ar=1/2的减小,曝气盘的边壁距离逐渐增大,如图3所示,由气泡附壁效应相关研究可知,气泡附壁

效应受边壁距离和曝气强度的影响,边壁距离越远着气泡附壁效应越低,因此曝气强度为 $1.2\sim 1.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 时, $A_d/A_r=2/5$ 和 $1/3$ 流化床的上部区域气泡羽流向左倾斜角度大于 $A_d/A_r=1/2$ 流化床。以上分析结果表明,若曝气器尺寸不变的情况下,随着 $A_d/A_r=1/2$ 的减小,升流区气泡附壁效应将显著降低,促使气相分布更趋均匀,并且增加了气泡浮射流的湍流掺混强度。



(a) 曝气强度 $0.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (b) 曝气强度 $0.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (c) 曝气强度 $0.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$
(d) 曝气强度 $0.6\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (e) 曝气强度 $0.6\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (f) 曝气强度 $0.6\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$
(g) 曝气强度 $0.8\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (h) 曝气强度 $0.8\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (i) 曝气强度 $0.8\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$
(j) 曝气强度 $1.0\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (k) 曝气强度 $1.0\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (l) 曝气强度 $1.0\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$
(m) 曝气强度 $1.2\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (n) 曝气强度 $1.2\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (o) 曝气强度 $1.2\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$
(p) 曝气强度 $1.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/2$; (q) 曝气强度 $1.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=2/5$; (r) 曝气强度 $1.4\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, $A_d/A_r=1/3$

图3 在不同 A_d/A_r 下的流化床速度矢量图

综上分析可推论,从结构优化的角度出发,当流化床 $A_d/A_r=1/2$ 时,液速整体最快,有利于降低膜污染,提高流化床的循环时间和循环速率,降低污水混合时间,使反应器抗冲击能力进一步加强。在四边形折流式膜生物流化床中,降流区与升流区的湍动能水平最低,将有效抑制局部强剪切对生物膜结构的破坏,促进新旧菌体的稳定更替,同时降低填料-填料及填料-器壁间

的摩擦耗散,为生物膜的稳定附着与成熟提供低扰动微环境。场内高频小尺度涡旋主导局部混合,而降流区与升流区交界面处因速度梯度突变形成大尺度回流涡,其能量级联效应显著增强填料的三维流化动力,抑制沉降与堆积,并有效扰动死区区域,实现填料全床层动态再悬浮。该流态结构在提升气液传质效率的同时,降低系统能耗。基于流场结构稳定性与传质-流化协同优化目标,最佳 A_d/A_r 为 $1:2$ 。

三、结论

本研究通过实验与分析,系统探讨了 A_d/A_r 对四边形折流式膜生物流化床内部流场特性的影响。结果表明, $A_d/A_r=1/2$ 时,反应器内部流场分布最优,升流区液速最大,气泡附壁效应减弱,气液混合更均匀,有利于提高传质效率和反应器稳定性。该结构有助于减少填料沉积、增强生物膜更新速率,并降低能耗,具有良好的工程应用前景。因此,在汽车绿色制造背景下,优化流化床结构参数,合理设置 A_d/A_r 比值,对提升污水处理效率和实现绿色制造具有重要意义。

参考文献

- [1] 杜然, 刘柯, 方齐云. 绿色制造与企业 ESG 表现——基于绿色工厂评定的证据 [J]. 工业技术经济, 2025, 44(5): 53-61.
- [2] 王荣. 生物流化床工艺在工业废水处理中的应用 [J]. 山西化工, 2025, 45(5): 212-213, 242.
- [3] 董亮, 曾涛, 刘少北, 等. 四边形外循环膜生物流化床内液相结构特性 [J]. 化工进展, 2018, 37(3): 893-90.
- [4] 郭杨. 膜生物流化床处理城市污水的微生物特征 [J]. 净水技术, 2019, 38(4): 87-93, 105.
- [5] 韦朝海, 朱家亮, 张涛. 新型流化床内流体重构的流体力学特性变化及其数值模拟 [J]. 化工学报, 2012, 63(10): 3062-3069.
- [6] 董亮, 张毅, 沈恒宇, 等. 底隙高度对生物流化床内流场和氧传质特性的影响 [J]. 环境工程, 2023, 41(6): 109-116.
- [7] 董亮, 曾涛, 刘少北, 等. 四边形折流式膜生物流化床内填料浓度及液相流场特性研究 [J]. 环境科学学报, 2017, 37(11): 4139-4149.
- [8] 岳廷瑞, 张逊, 刘垒, 等. PIV 系统测量误差的评价方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(12): 255-259.
- [9] 曹永飞, 顾盛松, 程克明. 垂直于流向的截面中2D-PIV 测量误差分析 [J]. 实验流体力学, 2014, 28(6): 66-72.

花岗岩热 – 液氮冲击作用下 I / II 复合型断裂行为研究

罗宇晴^{1,2,3}

1. 深地工程智能建造与健康运维全国重点实验室, 广东 深圳 518060

2. 深圳大学深地科学与绿色能源研究, 广东 深圳 518060

3. 深圳大学土木与交通工程学院, 广东 深圳 518060

DOI: 10.61369/SSSD.2026070039

摘 要 : 为揭示热 – 液氮冲击作用下花岗岩 I / II 复合型断裂行为及其演化机制, 采用缺口深梁 (NDB) 试样三点弯曲试验与数字图像相关 (DIC) 技术, 系统研究了不同热处理温度 (150、300、450、600 °C) 及裂隙倾角 (15°、30°、48°) 条件下花岗岩的断裂响应特征。结果表明: 热 – 液氮冲击显著削弱花岗岩的承载能力与抗裂性能, 温度为控制断裂劣化的主导因素。DIC 结果显示, 裂纹尖端应变场具有显著局部化特征, 应变集中程度随温度升高而增强, 高倾角条件下剪切应变占主导地位。

关 键 词 : 干热岩; 热 – 液氮冲击; I / II 复合型断裂; 断裂韧度; 数字图像相关 (DIC); 应变场演化

Study on the I/II Mixed Mode Fracture Behavior of Granite under Thermal-Hydrothermal Nitrogen Shock Loading

Luo Yuqing^{1,2,3}

1. National Key Laboratory for Intelligent Construction and Healthy Operation & Maintenance of Deep Earth Engineering, Shenzhen, Guangdong 518060

2. Research on Deep Earth Science and Green Energy, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060

3. College of Civil and Transportation Engineering, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060

Abstract : To investigate the mixed-mode I/II fracture behavior and its evolution mechanism of granite under thermal – liquid nitrogen shock, three-point bending tests on notched deep beam (NDB) specimens combined with digital image correlation (DIC) were conducted. The effects of different heat-treatment temperatures (150, 300, 450, and 600 °C) and crack inclination angles (15°, 30°, and 48°) on fracture responses were systematically analyzed. The results indicate that thermal – liquid nitrogen shock significantly degrades the load-bearing capacity and fracture resistance of granite, with temperature being the dominant factor controlling fracture deterioration. DIC results reveal pronounced strain localization near the crack tip, with increasing concentration intensity at higher temperatures. Under larger inclination angles, shear strain becomes dominant in the fracture process.

Keywords : dry hot rock; thermal-hydrogen nitrogen shock; type I/II composite fracture; fracture toughness; digital image correlation (DIC); strain field evolution

随着全球经济的快速发展, 对能源的需求与日俱增。传统化石能源面临着资源枯竭和环境污染等问题, 寻求清洁、可持续的新型能源成为当务之急。地热能因其资源丰富、供应稳定、零碳排放等特性, 被认为是最具开发潜力的可再生能源之一^[1-3]。其中, 深部高温岩体蕴藏的热能尤为巨大, 是地热能中最具利用潜力的部分。干热岩一般埋藏于地壳 3~10 km 深处, 温度介于 150 ~ 650 °C, 其能量主要以显热形式储存于岩体中, 几乎不含可流动的地下水^[4]。

在干热岩开发过程中, 需要通过人工压裂或造缝技术在高温致密岩体中建立裂隙网络, 注入冷流体以吸收岩体热能并回收地表发电^[5]。液氮因其温度极低 (约 -196 °C)、无水损害和环保特性, 在干热岩储层改造中表现出良好的致裂潜力。在这一过程中, 高温会导致矿物热膨胀失配与晶界弱化, 随后施加的低温冲击 (如液氮冷却) 进一步放大温差效应, 诱发更强烈的热应力集中, 从而促进裂纹萌生与扩展。在复杂应力场与热 – 冷耦合作用下, 岩体断裂通常表现为张开型与剪切型的混合断裂模式, 这种混合断裂不仅控制裂纹的起裂方向和扩展路径, 还决定了裂缝网络的几何结构、导流能力及热能提取效率^[6]。因此深入研究高温 – 液氮冷却作用下花岗岩 I/II 型混合断裂的机理与演化规律, 对于揭示深部高温岩体的热 – 力耦合破坏机制、优化储层改造设计及提升地热能提取效率具有重要工程意义。

一、试验材料与方案

（一）试验材料

本试验中所用的花岗岩试样采自山东济南市，由同一块完整岩体加工而成，表面无明显纹理，整体性和均匀性良好。通过单轴压缩试验确定了基本力学参数，接着，使用切割和研磨机制作几何构型为长×宽×厚为40mm×20mm×10mm的NDB试件，在这个过程中，严格保持样品的任何两个相邻的面彼此垂直。然后对试样进行精细研磨，以确保样品的表面粗糙度小于0.2 mm，最后使用一个极薄的锯片在NDB试件中加工出预制贯穿裂缝。

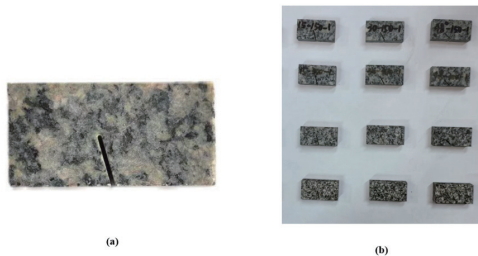


图 11 (a) 花岗岩样品; (b) NDB 试样

（二）试验方案及热处理过程

本实验预制裂隙倾角设为15°、30°、48°，如图1-1所示。在热冲击试验中，以5℃/min的升温速率在马弗炉内将试样进行加热，加热等级分别为150℃、300℃、450℃和600℃。到达预设温度后保温12 h，随后立即将试样浸入液氮中进行降温，直到试样的温度降至室温后取出。并对试件进行编号，定义编号为“裂纹角度+加热温度”。热处理过程如图1-2所示。



图 12 热处理花岗岩过程

（三）实验装置与数据采集

本研究系统包括加载系统、变形采样系统和后期处理系统三部分，如图1-3所示。加载系统采用 AGS-X 试验系统为样品提供边界条件、加载路径、加载时间、位移、力等数据。变形系统采用数字图像相关技术，同时启动 DIC 监测系统。后期处理由数字图像相关技术的数据分析处理软件组成。

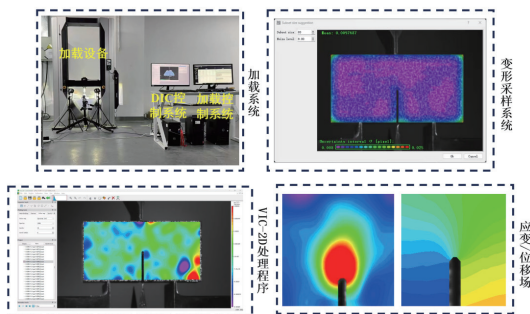


图 13 三点弯曲实验设备及 DIC 处理流程示意图

二、实验结果分析

（一）荷载位移曲线

花岗岩试件的三点弯曲试验荷载-位移如图2-1所示。在初始阶段，随着加载的进行，曲线的斜率逐渐增大，每条花岗岩曲线都表现出不同程度的下凸。与三轴压缩试验引起的裂纹闭合不同，三点弯曲试验中的下凸是由于花岗岩内部结构的不均匀性导致受载薄弱区域出现微裂纹，且随着载荷的增加而逐渐扩展 [7]。试验结果显示，在150℃与300℃范围内，试件峰值荷载变化相对平缓，然而当温度升高至450℃时，各倾角试件峰值荷载均出现明显下降，曲线初始斜率减小。至600℃时，强度退化进一步加剧，曲线峰值显著降低，同时峰值位移明显增加，局部曲线出现较为平缓的“拖尾”特征。

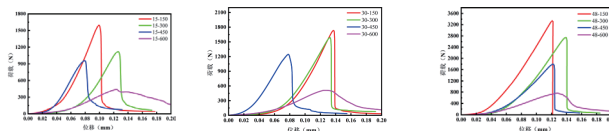


图 21 花岗岩试件的三点弯曲试验荷载-位移图

（二）I / II 复合型断裂韧度

花岗岩试件的断裂韧度如表2-1所示。在热处理作用下，各倾角试件的断裂韧度整体呈现出不同程度的衰减趋势，但不同断裂模式的衰减幅度并不一致。15°试件中，150℃时，等效韧度与未加热状态接近；但至600℃时等效韧度仅0.096，说明混合断裂模式下张开与剪切分量同步退化。30°试件同样表现出随温度升高两分量共同降低的趋势，48°试件在150℃时仍保持较高II型断裂韧度，但在600℃时下降至0.296，衰减幅度超过75%，说明高温损伤对剪切抗力同样具有显著削弱作用。

表 21 花岗岩试件的断裂韧度

试样编号	裂纹 倾角 α	峰值 荷载 (N)	K_I /(Mpa· $m^{1/2}$)	K_{II} (Mpa· $m^{1/2}$)	K_{eff} (Mpa· $m^{1/2}$)
15-150	15°	1515.13	0.360	0.246	0.436
15-300	15°	1345.53	0.320	0.219	0.388
15-450	15°	916.01	0.218	0.149	0.264
15-600	15°	331.62	0.079	0.054	0.096
30-150	30°	2135.64	0.283	0.122	0.308
30-300	30°	1756.89	0.233	0.101	0.253
30-450	30°	1414.78	0.187	0.081	0.204
30-600	30°	660.56	0.087	0.038	0.095
48-150	48°	3417.49	0.000	1.403	1.403
48-300	48°	2788.19	0.000	1.145	1.145
48-450	48°	2205.26	0.000	0.906	0.906
48-600	48°	721.68	0.000	0.296	0.296

（三）水平应变场分布特征

花岗岩试件的水平应变场分布特征如图2-2所示。整体来看，各试样裂纹尖端均形成明显的高应变集中区，其空间形态以裂尖为中心向外逐渐衰减。随着裂隙倾角由15°增加至48°，裂尖前方的高应变区逐渐呈现出沿裂纹扩展方向拉伸的椭圆状或舌

形分布。随着热处理温度由150℃升高至600℃，裂纹尖端水平应变峰值总体呈逐渐增大的趋势，同时高应变区域的范围也有所扩大。在液氮冷却条件下，高温热处理所产生的热损伤在瞬时强烈降温过程中进一步受到热冲击作用的强化，使岩石内部微裂隙更加发育并发生连通，材料整体刚度显著降低，从而在峰值荷载作用下裂纹尖端更容易产生较大的张拉应变集中。

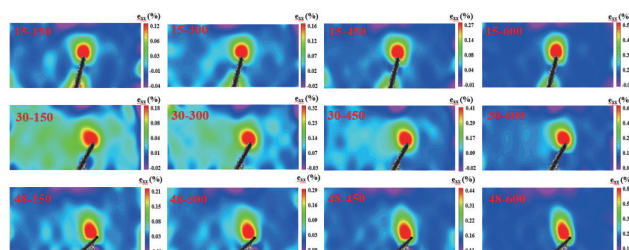


图 22 花岗岩试件的水平应变场分布特征

(四) 切应变场分布特征

液氮冷却下不同加热温度、不同裂隙倾角花岗岩试件的切应变场分布特征如图2-3所示。随着热处理温度由150℃升高至600℃，各试样裂纹尖端的切应变峰值整体呈持续增加趋势，同时高应变区域的空间范围也逐渐扩大。在较低温度条件下，裂尖附近的剪切应变集中区相对较小，应变等值线分布较为分散，裂尖局部剪切变形尚未充分发展；而在高温条件下，高应变区明显向裂纹前方扩展，应变等值线逐渐变得密集，显示出裂尖区域剪切变形显著增强。

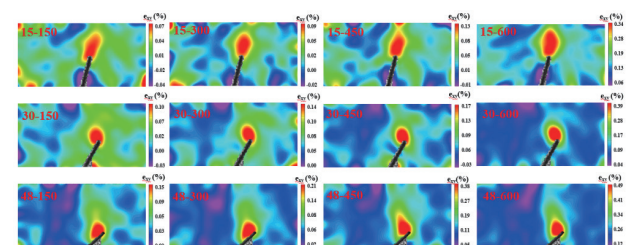


图 23 花岗岩试件的切应变场分布特征

三、结论

本文基于三点弯曲试验与 DIC 技术，系统研究了液氮冷却条件下不同热处理温度（及裂隙倾角对花岗岩复合型断裂行为的影响。结果表明，热-液氮冲击显著削弱花岗岩力学性能并改变裂纹扩展机制，其中温度主导材料劣化程度，裂隙倾角控制断裂模式及其响应特征。

(1) 荷载-位移曲线均呈现压密、弹性、非线性扩展及失稳破坏四阶段特征。随着温度升高，峰值位移增加，材料由脆性破坏向渐进失稳转变，表明高温损伤与液氮冲击共同作用下结构完整性显著降低。

(2) 断裂初度整体随温度升高呈递减趋势，并表现出阶段性退化特征。150℃阶段变化有限，300℃进入缓慢衰减区间，450℃后初度快速降低，600℃出现显著劣化。48°试件以Ⅱ型断裂为主，初始初度较高但降幅最大，说明剪切主导断裂对热-液氮冲击更为敏感。

(3) 裂纹尖端应变场显示明显局部化特征，水平应变与切应变均在裂尖区域形成高值集中区。随温度升高，应变集中范围扩大、强度增强。水平应变高值区随裂隙倾角增大向裂纹扩展方向偏移，切应变在高倾角试件中显著增强。液氮冷却促进高温损伤裂纹的扩展与连通，提高裂尖变形集中程度，加速裂纹起裂与贯通。

参考文献

- [1] 巩亮, 韩东旭, 陈峰, 等. 增强型地热系统关键技术研究现状及发展趋势 [J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(7).
- [2] 李根生, 武晓光, 宋先知, 等. 干热岩地热资源开采技术现状与挑战 [J]. 石油科学通报, 2022, 7(3): 343-364.
- [3] 张二勇. 干热岩资源调查与勘查试采示范工程简介 [J]. 中国地质, 2022, 49(02):350.
- [4] Jiang G, Li W, Rao S, et al. Heat flow, depth - temperature, and assessment of the enhanced geothermal system (EGS) resource base of continental China[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(22): 1432.
- [5] Lin W, Wang G, Gan H, et al. Heat source model for Enhanced Geothermal Systems (EGS) under different geological conditions in China[J]. Gondwana Research, 2023, 122: 243-259.
- [6] 吴秋红, 夏宇浩, 赵延林, 等. 基于 DIC 及 CPG 技术的热冷循环后花岗岩 I 型断裂特性 [J]. 煤炭学报, 2024, 49(7): 3102-3117.
- [7] Zuo J P, Huang Y M, Liu L F. Investigation on meso-fracture mechanism of basalt with offset notch based on in-situ three-point bending tests[J]. Chin J Rock Mech Eng, 2013, 32(4): 740-746.

地铁电客车均衡修维修模式的实践探究

陈孚望, 刘媛

太原轨道交通一号线建设运营有限公司, 山西 太原 030000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070041

摘 要 : 结合某地铁项目运营实际需求, 为优化电客车维修效率、降低维修综合成本, 本文提出将传统计划修模式改造为均衡修模式。实践论证表明, 均衡修模式在大幅缩短车辆维修耗时的同时, 能够有效保障维修质量, 为地铁车辆运维管理提供优化路径。

关 键 词 : 城市轨道交通; 电客车; 均衡修; 维修模式

Practical Exploration of the Equalized Maintenance Mode for Metro Electric Multiple Units (EMUs)

Chen Fuwang, Liu Yuan

Taiyuan Rail Transit Line 1 Construction and Operation Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030000

Abstract : Combined with the actual operational needs of a certain metro project, to optimize the maintenance efficiency of electric multiple units (EMUs) and reduce the comprehensive maintenance cost, this paper proposes transforming the traditional scheduled maintenance mode into an equalized maintenance mode. Practical verification shows that the equalized maintenance mode not only significantly shortens the vehicle maintenance time but also effectively guarantees the maintenance quality, providing an optimized path for the operation and maintenance management of metro vehicles.

Keywords : urban rail transit; electric multiple units (EMUs); equalized maintenance; maintenance mode

一、研究背景

在城市轨道交通运维体系中, 电客车维修成本占整体维修成本的 40% 左右, 当前行业内主流的电客车维修模式多借鉴铁路运维经验, 采用以运行里程和运营时间为核心依据的“计划修 + 故障修”模式, 设置双周检、三月检、年检等固定修程, 需将列车停运后开展集中式全面检查与维修作业。

车辆维修环节是制约地铁列车上线率提升的核心因素, 维修耗时占据了列车可运营时间的较大比例。通过优化车辆维修模式缩短维修占用的运营时间, 是低成本、高效率提升列车上线运营数量的有效途径。同时, 随着周边城市化进程加快, 地铁线网化发展趋势显著, 客流持续攀升导致列车运力与运能需求的矛盾日益突出。某地铁结合 PPP 项目运营特点, 针对传统电客车维修模式的诸多弊端, 经车辆运维部门专项调研与论证, 制定了电客车均衡修修程体系, 以期破解运维与运营的供需矛盾。

二、均衡修修程体系概述

均衡修修程是以列车整体可靠度和各零部件故障周期为核心依据, 针对性调整列车维修规程, 通过精细化管理发挥运维效能、优化维修作业条件, 从而缩短列车维修停库时间, 实现列车利用率与运行可靠性双重提升的维修体系。该模式既能够保障列

车运行安全可靠、提高列车投运率, 也能进一步提升整体维修作业能力。

均衡修修程的核心思路是对传统计划修中双周检、三月检、定修的全部作业内容进行拆解与重构, 划分为 12 个均衡修修程和 24 个特别修修程; 通过优化作业流程、升级工器具与材料配置、调整人员组织架构等方式提升作业效率, 充分利用地铁运营窗口时间完成维修作业, 在不影响列车正常出库运营的前提下, 最大化提升列车资源利用率。

三、均衡修修程体系的深度分析

(一) 修程体系的科学设置

电客车检修周期的制定, 综合参考车辆各零部件设计使用寿命、实际磨损规律, 结合车辆现场运用情况与长期检修经验确定。本次均衡修修程设置中, 将传统双周检、三月检、年检的维修对象划分为通用检查项目和增量检查项目, 对应设置均 1 至均 12 共 12 个均衡修修程; 同时梳理受电弓维护、空调维护、蓄电池维护、联轴节加油、齿轮箱换油等专项作业内容, 形成 13 个特别检查项目, 并将其科学组合分配至 24 个修程中, 构建完成 24 个特别修修程体系。

均衡修各修程均包含通用检查项目, 主要涵盖电气柜与空调柜、列车通讯控制系统、乘客信息显示系统、司机室及客室相关

设施、转向架、车钩、风源模块、各类气管及阀类等全方面基础检查；各修程根据定位设置差异化增量检查项目，如均 1 重点开展牵引电动机加油、轮对数据测量等作业，均 11 聚焦车门各部件润滑维护、紧急解锁封条更换等内容，各增量项目各有侧重、相互补充，形成完整的检修闭环。

在维修计划编排层面，综合考量当地季节性气候特点与年度重大节假日设备普查需求，规避极端气候对检修作业的不利影响，制定标准化作业计划，即每月所有运营列车仅需完成 1 次均衡修和 2 次特别修修程，实现修程的常态化、规范化推进。

（二）列车投运率提升效果分析

某地铁拟定运营时间为 6:00-22:00，高峰与非高峰时段采用差异化运行图，排除洗车、调车等非维修作业影响后，早高峰首列回库车 9:15 至晚高峰末列出库车 15:30 期间，拥有约 5 小时的运营窗口时间，可充分用于回库列车的维修作业。

该地铁现阶段可上线运营列车共 17 列，传统计划修模式下，每日需扣车 4 列开展检修，列车投运率约为 76.4%。推行均衡修修程后，结合当前运营用车需求，每个工作日仅需完成 1 列均衡修和 1 列特别修作业：其中 1 列特别修利用运营窗口时间完成，早晚高峰均不扣车；1 列均衡修因作业耗时较长，仅在晚高峰时段扣车维修。该模式下，列车早高峰投运率提升至 88.2%，晚高峰投运率达 82.3%，投运率得到显著提升。

从维修扣车时间来看，传统计划修模式下，每列列车每年需完成 1 次年检、3 次三月检、20 次双周检，年度维修停库总天数达 14 天；均衡修模式下，每列列车每年完成 12 次均衡修、24 次特别修，因大量利用运营窗口时间，年度维修停库总天数仅为 6 天，相比传统模式减少 57.14%，列车有效运营时间大幅增加。

（三）运维综合成本管控分析

1. 日常维修成本

均衡修模式下，电客车年度检修作业由传统的 20 次双周检、3 次三月检、1 次年检，调整为 12 次均衡修、24 次特别修。从修程编制来看，核心减少了 8 次双周检作业，参考现场生产定额，每列列车单次双周检消耗 268 元，8 次双周检可节约 2144 元 / 列。该地铁初期配属 17 列列车，年度可节约日常维修成本 3.6 万元。

2. 架大修成本

均衡修模式使每列列车年度扣车时间减少 8 天，17 列列车每年可减少扣车 136 天。从实际运营效果来看，每日上线列车可增加 1.5 列次，等效于新增 1.5 列运营电客车。

该地铁电客车最高运营速度 120km/h，平均旅行速度 72.23km/h，根据车辆技术规格书，列车运行 75 万公里或运营 5 年（以先到为准）需开展架修，运行 150 万公里或运营 10 年（以先到为准）需开展大修。按 8min 发车间隔、上线 12 列列车（含 2 列备车）测算，列车平均每日运行 680km，在 30 年寿命周期内，每列列车需完成 5 次架修、4 次大修。经核算，均衡修模式下可等效节约 6 列列车的架大修成本，其中架修单辆成本 150 万元、大修单辆成本 400 万元，累计可节约架大修成本 14100 万元。

3. 购车成本

因均衡修模式实现每日上线列车增加 1.5 列次的运营效果，无需额外购置对应数量的电客车，直接节约购车成本 4500 万元。

综合核算，均衡修模式在列车 30 年寿命周期内，可累计节约车辆综合成本 = 日常维修成本 + 架大修成本 + 购车成本 = 108+14100+4500=18708 万元，平均每年节约成本 623.6 万元，成本管控效果显著。

（四）维修资源利用效率优化分析

1. 提升运维人员利用率

传统计划修模式下，班组作业量存在明显的忙闲不均问题，如三月检作业前两日需配置 9 人，第三日下午动调作业仅需 4 人，人员资源配置效率偏低。均衡修模式通过对作业内容的合理拆分与整合，安排日检班配合均衡修班开展作业，实现每日维修工作量的均匀分配，班组人员配置更趋合理，大幅提升了运维人员的整体利用效率。

2. 提升维修作业的科学性与经济性

传统计划修的维修周期主要依据设备供货商维护手册制定，为追求统一化检修标准，部分零部件维修频次被过度增加，既造成维修资源的浪费，也易因过度检修导致设备额外磨损。而设备实际运行状态受地域环境、使用工况等因素影响存在差异，部分部件需针对性调整维修策略。均衡修修程以设备可靠性为核心，通过对各系统、各部件开展功能与故障分析，制定科学匹配的维修策略，实现维修作业的精准化、高效化，从根源上减少资源浪费。

3. 实现作业安排的人性化

均衡修修程在计划编排时充分结合当地气候特征，将走行部润滑油脂更换、高压风吹扫等作业避开高温酷暑季节，降低恶劣气候对作业人员的影响，体现了维修制度的人性化设计，有助于提升员工现场作业效率。

4. 全面提升员工专业技能水平

均衡修模式对运维人员技能提出了综合性要求：均衡修班需熟练掌握全部均衡修、特别修及故障临修作业内容，日检班需精通日检、特别修及故障临修作业。这一要求有效改善了传统维修模式下不同修程班组员工技能水平差距较大的问题，推动运维团队整体技能水平提升，进一步提高了现场维修作业效率。

四、均衡修修程推行的总结与对策

某地铁电客车在保障运营安全的前提下，具备全面推行均衡修修程的现场条件，该模式的推行兼具显著优势与实际挑战，需针对性制定应对措施。

（一）均衡修修程的推行优势

第一，修制体系无需大幅改革。推行均衡修模式无需对现有维修制度进行根本性调整，减少了技术规程、作业流程、班组配置的调整工作量，规避了修制变更规划、技术规程梳理、人员二次技能培训、安全管控体系重构等一系列复杂工作流程，降低了模式切换的管理成本与实施难度。

第二，规避物料采购计划误差。传统模式向均衡修模式过渡阶段，易因修程调整导致物料采购计划偏差，而本次均衡修修程是在现有物料供应体系与采购流程基础上优化制定，有效避免了过渡阶段的物料采购误差，保障了检修作业的物料供应稳定性。

第三，快速锻造高效维修队伍。均衡修模式对人员技能的综合性要求，能够倒逼运维人员快速学习、掌握多岗位作业技能，在短时间内实现团队专业能力的整体提升，锻造一支高效、全能的地铁车辆维修队伍。

第四，提升生产组织效率。均衡修模式依托运营窗口时间开展作业，减少了列车转轨、跨区域调车等额外作业环节，简化了现场生产组织流程，有效提升了维修作业的生产组织效率。

（二）均衡修修程推行的困难及解决措施

第一，需精细化管理体系支撑。均衡修模式对现场运维管理的科学性、严谨性、责任性要求较高，需构建适配的管理体系。对此，通过外出调研学习国内地铁均衡修运维先进经验，深入研究均衡修修程管理与培训体系，从管理制度、作业过程、管理方法、人员培训等维度进行深度剖析，总结并编制形成适配本项目电客车的均衡修管理机制。

第二，对备件保障能力要求严格。均衡修修程对车辆停扣时间管控严格，需充足的备品备件与轮换件作为支撑，提升维修资源配备效率。对此，组织各专业工程师结合各系统运行需求，编制电客车全品类备品备件清单，制定科学化、常态化的备件与轮换件需求计划，保障现场作业的备件供应。

第三，试修初期或出现故障率波动。均衡修模式试运行阶段，因作业流程、人员配合等方面需磨合，列车故障率可能出现

阶段性上升，待磨合完成后将逐步下降并趋于稳定。对此，在试运行期间适当增加维修检查频次，针对走行部、受电弓等关键部件及车门、PIS 系统等高故障率部件制定专项检查方案，加大检查力度；同时在列车上线运营前，制定标准化“上线前检查”方案，确保列车在试运营阶段保持良好的技术状态与运行安全性。

第四，零部件故障周期数据积累不足。初期对部分零部件的实际故障周期掌握不够精准，影响修程优化的科学性。对此，在列车调试阶段，安排各专业工程师负责对应系统的故障数据统计与分析，持续总结现场运维经验，为电客车安全运营、备品备件配置及修程进一步优化提供可靠的数据支撑。

五、结束语

地铁车辆维修制度是保障地铁运营安全稳定的核心支撑，科学完善的维修制度能够有效提升列车投运率、降低运营综合成本，推动车辆维修管理向更可靠、更经济的方向发展。

均衡修修程体系摒弃了传统干线铁路的维修模式思维，更加适配城市轨道交通平高峰客流量差距大、运营窗口时间固定的特点，通过精细化的修程设置、高效的作业组织、科学的资源配置，实现了车辆利用率提升、维修停时缩短、运营成本降低的多重目标，车辆运用效率得到显著提升。本次某地铁电客车均衡修修程的研究与实践，为城市轨道交通行业车辆维修模式的优化升级提供了实际参考案例，也为后续地铁线网化运维管理积累了宝贵经验。

参考文献

- [1] 刘佳, 李瑞荣. 城市轨道交通车辆均衡修模式分析研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2022 (03).
- [2] 万宇. 成都地铁车辆均衡修探讨与应用 [J]. 铁道机车车辆, 2017 (05).
- [3] 罗永革. 湿式离合器金属带式无级变速器 (CVT) 控制策略研究 [D]. 浙江大学, 2002.
- [4] 张昕. 电动助力转向助力特性的仿真分析 [D]. 吉林大学, 2026.
- [5] 庄江丽. FlexRay 总线的组网及其在混合动力客车上的应用 [D]. 北京交通大学, 2012.
- [6] 李仕锋. 客车上部结构侧翻安全性研究 [D]. 重庆交通大学, 2012.
- [7] 廖英英. 高速铁道车辆半主动悬挂系统动力学建模优化与仿真分析 [D]. 北京交通大学, 2012.
- [8] 徐双亿. 基于实际交通状态的氢燃料电池汽车能耗因子预测方法研究 [D]. 北京交通大学, 2023.
- [9] 杨文静. 基于动态闭塞分区的混跑线路运能提升方法研究 [D]. 北京交通大学, 2023.
- [10] 刘瑞扬, 杨京. 铁路客车运行安全监控系统 [M]. 中国铁道出版社, 2005.

船舶用涂层仿生减阻性能检测探索及应用研究

刘桃凤, 封俊

泉州海洋职业学院, 福建 石狮 362700

DOI: 10.61369/SSSD.2026070042

摘 要： 基于仿生学原理，结合材料改性技术，本文对仿生涂层的性能检测方法及其在船舶涂层领域的工业应用进行了系统研究。研究内容涵盖数值模拟与实验验证、航速预报与能效评估以及改性涂层性能测试方法三个方面，重点探讨了柔性仿生减阻涂层的设计理念、性能验证方法及工程应用现状。通过数值模拟与实验数据的综合分析，总结了仿生减阻涂层的技术优势，并展望了未来研究方向，旨在为后续技术优化提供理论支撑。

关 键 词： 仿生减阻涂层；数字模型；能效评估；性能测试

Exploration and Application Research on Bionic Drag Reduction Performance Testing of Coatings for Ships

Liu Taofeng, Feng Jun

Quanzhou Ocean Institute of Vocational Technology, Shishi, Fujian 362700

Abstract： Based on bionics principles and integrated with material modification technologies, this paper presents a systematic investigation into the performance testing methods of bionic coatings and their industrial applications within the marine sector. The research encompasses three primary areas: numerical simulation coupled with experimental validation, ship speed prediction and energy efficiency assessment, and performance testing methodologies for modified coatings. A particular focus is placed on the design philosophy, performance validation approaches, and current engineering application status of flexible biomimetic drag-reducing coatings. Through a comprehensive analysis combining numerical simulations with experimental data, the technical advantages of biomimetic drag-reducing coatings are summarized, and future research directions are proposed. This work aims to establish a theoretical foundation for subsequent technological optimization.

Keywords： bionic drag-reducing coating; numerical model; energy efficiency evaluation; performance test

引言

随着全球航运业的快速发展，船舶节能增效已是学术界与工程界关注的热点问题。船舶在水介质中航行时，船体表面与水相互作用产生的摩擦阻力占总阻力的70%以上，导致大量能源消耗，且制约船舶航速的提升。因此，开发高效减阻技术对提高船舶综合性能具有重要意义。通过仿生学原理^[1]对这些生物表面结构进行模拟，并对船舶涂层进行功能改性，开发出具有卓越减阻性能的新型功能涂层。

（一）制备方法概述

仿生减阻涂层的制备方法呈多样化特征^[3]，主要可分为物理加工与化学修饰两大类。物理加工方法包括激光蚀刻、电火花加工、微电镀加工等，可用于在基材表面构建微米级结构；化学修饰方法涵盖溶胶-凝胶法、电化学沉积、自抛光漆技术等，旨在赋予涂层疏水性和抗污性能。本研究采用高精度3D打印技术直接构建仿生微结构^[4]。将聚氨酯预聚体、扩链剂及各类助剂按比例均匀混合，经脱泡处理后制得聚氨酯溶液，随后将溶液浇注于模板中，经热固化成型后剥离模板，最终获得具有特定仿生结构的聚氨酯涂层。

（二）材料设计与配方优化

仿生减阻涂层的制备核心在于仿生结构设计与材料体系创新^[5-6]。常用基体材料包括聚氨酯、硅橡胶及聚乙烯薄膜，弹性聚氨酯涂层可通过调控交联密度与表面粗糙度，实现减阻与防污的双重功能。本研究通过添加纳米二氧化硅填料对聚氨酯进行改性，形成优化涂层配方，具体组成见表1。

表1 改性涂料配方

成分	比例	作用	备注
水性聚氨酯乳液	89%	基体材料	柔性主体
纳米 SiO ₂	3.05%	增强硬度和疏水性	强化耐久性
氟硅烷偶联剂	1.36%	表面疏水改性	疏水减阻
其他助剂	2.04%	促进交联、固着等	交联增强

注：基体材料常用复合乳液，届时需调整相关物料比例。

（三）典型应用案例

中国科学院宁波材料技术与工程研究所团队研制的螺旋桨仿生蒙皮，该材料结合“类液态”动态界面特性与微米级柔性结构（厚度0.1~0.2 mm），通过降低螺旋桨表面与水流间的剪切力，有效提升了推进效率^[9-10]。德国汉堡水池研究团队则开发了双层结构柔性仿生涂层：其中“鲸脂”层（硅凝胶与硅橡胶复合材料）负责缓冲水流冲击，“真皮”层（聚乙烯薄膜）提供结构支。研究表明，适当增加“鲸脂”层厚度可提升转捩延迟效果，最大延迟距离可达90 cm。

一、仿生减阻涂层结构改性研究

（一）功能改性方法

模仿鲨鱼皮等生物表面特征，利用光刻、模板或激光加工技术在涂层表面构建微米/纳米级纹理构建表面微结构；添加功能性纳米粒子如SiO₂、碳纳米管填充涂层微孔以提高表面光洁度。部分纳米粒子还能在固液界面诱导形成润滑层，降低摩擦阻力。其中碳纳米管还可同步提升涂层的力学性能与耐磨性；同时受海豚皮肤自适应特性启发，设计开发能响应温度、压力等环境变化的智能响应型涂层；采用等离子体处理调控表面化学性质，喷涂PDMS、氟碳等疏水材料构筑超疏水表面，再经二次固化增强涂层稳定性后处理和功能强化也是提升涂层综合性能的重要手段。

（二）改性涂层制备工艺

通过喷涂或刷涂将含改性材料的溶液直接覆盖于基材表面，溶液涂覆法工艺简单、成本低，但需精确调控溶液浓度与涂覆速率以控制膜厚与均匀性；利用金属醇盐的水解缩聚反应形成溶胶，经涂覆、干燥及热处理得到涂层，形成溶胶-凝胶法制备的涂层成分可控、纯度高、微观结构均匀，但工艺条件要求严格，流程较复杂；在高温/低压条件下，使气态前驱体在基体表面反应生成固态涂层的化学气相沉积法更适用于复杂构件，涂层结合力强、性能优异，但设备投入大，操作门槛高。

二、改性涂层性能与检测方法

（一）数值模拟与实验验证

1. 计算流体动力学模拟方法

（1）模型构建

基于仿生涂层表面微观结构特征（如鲨鱼皮沟槽、荷叶微纳结构），建立三维几何模型。采用大涡模拟方法捕捉近壁面流动特性，结合壁面函数处理近壁流动。边界条件设置如下：航速范围覆盖船舶典型工况（0~20节），流体介质为海水（密度1025 kg/m³，黏度1.08×10⁻³ Pa·s），壁面采用无滑移边界条件，表面粗糙度进行参数化处理。

数据输出包括摩擦阻力系数、流速分布及湍动能变化等关键参数，要求模拟结果与实验数据误差控制在5%以内。

（2）参数优化

采用计算流体动力学软件对涂层覆盖船体进行流场分析，预测阻力分布与转捩区延迟效果。通过网格敏感性分析优化计算域

网格划分（重点加密边界层网格），并应用Spalart-Allmaras湍流模型验证改性涂层减阻预测的准确性。

2. 表面粗糙度检测

采用白光干涉仪测量涂层表面三维形貌，计算算术平均粗糙度（Ra）、最大高度（Rz）等参数；使用原子力显微镜分析纳米级微观结构分布，测试过程遵循ISO 4287/4288表面粗糙度规范，旨在量化涂层表面形貌对减阻性能的影响。

根据《船舶涂层低阻性能验证与检验指南》要求，涂层施工后需进行表面粗糙度检测，确保Ra ≤ 50 μm的标准得以满足。

（二）航速预报与能效评估

基于CFD模拟与水洞实验数据建立船舶阻力-航速关系曲线，通过水池试验或数值计算验证航速提升效果。结合单位油耗（EEDI）指标评估减排潜力，通过对比裸钢表面与涂层覆盖表面的能效差异开展节能潜力评估，从而优化船舶运营参数，实现碳减排目标。

能效指标计算方法如下：EEDI = CO₂排放量 / （载货量 × 航程）

（三）改性涂层性能测试

1. 减阻性能测试

采用风洞实验、水洞实验及实船试验等方法对改性涂层的减阻性能进行综合评估。风洞实验和水洞实验可在实验室条件下模拟船舶航行时的流场环境，通过测量不同工况下的阻力系数评估涂层减阻效果。拖曳水池实验采用全尺寸船模测试，测量不同航速下的总阻力变化。

通过缩比模型实验验证CFD模拟结果的准确性。实验系统包括：循环水洞系统、高精度力传感器、粒子图像测速仪。实验步骤为：将涂层试样安装于平板模型表面，逐步增加流速并记录阻力数据，对比不同表面粗糙度条件下的阻力差异。

2. 耐久性测试

动态界面材料需耐受长期海水浸泡和机械磨损考验。中国船级社认证数据显示，仿生蒙皮材料生命周期约为2.5年，综合节能率达1.5%。本研究通过磨损实验评估涂层耐磨性能，采用加速老化实验考察涂层耐久性。具体测试项目包括：盐雾试验测试耐腐蚀性能；紫外辐照试验模拟海洋环境光老化效应；机械磨损测试采用砂粒冲刷试验；同时使用预制式摩擦率仪测试涂层耐磨性能。

3. 防污性能

通过海洋生物附着实验评估涂层防污性能：采用静态挂片法

在港口水域进行6~12个月浸泡实验，全过程观察并记录生物附着情况。实验室模拟采用藻类孢子接种法，参照 ASTM D6990 标准测试抑菌率。聚氨酯涂层通过抑制生物膜形成，可有效减少污垢覆盖，降低船舶维护成本。

4. 节能效果评估

仿生减阻涂层的应用能够显著降低燃油消耗。通过能效对标分析，结合 EEXI（现有船舶能效指数）评估达标率；实船油耗监测采用燃油流量计记录涂层应用前后的油耗差异，量化节能效果。

5. 耐腐蚀性能

耐腐蚀性能对船舶在海洋环境中的长期使用至关重要。常用测试方法包括盐雾试验、电化学测试、极化曲线法（Tafel 分析）、电化学阻抗谱（EIS）等，用于评估涂层防护寿命。

6. 附着力测试

附着力直接影响涂层与基体之间的结合强度，可采用划格法、拉拔法等进行测试。划格法参照 ASTM D3359 标准，划痕间

距 1 mm，评估涂层剥离面积；拉拔试验参照 ISO 4624 标准，要求涂层与基材的粘结强度 ≥ 5 MPa 为合格。综合性能是仿生减阻功能改性涂层实现工程应用的基础。性能分析涵盖减阻率、耐腐蚀性及防污性等多维度指标，需通过综合测试进行验证。动态试验结果显示，改性涂层在航速提高时减阻优势更为显著，最大减阻率可达 3%。

三、结论

本研究基于仿生减阻原理，通过材料创新与工艺优化，成功制备了兼具显著减阻与节能环保性能的功能涂层，该涂层能有效降低船舶航行阻力，已在超大型油轮上实现 3% 的油耗优化效果，展现出良好的工程应用前景。未来研究应聚焦制备工艺改进、耐久性提升与综合性能调控，同时结合 CFD 模拟、纳米技术与生物仿生的发展，推动仿生减阻涂层在远洋运输和水下航行器等领域实现更广泛应用，为船舶工业绿色转型提供关键技术支撑。

参考文献

[1]BECHERT D W, BRUSE M, HAGE W, et al. Fluid mechanics of biological surfaces and their technological application[J]. Naturwissenschaften, 2000, 87(4): 157-171.

[2]ISO 4287:1997, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method[S].

[3] 科普中国. 最新突破！我国科学家研发螺旋桨仿生蒙皮新材料，油轮油耗大幅下降 [EB/OL]. (2024-08-26). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1808378195427600017>.

[4] 中国船级社. 船舶低阻涂层验证与检验指南：低阻涂层标准化检验方法及航速预报模型 [S]. 2024.

[5] 韦海东. 一种硅橡胶和网状聚氨酯的复合材料、制备方法及应用：CN202010718803.6[P]. 2020-11-03.

[6]PU S, CHENG G, YU T, et al. A summary of research results on the acquisition and application of typical navigation parameters of intelligent ship[C]//2020 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA). 2020.

[7] 刘浩, 谢络, 姚博仁, 等. 高分子-自抛光漆复合涂层减阻特性实验研究 [J]. 力学学报, 2023, 55(6): 1228-1235.

[8]CHEN D K, CUI X X, LIU X J, et al. Dual-composite drag-reduction surface based on the multilayered structure and mechanical properties of tuna skin[J]. Microscopy Research and Technique, 2021, 84(8): 1862-1873.

[9]ZHANG Y C, LI X, LI P X, et al. Eel skin inspired flexible polymeric coating for drag reduction[J]. Progress in Organic Coatings, 2024, 197: 108859.

[10]FENG Y Q, CHEN D K, LEI Z L, et al. Coupled bionic drag-reducing surface covered by conical protrusions and elastic layer inspired from pufferfish skin[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2022, 14(28): 32747-32758.

智能仪器仪表技术的运用及发展探析

张志国

泰安市万力仪表仪器有限公司，山东 泰安 271000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070045

摘 要： 在信息技术与工业自动化快速发展的当下，智能仪器仪表技术作为连接感知、传输与数据分析的核心支撑，已广泛渗透到各个行业领域，成为推动产业升级、提升生产效率与质量的重要力量。智能仪器仪表依托先进的传感技术、计算机技术与通信技术，突破了传统仪器仪表的功能局限，实现了测量、分析、控制与数据交互的一体化发展。本文首先阐述智能仪器仪表技术的核心特点，明确其与传统仪器仪表的本质区别；其次分析该技术在各领域的广泛运用，展现其多元应用价值；最后探讨智能仪器仪表技术的未来发展趋势，为相关领域的研究与应用提供基础性参考。

关 键 词： 智能仪器仪表；核心特点；技术运用；发展趋势

Analysis on the Application and Development of Intelligent Instrument and Meter Technology

Zhang Zhiguo

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

Abstract： With the rapid development of information technology and industrial automation, intelligent instrument and meter technology, as a core support connecting perception, transmission and data analysis, has been widely permeated into various industrial sectors and become an important driving force for promoting industrial upgrading and improving production efficiency and quality. Relying on advanced sensing technology, computer technology and communication technology, intelligent instruments and meters have broken through the functional limitations of traditional ones and realized the integrated development of measurement, analysis, control and data interaction. This paper first elaborates on the core characteristics of intelligent instrument and meter technology and clarifies its essential differences from traditional instruments and meters. It then analyzes the extensive application of this technology in various fields to demonstrate its diversified application value. Finally, it explores the future development trends of intelligent instrument and meter technology, aiming to provide basic references for research and application in related fields.

Keywords： intelligent instruments and meters; core characteristics; technology application; development trends

随着产业结构不断升级，各行各业对于计量的准确度、控制的速度以及信息处理的要求越来越高，传统的仪器设备已经不能适应当前社会的发展趋势，在速度、智能程度及适用范围等方面存在明显的不足，难以满足人们生产和生活中的各项需求^[1]。智能仪器仪表技术凭借其独特的技术优势，能够精准捕捉各类物理量、化学量、生物量的变化，实现数据的实时分析与高效传输，为生产管控、决策制定提供科学依据^[2]。

一、智能仪器仪表技术的核心特点

（一）智能化水平高

智能化是智能仪器仪表技术最核心的特点，也是区别于传统仪器仪表的本质特征。智能仪器仪表内置微处理器与专用软件，能够模拟人工的思维逻辑，实现自主化的测量、校准、分析与控制。在测量阶段，智能仪器仪表能根据被测对象的特点，自行调节测量参数，避开外部影响因素的干扰，保证测量精度和测量的

一致性；在数据处理阶段，可对所测得的原始数据自动筛选、计算、分析，去除无用的数据，获取有用的信息并形象化显示出来；同时，部分智能仪器仪表还具备故障自诊断功能，能够实时监测自身运行状态，当出现故障时，及时发出预警信号，并初步判断故障类型与位置，为维护工作提供便利，大幅降低了人工操作强度与维护成本^[3]。

（二）数字化程度高

数字化是智能仪器仪表技术发展的重要基础，也是实现智能

化与网络化的前提条件。智能仪器仪表采用数字化的测量方式与信号传输模式，在测量环节，智能仪器仪表通过传感器将物理量、化学量等非电信号转换为电信号，再通过模数转换器将模拟电信号转换为数字信号，数字信号具有抗干扰能力强、传输稳定、精度高的特点，能够有效提升测量结果的可靠性；在信号传输方面，数字信号可以通过有线或无线的方式实现远距离传输，且传输过程中不会出现信号衰减与失真的情况，便于实现多台仪器仪表的数据共享与协同工作^[4]。

（三）集成化能力强

智能仪器仪表技术具有较强的功能集成性特点，可以对多个功能进行集成，实现多功能一体化的发展，突破了传统仪器仪表只能完成一项功能的局限。智能仪器仪表采用模块化的设计方法，把传感模块、测量模块、数据处理模块、通讯模块、控制模块等多个功能模块集成为一个设备，可以实现测量、分析、控制、通信等多项工作。集成化使得仪器仪表的体积得以减小，在减少设备占地面积的同时也降低了成本，并提高了设备的运行效率以及兼容性。用户可以根据自身的实际需求，灵活选择不同的功能模块，实现个性化的配置，适配不同的应用场景^[5]。

二、智能仪器仪表技术的广泛运用

（一）在工业生产领域的运用

工业生产领域是应用智能仪器仪表最多的一个领域，在促进工业自动化的进程中发挥着重要作用。在工业生产中需要实时检测和控制各种生产参数，以保证生产过程的稳定性和产品的一致性，而智能仪器仪表正好可以满足这一需求，已经广泛应用于生产的各个领域。在原材料检验过程中，智能仪器仪表可以对生产所需要的原材料进行精准检测，并判断原材料的成分、纯度等是否满足生产的需要，从而实现质量从源头抓起的目的；在生产工艺过程中，智能仪器仪表可以对生产工艺过程中的温度、压力、流量、浓度等各种参数进行实时监测，将采集的数据实时上传到控制中心，并由其根据数据信息来调节生产流程中的参数，保证整个生产过程都严格按照标准来进行，避免因生产误差导致的质量安全风险等问题的发生；在产品检验阶段，智能化仪表可以实现对生产出的成品进行全面检测，筛选出不合格产品，确保产品质量符合市场需求^[6]。

（二）在能源电力领域的运用

能源电力领域是国民经济的基础性领域，对测量精度、控制效率与运行安全性的要求极高，智能仪器仪表技术在该领域的运用，有效提升了能源电力系统的运行稳定性与管理水平，推动了能源的高效利用与绿色发展。在电力生产方面，智能仪器仪表被大量用于发电厂的各种设备检测及参数测量中，可以对发电机组、锅炉、汽轮机等重要设备进行实时监控，测量设备的电压、电流、功率、温度等情况，并及时发现设备运行过程中出现的异常状况，给出预警提示信息，为设备维修及故障处理提供参考，保障电力生产安全可靠；在电力传输过程中，智慧型仪器仪表可以对输送电线、变电站等电力设备实施在线监控，计量输送线路

上的电压、电流、功率损失等相关指标，检测线路上的工作状况，避免线路上超负荷工作、出现短路等事故隐患，保证电力输送过程中的平稳性和安全性；在用电阶段，智能电表可以准确地对用户用电情况进行计量，实现电力数据的实时采集与传输，并将这些数据作为电力公司进行负荷调度、电费结算的依据，也能够为用户提供自身用电情况的信息，指导用户合理用电、节约用电。

（三）在医疗卫生领域的运用

医疗卫生行业直接关系到人们的身心健康，对于仪器仪表的精确性、稳定性和自动化程度要求较高，在医疗卫生行业的应用可以提高医疗检测和治疗的准确性，促进医疗卫生行业的信息化发展^[7]。在医疗检测过程中，智能仪器仪表被大量使用于医疗检测工作中，能准确测定和分析人体的各项生理参数、生化指标等，为疾病诊断提供科学依据。例如，智能血压计、智能血糖仪等便携式智能仪器仪表，能够实现人体生理参数的自主测量与数据记录，便于用户实时掌握自身健康状况，也便于医护人员了解患者的病情变化；各类智能检测仪器能够对人体体的血液、尿液、痰液等样本进行精准分析，快速检测出样本中的各类指标，为疾病的早期诊断与治疗提供支撑。在医疗治疗环节，智能仪器仪表能够对治疗过程进行精准控制，确保治疗效果的同时，降低治疗过程中的风险。比如，智能输液泵可精确地控制输液的速度以及输液剂量，并能根据患者病情及身体状况自动调节输液参数，防止因输液速度快或者输液剂量不合理而给患者带来安全隐患；智能监护仪可以对患者心率、呼吸、血压等进行实时监控，一旦发现患者的生命指标出现异常情况，则会及时给予警示，方便医护人员第一时间实施抢救^[8]。

（四）在环境监测领域的运用

随着人们的环保意识不断增强，环境监测工作也越来越受到重视，智能仪器仪表技术在环境监测中的应用提高了环境监测的效率及精确度，为环境保护工作的开展提供重要依据^[9]。智能仪器仪表可以实现对大气、水、土质、噪声等多种因素的实时监测，准确检测环境中污染物浓度、酸碱值、温度、湿度等指标，并将检测的数据信息上传到环境监测系统中去。与传统环境监测方式相比，智能仪器仪表具有监测范围广、响应速度快、测量精度高、自动化程度高的优势，能够实现全天候、全方位的环境监测，避免了人工监测带来的效率低下、误差较大等问题^[10]。

三、智能仪器仪表技术的发展趋势

（一）智能化水平持续提升

智能化是智能仪器仪表技术的核心发展方向，未来，随着人工智能、机器学习等技术的不断发展与融入，智能仪器仪表的智能化水平将得到持续提升，将逐步实现从“自主判断”向“智能决策”的转型。未来的智能仪器仪表将会更加智能化，能够通过历史测量数据、运行数据的学习来不断完善自身测量算法及控制策略以提高其测量精度与控制水平，并能适应更为复杂的应用场景；还将结合人工智能进行更为准确的故障诊断与预测，能对

设备可能发生故障进行提前预测,报警提示,并提供相应的处理意见,有效降低故障停机率,提高设备可靠性^[11]。

（二）数字化与网络化深度融合

数字化与网络化是智能仪器仪表技术的重要基础,未来,两者将实现深度融合,推动智能仪器仪表技术向更高效、更便捷、更协同的方向发展。在数字化方面,未来智能仪器仪表将实现全数字化的流程,从测量、数据处理、信号传递再到存储、数据分析都是以数字化方式来实现,从而提高测量的精准度以及数据的可信度;将数字孪生技术和智能仪器仪表相结合,在智能仪器仪表中应用数字孪生技术,通过建立仪器仪表的数字孪生体,可以实现实时模拟监测仪器仪表运行的状态,方便用户使用更加直接了解仪器仪表的运行状况,并改进设备的运行参数^[12]。在网络化方面,未来的智能仪器仪表将全面接入物联网、5G等新一代通信网络,实现更快速、更稳定的数据传输与远程管控;将形成更庞大的网络化测量与控制系统,实现多设备、多区域、多领域的数据共享与协同工作,打破信息孤岛,提升整体工作效率^[13]。

（三）绿色化与节能化成为发展共识

随着全球范围绿色低碳的发展趋势,绿色化、节能化成为了各个行业的发展共识,在智能仪器仪表领域同样如此,其将会向着绿色化、节能化的方向发展,从而实现经济效益与环境效益的

统一。从绿色化角度来看,未来的智能仪器仪表将采用环保、可回收的材料来进行生产,减轻环境污染;其次,改进仪器仪表设计及制造工艺,降低生产能耗和污染物产生量,发展绿色智能仪器仪表产业^[14]。其中,在节能化上,未来的智能化仪器仪表会使用低功率的芯片、传感器和通讯模块,并改善仪器仪表的工作方式,减少设备耗能;并且具备智能化节能的功能,可根据设备运行状况及用户使用情况,自动调节设备的运行参数,实现对设备耗能的合理控制,延长设备的续航能力,降低用户的使用成本^[15]。

四、结语

智能仪器仪表技术是现代化科技发展的产物,在智能化、数字化、集成化、网络化的功能特点支持下,被广泛应用在工业生产、能源电力、医疗卫生、环境监测等领域中,并为这些领域的进步和发展提供必要的技术支持。随着相关技术的不断迭代升级与各行业需求的持续提升,智能仪器仪表技术将朝着更加智能化、数字化、网络化、微型化、绿色化的方向发展,在推动产业升级、提升生产效率、保障生命健康、改善生态环境等方面发挥更加重要的作用,成为推动社会经济高质量发展的重要力量。

参考文献

- [1] 刘凯.智能仪器仪表在集中供热能效监测中的应用研究[J].仪器仪表用户,2023,32(11):63-65.
- [2] 高铭,郭翔宇,刘生春.人工智能算法在石油仪器仪表故障诊断中的应用研究[J].仪器仪表用户,2023,32(11):66-68.
- [3] 仪登辉,陶涛,王化东.从传统到智能:物联网如何重塑仪器仪表的产业生态[J].中国宽带,2024,21(11):157-159.
- [4] 郭锐.智能仪器仪表技术的运用及发展探讨[J].中国设备工程,2024,(11):35-37.
- [5] 祁磊,咸蒙生,谢晓川.煤矿安全监测仪器智能校准技术研究与应用[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(二).内蒙古平庄煤业(集团)有限责任公司六家煤矿;2025:96-97.
- [6] 刘增强.基于人工智能的智能仪器仪表控制阀优化设计[J].模具制造,2025,25(04):210-212.
- [7] 武一宸,苏晓岗,周中岳,等.浅谈智能仪器仪表技术的发展及其应用[J].中国设备工程,2023,(13):28-30.
- [8] 孙柏林,刘哲鸣.解耦数字孪生,赋能仪器仪表行业转型升级[J].仪器仪表用户,2020,27(02):89-91+25.
- [9] 刘连城.智能仪器仪表技术的运用及发展探讨[J].大众标准化,2022,(02):92+94.
- [10] 黄领.智能仪器仪表技术的运用及发展[J].化工设计通讯,2023,45(10):78-79.
- [11] 探讨:仪器仪表的智能+未来[J].自动化博览,2021,(10):28-29.
- [12] 侯春宝,侯瑛,祝西坪.智能仪器仪表技术的运用及发展探讨[J].电脑编程技巧与维护,2022,(07):106-108.
- [13] 黄文军.仪器仪表微小化、集成化和智能化研究[J].科技风,2023,(24):123.
- [14] 陈耿.智能仪器仪表技术前景与应用[J].电子测试,2024,(14):125-126.
- [15] 范晓红.浅谈智能仪器仪表技术的发展及其应用[J].数字技术与应用,2024,(05):234+236.

人工智能赋能高校物流与供应链管理教学 模式创新探索

杨佳, 林秋风, 范兴琪

青岛工学院, 山东 青岛 266300

DOI: 10.61369/SSSD.2026070005

摘 要 : 近些年, 随着物流供应链产业智能化转型稳步推进, 传统物流与供应链管理教学模式正经历根本性变革, 这也对物流与供应链管理人才所提出的要求越来越高。人工智能技术的快速迭代为培养高素质复合型人才提供了全新路径, 基于人工智能技术创新物流与供应链管理教学模式, 不仅能够提升教学的趣味性与实效性, 促使学生始终处于主动学习状态, 也能实现人才培养与需求精准对接, 全面提升人才培养质量, 助力高校培养适应智能时代发展需求的高素质物流与供应链管理人才, 为物流供应链产业持续发展保驾护航。对此, 本文首先阐述人工智能赋能高校物流与供应链管理教学模式创新意义, 接着提出一系列行之有效的创新策略, 以期对相关研究者提供一定的参考与借鉴。

关 键 词 : 人工智能; 高校; 物流与供应链管理; 教学模式; 创新

Exploring Innovative Teaching Models for Logistics and Supply Chain Management in Universities with the Support of Artificial Intelligence

Yang Jia, Lin Qiufeng, Fan Xingqi

Qingdao Institute of Technology, Qingdao, Shandong 266300

Abstract : In recent years, as the intelligent transformation of the logistics and supply chain industry progresses steadily, the traditional logistics and supply chain management models are undergoing fundamental changes, which also puts higher and higher requirements on logistics and supply chain management talents. The rapid iteration of artificial intelligence technology provides a new path for cultivating high-quality, multi-skilled talents. Based on the innovation of artificial intelligence technology, innovating the teaching models of logistics and supply chain management not only can enhance the interest and effectiveness of teaching, enabling students to always be in an active learning state, but also can achieve precise alignment between talent cultivation and demand, comprehensively improving the quality of talent cultivation, and helping universities cultivate high-quality logistics and supply chain management talents that meet the development needs of the intelligent era, safeguarding the continuous development of the logistics and supply chain industry. This paper first elaborates on the significance of enabling the teaching models of logistics and supply chain management in universities to be empowered by artificial intelligence, and then proposes a series of effective innovative strategies, with the aim of providing certain references and inspirations for relevant researchers.

