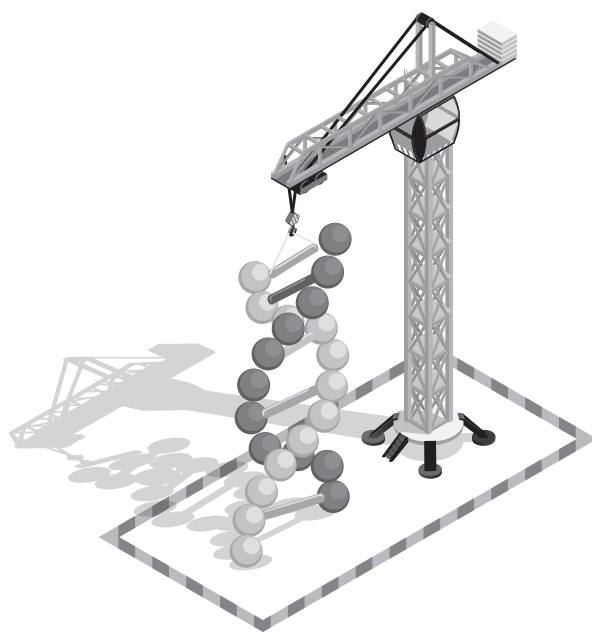


工程 研究与应用

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

Zhen Xu

Zhongtong Bus Holding Co., Ltd

工程研究与应用

Engineering Research and Application

第2卷 第4期 2024年4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。



材料科学 | MATERIAL SCIENCE

- | | | |
|-----|--|------------------|
| 005 | 建筑结构中新型墙体材料的性能与应用研究 Research on the Performance and Application of New Wall Materials in Building Structures | 张硕 Zhang Shuo |
| 008 | 浅谈建筑工程实体检测中建筑材料检测技术 Discussion on Building Material Testing Technology in Physical Testing of Construction Projects | 孙源 Sun Yuan |

工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

- | | | |
|-----|--|---|
| 011 | 南水北调工程运行期的安全管理分析 Analysis of Safety Management during the Operation Period of the South to North Water Diversion Project | 毛鹏飞, 韩瑞红 Mao Pengfei, Han Ruihong |
| 014 | 三软不稳定岩层巷道支护技术研究进展 Research Progress On Support Technology For Roadway In Three Soft And Unstable Rock Layers | 李旺旺, 刘国祯, 李建 Li Wangwang, Liu Guozhen, Li Jian |
| 017 | 基于三次元智能冲压上下料控制系统的设计与应用 Design And Application Of a Three-Dimensional Intelligent Stamping Loading And Unloading Control System | 张卫华 ¹ , 李小泉 ² Zhang Weihua ¹ , Li Xiaoquan ² |
| 020 | 油田修井技术及应用现状分析与发展建议 Analysis And Development Suggestion Of Oilfield Workover Technology And Application Status | 李清伟 Li Qingwei |
| 023 | PPP 模式下公共工程项目造价管理与风险控制研究 Research on Cost Management and Risk Control of Public Works Projects under PPP Mode | 夏玉雪 Xia Yuxue |
| 026 | 多客户多机队保障条件下的航材共享成本分析与测算 Cost Analysis and Calculation of Air Material Sharing under the Condition of Multiple Customers and Multiple Fleet Support | 还宇 Huan Yu |
| 028 | 地铁车站运营阶段施工安全风险识别与评估方法研究 Research On Identification And Assessment Methods For Construction Safety Risks During The Operation Phase Of Subway Stations | 杨玉西 Yang Yuxi |
| 031 | 基于智慧化的高速公路机电工程建设 Construction Of Motorway Electromechanical Engineering Based On Intelligence | 薛童 Xue Tong |
| 034 | 城市轨道交通导向标识的智能化升级路径 The Intelligent Upgrade Path Of Urban Rail Transit Guidance Signs | 刘小增 Liu Xiaozeng |
| 037 | 市政工程成本控制的策略与实践 Strategies And Practices For Cost Control In Municipal Engineering | 沈梦楠 Shen Mengnan |
| 040 | 土木工程中的创新施工技术对工程质量的影响研究 Research on the Impact of Innovative Construction Technologies in Civil Engineering on Engineering Quality | 苟军 Gou Jun |
| 043 | 金属非金属矿山深井通风关键技术及工程实施对策 Key Technologies And Engineering Implementation Countermeasures Of Deep Well Ventilation In Metal And Non-Metal Mines | 蒋忠根 Jiang Zhonggen |

| | | |
|-----|---|---|
| 046 | 煤矿掘进技术优化与安全生产研究 Research On Optimization Of Coal Mining Technology And Safety Production | 徐超 Xu Chao |
| 049 | 某型 N 沟道 MOSFET 场效应晶体管设计 Design Of A N-Channel Mosfet Field Effect Transistor | 陈飞 Chen Fei |
| 053 | EPC 工程总承包模式下的设计控制及工程管理研究 Study On Design Control And Engineering Management Under EPC Engineering General Contracting Mode | 俞俊男 Yu Junnan |
| 056 | 机场排水明沟分块盖板原位制安施工技术应用 Application Of In-Situ Fabrication And Installation Technology For Segmented Cover Plates Of Airport Drainage Ditches | 李彬彬 Li Binbin |
| 059 | 某海上平台生产系统管线腐蚀问题分析及评估 Analysis And Evaluation Of Pipeline Corrosion In Production System Of An Offshore Platform | 陈经华 Chen Jinghua |
| 063 | 公路施工中预防性公路养护技术实际应用 Practical Application Of Preventive Highway Maintenance Technology in Highway Construction | 祁汉涛 ¹ , 王瑜 ² Qi Hantao ¹ , Wang Yu ² |
| 066 | 降低燃烧器喷口壁温故障率 Reduce The Failure Rate Of The Burner Nozzle Wall Temperature | 陈鑫 Chen Xin |
| 069 | 工程地质勘察与地质灾害预警技术研究 Research on Engineering Geological Survey and Geological Disaster Warning Technology | 曹琛 Cao Chen |

建筑科学 | ARCHITECTURAL SCIENCE

| | | |
|-----|--|--|
| 072 | 校园景观设计中的教育功能与场所氛围塑造探讨 Exploration Of Educational Function and Place Atmosphere Shaping in Campus Landscape Design | 张琼月 ¹ , 张燕 ² Zhang Qiongyue ¹ , Zhang Yan ² |
| 075 | 加强建筑电气工程造价管理与控制的思考 Reflection on Strengthening Cost Management and Control of Building Electrical Engineering | 陈宁宁 Chen Ningning |
| 078 | 园林绿化与城市社区建设的综合规划 Comprehensive Planning of Landscape Greening and Urban Community Construction | 王伟东, 杨超 Wang Weidong, Yang Chao |
| 082 | 未来建筑设计趋势：探索新兴技术对建筑行业的影响 Future Architectural Design Trends: Exploring The Impact Of Emerging Technologies On The Construction Industry | 刘洋 Liu Yang |
| 085 | 建筑设计中的公共空间创造：如何提升城市空间的功能与美学 Creating Public Spaces in Architectural Design: How to Enhance the Functionality and Aesthetics of Urban Spaces | 毛鑫 Mao Xin |
| 088 | 基于信息技术的建筑工程项目管理平台构建与应用探索 Construction And Application Exploration Of Construction Project Management Platform Based On Information Technology | 王国青 Wang Guoqing |
| 091 | 建筑工程项目的安全管理与事故预防 Safety Management And Accident Prevention In Construction Projects | 王占胜 Wang Zhansheng |

水利与电力科学 | WATER RESOURCES AND ELECTRIC POWER SCIENCE

| | | |
|-----|--|--|
| 094 | 试论如何实现水利水电建筑工程施工质量的有效控制 How To Effectively Control The Construction Quality Of Water Conservancy And Hydropower Construction Projects | 陈志红 Chen Zhihong |
| 097 | 探究本质安全管理体系在电力安全生产中的应用 Exploring the Application of Intrinsic Safety Management System in Power Safety Production | 林肯, 包坚明, 鲍志坚 Lin Ken, Bao Jianming, Bao Zhijian |
| 100 | 新能源光伏与水力发电的可持续发展策略研究 Research On The Sustainable Development Strategy Of New Energy Photovoltaic And Hydropower Generation | 朱家毕 Zhu Jiabi |
| 103 | 完善高速公路服务区充电桩建设 Improve The Construction Of Charging Piles In Service Areas Of Expressways | 马汉鸿 Ma Hanhong |
| 106 | 矿山机械中机电一体化技术的应用研究 Application Research Of Mechatronics Technology In Mining Machinery | 汪怀庆 Wang Huaiqing |
| 109 | 电气自动化系统中的人工智能集成：智能优化与控制策略 Artificial Intelligence Integration in Electrical Automation Systems: Intelligent Optimization and Control Strategies | 黄曾飞 Huang Zengfei |
| 112 | 基于风险控制和风险评估的电力安全管理策略分析 Analysis of Power Safety Management Strategies Based on Risk Control and Risk Assessment | 包坚明, 鲍志坚, 林肯 Bao Jianming, Bao Zhijian, Lin Ken |

建筑结构中新型墙体材料的性能与应用研究

张硕

上海天华建筑设计有限公司武汉分公司, 湖北 武汉 430000

摘要： 随着建筑行业的快速发展，对墙体材料的环保性能和结构优化提出了更高的要求。新型墙体材料如加气混凝土、轻钢龙骨结构和生态砖在生产过程中能耗低，能有效减少建筑废弃物的产生，对环境的影响较小。传统墙体材料如粘土砖和混凝土块存在高能耗和环境污染问题，新型材料通过轻质高强、保温隔热和资源再利用等特性克服了这些局限性。智能材料和自修复材料通过嵌入传感技术和自修复功能，显著增强了建筑的耐久性和功能性。通过市场教育、政策激励及跨行业合作，能够提高新型材料的市场接受度并降低成本。未来发展趋势将继续推动新型墙体材料的技术进步，实现建筑行业的绿色转型和可持续发展。

关键词： 新型墙体材料；环保性能；结构优化；建筑应用；可持续发展

Research on the Performance and Application of New Wall Materials in Building Structures

Zhang Shuo

Shanghai Tianhua Architectural Design Co., Ltd. Wuhan Branch, Wuhan, Hubei 430000

Abstract： With the rapid development of the construction industry, higher requirements have been put forward for the environmental performance and structural optimization of wall materials. New wall materials such as aerated concrete, light steel keel structures, and ecological bricks have low energy consumption in the production process and can effectively reduce the generation of construction waste, with minimal environmental impact. Traditional wall materials such as clay bricks and concrete blocks suffer from high energy consumption and environmental pollution issues. New materials overcome these limitations through their lightweight, high-strength, thermal insulation, and resource reuse characteristics. Smart materials and self-healing materials significantly enhance the durability and functionality of buildings through embedded sensing technology and self-healing functions. Through market education, policy incentives, and cross industry cooperation, it is possible to increase the market acceptance of new materials and reduce costs. The future development trend will continue to promote technological progress in new wall materials, achieving green transformation and sustainable development in the construction industry.

Key words： new wall materials; environmental performance; structural optimization; architectural applications; sustainable development

引言：

随着建筑行业的快速发展，对墙体材料的需求不仅限于强度和耐久性，更注重其环保性能和结构优化。新型墙体材料如加气混凝土、轻钢龙骨结构和生态砖，凭借其低能耗、资源再利用和优异的保温隔热性能，逐渐成为行业关注的焦点。这些材料不仅在减少环境污染方面表现出色，还在提升建筑整体性能和降低能耗方面展现了巨大潜力。技术进步如智能材料和自修复材料的应用，进一步推动了墙体材料的创新，为实现绿色建筑和可持续发展提供了新的可能性。

一、新型墙体材料的环保特性与应用现状

新型墙体材料在建筑行业中的应用正逐渐成为趋势，这主要得益于其在环保特性和应用现状方面所展现出的显著优势。在当前的建筑实践中，传统的墙体材料如砖、石等因其生产过程中的高能耗和环境污染问题而受到限制。相比之下，新型墙体材料如

加气混凝土、轻钢龙骨结构、生态砖等，不仅在生产过程中能耗低，而且能有效减少建筑废弃物的产生，对环境的影响较小。加气混凝土作为一种轻质、高强、保温隔热性能良好的墙体材料，其生产过程中使用的原材料主要是工业副产品，如粉煤灰和矿渣，这不仅减少了对自然资源的开采，而且实现了废物的再利用。加气混凝土的导热系数低，能够有效降低建筑物的能耗，提

高室内的舒适度。据研究，使用加气混凝土墙体材料的建筑物，其能耗比使用传统材料的建筑物低约20%。

轻钢龙骨结构则以其施工速度快、材料利用率高、抗震性能好等特点受到青睐。轻钢材料的轻质性减少了建筑基础的负荷，同时其高强度也保证了建筑的安全性。轻钢龙骨结构的施工过程中，由于材料的预制化和模块化，减少了现场施工的废弃物和噪音污染，符合绿色建筑的要求。在一项对轻钢龙骨结构建筑的能耗分析中，结果显示其能耗比传统建筑低约30%。生态砖作为另一种新型墙体材料，其生产过程中大量使用废弃的建筑垃圾和工业废料，实现了资源的循环利用。生态砖的孔隙结构使其具有良好的吸声和隔热性能，有助于降低噪音污染和室内温度。在一项关于生态砖墙体材料的环保性能研究中，发现其生产过程中产生的二氧化碳排放量比传统砖材料低40%左右。然而，尽管新型墙体材料在环保性能方面具有明显优势，但其在实际应用中仍面临一些挑战。

二、传统墙体材料的局限性与新型材料的创新点

传统墙体材料，如粘土砖、混凝土块等，在建筑领域长期占据主导地位，但随着环保和可持续发展理念的深入人心，其局限性逐渐显现。这些材料在生产过程中不仅消耗大量能源，还会产生大量二氧化碳等温室气体，对环境造成严重负担。例如，传统粘土砖的生产需要高温烧结，这一过程能耗高，且每生产1立方米的粘土砖大约会产生200公斤的二氧化碳排放。与此同时，传统墙体材料的重量较大，这不仅增加了建筑的负荷，也限制了建筑结构的灵活性和创新性。这些材料的耐久性和抗环境侵蚀能力有限，长期下来，维修和更换的成本较高。

新型墙体材料的创新点在于其对这些局限性的克服和改善。以轻质高强的纤维水泥板为例，其生产过程能耗低，重量轻，便于施工，且具有优异的耐久性和防火性能。纤维水泥板的密度仅为传统混凝土的1/3，但其抗压强度却能达到传统材料的2倍以上。这种材料的使用，能够显著降低建筑的整体重量，减少基础工程的投入，同时提高建筑物的抗震性能。保温隔热也是新型墙体材料的另一大创新点。例如，聚氨酯泡沫材料作为一种新型墙体保温材料，其导热系数低至 $0.024\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，远低于传统材料如砖石的导热系数。这种材料的使用，能够有效降低建筑物的能耗，提高室内的舒适度。据测算，采用聚氨酯泡沫作为墙体保温材料的建筑，其冬季取暖能耗可降低约25%。

新型墙体材料在环保和可持续性方面的创新也值得关注。许多新型材料的生产过程中大量使用了工业废料，如粉煤灰、矿渣等，这不仅减少了对自然资源的依赖，也实现了废物的再利用。例如，利用粉煤灰制成的粉煤灰砖，其强度和耐久性均优于传统粘土砖，同时每生产1立方米的粉煤灰砖，可减少约150公斤的二氧化碳排放。然而，新型墙体材料的推广和应用还面临一些挑战。例如，市场对这些新材料的认知度不足，导致其应用受限；另外，新材料的生产成本相对较高，这也限制了其在市场上的竞争力。

三、结构优化方案与案例分析

在建筑领域，结构优化方案的实施是提升建筑性能、降低成本和实现可持续发展的关键。针对墙体材料，结构优化不仅涉及到材料的选择，还包括设计方法、施工技术和后期维护等多个方面。新型墙体材料的应用，为结构优化提供了新的思路和可能性。以加气混凝土墙体为例，其多孔结构赋予了材料优异的轻质和隔热性能，但在结构设计中需要特别注意其较低的抗压强度。为了优化加气混凝土墙体的结构性能，工程师们采用了一系列措施，如通过增加墙体厚度或采用钢筋混凝土框架来提高其承重能力。在某住宅项目中，通过这种结构优化，实现了墙体重量减轻20%，同时保持了良好的结构稳定性和隔热效果。

轻钢龙骨结构的优化方案主要集中在提高材料利用率和施工效率方面。轻钢材料因其高强度和轻质特点，使得墙体设计可以更加轻薄，同时保证必要的结构强度。在一项多层商业建筑项目中，设计团队创新性地采用了轻钢龙骨与石膏板结合的墙体系统。通过精确的结构计算和优化设计，大幅减少了钢材的使用量，显著提高了材料的利用效率。这一设计不仅保持了建筑物的强度，还大幅度降低了建筑重量，从而减少了基础工程的负荷和成本。施工过程中，预制化和模块化的轻钢龙骨系统加快了安装速度，缩短了施工周期约30%。这种效率的提升不仅降低了建造成本，还减少了工地现场的噪音和废弃物产生，进一步符合绿色建筑的要求。

生态砖作为一种环保型墙体材料，其优化的关键在于提升材料的耐久性和稳定性。生态砖通常由废弃建筑垃圾和工业废料制成，这种资源循环利用方式虽然环保，但其内部结构可能存在一定的不均匀性，影响材料的整体性能。为解决这一问题，研究者们开发了一种特殊的固化工艺，通过在制造过程中添加适量的水泥和粘合剂，显著提高了生态砖的密实度和耐久性。这种改进不仅提升了生态砖的结构稳定性，使其在承重和抗压方面表现优异，还增强了其耐久性，延长了使用寿命。优化后的生态砖在隔音和保温性能方面也有显著改善，进一步提升了其在实际应用中的综合性能。

四、新型墙体材料的市场推广与应对策略

新型墙体材料的市场推广面临着众多挑战，其中成本问题和市场接受度不足尤为突出。这些材料虽然在环保性能和技术优势方面具有明显的优势，但高昂的生产成本和普通消费者及建筑企业对其不够了解，常常成为推广过程中的障碍。为了解决这些问题，行业内需要采取多方位的策略，包括市场教育、政策激励及跨行业合作。在市场教育方面，加强对消费者和建筑企业的教育是提升新型墙体材料市场接受度的关键。可以通过组织研讨会、发布科普文章和建立展示中心等方式，向目标市场普及这些材料的环保性能和技术优势。展示中心能够提供实际的观摩机会，让潜在用户直观地了解新型墙体材料的应用效果和经济效益，从而增加他们的信任度和购买意愿。

政策激励也是推广新型墙体材料不可或缺的一环。政府可以通过提供税收优惠、补贴或者设立专项基金来支持使用环保材料的建筑项目。这些政策不仅能够降低企业采用新型材料的成本，也能够通过经济激励促使更多建筑企业和开发商加入到环保建筑的行列。此外，制定相关的环保建筑标准和认证，可以进一步推动市场对新型墙体材料的需求。跨行业合作则为新型墙体材料的技术革新和成本控制提供了更广阔的平台。通过与建筑设计公司、原材料供应商以及科研机构的合作，可以共同研发更高效、成本更低的墙体材料。同时，合作伙伴间的资源共享和技术互补，有助于缩短新材料从研发到市场的时间，降低研发和推广的成本。

对于市场推广策略的实施，进行持续的市场反馈和数据分析至关重要。通过收集使用新型墙体材料的建筑项目的性能数据和经济数据，可以不断调整和优化市场策略。这些数据不仅可以用来评估材料的实际应用效果，也可以作为市场推广中的有力证据，增强其他潜在用户的信心。加强与媒体的合作，利用电视、互联网、社交媒体等多种渠道广泛传播新型墙体材料的成功案例和环保效益，可以有效提高公众对这些新材料的认知度。媒体是形成公众意见的重要力量，良好的媒体关系有助于快速提升新型材料的品牌影响力和市场占有率。通过这些综合策略的实施，新型墙体材料能够更好地克服市场推广过程中的障碍，加速其在建筑行业中的应用普及。而随着市场接受度的提高和成本的逐渐降低，新型墙体材料将为建筑行业的可持续发展贡献更大的力量。

五、技术进步与未来发展方向

新型墙体材料的未来发展趋势强调了智能材料和自修复材料的革命性影响。这些材料通过嵌入传感技术或具备环境适应能力，为建筑提供动态响应和维护能力，从而显著增强建筑的耐久性和功能性。智能材料在墙体材料领域的应用潜力巨大，这类材料能够根据温度、湿度或其他环境变量改变自身属性。例如，温度响应材料可以在夏季提供更好的隔热效果，而在冬季则增加保温性能，从而有效节省能源消耗并提高居住舒适度。实施这种技术可以通过嵌入微型传感器来监测环境条件并触发材料属性的变化，这种自适应能力为传统建筑材料所不具备。

自修复材料则代表了另一种技术创新，这些材料能够在发生

微小裂缝或损伤时自动修复自身。这一能力来自于内置的修复剂，如微胶囊，当材料受损时，这些胶囊会破裂并释放修复化学物质，从而封闭裂缝并恢复材料的完整性。这不仅延长了材料的使用寿命，也减少了维护成本和环境影响，因为减少了需更换的材料量。面对这些技术的发展，行业需要开发新的合作模式和技术创新策略。通过与科研机构 and 高等学府的合作，企业可以加速这些新材料的研发和测试。此外，与技术供应商建立合作关系，可以获得关于传感器和微电子设备的最新技术，这对开发高级智能材料至关重要。技术进步还需要相应的技术创新策略支持，如建立专门的创新基金，鼓励企业和研究机构探索前沿材料科学。此外，行业协会可以举办定期的技术交流会议和展览，促进知识和经验的共享，提升整个行业对新材料技术的认识和应用。

这些新技术带来的挑战不可小觑。从成本和技术实现的角度来看，智能和自修复材料的开发需要昂贵的研发投入和复杂的生产过程。此外，市场上对这类高科技材料的接受度可能受限于现有建筑法规和建筑师、工程师的传统设计习惯。因此，行业需要对建筑法规进行更新，以包含对新科技材料的支持，并通过教育和培训提升专业人员对这些材料的理解和应用能力。通过这些综合措施，未来建筑行业将能够更好地利用技术进步，推动建筑材料向更高效、更可持续的方向发展，最终实现建筑行业的绿色转型和持续创新。

结语

新型墙体材料在环保特性、应用现状、结构优化、市场推广以及技术进步方面展示了巨大的潜力和广泛的应用前景。环保性能优越的新型材料如加气混凝土、轻钢龙骨和生态砖，不仅降低了能耗和污染，还在保温隔热和抗震性能上有显著提升。推广和应用过程中仍面临市场接受度和成本高企的挑战。通过市场教育、政策激励和跨行业合作，这些障碍有望逐步克服。智能材料和自修复材料的应用将为建筑行业带来革命性变革，增强建筑耐久性和功能性。面对新技术的挑战，行业需要不断创新合作模式和技术策略，优化生产工艺和推广方法，以实现更高效、更可持续的建筑结构。未来，随着技术的进步和市场的成熟，新型墙体材料将在推动建筑行业绿色转型和可持续发展中发挥更加重要的作用。

参考文献：

- [1] 王晓明. 新型墙体材料的环保性能研究 [J]. 建筑材料学报, 2022, 35(2): 123-130.
- [2] 李强, 张华. 建筑墙体材料的绿色发展路径 [J]. 建筑科学, 2021, 37(8): 54-60.
- [3] 赵丽华, 刘斌. 墙体材料的环境影响评价方法 [J]. 环境科学学报, 2023, 43(3): 305-312.
- [4] 孙涛, 陈刚. 建筑墙体材料的耐久性分析 [J]. 建筑工程技术, 2020, 29(6): 88-95.
- [5] 周杰, 吴迪. 新型墙体材料在建筑节能中的应用 [J]. 建筑节能, 2022, 40(1): 45-52.
- [6] 刘洋, 李宁. 墙体材料的力学性能与结构优化 [J]. 工程力学, 2021, 38(10): 165-172.
- [7] 张晓东, 王磊. 建筑墙体材料的环境友好型设计 [J]. 绿色建筑, 2023, 11(2): 44-50.
- [8] 陈晨, 赵勇. 墙体材料的生命周期评价 [J]. 环境工程, 2020, 38(4): 97-104.
- [9] 林峰, 郭静. 新型墙体材料的热工性能研究 [J]. 建筑热能通风空调, 2021, 40(9): 63-69.
- [10] 高峰, 刘波. 建筑墙体材料的创新与应用 [J]. 建筑材料学报, 2022, 35(5): 201-208.

浅谈建筑工程实体检测中建筑材料检测技术

孙源

牙克石市拓源工程检测咨询有限公司，内蒙古 呼伦贝尔 022150

摘 要： 建筑材料是建筑工程施工重要组成部分，在工程实体检测工作中，建筑材料检测技术的应用可以保证建材质量，提高工程实体检测可信度，确保建筑工程整体施工质量。因建筑材料种类丰富，所以建材检测技术种类较多，每种检测技术应用要点以及优缺点等各异，此次论文先是对建筑工程实体检测中建筑材料检测的重要性进行了分析，随后又对建筑材料关键性检测技术展开了探讨，最后是对建筑材料检测技术要点的研究，以期为相关人员提供参考。

关 键 词： 建筑工程；实体检测；建筑材料；检测技术；材料检测

Discussion on Building Material Testing Technology in Physical Testing of Construction Projects

Sun Yuan

Yakeshi Tuoyuan Engineering Testing Consulting Co., Ltd., Hulunbuir, Inner Mongolia 022150

Abstract： Building materials are an important component of construction projects. In the process of physical inspection, the application of building material inspection technology can ensure the quality of building materials, improve the credibility of physical inspection, and ensure the overall construction quality of building projects. Due to the rich variety of building materials, there are many types of building material testing technologies, each with different application points, advantages and disadvantages. This paper first analyzes the importance of building material testing in physical testing of construction projects, then explores the key testing technologies of building materials, and finally studies the key points of building material testing technology, in order to provide reference for relevant personnel.

Key words： construction engineering; physical detection; building material; detection technology; material testing

建筑工程施工中，建筑材料的使用量最大，且建材种类多样，加强建材质量检测是保证工程施工质量的基础要求，建材种类不同，材料检测技术也会有所不同。为确保各建材施工质量，施工技术人员需要对各类建材检测技术有所了解，同时还需要熟练掌握各技术操作要点，以此强化建材管理，避免出现建筑材料质检不合格问题，影响工程质量，延误施工周期。工程实体检测是对建筑质量的检测，建筑材料作为施工质量重要影响因素，加强对建材检测技术的研究势在必行。

一、建筑工程实体检测中建筑材料检测的重要性

建筑材料是建筑工程施工的基本要求，材料质量的高低影响着建筑质量，建筑工程实体检测中建材材料的检测有助于保证建筑施工质量，有助于延长建筑使用寿命，有助于新型建筑材料的推广。高质量建筑材料的使用可以减少安全隐患，降低施工危险性，避免施工期间出现安全事故。众所周知，所谓的“豆腐渣”工程，其关键在于低质量建筑材料的使用，建筑材料质检不合格。为此，建筑材料检测技术的应用十分重要，其可以检测与淘汰低质量建材^[1]。与此同时，高质量建筑材料的使用在保证建筑施工质量的同时，还可以延长建筑使用寿命。高质量建筑工程的结构较为稳固，且建筑整体不易出现各类病害问题破坏建筑质量，

在定期维护的情况下，建筑工程使用寿命会有所延长。此外，建筑行业的快速发展使得新工艺以及新材料增多，建材检测技术的应用有助于新材料的推广与应用。

二、建筑工程实体检测中建筑材料检测技术分析

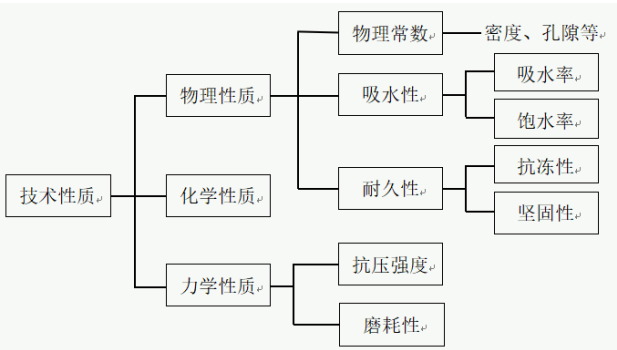
（一）水泥检测技术

水泥属于建筑施工重要材料，也是混凝土配比原材料之一，水泥材料品种多样，施工技术人员需要加强对水泥检测技术的研究，常用的检测方法主要包括化学分析法、物理性能测试法以及显微结构观察法等。依据国家相关规定，生产批号相同的水泥重量应 < 200t，散装水泥同批次重量应 < 500t。当水泥出厂时间

超过3个月时，施工人员需要对水泥进行检测，合格后可继续使用，检测方法为抽检法，同批次水泥抽样位置不同，抽样点数量应 ≥ 20 ，着重检测水泥强度、细度、标准稠度用水量以及安定性等。其中，水泥强度是判断水泥质量的重要指标，检测合格的标准以32.5R级28d为例是：抗压强度 $\geq 32.5\text{MPa}$ ，抗折强度 $\geq 5.5\text{MPa}$ ^[2]。针对于水泥凝结时间的检测，硅酸盐水泥初凝时间应不小于45min，终凝时间应不大于390min；普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥的初凝时间应不小于45min，终凝时间应不大于600min。除此之外，常规情况下，水泥颗粒大小均匀，且无受潮或结块等现象。

（二）砂石检测技术

砂石属于建筑材料之一，也是混凝土原材料之一，属于石料与骨料的总称，主要是砂粒与碎石的松散混合物，砂石材料类型多种，技术性能各异，具体见下图1所示。针对于砂石检测技术的应用，工作人员需要重点检测砂石粒径、粒度以及稳定性等，确保砂石质量符合建筑施工要求。从外观质量检测方面进行分析，工作人员需要检测砂石材料形状是否规整、颜色是否均匀以及表面是否平整等；物理性能方面，工作人员需要重点检测砂石含泥量以及含水率等；力学性能方面，工作人员需要注重砂石抗冻融性、压碎值的检测；化学性能方面，工作人员需要着重检测硫酸盐或硫化物杂质以及碱活性等，以上检测内容直接关系着砂石材料质量，影响着建筑工程施工质量以及使用寿命等^[3]。砂石检测常用方法为料堆取样法，取样部位应均匀分布，取样前应先将取样部分表层铲除，然后由各部位抽取大致相等的砂8份，石子为16份。砂石检验需要进行多次，以此保证检测结果的精准性以及可信性等。



> 图1 砂石材料性质

（三）钢材检测技术

针对于钢材的检测，检测项目主要是钢材的力学性能是否合格，检测内容应该包括钢筋强度的检测、钢筋断后伸长率的检测、钢筋弯曲性的检测以及钢筋重量偏差的检测等。为确保检测结果精准，钢材取样环节，工作人员需要遵循随机性原则，同时还需要保证样品具有代表性，同批次钢筋检测需从不同钢筋上取样。其一，钢筋强度检测，检测方法为拉伸试验。建筑施工中为保证建筑结构安全，在设计要求范围内，钢材需要具有较高强度，以此降低配筋率。其二，断后伸长率检测，检测方法为拉伸试验，钢筋伸长率不足可能会导致钢筋出现变形现象，降低建筑

结构质量。其三，弯曲性检测，检测方法为弯曲试验。试验人员需要将钢筋试样在规定直径弯心位置分别弯90°或180°，以此判断试样有无质量问题。依据日常工作经验，钢材常见质量问题主要包括断裂、鳞落或裂缝等，其都可以通过弯曲试验检测出来。其四，钢筋重量偏差检测^[4]。检测样品至少5根，样品长度应 $\geq 500\text{mm}$ ，应精确到1mm，测量试样总重量时，应精确到不大于总重量的1%。

（四）混凝土检测技术

混凝土种类丰富，建筑工程施工中，混凝土属于必要材料，使用数量较多。针对于混凝土检测技术的应用，混凝土材料强度检测过程中，工作人员至少需要取样三组，以此确保检测结果的可靠性。建筑施工结构不同，对于混凝土材料的施工质量要求也会有所不同，常规结构混凝土材料的检测，工作人员需要重点检测混凝土质量，例如混凝土配合比、混凝土黏性以及塑性等。如果是特殊结构，工作人员还需要检测混凝土的抗渗性以及抗冻性等，以此确保建筑工程特殊结构的施工具有良好的抗渗性及抗冻性等，以免出现裂缝或渗漏现象。除此之外，混凝土强度以及坍落度的检测十分重要，依据施工要求，普通混凝土的强度需要 $< 60\text{MPa}$ ，高强度混凝土需要 $\geq 60\text{MPa}$ ，超高强混凝土需要 $\geq 100\text{MPa}$ 。坍落度方面，干硬性混凝土的坍落度应 $< 10\text{mm}$ ，塑性混凝土坍落度范围是10~90mm，流动性混凝土坍落度范围是100~150mm，技术人员需要熟知^[5]。

三、建筑工程实体检测中建筑材料检测技术要点

（一）明确试验检测项目

建筑材料是建筑工程施工要素之一，建材质量、性能以及结构的优劣直接影响着建筑施工质量，且需要利用建筑材料检测技术进行检测。建材检测技术应用要点之一是明确试验检测项目，以混凝土材料的检测为例，水泥作为混凝土混合料的主原材料之一，水泥质量以及性能的检测十分重要，检测人员需要优先对水泥强度等级稳定性以及凝结时间等进行检测。随后，检测人员需要检测骨料质量，重点检测骨料粒径、含泥量、含水率以及稳定性等，如果骨料较为疏松，检测人员需要对混凝土的坚固性进行检测^[6]。最后，检测人员需要对混凝土混合料的综合性能进行检测，重在确保混凝土无任何问题。如果防水施工中涉及混凝土材料，施工人员需要对混凝土材料进行防水检测，重点检测混凝土材料的断裂拉伸强度以及渗透性等，避免防水施工出现质量问题。

（二）严格管控温度湿度

建筑材料种类繁多，施工现场因建筑材料使用量较大，所以材料的储存管理必不可少，建材种类不同，其存储要求也会有所不同，尤其是针对于建材存储环境温度及湿度的控制，其对于建材质量具有重要影响。至此，建筑材料检测技术的应用需要注重建材存储环境温湿度的检测，同时还需要按照相关规定严格控制储存环境温度及湿度，避免建筑材料出现质量问题。水泥砂浆是常见的建筑材料，建筑施工中必不可少，在检测水

泥砂浆强度时,检测人员需要将环境温度控制在 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内,如果温度超出范围,水泥砂浆检测样品可能会出现不稳定现象,影响检测结果。水泥养护试验阶段,标准的环境温度控制范围是 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度不低于90%。如果是建筑防水施工,防水材料储存阶段环境温度控制的标准范围是 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,温度超出范围防水材料可能会变质,尤其是针对于SBS防水卷材^[7]。

(三) 严格控制试验误差

建筑材料试验检测过程中,受人为或环境等因素的影响,试验误差的存在在所难免,为确保建筑材料检测技术应用质量,工作人员需要严格控制试验误差。其一,同组试件误差。以混凝土抗压强度的测试为例,如果检测结果的最大值或最小值有一个与中间值的差值超过中间值的15%,则表明检测有误,需要重新进行检测。其二,检测仪器误差。同种试样使用不同检测仪器,检测结果可能会存在一定误差。常规情况下,建筑材料的检测试样分为两份,一份送至专业部门进行检测,一份由施工方自行检测,因检测仪器不同,检测可能存在误差。为此,检测人员需要保证操作规范,检测仪器无质量问题,以此严格控制试验误差,尽可能减少因仪器不同而产生的误差^[8]。其三,不同方法检测误差。同一检测样品,检测方法不同,检测结果可能出现误差,检测人员需要引起重视。

(四) 精准控制加荷速度

室温条件下,建筑材料力学性能的检测需要工作人员精准控制加荷速度,避免因加荷速度过大而增加检测试件上方荷载,致使试件变形,影响检测结果,例如钢筋材料屈服强度的检测,加荷速度过大可能会导致钢筋屈服曲度超高,致使钢筋材料出现变形问题。除此之外,混凝土以及水泥材料等检测过程中,加荷速度过大也会出现类似现象。为此,建筑材料检测技术应用过程中,精准控制加荷速度至关重要,检测人员需要尽可能保证加荷速度的平稳性以及均匀性等。检测过程中,如果检测试件出现变形现象,检测人员需要立刻停止加荷行为,随后对试件荷载极限值进行测算,以此了解试件力学性能。在钢筋材料拉伸强度检测环节,如果钢材出现颈缩现象,检测人员需要适当调整加速油门控制颈缩,直至钢筋试样损坏后方可停止检测^[9]。

(五) 培养专业检测人才

建筑材料检测技术应用效果与检测人员专业素养、专业技能关系密切,建筑企业需要重视专业建材检测人才的培养,注重高校毕业生的聘用。针对于毕业人员的培养,建筑企业需要进行岗前培训,培训内容应该包括建筑材料学、建材检测学以及相关技术操作实践等,做好人员入职前期的各项准备工作。当新人入职后,企业管理人员可以采用“以老带新”的形式让新入职人员尽快适应岗位用人要求,尽快投入到检测工作当中,确保建筑材料检测质量^[10]。针对于在职检测人员,企业需要定期开展理论知识教育以及技术培训等,同时还可以为专业人才提供外出进修机会,重在培养高质量、专业化建材检测人员,保证建材检测效果。除此之外,建筑企业需要建立健全激励机制,鼓励人员积极参与培训活动。

(六) 重视工程质量监管

建筑工程施工质量的控制对于建筑竣工后使用的安全性具有重要影响,建筑材料检测作为建筑工程施工质量监管的重要环节,加强工程质量监管是建筑材料检测技术应用要点之一。工程质量监管是建筑企业以及监理机构重点关注内容,工程管理人员需要注重施工各环节质量的管控,例如建筑材料质量监管,建材进入施工现场之前,工程管理人员需要进行质量检测,材料进入施工现场之后,工程管理人员需要做好各类建材的保管工作,工程监理人员需要定期检查各建材存储情况,做好质量抽检监督工作,避免出现忽略材料及工程质量的现象,影响建材检测技术应用效果。事实上,技术应用效果与人员重视度关系密切,在重视工程质量监管的情况下,建材检测技术的应用更加规范^[11]。

结束语:

城市化的建设需要高质量建筑工程的施工,在建筑工程实体检测工作中,建筑材料作为施工质量影响重要因素,材料质量的检测至关重要,建筑企业以及施工单位等需要加强对水泥、钢材、混凝土以及砂石等建筑材料检测技术的研究,同时还需要明确试验检测项目、严格管控温湿度、严格控制试验误差、精准控制加荷速度、培养专业检测人才以及重视工程质量监管等,重在保证材料检测技术应用质量,提高技术应用效果,以免因建筑材料问题降低建筑工程实体检测的精准性。

参考文献:

- [1] 伍俊宇. 无损检测技术在建筑工程实体检测中的应用策略 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (06): 105-107. DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202406035.
- [2] 祁录年. 建筑工程实体检测中建筑材料检测技术 [J]. 居舍, 2024, (03): 64-66.
- [3] 夏潇潇. 建筑工程实体检测中建筑材料检测技术应用要点分析 [J]. 四川水泥, 2023, (11): 152-154.
- [4] 林颖. 建筑工程实体检测中建筑材料检测技术研究 [J]. 佛山陶瓷, 2023, 33 (01): 95-97.
- [5] 张伟. 钢筋保护层检测技术在建筑工程实体检测中的运用探析 [J]. 安徽建筑, 2022, 29 (09): 152-153+172. DOI:10.16330/j.cnki.1007-7359.2022.09.054.
- [6] 辛国栋. 建筑工程实体检测中建筑材料检测技术研究 [J]. 造纸装备及材料, 2022, 51 (06): 121-123.
- [7] 李涛. 钢筋保护层检测技术在建筑工程实体检测中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2022, (04): 118-120.
- [8] 苏文木. 建筑工程实体检测中钢筋保护层检测技术分析 [J]. 江西建材, 2021, (05): 24-25.
- [9] 吴家皓. 建筑工程实体检测中钢筋保护层检测技术的作用探究 [J]. 四川水泥, 2020, (11): 212-213.
- [10] 宋昊澄. 解析钢筋保护层检测技术在建筑工程实体检测中的应用 [J]. 大众标准化, 2020, (17): 73-74.
- [11] 牛长信. 试析建筑工程实体检测中钢筋保护层检测技术的作用 [J]. 四川水泥, 2020, (04): 130.

南水北调工程运行期的安全管理分析

毛鹏飞, 韩瑞红

中国南水北调集团中线有限公司河南分公司, 河南 平顶山 467000

摘要： 南水北调工程属于水利工程项目，其建设施工的主要目的在于解决北方补充水源的问题。作为中华人民共和国的战略工程，国家对于该工程运行期的安全管理十分重视，通过加强安全管理可以有效减少不良影响因素，规避部分安全风险，进而降低安全事故发生概率。此次论文先是对南水北调工程运行期的安全管理内容进行了分析，随后又对其安全管理风险展开了探讨，最后提出了几点该工程运行期的安全管理措施，以期为相关人员提供参考。

关键词： 南水北调；工程运行期；安全管理；管理策略；风险评估

Analysis of Safety Management during the Operation Period of the South to North Water Diversion Project

Mao Pengfei, Han Ruihong

China South to North Water Diversion Group Middle Route Co., Ltd. Henan Branch, Pingdingshan, Henan 467000

Abstract： The South to North Water Diversion Project is a water conservancy engineering project, and its main purpose of construction is to solve the problem of supplementing water sources in the north. As a strategic project of the People's Republic of China, the country attaches great importance to safety management during the operation period of the project. By strengthening safety management, adverse factors can be effectively reduced, some safety risks can be avoided, and the probability of safety accidents can be reduced. This paper first analyzes the safety management content during the operation period of the South to North Water Diversion Project, then explores its safety management risks, and finally proposes several safety management measures during the operation period of the project, in order to provide reference for relevant personnel.

Key words： south to north water diversion project; engineering operation period; security management; management strategy; risk assessment

南水北调工程的建设规模较大，且建设意义非凡，工程建设具有艰巨性以及复杂性等特点，为了保证工程运行的安全性，延长工程使用年限，防止出现安全风险，工程运行期间的安全管理十分重要，政府相关部门需要引起重视，加强安全监督与管理，详细排查潜在的安全风险，注重安全风险等级评估，同时还需要做好各项预防措施，成立安全管理小组，构建专业化的安全监管团队，确保南水北调工程安全运行。此外，安全管理需要综合考虑诸多因素，尽可能确保南水北调工程经济价值的充分发挥。

一、南水北调工程运行期的安全管理内容

（一）人身安全管理

南水北调工程规模较大，其运行期间相关工作人员数量较多，为防止出现人员伤亡事故，在南水北调工程运行期内，安全管理的工作内容需要包括人身安全管理，其是对相关工作人员人身安全的一种基础性保障。在工程运行期间，相关工作人员的日常工作存在一定安全隐患，例如触电隐患或者是落水隐患等，安全管理人员需要引起重视，做好各项安全防护措施，同时还需要在危险区域悬挂或张贴安全提示标语，禁止非工作人员随意进入安全管理区域，着重提高相关工作人员的安全防护意识，避免各种不良影响因素威胁工作人员的人身安全。除此之外，南水北调

工程建设的核心目的在于为人民服务，为此，工作人员以及人民的人身安全至关重要，安全管理人员应该注重人身安全管理方案的科学制定^[1]。

（二）运行安全管理

南水北调工程属于国家重要性工程项目，其运行期间可能会存在运行安全风险，为此，在南水北调工程安全管理工作中，运行安全管理属于重要内容。因南水北调工程的运行较为复杂，所以其运行过程中可能会存在一定的生产安全隐患，例如调度失效以及出现观测误差等，可能会对南水北调工程的正常运行产生不良影响，降低工程运行的安全性，同时还可能会影响工作人员调度决策的正确做出。除此之外，如果输水管道内部存在杂物，不仅会堵塞输水管道，还可能会改变过流能力，导致渠道出现严重

的堵塞现象^[2]。不仅如此,如果工程运行相关机械设备或电力设备出现故障问题,也可能会影响工程运行的安全性,增加运行安全风险出现概率。

(三) 工程设施管理

南水北调工程主要分为东、中、西三条线路,工程施工设施众多,为此,南水北调工程安全管理工作中需要包括工程设施管理。该工程实际施工涉及诸多渠道,在管理条件有限的情况下,加之外部环境不良因素的影响,各类渠道的管理存在一定难度,其需要安全管理人员加强监管,重视各渠道的日常维护与疏通,逐步完善相关工程设施。除此之外,南水北调工程运行期涉及部分建筑的养护与维修,如果工程区域出现自然灾害,例如地震,则可能会导致部分建筑出现开裂现象,引发渗漏问题。与此同时,工程设施管理工作中会涉及部分机电设备的管理,安全管理人员需要注意设备的维护,着重提高工程设施管理水平,避免影响南水北调工程的正常运行。

(四) 水质安全管理

现如今,南水北调工程库区及入库河流的水质整体为优,其主要与安全管理人员重视水质安全管理有关。在水质安全管理中,常见的管理问题主要是水质污染,例如水源性污染以及外来污染等,其中水源性污染出现的概率偏低,其产生的原因主要与水源地的水质不达标有关;而外来污染现象的出现概率较高,其可能会对南水北调工程内部水质产生不良影响,增加水质安全管理以及水质污染治理难度。根据相关调查显示,外来污染产生的主要原因与人类活动以及污水的排放密切相关,安全管理人员需要加强水质管理,尽可能减少外来污染,防止出现水源性污染问题。与此同时,部分地区或支流可能会出现水质污染现象,水质管理人员需要有针对性的进行治理以及防污处理,确保南水北调工程整体水质为优^[3]。

二、南水北调工程运行期的安全管理风险

(一) 交叉建筑系统风险

南水北调工程安全管理工作中,交叉建筑系统风险属于常见安全风险之一,安全管理人员需要加强对该风险的分析,具体可以从实用性,安全性以及耐久性等方面入手,以便于有效分析出交叉建筑系统风险的产生原因。通过分析可知,交叉建筑系统风险出现的主要原因包括低温冻害的出现,又或者是暴雨防洪灾害的出现等。在南水北调工程中,各建筑体之间的关联性较大,如果其中一个建筑体出现问题,则可能会对相关联的建筑体产生不良影响,同时还可能会影响工程的整体运行,增加安全风险^[4]。针对于交叉建筑系统风险的识别,管理人员可以依据建筑体的失效模式识别各类风险因子。如果交叉建筑出现整体滑移或失稳现象,其可能与因地震或洪涝灾害而导致地基出现不均匀沉降或进出口段边坡失稳等有关。

(二) 输水干渠工程风险

南水北调工程中,输水干渠工程主要分为两种,一种是明渠工程,一种是暗渠工程,在该工程运行期间,输水干渠工程风险

出现的主要表现是输水干渠工程遭受破坏,其产生原因主要包括失稳、渗漏、漫顶、冻害或沉陷问题的出现。其中,漫顶现象常出现在明渠工程当中,渗漏现象常出现在暗渠工程当中。除此之外,影响输水干渠正常运行的因素众多,常见的因素主要包括地基失稳、渠坡失稳或冰情等。针对于输水干渠工程风险的防治,安全管理人员需要详细分析相关数据信息,全面性的掌握风险实际情况,适时做好相关防治工作。如果是在汛期,输水干渠工程风险发生概率最大区域为暴雨中心;如果是在春秋两季,输水干渠工程风险发生概率最大区域为陶岔渠^[5]。

三、南水北调工程运行期的安全管理措施

(一) 建立健全安全管理机制

南水北调工程运行期间的安全管理至关重要,工程管理人员需要注重安全管理机制的建立健全,借助该机制规范安全管理,保证安全管理质量。例如安全管理责任机制的构建与完善,其可以有效划分安全管理职责,指导安全管理工作的开展,约束安全管理人员行为,以此保证安全管理工作开展的规范性,防止出现安全管理纰漏。再比如安全隐患排查机制的构建,其可以为安全隐患的排查提供制度指导,同时还可以为安全管理人员安全整改措施的提出提供制度参考,助力相关工作人员及时完成安全隐患的排查与处理工作^[6]。此外,危险源管理机制的构建十分重要,其作为安全管理机制的重要内容,可以强化危险源管理,避免因危险源管理失误而导致安全事故,造成人员伤亡或产生不必要的经济损失等。

(二) 注重信息化建设及发展

南水北调工程的运行具有长效性,为了进一步提高工程运行效率及水平等,政府相关部门或企业应该注重信息化建设及发展,具体工作需要注意以下几点:其一,完善与创新泵闸站基础信息数据库,借助信息化技术实现数据信息实时查询与调用目标。与此同时,加大对相关APP的研发力度,例如数据信息管理APP,借此实现利用智能手机远程监控与管理的任务。其二,构建与完善全国闸泵站安全监测管理平台,实时监测泵闸站的运行情况,及时发现与处理各类运行问题。其三,重视安全监测预警工作的开展,利用信息技术构建现代化安全监测体系,同时还需要在体系构建期间保证远程传输及定期分析的融合性,促进南水北调工程运行的信息化建设^[7]。其四,合理利用云计算以及大数据技术等提高工程网络安全管理水平,优化网络安全系统,以此为南水北调工程的运行提供安全网络环境。

(三) 培养专业安全管理人才

鉴于南水北调工程的重要性,所以在工程运行期间安全管理工作的开展势在必行。为了保证工程运行的安全性,提高工程安全管理水平,政府相关部门或企业等应该注重专业安全管理人才的培养,同时还需要重视对相关工作人员的安全教育培训,重在提高上下全体人员的安全管理意识,以便于相关工作人员积极配合安全管理工作。针对于安全管理教育培训的开展,管理人员需要注重针对性,即施工人员及安全管理人员的培训内容需要有所差异,且两方的安全培训内容需要重点凸出专业性,以此提高工

作人员的专业素养以及安全管理意识等。与此同时,政府相关部门或企业等需要注重培训档案机制的构建与完善,以此为标准严格进行人才管理,鼓励工作人员积极参与相关培训,强化工作人员的责任意识,以便于专业化、综合型安全管理人才的培养^[8]。

(四) 加大安全监督管理力度

南水北调工程的运行较为复杂,其中涉及多项安全管理内容,为保证工程能够安全运行,相关工作人员需要加大安全监督与管理力度,强化安全管理,提高安全管理水平,保证安全管理质量。一方面,安全管理人员需要严格把控工程运行质量,实时监测工程运行情况,及时排查各类潜在安全隐患,以此避免安全风险或安全事故的发生,影响工程正常运行。另一方面,政府相关部门或企业等应该成立专门的安全监督管理部门,培养高素质、专业化的安全监管人才,合理划分安全监督管理职责,避免日常的安全监督与管理工作出现失误。与此同时,安全监督及管理制度的完善十分重要,其可以为安全监督及管理工作的开展提供制度引导,同时还可以规范及约束安全管理人员的日常监管行为,确保南水北调工程运行效益^[9]。

(五) 加强安全风险评估分析

南水北调工程运行期间,安全风险的出现在所难免,为了进一步强化工程安全管理,安全管理人员需要加强对安全风险的评估与分析,尤其是在汛期,提前制定防洪度汛方案,落实相关预

防措施,同时还需要建立完善的应急组织体系,以便于汛期各项安全风险防治工作的顺利开展。与此同时,安全管理人员需要注重极端自然环境下南水北调工程运行期间潜藏的各类安全风险,合理进行风险评估,及时进行排查与防治,尽可能将潜在的安全风险扼杀在摇篮当中。除此之外,相关工作人员需要建立健全完善的安全风险评估机制,严格按照机制内容评估安全风险等级,并以此为参考制定工程抢险安全技术手册,定期组织相关工作人员开展安全风险评估与分析培训活动,重在提高安全风险评估与分析的精准性以及可靠性等^[10]。

结束语:

众所周知,南水北调工程建设的经济效益以及社会效益较高,为了进一步提高工程经济效益,工程运行期间安全管理工作的开展必不可少,具体的管理内容主要包括人身安全管理、运行安全管理、工程设施管理以及水质安全管理等。此外,南水北调工程运行安全管理期间,常见的安全风险包括交叉建筑系统风险以及输水干渠工程风险等,为确保工程安全运行,政府相关部门或企业等需要建立健全安全管理机制、培养专业安全管理人才、加大安全监督管理力度、加强安全风险评估分析以及注重信息化建设及发展等。

参考文献:

- [1] 王誉翔. 南水北调中线工程安全管理风险研究 [J]. 中国水能及电气化, 2023, (03): 43-50+42. DOI:10.16617/j.cnki.11-5543/TK.2023.03.11.
- [2] 刘俊青. 南水北调中线工程运行安全风险识别与管理 [C]// 中国水利学会. 2022中国水利学术大会论文集(第一分册). 焦作市黄河华龙工程有限公司; , 2022: 4. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.059665.
- [3] 许国, 王馨, 顾晓伟. 浅谈泵站运行管理标准化监督检查模式探索——以南水北调泵站为例 [C]// 中国水利学会. 2022中国水利学术大会论文集(第七分册). 水利部产品质量标准研究所; 浙江省天正设计工程有限公司; , 2022: 8. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.057505.
- [4] 李发鹏, 刘啸. 南水北调: 保障群众饮水安全的生命线 [N]. 中国水利报, 2022-05-18 (001). DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2022.000999.
- [5] 孙庆宇, 朱清帅, 王泽宇. 南水北调工程安全运行监督检查常见问题分析 [J]. 河南水利与南水北调, 2021, 50 (09): 35-37.
- [6] 王伟. 夯实网络安全防线 保障南水北调工程平稳运行 [J]. 中国信息安全, 2020, (10): 52-53.
- [7] 郭海亮, 朱亚飞. 南水北调中线工程运行期的合同管理分析 [J]. 工程技术研究, 2020, 5 (15): 191-192. DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.15.089.
- [8] 赵鹏, 魏芳. 南水北调工程运行期的安全管理分析 [J]. 河北农机, 2020, (07): 35. DOI:10.15989/j.cnki.hbnjzs.2020.07.024.
- [9] 张国栋. 南水北调工程运行期的安全管理分析 [J]. 低碳世界, 2019, 9 (01): 136-137. DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2019.01.084.
- [10] 李硕, 张锐, 戴星亮, 等. 基于安全链模型的南水北调中线工程运行期安全管理分析 [C]// 中国水利学会. 中国水利学会2019学术年会论文集第五分册. 南水北调中线干线工程建设管理局; , 2019: 4. DOI:10.26914/c.cnkihy.2019.097409.

三软不稳定岩层巷道支护技术研究进展

李旺旺, 刘国祯, 李建

鄂尔多斯市应急管理局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要： 本文主要探讨了三软不稳定岩层巷道支护技术的研究进展。介绍了三软不稳定岩层的定义、分类以及工程影响，特别指出其低强度、高塑性的特点导致巷道围岩易发生严重变形和破坏。随后，概述了传统支护技术的局限性，以及现有支护技术如锚喷支护、预应力锚索支护等的适用性。进一步讨论了国内外研究现状，包括深部岩体加固技术、智能化支护技术和生物酶加固技术等新型支护技术的研究。还提出了支护设计优化、支护材料改进、施工工艺创新等支护技术的优化与应用建议。

关键词： 三软不稳定岩层；巷道支护；锚喷支护；预应力锚索支护；支护设计优化

Research Progress On Support Technology For Roadway In Three Soft And Unstable Rock Layers

Li Wangwang, Liu Guozhen, Li Jian

Emergency Management Bureau of Ordos City, Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract： This article mainly discusses the research progress of support technology for tunnels in three soft and unstable rock layers. This article introduces the definition, classification, and engineering impact of the three soft unstable rock layers, and particularly points out that their low strength and high plasticity characteristics lead to serious deformation and damage of the surrounding rock of the tunnel. Subsequently, the limitations of traditional support technologies were outlined, as well as the applicability of existing support technologies such as anchor spray support and prestressed anchor cable support. Further discussion was conducted on the current research status at home and abroad, including the study of new support technologies such as deep rock mass reinforcement technology, intelligent support technology, and biological enzyme reinforcement technology. Suggestions for optimizing support design, improving support materials, and innovating construction techniques were also proposed for the optimization and application of support technologies.

Key words： three soft unstable rock layers; tunnel support; anchor spray support; pre stressing anchor support; optimization of support design

引言

在我国能源与资源开发领域，岩层巷道作为至关重要的基础设施，其支护技术的有效性是保障工程安全与可靠性的核心。随着我国能源需求的不断增长，巷道支护技术在岩层巷道的开发中日益显得至关重要。以鄂尔多斯市鄂托克前旗上海庙镇地区的煤矿开采为例，这里的三软不稳定煤层地质条件对支护技术提出了极为严峻的挑战。这些煤层的独特地形条件和力学特性，使得支护技术需要克服众多难题，包括提高支护材料的强度与耐久性、确保支护体系的整体稳定性，以及简化施工工艺的复杂性等。因此，研发和应用适应三软不稳定岩层的巷道支护技术，对于保障煤矿安全生产具有重大的现实意义。

一、三软不稳定岩层特性分析

（一）鄂托克前旗上海庙镇地质概况

上海庙镇坐落在鄂托克前旗的西南部，距离旗政府所在地约67公里，地理位置独特，位于内蒙古自治区与宁夏回族自治区的交界区域。鄂尔多斯市矿产资源丰富，主要有煤炭、天然气、石

油、稀土等，上海庙镇地区有丰富的煤炭资源分布。地下煤炭储量达到1500万吨，为该地区带来了巨大的能源潜力。由于该地区煤层的物理和力学性质，使得煤层在采动影响下表现出软、弱、不稳定特征的煤层。这些特征通常包括煤层的强度低、结构松散、层理发育、夹矸较多、透气性差等。在煤矿开采过程中，三软不稳定煤层往往会导致一系列的技术和安全问题，如片帮、冒

顶、底鼓等。

（二）三软不稳定岩层的定义

三软不稳定岩层通常是指煤矿开采中遇到的一种地质构造，它由软岩、软土和软弱夹层组成，具有强度低、稳定性差、易变形和流变等特点。这种岩层在采煤过程中容易发生冒顶、片帮、底鼓等矿山压力显现，给矿井安全带来严重威胁。

（三）三软不稳定岩层的分类

三软不稳定岩层的分类主要是根据岩层的物理力学性质和工程地质特征进行的。内蒙古自治区上海庙矿区的煤层埋藏深，围岩岩体软，开采难度高。^[1]

1. 按岩性分类

软岩如泥岩、页岩、粉砂岩等，具有较低强度和较高塑性；软土如淤泥、粉土、高塑性粘土等，含有较高水分，强度低，压缩性高；软弱夹层如煤层、泥岩层、石膏层等，位于硬岩层间，强度低，稳定性差。

2. 按结构特征分类

岩层结构主要有层状、块状和碎裂三种类型。层状结构中，岩层以弱层间结合力呈层状分布，易发生层间滑动；块状结构中，岩石以弱块间结合力呈块状分布，易发生块体滑移；碎裂结构中，岩石严重破碎，结构面发达，导致整体稳定性较差。

（四）三软不稳定岩层的工程影响

上海庙镇地区的煤矿开采面临三软不稳定煤层的特殊地质挑战，这些岩层低强度、高塑性的特性导致巷道开挖后围岩易发生严重变形和破坏。传统支护方法难以满足其高强度支护需求，因此必须采取更有效的支护措施。这些复杂的地质条件增加了施工安全风险，如冒顶和片帮等事故更易发生。为确保巷道稳定与安全，不得不采用更复杂、成本更高的支护技术，从而提高了工程成本。因此，在煤矿开采中，针对三软不稳定煤层的特性，采取相应的支护技术和安全措施至关重要，以保障掘进作业的顺利进行和人员生命安全。

二、三软不稳定岩层巷道支护技术现状

（一）传统支护技术

1. 木支架：这是一种历史悠久的支护方式，适用于小断面巷道。木支架施工简单，成本较低，但强度有限，不适用于大断面巷道或高地应力条件下的三软不稳定岩层。

2. 钢支架：钢支架具有较高的强度和刚度，适用于一些较为破碎的岩层。但钢支架重量大，安装困难，且对于极端软弱岩层的适应性较差。

3. 砌碛支护：砌碛支护是一种较为古老的支护方式，主要适用于稳定岩层或小断面巷道。对于三软不稳定岩层，砌碛支护的施工难度大，且容易发生破坏。

（二）传统支护技术的局限性

我国煤炭资源十分丰富，分布范围广，煤层的赋存状态多样，煤层群是煤层赋存状态的主要体现。在煤层群开采方面，传统开采以下行开采为主，即先开采上部煤层，之后再行下部煤

层开采。^[2]

传统支护方法通常只能提供被动支护，这意味着它们在岩层发生变形后才能发挥作用，因而无法有效控制围岩的大变形。特别是在上海庙镇地区存在三软不稳定岩层等复杂的地质条件，传统支护结构的稳定性和耐久性往往不足，难以满足巷道支护的需求。

（三）现有支护技术及其适用性

1. 现有支护技术

(1) 锚喷支护：锚喷支护是一种主动支护方式，通过锚杆和喷射混凝土共同作用，能够有效地控制围岩的变形和松动。这种支护方式适用于各种地质条件，特别是对于三软不稳定岩层，锚喷支护能够提供及时而有效的支护。

(2) 预应力锚索支护：预应力锚索能够对围岩施加预应力，从而提前控制围岩的变形。这种支护方式适用于大断面巷道和高地应力条件下的三软不稳定岩层。

(3) 喷锚网支护：喷锚网支护结合了锚杆、喷射混凝土和金属网的优势，能够提供较强的支护能力，适用于围岩破碎、松散的三软不稳定岩层。

(4) 钢纤维喷射混凝土支护：钢纤维喷射混凝土具有较高的抗拉强度和抗裂性能，适用于对支护结构要求较高的三软不稳定岩层。

2. 现有支护技术的适用性

上海庙煤田是一个储量大、煤质好、地质构造简单的大型整装煤田，其开发潜力巨大。^[3] 现有的支护技术能够提供主动支护，有效地控制围岩的变形和松动。通过合理的支护设计，这些技术能够适应不同的地质条件和工程需求，展现出较强的灵活性和适应性。针对三软不稳定岩层的特性，支护技术可以进行优化和调整，以确保工程的安全和稳定。

三、三软不稳定岩层巷道支护技术研究进展

（一）国内外研究现状

在全球范围内，针对三软不稳定岩层巷道支护技术的研究已经取得了一定的进展。^[4] 国外研究主要集中在巷道稳定性分析、新型支护技术的开发以及支护材料的改进等方面。国内研究则更加注重于工程实践，强调支护技术的适用性和经济性。国内外的研究都认识到，对于三软不稳定岩层的支护，需要综合考虑围岩特性、支护结构、施工工艺等多方面因素。

（二）新型支护技术

1. 深部岩体加固技术

新型支护技术包括深部预应力锚索和深孔注浆等技术，这些技术通过在深部岩体中引入强度高的锚索和注浆材料，从而提高岩体的整体稳定性。^[5] 深部预应力锚索通过预先施加的拉力，将锚索锚固在稳定的岩层中，形成对不稳定岩体的有效约束，阻止其过度变形和破坏。同时，深孔注浆技术通过高压泵送将特制的注浆材料注入岩体的裂隙和孔隙中，填充空隙，增强岩体的密实性和强度，改善其力学性能。这些加固措施能够显著提高深部岩体的承载能力，有效控制围岩的大变形，确保巷道在复杂地质条件

下的长期安全与稳定，为矿井的安全生产提供有力支持。^[6]

2. 智能化支护技术

新型支护技术结合物联网、大数据和人工智能，实现对巷道支护的实时监测和智能控制。传感器和监测设备收集围岩数据，大数据和人工智能分析预测变形趋势，自动调整支护参数，提高支护效果和安全性。^[6]智能化支护系统提升效率，降低成本和风险，是矿业支护技术的发展趋势。

3. 生物酶加固技术

新型生物酶支护技术通过生化反应改善软弱岩层物理力学性质，增强自承能力。生物酶催化作用与矿物成分发生反应，促进胶结，提高内聚力和摩擦角，提升整体稳定性和承载能力。^[7]该技术相比传统物理或化学加固手段，更环保、高效，不损害岩层结构。生物酶加固技术可有效预防巷道变形和塌陷事故，保障矿井长期安全生产。

（三）支护技术的优化与应用

1. 支护设计优化：在支护设计中，采用数值模拟和物理模型试验等方法，可以帮助工程师更准确地预测和评估不同支护方案的效果。通过这些方法，可以在设计阶段就对支护结构进行优化，确保其能够适应复杂的地质条件，满足实际的工程需求，从而提高工程的安全性和经济性。

2. 支护材料改进：研究和开发新型支护材料，如高强度、高韧性喷射混凝土，高性能锚杆和锚索等，以提高支护结构的性能。

3. 施工工艺创新：研究和应用新的施工技术和工艺，如机械化施工、快速支护等，以提高施工效率和支护质量。

4. 工程监测与反馈：建立和完善工程监测系统，实时掌握围岩和支护结构的变形和应力状态，为支护设计提供反馈和依据。

四、三软不稳定岩层巷道支护技术的关键问题

（一）支护设计方法

支护设计方法是确保三软不稳定岩层巷道支护成功的关键。

1. 地质条件分析：详细分析三软不稳定岩层的地质条件，包括岩性、结构面、地应力等，为支护设计提供依据。

2. 设计原则：根据围岩的特性，确定支护的设计原则，如“先柔后刚”“先让后抗”等，以适应围岩的变形和应力变化。

3. 支护参数确定：通过理论分析、数值模拟、经验公式等手段，确定支护结构的参数，如锚杆长度、间距、预应力大小等。

4. 动态设计：根据施工过程中的监测数据，对支护设计进行动态调整，以适应围岩和支护结构的实际响应。^[8]

（二）支护材料选择

1. 材料的强度和刚度：确保支护材料能够承受设计载荷，同时具有一定的柔韧性，以适应围岩的变形。

2. 材料的耐久性：支护材料应具有良好的耐久性，能够抵抗地下水、化学腐蚀等环境因素的影响。^[9]

3. 材料的施工性能：支护材料应方便施工，包括运输、安装和加固，以提高工程效率和保障施工安全。

4. 材料的经济性：在确保支护结构安全和稳定的前提下，选

择经济合理的材料是降低工程成本的关键，同时也要考虑材料的可持续性和环境影响。

（三）支护施工工艺

支护施工工艺是确保支护结构质量和工程安全的关键。^[10]

1. 施工顺序：合理的施工顺序能够确保支护结构的及时形成，从而减少围岩的暴露时间，有效控制围岩的变形和松动，保障工程的安全与稳定。

2. 施工方法：合理选择施工方法，如钻爆法、机械开挖等，对于适应不同的地质条件和满足工程要求至关重要。这将有助于提高施工效率，确保工程质量和安全。

3. 施工质量：严格控制施工质量，确保支护结构的几何尺寸、安装精度等符合设计要求，是保障工程安全与稳定的关键。这有助于提高施工效率，降低工程成本，实现快速、高效、安全的施工目标。

4. 施工安全：在施工过程中，应采取有效的安全措施，如超前支护、临时支护等，以保障施工人员的安全。

结束语

随着煤矿生产对安全与效率要求的不断提升，三软不稳定岩层巷道支护技术的研究显得尤为重要。然而，面对复杂的地质条件和不断变化的工程需求，仍需认识到现有技术的局限性，并在此基础上进行不断地优化和完善。未来的研究应更加注重智能化、绿色化和高效化的支护技术发展，以适应更加严苛的安全生产环境。相信，通过学术界和工业界的共同努力，能够推动三软不稳定岩层巷道支护技术迈向新的高度，为保障煤矿安全生产做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 王斌，来兴平. STUDY ON HYDRAULIC PROPERTIES OF SOFT ROCKS IN THE SHANGHAIMIAO COAL MINING REGION IN THE NORTHWESTERN EDGE OF ERDOS BASIN IN CHINA[C]// 中国地质学会工程地质专委会，中国地质环境监测院（国土资源部地质灾害应急技术指导中心），山西省国土资源厅. 2014年全国工程地质学术大会论文集. 西安科技大学能源学院；内蒙古维华矿业有限责任公司；,2014:5.
- [2] 刘浩，王森. 近距离煤层上行开采破碎围岩巷道支护技术[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(07):163-165.DOI:10.13487/j.cnki.imce.023532.
- [3] 鄂托克前旗上海庙镇[J]. 实践(思想理论版),2011,(06):2+65-66.
- [4] 王晓彤. 深部软岩巷道支护技术的优化设计研究[D]. 上海应用技术大学,2022. DOI:10.27801/d.cnki.gshyy.2022.000502.
- [5] 石小磊. 高应力软岩巷道支护技术的研究与应用[J]. 机械管理开发,2022,37(08):153-155.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.08.066.
- [6] 高旭. 极近距离煤层开采下的巷道支护技术分析[J]. 矿业装备,2023,(01):20-22.
- [7] 任硕，李中伟，周文凯. 煤矿松散煤层破碎顶板巷道支护技术研究[J]. 能源与环保,2022,44(12):39-44.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2022.12.007.
- [8] 谷鹏. 煤矿软岩巷道支护技术优化应用研究[J]. 机械管理开发,2022,37(03):105-106.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.03.043.
- [9] 吴景铜，高荣. 煤矿巷道支护技术研究现状[C]// 北京力学学会. 北京力学学会第二十八届学术年会论文集(下). 中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院; ,2022:2. DOI:10.26914/c.cnkihiy.2022.001728.
- [10] 方保明. 深部煤层采空区下巷道支护技术[J]. 煤矿安全,2021,52(12):121-127. DOI:10.13347/j.cnki.mkaq.2021.12.020.

