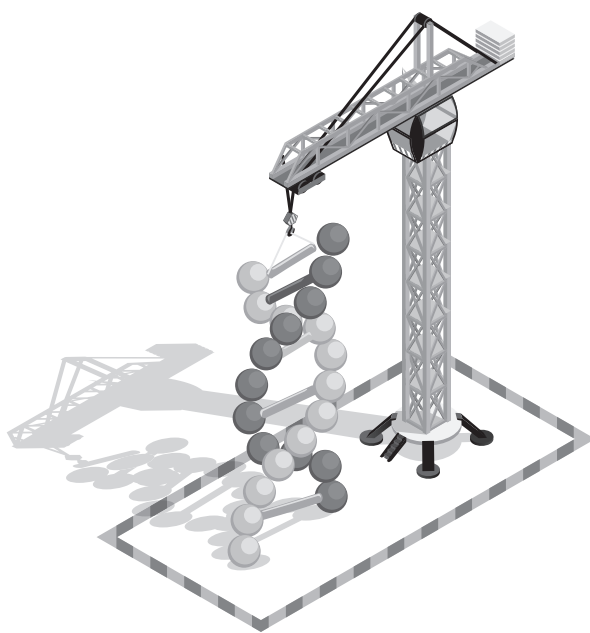


# 工程 研究与应用

Engineering Research and Application



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



## Editorial board

### Editors-in-Chief

Xiaolei Ju

China Architectural Design and Research Institute, China

Meilian Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD

### Editorial Board Member

Xianbo Tu

Guizhou Institute of Geological Exploration, General Bureau of Geology  
and Mines, Sinochem, China

Neda Abbasi

School of Engineering and Technology

Tanvir Ahamed

School of Engineering and Technology

# 工程研究与应用

Engineering Research and Application

第2卷 第3期 2024年3月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《工程研究与应用》编辑部

ISSN(O): 2993-2742

ISSN(P): 2995-3154

地址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey Park, CA 91754

网址: <https://www.artdesignp.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。



## 建筑科学 | ARCHITECTURAL SCIENCE

- |     |   |                                   |
|-----|---|-----------------------------------|
| 005 | 模块化建筑设计与施工技术<br>Modularized Building Design and Construction Technology   | 孙婧, 陈鹏学<br>Sun Jing, Chen Pengxue |
| 008 | 房地产项目中成本控制与质量管理的平衡策略<br>Balancing Strategy of Cost Control and Quality Management in Real Estate Projects                               | 李静<br>Li Jing                     |
| 011 | 房地产开发中工程造价控制的策略与实践<br>Strategies and Practices of Engineering Cost Control in Real Estate Development                                   | 薛莲<br>Xue Lian                    |
| 014 | 建筑工程中的绿色施工技术与环境影响评估<br>Green Construction Technology and Environmental Impact Assessment in Construction Engineering                    | 汪良升<br>Wang Liangsheng            |
| 017 | 城市雨水收集与利用技术的实践与探讨<br>Practice and Discussion on Urban Rainwater Collection and Utilization Technology                                   | 杨晓泉<br>Yang Xiaoxiao              |
| 020 | 建筑工程给排水管道的施工关键技术<br>Key Technology of Water Supply and Drainage Pipeline Construction   | 张淙洋<br>Zhang Congyang             |
| 023 | 建筑工程中的结构安全评估: 先进技术在房屋拆除前的应用<br>Structural Safety Assessment In Construction: Application Of Advanced Techniques Before House Demolition | 范星明<br>Fan Xingming               |
| 026 | 建筑电气施工中的质量通病和防治措施分析<br>Analysis Of Common Quality Problems And Prevention Measures In Building Electrical Construction                  | 赵保刚<br>Zhao Baogang               |

## 工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

- |     |  |  |
|-----|--|--|
| 029 | 中车不锈钢车体结构设计优化研究<br>Research on Optimization Design of CRRC Stainless Steel Vehicle Body Structure  | 姜维宝<br>Jiang Weibao  |
| 032 | 磷尾矿制备加气混凝土的实验研究<br>Experimental Study on Preparation of Aerated Concrete from Phosphorus Tailings  | 孙媛媛, 李慧美, 王纪学, 李加强<br>Sun Yuanyuan, Li Huimei, Wang Jixue, Li Jiaqiang |
| 035 | 农村公路桥梁养护管理中的结构健康监测与评估技术<br>Structural Health Monitoring and Evaluation Techniques in Maintenance and Management of Rural Highway Bridges | 崔敏<br>Cui Min  |
| 038 | 大采长工作面高承压水底板注浆改造技术研究<br>Research on Grouting Reconstruction Technology of High pressure Water Floor in Long Mining Face                  | 李立成<br>Li Licheng  |
| 041 | 脱硫防腐施工安全与防范研究<br>Research on Safety and Prevention in Desulfurization Anticorrosion Construction   | 郭鹏<br>Guo Peng   |
| 044 | 滑动摩擦副实验分析<br>Experimental Analysis of Sliding Friction Vice  | 黄维利, 谢梅英, 胡亮<br>Huang Weili, Xie Meiyang, Hu Liang                     |

047	工程项目进度管理的创新方法 Innovative Methods of Progress Management in Engineering Projects	刘佳泽 <sup>1</sup> , 冯庆阳 <sup>2</sup> Liu Jiaze <sup>1</sup> , Feng Qingyang <sup>2</sup>
050	水利工程中泥沙管理与河道治理技术 Sediment Management and River Training Techniques in Water Resources Engineering	尹亚州, 马晨暘 Yin Yazhou, Ma Chenyang
053	非煤矿山安全生产现状与工程技术发展研究 Research on the Safety Production Status and Engineering Technology Development of Non-coal Mine Mountain	杨百顺 <sup>1</sup> , 凌志迁 <sup>1</sup> , 王东升 <sup>2</sup> , 王森 <sup>2</sup> Yang Baishun <sup>1</sup> , Ling Zhiqian <sup>1</sup> , Wang Dongsheng <sup>2</sup> , Wang Sen <sup>2</sup>
056	损伤可控的梁柱节点受力机理分析 Mechanism Analysis Of The Damage-Controllable Beam-To-Column Joint	赖秋兰 <sup>1*</sup> , 刘富盛 <sup>2</sup> , 胡艳 <sup>3</sup> , 王仁平 <sup>4</sup> , 郭志坚 <sup>5</sup> Lai Qiulan <sup>1</sup> , Liu Fusheng <sup>2</sup> , Hu Yan <sup>3</sup> , Wang Renping <sup>4</sup> , Guo Zhijian <sup>5</sup>
059	市政工程项目进度管理研究 Research on Progress Management of Municipal Engineering Projects	唐铁心 Tang Tiexin

能源科学 | ENERGY SCIENCE

062	煤矿智能化开采技术研究与应用 Coal Mine Intelligent Mining Technology Research and Application	祁园园 Qi Yuanyuan
065	海上风电运维船舶航行节能技术与绿色船舶设计研究 Research on Navigation Energy Saving Technology and Green Ship Design for Offshore Wind Power Operation and Maintenance Vessel	薛晨昊 Xue Chenhao
068	煤炭企业数字化转型探究 Exploration of Digital Transformation of Coal Enterprises	高娜 Gao Na
071	光伏发电与风力发电并网技术分析与研究 Analysis and Research on Grid Connection Technology of Photovoltaic and Wind Power Generation	许昌良 Xu Changliang
074	能源数字化技术在智能能源系统中的应用与发展探讨 Application And Development Of Energy Digital Technology In Intelligent Energy System	周磊 Zhou Lei
077	露天煤矿边坡监测技术的创新与发展 Innovation and Development of Slope Monitoring Technology in Surface Coal Mines	李建, 李旺旺, 刘国祯 Li Jian, Li Wangwang, Liu Guozhen
080	钻井自动化技术在现代油气田开发中的应用与挑战 Application and challenge of drilling automation technology in modern oil and gas field development	王丽汾 Wang Lifen
083	基于遥感技术的水资源监测与管理 Water Resource Monitoring And Management Based On Remote Sensing Technology	李如佳 Li Rujia
086	集装箱定制航线新能源电动船舶的研发 Research and Development of New Energy Electric Ships for Customized Container Routes	董帮友 <sup>1</sup> , 韦燕青 <sup>2</sup> , 王其端 <sup>3</sup> , 张文付 <sup>4</sup> , 许强 <sup>5</sup> Dong Bangyou <sup>1</sup> , Wei Yanqing <sup>2</sup> , Wang Qidian <sup>3</sup> , Zhang Wenfu <sup>4</sup> , Xu Qiang <sup>5</sup>

电子与通信工程 | ELECTRONIC AND COMMUNICATION ENGINEERING

089	5G 网络建设中的项目风险管理策略研究 Research on Project Risk Management Strategies in 5G Network Construction	王小飞 Wang Xiaofei
092	基层社会治理平台的信息共享与协同机制研究 Research on Information Sharing and Collaboration Mechanism of Grassroots Social Governance Platforms	吕源庆, 初雨 Lv Yuanqing, Chu Yu
095	北斗导航技术在农业精准作业中的应用与农业生产影响研究 Application of Beidou Navigation Technology in Agricultural Precision Operations and Research on Its Impact on Agricultural Production	李楠 Li Nan

机电与车辆工程 | MECHATRONICS AND VEHICLE ENGINEERING

098	工业机电设备智能化维护与故障诊断技术研究 Research on Intelligent Maintenance and Fault Diagnosis Technology of Industrial Electromechanical Equipment	阚文旺, 王婷婷, 沈涛 Kan Wenwang, Wang Tingting, Shen Tao
101	重载铁路货车全寿命周期成本研究与效益分析 Life Cycle Cost Research and Benefit Analysis of Heavy Haul Railway Freight Car	卢毓江 LU Yujiang

交通与储运工程 | TRAFFIC AND STORAGE AND TRANSPORTATION ENGINEERING

104	大数据在智能交通出行中的应用探究 Exploration of the Application of Big Data in Intelligent Transportation	刘洪宇 Liu Hongyu
107	基于政务服务热线数据的城市交通治理分析技术研究 Research on Analysis Technology of Urban Transportation Governance Based on Government Service Hotline Data	马山 <sup>1</sup> , 郭玉彬 <sup>2</sup> , 周佳玮 <sup>3</sup> , 唐立波 <sup>4</sup> Ma Shan <sup>1</sup> , Guo Yubin <sup>2</sup> , Zhou Jiawei <sup>3</sup> , Tang Libo <sup>4</sup>

# 模块化建筑设计与施工技术

孙婧, 陈鹏学

中南建筑设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430000

**摘要：** 传统建筑方法在现代社会面临着诸多挑战和问题，如施工周期长、质量难以保证、资源浪费等。为解决这些问题，引入新的建筑技术和方法至关重要。模块化建筑设计与施工技术作为一种创新的建筑模式，具有巨大的发展潜力和应用前景。该技术通过工厂化生产建筑构件，能够缩短施工周期、减少施工对环境的影响、提高建筑质量和安全性。本文旨在探讨模块化建筑技术在解决传统建筑方法存在问题方面的有效性，并对其发展潜力和应用前景进行了分析和展望。通过案例分析和实证研究，论文得出了模块化建筑技术在提高建筑效率、质量和可持续发展水平方面的积极作用。本文提出了未来模块化建筑技术研究的方向和建议，以期对建筑行业的转型升级和可持续发展提供参考和借鉴。

**关键词：** 模块化建筑；设计与施工技术；效率提升；成本降低；环保

## Modularized Building Design and Construction Technology

Sun Jing, Chen Pengxue

Central South Architectural Design Institute Co., Ltd, Hubei, Wuhan 430000

**Abstract：** Traditional construction methods face many challenges and problems in modern society, such as long construction period, difficult to ensure quality, and waste of resources. In order to solve these problems, it is crucial to introduce new construction technologies and methods. Modular building design and construction technology, as an innovative construction model, has great development potential and application prospects. This technology can shorten the construction cycle, reduce the impact of construction on the environment, and improve the quality and safety of construction through the factory production of building components. This thesis aims to explore the effectiveness of modular building technology in solving the problems of traditional building methods, and analyze and prospect its development potential and application prospects. Through case studies and empirical research, the thesis concludes the positive effects of modular building technology in improving the efficiency, quality and sustainability of buildings. The paper puts forward the directions and suggestions for future research on modularized building technology, with a view to providing reference and example for the transformation and upgrading and sustainable development of the construction industry.

**Key words：** modular building; design and construction technology; efficiency improvement; cost reduction; environmental protection

### 引言：

建筑行业在现代社会面临诸多挑战，包括效率问题、高昂的成本和安全隐患。随着城市化的加速和人们对生活质量的期待不断提高，传统的建筑方法越来越难以满足需求。在此背景下，模块化建筑设计与施工技术显现其重要性，为行业带来创新的解决方案。模块化建筑通过工厂预制组件，现场主要进行快速组装，极大提升施工效率并缩短了建设周期。此外，通过标准化和批量生产的方式，这种方法能有效降低材料与劳动力成本。同时，模块化建筑还提高了施工安全，减少了高危环境下的劳动需求，有利于保护工人安全。环保方面，此技术减少了能源消耗和废物产生，契合可持续发展的趋势。本文将通过分析实际案例，探讨模块化建筑的实施效益，为建筑行业的智能化与绿色转型提供有力支持。

### 一、传统建筑方法的挑战与问题

传统建筑方式长期占据建筑业主流，但在现代社会发展面前逐渐暴露出多个短板。这些方法效率不高，大量依赖现场手工操作，易受天气和劳动力等外界条件影响，导致施工时间延长，难以迅速应对城市化和建筑项目的急切需求。在成本方面，由于需

要大量的劳动力和物资投入，加之劳动费用持续上涨及材料价格难以预测，造成总体建筑支出居高不下。

安全性问题也是一个关注重点，现场作业涉及高空、电气及个体安全风险，一旦出现意外，后果严重。此外，对环境的负面影响也日益成为焦点，传统施工方式产生大量建筑废料，消耗资源众多，并排放诸多有害气体，违背了可持续发展的原则。

管理效率低和工程质量难以确保也是常见问题。施工过程中常涉及众多分包商和团队，易造成管理上的困难，沟通和责任划分不明确，进而影响进度和工程质量。工人的技能水平和施工环境的变化也会影响最终的建筑质量，如常见的漏水和结构缝隙问题，增加后期维护的难度和成本。

面对这些挑战，采纳新的建筑技术和方法显得尤为重要，以提升行业的效率、质量和可持续性。模块化建筑设计与施工技术作为创新模式，展示了广阔的发展前景。该技术通过工厂化生产建筑元件，能显著缩减施工时间，减轻现场作业对环境的负担，并提升建筑的整体质量与安全性。因此，模块化建筑技术被视为一种解决传统施工弊端的有效手段，为建筑业的改革和可持续发展提供新动力。

## 二、模块化建筑设计与施工技术的原理与应用

模块化建筑技术以其高效和灵活的建设方式在全球范围内迅速发展。这种技术通过在控制环境的工厂内预制建筑的各个组件，然后将它们运输到建设现场进行快速组装，大幅度提高了建设的速度和质量。模块化建筑的实现不仅优化了施工流程，还在设计、运输、施工以及建筑管理各环节中引入了新的标准化和系统化方法。

在设计阶段，模块化建筑要求建筑师和工程师进行精细的规划与设计。设计团队需要确保每个模块都能在工厂中被制造出来，并能精确地在施工现场被组装起来。这要求设计不仅要考虑到美学和功能性，更要考虑到制造的可行性和运输的便利性。例如，模块的尺寸需符合运输工具的标准限制，以便通过公路、铁路或水路安全运送。此外，设计中还需考虑模块间的接口如何连接，确保在现场能够快速而准确地组装，减少现场作业量，避免复杂的现场调整。

在生产阶段，模块化建筑组件在工厂里按照严格的质量控制标准生产。这一过程可以保证材料和构件的质量统一，减少传统现场施工中常见的材料浪费和工序误差。生产环节可以实现高度自动化，利用先进的机械设备如自动焊接机、激光切割机等，提高生产效率，降低人工成本。工厂化的生产还意味着施工可以全年无休进行，不受恶劣天气条件的限制。

将制成的模块运输到施工现场是模块化建筑中的关键步骤。由于模块已在工厂中预制完成，现场工作主要是组装这些预制的部分。这种方法极大地缩短了施工期，因为主体结构的组装通常只需要几天到几周的时间。运输过程中，特别设计的物流系统和工具被用来保护模块不受损害，并确保安全高效地到达施工现场。

现场施工主要涉及模块的定位、连接和整体装配。这一过程需要精确的工程协调和高效的项目管理，以确保各模块准确对接，系统完整运作。施工现场的工作人员需要对模块化建筑技术有充分的了解，并通过专门的培训掌握如何操作现代化的装配设备和工具。此外，现场管理还包括严格的时间表控制和质量监督，确保建筑项目按时完成，达到预期的质量标准。

模块化建筑技术在多种类型的建筑项目中得到应用，包括住宅、办公楼、医疗设施和教育机构。例如，住宅领域中，模块化技术可以大量生产各种规格的住宅单元，

快速响应住房需求，尤其是在灾后重建或快速城市化地区。在商业建筑中，模块化建筑允许设计师创造出独特的、可定制的外观，同时保证建设速度和成本效率。公共设施如医院和学校，则利用模块化建筑的快速部署能力，满足急需扩展或临时设施的需求。

模块化建筑不仅提高了建设效率和质量，降低了成本，还对环境影响小，展现出强大的发展潜力和广阔的应用前景。随着技术和材料的不断进步，模块化建筑将在建筑行业中扮演越来越重要的角色，推动行业向更加高效、环保的方向发展。

## 三、模块化建筑技术在实际项目中的应用

实例分析：模块化建筑技术在实际项目中的应用是建筑行业发展的重要组成部分。通过具体案例和实践经验的总结，可以更好地了解模块化建筑技术在不同类型项目中的应用效果和优势。我们可以观察到在住宅建设领域，模块化建筑技术已经得到了广泛应用。以某大型住宅项目为例，开发商采用了模块化建筑技术，通过工厂预制的方式生产墙板、楼板等建筑构件，然后将这些构件运输至施工现场进行组装。这种方法不仅大大缩短了建筑工期，提高了施工效率，还减少了现场施工对周边环境的影响，降低了施工噪音和粉尘污染。同时，模块化建筑技术还能够保证建筑质量和安全性，减少了施工过程中可能出现的质量问题和安全隐患。

在商业建筑领域，模块化建筑技术也取得了一定的应用成果。以某购物中心项目为例，开发商采用了模块化钢结构和玻璃幕墙等模块化构件，实现了建筑外观的个性化设计，同时保证了施工质量和安全性。通过模块化建筑技术，购物中心的建设周期大大缩短，能够更快地投入使用，从而更好地满足了消费者的需求。同时，模块化建筑技术还能够降低建筑成本，提高项目的经济效益，为商业地产开发提供了新的思路和方法。

在公共建筑领域，模块化建筑技术也发挥着重要作用。以某医院项目为例，医院采用了模块化建筑技术，快速搭建了临时性建筑，用于应对突发事件或临时需求。通过模块化建筑技术，医院能够更快地扩大医疗服务能力，提供更好的医疗服务，同时降低了建筑成本和施工风险。此外，模块化建筑技术还能够实现医院建筑的个性化设计，满足医院功能和空间布局的特殊需求，为医疗卫生事业的发展提供了重要支撑。

模块化建筑技术在实际项目中的显著成效为建筑行业的发展和进步贡献了积极力量。其通过提高建筑施工效率、降低成本、提升质量等方面的优势，为行业注入了新的活力。随着科技的不断进步和应用范围的不断扩大，模块化建筑技术必将在未来得到更广泛的应用。预计模块化建筑技术将在住宅、商业、公共建筑等多个领域发挥重要作用，为行业带来更多的创新和发展机遇。因此，建筑行业应积极推广和应用模块化建筑技术，以促进行业的持续繁荣和进步，为社会提供更优质的建筑环境。

## 四、模块化建筑技术对建筑行业的影响与未来发展趋势

模块化建筑技术对建筑行业的影响与未来发展趋势备受关



注。这种创新的建筑模式正在逐渐改变传统建筑行业的发展格局，对行业产生了深远的影响。模块化建筑技术对建筑行业的影响主要体现在提高施工效率和降低建筑成本方面。通过工厂化生产模块化构件，可以缩短施工周期，降低施工成本，并且减少了现场施工过程中的人力资源投入。这不仅可以提高建筑项目的竞争力，还能够满足快速城市化和建筑需求快速增长的要求。

模块化建筑技术在提高建筑质量和安全性方面也发挥着重要作用。模块化构件的生产过程受到严格的质量控制，可以保证构件的尺寸精度和质量稳定性。同时，在施工现场，模块化构件的组装过程更加安全可控，可以减少施工过程中的安全隐患，保障施工人员的人身安全。此外，模块化建筑技术对环境的影响也值得关注。相较于传统建筑方法，模块化建筑技术能够减少建筑废弃物的产生，降低能源消耗，减少对环境的负面影响，更加符合可持续发展的理念。这为建筑行业的绿色发展提供了新的路径和方向。

随着科技的不断进步和模块化建筑技术的不断成熟，预计其在建筑行业中的应用将会进一步扩大。首先，随着模块化建筑技术的不断发展和成熟，其在建筑行业中的应用领域将会更加广泛，涵盖住宅、商业、公共建筑等多个领域。其次，随着模块化建筑技术的推广和普及，建筑行业的整体效率和质量将得到进一步提升，为社会经济的可持续发展提供更强有力的支撑。在未来的发展趋势中，模块化建筑技术将会与智能化、数字化等新技术相结合，形成更加完善的建筑生态系统。例如，通过智能化的监测系统和数据分析技术，可以实现对建筑结构和施工过程的实时监测和控制，提高建筑质量和施工效率。同时，随着人工智能、大数据、云计算等技术的发展，模块化建筑技术将会进一步推动建筑行业的数字化转型，实现智能化的建筑设计和施工管理。

模块化建筑技术对建筑行业的影响和未来发展势趋势至关重要。随着技术的不断创新和应用，模块化建筑技术将成为推动建筑行业发展的引擎。其通过提高建筑施工效率、降低成本、提升质量等方面的优势，为建筑行业的转型升级和可持续发展提供了强大的动力。未来，随着模块化建筑技术的不断发展和完善，相信其在建筑行业中的地位和影响力将会进一步提升，为行业带来更多的创新和发展机遇。因此，建筑行业应积极倡导和应用模块化建筑技术，以促进行业的持续繁荣和进步。

## 五、模块化建筑技术的发展前景与挑战

模块化建筑技术的发展前景与挑战是建筑行业面临的重要议题。随着社会经济的不断发展和人们对建筑品质的不断提升，模块化建筑技术作为一种创新的建筑模式，其发展前景备受瞩目。模块化建筑技术的发展前景值得乐观。随着科技的不断进步和工艺的不断完善，模块化建筑技术将会越来越成熟，其应用范围和领域也将会不断扩大。在未来，模块化建筑技术有望在住宅、商业、公共建筑等多个领域得到广泛应用，为建筑行业的发展注入新的活力。特别是在城市化进程加快、人口密集区建设需求增加的情况下，模块化建筑技术将更具优势。

模块化建筑技术的发展面临着一些挑战和难题。首先，技术

的成熟度和标准化程度还需要进一步提高。目前，模块化建筑技术仍然存在着一些技术难题，如模块之间的连接方式、防水隔热等问题需要进一步解决。其次，对模块化建筑技术的认知和接受程度需要提升。虽然模块化建筑技术具有诸多优势，但在实际应用中仍然面临着一些认知和接受度的挑战，需要加强宣传和推广。最后，市场的竞争和环境的变化也是模块化建筑技术面临的挑战之一。随着市场竞争的加剧和环境政策的变化，建筑企业需要不断提高自身的竞争力和适应能力，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

尽管模块化建筑技术面临挑战，但其发展前景依然充满希望。社会对建筑品质 and 环境保护的重视不断提高，这为模块化建筑技术的应用提供了广阔的市场需求。随着科技的不断进步，模块化建筑技术也将不断创新和完善，逐渐成为建筑行业的主流。未来，模块化建筑技术将在建筑行业中发挥更加重要的作用，为城市建设带来新的希望和机遇。通过持续的技术创新和市场推广，模块化建筑技术将成为建筑行业可持续发展的重要引擎，为我们创造更美好的城市生活环境。

## 结语：

模块化建筑技术作为建筑行业的一种创新模式，正在逐渐改变着传统建筑的面貌。通过工厂化生产模块化构件，模块化建筑技术提高了施工效率，降低了建筑成本，同时也提高了建筑质量和安全性。在住宅、商业、公共建筑等多个领域，模块化建筑技术都得到了广泛应用，并且展现出了良好的发展前景。然而，模块化建筑技术的发展仍然面临着一些挑战，如技术成熟度、市场认知度等方面的问题。面对这些挑战，建筑行业需要不断加强研发创新，提高技术水平，同时加强市场宣传，提升公众对模块化建筑技术的认知度。相信随着科技的不断进步和行业的不断发展，模块化建筑技术将会在未来发挥更加重要的作用，为建筑行业的可持续发展贡献更多的力量。

## 参考文献：

- [1] 吴宇. 模块化建筑技术的研究与应用 [J]. 建筑科学, 2020, 36(3): 57-62.
- [2] 刘伟. 模块化建筑技术在商业建筑中的应用研究 [J]. 建筑设计, 2019, 25(2): 83-89.
- [3] 张涛. 模块化建筑技术对住宅建设的影响分析 [J]. 城市建设, 2018, 12(4): 45-50.
- [4] 王艳. 模块化建筑技术在公共建筑中的应用探讨 [J]. 建筑科技, 2017, 33(1): 102-107.
- [5] 李明. 模块化建筑技术发展的政策与环境分析 [J]. 建筑经济, 2016, 29(5): 73-78.
- [6] 陈强. 模块化建筑技术的经济效益分析 [J]. 城市规划, 2015, 21(3): 96-101.
- [7] 周军. 模块化建筑技术对环境保护的影响 [J]. 环境保护, 2014, 28(6): 55-60.
- [8] 许亮. 模块化建筑技术在城市建设中的应用前景分析 [J]. 城市建设管理, 2013, 17(4): 78-82.
- [9] 郭鹏. 模块化建筑技术的未来发展趋势研究 [J]. 建筑技术与设计, 2012, 18(2): 67-72.
- [10] 赵军. 模块化建筑技术的发展与展望 [J]. 建筑科学与技术, 2011, 14(1): 40-45.

# 房地产项目中成本控制与质量管理的平衡策略

李静

身份证号码：420683198804286146

**摘要：** 在房地产项目中，成本控制与质量管理是两个关键的方面。本文旨在探讨如何平衡这两者，提出了一些策略和方法。分析了目前房地产项目中成本控制和质量管理存在的问题，然后介绍了一些有效的平衡策略，如精细化成本管理、质量监控技术应用等。通过案例分析和数据支持，验证了这些策略的有效性和可行性。总结了在房地产项目中实现成本控制与质量管理平衡的关键因素和方法，为相关从业者提供了一定的参考价值。

**关键词：** 房地产项目；成本控制；质量管理；平衡策略；案例分析

## Balancing Strategy of Cost Control and Quality Management in Real Estate Projects

Li Jing

ID: 420683198804286146

**Abstract：** Cost control and quality management are two key aspects in real estate projects. This paper aims to explore how to balance these two, and puts forward some strategies and methods. The current problems of cost control and quality management in real estate projects are analyzed, and then some effective balancing strategies are introduced, such as refined cost management and quality monitoring technology application. The effectiveness and feasibility of these strategies are verified through case studies and data support. The key factors and methods for achieving a balance between cost control and quality management in real estate projects are summarized, providing some reference value for relevant practitioners.

**Key words：** real estate project; cost control; quality management; balancing strategy; case study

### 引言：

房地产项目的成功与否在很大程度上取决于成本控制与质量管理的平衡。然而，在实际操作中，往往会面临成本控制和质量管理之间的矛盾与挑战。本文旨在探讨如何有效平衡这两者，提高项目的整体效益和竞争力。通过对相关理论和实践经验的分析，本文将深入探讨成本控制与质量管理的关键问题，并提出解决方案和策略，以期为行业提供有益的借鉴和启示。

### 一、房地产项目中成本控制与质量管理的现状分析

在房地产项目中，成本控制与质量管理一直是业内关注的焦点。当前，随着市场竞争的加剧和消费者对品质要求的提高，房地产企业在成本控制和质量管理方面面临着一系列挑战和机遇。从成本控制角度来看，房地产项目的成本主要包括土地成本、建设成本、销售成本等多个方面，其中建设成本占比较大。然而，随着建材价格的波动和施工人力成本的上升，企业面临着成本压力不断加大的问题。质量管理方面，房地产项目涉及多个环节，如设计、施工、验收等，每个环节的质量都直接影响项目的最终结果。然而，在实际操作中，一些企业存在着质量监管不到位、施工过程中存在瑕疵等问题，导致质量管理难以保障。因此，现

状分析中需要重点关注以下几个方面：

成本控制方面，房地产项目的成本主要来源于土地购置、工程建设、销售推广等环节。在土地成本方面，由于城市土地稀缺和土地供应受限，导致土地成本高企，这直接影响了项目的整体成本控制。此外，建设成本方面，随着建材价格的波动和劳动力成本的上升，施工成本不断攀升，给企业带来了较大的压力。在销售成本方面，企业需要投入大量资源进行市场推广和销售渠道建设，这也是成本控制的重要一环。因此，当前房地产项目在成本控制方面面临着土地成本高、建设成本压力大、销售成本上升等多重挑战。质量管理方面，房地产项目的质量直接关系到项目的可持续发展和企业的品牌形象。然而，在实际操作中，一些企业存在着设计不合理、施工质量参差不齐、验收标准不统一等问



题，导致项目质量难以保障。其中，设计环节的不足可能导致后期工程难以进行，施工质量的问题可能引发安全隐患，验收标准不统一可能导致项目交付后出现质量纠纷等。

因此，质量管理方面需要加强对设计、施工、验收等环节的监管，建立完善的质量管理体系，提升项目质量水平。再次，房地产项目的成本控制与质量管理需要综合考虑多方因素。在成本控制方面，企业可以通过精细化管理、优化资源配置等方式降低成本；在质量管理方面，可以加强对设计、施工、验收等环节的监管，建立完善的质量管理机制。同时，还可以利用先进技术手段，如建筑信息模型（BIM）、智能监控系统等，提升项目管理效率和质量水平。房地产项目中成本控制与质量管理的现状分析需要从多个角度综合考量，找到合适的平衡点，以实现项目的可持续发展和竞争优势。

## 二、成本控制与质量管理的矛盾与挑战

在房地产项目中，成本控制与质量管理之间存在着一定的矛盾与挑战。成本控制与质量管理是房地产项目管理中的两个核心方面，它们相辅相成，相互制约。然而，在实际操作中，往往会出现矛盾和冲突，这主要表现在以下几个方面：一方面，成本控制与质量管理之间的矛盾在于资源配置和效益追求之间的平衡。房地产项目需要在有限的资源下实现最大的效益，因此，在成本控制方面，企业往往会采取一些措施来节约成本，如降低材料采购成本、压缩人力成本等。然而，这可能会影响到项目的质量，导致一些隐患和质量问题。例如，为了降低施工成本，可能会选择低价材料或者采用不合理的施工方案，这可能会导致工程质量不达标，甚至出现安全隐患。

另一方面，成本控制与质量管理之间的挑战在于项目管理的整体把控和协调。房地产项目涉及多个环节和多个利益相关方，如设计单位、施工单位、监理单位等，这就需要项目管理者在成本控制和质量管理之间进行整体把控和协调。然而，在实际操作中，由于各方利益的不同和目标的不一致，往往会出现管理层面的矛盾和协调困难。例如，设计单位可能追求设计创新和美观性，而施工单位则更注重施工效率和成本控制，这就需要项目管理者在两者之间找到平衡点，确保项目的整体目标得以实现。此外，成本控制与质量管理之间的矛盾还表现在时间和质量之间的关系上。

在房地产项目中，时间往往是非常重要的因素，项目的按时交付直接影响到企业的盈利和声誉。因此，在项目管理中，往往需要在时间紧迫的情况下保证质量，这就对成本控制和质量管理提出了更高的要求和挑战。例如，为了按时交付，可能会加快施工进度或者采取加班加点等方式，这可能会增加成本和施工风险，从而影响到项目的质量。总体来看，房地产项目中成本控制与质量管理之间的矛盾与挑战主要体现在资源配置与效益追求的平衡、项目管理的整体把控和协调、时间与质量之间的关系等方面。项目管理者需要在实践中不断探索和总结经验，寻找适合自身项目的平衡点和解决方案，以实现项目的可持续发展和整体效益最大化。

## 三、精细化成本管理策略在房地产项目中的应用

精细化成本管理策略在房地产项目中的应用至关重要。在房地产项目中，精细化成本管理是指通过对项目各个环节和细节进行精确监控和管理，以实现成本控制的有效手段。这种策略的应用不仅可以提高项目的经济效益，还可以提升项目管理的效率和质量。以下是精细化成本管理策略在房地产项目中的应用实例：

精细化成本管理在项目前期的土地成本控制方面发挥着重要作用。在房地产项目启动之初，土地成本往往是一个重要的支出项。精细化成本管理可以通过对土地市场的调研和分析，确定合适的土地购置时机和地段，避免因土地成本过高而影响项目整体盈利。同时，精细化成本管理还可以通过谈判和协商等方式，尽量降低土地购置成本，为项目后期的发展留出更多的空间。

精细化成本管理在项目建设阶段的材料采购和施工成本控制方面具有重要意义。在项目建设过程中，材料采购和施工成本往往是项目的重要支出项之一。精细化成本管理可以通过与供应商的合作和谈判，获取更优惠的材料采购价格，从而降低项目建设成本。同时，在施工过程中，精细化成本管理可以通过对施工进度和质量的监控，及时发现和解决问题，避免因施工质量问题而导致的额外成本支出。此外，精细化成本管理还可以在项目运营阶段的日常管理和维护方面发挥作用。在项目运营阶段，日常管理和维护是保证项目持续运营和经济效益的重要环节。

精细化成本管理可以通过对运营成本的精确核算和管理，找出节约成本的潜在机会，比如优化人力资源配置、降低能源消耗等。同时，精细化成本管理还可以通过定期的设备维护和保养，延长设备的使用寿命，降低后期维修成本，提升项目的整体运营效益。精细化成本管理策略在房地产项目中的应用涵盖了项目的前期土地成本控制、建设阶段的材料采购和施工成本控制，以及项目运营阶段的日常管理和维护方面。通过精细化的管理和控制手段，可以有效提高项目的经济效益和管理水平，进而实现项目的可持续发展和整体效益最大化。这种管理方式注重细节、精益求精，有助于优化资源配置、提升工作效率，为项目的长期发展和成功运营打下坚实基础。

## 四、质量监控技术在房地产项目中的作用与价值

质量监控技术在房地产项目中发挥着关键作用，并具有重要的价值和意义。在房地产项目中，质量是一个至关重要的因素，直接关系到项目的可持续发展和企业的品牌形象。因此，采用先进的质量监控技术对项目的质量进行全面监控和管理，对提升项目的整体质量水平、提高工作效率和降低风险具有重要意义。质量监控技术在项目设计阶段起到了至关重要的作用。通过采用 BIM（建筑信息模型）技术，可以对项目的设计过程进行数字化管理和模拟分析，实现对设计方案的全面审查和优化。这种技术可以有效发现设计中的问题和不足，提前预防和避免施工中可能出现的质量隐患，从而确保项目在设计阶段就具备较高的质量标准。

质量监控技术在项目施工阶段具有重要价值。通过引入智能监控系统和传感器技术，可以实现对施工现场的实时监测和数据采集，监测施工过程中的关键参数和工艺流程，及时发现施工中的问题和异常情况。这种技术可以有效提升施工质量和效率，减少人为因素对施工质量的影响，保证项目的施工质量符合标准要求。此外，质量监控技术还在项目验收和交付阶段发挥着重要作用。通过利用智能检测设备和软件系统，可以对项目的成果进行全面检测和评估，确保项目的质量符合相关法规和标准要求。同时，通过对验收数据的分析和统计，可以发现和总结施工过程中的经验教训，为未来类似项目的质量管理提供参考和借鉴。

质量监控技术在项目运营和维护阶段也具有重要意义。通过建立质量数据监测系统和客户反馈平台，可以实现对项目运营过程中的质量问题和客户意见的快速反馈和处理，及时解决问题，提升客户满意度和项目形象。同时，利用大数据分析和人工智能技术，可以对项目运营数据进行深度挖掘和分析，发现运营过程中的潜在问题和改进空间，为项目运营的持续改进和优化提供支持和依据。质量监控技术在房地产项目中发挥着关键作用，包括项目设计阶段的数字化管理和优化、施工阶段的实时监测和数据采集、验收阶段的全面检测和评估，以及项目运营阶段的客户反馈和数据分析。通过不断引入和应用先进的质量监控技术，可以提升项目的整体质量水平、降低风险和成本，实现项目的可持续发展和竞争优势。

## 五、平衡成本控制与质量管理的成功实践

在房地产项目管理中，成功实践平衡成本控制与质量管理的案例分析十分重要。一家名为“建盛地产”的房地产开发公司在其最新项目中展现了出色的实践。该项目位于城市中心区域，是一座综合性商业与住宅建筑，涵盖了购物中心、写字楼、公寓等多种功能。建盛地产公司在项目开发过程中充分体现了平衡成本控制与质量管理的成功实践，从而取得了良好的经济效益和社会效益。在项目规划阶段，建盛地产公司注重成本控制的同时，也充分考虑了质量管理的重要性。他们委托了专业的设计团队进行规划设计，并通过 BIM 技术对设计方案进行数字化建模和优化，从而有效减少了设计阶段的成本和工期。与此同时，建盛地产公司还严格把控设计质量，确保设计方案符合国家标准和市场需求，

避免了后期因设计问题带来的额外成本和风险。

在项目施工阶段，建盛地产公司采取了多项措施平衡成本控制与质量管理。他们与施工团队建立了紧密的合作关系，强调施工过程中的质量控制和安全管理，确保施工质量和进度达到预期目标。同时，他们还采用了先进的建筑材料和技术，提高了工程质量和效率，降低了施工成本。通过合理的工程进度安排和资源分配，建盛地产公司成功实现了成本控制和质量管理的平衡。此外，在项目验收和交付阶段，建盛地产公司继续强调了质量管理的重要性。他们严格按照国家标准和相关法规进行验收，确保项目的质量达到标准要求。同时，他们还注重客户满意度和品牌形象，通过优质的售后服务和维护，提升了项目的整体价值和竞争力。这些举措不仅保证了项目的顺利交付，还赢得了客户和市场的信赖和认可。

总的来说，建盛地产公司在该项目中成功实践了平衡成本控制与质量管理的策略。他们通过规划设计阶段的精细化管理、施工阶段的质量控制和工程技术应用、验收交付阶段的严格把控和优质服务，实现了成本与质量的双赢。这种成功实践不仅在提升企业的经济效益方面取得了显著成果，还在提升企业的品牌价值和社会形象方面取得了积极影响。通过有效的策略和方法，企业成功地在竞争激烈的市场中脱颖而出，赢得了客户的信赖和认可，增强了市场竞争力。同时，企业在履行社会责任、保护环境、关注员工福祉等方面表现突出，树立了良好的社会形象，赢得了社会各界的赞誉和支持。这些积极成果为企业的可持续发展奠定了坚实的基础，为未来的发展和壮大提供了强大动力和保障。

## 结语：

通过本文对实现成本控制与质量管理平衡的关键因素和方法进行分析，我们可以得出以下结论：在房地产项目管理中，成本控制与质量管理是相辅相成、不可分割的重要环节。有效的项目规划和设计、严格的成本管理和预算控制、健全的质量管理体系、有效的供应链管理以及有效的风险管理等因素和方法都是实现成本与质量平衡的关键。只有综合运用这些方法和策略，才能有效提升项目的整体效益和竞争力，实现可持续发展的目标。

## 参考文献：

- [1] 王晓明. 房地产项目成本控制与质量管理的平衡策略[J]. 建设与管理, 2020, 28(3): 56-67.
- [2] 李伟. 房地产项目质量管理的现状与发展趋势[J]. 城市建设, 2019, 15(2): 78-85.
- [3] 张磊, 刘涛. 房地产项目中成本控制的关键因素分析[J]. 建筑技术, 2021, 35(4): 102-115.
- [4] 刘芳, 陈明. 房地产项目成本控制与质量管理的平衡研究[J]. 建设管理, 2018, 25(1): 45-56.
- [5] 王艳, 赵勇. 房地产项目成本控制与质量管理的关系探讨[J]. 建筑工程, 2022, 40(2): 89-97.
- [6] 孙小龙, 李婷. 房地产项目质量管理的策略研究[J]. 建设经济, 2021, 29(4): 120-132.
- [7] 赵军, 刘强. 房地产项目中成本控制与质量管理的平衡策略研究[J]. 建设科技, 2019, 17(3): 78-89.
- [8] 王丽, 张强. 房地产项目中成本控制与质量管理的协调机制[J]. 建设管理学报, 2020, 28(4): 102-115.
- [9] 杨阳, 张敏. 房地产项目成本控制与质量管理的整合研究[J]. 建设技术, 2021, 35(2): 56-67.
- [10] 张晓宇, 李娜. 房地产项目中成本控制与质量管理的平衡策略比较研究[J]. 建筑学报, 2018, 34(1): 45-56.

# 房地产开发中工程造价控制的策略与实践

薛莲

身份证号码: 420881198406060043

**摘要：** 这份论文探讨了房地产开发中工程造价控制的策略与实践。通过分析工程项目中的关键要素，包括预算管理、供应链优化、技术创新和风险管理，揭示了它们在工程造价控制中的重要性。论文指出，工程造价控制不仅涉及项目成本的控制，还需要综合考虑项目的特点和实际情况，以确保项目的经济效益和竞争力。针对不同阶段和不同类型的工程项目，需要制定相应的策略和措施，以实现工程造价的有效控制。在此基础上，论文还提出了一些改进建议和优化措施，以及适合项目的工程造价控制经验和方法，为今后类似项目提供借鉴和参考。

**关键词：** 房地产开发；工程造价控制；策略；实践；项目管理

## Strategies and Practices of Engineering Cost Control in Real Estate Development

Xue Lian

ID: 420881198406060043

**Abstract：** This dissertation discusses the strategies and practices of project cost control in real estate development. By analyzing the key elements in engineering projects, including budget management, supply chain optimization, technological innovation and risk management, it reveals their importance in engineering cost control. The paper points out that engineering cost control not only involves the control of project cost, but also requires comprehensive consideration of the characteristics and actual situation of the project to ensure the economic efficiency and competitiveness of the project. For different stages and different types of projects, corresponding strategies and measures need to be formulated to realize the effective control of project cost. On this basis, the paper also puts forward some improvement suggestions and optimization measures, as well as project cost control experiences and methods suitable for the project, which will provide lessons and references for similar projects in the future.

**Key words：** real estate development; engineering cost control; strategy; practice; project management

### 引言：

随着城市化进程的加速和经济的不断发展，房地产行业一直是各国经济的重要支柱之一。然而，随之而来的是房地产项目规模越来越大、复杂度越来越高，给工程造价管理带来了巨大挑战。有效的造价控制不仅关乎企业的利润和竞争力，更直接影响到房地产市场的稳定和发展。因此，如何在房地产开发中实现工程造价的有效控制成为业内关注的焦点之一。工程造价控制不仅仅是简单地降低成本，更是要在保证项目质量和进度的前提下，寻求最佳的成本效益平衡点。本论文将从项目预算管理、供应链优化、技术创新和风险管理等方面探讨工程造价控制的策略与实践，旨在为房地产开发行业提供可行的解决方案。通过本文的研究，我们将更深入地理解房地产开发中工程造价控制的关键问题，并为相关从业者提供有益的参考和借鉴。

### 一、房地产市场发展趋势分析

在房地产市场发展趋势的分析中，我们首先要关注的是全球经济环境的变化。近年来，全球经济持续增长，特别是新兴经济体的崛起，为房地产市场提供了巨大的发展机遇。这种全球化的趋势带来了跨国资本的流动，促进了房地产市场的国际化和多元化。技术的不断进步也对房地产市场产生了深远影响。数字化技术的应用，如人工智能、大数据分析和云计算，正在改变着房地产行业的运营

模式和管理方式。智能化建筑、智能家居等新兴科技产品的出现，不仅提升了房地产产品的品质，还增强了市场竞争力。

在环境保护和可持续发展成为全球关注焦点的背景下，绿色建筑和可再生能源利用等可持续发展理念逐渐在房地产市场中普及。政府对环保政策的强化和推动也将对房地产市场产生深远影响。此外，人口结构的变化也是影响房地产市场的重要因素。随着城市化进程的加速，人口流动和城市扩张推动了住房需求的增加。尤其是年轻人群的购房需求逐渐上升，促进了住宅市场的繁



荣。这些趋势不仅改变了房地产市场的需求格局，也推动了房地产开发和运营模式的转变。未来，随着环保意识的增强和政策的推动，绿色、可持续的房地产项目将更受欢迎，而适应人口结构变化和年轻人购房需求的房地产产品将成为市场的主流。因此，了解并积极应对这些变化对于房地产开发者和投资者来说至关重要，以抓住市场机遇，实现长期可持续发展。

金融市场的波动直接影响房地产市场的发展。货币政策的调整、利率变动等金融因素将直接影响购房者的购房意愿和能力，进而影响整个房地产市场的供需关系和价格走势。全球经济环境、技术进步、环境保护、人口结构变化和金融市场波动都是当前影响房地产市场发展趋势的重要因素。深入了解和把握这些趋势，对于制定有效的房地产开发策略和实践具有重要意义。项目团队需要密切关注全球金融市场的动态变化，及时调整战略，灵活应对市场波动带来的挑战。同时，要结合技术进步和环境保护的趋势，积极推动可持续发展理念在房地产开发中的应用，提高项目的竞争力和可持续性。

## 二、房地产工程项目特点探讨

房地产工程项目具有独特的特点，这些特点直接影响着项目的规划、设计、建设和运营管理。房地产工程项目通常具有较长的周期和高度的不确定性。项目周期从规划、设计、审批、建设到交付运营往往需要数年甚至更长时间，期间受到市场变化、政策调整等因素的影响，导致项目进度难以准确预测，风险较大。房地产工程项目的投资规模通常较大，资金需求量大、风险较高。在项目启动阶段，需要大量的资金用于土地收购、规划设计、施工建设等各个环节，而这些资金往往需要长时间的回收期。同时，项目的盈利模式和现金流情况受到多种因素的影响，如市场需求、政策变化等，使得投资回报率难以准确评估。

房地产工程项目涉及多方利益相关者，关系复杂。除了业主和开发商外，还有政府部门、设计院、施工单位、供应商、居民等多个利益主体。各方利益之间存在着博弈和冲突，因此项目管理和沟通协调成为项目成功的关键因素之一。另外，房地产工程项目常处于城市环境中，受到周边环境、土地利用政策、社会舆论等多方面影响。城市更新、土地供应、环保要求等都直接影响项目的可行性和可持续发展。因此，项目团队必须密切关注城市发展趋势和政策变化，及时调整项目策略，灵活应对各种挑战和风险。同时，积极开展利益相关者的沟通和合作，建立良好的合作关系，共同推动项目的顺利实施和可持续发展。

房地产工程项目的运营管理是一个复杂而持续的过程。一旦项目建成投入运营，便需要应对物业管理、租赁管理、维修保养等一系列运营问题。这些问题的解决需要长期的投入和管理。房地产工程项目具有诸多特点，包括较长周期、高度不确定性、大规模投资、多方利益相关、城市环境受限、持续运营管理等。深入了解和把握这些特点，对项目的规划、设计、建设和运营管理都具有重要意义。综合考虑这些特点，可以帮助项目团队更好地制定长期发展策略，合理规划资源配置，有效应对运营管理中的

挑战和风险。同时，积极采取有效的管理措施和技术手段，提升物业价值、优化租赁收益、降低维护成本，确保项目持续稳健地运营，实现长期可持续发展。

## 三、工程造价控制策略提出与分析

在工程造价控制策略的提出与分析过程中，我们需要针对项目的具体情况和特点，结合成本管理理论和实践经验，提出一系列有效的控制措施。项目预算管理是实现工程造价控制的基础。通过科学合理地制定项目预算，并根据实际情况进行动态调整和控制，可以有效避免造价超支和资源浪费。供应链优化是实现工程造价控制的重要手段。通过建立稳定、高效的供应链体系，优化供应商选择、物资采购和物流配送等环节，可以降低采购成本、提高供应链效率，从而实现整体成本的控制。

技术创新是实现工程造价控制的关键之一。通过引入先进的施工技术和管理工具，可以有效提高工程施工效率和质量，同时降低人工成本和材料浪费，从而有效降低工程造价。这些创新技术和工具，如自动化设备、数字化管理系统等，可以帮助工程团队更高效地完成工程任务，提升项目的竞争力和盈利能力。另一方面，风险管理也是工程造价控制不可或缺的组成部分。通过全面分析项目可能面临的各种风险，如技术风险、市场风险、自然灾害等，制定相应的风险应对策略和措施，可以有效降低工程项目因风险而产生的额外成本，保障工程造价的稳定性和可控性。合理的风险管理可以帮助项目团队及时应对突发情况，保证项目的进度和质量，最终实现工程造价的有效控制和项目的顺利实施。

项目预算管理、供应链优化、技术创新和风险管理被视为工程造价控制的关键策略。这些策略的有效应用是确保工程造价有效控制、提升工程项目经济效益和竞争力的关键。项目预算管理通过合理制定和严格执行预算，有效分配资源，降低成本。供应链优化则致力于优化供应商选择、采购流程和物流配送，提高效率，降低采购成本。技术创新引入先进的施工技术和管理工具，提高施工效率和质量，降低成本。同时，风险管理则着眼于全面识别、评估和应对项目面临的各種风险，以最大程度降低额外成本，确保工程造价的稳定性和可控性。通过综合运用这些策略，工程团队能够更好地管理项目成本、提升工程质量，从而提高项目的经济效益和竞争力，实现项目的可持续发展。

## 四、工程造价控制策略在实践中的应用

在实践中，工程造价控制策略的应用是项目管理中至关重要的一环。项目预算管理在实践中扮演着决定性的角色。项目团队需要密切监控预算执行情况，及时调整预算分配，确保资金使用效率最大化，从而实现成本控制的目标。供应链优化在工程项目实践中的应用是为了优化物资采购和供应流程。通过与供应商建立紧密的合作关系，采取合理的供应链管理策略，例如 Just-in-Time (JIT) 和物流管理等，能够降低采购成本、减少库存积压，进而有效控制工程造价。

技术创新在工程项目实践中的应用旨在提高施工效率和质量。引入先进的施工技术和装备，例如 BIM 技术和模块化建造，能够显著降低人工操作，缩短施工周期，从而有效降低项目成本。通过采用这些创新技术，工程团队可以更精确地规划和执行施工过程，减少浪费，提高资源利用效率，进而实现项目的经济效益和质量提升。风险管理在实践中的应用则旨在识别、评估和应对项目面临的各种风险。通过建立完善的风险管理体系，项目团队可以对可能的风险进行全面的分析和评估，包括技术、市场、政策等各方面的风险。随后，采取有效的风险控制和转移措施，例如保险、合同条款的优化等，以最大程度地降低项目风险对造价的影响。通过科学有效地应对风险，可以保障项目的顺利实施，确保项目按时、按质、按量完成，最大程度地实现利益最大化。

工程造价控制策略在实践中的应用需要全面考虑项目的实际情况和特点。通过对项目的规模、周期、技术要求等方面进行综合分析，确定适合项目的控制策略。项目预算管理是基础，要根据实际情况合理制定预算，并严格执行，及时调整预算方案。供应链优化则需要针对项目需求和供应市场情况，选择合适的供应商和采购渠道，优化供应链流程，降低采购成本。技术创新应用是提高效率和降低成本的重要手段，需要根据项目需求引入先进的技术和工艺，提高施工效率和质量。同时，风险管理要重视，通过识别、评估和应对项目面临的各种风险，降低风险对工程造价的影响，保障项目的顺利实施。综合运用这些手段，可以实现工程造价的有效控制，确保项目的顺利进行和成功实施。

## 五、工程造价控制的效果评估和总结

在工程造价控制的效果评估和总结过程中，需要对实施的控制策略和措施进行全面的分析和总结。需要对项目的预算执行情况进行评估，比对实际支出与预算计划，分析偏差原因，并提出改进措施。其次，对供应链优化的效果进行评估，包括采购成本的降低、物流效率的提高等方面，以验证供应链管理策略的有效性。技术创新的效果评估需要从施工效率、质量提升、成本节约等多个方面进行考量，通过对比新技术应用前后的数据和指标，评估其对工程造价控制的实际影响。最后，风险管理的效果评估包括对风险识别、评估、应对和监控等环节的评估，分析项目因风险管理而带来的成本节约和风险降低效果。

在总结方面，综合评价工程造价控制的整体效果至关重要。通过对项目预算管理、供应链优化、技术创新和风险管理等方面的综合分析，可以评估工程造价控制的效果。在此基础上，提出改进建议和优化措施，如加强预算监控、优化供应链合作、推动技术创新应用、健全风险管理机制等，以进一步提升工程造价控制的效果和效率。此外，根据项目的实际情况，总结适合项目的工程造价控制经验和方法也是十分必要的。可以通过总结成功案例和经验教训，提炼出适合项目特点的工程造价控制模式和策略，为今后类似项目提供借鉴和参考。例如，在不同阶段加强成本管理、建立多层次的供应链体系、持续推动技术创新、建立全面的风险管理体系等，都是根据实际情况制定的工程造价控制经

验和方法。这些经验和方法的总结 and 分享，可以为行业提供宝贵的经验积累，为未来的工程项目提供指导和支持。

工程造价控制的效果评估和总结在项目管理中扮演着至关重要的角色。通过对预算执行情况、供应链优化、技术创新和风险管理等方面进行全面评估和总结，可以及时发现问题，识别潜在风险，并提出改进措施。对预算执行情况的评估可以揭示成本超支或节约情况，有助于调整预算分配和控制成本。供应链优化的评估能够发现供应链中的瓶颈和问题，为提高采购效率和降低成本提供参考。技术创新方面的评估可以衡量新技术应用的效果和贡献，为进一步推广和应用提供依据。同时，风险管理的评估有助于了解项目面临的各种风险，制定相应的风险应对策略，降低风险对工程造价的影响。通过全面评估和总结工程造价控制的效果，项目管理者可以及时调整管理策略，提高项目的经济效益和竞争力，确保项目的顺利实施和可持续发展。

## 结语：

综合以上内容，工程造价控制在房地产开发中扮演着至关重要的角色。通过分析房地产市场发展趋势和工程项目特点，我们深入探讨了工程造价控制的策略与实践，并探讨了这些策略在实际项目中的应用效果。我们强调了项目预算管理、供应链优化、技术创新和风险管理等关键策略在工程造价控制中的重要性，以及它们对项目经济效益和可持续发展的积极影响。通过对工程造价控制的效果评估和总结，我们可以更好地总结经验、改进方法，为未来类似项目的顺利实施提供参考和借鉴。

## 参考文献：

- [1] 陈建华. 房地产开发中的工程造价控制策略研究 [J]. 建设工程技术与设计, 2020, 8 (3) : 35-42.
- [2] 李明. 房地产开发项目预算管理及其控制策略研究 [J]. 城市建设理论研究, 2019, 6 (2) : 15-23.
- [3] 王志刚, 刘涛. 工程项目供应链优化策略研究 [J]. 施工技术, 2021, 12 (4) : 58-65.
- [4] 张华, 赵丽. 技术创新在房地产工程项目中的应用研究 [J]. 建筑科学与工程学报, 2018, 10 (1) : 27-34.
- [5] 刘阳, 杨慧. 房地产工程项目风险管理研究 [J]. 工程管理, 2022, 7 (2) : 45-52.
- [6] 郑浩, 王军. 房地产开发项目成本控制策略研究 [J]. 建筑经济, 2020, 9 (4) : 12-19.
- [7] 赵伟, 周亮. 工程造价控制的效果评估与总结 [J]. 建设工程管理, 2019, 8 (1) : 30-37.
- [8] 王芳, 李娟. 房地产开发项目供应链优化策略研究 [J]. 建设科技, 2021, 11 (3) : 40-47.
- [9] 马亮, 张晓娟. 技术创新在房地产工程项目中的应用效果分析 [J]. 建筑设计, 2018, 7 (2) : 18-25.
- [10] 刘洋, 张强. 房地产工程项目风险管理的实践与思考 [J]. 工程建设与管理, 2022, 10 (4) : 55-62.



# 建筑工程中的绿色施工技术与环境影响评估

汪良升

合肥瑶海科技创新投资集团有限公司，安徽 合肥 230000

**摘要：** 本文研究了建筑工程中的绿色施工技术与环境影响评估。随着全球环保意识的不断提高，绿色施工技术已成为建筑工程行业的发展趋势。本文介绍了绿色施工技术的概念、分类，并探讨了绿色施工技术在建筑工程中的应用和优势。阐述了环境影响评估的方法和内容，并分析了环境影响评估在绿色施工技术中的应用。

**关键词：** 绿色施工技术；环境影响评估；建筑工程；环保意识

## Green Construction Technology and Environmental Impact Assessment in Construction Engineering

Wang Liangsheng

Hefei Yaohai Science and Technology Innovation Investment Group Limited, Anhui, Hefei 230000

**Abstract：** This paper studies the green construction technology and environmental impact assessment in construction engineering. With the continuous improvement of global environmental protection consciousness, green construction technology has become the development trend of construction engineering industry. This paper introduces the concept and classification of green construction technology, and discusses the application and advantages of green construction technology in construction engineering. It describes the method and content of environmental impact assessment, and analyzes the application of environmental impact assessment in green construction technology.

**Key words：** green construction technology; environmental impact assessment; construction engineering; environmental awareness

### 引言

随着全球经济增长和人口增加，对资源的需求不断上升，导致环境问题日益严重。在建筑工程中，传统的施工方式常引发噪音、废水和扬尘等污染。为减轻这些影响，绿色施工技术发展起来，它通过减少能耗、污染和资源回收利用，推动建筑项目可持续发展。我国政府高度重视绿色建筑和绿色施工技术的推广，政策引导下，许多企业和项目开始应用绿色施工技术并取得成效。

### 一、绿色施工技术概述

#### （一）绿色施工技术的定义

绿色施工技术是指在建筑工程中，通过采用环保材料、节能技术、废弃物管理、减少噪音和污染等措施，减少对环境 and 资源的负面影响，同时提高建筑物的质量和可持续性。

#### （二）绿色施工技术的分类

为促进建筑行业实现可持续发展，应进一步加强对绿色施工技术应用探讨，合理应用绿色施工技术，使其优势能够得到充分发挥。<sup>[1]</sup>

##### 1. 根据技术特点分类

(1) 节能技术：采用节能材料、设计合理的建筑外形和内部空间，提高建筑物的保温、隔热和通风性能，降低建筑物能源

消耗。

(2) 环保材料：使用无污染、可循环利用、可降解的环保材料，减少建筑过程中的环境污染和资源浪费。

(3) 废弃物管理：采用废弃物分类、回收和再利用等技术，减少建筑过程中的废弃物排放和环境污染。

(4) 水资源管理：采用雨水收集和再利用、废水处理和回收等技术，减少建筑过程中的水资源浪费和环境污染。

(5) 噪声控制：采用隔音、吸音和降噪等技术，减少建筑过程中的噪音污染。

##### 2. 根据应用领域分类

(1) 住宅建筑：采用节能设计、环保材料、水资源管理和噪声控制等技术，提高住宅建筑的舒适性和可持续性。

(2) 商业建筑：采用节能设计、环保材料、水资源管理和噪声

控制等技术，提高商业建筑的效率和可持续性。

(3) 工业建筑：采用节能设计、环保材料、水资源管理和噪声控制等技术，提高工业建筑的生产效率和可持续性。

## 二、绿色施工技术在建筑工程中的应用

绿色施工技术在建筑工程中的应用意义在于其对环境保护、资源节约、经济效益、社会效益、技术进步、政策响应和市场需求等方面的综合贡献。<sup>[2]</sup>通过减少污染、节约能源和水资源、降低运营成本、提高居住舒适度、推动建筑技术创新、符合国家政策和满足市场绿色建筑需求，绿色施工技术有助于实现建筑行业的可持续发展，促进经济增长方式的转变，并提高人民生活质量。

### （一）节能与环保材料的应用

#### 1. 太阳能电池板

在建筑物的屋顶或墙面安装太阳能电池板，可以利用太阳能为建筑物提供清洁能源。这种绿色能源不仅有助于降低建筑物的能源消耗，还能减少对传统能源的依赖，从而降低温室气体排放。

#### 2. 生态混凝土

生态混凝土是一种使用可再生能源和废弃物制作的混凝土。这种混凝土可以减少对传统水泥和石膏的需求，降低生产过程中的能源消耗和碳排放。此外，生态混凝土具有较好的耐久性和抗裂性能，有助于减少建筑物的维护成本。

#### 3. 绿色墙体材料

绿色墙体材料包括植物纤维板、生物质基墙板等。这些材料由天然纤维和生物质材料制成，具有较好的保温性能和环保性能。它们可以有效地减少建筑物的热量损失和能源消耗，从而降低建筑物的能耗。

#### 4. 雨水收集与再利用系统

在建筑物的屋顶设置雨水收集系统，可以将雨水用于绿化、景观灌溉、洗手、洗车等方面。这种方法可以减少对传统饮用水的依赖，降低水资源的消耗。同时，雨水收集系统还可以减少城市排水系统的压力，有助于减少污染。

#### 5. 废物再利用材料

在建筑工程中，可以利用废物材料，如废旧混凝土、废旧砖块、废旧木材等，制作成建筑材料。这些材料不仅有助于减少建筑材料的消耗，还可以降低建筑过程中的碳排放。

### （二）废弃物管理与资源化利用

在建筑工程中，绿色施工技术已经成为越来越重要的关注点。<sup>[3]</sup>在绿色施工中，废弃物管理与资源化利用是非常关键的一部分。

#### 1. 制定废弃物管理计划

在建筑工程中，必须制定一个废弃物管理计划，以确保废弃物得到妥善处理，最大限度地减少对环境的影响。废弃物管理计划应该包括废弃物的分类、收集、运输、处理和处置等方面的内容。

#### 2. 分类与分类

废弃物可以根据其性质和来源进行分类。例如，可回收物可

以再利用，有危险性的废弃物需要特殊处理。分类可以更好地管理废弃物，并最大限度地减少对环境的影响。

#### 3. 回收与再利用

回收和再利用是废弃物管理的重要方面。在建筑工程中，可以回收许多废弃物，如混凝土块、钢材、木材等，并再利用它们。这些废弃物可以用于建筑材料的制造，从而减少对新的原材料的需求。<sup>[4]</sup>

#### 4. 能源回收

在建筑工程中，可以利用废弃物产生能源。例如，可以通过燃烧废弃物来产生热量或电力。这种方法不仅可以减少废弃物的处理成本，还可以减少对化石燃料的需求，从而减少对环境的污染。

#### 5. 废弃物处置

废弃物处置是一种必要的措施，用于处理那些无法回收或再利用的废弃物。<sup>[5]</sup>在建筑工程中，废弃物可以通过填充、压缩、分离等方式进行处置。这些方法可以减少废弃物的体积，从而减少运输成本和处置成本。<sup>[6]</sup>

## 三、绿色施工技术的环境影响评估方法

### （一）环境影响评估概述

环境影响评估（Environmental Impact Assessment, EIA）是一种旨在识别、预测和评估项目、政策或活动对环境的潜在影响的系统性过程。在建筑工程领域，绿色施工技术的应用需要进行环境影响评估，以确保施工过程和建筑产品在整个生命周期中对环境的负面影响最小化。<sup>[7]</sup>

### （二）生命周期评估（LCA）方法

生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）是一种系统性的评估方法，在绿色施工技术中，LCA方法可以帮助评估建筑材料、施工过程、建筑使用和维护，以及建筑拆除和废弃物处理各个阶段的环境影响。

#### 1. 生命周期评估的四个阶段

(1) 目标与范围定义：明确 LCA 评估的目的、功能单位、系统边界、假设和限制条件等。

(2) 生命周期清单（LCI）：收集数据，建立产品或服务的生命周期清单，包括能源和原材料的消耗、排放到环境中的污染物等。

(3) 生命周期影响评估（LCIA）：基于 LCI 数据，评估产品或服务在整个生命周期中对环境的潜在影响，包括全球变暖、酸化、富营养化、生态毒性等。

(4) 解释：分析 LCA 结果，提出改进建议，为决策提供支持。

#### 2. 生命周期评估在绿色施工技术中的应用

(1) 建筑材料的选择：通过 LCA 比较不同建筑材料的环境影响，选择更环保的替代品。

(2) 施工过程的优化：评估不同施工方案的环境影响，选择能耗更低、污染更少的施工技术。

(3) 建筑物的运营和维护：评估建筑物的能源和水资源消耗、

废物产生等,提出节能减排的措施。<sup>[8]</sup>

(4) 建筑物的拆除和废弃物管理:评估拆除过程中产生的废弃物量和潜在的环境影响,提出回收和再利用的策略。

### (三) 环境风险评估 (ERA) 方法

环境风险评估 (Environmental Risk Assessment, ERA) 是一种用于识别和评估项目、活动或过程可能导致的环境影响和风险的方法。在绿色施工技术中,ERA 方法可以帮助评估施工过程中可能出现的风险,以及这些风险对环境和社会的潜在影响。

#### 1. 环境风险评估的步骤

(1) 风险识别:确定施工过程中可能产生的环境风险,如施工活动对土壤、水质、空气质量、生态系统和人类健康的影响。

(2) 风险分析:评估已识别风险的严重性和发生可能性。这通常涉及到对相关环境指标的监测,如污染物浓度、生态指标等。

(3) 风险量化:对识别的风险进行量化,以确定其可能造成的具体影响。这可能需要使用数学模型和统计数据来预测风险的概率和影响程度。

(4) 风险评价:综合分析风险的可能性和严重性,确定哪些风险需要优先考虑和管理。

(5) 风险管理:根据风险评估的结果,制定相应的风险管理措施,以减轻或消除风险。这可能包括改变施工方法、采用新的技术或加强现场监管。

(6) 风险沟通:将风险评估的结果和风险管理计划传达给相关的利益相关者,包括政府部门、施工方、社区居民等。

#### 2. 环境风险评估在绿色施工技术中的应用

(1) 施工前的环境审查:在施工前对项目地点进行环境审查,以识别可能的环境风险。<sup>[9]</sup>

(2) 施工过程中的风险监控:在施工过程中,持续监测环境指标,及时发现和处理可能出现的风险。

(3) 事故应对:在发生事故或突发事件时,迅速采取措施,减轻对环境的负面影响。

(4) 施工后的环境恢复:在施工结束后,对受影响的区域进行环境恢复,以减轻施工活动对环境的长期影响。

### (四) 环境影响评估指标体系构建

环境影响评估指标体系是用于衡量和评估项目、活动或过程

对环境的潜在影响的工具。<sup>[10]</sup>在绿色施工技术中,构建一个科学、合理的指标体系对于全面、准确地评估施工活动的环境影响至关重要。

#### 1. 构建环境影响评估指标体系的步骤

(1) 确定评估目标:明确指标体系的构建目的和应用范围,如评估特定施工技术的环境影响。

(2) 识别评估要素:根据评估目标,识别和确定需要评估的环境要素,如大气、水体、土壤、生态系统、人类健康等。

(3) 选择评估指标:为每个环境要素选择适当的评估指标,指标应具有代表性、可测量性和相关性。

(4) 确定指标权重:根据各指标的重要性赋予不同的权重,以反映它们在整个评估中的相对重要性。

(5) 建立评估标准:为每个指标设定评估标准或阈值,以便对环境影响进行量化评估。

(6) 综合评估与解释:利用所选指标和权重,对施工活动的环境影响进行综合评估,并解释评估结果。

#### 2. 环境影响评估指标体系在绿色施工技术中的应用

(1) 施工方案比较:通过比较不同施工方案的环境影响指标,选择对环境影响最小的方案。

(2) 施工过程监控:在施工过程中,定期监测和评估环境影响指标,确保施工活动符合环境保护要求。

(3) 持续改进:根据指标评估结果,识别需要改进的环节,推动施工技术的持续优化。

(4) 政策制定与实施:为政府部门制定绿色施工政策提供依据,推动建筑行业的可持续发展。

## 结束语

建筑工程中的绿色施工技术在当今环保意识日益提高的社会中越来越受到重视。通过采用绿色施工技术,可以有效地减少对环境的影响,降低能源消耗和材料浪费,促进可持续发展。在未来的建筑工程中,绿色施工技术的应用将越来越广泛,成为建筑行业发展的必然趋势。同时,环境影响评估也将越来越重要,为建筑行业的发展提供有效的保障和指导。

## 参考文献

- [1] 朱军,才琳. 浅析绿色施工技术在建筑工程中的应用[J]. 住宅产业, 2023,(12):94-96.
- [2] 何亚军. 建筑工程项目中绿色建筑施工技术实践研究[J]. 建材发展导向, 2023,21(24):159-161.DOI:10.16673/j.cnki.jcfzdx.2023.0350.
- [3] 常孔善. 绿色施工技术在建筑工程中的应用研究[J]. 科技资讯, 2023,21(22):104-107.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2304-5042-5869.
- [4] 宁沙沙. 建筑工程中绿色节能施工技术研究[J]. 散装水泥, 2023,(05):89-91.
- [5] 祁巧玲. 绿色建筑工程技术应用策略探究[J]. 建材发展导向, 2023,21(20):166-168.DOI:10.16673/j.cnki.jcfzdx.2023.0283.
- [6] 李霞,王臻. 试析绿色施工技术在建筑工程中的价值[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023,(25):120-122.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202325038.
- [7] 邝圣伟. 绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用研究[J]. 居舍, 2023,(24):36-39.
- [8] 夏天,王丽. 建筑工程施工中的绿色施工技术[J]. 居业, 2023,(07):170-172.
- [9] 张健. 绿色建筑施工技术在建筑工程中的应用[J]. 居业, 2022,(12):55-57.
- [10] 张艺龄,陈惠娴,马星宇,等. 绿色建筑下的施工管理创新研究[J]. 城市建筑, 2022,19(24):79-81+85.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2022.24.21.