Keywords : artificial intelligence; university; logistics and supply chain management; teaching model; innovation

一、人工智能赋能高校物流与供应链管理教学模式创新意义

(一) 有利于提升教学的趣味性与实效性

在以往的物流与供应链管理教学中, 教师主要通过案例分析、理论讲授等方式讲授课程知识, 导致学生难以直观认知市场动态变化、供应链网络复杂性、抽象课程概念等, 削弱了他们的学习积极性。人工智能赋能物流与供应链管理教学创新, 可以将晦涩难懂的课程知识转化为具象、动态的可视化内容, 营造出趣

味性教学氛围。例如, 教师依托虚拟现实技术模拟供应链、仓储中心等运行流程, 在虚拟情境中, 学生将真实感受并观察物流与供应链管理中的各个环节, 参与虚拟项目协同决策, 这种沉浸式教学模式能够充分点燃学生的学习兴趣, 引领他们主动参与到物流与供应链管理教学中, 进而从根本上提高教学成效与教学效率^[1]。

(二) 有利于实现人才培养与需求精准对接

物流与供应链行业的智能化转型, 对人才的数据分析、智能决策与系统实操能力提出了全新要求。人工智能赋能下的教学模

式，通过构建与行业真实场景高度契合的虚拟实训环境，将智慧物流园区运营、供应链风险智能预警等产业前沿需求直接融入教学核心环节。同时，基于 AI 的教学要素动态优化框架，高校能够精准捕捉产业岗位能力要求的变化，通过调整教学内容、优化实践环节、革新评价体系，形成可复用、可迭代的教学行为范式。这种范式能够推动人才培养方案与产业发展同频共振，让学生在校期间即掌握行业核心技术与岗位实操技能，最终实现高校人才供给与企业岗位需求的精准匹配，为物流与供应链行业智能化发展输送高质量应用型人才^[2]。

二、人工智能赋能高校物流与供应链管理教学模式创新策略

（一）更新教学理念，树立“智能赋能”理念

在人工智能技术广泛应用的背景下，高校首先需要实现教学理念的迭代升级，逐渐从“知识讲授”转向“智能赋能”。同时，教师不仅能将人工智能视为简单的技术辅助，而是要将其作为重构课程教学模式、提质增效的重要工具。

第一，突破“技术工具论”这一认知误区，明晰人工智能在物流与供应链管理教学模式中所扮演的角色，具体如下：一是内容重构者，教师需要将市场预测、物流调度以及供应网络等复杂且抽象的知识，利用人工智能技术转化为可视化场景，使学生与课程知识进行深入交互；二是学习赋能者，教师对学生的行为数据进行智能分析，精准掌握他们的优势与短板，并为他们制定个性化学习方案；三是能力塑造者，引导学生理解与掌握区块链溯源、自动配送以及智能仓储等前沿技术，帮助学生掌握智能仓储、自动驾驶配送、区块链溯源等前沿技术，有效增强他们的职业能力，确保其充分满足未来产业需求。

第二，树立以生为本理念，构建智能教学生态。教师也要转变为场景设计者、学习引导者以及问题解决伙伴。教学目标也要做出相应转变，从单纯知识传授转变为创新思维、系统思维以及数据思维等培养，确保他们能够灵活应用人工智能工具分析复杂问题，并创新性解决相关问题。

第三，树立“产教融合”理念。人工智能技术的更新换代速度比较快，教师应该主动与当地科技公司、物流企业构建合作关系，将新的岗位需求、技术标准以及智能应用案例等引入物流与供应链管理教学，确保人才培养与产业发展同频共振，真正实现“智能赋能”理念从理论到实践的落地。

（二）课程内容改革，生成综合型课程模块

当前，教师应当打破传统课程体系，突破学科之间的壁垒限制，构建“基础层—核心层—延伸层”的三级融合型课程模块，应对人工智能技术在物流与供应链管理领域带来的变革性影响。

第一，基础层。教师应当着重夯实人工智能通识与数据科学基础，不仅要包含原有的统计学、高等数学等内容，也应增加必要的选修课程模块，比如，Python 数据分析及其应用、机器学习导论、大数据核心技术等。通过这些课程模块，保证学生具备扎实的学科基础、较强的编程能力，为后续学习智能供应链模型奠

定坚实基础。

第二，核心层。教师要对传统课程模块进行智慧化升级并开发跨学科模块，例如，《供应链管理》升级为《智能供应链管理》，其中包含预测模型、智能仓储、区块链追溯等内容；《物流系统规划设计》升级为《智能物流规划设计》，重点讲解自动立体仓库、AGV 调度算法以及不指定送货路线设计等内容；增设《物流数据分析与应用》《智能化仓储及运输》《供应链金融科技》等相关核心课程，构建“采购—生产—储存—运输—销售”全链条智慧课程群。

第三，拓展层。教师设置行业应用与前沿技术模块，并邀请行业专家举办“智慧物流前沿技术报告”活动，学生则参与到企业真实项目中，深入学习自动驾驶、数字孪生等技术的应用场景。另外，开设跨学科通识类课程，如《AI 的伦理法纪》《智能物流风险防范》，引导学生树立全局视野，并增强学生的社会责任感。

（三）创新教学方法，打造互动式教学模式

人工智能的应用为物流与供应链管理教学模式创新提供了无限可能，教师应积极探索与构建“虚实结合”新型学习空间，打破传统课堂中“教师讲、学生听”的单向传输模式。

第一，沉浸式场景化教学。教师利用 VR 技术、AR 技术、数字孪生技术构建高仿真的智能仓储和物流管理教学场景。学生则使用 VR 设备“进入”自动立体仓库中，体验并操作智能分拣机械手、参观 AGV 调度系统，了解入库作业流程。同时，教师利用数字孪生技术模拟各种危机事件，如原材料短缺、港口拥堵等，学生则制定针对这些危机事件的应急调度方案，切实提升学生的学习体验，并点燃他们的学习兴趣，进而全面提升学生的学习效率。

第二，项目式与探究式学习。教师引入企业真实的智能供应链项目作为教学案例，将学生分成若干小组，并要求他们以小组为单位完成需求分析、数据采集、模型构建以及方案落地等任务。例如，基于机器学习为某电商企业设计智能库存补货系统，或基于物联网为某制造企业优化智能运输路径。在这个过程中，学生不仅是知识的学习者，更是问题解决者和创新实践者。

第三，人机协同的混合式教学。为使线上与线下教学实现深度融合，充分运用智慧教学平台。课前，学生在线观看微视频，并完成自主学习测验，以便由系统自动生成课前预习成果分析报告，帮助教师准确把握学生的预习情况；课中，教师针对共性问题进行集中讲授，布置小组研讨及实践作业。课后，通过智慧答疑系统解决学生个性化问题，并根据学生的真实需求推送个性化的练习题和拓展资料，形成“预习—互动—巩固”的学习闭环。

（四）优化教学评价体系，构建智能化评价体系

传统的以期末考为主的终结性评价模式，已然无法全面客观地衡量学生的综合素质能力。教师应该革新教学评价体系，构建以“过程性评价+终结性评价”为主、以“定量数据与定性分析”为辅的评价模式，由此全面、精确且动态化评估学生学习效果和教师教学质量。

第一，评价维度的多元化。评价内容应包括以下方面：一是

知识维度，考核学生对智能供应链理论、算法原理、技术应用等知识的掌握程度；二是能力维度，评估学生运用人工智能工具进行数据分析、问题建模、方案设计和团队协作的实践能力；三是素养维度，考查学生的创新思维、批判性思维、数字伦理和终身学习能力。

第二，评价方式的过程化。教师借助智慧教学平台及学习管理系统，可对学生在课程中的表现进行全过程数据跟踪，如课堂参与度、项目参与度、作业完成质量、测验成绩、线上学习时长等，并建立过程性评价档案袋。这样，评价将贯穿学生整个学习过程，并通过过程性评价结果及时发现学生学习中的问题，第一时间加以干预，实现“以评促学”。

第三，评价技术的智能化。教师引入 AI 评分引擎和大数据分析技术，提升评价的客观性和效率。例如，利用自然语言处理（NLP）技术自动批改案例分析报告和论文；利用计算机视觉和动作捕捉技术评估学生在 VR 模拟操作中的表现；利用学习分析技术生成个性化的学情报告和发展建议。同时，结合教师评价、同

伴互评和学生自评，形成多主体、多视角的综合评价结果。

三、结语

总而言之，人工智能赋能高校物流与供应链管理教学模式创新，是顺应时代发展潮流、满足行业人才需求的必然选择，也是高校深化教育教学改革、提升人才培养质量的重要路径。对此，可以从更新教学理念，树立“智能赋能”理念；课程内容改革，生成综合型课程模块；创新教学方法，打造互动式教学模式；优化教学评价体系，构建智能化评价体系等策略入手，持续深化人工智能与物流与供应链管理教学的融合。未来，高校要密切关注人工智能技术在物流与供应链领域的前沿发展，及时将新技术、新应用、新案例融入教学内容，确保人才培养始终与行业发展同频共振，培养出大批高素质复合型人才，为实现产业升级和高质量发展贡献智慧和力量。

参考文献

- [1] 陈萍, 胡从旭. 人工智能背景下高职现代物流管理专业教学改革策略——以厦门海洋职业技术学院现代物流管理专业为例 [J]. 物流工程与管理, 2025, 47(01): 163-166.
- [2] 刘德文. 人工智能赋能物流管理专业数字化教学改革探索 [J]. 物流科技, 2024, 47(23): 153-154+162.
- [3] 张友强, 马亚静. 面向物流专业的人工智能课程教学改革与实践 [J]. 物流科技, 2024, 47(21): 182-184.
- [4] 尹悦琳, 高明晶. 生成式人工智能在物流管理类专业教学改革的应用研究 [J]. 物流科技, 2024, 47(21): 164-166.
- [5] 王珂. 基于人工智能的供应链管理优化策略及其在教学中的应用 [C]// 冶金工业教育资源开发中心, 中国钢协职业培训中心. 第13届钢铁行业职业教育培训优秀多媒体课件活动系列研讨会——教育理论与教育管理高质量发展之路论文集. 四川工商学院; 2024: 284-286.
- [6] 张林凤, 丁希祥. 基于数智化的物流管理专业教学改革研究 [J]. 物流科技, 2024, 47(11): 182-184.
- [7] 王睿. 人工智能背景下物流管理专业数据结构课程教学研究 [J]. 物流科技, 2024, 47(10): 179-181.
- [8] 吉兰兰. 人工智能背景下物流管理课程的教学改革 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2023, 36(11): 61-63.
- [9] 康开洁. 虚拟现实 VR 技术在现代物流管理教学中的应用 [J]. 科技资讯, 2023, 21(08): 187-191+204.
- [10] 季秋, 李炜卓. 人工智能背景下物流管理课程的教学改革研究 [J]. 物流工程与管理, 2022, 44(07): 171-174.

数字化转型背景下核电企业员工培训模式创新研究

张鲁峰

广西防城港核电有限公司, 广西 防城港 538001

DOI: 10.61369/SSSD.2026070006

摘 要 : 随着数字技术飞速发展和广泛运用, 人们的生活、生产方式发生了翻天覆地的改变。数字化转型已经成为企业提升自身核心竞争力、实现持续发展的关键举措。作为数字化转型的主要执行者, 员工的数字素养、创新能力以及实践能力将会对数字化转型成效产生直接影响。对此, 本文以广西防城港核电有限公司为研究对象, 立足数字化转型趋势, 深入剖析核心企业员工培训的意义、问题, 提出行之有效的改善建议, 以此为同类核电企业提升培训效果、构建高质量数字人才队伍提供参考和借鉴。

关 键 词 : 数字化转型; 核电企业; 员工培训

Research on the Innovation of Employee Training Models in Nuclear Power Enterprises Under the Background of Digital Transformation

Zhang Lufeng

Guangxi Fangchenggang Nuclear Power Co., Ltd., Fangchenggang, Guangxi 538001

Abstract : With the rapid development and wide application of digital technologies, profound changes have taken place in people's lifestyles and production methods. Digital transformation has become a key measure for enterprises to enhance their core competitiveness and achieve sustainable development. As the main implementers of digital transformation, employees' digital literacy, innovation capabilities, and practical abilities will have a direct impact on the effectiveness of digital transformation. In this regard, taking Guangxi Fangchenggang Nuclear Power Co., Ltd. as the research object, based on the trend of digital transformation, this paper deeply analyzes the significance and existing problems of employee training in core enterprises, and puts forward effective improvement suggestions. It aims to provide reference for similar nuclear power enterprises to improve training effects and build high-quality digital talent teams.

Keywords : digital transformation; nuclear power enterprises; employee training

引言

当前, 数字经济席卷全球, 数字技术正深刻重构社会各个领域的发展模式, 作为我国清洁能源体系的重要组成部分, 核电企业肩负着保障我国能源安全、推动社会经济持续发展的重要使命, 其行业特性决定了数字化转型不仅是技术革新的必然, 更是筑牢能源安全防线的重要举措^[1]。核电企业数字化转型的核心目的是实现生产管控、安全监管、设备运维等全流程的数字化重构, 而这一过程不仅较为漫长, 而且还需要一支具备高超数字化素养、精通专业技术的高质量员工队伍。

作为我国西南地区重要的核电企业之一, 广西防城港核电有限公司积极响应国家数字化转型号召, 逐步推动数字化转型, 积极探索员工培养路径, 为企业实现创新发展注入人才动力^[2]。然而, 随着数字化转型的不断深入, 传统员工培训模式存在一些问题, 如培训形式单一、培训内容滞后等, 难以满足数字化转型背景下员工发展的需求。基于此, 本文围绕数字化转型背景下核电企业员工培训模式存在的问题进行深度分析, 结合行业发展趋势, 提出行之有效的员工培训路径, 助力企业在数字化转型背景下实现高质量发展。

一、数字化转型背景下核电企业员工培训的意义

核电企业具有风险等级高、操作标准严、技术迭代快等特点。企业数字化转型不仅是技术层面的升级, 更是人才能力、生产管理、企业文化等各个方面的全面重构。数字化转型背景下, 创新员工培训方式, 不仅是落实国家能源安全战略的重要基础,

同时也是提升企业核心竞争力、实现高质量发展的关键路径。其核心意义体现在以下几个方面:

首先, 是实现企业数字化转型的重要支撑。人才是推动企业数字化转型的重要根基, 没有专业化的人才队伍, 即使有先进的数字技术也难以将其作用充分发挥出来^[3]。核电企业数字化转型涉及人工智能、大数据、数字孪生等多种技术, 这就要求员工不

仅要熟练掌握传统核电专业技能，同时还需要具备强大的数字素养。而这些能力、素养的提升与员工培训紧密相关。通过创新培训模式，能够帮助员工补齐短板，提升其数字素养，从而为数字化转型各项工作的落实奠定坚实人才基础。

其次，是筑牢核电安全生产的重要基石。安全生产是核电企业的红线^[4]。数字技术融入尽管能够提升安全监管的智能化水平，但也对员工的素养和能力提出了更高的要求。数字化设备的操作、异常数据的识别分析、应急场景的科学处置，这些都需要员工具备扎实的专业技能和高超的数字素养。对于防城港核电企业来讲，通过创新培训模式，优化培训内容，能够有效提升员工安全意识，提升其数字化场景处置能力，从而降低安全事故的发生概率，保障核电机组安全稳定运行。

最后，是提升企业核心竞争力的关键举措。在能源安全日益加剧背景下，高质量人才已经成为核电企业实现持续发展的重要基础^[5]。随着数字化转型的深入，核电企业之间的竞争不仅是技术、设备之间的竞争，更是高质量人才的竞争。通过创新员工培训模式，完善培训体系，能够不断提升员工专业素养，强化其归属感，吸引并留住更多高质量人才，从而为企业顺利实现数字化转型、巩固行业领先地位奠定坚实基础。

二、数字化转型背景下防城港核电员工培训模式存在的突出问题

近些年来，尽管核电企业对员工培训工作较为重视，并取得了一定成效，但在数字化转型背景下，当前培训模式也存在一些问题^[6]。具体来讲：

首先，培训内容与数字化转型需求脱节。一方面，培训内容滞后，革新速度缓慢，并未及时紧跟数字技术在核电领域的应用步伐。另一方面，培训内容缺乏针对性，并未结合不同部门、不同岗位、不同层级员工的数字化需求来开展专项培训，往往采用“一刀切”的培训模式，导致培训效果难以得到有效提升。

其次，培训方式较为单一。当前，部分核电企业往往采取“线下授课+现场实操”的培训方式，数字化培训方式应用不深入、不广泛，其作用难以充分发挥出来，从而影响培训效果的提升。除此之外，培训方式较为固化，缺乏灵活性，并未结合员工的工作特点和实际需求，导致培训缺乏针对性和创新性，难以满足不同员工的实际需求。

再次，培训评估体系不完善^[7]。当前，核电企业员工培训评估方式较为传统，依旧以“笔试+实操”为主，导致评价结果并不全面，这样做，不仅难以充分反映员工的培训效果和素养提升情况，而且也无法形成“培训——评估——反馈——优化”的闭环机制。除此之外，培训机制也并不完善，缺乏行之有效的反馈渠道，导致培训质量难以得到有效提升。

最后，师资队伍数字化素养不足。师资队伍是员工培训的核心力量，其数字化素养水平将会对培训质量产生直接影响。当前，核电企业部分培训教师数字化素养普遍不足，难以满足数字化培训的实际需求。此外，师资队伍结构并不合理，专职师资数

量不足，难以满足数字化培训的教学需求。

三、数字化转型背景下核电员工培训模式创新策略

（一）优化培训内容，构建适配数字化转型的内容体系

培训内容的适配性是提升培训质量的重要前提^[8]。应立足数字化转型需求，结合员工实际需求，构建多元化、动态化的内容体系。首先，开展全员数字化素养基础培训。该培训覆盖全体员工，培训内容较为基础，如数字技术基础、数字化转型理念等，以此强化员工数字意识，促进其数字思维发展。其次，开展分层分类专项培训。针对不同岗位、不同部门、不同层级员工的需求，设计针对性培训内容，以此提升培训效果，使他们更好地满足数字化转型的需求。最后，打造场景化培训内容。将数字化技术与核电企业的生产、运维、管理等具体场景深度结合，设计模拟实操案例，使他们在场景化学习中提升自身的数字素养和数字化应用能力。除此之外，还应构建动态革新机制。密切关注数字技术在核电领域的应用趋势和最新进展，及时革新培训内容，确保培训内容始终具备先进性和前瞻性。

（二）创新培训方式，打造数字化赋能的多元化培训载体

1. 开展线上线下融合培训

在数字时代背景下，应充分利用数字技术的强大功能，优化企业线上学习平台，完善其功能^[9]。可引入虚拟仿真、增强现实、AI语音等先进技术，构建虚拟培训情境，使员工在虚拟情境中开展训练，有效培养其实践能力和解决问题能力的同时，降低安全风险和成本支出。线下培训重点放在案例分析、实操实训、跨部门演练等方面，以此培养员工实践能力，实现“学以致用”。

2. 开展定制化培训

利用大数据技术收集员工的数据，构建员工培训画像，根据不同员工的岗位需求、能力水平等因素，为其推动定制化培训方案，实现“因材施教”，提升培训质量。

3. 引入互动式培训方式

在培训过程中，可引入互动式培训方式，如小组讨论、案例分析、线上竞答等，充分调动员工的积极性和主动性，改善培训氛围。同时，还可以构建员工交流平台，鼓励员工分享数字化培训心得和体会，构建良好的培训氛围。

（三）完善评估体系，构建闭环式培训评估反馈机制

1. 构建多维评估指标体系

针对传统、单一的考试方式，应构建多维评估指标体系，从理论知识掌握程度、创新能力、实践能力、数智技术应用能力等多个维度对员工进行综合评估。通过这样的方式，可以从多个维度、多个层面评估员工的数字化培训效果，提升评价结果的准确性和全面性。

2. 强化评估结果应用

将培训评估结果与员工的绩效考核、评奖评优、岗位晋升等挂钩；同时，还可以完善激励机制，对培训效果有效的员工进行奖励和表彰。通过这样的方式，调动员工参与培训的积极性和主动性。

3. 健全培训反馈机制

健全反馈渠道，可通过线上问卷、线下座谈等多种方式，收集员工对培训内容、培训方式等方面的意见，及时发现问题，并优化培训方案，以此为持续提升培训效果奠定基础。

（四）强化师资建设，打造专业化数字化师资队伍

组建一支高质量、专业化的师资队伍是培训模式创新、培训效果提升的关键步骤。对此，应：

1. 加强内部师资培训

核电企业可开展选拔活动，将内部技术骨干、数字化转型先锋等纳入内部师资队伍，并让他们开展数字化技术和教学能力培训，以此提升员工数字化素养^[10]。例如，组织内部师资参加 AI 大模型、VR/AR 应用等专项培训，邀请外部专家开展教学方法培训，提升师资的授课能力。同时，建立内部师资交流机制，鼓励师资之间分享教学经验和数字化培训心得，促进共同成长。

2. 拓宽外部师资引入渠道

可以邀请行业专家、高校教师等担任培训讲师，以此充实师资队伍，革新培训教师队伍结构，为员工提供更为前沿的数字化

知识和技能，从而提升培训效果。同时，还可以与高校、科研机构、其他企业开展深入合作，共同构建培训师资源库，实现资源共享。

3. 建立健全师资考核评价机制

应制定完善的师资考核评价机制，从多个方面，如授课效果、培训质量、员工反馈等，对师资进行定期考核。针对那些优秀的讲师进行奖励和表彰，并将其纳入优秀讲师资源库。此外，鼓励讲师深入一线工作岗位开展实践调研，了解一线员工实际需求，以此提升培训效果和质量。

四、结束语

总之，数字化转型已经成为核电企业实现可持续发展的必然之路，而员工培训则是推动企业顺利实现数字化转型的重要举措。对此，应充分认识到员工培训的重要价值，并在数字化转型背景下，积极探索员工培训创新路径，以此为提升核电企业核心竞争力、实现持续发展奠定坚实基础。

参考文献

[1] 王薪, 孙文媛. 数字化赋能城轨运营企业员工培训体系 [J]. 现代企业文化, 2025, (23): 148-150.

[2] 王奇. 企业员工培训现状分析与改进路径探究 [J]. 中国培训, 2025, (08): 68-71.

[3] 罗世娇. 传媒企业员工培训体系优化路径探索 [J]. 中国集体经济, 2025, (23): 113-116.

[4] 兰澜. 新经济背景下企业员工培训模式分析 [J]. 中国产经, 2025, (13): 182-184.

[5] 姜文军. 制造企业员工培训的分析与优化 [J]. 商业 2.0, 2025, (19): 121-123.

[6] 史珂瑾. 企业员工培训中存在的问题及解决对策 [J]. 商业 2.0, 2025, (19): 124-126.

[7] 杨昌衡. 我国企业员工培训困境及对策研究 [J]. 中国集体经济, 2025, (19): 162-165.

[8] 迟宝媛. 数字化转型背景下电力企业员工胜任力模型重构与培训体系升级 [C]//《中国招标》期刊有限公司. 新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集（三）. 国网吉林省电力有限公司桦甸市供电公司; 2025: 501-505.

[9] 杜友坚, 陈婷婷. 中小企业员工职业技能培训的价值内涵、基本思路及实践策略 [J]. 成人教育, 2025, 45(07): 80-84.

[10] 贾悦贤. 企业员工培训对忠诚度和内部受雇能力的影响机制研究 [D]. 北京化工大学, 2025.

基于多维度协同治理视角下大学生宿舍矛盾 调解机制研究

崔铭君, 杨烽巍

国际关系学院, 北京 100091

DOI: 10.61369/SSSD.2026070022

摘 要 : 随着高等教育普及化进程加速, 大学生宿舍矛盾已成为影响学生身心健康的关键问题。个体层面的原生家庭影响、人格特质冲突及生活习惯差异, 与环境层面的空间资源紧张、管理制度执行困境及校院支持系统缺位, 共同加剧了宿舍矛盾。针对传统调解机制依赖被动响应、数字化工具应用不足的问题, 通过“技术赋能”与“多元协同”双轮驱动路径: 一方面, 通过构建室友匹配平台、优化数字化调解工具, 实现矛盾预警与干预的数字化转型; 另一方面, 通过全员育人调解机制与全方位打造宿舍文化生态, 形成“自主管理—日常监督—专业引导”协同治理网络。

关 键 词 : 大学生; 宿舍矛盾; 技术赋能; 多元协同

Research on College Students' Dormitory Conflict Mediation Mechanism from the Perspective of Multi-Dimensional Collaborative Governance

Cui Mingjun, Yang Fengwei

University of International Relations, Beijing 100091

Abstract : With the acceleration of the popularization process of higher education, college students' dormitory conflicts have become a key issue affecting students' physical and mental health. Factors at the individual level, such as the influence of family of origin, conflicts of personality traits, and differences in living habits, combined with factors at the environmental level, including tight spatial resources, difficulties in the implementation of management systems, and the absence of university-college support systems, have jointly exacerbated dormitory conflicts. Aiming at the problems of traditional mediation mechanisms relying on passive response and insufficient application of digital tools, this paper proposes a dual-drive path of "technology empowerment" and "multi-stakeholder collaboration": on the one hand, by building a roommate matching platform and optimizing digital mediation tools, the digital transformation of conflict early warning and intervention is realized; on the other hand, through the all-staff education mediation mechanism and the comprehensive creation of a dormitory cultural ecology, a collaborative governance network of "autonomous management – daily supervision – professional guidance" is formed.

Keywords : college students; dormitory conflicts; technology empowerment; multi-stakeholder collaboration

随着高等教育普及化进程加速, 宿舍矛盾已成为影响大学生身心健康的重要因素。据教育部《2022年全国高校学生事务管理白皮书》统计, 全国大学生投诉案例中宿舍矛盾占比达37%, 其中“00后”群体因价值观多元化、自我意识强烈等特点, 矛盾化解难度显著增加^[1]。如何探索出适应新时代学生特点的宿舍矛盾调解机制, 构建多维度协同治理模型, 是当今高校必须面对的重要课题。

一、大学生宿舍矛盾产生的原因

不同于国外大学多需要学生自行租房在校外住宿, 国内大学生在校住宿其实也是另一种形式的寄宿制集体生活, 那大学生宿舍矛盾的调解处理为何难于其他阶段的宿舍矛盾, 主要原因可以分为个体和环境两个层面^[2]。

个体层面上, 第一是原生家庭的影响。“中国式家长”往往

对孩子性格的塑造产生极大的影响, 根据过往工作经验, 可以将“问题”家长们大体分为高压控制型、漠视情感型、过度保护型、贬低否定型、回避矛盾型、过度期待型^[3]。大学生每年春秋两季在校时长总计长达近10个月, 长期远离原生家庭, 往往更能暴露出自身个性。在学生们不同的个性中存在两种极端, 一是自我中心倾向, 这些学生往往缺乏换位思考能力和共情能力, 只关心自己的感受, 对室友的要求吹毛求疵, 例如睡觉时室友不能发出一点

声音,致使宿舍矛盾频频激化;一是无自我中心倾向,这些学生缺乏表达沟通的欲望和能力,在宿舍生活中处处妥协忍让,难以主动做出改变适应环境,最终不堪压力,进而引发心理问题^[4]。第二是人格特质和心理适应的差异。如敏感型人格可能将中性行为解读为敌意,认为室友们抱团对其进行孤立,如回避型人格对于宿舍发生的正常矛盾不予以正面积极回应以至于最终无法调节,如焦虑型人格经常在宿舍内传播焦虑情绪,倾倒情绪垃圾,都极有可能在宿舍封闭环境下逐步激化矛盾。第三是生活习惯与行为模式的冲突。一是作息冲突,常见形式为早睡早起或晚睡晚起,打鼾磨牙与神经衰弱,二是卫生习惯差异,部分宿舍矛盾产生于不及时清理个人垃圾、不及时处理个人卫生、公共区域清理等卫生问题。

环境层面上,第一是宿舍空间资源紧张。目前国内大学的宿舍环境基本上都无法为学生提供独立空间,致使很多小问题会在封闭空间内快速无限放大,硬件措施的缺陷和资源配置的失衡,更大程度上成为激化矛盾的重要导火索。第二是宿舍管理制度执行存在困境。大多数学生认为大学相比高中应当被赋予更大的自由空间,不应当被过多约束,这就导致很多本身就存在模糊性的管理制度被遵守的程度被大打折扣,同时由于校方、院方对违反制度的行为处罚的尺度不一,进一步导致制度无法实现理想效果^[5]。第三是校院两级支持系统缺位。一方面心理服务的滞后性,导致很多潜藏在宿舍内部的心理问题很难被预先发现,往往是在宿舍矛盾爆发后才发现存在的心理问题学生,另一方面是现有的宿舍矛盾调解机制低效,不仅调解成功率低,且容易引发二次矛盾。

二、大学生宿舍矛盾传统调解机制下的困境

一是干预时效性滞后严重。传统调解机制多采用“矛盾爆发一事介入”的应急模式,缺乏早期预警与预防体系。研究显示矛盾平均激化周期为42天,辅导员介入时矛盾往往已进入对抗阶段。这种“灭火式”干预模式源于双重机制缺陷:其一,预警体系存在盲区,“宿舍矛盾潜伏期识别模型”尚未普及,建立动态监测机制的高校不到三成,矛盾识别依赖学生主动上报,被动响应模式强化了学生的“求助耻感”,据调查显示超七成的学生在矛盾初期选择隐忍而非主动求助;其二,响应链条冗长,通过分析大量案例,从矛盾初现到启动调解往往需经历“宿舍长-班委-辅导员”三级传导,超70%的宿舍矛盾在爆发前已存在3个月以上的积累期,但辅导员多通过偶然事件(如肢体冲突)才被介入。这种滞后性导致矛盾升级风险加剧。

二是数字化技术赋能缺位。尽管智慧校园建设持续推进,但宿舍矛盾调解的技术赋能仍处于初级阶段,多数高校停留在“线上投诉平台”这类浅层应用,功能集中于报修、缴费等行政事务,未能发挥矛盾调解功能,传统调解机制仍以线下谈话、座谈会等人工干预为主,未能有效整合数字化工具。具体表现为三重脱节:其一,数据采集碎片化。宿舍矛盾多依赖辅导员主观经验判断,缺乏基于行为数据的动态分析。有研究发现通过新媒体矩

阵收集宿舍互动数据,发现“夜间活跃度”“群聊关键词”等指标可有效预测矛盾风险,但传统模式尚未建立此类预警系统^[6]。其二,教育载体创新不足。现有调解多采用单向说教,而学生更倾向通过短视频、虚拟社区等非正式渠道表达诉求。有辅导员尝试开视频号通过情景剧引发学生共鸣,其单期播放量超6.4万次,证明了数字化叙事对认知重塑的显著效果。其三,技术创新乏力。虚拟现实(VR)冲突模拟、人工智能心理疏导等前沿技术仅在少数高校试点,有数据显示,基于VR的换位思考训练可使矛盾化解效率提升40%,但受制于经费与技术门槛,难以大规模推广。这种技术应用的表层化,实质暴露了教育实践与数字时代的脱节。

三、大学生宿舍矛盾调解机制的创新路径

(一)技术赋能:宿舍矛盾调解的数字化转型

一是搭建室友匹配平台。平台的技术架构可以采用“性格互补+行为兼容”的双引擎模型,首先基于新生入学前通过预报到系统开展的MBTI性格测试结果,产生候选名单,再引入作息时间、卫生习惯、饮食偏好等生活标签,通过模糊聚类算法计算相似度,同时增设情景模拟题目,如如何看待和处理室友晚归等,构建包含沟通风格、冲突解决能力、共情力等多维度的评估模型。技术较为成熟后,还可以开发交互功能模块,如学生双向选择机制,学生可浏览模型下其他同学资料,发起合租邀请。

二是以微信小程序为载体开发数字化调解工具,通过数字化手段重构矛盾调解的“触发—响应—跟踪”闭环,内嵌“匿名投诉—情绪疏导—调解预约”三级矛盾干预模块,实现从被动响应到主动预防、从单一管理到多元协同的转变。匿名投诉通道可以通过设置“噪音扰民”“卫生纠纷”“生活习惯冲突”“财物损坏”等常见问题标签,学生需上传证据,投诉提交后,系统根据问题类型和紧急程度,自动分配给对应宿舍楼管理员,并同步给辅导员。处理进度实时可视化,学生可查看“已受理”“调解中”“已完成”等状态节点。情绪宣泄树洞可以通过接入自然语言处理技术,自动识别学生留言中的情绪关键词,对于“愤怒”“孤独”等关键词,系统提供情绪安抚的同时,匹配推送心理辅导资源加以疏导,对于“想自杀”“不想活了”等高风险词汇,则自动触发预警,辅导员、家长第一时间介入。冲突调解一键预约功能则可以快速实现第三方介入,避免层层上报的矛盾积累期,学生可以在平台上自主选择冲突调解员,如宿舍楼管理员、辅导员、心理教师、学生调解员^[7]。

(二)多元协同:良好宿舍生态的系统化构建

一是构建全员育人调解机制。通过整合学生、宿舍管理员、心理教师和辅导员的差异化角色,构建“自主管理—日常监督—专业引导”三位一体的调解网络,实现矛盾调解从“单兵作战”向“系统治理”的转变^[8]。首先需明确强调学生是自我管理的“第一责任人”,激发学生自主性与责任感,是实现矛盾源头治理的关键。强化朋辈效能,选拔培训宿舍长、设置党员示范寝室,利用同龄人优势降低沟通壁垒,建立学生调解员库,鼓励学生自主解决矛盾。其次是发挥宿舍管理员的日常监督作用。宿舍管理员

作为学生宿舍日常管理的哨兵，可以通过出入登记、设备报修、宿舍楼微信群等数据监测矛盾风险，通过定期的宿舍安全卫生检查、夜间楼道巡查等方式，及时发现潜在冲突信号。再者心理教师能够凭借专业优势，为矛盾化解提供科学化、精准化的干预手段，更能在因宿舍矛盾导致学生心理问题的过程中提前介入，有效避免问题朝着更严重的方向发展。再者是需发挥辅导员在矛盾调解过程中核心协调作用。一方面要注意精准判断矛盾类型。辅导员可通过深度访谈与行为观察，快速定位宿舍矛盾根源，建立矛盾模型：事实型矛盾还是看法型矛盾，矛盾程度是轻微还是高危^[9]。另一方面根据矛盾模型联动宿舍管理员、心理教师、学生家长，形成“情绪安抚—行为引导—环境改善”的闭环干预链条，实现宿舍矛盾的根治。

二是全方位打造良好宿舍生态。第一课堂将矛盾调解纳入本科生培养方案，设置1学分的“人际关系”通识必修课，其中设置“宿舍人际关系”板块。第二课堂加强与第一课堂的衔接，将每年新生入学的第二月设置为宿舍文化月，组织开展丰富多样的学生活动，增强学生宿舍归属感和凝聚力。活动大体可分为：创意装扮类，设计宿舍专属标识或励志标语，结合专业特色或给定主题打造宿舍文化空间，根据所提供道具或旧物改造装饰宿舍；知识提升类，开展收纳工作坊、宿舍安全急救员培训等促进全面发展；互动竞技类，通过宿舍趣味运动会、宿舍安全知识竞赛、宿舍才艺大比拼，展现宿舍成员风采，增强协作能力；文化浸润类，“我和我的室友”主题话剧、微电影（短视频）展演，宿舍文化展览展出手工艺品、摄影作品等记录宿舍生活点滴^[10]。

参考文献

- [1] 孙君. 高校辅导员要学会如何化解学生宿舍矛盾 [C]// 北京大学出版社有限公司. 2024高校辅导员队伍建设与职业发展论坛论文集. 西安工业大学, 2024: 75-79. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.026644.
- [2] 邵惠惠. 大学生宿舍人际关系冲突与重建个案分析 [J]. 国际公关, 2023, (24): 188-190. DOI: 10.16645/j.cnki.cn11-5281/c.2023.24.041.
- [3] 叶懿蛟. 大学生宿舍矛盾处理案例分析 [J]. 佳木斯职业学院学报, 2023, 39(06): 116-118.
- [4] 祁银杉. 贝克认知行为疗法在辅导员调解宿舍矛盾中的应用研究 [J]. 心理月刊, 2023, 18(07): 193-195. DOI: 10.19738/j.cnki.psy.2023.07.061.
- [5] 林莹. 强化日常管理教育，引导学生健康成长——高职院校政治辅导员工作案例分析 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(16): 157-159+169. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2022.16.049.
- [6] 周佳欢. 论辅导员如何有效引导学生正确处理宿舍人际关系 [J]. 文化创新比较研究, 2021, 5(18): 40-43.
- [7] 梁虹. 基于“圆桌会议”理论的高校学生宿舍矛盾冲突和对策探析 [J]. 广东职业技术教育与研究, 2023, (01): 165-167+179. DOI: 10.19494/j.cnki.issn1674-859x.2023.01.006.
- [8] 陈信冰. “三全育人”视域下构建大学生和谐宿舍人际关系研究 [J]. 国际公关, 2023, (07): 130-132. DOI: 10.16645/j.cnki.cn11-5281/c.2023.07.037.
- [9] 申小军, 孟禄超, 杨丽娜, 等. 高校辅导员调解女大学生宿舍矛盾面临的挑战及对策 [J]. 办公室业务, 2022, (04): 83-84.
- [10] 周杨. 大学生宿舍矛盾的处理对策思考 [J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(03): 221-222.

器械普拉提训练干预青少年篮球运动员动作稳定性的生理机制探讨

王泽伟, 李丹*

吉林大学体育学院, 吉林 长春 130015

DOI: 10.61369/SSSD.2026070031

摘 要 : 随着篮球运动的发展, 青少年篮球运动员的竞技水平正在逐步提升的同时, 篮球运动对青少年篮球运动员的动作稳定性要求也愈来愈高。然而传统训练已经难以满足其对提升动作稳定性的需求。器械普拉提训练作为优化动作稳定性、强化核心力量的有效方法, 在青少年运动员技术动作精进中具有重要支撑作用。本文从运动生理学视角出发, 对器械普拉提训练改善动作稳定性的机制进行简单的分析, 旨在对青少年篮球训练机制有更多的了解。

关 键 词 : 器械普拉提训练; 篮球; 动作稳定性; 青少年; 运动员

Exploration of the Physiological Mechanisms of Equipment Pilates Training Intervention on the Motor Stability of Adolescent Basketball Players

Wang Zewei, Li Dan*

School of Physical Education, Jilin University, Changchun, Jilin 130015

Abstract : With the development of basketball, while the competitive level of adolescent basketball players is gradually improving, the sport is placing increasingly high demands on their movement stability. Traditional training methods are becoming insufficient to meet the needs for enhancing movement stability. As an effective method for optimizing movement stability and strengthening core strength, equipment Pilates training plays a significant role in the refinement of technical movements for adolescent athletes. From the perspective of exercise physiology, this paper provides a simple analysis of the mechanisms by which equipment Pilates training improves movement stability, aiming to gain a deeper understanding of the training mechanisms for adolescent basketball players.

Keywords : apparatus pilates training; basketball; movement stability; adolescents; athletes

一、器械普拉提训练与青少年篮球运动员动作稳定性的内涵

(一) 器械普拉提训练的核心特征

普拉提是由德国人 Joseph · Pilates(约瑟夫·普拉提)创立并推广的。强调在人体中立位的身體姿势基础上, 通过大脑意识控制, 流畅的身体动作和精确的呼吸达到增强身体的控制和平衡能力的一项运动^[1]。传统普拉提通常以瑜伽垫为基础, 通过自身体重进行练习。而器械普拉提则是依赖于专门的训练器材, 通过可调节阻力系统、动态支撑结构及姿势引导功能实现对训练强度、动作维度与支撑稳定性的精准调控。对强化深层核心肌群(如腹横肌、多裂肌)、优化神经肌肉控制效率、提升动态平衡能力与动作稳定性起到关键性作用。常见的器械普拉提训练器材包括: 普拉提床、平衡椅、筒梯、脊柱矫正器等器械^[2]。这些器械均围绕“精准激活、稳定支撑”的理念进行设计, 与青少年篮球运动员提升动作稳定性的需求相契合。

(二) 动作稳定性的研究基础

动作稳定性是动作技能的核心特性。首先, 动作稳定性主要划分为静态稳定性与动态稳定性两类。静态稳定性维持人体重心与姿势相对静止的静态姿势的能力。通常指人在站立时尽力保持身体稳定不晃动的状态(如篮球运动员持球站姿准备传球时)。通常来说指的是, 人在静止站立时身体重心始终围绕自己的平衡点不停地晃动的能力^[3]。动态稳定性指的是能帮助人体在运动过程中稳定身体姿态, 核心肌群能够控制身体的平衡与稳定(如篮球的急停跳投、变向突破), 核心训练能有效提高核心区域的做功能力, 保证运动时躯干远端肌肉在进行拉伸和收缩时有较好的稳定中立位支撑, 从而保证运动的连贯性的能力^[4-6]。其次, 因动作稳定性直接决定篮球技术动作的完成质量, 所以青少年篮球运动员的动作稳定水平是作为发展其技术动作的核心要素之一^[7]。此外, 传统篮球训练多着重于对技巧、体能与战术的培养, 而对身体控制能力及动作稳定性的专项训练却未得到足够关注。这一局限导致骨骼与肌肉发育正处关键期的青少年运动员在高强度比赛以及

项目信息: 吉林大学“大学生创新创业训练计划”国家级项目(项目编号: 202510183044)。

作者简介: 王泽伟(2004—), 男, 本科, 研究方向为社会体育指导与管理。

通信作者: 李丹(1981—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为体育教育和社会学研究, E-mail:177796363@qq.com。

训练中,极易发生因技术动作不稳定所导致的运动损伤。动作稳定性训练的主要目的是增强运动员在动态环境中的平衡能力和身体协调性。对于青少年篮球运动员而言,动作稳定性训练有助于提高其在比赛中的重心控制、转身和跳跃稳定性,增强下肢和核心的协同作用,降低受伤风险^[8]。

（三）器械普拉提训练与动作稳定性关联的核心

动作稳定性在足球、体操、拉丁舞等不同运动项目中的作用,已得到大量实验研究的关注与探索,这些研究也进一步证实了动作稳定性在体育运动中的重要性。但这些研究多数建立在专业运动员或某特定群体的基础上,针对青少年篮球运动员的研究却鲜有报道。对于面对体育课堂以及校园联赛的普通中学生群体而言,大部分运动都离不开核心力量和动作稳定性的协同参与^[9]。在《健康中国2023规划纲要》倡导体医深度融合的背景下,器械普拉提训练作为一种代替和补充医学的运动疗法被大众广泛采用。器械普拉提训练对深层核心的激活,可以起到优化肌肉募集顺序、提升动作稳定性的作用,在一定程度上帮助青少年篮球运动员建立规范动作模式,有效减少运动损伤。

（四）器械普拉提训练在动作稳定性干预中的应用价值

第一,器械普拉提训练可控的强度以及安全性,使其适用于运动员的专项训练。器械普拉提采用普拉提床、稳踏椅等器械进行渐进式阻力特征训练,能精确激活人体深层稳定核心小肌群,强化核心肌群对肢体动作的支撑与控制。这种渐进式阻力设计可避免表层肌肉过度代偿,确保深层肌群的有效参与,为动作稳定性筑牢基础。第二,器械普拉提训练可以根据不同运动项目动作需要,有效改善运动员身体对称性,缓解因单侧训练或专项技术动作特点所导致的力量失衡问题^[7],提升关节肌肉在动态运动中的动作控制能力。第三,器械普拉提训练可以辅助运动员进行正确的神经肌肉激活顺序,纠正因肌肉紧张、核心力量薄弱环节代偿所引发的动作偏差,有助于形成规范的动作模式。第四,器械普拉提也能在运动员损伤康复阶段,起到逐步恢复动作稳定性,优化其专项动作完成质量的作用。

二、器械普拉提训练干预青少年篮球动作员动作稳定性的运动生理学原理

（一）激活深层核心肌群

传统的力量训练方法针对的往往是某一个或少数几个大肌肉群的练习,往往忽视了对小肌肉群的训练。而核心力量训练与传统力量训练协同应用于青少年篮球运动员体能训练活动中时,更有助于运动员身体核心肌肉群以及各部位小肌肉群的发展。而运动员身体核心肌肉群的发展和各部位小肌肉群的发展,则会进一步促进青少年篮球运动员身体控制能力和平衡能力的提高。腹横肌作为身体核心深层肌群,其收缩可增加腹内压,这种环绕腹部的压力如同“腰带”,能维持脊柱轴向稳定,为各类动作提供基础支撑。多裂肌连接相邻椎体,防止脊柱出现节段性偏移,保持躯干在运动中的姿态稳定。盆底肌则与腹横肌形成协同发力模式,通过维持骨盆中立位,进一步稳定身体核心。这三组深层核

心肌群共同作用,是身体控制能力与动作稳定性的核心支撑。而器械普拉提训练凭借其渐进式阻力设计,能够精准激活腹横肌、多裂肌及盆底肌等深层肌群,帮助建立核心肌群与骨盆之间的稳定支撑关系,进而强化核心稳定体系,为动作稳定性的提升奠定坚实基础。李伊童^[7]在进行12周的普拉提小器械训练实验后,实验组学生核心区域在耐力、爆发力和动作稳定方面都有了显著性的提高,其中对腹部肌群(腹横肌)和背部肌群(多裂肌)力量的提升最为明显,而对照组在经过12周的常规课程训练后,耐力、爆发力和动作稳定性方面虽有提高,但提高的范围相对实验组来说较小,说明普拉提小器械训练对于核心力量和动作稳定性的提升有明显的提升。

（二）神经肌肉控制机制

正确的技术动作是运动员根据自身身体素质,在不违背力学原理的情况下做出的规范动作,而篮球场上运动员膝关节受伤的原因往往是做出了违背力学原理的不规范动作。如在比赛中做急停跳投时,运动员膝关节在快速运转中突然停止制动,使膝关节承受了极大的缓冲压力,当运动员落地时,如果姿势不对,就会导致膝关节的负荷增大而产生损伤。又如在防守时,激烈的身体对抗对膝关节造成了很大的冲撞力,使膝关节承受不住这种爆发式的冲撞力,从而造成膝关节损伤。器械普拉提训练对于神经肌肉系统控制的优化,是提升运动员动作稳定性的关键。其核心在于通过系统训练改善肌肉募集顺序,形成“首先激活深层稳定肌群,后激活表层运动肌群”的顺序。例如篮球运动员在进行急停动作时,腹横肌先于表层腹肌激活,起为脊柱提供初始稳定作用;同时,器械普拉提训练通过阻力变化与动态调整,刺激肌肉、跟腱与关节囊中的本体感受器,提升运动员对于自身身体位置、运动能力以及状态的感知能力,帮助运动员在快速激烈的攻防转换中及时稳定地调整技术动作。陈文虹在进行16周的器械普拉提训练实验后发现,器械普拉提训练有助于运动员进行正确的神经肌肉模式再学习和功能性再训练。注重保持正确的肌肉激活顺序,既强调稳定性,又强调灵活性。

（三）促进肌群协同工作

大部分篮球技术动作的完成多数依赖于核心肌群与下肢肌群的协同配合。器械普拉提训练凭借渐进式阻力原则,促进下肢肌群(如臀大肌、腓绳肌)等与核心肌群的协同工作,强化肌肉拮抗与协同关系。例如,在完成急停跳投动作中,核心肌群在维持脊柱与骨盆稳定的同时,臀大肌、腓绳肌也在完成膝关节的缓冲与蹬地发力的动作;在篮球运动员变向突破时,腹外斜肌与臀中肌协同收缩,控制躯干前倾的幅度并维持身体侧向稳定。这种协同机制能够减少完成动作时力量的传递损耗,提升动作的完成效率与完成中的稳定性。传统篮球训练多数忽略对于肌群协同作用产生的影响,所以容易导致表层肌肉过度承受负荷。而器械普拉提训练通过更强针对性的动作,均衡发展运动员协同肌群与拮抗集群的力量,在一定程度上避免完成动作时单一肌群的代偿,确保篮球技术动作完成中力量传导的连贯性与稳定性,进而提升青少年运动员的篮球技术动作完成质量。

三、器械普拉提训练改善青少年篮球运动员动作稳定性的措施

（一）适配篮球专项的训练内容设计

运动员在进行器械普拉提训练的同时，需紧扣篮球专项技术动作，将急停跳投、变向突破和转身运球等技术动作的发力逻辑融入训练，设计适配篮球专项的器械普拉提训练动作。借助普拉提床的动态支撑与阻力调节等特性，强化核心肌群对躯干的稳定作用，提升上下肢发力的连贯性与协调性。同时通过低冲击、可调节的训练适配青少年生理发育的特点。训练即保留激活深层小肌群、优化动作稳定性的优势，又适配篮球运动中各类技术动作的发力要求与顺序，实现安全高效的专项适配训练。

（二）制定贴合青少年发育的训练规划

篮球的训练具有连续性、统一原则、规范原则、科学原则、保护原则等基本原则。在实际的运动训练当中教练需要根据每一位学生的身体条件和掌握动作水平来制定合适的训练方式，来增强学生训练的实际效果。结合青少年生长发育的阶段性特征，按年龄、生理发育程度分层，制定针对性器械普拉提训练方案。对不同年龄段青少年运动员的力量、关节活动范围，明确普拉提器械的阻力调节标准，避免因阻力过高或过低影响训练效果。具体标准参考《义务教育体育与健康课程标准》中青少年成长发育水平阶段划分，由于水平一（1-2年级）的青少年骨骼尚未钙化完全、肌肉力量极其薄弱且注意力持续时间短，所以不纳入到训练范畴中；水平二（3-4年级）以基础稳定动作训练为训练重点，普拉提器械无额外阻力。主要培养身体姿态感知能力，再配合篮球基础站姿，避免复杂动作导致肌肉代偿；水平三（5-6年级）

以强化深层核心肌群为训练重点，普拉提器械阻力调节至百分之四十。通过单侧支撑、简单动态动作训练以改善身体对称性，培养神经肌肉协同感知能力；水平四（7-9年级）以强化动态平衡与精准激活核心肌群为训练重点，普拉提器械阻力调节至百分之六十。通过强化动态平衡与多平面动作控制，融入篮球专项发力逻辑，逐步提升训练与专项动作的适配度。

（三）器械普拉提训练与篮球运动场景结合

器械普拉提训练作为非独立的训练模块，需融合在篮球训练的全过程中进行。将普拉提床、弹力带等器械融入篮球训练前热身激活环节，通过低阻力动态支撑激活核心肌群。在课后放松阶段，利用脊柱矫正器开展针对性的姿势调整训练，缓解单侧训练导致的肌肉紧张。针对篮球对抗性、动态性特征，灵活调整普拉提床的阻力参数，以模拟篮球比赛中不同强度的身体对抗，让青少年篮球运动员在可控环境中训练动态平衡。这种结合训练既贴合青少年篮球运动员的实际训练要求，又能结合器械普拉提训练的优点，避免产生器械训练与专项脱节的问题。

四、结语

总体来说，动作稳定性是篮球运动中必不可少的部分。器械普拉提训练凭借可控强度，在提升青少年篮球运动员稳定性方面作用显著，其生理学机制契合专项需求。但当前研究在专项针对性以及实践转化上仍有不足。当下要结合实际情况，对运动员展开针对性的训练、制定专项训练方案、推动中小学课程融合，为青少年篮球运动发展提供支撑，提高青少年篮球运动员的综合水平。

参考文献

- [1] 王丽娟. 普通高校普拉提教学初探 [J]. 北方文学 (下旬), 2012, (11): 159.
- [2] 谷胜乔. 普拉提小器械训练对拉丁舞专项课女生核心力量及动作稳定性影响研究 [D]. 宁夏大学, 2023.
- [3] 刘雨荷. 踝关节稳定性训练对提高健美操专选学生身体静态平衡能力的研究 [D]. 武汉体育学院, 2021.
- [4] 杜松. 核心动态稳定性训练对田径普修课推铅球教学效果影响的实验研究 [D]. 广州体育学院, 2021.
- [5] 范冉冉. 核心稳定性训练对高水平女排运动员动态平衡能力影响的实验研究 [D]. 北京体育大学, 2020.
- [6] 焦阳. 核心稳定性训练对羽毛球专项男生动态平衡能力的影响研究 [D]. 天津体育学院, 2021.
- [7] 李伊童. 普拉提小器械训练对于提高哈尔滨体育学院标准舞女生核心力量及动作稳定性研究 [D]. 哈尔滨体育学院, 2021.
- [8] 李梦. 青少年篮球专项下肢力量训练的策略研究 [J]. 当代体育科技, 2025, 15(10): 10-2.
- [9] 陈景. 垫上普拉提教学提升中学生核心稳定性的研究 [D]. 吉林体育学院, 2023.

教学关键要素改革背景下职教高考与中高本贯通的融合发展研究

郝雷刚, 齐敬英, 庞俊霞, 李俊勇, 孙瑞翔, 李娇*

邯郸科技职业学院, 河北 邯郸 056046

DOI: 10.61369/SSSD.2026070035

摘 要 : 在职业教育教学关键要素改革推进与技能型社会建设背景下, 中高本贯通是现代职业教育体系建设的核心方向, 职教高考是衔接中职、高职、职业本科教育的关键制度抓手。本文结合教育部2026年相关政策精神, 立足职业教育类型特色, 剖析二者融合发展的现实基础与现存短板, 明确核心逻辑与总体要求, 从考录体系适配、师资产教融合、区域保障完善、社会认知提升四方面, 提出深度融合实施路径, 为推动教学关键要素改革落地、畅通技能型人才成长通道、助力教育强国与技能型社会建设提供理论参考与实践指引。

关 键 词 : 教学关键要素改革; 职教高考; 中高本贯通; 职业教育类型特色; 技能型人才培养

Research on Integrated Development of Vocational College Entrance Examination and Secondary-Higher-Vocational Undergraduate Connection Under the Background of Reform in Key Teaching Elements

Hao Leigang, Qi Jingying, Pang Junxia, Li Junyong, Sun Ruixiang, Li Jiao*

Handan Vocational College of Science and Technology, Handan, Hebei 056046

Abstract : Against the backdrop of advancing reform in key vocational education teaching elements and constructing a skilled society, the secondary-higher-vocational-undergraduate integrated training system represents the core direction of modern vocational education system construction. The vocational college entrance examination serves as a pivotal institutional mechanism connecting secondary vocational education, higher vocational education and vocational undergraduate education. In accordance with the relevant policy guidelines issued by the Ministry of Education in 2026 and based on the distinctive characteristics of vocational education as a type of education, this paper analyzes the practical foundation and existing shortcomings of their integrated development, and clarifies the core logic and general requirements. From four dimensions including the adaptation of examination-admission system, industry-education integrated faculty development, improvement of regional guarantee mechanisms and enhancement of social recognition, this study proposes implementation paths for in-depth integration. It provides theoretical references and practical guidance for the implementation of reform in key teaching elements, the smooth growth channel of skilled talents, and the construction of a strong education country and a skilled society.

Keywords : reform in key teaching elements; vocational college entrance examination; secondary-higher-vocational-undergraduate connection; distinctive type characteristics of vocational education; skilled talent cultivation

引言

当前我国产业结构转型升级加速, 高端制造业、现代服务业等领域高技能人才需求激增, 技能型社会建设与制造业强国战略落地, 迫切需要构建纵向贯通、横向融通的现代职业教育体系, 实现中职-高职-职业本科一体化培养。政策层面持续发力, 2022年新修订《职业教育法》确立职业教育类型属性与职教高考法律地位; 《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》将完善职教高考、畅通中高本贯通通道纳入重点任务; 教育部2026年印发相关意见, 深化教学关键要素联动改革, 同年明确优化“文化素质+职业技能”模式。教学关键要素改革是职业教育内涵式发展核心, 职教高考决定贯通培养质量, 二者融合是落实类型化发展、回应产业需求的必然选择, 探索其融合路径具有重要理论与实践意义。

一、教学关键要素改革背景下职教高考与中高本贯通融合发展的现实基础与现存短板

（一）融合发展的现实基础

我国已建成世界上规模最大的现代职业教育体系，中职－高职－职业本科三级办学体系层次分明，为二者融合发展提供坚实支撑。结合最新统计数据，截至2025年，全国中职在校生达1537.8万人，“双师型”专任教师占专业课程教师比例稳步提升，接近60%；高职（专科）学校1554所，普通、职业本专科在校生合计3954.0万人，“双高计划”持续深化；职业本科教育快速发展，截至2026年初院校突破100所，实现规模化发展。同时，教学关键要素改革提供政策支撑，教育部2025年12月通知要求职业院校专业对接产业需求，教职成〔2026〕1号文提出落实专业“红黄牌”制度、发布“三张清单”，推动教学关键要素与产业需求对接，为二者融合划定方向^[1-4]。

（二）融合发展的现存短板

尽管具备一定基础，二者仍存在融合适配性不足等问题，与类型化发展及教学关键要素改革要求有差距。一是职教高考与三级培养体系适配不足，对51所职业本科高校调研显示，普高生源占比76%，中职生源仅14%，与职教高考定位反差明显；部分地区技能考核流于形式，未对接行业标准，差异化考核机制未建立。二是中高本办学质量不均衡，超60%职业本科高校理论课占比超实践课，违背实践导向，“双师型”教师占比与高职差距明显，专业、课程衔接不足，贯通模式与职教高考衔接不畅。三是人才培养与产业脱节，部分院校专业、课程更新滞后，职教高考未吸纳新兴产业技能需求，行业企业未深度参与考核制定。四是区域不均衡与社会认知偏差制约发展，中西部实训资源不足，社会对职业教育刻板印象未破除，影响生源质量与职教高考吸引力。

二、教学关键要素改革背景下职教高考与中高本贯通融合发展的核心逻辑与总体要求

（一）融合发展的核心逻辑

教学关键要素改革背景下，二者融合发展的核心逻辑，是锚定职业教育类型特色，以教学关键要素改革为抓手，实现职教高考与中高本三级培养体系深度适配、协同发展。一方面，融合发展需与专业、课程等教学关键要素改革同频共振，中高本贯通的核心是三级院校教学关键要素一体化衔接，而职教高考的考核内容的标准直接引领教学改革方向，需以教学关键要素改革为纽带，推动考核标准与教学、行业、岗位标准统一^[5]。另一方面，需坚守“文化素质+职业技能”核心定位，打破“重文化、轻技能”思维，通过职教高考引领中高本院校强化实践教学、完善“双师型”队伍、优化实训体系，实现三级实践教学贯通，发挥“以考促教、以考促学、以考促改”作用，推动职业教育内涵式发展。

（二）融合发展的总体要求

结合教育部2026年相关政策，二者融合发展需遵循职业教育人才培养规律、需求牵引等基本原则，实现“考培衔接、产教融

合、分层分类、贯通培养”目标。

一是坚守类型教育属性，强化职业技能考核核心地位。落实教学关键要素改革要求，将职业技能考核权重提升至50%以上，建立省级统考为主、多校联考为辅的体系，统考覆盖重点产业相关专业，联考由院校联盟或行业高职院校牵头；推动技能大赛成绩、职业技能等级证书与职教高考衔接，确保考核对接行业岗位标准，为贯通培养奠定优质生源基础。

二是对接三级培养需求，构建分层分类考录与培养机制。针对不同升学路径设置差异化考核内容，推动各类贯通培养专业与职教高考无缝对接；引导中高本院校围绕考核要求，推进教学关键要素一体化建设，实现专业、课程、教材、实训衔接，避免考核与培养脱节，助力高技能人才集群培养。

三是紧扣产业发展需求，落实产业导向。以现代化产业体系为牵引，将新兴产业技能需求融入考核与培养体系，严格落实专业设置“红黄牌”制度与“三张清单”，推动院校根据产业需求优化专业、更新教材、建设实训基地，实现“考、教、学、用”高度统一。

四是强化省级统筹，推动标准化规范化。加强省级统筹，统一考核、培养及教学关键要素建设标准；推动区域内院校建立协同机制，实现师资、实训、教学资源共享，为融合发展提供制度保障。

三、教学关键要素改革背景下职教高考与中高本贯通融合发展的实施路径

（一）以产业需求为导向，推动考录体系与中高本教学关键要素一体化建设

紧扣教学关键要素改革中“围绕现代化产业体系优化专业设置”的要求，以产业需求为核心纽带，推动职教高考考录体系与中高本三级院校专业、课程、教材、实习实训等教学关键要素一体化建设，实现考培深度融合。

一方面，建立职教高考考试内容动态更新机制，推动考核内容对接产业需求与教学改革方向^[6]。由行业协会、龙头企业全程参与考核标准制定，将新能源、人工智能、高端装备、低空经济等新兴产业技能需求、岗位标准融入技能考核，确保考核标准与行业、企业、岗位标准深度契合。

另一方面，以职教高考为引领，推动中高本教学关键要素贯通衔接。引导中职学校围绕考核要求强化技能训练、完善实训体系；高职与职业本科院校结合职教师资特点调整培养方案，推进中高本专业课程体系一体化设计。

（二）以师资产教融合为支撑，补齐中高本教学关键要素建设的师资短板

教师是教学关键要素改革的核心主体，师资产教融合是破解中高本三级办学质量不均衡、推动二者融合发展的关键支撑。需以职教高考改革为契机，落实教职成〔2026〕1号文要求，推动中高本院校师资队伍产教融合建设，提升教师实践教学与技能考核指导能力，筑牢融合发展师资根基^[7]。

一是建立中高本院校教师协同培养机制，将职教高考政策、考核标准培训纳入教师继续教育体系。推动技能型高校与企业共

建教师教学发展中心，制定覆盖三级院校的教师能力清单，开展分层分类培训，系统性提升教师实践教学与技能考核指导能力，实现三级院校教师教学能力贯通提升。

二是健全教师与企业人才“双向流动”机制，完善产业导师制度^[8]。落实校企合作激励政策，对参与改革与培养的企业给予税收减免、资金扶持，推动院校与龙头企业共建产业学院、实训考核基地，让企业技术骨干、大国工匠深度参与人才培养与技能考核；试点建立企业技术能手教师资格认定机制，将其纳入职称评定范围，充实“双师型”教师队伍，推动教师实践能力提升要求落地。

三是推动中高本院校师资共享，建立跨层级交流与教研机制^[9]。由省级教育部门统筹，组织高一级院校优秀“双师型”教师到中职指导教学，中职教师到高一级院校进修，实现师资跨层级流动；建立联合教研机制，围绕职教高考考核要求与人才培养规律，共同研究课程设计、教材编写、实训方案，提升三级院校教学协同性。

（三）因地制宜完善区域保障机制，夯实二者融合发展的硬件与制度基础

结合教学关键要素改革中“健全政行企校合作机制、打造开放型区域产教融合实践中心”的要求，针对区域发展不均衡的突出问题，因地制宜完善保障机制，加强硬件建设，健全协同制度，推动二者融合发展区域均衡推进。

一是分类推进区域改革，实施差异化扶持政策。东部发达地区重点推进技能考核标准化、产教融合深度化，依托市域产教联合体打造技能考核样板，推动院校建立深度协同培养机制；中西部欠发达地区重点加强实训基地建设、教师技能培训，统筹资金建设产教融合实训基地，补齐考核与培养的硬件短板。

二是加快标准化实训考核基地建设，推动硬件资源跨区域共享。力争3-5年内实现全国地市层面标准化实训考核基地覆盖率达80%以上，基地建设全面对接职业技能标准、岗位要求与考核标准，同步加强虚拟仿真实训基地建设，弥补实体基地不足；建立区域共享机制，推动实训、考核资源互联互通，让中西部地区共享优质资源。

三是组建专业化技能考核队伍，保障考核科学公正。由省级教育部门联合行业协会、企业，选拔高校优秀“双师型”教师、企业技术骨干、技能大赛评委组成考核队伍，开展系统化培训，统一考核标准与评分细则；建立跨区域调配机制，为中西部地区提供考核人才支撑，确保考核规范，为贯通培养选拔优质生源。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 关于深化职业教育教学关键要素改革的意见（教职成〔2026〕1号）[Z].2026.
- [2] 中华人民共和国教育部. 2026年普通高校招生工作通知 [Z].2026.
- [3] 中华人民共和国教育部. 2024年全国教育事业发展统计公报 [R].2025.
- [4] 中华人民共和国教育部. 职业教育专业设置管理通知 [Z].2025.
- [5] 张祺午，李梦卿. 职教高考制度的内涵特征、现实困境与改革路径 [J]. 职业技术教育, 2024, 45(12): 28-34.
- [6] 王扬南. 锚定类型特色深化职教高考改革畅通技能人才成长通道 [J]. 中国职业技术教育, 2026(05): 5-11.
- [7] 职业本科教育发展调研课题组. 我国职业本科教育发展现状与改革建议 [J]. 高等职业教育探索, 2025, 24(03): 1-8.
- [8] 徐伟杰. 职业本科建设背景下智能制造产业导师队伍提质培优路径研究 [J]. 前卫, 2024(19): 0043-0045.
- [9] 薛莲. 中高本贯通学前教育专业人才培养探索——基于虚拟教研室的建设 [J]. 就业与保障, 2025(8): 145-147.
- [10] 聂伟，赵晶晶，王纾，等. 以职业教育高质量发展助推技能型社会建设 [J]. 陕西现代职业教育研究, 2021(3): 158-159.

