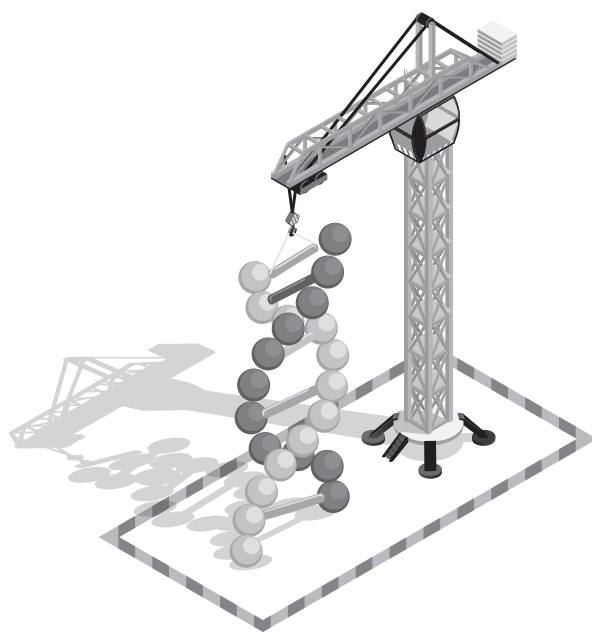


# 工程 研究与应用

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6期 2024年6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.artdesignnp.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 石墨烯基柔性复合材料应用于超级电容器的研究进展 连晓娟\*, 周武锋, 郭惠, 徐搏伟  
Research Progress On The Application Of Graphene Based Flexible Composite Materials In Supercapacitors Lian Xiaojuan\*, Zhou Wufeng, Guo Hui, Xu Bowei
- 008 HDPE 土工膜膨润土复合防渗墙在非正规垃圾填埋场治理项目中的应用 王艳龙, 高瑞霞, 翟洪健  
Application of HDPE Geomembrane Bentonite Composite Seepage Barrier Walls in Informal Landfill Management Projects Wang Yanlong, Gao Ruixia, Zhai Hongjian
- 011 市政道路材料性能测试与评价方法研究 赵浩宇  
Research on Performance Testing and Evaluation Methods of Municipal Road Materials Zhao Haoyu
- 014 建筑材料对建筑结构耐久性的影响研究 兰金旭  
Research on the Influence of Building Materials on the Durability of Building Structures Lan Jinxu

## 能源科学 | ENERGY SCIENCE

- 017 新能源运维中的电气工程及其自动化技术创新研究 马文瑞  
Research on the Innovation of Electrical Engineering and Automation Technology in New Energy Operation and Maintenance Ma Wenrui
- 020 基于电气工程自动化技术的供配电节能控制方法 罗伟明  
Energy Saving Control Method For Power Supply And Distribution Based On Electrical Engineering Automation Technology Luo Weiming
- 023 新能源风电工程建设施工的管理要点分析 黄友诚  
Analysis Of Key Management Points In The Construction Of New Energy Wind Power Projects Huang Youcheng
- 026 电气自动化在水利水电工程中的运用 焦阳文  
The Application Of Electrical Automation In Water Conservancy and Hydropower Projects Jiao Yangwen
- 029 大数据在电力生产管理中的应用与优化策略研究 唐蓉  
Research on the Application and Optimization Strategies of Big Data in Power Production Management Tang Rong
- 032 建筑电气与智能化行业现状与发展 徐涛, 岳德兵  
Current Situation And Development Of Building Electrical And Intelligent Industry Xu Tao, Yue Debing
- 035 电气工程自动化中智能化技术的应用研究 罗磊  
Research on the Application of Intelligent Technology in Electrical Engineering Automation Luo Lei
- 038 新能源电力建设工程施工现场安全管控模式研究 陈梓晗  
Research on Safety Control Mode of Construction Site of New Energy Power Construction Project Chen Zihan

工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

041	绿色施工与可持续发展在工程建设与监理中的应用研究 Research on the Application of Green Construction and Sustainable Development in Engineering Construction and Supervision	~ 邱铭 Qiu Ming
044	复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用 Application of Composite Drilling Techniques in the Construction of Oil Drilling Projects	李磊 Li Lei
047	露天透镜状铝土矿开采与地质圈定的综合研究 A Comprehensive Study of Open Pit Lenticular Bauxite Mining and Geological Circling	吴斌 Wu Bin
050	超临界机组锅炉末级过热器爆管原因分析及控制措施 Analysis and Control Measures for Tube Explosion of Last Stage Superheater in Supercritical Unit Boiler	李志刚 Li Zhigang
053	复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化 Optimization of Mining Roadway Construction and Support Technology under Complex Conditions	常进贝 Chang Jinbei
056	国省干线公路危桥加固维修的施工技术 Construction Technology for Reinforcement and Maintenance of Dangerous Bridges on National and Provincial Trunk Highways	徐向梁 <sup>1</sup> , 祖楠 <sup>2</sup> Xu Xiangliang <sup>1</sup> , Zu Nan <sup>2</sup>
059	露天煤矿地质灾害致灾机理与边坡失稳预测分析 Analysis of Geological Disaster Causing Mechanism and Slope Instability Prediction in Surface Coal Mines	龙勇 Long Yong
063	海工安全管理中数字化技术的创新与应用 Innovation and Application of Digital Technology in Offshore Safety Management	魏冕 Wei Mian
066	煤矿采矿作业中的安全隐患与防范措施研究 Research on Safety Hazards and Preventive Measures in Coal Mine Mining Operations	张兆水 Zhang Zhaoshui
069	煤矿采矿过程中的岩层控制技术研究 Research on Rock Layer Control Technology in Coal Mining Process	段绍勇 Duan Shaoyong
072	煤矿采矿新技术、新材料、新工艺的应用与展望 Application and Prospect of New Technologies, Materials and Processes in Coal Mining	王正权 Wang Zhengquan
075	稀土矿山地下水过水通道探测与封堵技术研究 Research On Detection And Plugging Technology Of Groundwater Passage In Rare Earth Mine	刘强 <sup>1,2</sup> , 尹琼 <sup>1,2</sup> Liu Qiang <sup>1,2</sup> , Yin Qiong <sup>1,2</sup>
078	CDN 视频算力与边缘计算融合研究 Research on Convergence of CDN Video Arithmetic and Edge Computing	刘小桥 Liu Xiaoqiao
082	振动频谱分析在设备稳定运行中的作用 The Role Of Vibration Spectrum Analysis In Equipment Management	吴飞 Wu Fei
084	智能化连续刚构桥梁健康监测系统设计及工程应用 Design and Engineering Applications of the Intelligent continuous rigid frame bridge Health Monitoring System	李鲁恒 Li Luheng
088	基于激光雷达的大比例地形测绘与数据联动更新 Large scale terrain mapping and data linkage update based on LiDAR	庄惠 Zhuang Hui
091	建筑工程变更管理对造价控制的影响与应对策略研究 Research on the Impact and Response Strategies of Construction Project Change Management on Cost Control	李风振 Li Fengzhen

电子与通信工程 | ELECTRONIC AND COMMUNICATION ENGINEERING

094	工业控制网络信息安全的防护措施与应用 Protection Measures and Applications of Industrial Control Network Information Security	杨乐, 刘洪具 Yang Le, Liu Hongju
097	计算机信息系统运维服务模式研究 Research on Operation and Maintenance Service Mode of Computer Information System	丁宇琼, 吕恒, 蒋晓瑜 Ding Yuqiong, Lv Heng, Jiang Xiaoyu
100	网络安全等级保护下数据安全治理研究——现状与挑战 Research on data security governance under network security Level protection: Current Status and Challenges	杨跃 Yang Yue
103	仪器仪表自动化设备故障及维修管理 Malfunctions And Maintenance Management Of Instrumentation Automation Equipment	贺玉宝 He Yubao
106	大型信息系统集成项目管理中的问题与策略 Problems and Strategies in Project Management of Large-scale Information System Integration	费星锋, 丁宇琼, 吕恒 Fei Xingfeng, Ding Yuqiong, Lv Heng
109	电子负载与纯阻性负载对测量的影响 The Influence Of Electronic Load And Pure Resistive Load On Measurement	邱秀凤, 李惠 Qiu Xiufeng, Li Hui
112	数字化背景下计算机信息网络系统安全管理策略 Security Management Strategies for Computer Information Network Systems in the Context of Digitization	黄玲琳, 丁宇琼, 姚质彬 Huang Linglin, Ding Yuqiong, Yao Zhibin
115	硬件安全在电子系统设计中的考虑 Hardware Security Considerations in the Design of Electronic Systems	何坤元 He Kunyuan
118	计算机信息系统集成项目管理的措施分析 Analysis of Measures for Computer Information System Integration Project Management	吕恒, 费星锋, 丁宇琼 Lv Heng, Fei Xingfeng, Ding Yuqiong

# 石墨烯基柔性复合材料应用于超级电容器的研究进展

连晓娟\*, 周武锋, 郭惠, 徐博伟

山西新华防化装备研究院有限公司, 山西 太原 030000

**摘要：** 超级电容器由于具有功率密度高、循环寿命长、使用温度范围宽等优点受到广泛研究。石墨烯基电极材料，凭借其卓越的物理与化学特性，在超级电容器领域展现出诱人的应用前景。然而，石墨烯在制备与应用过程中易于发生堆叠与团聚，这一现象显著削弱了其储能性能，成为制约其广泛应用的瓶颈。为克服这一难题，研究者们巧妙地将石墨烯与其他电极材料相结合，通过复合策略，成功开发出石墨烯基柔性复合电极材料。为此，这篇文章综述石墨烯在柔性超级电容器领域的最新应用进展。专门聚焦于三类复合材料体系：石墨烯/碳基复合材料、石墨烯/导电聚合物复合材料以及石墨烯/过渡金属化合物复合材料，总结了不同石墨烯基柔性复合材料应用于超级电容器的研究进展，仅供参考。

**关键词：** 石墨烯；复合电极材料；柔性超级电容器；功率密度；循环寿命

## Research Progress On The Application Of Graphene Based Flexible Composite Materials In Supercapacitors

Lian Xiaojuan\*, Zhou Wufeng, Guo Hui, Xu Bowei

Shanxi Xinhua Chemical Equipment Research Institute Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030000

**Abstract：** Supercapacitors have been widely studied due to their high power density, long cycle life, and wide temperature range of use. Graphene based electrode materials, with their excellent physical and chemical properties, have shown promising application prospects in the field of supercapacitors. However, graphene is prone to stacking and agglomeration during its preparation and application, which significantly weakens its energy storage performance and becomes a bottleneck restricting its widespread application. To overcome this challenge, researchers cleverly combined graphene with other electrode materials and successfully developed graphene based flexible composite electrode materials through composite strategies. Therefore, this article reviews the latest application progress of graphene in the field of flexible supercapacitors. Focusing specifically on three types of composite material systems: graphene/carbon based composites, graphene/conductive polymer composites, and graphene/transition metal compound composites, this paper summarizes the research progress of different graphene based flexible composites applied to supercapacitors for reference only.