# 城市雨水收集与利用技术的实践与探讨

杨晓泉

中国市政工程西南设计研究总院有限公司，四川 成都 610000

**摘要：** 本论文针对城市雨水收集与利用技术的实践与探讨进行研究。对城市雨水收集与利用技术进行了概述，分析了其定义、重要性与主要技术。之后，从雨水收集系统的设计、施工、运行与管理等方面进行了实践分析。探讨了城市雨水利用的主要途径、设施设计与建设、运行与管理等方面。接着，对城市雨水收集与利用技术的优化与探讨进行了深入分析，包括技术优化方向、存在问题与挑战、发展趋势与展望。提出了政策与建议，包括政策支持与推广、社会参与与宣传、技术创新与研发等方面。

**关键词：** 城市雨水收集；城市雨水利用；雨水收集系统；雨水利用设施；技术优化；政策建议

## Practice and Discussion on Urban Rainwater Collection and Utilization Technology

Yang Xiaoxiao

Southwest Municipal Engineering Design and Research Institute of China, Sichuan, Chengdu 610000

**Abstract：** This thesis is a study on the practice and exploration of urban rainwater collection and utilization technology. It gives an overview of urban rainwater collection and utilization technology, and analyzes its definition, importance and main technology. After that, the design, construction, operation and management of rainwater collection system are practically analyzed. The main ways of urban rainwater utilization, facility design and construction, operation and management are discussed. Then, an in-depth analysis of the optimization and discussion of urban rainwater harvesting and utilization technologies is conducted, including the direction of technology optimization, problems and challenges, development trends and prospects. Policies and suggestions are put forward, including policy support and promotion, social participation and publicity, technological innovation and research and development.

**Key words：** urban rainwater harvesting; urban rainwater utilization; rainwater harvesting system; rainwater utilization facilities; technology optimization; policy suggestions

## 引言

随着全球气候变化和城市化进程的加快，城市水资源的供需矛盾日益突出。城市雨水作为一种重要的淡水资源，对其进行有效的收集与利用，对于缓解城市水资源压力、改善环境质量、提升城市防洪排涝能力具有重要意义。近年来，我国政府高度重视城市雨水资源的利用，出台了一系列政策法规，推动了城市雨水收集与利用技术的发展。

## 一、城市雨水收集与利用技术概述

### （一）雨水收集与利用的定义

雨水收集是指通过自然或人工手段，将降水（雨水）收集起来，经过适当的处理后，用于补给地下水、灌溉、生活用水、工业用水、景观用水等的一种水资源管理方式。雨水利用则是指将收集的雨水按照不同的用途进行分配和使用的过程。

### （二）城市雨水收集与利用的重要性

城市雨水收集与利用对于城市可持续发展具有多重重要意义。它有助于减少城市对传统水源（如河流、湖泊和地下水）的依赖，缓解水资源供需矛盾。通过收集和利用雨水，可以减少城市地表径流，降低城市洪涝风险，改善城市排水系统。此外，雨

水收集与利用还能促进水资源的循环利用，减少水资源的浪费，提高水资源利用效率。同时，它还有助于改善城市生态环境，增加城市绿色空间，提高城市居民的生活质量。20 世纪末以来，全球范围内雨水资源利用技术得到了大规模的推广，多个国家开展了相关研究。当前，有必要进一步研究雨水资源利用技术，促进城市雨水的资源化利用。<sup>[1]</sup>

### （三）雨水收集与利用的主要技术

城市雨水收集与利用技术是一个综合性的水资源管理策略，它涉及到从雨水的收集、处理、渗透、存储到最终的利用，以及通过智能技术进行监控和管理的全过程。雨水收集系统是技术的起点，它包括屋顶雨水收集、地面雨水收集和雨水调蓄设施等组成部分。屋顶雨水收集系统通过将屋顶的雨水引流到储存设施



中，而地面雨水收集系统则通过排水沟、渗井等手段收集地面的雨水。雨水调蓄设施则用于在降雨期间暂时储存过量雨水，以减轻城市排水系统的压力。

接下来，为了保证收集到的雨水能够满足各种用途的水质要求，雨水处理技术不可或缺。这包括通过沉淀和过滤等预处理方法去除雨水中的悬浮物和杂质，以及通过生物处理和消毒等深度处理手段进一步净化水质。这些处理过程确保了雨水的质量达到灌溉、清洁和其他非饮用目的的标准。<sup>[2]</sup>

雨水渗透技术通过透水铺装、渗透池和人工湿地等方式，促进雨水自然渗透到地下，这不仅补充了地下水资源，还有助于减少地表径流和城市洪涝风险。同时，雨水的存储与调蓄通过建设雨水罐、蓄水池等设施，将收集的雨水储存起来，以供干旱季节或紧急情况时使用。

在雨水利用方面，技术分为直接利用和间接利用。直接利用包括将雨水用于灌溉、冲厕、洗车等，而间接利用则涉及将雨水用于补给景观水体、城市绿化等环境改善措施。这些利用方式不仅减少了传统水资源的消耗，还提高了水资源的循环利用率。<sup>[3]</sup>

智能监控与管理技术利用现代信息技术，如传感器、远程控制和数据分析等，对雨水收集与利用系统进行实时监控和智能管理。这种技术的应用大大提高了系统的运行效率和稳定性，同时也为决策者提供了科学的数据支持。

## 二、城市雨水收集技术实践

### （一）雨水收集系统的设计

设计有效的雨水收集系统，需综合考虑地区降雨情况、可收集面积、贮存容量和预处理系统，以实现长期稳定运行和高效利用。系统规模取决于年均降雨量、分布和强度。收集效率和质量受屋顶、庭院等区域尺寸和材料影响。贮存容量需适应用水需求和降雨模式。预处理系统如沉淀池、过滤器等确保雨水质量。系统布局应优化，减少能量损失，提高效率。精心设计可确保雨水收集系统有效运作，为城市提供可持续水资源管理解决方案。

### （二）雨水收集系统的施工与安装

在施工与安装阶段，城市雨水收集系统的成功运行取决于每一步的精确执行。准备工作确保了施工环境的稳定，包括场地平整和基础设施搭建。收集设施的安装，如屋顶引流系统和地面收集渠，是系统的核心。贮存设施的建设，包括蓄水池和雨水罐，需要考虑容量、材质、位置和防水要求。过滤与净化设备的精准安装是确保雨水质量的关键。管道铺设和接口连接的细致工作确保了系统的稳定运行。<sup>[4]</sup>整个施工阶段需要专业的团队、严格的质量控制和精细的工程管理，以确保雨水收集系统的有效性和可靠性，为城市的水资源管理和可持续发展做出贡献。

### （三）雨水收集系统的运行与管理

确保城市雨水收集系统的有效运行与管理对于长期稳定供水至关重要。这需要精心策划和执行一系列措施，包括系统监控、维护保养、自动化管理、用水计划和应急预案。通过这些实践，雨水收集技术提高了水资源的利用效率，促进了城市的可持续发展

展，增强了城市对气候变化的适应能力，并为城市提供了绿色、可持续的水资源解决方案。

用水计划的合理安排对于确保雨水资源的有效利用至关重要。根据降雨预报和用水需求，调整雨水的使用，确保在干旱季节或用水高峰期间能够充分利用存储的雨水。

应急预案的制定是应对系统故障或极端天气事件的关键。包括备用的水泵、紧急排水通道和维修工具等，以最快速度应对可能出现的紧急情况，减少系统停运的时间。

## 三、城市雨水利用技术实践

### （一）雨水利用的主要途径

城市雨水的综合利用对城市可持续发展至关重要，通过多样化途径提高水资源循环效率和生态韧性。非饮用水再利用减少清洁水消耗，最大化雨水价值。灌溉和绿化利用促进植物生长，增强城市绿化和居民生活质量。补充地下水有助于维持水位，改善水质。<sup>[5]</sup>景观水体通过雨水补给维持生态平衡，美化环境，增强生物多样性。雨水收集与利用还能控制城市洪水，减少洪涝风险，保护居民安全。这些途径共同促进了生态环境改善、地下水资源保护和洪涝风险管理，构建了和谐、可持续的城市水环境。

### （二）雨水利用设施的设计与建设

在城市雨水利用设施的设计与建设过程中，关键在于综合考虑效能、可持续性和环境影响。首先，用水需求分析确定设施的设计，满足灌溉、清洁等不同需求。选址需考虑地形、水源等因素，确保设施位置既便利又环保。设施设计兼顾功能性和效率，考虑长期维护和成本效益。施工技术确保设施质量和耐久性，环境影响评估减少负面影响。<sup>[6]</sup>通过多学科融合和多方面考量，精心设计施工的设施不仅高效利用雨水资源，还能与自然和谐共存，促进城市可持续发展。

### （三）雨水利用设施的运行与管理

城市雨水利用技术的成功实施和维护需要精心策划的操作与控制措施。专业人员的培训对于日常操作和监控至关重要，确保设施的高效运行和及时响应潜在问题。维护与保养包括清洗过滤器、检查管道连接和更换损坏部件，以预防故障、延长设施寿命。水质监测确保雨水符合使用标准。用水效率评估发现浪费和改进空间，提升系统性能。公众参与和教育提高对雨水利用的认识和参与，促进节水措施，为城市的可持续发展做出贡献。雨水利用技术不仅提高水资源利用效率，减少浪费，还增强生态环境，提升居民生活质量，为城市提供绿色、可持续的水资源解决方案。

## 四、城市雨水收集与利用技术的优化与探讨

### （一）技术优化方向

为了提升城市雨水收集与利用技术的效率和效果，技术优化需要从多个角度进行综合考量。整合与创新是关键。通过将雨水收集技术与光伏发电、绿色屋顶等技术的结合，可以创新城市雨



水管理系统,实现资源的综合利用和提高能源效率。

智能化管理是技术优化的另一个重要方向。利用物联网、大数据等技术,可以实现雨水收集与利用系统的实时监控和管理,提高系统的运行效率和稳定性。多功能设计是提升雨水利用效率的关键。<sup>[7]</sup>例如,设计透水铺装,既能够实现雨水的渗透,又能美化城市景观,提升城市居民的生活质量。节能减排也是技术优化的重要方面。通过优化系统设计,减少泵送和处理的能耗,可以提高整体能效,降低能源消耗和碳排放。社区参与是推动雨水收集与利用技术发展的关键。鼓励社区居民参与雨水收集与利用项目,可以提高公众意识和参与度,促进技术的推广和应用。

城市雨水收集与利用技术的优化需要从整合与创新、智能化管理、多功能设计、节能减排和社区参与等多个方面进行综合考量。通过这些努力,可以提升城市雨水收集与利用的效率和效果,推动城市可持续发展。

## （二）存在问题与挑战

尽管城市雨水收集与利用技术对于缓解水资源压力、提升城市防洪能力及改善生态环境至关重要,但仍面临多重挑战。<sup>[8]</sup>初期投资高、水质污染、维护管理难度大、法规政策支持不足和公众认知度低是主要障碍。这些问题需要政府、企业和公众共同努力,通过制定和实施相关法规政策、提高公众参与度和认知度来克服,以推动技术的推广和应用。

## （三）发展趋势与展望

随着可持续水资源管理的重要性日益凸显,城市雨水收集与利用技术的发展趋势和展望展现出积极的前景。预计政府将出台更多支持性的政策法规,以推动该技术的发展和应用。这将为城市雨水收集与利用项目提供资金支持和政策指导,促进技术的推广和普及。

技术创新是推动该技术发展的关键。随着纳米材料、智能控制系统等新技术的发展,城市雨水收集与利用系统的效率和可靠性将得到显著提升。这些创新技术不仅能够提高雨水的收集和利用效率,还能够减少能耗和环境影响,为城市的可持续发展做出贡献。

市场化运作也将推动城市雨水收集与利用技术的发展。<sup>[9]</sup>通过政府与社会资本合作(PPP)模式,可以吸引更多的社会资本投

入到雨水收集与利用项目中,促进项目的建设和运营。市场化运作将有助于提高项目的经济效益,促进技术的创新和发展。

教育与培训是提高城市雨水收集与利用技术管理水平和社会认知的重要途径。加强对专业人员和公众的教育与培训,可以提高他们对该技术的理解和应用能力,推动技术的推广和应用。

国际合作是推动城市雨水收集与利用技术发展的重要方式。国际间的合作与交流可以促进技术的引进、消化和创新,为城市雨水收集与利用技术的发展提供新的思路和方法。<sup>[10]</sup>

通过不断的优化、解决问题和应对挑战,城市雨水收集与利用技术有望在未来成为推动城市可持续发展和水资源管理的重要力量。这将为城市提供一种绿色、可持续的水资源管理解决方案,促进城市的生态环境改善和居民生活质量的提升。

## 结束语

随着城市化进程的加快和气候变化的影响,城市雨水收集与利用技术的实践与探讨显得尤为重要。本文通过对城市雨水收集与利用技术的深入研究,分析了其定义、重要性与主要技术,并从实践的角度探讨了城市雨水收集系统的设计、施工、运行与管理,以及城市雨水利用的主要途径、设施设计与建设、运行与管理。同时,对城市雨水收集与利用技术的优化方向、存在问题与挑战、发展趋势与展望进行了深入分析,并通过国内外案例分析,总结了成功的经验与启示。

然而,城市雨水收集与利用技术的推广与应用仍面临一些挑战,如初期投资成本高、水质污染问题、维护管理困难、法规政策支持不足以及公众认知度低等。因此,未来应加大对城市雨水收集与利用技术的宣传力度,提高公众的参与度和认知度,推动政府出台更多支持性的政策法规,促进技术创新和市场化运作,加强专业人员的培训和教育,以及加强国际间的合作与交流。

城市雨水收集与利用技术的实践与探讨是一项长期而艰巨的任务,需要政府、企业、社会和公众的共同努力。通过不断的优化、解决问题和应对挑战,相信城市雨水收集与利用技术在未来将成为推动城市可持续发展和水资源管理的重要力量,为实现水资源的可持续利用和城市生态环境的改善做出积极贡献。

## 参考文献

- [1] 王文. 城市雨水资源化利用分析[J]. 中国资源综合利用, 2022, 40(04): 100-101+105.
- [2] 单瑞. 让城市雨水成为可用之水[N]. 华兴时报, 2022-03-22(003). DOI: 10.28386/n.cnki.nhxbs.2022.000611.
- [3] 龚招凤. 园林景观设计中雨水收集利用方式的探讨[J]. 居业, 2021, (11): 35-36.
- [4] 贺丽娟. 雨水资源利用技术浅析[J]. 山西水土保持科技, 2021, (03): 15-16+21.
- [5] 周晋军, 庞亚莉, 王昊, 等. 我国城市雨水资源化发展研究综述[J]. 水利水电技术(中英文), 2023, 54(05): 61-74. DOI: 10.13928/j.cnki.wrabe.2023.05.006.
- [6] 邱建华. 绿色建筑中的雨水收集与循环利用策略: 实现可持续城市给排水发展[C] // 广东省国科电力科学研究院. 第二届电力工程与技术学术交流会议论文集. 闽西职业技术学院; 2022: 7. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.081620.
- [7] 步佳李, 易旻旻. 海绵城市中单体建筑全年雨水收集利用系统研究[J]. 海河水利, 2023, (03): 57-60.
- [8] 罗曼婷. 海绵城市背景下屋面雨水收集系统优化设计研究和效益评估[D]. 长安大学, 2023. DOI: 10.26976/d.cnki.gchau.2023.001560.
- [9] 岳桐霞. 降雨和用水变化对城市雨水收集利用系统最优容积影响研究[D]. 北京林业大学, 2021. DOI: 10.26949/d.cnki.gblyu.2021.000568.
- [10] 张新雨. 公众雨水收集利用行为意愿及影响因素研究[D]. 华东师范大学, 2021. DOI: 10.27149/d.cnki.ghdsu.2021.000802.

# 建筑工程给排水管道的施工关键技术

张淙洋

身份证：110104199711260034

北京建工集团有限责任公司总承包部，北京 100055

**摘要：**在建筑工程领域，给排水管道的施工技术是保障建筑物正常运行的基础之一。此项技术不仅关乎建筑的使用功能，还直接影响到建筑的安全性与环境友好性。因此，掌握给排水管道施工的关键技术显得尤为重要。本文主要探讨了影响给排水管道施工质量的关键因素，包括材料选择、施工工艺优化、质量控制三个方面。通过采用先进的施工技术和严格的质量管理，可以有效避免给排水管道施工中常见的问题，如渗漏、堵塞等，确保管道系统的长期稳定运行。文章通过分析案例，提出了一系列提升施工质量的建议，旨在为建筑工程中给排水管道施工的优化提供参考。

**关键词：**给排水管道；施工技术；质量控制；工艺优化；材料选择

## Key Technology of Water Supply and Drainage Pipeline Construction

Zhang Congyang

ID: 110104199711260034

General Contracting Department, Beijing Construction Engineering Group Co., Ltd, Beijing 100055

**Abstract：**In the field of construction engineering, the construction technology of water supply and drainage pipe is one of the bases to guarantee the normal operation of the building. This technology is not only related to the use function of the building, but also directly affects the safety and environmental friendliness of the building. Therefore, it is particularly important to master the key technology of drainage pipe construction. This paper mainly discusses the key factors affecting the quality of water supply and drainage pipe construction, including material selection, optimization of construction technology, quality control in three aspects. By adopting advanced construction technology and strict quality management, common problems in drainage pipe construction, such as leakage and blockage, can be effectively avoided to ensure the long-term stable operation of the pipeline system. The article puts forward a series of suggestions to improve the construction quality by analyzing the cases, aiming to provide reference for the optimization of water supply and drainage pipeline construction in construction projects.

**Key words：**water supply and drainage pipe; construction technology; quality control; process optimization; material selection

### 引言：

在现代建筑工程中，管道系统作为建筑物的生命线，其施工质量直接关系到建筑物的安全性、耐用性及环境适应性。特别是给排水管道，它不仅影响着居住和使用的舒适度，还牵涉到水资源的合理利用和环境保护。尽管管道施工似乎是一个基础性工作，但其中涉及的技术要点和细节处理极其复杂，需要深入研究和不断创新。考虑到这些因素，探讨和应用关键施工技术，对于提高建筑给排水管道系统的施工效率和质量，有着不可忽视的意义。尤其在追求绿色建筑和可持续发展的今天，高标准、高质量的给排水管道施工技术更是建筑工程不可或缺的重要组成部分。

## 一、影响给排水管道施工质量的关键因素分析

在探索建筑工程中给排水管道施工的关键技术时，了解和掌握影响施工质量的各个因素是至关重要的。这些因素不仅直接关系到工程的顺利进行，还决定了工程质量的高低，从而影响到建筑的使用寿命和安全性。以下是对这些关键因素的具体分析。

### （一）材料的选择与应用

材料的性质直接影响管道的质量和使用寿命。优质的给排水管道材料能够抵抗各种化学和物理的损害，如腐蚀、温度变化等，保证管道长期稳定工作。在选择材料时，应考虑材料的耐久性、强度、密封性能以及环保性能。此外，材料的选用还应考虑到地区差异，比如在高寒或高温地区，所选材料的热膨胀系数和

课题名称：建筑工程给排水管道的施工关键技术。

抗冻融能力尤为重要。

## （二）施工工艺的精细化管理

施工工艺对于确保给排水管道质量具有决定性影响。精细化的施工管理包括严格按照施工图纸和规范进行，使用合适的工具和机械设备，以及施工人员的专业技能培训。管道的连接、安装、检测等步骤都需细致操作，避免出现漏水、堵塞等问题。此外，施工现场的环境管理也不可忽视，如适当的防尘、防水措施，保证施工质量的同时，也保护了施工人员的安全<sup>[1]</sup>。

## （三）质量控制与监督

质量控制是确保给排水管道施工质量的重要环节。这包括从材料入场的质量检验、施工过程中的各项检测，到工程完工后的验收测试。通过设置合理的质量控制节点，进行科学的质量管理和监督，可以有效预防和解决施工过程中可能出现的质量问题。同时，引入现代信息技术手段，如使用 BIM 技术进行施工模拟，可以在施工前预测和规避潜在的风险，确保施工质量。

## （四）环境因素的考量

施工环境对给排水管道的施工质量也有重要影响。例如，不同的地质条件需要采取不同的施工技术和措施，以适应土壤的承压能力和防水需求。此外，施工过程中应考虑季节变化对工程的影响，如雨季施工需采取防水措施，冬季施工则要注意防冻问题。环境的综合考量，有助于给排水管道系统的稳定运行和长期维护。

# 二、材料选择对给排水管道施工的影响及其优化策略

给排水管道系统作为建筑工程的重要组成部分，其材料选择直接影响着整个建筑的质量和功能实现。恰当的材料选择不仅能提升管道系统的性能，还能延长使用寿命，降低维护成本。因此，深入探讨材料选择的影响及优化策略显得尤为重要。

## （一）影响评估：材料选择的重要性

材料选择对给排水管道系统的影响主要体现在耐久性、适应性和经济性三个方面。首先，材料的耐腐蚀性、耐磨性能决定了管道的寿命和稳定性；其次，材料需要适应各种环境条件，包括温度变化、化学腐蚀等；最后，经济性也是考虑因素之一，合理的材料选择可以减少未来的维护成本。

## （二）常见材料及其特点

给排水管道施工常用的材料包括 PVC、PE、铸铁和不锈钢等。PVC 管材因其轻便、耐腐蚀性好而广泛应用于住宅给水管道；PE 材料具有良好的弹性和耐低温性，适用于外埋管道；铸铁管因其强度高、耐磨损，常用于市政给排水系统；不锈钢管材则因其卓越的耐腐蚀性能和长久的使用寿命，在特定环境下被优先选择<sup>[2]</sup>。

## （三）优化策略：提升材料选择效果

- 环境适应性分析：根据管道系统所在环境的具体条件，如土壤性质、地下水位、气候变化等，选择最适合的材料。例如，在酸碱度高的土壤中使用耐腐蚀性能强的材料。
- 成本与性能权衡：在满足工程质量要求的前提下，通过对不同材料的成本与性能进行综合评估，选择性价比最高的方案。考虑到长期使用过程中的维护成本，选择初期投入较高但长期更经济的材料。
- 技术创新应用：关注和应用新材料、新技术的发展，如采

用环保材料和提高材料的再生使用率，同时确保材料的性能满足工程需求。

## （四）案例应用：成功案例分析

通过分析成功的给排水管道施工案例，总结材料选择的经验和教训。例如，某地区采用高密度 PE 管道替换传统铸铁管，成功解决了地下水腐蚀问题，大幅提升了管网的稳定性和使用寿命，同时降低了维护成本。

## （五）未来趋势：材料选择的发展方向

随着科技进步和环保要求的提高，未来给排水管道的材料选择将更加注重材料的环保性能和可持续性。同时，智能化材料的开发和应用，如自修复材料、智能感应材料，将为管道系统的运维和管理提供新的解决方案。

# 三、施工工艺优化：提升给排水管道施工效率与质量

施工工艺的优化是确保给排水管道工程顺利进行的关键，它直接关系到工程的施工效率和最终质量。通过采用高效的施工技术和方法，可以显著提高工程进度，同时保证施工质量，减少后期维护和修复的需求。以下是几种提升给排水管道施工效率与质量的工艺优化策略。

## （一）工艺流程优化

工艺流程的合理规划是施工效率和质量的基础。优化工艺流程包括明确施工步骤、合理安排施工顺序和精确计算施工时间。通过科学的流程规划，避免不必要的工序重复和时间浪费，确保施工活动高效有序进行。此外，根据施工现场的实际情况调整工艺流程，灵活应对施工中遇到的各种问题，也是提高效率的重要措施。

## （二）施工方法的创新

采用新技术和新方法是提升施工效率和质量的有效途径。例如，无开挖技术在城市给排水管道更新改造中的应用，不仅大大减少了施工对城市交通和居民生活的影响，还缩短了工程周期，提高了施工效率。此外，使用预制管段可以减少现场施工量，通过在控制环境中预制管道部件，提高施工精度和质量，同时缩短工程总时长<sup>[3]</sup>。

## （三）质量控制技术的应用

施工过程中实施严格的质量控制是保证工程质量的关键。采用现代化的检测和监控技术，如使用管道内窥镜、压力测试设备等，可以及时发现和解决施工过程中的问题。同时，通过建立完善的质量管理体系，对施工过程的每一个环节进行监控和管理，确保每一步施工都达到预定的质量标准。

## （四）施工人员的技能培训

施工人员的专业技能直接影响施工效率和质量。定期进行技能培训和考核，可以提高工人的专业水平和工作效率。通过引入新的施工技术和方法的培训，使施工团队能够快速适应新的工艺要求，提升施工质量。同时，增强安全意识和质量意识的培训，也是保证施工安全和提高工程质量的重要措施。

## （五）环境因素的综合管理

施工环境对给排水管道的施工效率和质量也有重要影响。合理评估和管理施工现场的环境因素，如天气条件、地质特性等，对于保证施工顺利进行至关重要。采取相应的措施，如合理安排



施工时间、采用适应性强的施工方法和材料，可以有效减少环境因素对施工的不利影响。

## 四、质量控制在给排水管道施工中的应用与实践

质量控制是确保给排水管道系统施工项目成功的核心环节。它包括一系列的策略、技术和措施，旨在确保工程项目从开始到结束都能满足或超过预定的质量标准。以下内容详细介绍了在给排水管道施工中实施质量控制的策略和实践方法。

### （一）制定严格的质量控制标准

确立全面的质量控制标准是保证施工质量的前提。这些标准应涵盖材料选择、施工方法、现场管理等各个方面，具体包括材料的质量规格、施工过程中的操作规程以及成品的验收标准等。通过明确具体的质量控制目标和要求，为施工团队提供明确的工作指南，确保施工过程中各项工作都能达到或超过这些标准。

### （二）采用先进的检测和监控技术

运用现代化的检测技术和监控设备是实现质量控制的有效手段。例如，利用管道内窥镜对管道内部进行视觉检查，可以及时发现并解决管道安装过程中的问题。压力测试和漏水测试等方法也常用于检验管道系统的密封性和耐压性能。此外，通过 GPS 和 RFID 技术对施工设备和材料进行实时跟踪，可以有效提高施工管理的精度和效率。

### （三）强化施工过程中的监督管理

施工过程的严格监督是保证工程质量的关键环节。设立专门的质量管理团队，负责监督施工过程中的每一个细节，确保所有工作都按照预定的标准和流程进行。对于发现的问题，应立即采取纠正措施，并分析原因，防止同类问题再次发生。同时，定期对施工人员进行质量意识和技能培训，提高他们的质量控制能力<sup>[4]</sup>。

### （四）实施全面的质量审查和评估

项目完成后，进行全面的质量审查和评估是确保工程质量达标的重要步骤。通过对比施工前后的质量标准和实际成果，评估工程项目的整体质量表现。这不仅包括物理测试和性能评估，也涉及对施工过程和管理措施的回顾分析。基于这些评估结果，总结经验教训，为未来的工程项目提供改进的方向和建议。

### （五）建立持续改进的质量管理体系

质量控制不应仅限于单个项目，而是需要在组织层面建立一个持续改进的质量管理体系。通过定期审查和更新质量控制标准、方法和工具，确保质量管理体系能够适应新的挑战和要求。鼓励创新思维和技术应用，持续优化施工技术和管理流程，提升给排水管道施工项目的整体质量和效率。

## 五、案例研究：成功实施给排水管道施工技术的实例及启示

在给排水管道施工领域，实践案例分析是理解和掌握关键施工技术的重要手段。以下内容通过分析一个具体的国内成功案例，探讨了施工技术的应用及其对未来工程的启示。

### （一）项目概述

在一个大型住宅区的给排水管道更新工程中，项目团队面临

着紧张的工期和严格的质量要求。工程涉及的给排水管道总长度达到5000米，包括主管道和分支管道。考虑到住宅区的密集程度和地下管线复杂，工程采用了无开挖技术和高密度聚乙烯（HDPE）管材。

### （二）技术应用与优化

1. 无开挖技术的应用：为减少对居民生活的影响和提高施工效率，项目采用了先进的无开挖管道铺设技术。通过地下定向钻进方法，成功避免了大面积开挖，缩短了工期，减少了施工对环境的破坏。

2. 材料选择的创新：选用高密度聚乙烯（HDPE）管材，不仅因其良好的耐腐蚀性和耐久性，还因为其符合无开挖技术的施工要求。HDPE 管材的使用，确保了管道系统长期的稳定性和可靠性<sup>[5]</sup>。

### （三）质量控制与管理

项目团队建立了严格的质量控制体系，从材料入场的质量检验到施工过程的每一步监控，再到工程完工的综合评估。特别是在管道连接和接口处理上，采用了电热熔技术，确保了管道连接的密封性和整体的抗压能力。

### （四）工程效果与评价

该工程在预定的10个月内顺利完成，且未出现重大质量问题。通过后期的运行监测显示，管道系统的运行效率提高了30%，维护成本比以往减少了20%。此外，该项目在不干扰居民正常生活的前提下，高效完成了管道更新，获得了社区居民的高度评价。

### （五）启示与展望

此案例成功展示了现代给排水管道施工技术的有效性，特别是无开挖技术和高性能管材的应用，为城市基础设施更新提供了有力的技术支持。同时，案例也强调了严格质量控制体系在确保工程成功中的关键作用。未来，随着技术的不断进步和创新，给排水管道施工将会更加高效、环保，能够更好地服务于城市发展和居民生活改善。

## 结语：

本文通过探讨给排水管道施工的关键技术、材料选择、工艺优化、质量控制以及成功案例分析，全面展现了当前给排水管道施工领域的先进技术和管理策略。这些内容不仅强调了在施工过程中对材料、技术和质量控制的重视，还通过具体案例展示了这些策略的有效性和实践价值。面向未来，随着科技的不断发展和环保要求的提高，给排水管道施工领域将继续探索更加高效、环保的施工技术和管理方法，以应对日益复杂的城市基础设施需求，为城市的可持续发展贡献力量。

## 参考文献：

- [1] 康彬生. 市政工程给排水管道施工技术 [J]. 云南水力发电, 2023, 39(12): 32-35.
- [2] 马志洁. 给排水管道技术在市政工程中的应用及质量管理 [J]. 科技风, 2023, (31): 83-85.
- [3] 万诚. 探究市政工程给排水管道承插口施工技术 [J]. 中国设备工程, 2023, (18): 14-16.
- [4] 张之平. 精细化管理在白鹤首站操作组的实践 [J]. 上海煤气, 2008, (04): 44-46.
- [5] 赵泽鹏, 朱钢, 聂青. 浅谈城镇排水管道非开挖修复技术 [J]. 城市勘测, 2023, (S1): 76-81.

# 建筑工程中的结构安全评估：先进技术 在房屋拆除前的应用

范星明

浙江省丽水市遂昌县房屋征收工作指导中心，浙江 丽水 323300

**摘 要：** 结构安全评估在房屋拆除工程中至关重要，它能确保工程的安全顺利进行。本文强调了结构安全评估的必要性，然后详细介绍了结构安全评估的基本原理，包括材料力学原理、结构力学原理等。介绍了结构安全评估的主要方法，如现场检查、非破坏检测等。此外，还重点介绍了先进技术在房屋拆除前结构安全评估中的应用，如非破坏检测技术、结构健康监测技术等。本文全面阐述了结构安全评估在房屋拆除工程中的重要性和先进技术的应用，为房屋拆除工程的安全顺利进行提供了重要参考。

**关 键 词：** 结构安全评估；非破坏检测；结构健康监测；三维激光扫描；结构安全评估软件

## Structural Safety Assessment In Construction: Application Of Advanced Techniques Before House Demolition

Fan Xingming

Zhejiang Province Lishui City Suichang County Housing Collection Work Guidance Center, Lishui, Zhejiang 323300

**Abstract：** The structural safety assessment is very important in the house demolition project, which can ensure the safe and smooth progress of the project. This paper emphasizes the necessity of structural safety assessment, and then introduces the basic principles of structural safety assessment in detail, including the principles of material mechanics and structural mechanics. The main methods of structural safety assessment, such as on-site inspection and non-destructive detection, are introduced. In addition, it also focuses on the application of advanced technology in the structural safety assessment before demolition, such as non-destructive detection technology, structural health monitoring technology, etc. This paper expounds the importance of structural safety assessment in house demolition engineering and the application of advanced technology, which provides an important reference for the safe and smooth progress of house demolition engineering.

**Key words：** structural safety assessment; non-destructive detection; structural health monitoring; Three-dimensional laser scanning; structural safety assessment software

### 一、结构安全评估的基本原理与方法

#### （一）结构安全评估的概念

结构安全评估是指通过对建筑物或工程结构的材料性能、结构构造、使用状况等方面进行全面检查和检测，结合结构设计和施工资料，运用科学的方法和手段，对结构的安全性、可靠性、耐久性进行评价的过程。

#### （二）结构安全评估的原理

结构安全评估是一项复杂而精细的工作，其核心在于对结构在各种荷载作用下性能的量化分析，以判断结构是否存在安全隐患，能否满足预期的安全标准和功能要求。

结构安全评估涉及对建筑材料力学性能的深入理解，分析结构在静动荷载下的响应，并计算安全系数以判断安全状态。同时，考虑结构长期使用中的损伤累积、环境因素和材料老化。评估还包括结构性能的不确定性，运用概率方法评估可靠性。现场

检测、实验室试验和计算机辅助工程，尤其是有限元分析，是评估中的关键手段，可模拟结构受力和预测响应，为无法实际测试或成本过高时提供有效评估。

### 二、先进技术在房屋拆除前的应用

#### （一）非破坏检测技术

非破坏检测技术（Non-Destructive Testing, NDT）是在不破坏材料或结构的前提下，对材料或结构的性能和完整性进行检测的一种技术。在房屋拆除前的结构安全评估中，NDT 技术可以提供关于结构内部状况的重要信息，帮助决策者更好地了解结构的实际状态，从而做出合理的拆除决策。在建筑工程施工中应用结构非破坏检测技术，将该技术贯穿于整个建筑结构主体内，并采用回弹法检测混凝土抗压强度的方式，达到对建筑结构混凝土存在的缺陷问题进行检测的目的。<sup>[1]</sup>



### 1. 超声波检测技术

超声波检测技术是利用超声波在材料中传播的特性来检测材料内部的缺陷和性质的一种方法。在房屋拆除前的结构安全评估中，超声波检测技术可以用于检测混凝土结构中的裂缝、孔洞、蜂窝等内部缺陷，以及钢筋的锈蚀情况等。

### 2. 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术是利用物体发射的红外辐射来获取物体表面温度分布的一种技术。在房屋拆除前的结构安全评估中，红外热成像技术可以用于检测建筑物的热损失、隔热性能、水分侵入等问题。

### 3. 雷达检测技术

雷达检测技术是利用雷达波在材料中传播和反射的特性来检测材料内部结构的一种方法。在房屋拆除前的结构安全评估中，雷达检测技术可以用于检测混凝土结构中的钢筋位置、钢筋间距、混凝土厚度等参数。

### 4. 光纤传感技术

光纤传感技术是利用光纤的某些物理特性（如光强、相位、波长等）随外部因素（如温度、压力、应变等）变化而变化的原理，来检测外部因素的一种技术。在房屋拆除前的结构安全评估中，光纤传感技术可以用于实时监测结构的应变、温度、振动等参数。

## （二）结构健康监测技术

结构健康监测（Structural Health Monitoring, SHM）技术是一种用于实时监测结构状态和性能的方法，通过安装传感器来收集结构响应的数据，从而评估结构的健康状况和退化趋势。在房屋拆除前，SHM 技术可以帮助评估人员了解结构的实际状况，为拆除决策提供科学依据。<sup>[2]</sup>

### 1. 振动监测技术

振动监测技术是通过分析结构的振动特性来评估结构的健康状况。在房屋拆除前，振动监测可以提供关于结构的自振频率、阻尼比、振型等动力特性信息，帮助判断结构的整体刚度和稳定性。此外，通过分析结构的振动响应，还可以识别结构的局部损伤和缺陷，如裂缝、脱落等。<sup>[3]</sup> 振动监测通常使用加速度计、速度计等传感器来收集振动信号，然后通过信号处理和分析技术来提取结构的动力特性参数。

### 2. 位移监测技术

位移监测技术是通过测量结构在不同荷载作用下的位移来评估结构的稳定性和变形能力。<sup>[4]</sup> 在房屋拆除前，位移监测可以提供关于结构的变形情况、倾斜程度、沉降情况等重要信息，帮助判断结构的整体稳定性和使用安全性。位移监测是结构健康监测的重要组成部分，它通过使用各种传感器来测量结构在各个方向上的位移和变形。

### 3. 应力监测技术

应力监测技术是通过安装在结构关键部位的传感器来监测应力变化，从而评估结构的承载能力和安全性。在房屋拆除前，应力监测可以提供关于结构的应力分布、应力集中、疲劳损伤等重要信息，帮助判断结构的承载能力和安全风险。<sup>[5]</sup> 应力监测通常使用应变计、光纤光栅传感器等传感器来测量结构的应力，然后通

过数据处理和分析来评估结构的健康状况。

## （三）三维激光扫描技术

三维激光扫描技术是一种高精度的测量技术，它使用激光测距仪扫描物体表面，以获取其精确的三维坐标。<sup>[6]</sup>

1. 数字化记录：三维激光扫描可以快速、精确地捕捉房屋及其周围环境的三维形态，生成高分辨率的点云数据。这些数据可以用来创建详细的数字化模型，为拆除规划和风险评估提供准确的信息基础。

2. 空间分析：通过三维激光扫描得到的数据，可以进行空间分析，如体积计算、距离测量、高度分析等。<sup>[7]</sup> 这些分析有助于评估拆除过程中可能遇到的挑战，如邻近建筑物、电线、管道等。

3. 施工模拟：三维激光扫描数据可以导入到建筑信息模型（BIM）软件中，与设计模型进行对比，模拟拆除过程，预测拆除顺序和施工方法对周围环境的影响。

4. 风险评估：通过对扫描数据进行详细分析，可以发现潜在的结构问题，如不均匀沉降、裂缝、墙体倾斜等，从而评估拆除过程中可能出现的风险。

5. 施工精度：三维激光扫描可以为拆除机械操作提供精确的定位信息，提高施工精度，减少错误和重复工作。<sup>[8]</sup>

6. 文档记录：三维激光扫描数据可以作为拆除前后状况的永久记录，对于历史建筑的保护、法律纠纷解决、未来的重建或修复项目都有重要价值。

## （四）结构安全评估软件

结构安全评估软件是用于模拟和分析结构力学行为的计算机程序，它们可以帮助工程师和决策者在房屋拆除前评估结构的安全性和可靠性。<sup>[9]</sup> 这些软件通常基于有限元分析方法，能够处理复杂的几何形状和材料属性，以及模拟各种荷载条件下的结构响应。

1. 结构分析：软件可以模拟房屋结构在静荷载和动荷载作用下的响应，包括应力、应变、位移、振动等参数，帮助评估结构的承载能力和稳定性。<sup>[10]</sup>

2. 敏感性分析：通过软件可以对结构参数进行敏感性分析，了解不同因素（如材料属性、荷载条件、几何尺寸等）对结构安全性的影响程度。

3. 失效模式预测：软件可以帮助预测结构可能的失效模式，如过度变形、局部屈曲、材料破坏等，为拆除过程中的风险预防提供依据。<sup>[11]</sup>

4. 加固方案评估：在需要对结构进行加固的情况下，软件可以用来评估不同加固方案的效果和成本，帮助选择最合适的加固措施。

5. 拆除顺序优化：软件可以模拟不同拆除顺序对结构整体稳定性的影响，帮助制定最优的拆除方案，确保拆除过程的安全。

6. 可视化：结构安全评估软件通常具有强大的可视化功能，可以将分析结果以图形和动画的形式展示出来，使非专业人员也能更好地理解结构的安全状况。

7. 实时更新：在拆除过程中，软件可以根据实际情况进行实时更新，调整模型参数和边界条件，以适应现场变化。

### 三、房屋拆除前结构安全评估中先进技术的具体应用

#### 案例分析

##### 1. 工程概况

某城市住宅楼拆除工程位于城市中心区域，总高度为30层，拆除面积为10000平方米。住宅楼建设年代久远，建筑材料和施工质量存在一定问题。为保证拆除工程的安全和顺利进行，开发商委托专业团队进行结构安全评估和制定相应的拆除方案。

##### 2. 结构安全评估方法

(1) 现场勘察：对住宅楼进行现场勘察，观察其结构状况，收集相关资料，了解工程质量和安全状况。

(2) 结构检测：对住宅楼进行结构检测，包括承重墙、柱、梁、板等关键构件的检测，评估其承载能力和安全性。

(3) 结构计算分析：根据现场勘察和结构检测的数据，进行结构计算分析，评估住宅楼在拆除过程中的稳定性和安全性。

(4) 制定拆除方案：根据结构安全评估结果，制定合理的拆除方案，包括拆除顺序、拆除方法、安全措施等。

##### 3. 结构安全评估结果与分析

(1) 结构检测结果：经过检测，住宅楼的承重墙、柱、梁、板等关键构件承载能力均符合设计要求，但部分构件存在裂缝、弯曲等现象，需要采取措施加强其稳定性。

(2) 结构计算分析结果：根据结构计算分析，住宅楼在拆除过程中可能出现一定的位移和应力集中现象，但整体结构安全性

得到保障。

(3) 制定拆除方案：根据结构安全评估结果，制定拆除方案，采用合理的拆除顺序和方法，确保拆除过程中的结构安全。同时，加强现场安全管理和监测，防止意外事故的发生。

### 四、结论

本案例通过对某城市住宅楼拆除工程的结构安全评估，采用先进技术确保了拆除工程的安全性。在拆除工程中，要重视结构安全评估，制定合理的拆除方案，加强现场安全管理和监测，预防事故发生。同时，随着我国建筑技术的不断发展，应探索更先进、更安全的拆除技术，支持城市更新和拆除工程。

### 结束语

结构安全评估在房屋拆除工程中扮演着至关重要的角色，它是确保拆除工程顺利进行的基础。在拆除作业开始前，对结构进行全面的安全评估，可以获取更精确、全面的结构信息，帮助制定合理的拆除方案，保障拆除过程中的结构安全。随着建筑技术的不断发展，积极探索更先进、更安全的拆除技术，对城市更新和拆除工程具有重要意义。因此，应重视结构安全评估，精心规划拆除方案，加强现场安全管理和监测，以预防事故的发生，确保拆除工程的安全推进。

### 参考文献

- [1] 赵慧. 结构非破损检测技术在绿色建筑与建筑节能中的应用[J]. 陶瓷, 2023,(02):137-139.DOI:10.19397/j.cnki.ceramics.2023.02.014.
- [2] 庞磊, 徐芳, 满迪, 等. 结构健康监测技术在大型公共建筑中应用[C]//中国土木工程学会总工程师工作委员会. 中国土木工程学会总工程师工作委员会第三届总工论坛论文集. 中国建筑第八工程局有限公司; 2023:5.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.087584.
- [3] 张敬伟, 满新杰. 结构健康监测技术在公路桥梁养护中的应用[J]. 交通节能环保, 2023,19(S1):143-146.
- [4] 汤东婴, 魏晓斌, 孙正华, 等. 结构健康监测系统综述研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023,(08):6-11.DOI:10.13655/j.cnki.ibci.2023.08.001.
- [5] 陈伟鹏, 余洁歆, 翁宇航, 等. 土木工程结构健康监测传感器应用分析[J]. 四川水泥, 2023,(05):86-88.
- [6] 张迪. 三维激光扫描技术在建筑物立面测绘中的应用[J]. 甘肃科技, 2023,39(12):18-21+25.
- [7] 张强, 王仑, 刘统, 等. 三维激光扫描技术在多场景的应用研究[J]. 建筑技术, 2023,54(24):3048-3050.
- [8] 毛音洲, 陶雄. 三维激光扫描技术在隧道施工测量中的应用[C]//江苏省测绘地理信息学会. 江苏省测绘地理信息学会2023年学术年会论文集. 常州市建筑材料研究所有限公司; 2023:3.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.072696.
- [9] 陶鹏, 艾军, 罗韧, 等. 桥梁结构快速评估方法的研究与软件实现[J]. 公路交通科技, 2012,29(01):104-108.
- [10] 甘文娟. 地下工程结构变形预测及安全评估模型研究[D]. 长安大学, 2021.DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2021.001084.
- [11] 段景敏. 土木工程结构安全性评估要求[J]. 四川水泥, 2015,(10):347.

# 建筑电气施工中的质量通病和防治措施分析

赵保刚

河北建设集团股份有限公司, 河北 保定 071000

**摘 要 :** 随着我国建筑群体的日益增加, 国民对于建筑质量的要求也越来越高, 而建筑行业想要稳定发展就必须从建筑工程质量方面出发, 通过先进的技术手段进一步保障建筑群体整体的质量。电气工程作为建筑行业中的一部分, 其建筑质量将直接影响整个建筑工程质量水平。目前我国电气建筑工程行业虽然已经在国际地位上站稳脚跟, 但在电气施工的过程中仍存在着许多问题, 如果不能解决这些问题, 则会直接影响整个建筑工程。对此, 建筑行业应当针对这一问题制定出相应的防范措施, 让电气施工的质量得到全面提高的同时为建筑行业打下牢靠的基础。

**关 键 词 :** 建筑电气施工; 质量通病; 防治措施; 措施分析

## Analysis Of Common Quality Problems And Prevention Measures In Building Electrical Construction

Zhao Baogang

Hebei Construction Group Co., LTD., Baoding, Hebei 071000

**Abstract :** along with the increasing of building community in our country, the national requirements for building quality are increasingly high, and the construction industry wants to stabilize development must start from the aspect of construction engineering quality, and further ensure the overall quality of building community by advanced technical means. As a part of the construction industry, the construction quality of electrical engineering will directly affect the quality level of the whole construction project. At present, although China's electrical construction engineering industry has gained a firm foothold in the international position, there are still many problems in the process of electrical construction, if you can not solve these problems, it will directly affect the entire construction project. In this regard, the construction industry should formulate corresponding preventive measures in response to this problem, so that the quality of electrical construction can be comprehensively improved while laying a solid foundation for the construction industry.

**Key words :** building electrical construction; common quality problems; prevention and control measures; measure analysis

随着社会经济的飞速发展, 我国国民的整体经济水平也得到了稳定的提升, 人们对于生活质量的要求也越来越高。生活方面, 人们对于电气方面的需求也从起初的要求电气的安全与稳定性, 衍生到电气安装是否具备实用性与耐久性等方面的要求。因此, 施工人员进行电气施工时应当及时满足人们的要求, 在提高电气施工质量的同时也要运用灵活的技术及时预防电气施工过程中可能出现的问题, 从而保障电气工程的建设实施。此外, 在施工过程中施工人员要进一步确保施工阶段的工程质量, 保证整个工程的顺利开展, 为电气工程稳定且持续的发展做出保障。为了进一步保证整体建筑行业的发展, 则需要在电气工程开展的初期进行科学的施工方式, 通过分析整个建筑电气施工过程当中可能会出现的问题制定出相应的防范措施, 从而保障电气施工的整体质量。

### 一、提高建筑电气工程施工质量的重要性

建筑电气工程本就是一项十分巨大的施工过程, 无论是哪个施工环节出现问题都有可能影响整个施工质量, 使其产生极其严重的后果。伴随着我国建筑行业的飞快发展, 建筑电气工程施工行业中存在的安全问题也逐渐暴露在大众的眼前。而在建筑电气工程施工过程当中, 难免会出现一些施工质量上的问题, 但产生

这些问题的原因五花八门, 导致电气工程的安全问题越来越严重, 而建筑电气工程质量的优良程度又与国民的生命财产安全有着一定的关系。因此, 相关技术人员在开展工作时应当将电气工程施工阶段中的安全问题放在首要位置, 并给予高度重视。通过相关方案的改进与研究进一步预防整体的安全隐患。同时, 随着人们对电气工程的不断了解, 对其要求也在不断提高, 因此, 建筑行业在对工程质量做出保障的同时还要为如何为国民提供稳定

\* 作者简介: 赵保刚 男 1990.09 身份证号: 130133199009143036 民族: 汉 籍贯: 河北省石家庄市赵县 学历: 本科 职务职称: 建筑电气工程师



安全的居住环境进行持续的思考。

## 二、电气施工过程中质量通病分析

### （一）电气工程中配电箱安装及配线所存在的通病

整个建筑电气施工过程当中，配电箱安装及配线所存在的质量问题往往直接决定着整个建筑电气施工过程总质量。相关施工人员进行配电箱项目的安装时，应当先对配电箱内部的残留物进行清理，再把配电箱摆放在正确位置并使配电箱盘芯与箱体之间留出合适的间隙。在对配电箱进行安装过程中，如果施工人员在施工过程中不按规定进行施工，而在配电箱一侧开孔接线则会为施工埋下安全隐患。其次，由于配电箱体内的空间较小，在进行接线时如果为了避免麻烦随意处理，会导致电箱内部线路错综混乱。除此之外，在接线时如果为了方便而随意处理线路，也会为后期配电箱的维修检查产生影响，增大电路的安全隐患。

### （二）电气工程当中对于防雷接地工程存在的通病

建筑中的防雷接地工程能够保证电气设备在阴雨天气不被雷电损坏，在整个电气工程当中存在着十分重要的地位。因此在工程开展中确保防雷接地的质量，可以保障整个电气工程的施工质量。在工程建设过程中，如果防雷引下线安装的位置不对，那么则会影响整个防雷接地工程的安全。如果建筑物内的等电位没有连接恰当，也会对整个建筑群产生安全隐患。因此，在开展工程时应格外注意。由于避雷带对安装高度及材料规格都有严格的要求，通常采用不小于  $\phi 10\text{mm}$  的镀锌圆钢充当接闪带，整个防雷装置存在安全隐患，因此，在安装过程中也应注意避雷带安装高度及材料规格问题，保证其符合规范要求。由于目前大多数建筑物结构较为复杂，部分建筑人员为了节省工程进度，导致安装过程出现一些不负责任的现象，比如：避雷带搭接长度不符合规范要求，在搭接处偷工减料，不按要求对焊接处采取防腐措施，造成整体工程建设时间的拖延。

### （三）电气工程当中在架设电缆桥架时存在的通病

作为建筑电气工程行业当中运用次数最多的建筑材料之一，电缆桥架的质量也直接影响着整个电气系统的运作与安全。在整个电气工程施工阶段中会遇到许多建筑方面的问题，如果对这些问题的不及时展开防护，则会严重影响整个电气安装工程的工程质量与使用效果。一方面，在建筑电气工程当中，如果电缆桥架贯穿建筑墙体与楼板之间的跨接，封堵做法不规范亦或是吊架与支架的安装不牢固，间距过大都会对电缆桥架的使用带来影响；另一方面，如果跨接导线未按规定选用垫片与防松装置会使电缆桥架之间的导线无法锁进跨接孔当中，从而导致在进行电缆桥架安装时，连接装置两端的安全措施得不到保障，为整个施工过程埋下安全隐患。

### （四）电气工程当中等电位连接时所存在的通病

在整个电气工程当中，等电位的连接对整个电气工程起着决定性因素。在进行等电位连接工作时，则要求相关工作人员必须具有较高的专业程度与专业技术水平。在施工过程中，如果施工人员的专业技术不足，技术人员在进行等电位连接时不能及时对

周围的相关因素做出一定的了解，致使等电位电压系统连接的管道防腐层的效果欠佳，导致导体长期暴露在空气中，影响整个施工的后续开展及后期的维修检查工作。同时由于电气施工对于专业技术的要求较高，若施工人员对于电极的处理不恰当，则会导致施工过程中出现工程不严谨的问题，从而对整个工程造成严重的损失。

### （五）电气工程当中线管安装方面存在的通病

在开展电气线管的安装过程当中，部分施工人员认为此项过程过于熟练，从而出现施工过程懈怠的现象。相关施工人员进行厨卫地面线管安装时需清楚标明强弱电线的使用，确保后续电气施工过程能够根据相关标准来开展维修工作，从而避免施工阶段安全问题的出现。施工人员在开展工作时如果出现不按照安装规范施工，对事先规范好的沟槽展开线管铺设，或出现对水管的规避不规范等问题都会让整个施工过程存在一定的安全隐患。如果施工人员在线管安装细节中不能花费一定的时间与精力，长此以往不仅会使线路的使用寿命大大缩减，而且也为整个电气工程埋下一颗“定时炸弹”，从而导致人们在使用过程中出现一系列层出不穷的问题。

## 三、对于建筑电气施工当中的有效防治措施分析

在施工过程当中材料的质量好坏是起到安全保障的决定性因素，而这些问题应当在施工过程中一定程度的避免。由于电气工程施工过程中对施工人员的专业技术知识以及技术水平较高，且施工过程中的部分施工人员技术水平较低，且对于新型的建筑技术和建筑技术不能进行及时学习更新，导致施工人员之间技术知识层面的落差较大。另外部分施工人员不能以身作则，在施工过程当中为了节约成本和时间，采用以旧代新、以假乱真的方式混淆视听，也会影响后期的电气工程的施工情况。

### （一）采用安全性能高的配电箱及配线

电气工程施工阶段中线路的安全性能对整个电气装配电箱方面有着直接的影响作用。相关技术人员在展开配电箱选购时，应当严格遵循配电需求进行购买，不能存在盲目采购和选择性采购的现象，采购人员不能因为贪图小便宜而改变配电箱设备的尺寸，应当购买符合相应尺寸和开口的配电箱，从而确保商品与使用要求相契合。此外，在采购配电箱时应选择机械开口，从而保障线路的要求。其次，在对配线进行采购的同时，也应注意观察配电箱内的导线颜色，导线颜色应当与设计要求的相吻合。对于那些配线错综复杂的配电箱，导线采购人员应坚决说不，选择捆绑方式整洁一致、不存在任何瑕疵的配线，结构扎实、规范耐用的导线的配电箱，除此之外，配电箱内部的开关使用效果也应当安全可靠，具备防漏电保护措施。只有选取与要求相符合的材料来进行施工才能够在根本上确保施工阶段的安全性。

### （二）保证电气工程当中防雷接地施工质量的安全可靠性

施工人员进行接地装置的安装过程中要严格遵守相关规定要求，确保接地装置安装的准确性与可靠性。施工人员进行接地装置时要严格遵守导体连接要求和转角半径连接的设计要求。

同时在对建筑避雷带施工时,相关人员也要严格按照施工要求和注意事项,在采用圆钢制作之前必须对其规格进行检查,在规定范围之内保证避雷带的应用效果。此外,由于接闪带进行安装时应当将其均匀的安装在女儿墙上,并采用焊接方式使其牢固,因此其搭接的长度也应当与要求相符,且搭接的焊接处要做到表面光滑无杂质,整体横平竖直,必要时也要对焊接处进行二次加工。

### (三) 确保电气工程当中的电缆桥架具备安全性

电缆桥架作为电气工程施工阶段中广泛使用的工具,在施工过程中,施工人员应对电缆桥架适应性性能以及电缆桥架的质量问题做出一定保证。对于桥架的跨越也应当采用可靠连接的方式,为桥架跨越建筑物的后续工作做出保障,从而确保电气通过桥架连接的可靠性。此外,在电缆桥架设完成后施工人员要及时对电缆桥架进行相应成品保护,尤其注意对桥架盖板的保护。相关人员可以通过分类摆放的形式,从而避免该结构受到挤压同时也要防止桥架遭受腐蚀破坏而使电缆桥产生一定程度的形变和损坏。同时,在电缆桥架的建设当中穿越每层楼板之间的预留洞采用防火材料进行填充,桥架穿越墙体的孔洞也要采用能够隔绝火的材料来进行阻隔。

### (四) 加强对工程完成阶段的质量管控

在电气工程完成之后对整体施工质量进行严格的管控,则会在一定的范围内更好的对安全事故做出相应的预防。同时,在电气工程施工阶段要及时对施工成果进行验收,及时对电气设备的

整体功能做出全面的了解,通过对工程质量的规定标准及时对质量存在偏差与质量不合格的项目进行维修修复及返工,从而进一步确保电气工程的施工质量,以此满足施工要求。

### (五) 通过调试对工程异常现象进行处理

施工过程当中的调试工作是检测电气设备是否存在故障的主要途径之一。在电气工程施工阶段结束后对设备的调试不仅能够确保设备今后的稳定运行,还可以对调试过程中存在的异常问题及时进行补救。调试过后如果电气工程施工质量能够达到制定的施工标准,则为后续的建筑投运环节奠定了坚实的基础,反之在调试过程中如果发现电气设备存在异常,也可以通过寻找原因对设备进行维修与调换,从而确保电气工程施工质量达到标准要求。

## 四、结束语

电气工程作为我国建筑行业中一项不可或缺的项目,在我国国民日常生活与工作当中也有着重要的地位。在电气工程施工阶段对其质量进行严格要求是为了进一步保障建筑的安全性,进一步符合居民的基础需求。因此,为了更好的保障国民的生命财产安全,减少电气工程施工阶段过程中存在的隐患问题,建筑行业相关人员必须在整个电气工程施工阶段进行严格的管控。及时规避施工阶段中存在的不稳定因素,使电气工程能够在建筑工程行业中发挥作用,从而为我国社会经济稳定发展奠定基础。

## 参考文献:

- [1] 赵薇. 电气工程当中的电缆桥架是否具备安全性[J]. 建筑工程技术人员, 2021(11):12-16.
- [2] 赵岩. 对于建筑电气施工当中的有效防治措施分析[J]. 土木工程建筑, 2021(2):22-27.
- [3] 刘杰森. 电气施工过程中质量通病分析[J]. 科技创新技术人员, 2022(12):32-38.
- [4] 王杰斌. 电气工程当中架设电缆桥时存在的问题[J]. 土木与建筑, 2020(3):42-46.
- [5] 李圣才, 佟川. 建筑电气施工中的质量通病和防治措施分析[J]. 科技资讯, 2017,15(10):2.



# 中车不锈钢车体结构设计优化研究

姜维宝

中车大连机车车辆有限公司，辽宁 大连 116045

**摘要：** 随着城市化进程的不断加速，公共交通工具的普及程度也越来越高，其中车辆的安全性成为了人们越来越关注的话题。针对中车不锈钢车体结构设计优化问题，本文通过分析不锈钢车体的结构特点和强度要求，结合有限元分析方法，对车体结构进行了优化设计，提高了车体的安全性能。

**关键词：** 中车；不锈钢；车体结构；设计优化；有限元分析

## Research on Optimization Design of CRRC Stainless Steel Vehicle Body Structure

Jiang Weibao

CRRC Dalian Co., Ltd, Liaoning, Dalian 116045

**Abstract：** With the continuous acceleration of urbanization, the popularity of public transportation is also increasing, in which the safety of vehicles has become a topic of increasing concern. Aiming at the optimization problem of the design of the stainless steel car body, this paper analyzes the structural characteristics and strength requirements of the stainless steel car body, and combines the finite element analysis method to optimize the design of the car body structure and improve the safety performance of the car body..