（四）破除社会刻板印象，提升二者融合发展的社会吸引力

破除社会对职业教育的刻板认知、提升其社会吸引力，是推动二者融合发展的重要社会基础^[10]。需通过多渠道宣传、实打实的培养成效，让社会认清职业教育类型特色与中高本贯通的人才成长价值，营造良好社会环境。

一是强化成果宣传，展示融合发展实效。多渠道宣传职教高考毕业生就业成效与职业发展路径，重点发布首批职业本科毕业生87.07%的就业落实率、90%以上服务实体经济、超八成职业本科院校录取分数线高于当地普通本科最低投档线等核心数据，彰显中高本贯通与产业需求的高度契合；宣传技能型人才从“中职-高职-职业本科-专业硕士”的完整成长通道，扭转“升学无门、发展受限”的刻板印象。

二是依托改革成果，彰显职业教育类型价值。以教职成〔2026〕1号文高技能人才集群培养计划为契机，宣传职业教育在培养大国工匠、能工巧匠中的重要作用，展示院校在专业改革、课程更新、实训建设、师资队伍建设等方面的成果，让社会充分认识职业教育的独特价值与职教高考的核心作用。

三是发挥示范引领，彰显校企合作优势。以“双高计划”高职院校、优质职业本科院校为示范，宣传其校企合作办学、育人成效，展示校企共建产业学院、实训基地、共同参与考核的实践案例，凸显技能型人才培养优势，提升社会认可度，吸引更多青年选择职业教育、通过职教高考实现技能成才。

四、结论与展望

职业教育作为与普通教育同等重要的教育类型，其高质量发展离不开教学关键要素系统性改革、职教高考支撑及中高本贯通通道畅通。教学关键要素改革为二者融合划定方向，二者融合则是推动职业教育类型化发展的关键路径。当前，三级办学体系转向质量提升，二者融合迎来机遇期，需锚定类型特色，以“文化素质+职业技能”为核心，推进考培一体化、师资产教融合、区域保障完善及社会吸引力提升。未来，需强化省级统筹、深化教学关键要素改革、加强产教融合，破解改革难点，畅通技能人才成长通道，为产业转型升级、技能型社会建设输送高素质技术技能人才，为中国式现代化提供人才支撑。

损失违约与迟延担保：二元违约赔偿功能体系的法理构造与司法适用

高健伟，祖德伟，刘晨阳，牟晓宇

云南大学，云南 昆明 650500

DOI: 10.61369/SSSD.2026070038

摘 要： 违约金的赔偿与担保双重功能已成学界共识，但司法中机械适用损失30%酌减规则，既抑制担保功能发挥，又造成契约自由与实质正义张力失衡，难以界定私主体自主选择权边界。立足私法“法无禁止皆可为”理念，构建损失违约与迟延担保的二元违约赔偿功能体系，赋予私主体自主选择空间：违约金侧重赔偿功能，迟延金属保障功能范畴。迟延金是私主体正当行使自主选择权的结果，预设契合量质守恒原理，未获实体规则否定性评价，亦未超出不当得利规制边界。司法实践中非财产性利益保护缺失、担保功能独立性被忽视，致使迟延金适用陷入困境。从规范解释学视角，迟延金与定金担保功能相近，同属违约责任体系，将迟延金纳入定金规则并适用定金罚则，可有效破解一元违约体系适用难题，为实现违约金双重功能提供规范路径，也为完善中国民法学理论与话语体系拓展新空间。

关 键 词： 二元违约赔偿体系；量质守恒；迟延金；担保功能；定金罚则

Legal Structure and Judicial Application of the Dual Default Compensation System: Damages for Breach of Contract and Delay Guarantee

Gao Jianwei, Zu Dewei, Liu Chenyang, Mou Xiaoyu

Yunnan University, Kunming, Yunnan 650500

Abstract： The dual functions of liquidated damages (compensation and guarantee) have reached an academic consensus. However, the mechanical application of the 30% loss reduction rule in judiciary restrains the guarantee function, breaks the balance between contractual freedom and substantive justice, and makes it hard to define the boundary of private parties' independent choice. Based on the private law principle of "everything is permissible unless prohibited by law", this paper constructs a dual default compensation system covering breach damages and delay guarantee, granting private parties the right to choose functional orientation: liquidated damages focus on compensation, while delay damages belong to the guarantee function. As a legitimate exercise of independent choice by private parties, delay damages conform to the principle of quantitative and qualitative conservation, receive no negative evaluation from substantive rules, and do not exceed the scope of unjust enrichment regulation. The lack of protection for non-property interests and ignorance of the independent guarantee function in judicial practice have trapped delay damages in application dilemmas. From the perspective of normative hermeneutics, delay damages are highly homogeneous with earnest money in guarantee function and both fall into the category of liability for breach of contract. Incorporating delay damages into earnest money rules and applying the earnest money penalty can effectively solve the dilemmas of the unitary default system, provide a normative path to realize the dual functions of liquidated damages, and expand the theoretical and discourse system of Chinese civil law.

Keywords： dual default compensation system; quantitative and qualitative conservation; delay damages; guarantee function; earnest money penalty

一、规则机理的量质守恒与自主选择权的界定

违约金酌减规则适用难题，核心是未在违约金预定领域平衡

契约自由与实质正义，无法为私主体权利行使提供明确法律预期。富勒提出的法律规制行为理念，点明规则对民事主体的约束作用，而量质互动平衡是规则之治核心，也是界定私主体自主选

作者简介：

高健伟（1999—），男，云南大学法律硕士研究生，研究方向为刑法；

祖德伟（2001—），男，云南大学法律硕士研究生，研究方向为民商法；

刘晨阳（2002—），男，云南大学法学院法律（非法学）硕士，研究方向为宪法学与行政法学；

牟晓宇（2001—），女，云南大学研究生，研究方向为宪法学与行政法学。

择权的基础法理。

（一）量质守恒的内涵与核心要素

规则之治下，民事主体兼具形式理性与现实差异性，对应“量”与“质”双重内在机理，分别映射民事法律形式正义与实质正义双重目标，也是对传统经济人假设的纠偏。量质守恒可通过利益分配理论阐释：规则是国家对利益及责任所做的分配，初次分配主张机会均等故对应“量”，再分配主张利益均衡故对应“质”，二者构成利益责任分配核心范式。微观层面，量质守恒核心要素为对待、价值、认知三类：价值包括财产性及非财产性价值，其区分标准为法律保护及救济方式，而认知包含认识及意志因素，即主体能合理预见后果并主动作出选择。

从民事实体规则来看，量质守恒体现为主体交换时对待给付、风险分配均预设于价值范畴，且主观上具备合理认知及合理预期，判断规范是否符合该原理，可直接从预设要素核查，要素缺失则构成量质失衡，立法理应通过设定撤销权等制度予以矫正。《民法典》第147-151条有关民事法律行为效力的规定即为量质守恒规则最典型的示范。

立法针对量质失衡情形赋予撤销权而非直接认定无效，实质是肯定量质守恒规则机理，将选择权交还民事主体。由此可见，量质守恒实质上就是尊重人格自由选择下的利益对待交互，亦即违约赔偿制度的底层逻辑。

（二）量质守恒下自主选择权的边界

由于量质守恒受公平原则的直接调整，故不当得利规则实质上是在确定私主体自主选择权行使的边界，否定无对待给付的单方获利与受损，核心考察利益损失合理性，而非收益成本比例，避免与撤销权规则冲突。不当得利成立核心为非对待获益、非对待受损、不具认知预期三大要素，与量质守恒原理界限清晰。

据此，私人主体的自主选择权并不是绝对自由，其行使受到两层硬性限制：一是未违反法律强制性规定与公序良俗，不构成量质失衡；二是利益变动存在对应给付，未落入不当得利范畴。违约赔偿领域中，当事人约定违约金或迟延履行合同履行风险事前预判，满足对待给付、双方合理认知且未被实体规则否定，即符合量质守恒，司法应予以尊重。

二、量质守恒下自主选择权的适用困境：以迟延金为中心

司法实践中，法官判断违约金过高时，形成了“约定金额与实际损失比对”的裁判惯性，迟延金适用中该问题尤为突出，引发量质失衡，侵害私主体自主选择权。迟延金预设本符合量质守恒原理，却因司法裁判偏差陷入适用僵局，根源在于非财产性利益保护缺失、担保功能独立性忽视，以及实体与程序量质竞合的错误界定。

（一）非财产性利益保护缺位与损失认定限缩

《民法典》第五百八十四条没有把损失严格限定于财产性利益，但是毋庸置疑，司法实践中法官普遍将损失等同于现实财产减损，非财产性利益长期缺乏有效保护，也与量质守恒的价值要素形成张力。现代民法的保护范围正在从财产性利益向非财产性

利益扩张，《民法典》对声音、虚拟形象等新型人格利益以及个人信息法定利益的保护都已超出财产性利益范畴。合同履行中迟延履行除导致财产损失外，更常导致守约方交易机会丧失、商业信誉减损等非财产性损失，此类利益理应得到充分保护。

司法对损失所做的限缩解释直接导致“事实不能”困境：一是无直接财产损失但存在非财产性损失的情形无法获赔；二是守约方因举证不能导致损失主张不被认可。结合威信县一鸣建材有限公司与镇雄市辉恒商水泥有限公司买卖合同纠纷案，双方约定明确逾期付款违约金标准，甲方长期多次逾期付款，法院仅以剩余未还款项为基数计算逾期利息，完全忽略已还款项的逾期违约事实，未认定守约方催款成本、交易机会丧失等非财产性损失。双方约定的迟延履行迟延风险事前预判，以非财产性利益为重要价值考量基础，严格符合量质守恒要素，却因司法限缩解释被架空，自主选择权形同虚设。

（二）迟延金担保功能的独立性被忽视

“补偿为主、惩罚为辅”的违约金理论范式，在司法中异化为“唯损失论”，彻底忽视迟延金担保功能的独立性。一般违约金与迟延金功能定位差异显著：前者以实际损失的赔偿为核心，指向赔偿功能；后者以事前威慑督促按期履行为核心，侧重担保功能，并非单纯填补损失。

从量质守恒角度，迟延金的预设以非财产性利益为主要价值考量，守约方的获益是对迟延履行本身的对待，双方对利益与责任分配具备合理认知，符合量质守恒全部要素，担保功能具有独立正当性。但司法实践中，法院常以“超过实际损失30%”为由酌减迟延金，将其与普通违约金混同，误读违约金制度功能。前述案例中，双方约定的迟延履行担保性质，核心目的是督促甲方及时付款，而非单纯弥补利息损失，法院却将其等同于逾期利息，否定担保功能，违背当事人真实意思，弱化迟延金违约威慑效力，变相纵容违约行为。

（三）实体与程序量质守恒竞合的错误界定

法官的错误裁判，还源于对实体与程序量质竞合的误解，体现在举证标准不当降低与价值优先序位颠倒。根据《民法典》合同编通则解释第64条第2款规定，违约金过高的举证责任由违约方承担，法院不得随意降低举证标准，但实践中法院常将举证责任转嫁给守约方，要求其举证证明实际损失，举证不能便认定违约金过高。前述案例中，法院未要求违约方举证违约金过高，仅核算剩余欠款逾期利息，直接违背举证责任分配规则。

实体与程序的量质竞合存在明确的价值优先序位：实体价值优先于程序价值。程序核心为效率，实体核心为公平，二者冲突时公平优先；程序价值仅在实体量质失衡、主体滥用权利时发挥矫正作用。迟延金约定若符合量质守恒，属于正当行使自主选择权，司法应坚守实体规则价值，通过程序保障守约方权利，而非以举证不能否定实体合法约定。

三、二元违约赔偿体系的构造：迟延金与定金规则的适配

破解一元违约体系困局，需构建损失违约与迟延担保二元违

约赔偿体系，厘清违约金与迟延履行功能边界，从规范解释学层面为迟延履行寻找规则依托。迟延履行与定金担保功能高度同质，同属违约责任体系，将其纳入定金规则适用定金罚则，具备逻辑与实践双重基础，可彻底解决迟延履行适用难题。

（一）二元违约赔偿体系的核心构造

构建二元违约赔偿体系的法理基础是私法“法无禁止皆可为”理念，核心是功能分野与自主选择，与量质守恒原理高度契合。当事人约定违约金，即以财产性损失为核心考量，侧重赔偿功能，约定显著超标可适用酌减规则；约定迟延履行，即以非财产性利益为核心考量，侧重担保功能，只要符合量质守恒、未违反强制性规定、不构成不当得利，司法应充分尊重，不得机械适用酌减规则。

二元体系有效解决了一元体系“唯损失论”的弊端，厘清了契约自由与实质正义的边界：契约自由是功能面向的自主选择，实质正义是量质守恒原则的贯彻，选择行为不得构成权利滥用，既尊重意思自治，又避免契约自由绝对化。司法实践中，若双方明确迟延金的担保目的，法院应尊重该约定，认可其担保功能，对甲方每一笔逾期付款行为逐笔评价，不可仅以剩余欠款为限计算责任。

（二）迟延履行纳入定金规则的规范与体系依据

将迟延履行纳入定金规则的首要依据，是二者担保功能的同质性。定金是《民法典》明确的法定担保方式，核心功能为担保合同履行，通过定金罚则形成履约威慑，价值考量涵盖财产性利益与合同履行预期等非财产性利益，与迟延金的功能面向高度一致。二者均为事前约定的违约责任形式，以督促合同履行为核心目的，通过预设不利后果形成威慑，未将实际损失作为设定的唯一依据，且均符合量质守恒的“对待、价值、认知”核心要素，迟延履行纳入定金规则具备充分法理依据。

另一重要依据是二者同属违约责任范畴。《民法典》第577条规定，违约责任包括继续履行、赔偿损失等，定金罚则与迟延履行均为当事人事先约定的违约责任承担方式，与法定违约责任形成互补，属于约定违约责任。定金规则适用不以实际损失为前提，

惩罚性特征与迟延金的担保功能高度契合，二者在责任性质、设定目的、适用场景上高度一致，具备规则融合的现实基础。且定金规则体系成熟，担保功能获司法普遍认可，未被机械适用损失酌减规则，可为迟延金的司法适用提供清晰指引。

（三）迟延履行适用定金罚则的实践价值

迟延履行适用定金罚则具备多重实践价值，可有效化解司法实践争议：其一，弥补非财产性利益保护缺位问题，定金罚则不以实际损失为前提，惩罚性属性恰好匹配迟延履行非财产性利益的保护需求；其二，明确迟延履行担保功能的独立性，区分其与一般违约金的赔偿功能，杜绝司法混同适用；其三，规范举证责任分配，明确违约方对迟延事实及违约金过高负有举证责任，避免举证责任不当转嫁给守约方；其四，弘扬契约精神，尊重当事人意思自治，督促主体依约履行义务，减少司法对合同约定的过度干预，切实提升合同履约率。

四、结语

实现违约金双重功能，需突破一元违约赔偿体系的桎梏，构建以量质守恒为底层法理、以私主体自主选择权为核心的损失违约与迟延担保二元体系，明晰违约金与迟延金的功能分野，平衡契约自由与实质正义。迟延履行是私主体正当行使自主选择权的产物，司法实践中因非财产性利益保护缺位、担保功能独立性被忽视陷入适用困境，将迟延履行纳入定金规则并适用定金罚则，依托二者担保功能同质性与违约责任体系关联性，可为迟延金的规范适用提供可行路径。

二元违约赔偿体系的构建，既为违约金酌减规则的司法适用提供新思路，也为完善中国民法学理论体系与话语体系拓展了空间。该体系扎根本土司法实践，是对违约金适用难题的理论回应，也是中国特色民法学理论的有益创新。后续需学界与司法界协同发力，细化二元体系的规则细节与适用细则，推动其落地司法实践，切实发挥民法保护民事主体合法权益、维护社会经济秩序的核心功能。

参考文献

- [1] 王利明. 合同法研究（第二卷）[M]. 北京：中国人民大学出版社，2021.
- [2] 崔建远. 民法典合同编通则理解与适用[M]. 北京：人民法院出版社，2020.
- [3] 朱广新. 违约金规范的性质及其司法适用[J]. 中国法学，2019(06):162-180.
- [4] 张家勇. 违约金酌减规则的司法适用与立法完善[J]. 法商研究，2022(02):46-59.
- [5] 最高人民法院民法典贯彻实施工作领导小组. 中华人民共和国民法典合同编理解与适用（一）[M]. 北京：人民法院出版社，2020.
- [6] 韩世远. 违约金的理论问题——以合同法第114条为中心[J]. 法学研究，2003(04):108-120.

大数据环境下会计信息预测功能增强研究 ——以建筑施工企业为例

潘琴, 彭静, 段一萍, 智绪金, 罗灿

中铁五局集团第一工程有限责任公司, 湖南 长沙 410117

DOI: 10.61369/SSSD.2026070043

摘 要 : 数字经济背景下, 大数据技术推动会计信息功能从核算、监督向预测、决策延伸。建筑施工企业因项目周期长、资金规模大等特征, 对会计信息预测需求较高, 传统处理模式难以适配其精细化管理与战略决策需求。本文以建筑施工企业为研究对象, 梳理大数据与会计信息预测的理论基础, 剖析其预测需求与现存问题, 从数据治理、模型优化、系统升级、制度保障四维度构建预测功能增强路径, 经实证与案例分析验证路径可行性并提出对策建议, 为建筑施工企业依托大数据提升会计信息预测能力、赋能经营决策提供理论参考与实践指引。

关 键 词 : 大数据; 会计信息; 预测功能; 建筑施工企业; 数据治理

Research on the Enhancement of Accounting Information Prediction Function in the Big Data Environment: A Case Study of Construction Enterprises

Pan Qin, Peng Jing, Duan Yiping, Zhi Xujin, Luo Can

China Railway No.5 Engineering Group First Engineering Co., Ltd., Changsha, Hunan 410117

Abstract : In the context of the digital economy, big data technology is driving the extension of accounting information functions from accounting and supervision to prediction and decision-making. Due to characteristics such as long project cycles and large capital scales, construction enterprises have a high demand for accounting information prediction. Traditional processing models struggle to meet their needs for refined management and strategic decision-making. This paper takes construction enterprises as the research object, reviews the theoretical foundations of big data and accounting information prediction, analyzes their prediction needs and existing issues, and constructs a path to enhance prediction functions from four dimensions: data governance, model optimization, system upgrade, and institutional guarantee. Through empirical and case analysis, the feasibility of this path is verified, and countermeasures and suggestions are proposed. This provides theoretical reference and practical guidance for construction enterprises to rely on big data to enhance their accounting information prediction capabilities and empower business decision-making.

Keywords : big data; accounting information; predictive function; construction enterprises; data governance

一、绪论

数字技术与实体经济深度融合, 推动会计行业从传统核算型向管理型、决策支持型转型, 会计信息预测价值成为企业核心竞争力的重要抓手。建筑施工行业作为国民经济支柱产业, 项目运作涵盖招投标、施工、结算、运维等多环节, 受原材料价格波动、工程款拖欠、政策调整等因素影响, 经营不确定性显著, 企业在投资、成本、资金、风险防控等方面亟需精准的会计信息预测结果支撑决策。

传统会计信息处理以结构化财务数据为核心, 存在数据采集单一、处理效率低、预测模型简单等问题, 无法全面捕捉非结构化数据, 也难以实现动态精准预测。而大数据技术凭借海量数据处理、多维度关联分析等优势, 为破解这一难题提供了技术可

能。在此背景下, 探究大数据环境下建筑施工企业会计信息预测功能的增强路径, 成为会计与建筑行业协同发展的重要课题。

本研究核心是依托大数据构建适配建筑施工企业的会计信息预测体系, 解决数据源单一、模型滞后等问题^[1-2]。理论上, 融合大数据与会计信息预测理论, 丰富管理会计研究范畴; 实践上, 指导企业优化会计信息管理模式, 提升预测精准度与时效性, 助力精细化成本管控、科学化资金调度, 推动企业高质量发展。

二、大数据与会计信息预测理论基础

(一) 大数据相关概念及技术框架

大数据是无法通过常规工具在传统时间维度处理的海量、高维、多类型数据集, 具有规模性、多样性、高速性、价值性、

真实性特征。其技术框架涵盖数据采集、存储、处理、分析、应用五大环节，依托云计算、物联网、人工智能等技术，实现结构化、半结构化与非结构化数据的一体化处理，能从海量数据中挖掘潜在关联与价值规律，为预测分析提供技术支撑。

（二）会计信息预测的相关理论

会计信息预测是以企业历史会计与业务数据为基础，通过特定模型预判未来财务状况、经营成果与现金流量的管理活动，核心理论源于管理会计、预测决策与信息经济学理论。管理会计理论强调会计信息的决策支持功能；预测决策理论提供定性定量方法体系^[3]；信息经济学理论指出，大数据技术能提升会计信息的信息含量与价值密度，进而优化决策效率与资源配置。

（三）大数据与会计信息需求的融合

传统会计信息需求聚焦财务核算数据的真实性，而现代企业经营决策对会计信息的需求向多元化、动态化、前瞻性延伸。大数据与会计信息需求的融合，本质是打破数据采集边界，整合企业内外部财务、业务、市场、行业等多维度数据，推动会计信息从“事后核算”向“事前预测、事中监控”转变；同时借助智能分析建模技术，提升预测精准度与时效性，让会计信息更贴合企业战略决策、经营管理与风险防控需求。

三、建筑施工企业业务特征与会计信息预测需求分析

（一）建筑施工企业业务流程与特点

建筑施工企业业务围绕工程项目全生命周期展开，具有显著行业特殊性：一是项目周期长，跨期核算难度大；二是资金规模大、流动性差，垫付资金多且工程款结算滞后，资金链压力突出；三是业务环节复杂，参与主体多，协同管理难度大；四是风险因素多样，受原材料价格、政策、自然环境等影响，成本与收益不确定性高；五是数据类型多元，结构化与非结构化数据并存，数据管理难度大。

（二）建筑施工企业的会计信息需求特点

基于业务特征，企业会计信息需求呈现多元化、精细化、前瞻性特点：项目投资阶段，需预测投资回报率与成本回收期，支撑招投标决策；施工建设阶段，需实时动态的成本与资金预测，管控成本、调度资金；竣工结算阶段，需预测结算款回收与项目盈利水平，指导后续项目规划；企业战略层面，需综合预测财务状况与经营成果，支撑战略制定与资源配置。此外，还需通过会计信息预测识别成本、资金、结算等环节的潜在风险。

（三）当前建筑施工企业会计信息预测中存在的问题

当前企业会计信息预测工作仍存诸多短板：一是数据采集维度单一，治理能力薄弱，未有效整合非结构化与外部数据，存在数据质量低、数据孤岛等问题；二是预测模型与算法滞后，多采用简单定量方法，难以捕捉数据间复杂关联；三是会计信息系统支撑不足，以核算为核心，缺乏数据整合、智能分析与预测建模功能；四是组织管理与制度保障缺失，缺乏复合型人才，部门间数据协同不畅，预测工作缺乏标准化指引^[4]。

四、大数据环境下会计信息预测功能的增强路径

（一）会计数据采集与治理

数据是预测的核心基础，企业需构建全维度、高质量会计数据体系。一方面拓宽采集维度，整合企业内外部财务、业务、市场、政策等多类型数据，借助物联网实现施工现场数据实时采集；另一方面强化数据治理，通过清洗、校验、标准化提升数据质量，打破数据孤岛，构建统一数据共享平台，实现数据互联互通。

（二）预测模型与算法的优化应用

结合企业业务特征与预测需求，实现从传统简单预测向大数据智能预测的转变。针对成本、资金流量等定量预测，引入多元回归、时间序列分析等方法，构建精准定量预测模型；针对投资回报率、风险等级等综合性预测，引入随机森林、神经网络等机器学习与深度学习算法，挖掘数据潜在关联，提升模型适应性与精准度。

（三）会计信息系统的升级与平台构建

依托大数据、云计算等技术，升级传统会计信息系统，构建一体化大数据会计信息预测平台。平台需与项目管理、供应链管理等业务系统无缝对接，实现数据实时采集与处理；内置多元化预测模型与算法，支持企业自主选择，实现预测智能化、自动化；搭建可视化展示界面，将预测数据转化为直观图表与报告，支撑决策^[5-6]。

（四）组织管理与制度保障

建立大数据与会计融合的专项管理团队，明确权责，统筹平台建设运维；打破部门壁垒，建立跨部门数据共享与协同机制；加强复合型人才培养与引进，打造兼具会计专业知识、大数据技术与行业经验的人才队伍。同时，建立完善的会计信息预测管理制度，明确流程与标准；构建预测结果评估与反馈机制，形成“预测—应用—评估—优化”的闭环管理。

五、建筑施工企业会计信息预测实证研究与案例分析

为验证增强路径的可行性与有效性，本研究选取多家不同规模建筑施工企业开展实证研究，以某中型企业为典型案例深度分析，以项目成本预测为核心指标，选取 2019—2023 年历史财务、施工、市场原材料价格数据为样本，对比传统预测方法与大数据智能预测模型的精准度。

实证结果显示，大数据智能预测模型的误差率较传统方法降低 15%—20%，能更精准捕捉原材料价格、施工进度等因素对成本的影响。案例企业通过构建大数据预测平台，引入机器学习算法，实现项目成本动态监控与精准预测，项目成本超支率从 12% 降至 5% 以下，工程款回收周期缩短约 3 个月，资金管理与成本管控能力显著提升^[7]。

六、对策与建议

（一）完善数据基础建设与管理机制

将数据治理纳入企业战略，拓宽数据采集渠道，实现施工现

场数据实时采集；建立数据质量管控体系，加强数据清洗与标准化；构建企业统一数据共享平台，打破数据孤岛，为预测提供高质量数据基础。

（二）开发与推广大数据预测工具与模型

结合行业特征，联合高校、科研机构与科技企业，开发适配的大数据预测工具与模型；鼓励企业引入智能算法并优化模型参数；建立行业性预测模型库，实现优质模型共享，提升行业整体预测水平。

（三）加强人才培养与跨领域合作

高校优化会计专业培养方案，增加大数据、人工智能相关课程；企业开展内部专项培训，提升财务人员大数据应用能力，同时引进复合型人才。企业与科技企业、高校建立长期合作关系，依托外部技术与人才优势，推进预测体系建设。

（四）完善内部控制与风险管理体系

将大数据会计信息预测融入企业内控与风险管理体系，建立风险预警机制，设置预警指标与阈值，实现风险前瞻性防控；完善内控制度，明确预测工作权责划分，规范预测流程，防范道德与操作风险^[8]。

技术支撑，能有效打破传统预测的诸多局限；建筑施工企业的业务特殊性决定了其对会计信息预测的特殊需求，而当前数据治理、模型、系统、制度等方面的问题制约了预测功能发挥；从数据治理、模型优化、系统升级、制度保障四维度构建的增强路径，经实证与案例验证，能显著提升预测精准度与时效性；完善数据基础、开发适配模型、培养复合型人才、融入内控风险管理体系，是推动预测功能增强的关键举措^{9-10}。

（二）研究不足

本研究仍存在一定局限：实证样本企业的数量与类型有限，研究结果普适性有待验证；对大数据算法的应用研究较表层，未针对不同类型工程项目构建个性化预测模型；未充分考虑政策法规、行业监管等外部环境对预测体系建设的影响。

（三）未来研究方向

未来将扩大研究样本范围，选取不同规模、地域的企业开展实证，提升结果普适性；结合不同工程项目特征，构建个性化预测模型；分析政策法规、行业监管等外部因素的影响，提出针对性优化策略；探索区块链、元宇宙等新兴技术与会计信息预测的融合应用，推动企业会计信息管理的数字化、智能化转型。

七、结论与展望

（一）主要研究结论

大数据技术为建筑施工企业会计信息预测功能增强提供核心

参考文献

- [1] 李雪燃. 财务共享模式下基于大数据智能化的船机核算优化研究——以 Z 建筑施工企业为例 [D]. 重庆理工大学, 2019.
- [2] 姚君达. 管理会计的形成对建筑施工企业的影响及应对措施 [J]. 财会学习, 2020(17):2.DOI:CNKI:SUN:CKXX.0.2020-17-067.
- [3] 张素芳. SaaS 环境下目标-作业成本管理在中小建筑企业的应用研究——以 A 公司为例 [D]. 云南大学, 2021.
- [4] 刘扬, 王涛, 赵广博. 基于 BIM 技术施工质量大数据应用研究分析——以某企业实际工程为例 [J]. 价值工程, 2020, 39(14):2.DOI:CNKI:SUN:JZGC.0.2020-14-108.
- [5] 陆培争. 基于 BIM 和大数据的建筑工程质量管理研究 [D]. 中国矿业大学. DOI:CNKI:CDMD:2.1017.950403.
- [6] 徐彬, 何流, 周超. 建筑施工企业数字化改革的探讨 [J]. 中国建设信息化, 2025(4):69-73.
- [7] 宋辉. 数字化智能时代企业全面预算管理体系的设计实施与推广 [J]. 国际商务财会, 2021(15).
- [8] 高殿民. 建筑施工企业 BIM 应用影响因素的研究 [J]. 中国标准化, 2017(11X):2.DOI:10.3969/j.issn.1002-5944.2017.22.075.
- [9] 胡玉蓉. 基于大数据的建筑施工企业财务风险管控策略分析 [J]. 经济技术协作信息, 2024(12):0049-0051.
- [10] 李轶凡. 大数据时代建筑施工企业财务共享服务中心建设思路 [J]. 中国中小企业, 2022(11):142-144.

潮州市茶文化六步调解法的产生背景、形成过程 与未来发展解析

余创林

韩山师范学院, 广东 潮州 521041

DOI: 10.61369/SSSD.2026070044

摘 要 : 潮州“茶文化六步调解法”以法治思想与文化思想为指引,立足基层矛盾化解需求,依托潮州工夫茶文化“和、敬、精、乐”精神与本土实践,形成“识茶、醒茶、泡茶、斟茶、敬茶、悟茶”六步流程。经全域推广,调解成功率超99%,覆盖多领域矛盾化解,实现从试点到样板的跨越,升华为文化治理符号。该方法是传统文化与现代法治融合的基层治理创新典范,为全国提供可借鉴的“枫桥经验”潮州样本。

关 键 词 : 茶文化六步调解法; 枫桥经验; 基层治理; 传统文化

Analysis on the Background, Formation Process and Future Development of the Six Step Mediation Method of Chaozhou Tea Culture

Yu Chuanglin

Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong 521041

Abstract : The Chaozhou "six step mediation method for tea culture" is guided by the idea of rule of law and cultural thought, based on the needs of resolving contradictions at the grass-roots level, and relying on the spirit of "harmony, respect, refinement and joy" of Chaozhou Gongfu tea culture and local practice, forming a six step process of "recognizing tea, waking up tea, making tea, pouring tea, respecting tea and understanding tea". After the nationwide promotion, the success rate of mediation has exceeded 99%, covering many areas of conflict resolution, realizing the leap from pilot to model, sublimating into a symbol of cultural governance. This method is a model of grass-roots governance innovation that integrates traditional culture and modern rule of law, and provides the Chaozhou sample of "Fengqiao Experience" for the whole country.

Keywords : six-step tea culture mediation method; Fengqiao experience; grassroots governance; traditional culture

一、茶文化六步调解法的产生背景

(一) 时代治理需求: 基层矛盾化解的现实挑战

党的二十大明确提出“建设更高水平的平安中国”,要求将矛盾纠纷化解在基层、化解在源头、化解在萌芽状态,这对基层治理能力提出更高要求。潮州市作为粤东历史文化名城,在基层治理中同样面临着人民调解工作效率提升、矛盾化解质效优化的现实课题。如何跳出单纯依靠刚性法律手段的治理模式,实现司法为民、公正司法,确保“小事不出村、大事不出镇、矛盾不上交”,成为亟待解决的问题。同时,新时代对基层治理提出了“三治融合”“多元协同”的新要求,亟需探索将本土文化资源与法治建设相结合,兼具柔性与刚性、温度与力度的矛盾化解新路径。

(二) 理论思想指引: 法治思想与文化思想的双重赋能

“以人民为中心”的思想,坚持和发展新时代“枫桥经验”,推动法治、德治、自治相结合,为基层矛盾化解指明了实践方

向。坚定文化自信,深入挖掘中华优秀传统文化的时代价值,为传统文化的创造性转化和创新性发展提供了理论依据。“潮州文化具有鲜明的地域特色,是岭南文化的重要组成部分,是中华文化的重要支脉”,潮州茶文化作为岭南文化的重要组成部分,其蕴含的“和、敬、精、乐”精神与中华优秀传统文化中“和而不同”“中庸之道”“礼治德化”的理念一脉相承,为茶文化与调解工作的融合奠定了思想基础。

(三) 文化土壤支撑: 潮州工夫茶文化的深厚积淀

潮州拥有“中国乌龙茶之乡”的美誉,茶文化已深度融入当地民众的日常生活,形成了“宁可三日无食,不可一日无茶”的生活传统。2022年12月,潮州工夫茶艺作为“中国传统制茶技艺及其相关习俗”的重要组成部分,成功入选联合国教科文组织人类非物质文化遗产代表作名录,标志着潮州工夫茶文化的文化价值得到国际认可。

潮州工夫茶推崇“和、敬、精、乐”的精神境界,“和”是核

心，强调和谐、包容、和解，与调解工作“以和为贵”的核心理念高度契合；“敬”是礼仪，体现对他人的尊重，能够有效消解矛盾双方的对立情绪；“精”是态度，要求做事严谨细致，契合调解工作公平公正、精益求精的要求；“乐”是境界，追求矛盾化解后的和谐共处，实现“案结事了人和”。工夫茶的冲泡过程蕴含着丰富的处世智慧，如“茶要均分”体现公平原则，“斟茶要把握尺度”暗含处事分寸，这些文化内涵为调解工作提供了天然的价值指引和行为范式。

（四）制度实践基础：广东“枫桥经验”与预防性司法制度的探索

2021年10月，广东省司法厅印发《关于建立人民调解“后半篇文章”工作机制》的通知，要求探索矛盾纠纷化解后的综合分析评估机制，搭建调解纠纷与预防矛盾的桥梁，推动矛盾化解在基层，为潮州的探索提供了制度导向。潮州市各级司法行政机关在此基础上，创造性开展人民调解工作，基层调解员早已自觉将潮州茶文化“和为贵”的精神融入调解实践，如湘桥区打造的“茶+调解”居民议事厅模式，有效提升了调解成功率，为茶文化六步调解法的产生积累了宝贵的实践经验。

同时，预防性司法制度的构建为茶文化六步调解法提供了制度支撑。该制度强调“抓前端、治未病”，通过早期识别、源头化解矛盾避免矛盾激化，与潮州茶文化中“以和化争、防患于未然”的理念相契合，为茶文化六步调解法的步骤设计和机制运行奠定了制度基础。

二、茶文化六步调解法的形成过程

茶文化六步调解法的形成是潮州市司法行政机关在广东省司法厅指导下，凝聚基层实践智慧、整合本土文化资源、融合法治建设要求的集体成果。

（一）实践萌芽：基层调解中的“茶媒”探索

在茶文化六步调解法正式提出前，潮州基层调解员已在实践中探索“以茶为媒”的调解方式。面对矛盾双方的对立情绪，调解员常常以泡茶、喝茶为切入点，让当事人在轻松的氛围中平复情绪、敞开心扉。潮州工夫茶的冲泡过程需要双方共同参与，茶桌的平等氛围能够打破当事人与调解员之间的心理隔阂，也能消解矛盾双方的对抗心理。

湘桥区打造“茶+调解”居民议事厅模式，将工夫茶桌搬进调解室，把茶礼融入调解流程，通过“喝茶聊事”的方式化解邻里纠纷、社区矛盾，使调解成功率得到显著提升。这一实践探索让潮州司法行政机关认识到，本土茶文化不仅是生活习俗，更是契合现代基层治理中源头化解、柔性治理的要求，为后续茶文化六步调解法的系统提炼奠定了实践基础。

（二）顶层指引：省司法厅的调研要求与方向把控

2022年6月，省委依法治省办副主任、省司法厅党委书记、厅长陈旭东莅潮调研，在充分肯定潮州基层调解实践的基础上，明确要求潮州用好复盘手段，将茶文化和人民调解“后半篇文章”工作机制有机结合，形成具有潮州特色的人民调解品牌。

2022年7月，潮州市司法局以潮州人“宁可三日无食，不可一日无茶”的生活习惯为切入点，深入总结潮州工夫茶文化精髓，将“工夫茶二十一式”的泡茶步骤与人民调解的识别矛盾、追溯根源、公平协商、化解矛盾、情感修复等环节相结合，经过反复打磨、多次优化，最终提炼出极具“潮味”特色的“茶文化六步调解法”，将泡茶的六个核心环节转化为调解的六个规范步骤：一步“识茶”，甄别矛盾；二步“醒茶”，追溯根源；三步“泡茶”，公平公正；四步“斟茶”，把握分寸；五步“敬茶”，以礼相待；六步“悟茶”，纾解心结。

（三）机制成型：操作规程与理论体系的构建

为确保茶文化六步调解法的可操作性，潮州市司法局在广东省司法厅的指导下，总结形成《“茶文化六步调解法”操作规程》和《“茶文化六步调解法”流程图》，对六步调解法的适用范围、操作流程、注意事项、配套要求等作出明确规定，将抽象的文化理念转化为具体的操作规范，让基层调解员能够快速掌握、规范运用。

同时，潮州市司法行政机关深入挖掘茶文化六步调解法的理论基础，构建起完整的理论体系：以马克思主义对立统一规律为哲学基础，将矛盾规律与司法规律完美对接；以习近平法治思想为指导，将群众路线与司法为民完美对接；以习近平文化思想为指引，将传统文化与机制创新完美对接。这一理论体系的构建，让茶文化六步调解法从“一种调解方法”升华为“一套基层治理模式”，为其后续推广奠定了理论基础。

（四）政策落地：全域推广的基层治理新方法

2023年1月8日，潮州市委十五届五次全会审议通过《中共潮州市委关于贯彻落实〈中共广东省委关于实施“百县千镇万村高质量发展工程”促进城乡区域协调发展的决定〉的意见》，首次明确提出在全市全面推广“茶文化六步调解法”，将其纳入潮州实施“百县千镇万村高质量发展工程”、推动基层社会治理创新的重要举措。

随后，市委依法治市办及时制订印发《关于全面推广潮州市“茶文化六步调解法”的实施意见》，明确要求聚焦百千万工程，在人民调解、司法调解、行政调解等所有调解领域全面推广该方法，进一步健全矛盾纠纷识别、梳理、化解、善后等预防性制度规范，打造走在全国前列的“枫桥经验”潮州样本。2025年，潮州市司法局、市委组织部、市委社会工作部等五部门联合印发《关于进一步推广应用“茶文化六步调解法”推动基层社会治理创新发展的实施意见》，进一步明确推广应用的1+3+5工作机制、措施和要求，推动茶文化六步调解法在潮州各领域、各层级落地生根，实现从试点探索到全域覆盖的发展。

三、茶文化六步调解法的未来发展

（一）从局部试点到全域见效的跨越

在茶文化六步调解法的推广实践中，展现出极强的适应性和实效性。从最初的适用于人民调解，到现在要求推广适用至司法调解、行政调解、仲裁调解、行业调解、律师调解等多领域全面

覆盖，成功化解了工程欠款纠纷、医疗纠纷、知识产权争议、劳资冲突、邻里矛盾等各类复杂矛盾，2023年以来，潮州运用该方法调解案件的成功率超99%。方法的运用不仅提升了矛盾化解的效率，更实现了“一次调解，长久和谐”的治理效果，让基层治理既有法治的“硬度”，又有文化的“温度”。

（二）从潮州特色到广东样板的升级

六步调解法的实践成效获各级主管部门和主流媒体认可，成为新时代广东“枫桥经验”标志性成果，被中央政法委、司法部等国家级平台推广，获省委主要领导关注及省司法厅批示肯定。潮州还通过编辑案例汇编、举办培训班等方式，推动其经验标准化、品牌化，使其从本土治理模式升级为广东基层治理的样板。

（三）从调解方法到文化治理的升华

在推广过程中，茶文化六步调解法的价值不断延伸，超越了

单纯的“调解工具”属性，升华为潮州基层治理中“共建共治共享”的文化符号。未来的推广要更注重通过文化浸润、场景适配、机制保障、社会参与，让“以茶沟通、以和为贵”的理念渗透到潮州人的日常交往，成为一种生活方式和治理习惯。

同时，茶文化六步调解法的内涵不断丰富，其背后的“文化治理”逻辑得到进一步挖掘：以大众熟悉的文化符号降低沟通门槛，用标准化流程提升调解效率，将传统文化的价值内涵与现代治理的要求相结合，实现“以文化人”“以情化理”的治理目标。这一逻辑让茶文化六步调解法具备了走出潮州、走向全国的潜力，为其他地区挖掘本土文化资源、创新基层治理模式提供了参考样本。

参考文献

[1] 詹妙蓉等. 潮州：坚定文化自信 建设文化强市，来源：潮州市人民政府网 https://www.chaozhou.gov.cn/ywdt/czyw/content/post_3699549.html.
[2] 李义丰. 坚持和发展新时代“枫桥经验”[J]. 理论导报, 2024, (09): 25-27.
[3] 广东省建立人民调解“后半篇文章”工作机制，加强社会矛盾纠纷预防化解，来源：中华全国人民调解员协会网 <https://www.zhqgtjxh.com/content.php?id=1236>.
[4] 李立景, 李玉琼. 空间·场景·情境：调解能力现代化的新修辞赋能之维——新修辞主义调解系列研究之一 [J]. 贵州民族大学学报（哲学社会科学版）, 2024, (05): 39-61.
[5] 潮州市“茶文化六步调解法”操作规程（试行），来源：https://www.chaozhou.gov.cn/czsfj/gkmlpt/content/3/3837/mpost_3837712.html#2565.
[6] 《中共潮州市委关于贯彻落实<中共广东省委关于实施“百县千镇万村高质量发展工程”促进城乡区域协调发展的决定>的意见》
[7] 潮州市委依法治市办、市委平安办联合印发《关于全面推广潮州市“茶文化六步调解法”的实施意见》
[8] 潮州打造依法行政品牌，推广法治政府建设典型示范，来源：广东政法网 https://www.gdzf.org.cn/zwgd/content/post_144015.html.
[9] 广东潮州创新“1+3+5”机制，推广“茶文化六步调解法”来源：司法部官网 https://www.moj.gov.cn/pub/sfbgwapp/fzgzwapp/ggfzfwapp/rmcyhczfapp/202505/t20250530_520284.html.
[10] 潮州市司法局、市委组织部、市委社会工作部、市委政法委、市委党校联合印发《关于进一步推广应用“茶文化六步调解法”推动基层社会治理创新发展的实施意见》

多维度浅谈国际战略传播

禹明坤

国际关系学院，北京 100091

DOI: 10.61369/SSSD.2026070002

摘 要： 当前，在数字和智能传播生态快速发展以及全球国际秩序变革的双重背景下，国际战略传播也发生了显著的改变，其理论和内涵面临时代的新挑战。为应对当前复杂多变的全球传播生态，本文尝试从话语体系、体制机制、传播载体、传播方式与传播效能等五个维度系统梳理国际战略传播的路径脉络，旨在初步探索国际传播的战略变化和战术对应路径。

关 键 词： 国际战略传播；话语体系；传播效能；传播方式；传播载体

A Multi-Dimensional Discussion on International Strategic Communication

Yu Mingkun

School of International Studies, Beijing 100091

Abstract： Against the dual backdrop of rapid development in digital and intelligent communication ecosystems and transformative changes in the global international order, international strategic communication has undergone significant shifts, with its theories and connotations facing new challenges of the era. To address the current complex and ever-changing global communication landscape, this paper systematically examines the pathways of international strategic communication across five dimensions: discourse systems, institutional mechanisms, communication carriers, methods, and effectiveness. The aim is to preliminarily explore the strategic transformations in international communication and corresponding tactical approaches.

Keywords： international strategic communication; discourse system; communication effectiveness; communication mode; communication medium

引言

国际战略传播目前已经成为国家综合实力提升的关键环节，其理论研究与实践发展始终与社会发展息息相关^[1]。近些年来，随着数字技术的快速发展、全球化进程的日益加速以及国际政治格局的深刻变革，国际战略传播的理论与实践持续演进。一方面，信息的传播方式、速度以及范围等方面发生了深刻变革，跨文化、跨区域、跨国界之间的沟通交流活动日益频繁，个体行为在国际传播舞台上的作用愈发凸显，传统以国家为核心的传播范式正经历新的调适。另一方面，在全球权力重塑的场域下，思想碰撞愈发激烈、舆论博弈日益加剧，“信息茧房”“回声效应”等现象使得信息传播的难度增加。如何提升国际战略传播的有效性和精准度，已经成为当前学术界的主要研究课题之一。在此背景下，本文尝试对国际战略传播理论进行多维度的思考。

一、国际战略传播的理论浅析

（一）话语体系：从表征政治到意义协商

国际战略传播的话语体系研究，其理论发展过程映射了国际局势与传播路径的变迁^[2]。早期研究阶段，常常将话语体系当作国家主权与意识形态的投射，是以某一国家为核心的单向输出，通过话语策略来维护本国权益，获得广泛的国际认同，提升自身国际地位和形象。如早期的官方广播、官方媒体等，其目的是确保话语被及时“生产”“传递”并“正确解读”。随着传播技术的飞速发展和广泛应用，数字媒体行业迎来了发展的新契机。话语传播中的互动性与协商性受到学界的广泛关注和重视。“意义协商”理论强调话语效果由多重因素互动而形成，话语是不同行为体对

话、博弈、妥协和达成共识的场域。这一视角拓展了对话语体系的理解，推动国际传播从“单向传递”向“双向建构”演进，更注重对多元文化差异与认知差异价值的尊重。

（二）体制机制：制度嵌入性与多中心治理

国际战略传播的体制机制研究传统以“国家—媒体”二元框架主导，近年来逐步引入全球治理视角^[3]，其核心演进逻辑始终围绕“制度嵌入性”与“多中心治理”两大核心维度展开，这也是当前国际战略传播体制机制变革的核心方向。所谓制度嵌入性，是指国际战略传播的体制机制并非孤立存在，而是深度嵌入全球政治制度、经济体系与文化格局之中，受各国政治体制、外交政策、文化传统以及全球传播规则的多重约束，同时也反向作用于全球传播秩序的构建。传统体制机制下，国家作为核心主体，通

过官方媒体、外交渠道等单一路径主导传播资源分配与传播内容生产，形成了“国家主导、媒体执行、受众被动”的单向治理模式，这种模式与当时的国际秩序、传播技术水平相适配，曾在国际话语权争夺中发挥了重要作用。

（三）传播载体：媒介物质性与技术可供性

在传统的国际战略传播研究中，对传播载体的物质属性关注相对有限^[4]。而通过对传播媒体的研究发现，算法推荐机制的研发与运用深刻改变了信息的分发逻辑，使传播载体的物质性质对国际战略传播的实践产生了影响。算法推荐机制通过对用户数据的深度挖掘和分析，构建具有个性化的信息推送模型，这导致不同区域、不同国家的用户群体所接收到的信息存在一定差异性，传统媒体的信息传播均衡性被打破，国际战略传播的信息流动格局得以被重新塑造。

（四）传播方式：从线性扩散到关系性互动

传统国际战略传播研究认为传播方式是一种单向线性扩散，信息从传播者到接收者，强调传播主体对信息的控制和传递效率，受众往往被动接收，是信息接收“靶子”，其主体性和能动性被严重忽视^[5]。随着数字技术的不断发展和广泛运用，人们的生活、生产方式也发生了翻天覆地的变化，他们不仅是信息的主要接收者，而且也是信息的传递者和主要生产者。参与式文化的全面发展促使传播方式发生了变革，由传统线性模式向关系型互动方向演进。在此过程中，信息传播深度嵌入社会关系网络，通过收藏、点赞、转发等行为形成多维对话，构建起传播主体与受众之间动态的意义联结。这种关系性互动不再局限于信息的单向传递，而是强调传播过程中各行为体的平等参与和相互影响。传播主体也需要根据受众的反馈及时调整传播策略，以更好地适应受众的需求和偏好，从而提升传播的针对性和有效性。关系性互动的传播方式还打破了传统传播中时间和空间的限制，使得跨文化传播更加便捷和高效，不同国家和地区的人们可以通过网络平台实时交流，形成一个全球性的话语互动空间。

（五）传播效能：评估范式的短期认知和长期认同

传统传播效能评估较为关注可量化的传播数据，如点击量、转发量等，近年来研究更加强调认知框架调适与文化接近性的作用^[6]。传播效能应被视为社会系统的复杂适应过程，效能评估不应仅关注短期的传播数据，而更需要考察长期的文化认知变化与身份认同。以“讲好中国故事”为例，传播效果不能仅仅局限于关注社交媒体平台上呈现出来的那些传播数据。因为尽管这些数据能够在一定程度上体现出传播效能，但也存在一定局限。对此，可以将目光投向国际受众群体，深入关注他们对中国传统文化、中国故事、中国技术等方面认知、认同态度方面的转变。这种转变程度才是衡量“讲好中国故事”是否真正取得成效的关键所在。

二、理论思考：四维整合框架的思考

（一）结构维度的理论深化

通过整合国际关系理论的结构—能动性辩证框架与全球南方

理论对全球话语传播秩序中的不对称结构进行系统解读可知，西方话语霸权不仅体现在信息传播资源的垄断和生产上，而且还渗透在国际战略传播的规则制定、评判标准以及议题设置等多个方面。这种不对称的结构导致“全球南方”国家在国际话语体系中常处于被动局面，难以获得平等、公平的表达机会。在长期的信息传播实践中，“全球南方”国家逐渐意识到这种结构性制约，并积极探索打破话语权的新路径。一方面，部分南方国家加强与区域内的媒体平台合作，构建区域性话语联合体，以此提升国际话语分量。另一方面，全球南方理论强调从本土文化语境出发，对自身的特色文化资源和叙事资源进行深挖，以符合地方特色的方式进行国际传播。这种基于本土特色的传播策略，有助于提升传播内容的认同感和亲和力，能够在一定程度上削减西方话语霸权带来的认知偏差。

（二）话语维度的机制创新

话语维度的机制创新，核心是打破传统单向话语输出的固化模式，构建适配数字传播生态、兼顾多元文化差异的话语运行与优化机制，而批判性话语分析提出的“意义协商机制”，正是这种创新的核心载体，其本质是通过规范化、系统化的流程设计，实现国际战略传播话语的精准传递与认同提升^[7]。该机制明确包含符号转译、文化适配以及意义重构三个核心创新环节，三者层层递进、有机衔接，构成话语机制创新的完整体系：符号转译是基础，聚焦话语符号的跨文化转化，将抽象的战略话语转化为目标受众可理解、可感知的具象符号，破解语言与符号壁垒；文化适配是关键，立足目标区域的文化传统、价值观念和社会语境，对传播话语进行本土化调适，避免文化误读；意义重构是核心，结合目标受众的认知特点，重构话语的表达逻辑与意义内涵，实现话语意义的双向共鸣，而非单一的话语灌输。

（三）技术维度的范式重构

运用媒介化社会理论，对媒介物质性与技术可供性进行深度分析^[8]。当前的算法推荐、用户画像等技术，极大地重构了信息传播方式。例如，短视频的个性化推荐服务，可以根据用户的实际需求，向其针对性推荐信息内容，极大地满足广大受众群体的实际需求。该理论的核心在于：揭示了技术不仅是“中心通道”，更是“意义生产装置”。其物质属性直接参与文化转译。同时，还提出一个“技术特性—传播效果”模型，用来解释技术如何通过“结构—意义”互动影响传播效果。在数字媒介生态中，技术维度的分析需关注算法的偏见、数据隐私与数字鸿沟等新兴问题，这些都深刻影响着传播的公平性与有效性。

（四）情感维度的理论拓展

融合情感传播理论与文化记忆研究，构建“情感—认知”双层评估模型。情感维度关注共情叙事如何通过情感共鸣促进文化认同，认知维度考察传播对受众认知框架的调适作用^[9]。例如，在纪录片《舌尖上的中国》中，通过食物情感叙事方式，引发受众群体的文化共情，进而帮助他们塑造“中国文化”的认知框架。该模型打破实证主义的简化理解，将传播效能置于情感联结与认知重构的动态过程中。创新提出“情感效能指数”（AEI），通过这种方式，多维度评估传播效能。同时，情感维度的分析也需充

分考虑文化差异的影响。例如，在情感表达方面，东西方文化存在显著差异，东方的内敛含蓄与西方的直抒胸臆在传播效果方面也存在一定差异。

三、四维整合框架的目标

四维整合框架的构建，并非对现有国际战略传播理论的简单叠加，而是立足于数字智能传播与全球秩序变革的时代背景，形成结构—话语—技术—情感相互支撑、协同发力的系统性理论体系，其目标主要体现在三个层面。

首先，范式超越。打破传统研究中长期存在的“国家中心主义”“技术决定论”“效果导向的线性传播”等单一化、片面化理论局限，将国际战略传播置于全球化与在地化交织、结构性约束与主体能动性互动的复杂场域中，提出传播实践是全球互联性与地方特殊性的辩证统一^[10]。通过多维度整合，实现从“单向输出”到“双向建构”、从“资源竞争”到“意义共生”、从“短期数据导向”到“长期认同导向”的范式转型，为理解新时代国际战略传播提供更具解释力的整体视角。

其次，机制创新。在数字时代多元主体、多重逻辑、多重场域叠加的传播生态下，构建“结构—话语—技术—情感”四维联动的因果链条，系统阐释国际战略传播效能的生成、传导与转化逻辑。结构维度奠定传播的外部约束与基础条件，话语维度提供意义表达与协商路径，技术维度塑造信息分发与连接方式，情感维度激活认同建构与文化共鸣，四者相互作用、动态耦合，

共同决定传播的深度、广度与可持续性，从而为提升国际战略传播的精准性与有效性提供机制层面的理论支撑。

最后，方法论整合。通过对情感社会学、媒介物质性理论、批判性话语分析、全球治理理论等多学科资源的有机融合，打破单一学科视角的壁垒，形成层次清晰、逻辑自洽、可操作、可验证的理论分析工具。该框架既能够对国际传播现象进行宏观结构性解读，也可以对具体传播案例进行微观过程性剖析，实现理论抽象与实践应用的有机统一，为国际战略传播的实证研究、对策研究与效果评估提供规范化、体系化的方法论指引。

该框架在“人类命运共同体”话语传播的非洲实证中得到初步验证：结构维度揭示西方霸权与制度性约束，话语维度展现本土化意义协商与文化适配，技术维度解析短视频平台的传播适配与扩散路径，情感维度凸显共情叙事与文化认同的建构作用。四维联动、协同发力，有效推动传播效能的系统性提升。

四、结语

在数字技术飞速发展和全球政治格局深刻变革背景下，国际战略传播研究需要持续创新理论框架，以更好地回应跨文化传播的现实挑战。本文从话语体系、体制机制、传播载体、传播方式与传播效能五个维度展开分析，尝试以一个整合性视角，为理解当代国际战略传播的复杂图景提供一种可能路径思考。未来研究会进一步结合具体案例，检验并完善多维分析框架的适用性。

参考文献

- [1] 严佳君, 孙鹿童, 王勇, 等. 国际科技组织形象塑造方略 [J]. 全媒体探索, 2024, (10): 107-109.
- [2] 付本静. 文化强国战略背景下大别山红色文化的国际传播路径研究 [J]. 洛阳师范学院学报, 2024, 43(10): 78-81.
- [3] 钟新, 林芊语. 战略叙事视域下的“全球南方”话语博弈探析 [J]. 对外传播, 2024, (10): 13-17.
- [4] 吴限. 日本强化国际战略传播的意图和实践 [J]. 世界知识, 2024, (19): 68-69.
- [5] 刘瑞生, 陈欣欣. “百年大变局”背景下美国对中国的国际传播战略: 转型与局限——基于美国政府媒体的国际传播政策解析 [J]. 现代传播 (中国传媒大学学报), 2024, 46(09): 37-51.
- [6] 胡钰. 中国式现代化国际传播的战略思考 [J]. 青年记者, 2024, (09): 36-41.
- [7] 周亭, 孙琳. 战略传播探索: 地方国际传播中心的定位、要素与路径 [J]. 中国新闻传播研究, 2024, (01): 59-72.
- [8] 沈阳. 文化自信与定义未来: 中国国际传播的战略升维 [J]. 南方传媒研究, 2024, (04): 1-3.
- [9] 喻为民, 武锐. 地方媒体国际传播能力建设的困境与对策探究 [J]. 新闻研究导刊, 2024, 15(16): 60-63.
- [10] 方兴东, 谢永琪, 钟祥铭. Sora 背后的权力转移与国际传播新范式——智能传播下国际传播博弈的新机制和新战略 [J]. 对外传播, 2024, (07): 68-72+44.

人工智能时代数字政府建设的现实困境及优化路径

邸菁

中国信息通信研究，北京 100083

DOI: 10.61369/SSSD.2026070007

摘 要： 随着人工智能技术和信息技术的快速发展，各行各业都已经进入了信息化深度转型阶段，而数字政府建设也越来越受到重视。在人工智能时代数字化转型已经成为提升治理能力、推动现代化的重要方向，数字政府建设能够在平台整合、服务优化、监管创新等方面提升政府的运行效能与公共服务质量。但是新技术的应用也意味着相关建设重点进入了新的未知领域，其转型过程中也会面临新的现实困境。因此，在数字政府建设过程中，应用人工智能技术需要配合新的优化路径，以期能够破解当前发展过程中存在的限制性问题，从而使政府建设能够朝着更加智能、协同、安全与可持续的方向发展。本文主要从数字政府建设的现实困境入手，对人工智能时代数字政府建设的优化路径进行了系统探讨，希望能够为数字政府建设提供新的思路。

关 键 词： 人工智能；数字政府；建设；现实困境；优化路径

Practical Dilemmas and Optimization Paths of Digital Government Construction in the Artificial Intelligence Era

Di Jing

China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100083

Abstract： With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology and information technology, all walks of life have entered a stage of in-depth informatization transformation, and the construction of digital government has attracted increasing attention. In the AI era, digital transformation has become an important direction to enhance governance capacity and promote modernization. Digital government construction can improve the government's operational efficiency and public service quality in terms of platform integration, service optimization, and regulatory innovation. However, the application of new technologies also means that the focus of relevant construction has entered new unknown fields, and new practical dilemmas will emerge in the transformation process. Therefore, in the process of digital government construction, the application of AI technology needs to be accompanied by new optimization paths, aiming to solve the restrictive problems existing in the current development, so as to promote government construction towards a more intelligent, collaborative, secure and sustainable direction. Starting from the practical dilemmas of digital government construction, this paper systematically discusses the optimization paths of digital government construction in the AI era, hoping to provide new ideas for digital government construction.

Keywords： artificial intelligence; digital government; construction; practical dilemmas; optimization paths

引言

数字化时代的深入发展决定着政府治理模式改变的方向，而数字政府的构建已经成为开展治理变革的重要方向，这也是推进国家治理体系和治理能力向着现代化发展的重要支撑。而随着人工智能技术在感知、分析、决策、交互等领域的成熟应用，政府治理的理念、流程和模式也正在发生系统性的改革，在这一趋势的引导下，智能化也已经成为数字政府建设的核心方向，人工智能可以凭借其优秀的数据处理、算法优化和智能匹配等能力为政府提供精准预测、动态响应和自主协同的治理支持，同时也能够打破传统管理方式下存在的问题，推动跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同治理。

一、数字政府建设的现实困境

（一）数据治理体系滞后，数据价值难以释放

数据已经成为人工智能应用的基础资源，但是在当前数字政府建设的过程中，数据治理方面仍然存在顶层设计不足、标准不统一和质量不高等突出问题。各个部门和层级之间在信息化建设的过程中具有很强的独立性，这就会导致不同部门之间的数据格式、编码规则和采集口径出现明显的差异，最终影响到数据共享机制，拉低数字政府整体的工作效率^[1]。同时部分部门在职权保护和安全隐患等因素的影响下对于数据共享会存在一定的消极态度，导致后期的跨部门数据共享协作很难有实质性地推进，数据壁垒现象也很难有效打破。另外，新技术的运用也会带来更新不及时、校验不严格和关联度不足的问题，导致政务数据存在大量重复、错误与碎片化现象，数据的可用性和可信度都会受到影响^[2]。在这种情况下，数据的确权、开放、流通、交易等制度也很难形成完整的运行体系，相关工作人员就需要重复采集同一数据，不仅浪费人力物力，而且还很容易增加行政成本影响到最终的治理效率。

（二）技术与业务融合浅层化，智能化应用效果不高

当前，人工智能技术在数字政府中的应用大多都是停留在工具化的层面，其与核心业务、治理流程等重要性较高的环节的融合仍然不够深入。同时部分地区和部门之间存在为了智能化而强行智能化的现象，比如重视平台搭建、轻运营维护等，相关工作人员只重视技术展示，但是忽视了实际效用，导致人工智能技术并没有充分发挥出其应有的治理作用^[3]。而在技术供给方面，人工智能技术和政务需求也存在脱节现象，部分基层单位在引入过程中缺少技术选型、场景设计和系统迭代能力，在新技术引用后也无法有效支撑业务持续优化，相关技术人才和运行维护团队都会和新技术之间产生断层最终导致系统流于表面，造成人力和物力的浪费^[4]。

（三）体制机制不健全，协同治理能力不足

数字政府建设通常会涉及到多个部门和主体，同时也需要面临各个环节的权责划分、利益协调与协同机制问题，而当前部分地区也会存在权责边界模糊、部门各自为政的现象，导致数字化过程中各个环节联系不紧密、协同效率低下，很难形成跨部门和跨层级的完整治理体系^[5]。另外，在考核评价和激励约束等配套机制方面的建设也不够完善。相关管理人员在建设过程中通常都会以技术指标为主要基础，忽视了实际治理成效与群众获得感，很容易造成治理资源的浪费，也会影响到最终的治理效果。而在建设过程中如果没有有效的激励约束机制，很容易打消工作人员参与数字政府建设的积极性和主动性，这也很容易削弱数字政府建设的内在动力，导致整体工作进展缓慢。

（四）安全风险防控薄弱，数字信任体系不足

对于数字政府来说，数据安全和隐私保护是十分重要的保障，但是当前在建设过程中仍然存在安全风险防控机制不完善的问题。一方面，随着人工智能技术的广泛应用，数字政府也会面对其带来的新型安全风险，包括数据安全、算法安全、系统安

全、隐私安全等。但是部分地区和部分在网络安全防护方面的投入力度不足，缺少先进的安全防护技术和设备，很难有效应对越来越多样化的网络攻击和安全威胁^[6]。另一方面，在数据使用和共享的过程中，对相关信息的隐私保护措施没有做到位。比如一些部门在收集、存储和使用公民个人信息时可能存在过度采集和滥用信息的情况，这会直接影响到公民对数字政府的信任度。

二、人工智能时代数字政府建设的优化路径

（一）完善数据治理体系，夯实智能应用基础

在推动数字政府建设的过程中，首要的就是构建统一的数据治理架构，通过强化顶层管理的方式建立跨部门和跨层级的数据协调管理机制，同时结合制定统一的数据标准、接口规范、目录体系和管理规则能够有效推动政务系统的互联互通，保证数据能够在不同部门和不同的层级之间实现高效、安全、合规地流动与共享。在这个过程中也可以设立专门的数据治理机构，使他们能够从整体出发来规划和协调后续的数据治理工作，将各个部门在数据治理过程中的职责和分工进一步细化，保证权责到位，避免出现数据管理混乱和职责不清的问题^[7]。其次，在建设过程中还要提升数据的质量。管理者需要建立严格的数据采集、审核和更新机制，通过不断加强对政务数据的校验和清洗力度，来提升数据的完整性、准确性和时效性，同时也能够更加及时发现和纠正数据中存在的错误、不一致等问题，不断提高整个体系的工作效率。而工作人员也可以利用人工智能技术来对数据进行深度挖掘和分析，不断提高数据之间的关联性，从而为数字政府的智能化建设提供高质量的数据支撑。最后，管理者也需要制定数据开放的标准与分级分类指南，明确公共数据开放的范围、方式和程序，以此来鼓励政府部门和企业将能够公开的数据进行开放共享，有效推动数据资源的充分利用^[8]。同时也可以建立由政府部门监管的数据交易市场，以规范数据确权、定价、交易、结算与监管的整个流程，有效保障数据交易的安全和公平，从而推动数据的市场化。

（二）深化技术业务融合，提升智能化应用水平

为了深化技术和业务的融合并进一步提升智能化的应用水平，相关管理人员需要坚持以业务为导向，不断加快技术应用从原本的工具化向着深度融合方向转型，以期能够真正提升数字政府的智能化治理效果。一方面需要关注到政务核心业务中存在的各项需求，打破传统体制下技术和业务存在两种形式的割裂状态，将人工智能技术和政务流程以及业务场景等方面进行深度融合，通过这种方式能够对业务流程进行全面的梳理和优化，从而推动业务流程实现自动化的智能化^[9]。比如，在行政审批过程中，相关工作人员可以运用人工智能的图像识别、自然语言处理等技术来对申报材料进行自动审核，同时也能够进行分类和对比，从而有效减少人工审核的工作量，在缩短工作时间的同时能够提升审核效率和准确率。而另一方面，政府部门需要加强技术供给和政务需求之间的匹配度。在数字化建设过程中，政府部门可以和科研机构、企业进行合作，根据自身的政务实际需求来有针对性

地开展技术研发和创新，以此来不断提升技术应用的灵活性。同时引入新技术的过程中，基层单位也需要加强自身技术选型和场景设计的能力，结合当前的业务特点和发展需求来选择最适合的技术方案。相应的也需要建立完整的系统更新机制，运用人工智能技术收集用户反馈和发展过程中产生的各类问题来为相关管理人员提供可供参考的数据，使他们可以及时对系统进行更新和优化，保证智能技术能够及时有效地支撑业务发展。

（三）健全体制机制保障，提升协同治理能力

健全的体制机制是保障数字政府能够高效运行，并提升自身协同治理能力的重要支撑。因此管理者需要进一步理顺跨部门和跨层级的职能定位和责任分工，将部门之间原有的孤立状态打破以此来不断推动政务流程的高效衔接，形成上下贯通的一体化治理格局。同时也需要完善数字政府建设考核评价体系，将群众满意度、政务服务质量和治理解决能力作为核心评判标准，使建设工作能够将重点放在实际需求上，也可以有效避免这样浪费和形式化建设^[10]。最后，管理者需要健全激励约束和长效保障机制，不断优化与工作人员相关的激励方式，在实施责任约束的同时，也要充分调动各方参与数字政府建设的主动性和创造性。

（四）筑牢安全防护屏障，构建数字信任体系

当前人工智能技术的应用会为数字政府建设带来新的风险，而建设安全防护屏障并不断完善数字信任体系，是保障数字政府平稳运行和维护公众合法权益的重要手段。因此要全面强化安全风险防控机制建设，引导工作人员主动适应人工智能等新技术带来的新风险挑战，使他们不断加大网络安全防护的投入力度，结合先进的安全防护技术和设备来全面提升系统的安全防御能力。同时也需要健全数据安全管理制度，明确数据收集、存储、共享与使用行为的边界，杜绝个人信息过度采集等现象发生，从而不断提升公众信任度，为数字政府后续的工作打下坚实的基础。

三、结论

在人工智能时代的引导下，数字政府建设是推动技术变革和治理转型深度融合的重要改革方向，不仅拥有新的机遇同时也会面对新的挑战。但是当前数字政府建设过程中仍然面临着一些困境，这些困境正影响着智能化转型的整体进程。因此相关工作人员需要调整现阶段的建设方式，不断完善数据治理体系和提升智能化应用水平，保证数字政府建设能够顺利推进。

参考文献

[1] 刘冬梅. 数字政府建设的逻辑理路、现实困境与优化路径 [J]. 领导科学论坛, 2025, (02): 76-79.