**Keywords：** graphene; composite electrode materials; flexible supercapacitors; power density; cycle life

随着科技的飞速发展，柔性电子产品因其独特的优势，如舒适性、顺应性和便携性，已成为现代电子产品的重要发展方向。这类设备能够舒适且灵活地集成到人体上，满足各种动态变化的需求，与传统的刚性电子设备形成鲜明对比。在这一背景下，对高性能、高柔性的储能器件的需求日益迫切，超级电容器作为一种重要的能量存储装置，其性能直接决定了柔性电子设备的续航能力和使用效果。

石墨烯，作为一种具有优异性能的二维材料，以其高比表面积、高导电性和良好的机械柔韧性，在超级电容器电极材料领域展现出巨大的应用潜力<sup>[1,2]</sup>。超级电容是一类在能源存储与转化方面极具潜力的新型能源存储装置，近年来引起了国内外学者的极大兴趣。目前，如何获得高比容量、高能量密度和良好的循环性能是目前最具挑战性的问题。同时，灵活的能量存储器件也得到了越来越多的重视。针对现有超级电容器件存在的电极材料难以弯曲等问题，本项目拟开展基于轻质、可拉伸、可弯曲的新型柔性超级电容器件的研

究<sup>[9]</sup>。石墨烯, 凭借其卓越的比表面积、惊人的高导电性以及出色的机械柔韧性, 已成为超级电容器电极材料的热门选择。Cong 等人<sup>[11]</sup>通过革命性的一步还原组合法, 不仅实现了石墨烯纸的大规模制备, 还确保了这些石墨烯片材具备大尺寸、轻盈(密度低至  $0.2 \text{ g/cm}^3$ ) 及高效导电(电阻率低至  $15 \text{ } \Omega/\text{sq}$ ) 的特性<sup>[1]</sup>, 但是, 由于石墨烯片层间存在强烈的  $\pi-\pi$  相互作用, 容易堆积, 严重制约其在超级电容材料中的实际应用<sup>[9]</sup>。

本文从石墨烯/碳基复合材料、石墨烯/导电高分子复合材料、石墨烯/过渡金属化合物复合材料三个角度对石墨烯基柔性复合电极材料的结构与性能之间的关系进行了归纳, 并针对复合材料研究中所存在的问题及未来的研究方向进行了展望, 对下一代超级电容器的发展具有一定的指导意义。

## 一、石墨烯/碳基复合材料

石墨烯/碳基复合材料包括石墨烯/活性炭、石墨烯-碳纤维、石墨烯/碳纳米管(CNTs)等, 在这三种情况下, 石墨烯/碳纳米管(CNTs)是一种由石墨烯作为基体, 少量由石墨烯包覆而成的炭材料, 在弯折时, 它的电化学性能会有很大的改变, 并且由于管状的互相纠缠而降低了表面积<sup>[6]</sup>, 从而与电解质接触的面积也减小 Zang 等人<sup>[7]</sup>利用化学气相沉积法制备了 3D CNT-石墨烯网络。通过化学气相沉积合成多壁 CNTs, 随后通过电镀将镍涂覆在 CNTs, 并且通过再次电化学沉积在多壁 CNTs 中生长 CNT 或石墨烯。这样不仅增加了活性物质的表面积, 而且提高了材料的电导率。与多壁 CNTs 相比, CNTs/石墨烯网络的电容增加了 25 倍。研究表明, 石墨烯/碳基复合材料的性能明显高于其中任一单一材料。Jeong 等人<sup>[8]</sup>通过简单的化学方法合成了热还原的氧化石墨烯和 CNT 复合材料, 与 CNT 连接的高表面积的热还原的 GO 可以为超级电容器电极提供较大的表面积, 通过热还原的 GO 和 CNT 的协同作用, 从而使得 GO-CNT 复合材料显示出比前体(热还原的 GO 和 CNT)更高的比电容, 并且其阻抗低于 CNT。以上研究表明, 石墨烯和碳基材料复合时, 具有较大的实际应用。

## 二、石墨烯/导电聚合物复合材料

导电聚合物材料具有优良的电化学性能, 常作为赝电容器的电极材料。然而, 仍存在以下问题<sup>[9]</sup>: (1) 电池的比容量与其理论容量相差甚远; (2) 电池在长时间的充电和放电条件下, 电池的循环稳定性不好。将其与导电高分子进行复合制备, 有望克服上述问题。

当前已知的高分子导电材料主要包括: 聚吡咯及其衍生物、聚苯胺等。在这些材料中, 聚苯胺具有价格低廉, 制备简单, 电化学性能优异等优点, 在导电高分子领域具有广阔的应用前景<sup>[10]</sup>。Cong 等人<sup>[11]</sup>创新性地采用一步还原组合法, 批量制备出大尺寸、轻质 ( $0.2 \text{ g/cm}^3$ ) 高导电 ( $15 \text{ } \Omega/\text{sq}$ ) 的柔性石墨烯纸, 并成功将聚苯胺(PANi)纳米颗粒均匀负载其上。该复合材料作为电极材料, 展现出  $763 \text{ F/g}$  的高比电容及优异的循环稳定性。

## 三、石墨烯/过渡金属化合物复合材料

过渡金属化合物主要有  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Co(OH)}_2$  等, 因其有较多的化学价态、较高的比电容、能量密度成为高性能电极材料的合适候选者。但是由于金属化合物的离子扩散速率慢、倍率性能差等缺点限制了它在超级电容器中的应用<sup>[12]</sup>。研究者们深入探索石墨烯与过渡金属化合物的复合机制, 旨在创造出性能卓越的复合电极材料。通过精密的纳米工程技术, 将过渡金属化合物以纳米颗粒的形式均匀锚定在石墨烯的二维平面上, 这一过程不仅有效避免了石墨烯片层间的堆叠与重叠, 极大提升了材料的比表面积, 还促使了更多表面活性位点的暴露。同时, 石墨烯的优异导电性和机械强度为复合体系提供了坚实的基础, 而过渡金属化合物则以其独特的电化学活性, 进一步增强了复合材料的整体性能。Li 等人<sup>[13]</sup>通过在剥离的  $\text{Co(OH)}_2$  和氧化石墨烯(GO)纳米片之间组装来制备  $\text{GO/Co(OH)}_2$  层状复合材料, 随后对  $\text{GO/Co(OH)}_2$  复合材料进行热处理, 将 GO 转化为氧化还原石墨烯(RGO), 将  $\text{Co(OH)}_2$  转化为  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , 从而制备出  $\text{RGO/Co}_3\text{O}_4$  复合电极材料, 该电极材料在  $5 \text{ A/g}$  时, 比电容可达  $331 \text{ F/g}$ , 此外, 在 5000 次连续充放电循环后电容保持率超过 122%, 显示出优异的循环稳定性能。

## 四、总结与展望

随着柔性可穿戴电子器件的快速发展, 对柔性超级电容的需求也越来越大, 如何在保证其优异的力学性能的同时, 改善其力学弹性是目前研究的热点。本项目拟采用石墨烯作为负极, 利用其大的比表面积、较强的机械强度以及良好的柔性, 将其与赝电容相结合, 形成一种新型的超级电容器/超级电容器复合材料, 既可以有效地克服其在制备过程中易发生的聚集、聚集等问题, 又能改善其电化学性能。但是, 目前基于石墨烯的柔性电极还存在以下问题: (1) 不能采用粘合剂。使用粘合剂或导电介质会增加触点的电阻, 所以研究者可以在衬底上直接生成复合物。(2) 研究了一种新型的石墨烯材料。如何实现简单、廉价和绿色的大面积合成? (3) 研究轻量化的石墨烯的制造方法。大体积的电极材料直接关系到其能量和功率密度, 因此, 选用轻质、可弯曲的基底是发展轻型储能器件的关键。(4) 探索出最优的石墨烯-

金属化合物的比例。目前已有的研究表明，在石墨烯中添加了一些导电高分子、金属化合物等物质，但在高速运行条件下，其比容量会因其在拉伸时的轴向输运而大大降低，因而需要进一步探索各种物质之间的比例。

目前，虽然人们对石墨烯进行了修饰，使其在比容量、倍率

性能、循环寿命等方面都表现出了较高的性能，但是如何获得高的比容量、高倍率性能以及循环稳定性，仍然面临着极大的挑战。另外，柔性可延展型超级电容器的研发仍存在巨大的发展潜力，希望未来能够研发出更多来源广泛、环境友好的柔性可延展型超级电容新材料。

参考文献

[1] Arico A S, Bruce P, Scrosati B, et al. Nanostructured materials for advanced energy conversion and storage devices [ J ]. Nature, 2005, 4: 366–377.

[2] Peng X, Peng L, Wu C Z, et al. Two dimensional nanomaterials for flexible supercapacitors [ J ]. Chemical Society Reviews, 2014, 43(10): 3303–3323.

[3] Dubal D P, Chodankar N R, Kim D H, et al. Towards flexible solid-state supercapacitors for smart and wearable electronics [ J ]. Chemical Society Reviews, 2018, 47.

[4] Huang Y, Liang J, Chen Y. An Overview of the Applications of Graphene-Based Materials in Supercapacitors [ J ]. Small, 2012, 8(12):1805–1834.

[5] An J, Li J P, Chen W X, et al. Electrochemical study and application on shikonin at poly (diallyldimethylammonium chloride) functionalized graphene sheets modified glass carbon electrode [ J ]. 2013, 29(4):798–805.

[6] 李宁, 陈涛. 石墨烯基电极材料在柔性全固态超级电容器中的研究进展 [ J ]. 应用化学, 2018.

[7] Zang X., Jiang Y., Sanghadasa M., Lin L., Chemical vapor deposition of 3D graphene/carbon nanotubes networks for hybrid supercapacitors, Sensors and Actuators A: Physical 304 (2020).

[8] Jeong H.K., Ghanashyam G., A Thermally Reduced Graphite Oxide and Carbon Nanotube Composite for Supercapacitor Applications, New Physics: Sae Mulli 68 (2018) 181–184.

[9] Xu J, Wang K, Zu S Z, et al. Hierarchical Nanocomposites of Polyaniline Nanowire Arrays on Graphene Oxide Sheets with Synergistic Effect for Energy Storage [ J ]. Acs Nano, 2010, 4(9):5019–5026.

[10] Cai X., Sun K., Qiu Y., Jiao X., Recent Advances in Graphene and Conductive Polymer Composites for Supercapacitor Electrodes: A Review, Crystals 11 (2021).

[11] Cong H P, Ren X C, Wang P, et al. Flexible graphene-polyaniline composite paper for high-performance supercapacitor [ J ]. Energy & Environmental Science, 2013, 6(4):1185–1191.

[12] Rui X, Tan H, Yan Q., Nanostructured metal sulfides for energy storage [ J ]. Nanoscale, 2014, 6(17): 9889–9924.

[13] Li Q., Hu X., Yang Q., Yan Z., Kang L., Lei Z., Yang Z., Liu Z., Electrocapacitive performance of graphene/Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hybrid material prepared by a nanosheet assembly route, Electrochimica Acta 119 (2014) 184–191.



# HDPE 土工膜膨润土复合防渗墙在非正规垃圾填埋场治理项目中的应用

王艳龙, 高瑞霞, 翟洪健

北京建工环境修复股份有限公司, 北京 100020

**摘 要 :** 介绍了柔性垂直防渗技术, 以浙江省某非正规生活垃圾填埋场为例, 通过柔性垂直防渗技术在该垃圾填埋场的成功应用, 有效阻止污染物通过地下水往外渗漏, 阻止地下径流进入填埋场, 可以快速、有效地实现污染物的阻隔。

**关 键 词 :** 柔性垂直防渗技术; 非正规生活垃圾填埋场; HDPE 土工膜; 复合防渗墙

## Application of HDPE Geomembrane Bentonite Composite Seepage Barrier Walls in Informal Landfill Management Projects

Wang Yanlong, Gao Ruixia, Zhai Hongjian

BCEG Environmental Remediation Co., Ltd, Beijing 100020

**Abstract :** Flexible vertical seepage control technology is introduced, taking an informal domestic waste landfill in Zhejiang Province as an example, through the successful application of flexible vertical seepage control technology in this landfill, pollutants can be effectively prevented from seeping outward through the groundwater, and underground runoff can be prevented from entering into the landfill, which can be quickly and effectively realized to prevent pollutants from entering into the landfill.