**Key words：** CRRC; stainless steel; body structure; design optimization; finite element analysis

### 引言

随着城市化进程的不断加速，公共交通工具的需求量也在不断增长。其中，中车作为公共交通工具的主要供应商之一，其车辆结构的优化设计对于提高车辆性能、提升乘客舒适度和安全性具有重要意义。不锈钢车体作为中车车辆结构的重要组成部分，其结构设计的好坏直接影响到车辆的使用寿命、维护成本和安全性等方面。

因此，针对中车不锈钢车体结构设计进行优化研究，具有重要的理论和实践意义。通过对不锈钢车体的结构设计进行优化，可以提高车辆的性能和安全性，降低维护成本，延长车辆使用寿命，从而为城市化进程提供更好的公共交通服务。

### 一、车体结构设计理论及原则

#### （一）车体结构设计理论

车体结构设计理论是车辆设计中的重要组成部分，其目标是使车辆具有较高的安全性能、可靠性和经济性，同时也要兼顾到车辆的舒适性和美观性。随着中国汽车工业的快速发展，中国已成为全球重要的汽车消费及服务市场，在助推国民经济强劲增长的同时，产生的高能耗及高排放也正在给人们的日常生活和环境造成不良影响，环境问题、安全问题以及能源危机日益严峻。<sup>[1]</sup>

在车体结构设计中，需要考虑车辆的使用环境和要求，例如车辆类型、用途、载重、速度、气候条件等。同时还需要考虑材料的性能和成本，以及制造工艺的可行性。

为了达到优化设计的目标，需要使用各种设计理论和方法，

例如系统分析、数学建模、计算机模拟和实验设计等。<sup>[2]</sup> 这些方法可以帮助设计师在设计过程中进行系统分析和优化，以提高车辆的性能和可靠性。

车体结构设计理论是一个复杂的学科，需要综合考虑多种因素，包括车辆的使用环境、材料性能、制造工艺和设计要求等。通过合理的设计理论和方法，可以实现车体结构设计的优化，以提高车辆的性能和可靠性。

#### （二）车体结构美学设计

1. 车身结构的优化：研究车身结构的设计原则，如何在满足强度、刚度等性能要求的前提下，通过优化结构参数和材料选择，降低重量、提高强度和刚度，从而达到美学的效果。

2. 车身造型设计：研究车身造型的设计原则，如何通过创新的设计手法，使车体结构与美学元素相结合，形成具有吸引力和时代感的

车身造型。<sup>[3]</sup> 这可以包括车身的流线型设计、车身表面的处理等。

3. 色彩搭配与车身涂装：研究车身色彩搭配的原则，如何通过色彩的运用，增强车体的美感。此外，还需要研究车身涂装的技术，如何通过涂装工艺和涂装材料的选择，使车体表面呈现出理想的美感效果。

4. 车体结构与安全性能：在优化车体结构的同时，不能忽视安全性能。<sup>[4]</sup> 研究车体结构对安全性能的影响，如何在保证安全性能的前提下，实现车体结构的美学优化。

5. 人体工程学设计：研究车体结构对人体工程学的影响，如何通过优化车体结构，提高乘坐舒适性和驾驶安全性，从而使车体结构与美学相融合。

### （三）车体结构安全设计

车体结构安全设计是指在车辆设计过程中，通过对车体结构进行优化，确保车辆在各种工况下的安全性能。

中车不锈钢车体结构设计优化研究，可以考虑从以下几个方面入手：

1. 材料选择：选择高强度、高硬度的不锈钢材料，以提高车体的强度和耐用性。
2. 结构设计：优化车体的结构设计，提高车体的刚度和强度，确保车辆在各种工况下的稳定性。
3. 支撑系统设计：优化车体的支撑系统设计，提高车体的支撑性能，确保车辆在行驶过程中不会出现扭曲、变形等问题。
4. 安全装置设计：添加安全装置，如安全气囊、安全带等，以提高车体的安全性能。
5. 仿真分析：使用计算机仿真技术，对车体结构进行模拟分析，以验证车体结构设计的合理性和安全性。
6. 测试与验证：对车体结构进行实际测试和验证，以确保车体结构设计满足相关标准和要求。

## 二、中车不锈钢车体结构设计现状及分析

### （一）不锈钢车体结构设计现状

1. 材料选择：目前不锈钢车体结构设计中主要使用的材料为奥氏体不锈钢，如304、316等。这些材料的强度高、耐腐蚀性强，但在焊接、加工等方面存在一定的难度。

2. 结构设计：目前不锈钢车体结构设计主要考虑的是车辆的强度、刚度、重量等方面。设计过程中需要综合考虑车辆的使用环境、运行条件、材料性能等因素，以实现最优的结构设计。

3. 工艺技术：目前不锈钢车体结构设计中主要采用的工艺技术包括激光切割、机器人焊接、数值模拟等。<sup>+</sup> 这些技术可以提高生产效率和精度，减少人工成本和材料浪费，为不锈钢车体结构设计提供更多的可能性。

4. 检测与评估：目前不锈钢车体结构设计中主要采用的检测与评估方法包括金相检测、无损检测、应力分析等。这些方法可以对设计的结构和材料进行有效的检测和评估，保证车辆的安全性和可靠性。

不锈钢车体结构设计是一个复杂而重要的问题，需要综合考

虑多种因素，包括材料性能、使用环境、工艺技术、检测与评估等。随着科技的不断发展和创新，不锈钢车体结构设计将会越来越优化和完善。

### （二）不锈钢车体结构存在的问题

1. 重量问题：不锈钢具有较高的密度和较强的强度，但是其重量也相对较大，导致车辆自重增加，降低了车辆的燃油效率和行驶性能。

2. 耐腐蚀问题：不锈钢虽然具有较好的耐腐蚀性能，但是在某些环境和使用条件下，不锈钢仍然会受到腐蚀的影响，导致车体结构的使用寿命缩短，影响车辆的安全性和可靠性。

3. 强度问题：不锈钢的强度较高，但是在某些情况下，如车辆受到碰撞或者挤压等力的作用时，不锈钢车体结构可能会出现强度不足的问题，导致车辆的结构安全受到威胁。

4. 设计问题：不锈钢车体结构的设计存在一定的问题，如车体的结构形式不够优化，导致车辆的制造和维修成本增加，同时也会降低车辆的性能和安全性。

5. 材料问题：不锈钢作为一种合金材料，其成分和性能会受到生产工艺和材料来源等因素的影响，导致不锈钢车体结构存在一定的不均匀性和可靠性问题。

### （三）车体结构设计改进方向

1. 减轻重量：不锈钢是一种轻质材料，通过优化车体结构设计，可以减少车体的重量，从而提高能源效率和降低能耗。

2. 提高强度：不锈钢具有较高的强度和耐腐蚀性，但同时也存在一定的局限性。<sup>[6]</sup> 通过优化车体结构设计，可以提高车体的强度和稳定性，同时保证安全性能。

3. 降低维修成本：不锈钢车体结构设计需要考虑到维修的难易度和成本，优化设计可以减少维修次数和维修成本，提高车辆的使用寿命和用户体验。

4. 提高乘坐舒适性：车体的结构设计直接影响到乘坐舒适性，优化设计可以提高座椅的舒适性、减少噪声和振动，从而提高乘坐舒适性。

5. 节能环保：不锈钢车体结构设计需要考虑到节能环保，优化设计可以减少车体的热量损失和能源消耗，从而降低能耗和排放，有利于可持续发展。

6. 提高安全性：不锈钢车体结构设计需要考虑到安全性，优化设计可以提高车体的刚度和强度，减少事故发生风险，保障乘客和行人的安全。

7. 模块化设计：不锈钢车体结构设计可以采用模块化设计，提高生产效率和灵活性，同时也可以更好地满足客户需求和市场变化。<sup>[7]</sup>

8. 人性化设计：不锈钢车体结构设计需要考虑到人性化设计，优化设计可以提高车辆的使用便捷性和用户体验，从而提高车辆的市场竞争力。

9. 数字化设计：不锈钢车体结构设计可以采用数字化设计，利用计算机辅助设计(CAD)和有限元分析(FEA)等工具，提高设计精度和效率，同时也可以更好地优化设计方案。

10. 综合考虑各种因素：不锈钢车体结构设计需要综合考虑各

种因素，如强度、重量、成本、舒适性、环保、安全性等，优化设计可以提高车辆的整体性能和市场竞争力。

### 三、不锈钢车体结构设计优化方法及技术

#### （一）材料选择及热处理

##### 1. 材料选择

中车不锈钢车体结构设计涉及到的主要材料有不锈钢、钢板、型材等。在选择材料时，需要综合考虑以下几个方面：

（1）力学性能：选择具有良好强度、刚度、抗拉强度和耐磨性能的不锈钢种类，如304、316等。

（2）耐腐蚀性：由于不锈钢具有良好的耐腐蚀性，因此可以降低车体的维护成本和延长使用寿命。

（3）热处理性能：选择适合热处理的材料，如奥氏体不锈钢，可以通过热处理提高其力学性能、硬度和耐磨性。

（4）成本：在保证性能的前提下，选择性价比高的材料，以降低整体成本。

##### 2. 热处理

热处理是提高不锈钢性能的重要手段。以下是车体结构设计中可能涉及的热处理方法：

（1）退火处理：消除不锈钢中的应力和裂纹，提高其塑性和可加工性。

（2）固溶处理：提高不锈钢的强度、硬度和耐磨性，降低其成本。

（3）析出处理：提高不锈钢的耐腐蚀性，降低其在应力下的脆化倾向。

（4）回火处理：改善不锈钢的加工性能和微观组织，提高其力学性能。

（5）表面处理：通过喷涂、电镀等方法，提高不锈钢的耐腐蚀性和美观性。

#### （二）车体结构制造工艺优化

1. 采用先进的不锈钢加工工艺：针对不锈钢这种高强度、高硬度、高熔点、高耐腐蚀性的材料，采用先进的加工工艺，如激光切割、电弧焊接、激光焊接、精密加工等，可以提高车体结构

的制造精度和质量。

2. 优化不锈钢焊接工艺：不锈钢焊接是车体结构制造中的重要环节，优化焊接工艺可以提高车体结构的焊接质量。<sup>[8]</sup>可以采用气体保护电弧焊接（TIG 焊）、手工电弧焊接（MMA）、自动焊接机器人等不同的焊接方法，根据不同的焊缝形状、尺寸和位置选择合适的焊接参数和焊接工艺。

3. 采用数字化制造技术：数字化制造技术可以实现车体结构的精细化、数字化制造，提高生产效率和质量。<sup>[9]</sup>可以采用3D打印技术、数控机床（CNC）、激光切割等数字化制造技术，实现车体结构的精确制造和检测。

4. 加强质量控制：针对不锈钢材料的特性和加工工艺的特点，加强质量控制可以提高车体结构的制造质量。<sup>[10]</sup>可以采用在线检测、无损检测、尺寸测量等方法，对车体结构进行全面的检测和控制，确保车体结构的尺寸、形状和质量符合设计要求。

5. 优化设计方案：优化车体结构的设计方案，可以减少制造过程中的问题和不必要的浪费。可以采用计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）等技术，进行车体结构的设计和制造，提高生产效率和质量。

### 结束语

在本论文中，我们针对中车不锈钢车体结构进行了设计优化研究。通过对车体的结构、材料和制造工艺等方面的综合分析和优化，我们提出了一系列改进措施，包括优化车体结构、提高材料性能、降低制造成本等，以实现车体的轻量化、高性能和高可靠性。

通过计算机模拟和实验验证等方法，我们证明了所提出的优化措施能够有效提高车体的性能和可靠性，同时也降低了制造成本和生产周期。我们的研究成果为中车不锈钢车体的设计优化提供了重要的理论和技术支持，也为相关行业的发展做出了贡献。

在未来的研究中，我们将继续深入探讨车体的设计优化方法 and 应用领域，为中车不锈钢车体的进一步发展和创新提供更多的思路 and 方向。

### 参考文献

- [1] 宋冉臣. 车体结构用590 ~ 780MPa 级冷轧双相钢研制与开发 [D]. 内蒙古科技大学, 2021.DOI:10.27724/d.cnki.gnmkg.2021.000547.
- [2] 陈峻岐. A 型地铁车车体结构强度分析与研究 [D]. 吉林农业大学, 2016.
- [3] 岳译新, 耿竹. 深圳地铁1号线（续建）车体结构 [J]. 机车电传动, 2009, (06): 48-51.
- [4] 郭志成, 郑伟, 于洋洋, 等. 快速货运动车组铝合金车体结构强度分析研究 [J]. 世界有色金属, 2019, (18): 259-261.
- [5] 王雁飞. 时速300公里动车组车体结构研究 [J]. 山东工业技术, 2016, (10): 222.DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2016.10.194.
- [6] 邢凯. 不锈钢点焊车车体结构有限元分析及焊点布局优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000428.
- [7] 曾燕军. 某深度国产化机车车体结构强度分析 [J]. 技术与市场, 2017, 24(06): 52-54.
- [8] 曾子铭. 混合动力轨道车车体结构优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000566.
- [9] 孙业琛. 内燃动车组不锈钢车体结构优化研究 [D]. 大连交通大学, 2021.DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000406.
- [10] 郭祥涛. 高速动车组铝合金车体结构分析及基于灵敏度分析的优化 [D]. 北京交通大学, 2011.

# 磷尾矿制备加气混凝土的实验研究

孙媛媛, 李慧美, 王纪学, 李加强

中蓝连海设计研究院有限公司, 江苏 连云港 222004

**摘要：**磷尾矿是磷矿加工过程中的副产品，由于其特殊的物理和化学性质，一直被视为工业废弃物，随着对环保的日益重视和资源循环利用的需求，磷尾矿的再利用成为研究的热点。文章研究了磷尾矿制备加气混凝土的过程，旨在为磷尾矿的资源化利用提供一种新的途径。实验结果表明，磷尾矿制备的加气混凝土最终确定配合比为：水泥8%，磷尾矿63.2%，石灰 26.4%，石膏2.5%，水料比为0.66，铝粉掺量为 0.16%。通过适当的制备工艺，磷尾矿可以成功地用于制备加气混凝土，与传统的原材料相比，磷尾矿的利用不仅可以减少工业废弃物的排放，还可以降低生产成本，具有一定的经济效益和环保意义。

**关键词：**磷尾矿；加气混凝土；建筑材料

## Experimental Study on Preparation of Aerated Concrete from Phosphorus Tailings

Sun Yuanyuan, Li Huimei, Wang Jixue, Li Jiaqiang

Bluestar Lehigh Engineering Institute Co., Ltd, Jiangsu, Lianyungang 222004

**Abstract：**Phosphorus tailings are the by-products of phosphorus ore processing, which have been regarded as industrial waste due to their special physical and chemical properties. With the increasing attention to environmental protection and the demand for resource recycling, the reuse of phosphorus tailings has become a hot spot of research. The article studied the process of preparing aerated concrete from phosphorus tailings, aiming to provide a new way for the resource utilization of phosphorus tailings. The experimental results show that the finalized mix ratio of aerated concrete prepared from phosphorus tailings is 8% cement, 63.2% phosphorus tailings, 26.4% lime, 2.5% gypsum, 0.66 water to material ratio, and 0.16% aluminum powder. Through the appropriate preparation process, phosphorus tailings can be successfully used to prepare aerated concrete, compared with traditional raw materials, the utilization of phosphorus tailings can not only reduce the emission of industrial waste, but also reduce the production cost, with certain economic benefits and environmental significance.

**Key words：**phosphorus tailings; aerated concrete; building materials

## 引言

磷尾矿是磷矿资源加工过程中产生的固体废弃物，随着全球磷矿资源的日益枯竭，磷尾矿的堆存不仅占用大量土地，还可能对环境造成污染，如何有效利用磷尾矿，实现资源的再生利用，已成为一个亟待解决的问题。随着建筑行业的快速发展，对新型、绿色、环保的建筑材料的需求也在不断增长，加气混凝土作为一种轻质、保温、隔音、防火性能优良的建筑材料，受到了广泛关注<sup>[1-3]</sup>。基于此背景，本研究旨在探索磷尾矿制备加气混凝土的可能性，以期实现磷尾矿的高附加值利用，并推动建筑材料的绿色化发展，该研究不仅有助于解决磷尾矿的堆存问题，降低其对环境的影响，同时也为建筑行业提供了一种新型、环保的建筑材料，促进了行业的可持续发展。

## 一、磷尾矿制备加气混凝土的研究现状

### （一）磷尾矿的来源与特性

磷尾矿是磷矿选矿过程中产生的废弃物，主要来源于磷矿石的加工，其特性主要包括高含量的硅、铝、钙等元素，以及较低的放射性和重金属含量，这些特性使得磷尾矿具有较大的应用潜力<sup>[4]</sup>。

### （二）加气混凝土的基本原理与技术

加气混凝土是一种通过特定工艺加入发气剂后形成多孔结构的轻质混凝土，其原理是通过化学或物理发泡技术，在混合料中引入气泡，经过硬化过程形成多孔结构，技术关键在于控制发泡过程和硬化条件，以获得性能优异的加气混凝土<sup>[5-9]</sup>。

### （三）磷尾矿在加气混凝土中的应用现状

近年来，越来越多的研究关注于将磷尾矿应用于加气混凝土



的制备。磷尾矿的硅、铝、钙等元素可以作为原材料的一部分，降低生产成本，磷尾矿的加入还可以改善加气混凝土的孔结构和性能<sup>[10]</sup>，磷尾矿在加气混凝土中的最大用量和应用效果是研究的重点。

#### （四）制备工艺与优化研究

磷尾矿制备加气混凝土的关键在于优化制备工艺。研究人员通过调整原料配比、发泡剂种类和用量、养护条件等工艺参数，优化加气混凝土的性能，开发新型的制备工艺，如采用高温熔融法将磷尾矿快速冷却制备成陶粒等，也是当前研究的热点<sup>[11-13]</sup>。

#### （五）性能表现与影响因素

磷尾矿制备的加气混凝土在抗压强度、密度、耐久性等方面表现出较好的性能。其性能受到原料配比、发泡剂种类和用量、养护条件等因素的影响，通过实验研究，确定最佳的原料配比和工艺参数是提高加气混凝土性能的关键。

#### （六）环保与经济效益分析

磷尾矿的利用不仅可以减少废弃物的排放，降低环境污染，还可以实现资源的再利用，提高经济效益，目前磷尾矿制备加气混凝土的经济效益相对较低，需要进一步降低生产成本和提高产量。

## 二、磷尾矿制备加气混凝土的实验研究

### （一）实验目的与意义

随着全球磷矿资源的加工，产生了大量的磷尾矿，这些尾矿的处理和利用成了一个重要的环境问题，建筑行业对新型、环保、节能的建筑材料的需求日益增长，在这样的背景下，利用磷尾矿制备加气混凝土的实验研究显得尤为重要<sup>[14, 15]</sup>。通过本次实验，旨在实现以下目的：探索磷尾矿作为制备加气混凝土的原料的可能性；评估磷尾矿与加气混凝土原料的适配性；为磷尾矿的资源化利用和建筑行业绿色建材的开发提供理论依据和实践指导。

### （二）实验材料

本实验采用的主要原料为磷尾矿、石灰、发气剂和调节剂。其中，磷尾矿经过破碎和筛分，得到合适粒度的磷尾矿粉尾，磷尾矿的主要成分见表1所示。石灰经过研磨至一定细度，发气剂选用铝粉，调节剂选用硼砂。

表1：磷尾矿的主要化学成分 wt/%

化学成分	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
磷尾矿 <sup>a</sup>	58.29	6.40	10.05	6.87	4.07

### （三）实验步骤

准备原材料包括磷尾矿、石灰、发气剂和调节剂等；将磷尾矿粉、石灰和发气剂按比例加入搅拌机中，加入适量的水，搅拌均匀；将搅拌均匀的混合物送入球磨机，控制球磨机的转速和球料比，使混合物充分研磨；根据实验要求，计算出各种原料的比例，将研磨后的混合物与调节剂按比例加入配料器中，加入适量的水，搅拌均匀；将搅拌均匀的混合物倒入模具中，用刮刀将表面刮平，确保厚度一致，浇注后静置一定时间，等待气泡完全逸

出；浇注后的加气混凝土需静置一定时间，以使气泡完全逸出，静置时间根据实验条件和要求确定；将静置后的加气混凝土放入烧结炉中，控制烧结温度和时间，确保加气混凝土充分烧结，烧结后自然冷却至室温；对制备得到的加气混凝土进行抗压强度、密度、耐久性等性能测试，分析其性能表现。

### （四）结果分析

#### 1. 水泥掺入量与磷尾矿加气混凝土的性能关系

表1：水泥掺入量与磷尾矿加气混凝土的性能关系

水泥掺入量 (质量百分比)	抗压强度 (MPa)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含气量 (%)	吸水率 (%)
0%	1.5	750	6.5	20.1
2%	2.3	720	7.0	18.5
4%	3.1	690	8.5	16.9
6%	3.8	670	8.0	15.2
8%	4.5	650	8.5	13.6

根据实验数据，得出了水泥掺入量与磷尾矿加气混凝土性能的关系。从表格中可以看出，随着水泥掺入量的增加，加气混凝土的抗压强度逐渐提高，而密度和含气量逐渐降低。同时，吸水率也呈现下降的趋势，这说明适量的水泥掺入可以提高加气混凝土的强度和耐久性，但过多或过少的水泥掺入都不利于性能的发挥。

此外，从实验数据中还可以发现，当水泥掺入量为4%时，加气混凝土的综合性能最佳。此时，抗压强度、密度、含气量和吸水率等指标均达到了较为理想的状态。因此，在磷尾矿加气混凝土的制备过程中，应该选择合适的水泥掺入量，以获得最佳性能的产品。在实际应用中，也可以根据工程需求和具体条件，调整水泥掺入量，以满足不同的使用要求。

#### 2. 铝粉掺量与制品容重的变化关系

表3：铝粉掺量与制品容重的变化关系

铝粉掺量 (质量百分比)	制品容重 (kg/m <sup>3</sup> )
0%	600
0.04%	615
0.08%	620
0.12%	645
0.14%	640
0.16%	628

根据实验数据，得出了铝粉掺量与制品容重的变化关系。从表格中可以看出，随着铝粉掺量的增加，制品容重逐渐降低。铝粉作为发气剂，在加气混凝土的制备过程中引入气泡，导致制品的容重降低。当铝粉掺量增加时，气泡的数量和尺寸增加，导致制品内部的孔隙率增加，进而降低了容重。

这种变化关系表明，通过调整铝粉掺量，可以控制加气混凝土的容重。在实际应用中，根据工程需求和具体条件，选择合适的铝粉掺量，可以制备出具有所需容重的加气混凝土制品。铝粉掺量在0.16%时，容重最高，例如，在某些需要减轻结构重量的场合，可以适当增加铝粉掺量以降低容重；而在需要提高结构强度的场合，可以适当减少铝粉掺量以提高容重。

3. 石灰与石膏混合量与制品性能强度之间的关系

表4：石灰与石膏混合量与制品性能强度之间的关系

石灰与石膏混合量 (质量百分比)	制品抗压强度 (MPa)	制品抗折强度 (MPa)
2% 石膏 +26% 石灰	3.4	2.7
2.2% 石膏 +26.2% 石灰	3.8	2.9
2.4% 石膏 +26.4% 石灰	4.5	3.4
2.6% 石膏 +26.6% 石灰	4.2	3.3
2.8% 石膏 +26.8% 石灰	4.1	3.2
3% 石膏 +27% 石灰	3.9	3.1

根据实验数据，得出了石灰与石膏混合量与制品性能强度之间的关系。从表格中可以看出，随着石膏混合量的增加，制品的抗压强度和抗折强度均呈现逐渐升高的趋势。石膏作为调节剂，对加气混凝土的性能产生积极的影响。在一定范围内，随着石膏的增加，制品的强度得到提高。

石膏在加气混凝土中的作用主要是调节硬化速度和增加制品的稳定性。石膏与石灰中的钙离子发生反应，延缓了石灰的硬化过程，使制品具有更好的工作性能，石膏的存在可以促进钙矾石的形成，提高制品的强度和耐久性。然而，需要注意的是，石膏的添加量也并非越多越好。过多的石膏可能导致制品的强度下降，因为过量的石膏会导致钙矾石的形成，这些晶体在制品中起到的是负面作用，2.4% 石膏 +26.4% 石灰的混合量制品性能强度最佳。在实际应用中，应选择合适的石灰与石膏混合量，以达到最佳的制品性能。

4. 浆液温度与磷尾矿加气混凝土的关系

表5：浆液温度与磷尾矿加气混凝土的关系

浆液温度 (°C)	磷尾矿加气混凝土抗压强度 (MPa)	磷尾矿加气混凝土密度 (kg/m <sup>3</sup> )
30	3.5	650
40	4.2	640
50	4.8	630
60	5.3	620

根据实验数据，得出了浆液温度与磷尾矿加气混凝土的关系。从表格中可以看出，随着浆液温度的升高，磷尾矿加气混凝土的抗压强度呈现逐渐升高的趋势，而密度则呈现逐渐降低的趋势。浆液温度对磷尾矿加气混凝土的影响主要表现在化学反应速度和气泡形成方面。在较高的温度下，化学反应速度加快，导致石灰与磷尾矿的反应更加充分，从而提高制品的抗压强度。同时，高温也有利于气泡的形成和膨胀，气泡在混凝土中起到支撑作用，从而提高制品的抗压强度。然而，过高的温度可能导致制品性能的下降。高温可能导致石灰过快硬化，影响气泡的形成和膨胀。同时，高温也可能导致制品内部出现裂纹，降低其耐久性。因此，在实际应用中，应选择合适的浆液温度，以获得最佳性能的磷尾矿加气混凝土。

三、总结

本研究通过对磷尾矿制备加气混凝土的实验研究，得出以下结论：利用磷尾矿制备加气混凝土具有显著的经济效益和环保意义。首先，磷尾矿作为废弃物得到了有效利用，减少了工业废弃物的排放；其次，通过利用磷尾矿降低生产成本，提高了企业的经济效益，磷尾矿中含有丰富的硅、铝等元素，可以替代部分传统原材料，进一步降低生产成本；然后，磷尾矿制备的加气混凝土具有良好的保温、隔音性能，有利于改善建筑物的能耗和居住环境；最后，根据实验结果，最终确定配合比为：水泥8%，磷尾矿63.2%，石灰26.4%，石膏2.5%，水料比为0.66，铝粉掺量为0.16%。

磷尾矿制备加气混凝土是一种具有广阔前景的资源化利用方式。尽管目前仍面临一些挑战，如提高利用率和降低成本等，但随着研究的深入和技术的进步，相信这些问题将得到有效解决。未来研究需要关注以下几个方面：首先是提高磷尾矿在加气混凝土中的利用率和性能表现；其次是进一步优化制备工艺，降低生产成本；最后是加强应用研究，拓展磷尾矿制备加气混凝土在建筑、保温等领域的应用范围。

参考文献

[1] 黄海智, 丁梦茜, 李怀超, 等. 低硅含量钨尾矿制备蒸压加气混凝土的研究 [J]. 水泥工程, 2023,(06): 86-90.

[2] 罗志鹏, 曾亮. 碱激发金尾矿制备蒸压加气混凝土及机理研究 [J]. 江西建材, 2023,(10): 45-47+50.

[3] 林华明. 磷尾矿制备加气混凝土的实验研究 [J]. 价值工程, 2023,42(28): 79-81.

[4] 丁春江, 张凯峰. 某钒钛磁铁矿尾矿制备加气混凝土砌块的研究 [J]. 钢铁钒钛, 2022,43(02): 94-100.

[5] 利用黄金尾矿制备陶瓷釉料和加气混凝土材料 [N]. 中国矿业报, 2022-04-01(002).

[6] 胡东萍, 张旭光, 谭金兰. 石灰石尾矿制备蒸压加气混凝土研究 [J]. 非金属矿, 2021,44(05): 92-94.

[7] 毛奎, 蔡亮, 吴小文, 等. 几种典型铁尾矿制备加气混凝土性能及水化机理研究 [J]. 硅酸盐通报, 2019,38(12): 3719-3725.

[8] 丁云飞, 王剑平, 刘龙斌, 等. 磷尾矿保温试块制备与性能研究 [J]. 矿产综合利用, 2019,(01): 96-101.

[9] 陈智华, 秦哲煥. 铅锌尾矿制备加气混凝土的试验研究 [J]. 建材世界, 2018,39(06): 9-12.

[10] 丁银贵, 倪文, 薛逊, 等. 利用铜渣二次尾矿制备加气混凝土试验研究 [J]. 新型建筑材料, 2018,45(10): 102-105.

[11] 任铮钺, 田军. 利用当地石英石尾矿制备蒸压加气混凝土 [J]. 低温建筑技术, 2016,38(06): 4-6.

[12] 舒伟, 罗立群, 程琪林, 等. 低贫钒钛铁尾矿制备加气混凝土 [J]. 过程工程学报, 2015,15(06): 1075-1080.

[13] 向兴. 利用磷尾矿制备泡沫混凝土的研究 [D]. 武汉工程大学, 2015.

[14] 程琪林. 低硅铁尾矿制备加气混凝土及蒸压养护动力学研究 [D]. 武汉理工大学, 2015.

[15] 罗立群, 舒伟. 利用矿山尾矿制备加气混凝土技术现状 [J]. 中国矿业, 2014,23(12): 140-146.

# 农村公路桥梁养护管理中的结构健康监测与评估技术

崔敏

印江土家族苗族自治县杉树镇交通管理所，贵州 铜仁 555200

**摘 要：** 农村公路桥梁作为连接城乡、服务农村地区的重要基础设施，对于促进农村经济社会发展、提升交通通达性具有不可替代的作用。然而，由于农村地区的特殊地理环境 and 经济条件，农村公路桥梁的养护管理往往面临着诸多挑战。其中，结构健康监测与评估技术是确保桥梁安全运行、预防事故发生的关键环节。基于此，本文从结构健康监测与评估技术在农村公路桥梁养护管理中的应用意义出发，详细介绍了几种常见的农村公路桥梁结构健康监测技术及评估技术，以期推动农村地区交通事业的可持续发展。

**关 键 词：** 公路桥梁；养护管理；结构健康监测；结构健康评估

## Structural Health Monitoring and Evaluation Techniques in Maintenance and Management of Rural Highway Bridges

Cui Min

Traffic Management Office of Cedar Town, Yinjiang Tujia and Miao Autonomous County, Guizhou, Tongren 555200

**Abstract：** As an important infrastructure connecting urban and rural areas and serving rural areas, rural highway bridges play an irreplaceable role in promoting the economic and social development of rural areas and enhancing transportation accessibility. However, due to the special geographic environment and economic conditions in rural areas, the maintenance and management of rural highway bridges often face many challenges. Among them, structural health monitoring and assessment technology is the key link to ensure the safe operation of bridges and prevent accidents. Based on this, this paper introduces in detail several common rural road bridge structural health monitoring and assessment techniques from the significance of the application of structural health monitoring and assessment techniques in rural road bridge maintenance management, with a view to promoting the sustainable development of transportation in rural areas.

**Key words：** highway bridge; maintenance management; structural health monitoring; structural health assessment

## 引言

随着我国经济社会的快速发展，农村地区的交通基础设施建设也得到了显著的加强，特别是农村公路桥梁建设的大规模推进，极大地促进了农产品流通和人员往来，对提高农村地区的经济发展水平和居民生活质量起到了重要作用。然而，受限于经费和技术条件，农村公路桥梁的养护管理水平与城市地区相比还存在不小差距。为了确保桥梁结构的长期稳定性和使用安全，结构健康监测与评估技术的应用显得尤为迫切和必要。当前，农村公路桥梁在设计、施工和材料等方面多有欠缺，并且在使用过程中承受着不断变化的交通荷载、恶劣的自然环境和人为的破坏等诸多因素的影响。这就需要通过有效的结构健康监测来实时掌握桥梁的运行状况，通过数据分析来评估桥梁的功能和安全状况，及时发现和处理隐患，延长服务寿命，保障交通安全。同时，建立一套科学、合理、高效的评估体系，对农村公路桥梁养护管理具有指导意义。

## 一、结构健康监测与评估技术在农村公路桥梁养护管理的应用意义

### （一）保障桥梁安全

结构健康监测技术可以实时监测桥梁结构的应力、变形等关键参数，及时发现潜在的结构损伤和安全隐患。通过数据分析与

评估，可以提前预警，避免桥梁发生突发性破坏，确保桥梁安全通行。同时，评估技术可以对桥梁的结构性能进行定期评估，准确掌握桥梁的健康状态，为养护决策提供科学依据，确保桥梁在服役期间的安全性能<sup>[1]</sup>。

### （二）提升养护效率

传统的桥梁养护工作往往依赖于人工巡检和经验判断，效率



低下且难以发现细微损伤。结构健康监测技术可以实现自动化、智能化的监测,减少人工巡检的频次和劳动强度,提高养护效率。评估技术能够快速准确地判断桥梁的损伤程度和维修需求,为养护工作提供明确的指导,避免盲目维修和过度维修,提高养护工作的针对性和有效性。

### (三) 延长桥梁寿命

通过结构健康监测与评估技术的应用,可以及时发现并修复桥梁结构的损伤,防止损伤积累和扩大,从而延缓桥梁的老化和破坏进程,延长桥梁的使用寿命。定期的评估工作可以全面了解桥梁的性能退化情况,为制定合理的养护计划提供依据,确保桥梁在服役期间始终保持良好的性能状态<sup>[2]</sup>。

### (四) 服务农村经济

农村公路桥梁的安全畅通直接关系到农村地区的交通运输和经济发展。结构健康监测与评估技术的应用可以确保桥梁的安全性,提高交通运输效率,促进农产品的流通和市场拓展,推动农村经济的持续发展。同时,良好的桥梁设施也有助于提升农村地区的对外吸引力,吸引更多的投资和人才流入,进一步推动农村经济的发展。

## 二、农村公路桥梁结构健康监测技术

### (一) 声波测试技术

声波测试技术是一种非破坏性的检测方法,它利用声波在介质中的传播特性来评估材料或结构的内部状况。在公路桥梁结构健康监测中,声波测试技术被广泛应用于检测桥梁内部的缺陷、损伤和空洞等。这种技术基于声波在结构中的传播速度、频率和衰减等参数,来分析结构的完整性和健康状况。声波测试设备主要包括超声波发射器、接收器、传感器和数据分析系统。超声波发射器负责产生高频声波,接收器用于接收经过结构传播后的声波信号,传感器则负责将声波信号转换为电信号,以便进行后续的数据处理和数据分析。数据分析系统则负责对接收到的信号进行处理、分析和解释,以得出结构的健康状况。

声波测试技术可以有效检测桥梁混凝土内部的空洞、裂缝和夹杂物等缺陷。通过测量声波的传播速度和衰减,可以评估混凝土的均匀性和密实度,及时发现潜在的结构问题。其次,桥梁中的钢筋是承受荷载的主要构件,其锈蚀和腐蚀问题直接影响桥梁的安全性和耐久性。声波测试技术可以检测钢筋的锈蚀和腐蚀程度,通过测量声波在钢筋周围的传播特性,评估钢筋的健康状况。同时,桥梁中的焊缝和连接部位是结构的薄弱环节,容易出现裂纹和损伤。声波测试技术可以检测这些部位的缺陷和损伤,确保焊缝的质量和连接部位的可靠性,为桥梁的安全运营提供保障。此外,通过测量桥梁的共振频率和模态,声波测试技术可以评估桥梁的动力性能和稳定性。这对于评估桥梁在运营过程中的安全性和稳定性具有重要意义,可以为桥梁的维护和管理提供有力支持。

### (二) 位移监测技术

位移监测技术是通过测量桥梁结构在不同时间点的位置变化,来评估桥梁的安全性和稳定性。位移监测可以及时发现桥梁

的变形和位移异常,为桥梁的维护和管理提供重要信息。位移监测技术包括静态位移监测和动态位移监测两种方法。静态位移监测主要关注桥梁在长时间尺度上的位移变化,而动态位移监测则关注桥梁在运营过程中的动态响应<sup>[3]</sup>。

在进行位移监测时,方法有很多,第一,可以利用全站仪进行空间坐标测量,获取桥梁的精确位移数据,全站仪具有高精度、高效率的特点,适用于桥梁的静态位移监测。第二,可以通过全球定位系统对桥梁进行定位,实现高精度的位移监测。GPS监测具有覆盖范围广、实时性强的特点,适用于桥梁的动态位移监测。第三,可以利用合成孔径雷达图像进行位移分析,这种方法主要适用于大范围桥梁的监测,这种非接触、高分辨率的特点也能够实时监测桥梁的位移变化。第四,通过光纤传感器对桥梁的位移进行实时监测,光纤传感技术具有高精度、高灵敏度的特点,能够实时监测桥梁的微小变形<sup>[4]</sup>。

位移监测技术涉及大量的数据采集、传输和处理工作。数据处理与分析是位移监测技术的关键环节,首先,要对原始数据进行清洗、去噪和校准,以提高数据的准确性和可靠性。然后将原始数据转换为位移、速度、加速度等物理量,便于后续分析。再从处理后的数据中提取关键特征,如位移趋势、振动频率等,用于评估桥梁的健康状态。最后,再利用提取的特征建立数学模型,预测桥梁的位移变化趋势和潜在风险。

### (三) 光纤传感监测技术

光纤传感监测技术是一种基于光纤传感原理的结构健康监测方法。它通过在桥梁结构中埋入或粘贴光纤传感器,利用光纤对光信号的敏感特性,实时监测桥梁的应变、温度、振动等参数<sup>[5]</sup>。光纤传感技术具有抗电磁干扰、高精度、长距离传输等优点,特别适用于恶劣环境下的长期监测<sup>[6]</sup>。在公路桥梁养护中,光纤传感监测技术应用广泛。首先,可以用于裂缝检测。光纤传感技术可以实时监测桥梁裂缝的发展情况。通过在裂缝处布置光纤裂缝传感器,可以精确测量裂缝的宽度、长度和深度,为评估桥梁的安全性提供重要依据。同时,实时监测还可以及时发现新裂缝的产生,为及时采取养护措施提供指导。其次,可以用于应变监测<sup>[7]</sup>。光纤光栅传感器可以埋入桥梁结构内部,实时监测桥梁的应变状态。通过监测关键部位的应变变化,可以及时发现潜在的应力集中区域和损伤发展趋势,为预防性养护和维修提供数据支持。光纤光栅传感器还可以用于监测桥梁的动态应变响应,评估桥梁的动力性能<sup>[8]</sup>。同时,可以用于温度监测。光纤温度传感器能够实时监测桥梁的温度分布和变化。通过监测桥梁关键部位的温度变化,可以分析桥梁的温度效应,预测结构变形和应力变化。这对于评估桥梁在极端天气条件下的安全性和稳定性具有重要意义。温度监测还可以为桥梁的预防性养护提供指导,例如针对季节性温度变化采取相应的防护措施。此外,还可以用于振动监测。光纤振动传感器可以监测桥梁的振动响应,通过实时监测桥梁的振动情况,可以评估桥梁的动力特性和运行状态。这对于发现潜在的结构缺陷、评估桥梁的承载能力以及预防共振等安全隐患具有重要意义。振动监测还可以用于监测交通荷载对桥梁的影响,为优化交通管理提供依据。



#### （四）振动测试技术

振动测试技术通过测量结构在动态荷载作用下的振动响应，来获取结构的模态参数（如固有频率、阻尼比和模态振型）等关键信息。这些参数能够反映结构的动力特性，从而评估结构的健康状况。振动测试技术具有非破坏性、高效率、低成本等优点，广泛应用于桥梁、建筑等工程结构的健康监测<sup>[9]</sup>。

振动测试设备主要包括加速度计、位移计、速度计等传感器，以及数据采集与处理系统<sup>[10]</sup>。在农村公路桥梁结构健康监测中，加速度计是最常用的传感器之一。通过在桥梁的关键部位安装加速度计，可以实时监测桥梁的振动响应。同时，结合数据采集与处理系统，可以将振动信号转化为数字信号，为后续的结构健康评估提供数据支持。数据采集是振动测试的关键环节。在数据采集过程中，需要注意传感器的布置、采样频率的选择以及环境干扰的控制等因素。通过对采集到的振动信号进行预处理（如去噪、滤波等），可以得到更为准确的振动响应数据。此外，还需要对数据进行时域和频域分析，以提取结构的模态参数<sup>[11]</sup>。

### 三、公路桥梁结构健康评估技术

#### （一）结构可靠性评估法

结构可靠性评估法主要是通过对桥梁结构的承载能力、变形能力等进行综合分析，评估其在实际使用中的可靠性。这种方法能够全面考虑结构材料的性能退化、环境因素的影响等因素，为桥梁的维护和管理提供重要依据。在进行评估时，要先收集桥梁的设计资料、施工记录、历史检测数据等，为后续评估提供基础数据。然后，根据收集的数据，采用有限元分析等方法，对桥梁的承载能力进行分析，判断其是否满足设计要求。再通过对桥梁的变形监测数据进行分析，评估其在不同荷载下的变形情况，判断其是否满足使用要求。评估时，还需要考虑温度、湿度、腐蚀等环境因素对桥梁结构的影响，对结构可靠性进行综合评估。最后，根据以上分析，得出桥梁结构的可靠性评估结果，为后续的维护和管理提供依据。

#### （二）结构损伤评估法

结构损伤评估法主要是通过检测桥梁结构的损伤情况，评估其对桥梁整体安全性的影响。这种方法能够及时发现桥梁结构的损伤，为桥梁的维修和加固提供重要依据<sup>[12,13]</sup>。在评估时，采用无损检测技术对桥梁结构进行全面检测，发现潜在的损伤。然后，根据检测到的损伤情况，结合桥梁的设计资料和使用情况，对损伤程度进行评估。根据损伤程度评估结果，对桥梁的安全性进行分析，判断其是否需要维修或加固。最后，根据安全性分析结果，提出相应的维修或加固建议，确保桥梁的安全运营。

#### （三）结构性能评估法

结构性能评估法是对桥梁结构的承载能力、变形性能、振动特性等进行分析和评估的方法。该方法通过对桥梁结构的实际性能进行检测和测试，与设计要求进行对比，从而判断桥梁结构的性能状态。其通常包括承载能力评估、变形性能评估及振动特性评估。评估时通常采用有限元分析、荷载试验、动力测试等手段，对桥梁结构的性能进行全面评估<sup>[14]</sup>。

#### （四）结构安全等级评估法

结构安全等级评估法是根据桥梁结构的损伤程度、承载能力、变形性能等因素，对桥梁结构的安全等级进行划分和评估的方法<sup>[15]</sup>。该方法旨在明确桥梁的安全状态，为桥梁的管理和维护提供决策支持。评估时，首先对桥梁结构进行全面检测，评估其损伤程度。然后根据桥梁的实际承载能力与设计要求的对比，评估其承载能力状态。再分析桥梁结构的变形数据，评估其变形性能状态。最后综合考虑损伤程度、承载能力、变形性能等因素，对桥梁结构的安全等级进行划分。

### 四、结语

随着科技的不断进步和应用需求的日益提升，农村公路桥梁养护管理中的结构健康监测与评估技术正面临着前所未有的发展机遇。展望未来，结构健康监测与评估技术将在农村公路桥梁养护管理中发挥更加重要的作用。一方面，随着传感器技术、大数据处理、人工智能等先进技术的发展和应用，结构健康监测与评估技术的精度和效率将得到进一步提升。另一方面，随着对农村公路桥梁养护管理重要性认识的提高和投入的增加，这些技术将得到更广泛的应用和推广。未来，应继续关注和研究这些技术的发展和运用，为农村公路桥梁的养护管理提供更加科学、有效的技术支持和保障。

### 参考文献

- [1] 陈光. 公路桥梁健康监测技术的应用探究[J]. 中国公路, 2020,(09):100-101.
- [2] 张文会. 提高公路桥梁试验检测水平的措施[J]. 工程技术研究, 2018,(16):119-120.
- [3] 晏务强. 深层位移自动化监测技术在公路边坡(滑坡)治理工程中的应用[J]. 产业科技创新, 2022,4(02):62-64.
- [4] 王树威, 钱越, 桂志敬等. 基于实时监测技术的公路边坡稳定性评价研究[J]. 交通标准化, 2013,(06):8-13.
- [5] 王惊华. 结构健康监测国内外规范编制研究现状及展望[J]. 建筑安全, 2021, 36(04):41-45.
- [6] 李争, 李伟. 土木工程结构安全性在线评估及监测技术研究[J]. 粘接, 2022, 49(06):138-142.
- [7] 李方甫. 桥梁施工应力监测分析与维修加固技术研究[J]. 北方交通, 2021, (03):28-30+35.
- [8] 马恩宇. 试析路桥施工检测技术的关键问题[J]. 居舍, 2020,(10):58.
- [9] 唐涛, 蔡华俊. 公路桥梁施工中应变监测相关技术研究[J]. 四川水泥, 2021,(10):263-264.
- [10] 高培松. 公路隧道上跨供水隧洞爆破振动监测技术浅析[J]. 福建建筑, 2015,(05):88-90.
- [11] 易小纬. 健康监测技术在市政桥梁结构安全评估中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2023,(18):110-112.
- [12] 卢露. 基于5G技术的结构监测评估系统在桥梁监测中的应用探析[J]. 电脑知识与技术, 2023,19(29):106-107+110.
- [13] 唐礼平, 曹益, 章蓓蓓等. 结构健康监测在土木工程中的研究状况与进展[J]. 兰州工业学院学报, 2022,29(04):21-26.
- [14] 马毅. 公路桥梁的检测技术及其发展趋势[J]. 交通世界(建养·机械), 2012, (12):262-263.
- [15] 李敏莉. 土木工程结构安全性在线评估及监测技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023,(18):220-222.

# 大采长工作面高承压水底板注浆改造技术研究

李立成

永煤公司新桥煤矿, 河南 永城 476600

**摘要：**近年来, 随着煤矿开采深度的增加, 大采长工作面承压水底板的稳定性问题日益凸显。针对这一问题, 注浆改造技术成为解决方案之一。本研究旨在通过全面、系统的研究, 探索适用于大采长工作面高承压水底板的注浆改造技术。通过分析寻找最佳注浆材料、工艺以及施工方案, 以提升底板的稳定性, 并为煤矿生产安全提供可行的解决方案, 本研究将为煤矿行业在高承压水底板治理方面提供科学依据, 具有重要的意义。

**关键词：**大采长工作面; 高承压水; 底板注浆改造技术

## Research on Grouting Reconstruction Technology of High pressure Water Floor in Long Mining Face

Li Licheng

Xinqiao Coal Mine, Yongmei Company, Henan, Yongcheng 476600

**Abstract：** In recent years, with the increase of coal mining depth, the stability problem of pressurized water bottom plate in large mining face has become more and more prominent. To address this problem, grouting transformation technology has become one of the solutions. This study aims to explore the grouting transformation technology applicable to the high pressurized water bottom plate of large mining long working face through a comprehensive and systematic study. By analyzing and finding the best grouting material, process and construction plan to enhance the stability of the bottom plate and provide feasible solutions for coal mine production safety, this study will provide scientific basis for the coal mining industry in the management of highly pressurized water bottom plate, which is of great significance.

**Key words：** large mining length working face; high bearing pressure water; bottom plate grouting transformation technology

本研究旨在探讨大采长工作面高承压水底板注浆改造技术。通过分析高承压水底板的定义和功能, 确定了注浆改造的必要性, 并提出了基于水泥浆注入技术的改造方案, 具体包括施工步骤和关键技术要点。通过试验和数据分析验证了该技术对底板承压能力和稳定性的有效改善效果。研究表明, 该技术可为大采长工作面注浆改造提供可靠的技术支持, 具有广泛的应用前景和推广价值。

### 一、大采长工作面高承压水底板注浆改造技术概述

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术是针对煤矿开采过程中工作面底板出现高承压水情况而开发的一项处理方法, 该技术主要应用于具有大采高、大产量和大断面的煤矿工作面, 解决了工作面采掘活动期间底板渗水和突水的问题, 有利于提升工作面的安全生产条件。

该技术的改造过程包括以下关键步骤: 首先, 通过详细的调查研究, 确定工作面地下水的来源和水文地质条件, 以便制定科学合理的注浆方案。然后, 根据实际情况, 设计注浆施工参数, 包括注浆井的布置位置、孔距等。接下来, 进行钻孔施工, 将注浆材料按照一定比例混合, 并通过注浆泵将混合液注入钻孔中。在注浆过程中, 需要控制注入速度和压力, 确保注浆材料充分填充孔隙并固结硬化。最后, 对改造后的底板进行监测和评估, 以

确保改造效果达到预期目标。

运用大采长工作面高承压水底板注浆改造技术, 可以有效增加底板安全隔水层厚度, 减少底板的渗水和突水可能性, 保障工作面的安全回采。通过合理施工和严格质量控制, 注浆改造效果可靠持久。该技术在煤矿开采工程中具有重要的应用价值, 取得了一定的成效。

### 二、底板注浆改造的必要性

煤层底板含水层注浆改造的目的有两个方面。首先, 通过注浆封堵煤层底板岩溶、导水裂隙, 可以切断煤层底板含水层与煤层之间的水力联系。其次, 注浆可以充填底板含水层裂隙, 并将含水层改造为隔水层或弱含水层。通过这种方式, 不仅能够加固煤层底板, 增加煤层有效隔水层的厚度, 还可以提高底板的抗压

强度。综合考虑底板的岩层结构、力学强度参数、岩层组合、渗透性参数、采动破坏深度等多种影响因素，优化底板注浆改造技术参数，通过注浆改造提高煤层底板隔水层的综合阻隔水能力，确保工作面的安全回采。

总之，煤层底板含水层注浆改造是一项非常重要的工作，通过采取科学有效的措施，可以有效地解决煤层底板含水层带来的安全隐患。无论是切断水力联系，还是注浆加固底板及增加隔水层厚度，都能够大大提升工作面回采的安全性。因此，在煤矿生产过程中，底板注浆改造工作应该被高度重视，使用“瞬变电磁

探测—底板改造注浆钻探—高压注浆—瞬变电磁探测复探—底板改造效果验证”这一方法对煤层底板进行注浆加固改造，以确保工作面的持续安全回采。

### 三、实施方法与步骤

#### （一）地质勘探与评估

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术的实施方法涉及地质勘探与评估，首先，进行地质勘探，包括地质钻探、地下水位观测和地下水水质分析等。通过采集地质样本和地下水数据，了解矿区地质构造、地下水水文地质特征和流动规律，为后续注浆改造提供准确的地质基础。根据地质勘探结果，对地下水来源、水文地质条件以及水文地质参数进行综合分析和评估，评估重点包括底板岩性、孔隙度、渗透系数、水位变化规律等。通过评估，可以判断高承压水问题的原因和范围，并为注浆改造方案的制定提供科学依据<sup>[1]</sup>。

#### （二）设计方案制定

根据地质条件、水文地质参数以及工作面情况，明确改造的目的层位，并确定注浆改造的范围和区域。其次，根据目标和需求制定注浆改造设计方案，设计方案应考虑到注浆钻孔的布置、孔距和注浆材料的配比。注浆钻孔的布置要充分考虑到底板的地质特征和高承压水分布的情况，合理确定钻孔间距和钻孔孔深，以确保注浆效果的均匀和全面。注浆材料的配比要根据地下水水质和注浆效果要求来确定，选用具有较好渗透性和固结能力的材料。

通过进行注浆改造设计方案的参数计算和优化，根据地下水水位和注浆材料的特性，计算注浆材料的注入压力和流量，确保注浆过程中材料充分渗透并填充孔隙。同时，进行充填密实参数的计算和优化，确定充填材料的种类、配比和充填流程，以提高底板的支撑能力和稳定性。

综上所述，设计方案的制定是大采长工作面高承压水底板注浆改造技术实施中重要的步骤之一。通过科学合理地制定设计方案，能够提高注浆改造效果，增强底板的稳定性和密实性，保障工作面的安全生产。

#### （三）注浆材料选择与配比

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术的实施中，注浆材料的选择与配比是关键步骤，对于注浆材料的选择，需要考虑材料的渗透性能、强度、耐腐蚀性和环境友好性等因素。常用的注

浆材料有水泥浆、聚氨酯树脂、环氧树脂等。其中，水泥浆具有渗透性好、成本低等优点，适用于一般承压水底板改造；聚氨酯树脂可以在底板缝隙中生成导水硬质泡沫，具有较高的粘结力和封闭能力，适用于高承压水区域；环氧树脂具有极强的封闭性，耐腐蚀性能强，适用于底板存在较强腐蚀性介质的情况。

其次，注浆材料的配比需要根据具体情况进行确定，通常需要考虑注浆材料的使用量、固化时间、密封效果等因素。注浆材料的配比应确保在一定工作时间内完成注浆，同时考虑到浆液的流动性、稠度和密实性，以达到预期的注浆效果。根据不同的材料特点，可以借助试验室实验或相关资料，确定最佳的配比。

注浆过程中也需要注意混凝土的配合比、浆液水灰比、添加剂的使用等因素。这些因素会直接影响注浆材料的性能和固化效果，合理的配合比可以提供足够的强度和耐久性，同时添加剂的使用可以调节浆液的流动性和硬化时间，以适应复杂的施工环境和工艺要求<sup>[2]</sup>。

综上所述，大采长工作面高承压水底板注浆改造技术的实施中，注浆材料的选择与配比是非常重要的环节。通过选择合适的注浆材料，并根据具体情况确定科学合理的配比，可以提高注浆效果，增强底板的密实性和稳定性，确保工作面的安全稳定运行。

#### （四）注浆施工方法

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术是一项用于注浆加固工作面底板的重要技术，其实施方法与步骤主要包括以下几个流程：准备工作：在进行注浆施工前，需要对工作面进行详细的勘察和测量，确定注浆区域，准备所需的材料、设备和工具，确保施工顺利进行。施工钻场：需要对工作面底板进行彻底清理，清除沉积物、碎石和其他杂物，清理后检查底板的平整度和结构状况，确保能够顺利进行注浆施工。物探初探：采用瞬变电磁和高密度电法等物探手段进行工作面初探，初步掌握工作面底板富水性及富水区域。钻探施工：根据设计要求，在底板上进行钻孔钻探施工，钻孔的位置、深度和间距等参数需要按照设计要求进行设置，以确保注浆效果。注浆施工：使用注浆设备，将注浆材料注入钻孔中，注浆过程中要控制注浆速度和注浆量，确保注浆材料充分填充钻孔，并达到预期的加固效果。完成注浆施工后，需要采用瞬变电磁和高密度电法等物探手段进行工作面进行复探和验收工作，通过检测底板的富水性等指标，确认注浆效果是否符合设计要求<sup>[3]</sup>。

总之，大采长工作面高承压水底板注浆改造技术的实施方法与步骤主要包括准备工作、施工钻场、物探初探、钻探施工、注浆施工、物探复探以及验收等流程。在进行施工时，应按照设计要求和施工规范进行操作，确保注浆效果和施工质量的达到预期目标。

### 四、施工操作规程及安全生产责任制

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术之施工操作规程及



安全生产责任制是指在进行大采长工作面高承压水底板注浆改造时,需要遵守一系列的施工操作规程,并且有明确的安全生产责任制。以下是一般情况下的施工操作规程及安全生产责任制的一些基本要点:施工操作规程:按照设计方案进行施工,在施工前进行充分的技术交底和方案评审;对施工人员进行安全生产教育培训,确保其具备相关工作经验和技能;在施工现场设立专门的安全警示标识和安全通道,并配备必要的消防器材和紧急救援设备;进行现场勘察和试验,确保施工条件符合要求;严格按照注浆设备使用规范进行操作,确保设备运行正常,维护良好;定期检查施工现场设备和工具的完好性,并进行必要的维护和更换;在施工过程中,需要定期进行质量抽检和安全检查。

安全生产责任制:项目经理或施工单位负责人负有最终安全责任,需要对施工过程中的安全管理进行督导和检查;每个施工班组设立专门的安全生产责任人,负责落实安全生产措施和应急预案,并定期向上级汇报工作情况;施工单位需建立健全安全生产责任制度和培训制度,明确人员职责和权限,并进行必要的安全演练和应急救援演练;安全检查组或第三方机构可定期进行安全检查,发现问题及时整改,并追究相关责任人的责任;发生事故时,要及时启动应急预案,保护好现场和人员,并配合相关部门进行事故调查和处理。

## 五、安全技术措施

大采长工作面高承压水底板注浆改造技术涉及多个环节的安全技术措施,包括设备装卸车及起吊安全技术措施、设备运输安全技术措施、钻探设备搬运安全技术措施以及自制爬型车拉运安全技术措施。

设备装卸车及起吊安全技术措施:对装卸车进行检查:在装卸车之前,需要对车辆进行全面的检查,确保其在正常工作状态下,包括检查制动器、起重臂、钢丝绳、滑轮等部件是否完好,避免因设备损坏导致起吊过程中发生事故。合理选择起吊点:根

据设备的具体情况,合理选择起吊点,避免将重物斜拉、侧拉或与其他设备/构件碰撞,确保起吊过程稳定可靠。使用合适的吊具和绳索:为确保起吊安全,必须使用质量合格的吊具和绳索,吊具应具备足够的承载能力,并采用适当的绳结方法,确保设备在起吊过程中牢固稳定。

设备运输安全技术措施:运输前准备工作:进行全面的设备检查,确保设备在安全可靠的状态下进行运输。同时,评估和选择运输路径,避免道路状况不良或不适宜的路段。固定设备及防护:在运输过程中,采取必要的固定和防护措施,如使用牢固的固定框架、加固设备连接点等,确保设备不发生移动、摇晃、碰撞等情况。

钻探设备搬运安全技术措施:钻探设备搬运涉及较大的重量和尺寸,因此需要采取以下安全技术措施:设备检查和维护:对钻探设备进行定期检查和维修,确保其在搬运过程中的安全性和可靠性。使用适当的搬运工具:根据钻探设备的类型和重量,选择适当的搬运工具和设备,如专用吊车、千斤顶等,避免使用不合适的设备造成事故。培训操作人员:确保相关操作人员接受过专业培训,熟悉钻探设备的搬运操作方法,提高操作技能和安全意识。

## 结语

本次研究对大采长工作面高承压水底板注浆改造技术进行了深入探究,结果表明该技术在提升工作面稳定性和安全性方面具有显著效果。通过科学选用合适的注浆材料和施工工艺,在施工过程中加强控制和监测,可以有效增强底板的稳固性,降低事故风险。本研究为解决大采长工作面高承压水底板问题提供了可行的改造方案和理论依据,对促进矿井安全具有重要意义。未来,该技术将在煤矿深部开采中得到更广泛应用与推广,为保障矿井生产安全提供有力支撑。

## 参考文献

- [1] 宋忠亮, 邓新刚, 陈玉海. 煤层底板突水评价及涌水量预测方法研究 [J]. 能源技术与管理. 2021,(1).
- [2] 赵兵文, 关永强. 大采深矿井高承压奥灰岩溶水综合治理技术 [J]. 煤炭科学技术. 2013,(9).
- [3] 段李宏. 大采长工作面高承压水底板注浆改造技术研究 [J]. 矿业安全与环保, 2023,50(04):110-115.
- [4] 童丹丹. 煤层注浆加固技术在底板破碎区域的应用 [J]. 西部探矿工程, 2023,35(05):131-132+135.
- [5] 安泰龙, 姚邦华, 李硕等. 底板承压水作用下断层破碎带岩体冲蚀-渗流灾变规律研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2023,40(02):354-360.



# 脱硫防腐施工安全与防范研究

郭鹏

国家电投阜新发电有限公司，辽宁 阜新 123003

**摘要：**随着工业化进程的不断推进，脱硫防腐施工在能源、化工等领域中得到了广泛应用。脱硫防腐工程旨在减少燃料燃烧过程中产生的硫化物排放，保护设备和管道免受腐蚀侵蚀，从而提高设备的使用寿命和安全稳定运行。然而，脱硫防腐施工过程中存在着一系列的安全隐患和风险，如化学品泄漏、高温作业、设备倒塌等，给人员生命财产安全带来了严重威胁。因此，开展脱硫防腐施工安全与防范研究具有重要意义。本研究旨在深入探讨脱硫防腐施工过程中存在的安全隐患和风险因素，分析其影响因素和危害机制，提出相应的安全防范措施和应急预案，以保障脱硫防腐施工的安全可靠进行。

**关键词：**安全管理；防腐施工；脱硫设施

## Research on Safety and Prevention in Desulfurization Anticorrosion Construction

Guo Peng

State Power Investment Fuxin Power Generation Co., Ltd. Fuxin, Liaoning 123003

**Abstract：**With the continuous advancement of industrialization, desulfurization anticorrosion construction has been widely applied in the fields of energy, chemical industry, etc. The purpose of desulfurization anticorrosion engineering is to reduce the emission of sulfides generated during fuel combustion, protect equipment and pipelines from corrosion, thereby improving the service life and safe and stable operation of equipment. However, there are a series of safety hazards and risks in the process of desulfurization anticorrosion construction, such as chemical leaks, high-temperature operations, equipment collapse, etc., posing serious threats to the safety of personnel and property. Therefore, it is of great significance to carry out research on safety and prevention in desulfurization anticorrosion construction. This study aims to thoroughly investigate the safety hazards and risk factors in the process of desulfurization anticorrosion construction, analyze their influencing factors and hazard mechanisms, propose corresponding safety prevention measures and emergency plans, to ensure the safe and reliable implementation of desulfurization anticorrosion construction.

**Key words：**safety management; anticorrosion construction; desulfurization facilities

### 一、脱硫防腐的必要性

脱硫防腐在工业生产中具有极其重要的必要性，主要体现在以下三个方面：

#### 1. 环境保护与减排需求

脱硫防腐在工业生产中的必要性首先体现在环境保护与减排需求方面。随着工业化进程的加速和能源利用的增加，大量的硫化物排放已成为严重的环境污染源之一。硫化物排放主要来自于燃烧过程中的硫化燃料，例如煤炭、石油等，在燃烧时释放出二氧化硫等硫化物气体，这些气体不仅会造成酸雨等环境问题，还会对大气环境和人类健康造成严重危害。

通过脱硫防腐技术，可以有效地减少工业生产过程中硫化物的排放量。其中，脱硫技术主要通过化学吸收、湿法脱硫等方式将硫化物从废气中去除，从而降低硫化物的排放浓度，减少对大气环境的污染。同时，脱硫防腐还能有效降低硫化物对土壤和水

体的污染，保护生态环境的完整性和稳定性。

在当前全球环境问题日益突出的背景下，各国政府和国际社会对工业排放的硫化物等有害气体提出了越来越严格的控制要求。因此，实施脱硫防腐工程不仅是一项环保义务，也是应对气候变化、保护生态环境的迫切需求。通过减少硫化物的排放，脱硫防腐工程有助于改善大气环境质量，减少环境污染，促进可持续发展。

#### 2. 设备保护与延长寿命

其次，脱硫防腐在工业生产中的必要性还体现在设备保护与延长寿命方面。硫化物对设备和管道的金属材料具有强烈的腐蚀性，长期暴露在硫化物环境中会导致设备表面的金属腐蚀、管道损坏等问题，严重影响设备的使用寿命和安全稳定运行。

脱硫防腐工程能够有效地保护设备和管道不受腐蚀侵蚀，延长其使用寿命，降低维护成本，确保工业生产的持续稳定进行。例如，对于燃煤锅炉和烟囱等设备，通过在设备表面涂覆防腐涂

\* 作者简介：郭鹏（1975.1.21），汉族，河南孟津人，大专学历，党员，研究方向：环保设备管理；现就职于阜新发电公司，助理工程师，生产技术部专工。

层、使用耐腐蚀材料等方式，可以有效防止硫化物的腐蚀作用，提高设备的耐久性和稳定性。

延长设备的使用寿命不仅有利于降低企业的生产成本，还有助于提高设备的运行效率和安全性。在工业生产中，设备的损坏和故障往往会导致生产线的停工和生产任务的延误，对企业的生产经营造成严重影响。因此，实施脱硫防腐工程不仅是对设备财产的保护，也是对企业生产运行的保障，具有重要的经济和社会意义。

### 3. 生产安全与人员健康

最后，脱硫防腐在工业生产中的必要性还体现在生产安全与人员健康方面。硫化物不仅对设备具有腐蚀作用，还可能对工作人员的健康造成危害。例如，燃烧过程中产生的二氧化硫是一种有毒气体，长时间暴露在高浓度的二氧化硫环境中会导致人员呼吸困难、眼睛刺激等健康问题。

通过脱硫防腐技术，可以有效地降低这些有害气体的浓度，保障生产场所的安全，保护工作人员的健康。例如，对于燃煤锅炉等设备，可以采取安全防护措施，如设立密闭的脱硫区域、配备呼吸防护设备等，减少工作人员接触有害气体的风险。此外，加强对生产现场的监控和管理，建立健全的应急预案，能够有效应对突发事件，最大限度地保护工作人员的生命安全。

总的来说，脱硫防腐工程对于保障生产安全和人员健康具有重要意义。通过降低硫化物的排放、保护设备和管道、保障生产现场的安全，脱硫防腐防腐工程有效地保障了工业生产的持续稳定进行。同时，关注人员健康问题，采取有效的防护措施，可以提高工作人员的安全意识，降低意外伤害的发生率，从而提升整体生产安全水平。

在一些工业生产过程中，特别是在化工、石油等行业，硫化物的排放不仅仅对生产环境和设备造成影响，还可能对周围居民和环境产生不良影响。硫化物排放可能导致酸雨的形成，对土壤、水资源以及生态系统造成损害，进而影响人们的生活和健康。因此，通过脱硫防腐工程有效减少硫化物的排放，是保护生态环境和人类健康的重要举措。

除此之外，脱硫防腐工程还有利于提升企业的社会形象和可持续发展能力。作为一项社会责任，企业通过实施脱硫防腐工程，积极履行环保义务，提升了企业的社会责任感和公众形象。同时，脱硫防腐工程也能够为企业带来长期的经济效益，降低了设备的维护成本，延长了设备的使用寿命，提高了生产效率和竞争力。

综上所述，脱硫防腐工程在工业生产中的必要性体现在环境保护与减排需求、设备保护与延长寿命、生产安全与人员健康等多个方面。通过降低硫化物的排放、保护设备和管道、保障生产现场的安全，脱硫防腐工程保障了工业生产的可持续发展，符合现代社会对环保、安全和可持续发展的追求。

## 二、脱硫防腐施工安全防范

### 1. 安全施工保证措施

在脱硫防腐施工中，采取有效的安全施工保证措施是确保施

工过程安全的关键。首先，需要建立健全的安全管理体系，明确各级责任人员的职责和权限，建立安全检查、督导和奖惩制度，加强安全教育和培训，提高施工人员的安全意识和技能。

其次，要做好施工现场的安全防护工作。这包括设置安全警示标识、搭建安全防护栏杆、配备安全防护装备等措施，确保施工人员在作业过程中能够安全可靠地进行。同时，要加强对施工现场的管理和监控，及时发现和解决安全隐患，确保施工现场的安全稳定。

另外，要制定详细的安全操作规程和应急预案。在施工前，对施工操作流程进行全面评估和规划，确定安全操作规程，并组织相关人员进行培训和演练。同时，制定应急预案，明确各类安全事故的处理流程和应急措施，提高施工人员应对突发情况的能力和效率。

综上所述，通过建立健全的安全管理体系、加强施工现场的安全防护和监控、制定详细的安全操作规程和应急预案等措施，可以有效保障脱硫防腐施工过程的安全性和稳定性，降低施工风险，确保施工任务的顺利完成。

### 2. 施工工器具、防护用品的检查

在脱硫防腐施工中，施工工器具和防护用品的检查是确保施工安全的重要环节。首先，需要对施工工器具进行全面检查和保养，确保其正常运转和安全使用。这包括机械设备、电气设备、安全防护装备等。机械设备要定期检查润滑、电气连接、传动装置等部件，确保其运行稳定可靠；电气设备要检查接线是否松动、绝缘是否完好等，防止电气事故发生；安全防护装备要检查是否完整，如安全带、头盔、护目镜等，确保施工人员的人身安全。

其次，要对施工现场的安全环境进行检查，包括场地平整、消防设施、通风设备等。场地平整是防止设备倾斜和倒塌的关键，消防设施和通风设备能够有效应对火灾和有毒气体泄漏等突发情况。

另外，要对施工人员的工作服装和个人防护用品进行检查，确保其符合安全要求。工作服装要具备防火、防腐蚀等功能，个人防护用品如手套、防护面具、防毒面具等要符合国家标准，保障施工人员在作业过程中的安全防护。

施工工器具和防护用品的检查是预防施工事故的重要措施。通过定期检查和维护工器具的运行状态，及时发现并排除潜在的安全隐患，确保施工设备的正常运转，减少设备故障带来的安全风险。同时，对施工现场的安全环境进行检查，能够有效地预防火灾、有毒气体泄漏等突发情况的发生，保障施工现场的安全稳定。此外，对施工人员的工作服装和个人防护用品进行检查，能够提高施工人员的安全意识，减少因个人防护不到位导致的安全事故发生。

### 3. 内衬防腐安全技术控制措施

内衬防腐是脱硫防腐工程中的一重要技术，主要用于保护管道、容器等设备的内部免受腐蚀侵蚀。在进行内衬防腐施工时，必须采取一系列安全技术控制措施，以确保施工过程安全可靠。

首先，需要对施工现场进行详细的安全评估，识别可能存在的安全风险和隐患。例如，施工过程中可能涉及有害气体的释放，如酸性气体、挥发性有机物等，因此需要进行气体检测和排风处理，保证施工现场空气质量符合安全标准。

其次，要选择合适的防腐材料和施工工艺，确保其安全性和可靠性。在内衬防腐施工中，常用的防腐材料包括聚合物涂料、玻璃钢、陶瓷涂层等，这些材料具有良好的耐腐蚀性能和化学稳定性，适用于不同介质和工艺条件下的防腐需求。施工工艺方面，要严格按照技术规范和操作规程进行操作，确保施工过程中每个环节的安全可控。

另外，要加强对施工人员的安全培训和指导，提高其安全意识和技能水平。施工人员应了解防腐材料的特性和施工工艺的要求，正确使用防护装备，遵守操作规程，确保施工过程的安全稳定。

#### 4. 应急救援组织措施

在脱硫防腐施工中，建立健全的应急救援组织措施至关重要，能够有效应对突发安全事件，最大程度地减少损失，保障施工人员的安全。

首先，要建立健全的应急预案，明确各类安全事故的应急处理流程和责任分工。应急预案应包括事故报警、人员疏散、应急处置、救援调度等内容，针对不同类型的安全事件制定相应的处

置措施和应对方案。同时，要定期组织应急演练，提高施工人员应对突发事件的应急处置能力。

其次，要配备完善的应急救援设备和物资，包括应急通讯设备、急救箱、消防器材等。这些设备和物资能够在发生突发安全事件时提供必要的支持和保障，保障施工现场的安全和稳定。

另外，要建立有效的应急救援组织机构，明确各级责任人员的职责和权限，确保应急救援工作能够及时、有效地开展。应急救援组织应具备快速响应、协同配合、专业救援的能力，最大程度地减少事故损失，保障施工人员的安全和健康。

综上所述，通过确定环境因素和危险因素、采取安全施工保证措施、加强施工工具和防护用品的检查、实施内衬防腐安全技术控制措施、建立健全的应急救援组织措施等措施，能够有效保障脱硫防腐施工的安全性和稳定性，降低施工风险，确保施工任务的顺利完成。

## 结语

脱硫防腐施工工程应注意环境因素及危险因素的确定、建立安全施工组织保证措施、职业安全健康环境管理、制定内衬防腐安全技术控制措施和编制应急救援组织措施。本文通过讨论以上内容希望对脱硫防腐施工起到借鉴作用。

## 参考文献

- [1] 郭凌华, 陈贵孟. 柳钢烧结烟气氨法脱硫防腐生产实践 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023 (11): 13-16.
- [2] 芦伟. 脱硫防腐施工安全防范浅析 [J]. 山东工业技术, 2016 (10): 50.
- [3] 王钦, 陈卫. 脱硫防腐烟道的结构设计探讨 [J]. 南方能源建设, 2018 (A1): 146-149.
- [4] 严开宇. 火电厂脱硫系统智能优化管理探究 [J]. 电力设备管理, 2021,(6).
- [5] 张记山. 火力发电厂烟肉防腐蚀施工工艺研究与分析 [J]. 企业导报, 2011,(21).282-283.
- [6] 张利杰, 陈建勤. 净烟道余热回收换热管腐蚀特性研究 [J]. 煤化工, 2024(1): 59-61.
- [7] 陈祖荣. 火力发电厂脱硫吸收塔防腐施工工艺研究 [J]. 电力设备管理, 2023(18): 90-92.
- [8] 张超. 锅炉烟道气脱硫除尘设备防腐的途径 [J]. 大科技, 2023(7): 141-143.
- [9] 康瑞龙. 氨法脱硫吸收塔内防腐技术探讨 [J]. 内江科技, 2023(1): 10-11, 88.
- [10] 刘俊杰, 刘利民. 关于脱硫塔内壁挂玻璃钢板防腐防磨防泄漏的研究 [J]. 山西化工, 2023(12): 104-106.