[2] 张夏恒. 生成式人工智能对数字政府建设的变革、风险及应对 [J]. 公共治理研究, 2025, 37(02): 42-53.

[3] 薛克鹏, 杨汶涛. 生成式人工智能弥合数字政府建设地方差异的路径 [J]. 福建论坛 (人文社会科学版), 2025, (01): 69-84.

[4] 李萌. 数字政府建设现实困境及对策研究 [D]. 安徽财经大学, 2024.

[5] 傅建萍. 数字政府建设中应用生成式人工智能的风险及其克服 [J]. 武汉大学学报 (哲学社会科学版), 2024, 77(06): 34-47.

[6] 姚翼源. 人工智能嵌入数字政府建设的风险样态与实践理路 [J]. 特区实践与理论, 2024, (05): 107-112.

[7] 汪玉凯, 吴风. 人工智能赋能数字政府建设的机制与路径 [J]. 国家治理, 2024, (19): 54-58.

[8] 康京涛, 王屹. 人工智能赋能数字政府建设的安全风险及应对策略研究 [J]. 文献与数据学报, 2024, 6(03): 17-26.

[9] 王宫, 许美玲. 以人工智能大模型赋能数字政府建设 [N]. 宁夏日报, 2024-08-11(003).

[10] 董超, 王晓冬. 生成式人工智能在数字政府建设中的探索、挑战及建议 [J]. 数字经济, 2023, (11): 36-39.

工程造价结算审核中的问题与对策分析

梁梦婷

茂名高新区经济发展服务中心，广东 茂名 525000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070009

摘 要： 工程造价结算审核属于工程建设全过程造价管理的重要部分，它同建设工程项目的投资效益、各方合法权益以及工程建设市场规范有序地发展密切相关。结算审核工作对工程竣工结算资料进行全方位的核查、分析、核实，可以有效地规范工程价款结算行为，纠正结算中的不合理费用，保证工程投资得到有效控制。本文结合工程造价结算审核工作实际，首先论述了开展工程造价结算审核工作的重要意义，然后分析了目前结算审核中普遍存在的各种问题，根据这些问题提出了有针对性的、可操作的解决对策，最后对全文进行了总结，为规范工程造价结算审核工作、提高审核质量提供一定的参考和借鉴。

关 键 词： 工程造价；结算审核；审核质量；问题；对策

Analysis of Problems and Countermeasures in Engineering Cost Settlement Audit

Liang Mengting

Maoming High-tech Zone Economic Development Service Center, Maoming, Guangdong 525000

Abstract： Engineering cost settlement audit is an important part of the whole-process cost management of engineering construction. It is closely related to the investment benefits of construction projects, the legitimate rights and interests of all parties involved, and the standardized and orderly development of the engineering construction market. By conducting comprehensive inspection, analysis and verification of the completion settlement data of projects, settlement audit can effectively regulate the behavior of project price settlement, correct unreasonable expenses in the settlement, and ensure the effective control of project investment. Combined with the actual work of engineering cost settlement audit, this paper first discusses the important significance of carrying out engineering cost settlement audit, then analyzes various common problems existing in the current settlement audit, puts forward targeted and operable solutions according to these problems, and finally summarizes the full text. It aims to provide certain reference for standardizing the engineering cost settlement audit work and improving the audit quality.

Keywords： engineering cost; settlement audit; audit quality; problems; countermeasures

工程造价结算审核是工程造价管理的最后一个环节，是对工程建设全过程造价控制成果的最后检验，也是确定工程最终造价、办理工程价款结算的主要依据。结算审核工作质量的好坏，既关系到建设单位的投资效益，又关系到施工单位的合法利益，而且对于规范工程建设市场秩序、维护市场公平公正有着十分重要的作用^[1]。目前，我国工程造价结算审核工作虽然取得了一定的发展和进步，但是在实际工作中，由于各种因素的影响，还存在着许多问题，这些问题不但会影响结算审核工作的效率和质量，还会引起工程价款结算纠纷，影响建设工程项目的顺利收尾。因此，对工程造价结算审核中常见的问题进行深入剖析，寻找科学合理的解决办法，对提高结算审核工作水平、规范工程造价管理、保护工程建设各方的合法权益有着十分重要的现实意义。

一、工程造价结算审核的意义

（一）保障工程投资合理控制

工程建设项目投资额度大、建设周期长，在建设过程中很容易受到各种因素的影响，造成实际造价和预算造价的偏差。工程造价结算审核是对工程竣工结算资料进行全面审核的过程，可以对工程建设过程中发生的各项费用支出进行严格的审核，剔除不

合理费用开支，纠正结算中出现的错算、漏算、重算等问题，保证工程最终造价控制在合理范围之内，防止投资浪费，提高工程投资的利用效率。同时结算审核可以及时发现工程建设过程中造价控制存在的薄弱环节，为以后建设工程项目的造价管理提供经验借鉴，达到投资效益最大化的目的^[2]。

（二）维护工程建设各方合法权益

工程造价结算审核属于协调建设单位和施工单位之间利益关

系的手段。在工程竣工结算时，建设单位希望工程价款尽可能低，施工单位希望得到合理的工程报酬，双方很容易在工程价款的计算、费用的计取上产生争议。结算审核工作以国家有关法律、法规、行业规范、工程合同、竣工资料为依据，对工程价款进行客观、公正地核实，可以有效地化解双方的矛盾，保证建设单位不无故拖欠工程款，保护施工单位的合法权益，防止施工单位高估冒算、虚报工程量等行为，维护建设单位的合法权益，促进双方合作关系的和谐稳定^[3]。

（三）规范工程建设市场秩序

工程造价结算审核工作开展之后，可以对工程建设市场计价行为起到一定的规范作用。经过严格的审核可以防止工程结算中出现不规范行为，比如高估冒算、虚报工程量、乱计费用等，促使建设单位和施工单位按照国家有关规范及合同约定来完成工程价款结算工作，形成一个公平、公正、透明的工程建设市场环境^[4]。同时结算审核工作可以促使工程计价依据的完善与落实，促使工程建设行业标准化、规范化发展，提高整个行业的造价管理水平。

二、工程造价结算审核中的问题

（一）结算资料不完善、不规范

结算资料是工程造价结算审核的基础，结算资料是否齐全、规范直接关系到审核工作能否顺利开展。目前，一些工程建设项目在竣工结算的时候，存在着结算资料不完整、不规范的情况^[5]。一方面部分施工单位提供的结算资料不齐全，缺少必要的支撑材料，工程变更签证、隐蔽工程记录、材料价格证明、施工日志等支撑材料不齐全，造成审核人员不能对工程量和费用计取的真实性、合理性进行核实；另一方面部分结算资料填写不规范、签字盖章不全、内容前后矛盾等问题，如工程量清单填写错误、定额套用说明不清、变更签证手续不齐全等，加大了审核工作的难度，容易造成审核结果出现偏差。

（二）工程量计算与定额套用存在偏差

工程量计算、定额套用属于工程造价结算审核的主要部分，也是容易出现差错的地方。在工程量计算上，有些施工单位为了提高工程价款而采取虚报工程量、重复计算工程量的做法，对已完成的工程量进行夸大计算，对未施工的项目虚报工程量，或者对同一个工程量进行多次计算。同时部分审核人员由于自身专业水平欠缺、工作不仔细等原因也会造成工程量漏算、错算的现象发生，从而导致审核结果的准确性受到影响。定额套用不合理、高套定额、错套定额现象普遍存在，部分施工单位为了增加费用，故意选择单价高的定额子目，或者将不同类型的工程套用不符合实际情况的定额，造成工程价款计算过高。

（三）费用计取不规范

工程费用计取属于工程造价结算审核的关键部分，目前部分工程在费用计取时出现不规范状况，主要表现在以下几方面：一是取费基数不合理，部分施工单位未依照国家有关规范及合同约定的取费基数来计算各项费用，私自加大取费基数，造成费用计

取过高；二是取费标准不规范，部分工程未按相应的工程类别、地区类别选取取费标准，存在高取费现象，例如自行提高取费费率；三是各项费用计取不全或者重复计取，部分施工单位遗漏了某些必要的费用项目，或者对同一个费用项目做了重复的计算，比如重复计取了材料运输费等；四是规费、税金计取不规范，未按照国家有关规定计取规费和税金，存在漏计、错计的情况。

（四）审核人员专业能力不足，审核机制不完善

工程造价结算审核工作对审核人员的专业能力要求比较高，审核人员要具备扎实的工程造价专业知识、熟悉国家有关法律、法规和行业规范、掌握工程施工工艺和流程。目前部分审核人员存在专业能力欠缺的情况，对于定额标准、计价规范不了解，对工程施工工艺掌握不够深入，不能很好地判断工程量计算和定额套用是否合理，造成审核工作出现疏漏，影响审核质量。同时部分审核人员缺乏责任心、敬业精神，工作态度不认真、敷衍了事，也会使审核工作质量、效率下降^[6]。

三、工程造价结算审核中问题的解决对策

（一）规范结算资料管理，确保资料完整规范

就结算资料不齐全、不规范而言，应从资料的搜集、整理、审核等环节着手，加强结算资料的管理，保证结算资料的完整性、规范性。首先，建设单位和施工单位要建立完善的资料管理制度，确定资料收集、整理、归档的责任主体和流程，在工程建设的全过程及时收集、整理工程合同、工程量清单、工程变更签证、隐蔽工程记录、施工日志、材料价格证明、验收报告等资料，保证资料的完整^[7]。其次，加强结算资料的审核，施工单位在提交结算资料之前，应当自行对资料进行全面的核查，纠正资料填写不规范、签字盖章不齐全、内容前后矛盾等各方面的问题；建设单位在收到结算资料后，应当组织专业人员对资料的完整性、规范性进行初步审核，对不符合要求的资料及时退回施工单位补充完善。最后建立资料归档制度，把审核合格的结算资料及时归档，便于以后查阅、管理，为结算审核工作打下坚实基础。

（二）规范工程量计算与定额套用，提高审核准确性

为了保证工程量计算、定额套用的准确性，需要加强工程量计算、定额套用的审核，规范审核程序，提高审核的准确性。审核人员在工程量计算时要按照工程图纸、施工规范、工程量计算规则，对施工单位上报的工程量进行全方位的核验，特别要注意有无虚报工程量、重复计算工程量、漏算工程量等情况的发生^[8]。审核时要重视隐蔽工程、变更工程的工程量核对，要求施工单位提供相关证明材料，保证工程量计算的准确性。定额套用方面，审核人员要熟悉国家及地方的定额标准、计价规范，严格按照工程实际情况选择合适的定额子目，对高套定额、错套定额、定额换算不规范等现象进行检查。加强对定额套用的复核工作，保证定额套用的合理性、准确性，防止由于定额套用不合理造成工程价款计算错误。

（三）规范费用计取，严格把控费用审核关

对于费用计取不规范的问题，必须严格按照国家有关法律法

规、行业规范以及工程合同的约定来规范费用计取行为，严把费用审核关。首先确定取费基数和取费标准，审核人员应根据工程类别、地区类别及合同约定来确定合理的取费基数和取费标准，对施工单位有无擅自提高取费基数、高取费行为进行检查^[9]。其次，加强对各项费用的计取审核，重点对费用项目的完整性和合理性进行审查，防止出现费用漏计、重复计取等情况，对不符合规定的费用项目一律剔除。最后对规费、税金进行严格的审核，根据国家的相关规定及税率标准，核对规费、税金的计取是否正确，保证规费、税金的足额计取，防止漏计、错计。

（四）提升审核人员专业能力，完善审核机制

提高审核人员的专业水平，健全审核制度是解决结算审核各种问题的主要方法。一是要加强审核人员培训与管理工作，定期对审核人员进行专业技术培训，学习国家有关法律法规、行业规范、定额标准及计价方法，掌握工程施工工艺和流程，提高审核人员专业知识及业务水平^[10]。同时加强对审核人员职业道德的培训，提高审核人员的责任感、敬业精神，规范审核人员的工作行为，保证审核工作的客观性、公正性、准确性。另一方面健全完善结算审核制度，对审核工作流程、审核标准、审核责任进行明确规定，规范审核工作的各个环节，保证审核工作的规范性、

系统性。建立有效的监督考核机制，对审核人员工作行为及审核结果实施监督并予以考核，把审核质量同绩效考核联系起来，从而激发审核人员提升工作质量和效率的内在动力。建立完善的沟通协调机制，加强审核人员同建设单位、施工单位之间的沟通联系，及时处理审核过程中遇到的各种问题，保证审核工作顺利开展。

四、结语

工程造价结算审核属于工程建设全过程造价管理的关键部分，对于保证工程投资合理、维护工程建设各方合法权益、规范工程建设市场秩序有着十分重要的意义。目前工程造价结算审核工作还存在诸多问题，这些问题是影响结算审核工作效率与质量的因素，也是制约工程建设行业健康发展的因素。就上述问题而言，需要采取规范结算资料管理、规范工程量计算和定额套用、规范费用计取、提高审核人员的专业水平、健全审核机制等措施来不断提高工程造价结算审核工作质量与效率，保证工程建设项目的顺利结束，达到工程投资效益最大化的目的，推动工程建设行业健康有序发展。

参考文献

[1] 王文莲. 基于大数据的工程造价结算审核方法研究 [C]//《中国招标》期刊有限公司. 新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题（第三册）. 浙江五石中正工程咨询有限公司 ;2025:141-145.

[2] 曹城振. 建筑工程造价预结算审核工作与要点分析 [J]. 中国房地产业 ,2025,(36):98-101.

[3] 朱良凯, 崇明. 人工智能在工程造价结算审核中的应用前景分析 [J]. 建筑经济 ,2025,46(S2):107-110.

[4] 曾静楣. 建筑工程竣工结算阶段造价审核要点 [J]. 内江科技 ,2025,46(12):122-123.

[5] 易贵彪, 陈通年. 水利工程造价结算审核问题与改进对策 [J]. 中国招标 ,2025,(S2):77-78.

[6] 刘艳辉. 建筑工程预结算审核对工程造价的影响分析 [J]. 城市开发 ,2025,(24):106-108.

[7] 黄曙明. 工程造价的预结算审核方法分析 [J]. 城市开发 ,2025,(24):118-120.

[8] 高俊丽. 建筑工程造价预结算审核工作关键点 [J]. 居业 ,2025,(12):142-144.

[9] 肖苗苗. 建筑工程造价结算审核中的问题与对策分析 [J]. 散装水泥 ,2025,(06):138-140.

[10] 邓娇兰. 工程造价预结算审核及相关注意事项研究 [J]. 散装水泥 ,2025,(06):162-164.

城镇燃气行业人工智能应用对策分析

李爽

深圳市城市规划设计研究院股份有限公司, 广东 深圳 518055

DOI: 10.61369/SSSD.2026070011

摘 要： 城镇燃气作为城市重要的公用事业与能源基础设施，其安全稳定运行直接关系到社会公共安全与民生保障。在数字经济与新型工业化深度融合背景下，人工智能技术为燃气行业破解安全监管难题、提升运营效率、优化服务质量提供了全新路径。基于此，本文针对城镇燃气行业人工智能应用展开研究，系统剖析人工智能应用的现存问题，阐述其重要价值，并提出针对性应用对策，旨在为城镇燃气行业数字化、智能化升级提供理论参考与实践指引，筑牢城市能源安全防线。

关 键 词： 城镇燃气；人工智能；智慧燃气；智能决策

Analysis of Artificial Intelligence Application Countermeasures in the Urban Gas Industry

Li Shuang

Shenzhen Urban Planning & Design Institute Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518055

Abstract： As an important public utility and energy infrastructure in cities, the safe and stable operation of urban gas is directly related to public safety and people's livelihood security. Against the background of the in-depth integration of the digital economy and new-type industrialization, artificial intelligence (AI) technology provides a new path for the gas industry to solve safety supervision problems, improve operational efficiency, and optimize service quality. Based on this, this paper conducts research on the application of AI in the urban gas industry, systematically analyzes the existing problems of AI application, expounds its important value, and puts forward targeted application countermeasures. It aims to provide theoretical reference and practical guidance for the digital and intelligent upgrading of the urban gas industry, and consolidate the urban energy security line.

Keywords： urban gas; artificial intelligence (AI); smart gas; intelligent decision-making

引言

随着我国城镇化进程持续推进，城镇燃气覆盖范围不断扩大，管网复杂度、用户规模与安全管控压力显著提升。人工智能以大数据分析、机器视觉、预测建模、数字孪生等技术为核心，能够实现对燃气生产、输配、使用、监管全流程的全域感知、智能分析与精准处置，成为破解行业发展瓶颈的核心技术支撑。因此，结合行业实践与技术趋势，制定务实可行的落地对策，具有重要现实意义。

一、城镇燃气行业人工智能应用的现存困境

（一）数据基础薄弱

数据是人工智能应用的核心生产要素，而城镇燃气行业普遍存在数据分散、标准不一、质量偏低、共享不畅问题，形成严重的数据孤岛。多系统割裂运行，客服、安检、调度等系统独立建设，数据接口不兼容、格式不统一，难以实现跨部门、跨业务数据融合；历史数据缺失严重，老旧管网图纸不全、运维记录不完整、隐患台账不规范，导致 AI 模型训练缺乏高质量样本。

（二）智能化应用落地难度大

人工智能技术与燃气行业场景融合存在明显适配鸿沟：通用

AI 模型难以满足燃气专业需求，针对管网泄漏、腐蚀、第三方破坏等特殊场景的专用算法研发滞后，模型泛化能力弱；硬件设施智能化水平偏低，老旧场站、管网缺乏智能感知设备，边缘计算能力不足，无法支撑 AI 算法实时运行；安全与技术风险叠加，AI 系统面临网络攻击、数据泄露、算法偏差等隐患，且缺乏行业专用的网络安全与伦理规范，过度依赖技术可能导致决策失误。

（三）转型保障能力不足

人才与管理机制滞后是制约 AI 应用的关键瓶颈。复合型人才严重短缺，既精通燃气工艺、安全管理，又掌握人工智能、大数据、物联网技术的跨界人才供给不足，现有从业人员数字化技能偏低，对新技术接受度与操作能力有限；企业管理机制与智能化

转型不匹配，缺乏专门的智能化推进部门与激励机制。

二、城镇燃气行业人工智能应用的重要价值

（一）有利于筑牢安全防线

燃气安全是行业发展的底线，人工智能能够构建全域覆盖、精准识别、快速响应的安全防控体系。通过机器视觉、激光检测、物联网感知与 AI 算法结合，可实现对管网泄漏、第三方施工破坏、户内隐患、场站违规操作的 7×24 小时自动监测，隐患识别准确率大幅提升；基于大数据训练的预测模型，可对管网腐蚀、压力异常、设备故障进行提前预警，将事故处置由“事后补救”转向“事前预防、事中控制”^[1]。

（二）有利于提升运营效率

人工智能通过优化全流程运营，显著提升资源配置效率与经济效益。在设备运行和维护方面，人工智能能代替传统定期检查维修模式，实现提前发现问题并防止故障的发生，减少非计划停机时间，延长设备寿命以及降低运维成本。在输配调度上，借助人工智能，结合天气因素、节庆因素以及消费行为等因素，精准预测实际消耗量，并调节供气源及管道的压力水平，实现最小的损耗和能源浪费^[2]。在管理决策中，应用人工智能数据可视化和智能化分析手段，实现了企业运营信息可视化及企业管理高效化，帮助企业在粗放式管理向高效化经营转型的过程中。

（三）有利于提升行业治理现代化水平

人工智能为政府监管与企业内控提供精准化、智能化、高效化手段，破解传统监管“覆盖面不足、执法成本高、隐患发现难”难题。政府端可通过 AI 监管平台，实时掌握全域燃气运行状态，对隐患整改、工程施工、企业运营进行动态跟踪与智能督办，实现“一网统管”^[3]；企业端借助 AI 内控系统，规范运营流程，强化风险管控，提升合规管理水平；人工智能支撑燃气行业绿色低碳转型，通过优化燃烧效率、监测碳排放、整合多能协同，助力“双碳”目标落地^[4]。

三、城镇燃气行业人工智能应用对策

（一）引进人工智能技术，提高设备运行效率

引进人工智能技术并推动与燃气业务深度融合，是提升设备运行效率、实现智能化运营的基础路径。第一，推进智能感知设备全覆盖。实现老旧装备智能化改造。在全面加装各类物联网终端设备（压力传感、瓦斯检测、智能摄像头、数字压力表）的基础上，建设全域物联网感知网络^[5]；推广运用激光巡检车、无人机、机器人对复杂地形、人员难以到达区域以及地下管网进行高效巡检，弥补人工巡检盲区^[6]。第二，引进 AI 算法及模型。应用适用于燃气场景下的预知维修、故障诊断以及最佳控制模型对调压阀、阀门、压缩机运行状态进行监测和预测，实现由“被动维修”向“主动维修”的转变；采用基于 AI 的能耗最优化模型，自动优化压缩机、加压站等大功率设备用电气量，降低电耗和气耗；构建设备数字孪生模型，将实际设备转变为虚拟仿真模型进

行模拟试验、远程检测和故障诊断，提升设备管控精细化水平，显著提高设备运行效率及可靠性^[7]。第三，强化技术集成及系统兼容性。集成 SCADA、GIS、CRM、安检等多种系统的数据接口及传输协议，形成一个统一的数据中心进行数据的汇聚、清洗、标准化并实现数据的共享^[8]。

（二）优化城镇燃气监管，进行数据分析和预测

以人工智能与大数据为支撑，优化城镇燃气监管模式，强化数据分析与风险预测，是提升行业安全管控水平的重要抓手。第一，构建智能监管平台。搭建“政府+企业”联合 AI 燃气安全监管平台，对管网运营、用户检定、工程建设、隐患整改、应急处置等进行采集归档，实现了一目了然、应急处置等操作状况的一目了然、全域可视；采用机器视觉技术识别第三方施工、占压、设备异常等，并且可以及时预警，形成“监控-预警-派单-处理-反馈-销案”的闭环管理机制；对餐饮、商超等人流密集场所实行智能监管，并自动识别出软管老化、报警器故障等情况并限期整改，保证企业主体责任的落实^[9]。第二，深化大数据分析应用。制定燃气信息管理规范，明确数据采集、存储、应用的标准以增强数据准确性及可利用性；通过 AI 挖掘技术，分析历史运行、天气、地理资料，建立风险评价模型并量化评价管道老化状况、区域风险隐患以及风险等级；利用关联分析和分类分析可以找出事故发生的规律及高发区域，从而为监管资源配置提供参考^[10]。第三，强化智能预测预警。基于大数据的人工智能建立多种预测模型，包括燃气用量、管网压力预测，泄漏扩散预测、突发事件风险预测，为供气保障、管网运行调度、抢险抢修提供依据。建立大风大雨、重大活动、自然灾害等异常情况下的智能预警系统，能够自主地生成人员疏散方案、关阀方案以及抢修方案，提升应急处置决策能力^[11]。

（三）智能决策城镇燃气管理，助力行业智能发展

以智能决策为引领，完善支撑体系，推动城镇燃气管理全方位升级，是实现行业高质量发展的根本方向。第一，搭建智能决策中枢。开发燃气行业智能决策系统，采集和整合全部有关生产、经营、安全、成本、服务的信息，利用 AI 工具自动形成运营报告、预警提示和改善建议；应用仿真建模技术分析管网布置、建筑工程及气源选择，降低投资风险及提升投资效率^[12]；帮助企业从传统的“经验型决策”向数据驱动型“决策”转变，在市场拓展、客户服务、成本控制以及发展规划中作出精准判断^[13]。第二，推进服务智能化升级。采用人工智能客服、人机对话及自助式网上办理等手段，简化报装、缴费、报修、咨询流程，为用户提供 7×24 小时便捷服务；依据用户用气特点进行数据分析，为用户提供个性化节气方案和安全隐患预警，实现精准化服务；利用 AI 图像识别技术将户内安检工作网络化、自助化，使其覆盖率及效率得到提升^[14]。第三，完善人才与机制保障。要加强校企合作，培养既懂“燃气”又懂“AI”的复合型人才，建立内训机制提升员工数字化技能；完善激励机制，设立专项用于智能化转型的资金，发挥技术创新力及应用价值；参与行业协会建设，建立 AI 使用规范、安全性标准以及评估体系，进行跨技术交流和经验分享^[15]。

四、结语

综上所述,人工智能技术为城镇燃气行业突破发展瓶颈、实现转型升级提供了强大动力,是保障燃气安全、提升运营效率、优化行业监管、服务民生保障的必然选择。相关部门要以数据治理为基础、技术创新为核心、场景应用为抓手、人才机制为保

障,加快人工智能与燃气生产、输配、服务、监管全流程深度融合。随着技术持续迭代与应用不断深化,人工智能将全面重塑城镇燃气行业生态,为保障城市能源安全和提升民生服务质量提供坚实支撑,推动城镇燃气行业迈向更有效率、更可持续的发展新阶段。

参考文献

- [1] 孙圣先,高以春.城镇管道天然气智慧运营[C]//中国城市燃气协会标准工作委员会.2025中国城市燃气协会标准工作委员会年会暨标准引领燃气安全运营和智慧建设研讨会论文集.海安新奥燃气有限公司;,2025:639-643.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.022054.
- [2] 颜克均,余家诺.论燃气企业安管人员职业素养要求与提升途径[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2025年燃气安全交流研讨会论文集.新津港华燃气有限公司;,2025:965-972.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.036240.
- [3] 孙圣尧.新形势下的城镇燃气风险隐患排查治理[C]//广西网络安全和信息化联合会.2025年第三届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会论文集.港华投资有限公司南京分公司;,2025:123-125.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.020162.
- [4] 王洋文韬.基于信息技术的城镇燃气安全管理策略[J].工程技术研究,2025,10(04):164-166.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2025.04.054.
- [5] 古新军.事故隐患智能管理系统在城镇燃气隐患排查治理中的实践与应用[J].城市燃气,2025,(02):31-34.
- [6] 席丹,陈洞杉.城镇燃气行业数字孪生技术的研究与应用[J].上海煤气,2024,(06):23-24+33.
- [7] 李璐伶,刘建辉,杨光.浅析双碳目标背景下城镇燃气行业面临的机遇与挑战[J].城市燃气,2024,(12):41-48.
- [8] 刘晋,寻言言.燃气公司无人值守场站的智能化技术应用探讨[C]//《煤气与热力》杂志社有限公司.中国燃气运营与安全研讨会(第十三届)论文集(上册).济宁华润燃气有限公司;中国移动通信集团山东有限公司济宁分公司;,2024:419-425.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.064584.
- [9] 刘晋,寻言言.基于信息技术的城镇燃气安全管理创新研究[C]//中国城市燃气协会标准工作委员会.2024年中国城市燃气协会标准工作委员会年会暨燃气安全运营和智慧建设研讨会论文集.济宁华润燃气有限公司;中国移动通信集团山东有限公司济宁分公司;,2024:271-273.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.045899.
- [10] 肖瑶.城镇燃气四足巡检机器人路径规划技术研究[D].中国计量大学,2024.DOI:10.27819/d.cnki.gzgj.2024.000809.
- [11] 张洁.基于信息技术的城镇燃气安全管理创新研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(04):69-71.
- [12] 魏蕾娜,代梅.城镇燃气管道如何结合人工智能有效防范第三方施工破坏[C]//中国石油学会天然气专业委员会.第33届全国天然气学术年会(2023)论文集(06综合).重庆市渝北区佳渝天然气有限公司;成都世纪源通燃气有限责任公司;,2023:1271-1273.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.070034.
- [13] 徐晓亮,胡亚男,赵历.低信息化基础及投入下实现"智慧燃气"建设[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(下册).济南中原检测科技有限公司;,2023:121-125.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.008208.
- [14] 王莉阁.浅谈燃气发展及应用[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(下册).沧州三县港华燃气有限公司;,2023:299-303.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.008260.
- [15] 陈斌,印卫东,何鹏.城镇燃气管网智能巡护技术的安全实践及研究[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(上册).常州港华燃气有限公司;,2023:20-24.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.007922.

绿色建筑工程造价影响因素及控制策略研究

安守慧

内蒙古锐信工程项目管理有限责任公司，内蒙古 呼和浩特 010020

DOI: 10.61369/SSSD.2026070014

摘 要： 在“双碳”目标推进与建筑业绿色转型的大背景下，绿色建筑作为实现建筑领域节能降碳的核心载体，其规模化发展已成为行业必然趋势。基于此，本文针对绿色建筑工程造价控制展开研究，梳理了设计阶段、施工阶段及全生命周期视角下的各类影响因素，分析了工程造价控制的重要价值，提出了相关控制策略，旨在为绿色建筑项目实现造价合理控制、提升综合效益提供理论参考与实践指导，助力建筑行业高质量绿色发展。

关 键 词： 绿色建筑；工程造价；影响因素；控制策略

Research on Influencing Factors and Control Strategies of Green Building Engineering Cost

An Shouhui

Inner Mongolia Ruixin Engineering Project Management Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010020

Abstract： Against the backdrop of the advancement of the "dual carbon" goals and the green transformation of the construction industry, green buildings, as the core carrier for energy conservation and carbon reduction in the construction sector, have seen large-scale development become an inevitable trend in the industry. Based on this, this paper conducts research on the engineering cost control of green buildings, sorts out various influencing factors from the perspectives of the design stage, construction stage, and whole life cycle, analyzes the important value of engineering cost control, and proposes relevant control strategies. It aims to provide theoretical reference and practical guidance for green building projects to achieve reasonable cost control and improve comprehensive benefits, thereby contributing to the high-quality green development of the construction industry.

Keywords： green buildings; engineering cost; influencing factors; control strategies

引言

绿色建筑以“节能、节水、节材、节地、环保”为核心理念，区别于传统建筑，注重全生命周期内的环境效益、经济效益与社会效益的统一，是推动建筑行业高质量发展的重要路径。工程造价控制是绿色建筑项目的核心，直接关系到项目投资效益、建设质量和市场竞争力。因此，深入研究其影响因素，探索科学控制策略，具有重要价值。

一、绿色建筑工程造价影响因素

（一）设计阶段的核心影响因素

设计阶段是绿色建筑工程造价控制的关键窗口期，其对全生命周期成本的影响力可达70%以上，设计方案合理性、技术选择科学性直接决定后续成本基数。绿色设计标准与目标定位。绿色建筑需严格遵循相关评价标准，不同星级目标对应不同技术要求和造价水平。目标定位过高会导致绿色技术和材料过度投入，增加造价。部分设计单位对标准理解不深，方案与实际施工脱节，后期变更频繁，进一步推高造价^[1]。绿色技术与材料的选择。绿色技术和材料是绿色建筑的核心支撑，被动式设计增量成本较低，主动式技术初期投资较高。

（二）施工阶段的关键影响因素

施工阶段是工程造价的具体实施环节，也是管控重点难点，施工管理水平、技术应用效率、材料管控等直接影响造价偏差。施工组织设计与管理水平，绿色建筑施工技术要求高、工艺复杂，合理的施工组织设计可优化流程、提高效率、减少浪费。绿色施工技术的应用与落实，装配式施工、建筑垃圾资源化利用等技术的应用效果直接影响造价，装配式施工预制构件成本较高，若吊装效率低下会增加成本^[2]。

（三）全周期视角下的其他影响因素

除设计和施工阶段外，项目决策、运维、市场等因素也对工程造价产生重要影响。一是决策阶段的影响因素。项目选址、建设规模、星级目标、投资估算等直接决定造价整体水平，选址不

合理、规模过大、估算不准，都会导致造价增加或超支。二是运维阶段的影响因素。运维成本占全生命周期成本的30%—40%，节能设备维护、能耗管理、运维人员专业水平等，都会影响运维成本，进而影响整体造价效益。三是市场环境的影响因素。市场环境的影响权重较低，绿色建材价格、劳动力和机械租赁价格波动，以及市场竞争程度，都会导致造价波动^[3]。

二、绿色建筑工程造价控制的重要价值

（一）有利于保障工程质量

绿色建筑质量涵盖结构安全、使用功能及节能环保等指标，科学的造价控制可合理分配资金，确保绿色技术、材料足额投入，避免偷工减料、技术落实不到位等问题。同时，造价控制能推动施工企业采用先进技术和管理模式，提高施工效率和质量，加强运维管理，延长建筑使用寿命，保障质量稳定性^[4]。

（二）有利于优化资源配置

绿色建筑核心理念是“五节一环保”，造价控制能推动资源合理配置，实现利用效率最大化。设计阶段优化方案、选择适宜技术材料，施工阶段加强资源管控、减少浪费，运维阶段强化能耗管理，均可减少资源消耗。同时，科学管控能引导资金向高效环保项目倾斜，优化行业资源配置结构。

（三）有利于增强企业竞争力

造价控制能力是建筑企业核心竞争力的重要组成部分。对建设单位而言，合理控制造价可降低投资成本，提高项目市场竞争力；对施工企业而言，加强造价控制能降低施工成本，提高盈利能力，承接更多项目，提升品牌形象和管理水平，在市场竞争中占据优势。

三、绿色建筑工程造价控制策略

（一）加强设计阶段控制，做好前置管控与技术优化

设计阶段是绿色建筑工程造价控制的关键环节，需强化前置管控，优化设计方案，实现技术与经济的有机结合，从源头控制工程造价。第一，明确绿色建筑设计目标及定位，合理设置相关的设计规定。对于绿色建筑设计人员来说，应当对绿色建筑评价标准的内容进行深刻理解，在整个设计过程中都要注重绿色理念的渗透，确保设计成果能够满足绿色建筑的基本需求，同时也能够满足造价的需求。例如，在夏热冬冷地区可首先考虑采用“外墙保温+太阳能热水器”的组合形式^[5]。第二，优化环保技术和材料的选择，控制增量成本。设计人员应结合实际需求优先采用成熟、经济的环保技术和材料，避免盲目使用高精尖技术和高价材料。例如，“优化组合”，运用价值工程法选择最优技术组合方案，并将投资回收期超过5年的环保技术剔除，可采用融资租赁的方式减少初始资金压力。第三，推行协同设计与优化，减少设计变更。采用BIM技术实现建筑、结构、机电、景观等多个专业之间的联合设计，及时找出设计中存在的一些问题和矛盾点，在前期阶段就加以解决，避免在后期发生设计变更的情况^[6]。

（二）开展施工过程控制，进行精细化管控与过程优化

施工阶段是工程造价的实施环节，需加强精细化管理，优化施工流程，强化成本管控，确保实际造价不超出预算。第一，完善工程方案，提高工程实施效率。施工单位应按照绿色建筑工程的技术标准，结合工程的实际状况，编制合理可行的工程实施方案，进而优化工序安排，合理配置任务分工，避免由于衔接不合理导致工作效率不高以及成本增加的现象出现。其次，加强施工进度管理，在适当的时候决定开工日期，避免在施工过程中出现进度拖沓或者过快而导致的时间浪费现象，将工程施工进度管理与费用控制相结合。第二，加强采购管理和控制，降低材料成本。建立集中统一的绿色建筑材料采购平台，可有效降低采购成本；选择具有相应资质等级、信誉良好的供应商，确保产品质量稳定供应。需要加强产品质量控制工作，严格做好进场检验工作，杜绝不合格产品流入施工现场；加强对物资储存以及使用工作的监督力度，从而降低物资损耗率，并提高其使用效率。例如对于钢筋、水泥等重要建筑原材料来说，可以采用限额领料的形式对其进行管控，从而控制其用量水平；对垃圾进行分类回收和再利用，降低清洁成本^[7]。第三，加强环境保护建设管理，防止过度消耗。在工程建设中，严格按照环保建设工程标准进行施工，并落实环保建设工程措施，有效遏制建筑工程中的能源资源过度消耗和环境污染。例如，采用绿色模具材料、节能化施工设备，节约能源消耗。此外还需加强工区水电管理以降低成本；推行精细化施工管理机制，意在减少施工环节中的返工浪费情况发生，提高工程质量及效率。

（三）推进运维阶段控制，效益导向与成本优化协同

运维阶段是绿色建筑全生命周期的重要组成部分，需坚持效益导向，优化运维管理，降低运维成本，实现全生命周期造价的合理控制。第一，建立完善的运营管理与维护机制并提高效率。制定准确合理的技术支持方案，明确各岗位职责与工作流程，加强人员培训，提高其技术水平以及经验水平。例如对节能环保设备中的节能设备、雨水回收系统等进行定期检修维护。为及时发现并处理可能发生的故障问题，确保所有设备处于良好的运行状况，减少因设备出现故障而造成的不必要的成本投入^[8]。第二，优化管理运行成本费用，实现最佳效益效果。加强管理运行成本的管理和核算工作，建立完善的管理运行成本数据库体系，更好地管控各项管理运行费用，减少不必要的开支。例如，通过科学合理安排人员的工作时间，提高工作效率水平等等。从而节约人工成本；对设备维护进行调整，根据设备使用情况以及生命周期，及时制定维修计划、明确维修内容，减少维护成本。第三，加强运维阶段与其他设计、施工环节之间的沟通交流，节约全生命周期成本。在运维过程中，及时学习总结经验教训，并将使用过程中存在的问题反馈给设计和施工单位，便于其今后优化绿色建筑工程的设计和技术处理，有效把控全生命周期成本^[9]。

（四）完善相关保障措施，提供政策与人才支持

绿色建筑工程造价控制需要完善的政策支持和专业的人才保障，需从政策、人才、技术等方面入手，建立健全保障体系，为造价控制提供有力支撑。第一，制定完善的绿色建筑工程制度，

并对其进行有效的引导。各个地区都应该不断健全关于绿色建筑工程的相关法律条文，对绿色建筑的标准以及相关造价标准进行明确，以此来为后期绿色建筑工程造价控制提供依据。增加资金投入力度，扩大补贴范围，要完善税收优惠政策，对绿色建筑工程采取税收减免政策，鼓励企业积极参与绿色建筑行业的发展；建立碳排放权交易市场，鼓励绿色建筑工程参与碳排放权交易活动，从而提升项目的盈利水平，弥补部分增量成本支出。第二，加大人才培养力度，提升专业素质。要完善绿色建筑成本控制人员培养体系，加强与高校、职业院校以及企业的合作，培养一批既有绿色建筑工程技术又有成本控制的专业化人才；要加强对现有成本控制人员的培训教育，经常性地组织其进行关于绿色建筑工程相关政策、方法、费用算法等方面的培训，提高其技术水平及工作效率。第三，注重科学技术研发推广，降低造价成本。加大环保建筑关键技术研发投入力度，鼓励企业与科研院所合作，研发性能价格比高、适用性强的绿色环保技术和建筑材料，降低

绿色建筑工程增量造价水平^[10]。例如，积极研制低成本高性能的绿色环保保温材料，降低价格成本；大力推进 BIM 技术以及大数据、AI 等信息技术在工程造价管理中的应用，提高工程造价计量及管控效率与准确性。

四、结语

综上所述，随着“双碳”目标推进和建筑行业绿色转型，绿色建筑已成为发展趋势，工程造价控制直接关系其规模化推广和行业高质量发展。绿色建筑造价控制能保障工程质量、优化资源配置、增强企业竞争力，相关部门要坚持全生命周期理念，强化各阶段管控，完善保障措施，实现造价合理控制，降低增量成本。随着技术进步和政策完善，相关企业和从业人员需提升管理水平，探索科学管控方法，推动行业健康可持续发展，为“双碳”目标和生态文明建设贡献力量。

参考文献

[1] 杨改静,时海铭.试析新型绿色建筑工程造价预算与成本管控[J].中国住宅设施,2024,(03):4-6.

[2] 赵悦.新型绿色建筑工程造价预算与成本管理研究[J].绿色中国,2025,(04):160-162.

[3] 陈倩.建筑工程造价中的绿色建筑成本控制原则和措施[J].现代企业,2025,(02):25-27.

[4] 韦秋杰,王云天,彭丽.新型绿色建筑工程造价预算与成本控制研究[J].中华民居,2025,18(02):39-41.

[5] 刘妹.绿色建筑工程造价影响因素及成本控制策略研究[C]//广西网络安全和信息化联合会.2025年第二届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集.杭州正信工程咨询管理有限公司;,2025:61-62.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.015464.

[6] 易悦.新型材料在绿色建筑工程造价预算与成本控制中应用策略分析[J].居舍,2024,(34):155-157.

[7] 周婉贞.新型绿色建筑工程造价预算与成本控制分析[J].中华民居,2024,17(07):39-41.

[8] 孔令忠.新型绿色建筑工程造价预算与成本控制研究[J].中国招标,2024,(10):131-134.

[9] 崔义平.基于绿色建筑工程造价预结算审查视角的成本管理分析[J].陶瓷,2024,(09):228-230.DOI:10.19397/j.cnki.ceramics.2024.09.069.

[10] 曾红.绿色建筑理念下的建筑工程造价管理分析[C]//江西省工程师联合会.2024年智能工程与经济建设学术会议论文集(能源工程与环境保护专题).吉安市青原区经济责任审计中心;,2024:12-15.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.062390.

数字化转型背景下 AI 对医院内部控制模式的重塑研究

周磊

江苏省盐城市第三人民医院，江苏 盐城 224001

DOI: 10.61369/SSSD.2026070019

摘 要： 在医疗行业数字化转型的时代背景下，传统内部控制模式难以适配医院精细化、智能化与高质量发展需求，AI 技术凭借智能化、自动化、精准化的核心优势，可有效破解传统内部控制痛点，推动医院内部控制在流程、风险防控、监督评价等方面的全方位革新。基于此，本文立足数字化转型时代，探讨 AI 对医院内部控制模式的重塑路径，以期在医院优化内部控制体系、提升管理效能提供理论参考。

关 键 词： 数字化；AI；医院管理；内部控制模式；智能化

Research on the Reshaping of Hospital Internal Control Modes by AI Under the Background of Digital Transformation

Zhou Lei

The Third People's Hospital of Yancheng, Yancheng, Jiangsu 224001

Abstract： Against the background of the digital transformation of the medical industry, traditional internal control modes are difficult to adapt to the needs of hospitals for refined, intelligent and high-quality development. With the core advantages of intelligence, automation and precision, AI technology can effectively address the pain points of traditional internal control and promote the all-round innovation of hospital internal control in processes, risk prevention and control, supervision and evaluation. Based on this, this paper explores the reshaping path of hospital internal control modes by AI in the era of digital transformation, aiming to provide theoretical reference for hospitals to optimize their internal control systems and improve management efficiency.

Keywords： digitalization; AI; hospital management; internal control mode; intelligence

引言

在医药卫生体制深化改革中，医疗市场竞争激烈，医院管理模式面临着全方位的革新与挑战。内部控制作为医院管理的核心环节，是规范医院运营、防范运营风险、提升管理效能、保障医疗服务质量的重要支撑。随着数字化技术与医疗行业的深度融合，医疗行业数字化转型逐渐成为推动医院管理模式智能化转型和高质量发展的核心驱动力^[1]。将 AI 技术与医院内部控制模式进行有机融合，可以打破传统内部控制的技术壁垒，推动内部控制从人工管控向智能管控转型，实现流程优化、风险预警、监督评价的全方位升级，从而进一步助力医院推进数字化转型。

一、数字化转型背景下 AI 对医院内部控制模式重塑的必要性

（一）实现管理数据精准化管理，适配数字化转型趋势

数字化时代背景下，医院业务范围不断拓展，在医疗服务、药品管理、医保结算、财务管理等环节产生海量数据，传统内部控制模式难以实现对海量数据的高效处理与深度分析。AI 技术依靠自身智能化数据处理、自动化流程执行、精准化风险识别的核心优势，可以突破数据碎片化的局限，实现海量运营数据的实时采集、快速分析与深度挖掘，推动内部控制模式从事后管控向事前预警转型，提升内部控制的前瞻性与有效性^[2]。将 AI 技术融入医院内部控制管理中，可以简化繁琐的管控环节和降低人力管控

的不确定性，实现内部控制流程的自动化优化，提升管控效率，推动内部控制模式与医院数字化管理体系深度融合，从而进一步增强管理的实效性。

（二）增强医院运营风险防范意识，保障医院有序发展

作为公益类事业单位，医院运营涉及医疗服务、药品采购、医保基金使用、财务管理、信息安全等多个环节，每个环节都存在潜在风险，且随着数字化转型的推进，数据泄露、系统故障、流程漏洞等新型风险不断涌现，进一步加剧了医院风险防控的难度^[3]。借助大数据分析技术，管理人员可以实时采集医院各环节的运营数据，并深度分析数据背后蕴藏的潜在风险，从而精准识别风险点与隐患，减少人工排查存在误差，提升风险识别的精准度与时效性。最重要的是，依托 AI 技术中的数据模型，可以构建智

能化风险预警模型，根据风险等级自动发出预警信号，引导相关部门及时采取防控措施，实现风险的事前预警、事中防控与事后处置，最大限度降低风险损失^[4]。

（三）提升医院整体管理效能，助力医院现代化发展

数字化转型背景下，医院的发展定位从最初的规模扩张向质量提升转变，这对内部管理效能提出了更高的要求。依托 AI 技术重塑医院内部控制模式，是提升管理效能、契合现代化医院发展定位的必然要求，因此将 AI 技术应用于医院内部控制模式中，可以实现各部门、各环节运营数据的共享与协同分析，构建协同化的内部控制体系，形成管控合力，消除管控盲区，提升内部控制的整体效能^[5]。此外，AI 技术可以对内部控制的实施效果进行实时监测与动态优化，及时发现管控过程中的问题与不足，有针对性地调整管控策略，持续提升管理效能，推动医院实现高质量发展，满足新时代医疗行业的发展要求。

二、AI 赋能医院内部控制模式重塑存在的困境

（一）医院管理理念较为落后

传统的内部控制模式通常以经验主导为核心特征，高度依赖长期积累的行业经验与人工判断，缺乏对实时运营数据、风险趋势的深度研判与科学分析。在数字化转型背景下，虽然部分医院引入了 AI 技术，但受传统管理理念的影响，仍保留大量人工审批环节，导致 AI 系统的自动化流程被人工环节打断，AI 无法高效执行预设的管控逻辑，从而影响整体效能^[6]。另外 AI 技术强调自动化、流程化、智能化，但部分医院缺乏跨部门协同与数据共享的意识，难以充分发挥 AI 技术的作用，导致内部控制在实施过程中无法覆盖全业务流程，形成管控盲区。

（二）技术融合程度不深

由于数字化管理经验的欠缺，部分医院在引入 AI 技术后，通常只简单地用 AI 工具替代人工完成重复性工作，而没有对原有管理流程、组织架构、权责体系进行同步重构，导致 AI 技术无法充分发挥智能化分析、自动化执行的核心优势，难以实现对内部控制全流程、全环节的有效赋能。具体而言，部分医院对 AI 技术的应用缺乏系统性规划，盲目引入 AI 系统，未能结合自身内部控制的实际需求与发展特点，导致 AI 技术的应用与医院内部控制需求不匹配，比如 AI 技术与医院现有信息系统、业务系统缺乏有效的数据对接与协同联动，数据无法实现互联互通^[7]；同时当前部分医院的数据管理体系不完善，各部门、各环节的数据分散存储、标准不统一，存在数据缺失、失真、冗余等问题，无法为 AI 技术的应用提供高质量的数据支撑，从而影响 AI 技术赋能的深度与广度。

（三）数字人才建设不足

人才是技术落地、理念革新、模式重塑的核心载体，而当前医院缺乏既懂内部控制管理又精通 AI 技术、数据分析的复合型数字人才，难以支撑 AI 与医院内部控制的深度融合^[8]。医院内部控制人员主要来自医疗、财务、行政管理等领域，具备丰富的业务经验与管理能力，然而，想要实现 AI 技术与内部控制的深度融

合，需要内部控制人员具备 AI 技术、大数据分析、算法模型、数据治理等相关知识与技能，然而，当前内部控制人员难以理解 AI 技术在内部控制中的应用原理、技术逻辑与实施路径，无法制定数字化、精准化的管理策略，从而影响 AI 技术的落地成效。另外，在人才引进、薪酬激励、职业发展等方面存在体制机制限制，难以吸引和留住高端 AI 技术人才，同时医疗管理和 AI 技术的交叉学科建设滞后，培养出的人才无法直接满足医院需求，导致人才供给断层^[9]。

三、数字化转型背景下 AI 对医院内部控制模式的重塑路径

（一）提高内部控制与 AI 融入意识，实现模式根本性革新

医院作为我国医疗服务体系中的核心主体，切实做好医院内部控制工作，是提高医院运营质量以及满足社会公众医疗服务需求的重要举措。传统内部控制模式主要以人工管控为核心，以合规核查为导向，强调静态管控与事后纠偏。在数字化转型背景下，医院需要革新管理理念，深刻认识到 AI 技术的重要作用，将 AI 赋能内控纳入医院数字化转型整体战略，树立系统思维，统筹规划 AI 与内控融合的推进方向、核心目标与实施路径^[10]；同时医院需要摒弃将 AI 视为“人工替代工具”的片面认知，建立 AI 赋能的全流程内控体系，将 AI 技术深度嵌入内部控制的事前、事中、事后全环节，形成闭环管控逻辑，提升内控的前瞻性与主动性。

比如，可以借助 AI 自动化执行技术，替代人工完成重复性、规则明确的审批、核对、统计等内控环节，简化管控流程、提升管控效率；此外，医院管理层需要明确员工在 AI 赋能内控体系中的职责定位，引导员工主动适应智能化管控模式，规范自身行为，积极参与内控流程优化与 AI 应用探索，确保重塑工作方向正确、推进顺畅，实现内部控制模式的根本性革新。

（二）强化数字人才建设，筑牢医院变革核心支撑

人才缺乏及梯队建设是影响医院内部管理质量提升和医院数字化发展的突出矛盾。基于数字化转型背景，为了更好地重塑内部控制模式，医院需要强化数字人才建设，构建复合型人才队伍体系，提供持续的人力支撑与制度保障，从而推进 AI 技术的深度融合^[11]。其一，医院内部控制人员需要兼具医疗业务知识、内部控制管理经验与 AI 技术、数据分析能力，因此医院可以加大内部人员培训力度，开展 AI 技术应用、数据治理、智能风控等专题培训，提升管理层与内控人员的 AI 素养与数字技能，培养一批懂管理、懂技术、懂数据的数字内控人才。

其二，加大人才引进力度，制定具有竞争力的薪酬与发展政策，积极引进既懂医院管理又精通 AI 技术、大数据分析的高端复合型人才，此外需要与高等院校进行合作，明确岗位需求，为后续人才补充奠定基础；其三，将 AI 技术应用能力、数据治理成效、智能内控模型优化等纳入人才考核评价体系，激发人才的创新活力与工作积极性^[12]。同时，建立健全激励机制，对在 AI 赋能内部控制创新实践中取得突出成效的团队与个人给予奖励，促使

他们可以更加主动地将 AI 技术应用于内部控制中，从而进一步推动内部控制模式全方位、深层次转型。

（三）建立数字内部控制平台，助力内部控制质量提升

在数字化转型背景下，大数据、人工智能、物联网等新兴技术与医疗行业深度融合，推动医院从传统管理向智慧管理转型，为了优化内部控制模式，医院需要建立数字内部控制平台，整合医院各业务系统数据、打通部门信息壁垒、实现内控流程自动化与智能化，推动内部控制实现智能化、精准化管控。首先，医院需要建立统一的数据接入标准与数据中台，将医院各个业务系统，如 HIS、LIS、PACS、财务系统、医保系统、采购系统等进行联合，实现各部门、各业务环节运营数据的实时采集、集中存储与统一管理，为后续的风险预警提供保障。

其次，搭建 AI 智能分析、智能预警、智能审批、智能监督等功能模块，依托大数据与算法模型，实现对内控流程的自动化管控与智能化研判。比如 AI 智能预警模块可基于历史数据与实时数

据，构建多维度风险预警模型，对医疗收费、药品管理、医保基金使用、财务管理等重点领域的异常行为进行实时预警；最后，搭建跨部门协同管控模块，实现各部门之间的信息共享、流程联动与协同处置，消除部门本位主义与管控盲区，形成全员协同、全流程管控的良好格局。

四、结语

综上所述，数字化转型背景下，医院现代化建设逐渐成为新趋势，更加注重内控管理效能的提升，而 AI 技术为医院内部控制模式的革新与升级提供了关键支撑。通过提高内部控制与 AI 融入意识、强化数字人才建设、建立数字内部控制平台等策略，可以有效推动内部控制向数据驱动、智能预警、全流程管控转型，提升医院管理效能。

参考文献

[1] 李佳琪. 新时代背景下公立医院内部控制研究 [J]. 财会学习, 2024, (30): 164-166.
[2] 汪璞. 医院内部控制的优化探究 [J]. 财会学习, 2024, (30): 170-172.
[3] 汪洋. 公立医院内部控制存在的问题及优化方案 [J]. 行政事业资产与财务, 2024, (20): 61-63.
[4] 程海燕. 公立医院内部控制存在的问题及解决策略探析 [J]. 投资与创业, 2024, 35 (19): 188-190.
[5] 周倩琳, 王涛. 智慧财务背景下的医院内部控制管理优化策略研究 [J]. 新理财 (政府理财), 2024, (10): 35-40.
[6] 吕少菲. 基于风险管理的公立医院内部控制 [J]. 纳税, 2024, 18 (28): 97-99.
[7] 王兴范. 基于风险管理的公立医院内部控制优化研究 [J]. 中国产经, 2024, (18): 179-181.
[8] 李捷. 高质量发展背景下公立医院内部控制建设现状与优化研究 [J]. 中国总会计师, 2024, (09): 104-106.
[9] 倪艳琪, 杨雪毅, 林美玉, 等. 智慧医院背景下公立医院内部控制建设优化研究 [J]. 行政事业资产与财务, 2024, (18): 58-60.
[10] 孔婷婷. 新形势下公立医院内部控制管理的探讨 [J]. 财会学习, 2024, (25): 167-169.
[11] 杨亚萍, 尤勇. 公立医院内部控制信息化建设实践与探索 [J]. 现代医院管理, 2024, 22 (04): 72-76.
[12] 高东. 智慧财务视角下公立医院内部控制构建重点研究 [J]. 财经界, 2024, (16): 102-104.

低空经济中的测绘地理信息服务实践

周洁

安庆市国土空间规划编研服务中心，安徽 安庆 246000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070020

摘 要： 通过高精度的地理数据采集与分析，测绘地理信息可以清晰地呈现低空区域的地形地貌、建筑物分布等信息，帮助相关部门更好地规划空域，减少飞行冲突。同时，其数字表达能够直观、准确地模拟、评估低空经济中的各类活动，为决策提供科学依据。测绘地理信息在空间感知与数字表达方面具有独特的优势，能够为空域精细化治理与低空经济的快速发展提供有力支撑。基于此，本文首先总结测绘地理信息服务低空经济的核心内涵，而后从实景三维建设、北斗赋能、低空航路网建设等角度入手探讨测绘地理信息在低空经济领域的应用，并结合一些典型应用场景进行具体分析，旨在为低空经济的可持续发展提供有益的参考。

关 键 词： 低空经济；测绘地理信息；服务；实践

Practice of Surveying, Mapping and Geospatial Information Services in the Low-Altitude Economy

Zhou Jie

Anqing Territorial and Spatial Planning Compilation and Research Service Center, Anqing, Anhui 246000

Abstract： Through high-precision geographic data collection and analysis, surveying, mapping and geospatial information can clearly present terrain, landform, building distribution and other information in low-altitude areas, helping relevant departments better plan airspace and reduce flight conflicts. Meanwhile, its digital representation enables intuitive and accurate simulation and evaluation of various activities in the low-altitude economy, providing a scientific basis for decision-making. With unique advantages in spatial perception and digital representation, surveying, mapping and geospatial information can strongly support the refined governance of airspace and the rapid development of the low-altitude economy. Based on this, this paper first summarizes the core connotation of surveying, mapping and geospatial information services for the low-altitude economy, then discusses their applications in the low-altitude economy from the perspectives of 3D real scene construction, Beidou empowerment, and low-altitude air route network development, and conducts specific analysis combined with typical application scenarios, aiming to provide useful references for the sustainable development of the low-altitude economy.