**Keywords :** flexible vertical seepage control technology; informal domestic waste landfill; HDPE geomembrane; composite seepage control wall

### 一、背景

在20世纪80至90年代,我国一些城市建立了用于垃圾处理的准卫生填埋场,这些填埋场多采用简陋的填埋技术和工艺,对环境造成了影响,并未能达到现代卫生填埋场的技术要求。如今,这些填埋场已运营多年,正面临封场和渗沥液阻隔的挑战。因此,迫切需要在这些场地上采用先进的柔性垂直防渗技术,并结合封场措施,解决渗沥液渗透、填埋气体泄漏等问题,以减轻对周边环境的污染。

为了控制地下水污染,避免其影响超出垃圾填埋场的范围,并防止周边土壤和地下水受渗沥液污染,我们需根据风险管理原则,结合场地条件、污染物特性、风险特征及阻隔技术性能,选择最适宜的污染控制技术。

### 二、垂直防渗技术

#### (一) 垂直防渗技术类型

垃圾填埋场的防渗体系,是防止垃圾渗滤液污染地下水和土壤的关键设施,其设计和实施至关重要。防渗体系根据所用的材料和技术可以分为两大类:水平防渗与垂直防渗<sup>[1]</sup>。垂直防渗技术是重要的环保工程手段,旨在防止污染物渗入地下水。它包括土-膨润土墙、高压喷射灌浆法、水泥土搅拌法、地下连续墙、水泥帷幕灌浆法、咬合桩、HDPE 土工膜-膨润土复合墙及渗透反应墙技术。根据材料,这些技术分为三类:(1)刚性技术,以水泥

和混凝土为主;(2)隔离墙技术,以土和膨润土为主,包括 GCL 复合墙;(3)HDPE 土工膜-膨润土复合墙技术,以 HDPE 膜为核心,辅以膨润土。

根据是否开槽施工,上述垂直防渗技术可以分为非开槽法施工垂直防渗帷幕和开槽法施工置换型垂直防渗帷幕两类。

#### (二) HDPE 土工膜-膨润土复合墙

HDPE 复合土工膜具有良好的耐环境应力开裂性能、抗拉、抗顶破、抗撕裂强度高、延伸性好、变形模量大、耐老化、耐酸碱、防渗性能好及使用期长等特点。由于 HDPE 复合土工膜具有上述特点,其在水利、市政、建筑等防渗工程中已得到广泛应用<sup>[2]</sup>。HDPE 土工膜-膨润土复合墙技术是一种创新的垂直防渗系统,以高密度聚乙烯(HDPE)膜为防渗核心,结合膨润土的屏障特性。该技术旨在将污染物限制在特定区域,防止扩散,实现污染源的有效隔离和控制,促进生态环境的修复和保护。

HDPE 土工膜-膨润土复合墙采用高密度聚乙烯(HDPE)膜作为主要防渗材料,垂直植入不透水地质层中,至少深入1.0米。膜的两侧通过特制锁扣闭合,底部填充2.0米厚的高效密封材料,共同构成坚实的垂直防渗结构<sup>[3]</sup>。防渗系统的结构示意图如下所示。

#### (三) HDPE 土工膜-膨润土复合墙技术关键点

HDPE(高密度聚乙烯)膜体的渗透系数极低,不大于 $1.0 \times 10^{-12}$ 厘米/秒,这使其成为高效防渗的首选材料。在 HDPE 土工膜-膨润土复合墙技术中,关键在于确保 HDPE 土工膜各个单元之间的连接以及复合墙底部与相对隔水层之间的接合



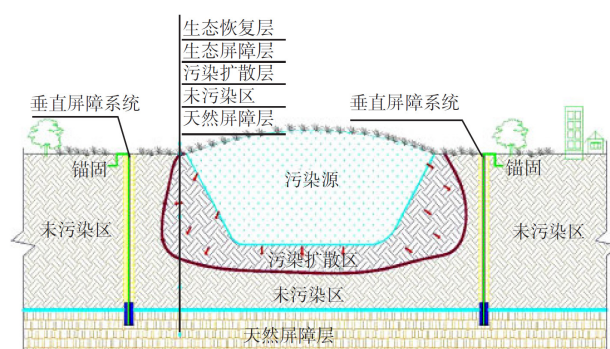


图1 HDPE 土工膜-膨润土复合墙系统结构示意图

点达到极高的密封标准。

#### (1) 单元与单元之间的连接

HDPE 土工膜-膨润土复合墙的防渗单元通过热熔焊接技术将膜体与专用的链接锁扣紧密结合在一起。相邻的两幅膜体通过这些锁扣相互连接，并在锁扣之间填充高倍率膨胀止水芯<sup>[4]</sup>。这种止水芯的膨胀倍率高达700%，能够完全封闭间隙，确保无缝连接。锁扣与止水芯耦合体的界面渗透系数小于或等于 $1.0 \times 10^{-7}$ 厘米/秒，这不仅满足了国家规范标准的要求，还可以保证其质量和性能。

#### (2) 复合墙底部与相对隔水层的连接

接下来，HDPE 土工膜-膨润土复合墙的底部与相对隔水层连接区域采用高性能高分子耦合防绕渗密封胶进行密封处理。这种密封胶具有极低的界面渗透系数，不大于 $1.0 \times 10^{-7}$ 厘米/秒，符合国家规范标准的要求<sup>[5]</sup>。同时，这一连接处理可由具有相应资质的第三方检测机构进行独立检验，以确保其密封性能达到规定的标准。

#### (3) 抗变形能力

HDPE 土工膜-膨润土复合墙体内部的 HDPE 膜能够适应土体的变形，实现相应的较大程度的形变和拉伸，同时保持结构的完整性。此外，所采用的密封胶同样展现出强大的抗变形性能。作为防渗墙的主体材料，HDPE 土工膜符合 GB/T17643-2011《土工合成材料 聚乙烯土工膜》的标准要求，确保了材料的质量可控性。

#### (4) 整体渗透系数

HDPE 土工膜-膨润土复合墙的整体渗透系数极低，小于 $1.0 \times 10^{-7}$ 厘米/秒，这归功于 HDPE 膜所具备的卓越物理化学特性：耐酸碱腐蚀、抗老化、出色的防渗能力、良好的伸缩性和耐水溶性、抗拉抗压强度以及长寿命等。这些特性使得 HDPE 土工膜在环境保护措施中得到广泛应用<sup>[6]</sup>。

HDPE 土工膜的耐久性受到多种因素影响，其中老化过程主要受到温度变化、紫外线辐射、应力波动、物理磨损和化学侵蚀的影响。在防渗墙建成后，温度、紫外线、应力和物理磨损的影响减少，而化学侵蚀成为主要问题。HDPE 膜因其出色的稳定性，能够抵抗各种复杂化学环境和化学品的侵蚀，显示出强大的抗腐蚀能力<sup>[7]</sup>。HDPE 土工膜的理论使用寿命可达300年，其实际应用历史已超过60年，证明了其长期的稳定性和可靠性。垂直防渗技术，特别是 HDPE 土工膜-膨润土复合墙，在国内外取得了众多

成功案例，被认为是当前最安全、最有效的地下污染源阻隔技术之一。此外，电法检测技术可用于检测垂直防渗系统的完整性，确保其无渗漏，保障长期的稳定性和有效性。

### 三、HDPE 土工膜-膨润土复合墙的工程应用

#### (一) 工程概况及治理需求

位于浙江省的一个大型非正规垃圾填埋场始于1985年，占地531.5亩，是国内最大的垃圾填埋场之一。自1987年5月开始接收市区生活垃圾，至2001年停止，填埋了约300万立方米垃圾，持续了14年。停用后，未按规定封场，导致又堆积了150万立方米建筑渣土和15万立方米污水处理厂污泥。

由于该填埋场在设计和建设时未配备 HDPE 膜防渗系统，停用后也未按规定进行封场整治和生态修复，加上城市发展的步伐，周边地区已发展成为居住区，环境敏感性高。因此，如何科学治理该填埋场，以保护环境并改善居民生活，成为该市相关部门亟待解决的问题<sup>[8]</sup>。

为了阻止填埋场内渗沥液的扩散，必须在垃圾填埋区域的四周构建垂直的阻隔层，从而切断渗沥液与地下水的直接接触途径。本工程采取风险管控措施，遵循生活垃圾填埋场的封场标准，通过工程手段实施封场。这涉及控制污染物迁移或阻断暴露途径，以减少地下水污染扩散，并降低或消除对人类健康和生态的风险。

#### (二) 治理方案

##### (1) 垂直防渗隔水层的确定

根据《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》(CJJ176-2012)的规定，用于控制生活垃圾填埋场渗沥液污染的垂直防渗帷幕，其渗透系数应达到 $10^{-7}$ 厘米/秒的量级，并且帷幕的厚度应控制在60厘米至150厘米之间。防渗帷幕应嵌入渗透系数不大于 $1 \times 10^{-7}$ 厘米/秒的隔水层中，且嵌入的深度不应小于1米，以确保有效的防渗效果。

根据本工程的详细勘察报告，粉质黏土层⑤1和⑤2具有较低的垂直渗透系数，范围在 $0.11 \times 10^{-6}$ 厘米/秒至 $0.15 \times 10^{-6}$ 厘米/秒，以及水平渗透系数在 $0.22 \times 10^{-6}$ 厘米/秒至 $0.4 \times 10^{-6}$ 厘米/秒。这两层的平均厚度为12.8米，表现出良好的隔水层特性。这些层的渗透性基本符合防渗帷幕底板的设计要求。在场区内，这些层连续分布，厚度变化较小，均匀性较好，因此，它们可以作为本工程防渗帷幕底部的目标相对隔水层。

##### (2) 垂直防渗帷幕使用年限

根据填埋场的现场调查资料，并考虑到填埋场土地的未来再利用情况，本工程确定垂直防渗帷幕的设计使用年限为20年<sup>[9]</sup>。

##### (3) 垂直防渗帷幕深度

依据《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》(CJJ176-2012)，建议防渗帷幕应嵌入渗透系数不超过 $1 \times 10^{-7}$ 厘米/秒的隔水层中，且嵌入深度应不少于1米。

根据《污染地块阻隔工程技术指南》(征求意见稿)的规定，垂直阻隔屏障应深入渗透系数不大于 $10^{-7}$ 厘米/秒的隔水层，嵌

入深度应不少于2米。

综合考虑过往工程实践和垂直防渗帷幕的设计使用年限，本工程决定将垂直防渗帷幕的嵌入深度定为2.5米，以确保长期的稳定性和高效的防渗效果。

根据填埋场内不同点位土层分布及污染土状况，填埋区域中最深处的污染土底部的绝对标高为-13.39米。依据《工业污染场地竖向阻隔技术规范》（HG/T20715-2020）第5.2.5条第1款的规定，竖向阻隔屏障的设计深度应超过污染土的深度。综合考虑隔水层的具体深度，本工程垂直防渗帷幕的平均设计深度定为约20米，以确保有效的污染阻隔和长期的防渗效果。