基于三次元智能冲压上下料控制系统的设计与应用

张卫华¹, 李清泉²

1. 苏州青林自动化科技有限公司, 江苏 苏州 215138

2. 中达电通股份有限公司, 上海 201209

摘 要 : 冲压设备作为工业基础装备的重要组成部分, 广泛应用电子, 家电, 汽车制造等行业. 传统的人工搬运送料冲压的方式, 效率低, 工人工作强度大, 作业危险系数高. 采用三次元多工位机械手的自动送料系统完美解决传统的诸多缺点. 多工位送料系统是一个类似移动臂的装置, 主要作用是把冲压件从一个工位移到另一个工位. 三次元送料系统合理地规划了三次元送料机械手的运动轨迹曲线, 通过优化其速度和加速度以及加加速度的特征, 提高了三次元送料机械手在运动过程的动态特性; 通过在控制系统采用电子凸轮技术, 使伺服电机的运动能够实现所规划轨迹的点对点的精确定位. 实际生产效率大大提升, 达到快速平稳的30次 / min的搬运速率。

关 键 词 : 智能冲压; 三次元; 凸轮曲线; 运动控制; 总线通讯

Design And Application Of a Three-Dimensional Intelligent Stamping Loading And Unloading Control System

Zhang Weihua¹, Li Xiaoquan²

1. Suzhou Qinglin Automation Technology Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215138

2. Zhongda Diantong Co., Ltd., Shanghai 201209

Abstract : Stamping equipment, as an important component of industrial infrastructure, is widely used in industries such as electronics, home appliances, and automotive manufacturing. The traditional manual handling, feeding, and stamping method is inefficient, labor-intensive, and highly hazardous. The automatic feeding system using a three-dimensional multi station robotic arm perfectly solves many traditional shortcomings. The multi station feeding system is a device similar to a moving arm, mainly used to move stamping parts from one station to another. The three-dimensional feeding system reasonably plans the motion trajectory curve of the three-dimensional feeding robotic arm. By optimizing its speed, acceleration, and acceleration characteristics, the dynamic characteristics of the three-dimensional feeding robotic arm during the motion process are improved; By adopting electronic cam technology in the control system, the motion of the servo motor can achieve precise point-to-point positioning of the planned trajectory. The actual production efficiency is greatly improved, achieving a fast and stable handling rate of 30 times per minute.

Key words : intelligent stamping; three dimensional; cam curve; motion control; bus communication

引言

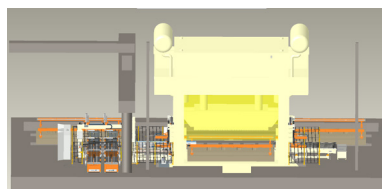
随着电子, 家电, 汽车制造等行业的高速发展, 我国板材加工设备加工工艺均有了长足的进步. 汽车制造中冲压工艺是汽车四大工艺中的一项工艺, 据不完全统计汽车部件的40%是金属板材冲压件, 此可见冲压装备在汽车制造工业中的重要地位. 三次元送料机械手主要用于自动化冲压生产线上, 取代传统手工生产. 传统的冲压送料采用人工上下料, 效率低、精度不高, 劳动强度大, 操作者重复完成同样的动作容易疲惫后疏忽而发生严重工伤事故时有发生. 送料机械手可以实现冲压生产线上工件的上下料和工位间的移送等工作. 冲压装备自动化是今后的发展趋势, 本文研究基于三次元智能多工位机械手控制系统的设计与应用.

一、机械结构简介

在数学和物理学中, “三次元”指的是三维空间或三维欧几里得空间, 这是由长度、宽度和高度 (即三个维度) 构成的空间形式. 而机械控制的三次元搬运, 是如下结构的机械手:

三次元智能多工位机械手上下料系统是大型冲压机械的重要组成部分, 包括悬臂吊、上料小车、拆垛手臂、磁性皮带、三次元机

械手、下料皮带、安全防护等。



> 图1 三次元智能多工位机械手生产线

二、控制系统设计

1) 控制系统设计分为：运动控制程序设计、逻辑控制程序设计，安全防护程序设计，人机交换界面设计。

2) 整线控制器：运动控制和逻辑控制采用台达的 AH500 系列控制器。

运动控制设计主要包括伺服轴的参数配置、虚拟主轴和从轴设置、编码器设置、电子凸轮表的设计。运动控制和逻辑控制采用台达系列的 AH10EMC 控制器，负责 I / O 信号的采集和输出，整体逻辑运算，运动控制器实现伺服运动功能，使控制系统更加可靠稳定。人机交互采用台达的 DOP-115WS 精致 15 寸触摸屏，人机交互界面友好，操作维护起来简单方便。与压机的数据交换采用总线的通讯方式，速度快，稳定可靠。

为了和国际通用性控制系统接轨，增强控制系统的可靠性，安全防护用西门子的安全 PLC-1511F，安全等级达到 PLe 使得整线安全得到保障。

由于对系统安全性要求高，控制精度要求高，速度快，在压机曲轴上时时取得压机滑块位置数据以控制三次元机械手安全完成送料工作。出于安全性考虑又增加一个内密控 1024 线的绝对值编码器与跟踪编码器进行与压机角度时时核对以防止由于机械故障原因导致跟踪编码器失步时保护机械手和模具压力机的干涉安全。与压机通讯时时取得压机自身角度数据，与三次元本身 2 个编码器进行压机角度的时时核对，做到多重保护。

三、系统描述

(一) 系统构成

1) 悬臂吊：悬臂吊确保把料垛安全稳定的吊人到台车的工作台上。

2) 上料小车：由 2 台小车组成，交替送料到拆垛手拆料的位置，保障整线在切换料垛时候也能不停机，确保连续生产。

3) 拆垛手臂：移送伺服轴 1 个，升降伺服轴 1 个

4) 磁性皮带：皮带升降伺服轴 2 个，皮带夹紧伺服轴 4 个，皮带伸缩伺服轴 4 个，皮带定位伺服轴 12 个，皮带移送伺服轴 4 个。根据不同的模具调整皮带姿势和定位产品。确保产品在磁性皮带上稳定传输到三次元机械手的第一工位。

5) 三次元机械手：

X 移送伺服轴：4 个伺服马达控制，同步控制横杆移送产品。

Y 夹紧伺服轴：4 个伺服马达控制，同步控制横杆夹紧打开产品。

Z 升降伺服轴：4 个伺服马达控制，同步控制横杆升降产品。

跟踪压机系统：曲轴安装西门子的单圈绝对值编码器时时采集的压机角度送给运动控制系统确保跟踪精度。

6) 下料皮带：2 个伺服控制皮带的伸缩和升降，根据不同模具调整不同的姿势。

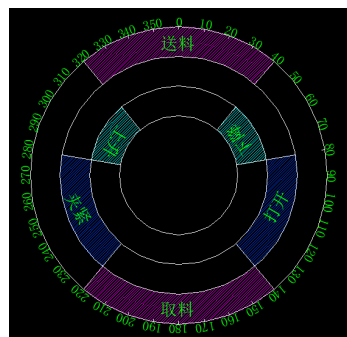
7) 安全防护：生产线四周用安全围栏围住，需要维修调试有安全门设计，安全门门锁是电磁锁，并有安全锁紧信号，所有安

全信号都是安全 PLC 处理，确保安全生产。

(二) 检测系统

检测系统包括了绝对值伺服安全防护系统；移送轴有取料位置，原点，送料位置检知，当机械手运行到该位置时进行与实际位置的核对确保设备安全运行。检知损坏的情况下设备检测到也报警停机。夹紧轴打开位置有实际位置核对编码器检测夹紧打开的实际位置，当手臂夹紧打开时进行与实际位置实时核对确保设备安全运行。手臂夹抓检知：当夹紧产品后检知检测到有料，移送过程中如果产品掉下则报警停机以保护模具安全。检知损坏的情况下设备检测到也报警停机，确保产品移送准确。双片检测系统：拆垛手上安装罗兰的双片检测探头，当检测到双片时，报警停机，确保送入到模具的料片是 1 片。当双片检测器损坏时系统也报警停机确保无双片进入模具。

(三) 工作状态描述



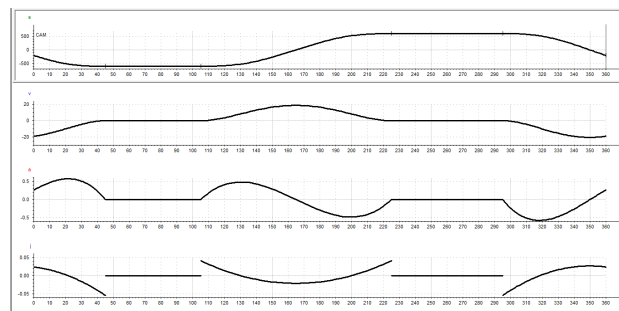
> 图3 工作状态图

压机运行到取料位置时机械手跟踪压机同步运行，按照上述图片的相应角度三次元时时跟随压机运行搬运产品。

(四) 系统稳定措施

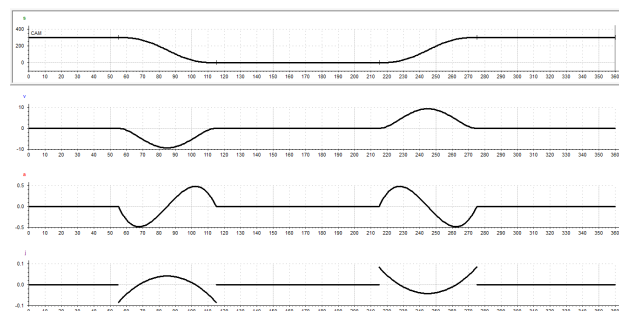
伺服控制采用电子凸轮方式确保跟踪的时时性和稳定性。

1) X 方向凸轮曲线



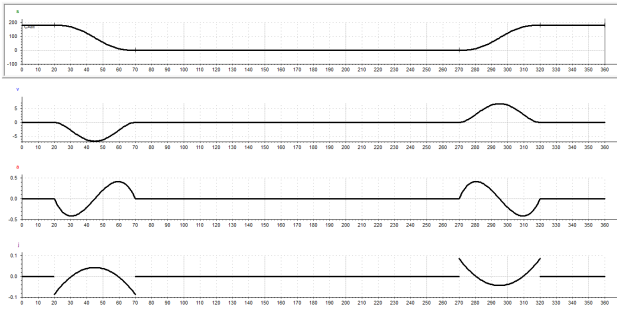
> 图4 X方向凸轮曲线

2) Y 方向凸轮曲线



> 图5 Y方向凸轮曲线

3) Z 方向凸轮曲线



图六 Z 方向凸轮曲线

(五) 控制精度

1. 系统伺服电机编码器采用 24 位多圈绝对值编码器，电机旋转一圈 16,777,216 个脉冲
2. 机械端安装直线编码器确保全闭环控制。使得送料精度得以保证。如图 7 所示。

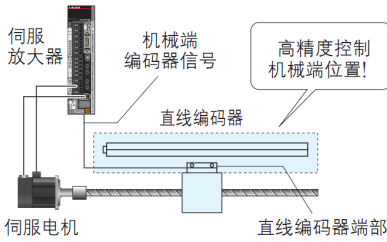


图 7 全闭环控制

3. 机械共振的抑制：应用频率范围 10Hz~4500Hz，可以同时使用 5 个滤波器使得设备抗震性能得提高。如图 8,9 所示。

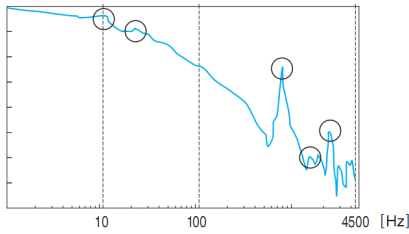


图 8 共振点的选取

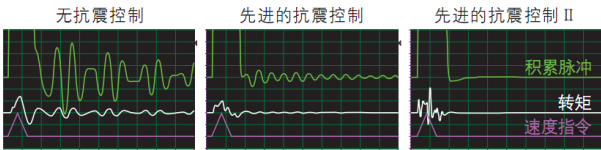


图 9 抑制共振的效果比较

4. 压机震动造成模具合模时震动，针对这个采取编码器滤波方式抑制。如图 10,11 所示。

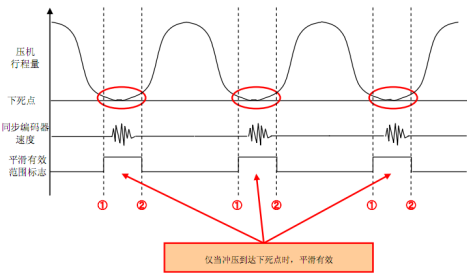


图 10 震动点的选取

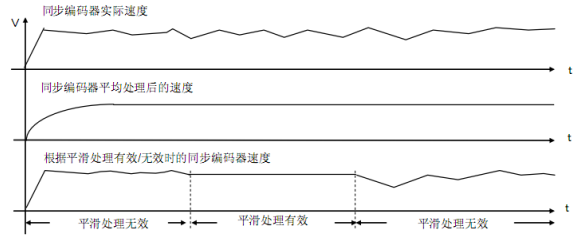


图 11 平滑处理效果

四、程序设计

程序设计包括系统组态，网络组态，伺服组态配置；人机界面设计及主体程序设计。

代码截取

```
4715 FB_Y3V4_pos_act_err_real(
4716   pos_shu :=   st_y3.actPosition
4717   ,pos_cong :=   st_y4.actPosition
4718   ,err_range :=   1.0
4719   ,err_range :=  -1.0
4720   ,pos_err_choose := NOT w2_error_switch_real AND (st_C2T.inch OR st_C2T.cycle OR st_C2T.auto)
4721   ,pos_err_lim =>   USEB_ERR[0].2 //qiy实际误差过大报警
4722 );
4723 FB_Y1V3_pos_act_err_real(
4724   pos_shu :=   st_y1.actPosition
4725   ,pos_cong :=   st_y3.actPosition
4726 );
4727
4728 //判断同步上有没有
4729 IF NOT st_Wm_syn
4730 THEN
4731   OR ( (st_encoder_01.extrapolatedData.position-st_Wm.combination) < -5.0 )
4732   OR ( (st_encoder_01.extrapolatedData.position-st_Wm.combination) > 5.0 )
4733 THEN
4734   USEB_ERR[0].1 := TRUE; //同步失败报警
4735 END_IF;
4736 IF st_Wm.combination > REAL_TO_SREAL(st_at_x[0][n1_no].ch_id +10) AND st_Wm_syn
4737 THEN
4738   Wm_coupling := TRUE;
4739   auto_state:=000;
4740 END_IF;
4741
4742 //同步角度判断-----x轴离同步，再同步模式循环开始-----
4743 IF st_Wm.combination > REAL_TO_SREAL(st_at_x[0][n1_no].x_dwl_jy4 +10)
4744 AND st_x1_dwl_p AND st_x2_dwl_p AND st_y1_dwl_p
4745 THEN
4746   auto_state:=000;
4747 END_IF;
4748 IF st_Wm.combination > REAL_TO_SREAL(st_at_x[0][n1_no].x_dwl_jy4 +10)
4749 AND NOT st_y1_dwl_p
4750 THEN
4751   USEB_ERR[0].1 := TRUE; //送料回程失步报警
4752 END_IF;
4753
4754 //位置同步
4755 enableMOVESERT :=
4756   _enableMoving(
4757     followingOutput := VE_FUNCTIONGROUP_OPERATION
4758     ,direction := POSITIVE
4759     ,acceleration := ABSOLUTE
4760     ,deceleration := ABSOLUTE
4761     ,controlMode := CYCLIC
4762     ,ctrl := Cam_1
4763     ,synchronisationMode := IMMEDIATELY
4764     ,synchronisationReference := USER_DEFAULT
4765     ,synchronisationReference := RELATIVE_PVNC_POINTER_TO_TIME
4766     ,synchronisationType := USER_DEFAULT
4767     ,synchronisationLength := 0.0
4768     ,synchronisationOffsetType := USER_DEFAULT
4769     ,synchronisationOffset := 0.0
4770     ,synchronisationType := USER_DEFAULT
4771     ,synchronisationWaitTime := 0.0
4772 );
```

五、结束语

三次元多工位送料机械手的控制系统和工作原理设计了一套高速安全的运动控制系统。针对三次元送料轨迹进行了分析和优化，采用电子凸轮技术实现了伺服电机的同步控制。由于冲压行业属于高危行业，在安全方面加入更多的安全保护措施。该控制系统控制方式灵活，安全可靠，可以针对不同的工况进行调整，同时对机械机构的改动较小，符合现代化生产对柔性制造的控制要求。

参考文献：

- [1] 《伺服系统应用技术手册》——台达电子工业股份有限公司
- [2] 谭浩强. C 程序设计 [M]. 北京：清华大学出版社，2005.
- [3] 王小科等. C# 开发宝典 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.
- [4] 姜建芳. 西门子 S7-300/400 PLC 工程应用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.
- [5] 李正军. 现场总线与工业以太网及其应用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.9
- [6] 王丽丽. CoDeSys 平台下嵌入式系统软 PLC 的研究 [D]. 北京：北京工业大学，2007.
- [7] 喻塞花. 基于 Windows 的软 PLC 系统开发 [D]. 南京：南京航空航天大学，2011.
- [8] 吴爱国，李长滨. 工业以太网协议 [D]. 武侯：计算机应用，2003.23.11.
- [9] 廖常初. PID 参数的意义与整定方法 [D]. 重庆：自动化应用，2010.05.27.
- [10] 马立新，康存锋. CoDeSys V3 基础编程入门 [G]. 德国 3S 软件有限公司.
- [11] CoDeSys V3.5 在线帮助 [G]. 德国 3S 软件有限公司.

油田修井技术及应用现状分析与发展建议

李清伟

中国石油集团长城钻探工程有限公司井下作业公司, 辽宁 盘锦 124000

摘 要 : 随着我国油田开采的深入, 对石油开采技术也提出了新的要求。本文就国内油田修井技术应用现状进行分析, 针对其应用中遇到的阻碍进行阐述, 并提供一些解决策略, 期望能为国内油井技术的应用提供帮助。

关 键 词 : 油田修井技术; 应用现状; 发展建议

Analysis And Development Suggestion Of Oilfield Workover Technology And Application Status

Li qingwei

CNPC Great Wall Drilling Engineering Co., LTD, Panjin, Liaoning, 124000

Abstract : With the deepening of oil field exploitation in China, new requirements have been put forward for oil exploitation technology. This paper analyzes the application status of the workover technology in domestic oilfield, expounds the obstacles encountered in its application, and provides some solution strategies, hoping to provide help for the application of domestic oil well.

Key words : oilfield workover technology; application status and development suggestions

一、引言

随着科技进步和经济发展, 我国对于石油开采的需求日益增长, 而修井技术正是支撑这种需求的关键因素。因此, 持续加强修井技术研究, 不断提升修井效率和技术水平, 已成为推动我国石油产业向更高质量、更高效益方向发展的必经之路。只有这样, 我们才能确保我国的油田开采工作与时俱进, 保持在国际石油开采领域中的竞争力, 为实现能源自给自足战略目标贡献力量。

二、我国当前油田修井技术使用现状

(一) 发展起步较晚

由于国土面积广阔, 使得我国石油资源丰富, 油田的开发历史也相对悠久。随着经济建设的高速发展, 石油需求量急剧增加。经过多年的开采, 各油田都陆续进入到了中后期开发阶段, 出现了油井寿命短、井况复杂等问题。从1986年开始, 国家提出了以“安全、环保、质量”为主题的修井技术发展方针, 并组织相关技术人员开展了攻关研究工作, 推动了油田修井技术的进步与创新, 从而使我国修井技术发展取得了很大的成就。但由于起步晚, 目前我国的油田修井技术还存在许多不足之处, 如环境保护的重视程度不够, 没有建立起完善的管理机制, 这些都是未来需要努力解决的问题^[1]。

(二) 核心技术依赖进口

随着我国对石油的需求不断增加, 对原油的开采和利用技术的要求也日益提高。但是, 目前国内的修井工艺仍然相对落后, 与国际上的先进水平存在着很大的差距。国内许多油田采用的是

引进的设备和工艺, 只有少数具有自主开发能力的油田才有可能实现核心技术国产化。而在国内油田修井过程中, 由于缺乏符合国内油井的核心技术, 使得出现的各类问题。总体来说, 目前国内的修井工艺还远远落后于世界先进水平, 这对我国石油企业的经济效益和国民经济的发展都产生了很大的影响。因此, 只有加大对修井技术的投入力度, 加强自主创新能力, 才能逐步缩小与世界先进水平之间的差距^[2]。

(三) 国家相关政策扶持

近年来, 在原油开采行业的发展推动下, 国家也出台了相应的制度, 加大了对油田修井技术的扶持力度。在新时期下, 我国为了进一步促进石油行业的健康发展, 提出了一系列方针政策, 有效地推动了修井技术的创新和发展。这些政策包括: 加强技术人才的培养、加强科研项目的投入、建立健全相关法律法规体系等。当前, 国家对修井技术的自主研究与开发, 以及对修井装备生产企业的大力支持, 为我国修井工业的迅速发展打下了良好的基础。同时, 为了解决石油和天然气开发中存在的问题, 国家有关部门也在积极地采取相应的对策, 确保了油田的正常生产。这些政策的出台, 不仅能够解决当前我国油田修井技术存在的问题, 而且还有利于改善社会环境, 提高人民生活质量。

(四) 有良好的发展前景

石油是国家的重要战略物资, 作为传统的能源产业, 对于国民经济的发展有着至关重要的作用。随着社会经济的迅猛发展带来了人们对生活质量的不懈追求。生活水平不断提升的同时, 对自然资源的需求也日益增长, 这为油田修井行业注入了新的活力和发展动力。然而, 由于石油资源的有限性, 如何高效地开发利用这些宝贵的资源成为了一个不容忽视的问题。在这种背景下, 如果我们能够引入和应用先进的修井技术, 如智能化作业、环保

* 作者简介: 姓名: 李清伟, 性别: 男, 出生: 1975年7月, 民族: 汉族, 籍贯: 辽宁省大连市; 学历: 本科; 职称: 工程师; 研究方向: 石油修井工程技术领域

技术以及大数据分析等，不仅可以提高工作效率，还能有效降低成本，实现可持续发展。通过这些高新技术的应用，修井作业将更加安全、精确和高效，从而为油田资源的长期稳定供应提供坚实保障。这样的转型升级无疑会促进整个行业的健康发展和经济效益的提升。

三、油田修井技术应用的重要性

（一）提升企业作业效率

在油田开采工作当中，修井技术扮演着不可或缺的关键角色。它不仅关系到油气资源的有效开发和利用，更直接影响到企业的经济效益与社会责任。因此，各大石油企业必须深刻认识到，加强修井技术的运用对于提升作业效率，保障安全生产等方面都具有不可替代的重要性。为此，这些企业应当将技术创新置于战略高度，不断提高技术人员的业务能力和操作技能。同时除了技术的革新，油田企业还应关注新设备、新技术的研发与应用。现代科技日新月异，新材料、新工艺层出不穷，这为修井行业带来了前所未有的机遇与挑战。通过对这些新技术的研究和应用，可以大幅度提升油田修井工作的质量和效率^[5]。

（二）复杂环境作业成为可能

目前，随着我国油田开发程度的不断提高和勘探领域的不断拓展，所面临的生产环境越来越复杂。在面对复杂的井下环境时，我们必须采取切实可行的措施。这意味着，在进行修井作业的过程中，我们需要借助先进的技术工具和方法，以此来有效解决当前遇到的问题。以超深井为例，这些特殊的井况往往因为其深度、复杂性以及潜在的危险性而显得格外棘手。为了确保作业的安全与顺利，我们迫切需要采用适合国内作业环境的创新修井技术，比如高科技钻探设备、高效的井眼处理系统，以及更多能够降低作业风险的新技术和新方法。通过这样的努力，我们才能确保每一次修井工作都能够顺利进行，同时也保障了作业人员的安全和生产效率。

（三）减少人力资源浪费

在油田生产的过程中，由于技术水平相对落后，则需要大量的人力物力进行支撑。但是由于部分油井在使用的过程中会出现问题，所以必须要对其进行维修处理，以保证油田的正常开采。而这种情况下就需要更多的人力资源投入到工作当中。特别是在偏远地区作业时，由于缺乏专门的维护人员，造成了巨大的人力资源浪费，增加了企业的生产成本。要想解决这一问题，可以利用信息化系统来辅助员工完成工作，既可以给他们提供适当的训练的机会，又可以减少费用的开支，提升公司的经济效益^[6]。

（四）保护环境

在对油田进行开采作业时，现有技术导致，会有大量的废油产生。这些废油中不仅含有丰富的能源资源，还隐藏着许多有害物质，如硫化氢、二氧化碳等。这些有害气体一旦泄露，就会对环境造成严重污染，破坏生态平衡，甚至威胁到人类健康。因此，在油田的修井作业过程中，采取有效的保护措施显得尤为重要。必须使用先进的技术和设备来减少污染物的排放，确保作业

活动不会对环境造成不可逆转的损害。通过这样做，我们可以最大程度地降低环境污染风险，保护地球环境，同时保障人类社会的可持续发展^[5]。

四、油田修井技术应用中遇到的阻碍

（一）施工环境复杂

在当今的油田开发领域，由于所处地区的独特地理环境与气候条件，以及复杂多变的地质状况等诸多因素，油田修井施工的环境变得异常复杂，这对于修井作业的技术提出了极为苛刻的要求。地面下潜藏着纵横交错、错综复杂的断层结构和裂缝网络，这些不稳定的构造使得油气资源难以被有效地提取和运输至地表。同时，油井周边的活动频繁引发地震，或者遭遇其他潜在的自然灾害，如洪水、山体滑坡等，这些自然现象无疑会对现场的施工安全构成严重的威胁。除了自然环境的不确定性外，通信信号的缺失也成为了一个不容忽视的问题，由于地理位置偏僻，手机信号覆盖范围有限，使得指挥中心无法实时监控到施工现场的情况，增加了应急响应的难度。种种不利因素交织在一起，无疑给油田修井施工带来了巨大的困难和挑战。因此，为了确保作业的顺利进行，工程团队必须具备高度的专业知识和丰富的经验，以应对这些复杂的作业环境^[6]。

（二）施工效率低下

目前，我国大部分油田中的修井技术，受限于核心技术的影响，使得修井中仍然存在效率低、成本高的问题。一方面，油田内部的技术设备没有得到更新，并且一些企业在工程施工上过于追求利润，对油田的各项服务不够重视；另一方面，由于基层工作人员缺乏专业技能培训，导致其整体素质水平较差，进而影响到了油田修井工程的实际效率和质量。因此，为了促进油田的可持续发展，就必须要提高修井技术的应用效果，并降低油田运行的综合成本，而这也是目前油田面临的重要挑战之一^[7]。

（三）缺乏相应的操作技术人才

在现代石油工业的生产流程中，油田的修井技术起着至关重要的作用。这不仅因为它直接影响着油气资源能否被有效开采，更在于修井作业的安全性和经济性。因此，修井技术人员的专业水平和技术性高低成为了油田企业发展的关键要素之一。但目前我国多数石油油田企业对于技术人员技能培养方面的投入并不充分。这种现象导致，即使有先进的修井技术，也往往由于缺乏合适的专业人才而难以发挥其应有的效能。特别是在一些偏远地区，由于地域和经济条件的限制，高素质技术人才的引进变得更加困难，这也就意味着很多急需改善的修井工程仍旧无法实施，从而影响到整个油田生产的质量和效率。

（四）企业管理存在安全隐患

在我国，油田的开发与管理已有多年的历史，而油田修井技术的发展历程相对较短，这就导致了在技术管理层面出现了一些问题。由于缺乏一套完整的安全生产责任制，许多企业在面对高风险作业时显得力不从心。此外，设备维护保养制度的缺失也是一个不容忽视的问题，这直接导致了维修设备的老化速度加快，设

备的安全性和可靠性大大降低。虽然我国的油田修井技术已经取得一定进展，但仍需不断加强技术管理，规范操作流程，严格执行安全生产标准，以确保油田开发的安全性，减少安全隐患，保障工人的生命安全和财产安全^[8]。

五、油田修井技术实际应用策略

（一）提升工作人员技术使用素质

目前，我国油田修井技术应用存在效率低下的现象，其主要原因在于工作人员综合素质较低，对先进技术的使用不熟练。所以，在日常工作当中，要加强对石油企业的内部职工的培训，使职工的专业技术和素质得到根本性的提升。同时，也要组织员工定期参加有关业务的学习和培训，使员工的综合业务能力得到提高。唯有如此，才能真正地提高修井工艺的品质，促进修井工艺在实践中的应用^[9]。

（二）采用泄油技术

目前，在一些中小企业的油井开采过程中，很多油田出现了严重的原油泄露问题，这种情况下，要想确保油田正常生产和运行，就需要对油井进行维护。而在油田开发过程中，往往会因为各种因素导致油井内形成堵塞，这不仅影响了产量，也给后续工作带来了难度，甚至可能产生安全隐患。因此，在油井内产生堵塞后，应该及时采用泄油技术。对于不能满足泄油条件的油井，可采取水平井技术来完成泄油工作，以保证工作的安全与环境保护。

（三）加强对高科技修井技术的研究

油田的开采是一种高风险的产业，因此在油田修井作业的过程中，一定要把安全放在第一位。企业在当前的市场环境下，为

了保障油田生产的安全，需要加强高科技修井技术的研究，保证采用安全可靠的修井工艺，降低事故的发生几率，确保生产作业的正常开展，来提升企业形象。为此，企业应结合油田开发的实际需要，有针对性地进行相应的工作^[10]。

（四）升级安全保护装置

在现代工业的精细领域石油和天然气行业中，修井作业是一项复杂而又充满风险的技术活。随着科技的发展，为了提高安全标准，升级现有的安全保护装置成为了一种必要的措施。通过引入先进的自动化技术，比如电火花熔合系统，可以显著减少人工操作的危险性。此外，利用现代化技术手段还能有效减轻操作人员的工作强度。传统的人工焊接方式往往需要大量的体力劳动，对操作人员造成极大的身体负担。相反，电火花熔合设备能够以更高的精确度和速度完成任务，这意味着操作人员将减少因为疲劳作业而产生的安全问题，并且有更多时间用于其他重要的工作环节。因此，从长远来看，这种技术的应用也有助于提高生产效率，同时为企业节省因减少事故所带来的潜在损失。

六、结语

在我国目前的石油市场上，油田修井技术对于油田的开发和生产具有很大的影响，因此，在实践中，必须根据不同的技术特征，制定出相应的处理方法，才能将其发挥到最大程度。此外，随着科学技术的进步，新材料和新工艺在油田修井技术中得到了广泛的应用，使得修井技术的功能越来越完备，使用效果也越来越明显。但是，也不能否认，目前国内的修井工艺仍然存在着效率低下、质量不高等问题，需要有关部门加强研究，才能推动油田修井技术的不断发展。

参考文献

- [1] 张淑凤, 赵海军, 冯永军, 等. 套管侧钻技术在大港油田的应用与发展 [C]. //2009年井下作业大修技术交流会论文集. 2009:199-207.
- [2] 崔宇, 龙江桥, 尚建佳, 等. 渤海 C 油田低效井修井技术研究 [J]. 天津化工, 2024, 38(02):133-135.
- [3] 吴方惠, 吴刘颖. 江苏油田 CO₂井修井技术研究与应用 [J]. 复杂油气藏, 2024, 17(01):123-126.DOI:10.16181/j.cnki.fzyqc.2024.01.019.
- [4] 刘鑫, 王晋晖. 智能井技术的应用现状及前景展望 [J]. 西部探矿工程. 2014,(4).
- [5] 隋先富, 邱浩, 张甫, 等. 海上油田无人平台技术现状与发展趋势 [J]. 海洋工程装备与技术, 2023, 10(04):111-116.
- [6] 张武都, 陈静. 油田井下修井技术作业管理 [J]. 化工管理, 2023,(35):165-168.DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2023.35.049.
- [7] 王晨民, 赵琼. 井下作业大修施工技术研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(18):166-168.
- [8] 闫平, 李勇, 董展翔, 等. 海上油田小平台油管内修井关键技术的优化与应用 [J]. 山东石油化工学院学报, 2023, 37(03):62-65.
- [9] 刘东伟. 浅谈海上油田修井技术现状 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(16):92-94.
- [10] 姜华宝. 油田小套管井修井作业技术 [J]. 化学工程与装备, 2022,(11):90-91.DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2022.11.044.

PPP 模式下公共工程项目造价管理与风险控制研究

夏玉雪

中正信造价咨询有限公司, 山东 济南 250000

摘要： PPP 模式在公共工程项目中的应用日益广泛，造价管理与风险控制成为关注焦点。基于 PPP 模式，探讨了公共工程项目的造价管理与风险控制策略。通过分析和文献综述，总结了 PPP 模式下公共工程项目造价管理的方法与经验，并就风险评估、合同设计、监管机制等方面提出了相应的控制策略。研究发现，充分利用 PPP 模式的特点，结合合理的风险管理措施，能够有效降低公共工程项目的风险，并提高项目的成功率和经济效益。

关键词： PPP 模式；公共工程项目；造价管理；风险控制；监管机制

Research on Cost Management and Risk Control of Public Works Projects under PPP Mode

Xia Yuxue

Zhongzhengxin Cost Consulting Co., Ltd., Jinan, Shandong 250000

Abstract： The application of PPP mode in public engineering projects is becoming increasingly widespread, and cost management and risk control have become the focus of attention. Based on the PPP model, this paper explores the cost management and risk control strategies for public engineering projects. Through analysis and literature review, this paper summarizes the methods and experiences of cost management in public engineering projects under PPP mode, and proposes corresponding control strategies in risk assessment, contract design, regulatory mechanisms, and other aspects. Research has found that fully utilizing the characteristics of PPP mode, combined with reasonable risk management measures, can effectively reduce the risks of public works projects, and improve the success rate and economic benefits of projects.

Key words： PPP mode; public works projects; cost management; risk control; regulatory mechanisms

引言：

随着公共工程项目中合作伙伴关系的演变，PPP 模式已成为引领项目发展的关键战略。在这一模式下，如何有效管理项目造价并控制风险成为了研究的热点。本文旨在探讨在 PPP 模式下，如何通过合理的造价管理策略和风险控制措施，提高公共工程项目的成功率和经济效益。通过深入案例分析和文献综述，我们揭示了 PPP 模式下的项目管理实践，并提出了一系列可行的控制策略。这些策略不仅有助于降低项目风险，也有望为项目吸引更多的合作伙伴和投资者，推动公共工程事业的进一步发展。

一、PPP 模式下公共工程项目的造价管理策略

PPP (Public-Private Partnership) 模式是公共工程领域的一种新兴合作模式，旨在通过政府和私营部门的合作，共同投资、建设和运营公共基础设施项目。相较于传统的政府全资或部分融资模式，PPP 模式能够更好地发挥私营部门的资金、技术和管理优势，提高项目的效率和质量，降低政府财政压力。

在 PPP 模式下，项目的成本管理面临诸多挑战，其中包括成本估算不准确、成本控制困难、成本分担不公等问题。首先，由于 PPP 项目的复杂性和不确定性较大，常规的成本估算方法难以准确预测项目的总成本。其次，由于 PPP 项目涉及多方合作，项目成本的控制和分担面临更多的协调和沟通困难。但与挑战相对

应的是，PPP 模式也为项目造价管理带来了新的机遇。通过引入私营部门的投资和管理，PPP 项目可以更灵活地运用市场机制，提高项目的效率和创新性，从而为成本管理提供更多可能性。

PPP 模式下的项目成本管理策略

- 全生命周期成本管理：PPP 项目的成本管理应从项目立项阶段开始，考虑项目的全生命周期，包括设计、建设、运营和维护等各个阶段的成本。通过综合考虑各个阶段的成本，项目方能够更全面地评估项目的经济可行性，并制定相应的管理策略。
- 成本估算与预测：针对 PPP 项目的不确定性和复杂性，应采用多种成本估算方法，如精细估算法、参数估算法等，结合项目特点和经验数据，对项目成本进行合理预测。同时，应注重成本风险的评估，通过灵活的模拟和分析，识别和应对潜在的成本

风险，保障项目的可控性。

3. 合同设计与成本分担机制：PPP 项目的成功关键在于合同设计的合理性和成本分担机制的公平性。项目合同应明确各方的权利和义务，包括投资方、建设方、运营方等，确保各方利益得到平衡。同时，应建立灵活的成本分担机制，根据项目风险和收益的变化，调整各方的成本分担比例，实现成本最优化。

4. 成本控制与监控：项目实施过程中，应建立健全的成本控制和监控体系，包括建立成本控制计划、制定成本控制标准、建立成本监控平台等，实现成本数据的及时收集、分析和反馈，为项目决策提供科学依据，确保项目在预算范围内顺利进行。

在实施 PPP 项目成本管理策略的过程中，需要不断总结经验，及时调整和优化管理措施，确保项目的顺利进行和预期目标的实现。通过对 PPP 项目的成本管理效果进行评估和分析，可以及时发现问题，总结经验，为未来类似项目的开展提供参考和借鉴，推动 PPP 模式在公共工程领域的进一步发展。

二、风险评估与控制在 PPP 模式中的应用

在 PPP 模式下，项目涉及多方合作、长周期、高投入等特点，因此风险管理尤为重要。首先，PPP 项目的投资规模较大，一旦发生风险，可能导致巨大的经济损失，甚至影响项目的可持续发展。其次，由于 PPP 项目涉及政府、企业、金融机构等多方合作，各方利益关系复杂，项目风险的识别、评估和控制难度较大。另外，PPP 项目的周期较长，风险随着时间的推移可能会发生变化，需要及时跟踪和应对。

为了有效识别、评估和管理 PPP 项目的风险，可以采用多种方法和工具。首先，可以利用 SWOT 分析法（Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats）对项目的优势、劣势、机遇和威胁进行分析，全面了解项目的内外部环境及其潜在风险。其次，可以采用风险矩阵法对项目风险进行分类和评估，确定风险的概率和影响程度，优先处理高风险项目。另外，可以借助专业的风险评估工具和软件，如 Monte Carlo 模拟、事件树分析等，对项目风险进行模拟和分析，为项目决策提供科学依据。

针对 PPP 项目的风险特点，应采取综合的风险控制与应对策略。首先，应建立健全的风险管理体系，明确风险管理的责任部门和流程，确保风险管理工作的系统性和持续性。其次，应加强风险沟通与协调，建立起政府、企业、金融机构等各方之间的信息共享和沟通机制，及时发现和解决项目风险。另外，应加强风险监控与预警，建立起有效的风险监控体系，及时跟踪和分析项目风险，预测潜在风险的发生可能性和影响程度，采取相应的措施加以应对。最后，应建立起完善的风险应对机制，制定相应的风险管理计划和措施，为项目风险的应对提供有效保障。

综上所述，PPP 模式下的风险评估与控制是保障项目顺利进行和成功实施的关键环节。通过合理的风评估方法和工具，可以全面识别和评估项目风险，为项目的决策提供科学依据；通过综合的风险控制与应对策略，可以有效应对项目风险，最大程度地降低风险对项目的影。因此，PPP 项目各方应高度重视风险

管理工作，加强合作，共同应对项目风险，实现项目的共赢与可持续发展。

三、合同设计与风险分担机制研究

合同设计与风险分担机制在 PPP 模式下的公共工程项目中具有至关重要的作用。合同设计阶段是 PPP 项目的关键环节之一，合同的设计是否合理直接影响到项目的顺利进行和各方利益的保障。在 PPP 项目合同设计中，应考虑到项目的特点和各方利益，确保合同条款的明确性、可执行性和公平性。合同应明确规定各方的权利和义务，包括投资方、建设方、运营方等，明确各方的责任分工，有效规避合同风险。

风险分担机制的设计直接关系到 PPP 项目各方的利益分配和风险承担。在 PPP 项目中，风险是无法完全消除的，因此合理的风险分担机制可以帮助各方减轻风险压力，提高项目的可持续性和稳定性。风险分担机制应根据项目的特点和风险类型进行设计，包括技术风险、市场风险、政策风险等。在合同中，可以采用灵活的风险分担方式，如通过保险、担保、共同承担等方式，共同应对风险，确保项目的顺利进行。

在合同设计和风险分担机制的实施过程中，需要不断优化和完善，根据项目的实际情况进行调整。合同设计和风险分担机制应与项目的全生命周期相结合，及时调整和优化合同条款和风险分担方式，以应对外部环境和项目变化带来的风险。同时，各方应加强沟通与协调，建立起有效的合作机制，共同应对风险挑战，保障项目的顺利实施和成功运营。

综上所述，合同设计与风险分担机制在 PPP 模式下的公共工程项目中具有重要作用，对项目的顺利进行和各方利益的保障起着关键性作用。通过合理设计和灵活调整合同条款和风险分担机制，可以有效应对项目中的各种风险，确保项目的成功实施和可持续发展。因此，各方应高度重视合同设计和风险分担机制的研究和实施，不断完善相关制度和机制，为 PPP 项目的顺利进行提供有效保障。

四、监管机制对 PPP 模式公共工程项目的影

监管机制对 PPP 模式公共工程项目的影是不可忽视的，它直接影响到项目的运行、各方利益的平衡以及公共利益的保障。监管机制的完善与落实是保障 PPP 项目合规运行的基础。在 PPP 项目中，政府作为监管者发挥着重要作用，其监管机制的建立和执行对项目的可持续发展至关重要。良好的监管机制能够规范项目的各项活动，确保各方遵守合同约定和法律法规，有效防范和化解项目风险，维护项目的正常运行。

监管机制的健全与严格执行能够保障各方利益，促进合作共赢。在 PPP 项目中，各方之间的利益关系错综复杂，而政府作为监管者的角色就是要协调各方利益，保障公共利益和私人利益的平衡。通过建立健全的监管机制，政府可以及时发现并解决各方利益冲突，防止出现合同漏洞和不正当行为，确保各方权益得到

合理保障,从而增强各方的信心,促进项目的稳定发展。

监管机制的完善与执行能够保障公共利益的最大化。PPP 项目作为公共工程,其建设和运营直接影响着社会公众的利益。因此,政府在监管 PPP 项目时需要着眼于公共利益,加强对项目的监督和评估,确保项目的质量、安全和环保等方面达到相关标准和要求。同时,政府还可以通过制定激励政策和约束措施,引导 PPP 项目朝着符合公共利益的方向发展,促进公共资源的合理利用,实现社会效益的最大化。

五、PPP 模式下公共工程项目的经验总结与展望

经验表明,PPP 模式下公共工程项目的成功实施离不开各方合作机制的优化。在项目启动阶段,应建立起有效的合作框架和沟通机制,明确各方的角色和责任,确保各方能够协同合作、协调推进。同时,还应加强信息共享和协作,提高项目管理效率,防止信息不对称和合作矛盾的发生。此外,应加强合作伙伴的选择和管理,选择具有丰富经验和良好信誉的合作伙伴,建立长期稳定的合作关系,共同应对项目风险和挑战。

在 PPP 模式下,风险管理是项目成功的关键因素之一。经验表明,有效的风险管理可以帮助项目各方及时发现和应对潜在风险,保障项目的顺利进行。在项目实施过程中,应加强风险评估和监控,建立完善的风险管理体系,识别并评估各种风险,制定相应的风险应对策略,降低项目风险对项目的影响。同时,应加强对外部环境变化和市场风险的监测和应对,灵活调整项目管理策略,提高项目的应变能力和抗风险能力。政府监管和政策支持对 PPP 项目的顺利实施和长期发展至关重要。经验表明,政府应加强对 PPP 项目的监管和评估,建立健全的监管体系和监督机制,加强对项目的监督和指导,确保项目合规运行。同时,政府还应加大对 PPP 项目的政策支持力度,通过制定相关政策和法

规,营造良好的投资环境,吸引更多的私人资本和社会资源参与到 PPP 项目中,推动项目的发展和壮大。

随着科技的发展和应用,未来 PPP 模式下的公共工程项目将更加注重技术创新和智能化发展。人工智能、大数据、云计算等新技术将被广泛应用于项目的设计、建设和运营中,提高项目的效率和质量。同时,新技术的应用还将带来项目管理和运营模式的革新,促进项目管理的信息化、智能化和可持续发展。未来 PPP 项目将更加注重绿色环保和可持续发展。随着全球环境问题的日益突出,未来 PPP 项目将更加注重环境保护和资源利用的可持续性,倡导绿色建筑和清洁能源的应用,推动项目朝着低碳、环保、可持续的方向发展,实现经济效益和社会效益的双赢。各国之间将加强合作,共同开展 PPP 项目,共享资源和市场,推动项目的规模化和国际化发展。同时,跨境投资将成为 PPP 项目发展的新动力,吸引更多国际资本和投资机构参与到项目中,促进项目的快速发展和壮大。

结语:

在 PPP 模式下公共工程项目的研究中,我们深入探讨了造价管理、风险评估、合同设计和监管机制等关键问题。通过总结过去的实践经验和展望未来的发展趋势,我们认识到 PPP 模式在公共工程项目中具有巨大的潜力和机遇。然而,我们也意识到在实践中仍然存在着一些挑战和困难,需要政府、企业和社会各界共同努力来加以解决。因此,我们呼吁各方加强合作,共同推动 PPP 模式的健康发展,为促进经济增长、改善民生福祉和实现可持续发展作出更大贡献。同时,我们也希望未来的研究能够进一步深化对 PPP 模式的理解和应用,为构建更加公正、高效和可持续发展的公共工程项目提供更多有益的经验和启示。

参考文献:

- [1] 周艺璇. PPP 项目全生命周期风险识别评估与控制研究 [D]. 广西大学, 2020.DOI:10.27034/d.cnki.ggxu.2020.001201.
- [2] 刘琨. 加拿大基础设施 PPP 模式研究 [D]. 吉林大学, 2021.DOI:10.27162/d.cnki.gjlin.2021.000491.
- [3] 赵华. 政府投资项目投资人与代建人风险分担机制研究 [D]. 天津理工大学, 2009.
- [4] 聂威. PPP 模式下的市政公共工程审计现状及注意事项 [J]. 四川建材, 2020, 46(12): 219-220.
- [5] 刘鹏阳. 基于 PPP 的人防工程建设模式研究 [D]. 华北水利水电大学, 2023.DOI:10.27144/d.cnki.ghbse.2023.000865.
- [6] 南庆玲. 地方政府市政工程 PPP 模式应用及融资风险分析 [D]. 吉林大学, 2020.DOI:10.27162/d.cnki.gjlin.2020.001148.
- [7] 庆丽. PPP 协议中公共工程合作方经营权与公民公共服务选择权的冲突及其协调研究——基于 PPP 协议排他性条款的分析 [J]. 中南大学学报 (社会科学版), 2016, 22(02): 42-50.
- [8] 桑梓晨. 基于 PPP 模式下的公共工程审计问题研究 [J]. 江苏商论, 2018(12): 120-122.DOI:10.13395/j.cnki.issn.1009-0061.2018.12.028.
- [9] 杨戈. PPP 模式在小型城市公共工程建设中的适应性研究 [D]. 西南交通大学, 2016.
- [10] 吴广源, 李素蕾, 孙雨婷. PPP 模式下公共工程项目合作伙伴优选决策研究 [J]. 山东理工大学学报 (自然科学版), 2020, 34(05): 69-73.DOI:10.13367/j.cnki.sdgc.2020.05.014.

多客户多机队保障条件下的航材共享成本分析与测算

还宇

上海飞机客户服务有限公司, 上海 201100

摘 要 : 本文研究了多客户多机队保障条件下的航材共享成本分析, 在多客户的条件下, 通过合并不同客户的机队规模, 在测算过程中扩大了航材保障的机队规模, 利用航材的规模效应, 降低了航材共享的成本, 并最终通过系统的开发和部署实现了多客户多机队保障条件下的小时费率的测算。

关 键 词 : 航材共享; 多机队; 成本分析

Cost Analysis and Calculation of Air Material Sharing under the Condition of Multiple Customers and Multiple Fleet Support

Huan Yu

Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 201100

Abstract : This article studies the cost analysis of air material sharing under the condition of multi customer and multi fleet support. Under the condition of multiple customers, by merging the fleet sizes of different customers, the fleet size of air material support was expanded during the calculation process. By utilizing the scale effect of air materials, the cost of air material sharing was reduced. Finally, the hourly rate calculation under the condition of multi customer and multi fleet support was achieved through the development and deployment of the system.

Key words : aviation material sharing; multiple fleets; cost analysis

一、航材共享简介

航材共享指由一个或多个参与方共同投入建立起的一个航材备件资源, 并由多个用户共同使用这个航材备件资源的航材管理模式。

航材共享服务一般通过小时费率收取航材使用费, 通过收费模式的创新, 将客户在引进新飞机时带来的不可控、高波动性的高价周转件航材初始备件采购带来的现金流转变为基于飞行小时的稳定可靠的现金流, 极大的优化的客户的现金流, 降低初始高价周转件保障的投入成本。

传统模式下的航材共享成本分析和测算是根据客户的机队规模、共享航材范围、保障率、最低飞行小时等运营条件下, 测算保障该客户所需的航材成本, 再通过航材共享模型转变为小时费率进行收费。当共享池中客户逐年增加时, 保障的机队规模越来越大。本文通过将所有客户的机队合并统筹考虑, 扩大共享服务保障的机队规模, 充分利用航材规模效应, 测算多客户多机队条件下航材共享的成本, 实现更加合理的小时费率测算。同时通过系统的开发和部署, 将多客户的小时费率同步进行测算, 提高了航材共享成本分析和测算的效率。

二、多机队、多客户条件下的航材共享成本分析

(一) 航材共享备件池构建

航材共享池备件需求数量可通过泊松分布进行测算, 即:

$$P\{R \leq m\} = \sum_{i=0}^m \frac{(D_{rst})^i}{i!} e^{-D_{rst}}$$

其中: P 为航材保障率, m 为航材推荐备货数量, R 为航材拆换需求量, D_{rst} 表示该件航材在补货期间的预计需求数量。

根据一般航材的消耗规律, 首先需先计算出航材的年需求数量 $RN = \frac{QPA \times FL \times FH}{MTBUR}$ 。其中 QPA 为航材的装机数量, FL 为机队规模, FH 为年飞行小时数, $MTBUR$ 为平均非计划拆换间隔时间。在多机队规模保障条件下, 每个件号的 $FL \times FH$ 更换为所有选用该客户的机队飞行小时的总和, 即:

$$RN = \frac{QPA \times \sum_i FL_i \times FH_i}{MTBUR}$$

其中 i 为所有选用该件号的机队。其次, 计算出该项航材在补货期间内发生的消耗量 D_{rst} :

$$D_{rst} = RN \times \left[\frac{RTAT}{365} \times \left(1 - \frac{SR}{1000} \right) + \frac{LT + AT}{365} \times \frac{SR}{1000} \right]$$

式中 $RTAT$ 为送修周转时间, SR 为航材报废率, LT 为采购订货时间, AT 为订货操作时间, 一般指公司内部填单、提交订单及到货后报关、验收所需的时间。

最后, 根据泊松分布模型, 计算出满足保障率 P 的 m 的值, 这个值即为该项共享航材的备货数量。

(二) 航材共享成本构成

针对共享池中的每家客户, 其分摊的航材共享服务的成本主要有航材折旧成本、航材资金占用成本、人工成本、其他成本构成。

航材折旧成本由采购的航材的价值产生, 根据折旧率即可测算航材的折旧成本。

航材资金占用成本为采购航材产生的资金占用带来的潜在机

会成本，其一般等价于采购航材资金筹集时产生的利息

人工成本为航材共享服务中分摊的人员当量带来的成本，需根据实际共享业务的情况进行设置。

其他成本主要是共享服务中可能涉及的一些特殊条款，还包括共享服务中存在的利润要求等。

5. 多客户条件下的成本分摊

多客户条件下由于航材共享池同时保障多个客户，因此需要对上述成本进行分摊。

上述测算的航材备件数量为整个共享服务机队的备件数量。针对其中的每家客户，其分摊的航材采购数量按其机队的飞行小时占总机队飞行小时的比例进行分摊。对于与件号相关联的成本，例如折旧成本、资金占用成本，按照件号所属的客户的总飞行小时进行分摊。对于与件号无关的成本，例如人工成本和其他成本，按照共享保障的总机队中各客户所占的飞行小时占比进行成本分摊。

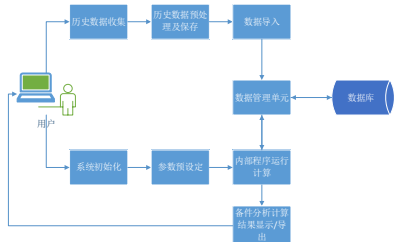
（三）航材共享成本小时费率测算

基于上述的成本分析，可以测算共享池内每家客户的共享服务周期内的成本，将这个成本均摊到每个飞行小时上，即可测算航材共享的小时费率。

三、软件设计与实现

测算人员通过软件工具提供的数据收集规则（模板）收集某一型号的交机计划和备件数据信息，软件将这些历史信息通过数据管理单元批量导入保存到数据库中，以备计算备件预测和备件成本时使用。当测算人员开展航材共享成本分析与测算工作时，经软件初始化数据后，对相关参数进行设定，然后调用内部程序进行运算处理得出计算分析结果，并将计算结果（包含计算过程数据）展示给测算人员，并提供计算结果数据导出以及历史数据存储和查看。软件涉及的主要功能如下：

- 1) 验证航材库存预测模型和航材成本模型相关算法通过程序代码实现的可行性；
- 2) 规范数据收集和预处理流程，通过该系统可以实现对于历史数据的收集和保存；
- 3) 通过研究细化备件投资分析应用系统的软件工作流程，细分备件投资分析应用系统的功能模块，为后续研究成果迁移到统一应用平台或开发类似系统提供参考。



> 图 1 应用软件总体设计架构图

软件实现主要包含 5 个主要功能模块：预设参数模块、数据管理模块、数据预处理模块、运行计算模块和计算结果输出模块。

1) 预设参数模块。是为工作人员提供一个录入备件投资参数数据的入口，系统将信息量化处理，存储到数据库中，以备数据

预处理模块和运行计算模块调用。

2) 数据管理模块。是提供交机计划数据和备件数据清单批量处理模块。系统提供数据收集模板和规范要求，工作人员通过批量导入、导出数据和删除功能对数据进行管控。

3) 数据预处理模块。是系统基于交机计划数据和预设参数通过后台运算得出基础数据清单。主要通过后台计算出合同年某一机型的机队规模、飞行小时、飞行总月数等数据信息，供运行计算模块调用。其中数据预处理模块部分成本数据和预设参数模块都提供人工干预修改功能，便于工作人员通过参数调整对备件投资分析进行决策。

4) 运行计算模块。是系统最终呈现多客户计算结果的模块。

5) 计算结果输出模块。是运行计算模块补充功能，主要是呈现计算过程数据，系统提供导出生成 Excel 文件供工作人员分析使用。

四、案例测算结果

假设对于某机型，共享航材共有 330 项，目前共享池内有 6 家航司，其机队规模和航材共享保障情况如下：

表 1：各家客户航材共享边界条件

| 客户 | 机队规模 | 最低飞行小时 | 航材共享项数 |
|------|------|--------|--------|
| 客户 1 | 30 | 1825 | 255 项 |
| 客户 2 | 10 | 1800 | 278 项 |
| 客户 3 | 25 | 2145 | 263 项 |
| 客户 4 | 30 | 2190 | 214 项 |
| 客户 5 | 30 | 2920 | 261 项 |
| 客户 6 | 15 | 2450 | 220 项 |

根据上述的边界条件，通过多客户下的航材共享模型测算其航材共享小时费率，同时，再按照相同条件下单客户独立测算的方式对其航材共享的成本小时费率进行测算，其对比结果如下表：

表 2 各家客户不同测算条件下的成本及对比

| 客户 | 机队规模 | 最低飞行小时 | 航材共享项数 | 小时费率成本 |
|------|------|--------|--------|--------|
| 客户 1 | 30AC | 1825 | 255 项 | 145.50 |
| 客户 2 | 10AC | 1500 | 278 项 | 235.20 |
| 客户 3 | 25AC | 2145 | 263 项 | 156.25 |
| 客户 4 | 30AC | 2190 | 214 项 | 140.35 |
| 客户 5 | 30AC | 2920 | 261 项 | 150.25 |
| 客户 6 | 15AC | 2450 | 220 项 | 198.00 |

根据上述测算结果，在该模型下，将不同客户的边界条件导入系统后，可以根据模型中预设的分摊方法自动抓取各家客户的飞行小时，实现了共享池中所有客户的小时成本费率的测算。

五、总结

通过上述的成本分析、软件设计及模拟案例测算，本文验证了在共享航材保障的客户范围和机队规模逐步增加的情况下，通过合理的成本分摊，结合软件的算法编程，可以实现多客户不同飞行小时下整个共享池内各家客户的实际小时费率成本的测算。考虑到航材的规模效应，针对共享池内的每家客户，其航材共享服务的成本可以得到有效的控制，通过合理的优化算法，其小时费率成本可以得到显著的下降。

地铁车站运营阶段施工安全风险识别与评估方法研究

杨玉西

天津一号线轨道交通运营有限公司, 天津 300000

摘要： 本文针对地铁车站运营阶段施工安全风险识别与评估方法进行研究。分析了地铁车站运营阶段施工的特点，介绍了安全风险识别与评估的方法，包括安全检查表法、危险与可操作性研究法、故障树分析法、事故树分析法、贝叶斯网络法、定性评估方法、定量评估方法、模糊综合评估法、蒙特卡洛模拟法和层次分析法。接着阐述了安全风险控制措施，包括技术措施、管理措施、教育培训措施和应急预案，并对风险控制效果进行了评估。

关键词： 地铁车站；运营阶段；施工安全；风险识别；风险评估；风险控制

Research On Identification And Assessment Methods For Construction Safety Risks During The Operation Phase Of Subway Stations

Yang Yuxi

Tianjin Metro Line 1 Operation Co., Ltd., Tianjin 300000

Abstract： This article focuses on the identification and evaluation methods of construction safety risks during the operation stage of subway stations. Analyzed the characteristics of construction during the operation phase of subway stations, introduced methods for identifying and evaluating safety risks, including safety checklist method, hazard and operability research method, fault tree analysis method, accident tree analysis method, Bayesian network method, qualitative evaluation method, quantitative evaluation method, fuzzy comprehensive evaluation method, Monte Carlo simulation method, and analytic hierarchy process. Subsequently, safety risk control measures were elaborated, including technical measures, management measures, education and training measures, and emergency plans, and the effectiveness of risk control was evaluated.

Key words： subway stations; operation phase; construction safety; risk identification; risk assessment; risk management

引言

随着城市化进程的加速，地铁系统在城市交通网络中的作用日益凸显，成为缓解城市交通拥堵、提升居民出行效率的关键基础设施。地铁车站作为地铁系统的枢纽，其施工质量不仅直接关系到乘客的安全，而且对地铁系统的稳定运行至关重要。地铁车站施工面临的挑战众多，包括复杂的地质条件、恶劣的施工环境以及高难度的技术要求，这些因素共同增加了施工过程中的安全风险。因此，对地铁车站运营阶段施工安全风险进行准确地识别与评估，对于确保施工过程的安全性和可靠性具有重要意义。

一、地铁车站运营阶段施工安全风险识别

（一）地铁车站运营阶段施工特点

地铁车站运营阶段的施工活动，因其复杂性而呈现出独特性，包括施工环境的多样性、施工技术的精确性要求、施工周期的长度以及施工影响范围的广泛性。这些因素使得地铁车站施工不仅需要应对自然环境的挑战，还需要在有限的时间内高效完成。此外，施工活动还需细致考虑对既有地铁线路运营的影响，确保乘客安全，并维护地铁系统的整体稳定性。这些挑战要求施工团队必须采取周密的规划和措施，以确保施工的顺利进行，并保障公共安全。因此，在地铁车站运营阶段的施工过程中，必须

全面考虑这些因素，制定科学合理的施工方案，加强安全管理，提高施工人员的技术水平和安全意识，以降低安全风险，确保施工质量和乘客安全。

（二）安全风险识别方法

为了有效地识别地铁车站运营阶段施工的安全风险，本研究采用了以下几种方法：

1. 安全检查表法：本研究开发了一套全面的安全检查表，对地铁车站施工的各个阶段进行系统的审查，确保不遗漏任何潜在的安全风险。这种方法通过逐一核对施工过程中的安全要求，有助于提前发现可能的安全隐患，从而采取预防措施。

2. 危险与可操作性研究法：本研究深入分析了地铁车站施

工中涉及的操作，专注于识别可能引发危险和操作困难的关键环节。通过这种方法，可以揭示在施工过程中可能被忽视的安全风险，为制定更有效的安全措施提供依据。

3. 故障树分析法：本研究构建了故障树分析模型，以此来探讨地铁车站施工过程中可能导致事故的各种因素及其逻辑关系。在故障树分析中，可以使用与逻辑门相对应的故障树门表示不同类型的故障，利用对故障树的推导和分析，找出导致故障的最根本原因，并采取相应的措施来避免或减少故障的发生。^[1]

4. 事故树分析法：作为故障树分析法的补充，事故树分析法通过构建事故树模型，对地铁车站施工过程中可能导致事故的各类因素及其逻辑关系进行深入分析。这种方法有助于揭示事故的根本原因，为预防类似事件的发生提供重要信息。

5. 贝叶斯网络法：本研究采用了贝叶斯网络模型，分析地铁车站施工过程中不同因素之间的条件概率关系。贝叶斯网络法能够处理不确定性信息，通过概率推理揭示各因素之间的相互影响，从而更准确地识别和评估安全风险。这种方法为理解复杂系统中的风险传递提供了有力的工具，有助于制定更加精准的风险管理策略。

（三）安全风险识别结果分析

在深入分析地铁车站运营阶段施工安全风险的过程中，本研究揭示了一系列关键性安全挑战，包括施工期间的坍塌隐患、施工设备的可靠性问题，以及施工人员面临的职业安全风险等。为了有效应对这些风险，本研究强调必须实施一系列针对性的防范和控制措施，以确保地铁车站施工的安全性和流畅性。这些措施旨在减少事故发生的可能性，保障施工人员的安全，并维持地铁系统的稳定运营。通过这种综合性的风险管理策略，可以为地铁车站施工创造一个更加安全和无故障的环境。因此，本研究呼吁相关部门和施工企业加强安全管理，提高施工人员的技术水平和安全意识，严格执行安全规范和操作规程，以确保地铁车站施工的安全顺利进行。同时，建议相关部门加强对施工企业的监管，定期开展安全检查和评估，及时发现和解决安全隐患，以保障地铁车站施工的安全和乘客安全。

二、地铁车站运营阶段施工安全风险评估

（一）安全风险评估方法

1. 定性评估方法：本研究采用了一种基于主观分析和判断的定性评估方法，对地铁车站施工安全风险的可能性和后果进行排序和分类。这种方法侧重于利用专家意见和经验判断来识别和评估风险，从而为风险管理和决策提供了一种直观的视角。^[2]

2. 定量评估方法：本研究还采用了定量评估方法，通过收集和分析相关数据，应用统计和数学模型来量化风险的可能性和后果。这种方法提供了更为精确和客观的风险评估结果，对于数据充足的情况尤其有效，能够为风险管理提供量化的依据。

3. 模糊综合评估法：考虑到风险评估中存在的不确定性和模糊性，本研究采用了模糊综合评估法。该方法利用模糊逻辑处理不精确的数据和专家判断，从而提供一个更加贴近实际情况的

评估结果，有助于在信息不完整的情况下做出合理的风险管理决策。

4. 蒙特卡罗模拟法：本研究运用蒙特卡罗模拟法来评估风险，通过模拟大量的随机实验来考虑风险评估中的不确定性和随机性。这种方法能够提供风险的概率分布和统计特性，为理解风险的潜在影响和制定应对策略提供了重要的定量信息。

5. 层次分析法：本研究采用了层次分析法，通过构建层次结构模型将复杂的问题分解为若干个层次和因素，并通过比较这些因素的重要性来评估风险。这种方法有助于在多个风险因素中确定优先级，为资源分配和风险管理提供了结构化的决策框架。

（二）安全风险评估结果分析

通过对地铁车站运营阶段施工安全风险的全面评估，本研究不仅获得了关于风险的详细信息，包括其发生的概率、可能造成的严重程度以及相对于其他风险的优先级，而且为确定哪些风险应当作为管理重点提供了科学依据。^[3] 这些评估结果不仅帮助了制定针对性的风险控制措施，而且为制定有效的风险管理策略奠定了坚实的基础。此外，这些评估结果还为地铁车站施工的安全管理提供了重要参考，有助于提高施工安全水平，保障施工人员的安全，并确保地铁系统的稳定运营。因此，本研究强调，地铁车站施工安全管理的重点在于科学评估风险，并采取有效措施进行风险控制，以创造一个更加安全和无故障的施工环境。

评估结果揭示了地铁车站施工过程中一些关键的风险点，如地下水位的变化、结构的稳定性问题以及施工人员的安全。这些风险点在风险管理中应当被赋予更高的优先级，以确保施工的安全性和流畅性。基于这些评估结果，可以制定出更为精准和高效的风险管理计划，从而保障地铁车站施工的安全、有序进行。因此，本研究强调，在地铁车站施工过程中，必须对风险点进行重点关注，并采取有效的风险管理措施，以降低风险发生的概率，保障施工的安全性和流畅性。同时，建议相关部门加强对地铁车站施工风险管理的指导和监督，定期开展风险评估和检查，及时发现和解决安全隐患，以保障地铁车站施工的安全和乘客安全。

三、地铁车站运营阶段施工安全风险控制措施

（一）风险控制策略

风险控制策略涉及风险规避、风险减轻、风险转移和风险接受等多个方面。在制定这些策略时，需要综合考量风险的严重程度、发生概率、控制成本与效益，以及符合相关的法律法规和行业标准要求。^[4] 这一过程要求决策者对风险进行全面的分析和评估，以确保采取的措施既能有效降低风险，又能在经济上合理可行，并符合法律和标准的要求。通过这样的策略制定，可以确保风险管理措施的科学性和有效性，从而在保障地铁车站施工安全的同时，实现资源的最优化配置。因此，本研究强调，在制定风险控制策略时，需要充分考虑各种因素，以确保采取的措施既有效又合理，以保障地铁车站施工的安全和顺利进行。同时，建议相关部门加强对地铁车站施工风险管理的指导和监督，定期开展风险评估和检查，及时发现和解决安全隐患，以保障地铁车站施

工的安全和乘客安全。

（二）风险控制措施

为了有效控制地铁车站运营阶段施工过程中的安全风险，本研究提出了一系列综合性的措施，旨在通过技术、管理、教育和应急响应等多个方面共同作用，构建一个全面的安全防护体系。

1. 技术措施：本研究强调了采用先进的施工技术的重要性，这些技术不仅能够提高施工效率，还能够增强施工过程的安全性。同时，加强施工现场的安全监控、使用安全防护设备和技术，以及优化施工方案和工艺流程，都是减少安全风险的关键步骤。通过这些技术措施，可以最大限度地降低事故发生的概率，并提高应对突发情况的能力。

2. 管理措施：建立和完善的安全管理体系是确保施工过程中安全风险得到有效控制的基础。这包括制定和执行一系列安全规章制度，实施严格的安全检查和监督，以及对施工过程进行持续的管理和监督。通过这些管理措施，可以确保施工过程的安全性和合规性，以及及时发现和解决潜在的安全隐患。

3. 教育培训措施：对施工人员进行安全教育和培训是增强他们的安全意识和操作技能的重要手段。通过定期的安全教育和培训，可以减少人为错误导致的安全风险，并提高施工人员在紧急情况下的应对能力。这种教育培训措施不仅能够增强施工人员的安全意识，还能够提高他们的操作技能，从而减少安全事故的发生。

4. 应急预案：针对不同安全风险，制定相应的应急预案是应对可能发生的安全事故的关键。这包括建立应急响应机制、救援措施和应急资源准备，以便在紧急情况下能够迅速有效地应对。通过这些应急预案，可以确保在安全事故发生时，能够迅速采取措施进行救援，并减少事故的影响。^[5]

通过这些措施的实施，可以构建一个全面的安全防护体系，确保地铁车站运营阶段施工的安全顺利进行。

（三）风险控制效果评估

通过对所实施的风险控制措施进行系统的效果评估，本研究旨在验证这些措施的有效性和适应性。评估过程通常涉及对施工现场的实地考察、安全数据的深入分析、事故发生率的统计分析，以及收集施工人员的反馈意见。这些评估活动不仅有助于揭示控制措施的实际效果，还能够及时发现潜在的不足之处。通过这些评估结果，可以对现有的控制措施进行必要的调整和优化，以确保地铁车站施工的安全性和可靠性得到持续改进。因此，本研究强调，在地铁车站施工过程中，必须对风险控制措施进行持续的评估和优化，以提高施工的安全性和可靠性，保障施工人员的安全，并确保地铁系统的稳定运营。

结束语

本研究通过对地铁车站运营阶段施工安全风险的识别与评估，提出了一系列风险控制措施，并对其效果进行了评估。希望这些研究成果能为地铁车站施工安全管理提供理论支持和实践指导，进一步提高地铁车站施工安全管理水平，减少安全事故的发生，保障地铁车站施工的顺利进行。

然而，本研究还存在一些不足之处，如风险识别与评估方法的结合应用还有待进一步研究，风险控制措施的实践效果需要进一步验证等。希望在今后的研究中，能够进一步完善地铁车站施工安全风险管理的理论体系，为地铁车站施工安全管理提供更为全面和深入的指导。

参考文献

- [1] 李雷, 海玲, 孙天龙, 等. 基于故障树的铁路信号联锁监控系统故障检测 [J]. 电子世界, 2020, (21): 23-24.
- [2] 郭旭. 基于模糊综合评价法和层次分析法的地铁车站施工安全风险评估研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2020.DOI:10.27369/d.cnki.gtdky.2020.000088.
- [3] 李世辉. 新建车站零距离穿越既有地铁车站的施工保护措施及效果分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(04): 81-85.DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.020.
- [4] 陈伟, 田仪帅, 赵卓雅, 等. 强降雨下地铁车站施工安全风险演化推理研究 [J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(06): 135-143.DOI:10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2023.06.0383.
- [5] 李金武. 浅埋暗挖地铁车站施工安全风险控制 [J]. 建筑机械化, 2022, 43(12): 22-25.DOI:10.13311/j.cnki.conmec.2022.12.015.