Keywords： low-altitude economy; surveying, mapping and geospatial information; service; practice

引言

在“推动商业航天、低空经济等新兴产业安全健康发展”的时代背景下，低空经济正作为新质生产力的典型代表实现从概念向现实的跨越。这一跨越需要测绘地理信息作为支撑。对于低空经济活动而言，测绘地理信息是一种基础性资源，能够为经济活动的各个环节提供精准数据和可靠信息。当前，如何充分发挥测绘地理信息的作用，促进低空经济的高效、安全、可持续发展，已成为业界关注的焦点。

一、测绘地理信息服务低空经济的核心内涵

测绘地理信息服务低空经济的本质，是构建覆盖低空物理空间与数字空间的“时空基础设施”，为低空经济领域的各类活动搭建起稳定框架。“时空基础设施”建设包括数据底座层、定位导航层、航路规划层等三个层次。其中，“数据底座层”需要通过

实景三维建设形成低空飞行的“立体底图”，实现对障碍物、建筑设施、地形地貌等信息的数字化表达。“定位导航层”以北斗卫星导航为依托定位基准站网，实现对低空飞行器的厘米级精准定位，为其安全飞行、按照预定路线准确飞行提供信息信息支撑。“航路规划层”基于动态避障算法和空域网格化管理，实现低空航路网的科学规划与管理，促使飞行器“有序航行”^[1]。

二、测绘地理信息服务低空经济的实践探索

（一）实景三维：构建低空飞行的“立体底图”

当前，实景三维建设是各地发展低空经济的核心抓手。作为低空飞行的“立体底图”，实景三维模型能够为低空经济领域的各类活动提供高精度、高分辨率的地理信息。比如，城市实景三维模型精确呈现建筑物的高度、形状、位置信息，能够帮助低空飞行器（如无人机）规划安全的飞行路线，避免其在飞行途中与建筑物发生碰撞。这对于城市物流配送、巡检等低空经济活动至关重要^[2-3]。在城市物流配送中，无人机需要借助实景三维模型提供的测绘地理信息明确建筑物分布、识别建筑物高度，从而避开障碍物，规划出最优配送路线，实现安全、准确、高效配送。在巡检工作中，巡检人员需要通过实景三维模型提供的测绘地理信息全面了解巡检区域的地理状况，包括地形起伏、植被覆盖等，继而合理地规划巡检路线，最大程度上提升巡检效率。此外，实景三维模型还可以为低空经济的规划和管理提供测绘地理信息方面的支持。比如，针对新建的低空经济项目，相关人员可以通过实景三维模型模拟项目建成后的场景，预测其在交通流量、噪声等方面带来的影响，提前做好应对措施；针对既有低空经济项目，可以利用实景三维模型进行运营效果评估，结合评估结果调整运营模式。可见，实景三维模型在低空经济发展中发挥着举足轻重的作用，它不仅是低空飞行器安全飞行的重要保障，也是低空经济项目规划、运营、管理工作的重要数据来源。随着技术的不断发展，实景三维模型的精度和功能还将不断提升，其在低空经济领域的应用价值将得到进一步挖掘^[4]。

（二）北斗赋能：提供厘米级精准定位

高精度定位，是低空飞行安全的基础保障。在低空经济活动中，需要以精确的位置信息为支撑，确保各类飞行器安全运行。北斗卫星导航系统凭借其强大的定位能力，为低空飞行器提供厘米级的精准定位，让飞行器在复杂的低空环境中能够准确知晓自身位置。这能够有效降低低空飞行器的飞行风险^[5]。比如，无人机执行物流配送任务时，需要厘米级精度的地理信息引导其准确降落在指定地点，避免因定位误差导致货物无法准确送达；执行农药喷洒任务时，需要厘米级精度的地理信息引导其按照预设的航线精确飞行，将农药均匀喷洒每一片农田；执行应急救援任务时，需要厘米级精度的地理信息引导其准确定位事故现场，并快速到达，完成预设救援任务。北斗导航定位服务将定位精度从米级提升至厘米级，并提供三维厘米级无人机遥感地图，对目标区域内的建筑、电线、树木等障碍物的三维信息进行清晰呈现，为无人机“既能走对路，又能避开障碍物”带来新的可能性。除了保障飞行器安全飞行、按照预定轨迹准确飞行之外，北斗赋能对低空交通管理、低空经济监管也具有重要意义。北斗卫星导航系统提供的厘米级精准定位信息，一方面能够向交通管理部门提供飞行器的位置、飞行状态信息，辅助交通管理部门科学调控低空交通流量；另一方面能够辅助监管部门实时监控低空飞行器的飞行活动，确保其遵守相关的法律法规和安全规定。

（三）低空航路网：从“自由飞行”到“有序航行”

随着低空飞行器数量激增，构建规范化的低空航路网已经成为低空经济可持续发展的迫切需求。“低空航路地图”概念正是基于低空经济的这一需求提出的新理念，它为重构低空规模化飞行的秩序与规则，解决城市百万级规模化飞行的国际性难题提供了可行方案^[6-7]。“低空航路地图”整合高精度地理信息、气象数据，以及详细飞行规则，为低空飞行器规划出安全、高效的飞行路径，如同交通蓝图一般明确各个飞行区域的边界、限制，推荐合理的飞行路线。对于无人机而言，有了“低空航路地图”作为依据，则可以避免进入禁飞区、危险区域，并有效降低与其他飞行器相碰撞的风险。城市可以依托“城市智眼”低空无人机遥感监测系统，部署无人值守无人机机场，利用“低空航路地图”规划无人机的飞行任务，实现无人机在城市低空的自主起降、自主巡航，并实时回传数据，将相关飞行数据反馈给交通管理部门和监管部门；构建涵盖场景图、产业图、设施图、空域图的低空实景三维图，为产业招商、起降点布局、空域规划提供立体化支撑。

三、测绘地理信息在低空经济中的典型应用场景

（一）生态保护领域

在生态保护领域，可以构建陆海全域低空监测网络，通过无人机进行定期、高频的生态数据采集，构建“空一天一地一海”一体化监测体系。针对森林生态系统，无人机能够24小时不间断监控森林覆盖面积变化、树木健康状况，及时发现病虫害问题、火灾隐患，准确识别病虫害侵袭或者存在火灾隐患的区域，向相关管理人员发出预警。针对湿地生态系统无人机可监测湿地的水位变化、植被生长情况、候鸟栖息状况，并对相关信息进行整理与分析，及时发现湿地生态环境的异常变化，为湿地保护和修复提供科学依据。对于海洋生态系统，无人机可以监测海洋水质、海洋生物分布、海岸线变化等情况，帮助相关部门掌握海洋生态的动态变化，提示相关部门提前制定相应的保护措施^[8]。

（二）城市治理领域

“广州鹰眼”系统为测绘地理信息在低空经济中的创新应用提供了宝贵经验，该系统包括超百座无人机机巢，实现了测绘地理信息在城市管理、自然资源监测等20多个领域深度应用。通过该系统，无人机可快速响应城市管理中的各类事件。比如，结合城市管理需求，该系统可以为无人机提供测绘地理信息，为巡检城市的基础设施提供支持；在自然资源监测方面，该系统利用无人机搭载的高分辨率相机和传感器动态监测城市的土地利用、植被覆盖、水资源利用情况，为相关决策提供数据支持^[9]。

（三）应急响应领域

在应急响应领域，测绘地理信息发挥着至关重要的作用，能够为应急救援工作提供关键的数据支持和决策依据^[10]。比如，无人机应急测绘联动服务平台整合测绘地理信息、应急响应机制、无人机技术，能够在突发事件发生时快速启动应急测绘工作。当发生地震、洪水、台风等自然灾害时，该平台会迅速调派无人机前往现场，实时获取并传回现场的地理信息，为指挥人员提供决

策依据，协助其制定科学、合理的救援方案。无人机搭载的激光雷达、高清摄像机等设备，会快速获取受灾地区的地形地貌、道路阻断、建筑物损毁等地理信息，为相关人员准确判断救援的重点区域提供可靠依据。

四、发展趋势与挑战

近年来，测绘地理信息服务低空经济呈现出“数据动态化、处理智能化、服务产品化”的发展趋势。无人机即服务（DaaS）已然成为新业态，为低空经济提供更灵活、高效的服务模式。当前，以人工智能为基础的三维模型自动重建、变化检测、自动目标识别等技术，正在成为低空经济领域的标配。但是，具体实践中仍然面临多重挑战，比如跨区域飞行存在数据壁垒、空域管理协调难度大、数据安全与隐私保护问题突出等。为了加强测绘地理信息在低空经济中的应用，需要以问题为导向进行更多有益

尝试：

- （1）建立统一的数据共享平台，制定数据标准和交换规则，促进不同地区、不同部门之间测绘地理信息的流通与共享；
- （2）完善相关法律法规和政策制度，明确各部门在空域管理中的职责和权限，建立高效的协调机制；
- （3）引入大数据、人工智能等技术，对低空飞行活动进行实时监测和分析，实现对空域资源的动态分配和优化利用；
- （4）建立数据安全审计和应急响应机制，及时发现和处理数据安全事件；
- （5）加大对测绘地理信息技术的研发投入，特别是在高精度定位、三维建模、智能处理等方面的技术创新。

展望未来，随着测绘地理信息技术与低空经济的深度融合，有望构建起“地面－空域－云端”协同的智慧低空生态体系。该体系将使测绘深度融入城市治理的每一个环节，推动城市治理实现从数据采集、处理到应用的全方位智能化、自动化。

参考文献

- [1] 胡炜. 深圳：测绘地理信息助力“无人经济”发展[J]. 资源导刊, 2024, (22): 18-19.
- [2] 王龙波, 潘正伟, 赖建梅. 乘“数”而上向“新”而行——广西推动测绘地理信息技术服务升级略记[J]. 南方自然资源, 2024, (11): 22-25.
- [3] 李志伟. 测绘地理信息服务自然资源管理新模式研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (10): 35-37.
- [4] 何结灵, 苏德亮. 大数据技术在测绘地理信息服务中的应用[J]. 中国高新科技, 2024, (17): 105-107.
- [5] 郭鑫, 张楠, 宋帅全. 测绘地理信息服务“三线一单”编制及应用实践[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(S1): 104-107.
- [6] 张永年. 基于大数据的测绘地理信息服务系统分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(03): 306-307.
- [7] 王敏, 张鑫宇. 河南加快转型升级打造测绘地理信息服务新高地[J]. 资源导刊, 2024, (04): 2.
- [8] 吴冯维, 徐粟. 生态文明建设视角下的测绘地理信息服务融合发展探究[J]. 江苏科技信息, 2024, 41(03): 120-123.
- [9] 邵琛. 大数据时代测绘地理信息服务面临的机遇和挑战[J]. 新城镇科技, 2023, 32(23): 145-147.
- [10] 李敏, 孙金艳. 大数据时代地质测绘与地理信息产业的发展研究[J]. 中国矿业, 2023, 32(06): 26-30.

地方传统都市报大型国际赛事报道的实践特征与 优化路径——以《柳州晚报》《南国今报》 巴黎奥运会报道为例

李明祖

柳州职业技术大学，广西 柳州 545000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070026

摘 要： 本文以巴黎奥运会为研究背景，以柳州市《柳州晚报》《南国今报》两大传统都市报为研究对象，采用比较研究法探究地方传统媒体大型国际赛事的报道实践。研究发现，两报报道呈现差异化特征，《柳州晚报》存在选题倾斜、对象窄化、形式单一等问题，《南国今报》则在叙事逻辑、报道形式与关注范围上呈多元化特点。同时两报存在共性短板，原创性缺失且缺乏本土化视角，丧失地方媒体核心优势。本文据此提出深挖本土元素、推动原创与本土化融合的优化策略，为新媒体语境下地方传统媒体优化大型赛事报道、提升传播竞争力提供实践参考。

关 键 词： 巴黎奥运会；传统媒体；体育新闻报道

Practical Characteristics and Optimization Paths of Large-Scale International Event Reports by Local Traditional Urban Newspapers — A Case Study of Paris Olympic Games Reports in Liuzhou Evening News and Nanguo Daily News

Li Mingzu

Liuzhou Polytechnic University, Liuzhou, Guangxi 545000

Abstract： Taking the Paris Olympic Games as the research background and two major local traditional urban newspapers in Liuzhou — Liuzhou Evening News and Nanguo Daily News — as the research objects, this paper adopts the comparative research method to explore the reporting practice of large-scale international events by local traditional media. The study finds that the reports of the two newspapers show differentiated characteristics: Liuzhou Evening News has problems such as topic inclination, narrow target audience, and single form, while Nanguo Daily News presents diversified features in narrative logic, reporting form, and scope of attention. Meanwhile, the two newspapers share common shortcomings: lack of originality and local perspective, thus losing the core advantages of local media. Based on this, this paper puts forward optimization strategies such as exploring in-depth local elements and promoting the integration of originality and localization. It aims to provide practical reference for local traditional media to optimize large-scale event reports and enhance communication competitiveness in the new media context.

Keywords： Paris Olympic Games; traditional media; sports news reporting

巴黎奥运会作为全球体育领域极具影响力的国际综合性赛事，承载着传承奥林匹克精神、推动全球体育文化交流的特殊历史使命。其举办不仅为世界各国运动员搭建了竞技展示的平台，更成为反映当代体育发展趋势的重要窗口。本届奥运会在原有传统项目的基础上，首次将霹雳舞、滑板、冲浪等新兴运动纳入正式竞赛序列。这一多元化的项目设置不仅顺应了全球体育文化发展的新趋势，为奥林匹克运动注入了时代活力，更拓宽了体育新闻报道的题材范畴，为媒体传播实践提供了更为丰富的内容载体。

《柳州晚报》与《南国今报》作为柳州市具有广泛受众基础和区域影响力的传统都市报媒体，在区域新闻传播体系中占据重要地位。在大型国际体育赛事的传播场景中，此类地方传统媒体既承担着向区域受众传递赛事信息、解读体育文化的重要功能，也是连接全球体育盛事与地方受众的关键纽带。然而，随着新媒体技术的快速迭代与传播生态的深刻变革，传统媒体面临着内容生产模式创新、话语表达体系转型、媒介融合深度推进等多重现实挑战。在此背景下，如何通过全方位的实践探索优化大型体育赛事报道策略，强化舆论引导效能，已成为地方传统媒体亟待解决的重要课题。

一、《柳州晚报》报道概况及特点

（一）报道选题聚焦传统优势项目，资源配置倾向性显著

《柳州晚报》的赛事报道呈现出“优势项目聚焦”的特征，报道资源高度向乒乓球、跳水、射击等中国奥运代表团传统优势项目倾斜。其中，乒乓球项目作为中国体育的“王牌项目”，报道数量达到9篇，占据总报道量的核心份额；跳水、射击等具备稳定夺金能力的项目也获得重点关注，游泳、体操等兼具优势属性与受众基础的项目形成次重点覆盖。这一选题策略本质上是对“受众信息需求”与“赛事奖牌预期”的双重回应，通过聚焦高关注度、高夺金概率的项目，保障报道的传播热度，但同时也导致报道的项目覆盖均衡性不足，对非优势项目的关注稍显缺位。

（二）报道对象局限于核心群体，关注范围存在明显窄化

在报道对象的选择上，《柳州晚报》的赛事报道呈现出强烈的“单一主体聚焦”特征，仅将中国奥运代表团作为核心关注对象，未对其他国家/地区代表团、港澳台代表团等主体进行有效覆盖。这一现象反映出地方传统媒体在大型国际赛事报道中“本土情感导向”的强化，但同时也暴露了报道视野的局限性——缺乏对赛事整体竞技格局、国际体育文化交流等维度的关注，难以满足受众对赛事全景式信息的需求。从报道范围和受众群体来看，该报纸忽视新兴项目与大众热点。在未报道的15个大项中，包含了霹雳舞、滑板、冲浪等深受年轻人喜爱的新兴奥运项目，以及足球等虽未夺金但社会关注度较高的项目，未能平衡“竞技成绩”与“社会热度”之间的关系，错失了通过热点话题吸引年轻受众的机会，凸显了其报道关注范围的窄化问题，未能充分兼顾不同受众群体的兴趣偏好。

（三）报道形式缺乏多元呈现与深度挖掘，缺乏本土视角

《柳州晚报》的报道在形式上表现出单一性特征，全程以消息类报道为载体，缺乏对重点赛事或重点运动员的连续性跟踪报道，未出现评论、侧记、综述、人物特写等多元报道形式的补充。仅聚焦于赛事结果、奖牌归属等核心信息的快速传递，缺乏对赛事过程的场景化呈现、对运动员背后故事的情感化挖掘，以及对赛事价值、竞技精神的深度解读。这种“重结果、轻过程”“重信息、轻价值”的报道模式，虽能保障基础信息的传递效率，但显著降低了报道的可读性、思想性与传播感染力，难以适应新媒体环境下受众对内容深度与情感共鸣的多元需求。作为地方媒体，完全依赖通稿而放弃寻找“广西元素”或“柳州元素”，失去了地市级媒体应有的贴近性优势。

（四）新闻敏感度不足，重大事件与节点捕捉缺位

《柳州晚报》的赛事报道暴露出明显的新闻敏感度缺失问题，具体表现为对具有历史意义的赛事实件、突破性成果的捕捉与报道不足。典型案例为郑钦文获得巴黎奥运会网球女单冠军这一具备里程碑意义的事件——该事件不仅是中国网球项目在奥运赛场上的重大突破，更是全球体育领域的焦点话题，但《柳州晚报》未对此进行针对性报道，仅以1篇泛化的网球项目报道完成基础覆盖。此外，对其他具备话题性、突破性的赛事节点（如非优势项目的奖牌突破、年轻运动员的亮眼表现等）也缺乏及时响应，反映出其报道策划的被动性与预判能力不足，未能有效把握

赛事传播中的核心亮点与价值节点。

二、《南国今报》报道概况及特点

（一）报道叙事逻辑紧扣赛事核心进程

《南国今报》采用“中国代表团夺金顺序”作为核心叙事线索，构建了系列化报道模式。该模式以赛事竞技结果为核心笔触，通过动态跟进金牌产生的时间序列，形成具有连贯性与节奏感的报道体系，既契合体育赛事的竞技本质，又能精准捕捉受众对核心赛事成果的信息需求，强化了报道的时效性与吸引力，体现了地方媒体对大型赛事传播规律的把握。

（二）报道形式呈现多元化互补格局

《南国今报》以消息类报道为核心载体，确保赛事信息能够实现快速传递与基础覆盖。在此基础上，主动拓展报道维度，综合运用评论、侧记、综述、预测等多元报道形式，形成层次清晰、功能互补的内容体系。各类报道形式有机融合、协同发力，既保障了赛事信息传播的时效性与完整性，又丰富了报道的内容层次与传播价值，充分体现出该媒体在体育赛事内容呈现方式上的创新实践。

（三）报道关注范围兼顾核心与延伸群体

《南国今报》的报道对象并未局限于中国奥运代表团这一核心群体，而是将关注视野延伸至中国香港代表团，对中国香港运动员江旻憓获得女子重剑冠军进行报道，形成了“核心主体为主、延伸主体补充”的关注格局。这一策略不仅拓宽了报道的内容维度，更体现了对“大中华区体育共同体”的价值认同，契合区域受众的情感诉求与身份认同，同时也提升了报道的包容性与社会意义，展现了地方传统媒体在大型国际赛事报道中平衡“体育专业性”与“社会文化属性”的传播智慧。

三、共性问题

（一）内容生产高度依赖通稿，原创性严重缺失

两家媒体的奥运会相关报道均直接使用新华社通稿，未结合自身媒体定位、区域受众特征开展原创性内容生产，缺乏自主的赛事解读、现场视角与独家内容，在内容差异化、特色化打造上存在缺位，难以形成自身的报道竞争力。

（二）报道缺乏本土化视角，丧失地方媒体核心优势

作为柳州市本土传统媒体，二者均未在奥运会报道中挖掘、融入广西元素或柳州元素，既未关注参赛的广西或柳州籍运动员，也未结合本地体育发展、市民体育情感等视角做关联报道，脱离地方受众的本土情感与贴近性需求，丢失了地市级地方媒体区别于央媒、省级媒体的核心传播优势。

四、优化建议

（一）强化原创内容生产，打造差异化报道特色。

摆脱对官方通稿的单一依赖，组建小型赛事报道编辑团队，

结合通稿基础信息进行二次加工与深度解读，推出原创的赛事评论、本地受众视角的赛况分析等内容。挖掘赛事中的趣味细节、运动员故事等非金牌导向内容，打造符合都市报受众阅读习惯的原创短讯、人物特写等，提升报道的独特性与吸引力。

（二）深挖本土化视角，激活地方媒体贴近性优势

提前梳理巴黎奥运会中的广西 / 柳州籍参赛运动员，对其参赛历程、赛况表现进行专属跟踪报道，开设本土运动员专栏或专题，贴合本地受众的关注焦点。开展奥运会相关的本地联动内容创作，如采访柳州本地体育从业者、市民的观赛感受，结合柳州本地体育事业发展解读奥运赛事价值，打造“奥运赛事 + 本地体育”的关联报道，让国际赛事报道落地本土。借助本土社群、线下活动等渠道，结合奥运热点开展本地互动式内容传播，将奥运报道与本地受众的生活、情感相连，增强报道的本土共鸣。

（三）兼顾原创与本土化的融合落地。

以本土化视角为切入点进行原创内容创作，例如针对本土运动员的赛事表现推出原创评论、侧记，或将奥运赛事中的体育精神与柳州本地的体育文化、城市精神相结合，打造兼具原创性与本土性的特色报道，既避免通稿的同质化问题，又能牢牢抓住地方受众群体。

五、总结

本文以巴黎奥运会为研究背景，选以柳州市两大传统纸媒《柳州晚报》与《南国今报》为研究对象，探究地方传统媒体大型国际赛事报道的实践特征、现存问题与优化路径。研究发现，两家媒体的奥运报道呈现显著差异化特征：《柳州晚报》报道以奖牌和传统优势项目为导向，资源配置倾向性突出，存在报道对象窄化、呈现形式单一、新闻敏感度不足等问题。《南国今报》以中国代表团夺金顺序构建叙事逻辑，融合评论、侧记、综述等多元报道形式，同时将报道视野延伸至中国香港代表团，在内容呈现与视角拓展上实现了创新。

两家媒体也存在显著的共性短板，均高度依赖新华社通稿开展内容生产，原创性缺失，缺乏差异化解读与独家内容，且均未挖掘融入广西、柳州本土元素，脱离地方受众情感需求，失去了地方媒体的贴近性核心优势。针对上述问题，本文提出地方传统媒体优化大型赛事报道的核心策略，以通稿为底，强化原创内容生产，打造差异化报道特色；深挖本土化视角，聚焦本土体育元素开展关联报道，激活地方媒体贴近性优势；推动原创性与本土化深度融合，以本土视角为切入点创作特色内容。在新媒体环境下，地方传统媒体应立足区域定位、优化大型赛事报道策略、提升核心传播竞争力，对传统媒体媒介转型进行创新性探索。

参考文献

[1] 赵磊, 蒋超. 全媒体时代大型赛事体育新闻创新路径及价值重构——以潮新闻第十五届全国运动会报道为例 [J] 传媒评论. 2026 (01) : 94-96.
[2] 王博, 融通·融会·融洽·融合——从十五运会报道看人民日报体育新闻版创新实践 [J] 新闻战线. 2026 (01) : 17-19.
[3] 包佳怡, 媒介融合视域下《东方体育日报》全媒体矩阵报道研究——以巴黎奥运会报道为 [D] 上海: 上海体育大学, 2025.

《新神榜：杨戬》：影游融合的创作路径探析

赵慧宇

广州大学，广东 广州 510000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070027

摘 要：在媒介融合的趋势下，游戏与电影融合的创作方式，逐渐成为电影创作的一种趋势。近些年来，在我国神话题材动画电影当中，影游融合的创作趋势愈发凸显。2022 年上映的新作《新神榜：杨戬》，通过视觉奇观与拼贴美学的呈现，以游戏概念建构叙事模式，架构虚拟空间，从多个角度进行创新，将游戏与电影相结合，创作出了全新的神话故事，但在剧本逻辑方面也引起了不小的争论。

关 键 词：影游融合；《新神榜：杨戬》；拼贴美学；分层结构；中国故事

New Gods: Yang Jian: An Analysis of the Creation Path of Film - Game Integration

Zhao Huiyu

Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Under the trend of media convergence, the creative approach of integrating games and movies has gradually become a trend in film creation. In recent years, among Chinese animated films with mythological themes, the creative trend of film – game integration has become increasingly prominent. The new work "New Gods: Yang Jian" released in 2022, through the presentation of visual spectacles and collage aesthetics, constructs a narrative mode with game concepts, builds a virtual space, innovates from multiple perspectives, combines games and movies, and creates a brand – new mythological story. However, it has also sparked quite a debate in terms of script logic.

Keywords： integration of film and games; New Gods: Yang Jian; collage aesthetics; hierarchical structure; Chinese stories

国外影游融合从 1.0 时代迈向 2.0 时代，诞生了《头号玩家》《失控玩家》《无敌破坏王》等多元类型的游戏电影。2022 年上映的《新神榜：杨戬》延续了追光动画的创作风格，通过视觉奇观营造、游戏化逻辑植入、虚拟世界观构建等方式，形成了鲜明的影游融合特征。

一、视觉奇观与拼贴美学的呈现

影游改编文本之所以能给观众带来沉浸式感官惊奇，因其更注重数字幻境的整体性生产^[1]。追光动画新神话系列通过奇观幻境创新改写传统神话，《新神榜：杨戬》便是典型。影片在打斗场景、蒸汽朋克风仙界设定，以及借鉴游戏能量化概念塑造的元神形象上，融合传统符号与朋克美学形成拼贴感，打造出独特动作奇观与震撼场景，带来别样观影体验。

（一）法天象地：人物法术奇观化与能量化呈现

追光动画近年常借鉴经典作品现代化重构，《新神榜：杨戬》便是典型。影片融合《宝莲灯》《封神演义》《二郎宝卷》《西游记》等多元文本，将《西游记》中仅杨戬、孙悟空会的法天象地，拓展为申公豹、沉香等通用能力，以元神离体打造奇观化战斗，呈现鲜明游戏化电影特征。游戏化电影更倾向于以游戏化风格处理战斗场景^[2]。该片战斗特效炫目、光影繁复，美术风格与《原神》《楚留香》等游戏高度相近，角色技能光效既强化视觉质感，也提

升观赏性，印证了学者提出的装饰性风格。影片依托数字技术突出游戏媒介特征，以视觉美感吸引观众，而非单纯服务于叙事^[3]。武器巨大化、元神光晕渲染等设计，营造出虚实相生的东方美学意境，同时强化战斗场面与观影沉浸感。这种设计在前作基础上升级，使法天象地成为影片及新神榜系列的标志性视觉符号，也为国产动画传统 IP 现代化改编与视觉工业化探索提供了样本。

（二）仙界幻想：蒸汽朋克的场景设计

神话世界与游戏世界的共通之处，在于对虚拟世界观的设计与架构。《新神榜：杨戬》以传统神话为基底，为场景提供了充足想象空间。影片延续追光动画前作美学，将东方美学与西方蒸汽朋克融合，形成独特的东方朋克风格。它颠覆性重塑传统神话，塑造出具有强烈反抗精神的杨戬形象，与蒸汽朋克反叛权威、打破僵化的内核相契合，实现了传统与现代、神话与科技的有机杂糅。蒸汽朋克由以蒸汽机为动力核心，融合非主流朋克文化，常依托假设技术展现平行于 19 世纪西方的架空世界观，核心是展现工业革命辉煌、思考科技与社会关系，承载对过往的怀旧与对未

来的憧憬，广泛应用于影视与游戏领域^[4]。《新神榜：杨戬》采用蒸汽朋克美学，以混元气为新能源，用蒸汽飞船取代传统神兽作为神仙交通工具，充满工业感。影片视觉以魏晋风格为核心，人物造型、服饰、器具及建筑均深度借鉴秦汉至魏晋五代的传统文化。影片将传统东方雕梁画栋与工业朋克光影融合，颠覆传统仙境的缥缈印象，以东西方美学拼贴营造奇观化的神仙世界，体现出动画电影的后现代审美追求。

二、游戏元素与叙事模式建构

将游戏叙事思维融入电影，是追光动画近年重要创作思路。《新神榜：杨戬》引入RPG游戏叙事手法，空间上采用分层结构，构建虚拟与写实两种空间以承担不同叙事功能；时空设定借鉴开放世界玩法，主角可自由穿梭探索，带给观众强烈的游戏沉浸感。

（一）游戏与叙事：RPG元素与线性叙事呈现

RPG（角色扮演游戏）凭借其鲜明的叙事性、互动性与开放性，成为《古墓丽影》《生化危机》等电影改编的重要蓝本。RPG改编电影常采用解密式叙事手法，通过让观众与主角保持信息同步，增强代入感^[5]。叙事方式上，《新神榜：杨戬》引入RPG文本导航概念，将配角设定为类似游戏NPC的引导角色^[1]。申公豹、婉罗等配角通过互动逐步释放关键信息。开篇交代天庭天灾背景与杨戬赏银捕手的身份，婉罗指引其寻找沉香，魔家四兄弟推动剧情揭开沉香身世，猴子则揭晓杨戬尘封的过往。影片主线围绕杨戬寻找万物如意盏、探寻沉香身世真相展开，支线补充宝莲灯相关线索，让观众如同游戏玩家般层层解密，获得沉浸式的观影体验。

叙事结构上，影片将国产动画常用的线性叙事^[6]与RPG强因果逻辑相结合，遵循约经典英雄叙事结构^[7]，完整呈现杨戬的成长弧光。从杨戬踏上旅途、揭开核心矛盾，到探索过程中觉醒自我认知，再到助力沉香对抗反派、完成自我蜕变，最终回应影片核心主题，环环相扣的解密逻辑让游戏元素自然融入叙事。该片既保留了传统神话的精神内核，又以年轻化的游戏化表达贴近当代观众，为国产动画的创新发展提供了有益参考。

（二）仙界与人间：空间分层与破碎时空建构

影游融合类电影常以分层空间区分游戏与真实世界，游戏融入叙事主要有显性设置与透明式引入两种形式，《新神榜：杨戬》属于后者，通过三层差异化空间结合游戏美学与地图设定，实现巧妙融合。第一层是杨戬所处的仙境，融合东方美学与蒸汽朋克；第二层是人间长安，以《宝莲灯》为背景，是沉香成长的核心空间；第三层是太极图幻境，承载最终决战与剧情高潮。游戏核心的虚拟性与互动性在三层空间中均有体现^[1]。仙界构建全新规则，失能神仙需购买混元气出行，自带游戏机制；杨戬如RPG玩家般跑图、战斗，推进剧情成长，带给观众强烈互动感。人间长安中，沉香为劈山救母，需战斗收集宝莲灯碎片、提升法力，元神造型随成长变化，让观众体验游戏角色升级的沉浸式快感。太极图幻境以水墨粒子特效诠释游戏虚拟性，杨戬与沉香在此完成

终极成长、联手破局，带来游戏终局之战的酣畅感。此外，影片借鉴RPG开放地图概念，以虫洞中转站链接仙境与人间，将三仙岛架空改编为不同功能区域，强化了交互性与影游融合感。

三、影游融合形式与传统价值观的搭载

追光动画《新神榜：杨戬》人物设定新颖、战斗画面精美，却因叙事逻辑混乱，造成内容与形式割裂。这种叙事逻辑不畅的问题，已成为近年国漫普遍通病，同时国产动漫电影在神话改编领域也日益陷入同质化困境，亟待突破。

（一）影游分离：电影主题表达与形式的割裂

英国电影学者跨媒介作品分为“游戏化电影”与“电影化游戏”，追光动画“新神榜”系列便是典型的游戏化电影。其突出特征是以人设与属性替代人物塑造，重世界观构建而轻故事情节，以具身体验和解谜快感取代情感投射与深度思考^[8]。这种创作倾向弱化了文本深度，成为追光系列的普遍短板。与《新神榜：哪吒重生》保留传统核心矛盾不同，《新神榜：杨戬》对经典叙事与人物形象进行了大幅重构。影片融合杨戬、沉香劈山救母的传说，重新解读杨戬、玉鼎真人、申公豹、婉罗等角色，影片更聚焦个体命运与人性表达，贴近当代审美。

然而，受游戏化叙事影响，影片在有限时长内堆砌大量人物线索与世界观设定，缺乏扎实的情节铺陈与情感铺垫，导致叙事失衡。杨戬立场多次反转，成长线缺乏合理过渡，行动多靠信息交代推动，情感转变仓促生硬。而这正是游戏化电影的典型症结。游戏以规则与体验为核心，剧情服务于游玩，人物刻画相对简化；而电影依赖连贯叙事与情感共鸣，直接移植游戏逻辑易造成适配失灵^[9]。电影后半段反转急促、情感单薄，使观众难以产生深度认同，观影体验割裂。这不仅是单部作品的缺憾，更直指国产动画在影游融合中，如何平衡游戏化表达与电影化叙事、实现跨媒介有效适配的关键命题。

（二）美美与共：中国动画电影的传承与创新

近年来，中国动画电影多依赖神话改编，形成“传统神话+现代元素”的固化模式。《大圣归来》后跟风创作扎堆，虽带动传统文化热度，但同质化严重，引发观众审美疲劳。^[10-11]《白蛇2》《哪吒重生》《新神榜：杨戬》等虽视觉技术与工业化水平提升，却普遍存在剧本松散、叙事薄弱、重形式轻内容的问题。^[12-14]2023年上美影《中国奇谭》以现代视角改编经典、水墨风格演绎志怪，凭优质内容与独特美学出圈，印证了内容为王、文化为本的核心。回顾中国动画学派，正是以深厚文化与独特美术立足世界。中国动画应立足本土文化根基，不盲目模仿、不重复自我，打磨剧本，深挖传统文化内核与思想，在传承中创新，平衡商业与艺术，用中国语言讲好中国故事，为中国动画学派注入新活力。^[15]

四、结语

近年来，国产动画电影过度依赖神话改编，形成“传统神话

+ 现代元素”的固定模式。自《大圣归来》后，跟风创作、题材同质化严重，虽带动传统文化关注，却让观众产生审美疲劳。这类作品视觉技术不断提升，但普遍存在剧本薄弱、叙事混乱等问题。《中国奇谭》的成功指明方向，立足本土美学、深耕内容、彰

显文化内涵才是关键。^[16-17] 中国动画应回归中国动画学派精神，在借鉴外来经验的同时，扎根文化根基，打磨叙事与思想，平衡商业与艺术，以创新传承传统文化，讲好中国故事。

参考文献

- [1] 杜梁. 影游融合：从联动到共生 [M]. 上海：社会科学院出版社，2022.
- [2] 施畅. 游戏化电影：数字游戏如何重塑当代电影 [J]. 北京电影学院学报，2021，(09)：34-42.
- [3] (美) 大卫·波德维尔著，张锦译. 电影诗学 [M]. 桂林：广西师范大学出版社，2010.
- [4] 关琴. 想像昨天的明天——蒸汽朋克风格电影的视觉表现 [J]. 当代电影，2019，(05)：129-133.
- [5] 尧荣芝，张钰培. 角色扮演游戏对电影叙事形态的影响 [J]. 电影文学，2017，(22)：22-26.
- [6] 周艳秋. 国产动画电影中的线性叙事与艺术性表达 [J]. 电影文学，2023，(03)：87-90.
- [7] 约瑟夫·坎贝尔. 千面英雄 [M]. 浙江人民出版社，2016.
- [8] 孙承健. 基于人机社会交互的乌托邦与反乌托邦：元宇宙与未来电影的文化竞争力 [J]. 当代电影，2021，(12)：13-19.
- [9] 张净雨. 操控抑或被控？——游戏化电影对电子游戏的效仿与反思 [J]. 电影艺术，2021，(05)：25-31.
- [10] 陈旭光. 论互联网时代电影的“想象力消费” [J]. 当代电影，2020，(01)：126-132.
- [11] 薛精华. 嵌套型影游融合电影的双重表达 [J]. 电影新作，2022，(03)：16-21.
- [12] 郭涵之，周安华. 影游融合：后现代的审美狂欢与叙事失焦——从《白蛇2：青蛇劫起》看神话题材动画电影的游戏化改写 [J]. 电影新作，2022，(06)：142-150.
- [13] 丁燕. 嬗变、想象与阐释：古代神话题材的动画电影“再创作”之辨 [J]. 电影评介，2022，(11)：72-75. DOI: 10.16583/j.cnki.52-1014/j.2022.11.011.
- [14] 宗俊伟，吕昊. “新神榜”系列动画电影叙事的朋克式美学建构 [J]. 郑州大学学报（哲学社会科学版），2022，55(06)：70-75.
- [15] 崔卉萱. 嵌片、交错时空与情感经验扩张：影游互动的媒介效应 [J]. 当代电影，2022，(06)：37-43.
- [16] 李雨谦. “影游融合”与“游戏化”的问题再思考：从概念辨析、理论视角到个案分析 [J]. 当代电影，2022，(10)：150-156.
- [17] 赵霁. 张娟. 传统文化的时代重塑与生产体系的持续构建——《新神榜：杨戬》导演赵霁访谈 [J]. 电影新作，2022，(04)：146-153.

加氢站建设的影响因素分析——以日本为例

张宸凯, 白井, 信雄*

武藏野大学, 日本 东京都 135-8181

DOI: 10.61369/SSSD.2026070030

摘 要 : 日本在燃料电池技术领域长期保持世界领先, 但作为氢能社会关键基础设施的加氢站, 其数量自2022年起却不增反降, 呈现特异的“逆行现象”。本文以东京都为案例, 通过文献调研和对东京燃气公司的深度访谈, 探究加氢站建设停滞的深层原因。日本的“逆行现象”并非技术落后所致, 而是源于社会技术系统的结构性失调。

关 键 词 : 加氢站; MLP 理论; 社会技术转型; 东京都; 逆行现象; 氢能政策

Analysis of Factors Influencing the Construction of Hydrogen Refueling Stations A Case Study of Japan

Zhang Chenkai, Bai Jing, Xin Xiong*

Musashino University, Tokyo, Japan 135-8181

Abstract : Japan has long maintained a world-leading position in fuel cell technology. Yet, as a key infrastructure for a hydrogen society, the number of hydrogen refueling stations in the country has decreased rather than increased since 2022, presenting a peculiar "regressive phenomenon." Taking the Tokyo metropolitan area as a case study, this paper explores the deep-seated reasons for the stagnation in hydrogen station construction through literature research and in-depth interviews with Tokyo Gas Co., Ltd. The "regressive phenomenon" in Japan is not due to technological backwardness, but stems from a structural misalignment within the socio-technical system.

Keywords : hydrogen refueling station; MLP theory; socio-technical transition; tokyo; regressive phenomenon; hydrogen policy

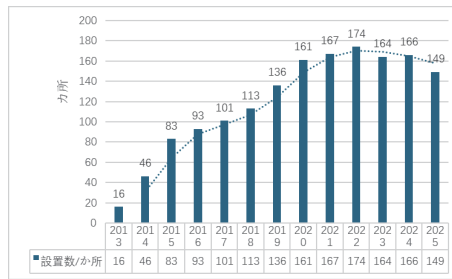
引言

在全球应对气候变化的紧迫形势下, 交通部门的脱碳化已成为国际社会的核心议题。国际能源署 (IEA) 的数据显示, 运输部门约占全球二氧化碳排放量的21%。对于公交、物流等商用车领域, 相比纯电动汽车 (BEV), 燃料电池汽车 (FCV) 具有续航里程长、燃料加注时间短、低温环境下性能稳定等不可替代的优势。

日本在氢能领域起步最早且技术积累深厚。2014年, 丰田汽车推出了全球首款量产燃料电池乘用车“Mirai”, 提供了FCV商业化可能性。日本政府于2017年发布全球首个氢能国家战略《氢能基本战略》, 明确了2030年实现年产300万吨氢、2050年达到2000万吨的目标, 并计划推动“氢社会”建设。在基础设施方面, 政府的目标是到2030年建成900座加氢站。

然而, 现实发展却呈现显著的“逆行现象”(图①): 截至2024年, 日本国内加氢站数量不增反减至149座。在FCV全球市场, 现代汽车集团以34.7%的份额位居FCV领域榜首, 丰田以26.6%位居第二。这一数据与《氢能基本战略》中提出的2025年达到20万辆FCV的目标相去甚远。

技术领先的日本为何在基础设施普及上陷入停滞? 这一“逆行现象”的背后, 是单纯的技术问题, 还是更深层次的系统性问题? 本文以政策资源最集中、市场潜力最大的东京都为案例, 运用社会技术转型理论 (MLP), 通过文献调研和对东京燃气公司的深度访谈, 系统分析影响加氢站建设和运营的多层次因素, 并通过比较为破解当前困局提供理论解释和政策启示。



(来源) 根据 FCCJ2025年资料和日本经济产业省数据编制

图① 日本加氢站数量推移图

一、理论基础与文献综述

（一）创新扩散理论（DOI）

罗杰斯的创新扩散理论（Diffusion of Innovations, DOI）是分析新技术普及的经典框架，暨创新普及的速度取决于五个核心属性：相对优势、兼容性、复杂性、可试验性以及可观察性。

然而，DOI 理论难以解释日本的“逆行现象”。该理论认为，技术优势越明显，普及速度应该越快。但现实中，技术相对劣势的韩国却在普及速度上领先日本。这表明，当技术创新涉及整个社会技术系统时，仅从技术属性和个体采纳决策角度分析是远远不够的。技术本身并非孤立变量，其扩散路径深受既有制度、基础设施网络、利益相关者关系等系统性因素的制约。

（二）多层次视角理论（MLP）

基于此，本研究导入了多层次视角理论（Multi-Level Perspective, MLP）为理解复杂的社会技术转型提供了分析框架。该理论将社会技术系统的转变视为三个层级相互作用的结果。

MLP 理论认为成功的系统转型不是单一因素驱动的线性过程，而是社会层级之间动态匹配、协同演化的结果。氢能源的推广不仅仅是建造一种新的“加油站”，而是涉及能源生产、储运、消费全链条，以及相关法规体系、市场规则、用户习惯的整体变革。

（三）既存研究

氢能技术难以实现全社会的公平扩散。国际经验研究也提供了有益参考。美国通过“区域清洁氢能中心”（H2 Hubs）计划，采取地理集中战略而非全面铺开，在加州等地形成了49座加氢站的集聚。德国的经验表明，通过功能安全导向的规范，可以在保障安全的同时充分释放技术创新的潜力，大幅缩短加氢站建设许可周期。

二、研究方法

本研究采用定性研究方法，主要包括：

文献调研：系统梳理日本、韩国、美国、欧洲、中国等国家的氢能政策文件；深入分析东京都、大阪府、爱知县、福冈县等日本地方自治体的氢能发展战略；全面考察丰田、现代、本田（FCSM）、ENEOS、岩谷产业、巴商会、东京燃气等核心企业的战略报告和公开资料。

深度访谈：于2025年11月6日对东京燃气株式会社进行了60分钟的线上访谈。选择东京燃气作为访谈对象的原因在于：该公司参与了国家级的氢能示范项目，是东京都内重要的氢气供应商，曾运营位于浦和、练马的加氢站，并最终因经营压力被迫关闭这些站点。访谈内容涵盖五个核心领域：加氢站的标准化与技术开发现状、政府政策与标准化的影响、同业竞争与客户反馈、加氢站普及的关键因素、对未来的展望。

三、研究结果

（一）国际比较：战略叙事的差异

通过系统比较各国氢能战略，可以发现一个关键差异：氢能

源推广的宣传方式，决定了政策动员的广度和深度。

日本将氢能定位为“脱碳”的战略工具，政策重心集中在技术研发。虽然建设补贴可以覆盖成本的1/2至2/3，但政策设计的逻辑是技术导向，根据加氢方式、供气形态等技术参数设定补贴标准，与社会经济目标的关联较为间接。尽管日本政府投入了大量财政资源，但这些投入未能转化为广泛的社会动员和市场需求。

韩国的战略叙事则完全不同。政府将氢能与就业创造、产业竞争力、出口增长等宏观经济目标直接挂钩。补贴制度根据站点位置进行差异化分配，交通枢纽等关键节点可获得建设费70%的支持。虽然补贴金额与日本相同，但这种“氢能即经济”的叙事方式，成功地将氢能发展从环保议题转化为全民关注的经济议题，形成了强大的社会动员力。

美国的战略特色在于区域聚焦。通过建设“区域清洁氢能中心”（H2 Hubs），采取地理集中的战略思路。欧盟的路径则强调应用，重点支持公共交通、商用物流等领域的氢能应用。

（二）日本地区比较：地方模式的多样性

日本主要地方自治体的氢能战略，呈现出显著的多元化和互补性，为 MLP 理论提供了丰富的实践注脚。

东京都强调多技术路线的并行探索，其结果并不理想，加氢站数量已经被爱知县反超。大阪府更加重视产业生态系统的构建。氢能不仅服务于脱碳目标，更被视为培育新产业、创造就业、推动经济结构转型的重要抓手。福冈县则以技术多样性著称。在利基空间中充分探索技术路线的多样性，对于降低长期成本、适应不同资源禀赋具有重要价值。爱知县依托港口优势，将名古屋港定位为脱碳枢纽。这一“港口中心”战略是典型的利基空间建设：在特定区域内集中需求、共享基础设施、形成规模效应。

（三）核心企业战略比较

日本的氢能供给体系，由四种不同类型的企业群构成，反映了氢能产业的多层次结构。

综合能源转换型（ENEOS）：作为传统能源巨头，ENEOS 面临脱碳压力下的战略转型需求。液化物流主导型（岩谷产业）：岩谷产业其战略特点是务实而稳健不断探索氢能的发展路径。技术特化型（巴商会）：作为专业解决方案提供商，巴商会的战略是专注于加氢站建设的细分领域。城市燃气变革型（东京燃气）：东京燃气的战略特色在于将氢能与现有城市燃气管网协同。公司开发的 e-メタン 技术可通过现有管网直接输送氢气，显著降低新基础设施建设成本。

（四）东京燃气采访结果

1. 体制层的强锁定效应

高昂的制度成本：基于《高压ガス保安法》的安全标准，加氢站需配备特殊设备、专用安全设施，并要求有资质人员常驻。单站建设成本高达4-6亿日元，是普通加油站的4-6倍。

选址的制度壁垒：法规对站点与周边建筑物、道路之间的“保安距离”有严格要求。在东京都，找到满足距离要求的大片空地极其困难。

技术的锁定效应：日本在超高压（82MPa）技术上的先发投入，虽然确保了安全标准，但也因设备非标化导致量产困难、更

新成本高。

2. 利基层的脆弱性

示范项目不可持续：东京燃气参与国家级项目建成的浦和、练马加氢站，因设备老化后被迫分别于2021年3月和12月关闭。这一案例清晰地表明，依赖补贴的“保护空间”若无法过渡到商业闭环，终将萎缩甚至消失。

3. 企业的适应性转型

面对体制层锁定和利基层困境，东京燃气正在进行战略调整：1、向商用领域聚焦：访谈对象指出现在更关注商用领域。公交、物流卡车路线相对固定，少量加氢站就能形成有效服务网络。2、参与区域联盟：企业积极参与政府主导的“地区协议会”，与多方企业共同构建区域氢能生态，试图突破单一企业无法解决的协调困境。3、技术协同战略：将水电解技术与“e-メタン”业务协同，探索氢能与现有燃气管网的融合路径。

四、考察 MLP 视角下的“逆行现象”成因

基于上述实证发现，本节运用 MLP 理论系统解释日本加氢站建设“逆行现象”的成因机制。

（一）景观层：压力传导失效

日本的“2050碳中和”目标构成了明确的宏观压力，但这种压力未能有效传导至微观行为层面，主要原因在于“叙事”的缺失。日本的政策叙事高度聚焦于“环境责任”。这种叙事虽然具有正当性，但难以激发普通市民和企业的主动参与意愿。

（二）体制层：双重锁定效应

日本加氢站建设的制度瓶颈，可以概括为法规锁定和行政锁定的双重叠加。

法规锁定：核心法规《高压ガス保安法》的制度安排确保了安全生产，但也因缺乏弹性而对新技术形成系统性障碍。反观德国于2023年通过《氢能加速法案》加速加氢站审批流程打破制度锁定，有效提高了氢能源企业的发展速度。

（三）利基层：保护空间战略失焦

日本并不缺乏利基空间建设，全国各地分布着大量的氢能示范项目。但这些示范项目存在三个突出问题：1、分散化而非集群化：示范项目多为散点分布，各自独立运行，未能形成地理上的集聚效应。2、技术验证而非商业验证：多数示范项目以验证技术可行性为首要目标，对商业模式、经济可持续性关注不足。3、孤岛式而非协同式：示范项目之间缺乏有效的经验交流和知识共享机制。同一产业链上下游企业也缺乏协同平台。

（四）三方僵局的形成机制

综合上述分析，日本加氢站建设的“逆行现象”源于 MLP 三层级之间的系统性失调：

景观层压力未能穿透体制层：政策叙事缺失使压力停留在国家目标层面，未能转化为改变企业行为和个人选择的现实动力。体制层的双重锁定使加氢站建设成为“高成本、高风险、低回报”的活动。利基层保护空间战略失焦：示范项目分散化、技术化、短期化，未能形成足以冲击体制层的创新积累。

五、结论与政策建议

（一）结论

日本的“逆行现象”体现了在社会技术转型期，技术领先并非市场成功的充分条件。更关键的因素在于，能否打破现有体制的锁定效应，实现社会各阶层的协同演化。具体而言，本文得出以下结论：

第一，政策叙事决定转型的社会基础。日本将氢能框定为“环境责任”，未能有效动员社会各界参与。叙事差异导致日本企业民众的参与意愿低下。

第二，制度弹性决定扩散速度。《高压ガス保安法》等旧有制度体系在保障安全的同时，也因缺乏弹性而成为创新障碍。

第三，战略聚焦决定利基效率。日本的散点式示范虽多，但未能形成规模效应和协同效应。

第四，技术协同降低转型成本。东京燃气的 e-甲烷战略表明，将氢能与现有能源系统协同，利用既有基础设施，可以显著降低转型成本。氢能不是孤立的新能源，而应是能源系统整体优化的重要组成部分。

（二）政策建议

基于上述结论，本文对加氢站战略提出以下建议：

重视景观叙事：明确氢能发展在创造就业、提升产业竞争力、培育出口增长点等方面的经济价值。只有将宏观叙事与微观关切有效连接，才能形成广泛的社会共识和参与动力。

推动体制变革：氢能源相关法规需要系统评估，引入基于“功能安全”的弹性规制思路而不是固守既定的技术标准。

聚焦利基战略：放弃全面铺开的分散思路，集中资源在特定区域打造示范区。示范区内应实现生产、储运、应用的纵向一体化，以及商用需求横向集聚，形成规模效应和协同效应。

强化产业协同：借鉴韩国现代的垂直整合经验，鼓励能源企业与车企、物流公司、地方政府建立战略联盟。

推动能源融合：探索氢能与现有燃气管网、电力系统的融合模式。氢能不应被视为完全独立的新能源系统，而应作为整个能源体系优化升级的组成部分。充分利用现有基础设施，降低社会转型的总成本。

（三）未来展望

加氢站运营的精细化成本收益分析；制度变迁的路径依赖与突破机制研究；氢能与电力、燃气系统协同优化的技术经济评估等。期待更多研究共同推动氢能社会转型的理论建构和政策创新。

参考文献

- [1] 日本経済産業省 資源エネルギー庁「FCV・水素ステーション事業の現状について」2021.3.
- [2] 経済産業省 資源エネルギー庁「水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について」2024.9.
- [3] Raven, R. "Niche accumulation and hybridisation strategies in transition processes towards a sustainable energy system: An assessment of differences and pitfalls", Energy Policy, Vol. 35(4), 2007, pp. 2390–2400.
- [4] Fry, A., Ryley, T. and Thring, R. "The Influence of Knowledge and Persuasion on the Decision to Adopt or Reject Alternative Fuel Vehicles", Sustainability, Vol. 10(8), 2297, 2018.
- [5] Nishitaten, S. "Hydrogen Infrastructure, Fuel Cell Electric Vehicles, and Indirect Network Effects: Evidence from Japan", RIETI Discussion Paper Series 25–E–045, May 2025.

中国—东盟自由贸易区建设视域下跨境旅游教育合作现状与发展路径

陈邦瑜, 杨琼*

桂林旅游学院, 广西 桂林 541006

DOI: 10.61369/SSSD.2026070032

摘要： 本文立足中国—东盟自由贸易区建设核心内涵，结合跨境旅游教育合作现实基础，分析了跨境旅游教育合作的现状与问题，依托桂林旅游学院的实践经验提出建设路径，旨在为推动中国—东盟跨境旅游教育合作提质增效、构建紧密的旅游教育共同体提供理借鉴。

关键词： 中国—东盟自由贸易区建设；跨境旅游教育；合作现状；发展路径

Current Situation and Development Path of Cross-Border Tourism Education Cooperation from the Perspective of China-ASEAN Free Trade Area Construction

Chen Bangyu, Yang Qiong

Guilin Tourism University, Guilin, Guangxi 541006

Abstract： Based on the core connotation of the China-ASEAN Free Trade Area construction and combined with the practical foundation of cross-border tourism education cooperation, this paper analyzes the current situation and problems of cross-border tourism education cooperation. Relying on the practical experience of Guilin Tourism University, it puts forward the construction paths, aiming to provide theoretical reference for promoting the quality and efficiency of China-ASEAN cross-border tourism education cooperation and building a close tourism education community.

Keywords： China-ASEAN free trade area construction; cross-border tourism education; cooperation status; development path

引言

中国—东盟自由贸易区建设理念为双方各领域合作指明方向，推动二者从地理近邻转变为发展伙伴。旅游教育是旅游产业发展的核心支撑，其跨境合作不仅能培养适配区域旅游发展的复合型人才，更能通过教育交流实现文化互鉴、理念互通，为中国—东盟自由贸易区建设注入持久动力。当前，中国与东盟各国均聚焦旅游产业转型升级，对旅游专业人才提出更高要求，跨境旅游教育合作成为双方提升人才培养质量、推动产业协同发展的关键抓手。桂林旅游学院长期深耕跨境旅游教育合作领域，积累了丰富实践经验，其合作模式与成效为我国与东盟开展相关合作提供了借鉴。

一、中国—东盟跨境旅游教育合作的现实基础

（一）政策支撑体系不断完善

中国与东盟各国高度重视跨境旅游与教育合作，出台系列政策文件为合作保驾护航。中国发布《关于进一步加强中国—东盟旅游合作的意见》《推进共建“一带一路”教育行动》等文件，明确提出加强旅游教育合作，推动人才培养、师资交流、课程共建等协同发展；东盟各国亦积极对接，泰国推出“旅游人才国际化培养计划”，马来西亚实施“高等教育国际化战略”，越南深化与中国高校旅游专业合作，共同营造了良好政策环境。

2024—2025年“中国—东盟人文交流年”期间，双方举办160余场高水平人文交流活动；“中国—东盟教育交流周”累计签署教育合作协议2203份，成立26个教育联盟、24个合作中心，“职业教育热”“数字教育热”持续升温，为跨境旅游教育合作搭建重要平台。《中国—东盟关于深化人文交流合作的联合声明》明确支持各层级教育合作，扩大学生交流，探讨师资培训和联合办学，进一步夯实了合作的政策基础。

（二）地缘与产业优势凸显

中国与东盟山水相连，陆地边界线长达4000多公里，海上往来便捷，为跨境旅游教育合作提供天然地理便利。双方互为重要

通讯作者：杨琼

旅游客源地和目的地，2024年中国入境游客达1.319 亿人次，同比增长61%，为跨境旅游教育合作提供了广阔的产业发展空间。中国在旅游管理、智慧旅游、文旅融合等领域经验成熟，东盟国家在热带旅游、民俗旅游、生态旅游等方面独具优势，合作可实现优势互补、资源共享。东帝汶等东盟国家旅游资源丰富，但受专业人才短缺等因素制约，旅游资源开发与服务升级面临挑战，为跨境旅游教育合作提供了现实需求。

（三）人文交流底蕴深厚

中国与东盟各国历史渊源悠久、人文联系深厚，为跨境旅游教育合作奠定了良好的文化基础，增强了双方在人才培养、文化传播中的认同感和包容性。近年来，双方人文交流日益频繁，“中文热”在东盟持续升温，越来越多东盟学生来华攻读旅游相关专业，中国学生也积极赴东盟交流深造。中国—东盟中心针对东盟需求举办旅游从业能力培训班和交流考察活动，累积了培训大量从业人员。双方还通过旅游文化节、学术论坛、青年交流等多元活动，进一步增进相互了解与友谊，营造了和谐的跨境旅游教育合作氛围。

（四）院校合作基础扎实

中国与东盟高校的旅游教育合作由来已久，已形成一批具有影响力的合作项目和平台。桂林旅游学院作为中国—东盟旅游人才教育培训基地，与马来西亚理科大学、泰国清迈大学等20多所东盟高校开展合作，与印尼特里莎克蒂旅游学院实施双学历本科联合培养，“中印尼旅游教育合作”入选文化和旅游部2019年度“一带一路”文旅产业国际合作重点项目。

重庆旅游职业学院与东帝汶帝力技术大学共建“智慧旅游友谊学院”，聚焦智慧旅游方向构建校企协同育人体系；云南各类院校依托澜湄合作机制，在缅甸、老挝等国及云南边境建成16个培训基地，形成“一校六国”办学布局。

二、中国—东盟自由贸易区建设视域下跨境旅游教育合作的现状

（一）合作规模持续扩大，参与主体不断增多

随着中国—东盟合作的不断深化，跨境旅游教育合作规模持续扩大，参与主体日趋多元。中国方面，除桂林旅游学院、北京第二外国语学院等专业旅游院校外，众多综合性大学开设旅游相关专业并参与跨境合作；东盟方面，泰国朱拉隆功大学、马来西亚国民大学等知名高校纷纷与中国高校建立合作关系，落地旅游教育合作项目。

来华学习旅游专业的东盟学生逐年增加，中国赴东盟交流的旅游专业学生数量也持续攀升。桂林旅游学院先后为东盟举办30多期旅游管理高端人才培训班，累计培训3000多名旅游从业人员。双方旅游企业、行业协会积极参与合作，通过校企合作、订单培养等方式推动人才培养与产业需求精准对接，形成了“高校主导、企业参与、协会推动”的多元合作格局。

（二）合作形式不断丰富，合作层次逐步提升

跨境旅游教育合作形式从最初学生交换、短期培训，逐步拓展到联合办学、师资交流、课程共建、科研合作、学历互认等领

域，合作层次不断向纵深推进。开展本科、硕士层次的联合培养，采用“2+2”“3+1”培养模式，实现课程、学分、学历互认，着力培养国际化复合型旅游人才。双方高校互派教师讲学、开展教学研讨，有效提升教师的国际化教学和科研能力。桂林旅游学院构建“三三协同”国际人才培养模式，推动3个培养主体、3种能力培养的协同发展，显著提升了师生的跨文化交流能力。双方围绕跨境旅游、文化保护、智慧旅游等行业热点开展联合研究，桂林旅游学院还设立中国旅游研究院东盟旅游研究基地，为双方科研合作提供平台。

（三）合作成效初步显现，人才培养质量提升

经过多年发展，中国—东盟跨境旅游教育合作为双方旅游产业培养了一大批高素质国际化人才，这批人才兼具扎实的专业知识与良好的跨文化素养，有效推动了双方旅游企业的合作与旅游服务质量的提升。同时，合作推动了双方旅游教育资源的共享与优化，将中国高校的管理经验、教学资源与东盟的特色旅游资源相结合，丰富了旅游教育的内容与形式。跨境旅游教育合作促进了双方的文化互鉴，通过师生互访、联合培养等形式，增进了双方的文化认同与民间友谊，为中国—东盟自由贸易区建设奠定了坚实的民心基础。

（四）存在的主要问题

一是合作机制不完善。中国与东盟各国的教育体制、法律法规、人才培养标准存在明显差异，缺乏统一协调机制；高校间合作缺乏政府层面统筹规划，系统性和持续性不足。

二是资源整合不足。高校的教学、科研、师资资源较为分散，缺乏共享机制，存在重复建设与资源浪费问题；旅游企业、行业协会参与度偏低，导致旅游教育与产业需求脱节，人才培养的针对性和实用性不足，部分合作仅停留在“项目型”“活动型”层面，难以形成持续的品牌效应。

三是人才培养适配度不高。人才培养模式较为传统，未能充分结合双方旅游产业的实际需求与市场变化；课程设置重理论、轻实践，内容缺乏针对性，未充分融入东盟的旅游文化、市场特点和行业标准；“中文+旅游技能”模式在推广中面临文化语境、市场需求差异的适配问题，影响了人才培养的实际效果。

四是区域发展不均衡。合作主要集中在泰国、马来西亚、新加坡等经济发达、旅游产业成熟的东盟国家，老挝、柬埔寨、缅甸等欠发达国家的合作规模小、层次低，缺乏有效的合作项目和平台，不利于均衡发展。

五是师资队伍国际化水平有待提升。具备国际教学经验、熟悉中西方文化的教师数量不足，教师间的交流合作不够深入，缺乏常态化的研讨与科研合作机制，教学和科研水平的提升速度较缓慢。

三、中国—东盟自由贸易区建设视域下跨境旅游教育合作的发展路径

（一）完善合作机制，强化统筹引导

一是建立政府层面的统筹协调机制。加强中国与东盟各国政府的沟通协作，统筹规划合作方向、制定配套政策、协调解决合

作中的重难点问题，推动双方教育体制、人才培养标准的对接；依托“中国—东盟教育交流周”等平台，强化政策协同，推动各项合作协议落地落实。二是建立高校合作联盟机制。依托中国—东盟旅游教育联盟，整合双方旅游类高校资源，建立统一的课程标准、学分互认和学历认证体系，为学生交换、联合培养提供制度保障。三是建立校企协同合作机制，推动企业深度参与人才培养全过程，通过订单培养、共建实训基地、企业导师授课等方式，实现教育与产业的精准对接，深化产教融合。

（二）整合优质资源，实现共享共赢

首先整合教学资源，推动双方高校共建共享课程、教材、教学设备，联合编写适配跨境旅游教育的特色教材，开发精品课程，丰富教学内容与形式。其次整合科研资源，围绕跨境旅游发展、文化遗产保护、智慧旅游建设等行业热点，推动双方高校、科研机构开展联合研究，提升双方的科研与创新能力。最后整合产业资源，充分发挥旅游企业、行业协会的资源优势，推动产业资源与教育资源深度融合，鼓励企业为学生提供实习就业机会、为教师提供实践锻炼平台。

（三）创新培养模式，提升人才质量

注重培养学生的专业能力、外语能力、跨文化沟通能力和实践能力，确保人才培养适配双方旅游产业的发展需求。优化课程设置，结合产业需求和市场变化调整课程结构，增加实践课程和跨文化课程的比重，将东盟的旅游文化、市场特点和行业标准充分融入课程内容；推行“中文+旅游技能”模式并进行在地化调整，借鉴“3D 适配框架”，提升人才培养与当地市场的适配性。创新教学方法，培养学生的创新思维 and 实践能力；推动线上线下教学融合，搭建专业的线上教学平台，实现资源共享与教学互动，将智慧旅游技术融入日常教学，提升学生的数字化应用能力。

（四）推动区域均衡，实现协同发展

加大对老挝、柬埔寨、缅甸等欠发达东盟国家的支持力度，扩大合作规模、提升合作层次，通过短期培训、师生交流、联合

培养等项目，帮助其提升旅游教育水平和人才培养质量。因地制宜开展合作，结合不同东盟国家的旅游产业特点和教育需求，制定个性化的合作方案，实现“一地一特色、一国一方案”，推动跨境旅游教育合作与当地旅游产业深度融合。加强区域合作联动，推动中国西南、华南地区的旅游类高校与东盟周边国家高校开展深度合作，利用地缘优势打造跨境旅游教育合作示范区，推动中国—东盟跨境旅游教育合作全面均衡发展。

（五）加强师资建设，提升国际化水平

建立常态化的师资交流机制，推动双方高校互派教师讲学，鼓励教师赴对方国家的旅游企业开展实践锻炼，提升国际教学经验、跨文化沟通能力和实践教学能力。加强师资系统培训，举办跨境旅游教育师资培训班，邀请国内外行业专家和教学名师授课，提升教师的专业知识、外语能力和跨文化教学能力；鼓励教师开展科研工作，提升科研与创新能力，增设东盟文化、宗教习俗等培训内容，全面提升教师的跨文化素养。积极吸引具有丰富国际教学经验、熟悉中国—东盟旅游文化的专家学者加入师资队伍，为跨境旅游教育合作提供人才支撑。

四、余论

在共建中国—东盟自由贸易区建设的时代背景下，跨境旅游教育合作作为深化双方人文交流、推动旅游产业高质量发展的重要载体，拥有广阔的发展前景。当前，中国—东盟跨境旅游教育合作虽取得了一定成效，但仍面临着诸多问题。双方需通过完善合作机制、整合优质资源、创新人才培养模式、推动区域均衡发展、加强国际化师资建设等路径，推动跨境旅游教育合作提质增效。未来，双方应进一步加强沟通协作，凝聚合作共识、创新合作模式、丰富合作内容，着力构建更加紧密的旅游教育共同体，为双方旅游产业培养更多高素质国际化人才，为中国—东盟自由贸易区建设注入持久且强劲的动力。

参考文献

- [1] 中国—东盟中心. 中国—东盟旅游合作发展报告 (2024)[R]. 北京: 中国旅游出版社, 2024: 28-35.
- [2] 李丽霞, 陈秋华. 中国—东盟跨境旅游教育合作的现实困境与突破路径. 旅游学刊 [J], 2022, 37 (8): 45-56.
- [3] 苏琳, 吴必虎. 东盟国家旅游人才培养体系特征与中资合作启示. 世界地理研究 [J], 2021, 30 (5): 987-996.
- [4] ASEAN Secretariat. ASEAN Tourism Strategic Plan 2021-2025 [R]. Jakarta: ASEAN Secretariat, 2021: 12-20.

基于 HRP 系统的综合公立医院多院区考勤管理探讨

石雨诗, 曾博莘*

华中科技大学同济医学院附属同济医院, 湖北 武汉 430000

DOI: 10.61369/SSSD.2026070034

摘 要 : 考勤管理一直是医院人力资源管理中最为基础重要的工作, 不仅与职工的薪酬分配、年度考核、职称聘任、续签合同等方面密切相关, 也是医院管理部门进行决策的重要依据。但是, 大型综合性教学医院具有人员众多、院区间调动频繁、医疗工作岗位多、排班复杂、请假休假多等问题。随着医院信息化建设的发展, 和“一院多区”格局的形成, 为实现考勤工作的系统化、流程化和科学化, 推行 HRP 系统进行职工的考勤排班已成为必然选择。

关 键 词 : HRP 系统; 多院区; 考勤管理

Discussion on the Comprehensive Attendance Management of Multi-Location Public Hospitals Based on the HRP System

Shi Yushi, Zeng Boxin*

Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430000

Abstract : Attendance management has always been the most basic and important work in human resources management of hospital. It is not only related to salary distribution, annual assessment, Title appointment, renewal of contract and other aspects, but also an important basis for decision-making of management departments. However, large-scale comprehensive teaching hospitals have many problems, such as large numbers of personnel, frequent inter-hospital transfers, too many medical jobs, complex scheduling, and too many vacations. With the development of hospital information construction and the formation of 'one hospital, multi-district' pattern, it has become an inevitable choice to implement HRP system for staff attendance scheduling in order to realize the systematization, process and scientificization of attendance work.