（4）HDPE 土工膜 - 膨润土复合防渗墙施工方案

HDPE 土工膜 - 膨润土复合防渗墙施工方案具体如下：

1）在施工平台开工前，需对其进行彻底的推压平整，确保平台的表面平坦、结实且稳定，以避免不均匀沉降的问题，并便于施工车辆的通行以及导墙的浇筑作业。

2）在施工过程中，先根据设计图纸精确测量并标注垂直阻隔墙的轴线控制点，随后由监理工程师进行复核，以确保定位的准确性和施工质量。

3）导墙的开挖与支护是关键步骤，它不仅为成槽机提供准确的导向，确保槽壁的稳定性，还维持护壁泥浆的必要高度<sup>[10]</sup>。

1）开工前，施工平台需彻底平整，确保平坦、坚实，避免沉降，便于车辆通行和导墙浇筑。

2）根据设计图纸，精确测量垂直阻隔墙轴线控制点，监理复核定位和施工质量。

3）导墙开挖支护确保成槽机导向、槽壁稳定和泥浆高度。

4）施工便道沿垂直阻隔墙中心线铺设，确保能承受机械荷载，保障安全与效率。

5）采用双管高压旋喷工艺加固槽体两侧土体，保证槽壁稳定性和安全性。

6）使用液压抓斗机进行成槽作业，确保机械准确就位，施工顺利进行。

7）泥浆配制支撑孔壁、稳定地层，悬浮沉渣，冷却润滑钻具，确保钻探顺利进行。

8）成槽作业中，持续监测垂直度和泥浆密度，注意异常，及时处理，确保槽壁稳定。

9）成槽清孔：液压抓斗清孔，清除沉渣，抽取粘稠物，潜水排污泵抽浆，新鲜泥浆补充，满足设计要求。

10）成槽后，液压抓斗清孔，清除沉渣，通过抽取粘稠物质，利用潜水排污泵进行抽浆作业，同时补充新鲜泥浆，以确保成槽的深度和沉渣的厚度均符合设计规范。

在成槽作业完成后，预先焊接的 HDPE 土工膜通过专用的垂直铺设方法竖直安装。在上一幅膜铺设未完成时，下一幅膜已放入槽中，并通过特制的多孔密封装置连接，确保连续性。

11）HDPE 土工膜铺设后，需立即从两侧回填混合水泥和膨润土的粘土，确保渗透系数小于 $1.0 \times 10^{-7}$ 厘米/秒。粘土需筛除大石子和硬质物体，以保护 HDPE 膜。回填应分层进行，确保均匀连续，并需多次回填，以增强墙体稳定性。

（三）治理效果

总体来说，垃圾堆体对周边环境的污染主要通过地下水流动进行传播。因此，柔性垂直防渗系统的效果成为决定治理成效与否的关键所在。在施工过程中，每幅 HDPE 膜都经过了严格的流程检测，确保没有漏点被遗漏。柔性垂直防渗系统建成后，还对整个系统进行了完整性检测，以保证防渗系统的完整性和连续性，从而为垃圾堆体的有效封堵提供了坚实而可靠的安全保障。

四、总结

在 HDPE 土工膜 - 膨润土复合墙的垂直阻隔施工完成后，独立的第三方监测单位负责通过监测井定期采集水样进行检测。根据水质监测数据，可以看出垂直阻隔系统施工后，水质得到了显著地改善，这表明阻隔系统有效地控制了污染物的迁移。

参考文献

- [1] 沈晓东, 张璐伟. HDPE 膜柔性垂直防渗技术在垃圾填埋场中的应用 [J]. 广州化工, 2023, 51(23): 76-78.
- [2] 林桂堂. HDPE 复合土工膜施工过程及质量控制 [J]. 湖南水利水电, 2023, (02): 73-75+78.DOI: 10.16052/j.cnki.hnslsd.2023.02.029.
- [3] 刘能胜, 曹恒明. 非正规垃圾填埋场地下水污染模拟与控制措施研究 [J]. 环境影响评价, 2024, 46(01): 49-56.DOI: 10.14068/j.ceia.2024.01.009.
- [4] 汪武, 黄和文. HDPE 土工膜柔性垂直防渗墙在污染治理项目中的应用 [J]. 中国建筑防水, 2022, (10): 38-43.DOI: 10.15901/j.cnki.1007-497x.2022.10.010.
- [5] 王瑞, 曾树元. 土工膜水平防渗在已建水库岩溶渗漏处理中的应用 [J]. 吉林水利, 2024, (03): 59-62.DOI: 10.15920/j.cnki.22-1179/tv.2024.03.010.
- [6] 田卫祖. 复合土工膜在人工湖蓄水池防渗工程中的应用 [J]. 云南水力发电, 2023, 39(11): 355-358.
- [7] 贾振鹏. 基于复合土工膜的湖区防渗进占法施工探讨 [J]. 陕西水利, 2023, (09): 133-134+137.DOI: 10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2023.09.066.
- [8] 左韵琳, 王经相, 彭峰. 探讨土工膜在水利防渗工程中的施工质量控制 [J]. 居业, 2023, (06): 55-57.
- [9] 庄作义, 郝雷. 复合土工膜技术在塘坝防渗加固中的应用 [J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(05): 138-140.DOI: 10.14122/j.cnki.hskj.2023.05.013.
- [10] 丁玲. 超深土工膜复合防渗墙施工技术概述及应用 [J]. 城市道桥与防洪, 2023, (02): 165-168+21.DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.042.

# 市政道路材料性能测试与评价方法研究

赵浩宇

深圳市政院检测有限公司, 广东 深圳 518000

**摘要：** 市政道路建设中的材料测试与评价涵盖了从路基到基层，再到面层和管道工程的一系列关键环节。每个阶段都涉及压实度、厚度、弯沉值、平整度、抗滑性、抗压强度等多个方面的检测，以确保道路结构的稳定性和耐久性。评价方法包括定量评估和定性评估，以及综合评价方法。原材料和混合料的测试包括砂、石、水泥、沥青等材料的物理和化学性能测试，以及沥青混合料和水泥混凝土混合料的力学性能测试。综合评价方法通过质量评分法对道路工程的整体质量和性能进行评估。

**关键词：** 市政道路；材料测试；路基；基层；评价方法

## Research on Performance Testing and Evaluation Methods of Municipal Road Materials

Zhao Haoyu

Shenzhen Municipal Zhengyuan Detection Co., Ltd, Guangdong, Shenzhen 518000

**Abstract：** Material testing and evaluation in municipal road construction covers a series of key aspects from road base to subgrade to surface and pipeline works. Each stage involves the testing of various aspects such as compaction, thickness, bending settlement value, flatness, skid resistance, compressive strength, etc. to ensure the stability and durability of the road structure. Evaluation methods include quantitative and qualitative assessments, as well as comprehensive evaluation methods. Tests on raw materials and mixes include physical and chemical property tests on materials such as sand, stone, cement and asphalt, as well as mechanical property tests on asphalt mixes and cement concrete mixes. The comprehensive evaluation method assesses the overall quality and performance of the road project through the quality scoring method.

**Keywords：** municipal roads; material testing; road base; subgrade; evaluation methodology

## 引言

市政道路建设是一项复杂而系统的工程，涉及多个环节和材料的选择与使用。为了确保道路的质量和安全性，对各种材料进行严格的测试和评价是至关重要的。本文将详细探讨市政道路建设中不同材料和阶段的测试方法和要求，包括路基、基层、沥青混合料面层、水泥混凝土面层、给水排水管道工程的原材料与混合料测试，以及综合评价方法。

## 一、路基

### （一）路基压实度检测

在确保道路路基质量的过程中，进行压实度检测是至关重要的。为了达到均匀且稳定的路基质量，需要对每压实1000平方米的路基面积进行3个点的抽样检测，以保证检测结果的代表性和可靠性。

压实度的检测方法有多种，包括环刀法、灌砂法和灌水法。环刀法通过在路基上切割取样，可以直观地评估路基的压实质量。由于该方法需要使用大量的环刀试件且不同位置处测得的干密度值存在差异，因此会影响到最终结果的准确性。同时，该方法也无法考虑到土体内部的水分变化情况，容易造成误判<sup>[1]</sup>。而

灌砂法和灌水法则通过测量压实土壤中孔隙体积的变化来计算压实度，这两种方法都能有效地评估路基的压实质量。在实际操作中，检测人员会根据具体情况选择合适的检测方法。

### （二）弯沉检测

在道路施工的质量控制体系中，弯沉检测扮演着至关重要的角色，它直接反映了路面结构对荷载的承载能力。为了获得全面且精确的数据，这项检测必须以严谨的态度进行。具体而言，每个车道每隔20米就要选定点进行弯沉测量，这样的频次可以确保覆盖到路面的每一处细微变化，使得检测结果既全面又可靠。

进行弯沉检测时，常用的工具是弯沉仪。这种设备通过模拟车辆行驶时车轮对路面的压力，来测量路面在荷载作用下的垂直变形量。这种变形量，即弯沉值，是评估路面整体强度和稳定性



的重要参数<sup>[2]</sup>。通过分析这些数据，工程师可以判断路面结构是否能够承受预期的交通荷载，从而确保道路的安全性。弯沉检测不仅有助于评估新建路面的质量，对于已投入使用的道路，它也是监测路面性能和预测维护需求的重要手段。

### （三）平整度检测

道路的平整度是衡量行车舒适性与安全性的重要指标，因此，在道路施工与维护过程中，对平整度的检测显得尤为重要。为了确保路面平整度的精确监控，检测的幅度和范围需要根据路面的宽度来具体确定<sup>[3]</sup>。具体而言，路面宽度小于9米的，仅需检测一个幅面；宽度在9至15米之间的，则需要扩大检测范围，涵盖两个幅面；而对于宽度超过15米的路面，至少需要检测三个幅面，以确保整个路面的平整度得到全面而有效的监控。

在实际的检测过程中，常用的工具是3米的直尺和塞尺。通过连续测量并记录两尺之间的最大间隙，可以得到路面的不平整度数据。这个最大间隙即是路面的不平整度的直接体现。

## 二、基层

### （一）基层压实度检测

在道路建设中，基层的压实度检测是确保道路结构稳定和耐久的关键步骤。基层压实度不足会降低路面的稳定性和承载能力，增加损坏的风险，影响行车安全和道路使用寿命<sup>[4]</sup>。为了达到这一目标，检测的数量和要求需要与路基压实度的检测保持一致，这意味着对于每压实1000平方米的基层，同样需要进行3个点的抽样检测。这样的检测密度可以有效地保证数据的代表性和准确性。

不同等级的道路对压实度的要求存在差异，这是因为道路的设计用途和预期的交通负载不同。因此，检测时需要根据具体的设计规范和工程要求来进行调整，以确保基层的压实度能够满足不同等级道路的性能需求。

### （二）结构厚度检测

结构厚度是道路基层质量的重要指标之一，它直接关系到道路的承载能力和使用寿命。为了确保结构厚度的准确性和合规性，检测的数量和要求必须根据具体工程的情况来确定。这包括考虑钻孔取样的位置和频次，以及可能影响基层厚度的各种因素。

在实际操作中，结构厚度的检测通常采用钻孔取样的方法进行。这种方法能够提供关于基层厚度的精确数据，从而确保其符合设计规范和工程要求。通过对钻孔样本的分析，工程师不仅能够测量基层的厚度，还能够评估其整体质量，包括材料的均匀性和密实度。钻孔取样不仅可以揭示基层的物理属性，如厚度和材料组成，还可以提供关于基层力学性能的宝贵信息。