基于智慧化的高速公路机电工程建设

薛童

中咨泰克交通工程集团有限公司，北京 100083

摘要： 高速公路机电工程是高速公路建设的重要组成部分，对于保障高速公路运营效率和行车安全具有重要意义。随着智能化技术的快速发展，将智慧化理念融入高速公路机电工程建设已成为必然趋势。本文首先分析了国内高速公路机电工程的建设的现状。其次探讨了智慧化高速公路机电工程的重要性，包括实时数据监测与分析、提升运营管理效率以及促进高速公路可持续发展。最后提出了基于智慧化的高速公路机电工程建设策略，包括设计切实可行的建设方案、组织实施与质量控制，以及建立完善的安全保障体系。

关键词： 高速公路；机电工程；智慧化；建设策略

Construction Of Motorway Electromechanical Engineering Based On Intelligence

Xue Tong

Ztec Transportation Engineering Group Co., LTD., Beijing 100083

Abstract： Expressway electromechanical engineering is an important part of expressway construction, which is of great significance to ensure expressway operation efficiency and driving safety. With the rapid development of intelligent technology, it has become an inevitable trend to integrate the concept of intelligent into the construction of highway mechanical and electrical engineering. Firstly, this paper analyzes the current situation of domestic highway electromechanical engineering construction. Secondly, it discusses the importance of intelligent motorway electromechanical engineering, including real-time data monitoring and analysis, improving operation management efficiency and promoting sustainable development of motorway. Finally, the paper puts forward the construction strategy of motorway electromechanical engineering based on intelligence, including the design of feasible construction scheme, organization, implementation and quality control, as well as the establishment of perfect safety guarantee system.

Key words： expressway; mechanical and electrical engineering; intellectualization; construction strategy

引言：

高速公路是现代化综合运输体系的重要组成部分，对于促进经济社会发展、加强区域联系、保障人民生活出行具有重要作用。高速公路机电工程作为高速公路建设的关键环节，对于保障高速公路安全顺畅运营至关重要。随着信息技术的快速发展，将先进的智能化理念融入高速公路机电工程建设，不断提升机电系统的智能化水平，是顺应时代发展潮流、提高高速公路运营效率的必由之路。

一、高速公路机电工程现状分析

（一）国内高速公路机电工程的建设成就

近年来，我国高速公路机电工程建设取得了长足进步。机电系统的设计、施工和维护水平显著提高，智能化程度不断加深。例如，高速公路监控系统、通信系统、收费系统等已广泛应用，为高速公路运营管理提供了有力支撑。国内高速公路监控系统建设取得了显著成绩。沿线安装了大量高清监控摄像机，覆盖面积

不断扩大，可对道路交通状况进行实时监测。同时，通过先进的视频分析技术，能够自动识别路面异常情况、违规车辆等，提高监控效率。监控数据与其他系统联网共享，为交通指挥调度和应急处置提供了重要支撑。高速公路通信系统也有了长足发展。目前已建成覆盖全路段的数字化通信网络，为各类信息系统提供高速、稳定的传输通道。先进的无线通信技术在紧急疏导和应急抢修中发挥着重要作用。此外，通信系统与手机网络的深度融合，为车载智能终端和驾乘人员提供了便捷的信息服务。收费系统逐

* 作者简介：薛童，1999年8月，女，汉族，北京市，本科/助理工程师，高速公路机电工程

步实现电子不停车收费，极大提升了收费效率。新型移动支付方式在高速公路得到广泛应用，为公众出行带来极大便利。

（二）国内高速公路机电工程建设存在问题

尽管取得了一定成就，但高速公路机电工程建设也存在一些问题和不足。一是整体智能化水平仍有待进一步提高；二是系统集成度不高，数据共享和协同管理能力有限；三是部分地区机电工程建设滞后，智能化程度较低。虽然我国高速公路机电系统的智能化程度有所提升，但与发达国家相比，仍存在一定差距。系统自动化和智能决策能力不足，人工介入程度较高，运营管理效率有待进一步提高。此外，各子系统之间的集成联动程度不高，分散管理状况较为普遍，难以形成高效的协同作业。高速公路机电工程建设在不同地区发展程度参差不齐。一些经济发达地区，已初步实现了机电系统的智能化升级；而在部分欠发达地区，机电工程建设仍相对滞后，智能化水平较低。这种区域发展不平衡状况，制约了整体机电工程的现代化进程。此外，随着时代的发展，机电系统面临着新的挑战。舆论对系统网络安全性、数据隐私保护等方面越来越关注，对高速公路机电工程提出了更高要求。

（三）现有高速公路机电系统的组成与功能

现有高速公路机电系统主要包括监控系统、通信系统、收费系统、能耗控制系统、照明系统、交通控制系统等。监控系统负责路况监测和事件预警；通信系统为系统集成和信息传输提供支撑；收费系统实现车辆通行收费；能耗控制系统对路段照明和监控设备等用电设施进行控制和调节；照明系统保证夜间路况照明；交通控制实现交通信号灯的协同控制。监控系统是高速公路机电系统的“眼睛”，负责对路面交通状况进行全天候监控。通过沿线布设的高清摄像机，可收集道路拥堵、事故等异常情况的实时影像，为交通管控提供视频数据支持。配合智能视频分析技术，监控系统还可自动识别违法行为、检测安全隐患，提高管理效率。通信系统则为高速公路机电系统构建了高速、安全的信息传输通路。有线和无线通信网络的融合应用，将各子系统连接在一起，实现数据实时传输和共享。同时，通信系统为应急救援提供了可靠的语音和图像通信支撑。收费系统负责对进出高速公路的车辆实施计费管理，是高速公路重要的经营性系统。不停车收费和移动支付技术的应用，有效提升了通行效率。同时，收费系统与车辆识别等功能的深度融合，为交通违法处罚奠定了基础。

二、智慧化高速公路机电工程的重要性

（一）实时数据监测与分析

智慧化高速公路机电工程能够充分利用物联网、云计算等先进技术，实现对路况、车辆、设备等多维度数据的实时监测和分析，为高速公路精细化管理提供决策依据。基于物联网技术，智慧化机电系统将部署大量先进传感设备，如视频监控探头、车辆检测器、环境监测设备等，实时采集影像、声音、位置等多源异构数据，全面反映高速公路运行状态。同时，通过引入云计算、

边缘计算等前沿技术，可高效处理海量监测数据，分析道路交通流量、车辆行驶轨迹等重要指标，动态预测未来交通态势。借助人工智能技术，智能系统可自动识别违法行驶、异常拥堵等交通事件，并根据事件严重程度、发生地点等因素综合评估，提出科学的处置建议。通过精细化的实时监测和智能分析，可避免人工遗漏和判断失误，为科学决策提供数据支撑。此外，智慧化系统能够实时监测机电设备的运行状态，主动发现设备故障隐患。通过大数据分析，可预测设备剩余寿命，合理制定检修计划，实现设备的预防性维护。

（二）提升运营管理效率

智能化系统可自动完成大量监测、控制和调度工作，减轻人工工作强度，提高运营管理效率。同时，系统集成度高，数据协同共享，为高速公路统一高效管理奠定基础。传统的高速公路运营管理过于依赖人工，存在效率低下、疏漏多发等问题。而智慧化机电系统可自动完成车流量实时统计、违法违规车辆识别、交通信号协调优化等复杂任务，大幅减轻人工工作强度。同时，系统能自主进行交通组织分析，制定疏导方案并加以执行，实现交通流量的动态调控。不仅如此，智能化决策支持系统可依据历史大数据，结合实时监测信息，对道路扩容改造需求、收费标准、应急预案等进行科学评估，为高速公路经营管理决策提供依据，提升管理的科学化、精细化水平。另一方面，智慧化机电系统各子系统之间集成程度高，数据资源实现共享协同。监控数据可与应急救援系统无缝衔接，收费计费数据可与车辆识别系统对接，避免重复计费。

（三）促进高速公路可持续发展

智慧化高速公路机电工程有助于降低能耗，实现节能减排；优化交通组织，缓解拥堵；及时发现并处理安全隐患，保障行车安全，从而促进高速公路事业的可持续健康发展。能源节约和环境保护是高速公路可持续发展的重要内容。智慧化机电系统可通过精细化的能耗监测和智能控制，实现照明、供电等系统的节能运行。同时，借助大数据分析优化能源使用策略，避免资源的低效利用和浪费。此外，拥堵严重不仅影响出行体验，也会导致更多燃料消耗和排放。智慧化系统可基于大数据对交通流量进行实时监测和预测，智能调度车流，平衡路网压力，从根本上缓解高速公路沿线的拥堵状况。一旦发生事故，系统可自动调配救援资源，快速疏导车流，减少延阻造成的次生影响。机电系统可通过视频分析等技术及时发现路面异物、车辆违章、设施故障等安全隐患，并自动预警，避免安全事故的发生。即使发生事故，智能系统也能最大限度减少人员伤亡和财产损失，保障行车安全，消除公众对高速公路出行的顾虑，从而促进高速公路事业的可持续健康发展。

三、基于智慧化的高速公路机电工程建设策略

（一）设计切实可行的建设方案

科学统筹高速公路机电系统设计，做好系统集成规划。系统方案要符合当地实际情况，技术路线明确，满足未来智能化发展

需求。同时应注重经济合理性，控制建设投资。推进高速公路机电工程智慧化建设，首先需要制定科学合理的系统设计方案。机电系统设计与高速公路整体规划相协调，统筹考虑工程建设、运营管理、应急处置等各方面需求，做好顶层设计和系统集成规划。同时要遵循系统工程理念，从整体上保证各子系统的兼容性和扩展性，实现资源共享和业务协同。此外，机电系统设计方案务必要因地制宜，充分考虑区域环境和交通特点的差异。同时，在确保系统功能和智能化水平的前提下，应合理控制投资规模，注重经济性和可持续性。

例如，在京津冀地区规划智慧化高速公路机电系统时，需要重点考虑该地区气候干燥、雾霾天气频发的特点，加强视频监控系统的环境适应性，提高图像清晰度；同时该地区人口密集，需优化交通组织方案，提升应急疏导能力。此外，考虑到未来自动驾驶技术的发展趋势，系统设计需具备与之对接的能力。

（二）组织实施与质量控制

高度重视机电工程建设的组织实施，落实质量安全责任制，加强质量监督检查。施工环节要严把工序关，确保工程质量。同时注重智能设备的调试和运维，为系统正常稳定运行奠定基础。机电工程建设事关高速公路运营安全和效率，必须高度重视组织实施和质量管控。首先要建立质量安全责任制，明确各方职责，落实到人。要加强施工全过程的质量监督，从材料、设备选型到施工作业，对每个环节严格把关，确保工程质量。在系统调试阶段，要反复测试，查漏补缺，确保智能设备的可靠性。投入运营后，还需注重运维管理，建立健全的检修制度，及时排查设备故障隐患，保障系统的正常稳定运行。

例如，在某高速公路机电工程建设中，项目公司与施工单位、监理单位签订质量责任合同，明确三方权利义务。施工单位派出专业质检员，对原材料进行抽检把关；监理单位则安排驻地监理，对施工过程进行严格监督。在系统调试阶段，项目部组织系统测试，反复进行压力测试、故障模拟等，直至各项指标达

标。系统投运后，专门成立运维团队，制定巡检计划，对智能设备进行定期检修，确保设备完好。

（三）建立完善的安全保障体系

健全安全管理制度，完善应急响应预案。加强安全防护和运维管理，确保关键设施的安全可靠运行。强化数据安全防护意识，提高系统防御能力，避免出现信息安全风险。智慧化高速公路机电系统安全运行至关重要，需要建立完善的安全保障体系。首先要制定全面的安全管理制度，从组织、人员、技术、应急处置等方面做出安全保障。同时应该完善应急预案，对可能发生的各类突发情况作出分类部署，确保处置高效有序。其次，要加强关键设施的安全防护，提高防灾抗毁能力。重点部位应采取监控拉网、实体防护等多重防护措施，全方位维护设施安全。软硬件设备维护更是不容忽视，要通过定期检修、及时更新等举措，保障设施设备的安全可靠运行。

例如，在长沙智慧高速建设中，项目单位制定了完备的安全管理制度，确保制度执行到位。成立了应急指挥部，建立应急通信指挥体系，针对各类事故场景预制多个应急预案。关键设施如通信枢纽、中心机房等采取防护拉网、实体围墙、门禁管控等全方位防护。同时引入自动巡检诊断系统，对硬件故障实现自动报警，及时修复。在网络层面部署安全审计系统，有效防御外部入侵和内部威胁，确保数据传输和存储的安全性。

结束语：

推进高速公路机电工程建设智慧化，是适应时代发展大势的必然要求。通过不断加强机电系统智能化水平，可实现高速公路运营管理的精细化、智能化和现代化，为构建安全高效、绿色集约的现代高速公路事业注入新的动力，对促进综合交通运输体系高质量发展具有重要意义。

参考文献：

[1] 钟仕兴. 高速公路智能机电设备运维管理系统的研究与应用 [J]. 机电信息, 2022(19).
[2] 何际军; 胡孝其. 龙怀高速“互联网+”智慧机电建设理念探讨 [J]. 中国交通信息化, 2018(02).
[3] 吕刚. BIM 技术应用于高速公路机电工程的技术方案研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(02):105-107.
[4] 康上. 高速公路机电设备智慧运维平台研究与应用 [J]. 机电信息, 2023(19):12-15.
[5] 郑新建, 喻文文. 智慧化建设在高速公路机电系统中的应用 [J]. 运输经理世界, 2022(30):71-73.
[6] 康东. 互联网背景下高速公路机电工程系统的探析 [J]. 中国设备工程, 2022(19):202-204.
[7] 孙文侠, 何涛. 高速公路机电运维管理智慧化发展浅析 [J]. 公路, 2022, 67(02):386-391.
[8] 王治刚. 智慧化建设在高速公路机电系统中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2021(23):146-148.

城市轨道交通导向标识的智能化升级路径

刘小增

神铁二号线（天津）轨道交通运营有限公司，天津 301700

摘要： 本文主要探讨了城市轨道交通导向标识的智能化升级路径。文章概述了目前国内地铁导向标识的现状和特点，指出了存在的问题，包括各条线路关于导向标识的设置标准不统一，以及路径设置缺乏连续性。针对这些问题，本文提出了针对地下站、地面站和高架站的特点，应制定针对性的导向路径，并结合电子导向标识和语音提示功能，升级原有传统的单一贴附式标识的路径方式。文章旨在为城市轨道交通导向标识的智能化升级提供理论支持和实践指导。

关键词： 城市轨道交通；导向标识；智能化升级；路径设置；电子导向标识；语音提示

The Intelligent Upgrade Path Of Urban Rail Transit Guidance Signs

Liu Xiaozeng

Shentie Line 2 (Tianjin) Rail Transit Operation Co., Ltd., Tianjin 301700

Abstract： This article mainly explores the intelligent upgrade path of urban rail transit directional signs. The article provides an overview of the current situation and characteristics of subway directional signs in China, pointing out existing problems, including inconsistent standards for setting directional signs on various lines and a lack of continuity in path setting. In response to these issues, this article proposes that targeted guidance paths should be developed based on the characteristics of underground stations, ground stations, and elevated stations, and combined with electronic guidance signs and voice prompts, the traditional path method of single attached signs should be upgraded. The article aims to provide theoretical support and practical guidance for the intelligent upgrading of urban rail transit directional signs.

Key words： urban rail transit; guiding signs; intelligent upgrade; path settings; electronic directional identification; voice prompts

引言

随着城市化进程的加快，城市轨道交通作为城市交通的重要组成部分，其发展日益受到重视。作为城市轨道交通系统的重要组成部分，导向标识系统在为乘客提供便利、保障乘客安全方面发挥着重要作用。然而，目前国内地铁导向标识系统仍存在一定的問題，如各条线路关于导向标识的设置标准不统一，包括尺寸、图例等，同时路径设置缺乏连续性，给乘客带来诸多不便。针对这些问题，本文旨在探讨城市轨道交通导向标识的智能化升级路径，以期为我国城市轨道交通事业的发展作出贡献。

一、目前国内地铁导向标识的现状和特点

（一）国内地铁导向标识的现状

国内地铁导向标识的现状表现为多样性和逐步完善的趋势。标识种类包括线路图、方向指示牌、站点名称、换乘指引和出口信息等，以适应不同导引需求。视觉导向占据主导地位，通过颜色、图案和文字等视觉元素传达信息，便于乘客快速识别。导向标识设计趋向简洁明了，减少不必要装饰，突出信息传递功能性。同时，部分城市的地铁导向标识融入地方文化元素，如使用当地特色的艺术图案或地标建筑，体现地域文化，增强导向标识亲和力。随着技术发展，一些城市的地铁导向标识开始尝试智能化升级，如引入电子显示屏、互动触摸屏等，提供更动态和互动

的信息服务。轨道交通站点的标识系统对提升乘客的出行体验和轨道交通系统运营效率至关重要，但我国缺乏详细的评估指导。

^[1] 如标识设置标准不统一、信息更新不及时、路径指引不连续等，影响导向标识效率和乘客出行体验。因此，对地铁导向标识系统进行智能化升级，提高准确性和便捷性，成为提升城市轨道交通服务的重要方向。

（二）国内地铁导向标识的特点

国内地铁导向标识系统展现出丰富多样的形式，包括悬挂式、贴附式、立柱式等，以适应各种不同的环境和乘客需求。这些标识主要依赖于视觉元素，如鲜明的颜色、清晰的图案和简洁的文字，来提供直观的信息指引，使得乘客能够迅速辨识和理解。在设计上，导向标识趋向于简洁直观，避免不必要的装饰，

专注于信息传递的核心功能。此外，一些城市的地铁导向标识还巧妙地融入了地方文化元素，如采用具有地域特色的艺术图案或地标建筑形象，这不仅展现了城市的文化韵味，也增强了标识的亲切感和吸引力。这些特点综合起来，构成了国内地铁导向标识的独特风貌，有效地为乘客提供了便捷、直观的出行指引。

二、存在问题

（一）导向标识设置标准不一

1. 尺寸问题

在我国，由于缺乏统一的标准，各城市地铁系统中的导向标识尺寸参差不齐。这种尺寸上的不一致性为乘客带来了不小的困扰，尤其是对于那些频繁穿梭于不同城市之间的旅客。他们可能会因为对某一特定尺寸的导向标识习以为常，而在新的城市中错过或误解关键的导向信息，这不仅降低了出行效率，有时甚至会导致方向的完全迷失。^[2]因此，迫切需要制定全国性的地铁导向标识尺寸标准，以提升乘客的换乘体验，确保他们在任何城市的地铁站都能迅速找到正确的路线。

2. 图例问题

在国内地铁系统中，导向标识的图例，包括符号、颜色和图标等，往往缺乏统一的标准。这种图例的不一致性可能会给乘客，尤其是那些不熟悉当地地铁系统的游客或初次乘坐者，带来困惑和误解。乘客可能会因为不同的图例风格而无法准确理解标识所传达的信息，从而导致走错路线或错过重要的换乘信息。为了提高地铁导向标识的清晰度和易理解性，有必要制定一套统一的图例标准，以便乘客能够在全国任何地铁线路上都能轻松识别和理解标识信息。这样的标准化不仅能够提升乘客的出行体验，还能提高地铁系统的整体效率和安全性。

（二）路径设置缺乏连续性

当前，众多地铁站的导向标识在路径指引方面缺乏必要的连续性，这在乘客换乘或寻找出口时显得尤为明显。乘客常常不得不在不同类型的标识间转移注意力，这样的设计不仅增加了乘客的识别负担，也影响了他们快速、连贯地获取导向信息的效率。特别是在那些大型换乘站或商业综合体地铁站，连续性的导向标识对于提升乘客流通的效率和减轻拥堵现象具有至关重要的作用。为了改善这一状况，地铁站导向标识的系统设计需要更加注重连贯性和直观性，确保乘客能够在复杂的环境中轻松、顺畅地导航。

三、地下站、地面站和高架站的特点及针对性导向路径制定

（一）地下站的特点及导向路径制定

地下车站的空间封闭和光线不足，使得乘客对导向标识的依赖性增强。因此，地下站的导向标识必须具备更高的明亮度和清晰度，以便在昏暗的环境中，乘客仍能迅速辨识。此外，导向标识的位置布局需要经过细致的设计，以便在各种照明条件下都能

提供清晰的指引。同时，地下站的导向路径规划应综合考虑换乘通道、出口位置以及与地面交通的顺畅衔接，提供无缝且连续的指引，以提升乘客的出行效率 and 安全感。这些措施有助于确保乘客在地下车站能够顺利导航，减少迷路和延误的可能性。

（二）地面站的特点及导向路径制定

地面车站与周边环境的和谐融合，使得乘客在寻找站点时可能会受到外界因素的干扰。为了确保乘客能够轻松识别并顺利抵达站点，地面站的导向标识必须足够醒目且易于辨认。此外，标识的设计还需考虑与步行道、公交站点等其他交通设施的顺畅对接，以实现交通网络的无缝衔接。^[3]导向路径的规划应充分利用地面空间，提供清晰明确的方向指引，帮助乘客快速找到所需的服务设施，从而提升整体的出行体验。同时，这种设计还能促进城市交通的和谐发展，减少拥堵，提升城市的宜居性。

（三）高架站的特点及导向路径制定

高架车站以其宽敞的空间和充足的自然光线为特色，然而，乘客在访问这类站点时可能会面临上下楼梯或使用电梯的挑战。因此，高架站的导向标识应当突出楼梯、电梯等垂直交通设施的指引，同时还需要考虑到站台与入口、出口之间的水平方向指引。导向路径的规划应当简洁明了，以减少乘客在寻找路线时可能出现的困惑和犹豫。这样的设计将确保乘客能够轻松、自信地在高架站的不同层面间穿梭，从而提升他们的整体出行体验。此外，清晰、连续的导向标识和规划还能增强乘客的安全感，减少因迷失方向而导致的意外风险。

四、智能化升级路径探讨

（一）电子导向标识的应用

电子导向标识利用先进的电子显示屏或电子纸技术，构建了一种动态导向系统。这些标识能够实时更新信息，为乘客提供更加灵活和动态的导航服务。^[4]例如，在高峰时段，电子导向标识能够提供实时的人流疏散指引，有效缓解拥堵；在换乘站，它们可以动态显示不同线路列车的到站时间，帮助乘客更好地规划行程。这种智能化的导向系统不仅提升了乘客的出行体验，也提高了地铁运营的效率和响应能力，使地铁服务更加人性化和高效。

（二）语音提示功能的引入

语音提示功能通过车站内的广播系统或智能手机应用程序得以实现，为乘客提供即时的信息播报。这种功能特别有助于视觉受限或分心的乘客获取关键信息。例如，在换乘节点或出口附近，语音提示能够及时告知乘客当前的地点和下一步的行动指南，极大地提升了乘客的导航体验和出行效率。通过这种人性化的设计，地铁系统不仅变得更加友好和包容，也确保了所有乘客都能够轻松获取所需的信息，从而更加自信和方便地使用地铁服务，让出行变得更加便捷和愉快。

（三）结合智能化设备升级传统导向标识

智能技术的革新为地铁导向标识系统带来了革命性的进步。通过采用 LED 照明和互动触摸屏，标识的可见性和互动性得到了显著提升。增强现实（AR）技术的融合进一步增强了导航体验的

沉浸感。物联网技术使得标识能够与乘客的智能设备无缝连接，提供定制化的服务。这些创新不仅提高了导向系统的效率，还极大地丰富了乘客的出行体验，为城市轨道交通导向系统的发展开辟了全新的道路。

五、实施策略与建议

（一）制定统一标准

为了提升地铁导向标识的辨识度和实用性，建议相关部门制定一套全国性或地方性的统一标准。这些标准应具体规定标识的尺寸、颜色、图例、字体大小和放置高度等关键参数，以确保不同地铁线路和站点之间的一致性。实施这样的标准化措施，将极大地方便乘客识别和使用导向标识，从而提升整个交通网络的效率和乘客的出行体验。统一标准有助于消除因地域差异导致的混乱，为乘客提供更流畅、更可靠的导航指引，确保他们在任何城市都能享受到一致和高效的出行服务。

（二）增加连续性路径设置

在地铁站的路径设计中，连续性的导向标识设置是至关重要的。从乘客踏入地铁站的那一刻起，直到他们完成换乘或抵达出口，每一步都应当伴随着清晰、连贯的导向信息。这意味着，从入口到站台，再到换乘区域和最终出口，乘客需要的是一系列无缝对接的指示箭头、明确的距离标识和连续的路线指引。这样的设计不仅能够减少乘客的迷茫和犹豫，还能够提升整个地铁网络的流通效率和乘客的出行满意度。

（三）针对不同站点实施智能化升级

为了更好地适应不同类型的地铁站，智能化升级方案应当根据地下站、地面站和高架站的独特性进行量身定制。举例来说，针对地下站的空间封闭和光线较暗的特点，增设电子导向标识和语音提示系统将显著提高乘客的导航便利性和安全性。对于高架站，利用其开阔的空间和良好的光线条件，重点部署增强现实

（AR）技术，能够为乘客带来更加丰富和互动的导航体验。^[5]至于地面站，则应强化标识与周边步行道、公交站点等交通设施的融合，确保乘客能够无缝衔接各种交通模式，享受顺畅的出行体验。这种因地制宜的智能化升级策略，将极大地提升城市轨道交通的运营效率和服务品质，满足不同乘客群体的需求。

（四）加强后期维护与管理

智能化导向系统在地铁站的投入使用后，维护与管理成为确保其正常运行和信息时效性的关键。系统必须定期接受专业维护，以防止技术故障，同时，信息的更新和调整也应及时进行，以反映最新的运营状况和乘客需求。此外，建立一个有效的反馈机制，通过收集乘客的使用体验和意见，对于持续优化导航系统、提升服务质量至关重要。通过这种持续改进的过程，地铁导向系统能够更好地适应不断变化的环境，为乘客提供更加准确、便捷的出行服务。

结束语

本文通过对国内地铁导向标识的现状和特点的分析，指出了存在的问题，并针对地下站、地面站和高架站的不同特点，提出了针对性的导向路径制定策略。同时，本文探讨了智能化升级的路径，包括电子导向标识的应用、语音提示功能的引入以及结合智能化设备升级传统导向标识。本文提出了实施策略与建议，包括制定统一标准、增加连续性路径设置、针对不同站点实施智能化升级以及加强后期维护与管理。

城市轨道交通导向标识的智能化升级是一个长期且系统的工程，需要政府、企业和社会各界的共同努力。通过智能化升级，不仅可以提高导向系统的效率和准确性，还能提升乘客的出行体验，进一步促进城市轨道交通的可持续发展。展望未来，期待看到更多创新技术的应用，以及更加人性化、智能化的城市轨道交通导向系统，为城市居民提供更加便捷、高效、安全的出行服务。

参考文献

- [1] 余跃武, 李晔, 包磊, 等. 大型客运枢纽行人标识导向系统设计优化模型及其解法 [J]. 系统工程理论与实践. 2016, (6).
- [2] 李琛. 基于城市轨道交通客流分析的双语导向标识优化 [J]. 交通节能与环保, 2023, 19(05): 280-284.
- [3] 刘畅, 高伟桦, 李莉, 等. 基于结构方程模型的城市轨道交通导向标识满意度研究 [J]. 公路, 2022, 67(12): 302-306.
- [4] 唐晓勇, 黄凤至, 王昕, 等. 城市轨道交通客流导向标识系统研究 [J]. 工程建设与设计, 2021, (20): 45-47. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2021.10.215.
- [5] 陈勇. 城市轨道交通站外智能导向综合应用与研究 [J]. 智能城市, 2020, 6(17): 109-110. DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2020.17.052.

市政工程成本控制的策略与实践

沈梦楠

宁波尤信工程管理有限公司，浙江 宁波 315700

摘要： 本文对市政工程成本控制的策略与实践进行了全面探讨。分析了市政工程成本控制的重要性、现状及面临的挑战，然后从成本预算与计划编制、设计阶段、招投标阶段、施工阶段以及竣工验收与结算阶段五个方面阐述了市政工程成本控制的策略。文章还探讨了市政工程成本控制的关键因素，包括政策法规、技术、管理、市场及人才等方面。在创新方法与技术部分，介绍了 BIM 技术、无人机监测技术、大数据技术和云计算技术在市政工程成本控制中的应用。最后，文章展望了市政工程成本控制的未来发展趋势，并提出了相关政策建议。

关键词： 市政工程；成本控制；策略；实践；案例分析；关键因素；技术创新；发展趋势

Strategies And Practices For Cost Control In Municipal Engineering

Shen Mengnan

Ningbo Youxin Engineering Management Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315700

Abstract： This article comprehensively explores the strategies and practices of cost control in municipal engineering. Analyzed the importance, current situation, and challenges of cost control in municipal engineering, and then elaborated on the strategies for cost control in municipal engineering from five aspects: cost budgeting and planning, design stage, bidding stage, construction stage, and completion acceptance and settlement stage. The article also explores the key factors of cost control in municipal engineering, including policies and regulations, technology, management, market, and talent. In the section of innovative methods and technologies, the applications of BIM technology, drone monitoring technology, big data technology, and cloud computing technology in cost control of municipal engineering were introduced. Finally, the article looks forward to the future development trend of cost control in municipal engineering and puts forward relevant policy recommendations.

Key words： municipal engineering; cost control; strategy; practice; case analysis; key factors; technological innovation development trends

引言

随着城市化进程的加快，市政工程作为城市发展的重要基础设施，其投资规模不断扩大。市政工程成本控制是确保项目顺利实施、提高投资效益的关键环节。然而，在实际操作过程中，市政工程成本控制面临着诸多挑战，如设计变更、材料价格上涨、施工进度延误等，这些因素都对成本控制提出了更高的要求。

市政工程成本控制的现状不容乐观。一方面，由于缺乏有效的成本控制体系和手段，部分项目成本超支现象严重；另一方面，过于追求成本控制可能导致工程质量受到影响，甚至可能引发安全隐患。因此，如何平衡成本与质量、进度之间的关系，成为市政工程成本控制亟待解决的问题。

一、市政工程成本控制策略

（一）关键策略与实践阶段

1. 成本预算与计划编制：在市政工程项目启动之初，制定详尽的成本预算和项目计划至关重要。这涉及对项目各个阶段和任务的费用进行精确预估，并将预算细化至最小单元，确保对每一笔支出都有明确的预算分配。同时，在市政施工管理和成本费用管控过程中，要提供相应依据，以满足经济发展要求。^[1]

2. 设计阶段的成本控制：在市政工程设计阶段，通过优化

设计、采用标准化和模块化方法，以及进行成本效益分析，可以有效降低成本并确保设计方案的经济性。这些措施不仅减少材料和施工成本，提高施工效率，而且确保设计既满足功能需求又具有成本效益。通过这些综合策略，设计阶段就能实现成本的有效控制，为施工阶段节省成本打下坚实基础。

3. 招投标阶段的成本控制：在招投标阶段，通过实施竞争性招标流程，能够选拔出具有丰富经验和专业能力的承包商，从而确保获得公正合理的投标报价。此外，合同条款的制定需清晰明确，以降低潜在的合同风险，并确保双方权益得到有效保护。通

过这种方式，可以建立一个公平、透明且具有法律效力的合作关系，为项目的顺利实施奠定坚实的基础。

4. 施工阶段的成本控制：在市政工程的施工阶段，严格的施工管理和监督是确保项目进度和质量的关键。^[2]这一阶段需要对施工过程进行持续的监控和评估，以确保所有工作按照既定的时间表和标准进行，避免因施工问题导致的额外成本。同时，变更管理也至关重要，它涉及对设计变更和施工变更的及时识别、评估和控制，以确保这些变更不会对项目的成本和进度造成不利影响。通过这些措施，可以有效控制施工阶段的成本，确保项目按照预算和时间表顺利完成。

5. 竣工验收与结算阶段的成本控制：在市政工程的竣工验收与结算阶段，必须严格执行验收标准，确保工程质量符合规定。全面检查涵盖材料、工艺、设备等方面，确保工程长期稳定和安全性。同时，进行成本核算和审计，确保所有费用合理必要，避免不必要开支。这样的做法有助于实现成本控制目标，为项目的成功交付奠定财务基础。

（二）策略与实践的关键

在市政工程成本控制中，实现精确预算、设计优化、选择合适承包商、严格施工管理、变更管理、质量保证和成本核算与审计是关键的策略与实践。精确预算需要考虑所有可能的开支，并预留一定的缓冲空间以应对不可预见的情况。设计优化通过减少不必要的成本，同时确保设计方案的质量和可行性。选择合适承包商通过竞争性招标，以获取合理报价并降低合同风险。严格施工管理通过有效的施工管理和监督，确保施工进度和质量，避免额外成本。变更管理及时处理设计变更和施工变更，以控制成本。^[3]质量保证通过严格的验收标准和程序，确保工程质量，避免因质量问题导致的额外成本。成本核算与审计进行详细的成本核算和审计，确保所有成本合理和必要。通过这些策略与实践的实施，可以有效地控制市政工程成本，提高项目的投资效益。

二、市政工程成本控制的关键因素

（一）政策法规因素

政府政策和法规标准对市政工程成本控制产生直接影响。政策变动可能增加成本，如环保法规的加强可能导致治污费用上升，促使项目采用更昂贵的环保材料和施工方法。此外，法规标准的更新可能影响材料和施工方法的选择，导致成本增加。因此，项目团队需密切跟踪政策法规变化，及时调整成本控制策略，确保项目既合规又高效。通过提前规划和适应政策法规，项目团队能更有效地管理成本，确保项目顺利推进。

（二）技术因素

技术的进步和创新显著提升了市政工程的施工效率和成本控制。例如，建筑信息模型（BIM）技术的应用减少了设计错误和施工冲突，通过虚拟模拟提前发现并解决问题，从而降低了返工和材料浪费，直接影响成本。然而，技术更新换代可能带来设备淘汰和额外的成本投入，要求项目团队持续更新技术以保持竞争力。^[4]因此，项目管理者需要在利用新技术带来的成本节约与应对

技术更新带来的额外成本之间寻求平衡。通过精心地规划和技术战略，项目团队能够最大化技术创新的优势，同时最小化潜在的负面影响。

（三）管理因素

有效的项目管理对市政工程成本控制至关重要，包括成本预算的制定、监控和调整，以及变更管理。一个经验丰富、技能熟练的项目管理团队能够准确预测成本、识别风险，并采取预防措施。他们通过有效的沟通和协调，确保所有利益相关者对成本目标有清晰地认识，并共同努力实现目标。持续学习和适应新管理技术有助于提高成本控制的效率和效果，使市政工程项目成本控制更加精细化和智能化，从而支持项目的整体成功。

（四）市场因素

市场竞争、材料价格波动和劳动力市场的变化对市政工程成本控制构成挑战。激烈的竞争可能压低价格，但也可能导致成本上升。材料价格波动和劳动力市场的变化同样影响成本。^[5]此外，市场风险如通货膨胀和汇率变动也需考虑。项目团队需密切监控市场，及时调整成本控制策略，通过市场分析和风险评估来预测和应对市场变化，确保成本控制的有效性。

（五）人才因素

人才在市政工程成本控制中起着关键作用。经验丰富的工程师和施工人员能提高工作效率，减少错误，直接降低成本。他们的专业知识有助于识别和规避风险，快速解决问题。人才培养和激励机制对于成本控制的成功至关重要。通过持续培训和发展机会，员工能力得到提升，以适应技术和市场变化。^[6]有效的激励机制，如绩效奖金和职业晋升，激发员工积极性，优化成本控制效果。因此，投资于人才发展和激励是提高项目绩效和实现成本控制目标的关键策略。

三、市政工程成本控制的创新方法与技术

（一）建筑信息模型（BIM）技术

BIM 技术正在革新市政工程项目管理和成本控制。通过构建和管理数字模型，BIM 提高了设计阶段的成本估算精度，促进了虚拟环境中的详细规划和建筑结构分析。这有助于更精确地预测材料需求和施工时间，减少成本估算误差。此外，BIM 模型在施工前模拟过程，提前发现设计施工冲突，从而减少返工和成本浪费。^[7]BIM 技术的这些优势不仅提升了成本控制效率，也增强了项目的协调性和可预测性，支持市政工程的顺利实施。

（二）无人机监测技术

无人机在市政工程施工现场的应用提升了管理效率。它们快速监测现场，收集高分辨率图像和视频数据，用于施工进度、资源分配和质量控制分析。实时数据帮助项目团队监控进度和成本，确保项目按计划进行。无人机还用于安全监测和危险区域施工监测，增强了项目团队的现场掌控能力，为成本控制提供了新视角。

（三）云计算技术

云计算技术在市政工程成本控制中的作用日益凸显。^[8]它提供

强大的数据处理和存储能力，对于管理大规模项目成本数据至关重要。云计算平台支持数据共享和协作，减少沟通误差，提高项目管理的效率和质量。

（四）移动技术和物联网（IoT）

移动技术和物联网设备的融合为市政工程成本控制带来了革命性变化。这些技术实时收集施工现场数据，提高成本控制的实时性和准确性。移动设备加快数据输入和访问，物联网设备实现远程监控和管理，优化资源分配，降低成本。这种集成提高了施工效率和项目管理透明度，为成本控制提供全面工具。^[9]

（五）地理信息系统（GIS）

GIS 技术在市政工程中扮演着关键角色，涵盖需求分析、系统设计、软硬件配置、数据管理等方面。它助力于项目规划、监控和管理，如地下管网和土地管理系统，显著提升效率和成本效益。在智慧城市建设中，GIS 构建的市政地理信息系统将市政管理与空间分析有效结合，强化了市政设施管理，满足了管养需求。市政工程成本控制和管理是确保质量、进度和经济效益的核心。GIS 提供准确的空间数据和分析，助力成本控制、预算编制和成本监控，推动信息化建设。例如，GIS 能实时监测成本数据，提高数据透明度和准确性，为决策提供科学依据。总之，GIS 在市政工程领域的应用提升了效率、精准度和成本效益，随着技术发展，其重要性将日益增加。

（六）大数据分析

大数据技术为市政工程成本控制提供了一个全面的框架，包括数据采集、系统建设、分析及维护。这一技术能高效地处理市场信息和设备数据，提高数据处理效率和准确性，同时降低成本。基于大数据的管理系统使得预算和结算数据的存储与分析更为高效。大数据还支持多种分析方式，为成本控制提供详尽报告。系统配置、安全保护等方面确保了数据安全和系统稳定。随着技术发展，大数据分析在提高市政工程成本控制的效率、精准度和成本效益方面将变得更加重要。

（七）自动化和机器人技术

自动化和机器人技术在市政工程成本控制中的应用正逐步增强，显著提升了施工效率和成本效益。例如，自动化挖掘机和智能搅拌站等设备能节省时间和人力，同时确保施工质量。随着技术的持续发展，自动化和机器人技术将在市政工程领域扮演越来越关键的角色。

四、市政工程成本控制的未来发展趋势

市政工程成本控制的未来发展趋势将受到技术创新、市场需求、政策法规和社会发展等多方面因素的影响。随着数字化转型的加速，市政工程将越来越多地采用数字化工具和技术，如建筑信息模型（BIM）、地理信息系统（GIS）、大数据分析等，以提高成本控制的精确度和效率。数字化转型将促进信息共享和协同工作，从而优化成本管理。自动化和机器人技术也将在施工现场得到更广泛地应用，减少人力成本，提高施工效率和质量。这些技术的应用将需要对现有工作流程进行重新设计，并对劳动力进

行再培训。

同时，随着对环境保护和可持续发展的重视，市政工程将更加注重绿色建筑和节能减排。这可能短期内增加初始成本，但从长期来看，可以降低运营和维护成本。预制和模块化施工技术可以减少现场施工时间，提高施工质量，降低成本，这种施工方式在未来可能会在更多的市政工程项目中得到应用。

未来的市政工程成本控制将更加注重风险管理和预测分析，通过历史数据和模拟分析，预测成本变化和潜在风险，从而提前采取应对措施。政策和法规的变化将要求市政工程成本控制不断适应新的要求和标准，可能导致成本控制策略和方法的调整。^[10]此外，市政工程将更加注重供应链的管理和合作伙伴关系的建立，通过有效的合作关系，实现成本控制和资源的最优配置。

项目团队需要不断学习和适应这些变化，以实现更高效、更可持续的成本控制，推动市政工程领域的持续发展。

结束语

市政工程成本控制是一个涉及多方面技术和方法的系统工程。从建筑信息模型（BIM）技术的应用，到无人机监测、移动技术和物联网（IoT）的融合等，再到地理信息系统（GIS）和自动化与机器人技术的运用，每一项技术都在不断地推动市政工程成本控制向更高效、更精确的方向发展。

市政工程成本控制是一个系统工程，需要项目各方共同努力，不断探索和实践新的理论和方法。希望通过本文的研究，能够为市政工程领域的专业人士提供有益的启示和借鉴，共同推动市政工程成本控制水平的提升，为城市建设的可持续发展做出贡献。

参考文献

[1] 年男萍. 新型绿色市政工程造价预算与成本控制管理微探 [J]. 散装水泥, 2024,(02):163-164+167.
[2] 袁战会. 工程项目现场管理费用定额测定实践研究 [J]. 石家庄铁路职业技术学院学报. 2023,22(1).
[3] 高斌. 市政工程变更对工程项目管理的影响及其对策研究 [J]. 居舍. 2021,(4). 122-123
[4] 南宁. 甲方视角下的市政工程项目变更管理与成本控制 [J]. 中国住宅设施, 2024,(02):115-117.
[5] 王琳. 关于市政工程设计公司财务管理中的成本控制与风险管理研究 [J]. 投资与创业, 2024,35(03):65-67.
[6] 杨毅. 大数据视角下市政道路工程绩效评价体系探讨 [J]. 城市道桥与防洪. 2021,(7).
[7] 许慧. 基于 BIM 技术的市政工程项目全过程造价管理研究 [D]. 河北地质大学, 2024.DOI:10.27752/d.cnki.gsjzj.2024.000037.
[8] 梁伟强. 动态成本控制在市政工程造价管理中的应用研究 [J]. 价值工程, 2023,42(36):21-23.DOI:10.3969/j.issn.1006-4311.2023.36.007.
[9] 钟家东. 基于 AHP 的市政工程项目施工成本影响因素研究 [J]. 河北建筑工程学院学报, 2023,41(04):185-189+232.
[10] 张娟. 市政工程施工中的造价成本控制与措施管理 [J]. 居业, 2023,(12):110-112.

土木工程中的创新施工技术对工程质量的影响研究

苟军

西吉县住房和城乡建设局, 宁夏 固原 756299

摘 要： 本文针对土木工程中的创新施工技术对工程质量的影响进行了深入研究。对创新施工技术的基本概念、分类及特点进行了概述，并分析了其在土木工程中的应用现状。从施工技术对工程质量的影响因素出发，探讨了创新施工技术对工程质量的具体影响及其在提高工程质量方面的优势。通过三个具体案例的分析，展示了创新施工技术在工程实践中的应用效果。提出了创新施工技术在工程质量控制中的应用策略，包括加强技术创新和研发、完善工程质量管理体系、提高施工人员素质和技能以及加强施工现场管理和监督等。本文的研究对于推动土木工程领域施工技术的创新发展、提高工程质量具有重要的理论和实践意义。

关 键 词： 土木工程；创新施工技术；工程质量；影响因素；质量控制策略

Research on the Impact of Innovative Construction Technologies in Civil Engineering on Engineering Quality

Gou Jun

Housing and Urban Rural Development Bureau of Xiji County, Guyuan, Ningxia 756299

Abstract： This article conducts in-depth research on the impact of innovative construction techniques in civil engineering on engineering quality. This article provides an overview of the basic concepts, classifications, and characteristics of innovative construction technologies, and analyzes their current application status in civil engineering. Starting from the influencing factors of construction technology on engineering quality, this paper explores the specific impact of innovative construction technology on engineering quality and its advantages in improving engineering quality. Through the analysis of three specific cases, the application effect of innovative construction techniques in engineering practice was demonstrated. Proposed application strategies for innovative construction techniques in engineering quality control, including strengthening technological innovation and research and development, improving the engineering quality management system, improving the quality and skills of construction personnel, and strengthening construction site management and supervision. The research in this article has important theoretical and practical significance for promoting innovative development of construction technology in the field of civil engineering and improving engineering quality.

Key words： civil engineering; innovative construction technology; engineering quality; influencing factors; quality control strategy

引言

土木工程是现代社会的支柱产业，它涉及建筑、交通、水利等多个领域，对于推动社会经济发展和改善人民生活条件具有重要作用。随着科技的进步和建筑行业的发展，土木工程中的施工技术也在不断更新和改进。创新施工技术作为一种新兴的施工方法，它以高效、节能、环保、安全为特点，正在逐渐改变传统的施工方式，为土木工程的发展注入了新的活力。

创新施工技术包括了许多前沿的技术和方法，如数字化施工、智能化施工、绿色施工、预制构件施工等。这些技术的应用不仅可以提高施工效率，缩短工期，降低成本，还可以提高施工质量，减少施工过程中的环境污染和资源消耗。因此，研究创新施工技术对工程质量的影响，对于推动土木工程行业的可持续发展具有重要的意义。

一、土木工程中的创新施工技术概述

（一）创新施工技术的基本概念

创新施工技术是指在土木工程建设过程中，采用新的设计理

念、施工方法、材料、设备和管理模式，以提高工程质量、降低成本、缩短工期、保护环境为目标，实现施工过程的现代化、科学化和规范化的技术。这些技术往往基于最新的科研成果、信息技术和工程实践经验，旨在解决传统施工方法中存在的问题，提

升工程建设的整体水平。可以预见，未来的土木工程将更加注重环境友好型和资源节约型，采用更高效的施工方法和技术手段，以实现工程的可持续发展。^[1]

（二）创新施工技术的分类及特点

1. 分类

创新施工技术，依据应用领域的不同，涵盖了从地基处理到结构施工，再到装饰装修和防水排水等多个方面。这些技术根据其创新程度，又可细分为技术改进型、技术集成型和技术颠覆型，每一种都代表着施工技术在不同层面的突破和创新。这种多维度的分类方式，不仅反映了创新施工技术的多样性和针对性，也展现了其在实际应用中的广泛性和深远影响。

2. 特点

创新施工技术以其显著的特点，正在引领建筑行业的变革。这些技术通过优化施工流程和采用先进的机械设备，实现了施工效率的飞跃，大幅缩短了工程周期。同时，它们强调节能环保，采用低碳材料和设备，减少能源消耗和环境污染，推动绿色施工理念的实践。创新技术还确保了工程质量的高可靠性，通过精确的设计和施工控制，提升了工程质量的稳定性和可靠性。安全无害是创新施工技术的另一大亮点，它通过实施严格的安全措施，显著降低了施工过程中的安全风险。此外，这些技术的经济合理性也不容忽视，它们通过合理设计和施工，有效降低了建设成本，提高了工程的经济效益。这些特点共同构成了创新施工技术的核心竞争力，为建筑行业的可持续发展提供了强大动力。

（三）创新施工技术在土木工程中的应用现状

目前，创新施工技术在土木工程中的应用日益广泛。例如，在桥梁工程中，采用预制构件施工技术，提高了施工速度和工程质量；在隧道工程中，采用盾构法和 TBM 法，提高了施工安全性和效率；在高层建筑施工中，采用爬模法和滑模法，加快了施工进度。此外，BIM 技术、3D 打印技术、无人机监测技术等也在土木工程中得到了广泛应用，提高了工程管理的智能化水平。

然而，创新施工技术的应用还面临着一些挑战，如技术标准不统一、施工人员素质不高、技术应用成本较高等。因此，有必要加强对创新施工技术的研究和推广，以充分发挥其在土木工程建设中的优势。^[2]

二、创新施工技术对工程质量的影响分析

（一）施工技术对工程质量的影响因素

施工技术在工程建设中扮演着至关重要的角色，它的选择和应用直接决定了工程的结构安全性、功能性和长期耐久性。成熟度和可靠性是技术选择的关键考量因素，因为它们能够减少施工过程中的不确定性和风险，从而确保工程质量的稳定。技术的适用性同样重要，必须确保所选技术与工程的具体要求和现场条件相匹配，以实现技术应用的合理性和效果的最优化。创新性是推动工程进步的动力，它能够提升建设效率和质量，但也需要谨慎管理，以避免潜在的风险。最后，技术实施能力是确保施工技术成功应用的关键，施工队伍的技术水平和执行力直接决定了技术

的实际效果和工程质量的最终结果。因此，综合考虑这些技术因素，对于保障和提高工程质量具有重要意义。

（二）创新施工技术对工程质量的具体影响

创新施工技术在工程质量方面的深远影响不容忽视，它通过提高施工精度、增强结构安全性、提升工程耐久性以及优化施工管理等多个方面，显著提升了工程的整体质量。例如，BIM 技术和自动化施工设备的应用减少了施工误差，提高了施工精度。新型材料和结构体系如高强度钢和预应力技术的使用，增强了结构的承载能力和安全性。^[3]此外，高性能混凝土和先进的防水防腐技术等创新措施显著提高了工程的耐久性和使用寿命。同时，信息技术和智能化管理系统的应用，如无人机监测和远程监控系统，实现了对施工过程的实时监控和管理，从而进一步提升了工程质量。这些创新技术的综合应用，不仅提高了工程建设的效率，还确保了工程质量的高标准，为建筑行业的可持续发展奠定了坚实基础。

（三）创新施工技术在提高工程质量方面的优势

创新施工技术在提高工程质量方面的优势显著，它通过提高施工效率、降低施工风险、促进标准化施工和实现可持续发展等多重效应，为建筑行业的质量提升提供了强大动力。创新技术能够简化施工流程并缩短工期，有效减少因施工周期过长而引发的工程质量问题。精确的设计和施工控制进一步降低了施工过程中的安全风险和质量风险，确保了工程的安全性和可靠性。此外，创新技术通常伴随着标准化和规范化的施工流程，这有助于减少人为错误对工程质量的影响。同时，这些技术还注重环境保护和资源节约，推动了绿色施工和可持续发展的实现。创新施工技术不仅提升了工程建设的效率和质量，还促进了建筑行业的健康和谐发展。

三、案例分析

（一）案例一：某大型水利工程中的创新施工技术

在某大型水利工程中，采用了创新的隧道掘进技术，如盾构法和 TBM 法，这些技术显著提高了隧道的施工效率和安全性。通过使用这些技术，工程团队能够更好地控制隧道掘进过程中的各种风险，如地下水涌入和地层沉降，从而确保了工程的质量和进度。

（二）案例二：某高速公路工程中的创新施工技术

在某高速公路工程中，创新施工技术如预制构件施工和滑模法被广泛应用。预制构件施工技术允许在工厂环境中预先制造桥梁和道路的组件，然后运到施工现场进行快速组装。滑模法则用于连续浇筑混凝土路面，提高了施工速度和路面质量。这些技术的应用不仅加快了施工进度，还提高了道路的质量和耐久性。

（三）案例三：某超高层建筑工程中的创新施工技术

在某超高层建筑工程中，创新技术如 BIM 技术和核心筒施工技术被采用。BIM 技术用于建筑信息的模型化，提高了设计协调和施工管理的效率。核心筒施工技术则允许在不影响其他楼层施工的情况下，先行施工建筑的核心部分，从而提高了施工速度和

安全性。

（四）案例分析与启示

通过对上述案例的分析，我们可以看到创新施工技术在提高工程质量方面的重要作用。这些技术不仅提高了施工效率和安全性，还提升了工程的质量和耐久性。这些案例为其他土木工程提供了宝贵的经验和启示，即通过采用创新的施工技术和方法，可以实现工程质量的显著提升。

然而，创新技术的应用也面临着挑战，如技术选择、成本控制和技术培训等。因此，在未来的土木工程建设中，应加强对创新施工技术的研究和推广，提高施工人员的技术水平，制定合理的技术应用策略，以充分发挥创新施工技术在提高工程质量方面的潜力。^[4]

四、创新施工技术在工程质量控制中的应用策略

（一）加强技术创新和研发

为了确保创新施工技术在工程质量控制中发挥最大效用，必须持续强化技术创新与研发工作。这涉及与科研机构 and 高校建立合作关系，共同推动新技术、新材料和新工艺的研发和应用。同时，企业内部应鼓励技术创新，为技术人员提供研究和实验的平台，以激发创新潜能。此外，投资于新技术的研究至关重要，特别是在提高施工效率、降低成本和提升工程质量方面的技术。通过这些措施，可以确保创新施工技术在工程建设中发挥关键作用，推动建筑行业的持续发展。

（二）完善工程质量管理体系

建立和完善工程质量管理体系对于确保创新施工技术的有效应用至关重要。这需要制定和实施严格的质量控制标准和流程，确保施工过程中的每一步都符合规范，从而保障工程质量的稳定性和可靠性。引入质量认证体系，如 ISO 质量管理体系，可以进一步提高工程质量的系统性和可靠性。此外，定期对工程质量进行评估和审计，能够及时发现和解决问题，确保工程质量始终处于受控状态。通过这些措施，可以构建一个科学、规范、高效的工程质量管理体系，为创新施工技术的有效应用提供坚实保障。

（三）提高施工人员素质和技能

施工人员的素质和技能对于创新施工技术的应用效果有着直接的影响。因此，为了提升施工队伍的整体技术水平和创新能力，

有必要采取一系列措施。应定期对施工人员进行专业培训，这有助于提高他们对创新技术的理解和操作能力，确保技术应用的准确性和有效性。引进高技能人才是提升施工队伍技术水平的关键，这些人才能够带来新的技术视角和实践经验，促进技术的创新和应用。建立激励机制，鼓励施工人员学习和应用新技术，可以通过奖励、晋升等方式，激发施工人员对技术创新的积极性和主动性。通过这些措施，可以确保施工队伍具备应用创新施工技术的能力，从而提高工程质量和施工效率。

（四）加强施工现场管理和监督

施工现场的管理和监督对于确保创新施工技术正确应用起着至关重要的作用。为了保障施工过程的有序进行，必须实施严格的施工现场管理制度，这有助于规范施工行为，减少施工过程中的混乱和错误。同时，现代信息技术的利用，如 BIM 和无人机监控，能够提高施工管理的智能化和精准度，实现对施工过程的实时监控和管理。^[5] 此外，加强现场监督和检查是确保施工质量和安全的关键措施，它能够及时发现和解决施工中的问题，防止事故的发生。通过这些策略的实施，可以有效地提升创新施工技术在工程质量控制中的应用效果，进一步提高土木工程的整体建设水平。

结束语

本文综合分析了土木工程中创新施工技术的应用及其对工程质量的深远影响。通过具体案例研究，本文突显了创新技术在高效率、安全性和质量提升方面的显著优势。同时，提出了一系列策略，包括加强技术研发、完善质量管理体系、提升人员技能和强化现场管理，以促进创新施工技术在质量控制中的应用。

尽管创新技术带来了显著的进步，但其应用仍面临技术标准不统一、人员素质和技术应用成本等挑战。因此，未来研究与实践需持续关注技术创新的推广和施工队伍的技术提升，确保创新施工技术在提高工程质量中发挥最大潜力。

创新施工技术是土木工程领域发展的关键，它不仅带来新的机遇，也伴随着挑战。通过不断地探索和改进，创新施工技术有望在土木工程建设中发挥更加关键的作用，推动建筑行业向可持续发展的方向迈进。

参考文献

- [1] 李惠. 土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (14): 191-193. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202414064.
- [2] 杨发强. 土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (13): 217-219. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202413072.
- [3] 王秀梅. 论土木工程施工技术创新与发展[J]. 建材与装饰, 2020, (05): 3-4.
- [4] 修奕. 土木工程建筑施工技术及创新的探索[J]. 门窗, 2019, (23): 119.
- [5] 胡竞元. 土木工程施工技术中存在的问题及创新途径研究[J]. 居舍, 2022, (16): 36-38.

金属非金属矿山深井通风关键技术及工程实施对策

蒋志根

江西龙鼎企业管理集团南方矿山建设有限公司，江西 上饶 334200

摘 要： 本论文针对当前矿业行业面临的深井通风难题，提出了一系列科学的理论方法及应对策略。深井通风对于矿山安全生产具有至关重要的作用，而目前许多矿山的通风技术和设备却仍存在诸多不足。对深井矿山通风系统的主要问题进行了全面细致的研究，比如矿井通风管道的合理布局、井下通风设备的选型与设置、以及在复杂的地质环境下如何保证通风设备的有效运行等难题。本文还对深井通风技术的未来发展趋势进行了展望，期望借此推动我国矿山通风技术的进一步发展和改进，以更好地保障矿山安全生产。

关 键 词： 金属非金属矿山；深井通风；关键技术与工程；实施对策

Key Technologies And Engineering Implementation Countermeasures Of Deep Well Ventilation In Metal And Non-Metal Mines

Jiang Zhonggen

Jiangxi Longding Enterprise Management Group Southern Mine Construction Co., LTD., Shangrao, Jiangxi 334200

Abstract： This paper proposes a series of scientific theoretical methods and coping strategies for the deep well ventilation problems faced by the mining industry. Deep well ventilation plays a vital role in mine safety production, but there are still many deficiencies in ventilation technology and equipment in many mines. The main problems of deep mine ventilation system are studied comprehensively and carefully, such as the reasonable layout of mine ventilation pipe, the selection and setting of underground ventilation equipment, and how to ensure the effective operation of ventilation equipment under complex geological environment. This paper also looks forward to the future development trend of deep well ventilation technology, hoping to promote the further development and improvement of mine ventilation technology in China, so as to better ensure the safety of mine production.