# 滑动摩擦副实验分析

黄维利, 谢梅英, 胡亮

四川宏华石油设备有限公司, 四川 成都 618300

**摘 要 :** 柱塞式压缩机在连杆的大头和小头均使用了滑动摩擦副。随着压缩机载荷的增大, 滑动摩擦副在受压面积不变的情况下, 承受的比压也增大。为验证摩擦副承受的最大比压, 特准备了5种材料在PV摩擦试验机上测试。

**关 键 词 :** 压缩机; 滑动摩擦副; 载荷; 比压

## Experimental Analysis of Sliding Friction Vice

Huang Weili, Xie Meiyang, Hu Liang

Sichuan Honghua Petroleum Equipment Co., Ltd, Sichuan, Chengdu 618300

**Abstract :** Plunger compressors use sliding friction vice in both the large and small ends of the connecting rod. With the increase of compressor load, the specific pressure of the sliding friction pair increases while the pressurized area remains unchanged. In order to verify the maximum specific pressure of the friction pair, five materials were prepared and tested on a PV friction tester.

**Key words :** compressor; sliding friction ring; Load; specific pressure

## 引言

柱塞式压缩机是一种通过柱塞运动使气体产生压缩的压缩机。内部结构主要包括气缸、柱塞、曲轴和连杆等部件。其中曲轴产生旋转运动, 带动连杆使活塞产生往复运动, 实现气体的压缩和排放。而连杆分别与曲轴和柱塞有摩擦运动。随着压缩气体的增高, 连杆力的增大, 按原来滑动摩擦副的设计比压, 尺寸就不可避免的增大。因此需对材料的实际比压进行测试, 找到比压最大的材料, 优化设计。

## 一、滑动轴承概述

轴承的功用有二: 一为支承轴及轴上零件, 并保持轴的旋转精度; 二为减少转轴与支承之间的摩擦和磨损。轴承分为滚动轴承和滑动轴承两大类。虽然滚动轴承具有一系列优点, 在一般机器中获得了广泛应用, 但是在高速、高精度、重载、结构上要求剖分等场合下, 滑动轴承就显示出它的优异性能。因而在汽轮机、离心式压缩机、内燃机、大型电机中多采用滑动轴承。此外, 在低速而带有冲击的机器中, 如水泥搅拌机、滚筒清砂机、破碎机也常采用滑动轴承。

### (一) 滑动轴承的特点

滑动轴承的主要优点: 1) 结构简单, 制造、装拆方便; 2) 面接触, 承载能力大; 3) 抗冲击能力强、噪音小; 4) 零件少, 能实现高回转精度; 5) 大型重型轴承, 单件和小量生产, 成本低; 6) 径向尺寸小, 可做成剖分式; 7) 适用范围广, 尤其在高速和超高速; 8) 能实现液体摩擦状态, 摩擦磨损小, 寿命长; 9) 能在水, 腐蚀介质、无润滑等特殊恶劣条件下工作。

滑动轴承的主要缺点: 1) 维护复杂; 2) 对润滑条件要求高; 3) 边界润滑时轴承的摩擦损耗较大。

### (二) 滑动轴承的摩擦状态

滑动轴承的摩擦状态主要有以下几种:

1) 干摩擦状态: 当两相对运动表面之间无任何介质时, 即出现固体表面间直接接触的摩擦。这种状态下, 摩擦因数大, 磨损严重, 会导致大量的摩擦功损耗和温升。在滑动轴承中表现为强烈的升温, 可能使轴与轴瓦产生胶合, 因此在实际应用中需要避免这种状态的出现。

2) 边界摩擦状态: 在两摩擦表面上存在一层极薄的润滑介质薄膜(通常小于1微米), 但部分表面的微凸体仍可能刺破薄膜形成直接接触。此状态下的摩擦因数和磨损相较于干摩擦有所减小, 但仍然较大。金属表层覆盖的这层边界油膜虽不能绝对消除表面的磨损, 却可以起着减轻磨损的作用。

3) 液体摩擦状态: 当两表面之间存在充足的液体介质, 且其厚度足以将两表面完全隔开时, 称为液体摩擦或液体润滑。在这种状态下, 两表面之间的摩擦主要来自于液体介质内部, 摩擦因数很小, 几乎无磨损。这是最为理想的摩擦状态, 通常在长期高速旋转的机器中使用。

4) 混合摩擦状态: 实际使用中, 很多情况下是处于上述几种状态的混合, 即同时存在干摩擦、边界摩擦和流体摩擦的区域。

\* 作者简介: 黄维利, 1975.11.01, 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 四川, 学历: 本科, 职称: 机械工程师中级, 职务: 机械研发工程师, 研究方向: 压缩机, 压裂工程装备



在此状态下，随着润滑油膜的厚度变化，直接接触的表面数量和比例也会相应改变，从而影响整体的摩擦性能和磨损情况。

二、试验装置、样件

(一) MPV-20B 型屏显式 PV 摩擦试验机



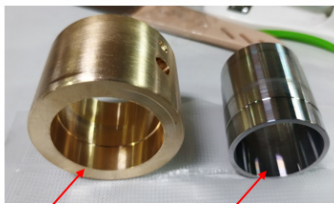
PV 摩擦试验机

该设备由试验力加载系统、摩擦力测量系统、实验装夹系统、温度测量系统、主轴系统、润滑系统以及电气控制系统等组成。其中试验力加载系统的液压站采用伺服控制，加在精准、稳定性好，可靠性高。摩擦力测量系统的主轴旋转的变频电机通过变频器控制，实现无极调速，横扭矩输出，转速精准性好。摩擦力采集采用高精度动态扭矩传感器，于主轴轴向方向上采集摩擦力矩，有效提高了摩擦力测量的准确性与可靠性。控制系统采用计算机及模块控制，具有采集频率高、控制精度好、稳定可靠、使用方便、数据便于输出处理等优点。

(二) 试样及试验装置

根据滑动摩擦副的工作情况，要求轴瓦材料具备下述性能：1) 摩擦系数小；2) 导热性好，热膨胀系数小；3) 耐磨、耐蚀、抗胶合能力强；4) 要有足够的机械强度和可塑性。轴需承受载荷，需要强度高。需与轴瓦配合要求表面硬度高。

根据上述要求和实际使用情况，选用了下表五种材料作为试样。



外试样

内试样

名称	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5
外试样材料	ZCuZn35Al2Mn2Fe1	ZCuSn10Pb1	ZCuAl10Fe3	ZZn4Al5CuMg-5	ZChSnSb8-8
内试样材料	35CrMo	35CrMo	35CrMo	35CrMo	35CrMo

每种试样的特点描述如下：

合金牌号	抗拉强度 Rm/MPa	屈服强度 Rp0.2/MPa	伸长率 A%	布氏硬度 HBW
ZCuZn35Al2Mn2Fe1	≥ 475	≥ 200	18	≥ 110
ZCuSn10Pb1	≥ 330	≥ 170	4	≥ 90
ZCuAl10Fe3	≥ 540	≥ 200	15	≥ 110
ZZn4Al5CuMg-5	≥ 450	—	14	≥ 120
ZSnSb8Cu4	—	—	—	≥ 24

ZCuZn35Al2Mn2Fe 为铝黄铜轴承合金，具有高的力学性能和良好的铸造性能，切削性能良好。具有较高的强度，耐磨性，在大气、淡水、海水中有较好的耐腐蚀性。其中 Mn 的加入提高了黄铜的耐腐蚀性，Fe 的加入提高了材料的润滑性，提高了基体的强度改善了合金的耐磨性能。可作为低速重载的轴承。

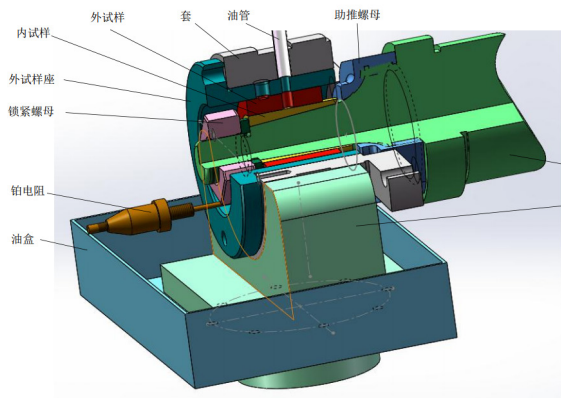
ZCuSn10Pb1 为铅基轴承合金，铸造性能和加工性能非常优秀。它易于铸造成型，并且具有良好的切削性能，适合各种加工工艺，如铣削、车削等。它广泛用于制造各种耐磨零件，如轴瓦、衬套、连杆、齿轮等。其优异的化学成分和力学性能保证了其在高负荷、高摩擦环境下的稳定性和可靠性，使其成为工业制造中不可或缺的重要材料之一。

ZCuAl10Fe3 为铜基轴承合金，在高温下抗氧化性能良好，在大气、淡水河海水中有较高的耐腐蚀性。强度、承载能力强，良好的导热性、良好的耐磨性，可作为低速重载的轴承。

ZZn4Al5CuMg-5 为锌基轴承合金，硬度接近于低碳钢，耐压耐磨性好，因含 AL 量较高，具有较高的强度和铸造性能。主要用于制造轴承、滑轮等。

ZSnSb8Cu4 为锡锑轴承合金，摩擦系数在有油时为 0.005，无油时为 0.28，机体呈白色。适用于低硬度轴转动的材料。它的特点是在软相基体上均匀分布着硬相质点，软相基体使合金具有非常好的嵌藏性、顺应性和抗咬合性，并在磨合后，软基体内凹，硬质点外凸，使滑动面之间形成微小间隙，成为贮油空间和润滑油通道，利于减摩；上凸的硬质点起支承作用，有利于承载。常用于高速、重载的轴承。由于它的价格较贵且机械强度较差，因此只能作为轴承衬材料而浇铸在钢、铸铁或青铜轴瓦上。

(三) 试验示意图



如图所示，内试样安装在主轴上，随着主轴一起转动。外试样，也就是滑动轴承安装在滚子座上，在滚子座下端施加液压力作为滑动轴承承受的载荷。轴承部分的润滑通过油管连续注入润滑油。

(四) 试验目的

测试不同材质的摩擦副在一定润滑条件下的许用 P 值、许用 V 值和许用 PV 值。

(五) 润滑条件

320# 润滑油，连续润滑，流量 0.22L/min。为避免杂质影响，要求过滤精度 5-10 μm。

（六）试样材料

其中外试样为5种不同材料的样件，每种试样分别在定载荷，变转速和定转速，变载荷下做3组。

三、试验内容

（一）定载荷，变转速

	环境温度 25℃						
工况	1	2	3	4	5	6	7
载荷 F(kN)	2	2	2	2	2	2	2
转速 N(RPM)	200	400	600	800	1000	1200	1400
时间 min	30	30	30	30	30	30	30
计算比压 P(MPa)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
计算速度 V(m/s)	0.37	0.73	1.1	1.47	1.83	2.2	2.56
计算PV(MPa .m/s)	2.1	4.2	6.3	8.4	10.5	12.6	14.7

（二）定转速，变载荷

工况	1	2	3	4	5	6	7
载荷 F(kN)	2	5	8	11	14	17	20
转速 N(RPM)	200	200	200	1000	1000	1000	1000
时间 min	30	30	30	30	30	30	30
计算比压 P(MPa)	5.7	14.3	22.9	31.4	40	48.6	57.1
计算速度 V(m/s)	0.37	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
计算 PV(MPa .m/s)	2.1	26.1	41.8	57.5	73.2	88.9	104.6

四、结果如下

		定载荷，变转速		定转速，变载荷
试样1	1组	完成	4组	载荷8KN 报警停机
	2组	完成	5组	载荷8KN 报警停机
	3组	完成	6组	完成

试样2	1组	完成	4组	载荷14KN 报警停机
	2组	完成	5组	载荷11KN 报警停机
	3组	完成	6组	载荷11KN 报警停机
试样3	1组	完成	4组	载荷14KN 报警停机
	2组	完成	5组	完成
	3组	完成	6组	载荷17KN 报警停机
试样4	1组	完成	4组	完成
	2组	完成	5组	完成
	3组	完成	6组	完成
试样5	1组	完成	4组	载荷8KN 报警停机
	2组	转速1200RPM 报警停机	5组	载荷8KN 报警停机
	3组	完成	6组	载荷11KN 报警停机

通过上述试验结果，可看出在要求转速下，样件均能满足要求。但在变载荷下，试验结果有所不同。

名称	最低比压 Mpa
试样1	14.3
试样2	22.9
试样3	31.4
试样4	57.1（温度在高载荷下偏高（80℃））
试样5	14.3
试样4能承受的比压最高	

五、结论

通过几种不同材料的试验结果可看出，现有压缩机上的滑动轴承部分可以通过更换第三种或第四种材料来提高比压，其中第四种材料在高比压下温升较高，在使用时对润滑系统的要求更高。第三种和第四种材料后续会在压缩机上进行验证。

参考文献

[1]GBT 1176-2013 铸造铜及铜合金 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会发布  
[2]GBT 1174-2022 铸造轴承合金 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布  
[2]GBT 1175-2018 铸造锌合金 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布

# 工程项目进度管理的创新方法

刘佳泽<sup>1</sup>, 冯庆阳<sup>2</sup>

1. 北京航天万源建筑工程有限公司, 北京 100076

2. 中国运载火箭技术研究院, 北京 100076

**摘要：** 随着社会经济的快速发展，工程项目已经成为推动我国经济增长和社会进步的重要力量。在这一过程中，工程项目进度管理的作用日益凸显，它不仅关系到项目的顺利完成，还直接影响到项目的投资效益和社会影响。然而，传统的工程项目进度管理方法在面对日益复杂的工程项目挑战时，逐渐暴露出一些问题，这些问题在一定程度上影响了工程项目的进度和质量。本文探讨创新进度管理方法，包括信息技术应用、流程优化、协同合作和动态监控，以提高效率和效果，为我国工程项目进度管理提供实践经验和理论指导。

**关键词：** 工程项目进度管理；创新方法；现代信息技术；项目管理流程；协同合作

## Innovative Methods of Progress Management in Engineering Projects

Liu Jiaze<sup>1</sup>, Feng Qingyang<sup>2</sup>

1. Beijing Aerospace Wanyuan Construction Engineering Co., Ltd, Beijing 100076

2. China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076

**Abstract：** With the rapid development of social economy, engineering projects have become an important force to promote China's economic growth and social progress. In this process, the role of progress management of engineering projects is becoming more and more prominent, which is not only related to the successful completion of the project, but also directly affects the investment benefits and social impact of the project. However, the traditional progress management methods of engineering projects have gradually exposed some problems in the face of the challenges of increasingly complex engineering projects, which have affected the progress and quality of engineering projects to a certain extent. This paper discusses innovative schedule management methods, including information technology application, process optimization, collaboration and dynamic monitoring, in order to improve efficiency and effectiveness, and provide practical experience and theoretical guidance for engineering project schedule management in China.

**Key words：** engineering project schedule management; innovative methods; modern information technology; project management process; collaborative cooperation

## 引言

随着我国经济的快速发展，各类工程项目如雨后春笋般涌现。工程项目的进度管理作为项目管理的重要组成部分，对于保证项目按时完成、降低项目风险、提高项目效益具有至关重要的作用。然而，在传统的工程项目进度管理实践中，存在着一些问题，如进度计划编制不够科学、进度控制手段单一、项目变更管理不规范等，这些问题在一定程度上影响了工程项目的进度和质量。

在这样的背景下，工程项目进度管理的创新方法显得尤为重要。创新方法的研究和应用将有助于解决传统进度管理中的问题，提高工程项目的进度管理水平和项目管理效率，从而推动我国工程项目管理的持续发展和进步。

本文旨在探讨工程项目进度管理的创新方法，分析现有进度管理方法的不足，提出创新性的进度管理策略，并通过案例分析验证其有效性，为我国工程项目进度管理提供有益的参考和借鉴。

## 一、工程项目进度管理现状分析

### （一）我国工程项目进度管理的现状

1. 工程项目进度管理的重要性：随着我国经济快速发展，工程项目增多，进度管理对确保按时完成、提高质量、降低成本至

关重要，受到企业和政府部门的重视。<sup>[1]</sup>

2. 进度管理存在的问题：进度计划不科学，责任不明确，信息化程度低，影响进度和效率。

3. 改善措施：工程项目管理理念更新，管理方法完善，采用数字化工具，加强责任制，制定科学合理的进度计划，提高进度

管理的科学性和效率。

### （二）工程项目进度管理存在的问题

1. 缺乏有效进度计划：项目启动前未充分规划，导致执行过程中问题难以及时发现，影响进度。
2. 进度计划不合理：预测不准确，计划脱离实际，无法有效指导进度管理。
3. 资源分配不合理：人力资源、物资资源分配不当，影响进度。
4. 沟通与协调不足：信息不对称、沟通不畅，影响进度。
5. 风险管理不足：风险识别、评估和控制不充分，影响进度。
6. 监控机制不完善：监控手段和效果不佳，影响进度。
7. 管理人员素质不高：缺乏专业培训和经验，影响进度管理效果。
8. 信息化程度低：信息化平台和数据共享不足，影响进度管理效率。

## 二、工程项目进度管理创新方法的理论基础

### （一）敏捷项目管理

1. 项目愿景与目标：敏捷项目管理强调项目愿景和目标的明确性，确保所有团队成员都清楚项目的最终目标和方向。
2. 团队协作：敏捷项目管理鼓励跨职能团队的组建，团队成员共同承担项目责任，提高协作效率。
3. 迭代与增量：采用迭代和增量的开发方法，将项目分解为多个短周期的小任务，逐步完成项目目标，同时允许项目在执行过程中根据实际情况进行调整。<sup>[2]</sup>
4. 用户故事与待办事项：通过编写用户故事和制定待办事项列表，明确项目需求和优先级，帮助团队集中精力完成最关键的任務。
5. 持续集成与持续部署：强调自动化测试和持续集成，确保每次迭代都能交付高质量的可交付成果，并快速部署到生产环境中。
6. 回顾与改进：定期进行回顾会议，总结项目执行过程中的经验和教训，不断优化项目管理流程和团队协作方式。
7. 适应性调整：敏捷项目管理鼓励团队根据项目进展和环境变化，灵活调整项目计划和资源分配，以适应不断变化的需求。

### （二）西格玛管理

1. 定义项目目标：通过六西格玛管理的方法，可以定义项目的具体目标和关键绩效指标 (KPI)，并确定影响项目进度的关键因素。<sup>[3]</sup>
2. 制定改进计划：通过六西格玛管理的方法，可以制定改进计划，包括确定改进机会、定义改进目标、分析根本原因、确定根本原因、制定改进措施、实施改进措施和验证改进效果等步骤。
3. 数据分析：通过六西格玛管理的方法，可以使用数据分析和统计学工具来收集、分析和解释项目进度数据，以确定项目进度延误的原因和根本原因。

4. 改进实施：通过六西格玛管理的方法，可以实施改进措施，包括改进项目管理流程、加强沟通协作、优化资源配置、提高员工技能和能力等。

5. 效果评估：通过六西格玛管理的方法，可以评估改进措施的效果，包括通过项目进度数据分析和比较、验证改进目标和 KPI 是否达成、收集客户反馈和意见等。

6. 六西格玛管理可以为工程项目进度管理提供一种科学的方法和工具，帮助项目管理人员提高项目进度的管理水平和效率，并最终提高项目的质量和成功率。

### （三）人工智能在工程项目进度管理中的应用

#### 1. 数据采集与分析

与生产型工业不同，工程建设项目具有复杂性、一次性等特点，其数据可变性较强，不同工程类型、规模、组织和不同场景会产生不同的数据，导致大量数据无法作一致性判断，数据的有效性减弱。<sup>[4]</sup> 人工智能可以帮助收集项目的各种数据，如进度、成本、资源等，并通过分析这些数据，为项目经理提供有关项目进度的清晰视图和决策支持。

#### 2. 智能预测

人工智能可以根据历史数据和当前情况，对项目未来的进展情况进行预测，帮助项目经理更好地规划项目进度和资源分配，避免资源的浪费和延误。

#### 3. 自动化

人工智能可以帮助自动化项目进度管理的某些任务，如自动化生成进度报告、自动化处理变更请求等，提高项目管理的效率和准确性。

#### 4. 智能决策

人工智能可以帮助项目经理做出更明智的决策，如基于项目的进展情况和预测数据，制定更合理的时间表和预算，避免项目延误和超支。<sup>[5]</sup>

## 三、工程项目进度管理的创新方法

### （一）敏捷项目进度管理

#### 1. 敏捷规划与适应性调整

采用迭代式的项目规划，将项目划分为多个短周期的小迭代，每个迭代交付可工作的产品或功能。随着项目进展和客户反馈，不断调整迭代计划，确保项目始终保持对变化的适应性。

#### 2. 优先级排序与待办事项管理

运用敏捷项目管理工具，如 JIRA、Trello 等，对项目任务进行优先级排序和可视化管理。定期审查待办事项列表，根据项目目标和资源情况调整任务顺序，确保关键任务得到优先处理。

#### 3. 持续集成与持续部署

在每个迭代结束后，进行自动化测试和集成，确保新交付的功能与现有系统无缝对接。<sup>[6]</sup> 实施持续部署策略，将经过测试的功能快速部署到生产环境，缩短反馈周期。

#### 4. 团队协作与自我组织

鼓励团队成员之间的协作和自我组织，通过 Scrum、Kanban



等敏捷框架，提高团队效率。定期举行站会、评审会和回顾会，确保团队保持沟通和协作，不断改进工作流程。

5. 敏捷项目管理工具的应用

利用敏捷项目管理工具，如敏捷估算、燃尽图、看板等，实时监控项目进度和团队工作状态。这些工具可以帮助项目经理和团队成员更好地理解项目进度，及时发现和解决问题。

6. 客户参与与反馈

鼓励客户积极参与项目，提供反馈和建议，帮助团队更好地理解客户需求。

定期与客户进行沟通，确保项目交付的产品或服务满足客户期望。

7. 风险管理与问题解决

采用敏捷风险管理方法，识别潜在风险，制定应对策略，并在迭代过程中持续监控风险。鼓励团队主动解决问题，避免问题累积，影响项目进度。<sup>[7]</sup>

（二）六西格玛项目进度管理

1. 定义项目：确定项目范围、目标和交付物，并定义关键绩效指标 (KPI)，例如项目进度、成本和质量。

2. 测量现状：使用历史数据和行业标准，测量项目进度管理的关键绩效指标。确定项目进度延误的原因，包括人、流程、设备和沟通问题。

3. 定义改进：确定要改进的关键绩效指标，并定义改进目标。例如，如果项目进度延误的原因是沟通问题，那么改进目标可能是减少沟通时间。

4. 分析原因：使用鱼骨图或其他分析方法，确定导致项目进度延误的主要原因。例如，可能存在人员技能不足或流程不够高效等问题。

5. 改进：根据改进目标，制定改进计划，并实施改进措施。<sup>[8]</sup>例如，可以增加培训或重新设计流程，以提高项目进度。

6. 验证改进：实施改进措施后，验证改进是否有效。使用新的关键绩效指标数据，并与其他项目进行比较，以确定改进是否达到了预期的目标。

7. 持续改进：将改进作为项目管理的一部分，并持续改进项目进度管理流程。定期进行项目进度管理的评估和审查，并根据需要进行改进。

六西格玛方法可以帮助工程项目进度管理实现数据驱动的质量管理，提高项目进度的质量和效率。

（三）工程项目进度管理的集成管理

1. 采用综合项目管理方法：集成管理的关键是采用一种能够整合各种管理方法的综合项目管理方法。例如，采用敏捷项目管理方法可以更好地适应需求变化，采用六西格玛管理方法可以更好地控制项目风险和提高质量，采用挣值分析方法可以更好地评估项目的进度和成本。<sup>[9]</sup>

2. 采用协同式管理：在集成管理中，各个部门和参与者需要密切合作，以实现项目进度的有效控制。因此，采用协同式管理方法可以更好地协调各个部门的工作，并确保项目进度的及时更新和沟通。

3. 采用信息技术：信息技术可以帮助集成管理更加高效和精准。例如，使用项目管理软件可以更好地跟踪项目进度和协调各个部门的工作，使用数据分析技术可以更好地评估项目的风险和质量。

4. 采用持续改进：集成管理需要不断地进行改进和优化，以适应不断变化的项目需求和环境。<sup>[10]</sup>因此，采用持续改进方法可以更好地识别和解决项目进度管理中的问题，并不断提高项目的效率和质量。

5. 采用变革管理：工程项目进度管理的集成管理需要不断地适应变化，例如技术进步、市场需求变化等。因此，采用变革管理方法可以帮助组织更好地应对变化，并确保项目进度管理的持续改进和优化。

结束语

在工程项目进度管理的创新方法这一论文题目的研究过程中，通过对现有管理方法的分析和探讨，提出了一系列创新的策略和方法，旨在提高工程项目的进度管理效率和质量。本文的研究和探讨对于工程项目进度管理领域的发展和进步具有重要的理论和实践意义。

随着社会的不断发展和进步，工程项目进度管理也在不断地创新和发展。需要不断地探索和研究新的管理方法和技术，以适应不断变化的市场需求和技术环境。同时，也需要注重管理方法的实用性和可操作性，确保在实际应用中能够取得良好的效果。

在未来的研究和实践中，需要进一步深入探讨工程项目进度管理的创新方法，不断完善和优化这些方法，以更好地适应实际需求。同时，也需要关注新技术的发展和应用，积极探索和运用新的技术手段和管理方法，为工程项目进度管理领域的发展和进步贡献更多的力量。

参考文献

[1] 罗校清. 关键链技术在现代建筑工程项目进度管理中的应用研究 [J]. 信息通信, 2019, (11): 270-271+273.

[2] 李晚璐, 马鑫豪, 曹雪丽. 浅谈建筑工程项目进度管理存在的问题及对策 [J]. 大氮肥, 2023, 46(06): 426-432.

[3] 李宝宝. 利用 BIM 技术优化建设工程项目的成本控制与进度管理 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (12): 91-93.DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.12.028.

[4] 沈翔, 郭乔堃. 人工智能在工程项目管理中应用的拓展研究 [J]. 中国工程咨询, 2020, (08): 35-41.

[5] 张银鹏. 基于关键链技术的 W 公司光伏电站工程项目进度管理研究 [D]. 南昌大学, 2023.DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2023.004740.

[6] 李慧海. 基于 BIM 技术的建筑工程施工进度智能化管理体系的构建及应用 [J]. 四川水泥, 2023, (11): 213-215.

[7] 陈鹏. 基于解耦视角的 A 公司产品研发项目进度管理优化研究 [D]. 南京邮电大学, 2023.DOI: 10.27251/d.cnki.gnjdc.2023.001733.

[8] 杨雅婷. 项目进度管理中关键链技术的应用探索 [J]. 产业创新研究, 2023, (16): 114-116.

[9] 俞飞鹏. 基于 WBS 和关键链技术的 C 装修公司多项目进度管理问题研究 [D]. 江苏科技大学, 2023.DOI: 10.27171/d.cnki.ghdcc.2023.000825.

[10] 赵仕伟. 基于关键链的高速公路 ETC 门架项目进度管理研究 [D]. 扬州大学, 2023.DOI: 10.27441/d.cnki.gyzdu.2023.002760.

# 水利工程中泥沙管理与河道治理技术

尹亚州, 马晨暘

山东崇泽工程项目管理有限公司, 山东 潍坊 261000

**摘要：**水利工程是保障国家水资源安全和促进区域经济发展的重要基础。随着经济的快速发展,泥沙问题已成为影响河道健康和水利工程效益的关键因素。本文旨在探讨水利工程中泥沙管理与河道治理的关键技术,分析泥沙对河道功能的影响,提出有效的泥沙控制和河道治理策略。通过综合运用水力学、泥沙动力学和生态学原理,本文提出了一套系统的泥沙管理方法,包括源头控制、过程调控和末端治理三个层面。同时,结合实际案例,对河道治理技术进行了实证分析,验证了所提方法的可行性和有效性。本研究不仅为水利工程的可持续发展提供了理论依据,也为河道生态修复和水资源管理提供了实践指导。

**关键词：**泥沙管理; 河道治理; 水力学; 泥沙动力学; 生态修复

## Sediment Management and River Training Techniques in Water Resources Engineering

Yin Yazhou, Ma Chenyang

Shandong Chongze Engineering Project Management Co. Ltd, Shandong, Weifang 261000

**Abstract：**Water conservancy project is an important foundation for guaranteeing national water resources security and promoting regional economic development. With the rapid development of economy, sediment problem has become a key factor affecting the health of river channels and the benefits of water conservancy projects. The purpose of this paper is to discuss the key technologies of sediment management and river governance in water conservancy projects, analyze the impact of sediment on river function, and propose effective sediment control and river governance strategies. By comprehensively applying the principles of hydraulics, sediment dynamics and ecology, this paper proposes a set of systematic sediment management methods, including source control, process regulation and end management at three levels. At the same time, the river management techniques are empirically analyzed in combination with actual cases to verify the feasibility and effectiveness of the proposed methods. This study not only provides a theoretical basis for the sustainable development of water conservancy projects, but also provides practical guidance for river ecological restoration and water resource management.

**Key words：**sediment management; river management; hydraulics; sediment dynamics; ecological restoration

### 引言：

水是生命之源,也是文明的摇篮。然而,随着人口增长和经济活动的扩张,泥沙问题日益成为制约河道健康和水利工程效益的瓶颈。河道作为水资源的重要载体,其健康状态直接关系到区域水安全和生态平衡。本文将从泥沙管理与河道治理的角度出发,探讨如何通过科学的方法和技术创新,实现河道的可持续管理和生态修复。通过本文的探讨,旨在为水利工程的可持续发展提供新的思路和解决方案。

### 一、泥沙问题的起源与影响

泥沙问题是水利工程中一个古老而复杂的问题,其起源与自然界的水土流失密切相关。在自然条件下,降雨、风蚀等自然因素会导致地表土壤侵蚀,进而形成泥沙。随着人类活动的增加,尤其是土地利用方式的改变,如大规模的农业耕作、森林砍伐和城市化进程,加剧了水土流失,导致泥沙问题日益严重。此外,河道的不合理开发,如过度采砂、河道硬化等,也破坏了河流的

自然形态和生态功能,进一步加剧了泥沙淤积和河道堵塞。泥沙问题对河道功能的影响是多方面的。泥沙淤积会减少河道的行洪能力,增加洪水泛滥的风险,威胁人民生命财产安全。

泥沙淤积还会影响河道的航运功能,导致航道变窄、水深不足,影响航运安全和效率。此外,泥沙淤积还会破坏河流的生态功能,影响水生生物的栖息和繁殖,进而影响整个河流生态系统的健康和稳定。泥沙问题还会导致水质恶化。泥沙颗粒可以吸附和携带大量的污染物,如重金属、农药和有机物等,这些污染物

随着泥沙的淤积而沉积在河床上，对水生态环境造成严重破坏。同时，泥沙颗粒还会增加水体的浑浊度，影响水生生物的光合作用和呼吸作用，进而影响水体的自净能力。在实际的水利工程中，泥沙问题的处理需要综合考虑多种因素。例如，在设计水库和河道时，需要充分考虑泥沙的侵蚀、输移和淤积规律，合理确定工程规模和布局，以减少泥沙对工程的影响。

在运行管理中，需要采取科学的调度措施，如合理的水位调度、生态流量的保障等，以维持河道的自然形态和生态功能。此外，还需要加强水土保持工作，通过植被恢复、水土流失治理等措施，减少泥沙的产生。总之，泥沙问题是水利工程中一个亟待解决的问题。只有通过科学的分析和合理的措施，才能有效控制泥沙，保障河道的健康和水利工程的可持续发展。这需要水利工作者不断探索和创新，也需要全社会的共同努力。

## 二、泥沙管理的理论基础

泥沙管理作为水利工程中的关键环节，其理论基础主要涉及水力学、泥沙动力学以及河流地貌学等多个领域。水力学为泥沙运动提供了基础的流体动力学原理，解释了水流对泥沙颗粒的搬运和悬浮作用。泥沙动力学则进一步研究泥沙在水流中的运动特性，包括泥沙的起动、悬浮、沉降以及泥沙与水流之间的相互作用。河流地貌学则关注河流形态的演变过程，分析河道的冲淤变化对河流地貌的影响。在泥沙管理的实践中，必须充分考虑流域的水文地质条件、土地利用类型以及人类活动的影响。流域的水文地质条件决定了泥沙的来源和特性，如降雨强度、地形坡度和土壤类型等都会影响泥沙的侵蚀和输移。

土地利用类型，尤其是植被覆盖状况，对减少水土流失、控制泥沙产生具有重要作用。人类活动，如农业耕作、城市开发等，会改变地表状况，加剧水土流失，增加泥沙负荷。为了有效进行泥沙管理，需要建立科学的泥沙监测和预测体系。通过监测流域的降雨、径流、泥沙含量等水文参数，可以及时掌握泥沙运动的动态变化。同时，运用数学模型和计算机模拟技术，可以预测泥沙在河道中的输移过程，为泥沙管理提供决策支持。此外，还需要加强泥沙管理的法规和政策建设，通过立法和行政管理手段，规范人类活动，减少对河流生态环境的破坏。

在具体的泥沙管理措施上，可以采取工程措施和非工程措施相结合的方式。工程措施主要包括水库的合理调度、河道疏浚、护岸工程等，通过调整水流条件，减少泥沙淤积。非工程措施则包括水土保持、植被恢复、生态修复等，通过改善流域的生态环境，减少泥沙的产生。这些措施需要根据实际情况，综合考虑经济、社会和环境效益，制定科学合理的泥沙管理方案。总之，泥沙管理是一个系统工程，需要多学科的知识和多方面的努力。只有深入理解泥沙运动的规律，充分考虑各种影响因素，采取综合措施，才能有效控制泥沙，保护河流生态环境，实现水利工程的可持续发展。

## 三、泥沙管理的关键技术

泥沙管理的关键技术是水利工程中的核心内容，它涉及到泥沙的产生、搬运、沉积以及最终的处理等多个环节。在这一过程

中，源头控制、过程调控和末端治理是三个关键节点，它们共同构成了泥沙管理的技术体系。源头控制技术主要针对泥沙的产生进行干预。通过水土保持措施，如植被恢复、梯田建设、土壤改良等，可以有效减少地表径流的侵蚀力，从而降低泥沙的产生量。此外，合理规划土地利用，控制过度开发，也是减少泥沙产生的重要手段。例如，在流域上游实施退耕还林还草政策，增加植被覆盖，可以显著提高土壤的抗蚀能力。过程调控技术则关注泥沙在河道中的搬运过程。

通过河道整治工程，如疏浚、护岸、筑堤等，可以改善河道的水流条件，减少泥沙的沉积。同时，利用水库的调度功能，通过调节水库的蓄水和放水，可以控制泥沙的输移过程，实现泥沙的时空分布优化。例如，在洪水期间，通过适时放水，可以利用大流量的水流将泥沙输送至下游，减少水库的淤积。末端治理技术则主要针对已经沉积的泥沙进行处理。通过机械或水力的清淤方式，可以清除河道和水库中的淤泥，恢复其原有的蓄水和行洪能力。此外，采用生态修复技术，如人工湿地、生态河道等，可以利用生物和物理化学过程对泥沙进行稳定和净化，提高泥沙的利用价值。

例如，通过种植水生植物，可以吸收和固定泥沙中的营养物质，减少水体的富营养化风险。在实际应用中，泥沙管理的关键技术需要根据具体的河流特性和流域条件进行定制化设计。通过综合考虑泥沙的物理特性、水流的水力特性以及河道的地貌特性，可以制定出科学合理的泥沙管理方案。同时，还需要建立完善的监测和评估体系，对泥沙管理的效果进行实时跟踪和评价，以便及时调整和优化管理措施。总之，泥沙管理的关键技术是一套综合性的技术体系，它需要多学科知识的融合和多方面技术的集成。通过源头控制、过程调控和末端治理的协同作用，可以有效地控制泥沙，保护河流生态环境，实现水利工程的可持续发展。这不仅需要水利工程技术人员的专业技能，也需要政策制定者的远见卓识，更需要全社会的共同参与和支持。

## 四、河道治理的策略与方法

河道治理是一项系统工程，它要求对河流的水文、生态、社会经济等多方面因素进行综合考虑，以实现河道的健康、安全和可持续发展。治理策略与方法的选择必须基于对河道特性的深入理解和流域内外部条件的准确把握。河道治理的核心在于恢复和维持河道的自然形态与生态功能。这通常涉及到河道形态的调整，如恢复河道的蜿蜒性、增加深潭与浅滩的交替分布，以及保障足够的水生生物栖息地。通过这些措施，可以提高河道的自净能力和生态多样性，同时也有助于增强河流对洪水的调蓄能力。

在技术层面，河道治理通常采用生态工法，这是一种模拟自然过程的工程技术。例如，使用本地植物进行河岸植被恢复，不仅能够稳固河岸土壤，减少侵蚀，还能水生生物提供栖息地。此外，生态堰的建设可以减缓水流速度，促进泥沙沉积，同时也为鱼类等生物提供洄游通道。河道治理还需要考虑水文连通性，即保持河流上下游、左右岸以及地表水和地下水之间的水文联系。这可以通过设置生态流量、改善水闸运行方式等措施来实现。水文连通性的提升有助于维持水生生态系统的健康，同时也能够促进水资源的合理分配和利用。



在社会经济层面，河道治理策略需要与当地的发展规划相协调。例如，在城市河流的治理中，除了考虑防洪、排涝等传统功能外，还需要考虑河流的休闲、文化、教育等多重价值。通过建设滨河公园、步道等公共设施，可以提高河流的社会效益，增强公众对河流保护的意识和参与度。河道治理还必须考虑到气候变化的影响。随着全球气候变暖，极端气候事件的频率和强度都在增加，这对河道治理提出了新的挑战。因此，河道治理策略需要具备一定的适应性和弹性，能够应对未来可能的环境变化。

## 五、案例研究

实证分析在河道治理和泥沙管理的研究中占据着举足轻重的地位。通过案例研究，可以将理论与实践相结合，验证理论的可行性，同时为实际问题提供借鉴和指导。以中国某大型河流的治理为例，该河流由于长期的无序开发和泥沙淤积，导致河道功能严重退化，洪水频发，航运受阻，生态系统破坏严重。为了恢复河道的自然状态和提升其综合功能，采取了一系列综合治理措施。实施了源头控制策略，通过退耕还林、水土保持等措施减少上游泥沙的产生。在流域中上游大力推广植树造林，增加植被覆盖率，提高土壤的抗侵蚀能力，有效减少了水土流失。

对河道进行了大规模的疏浚和整治。通过机械清淤和水力冲淤相结合的方式，清除了河道中的淤泥，恢复了河道的行洪能力。同时，对河道进行了生态化改造，恢复了河道的自然弯曲形态，增加了深潭和浅滩，为水生生物提供了多样化的栖息地。此外，还建立了水库群联合调度机制，通过科学调度水库群的蓄水和放水，实现了对泥沙的时空调控。在洪水期间，通过适时放水，利用大流量的水流将上游泥沙输送至下游，减少了水库的淤积。在枯水期，通过合理控制水库的放水量，保证了河道的生态流量，维护了水生生态系统的稳定。

在河道治理的过程中，还特别注重了生态修复和生物多样性保护。通过人工湿地的建设，利用植物和微生物的净化作用，对河水进行自然净化。同时，通过放流本地鱼种，恢复了河流的生物多样性，提升了河流的生态服务功能。通过这一系列的综合治理措施，该河流的河道功能得到了显著提升。洪水得到了有效控制，航运条件得到了改善，水生态环境得到了恢复，河流成为了当地居民休闲娱乐的好去处，实现了经济、社会和环境效益的多赢。

## 六、结论与展望

在对水利工程中泥沙管理与河道治理技术进行深入研究的基础上，可以得出的一系列结论，并对未来的发展趋势和研究方向提出展望。泥沙管理与河道治理是确保水资源安全和河流生态健康的重要环节。通过源头控制、过程调控和末端治理的系统方法，可以有效减少泥沙对河道功能的影响，提升河道的行洪、航运、生态等多重功能。实证分析表明，综合运用水土保持、河道疏浚、水库调度、生态修复等多种技术手段，能够显著改善河道的健康状况，提升河流的生态服务价值。

河道治理需要综合考虑水文、生态、社会经济等多方面因素，采取多目标、多手段、多阶段的综合治理策略。在治理过程

中，必须坚持生态优先、科学治理、综合治理的原则，充分考虑河流的自然特性和社会需求，实现河流的可持续发展。同时，还需要建立完善的监测和评估体系，对治理效果进行实时跟踪和评价，以便及时调整和优化管理措施。此外，气候变化对河道治理提出了新的挑战。随着全球气候变暖，极端气候事件的频率和强度都在增加，这对河道治理的适应性和弹性提出了更高的要求。因此，未来的河道治理需要更加注重气候变化的影响，提高治理措施的适应性和弹性，以应对未来可能的环境变化。

展望未来，河道治理技术的发展将呈现出以下趋势：一是更加注重生态保护和生物多样性维护，通过生态修复和生物多样性保护措施，提升河流的生态服务功能；二是更加注重河流的多功能性，通过综合治理，实现河流的防洪、排涝、航运、生态、休闲等多重功能；三是更加注重气候变化的影响，提高治理措施的适应性和弹性；四是更加注重公众参与和社会治理，通过公众教育和社区参与，提高公众对河流保护的意识和参与度。总之，泥沙管理与河道治理是一项长期而复杂的系统工程，需要多学科知识的融合、多方面技术的集成、多利益相关者的参与和协作。

## 结语：

本文通过深入分析水利工程中泥沙管理与河道治理的关键技术及其实际应用案例，得出了一系列有益的结论。泥沙问题的系统管理与河道的综合治理对于保障水资源安全、维护河流生态平衡具有重要意义。通过源头控制、过程调控和末端治理相结合的方法，可以有效减少泥沙对河道功能的影响，提升河道的多功能性。同时，案例研究展示了科学治理的实际效果，证明了所提策略和方法的可行性。未来，河道治理应更加注重生态保护、适应气候变化、增强多功能性，并鼓励公众参与和社会共治。

## 参考文献：

- [1] 王晓峰, 李涛. 水利工程泥沙管理技术研究 [J]. 水利科技与经济, 2020, 26(3): 245-250.
- [2] 张强, 刘波. 河道治理与生态修复技术进展 [J]. 水利水电科技进展, 2019, 39(2): 1-7.
- [3] 赵丽华, 李明. 气候变化对河道治理影响的初步研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(1): 76-81.
- [4] 陈伟, 王磊. 基于生态工法的河道治理策略 [J]. 生态环境学报, 2020, 29(6): 189-194.
- [5] 刘芳, 张建华. 水土流失治理与河道泥沙管理 [J]. 水土保持学报, 2018, 32(4): 1-6.
- [6] 李宁, 王小明. 河流生态流量计算方法研究 [J]. 水利学报, 2022, 53(10): 1123-1130.
- [7] 周杰, 刘洋. 河道疏浚对河流生态系统影响的评估 [J]. 环境科学学报, 2017, 37(8): 2795-2801.
- [8] 吴亮, 张强. 河流综合管理和可持续发展 [J]. 水资源保护, 2021, 37(2): 1-5.
- [9] 孙宏斌, 李建平. 河流治理中的生态修复技术应用 [J]. 生态学杂志, 2019, 38(11): 3384-3390.
- [10] 高峰, 刘芳. 城市河流治理与景观设计 [J]. 中国园林, 2020, 36(3): 112-115.



# 非煤矿山安全生产现状与工程技术发展研究

杨百顺<sup>1</sup>, 凌志迁<sup>1</sup>, 王东升<sup>2</sup>, 王森<sup>2</sup>

1. 四川省安全科学技术研究院, 四川 成都 610000

2. 四川安信科创科技有限公司, 四川 成都 610000

**摘 要 :** 非煤矿山安全生产存在一些问题, 如设备老化、安全意识不足、监管不到位等。为了解决这些问题, 需要加强技术研究和推广, 提高安全生产管理水平, 推动先进技术的广泛应用, 以确保矿山生产过程中的安全性和稳定性。同时, 非煤矿山安全生产工程技术发展呈现出智能化、绿色化、高效化等趋势, 如智能化监测技术、无人机巡检技术、绿色开采技术等的应用, 为非煤矿山安全生产提供了有力支持。未来, 非煤矿山安全生产技术将朝着更加智能化、绿色化、安全高效的方向发展, 为保障矿山生产安全和可持续发展发挥重要作用。

**关 键 词 :** 非煤矿山; 安全生产; 工程技术发展; 现状分析; 改进措施

## Research on the Safety Production Status and Engineering Technology Development of Non-coal Mine Mountain

Yang Baishun<sup>1</sup>, Ling Zhiqian<sup>1</sup>, Wang Dongsheng<sup>2</sup>, Wang Sen<sup>2</sup>

1. Sichuan Institute of Safety Science and Technology, Sichuan, Chengdu 610000

2. Sichuan Anxin Kechuang Technology Co., LTD., Sichuan, Chengdu 610000

**Abstract :** There are some problems in the safety production of non-coal mines, such as aging equipment, lack of safety awareness, and inadequate supervision. In order to solve these problems, it is necessary to strengthen technology research and development and promotion, improve the level of safety production management, and promote the wide application of advanced technology, so as to ensure the safety and stability in the mine production process. At the same time, the development of non-coal mine safety production engineering technology shows a trend of intelligent, green and efficient technology, such as the application of intelligent monitoring technology, UAV inspection technology and green mining technology, which provides strong support for non-coal mine safety production. In the future, the non-coal mine safety production technology will develop in a more intelligent, green, safe and efficient direction, and play an important role in ensuring the safety and sustainable development of mine production.

**Key words :** non-coal mine; safety production; engineering technology development; status analysis and improvement measures

### 一、非煤矿山安全生产与工程技术发展现状分析

#### (一) 非煤矿山生产特点

非煤矿山生产特点主要体现在以下几个方面: 一是资源开采类型多样, 非煤矿山涵盖金属矿、非金属矿、盐矿、硫矿等多种类型, 每种矿山的开采工艺、技术要求和安全生产管理都有其特殊性。二是生产环境复杂, 非煤矿山的生产环境复杂多变, 包括地下开采和露天开采两种形式, 地下开采面临通风、排水、岩层稳定等问题, 露天开采则涉及边坡稳定、气象条件等影响。三是生产工艺差异大, 不同类型的非煤矿山采用的生产工艺和技术差异较大, 如金属矿山可能采用爆破、挖掘、运输、选矿等工序, 而非金属矿山可能侧重于物理或化学提取工艺。四是安全风险高, 非煤矿山生产过程中可能涉及到高空作业、爆破作业、机械作业等高风险环节, 同时, 矿山作业环境可能存在尘土、毒气、水害、火灾等安全隐患。五是环境影响显著, 矿山开采对生

态环境的影响较大, 包括土地破坏、水质污染、植被破坏等, 因此, 非煤矿山的生产需要考虑生态环保和可持续发展。六是资源综合利用, 非煤矿山资源往往伴随着多种资源的共生, 因此, 综合利用资源成为非煤矿山生产的一个重要特点, 这要求企业在开采过程中实现资源的最大化利用。了解和掌握非煤矿山生产特点, 对于加强安全生产管理、提高资源利用效率、实现可持续发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。

#### (二) 非煤矿山安全生产存在的问题

安全管理不到位, 一些非煤矿山存在管理体制不健全、安全生产责任不明确、监管不到位等问题, 导致安全管理不足, 安全隐患得不到有效管理和控制。设备设施老化, 部分非煤矿山存在设备设施老化、维护保养不及时、安全设备不完善等问题, 增加了安全生产风险。基层管理薄弱, 一些非煤矿山基层管理人员素质不高、管理水平有限, 存在监管不力、安全隐患排查不彻底等问题, 影响安全生产效果。安全生产意识不强, 部分非煤矿山职

工安全意识不强,存在安全操作不规范、对安全生产重视程度不够等问题,容易发生安全事故。为改善非煤矿山安全生产现状,应加强安全管理制度建设,明确责任分工,强化监管力度;加强设备设施维护和更新,确保设备运行良好;加强基层管理人员培训,提升管理水平和安全管理能力;加强安全教育培训,提高职工安全意识和操作技能;同时加强对非煤矿山的监管,确保企业依法合规生产,共同提升非煤矿山的安全生产水平。

### (三) 非煤矿山安全生产技术发展分析

非煤矿山安全生产技术主要包括设备安全、作业安全和应急救援等方面的技术。第一,设备安全,设备是非煤矿山生产的关键环节,设备的安全性直接影响矿山的安全生产。现代非煤矿山设备应用先进的传感技术、自动控制技术和智能化技术,如物联网技术、大数据分析技术等,可以实现设备的远程监控、故障预警和智能化维护管理,有效提高设备的安全性。第二,作业安全,作业过程中存在的诸如爆炸、火灾、瓦斯突出等危险因素是非煤矿山安全生产的重要问题。现代非煤矿山作业安全技术包括瓦斯抽放技术、自动化控制技术、虚拟仿真技术等,通过提高作业监测能力、预警能力和应急处理能力,保障作业人员的安全。第三,应急救援,应急救援是非煤矿山安全生产的最后一道防线,应急救援技术的发展对于减少事故损失至关重要。现代非煤矿山应急救援技术包括远程视频监控技术、无人机巡检技术、虚拟现实技术等,可以实现对事故现场的快速响应和准确处理,提高救援效率。总的来说,非煤矿山安全生产技术的发展主要集中在设备安全、作业安全和应急救援三个方面,需要不断推动技术创新,提高安全生产管理水平,以确保矿山生产过程中的安全性和稳定性。希望以上内容对你有帮助。

### (四) 非煤矿山安全生产工程技术发展存在的问题

非煤矿山安全生产技术存在的问题主要包括以下几个方面:一是安全生产技术落后,部分非煤矿山仍然采用传统落后的安全生产技术,无法满足现代安全生产的要求,存在安全隐患。二是设备老化问题,非煤矿山的设备老化问题较为普遍,设备老化会导致设备性能下降,增加事故发生的概率。三是技术人才匮乏,一些非煤矿山缺乏必要的技术人才,无法掌握和应用先进的安全生产技术,影响安全生产的水平。四是安全技术投入不足,一些非煤矿山的负责人对安全生产的重视程度不够,对安全生产的投入不足,导致安全设施不完善,影响安全生产的水平。为了解决这些问题,需要加强安全生产技术的研发和推广,加强设备维护和管理,加强安全生产管理,加强技术人才培养和引进,以及增加对安全生产的投入。

## 二、非煤矿山安全生产与工程技术发展对策研究

### (一) 加强安全生产法规与政策宣传

加强安全生产法规与政策宣传是非煤矿山安全生产与技术发展的重要对策之一。以下是具体的对策和建议:第一,制定和宣传安全生产法规,政府和相关部门应制定和完善非煤矿山安全生产的法规和政策,并通过各种渠道进行广泛宣传,确保非煤矿山

企业负责人和员工了解和遵守相关法规。第二,开展安全生产培训,政府和矿山企业应定期组织安全生产培训,提高企业负责人和员工的安全生产意识和技能,使他们能够熟练掌握和应用安全生产技术。第三,加强安全生产监管,政府和相关部门应加强对非煤矿山企业的安全生产监管,确保企业遵守安全生产法规,及时发现和处理安全隐患。第四,推广先进的安全生产技术,政府和企业应加大对先进安全生产技术的研发和推广力度,鼓励企业采用新技术和新设备,提高安全生产水平。第五,建立激励机制,政府可以建立激励机制,鼓励非煤矿山企业加大安全生产投入,推动企业实现安全生产的目标。通过加强安全生产法规与政策宣传,提高非煤矿山企业的安全生产意识和水平,有助于减少事故发生,保障员工的生命安全和企业的稳定发展。

### (二) 提高从业人员安全意识与技能

提高非煤矿山从业人员的安全意识和技能是确保矿山安全生产的关键。企业应定期组织安全教育和培训,确保从业人员了解最新的安全知识、操作规程和应急处理方法。培训应包括理论学习和实际操作两部分,以提高员工的安全技能。企业应积极营造安全文化,使安全成为每个人的首要考虑。通过悬挂安全标语、举办安全知识竞赛、开展安全演讲等方式,提高从业人员的安全意识。企业可以设立安全奖励制度,对于遵守安全规定、及时发现和报告安全隐患的员工给予奖励,激发员工关注安全的积极性。企业应对从业人员进行定期的安全考核,确保他们具备必要的安全生产知识和技能。对于通过考核的员工,可以颁发安全证书,作为其职业发展的依据。企业应建立有效的安全信息反馈和沟通机制,鼓励从业人员报告安全事故、隐患和不安全行为,以便及时采取措施加以改进。鼓励从业人员通过实际操作经验来提高安全技能<sup>[2]</sup>。

### (三) 加大技术与设备投入

企业应积极引进先进的矿山设备,如自动化采矿设备、智能化监测系统等,以提高生产效率和安全生产水平。企业应定期更新老化、故障频发的设备,并加强设备的日常维护保养,确保设备处于良好的工作状态。企业应鼓励技术创新和研发,加大对安全生产技术的投入,如瓦斯抽采技术、井下监测技术、逃生救生技术等。企业可以推进智能化矿山建设,利用物联网、大数据、人工智能等先进技术,实现矿山的智能化管理和控制。企业应完善安全设施,如设置安全监控系统、应急避险设施、防护设备等,以提高矿山的安全生产能力。企业应加强对员工的安全技术培训,确保员工能够熟练掌握和应用先进的安全设备和技术。通过加大技术与设备投入,可以提高非煤矿山的安全生产水平,降低事故发生的风险,保障员工的生命安全和企业的稳定发展。同时,政府和相关部门也应加强对企业技术更新与设备投入的监管,确保企业落实安全生产责任。

### (四) 完善安全管理与监督体系

一是引入信息化管理系统,结合物联网、大数据和人工智能等技术,建立非煤矿山现代化信息管理系统,实现对安全生产全过程的实时监测、数据分析和预警,以及对作业风险的全面评估,提高安全管理效率和精准度。二是科学使用智能安全设备,

推广应用智能安全设备，如智能安全帽、可穿戴式设备、智能监测器等，用于监测员工的工作状态、环境数据和紧急情况，及时处理危险情况，提高事故应急响应能力。三是实施远程监控系统，利用无人机、摄像头、传感器等技术，建立远程监控系统，对矿山设备运行状态、作业情况及安全隐患进行监测，实时报警和远程指导，提高监督管理效果。四是推广虚拟仿真技术，利用虚拟现实、仿真技术，对矿山作业场景、应急处理情况进行模拟演练，提高从业人员的应对能力和处理紧急情况的准确性。五是加强数字化培训，利用互联网平台、移动应用等技术进行安全培训，提供在线培训课程、虚拟场景模拟教学等形式，向从业人员传授安全知识和操作技能。通过完善安全管理与监督体系，结合科技发展与应用，可以有效提升非煤矿山的安全管理水平，降低事故风险，保障从业人员的生命安全和矿山的稳定生产。同时，政府部门也应加强对矿山安全管理与监督体系建设的监督与支持，促进安全管理与技术发展取得实质性成效。

#### （五）建立事故应急预案救援机制

对于非煤矿山安全生产与技术发展，建立事故应急预案救援机制是非常重要的。一是制定科学合理的应急预案，根据矿山实际情况，制定科学合理的应急预案，明确应急救援流程、救援设备和人员配置、紧急救援措施等内容，确保预案的可操作性和有效性。二是加强应急救援队伍建设，建立专业的应急救援队伍，定期进行培训和演练，提高队伍的应急救援能力和水平。三是配备先进的应急救援设备，根据矿山实际情况，配备先进的应急救援设备，如救援机器人、生命探测仪、呼吸器等，提高救援效率和质量。四是加强应急演练和培训，定期组织应急演练和培训，提高员工应对突发事件的意识和能力，确保在紧急情况下能够迅速、有效地应对。五是建立信息共享和协调机制，建立信息共享和协调机制，加强各部门之间的协作和沟通，确保在紧急情况下

能够迅速响应、协调行动。

#### （六）推动绿色开采与可持续发展

应用绿色开采技术，采用环保、节能、低碳的开采技术，如采用清洁生产技术、节能减排设备、高效破碎和筛分设备等，减少对环境的影响。加强生态保护与修复，在开采过程中，采取措施保护矿山生态环境，如植树造林、水土保持、矿山废弃物处理等，确保开采活动不会对周边环境造成长期负面影响。加强对矿石资源的综合利用，提高资源利用率，减少资源浪费和废弃物排放，实现资源的可持续利用。建立循环经济模式，如废渣回收利用、废旧设备再利用等，促进资源的循环利用，减少对环境的影响。建立完善的环境监测和管理体系，对矿山生产过程中的环境变化进行实时监测和评估，及时采取措施防止环境污染和生态破坏。推动矿山企业开展绿色矿山建设，实现矿山生产的绿色转型，提高矿山企业的社会形象和市场竞争力。通过推动绿色开采与可持续发展，非煤矿山能够实现资源的可持续利用保护生态环境，提高社会责任感，同时也有利于企业的长期发展和市场的竞争力。政府和相关部门也应加强对绿色开采和可持续发展的引导，促进矿山行业的绿色转型<sup>[3]</sup>。

### 三、结语

随着工业化进程的加快和矿山生产规模的不断扩大，非煤矿山安全生产面临着诸多挑战和问题。但是，通过加强技术研发、推广先进技术和加大安全管理力度，非煤矿山安全生产水平逐渐得到提升。未来，随着智能化、绿色化等工程技术的应用和推广，非煤矿山安全生产将迎来更加美好的发展前景。希望本研究对于非煤矿山安全生产与技术发展的探讨能够引起更多人的关注和重视，共同推动非煤矿山产业的安全发展。

#### 参考文献：

- [1] 王强. 我国非煤矿山安全生产现状与技术发展[J]. 中国金属通报, 2022(11):7-9.
- [2] 吴猛. 我国非煤矿山安全生产现状与技术发展[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015, (7): 155-155.
- [3] 司恭. 企业全员安全生产责任制问题与对策[J]. 现代职业安全, 2022(11):86-88.

# 损伤可控的梁柱节点受力机理分析

赖秋兰<sup>1\*</sup>, 刘富盛<sup>2</sup>, 胡艳<sup>3</sup>, 王仁平<sup>4</sup>, 郭志坚<sup>5</sup>

1. 福建理工大学 土木工程学院, 福建 福州 350118
2. 福建省长汀县第一建筑工程有限公司, 福建 龙岩 366399
3. 福建中闽城投建筑工程有限公司, 福建 南平 354299
4. 厦门鸿润源建设集团有限公司, 福建 厦门 361010
5. 中铁十五局集团有限公司, 上海 200070

**摘 要 :** 提出一种由带悬臂梁钢柱、普通钢梁及耗能钢制铰组成的损伤可控梁柱节点。利用 ABAQUS 建立损伤可控梁柱节点有限元模型, 研究低周往复荷载作用下该梁柱节点的受力机理, 明确其极限状态和破坏模式。研究表明: 滑移板的滑移行为可减轻梁柱构件的损伤发展, 节点的损伤主要集中控制在耗能钢制铰翼缘部分, 梁柱主体构件始终保持弹性状态; 滑移板构造设计对节点的承载能力及破坏模式有着重要影响, 且节点的损伤可控特性为震后快速修复的实现提供较大可能性。

**关 键 词 :** 损伤可控梁柱节点; 耗能钢制铰; 有限元模型; 滑移行为; 机理分析

## Mechanism Analysis Of The Damage-Controllable Beam-To-Column Joint

Lai Qiulan<sup>1</sup>, Liu Fusheng<sup>2</sup>, Hu Yan<sup>3</sup>, Wang Renping<sup>4</sup>, Guo Zhijian<sup>5</sup>

1. College of Civil Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou, Fujian 350118
2. Fujian Changting County First Construction Engineering Co., Ltd., Longyan, Fujian 366399
3. Fujian Zhongmincheng Investment Construction Engineering Co., Ltd., Nanping, Fujian 354299
4. Xiamen Hongrunyuan Construction Group Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361010
5. China Railway 15th Bureau Group Co., Ltd., Shanghai 200070

**Abstract :** A damage-controllable beam-to-column joint was proposed, which consisted of steel column with cantilever beam, ordinary steel beam and energy dissipation steel hinge. In this paper, a numerical model was established through ABAQUS, the bearing mechanism was analyzed and the ultimate state and failure mode were clarified. Results showed that the slippage behavior could reduce the damage development, the damage was controlled in the flange segment of the steel hinge, while the beam and column members remained in the elastic state. The design of the sliding plate has great influence on the bearing capacity and failure mode, and the controllable damage characteristics provides a greater possibility for the realization of rapid repair after earthquakes.