### （三）水泥稳定碎石水泥含量检测、无机结合料7天侧限抗压强度检测

在道路建设中，对于特定材料的检测，如水泥稳定碎石的水泥含量和无机结合料的抗压强度，是确保基层长期性能和耐久性的关键。这些检测的数量和要求必须根据设计规范和工程实际情况来确定，以保证基层的质量能够满足预期的使用要求。

为了评估这些材料的性能，现场取样试验是标准的检测方法。通过对现场取样的材料进行实验室测试，可以准确地评估其是否符合工程要求<sup>[5]</sup>。例如，对于水泥稳定碎石，检测其水泥含量是为了确保混合料的质量和稳定性，而无机结合料的抗压强度则是衡量其长期承载能力的重要指标。

这些实验室测试通常包括对材料样品的化学和物理性能分析，以及模拟实际工作条件下的力学性能测试。测试结果不仅对于确保基层的稳定性和耐久性至关重要，而且也是优化材料配比和施工工艺的重要依据。

## 三、沥青混合料面层

在道路施工的各个阶段，对压实度、面层厚度、弯沉值和平整度等关键参数的检测是确保道路质量的关键措施。这些检测的频率和标准需要根据具体工程的实际情况和设计要求来确定，以保证施工质量符合既定的规范和预期。

对于压实度的检测，通常采用与路基和基层相似的环刀法、灌砂法或灌水法，这些方法能够有效地评估沥青混合料的压实程度。面层厚度的检测则可能涉及钻孔取样，以确保实际施工厚度达到设计要求。弯沉值的检测通过弯沉仪进行，以评估路面在荷载作用下的变形情况。平整度的检测则通常使用3米直尺和塞尺，以测量路面的凹凸不平度。除了这些常规检测外，针对沥青混合料的特性，还可能需要进行额外的检测，如抗滑性能的检测（包括摩擦系数和构造深度），以及沥青路面的渗水试验。

## 四、水泥混凝土面层

在道路施工中，对于水泥混凝土面层的厚度、平整度和抗滑构造深度等关键指标的检测，是确保道路安全性和耐久性的重要环节。对于厚度的检测，通常采用钻孔取样的方法，通过对钻孔样本的测量来确保水泥混凝土面层的厚度达到设计要求。平整度的检测则可能使用专业的平整度测量设备，如激光平整度仪，来评估路面的凹凸不平度<sup>[6]</sup>。抗滑构造深度的检测则通常使用专业的测量工具，如构造深度仪，来评估路面的抗滑性能。

由于水泥混凝土与沥青混合料在材料特性上的差异，针对水泥混凝土面层的检测可能需要采用不同的方法。例如，水泥混凝土的硬度较高，可能需要使用更坚固的钻头进行钻孔取样；在评估抗滑性能时，可能需要考虑水泥混凝土表面的特性和纹理。

## 五、给水排水管道工程

在道路施工的附属工程中，对沟槽开挖后的基底承载力和管沟回填压实度的检测是确保工程质量的关键步骤。这些检测的频率和标准应当根据具体工程的实际情况和设计要求来确定，以保证施工质量符合既定的规范和预期。

### （一）沟槽开挖后基底承载力检测

对于基底承载力的检测，通常采用轻型触探试验，这种方法

能够有效地评估基底土壤的承载能力，确保其能够支撑管道和上方结构的重量。管沟回填压实度的检测则可能采用灌砂法或环刀法，这些方法可以准确地测量回填材料的压实程度，保证管道周围土壤的稳定性和密实性<sup>[7]</sup>。所有这些检测都需要使用专用的试验仪器，如触探仪、灌砂仪和环刀，以确保数据的准确性和可靠性。

## （二）给水排水管道功能性试验

至于给水排水管道的功能性试验，包括压力管道的水压试验和无压管道的严密性试验，这是确保管道系统安全运行的重要环节。所有管道都必须进行功能性试验，以验证其是否能够满足设计要求。这些试验需要按照相关的标准和规范进行，以确保管道系统的性能和可靠性。水压试验通常涉及将水压增至特定水平，以检测管道是否能够承受正常运行条件下的压力。严密性试验则检查管道系统是否有渗漏，确保其能够有效地输送水或气体。

# 六、原材料与混合料测试

对于市政道路建设中的原材料和混合料，如砂、石、水泥、沥青等，需要进行严格的质量控制和测试。

## （一）砂、石材料测试

在进行道路建设材料的品质控制时，对砂、石等原材料的检查至关重要。检查的数量通常是按照批次进行抽样，以确保每一批材料都符合标准。检验方法则包括一系列的测试，如颗粒分析、含泥量、泥块含量、坚固性、压碎值以及针片状颗粒含量的测定<sup>[8]</sup>。

## （二）水泥测试

在道路建设中，水泥的质量直接影响到工程的稳定性和耐久性。为了确保水泥的品质，检查的数量通常是按照批次进行抽样，这样可以全面监控每一批水泥的质量。检验方法则包括一系列专业的测试，如安定性、凝结时间和强度的测定。

## （三）沥青测试

在道路施工中，沥青的质量对沥青混合料的性能和道路的最终品质有着决定性的影响。为了确保沥青的品质，检查的数量是根据生产批次和具体用途进行抽样检查，这样可以确保每一批沥青都符合特定的应用需求。

检验方法包括一系列的物理和化学测试，如针入度、软化点、延度、粘度、闪点、溶解度和含蜡量等指标的测定。这些测试旨在全面评估沥青的性能，包括其粘性、塑性、温度敏感性等方面，以确保沥青能够满足沥青混合料的生产要求。

## （四）混合料测试

为了确保道路工程的质量和耐久性，对沥青混合料和水泥混凝土混合料进行严格的性能测试是至关重要的。对于沥青混合料，必须进行包括马歇尔稳定度试验、车辙试验和抗水损害性能试验在内的一系列测试，以准确评估其抗压强度、抗变形能力和耐久性<sup>[9]</sup>。这些试验不仅能够确保沥青混合料在施工过程中的稳定性，还能预测其在实际使用条件下的性能表现。

对于水泥混凝土混合料，测试的重点在于抗压强度、抗折强

度以及耐久性指标，如抗冻性和抗渗性等。

# 七、综合评价方法

市政道路材料测试与评价是一个涉及多个方面的复杂过程，旨在确保道路工程的质量和安全性。评价方法主要分为定量评估和定性评估两种。定量评估通过数值分析和统计模型，对各项指标进行测量和统计分析，以得出客观的评估结果。而定性评估则依赖于专家经验和实地考察，对道路项目的质量进行主观判断和评估。

在实际操作中，市政道路材料测试与评价不仅限于对单个指标进行定量评估，还需要采用综合评价方法，对道路工程的整体质量和性能进行全面的评估。其中，质量评分法就是一种常用的综合评价方法。它根据各项指标的测试结果，按照一定的评分标准进行打分，然后将各项指标的得分进行加权求和，得出道路工程的总质量评分<sup>[10]</sup>。

# 结束语

通过对路基、基层、面层以及给水排水管道工程中的原材料和混合料进行严格的测试，可以全面评估材料的性能，确保其满足设计和规范标准。同时，采用科学的评价方法，如定量评估、定性评估和综合评价，可以更全面地评估道路工程的整体质量和性能。

总之，市政道路材料测试与评价是一个复杂而重要的过程，需要综合考虑多个方面的因素，采用科学、合理的方法和技术进行评价。通过这些测试和评价，我们可以确保道路工程的质量和安全性，为公众提供安全、舒适的行车环境。

# 参考文献

- [1] 李博文. 铁路路基压实度检测方法研究 [J]. 建设监理, 2024,(S1):68-69. DOI:10.15968/j.cnki.jsjl.2024.s1.045.
- [2] 陈家辉. 沥青混凝土路面压实度检测相关问题探讨 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(26):2957.
- [3] 许志威, 闫萌, 朱太云. 激光检测仪在高速公路项目的应用与分析 [J]. 云南科技管理. 2017,(5).79-81.
- [4] 李明奇. 基于加速度的路基和基层压实检测技术研究 [D]. 长安大学, 2023. DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2023.000287.
- [5] 刘哲, 张丹丹, 时来翔, 等. 掺水泥级配碎石填料硫酸盐含量检测方法研究 [J]. 山西化工, 2023,43(11):38-40+43. DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1109/tq.2023.11.014.
- [6] 周文渊, 李博. 地质雷达法测试水泥混凝土路面面层厚度的探讨 [J]. 山西建筑, 2020,46(21):107-108. DOI:10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2020.21.042.
- [7] 孙晨. 市政工程中给排水管道的施工技术研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024,(09):199-201. DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202409066.
- [8] 董珠琳, 周少伟, 景伟. 舰船碳纤维复合材料抗砂石冲击测试技术研究 [J]. 测控技术, 2022,41(07):64-68. DOI:10.19708/j.ckjs.2022.07.010.
- [9] 张德, 程志强, 谢胜加, 等. 基于沥青混合料接触应力测试的旋转压实散锁点判定 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2023,51(12):1919-1930.
- [10] 李彬彬, 陈灵欢. 基于可拓云模型的市政道路综合评价方法研究 [J]. 中国高新技术, 2024,(07):36-38. DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2024.07.08.

# 建筑材料对建筑结构耐久性的影响研究

兰金旭

深圳市政院检测有限公司, 广东 深圳 518000

**摘要：** 本文深入探讨了建筑材料与建筑结构耐久性的理论基础和实际影响。文章开篇即对建筑材料的基本性质和建筑结构耐久性进行了全面概述，并进一步分析了建筑材料对建筑结构耐久性的深远影响。接着，本文深入探讨了建筑材料性能对建筑结构耐久性的影响，涵盖了材料强度衰减、老化、腐蚀和疲劳四个关键方面。再次，本文分别研究了传统建筑材料、新型建筑材料以及不同材料组合对结构耐久性的影响。此外，本文还分析了建筑材料施工，包括施工技术、施工质量和施工环境对结构耐久性的影响。文章后面部分着重讨论了建筑材料的维护问题，包括维护策略、维护周期以及维护材料对结构耐久性的重要作用。本文全面、深入地研究了建筑材料与建筑结构耐久性的关系，为建筑行业的材料选择、施工和维护提供了理论依据和实践指导。

**关键词：** 建筑材料；建筑结构；耐久性；材料性能；材料种类

## Research on the Influence of Building Materials on the Durability of Building Structures

Lan Jinxu

Shenzhen Municipal Zhengyuan Detection Co., Ltd, Guangdong, Shenzhen 518000

**Abstract：** This paper discusses in depth the theoretical basis and practical influence of building materials and structural durability of buildings. At the beginning of the paper, a comprehensive overview of the basic properties of building materials and durability of building structures is given, and the far-reaching influence of building materials on the durability of building structures is further analyzed. Next, the paper discusses in depth the impact of building material properties on the durability of building structures, covering four key aspects: material strength decay, aging, corrosion and fatigue. Again, this paper investigates the effects of traditional building materials, new building materials and different material combinations on structural durability. In addition, the paper also analyzes the impact of construction of building materials, including construction technology, construction quality and construction environment on structural durability. The later part of the paper focuses on the maintenance of building materials, including maintenance strategies, maintenance intervals, and the important role of maintenance materials on structural durability. This paper provides a comprehensive and in-depth study of the relationship between building materials and structural durability of buildings, and provides a theoretical basis and practical guidance for material selection, construction and maintenance in the construction industry.