Keywords : HRP system; multi-district; attendance management

武汉市某三甲医院是一家集医疗、教学、科研于一体的大型综合性医院, 随着医院实力的不断增强, 为满足日益增长的医疗需要, 保证医疗服务的质量, 实现“创建国际一流医院”的战略目标, 医院从最初的一个院区扩张成为三个院区(包括一个主院区, 两个分院区)。两个分院区的建立, 极大的增加了该医院的实力与竞争力, 缓解了主院区门诊量大、病房床位紧张的压力, 提高了医疗资源的优化配置。然而, 在一院多区的发展过程中, 由于医院规模大、科室数量多、院区间调动频繁、临床科室轮转复杂等因素, 都增加了医院考勤的工作量和难度。

医院资源规划(Hospital Resource Planning, HRP)系统, 是在企业资源规划(Enterprise Resource Planning, ERP)管理理念和管理机制的基础上, 将先进的高科信息技术和医院真实情况相结合形成统一高效、互联互通、信息共享的系统化医院资源管理平台^[1]。HRP 系统是医院管理者合理利用一切资源和条件不断推进医院管理创新的工具, 是医院实现管理科学化、精细化、规范化、可持续发展和战略转型的职称环境。HRP 系统运用到医院的考勤工作中, 一方面是医院信息化建设和精细化管理的必然趋势, 符合新医改形势下大型综合性医院的发展要求, 另一方面, 也是加强职工考勤管理, 合理安排人力资源, 提高医院管理水平的必然要求。

一、必要性探究

(一) 考勤管理与医院职工自身利益密切相关

医院人事部门考勤负责人每月将职工考勤信息汇总, 相关科室根据职工的考勤状况计算工资及分配劳务, 交财务部门发放。职称评审要求职工的病事假不能超期, 经常出现由于科室考勤员

误打考勤, 导致病事假超期而无法申报职称的情况。年度考核与职工考勤相挂钩, 全年事假累计超过 30 天者年度考核最高定位基本合格, 全年旷工累计 7 天以上或连续旷工 3 天以上, 考核定为不合格。考勤是职工请假休假的依据, 科室根据工作安排的考勤状况, 合理安排职工休假。考勤影响职工续签合同, 医院人事部门根据职工的考勤状况是否与职工续签劳动合同, 或延期续签劳动

合同。因此，推行基于 HRP 的考勤系统，提高考勤的准确性与效率，既是对职工负责的体现，也是进行相关管理工作的基础。

（二）考勤管理是合理配置人力资源、提高人力资源利用率的保障

随着两个新院区相继开业，“一体两翼”格局逐渐形成，在院区一体化管理和同品质医疗的要求下，院区之间的人员调动与轮转更为频繁，增加了考勤的工作量和复杂程度。基于 HRP 考勤系统的上线，能够及时准确的掌握全院职工的考勤及人员工作量、院区之间的人员调动状况，从而合理进行工作安排，优化人员结构，不断提高人力资源的利用率和精细化管理水平。

（三）考勤管理信息化是医院信息化建设的重要环节

医院信息化建设既是现代信息技术发展的必然趋势，又是提高医疗服务水平和质量的保障^[2]。通过 HRP 系统，将以往繁重而不规范的考勤工作变的高效、精准。充分实现了数据的共享和信息畅通，行政职能部门可以根据工作需要和权限调取职工历史或实时考勤数据，为进行工作和决策提供了极大便利。职工可以通过 OA 办公平台查看自己的考勤信息，使整个医院的考勤工作透明、高效、公平。

二、考勤存在的问题探究

武汉市某三甲医院是所大型综合性教学医院，职工人数众多，机构岗位设置复杂，且院区之间轮转频繁^[3]。在 HRP 考勤系统未上线之前，考勤管理一直实行的是层级管理和电子考勤填报相结合的考勤管理模式，科室考勤员具体负责记录职工考勤，科主任负责科室考勤监管审核，每月定时通过电子考勤系统上报人事部门。相对于传统的纸质填报考勤，电子考勤填报系统极大的考勤工作效率，但依然存在下列几个方面的不足。

（一）考勤记录不完整不准确、上报不及时

由于院区之间调动和科室轮转，经常出现轮转人员未能与科室考勤员及时沟通，或由于考勤人员工作不够细致而导致考勤漏报^[4]。每月汇总考勤的过程中，总会出现部分科室尚未上报考勤或需更改考勤的情况，需要医院人事部门的考勤管理人员催报考勤，增加了考勤管理人员的工作量，同时也影响职工薪酬的发放。由于科室的考勤员往往是由科秘书、护士长等兼职，在打考勤是对自己了解的人员进行准确记录，不确定的人员只是大致记性记录，缺乏有效的监管机制，甚至有的职工请假休假或出差的职工考勤会被记录为全勤，或者已回到工作岗位，考勤仍然为休假状态当月考勤。

（二）考勤数据再利用率低，共享程度低

医院人事部门每个月汇总考勤后，主要用来作为薪酬发放的依据，但是在续签劳动合同、职称评审过程中，需要统计较长时间内的考勤情况，以往的电子考勤系统无法统计出病假、事假、旷工、进修学习等缺勤的天数，需要人工判断统计并进行核对，增加了工作量且无法保证准确率。医院其他部门获取职工考勤信息只能通过人事部门将考勤信息导出到 Excel，经过处理后得到。如医务处、护理部每月发放医师、护士夜班费，党委办公室发放

季度文明奖，所需要的考勤数据完全由人事部门提供，考勤信息难以在各部门之间进行共享。

（三）考勤权限不明确，缺乏监管

科室考勤员每月打完考勤后直接提交，科主任理论上是考勤负责人，但没有对其准确性和真实性进行把关。当月上报截至日期后，考勤员仍可以提交修改考勤，使考勤缺乏时效性与严肃性。

（四）班次名称冗杂，考勤不规范

一方面由于该院机构设置复杂，岗位工种数量多，同一班次名称，不同科室岗位的上班时间和工作时长不尽相同，需要结合具体的科室和岗位才能确定。另一方面，由于考勤员的变动，很多考勤员对科室的工作和排班并不是十分了解，上报的考勤并不规范，容易产生歧义。

三、运用 HRP 系统进行考勤管理的实践

HRP 系统自 2018 年在该院上线以后，考勤管理也由电子考勤系统变革为基于 HRP 的排班考勤管理，新的考勤系统将以前的科室为考勤单元细化为排班组，班次标准化并对应工作时间，明确权限设置，规范考勤流程。基于 HRP 的考勤系统有效的解决了之前电子考勤系统面临的各种问题，取得了很好的实际应用效果。

（一）HRP 考勤系统解决了考勤记录不完整不准确、上报不及时的问题

新的 HRP 考勤系统根据病区、岗位、院区将全院职工细分为多个考勤排班组，每个排班组的考勤员只负责本排班组的考勤，使考勤工作更加精细化，更加便于统计职工在各院区工作的天数。通过全院排班查询及考勤上报状态模块，人事部门考勤管理员能够及时准确掌握各科室考勤不完整的人员及全院考勤上报的进度，督促考勤员及时上报考勤^[5]。考勤系统能够根据排班情况自动统计各种休假天数及剩余天数，极大的减少了考勤误报漏报的情况，提高了职工对医院考勤工作的认可度和满意度。

（二）提高了数据再利用率，使数据共享更为畅通

过去使用的电子考勤系统，考勤信息存在滞后性，考勤数据只作为工资薪酬发放的依据，无法进行深度的开发利用。其他职能部门需要的考勤数据均由人事部门的考勤管理员导出考勤信息后，再利用 excel 整理得出，这种模式不仅耗时耗力，且经常容易出现错误^[6]。HRP 考勤系统上线后，各部门可以根据自身权限获取所需考勤信息，医务处、护理部可查询统计所管医师、护理人员夜班情况，从而发放每月的夜班费；党委办公室通过缺勤汇总模块统计职工每个季度的考勤，发放每个季度的精神文明单位奖^[7]。HRP 人力资源管理下的排班考勤系统能与职工信息系统相连，能够即时导出职工考勤及自由定制所需职工信息字段，与合同管理、职称评审系统相连接，自动生成职工续签合同、职称申报所需统计休假缺勤天数，改变了以往所有考勤数据都由人事部门提供的情况，实现了深度利用开发，使数据更加互通共享，方便医院职能部门办公，也为医院的管理部进行决策提供数据支持。^[8]

（三）明确权责，通过系统流程加强了考勤的监管

HRP 考勤系统增加了科室负责人确认模块，如图，每月考勤只有通过科主任确认后，才能上报人事部门考勤管理员，上报后的考勤数据作为历史记录，科室考勤员无法再更改，如因操作失误或其他原因需更好更改考勤，科室需向人事部门提交纸质说明，由人事部门在系统后台进行更改。在这种系统流程控制下，科主任需对科室人员考勤的准确性和真实性真实性负责，也更便于人事部门对全院考勤工作的监督和管理^[9]。

（四）规范了考勤和班次名称，便于考勤数据汇总统计

HRP 考勤系统根据岗位、科室及工作时间将班次规范化后，确定工作时间及班时值，并将每个班次名称用唯一的代码进行表示，每月根据职工考勤发送薪酬时，考勤管理系统系统能够很快导出职工的排情况，工作天数、工作时长、缺勤休假等等信息，

改变了以往使用电子考勤系统时，由于班次名称和考勤不规范，需要由人工核查统计的情况^[10]。规范班次名称，也能更加清楚每个科室及岗位的工作量，能够为医院管理部门合理配置人力资源及人员招聘提供指导意见，也是多院区模式下进行全成本核算、实现精细化管理的要求。

四、小结

基于 HRP 的考勤系统能够较好地解决综合公立医院多院区模式下人员调动频繁、人数众多、排班复杂的问题，提高了医院考勤管理的效率，是医院考勤信息化的新方向，但是新的考勤管理系统依然存在与旧的电子考勤系统数据备份困难，系统不稳定等问题，这些都需要通过系统的不断更新和技术的进步来解决

参考文献

- [1] 陈文新. 浅谈 HRP 系统在公立医院管理会计体系建设中的应用 [J]. 时代金融, 2019(15): 121-122.
- [2] 黄浩洋. 探究医院考勤管理的信息化建设 [J]. 数字技术与应用, 2017, 31 (7) : 215-216.
- [3] 费克伟. 智能时代的医院信息化建设与管理研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2019(13): 185-186.
- [4] 雷涵. 基于智慧中医院创新运营管理系统 (HRP) 的公立医院考勤管理信息化建设研究 [J]. 科学与信息化, 2022(22): 155-157.
- [5] 潘晨, 黄浩洋, 宋兵, 邵悦, 顾璟, 王丹, 黄亚新, 张全, 朱卫华, 贺丽娟, 王晓东. 人力资源系统在大型综合性三甲医院考勤管理中的应用 [J]. 江苏卫生事业管理, 2019, 30(06): 712-714.
- [6] 肖启翔. 基于 HRP 系统的医院财务精细化管理研究 [J]. 行政事业资产与财务, 2025(07).
- [7] 沈吉. 通过运营数据中心提升医院精细化管理水平的创新与实践 [J]. 中国卫生标准管理, 2023(12).
- [8] 贾伟平; 李京山; 查宏远; 陈昕轲; 王杉; 霍红; 章魏; 耿娜. 数据驱动的酒店运营与政策协同关键科学问题及未来资助方向. 中国科学基金, 2025(04).
- [9] 卢泓; 曾超颖. 公立医院运营效率评价体系构建与提升路径研究. 卫生经济研究, 2025(10).
- [10] 胡嘉悦. 精细化管理在控制医院运营管理成本中的运用分析. 中国价格监管与反垄断, 2025(11).

人口迁移背景下的那达慕赛事的城际传播研究 ——以长春市为例

欧尼贡

吉林大学, 吉林 长春 130012

DOI: 10.61369/SSSD.2026070040

摘 要 : 在人口大规模迁移与新型城镇化快速推进的背景下, 少数民族传统体育赛事作为文化传承与流动的载体, 其跨地域传播现象日益显著。本研究以蒙古族传统盛会“那达慕”在吉林省长春市的传播为个案, 聚焦于人口迁移引发的文化流动与城市多元文化建构之间的互动关系。通过田野调查、深度访谈与文本分析等方法, 探讨那达慕赛事如何在城际迁移过程中被引入长春、实现本土化调适, 并形成跨民族的文化实践。研究发现: 那达慕在长春的传播不仅依赖于蒙古族迁移群体的文化自觉与组织推动, 也得益于城市文化政策的吸纳与大众媒体的跨地域联动; 其在传播过程中呈现出“仪式性展演”与“日常化参与”的双重面向, 成为城市多元文化景观的重要组成部分。本研究从人口流动与文化传播的互动视角出发, 为理解少数民族文化在非传统聚居区的传播机制、城市文化生态的构建以及传统体育现代转型提供了实证参考。

关 键 词 : 人口迁移; 那达慕; 城际传播; 文化适应; 长春市; 少数民族体育

Research on Inter-city Communication of Nadam Competitions in the Context of Population Migration: A Case Study of Changchun City

Ounigong

Jilin University, Changchun, Jilin 130012

Abstract : Against the backdrop of large-scale population migration and the rapid advancement of new-type urbanization, the cross-regional dissemination of traditional ethnicity sports events, as carriers of cultural transmission and mobility, has become increasingly prominent. Taking the dissemination of the Mongolian traditional festival "Nadam" in Changlin Province, as a case study, this research focuses on the interactive relationship between cultural mobility triggered by population migration and the construction of urban multiculturalism. Through methods such as field research, in-depth interviews, and textual analysis, this study explores how the Nadam festival was introduced to Changchun during intercity migration, underwent localization adaptation, and formed cross-ethnic cultural practices. The findings indicate that the dissemination of Nadam in Changchun relies not only on the cultural awareness and organizational promotion of the Mongolian migrant community but also benefits from inclusion of urban cultural policies and the cross-regional linkage of mass media. During its dissemination, Nadam presents a dual aspect of "ritual performance" and "daily participation," an important component of the urban multicultural landscape. Starting from the perspective of the interaction between population mobility and cultural dissemination, this study provides empirical references for understanding the dissemination mechanisms of ethnic minorities in non-traditional settlement areas, the construction of urban cultural ecology, and the modern transformation of traditional sports.

Keywords : population migration; Nadam; inter-urban communication; cultural adaptation; Changchun City; ethnic minority sports

一、绪论

(一) 研究背景

本研究聚焦于蒙古族标志性文化盛会——那达慕, 如何从其传统草原核心区, 迁移并植根于吉林省长春市这一非传统区域, 成为观察民族文化在城市化进程中传播、适应与融合的典型案列。

我国持续的大规模人口迁移, 构成了那达慕城际传播最根本的社会动力。根据国家统计局数据, 2023年全国人户分离人口已

超5亿, 农民工总量近3亿人。这一人类历史上罕见的人口流动, 不仅是经济要素的转移, 更是文化载体的空间位移。以“农业转移人口市民化”为核心的新型城镇化战略, 标志着政策焦点从“土地”转向“人”, 核心任务在于促进迁移人口的社会融合与文化认同。以长春为代表的区域性中心城市, 汇集了大量来自蒙古族聚居区及其他地区的迁移者, 形成了一个文化需求多元、社会网络交织的新城市社群。城市管理者与社区面临着构建包容性公共文化服务体系的现实压力, 这为那达慕等民族传统文化活动进

入城市公共空间,提供了迫切的社会需求和潜在的实施场域。

国家层面,民族体育赛事被赋予“铸牢中华民族共同体意识”的核心使命,其功能已从单纯的民族节庆,升华为促进各民族交往交流交融的文化桥梁。从“仪式性表演”向“参与性实践”和“融合性平台”的转型,为那达慕在非民族地区寻求生存和发展,提供了可资借鉴的模式与合法性依据。

综上所述,那达慕在长春的落地生根,是人口迁移带来的文化流动需求与民族体育自身创新转型趋势共同作用的结果。本研究旨在深入这一鲜活场景,具体探究:在人口迁移所塑造的新的城市社会结构与人际网络中,那达慕赛事通过何种组织机制、符号调适与媒介策略,实现了有效的城际传播与在地化生存?其举办又如何具体影响了迁移者的文化认同、本地居民的文化认知以及城市整体的文化多样性生态?对这一过程的剖析,将为理解全球化与城镇化进程中,民族传统文化如何在流动中保持生命力、在融合中促进社会团结,提供重要的理论启示与实践参考。

（二）研究意义

本研究聚焦于人口迁移背景下那达慕赛事的城际传播,拓展了民族传统体育文化传播研究的理论边界。首先,研究将人口迁移视为文化传播的动态载体,突破了以往将民族体育赛事局限于原生地的研究范式,揭示了“人随业走、文化随行”的跨地域传播逻辑,为体育社会学与人口学的交叉研究提供了新的分析框架。

同时,研究揭示的“传播代际衰减”“商业化与文化本真性的张力”等问题,为赛事组织者、文化管理部门及相关社会组织优化传播策略、平衡文化保护与市场开发提供了实证依据。项目提出的《那达慕文化真实性公约》草案、青年传播者培养计划及系列化内容传播策略,具有较强的现实推广价值,可为其他少数民族节庆赛事在城际传播中的可持续发展提供参考。

二、文献综述

（一）人口迁移理论

人口迁移是指个体或群体跨越一定行政边界进行永久或半永久居住地变动的行为,这一过程不仅改变了人口的空间分布,也是社会经济、文化和环境变化的重要推手。国际通用的人口迁移统计口径一般包括出生地、五年前常住地和最近一次迁移^[1]。本质上,迁移流动的统计标准是常住地是否改变。只是在户籍制度作为社会基本制度的中国社会情境之下,我国的人口迁移流动概念在国际通用定义的基础上由于加入户籍而使常住地的识别变得相对较为复杂。按照目前国内学界的共识,迁移人口一般指户口登记地随居住地发生改变的人口。在人口迁移流动研究的文献中,可与“人口流动”和“流动人口”相对应的最为常用的概念分别是“migration”(迁移),以及“migrant”(迁移者);前者指常住地发生了跨越一定行政边界的空间移动事件,后者指发生这一空间移动事件的行为主体^[2]。少数民族人口迁移是中国人口动态的一个重要组成部分,涉及文化保护、社会发展、区域经济与民族关系等诸多复杂议题。根据第七次全国人口普查数据,少数民族流动人口规模达到3371万人^[3]。户籍迁移意愿是落户的基

本前提,纵观少数民族人口迁移行为和结果,与我国市民化、城镇化进程紧密相关,同时影响了各民族的交往交流交融和新时代民族工作的整体质量与效能。吴正彪、杨昌恒梳理了多民族省份贵州少数民族水库移民的特点,发现每个移民点都有两个或两个以上民族共同居住,多民族性的特点突出。研究后得出结论少数民族人口迁移过程中各民族交错杂居格局更为明显^[4]。

（二）那达慕赛事相关研究

那达慕大会,源于蒙古族的传统节日,意为“娱乐”、“游戏”,通常包含赛马、摔跤、射箭等传统竞技项目,是蒙古族及其他一些北方游牧民族的重要文化遗产,体现了丰富的民族文化和社会生活。本文旨在梳理关于那达慕大会的研究文献,探讨其历史演变、文化内涵及现代发展。那达慕起源于人们日常的生产、生活和实践,传承至今已有近800年历史^[5],在漫长的发展过程中凝聚了丰富的民族文化精髓。“那达慕”,在《简明蒙古语辞典》中被解释为:群众性娱乐活动;玩耍,如玩乐、玩弄、戏弄。“耐日”,在《简明蒙古语辞典》中被解释为:和睦之意;礼物,适宜之意;宴会、娱乐,游戏之意。通过对字义的梳理发现,耐亦日或那达慕,强调的是一种和谐、愉悦的状态。“那达慕”词条一般与“耐日”词条紧密连用,叫做“耐日·那达慕”,那达慕是蒙古族传统民俗文化。那·恩和、确吉编著的《蒙古族那达慕》从历史学视角系统的研究了蒙古族那达慕的起源、形成与发展。认为搏克、射箭、赛马一开始都是作为生产工具产生,并有生产工具转向军事手段,后来由于人们的娱乐需要而形成那达慕^[6]。以“男儿三艺”为主要内容的蒙古族“乃日那达慕”是源于匈奴、东胡时期,直到成吉思汗建立蒙古帝国时期搏克、赛马、射箭等的雏形分别形成,14-15世纪“男儿三艺”统一为那达慕的主要组成部分,并在16-19世纪得到了较大的发展。

那达慕大会作为一项承载着深厚历史底蕴与民族特色的文化盛事,随着全球化与信息技术的发展,正经历着前所未有的变革与扩展,其影响力已远超传统的地域限制。学者夏宁博认为,非物质文化遗产是通过以人为中心、以节庆旅游为基点、以物化的形态为载体、以广大观众关注点、以学校教育为方式、以宣传和评论为目的途径中得以传承的^[7]。2006年5月20日,“那达慕”被列入第一批国家级非物质文化遗产名录^[8]。这一举措极大地提升了那达慕在全球范围内的知名度和保护力度,促进了其文化的传承与国际传播。

（三）体育赛事影响

体育赛事作为一种全球性的文化现象,不仅促进了体育竞技本身的发展,还对社会多层次产生了深远的影响。体育赛事对经济发展具有深远的影响。Crompton在研究中指出体育赛事所产生的经济影响是通过赛事举办对该城市的收入、产出、投资、就业等经济指标所产生的净变化来最终影响到城市整体的经济发展^[9]。值得注意的是,虽然体育赛事通常被视为经济增长的动力之一,但投资回报并非总是正向的。高昂的成本有时也会导致债务累积。因此,举办城市需要谨慎评估预期收益与潜在风险,合理规划。体育赛事对社会包容性具有影响。体育赛事的多样性参与为各类人群均提供了参与的机会。体育赛事形成了一种跨越社会边界的社会互动,这种

社会融洽和团结有助于减少社会分裂和歧视现象^[10]。

三、研究设计

本研究采用混合研究方法（问卷 + 访谈 + 观察），综合量化与质性数据，系统探究人口迁移背景下那达慕赛事在长春市的城际传播机制、文化适应过程与社会效应。研究设计遵循“宏观模式识别—微观机制阐释”的逻辑路径，具体包括以下两个层次：

（一）在量化研究层面

项目组设计了《那达慕赛事城际传播研究调查问卷》，涵盖基本信息、赛事认知、参与意愿、传播渠道、文化认同等五大维度，共25个问题。问卷面向迁移人口与本地居民两类群体进行对比抽样，计划在长春市及鄂尔多斯市回收有效问卷100份以上，通过描述性统计与交叉分析，识别赛事知晓度、参与动机、信息获取渠道等方面的整体特征与群体差异。

（二）在质性研究层面

项目组开展半结构化深度访谈与实地观察。访谈对象包括赛事组织者（如那达慕筹委会成员）和迁移人口代表（区分为第一代与第二代迁移者），以揭示赛事跨城移植的组织策略、文化调适机制及代际传承差异。实地观察聚焦于鄂尔多斯与长春两地那达慕现场。

四、研究发现

（一）问卷调查与访谈数据

调查维度	那达慕赛事知晓度		信息获取渠道				参与意愿	参与动机	
具体问题	听说过	了解内容	社交媒体	亲友介绍	传统媒体	其他	愿意	文化认同	社交
占据比例	75%	25%	45%	28%	15%	12%	65%	42%	38%

（二）数据分析

1. 赛事知晓度较高，但认知深度不足

问卷调查显示，75%的受访者表示“听说过”那达慕，表明赛事在长春具有一定的知名度。然而，进一步分析发现，仅有25%的受访者能够准确了解那达慕的具体内容，能够完整说出“男儿三艺”（摔跤、赛马、射箭）的仅占32%。这一“知晓率高、认知度低”的现象说明，那达慕在传播过程中仍以“符号化”呈现为主，缺乏对其文化内涵的系统传递。

2. 社交媒体主导传播路径，人际网络发挥“桥接”作用

在信息获取渠道方面，社交媒体（微信、抖音、快手等）占比最高，达45%，其次为亲友介绍（28%），传统媒体仅占15%。值得关注的是，迁移人口更依赖“同乡群”“民族社团”等人际网络获取信息，这一比例高达37%，明显高于本地居民的12%。这表明，迁移社群不仅是信息的接收者，更是连接赛事与本地居民的“桥接节点”。

3. 迁移人口参与意愿强烈，文化认同驱动行为

在参与意愿方面，迁移人口中78%表示愿意参与那达慕，远高于本地居民的51%。其参与动机以“文化归属感”（62%）和

“社交需求”（35%）为主，体现出赛事在迁移者中承担着“文化重建”与“情感联结”的功能。情感驱动的参与模式，使得那达慕不仅是文化活动，更成为迁移者精神生活的重要组成部分。

4. 传播仍存局限：覆盖面有限、内容深度不足

尽管那达慕在长春初步建立了影响力，但调查也暴露了传播的明显短板。超过四成的本地居民表示“从未听说过”那达慕，宣传仍以民族社群内部为主，缺乏与城市公共空间的联动。此外，传播内容多集中于赛事“精彩瞬间”，属“事件性传播”，而对那达慕历史、精神内涵的“价值性传播”严重不足，导致受众理解多停留在“看热闹”层面。

五、结论与展望

在人口大规模迁移的背景下，那达慕赛事从草原核心区向长春等城市的传播，并非简单的文化复制，而是一场由人口流动驱动、多方力量共同参与的文化重构过程。研究表明，迁移人口既是赛事信息的接收者，更是最重要的传播媒介。以地缘、亲缘为纽带的迁移社群构成了赛事信息扩散的“毛细血管”，第一代迁移者凭借强烈的文化归属感成为赛事参与的核心动力。然而，第二代、第三代迁移者的文化认同明显衰减，代际传承面临挑战。

为适应城市空间与受众结构，那达慕在传播过程中发生了显著的“本土化”转型：赛事内容趋于精简与符号化，更具互动性的服饰、歌舞、美食等元素被凸显，赛事功能从“民族内部节庆”向“城市公共节庆”转变。社交媒体在这一过程中发挥了关键“破圈”作用，但当前传播仍以“事件性传播”为主，缺乏对文化内涵的深度挖掘，受众认知多停留在表层。

展望未来，那达慕在城市的生命力将愈发显现。建议从以下方向深化研究与实践：一是探索激发第二代迁移者文化认同的代际传承机制；二是平衡文化本真性与商业开发的关系，推动行业规范建设；三是构建“事件传播”与“价值传播”并重的媒介策略；四是拓展不同类型城市的比较研究，揭示城市特质对民族赛事传播路径的影响。期待更多研究关注民族传统文化在流动社会中的生存逻辑，推动那达慕从“民族的节日”走向“城市的节庆”，在现代化进程中焕发新的文化生命力。

参考文献

[1] 周皓. 中国迁移流动人口统计口径比较 [J]. 人口与经济, 2024, (04): 32-44.
[2] 朱宇, 林李月, 李亭亭, 等. 中国流动人口概念和数据的有效性与国际可比性 [J]. 地理学报, 2022, 77(12): 2991-3005.
[3] 朱星羽, 木永跃. 流动与融居: 我国少数民族流动人口户籍迁移意愿的空间趋势分析 [J]. 广西民族研究, 2024, (02): 178-189.
[4] 冯雪红, 张欣. 少数民族人口迁移及其学术脉络 [J]. 贵州民族研究, 2020, 41(12): 91-100.
[5] 李秀芳. 蒙古族传统体育文化那达慕的发展 [J]. 体育文化导刊, 2008, (11): 36-37.
[6] 那·恩和, 确吉. 蒙古族那达慕 [M]. 呼伦贝尔市: 内蒙古文化出版社, 2007.
[7] 夏宁博. 非物质文化遗产的传承途径探究 [D]. 云南艺术学院, 2011.
[8] 李凤新. 草原丝绸之路背景下“那达慕”文化传播的创新路径研究 [J]. 通化师范学院学报, 2022, 43(1): 12-17.
[9] 刘滨鸿. 大型体育赛事对举办城市经济发展的影响研究 [D]. 中央财经大学, 2022. DOI: 10.27665/d.cnki.gzcju.2022.000608.
[10] 丁霞. 体育赛事的社会影响和可持续发展策略 [J]. 山西财经大学学报, 2024, 46(S1): 73-75.

园林景观设计中花卉植物的色彩配置与应用研究

丁锡峰

无锡市瑞景城市服务有限公司, 江苏 无锡 214100

DOI: 10.61369/SSSD.2026070001

摘 要 : 随着园林景观设计的精细化与生态功能要求的不断提升, 花卉植物在景观中的应用越来越广泛, 其色彩配置直接关系到景观视觉效果与环境心理调节功能。本文围绕施工技术展开, 系统探讨了花卉色彩配置的原则、搭配方式、施工方法以及技术控制要点, 并通过具体数据分析其对景观质量的影响。研究发现, 合理的色彩搭配和科学的施工流程可提高植物成活率达 18%, 并显著提升景观美学评分与游客满意度。

关 键 词 : 园林景观; 花卉植物; 色彩配置; 施工技术; 应用研究

Research on the Color Configuration and Application of Flowering Plants in Landscape Design

Ding Xifeng

Wuxi Ruijing Urban Services Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214100

Abstract : With the refinement of landscape design and the continuous improvement of ecological function requirements, flowering plants are increasingly widely used in landscapes. Their color configuration is directly related to the landscape's visual effect and environmental psychological regulation function. Focusing on construction technology, this paper systematically discusses the principles, matching methods, construction techniques and key technical control points of floral color configuration, and analyzes its impact on landscape quality through specific data. The research finds that reasonable color matching and scientific construction processes can increase the plant survival rate by 18%, and significantly improve the landscape aesthetic score and tourist satisfaction.

Keywords : landscape architecture; flowering plants; color configuration; construction technology; application research

引言

园林景观作为城市生态系统的重要组成部分, 不仅承担着生态调节功能, 更是城市形象与人文情感的展示窗口。在园林景观构成要素中, 花卉植物因其丰富的色彩和季节性变化而成为塑造景观意境的关键元素。当前, 随着施工技术的进步, 色彩配置在园林工程中逐步从“感性搭配”转向“技术化配置”, 尤其在植物栽植时间、土壤调整、色彩对比等方面形成了一套具有数据支撑的系统流程。

一、花卉植物色彩配置的基本原则

(一) 协调统一原则

色彩协调与否是景观舒适度的核心考量, 采用色相近似、明度协调适配的植物组合形式, 就如紫色系(薰衣草、鼠尾草)和蓝色系(矢车菊、蓝蓟)的聚合, 能减弱视觉所面临的刺激度, 优化观赏效果, 就《园林工程技术规范》(GB 50420 - 2019)的推荐而言, 就色彩相近配置区而言, 绿地面积不应低于总面积的 35% 这一数值, 达成主景跟次景的协调一致^[1]。

(二) 季节交替原则

季节特性构成花卉植物景观塑造关键要素, 依靠中国北方气候得出的数据, 春季地表平均温度超过 12° C 的时候, 差不多是

4月中旬, 利于种植像郁金香、风信子这类早春花卉; 温度降至 18° C 以下的阶段, 宜于种植菊花类、金盏菊等晚花植物群落, 凭借科学安排花期转换, 躲开景观的空窗阶段, 系实现“全年有花”目标施工的核心要点。

(三) 明暗层次原则

直接关乎立体层次的是色彩明度和饱和度, 明色系(如黄色、白色这几种)宜摆放在前景或是引导视线的中心地带, 暗色(像深紫、深红这类)多用作背景或进行边缘收边, 试验所得到的数据说明, 采取前后花带对比度清晰的搭配手段, 可让游客平均停留时间延长 12 分钟, 视觉吸引度指数呈现 24% 的上扬^[2]。

(四) 生态适应原则

施工时往往因过度追逐色彩而漠视植物生态适应性, 引发植

物存活水平下降，工程实施证明，在北京区域实施工程采用当地适生花卉（例如大滨菊、紫花地丁）开展施工，自种植起第30天，成活率为94.6%，但所引种的像鸢尾类这样的热带花卉，其成活百分比低于71.2%，色彩设计应把本地适生性情况作为前置条件，躲开“视觉化然而不可长久维持”的错误方向。

二、花卉色彩配置的施工技术流程

（一）土壤改良与基质调整

在园林花卉栽植作业期间，土壤改良直接关乎植物根系生长速率及色彩呈现稳定性，适合花卉种植的基质须达成以下标准：有机质含量应维持在45克/千克及以上水平，要求土壤含水量处于25%到30%的水准，需把pH值调控在6.0至7.2间，通气孔隙度于18% - 25%范围波动，就常见的城市绿地表层黄壤以及建筑回填土而言，得实施结构性改良达成参数匹配^[3]。

在某既定项目开展时，实施面向面积2400平方米花坛区域的基质改良事宜，现给出具体施工技术：在每平方米的范围里，撒下18千克腐熟的羊粪肥及4千克木屑类有机物料，接着添加火山石粉2千克，用旋耕机把土地深翻，深度到35厘米，并把物料搅拌均匀一致。土壤容重自一开始的1.58克/立方厘米，降低到1.29克/立方厘米，土壤保蓄水分能力上升，每立方米含水达285升，便于花卉根系形成稳定根冠组织，为进一步增进透气及缓释特性，施工时额外添加了每立方米40升的珍珠岩材料，由测试得到的数据可知，添加珍珠岩后的改良土质，其每小时渗透的速率是11.2毫米，大幅超出原土的3.5毫米每小时渗透量。详情如表1所示。

表1 土壤改良与基质调整

项目内容	参数值	单位	使用材料
有机肥施用量	18	kg/ m ²	腐熟羊粪肥
木屑类有机质	4	kg/ m ²	杂木刨花
珍珠岩掺量	40	L/m ³	膨胀珍珠岩
渗透速率	11.2	mm/h	改良后土壤
土壤容重	1.29	g/cm ³	施工后土壤

（二）种植布局与色带组织

花卉色彩的展现效果跟栽种密度、植株高度之差、色块排列组合联系密切，在实施工程建造施工阶段，一般依照植株高度对花卉进行三种归类：惯用配置方案为“低 - 中 - 高”三层布置格局，前景引入金鱼草^[4]。

以绿道旁边花境带设置项目为例进行说明，建设方把条带状花境布置在了1800米长主步道的两侧，两侧各宽1.2米，每组花境采用由“红 - 黄 - 蓝”构成的三色条带组合，各条带宽度皆为40厘米，纵向延展的长度维度，9米构成一个循环单元。把种植密度调控至每平方米45株，就低矮类品种而言，行距是15厘米，各株植物的间隔为20厘米，保障植株生长空间且维持整体色块的连贯，力求色带边界整齐有序，施工过程里采用了可自由移动的PVC锯齿状花境分隔板，以10厘米深度深埋，外突3厘米，还凭借拉线控制种植曲线走向轨迹，使曲率半径达到1.5米及更高

水平。

（三）栽植时间与温湿控制

花卉施工过程中，时间节点须精准安排，尤其在季节过渡的关键时期，就北方区域而言，最适宜用来种植的时间是地温稳定达到10° C以上时段，一般为3月25日至4月15日，在这个阶段落实施工事宜，非但利于根系迅猛生长，且花色最终形成鲜艳，要是过了五月中旬再去栽植，若日均气温突破25° C，根系极易陷入萎蔫境地，花苞无法达成完整的形成与展开^[5]。

在一处城市公园建设项目里，春季施工之时采用了五种色彩花卉：郁金香呈现粉色、风信子展现紫色、小苍兰表露白色、金盏花凸显黄色、金鱼草映现橙色，不同花卉对应的最佳栽植温度区间依次为：栽植郁金香，温度以7 - 12° C为宜；风信子10 - 15° C；金鱼草15 - 20° C。施工规划为早晨6开始：00至10这个区间：绕开中午那时间段的强光，作业面积按每组每天300平方米把控，保障花卉栽植之后8小时内开展首次灌水，从水分管理这个维度，施工结束后借助滴灌系统精准供水，采用每小时流量为0.8升的滴头，每平方米布设4个滴头。开展3天持续不断的滴灌，按日算每平方米供水总量为4.8升规模，同时采用自动气象传感器来开展空气湿度监控，要是空气湿度处于低于40%的区间，增高浇水的次数，同时铺展35%透光率遮阳网，支架达到70厘米高度水平，网布宽度为一米二，能明显抑制日晒所致的蒸腾^[6]。

（四）后期管理与色彩维持

色彩配置若已成型，其维持期限与后期管理的质量状况紧密相关，依标准养护流程的要求：每7天开展一次地表杂草的去除操作；每3日开展一次病虫害巡查，一旦确认有虫害发生，就实施喷洒稀释1000倍的高效氯氰菊酯溶液操作，单次施用的量约0.6升/平方米，修剪间隔为10天一次，尤其是那些花期呈现集中特征的品种，就像金盏菊、鸡冠花，坚决需将枯萎花头剔除，防止腐烂扩散。

以某文化公园作例证，大约4800平方米的花卉布置面积覆盖5个月，设有6处养护分区，配套设施含有长达3100米的自动喷灌管道，含146个喷头，喷头可实现3米的喷洒半径，单次作业里，喷洒水量为每平方米2.8升整，每日在5:30跟17:30分别搞一次灌溉。

三、花卉色彩配置的应用实例与效果评估

（一）城市公园中的应用分析

在某城市公园“春日繁花大道”景观改进项目实施里，设计相关方采用三层样式的色彩调配模式，为强化空间的层次感及色彩的丰盈度，实际的配置呈现为：前景规划为种植黄色金鱼草，约20厘米的植株高度；于中景地带选种粉红色石竹，呈现出35厘米的高度；采用蓝紫色鸢尾作为整个背景，高度实现50厘米，项目施工总面积计4000平方米，就花卉而言，种植总量为125，以每平方米计，平均种植密度为31.25株^[7]。

该项目在进行施工的时候采用全自动滴灌系统，滴头规格呈现出单点每小时流量达0.8升，每平米设置滴头4个，实现灌溉均

匀、水资源节约高效，作业现场采用 GPS 定位技术，精准界定色块的实际位置，杜绝色彩排列错位，加大施工效率与图案还原逼真度，分区栽植实施期间，借助激光水平仪来辅助拉线布点操作，精度的控制限定在正负 1.5 厘米以内。

（二）居住区景观的色彩营造

在某奢华住宅小区景观施工的项目里，开发方采用“四季变迁、多色结合”色彩营造方案，提高景观动态视觉的表现力，项目全部面积为 800 平方米，施工单位依托植物花期及色彩呈现的特征，拟定四季交替种植安排：春季主打浅粉色洋水仙与紫花地丁；夏季配置方面采用橙色金盏花和紫罗兰；秋季选用的花卉为深红色鸡冠花；冬季凭借栽植南天竹这类彩叶植物维持色彩的整体基调。

此项目借助模块化种植单元实施分区布置，各单元的面积均为 4 m²，利于更换种植与养护，施工之际统一采用规格化预制土槽，此土槽长 80 厘米、宽 50 厘米、深 25 厘米，所装基质的量达 50 升，利于迅速更替植物且不妨碍周边植株生长，滴灌系统采取地下布管模式，一日自动运行两回，一回的供水量把控成 3 升每平方米，切实提升水分利用之效率^[8]。

（三）景观道路花带的配置策略

面对某主干道道路绿化带这一项目，规划团队着眼于“快速交通视觉识别”及“色彩引导线性延展”两个关键目标推进花卉配置工作，项目于道路两旁铺设宽度是 1.5 米的连贯双侧花带，全长共计 3200 米，创建覆盖面积差不多 9600 平方米的花境带，配置方案选用黄色万寿菊、红色鸡冠花与蓝色矢车菊来形成三色对比组合，各条色带宽度皆为 50 厘米，采取循环方式重复摆置，构建出节奏感分明的道路花境区域。

施工采用模块化且可移动的种植模架，各模架规格为长 1.2 米、宽 0.6 米，高度为固定的 30 厘米，可以迅速吊运到花槽所在

点，花卉种下 90 天内达成周期性替换，每次更换要求在 48 小时内得以完成，所用的这批花苗放置于项目苗圃区，平均之下每批花苗数量为 14，花卉输送采用专门冷链运输车体维持色彩新鲜度^[9]。

（四）文旅景区中的花卉艺术表达

在一个文旅景区综合增强项目里，为促成“沉浸式游览体验”的强化，设计团队筹划了 6 个主题花卉展示片区，各自对应着不一样的色彩基调，诸如紫韵花丛、焕金通道、粉霞湖岸等情形，项目所涉面积为 5200 平方米，采用嵌入式种植槽来嵌入小品节点，各种植槽规格为长 1.5 米、宽 0.5 米、深 40 厘米，填充基的质量大概为 60 升，花卉多数为色彩鲜明、花期安定的观赏类植株，像薰衣草、矮牵牛，还有孔雀草等。

为增添夜间景观效果的丰富度，项目引入了光与电联动体系，于各个种植槽边缘铺排 LED 洗墙灯，把照度设定于 150 – 200 勒克斯的区间内，具有颜色逐步过渡的能力，灯控系统跟景区时控中心促成联动，自动调控亮度与颜色契合，实现夜里“光随花姿变”的视觉同步性^[10]。

四、结论

花卉植物的色彩配置在园林景观施工中不仅是艺术表达的手段，更是科学管理与技术控制的综合体现。通过合理的色彩规划、精准的种植时间安排、科学的土壤与湿度管理，以及后期精细养护，可大幅提升花卉景观的观赏价值和功能效益。数据实证表明，优化后的色彩配置不仅提升景观美学评分 10% 以上，还能促进植物生长稳定性、增强游客参与感和满意度。未来，园林色彩配置应进一步向数字化与智能化方向发展，强化技术支撑，推动园林工程走向生态、美学与技术融合的新高度。

参考文献

[1] 张利利. 植物香气在园林景观设计中的应用研究 [J]. 分子植物育种, 2025, 23(07): 2410–2416.
[2] 孟欣, 马龙. 园林景观中花卉植物的色彩配置与应用研究 [J]. 分子植物育种, 2025, 23(06): 2028–2033.
[3] 杨坤. 分析园林景观设计中的花境设计要点——以红山公园项目为例 [J]. 现代园艺, 2022, 45(18): 117–119.
[4] 杨敏丹. 色彩景观在园林设计中的应用 [J]. 现代园艺, 2022, 45(12): 137–138+141.
[5] 师巧慧. 园林景观设计中野生花卉的应用策略探析 [J]. 现代园艺, 2021, 44(22): 109–111.
[6] 孟欣, 马龙. 园林景观中花卉植物的色彩配置与应用研究 [J]. 分子植物育种, 2025, 23(6): 2028–2033.
[7] 耿礼龙. 景观设计中花境植物的色彩搭配分析 [J]. 前卫, 2023(17): 0069–0071.
[8] 高俊晓. 花卉植物的色彩配置在园林景观中的应用研究 [J]. 分子植物育种, 2025(10).DOI:10.13271/j.mpb.023.003475.
[9] 阳小青. 园林景观设计中植物色彩的搭配及运用研究 [J]. 花卉, 2024(12): 4–6.
[10] 岳曦濛. 探究植物色彩在园林景观设计中的应用 [J]. 花卉, 2025(3): 115–117.

化工工程工艺中的绿色化工技术研究

刘娟¹, 王健²

1. 山东安特检测有限公司, 山东 滨州 256500

2. 山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

DOI: 10.61369/SSSD.2026070003

摘 要 : 新时代下, 越来越多化工企业认识到绿色化工技术在化工工程工艺中的重要作用, 并通过优化升级工艺和技术创新推动化工产业的可持续发展, 进而发挥出绿色化工技术在破解传统化工高污染、高能耗、高物耗困境的关键作用。基于此, 本文将浅析在化工工程工艺中应用绿色化工技术的必要性及具体应用, 并探讨化工工程工艺中的绿色化工技术应用的未来展望, 以期化工产业的绿色可持续发展提供一定参考。

关 键 词 : 化工工程; 化工工艺; 绿色化工技术

Research on Green Chemical Technology in Chemical Engineering and Processes

Liu Juan¹, Wang Jian²

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

2. Shandong Chambroad Petrochemicals Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256500

Abstract : In the new era, a growing number of chemical enterprises have recognized the crucial role of green chemical technology in chemical engineering and processes. By optimizing and upgrading production processes and pursuing technological innovation, these enterprises are driving the sustainable development of the chemical industry. In turn, green chemical technology plays a key role in addressing the long-standing predicaments of high pollution, high energy consumption and high material consumption plaguing traditional chemical engineering. On this basis, this paper briefly analyzes the necessity and specific applications of green chemical technology in chemical engineering and processes, and discusses the future prospects of its application in this field, aiming to provide certain references for the green and sustainable development of the chemical industry.

Keywords : chemical engineering; chemical processes; green chemical technology

作为工业社会发展的核心支柱之一, 传统化工产业主要依赖化石等不可再生资源, 以此为原料, 采用高能耗、高温、高压的工艺进行产品生产。虽然其对社会经济发展作出了巨大贡献, 但其生产过程中污染物的排放, 也带来了日益严峻的环境问题。因此, 化工工程工艺转型升级成为必然趋势, 而绿色化工技术的出现, 为化工产业摆脱高污染、高能耗的困境提供了有效破解路径。

一、在化工工程工艺中应用绿色化工技术的必要性

(一) 减少有毒物质的生成

传统化工工程工艺存在原料利用率不高、反应副产物复杂等问题, 废水、废气、废渣等有毒物质的排放, 不仅会对环境造成污染, 还会对人类健康构成威胁。而应用绿色化工技术, 通过改良应用、催化体系及建立清洁生产流程, 能够大幅减少化工工程工艺中有毒物质的生产量。在原料选择环节, 借助绿色化工技术, 尽可能地选取低毒、无害、可再生的绿色原料, 从源头上降低污染^[1]。比如, 在满足化工工程工艺的基础上, 运用生物质原料替代石油基原料合成化学品, 采用纤维素、淀粉等天然高分子制备生物质基聚合物材料, 降低有毒物质排放, 且产物可自然降

解, 从而减轻化工工程生产过程中的环境负担。

(二) 提高资源的利用效率

长期以来, 化工生产主要依赖于石油、煤炭、天然气等不可再生的化石资源, 随着工业化进程的加速, 资源短缺问题日益突出。在化工工程工艺中应用绿色化工技术, 能够有效提高化工生产原料的利用率和降低生产成本。另外, 绿色化工技术作为一种创新型技术, 为化工产业转型提供了新的可能。例如, 通过对化工生产中的废料、余热等进行回收再利用, 能够实现对资源的梯级利用, 优化生产流程, 进而推动化工产业向可持续发展方向发展^[2]。同时, 绿色化工技术的研发与应用, 还有助于带动环保材料、可再生能源等相关产业的发展, 形成多元化的产业集群, 为我国社会经济的健康发展提供“绿色动力”。

二、化工工程工艺中的绿色化工技术的具体应用

（一）绿色清洁技术

绿色清洁技术是绿色化工技术的一种综合应用，旨在对传统化工生产工艺全流程进行优化与革新，减少化工工程工艺中的毒害物质和能源浪费，推动化工工程向精细化、绿色智能方向发展。在石油化工领域，化工厂通过部署 DCS、SIS 等智能系统，加强对化工工程工艺过程的监控力度，以提升控制回路投用率和生产效率，实现不良品率、生产成本的降低，以及污染排放物和能源消耗的减少^[3]。例如，某大型炼化企业在生产中，运用绿色清洁技术后，优化了催化裂化装置的反应条件和催化剂性能，原料转化率提升了5%以上，装置能耗降低了6%，每年减少的二氧化碳排放量相当于种植了数万棵树木。在精细化工领域，基于绿色清洁技术，通过选择无毒无害的溶剂和高效催化剂对传统合成工艺进行改进，既缩短了反应时间，又提高了产品收率，而且后续的环保处理成本也显著降低。

在煤化工领域，引入光能资源，建设分布式光伏系统，优先供给电解水制氢装置，以“绿电”制“绿氢”，改善煤化工工程中合成气氢碳比调节中有效气浪费、二氧化碳排放高等难题^[4]。此外，在煤化工废水处理环节，采用膜分离、高级氧化等绿色清洁技术，将处理后的中水回用于循环冷却系统和工艺用水，在减少了新鲜水资源消耗的同时，降低废水外排对环境的影响。

（二）绿色分离技术

产物分离与提纯是化工生产中的核心环节之一，蒸馏、萃取等传统分离技术不仅需要消耗大量热能、电能，还容易产生溶剂污染，且分离效率较低。绿色分离技术具有低能耗、无污染、高效分离的特点，能够对原料和副产物进行同时回收再利用，进一步提升了资源的利用率。目前，膜分离技术是较为常见且应用广泛的绿色分离技术之一，利用不同膜材料的选择性渗透实现混合物的分离与提纯，过程中不需借助其他溶液介质，能耗仅为传统分离技术的1/3至1/2，且无二次污染发生。针对水资源处理而言，反渗透膜技术可以去除化工生产过程中，化工废水中的有机物、重金属离子等污染物，从而再次利用该类废水^[5]。比如，某企业对磷石膏进行处理时，采用耦合多级逆流水洗与功能改性的集成分离装置，让磷石膏从原来的“粗放处理”转变为“精细利用”，有效解决了传统磷石膏堆放占地及渗水污染环境的问题。

在气体分离领域，膜分离技术也可用于化工尾气中有气体的回收。比如，某企业采用膜分离技术回收高纯度制硅生产中的三氯氢硅等有用组分，实现工艺物料闭路循环，打破国外专利垄断，减少废气排放造成的环境污染及资源浪费^[6]。此外，在生产纯碱过程中，通过优化分离工艺，将碳酸盐尾气中二氧化碳浓度控制为1%–2%，能够实现每吨纯碱减少约20Nm³的二氧化碳排放量，达到了国际先进水平。

（三）绿色催化技术

传统化工生产中，多以重金属催化剂为主要处理方式，不仅催化效率低、副产物多，还回收困难、容易造成二次污染。当前，越来越多化工企业开始研发、应用高效、无毒、可回收的催

化剂。在有机合成与精细化工领域，某高校团队研发出了新型光热催化剂，这为绿色催化提供了新的可能。ZrCP/CNT 复合物将碳纳米管作为内嵌热源，Zr 配合物直接生长于表面包覆，不仅能够形成酸性催化位点，还能阻止热量散失，在不增加加热条件的情况下，利用光照实现糠醛高效转化为糠醇，催化效率高于常规的光催化与热催化体系。另一种 SPSS/DVB/CNT 复合材料，能够在室外日光下，10分钟内将超高浓度果糖脱水转化为5-羟甲基糠醛（HMF），产率高达85%以上，而且其反应速率也比传统工艺快4倍以上，大大降低了能耗及污染物排放量^[7]。

在石油化工领域，绿色催化技术广泛应用于石化工程中的炼制和精炼环节。比如，某石化企业利用智能工厂技术对自身整体生产工艺流程进行精准建模，并结合数字孪生技术，对催化反应装置进行优化，构建“实时生产动态—虚拟仿真分析—精准优化方案”的管理模式。这样大幅提升了催化效率，改善炼制及加工环节中的污染和能耗情况。同理，在焦化行业，通过优化催化反应与尾气处理协同工艺，焦粉的收集率达到了99%以上，并将包括硫化氢在内的有毒物质排放量控制在低于20毫克/立方米，低于国家标准的环保要求^[8]。

（四）生物技术

生物技术是绿色化生产技术的重要组成部分之一，在实际应用中具有高效性、低毒性和环保性的特点。因此，其在化工工程工艺中的应用具有较高的可行性。生物技术主要利用微生物、酶或动植物细胞等生物体系，进行物质的转化和合成，来代替传统化工工程工艺中较为繁杂的工序，以减少能源消耗。

在生物催化方面，酶是一种具有高专一性及低刺激性，能够在常温常压下应用的生物催化剂，而且可以有效降低能耗及副产物生成。例如，在医药中间体的合成中应用固定化酶技术即可实现连续化生产过程。在提高产品收率的同时，避免了以往化学催化过程中的重金属催化剂造成的污染问题。在生物转化过程中，利用微生物发酵工艺即可将可再生资源转化为高附加值化学品。如以玉米、甘蔗等为原料，通过微生物发酵制取乙醇、丁醇等生物燃料，这样一来，不仅减少了对石油能源的依赖性，并且这种燃料在燃烧过程中产生的二氧化碳还能被植物的光合作用吸收掉，形成碳循环，从而达到降低温室气体排放的效果^[9]。此外，在环境保护方面也离不开生物技术的应用，比如可以利用转基因技术培育高效的有机物分解菌，用于快速降解化工废水中有毒物质，提高废水处理效率，降低其处理成本，为化工产业的绿色转型提供强有力的技术支撑。

三、化工工程工艺中的绿色化工技术应用的未来展望

（一）聚焦技术创新，突破关键瓶颈

新时代下，经济发展与环境保护对化工工程工艺的更新与升级提出了更高的要求。对此，绿色化工技术的创新应聚焦减量化、再利用、资源化等原则，突破关键瓶颈，促进环保效益与经济效益的同步提升。一方面，要加大基础研究投入，加强科研院所和化工企业的合作，攻克如绿色催化剂的稳定性、膜分离技术

的长周期运行、提升生物转化效率等关键技术问题。另一方面，要建立健全技术创新激励机制，对在绿色化工技术研发、应用中取得重大突破的单位和个人给予政策支持与资金奖励，营造积极向上的创新氛围^[10]。同时，加强产学研用深度融合，推动实验室成果向工业化生产转化，缩短技术创新从研发到应用之间的周期，确保新技术能够在最短的时间内体现出其价值所在。

（二）加速绿色转型，构建循环链条

在研发阶段，优先考虑原料的环保性、可再生性及可降解性，避免使用有毒有害原料，减少产品在使用和废弃过程中对环境的污染。例如，在高分子材料领域，为降低白色污染，采用可降解塑料、生物基材料等绿色产品，逐步替代传统不可降解塑料。在生产阶段，构建上下游产业的协同联动的“循环化工园区”。旨在通过资源整合、技术协同，实现能源梯级利用、物料循环利用，形成循环共生的产业生态。在废弃处理阶段，绿色化工技术将实现无害化与资源化的有机融合，从源头上改变传统化工工程工艺以高消耗、高排放支持高产量的线性发展模式，推动化工产业绿色转型。

（三）引入数智技术，加强精准管控

在化工工程工艺中引入数智技术，可以对生产过程进行全方

位监测和有效调控，从而优化生产流程，减少能源消耗以及有毒气体排放量。比如，将传感设备和网络通信设备安装到化工生产设备当中，收集生产过程中的温度、压强、流量、毒气浓度等数据。然后，利用大数据技术、人工智能建立仿真模型，精准找到哪个环节能源消耗高、哪个环节污染量大，并自动优化工艺技术参数到最佳运行模式，使化工工程工艺从经验驱动转变为数据驱动，全面提升绿色化工技术的精细化管理和智能化水平。

四、结语

综上所述，绿色化工技术在化工工程工艺中的应用，不仅有效实现了环境保护与生产效能的和谐发展的目标，还改变了传统化工的发展模式，未来，随着技术创新、循环链条、精准管控等层面的不断完善，绿色化工技术将促使化工工程工艺进一步转型升级，在促进循环经济发展的同时，实现资源的高效利用，为“双碳”目标的实现提供有力支撑。

参考文献

[1] 朱树镇, 闫永, 吴立剑. 化工工程工艺中绿色化工关键技术研究 [J]. 塑料包装, 2025, 35(03): 66-69.
[2] 夏虎, 孙举兰. 化工工程中的绿色生产工艺与可持续发展研究 [J]. 华东纸业, 2025, 55(03): 20-22.
[3] 赵涛. 绿色化工技术在精细化工中的应用探究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(24): 190-192.
[4] 张扬. 绿色化工技术在化学工程工艺中的应用探究 [J]. 石化技术, 2024, 31(09): 282-284.
[5] 王聪. 绿色化工技术在化学工程工艺中的应用研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(08): 82-84.
[6] 周恩生. 绿色化工技术在化工工程工艺中的应用 [J]. 清洗世界, 2024, 40(07): 58-60.
[7] 盛艳. 化工工程工艺中的绿色化工关键技术分析 [J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(07): 22-24.
[8] 董娜, 张峰, 刘龙涛. 化学工程与工艺中绿色化工技术的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(18): 166-168.
[9] 路文利. 绿色化工技术与绿色化工设计的相关问题研究和工艺危害 [J]. 化工设计通讯, 2022, 48(05): 181-183.
[10] 曾志鹏, 叶海涛. 绿色化工技术在化学工程中的发展策略 [J]. 化工设计通讯, 2022, 48(02): 138-140+204.

乡村振兴背景下田园综合体的发展建设

——以普宁市占陇镇下寨村为例

雷锦桐, 李敏洁, 许北祈*, 彭莹莹, 黄琬岑

广州新华学院, 广东 广州 523133

DOI: 10.61369/SSSD.2026070008

摘 要 : 随着我国经济社会的蓬勃发展和持续进步, 农村地区的面貌正发生深刻变化。田园综合体正是这种变化下形成的重要成果, 它以农业用地及广义的农村环境为基础, 构建集多种功能、结构或元素于一体的综合体, 实现现代农业、休闲旅游与田园社区有机结合, 为乡村振兴战略持续推进提供新路径。故而, 文章以普宁市占陇镇下寨村为例分析乡村振兴背景下田园综合体的发展建设问题, 而后以其发展实践中存在的要素支撑不足、产业融合不足、缺乏农民参与等突出问题为导向探讨田园综合体的发展建设新策略。

关 键 词 : 乡村振兴; 田园综合体; 发展建设; 普宁市占陇镇下寨村

Development and Construction of Idyllic Complex Under the Background of Rural Revitalization—A Case Study of Xiazhai Village, Zhanlong Town, Puning City

Lei Jintong, Li Minjie, Xu Beiqi*, Peng Yingying, Huang Wanqin

Guangzhou Xinhua University, Guangzhou, Guangdong 523133

Abstract : With the vigorous development and continuous progress of China's economy and society, profound changes have taken place in rural areas. The idyllic complex is an important achievement formed under such changes. Based on agricultural land and the generalized rural environment, it constructs a complex integrating multiple functions, structures or elements, realizing the organic combination of modern agriculture, leisure tourism and rural communities, and providing a new path for the continuous advancement of the rural revitalization strategy. Therefore, taking Xiazhai Village, Zhanlong Town, Puning City as an example, this paper analyzes the development and construction issues of idyllic complexes under the background of rural revitalization, and then explores new strategies for the development and construction of idyllic complexes targeting the prominent problems existing in its development practice, such as insufficient factor support, inadequate industrial integration, and lack of farmer participation.

Keywords : rural revitalization; idyllic complex; development and construction; Xiazhai Village, Zhanlong Town, Puning City

受限于产品同质化、体验浅层化等结构性发展问题, 传统文旅产业发展模式与乡村振兴需求之间的矛盾日益凸显。田园综合体作为一种创新模式, 通过整合农业、文化、旅游等多产业资源打破传统发展模式局限, 为乡村经济多元化发展注入新活力。与传统文旅产业发展模式不同, 它采用复合型发展架构, 进一步活化在地资源、延伸产业链条, 优化生产要素配置, 为乡村产业提供多维价值增长空间, 成为解决“三农”问题, 落实乡村振兴战略的有效途径。然而, 田园综合体在快速发展的过程中也暴露出诸多问题, 如资源约束趋紧导致的要素支撑不足、缺乏科学规划导致的产业融合不够深入等, 这些问题制约田园综合体的发展建设的同时, 也为乡村产业发展模式创新带来新的切入点。本文以普宁市占陇镇下寨村为例, 提出健全多元融资渠道、推动产业融合发展、充分保障农民参与、实现产业深度融合的可行方法, 旨在解决田园综合体的发展建设问题, 为相关实践与研究工作提供借鉴。

项目信息: 2024年广州新华学院大学生创新创业训练计划项目“乡村振兴背景下田园综合体的发展建设——以普宁市占陇镇下寨村为例”(项目编号: 202413902001)。

作者简介:

雷锦桐 (2004.07—), 男, 汉族, 河南三门峡, 本科在读, 汉语言文学;

李敏洁 (2006.02—), 女, 汉族, 广东惠州, 本科在读, 汉语言文学;

彭莹莹 (2006.02—), 女, 汉族, 广东梅州, 本科在读, 汉语言文学;

黄琬岑 (2006.03—), 女, 汉族, 四川成都, 本科在读, 汉语言文学。

通讯作者: 许北祈 (1998.09—), 女, 汉族, 广东普宁, 本科, 助教, 思想政治教育。

一、田园综合体的发展建设概述

在田园综合体的发展建设中,“田园”指农业用地及广义的农村环境,“综合体”则强调多种功能、结构或元素的有机整合。它以城乡接合部为基地,整合不同产业资源,构建多功能复合系统,实现农业生产、生态保护、文化传承、旅游休闲的协同发展,促进城乡要素的双向流动,同时为农村地区带来新的经济增长点^[1]。

二、案例基本概况

(一) 地理区位

下寨村位于普宁市占陇镇,地处交通要道交汇处,周边公路网络发达,距离市区较近,交通十分便利。优越的地理位置为农产品运输至城市市场、城市游客前来休闲观光创造了便利条件,为田园综合体建设提供了必要的交通支撑。同时,下寨村及其周边自然环境优美,山水资源丰富,为田园综合体建设提供了特色景观^[2]。

(二) 发展基础

下寨村农业基础扎实,拥有一定规模的耕地;主要特色农作物,如西瓜、黄豆、黄豆芽、青椒、茼蒿、谷子,具备发展现代农业的潜力;保留着部分传统农耕文化和民俗活动,为文旅融合发展提供了丰富的文化素材。

三、现存问题

(一) 资源约束趋紧,要素支撑不足

下寨村在田园综合体建设过程中,面临着土地资源有限以及资金、技术等关键要素投入不足的问题。首先,田园综合体包含的现代农业设施、景区等会大量用地,所以,从土地要素方面来看,田园综合体建设受到土地资源有限性的制约。其次,工程建设中缺少社会资本支持,资金筹措困难影响项目的推进速度和建设质量,这反映了资金要素对田园综合体建设的制约作用^[3-4]。最后,在技术要素方面,虽然项目建设中采用了部分循环农业技术,引入了高效农业理念,但是部分规划与建设主体对现代农业设施的建造和运用还不够重视,导致农产品的技术含量较低。

(二) 缺乏科学规划,产业融合不足

从下寨村田园综合体建设的总体情况来看,其在规划方面存在明显短板,缺乏系统性、前瞻性的规划指导。一方面,主要经营模式较为简单,未能充分体现田园综合体的集中化、规模化、产业化特点,导致产业间联动性不强,难以形成完整的产业链条,例如农业种植与旅游观光之间缺乏深度融合,支持游客参与农事活动的体验项目较少,无法满足游客感受田园生活乐趣的需求。另一方面,区域内的工程存在策划“趋同性”问题,该村项目与周边其他项目之间在功能定位、项目设置等方面缺乏明显差异,导致同质化竞争严重,削弱了田园综合体的吸引力和市场竞争力^[5]。

(三) 偏离农业主旨,缺乏农民参与

田园综合体的核心在于田园生活,从本质上来看,田园综合体建设过程是农业地区实现农业产业融合的过程,故而,相关工作需要重视生产、生活、生态的有机融合。事实上,当前的田园综合体开发过程中对农村社区、休闲旅游、现代农业不够重视,忽略了农田、农业的生产生活特性,导致农家乐、旅游物业等本该极具地方特色的项目偏离农业主旨,缺乏农民参与。比如,在下寨村的田园综合体开发中,部分项目过度追求商业化与旅游效益,将发展重心偏向于休闲娱乐设施建设,而忽视了农业生产的本质,缺乏真正的农业体验活动,难以让游客充分感受到田园生活乐趣与农耕文化魅力^[6-7]。

四、发展建设策略

(一) 加大政策支持力度,加强要素支撑

在乡村田园综合体的建设中,各地政府需要不断强化自身的主体职责,加强用地、资金、技术等关键要素的支撑力度^[8]。首先,针对土地资源有限的问题,政府应合理规划土地利用,保障田园综合体建设用地需求,比如针对下寨村田园综合体建设实际情况采取个性化土地流转、土地整治策略,优化土地资源配置,提高土地利用效率。其次,在田园综合体建设中,需要拓展融资渠道,激发社会资本参与相关项目的积极性,比如通过设立专项基金、提供财政补贴、税收优惠等政策措施,吸引更多资金投入田园综合体项目中,帮助乡村产业解决资金筹措困难的问题。最后,结合技术要素支撑不足的问题,要加强乡村产业与高校之间的合作,建立产学研合作机制,为农民和其他参与主体提供先进适用的农业技术和管理经验,以提升农产品的技术含量和附加值,推动田园综合体向科技化、现代化方向发展。

(二) 合理确定建设规模,推动产业融合发展

合理确定建设规模,对项目建设进行科学预测和规划,是持续推进田园综合体建设,提升其发展效益的关键所在。具体到下寨村,可以综合考虑土地资源、资金状况、市场需求等多方面因素合理安排建设计划,降低由于“占地盘”导致后期投资力度不足,继而出现“烂尾”的风险。也就是说,田园综合体建设要根据土地资源的承载能力与市场需求,精准划定功能分区与建设边界,从而避免盲目求大导致的资源分散问题,以及规模过小影响产业集群效应的形成。同时,在布局上要保持与上位规划的紧密联系,确保田园综合体建设与区域整体发展战略相契合,从而形成优势互补、协同发展的良好局面。比如,下寨村田园综合体在规划过程中可以将农业种植区与观光采摘区有机结合,设计差异化的功能区域,使项目建设同时满足农业生产需求和游客体验田园生活的需求;结合本村特色作物种植情况,将文旅项目向农产品加工、乡村手工艺等环节延伸,构建“种植—加工—销售—旅游”的完整产业链^[9-10]。

(三) 回归农业发展本质,充分保障农民参与

田园综合体建设应紧紧围绕农业发展本质,将农业生产、农村生活和生态保护有机融合,从而形成“宜居宜业”“以农为本”

的发展模式。比如，下寨村要凸显农业的主导地位，引进农业现代化理念和技术；以“以产促城”为理论指导，将乡村产业发展与城市发展联系起来，构建城乡相互支持的良性循环；坚持可持续发展的思想，在项目规划与实施中保留农田的原始风貌与农耕文化的核心价值，通过农事体验、田园教育等特色项目培育绿色经济。在此基础上，各项目要突出农民主体性，充分保障农民参与，让农户在田园综合体建设中获益，从而提升其收入水平，增强其参与意愿。这需要以农户的普遍获益为导向，构建农户收益共享的制度体系，通过股份合作、利润返还、保底分红等多种形式，确保农民能够分享田园综合体发展的成果。

（四）优化农业产业结构，实现产业深度融合

优化农业产业结构，是实现田园综合体产业深度融合的重要途径。针对下寨村的实际情况，首先要根据本地特色农业资源，调整和优化农业种植结构，扩大高附加值农作物的种植面积，提升农产品的市场竞争力。也就是说，下寨村田园综合体建设要突出特色农业的基础作用，构建以农业为依托带动地产、文旅等相关产业发展的融合发展模式。随着产业融合层次不断深化，各个行业之间的链条被打通，田园综合体的产业形态将更加丰富多元。不同于传统发展模式，该模式整合农业、文旅、地产三大板块，以产业融合为途径实现农业增效、农民增收、农村繁荣，对推进乡村振兴有着十分重要的促进作用。

五、结束语

综上所述，田园综合体为农村地区带来新的发展机遇，是乡村全面振兴的新方向、新思路，但是其具体实践中还面临着要素支撑不足、产业融合不足、缺乏农民参与等突出问题，这些问题不仅影响了田园综合体的可持续发展，也制约了其在乡村振兴中作用发挥。乡村产业发展中，要以这些问题为切点探索更为科学且具有创新性的发展路径。

未来，随着政策支持力度的加大、多元融资渠道的健全以及科学规划的深入实施，田园综合体有望在资源整合、产业融合和农民参与等方面取得更大突破：

- （1）通过优化农业产业结构，推动现代农业与休闲旅游、田园社区等产业的深度融合，形成更加完善的产业链和价值链；
- （2）通过加大政策支持力度，吸引更多社会资本投入田园综合体建设，缓解要素支撑不足的问题；
- （3）让农民成为田园综合体发展的主体和受益者，激发农民的积极性和创造力，促进乡村产业的可持续发展；
- （4）立足当地资源禀赋和产业基础，合理确定田园综合体的建设规模和功能定位，推动不同产业有机融合和协同发展。

参考文献

[1] 周福朝. 乡村振兴战略背景下广西河池市田园综合体项目建设的思考 [J]. 桂海论丛, 2024, 40(05): 126-132.