**Key words :** damage-controllable beam-to-column joint; energy dissipation steel hinge; numerical model; slippage behavior; mechanism analysis

传统焊接形式的钢框架结构在地震作用下易发生节点连接处的脆性破坏, 导致结构产生过大塑性变形或引起结构失效<sup>[1]</sup>, 震后修复难、费用高。

在结构中设置可更换构件是改善装配式钢结构震后可修复性的有效途径<sup>[2]</sup>。Oh 等<sup>[3]</sup>提出一种可更换的带缝钢板阻尼器并进行试验研究, 结果表明, 该阻尼器具有良好的耗能能力, 有利于塑性变形集中控制, 且震后易于更换; 吴京等<sup>[4]</sup>提出一种可更换屈曲约束保险丝的钢梁, 在节点削弱钢板部分包裹约束盖板防止发生屈曲, 充分发挥削弱钢板力学性能; Zhang 和 Jiang 等<sup>[5-6]</sup>研究了考虑螺栓布置方式、削弱盖板和连接板不同形式的预制钢梁柱连接节点的受力性能, 表明此类节点具有良好的耗能能力, 只需更换削弱盖板便可实现结构修复; 门进杰等<sup>[7]</sup>对通过研究证实端板-螺栓连接可更换耗能梁的滞回曲线饱满, 具有良好的变形能力和耗能能力, 可实现震后可更换; 程小卫等<sup>[8]</sup>对带可更换脚部件的装配式 RC 剪力墙进行数值研究, 结果表明可更换脚部件的承载力对装配式 RC 墙的压弯承载力、刚度和滞回特征影响较大, 合理设计的可更换脚部件有利于实现剪力墙损伤可控。

本文提出一种损伤可控的梁柱节点, 主要由带悬臂梁段钢柱、普通钢梁和耗能钢制铰组成, 各部件均为工厂预制, 现场通过高强螺栓连接。该节点通过削弱的耗能钢制铰来控制节点塑性铰位置, 避免预制梁、柱发生塑性损伤, 以期震后通过更换受损元件即可恢复原有使用功能。通过 ABAQUS 开展数值模拟分析, 研究受力全过程中节点内力分布及变形发展规律, 明确节点极限状态和破坏模式。

基金项目: 福建省建设厅科技研究开发计划项目 (2022-K-301)

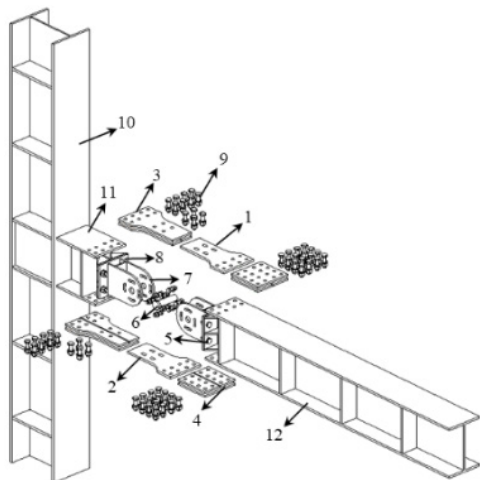
\* 作者简介: 赖秋兰 (1995-) 女, 广西南宁, 汉族, 硕士, 主要从事工程结构抗震、装配式结构等研究。



## 一、损伤可控梁柱节点的有限元模型

### （一）构造组成

图1给出了损伤可控的梁柱节点的构造示意图，主要包含带悬臂梁的钢柱、普通钢梁及耗能钢制铰构成；耗能钢制铰包括上下翼缘连接盖板、滑移板、L型板、耳板及端板。



1 - 上滑移板；2 - 下滑移板；3 - 上翼缘连接盖板；4 - 下翼缘连接盖板；5 - L型板；6 - 销轴；7 - 耳板；8 - 端板；9 - 高强螺栓；10 - 钢柱；11 - 悬臂钢梁；12 - 普通钢梁  
图1 损伤可控梁柱节点

### （二）有限元模型建立

本文采用 ABAQUS 建立图1所示的损伤可控梁柱节点的有限元分析模型。预制钢柱高2740 mm，截面为 HM400×300×10×16，悬臂梁长350 mm，普通梁长2675 mm，梁截面均为 HM350×250×9×14；耗能钢制铰长为450 mm，翼缘连接盖板及滑移板削弱宽度均为160 mm，滑移板厚度对齐梁翼缘厚度为14 mm厚，翼缘连接盖板厚度为12 mm。

钢材的本构模型采用双折线随动强化模型，除滑移板选用 Q235 钢材外（屈服强度为284MPa），其余部件均选用 Q355 钢材（屈服强度为394MPa）。

### （三）单元选取和网格划分

钢柱、悬臂钢梁、普通钢梁以及钢质耗能连接均采用八节点缩减积分三维实体单元（C3D8R）。为考虑有限元模拟的计算精度和分析效率，对模型进行不同网格大小划分，其中耗能钢制铰，预制梁端与钢制铰的连接部位处的网格采用较小的网格单元（20mm），其他部件采用较大的网格单元（50mm）。

### （四）相互作用及边界条件

钢梁、钢柱与加劲肋、加强板中的焊接连接在模型中均采用绑定接触设置；翼缘部分盖板与梁、矩形盖板与滑移板，腹板部分 L 型板与腹板、L 型板与端板的螺栓拼接简化成绑定接触；其余板与板之间、板与螺栓面之间、螺栓杆与孔壁之间的接触采用面面接触设置，接触属性为法向接触采用硬接触，切向接触采用“罚”接触；钢板间的摩擦系数为0.4、螺栓面与钢板间的摩擦系数为0.4。销轴部分通过组合连接器中的铰进行模拟，以实现销轴连接。柱底和梁端均为铰接，柱顶面处施加竖向荷载，轴压比为0.3。

## 二、有限元模型验证及受力机理分析

### （一）模型验证

图3给出了损伤可控梁柱节点拟静力试验得到的滞回曲线与数值模拟结果的对比。可知，数值模拟得到的滞回曲线与试验结果吻合良好，在加载初期，节点处于弹性状态，有限元模拟曲线和试验曲线一样呈线性增长；随着位移增大，滑移板与翼缘连接盖板发生相对滑移，曲线出现明显平台段；位移继续增加，螺栓与滑移板螺栓孔壁发生挤压变形，节点承载力有所上升。本节所建立的有限元分析模型具有较高的可靠性，可进一步用于该节点受力全过程中的力学机理分析。

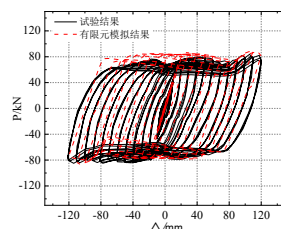


图3 滞回曲线对比分析

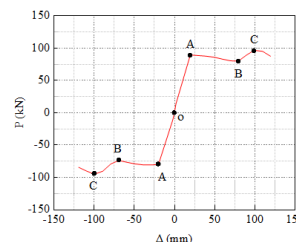


图4 P-Δ 骨架曲线

### （二）节点的工作机理分析

图4为损伤可控梁柱节点的荷载-位移骨架曲线，按 A、B、C 三个性能特征点对其受力全过程的力学行为进行分析。图中，A 点为节点滑移板与翼缘连接盖板发生初始滑移的点；B 点为滑移板螺栓与孔壁开始发生挤压接触的点；C 点为节点极限承载力  $P_{\max}$  对应点。下面将结合数值模拟结果分析不同性能特征点下梁柱构件应力分布、耗能钢制铰应力分布及塑性变形发展情况。

#### 1. 耗能钢制铰应力分布

图5为各个特征点时刻耗能钢制铰 Mises 应力分布云图。由图可知，耗能铰整体受力较为对称，主要集中在耗能铰翼缘部分。从 O 点到 A 点，节点处于弹性状态，耗能铰中经削弱的翼缘连接盖板与滑移板未发生滑移，最大应力分布在削弱最大截面处；在 A 点到 B 点过程中，翼缘连接盖板与滑移板间发生滑移，在 B 点处螺栓与滑移板孔壁挤压接触，最大应力分布在滑移板孔壁处，达到钢材的屈服强度（284MPa）；至 C 点时，由于螺栓与滑移板孔壁的持续挤压，导致滑移板孔壁区域最大应力值不断增加，并达到极限强度（391MPa）。

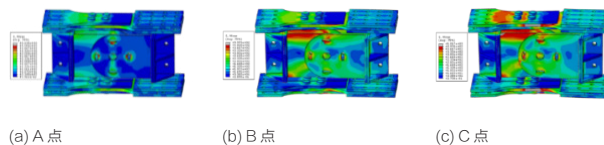


图5 耗能钢制铰 Mises 应力云图

#### 2. 梁柱应力分布

图6为梁柱构件在各个特征点时 Mises 应力云图。由图可知，从滑移板与翼缘连接盖板发生滑移到螺栓挤压阶段，梁柱应力最大数值从231.1MPa增加至260.54MPa，增长幅度相对较小，主要是由于滑移板与翼缘连接盖板的相对滑移改善了节点的应力演化；当螺栓与滑移板发生挤压后，节点承载力上升至极限，梁柱应力最大值增大至361.94MPa，但并未发生屈服（梁柱钢材选用

Q355钢,其屈服强度为391MPa),由此表明在节点加载过程中,节点梁柱构件始终保持弹性状态。

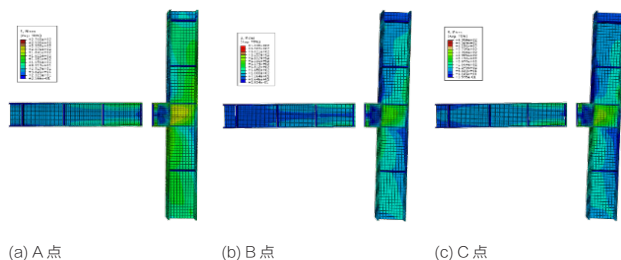


图7 节点梁柱应力云图

### 三、结论

本文提出了一种损伤可控梁柱节点,并基于数值模拟分析结

果对其全受力过程下的力学机理进行分析,得到以下结论:

(1) 数值模拟得到的滞回曲线和破坏模态与试验结果均吻合良好,验证了数值模型中材料本构、单元选取、网格划分、接触关系及边界条件设置的合理性。

(2) 损伤可控梁柱节点在受力全过程中主要经历滑移板滑移、螺栓挤压及滑移板塑性破坏三个阶段,滑移板滑移行为对节点的承载能力及破坏模式有着重要影响。

(3) 本文所提的节点在受力全过程中破坏主要集中于耗能钢制铰翼缘连接盖板和滑移板,梁柱主体构件均处于弹性状态,实现损伤集中控制,有利于节点震后快速修复。

### 参考文献

- [1] Miller D K. Lessons learned from the Northridge earthquake [J]. Engineering structures, 1998, 20(4-6): 249-260.
- [2] 陈以一, 贺修樟, 柯珂, 陈越时. 可更换损伤元结构的特征与关键技术 [J]. 建筑结构学报, 2016, 37(02): 1-10.
- [3] Oh SH, Kim YJ, Ryu HS. Seismic performance of steel structures with slit dampers [J]. Engineering Structures. 2009, 31(9): 1997-2008.
- [4] 谢鲁齐, 吴京, 章锦洋等. 可更换耗能连接力学机理及变形性能研究 [J]. 工程力学, 2020, 37(06): 186-195.
- [5] Jiang Z, Yang X, Dou C, et al. Seismic performance of prefabricated corrugated web beam-column joint with replaceable cover plates [J]. Advances in Structural Engineering, 2019, 22(5): 1161-1174.
- [6] 姜子钦, 牛子尧, 张爱林等. 翼缘盖板外置型可恢复功能装配式钢框架抗震性能试验研究 [J/OL]. 建筑结构学报: 1-15[2023-02-19].
- [7] 门进杰, 张智勇, 熊礼全等. 采用端板螺栓连接的可更换耗能梁抗震及可更换性能试验研究 [J/OL]. 工程力学: 1-13[2023-03-09].
- [8] 董晓微, 程小卫, 李易等. 带可更换脚部件装配式剪力墙压弯数值研究 [J/OL]. 工程力学: 1-10[2023-03-09].

# 市政工程项目进度管理研究

唐铁心

武汉市花木有限公司, 湖北 武汉 430000

**摘要：** 本文深入探讨了市政工程项目进度管理，分析了当前市政工程项目进度管理的现状，并识别了影响项目进度管理的关键因素。此外，本文还提出了优化市政工程项目进度管理的具体策略，包括优化进度管理计划、资源配置以及风险管理。通过本文的分析和讨论，为市政工程项目进度管理提供了理论支持和实践指导，有助于提高市政工程项目管理水平和施工效率。

**关键词：** 市政工程；进度管理；项目风险；项目质量

## Research on Progress Management of Municipal Engineering Projects

Tang Tiexin

Wuhan Flower and Wood Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430000

**Abstract：** This article delves into the progress management of municipal engineering projects, analyzes the current status of progress management in municipal engineering projects, and identifies key factors that affect project progress management. In addition, this article also proposes specific strategies for optimizing the schedule management of municipal engineering projects, including optimizing the schedule management plan, resource allocation, and risk management. Through the analysis and discussion in this article, theoretical support and practical guidance are provided for the progress management of municipal engineering projects, which helps to improve the management level and construction efficiency of municipal engineering projects.

**Key words：** municipal engineering; progress management; project risks; project quality

## 引言

市政工程项目进度管理是保证项目按时完成的关键因素之一。市政工程通常涉及公共安全、环境保护和民生问题等方面，因此项目进度管理必须严格保密，确保项目按时完成。但是，由于项目涉及的各方利益主体较多，加上项目本身的复杂性，市政工程项目进度管理往往存在许多挑战。因此，对市政工程项目进度管理进行研究，找出其中的问题并提出有效的解决方案，对于保证项目的顺利进行和按时完成具有重要意义。

## 一、市政工程项目进度管理现状分析

### （一）市政工程项目进度管理的主要流程

随着社会经济的稳步增长和科技的进步以及城市化建设规模不断扩大，市政工程项目作为城市化建设中的重要组成部分，其项目管理质量和效率直接影响着市政工程整体规划和建设质量。<sup>[1]</sup>其中，市政工程项目进度管理是项目成功的关键因素之一，对于项目的顺利进行和最终成功具有重要的意义。

在进度制定阶段，通过细化工作分解结构（WBS）到工作包，估计每个工作包的持续时间和资源需求，利用项目管理工具如甘特图和网络图来制定详细进度计划。在资源分配阶段，根据项目需求分配人力、材料和设备资源，确保关键岗位和工序的人力投入。

进度控制涉及监控项目进度、比较计划与实际进展、沟通协调以分析进度偏差原因。<sup>[2]</sup>变更管理要求评估项目实施中的变更请求、决定是否批准并更新进度计划。风险管理包括识别、评估可能影响进度的风险、制定风险应对计划并监控风险。进度优化则是根据项目执行情况调整进度计划、优化资源分配、提高工作效率并采用现代化管理手段和技术。

在项目收尾阶段，需完成所有项目工作，确保交付物质量，对进度管理进行总结，记录经验教训，并提交最终的项目报告和文档。

### （二）市政工程项目进度管理策略的制定标准

#### 1. 施工组织设计的科学性与合理性

市政工程项目施工组织设计需科学合理，包括施工方法选择、顺序确定、资源配置和进度安排。由于项目的个体差异和外

界影响，施工单位需结合自身能力和项目特点制定设计方案，并经过建设单位和政府主管部门的严格审查，以确保其可执行性和合理性。这样的审查有助于应对挑战，指导施工活动顺利进行。

## 2. 平衡造价与工期

市政工程项目进度管理应基于造价和工期的综合考量，设定现实且具挑战性的目标工期。<sup>[3]</sup>合理规划施工进度与成本控制是项目管理的关键，需在保证工程质量的前提下，避免过度追求速度导致成本增加或资源浪费。因此，制定平衡施工进度与成本控制的策略是市政工程项目顺利实施的重要保障。

## 3. 现场监督检查的严格性与细致性

市政工程项目进度管理策略的制定标准强调现场监督检查的严格性和细致性，以确保项目按计划顺利进行。这包括严格遵守施工规范和标准、及时发现和解决问题、确保施工安全、提高施工效率以及加强沟通和协调。现场监督检查应细致地进行，以确保施工质量和安全符合标准，施工进度符合计划，同时促进施工效率的提升。

### （三）项目进度监测和控制技术

#### 1. 项目进度监测

项目进度监测是指通过对项目进度计划实施过程中的实时监控，确保项目能够按照既定的时间节点顺利进行。

（1）进度计划执行情况的监控。通过对比项目实际进度与计划进度，及时发现进度偏差，分析原因，并采取措施进行调整。<sup>[4]</sup>

（2）项目风险的监测。通过对项目风险的识别、评估和监测，确保项目在面临风险时能够及时采取有效应对措施。

（3）项目资源的监测。通过对项目资源的利用情况进行监控，确保项目资源能够合理配置，提高项目进度。

#### 2. 项目进度控制

项目进度控制是指通过采取各种措施，对项目进度进行有效管理，确保项目能够按照计划顺利进行。<sup>[5]</sup>

（1）进度计划调整。根据项目实际进度情况，及时调整项目进度计划，使计划更加合理、科学。

（2）进度目标的修正。对项目进度目标进行修正，使目标更加符合实际情况，降低项目进度风险。

（3）项目进度风险应对。对于项目中出现的风险，要及时制定风险应对措施，降低风险对项目进度的影响。<sup>[6]</sup>

（4）项目进度改进。通过对项目进度过程的分析和总结，不断优化项目进度管理，提高项目进度效率。

## 二、市政工程项目进度管理的影响因素分析

市政工程项目进度管理受到多种内部因素的影响。这些因素包括项目规划与设计、项目团队、项目管理方法、项目资源、项目环境等。

### （一）项目团队

1. 团队成员的专业技能和经验：项目团队成员的专业技能和经验直接影响项目的执行效率和质量。具有丰富经验和高度专业技能的团队成员往往能够更好地预测和解决施工过程中可能出现

的问题，从而减少进度延误。<sup>[7]</sup>

2. 团队成员的责任心和积极性：团队成员的责任心和积极性对于项目的按时完成至关重要。责任心强团队成员会更加注重自己的工作质量和进度，积极寻求解决问题的方法，从而推动项目的顺利进行。

3. 团队成员之间的沟通和协作：市政工程项目通常需要多个专业和部门的协作，因此团队成员之间的沟通和协作能力尤为重要。良好的沟通和协作能够确保信息的准确传递，提高工作效率，避免因沟通不畅导致的进度延误。

4. 团队成员的数量和稳定性：项目团队成员的数量需要根据项目的规模和复杂度进行合理配置。<sup>[8]</sup>同时，团队成员的稳定性也是影响项目进度的一个重要因素。团队成员的频繁更换会导致项目进度受到影响，因为新成员需要时间来熟悉项目和团队。

5. 团队成员的培训和他发展：为团队成员提供适当的培训和发展机会，能够提升他们的专业技能和工作效率，从而有利于项目的进度管理。

6. 团队领导和项目管理能力：项目团队领导的管理能力和决策能力对于项目的进度管理至关重要。一个有效的领导者能够合理分配资源，制定明确的目标和计划，并能够激励团队成员按时完成工作。

### （二）充足的资金

市政工程项目进度管理的影响因素众多，其中充足的资金是确保项目顺利进行的基础。<sup>[9]</sup>

1. 资金筹集和拨付：项目资金的及时筹集和拨付是保证施工进度基础。如果资金筹集困难或拨付不及时，可能会导致施工进度延误，甚至出现停工待料的情况。

2. 资金使用的合理性：项目资金的使用需要合理规划，确保资金能够用于最关键和最紧急的施工环节。不合理地使用可能导致资金浪费，影响施工进度。<sup>[10]</sup>

3. 资金拨付的稳定性：项目资金的拨付需要保持稳定，避免出现因资金不足导致的施工进度波动。稳定的资金拨付有利于项目团队制定和执行施工计划。

4. 资金成本：项目资金的成本也会影响施工进度。高成本的资金可能会导致项目成本上升，从而影响项目的整体进度。

5. 资金风险：项目资金的风险，如汇率风险、利率风险等，也可能影响施工进度。项目团队需要对这些风险进行评估和管理，确保资金的安全和稳定。

### （三）政策法规

政策法规是市政工程项目进度管理中不可忽视的影响因素。

1. 项目审批和许可：市政工程项目在施工前需要获得相关的审批和许可，如环境影响评价、规划许可、施工许可等。审批和许可的流程和时间可能会影响项目的开工时间，进而影响整个施工进度。

2. 政策变化：政策的变化可能会对市政工程项目产生影响，如税收政策、环保政策、土地政策等。政策的变化可能导致项目成本上升，施工计划调整，甚至项目暂停或取消。

3. 法规要求：法规的要求，如建筑法、劳动法、安全生产法



等，会对市政工程施工过程产生重要影响。项目团队需要遵守法规的要求，否则可能会面临罚款、停工等后果，影响施工进度。

4. 政府支持和优惠政策：政府支持和优惠政策，如财政补贴、税收减免等，能够为市政工程项目提供资金和政策上的支持，有利于项目的顺利进行。

5. 社会责任和公共安全：政策法规要求市政工程项目承担社会责任，保障公共安全。项目团队需要遵守相关的要求，如环保、节能、减排等，这可能会影响施工进度。

#### （四）自然环境

1. 气象条件：天气变化对施工进度有直接影响。极端天气事件，如暴雨、洪水、台风、高温和寒冷天气，都可能迫使施工活动暂停，影响施工进度。例如，雨天可能阻碍户外作业，而冬季低温可能影响混凝土的凝固。

2. 地质条件：地质状况对基础工程和地下施工有重要影响。不稳定的土壤、高地下水位、岩石层和其他地质问题可能导致施工延误，因为需要采取额外的工程措施来解决这些问题。

3. 地形地貌：项目地点的地形地貌可能影响施工方法和材料运输。例如，山区或狭窄的城市地区可能需要特殊的施工技术和设备，这可能会增加施工时间和成本。

4. 生态保护：项目施工可能受到周围生态环境的限制，如保护特定物种、湿地或自然公园。这些保护措施可能要求项目采取额外的保护措施或改变施工计划，从而影响施工进度。

5. 季节性影响：某些施工活动可能受到季节性因素的影响，如植物生长季节、迁徙季节等。这些因素需要在施工计划中加以考虑，以避免对生态环境的破坏或施工活动的延误。

### 三、市政工程项目进度管理的优化策略

#### （一）进度管理计划的优化

为了确保市政工程施工的整体施工进度得到有效管理，必须建立一个高度明确且具体的施工进度管理制度。这要求项目团队明确施工进度管理的目标，以此为基础，结合现有的施工进度管理制度，进行制度的建立、改进和持续的优化完善。施工进度管理制度的执行必须严格遵循既定的标准，以科学有效的方式进行市政工程施工的管理控制工作。

在明确工程项目的具体标准和目标进度之后，需要辅以一整套严格的监督管理机制和奖惩机制，以确保施工进度管理制度得到有效执行。这包括明确各个管理岗位的职责，合理划分管理责任，并定期对施工管理人员进行考核。通过这样的监督管理和奖惩机制，可以约束施工进度管理人员的行为，确保他们严格依据施工进度管理制度进行施工进度和施工质量的监管。这样的制度安排将确保市政工程施工的进度管理有章可循，为项目的顺利进行提供了坚实的制度保障。

#### （二）资源配置的优化

为提升市政工程施工的进度管理效率，项目团队应采纳现代化管理手段，如建筑信息模型（BIM）和项目管理软件，以实现

项目进度、资源和成本等信息的高效集成和管理。同时，应优化人力资源配置，确保关键岗位和工序的人力需求得到满足，并通过培训和激励提高员工工作效率。材料和设备的配置也应根据项目需求提前规划，以减少浪费。质量管理应严格执行，以避免进度延误。

此外，强化沟通与协作、合理安排施工计划、加强变更管理、强化现场管理，并建立预警机制，都是确保项目按计划推进的关键措施。项目团队还应持续改进，优化管理流程和方法，以提高项目管理水平。

#### （三）风险管理的优化

为优化市政工程施工进度管理中的风险管理，项目团队应采取全面的风险管理策略。<sup>[10]</sup>项目团队应进行系统的风险识别，包括识别项目进度、资源、成本和质量等方面的潜在风险。

应对识别出的风险进行评估，分析其发生的可能性和对项目的影响程度。然后，根据风险评估结果，制定相应的风险应对策略，包括风险规避、减轻、转移和接受等。同时，项目团队应建立完善的风险监控机制，对项目实施过程中出现的风险进行实时监控和预警，及时采取措施应对。

此外，项目团队还应不断总结经验教训，提高对项目风险的认识和应对能力，从而更好地控制项目进度，确保项目按计划、高质量地完成。

### 结束语

在市政工程施工的进度管理研究中，通过对项目进度的监控和控制，可以有效地提高项目的效率和质量，减少项目延误和成本超支的风险。同时，通过有效的进度管理，可以提高项目管理人员的效率和能力，促进项目的顺利完成。因此，市政工程施工的进度管理研究对于促进市政工程施工的顺利进行，提高项目管理水平，推动市政建设事业的发展具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 陈振. 关于市政建设工程项目进度管理策略的思考[J]. 居业, 2022,(12):130-132.
- [2] 杨志锐. 市政工程项目进度管理探讨[J]. 住宅与房地产, 2021,(30):65-66.
- [3] 刘丽娜. 探讨市政工程施工管理中的进度控制要点[J]. 绿色环保建材, 2021,(08):118-119.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2021.08.058.
- [4] 周翔. 市政工程施工管理施工进度控制要点剖析[J]. 城市建筑, 2021, 18(03):196-198.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2021.03.58.
- [5] 许曾斌. 浅谈市政工程施工进度控制与管理[J]. 智能城市, 2020,6(10):106-107. DOI:10.19301/j.cnki.zncs.2020.10.056.
- [6] 苏金辉. 市政工程施工进度有效管理论述[J]. 居舍, 2020,(15):168.
- [7] 魏巍. 市政工程施工进度控制要点探讨[J]. 建材与装饰, 2020,(14):21+24.
- [8] 吴开棚. 市政工程施工管理施工进度控制要点剖析[J]. 黑龙江交通科技, 2020,43(03):201+203.DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2020.03.106.
- [9] 李剑霞. 市政工程施工管理施工进度控制要点探析[J]. 建材与装饰, 2020,(05):146-147.
- [10] 梁靓. 简析市政工程施工管理施工进度控制要点[C]//中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2022工程建设与管理研讨会论文集. 重庆公用事业建设有限公司, 2022:3.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.015123.

# 煤矿智能化开采技术研究与应用

祁园园

鄂尔多斯市能源局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要：** 本文针对煤矿智能化开采技术的现状和发展趋势, 对智能化开采技术的原理、技术和应用进行了分析和探讨。介绍了智能化开采技术的定义和发展历程, 然后详细介绍了智能化开采技术的核心技术和应用, 探讨了智能化开采技术在煤矿产业中的应用前景和挑战。

**关键词：** 煤矿智能化; 开采技术; 智能化; 核心技术和应用; 产业前景和挑战

## Coal Mine Intelligent Mining Technology Research and Application

Qi Yuanyuan

Ordos Energy Bureau, Inner Mongolia, Ordos 017000

**Abstract：** This paper analyzes and discusses the principle, technology and application of intelligent mining technology for the current situation and development trend of coal mine intelligent mining technology. It introduces the definition and development history of intelligent mining technology, then describes in detail the core technology and application of intelligent mining technology, and discusses the prospects and challenges of the application of intelligent mining technology in the coal mining industry.

**Key words：** intelligent coal mining; mining technology; intelligent; core technology and application; industrial prospects and challenges

## 引言

随着我国经济的持续发展, 能源需求不断增长, 煤矿作为主要的能源来源之一, 其开采技术的提高成为了当务之急。传统的煤矿开采技术已经难以满足现代社会对能源的需求, 尤其是在环保、安全和高效方面存在较大的局限性。因此, 研究煤矿智能化开采技术具有重要的理论和实践意义。

## 一、煤矿智能化开采技术概述

### (一) 煤矿智能化开采技术的定义

智能化开采技术是指利用现代信息技术、自动化技术、智能化技术等手段, 实现煤矿的开采过程的自动化、数字化和智能化, 从而提高煤矿的生产效率、降低生产成本、减少人员伤亡和环境污染的一种新型开采技术。

### (二) 煤矿智能化开采的特点

1. 自动化: 智能化开采技术通过自动化控制系统实现煤矿的开采过程的自动化控制, 包括采煤、运输、提升等各个环节。
2. 数字化: 智能化开采技术通过数字化技术实现煤矿生产数据的实时采集、传输、处理和分析, 从而实现煤矿生产过程的可视化和智能化管理。
3. 智能化: 智能化开采技术通过智能化算法和人工智能技术实现煤矿生产过程中的智能决策、智能控制和智能优化, 提高煤矿生产效率和降低生产成本。
4. 安全可靠: 智能化开采技术通过安全监控系统实现煤矿生产过程中的安全监控和预警, 提高煤矿生产过程中的安全性。

5. 环保节能: 智能化开采技术通过节能技术和环保技术实现煤矿生产过程中的能源节约和环境保护, 降低煤矿生产对环境的影响。

### (三) 煤矿智能化开采技术发展历程

#### 1. 传统的人工采煤阶段

在这个阶段, 煤矿开采主要依靠人工进行, 包括挖掘、运输、装载等各个环节。这种采煤方式劳动强度高、效率低, 且存在较大的安全隐患。工人需要在狭窄、危险的地下环境中进行长时间的体力劳动, 容易导致疲劳和意外事故。同时, 由于人工操作的局限性, 开采效率受到很大限制, 难以满足日益增长的市场需求。

#### 2. 机械化的采煤阶段

随着机械化技术的引入, 煤矿开采经历了从传统手工到现代机械化的转变。钻机、割煤机等先进设备的运用, 不仅极大地提高了劳动效率, 降低了工人的劳动强度, 还显著减少了事故发生的概率。这些设备的自动化和智能化水平不断提升, 使得煤矿生产更加安全、高效, 同时也推动了煤矿产业的整体技术进步和产业升级。

### 3. 自动化采煤阶段

在这个阶段，煤矿开采开始采用自动化设备进行采煤，如自动化割煤机、输送机等。这些设备能够实现煤矿的开采、运输等环节的自动化控制，进一步提高生产效率，降低劳动强度，同时减少人为因素带来的事故风险。

### 4. 智能化采煤阶段

随着信息技术的飞速发展，尤其是互联网、大数据、人工智能等技术在煤矿领域的应用，煤矿智能化开采技术应运而生。煤炭是社会生产的主要能源，为保证煤炭开采的效率和质量，将智能化技术应用其中，能够为煤矿的发展提供核心技术支持。<sup>[1]</sup>

在这个阶段，煤矿的开采、运输等环节实现完全的自动化控制，通过大数据分析进行智能化决策，从而提高煤矿的开采效率、降低生产成本，同时更加有效地保障矿工的安全。

## （四）煤矿智能化开采设备选型与配套

煤矿智能化开采设备选型与配套是煤矿智能化开采技术研究与应用的重要组成部分。<sup>[2]</sup>在选型与配套过程中，需要充分考虑煤矿地质条件、煤层厚度、开采工艺等因素，以确保设备能够满足实际生产需求。

在选择煤矿开采设备时，需要根据煤矿的地质条件和煤层特点进行综合考虑。要选择适合煤层厚度和倾斜度的采煤机，以确保有效切割和高效生产。输送机的型号和容量应与采煤机的生产能力相匹配，以保证煤炭的顺畅运输。此外，液压支架的选择应考虑到矿井的压力情况和支护需求，以确保工作面的稳定和安全。

要考虑设备的智能化程度，选择具有远程监控、自动化控制等功能的高性能设备，以提高生产效率和安全性。此外，还需要考虑设备的配套问题，包括电气系统、监控系统、通信系统等，以确保设备之间的协同工作和数据传输的稳定性。在设备选型与配套过程中，还要充分考虑设备的可靠性、维护成本和售后服务等因素，以降低生产成本和提高设备的利用率。

## 二、煤矿智能化开采技术原理与应用

### （一）矿井自动化技术

矿井自动化技术是煤矿智能化开采技术的重要组成部分，其应用可以提高煤矿生产效率，降低人工成本，减少人为因素对生产的影响，提高生产安全性，减少环境污染等。

1. 采煤机：采煤机是煤矿自动化技术中最重要的设备之一，能够自动化地进行采煤作业，提高生产效率。采煤机通常装有自动化操作系统，包括传感器、控制器、执行器等，能够实现自主导航、路径规划、采煤作业等多种功能。

2. 输送机：输送机是煤矿中重要的运输设备，能够将煤炭从采煤现场运输到选矿厂等地方。输送机自动化技术可以实现输送机的自动控制、故障检测、维护保养等功能，提高输送机的运行效率和可靠性。

3. 矿井机器人：矿井机器人是一种能够在煤矿中进行自动化作业的机器人，可以进行探测、传感、挖掘、运输等多种作业。

矿井机器人的应用可以减少人工危险，提高生产效率和安全性。

4. 智能监测与控制系统：智能监测与控制系统可以对煤矿的生产环境、设备运行状态等进行实时监测和控制，及时发现和处理问题，提高生产效率和安全性。<sup>[3]</sup>智能监测与控制系统可以通过云计算、大数据等技术实现数据分析和处理。

5. 自动化调度系统：自动化调度系统可以对煤矿的生产进行实时调度和控制，根据实际情况调整生产计划和资源配置，提高生产效率和安全性。自动化调度系统可以通过云计算、人工智能等技术实现智能化调度。

### （二）矿井自动化系统组成

矿井自动化系统是指利用现代自动化技术，实现煤矿开采过程中的信息化、数字化、智能化，提高生产效率、降低成本、保障安全的系统。

1. 传感器和监测系统：在矿井中安装各种传感器和监测系统，收集煤矿的内部状态信息，如温度、湿度、瓦斯浓度、水分、矿压等，实时监测矿井的运行状态，及时发现异常情况，保障矿井生产的安全。

2. 数据采集与处理系统：对传感器和监测系统采集到的数据进行处理、分析和存储，为矿井生产管理提供决策支持，同时也可以对矿井的运行状态进行实时监控和故障诊断。

3. 控制与执行系统：煤矿自动化控制系统通过集成传感器、执行器、计算机和网络技术，对矿井的通风、排水、提升、供电等关键生产环节进行实时监测和精确控制。<sup>[4]</sup>这些系统通过预设的程序和先进的数据处理能力，自动调节设备运行状态，优化生产流程，提高作业效率和安全性，减少人力成本，确保矿井生产过程的连续性和稳定性。

4. 信息传输与处理系统：利用信息传输与处理系统，将矿井自动化系统采集到的数据传输到矿井生产管理平台，进行实时监控和数据分析，同时也可以进行历史数据查询和数据分析。

5. 矿井生产管理平台：矿井生产管理平台是对矿井自动化系统进行集中管理和控制的平台，可以实时监控矿井的运行状态，进行故障诊断和处理，同时也可以进行矿井生产计划的管理和调度。

6. 人员操作与监控系统：矿井自动化系统还需要有人员操作与监控系统，对矿井生产过程中的重要设备进行人工操作和监控，同时也可以对矿井自动化系统进行监控和管理。

### （三）矿井自动化技术的主要应用

1. 井下监测系统：通过采用各种传感器和监测设备，实时采集矿井内的各种参数，如温度、湿度、瓦斯浓度等，为矿井生产提供安全、可靠的信息。

2. 提升机自动控制系统：采用计算机监控和自动控制系统，实现矿井提升机的自动运行，提高矿井生产效率，降低人力成本。

3. 矿井运输系统自动控制：通过采用各种传感器和自动控制系统，实现矿井运输系统的自动化运行，提高运输效率，降低事故风险。

4. 矿井自动化集成与调度系统：通过将各种矿井自动化技术



集成到一个统一的信息平台上,实现矿井生产信息的实时采集、处理和传输,为矿井生产提供智能化、网络化的支持。

#### (四) 矿井自动化技术的发展趋势

1. 矿井自动化技术的智能化:随着人工智能、大数据等技术的发展,矿井自动化技术将更加智能化,实现对矿井生产过程的实时监测、预测和优化控制。

2. 矿井自动化技术的网络化:随着物联网、云计算等技术的发展,矿井自动化技术将实现更广泛、更深入的信息交换和共享,提高矿井生产效率。

3. 矿井自动化技术的绿色化:未来矿井自动化技术将在保障生产效率的同时,更加注重环保和可持续发展,实现矿井生产的绿色化。

### 三、煤矿智能化开采技术发展策略与建议

#### (一) 政策支持与资金投入

煤矿智能化开采技术的发展策略离不开政策支持和资金投入的重要推动作用。<sup>[5]</sup>政策支持方面,国家和地方政府应出台一系列鼓励煤矿智能化开采技术研究和应用的政策,包括税收优惠、研发补贴、市场准入等方面。同时,建立和完善煤矿智能化开采技术的标准和规范体系,确保技术的健康发展和应用的安全性。此外,支持和鼓励企业、高校和研究机构之间的合作,推动产学研一体化,加快技术创新和成果转化。在资金投入方面,加大财政资金对煤矿智能化开采技术研究和应用的支持力度,设立专项资金,支持关键技术和设备的研发。<sup>[6]</sup>同时,鼓励和引导社会资本投入煤矿智能化开采技术的研发和应用,形成多元化的投资体系。通过这些政策支持和资金投入的措施,可以为煤矿智能化开采技术的发展创造良好的外部环境,推动行业的技术进步和转型升级,实现煤矿生产的智能化、高效化和安全化。

#### (二) 技术创新与研发

煤矿智能化开采技术的发展策略中,技术创新与研发是核心驱动力。<sup>[7]</sup>为推动技术创新,需加强研发投入,鼓励企业与高校、科研机构合作,共同开展关键技术和核心设备的研发。同时,要关注国际先进技术的动态,通过引进、消化、吸收和创新,提升

我国煤矿智能化开采技术的水平。此外,还需加强技术人才培养和技术团队建设,为煤矿智能化开采技术的创新发展提供人才支持。<sup>[8]</sup>通过这些措施,可以不断推动煤矿智能化开采技术的进步,实现煤矿生产的高效、安全和环保。

#### (三) 人才培养与培训

煤矿智能化开采技术的发展策略中,人才培养与培训是关键环节。<sup>[9]</sup>为满足煤矿智能化开采技术发展的需求,应加强对技术人才的培养和培训。在高校和职业学校设置相关专业和课程,培养具备煤矿智能化开采技术专业知识和技能的人才。鼓励企业与高校、研究机构合作,共同培养实践能力强、创新意识高的技术人才。同时,加强对在职人员的技术培训,提高其技能水平和适应新技术的能力。此外,建立健全人才培养和激励机制,吸引和留住优秀人才,为煤矿智能化开采技术的创新发展提供人才支持。

#### (四) 企业合作与交流

煤矿智能化开采技术的发展策略中,企业合作与交流是推动技术创新和应用的重要手段。为促进煤矿智能化开采技术的发展,企业应积极与其他企业、高校和科研机构建立合作关系,共享资源和技术成果。<sup>[10]</sup>通过合作研发、技术交流、联合推广等方式,企业可以共同解决技术难题,推动技术进步和创新。此外,企业还可以通过参加行业展会、论坛和研讨会等活动,与国内外同行进行交流和学

### 结束语

随着科技的不断进步和我国能源事业的快速发展,煤矿智能化开采技术逐渐成为研究热点。煤矿智能化开采技术在提高生产效率、降低能耗和减少环境污染等方面具有重要意义。然而,煤矿智能化开采技术在实际应用过程中仍面临诸多挑战,如技术不成熟、设备可靠性不高、投资成本较高等。因此,未来煤矿智能化开采技术的研究与应用应着力于突破关键技术,提高设备性能,降低生产成本,实现绿色、高效、可持续的开采。

### 参考文献

- [1] 王辉. 煤矿智能化关键技术研究与应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022,(24):139-141.DOI:10.13487/j.cnki.imce.023102.
- [2] 郭伟. 5G+煤矿综采工作面智能化开采技术与设备应用探析[J]. 自动化应用, 2022,(12):46-48+51.DOI:10.19769/j.jzdyh.2022.12.010.
- [3] 乔卫民. 煤矿综采工作面智能化开采技术应用[J]. 矿业装备, 2022,(06):14-15.
- [4] 陈玉峰. 煤矿综采工作面智能化开采技术发展应用及分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022,(17):51-53.DOI:10.13487/j.cnki.imce.022649.
- [5] 宋冰清, 郑开明. 对煤矿综采工作面智能化开采技术的应用[J]. 中国新通信, 2022,24(14):65-67.
- [6] 许宝. 对煤矿综采工作面智能化开采技术的应用分析[J]. 当代化工研究, 2022,(02):108-110.
- [7] 吴前进. 煤矿开采装备智能化技术的应用研究[J]. 机械管理开发, 2021,36(11):277-279.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2021.11.116.
- [8] 裴新宇. 关于智能化技术和装备在我国煤矿开采质量中应用和发展探析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021,41(15):173-174.
- [9] 高洋. 煤矿智能化开采技术的应用及启示[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020,(19):44-45.DOI:10.13487/j.cnki.imce.018588.
- [10] 张彩峰. 塔山煤矿综采放顶煤工作面智能化开采技术的探讨及应用[J]. 煤矿机电, 2018,(02):68-73.DOI:10.16545/j.cnki.cmet.2018.02.022.



# 海上风电运维船航行节能技术与绿色船舶设计研究

薛晨昊

上海构斯海洋工程有限公司, 上海 200041

**摘要：** 随着海上风电产业的迅速发展，海上风电运维船的节能技术与绿色船舶设计愈发受到关注。针对该议题展开研究，探讨了海上风电运维船航行节能技术及绿色船舶设计的相关问题。通过分析节能技术在船舶运行中的应用，以及绿色船舶设计的原则与实践，提出了一系列可行的方案和建议，促进海上风电运维船的能效优化和环保效益提升。

**关键词：** 海上风电；运维船；节能技术；绿色船舶设计；能效优化

## Research on Navigation Energy Saving Technology and Green Ship Design for Offshore Wind Power Operation and Maintenance Vessel

Xue Chenhao

Shanghai Gousi Offshore Engineering Co., Ltd, Shanghai 200041

**Abstract：** With the rapid development of offshore wind power industry, the energy-saving technology and green ship design of offshore wind power transportation and maintenance vessels are getting more and more attention. The research on this topic discusses the energy-saving technology and green ship design of offshore wind power transportation and maintenance vessels. By analyzing the application of energy-saving technologies in ship operation and the principles and practices of green ship design, a series of feasible solutions and recommendations are proposed to promote the optimization of energy efficiency and environmental protection benefits of offshore wind power operation and maintenance vessels.

**Key words：** offshore wind power; operation and maintenance vessel; energy-saving technology; green ship design; energy efficiency optimization

### 引言：

随着全球对可再生能源的不懈追求，海上风电产业蓬勃发展。然而，随之而来的是对海上风电运维船节能和环保性能的更高要求。在这一背景下，研究海上风电运维船航行节能技术与绿色船舶设计显得尤为重要。本文旨在深入探讨此议题，通过分析节能技术与绿色设计在海上风电行业的应用，为提升海上风电运维船的能效与环保水平提供新思路与方案。

### 一、海上风电运维船节能技术概述

随着全球对可再生能源的需求不断增长，海上风电作为清洁能源的重要组成部分正在迅速发展。而海上风电运维船作为维护和管理海上风电设施的关键工具，其节能技术的应用日益受到关注。本节将对海上风电运维船节能技术进行概述，以探讨其在提高能效和降低环境影响方面的重要性和应用情况。

1. 节能技术的重要性：海上风电运维船作为连接陆地和海上风电场的纽带，承担着维护和管理风电设施的重要任务。然而，其航行和作业过程中需要消耗大量能源，导致能源成本高昂且环境影响显著。因此，节能技术的应用成为提高运维船能效和降低运营成本的关键手段。通过采用先进的节能技术，可以有效减少能源消耗，降低温室气体排放，实现绿色、可持续的运维船航行。

2. 节能技术的应用：海上风电运维船的节能技术主要包括船体设计优化、动力系统改进、航行管理和能源管理等方面。在船

体设计上，通过采用轻量化材料和流线型设计，减小船体阻力，提高船舶航行效率；在动力系统方面，采用高效节能的发动机和传动系统，以及使用清洁能源替代传统燃料，如 LNG 或液化天然气；航行管理方面，利用先进的航行控制系统和智能航线规划，优化船舶航行路径，减少航行阻力和能耗；能源管理方面，则通过监控和优化能源消耗，实现船舶能源的高效利用和管理。这些节能技术的应用可以有效降低海上风电运维船的能源消耗和环境污染，提高其运行效率和环保性能。

3. 未来发展趋势：随着节能技术的不断发展和完善，海上风电运维船的节能潜力将进一步释放。未来，可预见的发展趋势包括：一是新材料和船体设计技术的不断创新，将进一步降低船舶自身阻力，提高船舶航行效率；二是清洁能源技术的快速发展，将推动海上风电运维船向液化天然气、氢能等清洁能源转型，进一步减少温室气体排放；三是智能航行管理和能源管理技术的广泛应用，将实现运维船航行路径的智能优化和能源消耗的精准管理。综上所述，海上风电运维船节能技术的持续发展和应用

将为海上风电产业的可持续发展提供重要支撑，促进清洁能源的更广泛应用和推广。

## 二、绿色船舶设计原则与实践

随着全球对环境保护和可持续发展的关注日益增加，绿色船舶设计成为航运业的重要发展方向之一。绿色船舶设计旨在减少船舶对环境的不利影响，提高船舶的能效和环保性能。本节将从设计原则和实践两个方面对绿色船舶进行探讨，以展示其在航运业的重要性和应用情况。

1. 绿色船舶设计原则：绿色船舶设计的核心原则包括减少排放、提高能效、优化船体结构和利用清洁能源等。通过采用先进的排放控制技术和清洁能源替代传统燃料，如 LNG 或氢能，实现船舶排放的降低和清洁化。通过船体设计的优化和轻量化材料的应用，减小船舶自身阻力，提高船舶的航行效率和能效。利用先进的船舶管理系统和智能航行技术，优化船舶航行路径，减少能耗和环境影响。综合运用这些原则，可以实现船舶的绿色设计和运营，最大程度地减少对环境的影响。

2. 绿色船舶设计实践：在实践中，绿色船舶设计已经得到了广泛的应用和推广。许多航运公司和船舶设计机构积极采用先进的技术和方法，设计和建造绿色船舶。例如，一些航运公司通过更新船舶船体设计和船舶管理系统，实现船舶的能效优化和环保性能提升。一些新型绿色船舶设计已经问世，如液化天然气 (LNG) 动力船、风能辅助船和太阳能船等，这些船舶利用清洁能源替代传统燃料，实现船舶排放的大幅降低和环保性能的提升。一些国际组织和政府部门也出台了一系列政策和法规，鼓励和支持绿色船舶设计和运营，推动航运业向绿色可持续发展方向转型。

3. 未来发展趋势：随着技术的不断发展和航运业对环保和可持续发展的要求日益增加，绿色船舶设计将成为航运业的主流趋势。未来，可预见的发展趋势包括：一是新材料和船舶设计技术的不断创新，将进一步提高船舶的能效和环保性能；二是清洁能源技术的快速发展，将推动船舶向清洁能源转型，如液化天然气、氢能和太阳能等；三是智能船舶管理技术和航行控制系统的广泛应用，将实现船舶的智能化运营和环保性能的优化。综上所述，绿色船舶设计的持续发展和应用将为航运业的可持续发展提供重要支撑，推动航运业向绿色、环保、可持续发展的方向发展。

## 三、船舶运行中的节能技术应用分析

船舶作为海上运输的主要工具，在运行过程中消耗大量能源，产生大量温室气体排放，对海洋环境造成不可忽视的影响。因此，开发和应用节能技术成为减少船舶能源消耗和环境污染的重要途径。本节将对船舶运行中的节能技术应用进行深入分析，以探讨其在提高船舶能效和降低环境影响方面的作用和实践情况。

1. 节能技术在船舶动力系统中的应用：船舶的动力系统是船舶能源消耗的主要部分，因此，在动力系统中应用节能技术对于

提高船舶能效至关重要。目前，常见的节能技术包括先进的动力装置和传动系统、高效的船舶螺旋桨设计、以及利用辅助动力装置如风能和太阳能等。先进的动力装置和传动系统可以提高动力传输效率，减少能源损耗；高效的船舶螺旋桨设计可以降低水动力阻力，提高船舶的航行效率；而利用辅助动力装置如风能和太阳能则可以减少船舶传统燃料的消耗，降低环境污染。

2. 节能技术在船舶航行管理中的应用：船舶航行管理是船舶运行过程中另一个重要的节能领域。通过优化航行路径、控制航速和采用智能船舶管理系统等手段，可以有效减少船舶的能耗和环境影响。优化航行路径可以缩短航程、减少航行阻力，降低能源消耗；控制航速可以根据实际需求灵活调整船舶速度，以最佳速度实现能效优化；而智能船舶管理系统则可以实时监测船舶状态、优化航行计划，并自动调整船舶航行参数，以实现最佳节能效果。

3. 节能技术在船舶能源管理中的应用：船舶能源管理是保障船舶节能效果的关键环节。通过采用先进的能源监控和管理系统，可以实现对船舶能源消耗的实时监测和精准管理，发现并解决能源浪费和不合理消耗问题。此外，通过船舶能源数据的分析和统计，可以为船舶运营提供科学依据和决策支持，进一步提高船舶的能效和环保性能。

4. 未来发展趋势与挑战：未来，随着技术的不断进步和航运业对环保和可持续发展的要求不断增强，船舶运行中的节能技术应用将迎来更加广阔的发展空间。然而，要实现船舶节能技术的全面应用，仍面临着一些挑战，如技术成本高昂、技术标准不统一、船舶运营管理水平不高等。因此，需要政府、行业和企业共同努力，加强技术研发和创新，推动船舶节能技术的广泛应用，促进航运业向绿色、环保、可持续发展的方向转型。

## 四、海上风电运维船能效优化策略探讨

海上风电运维船作为维护和管理海上风电设施的重要工具，其能效优化对于提高运维效率、降低成本和减少环境影响至关重要。本节将探讨海上风电运维船能效优化的策略和方法，以实现节能减排和绿色运营的目标。

1. 船舶航行和作业优化：船舶航行和作业优化是海上风电运维船能效优化的重要策略之一。通过优化船舶的航行路径和航行速度，可以减少船舶在航行过程中的能源消耗和排放。采用先进的航行控制系统和智能航线规划技术，可以实现船舶航行路径的智能优化，选择最优航线和最佳航速，减少船舶的航行阻力和能耗。此外，通过优化船舶的作业计划和作业流程，可以提高运维效率，降低船舶的停泊时间和作业时间，进一步减少能源消耗和排放。船舶航行和作业优化策略的应用可以有效提高海上风电运维船的能效和环保性能，实现节能减排和绿色运营的目标。

2. 动力系统和能源管理优化：动力系统和能源管理优化是海上风电运维船能效优化的关键策略之一。船舶的动力系统和能源管理直接影响船舶的能效和环保性能。通过采用高效节能的动力系统和传动系统，以及使用清洁能源替代传统燃料，可以有效降

低船舶的能源消耗和排放。同时，通过采用船舶能源管理系统和船舶监控系统，可以实时监测和优化船舶的能源消耗，提高船舶的能效。此外，通过采用节能设备和技术，如节能航行设备和节能辅助设备，可以进一步降低船舶的能源消耗和排放。动力系统和能源管理优化策略的应用对于实现海上风电运维船的节能减排和绿色运营具有重要意义。

3. 技术创新和政策支持：技术创新和政策支持是海上风电运维船能效优化的重要保障。通过开展技术创新和研发，可以推动节能技术和清洁能源技术的应用，提高海上风电运维船的能效和环保性能。同时，政府部门和国际组织应加大政策支持力度，出台鼓励和支持节能减排和绿色运营的政策和法规，促进海上风电运维船能效优化和环保性能的提升。综上所述，船舶航行和作业优化、动力系统和能源管理优化、以及技术创新和政策支持是实现海上风电运维船能效优化的关键策略和方法，将为海上风电产业的可持续发展和绿色运营提供重要支撑。

## 五、环保效益提升的关键措施

海上风电运维船的环保效益提升是实现绿色运营和可持续发展的关键之一。本节将探讨环保效益提升的关键措施，以实现海上风电运维船的节能减排和环保性能的进一步提升。

1. 清洁能源的应用：清洁能源的应用是提升海上风电运维船环保效益的重要措施之一。传统的燃料燃烧会产生大量的排放物，对环境造成严重污染。而采用清洁能源，如液化天然气(LNG)、氢能和太阳能等，可以有效减少排放物的产生，实现船舶的零排放或低排放运营。近年来，液化天然气(LNG)动力船和氢能动力船等新型清洁能源船舶已经问世，并逐渐得到航运公司和船舶设计机构的推广和应用。未来，随着清洁能源技术的不断发展和成熟，清洁能源将成为海上风电运维船的主要动力来源，进一步提升其环保效益。

2. 船舶节能技术的应用：船舶节能技术的应用是提升海上风电运维船环保效益的另一个关键措施。船舶在航行和作业过程中消耗大量的能源，而采用节能技术可以有效降低能源消耗和排放。例如，通过船体设计优化和流线型设计，减小船舶的阻力；通过采用高效节能的动力系统和传动系统，以及使用节能设备和技术，如节能航行设备和节能辅助设备，进一步降低能源消耗和排放；通过采用智能航行管理系统和船舶能源管理系统，优化船舶的航行路径和能源消耗，提高船舶的能效。这些船舶节能技术的应用可以有效提升海上风电运维船的环保效益，实现节能减排和绿色运营的目标。

3. 环保政策和法规的支持：环保政策和法规的支持是提升海上风电运维船环保效益的重要保障。政府部门和国际组织应加大政策支持力度，出台鼓励和支持节能减排和绿色运营的政策和法规，推动海上风电运维船向清洁、环保、可持续发展的方向发展。例如，建立和完善环保和节能减排的激励机制和奖励政策，推动航运公司和船舶设计机构积极采用清洁能源和节能技术，提高海上风电运维船的环保性能；加强环保监管和执法力度，加大对违规排放和污染行为的惩处力度，维护海洋环境的生态安全。这些环保政策和法规的支持将为海上风电运维船环保效益的提升提供重要保障，促进海上风电产业的可持续发展和绿色运营。

## 结语：

在海上风电运维船的节能技术、绿色船舶设计、节能技术应用和环保效益提升等方面的探讨中，我们深入剖析了海上风电产业的可持续发展之路。通过不懈的努力，我们能够实现海上风电运维船的节能减排、绿色运营、环保效益提升的目标，为清洁能源的推广和海洋环境的保护做出更大贡献。愿我们的努力使海上风电产业更加繁荣，为构建更加美好的未来贡献力量。

## 参考文献：

[1] 李丽旻. 海上风电运维船升级进行时 [N]. 中国能源报, 2022-05-02(012).DOI:10.28693/n.cnki.nshca.2022.000957.  
[2] 王菲, 严辉煌, 张竹, 方晶, 沈星星, 王九华. 国内海上风电运维船发展现状与经济性评估 [J]. 船舶标准化工程师, 2023,56(04):70-76.DOI:10.14141/j.31-1981.2023.04.015.  
[3] 谢云平. 海上风电运维船舶型及设计研究 [J]. 船舶工程, 2020,42(12):26-31.  
[4] 李绿琴. 海上风电运维船的发展探究 [J]. 科技创新与应用, 2019(34):77-78.  
[5] 陈钊西, 柯逸思, 张忠中, 王磊, 李达. 国内海上风电运维船发展现状与分析 [J]. 风能, 2017(12):40-44.

# 煤炭企业数字化转型探究

高娜

北京天玛智控科技股份有限公司, 北京 101300

**摘要：**在社会经济水平日益提升背景下，煤炭资源需求量非常大。目前，在煤炭市场中，存在很大的竞争压力，因此企业一定要加大转型力度，朝着数字化的方向发展。在现代科学技术持续研发背景下，煤炭企业急于创新，从数字化转型角度出发，逐渐在激烈的市场竞争环境中脱颖而出。所以，本文重点阐述了煤炭企业数字化转型方向，同时分析出转型的问题与策略，希望为相关工作者带来有价值参考。

**关键词：**煤炭企业；数字化；方向；转型问题；策略

## Exploration of Digital Transformation of Coal Enterprises

Gao Na

CCTEG Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., Ltd, Beijing 101300

**Abstract：** In the context of increasing social and economic level, the demand for coal resources is very large. At present, in the coal market, there is a great deal of competitive pressure, so enterprises must increase the transformation efforts, towards the direction of digital development. In the context of the continuous research and development of modern science and technology, coal enterprises are eager to innovate and gradually stand out in the fierce market competition environment from the perspective of digital transformation. Therefore, this paper focuses on the direction of digital transformation of coal enterprises, and at the same time analyze the problems and strategies of transformation, hoping to bring valuable reference for related workers.

**Key words：** coal enterprise; digitalization; direction; transformation problems; strategy

### 前言：

现阶段，在提高煤炭企业数字化转型速度与效果过程中，意识到清洁型煤炭资源利用率，积极探索出新型能源体系，确保煤炭企业的安全生产，提升企业经营与发展效益。在新时期社会持续发展背景下，煤炭企业要抓住科技的力量，推动企业良好转型，把现代化科学技术的应用优势和价值充分发挥出来，有助于煤炭企业未来长远稳定发展。

## 一、煤炭企业数字化转型方向

### （一）实行智能化平衡发展模式，保证能源供给更加稳定

基于我国煤炭资源的丰富性，加上煤层储存条件的复杂性与繁琐性，因此各个区域的煤炭资源开采技术有所很大的区别。所以，在这一发展条件影响下，我国煤矿智能化发展效果也不容乐观，呈现出不平衡的发展现象。比如，煤炭企业规模，也是重要的影响因素之一。一般情况下，随着媒体企业规模的逐步扩大，积极引进各种新兴的科学技术与设备，促使煤炭企业的发展模式更加自动化、机械 化与智能化，但是应用水平还是停滞不前，同时数字化与信息化的发展速度也比较缓慢。针对一些中小型规模煤矿企业，智能化与数字化发展水平更加低。当前，在煤矿企业智能化发展道路上，很多区域在煤炭企业智能化发展阶段中，具有明显的竞争实力，对煤炭企业的平衡与数字化发展都起到关键性作用，有利于各个区域整体调度水平的提升，进一步提高了能源供给的有效性与合理性。

### （二）提高煤炭企业数字化转型速度，开发新动能

在全新发展环境中，媒体企业的转型与创新，是时代变迁的必然举措。因此，我国煤炭企业的数字化转型正处于起步环节，不仅要加快转型速度，还要注重在新时期经济社会环境对新动能的开发与有效利用。在这一转型道路上，煤炭企业的数字化发展时间比较长，因此企业一定要从多元角度进行着手，特别是在设计层面上，更是要积极运用各种新模式。但是，从我国煤炭企业的实际发展状况来看，很多企业没有从编制角度出发，因此数字化转型缺乏合理性与科学性。在没有进行良好规划情况下，严重影响到煤炭企业的未来发展，数字经济福利获取不佳，限制了企业的经济发展。与此同时，在利用数字化转型手段之后，也可以对煤炭企业组织机构与管理体的优化，使其和企业转型理念契合，妥善解决好各项矛盾与问题。比如，煤炭企业在数字化转型阶段中，存在整体与碎片化供给的问题，需要进一步提高企业的经营和发展效率。另外，在数字化转型环境中，企业要把重心放在对软硬件的升级、优化、技术管理与运维管理等方面上，



以此实现数字化良好转型的目标。在把更多资源的投入和产生进行正比例调整以后，就可以加快技术的更新效率，促使资源与资金的投入价值显著提高，和预期目标一致，有助于后期对数字化资金和资源投入力度的加大。

## 二、煤炭企业数字化转型问题

### （一）转型耐心和决心不够

煤炭企业要想实现数字化转型目标，一定要意识到顶层设计的重要性与必要性，并且确定对应的目标。为了取得良好的数字化转型效果，需要投入更多时间与经历。但是，考虑到该项工作具有系统性的特点，很多煤炭企业存在短期的思想，想要把投入当作产出，进而对传统的经营与发展模式进行创新难度非常大。另外，很多煤炭企业经常通过开展新工程的方式，在短时间内展开集中的建设，对企业的整体发展水平进行信息化与智能化的提升。但是，在这一单一性与片面性的发展模式影响下，其转型工作相当失败。与此同时，还有一些煤炭企业无法意识到编制数字化转型规划路径的重要性，也就限制了数字化在煤炭企业中的落实。

### （二）组织机构与管理体系，和转型缺乏匹配性

从媒体企业的转型理念分析，有些企业在这一创新发展过程中，将转型核心放在数字化上，认为在提高资金投入以后，同时引用各种新技术与手段，就会达到理想的转型效果。在这一过程中，一定要意识到数字化属于企业转型的一种方式，还要为数字化赋能，加快煤炭企业整体业务与体制的创新步伐，不断革新企业运营与管理模式，减轻企业的转型压力，加强企业内部信息部门和智能部门之间的合作，消除工作脱离现象，确保转型的实效。

### （三）过于重视硬件、建设和技术，忽略管理、软件与运维

针对煤炭企业的资金投入，一般会防在硬件设备上，在具体投入过程中存在很多顾虑。另外，过于重视和平台的联系与建设，并且在建设之后，不注重运维，即便是顺利交付使用，不过随着时间的推移，就会产生更多严重的问题。同时，在技术角度上，过于追求新，忽视了协同推进和管理同步。在进行智能化项目建设活动中，很多先进化的技术，都过于依托供应商，自身没有专业性比较强的技术队伍支持，也就会影响到企业日常管理工作质量，经常出现系统和实际管理工作不符的情况，同时系统的运用效果也不达标。

## 三、煤炭企业数字化转型策略

### （一）提高智慧绿色低碳煤矿建设速度

企业数字化转型过程，需要结合媒体企业内部具体情况，了解自身未来发展需求，开展智慧化与绿色化的地铁煤矿活动，进一步加快智能化与智慧化建设与发展速度。在实际落实过程中，对开采模式进行创新，秉持绿色发展思想，促使企业的发展更具有可持续性。在把整个生命周期绿色矿山建设方式都引入以后，

技术人员可以进行科学合理的开采，不会出现自然资源浪费使用的情况，有助于矿井的智能化建设，大大提高了地下空间一体化运用率，在碳能量排放方面也呈现出显著的效果。与此同时，在对煤炭资源展开智能化开采环节中，可以真正解决企业在发展期间存在的问题。比如，借助随掘随采探测技术、智慧煤物联网技术与地质信息系统等，为不同类型煤层储存条件的开采技术有效运用提供良好的条件，有利于技术体系的逐步完善与健全，进一步落实国家提出的绿色和可持续发展的理念。

### （二）提高煤炭企业数字化转型重视程度

煤炭企业在数字化转型这一关键时期，有关政府管理部门一定要对其进行正向的引导与带动，摒弃以往陈旧的思维模式，充分意识到数字化转型的紧迫性，并且从多个视角和方面展开转型。比如，对煤炭企业的体制与机制进行改革、加强顶层设计，积极建设标准化体系与模式，提高数字化生态引入力度。在这些转型措施运用以后，都可以加快煤炭企业的数字化转型与发展速度。在这一过程中，政府有关管理部门，需要对其展开科学指导与宣传，促使煤炭企业所有员工针对数字化转型理念都能达成一致，进而严格按照对应的要求与原则展开日常工作，促使企业转型逐步升级。另外，企业也要将自身的引领作用充分发挥出来，对数字化编制环节进行持续性的挖掘，不断借鉴其他煤炭企业在数字化转型期间运用的优秀模式，以此弥补自身的不足之处。同时，在采用系统性转型思维以后，也可以把多项内容融合到一起，进而渗透到数字化转型的各个环节中，像数字化管理、智能化建设与信息安全建设等。

比如，在一国家能源投资集团中，这一煤炭生产企业的规模十分庞大，目前在积极展开数字化转型活动，并且取得了不小的效果。在提高工业互联网建设力度以后，积极引进现代化的自动生产线与智能化设备，有助于生产过程更加自动化与信息化。在开发属于自己企业的工业互联网平台，也就是神华云，提高煤炭企业内部数据的共享与整合效果，确保总体生产效率，强化数据处理能力。同时，针对企业的数据信息，需要进行大数据化的采集与分析，实行精细化的管理模式，特别是在生产。财务与销售上。在大数据技术的积极投入使用期间，预测与分析出市场需求，为企业的决策提供科学依据。在提高科研投入力度以后，培养出更多先进技术人才，构建健全的研发体系。这一集团获得了我国很多项领先的技术成果，像自动化采煤技术与智能矿山系统等，提高煤炭生产速度的基础上，也控制了企业的生产成本，降低企业人员劳动强度。此外，在对企业管理层级进行精简之后，为基层单位提高更多自主权，保证决策效率。在组织数字化转型领导小组以后，确定各个部门与人员的工作职责，提高数字化转型工作的顺利性与有序性。在运用全面质量管理与精益生产模式以后，保证企业总体运营质量与效率。

### （三）升级数字化转型结构

通过对煤炭数字化转型和产业结构的转型升级，很大程度上推动了企业的绿色化与低碳化发展，促使企业迈向智能化的发展方向。针对煤炭企业的有关管理人员，一定要意识到两者之间的紧密联系，确保产业结构转型升级效果良好呈现，以此成为煤炭

企业数字化转型的关键和重要前提条件，同时也是清洁低碳发展的重要途径，实现煤炭企业高质量发展目标。同时，在现代数字技术的支持下，也可以体现出煤炭企业的数据产业化，根据数字技术和煤炭企业技术的深度融合现状，提高数字化转型效果与速度。另外，在进行统筹发展过程中，数字化转型和产业结构转型的差异，需要进行有序和合理的实施。在打造协同转型措施过程中，实行协同的发展模式，对其进行政策性的支撑与引导，对一些成熟发展模式展开积极的推广与宣传，在两者之间良好协同发展以后，加快转型步伐。

在提高煤矿安全生产水平过程中，数字化转型工作，发挥不可替代的价值。在实时监控上，利用数字化技术，对煤矿机电设备展开实时的监控，像电压值与电流值等，都可以及时识别出设备运行期间存在的问题，进而对其展开准确的判断和预防，降低事故的发生率。同时，在数据驱动决策上，采用数据分析的方式，也可以预测到设备的维护要求，事先维护与保养，减少设备在使用期间出现故障，确保安全生产。另外，借助人工智能技术和大数据技术，对其进行风险评估，按照预警系统，实时监控与预警煤矿区域的安全风险，及时采用对应的措施，防止意外情况发生。

#### （四）打好数字化转型基础

针对一些高水平的基础设备与数字技术，是煤炭企业数字化转型的关键要素，也是基础保障。所以，在实现数字化转型目标阶段中，基础性工作必不可少，特别是在数字技术与煤炭技术等方面，减少问题与矛盾的出现次数。通过企业对一些先进化与现代化的基础工艺、技术研发，分析出一些新型的基础材料与重要零件，有效解决井下定位和数据信息传输的问题，确保数据信息可以连续性的传输，提高地质探测的科学性、快速性与准确性，特别是对一些重要灾害的探究，都可以得到高效与合理的使用。

同时，在加强基础设施建设以过程中，重视对煤炭企业基础设施建设力度的提升，同时积极开展信息化的基础设施建设活动，像传感器与5G基站等。在运用上述措施以后，都可以进一步提高数据传输与接受的速度，为企业的数据信息收集和集成提供重要的帮助。对于数字化和智能化协同发展，对企业的数字化转型也是非常重要的。此外，企业也要积极开展设备和操作系统的智能化、数字化研发活动，设计出无人运输车辆与机械化换人等科研成果，进一步提高企业在生产与运营期间的智能化操作、控制水准。

在煤炭企业数字化转型战略重点上，加强工业互联网建设，以此成为核心基础设施，采用工业互联网，促使煤炭资源的整个生产过程呈现出智能化、自动化与信息化的发展效果，从根本上保证煤炭资源的生产质量与效率。在运用大数据战略过程中，大数据属于数字化转型的重要资源。在大数据技术支撑下，可以对企业数据进行高效的使用，为煤炭企业的决策带来重要的数据支撑。在对技术进行持续性创新过程中，是数字化转型的基础保障，确保煤炭企业自主创新能力的提升同时，也可以强化企业的市场核心竞争力。

## 四、结束语

综上，在社会体制持续变化背景下，数字化转型战略，是煤炭企业未来良好发展的必然举措。因此，企业要明确转型重点与难点，注重对技术的创新与研发，对各项企业内部组织架构进行优化与升级，研发出高效的管理模式，积极参考其他转型成功的企业，进行精益化管理的同时，加强安全管理与控制，为煤炭企业的数字化转型提供智慧化发展渠道，提升自身的发展实力。

## 参考文献:

- [1] 付丹丹, 王向前. 数字化转型对煤炭企业高质量发展的影响研究 [J]. 保定学院学报, 2024, 37 (01): 25-31.
- [2] 王丹识. 煤炭企业数字化转型现状与问题研究 [J]. 中国煤炭, 2023, 49 (12): 14-20.
- [3] 申妍妍, 张美丽, 王思淇. 煤炭企业数字化转型对竞争优势的影响研究 [J]. 煤炭经济研究, 2023, 43 (09): 62-70.
- [4] 刘乐群. 兖矿能源集团数字化转型的绩效后果研究 [D]. 北方工业大学, 2023.
- [5] 袁惊柱. 我国煤炭行业数字化转型面临的机遇及政策建议 [J]. 中国发展观察, 2022, (10): 106-109+128.