**Keywords：** building materials; building structure; durability; material properties; material types

## 引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快，建筑业作为国民经济的重要支柱产业，其发展规模和速度都取得了巨大的成就。然而，建筑业的迅猛发展也带来了一系列的问题，其中建筑结构的耐久性问题日益突出。建筑结构的耐久性直接影响着建筑物的使用寿命、安全性、经济性和环保性。

建筑材料是构成建筑结构的物质基础，其性能和质量直接关系到建筑结构的耐久性。然而，在实际工程中，由于材料选择、施工技术、环境因素等多种原因，建筑结构往往存在着不同程度的耐久性问题。例如，混凝土结构中的钢筋锈蚀、碳化、裂缝等病害，钢结构中的腐蚀、疲劳、断裂等病害，以及木结构中的腐朽、虫蛀、变形等病害，都会严重影响建筑结构的耐久性。因此，研究建筑材料对建筑结构耐久性的影响具有重要的理论和实际意义。



## 一、建筑材料与建筑结构耐久性的理论基础

建筑材料和建筑结构的耐久性是建筑工程中至关重要的因素。为了实现建筑物的长期稳定与安全，需要深化对建筑材料基本性质的理解，及其对建筑结构耐久性影响的探究。

### （一）建筑材料的基本性质

随着社会经济的不断发展和城市化进程的加速推进，建筑工程规模不断扩大，对材料性能的要求也越来越高。建筑工程材料的性能直接影响到工程结构的稳定性、耐久性以及对外界环境的适应能力<sup>[1]</sup>。建筑材料是构成建筑物的基础，其基本性质包括物理性质、化学性质和力学性质。物理性质涉及材料的密度、孔隙率、吸水率等；化学性质关注材料的耐腐蚀性、抗碱性等；力学性质则包括强度、硬度、韧性等。这些性质决定了材料在建筑物中的适用性和耐久性。

### （二）建筑结构耐久性概述

耐久性评估主要考察建筑物在长时间荷载、环境腐蚀、碳化、冻融循环、氯离子侵蚀等不利因素作用下，各部位材料的降级、损伤程度及对整体性能的影响<sup>[2]</sup>。这不仅涉及它对自重、外部荷载的稳定承载，还包括对温度变化、地震等自然现象以及人为因素的适应与抵抗。通过提升建筑结构的耐久性，不仅能够延长建筑物的服务寿命，还能减少长期使用中可能产生的维修和重建需求，这有助于实现经济与资源的优化配置，推动建筑环境的可持续发展。

### （三）建筑材料对建筑结构耐久性的影响

建筑物普遍由三部分组成：地基基础、主体结构、装饰装修。建筑物不可分割的组成部分，主体结构的表面覆盖层是附着于建筑物主体结构上的室内外的装修装饰，对主体的结构起着保护作用<sup>[3]</sup>。建筑材料的选择与应用，是确保建筑结构耐久性的关键。在探讨建筑材料的本质时，其力量与稳定性构成了确保承重安全的基础，这两个关键因素共同决定了建筑物能否抵御时间的流逝和外力的冲击。进一步而言，材料的耐腐蚀性和抗碱性等化学特性在恶劣环境中显得尤为关键，它们扮演着维持建筑物长期稳定性的隐性保护者的角色。此外，孔隙率与吸水率等物理属性亦不容忽视，过度的孔隙与吸水可能导致建筑物出现裂缝、渗水等问题，影响其美观与功能。故此，在建筑材料的挑选与运用上，应当追求力量与稳定性、化学特性与物理属性的和谐统一，以此赋予建筑物更深层次的价值与更丰富的意义。

## 二、建筑材料性能对建筑结构耐久性的影响

建筑材料的性能不仅直接影响着建筑物的质量和安全，而且对建筑结构的耐久性起着决定性的作用。以下将详细探讨材料强度衰减、老化、腐蚀和疲劳等因素对建筑结构耐久性的影响。

### （一）材料强度衰减对结构耐久性的影响

材料强度衰减，如同岁月对生命的影响，是建筑材料在长期地使用与自然环境的交互中，逐渐展现出的力学性能的衰退<sup>[4]</sup>。这一过程不仅揭示了材料内在的生命周期，也映射了建筑结构耐久性的变迁。例如，混凝土中的钢筋，在氧化作用的影响下，可能

会发生锈蚀，这不仅削弱了钢筋自身的强度，也降低了其与混凝土之间的和谐共生，进而影响了结构的整体稳定性和安全性。因此，对材料强度衰减的深入理解和预见，体现了对建筑结构耐久性的深刻洞悉。这要求在设计和维护过程中，更加重视材料的长期性能和结构的整体健康状况，以确保建筑物能够抵御时间的侵蚀，承担起历史的沉淀。

### （二）材料老化对结构耐久性的影响

材料老化是指建筑材料在环境因素（如紫外线、温度变化、湿度等）的影响下，其性能逐渐退化的过程。老化会导致材料的硬度和韧性降低，从而影响建筑结构的耐久性。例如，塑料材料在紫外线照射下会变脆，橡胶制品在氧化作用下会失去弹性，这些都会导致建筑结构的性能下降。

### （三）材料腐蚀对结构耐久性的影响

材料腐蚀是指建筑材料在化学或电化学作用下，其表面或内部发生破坏的过程。腐蚀会削弱材料的截面，降低其承载能力，从而影响建筑结构的耐久性<sup>[5]</sup>。特别是在潮湿或盐雾环境中，金属结构的腐蚀问题尤为严重，可能导致结构失效。

### （四）材料疲劳对结构耐久性的影响

材料疲劳是指建筑材料在反复荷载作用下，其性能逐渐下降的现象。这种疲劳损伤通常发生在应力水平低于材料抗拉强度的情况下，长期累积可能导致结构突然断裂。例如，桥梁在车辆反复荷载下可能会出现裂纹，影响其使用寿命。

## 三、建筑材料种类对建筑结构耐久性的影响

建筑材料的种类直接影响着建筑结构的耐久性。不同的建筑材料具有不同的特性，这些特性决定了它们在特定环境和使用条件下的表现。以下是传统建筑材料、新型建筑材料以及不同材料组合对建筑结构耐久性影响的分析。

### （一）传统建筑材料对结构耐久性的影响

传统建筑材料，如混凝土、砖石、木材和钢材，长期以来一直是建筑结构的主要构成部分。混凝土具有较好的抗压强度和耐久性，但其抗拉强度较低，容易开裂；砖石结构具有良好的耐久性和热稳定性，但抗震能力较差<sup>[6]</sup>；木材具有良好的抗震性和环保性，但易受潮腐朽和虫蛀；钢材具有较高的强度和良好的延性，但易腐蚀。因此，在使用传统建筑材料时，需要针对其特性采取相应的保护措施，以提高建筑结构的耐久性。

### （二）新型建筑材料对结构耐久性的影响

随着科技的发展，新型建筑材料不断涌现，如高性能混凝土、复合材料、纳米材料等。这些材料往往具有更高的强度、更好的耐久性或更优异的功能性。例如，高性能混凝土具有更高的抗压强度和更好的耐久性，适用于极端环境和特殊工程<sup>[7]</sup>；复合材料结合了不同材料的优点，具有良好的力学性能和耐腐蚀性；纳米材料则具有独特的物理和化学性质，可用于提高材料的性能。使用新型建筑材料可以显著提高建筑结构的耐久性和功能。

### （三）不同材料组合对结构耐久性的影响

在建筑结构中，不同材料的组合使用可以发挥各自的优势，

提高整体的耐久性。例如，钢-混凝土组合结构利用了钢材的高强度和混凝土的高抗压性能，既提高了结构的承载能力，又增强了耐久性；木-混凝土组合结构则结合了木材的抗震性和混凝土的稳定性，适用于地震多发区的建筑<sup>[8]</sup>。合理的材料组合可以相互弥补单一材料的不足，从而提高建筑结构的整体性能和耐久性。

## 四、建筑材料施工对建筑结构耐久性的影响

建筑结构的耐久性不仅取决于材料本身的质量和性能，还受到施工过程中的技术、质量和环境等因素的影响。以下将探讨施工技术、施工质量和施工环境对建筑结构耐久性的影响。

### （一）施工技术对结构耐久性的影响

施工技术是确保建筑结构安全耐用的关键因素之一。先进的施工技术和合理的施工方案可以提高建筑结构的整体性能和耐久性。例如，预应力混凝土技术可以有效地提高混凝土结构的抗裂性和耐久性；装配式建筑技术可以提高施工效率，减少现场施工对环境的影响，同时确保结构的质量。因此，选择合适的施工技术和方法对于提高建筑结构的耐久性至关重要。

### （二）施工质量对结构耐久性的影响

施工质量直接关系到建筑结构的安全性和耐久性。高质量的施工可以确保材料性能得到充分发挥，结构设计得到准确实施。相反，低质量的施工可能导致结构缺陷，如裂缝、渗漏等，从而降低结构的耐久性。因此，加强施工质量管理，确保施工过程中的每一个环节都符合规范和标准，是提高建筑结构耐久性的重要手段。

### （三）施工环境对结构耐久性的影响

施工环境对建筑结构的耐久性同样具有重要影响。恶劣的施工环境，如高温、低温、高湿等，可能会影响材料的性能和施工质量<sup>[9]</sup>。例如，高温环境下混凝土的凝结速度加快，可能导致强度发展不充分；低温环境下混凝土的凝结速度减慢，可能会影响施工进度和结构质量。因此，在施工过程中，需要根据实际情况采取相应的措施，如调整混凝土的配合比、使用外加剂等，以适应不同的施工环境，确保建筑结构的耐久性。

## 五、建筑材料维护对建筑结构耐久性的影响

建筑结构的耐久性不仅取决于设计和施工阶段，还受使用过程中的维护保养直接影响。正确的维护策略、合理的维护周期和适宜的维护材料是保障建筑结构长期稳定和耐用的关键。

### （一）材料维护策略对结构耐久性的影响

材料维护策略是指为了保持材料性能和延长结构使用寿命而采取的一系列措施。一个有效的维护策略应该包括定期检查、及时修复、预防性维护和改善性维护等方面。例如，对混凝土结构进行定期的涂覆保护，可以防止氯离子渗透和钢筋锈蚀，从而提高结构的耐久性。制定和执行合理的维护策略，可以显著提升建筑结构的整体性能和寿命。

### （二）维护周期对结构耐久性的影响

维护周期是指进行材料维护的时间间隔。维护周期的长短应根

据材料的老化速度、环境条件和使用状况等因素来确定<sup>[10]</sup>。过长的维护周期可能导致材料性能的提前退化，影响结构的耐久性；而过短的维护周期则可能造成资源浪费。因此，制定合理的维护周期，既可以确保结构的安全和耐久，又可以避免不必要的维护成本。

### （三）围护材料对结构耐久性的影响

维护材料是指用于材料维护和修复的各种材料，如涂料、密封剂、修补剂等。围护材料的质量直接关系到维护效果和结构的耐久性。选用适宜的围护材料，可以有效地修复结构的损伤，恢复材料的性能，甚至提升结构的耐久性。例如，使用高性能的防水涂料可以显著提高混凝土结构的抗渗性能，延长其使用寿命。

## 结束语

在过去的几十年里，我国建筑业取得了举世瞩目的成就，然而，随着建筑物的老龄化以及新型建筑材料的广泛应用，建筑结构的耐久性问题日益成为行业关注的焦点。本研究以建筑材料为切入点，深入探讨了建筑材料对建筑结构耐久性的影响，旨在为建筑行业提供科学的理论支持和实践指导。