Key words： metal and non-metal mines; deep well ventilation; key technology and engineering; implementation countermeasure

引言：

由于我国金属非金属矿山的开发利用日益深入，矿山深井开采越来越普遍。然而，深井开采带来的一系列问题，其中最为重要的便是矿山通风问题。金属非金属矿山从浅到深的过程，矿井通风主要的任务从排尘排烟，向排湿排热转变。^[1] 深井矿山的采矿环境复杂，矿井深度大、运输距离长、通风困难，给矿山安全生产带来较大风险。特别是在高温、高湿、低通风速度的矿井环境下，通风关键技术尤为重要。这使得我们对深井通风关键技术研究成果的期待日益高涨。同时，如何将这些技术成功应用到工程实践中，也成为我们关注的焦点。

一、金属非金属矿山深井通风关键技术及工程实施的意义

金属非金属矿山深井通风关键技术及工程实施在当前矿业发展中的意义，体现在以下三个方面：确保矿山安全，提高生产效率，及促进矿山可持续发展。这三方面的讨论，离不开具体的深井通风关键技术的实例进行阐述。

（一）通风技术对于保障矿山的安全性至关重要

对于深井矿山来说，通风技术对于保障矿山的安全性至关重要。随着深度的增加，地下的温度会显著升高，同时还会产生各种有害气体，例如甲烷、硫化氢等，这些都对矿工的生命安全构成了巨大威胁。通过采用先进的通风技术，例如引风机矿井增压技术、回风巷涡流发生器技术等，可以有效地改善矿井的空气质量，减少有害气体的浓度，确保矿工的生命安全。这样即便发生

* 作者简介：姓名： 蒋志根，性别： 男，出生年月： 1979年03月12，籍贯（省和市）江西省德兴市，民族：汉族，学历：大专，现有职称：无，专业方向：矿山通风工程

意外，也可以减少经济损失^[2]。

（二）帮助矿山提高生产效率

深井通风关键技术可以帮助矿山提高生产效率。在矿山生产过程中，良好的通风条件不仅可以保证矿工的生命安全，还能提高工作效率。例如采用刮板输送机局部通风技术，可以加快空气流动速度，改善矿下作业环境，使矿工能够在更好的条件下进行作业，从而提高生产效率。

（三）促进矿山可持续发展

深井通风关键技术还能促进矿山可持续发展。随着环境保护意识的提高，矿业公司需采纳更加环保的运营模式。深井通风技术可以减少地下作业对环境的影响，确保矿山的长期可持续发展。以节能通风设备为例，不仅可以减少矿山的运行成本，更对环境友好。利用太阳能驱动的深井通风机，就是良好的实践。

总之，金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施对于当前我国矿业的发展具有重大的理论和实践意义。它不仅能保障矿工的生命安全，提高生产效率，更能帮助矿业公司实现可持续的运营。希望通过深入的研究和技术的不断发展，能更好地解决矿山深井通风的问题，为我国的矿业发展注入新的活力。

二、金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施中所存在的问题

在金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施中，存在着技术缺乏、装备老化和实施难度大等三方面的问题。

（一）深井通风关键技术本身的缺乏

深井通风关键技术本身的缺乏是当前矿山面临的一大问题。尽管随着科技的发展，深井通风的技术已经有所改进，但仍存在许多难以解决的问题。以高压流控制技术为例，这种技术可有效降低矿井内的温湿环境，但在实际应用中，高水压根源性地影响了这项技术的实施，且无法被有效地预测或控制，这大大限制了深井通风关键技术的应用。

（二）矿山深井通风设备的老化问题

矿山深井通风设备的老化问题也不容忽视。许多矿山还在使用老旧的通风设备，如旧款的人工通风扇。这些设备在使用过程中无法达到理想的通风效果，而且极易造成能耗高、运行效率低的问题。另外，随着矿井深度的增加，通风设备的工作环境更加恶劣，更易产生故障，给矿山的安全生产带来了显著的风险。

（三）深井通风关键技术的实施难度极高

深井通风关键技术的实施难度极高。由于地下作业环境的复杂性，如地质条件复杂、矿石储量的不确定性，以及相应的技术和设备要求高等因素，都给通风系统的配置与运行带来了巨大的挑战。以自动化通风系统为例，虽然它能大大提高通风效率，但其设计、施工以及运行维护所需的技术难度大，给实际的工程实施带来了不小困扰。

综上所述，我们在推动深井通风关键技术的发展和实施过程中，必须重视并积极解决这些问题。我们需要针对性地研发技术，更新设备，并培训专业人才，一方面提高我国矿山深井通风

的技术水平，另一方面保障矿山的安全生产，为我国的金属非金属矿业发展做出更大贡献。

三、金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施的有效策略

在金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施中，我们可以从技术创新、设备更新和人才培养这三方面提出有效策略，以解决存在的问题，推动矿山深井通风技术的发展。

（一）加强技术创新

加强技术创新，这是提高矿山深井通风水平的核心。我们应鼓励科学研究机构、高校，以及矿业公司的技术部门，投入更多的研发资源，挖掘深井通风的新方法、新技术。如，通过研究发展基于大数据和 AI 技术的智能通风系统，预测并实时调节矿井内的气候环境，降低高压流控制在实施中的阻力，显著提升通风效果。系统综合应用计算机、PLC、风量智能调控、智能化软件开发等技术，通过远程连续点动式切换局部通风机，实现局部通风无人值守。^[3]

强调技术创新的重要性已经成为各行各业的共识，而在金属非金属矿山深井通风这个领域里，技术创新无疑是推动行业持续发展的必要条件。这主要涉及到两个方面，一是研发新的通风技术，二是利用先进的信息科技去提升通风系统的效率。

新的通风技术的研发，关键在于我们如何发现和利用矿井内部环境的特性，使得通风系统能够更加高效稳定地运作。比如，可以考虑研发新型的矿洞结构设计方法，以最大限度地利用自然风力进行通风，减少引风装置的使用。同样，我们也能研究并采用更具创新性的能量源，以实现深井通风设备的持续供能。

另一方面，信息科技的强力介入，更是为深井通风带来了革新性的变化。利用大数据技术，我们能对矿井的实时情况进行精准监控，从而使通风系统能更加灵活地应对变化；而人工智能技术的加入，可以使通风系统具备自我学习和调整的能力，进一步提高通风效率。通过运用 Ventsim 软件进行井下通风网络解算，建立矿井三维模型，对通风系统优化改造设计方案进行模拟。^[4]

技术创新并非一蹴而就的任务，它需要金属非金属矿山企业、科研机构、高等学院以及政府等各方的共同参与。企业需要有稳定的研发投入，以保证新技术项目能够不断推陈出新；科研机构和高等学院则需要有深厚的理论研究，为新技术开发提供原始动力；而政府在这个过程中起到的则是一个重要的促进和引导作用，它需制定相关政策，包括研发资金的支持，人才培育的政策指引等，以推动技术创新的全面发展。

加强技术创新，是金属非金属矿山深井通风领域发展的关键。这需要我们全方位的思考和全方位的参与，只有这样，才能真正推动矿山深井通风技术的进步，从而实现矿山的更加安全，更加高效。

（二）更新深井通风设备

更新深井通风设备，也是实现深井通风提升的关键一环。老化的通风设备本身就是一个难以逾越的瓶颈，我们应该鼓励制造

公司研发更高效、更稳定的新型通风设备，如新型的高压引风机、高效节能的刮板输送机，这些设备应该能在极端环境中保持稳定运行，以满足深井通风的实际需求。深井通风设备的更新与优化，能极大地提升矿山通风系统的运行效率，对矿洞内部的通风环境进行实时动态调整，确保矿工的安全。

首要的一点是，提高设备质量。在极端的矿洞内部环境中，深井通风设备必须有足够的抗冲击力，抗腐蚀性以及抗磨损力。当进风巷、回风巷间风量差大于 $100\text{m}^3/\text{min}$ 时，必须调节回风巷风窗面积，在均压通风期间应确保局部通风机供风量在 $500\text{m}^3/\text{min}$ 以上。^[5]

二是应用新型的节能环保材料。在设备更新中，应尽可能采用高效节能的新型材料和技术。例如，新型的刮板输送机可以采用更轻的材质以及优化的结构设计，从而在保证强度的同时，减少设备自身的重量，降低能耗。另一方面，我们也可考虑通过采用可再生能源供电的设备，如太阳能引风机等，降低深井通风设备的碳排放，实现矿山的绿色发展。

三是推进设备数字化。随着工业4.0的到来，数字化设备已经成为未来的趋势。对于深井通风设备也是如此，我们可以通过加入智能传感器，使设备具有自我监控的能力，从而实时反馈设备的使用情况，并进行预防性的维护和修理。这不仅可以提升设备的使用效率，更能极大地延长设备的使用寿命。

（三）人才培养

煤矿通风智能监测系统的使用需要专业技术人员进行操作和维护，人才培养也是解决深井通风问题的重要策略。^[6] 我们需要培养一支理论知识扎实、实践经验丰富的技术人才队伍，他们可以娴熟运用各种深井通风技术，同时，也能灵活处理实际工作中出现的各种问题。我们应在大学和职业技术学院等教育机构开设相关专业和课程，为学生提供深入浅出的矿山通风教育。

任何技术的发展和运用都可能受到限制，矿山深井通风领域也不例外。正因如此，对人才培养的重视以及系统化的人才培养策略的构建，变得尤为关键。

从课程设计方面来看，我们应聚焦于深井通风技术的实际问题，设置全面而系列化的课程，包括理论知识，现有技术和设备，案例分析等等。课程的教学方式也应当灵活多样，诸如导入多元化的教学方式，如项目驱动、讨论式教学、在线教学等，让学生们在多场景中体验和学习，并在互动中提升解决问题的能力。

实践实习环节更是人才培养中尤为关键的一部分。理论知识的教授是基础，但真正能将学到的知识运用到实践中，将理论与实践结合起来，才是我们的最终目标。在实践中遇到的各类问题也会激发他们深入思考，有利于培养他们的问题解决能力和创新精神。

对于在职的矿山工作人员，他们需要随时跟进行业的最新发展，更新自己的知识结构。这就需要我们设立一套完善的继续教育体系，为这些人员提供适时的培训和进一步的学习机会。矿井工作人员也要加强自身的安全意识，注意观察通风设备的运行情况。^[7] 之外，由于技术发展总是在不断变革，矿山通风技术也是如此，我们需要定期举办学术研讨会、技术交流会等活动，以帮助在职人员及时掌握最新的研究成果和行业动态^[8]。

通过以上的措施，我们可以建立一支理论知识雄厚、实践经验丰富的队伍，他们既能发现问题，解决问题，又能在新的研究和实践中继续创新，推动深井通风技术的进一步发展^[9]。人才培养是解决深井通风问题的重要策略，这需要我们从多个角度出发，全方位地进行考虑和规划，以达成我们的目标：培养出一支娴熟运用各种深井通风技术、能灵活处理实际工作中各种问题的人才队伍。

通过这三方面的努力，我们可以推动金属非金属矿山深井通风技术的进步，提高矿山的安全性和生产效率，为我国的金属非金属矿山产业持续健康发展提供坚实的技术支撑^[10]。

结论：

通过本文的研究，我们发现金属非金属矿山深井通风的关键技术与工程实施对于保障矿山安全生产和提高运营效率具有重要意义。本文通过对深井通风系统主要问题的深入分析，提出了一系列技术创新、设备更新和人才培养的有效策略。这些策略不仅解决了当前深井通风技术缺乏、设备老化和实施难度高等问题，还为矿山的可持续发展提供了坚实的技术支撑。未来，随着技术的不断进步和应用，金属非金属矿山深井通风技术将更加智能化、环保化和高效化。本文期望通过持续的研究和实践，为我国矿山通风技术的发展注入新的动力，进一步推动矿业的安全、绿色和高效发展。把“以人为本、坚持安全发展”的新思想落到实处。

参考文献：

- [1] 杨卓明, 朱瑞军, 陈庆刚. 金属非金属矿山深井通风关键技术与工程实施对策 [J]. 中国矿山工程, 2024, 53(01): 79-82.
- [2] 苗于录. 关于矿井通风安全监测监控系统关键技术的应用研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (20): 118-120.
- [3] 程晓之, 王凯, 郝海清, 等. 矿井局部通风智能调控系统及关键技术研究 [J]. 工矿自动化, 2021, 47(09): 18-24.
- [4] 刘晓, 于曙华, 刘邵华, 等. 基于 Ventsim 的通风系统优化模拟 [J]. 采矿技术, 2024, 24(02): 250-253.
- [5] 狄凯旋. 矿井均压通风技术在井下火灾防范方面的研究与实践 [J]. 自动化应用, 2023, 64(18): 204-206.
- [6] 邓二奎. 煤矿通风智能监测系统应用分析 [J]. 能源与节能, 2024, (02): 262-265.
- [7] 黄坚, 徐巍, 姚宗旭, 等. 金属矿山智能通风理论与技术 [J]. 有色设备, 2021, 35(05): 89-93.
- [8] 王新乔, 侯志明, 侯志超. 地下金属矿山开采中连续开采关键技术的应用探讨 [J]. 山东工业技术. 2016, (6).
- [9] 陈兴杰. 金属非金属地下开采矿山存在的主要安全技术问题及对策建议 [J]. 环球市场, 2019, 000(002): 384.
- [10] 杨军平. 浅谈金属非金属矿山安全生产的主要影响因素及管理对策 [J]. 智能城市. 2018, (2).

煤矿掘进技术优化与安全生产研究

徐超

方圆建筑安装有限责任公司，黑龙江 双鸭山 155100

摘要： 为保证煤矿企业生产的安全性和可靠性，本文针对煤矿掘进技术发展现状，对钻爆技术、掘锚机组一体化技术、光面爆破技术、深孔爆破技术等多种常见的煤矿掘进技术进行优化，并从事故预防与隐患排查、事故应急与救援、作业环境改善与人员安全、作业方式改变与人员安全四个方面入手，将优化后的煤矿掘进技术与煤矿企业生产进行充分结合，以满足煤矿企业安全化、智能化生产需求。希望通过这次研究，为相关技术人员提供有效的借鉴和参考。

关键词： 煤矿掘进；技术优化；安全生产

Research On Optimization Of Coal Mining Technology And Safety Production

Xu Chao

Fangyuan Construction and Installation Co., LTD., Heilongjiang, Shuangyashan 155100

Abstract： In order to ensure the safety and reliability of coal mining enterprises, this paper optimizes many common coal mining technologies, such as drilling and blasting technology, integration technology of anchor digging unit, smooth blasting technology and deep hole blasting technology, according to the development status of coal mining technology. From the four aspects of accident prevention and hidden danger investigation, accident emergency and rescue, working environment improvement and personnel safety, working mode change and personnel safety, the optimized coal mining technology is fully combined with the production of coal mining enterprises to meet the safety and intelligent production needs of coal mining enterprises. It is hoped that this study can provide effective reference for relevant technical personnel.

Key words： coal mining; technology optimization; safe production

引言

在科技水平的不断提高下，煤矿掘进技术被广泛地应用于煤层情况监测、气体监测与预警、温度监测与控制、自动化控制等领域中，尤其是在煤矿安全生产领域中，取得了良好的应用效果^[1]。在进行煤矿生产期间，通常用到掘进技术，通过应用该技术，不仅可以实时监测煤矿地质构造结构是否异常，同时，还能帮助相关工作人员从海量的监测数据中获取有价值的信息数据，为后期调整和优化煤矿生产流程，保证煤矿生产安全性提供重要的依据和参考，此外，还降低煤矿事故发生概率，从而更好地保障人们的生命安全和财产安全。所以，强化对煤矿掘进技术优化以及安全生产显得尤为重要^[2]。

一、煤矿掘进技术发展现状

在进行煤矿开采时，通常离不开煤矿掘进技术的应用，通过优化和选用合理的掘进技术，可以提高煤矿企业的经济效益和生态效益。目前，煤矿掘进技术被划分为煤巷掘进技术和岩巷掘进技术两种。岩石与煤两者之间存在一定的差异，因此，选用不同类型的技术，所对应的煤炭开采流程也存在很大不同。与岩巷相比，煤巷开采相对比较简单，通过利用采煤机即可完成开采作业，有利于煤矿开采与巷道掘进结合为统一整体。在进行岩巷掘进时，其作业流程相对比较繁琐复杂，需要用到以下两种开采方法：（1）综掘法。运用该开采方法时，可借助掘进机，直接开展

巷道掘进作业，提高掘进作业效率和效果。（2）钻爆法。运用该开采方法进行巷道掘进时，其掘进速度通常受到装岩速度影响。

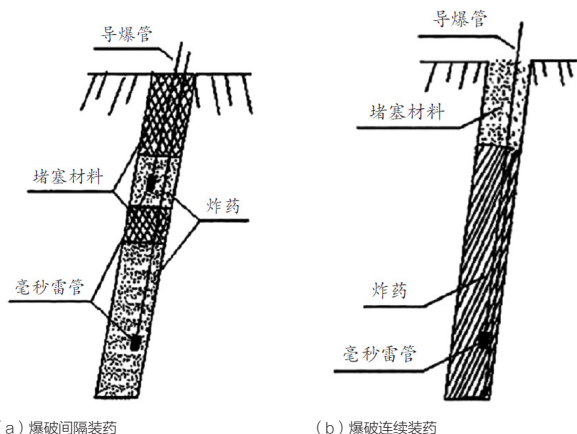
二、常见煤矿掘进技术优化

（一）钻爆技术优化

钻爆技术作为一种常用的掘进技术，主要是在参照传统掘进技术的基础上经过优化和创新后所形成的技术，该技术被广泛地应用于坚硬岩石层领域中。在我国科学技术的不断发展和创新下，钻爆技术发展得越来越成熟化、先进化。目前，作业人员应用该技术可以借助钻车，自动化打孔，高质量、高效率地进行煤

* 作者简介：姓名：徐超，出生年月：1992年9月7日，性别：男，民族：汉，籍贯：辽宁省昌图县，学历：本科，职称：初级工程师，从事的研究方向或工作领域：煤矿掘进。

矿开采，然后，应用新兴技术，进行爆破岩石^[9]。该技术优化注意事项如下：（1）在正式爆破前，技术人员要对周围掘进巷道环境进行系统化侦测，并计算和确定出炮眼具体位置，从而提高最终爆破效率和效果。（2）当相关参数计算完毕后，需将其计算结果与标准值进行对比，然后，选择精确度更高的数值，开展爆破作业。此外，康旅客采用正 / 反向填充方式，保证炸药填充效果。（3）严格按照相关标准和要求，科学有序地放置炸药包，并及时清理场地垃圾，保证整个场地的整洁度^[4]。爆破间隔装药和连续装药示意图如图1所示。



> 图1 爆破间隔装药和连续装药示意图

（二）掘锚机组一体化技术优化

掘锚机组一体化技术主要用于对掘锚联合设备的设计和开发。该技术主要是在参照传统掘进技术的基础上经过优化和创新后所形成的技术，具有功能强大、安全性高、智能性高等优势，符合复杂地质环境作业需求。在掘锚机组一体化技术的应用背景下，煤矿掘进开采流程得以有效地优化和完善，有效地提高掘进作业效率，缩短掘进作业时间，为进一步地提高煤矿开采质量和效率提供重要的技术支持。

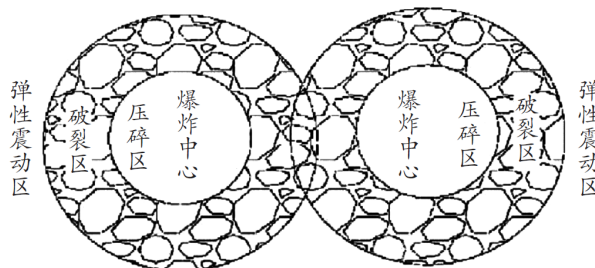
（三）光面爆破技术优化

在煤矿掘进领域中，光面爆破技术作为一种先进、成熟爆破技术，其爆破优化流程如下：首先，绿色普通爆破方式，在矿井内部构建新的粗断面，并确保光面层厚度的均匀性、岩层稳固性。其次，借助该光面层，科学布置炮眼位置，保证爆破作业开展效果。总之，应用该技术进行光面爆破时，不仅可以保证爆破断面的平整性，还能避免对附近岩层产生不良影响，为后期施工工作开展提供了极大的便利^[9]。

（四）深孔爆破技术优化

在深孔爆破技术作为一种优化后的掘进技术，在具体应用时，需在巷道中进行钻孔，确保所获得钻孔直径符合预期设计标准和要求。应用深孔爆破技术进行钻孔时，通常将钻孔直径控制在75mm以上，并借助深孔钻机，钻出若干个直径为6m的孔洞。在具体钻孔时，技术人员需结合所设置好的梯段倾斜程度，选用合适的钻孔方式，如垂直钻孔方式、水平钻孔方式、倾斜钻孔方式等。在正式钻孔之前，技术人员需全面清洗和检查钻孔工具，避免因钻孔工具异常而影响后期钻孔作业开展^[9]。通常情况下，钻孔作业需要在两名人员共同协作和配合下共同完成。为保证钻

孔作业操作的安全性，在打孔60m范围内暂停一切带电作业。同时，将钻杆、炮眼、机体设置在同一条直线上，并按照从小到大的顺序，对各个钻孔进行排序和编号，为后期布置引线提供极大的便利。当钻孔结束后，技术人员需对周围岩层进行全面化侦查，并对最终炸药量进行精确化计算。放炮作业结束30min后，相关作业人员需在做好自我保护情况下，进入爆破区域进行检查是否存在哑炮，如果存在哑炮，需严格按照相关操作规范和要求，对哑炮进行规范拆除。总之，通过应用深孔爆破技术，不仅可以保证岩块大小的均匀性，避免出现大小不一的岩块，还能促使爆破作业开展效率和效果得以显著提升。爆破钻孔间距优化示意图如图2所示。



> 图2 爆破钻孔间距优化示意图

三、掘进技术在煤矿安全生产中的应用案例

（一）事故预防与隐患排查

1. 智能化监测系统应用

煤矿企业在进行安全生产期间，为充分发挥和利用煤矿掘进技术的应用优势，需应用智能化监测系统，对掘进工作面温湿度、瓦斯浓度等指标进行实时监测，检测掘进工作面指标是否正常，为后期快速查找和处理异常问题提供重要的依据和参考^[7]。此外，通过应用监测设备、传感器等装置，可以对掘进工作面相关信息数据进行全面化采集、分析和处理，从而保证最终监测结果的准确性和有效性，这样一来，不仅可以保证事故预防实效性，还能快速排查和处理相关安全隐患问题，降低煤矿事故发生概率。

2. 风险预警与预测模型

在煤矿掘进技术的应用背景下，煤矿企业可以成功构建风险预警与预测模型，运用该模型，可以对掘进工作面的风险进行精确化评估和预测。此外，技术人员借助该模型，可结合历史数据，对煤矿企业潜在性风险问题进行精确预测。同时，运用智能化系统，可实时追踪数据变化情况，对煤矿安全风险进行实时预警，提醒相关人员快速处理煤矿安全风险，将煤矿事故发生概率降到最低^[8]。

（二）事故应急与救援

为实现掘进技术与煤矿安全生产的有效融合，相关企业在实际生产和管理中，要重视对智能化应急响应系统的应用。该系统通过运用多种现代化技术，快速响应和处理煤矿安全事故，保证煤矿企业生产的安全性和可靠性。智能化应急响应系统在具体应用期间，可对煤矿工作面相关数据进行实时监测，从而快速发现

在线安全问题，并在第一时间内快速选用最佳处理措施，对安全问题进行提前处理，从而将煤矿安全事故出现可能性降到最低。在智能化应急响应系统中，含有以下几个功能：（1）实时监测功能。技术人员应用该功能，可对煤矿工作面的温度、湿度、风速等参数进行实时监测，监测相关参数是否异常。（2）数据分析功能。技术人员应用该功能，可以全面化分析和处理所监测到的数据，并借助所构建好的风险预警与预测模型，分析煤矿企业生产是否存在安全隐患问题，并对安全事故出现概率进行精确化预测。（3）预警与报警。当该系统预测到煤矿企业可能会出现安全事故时，会自动发出报警声，以引起相关人员的注意。（4）指挥调度。技术人员应用该功能，可以结合当前煤矿生产安全事故出现情况，对救援人员、设备进行智能化调度，最大限度地提高救援质量和效率，降低人员伤亡数量。（5）信息共享功能。技术人员应用该功能，可以对事故处理进度和情况进行实时监测，并将最终监测结果上传和提交给上级部门，从而保证信息传递的安全性和高效性。

（三）作业环境改善与人员安全

1. 智能化通风系统应用

智能化通风系统是煤矿掘进技术的典型应用。相关人员在应用该系统时，可借助传感器，对矿井内 O_2 浓度、风速等参数进行实时监测，从而获得准确监测结果，为后期科学调整和控制通风设备运行状态提供重要的依据和参考，使得矿井内 O_2 浓度、风速达到正常范围值，使得智能化通风系统运行性能得以有效提升，从而保证煤矿生产安全性和可靠性。

2. 降低工作面粉尘浓度

在煤矿掘进技术中，主要借助智能化设备，对掘进工作面相关指标进行智能化控制和监测，降低作业人员手动工作量，从而减少作业人员在粉尘环境中的暴露频次和时间。例如：技术人员在应用智能化采煤机时，可结合掘进工作面情况，对该设备的工作参数进行精确化调整和控制，降低煤炭破损概率，从而使得粉尘产生量降到最低。此外，为降低掘进工作面的粉尘浓度，技术人员可结合矿井内粉尘浓度、风速等参数信息，科学调整和控制智能化通风系统运行参数，进一步提高掘进工作面的通风效果，避免出现大量粉尘聚集。另外，技术人员应用智能化设备，可以对矿井内粉尘浓度等参数进行实时监测，一旦发现粉尘浓度超标，该设备会自动发出报警声，以引起相关人员的注意。例

如：技术人员应用智能化粉尘监测仪器，对矿井内粉尘浓度进行监测，一旦发现粉尘浓度过高，技术人员可采用增加通风量等措施，降低掘进工作面粉尘浓度，从而保证煤矿企业生产的安全性。此外，通过将掘进工作面粉尘浓度降到最低，可以为工作人员打造良好的作业环境，避免因粉尘浓度过高而危害作业人员身体健康，使得作业人员的职业病出现概率降到最低。

（四）作业方式改变与人员安全

在煤矿掘进技术的应用背景下，技术人员借助智能化设备，可以降低作业人员人工操作量，保证作业现场的安全性。在传统掘进作业模式下，作业人员需在矿井内进行大量的人工操作，一旦出现顶板塌陷，会造成大量的人员伤亡。而煤矿掘进技术的出现和应用，可以解决以上问题，技术人员通过应用智能化设备，可以对煤矿生产进行远程化操作和控制，避免与危险环境直接接触，从而保证作业人员人身安全。此外，智能化设备为作业人员提供自动监测、自动报警等服务体验，方便作业人员快速发现和处理煤矿生产安全隐患问题。在传统作业模式下，作业人员需要凭借自身的工作经验进行人为观察，这种处理方式过于落后，缺乏精确性，无法观察到微小异常问题。而智能化设备的出现和应用，可以解决以上问题，该设备借助传感器，可以对掘进工作面情况进行实时监测，一旦发现掘进工作面参数异常，该设备会自动发出相应的报警声，提醒相关人员快速处理，降低煤矿生产安全事故出现概率。另外，在智能化设备的应用背景下，作业人员可以运用大数据分析技术，采用模型预测的方式，快速获取精确、真实的预警信息，为后期制定系统化煤矿生产方案提供重要的依据和参考。

结束语

综上所述，在信息时代背景下，煤矿开采技术得以有效地创新和改革，被广泛地应用于煤矿安全生产中。在社会经济水平的不断提升下，人们对煤炭资源的需求量不断增加，并引发越来越多的煤矿事故问题，为此，相关技术人员要强化对煤矿掘进技术优化，并将优化后的掘进技术科学地应用到煤矿安全生产领域中，帮助相关技术人员快速进行事故预防与隐患排查以及事故应急与救援，此外，还能改善作业环境，优化作业方式，从而更好地保障作业人员自身生命健康。

参考文献

- [1] 赵利平. 煤矿掘进技术及安全生产管理探讨 [J]. 能源与节能, 2023(4):222-224.
- [2] 于文博. 掘进工作面智能化对煤矿安全生产的影响 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(4):94-96.
- [3] 白旭东. 煤矿掘进中机电技术管理在安全生产中的应用 [J]. 能源与节能, 2023(6):195-197.
- [4] 田超. 煤矿掘进支护技术与可持续安全生产 [J]. 电脑采购, 2022(4):94-96.
- [5] 李晓伟. 煤矿掘进智能化对矿井安全与生产效率的提升 [J]. 建筑与施工, 2023,2(21):65-66.
- [6] 侯利强. 煤矿掘进支护中存在的问题及应对措施 [J]. 能源与节能, 2023(5):202-204.
- [7] 马云鹏. 煤矿井下掘进巷道控尘除尘现状分析与对策 [J]. 现代矿业, 2022,38(4):228-230.
- [8] 崔啸. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(24):37-39.
- [9] 赵利平. 煤矿掘进技术及安全生产管理探讨 [J]. 能源与节能, 2023(4):222-224.
- [10] Jerome S.Zobon 杰罗姆. 余吾煤矿掘进工作面干法除尘技术应用研究 [D]. 中国矿业大学, 2019.

某型 N 沟道 MOSFET 场效应晶体管设计

陈飞

贵州航天控制技术有限公司, 贵州 贵阳 550009

摘 要： 集成电路在各行各业发挥着重要作用, 近几年随着集成电路的快速发展, 电路、芯片的精密可靠及低功耗的需求日益提升, 对新型功率半导体器件的功率密度和可靠性的要求越来越高。本文设计某型 N 沟道 MOSFET 场效应晶体管, 采用沟槽工艺设计, 将栅极埋入基体中, 形成垂直的沟槽, 栅极小, 寄生电容小, 为 N 沟道增强型 MOSFET, 与同电压等级的普通沟槽栅 MOSFET 相比, 导通电阻要低得多, 因此在功率密度上占有很大的优势。该系列 MOS 管具备快速开关、低导通电阻、大导通电流和高工作结温的特点。

关 键 词： 寄生电容; MOSFET; 电学特性

Design Of A N-Channel Mosfet Field Effect Transistor

Chen Fei

Guizhou Aerospace Control Technology Co., LTD., Guizhou Guiyang 550009

Abstract： Integrated circuits play an important role in all walks of life. In recent years, with the rapid development of integrated circuits, the demand for precision, reliability and low power consumption of circuits and chips is increasing, and the demand for power density and reliability of new power semiconductor devices is getting higher and higher. In this paper, a type of N-channel MOSFET field-effect transistor is designed using the channel technology, the gate is buried in the matrix to form a vertical groove, the gate is small, the parasitic capacitance is small, for the N-channel enhanced MOSFET, compared with the ordinary channel gate MOSFET with the same voltage level, the on-resistance is much lower, so it has a great advantage in power density. This series of MOS tube has the characteristics of fast switching, low on-resistance, large on-current and high junction temperature.

Key words： parasitic capacitance; mosfet; electrical characteristics

一、引言

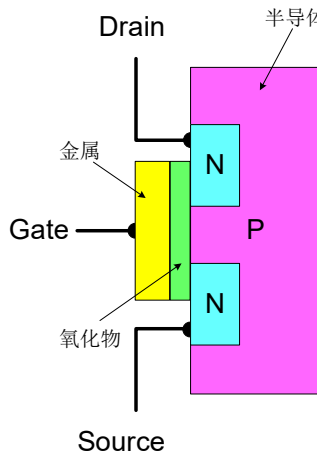
本文设计型 N 沟道 MOSFET 场效应晶体管, 采用沟槽工艺设计, 为 N 沟道增强型 MOSFET。该系列 MOS 管具备快速开关、低导通电阻、大导通电流和高工作结温的特点。能广泛应用于新能源智能装备、电机功率驱动器等领域^[1]。

二、MOSFET 场效应晶体管设计

(一) 设计方案

MOSFET 的核心是由金属-氧化物-半导体结构形成的 MOS 电容。当 MOS 电容两端外加电压时, 氧化物-半导体界面附近的半导体能带发生弯曲。在氧化层-半导体界面处导带和价带相对于费米能级的位置与 MOS 电容上所加电压有关, 因此通过施加适当的偏置电压, 半导体表面的特性可以从 P 型转变为 N 型, 也可以从 N 型转变为 P 型。

N 沟道增强型 MOS 管在 P 型半导体上生成一层 SiO₂ 薄膜绝缘层, 然后用光刻工艺扩散两个高掺杂的 N 型区, 从 N 型区引出电极 (漏极 Drain、源极 Source), 在源极和漏极之间的 SiO₂ 绝缘层上镀一层金属铝作为栅极 Gate。如图 1 所示。



> 图 1 N 沟道 MOSFET

当栅极和源极之间不加任何电压时 ($V_{GS}=0$), 由于漏极和源极两个 N+ 型区之间间隔有 P 型衬底, 相当于两个背靠背连接的 PN 结, 即 D、S 之间不具备导电的沟道, 在漏、源极之间施加正向电压, MOS 管产生的漏极电流 I_D 很小, MOS 管处于截止区。

将衬底与源极短接, 在栅极和源极之间加正电压, 即 $V_{GS} > 0$ 时, 则在栅极与衬底之间产生一个由栅极指向衬底的电场。在这

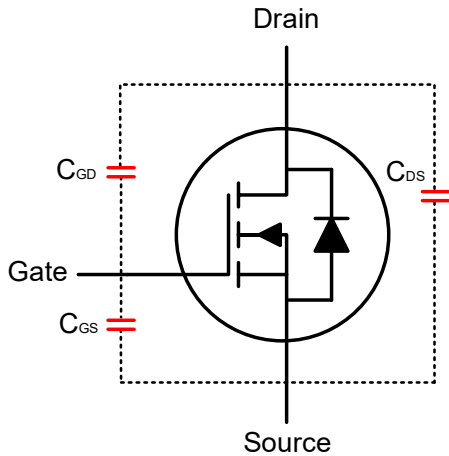
* 作者简介: 陈飞 (1981), 男, 布依族, 贵州省平塘县, 高级工程师, 大学本科学士学位, 主要从事软件、芯片研究。

个电场的作用下，P 衬底表面附近的空穴受到排斥将向下方运动，电子受电场的吸引向衬底表面运动，与衬底表面的空穴复合，形成了一层耗尽层。当 V_{GS} 达到开启电压 $V_{GS(TH)}$ 时，P 衬底表面层中空穴全部被排斥和耗尽，而自由电子大量地被吸引到表面层，形成自由电子为多子的 N 型层（反型层）。

当 $V_{GS} > V_{GS(TH)}$ ，在漏极 D 和源极 S 之间加上正电压 V_{DS} ，导电电流由漏区流向源区。由于电阻效应，沟道各点的电位沿沟道由漏区到源区逐渐减小，靠近漏区一端的电压 V_{GD} 最小（ $V_{GS} - V_{DS}$ ），沟道最薄；靠近源区一端的电压最大（ V_{GS} ），相应的沟道最厚，整个沟道呈倾斜状（非饱和区），随着 V_{DS} 的增大，靠近漏区一端的沟道越来越薄。

当 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{GS(TH)}$ ，沟道出现夹断区，且夹断点随 V_{DS} 的增强向源极方向移动，在夹断区内形成较强的电场沟道电子沿沟道从源极流向夹断区，当电子到达夹断区边缘时，受夹断区强电场的作用，会很快的漂移到漏极，MOS 管进入饱和区^[2]。

从 MOSFET 的结构中可以看到，在 G_S 、 G_D 之间存在寄生电容，而 MOS 管的驱动，理论上就是对输入电容 C_{iss} 充放电。 C_{oss} 输出电容可能引起电路的谐振，反向传输电容 C_{rss} 也做米勒电容，对于开关的上升和下降时间来说是其中一个重要的参数，还影响关断延时时间。



> 图2 MOSFET 寄生电容

根据封装尺寸要求，芯片面积应小于 $4mm \times 4mm$ 。除去终端和 PAD 区尺寸，且为电容设计留足够余量，将有源区面积上限定为 $12mm^2$ 。

比导的指标为：

$$R_{ON,SP}(V_G = 10V) = R_{ON} \times S = 0.0044\Omega \times 12mm^2 = 0.0528\Omega \cdot mm^2$$

元胞单位面积电容的指标为：

$$\Delta C_{iss} = 5850pF / 12e6 = 4.87e-16F$$

$$\Delta C_{oss} = 1070pF / 12e6 = 8.92e-17F$$

$$\Delta C_{rss} = 45pF / 12e6 = 3.75e-18F$$

（二）设计方法

采用正向设计的方法：产品参数定义→确定工艺流程→元胞结构设计→元胞结构仿真→电学特性仿真→Baseline 拉偏仿真→版图布局→物理规则检查→tapout。

根据产品功能划分内部模块，对模块进行规格及参数定义，

设计过程中需要对模块的功能及参数进行仿真，仿真要充分覆盖全部工艺角。模块仿真通过后对整体进行系统仿真，仿真要求覆盖全部规格定义的参数指标，同时需要在全部工艺角下通过仿真。最大限度在设计阶段保证芯片设计可以满足芯片的规格需求^[3]。

（三）工艺流程

沟道增强型 MOSFET 的工艺流程如下表所示。

表 1 工艺流程

| 阶段 | 工艺步骤 | 掩模版 |
|---------------|----------------|----------|
| 初始 | 衬底 | |
| | 外延生长 | |
| | 元胞宽度、面积 | |
| 沟槽 | 淀积硬掩模 | |
| | 沟槽刻蚀 | Trench |
| | 去除硬掩模 | |
| 沟槽场氧（FOX） | 热生长氧化层 | |
| 屏蔽栅 | 淀积多晶硅 | |
| | CMP | |
| | 刻蚀多晶硅 | POLY0 |
| HDP | 淀积氧化层 | |
| | CMP | |
| | 刻蚀氧化层 | |
| | 热过程 | |
| 栅氧化层 | 热生长栅氧化层 | |
| 控制栅 | 淀积多晶硅 | |
| | 刻蚀多晶硅 | |
| | Poly Anneal | |
| Body（PW）注入 | 保留 PW 氧化层 | |
| | 第一次注入 | |
| | 第二次注入 | |
| Source(SN) 注入 | 保留 SN 氧化层 | |
| | SN 注入 | NPLUS |
| | 激活 | |
| BPSG | 淀积氧化层 | |
| CT | 刻蚀氧化层、硅和屏蔽栅多晶硅 | CT |
| | 孔注 1 | |
| | 孔注 2 | |
| | 激活 | |
| Metal | 淀积金属 | |
| | 刻蚀金属 | METAL |
| 钝化层 | 钝化 | PA PLYMD |

（四）元胞结构参数

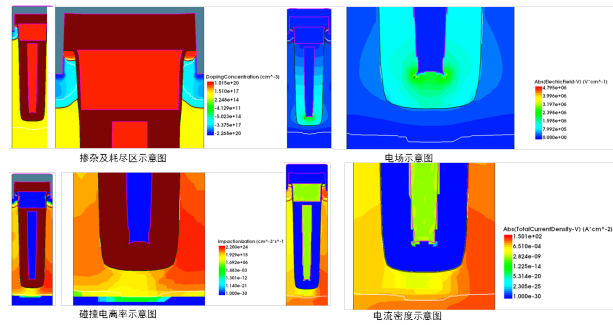
元胞设计的结构参数如下表所示。

表2 元胞结构参数

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| 元胞宽度 | 2.5 μm |
| 外延厚度 | 9 μm |
| 外延电阻率 | 2.0/4.0 $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ |
| 预氧厚度 | 520 nm |
| Trench 宽度 | 1.15 μm |
| Trench 深度 | 6 μm |
| 侧壁栅氧化层厚度 | 60 nm |
| 底部栅氧化层厚度 | 200nm |
| Pbody1 注入剂量 | 3.5e12 |
| Pbody12 注入剂量 | 1.5e13 |
| Pbody1 注入能量 | 60keV |
| Pbody 注入能量 | 120keV |
| Pbody 推结温度 / 时间 | 1050°C /60min |
| NSD 注入剂量 | 1e15 |
| NSD 注入能量 | 60keV |
| NSD 推结温度 / 时间 | 950°C /30min |
| PSD 两次注入剂量 | 4e15、5e13 |
| PSD 两次注入能量 | 20keV、35keV |
| 接触孔刻蚀深度 | 0.40 μm |
| 接触孔刻蚀宽度 | 0.15 μm |

（五）电学特性仿真

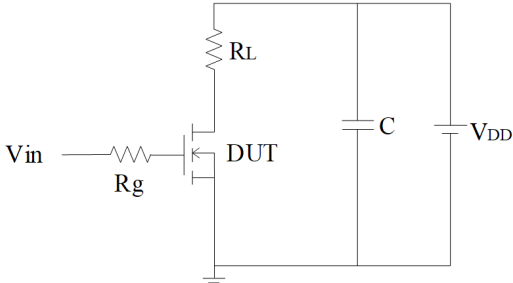
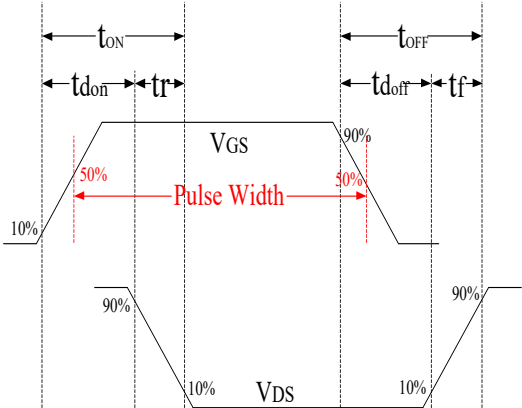
耗尽区、电场及碰撞电离率图示（耗尽区图示展示器件外延层未全部耗尽，故外延层厚度对击穿电压应几乎无影响；电场集中于 trench 底部拐角及 trench 底部栅氧处；碰撞电离率最高点则主要位于 trench 底部拐角处，故器件不存在穿通现象）。



> 图3 电学特性仿真图

仿真用到的栅电阻为1.8 Ω 。在该仿真条件下，仿真用到的栅电阻为1.8 Ω 。在该仿真条件下，仿真结构的开启关断特性如下表所示。

表 3 开关特性仿真测试表

| 测试电路 | | 测试波形 | | |
|--|--------|--|---------|-------|
|  | |  | | |
| 测试条件: $V_{ds}=40V/V_{in}=-10V/R_L=3.2\Omega/R_g=1\Omega$ | | | | |
| Tdon: $V_{gs}=1V(10\%) \longrightarrow V_{ds}=90V(90\%)$ Tr: $V_{ds}=90V(90\%) \longrightarrow V_{ds}=10V(10\%)$ Tdooff: $V_{gs}=9V(90\%) \longrightarrow V_{ds}=10V(10\%)$ Tf: $V_{ds}=10V(10\%) \longrightarrow V_{ds}=90V(90\%)$ | | | | |
| 参数 | td(on) | tr | td(off) | tf |
| 仿真 | 16ns | 41ns | 50 ns | 36 ns |

Baseline 拉偏仿真汇总如下表所示。

表 4 拉偏仿真测试表

| 仿真结果 | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------|
| 电学特性 | 要求 | Spilt1 | Spilt2 | Spilt3 | Spilt4 | Spilt5 | Spilt6 | Spilt7 | Spilt8 | Spilt9 | Spilt10 | |
| | Vth_250uA | 2.3~3.3/V | 2.4 | 2.42 | 2.46 | 2.55 | 2.78 | 2.73 | 2.42 | 2.43 | 2.41 | 1.92 |
| | BV | 100/V | 105.5 | 105.8 | 103.6 | 105.5 | 104.5 | 105.3 | 105.9 | 105.9 | 105.5 | 98 |
| | Ron,sp@Vg10 | 52.8/m $\Omega \cdot \text{mm}^2$ | 47.8 | 47.1 | 47.3 | 46 | 50.4 | 48 | 47.4 | 49.1 | 49.1 | 52.6 |

| Target BV | THK9+Oxide0.3 | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------|------------|----------------------|---------------------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------------------|-------------|------------|
| | Epi Depth \ Epi Dose | | Epi Depth 6.2um+2.8um | | | | Epi Depth 6um+3um | | | | Epi Depth 5.8um+3.2um | | | |
| | ρ of Epi1 | ρ of Epi2 | BV | Rsp ($m\Omega \cdot mm^2$) | Cgd (pF) | Qg (nC) | BV | Rsp ($m\Omega \cdot mm^2$) | Cgd (pF) | Qg (nC) | BV | Rsp ($m\Omega \cdot mm^2$) | Cgd (pF) | Qg (nC) |
| 1 0 0 | 0.37 | 0.14 | 105.43 | 47.7 | 45.56 | 14.80 | 87.33 | 47.3 | 45.64 | 14.80 | 105.57 | 46.8 | 45.66 | 14.80 |
| | | 0.15 | 1066.77 | 48.4 | 45.75 | 14.80 | 86.09 | 47.9 | 45.84 | 14.80 | 104.77 | 47.5 | 45.91 | 14.80 |
| | | 0.16 | 105.43 | 49.0 | 47.47 | 14.80 | 84.89 | 48.6 | 47.85 | 14.80 | 103.74 | 3.51 | 48.07 | 14.80 |
| | 0.38 | 0.14 | 108.85 | 48.1 | 45.57 | 14.80 | 87.96 | 47.6 | 45.65 | 14.80 | 105.99 | 47.1 | 45.66 | 14.80 |
| | | 0.15 | 107.38 | 48.7 | 45.72 | 14.80 | 86.66 | 48.2 | 45.84 | 14.80 | 105.24 | 47.8 | 45.92 | 14.80 |
| | | 0.16 | 106.03 | 49.3 | 47.43 | 14.80 | 85.46 | 48.9 | 47.86 | 14.80 | 104.29 | 484 | 48.06 | 14.80 |
| | 0.39 | 0.14 | 109.62 | 48.8 | 45.53 | 14.80 | 88.55 | 47.9 | 45.63 | 14.80 | 106.65 | 47.8 | 45.70 | 14.80 |
| | | 0.15 | 88 | 2.61 | 45.71 | 14.80 | 87.28 | 48.6 | 45.85 | 14.80 | 85.93 | 48.1 | 45.89 | 14.80 |
| | | 0.16 | 86.76 | 2.70 | 47.44 | 14.80 | 86.12 | 49.2 | 47.84 | 14.80 | 84.83 | 49.2 | 48.04 | 14.80 |

Baseline 拉偏总结：
外延电阻率对击穿电压、密勒电容影响较大，当外延电阻率向下减小15%，击穿电压仍大于目标值100V。
trench 深度对密勒电容和输入电容影响较大，当 trench 深度向上增加15%时，在 trench 深度和外延电阻率的共同作用下，密勒电容超标。

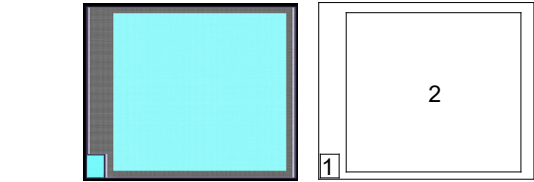
栅氧化层厚度和注入剂量会共同影响器件的阈值电压和输入电容，当栅氧厚度和注入剂量共同向下减小15%时，阈值电压会小于要求的最小值；当 trench 深度和输入剂量向上增加15%且栅氧厚度向下减小15%时，输入电容超标。
从电学仿真数据来看，仿真元件的电学参数均满足设计要求。如下表所示。

表5 电学参数表

| | | BV/V | Vth/V | Ron / $m\Omega$ (Vg=10V) | Ron,sp / $\Omega \cdot mm^2$ (Vg=10V) | Ciss/ pF | Coss / pF | Crss / pF |
|----|------|------|-------|--------------------------|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| 指标 | Min | 100 | 2.3 | | | | | |
| | Type | | 2.8 | | | | | |
| | Max | | 3.3 | 4.4 | 0.0528 | 6000 | 1100 | 50 |
| 仿真 | | 105 | 2.78 | 4.2 | 0.047 | 5127 | 1027 | 48 |

(六) 版图设计
本产品采用华润微的 MOSFET 工艺库的模型开展了版图设计工作，最终芯片尺寸为3900um×3200um，版图如图4所示。

三、总结
本文对 N 沟道 MOSFET 开展了原理设计、仿真验证和版图设计工作，满足预期设计指标要求。



> 图4 芯片版图

参考文献：

[1] 宋嘉强. 互补型及场调制型隧穿场效应晶体管研究 [D]. 西安电子科技大学. 2023.
[2] 李骏康. 高性能低功耗锗沟道场效应晶体管技术的研究 [D]. 浙江大学. 2021.
[3] 蔡晶晶. 隧穿场效应晶体管的集成研究 [D]. 安徽大学. 2021.
[4] 钟兴宏. 隧穿场效应晶体管的仿真研究 [D]. 湘潭大学, 2016.
[5] 刘威. 高开关电流比隧穿场效应晶体管器件机理与结构研究 [D]. 电子科技大学, 2016.
[6] 宋嘉强. 互补型及场调制型隧穿场效应晶体管研究 [D]. 西安电子科技大学, 2022.
[7] 龙尚林. 新型环栅隧穿场效应晶体管的结构设计与性能优化 [D]. 北京邮电大学, 2021.
[8] 张蒙. 多环隧穿场效应晶体管及其逻辑门电路优化设计 [D]. 华东师范大学, 2022.
[9] 郭嘉敏. L 型隧穿场效应晶体管的陷阱效应研究和结构优化 [D]. 西安电子科技大学, 2020.
[10] 熊承诚. 隧穿场效应晶体管的器件结构优化及设计研究 [D]. 华东师范大学, 2022.

EPC 工程总承包模式下的设计控制及工程管理研究

俞俊男

杭州市钱江新城建设管理委员会，浙江 杭州 310000

摘 要： 随着经济社会的不断发展，各类工程项目建设数量和规模在持续增加，不论是哪一种类型的工程项目，都会涉及到复杂的施工内容、条件，对项目设计管理都有着更高的要求。如何做好新时期工程的设计控制和管理，确保工程项目的经济性、安全性和高质量，是现代工程项目管理探究的焦点。EPC 工程总承包模式是一种有效的工程控制管理手段，在推动工程项目高效安全经济开展方面具有十分重要的应用价值。基于此，本文对 EPC 工程总承包模式下的设计控制和工程管理相关内容进行了简单的分析和探究，以期能为工程控制管理相关工作的开展提供一定的参考。

关 键 词： EPC 工程总承包模式；设计控制；工程管理

Study On Design Control And Engineering Management Under EPC Engineering General Contracting Mode

Yu Junnan

Hangzhou Qianjiang New City Construction Management Committee, Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract： With the continuous development of economy and society, the number and scale of all kinds of engineering project construction continue to increase. No matter which type of engineering project, it will involve complex construction content and conditions, and have higher requirements for project design and management. How to do a good job in the design control and management of the new period project, to ensure the economy, safety and high quality of the project, is the focus of modern engineering project management exploration. EPC engineering general contracting mode is an effective means of engineering control and management, which has a very important application value in promoting the efficient, safe and economic development of engineering projects. Based on this, this paper makes a simple analysis and exploration of the related contents of design control and engineering management under EPC engineering general contracting mode, in order to provide some reference for the development of engineering control management.

Key words： EPC project general contracting mode; design control; project management

随着行业竞争越来越激烈，很多项目工程单位为了在确保工程项目质量的同时，追求更加高质量的经济效益，开始尝试应用 EPC 工程总承包模式开展工程设计控制和管理，在 EPC 工程总承包模式应用指导下，只要规定好工程建筑的时间、目标以及资金使用条件和限制等，总承包单位可以对工程项目进行详细的安排，不仅承包单位的自主权更加充分，有利于承包单位自身优势的最大发挥，而且能够提高承包单位人员的积极性，在经济、高效推进项目工程方面有着明显的优势。

一、EPC 工程总承包模式的相关内容概述

（一）EPC 工程总承包模式的概念

EPC 工程总承包模式在工程开展实际中又被称之为“交钥匙工程总承包模式”，工程的发包人与总承包单位签订相应的合同之后，工程总承包企业按照合同约定，承担工程项目的设计、采购、施工、试运行服务等工作，并对承包工程的质量、安全、工期、造价全面负责。这种模式的核心是设计和施工的一体化，总承包单位可以集中资源进行工程管理和控制，确保工程的质量和

进度。在 EPC 工程总承包模式下，总承包单位负责整个工程的设计、采购、施工等全过程，管理成本和风险会大大降低，同时发包人只负责工程整体性的、目标性的管控工作，比如成本效益、工程交付时间等。

（二）EPC 工程总承包模式的特点

EPC 工程总承包模式的特点有以下几个：一是设计和施工一体化，设计和施工都由总承包单位负责，可以更好地确保两者之间的衔接，提高工程项目的开展效率。二是工期和造价相对固定。发包人事先明确工程的造价、工期，总承包单位签订合同

* 作者简介：俞俊男，1990 年，男，汉，浙江省杭州市，在职研究生，工程师，建筑工程管理

后,后续的所有工作开展都要围绕着已定的造价和工期进行,从而更好地控制工程的成本和风险。三是资源相对集中,总承包单位可以集中资金、技术、管理等资源,对工程进行全面管理和控制,确保工程的质量和进度。四是降低发包人的管理成本,发包人也就是业主不需要花费大量时间、精力开展工程管理,只要对总承包单位进行监督和管理即可,从而有利于管理成本的降低。五是合同风险较高,对于总承包单位来说,要承担全部的设计、采购、施工等责任和风险,合同风险相对较高。

二、EPC 工程总承包模式在实践中的应用难点

根据 EPC 工程总承包模式的内涵和特点,结合工程项目实施的实际,可以将 EPC 工程总承包模式的应用难点归纳为以下几个方面。

(一) 工期紧张,安全隐患难以避免

EPC 工程总承包模式应用的最大问题就是工期紧张,在实际中,业主为了更好的保障自身利益,往往会对工程项目的工期、工程造价成本等进行严格的规定,在追求利益最大化的驱动下,工程的工程往往会被安排的十分紧凑。在这种情形下,总承包单位为了能够在合同规定的工期内完成工程交付,往往会将设计、施工等结合在一起进行,于是会出现边设计边施工的情况,很多时候,工程整体的设计方案没有完善的情况下工程施工已经开始,EPC 工程总承包模式中的设计控制优势没有被体现出来,同时也导致了部分施工存在安全隐患。另外,为了赶工期,对施工环节的安全监督、勘察监管等工作也往往流于形式,对工程施工的整体质量造成不良影响。

(二) 结构复杂,管理风险规避能力较低

管理组织结构混乱也是 EPC 工程总承包模式存在的突出问题之一,很多总承包单位并没有形成完善的工程管理组织结构,各个部门、层级的管理职责、权限等混乱、混淆,有些承包单位仅仅是配备了一些工程管理人员,既负责工程施工建设,又负责各环节相互协调、对接,工作职责混乱。而有的承包单位在管理层级上划分不科学,管理层级过多,在一层又一层的管理指挥和信息传递下,管理效率大大降低,且管理效能大打折扣,不利于工程项目的高质、顺利开展。

(三) 交叉作业,工程管控复杂

在工程项目管理尤其是一些建设规模较大的工程管理中,总承包单位为了能够在规定的时间内完成施工作业、节约施工成本,经常会开展交叉施工作业,这在一定程度上增加了工程管理的难度。一方面,为了确保各个环节施工作业的安全,需要各个作业环节、相关管理人员以及施工人员之间的沟通,协调施工机械设备、协调施工时间等等,另一方面,某个交叉作业环节中出现矛盾和问题,会对整个工程项目的施工进度产生影响。加上总承包单位中施工人员的专业素养、沟通能力较低,如果出现了仅考虑自身利益的情形,会引发较大的交叉作业施工矛盾,不仅会影响施工的顺利进行,而且还可能会影响到工程项目的整体施工质量。

三、EPC 工程总承包模式下的设计控制及工程管理措施分析

为了解决 EPC 工程总承包模式应用难点,更好的发挥 EPC 工程总承包模式在推进工程项目建设和综合效率方面的优势作用,建议从设计控制和工程管理维度,做好相关的工作,具体的说,包括以下几个方面的措施。

(一) 提升工程项目设计的综合质量

设计是 EPC 工程总承包模式下工程项目开展的首要环节,可以说,设计的质量直接关系到 EPC 工程总承包模式的效能体现,而工程设计人员的综合素养和能力又直接影响到工程项目设计的质量,因此,要想发挥 EPC 工程总承包模式的优势,设计人员必须要积极转变设计理念,在牢固掌握工程项目设计相关理论知识的同时,要对工程管理、工程造价、现场管理等方面的知识进行了解和掌握,同时还要强化自身的风险管控意识、成本管控意识等,针对 EPC 工程总承包模式下总承包单位面临的困难和挑战,开展全面、合理的工程设计。同时,工程项目的设计人员还应当具备一定的预见性意识,也就是要对新型的工程施工材料、设施设备的优势劣势等进行了解,熟悉新型施工技术和设备的适用性、经济性等,确保工程设计针对性强、实效性高。最后,在开展工程项目设计之前,设计人员要开展必要的实地勘察工作,了解工程项目施工的现场环境、施工作业条件,掌握业主的工期要求、成本控制目标等,以此为基础开展工程项目设计。另外,要对设计进行持续的优化,根据 EPC 工程总承包模式下边设计边施工的情况,结合实际,坚持具体问题具体分析的原则,对工程设计进行优化,为工程项目有序、持续开展提供可靠的设计工作保障。

(二) 做好设计的细化控制

在 EPC 工程总承包模式下,设计是十分基础、关键的环节,会对工程项目的实施、成本的管控以及工期管理等产生直接的影响。因此设计人员在上述相关总体能力要求基础上,还要对工程项目的设计进行细化控制,确保工程项目设计方案的有效实施。首先,要综合考虑工程项目的资产、工程项目施工建设成本、后续运行维护管理等工程项目的各个阶段的要素,将工程项目的经济成本转化为经济价值,并以此为基础对工程项目的设计方案进行优化。在这个过程中,限额设计是十分关键的,所谓的限额设计,就是工程项目的设计人员根据工程的实际投资成本、流动成本等具体的数据对工程设计进行细节化的安排,确保设计出来的方案总体控制在工程项目的成本管控范围之内。其次,由于 EPC 工程总承包模式下工程项目大都是以阶段式方式组成的,因此在进行方案设计和成本管控的过程中,可以对上一个阶段的设计、成本和投资使用情况进行分析,然后结合下一阶段施工的重点、材料成本等进行合理设计,确保每一个阶段的设计都严格遵循限额的标准。另外,如果设计出来的图纸或者方案与实际存在出入,那么对于其中不合理的部分,建议通过调整设计节点的方式进行修正,始终确保设计方案在限额之内。同时,如果在工程施工过程中出现了工程变更的问题,要及时进行沟通交流,在严格

审查设计图纸的基础上，针对工程变更对相关环节、材料的价格进行重新核算、更新，减少工程实际成本与预期成本之间的误差，为工程项目的开展提供可靠度的设计保障。

（三）做好风险管理规划，确保施工安全

上文分析中提到，EPC 工程总承包模式下存在较大的管理风险问题，因此做好工程风险管理规划，是确保工程施工质量和施工安全的必要前提。首先，要根据工程项目的实际制定风险管理计划，在工程项目开始之前，根据以往的工程管理经验，制定相应的风险管理计划，对风险管理的目标、原则、流程和措施等进行明确。其次，要做好风险识别工作，对工程项目中可能出现的各种风险进行全面、细致的识别，具体包括了工程项目的技术风险、质量风险、安全风险、工期管理风险等，并对这些风险进行深入的分析，确定各类风险可能发生的概率，造成的影响以及影响的程度和范围等。同时，结合分析结果，依据工程管理经验，制定相应的风险应对措施，风险应对措施又包括了预防风险的措施、出现风险后的应急预案以及可采取的风险转移措施等。在不同的环节要根据实际情况明确具体的应对措施。另外，在工程项目的施工过程中，总承包单位还要做好风险监控工作，对风险进行持续的监控，及时发现潜在的风险并解决，确保工程项目的施工安全。尤其是在交叉作业的管理过程中，要在保证各有关部门畅通沟通的前提下，健全信息反馈渠道，为交叉作业的各个部门之间进行信息共享提供便利，更好的应对可能存在的风险。为了做好上述工作，总承包单位应当建立专门的风险管理团队，并且要对项目的相关人员进行风险管理培训和教育，提高他们的风险意识和应对能力，通过高效的管控措施来降低工程项目中的风险，确保施工的安全，减少因风险管理不善导致的经济损失，为工程项目的顺利实施提供有力的风险规划、管理保障。

（四）强化现场管理，保障施工质量

工程项目施工现场管理是 EPC 工程总承包模式的重要部门，在具体的现场管理中，要做好以下几个方面的工作。一是严格按照制定的施工方案进行施工作业，在施工前，总承包单位应根据合同中约定的工程量和工期、施工设计等，选用合理的机械设备和施工人员，编制合理的工程施工计划，为后续施工开展做好准备。二是严格落实成本管控措施，总承包单位应当将工程项目的成本管控目标进行层层分解，确定每一个部门甚至是每一个人的成本管控责任，将成本管控效果和经济利益衔接起来，增强全体施工人员的成本管控意识。比如在完成每一道工序后，结合工程责任承包完成情况，进行考核。节约的成本按照节约成本的一定比例作为奖金奖励，但是如果出现成本超标，则要进行相应的罚款。三是严格做好施工现场的材料管理，对施工现场材料的采购管理、进场验收、抽检抽样、分类堆放管理等，都要按照相关要求来进行，比如对于到场的材料，要清点造册、登记，施工过程中，材料的使用也要严格按照施工进度凭材料出库单发放使用，并对施工材料的使用进行追踪，规避材料丢失或浪费的问题。四是要严格开展施工现场的质量和安全管理，要加强质量检查和控制，确保每一个施工环节、每一道施工工序都符合相应的技术质量标准。同时，要注重施工现场的安全管理，开展必要的安全培训和操作规程教育，降低安全事故的发生概率。

结束语：

EPC 工程总承包模式下，要从设计人员素养、设计细节等方面做好设计控制，并从风险管理、现场管理等角度做好工程管理，确保 EPC 工程总承包模式在工程项目开展中的综合优势发挥。

参考文献：

[1] 王清明, 张宇, 郑昊腾, 等. EPC 工程总承包模式设计管理前期控制探讨 [J]. 价值工程, 2022, 41(2): 54-56.
[2] 项继来, 陈华伟, 李晓静. 海外大型水电工程 EPC 总承包项目业主代表模式的设计控制程序 [J]. 水利技术监督, 2019(6): 250-252.
[3] 李昆鹏. EPC 模式下工程总承包企业的造价和成本管控 [J]. 中国集体经济, 2023(7): 60-63.
[4] 赵文生. EPC 模式下工程总承包企业的造价和成本管控 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023(7): 143-145.
[5] 寇亚龙. EPC 总承包模式下电气工程项目全过程安全管理研究 [J]. 电器工业, 2023(4): 66-68, 72.
[6] 我国工程总承包模式快速发展时代来临 [J]. 黄勇. 建筑, 2020.
[7] 工程总承包模式的几个法律问题探讨 [J]. 王鹏. 铁道经济研究, 2018.
[8] 浅谈工程总承包模式发展中的问题及策略 [J]. 张国栋. 安徽建筑, 2011.
[9] 工程总承包模式的实践与探讨 [J]. 赵厚勤; 殷宝才. 江苏建筑, 2021.
[10] 工程总承包模式在农业建设项目中的应用探讨 [J]. 薛亮. 四川水泥, 2024.

机场排水明沟分块盖板原位制安施工技术应用

李彬彬

中铁北京工程局集团机场工程分公司, 北京 102300

摘 要 : 排水明沟分块盖板原位制安施工是一项改进型施工技术。本文结合本技术在哈尔滨太平国际机场二期扩建工程应用的实例, 从排水明沟分块盖板的传统预制吊装施工方法及其弊端、原位制安工艺优化的思路、工艺及施工操作要点进行相关阐述。排水明沟分块盖板原位制安施工技术, 避免了传统方法先在专门场地预制预制、然后运输并吊装安装、且盖板在安装过程中顶面高程及平整度不易控制、分块盖板之间有不均匀错台及间隙、观感质量较差的弊端, 能够提高排水沟盖板的直线性、顶面的高程及平整度, 提高排水沟的观感质量, 优化作业场地, 降低运输成本及施工成本, 缩短工程工期, 解决机场排水明沟质量管控难的问题。

关 键 词 : 机场排水明沟; 分块盖板; 原位制安; 施工技术

Application Of In-Situ Fabrication And Installation Technology For Segmented Cover Plates Of Airport Drainage Ditches

Li Binbin

China Railway Beijing Engineering Bureau Group Airport Engineering Branch, Beijing 102300

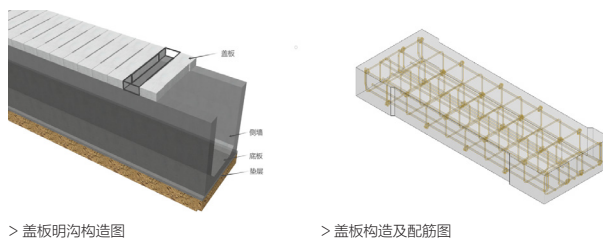
Abstract : The in-situ fabrication and installation of block cover plates for drainage ditches is an improved construction technology. This article combines the application of this technology in the expansion project of Harbin Taiping International Airport Phase II, and elaborates on the traditional prefabricated lifting construction method and its drawbacks of the segmented cover plate of the drainage ditch, as well as the ideas, processes, and construction operation points of optimizing the in-situ production and safety process. The construction technology of in-situ fabrication and installation of block cover plates for drainage ditches avoids the drawbacks of traditional methods of prefabricating and prefabricating in specialized sites, transportation and hoisting installation, and the difficulty in controlling the top surface elevation and flatness during the installation process, uneven misalignment and gaps between block cover plates, and poor visual quality. It can improve the straightness, top surface elevation and flatness of drainage ditch cover plates, improve the visual quality of drainage ditches, optimize the operating site, reduce transportation and construction costs, shorten the project period, and solve the problem of difficult quality control of airport drainage ditches.