# 光伏发电与风力发电并网技术分析与研究

许昌良

贵州元龙综合能源产业服务有限公司, 贵州 贵阳 550081

**摘 要 :** 随着能源需求的不断增长和环境问题的日益突出, 可再生能源成为解决全球能源挑战的重要途径之一。在众多可再生能源中, 光伏发电和风力发电因其清洁、可持续的特性而备受关注。这两种能源形式都具有巨大的潜力, 为实现低碳、可持续能源未来做出贡献。为了充分利用它们的优势, 实现更高效的能源利用, 光伏发电和风力发电并网技术成为研究的焦点之一。本文旨在深入分析光伏发电和风力发电并网技术的现状、挑战和发展趋势。通过对这两种可再生能源的并网技术进行比较研究, 我们将探讨它们在电力系统中的互补性、稳定性以及与传统能源的协同作用, 以期为未来能源转型提供实用性的建议和方向。

**关 键 词 :** 光伏发电; 风力发电; 并网技术

## Analysis and Research on Grid Connection Technology of Photovoltaic and Wind Power Generation

Xu Changliang

Guizhou Yuanlong Integrated Energy Industry Service Co., Ltd. Guiyang, Guizhou 550081

**Abstract :** With the continuous growth of energy demand and the increasingly prominent environmental issues, renewable energy has become one of the important approaches to address global energy challenges. Among many renewable energy sources, photovoltaic (PV) power generation and wind power generation have attracted much attention due to their clean and sustainable characteristics. Both forms of energy have tremendous potential to contribute to a low-carbon and sustainable future. In order to fully utilize their advantages and achieve more efficient energy utilization, grid connection technology for PV and wind power generation has become one of the research focuses. This paper aims to conduct an in-depth analysis of the current status, challenges, and development trends of grid connection technology for PV and wind power generation. Through comparative studies of the grid connection technologies of these two renewable energy sources, we will explore their complementarity, stability in the power system, and synergy with traditional energy sources, aiming to provide practical suggestions and directions for future energy transformation.

**Key words :** photovoltaic power generation; wind power generation; grid connection technology

## 一、光伏发电与风力发电并网技术

可再生能源的广泛利用已成为全球能源发展的主要趋势之一。光伏发电和风力发电是两种领先的可再生能源技术, 它们具有清洁、可持续的特性, 为减缓气候变化和能源安全做出了重要贡献。然而, 要实现对这些能源形式的最大利用, 必须深入研究并网技术, 以确保它们与电力系统的协同运行。本节将分别探讨光伏发电和风力发电的并网技术, 包括集中式并网和分散式并网。

### (一) 光伏发电并网技术

光伏发电作为一种直接将太阳光转换为电能的技术, 已在全球范围内得到广泛应用。为了将光伏发电系统纳入电力系统, 需要高效的并网技术。在集中式并网方面, 大规模的光伏电站通过

输电线路将电能输送到电网中。这种方式具有高效、集中管理的特点, 但也面临输电损耗和地理布局限制的挑战。

另一方面, 在分散式并网中, 小型光伏系统直接连接到终端用户的电网。这种模式降低了输电损耗, 并提高了系统的灵活性。分散式光伏发电系统通常采用智能逆变器和电池存储技术, 以便更好地适应电力系统的波动需求。这为终端用户提供了可再生能源的独立供电解决方案。

无论是集中式还是分散式, 并网技术的发展都需要继续加强对储能技术和智能电网管理系统的研究。通过提高光伏发电系统的可调度性和可控性, 可以更好地整合这种清洁能源, 使其在电力系统中发挥更大的作用。

### (二) 风力发电并网技术

风力发电作为可再生能源的主要来源之一, 同样需要先进的

\* 作者简介: 许昌良 男 党员, 侗族, 1978年1月 贵州省铜仁市石阡县、大学本科、工程师, 现就职于贵州元龙综合能源产业服务有限公司, 主任助理, 研究方向: 电气工程及其自动化专业, 主要研究发电厂及变电站电气、光伏、风电



并网技术以确保其平稳、高效地纳入电力系统。在集中式并网中，大型风力发电场通过高压输电线路将电能传输到电网。这种模式适用于大规模风力发电，但也需要面对地理和气象条件的限制，例如风力资源的不均匀分布和远距离输电的能耗。

另一方面，分散式并网通过将小型风力发电机直接连接到终端用户的电网，实现更灵活的能源供应。这种模式降低了输电损耗，并促使局部社区实现更大程度的能源独立。然而，在分散式风力发电中，需要更好地解决风力资源波动性和系统稳定性的问题，以确保可再生能源的可靠供应。

在光伏发电和风力发电的并网技术中，智能电网技术、高效的储能系统以及先进的电力电子设备将起到关键作用。未来的研究和发展应聚焦于提高并网系统的稳定性、可调度性和可控性，推动清洁能源在电力系统中更广泛地发挥作用。

综上所述，光伏发电和风力发电并网技术的研究是实现可再生能源大规模应用的关键一步。通过集中式和分散式的并网模式，这两种清洁能源形式有望更好地满足不断增长的能源需求，为建设可持续、低碳的能源未来贡献力量。

## 二、优化风力发电与光伏发电并网技术的有效改进措施

### （一）智能化电力电子设备的采用

随着科技的不断进步，智能化电力电子设备的采用成为优化风力发电与光伏发电并网技术的关键一环。这类设备包括智能逆变器、先进的电力电子开关等，它们的引入为系统带来了更高的可调度性和精确的控制能力。智能逆变器能够实时监测电力质量、电压和频率等参数，通过即时响应实现电能的优化转化。这种实时监测和响应系统状态的能力有助于提高系统的鲁棒性，使其更好地适应电力系统的需求变化。

此外，智能化电力电子设备还能与智能电网技术结合，实现对电力系统的智能管理。通过采用先进的通信技术，这些设备能够实现与电网之间的实时通信，通过远程监测和控制，使得整个系统更加灵活。这种智能化的集成为风力和光伏发电系统提供了更高水平的可持续性和稳定性，为清洁能源的大规模应用奠定了基础。

### （二）先进的储能技术的应用

另一个关键的改进措施是先进的储能技术的应用。储能技术在优化风力发电与光伏发电并网系统中发挥着至关重要的作用。传统的电力系统在面对可再生能源的波动性时，往往难以满足需求。而引入先进的储能技术，如高效的钠硫电池、锂离子电池等，能够有效弥补这一缺陷。这些储能系统能够在风力和光伏能源充足时进行存储，并在需求高峰时释放，从而平衡电力系统的负荷，提高电能利用率。

通过储能技术，系统得以存储多余的电能，以备不时之需。这种灵活的电能储存方案有助于解决可再生能源的间歇性输出，使其更好地整合到电力系统中。先进储能技术的应用不仅提高了电力系统的灵活性，还在一定程度上减缓了对传统发电的依赖，

从而实现清洁能源更为可持续的应用。

### （三）高效的电力网络规划与管理

要优化风力发电与光伏发电并网技术，必须进行高效的电力网络规划与管理。这一方面包括合理规划输电线路，降低输电损耗，另一方面涉及到电力系统的整体结构和运行管理。通过采用高效的电力网络规划，可以更好地协调风力和光伏发电系统的运行，提高系统的整体效率。

智能电力系统管理软件的应用也是电力网络规划与管理的关键。这些软件能够实时监测电力系统状态、进行负荷预测、调度发电和储能系统的运行。通过实时控制系统，软件可以灵活地调整发电功率，以适应电力系统的需求变化。这种智能的电力网络规划与管理不仅提高了系统的稳定性，还优化了清洁能源的整合。

### （四）增加并网发电监测力度

为了更全面地优化风力发电与光伏发电并网技术，增加并网发电监测力度是一项至关重要的措施。通过采用先进的监测技术，可以实时监测风力和光照条件，以及发电系统的运行状态。这种实时监测有助于更精准地预测发电量、调整发电系统参数，从而提高发电效率。同时，及时发现设备故障或异常情况，有助于采取预防性维护措施，降低停机时间，提高系统的可靠性和稳定性。

增加监测力度还可以通过采用高精度传感器和监测设备，不断提高对风力和光伏发电系统性能的了解。通过对系统运行数据的深入分析，可以更好地优化系统参数，提高整个并网系统的效率。这种监测力度的提升有助于系统更好地适应电力系统的动态变化，提高清洁能源的整合水平。

### （五）控制并网运行状态

最后，为了实现对风力发电与光伏发电并网系统的细致控制，需要引入先进的控制技术，以保持系统在理想的运行状态。通过采用自动化控制系统，可以实现对发电系统的精准调控，包括发电量、电压、频率等参数的调整。这种实时控制系统有助于协调风力和光伏发电系统之间的协同运行，提高电力系统的稳定性。通过实时控制并网运行状态，可以更灵活地应对电力系统的需求变化，确保清洁能源的平稳输出。

先进的控制技术还能够优化整个发电系统的运行策略。通过建立智能化的发电调度系统，可以实现对发电单元的协同控制，使其更好地适应电力系统的动态需求。这种细致的控制有助于最大程度地发挥风力和光伏发电的优势，确保其在电力系统中的可靠性和稳定性。

在控制并网运行状态方面，还可以引入先进的预测和优化算法。通过对风力和光照等天气因素进行准确的预测，系统可以提前调整发电参数，优化发电计划。这种预测优化的方法有助于减少对传统能源的依赖，提高清洁能源的整合水平，使得电力系统更为可持续和经济。

综合而言，通过引入智能化电力电子设备、先进的储能技术、高效的电力网络规划与管理、增加并网发电监测力度以及控制并网运行状态等多方面的改进措施，可以进一步优化风力发电



与光伏发电并网技术。这些措施相互协作，共同推动清洁能源在电力系统中的广泛应用，为实现可持续、低碳的能源未来打下坚实的基础。

### 结语

本文通过对光伏发电和风力发电并网技术的深入分析，揭示了它们在推动可再生能源发展中的关键作用。尽管这两种技术在

一些方面存在共性，但也面临着一系列挑战，如电力系统稳定性、储能技术不足等。然而，通过创新性的技术研究和政策支持，我们有望克服这些障碍，实现可再生能源在电力系统中更广泛、更可靠地应用。在未来，需要深化跨学科合作，加强工业界与学术界的沟通，共同推动光伏发电和风力发电并网技术的发展。只有通过合作与创新，我们才能更好地实现清洁能源的大规模应用，为构建可持续、低碳的能源未来贡献力量。

### 参考文献

[1] 宋剑侠. 风力与光伏发电的并网技术分析 [J]. 电子乐园, 2022 (12): 298-300.  
[2] 赵斌. 光伏发电与风力发电的并网技术标准探究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2021 (7): 59-60.  
[3] 朱建康. 风力发电和光伏发电并网的问题和对策 [J]. 光源与照明, 2022 (7): 201-203.  
[4] 王莹. 基于深度学习的光伏发电功率短期预测研究 [D]. 2022.  
[5] 李志峰. 风力发电与光伏发电的并网技术 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2023,(第12期): 31-33.  
[6] 谢雨涵. 光伏发电与风力发电并网技术探讨 [J]. 电力设备管理, 2023(22): 29-31.  
[7] 周瑜. 标准化对光伏和风力发电系统性能和可靠性的影响 [J]. 大众标准化, 2023,(第16期): 127-129.  
[8] 张晓琰. 风力和光伏发电技术接入电网的电压控制方法探析 [J]. 光源与照明, 2023(12): 80-82.  
[9] 杨静坤. 风力发电技术和光伏发电技术综合研究 [J]. 数码设计, 2023(13): 126-128.  
[10] 王强. 风力发电技术和光伏发电技术综合分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(6): 29-31.

# 能源数字化技术在智能能源系统中的应用与发展探讨

周磊

国核信息科技有限公司，山东 济南 250000

**摘 要：** 能源数字化是实现智能能源系统的重要途径，具有显著的技术和经济优势。文章首先分析了能源数字化的主要特征和应用场景，提出了能源数字化技术体系的层次结构；接着，分析了能源数字化技术在智能能源系统中的主要应用方式，包括设备层、控制层、数据层和应用层；然后，分析了能源数字化技术在智能能源系统中的主要发展趋势，包括设备数字化、控制智能化、数据采集与管理集中化等；最后，提出了实现智能能源系统的建议措施。研究成果为我国发展智慧能源提供了技术路线，对于推动我国能源结构转型、助力实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

**关 键 词：** 能源；数字化；智能；能源系统；应用

## Application And Development Of Energy Digital Technology In Intelligent Energy System

Zhou Lei

STATE NUCLEAR POWER INFORMATION TECHNOLOGY COMPANY LTD. Shandong, Jinan 250000

**Abstract：** Energy digitization is an important way to realize the intelligent energy system, which has significant technical and economic advantages. This paper first analyzes the main characteristics and application scenarios of energy digitization, and puts forward the hierarchical structure of energy digitization technology system; then analyzes the main application methods of energy digitization technology in intelligent energy system, including equipment layer, control layer, data layer and application layer; then analyzes the main development trend of energy digitization technology in intelligent energy system, including equipment digitization, intelligent control, centralized data collection and management; finally, puts forward the suggested measures to realize intelligent energy system. The research results provide a technical route for the development of smart energy in China, and are of great significance for promoting the transformation of China's energy structure and help realizing the goal of carbon peak and carbon neutrality.

**Key words：** energy; digital; intelligence; energy system; application

## 一、引言

在传统能源向可再生能源转型过程中，由于传统能源发电的间歇性和波动性，导致传统能源系统难以满足新能源高比例发展的需求，也给电力系统稳定运行带来巨大挑战。在可再生能源大规模开发利用的同时，如何通过电网智能化改造来充分发挥新能源发电的优势，最大程度提高新能源利用率和电网稳定性，是当前电力系统面临的重要课题。随着科技的不断进步和全球能源结构的深刻变革，能源数字化技术已成为智能能源系统发展的核心驱动力。本文旨在深入探讨能源数字化技术在智能能源系统中的应用现状、发展趋势及其对未来能源领域的影响。

## 二、能源数字化技术的概念与内涵

能源数字化技术是通过信息化技术、互联网技术和数据分析处理技术，对能源生产、传输、存储、使用等各个环节进行数据

采集、数据处理和数据分析，实现能源的生产、储存和使用过程的智能化，以满足用户对能源的多样化需求，推动能源利用方式由化石能源为主向以清洁能源为主转变。在电力领域，电力系统通常将电力生产过程分成发电、输电和配电3个阶段。其中，发电部分主要涉及电网的建设与运行，而输电部分则包含输配电网络建设与运行，配电部分主要包括分布式电源、储能系统以及用电负荷等。

能源数字化技术是以互联网为依托，将传感器、自动化控制系统、计量设备等数字化技术应用到能源生产、传输、储存和使用过程中，实现对能源的智能感知、分析、管理和决策的一种新型技术。能源数字化技术是一种新兴的信息技术，具有物理和信息两个维度的特点，可广泛应用于智能电网、智能交通系统等多个领域<sup>[1]</sup>。从能源数字化的特征来看，其主要特征包括数据维度的多元化、物理维度的数字化和智能维度的集成化，其中，数据维度的多元化是指不同类型的数据需要不同类型的处理和分析方法；物理维度的数字化是指各种能源资产需要以数字化模型进行

\* 作者简介：姓名：周磊，性别：男，出生：1988年2月，民族：汉族，籍贯：山东省昌邑市；学历：本科；职称：工程师；研究方向：电力工程技术方向

实时在线管理；智能维度是指能源生产和使用过程。

### 三、能源数字化技术在智能能源系统中的应用

#### （一）智能电网建设

智能电网建设主要包括两个方面，一个是智能电网的硬件建设，另一个是智能电网的软件建设。智能电网的硬件建设主要是指构建能源互联网，构建新型电力系统。主要包括以下三个方面：一是构建以新一代信息通信技术为基础的智能输配电网络；二是构建以新能源和储能装置为主体的智能配电网；三是构建以电力市场为主导的智能用电网络。软件建设主要是指应用信息通信技术对传统电力系统进行改造，主要包括以下三个方面：一是应用信息通信技术，全面提升配电网的自动化水平；二是应用信息通信技术，实现配电网的数字化、智能化；三是应用信息通信技术，实现用户用电网络的智能化<sup>[2]</sup>。

#### （二）智能化油田管理

能源数字化技术在智能油田管理中的应用主要包括：（1）实现油井数字化管理，即通过数字化技术将油井生产过程中的数据进行采集、存储和处理，通过云计算技术将数据进行共享，建立起基于云的数据库。（2）实现智能油田调度，即通过对油田的实时数据进行采集、处理和分析，并根据生产任务要求对油田的生产进行控制，包括优化生产计划、节能降耗、降低能耗等<sup>[3]</sup>。（3）实现智能油田运行监控，即通过对油田的生产运行状态进行实时监控，及时发现生产过程中出现的问题，并将其及时反馈给相关人员进行处理。（4）实现智能油田调度优化，即根据对油井生产状态的分析结果进行合理调度<sup>[4]</sup>。

#### （三）可再生能源管理

随着我国能源结构的调整和可再生能源发电技术的不断进步，可再生能源发电在智能能源系统中所占比重逐渐提高，与传统化石能源发电相比，可再生能源发电具有间歇性、随机性和波动性的特点，这就要求其在并网运行时需要与电网进行有效互动，以提高系统的整体稳定性和安全性。通过应用能源数字化技术，可以对可再生能源进行智能化管理，在对光伏、风力发电、储能设备等进行实时监控的基础上，建立可再生能源接入点（如光伏接驳点、风力接驳点等）的实时数据库和动态模型，从而对接入点的电压和功率进行监测和分析，为用户提供可靠的数据支撑<sup>[5]</sup>。

在智能能源系统中，可再生能源是非常重要的组成部分，随着我国对新能源开发利用力度的不断加大，光伏、风电等可再生能源也得到了快速发展，并逐渐成为智能能源系统中不可或缺的一部分。光伏发电具有稳定性和可靠性强的优点，但由于其输出功率具有较强的波动性和随机性，不能与电网实现实时互动。而风力发电具有可靠性高、能量转换效率高、对环境友好等特点，但由于其输出功率具有较强的波动性和随机性，在与电网互动时需要对接入点进行有效监控，以避免对电网造成不良影响。因此，可再生能源对于智能能源系统的稳定性和安全性具有重要意义。

### 四、能源数字化技术的发展趋势

#### （一）技术融合与创新

目前，能源数字化技术的应用主要集中在电力、石油等能源行业，随着物联网、云计算、大数据等信息技术的不断发展，能源数字化技术的应用也越来越广泛。未来，能源数字化技术将进一步融合多种技术，如传感器、大数据分析、云计算等。在能源数字化领域，企业和高校将进行广泛合作，促进能源数字化技术的创新发展。在未来的发展中，企业将更加注重自主研发，拥有自主知识产权的技术和产品，同时也要加大对人才的培养和引进力度。高校和科研机构则应发挥其人才培养优势，加强能源数字化技术研究，培养出更多优秀的创新型人才<sup>[6]</sup>。

在能源数字化的背景下，能源与信息技术相结合，产生了多种新型的能源产品。例如：清洁能源发电、新能源汽车、智能电网、智慧城市等。在未来的发展中，能源数字化技术将更加注重融合与创新，充分发挥其优势，形成高效的能源生产与传输网络。首先，在数字化技术的推动下，工业生产中的设备会逐步智能化、信息化。例如：机器人、智能电网等将会更加广泛地应用于工业生产中。其次，数字技术促进了清洁能源发电设备与相关技术的发展。在未来，清洁能源发电将成为电力行业主要的发电形式之一，这将推动传统的火力发电向新型的清洁能源发电转变。

#### （二）能源互联网的构建

能源互联网是以信息化、自动化、智能化为基础，以能量流、信息流和价值流为纽带，基于现代信息通信技术与网络技术的新型电力系统。能源互联网将实现各类能源的互联互通，不同能源间的高效转换和优化配置，实现能源生产、消费与供需的无缝衔接和精准对接<sup>[7]</sup>。

构建能源互联网需要对各种资源进行整合，将分散的各类资源进行集中管理，实现资源共享。同时，要对能量流、信息流和价值流进行整合，实现能量流和价值流的统一协调与优化控制。此外，要实现对不同能源品种的安全管理和交易，根据不同品种之间的互补特性进行能源组合，促进不同能源品种之间的互补和协调<sup>[8]</sup>。

#### （三）能源安全与环保

能源数字化的发展趋势将推动能源生产和消费模式的变革，促进能源系统的智能化发展，并最终实现能源系统的安全与环保。在能源生产方面，数字化技术将实现对各类能源资源和能源消费行为的高效、精准采集与分析，并根据用户需求进行主动匹配与优化配置，实现各类清洁能源的高效利用。在能源消费方面，数字化技术将促进用户用能行为与设备运行状态的精准匹配，为用户提供智能化的用能服务。此外，随着新一代信息技术的应用普及以及节能环保理念的深入人心，数字化技术还将为能源生产、消费与供应体系提供智能化、信息化支持，使其逐步向智能化、高效化、绿色化转变。

能源数字化的发展趋势还将推动智能能源系统与生态环境的良性互动，构建绿色环保、可持续发展的智能能源系统。一方面，能源数字化技术可以通过对海量数据进行高效、精准的采集与分析，实现对各类能源的优化配置和协同管理，使之为生产和生活提供高

效、可靠、绿色的服务。另一方面,智能能源系统与生态环境的良性互动可以通过构建智能协同管理体系,实现对各类排放源和污染物排放的全过程管控,实现污染物减排和治理能力提升。此外,智能能源系统还可以通过对海量数据的挖掘分析,实现对各类污染源及污染行为的精准定位与识别,进而推动绿色低碳发展。

## 五、能源数字化技术对智能能源系统的影响

### (一) 提升能源系统效率

智能能源系统中,能源利用效率的提高主要是通过设备效率的提升实现的。以太阳能为例,利用太阳能板可以将光能转化为电能,这是一种清洁能源,在利用过程中不会产生污染。但由于太阳能板在阳光下工作时容易受到天气的影响,因此,如何保证太阳能板稳定可靠地运行,是光伏发电过程中面临的主要问题之一。对此,通过能源数字化技术可以实现太阳能板的自动化控制,以确保其稳定可靠运行。另外,随着能源数字化技术的不断发展,各种先进设备逐渐应用于能源系统中,从而有效提高了能源系统的运行效率。以智能电网为例,其主要包括变压器、配电、输电、配电线路以及用户端<sup>[9]</sup>。

能源数字化技术为智能能源系统提供了一个实时、透明的运行平台,基于此平台的监测与分析能够帮助能源企业实现节能增效。例如,可通过数据分析软件对用能数据进行实时采集、分析,形成能耗监测系统,从而根据不同用户的用能习惯和特点提供个性化服务。另外,利用能源数字化技术能够将不同用户的能耗信息进行统一管理和优化,以实现整体能耗水平的提升。以智能电网为例,在能源数字化技术支持下,电网能够根据用户需求进行实时优化调度。例如,通过优化调度可以将系统的损耗降到最低;通过电力交易平台,还能够实现电力价格的实时调整。

### (二) 推动能源产业创新

智能能源系统是一个涉及多个行业、多个领域的系统工程,与之相关的产业链包括研发、制造、设计、营销、运营等多个环节。能源数字化技术将全面促进各产业链之间的协同,通过提高产业链的协作效率,加快企业创新发展。例如,能源数字化技术可加速能源系统的研发进程,使智能能源系统中的数据采集与监测更加高效和可靠。此外,新一代数字技术可以极大地促进能源行业的创新发展,尤其是在智能电网、可再生能源开发利用、新材料研发等领域。在这些领域中,智能电网的技术进步可以极大地降低资源消耗、减少环境污染,促进可再生能源开发利用以及可持续发展。

能源数字化技术对智能能源系统的影响不仅体现在能源系统自身的优化,还将带动相关产业的技术革新,以实现经济与社会发展的双目标。例如,能源数字化技术对能源产业结构的影响体现在对以煤炭、石油、天然气为代表的化石能源向以风能、太阳能等为代表的新能源转型方面。随着全球气候变化与环境污染问题日益严重,化石能源在能源结构中所占比重不断减少。未来,在新一代数字技术的支持下,清洁、低碳、高效、安全的新型电力系统将成为可能,传统化石能源在未来社会中将逐渐被替代,以风能、太阳能为代表的可再生能源将成为主流。

### (三) 增强能源系统安全性

随着能源数字化技术的发展,信息安全风险将不断增加。在能源系统中,传统的电力系统边界清晰,内部信息交换相对封闭,不涉及第三方。随着网络攻击不断增多,如能源系统中的物联网设备、服务器等,需要建立安全防护机制。能源数字化技术在构建安全体系方面具有明显优势。如利用物联网设备对能源系统的实时监测,实现对关键设备的保护;通过应用基于云存储的云计算技术,可以将多源异构数据进行整合和分析;利用区块链技术为能源系统构建安全可信的数据交换和存储体系,实现跨组织、跨区域、跨平台的数据交换和共享,构建安全可信的能源系统<sup>[10]</sup>。

能源系统中的重要设备包括发电设备、储能设备、电气设备、通信设备等,这些设备的运行状态对能源系统的安全稳定运行至关重要。现有的电力系统管理方式为物理隔离,导致信息传输受限。能源数字化技术通过智能化的通信网络将不同物理单元互联互通,可实现不同物理单元的协调控制和统一管理,能够实时感知不同区域不同环节的状态信息,提高能源系统整体安全性。同时,能源数字化技术可以提供故障诊断、安全评估、安全防护等服务,建立能源系统的安全保障体系。

## 六、结语

能源数字化技术在智能能源系统中的应用与发展具有广阔的前景和深远的影响。随着技术的不断创新和升级,能源数字化技术将为智能能源系统的发展提供更为强大的支持,推动能源产业的转型升级和可持续发展。同时,我们也应关注到能源数字化技术面临的挑战和问题,如数据安全、隐私保护等,并积极寻求解决方案和措施,以确保能源数字化技术的健康、安全和可持续发展。

## 参考文献

- [1] 崔冰君. 基于数字化转型的F公司厂务管理问题研究[D]. 河南大学, 2022.DOI: 10.27114/d.cnki.ghnau.2022.001922.
- [2] 贾莹坤, 胡毅飞, 黄延润, 等. 基于智能电网技术的电网高质量发展研究[J]. 电力系统装备. 2023,(12).
- [3] 万想, 马楠, 郭小虎. 油田生产智能化管理研究——以长庆油田为例[J]. 中国管理信息化, 2023,26(10):91-93.
- [4] 岳芳, 郭楷模, 陈伟. 欧盟综合能源系统2020—2030年研发路线图及其启示与建议[J]. 世界科技研究与发展, 2021,43(02):138-148.DOI:10.16507/j.issn.1006-6055.2020.12.014.
- [5] 樊东, 毛锐, 文旭, 等. 新型电力系统背景下可再生能源参与电力市场交易策略研究[J]. 四川电力技术, 2021,44(5):64-70.
- [6] 程志南, 屈可庆. 新能源主体下新型电力系统中数字化技术的应用[J]. 光源与照明, 2023,(12):234-236.
- [7] 余紫菱, 任孟成, 马莉莉. 数字经济空间集聚对区域全要素能源效率的影响[J]. 工业技术经济. 2022,41(7).
- [8] 张宇, 毛勇. 能源大数据的数字化能源系统在企业的应用[J]. 东方电气评论, 2024,38(01):74-80.DOI:10.13661/j.cnki.issn1001-9006.2024.01.009.
- [9] 王铁辰. 数字化助能源系统减重增智[N]. 经济日报, 2023-10-26(006).DOI:10.28425/n.cnki.njjrb.2023.007207.
- [10] 康恺. 能源危机愈演愈烈欧盟“能源系统数字化”面临这些挑战[N]. 第一财经日报, 2022-10-20(A05).DOI:10.28207/n.cnki.ndycj.2022.004095.



# 露天煤矿边坡监测技术的创新与发展

李建，李旺旺，刘国祯

鄂尔多斯市应急管理局，内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要：** 本文系统介绍了露天煤矿边坡监测技术，从基本原理到常用监测技术，再到创新技术如光纤传感、微震监测等，并分析了信息化、智能化和遥感技术在未来发展趋势中的重要性。这些内容为露天煤矿边坡监测技术的创新与发展提供了有益的参考。

**关键词：** 露天煤矿边坡监测；光纤传感技术；微震监测技术；遥感技术；智能监测技术

## Innovation and Development of Slope Monitoring Technology in Surface Coal Mines

Li Jian, Li Wangwang, Liu Guozhen

Ordos Emergency Management Bureau, Inner Mongolia, Ordos 017000

**Abstract：** This paper systematically introduces the monitoring technology of surface coal mine slope, from the basic principle to the common monitoring technology, and then to the innovative technology such as fiber optic sensing, microseismic monitoring, etc., and analyzes the importance of informationization, intelligentization and remote sensing technology in the future development trend. These contents provide useful reference for the innovation and development of surface coal mine slope monitoring technology.

**Key words：** surface coal mine slope monitoring; fiber optic sensing technology; microseismic monitoring technology; remote sensing technology; intelligent monitoring technology

### 引言

露天煤矿边坡稳定性问题一直是矿山安全生产的重要问题之一。传统的边坡监测方法存在一定的局限性，随着科技的发展，露天煤矿边坡监测技术得到了不断创新。本文旨在介绍露天煤矿边坡监测技术的创新，为矿山安全生产提供参考。

### 一、露天煤矿边坡监测技术原理

露天煤矿开展边坡监测，了解坡体变形规律和滑动特征，为预警预报、边坡评价与治理提供基础资料。<sup>[1]</sup> 边坡稳定性监测依赖于对边坡地质结构、土体性质、水文条件和外部荷载的综合分析，通过测量边坡的位移、应力、地下水压力、裂缝发展和声波传播等物理量，推断边坡内部的应力状态和变形趋势。监测原理包括判断边坡稳定性极限状态，确定边坡可能发生失稳的时间，并结合地质勘察数据、力学模型和监测数据综合评估。

此外，监测原理还包括对监测数据的实时处理、反馈和预警系统的建立，现代监测技术依赖于自动化和数据驱动的分析方法，提高监测效率和准确性。

### 二、露天煤矿边坡监测技术的创新

#### （一）监测技术创新的必要性

随着露天煤矿开采规模的扩大和开采深度的增加，边坡稳定

性问题日益突出，对监测技术的需求也日益增长。传统的监测技术往往存在一些局限性，如监测精度不高、实时性差、数据采集和处理效率低等。因此，为了提高监测的准确性和效率，降低监测成本，监测技术的创新显得尤为重要。<sup>[2]</sup> 此外，随着科技的发展，新的传感器技术、数据传输技术、数据分析和处理技术等也为监测技术的创新提供了可能。

#### （二）新型监测技术及方法

##### 1. 光纤传感技术

光纤传感器技术因其独特的优势，在露天煤矿边坡监测中发挥着重要作用。这些传感器能够精确测量边坡的位移、应力和温度等关键参数，其高精度的测量结果为边坡稳定性分析提供了可靠的数据支持。同时，光纤传感器具有出色的抗电磁干扰能力，能在复杂的工业环境中稳定工作。此外，光纤传感器支持远程数据传输，使得监测数据可以实时传送至监控中心，便于及时分析和响应。这些特点使得光纤传感器成为露天煤矿边坡监测的理想选择。

##### 2. 微震监测技术

微震监测技术是一种先进的边坡稳定性监测手段，它通过检

测和分析边坡内部微小的震动事件，能够实时地评估边坡的稳定性状态。这种方法具有很高的实时性，能够迅速捕捉到边坡内部结构的变化，提前预警潜在的风险。<sup>[3]</sup>同时，微震监测技术的监测范围广泛，不受地形和天气的限制，能够覆盖大面积的边坡区域。这种技术的应用，为露天煤矿等地质灾害高风险区域的安全生产提供了重要保障。

### 3. 遥感技术

卫星遥感技术和无人机遥感技术在露天煤矿边坡监测中扮演着重要角色。这些技术能够快速获取大范围区域内边坡的形变、裂缝等关键数据，其监测范围广泛，不受地形和天气的限制。卫星遥感可以提供周期性的全局观测，而无人机遥感则能提供更高分辨率、更灵活的局部监测。这些技术获取的数据更新速度快，有助于及时掌握边坡状况的变化，为灾害预警和决策提供科学依据。

### 4. 智能监测技术

机器学习和人工智能技术在边坡监测数据的实时处理和分析中起着至关重要的作用。通过这些技术，可以快速、准确地从大量监测数据中提取有价值的信息，提高数据的利用效率。机器学习算法能够识别数据中的模式和趋势，而人工智能可以模拟人类的决策过程，对边坡的稳定性进行预测和评估。<sup>[4]</sup>这些技术的应用，不仅提高了监测数据的处理速度，还增强了分析的准确性，为边坡安全管理提供了强有力的技术支持。

### 5. 无线传感器网络

无线传感器网络在露天煤矿边坡监测中展现了其独特的优势。通过在边坡关键位置布置多个传感器节点，该网络能够实现对边坡的全面覆盖和多点监测。这些传感器可以实时地收集位移、应力、温度等多种数据，并支持长期运行，确保了监测数据的连续性和完整性。此外，无线传感器网络的布设相对简便，且数据传输速度快，有助于及时获取边坡的动态变化信息，从而为预防滑坡等灾害提供重要支持。

## （三）创新技术在实践中的应用案例

1. 天-空-地协同的露天矿边坡智能监测技术：这项技术涉及多平台多模式的协同观测，包括导航卫星 GNSS 在线监测技术、雷达卫星 InSAR 监测技术、光学卫星高分影像监测技术、无人机与 TLS 联合监测技术等。这些技术手段不仅强调监测仪器的先进性、鲁棒性和精度，还注重多手段的时空互补性和过程协同性。例如，辽宁抚顺西露天煤矿特大滑坡、鞍钢鞍山铁矿大型排土场和鞍钢弓长岭铁矿滑坡就是采用这种天-空-地协同观测技术的典型案例。

2. 国能准能黑岱沟矿边坡监测项目：这个项目采用了基于北斗融合的 GNSS 边坡地表位移监测系统。通过开发、部署基于矿山实景三维 GIS 引擎的边坡灾害智能综合管控平台，实现了监测数据的存储和监测数据信息的直观显示。这个项目解决了矿山边坡复杂观测环境下的一系列难题，并推动了从“信息化”向“智能化”的转变。

## 三、露天煤矿边坡监测技术的发展趋势

露天煤矿边坡监测技术的发展趋势主要体现在信息化与智能

化的发展以及遥感技术的应用上。

### （一）遥感技术在边坡监测中的应用

遥感技术作为一种非接触式、远距离的探测技术，已经在露天煤矿边坡监测中得到了广泛应用。

1. 高分辨率遥感数据的获取：利用卫星、无人机等平台，获取高分辨率的影像数据，提高监测的精度和细节。

2. 多源遥感数据的综合应用：结合不同类型的遥感数据，如光学影像、雷达数据、热红外数据等，实现多角度、多尺度的边坡监测。

3. 遥感与地面监测的结合：将遥感数据与地面监测数据进行融合，实现全方位、多层次的边坡稳定性监测。

4. 遥感数据的实时处理和快速响应：通过遥感技术，实现对边坡状态的快速监测和响应，提高监测的时效性。

### （二）信息化与智能化发展趋势

#### 1. 数据采集与传输的自动化

数据采集与传输的自动化是监测技术发展的一个重要趋势。<sup>[5]</sup>通过部署大量的传感器和监测设备，可以实现对边坡状态参数的自动采集，如位移、应力、地下水压力等。这些数据通过无线网络技术，如 Wi-Fi、蓝牙、LoRa 等，可以实时传输到数据处理中心，实现数据的快速共享和远程访问。这种自动化数据采集和传输的方式可以减少人工干预，提高监测的效率和安全性。

#### 2. 数据处理的智能化与实时分析

数据处理的智能化与实时分析是监测技术发展的另一个重要趋势。随着大数据处理和分析技术的发展，可以对海量监测数据进行智能处理，提高数据分析的效率和准确性。此外，人工智能和机器学习在监测数据分析中的应用，可以实现对监测数据的实时分析，帮助工程师及时发现边坡稳定性问题，提高预警的准确性。

#### 3. 预警系统的智能化与自动化

预警系统的智能化与自动化是监测技术发展的一个重要方向。基于监测数据和数据分析，可以建立智能预警系统，实现对边坡稳定性状态的实时评估和预警。<sup>[6]</sup>这种智能预警系统可以自动分析监测数据，识别潜在的边坡稳定性问题，并发出预警信息。此外，自动化预警响应机制的建立，可以实现对预警信息的快速响应和处理，降低事故风险。

#### 4. 监测技术在信息化和智能化背景下的挑战与机遇

监测技术在信息化和智能化背景下面临着一些挑战，如技术集成和标准化问题、数据安全和隐私保护的挑战等。然而，这种技术的发展也带来了许多机遇，如技术创新与产业升级、提高监测效率和准确性等。因此，需要不断推动监测技术的创新和发展，以应对这些挑战，并抓住机遇。

### （三）遥感技术在边坡监测中的应用

#### 1. 遥感技术在边坡监测中的优势

近年来遥感技术的迅猛发展为监测和预测地表沉降提供了新的可能性，特别是卫星遥感技术凭借其广阔的覆盖范围和高效的数据获取能力已成为地表沉降监测的重要手段。<sup>[7]</sup>

遥感技术可以实现对大面积区域的快速监测，无需进入现

场,减少人力和物力成本。<sup>[8]</sup>可以提供高分辨率的影像数据,有助于发现边坡上的微小变化,如裂缝、滑坡等。可以实现对边坡状态的长期监测,有助于分析和预测边坡的稳定性趋势;

还可以结合地面监测数据,实现对边坡状态的全方位、多层次监测。

## 2. 遥感技术在边坡监测中的应用案例

(1)AI 滑坡预警系统:中国成功研发了第一代滑坡仪和智能预警系统,这套系统可以实时采集与滑坡、泥石流等地灾相关的地形变化、降雨量等数据,并在地灾发生前及时向管理员发出预警信号,辅助应急救援。这个系统已经在全国2512处完成试验,预警了15起地质灾害,避免了366人可能因灾伤亡。

(2)雷达遥感技术:武汉大学的研究团队利用雷达遥感监测滑坡形变,这项技术具有非接触式大范围空间连续覆盖和高精度形变测量的优势。研究内容包括雷达遥感在滑坡形变监测中的可行性和适用性分析、大范围滑坡隐患识别、复杂山区滑坡形变测量等。

(3)地质灾害遥感综合监测:中国作为地质灾害频发的国家,利用微波遥感、光学遥感和LiDAR等多源遥感数据进行地质灾害监测和防治。这些技术被广泛应用于地震、滑坡、地面沉降等多种地质灾害的监测中。

(4)无人机遥感技术在露天矿边坡测绘中的应用:利用无人机搭载的数码相机获取边坡序列影像,并依据计算机视觉原理生成边坡体稠密三维点云,实现边坡体三维数字模型的制作。

## (四)未来发展趋势

1.集成化和多技术融合:未来的监测技术将更加注重多技术的集成融合,如将地面监测、遥感技术、无人机监测等技术相结合,以获得更全面的监测数据,提高监测的准确性和可靠性。

2.信息化和智能化水平的提升:随着信息技术和人工智能技术的发展,监测系统将更加信息化和智能化,包括数据的自动采集、智能处理、实时分析和预警系统的智能化。

3.远程监控和自动化:远程监控和自动化技术将得到更广泛的应用,减少现场人员的工作强度,提高监测的效率和安全性。<sup>[9]</sup>

4.高精度和高分辨率监测:随着传感器技术和遥感技术的发

展,未来的监测技术将提供更高精度和高分辨率的监测数据,为边坡稳定性分析提供更详细的信息。

5.大数据和云计算的应用:利用大数据和云计算技术,实现对海量监测数据的存储、处理和分析,挖掘数据中的有价值信息,为边坡稳定性评估提供科学依据。

6.环境友好型和可持续性监测:未来的监测技术将更加注重环境保护和可持续性,开发对环境影响小的监测设备和方法。

## (五)面临的挑战

1.技术的复杂性和成本:高精度的监测技术和设备往往成本较高,且需要专业的技术人员进行操作和维护。<sup>[10]</sup>

2.数据的有效管理和分析:随着监测技术的发展,数据的获取量将大大增加,如何有效地管理和分析这些数据,提取有价值的信息,是一个重要的挑战。

3.监测技术的标准化和规范化:目前,监测技术的应用还缺乏统一的标准和规范,需要建立和完善相关的技术标准和规范,以提高监测数据的可比性和可靠性。

4.技术的适应性和灵活性:不同的露天煤矿地质条件各异,监测技术需要具有较强的适应性和灵活性,以满足不同场景的需求。

5.监测技术的普及和培训:新技术的发展和推广应用需要相应的技术人员培训,提高技术人员的技术水平和操作能力。

## 结束语

露天煤矿边坡监测技术的创新与发展是矿业安全生产领域的重要课题。随着我国露天煤矿开采规模的不断扩大,边坡安全问题日益突出,因此,研究和应用先进的边坡监测技术对于保障矿山安全生产具有重要意义。

在过去的几十年里,我国露天煤矿边坡监测技术取得了显著的成果。从最初的依靠人工巡查、观察,到后来的使用传统的监测设备,如倾斜仪、裂缝计等,再到现在的应用现代科技手段,如遥感技术、无人机、三维激光扫描等,边坡监测技术得到了长足的发展。

## 参考文献

- [1] 李卫鹏,刘全胜,刘学宇,等.露天煤矿边坡监测地基雷达技术[J].露天采矿技术,2023,38(04):49-52.DOI:10.13235/j.cnki.ltcn.2023.04.013.
- [2] 韦忠跟,徐玉龙,丁辉,等.霍林河北露天煤矿排土场边坡滑坡模式与雷达监测预警[J].现代矿业,2022,38(01):71-74+78.
- [3] 李强.高原煤矿露天边坡监测及预警技术研究[J].科学技术创新,2019,(21):162-163.
- [4] 韦忠跟,徐玉龙,丁辉,等.霍林河北露天煤矿排土场边坡滑坡模式与雷达监测预警[J].现代矿业,2022,38(01):71-74+78.
- [5] 杜康.露天煤矿边坡监测技术应用现状[J].内蒙古煤炭经济,2020,(02):142.DOI:10.13487/j.cnki.imce.016273.
- [6] 王燕涛,邓增兵,左荣虎.边坡形变监测雷达在安家岭露天煤矿边坡安全监测中的应用[J].现代矿业,2020,36(01):167-171.
- [7] 姚维岭,许文佳,杨金中.中国矿山开发环境遥感监测漫谈[J].华北国土资源.2018,(6).
- [8] 董杰,陈影,商枫奇,等.利用遥感技术监测煤矿采空区沉陷水域[J].科技视界,2023,(03):73.
- [9] 吴群飞.物联网感知层技术在露天煤矿边坡监测中应用研究[D].辽宁工程技术大学,2019.DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2019.000200.
- [10] 祁金宝.三维激光扫描仪在露天煤矿边坡监测中的应用[C]//中国煤炭学会露天开采专业委员会.第八届露天开采专业科技学术研讨会论文集.国家能源投资公司准格尔能源有限责任公司哈尔乌素露天煤矿;2019:6.DOI:10.26914/c.cnkihy.2019.095336.

# 钻井自动化技术在现代油气田开发中的应用与挑战

王丽汾

中石化西南石油工程有限公司重庆钻井分公司，重庆 400000

**摘要：** 本文深入探讨了钻井自动化技术在现代油气田开发中的应用及其所面临的挑战，并提出了相应的应对策略和建议。通过综合分析现有文献，本文回顾了钻井自动化技术的发展历程、技术构成及工作原理，并探讨了其在钻井作业中的实际应用情况。随后，本文详细阐述了钻井自动化技术在油气田开发中的重要作用。

**关键词：** 钻井自动化技术；现代油气田开发；应用；挑战；对策与建议

## Application and challenge of drilling automation technology in modern oil and gas field development

Wang Lifen

Chongqing Drilling Branch, Sinopec Southwest Petroleum Engineering Co., LTD., Chongqing 400000

**Abstract：** This paper deeply discusses the application of drilling automation technology in modern oil and gas field development and the challenges it faces, and puts forward corresponding countermeasures and suggestions. Based on the comprehensive analysis of existing literature, this paper reviews the development history, technical structure and working principle of drilling automation technology, and discusses its practical application in drilling operations. Then, this paper elaborates the important role of drilling automation technology in oil and gas field development.

**Key words：** drilling automation technology; modern oil and gas field development; apply; challenge; countermeasures and suggestions

## 引言

随着科技的不断进步，钻井自动化技术在现代油气田开发中得到了广泛的应用。钻井自动化技术不仅提高了钻井作业的效率 and 安全性，还降低了生产成本，对油气田的开发起到了重要的推动作用。然而，钻井自动化技术在应用过程中也面临着一系列的挑战。

## 一、钻井自动化技术概述

### （一）钻井自动化技术的发展历程

钻井自动化技术是指通过使用先进的自动化设备、传感器、控制系统和人工智能算法，实现钻井作业的自动化和智能化。在油田钻井行业，钻井自动化可以大幅度提高生产效率、提升钻井质量、降低人员作业风险和管理风险。<sup>[1]</sup> 这一技术的发展历程可以分为以下几个阶段。

1. 机械自动化（1950-1970）：依赖机械设备如自动扶正器和提升系统，提高钻井效率。
2. 电子自动化（1970-1990）：引入电子传感器和控制设备，实时监测钻井参数。
3. 数字化与网络化（1990-2000）：钻井数据数字化和网络化，计算机和网络技术支持实时传输和分析。
4. 智能化（2000至今）：人工智能技术，实现钻井系统的智能决策和自主操作，提高效率和安全性。

### （二）钻井自动化技术的组成与原理

钻井自动化技术是指通过使用先进的自动化设备、传感器、

控制系统和人工智能算法，实现钻井作业的自动化和智能化。钻井自动化技术的组成主要包括以下几个部分：

1. 自动化设备：包括自动扶正器、自动提升系统、自动旋转系统等。这些设备可以自动调整钻井参数，提高钻井效率。
2. 传感器：用于实时监测钻井参数，如井深、钻头转速、钻井液压力等。传感器将监测到的数据传输给控制系统，以便进行实时调整。
3. 控制系统：包括电子控制系统、计算机控制系统等。控制系统根据传感器传来的数据，对钻井设备进行控制和调整，实现钻井作业的自动化。
4. 人工智能算法：用于分析钻井数据，预测钻井过程中的风险，并提出优化建议。人工智能算法可以提高钻井作业的效率 and 安全性。

### （三）钻井自动化技术的优势与不足

优势：

1. 提高钻井效率：钻井自动化技术可以实现钻井设备的自动化操作，减少人工干预，从而提高钻井作业的效率。<sup>[2]</sup>
2. 降低安全风险：钻井自动化技术可以实时监测钻井参数，



及时发现异常情况，并采取措施进行调整，从而降低钻井作业的安全风险。

3. 节省人力资源：钻井自动化技术可以实现钻井设备的自动化操作，减少对人力资源的需求，降低人工成本。

4. 提高数据准确性和可追溯性：钻井自动化技术可以实时监测钻井参数，并将数据传输给控制系统，从而提高数据的准确性和可追溯性。

不足：

1. 初始投资较高：钻井自动化技术需要使用先进的自动化设备和传感器，这些设备的价格较高，导致初始投资较大。

2. 技术维护复杂：钻井自动化技术涉及多个系统和设备，维护和维修需要专业的技术人才，技术维护较为复杂。

3. 对操作人员要求较高：钻井自动化技术需要操作人员具备一定的技术知识和操作能力，对操作人员的要求较高。<sup>[3]</sup>

4. 环境适应性有限：钻井自动化技术在恶劣环境下可能存在一定的局限性，如高温、高压、高盐度等环境下，自动化设备的稳定性和可靠性可能受到影响。

## 二、钻井自动化技术在现代油气田开发中的应用

### （一）钻井自动化技术在钻井作业中的应用

1. 自动扶正器：自动扶正器可以自动调整钻柱的位置，使其始终保持垂直状态，从而提高钻井效率 and 安全性。

2. 自动提升系统：自动提升系统可以自动控制钻柱的上下运动，实现钻头的自动进退，提高钻井效率。<sup>[4]</sup>

3. 自动旋转系统：自动旋转系统可以自动控制钻头的旋转速度和方向，实现钻井参数的自动调整，提高钻井效率。

4. 自动排砂系统：自动排砂系统可以自动控制钻井液的流量和压力，实现钻井液的自动循环和排放，提高钻井效率。

5. 自动泥浆处理系统：自动泥浆处理系统可以自动控制泥浆的密度、粘度和酸碱度等参数，实现泥浆的自动处理和优化，提高钻井效率。

6. 自动测量系统：自动测量系统可以实时监测钻井参数，如井深、钻头转速、钻井液压力等，并将数据传输给控制系统，以便进行实时调整。

7. 自动化钻井控制系统：自动化钻井控制系统可以根据钻井参数和地质条件，自动调整钻井参数，实现钻井作业的自动化控制。

8. 人工智能算法：人工智能算法可以分析钻井数据，预测钻井过程中的风险，并提出优化建议，提高钻井作业的效率 and 安全性。

### （二）钻井自动化技术在油气田开发中的作用

1. 提高钻井效率：钻井自动化技术可以实现钻井作业的自动化和智能化，减少人工操作，从而提高钻井作业的效率。通过自动扶正器、自动提升系统、自动旋转系统等自动化设备，<sup>[5]</sup> 钻井作业可以实现连续进行，大大缩短了钻井周期，提高了钻井效率。

2. 降低安全风险：钻井自动化技术可以实时监测钻井参数，及时发现异常情况，并采取措施进行调整，从而降低钻井作业的安全风险。例如，通过自动测量系统监测井深、钻头转速等参

数，一旦发现异常，系统会立即报警并自动调整钻井参数，防止事故的发生。

3. 节省人力资源：钻井自动化技术可以实现钻井设备的自动化操作，减少对人力资源的需求，降低人工成本。<sup>[6]</sup> 例如，自动化钻井控制系统可以自动调整钻井参数，无需人工干预，从而节省了人力资源。

4. 提高数据准确性和可追溯性：钻井自动化技术可以实时监测钻井参数，并将数据传输给控制系统，从而提高数据的准确性和可追溯性。通过自动化测量系统收集的钻井数据可以实时传输给监控中心，方便进行数据分析和处理，提高了数据的准确性和可追溯性。

5. 优化钻井工艺：钻井自动化技术可以实现钻井参数的实时调整和优化，从而提高钻井工艺的水平 and 油气田开发的效率。例如，通过人工智能算法分析钻井数据，预测钻井过程中的风险，并提出优化建议，指导钻井作业的进行，提高了钻井工艺的水平 and 油气田开发的效率。<sup>[7]</sup>

6. 适应复杂地质条件：钻井自动化技术可以适应各种复杂地质条件，提高钻井作业的成功率。例如，在深井、高压、高温等复杂地质条件下，钻井自动化技术可以实现钻井参数的实时调整，保证钻井作业的顺利进行。

## 三、钻井自动化技术面临的挑战

### （一）技术挑战

1. 系统集成与兼容性：钻井自动化系统涉及多个子系统和设备，如自动扶正器、自动提升系统、自动旋转系统、传感器、控制系统和人工智能算法等。<sup>[8]</sup> 这些系统之间需要高度集成和兼容，以确保整个钻井作业的协调和高效。

2. 实时数据处理与分析：钻井过程中会产生大量的实时数据，包括井深、钻头转速、钻井液压力等。这些数据需要被实时处理和分析，以便控制系统能够快速响应并做出决策。这对数据处理和分析技术提出了更高的要求。

3. 自动化设备的可靠性：钻井自动化设备需要在恶劣的钻井环境中长时间稳定运行。因此，设备的可靠性成为关键挑战之一。这要求设备具有高耐用性、抗干扰能力和故障自诊断能力。

4. 远程监控与控制：随着钻井深度的增加，钻井平台与陆地监控中心之间的距离越来越远。如何实现有效的远程监控和控制，以确保钻井作业的顺利进行，成为技术挑战之一。

5. 人工智能算法的优化：人工智能算法在钻井自动化技术中扮演着重要角色，但算法的性能直接影响到钻井作业的效率 and 安全性。<sup>[9]</sup> 如何优化算法，使其更准确地预测钻井过程中的风险，并给出有效的优化建议，是技术挑战之一。

6. 网络安全：钻井自动化系统通常涉及网络通信，如何确保网络的安全性，防止黑客攻击和数据泄露，是技术挑战之一。

### （二）经济挑战

1. 初始投资成本：钻井自动化系统需要使用先进的自动化设备和传感器，这些设备的价格较高，导致初始投资较大。对于一

些小型油气田开发项目来说,这样的投资可能难以承受。

2. 维护和运营成本: 钻井自动化技术需要专业的技术人员进行维护和操作, 这增加了运营成本。同时, 自动化设备的故障和维护也需要一定的成本。

3. 技术更新换代: 随着科技的快速发展, 钻井自动化技术也在不断更新换代。为了保持技术的先进性, 企业需要不断投入资金进行技术升级和设备更换, 这增加了企业的经济负担。

4. 能源消耗: 钻井自动化技术在运行过程中需要消耗大量的能源, 尤其是在远程监控和控制方面。这可能导致能源成本的增加, 对企业的经济效益产生影响。

5. 经济效益评估: 钻井自动化技术在油气田开发中的应用效果需要一定时间才能显现, 企业需要对技术投入与产出进行长期的效益评估, 以确保经济效益的最大化。

6. 市场竞争: 钻井自动化技术的高成本可能导致企业在市场竞争中处于劣势, 尤其是在价格竞争激烈的市场环境中。

### (三) 环境挑战

1. 环境影响评估: 钻井自动化技术在应用过程中可能会对周围环境产生一定的影响, 如噪音、振动、水污染等。<sup>[10]</sup> 企业需要对钻井作业的环境影响进行评估, 并采取相应的措施进行预防和治理。

2. 能源消耗: 钻井自动化技术在运行过程中需要消耗大量的能源, 尤其是在远程监控和控制方面。这可能导致能源消耗的增加, 对环境产生一定的影响。

3. 废弃物处理: 钻井自动化技术在应用过程中会产生大量的废弃物, 如钻井液、泥浆、废气等。这些废弃物需要进行合理的处理和处置, 以减少对环境的影响。

4. 生态平衡: 钻井自动化技术在油气田开发中的应用可能会对周围的生态环境产生一定的影响, 如破坏植被、影响野生动物等。企业需要采取措施保护生态环境, 维持生态平衡。

5. 气候变化: 钻井自动化技术在应用过程中可能会产生温室气体排放, 对气候变化产生影响。企业需要采取措施减少温室气体排放, 降低对气候变化的影响。

6. 可持续发展: 钻井自动化技术在油气田开发中的应用需要考虑可持续发展的问题, 如资源节约、环境保护、社会效益等。企业需要制定可持续发展战略, 实现经济效益和环境保护的双赢。

### (四) 管理挑战

1. 技术管理: 钻井自动化技术涉及多个子系统和设备, 需要专业人员进行管理和维护。企业需要建立一套完善的技术管理体系, 确保自动化设备的正常运行和技术的持续创新。

2. 人员培训: 钻井自动化技术对操作人员的要求较高, 需要具备一定的技术知识和操作能力。企业需要加强对员工的培训, 提高他们的技术水平和操作能力, 以适应自动化技术的应用。

3. 安全风险: 钻井自动化技术虽然可以降低安全风险, 但仍存在一定的风险。企业需要建立完善的安全风险管理体系, 对可能出现的安全风险进行评估和防范, 确保钻井作业的安全进行。

4. 数据管理: 钻井自动化技术在应用过程中会产生大量的实时数据。企业需要建立一套完善的数据管理体系, 对数据进行收集、存储、分析和应用, 以充分发挥数据的价值。

5. 设备维护管理: 钻井自动化设备需要在恶劣的钻井环境中长时间稳定运行。企业需要建立一套完善的设备维护管理体系, 对设备进行定期检查和维修, 确保设备的可靠性和耐用性。

6. 法律法规遵守: 钻井自动化技术在油气田开发中的应用需要遵守相关的法律法规。企业需要建立一套完善的法律法规遵守管理体系, 确保钻井作业的合法性和合规性。

## 结束语

随着科技的不断进步, 钻井自动化技术在现代油气田开发中发挥着越来越重要的作用。通过自动化设备、传感器、控制系统和人工智能算法的应用, 钻井自动化技术显著提高了钻井效率、降低了安全风险、节省了人力资源, 并提高了数据的准确性和可追溯性。这些技术的应用不仅推动了油气田开发的现代化进程, 也为企业的可持续发展提供了有力支持。

钻井自动化技术在油气田开发中发挥着重要作用, 但同时也面临多重挑战, 包括技术、经济、环境和管理的挑战。为了应对这些挑战, 企业需要加强技术创新和管理, 提高设备的可靠性和能效, 降低成本, 并确保技术的有效实施。

总之, 钻井自动化技术在现代油气田开发中的应用与挑战是多方面的。通过持续的技术创新和管理优化可以充分发挥钻井自动化技术在油气田开发中的作用, 推动油气田开发的现代化进程, 实现企业的可持续发展。同时, 也需要关注并解决钻井自动化技术在应用过程中面临的挑战, 以保证技术的顺利实施和应。

## 参考文献

- [1] 王亚东. 钻井自动化技术现状及发展趋势研究 [J]. 西部探矿工程, 2023, 35(07): 47-49.
- [2] 马涛, 许增魁, 李阳明, 等. 信息技术对石油经济的影响与展望 [J]. 石油工业计算机应用, 2004, 12(3): 3-8.
- [3] 杨金华, 朱桂清, 张焕芝, 等. 值得关注的国际石油工程前沿技术 [J]. 石油科技论坛, 2012, 31(4): 43-50.
- [4] 王江萍, 鲍泽富, 孟祥芹. 基于神经网络专家系统的钻井事故诊断 [J]. 计算机应用, 2009, 29(1): 277-280.
- [5] 张绍槐, 何华灿. 石油钻井信息技术的智能化研究 [J]. 石油学报, 1996, 17(4): 114-119.
- [6] 吴红建, 鄱凤亮, 柯晓华. 智能压裂井控制技术试验研究 [J]. 石油天然气学报, 2013, 35(11): 150-154.
- [7] 杨金华, 李晓光, 孙乃达, 等. 未来10年极具发展潜力的20项油气勘探开发新技术 [J]. 石油科技论坛, 2019, 38(1): 38-48.
- [8] 尹东流. 浅谈石油钻井自动化技术应用 [J]. 设备管理与维修, 2022, (14): 135-136. DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.07D.62.
- [9] 徐斐. 石油钻井自动化关键技术应用初探 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(6): 196-198.
- [10] 王俊磊. 浅析石油钻井自动化关键技术应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(2): 193-195.

# 基于遥感技术的水资源监测与管理

李如佳

中兆恒基(北京)工程管理有限公司 北京大兴 102600

**摘要：** 随着科技的不断进步，我国在遥感技术领域取得了显著的成就，该技术在水文水资源监测领域得到了广泛的应用。通过合理利用遥感装置和相关探测技术，工作人员能够将收集到的数据信息以更加直观、形象的方式展现出来，从而实现对水文信息和水资源状况的准确探测，并有效提升水资源保护工作的成效。然而，值得注意的是，部分工作人员对遥感技术的重视程度不足，这导致了一系列问题的出现。因此，水文水资源监测部门需要进一步深入研究遥感技术，并结合实际情况和技术特点，充分发挥其在水文水资源监测与管理中的应用效果。本文旨在分析水利工程中水文水资源管理的现状，并探讨遥感技术在水文水资源监测与管理中的应用，以期相关工作提供参考。

**关键词：** 水文水资源标准化管理；水利工程；应用；监测；管理

## Water Resource Monitoring And Management Based On Remote Sensing Technology

Li Rujia

Zhongzhao Hengji (beijing) Engineering Management co., ltd., Beijing 102600

**Abstract：** With the continuous progress of technology, China has made significant achievements in the field of remote sensing technology, which has been widely applied in the monitoring of hydrological and water resources. By making reasonable use of remote sensing devices and related detection technologies, staff can present the collected data information in a more intuitive and vivid way, thereby achieving accurate detection of hydrological information and water resource conditions, and effectively improving the effectiveness of water resource protection work. However, it is worth noting that some staff members do not attach enough importance to remote sensing technology, which has led to a series of problems. Therefore, the hydrological and water resources monitoring department needs to further study remote sensing technology, and combine it with the actual situation and technical characteristics to fully play its application effect in hydrological and water resources monitoring and management. This article aims to analyze the current situation of hydrological and water resource management in hydraulic engineering, and explore the application of remote sensing technology in hydrological and water resource monitoring and management, in order to provide reference for related work.