本文从建筑材料性能、种类、施工和维护等多个维度，系统分析了建筑材料对建筑结构耐久性的影响机制。研究发现，建筑材料的性能衰减、老化、腐蚀和疲劳等因素，均会对建筑结构的耐久性产生显著影响。此外，不同种类的建筑材料具有不同的特性，对建筑结构耐久性的影响也存在差异。因此，在建筑结构设计时，应根据实际情况选择合适的材料种类。同时，建筑材料施工和维护的质量也是影响建筑结构耐久性的重要因素。

希望通过本研究，能够为提高我国建筑物的使用寿命和安全性，促进建筑业的可持续发展做出贡献。今后的工作中将致力于深化对建筑材料与建筑结构耐久性之间关系的探讨，旨在为建筑行业的持续发展贡献更多的理论依据和实践指引。

## 参考文献

- [1] 胡斐, 袁飞. 建筑工程材料检测试验及常见问题 [J]. 新城建科技, 2024, 33(04): 186-188.
- [2] 张鑫. 建筑结构耐久性检测及加固技术应用分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(02): 109-111. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.02.036.
- [3] 李卓鹰. 建筑装饰装修对建筑结构耐久性的影响分析 [J]. 现代装饰 (理论), 2015, (05): 18-19.
- [4] 黄龙善. 土木工程建筑结构的耐久性与耐久性研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (35): 90-92. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202335030.
- [5] 常晓林, 姬翔, 段玉杰. 水工新材料研究综述 [J]. 水电与新能源, 2019, 33(11): 7-10+37. DOI: 10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2019.11.002.
- [6] 罗经文. 基于耐久性的建筑工程混凝土结构设计分析 [J]. 智能城市, 2019, 5(01): 19-20. DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2019.01.009.
- [7] 王竹君. 改进的工程结构全寿命设计理论及全寿命成本模型 [D]. 浙江大学, 2018. DOI: 10.27461/d.cnki.gzjdx.2018.000090.
- [8] 汤明, 胥晓莉. 建筑钢筋混凝土结构耐久性改善措施及质量监督之我见 [J]. 黑龙江科技信息, 2013, (14): 252.
- [9] 李苗, 陈晓明. 通道地区侗族建筑形式演变探究 [J]. 华中建筑, 2012, 30(04): 156-158. DOI: 10.13942/j.cnki.hzjz.2012.04.045.
- [10] 黄祖华. 建筑结构的耐久性设计 [J]. 知识经济, 2010, (10): 127. DOI: 10.15880/j.cnki.zsjj.2010.10.068.

# 新能源运维中的电气工程及其自动化技术创新研究

马文瑞

贵州元龙综合能源产业服务有限公司，贵州 贵阳 550081

**摘要：** 随着全球能源结构的转型和可持续发展的推进，新能源运维已成为电力行业的重要发展方向。在新能源运维过程中，电气工程及其自动化技术发挥着关键作用。本文旨在探讨新能源运维中电气工程及其自动化技术的创新研究。通过对当前技术发展的深入分析，结合新能源运维的实际需求，本文提出了一系列创新的技术方案和应用策略。这些创新不仅有助于提高新能源运维的效率和安全性，还能促进新能源行业的持续健康发展。

**关键词：** 新能源运维；电气工程；自动化技术；技术创新；智能运维

## Research on the Innovation of Electrical Engineering and Automation Technology in New Energy Operation and Maintenance

Ma Wenrui

Guizhou Yuanlong Integrated Energy Industry Service Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550081

**Abstract：** With the transformation of the global energy structure and the promotion of sustainable development, new energy operation and maintenance has become an important development direction in the power industry. Electrical engineering and automation technology play a crucial role in the process of new energy operation and maintenance. This article aims to explore the innovative research of electrical engineering and automation technology in new energy operation and maintenance. Through an in-depth analysis of the current technological development, combined with the actual needs of new energy operation and maintenance, this article proposes a series of innovative technical solutions and application strategies. These innovations not only help improve the efficiency and safety of new energy operation and maintenance, but also promote the sustainable and healthy development of the new energy industry.

**Keywords：** new energy operation and maintenance; electrical engineering; automation technology; technological innovation; intelligent operation and maintenance

随着全球气候变化和能源危机的日益严重，新能源已成为全球能源结构转型的重要方向。新能源运维作为新能源产业链的重要环节，其技术水平和运维效率直接影响到新能源行业的发展。然而，由于新能源的特殊性，如波动性、间歇性等，给运维工作带来了诸多挑战。传统的运维模式已难以满足新能源运维的需求，因此，电气工程及其自动化技术的创新研究显得尤为重要。

### 一、技术创新需求背景

#### 1. 全球能源转型与新能源的崛起

随着全球气候变化问题日益严峻，传统化石能源的有限性和环境污染问题逐渐凸显，全球能源结构正面临着前所未有的转型。这一转型的核心，就是从依赖煤炭、石油等不可再生能源，向清洁、可持续的新能源转变。新能源，如太阳能、风能等，以其无污染、可再生的特性，正逐渐成为全球能源消费的重要组成部分。

在全球范围内，各国政府都在积极推动新能源的发展，通过政策扶持、资金投入和技术研发等多种手段，力求在新能源领域取得突破。这种全球性的趋势不仅体现了对环境保护的重视，也

反映了新能源在未来能源体系中的战略地位。

中国作为全球最大的能源消费国，同样在积极推动新能源的发展。近年来，中国在新能源领域的投资不断增加，新能源装机容量和发电量均实现了快速增长。这种发展趋势预示着新能源将在未来中国乃至全球的能源结构中占据更加重要的地位。

#### 2. 新能源运维面临的挑战与困境

尽管新能源具有诸多优势，但在其运维过程中也面临着不少挑战。首先，新能源的波动性和间歇性给运维工作带来了极大的不确定性。以风能和太阳能为例，它们的发电量受到天气条件、地理位置等多种因素的影响，这使得新能源设备的运行状态难以预测和控制。

此外，新能源设备的分布通常较为分散，且多位于偏远地

作者简介：马文瑞，1987.04.20 出生，汉族，本科学历，预备党员，现就职于贵州元龙综合能源产业服务有限公司，站长；研究方向：新能源运维中的电气工程及其自动化技术创新研究。



区，这给设备的监控和维护带来了诸多困难。传统的运维模式往往依赖于人工巡检和定期维修，但这种方式效率低下、成本高昂，且难以及时发现并处理设备故障。

因此，如何有效应对新能源的波动性和间歇性，提高运维效率和降低运维成本，成为当前新能源运维领域亟待解决的问题。

### 3. 电气工程及其自动化技术在新能源运维中的基石作用

电气工程及其自动化技术在新能源运维中发挥着至关重要的作用。首先，通过应用先进的电气工程技术，可以实现对新能源设备的精准控制和高效管理。例如，利用智能控制系统可以实时监测设备的运行状态，并根据实际情况调整设备的运行参数，以确保设备的稳定运行和最大发电效率。

其次，自动化技术可以显著提升新能源运维的智能化水平。通过引入机器学习、大数据分析等先进技术，可以实现对设备故障的预测和预警，从而及时采取维护措施，避免设备损坏和发电损失。

总的来说，电气工程及其自动化技术是新能源运维不可或缺的技术支撑。通过不断创新和应用这些技术，可以有效应对新能源运维中的各种挑战，推动新能源行业的持续健康发展。

## 二、电气工程及其自动化技术在新能源运维中的发展历程与现状分析

### 1. 电气工程及其自动化技术在新能源运维中的发展历程

随着新能源技术的不断发展，电气工程及其自动化技术在新能源运维领域的应用也经历了从起步到逐步成熟的过程。早期的新能源运维主要依赖于人工巡检和简单的监控设备，运维效率低下且难以应对新能源的波动性和间歇性。

随着技术的不断进步，电气工程及其自动化技术开始逐步引入新能源运维领域。起初，这些技术主要用于提高监控系统的覆盖范围和数据处理能力，使得运维人员能够更全面地了解设备的运行状态，并及时处理异常情况。随后，随着控制技术的不断发展，电气工程及其自动化技术开始应用于设备的控制系统中，实现了对设备的精准控制和优化管理。

近年来，随着大数据、云计算等先进技术的不断发展，电气工程及其自动化技术在新能源运维领域的应用也呈现出新的趋势。这些技术的应用不仅提高了运维的智能化水平，还使得运维工作更加高效、精准和可靠。

### 2. 当前技术的优势与局限性分析

当前，电气工程及其自动化技术在新能源运维领域的应用已经取得了一定的成果，但仍存在一些优势和局限性。

从优势方面来看，电气工程及其自动化技术能够实现对新能源设备的全面监控和精准控制。通过引入先进的监控系统和控制算法，可以实时监测设备的运行状态、发电效率和安全性能等关键指标，并根据实际情况调整设备的运行参数，确保设备的稳定运行和最大发电效率。同时，自动化技术还可以实现对设备故障的预测和预警，降低运维成本和提高运维效率。

然而，当前技术也存在一些局限性。首先，监控系统的覆盖

范围仍然有限，无法实现对所有设备的全面监控。其次，数据处理能力仍需进一步提升，以更好地满足对大量数据的实时分析和处理需求。此外，控制精度也需进一步提高，以实现对该设备的更精准控制和管理。

### 3. 现有技术在应对新能源运维挑战时存在的问题

尽管电气工程及其自动化技术在新能源运维领域的应用已经取得了一定的成果，但在应对新能源运维挑战时仍存在一些

问题。首先，新能源的波动性和间歇性使得设备的运行状态难以预测和控制。当前技术虽然能够在一定程度上应对这种波动性和间歇性，但仍然存在一定的误差和不确定性。因此，如何进一步提高控制精度和降低误差是当前技术需要解决的重要问题。

其次，新能源设备的分散性和复杂性使得运维工作难以集中管理和控制。当前技术虽然能够实现对设备的全面监控和精准控制，但在集中管理和控制方面仍存在不足。因此，如何进一步优化系统架构和提高管理效率是当前技术需要重点解决的问题之一。

最后，新能源运维领域对技术的要求不断提高，需要不断引入新的技术和理念来推动技术的发展和

## 三、创新技术方案及其在新能源运维中的应用

### 1. 新能源运维的智能化革新：智能运维系统

针对新能源运维的特点，我们提出智能运维系统的创新技术方案。该系统基于云计算、大数据分析和人工智能技术，通过集成设备监控、故障预警、维护决策等功能，实现新能源运维的智能化和自动化。

智能运维系统的原理在于利用传感器网络收集新能源设备的实时数据，通过大数据分析技术挖掘数据的潜在价值，识别设备的运行模式和潜在风险。同时，结合人工智能技术，系统能够自主学习和适应新能源的波动性和间歇性，实现设备的精准控制和优化管理。

该系统具有实时性、准确性和可扩展性的特点。它能够实时监测设备的运行状态，及时发现并处理异常情况，提高运维效率。同时，系统能够精准预测设备的寿命和故障趋势，为运维决策提供科学依据。此外，系统支持多种设备和平台的接入，具有良好的可扩展性。

### 2. 无线通信技术的突破：提升新能源运维的实时性

在新能源运维中，无线技术的应用对于提升运维的实时性具有重要意义。我们提出采用先进的无线通信技术，如5G、LoRa等，实现新能源设备之间以及设备与监控中心之间的高效通信。

无线通信技术的原理在于利用无线信号传输数据和信息。相比传统的有线通信方式，无线通信具有更高的灵活性和可扩展性，能够适应新能源设备的分散性和移动性。通过采用先进的调