[2] 李富宁, 张洁玉, 韦琳. 康养田园综合体高质量发展影响因素的分析研究——以广西恭城平安康养小镇为例 [J]. 安徽农业科学, 2024, 52(17): 258-261.

[3] 曹先磊, 任云鹤. 田园综合体建设试点促进了我国乡村产业高质量发展吗? [J]. 研究与发展管理, 2024, 36(04): 35-48.

[4] 罗诗艺. 乡村振兴背景下田园综合体模式发展困境与优化策略——以利川市南坪村为例 [J]. 中国集体经济, 2024, (14): 6-10.

[5] 连一帆, 张潇. 乡村振兴背景下田园综合体发展模式研究——以云南省玉龙纳西族自治县拉市田园综合体为例 [J]. 建筑与文化, 2024, (01): 118-120.

[6] 黄钰婷. 乡村振兴背景下田园综合体建设路径研究——以浙江省余姚市横坎头村为例 [J]. 建筑与文化, 2023, (10): 97-99.

[7] 吴治锐. 基于乡村振兴背景下云南特色田园综合体发展 [J]. 云南农业科技, 2023, (05): 56-58.

[8] 钱炬炬, 皮向红, 贺艺, 等. 乡村振兴背景下楠木桥田园综合体发展分析及启示 [J]. 农业展望, 2023, 19(07): 92-98.

[9] 张昱. 地方政府推进田园综合体可持续发展问题研究 [D]. 山东大学, 2023.

[10] 张秋瑾. 农旅融合打造田园综合体发展研究——下叶村田园综合体建设实践 [J]. 山西农经, 2023, (05): 158-160.

现代风景园林工程中立体绿化施工技术探讨

刘茜

赣州市园林环卫管理中心, 江西 赣州 341099

DOI: 10.61369/SSSD.2026070010

摘 要 : 在城市化快速推进和生态城市建设不断深入的情况下, 地面绿化空间趋于饱和, 立体绿化成了现代风景园林工程增加绿量、改善生态的重要手段。本文主要研究现代风景园林工程中的立体绿化施工技术, 整理出它的应用优势, 分析出荷载控制、植物适应、基质选择、运维管理四个主要的应用难题, 结合具体的工程案例, 给出相应的应用路径, 明确各个环节的技术关键点。研究以理论梳理和实践相结合的方式完善立体绿化施工技术的应用体系, 给工程高质量地实施提供理论和实践的支持, 促进立体绿化发挥生态、社会、经济效益, 推动现代风景园林可持续发展。

关 键 词 : 风景园林; 立体绿化; 施工技术; 研究探索

Discussion on Three-Dimensional Greening Construction Technology in Modern Landscape Engineering

Liu Qian

Ganzhou Garden and Sanitation Management Center, Ganzhou, Jiangxi 341099

Abstract : With the rapid progress of urbanization and the continuous advancement of ecological city construction, ground greening space has become increasingly saturated. Three-dimensional greening has become an important means for modern landscape engineering to increase green quantity and improve the ecological environment. This paper focuses on the three-dimensional greening construction technology in modern landscape engineering, summarizes its application advantages, and analyzes four major application problems: load control, plant adaptability, substrate selection, and operation and maintenance management. Combined with specific engineering cases, it puts forward corresponding application paths and clarifies the key technical points of each link. Through the combination of theoretical analysis and engineering practice, this study improves the application system of three-dimensional greening construction technology, provides theoretical and practical support for the high-quality implementation of projects, promotes three-dimensional greening to exert ecological, social and economic benefits, and drives the sustainable development of modern landscape architecture.

Keywords : landscape architecture; three-dimensional greening; construction technology; research and exploration

伴随着城市化的不断发展, 城市用地越来越紧张, 地面绿化空间也变得越来越小, 传统的平面绿化已经不能满足生态建设和城市风貌改善的双重要求。在“双碳”目标和生态城市建设理念的指引下, 立体绿化是增加城市绿量、改善微气候、减缓热岛效应的重要方式, 被普遍应用到现代风景园林工程当中。目前立体绿化施工虽然已经逐渐推广, 但是仍然存在荷载控制不够、植物成活率低、施工工艺不规范、智能化运维滞后等技术瓶颈, 需要通过系统的研究来改善施工技术、完善技术体系, 为立体绿化工程的高质量实施提供支持, 这也是本文的主要研究背景和现实意义。

一、现代风景园林工程中立体绿化施工技术的应用优势

现代风景园林工程中立体绿化施工技术的应用优势十分明显。该技术利用建筑墙面、屋顶、围栏等空闲场地, 不占用大量地面土地资源, 很好地解决了城市用地紧张问题, 又可以吸附空气中粉尘、有害气体, 净化空气、调节城市微气候、缓解热岛效应, 具有明显的生态效益, 还可以丰富园林景观空间层次, 把绿化与建筑、景观巧妙地结合在一起, 实现实用和美观的统一,

兼顾社会效益和经济效益, 是现代风景园林高质量发展的关键支撑。

二、现代风景园林工程中立体绿化施工技术的主要应用难点

(一) 荷载管控严苛, 安全隐患突出

立体绿化施工要依靠建筑墙面、屋顶等载体, 载体荷载承载能力直接决定施工是否可行、安全与否。不同的建筑结构设计标

准差别很大，一些老旧建筑或者非承重结构，不能承受绿化基质、植物、灌溉系统等组合荷载，容易造成墙面开裂、屋顶渗漏等问题。施工时荷载计算受基质含水量、植物生长周期等影响，不能做到精准控制。荷载控制不到位，不但会造成立体绿化工程的稳定性受到影响，还会造成建筑主体结构的损坏，给工程质量以及后期的运维工作造成巨大的困难。

（二）植物适配不足，存活难度较大

立体绿化植物生长环境与地面绿化有较大差别，墙面、屋顶等地方光照、通风、温度变化大，土壤基质层薄，保水保肥能力差，对植物品种适应性要求高。部分施工时没有根据施工区域立地条件选择植物，随意选用观赏性好但抗逆性差的品种，容易造成植物枯萎、病虫害滋生等现象。植物种植密度不合理、根系固定不牢，都会使存活率降低，造成绿化效果不能长久，工程返工率和运维成本上升。

（三）基质选择受限，性能难以达标

绿化基质是立体绿化植物生长的基础，要同时满足轻质、保水、保肥、透气等要求，兼顾荷载控制和植物生长。目前部分施工中基质配比不合理，密度过大增加荷载，保水保肥能力差，不能给植物生长提供稳定的环境。优质轻质基质成本高，部分施工单位为了控制成本而选择劣质基质，造成基质板结、养分流失等问题，影响植物的生长周期，降低立体绿化工程整体质量及使用寿命。

（四）运维技术薄弱，长效性难保障

立体绿化工程的长效性依靠科学规范的后期运维，目前大多数工程存在着运维技术薄弱、管理不到位的现象。灌溉系统缺少智能化控制，容易造成浇水不均、过度灌溉或者干旱缺水的现象，从而影响植物的生长。病虫害防治没有针对性，大多采取传统粗放式的防治方式，既影响绿化效果，又会造成环境影响。同时运维人员的专业素质不高，对于植物养护、基质更换、设施维修等重要环节的操作没有规范执行，造成立体绿化工程后期出现植物衰退、设施损坏等情况，不能达到长期稳定的生态和景观效果。

三、现代风景园林工程中立体绿化施工技术应用路径

（一）优化荷载管控，筑牢施工安全基础

根据工程载体建筑结构特点，对载体进行荷载检测、荷载计算，确定载体承载能力上限，制定荷载控制方案。使用轻质化施工材料，改善绿化基质、灌溉系统等构件的重量比例，减小整个工程的荷载压力。施工过程中设置动态荷载监测系统，随时掌握荷载的变化情况并做出相应的调整，防止由于荷载过大而造成主体结构受损，保证施工阶段及工程后期运行的安全和稳定。

在城市中心区老旧楼宇立体绿化改造项目中，设计人员首先要对老旧楼宇的主体结构进行全面的荷载检测，使用专业的设备测定墙体、屋顶的承载阈值，根据立体绿化工程整体设计方案，准确计算出绿化基质、耐旱植物、小型滴灌系统组合荷载，防止荷载超过建筑承载范围。对于部分非承重墙体，设计人员用轻质陶粒基质加模块化种植盒的方式进行优化，使基质配比更轻，用

不锈钢轻量化支架固定种植模块，减小对墙体的压强。施工期间，设计人员安设动态荷载监测仪器，对基质含水量、植物生长所引起的荷载变动进行实时监测，依照监测所得数据对种植密度及基质厚度作出相应调整，保证施工全阶段荷载在安全范围内运行，达成老旧楼宇绿化提升并削减建筑结构受损的风险目的，从而达到立体绿化工程同建筑主体的协同稳定。

（二）精准筛选植物，提升种植适配水平

根据施工区域的立地条件，对光照、通风、温度、湿度等环境因素进行全方位的分析，建立植物适应性评价体系。选择抗逆性强、生长周期稳定、养护简单、生态与景观性俱佳的植物品种。科学安排植物种植密度，改良根系固定办法，完备种植前预备工作程序，改善植物同生长环境的契合程度，从源头提高植物存活率，保证绿化成果的持久性。

以城市高架道路两侧立体绿化项目为例，设计者要对高架道路的立地条件进行全方位的分析，确定道路两侧的光照时长、昼夜温差、通风强度和尾气影响等主要因素，建立植物适配评价体系，选择适应性强的植物品种。由于高架道路光照充足、风大、有尾气污染，设计者首先选择抗风、耐旱、抗污染能力强的常春藤、佛甲草、小叶黄杨等植物，以满足景观层次和生态防护功能的要求。根据路段不同光照条件调整植物种植密度，藤蔓类植物采用网格牵引固定，改善根系固定结构，防止风力造成植物落果。种植前设计者对植物幼苗进行预处理，培育出适合高架环境的壮苗，提高植物的抗逆性，解决高架道路立体绿化植物存活率低、生长不稳定的难题，达到道路绿化和生态防护的双重目的。

（三）科学配比基质，保障植物生长需求

根据立体绿化荷载控制和植物生长两个方面的要求来建立科学的基质配比体系，保证轻质、保水、保肥、透气等主要性能。选择优质的轻质基质原料，通过试验来确定最佳的配比比例，使基质的密度减小，养分的供给能力增强。建立基质质量检测标准，严格控制基质进场质量，防止使用劣质基质，为植物生长创造稳定的、适宜的土壤环境，提高工程整体质量。

在城市商业综合体屋顶立体绿化项目中，设计者要考虑到屋顶荷载控制和植物生长的需求，建立合理的基质配比体系，保证基质轻质环保并且可以满足植物长时间生长的养分需求。设计者选用珍珠岩、椰糠、腐殖土为主要原料，经过多次试验来确定合理的配比比例，使珍珠岩和椰糠的含量保持在一个合适的范围内，从而降低基质的整体密度，同时加入腐熟有机肥来提高保肥能力，配合少量河沙来增强透气性，从而形成一种轻质、保水、保肥、透气性能较好的专用绿化基质。为了保证基质的质量，设计者制定了严格的进场检测标准，对每一批次的基质进行密度、含水量、养分含量等项目的抽样检测，杜绝不合格基质的使用。设计者根据屋顶各个区域的植物品种不同，对基质进行微调，给灌木、草本植物提供相应的生长基质，解决了屋顶立体绿化基质过重、养分缺乏的问题，给植物生长创造了稳定的适宜土壤环境，保证了屋顶绿化整体效果和使用寿命。

（四）完善运维体系，强化工程长效管理

创建专业化、智能化的运维管理机构，改良灌溉系统的规划

设计, 引进智能化调控手段, 达成水分供给的精确掌控。建立有针对性的病虫害防治体系, 使用绿色、高效防治技术, 降低对环境的影响。加强运维人员专业培训, 提高其植物养护、基质更换、设施检修等重要环节的操作水平, 创建常态化的运维检查体系, 尽早发现并处理后期运行过程中出现的各种问题, 保证工程长期高效地发挥作用。

在城市公园立体绿化景观提升项目中, 设计者要创建起专业的、智能化的运维管理体系来保证立体绿化景观的长期稳定。设计者对灌溉系统进行优化设计, 采用智能滴灌系统, 根据公园各个区域的植物种类、光照、湿度等差异来设置不同的灌溉参数, 使用传感器实时监测基质含水量, 达到精确供水的目的, 防止出现浇水不均匀或者过度浇水的情况。根据公园立体绿化病虫害容易滋生的特点, 设计者建立了相应的防治机制, 使用生物防治和物理防治相结合的方式进行绿色防治, 投放天敌昆虫、设置诱虫板等减少化学农药的使用, 降低对公园生态环境的影响。设计者还要加强运维人员的培训工作, 提高运维人员植物养护、基质更

换、滴灌系统维修等各个环节操作水平, 建立常态化的运维巡查制度, 定时对植物生长情况、基质状态、灌溉设施进行检查, 及时解决植物枯萎、基质板结、设施损坏等问题, 保证立体绿化工程长期稳定发挥生态和景观效益。

四、结语

综上所述, 本文主要研究了现代风景园林工程中立体绿化施工技术的研究背景、应用优势、主要应用难点和对应的应用路径, 并结合具体的工程案例, 确定了荷载控制、植物选择、基质比例和运维管理这四个主要方面的重要环节。对立体绿化施工的主要矛盾进行梳理, 并提出相应的解决办法, 结合科学的技术路径和实践案例, 给立体绿化工程的高质量实施提供了一定的理论和实践上的支持, 弥补了目前施工技术应用方面的不足, 使立体绿化在生态城市建设中发挥出生态、社会、经济效益的最大作用, 促进现代风景园林工程向绿色、高效、可持续方向发展。

参考文献

[1] 邢强, 赵斌, 胡永红, 等. 华东地区两种典型立体绿化植物根系性状特征及对新型土壤基质的响应 [J]. 植物生态学报, 2025, 49(9): 1498-1514.DOI:10.17521/cjpe.2024.0336.

[2] 包捷, 江峰, 马嘉伟, 等. 城市绿地土壤研究文献的 CiteSpace 可视化分析 [J]. 浙江农林大学学报, 2023, 40(4): 685-694.

[3] 李娟, 张磊, 王浩. 现代风景园林立体绿化荷载管控技术研究 [J]. 中国园林, 2023, 39(7): 102-107.

[4] 王鹏, 李丽, 刘敏. 高架道路立体绿化植物适配性筛选及应用 [J]. 风景园林, 2024, 31(2): 89-94.

[5] 张敏, 陈阳, 周宇. 立体绿化轻质基质配比优化及性能研究 [J]. 园艺学报, 2023, 50(11): 2289-2300.

[6] 刘杰, 赵芳, 陈明. 智能化运维在立体绿化工程中的应用研究 [J]. 建筑科学, 2024, 40(3): 156-162.

[7] 陈曦, 刘润发, 马军. 屋顶绿化中景天属植物根系性状与人工基质的相互作用 [J]. E3S Web of Conferences, 2023, 341: 01006.DOI: 10.1051/e3sconf/202334101006.

[8] 王丽, 张强, 李娜. 老旧楼宇立体绿化改造中的荷载安全控制技术 [J]. 施工技术, 2024, 53(8): 78-82.

[9] 赵阳, 李雪, 孙浩. 城市商业综合体屋顶立体绿化施工技术实践 [J]. 建筑施工, 2023, 45(10): 1987-1990.

[10] 陈明, 刘芳, 张宇. 立体绿化植物病虫害绿色防治技术研究 [J]. 中国植保导刊, 2024, 44(5): 78-83.

[11] 李丽, 王浩, 张磊. 景观生态视角下城市立体绿化功能优化研究 [J]. 生态学报, 2024, 44(12): 4987-4996.

[12] 张宇, 陈阳, 刘敏. 装配式模块化屋顶绿化施工工法研究 [J]. 施工技术, 2024, 53(11): 98-102.

[13] 王敏, 李娟, 张强. 智能滴灌系统在立体绿化中的应用与优化 [J]. 节水灌溉, 2023, (12): 134-138.

[14] 刘红, 赵浩, 陈明. 太原地区立体绿化耐寒植物筛选及应用研究 [J]. 山西林业科技, 2024, 53(2): 45-48.

[15] 陈阳, 张敏, 周宇. 立体绿化基质质量检测标准及应用研究 [J]. 土壤通报, 2023, 54(6): 1456-1462.

协同视角下农村自然灾害防治能力提升研究

曹明杰¹, 王雨涵^{2*}

1. 上海理工大学, 上海 200093

2. 江苏开放大学, 江苏 南京 210036

DOI: 10.61369/SSSD.2026070015

摘 要 : 我国农村地区由于受地域、自然等因素影响, 导致其防灾基础较为薄弱, 在面对自然灾害时往往应对不足。基于协同视角, 大力推进农村自然灾害防治工作意义重大, 通过对政府、村民等多方力量的整合, 有利于打破部门和区域之间的壁垒, 让信息、资源等高效联动起来。不断提升农村自然灾害防治能力, 不仅会影响广大农村地区人民群众的生命与财产安全, 也和乡村振兴、基层治理现代化进程息息相关。本文基于协同治理理念, 对当下农村自然灾害应急能力存在的问题进行了重点探究, 并从构建预警响应快速联动机制, 打通预警与响应之间的梗阻; 推动村级预警信息全域覆盖, 消除信息传递“最后一米”盲区等几个方面提出改进策略, 以期为建立健全农村自然灾害防治体系提供理论基础。

关 键 词 : 协同视角; 农村自然灾害; 防治能力; 提升

Research on Improving Rural Natural Disaster Prevention and Control Capabilities from a Collaborative Perspective

Cao Mingjie¹, Wang Yuhuan^{2*}

1.University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093

2.Jiangsu Open University, Nanjing, Jiangsu 210036

Abstract : Due to the impacts of geographical, natural and other factors, rural areas in China have relatively weak disaster prevention foundations and often lack adequate response capacity when confronting natural disasters. From a collaborative perspective, vigorously promoting rural natural disaster prevention and control work is of great significance. By integrating the forces of the government, villagers and other stakeholders, it helps break down barriers between departments and regions, enabling the efficient linkage of information, resources and other elements. Continuously improving rural natural disaster prevention and control capabilities not only affects the life and property safety of people in vast rural areas, but also is closely related to the process of rural revitalization and the modernization of grassroots governance. Based on the concept of collaborative governance, this paper focuses on exploring the existing problems in the current rural natural disaster emergency response capabilities. It proposes improvement strategies from aspects such as constructing a rapid linkage mechanism for early warning and response to remove obstacles between early warning and response, and promoting full coverage of village-level early warning information to eliminate the "last mile" blind spot in information transmission. The research aims to provide a theoretical foundation for establishing and improving the rural natural disaster prevention and control system.

Keywords : collaborative perspective; rural natural disasters; prevention and control capabilities; improvement

引言

在自然灾害防治体系中, 农村属于重点区域, 且防治能力较为薄弱。农村地区受地理条件、治理结构等条件制约, 导致其在诸多环节如灾害预警、应急响应等方面仍存在一些急需解决的问题^[1]。面对复杂多变的自然灾害, 农村地区应摒弃单一主体的防治模式, 通过协同治理, 提升自身防灾减灾和救灾的能力。站在协同视角下, 对农村自然灾害防治工作进行审视分析, 在明确各方责任的同时, 有利于优化资源配置, 增强流程衔接, 为农村防灾救灾转型创造有利条件, 使其由以往的分散应对转变为系统治理, 此外, 还能够为农村的稳定发展提供坚实保障^[2]。

一、协同视角下农村自然灾害防治能力提升意义

（一）有助于保障农村群众生命财产安全

农村群众无论是居住条件还是自救互救能力都相对有限，在面对自然灾害时，往往会束手无策。协同防治通过对多方力量的有效整合，能够构建全流程防护体系。在此过程中，各方力量各司其职。如政府部门主要负责发布灾害信息，村级组织则需要快速动员转移，社会组织负责提供物资和服务支持，村民也不能坐以待毙，而是要主动自救，通过多方的协同配合，有利于降低灾害引起的人员伤亡与财产损失。而协同机制则有利于提高应急响应速度、集中救援力量，让保障措施落实到位，在守护农村群众生命安全的同时，也能保障其基本生活，并通过营造更为安全的生产生活环境，有利于实现农村居民安居乐业的目标^[3]。

（二）有助于推动乡村振兴战略稳定实施

乡村振兴的有序推进，需要一个安全稳定的发展环境，自然灾害频繁发生会破坏农村的基础设施、生态环境等，不利于乡村的持续健康发展。协同提升自然灾害防治能力，有利于解决这个问题，减少灾害对于农村基础设施如道路、水利等的损害，为农业生产有序开展提供坚实保障。借助跨越部门和区域的协同防控，通过对隐患的提前排查，降低灾害影响，在促进农村产业发展的同时，有利于改善人居环境，提升公共服务质量^[4]。

（三）有助于提升基层治理体系和治理能力现代化水平

基层治理离不开对自然灾害的防治，采用协同治理模式，有利于优化农村基层治理结构。在进行协同防治时，各参与主体明确自身职责，密切合作，构建新的治理格局，该格局不仅权责清晰，且运转高效。而多个主体共同参与，有利于打通信息沟通渠道，避免应急决策盲目性，提高基层应对和处理突发事件的能力^[5]。总之，基于协同视角的自然灾害防治，有利于推动基层治理转型，使其由以往的被动应对转变为主动预防，从分散管理升级为系统治理，在完善农村基层治理体系的同时，也能有效提升治理能力现代化水平。

二、协同视角下农村自然灾害应急能力短板分析

（一）预警响应衔接不畅：橙色预警发布后，村级仍被动等待上级指令

协同视角下农村自然灾害应急能力存在预警响应衔接不畅的问题。在部分地区，区级气象部门发布台风橙色预警信号后，镇级应急机构尽管也会在第一时间把相关信息转发到工作群，但村级组织往往不会根据该信息进行人员转移，而是等待镇政府的正式文件或得到领导的明确指示^[6]。之所以出现这一现象，是因为预警发布和应急响应分别属于两个不同系统，他们的交集内容主要是信息传递层面，在责任授权和行动触发机制方面则相互割裂。其中，气象部门和属地政府分别负责发令和动令，而村级组织由于处于窗口期，即预警已到，但指令未达，导致其易陷入尴尬境地：即想要行动，害怕担责任，而按兵不动，则容易延误时机。这样的制度设计，无法充分发挥预警信息应急价值，导致基层的

实际行动力仍处于一个较低的水平^[7]。

（二）预警信息传递受阻：预警仅下发至村部，未及时扩散至村民

协同视角下，制约农村应急能力的因素众多，其中，信息传递的“最后一公里”梗阻成为最为关键的节点。镇级把预警信息转发到村级工作群之后，信息传递便结束了，未及时进行二次扩散，无路是村民小组还是网格群以及户主群都未收到此信息。留守老人由于缺乏智能设备或存在使用障碍，导致其无法接收、查看信息，村级喇叭也存在年久失修问题，导致预警信息未打通村域层面的断头路。调查显示，某沿海村的662户村民中，村级微信群覆盖人数为44人，且大部分为村干部和村代表，普通村民未在信息链条之内。这种传递断层导致预警覆盖出现了严重的人群倒挂，即风险防御能力不足的留守老人以及残障人士处在了信息末端，无法有限获得预警信息，出现了脆弱性和可得性错配的现象，不符合应急信息“应知尽知”这一基本原则^[8]。

（三）物资调度流程繁琐：物资出库需经三位领导会签方可发车

基层应急物资调度存在“程序刚性”和“应急柔性”方面的冲突。如某镇《应急物资管理办法》对物资出库进行了明确规定，必须经应急办主任、分管副镇长、镇长三级审批，尽管制度允许应急情况特殊处理，即“先电话请示、后补签字”，但值班人员在面对此状况时，为了保障程序正确，往往会走完线下签字这一流程，大大延长了物资装车发车时间，即从调拨指令下达到物资装车发车平均耗时47分钟，最长一次竟高达2小时17分钟。问题根源在于财务审计、资产监管等常态化治理逻辑和应急响应的事急从权需求未在在基层对接处进行兼容设计。两种制度在逻辑方面存在相互掣肘的问题，导致应急物资陷入了“储得进、调不出、用不上”的困境，降低了灾害应对时效性^[9]。

三、协同视角下农村自然灾害应急能力提升策略

（一）构建预警响应快速联动机制，打通预警与响应之间的梗阻

对于预警响应衔接不畅问题，可以协同为理念，对制度进行重构，建立科学机制，即预警信息与应急响应“直通车”机制。由区应急管理局进行牵头，修订《突发事件预警发布与应急响应联动规定》，明确不同级别的预警发布，自动触发受影响区域乡镇，让他们进入临战状态，此时，村级组织不用再等待镇级的正式文件便可开展先期处置，如进行人员转移、督促船只回港等。与此同时，建立建立“预警响应白名单”容错机制，明确免于追责和从严倒查问责的情况，借助权责设计，助力基层告别不敢动困局^[10]。

（二）推动村级预警信息全域覆盖，消除信息传递“最后一公里”盲区

针对预警信息传递不畅问题，可从构建协同传播网络入手，该网络不仅能覆盖全域，还能直达末梢。区应急管理局、融媒体中心、电信运营商合作，共同推进如下措施：第一，重构村级微

信群，成立官方应急信息群，每村应覆盖常住人口80%以上，对于外出务工人员，则让亲属代替入群，独居老人则安排网格员进行“一对一”电话告知，将群成员的达标率纳入考核体系；第二，开展传统预警设施复兴工程，恢复修缮行政村应急广播终端，如为沿海渔村，则要同步加装海上预警接收装置。

（三）优化应急物资调拨流程，实现储备与运输环节高效衔接

针对物资调度流程繁琐问题，应树立协同思维，以打破部门壁垒，重塑一体化流程，该流程将“储调运”三者集为一体。在实际工作中，可由区发改委、应急管理局联合出台《应急物资紧急调用简化程序规定》，改革内容包括：不再沿用镇级物资出库三级审批，授权应急办负责人“一支笔”签批，事后可补办手续；构建新的储备体系，该体系将前置储备、协议储备和产能储备结合到了一起，如沿海镇可提前将救生衣、照明设备等前置到中心渔村，山区镇前置的设备则包括发电机、卫星电话，前置的位置为地质灾害风险村；针对大型机械、运输车辆，可建立“征用预签约”机制，在汛前签订好协议，明确好相应的计费标准和结算周期，灾害发生的时候能够凭协议直接调用，事后在规定期限内进行补偿兑付，以保障物资既能调得出，又能用得上。

（四）创新民兵应急力量融合建设模式，提升基层队伍实战响应率

当下，民兵应急排外出务工比例高，到岗率严重不足，针对此困境，可以协同为理念，加强力量整合，注重机制创新。即由区人武部牵头，和应急管理局、人社局合作，共同制定如下改革措施：第一，是建立应急排人员“AB角”替补机制，在每个岗位安排的联络人不应少于2人，在主官外出期间，副岗能够及时补位；第二，实行“以奖代补”激励政策，对于那些在应急演练和拉动表现方面表现优秀的民兵给予误工补贴和年度评优倾斜，以提高民兵参与积极性，提升基层应急力量的实战响应率。

四、结语

总之，农村自然灾害防治能力提升属于一项复杂的系统工程，协同视角为其提供了重要的分析框架与实践路径。基于协同视角大力推进农村自然灾害防治工作意义重大，通过对政府、村民等多方力量的整合，有利于打破部门和区域之间的壁垒，让信息、资源等高效联动起来。将协同理念融入应急预案设计、资源调配机制等方面，有利于告别各自为战、被动应对局面，实现整体联动和主动防御目标。

参考文献

[1] 庞森. 西部生态脆弱社区气候变化适应性的理论与实践探索 [J]. 农村经济, 2019, (10): 93-100.

[2] 程欣, 帅传敏, 王静, 等. 生态环境和灾害对贫困影响的研究综述 [J]. 资源科学, 2018, 40(4): 676-697.

[3] 张艳军, 陈敏, 冯江. 论人类活动、生态环境与自然灾害的关系 [J]. 中国环境管理, 2003, (1): 30-32.

[4] 张海凤, 孔锋. 透视我国农村地区暴雨洪涝灾害风险防范及提升对策 [J]. 水利水电技术 (中英文), 2022, 53(9): 13-24.

[5] 徐阳. 我国海洋灾害应急处置能力提升研究——基于青岛市的案例分析 [J]. 华东理工大学学报 (社会科学版), 2017, 32(6): 83-90.

[6] 黄君洁. 应急财政能否减少自然灾害损失?——基于预备费视角 [J]. 学习与实践, 2021, (9): 52-62.

[7] 金红磊. 应急管理能力建设与国家治理现代化 [J]. 人民论坛, 2021, (10): 70-71.

[8] 杨磊, 王俞霏. 乡村应对公共卫生事件的韧性及其提升路径 [J]. 华中科技大学学报 (社会科学版), 2022, 36(2): 78-85.

[9] 隋永强, 杜泽, 张晓杰. 基于社区的灾害风险管理理论：一个多元协同应急治理框架 [J]. 天津行政学院学报, 2020, 22(6): 65-74.

[10] 吴俐霓, 华文. 乡村振兴背景下我国农村生态文明建设研究 [J]. 环境工程, 2022, 40(3): 250.

信息技术在大气环境监测工作中的应用路径研究

韦敏炎

广东科迪隆科技有限公司, 广东 广州 510220

DOI: 10.61369/SSSD.2026070016

摘 要： 随着我国“双碳”目标推进和生态环境保护力度的持续加大，大气环境监测工作迎来数字化、智能化转型机遇。信息技术的快速发展为大气环境监测提供了全新支撑，有效破解了传统监测模式中覆盖不全、精度不足、效率低下等难题，推动监测工作从“被动合规”向“主动增效”转变。基于此，本文针对信息技术在大气环境监测工作中的应用展开研究，系统分析信息技术在大气环境监测中的应用价值，深入剖析当前应用过程中存在问题，提出具体应用路径，旨在为推动大气环境监测工作高质量发展、构建生态化监测体系提供理论参考和实践指导。

关 键 词： 信息技术；大气环境监测；数据管理；协同合作

Research on the Application Paths of Information Technology in Atmospheric Environment Monitoring

Wei Minyan

Guangdong Kedilong Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510220

Abstract： With the advancement of China's "dual carbon" goals and the continuous strengthening of ecological and environmental protection efforts, atmospheric environment monitoring work has ushered in opportunities for digital and intelligent transformation. The rapid development of information technology has provided new support for atmospheric environment monitoring, effectively solving the problems of incomplete coverage, insufficient accuracy, and low efficiency in traditional monitoring models, and promoting the transformation of monitoring work from "passive compliance" to "proactive efficiency improvement". Based on this, this paper conducts research on the application of information technology in atmospheric environment monitoring, systematically analyzes the application value of information technology in atmospheric environment monitoring, in-depth examines the existing problems in the current application process, and proposes specific application paths. It aims to provide theoretical reference and practical guidance for promoting the high-quality development of atmospheric environment monitoring work and constructing an ecological monitoring system.

Keywords： information technology; atmospheric environment monitoring; data management; collaborative cooperation

引言

大气环境是人类生存和发展的重要基础，其质量直接关系到公众身体健康、生态系统稳定和社会经济可持续发展。随着物联网、大数据、人工智能、卫星遥感、移动监测等信息技术的飞速发展，其与大气环境监测工作的深度融合已成为必然趋势。信息技术能够实现大气污染物的实时采集、精准分析、智能预警和高效管控，打破传统监测的时空限制，构建“感知—分析—决策—执行”的闭环管理体系。因此，深入研究信息技术在大气环境监测中的应用价值、现存问题及优化路径，具有重要意义。

一、信息技术在大气环境监测工作中的应用价值

（一）有利于提升监测精准度

信息技术的应用有效破解了这一难题，通过构建“空天地人”一体化监测网络，实现了大气环境的全方位、全时段、高精度监测。高空层面，卫星遥感技术能够实现大范围、宏观层面的监测，通过多光谱卫星观测数据提取气溶胶关键特性，精准捕捉

PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂等污染物的空间分布和扩散趋势，覆盖传统监测难以触及的区域，为区域性污染防治提供宏观数据支撑^[1]。中国科学院空天信息研究院研发的“AIRTrans”算法，大幅提高了卫星监测数据的准确性和效率。地面层面，物联网技术通过部署智能监测设备，实现污染物实时采集和传输，数据采集频率从传统的每2小时1次提升至每分钟1次，部分VOCs监测设备精度可达ppb级。移动监测技术将设备搭载于汽车、无人机等载体，可

精准追踪污染热点和移动污染源，形成“固定 + 移动”的立体化监测格局，全面提升监测数据的精准度和全面性。

（二）有利于提高监测效率

传统大气环境监测需投入大量人力、物力和财力，人工采样、实验室分析耗时费力、成本较高，难以实现大规模、常态化监测。信息技术的应用大幅优化了监测流程，实现了监测工作的自动化、智能化，有效提高效率、降低成本^[2]。物联网技术与智能监测设备的结合，实现了污染物数据的自动采集、传输和分析，无需人工干预即可完成全天候监测，大幅减少人工工作量。大数据技术能够快速分析海量监测数据，自动识别异常、分析趋势，替代传统人工分析模式，减少人为误差，提升监测结果的科学性。

（三）有利于强化数据支撑

大气环境监测的核心目标是为污染防治决策提供科学数据支撑，信息技术的应用使监测数据价值得到充分发挥，为各级环保部门、企业提供精准指导，提升污染防治效能。大数据技术能够整合不同区域、时段、类型的监测数据，构建全面的大气环境监测数据库，通过数据挖掘揭示污染物来源、扩散规律和变化趋势，明确污染防治重点^[3]。人工智能技术进一步提升数据应用价值，通过构建预测、追踪模型，精准预测污染趋势、定位污染源，为决策提供精准指导。

二、信息技术在大气环境监测工作中的应用问题

（一）数据质量与安全存在隐患

数据是大气环境监测的核心，数据质量直接影响监测结果和决策有效性。当前，我国大气环境监测领域数据管理机制仍不健全。数据标准不统一。不同地区、部门、监测设备的监测数据，在格式、计量单位、采集频率等方面存在差异，缺乏统一行业标准，部分数据与国家统一传输标准不兼容，形成“数据孤岛”。数据质量管控薄弱。部分监测机构对数据采集、传输、存储、分析全流程管控不足，设备老化、维护不及时导致数据误差，监测人员操作不规范、网络传输不稳定导致数据丢失或延迟，未建立完善的三级存储和数据溯源机制，无法实现数据全程追溯。

（二）技术应用水平不均衡

当前，信息技术在大气环境监测中的应用呈现“区域不均衡、层级不均衡”特点。技术应用层次较低。部分应用信息技术的地区，仅实现数据自动采集和传输，未能充分发挥大数据、AI的分析、预警功能，监测工作停留在“数据采集”层面，且存在“重部署、轻维护”问题，设备运行稳定性差，影响应用效果。专业人才匮乏。信息技术应用需要既懂大气监测又懂信息技术的复合型人才，当前我国此类人才严重短缺，基层地区尤为突出，现有工作人员技术水平有限，且基层难以吸引、留住专业人才，加剧人才短板。

（三）数据共享与协同合作不足

大气污染具有流动性、区域性特点，需跨区域、跨部门协同合作，但当前信息技术应用存在数据共享不畅、协同不足问题，

难以形成防治合力^[4]。协同合作机制不完善，跨区域、跨部门的协同监测、预警、治理机制未完全建立，各主体各自为战，监测计划、预警标准不统一，企业与环保部门协同不足，部分企业未及时共享排污数据，难以实现实时监管。

三、信息技术在大气环境监测工作中的应用路径

（一）优化数据管理机制，提高数据处理效率

数据管理是信息技术应用的基础，需从统一标准、强化管控、保障安全三个方面，健全数据管理机制，确保数据质量、安全和高效利用。第一，要确定统一的数据标准规范。建立全国统一的空气监测数据标准体系，遵循国家统一的信息传输规范，明确数据格式、计量单位等内容；对采集到的数据进行分类分级处理，定义元数据来规范监测仪器设备的标准更新，并确保获得并传播这些数据的连续性和一致性^[5]。第二，强化全流程管理。建立采集 - 传输 - 存储 - 分析全链条管理体系并制定相关制度，加强仪器的日常维护和检定，落实“一机一策”的改造措施、“双人复核”的规定；采用加密技术和双通道冗余传输技术，建立三级信息存储及追溯体系确保信息准确性、完整性及可追溯性。第三，加强安全保障能力。构建全面的数据安全防护体系，采用加密、访问控制等技术和措施，建立健全访问权限管理及访问日志管理制度；制定完善的应急响应机制，定期开展应急演练，加强安全知识宣传教育工作，明确数据使用规则^[6]。

（二）提高技术应用水平，完善信息化管理系统

提高技术应用水平是推动监测智能化、精准化的关键，需加大投入、深化应用、完善系统、强化人才培养，破解基层短板。第一，加大科技投入推动区域均衡发展。加大对我国中西部地区农村地区和偏远地区经济上的扶持和技术上的支持，完善基层检测设备的配备，扩大智能监测设备的应用范围，实现“定点监测 + 移动监测”的立体式监控；重点支持基层地区，提供价格低廉又精确的智能监测设备，使其能够更加容易地接触到高科技产品^[7]。第二，加强技术应用，提高智慧化水平。积极利用大数据、人工智能、卫星遥感、边缘计算等新一代信息技术，支撑从“数据采集”向“数据变现”的转型，依托大数据技术搭建大气环境质量监测数据库，整合各类监测数据，并利用该类数据分析出污染物来源、传输规律以及变化趋势；应当用人工智能建立污染物浓度预测模型和污染物溯源模型，选用 ARIMA 模型、长短时记忆神经网络（LSTM）这样的算法，从而提高污染物预测精度，在前期发出污染预警信号，这就为污染防治对策提供了明确的方向性指导。第三，完善信息管理系统，实现全流程智能化。搭建“一站式”大气环境监测信息化管理系统架构，采用“云 - 边 - 端”的架构体系集成数据采集、传输、存储、分析、预警、调控等功能，实现监测全流程自动化，在终端层布置各类传感器以及移动 App。让员工可以随时随地查看监测的结果；第二层包括物联网门户及边云运算模块，实现初步的数据分析功能^[8]。第三层提供弹性计算资源、对象存储等基础服务以及大数据平台、人工智能开发平台等，实现深入数据分析利用。应建立多种用户界面，如环保

部门的“监督驾驶舱”、一线监察人员的“每日巡查看板”、领导层的“决策大屏”，满足不同岗位需求。第四，加强人才培养，解决人才缺乏的问题。建立健全多层次多形式的人才培养体系，不断加强对现有技术人员的培训工作，在物联网、大数据、人工智能等信息技术以及监测仪器操作维护方面提高其技术水平。加强与高校、科研院所合作开展定向培养，努力培养一批既具备大气污染防治专业知识背景又能够掌握信息技术应用的复合型人才；优化完善人才奖励机制，提高一线地区技术专家的待遇和发展空间，这样才能有效吸引留住人才^[9]。

（三）数据共享与协同合作，构建生态化监测体系

针对监测体系碎片化问题，需健全数据共享与协同合作机制，打破数据壁垒，推动协同监测，构建生态化监测体系。第一，建立健全数据共享体系，打破部门之间以及地区之间的信息壁垒，建设国家层面的数据共享平台，统一相关数据接口标准，促进各部门对监测数据进行及时共享；建立相应的数据共享管理制度，规范数据共享行为，确保有序推进。第二，完善协调联动机制。建立区域间、部门间的联防联控监测、预警及防治工作机制，实现统一监测方法、预警标准及防治措施，借鉴东部城市群

的联动观测经验，形成各职能部门的工作联动机制，加大企业与环境保护部门之间的联动性，强化对企业的排污行为管理^[10]。第三，构建绿色监测体系。整合各类环境监测设备，形成“天、地、人、机”一体化生态环境保护督察体系并加强与大气治理及应急处置联动，形成“监测—预警—防控—响应”的闭环管理模式；推动公共数据资源开放共享，通过政府官网、手机 APP 等渠道向公众公开大气环境质量监测数据，引导公众参与大气环境保护，吸引公众参与，达到群防群治的目的。

四、结语

综上所述，信息技术为大气环境监测高质量发展提供了全新机遇，在提升监测精准度、效率和数据支撑能力等方面具有不可替代的价值。在实际应用过程中，相关部门应注重优化数据管理、提升技术应用水平、强化协同共享，推动信息技术与大气环境监测深度融合，实现监测智能化、精准化、协同化发展。随着信息技术持续发展，应持续关注技术趋势，优化应用路径，推动信息技术深度应用，为大气污染防治决策提供科学支撑。

参考文献

[1] 徐学浩, 杨茗涵, 张衡, 等. 智慧环保背景下探究大气环境监测与布点方法 [J]. 清洗世界, 2022, 38(12): 167-168+171.
[2] 陈颖. 基于智慧环保的大气环境监测布点研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (30): 130-132.
[3] 陈付营, 赵慧来. 大气环境监测技术及其在污染治理中的应用研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(17): 61-62+65.DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-17-21.
[4] 孙述娟. 信息技术在大气环境监测工作中的应用 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (23): 137-139.
[5] 何林波. 大气环境监测预警体系研究 [D]. 西华大学, 2024.DOI: 10.27411/d.cnki.gscgc.2024.000674.
[6] 王勇. 大气环境监测中大数据解析技术应用探讨 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(05): 57-59.DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-05-19.
[7] 乔颖慧. 大气监测中数字化监测系统的应用 [C]// 中国环境科学学会, 中国环境监测总站. 第三届环境监测与预警技术大会论文集. 河南省商丘生态环境监测中心; , 2023: 221-224. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.107544.
[8] 郭子豪. 信息技术在环保领域的应用实践与探索 [C]// 河北省环境科学学会. 河北省环境科学学会2023年科学技术年会议论文集. 湘潭大学; , 2023: 163-169.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.087854.
[9] 罗四海. 提高大气环境监测质量的措施研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(22): 68-70.DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-22-23.
[10] 许洪俊. 大气监测在英德市大气污染防治工作中的重要性及开展路径 [J]. 皮革制作与环保科技. 2023-15-46.

大巷掘进穿越大水沟保护煤柱区的可行性 与安全控制研究

张孝福¹, 兰天伟^{2,3}, 路凯翔³, 张志佳³

1. 内蒙古伊泰大地煤炭有限公司, 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.2026070021

摘 要 : 针对内蒙古伊泰大地煤炭有限公司大地精煤矿四盘区大巷需穿越大水沟地表水体保护煤柱区的工程背景, 依据煤矿防治水“三区”管理要求, 在缓采区条件下开展大巷掘进可行性与安全性研究。基于矿井地质-水文-采掘技术资料, 采用煤柱弹塑性理论建立保护煤柱塑性区力学模型, 计算巷道掘进诱发塑性区扩展及煤柱核区宽度; 采用概率积分法构建覆岩-地表移动变形预测模型, 量化大巷掘进对地表水体及覆岩稳定性的影响; 进一步利用FLAC3D数值模拟对巷道开挖后的应力场、位移场及塑性区演化进行验证。研究认为, 在严格落实超前探放水、分区监测、强化锚网索喷支护与应急制度条件下, 四盘区大巷穿越大水沟保护煤柱区在力学与灾害控制层面具备工程可行性, 可为类似地表水体缓采区巷道工程提供参考。

关 键 词 : 巷道掘进; 概率积分法; 数值模拟; 地表沉陷; 可行性论证

Feasibility and Safety Control of Main Roadway Excavation Crossing the Protective Coal Pillar Zone of Dashuigou Surface Water Body

Zhang Xiaofu¹, Lan Tianwei^{2,3}, Lu Kaixiang³, Zhang Zhijia³

1. Inner Mongolia Yitai Dadi Coal 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 : Against the engineering background that the main roadway in the No.4 panel of Dadijing Coal Mine, Inner Mongolia Yitai Dadi Coal Co., Ltd., needs to cross the protective coal pillar zone of Dashuigou surface water body, this study investigates the feasibility and safety of main roadway excavation under the conditions of the restricted mining zone, in accordance with the requirements of the "Three-Zone" management for mine water hazard prevention and control. Based on the mine geological, hydrogeological and mining technical data, the elastoplastic theory of coal pillars was adopted to establish a mechanical model of the plastic zone of protective coal pillars, calculating the plastic zone expansion induced by roadway excavation and the width of the coal pillar core zone. The probability integration method was applied to construct a prediction model for overlying strata and surface movement and deformation, quantifying the impact of main roadway excavation on the stability of surface water bodies and overlying strata. Furthermore, FLAC3D numerical simulation was used to verify the evolution of stress field, displacement field and plastic zone after roadway excavation. The results show that, under the premise of strictly implementing advanced water exploration and drainage, zonal monitoring, reinforced bolt-mesh-cable-shotcrete support and emergency response systems, the excavation of the main roadway in the No.4 panel crossing the protective coal pillar zone of Dashuigou is technically feasible in terms of mechanics and water hazard control. This research can provide a reference for similar roadway engineering projects in restricted mining zones of surface water bodies.

Keywords : roadway excavation; probability integration method; numerical simulation; surface subsidence; feasibility demonstration

项目信息:

鄂尔多斯市标志性创新团队项目 (TD20240005);

鄂尔多斯市科技“突围”工程“揭榜挂帅”重大项目 (JB20251447);

鄂尔多斯市重点研发计划项目 (YF20250274)。

引言

大量研究表明,煤柱的稳定性与巷道掘进后的变形、应力分布、围岩稳定性及水害控制密切相关。煤柱的弹塑性区域宽度、覆岩变形、应力集中等因素都会对煤柱的承载能力和水害风险产生直接影响。基于煤柱弹塑性理论与数值模拟方法,学者们已经提出了多种评估模型,并在实践中得到了验证。然而,在缓采区下,如何科学合理地设计巷道布局与支护体系,确保在开采过程中水害得到有效控制,仍是一个值得深入探讨的问题。

因此,本文结合大地精煤矿四盘区的实际工程情况,依托煤柱弹塑性理论与数值模拟,分析了巷道掘进对煤柱稳定性、地表沉降及水害控制的影响,提出了有效的技术措施,为类似地质条件下的矿井工程提供理论支持和技术参考。

一、工程背景与研究区水文地质条件

(一) 矿井概况与自然地理条件

大地精煤矿位于内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗纳林陶亥镇,属东胜煤田东胜—靖边单斜构造区中南部。井田整体呈向西南缓倾的单斜结构,倾角一般为 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$,构造简单,未发现岩浆岩侵入体。井田总面积为 11.601km^2 ,开采标高范围为 $+1320\text{m}$ 至 $+1115\text{m}$,地形总体呈西高东低,海拔约 $1227 \sim 1357\text{m}$,为荒漠一半荒漠地貌,表层多被第四系风积砂覆盖,地表径流极少。井田东部大水沟为重要的季节性冲沟,在暴雨时可形成短暂洪峰,平时无常年流水。大水沟是区域内地表水汇集带,同时也是地下水补给的重要通道,对采区水文地质条件有直接影响。区内地震活动微弱,地震动峰值加速度 0.05g ,基本烈度Ⅵ度,区域工程地质环境总体稳定。

(二) 四盘区水文地质条件分析

四盘区位于井田西南部,其水文地质条件主要受上覆第四系松散层、基岩裂隙含水层以及采动影响下形成的导水裂隙带共同控制。煤系地层中存在若干砂岩裂隙含水层,包括3-2煤层上部砂岩层、4-2与3-2之间砂岩层以及5-1与4-2之间砂岩层。其中,中间两套含水层富水性较弱,多以储集静态地下水为主;但上部3-2顶板砂岩层厚度大、裂隙较发育,是潜在的补给来源。随着上部煤层采空区形成,部分砂岩裂隙含水层已与采空区连通,成为老空区积水来源。四盘区北侧大水沟区域的潜水含水层与煤系裂隙含水层具有一定水力联系,若采动导水裂隙带向上发展至第四系松散层底部,则可能形成贯通通道,导致大水沟区域潜水向四盘区巷道集中补给。

(三) 四盘区大巷布置情况分析

四盘区大巷主要沿5-1、5-2煤层顶板布置,包括5-1煤四盘区回风大巷、5-1/5-2煤四盘区辅运大巷及5-2煤四盘区主运大巷等关键巷道,具体位置。均为矩形断面,支护方式采用锚网索喷,围岩岩性以砂质泥岩、粉砂岩及细砂岩为主,顶板抗压强度一般为 $20 \sim 50\text{MPa}$,属中等偏强岩层,埋深约 $100 \sim 180\text{m}$,常规条件下围岩稳定性较好。

二、四盘区掘进大巷围岩稳定性分析

(一) 煤柱变形破坏机理

大水沟保护煤柱是四盘区大巷掘进下的重要承载结构,其稳

定性直接关系大巷围岩整体稳定与防水安全。煤柱的变形破坏过程与顶底板岩层的力学性质及接触条件密切相关,主要受两个因素控制:一是煤柱自身的强度与刚度;二是顶底板与煤柱接触面所提供的约束力大小。顶底板约束越强,煤柱横向膨胀越受限制,受力状态由单、双向压缩向三向受压转变,表现出类似三轴压缩条件下的高承载特性,煤柱变形呈“上下小、中间大”的鼓肚形特征。如图1所示。

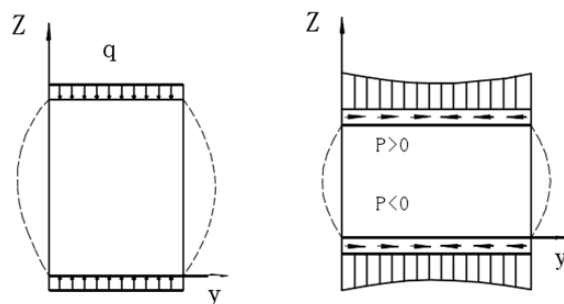


图1 煤柱围岩有约束状态下理想变形特征

当外部载荷逐渐增大并超过煤柱极限承载力时,将产生不同类型的破坏形式:当煤柱较宽时,多由两侧向中部发展剪切破坏;当煤柱较窄时,容易在煤柱中部沿纵向劈裂;当煤柱内部存在弱结构面时,将沿弱面发生剪切错动;当顶底板岩性软弱时,在上覆岩层压力作用下煤柱整体下沉嵌

入底板,产生底鼓破坏。如图2所示。

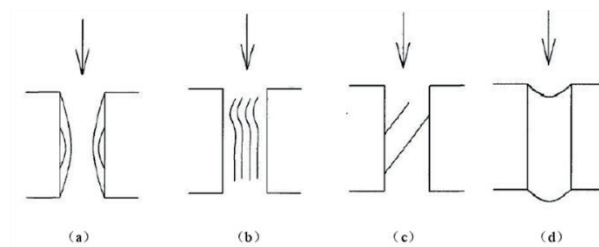


图2 煤柱的常规破坏形式

巷道开挖后,煤柱边缘由三向受力转变为双向或单向受力,边缘煤体首先破坏,集中应力向内部转移,在煤柱内部形成自边缘向内依次为破裂区、塑性区、弹性区和原岩应力区的典型分区,其应力随距边缘距离增大呈负指数衰减,煤柱弹塑性应变分布,如图3所示。四盘区大巷位于5-1、5-2煤层顶板附近,煤柱上下顶底板岩性以砂质泥岩、粉砂岩及细砂岩为主,整体较为坚硬,约束条件较好;巷道间煤柱宽度较大,两侧为大巷而非大面积采空区,应力集中程度有限,整体上为煤柱提供了有利的稳定性基础。

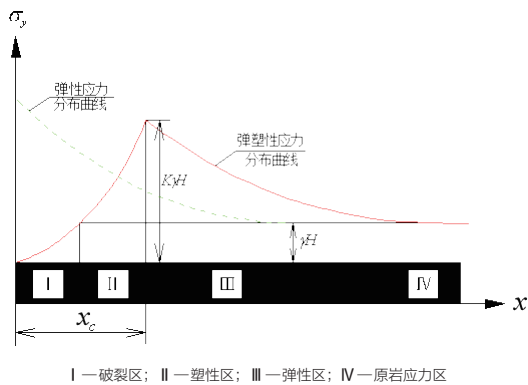


图3 煤柱弹性应力分布示意图

(二) 保护煤柱塑性区宽度与稳定性分析

在此基础上，为定量分析煤柱稳定性，采用摩尔-库仑准则，将煤柱视为连续均质各向同性体，假定煤柱屈服前变形较小、破坏以剪切为主，且破坏面与层面平行，仅受自重应力场作用，中性面位于煤柱宽度中心轴，塑性区边界为极限强度位置。沿煤柱宽度方向建立平面应力力学模型，通过平衡方程与强度条件联立，得到煤柱塑性区宽度计算公式为：

$$x_0 = \frac{m\lambda}{2\tan\phi_0} \ln \frac{K\gamma H + \frac{C_0}{\tan\phi_0}}{\frac{C_0}{\tan\phi_0} + \frac{p_x}{\lambda}} \quad (1)$$

式中： x_0 —煤柱塑性区宽度，m； m —煤柱高度，m； λ —侧压系数， $\lambda = \mu / (1 - \mu)$ ； ϕ_0 —煤柱与顶底板交界处的内摩擦角； K —塑性区边界面应力集中系数； H —煤层埋深，m； γ —上覆岩层平均容重，kN/m³； C_0 —煤柱与顶底板交界处的粘聚力，MPa； p_x —靠采空区侧煤柱的侧向阻力，MPa。

基于矿井实测参数：5-1煤四盘区大巷巷道长*宽=3.0*2.8m，侧压系数 $\lambda=0.538$ ，煤柱与顶底板界面内摩擦角 $\phi_0=30.8^\circ$ ，应力集中系数 $K=1.5$ ，煤层埋深 $H=119.4$ m、131m，上覆岩层平均容重 $\gamma=25$ kN/m³，界面粘聚力 $C_0=0.81$ MPa，采空区侧向阻力 $p_0=1.0$ MPa，将参数代入式(1)，对四条大巷（掘进条件下煤柱塑性区宽度进行计算。结果表明，四条大巷两侧煤柱塑性区宽度最大仅约0.71m。

在此基础上，保护煤柱弹性核区宽度可由“煤柱总宽度减去两侧塑性区宽度”得到，计算结果显示：四条大巷中保护煤柱弹性核区宽度最小为21.95m，明显大于巷道宽度6m的两倍，说明煤柱内部仍有较宽的弹性承载核心区，具有充足的承载安全储备。

从承载能力角度看，煤柱承受载荷主要包括垂直上覆岩层自重和两侧大巷上方一定范围悬垂岩层重量，可采用平衡拱或拱梁结构简化计算。。根据ZK1825号钻孔柱状图确定的岩层组合与参数，计算得大水沟保护煤柱上承受载荷约为3.27MPa。对比地质报告给出的煤柱平均破坏强度约10MPa，可以得到：煤柱现状承载应力远小于极限破坏强度，煤柱处于弹性稳定状态，不会发生整体屈服和大变形破坏。

(三) 同等条件下巷道布置及支护情况对比分析

为从工程实践角度验证四盘区大巷围岩稳定性分析的合理

性，选取大地精煤矿“三水平5煤组西翼大巷下穿包府公路”的工程实例进行对比。根据《大地精煤矿5煤组水平延深安全设施设计》《大地精煤矿三水平延深初步设计》及相关采掘工程平面图，三水平5煤组西翼下穿包府路四条大巷布置为：5-1煤西翼辅运大巷宽5.6m、高2.8m；5-1煤西翼回风大巷宽5.6m、高2.6m；5-2煤西翼主运大巷宽6.2m、高2.9m；5-2煤西翼回风大巷宽5.6m、高2.6m。巷道埋深约130m，5-1与5-2煤层平均间距约11m，地质条件与四盘区相近。

三、四盘区大巷掘进对覆岩移动与变形的预测分析

(一) 覆岩移动预测方法

为定量评价四盘区大巷掘进穿越大水沟保护煤柱区后对上覆岩层与地表的影响，采用概率积分法进行预测。概率积分法将覆岩视为随机介质，通过对开挖单元影响的概率叠加，能够综合考虑采深、倾角、采动厚度、覆岩结构、主要影响角等多种因素，是目前国内煤矿采动沉陷分析中应用最广、精度最高的方法。结合四盘区大巷均为窄条形开挖的特点，在煤层开采范围内取一微元dF，微元中心点坐标为(s, t)，微元的走向方向为s，倾斜方向为t。s、t坐标轴与地质坐标系坐标轴x、y夹角为 ϕ ，微元内煤层可看作板状结构，微元拐点偏移距为d。当采区内煤层全部开采后，地表任意点(x, y)处的下沉为：

$$W(x, y) = \iint_F f(x, y) dF = \iint_F \frac{qm \cos \alpha}{r^2} e^{-\frac{x-s}{r} - \frac{y-t}{r} - \frac{d}{r}} dF \quad (2)$$

式中： m —采高； α —煤层倾角； r —主要影响半径， $r=h/\tan\beta$ ； h —地面上待计算点(x, y)与煤层上微元点(s, t)的高程差。预测参数采用行业经验进行确定。

基于上述参数，利用MATLAB对四条大巷的开挖区域进行二重积分计算，得到大巷掘进后大水沟区域的覆岩移动与地表变形规律。计算表明，在四条大巷全部掘进完成并充分稳定后，大水沟区域地表最大下沉约为28mm，最大倾斜约为0.4mm/m，最大水平移动约12mm，最大曲率约为 0.1×10^{-4} mm/m。根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017)要求的地表允许变形限值（水平变形 $\leq \pm 2$ mm/m；倾斜 $\leq \pm 3$ mm/m；曲率 $\leq 0.2 \times 10^{-3}$ 1/m），预测值均远低于控制标准，说明大巷掘进对地表水体、沟谷边坡及周边地表设施的影响极小，不会造成地表移动超限。动态沉陷方面，根据下沉速度公式，计算得地表最大下沉速度约0.38mm/d，低于地表动态沉降识别阈值，不会形成持续性沉陷过程。覆岩结构保持整体性，不会形成贯通裂隙，也不会出现对地表水体有威胁的渗流通道，再次表明大巷掘进引起的覆岩扰动处于可控范围。

四、数值模拟

(一) 数值模型建立与参数取值

依据四盘区实际工程布置，在保护煤柱区域建立尺寸为100m×100m×100m的三维数值模型，共75641个节点、48759

个单元，模型内依次布置4-2、5-1、5-2煤层以及对应的砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩等顶底板层，四条大巷按照实际位置掘进。巷道采用“锚网索喷”支护而非裸巷，因此模型在顶底板强度反映上已考虑围岩约束效果，同时以材料本构体现围岩强度。模型完成后，依次模拟5-1煤层两条大巷、5-2煤层两条大巷的开挖过程，并监测煤柱应力重分布、围岩位移与塑性区范围，结合保护煤柱宽度对稳定性进行判别。

（二）结果分析

四盘区大巷掘进后保护煤柱内部应力发生明显重分布：5-1煤层大巷开挖后顶底板应力向两帮集中，顶板应力降低至约0.3MPa，卸压高度约5m，而两帮出现约3.9MPa的局部集中值，较原岩应力（3.4MPa）增加14.7%，但远低于煤岩体强度，属于典型可控应力集中；5-2煤层大巷掘进对上部5-1煤层围岩影响较弱，巷道之间煤柱弹性核区宽度保持在20m以上，显著大于两巷道宽度之和的2倍，煤柱整体保持弹性承载状态，不会产生屈服或剪切破坏。在位移方面，5-1煤层大巷顶板最大垂直位移约50mm，5-2煤层大巷最大约60mm，位移随高度迅速衰减至地表趋近于零，表明覆岩垂向移动受限，不会形成贯通裂隙。塑性区分析显示巷道顶板塑性深度约1.2m，底板约2.5m，塑性带均受限於巷帮附近，未向煤柱内部扩展，保护煤柱保持大范围弹性。综合分析可见，四条大巷掘进后：应力集中可控、顶底板位移小、塑性区有限，且煤柱核心区完整连续，具备足够承载能力，实现

对上覆岩体和大水沟水体的稳定隔离。因此，四盘区大巷掘进穿越大水沟保护煤柱区从数值模拟角度完全可行。

五、结论

(1) 四盘区大巷掘进后煤柱最大受载仅3.27MPa，远低于10MPa极限强度；两侧塑性区最大0.71m，煤柱弹性核区最小仍达21.95m，整体保持稳定，不会产生破坏与渗透通道。

(2) 地表沉陷预测显示最大下沉28mm、倾斜0.4mm/m、水平移动12mm，均远小于规范限值（如倾斜 $\leq 3\text{mm/m}$ ），说明大巷掘进对大水沟地表和沟谷稳定性影响极小。

(3) 数值模拟中巷帮最大集中应力约3.9MPa，仅较原岩应力3.4MPa增加14.7%，未超过岩体强度；上覆岩层未形成贯通裂隙，煤柱始终处于弹性承载区，结构安全可控。

(4) 大巷围岩位移总体较小，5-1煤层顶板最大下沉约50mm、5-2煤层约60mm；塑性区深度1.0 ~ 2.5m，均未延伸至煤柱核心区域，配合锚网索喷支护可确保长期稳定。

(5) 结合水位实时监测、声波裂隙探测、地质雷达及应急系统，可对水位变化（如1246 ~ 1255m）、围岩变形及水害风险进行动态控制，确保四盘区大巷穿越保护煤柱区的施工安全性。

参考文献

- [1] 乔伟, 王志文, 李文平, 等. 煤矿顶板离层水害形成机制、致灾机理及防治技术 [J]. 煤炭学报, 2021, 46(2): 507 - 522.
- [2] 张金贵, 赵瑞, 马会民, 等. 区段煤柱留设宽度分析及优化——以崖窑煤矿为例 [J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(10): 172 - 180.
- [3] 马会民, 张金贵, 赵瑞, 等. 特厚煤层区段煤柱合理宽度研究及巷道支护优化 [J]. 中国矿业, 2021, 30(12): 131 - 138.
- [4] 李强, 王海军, 马会民, 等. 沿空掘巷煤柱合理宽度及薄喷密闭技术研究 [J]. 中国矿业, 2022, 31(11): 120 - 126.
- [5] 韩磊, 戚鑫鑫, 王天君, 等. 融合动态概率积分法和 Logistic 模型的地表采煤沉陷动态预测方法 [J]. 煤矿安全, 2025, 56(4): 285 - 292.