Key words : airport drainage open ditch; block cover plate; in situ preparation and installation; construction technique

一、引言

在民航机场飞行区工程中, 排水盖板明沟是排水系统的重要组成部分, 在跑滑之间、滑滑之间、滑行道边设计均为钢筋混凝土盖板明沟, 能使飞行区地表雨水能够迅速汇集并排出, 保障机场运行安全。排水明沟的盖板一般设计为分块紧密排布, 每块宽度为500mm, 长度随沟体宽度, 盖板之间设有泄水孔构造(长条状), 传统盖板工艺施工为在专用预制场地按照设计要求制作完成后, 运输至现场并逐块安放在排水沟侧墙上, 此种工艺存在临建成本高、观感质量差等缺点。故考虑通过优化施工工艺来节省施工成本、提高排水沟的整体品质, 通过在施工作业面设计部位直接进行盖板模板及支架体系组装、钢筋布置、混凝土浇筑、切割分缝、养护的方式, 以确保排水沟盖板的直线性、顶面高程及平整度等。

二、工程概况



> 盖板明沟构造图

> 盖板构造及配筋图

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程主要包括新建一条4E级跑道、1#、2#、3#机坪、除冰坪及相关配套工程, 飞行区涉及专业工程包括土石方工程、地基处理工程、道面工程、下穿通道工程、排水工程、目视助航工程等。排水工程设计沟型有箱涵、U形明沟、V形沟、梯形明沟、盖板明沟、盖板暗沟等, 其中本标段盖板明沟长度为1771.97m, 设计沟净宽0.6 ~ 1.4m、沟深

0.7 ~ 2.8m、盖板厚度250mm、盖板宽度500mm、盖板长度随沟体宽，混凝土强度等级为 C30，抗冻等级为 F300。

三、分块盖板原位制安施工技术

（一）施工工艺的特点

- 1. 盖板原位制安与预制吊装盖板相比，消除了预制场地的限制，可以随时在排水沟体已有作业面进行模板及支架体系组装、钢筋布置、混凝土现场浇筑、分缝，且模板可随沟体设计情况灵活调节，盖板混凝土浇筑为一次大面成型（后分缝），确保了盖板的顶面高程及平整度，避免了盖板的错台、分缝不均的问题，既降低了运输成本和施工成本，减少了吊装等施工危险源，也提高了施工效率和工程观感质量，确保施工过程的安全。
- 2. 与传统的现浇盖板工艺相比，采用了可滑移的模板支架，无需反复搭设模板支架，极大的降低了人力投入成本。
- 3. 传统预制工艺制作盖板需要准备大量的模具以满足进度、各种规格的要求，而原味制安技术通过底模、侧模和泄水孔模板的组合使用，实现了分块盖板的批量成型，减少了模板的定制周期和成本。



预制盖板模具



专用预制场地预制、保存盖板



预制盖板吊装

^ 传统方式盖板预制及安装



预制盖板安装效果



底模、侧模组装



浇筑混凝土

^ 盖板原位制安工艺

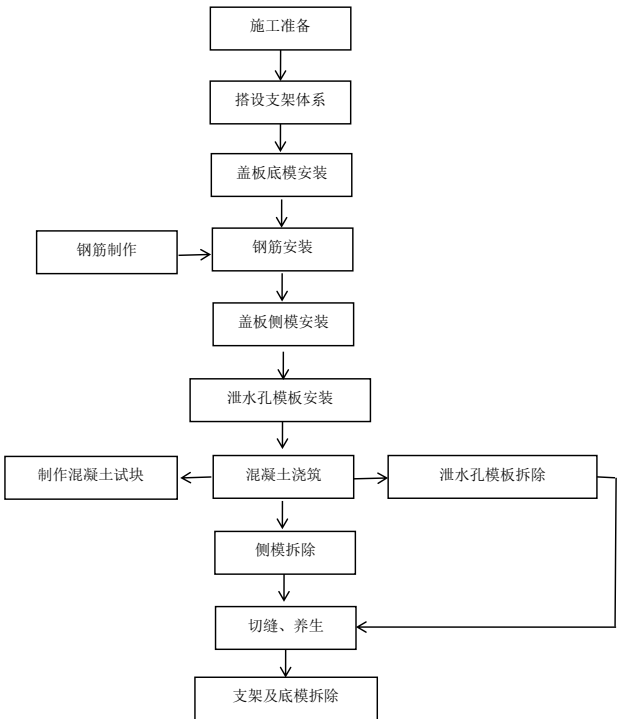


钢筋、泄水孔模板安装完成



分缝、养护后成品效果

（二）施工工艺流程



（三）操作要点

1. 施工准备

（1）技术准备

根据施工图纸及相关规范标准，编制符合要求的施工专项方案并对管理人员及作业人员进行技术交底。在开始施工前，充分评估工程所需的各项材料，包括混凝土、钢筋等，并根据设计要求和实际情况确定施工完成后的目标高程。

（2）现场准备

准备必要的施工机械和器具，采购符合设计要求的原材料，投入正式工程的原材料必须经过见证取样检测合格后，才能使用。

根据施工沟段的尺寸制作模板及支架体系，模板材料可以根据需求选择，如钢模板、木模板等，支架根据沟型选用扣件式钢管脚手架，并设置顶托以便灵活调整。制作好的模板应平整、牢固、无变形，与混凝土接触面需涂沫脱模剂，以便于后期脱模。

2. 搭设支架体系

立杆底部通长设置木跳板，所选用跳板满足相关要求；摆放扫地杆，逐根搭设立杆，并与扫地杆扣紧。立杆应垂直、稳定，不得出现倾斜或晃动现象。安装小横杆，与立杆或扫地杆扣紧，形成稳定的框架。根据需要安装斜撑杆和剪刀撑，以增强支架的整体稳定性；在立杆顶部设置顶托，顶托上安装符合施工方案的主次龙骨。

支架体系采用沿沟体分段式，每段的长度控制在4-6m，施工时通过附加杆件连接成整体增强整体稳定性，移动时将附加杆件拆除、顶托调低后分段整体平移至后续作业面备用。

3. 底模安装

（1）准备阶段

首先，复核已加工底模的尺寸和形状，确保其与待施工部位匹配。准备好所需的底模材料、固定工具和设备，如螺栓、螺

母、支撑杆等。

(2) 测量与定位

使用测量工具(如卷尺、水平尺、水准仪等)精确测量底模的安装位置和尺寸。在需要固定的位置做上标记,以便后续安装时定位准确。

(3) 底模安装

将底模按照预定位置放置,确保其平整稳定。使用螺栓、螺母等固定工具将底模固定在预定位置,确保底模稳固不晃动。

(4) 接缝处理

如底模由多块拼接而成,需要注意接缝的处理。接缝应平整、紧密,防止混凝土浇注时漏浆。使用透明胶带及泡沫条对接缝进行密封处理,确保密封效果良好,保证板底观感质量。

(5) 检查与调整

安装完成后,对底模进行全面检查,确保底模平整、稳定、无错位、漏缝等情况。如果发现问题,及时进行调整和处理。

(6) 清理与保护

清理底模表面的杂物和灰尘,确保底模干净整洁。在底模表面涂抹一层脱模剂或保护剂,便于脱模。

4. 钢筋制安

根据设计图纸在钢筋加工场制作钢筋半成品,半成品验收无误后运至施工作业区。

根据设计图纸,进行钢筋的安装,钢筋的安放位置应与分缝方案一致,下部设置保护层垫块。安装过程中要确保钢筋连接牢固,需焊接部位按照图纸进行焊接,钢筋骨架设置必要的固定措施避免混凝土浇筑过程中移位。

5. 侧模安装

在钢筋骨架安装完成后,安装盖板侧模板。模板的安装要平整、牢固,模板顶面与盖板设计高程一致,拼缝处粘贴透明胶带及泡沫条封堵防止漏浆,设置必要的拉杆及支撑杆,确保浇筑的盖板顺直、顶面高程及平整度符合要求。

6. 泄水孔模板制安

泄水孔模板主线使用材料为木模板,圆弧部位采用半圆形PVC管,根据设计尺寸进行加工制作,制作时泄水孔模板应略微上宽下窄、中间设置可压缩泡沫夹层,便于拆模时泄水孔模板的顺利抽出,减少拆模所需时间和难度。

将制作好的专用泄水孔模板放置在划线确定的位置上,使用固定件(如螺丝、钉子等)将模板固定在底模板上,上部采取适当的拉结、联结措施。确保模板安装牢固、不移位。

7. 混凝土浇筑

隐蔽验收完成后,将商品混凝土均匀地浇筑到模板内,确保混凝土填充密实。使用振动棒对混凝土进行振捣,排出其中的气泡,使混凝土更加密实。根据天气情况用抹子对混凝土表面进行反复的收光、抹平,并及时覆盖土工布防止暴晒、风干及失水龟裂情况。

8. 侧模及泄水孔模板拆除

在混凝土终凝并达到一定强度后,提前拆除侧面及泄水孔模板,拆除过程中应特别注意,避免盖板强度还较低时产生崩边掉

角及边角松散情况。

9. 切缝、养生

切缝的时机应重点把控,切缝时的混凝土抗压强度宜为6MPa~8MPa,切缝时间一般在浇筑后8~12h,应避免切缝过早导致接缝边缘损伤、石子松动,切缝过晚导致混凝土板产生不规则的收缩裂缝。

按照排版进行盖板的分块切缝,切缝深度不小于1/3板厚,保证盖板分缝质量,切缝后及时将养护土工布盖上。

养生是确保混凝土强度达到要求的关键环节,在混凝土浇筑完成后,覆盖土工布并进行洒水养护,时间不小于7天。

10. 支架及底模拆除

盖板混凝土达到拆模强度后,拆除底部模板及支架体系。

首先调节顶托至最低,先拆除主次龙骨等易脱落部分,然后将支架钢管脚手架部分整体移动至下一节段待施盖板处备用,再逐步拆除底模,最后对成品质量进行检查,并对场地进行清理。

四、应用效果

(一) 经济效益

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程,中铁北京工程局集团有限公司排水工程盖板明沟数量仅1771.97m,数量较小且尺寸较多,若采取现场预制盖板需额外建设预制场地且租用吊运设备,且需制作大量不同规格盖板模板以符合各沟段要求。原位现浇则无需建设预制场地,且无需租用吊运设备,将复杂的预制吊装作业优化为了简单的顶板施工作业。节约预制场地成本约11万元,节约机械租赁和劳务施工成本约9万元,综合创效约20万元。

(二) 社会效益

本工程采取原位现浇施工工艺,提高了排水明沟盖板的整体观感质量和质量标准,为后续的项目提供了较为可行的标准做法。本工程的应用也得到了监理、业主和业界的一致好评。

(三) 环保效益

本工程采取原位现浇施工工艺,无需设置临时预制场地,节省了土地的占用,节约了临时性的材料使用;减少成品运输,可有效降低因吊装运输所产生的噪声与粉尘污染。

五、结语

机场排水工程明沟盖板原位制安施工技术,有效降低了不必要的临建投入和各项施工成本,将叉装、吊装等危险作业为主的施工转换为了传统的顶板施工,优化了施工的流程和管理难度,规避了传统预制吊装施工平整度、高程及观感质量控制难的问题,全方位提高了工程的质量和标准,同时保证了安全文明施工。

参考文献

- [1] 民用机场飞行区排水工程施工技术规范, MH5005—2021, 中国民用航空局发布。
- [2] 民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准, MH5007—2017, 中国民用航空局发布。
- [3] 混凝土结构工程施工规范, GB50666—2011, 住房和城乡建设部发布。

某海上平台生产系统管线腐蚀问题分析及评估

陈经华

中海油常州涂料化工研究院有限公司上海海铠防腐工程技术分公司，天津 300452

摘要：海上采油平台生产系统工艺管线的腐蚀问题一直以来对于油田生产存在不可忽视的影响，检测是重要的加强腐蚀预警和提升腐蚀管理的方法。本文介绍了对某海上平台的工艺管线检测评估方法，通过多项无损检测的综合判断，再结合行业标准计算分析，评估管线状态，制定针对性维修建议，为海上平台工艺管线的腐蚀控制提供了良好的思路。

关键词：无损检测；腐蚀；工艺管线；腐蚀分析

Analysis And Evaluation Of Pipeline Corrosion In Production System Of An Offshore Platform

Chen Jinghua

CNOOC CPCIRI Shanghai Haikai Corrosion Protection Tech Branch, Tianjin 300452

Abstract： The corrosion issues in the production system pipelines of offshore oil platforms have always had a significant impact on oilfield production and cannot be ignored. Inspection is an important method to enhance corrosion warning and improve corrosion management. This paper introduces the inspection and evaluation method for the process pipelines on a specific offshore platform. Through comprehensive assessment using multiple non-destructive testing methods, combined with industry standard calculations, the pipeline condition is evaluated, and targeted maintenance recommendations are formulated. This provides valuable insights for effective corrosion control of process pipelines on offshore platforms.

Key words： nondestructive testing; corrosion; process pipeline; corrosion analysis

概述

对于海上采油平台而言，生产系统工艺管线是其生命动脉，其安全稳定运行是保障油田生产的重要环节。在恶劣的海洋腐蚀环境中，高盐度、高湿度对于管线的外部腐蚀有着严峻的考验，而油田复杂的介质，高含水、酸性气体也对工艺管线的内腐蚀造成威胁。对于海上平台生产系统工艺管线的腐蚀控制，一方面在于前期的材料选型、防腐设计，另一方面也需要高度重视腐蚀监测及检测。通过腐蚀检测发现生产系统中的泄露隐患，在未造成影响之前采取防护、维系措施，保障管线在生命周期的平稳服役。

某海上平台开展腐蚀风险排查，对平台斜板除油器出口管线、生产加热器出入口管线、油海管管线等共计27条管线部分部位进行目视检测、超声波探伤检测、磁粉探伤检测、超声波测厚、低频导波检测，发现了众多腐蚀隐患，通过分析评估，定量判断管线现状，为防腐维修及腐蚀控制提供指导建议。

一、腐蚀检测

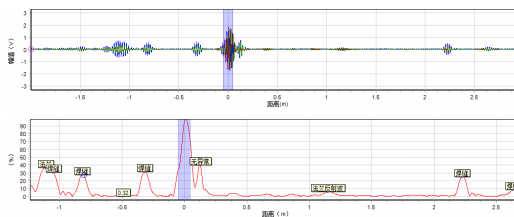
腐蚀环境复杂多样，针对不同的管线材质、腐蚀介质等就需要制定相应的检测方案，只有采取了恰当的检测手段，才能给出有效的防护手段“对症下药”，从而满足安全生产要求。^[1]对该海上平台的检测也采用了多种检测方法结合，综合判断分析腐蚀。

（一）导波检测

超声导波检测利用扭曲波对工艺管线进行长距离环向检测，以接触点为起点向前后进行延伸10m-20m，通过波形状判断管线截面缺陷，精度可以达到3%以上的缺陷全检出。导波本身具有的多模态特性，使得导波技术在面临复杂波导结构时，可选择的敏感模态和激励方式具有极高的自由度。^[2]

表1 导波检测结果

| 导波检测结果 | | | |
|--------|-------------|------|-----------|
| 检测设备 | 磁致伸缩超声导波检测仪 | 探头类型 | MGZS064mm |
| 管道直径 | 168.3mm | 管道壁厚 | 10.97mm |
| 管道环境 | 架空 | 管道状态 | 保温层 |
| 发射频率 | 84KHz | | |
| 功率 | 62.5% | 增益 | 47dB |



> 图1 导波检测图例

对图形进行分析，结合现场管线位置布局，分析如下表2所示。

表2 异常点解析

| 编号 | 特征位置 (m) | 特征类型 |
|----|----------|-------|
| 1 | -1.112 | 法兰 |
| 2 | -1.048 | 焊缝 |
| 3 | -0.822 | 焊缝 |
| 4 | -0.319 | 焊缝 |
| 5 | 0.127 | 无异常 |
| 6 | 1.147 | 法兰反射波 |

| 编号 | 特征位置 (m) | 特征类型 |
|----|----------|------|
| 7 | 2.222 | 焊缝 |
| 8 | 2.629 | 焊缝 |

通过检测结果可知，该点位未发现腐蚀缺陷。

（二）超声波探伤

通过超声探伤可定量检测工艺管线的腐蚀缺陷，判定管线的缺陷位置、缺陷面积、缺陷深度，不单对直管段和弯头可准确测量，同时可以应用于焊缝等位置。与传统方法相比，超声波探伤仪在应用方面具有多方面优势，同时可以最大程度避免对技术人员的伤害。^[3]通过超声探伤检测未发现管线缺陷，如表3所示。

表3 超声探伤结果

| | | | | | | | | |
|---------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|-----------|----|----|
| 构件 / 部件 | 对接环焊缝 | | 规格 | Φ168.3×10.97mm | 材料牌号 | 20# | | |
| 检测比例 | 100% | | 焊接方法 | SMAW/GTAW | 表面状态 | 打磨处理后 | | |
| 坡口形式 | V | | 检测时机 | 在役 | 热处理状态 | / | | |
| 验收标准 | NB/T47013.3-2015 | | 验收级别 | I | 检测技术等级 | B 级 | | |
| 仪器型号 | 超声波探伤仪 CTS9006PLUS | | 仪器编号 | MRIE-D4222 | 检测方法 | 直射法、一次反射法 | | |
| 检测技术 | 横波斜探头 | | 检测区域 | 焊缝及热影响区 | 检测面 | 外壁单侧 | | |
| 探头型号 | 5P8×9K1.5、K3 | | 试块 | CSK I A RB-C | 时基线比例 | 声程 1： 1 | | |
| 表面补偿 | +4dB | | 耦合剂 | 化学浆糊 | 探头移动区域 | > 1.25P | | |
| 评定灵敏度 | Φ2×40-18dB | | 定量灵敏度 | Φ2×40-12dB | 判废线灵敏度 | Φ2×40-4dB | | |
| 检测结果 | | | | | | | | |
| 焊缝编号 | 焊工编号 | 检测长度（mm） | 缺陷最大波幅位置 | 缺陷长度（mm） | 缺陷深度（mm） | 最高波所在区域 | 级别 | 结论 |
| T16-1 | / | 530 | / | / | / | / | I | 合格 |
| T16-2 | / | 530 | / | / | / | / | I | 合格 |

（三）磁粉探伤

管线的外腐蚀通常采用磁粉探伤的形式进行，对于管线外部的裂纹能够快速准确的识别出来。磁粉检测虽然古老，但经久不衰，由于该方法操作简便、直观，结果可靠，速度快，价格低廉

等优点，仍被航空、航天、机械、冶金、石油等各行业广泛应用。^[4]对接环焊缝检测中发现弯头与直管对接环焊缝上弧面存在裂纹。如表4所示。

表4 磁粉探伤结果

| | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-----------|-----------------------|------------------|-------------|---------------|-----|
| 构件 / 部件 | 对接环焊缝 | | 规格 | Φ168.3×10.97mm | 材料牌号 | 20# | |
| 检测部位 | 环焊缝外表面及热影响区 | | 检测比例 | 100% | 检测时机 | 在役 | |
| 表面状况 | 表面修磨 | | 验收标准 | NB/T47013.4-2015 | 验收级别 | I | |
| 检测设备 | 磁粉探伤检测仪 CJE-12/220 | | 设备编号 | MRIE-D4210 | 灵敏度试片 | A1：30/100 | |
| 磁化时间 | 1~3s | | 检测方法 | 非荧光湿式交流连续法 | 磁化方式 | 磁轭法 | |
| 磁化规范 | 交流电提升力：≥ 45N；标准试片磁痕清晰 | | 磁粉 | 黑磁粉 | 载液及浓度 | 水 /10 ~ 25g/L | |
| 磁化方向 | 纵向、横向交叉磁化 | | 磁悬液施加方法 | 喷施 | 被检部位表面光照度 | ≥ 1000lx | |
| 观察方式 | 肉眼 辅助工具 | | 缺陷记录方式 | | R 照片 复膜 草图 | | |
| 检测结果 | | | | | | | |
| 焊缝编号 | 焊工编号 | 检测长度 (mm) | 缺陷位置 | 缺陷类型 | 缺陷长度 (mm) | 级别 | 结论 |
| T16-1 | / | 530 | 弯头与直管对接环焊缝上弧面，热影响区及母材 | 裂纹 | 50 | Ⅳ | 不合格 |
| T16-2 | / | 530 | 弯头与直管对接环焊缝上弧面，热影响区及母材 | 裂纹 | 100 | Ⅳ | 不合格 |

（四）超声测厚

超声波测厚为最常用的无损检测方法，超声波无损检测技术凭借

范围广，方向准确，穿透力大，定位准确等特点备受青睐。^⑤ 超声波检测结果如表 5 所示，存在多处减薄严重位置，最小壁厚为 1.69mm。

表5 超声波测厚结果

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|---------------|----------|------|------|------------|--|
| 管线名称 | 注水泵 A 泵入口管线 | | 管线规格 | | Φ168.3×7.11mm | | 管线材质 | | 20# | |
| 设备名称 | 超声波测厚仪 | | 设备型号 | | HCH-3000D | | 设备编号 | | MRIE-L4219 | |
| 编号 | 检测结果（mm） | | | | | 腐蚀情况（mm） | | | 备注 | |
| | A~B | B~C | C~D | D~A | Min | 腐蚀坑深度 | 纵向长度 | 环向长度 | | |
| W16-2 | 5.72 | 5.56 | 3.45 | 4.64 | 3.45 | / | / | / | 截面 1 | |
| | 5.69 | 4.51 | 2.93 | 4.17 | 2.93 | / | / | / | 截面 2 | |
| | 5.31 | 4.49 | 3.46 | 4.40 | 3.46 | / | / | / | 截面 3 | |
| W16-3 | 7.15 | 6.75 | 6.48 | 6.67 | 6.48 | / | / | / | 截面 1 | |
| | 6.97 | 6.70 | 6.57 | 6.70 | 6.57 | / | / | / | 截面 2 | |
| | 6.65 | 6.80 | 7.57 | 7.35 | 6.65 | / | / | / | 截面 3 | |
| W16-4 | 1.69 | 2.49 | 2.79 | 2.79 | 1.69 | / | / | / | 截面 1 | |
| | 4.79 | 5.26 | 5.22 | 5.60 | 4.79 | / | / | / | 截面 2 | |
| | 5.67 | 5.88 | 4.83 | 5.30 | 4.83 | / | / | / | 截面 3 | |
| | 4.68 | 5.31 | 5.34 | 5.20 | 4.68 | / | / | / | 截面 4 | |
| CZ16-2 | 4.73 | 5.23 | 4.98 | 5.31 | 4.73 | / | / | / | 截面 1 | |
| | 4.78 | 5.53 | 3.60 | 4.64 | 3.60 | / | / | / | 截面 2 | |
| | 5.26 | 5.60 | 4.67 | 5.31 | 4.67 | / | / | / | 截面 3 | |
| | 4.32 | 4.95 | 4.99 | 5.10 | 4.32 | / | / | / | 截面 4 | |
| CZ16-3 | 5.72 | 5.83 | 5.40 | 4.00 | 4.00 | / | / | / | 截面 1 | |
| | 5.81 | 5.97 | 5.45 | 4.11 | 4.11 | / | / | / | 截面 2 | |
| | 4.82 | 5.75 | 5.45 | 4.15 | 4.15 | / | / | / | 截面 3 | |
| T16-3 | 5.71 | 5.35 | 5.27 | 4.73 | 4.73 | / | / | / | / | |
| T16-4 | 5.94 | 6.34 | 5.38 | 5.27 | 5.27 | / | / | / | / | |
| T16-5 | 5.60 | 5.23 | 4.98 | 5.30 | 4.98 | / | / | / | / | |
| T16-6 | 2.80 | 2.85 | 3.12 | 3.88 | 2.80 | / | / | / | / | |
| T16-7 | 3.93 | 3.61 | 4.50 | 3.65 | 3.61 | / | / | / | / | |
| T16-8 | 3.16 | 3.87 | 3.86 | 3.13 | 3.13 | / | / | / | / | |

二、管线风险分析评估

对注水泵 A 泵入口管线进行检测，发现问题如下：

1）该管线存在保温层下腐蚀、内腐蚀、保温层破损、防腐层脱落失效等，其中入口过滤器至泵体进口管段壁厚整体减薄，泵前一弯头存在一腐蚀穿孔泄漏点。正常部位测得平均壁厚约 7.00mm，原始壁厚未知，外径 D0=168.3mm，公称壁厚取值 7.11mm，实测最小壁厚约 1.69mm，壁厚最大损失量 7.11mm（泄漏），最大腐蚀量 100%（泄漏）；

2）磁粉探伤检测发现：入口过滤器前一弯头外弧侧及弯头焊缝热影响区存在多处轴向裂纹缺陷（编号 T16-1，T16-2），最长磁痕长度约 100mm，不符合标准 NB/T47013.4-2015 第 9.1 条要求：不允许任何裂纹显示。

对于壁厚减薄部位，按照《SHT 3059-2012 石油化工管线设计器材选用规范》中规定的相关方法进行评估：

已知，外径 D0=168.3mm，设计压力为 150Lb，材质为 20#，许用应力取 130MPa。参考 SHT 3059-2012 标准，焊缝系数 ϕ 取 1，焊缝接头强度降低系数 W 取 1；标准温度修正系数 Y

取0.4, 腐蚀余量取1.5mm。

(一) 直管最小壁厚计算:

$$(a) t=2 \times 168.3 / (2 \times 130 \times 1 \times 1 + 2 \times 2 \times 0.4) = 1.29 \text{ mm}$$

$$T = t + 1.5 = 2.79 \text{ mm}$$

(b) 按 D0/150 确定的管子壁厚, D0 为管子外径, 单位 mm;

$$t = 168.3 / 150 = 1.12 \text{ mm}$$

(c) 最小选用壁厚应符合规定中表 7.1.4, 此管为碳素钢, 参考表 7.1.4 得最小壁厚为 3.20 mm;

结合 (a) ~ (c) 结果, 依据 SH/T 3059-2012 标准, 最小壁厚取值应为 3.20 mm。

管线检测结论: 1) 一弯头存在腐蚀穿孔泄漏, 其他部位实测最小壁厚 1.69 mm, 小于依据《SHT 3059-2012 石油化工管线设计器材选用规范》标准计算的最小要求壁厚 3.20 mm, 已不能维持正常运行; 2) 入口过滤器前一弯头外弧侧及弯头焊缝热影响区存在裂纹缺陷, 最长磁痕长度约 100 mm, 不符合标准 NB/T 47013.4-2015 第 9.1 条要求, 已不能维持正常运行。

评估及建议: 对泄漏弯头及壁厚小于 3.20 mm 的管段进行更换或补强防护; 对入口过滤器前弯头进行更换或者补强防护, 可采用纤维增强复合材料, 纤维增强复合材料 (FRP) 具有质轻、比强度高、耐腐蚀以及热膨胀系数小等优点^[6]; 定期检测, 关注壁厚变化情况; 对破损保温及防腐层进行修复。

三、结论

某海上平台生产系统工艺管线通过多种无损检测方法结合的方式详细排查了腐蚀隐患, 发现多处腐蚀问题, 通过评估分析, 提出不同的修复建议。某海上平台主要存在外腐蚀、表面裂纹、内部腐蚀、建造缺陷等问题。对于存在壁厚减薄但无泄漏风险的管线, 需要制定检测计划, 定期检测, 关注壁厚变化情况; 对于存在表面浅层裂纹的, 打磨消除后, 再次检测未发现缺陷磁痕显示, 维持正常运行; 对于评估不合格强度要求的管线, 立即制定维修更换或补强计划, 依照计划开展维修。

参考文献:

- [1] 王海, 孙宗腾, 李文言等. 某油田海上平台工艺管线综合无损检测方案的应用 [J]. 全面腐蚀与防护, 2022, 36(06): 47-50.
- [2] 何存富, 郑明方, 吕炎等. 超声导波检测技术的发展、应用与挑战 [J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(8): 1713-1735.
- [3] 张阳, 徐新民, 王艳杰. 无损检测方法在压力容器检验中的应用 [J]. 设备与技术, 2021(11): 120-122.
- [4] 周乐, 张志文. 无损检测及其新技术 [J]. 重庆工学院学报, 2006, 20(8): 46-48.
- [5] 李世杰. 无缝钢管质量检测中超声波检测技术的应用研究 [J]. 仪器仪表用户, 2022, 29(07): 14-16, 63.
- [6] 贾彬, 张志伟, 陈晓强. 纤维增强复合材料加固金属管线试验研究与设计分析 [J]. 工业建筑, 2013, 43(07): 56, 62-65.

公路施工中预防性公路养护技术实际应用

祁汉涛¹, 王瑜²

1. 榆林市公路局, 陕西 榆林 719000

2. 榆林市公路局靖边公路段, 陕西 榆林 719000

摘要： 随着经济的发展和城市化进程的加速，公路交通在现代社会中扮演着至关重要的角色。长期以来，公路路面在使用过程中不可避免地会遭受各种自然和人为因素的影响，如气候变化、车辆负荷、化学腐蚀等，导致路面出现裂缝、坑洼、表面磨损等问题，从而影响了路面的平整度、使用寿命和安全性。本文分析了公路施工中预防性公路养护技术应用的必要性，从沥青混凝土预防性养护与水泥路面预防性养护两个角度提出了具体的养护策略，为提升公路工程的管理效率提供参考性意见。

关键词： 公路养护；公路施工；预防性；沥青混凝土；水泥

Practical Application of Preventive Highway Maintenance Technology in Highway Construction

Qi Hantao¹, Wang Yu²

1. Yulin Highway Bureau, Yulin, Shaanxi 719000

2. Yulin Highway Bureau Jingbian Highway section, Yulin, Shaanxi 719000

Abstract： With the development of the economy and the acceleration of urbanization, highway transportation plays a crucial role in modern society. For a long time, highway pavements have inevitably been affected by various natural and human factors during use, such as climate change, vehicle load, chemical corrosion, etc., resulting in cracks, potholes, surface wear and other problems on the road surface, thereby affecting the smoothness, service life, and safety of the road surface. This article analyzes the necessity of applying preventive highway maintenance technology in highway construction, and proposes specific maintenance strategies from the perspectives of asphalt concrete preventive maintenance and cement pavement preventive maintenance, providing reference opinions for improving the management efficiency of highway engineering.

Key words： highway maintenance; highway construction; preventive; asphalt concrete; cement

前言：

随着社会经济的发展和城市化进程的加快，公路交通的重要性日益凸显。然而，长期以来，由于各种自然因素和人为因素的影响，公路设施普遍存在着磨损、老化、裂缝等问题，给交通运输安全和效率带来了威胁^[1]。为了延长公路设施的使用寿命、提高道路运输的安全性和舒适性，预防性公路养护技术逐渐成为了公路养护领域的研究热点。预防性公路养护技术是指在公路设施还未出现明显损坏之前，通过采取一系列的维护措施，防止其受到进一步损害，延长其使用寿命的技术手段，上述技术手段包括但不限于路面修补、路面加固、路面防水、路基加固、交通标志和标线的更新等^[2]，且预防性养护技术的核心理念是通过及时、有效的维护手段，提高公路设施的抗损耗能力，降低后期养护成本，同时保障道路的安全性和舒适性。

一、预防性公路养护技术应用的必要性

预防性公路养护技术的应用可以延长公路的使用寿命，传统的公路养护方式往往是在公路损坏后进行维修，这种事后救援的方式不仅费时费力，而且无法避免公路损坏对交通造成的影响^[3]。而采用预防性养护技术，则可以在损坏发生之前，通过定期检查、维护和预防性措施，及时发现并修复公路的隐患，从而延长

公路的使用寿命，减少了因公路损坏而造成的交通拥堵和安全隐患。公路损坏后的维修往往需要更多的人力、物力和财力投入，而且修复效果不如预期。相比之下，采用预防性养护技术，则可以在问题尚未严重之前就进行修复和改善，避免了事后救援的高成本，降低了养护费用，为公路维护节约了大量资源。除此之外，预防性公路养护技术的应用可以提高公路的运营效率。公路损坏不仅会影响交通的通行效率，还会对车辆造成损坏，增加了

* 作者简介：祁汉涛，19791208，性别：男，民族：汉，籍贯（陕西省、靖边县），本科，工程师，公路养护、公路工程管理

车辆维修和保养的成本，甚至引发交通事故，造成人员伤亡^[4]。而通过预防性养护技术，可以及时发现并处理公路的隐患，保障公路的安全和畅通，提高了公路的运营效率，为社会经济发展提供了可靠的交通保障。

二、公路施工中预防性公路养护技术

（一）沥青路面的预防性公路养护技术

1. 封闭裂缝处理

沥青路面在使用过程中，由于受到温度变化、车辆荷载和地基沉降等因素的影响，容易出现裂缝，而裂缝的存在会加速路面的老化和损坏，采取预防性的封闭裂缝处理技术对于保护沥青路面的完整性和耐久性至关重要^[5]。

首先，需要对沥青路面进行全面的裂缝检测，确定裂缝的类型、长度、宽度和深度等参数，并评估裂缝对路面的影响程度，以确定后续处理方案，在进行封闭裂缝处理之前，需要对裂缝周围的路面进行彻底清洁，清除掉裂缝内的杂物、灰尘和松动的碎石，保证后续封闭剂能够充分填充裂缝，并与路面牢固粘合^[6]。其次，根据裂缝的类型和大小，选择适合的封闭剂。常用的封闭剂包括沥青封闭剂、聚合物封闭剂和热熔封闭剂等。不同的封闭剂具有不同的特性和施工要求，需要根据实际情况进行选择，将选定的封闭剂注入到裂缝中，填充裂缝并将其封闭起来。注入封闭剂的方式可以采用手工或机械施工，确保封闭剂充分填满裂缝，同时注意控制施工速度和压力，以避免过度挤压或漏注。

2. 表面处理

沥青路面的表面处理是预防性公路养护中的关键环节，通过合适的表面处理技术，可以修复路面破损、延长路面使用寿命、提高路面的抗滑性和耐久性。

以下是常见的沥青路面表面处理技术及其工艺内容：1）刨刀处理：刨刀处理是通过机械设备将路面表面的老化和破损部分刨除，然后重新铺设新的沥青混凝土层，该方法可以有效修复路面的坑洼、龟裂和破损，提高路面的平整度和舒适性。2）微表面修复：微表面修复是在路面表面涂覆一层微薄的沥青混凝土材料，以填平路面的微小裂缝和疲劳损伤，修复路面的平整度和表面质量。微表面修复不仅可以延长路面的使用寿命，还可以提高路面的抗滑性和耐久性。3）覆盖封层：覆盖封层是在路面表面覆盖一层新的沥青混凝土层，以覆盖路面的破损和老化部分，提高路面的平整度和耐久性。覆盖封层通常采用热铺或冷铺施工工艺，具有施工速度快、效果显著等优点^[7]。4）其他表面处理技术：除了以上几种常见的表面处理技术外，还有一些其他的表面处理技术，如表面喷涂、路面梳理、路面密封等。这些技术根据路面的实际情况和需要选择合适的处理方法，以提高路面的质量和性能。

3. 路面防水处理

有效的路面防水处理可以防止水分渗入路面结构内部，延长路面的使用寿命，减少路面因水损伤而引起的裂缝、坑洼等问题，沥青路面如果遭受水分的侵蚀，会导致路面底部材料失去粘

结性，增加路面的软化和变形风险，从而加速路面的老化和损坏，水分渗透会使路面材料受到冻融循环的影响，加剧路面的开裂和龟裂，影响路面的平整度和驾驶安全。

其一，涂覆防水涂料是常见的路面防水处理方法之一。在路面表面涂覆一层防水涂料，形成一道防水层，阻止水分渗透到路面底部，防水涂料可以选择聚合物改性沥青、聚合物乳液等材料，根据路面的实际情况和需求进行选择。其二，对于新建的沥青路面或需要进行大面积修复的路段，可以铺设防水层来实现路面的防水处理^[8]。防水层可以选择防水沥青混凝土、高分子防水板等材料，通过将防水层覆盖在路面表面，有效阻止水分的渗透。其三，及时修补路面上的裂缝也是防止水分渗透的重要手段，对于已经出现的裂缝，可以采用填充封闭剂、热熔封闭剂等方法进行修补，防止水分通过裂缝渗透到路面底部。

4. 构建雾封层

雾封层是一种常见的沥青路面表面处理技术，通过在路面表面喷洒一层特殊的沥青乳液混合物，形成一层薄薄的保护层，从而提高路面的平整度、耐久性和抗滑性，构建雾封层可以形成一层保护膜，覆盖在路面表面，保护路面免受日晒、雨淋、车辆磨损等因素的侵蚀，延长路面的使用寿命，雾封层能够填平路面的微小裂缝和孔洞，修复路面的破损，提高路面的平整度和舒适性，减少驾驶员的驾驶疲劳，且雾封层可以增加路面的摩擦系数，提高路面的抗滑性，减少雨天和湿滑路面造成的交通事故风险。

雾封层的材料一般为水泥乳化沥青、聚合物乳液等，可以根据路面的实际情况和要求选择合适的材料。在施工前需要进行配比，确保雾封层的质量和性能，在进行雾封层施工之前，需要对路面进行彻底清洁和修复，清除路面上的杂物、灰尘和松动的碎石，保证施工效果。典型的雾封层的施工参数如表1所示。

表1 雾封层的施工参数

| 标准 | 参数 |
|---------|-----------------------|
| 沥青混凝土类型 | SMA-13 |
| 沥青含量 | 5.2% |
| 粘接剂类型 | SBS 改性沥青 |
| 粘接剂含量 | 0.8% |
| 石料级配 | 10-15mm |
| 石料用量 | 1600kg/m ³ |
| 摊铺厚度 | 30mm |

（二）水泥路面的预防性公路养护技术

1. 裂缝的密封处理

水泥路面在使用过程中常常会出现裂缝，这些裂缝如果不及时处理，会进一步扩大，影响路面的使用寿命和安全性，裂缝的密封处理是预防性公路养护中的重要环节。一般而言，裂缝是水分渗透的通道，如果不加以处理，水分会渗入路面底部，加速路面的老化和破损，且裂缝一旦形成，如果不及时处理，往往会随着时间的推移逐渐扩大，影响路面的平整度和驾驶安全，裂缝密封处理可以防止水分渗入路面底部，延长路面的使用寿命，减少路面的维修次数和费用^[9]。

对于宽度较小的裂缝，可以使用填充封闭剂进行处理。填充封闭剂可以选择聚合物封闭剂或沥青封闭剂，填充裂缝并将其封闭起来，防止水分渗透。对于宽度较大的裂缝或者需要长期保护的路段，可以采用热熔封闭剂进行处理。热熔封闭剂具有良好的附着性和耐久性，能够有效防止裂缝扩展。

2. 纤维加固的缺陷处理

在水泥路面的使用过程中，纤维加固是一种常用的缺陷处理方法，通过在路面中添加纤维材料，可以增强路面的抗拉强度和抗裂性能，提高路面的耐久性和安全性。纤维加固可以增加水泥路面的抗拉强度和抗裂性能，减少裂缝的形成和扩展，提高路面的耐久性和安全性，并且填补路面的裂缝和坑洼，修复路面的缺陷，保持路面的平整度和舒适性，减少车辆损坏和行车事故的发生，且对应的纤维加固可以减少路面的破损和损坏，延长路面的使用寿命，降低养护成本和频率。

一方面，在进行纤维加固缺陷处理时，需要选择适合的纤维材料，常用的纤维材料包括聚丙烯纤维、玻璃纤维等，根据路面的实际情况和要求进行选择，在水泥混凝土中适量添加纤维材料，可以增加混凝土的韧性和抗裂性能，减少裂缝的产生和扩展，修复路面的缺陷^[10]。另一方面，在进行纤维加固缺陷处理时，需要注意施工技术，确保纤维材料能够均匀分布在路面中，提高路面的抗拉强度和耐久性。

3. 涂覆保护层

涂覆保护层是一种常见的水泥路面预防性养护技术，通过在路面表面涂覆一层保护性材料，形成一道保护层，起到防水、防

尘、防腐蚀、防风化等作用，从而延长水泥路面的使用寿命、提高路面的抗渗性和耐久性，且涂覆保护层能有效阻止水分渗透到水泥路面内部，减少水分对路面的侵蚀和损害，延长路面的使用寿命，并且涂覆保护层可以减少路面的尘土飞扬，降低路面噪音，改善周边环境，提升行车舒适度。具体可以根据路面的具体情况和需求，选择适合的涂料材料，如聚合物涂料、沥青乳液等，在进行涂覆保护层施工前，需要对路面进行清洁和修复，清除路面表面的油污、灰尘和松散的碎石，确保涂料能够附着在路面表面。

结语：

综上所述，本文系统性地探讨了公路路面的预防性公路养护技术。在沥青混凝土预防性养护技术中，通过封闭裂缝处理、表面处理、路面防水处理以及构建雾封层等技术的应用，可以提升沥青路面的运行效果。在水泥预防性养护技术中，主要包括裂缝的密封处理、纤维加固的缺陷处理和涂覆保护层三个方面。裂缝的密封处理能有效防止水分渗透，提高路面的耐久性；纤维加固处理可增强路面的抗拉强度和抗裂性，延长使用寿命；而涂覆保护层则具有防水、防尘、防腐蚀等多重功能，全面保护路面。在公路工程中，针对沥青路面与公路路面的养护与与维修技术相互配合，形成了一套完整的水泥路面与沥青路面预防性养护体系，为公路交通的安全和畅通提供了可靠保障。

参考文献：

- [1] 陈斌. 预防性公路养护技术在现代公路养护中的应用分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(1):4.
- [2] 刘琦. 沥青路面预防性养护技术在公路中的应用 [J]. 人民交通, 2023(7):0039-0041.
- [3] 杜海燕, 张兵. 公路施工中预防性公路养护技术及实施要点解析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022(3):4.
- [4] 姚雷磊. 预防性公路养护技术在公路养护中的应用 [J]. 价值工程, 2024(006):043.
- [5] 吴刚. 国省干线公路养护中预防性养护技术及应用研究 [J]. 运输经理世界, 2023(4):116-118.
- [6] 宁波. 预防性公路养护技术在现代高速公路养护中的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.
- [7] 郭叙财. 预防性公路养护技术在现代农村公路施工中的运用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.
- [8] 王佳波. 同步碎石封层技术在沥青路面预防性养护中的应用 [J]. 华东公路, 2022(003):000.
- [9] 任泽. 超薄磨耗层在高速公路预防性养护中的应用分析 [J]. 交通世界, 2023(24):96-98.
- [10] 魏肖峰, 董正. 预防性公路养护技术在公路养护中的应用 [J]. 门窗, 2023(8):223-225.

降低燃烧器喷口壁温故障率

陈鑫

国投贵州新能源有限公司, 贵州 贵阳 550000

摘 要： 锅炉燃烧器是火力发电厂燃烧设备中的重要设备。受炉内中心火焰和炉膛内高温烟气对燃烧器的热辐射^[1]，燃烧器喷口壁面温度较高，金属容易超温^[1]，如果没有很好的对燃烧器壁温进行监测，从而进行相应的燃烧调整，可能会引起燃烧器出口段壁温超温，导致燃烧器喷口出现变形或烧损现象，使炉膛内空气动力场发生变化^[2]，引发诸如燃烧损失增大、炉管结焦、炉膛出现正压等一系影响机组安全运行的事故发生，因此燃烧器喷口壁温数据的测量意义重大。

关 键 词： 火力发电厂；燃烧器；壁温；热电偶；耐磨保护套管

Reduce The Failure Rate Of The Burner Nozzle Wall Temperature

Chen Xin

SDIC Guizhou New Energy Co., LTD., Guizhou, Guiyang 550000

Abstract： Boiler burner is an important equipment in the combustion equipment of thermal power plant. By the center of the furnace flame and furnace high temperature flue gas on the burner, the burner nozzle wall temperature is higher, metal easy to overtemperature, if there is no good burner wall temperature monitoring, and the corresponding combustion adjustment, may cause the burner outlet wall temperature overtemperature, cause the burner nozzle deformation or burn phenomenon, make the aerodynamic field in the furnace changes, such as combustion loss, pipe coke, furnace positive pressure affect the safe operation of the accident, so the burner nozzle wall temperature data measurement is of great significance.

Key words： fuel-burning power plant; burner; wall temperature; thermocouple; wear-resistant protective casing

一、前言

煤粉燃烧器是电厂锅炉的核心部件，是锅炉能否安全稳定运行的关键^[3]。受炉内中心火焰和炉膛内高温烟气对燃烧器的热辐射，燃烧器喷口壁面温度较高，金属容易超温，如果没有很好的对燃烧器壁温进行监测，从而进行相应的燃烧调整，可能会引起燃烧器出口段壁温超温，导致燃烧器喷口出现变形或烧损现象，引发燃烧损失增大、炉管结焦、炉膛出现正压等一系影响机组安全运行的事故发生，因此燃烧器喷口壁温数据的测量意义重大。目前火力发电厂燃烧器喷口壁温的测量普遍采用铠装热电偶进行测量，因热电偶工作环境较为恶劣，长期处于高温和高速风粉混合物冲刷环境，使得热电偶使用寿命大大降低，经常发生运行过程中损坏现象，导致燃烧器喷口壁温失去监测。在火电厂中，温度测量是热工测量的重要组成部分，对热力介质或运行设备温度的准确测量，是保证机组安全、实现机组经济运行的重要基础条件^[4]。一旦燃烧器壁温失去监测，运行人员无法及时调整一二次风速，会造成燃烧器喷口过热变形、受损甚至脱落，给锅炉的安全运行带来较大的风险。为了解决这个问题，本论文以某火力发电厂为例，介绍了通过对W型前后墙对冲锅炉燃烧器壁温测量系统的改造，降低了燃烧器壁温测量的故障率。

二、燃烧器壁温改造背景

某火力发电厂2×300MW机组锅炉为北京巴威公司生产的B&WB-1025/17.4-M型锅炉，该锅炉为单炉膛平衡通风、中间一次再热、亚临界参数、自然循环单汽包锅炉^[5]。采用前后墙对冲，“W”形火焰燃烧方式。每台锅炉配置B&W专门用于燃用低挥发份燃料的浓缩型EI-XCL低NOX双调风旋流燃烧器^[6]16台。每台燃烧器在内一次风套筒和外二次风套筒出口筒壁上各安装一支热电偶进行壁温测量。

查看该火电厂2018年到2021年4年间壁温测点发生故障的统计数据，发现燃烧器壁温测点故障率为54%（见表1），故障率较高，因此从根源上解决该问题已刻不容缓。

| 时间（年） | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------|------|------|------|------|
| 壁温安装数量（个） | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 壁温故障数（次/年） | 36 | 38 | 30 | 34 |
| 年故障率（%） | 56 | 59 | 47 | 53 |
| 年故障率平均值（%） | 54 | | | |

表1 燃烧器喷口壁温年故障率统计

* 作者简介：陈鑫（1985年9月25日），男，汉族，山西临汾，国投贵州新能源有限公司，工程师，大学本科，设备管理，热控方向。

三、燃烧器壁温测点故障率高原因分析

对2018年至2021年该电厂燃烧器喷口壁温测点138次故障的各类因素进行了分层统计（见表2）

| 序号 | 故障原因 | 频数（次） | 百分比（%） | 累计百分比（%） |
|----|----------|-------|--------|----------|
| 1 | 线路故障 | 73 | 53 | 53 |
| 2 | 测温元件损坏 | 56 | 40.5 | 93.5 |
| 3 | DCS 通道故障 | 9 | 6.5 | 100 |
| 4 | 总计 138 | | | |

表 2 2018 年 -2021 年燃烧喷口壁温测点故障原因统计

从表2可以看出，线路故障和测温元件故障在燃烧器喷口壁温测点故障原因中占较高比例。通过对线路故障和测温元件故障进一步进行分析，发现：

1. 燃烧器喷口筒壁测温元件使用的是 K 型双支铠装热电偶，该热电偶耐温可达1200度^[6]，热电偶外铠为316不锈钢材质制作，厚度为1mm，耐磨性能一般。在炉膛内煤粉气流长期冲刷和炉内火焰直接接触高温炙烤恶劣环境下，外铠容易磨损断裂，导致里面热电偶偶丝失去防护出现断裂损坏。

2. 热电偶断裂处多集中于燃烧器喷口筒壁预留壁温安装孔处。热电偶从孔洞处穿过，直接与开孔处金属接触，且走向与风粉混合物喷射方向垂直，当机组运行时，内套筒内有煤粉和热风混合物通过，外套筒有热风通过^[7]，均垂直冲击热电偶，导致其在孔洞处与孔洞边缘金属产生振动摩擦，极易被割断。

3. 现场对燃烧器平台处壁温测量热电偶接线箱箱体温度进行测量，发现温度普遍较高，有的箱体内壁甚至达到近100度，热电偶信号电缆长期处于高温下，电缆外皮容易出现开裂导致短路现象发生。

四、改造方案

1. 将壁温测点中间接线箱移位至远离高温区域处。

将原安装在燃烧器平台20cm高度的接线箱及支架拆下，整体移位至距离燃烧器平台2米高的位置，使接线箱内电缆不受燃烧器平台高温的辐射。

2. 根据现场实际选取合适的热电偶安装路径。

燃烧器厂家原先设计的壁温安装路径主要是为了避免热电偶受到套筒内调风盘的切割，但是却忽视了安装孔与壁温元件之间的摩擦切割作用。经过仔细观察，发现该厂煤火检从调风盘空隙中直接插至燃烧器喷口位置进行火焰强度的检测。而该位置处于调风盘的调整死区位置，并不会受到调风盘叶片的切割，因此可以将燃烧器壁温测量元件直接沿煤火检保护杆绑扎固定伸入至燃烧器喷口边缘位置。

3. 热电偶外部增加耐磨防护套管。

经过充分调研，耐磨防护套管材质选用耐磨高温合金HR1230，材质为 Ni-Cr-W-Mo-Al 高温高强耐磨合金^[8]，耐高温抗氧，便于加工。为便于现场环境热电偶的插入，采用组合式分段套管形式。

五、改造方案实施

2022年3月，对 #2机组32支燃烧器壁温测温元件进行了改造。主要从三个方面开展了改造工作。

1. 壁温测点中间接线箱移位。采购新的接线箱，在燃烧器平台上方2米处安装固定新的接线箱，彻底消除高温环境对信号线路的影响。

2. 更改壁温测量热电偶安装路径，由原设计路径（图1）更改为沿着每个燃烧器煤火检光纤保护管绑扎固定伸入燃烧器喷口位置，如图2所示。



> 图 1 壁温测温热电偶原始安装路径



> 图 2 改造后的壁温测温热电偶安装路径

3. 根据现场尺寸和安装位置，定制组合式耐高温耐磨保护套管（图3），在燃烧器喷口末端5CM^[9]处焊接集热块固定热电偶，在内套筒末端外部焊接固定卡扣，将耐磨套管进行固定，确保不发生晃动（图4）。



> 图 3 定制的组合式保护套管



> 图 4 安装好的保护套管

六、效果检查

至2023年5月，机组投运后经过一年运行，#2机组燃烧器壁温因测温热电偶或信号线出现故障导致测量数据不准的缺陷发生，全年缺陷数量锐减到仅有两条（皆为 DCS 卡件上通道损坏导



> 图 5 改造两年后壁温元件照片

致)。2024 年 4 月，利用 #2 机组 B 修机会进入炉膛内燃烧器喷口对壁温元件进行检查，未发现32支燃烧器喷口壁温测温热电偶出现磨断情况发生（见图5）。说明通过制作耐磨防护套管起到了很好的保护作用。燃烧器壁温改造取得了明显的效果。

七、结束语

燃烧器壁温改造从根源上解决了壁温测量故障率较高、机组

运行期间无法对损坏壁温测量热电偶检修的问题，并且可以保证在一个 B 修甚至更久的检修周期内燃烧器壁温测点不发生因热电偶断裂损坏、信号线路破损接地^[10]等原因造成壁温失去监测的现象发生，极大的保障了燃烧器的运行安全。为面临类似问题的火力发电厂提供了一种问题解决的参考方案。

参考文献：

[1] 刘文献, 刘永刚, 孙亮江, 赵天中, 盖建勇. 中心给粉旋流燃烧器在巴威1025t/h 锅炉上的应用 [J]. 河北电力技术, 2005(02):34-37.

[2] 杨佩锋, 周玉飞. 某电厂锅炉燃烧器烧损事故案例分析 [J]. 锅炉制造, 2021(06):26-27.

[3] 马天才. 锅炉燃烧器烧损原因及防治要点 [J]. 山东工业技术, 2017(17): 252.

[4] 李洲宇. 关于热电偶安装及选型的探讨 [J]. 中国仪器仪表, 2014(12):72-74.

[5] 孙志高, 马荣生. 燃烧器壁温特性及其保护措施 [J]; 扬州大学学报 (自然科学版);1999年第2卷第3期.

[6] 铠装热电偶; JJG(机械)180-1994.

[7] 蔡捷伟. 热电偶保护管的性能和选用 [J]. 传感器世界, 2002, (10):25-29.

[8] 孙宏飞, 万殿茂. 新材料技术在热电偶保护套管中的研究应用现状 [J]. 中国仪器仪表, 2002, (3):1-5.

[9] 尚明峰. 锅炉金属壁温热电偶安装技术; 工程科技 II 辑·仪器仪表工业; 2021年. 01期.

[10] 张建福. 合成塔热电偶测温异常及损坏原因与解决方法 [J]. 氮肥技术, 2012,33(05):46-47.

工程地质勘察与地质灾害预警技术研究

曹琛

新疆地质工程有限公司，新疆 乌鲁木齐 830091

摘要：在当前全球环境逐渐变得复杂多变的情况下，地质灾害的频繁发生给人类的社会生活以及经济发展带来了严重威胁，这种状况促使人们对高效和精确的工程地质勘察以及地质灾害预警技术开展了深入的研究，对此技术的探索与发展不仅对于保障工程的安全，减轻经济损失发挥着关键作用，同时也是有效防控自然灾害风险，保障人民的生命安全与财产安全的重要手段。本文对工程地质勘察与地质灾害预警技术进行了深入研究，旨在为相关人员工作提供参考。

关键词：工程地质勘察；地质灾害；预警技术；研究

Research on Engineering Geological Survey and Geological Disaster Warning Technology

Cao Chen

Xinjiang Geological Engineering Co., LTD., Xinjiang, Urumqi 830091

Abstract： in the current global environment gradually become complex, the frequent geological disasters to human social life and economic development has brought serious threat, this situation prompted people to efficient and accurate engineering geological survey and geological disaster warning technology carried out in-depth research, the technical exploration and development is not only to ensure the safety of the project, reduce the economic loss plays a key role, but also effective prevention and control of natural disaster risk, safeguard the safety of people's life and property safety important means. This paper studies engineering geological survey and geological disaster warning technology, aiming to provide reference for relevant personnel.

Key words： engineering geological survey; geological disaster; early warning technology; research

引言

随着全球气候变化与人类活动的不断加剧，工程建设在面对日渐复杂的地质难题时，地质灾害事件的频频发生不但构成了严峻挑战，对人类社会生活和经济发展也带来了不容忽视的影响。基于这一背景，精准的工程地质勘察成为了紧迫的需求，研发高效的地质灾害预警技术也变得至关重要。这些技术的发展和运用，不仅能够为工程建设提供稳固的地质数据支撑，有效减少不必要的经济损失，而且对于提升地质灾害的预知能力以及保障公共安全，都具有非凡的价值和深远的意义。因此，深入探究工程地质勘察和地质灾害预警技术，既是为了解决这一时代所面临的难题提供了科学依据与技术支撑，也极大地推动了相关领域的科技进步，对此予以研究将具有划时代的贡献。

一、当前工程地质勘察技术概览

当前工程地质勘察技术的发展展现出了先进与多样的特点，这得益于科技进步与深入的研究，从而在提升识别地下结构和发现潜在风险的准确性方面发挥了重要作用，以更全面的信息支持工程建设的安全与可靠性。地球物理勘察技术，包括但不限于电阻率成像法和地震波探测技术，在不破坏地表的前提下，能深入地下获取直观与全面的地质信息，而地质雷达（GPR）技术的应用，尤其在探测浅层地下隐蔽目标，比如地下水、洞穴以及土壤

层次结构方面，提供了一种更加精准的数据获取方法^[1]。GIS（地理信息系统）的集成应用通过对勘察数据的高效管理与分析，不仅进一步提升了工程地质勘察的效率和科学性，还为工程决策提供了强有力的数据支持。随着地质勘察技术向深度学习、人工智能等现代信息技术的融合，为风险预测、灾害评估等方面带来了根本性的能力提升，展现了其在未来城市建设与自然环境保护方面的重大价值。这些理论与实践的研究不仅推动了工程地质勘察技术的创新与进步，而且在实际工程应用中对于地基与基础工程安全、环境保护与可持续发展的影响也不可估量^[2]。

* 作者简介：曹琛，女，1990年2月，河南省南阳市内乡县，大学本科，工程师，汉族，从事水文地质、工程地质、环境地质勘察工作

二、地质灾害发生机理与分类

地质灾害作为自然界中的一种常见现象，既对人类社会产生了深远的影响，其发生的机理与分类研究对于灾害的预防与减轻扮演着不可忽视的角色，这其中自然环境因素如气候变化与地壳运动以及水文地质条件等与人类活动因素包括土地利用的变化与矿物开采与工程建设等多个环节在特定的时间与空间条件下相互促进，共同促成了地质灾害的触发。在对地质灾害进行分类的过程中，这些灾害主要根据其成因与表现形式的不同，可以分为滑坡、泥石流、地面沉降与地震等几大类，每种灾害类型都拥有其特有的发生条件与影响范围，如滑坡与泥石流多发生在降水量大与地形陡峭的地区，地面沉降多次于地下水的过度开采与土地负重过大有关，而地震则与地壳板块的运动与断层活动紧密相连，尽管这些类型之间存在区别，但它们往往是相互关联的，某一类型灾害的发生可能会触发另一类型灾害的出现，从而形成一条复杂的灾害链^[3]。深入理解地质灾害的发生机理与分类不仅有助于揭示其背后的科学规律，而且对于制定相应的预防措施与应对策略提供了坚实的理论基础，面对自然力量的挑战，尽管人类似乎显得渺小，但通过科学研究与技术进步，我们完全有潜力提升对地质灾害的预警能力与应对效率，进而最大化地减少这些灾害给社会带来的损失^[4]。

三、工程地质勘察与地质灾害预警技术的应用

（一）现代测绘技术在工程地质勘察中的应用

环境现代测绘技术，融合了遥感测量、地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS 与数字地面模型 DEM 等多种先进技术，它们的共同特点在于能够高效准确地收集与分析地理信息。通过高分辨率的地表数据采集与快速有效的处理，现代测绘技术能够详细提供工程地质勘察所需的地质结构信息、地形变化数据与地下资源分布图，这对于确保工程项目从选址到设计再到建设的安全，发挥了无可替代的作用。现代测绘技术在地质灾害预警方面展现出极为突出的应用优势，遥感技术的运用使得专业人员能够及时监测到地表的微小变化与异常现象，进而对山体滑坡、地面塌陷与洪水泛滥等潜在的地质灾害进行有效的预测与预警。这种技术的应用不仅显著提升了对地质灾害的响应速度与处理能力，而且大大降低了因灾害带来的财产损失与人员伤亡，具有极其重要的社会价值与实际意义。随着人工智能技术与大数据分析技术的整合应用，现代测绘技术的数据处理能力与分析精度得到了进一步的提升。这使得从大量复杂的地理信息中提取有价值的数据变得更加高效，从而大大增强了工程地质勘察与地质灾害预警的准确性与实用性，为工程安全管理与灾害防治提供了强有力的科技支撑^[5]。

（二）地下水监测技术在地质灾害预警中的应用

通过对地下水位动态变化的持续监测，科研人员与工程师们已经在很大程度上掌握了地下水流动的规律及其对周边环境造成的影响，这为在地质灾害发生之前采取有效的预防措施提供了可

靠的依据。地下水监测技术的有效应用并不仅限于地质灾害的早期识别，还包括利用长期地下水变化数据来推断和预测地质灾害的潜在范围与影响程度。例如，在地下水位持续上升的情况下，可能会引起滑坡、地面塌陷等一系列灾害的发生率增加，这些情况下地下水监测技术的应用显得特别重要^[6]。

除了监测地下水位变化之外，通过对地下水化学成分的分析，这一技术还能进一步揭示地下水与地质环境之间的相互作用关系，为防范地质灾害提供了更深入的科学支持。基于这些深入的分析和研究，地下水监测可确保地质灾害预警的及时性与准确性，从而为降低地质灾害的损失提供了有效途径^[7]。

（三）遥感技术在滑坡灾害监测与预警中的应用

遥感技术的应用范围广泛，涵盖了从卫星遥感到无人机航拍等技术手段，这些手段能够提供广阔和高分辨率的地表数据，为滑坡灾害的监测提供了一个崭新的视角，使得专家能够在较早的时间内识别出潜在的风险区域。通过地形、地物以及降雨量等数据的综合分析，能够准确预测滑坡灾害的发生时间与地点；对于那些地势险峻、人迹罕至的区域，在传统监测手段难以覆盖或成本过高的情况下，遥感技术展现出其特有的便利性与效率^[8]。随着遥感数据解析技术的持续进步，当前的遥感监测能在更加精细的层面上察觉到即将发生滑坡前的微妙变化，从地表形态的轻微变动到植被覆盖率的微变，这一进步使得滑坡预警具备了更高的精确度与实时性。遥感技术提供的数据对于制定滑坡灾害应对措施至关重要，它不仅可以帮助决策者制定更科学、合理的预防措施，而且还可以在灾害发生后快速评估灾情，为救援行动提供重要的信息支持^[9]。

遥感技术在提高滑坡灾害预警的能力方面无疑带来了革命性的变革，尤其是在提升灾害预警时效与减少损失方面展现了巨大的潜力。然而尽管遥感技术的进步为滑坡灾害的监测与预警提供了新的方法与手段，但同时也面临一些局限性，比如技术与数据解析的复杂度较高，需要具备高度专业的知识与技巧才能进行有效的操作和分析；对于复杂地形或极端天气条件下的数据采集也存在一定挑战。因此在充分利用遥感技术在滑坡灾害预警中的作用的同时，还需综合考虑多种因素，持续优化监测与预警体系，以期达到最优的预警效果^[10]。

四、工程地质勘察与地质灾害预警方法与技术途径

（一）地质资料的收集与分析方法

在进行工程地质勘察与地质灾害预警的过程中，首先需要重点关注的是地质资料的收集与分析，这一环节通过从现场调查到遥感技术再到地理信息系统（GIS）等多种技术手段的综合运用，不仅确保了所得数据的全面性与准确性，还能够通过对地质构造、历史地震活动、岩土特性与地下水条件等信息的深入挖掘与综合解析，有效地识别出潜在的地质灾害风险区。应用数值模拟与地质统计分析相结合的方法进行地质资料分析，在揭示地质体间相互关系与作用机理方面发挥着关键作用，这为地质灾害的预测提供了科学依据。运用机器学习等先进技术对历史地质数据进

行深度分析，显著提升了地质灾害预警的准确率与实效性。在地质灾害预警技术的应用上，通过结合地质资料分析的结果运用实时地质监测系统与预警软件，能够实现对特定区域地质灾害风险的动态监控与早期预警。构建地质灾害数据库与风险地图为工程建设提供重要的参考依据，从而确保施工过程的安全。

（二）地质灾害风险评估模型

在探讨工程地质勘察与地质灾害预警方法与技术途径的过程中，运用地质灾害风险评估模型被普遍认为是一种既高效又能精准预估地质灾害可能性与潜在影响的方法。这种方法不仅能针对性地采取防治措施，还确保了工程安全与环境的可持续发展。首先，开发与利用高精度的地质数据收集工具与方法显得尤其关键，这其中包括结合遥感技术与地面实地调查的方式，收集地貌、岩性、构造以及历史灾害记录等多维数据，作为模型提供可靠的输入参数的基础。通过采用地理信息系统（GIS）与计算机辅助设计（CAD）等先进的信息技术，能够有效地对数据进行融合与处理，进而提高评估的准确性与效率，从而在不同地理环境与地质条件下增强其适用性与可靠性。在此基础上，构建基于统计分析与机器学习的综合评估模型，通过对历史灾害数据的深度分析，挖掘地质灾害发生的内在规律与外部影响因素，预测潜在风险区域与可能的灾害类型，以此结合专家的经验与地质工程的实践，为模型的持续优化与校准提供了支持。采用动态评估机制，根据最新的地质数据与环境变化，定期更新风险评估结果，保证了评估信息的时效性与准确性。

（三）地质灾害动态监测与数据处理技术

利用地理信息系统与遥感技术的高精度优势，可以显著提升地质灾害倾向区域的精确定位与识别，这意味着深入分析遥感数据能够实现对潜在危险区域的精准监控与预警；通过汇集与解读大量的监测数据，人工智能算法据此发现潜在规律，预测地质灾害的可能性与发展趋势，这表明将机器学习与深度学习技术纳入监测数据的分析处理中，不仅能有效提升数据处理速度，而且还能在一定程度上增强地质灾害预警的精确度。采用物联网技术构建集群监测网络，有助于实现对地质环境变化的即时监测与实时反馈，进而能在地质灾害发生初期迅速做出反应，有效降低灾害所带来的损失。

总结

随着社会的不断进步与科技的飞速发展，工程地质勘察与地质灾害预警技术在增强抵抗自然灾害的能力方面展现出了日益重要的作用，通过将现代科技和传统勘察技术的综合运用不断进行优化与创新预警机制方面的努力，不仅有利于有效降低地质灾害可能造成的损失，还能在更广泛的层面上确保工程建设的安全性与可持续性得到加强，对于未来这一领域的发展，人们寄予了厚望，期盼能涌现出更多的创新研究成果，为打造一个更加安全、可靠、环保的居住环境提供坚实的基础。

参考文献：

- [1] 董莹. 基于三维 GIS 的金属矿区地质灾害监测与预警方法 [J]. 中国资源综合利用, 2023,41(1):31-34.
- [2] 冯俊杰. 矿山工程地质勘查及地质灾害治理对策探讨 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022(9):81-83.
- [3] 赵宁. 矿山岩土工程勘察中的地质灾害评估与风险预警研究 [J]. 世界有色金属, 2023(023):000.
- [4] 刘安平. 岩土工程地质勘察质量控制探讨 [J]. 工程建设与设计, 2023(14):246-248.
- [5] 许彬. 矿山水工环地质勘察技术应用分析 [J]. 世界有色金属, 2023(13):121-123.
- [6] 撤回吴亚林. 工程地质勘察中有关水文地质问题的分析与研究 [J]. 江苏建材, 2023(03):131-133.
- [7] 周国胜. 工程地质勘察中出现的问题与对策 [J]. 工程建设与设计, 2023(12):19-21.
- [8] 成涵, 汤维. 工程勘察设计和施工过程中的水文地质问题研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(18):118-120.
- [9] 陆梦婉, 肖俊萌. 试论工程地质勘察中水文地质问题的危害 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(18):121-123.
- [10] 吴建来. 岩土工程地质勘察及边坡稳定性评价研究 [J]. 福建建材, 2023(06):69-71.

校园景观设计中的教育功能与场所氛围塑造探讨

张琼月¹, 张燕²

1. 武汉华中国土科技有限公司, 湖北 武汉 430070

2. 武汉传媒学院, 湖北 武汉 430000

摘要： 校园景观设计不仅改善视觉环境，更深层次地影响着教育质量和校园文化。本研究主要探讨如何通过景观设计增强教育功能和塑造场所氛围。教育功能的实现依赖于灵活的设计，如可供教学使用的户外空间以及促进学生互动的社交场所。场所氛围的塑造则着重于通过景观元素传递校园的历史和文化，如纪念性建筑物和标志性植被。此外，可持续性也被纳入现代校园景观设计，通过使用本土植物和生态友好的设计方案来减少对环境的负担。本研究以实际案例分析，展示了如何有效整合这些元素以达到教育和环境上的双重目标。

关键词： 校园景观设计；教育功能；场所氛围；可持续性；文化传递

Exploration of Educational Function and Place Atmosphere Shaping in Campus Landscape Design

Zhang Qiongyue¹, Zhang Yan²

1. Wuhan Huazhong Land and Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430070

2. Wuhan Media College, Wuhan, Hubei 430000

Abstract： Campus landscape design not only improves the visual environment, but also has a deeper impact on the quality of education and campus culture. This study mainly explores how to enhance educational functions and shape the atmosphere of places through landscape design. The implementation of educational functions relies on flexible designs, such as outdoor spaces available for teaching and social spaces that promote student interaction. The shaping of the venue atmosphere focuses on conveying the history and culture of the campus through landscape elements, such as commemorative buildings and iconic vegetation. In addition, sustainability has also been incorporated into modern campus landscape design, reducing the burden on the environment through the use of local plants and eco-friendly design schemes. This study uses practical case analysis to demonstrate how to effectively integrate these elements to achieve the dual goals of education and environment.