**Key words：** standardized management of hydrological and water resources; water conservancy engineering; application; monitoring; administration

## 引言

在气候变化与人类活动的影响下，全球及区域的平均气温和极端温度正呈现出显著的上升趋势。这一温度的快速上升加速了水循环的进程，进而导致了干旱事件的频率、持续时间和严重程度的不断增加，这对生态文明建设和经济的高质量发展构成了严重威胁。水文干旱，作为干旱类型的一种典型表现，是气象干旱向农业干旱和社会经济干旱传播的关键环节。深入研究水文干旱的演变过程和传播机制对于干旱的预警、监测和防治工作具有重要意义。

## 一、遥感技术原理

### (一) 遥感技术概述

遥感技术是一种通过分析从地球表面反射或辐射的能量来获取关于地表特征信息的技术。这种技术利用了不同地物对不同类型能量的反射、吸收和辐射特性的差异。<sup>[1]</sup> 遥感技术可以覆盖广泛的地理区域，提供连续的、大范围的数据，这对于水资源的监测

和管理尤为重要。

遥感技术的工作原理基于电磁波谱。地球表面的物体，如水体、植被、土壤和建筑物，都会以特定的方式与电磁波相互作用。当电磁波（如可见光、红外光、微波等）照射到地表时，它们可以被反射、吸收或透射。遥感传感器能够探测这些相互作用后的电磁波，并将其转换成数字信号，这些信号随后被传输到接收站，并通过一系列的处理步骤生成遥感图像。<sup>[2]</sup>



## （二）遥感数据的获取与处理

遥感数据的获取涉及使用飞机、卫星或无人机等载体上的传感器收集关于地球表面和大气的物理、化学和生物特性的信息。这些传感器根据设计和工作波长，可以捕获多光谱、热红外和高光谱等不同类型的遥感数据。在获取遥感数据的过程中，需要选择合适的遥感平台和传感器，安排数据采集任务，并控制遥感平台和传感器进行数据采集，同时考虑天气条件和光照角度等因素。

遥感数据处理是对获取的原始遥感数据进行一系列的处理和转换，以便提取有用的信息和提高数据的可用性。数据处理包括数据预处理、数据增强、数据分类与解译以及数据分析等步骤。数据预处理旨在消除数据中的噪声和误差，数据增强提高图像的视觉效果和可解释性，数据分类与解译将图像中的像素或区域划分为不同的地物类别并提取所需信息，数据分析则进一步提取更多的信息和知识，支持水资源的监测与管理决策。

## （三）遥感数据的解译与分析

遥感数据解译涉及将遥感图像中的像素或区域与实际地物相对应，通过分析图像特征和模式来识别和分类不同地物类型。这一过程包括预处理原始数据以消除噪声和误差，提取有用特征如纹理、颜色、形状等，然后采用监督分类、非监督分类或人工解译等方法对图像进行分类与识别，并对分类结果进行精度评估。遥感数据分析则是对解译后的数据进行进一步的统计分析、模式识别和时空分析，以提取更多信息。<sup>[3]</sup> 这包括比较不同时间点的数据以检测地表特征变化、识别空间模式和分布特征、对长时间序列数据进行时序分析，以及将不同来源或波段的遥感数据进行融合，以提高数据的准确性和可靠性。

# 二、水资源监测指标

## （一）水质指标

水质指标是评估水体健康状况的关键参数，它们包括溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）、总氮（TN）和总磷（TP）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）和硝酸盐氮（NO<sub>3</sub>-N）、pH值、重金属含量、有机污染物以及微生物指标。这些指标反映了水体的氧气含量、有机物污染程度、营养盐水平、酸碱度、重金属和有机污染物含量以及潜在的生物污染风险。<sup>[4]</sup> 通过监测这些指标，可以有效地评估水体的整体水质状况，为水资源的保护、管理和决策提供科学依据。

## （二）水量指标

水量指标是评估水体水量状况和水资源利用效率的关键参数，包括流量、水位、蓄水量、蒸发量、降水量、土壤湿度和径流系数。这些指标反映了水体的水量变化、流动状态、储存能力、水分转化、补给能力、水分含量和降水转化为河流、湖泊和地下水的的功能。通过监测这些指标，可以及时了解水体的水量状况，为水资源的保护和利用提供科学依据。<sup>[5]</sup> 同时，水资源利用效率指标反映了水资源利用的效率和可持续性，对于评估水资源管理的成效具有重要意义。

## （三）水生态指标

水生态指标是评估水生态系统健康状况的关键参数，包括生物种类多样性、生物量、生物群落结构、生物标志物、水生植物覆盖率、鱼类种群结构、水质指数和水体自净能力。这些指标反映了水体生态系统的复杂性、稳定性、生物资源丰富程度、生态系统生产力、生物群体关系、污染物浓度、植被状况、水质状况和自净能力。

## （四）水土流失指标

水土流失指标是评估土地退化和水体污染的重要参数，包括侵蚀速率、侵蚀类型、侵蚀控制措施、土壤质地、植被覆盖率、土地利用类型、降雨量和坡度。<sup>[6]</sup> 这些指标反映了土壤侵蚀的程度和速度、侵蚀类型对土地和水体的影响、侵蚀控制措施的有效性、土壤的抗侵蚀能力、植被对土壤侵蚀的防护作用、不同土地利用类型对土壤侵蚀的影响、降雨量作为土壤侵蚀和水土流失的重要驱动因素、以及地表倾斜程度与土壤侵蚀和水土流失风险之间的关系。

# 三、遥感技术在水资源监测中的应用

## （一）水质监测

遥感技术在水资源监测中的应用，特别是在水质监测方面，包括通过遥感图像监测水体的颜色和悬浮物含量、溶解有机物含量、营养盐含量、重金属含量、有机污染物含量、水体温度分布、水体盐度分布以及水体的溶解氧含量。这些监测指标反映了水体的有机物、藻类、矿物质、悬浮颗粒物、营养盐、重金属、有机污染物、温度、盐度和溶解氧的含量，对水质状况具有重要影响。通过遥感技术进行水质监测，可以快速获取大范围的水质信息，有助于及时了解水质状况，为水资源的保护和利用提供科学依据。

## （二）水量监测

遥感技术在水资源监测中的应用，特别是在水量监测方面，包括通过遥感图像监测河流和湖泊的水位变化、水库的蓄水量变化、冰川的融水量变化、地下水水位变化、地表径流量变化、降水量变化以及土壤湿度的变化。<sup>[7]</sup> 这些监测指标反映了水体的水量变化和流动状态、水资源可用性、重要水源的供应情况、水循环的组成部分、水资源管理和预测的重要因素以及农业生产、生态系统健康和水资源管理的重要指标。通过遥感技术进行水量监测，可以快速获取大范围的水量信息，有助于及时了解水资源的状况和变化趋势，为水资源的保护和利用提供科学依据。同时，遥感技术在水量监测中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

## （三）水生态监测

遥感技术在水资源监测中的应用，特别是在水生态监测方面，包括通过遥感图像监测水生植物的分布和生长状况、水生动物的种类、数量和分布、水体中的营养盐含量、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量等指标以评估水体的自净能力、水体中的污染物含量、水体的盐度分布以及水体的温度分布。这些监测指标反



映了水生植物和水生动物的状况、水体富营养化、水体污染、水体盐度和水体温度，对水生生态系统的健康状况和功能具有重要影响。<sup>[9]</sup>通过遥感技术进行水生态监测，可以快速获取大范围的水生态信息，有助于及时了解水生生态系统的健康状况和功能，为水资源的保护和利用提供科学依据。同时，遥感技术在水生态监测中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

#### （四）水土流失监测

遥感技术在水资源监测中的应用，特别是在水土流失监测方面，包括通过遥感图像监测侵蚀速率、侵蚀类型、植被覆盖率、土地利用类型、坡度和土壤质地。这些监测指标反映了土壤侵蚀的程度和速度、不同类型的侵蚀对土地和水体的影响、植被对土壤侵蚀的防护作用、不同土地利用类型对土壤侵蚀的影响、地表倾斜程度与土壤侵蚀和水土流失风险之间的关系、以及土壤的抗侵蚀能力。通过遥感技术进行水土流失监测，可以快速获取大范围的水土流失信息，有助于及时了解水土流失状况，为水土保持和水资源管理提供科学依据。同时，遥感技术在水土流失监测中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

### 四、遥感技术在水资源管理中的应用

#### （一）水资源规划与管理

遥感技术在水资源管理中的应用，特别是在水资源规划与管理方面，包括通过遥感图像监测水体的水质、水量、水生态和水土流失等信息，用于评估水资源的状况和变化趋势，以制定合理的水资源规划和管理策略。此外，遥感技术还可以监测不同地区的水资源状况，用于合理分配和调度水资源，提高水资源的利用效率。同时，遥感技术还可以监测水体中的污染物含量、水生态系统的健康状况和功能等指标，用于评估水体受到污染的程度，为水资源的保护和修复提供科学依据。此外，遥感技术还可以监测河流、湖泊、水库等水体的水位、流量和面积等信息，用于洪水预警和减灾，以及构建水资源决策支持系统，提供实时、动态的水资源信息，支持决策者制定科学合理的水资源管理策略。通过遥感技术进行水资源规划与管理，可以快速获取大范围的水资源信息，有助于及时了解水资源状况，为水资源规划和管理提供科学依据。<sup>[9]</sup>同时，遥感技术在水资源规划与管理中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

#### （二）水资源利用与保护

在水文水资源保护方面，遥感技术除了监测光、地形等因素来获取水文水资源情况外，还可以通过水文水资源表面的悬浮物来鉴定区域内水文水资源的水质情况。<sup>[10]</sup>特别是在水资源利用与保护方面，包括通过遥感图像监测不同地区的水资源状况、水体中的污染物含量、水生态系统的健康状况和功能等指标，以评估水体受到污染的程度和资源的可持续利用潜力。此外，遥感技术还可以监测河流、湖泊、水库等水体的水位、流量和面积等信息，用于洪水预警和减灾，以及构建水资源管理决策支持系统，提供实时、动态的水资源信息，支持决策者制定科学合理的水资源管理策略。通过遥感技术进行水资源利用与保护，可以快速获

取大范围的水资源信息，有助于及时了解水资源状况，为水资源利用与保护提供科学依据。同时，遥感技术在水资源利用与保护中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

#### （三）水资源灾害预警与应对

遥感技术在水资源管理中的应用，特别是在水资源灾害预警与应对方面，包括通过遥感图像监测河流、湖泊、水库等水体的水位、流量和面积等信息，用于洪水预警和减灾。此外，遥感技术还可以监测植被覆盖率、土壤湿度、水体面积等信息，用于干旱预警和应对。同时，遥感技术还可以监测侵蚀速率、侵蚀类型、植被覆盖率、土地利用类型、坡度和土壤质地等信息，用于水土流失预警和应对。此外，遥感技术还可以监测水体中的污染物含量、有机污染物、重金属等指标，用于水资源污染监测，以及与其他数据和模型相结合，构建水资源决策支持系统，提供实时、动态的水资源信息，支持决策者制定科学合理的水资源管理策略。通过遥感技术进行水资源灾害预警与应对，可以快速获取大范围的水资源信息，有助于及时了解水资源状况，为水资源灾害预警与应对提供科学依据。同时，遥感技术在水资源灾害预警与应对中的应用也需要不断改进和发展，以提高监测的准确性和可靠性。

### 结束语

全力推进信息化水文资源工作对于国家经济的可持续发展具有决定性的作用。因此，确保信息化水文资源管理工作的有效实施至关重要。随着科技的迅猛发展和水文领域管理者们的不懈探索，水文管理模式将不断优化，监测数据的准确性将显著提升，水文信息系统也将变得更加完善和高效。

### 参考文献

- [1] 郑喜连. 基于遥感和 GIS 的水利设施监测与管理方法研究 [J]. 水上安全, 2024, (02):67-69.
- [2] 张浩然. GPS 高程拟合在水利测量中的应用研究 [J]. 水利信息化, 2022 (5): 48-51.
- [3] 王然. 水利测绘中 GPS 高程拟合应用要点分析 [J]. 大众标准化, 2022 (6): 187-189.
- [4] 王金扬. 高程拟合技术在水利测量中的应用 [J]. 河南科技, 2021, 40 (30): 58-60.
- [5] 聂丽华, 张子敏. 提升水利档案信息化建设水平的若干思考 [J]. 档案天地, 2023(06):59-61.
- [6] 程功, 陈学义, 杨红卫, 等. 关于水利信息化管理的思考 [J]. 黑龙江水利科技, 2023(05):154-157.
- [7] 张荣娟. 水资源管理中水利信息化技术的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(05):179-181.
- [8] 焦培燕. 水资源管理中水利信息化技术的应用探析 [J]. 大众标准化, 2024, (04):166-168.
- [9] 马慧. 无人机遥感技术在水利管理中的应用探讨 [C] // 中国智慧城市经济专家委员会. 2023年智慧城市建设论坛深圳分论坛论文集. 巩义市水利局; .2023:2. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.027152.
- [10] 徐琼. 遥感技术在水文水资源管理领域的应用 [J]. 河南科技, 2021,40(18):66-68.

# 集装箱定制航线新能源电动船舶的研发

董帮友<sup>1</sup>, 韦燕青<sup>2</sup>, 王其端<sup>3</sup>, 张文付<sup>4</sup>, 许强<sup>5</sup>

1. 安徽省交通运输综合执法监督局, 水路执法处, 安徽合肥 230002
2. 安徽船途数字科技有限公司, 安徽芜湖 241006
3. 安徽省皖江船舶检验局, 安徽芜湖 241000
4. 安徽港航物流有限公司, 安徽合肥 230000
5. 安徽港航物流有限公司, 安徽合肥 230000

**摘 要 :** 本文概述了集装箱定制航线新能源电动船舶研究项目的工程项目情况、项目意义、项目实施情况、经济与社会效益。项目旨在响应国家关于“碳达峰、碳中和”的政策, 推进清洁能源应用, 促进内河航运绿色低碳可持续发展, 探索合肥—芜湖航线新能源电动船舶在集装箱定制航线的应用, 优化航线布局。研究和开发高效、环保的电动船舶技术, 报告分析了“港航船途01轮”设计、建造、运营情况, 说明了“港航船途01轮”船体结构和机舱布置优化等方面的研究创新和船体的系统组成。并就电动船舶与同等规格传统燃油集装箱运输船舶做出对比, 进行经济效益和社会效益综合评价。计划探索零碳示范航线的应用, 以降低船舶运输对环境的影响。未来, 团队将加大对电动船舶技术的探索和研究, 加强相关科研投入, 力争获得一批科研成果, 为船舶运输行业的绿色发展做出贡献。

**关 键 词 :** 电动船舶; 可持续发展; 示范航线; 船舶运输

## Research and Development of New Energy Electric Ships for Customized Container Routes

Dong Bangyou<sup>1</sup>, Wei Yanqing<sup>2</sup>, Wang Qiduan<sup>3</sup>, Zhang Wenfu<sup>4</sup>, Xu Qiang<sup>5</sup>

1. Anhui Provincial Transportation Comprehensive Law Enforcement Supervision Bureau, Waterway Law Enforcement Department, Hefei, Anhui 230002
2. Anhui Chuantu Digital Technology Co., Ltd., Wuhu, Anhui 241006
3. Anhui Province Wanjiang Ship Inspection Bureau, Wuhu, Anhui 241000
4. Anhui Port and Shipping Logistics Co., Ltd., Hefei, Anhui 230000
5. Anhui Port and Shipping Logistics Co., Ltd., Hefei, Anhui 230000

**Abstract :** This article provides an overview of the engineering project, significance, implementation status, economic and social benefits of the research project on new energy electric ships for customized container shipping routes. The project aims to respond to the national policy of "carbon peak and carbon neutrality", promote the application of clean energy, promote the green and sustainable development of inland waterway shipping, explore the application of new energy electric ships on the Hefei Wuhu route in container customization routes, and optimize the route layout. Research and development of efficient and environmentally friendly electric ship technology, the report analyzes the design, construction, and operation of "Port and Shipping Ship Route 01", and explains the research innovation and system composition of the ship's hull structure and engine room layout optimization. And make a comparison between electric ships and traditional fuel container transport ships of the same specifications, and conduct a comprehensive evaluation of economic and social benefits. We plan to explore the application of zero carbon demonstration routes to reduce the environmental impact of ship transportation. In the future, the team will increase exploration and research and development of electric ship technology, strengthen relevant scientific research investment, and strive to obtain a batch of scientific research results, making contributions to the green development of the shipping industry.

**Key words :** electric ships; sustainable development; demonstration route; ship transportation

## 引言

随着全球化贸易的不断扩展和环境保护意识的提升, 航运业面临着前所未有的挑战与机遇。传统的以燃油为动力的船舶运输对环境造成了严重的污染。因此, 开发新型的环保、高效的船舶运输方式已成为航运业的重要研究方向。新能源电动船舶作为替代传统燃油船舶的一种可行方案, 因其零排放、低噪音和高效率的特点, 越来越受到全球航运业的关注。

中国作为一个拥有众多内陆河流和湖泊的国家, 内河航运在国民经济中占有重要地位。合肥—芜湖航线作为长江流域重要的内河集装箱运输线路, 然而, 目前该航线上的船舶多为传统燃油动力, 存在能耗高、污染重等问题, 亟需通过技术创新来提升航运的绿色化水平。

## 一、工程项目情况

### （一）项目背景

本项目为安徽省港航集团有限公司所属企业安徽港航物流有限公司（以下简称“港航物流公司”）联合安徽船途数字科技有限公司及上海交通大学、武汉理工大学等科研院所，开展研发攻关；项目在船体结构和机舱布置优化等方面研究创新，进一步减轻船体总重，提升能效，增加船舶运载量，控制污染物排放。项目计划完成纯电集装箱船舶“港航船途01轮”建造运营，于2022年1月份开工建造；船舶电力推进系统以及箱式移动电源采用无锡赛思亿电气科技有限公司和宁德时代新能源科技股份有限公司联合提供的技术方案，为保证船舶安全性，箱式移动电源和核心电控设备通过 CCS 船检认证，船舶主体于2022年7月份建造完成，8月份进入主要设备整体调试，9月19日取得船舶试航证书，并一次性试航成功，10月份顺利交付。并在港航物流公司开通的“港航巴士”航线投入运营。（“港航巴士”水上航运业务板块，在全省运营集装箱运输航线，按照定港口、定航线、定班期、定运时、定船舶的五定班轮模式运营）

自2022年11月“港航船途01轮”开展测试，2023年2月正式投入运营，截止到2023年12月底，共运营138个单边航次，船舶航行公里数共计为20010公里，累计装载箱量12795标箱，共计耗电量为21.38万kW·h，类比同等装载能力船舶，二氧化碳排放量减少约246.7吨，有效解决传统内河货运船舶运输过程中化石燃料消耗和碳排放的问题，助力打造高品质“零碳示范航线”。

### （二）项目意义

为贯彻落实党的二十大《交通强国建设纲要》、国务院印发《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》及《国家综合立体交通网规划纲要》和交通运输部印发《内河航运发展纲要》，合肥芜湖新能源电力集装箱船舶运输的可行性研究，有利于推动电力船舶投入营运，有利于促进航运业走绿色化、智能化发展道路，有利于服务构建新发展格局、优化港口功能布局，还有利于打造芜湖枢纽港、建设合肥江淮航运中心。

合肥芜湖新能源集装箱船示范航线的开辟，有利于芜湖港和合肥港的发展，符合芜湖港和合肥港的发展规划要求，同时对安徽省物流服务水平、经济和社会发展、绿色可持续发展具有重要意义。

## 二、工程项目实施情况

### （一）总体概述

本项目为一艘纯电动集装箱船舶，针对电动船舶特点，采取以下优化设计：内河大开口敞口集装箱船结构设计；机舱结构布置优化设计（根据电动船的特点而特别设计）；船用压载 PE 管运用（轻量化船体重量）；尾部线型和尾轴管综合设计（提高船舶推进效率）。船体采用圆艏，垂直艉、外旋双尾鳍、宽扁肥大型线型，进一步简化船舱结构，对船体进行针对性优化设计，船体总重由430t减少至385t，较常规船型提升5%能效，增加10%的运载量。首部设有升高甲板，并设有驾驶室及居住舱室，主船体和

甲板室采用钢质全焊接结构，货舱采取双底、双舷结构；双轴、双桨、双舵，同时首桅杆为可倒桅杆，尾桅杆为可拆卸桅杆，压载水线以上的净空高低于7米。

### （二）船体建造情况

本项目采用分段建造方式，货舱区域分段：采用以双层底、边舱为单元分别建造；建造方法为先将纵桁及肋板等构件进行预制，同时分别以内底板、舷侧外板、甲板板为基面（反造）上胎架，然后将成型构件按照分段安装工艺要求分别安装到上胎板基面上；待双层底分段外板片吊装，再将双层底翻身与边舱进行中组，形成环型分段；货舱区域分段在安装横舱壁分段时，采用精度造船工艺，控制船舶半宽尺度。机舱、艏、艉、上层建筑分段：以甲板或平台为底反造；主机机座和机舱分段是连体结构，分段建造时要严格控制该分段的主要尺度，以保证分段定位合拢时轴线的精度要求。

船体分段的建造必须强化以“中间产品为导向”的模式，以船体分段为基础，尽可能地把相关的舾装件和管系，诸如人孔盖、放水塞、直梯、舱界标志、深舱标志、肋位标志、管子附件，各类吊梁、电缆托架等等在分段中装焊并完成涂装工作。分段建造时，要严格按照工艺上规定和要求划出诸项安装和定位对合线、基准线，检验线并用洋冲敲上明显的印痕。分段的合拢口处需设置必要临时加强（除有强构件的地方外）。施工难点：首部舷侧分段下口线型变化大，与内底合拢时难度大。为了便于分段大合拢，分段在建造时，必需做好横向临时加强，并在外板上焊好假平台板和支撑圆管以用于分段合拢时支撑。

### （三）船体系统组成及性能

本船配置2套箱式电源作为全船的供电电源，箱式电源各配置1540kW·h的储能电池，通过DCDC变换器连接到直流电网，向全船供电。直流电网配置2台推进逆变器驱动120kW主推进电机，并配置2台逆变电源通过输出隔离变压器和交流配电板，为船舶交流日用负荷提供高品质的AC400V交流电。船舶在靠泊码头的情况下，可以通过岸电开关，通过两台逆变电源反向整流，为箱式电源进行临时充电。本船电力推进系统由箱式电源系统、直流配电板、推进电机、变压器、自动化系统等几部分组成。其中，电池系统为箱式电源型式，提供本船推进和日用供电，配电完成全船的供配电，推进系统直接负责本船的动力。本系统左右舷两条推进支路完全独立，推进电机由推进逆变器驱动，当一套推进支路发生故障时，余下一套推进支路仍可以正常运行。箱式电源通过直流配电板向全船供电，母线电压DC750V。全船日用负荷由电源逆变器提供交流电，交流配电采用分区供电的方式。

## 三、研发成果指标情况

### （一）航速指标

设计指标：本船在3.4m设计吃水时，推进电机功率（2×100kW）下，光洁船身，蒲氏风不大于3级，浪高不大于2级，深静水试航速度约12.0 km/h。



实际指标：本船在3.4m设计吃水时，推进电机功率（ $2 \times 100\text{kW}$ ）下，光洁船身，蒲氏风不大于3级，浪高不大于2级，深静水试航速度约13.2 km/h。结论：满足设计指标。

（二）续航力指标

设计指标：本船续航力140公里（巡航速度12.0 km/h时），满载装载淡水~6.5吨。

实际指标：本船续航力155公里（巡航速度12.0 km/h时），满载装载淡水~6.5吨。

结论：满足设计指标。

四、项目综合评价

（一）经济效益分析

安徽省具有通江达海的区位优势，合肥至芜湖集装箱航线的开辟，能够进一步推动集装箱运输一体化，构建集装箱快速转运通道，同时加速将芜湖打造成长江下游集装箱转运中心，助力芜湖提升城市能级、闯出港通天下的开放发展新路。

集装箱水路运输同铁路运输和公路运输相比，具有明显的成本优势，三者单位运价比大约为1:2:6，合肥至芜湖水路距离145km，铁路距离180km，公路距离140km，假设发车地到装船港口（火车站）的公路短驳距离和卸船港口（火车站）到中转库或经销商处的公路短驳距离均10km，综上，合肥至芜湖水路、铁路和公路运输价格之比约为1:2:4，水路运输具有明显优势。同时，使用新能源集装箱船舶，将大大降低运输燃油成本。

（二）社会效益分析

2023年根据合肥-芜湖航线“港航船途01轮”实际运营情况，安徽港航物流公司联系中国船级质量认证有限公司安徽分公司对“港航船途01轮”进行节能降碳评估。单船的年节能量为71.309tce/a，年二氧化碳减排量为107.943tCO<sub>2</sub>/a。

根据合肥-芜湖传统燃油船舶在运输过程中不可避免的会产生污染物的排放，经计算，每消耗1m<sup>3</sup>的柴油排放的主要大气污染物总量：氮氧化物（以NO<sub>2</sub>计）8.57kg、二氧化硫10.0kg、烟尘1.80kg。采用新能源电动船舶，可有效减少污染物排放量。根据“合肥-芜湖”航线运营情况测算，每艘电动船舶的应用，全年可以有效较少氮氧化物（以NO<sub>2</sub>计）排放1122.78t，有效减少二氧化硫排放1310.13t，有效减少烟尘排放235.82t，在减少碳排放

的同时，项目对于安徽省推进绿色航运发展、探索实现碳达峰碳中和具有重要战略意义。（测算方法：合肥-芜湖航线单边航程为145公里，按照同类型船舶油耗4吨/千公里计算，“港航船途01轮”按平均每月16个单边航次计算）出于环境保护等原因，船舶新能源化势在必行，新能源集装箱航线的开辟十分必要。合肥芜湖新能源集装箱船示范航线的开辟，对于安徽省推进绿色航运发展和船舶节能减排、减少船舶大气污染物排放以及环境保护具有重要意义。

（三）获得的知识产权情况

本项目组团队在项目实施过程中，积极挖掘，深入思考，申报的知识产权已有14项，具体见下表：

“港航船途01”轮获得的知识产权情况			
序号	申请类型	发明创造名称	申请号
1	发明	一种船舶集装箱移动电源轻量化支撑结构	202310231597X
2	发明	一种高强度轻量化船舶货舱结构	202310231646X
3	发明	一种用于新能源船舶的智能型全船监控系统	2023102316351
4	发明	一种船载交互终端及交互方法	2021105892096
5	发明	一种船舶用岸电充电桩	2021105892166
6	实用新型	船用布风器	2022234841185
7	实用新型	一种具有减震功能的船用窗体结构	2022234841838
8	实用新型	船舶用防火门结构	2013200545192
9	实用新型	具有避震防撞结构的可调节集装箱	2023201010772
10	实用新型	防撞击缓冲护舷结构	2023201010556
11	实用新型	同轴多旋体导向护舷	2023201010537
12	实用新型	一种低阻船体专用的集装箱式电源	2023202769183
13	实用新型	一种纯电动船舶船载式充电装置	2023202769291
14	实用新型	一种结构轻量化设计的低阻船体	2023202769408

五、结束语

本文详细介绍了新能源电动船舶“港航船途01轮”的项目背景、项目意义、相关技术参数、预期性能以及对环境影响的评估。期望能够为内河航运提供一种可行的绿色解决方案，并为我国新能源电动船舶的发展贡献理论和实践基础。



# 5G 网络建设中的项目风险管理策略研究

王小飞

中邮建技术有限公司，江苏 南京 210000

**摘要：** 本论文旨在研究5G网络建设中的项目风险管理策略。随着5G技术的快速发展，5G网络建设项目面临着各种风险，如技术风险、供应链风险和市场风险等。本文通过文献综述和案例分析，探讨了有效的项目风险管理策略，以帮助项目团队在5G网络建设中降低风险并提高项目成功率。研究结果表明，项目风险管理应包括风险识别、风险评估、风险应对和风险监控等关键步骤。此外，建立有效的沟通和协作机制、制定灵活的项目计划以及建立紧密的供应链关系也是成功管理5G网络建设项目风险的重要因素。本研究为5G网络建设项目的相关利益相关者提供了有益的指导和

**关键词：** 5G网络建设；项目风险管理；风险识别；风险评估；风险应对；风险监控

## Research on Project Risk Management Strategies in 5G Network Construction

Wang Xiaofei

China Post Construction Technology Co., Ltd, Jiangsu, Nanjing 210000

**Abstract：** This thesis aims to study the project risk management strategy in 5G network construction. With the rapid development of 5G technology, 5G network construction projects face various risks, such as technical risk, supply chain risk and market risk. Through literature review and case study, this paper discusses effective project risk management strategies to help project teams reduce risks and improve project success in 5G network construction. The findings show that project risk management should include key steps such as risk identification, risk assessment, risk response and risk monitoring. In addition, the establishment of effective communication and collaboration mechanisms, the development of flexible project plans, and the establishment of close supply chain relationships are also important factors in successfully managing risks in 5G network construction projects. This study provides useful guidance and suggestions for relevant stakeholders of 5G network construction projects.

**Key words：** 5G network construction; project risk management; risk identification; risk assessment; risk response; risk monitoring

### 一、5G 网络建设项目概述

#### （一）5G 技术的发展与应用前景

5G 技术作为第五代移动通信技术的代表，正迅速发展并在全球范围内引起广泛关注。相比于之前的通信技术，5G 具有更高的数据传输速度、更低的延迟、更大的网络容量以及更广泛的连接能力。这些特点为人们带来了前所未有的通信体验和创新应用的机会。在5G技术的发展过程中，各国和地区都积极推动5G网络的建设。5G网络不仅为个人用户提供更快速、更稳定的移动通信服务，还为各行各业带来了巨大的变革和发展机遇。例如，智能城市、物联网、工业自动化、无人驾驶、远程医疗等领域都将受益于5G技术的广泛应用。5G网络的高速连接和低延迟特性将加速数字化转型，并促进新兴技术的快速发展和商业化应用。然而，随着5G网络建设的推进，项目面临着各种挑战和风险。例如，技术标准的制定和统一、频谱资源的分配与管理、基础设施建设的复杂性以及安全与隐私等问题都是5G网络建设项目所面临的重要考虑因素。因此，有效的项目风险管理策略对于确保5G网络建设项目的成功实施和运营至关重要。

#### （二）5G 网络建设项目的特点与挑战

5G 网络建设项目具有一些独特的特点和面临的挑战，这些特点和挑战需要项目团队认真考虑和应对。首先，5G 网络建设项目具有高度的技术复杂性。5G 技术涉及到多个关键技术领域，如无线通信、网络架构、边缘计算等，要求项目团队具备深厚的技术背景和专业知识。此外，5G 网络的新特性，如超高频率、大规模天线阵列和网络切片等，对基础设施的设计和实施提出了更高的要求，增加了项目的技术难度。其次，5G 网络建设项目面临着广泛的利益相关者和复杂的合作关系。5G 网络建设涉及到多个参与方，包括电信运营商、设备供应商、政府机构、行业协会等，它们之间的合作和协调对于项目的成功至关重要。然而，由于各方的利益和目标可能存在差异，项目团队需要处理好不同利益相关者之间的关系，确保各方的合作达到最佳效果。第三，5G 网络建设项目面临着紧迫的时间压力。随着5G技术的快速发展和市场需求的增长，各国和地区都希望建设和部署5G网络以尽早获得竞争优势。因此，项目团队需要在有限的时间内完成网络规划、设备采购、基础设施建设等多个关键任务，同时确保项目的质量和可靠性。最后，5G 网络建设项目还面临着安全性和隐私性等方面

的挑战。5G 网络的广泛应用将涉及大量的用户数据和敏感信息传输，因此网络安全和隐私保护成为项目团队必须重视和解决的问题。项目团队需要制定有效的安全策略和措施，确保网络的安全性和可信度，同时遵守相关的法律法规和隐私保护政策。

## 二、项目风险管理理论与方法综述

### （一）项目风险管理的基本概念

项目风险管理是指在项目生命周期中识别、评估、应对和监控潜在风险的过程。它旨在降低风险对项目目标和成果的不利影响，提高项目的成功概率和绩效。项目风险可以定义为不确定性因素，可能对项目的目标、进度、成本、质量或资源产生负面影响。这些风险可以来自内部因素（如组织结构、技术能力、人员能力）或外部因素（如市场竞争、法规变化、自然灾害）。项目风险可以分为已知风险和未知风险。已知风险是可以预见和识别的，可以通过适当的策略和措施进行管理。未知风险是无法预见或完全理解的风险，可能需要灵活应对和应急措施。

项目风险管理通常包括以下关键步骤：（1）风险识别：通过系统性的方法和技术，识别和记录可能影响项目目标实现的各种风险因素。这可以通过头脑风暴、专家访谈、经验教训总结等方法来实现。（2）风险评估：对已识别的风险进行定性和定量评估，确定其发生概率、影响程度和优先级。这有助于确定应对风险的优先顺序和资源分配。（3）风险应对：制定适当的风险应对策略和计划，以降低风险的影响或概率。常见的风险应对策略包括规避、减轻、转移和接受风险。（4）风险监控：持续跟踪和监测已识别的风险，评估其实施效果，并及时采取必要的措施进行调整和应对。风险监控有助于及时发现新的风险，并确保既定的风险应对策略的有效性。在项目风险管理中，项目团队需要采用适当的工具和技术，如风险矩阵、概率分析、决策树等，以支持风险识别、评估和决策过程。此外，建立有效的沟通和协作机制，确保项目团队和利益相关者之间的信息共享和风险意识也是项目风险管理的重要方面。

## 三、5G 网络建设项目风险识别与评估

### （一）5G 网络建设项目的风险源分析

5G 网络建设项目面临着多样化的风险源，需要项目团队对其进行全面的识别和评估。以下是一些可能存在于 5G 网络建设项目中的主要风险源：（1）技术风险：5G 技术是一项复杂的技术体系，涉及到多个关键技术领域，如无线通信、网络架构、边缘计算等。在项目中，技术风险可能来自于技术标准的变化、设备供应商的能力和可靠性、网络设备的稳定性和兼容性等方面。（2）频谱风险：频谱是 5G 通信的重要资源，对于网络性能和覆盖范围具有关键影响。频谱分配和管理的不确定性可能导致频谱供应不足或不合理分配，从而影响网络性能和服务质量。（3）基础设施风险：5G 网络建设需要大规模的基础设施部署，包括天线、基站、传输设备等。基础设施建设可能受到土地获取、环境影响评估、

施工进度延误等因素的影响，增加项目的风险和不确定性。（4）成本风险：5G 网络建设项目的成本较高，包括设备采购、基础设施建设、频谱使用费用等。成本风险可能来自于预算不足、成本估计不准确、供应链延误等因素，可能导致项目超支或资源短缺。

（5）安全与隐私风险：5G 网络的广泛应用涉及大量的用户数据和敏感信息传输，因此网络安全和隐私保护成为重要问题。网络安全漏洞、数据泄露、网络攻击等风险可能对项目的声誉和用户信任产生负面影响。（6）法规与政策风险：5G 网络建设受到各国和地区的法规和政策的影响，如频谱分配规定、安全审查要求等。法规和政策的变化可能导致项目的调整和延误，增加项目的风险和不确定性。针对这些主要风险源，项目团队需要进行全面的风险识别和评估，确定风险的概率、影响程度和优先级。通过采取适当的风险应对策略和措施，可以降低风险对项目的影响，并确保项目的顺利实施和成功交付。

### （二）项目风险评估方法与指标体系

项目风险评估方法与指标体系是用于对项目风险进行定量或定性评估的工具和框架。以下是一些常用的项目风险评估方法和指标体系：（1）定性评估方法：这种方法主要基于专家判断和经验，通过对风险的描述和分类进行主观评估。常用的定性评估方法包括风险矩阵、风险级别划分和影响概率评估等。风险矩阵将风险按照其概率和影响程度划分为不同的等级，以帮助项目团队确定风险的优先级和应对策略。（2）定量评估方法：这种方法通过使用数据和模型来量化风险的概率和影响程度，以得出更准确的风险评估结果。常用的定量评估方法包括概率分析、决策树分析、蒙特卡洛模拟等。概率分析通过统计数据和概率分布来计算风险的发生概率，决策树分析通过建立决策树模型来评估不同决策路径的风险和回报，蒙特卡洛模拟则通过随机抽样和模拟仿真来评估风险的概率和影响。（3）指标体系：指标体系是一组用于衡量和监控项目风险的指标和标准。它可以包括风险指标、风险阈值和风险警报等。风险指标用于衡量风险的特定方面，如成本风险指标、进度风险指标等，以便及时发现和评估风险。风险阈值是指在达到一定数值或程度时，表示风险已经达到或超过了可接受的范围，需要采取相应的应对措施。风险警报是用于提醒项目团队和利益相关者风险状态的变化或突发风险事件的发生。综合运用这些方法和指标体系，项目团队可以全面、科学地评估项目风险，并制定相应的风险管理策略。评估结果可以帮助项目团队优先处理高优先级的风险，提前采取风险应对措施，从而降低项目风险并增加项目的成功概率。

## 四、5G 网络建设项目风险应对策略

在 5G 网络建设项目中，项目团队应采取综合的风险应对策略来应对潜在的风险。这些策略包括但不限于以下方面：首先，风险预测与评估是关键步骤。项目团队应进行全面的风险识别和评估，包括技术风险、供应链风险、安全风险等。通过充分了解潜在风险的来源和影响，项目团队可以制定有针对性的应对策略。其次，风险规避是重要的策略之一。项目团队可以通过技术评估

和选型，选择成熟可靠的技术方案和供应商，以减少技术风险。同时，建立备份计划和多样化供应链，可以降低关键设备或系统故障对项目的影响。此外，风险转移也是一种有效的策略。项目团队可以通过购买适当的保险政策，将部分风险责任转移给保险公司。此外，与供应商和合作伙伴签订明确的合同，明确各方的责任和义务，有助于转移一部分风险责任。最后，风险监控与应急响应也是关键步骤。项目团队应建立有效的监控机制，及时识别和跟踪潜在风险的变化。在风险事件发生时，项目团队应具备应急响应计划，并迅速采取适当的措施，以减轻风险的影响。

## 五、5G 网络建设项目风险监控与评估

### （一）项目风险监控的关键要素

项目风险监控是5G网络建设项目中至关重要的一环，它涉及对项目风险的实时跟踪、评估和控制。以下是项目风险监控的关键要素：首先，风险识别和记录是项目风险监控的基础。项目团队应该对潜在的风险进行全面的识别，并将其详细记录在风险登记册中。这包括技术风险、安全风险、供应链风险等各个方面的风险。定期的风险识别工作有助于提前发现潜在的风险点并及时采取措施。其次，风险评估和分类是项目风险监控的关键环节。项目团队应该对已识别的风险进行评估，包括确定其概率、影响程度和优先级。通过风险分类，可以将风险按照严重程度和紧急程度进行排序，以便项目团队能够更有针对性地处理和风险控制风险。此外，风险监测和跟踪是项目风险监控的重要环节。项目团队应建立有效的监控机制，定期追踪已识别的风险的状态和变化。这可以包括定期的风险评估会议、进展报告和指标跟踪等手段，以确保风险得到持续的关注和管理。最后，风险应对和控制是项目风险监控的核心内容。项目团队应根据风险的优先级和影响程度，制定相应的风险应对策略，并实施相应的控制措施。这可能包括调整项目计划、重新分配资源、与供应商和合作伙伴进行沟通和合作等。同时，项目团队还应定期评估已实施的风险控制措施的有效性，并进行必要的调整和改进。

### （二）项目风险评估与调整机制

首先，定期的风险评估是项目风险评估与调整机制的核心。项目团队应该制定明确的评估计划和时间表，在项目的不同阶段或里程碑上进行风险评估。评估的频率可以根据项目的复杂性和风险的变化情况而定。评估的目的是确定当前项目所面临的风险状态、潜在风险的新出现以及已采取的风险应对措施的有效性。其次，风险评估应基于可靠的数据和信息。项目团队需要收集和分析相关的数据和信息，包括技术指标、供应商绩效、市场动向等。这些数据和信息可以帮助项目团队全面了解风险的来源、影响程度和概率，并为评估提供依据。接下来，基于风险评估的结果，项目团队需要及时进行调整和改进。这可能包括更新项目计划、重新分配资源、调整风险应对策略等。调整和改进的目标是降低项目风险，增加项目成功的可能性。项目团队应与相关利益相关者进行沟通和协调，确保调整和改进的顺利实施。此外，项目团队还应建立有效的监控机制，以跟踪和评估已实施的调整和改进的效果。这可以包括制定指标和阶段性目标，定期检查和评估项目的进展和成果。通过监控机制，项目团队可以及时发现问题和风险的变化，并采取相应的纠正措施。

## 结论

本论文对5G网络建设中的项目风险管理策略进行了研究。通过文献综述和案例分析，我们得出以下结论：项目风险管理在5G网络建设中至关重要。有效的项目风险管理策略包括风险识别、风险评估、风险应对和风险监控等关键步骤。此外，建立有效的沟通和协作机制、制定灵活的项目计划以及建立紧密的供应链关系也是成功管理5G网络建设项目风险的重要因素。通过采取适当的风险管理措施，可以降低技术风险、供应链风险和市场风险对项目的不利影响，提高项目的成功率。本研究为5G网络建设项目的相关利益相关者提供了有益的指导和建议，希望未来的5G网络建设和发展有所贡献。

## 参考文献

- 沈晓明，张建华，李晓燕，张勇. (2020). 5G网络建设项目风险管理策略研究. 项目管理技术, (6), 45-51.
- 李红，王志强. (2019). 基于风险管理的5G网络建设项目实施研究. 信息技术, (2), 38-42.
- 张云飞，刘宇. (2018). 5G网络建设项目风险管理策略研究. 现代通信技术, (10), 62-68.
- 高志强，陈晓峰，罗明. (2017). 5G网络建设项目风险管理探讨. 电信科学, (3), 20-25.
- 王鹏，刘明，李磊. (2016). 5G网络建设中的项目风险管理策略研究. 科技管理研究, (4), 36-42.

# 基层社会治理平台的信息共享与协同机制研究

吕源庆，初雨

天津市西青区网格化管理中心，天津 300380

**摘要：** 本文研究了基层社会治理平台的信息共享与协同机制。随着社会的发展和城市化进程的加速，基层社会治理面临着越来越复杂的挑战。信息共享和协同机制可以提高基层社会治理效率和质量，本文通过理论分析和实证研究，探讨了信息共享与协同机制在基层社会治理中的应用。研究表明，信息共享与协同机制可以有效提高基层社会治理的效率和质量，为基层社会治理提供了有效的支持。

**关键词：** 基层社会治理；信息共享；协同机制；社会效率；社会质量

## Research on Information Sharing and Collaboration Mechanism of Grassroots Social Governance Platforms

Lv Yuanqing, Chu Yu

Grid Management Center of Xiqing District, Tianjin 300380

**Abstract：** This paper studies the information sharing and synergy mechanism of grassroots social governance platform. With the development of society and the acceleration of urbanization, grassroots social governance is facing increasingly complex challenges. Information sharing and synergy mechanism can improve the efficiency and quality of grassroots social governance. This paper explores the application of information sharing and synergy mechanism in grassroots social governance through theoretical analysis and empirical research. The research results show that information sharing and synergy mechanism can effectively improve the efficiency and quality of grassroots social governance and provide effective support for grassroots social governance.

**Key words：** grassroots social governance; information sharing; synergistic mechanism; social efficiency; social quality

### 引言

随着我国城市化进程的加快和人口红利的逐渐消失，基层社会治理面临着前所未有的压力。为了提高基层社会治理效能，近年来，各级政府纷纷推陈出新，探索建立基层社会治理平台，以实现政府与社会的互动和信息共享。然而，在基层社会治理平台的信息共享与协同机制方面，尚存在许多问题亟待解决。

### 一、基层社会治理的现状与问题

基层社会治理数字化建设通过共享、平台和扩散三条路径实现对传统基层治理方式的转型，具体体现为共享维度下职能部门专业治理与街镇居村综合治理之间数据和信息共享的目标、机制和路径；平台维度的公共管理数据、公共服务数据和人、房、事件和部件数据以及智能感知设备上实时生成数据的搜集、使用和评估体系；扩散维度的基层应用和市民应用效益。<sup>[1]</sup> 基层社会治理是指在基层政权组织、居民委员会和村民委员会等社会组织的基础上，通过政府与社会力量合作，运用信息技术手段，对社区、村居等基层区域进行管理、服务、协调、监督等活动的一种治理方式。

#### （一）信息孤岛问题

基层社会治理平台往往存在信息孤岛现象，各平台之间缺乏有效的信息共享和交流机制，导致信息难以畅通，降低了社会治

理效率。

#### （二）协同机制不完善

基层社会治理需要政府、社会组织、企业等多方参与，但目前协同机制不完善，缺乏有效的协调和监管机制，导致各方资源难以有效整合，难以形成社会治理合力。

#### （三）信息化水平不高

基层社会治理的信息化水平总体较低，一些地方政府和社会组织缺乏资金和技术支持，导致信息系统建设不完善，无法满足基层社会治理的实际需求。

#### （四）基层社会治理能力不足

一些基层政权组织、居民委员会和村民委员会等社会组织缺乏专业人才和治理经验，导致基层社会治理能力不足，难以应对复杂的社会治理问题。

当前基层社会治理面临着信息共享与协同机制不完善、信息



化水平不高、基层社会治理能力不足等问题，这些问题对基层社会治理的效率和质量都产生了较大的影响。

## 二、信息共享与协同机制的内涵与特点

### （一）信息共享与协同机制的内涵

信息共享与协同机制是指通过信息技术的手段，促进政府部门、社会组织和企业等多方在基层社会治理中实现信息共享、协同合作，从而提高治理效能和公共服务水平的一种治理模式。这一模式既包括信息共享，也包括协同机制，还包括技术支持，旨在打破信息孤岛，实现资源整合。

### （二）信息共享与协同机制的特点

1. 高效性：信息共享与协同机制在基层社会治理中发挥着至关重要的作用。通过整合多方资源，避免信息重复劳动，提高工作效率，从而提升基层社会治理的效能。信息共享与协同机制有助于整合政府、社区、企业等各方资源。在基层社会治理中，政府、社区、企业各自掌握着不同的资源，通过信息共享与协同机制，可以实现资源的互通有无，优化资源配置，提高资源利用率。<sup>[2]</sup> 这样，基层社会治理工作可以更加全面、高效地开展。

2. 协同性：信息共享与协同机制在基层社会治理中起到了至关重要的作用。它强调了各方在基层社会治理中的协同作用，通过协同合作，形成合力，共同推进社会治理工作。信息共享与协同机制促进了政府、社区、企业等各方在基层社会治理中的紧密合作。在传统的管理模式中，各个部门、机构往往各自为政，信息交流不畅，资源无法共享，导致工作效率低下。<sup>[3]</sup> 而通过信息共享与协同机制，各方可以打破壁垒，加强沟通与协作，形成工作合力，共同推进社会治理工作。

3. 信息化：信息共享与协同机制在基层社会治理中的实现，离不开信息技术的支持。通过搭建信息平台，我们可以实现信息的采集、处理、传递和应用，推动社会治理信息化发展。信息平台的建立可以实现信息的快速采集和录入。<sup>[4]</sup> 在基层社会治理中，政府、社区、企业等各方需要收集大量的信息，包括民众的需求、社区的状况、政策的执行情况等。通过信息平台，各方可以快速、准确地录入和更新信息，提高信息采集的效率。

## 三、信息共享与协同机制在基层社会治理中的应用

### （一）政府部门之间的信息共享与协同

政府部门间通过信息共享与协同机制，可以实现信息的快速传递和有效利用，提高政策的制定和执行效率。这种机制在疫情防控中发挥了重要作用，各政府部门通过信息共享平台，实时掌握疫情动态，协同配合，快速实施防控措施。在疫情防控中，信息的及时性和准确性对于控制疫情至关重要。<sup>[5]</sup> 政府部门通过建立信息共享平台，可以实时收集和整合疫情数据，包括病例数、感染源、传播途径等重要信息。这样，各政府部门可以快速了解疫情的最新动态，及时做出决策和调整防控措施。

### （二）政府部门与社会组织之间的信息共享与协同

政府部门与社会组织通过信息共享与协同机制，可以加强合作，提高社会治理水平。这种机制在政策信息发布和社会组织参

与社会治理工作中发挥了重要作用。政府部门可以通过信息平台，向社会组织发布政策信息，引导社会组织参与社会治理工作。<sup>[6]</sup> 例如，政府部门可以在信息平台上发布相关政策文件、通知公告，以及政策解读等信息，让社会组织及时了解政策动态和政府工作重点。这样，社会组织可以根据政策要求和政府工作需要，调整自己的工作方向和服务内容，更好地参与社会治理工作。

### （三）政府部门与企业的信息共享与协同

政府部门与企业在基层社会治理中的信息共享与协同，是一种重要的合作模式，有助于实现政府与企业共同治理，提高治理效能。<sup>[7]</sup> 通过信息共享平台，政府部门与企业可以更好地沟通和协作，共同推动社会治理工作的开展。政府部门可以通过信息平台，向企业传递政策信息，引导企业参与社会治理。例如，政府部门可以在信息平台上发布相关政策文件、通知公告，以及政策解读等信息，让企业及时了解政策动态和政府工作重点。

### （四）跨部门之间的信息共享与协同

跨部门之间的信息共享与协同，是提升基层社会治理效能的关键举措。这种机制有助于打破信息孤岛，实现资源整合，提高基层社会治理效能。在不同政府部门之间，通过搭建信息共享平台，可以实现信息资源的整合和共享，避免信息重复劳动，提高工作效率。信息孤岛是指各个部门之间信息流通不畅，数据无法共享的情况。这种现象会导致各部门在开展工作时重复劳动，资源的浪费，以及决策的延误。通过跨部门的信息共享与协同，可以有效地解决这个问题。信息共享平台作为一个中央枢纽，能够汇集来自各个部门的信息资源，确保信息的实时更新和一致性。

## 四、基层社会治理平台信息共享机制的构建

### （一）信息共享理念的融入

在基层社会治理过程中，信息共享应作为核心理念融入平台构建，强调各部门、各组织之间的信息共享，打破信息壁垒，实现数据的全面、准确、及时共享。这种信息共享的理念对于提升社会治理效能具有重要意义。信息共享有助于打破信息壁垒，实现数据的全面、准确、及时共享。在传统的治理模式中，各部门、各组织之间往往存在信息壁垒，导致数据无法有效共享和利用。通过信息共享平台，各部门、各组织可以实时共享和传递信息，打破信息孤岛，实现数据的全面、准确、及时共享。

### （二）信息共享平台的搭建

信息共享平台的搭建是实现信息共享机制的基础。一个高效的信息共享平台应具备强大的数据收集、存储、处理和分析能力，同时要注重平台的信息安全与隐私保护。信息共享平台应具备强大的数据收集能力。<sup>[8]</sup> 平台应能够实时收集来自不同部门、组织和个人用户的数据，包括文本、图片、视频等多种形式的的数据。这要求平台具备高效的数据采集和传输机制，确保数据的及时性和完整性。平台应具备强大的数据存储能力。平台需要能够存储大量的数据，并能够根据数据类型和需求进行有效的分类和存储。这要求平台具备高效的数据存储和检索机制，确保数据的可靠性和可访问性。

### （三）信息共享机制的建立

信息共享机制应包括信息共享规则、信息共享流程和信息共享评估等方面的内容。通过制定明确的信息共享规则，明确各部门、各组织的信息共享职责；通过优化信息共享流程，提高信息共享的效率；通过建立信息共享评估体系，对信息共享的效果进行评估与反馈。

## 五、基层社会治理平台信息共享机制的实施与应用

### （一）信息共享机制的实施

信息共享机制的实施需要政府、企业、社会组织和公众的共同努力。政府部门应充分发挥主导作用，推动信息共享机制的建立；企业和社会组织应积极参与，提供技术支持和运行维护；公众则要充分行使权利，享受信息共享带来的便捷服务。

### （二）信息共享机制的应用

信息共享机制在基层社会治理平台中的应用主要包括：智能分析与决策支持、公共安全与社会治安、民生服务与社会保障、公共资源与设施管理等方面。<sup>[9]</sup>通过信息共享，可以提高社会治理的精准性、效率性和公正性。

## 六、信息共享的概念与特点

信息共享是指在一定条件下，不同信息系统之间或者同一信息系统内部不同功能之间，通过数据交换、信息传递等方式，实现信息资源的整合、优化和利用，从而提高信息的价值和作用。<sup>[10]</sup>

### （一）跨界性

信息共享往往涉及到不同领域、不同系统之间的数据交流和共享，需要克服不同领域之间的数据格式、数据标准、数据安全等问题，实现跨界合作。

### （二）实时性

信息共享需要快速、及时地传递和处理数据，以保证数据的时效性和准确性。

### （三）多样性

信息共享涉及到多种类型的数据，包括结构化数据、非结构化数据、实时数据、历史数据等，需要进行有效的分类、存储、管理、检索和分析。

### （四）交互性

信息共享需要实现不同信息系统之间的数据交互和协作，需要开发相应的数据接口、数据标准和数据协议等。

### （五）安全性

信息共享需要保证数据的安全性，包括数据隐私、数据完整性和数据可靠性等方面，需要采取相应的加密、认证、访问控制等技术措施。

### （六）可用性

信息共享需要保证系统可用性和稳定性，需要进行系统架构设计、负载均衡、容错处理等措施。

### （七）可扩展性

信息共享需要支持系统的可扩展性，包括系统功能的扩展、数据源的扩展、数据存储的扩展等方面，需要进行系统设计、架

构设计、数据管理等方面的优化。

## 七、信息协同的概念与特点

信息协同是指在基层社会治理平台中，各个部门、机构、组织和个人之间通过信息共享和协同工作，实现资源和能力的整合，提高治理效率和效果的一种合作方式和协同机制。

### （一）跨部门协同

信息协同需要打破部门之间的壁垒，实现信息共享和协作，促进部门间的协同合作，提高治理效率。

### （二）数据驱动

信息协同基于数据的共享和分析，通过数据的挖掘和分析，实现对社会治理问题的精准识别和有效解决。

### （三）社会参与

信息协同需要广泛动员社会资源，发挥社会力量，促进政府、企业、社会组织和公众之间的互动和合作，共同推动社会治理进步。

### （四）实时更新

信息协同要求信息的实时更新和共享，以适应社会治理的快速变化和不断升级的需求。

## 结束语

在基层社会治理中，信息共享和协同机制的重要性日益凸显。通过建立有效的信息共享平台，可以促进不同部门之间的协同工作，提高治理效率和效果。本文通过对基层社会治理平台的信息共享与协同机制进行研究，探讨了如何建立有效的信息共享平台，如何促进不同部门之间的协同工作，以及如何提高治理效率和效果。本文的研究结果对于基层社会治理具有重要的理论和实践意义，对于促进社会治理现代化和建设智慧城市也具有积极的推动作用。

## 参考文献

- [1] 赵欣. 基层社会治理数字化转型的现状与优化策略[J]. 湖南社会科学, 2022, (05): 80-89.
- [2] 郑琼. 基层治理数字化转型的应然逻辑、现实困境及优化路径[J]. 中州学刊, 2023, (09): 91-97.
- [3] 吴军民, 周琳. 论新时代基层社会治理的智能化[J]. 贵州社会科学, 2022, (10): 100-107. DOI: 10.13713/j.cnki.cssci.2022.10.013.
- [4] 牛正光. 5G时代新型基层社会治理体系构建研究[J]. 领导科学, 2022, (02): 85-88. DOI: 10.19572/j.cnki.lidkx.2022.02.033.
- [5] 赵俊. 以科技支撑助力江苏基层社会治理创新[J]. 唯实, 2020, (01): 61-64.
- [6] 王美佳. 技术赋能推动基层社会治理智慧化发展[J]. 公关世界, 2022, (10): 8-9.
- [7] 余欢. 新时代基层社会治理现代化的路径研究[C]//河北省公共政策评估研究中心. 第十一届公共政策智库论坛暨“新发展格局国际学术研讨会”会议论文集. 燕山大学公共管理学院, 河北省公共政策评估研究中心; 2022: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.038142.
- [8] 刘求实, 姚佳. 推进基层社会治理的基础性支撑平台建设[J]. 中国国情国力, 2019, (10): 27-32. DOI: 10.13561/j.cnki.zggqgl.2019.10.005.
- [9] 桑珊. 多措并举提升基层社会治理效能[N]. 河北日报, 2023-01-15(007). DOI: 10.28326/n.cnki.nhbrb.2023.000593.
- [10] 张中杰. 强化清廉乡村建设提升基层社会治理质效[C]//山西省法学会. 第十四届中部崛起法治论坛论文集(下). 沁池县人民检察院办公室; 2021: 8. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2021.043314.

# 北斗导航技术在农业精准作业中的应用与农业生产影响研究

李楠

中华通信系统有限责任公司河北分公司，河北 石家庄 050000

**摘要：** 随着全球人口的增长和农业可持续发展的需求，农业精准作业成为提高生产效率和保障粮食安全的重要手段，而北斗导航技术作为一种高精度的定位导航系统，为农业精准作业提供了新的解决方案。本文首先阐述了北斗导航技术的原理和特点，在此基础上，进一步探讨了北斗导航技术在灌溉和施肥的精准控制、智能农机的自动驾驶和路径规划以及农田测绘与土壤监测等方面的多种应用方式，并结合北斗导航技术的特点，分析了北斗导航技术在农业生产中的几大关键影响，有助于推动北斗导航技术在农业精准作业中应用的不断深入，进而有助于促进农业生产水平的不断提高。

**关键词：** 北斗导航；农业；精准作业

## Application of Beidou Navigation Technology in Agricultural Precision Operations and Research on Its Impact on Agricultural Production

Li Nan

China Communications System Co., Ltd. Hebei Branch, Shijiazhuang, Hebei 050000

**Abstract：** With the growth of global population and the demand for sustainable agricultural development, precision agriculture has become an important means to improve production efficiency and ensure food security. As a high-precision positioning and navigation system, Beidou navigation technology provides a new solution for precision agriculture. This article first elaborates on the principles and characteristics of BeiDou navigation technology. Based on this, it further explores various application methods of BeiDou navigation technology in precision control of irrigation and fertilization, automatic driving and path planning of intelligent agricultural machinery, as well as field surveying and soil monitoring. Combined with the characteristics of BeiDou navigation technology, it analyzes several key impacts of BeiDou navigation technology in agricultural production, which helps to promote the continuous deepening of its application in precision agricultural operations and further promote the continuous improvement of agricultural production level.

**Key words：** Beidou Navigation; agriculture; precision homework

### 一、前言

随着全球人口的不断增加和城市化进程的加速推进，农业生产面临着越来越大的挑战。如何提高农业生产效率、保障粮食安全、降低资源浪费和环境污染成为摆在我们面前的紧迫问题。在这一背景下，精准农业逐渐成为农业发展的方向之一。而北斗导航技术作为一种先进的定位导航系统，为实现农业精准作业提供了全新的可能性。

### 二、北斗导航技术在农业精准作业中的应用

#### （一）北斗导航技术的原理和特点

北斗导航技术是由中国自主研发的全球卫星导航系统，其基本原理是通过一组卫星网络，利用卫星与用户接收设备之间的信号传输和时差测量，来计算用户的准确位置和速度。这种技术原理保证了在任何时间、地点都能获取准确的定位信息。

北斗导航技术的特点在于其高精度、高稳定性和广覆盖性。首先，北斗系统采用多频多系统的导航信号，能够在不同环境和地形下保持高精度的定位，甚至在高楼、峡谷等复杂地貌区域也能提供稳定的定位服务。其次，北斗系统拥有全球组网能力，包括主动和被动导航定位模式，这意味着用户无论身处何地，都可以随时获得准确的导航引导，适用范围广泛<sup>[1]</sup>。

#### （二）北斗导航技术在农业领域的应用方式

##### （1）灌溉和施肥的精准控制

通过结合传感器、监测装置以及移动设备，农民可以获取农田的详细地理信息和土壤状态。基于这些数据，北斗导航技术可以实现对灌溉和施肥的精准控制。

在灌溉方面，北斗导航技术可以通过定位系统准确地确定农田的边界、坡度、土壤类型等信息，结合实时的气象数据，预测植物对水分的需求。农民可以利用自动化灌溉系统，根据不同的农田条件和作物需求，精确计算并控制灌溉水量，避免浪费并提高水资源的利用效率。而在施肥方面，北斗导航技术的定位精度



可以帮助农民绘制出精确的土地图，同时配合土壤监测数据，实现对不同区域的精准施肥。这种方式不仅可以避免过量的施肥造成环境污染，还可以确保作物获得适当的养分供应，提高产量和品质<sup>[2]</sup>。

### （2）智能农机的自动驾驶和路径规划

通过集成北斗导航技术，农机可以实现高精度的自动导航，准确执行各种农田作业任务，从而降低人力成本和劳动强度。

自动驾驶是北斗导航技术在智能农机领域的一大应用亮点。利用卫星定位和地图信息，智能农机能够在没有人工干预的情况下完成耕作、播种、收割等作业任务。北斗导航技术的高精度定位能力确保了农机在农田中准确行驶，避免了重复作业和浪费。同时，路径规划功能使得农机可以根据农田的实际情况，自主规划最优路径，进一步提高作业效率。除了自动驾驶，路径规划也是北斗导航技术在智能农机领域的关键应用。在农业生产中，不同作物、不同地块的特点各异，需要灵活、高效的路径规划来完成作业。北斗导航技术可以通过地理信息和农田数据，为智能农机规划最佳作业路径，避开障碍物，实现精准作业。这不仅提高了农机的作业效率，还有助于减少资源浪费和环境影响<sup>[3]</sup>。

### （3）农田测绘与土壤监测

北斗导航技术在农田测绘和土壤监测方面的应用，为农民提供了更准确的农田信息，有助于科学合理地制定作业计划。

通过利用北斗导航技术，农民可以进行高精度的农田测绘。采用GPS定位，结合地理信息系统（GIS），可以精确测定每个农田区块的大小、形状和地理位置。这种详细的地理信息有助于农民更好地规划农田作业、合理安排种植布局，提高土地的利用效率。北斗导航技术还能够用于土壤监测，帮助农民更好地了解土壤的养分含量和质地特点。农民可以在不同地块采集土壤样本，并使用导航技术精确定位这些样本的来源位置。通过将这些数据与地理信息结合，农民可以制作出土壤质量分布图，从而有针对性地进行施肥和土壤改良，提高作物的产量和品质<sup>[4]</sup>。

### （4）病虫害防治与精准喷药

通过结合实时的地理信息和作物状态，农民可以实现更精准的病虫害防治，减少农药的使用量，降低环境污染。

北斗导航技术可以用于实时监测作物的生长状态和病虫害情况。通过搭载传感器和监测设备，农民可以获得作物的生长情况、叶面温度、湿度等信息。这些数据可以与地理信息结合，为农民提供准确的作物健康状况，有助于及早发现和预测病虫害的发生，采取相应的防治措施。在精准喷药方面，北斗导航技术可以用于智能农机的精准定位和控制。根据农田的地理信息和作物状况，农民可以利用自动驾驶和路径规划功能，使农机在受害较严重的地区进行有针对性的精准喷药。这种精准的喷药方式不仅可以减少农药的使用量，还可以降低对环境的影响，提高农产品的安全性和品质<sup>[5]</sup>。

### （5）农作物生长状态监测与管理

通过结合定位技术和数据分析，农民可以实现对农作物的精准监测和管理。

利用北斗导航技术，农民可以建立起农田的生长状态监测系

统。通过在农田中部署传感器和监测装置，实时采集作物的生长数据，如生长高度、叶面积、叶片颜色等。这些数据可以与地理信息相结合，为农民提供准确的农作物生长状态图像，帮助农民了解作物的生长趋势和变化情况。在农作物管理方面，北斗导航技术可以辅助农民制定更精准的管理计划。通过分析农田数据和地理信息，农民可以及时调整作物的水肥管理、病虫害防治等措施。这种精细化的管理方式有助于优化农作物的生长环境，提高产量和质量。

## 三、北斗导航技术对农业生产的影响

### （一）提高生产效率和资源利用率

#### （1）减少浪费和重复劳动

传统农业作业中，由于无法精准定位和导航，常常出现重复施肥、重复喷药等情况，导致农药、肥料等资源的浪费，同时也增加了农民的劳动成本。然而，借助北斗导航技术，农民可以根据实际情况精确施肥、喷药等，避免重复作业，从而显著降低资源浪费。农机的自动驾驶和路径规划功能也有助于避免重复的耕作和作业，提高农田利用效率。这不仅节约了资源，还降低了劳动强度，为农民提供了更为舒适和高效的工作环境<sup>[6]</sup>。

#### （2）精准施肥和水分管理

在传统农业生产中，施肥和水分管理往往缺乏准确的数据支持，容易造成过量施用和资源浪费。然而，借助北斗导航技术，农民可以根据地理信息、土壤数据以及作物需求，实现精准施肥和水分管理，从而最大程度地提高产量和质量。

在施肥方面，北斗导航技术通过定位和数据分析，可以为农民提供作物生长状况、土壤养分含量等信息。结合这些数据，农民可以量身定制施肥方案，精确计算所需的肥料量，避免了过量施用的问题。这种精准施肥不仅提高了养分利用效率，还降低了环境污染风险，同时节约了成本。另一方面，在水分管理方面，北斗导航技术也发挥了重要作用。通过定位技术和实时气象数据，农民可以实现对农田的精准水分管理。根据作物的需求，及时调整灌溉量，避免了过度灌溉造成的土壤湿度不均和水资源的浪费。这种精准的水分管理不仅有利于作物的生长，还有助于提高农田的耕作效率<sup>[7]</sup>。

### （二）降低劳动强度和人力成本

#### （1）自动驾驶技术的应用

北斗导航技术在农业精准作业中的应用，尤其是自动驾驶技术的应用，极大地降低了农业劳动强度和人力成本，为农民带来了实质性的好处。传统农业作业需要农民耗费大量的时间和精力，而自动驾驶技术的引入改变了这一局面，使得农机能够在无需人工干预的情况下完成作业任务。

自动驾驶技术借助北斗导航系统，使得农机能够在农田中实现高精度的自动导航。通过预先设定的路径规划，农机可以自主地完成耕作、播种、收割等作业，无需人工持续操控。这不仅降低了农民的劳动强度，还提高了作业的效率。农民不再需要长时间地进行单调的操作，而可以将更多的精力投入到农田管理的其



他方面。同时，自动驾驶技术还有助于降低人力成本。传统农业作业需要雇用大量的劳动力，而自动驾驶技术使得一台农机可以取代多人的作业，从而减少了人力的需求。这不仅节省了成本，还解决了农村劳动力不足的问题。同时，自动驾驶技术的应用还减少了操作人员的培训成本和时间<sup>[9]</sup>。

## （2）减少人工操作和劳动风险

在农业领域，北斗导航技术的应用显著减少了人工操作和劳动风险，为农民创造了更加安全和高效的工作环境。传统的农业作业常常需要农民进行长时间、重复性的操作，不仅劳动强度大，还容易导致劳动者的身体损伤。然而，自动驾驶和精准作业技术的应用，改变了这一现状，为农民提供了更加舒适和安全的工作方式。

自动驾驶技术使得农机能够在无需人工干预的情况下完成作业，从而减少了农民的人工操作。农民不再需要长时间地驾驶农机或进行重复的操控，而是可以通过远程控制或预设的路径规划，实现自动化作业。这不仅减轻了农民的体力劳动，还减少了长时间暴露在恶劣环境中的风险。同时，自动驾驶和精准作业技术的应用也降低了劳动风险。在传统农业作业中，例如高速行驶的农机、危险的喷药操作等都存在一定的风险，容易导致事故发生。而自动驾驶技术能够保证农机在安全的速度和路径下作业，减少了潜在的安全隐患。精准喷药和精细化的管理方式也降低了农药的接触风险，保护了农民的健康<sup>[9]</sup>。

## （三）减少病虫害对农产品的影响

北斗导航技术在农业精准作业中的应用，通过提供精细化的病虫害防治方案，显著减少了病虫害对农产品的影响，进而提升

了农产品的质量和市场竞争力。病虫害常常是农业生产的重要威胁，它们不仅会降低农产品的产量和品质，还会增加农民的生产成本。然而，通过北斗导航技术，农民可以更加精准地进行病虫害的监测和防治。

利用北斗导航技术，农民可以实时监测农田中的作物状况和病虫害情况。结合地理信息和气象数据，农民可以预测病虫害的发生趋势，采取相应的防治措施。例如，在病虫害高发期，农民可以精准喷药，减少农药的使用量和次数，从而降低对环境和作物的影响。同时，结合作物生长监测，农民可以调整作物的生长环境，增强作物的抗病能力，进一步减少病虫害的发生。这种精准的病虫害防治不仅提升了农产品的质量，还增加了市场竞争力。通过减少病虫害对农产品的影响，农产品的产量和品质都得到提升，从而满足了市场对高品质农产品的需求。这不仅有利于提高农产品的售价，还能够增强农产品在市场上的竞争力，促进农业经济的发展<sup>[10]</sup>。

## 四、结语

综上所述，北斗导航技术在农业精准作业中的应用为农业生产带来了显著的影响。通过降低劳动强度、提高资源利用率、提升农产品质量和市场竞争力等多个方面的应用，农业生产在效率、可持续性和创新性方面都得到了显著提升。然而，仍需进一步的研究和推广，以充分发挥北斗导航技术在农业领域的潜力，为农业产业的发展做出更大的贡献。

## 参考文献:

- [1] 胡伟, 于春生, 付明刚, 周德义, 吴宝广, 刘大欣. 北斗导航在精准农业上的应用研究进展 [J]. 科技通报, 2022, 38(11): 1-4+8.
- [2] 吴潇. 我国农业机械自动化及农业智能化应用的研究与思考——基于潍柴雷沃“北斗导航作业关键技术” [J]. 南方农机, 2022, 53(14): 172-174.
- [3] 韩冲. 北斗导航助力春耕 智慧农业引领新潮 [J]. 中国棉花加工, 2022, (03): 11.
- [4] 李岩, 刘欢, 张雯雯, 张航. 北斗卫星导航系统在精准农业中的应用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(05): 151-153+155.
- [5] 姚立民. 北斗卫星导航技术在农业机械中的应用分析 [J]. 农业工程技术, 2020, 40(36): 33-34.
- [6] 郑巍, 黄盛杰, 陈智. 北斗卫星导航系统在农业领域上的发展现状分析 [J]. 农业装备技术, 2020, 46(04): 4-6.
- [7] 郑巍, 黄盛杰, 刘斌. 浅析北斗卫星导航系统在农业工程中的发展和应用 [J]. 农业装备与车辆工程, 2020, 58(07): 143-144.
- [8] 陈学庚, 郝哲. 北斗导航技术在现代农业中的应用 [J]. 中国测绘, 2020, (01): 9-13.
- [9] 王应宽. 北斗导航融合精准农业 助力新疆现代农业发展 [J]. 农业工程技术, 2019, 39(36): 6-7.
- [10] 胡西平. 北斗导航与精准农业跨界融合——北斗导航系统总设计师杨长风一行赴新疆石河子市调研 [J]. 卫星应用, 2016, (05): 16-17.