植物资源规划和管理中新质生产力的综合应用策略 ——以上海长兴岛郊野公园为例

周亮

上海城投长兴建设发展（集团）有限公司，上海 201913

DOI: 10.61369/SSSD.2026070023

摘 要： 新质生产力在园林中具有广阔的应用前景。文章分析了上海长兴岛郊野公园植物资源管理的重要性及其面临的挑战，以及新质生产力在园林植物管理中的重要意义。从植物调查、病虫害监控和植物景观效果反馈三方面分析了上海长兴岛郊野公园的植物资源管理需求，并对其在新质生产力应用进行研究举例。但在新质生产力推进中也面临着一系列挑战，并针对这些难点给出了解决策略。

关 键 词： 植物资源；新质生产力；上海长兴岛郊野公园；公园管理

Comprehensive Application Strategies of New-Quality Productivity in Plant Resource Planning and Management — A Case Study of Shanghai Changxing Island Country Park

Zhou Liang

Shanghai Chengtou Changxing Construction Development (Group) Co., Ltd., Shanghai 201913

Abstract： New Quality Productive Forces holds Broad Application Prospects in Landscaping. This Paper analyzes the Importance of Plant Resource Management in Shanghai Changxing Island Country Park and the Challenges It Faces, as well as the Significance of New Quality Productive Forces in the Management of Landscape Plants. The analysis of the Plant Resource Management needs of Changxing Island Country Park in Shanghai is Conducted from Three Aspects: Plant Surveys, Pest Monitoring, and Feedback on Plant Landscape Effects, and Examples of its Application in New Quality Productive Forces are Provided. However, the Promotion Process of New Quality Productive Forces also Encounters a Series of Challenges, this Paper Proposes Corresponding Solution Strategy to these Difficulties.

Keywords： plant resources; new-quality productivity; Shanghai Changxing Island Country Park; park management

引言

长兴岛郊野公园作为上海乃至全国郊野公园的典范，其植物资源的丰富性与多样性不仅关乎公园的生态平衡与景观风貌，更是城市生态文明建设的重要体现。然而，传统的管理方式已难以满足当前郊野公园植物资源管理的需求。面对面积广阔、种类繁多、分布复杂的植物群落，以及日益严峻的外来植物入侵和病虫害威胁，如何高效、精准地进行植物资源管理成为了一个亟待解决的问题。在此背景下，新质生产力的引入为郊野公园植物资源管理提供了新的思路与手段。文章旨在深入探讨新质生产力在上海长兴岛郊野公园^①植物资源管理中的应用与实践，通过分析公园植物资源的管理需求，提出切实可行的解决方案与策略。通过文章的研究，期望能够为长兴岛郊野公园乃至全国郊野公园的植物资源管理提供一条创新的发展路径，推动园林行业向更加智能化、精准化、高效化的方向迈进^①。

一、背景与意义

（一）郊野公园植物资源管理的重要性

郊野公园植物资源管理的重要性不容忽视。植物生长角度而言，合理的资源管理能够确保植物获得充足的养分并促进其健康

生长。通过科学的种植选址、土壤管理、水分调控、病虫害防治和气候因子引导等措施，可保持公园生态群落稳定。从防范外来植物入侵而言，郊野公园林地一般约占总面积50%左右，体量远超其他类型公园，植物群落面积大种类繁多^②，且郊野公园地处城郊，周边城市化进程不高，更易面临外来物种入侵的威胁。因此

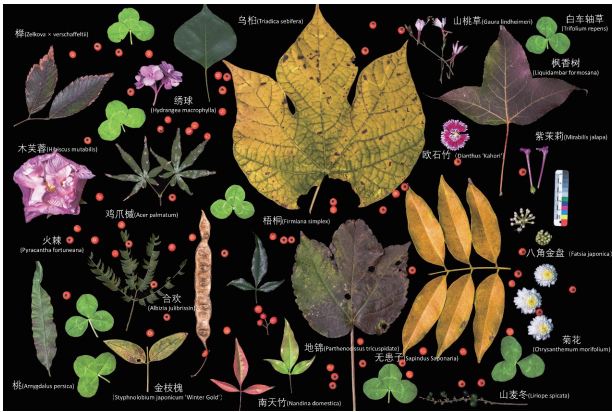


图1图2 公园内2024年10月11月植物月份照（图片来源：作者自绘）

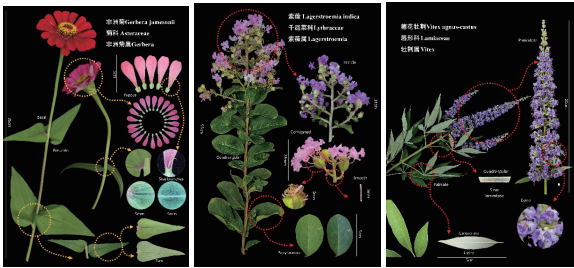


图3图4图5 公园内部分植物解剖照（图片来源：作者自绘）

五、新质生产力在植物病虫害监测中的应用，以公园主要虫害为例

长兴岛郊野公园常见植物虫害类型主要植物约涵盖21个科^[8]，常见虫害约50种，这些虫害涵盖了多个昆虫类群，包括蚜虫类、蚜虫类、蛾类、天牛类等。

通过航空器进行虫害识别主要有以下因素：首先是识别部位，考虑到空中正投影视角或俯瞰视角，多数植物叶面比其他植物器官更容易进行识别；其次需要有一定的识别特征，识别特征可以是病虫害导致的植物器官发生变化或者大量虫害集聚违背植物本身季节该有的颜色，更或是昆虫的蜜露或排泄物导致的颜色变化。通过以上两方面限制，可进行识别以下五种虫害（表1）。

表1 航空器可识别的虫害（表格来源：作者自绘） Tab.2 Identifiable Pest by Aircraft		
序号	虫害名称	可识别原因
Number	Pest name	Identifiable reasons
1	草履蚧	暴发时群体迁移，影响范围大
2	栎多态毛蚜	严重时嫩枝布满虫体，可以观察到叶片和嫩枝上的虫体分布
3	桃蚜	可以观察到受害叶片的卷曲和虫体的密集分布
4	棉蚜	可以观察到受害叶片向背面卷缩，叶表有蚜虫排泄的蜜露
5	月季长管蚜	可以观察到受害花卉的生长衰弱和虫体的密集分布

六、新质生产力在植物群落安全健康发展中的作用

准确系统地监测植物群落的状态及其动态变化对于分析生态系统功能、预测生态过程以及制定有效的生态保护和管理策略十分必要。通过航空器，能够进行详尽的航线和拍摄点位规划，同一机位进行高质量的影像捕捉可确保后续影像记录的连贯性和可比性。还可确保时间序列上数据的一致性和准确性。

当积累一定量的影像数据后，通过图像处理和遥感分析技术，对群落进行分析，结合数学模型和生态学理论，进一步模拟出植物群落的演替趋势，揭示群落内部物种组成、空间分布以及生态关系随时间变化的规律。此方法同样适用于外来植物入侵预警^[9-10]。

七、结语

郊野公园植物资源管理面对诸多挑战，积极引入新质生产力，从管理效率，难题解决，成果优化，视野拓展等角度解决大面积、多类型植物资源的精准调查难题，构建智能化的病虫害监控体系与预警机制，有效保障植物群落的健康安全与景观效果的持续优化。针对新质生产力运用过程中出现的难点，广泛借鉴，逐步改善。推动园林行业向智能化、精细化管理转型，为城市生态文明建设提供更有力的支撑。

注释：
①文章植物研究对象包括公园内，不包含园内果蔬场地、驻园企业和上海植物园长兴岛科研基地。

参考文献

[1] 陈婷, 刘秀青. 利用园林植物资源多样性增强生态旅游场景的科学价值 [J]. 分子植物育种, 2024 (22): 8324-8329.

[2] 庄伟, 段玉侠. 郊野公园植物多样性的生态恢复与重建——以上海滨江森林公园为例 [J]. 风景园林, 2019 (26): 42-46.

[3] 李惠茹, 汪远, 闫小玲等. 上海植物区系新资料 [J]. 华东师范大学学报 (自然科学版), 2017 (1): 132-138.

[4] 吴欣健, 王瑞琪, 陈纪雯等. 国内常用植物识别软件的识别能力及辅助教学课程设计 [J]. 现代园艺, 2023 (17): 197-199.

[5] 孟秀芳, 王晓燕, 杨盼等. 植物智能识别与三维建模应用研究 [J]. 信息与电脑, 2024 (11): 203-207.

[6] 葛斌杰, 陈彬, 钟鑫等. 建设当代植物标本馆体系的探索——以上海辰山植物标本馆 (CSH) 为例 [J]. 广西植物, 2022 (42): 116-126.

[7] 马炜梁, 陈勇, 赵宏等. 《中国植物精细解剖》是怎样炼成的 [J]. 中国植物学会85周年学术年会论文摘要汇编, 2018: 259.

[8] 张凯, 李胜华, 李洋等. 上海共青森林公园病虫害及天敌资源调查 [J]. 安徽农业科学, 2022 (23): 96-102, 123.

[9] 祝鹏. 建筑工程智慧工地信息化建设与应用探究 [J]. 建筑智能化, 2025 (02): 140-142.

[10] 韦万莉. 新质生产力赋能生态旅游的现实路径 [J]. 科学导报, 2025-02-17 (B02版).

生物质气化炉元素转化规律与热值分析研究

张晓光, 穆安勤, 穆富杰, 王傲天, 李雪

天纵泓光热科(宁夏)研发股份有限公司, 宁夏 银川 750011

DOI: 10.61369/SSSD.2026070024

摘 要 : 本研究基于热力学平衡等理论, 构建了生物质气化炉 C、H、O、N、S 元素转化定量模型, 分析 500–1800℃ 下气化特征, 探究 ER (空气当量比) 和 SBR (蒸汽与生物质比) 的影响。结果表明: 温度是核心调控因素, 低温区 CH₄ 等占比高, 中温区 CH₄ 分解、CO 和 H₂ 提升, 高温区 CO 主导 (>40%)、CH₄ 近乎消失。气体低位 / 高位热值分别为 7.4–10.0/8.1–10.0 MJ/Nm³, 随温度升高而增加。ER 升高使气体热值下降、产气率略升, 存在最优平衡; SBR 升高显著提高产气率 (0.97–2.53 Nm³/kg) 和 H₂/CO 比 (1.70–2.30), 但降低热值。本研究为工艺优化、设备设计提供理论与技术支撑。

关 键 词 : 生物质气化; 热力学平衡; 元素转化; 热值特性; 空气当量比; 蒸汽气化

Study on Element Transformation Law and Calorific Value Analysis of Biomass Gasifiers

Zhang Xiaoguang, Mu Anqin, Mu Fujie, Wang Aotian, Li Xue

Tianzong Hongguang Thermal Science (Ningxia) R&D Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia 750011

Abstract : Based on theories such as thermodynamic equilibrium, this study established a quantitative model for the transformation of C, H, O, N, and S elements in a biomass gasifier. Gasification characteristics at 500 – 1800 °C were analyzed, and the influences of ER (equivalence ratio) and SBR (steam-to-biomass ratio) were explored. The results show that temperature is the core controlling factor: in the low-temperature range, CH₄ and other components account for a high proportion; in the medium-temperature range, CH₄ decomposes while CO and H₂ increase; in the high-temperature range, CO dominates (>40%) and CH₄ nearly disappears. The lower and higher heating values of the product gas are 7.4 – 10.0 MJ/Nm³ and 8.1 – 10.0 MJ/Nm³, respectively, and both increase with rising temperature. Increasing ER reduces the gas calorific value but slightly increases the gas yield, indicating an optimal balance. Increasing SBR significantly raises the gas yield (0.97 – 2.53 Nm³/kg) and H₂/CO ratio (1.70 – 2.30), but lowers the calorific value. This study provides theoretical and technical support for process optimization and equipment design.

Keywords : biomass gasification; thermodynamic equilibrium; element transformation; calorific value characteristics; equivalence ratio (ER); steam gasification

引言

(一) 研究背景与意义

随着全球能源危机与环境问题的日益严峻, 可再生能源的高效开发利用成为解决能源短缺、缓解温室气体排放的关键途径。生物质作为唯一可转化为气、固、液三种形态燃料的可再生能源, 具有资源储量丰富、碳中和、清洁环保等突出优势, 其高效转化利用技术备受关注。生物质气化技术通过热化学转化过程, 将生物质原料转化为含 CO、H₂、CH₄ 等组分的可燃合成气, 可广泛应用于发电、供热、合成液体燃料及化工原料等领域, 是生物质能规模化利用的核心技术之一。

生物质气化过程涉及复杂的多相化学反应, C、H、O、N、S 等元素的转化路径直接决定了合成气的组分分布、热值水平及应用价值。例如, CO 和 H₂ 作为合成气的主要可燃组分, 其含量比例影响气体热值及后续应用场景; 而 N、S 元素转化生成的 NH₃、H₂S 等杂质则会造成设备腐蚀、环境污染等问题, 需在后续处理中脱除。因此, 准确揭示元素转化规律, 阐明温度、气化剂配比等关键参数对气化过程的影响机制, 对于优化工艺参数、提高合成气品质、降低生产成本具有重要的理论意义和工程价值。

（二）国内外研究现状

目前，国内外学者针对生物质气化过程开展了大量研究。在实验研究方面，相关研究采用热重-红外联用技术，研究了生物质热解气化过程中元素迁移规律，为气化反应机理分析提供了实验依据。然而，实验研究存在成本高、周期长、工况调节受限等问题，难以全面覆盖复杂的工艺参数范围。

随着计算技术的发展，基于热力学平衡理论的数值计算方法因其高效、经济、可扩展性强等优势，成为生物质气化过程研究的重要手段。近年来，相关研究^[1-2]基于 Gibbs 自由能最小化原理，建立了生物质气化热力学模型，预测了不同工况下的气体组分分布；多元素迁移转化规律的数值模拟研究^[3]为理解气化过程提供了重要支撑；空气当量比对气化效果的影响研究^[4]揭示了关键操作参数的作用机制；蒸汽气化过程中蒸汽与生物质比对产气特性的影响研究^[5]为优化制氢工艺提供了理论指导。但现有热力学模型多聚焦于单一元素或有限参数的影响分析，缺乏对 C、H、O、N、S 多元素转化规律的系统描述，且对蒸汽气化过程中元素转化与气体特性的耦合关系研究不够深入。此外，现有研究对产气率与热值的平衡关系探讨不足，难以直接为工程实践中工艺参数的优化提供精准指导。

（三）研究内容与技术路线

针对现有研究的不足，本研究旨在构建包含多元素转化的生物质气化热力学综合模型，系统分析温度、空气当量比（ER）、蒸汽与生物质比（SBR）等关键参数对元素转化、气体组分及热值特性的影响规律，明确产气率与热值的最优平衡条件。主要研究内容如下：

1. 基于热力学平衡理论和物料守恒原理，建立生物质气化过程中 C、H、O、N、S 元素转化的定量描述模型，明确主要气化反应的平衡特性；
2. 分析 500-1800℃ 温度范围内元素转化率、气体组分分布及热值的演变规律；
3. 探究 ER 对气化过程的影响机制，揭示气体组分、产气率与热值的变化规律；
4. 阐明 SBR 对蒸汽气化过程的作用规律，优化不同应用需求下的 SBR 参数范围；
5. 基于研究结果，提出生物质气化工艺参数优化方案及工程应用建议。

一、理论基础与计算方法

（一）热力学平衡理论

生物质气化过程是包含多组分、多反应的复杂热化学体系，其平衡状态可通过热力学平衡理论描述，核心在于通过计算反应平衡常数预测各反应的进行程度及产物分布。

1. 主要气化反应及热力学特性

生物质气化过程中的关键反应包括：

(1) 水煤气变换反应（WGS）： $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ， $\Delta G^\circ = -28.62 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = -41.2 \text{ kJ/mol}$ （放热反应）。该反应是调节 H_2/CO 比的关键反应，低温有利于正向进行。

(2) 甲烷化反应： $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ， $\Delta G^\circ = -142.12 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = -206.1 \text{ kJ/mol}$ （强放热反应）。低温下有利于 CH_4 生成，高温下反应逆向进行， CH_4 分解为 CO 和 H_2 。

(3) 氨合成反应： $0.5\text{N}_2 + 1.5\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$ ， $\Delta G^\circ = -16.45 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = -46.22 \text{ kJ/mol}$ （放热反应）。生物质中的 N 元素主要通过该反应转化为 NH_3 ，高温下 NH_3 分解。

(4) 硫化氢形成反应： $\text{H}_2 + 0.5\text{S}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$ ， $\Delta G^\circ = -73.41 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = -84.9 \text{ kJ/mol}$ （放热反应）。该反应控制 S 元素转化，大部分 S 元素转化为 H_2S 。

(5) 碳的气化反应（Boudouard 反应）： $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ ， $\Delta G^\circ = 120.02 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = 172.45 \text{ kJ/mol}$ （吸热反应）。高温有利于 CO 生成。

(6) 水蒸气气化反应： $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2$ ， $\Delta G^\circ = 91.40 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = 131.29 \text{ kJ/mol}$ （吸热反应）。该反应是蒸汽气化过程中生成合成气的核心反应。

(7) 甲烷重整反应： $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$ ， $\Delta G^\circ = 142.12 \text{ kJ/mol}$ （298.15 K）， $\Delta H^\circ = 206.1 \text{ kJ/mol}$ （强吸热反应）。高温有利于 CH_4 分解和 H_2 生成。

平衡常数 K 与标准吉布斯自由能变化 ΔG° 的关系为： $K = \exp(-\Delta G^\circ / (RT))$ ，其中 R 为通用气体常数（8.314 J/(mol·K)），T 为绝对温度（K）。

2. 平衡常数与温度的关系

平衡常数随温度的变化遵循 van't Hoff 方程： $d(\ln K)/dT = \Delta H^\circ / (RT^2)$ 。对于放热反应（ $\Delta H^\circ < 0$ ），温度升高时平衡常数减小；对于吸热反应（ $\Delta H^\circ > 0$ ），温度升高时平衡常数增大。在 500-1800℃ 气化温度范围内，水煤气变换反应和甲烷化反应的平衡常数随温度升高显著减小，而碳的气化反应、水蒸气气化反应及甲烷重整反应的平衡常数随温度升高显著增大。

（二）元素转化率模型

基于大量工程实践数据，建立了 C、H、O、N、S 元素转化率与温度的经验关联式：

· 碳转化率：随温度升高单调增加，500-800℃ 时为 30-62%，800-1200℃ 时快速提升至 62-74%，1200℃ 以上达到 74-95%。

· 氢转化率：500-800℃ 时为 40-80%，800℃ 以上升至 80-98%。

· 氧转化率：随温度线性增加，从 500℃ 时的约 85% 升至

1800℃时的99%。

·氮转化率：整体较低，1000℃以下为10–20%，1000℃以上增至20–40%。

·硫转化率：随温度升高从约70%增至95%。

（三）气体组分分布模型

根据热力学平衡计算及实验数据拟合，主要气体组分随温度的变化规律如下：

·低温区（500–800℃）： CH_4 （15–25%）、 CO_2 （25–35%）、 H_2O （20–30%）占比较高， CO （15–25%）和 H_2 （5–15%）处于积累阶段。

·中温区（800–1200℃）： CH_4 快速减少， CO 和 H_2 快速增加， CO_2 开始下降。

·高温区（1200–1800℃）： CH_4 和 H_2O 接近消失， CO 占比超过40%成为主导组分， H_2 稳定在30–40%， CO_2 降至5–10%。

（四）关键操作参数定义

空气当量比（ER）：定义为实际通入空气量与生物质完全燃烧所需理论空气量的比值。ER=0.2–0.4为部分氧化气化的适宜区间。

蒸汽与生物质比（SBR）：定义为通入蒸汽质量与生物质原料质量的比值。SBR直接影响蒸汽气化反应的进行程度，进而调控合成气组分及 H_2/CO 比。

（五）计算方法

采用标准状态（298.15 K，101325 Pa）下的热力学数据。气体热值分为低位热值（LHV）和高位热值（HHV），低位热值计算式为： $\text{LHV} = \sum (y_i \times \text{LHV}_i) / V_m$ ，其中 y_i 为组分 i 的摩尔分数， LHV_i 为组分 i 的低位热值（kJ/mol）， V_m 为摩尔体积（22.4 L/mol）。产气率定义为单位质量生物质原料气化后生成的干合成气体积（标准状态下），单位为 Nm^3/kg 。

二、结果与分析

（一）反应平衡常数分析

计算得到500–1800℃范围内各主要气化反应的平衡常数变化规律如图1所示：

1. 水煤气变换反应：平衡常数随温度升高持续减小，从500℃时的约50降至1800℃时的0.15，表明高温显著抑制该反应正向进行。

2. 甲烷化反应：平衡常数随温度升高呈指数级下降，500℃时高达 1.2×10^6 ，1800℃时低至 2.3×10^{-4} 。这表明低温下甲烷化反应强烈进行， CH_4 大量生成；而高温下反应完全逆向， CH_4 几乎完全分解为 CO 和 H_2 。

3. 氨合成反应：平衡常数随温度升高从500℃时的85降至1800℃时的0.03，高温下 NH_3 分解为 N_2 和 H_2 ，有效减少了含氮杂质含量。

4. 碳的气化反应、水蒸气气化反应及甲烷重整反应：平衡常数随温度升高显著增大。碳的气化反应平衡常数从500℃时的0.02增至1800℃时的120；水蒸气气化反应平衡常数从500℃时

的0.05增至1800℃时的85；甲烷重整反应平衡常数从500℃时的0.003增至1800℃时的620。高温下这些反应的强化，为 CO 和 H_2 的生成提供了重要途径。

（二）元素转化率分析

各元素转化率随温度的变化规律如图2所示：

1. 碳转化率：随温度升高呈三段式增长，500–800℃时增长缓慢，800–1200℃时快速增长，1200℃以上增长趋缓，1800℃时达到95%，接近完全转化。

2. 氢转化率：整体高于碳转化率，500℃时为40%，800℃时升至80%，1800℃时达到98%。

3. 氧转化率：随温度线性增长，500℃时为85%，1800℃时达到99%，是所有元素中转化率最高的。

4. 氮转化率：整体较低，500–1000℃时为10–20%，1000℃以上缓慢增至20–40%，1800℃时为40%。

5. 硫转化率：随温度升高从500℃时的70%增至1800℃时的95%，高温下硫元素几乎完全转化为 H_2S 。

（三）气体组分分布分析

主要气体组分的摩尔分数随温度的变化特征如图3所示：

1. CO ：作为高温区的主导可燃组分，其摩尔分数随温度升高持续增加，500℃时为18%，1200℃时达到40%，1800℃时为48%。

2. H_2 ：摩尔分数随温度升高先快速增加后趋于稳定，500℃时为10%，1200℃时达到35%，1800℃时为38%。

3. CH_4 ：摩尔分数随温度升高急剧下降，500℃时为22%，800℃时降至8%，1200℃时仅为1%，1800℃时接近0%。

4. CO_2 ：摩尔分数随温度升高持续下降，500℃时为30%，1200℃时为10%，1800℃时为5%。

5. H_2O ：摩尔分数随温度升高显著下降，500℃时为28%，1200℃时为4%，1800℃时接近0%。

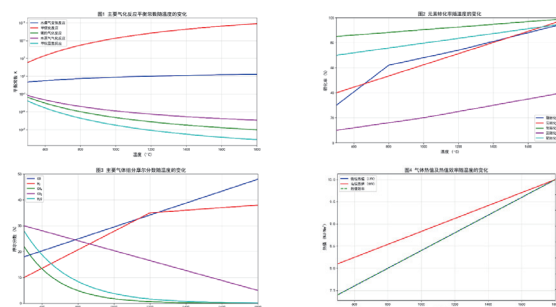
（四）热值分析

气体热值随温度的变化规律如图4所示：

1. 低位热值（LHV）：随温度升高持续增加，500℃时为 $7.4 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ，800℃时增至 $8.5 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ，1200℃时达到 $9.3 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ，1800℃时为 $10.0 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ 。

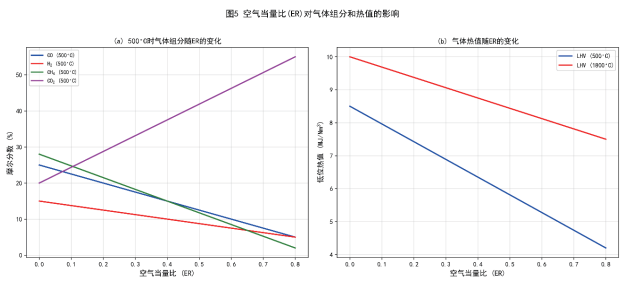
2. 高位热值（HHV）：整体高于LHV，范围为 $8.1\text{--}10.0 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ，500℃时为 $8.1 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ，1800℃时为 $10.0 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ 。

3. 热值效率：以天然气热值（ $35.8 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$ ）为基准，计算合成气的热值效率，范围为20.7%–27.9%，高温区热值效率显著高于低温区。



(五) 空气当量比 (ER) 影响分析

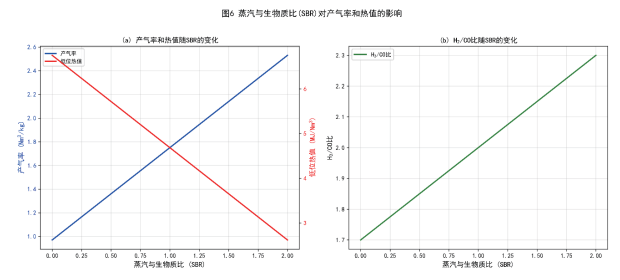
ER 增加 (0.0-0.8) 对气化过程的影响如图5所示:



1. 对气体组分的影响: ER 增加时 CO、H₂、CH₄ 等可燃组分含量减少, CO₂ 和 H₂O 含量增加。500℃时, ER=0.0 时 CO 含量为 25%, ER=0.8 时降至 5%; 1800℃时, ER=0.0 时 CO 含量为 50%, ER=0.8 时降至 20%。
2. 对热值和产气率的影响: ER 增加时, 气体 LHV 显著下降。500℃时, ER=0.0 时 LHV 为 8.5 MJ/Nm³, ER=0.8 时降至 4.2 MJ/Nm³; 1800℃时, ER=0.0 时 LHV 为 10.0 MJ/Nm³, ER=0.8 时降至 7.5 MJ/Nm³。ER 增加时, 产气率略有提高, 从 0.64-1.13 Nm³/kg 增至 0.71-1.09 Nm³/kg。
3. 最优 ER 值: 生产高热值气体选择 ER=0.2-0.4, 生产合成气选择 ER=0.3-0.5, 生产燃料气选择 ER=0.4-0.6, 避免 ER>0.8。

(六) 蒸汽气化 (SBR) 影响分析

SBR 增加 (0.0-2.0) 对气化过程的影响如图6所示:



1. 对气体组分的影响: SBR 增加时 CO 含量显著减少, H₂ 含量显著增加, H₂O 含量显著增加。SBR=0.0 时, H₂ 平均摩尔分数为 0.145; SBR=2.0 时, H₂ 平均摩尔分数增至 0.312。
2. 对产气率、热值及 H₂/CO 比的影响: SBR 增加时, 产气率显著提高, 从 0.97 增至 2.53 Nm³/kg, 提升 160%; H₂/CO 比显著提高, 从 1.70 增至 2.30, 提升 35%; 但气体热值显著降低, 从 6.75 降至 2.62 MJ/Nm³, 降低 61%。
3. 不同 SBR 的工程应用场景: 低 SBR (0.0-0.5) 适合生产高热值气体, 中 SBR (0.5-1.0) 平衡产气率和热值, 高 SBR (1.0-2.0) 适合生产富氢气体。

三、结论与展望

(一) 主要结论

本研究基于热力学平衡理论、物料守恒原理及经验关联式, 构建了生物质气化炉中 C、H、O、N、S 元素转化的定量描述

模型, 系统分析了温度、空气当量比 (ER) 和蒸汽与生物质比 (SBR) 对气化过程的影响规律, 得出以下主要结论:

1. 温度是影响生物质气化过程的核心因素。500-1800℃范围内, 高温有利于吸热反应进行, 促进 C、H、O、S 元素转化, 碳转化率从 30% 提升至 95%, 氢转化率从 40% 提升至 98%; 气体组分呈现显著的温度依赖性, 高温区 CO (>40%) 和 H₂ (30-40%) 占主导; 气体热值随温度升高而增加, LHV 为 7.4-10.0 MJ/Nm³, 相对于天然气的热值效率为 20.7%-27.9%。
2. 空气当量比 (ER) 对气化效果影响显著。ER 增加导致可燃组分含量减少, 气体热值降低, 但产气率略有提高; 存在最优 ER 平衡点, 生产高热值气体选择 ER=0.2-0.4, 生产合成气选择 ER=0.3-0.5, 避免 ER>0.8。
3. 蒸汽与生物质比 (SBR) 是蒸汽气化工艺的关键参数。SBR 增加显著提高产气率和 H₂/CO 比, 但降低气体热值; 低 SBR 适合生产高热值气体, 中 SBR 平衡产气率和热值, 高 SBR 适合生产富氢气体。
4. 本研究建立的多元素转化定量模型及工艺优化建议, 可有效指导生物质气化工程应用, 为设备设计、参数调控及气体品质优化提供了理论支撑。

(二) 展望

尽管本研究取得了一定成果, 但仍存在以下不足, 需在后续研究中完善:

1. 模型未考虑压力、气化剂类型等因素的影响, 后续可扩展模型维度, 纳入压力、氧气浓度等参数。
2. 热力学模型基于平衡状态假设, 未考虑反应动力学、传质传热等实际因素, 后续可结合动力学模型, 提高预测精度。
3. 研究结果基于数值计算, 缺乏实验验证, 后续需开展不同工况下的气化实验, 验证模型参数的准确性。
4. 未考虑不同生物质原料的特性差异, 后续可扩展至多种生物质原料的气化特性分析。

参考文献

[1] 杨世关, 赵佳乐, 张传昊, 等. 基于不同气化剂的生物质气化制氢工艺模拟 [J]. 洁净煤技术, 2025, 31(9): 50-60.

[2] 万宏宾, 崔洪宇, 姚金刚, 范超, 牛保鑫, 等. 基于 Aspen Plus 的自供热式吸附强化生物质气化制氢 [J]. 洁净煤技术, 2025, 31(3): 78-85.

[3] 李姜昊, 张世红, 邵敬爱, 杨海平, 陈汉平. 典型生物质流化床气化中试试验研究 [J]. 能源与环境, 2020(03): 35-1272.

[4] 高志明, 朱德敷, 陈雨佳, 刘三举, 王勤辉. 农林废弃物循环流化床空气气化特性实验研究 [J]. 发电技术, 2024, 45(3): 535-544.

[5] 李卓; 王志伟; 陈高峰; 郭娜; 雷廷宙. 生物质水蒸汽汽化催化制氢研究进展 [J]. 现代化工, 2024, 44(7): 12-18.

长沙世界旅游目的地建设的文旅融合路径

王春梅, 黄帆

湖南女子学院, 湖南 长沙 410004

DOI: 10.61369/SSSD.2026070028

摘 要 : 在全球文旅融合发展与国内消费升级的双重背景下, 建设世界旅游目的地成为城市国际化发展的重要抓手。长沙作为国内知名网红旅游城市, 凭借独特的湖湘文化底蕴、鲜明的城市个性与旺盛的市场活力, 具备建设世界旅游目的地的先天基础。结合长沙文旅发展的最新实践数据, 系统分析长沙建设世界旅游目的地的优势条件与现存短板, 从产品体系升级、服务能力提质、品牌国际传播、产业融合创新及治理机制优化五个维度, 提出具有针对性与可操作性的建设路径, 为长沙实现从“流量高地”向“品质高地”跨越、打造“长沙味、湖湘韵、中国范”的世界文旅名城提供理论参考与实践指引。

关 键 词 : 长沙; 世界旅游目的地; 文旅融合

The Cultural and Tourism Integration Path of Changsha World Tourism Destination Construction

Wang Chunmei, Huang fan

Hunan Women's University, Changsha, Hunan 410004

Abstract : Against the dual backdrop of global cultural-tourism integration and domestic consumption upgrading, building a world-class tourism destination has become a key driver for urban internationalization. As a well-known internet-famous tourist city in China, Changsha possesses inherent advantages for developing into a world tourism destination, thanks to its unique Hunan cultural heritage, distinctive urban character, and vibrant market vitality. Based on the latest practical data of Changsha's cultural-tourism development, this paper systematically analyzes the city's strengths and existing shortcomings in building a world-class tourism destination. From five dimensions—product system upgrading, service capability enhancement, international brand communication, industrial integration and innovation, and governance mechanism optimization—it proposes targeted and actionable construction pathways. These provide theoretical references and practical guidance for Changsha to transition from a "traffic hub" to a "quality hub" and to create a world-renowned cultural-tourism city with "Changsha flavor, Hunan charm, and China style."

Keywords : Changsha; world tourism destination; cultural and tourism integration

引言

习近平总书记考察湖南时, 精辟阐述湖湘文化、红色文化、创新文化“三张文化名片”, 重点强调“文化+科技”“文化+旅游”深度融合路径, 为湖南加快建设文化强省锚定方向、明晰路径^[1]。长沙建设世界旅游目的地是省市重要战略, 目标是 2030 年跻身国家文旅融合发展第一方阵。

长沙依托“山水洲城”与“媒体艺术之都”优势, 文旅创新成效显著, 连续两年入选“全球 100 目的地”。但仍面临流量转留量、资源变动能的挑战, 业态、人才、协同、治理与营销等短板制约产业升级。

回顾既有研究, 国内外学界对世界旅游目的地的概念界定已形成部分共识, 认为其核心在于具备世界级吸引力、完善的旅游设施及国际影响力, 服务于全球范围游客^[2]。在案例研究方面, 学者们从西班牙等世界级旅游目的地总结出文化遗产活化、精准市场开发等经验^[3], 国内则聚焦成都、重庆等城市的建设路径, 但多侧重宏观战略, 缺乏系统性与实操性^[4]。相较于四川、重庆等省(市), 湖南省关于城市世界旅游目的地建设的研究尤为匮乏, 现有成果多为新闻报道, 缺乏深入的理论与实践探讨^[5]。基于此, 本文以长沙为研究对象, 系统探析其建设世界旅游目的地的基础条件、现存短板与实现路径, 旨在填补区域研究空白, 为长沙文旅高质量发展提供学术支撑与实践方案。

项目信息: 湖南省教育厅科学研究课题“长沙世界旅游目的地建设路径研究”(24C0659), 湖南女子学院教学质量工程项目——旅游管理专业建设教学团队成果之一。

作者简介:

王春梅(1978—), 女, 云南澜沧人, 副教授, 主要研究方向: 旅游目的地管理、旅游企业管理。

黄帆(1989—), 男, 福建三明人, 讲师, 主要研究方向: 旅游生态、旅游环境。

一、长沙建设世界旅游目的地的基础条件与短板挑战

（一）基础条件

长沙文旅发展具备坚实基础：一是文化资源独特，拥有岳麓山·橘子洲、马王堆汉墓等世界级 IP，湖湘文化精神与都市活力融合，湖南博物馆及马王堆文物成为国际核心吸引点；二是交通通达性提升，2024 年黄花机场出入境旅客破 100 万人次（同比 +120%），国际航线通达 15 城，2024 年港澳来长游客 17.95 万人次，市内交通网络便捷；三是市场与政策支撑有力，2025 年一季度入境游客 15.2 万人次（同比 +56.81%），总花费 6165.66 万美元（同比 +51.76%），市政府出台专项方案，完善引客、人才培养等配套政策；四是产业融合深化，构建“文旅 + 体育 / 会展 / 演出”多元模式，依托国际展会定制旅游线路，丰富非遗体验产品，提升游客参与感。

（二）短板与挑战

长沙文旅融合仍面临诸多短板：一是产品体系薄弱，2025 年国庆中秋假期接待 1079.52 万人次，一日游占比 47.41%，过夜停留 2.23 天，“重流量轻留量”突出；2025 年预计游客总规模 2.3 亿人次，前三季度入境仅 32.74 万人次，欧美市场渗透率低，持证外语导游 587 人，外卡改造商户 4001 户，国际化配套不足。二是国际化服务滞后，外文标识不规范、外语人才短缺，境外游客预约及支付不便，截至 2025 年 6 月，外币兑换相关网点 621 个、代兑机构 46 个、自助机 3 台，布局不均。三是国际影响力不足，2024 年长沙机场入境外籍旅客占比 43%，欧美游客不足 5%，远低于北上广同类机场；海外社交平台粉丝不足 10 万，月均互动量仅为同类城市 15%。四是治理协同不足，2025 年跨部门文旅项目占比 21.3%（低于同类城市 45%+），核心景区联票仅覆盖 3 个组合（购买率 <8%），2025 年“五一”文旅投诉同比 +12.7%，客流疏导不力投诉占 35.2%，监管与应急能力待提升。

二、长沙建设世界旅游目的地的文旅融合核心路径

（一）推动产品体系升级，构建多元化体验矩阵

1. 深化文化资源挖掘，打造核心吸引物体系

以“文化名片”为核心，深度挖掘湖湘文化、楚汉文化、红色文化内涵，推进简牍博物馆提质改造，打造集展示、体验、研学于一体的简牍文化片区；依托马栏山文化和科技融合试验区，运用 VR、AR 等数字技术，开发沉浸式湖湘文化体验项目，如数字版马王堆汉墓考古体验、虚拟岳麓书院研学等，提升文化体验的趣味性参与感。整合岳麓山（岳麓书院）、橘子洲、湘江风光带等核心文旅资源，串联“山 - 水 - 洲 - 城”景致，打造全域旅游精品线路。以岳麓山的文脉底蕴、橘子洲的红色基因、湘江风光带的都市休闲风情为支点，推动景区联动发展，实现资源价值最大化。持续创新沿湘江风光带旅游项目开发，依托沿线滨水空间拓展夜游经济、文化展演、亲水体验等新业态，进一步擦亮长沙“山水洲城”的旅游名片。

2. 推进产品复合化升级，拓展停留时间

突破单一观光模式，构建“观光 + 体验 + 休闲 + 度假”复

合型产品体系。深挖长沙各县市生态资源，打造高端休闲度假集群，以灰汤温泉度假区为核心打造温泉度假矩阵，串联特色民宿植入青铜文化、农耕研学、康养业态，构建“生态 + 文化 + 康养”高端度假体系。激活夜间经济，以五一商圈、梅溪湖两大国家级夜间文旅消费集聚区为核心升级场景，五一广场联动茶馆、天心阁夜游推出多语种文博演艺与非遗展演，梅溪湖优化滨水商业与夜市打造文创市集、非遗美食摊位，引入常态演出与网红互动，打造兼具烟火气与文化感的夜间消费场景。精准对接细分客源市场定制特色旅游线路，面向日韩市场推出“楚汉文脉研学 + 湘菜品鉴”线路，面向东南亚市场打造“山水生态 + 民俗沉浸”线路，面向欧美市场设计湖湘文化主题线路。

3. 强化产业融合创新，培育新业态

深化“文旅 + ”多元融合发展。以科技赋能文旅创新，建设智慧文旅沉浸式体验空间，推动大数据、人工智能技术深度应用于旅游全流程；以节会赛事激活文旅消费，放大中非经贸博览会、长沙国际马拉松等品牌活动的旅游带动效应；以非遗活化丰富文旅内涵，将湘绣、浏阳花炮、铜官窑烧制等本土非遗项目转化为可体验、可消费的旅游产品，打造非遗特色体验街区，构建具有长沙辨识度的“非遗 + 旅游”融合发展新模式。

（二）提升国际化服务能力，夯实发展基础

1. 推进多语种服务全覆盖，破除语言障碍

建立健全多语种服务标准体系，编制公共场所英文译写地方标准，发布多语种推荐用语清单。实施重点场所双语服务提质工程，全面推进景区、商圈、交通枢纽等重点区域的多语种标识标牌优化改造。加强外语服务人才队伍建设，深化与本地高校政校合作，开展订单式外语导游培养，设立外语导游志愿服务国际服务站，推广“长沙导服”一键预约平台。推广智慧化多语种导览服务，在文化场馆、景区等场所配备多语种智能导览设备。通过以上系统性举措，全面构建多语种服务网络。

2. 建设跨境友好型数字化平台，提升服务便利度

优化涉外预约服务，升级湖南博物院、岳麓山等热门景区的线上预约系统，提供多语种界面并设立国际通用预约通道，同步增设现场护照专用检票设备与人工多语种咨询服务窗口。全面提升支付便利性，推动核心商圈、星级酒店及重点景区等重点场所全面支持境外银行卡支付，合理增设外币兑换服务点。创新跨境信用消费模式，面向入境游客推出凭护照在指定商户“先消费、后付款”服务。通过数字化平台整合预约、支付、信用等功能，构建高效便捷的跨境旅游服务生态。

3. 完善基础设施配套，提升接待能力

优化旅游交通衔接，统筹规划并完善机场、高铁站与主要景区之间的接驳线路，增开景区专线巴士。构建多层次旅游集散体系，科学布局以主中心为核心、副中心为支撑、服务点为补充的集散网络。提升住宿餐饮国际化水平，培育一批具有湖湘特色的国际化酒店，引导餐饮企业推出多语种菜单。强化旅游安全与应急保障，建立健全多语种应急响应机制，完善高峰期客流疏导方案与应急处置能力，全面构建安全、有序、友好的旅游环境。

（三）强化国际品牌传播，拓展客源市场

1. 明确品牌定位，塑造国际形象

确立“快乐长沙、韵味星城”为核心品牌形象，以建设“国际文化和都市休闲名城”为目标，形成富有感染力的整体定位。围绕“长沙味、湖湘韵、中国范”进行视觉与话语体系设计，推出国际化的品牌标识与宣传口号。实施客源市场差异化传播策略，针对日韩市场突出文化研学与美食体验，面向欧美市场则强调历史探秘与生态休闲，全面提升品牌辨识度与市场吸引力^[6]。

2. 创新营销模式，实现精准传播

在重点客源市场设立实体推广中心，与当地头部旅行商深度合作，开展品牌推广、高端定制与在地化活动。采用“社交优先、内容驱动”策略，针对不同市场制作本土化、剧情化的短视频系列。激发用户共创，发起低门槛互动挑战。培育文化桥梁式个人IP，打造能代表长沙特质的本土网红。深化“艺术驻留”等深度文化交流，将长沙的“年轻烟火气”转化为可感知的艺术作品。通过实体据点、平台内容、社群互动与深度文化体验的多维创新，构建精准且富有感染力的国际传播体系^[7]。

3. 深耕重点客源市场，拓展多元化格局

实施“数据驱动、一国一策”的精准深耕，对日韩、东南亚等基础市场进行客群细分，设计差异化产品。开拓欧美市场需侧重“高端定制与文化共鸣”，联合海外华人社群与文化机构，举办“长沙周”等本土化推广活动。提升消费便利性与品牌黏性，在推出整合式“长沙畅游卡”的同时，采用区域联动模式，与张家界、凤凰等周边目的地打包线路，并确保核心消费场景全面支持境外银行卡与移动支付，构建“便捷消费—深度体验—口碑传播”的良性循环。

（四）优化治理机制，提升协同发展水平

1. 建立多元协同治理体系

构建政府主导、企业主体、院校支撑、社会参与的协同机制，明确各主体职责，加强部门联动^[8]。成立长沙世界旅游目的地建设专项工作组，统筹推进相关工作。鼓励旅游企业成立行业协会，加强自律与合作。推动政产学研用深度融合，发挥高校科研优势，为产业发展提供人才与智力支撑^[9]。

2. 推进旅游资源整合与全域发展

打破内部壁垒，通过推出跨景区联票、设计串联核心景点的主题旅游线路，实现全市旅游资源的系统整合。深化区域协同，打造“长株潭”文旅共同体，加强与株洲、湘潭的联动，共同规划跨市旅游动线，联合打造区域性品牌产品，形成市场合力^[10]。践行“主客共享”，促进城旅深度融合，推动旅游休闲空间与城市公共空间有机融合，系统性提升城市休闲功能与服务品质，建设宜居宜游的国家旅游休闲城市。

3. 完善政策保障与监管体系

首先，强化资金与政策支持。设立专项基金，重点支持国际旅游产品创新、全球品牌推广与专业人才培养，并持续优化外资准入与项目审批流程^[11]。其次，构建现代化市场监管机制。加快推进旅游行业诚信体系建设，建立覆盖市场主体的信用评价与信息公开公示制度。最后，建立以游客为中心的服务质量反馈闭环。通

过构建多维度、实时化的游客满意度评价机制，并针对反馈问题形成有效的督办与整改流程，持续推动旅游服务水平的提升。

（五）坚持可持续发展，实现长效提升

1. 加强生态环境保护

优化治理模式，在湘江流域等生态敏感区深化“一龙统筹”机制，推广“人防+物防+技防”的智慧监管体系。创新价值转化路径，在生态修复中深度融入本土文化，打造具有长沙特色的深度生态文旅产品。推动全民共建共享，引导游客与市民参与文明旅游、生态保护与科普教育，将“山水洲城”的生态优势全面转化为可持续的旅游吸引力与发展竞争力。

2. 促进文化遗产活态传承

深化“文化+科技”融合，将湖南博物院已开展的数字化项目与岳麓书院“移动课堂”、社区活化等实践深度结合，打造“可游、可感、可创造”的沉浸式文化场景。创新非遗活化模式，依托雨花非遗馆等平台，将长沙湘绣等非遗与“食住行游购娱”全链条结合，开发文创产品与主题线路，在本地高校探索“非遗微专业”培养复合型传承人才。构建开放共创体系，引导市民与游客共同参与文化遗产的阐释与传播，将千年文脉全面转化为可感知、可参与、可分享的城市日常与文化竞争力。

3. 推动旅游产业低碳转型

将交通电动化从公交拓展至全域，推动景区接驳车、游船等全面电动化。深化景区供能绿电化与智能化管理，在岳麓山等景区推广智能微电网与能碳管理平台。创新零碳旅游商业化路径，设计“低碳打卡”长沙文旅线路，并与智能生态住宿项目结合，打造可体验、可消费的完整零碳旅游产品链，最终实现生态与经济效益的统一。

参考文献

- [1] 冯国祥. 中部崛起注入湖湘红色基因力量[J]. 思想政治工作研, 2024, (06): 32-33.
- [2] 张辉. 世界旅游目的地的内涵与建设路径[J]. 旅游学刊, 2021, 36(5): 3-5.
- [3] 李创新. 西班牙世界旅游目的地建设经验及对中国的启示[J]. 世界地理研究, 2022, 31(2): 398-406.
- [4] 陈楠. 成都建设世界旅游目的地的战略思考与路径选择[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2020, 41(8): 143-149.
- [5] 王毅. 重庆打造世界旅游目的地的SWOT分析与发展策略[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(3): 103-107.
- [6] 长沙市文化旅游广电局. 长沙城市旅游品牌定位与推广方案[Z]. 长沙: 长沙市文化旅游广电局, 2025.
- [7] 李萌. 城市旅游品牌差异化定位研究[J]. 商业研究, 2023(2): 112-118.
- [8] 王晨. 社交媒体时代城市旅游国际传播策略[J]. 国际新闻界, 2022, 44(9): 123-140.
- [9] 张兵. 旅游目的地协同治理机制研究[J]. 公共管理学报, 2023, 20(3): 78-86.
- [10] 湖南省教育厅. 湖南省文旅人才培养政产学研合作方案[Z]. 长沙: 湖南省教育厅, 2024.
- [11] 李春蕾, 陈薇. 世界旅游目的地建设背景下桂林国际旅游消费中心的发展路径[J]. 广西科技师范学院学报, 2023, 38(4): 1-9.

玉米芯生物炭吸附亚甲基蓝的特性研究

王雨蝶¹, 廖东铭¹, 许春雨¹, 王彤彤¹, 鞠祯郅¹, 王玺尧¹, 宋紫萱¹, 谭珍珍^{1,2*}

1. 徐州工程学院环境工程学院, 江苏 徐州 221018

2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221018

DOI: 10.61369/SSSD.2026070037

摘 要 : 以玉米芯为原料, 在300、450、600℃下制备玉米芯生物炭 (YM300、YM450、YM600)。采用孔径与比表面积分析仪、SEM 对玉米芯生物炭进行表征, 研究生物炭材料吸附水体中亚甲基蓝的特性。结果表明, 随热解温度升高, 玉米芯原始生物炭的比表面积与孔容积会随之增大, 对应的最可几直径则呈现出缩小的变化趋势。准二级动力学方程 ($R^2>0.9926$) 和 Freundlich 等温模型 ($R^2>0.9554$) 更适合描述生物炭对 MB 的吸附, 生物炭对 MB 的吸附容量顺序为 q_{YM450} (67.50 mg/g) > q_{YM300} (66.21 mg/g) > q_{YM600} (44.22 mg/g)。

关 键 词 : 生物炭; 染料; 亚甲基蓝; 吸附; 玉米芯

Study on Adsorption Characteristics of Methylene Blue from Corn Cob Biochar

Wang Yudie¹, Liao Dongming¹, Xu Chunyu¹, Wang Tongtong¹, Ju Zhenzhi¹, Wang Xiyao¹, Song Zixuan¹, Tan Zhenzhen^{1,2*}

1. College of Environmental Engineering, Xuzhou University of Technology, Xuzhou, Jiangsu 221018

2. Jiangsu Key Laboratory of Industrial Pollution Control and Resource Reuse, Xuzhou, Jiangsu 221018

Abstract : Corn cob was employed as the raw material for the preparation of corn cob biochar (YM300, YM450, YM600) at temperatures of 300, 450, and 600° C. The corn cob biochar was characterized using a pore size and specific surface area analyzer, scanning electron microscopy (SEM). The adsorption characteristics of methylene blue (MB) in aqueous solution on biochar were investigated. The results indicated that as the pyrolysis temperature increased, the specific surface area and pore volume of the original corn cob biochar increased, whereas the most probable pore diameter exhibited a decreasing trend. The pseudo – second – order kinetic equation (with an R^2 value greater than 0.9926) and the Freundlich isothermal model (with an R^2 value greater than 0.9554) were more appropriate for describing the adsorption of MB on biochar. The adsorption capacity of MB on biochar followed the order of q_{YM450} (67.50 mg/g) > q_{YM300} (66.21 mg/g) > q_{YM600} (44.22 mg/g).

Keywords : biochar; dye; methylene blue; adsorption; corn cob

亚甲基蓝 (MB) 是一种染色类有机物质, 广泛应用于印染行业中^[1]。染料废水色度高、难降解, 进入水体后造成生物体内酶活性下降^[2], 危及水生动物和人体健康。在染料废水处理中, 吸附法因工艺简便、操作容易且成本低, 成为一种常用技术。

生物炭是生物质在缺氧环境条件下经热裂解后得到。生物炭因在改善土壤性质、促进碳封存和协助废弃物处置等领域潜力巨大而受到学术界广泛关注。玉米芯含有丰富的碳组分, 主要包含纤维素、半纤维素及木质素等具备多种活性官能团的组分, 促进染料吸附^[3], 且具有离子交换能力^[4], 适于制备生物炭。利用玉米芯作为前驱体合成生物炭并应用于染料的吸附去除, 实现了农业废弃物的资源化再利用。

本文在300℃, 450℃, 600℃下限氧热解制备玉米芯生物炭并进行表征, 探究玉米芯生物炭对MB的吸附性能, 为生物炭吸附污染物提供理论参考。

一、试验部分

(一) 生物炭的制备

以玉米芯为原料, 经冲洗、干燥与碎裂处理后置于石英坩埚

内。将坩埚移至马弗炉内, 在300、450和600℃下限氧热解10小时。所得生物炭分别标记为YM300、YM450与YM600。

(二) 试验试剂、仪器与检测方法

亚甲基蓝 (MB, $C_{16}H_{18}ClN_3S$, 分子量为319.86 g/mol, 纯

项目信息: 江苏省大学生创新训练计划项目 (Xcx2024170)。

作者简介: 王雨蝶 (2004—), 女, 学士, 研究方向为生物质炭材料在环境中的应用研究。

通讯作者: 谭珍珍 (1986—), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为水污染控制工程。

度 >95 %) , 配制质量浓度为 1 g/L 的亚甲基蓝 (MB) 储备液。 Nicolet iS10 傅立叶变换红外光谱仪; kubo X1000 型孔径与比表面积分析仪; L6S 型紫外可见分光光度计。采用紫外分光光度法检测 MB 浓度, 吸收波长为 655 nm^[5-6]。

(三) 试验设计

1. 吸附动力学

称取 3 种生物炭各 100 mg, 置于含 1 L、浓度为 10 mg/L MB 溶液的广口瓶中。将广口瓶置于恒温振荡器中振荡 (306 K、200 RPM) 反应。于预设时间点分别取出 10 mL 样液, 经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后测定 MB 的浓度。

2. 吸附等温线

称取 3 种生物炭各 5 mg, 置于含有 50 mL 浓度分别为 0、1、3、5、10、15、20 mg/L MB 溶液的定量瓶中。将定量瓶置于恒温振荡器 (306 K、200 RPM) 中振荡 72 h 至吸附平衡, 经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后测定其中 MB 的浓度。

二、结果与讨论

(一) 样品表征

从 SEM 图像 (图 1) 看出, 玉米芯生物炭具有层状构造, 随热解温度升高, 生物质原料中的有机组分逐步转化为生物油与合成气释放,

生物质基体内部孔隙数量逐渐增加, 形成大量狭长缝隙并向内部延伸。

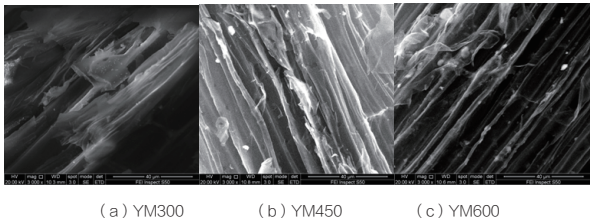


图 1 玉米芯生物炭的 SEM 图

由生物炭的比表面积与孔容积 (表 1) 可知, 随热解温度升高, 玉米芯生物炭的比表面积和孔容积均逐步增加。当温度为 600 ° C 时, YM600 的比表面积和孔容显著增至 302.57 m² /g 和 0.2582 cm³ /g。分析原因为温度为 300 ° C 时, 玉米芯中纤维素、半纤维素等有机组分未充分分解, 形成孔隙较少, 当温度升高至 600 ° C 时, 生物质内有机组分热解较充分, 以生物油及合成气形式逸出, 促进了孔隙结构发育^[7]。

表 1 玉米芯生物炭的理化性质

生物炭种类	比表面积 (m ² / g)	孔容积 (cm ³ / g)	BJH 吸附最可直径 (nm)	单点平均孔半径 (nm)
YM300	3.0575	0.0183	3.85	11.98
YM450	40.2708	0.1093	2.98	6.40
YM600	302.5700	0.2582	4.98	1.71

(二) 吸附动力学分析

由生物炭吸附 MB 的拟合曲线 (图 2) 及相关动力学参数 (表

2) 可知, 生物炭对 MB 的吸附量随时间的延长迅速增加, 在吸附 12 h 后基本达到平衡。吸附平衡后, 各生物炭对 MB 的吸附容量顺序为 YM450 (67.50 mg/g) > YM300 (66.21 mg/g) > YM600 (44.22 mg/g)。准二级动力学拟合优度 (R² > 0.9926) 高于准一级动力学 (R² > 0.9840) , 且计算得到的理论吸附容量与实验吸附容量更为接近, 表明准二级动力学更适合描述各生物炭对 MB 的吸附过程, 表明该吸附过程受多种因素共同影响。

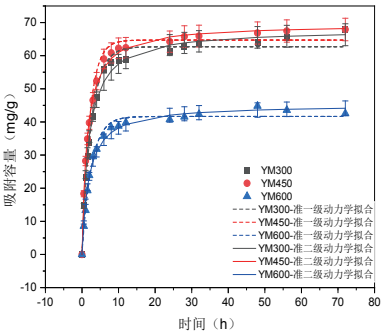


图 2 玉米芯生物炭对 MB 的动力学拟合曲线

表 2 玉米芯生物炭吸附 MB 的动力学模型参数

模型方程	准一级动力学			准二级动力学			实验吸附量
参数	Q _e / (mg/g)	k ₁ (min ⁻¹)	R ²	Q _e / (mg/g)	k ₂ / (g / (mg · min))	R ²	Q / (mg/g)
YM300	62.70	0.6785	0.9840	68.00	0.0081	0.9943	66.21
YM450	64.69	0.6187	0.9840	69.51	0.0102	0.9970	67.50
YM600	41.66	0.6772	0.9881	45.27	0.0119	0.9926	44.22

(三) 吸附等温线分析

采用 Langmuir 和 Freundlich 等温吸附模型对实验结果进行拟合, 得到图 3 和拟合参数表 3。由图 3 和表 3 可知, 两种等温模型均能对玉米芯生物炭吸附 MB 的过程进行较好拟合。其中, Freundlich 模型的拟合优度 (R² > 0.9554) 优于 Langmuir 模型 (R² > 0.9283) , 表明 Freundlich 模型能够更准确地描述该吸附行为。这进一步说明, 玉米芯生物炭对 MB 的吸附更符合多分子层吸附特征。如图 3 所示, 3 种生物炭对 MB 的吸附量均随平衡浓度升高而增加, 并在达到一定浓度后增速趋缓^[8]。这主要因为在较低的 MB 浓度条件下, 生物炭表面可供利用的吸附位点及活性基团较为充足, 吸附过程较快; 随着 MB 浓度增大, 吸附位点逐渐趋于饱和, 导致吸附量增速减慢^[9]。

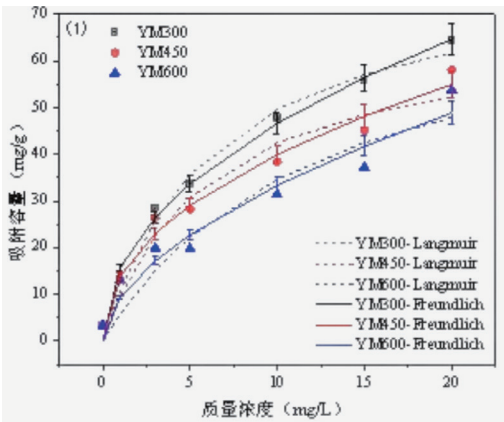


图 3 玉米芯生物炭吸附 MB 的等温线拟合曲线

表3 Langmuir 和 Freundlich 模型拟合参数							
碳 材 料	等温线 方程	Langmuir			Freundlich		
	温度/ K	$/(mg \cdot g^{-1})$	$B/(L \cdot mg^{-1})$	R^2	$/(L \cdot mg^{-1})$	n	R^2
YM300	306	81.4362	0.1562	0.9913	15.7734	2.1241	0.9938
YM450	306	68.0420	0.1658	0.9592	13.8967	2.1789	0.9814
YM600	306	77.5889	0.0807	0.9283	9.3815	1.8151	0.9554

三、结论

（1）玉米芯生物炭的比表面积和总孔容积随热解温度的升高逐渐增加，最可几直径逐渐减小。

（2）Freundlich 等温吸附模型对玉米芯生物炭吸附 MB 的过程具有更好的拟合效果，表明该吸附行为更符合多分子层吸附特征。

参考文献

[1] 王崧, 刘东帆, 丁杨惠勤, et al. 侧柏叶生物炭的制备及对亚甲基蓝的吸附机制 [J]. 江苏工程职业技术学院学报, 2025, 25(03): 7–14.

[2] 韩子寅, 孙晔, 李智彬, et al. 锰改性生物炭的制备及其对亚甲基蓝的吸附性能研究 [J]. 当代化工研究, 2025, (01): 191–3.

[3] 李薇, 李政, 马宏飞, et al. 改性玉米秸秆对碱性品红吸附性能研究 [J]. 应用化工, 2025, 54(01): 120–5.

[4] 张韶珂, 王梦丽, 张杰, et al. 改性玉米秸秆在污水处理中的应用 [J]. 应用化工, 2023, 52(03): 815–9+26.

[5] 陈燕, 李霞, 展开, et al. 西蓝花梗生物炭对亚甲基蓝的吸附性能研究 [J]. 安全与环境学报, 2025, 25(08): 3222–30.

[6] 刘少东, 余茂森, 郭敏, 稻秆基生物炭对亚甲基蓝的吸附性能 [J]. 染整技术, 2024, 46(11): 27–33.

[7] 高阳, 李博, 蒲建业, et al. 玉米秸秆皮生物炭制备及其对亚甲基蓝吸附性能研究 [J]. 现代农业科技, 2024, (19): 93–8.

[8] 夏宇凡, 吴仪, 袁迪, et al. 磁性樟树叶生物炭对水体中亚甲基蓝的吸附研究 [J]. 四川环境, 2024, 43(02): 167–72.

[9] 谭珍珍, 张学杨, 方茹, et al. 小麦秸秆生物炭吸附诺氟沙星特性 [J]. 工业水处理, 2020, 40(01): 24–8.

[10] 陈豪宇, 张胜利, 凯橙橙, et al. 聚乙烯胺改性纤维素纤维对 Cr(VI) 的吸附研究 [J]. 环境科学学报, 2018, 38(08): 3090–8.

[11] 谭珍珍, 张学杨, 骆俊鹏, et al. 小麦秸秆生物炭对四环素的吸附特性研究 [J]. 水处理技术, 2019, 45(02): 32–8.