Key words： campus landscape design; educational function; place atmosphere ; sustainability; cultural transmission

引言

在当前教育领域，校园景观设计已不再仅仅是创建一个美观的环境，而是作为一种强有力的教育工具，影响和塑造学生的学习经验和社交行为。通过综合运用设计元素，校园不只是学习的场所，更是社会交往和文化遗产的空间。本文探讨校园景观设计如何通过其教育功能和场所氛围的塑造，促进学生的认知发展和社会互动，同时维护和传递校园独特的文化价值。通过案例研究，将展示具体设计如何实现这些目标，以及这些设计对学生日常生活和学习态度的积极影响。

一、教育功能的景观设计

（一）设计理念与教育理念的融合

在校园景观设计中，融合设计理念与教育理念是关键。校园景观不仅仅是一种装饰，更是教育的延伸。通过将教育理念贯穿于设计之中，可以实现更有效的教学效果。例如，根据教育目标和学生需求，设计出不同主题的景观区域，如科学探索区、人文历史区等，以激发学生的兴趣和好奇心。此外，校园景观设计也应考虑到可持续发展的理念，例如采用可再生材料、节能灯具等，以示范环保与可持续的生活方式。例如在中南财经政法大学

南湖校区环境提升项目（三期）中，通过结合环保与现代教育理念的景观设计，不仅极大提升了学生的环保意识，还营造了更加优美和功能丰富的学习环境。例如，项目中的晓南湖地块设计着重于生态恢复和增设休闲设施，促进学生在自然中的学习和交流，体现了教育与生态可持续性的紧密结合。

（二）户外教室与多功能空间的应用

户外教室和多功能空间的应用是校园景观设计的重要组成部分^[1]。在中国的一些学校，如在中南财经政法大学南湖校区环境提升项目（三期）的规划中，特别强调了设计户外课堂和学习空间，以自然环境作为教学资源的一部分。这种设计不仅丰富了学

生的学习体验，还有效促进了学生探索精神和团队合作能力的培养。例如，A 地块的和合园区内就设置了多个功能区域，如学习角和亲水步道，旨在提供自然互动的学习环境，支持学生在更开放的空间中进行集体学习和个人发展。同时，多功能空间的设计也能够最大限度地利用校园资源，提供更多的社交和学习场所。例如，一个空地既可以作为运动场，又可以举办文艺活动，满足了不同学生群体的需求。这种灵活利用空间的设计理念，为学校创造了更加开放和多元化的学习环境。

二、场所氛围的创造与文化传播

（一）纪念性建筑与历史意义的结合

纪念性建筑与校园的历史意义结合，是校园景观设计中的重要考量。中南财经政法大学，校园内的建筑往往具有悠久的历史 and 深厚的文化内涵。通过保留和修缮这些建筑，将其与现代景观相融合，不仅可以展现学校的传统和荣耀，也能够激励学生对历史的尊重和珍惜。同时，纪念性建筑也可以作为教学资源的一部分，例如通过展览和解说，向学生传达建筑背后的历史故事和文化价值。

（二）校园植被与文化身份的关系

校园植被在校园景观设计中扮演着重要角色，不仅是美化校园环境的重要元素，更承载着学校的文化身份和特色。校园内的植被种植往往反映了当地的地域文化和生态特点^[2]。这种选择本土植物进行种植的做法，不仅能够适应当地的气候和土壤条件，还能够弘扬地方文化和传统价值观。中南财经政法大学的校园选择红枫作为校园主题植物。通过红枫与当地地域文化相契合的植物，学校不仅能够打造出与众不同的校园景观，还能够加深师生对当地文化的认知和理解，增强他们的文化自豪感，校园植被的设计也可以与校园的教育目标相结合，为学生提供实践和观察的机会，促进他们对生态环境和生物多样性的认识。学校可以为学生提供实践性的学习空间，让他们近距离接触各种植物，了解它们的生长习性和生态特点。这种与教育目标相结合的校园植被设计，不仅可以丰富学生的课外体验，还能够激发他们对自然科学的兴趣，培养他们的环境意识和生态责任感。

三、促进社交与互动的策略

（一）共享空间的布局优化

共享空间的布局优化是校园景观设计中的重要考量。校园内的共享空间不仅是学生日常活动和社交的场所，也是教学和文化活动的重要场所。在中国的一些学校，如在中南财经政法大学南湖校区环境提升项目（三期）中，通过对校园共享空间的精心规划和布局优化，有效实现了校园资源的最大化利用。项目中的设计如 A 地块的和合园，就巧妙地将广场、草坪和休闲区相互连接，形成了一个开放式的活动空间。这不仅满足了学生的日常学习和休息需求，也为举办校园活动提供了理想的场地。此外，特别考虑到高校交流活动的需求，项目中还包括了设置阴凉遮蔽设施和舒适座椅等元素，以提供更舒适的学习和休息环境。这些设

施不仅具有实用的遮阳和避雨功能，还为学生提供了促进互动和交流的舒适场所。通过合理设计共享空间，可以有效地满足学生们在校内不同时间段的活动需求，为他们提供一个舒适、安静、和谐的学习环境。在共享空间的设计中，需要充分考虑到学生的学习效率和生活质量。例如，在校园中设置一些有遮荫设施的休息区域，可以提供给学生一个放松的场所，使他们在课间或者课余时间得以休息，更好地准备接下来的学习。

（二）互动促进设施的创新

互动促进设施的创新是校园景观设计的关键内容，对于激发学生学习兴趣和创造力具有重要意义。在中南财经政法大学南湖校区环境提升项目（三期）中校园内智能互动投影墙和交互式雕塑等设施的设置，为学生提供了独特的学习和娱乐体验。这些设施不仅仅是装饰，更是教育的媒介，通过激发学生的好奇心和创造力，推动了他们的思维发展和动手能力的培养。学生们在与这些设施互动的过程中，不仅能够增强彼此之间的交流和合作，还能够发掘自己的潜能，探索新的学习方式和解决问题的技巧。互动促进设施的创新也需要兼顾安全性和可持续性。在设计过程中，应当采用环保材料和节能技术，以保障学生的身心健康和环境的可持续发展。此外，设施的设计应考虑到不同年龄段学生的需求和特点，确保其能够被广泛接受和有效利用。这种将互动促进设施与教育目标相结合的设计理念，不仅为学生提供了一个富有挑战和乐趣的学习环境，也为他们的全面发展和未来成就奠定了坚实基础。因此，在校园景观设计中，不断创新和完善互动促进设施，是提升教育质量和校园文化的重要举措。

四、可持续发展在景观设计中的应用

（一）本土植物的利用与水资源管理

在校园景观设计中，本土植物的利用与水资源管理是至关重要的考虑因素。一些中国学校，例如南京某大学，已经意识到了选择适应当地气候和土壤条件的本土植物进行种植的重要性。通过引入本土植物，这些学校成功地降低了对水资源的需求。根据相关数据显示，本土植物相比引进外来植物更具生命力和抗逆性，能够在较为干旱和贫瘠的环境中生存，从而降低了对灌溉水资源的依赖程度。同时，本土植物的利用也为当地生态环境的保护和恢复作出了贡献，增加了校园的生物多样性和生态稳定性。以南京某大学为例，校园景观项目中本土植物使用比例高达80%至90%，这不仅节约了大量水资源，还为校园的生态环境建设提供了坚实的基础。在绿化覆盖、水生植物池和生态花园等项目中，本土植物的应用不仅美化了校园环境，更实现了水资源的有效管理和利用。因此，校园景观设计中应充分考虑本土植物的利用，并结合科学的水资源管理措施，以实现校园景观的生态可持续发展。

表 1：校园景观项目本土植物使用比例和水资源节约量

| 校园景观项目 | 本土植物使用比例 (%) | 水资源节约量 (立方米 / 年) |
|--------|--------------|------------------|
| 绿化覆盖 | 80 | 5000 |
| 水生植物池 | 90 | 3000 |
| 生态花园 | 75 | 2000 |

（二）生态友好型设计的实施

生态友好型设计的实施是校园景观设计的重要内容之一。在中国的一些学校，如北京某中学，通过引入生态友好型设计理念，有效提升了校园景观的环境友好性和可持续性。根据相关数据显示，采用生态友好型设计的校园景观项目，比传统设计节约水资源约30%，减少了化肥和农药的使用，降低了对环境的污染程度。例如，通过建设雨水收集系统和人工湿地，实现了雨水的收集和净化，为校园绿化提供了可再生的水资源。同时，利用植物的自然过滤作用，净化了污水和废水，保护了校园周边的水体和土壤环境。这些生态友好型设计的实施，不仅提升了校园景观的美观性和舒适性，也为学生提供了一个环保和健康的学习生活环境，培养了他们的环境意识和责任感。

五、设计实施的挑战与解决方案

（一）预算与资源的平衡

在校园景观设计中，综合考虑美观性、功能性和可持续性至关重要。校园景观不仅要服务于教育目的，还要体现环保和文化传承的理念。在规划和设计阶段，重视设计元素的选择和应用是关键，以确保每一部分都符合总体教育和环境目标。此外，充分利用现有资源和条件，通过与社区合作，加强校园景观的教育和文化功能，是提升项目价值的有效方式。通过这种综合考虑，校园景观不仅能够短期内展现其美观和实用性，更能长期维持其教育和文化价值。因此，在校园景观设计的过程中，综合资源的合理应用和优化是关键，确保设计的成功实施及其长期效益。

（二）维护与管理的长期策略

校园景观设计的维护与管理是一个长期且复杂的过程，需要制定有效的策略和措施来保障景观的长久保持^[9]。根据中国城市园林绿化建设的相关数据，大约有50%的景观项目在竣工后出现了不同程度的维护不善或管理松懈问题，导致景观设施的损坏和环境的恶化。因此，校园景观设计的维护与管理需要从规划之初就有所考虑。首先，应建立健全的管理机制和人员配备，明确各项责任和任务，确保景观设施的及时维修和管理。其次，需要注重员工培训和技术提升，提高管理人员的维护水平和意识，使其能够及时发现和解决问题。此外，还应建立完善的监测和评估机制，定期对校园景观进行检查和评估，及时调整和改进管理策略。通过长期的维护与管理，可以确保校园景观设计的持续美观和功能完善，为学生提供一个优美宜人的学习和生活环境。

六、案例研究与分析

（一）成功案例的展示

成功案例的展示是校园景观设计中的重要一环。通过展示成功案例，可以为其他学校提供借鉴和参考，促进校园景观设计水平的提升^[6]。例如，中国某高校进行了一次校园景观改造，经过一年的建设，校园景观焕然一新。其中，新建的多功能广场成为学生集会和活动的热门场所，每天吸引了数千名学生聚集。同时，增设的自

然生态区域也成为了学生探索和休憩的好去处，有效丰富了校园的功能性。此外，校园内的雕塑和艺术装置也为学生提供了美学的享受和创造的空间，增强了校园文化的内涵。这些成功案例的展示，不仅彰显了校园景观设计的成果，也为其他学校提供了宝贵的经验和启示，激发了他们对校园环境改善的热情和动力。

（二）教训与启示的总结

在校园景观设计过程中，遇到各种教训和挑战是难以避免的，但这些挑战也蕴含着宝贵的启示和经验。以中国某大学进行校园景观改造的经历为例，面临资金不足和施工延期等问题，最终导致项目质量不尽如人意。然而，正是通过这次经历，学校深刻认识到了项目管理和资金筹措的重要性。加强与政府和企业的合作，提高了项目的整体效率和质量。同时，在项目完工后，学校建立了健全的维护机制，确保了景观设施的长期使用和管理。这些教训告诉我们，校园景观设计不仅仅是一次性的工程，更是一个长期的过程。需要不断总结经验，不断完善管理，才能够保持其美观和功能的长久持续。因此，我们应该以这样的经验为鉴，注重项目管理和资金筹措，建立健全的维护机制，以确保校园景观设计的成功和持续发展。

结语

校园景观设计不仅仅是美化校园环境的过程，更是塑造学习氛围、促进教育质量和校园文化传承的重要手段。本文探讨了如何通过各种设计理念和策略，实现校园景观的多功能性和生态友好性。从融合设计理念与教育理念，到引入本土植物和实施生态友好型设计，每一个环节都为提升学生的学习体验和校园环境的可持续发展做出了重要贡献。通过案例分析和数据支持，我们看到了成功的校园景观改造带来的巨大效益，不仅提升了学生的生活品质，也为他们的综合素质和环保意识培养奠定了基础。在未来的校园景观设计中，我们应继续秉承创新、可持续的设计理念，不断探索和实践，为建设更加美好的校园环境而努力。

参考文献

- [1] 殷利华, 牛紫涵, 彭越, 等. 武汉市中学校园自然教育景观设计要素——基于结构方程模型分析[J]. 中国城市林业, 2023, 21(04): 94-101.
- [2] 李京晏. 大学校园景观设计的思想政治教育功效探究[J]. 西部素质教育, 2023, 9(15): 85-88.
- [3] 何文彬. 基于环境教育的小学校园景观设计探析——以谢溪头小学景观设计实践为例[J]. 江西建材, 2022, (12): 159-161.
- [4] 何疏悦, 彭熠萌, 张鑫淇, 等. 面向城市存量中小校园的环境教育景观设计与分析[J]. 装饰, 2022, (07): 35-43.
- [5] 汪晔圳. 文化传承视角下的校园景观设计研究[D]. 重庆大学, 2022.
- [6] 吴卓贤. 自然教育理念下的小学校园景观设计研究[D]. 四川农业大学, 2022.
- [7] 刘竞舸, 李姝霖, 李房英. 自然教育理念下的校园景观设计优化策略研究——以龙岩市锦山第二小学景观改造为例[J]. 时尚设计与工程, 2022, (02): 32-36.
- [8] 张妍. 长春市职业教育园区校园景观设计[J]. 世界林业研究, 2022, 35(02): 149.
- [9] 邢歆, 申瑞雪. 基于校园自然教育的专类科普园景观设计——以上海世外教育附属浦江外国语学校芬雅植物园为例[J]. 园林, 2022, 39(01): 103-109.
- [10] 王利程, 吴军. 自然教育理念在小学校园景观设计中的应用初探——以天津市河西区梅苑小学为例[J]. 现代园艺, 2022, 45(01): 96-98.

加强建筑电气工程造价管理与控制的思考

陈宁宁

中国沈阳国际经济技术合作有限公司, 辽宁 沈阳 110011

摘要： 造价管理和控制作为现代建筑的基本组成部分, 对经济效益和工程质量具有决定性的影响, 在深入分析建筑电气工程造价管理现状的基础上, 结合社会发展趋势和市场需求, 提出了一系列加强建筑电气工程造价管理和控制的策略, 旨在提高管理效率, 降低建设造价, 促进建筑业的可持续发展。

关键词： 建筑电气工程; 造价管理与控制; 存在问题; 对策分析

Reflection on Strengthening Cost Management and Control of Building Electrical Engineering

Chen Ningning

China Shenyang International Economic and Technological Cooperation Co., Ltd. Shenyang, Liaoning 110011

Abstract： Cost management and control, as a fundamental component of modern architecture, have a decisive impact on economic benefits and engineering quality. Based on an in-depth analysis of the current situation of cost management in building electrical engineering, combined with social development trends and market demand, a series of strategies to strengthen cost management and control in building electrical engineering are proposed, aiming to improve management efficiency, reduce construction costs, and promote the sustainable development of the construction industry.

Key words： building electrical engineering; cost management and control; existing problems; countermeasure analysis

引言

随着科学技术的进步和人们生活水平的提高, 建筑电气工程的复杂性和重要性日益凸显, 但建筑电气工程的造价管理和监控面临着越来越大的挑战, 传统的造价管理模式已经难以满足现代建筑电气工程的需要, 因此, 如何加强建筑电气造价的管理和控制, 提高管理效率, 降低工程造价, 是必须解决的问题。

一、加强建筑电气工程造价管理与控制现状

(一) 预算不准确

造价预算是建筑电气工程施工造价管理的重要组成部分, 但在实际操作中, 往往存在预算不准确的问题, 在建筑电气工程设计阶段, 设计人员寻求技术创新和功能改进, 设计复杂的智能控制系统和节能设备; 但是, 设计人员在制定制造价格预算时, 不考虑物料价格、人工造价等造价因素, 导致预算远远低于实际造价;^[1] 项目实施过程中, 由于物料价格上涨, 人工造价等因素增加, 实际造价远远高于预算, 严重影响了项目的经济效益。在设计阶段, 设计人员必须考虑造价因素, 并与预算人员密切沟通, 以确保设计符合功能和造价效益的需求。

(二) 项目造价管理缺乏系统性

目前, 建筑电气工程造价管理往往缺乏系统性, 各环节之间缺乏有效的沟通与合作, 在建筑电气工程实施阶段, 医院新项目

的设计、施工、采购等环节的沟通引发了一系列问题, 设计部门没有充分考虑设计过程中的实际施工需求和物料供应, 导致一些设计方案难以实现, 施工管理部门发现施工过程中物料供应不足, 导致施工进度受阻; 采购部门在采购过程中未能及时获取市场价格信息, 导致采购造价上升, 这些问题不仅增加了项目造价, 而且影响了项目质量和及时性。在建筑电气工程造价管理中, 必须建立系统的管理体系, 加强各环节之间的沟通与合作; 设计部门要考虑到施工采购的实际情况, 并提供合理的设计方案; 施工部门要及时向设计部门反馈施工中的问题和需求; 采购部门要密切关注市场价格信息, 确保采购造价的合理性; 同时, 要建立一个信息交流平台, 促进各环节之间的信息交流与合作。

(三) 设计与建造阶段的分离

在建筑电气工程施工造价管理中, 设计阶段与施工阶段的分离是常见的问题, 设计阶段倾向于更加注重技术解决方案的制定和功能的实现, 而施工阶段的具体流程、材料采购、造价控制等

* 作者简介: 陈宁宁, 出生年月日: 1982年2月28日, 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 吉林省德惠市, 学历: 大学本科, 职称: 高级工程师, 从事的研究方向: 电气工程估价, 电气工程预算

方面则较少考虑，这导致设计阶段与施工阶段在造价、材料、进度等方面存在较大差异和矛盾。某一办公楼建筑电气工程设计阶段较高，为了追求美观和先进，设计者选择了优质、昂贵的材料和设备，但在施工阶段，由于材料采购困难、造价高等原因，施工单位无法按设计要求采购和施工，导致项目延误和造价超支。要解决这个问题，设计阶段需要更多地关注施工阶段的实际情况，与施工单位充分沟通与合作；同时，施工单位还需要及早介入设计阶段，提供施工经验和技术支持，以确保设计方案的可行性和经济性。

（四）造价估算和造价控制的误差

在建筑电气工程造价管理中，造价估算与造价控制的分离也是一个常见的问题，造价估算阶段往往是对项目造价进行粗略的估算和估算，没有具体的造价控制措施和计划，导致项目实施过程中造价无法得到有效控制，容易产生造价超支。某一新建学校项目电气工程造价估计为300万元，但在项目实施过程中，由于材料价格上涨和人工造价增加，实际造价持续上升；同时，由于缺乏有效的造价控制和规划措施，项目造价无法得到及时控制和调整，最终超过造价50万元。为了解决这个问题，必须在造价估算阶段制定具体的造价控制措施和计划，同时，在项目实施过程中，必须加强造价控制和管理，及时发现和解决造价超支问题；此外，还需要问责制、奖励制裁机制，以确保造价控制措施的有效实施。

二、加强建筑电气工程造价管理与控制流程分析

（一）项目启动和初步评估

在项目启动阶段，建筑电气建设项目造价管理的首要任务是进行初步估算，包括全面了解项目规模、功能要求、技术要求等，结合市场历史和项目历史经验对项目造价进行初步预测，重点了解项目的总造价，为后续设计和施工提供指导。在项目启动阶段，造价管理团队需要与项目团队，设计团队，施工团队等各方充分沟通和沟通，以确保对项目的全面了解和理解，通过收集和分析设计图纸，技术规格，市场情况等项目相关信息和数据进行初步造价估算，初步估算应考虑材料价格，人工造价，设备造价，管理造价等各种因素，并根据项目的实际情况进行适当调整。

（二）设计阶段的造价控制

设计阶段是建筑电气施工造价管理的关键点，在这个阶段，设计团队需要根据项目要求和初步估算结果进行详细的设计和优化方案，造价管理团队需要与设计团队紧密合作，以确保设计满足功能需求，有效的造价控制。在设计阶段，造价管理团队需要与设计团队密切沟通与合作，设计团队在进行方案设计时要充分考虑造价因素，并在设计过程中不断进行优化和调整，造价管理团队需要根据设计方案进行造价分析和预测，及时发现和解决设计中的造价问题，通过双方的合作，可以保证设计方案满足项目的需求，同时造价控制目标可以实现，同时造价管理团队还需要与施工团队、材料供应商等相关各方进行沟通与协调。

（三）施工阶段造价控制

施工阶段是建筑电气工程施工造价管理的实施阶段，在此阶段，施工团队需要按照设计方案进行施工，保证施工质量和进度计划，造价管理团队需要对施工过程进行全面的监控和管理，以确保施工造价在预算控制之下。在施工阶段，造价管理团队需要制定详细的造价控制计划和措施，包括对施工过程的各个环节，如材料采购、人工造价、设备使用等进行严格的监控和管理；同时，还需要建立造价控制和预警机制，以便及时发现和解决施工过程中的造价问题；此外，造价管理团队还需要与施工团队、材料供应商等相关方进行沟通和协调，以确保在施工过程中有效实施造价控制。^[2]

（四）结算和后续评估的完成

项目竣工后，应进行后续结算和评估，最终结算是对项目实际造价进行核算和确认的过程，后续评估是对项目造价管理的有效性进行总结和评估的过程。在结算阶段，造价管理团队需要在项目建设过程中收集整理各种造价和造价数据，进行核算和确认，通过对比实际造价与预算造价的差异，分析原因，提出改进措施；在评估后阶段，造价管理团队需要总结和评估整个项目造价管理的有效性，包括对造价控制计划的实施情况进行评估和分析，造价控制措施的有效性，造价管理的有效性，通过总结经验教训和改进建议，为项目建设造价管理提供参考和学习。

三、加强建筑电气工程造价管理与控制存在问题分析

（一）信息不对称

由于信息来源的多样性和复杂性，造价管理团队可能无法完全准确地访问与项目相关的所有信息，包括但不限于材料价格，人工造价，市场供需等关键信息，信息不对称可能导致造价管理团队在估算和决策中存在盲区，影响项目的造价效益控制。信息不对称问题可能导致造价管理团队在项目开始时进行造价估算过度或悲观；如果造价低估，则可能导致项目后期资金紧张甚至无法按时完成；如果造价估算过高，则可能浪费不必要的资源和费用。此外，信息不对称可能会影响造价管理团队与供应商、承包商等合作伙伴之间的谈判与合作，从而影响项目的整体效率。

（二）缺乏统一的标准

建筑电气工程造价管理缺乏统一的行业标准和规范，增加了管理的难度和风险，不同的项目，不同的地区，不同的团队可能会使用不同的估算方法和标准，导致造价结果的巨大差异，这种差异不仅影响到项目的造价控制和效益评估，还可能引发争议和纠纷。缺乏统一的标准可能导致造价管理团队在估算和决策中缺乏依据和参考，不同的估算方法和标准可能导致不同团队或地区同一项目的不同造价结果，这不仅增加了管理的复杂性，还可能导致不必要的纠纷和纠纷，为了解决这个问题，有必要制定和实施统一的行业标准和标准，明确估算方法，定价基础，造价构成等关键要素，保证造价管理的科学准确性。

（三）人才短缺与质量差距

建筑电气工程施工造价管理需要具备专业知识和技能的人来

支持，但在实践中往往存在人才短缺和质量不够的问题，这可能是由于行业人才需求不足，人才培养机制不完善，人才流失等原因。人才短缺、质量不够的问题会导致造价管理团队在项目管理中缺乏专业性和准确性，缺乏专业知识和技能的人可能无法准确地进行造价估算、分析、监控或与供应商、承包商等合作伙伴进行有效的沟通和谈判，这不仅会影响项目的造价监控和效益评估，还会对项目进度和质量产生负面影响，要解决这个问题，就必须加强人才培训和投入工作，提高造价管理团队的专业素质和技能，同时要建立激励体系。

（四）对造价控制的认识不足

在施工建筑电气工程造价管理中，造价控制意识薄弱是常见的问题，许多项目团队往往只关注项目的时机和质量，而忽略了造价的有效控制，这在项目实施过程中有时会造成造价和浪费的增加，严重影响项目的经济效益。造价控制意识的薄弱，主要体现在项目团队对造价管理的重视程度不高，没有把造价控制作为项目管理的重要目标，在项目实施过程中，团队成员可能缺乏造价控制的主动性和积极性，缺乏必要的审核和控制来证明造价支出的必要性，此外，一些项目团队在造价控制的理解上也可能存在偏差，认为造价控制只是造价压力，忽视了造价与质量、进度等其他项目目标之间的平衡关系，为了解决这个问题，必须提高和项目团队的控制力。

四、加强建筑电气工程造价管理与控制对策分析

（一）加强对全过程管理的思考

在施工建筑电气工程造价管理中，加强全过程的管理思维至关重要，这意味着从开始到结束，必须对造价进行跟踪和控制，通过制定详细的项目计划，确定每个阶段的目标和任务，以确保每个阶段都按照预算和计划进行。加强全过程管理思维，需要项目团队在项目启动阶段制定详细的造价管理计划，明确项目的总预算、各阶段的预算、造价控制目标，在项目实施过程中，要监控项目的实际造价，与预算进行比较，及时发现问题，采取调整措施，同时，项目团队还需要与供应商、承包商和其他合作伙伴保持密切联系，确保按照合同要求提供优质、低造价的产品和服务。

（二）优化资源配置

优化资源配置是提高建筑电气工程施工造价管理效率的关键，通过合理配置项目所需的人力、物力、财力等资源，可以保证项目顺利进行，同时减少不必要的费用。优化项目团队的资源配置，需要在项目启动前对项目所需的资源进行综合评估，根据项目的实际需要和预算，制定详细的资源配置计划；在项目实施过程中，要密切关注资源的实际使用情况，及时调整资源配置计划，以保证资源的充分利用和维护；同时，项目团队还需要与供应商、承包商和其他合作伙伴建立长期稳定的合作关系，实现资源共享、互利共赢。

（三）引进先进的管理工具和技术

引入先进的管理工具和技术，可以提高建筑电气工程造价管

理的科学准确性；例如，可以利用信息手段建立项目信息管理系统，实现信息的快速传递和共享；利用大数据分析技术实时监测和分析项目造价、进度、质量等关键指标。引进先进的管理工具和技术要求项目团队具有创新意识和学习能力，通过引入先进的管理软件、应用程序等工具，可以提高造价管理的自动化和智能化水平，减少手工操作的错误和遗漏；同时，大数据分析技术可以用于对项目历史数据的深入调查和分析，发现潜在的风险和机遇，为项目决策提供有力的支持；此外，项目团队需要不断学习和掌握新的管理工具和技术，以适应不断变化的市场环境和项目需求。

（四）加强团队建设和培训

加强团队建设和培训是提高建筑电气工程施工造价管理质量的基础，通过建立有效的协作团队，加强团队成员的专业技能和专业能力培训，可以提高团队凝聚力和实施力度，确保项目顺利按既定目标进行。加强团队建设和培训，要求项目团队注重人才培养和工作投入，通过选择具有专业知识和技能的人员加入团队，为团队注入新的活力和创造力，同时，提升团队成员的专业能力和工作能力，提高工作能力和质量水平；^[3]此外，需要建立激励机制和绩效考核体系，激发团队成员的积极性和创造力，提高团队的凝聚力和执行力。

五、结语：

通过加强全过程管理思维，优化资源配置，引进先进的管理工具和技术，加强团队建设和培训，可以大大提高建筑电气工程造价管理的效率和质量，在今后的工作中，必须持续关注行业动态和技术发展，不断改进管理和创新策略，以确保在项目造价控制和质量管理方面取得更好的效果，同时，还必须加强与合作伙伴的沟通与合作，共同推进建筑电气工程造价管理水平。

参考文献

[1] 刘卓然. 试论建筑电气工程造价审核常见问题及解决措施 [J]. 建材与装饰, 2019(27):142-143.

[2] 李雪寒. 试论新时期建筑电气工程造价的控制关键点 [J]. 地产, 2019(12):93.

[3] 易资兴, 王晓芳. 基于“卓越人才”培养计划的“电力工程概预算”课程教学改革——以邵阳学院电气工程学院为例 [J]. 教育现代化, 2019, 6(46):15-16+128.

[4] 建筑电气工程造价控制策略与管理 [J]. 谢晶. 科技与企业, 2014.

[5] 建筑电气工程造价及预算审核中常见问题与策略分析 [J]. 姜威; 田光. 工程技术研究, 2016.

[6] 浅谈如何控制建筑电气造价超预算 [J]. 姜本儒; 吴艳. 四川水泥, 2015.

[7] 论建筑电气安装工程造价的控制与管理 [J]. 刘忠智. 工程技术研究, 2019(17).

[8] 当前我国工程造价管理存在的问题及对策 [J]. 秦振龄, 岳海军, 杨洪波. 平顶山学院学报, 2003.

[9] 工程造价管理与分析系统的开发 [J]. 孙成双, 王要武, 李晓东, 张建东, 郭继华. 建设科技, 2002.

[10] 工程造价管理对策的研究 [J]. 丰景春. 建筑技术开发, 2000.

园林绿化与城市社区建设的综合规划

王伟东, 杨超

济宁市建筑设计研究院集团有限公司, 山东 济宁 272000

摘 要 : 该综合规划的目标是通过有效的园林绿化措施和城市社区建设策略来改善城市居民的生活质量。绿化空间的合理规划, 规划着重于合理规划城市社区内的绿化空间。这包括公园、绿地、街头绿化等。通过科学的规划和布局, 可以确保城市社区内每个居民都能够方便地接触到自然环境和绿色空间, 享受到户外活动和休闲娱乐的机会。生态系统的保护和恢复, 规划强调生态系统的保护和恢复, 通过保留和改善自然生态系统, 提供良好的生态环境。这包括保护自然景观、湿地和树木, 并鼓励使用本地植物物种来增加生态多样性。保护和恢复生态系统将有助于改善空气质量、水质和土壤质量, 促进城市社区的可持续发展。社区设施和公共空间的提升, 规划注重提升社区设施和公共空间的质量。这包括建设多功能的社区中心、运动场所、文化设施等, 以满足居民的各种需求和活动。增加公共空间的数量和质量将促进居民之间的互动和社交, 培养社区凝聚力和归属感。可持续发展的考虑, 规划强调可持续发展的原则, 包括资源的有效利用、节能减排、环境友好和社会经济的可持续性。通过采用可再生能源、推广环保的交通方式和建筑设计等措施, 可以降低对环境的影响, 提高城市社区的可持续性和适应能力。综合规划的实施需要政府、规划机构、社区居民和相关利益相关者的合作。通过综合规划, 园林绿化和城市社区建设可以相互促进, 营造宜居、健康和可持续的城市社区环境, 提升居民的生活质量和幸福感。

关 键 词 : 园林绿化; 城市社区; 综合规划; 社区建设

Comprehensive Planning of Landscape Greening and Urban Community Construction

Wang Weidong, Yang Chao

Jining Architectural Design and Research Institute Group Co., Ltd., Shandong Jining 272000

Abstract : The goal of this comprehensive planning is to improve the quality of life of urban residents through effective landscaping measures and urban community construction strategies. The reasonable planning of green spaces focuses on the rational planning of green spaces within urban communities. This includes parks, green spaces, street greening, etc. Through scientific planning and layout, it can be ensured that every resident in urban communities can easily access the natural environment and green spaces, and enjoy opportunities for outdoor activities and leisure entertainment. The protection and restoration of ecosystems are emphasized in planning, which aims to preserve and improve natural ecosystems and provide a favorable ecological environment. This includes protecting natural landscapes, wetlands, and trees, and encouraging the use of local plant species to increase ecological diversity. Protecting and restoring ecosystems will help improve air quality, water quality, and soil quality, promoting sustainable development of urban communities. The improvement of community facilities and public spaces is planned with a focus on improving the quality of community facilities and public spaces. This includes building multifunctional community centers, sports venues, cultural facilities, etc. to meet the various needs and activities of residents. Increasing the quantity and quality of public spaces will promote interaction and socialization among residents, cultivate community cohesion and a sense of belonging. The consideration of sustainable development emphasizes the principles of sustainable development, including effective utilization of resources, energy conservation and emission reduction, environmental friendliness, and socio-economic sustainability. By adopting renewable energy, promoting environmentally friendly transportation methods, and building design measures, the impact on the environment can be reduced, and the sustainability and adaptability of urban communities can be improved. The implementation of comprehensive planning requires cooperation from the government, planning agencies, community residents, and relevant stakeholders. Through comprehensive planning, landscaping and urban community construction can promote each other, create a livable, healthy, and sustainable urban community environment, and improve the quality of life and happiness of residents.

Key words : landscape greening; urban communities; comprehensive planning; community construction

引言

随着我国城市化进程的不断推进，城市社区建设已成为城市规划的重要内容。在城市建设与发展中，园林绿化与城市社区建设的关系日益凸显。园林绿化作为城市生态文明建设的重要组成部分，不仅能提升城市环境质量，改善居民生活环境，还能促进城市社区的可持续发展。

当前，我国城市社区建设存在诸多问题，如绿化覆盖率不高、环境污染严重、基础设施不完善等。这些问题制约了城市社区建设的和谐发展，对居民的生活质量产生严重影响。因此，研究园林绿化与城市社区建设的综合规划，对于解决这些问题具有重要意义。

一、园林绿化与城市社区建设的关系分析

1. 相互促进：园林绿化与城市社区建设之间是相互促进的关系。园林绿化为城市社区建设提供了良好的生态环境，而城市社区建设又能为园林绿化提供更多的资源和支持。

2. 相互融合：园林绿化与城市社区建设相互融合，共同构建现代化、宜居的城市环境。

3. 相互推动：园林绿化与城市社区建设共同推动城市可持续发展^[1]，实现人与自然和谐共生。

（一）园林绿化的作用与价值

1. 改善城市气候环境

园林绿化能够通过植物的蒸腾作用和遮阴效果，降低城市社区的温度，减少热岛效应，提高城市气候的舒适度。同时，植物的香气和释放的氧气也能够改善城市空气质量，提高城市居民的身体健康水平。

2. 提高城市美观度

园林绿化能够为城市社区增添色彩和生机，提高城市的美观度。植物的形态、花色和香味都能够为城市社区带来不同的视觉效果，使城市社区更加优美和舒适。

3. 促进城市居民心理健康

园林绿化的环境可以对城市居民的心理健康产生积极的影响。研究表明，接触自然环境可以降低人的压力和焦虑感，提高人的幸福感和自尊心。因此，园林绿化能够为城市居民提供一个放松和愉悦的环境，促进身心健康^[2]。

4. 改善城市的水环境

园林绿化中的绿色植被和雨水花园等可以有效地吸收和处理雨水，减少城市排水系统的压力，降低城市洪涝和的水污染风险。同时，园林绿化还可以通过植物的根系和土壤的吸附作用，减少土壤污染和地下水污染。

5. 促进城市社区可持续发展

园林绿化可以提高城市社区的经济、社会和环境可持续性。通过改善城市气候、环境和水资源等方面，园林绿化可以促进城市社区的经济和社会发展，提高城市的整体品质。^[3]

（二）城市社区建设的意义与目标

城市社区建设的意义

1. 提高居民生活质量

城市社区是居民生活的基本单元，建设好城市社区可以提高

居民的生活质量，为居民提供更加舒适、便捷的生活环境。^[4]

2. 促进城市可持续发展

城市社区是城市可持续发展的基础，建设好城市社区可以促进城市的经济、社会、文化等各个方面的可持续发展。

3. 加强社区治理

城市社区是社区治理的基本单元，建设好城市社区可以加强社区治理，提高社区的自我管理能力和居民提供更加安全、有序的生活环境。

城市社区建设的目标

1. 构建和谐社区

城市社区建设的目标之一是构建和谐社区，通过建设美好家园、加强社区服务、促进社区交流等方式，增强社区居民之间的互动和联系，营造和谐、温馨的社区氛围。

2. 提高社区环境质量

城市社区建设的目标之一是提高社区环境质量，通过加强绿化、改善基础设施、提高垃圾分类处理效率等方式，为居民提供更加优美、舒适的生活环境。

3. 促进社区经济发展

城市社区建设的目标之一是促进社区经济发展，通过加强商业设施建设、促进就业、支持创业等方式，为居民提供更多的就业机会和发展空间，提高社区的经济实力和居民收入水平。^[5]

4. 加强社区治理

城市社区建设的目标之一是加强社区治理，通过加强社区组织建设、完善社区管理制度、加强社区安全监管等方式，提高社区的自我管理能力和居民提供更加安全、有序的生活环境。

（三）园林绿化与城市社区建设的相互关系

园林绿化与城市社区建设是相辅相成的。城市社区作为现代城市居民生活的基本单元，其建设与发展需要综合考虑社会、经济、环境等多个方面的因素，其中园林绿化是重要的环境因素之一。

园林绿化能够提高城市社区的环境质量。城市社区中大量的建筑物和道路等人造结构物会破坏原有的自然环境，导致空气、水、土壤等环境污染。而园林绿化可以通过植物的吸收和净化作用，降低环境污染物的浓度，改善空气质量，增加空气湿度，提高水的自净能力，减轻土壤污染，从而提高城市社区的环境质量。

园林绿化能够促进城市社区的社会和谐。城市社区中园林绿

化的存在可以提供一个舒适、宜人的休闲空间，为居民提供一个自由、安全的交往场所，增强居民之间的互动和交流，提高社区凝聚力和居民满意度，从而促进社会和谐。

（四）园林绿化与城市社区建设的协同作用

1. 环境改善：园林绿化能够有效地净化空气、减轻污染、降低温度、提高湿度、减少噪音，从而为城市社区创造一个宜居的环境。而城市社区建设则可以通过合理规划、优化空间布局，提高绿化覆盖率，进一步改善环境质量。

2. 生态平衡：园林绿化有助于提高城市社区的生态系统服务功能，维护城市生态平衡。城市社区建设在规划过程中应充分考虑绿化和生态因素，提高绿色空间的质量和数量，促进人与自然和谐共生，维护小区域内的生态平衡。^[6]

3. 社会效益：园林绿化与城市社区建设的综合规划可以提高居民的生活质量，提升居民幸福感。同时，合理的绿化和景观设计能够提高城市的形象和吸引力，增强城市竞争力，对城市社区的经济的发展产生积极的推动作用。

4. 文化传承：园林绿化与城市社区建设的过程中，可以充分挖掘和传承历史文化，打造具有特色的园林景观，提升城市社区的内涵和品质。

二、综合规划原则与方法

（一）原则

1. 以人为本原则：以人为本，关注城市居民的需求和利益，提高城市居民的生活质量。^[7]

2. 可持续发展原则：在规划中注重环境保护和资源利用的可持续性，实现经济、社会、环境三者的协调发展。

3. 整体性原则：综合考虑城市绿化的各个方面，实现整体规划、综合布局，提高城市绿化的整体效益。

4. 可操作性原则：规划方案要具有可操作性和可实施性，确保规划能够顺利实施并达到预期效果。

（二）方法

1. 调查分析法：对城市社区的环境、人口、经济、文化等方面进行调查分析，了解城市绿化的现状和问题，为规划提供基础数据和依据。

2. 园林设计法：根据城市绿化的目标和要求，进行园林设计，制定出具体的绿化方案和措施，包括园林景观设计、绿化种植设计等。

3. 生态规划法：通过对城市生态系统的分析和规划，制定出城市生态建设方案，实现城市生态系统的平衡和稳定。

4. 社区参与法：通过社区参与，让居民参与城市绿化的规划和实施，提高居民的环保意识和参与度，实现共同维护城市绿化的目标。

5. 政策法规法：通过政策法规的制定和实施，加强对城市绿化的管理和监督，保障城市绿化的顺利实施和维护。

（三）综合规划原则

1. 以人为本原则：城市社区和园林绿化的规划应该以居民的

需求为出发点，保证居民的生活质量和舒适度。在规划中，应该考虑到居民的日常活动、休闲娱乐、健身锻炼等方面的需求，以满足居民的各种需求。^[8]

2. 整体性原则：城市社区和园林绿化的规划应该是一个整体，以实现整体的最优效果。规划中应该综合考虑城市社区和园林绿化的各个方面，包括规划布局、建设标准、投资规模等，确保各个方面的协调和平衡。

3. 可持续性原则：城市社区和园林绿化的规划应该考虑到可持续发展的原则，保证规划的可行性和可操作性。规划中应该考虑到环境、经济、社会等多方面的因素，确保规划的可持续性和可行性。

4. 科学性原则：城市社区和园林绿化的规划应该遵循科学的原则，以保证规划的科学性和准确性。规划中应该采用科学的方法和技术，如环境评估、风险评估、成本效益分析等，以保证规划的科学性和准确性。

5. 文化性原则：城市社区和园林绿化的规划应该考虑到文化因素，体现城市特色和文化底蕴。规划中应该考虑到城市的历史、文化、地理等方面的因素，以实现城市特色的展现和文化底蕴的传承。

6. 可操作性原则：城市社区和园林绿化的规划应该考虑到可操作性的原则，保证规划的实施和操作。规划中应该明确规划的责任主体、投资来源、实施步骤等方面的内容，确保规划的可操作性。

（四）综合规划方法

1. 生态优先原则：在规划中，应该优先考虑生态保护和改善，尽可能减少对自然环境的破坏和影响，提高绿地和绿化覆盖率，增加生态系统服务功能，实现城市生态系统的可持续发展。^[9]

2. 人文关怀原则：在规划中，应该注重城市居民的需求和利益，提高居民的生活质量和幸福感，增加公共空间和休闲设施，促进社区文化和社交交流，实现城市社会系统的和谐发展。

3. 资源整合原则：在规划中，应该整合城市规划、环境保护、交通规划、社会规划等多种资源，实现规划目标的最大化，提高城市规划的实施效率和可持续发展能力。

4. 综合评估原则：在规划中，应该对城市社区的环境、经济、社会、文化等方面进行全面评估，综合考虑各种因素的影响和相互作用，制定出科学合理的规划方案，实现规划的可行性和可操作性。

三、园林绿化与城市社区建设综合规划实践

1. 规划绿地区域：在社区内规划一定的绿化区域，如公共绿地、屋顶花园、花坛等，增加绿化覆盖率。

2. 设计景观节点：在社区内设置具有观赏价值的景观节点，谨慎考虑园林景观和植物的搭配^[10]，如广场、公园、湖泊等，提高社区的美观度。

3. 优化社区环境：采用绿色建筑、节能减排等技术，降低社区能耗，提高社区环境质量。

4. 提升社区服务：建立社区服务中心，提供便捷的社区服务，满足居民需求。

5. 举办文化活动：定期举办各类文化活动，丰富居民的精神生活，促进邻里关系和谐。

结束语

在本论文中，探讨了园林绿化与城市社区建设的综合规划。通过对园林绿化的概念、作用和价值进行分析，得出了园林绿化

对于城市社区建设的重要性。同时，也探讨了城市社区建设的现状和问题，并提出了园林绿化与城市社区建设综合规划的策略和建议。园林绿化是城市社区建设的重要组成部分，可以提高城市社区的生态环境质量，提升居民的生活质量和幸福感。因此，城市社区建设应该与园林绿化相结合，通过综合规划，实现城市社区建设的可持续发展。希望通过本文的研究为城市社区建设的规划和实践提供一些有益的启示和参考。只有通过不断地探索和创新，才能实现城市社区建设的全面发展和进步。

参考文献

- [1] 陈亦男. 论城市社区园林景观设计及绿化施工要点 [J]. 绿色环保建材, 2020,(12):189-190.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2020.12.094.
- [2] 杨军. 浅谈城市社区公园园林规划设计、绿化工程施工与管理 [J]. 中国建材科技, 2020,29(02):82+42.
- [3] 林国强. 基于城市社区园林规划设计与绿化施工管理要点分析 [J]. 花卉, 2019,(20):40-41.
- [4] 刘长江, 倪海燕. 理念性与生活性视角下城市社区的韧性能力建设 [J]. 东莞理工学院学报, 2023,30(06):103-109.DOI:10.16002/j.cnki.10090312.2023.06.004.
- [5] 吕慧. 城市社区安全文化建设实践探析——以深圳市福田区为例 [J]. 现代职业安全, 2023,(12):33-36.
- [6] 尹潇. 论城市社区公园园林规划设计、绿化工程施工与管理 [J]. 工程建设与设计, 2019,(03):38-40.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2019.02.011.
- [7] 吴艳. 论述城市社区公园园林规划设计、绿化工程施工与管理 [J]. 建材与装饰, 2018,(20):62-63.
- [8] 赵正, 雷硕, 温亚利. 基于市民偏好的北京城市社区园林绿化布局研究 [J]. 林业经济问题, 2018,38(01):81-86+111.DOI:10.16832/j.cnki.1005-9709.2018.01.013.
- [9] 胡永强. 社区园林建筑的绿化创新理念 [J]. 住宅与房地产, 2017,(36):60.
- [10] 谭江龙. 城市社区园林规划设计以及绿化施工管理要点探析 [J]. 南方农业, 2016,10(30):54-55.DOI:10.19415/j.cnki.1673-890x.2016.30.032.

未来建筑设计趋势：探索新兴技术对建筑行业的影响

刘洋

杭州九米建筑设计有限公司，浙江 杭州 310012

摘要： 随着科技的飞速发展，建筑行业正经历着一场深刻的变革。新兴技术如 BIM、GIS、AI、IoT、VR 和 AR 正在逐步改变传统建筑模式，为建筑设计、施工和运维带来新的机遇和挑战。本文概述了这些新兴技术的基本原理和应用，接着探讨了它们对建筑设计、施工和运维的影响，包括设计流程的优化、设计质量的提升、施工效率和质量的控制、运维效率和成本的降低等。基于此，本文对未来建筑设计趋势进行了探讨，如智能化、绿色化、个性化设计和可持续性设计。本文总结了主要发现，并对未来研究方向进行了展望，强调新兴技术在推动建筑行业数字化、智能化和可持续发展方面的潜力。

关键词： 建筑设计；施工管理；智能化；技术创新；未来趋势

Future Architectural Design Trends: Exploring The Impact Of Emerging Technologies On The Construction Industry

Liu Yang

Hangzhou Jiumi Architectural Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310012

Abstract： With the rapid development of technology, the construction industry is undergoing a profound transformation. Emerging technologies such as BIM, GIS, AI, IoT, VR, and AR are gradually changing traditional building models, bringing new opportunities and challenges to building design, construction, and operation. This article provides an overview of the basic principles and applications of these emerging technologies, followed by an exploration of their impact on architectural design, construction, and operation, including optimization of design processes, improvement of design quality, control of construction efficiency and quality, and reduction of operation and maintenance efficiency and cost. Based on this, this article explores the future trends in architectural design, such as intelligent, green, personalized design, and sustainable design. This article summarizes the main findings and provides prospects for future research directions, emphasizing the potential of emerging technologies in promoting digitalization, intelligence, and sustainable development in the construction industry.

Key words： architectural design; construction management; intelligence; technological innovation; future trends

引言

现代建筑设计极为注重整体设计信息化以及数字化水平，各种先进技术手段开始得到高效应用，绿色建筑、智能建筑和健康建筑的融合发展，已经成为建筑行业的主流趋势。

新兴技术的应用，不仅提高了建筑项目的效率和质量，更为建筑行业的数字化转型、智能化发展以及可持续发展奠定了坚实基础。这些技术为建筑行业带来了更高效的设计流程、更精准的施工管理、更智能的运维系统，以及更环保的建造方式。它们共同推动了建筑行业向着更加可持续、智能化的方向发展。

一、新兴技术对建筑设计的影响

（一）设计流程的变革

新兴技术对建筑设计流程的变革体现在设计过程的数字化、设计协作的增强、设计创新的推动以及设计效率的提升。BIM 技术使设计过程更加数字化和智能化，实现了设计方案的实时协作和沟通，提升了设计质量与效率。^[1]AI 技术辅助设计师进行设计方案的智能化评估和优化，进一步推动设计创新。VR 和 AR 技术

则为设计师提供了沉浸式体验和虚拟展示，帮助更好地理解设计方案的空间布局和视觉效果。总体而言，新兴技术正推动建筑设计流程向更加高效、创新和协作的方向发展。

（二）设计质量的提升

新兴技术对建筑设计的影响之一是设计质量的提升。通过建筑信息模型（BIM）、地理信息系统（GIS）、人工智能（AI）、物联网（IoT）以及虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等技术的应用，建筑设计质量得到了显著提高。^[2] 这些技术通过提供精确和

直观的设计工具，如三维模型、沉浸式体验和智能分析，帮助设计师减少错误和冲突，发现潜在问题并进行优化，从而提高设计质量。同时，这些技术也促进了设计团队之间的协作和沟通，激发了设计师的创新思维，进一步提升了设计质量。随着这些技术的不断发展和应用，建筑设计质量将得到进一步提高。

（三）设计创新与个性化

新兴技术对建筑设计的影响之一是设计创新与个性化。这些技术通过提供沉浸式体验、个性化设计工具和智能化评估，激发了设计师的创新思维，实现了设计方案的个性化展示和定制化。^[3] 设计师可以根据客户需求和喜好，利用 BIM 技术创建不同风格和元素的建筑模型，探索设计多样性，提供更加丰富和多样化的设计方案。随着这些技术的不断发展和应用，建筑设计将朝着更加创新和个性化的方向发展。

（四）设计协同与沟通

新兴技术对建筑设计的影响之一是设计协同与沟通的提升。这些技术通过实时共享和更新设计信息、促进跨专业协作、支持远程协作与沟通以及提供智能化沟通与反馈，使得设计过程更加高效、顺畅和智能化。^[4] 这些技术共同提高了设计效率、减少冲突、确保信息准确一致，并支持全球范围内的设计合作。随着这些技术的不断发展和应用，建筑设计过程的协同与沟通将得到进一步优化，从而提高设计质量和效率。

二、新兴技术对建筑施工的影响

（一）施工过程的优化

新兴技术对建筑施工的影响之一是施工过程的优化。BIM 技术参与到材料的选择环节，通过对材料的规格型号、颜色、材质、造型等进行模拟安装、施工，从 BIM 技术的三维立体中，就可以形象、直观地显示所用材料的使用效果。^[5] AI 技术通过施工质量控制和安全管理，以及 IoT 技术通过资源优化配置，共同提高了施工效率和质量。此外，新兴技术还实现了施工过程中的信息协同，进一步提高了施工管理的效率。随着这些技术的不断发展和应用，建筑施工过程将更加高效、安全和协同。

（二）施工效率的提升

新兴技术对建筑施工的影响之一是施工效率的提升。建筑信息模型（BIM）技术通过施工模拟和优化，能够帮助施工人员提前发现潜在的问题和冲突，并对其进行调整和优化，从而提高施工效率。物联网（IoT）技术通过集成传感器和监测设备，实现对建筑物的实时监控和智能控制，帮助施工人员优化资源配置，如人力、材料和设备，从而提高施工效率。人工智能（AI）技术通过施工质量控制和安全管理，以及信息协同，帮助施工人员发现潜在的质量问题，并对其进行预警和整改，从而提高施工质量，进而提升施工效率。随着这些技术的不断发展和应用，建筑施工过程将更加高效、安全和协同。

（三）施工质量的控制

新兴技术对建筑施工的影响之一是施工质量的控制。AI 技术通过实时监控与分析、数据驱动的质量控制、制程质量控制以及

质量管理的智能化，帮助施工人员发现并预警潜在质量问题，收集并分析施工数据，提供标准化的施工指导，实时监控和评估施工质量，以及快速获取反馈和建议。^[6] 这些技术共同提高了建筑施工过程中的质量控制效率和质量，实现了更智能、更精准的质量控制。

（四）施工安全的管理

新兴技术对建筑施工的影响之一是施工安全的管理。AI 技术通过实时监控与预警、事故预防与应对，IoT 技术通过实时监控和警报，VR 和 AR 技术通过安全培训与模拟，以及远程安全监控和安全管理的智能化，共同提高了建筑施工过程中的安全管理水平。这些技术帮助施工人员评估安全风险、预防事故、增强安全意识，并实现了更智能、更精准的安全管理。^[7] 随着这些技术的不断发展和应用，建筑施工过程中的安全管理将更加高效、准确和智能化。

三、新兴技术对建筑运维的影响

（一）运维效率的提高

新兴技术对建筑运维的影响之一是运维效率的提高。AI 技术通过实时监控与分析、预防性维护，IoT 技术通过设备与系统的优化，以及远程运维和运维管理的智能化，共同提高了建筑运维过程中的效率。这些技术帮助运维人员及时发现并预警潜在问题，优化设备与系统运行，减少故障发生，并实现远程协作和智能管理，从而提高了运维效率和质量。^[8] 随着这些技术的不断发展和应用，建筑运维过程将更加高效、安全和协同。

（二）运维成本的降低

新兴技术对建筑运维的影响之一是运维成本的降低。AI 技术通过自动化与智能化、预防性维护，IoT 技术通过能源管理优化，以及远程运维和运维数据的分析与利用，共同降低了建筑运维过程中的成本。^[9] 这些技术减少人力成本、降低维修成本、优化能源管理，并实现远程协作和智能管理，从而提高了运维效率和质量。随着这些技术的不断发展和应用，建筑运维过程将更加高效、安全和协同，运维成本将得到进一步降低。

（三）建筑性能的提升

新兴技术对建筑运维的影响之一是建筑性能的提升。IoT 技术通过能源效率优化，AI 技术通过设备与系统性能提升和运维管理的智能化，以及 BIM 技术通过建筑结构性能提升，共同提高了建筑运维过程中的性能。这些技术帮助运维人员实时监控和分析建筑物状态，优化能源管理，减少运维错误和冲突，提高居住和工作空间的舒适度，从而提高了建筑的运行效率和质量。随着这些技术的不断发展和应用，建筑运维过程中的性能将得到进一步提高，实现更高效、经济的运维管理。

（四）建筑智能化与自动化

新兴技术对建筑运维的影响之一是建筑智能化与自动化。这些技术通过实现自动化控制、智能调度与优化、远程监控与控制、智能运维决策支持和自动化运维流程，共同提高了建筑运维过程中的智能化与自动化水平。^[10] 这些技术帮助运维人员实时监

控和分析建筑物状态,实现设备的自动化控制,提高运维效率,并促进全球范围内的运维合作。随着这些技术的不断发展和应用,建筑运维过程中的智能化与自动化水平将得到进一步提高,实现更高效、经济的运维管理。

四、未来建筑设计趋势的探讨

(一) 智能化设计

未来建筑设计趋势的探讨之一是智能化设计。AI 技术辅助设计师进行设计方案的智能分析与优化,VR 和 AR 技术实现智能交互与协作,大数据分析支持个性化设计,AI 技术实现可持续设计,以及 IoT 技术支持智能建造与运维。这些技术将提高设计质量、实现个性化设计、实现可持续设计,并实现智能建造与运维。随着这些技术的不断发展和应用,智能化设计将推动建筑行业向更高效、智能和可持续的方向发展。

(二) 绿色建筑

未来建筑设计趋势的探讨之一是绿色建筑。这一趋势强调提高能源效率、合理利用水资源、与自然生态环境融合、使用可再生和可循环利用的材料,以及提升居住和工作空间的舒适度。绿色建筑旨在降低建筑物的环境影响,减少对自然资源的消耗,并创造健康、舒适的环境。随着这些技术的不断发展和应用,绿色建筑将推动建筑行业向更环保、可持续的方向发展。

提高能源效率是绿色建筑的核心。通过采用高性能的隔热材料、高效能的照明和空调系统,以及智能化的能源管理系统,绿色建筑可以降低建筑物的能源消耗,减少对环境的影响。合理利用水资源也是绿色建筑的重要组成部分。通过采用节水设备、雨水收集和循环利用系统,绿色建筑可以减少对地下水的开采,降低水资源的浪费。与自然生态环境的融合是绿色建筑的重要目标。通过采用绿色屋顶、垂直绿化、自然通风等设计手段,绿色建筑可以改善建筑物的微气候,提高室内外环境的舒适度,同时保护生物多样性。此外,使用可再生和可循环利用的材料也是绿色建筑的关键。通过采用绿色建材、废弃物资源化利用等方法,绿色建筑可以减少对自然资源的消耗,降低建筑废弃物的产生。提升居住和工作空间的舒适度是绿色建筑的重要目标。通过采用自然采光、良好通风、空气质量管理等设计手段,绿色建筑可以创造一个健康、舒适的工作和生活环境。

(三) 个性化设计

未来建筑设计趋势的探讨之一是个性化设计。通过用户需求分析,设计师能够更好地满足用户的个性化需求,实现定制化设计、智能化定制、多样化设计和动态设计。随着这些技术的不断发展和应用,个性化设计将推动建筑行业向更符合用户需求和个性化方向发展。

未来建筑设计的发展趋势之一是趋向于个性化设计。随着技术,如 AI 和大数据分析的不断进步和应用,个性化设计正在推动建筑行业向更加符合用户偏好和个性化的方向发展。

定制化设计是实现个性化设计的核心。设计师会根据用户的个性化需求,为用户量身打造独特的建筑风格、空间布局和功能配置,确保每个设计都是独一无二的。智能化定制是实现个性化设计的关键。通过 AI 技术,设计师能够与用户进行智能交互,进一步了解用户的个性化需求,并据此为用户定制个性化的设计方案。多样化设计是实现个性化设计的重要手段。设计师会根据用户的个性化需求,为用户设计多种不同的设计方案,让用户有更多的选择。动态设计是实现个性化设计的特点。设计师会根据用户的个性化需求,为用户设计动态变化的设计方案,让用户可以根据自己的喜好进行调整。

(四) 可持续设计

未来建筑设计趋势的探讨之一是可持续设计。这一趋势强调提高能源效率、合理利用水资源、与自然生态环境融合、使用可再生和可循环利用的材料,以及提升居住和工作空间的舒适度。可持续设计旨在降低建筑物的环境影响,减少对自然资源的消耗,并创造健康、舒适的环境。随着这些技术的不断发展和应用,可持续设计将推动建筑行业向更环保、可持续的方向发展。

结束语

总体而言,新兴技术在建筑行业的广泛应用正在推动着设计、施工和运维环节的数字化转型、智能化升级以及可持续发展。技术的持续进步和实际应用的不断积累,将进一步扩大新兴技术在建筑行业中的影响力,从而为建筑行业的未来发展奠定坚实基础。随着这些技术的不断成熟和广泛应用,它们将在提升建筑行业整体竞争力和推动可持续发展方面发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 卢婉玫. BIM 技术及其在建筑设计中的应用研究 [D]. 天津大学, 2014.
- [2] 李雷亮. BIM 技术及其对建筑工程设计的影响 [J]. 科技经济市场, 2014 (4): 13.
- [3] 叶海波. 未来建筑的发展趋势及影响因素研究 [J]. 房地产世界, 2022, (06): 11-13.
- [4] 胡书灵. 基于虚拟影视构建的未来建筑设计探究 [J]. 美术大观, 2020, (02): 106-107.
- [5] 陈静. BIM 技术分析及其对建筑设计的影响研究 [J]. 居舍, 2020, (34): 63-64.
- [6] 胡作家. 中国建筑幕墙行业的创新发展及未来趋势分析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (18): 6-15.
- [7] 赖愈鹏. 试谈室内装修设计及其未来发展趋势 [J]. 地产, 2019, (23): 28.
- [8] 薛姗姗, 张翌. 浅谈未来新型建筑发展趋势 [J]. 智能城市, 2019, 5(20): 44-45. DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2019.20.018.
- [9] 张艺赫. 未来建筑的发展趋势及影响因素研究 [J]. 山东工业技术, 2018, (22): 99. DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.22.086.
- [10] 周婷, 刘刚, 王爱英. 针对未来建筑需求的建筑学专业力学结构课程教学研究 [J]. 教育教学论坛, 2017, (29): 202-203.

建筑设计中的公共空间创造：如何提升城市空间的功能与美学

毛鑫

杭州九米建筑设计有限公司，浙江 杭州 310012

摘要： 本文详细讨论了建筑设计中城市公共空间创造的功能性策略和美学策略。介绍了公共空间的概念、分类和功能美学特点；分析了我国城市公共空间的发展现状，包括取得的进展以及存在的问题和挑战，并提出了相应的解决方案；着重探讨了建筑设计中创造公共空间的功能性策略，包括提高空间利用率、增强互动性和注重可访问性等。同时，文章还提出了创造公共空间的美学策略，包括色彩材质运用、光影设计、植栽水景融入以及艺术文化融入、推动公共空间创造的政策建议，包括加大支持、引入公众参与、培养人才等。

关键词： 公共空间；功能性策略；美学策略；政策建议；城市品质

Creating Public Spaces in Architectural Design: How to Enhance the Functionality and Aesthetics of Urban Spaces

Mao Xin

Hangzhou Jiumi Architectural Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310012

Abstract： This article discusses in detail the functional and aesthetic strategies for creating urban public spaces in architectural design. Introduced the concept, classification, and functional aesthetic characteristics of public spaces; Analyzed the current development status of urban public spaces in China, including the progress made, existing problems and challenges, and proposed corresponding solutions; Emphasis was placed on exploring functional strategies for creating public spaces in architectural design, including improving space utilization, enhancing interactivity, and emphasizing accessibility. At the same time, the article also proposes aesthetic strategies for creating public spaces, including the use of color and materials, light and shadow design, integration of plant and water features, and integration of art and culture. Policy recommendations to promote the creation of public spaces include increasing support, introducing public participation, and cultivating talents.

Key words： public space; functional strategy; aesthetic strategy; policy recommendations; urban quality

引言

在当今城市化的浪潮中，公共空间作为城市居民生活的重要组成部分，其设计的重要性不言而喻。优秀的公共空间设计不仅能够提升城市居民的生活质量，还能增强城市的吸引力和竞争力。本文旨在探讨建筑设计中公共空间创造的功能性与美学策略，以期为我国城市公共空间设计提供有益的参考。

一、公共空间的概念与分类

（一）公共空间的概念

公共空间是指在城市建设中，供大众共享的开放空间，包括街道、广场、公园、绿地等。这些空间不仅是城市居民日常生活的重要组成部分，也是城市文化和社会活动的载体。公共空间具有开放性、共享性和互动性的特点，是城市活力的体现。

（二）公共空间的分类

- 休闲游憩空间：如公园、广场、绿地等，为市民提供休闲、娱乐、健身等活动场所。
- 交通空间：如街道、人行道、桥梁等，承担着城市交通流通的功能。

3. 社交集会空间：如社区活动中心、文化广场等，为市民提供社交、集会、文化交流的场所。

4. 商业空间：如商业街区、市场等，提供购物、餐饮、娱乐等服务功能。

5. 历史文化空间：如历史建筑、文化遗址、纪念广场等，具有传承城市历史和文化价值的作用。

（三）公共空间的功能与美学特点

- 公共空间的功能
提供休闲游憩场所、促进社交互动、满足商业需求、传承历史文化、提升城市形象等。

2. 美学特点

- （1）空间布局：合理的空间布局能够提升公共空间的舒适性

和美观度，如对称、层次、流动等布局形式。

(2) 景观设计：公共空间的景观设计应注重自然与人文的结合，创造出具有地域特色和文化内涵的景观。

(3) 材质与色彩：选择适合公共空间特性的材质和色彩，能够营造出和谐、温馨的氛围。

(4) 光影效果：巧妙运用光影效果，可增强公共空间的层次感和艺术感。

(5) 公共艺术：融入公共艺术作品，如雕塑、壁画等，可提升公共空间的文化品味和审美价值。

二、城市公共空间的发展现状

(一) 我国城市公共空间发展现状

随着我国城市化进程的加快，城市公共空间的建设也取得了显著成果。城市广场、公园、绿地等公共空间数量和面积不断增加，公共空间的功能和形式也日益丰富。^[1]同时，我国政府高度重视公共空间的发展，出台了一系列政策和规划，推动公共空间的建设和管理。

(二) 城市公共空间发展中的问题与挑战

1. 问题与挑战

(1) 空间分布不均：在一些城市中，公共空间的分布存在不平衡现象，部分地区公共空间严重不足，难以满足居民需求。

(2) 功能单一：部分公共空间功能单一，缺乏多样性和互动性，难以满足不同人群的需求。

(3) 设计缺乏人性化：一些公共空间的设计过于注重形式，忽视了人的实际使用需求，导致空间利用率低下。

(4) 管理维护不足：部分公共空间在建成后缺乏有效地管理和维护，导致设施损坏、环境恶化，影响公共空间的正常使用。^[2]

(5) 公众参与度低：在公共空间的规划、设计和管理过程中，公众参与度较低，难以真正满足居民的需求。

2. 解决方案

(1) 优化空间布局：合理规划公共空间的分布，确保公共空间资源的均衡配置。

(2) 丰富空间功能：提升公共空间的功能多样性，满足不同人群的需求。

(3) 注重人性化设计：以人为本，注重公共空间设计的实用性和舒适性。

(4) 加强管理维护：建立健全公共空间的管理和维护机制，确保公共空间的正常使用。

(5) 提高公众参与度：在公共空间的规划、设计和管理过程中，充分听取公众意见，提高公众参与度。

三、建筑设计中城市公共空间创造的功能性策略

(一) 提高空间利用率

为了提高城市公共空间的利用率，关键在于采取一系列精心设计的措施。^[3]应合理规划空间布局，确保公共空间能够满足不同区域和人群的需求，同时避免资源的闲置和浪费；多功能设计是提升空间利用效率的核心，通过设计出能够适应多种用途的灵活

空间，可以确保同一区域在不同时间满足不同的活动需求；合理安排公共空间的使用时间也同样重要，比如通过安装夜间照明和规划周末活动，可以使公共空间在全天候得到更有效地利用。

(二) 增强空间互动性

创造交流场所是基础，通过设置座椅、桌子等便利设施，鼓励人们停留、交流和社交；举办各类文化、艺术、体育等活动可以显著提升公共空间的活力，吸引人们积极参与，从而增强互动性；注重细节设计是点睛之笔，通过设置互动装置、游戏设施等创意元素，可以激发人们的参与热情，让公共空间成为充满活力和趣味的互动场所。

这些措施共同作用，能够有效提升公共空间的互动性，使其成为社区中不可或缺的社交中心。

(三) 注重空间的可访问性

为了确保公共空间对所有人都是可访问的，包括老年人、儿童和残疾人，设计时必须采取一系列措施。^[4]无障碍设计是关键，这意味着要考虑到所有人的需求，并设置盲道、扶手、坡道等无障碍设施；交通的便捷性也很重要，公共空间应该与主要交通线路有良好的连接，以提升其可达性；明确标识系统的设置能够帮助人们快速找到目的地，这对于提高公共空间的易用性至关重要。

(四) 确保空间的可持续性

公共空间的可持续性是在长期使用中保持活力和功能的关键。^[5]

1. 环保材料：在公共空间的建造过程中，选择环保、耐用的材料至关重要。这有助于减少对环境的影响，并确保公共空间的可持续性。

2. 绿色设计：在公共空间中融入绿色元素，如植物、水体等，不仅能美化环境，还能提升公共空间的生态环境，为市民提供更加舒适宜人的休闲场所。

3. 智能管理：在现代公共空间管理中，运用物联网和大数据等现代科技手段，可以实现公共空间的智能化管理。^[6]通过安装传感器收集数据，分析人流量、使用频率和环境变化，有助于优化资源配置，提升管理效率，并实现公共空间的可持续性。这样的智能化管理不仅能提高公共空间的使用体验，还能减少能源消耗，降低维护成本。

四、建筑设计中城市公共空间创造的美学策略

(一) 色彩与材质的运用

色彩和材质的运用在公共空间设计中起着至关重要的作用，它们能够影响空间的氛围和人们的情感反应。色彩在视觉上的效果也是很重要的，合理的绿化设计还可以调节小气候，净化空气，防风降尘，衰减噪音的作用，从而为公众提供一个安全舒适的生态休闲环境。^[7]

1. 色彩运用

色彩可以塑造空间的情感和氛围。明亮、温暖的色调可以创造活力和愉悦的氛围，而柔和、低调的色彩则可以营造宁静和放松的环境。色彩的选择应该考虑与周围环境的协调，以及如何通过色彩对比或统一来引导人们的视线和活动。^[8]

2. 材质运用

材质的选择不仅关系到空间的实用性和耐用性，也与美学和感官体验紧密相关。例如，金属和玻璃可以传达现代感和透明感，而木材和石材则带来自然和温暖的触感。通过不同材质的搭配，可以创造出丰富的视觉和触觉体验。

（二）光影与空间的结合

光影是公共空间设计中的魔法元素，它们能够赋予空间动态变化和层次感。

1. 自然光的利用

通过天窗、大窗户或反光表面，将自然光引入公共空间，不仅可以节约能源，还能随着日照的变化创造出不断变化的光影效果。自然光的使用能够提升空间的舒适度和吸引力。

2. 人工照明的设计

精心设计的人工照明可以突出空间的特定元素，如雕塑、喷泉或植物，同时也能在夜间为公共空间提供安全舒适的照明。照明设计应该考虑到功能的需要和创造氛围的目的。

（三）植栽与水景的融入

自然元素的融入可以极大地提升公共空间的美学品质，为城市居民提供亲近自然的机会。

1. 植栽设计

选择适合当地气候和土壤条件的植物，创造四季变化的景观。植物不仅可以提供阴凉和清新的空气，还能在视觉上软化硬质的城市环境。^[9] 植栽的设计应该考虑到生态多样性和维护的可持续性。

2. 水景设计

水体如喷泉、小溪或人工湖，可以带来动态的美丽景观和舒缓的声音效果。水景的设计应考虑到水的循环利用，以实现可持续性。水景的融入能够提升公共空间的吸引力和休闲价值。^[10]

（四）艺术与文化的融入

公共空间应成为展示城市文化和艺术的窗口，通过艺术品的融入，可以提升公共空间的文化内涵和审美价值。

1. 公共艺术

雕塑、壁画、装置艺术等公共艺术作品，不仅可以美化空间，还能引发公众的思考和互动。艺术作品的选择应该与周围环境和社区文化相协调。

2. 文化元素的融合

将当地的历史、传统和文化符号融入公共空间的设计中，可以增强公众对场所的认同感和归属感。这种融合可以通过建筑元素、装饰细节或公共设施的设计来实现。

五、城市公共空间创造的政策建议

（一）加大政策支持与资金投入

政策支持和资金投入是推动城市公共空间创造的关键。

1. 政府应加大对公共空间建设的资金投入，确保公共空间项目能够顺利进行。

2. 制定优惠政策，鼓励社会资本参与公共空间建设，实现多元化投资。

3. 建立公共空间建设资金的稳定来源，如通过土地出让金、税收优惠等方式，为公共空间创造提供长期资金支持。

（二）引入公众参与和第三方评估

公众参与和第三方评估是确保公共空间创造符合市民需求的重要手段。

1. 在公共空间规划、设计、建设过程中，充分听取市民的意见和建议，提高公众参与度。

2. 引入第三方评估机构，对公共空间项目进行独立评估，确保项目质量和效果。

（三）加强规划与建筑设计人才培养

规划与建筑设计人才的培养是推动城市公共空间创造的关键。

1. 加强规划与建筑设计专业教育，培养具有创新能力和实践经验的规划与建筑设计人才。

2. 鼓励规划与建筑设计人员参与国际交流与合作，学习借鉴国际先进经验。

3. 建立规划与建筑设计人才激励机制，提高人才的创新能力和专业水平。

通过以上政策建议的实施，将有助于推动城市公共空间创造的发展，提升城市品质和居民生活质量。同时，这些政策建议也为城市公共空间创造提供了有力保障。

结束语

公共空间的构建是城市发展的核心要素，直接影响市民的生活品质和城市的整体风貌。为了打造更具吸引力和活力的城市公共空间，需要综合考虑功能与美学、创新性与可持续性。这样的公共空间不仅能满足市民的日常需求，还能提供独特的审美体验，激发创新思维，并实现可持续发展。每个人都应该携手共进，为构建更加美好的城市未来而不懈努力。

参考文献

- [1] 陈鸣, 吴余青. 城市公共空间美学综合评价指标释义 [J]. 湖南包装, 2023, 38(03): 31-34. DOI: 10.19686/j.cnki.issn1671-4997.2023.03.009.
- [2] 徐锦江. 城市公共空间文化性生产的表征——以外滩公共雕塑的时间建构为样本 [J]. 上海艺术评论, 2023, (06): 34-36.
- [3] 杨晶晶. 生态美学与城市空间的深度融合——以广西为例 [J]. 文化产业, 2021, (16): 85-86.
- [4] 杜扬. “游憩”的艺术——城市街道公共空间的美学功能 [J]. 青年文学家, 2013, (29): 68.
- [5] 刘仟, 黄泽斌, 叶雅思. 关于城市水工遗产美学活态保护的积极探索——基于空间、功能、情感的美学保护框架 [J]. 中外建筑, 2023, (08): 22-26. DOI: 10.19940/j.cnki.1008-0422.2023.08.004.
- [6] 游畅. 基于空间与功能耦合的特大城市生态隔离带规划与实施研究 [J]. 中国土地, 2023, (12): 32-35. DOI: 10.13816/j.cnki.ISSN1002-9729.2023.12.08.
- [7] 李瑞, 闫桂海. 建筑设计中的城市公共空间的创造 [J]. 数码设计, 2017, 6(09): 148. DOI: 10.19551/j.cnki.issn1672-9129.2017.09.146.
- [8] 王辉. 信息时代的城市理论与空间美学 [J]. 建筑学报, 2021, (05): 103-108. DOI: 10.19819/j.cnki.ISSN0529-1399.202105021.
- [9] 李志伟, 刘海青, 石勐. 基于街道空间美学下的口袋公园规划设计研究 [J]. 住宅与房地产, 2020, (36): 64-65.
- [10] 田亮, 周芸, 杨雪娇. 桂林城市空间的美学探究及展望 [J]. 福建茶叶, 2019, 41(05): 72-73.