# 工业机电设备智能化维护与故障诊断技术研究

阎文旺, 王婷婷, 沈涛

南方智水科技有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘要：** 针对工业机电设备智能化维护与故障诊断技术展开研究。首先，分析了当前工业环境下智能化维护的重要性和挑战。随后，探讨了各种传感器技术、数据采集与处理方法以及人工智能技术在机电设备维护与故障诊断中的应用。接着，阐述了基于大数据分析和机器学习的智能化维护策略。最后，通过实验验证了所提出技术在提高设备运行效率和降低维护成本方面的有效性。该研究对工业智能化维护领域具有一定的参考价值。

**关键词：** 工业机电设备；智能化维护；故障诊断；传感器技术；人工智能

## Research on Intelligent Maintenance and Fault Diagnosis Technology of Industrial Electromechanical Equipment

Kan Wenwang, Wang Tingting, Shen Tao

Nanfang Zhishui Science and Technology Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** Research on intelligentized maintenance and fault diagnosis technology of industrial electromechanical equipment is carried out. First, the importance and challenges of intelligent maintenance in the current industrial environment are analyzed. Subsequently, the application of various sensor technologies, data acquisition and processing methods, and artificial intelligence technologies in the maintenance and fault diagnosis of electromechanical equipment is discussed. Then, the intelligent maintenance strategy based on big data analysis and machine learning is elaborated. Finally, the effectiveness of the proposed techniques in improving the operational efficiency of equipment and reducing maintenance costs is verified through experiments. The study has certain reference value for the field of industrial intelligent maintenance.

**Key words：** industrial electromechanical equipment; intelligent maintenance; fault diagnosis; sensor technology; artificial intelligence

### 引言：

在工业领域，智能化维护与故障诊断技术的发展至关重要。随着机电设备的复杂化和智能化程度的提高，传统的维护方式已经无法满足需求。本文旨在探讨如何运用传感器技术和人工智能方法，实现对机电设备的智能化维护与故障诊断，以提高设备的运行效率和降低维护成本。这些技术的应用将为工业生产带来革命性的变化，值得深入研究和探索。

### 一、工业环境下智能化维护的重要性与挑战

工业环境中的机电设备扮演着至关重要的角色，对生产效率和产品质量具有直接影响。传统的设备维护往往是基于定期检查和维修计划，这种方式存在着很多不足之处。定期维护可能导致资源的浪费，因为并非所有设备都在同一时间内都需要维护。定期维护可能无法及时发现潜在的故障，导致设备在运行过程中发生故障，进而影响生产计划。因此，引入智能化维护技术变得至关重要。智能化维护可以根据设备的实际运行状态和数据，实现精准维护，及时预测和诊断故障，从而提高设备的可靠性和生产效率。

尽管智能化维护技术带来了巨大的潜力，但其实施过程中也面临着一些挑战。首先，工业设备的复杂性是智能化维护的一大

挑战。工业设备往往由多个部件组成，这些部件之间的相互作用和影响使得设备的运行状态难以准确把握。其次，数据采集和处理也是一个挑战。工业设备产生的数据量庞大，如何高效地采集、存储和处理这些数据成为了一个技术难题。此外，智能化维护技术的实施还需要充分考虑到现有设备的适应性和成本效益。因此，在智能化维护技术的研究和应用中，需要克服这些挑战，以实现其在工业生产中的有效应用。

为了克服智能化维护面临的挑战，需要综合运用各种技术手段和方法。首先，可以通过引入先进的传感器技术实现对设备运行状态的实时监测。传感器可以实时采集设备的各项参数数据，为智能化维护提供数据支持。其次，可以运用数据采集与处理技术，对采集到的数据进行处理和分析，从中提取有价值的信息。这包括数据清洗、特征提取、数据建模等步骤，以实现了对设备运

行状态的准确描述和预测。此外，可以借助人工智能技术，如机器学习和深度学习，对设备运行状态进行自动识别和预测，进一步提高智能化维护的准确性和效率。最后，还需加强对智能化维护技术的研究和推广应用，通过不断的实践和经验积累，不断完善智能化维护技术体系，促进其在工业生产中的广泛应用和推广。

## 二、传感器技术在工业机电设备维护中的应用

传感器技术在工业机电设备维护中的应用已经成为现代工业中的重要组成部分。传感器是一种能够感知并转换各种物理量或化学量的装置，如温度、压力、湿度、振动等，它们能够实时监测设备运行状态，为维护人员提供关键的数据支持，帮助他们实现智能化的维护管理。

传感器技术在工业机电设备维护中的应用主要体现在实时监测和数据采集方面。通过安装不同类型的传感器，如温度传感器、压力传感器、振动传感器等，可以实时监测设备的运行状态和性能参数。这些传感器可以将采集到的数据传输到中央控制系统或云端平台，为维护人员提供可视化的数据展示和分析，帮助他们及时发现设备异常，并采取相应的维护措施，从而减少设备故障发生的可能性，提高设备的可靠性和稳定性。

传感器技术还可以帮助企业实现预测性维护。传统的维护方式往往是定期检查和维修，这种方式无法充分利用设备的使用寿命，可能会导致过早地更换零部件或设备。而基于传感器技术的预测性维护则能够根据设备的实际运行状态和性能数据，预测设备未来的故障发生时间和位置，提前进行维护和修理，以避免设备故障对生产造成的影响。这种方式不仅可以减少维护成本，还可以延长设备的使用寿命，提高生产效率。

传感器技术还可以支持智能化的维护决策和优化维护策略。通过对设备运行数据的实时监测和分析，可以建立设备的运行模型和故障诊断模型，实现对设备运行状态的自动识别和评估。在此基础上，可以制定智能化的维护计划和优化维护策略，根据设备的实际运行情况和维护需求，合理安排维护任务和资源分配，最大限度地提高维护效率和成本效益。

综上所述，传感器技术在工业机电设备维护中的应用具有重要意义。通过实时监测和数据采集，预测性维护以及智能化的维护决策，传感器技术能够帮助企业实现对设备的全面监控和管理，提高设备的可靠性、稳定性和运行效率，降低维护成本，从而实现工业生产的高效、安全和可持续发展。

## 三、数据采集与处理方法对智能化维护的支持

数据采集与处理方法在工业智能化维护中扮演着至关重要的角色。有效的数据采集与处理能够为智能化维护提供必要的信息支持，从而实现了对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测。本文将从数据采集的重要性、数据采集方法的多样性以及数据处理的关键性三个方面展开对数据采集与处理方法在智能化维护中

的支持。

数据采集是实现智能化维护的第一步，是获取实时设备运行数据的关键环节。通过对设备运行过程中产生的各种数据进行采集，可以全面了解设备的运行状态和性能参数。这些数据包括温度、压力、振动、电流、电压等多种物理量，以及设备的运行日志、维护记录等。这些数据反映了设备的运行状况，对于及时发现设备异常、预测设备故障具有重要意义。

数据采集方法多种多样，包括传统的有线传感器采集、无线传感器网络采集、物联网设备采集等。传统的有线传感器采集方式具有稳定可靠的特点，适用于对设备进行长期监测和控制。而无线传感器网络采集方式则具有灵活、便捷的特点，可以实现对设备的远程监测和控制，适用于对设备进行实时监测和移动监测。此外，随着物联网技术的发展，物联网设备采集方式正在逐渐成为一种趋势，通过将设备与互联网连接，实现设备数据的实时传输和远程访问，为智能化维护提供了新的可能性。

数据采集虽然能够获取大量的设备运行数据，但如何对这些数据进行有效处理和分析同样至关重要。数据处理是智能化维护的关键环节，其目标是从海量的数据中提取有价值的信息，实现对设备运行状态的准确判断和故障预测。数据处理方法包括数据清洗、特征提取、模式识别、预测分析等。通过对数据进行清洗和去噪，排除无效数据和干扰因素，提高数据的准确性和可靠性。然后，通过特征提取和模式识别等方法，从数据中提取出有价值的特征，并建立相应的模型进行预测分析。这些数据处理方法能够为智能化维护提供可靠的技术支持，提高设备的运行效率和可靠性。

综上所述，数据采集与处理方法是实现智能化维护的重要技术手段。通过有效的数据采集与处理，可以实现对设备运行状态的实时监测、故障诊断和预测，提高设备的运行效率和可靠性，推动工业智能化的发展。

## 四、人工智能技术在故障诊断与预测中的角色

人工智能技术在工业机电设备的故障诊断与预测中发挥着越来越重要的作用，成为智能化维护的关键技术之一。本文将探讨人工智能技术在故障诊断与预测中的角色，包括其在故障诊断、故障预测和决策支持方面的应用。

人工智能技术在故障诊断中具有突出的优势。传统的故障诊断方法往往需要依赖专业技术人员进行手动分析和判断，费时费力且容易受主观因素的影响。而人工智能技术可以利用机器学习、深度学习等方法，从大量的历史数据中学习设备的运行规律和故障特征，构建故障诊断模型。当设备出现异常情况时，系统可以根据实时监测的数据与模型进行比对，自动识别并定位故障，大大提高了诊断的准确性和效率。

除了故障诊断，人工智能技术还可以实现对设备故障的预测。通过分析设备运行数据和特征参数，结合机器学习算法构建预测模型，可以实现对设备未来故障的预测。这些预测模型可以根据设备运行状态的变化和特征参数的趋势，提前发现潜在的故

障迹象，为维护人员提供预警，并提供相应的维护建议。这种基于数据驱动的故障预测方法，能够帮助企业避免设备突发故障造成的生产损失和安全隐患，提高了设备的可靠性和稳定性。

人工智能技术还可以为维护决策提供支持。通过分析设备的运行数据和故障信息，结合企业的实际情况和需求，系统可以为维护人员提供智能化的维护建议和决策支持。例如，系统可以根据设备的运行状态和故障特征，推荐最佳的维护时机和维护方法，帮助维护人员制定科学合理的维护计划和策略。这种智能化的决策支持系统，能够大大提高维护决策的科学性和准确性，帮助企业降低维护成本，提高生产效率。

综上所述，人工智能技术在故障诊断与预测中发挥着重要的角色，为智能化维护提供了强大的技术支持。通过不断深化人工智能技术的研究和应用，可以实现对工业机电设备的智能化监测、诊断和维护，推动工业智能化的发展。

## 五、基于大数据分析 with 机器学习的智能化维护策略

基于大数据分析 with 机器学习的智能化维护策略是针对工业机电设备维护中的新型方法，其核心在于利用大数据和机器学习技术，实现对设备运行状态和性能的智能监测、诊断和预测，从而实现设备维护的精细化和预防性。

该智能化维护策略的原理基于大数据分析和机器学习技术。首先，通过传感器等设备实时采集的大量数据，包括设备运行参数、环境条件、维护记录等，构建设备的数据模型。然后，利用机器学习算法对这些数据进行分析和学习，识别出设备运行状态的特征和规律，并构建设备的预测模型和诊断模型。最后，通过对设备运行数据的实时监测和分析，利用预测模型和诊断模型对设备的故障风险进行预测和诊断，并提出相应的维护建议和措施，实现对设备的精细化维护。

该智能化维护策略具有许多优势。首先，通过对大量设备运行数据的深度分析和挖掘，可以发现隐藏在数据中的故障特征和规律，实现对设备故障的提前预警和预测，降低了维护的盲目性和随意性。其次，通过机器学习算法的应用，可以不断优化预测模型和诊断模型，提高了维护的准确性和精度，降低了误判率和漏诊率。最后，通过实时监测和远程控制技术的应用，可以实现对设备运行状态的实时监测和远程控制，及时发现和处理设备的异常情况，提高了维护的及时性和有效性。

该智能化维护策略已在许多工业领域得到了广泛的应用。例如，在制造业中，通过对生产设备的大数据进行分析和学习，可以实现对设备故障的预测和诊断，减少了生产停机时间和维修成本。在能源行业中，通过对能源设备的大数据进行监测和分析，可以实现对设备运行状态的实时监控和预测，提高了能源利用效率和供电稳定性。在交通运输领域中，通过对交通设备的大数据进行分析和学习，可以实现对交通流量和路况的实时监测和预测，提高了交通管理的效率和安全性。

综上所述，基于大数据分析 with 机器学习的智能化维护策略具有重要的理论和实践意义。通过不断深化研究和应用，可以实现对工业机电设备的智能化监测、诊断和维护，推动工业智能化的发展。

## 结语：

在工业领域，基于大数据分析 with 机器学习的智能化维护策略展现出巨大潜力。通过实时监测和智能诊断，它提升了设备维护的效率和准确性，降低了生产成本和停机损失。随着技术的不断进步，这一策略将持续推动工业生产向智能化方向发展，为企业带来更高效、更可靠的生产环境。

## 参考文献：

- [1] 汪佑宏, 龙军. 基于大数据分析的智能制造技术与应用 [J]. 工业控制计算机, 2019, 32(5): 65-70.
- [2] 张伟, 刘涛. 机器学习在设备故障诊断中的应用研究 [J]. 设备与工艺, 2020, 26(3): 42-47.
- [3] 王晓霞, 李明. 基于机器学习的智能化维护策略研究综述 [J]. 现代制造工程, 2021, 39(2): 56-61.
- [4] 陈强, 张磊. 大数据分析技术在设备维护中的应用与发展 [J]. 机械工程与自动化, 2018, 34(6): 78-82.
- [5] 刘军, 王芳. 智能化维护系统的设计与实现 [J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(4): 112-118.
- [6] 李晓宇, 李思源, 姜巧虹. 基于大数据分析的智能制造技术及应用 [J]. 中国工程科学, 2020, 22(3): 42-49.
- [7] 王海涛, 刘志新, 张三雄. 机器学习在智能化维护中的应用研究 [J]. 计算机工程与设计, 2019, 40(8): 105-110.
- [8] 张红梅, 王鹏程, 陈慧娟. 工业大数据分析在设备故障诊断中的应用 [J]. 信息化研究, 2018, 36(4): 58-63.
- [9] 刘强, 赵娜, 李世明. 基于大数据分析的智能维护系统设计 [J]. 电子科技大学学报, 2017, 46(2): 315-320.
- [10] 王飞, 杨华, 张明辉. 基于机器学习的设备故障预测研究与应用 [J]. 机械工程材料, 2016, 40(5): 112-118.



# 重载铁路货车全寿命周期成本研究与效益分析

卢毓江

浩吉铁路股份有限公司 运输管理部, 北京 100073

**摘 要 :** 重载移动装备配置, 是落实国家高水平科技自立自强战略, 推动铁路科技创新、数字转型和高质量发展的必要举措, 是满足铁路货物运输需求的重要保障。本文从全寿命周期角度出发, 综合考虑资产折旧成本、财务成本、运营维护成本等因素, 测算重载铁路货车在寿命期 25 年内综合成本和收入, 对比研究了既有线运用的通用货车和重载货车在完成同等运输任务下的运营成本和使用效益差异。从全寿命周期成本和使用效益角度, 建议浩吉重载铁路本线运用重载铁路货车, 促进铁路提质增效、节约降耗, 为打造现代化铁路物流体系、降低物流成本创造条件。

**关 键 词 :** 浩吉铁路; 重载货车; 全寿命周期; 经济效益

## Life Cycle Cost Research and Benefit Analysis of Heavy Haul Railway Freight Car

LU Yujiang

Transportation Management Department, Haoji Railway Co., Ltd, Beijing 100073

**Abstract :** The configuration of heavy haul mobile equipment is a necessary measure to implement the national strategy of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement, promote railway scientific and technological innovation, digital transformation and high-quality development, and is an important guarantee to meet the needs of railway freight transportation. From the perspective of the whole life cycle, this paper comprehensively considers the factors such as asset depreciation cost, financial cost and operation and maintenance cost, calculates the comprehensive cost and income of heavy haul railway freight cars within 25 years of life cycle, and compares and studies the operation cost and use benefit difference between general freight cars and heavy haul freight cars used on existing lines under the same transportation task. From the perspective of life cycle cost and use efficiency, it is suggested that the heavy haul railway freight car should be used in the line of Haoji heavy haul railway, so as to promote the improvement of railway quality and efficiency, save and reduce consumption, and create conditions for building a modern railway logistics system and reducing logistics cost.

**Key words :** Haoji Railway ; heavy truck ; full life cycle ; economic benefits

## 引言

全寿命周期成本管理主要指对产品在有效使用期间所发生的与该产品有关的所有成本及影响因素进行全面的监督和控制, 包括设计研发、试验制造、采购、使用维护、维修报废等阶段产生的各项成本及费用支出, 以保证成本支出的科学规范性, 降低不必要的成本费用支出<sup>[1-5]</sup>。本文运用全寿命周期成本管理的理念来测算、分析、评价重载铁路货车车辆本身投入产出的成本效益。为便于分析评价, 本文选取重载铁路货车采用 25t 轴重专用敞车 (以下简称 C80B (H)) 为代表车型、70 t 级货车以 C70 型通用敞车 (以下简称 C70) 为代表车型进行分析评价。

## 一、货车全寿命周期成本测算<sup>[6-7]</sup>

临修、整备 (4 个月周期)、段修 (2 年周期)、厂修 (8 年周期) 的修程作业。

### (一) 货车检修周期

依据国铁集团《铁路货车段修规程》《铁路货车厂修规程》及运用检修等相关规定, 货车在全寿命周期 (25 年) 内发生列检、

### (二) 货车检修单价

本文依据国铁集团机辆部、财务部《关于调整 C80 系列货车修理清算单价的通知》(机辆货营函〔2021〕43 号), 国铁集团

\* 作者简介: 卢毓江, 性别: 男, 民族: 汉, 出生年月日: 1989 年 7 月 26 日, 籍贯: 江西, 学历: 研究生, 职称: 工程师, 从事的研究方向: 铁路

机辆部、财务部《关于调整国铁货车修理清算单价的通知》（机辆货营函〔2020〕70号）提出的货车检修单价，测算 C80B(H) 型货车厂修单价为 6.0284 万元 / 辆（第一次）、7.3014 万元 / 辆（第二次）、8.6803 万元 / 辆（第三次）；加强段修单价为 4.4167 万元 / 辆；段修单价为 2.4810 万元 / 辆（第一次）、3.0049 万元 / 辆（第二次）、3.5724 万元 / 辆（第三次）；整备单价为 335 元 / 辆；临修单价为 500 ~ 2000 元 / 辆（临修范围不同、单价不一致，本次按 1000 元 / 辆测算）；列检单价为 19 元 / 辆。检修单价均为不含税价格，不含检修工装设备折旧和发生的更换新品车轮、车轴费用。测算时，更换新品轮对按生产统计数据纳入统筹考虑。

（三）货车全寿命周期成本

（1）货车固定资产折旧成本 43.12 万元。新购 C80B（H）货

车价格按 48.72 万元 / 辆（含税单价，税率为 13%）、25 年折旧测算，每年成本为 1.72 万元 / 年，总折旧成本为 43.12 万元 / 辆。

（2）财务费用 9.81 万元。本次测算按一般贷款方式，按照贷款比例 80%、贷款 15 年期、利率 3.1% 测算，财务费用取较大值 9.81 万元。（等额本息方式为 9.81 万元、等额本金方式为 9.11 万元）

（3）运用维修成本 68.804 万元。依据国铁集团公布的修程修制和检修清算单价及货车生产检修成本数据，经测算，货车全寿命周期成本预测为 68.804 万元，其中段修 9 次、成本 28.48 万元，厂修 2 次和加强段修 1 次、成本 18.18 万元。段修和厂修成本合计 46.66 万元，占全寿命周期运用维修成本的 67.8%，是货车检修的最大成本支出项目。具体费用组成及比例见表 1。

合计总成本支出为 121.734 万元。

表 1 货车全寿命周期运用维修成本测算

检修项目	列检作业	临修作业	整备作业	段修作业			厂修作业		
				第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	加强段修
检修单（万元 / 辆次）	0.0019	0.1	0.0335	2.481	3.005	3.572	6.028	7.301	4.4167
全寿命周期成本（万元）	19.005	0.625	2.513	28.481			18.182		
占比（%）	27.6	0.9	3.7	41.4			26.4		
合计（万元）	68.804								
注：列检按2.6天一周转、每周转1次列检3辆次测算，检备率按5%；临修依据实际发生临修统计数据按25%的比例测算；整备周期按4个月、一年按3次作业测算；更换轮对按实际生产统计数据按9.7%的比例测算，单价按单价14955.5元 / 条（不含税）测算；货车使用第24年不做第三次厂修，按加强段修考虑。									

（四）货车全寿命周期收入

（1）货车占用费收入 118.59 万元。依据《清算办法》明确的货车使用费收入清算单价，每日使用费用为 136.8 元，购置货车可不产生该笔货车使用费，减少的成本支出等同于收入，按货车检备率 5% 等数据，测算货车每年获得货车占用费 4.75 万元，全寿命周期（25 年）收入为 118.59 万元。

（2）货车报废残值收入 4 万元。货车残值按 4 万元考虑，货车使用 25 年报废残值与当年的废钢材价格相关。

合计总收入为 122.59 万元。

综上，货车全寿命周期收入较货车使用成本多 0.856 万元，购

车的收入与支出基本相当；影响测算结果的重要因素是贷款购置货车的财务成本和实际发生的检修费用成本，2 个因素与贷款和检修实际密切相关。

二、重载货车使用效益评价分析

本文选取重载 25t 轴重专用敞车 C80B（H））、C70 通用敞车，分析因两种不同车型差异产生的收入和成本变化。在完成同等年度运量（2000 万吨）情况下，使用 C80B（H）较 C70 货车每年可减少运营支出 4491 万元。具体见表 2：

表 2 完成同等运量下运营成本比较

项目	日均开行对数（对）	完成年运量（万吨）	机车每年完成的牵引总重吨公里（万总重吨公里）	机车每年完成的走行公里（千机公里）	配置的机车乘务员人数（人）	配置辆数（辆）	每年货车占用费（万元）	每年机车电费（万元）	机车使用维护成本（万元）	机车乘务员人工成本（万元）	翻卸时间累计（小时）
C80B（H）	14	2044	3066000	10220	158	1820	9088	30967	11314	3602	7665
C70	15	2031	3285000	10950	168	2067	10321	33179	12122	3840	13688
节省指标	1	—	219000	730	10	247	1233	2212	808	238	6023
合计年节约运营成本（万元）	4491										

注：按本线平均运距 1000 公里、车速 65km/h、车辆平均周时 2.6 天、货车占用费 136.8 元 / 吨公里、机车乘务员月劳时 166.7 小时；机车乘务员平均月工资 1.9 万、车辆列检人员平均月工资 1.5 万；网电费单价 101 元 / 万总重吨公里、机车使用维护成本 1.107 万 / 千机公里等指标测算。

(1) 在完成同等运量下,使用数量 C80B(H) 较使用 C70 型较少,经测算每年可减货车占用费支出 0.12 亿元。按完成 2000 万吨年运量、货车平均周转时间 2.6 天等数据,测算每日需开行 15 对、C70 型 795 辆,全年共需配 C70 型 2067 辆;按货车占用费 136.8 元/辆日测算,可减少每年货车占用费支出 0.12 亿元。

(2) 每年减少电费、机车维护成本等支出 3258 万元。按完成 2000 万吨年运量,测算使用 C80B、C70 分别为日均开行 14 对、15 对,每年减少开行列车对数 365 对;按平均运距 1000 公里、网电费单价 101 元/万总重吨公里、机车使用维护成本 1.107 万/千机公里、机车乘务员标准越劳时 166.7 小时测算,每年减少电费能耗 2212 万元,减少机车使用维护成本 808 万元,减少司机 10 人、人工成本 238 万元。

(3) 每年减少卸车用户卸车时间 6023 小时(折算为 250 天)。依据 C80B(1.5 小时/列)、C70(2.5 小时/列)的纯翻

卸时间,按完成 2000 万吨年运量,测算 C80B、C70 分别为日均 14 对、15 对,使用 C80B 纯翻卸时间每年减少卸车时间 6023 小时(折算为 250 天),减少了卸车用户人力、材料和翻车机能源消耗成本,降低了卸车用户支出货车延时费成本风险。

### 三、结论

通过对 25t 轴重货车的代表车型 C80B(H) 在全寿命周期内收入变化与成本变化的对比分析可以看出,重载货车的段修成本在货车的运维成本占比最大,货车的收入和成本支出基本相当;深入对比分析通用货车和重载货车的使用效益可以看出,重载货车较通用货车在机车使用维护成本、运营电费、人力资源成本等方面具有显著的经济效益。因此从货车的角度分析,浩吉重载铁路运用重载货车经济效益良好。

### 参考文献

[1] 樊金成 董绪章. 27t 轴重铁路货车全寿命周期成本效益分析 [J]. 铁道经济研究, 2013 (04):37-41.  
[2] 李源. 铁路货车全寿命周期技术状态数据整合方法研究. [J]. 铁道机车车辆, 2020 (05):10-12.  
[3] 张璇. 基于全寿命周期的重载铁路建养一体化研究 [D]. 西安: 长安大学, 2015.  
[4] 郭利田. 高速铁路动车组全寿命周期采购模式研究 [J]. 中国物流与采购, 2020 (20):16-25.  
[5] 贾泽. 浅析铁路项目产品全寿命周期的管理 [J]. 智能城市, 2017 (04):15-22.  
[6] 中国铁路总公司. 铁路货车厂修规程、铁总机辆 [2018]203 号 [S].  
[7] 中国铁路总公司. 铁路货车段修规程、铁货车 [2021]34 号 [S].  
[8] TB 10031-2009. 铁路货车车辆设备设计规范 [S]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.  
[9] 伍赛特. 青藏铁路机车车辆选型及技术特点研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2020 (03):13-14.  
[10] 李彬. 市域(郊)铁路车辆选型研究. [J]. 城市交通, 2020 (01):10-12.

# 大数据在智能交通出行中的应用探究

刘洪宇

郑州天迈科技股份有限公司, 河南 郑州 450000

**摘要：**随着城市化进程的推进，城市交通拥堵问题日益严重，影响了城市的可持续发展和居民生活品质。为解决这一问题，智能交通出行概念受到广泛关注，其中大数据技术发挥了核心作用。本文探讨了大数据技术在智能交通出行中的应用，特别是在解决交通拥堵和优化出行路线方面的价值。通过全面感知与收集城市交通数据，并进行深度整合与智能分析，大数据技术为智能交通决策提供了有力支持。在解决交通拥堵方面，大数据不仅帮助分析拥堵成因，还能实现拥堵预警与疏导。同时，在优化出行路线方面，大数据可根据用户出行习惯和偏好推荐个性化路线，并进行动态路线调整与优化。

**关键词：**大数据；智能交通；出行；应用

## Exploration of the Application of Big Data in Intelligent Transportation

Liu Hongyu

Zhengzhou Tianmai Technology Co., LTD., Zhengzhou, Henan 450000

**Abstract：** With the increasing scope of urbanization, there is a very serious problem of traffic congestion in current urban transportation, which not only affects the lives of urban residents, but also is not conducive to urban development. To effectively solve this problem, we need to use the concept of intelligent transportation, and big data technology has played a significant role in this concept. So this article has conducted an effective analysis on this. Especially in effectively solving traffic congestion or improving the current route. It is possible to collect comprehensive urban traffic data and then use technology for analysis to better serve intelligent transportation. Not only that, using big data technology can also plan the most convenient routes for citizens based on their travel habits. And continuously adjust and optimize, this process is still a dynamic adjustment process.

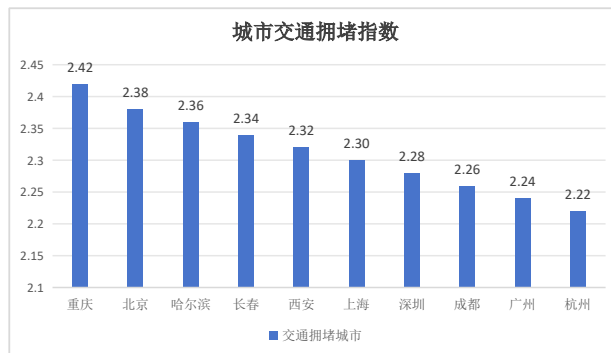
**Key words：** big data; intelligent transportation; travel; application

在当前社会发展过程中，城市交通拥堵已经成为急需解决的问题。随着科学技术的不断进步，在交通出行领域大数据技术开始应用起来。其在改善交通状况、提升交通效率方面发挥了很大的作用。利用大数据技术，相关部门和工作人员对城市交通状况会有一个更加全面的了解。

### 一、城市交通现状

随着城市化进程的不断发展，城市交通问题变得越来越突出。据统计，2023年上半年，中国城市交通拥堵指数平均为2.1，这意味着在高峰时段，行驶一公里就需要花费畅通时段的2.1倍时间。其中重庆以2.42的交通拥堵指数位居榜首，成为2023年上半年中国最堵的城市。北京、哈尔滨、长春、西安等城市紧随其后，也都超过了2.3的交通拥堵指数。上海、深圳、成都、广州、杭州等城市也都位于前十名，交通拥堵指数都在2.2以上（详情见图表1），由此可见交通拥堵、频发的交通事故以及环境污染已经对城市的可持续发展和居民的生活品质产生了严重影响。为解决这些问题，智能交通出行的概念受到了广泛关注。它运用先进的

技术来改善交通状况，提升交通效率，并助力环境保护。



图表 1 2023年上半年中国主要城市交通拥堵（数据来源：百度地图交通拥堵指数）

\* 作者简介：刘洪宇（1987-8），男，汉族，本科，工程师，研究方向：智能交通，邮箱 399076001@qq.com



## 二、大数据技术在智能交通出行中的核心作用与价值

### （一）城市交通数据的全面感知与收集

#### 1. 浮动车数据

浮动车通常是指装有 GPS 定位设备的出租车、网约车或者其他商业车辆。这些车辆在城市中不断移动，然后利用 GPS 设备对其位置、速度、行驶方向等数据进行实时传输。然后再利用这些数据，对城市道路中的交通流、拥堵情况、最佳路线进行分析。浮动车数据可以识别交通拥堵区域和时段、预测旅行时间和路线效率、优化信号灯控制系统以此来减少拥堵<sup>[1]</sup>。

#### 2. 公交刷卡数据

城市交通中公共交通是重要组成部分，公交刷卡数据记录了乘客上下车的时间、地点、乘车路线等信息。可以利用这些数据分析公共交通的使用模式、优化公交路线和时刻表、预测客流高峰。

#### 3. 社交媒体和旅行应用数据

社交媒体和旅行应用上的用户生成内容（如签到、评论、图片等）也可以当作交通数据源。通过分析这些内容，可以了解人们对交通设施和服务的评价、人们的出行习惯和偏好等。然后就可以发现交通设施的问题和改进点、预测旅游热点和出行趋势、停车数据和交通违规记录<sup>[2]</sup>。

### （二）数据的深度整合与智能分析

在智能交通领域中数据的深度整合是关键环节。因为城市交通数据来源交通监控系统、车载设备、智能手机应用等不同的系统和平台，这些数据在格式、结构、质量等方面存在差异。所以，需要利用大数据技术整合这些异构数据。首先需要利用数据清洗步骤去除重复、错误或者不完整的数据，以此来确保数据的准确性和完整性<sup>[3]</sup>。其次，利用数据转换技术将数据统一为相同的格式和结构，便于后续的分析和处理。最后，通过数据合并将来自不同源的数据集成为一个统一的数据集，为智能交通应用提供全面的数据支持。此外，在数据深度整合的基础上，还可以利用机器学习、深度学习、数据挖掘等发现交通流量的周期性变化、拥堵点的时空分布等城市交通的运行规律<sup>[4]</sup>。

### （三）为智能交通决策提供支持

智能交通系统中，大数据技术的重要性不言而喻，它为交通决策提供了坚实的数据基础。这种支持不仅体现在宏观层面，也深入至微观管理。第一，在解析交通拥堵成因上，大数据技术整合了海量数据。通过详细分析，它能准确揭示哪些路段在高峰时段易拥堵，以及造成拥堵的关键因素。这有助于交通管理部门制定有效的拥堵缓解措施。第二，在优化出行路线方面，大数据技术的运用同样显著。它结合用户的历史出行记录和实时交通状况，为用户推荐最佳路线，有效避开拥堵路段，提高出行效率。这种个性化推荐不仅提升了用户体验，也缓解了交通网络的整体压力。第三，在提升交通安全方面，大数据技术同样发挥了关键作用。通过深入分析交通事故数据，它能识别出事故多发区域和时段，以及导致事故的主要因素。这些信息对于制定针对性的安全措施、改善道路设计和交通规划至关重要<sup>[5]</sup>。

## 三、大数据在解决交通拥堵中的应用

### （一）交通拥堵的成因分析

#### 1. 城市交通规划的不合理之处

##### （1）路网布局不完善：

案例：以某大型城市为例，由于历史原因，其市中心的道路原本设计为马车行驶，但随着汽车数量的激增，这些狭窄的道路已无法满足现代交通需求。在高峰时段，这些区域经常出现严重的交通拥堵。

数据：据统计，该城市中心区域的车流量在高峰时段可达到每小时数千辆，远超道路的设计通行能力。详情见下表

城市 / 区域	交通拥堵指数	高峰时段车流量（辆 / 小时）	拥堵时段
城市 A 中心	2.5	8000	7:30-9:00, 17:30-19:00
城市 B 商业区	2.2	6500	11:30-13:00, 18:00-20:00
城市 C 桥梁	2.8	12000	7:00-9:30, 17:00-19:30

##### （2）公共交通设施不足：

案例：某城市在近年来人口快速增长，但公共交通系统的建设却相对滞后。市民反映，等待公交车的时间过长，且公交车次不足，导致他们更倾向于使用私家车出行。

数据：据调查，该城市公交车的平均满载率超过90%，而公交车的发车间隔却长达10分钟以上。

##### （3）停车设施缺乏：

案例：在某商业区，由于停车位严重不足，许多车主只能将车停放在道路两侧，这不仅占用了道路资源，还严重影响了交通秩序。

数据：据统计，该商业区每天有超过50%的车辆因为找不到停车位而违规停放。

#### 2. 驾驶行为和交通流量的影响

##### （1）不规范的驾驶行为：

案例：在某城市的主干道上，经常有车辆随意变道、超速行驶或违法停车。这些行为不仅打乱了正常的交通流，还增加了交通事故的风险。

数据：根据交通管理部门的统计，该主干道每天因违规驾驶行为导致的交通事故占事故总量的30%。

##### （2）交通流量过大：

案例：在上下班高峰时段，某城市的主要桥梁和隧道经常出现车流缓慢甚至停滞的情况。这些交通瓶颈区域的车流量远远超过了道路的通行能力。

数据：据统计，在高峰时段，这些交通瓶颈区域的车流量可达到每小时上万辆，而道路的通行能力仅为每小时几千辆。

### （二）大数据在拥堵预警与疏导中的作用

大数据技术在交通拥堵预警与疏导中发挥着重要作用，主要体现在以下两个方面：

#### 1. 基于大数据的拥堵预警系统设计与实施

数据采集与融合：大数据系统首先通过多种传感器、摄像

头、GPS 数据等收集交通数据，包括车流量、车速、道路占用率等。这些数据经过清洗和融合后，为拥堵预警提供准确的信息源。

实时分析与预测：利用大数据分析技术，如机器学习算法，对交通数据进行实时处理，预测未来的交通状态。一旦发现即将发生拥堵的迹象，系统可以立即发出预警。

#### 2. 通过数据分析优化交通信号灯配时和交通流量管理

信号灯配时优化：大数据可以对各路口的车流量、车速等数据进行分析，从而为交通信号灯提供更加科学的配时方案。例如，可以在高峰时段增加绿灯时间在低峰时段则缩短绿灯时间。

交通流量管理：利用大数据技术分析历史交通数据和实时数据，可以帮助交通管理部门预测和调节交通流量。例如，当某个路段出现拥堵的时候，可以通过调整附近路口的信号灯配时来分散车流。

## 四、大数据在优化出行路线中的应用

### （一）个性化出行路线推荐

#### 1. 数据收集

通过智能手机应用、车载设备等多种渠道，对用户的出行时间、频率、目的地选择、出行方式等进行全面收集。除此之外，还可以收集用户的舒适度、对风景质量等反馈，这样可以对用户的出行需求有一个非常全面的了解<sup>[1]</sup>。具体可以从用户画像构建和识别习惯与偏好两个方面做起。第一，基于收集到的数据，利用大数据技术构建用户画像。主要包括年龄、性别等基本信息，常去的目的地、出行时间偏好等出行特征。第二，利用聚类分析、关联规则挖掘等，对用户的历史出行数据进行深入挖掘。从而将用户的出行习惯、偏好给识别出来。

#### 2. 利用大数据为用户规划最优出行路线

##### （1）路线规划算法

在为用户规划最优出行路线时，系统运用图论中的最短路径算法（如 Dijkstra、Floyd-Warshall 算法）以及动态规划技术，结合实时交通信息（RTTI）和用户历史出行数据（HDD）。这些算法详细分析路况（道路拥堵指数、平均车速等）、时间成本（预

计行程时间）、行驶距离（最短或最经济路径）以及用户偏好（如避免高速、偏好风景路线等）。

#### （2）实时更新与优化机制：

借助大数据技术，系统能够实时捕获并更新交通信息，包括但不限于道路拥堵情况（通过交通流量传感器、摄像头监控等）、交通事故报告（来自紧急服务响应系统）和天气状况（气象数据接口）。这些实时数据通过数据流处理框架，如 Apache Kafka，进行快速处理和分析，确保为用户推荐的路线始终基于最新、最准确的数据。

### （二）动态路线调整与优化

#### 1. 实时交通信息与动态路线规划的紧密结合

利用先进的交通传感器网络（如地磁感应线圈、微波检测器）、GPS 数据以及社交媒体和移动应用数据等多源异构数据，实时捕获交通数据，包括车流量、车速、道路占用率等关键指标。借助大数据技术，如 Hadoop、Spark 等分布式处理框架，对收集到的实时交通数据进行清洗、标准化和整合。通过实时数据流处理引擎实时分析整合后的数据，以此准确评估各路段的交通状况，并预测未来的交通变化趋势。

#### 2. 实际场景中的应用

交通管理部门通过集成实时交通信息系统（RTIS）和动态路线规划算法，实现对城市交通流量的实时监控和预测。基于实时交通数据，交通管理部门可以运用先进的交通信号控制系统（如 SCOOT、SCATS）对交通信号进行动态配时，以优化交通流。此外，交通管理部门还可以利用大数据技术对交通事件进行快速响应，如事故处理、紧急救援等，以最大程度地减少交通拥堵和延误。

## 结语

综上所述，大数据技术在智能交通出行中发挥着重要作用。大数据技术可以解决交通拥堵问题、优化出行路线。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，大数据也会在智能交通领域发挥更大的作用，从而更好地促进城市的可持续发展以及提升居民生活品质。

## 参考文献：

- [1] 叶建斌, 梁碧云, 张培粒. 基于大数据技术的城市轨道交通智慧票务管理研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(2): 153-156.
- [2] 王伟. 静态交通大数据系统下智慧停车平台创新与应用探究 [J]. 电子测试, 2022(2): 76-78.
- [3] 王贝, 杨云骢. 基于专利数据的全球智慧交通研发趋势及我国发展对策研究 [J]. 中国发明与专利, 2023, 20(7): 40-46.
- [4] 王梓豪, 唐炉亮, 杨雪, 等. 利用车载 GNSS 轨迹大数据的 U-Turn 道路结构信息获取方法 [J]. 测绘学报, 2023, 52(8): 1330-1341.
- [5] 向朝参, 程文辉, 张昭, 等. 基于边缘智能计算的城市交通感知数据自适应恢复 [J]. 计算机研究与发展, 2023, 60(3): 619-634.

# 基于政务服务热线数据的城市交通治理分析技术研究

马山<sup>1</sup>, 郭玉彬<sup>2</sup>, 周佳玮<sup>3</sup>, 唐立波<sup>4</sup>

天津市城市规划设计研究总院有限公司, 天津 300190

**摘要 :** 对百姓真实诉求重视不足、认识不清会让城市规划治理工作面临将为民服务理念难以落到实处的困境。基于“12345”市民服务热线收集的政务留言大数据,在时效性、真实性和广泛性等方面,能为城市规划治理的方向聚焦、策略引导、价值判断提供重要依据。本研究针对百姓政务留言大数据进行深度挖掘,通过人工智能大语言模型技术算法,从主题细化分类、空间位置关联、趋势预警研判等方面精准获取百姓对于城市发展的真实诉求,梳理出百姓对于城市交通环境的关注热点和存在痛点,为政府部门决策提供数据支撑和建议参考。

**关键词 :** 百姓真实诉求; 政务留言大数据; 人工智能; 大语言模型; 城市规划治理

## Research on Analysis Technology of Urban Transportation Governance Based on Government Service Hotline Data

Ma Shan<sup>1</sup>, Guo Yubin<sup>2</sup>, Zhou Jiawei<sup>3</sup>, Tang Libo<sup>4</sup>

Tianjin Urban Planning and Design Institute Co., Ltd, Tianjin 300190

**Abstract :** Insufficient attention to the people's real demands and unclear understanding will make the urban planning and governance work face the dilemma of difficult to put the concept of serving the people into practice. Based on the "12345" Citizen Service Hotline, the big data of political messages can provide an important basis for focusing the direction, guiding the strategy, and judging the value of urban planning and governance in terms of timeliness, authenticity, and extensiveness. In this study, the people's political message big data are deeply mined, and through the technical algorithm of artificial intelligence big language model, the people's real demands for urban development are accurately obtained in terms of theme refinement and classification, spatial location correlation, and trend early warning and research judgment, etc. The hotspots of people's concern for the urban transportation environment and the pain points are sorted out, which can provide data support and suggestion reference for the decision-making of the governmental departments.

**Key words :** people's real demands; government message big data; artificial intelligence; big language model; urban planning and governance

### 一、工作背景

对百姓真实诉求重视不足、认识不清会让城市规划治理工作面临将为民服务理念难以落到实处的困境。目前城市规划城市治理已走向对公众负责的市民时代,正确回应社会热点舆情、推动城市交通治理能力和治理体系的现代化发展,已成为社会各阶层的一致共识。交通出行一直以来是城市重要的民生问题,也是百姓的主要关注点和生活痛点,交通问题的出现存在着高度时空不确定性,因此如何快速获取诉求信息、聚焦热点问题、了解问题成因、锁定争议区域成为当今政府以及广大社会研究人员关注的重点。

### 二、国内外研究现状

早期国外的网络舆论研究源于领导竞选中的民意调查。20世纪90年代,很多针对网络舆情的研究机构,发表了大量与网络舆

情相关的论文和著作。如 Pawel Sobkowicz[1] 等人提出了社会网络舆情系统模型,详细讲述了网络舆情从出现、传播到发展和消亡的四个过程,并分析了其中的关联性。Feldman[2] 于1995年率先在非结构化文本数据上进行数据挖掘,涉及统计分析、自然语言处理、机器学习等多种方法。Nan Li[3] 等采用文本挖掘技术对网络中网友探讨的热点问题进行甄别,并服务于预测分析。

由于中文语言文字的复杂性和特殊性,国内对舆情文本分析的研究起步相对较晚,目前主要研究方向包括语言分析、信息抽取、情感感知、文本检索等方面。Minghui Wang[4] 等开发了利用学术文献的参考文献信息,通过对中文处理,实现多文档中文自动摘要系统。孙晓宁等[5] 通过构造聚类分析、共词矩阵等分析方法,对近十年的学位论文进行文本挖掘,提炼高频词汇形成高校学术研究热点。陈冰洁[6] 等基于旅游地网友留言评论语料,梳理历史街区旅游地的发展建议;赵阳[7] 等基于高铁信号系统车载设备的故障记录文本,通过文本处理技术,完成了准确率较高的故障诊断。



三、研究目标及技术路线

本项目工作初衷是践行“听民声、察民情、解民忧、惠民生”的发展理念。采用创新的数据采集方式开展以人民为中心的调查研究工作，以“12345”市民服务热线海量工单数据为研究对象，基于人工智能大语言模型算法，自动化精准化完成工单数据主题细化归类、时空关联匹配等信息挖掘提炼，形成针对“12345”热线数据分析处理的完整路径体系。

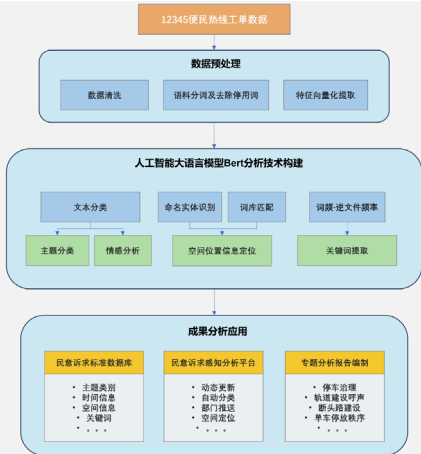


图1 技术路线

四、研究内容

(一) 数据来源

12345政务服务便民热线向企业和群众提供7×24小时全天候人工服务，本次研究获取2020年—2022年“12345”交通类热线工单数据107万条，包含主题类别、时间、留言内容等信息，涵盖交通出行领域所有百姓诉求问题。

表1 便民热线交通类工单数据

序号	问题	时间	问题	时间
1	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
2	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
3	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
4	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
5	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
6	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
7	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
8	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
9	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
10	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
11	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
12	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
13	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
14	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
15	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
16	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
17	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
18	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
19	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：交通管理：交通安全：电动自行车：骑行安全：其他	2021/01/01-2021/12/31

(二) 算法设计

1. 留言主题细化分类

本课题采用人工智能大语言模型预训练方法进行特征提取，再结合实际场景进行微调形成定制化的百姓留言数据分类模型，实现对留言文本数据的精细化主题分类。

(1) 类型划分

目前采集数据或是分类质量较差或是并未包含分类信息，为保证从城市规划城市治理的角度能够直击问题要害，需要对留言类型进行细化，形成交通类分类体系。通过人工梳理留言内容，结合责任部门管理职责和重点需求，构建分类清单，其中共包含大类22项，细分类型407项。

(2) 数据标注

基于类型清单，通过人工识别的方法，对留言数据进行类型多标签人工标注，各类型共标注21万样本，作为模型训练数据。

表2 留言数据标注情况（以出租车类为例）

序号	问题	时间	问题	时间
1	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
2	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
3	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
4	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
5	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
6	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
7	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
8	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
9	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
10	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
11	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
12	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
13	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
14	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
15	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
16	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
17	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
18	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31
19	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31	投诉服务：交通出行：城市交通：道路/轨道交通：公交车：运营安全：其他	2021/01/01-2021/12/31

(3) 分类器模型选择

本次训练方法基于大语言模型方法进行训练，选择大语言模型 BERT 进行多标签训练。它是一个预训练的语言表征模型，能够生成深度的双向语言表征。

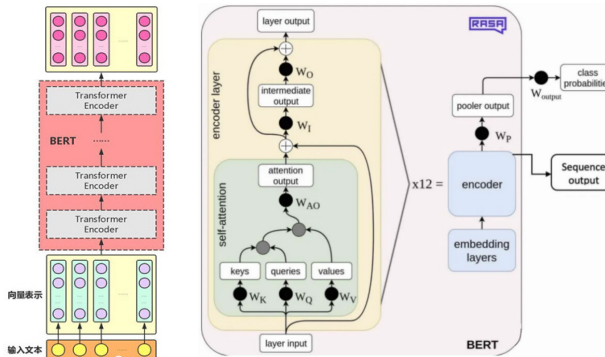


图2 BERT 模型分类任务框架

(4) 结果评估

本次研究针对所有类型进行分类模型训练，并采用多标签分类方法，平均准确率80%，远高于话务员人工分类准确率（33%），且类型划分更加精细，多标签元素体现更为全面。

Precision: 0.8951 Recall: 0.8529 F1: 0.8735 Class: 到站技术等级或超载	
Precision: 0.8718 Recall: 0.8242 F1: 0.8473 Class: 运行时间组织及运力提升	
Precision: 0.8364 Recall: 0.8903 F1: 0.8625 Class: 新增服务覆盖	
Precision: 0.8429 Recall: 0.7973 F1: 0.8194 Class: 收费扣款合理性	
Precision: 0.9138 Recall: 0.8983 F1: 0.9060 Class: 首末班时间调整	
Precision: 0.9412 Recall: 0.7111 F1: 0.8101 Class: 票卡办理使用咨询	
Precision: 0.8835 Recall: 0.9010 F1: 0.8922 Class: 运行信息咨询	
Precision: 0.9085 Recall: 0.9556 F1: 0.9314 Class: 车站附属设施及环境问题	
Precision: 0.7326 Recall: 0.7975 F1: 0.7636 Class: 特殊人群乘车不便	
Precision: 0.8182 Recall: 0.3214 F1: 0.4615 Class: 政策规定及个人信息咨询	
Precision: 0.7791 Recall: 0.8141 F1: 0.7962 Class: 文明服务态度	
Precision: 0.8750 Recall: 0.8750 F1: 0.8750 Class: 公交首末站规划建设问题	
Precision: 1.0000 Recall: 0.9655 F1: 0.9825 Class: 温度控制问题	
Precision: 0.6792 Recall: 0.6545 F1: 0.6667 Class: 站牌缺失或待提升改造	
Precision: 0.7213 Recall: 0.7586 F1: 0.7395 Class: 站牌信息不全或待优化	
Precision: 0.7904 Recall: 0.8571 F1: 0.8224 Class: 调整后不便需快速维持服务	
Precision: 0.7500 Recall: 0.8667 F1: 0.8041 Class: 停靠位置不准确不合理	
Precision: 0.7920 Recall: 0.8182 F1: 0.8049 Class: 驾驶行为不文明不合理	
Precision: 0.6471 Recall: 0.7333 F1: 0.6875 Class: 客服及车队管理服务问题	
Precision: 0.7407 Recall: 0.7407 F1: 0.7407 Class: 现状线路车站位置待优化	
Precision: 0.7187 Recall: 0.6389 F1: 0.6765 Class: 车辆及车内设施问题	
Precision: 0.6892 Recall: 0.7612 F1: 0.7234 Class: 信息发布不及时不合理	
Precision: 0.8491 Recall: 0.8333 F1: 0.8411 Class: 乘客受骚扰纠纷	
Precision: 0.9931 Recall: 0.9600 F1: 0.9763 Class: 财物遗失	
Precision: 0.8667 Recall: 0.8667 F1: 0.8667 Class: 车内卫生环境差	
Precision: 1.0000 Recall: 0.4000 F1: 0.5714 Class: 行驶事故纠纷	
Precision: 0.8667 Recall: 0.9512 F1: 0.9070 Class: 充值退费问题	
Precision: 0.8649 Recall: 0.8889 F1: 0.8767 Class: 噪音扰民	
Precision: 0.8667 Recall: 0.8667 F1: 0.8667 Class: 语音播报问题	
Precision: 0.8000 Recall: 0.7273 F1: 0.7619 Class: 总站卫生间问题	
Precision: 1.0000 Recall: 0.6875 F1: 0.8148 Class: 充电桩问题影响出行	
Precision: 1.0000 Recall: 1.0000 F1: 1.0000 Class: 公交专用道设置使用相关问题	
Micro Average - Precision: 0.8395 Recall: 0.8406 F1: 0.8401	
Macro Average - Precision: 0.8417 Recall: 0.8005 F1: 0.8115	

图3 多标签分类任务结果（以常规公交类为例）



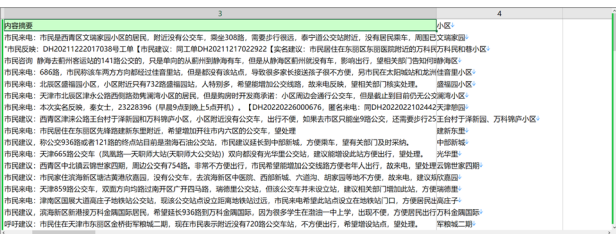
类型	原类型	准确率	细分类型	准确率
出租车	18	32%	43	84%
网约车	13	24%	52	84%
常规公交	33	35%	40	83%
轨道	17	28%	40	75%
共享单车	5	28%	20	78%
停车管理	5	31%	10	83%
道路交通	7	21%	14	83%
慢行交通	3	22%	12	84%
高速公路	63	34%	27	79%
普通公路	30	33%	27	78%
货运交通	24	37%	18	85%
物流			3	85%
长途客运	10	36%	27	79%
航运管理	15	48%	10	77%
小客车指标	8	45%	6	83%
执法处罚	6	38%	3	78%
驾照培训	8	42%	5	79%
车辆维修	7	47%	2	81%
车辆管理	5	22%	8	79%
交通事故	4	28%	9	80%
行车管理	15	31%	20	77%
交通设施管理	5	26%	11	80%
平均准确率	301	33%	407	80%

各大类交通方式训练完成后准确率若满足应用要求, 会形成模型参数权重文件进行存储, 后续将基于训练生成的模型权重文件进行留言主题多标签分类预测, 服务于后续多元分析场景。

百姓的留言通常会携带关联地址位置信息,如“某社区停车难、某道路缺少路灯、某道路交叉口信号灯配时不合理”等。这些地址位置信息可通过构建自定义的地理空间词库(包含小区名称、道路名称、交叉口名称、公交站和地铁站名称等),进行位置信息匹配提取,结合位置类型颗粒度,对不同位置类型赋予权重,通过取权重最小值,规避掉多位置信息重复提取的问题。

类型	内容信息	数据量 (万)	权重
路桥	路名、桥名	1.4	2
小区名称	小区名称及相关变量	1.4	1
地铁站	现状地铁站、在建及规划地铁站	0.9	1.5
公交车站	车站名称及相关变量	2	1.5
交叉口	交叉口名称及相关变量	49	1
公建建筑	公建名称及相关变量	0.5	1
区域范围	行政区、街道、居委会、组团	0.8	3
高速收费站	收费站名称	0.05	1.5
合计		56	

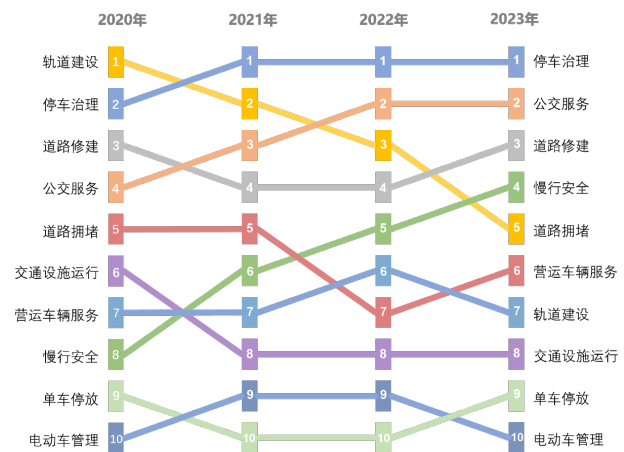
引入大语言模型（ChatGPT3.5）算法，针对不同类型留言场景，设置不同场景的位置信息提取提示词，进一步提升位置信息提取精度。



对提取后的地址位置信息借助互联网地图的地址解析功能进行经纬度坐标的转换,从而将百姓留言与城市空间进行关联,形成对城市规划城市治理来说具有真正价值的数据。

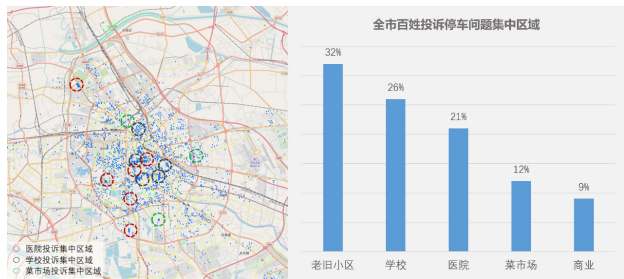


近几年百姓对交通出行环境的关注意识不断加强，本次研究数据分别收集了2020—2023年“12345”便民服务热线工单留言数据约106万条。



近几年百姓较为关注的交通环境问题中，停车治理、公交服务、道路修建以及慢行安全等方面排名前列。相比2020年，随着轨道交通线路持续推进建设，百姓关于轨道交通建设呼声的留言占比逐年下降，而停车治理问题已上升为现阶段天津百姓最为关注的交通环境问题，停车难和停车乱现象逐渐加剧，停车环境正在逐步恶化，已成为影响和制约我市发展的重要因素。此外，百姓在公交出行服务、慢行出行环境等方面的关注留言占比均呈现显著上升的态势，均应引起重点关注。

近几年停车难停车乱现象日趋明显，也引起了百姓的高度关注，关于停车问题涉及的人大建议、政协提案、百姓投诉案件数



2024.3 | 109

量逐年增加,已成为老百姓诟病最多的城市交通之痛。停车难停车乱问题已成为制约城市发展的重要因素。百姓投诉停车难主要集中在老旧小区、医院、学校、商业集中地区,上述区域体现出明显的停车泊位总量缺口。

## 2. 公交服务低效问题

百姓对于公交服务的投诉主要为运行时间不准时等车时间长、服务缺失出行不便以及驾驶员素质等方面问题。



图8 百姓关于常规公交服务诉求排名

除车队组织管理因素外,主要由于公交场站分布不均、中心区大型换乘枢纽缺乏,造成线路过长,所有线路平均长度24.5km,津城平均线路长度20.5km,线路长度全国排名第一,带来准点率不高,运输效率下降等问题。

## 3. 慢行环境低质问题

百姓对于慢行出行环境的关注主要在慢行空间被侵占、增设过街天桥以及骑行安全性等方面。

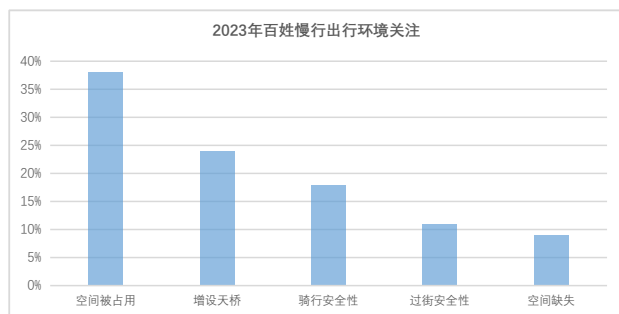


图9 百姓关于慢行出行环境诉求排名

其中津城核心区慢行空间尺度偏低,78%的道路人行道宽度不足3米,步行交通空间较为局促。慢行空间保障不足,非机动车道与车行道之间缺乏良好的物理分隔,82%的道路缺乏独立路权的非机动车道,非机动车交通路权保障有待提升。过街便利性和安全性也是关注重点,天桥的建设呼声较高区域主要集中在翠阜新村地区、一中心地区、华明空港地区等,主要为地铁站出入口单侧设置及高等级干路切割造成,应重点弥补。

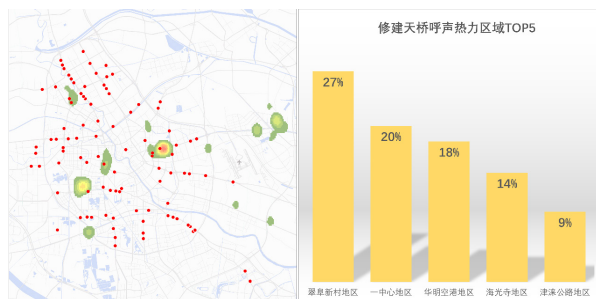


图10 百姓关于修建天桥呼应的空间位置及排名

## (三) 建议措施

### 1. 停车分区差异化供给

(1) 已建成小区:在满足通行、安全等相关规范前提下,结合居民意愿和需求,通过平改立扩容、公共空间挖潜等措施,见缝插针增加停车设施;小区周边贴近需求建设公共停车场,形成“10分钟停车圈”;依靠次、支道路夜间设置临时停车区域,有效补充停车供给。

(2) 新建区域:高标准建设配建停车设施,保证停车供给满足基本停车需求;设置少量公共停车场,兼顾周边其他项目停车需求;设置少量路内停车位,补充特殊情况下配建不足问题。

### 2. 公交线网多层次一体化服务

(1) 形成骨架线(含BRT)为主体(骨干层)+普线为覆盖(支撑层)+微循环线为加密(接驳层)+定制公交等为补充(辅助层)的多层次、一体化公交线网服务体系。

(2) 通过整合现有资源,形成网络简洁、服务高频、换乘便捷,外环线附近布局公交枢纽站,位于轨道线路末端,截流远郊区-市区的市郊线路;中环线(轨道环)附近布局公交枢纽站,缩短公交运行时间,强化运行的准时性。

### 3. 慢行空间多功能场所营造

(1) 构建安全顺畅的慢行路网系统:重点考虑轨道接驳和弱势群体通行效率和安全提升,针对地铁2号线西段卞兴站、芥园西道站等,地铁4号线东段成林道站、泰昌路站等相关车站周边慢行接驳网络连通性和过街便利性进行提升。

(2) 构建宜商宜居的慢行空间场景:重点针对历史街区结合慢行空间改造进行慢行空间品质和景观环境提升,同时在居住区周边,选取绿视率较高路段,打造“落叶不扫”景观路,建议针对滨水道、泰安道、五号堤路等路段营造高品质景观路。商业消费提振方面,重点关注南开西湖道地区、红桥西北角地区、河北鸿顺里等区域。

## 参考文献

- [1]Pawel Sobkowicz, Michael Kaschesky, Guillaume Bouchard. Opinion mining in social media: modeling, simulating, and forecasting political opining in the web[J]. Government Information Quarterly, 2012, 29(4): 470-479.
- [2]Feldman R, Dagan I. Knowledge Discovery in Textual Databases(KDT)[C]. International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 1995: 112-117.
- [3]LI N, WU D D. Using text mining and sentiment analysis for online forums hotspot detection and forecast[J].Decision Support Systems, 2010, 48(2): 354-368.
- [4] Wang M, Tanaka H. Summarization of Multiple Chinese Technical Articles[J]. INFORMATION-YAMAGUCHI, 2002, 5(2): 221-226.
- [5] 孙晓宁, 储节旺. 近十年知识管理领域硕博学位论文研究热点分析——以共词分析为方法[J]. 情报杂志, 2012, 31(6): 85-90.
- [6] 陈泳洁, 胡巍. 基于文本挖掘的历史街区游客感知研究——以苏州平江路为例[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2016, 10(4): 48-55.
- [7] 赵阳, 徐田华. 基于文本挖掘的高铁信号系统车载设备故障诊断[J]. 铁道学报, 2015, 37(08): 53-59.
- [8] 何梦娇, 吴戈, 梁华, 唐倩. 基于多源文本挖掘的城市交通舆情分析——以苏州为例, 交通信息与安全, 2018
- [9] 赵金旭, 王宁, 孟天广. 链接市民与城市: 超大城市治理中的热线问政与政府回应——基于北京市12345政务热线大数据分析[J]. 电子政务, 2021, 218(2): 2-14
- [10] 朱智君. 以人民为中心的热线服务平台建设问题研究——基于L市12345市民服务热线的案例分析[D]. 吉林: 吉林大学公共管理, 2021.