基于信息技术的建筑工程项目管理平台构建与应用探索

王国青

中国建筑技术集团有限公司, 北京 100000

摘 要 : 探索了基于信息技术的建筑工程项目管理平台的构建与应用。通过系统分析建筑工程项目管理的需求与挑战, 结合信息技术的发展趋势, 设计并实现了一套综合性的项目管理平台。该平台整合了项目计划、资源调配、进度监控、成本控制等功能, 提升了项目管理的效率和质量。实践应用表明, 该平台能够有效支持建筑工程项目的各项管理活动, 为项目参与者提供了便捷、高效的工作环境。

关 键 词 : 建筑工程; 项目管理; 信息技术; 平台构建; 应用探索

Construction And Application Exploration Of Construction Project Management Platform Based On Information Technology

Wang Guoqing

China Construction Technology Group Co., LTD, Beijing 100000

Abstract : This paper explores the construction and application of construction project management platform based on information technology. Through the systematic analysis of the needs and challenges of construction project management, combined with the development trend of information technology, a comprehensive project management platform is designed and implemented. The platform integrates project planning, resource allocation, progress monitoring, cost control and other functions to improve the efficiency and quality of project management. The practical application shows that the platform can effectively support the management activities of construction projects and provide a convenient and efficient working environment for project participants.

Key words : construction engineering; project management; information technology; platform construction; application exploration

引言:

本研究旨在探索如何利用信息技术优化建筑工程项目管理。建筑行业的迅速发展带来了项目管理的复杂性与挑战, 而信息技术的不断创新为解决这些问题提供了新的可能。通过本研究, 我们将介绍一种基于信息技术的综合性项目管理平台, 旨在提高建筑工程项目管理的效率和质量。这将为读者带来对于如何运用技术手段解决建筑工程管理难题的全新视角。

一、建筑工程项目管理需求与挑战分析

建筑工程项目管理在现代社会中扮演着至关重要的角色, 因其直接关系到工程质量、工期进度和成本控制等方面, 而这些又直接关系到城市建设的质量和进程。然而, 建筑工程项目管理也面临着诸多的需求和挑战。

建筑工程项目管理需要对复杂多变的工程流程进行有效的规划和组织。随着城市化进程的加速, 建筑工程项目愈加庞大复杂, 涉及的利益相关者众多, 项目流程也愈发错综复杂。如何有效地对项目进行规划、协调和组织, 是当前建筑工程项目管理所面临的首要需求之一。管理者需要全面考虑项目的各个环节, 合理配置资源, 确保项目能够按时、按质、按量完成。

建筑工程项目管理需要解决信息沟通和协同合作的难题。在

建筑工程项目中, 各个参与方之间需要频繁地进行信息交流和沟通, 涉及的信息内容涵盖了项目计划、设计方案、工程进度、材料采购等诸多方面。然而, 由于信息来源分散、形式多样、传递渠道繁杂, 导致信息交流过程中易出现误解、信息不对称等问题, 从而影响项目的进展和质量。如何建立高效的信息沟通渠道, 促进各方之间的协同合作, 成为当前建筑工程项目管理亟待解决的重要挑战之一。

建筑工程项目管理需要应对风险管理和安全保障的挑战。建筑工程项目的实施过程中常常伴随着各种不确定性和风险, 如自然灾害、工程质量问题、安全事故等, 一旦发生可能对项目造成严重影响甚至导致项目失败。因此, 建筑工程项目管理需要建立健全的风险管理机制, 及时识别和评估各种潜在风险, 采取有效措施进行预防和化解, 确保项目的顺利进行和安全完成。同时,

建筑工程项目管理也需要重视施工过程中的安全保障工作，确保工程施工过程中的安全稳定，保障项目参与者的生命财产安全。

二、信息技术在建筑工程项目管理中的应用现状

信息技术在建筑工程项目管理中的应用现状正在逐步深化和拓展，为建筑工程项目管理带来了诸多新的机遇和挑战。

信息技术在建筑工程项目管理中的应用已经涵盖了项目管理的各个方面。从项目规划、设计、施工到运营与维护，信息技术的应用已经渗透到了整个建筑工程项目的生命周期中。在项目规划阶段，利用信息技术可以进行项目可行性分析、选址评估等，为项目的顺利启动提供数据支持和决策依据。在设计阶段，建筑信息模型（BIM）技术的应用已经成为设计工作的主流方式，通过BIM技术可以实现设计方案的可视化、优化和协同设计，提高设计效率和质量。在施工阶段，信息技术可以实现对工程进度、质量和成本的实时监控与管理，利用移动互联技术可以实现现场施工信息的实时传输和反馈，提高施工效率和管理水平。在运营与维护阶段，信息技术可以实现对建筑设施的远程监控与管理，利用大数据分析技术可以实现设施运行数据的实时监测与分析，提高设施运行的效率和可靠性。

信息技术在建筑工程项目管理中的应用正在不断创新和深化。随着信息技术的发展和应用范围的不断拓展，越来越多的新技术被引入到建筑工程项目管理中，为项目管理带来了更多的可能性和机遇。例如，人工智能技术在建筑工程项目管理中的应用已经成为研究的热点之一，通过机器学习、深度学习等技术可以实现对项目数据的智能分析与预测，提高项目管理的精准度和效率。物联网技术在建筑工程项目管理中的应用也日益广泛，通过将传感器和智能设备应用于建筑设施中，可以实现对建筑设施的实时监测和控制，提高设施的安全性和可靠性。区块链技术在建筑工程项目管理中的应用也正在逐步探索，通过区块链技术可以实现对项目信息的去中心化存储和加密保护，确保项目信息的安全性和可信度。

信息技术在建筑工程项目管理中的应用也面临着一些挑战和问题。首先，信息技术的应用需要克服技术门槛和成本限制，对项目管理者 and 参与者的技术能力和信息化意识提出了更高的要求。其次，信息技术的应用需要克服数据孤岛和系统集成的障碍，需要建立统一的数据标准和信息平台，实现不同系统之间的数据共享和交互。再次，信息技术的应用需要克服信息安全和隐私保护的风险，需要加强对项目信息的保护和管理，防止信息泄露和滥用。

三、基于信息技术的建筑工程项目管理平台设计与构建

基于信息技术的建筑工程项目管理平台的设计与构建是建立在对建筑工程项目管理需求和信息技术应用现状的深入分析基础之上的，其目的在于利用信息技术的优势，打造一套高效、智

能、集成化的项目管理平台，以提升建筑工程项目管理的效率和质量。

在设计与构建建筑工程项目管理平台时，需要充分考虑建筑工程项目管理的全过程性和复杂性。平台的设计应该覆盖项目的规划、设计、施工、运营与维护等各个阶段，涵盖的功能应该包括项目计划管理、资源调配管理、进度监控管理、成本控制管理、质量管理、安全管理等方面。在构建平台的过程中，需要充分调研和了解建筑工程项目管理的业务流程和管理需求，与此同时，还需要了解信息技术的发展趋势和最新技术应用，以便充分利用信息技术的优势，满足项目管理的需求。

在设计与构建建筑工程项目管理平台时，要注重平台的集成化和智能化。平台的设计应该尽可能实现不同功能模块之间的集成和协同，避免信息孤岛和系统割裂的问题，提高项目管理的整体效率和协同能力。在构建平台的过程中，可以借鉴已有的建筑工程项目管理软件 and 平台，充分利用现有的技术和资源，同时也要结合项目管理的实际需求，进行定制化开发和功能扩展，以满足项目管理的个性化需求和特殊要求。

在设计与构建建筑工程项目管理平台时，要注重平台的安全性和可靠性。建筑工程项目管理涉及大量的项目信息和管理数据，平台的安全性和可靠性直接关系到项目管理的顺利进行和管理结果的可信度。因此，在构建平台的过程中，需要重视信息安全和隐私保护，采取严格的安全措施和技术手段，确保项目信息的保密性和完整性。同时，在平台的设计和构建过程中，也需要注重平台的稳定性和可靠性，避免系统故障和数据丢失的问题，提高平台的使用可靠性和用户满意度。

四、平台功能与特点分析：项目计划、资源调配、进度监控、成本控制等

平台功能与特点分析是建筑工程项目管理平台设计与构建中至关重要的一部分，它直接关系到平台的实用性和有效性。针对项目计划、资源调配、进度监控、成本控制等关键功能，我们需要在平台设计与构建过程中充分考虑项目管理的需求，并结合信息技术的优势，打造具有高效、智能和集成化特点的平台。

项目计划是建筑工程项目管理中至关重要的一环。在平台的设计与构建过程中，项目计划功能应该包括项目任务分解、工期计划、资源分配、里程碑设定等功能。通过项目计划功能，项目管理者可以清晰地了解项目的整体进度和各项任务的执行情况，有效地分配资源和优化项目计划，确保项目按时、按质完成。平台在设计时需要充分考虑项目计划的灵活性和可调性，以应对项目管理中的不确定性和变化。

资源调配是建筑工程项目管理中的重要环节。在平台的设计与构建过程中，资源调配功能应该包括人力资源、物资资源、设备资源等方面的调配与管理。通过资源调配功能，项目管理者可以实现对项目资源的统一调度和优化配置，提高资源利用率和项目效率。平台在设计时需要充分考虑资源调配的实时性和精准性，以满足项目管理中对资源调配的及时性和灵活性的需求。

进度监控是建筑工程项目管理中必不可少的一项功能。在平台的设计与构建过程中，进度监控功能应该包括项目进度实时监测、进度预警与控制、进度分析与评估等功能。通过进度监控功能，项目管理者可以随时了解项目的实际进度和计划进度的差距，及时发现和解决项目进度偏差的问题，确保项目按时完成。平台在设计时需要充分考虑进度监控的数据来源和数据分析能力，以实现对项目进度的精准监控和及时调整。

成本控制是建筑工程项目管理中的重要内容。在平台的设计与构建过程中，成本控制功能应该包括项目预算编制、费用核算、成本监控与分析等功能。通过成本控制功能，项目管理者可以实现对项目成本的有效控制和管理，避免成本超支和项目风险。平台在设计时需要充分考虑成本控制的精细化和实时性，以实现对项目成本的精准监控和及时调整。

五、实践应用与效果评估：案例分析及项目管理效率与质量提升效果

实践应用与效果评估是建筑工程项目管理平台设计与构建过程中至关重要的一环，通过对实际案例的分析和评估，可以验证平台的有效性和实用性，进一步指导平台的优化和改进。

将通过具体案例分析建筑工程项目管理平台的实践应用。以某大型建筑项目为例，我们可以将平台应用于项目的规划、设计、施工和运营阶段，对项目的各个环节进行全面的管理和监控。在项目规划阶段，平台可以帮助项目管理者进行项目任务分解和工期计划，实现项目目标的明确和任务的分工。在项目设计阶段，平台可以实现对设计方案的协同设计和优化，提高设计效率和质量。在项目施工阶段，平台可以实现对工程进度、质量和安全的实时监控和管理，提高施工效率和管理水平。在项目运营阶段，平台可以实现对建筑设施的远程监控和运行数据的实时分析，提高设施的运行效率和可靠性。通过具体案例的分析，我们

可以深入了解平台在实践中的应用效果和运行情况，发现其中存在的问题和挑战，为平台的进一步优化和改进提供数据支持和决策依据。

通过效果评估分析建筑工程项目管理平台对项目管理效率与质量的提升效果。通过对项目管理前后的数据进行对比和分析，我们可以评估平台在提高项目管理效率和质量方面的具体效果。例如，我们可以比较项目管理前后的工期进度、资源利用率、成本控制情况等指标，评估平台在提高项目管理效率方面的效果。同时，我们还可以比较项目管理前后的设计质量、施工质量、设施运行情况等指标，评估平台在提高项目管理质量方面的效果。通过效果评估分析，我们可以客观地评价平台在实践中的应用效果和价值，发现其中的优势和不足，为平台的进一步改进和提升提供参考和指导。

结合案例分析和效果评估，总结建筑工程项目管理平台的应用效果和教训。通过对平台应用的实际案例进行分析和评估，我们可以总结出平台在实践中的优点和特点，发现其中的成功经验和有效方法。同时，我们还可以总结出平台在实践中存在的问题和挑战，分析其产生的原因和影响。通过案例分析和效果评估的总结，我们可以深入了解建筑工程项目管理平台的实际应用情况和效果表现，为平台的进一步改进和优化提供指导和借鉴。

结语：

通过本研究，我们深入探讨了基于信息技术的建筑工程项目管理平台的设计与应用。案例分析验证了平台在提升项目管理效率和质量方面的重要作用。然而，我们也意识到平台应用仍需不断改进与完善。期待未来，基于信息技术的建筑工程项目管理平台能够进一步发展，为建筑行业的可持续发展做出更大贡献。

参考文献：

- [1] 方红亚. 建筑工程项目信息管理中 BIM 技术应用分析 [J]. 中国建设信息化, 2023(09):82-86.
- [2] 张超. 基于 BIM 网络技术的建筑工程项目管理信息系统设计 [J]. 大陆桥视野, 2023(03):124-126.
- [3] 潘琼敏, 周洪文, 宋宽彬, 赵志刚. 基于信息技术的建筑工程项目管理分析 [J]. 江西建材, 2021(08):262-263+265.
- [4] 胡可, 吴煜祺. 基于 BIM 网络技术的建筑工程项目管理信息系统设计 [J]. 现代电子技术, 2021, 44(10):77-81.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2021.10.018.
- [5] 梁爽. 建筑工程项目管理信息化存在的问题及对策 [J]. 中国住宅设施, 2021(04):39-40.
- [6] 高超峰. 信息技术在建筑工程项目管理中的应用探析 [J]. 工程技术研究, 2020, 5(01):135-136.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.01.067.
- [7] 刘杰, 冯江远. 计算机信息技术在建筑工程项目管理中的运用 [J]. 工程建设和设计, 2019(16):276-277.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2019.08.331.
- [8] 侯蕾. 建筑工程项目信息管理中 BIM 技术应用研究 [J]. 建材与装饰, 2018(48):150-151.
- [9] 吴珍芝. 信息技术在建筑工程项目管理中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2018(23):25.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201823022.
- [10] 赵东明. 信息技术在建筑工程项目管理中的应用研究 [J]. 建材与装饰, 2018(19):143-144.

建筑工程项目的安全管理与事故预防

王占胜

北京希达工程管理咨询有限公司，北京 100000

摘要： 本文系统研究了建筑工程项目的安全管理和事故预防，旨在为提升建筑行业安全生产水平提供理论支撑和实践指导。文章开篇综合介绍了安全管理的主要概念、相关法律法规、责任体系以及理论基础。随后，详细探讨了事故预防的定义、相关理论、责任体系以及预防方法，并深入分析了安全管理和事故预防之间的紧密联系。基于此，提出了完善管理体系、加强教育培训、提升预防能力和建立监管机制等对策建议，对于推动建筑行业安全生产具有重要意义。

关键词： 建筑工程项目；安全管理；事故预防；危险源识别；风险评估

Safety Management And Accident Prevention In Construction Projects

Wang Zhansheng

Beijing Xida Engineering Management Consulting Co., Ltd., Beijing 100000

Abstract： This article systematically studies the safety management and accident prevention of construction projects, aiming to provide theoretical support and practical guidance for improving the safety production level of the construction industry. The article begins with a comprehensive introduction to the main concepts, relevant laws and regulations, responsibility system, and theoretical basis of safety management. Subsequently, the definition, relevant theories, responsibility system, and prevention methods of accident prevention were discussed in detail, and the close relationship between safety management and accident prevention was analyzed in depth. Based on this, countermeasures and suggestions have been proposed to improve the management system, strengthen education and training, enhance prevention capabilities, and establish regulatory mechanisms, which are of great significance for promoting safety production in the construction industry.

Key words： construction projects; security management; accident prevention; hazard identification; risk assessment

引言

随着经济的快速发展和城市化进程的加速，建筑业作为国民经济的重要支柱产业，其安全生产问题日益引起广泛关注。建筑工程项目具有投资大、周期长、参与主体多、施工环境复杂等特点，使得安全事故的发生频率和损失程度都相对较高。因此，加强建筑工程项目的安全管理，预防事故的发生，对于保障人民生命财产安全、维护社会稳定和促进建筑业的健康发展具有重要意义。

近年来，尽管我国在建筑工程项目安全管理方面取得了一定的成效，但事故频发的现状仍然不容忽视。据统计数据显示，我国建筑行业事故起数和死亡人数长期居于高位，给人民生命财产安全造成了巨大损失。因此，如何有效地提高建筑工程项目的安全管理水平，减少事故的发生，已成为当前亟待解决的问题。

一、建筑工程项目安全管理理论概述

建筑工程项目的安全管理是一项复杂而重要的工作，它关系到施工人员的生命安全、工程质量和项目的顺利进行。在我国，建筑工程项目的安全管理已经形成了较为完善的理论体系，涵盖了基本概念、法律法规、责任体系和理论基础等方面。

（一）建筑工程项目安全管理的基本概念

建筑工程项目安全管理是指通过对施工现场的人、物、环境

等因素进行有效地控制，以达到预防事故、保障人员安全、减少财产损失和提高工程质量的目的。这包括对施工现场的安全规划、安全培训、安全检查、事故处理等方面的管理。

（二）建筑工程项目安全管理的相关法律法规

随着建筑项目数量的快速增长，我国的建筑安全事故发生频率也逐渐增长，主要是由建筑项目的复杂性、人员流动性、环境天气的不可控性以及漫长的施工周期等导致。为了减少建筑安全事故的发生，近年来国家陆续颁布并实施了相关安全条例以及法

律法规等，例如《安全生产法》、《劳动法》、《安全生产许可条例》、《劳动合同法》等^[1]。这些法律法规不仅为建筑工程项目的安全管理提供了坚实的法律支撑，同时也为相关企业和从业人员提供了明确的指导原则和操作规范，从而确保了建筑工程项目在安全方面的合规性和可靠性。通过这些法律法规的制定和执行，政府在促进建筑行业健康发展的同时，也保障了公众利益和人民生命财产安全。

（三）建筑工程项目安全管理责任体系

建筑工程项目的安全管理责任体系是一个多层次、相互衔接的架构，涵盖了政府、企业、施工现场和施工人员四个关键层面。在这个体系中，政府扮演着立法与监督的角色，负责制定和完善相关法律法规，并确保这些法规得到有效执行。企业层面则承担着制定内部安全管理制度、提供安全培训和教育的重要职责，以培育安全文化并提升员工的安全素养^[2]。施工现场管理层则负责将安全管理措施落到实处，并及时有效地处理各类安全事故。至于施工人员，他们既是安全管理的直接受益者，也是实践者，负责遵守各项安全规定，积极参与安全相关活动，确保自身安全及他人安全。这一责任体系的建立与运行，不仅需要各层级的密切合作与沟通，还需要持续的制度优化和教育培训，以形成共同维护安全的强大合力。

（四）建筑工程项目安全管理的理论基础

建筑工程项目的安全管理理论基础涉及事故成因理论、事故预防理论和安全管理理论三大核心领域。事故成因理论通过深入分析事故的根本原因，为预防措施的制定提供了科学依据^[3]。事故预防理论则进一步探究了事故发生条件和规律，从而为有效预防事故提供了方法论指导。而安全管理理论则着重于构建和完善一个全方位、全过程的安全管理体系，以确保安全管理的系统性和连续性。这三者相互支撑、相互补充，共同构成了建筑工程项目安全管理坚实的理论基石。

二、建筑工程项目事故预防理论概述

在建筑工程项目中，事故预防是安全管理的重要组成部分。有效的预防措施可以大幅度降低事故发生的概率，保障施工人员的生命安全，提高工程质量。以下是对建筑工程项目事故预防理论的详细概述：

（一）建筑工程项目事故预防的基本概念

建筑工程项目的事故预防是一个系统的工程，它涉及在项目实施的全过程中，运用科学的管理方法和技术手段，对可能导致事故的各类因素进行细致的识别、全面的评估和有效地控制，旨在防止事故的发生^[4]。这一过程包括但不限于对施工现场的安全隐患进行彻底排查、准确地风险评估，以及制定和实施针对性的预防措施。通过这样的预防机制，可以最大程度地保障施工现场的人员安全和财产安全，同时促进建筑工程项目的顺利进行和建筑行业的健康发展。

（二）建筑工程项目事故预防的相关理论

建筑工程项目事故预防的理论框架主要涵盖了事故成因理

论、事故预防理论和风险管理理论三大组成部分。事故成因理论通过深入剖析事故的成因，为预防措施的制定提供了理论支撑。事故预防理论则进一步探索了事故发生条件和规律，从而为事故的预防提供了策略和方法^[5]。而风险管理理论强调对施工现场进行全面的风险评估和管理，通过识别、分析和控制潜在的风险，以降低事故发生的可能性。这三者相互关联、相互补充，共同构建了建筑工程项目事故预防的全面理论体系，为实践中的安全管理提供了科学指导和理论依据。

（三）建筑工程项目事故预防的方法和手段

建筑工程项目的事故预防策略和措施构成了一个综合性的安全管理框架，包括安全培训、安全检查、风险评估和事故应急预案等关键要素^[6]。这些要素协同工作，旨在提升施工人员的安全意识和技能，及时发现并解决安全隐患，识别和评估风险，以及在事故发生时迅速有效地应对，以减少损失。通过这些方法，可以建立一个全面的事故预防体系，降低事故发生概率，保障人员安全和项目顺利进行。

三、建筑工程项目安全管理与事故预防的关联性分析

建筑工程项目的安全管理和事故预防是密不可分的两个环节，它们相互依存、相互促进，共同构建起保障建筑工程项目安全施工的防线。以下是关于建筑工程项目安全管理与事故预防关联性的详细分析：

（一）建筑工程项目安全管理与事故预防的关系

建筑工程项目中的安全管理与事故预防之间存在着密切的关联，可以被视为一种手段与目标的关系。安全管理通过一系列细致的管理措施，不仅规范了施工行为，还营造了一个安全的施工环境，其核心目标之一就是实现事故预防。通过这些系统的管理方法，可以显著降低事故发生的风险，从而达到预防事故的目的^[7]。这种相辅相成的关系体现了在建筑工程项目中，安全管理和事故预防是互为依存的，共同构成了项目安全保障的坚固基石。

（二）建筑工程项目安全管理与事故预防的相互作用

在建筑工程项目中，安全管理和事故预防是相辅相成的两个方面。安全管理通过制定和执行安全规章制度、提供安全培训、进行安全检查等措施，为预防事故提供了基础，同时提高了施工人员的安全意识和技能^[8]。事故预防则通过识别和评估安全风险、制定预防措施和实施应急预案，增强了安全管理的有效性，提高了对突发事件的应对能力。这两者形成了一个良性循环，共同保障了项目的顺利进行和人员的安全。

（三）建筑工程项目安全管理与事故预防的协同效应

在建筑工程项目中，安全管理和事故预防的协同作用通过构建全面的安全风险控制体系、形成互补的闭合循环、确保管理的连续性和完整性来体现。有效的安全管理措施能减少事故发生可能性和严重程度，而事故预防的成功又证明了这些措施的科学性和有效性。二者共同促进了安全文化的培育，提升了施工人员的安全意识和技能，为项目的顺利进行和人员安全提供了保障，并推动了建筑行业的可持续发展。

四、案例分析

在建筑工程项目安全管理领域，成功案例往往为行业提供宝贵的经验和方法。本节将通过分析某建筑工程项目的安全管理成功案例，探讨其成功因素，以期为类似项目提供借鉴。

（一）某建筑工程项目安全管理成功案例

1. 项目背景介绍

某建筑工程项目位于城市中心区域，占地面积大，工程复杂，涉及多个专业领域。项目在建设过程中面临诸多安全挑战，包括高空作业、大型机械操作、电气安全等。

2. 安全管理措施

为确保建筑工程项目的安全管理与事故预防，项目管理层制定并实施了一套综合性的安全管理策略，包括建立健全的安全管理制度以明确各层级职责，进行全面的安全教育与培训以提升员工的安全意识和技能，执行严格的安全监督与检查制度以发现和整改安全隐患，以及制定详细的应急预案并定期组织应急演练，以增强对突发事件的应对能力，并对事故进行处理和总结，防止事故重复发生。

3. 成功因素分析

为确保建筑工程项目的安全管理与事故预防，项目领导高度重视安全工作，将其纳入核心任务，并提供有力支持。同时，鼓励全员参与安全管理，形成良好的安全文化氛围，提高整体安全水平。项目还积极采用新技术、新工艺，提高施工安全性，降低安全风险。此外，项目不断总结经验教训，持续改进安全管理工作，提高安全管理水平，以实现安全管理的持续优化和提升。

五、建筑工程项目安全管理与事故预防的对策建议

为了进一步提高建筑工程项目的安全管理水平和事故预防能力，本文提出以下对策建议：

（一）完善建筑工程项目安全管理体系

优化建筑工程项目的安全管理体系是提升安全管理效能的核心。至关重要是需要制定和不断优化安全管理规章制度，明确界定各个岗位的安全职责和标准化的安全操作程序^[9]。接着，必须建立并实施安全风险评估制度，对施工现场进行定期的安全巡查和系统性的风险评估。最终，构建一个完整的故事应急预案是必

要的，以提升对突发事件的应急响应能力，确保能够迅速有效地应对各类安全事故。

（二）加强建筑工程项目安全教育和培训

强化建筑工程项目的安全教育和培训是提升施工人员安全意识和操作技能的关键手段。企业应当定期开展安全教育和培训活动，确保施工人员掌握必需的安全知识和专业技能，从而增强他们的安全防范意识^[10]。此外，还需对施工现场的管理人员进行深入的安全培训，以提升他们的安全管理能力和效率。

（三）提高建筑工程项目事故预防能力

提升建筑工程项目的事故预防能力需多管齐下。需要注意的一点是，必须强化对施工现场的安全隐患排查，确保潜在风险能够被及时识别并彻底消除。接着，应当引入先进的安全技术和装备，以此提高施工过程的安全性能。至关重要的一点是，建立健全的事故调查和处理机制。通过对事故原因的深入分析，我们可以制定出具体的有针对性的预防措施，从而实现长效的事故预防。

（四）建立健全建筑工程项目安全监管机制

构建完善的建筑工程项目安全监管体系是确保安全管理措施得到有效执行的关键途径。政府部门应当强化对建筑工程项目的安全监管力度，严格贯彻实施相关法律法规，并确保施工企业履行其安全管理职责。此外，应加大对施工现场的监督检查频率，及时识别并整改潜在的安全隐患，以预防事故的发生。

结束语

本文探讨了建筑工程项目的安全管理和事故预防问题，强调了这是一个需要政府、企业、从业人员和社会各界共同努力的系统工程。文章建议政府应加强监管，完善法律法规，制定科学合理的安全标准和规范；企业应建立安全生产责任制，加强安全教育和培训；从业人员应遵守安全规程，积极参与安全管理。文章指出，尽管已力求全面深入，但受篇幅和研究能力限制，仍存在不足，未来研究可扩大样本范围，引入最新数据和案例。文章总结，建筑工程项目的安全管理和事故预防是长期艰巨的任务，需要全社会共同关注和努力。希望通过本文研究，为提高安全管理水平、预防事故发生提供参考借鉴，推动建筑行业可持续发展。

参考文献

- [1] 黎红国. 建筑工程项目安全管理成熟度及评价研究 [D]. 重庆大学, 2019.DOI:10.27670/d.cnki.gcqdu.2019.003466.
- [2] 谢晨风. 建筑工程的安全管理与进度控制 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(24): 96-98.DOI:10.16673/j.cnki.jcfzdx.2023.0361.
- [3] 王利. 浅析建筑工程项目施工安全管理的问题与对策 [J]. 低碳世界, 2023, 13(09): 61-63.DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2023.09.038.
- [4] 丁贵川. 建筑工程施工现场安全管理研究——以贵阳市某工程项目为例 [J]. 房地产世界, 2023, (18): 115-117.
- [5] 李晴. 加强质量监督与管理保障房屋建筑安全 [J]. 居舍, 2023, (25): 154-157.
- [6] 谭经刚. 分析建筑工程安全生产管控及安全事故预防 [J]. 四川水泥, 2021, (03): 235-236.
- [7] 李子文. 建筑工程安全生产管理及安全事故预防 [J]. 现代职业安全, 2023, (04): 95-96.
- [8] 徐达. 建筑工程安全生产管理及安全事故预防措施 [J]. 房地产世界, 2021, (22): 119-121.
- [9] 盛宇, 唐文玲, 张荣芳, 等. 基于 ETA 的建筑工程高处坠落事故预防分析 [J]. 绿色科技, 2020, (10): 120-122.DOI:10.16663/j.cnki.lskj.2020.10.044.
- [10] 曹捷. 建筑工程安全生产管理及事故预防 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (33): 47-49.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202333016.

试论如何实现水利水电建筑工程施工质量的有效控制

陈志红

安仁县水利局, 湖南 郴州 423600

摘要： 水利水电建筑工程的施工质量是决定其成功与否的关键因素。本文讨论了水利水电建筑工程在质量控制方面常见的问题，包括勘测设计的不足、施工企业对质量控制的忽视、施工人员素质不均以及风险管理不充分等。进一步，提出了有效控制施工质量措施，如加强初期勘测设计、实施全程监督、提升施工人员的专业培训以及优化风险管理策略。通过这些措施，期待可以提高工程质量，确保工程的安全、可靠和经济效益。

关键词： 水利水电；建筑工程；质量控制

How To Effectively Control The Construction Quality Of Water Conservancy And Hydropower Construction Projects

Chen Zhihong

Anren County Water Resources Bureau, Chenzhou, Hunan 423600

Abstract： The construction quality of water conservancy and hydropower construction projects is a key factor determining their success or failure. This article discusses common problems in quality control of water conservancy and hydropower construction projects, including deficiencies in survey and design, neglect of quality control by construction enterprises, uneven quality of construction personnel, and insufficient risk management. Furthermore, effective measures have been proposed to control construction quality, such as strengthening initial survey and design, implementing full process supervision, improving professional training for construction personnel, and optimizing risk management strategies. Through these measures, it is expected to improve the quality of the project, ensure its safety, reliability, and economic benefits.

Key words： water conservancy and hydropower; construction engineering; quality control

引言：

在水利水电工程的建设中，确保施工质量是实现工程安全、功能和经济效益的基础。由于这类工程通常规模庞大且技术要求高，任何小的疏忽都可能导致重大的安全事故和经济损失^[1]。因此，探索如何有效控制水利水电建筑工程的施工质量，对于工程的项目管理者、设计师及施工团队来说，都是一个重要的课题。本文将分析当前水利水电工程中存在的质量控制问题，并提出相应的解决策略，期为业界提供参考和指导。

一、水利水电建筑工程在质量控制方面存在的问题

1. 施工前的勘测设计不够科学全面

在水利水电工程的施工过程中，勘测设计阶段是整个工程成功与否的关键，这一阶段的科学性和全面性直接影响到后续工程的质量和安全性。理想的勘测设计应当基于对建设地点地理、环境及社会经济条件的深入了解，以保证设计方案的可行性与安全性^[2]。然而，实际情况中，一些施工团队的勘测设计工作表现不尽如人意，导致了一系列质量控制上的问题。

在多个实际工程案例中观察到，部分施工团队在进行勘测设计时，常常仅依赖于已有的文献资料或以往的经验，而缺乏针对

具体项目的实地考察。例如，有些团队在设计水坝和水电站时，未能充分评估潜在的地质风险，如不稳定的岩层、地下水流动性强的区域等，这些都是通过详尽的现场勘查才能准确获知的信息。此外，即便进行了实地考察，部分团队的勘察也往往局限于某几个方面，如仅关注地形而忽视了地质结构的复杂性，或者考察过程中缺乏与其他专业如环境科学、地质学家的深入合作，从而导致收集到的数据片面或误差较大^[3]。

2. 施工企业不重视质量控制

在水利水电建筑工程领域，质量控制是确保工程安全、可靠及长期效益的关键。然而，由于过分追求成本的降低和利润的最大化，一些施工企业选择使用低价且质量较差的建筑材料，并在

* 作者简介：姓名：陈志红，出生年月：1993年10月1日，性别：女，民族：汉，籍贯（湖南省、郴州市、安仁县），本科助理工程师，从事的工作领域：水利水电建筑工程

施工过程中忽略了对工程细节的精细管理，这损害了工程的质量，也影响了工程的整体安全和功能实现。这种质量控制的缺失，源于多方面的原因^[4]。首先，市场竞争的压力使得施工企业在报价和合同争夺中倾向于降低成本以获得竞争优势，而这种成本的压缩往往以牺牲材料质量和施工标准为代价。此外，质量意识的缺乏在行业内部仍然普遍存在，部分企业的管理层并未将质量控制作为企业文化的核心部分，而是将其视为可有可无的附加项。

3. 施工人员素质参差不齐

在水利水电工程建设中，施工人员的素质直接影响到工程质量和安全。人员素质的不均衡主要表现在几个方面：首先，由于行业竞争激烈，部分施工企业为了降低成本，往往选择低成本的劳动力，这些劳动力可能缺乏必要的培训和经验^[5]。其次，即使进行了培训，培训的质量和实用性也大不相同，导致即便是受过培训的员工，其在现场操作的能力也可能无法满足工程需求。此外，施工队伍中经常缺乏足够的核心技术人员，这些核心技术人员对于指导和监督施工活动至关重要。

二、实现水利水电建筑工程施工质量有效控制措施

1. 重视施工前的勘测设计工作

在水利水电建筑工程的施工中，工程的成功与否很大程度上取决于施工前勘测设计的质量。勘测设计阶段是工程建设中至关重要的一环，它直接关系到工程的安全、效率及最终的功能实现^[6]。因此，确保勘测设计的科学性和全面性是实现工程质量有效控制的首要步骤。

勘测设计的核心在于全面而细致地理解和分析建设地点的地理和环境特征。这一过程需要利用跨学科的专业知识和技术，如地理信息系统（GIS）、遥感技术以及其他现代数据分析工具。通过这些技术，可以准确地收集和分析地形地貌、水文地质、生态环境等多方面数据，从而为工程设计提供科学的依据。例如，GIS可以帮助工程师在设计阶段进行精确的地形分析，遥感技术则可以用于监测地表变化和环境状况，这些技术的综合应用能够显著提高设计的准确性和可靠性。

除了技术应用，实地勘测同样不可或缺。实地考察可以验证远程数据的准确性，还能帮助工程师捕捉到那些可能被遥感技术遗漏的细节信息。在实地勘察过程中，需要注重每一个细节的考察至关重要，如土壤类型、地下水流动特性及可能存在的环境污染等，这些都是影响工程安全和效率的关键因素。为了进一步提升勘测设计的质量和可靠性，建立一套全面的设计审核机制也是必不可少的。这包括由跨学科的专家团队对设计方案进行评审，确保所有的设计都基于最新的研究和技术，并符合现行的安全和环境标准。通过专业评审，可以及时发现和纠正设计中可能存在的缺陷或疏漏，极大地减少工程风险。此外，环境影响评估也是勘测设计中不可忽视的一环。在工程设计初期进行全方位的环境影响评估，不仅有助于保护自然环境，也有助于提升社会公众对工程的接受度。环境影响评估应涵盖工程对当地生态系统的潜

在影响、对社会经济环境的改变，以及可能引起的环境风险等方面。

2. 将监督环节贯穿施工全过程

在水利水电建筑工程中，实现高质量的施工是技术问题，也是监督管理的挑战。有效的监督机制能够确保从施工准备到完成各阶段都能达到预期的工程标准。要实现这一目标，监督环节必须贯穿整个施工过程，每个环节的执行都需精确到位，确保工程的每一部分都符合高标准的建设要求^[7]。

企业首先需要建立一个全面的质量管理体系，确保从项目策划到施工、验收的每一个环节都有严格的质量监控和控制措施。施工前，项目管理团队应详细评审所有施工材料和计划。选择高质量且符合安全标准的材料是保证结构完整性和工程寿命的基础。在此基础上，寻求性价比最高的方案，确保材料的可持续性和环保标准。当材料运达施工现场时，必须进行严格的入场检验，对关键材料如钢材、水泥等进行抽样检测，确保它们完全符合工程规格。这一阶段的严格控制是避免后续质量问题的关键。

施工过程中，加强现场管理是确保质量的另一关键环节。施工企业需要配置经验丰富的质量控制人员，这些人员负责监督施工每个步骤的执行情况，确保所有施工活动都严格按照设计图纸和规范进行。质量监督人员应不断在现场巡查，及时记录施工进度和质量问题，确保所有问题被记录并迅速解决。同时，通过实施细致的日常检查和专项审查，监督团队可以及时发现并纠正偏离规范的施工行为，从而避免可能导致安全事故的隐患^[8]。在施工完成后，进行彻底的质量验收是不可忽视的步骤。验收团队应由独立的第三方质量检测机构组成，以确保验收的客观性和公正性。验收过程中，要对工程的各个部分进行全面检查，包括结构完整性、功能实现与安全标准的符合度等。任何未达到设计要求的部分都应明确记录并要求施工方进行整改。这一环节是监督流程的最后保障，确保交付使用的工程完全符合设计和安全规范。此外，实施有效的监督不仅仅是对工程质量的保障，也是对社会资源负责的体现。通过建立严格的监督体系，可以显著提升工程质量，减少维修和改造的成本，延长工程的使用寿命，从而为社会创造更大的经济和社会价值^[9]。在整个监督过程中，每个环节的执行都必须精确严格，确保每一处细节都尽善尽美，从而达到最优的工程质量和效果。

3. 提高施工人员素质与专业培训

在水利水电建筑工程中，施工质量的控制始终是项目成功的关键。施工人员的素质直接关系到他们能否正确理解和执行工程图纸及施工标准。在水利水电工程施工中，错误的施工操作不仅会导致安全事故，还可能引起工程质量问题，增加维护成本，甚至影响工程的整体寿命。因此，投资于施工人员的教育和培训，是提升整个项目质量的有效策略。

施工企业应实施一套全面的职业培训体系，涵盖新员工的基础培训和现有员工的继续教育。这种培训应包括安全操作、专业技能、质量意识等方面。通过使用模拟施工场景的培训方法，例如虚拟现实（VR）技术，可以在不影响实际工程进度的情况下，提供实际操作的经验，帮助员工更好地理解复杂的工程需求和潜在

的风险。同时，企业需要建立一个有效的技能认证体系，通过定期的技能考核来确保所有施工人员都达到一定的标准。

为了更有效地实施这些培训措施，施工企业还需建立一套绩效评估系统，定期评估培训效果和员工的工作表现。这种评估不仅可以帮助企业监控培训投资的回报，还可以识别员工在工作中的潜在问题和培训需求。此外，通过对员工进行技能认证，企业可以更加精准地安排人力资源，将最合适的人员安排到适合他们技能水平的工作岗位。

4. 将风险因素的影响降到最低

在水利水电工程施工中，识别并管理各种风险是确保工程质量的关键。风险管理涉及技术和操作层面，还包括环境、社会和经济因素。通过全面分析和系统性管理，可以有效降低这些风险因素的影响，从而提高工程质量和安全性。

风险评估是风险管理的第一步。这要求项目团队在工程规划阶段就进行全面的风险识别和评估。通过使用先进的分析工具和技术，如概率分析和风险模拟，可以预测和量化潜在风险的影响。风险评估应覆盖自然灾害、技术失败、财务问题以及供应链中断等方面。每项风险都应详细评估其对项目时间表、成本和最终质量的潜在影响^[10]。接下来，基于风险评估的结果，施工团队需要制定相应的风险应对策略。这些策略可能包括风险避免、风险减少、风险转移和风险接受。例如，在面对高洪水风险的区域施工时，采取的措施可能包括加固临时防洪设施，选择在洪水季节之外施工，或者通过保险等方式转移部分风险。

为了实施这些策略，项目管理团队应该进行详尽的规划，确保所有风险管理措施都被整合进项目的施工计划中。这包括调整

工程设计，强化施工现场的安全措施，以及优化供应链管理，确保材料和设备的及时供应和质量符合标准。风险管理还应该是一个持续的过程。施工过程中，项目团队需要定期重新评估风险，并根据实际情况调整应对策略。使用实时数据监控系统可以帮助团队即时获取工程状态和外部环境变化，及时发现新的风险点，并迅速作出反应。例如，通过安装传感器监测施工现场的土壤水分和稳定性，可以在问题严重化之前采取措施。此外，建立强有力的沟通机制也是风险管理不可或缺的一环。确保项目所有利益相关方，从供应商到承包商，从管理团队到地方政府，都在风险管理过程中保持信息的透明和流通，这对预防和解决问题至关重要。

结束语

在本文中，我们探讨了水利水电建筑工程在质量控制方面面临的主要问题，以及实施有效控制措施的必要性和紧迫性。通过系统地分析施工前的勘测设计、施工企业的质量控制态度、施工人员的素质及风险管理策略，我们提出了一系列切实可行的改进措施，旨在提高工程质量，确保安全和延长工程寿命。实现这些目标，不仅需要技术的创新 and 管理的严格，更需要行业内部持续地自我完善和监管机构的有效监督。展望未来，随着技术的进步和管理理念的更新，水利水电建筑工程的质量控制将更加科学和系统化。我们期待这些努力能够促进整个行业的健康发展，为社会创造更多的经济和环境价值。

参考文献:

- [1] 陈凯. 水利水电建筑工程施工质量的有效控制策略分析[J]. 建材与装饰, 2022(026):018.
- [2] 潘多峰. 试论水利施工中土石坝技术的应用[J]. 水电水利, 2022, 6(3):123-125.
- [3] 周贤成. 白鹤滩水电站泄洪洞混凝土施工质量控制技术解析[J]. 建筑与装饰, 2023(16):49-51.
- [4] 康小林. 水利水电工程管理及施工质量控制的相关问题探讨[J]. 建筑与装饰, 2022(15):106-108.
- [5] 魏尊贤. 农田水利水电工程建筑的施工技术及管理[J]. 农家参谋, 2022(12):159-161.
- [6] 万忠卫. 试论水利水电工程施工质量控制方法[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(9):3.
- [7] 郑小敏. 试论提高建筑工程管理与施工质量控制的有效策略[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(7):3.
- [8] 马涛. 试论水利工程施工中的安全管理及质量控制[J]. 四川建材, 2022, 48(6):2.
- [9] 吴海洋. 浅谈如何强化水利水电工程建筑的质量管理与控制[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(9):4.
- [10] 司马文. 试析混凝土防渗墙技术在水利水电施工中的应用[J]. 安徽建筑. 2019,(4).

探究本质安全管理体系在电力安全生产中的应用

林肯, 包坚明, 鲍志坚

国网浙江省电力有限公司乐清市供电公司, 浙江 乐清 325600

摘 要： 随着我国经济持续快速发展, 电力需求不断增长, 电力安全生产的重要性日益凸显。电力安全生产不仅关系到电力企业经济效益和社会效益, 更直接关系到人民群众生命财产安全和社会和谐稳定。因此如何有效提升电力安全生产管理水平, 防范并减少发生安全事故的概率, 已经成为当前电力企业管理面临的重要课题。本质安全管理体系是一种以预防为主、系统管理为核心的安全管理思想和方法。强调从源头上消除事故隐患, 通过构建完善的安全管理体系, 实现企业安全生产的目标。在电力安全生产中引入本质安全管理体系, 有助于提升电力企业的安全管理水平, 保障电力生产的安全稳定。

关 键 词： 本质安全管理体系; 电力安全生产; 安全管理; 安全文化

Exploring the Application of Intrinsic Safety Management System in Power Safety Production

Lin Ken, Bao Jianming, Bao Zhijian

State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd. Leqing Power Supply Company, Zhejiang, Leqing 325600

Abstract： With the sustained and rapid development of China's economy, the demand for electricity continues to grow, and the importance of electricity safety production is becoming increasingly prominent. Electricity safety production is not only related to the economic and social benefits of power enterprises, but also directly related to the safety of people's lives and property, as well as social harmony and stability. Therefore, how to effectively improve the level of power safety production management, prevent and reduce the probability of safety accidents has become an important issue faced by current power enterprise management. The intrinsic safety management system is a safety management philosophy and method that focuses on prevention and system management. Emphasize the elimination of accident hazards from the source, and achieve the goal of enterprise safety production by building a sound safety management system. Introducing an essential safety management system into power safety production can help improve the safety management level of power enterprises and ensure the safety and stability of power production.

Key words： intrinsic safety management system; electricity safety production; security management; safety culture

前言：

电力安全生产事关国家经济社会稳定与发展, 是电力企业管理的重要一环。本质安全管理体系作为一种先进安全管理理念和管理办法, 将其应用于电力安全生产中具有深远意义。本文阐述了本质安全管理体系的基本理论, 探讨了本质安全管理体系在电力安全生产中的具体应用措施及其实施效果, 以期为提升电力安全生产管理水平提供有益参考。

一、本质安全管理体系的基本理论

(一) 风险预控

本质安全管理体系的基本理论核心之一在于风险预控。这一理论强调在生产过程中, 通过全面、系统地识别、评估和控制各类风险, 防止出现安全事故。风险预控不仅关注设备、工艺等物质层面, 更重视人的行为和管理模式的安全性。在本质安全管理

体系中, 风险预控是一个持续、闭环的过程^[1]。先通过深入分析和评估生产过程中的潜在风险, 确定风险源和可能的事故后果。然后制定有针对性的预防措施, 包括改善工艺、提升设备安全性、加强员工培训和管理等。实施这些措施需要全员参与并形成合力。此外, 风险预控还强调对预防措施效果的持续监测和评估。通过定期检查和反馈, 及时发现问题并进行改进, 确保风险始终处于受控状态。这种持续改进的机制使得本质安全管理体系能够

* 作者简介: 林肯, 1989-, 男, 汉, 浙江乐清, 本科, 安全监察部主管, 电力工程技术工程师。

不断适应新的生产环境和挑战，实现长期的安全生产目标。

（二）系统管理

本质安全管理体系的基本理论核心之二在于系统管理，强调从整体和全局的角度，对电力生产过程中的安全问题进行全方位、系统化、科学化管理。系统管理注重各要素之间的关联性和相互作用，通过优化资源配置、提升管理效能，实现安全生产的目标^[2]。在本质安全管理体系中，系统管理主要体现在对电力生产过程中人员、设备、环境等各个要素进行系统化筹备，通过制定完善的安全生产管理制度和操作规程，确保各项安全措施得到有效执行。同时，系统管理还注重持续改进和学习，通过收集和分析安全生产数据，发现潜在的安全隐患并及时采取措施进行整改，从而不断提升安全管理水平。此外，系统管理还强调跨部门、跨层级的协同合作，形成合力共同推动电力安全生产工作的顺利开展。通过加强与其他管理体系的融合与衔接，实现资源共享和优势互补，进一步提高电力生产的安全性和可靠性^[3]。

（三）持续改进

持续改进是本质安全管理体系核心理论之三，体现了本质安全管理体系的动态性和前瞻性。持续改进强调不断学习和反思，以提升管理水平和安全效能，实现长久的安全管理和风险降低^[4]。在本质安全管理体系中，持续改进并非一蹴而就的过程，而是需要持续努力和不断更新优化。这包括对现有安全管理措施进行定期评估，以及对新出现的风险和挑战及时调整。通过不断学习和实践过程，企业能够发现并改进管理体系中的不足，从而提升其整体安全性能。

二、电力安全生产主要问题

（一）员工安全意识淡薄

在日常工作中，部分员工对电力生产的安全风险缺乏深刻认识，往往对安全规程置若罔闻，对潜在的安全隐患视而不见。这些员工可能认为发生安全事故只是偶然事件，与自己无关，因此在实际工作中经常抱有侥幸心理，对安全生产的重要性认识不足^[5]。这种安全意识淡薄的状态不仅增加了电力生产过程中的安全风险，也可能导致发生安全事故，对员工生命安全和企业正常运营构成严重威胁。致使员工安全意识淡薄的原因多种多样。例如：长期在相对安全工作环境中工作可能使一些员工逐渐放松了对安全生产的警惕心理；部分员工对电力生产的安全知识了解不足，缺乏必要的安全技能和应急处理能力^[6]。因此，电力企业应高度重视员工安全意识淡薄这一问题，加强安全教育和培训，提高员工对电力生产安全重要性的认识，强化安全管理力度，确保电力生产安全稳定进行。

（二）硬件设施老旧落后

硬件设施老旧落后直接增加了电力安全生产的风险。许多电力企业的设备已经使用了很长时间，缺乏及时维护和更新，这些设备往往存在严重磨损和老化现象，随时可能发生安全事故^[7]。这不仅会影响设备正常运行效率，更可能导致设备在运行过程中出现故障，从而引发安全事故。其次，老旧落后的硬件设施也制约

了电力企业技术创新升级。随着科技不断发展，新的电力技术和设备不断涌现，而老旧设施通常无法与新技术有效对接，限制了电力企业技术创新和系统升级步伐。不仅影响企业竞争力，也制约电力行业整体发展。此外，老旧落后的硬件设施还可能影响电力供应的稳定性和可靠性^[8]。老旧设备在应对突发情况或高峰用电时段时，经常出现设备故障或性能下降，这可能导致电力供应中断或不稳定，给人们生产生活带来不便。

（三）安全管理制度不完善

部分电力企业在制定安全管理制度时缺乏足够细致深入，导致制度内容模糊、不够具体，难以形成实际操作指导。这使得员工在理解和执行安全管理制度时存在较大偏差，难以形成统一安全管理标准^[9]。其次，安全管理制度的执行力度不足也是一大问题。有些企业虽然制定了完善的安全管理制度，但在实际执行过程中却存在种种困难。例如一些领导对安全管理制度重要性认识不足，缺乏足够的重视和投入；还有部分员工对安全管理制度的遵守意识不强，往往因为各种原因而忽视或违反制度规定。此外，安全管理制度的更新完善也滞后于电力生产的实际需求。随着电力技术的不断发展和生产环境的变化，一些原有的安全管理制度可能已经无法适应新的安全需求^[10]。然而，一些企业并未及时对安全管理制度进行修订和完善，导致制度与实际生产脱节，难以有效应对新的安全风险。

（四）员工应急处理能力不足

造成员工应急处理能力不足的原因主要有以下几点：一是企业对应急处理工作重视程度不够，缺乏系统性应急处理培训和演练；二是员工自身的安全意识不强，对应急处理工作缺乏足够的认识和重视；三是企业的应急处理制度不完善，缺乏明确的应急处理流程和规范^[11]。员工应急处理能力不足可能导致在突发事故发生时，无法迅速做出正确判断，从而错失最佳的应急处理时机。这不仅可能使事故扩大化、增加不必要的损失，还可能对员工的生命安全构成威胁。其次，员工应急处理能力不足还体现在对安全事故的预防和控制上。由于缺乏必要的应急处理知识和应急处理经验，员工可能无法及时发现并消除潜在的安全隐患，导致安全事故发生概率增加^[12]。

三、基于本质安全管理体系对电力生产问题的解决方案

（一）强化安全意识培养

企业需要开展定期安全教育和培训活动。这些活动应涵盖电力生产中的安全知识、操作规程、应急处理等内容，旨在使员工系统性了解并掌握安全生产的基本知识^[13]。还可以通过案例分析、模拟演练等方式，增强员工对安全事故的清晰认识，提升员工的安全警觉性。其次，还应加强安全文化建设。企业需要积极营造浓厚的安全文化氛围，通过悬挂安全标语、设置安全宣传栏、开展安全知识竞赛等形式，让员工在潜移默化中增强安全意识。同时鼓励员工积极参与安全管理工作，提出安全改进建议，形成全员参与、共同维护安全生产的良好氛围^[14]。此外还可以建

立激励机制,提高员工参与安全管理的积极性。企业可以设置安全生产奖励制度,对在安全生产工作中表现突出的员工进行表彰和奖励,从而激发员工的安全责任感和使命感。

（二）更新升级硬件设施

对于老旧、性能不佳的设备,电力企业应进行系统性评定,并根据评估结果制定更新升级计划^[15]。引入先进的生产设备和生产技术,能够在显著提高电力生产的效率和质量的同时降低事故风险。其次,加强设备的维护和保养也是确保电力生产安全的重要措施。企业需要建立健全的设备维护制度,定期对设备进行巡检、维修和保养,确保设备处于最佳运行状态;还应加强对设备监测和预警,及时发现并解决潜在的安全隐患。此外,电力企业还应关注新技术和新材料^[16]。随着科技的不断发展,电力生产新技术和新材料不断涌现,这些新技术通常具有更高的效率和更好的安全性能。企业应积极关注这些新技术和新材料的发展动态,并结合自身实际情况进行引进和应用。

（三）完善安全管理制度

明确安全管理目标与原则,应确立以预防为核心、全员参与和持续改进为导向的本质安全管理体系战略。对现有安全管理制度进行全面梳理,查漏补缺,形成一套完整、严谨的制度体系^[17],包括安全生产责任制、操作规程、检查与隐患排查制度等方面。同时还需强化落实安全责任制度,明确各级人员职责,通过考核与奖惩机制确保责任分配到位。此外,加强安全培训与文化建设,提升员工的安全意识和技能,营造积极的安全氛围。在安全检查与隐患排查方面,建立定期和不定期检查制度,及时发现并整改隐患,形成闭环管理机制^[18]。最后完善应急管理制度和

预案,提高应急响应能力,确保在突发事件中能够迅速、有效地处置,并对事故进行深入分析,防止类似事件再次发生。

（四）提高员工实操能力

企业应建立健全实操培训体系。这一体系应涵盖电力生产的各个环节,从基础操作到高级技能,确保员工能够全面掌握所需技能。同时,培训体系具体内容应定期更新,以适应技术和设备的更新换代,确保员工实操能力始终与电力生产的实际需求相匹配^[19]。其次加强实操训练和实践机会。企业应提供充足的实操训练设备和场地,让员工在实际操作中不断磨练和提升技能。企业还可以组织技能竞赛、实操演练等活动,激发员工的学习兴趣和积极性,促进员工之间的技能交流和分享。最后还可以引入专业培训导师和外部优秀资源。企业可以邀请行业专家、培训机构等经验丰富的专业导师为员工提供专业实操培训,帮助员工快速掌握新技能和新知识^[20]。企业还可以借鉴其他企业的实操培训成功经验,不断完善自身的培训体系。

结束语：

本质安全管理体系在电力安全生产中的应用具有重要实践意义。通过强化安全意识培养、完善安全管理制度、提升技术装备水平、实施风险预控管理以及建立安全绩效考核机制等措施,可以有效提升电力企业安全管理水平,保障电力生产的安全稳定。未来,电力企业应继续深化本质安全管理体系的应用,不断探索和创新安全管理方法和手段,为推动我国电力事业的持续健康发展作出更大的贡献。

参考文献：

[1] 朱振华. 在线监测技术在电力安全生产中的研究与探索 [J]. 电气时代, 2024, 20(01): 103-105+109.

[2] 黄晓丽. 大数据技术在电力安全生产管理中的风险评估及运用分析 [J]. 电气技术与经济, 2023, 13(10): 231-234.

[3] 李潇, 王建磊, 王福生, 等. 现代一流企业目标下的电力通信“四维”安全生产管理体系建设实践——以国网宁夏电力有限公司为例 [J]. 数字通信世界, 2023, 36(12): 165-167.

[4] 邓伟华. 新时期电力安全生产管理 [J]. 中国新通信, 2019, (24).

[5] 周刚, 胡海平, 徐伟, 等. 具有带电报警功能的专用放电棒的研制 [J]. 电子产品世界, 2015, (12).

[6] 张建新. 电力安全生产管理中的风险控制策略探究 [J]. 科技资讯, 2019, (34).

[7] 戴璟, 王剑晓, 张兆华, 等. 新型电力系统形态特征与关键技术 [J]. 新型电力系统, 2023, 1(2).

[8] 乐钟源. 基于改进 YOLOX 的电力工作现场安全检测算法研究 [D]. 武汉纺织大学, 2023.

[9] 吴迪. 电力安全生产管理中深度卷积网络研究 [J]. 电气技术与经济, 2023, 25(02): 19-21+35.

[10] 林楚. 扎实推进电力安全生产行动 [N]. 机电商报, 2023-02-13(A07).

[11] 蔡炳高, 徐涛. 构筑四道安全防线建设“三控”运行班组 [J]. 电力安全技术, 2023, 25(01): 66-70.

[12] 黄杰韬, 王泽涌. 数据实时分析的电力安全生产监测系统设计 [J]. 能源与环保, 2022, 44(12): 256-261.

[13] 李少军. 电力企业安全生产管理体系探究 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(11): 1-3.

[14] 孙琦, 叶建锋, 吴雪冬. 供电企业安全培训引入人防因工具工作方法研究 [J]. 中国电力教育, 2022, 16(11): 49-50.

[15] 周杰, 刘沪平, 梁文彪. 基于历史数据的电力作业安全督查现状分析——以国网江苏省电力有限公司为例 [J]. 经营与管理, 2022, 28(11): 91-97.

[16] 惠超, 张雷. 标准化作业在电力安全生产管理中的应用研究 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2022, 35(09): 4-6.

[17] 陈国芳, 安旭, 卫豪. 基于 PCA-AHP 模型的安全生产事故风险评价 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(09): 37-42.

[18] 张雷, 惠超. 风险控制在电力安全生产管理中的应用研究 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2022, 35(08): 9-11.

[19] 陈晓波. VR 技术在电力安全生产培训中的应用 [J]. 光源与照明, 2022, 34(07): 234-236.

[20] 中国电机工程学会: 创新服务葆活力务实笃行普真理 [J]. 学会, 2022, 16(06): 11-14.

新能源光伏与水力发电的可持续发展策略研究

朱家毕

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司象鼻岭水电站, 贵州 毕节 553107

摘要： 随着全球气候变化和环境问题的日益严重，可持续能源的发展已经成为全人类共同面临的重要课题。在众多可持续能源中，新能源光伏和水力发电因其清洁、可再生的特性而备受关注。我国作为能源需求大国，对于新能源的开发和利用具有极高的战略意义。本文将对新能源光伏与水力发电的可持续发展策略进行研究，分析其特点、挑战以及发展策略，以期为我国新能源事业的发展提供一定的参考。

关键词： 新能源光伏；水力发电；可持续发展；策略

Research On The Sustainable Development Strategy Of New Energy Photovoltaic And Hydropower Generation

Zhu Jiabi

Xiangbiling Hydropower Station of Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., LTD., State Power Investment Group, Bijie, Guizhou 553107

Abstract： With the increasingly serious global climate change and environmental problems, the development of sustainable energy has become an important topic facing all mankind. Among the many sustainable energy sources, new energy photovoltaic and hydropower power generation have attracted much attention because of their clean and renewable characteristics. As a major country in energy demand, China has a high strategic significance for the development and utilization of new energy. This paper will study the sustainable development strategy of new energy photovoltaic and hydroelectric power generation, analyze its characteristics, challenges and development strategies, in order to provide a certain reference for the development of new energy industry in China.

Key words： new energy photovoltaic; hydropower generation; sustainable development; strategy

一、引言

随着全球经济的发展和人口的增加，能源需求不断上升，传统的化石能源已经难以满足人类对可持续发展的需求。新能源光伏与水力发电作为清洁能源的代表，具有巨大的发展潜力和广阔的市场前景。光伏发电与水力发电在可持续性方面有着显著的优势，但也面临着资源与环境限制、经济性与市场接入等问题。因此，研究新能源光伏与水力发电的可持续发展策略，对于促进清洁能源的发展和实现能源转型具有重要意义。

二、光伏发电的可持续性特点

（一）输出功率小

光伏发电系统的输出功率相对较小，但通过多个光伏电池板的组合可以实现较大规模的发电。这种分布式发电方式有利于降低能源传输损耗，提高能源利用效率，同时也有利于应对能源需求的灵活性和多样性。

（二）环境污染小

光伏发电是一种清洁、可再生的能源形式，不会产生二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物等有害气体和固体废物，对环境污染非

常小。光伏发电系统的运行过程中，只有光能被转化为电能，没有其他能源的消耗，因此不会产生温室气体排放和其他环境污染。光伏发电系统的建设和运行过程中，还需要采取一些环境保护措施，如避免破坏生态环境、减少土地占用等^[1]。

（三）可以缓解用电紧张

光伏发电可以分布式布局，可以在城市屋顶、农村地区等多种场所进行建设，可以灵活应对用电紧张的情况。尤其是在太阳能资源丰富的地区，光伏发电可以为当地居民提供稳定的电力供应，缓解用电紧张问题。

（四）发电用电并存

光伏发电的可持续性特点之一是发电用电并存，光伏发电系统可以与电池储能系统结合，实现电力的存储和利用，提高能源利用效率。同时，光伏发电也可以与传统能源相结合，形成多元化的能源供应体系，提高能源安全性。

三、光伏与水力发电的可持续发展挑战

（一）资源与环境限制

光伏与水力发电的可持续发展首先面临的是资源与环境限制，对于光伏发电，其依赖于太阳辐射能，而太阳辐射能的分布

* 作者简介：名字：朱家毕，性别：男，出生：1993年10月，民族：汉族，籍贯：云南昭通；学历：本科；职称：助理工程师；研究方向：电力工程技术；

不均导致了光伏发电的地理局限性。在光照资源丰富的地区，如我国西部地区，光伏发电具有良好的发展前景，但在光照资源相对匮乏的地区，光伏发电的效益则会受到严重影响。此外，光伏设备的制造和废弃处理过程也对环境造成一定压力。对于水力发电，其可持续发展受限于水资源分布、生态环境保护和地质条件等因素。水资源分布不均使得水力发电在地区发展上存在差异，特别是在水资源匮乏的地区，水力发电的发展受到极大限制。同时，大型水电站的建设往往涉及生态环境保护和移民安置等问题，如不合理处理，将对可持续发展产生负面影响。

（二）经济性与市场接入问题

经济性与市场接入问题是光伏与水力发电可持续发展的另一挑战，光伏发电的初始投资较高，虽然运行维护成本较低，但投资回收期较长，这对投资者和政府都提出了较高的资金要求。此外，光伏发电出力波动大，对电网的接入和调度带来一定压力，需要建立健全的市场接入机制和政策支持体系。水力发电虽然具有较低的运行成本和较好的经济效益，但大型水电站的投资和建设周期较长，对资金和技术的需求较高。同时，水力发电受到季节性和地域性的影响，如何在电力市场中实现有效接入和调度，提高电力系统的灵活性和稳定性，也是需要解决的问题^[2]。

（三）政策与管理机制的不足

新能源光伏和水力发电的可持续发展还面临着政策和管理机制的不足，在政策方面，缺乏长期稳定的支持政策和法律法规体系，导致新能源光伏和水力发电项目的不确定性增加，投资者难以获得长期收益保障。在管理机制方面，新能源光伏和水力发电项目涉及多个部门和利益相关方，缺乏统一的管理和协调机制，容易出现管理漏洞和资源浪费。因此，加强政策支持和健全管理机制，是推动新能源光伏和水力发电可持续发展的关键。

四、新能源光伏的可持续发展策略

（一）光伏技术的创新

积极研发新材料，开发出适合大规模生产的光伏材料。由于太阳能资源是取之不尽、用之不竭的，所以可以通过提高光伏材料的转换效率来降低发电成本，使光伏发电成为可能。积极研发新工艺，如薄膜电池和硅电池。与传统的硅电池相比，薄膜电池具有更高的转换效率，因此可以利用其制造高效的光伏发电系统。积极研发新设备，如太阳能光电板。由于太阳能资源分布不均，所以需要研究与开发高效、高密度、高质量的光电板，使其可以在更多地区、更多条件下得到广泛应用。

（二）政策支持

光伏产业的发展离不开国家的政策支持，新能源光伏产业属于新兴产业，其发展受到国家政策的影响较大，所以需要政府出台相应的政策来推动该产业的发展。我国新能源光伏产业发展起步较晚，在光伏材料、光伏设备等方面还存在许多不足。为推动我国新能源光伏产业的发展，国家需要制定相关政策来促进相关行业的发展。例如，在税收方面，为了鼓励企业的发展，需要对新能源光伏产业减免一些税收；在补贴方面，政府可以对符合要

求的企业进行补贴。此外，还可以通过对新能源光伏产业进行专项补贴、设立专项基金等方式来促进相关行业的发展^[3]。

（三）推广应用

1. 我国幅员辽阔，地域差异大，但在城乡和偏远地区，太阳能资源丰富。如何充分利用这些资源，是我国发展光伏产业的重要目标。以宁夏为例，宁夏是我国唯一一个自治区级集中式光伏发电示范基地，有丰富的太阳能资源，但由于地域广阔、交通不便，光伏电站建设成本高。为了发挥最大的经济效益，实现“十二五”规划中提出的“光伏扶贫”目标，必须积极探索太阳能发电在偏远地区推广应用的有效途径。然而，由于太阳能资源分布不均、地势起伏大等因素的影响，偏远地区在安装光伏电站时面临很多问题。因此，在偏远地区推广光伏发电技术是实现光伏产业可持续发展的重要途径^[4]。

2. 近年来，我国在光伏技术领域取得了突破性进展，光伏发电成本下降迅速，为光伏产业的发展提供了坚实的基础。然而，由于我国地域辽阔、地区差异大，光伏发电技术在城乡和偏远地区的应用还比较落后，这对光伏产业的可持续发展造成了不利影响。为此，政府应大力推动光伏技术在城乡和偏远地区的推广应用，以提高能源利用效率。首先，应鼓励农村、城镇和偏远地区的居民使用光伏系统进行家庭电力供应。其次，应加大对农村和城镇居民使用光伏系统的宣传力度，使其了解光伏技术在日常生活中的作用。最后，应鼓励企业、科研机构和个人从事光伏发电技术的研发与推广工作。

五、水力发电的可持续发展策略

（一）技术创新

1. 为了提高水力发电的效率，需要不断地研发新技术，开发新设备，以实现水力发电的高效运行。通过技术创新，提高水力发电机组的运行效率和稳定性，减少故障发生的概率，延长使用寿命。随着科技的不断进步和发展，水电设备的材料也在不断升级。例如：在三峡工程建设过程中，其设备都是由铜合金制成的；在小浪底水利枢纽工程建设过程中，其设备是由高强度钢制成的；在龙羊峡水利枢纽工程建设过程中，其设备是由不锈钢制成的。因此，为了提高水力发电的效率和稳定性，必须研发新技术来实现水力发电设备材料和制造工艺的升级^[5]。

2. 由于水力发电工程具有投资规模较大、建设周期较长等特点，在实际生产中，常常会受到外界环境的影响，导致水力发电工程的建设效果不理想。因此，在实际生产过程中，应重视对技术的创新和应用，提高水力发电工程的运行效率和稳定性。在对水力发电工程进行技术创新时，应以提升水力发电量为目的，不断完善水电工程建设中的各个环节。在设计阶段，要充分考虑到水电工程建设所处的地理位置及环境因素；在施工阶段，要充分考虑到施工材料、施工设备以及技术水平等因素；在运行阶段，要根据实际情况对水轮机、发电机等设备进行创新设计^[6]。

（二）环保措施

为了避免水力发电带来的环境问题，我国应该从以下几个方

面加强水力发电的环保措施,减少对环境的影响。制定完善的环保措施,减少对环境的污染。一是要保证设备和管道在运行过程中不会对环境造成污染,保证设备和管道正常运行;二是要及时清理设备和管道内部沉积的杂质,保证设备和管道内部不会受到影响;三是要合理选择水力发电设备,降低生产过程中对环境的污染;四是要在生产过程中注重环保工作,做好环保处理,减少垃圾产生量,降低对环境的影响^[7]。

六、新能源光伏与水力发电的协同发展策略

(一) 新能源光伏与水力发电的优势互补

1. 新能源光伏发电与水力发电的发展,应建立在资源互补的基础上。目前,我国已有大量的水力资源未得到充分利用,而光伏电站在光照资源较好的地区,具有很大的开发潜力。因此,我们可以充分利用光伏电站的资源优势,将其建设成为水电站。如在四川省雅砻江流域,拥有丰富的水电资源,而且该流域属于高寒地区,气温较低,水资源不容易被开发。如果在雅砻江上建设水电站的话,不但可以提高该流域的水资源利用率,还能满足光伏电站的用电需求^[8]。

2. 我国新能源光伏产业主要集中在西南和西北地区,且多为山地和丘陵,发电资源丰富,但由于技术和成本等问题,光伏电站的建设不能同时满足电力系统的需求,因此必须发展与水力发电相结合的新能源光伏发电。目前我国水力资源丰富、水利水电工程基础设施完备,同时在水电开发、防洪、灌溉等方面积累了丰富的经验。因此可以将光伏电站与水力发电相结合,在促进清洁能源发展的同时也能实现对水资源的有效利用。并且水电工程还可以在枯水期为光伏电站提供稳定可靠的电能,因此通过水力发电与光伏电站相结合可以促进清洁能源的开发利用和优化配置。

(二) 加强政策引导,推动产业融合发展

1. 随着社会的发展,新能源光伏与水力发电已经成为我国能源结构中的重要组成部分。但是,新能源光伏与水力发电在实际的发展过程中,受到各种因素的影响,发展速度缓慢,从而导致其发展速度也比较缓慢。为了有效地推动新能源光伏与水力发

电产业的可持续发展,提高新能源光伏与水力发电的综合利用效率,就必须要加强政策引导,推动产业融合发展。为此,相关部门应该积极地推动新能源光伏与水力发电产业融合发展,进一步加大对新能源光伏与水力发电的政策引导力度,使新能源光伏与水力发电产业能够得到更好地发展^[9]。

2. 随着国家对绿色发展的日益重视,新能源光伏与水力发电的融合发展也越来越受到重视。我国对新能源光伏与水力发电的融合发展也提供了相应的政策支持,加强了相关部门对新能源光伏与水力发电的监督管理,推动新能源光伏与水力发电产业融合发展。例如,在四川阿坝藏族羌族自治州,为了促进光伏产业与水能产业的融合发展,当地政府在阿坝藏族羌族自治州提出了“以水定电”的规划。在实施过程中,阿坝州根据自身的地理位置和气候特点,大力发展绿色清洁能源,对风能、太阳能、水能等清洁能源进行充分利用。同时,还加强了对风能、太阳能等清洁能源的开发和利用。

(三) 建立健全的能源监管和评价体系

我国现有的电力监管制度和机制并不健全,主要是从能源供给侧来解决电力供需问题,缺乏对需求侧的关注和对能源市场价格的监测。因此,建立健全的电力监管和评价体系,需要从能源供应侧和需求侧两个方面进行分析。从供应侧来看,需要完善电力市场机制,促进电力市场的开放;在需求侧方面,需要制定与能源转型相适应的电力政策和机制,加强对电能价格、输配电成本等方面的监管。从评价体系来看,需要建立健全以绿色低碳为导向的能源转型发展评价指标体系,对不同区域和不同类型地区能源转型发展进行分类指导,实现资源优化配置^[10]。

七、总结

新能源光伏与水力发电是实现可持续发展的重要手段,也是当前研究的热点问题。为了促进这两种能源的可持续发展,我们需要从技术、政策、环境等多个方面采取相应的策略。未来,随着科技的进步和社会的发展,我们有理由相信新能源将发挥更大的作用,为人类社会的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 许晓冬,程雪.“双碳”目标下大连新能源发电产业可持续发展的对策研究[J].福建农机,2023.
- [2] 闫鑫.新能源光伏电站项目建设策略探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):3.
- [3] 张云峰.基于新能源发电的水力发电技术研究[J].节能与环保,2023(9):47-49.
- [4] 李帅龙.新能源光伏发电技术应用的思考[J].现代工程项目管理,2023.D01:10.37155/2811-0625-0209-26.
- [5] 王轶.新能源工程建设中光伏电站的可持续发展探讨[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023.
- [6] 董福贵,杨玉桂,李婉莹.我国省域新能源发电效率评估及其发展战略研究[J].华北电力大学学报:社会科学版,2023(2):24-32.
- [7] 陈帅,黄敏,缪全诚.碳中和背景下光伏新能源产业高质量发展策略研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(7):196-198.
- [8] 景维.甘肃省可再生能源发电产业高质量发展研究[J].投资与创业,2023(16):176-180.
- [9] 曹炜.江苏省实现高比例光伏发电发展路径研究[J].油气与新能源,2023,35(6):8-14.
- [10] 张萌.风力光伏与水力发电的融合分析[J].集成电路应用,2023,40(3):274-276.

完善高速公路服务区充电桩建设

马汉鸿

中咨泰克交通工程集团有限公司，北京 100083

摘要：随着新能源汽车尤其是纯电动汽车在我国市场的不断普及，高速公路服务区充电桩建设成为支撑电动汽车高效使用的关键设施。然而，当前高速公路服务区充电桩建设仍存在不足，制约了电动汽车的发展。论文分析了高速公路服务区充电桩建设现状及存在的问题，阐述了完善充电桩建设的重要意义，并提出了加大投资力度、优化充电桩布局规划以及加强运营管理等策略，为推动高速公路服务区充电桩建设提供有益借鉴。

关键词：高速公路；服务区；充电桩；建设策略

Improve The Construction Of Charging Piles In Service Areas Of Expressways

Ma Hanhong

Ztec Traffic Engineering Group Co., LTD., Beijing 100083

Abstract： With the growing popularity of new energy vehicles, especially pure electric vehicles, in China's market, the construction of charging piles in highway service areas has become a key facility to support the efficient use of electric vehicles. However, the current highway service area charging pile construction is still insufficient, restricting the development of electric vehicles. This paper analyzes the status quo and existing problems of charging pile construction in expressway service area, expounds the significance of improving the construction of charging pile, and puts forward strategies such as increasing investment, optimizing the layout planning of charging pile and strengthening operation management, so as to provide beneficial reference for promoting the construction of charging pile in expressway service area.

Key words： expressway; service area; charging pile; construction strategy

引言：

近年来，我国大力推进新能源汽车产业发展，电动汽车在乘用车市场占比持续攀升。高效完善的充电设施是支撑电动汽车发展的重要基础条件。作为电动汽车出行的重要节点，高速公路服务区充电桩建设水平直接影响电动汽车的使用体验。当前，我国高速公路服务区充电桩建设尚存在不足，须进一步完善。

一、高速公路服务区充电桩建设现状

（一）服务区数量与充电桩分布

截至2022年底，我国高速公路总里程超过16万公里，服务区约有3000余个。但充电桩的分布状况却呈现不均衡态势。东部沿海地区作为经济发达地区，充电桩数量占全国总量近60%，建设相对集中；而中西部地区由于经济水平有限，充电桩建设滞后明显。在一些重点城市和发达地区，充电桩布局较为密集，但另一些欠发达地区则严重匮乏，导致资源配置效率低下。从整体数量来看，现有高速公路服务区充电桩数量仍然不足，与电动汽车保有量的快速增长形成严重不均衡。近年来，我国电动汽车产销量年均增速超过50%，但充电设施建设未能同步跟进，制约了电动汽车发展。这种供需失衡不仅加剧了电动汽车车主的“里程焦虑”，也影响了整个新能源汽车产业的健康发展。只有全面加强

基础设施建设，促进资源均衡配置，才能为电动汽车发展扫清障碍，助力能源绿色转型。

（二）充电桩使用状况

受制于布局不合理、运营管理滞后等诸多因素影响，现有高速公路服务区充电桩的使用状况并不乐观。一方面，不少充电桩长期处于闲置状态，利用率极低。有调查显示，部分地区服务区充电设施利用率不足30%，给电动汽车车主充电带来诸多不便，造成资源浪费。另一方面，在人流车流较为密集的服务区和节假日出行高峰时段，供给短缺问题又尤为突出，大量车主需要长时间排队等候充电，无法及时满足充电需求，影响出行体验。这种结构性供需失衡，充电桩布局与实际需求严重错位，既浪费了资源，又造成供给紧缺，已成为制约电动汽车发展的原因之一。高效合理的充电设施规划布局和精细化运营管理，对于解决这一矛盾、提高充电设施利用效率至关重要。

* 作者简介：马汉鸿，1998年5月，男，汉族，北京市，大学本科，交通工程

（三）面临的挑战与问题

高速公路服务区充电桩建设面临着诸多挑战和问题。首先，由于涉及多方主体但投资责任分工不明确，整体投资力度严重不足，新增充电桩数量有限，难以满足日益增长的充电需求，建设进展缓慢。其次，充电桩的规划布局与实际需求不太匹配，一方面部分经济发达地区过于集中浪费资源，另一方面许多欠发达地区则面临着严重短缺，存在结构性供给失衡，资源利用效率低下。由于运营主体分散，缺乏统一规范的管理标准，一些服务区充电桩管理混乱，设备维护保养跟不上，经常出现故障无人处理的情况，服务质量待提高。最后，不同地区、不同运营商对充电服务计费标准差异较大，收费水平普遍较高，与充电设施的公共服务性质不太符合，对电动汽车车主造成一定经济负担，影响了电动汽车的使用热情。上述问题制约了高速公路服务区充电桩建设质量和效率，需通过有效措施加以解决。

二、完善高速公路服务区充电桩建设的重要性

（一）促进电动汽车产业发展

电动汽车被视为汽车产业的发展方向，是我国重点培育的新兴产业。与传统燃油车不同，电动汽车对于充电设施有着极大依赖，充足的充电设施是确保电动汽车高效使用的前提条件。高速公路作为电动汽车车主长途出行的必经之路，服务区充电桩建设水平将直接影响电动汽车的使用便利性和出行体验。完善高速公路服务区充电桩建设，提供充足可靠的充电服务，有助于消除电动汽车车主的“里程焦虑”，激发购车热情，推动电动汽车产业的可持续健康发展。反之，如果充电设施无法满足需求，必将严重制约电动汽车的使用，阻碍整个产业发展。因此，加强高速公路服务区充电桩建设，是助推电动汽车产业腾飞、抢占新能源汽车制高点的重要一环。充电设施建设不仅需要数量充足，更需要智能化管理和高效运营。通过布设智能充电系统，实现车主远程预约、统一支付、智能导航等，可以大幅提升充电服务体验。

（二）提升公路服务水平

充电桩作为高速公路的重要配套服务设施，其建设水平在很大程度上体现了公路的整体服务质量。完善高速公路服务区充电桩建设，及时满足大量电动汽车车主的充电需求，不仅提升了电动车主的出行体验，也彰显了公路服务设施的人性化和智能化水平。在交通运输绿色低碳转型的大背景下，配备完善充电设施的高速公路更加贴合时代发展潮流，有利于提升公路服务形象，展现文明有序的公路服务新面貌。充足的充电桩不仅能最大限度满足电动汽车车主的需求，还能避免因充电不便而造成的交通拥堵，从而提高公路运行效率。此外，完善的充电设施还有助于提高公路资源利用效率、延长公路使用寿命，对提升公路的整体服务水平和吸引力具有重要意义。除了满足电动车主的实际需求外，高速公路充电桩建设还能充分发挥示范引领作用，引导大众树立环保意识，推广绿色低碳出行理念。随着电动汽车的不断普及，高速公路充电设施必将成为道路服务的标配，成为现代化公路的重要标志。

（三）推动绿色交通发展

电动汽车因其无尾气排放、零污染的特性，被誉为绿色环保的交通工具，大力推广电动汽车使用是实现交通运输绿色低碳转型的关键举措。然而，电动汽车使用的最大障碍在于续航里程有限及充电设施不足。在高速公路等交通主干道加强充电桩建设，为电动车主提供出行保障，能够切实消除电动汽车使用的顾虑，提高人们选择电动汽车出行的意愿。与此同时，随着电动汽车在交通运输领域的大规模推广应用，必将有效减少机动车尾气排放，降低能源消耗，推进交通运输绿色可持续发展。完善高速公路服务区充电桩建设不仅是我国落实节能减排国家战略、推动绿色交通发展的重要抓手，更是助力建设美丽中国、应对气候变化的重要举措。充分利用高速公路交通优势，加大充电基础设施投入力度，为电动汽车使用创造良好条件，将进一步推动新能源汽车产业发展，从根本上改变传统交通运输方式，促进能源转型升级，实现经济社会发展全面绿色转型。

三、完善高速公路服务区充电桩建设的策略

（一）加大投资力度，扩大充电桩规模

要解决充电桩数量不足的问题，根本之策在于加大投资力度。首先，政府应制定明确的充电桩投资政策，明确国家、地方、企业等投资主体的责权利，落实投资责任。政府要在财政预算中适当增加充电桩建设的资金投入，并积极引导和支持社会资本通过特许经营、PPP等模式参与投资建设。同时，可以整合多元化的投资渠道，发行专项基金、债券等，拓宽融资渠道，为充电桩建设提供资金支持。总之，只有多方位、多渠道加大资金投入，充分发挥财政资金的引导和杠杆作用，才能真正扩大充电桩规模，全面缓解供给不足的困境。除了加大投资外，还需优化充电桩布局规划，提高建设精准性。要立足区域发展差异，科学评估需求，合理确定建设重点，避免资源错配浪费。同时要加强充电设施智能化建设，通过大数据分析用户行为，科学布局充电桩类型和功率，实现供给与需求精准匹配。只有将资金投入与科学规划相结合，既解决投资不足困境，又提升配置效率，才能充分释放充电桩建设效能，助力电动汽车产业高质量发展。

例如，江苏省是较早启动充电桩建设的地区，通过整合政府投资、社会投资、企业自筹等多种渠道，已累计投资约50亿元，新建充电桩超过15万个，充电设施建设取得长足进展。江苏省政府出台了一系列扶持政策，为充电桩建设提供财政资金支持，同时鼓励社会资本特许经营等方式参与投资建设。许多运营企业也主动加大自有资金投入。在多方面投资的驱动下，江苏省充电桩建设快速推进，有力支撑了该地区电动汽车的高效使用，为电动汽车产业发展创造了良好条件，该省已成为全国电动汽车保有量最多的地区之一。

（二）优化充电桩布局与规划

合理的充电桩规划布局，是提高设施利用效率、缓解结构性供给失衡的关键所在。一方面，政府有关部门要立足电动汽车发展趋势和充电需求变化态势，统筹制定科学的充电桩布局规划方

案，并与周边城市、景区等充电设施统一协调布局，构建高效一体化的充电网络。另一方面，在服务区规划充电桩时，要注意完善相关配套设施建设，如停车位、标识指引等，确保电动车主能够方便导航、停车就位和顺利充电。对于偏僻或交通流量较大的服务区，还应适当增加充电设备配比，避免供给不足。此外，要高度重视区域均衡发展，加大对中西部地区服务区的投入力度，缩小区域间发展差距，实现区域协调发展。

例如，北京市统筹规划，按照“两横四纵”的充电骨干网络布局模式，沿高速公路和城市主干道加密布置充电桩，并与周边城市协调对接，有效解决了结构性供给失衡问题。这种布局模式充分考虑了电动车主长短途出行需求，在市区主要路段和高速公路服务区配备了充足的充电设施，大大提高了充电便利性。同时，北京市还与河北、天津等周边地区协调对接，实现了充电网络无缝衔接，避免了城际过渡的供给断层。科学合理的规划布局充分释放了资源禀赋效用，确保了资源的高效配置，使充电设施真正精准对准需求，从而有效缓解了过去“布局过密”和“布局严重匮乏”这两种极端供给失衡状况。

（三）加强运营管理与维护

良好的运营管理对于提高充电设施利用率和服务质量至关重要。首先，要规范充电运营主体，完善准入审核制度，建立统一权威的监管平台，对充电设施从投资建设到运营维护的全过程进行监管，确保质量安全。其次，政府应制定统一的服务规范和操作流程，严格执行服务标准，不断优化充电服务质量。同时还要高度重视充电设施的运行维护，落实设备运维责任，建立定期检修制度，及时排查设备故障隐患，保障充电设施稳定高效运行。再者，构建用户反馈和评价体系，充分听取电动车主的意见建

议，定期评估运营质量，及时发现问题、持续改进服务。此外，要充分发挥新技术应用优势，大力推广智能化充电服务。通过融合物联网、云计算等技术，实现远程监控、智能调度等功能，提升充电服务的智能化水平。最后，针对不同地区差价较大的情况，有必要规范收费标准，制定统一的计费政策，并可研究在节假日等特殊时段实施差异化计费，避免价格过高影响用户体验。

例如，上海虹桥服务区采用智慧充电云平台系统，对所有充电桩实施统一监控和智能管理，有效提升了运营质量和用户体验。该系统融合了物联网、云计算等新技术，实现了对充电桩的远程实时监控、故障自动报警、智能调度等功能，大大提高了运维效率。同时，平台还提供移动 APP 服务，电动车主可随时查询附近充电桩的可用状态、预约充电等，极大方便了充电体验。通过智能化运营，虹桥服务区不但实现了充电设施的高效利用，还有效避免了故障频发、人力投入过多等传统运维模式的弊端，确保了充电服务的安全、高效、便捷，树立了高速公路智能充电服务的典范。这种智慧充电模式正逐步在全国推广复制。

结束语：

高速公路服务区是电动汽车长途出行的关键节点，建设高质量的充电基础设施，对促进电动汽车产业发展、提升公路服务水平、推动绿色交通发展具有重要意义。当前，我国高速公路服务区充电桩建设须进一步完善。通过加大投资力度、优化布局规划、强化运营管理等措施，不断扩大充电设施规模，提升设施利用率和服务质量，将有力支撑电动汽车的高效使用，满足人民群众美好出行需求，助力绿色交通转型发展。

参考文献：

- [1] 戚路军. 高速公路服务区充电桩建设运营对策研究 [J]. 交通科技与管理, 2023, 4(24): 158-161.
- [2] 全国近九成高速公路服务区已建设电动汽车充电设施 [J]. 大众用电, 2023, 38(08): 77.
- [3] 常小永. 我国高速公路服务区充电设施的问题探析 [J]. 上海商业, 2022(08): 16-18.
- [4] 何娟. 王艳: 完善高速公路服务区充电桩建设 [J]. 人民周刊, 2022(05): 68.
- [5] 郑义恒, 刘良旭, 刘燕. 新建高速公路服务区新能源汽车充电桩建设探讨 [J]. 西部交通科技, 2021(06): 206-208.
- [6] 刘洋. TX 高速公路服务区服务改进研究 [D]. 长安大学, 2022.

矿山机械中机电一体化技术的应用研究

汪怀庆

江西龙鼎企业管理集团南方矿山建设有限公司, 江西 上饶 334200

摘 要 : 随着科技的不断发展, 机电一体化技术在矿山机械中的应用变得越来越重要。本文主要探讨了机电一体化技术在矿山机械中的使用状态和发展趋势, 明确了矿山机械中机电一体化技术研究的重要性。我们通过对现有技术的调研分析, 探讨了机电一体化技术的优势和局限性, 提出了对于矿山机械中机电一体化技术应用的改进意见和展望。本文还对未来的发展方向进行了预测, 希望能为矿山机械行业的发展提供一些有益的参考建议。通过对于矿山机械中机电一体化技术的深入研究, 我们确信, 这一技术将为矿山机械带来巨大的变革。

关 键 词 : 矿山机械; 机电一体化技术; 应用研究

Application Research Of Mechatronics Technology In Mining Machinery

Wang Huaqing

Jiangxi Longding Enterprise Management Group Southern Mine Construction Co., LTD., Shangrao, Jiangxi 334200

Abstract : With the continuous development of science and technology, the application of mechatronics technology in mining machinery has become more and more important. This paper mainly discusses the application status and development trend of mechatronics technology in mining machinery, and clarifies the importance of mechatronics technology research in mining machinery. Through the investigation and analysis of the existing technology, the advantages and limitations of mechatronics technology are discussed, and the improvement opinions and prospects for the application of mechatronics technology in mining machinery are put forward. This paper also predicts the future development direction, hoping to provide some useful reference suggestions for the development of mining machinery industry. Through the in-depth study of mechatronics technology in mining machinery, we are convinced that this technology will bring great changes to mining machinery.

Key words : mining machinery; mechatronics technology; applied research

引言:

随着科技进步和工业化生产的深入发展, 在矿山机械中应用机电一体化技术已成为一种趋势。80年代, 基于微电子相关技术的高新技术产业逐渐出现并日趋成熟。^[1] 这种技术通过集成设计和运行优化, 提升了机器的稳定性与效率, 对于矿山生产带来了实质性的好处。本文以矿山机械中机电一体化技术的应用为核心, 旨在探究这一技术的实际效果和可能遇到的问题, 打造出更适合矿山环境的机电一体化解决方案。我们深信, 通过深入研究和有针对性的改进, 机电一体化技术将在矿山机械领域产生更广泛和深远的影响。

一、矿山机械中机电一体化技术的应用研究意义

以下, 我们将以具体的矿山机械设备为例, 从机械技术、传感与检测技术、以及伺服驱动技术这三个方面深入阐释机电一体化技术的作用。

(一) 提升生产效率

机电一体化技术的应用使得传统的矿山机械进步到智能化、自动化程度, 大幅度提高了工作效率。比如在矿洞开采中, 采用了机电一体化技术的掘进机械能够实现全自动的操作, 减少了人力劳动的强度和危险性, 同时提高了工作效率。传感与检测技术是机电一体化技术的重要组成部分, 它通过实时扫描和数据回

传, 使我们能实时监控设备工作情况和环境变化。可以基于 I/O 接口技术完成基于信息的一系列操作, 如信息优化、系统显示。^[2] 除此之外, 传感与检测技术也可以实现对作业环境和设备的全方位监测, 如利用地质雷达等设备进行矿体探测, 能够实现对矿体空间位置的准确把握, 避免盲目开采造成的浪费。

(二) 保障工作安全

使用机电一体化技术的矿山机械可以使得在复杂、危险的环境下的人工作业变为机器替代, 减少了工人的伤亡率。伺服驱动技术是机电一体化技术的核心, 它通过精确控制电机的转速和位置, 使得设备能够精确地完成各种复杂动作。例如, 使用伺服驱动技术的深井提升设备, 能准确控制设备的运行速度和位置, 大

* 作者简介: 姓名: 汪怀庆, 性别: 男, 出生年月: 1977年03月15, 籍贯(省和市): 江西省上饶市, 民族: 汉族, 学历: 大专, 现有职称: 无, 专业方向: 建筑机械。

幅度降低设备因操作不慎而导致的伤害事故。

（三）推动矿山科技进步

机电一体化技术的运用在矿山机械领域极大地推动了自动化、智能化的发展，推动了新的科研技术以及科研设备的运用和发展。例如，使用 Load sensors 等设备对机械设备的状况进行数据的收集和分析，可以更好地理解机器在使用中的问题和状况，针对这些问题研发新型的设备和修复方案。

总的来说，机电一体化技术在矿山机械中的应用研究，具有提升生产效率，保障工作安全和推动矿山科技进步的重要意义。但这只是此领域的冰山一角，相信随着技术的不断进步，机电一体化技术将在矿山机械领域发挥出更大的作用。

二、矿山机械中机电一体化技术所存在的问题

在矿山机械运行的过程中，机电一体化技术的应用显得极其重要。它不仅改善了矿山设备的运行效率，还确保了生产过程的稳定。然而，尽管机电一体化技术在许多方面提供了显著的优势，但在实际应用中仍存在一些问题，这些问题主要从以下三个方面进行论述。

（一）技术创新不足

技术创新不足是机电一体化技术中的一大问题。这项技术需要高精度的电机和先进的控制系统来保证其在复杂环境中的稳定运行。然而目前，能够应对矿山恶劣环境的高性能设备并不多，这主要是由于技术创新不足，研发力度有待加强。

以高压绞车为例，作为矿山设备中重要的提升工具，它的效率直接影响到整个矿山生产线的效率。然而，在实际使用过程中，由于电机和控制系统不够精确，常常会出现失速、过热等问题，这在一定程度上限制了矿山生产的效率和稳定性。

（二）维护和修理工作相对复杂

矿山机械的机电一体化技术的维护和修理工作相对复杂。由于这项技术涉及到电气和机械部分，因此其维修人员需要具有较高的技术水平。然而，实际上，许多矿山的维修人员并没有接受过专业的培训，对机电一体化技术不够了解，这一点成为了限制矿山设备运行的一个瓶颈。再以三相异步电动机为例，它是许多矿山设备的动力源。然而，因为该设备电气和机械部分密切相关，一旦出现问题，就需要专业的技术人员进行检修。如果维修人员对此类设备的工作原理及结构不够了解，那么修理工作就会变得困难，甚至可能导致设备的二次损坏。需注意机电系统运行参数数据的准确性，因此即使是再小的单元出现故障，也会影响系统的正常运行。^[3]

（三）投入及运行费用较高

机电一体化技术的投入及运行费用较高。尽管这项技术可以提高矿山设备的运行效率，但其研发、制作和运行成本都较高。除非矿山企业的经济实力和市场前景稳定，否则较高的投入成本可能造成企业的资金链紧张。

总的来说，尽管机电一体化技术对矿山设备的运行效率和稳定性提供了显著的优势，但目前在实际应用中，由于技术创新不

足，维护修理困难，以及高投入成本等问题，其普及和应用程度还不足。未来，我们期待相关技术的进一步创新，以便更好地用于矿山设备的运行和维护。

三、矿山机械中机电一体化技术的有效应用策略

机电体化技术融合于机械制造过程中，能助力后者生产线的转型、升级、优化等。^[4]在矿山机械的生产操作中，机电一体化技术发挥着巨大的作用。然而，如何有效应用这项技术，优化和提高生产效率是当前许多矿山企业面临的问题。以下从三个方面提出了一些有效应用矿山机械中机电一体化技术的策略。

（一）积极推动技术研发和创新

机电一体化技术作为一种集电气技术、电子技术和机械技术为一体的高新技术，大大推动了工业进程和生产效率。尽管机电一体化技术在理论上有许多优点，但在实际应用中，由于其复杂性和多变性，需要不断进行技术创新和优化才能充分利用其潜力。我们要明确，技术的创新和优化需要在技术研究的基础上进行。机电一体化涉及的科学领域广泛，包括控制理论、信息处理、系统工程等，这就要求研发人员具备跨领域的知识和技能。而且，随着技术的发展，机电一体化的领域也在不断扩大，例如，现在的智能制造、云计算、大数据等新兴技术都与机电一体化密切相关。这就需要创新者不仅要机电一体化基础理论有深入的理解，还要对新技术趋势有敏锐的洞察。智能化技术作为科技发展的重要方向之一，在各个领域都得到了广泛应用。^[5]

以矿山企业中的皮带输送机为例，这种设备在矿山运输过程中的作用至关重要。当皮带输送机的电机驱动系统和控制系统进行有效的技术联动时，不仅可以提高设备的运输效率，还可以增强设备的稳定性和安全性，从而避免因设备故障引起的安全事故。ZXX12矿用挂轨式巡检装置在皮带巷内的使用，可实现全面巡检、专项特训、定点监测几种模式。^[6]但是，由于皮带输送机的运行环境复杂，运载物料多变，这就对皮带输送机的控制精度和稳定性提出了更高的要求。这需要研发人员针对皮带输送机的特点，开发出更加稳定、高效的电机驱动系统和控制系统。同时，也需要加强皮带输送机的故障诊断与预防，改进设备的可靠性和维护性。这就要求研发人员不断创新，以满足矿山运输过程的高效、安全需求。因此，矿山企业是完全有必要加大投入，推动相关技术的研发，以充分发挥机电一体化技术的优势的。只有这样，才能在激烈的市场竞争中保持先进性，赢得市场地位。机电一体化技术的研发和创新是个系统工程，需要从理论、应用、设备和人才等多个层面进行。而且，由于机电一体化是个开放的、动态的系统，我们需要始终保持开放的思维，敢于接受新的挑战，以适应快速变化的市场需求。

（二）提高操作人员和维修人员的专业技术培训和教育

在矿山行业中，机电一体化技术的运用对操作人员和维修人员提出了更高的要求，他们必须具备足够的技能和知识元素，能够对设备的具体操作和维护有深入的理解。这是因为，与传统的机械设备相比，机电一体化设备的操作和维护涉及到更多的电子技术和控

制原理，需要操作人员和维修人员掌握更多的专业知识。

操作人员需要充分理解设备的工作原理和操作方式。他们应该知道如何正确地启动设备、如何调整设备的工作状态以适应不同的作业条件，以及在设备出现问题时如何运用设备自身的故障诊断系统来查找问题。这就要求操作人员除了要熟悉设备的使用方法，还要对设备的工作原理和控制系统有一定的理解。同样，维修人员也需要掌握高等级的专业技术知识。因为机电一体化设备的维护不仅包括传统的机械维护，还包括电气系统的维护和控制系统的调试等。这就要求维修人员能够同时理解电气原理和控制原理，能够使用电气测试设备和电脑软件工具来检测和修复设备。

以矿山作业中常见的凿岩机为例，这类设备的使用直接影响着矿山的生产效率。要想有效地使用和维护凿岩机，操作人员和维修人员需要熟练掌握凿岩机的工作原理和操作技巧，理解凿岩机的电气系统和控制系统的工作方式，熟练运用各种电气和机械测试设备进行设备检查。

为了培养这样的高技能人才，企业需要投入大量的资源进行员工培训。企业可以利用内部的技术培训课程、师傅带徒制度等方式来培养新员工的专业技能。同时，也可以利用外部的专业培训机构和教育机构进行员工的技术提升和再教育。例如，一些高等院校和职业学校提供了专门的机电一体化专业课程，企业可以与这些学校合作，为员工提供系统的学习机会。此外，企业还需要建立一种鼓励学习和技能提升的企业文化。高技能人才的培养需要时间和耐心，员工需要有持续学习和实践的动力。企业可以通过提供学习的时间和空间、设立技能提升的激励机制等方式，激发员工的学习主动性，助力技能提升。

（三）找到合理的成本控制手段

企业需要找到合理的成本控制手段，将机电一体化技术的成本

降至最低。否则，尽管机电一体化技术可以提高设备的运行效率，但其高昂的成本可能会对企业的经营产生较大的压力。盾构机是一个很好的例子。尽管这种设备在隧道施工中具有无可比拟的优势，但其高昂的制造和运营成本可能会给企业带来压力。技术人员也可以在变电站中设置 PLC 系统，利用硬件接口控制地面控制系统的供电设备，从而控制设备的启停。^[7]通过改进设计，提高生产效率，采用新的材料和新的工艺，可以降低设备的生产和运营成本，使企业在使用机电一体化技术时带来更高的经济效益。

总体而言，通过加强研发力度，提高培训水平，以及找到合适的成本控制方式，矿山企业可以充分发挥机电一体化技术的优势，提高生产效率，保证设备的稳定运行。在运营成本方面，企业可以通过激励机制，提高员工的工作效率，降低人工成本；通过良好的设备管理和维护，延长设备的使用寿命，减少设备更换频率；通过合理的能源管理，降低能源消耗，降低能源成本。提升煤矿机械设备的一体化程度，保证各个阶段机械操作的稳定性。^[8]

结论：

综上所述，机电一体化技术在矿山机械中的应用具有重要意义，不仅提升了生产效率，保障了工作安全，还推动了矿山科技的进步。通过积极推动技术研发和创新，企业能够更好地应对矿山机械在复杂环境下的高效运行需求。同时，提高操作人员和维修人员的专业技术培训和教育水平，是实现机电一体化技术有效应用的关键。尽管机电一体化技术在实际应用中仍面临技术创新不足、维护复杂及高投入成本等挑战，合理的成本控制手段和持续的技术创新将为矿山机械的高效、安全运行提供有力支持。

参考文献：

- [1] 石永涛. 机电一体化技术在煤矿机械中的应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2022,12(26):183-185+189.
- [2] 邵京. 机电一体化技术在工程机械中的应用 [J]. 智能城市, 2022,8(08):42-44.
- [3] 齐朋亮. 机电一体化技术在矿山机械中的应用研究 [J]. 建筑机械, 2022,(09):54-57.
- [4] 劳奇奇. 论机械制造中机电一体化技术应用 [J]. 机械工业标准化与质量, 2023,(04):35-38.
- [5] 吕玮. 工程机械中机电一体化技术的应用及发展趋势 [J]. 造纸装备及材料, 2022,51(04):138-140.
- [6] 蔺恩忠. 矿山机械中应用机电一体化技术的作用分析运用 [J]. 科技资讯, 2024,22(05):69-71.
- [7] 寇斌. 机电一体化数控技术在煤矿机械中的应用分析 [J]. 矿业装备, 2022,(06):178-180.
- [8] 吴艳云. 现代煤矿机械中机电一体化技术应用 [J]. 矿业装备, 2023,(01):23-25.
- [9] 张玲, 徐阳, 李建辉. 机电一体化在矿山机械中的应用思路构建 [J]. 硅谷, 2014, 7(5):2.DOI:CNKI:SUN:GGYT.0.2014-05-110.
- [10] 丁海祥. 矿山机械中应用机电一体化技术的作用分析 [J]. 引文版: 工程技术, 2016, 000(005):P.190-190.

电气自动化系统中的人工智能集成： 智能优化与控制策略

黄曾飞

重庆博唯佰泰生物制药有限公司，重庆 401338

摘要： 本文深入探讨了电气自动化系统中人工智能技术的融合问题，细致分析了智能优化与控制策略的实施及其在电气自动化系统中的实际运用。从理论层面出发，对模糊逻辑、神经网络和遗传算法等智能优化技术进行了深入分析，并探讨了这些技术在电气自动化系统中的应用情况。同时，研究了模型预测控制、自适应控制和滑模变结构控制等智能控制策略，并分析了这些策略在电气自动化系统中的具体应用实例。在探讨电气自动化系统中人工智能集成系统框架时，本文提出了基于深度学习和混合智能算法的优化与控制方法，旨在提升电气自动化系统的智能化程度和运行效率，为电气自动化系统的智能化发展提供理论支持和实践指导。

关键词： 电气自动化系统；人工智能；智能优化；控制策略；挑战

Artificial Intelligence Integration in Electrical Automation Systems: Intelligent Optimization and Control Strategies

Huang Zengfei

Chongqing Bowei Baitai Biopharmaceutical Co., Ltd., Chongqing 401338

Abstract： This article delves into the integration of artificial intelligence technology in electrical automation systems, and analyzes in detail the implementation of intelligent optimization and control strategies, as well as their practical applications in electrical automation systems. From a theoretical perspective, an in-depth analysis was conducted on intelligent optimization technologies such as fuzzy logic, neural networks, and genetic algorithms, and the application of these technologies in electrical automation systems was explored. At the same time, intelligent control strategies such as model predictive control, adaptive control, and sliding mode variable structure control were studied, and specific application examples of these strategies in electrical automation systems were analyzed. When exploring the framework of artificial intelligence integrated systems in electrical automation systems, this paper proposes an optimization and control method based on deep learning and hybrid intelligence algorithms, aiming to improve the intelligence level and operational efficiency of electrical automation systems, and provide theoretical support and practical guidance for the intelligent development of electrical automation systems.

Key words： electrical automation system; artificial intelligence; intelligent optimization; control strategy; challenge

引言

电气自动化系统在当代工业生产中扮演着至关重要的角色，其性能的优劣直接关系到整个工业生产的稳定性和可靠性。随着人工智能技术的飞速发展，诸如模糊逻辑、神经网络和遗传算法等先进技术已经被广泛应用于电气自动化系统中，用于优化系统性能，提升系统的运行效率和稳定性。此外，模型预测控制、自适应控制和滑模变结构控制等智能控制策略的引入，也极大地提高了电气自动化系统的控制效果和稳定性。然而，尽管人工智能技术在电气自动化系统中取得了显著的成果，但在实际应用中仍面临诸多挑战。如何将最新的人工智能研究成果有效地应用于电气自动化系统中，仍然是当前研究的重要问题和热点方向。

一、智能优化策略

（一）智能优化算法简介

在科学技术发展中，大数据技术、5G 通信技术、云计算、物

联网、人工智能技术等相继产生，逐步为各行各业带来新的发展机遇。^[1] 智能优化算法是一类模拟自然生物或人类思维过程的计算方法。这些算法包括遗传算法、蚁群算法、粒子群优化算法、模拟退火算法等。它们在解决复杂优化问题时具有独特的优势，例

如全局搜索能力、自适应性和鲁棒性。智能优化算法在工程、金融、生物信息学等多个领域得到了广泛应用。

在电气自动化系统中，智能优化算法可以应用于电力系统调度、电机控制和电力设备故障诊断等多个方面。^[2]例如，在电力系统调度中，智能优化算法可以帮助实现发电机组的优化调度，从而提高电力系统的运行效率；在电机控制中，智能优化算法可以优化电机参数，以提高电机的运行性能；在电力设备故障诊断中，智能优化算法可以识别故障特征，从而提高故障诊断的准确性。

（二）模糊逻辑理论及其在电气自动化系统中的应用

模糊逻辑是一种数学理论，用于处理现实世界中的不确定性和模糊性问题。它引入了隶属度的概念，允许用0到1之间的连续值来描述事物的属性，从而模拟人类对事物的判断和决策过程。^[3]模糊逻辑广泛应用于模式识别、决策支持系统和控制系统等领域，提高了识别的准确性、决策的效率和控制的灵活性。在电气自动化系统中，模糊逻辑用于电力系统控制、电机调速和故障诊断等，能够实现稳定控制、精确调速和准确故障诊断，增强了系统的抗干扰能力和运行性能。

（三）神经网络理论及其在电气自动化系统中的应用

神经网络作为一种重要的人工智能技术，已在电气自动化系统中得到广泛应用。神经网络理论模拟人脑神经元的工作原理，通过大量的简单单元（神经元）相互连接，形成一个复杂的网络。^[4]神经网络具有自学习、自组织和自适应的能力，能够从数据中学习和提取特征，实现对未知数据的预测和分类。

在电气自动化系统中，神经网络理论可以应用于电力系统预测、电机控制、故障诊断等方面。^[5]例如，在电力系统预测中，神经网络可以实现电力负荷预测和电力市场价格预测，为电力系统调度提供重要依据；在电机控制中，神经网络可以实现电机参数的优化控制，提高电机运行效率；在故障诊断中，神经网络可以帮助识别故障特征，提高故障诊断的准确性。

（四）遗传算法及其在电气自动化系统中的应用

遗传算法是一种模拟自然界中生物进化过程的优化算法，通过模拟遗传、变异和自然选择等机制，实现对问题的优化求解。

遗传算法是一种启发式搜索算法，其基本原理包括以下几个关键步骤：随机生成一组解作为初始种群；对每个个体进行适应度评价，并根据适应度选择优秀的个体作为父代；然后，通过交叉和变异操作生成新的子代，替换当前种群，形成新的种群。这一过程不断重复，直至满足终止条件，如达到最大迭代次数或适应度阈值。^[6]遗传算法能有效处理大规模、多峰值的优化问题，并具备全局搜索和局部搜索的能力。

遗传算法是一种模拟自然进化过程的优化算法，它在电气自动化系统中有着广泛的应用。在电机控制中，遗传算法可以优化电机参数，提升效率和响应速度。在故障诊断方面，它通过分析历史数据快速准确地识别故障。总体而言，遗传算法的应用提高了电气自动化系统的运行效率、性能、可靠性和稳定性，对技术进步和生产力提升有重要意义。随着技术的发展，遗传算法在该领域的应用将更加广泛和深入。

二、智能控制策略

（一）智能控制算法简介

智能控制算法是电气自动化系统实现智能优化与控制策略的核心。这些算法模拟人类智能，通过学习和自适应调整来优化和控制系统。包括模型预测控制（MPC）、自适应控制和滑模变结构控制（SMC）。MPC通过模型预测和优化控制输入，适用于多变量、约束和非线性控制问题。^[7]自适应控制通过在线估计和调整控制器参数，处理参数不确定性和外部扰动。滑模变结构控制通过设计滑动面和切换控制律，实现系统状态的快速稳定，适用于处理不确定性和外部扰动的系统。这些智能控制算法在处理非线性、不确定性和复杂系统控制问题方面具有显著优势。

（二）模型预测控制及其在电气自动化系统中的应用

模型预测控制（MPC）是一种先进的控制策略，它基于系统模型来预测未来的状态，并优化控制输入以实现预定的性能目标。MPC通过实时求解最优控制问题，连续调整控制输入，以实现精确的跟踪期望轨迹和降低能量消耗。这种控制策略在电气自动化系统中得到了广泛应用，尤其是在电力系统和电机控制方面，已经证明了其高效性和有效性。通过利用MPC，电气自动化系统可以实现更精确的控制，提高系统的性能和效率，同时降低能源消耗。

（三）自适应控制及其在电气自动化系统中的应用

自适应控制是一种智能控制策略，它允许控制器在运行过程中在线估计系统参数，并相应地调整自身参数，以实现系统的最优控制。^[8]这种控制方法在电气自动化系统中尤为有效，尤其是在电机控制和电力系统稳定控制等应用中。自适应控制的关键在于使用自适应算法来估计系统的未知参数，并根据这些估计结果自动调整控制器参数。应用自适应控制时，首先需要建立系统模型来捕捉其动态行为，然后设计自适应算法来在线估计系统参数。接着，根据参数估计结果自动调整控制器参数，以实现最优控制效果，并将这些调整后的参数应用于系统，以实现系统的实时连续控制。

（四）滑模变结构控制及其在电气自动化系统中的应用

滑模变结构控制（SMC）是一种强大的鲁棒控制方法，它基于滑动模态理论，通过设计滑动面和切换控制律来实现系统状态的快速稳定。^[9]在电气自动化系统中，SMC通过引导系统状态沿着预定的滑动面运动，有效地处理不确定性、外部扰动和建模误差等问题。该方法的核心在于巧妙地设计滑动面，以确保系统状态在滑动面上运动时能够展现出良好的性能和强鲁棒性。同时，切换控制器的设计也是至关重要的，它必须满足到达和稳定性条件，确保系统状态能够迅速并稳定地达到滑动面。通过将设计的控制律实时应用于系统，SMC能够实现鲁棒控制，提升系统的性能和可靠性。

三、深度融合的智能优化与控制策略

（一）电气自动化系统中的人工智能集成系统框架

如图1所示，在人工智能技术的支持下，电气自动化控制系统采用云-边-终端架构，实现对生产过程的全面监控和智能化管理。系统底层由各类仪表、阀门和现场设备组成，负责数据采集和初步处理。这些数据随后被传输至运营服务平台，进行深入的

数据分析、模型构建和操作流程分析。运营服务平台还负责对视频监控收集的实时数据进行分析,以提供优化指令。^[10]此外,工业互联网将处理后的数据以报表形式自动记录,为使用者和管理者提供数据支持。整体上,这一系统通过科学合理地设计,确保了电气自动化控制的高效运作和优化性能。

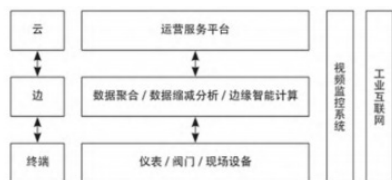


图1 系统框架

（二）基于深度学习的优化与控制方法

电气自动化系统是现代工业和生产过程中的关键组成部分,它涉及电力系统、工业控制系统、机器人技术等多个领域。随着人工智能技术的快速发展,特别是深度学习技术的突破,电气自动化系统正在经历一场革命性的变革。人工智能的集成,特别是基于深度学习的优化与控制方法,正在提高电气自动化系统的智能化水平,增强其自主决策能力,提升系统的效率和可靠性。

1. 基于深度学习的电气自动化系统优化

（1）负荷预测与调度：深度学习模型能够处理大量的历史数据和实时数据,用于电力系统的负荷预测,从而实现更加精确的电力调度。

（2）设备故障预测：通过分析设备的历史运行数据,深度学习模型可以预测设备的未来状态,提前发现潜在的故障,从而减少停机时间,提高生产效率。

2. 基于深度学习的电气自动化系统控制

（1）自适应控制：深度学习控制器能够根据系统的实际运行情况调整控制策略,适应系统的不确定性和变化。

（2）智能决策支持系统：结合深度强化学习,可以为电气自动化系统提供智能决策支持,优化整个生产流程。

3. 可能面临的挑战

（1）实时性：电气自动化系统通常要求快速响应,而深度学习模型可能需要较长的计算时间。

（2）数据质量：深度学习模型的性能高度依赖于数据质量,而实际系统中的数据可能存在噪声和不完整性。

（3）模型部署：如何将训练好的深度学习模型有效地部署到嵌入式系统中,是一个技术挑战。

（三）基于混合智能算法的优化与控制方法

电气自动化系统中的人工智能集成是一个高度综合性的研究领域,它结合了电气工程、自动化技术、计算机科学和人工智能等多个学科。随着技术的进步,特别是混合智能算法的发展,电气自动化系统正在向更高水平的智能化、自主化和效率化迈进。混合智能算法是指将多种人工智能技术(如遗传算法、神经网络、模糊逻辑、专家系统等)结合起来,以解决复杂系统的优化与控制问题。

1. 基于混合智能算法的电气自动化系统优化

（1）遗传算法与神经网络的结合：遗传算法可以用于全局搜索,而神经网络可以用于局部搜索和函数逼近。两者结合可以提高优化问题的求解效率和精度。

（2）模糊逻辑与专家系统的集成：模糊逻辑可以处理不确定性和模糊性,而专家系统可以模拟人类专家的决策过程。两者结合可以为复杂的优化问题提供更加人性化和智能化的解决方案。

2. 基于混合智能算法的电气自动化系统控制

（1）自适应模糊控制：结合模糊逻辑和自适应控制技术,可以根据系统的实际运行情况自动调整控制规则和参数,提高控制系统的性能和鲁棒性。

（2）神经网络PID控制：将神经网络与传统的PID控制相结合,可以利用神经网络的自学习和自适应能力,实现对传统PID控制参数的在线优化和调整。

3. 可能面临的挑战

（1）算法复杂性：混合智能算法通常比较复杂,设计和实现起来需要较高的专业知识和技能。

（2）实时性和计算资源：实时控制系统对算法的响应时间和计算资源有严格的要求,混合智能算法需要在这方面进行优化。

（3）算法的泛化能力：如何确保混合智能算法在不同的电气自动化系统中都具有良好的性能,是一个需要解决的问题。

结束语

随着科技的飞速发展,人工智能技术在电气自动化系统中的应用已经取得了显著的成果。这些技术的应用,不仅提升了生产效率和产品质量,还降低了能耗和维护成本,为工业生产带来了巨大的经济效益。

然而,人工智能技术在电气自动化系统中的应用仍面临诸多挑战。如何深度融合智能优化与控制策略,进一步提高系统的整体性能和效率,以及如何将最新的人工智能研究成果有效地应用于电气自动化系统中,仍然是当前研究的重要问题和热点方向。在未来期待看到更多创新性的人工智能技术在电气自动化系统中得到应用,以实现更高效、更智能的工业生产。让大家共同期待并致力于这一目标的实现,共创美好未来。

参考文献

- [1] 王丽. 矿山电气自动化控制系统中人工智能技术的运用[J]. 世界有色金属, 2023,(17):13-15.
- [2] 刘昊. 计算机与人工智能技术在矿山电气自动化控制中的应用[J]. 世界有色金属, 2021(18):20-21.
- [3] 孙玉芬, 郭春光, 刘冰. 人工智能技术在电气自动化控制系统中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021,(11):124-125.
- [4] 郭润梅. 矿山开采环节电气自动化技术的应用策略——以传感技术为例[J]. 世界有色金属, 2022(22):34-36.
- [5] 谢美芬. 基于智能网络的矿山电气工程自动化设备及其采集方法的分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021,41(23):116-117.
- [6] 朱明东. 基于人工智能的自动化控制系统的实现与应用探析[J]. 神州, 2020(13):114-116.
- [7] 刘晓宇. 电气自动化控制中人工智能技术的应用[J]. 数字通信世界, 2021(12):169.
- [8] 朱婷婷, 倪超. 农林院校“人工智能”课程体系建设研究——以南京林业大学自动化专业为例[J]. 艺术科技, 2020,33(24):56-58.
- [9] 周圆圆, 黄平, 张吉, 等. 基于人工智能硅藻自动化识别系统的实际案例应用[J]. 法医学杂志, 2020, 36(2):41-43.
- [10] 王爽, 王顺, 田, 等. 人工智能结合自动化测试技术在卫星测试系统中的应用探索[J]. 电脑知识与技术:学术版, 2021(5):65-67.

基于风险控制和风险评估的电力安全管理策略分析

包坚明, 鲍志坚, 林肯

国网浙江省电力有限公司乐清市供电公司, 浙江 乐清 325600

摘 要 : 本文主要探讨基于风险控制和风险评估的电力安全管理策略, 从风险控制与风险评估入手, 分析电力作业风险控制及现状, 作业风险评估方法、电力安全监督工作现状、风险控制管理历史、风险评估与风险控制现状; 结合实际情况提出针对性安全管理策略, 包括现场作业风险管理、电网设备风险管理、风险控制与监督。文章重点强调电力安全管理中持续改进和适应性管理的重要性, 以期对相关从业人员提供参考。

关 键 词 : 风险控制; 风险评估; 电力安全管理

Analysis of Power Safety Management Strategies Based on Risk Control and Risk Assessment

Bao Jianming, Bao Zhijian, Lin Ken

State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd. Leqing Power Supply Company, Zhejiang, Leqing 325600

Abstract : This article mainly explores the power safety management strategy based on risk control and risk assessment. Starting from risk control and risk assessment, it analyzes the risk control and current situation of power operations, methods of operation risk assessment, current status of power safety supervision work, history of risk control management, and current status of risk assessment and risk control; Propose targeted safety management strategies based on actual situations, including on-site operation risk management, power grid equipment risk management, risk control and supervision. The article emphasizes the importance of continuous improvement and adaptive management in power safety management, in order to provide reference for relevant practitioners.

Key words : risk control; risk assessment; electric power safety management

引言:

随着能源结构转型与技术的快速发展, 电力行业面临着风险挑战日益复杂多变。电力生产、运输工作具有一定的危险性和复杂性, 工作中可能发生电网设备故障、威胁人身安全等问题, 影响电力系统正常运行和发展, 进而影响国民经济发展。基于此, 建立并完善电力安全管理措施非常重要, 可有效维护电力系统安全运行, 保证社会经济飞速发展。本文重点探讨基于风险控制和风险评估的电力安全管理策略, 以期不断完善和优化安全管理策略, 保证电力行业可持续发展。

一、风险控制与风险评估

(一) 风险控制

在电力安全管理中风险控制是核心, 涉及一系列策略和方法, 主要目的为减少或消除电力生产中的潜在风险, 主要包括风险回避、损失控制、风险转移和风险保留四种措施。风险回避要求管理者在电力生产运输过程中主动识别并避免可能导致损失的风险因素, 例如, 规划和设计阶段通过分析历史数据和未来趋势预测并避免潜在安全隐患, 保证电力系统稳定运行。损失控制是一种积极、主动的风险管理策略, 主要是指在无法完全避免风险时, 管理者通过制定详细的计划和措施减少风险发生后所导致的实际损失。例如, 在事故发生时迅速启动应急预案, 限制事故影

响范围, 及时采取措施保证事故不会进一步引发危害。风险转移主要通过与其它实体或机构共享风险来减少自身所承担的风险, 例如购买保险、与供应商签订长期合同等。风险保留则是在充分评估风险后, 选择接受并自行承担风险, 并采取有效措施尽量将风险所产生的影响降到最低, 对企业的资金储备和应对能力要求较高。在电力安全管理中, 风险保留通常是在经过严格风险评估和资源配置后, 保证即使发生最坏情况, 企业也有足够的应对能力^[1]。

(二) 风险评估

风险评估是一个系统性过程, 旨在准确评估风险大小并确定其可接受性。在电力系统运行中, 对于已识别的危险因素和风险, 需采取定性或定量评估法, 与既定可容性标准进行对比, 判

* 作者简介: 包坚明, (1972-), 男, 汉, 浙江乐清, 本科, 安全监察部专职, 电力工程技术工程师。

定风险是否在可承受范围内^[2]。在电力生产运输过程中，及时采用风险管理理论对各种风险进行识别与分析，主要包括人员安全、设备安全、电网运行可靠性、消防及交通风险等，通过科学的风险评估方法，准确度量风险存在性，为后续风险处置提供依据。以风险评估结果作为基础，运用合理有效的手段对电力系统运行中存在的风险进行处置，积极控制或消除潜在危险因素。风险评估不仅可有效预防发生电力安全问题，还可在发生电力安全事故时将经济损失降到最低，保证电力系统稳定、安全运行^[3]。

二、电力作业风险控制现状

（一）作业风险评估方法

电力作业风险评估可有效保障电力作业安全、高效进行，该评估方法涵盖了多个方面，主要目的为全面识别、分析和控制现场作业中的潜在风险。在开始作业前，必须深入分析现场作业环境，考虑天气、地形等自然因素以及作业现场的布局和条件，分析其对作业安全产生的影响^[3]。作业过程中评估设备状态，主要包括设备运行历史、维护状况和潜在缺陷，保证在作业中设备能够稳定运行。在现场作业中，人员技能评估十分重要，对其技能水平、操作经验和应急反应能力进行充分评估可保证作业人员具备完成作业和应对突发情况的能力，有效保证工作人员安全^[4]。此外，在电力作业中，评估作业前是否制定完善的安全措施，保证有效执行安全措施是保证工作人员安全的重要内容。作业风险评估过程必须需结合实际情况，分析历史事故，不断总结教训，防止再次发生类似事故，保证工作人员安全，设备稳定运行^[5]。基于此，建立科学、量化的风险评估体系、风险评估模型，量化各种风险因素可为决策者提供明确的参考价值。风险评估并不是一次性活动，需要持续监控并不断改进，通过定期检查和反馈不断完善风险评估方法，提升电力作业安全性^[6]。

（二）电力安全监督工作现状

电力安全监督可有效保证电力系统稳定运行，防范安全事故发生。当前，我国电力安全监督工作已经取得显著进展，但是部分电力企业在开展电力作业期间仍然不够重视安全监督工作，导致工作人员安全受到一定威胁^[7]。在法律政策与执行方面，我国已经建立了一套完善的电力安全法规体系，并加强对法规执行情况的监督检查，保证可有效落实各项安全措施^[8]。但实际应用中，部分企业并不了解或不重视法律政策，导致存在违法行为。在安全管理与责任方面，电力企业普遍建立了较完善的安全管理体系，明确各级安全管理职责，已经形成一套责任明确、协调高效的工作机制。技术防范与措施方面，随着现代科学技术的不断进步，大多数电力企业开始引进大量先进技术防范安全风险，例如安全风险管控监督平台、智能化监控系统、自动化设备等，使电力系统安全性、稳定性得到有效提升^[9]。但因电力安全监督工作涉及范围广，导致先进技术无法完全覆盖电力作业面，现场作业安全监督工作仍然存在较大缺陷^[10]。此外，在人员方面，虽大多数电力企业比较重视员工的安全培训工作，员工均具备基础安全意识和操作技能，但是因电力作业专业水平高、工作量较大，导致多

数电力企业均缺少专业人才，进而导致电力工作完成效率及整体质量受到一定影响。且部分员工存在粗心大意情况，并未严重认识到电力风险问题的重要性，导致部分安全监督措施无法有效落实，进而导致电力安全监督整体工作情况受到影响^[11]。

（三）风险评估与风险控制现状

在电力安全领域中，风险评估可有效保证电力系统稳定运行。随着我国电力安全管理风险评估逐渐规范化、系统化，在电力企业中，应用先进技术手段和科学方法论可全面识别、评估和分析潜在安全风险，例如设备故障、人为操作失误、自然灾害等，并帮助电力企业有效规避或解决风险^[12]。当前，我国电力行业已经建立了一套相对完善的风险控制体系，主要包括严格的操作规定、加强员工安全培训、设备定期检修与维护等。不仅如此，随着现代科学技术的不断进步，部分电力企业引入了智能化监控系统以及自动化设备，使风险防控效率及准确性得到有效提升^[12]。在风险监督和管理方面，我国电力安全管理部门加强对电力企业的监督力度，通过定期检查、专项整治行动等保证电力企业有效落实风险控制措施。此外，相关部门鼓励社会各界参与到电力安全监督中，形成政府、企业、社会共同监督的良好局面，不断提升电力安全管理风险评估和控制质量^[13]。随着现代新能源的大规模开发和利用，电网智能化水平不断提升，电力安全管理复杂性及管理难度越来越高，电力企业仍需进一步加强风险评估和共治工作，不断对管理方法和技术手段进行创新，保证电力系统安全、稳定运行。

三、电力安全管理措施

（一）现场作业风险管理

电力行业现场作业现场作业至关重要，关乎着工作人员的生命安全、设备稳定运行以及整个电力系统的可靠性^[14]。电力现场作业风险管理中，风险识别与分析是首要任务，主要通过梳理历史事故数据、勘察现场作业环境以及观察作业人员操作行为等，系统地识别出可能导致事故的潜在风险源。然后对风险进行量化和定性分析，评估其发生可能性及可能造成的后果，根据评估结果将风险分为不同等级，以便采取不同应对措施。为有效开展现场作业风险管理，需针对不同类型风险制定风险预防与控制措施，例如安装防护装置、制定安全操作规程、优化作业流程等，从源头预防和控制风险发生^[15]。此外，在风险管理中，应急预案与演练也非常重要，通过制定完善的应急预案，明确应急处置流程和责任人，通过定期演练提高工作人员的应急响应能力和协同作战能力，使其在发生风险时可迅速做出应对。为提高现场工作人员的风险应对能力，还需对其进行安全培训，提高作业人员的安全意识和操作技能，使其在工作中可自觉遵守安全规定，避免违章操作^[16]。同时，在作业现场设置监督与检查岗位，派专业人员到现场进行监督、定期检查，及时发现和纠正作业中存在的的行为，保证作业过程符合安全要求。为有效保证现场作业质量和风险管理质量，电力企业必须持续改进和优化风险管理措施，对现场风险管理效果进行监督和评估，结合评估结果及所发

现的问题不断整改,提升风险管理水平,为电力现场作业提供持续、高效的安全保障措施^[17]。

(二) 电网设备风险管理

电网设备风险管理是一个系统性的过程,主要目的是预先识别和评估电网设备在整个生命周期内可能遭遇的各种风险因素,其可能导致设备故障,进而威胁整个电力系统的安全和稳定^[18]。为有效保证电力系统可靠运行,在电网设备风险管理中,必须通过事故发生频率、严重程度等进行深入分析与评价,确定风险等级。评估期间需要注意综合考虑电网设备运行环境、工作状态、历史故障数据等多方面因素,并根据评估结果制定相应控制措施,控制或消除相关风险因素,降低安全事故发生率^[19]。在电网设备风险管理中,风险识别非常重要,主要采用故障类型及影响分析和预先危险性分析方法识别相关风险。其中,故障类型及影响分析的主要任务为深入剖析系统设备产品的可靠性与安全性,将电力系统运行中的系统、设备、产品分解成相对独立的子系统,分析和考察每个子系统,确定其可能发生故障的因素或模式^[20]。此种分析可帮助相关人员了解设备脆弱性,根据实际情况制定预防与改进措施,保障顺利实现电力安全管理目标。而预先危险性分析方法则重点关注新设备投入电力系统运行前可能存在的危险因素,通过此种方法相关人员可充分了解和评估设备投入使用前存在的潜在风险,及时采取预防措施,防止风险发生或降低风险产生的影响,提高电网设备安全性,增强整个电力系统抗风险能力。

(三) 风险控制与监督

电网设备风险管理中,无论是针对现场作业还是设备本身管理,风险分析和评价均非常重要,根据分析结果,相关人员可明确风险划分等级,并针对不同等级风险制定相应处置措施。此种分析方法可帮助工作人员针对性应对各类风险,保证电力系统安全、稳定运行。同时,每一个电力单位均需要加强风险意识,并梳理相关理念。为实现这一目标,各个电力单位需建立完善的风险分析和控制制度,包括风险识别、评估、监控、预警、处置等各个环节,保证风险管理工作的系统性和连续性。在风险监督评价体系当中,必须明确监督评价内容以及监督方法,主要包括评估安全目标满足程度、检查安全生产责任制执行情况、监督风险识别评价与控制措施执行情况等。通过风险监督评价体系,工作人员可全方位了解风险管理效果,及时发现并纠正风险控制中存在的问题,不断提升风险管理水平,保证电力系统安全、稳定运行。

结束语:

当前,我国电力行业发展过程中安全管理措施存在较多问题,为有效解决这一问题,相关企业必须针对潜在及表象风险进行科学、有效的控制和评估。基于风险控制理论和风险评估下进行电力安全管理可有效预防和控制电力安全风险,根据电力风险控制现状入手,结合实际问题提出针对性预防和控制措施,提升电力安全管理质量,稳固我国电力行业市场经济地位。

参考文献:

- [1] 黄晓丽. 大数据技术在电力安全生产管理中的风险评估及运用分析[J]. 电气技术与经济, 2023,(10):231-234.
- [2] 赵欣,任新蕊,李媛媛. 电力物资供应链风险评估及应对研究[J]. 中国物流与采购, 2023,(24):85-86.
- [3] 汤茗茗. 电力负荷增大趋势下城市电网输变电设备运行风险评估研究[J]. 电气技术与经济, 2023,(09):4-7.
- [4] 董强. 变电站运行风险评估与优化管理策略研究[J]. 中国品牌与防伪, 2023,(11):75-77.
- [5] 李刚. 浅析营销稽查与电力营销风险管理[J]. 环渤海经济瞭望, 2023,(10):145-148.
- [6] 徐路卿. 基于风险导向的电力企业内控体系的构建分析[J]. 今日财富, 2023,(20):29-31.
- [7] 荆俊婷. 风险评估与控制在电力企业安全管理中的应用[J]. 企业改革与管理, 2023,(15):17-18.
- [8] 赵雪喆. 低碳转型背景下 JD 电力公司财务风险控制研究[D]. 西安石油大学, 2023.
- [9] 付颜虹. 国网山东省电力公司财务风险评价及控制研究[D]. 济南大学, 2023.
- [10] 杨晶晶. 电力企业税务管理的风险点与控制策略[J]. 市场瞭望, 2023,(09):46-48.
- [11] 麦浩天. 光伏行业供应链金融信用风险评估与控制研究[D]. 广东财经大学, 2023.
- [12] 张劲. WX 国际机场供电用电安全风险识别与控制研究[D]. 广西大学, 2023.
- [13] 郭昇. 低碳经济背景下 H 电力财务风险识别与评价研究[D]. 集美大学, 2023.
- [14] 周丽敏. 安徽电力内部控制优化策略研究[D]. 兰州理工大学, 2023.
- [15] 陈俊全,陈锦龙,叶航超,等. 基于电网风险评估的事故控制措施分析[J]. 沈阳工业大学学报, 2023,45(02):145-150.
- [16] 吴炳坤. 基于施工方风险的电力工程项目群决策研究[J]. 中国新技术新产品, 2022,(23):93-95.
- [17] 张文祥. 电网公司风险管理与电力市场化改革[J]. 大众标准化, 2022,(22):135-137.
- [18] 张雷,惠超. 风险控制在电力安全生产管理中的应用研究[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2022,35(08):9-11.
- [19] 钟毅. 基于风险控制理论的信息安全管理策略思考——评《信息安全管理与风险评估(第2版)》[J]. 安全与环境学报, 2022,22(03):1693-1694.
- [20] 王菲. 山东电力超高压公司风险管理优化研究[D]. 山东大学, 2022.