制和编码技术，无线通信技术还能够提高数据传输的速率和稳定性，保证数据的实时性和准确性。

在新能源运维中，无线通信技术可以应用于设备监控、数据传输、远程控制等方面。通过无线通信技术，运维人员可以实时获取设备的运行状态和关键参数，及时发现并处理异常情况。同时，无线通信技术还可以实现设备的远程控制和调节，提高运维的灵活性和便捷性。

### 3. 物联网技术的融合：实现新能源运维的全面智能化

物联网技术通过将各种信息传感设备与网络连接起来，实现物与物、物与人的泛在连接，为新能源运维提供了全面的智能化解决方案。

在新能源运维中，物联网技术可以应用于设备监控、数据收集、故障预警等方面。通过物联网技术，我们可以实现对新能源设备的全面监控和数据收集，获取设备的实时运行状态、关键参数和故障信息。同时，结合大数据分析和人工智能技术，我们可以对收集到的数据进行分析 and 处理，识别设备的运行模式和潜在风险，为运维决策提供科学依据。

物联网技术的融合将实现新能源运维的全面智能化。通过物联网技术，我们可以实现对新能源设备的实时监控和远程控制，提高运维的灵活性和便捷性。同时，物联网技术还可以帮助我们实现设备的智能预测性维护，降低运维成本和故障率。此外，物联网技术还可以促进新能源运维与其他领域的融合和发展，推动新能源运维向更高水平迈进。

## 四、创新技术在新能源运维中的应用策略分析

### 1. 创新技术在新能源运维环节的应用

在新能源运维的各个环节中，创新技术都发挥着不可或缺的作用。在设备监控方面，通过应用智能运维系统和物联网技术，我们可以实现对新能源设备的实时监控和数据分析，确保设备的

高效稳定运行。在故障诊断方面，利用先进的数据处理技术和人工智能技术，我们可以快速准确地识别设备的故障类型和原因，提高故障诊断的效率和准确性。在能源调度方面，通过引入无线通信技术和智能电网技术，我们可以实现对新能源发电量的精准预测和调度，优化能源分配，提高能源利用效率。

### 2. 应用策略的可行性、有效性和经济性分析

在将创新技术应用于新能源运维的过程中，我们需要对应用策略的可行性、有效性和经济性进行全面分析。首先，我们需要评估技术方案的可行性和稳定性，确保技术能够在新能源运维中稳定运行并达到预期效果。其次，我们需要分析技术方案的有效性，即技术是否能够显著提高新能源运维的效率和安全性。最后，我们需要考虑技术方案的经济性，即技术应用的成本是否可控且符合经济效益。

### 3. 优化应用策略以满足新能源运维实际需求

为了满足新能源运维的实际需求，我们需要不断优化应用策略。首先，我们需要根据新能源运维的特点和需求，不断调整和完善技术方案，确保技术能够更好地适应新能源运维的实际情况。其次，我们需要加强技术研发和创新，不断引入新的技术和理念来推动新能源运维的发展。同时，我们还需要加强与其他领域的合作和交流，共同推动新能源运维技术的创新和发展。

## 结语

电气工程及其自动化技术的创新为新能源行业的持续健康发展注入了强大动力。这些创新技术不仅提升了新能源运维的智能化、自动化水平，有效降低了运维成本，提高了能源利用效率，还为新能源行业的可持续发展提供了有力支撑。随着创新技术的不断推广应用，新能源行业将迎来更加广阔的发展前景，为全球能源转型和应对气候变化作出重要贡献。未来，我们有理由相信，技术创新将继续引领新能源行业走向更加绿色、高效、智能的未来。

## 参考文献

- [1] 张人木. 电气自动化在新能源发电中的关键技术 [J]. 中国高科技, 2024(4): 34-35, 50.
- [2] 黄延飞. 新能源开发中电气工程自动化节能措施应用探究 [J]. 电力设备管理, 2024(3): 220-222.
- [3] 杨臻. 新能源开发中电气工程自动化节能措施应用分析 [J]. 中国设备工程, 2024(5): 250-252.
- [4] 潘玺. 电气工程及其自动化中智能化技术的应用 [J]. 今日自动化, 2021(6): 178-179.

# 基于电气工程自动化技术的供配电节能控制方法

罗伟明

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司，贵州 贵阳 550000

**摘要：**随着全球能源危机的日益凸显与环境保护意识的普遍增强，能源的高效利用成为社会发展的重要议题。在这一背景下，供配电系统的节能控制成为了电气工程领域的研究热点。电气工程自动化技术，作为推动电力系统智能化、高效化转型的关键力量，为供配电系统的节能管理开辟了新的路径。本文旨在探讨基于电气工程自动化技术的供配电节能控制方法，分析其在实时监控、智能调节、优化管理等方面的应用价值，强调其在提升能效、降低损耗、促进绿色可持续发展方面的积极作用。

**关键词：**电气工程；自动化技术；供配电；节能控制

## Energy Saving Control Method For Power Supply And Distribution Based On Electrical Engineering Automation Technology

Luo Weiming

State Power Investment Group Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550000

**Abstract：**With the increasingly prominent global energy crisis and the general strengthening of environmental protection awareness, the efficient utilization of energy has become an important issue in social development. In this context, energy-saving control of power supply and distribution systems has become a research hotspot in the field of electrical engineering. Electrical engineering automation technology, as a key force in promoting the intelligent and efficient transformation of power systems, has opened up new paths for energy-saving management of power supply and distribution systems. This article aims to explore energy-saving control methods for power supply and distribution based on electrical engineering automation technology, analyze their application value in real-time monitoring, intelligent regulation, and optimized management, and emphasize their positive role in improving energy efficiency, reducing losses, and promoting green and sustainable development.

**Keywords：**electrical engineering; automation technology; power supply and distribution; energy saving control

### 引言：

在电气工程自动化技术支持下，供配电系统不再是孤立的电力输送网络，而是转变为一个集感知、分析、决策、执行于一体的智能生态系统<sup>[1]</sup>。通过集成传感器网络、大数据分析、云计算以及先进的控制算法，系统能够实时监测并响应电网的各种变化，精准控制电能的分配与使用，从而最大限度地减少能源浪费，提升整体的能源利用效率。

## 一、电气工程自动化在供配电节能控制中的应用优势

### （一）实时监控与数据分析

实时监控与数据分析是电气工程自动化在供配电节能控制中的基石。借助现代传感器技术和智能计量设备，系统能够不间断地收集电流、电压、功率因数及能耗等关键参数，形成一个全面而精细的数据网络。这些数据通过物联网技术被传送到中央管理系统，实现远程监控与即时警报功能<sup>[2]</sup>。一旦检测到异常情况，

如过载、电压波动或效率下降，系统可立即通知运维人员，便于快速响应并采取措施，避免潜在的故障和损失。数据分析在此过程中发挥着至关重要的作用。通过对历史数据的深度挖掘与机器学习算法的应用，可以识别出能源消耗的模式、趋势及异常点，从而揭示出节能的潜在空间<sup>[3]</sup>。例如，通过聚类分析识别出高能耗时段或设备，或利用预测模型提前预估未来的能耗需求。这些分析结果为制定精确的节能策略提供了科学依据，比如调整运行时间、优化设备配置或引入更高效的供电方案，最终实现供配电系

作者简介：罗伟明，1981.10，男，汉族，籍贯湖南，本科，工程师，电厂工作



统的整体能效提升。

## （二）智能负载管理和优化运行

智能负载管理是电气工程自动化技术的另一大亮点，它有效解决了传统供电系统中负荷不均与波动大的问题。通过集成先进的控制算法和人工智能技术，系统能够实现对各类负载的精准预测与动态调度<sup>[4]</sup>。首先，基于历史数据和外部环境变量（如天气预报、节假日等），负荷预测模型能够较为准确地预测未来负荷变化，这为高效规划供电资源提供了先决条件。在此基础上，智能调度算法可根据预测结果，自动调整不同时间段的供电策略，如动态分配负载至效率更高的变压器或线路，避免过载现象，同时确保电力供应的稳定性和可靠性。此外，通过优化运行策略，如实施需量管理、谐波抑制和无功补偿等技术，进一步减少电能损失，提高电能质量，从而达到节能减排的目的。

## 二、电气工程自动化及供配电系统构成

### （一）中央控制设备

中央控制设备作为电气工程自动化的指挥中枢，其重要性不言而喻。它集成计算机技术、通信技术和控制理论，实现了对供配电系统全方位、多层次的监控与管理。具体来说，中央控制设备通过复杂的算法和软件系统，收集并整合来自现场控制设备和传感器的大量数据，包括但不限于电流、电压、功率因数、设备状态等，经过高级的数据处理与分析，能够实时评估系统性能，识别潜在问题，如设备过热、负载不平衡等，并迅速做出响应。中央控制设备依据预设的控制策略和算法模型，自动调节各部分的运行参数，优化资源配置，以达到节能降耗的目标<sup>[5]</sup>。例如，通过智能负载调度，将非紧急或低优先级的负载转移到电力成本更低的时间段，或是利用峰谷电价机制，平衡电网负荷，减少峰值时段的压力。此外，中央控制设备还能对历史数据进行深度分析，为长期的系统升级、设备维护和能效提升提供科学依据，是实现供配电系统自动化、智能化和绿色化转型的关键支撑。

### （二）现场控制设备

现场控制设备位于供配电系统的最前线，直接与各类电力设备相连，负责执行中央控制设备下达的操作指令，是实现供配电系统自动化操作的基础单元。它主要包括可编程逻辑控制器（PLC）、远程终端单元（RTU）、智能断路器、传感器等组件，这些设备通过硬接线或无线通信方式与中央控制系统相连，形成闭环控制回路<sup>[6]</sup>。现场控制设备不仅需要精确、快速地响应中央控制设备的指令，还要具备强大的数据采集与初步处理能力，持续监测现场设备的运行状态和环境参数，如温度、湿度、振动等，确保信息的实时性和准确性。为了应对复杂多变的现场环境，现场控制设备还需具有良好的环境适应性和抗干扰能力，保证在恶劣条件下仍能稳定工作，减少误动作，提升整个供配电系统的稳定性和可靠性。

### （三）配电网络

配电网络是电力系统中连接发电厂与最终用户的关键环节，负责将不同电压等级的电能从高压输电网逐级降压后配送到各用

户端。配电网络的构成复杂，包括变电站、输电线路、配电站以及相关的保护和控制设备，其设计和优化直接影响到电能传输的效率、安全性和经济性。电气工程自动化技术在配电网络中的应用，主要体现在需求侧管理、电能质量改善、故障快速定位与隔离等方面。通过自动化控制系统，可以根据实际负荷需求，动态调整变电站的电压和无功补偿，优化电网潮流，减少损耗；同时，利用先进的故障检测与隔离技术，能在几分钟内定位并隔离故障区域，大大缩短了停电时间和范围，提升了供电可靠性。

## 三、基于电气工程自动化技术的供配电节能控制方法

### （一）照明控制

照明系统作为建筑能耗的重要组成部分，其智能化控制对于节能减排具有重要意义。通过集成光敏电阻或其他先进传感器，照明控制系统能够实时监测环境光照强度，实现自然光与人工照明的无缝衔接<sup>[7]</sup>。在日间，当外界光线充足时，系统自动降低或关闭室内照明，充分利用自然光源，减少电能消耗。而夜晚或阴雨天光线不足时，照明系统则自动启动并调节至适宜亮度，确保室内光照满足基本需求而不至于过度照明，这种按需照明的方式极大提升了能源使用效率。除了光照感应，现代照明控制系统还融入了时间程序控制功能，根据预设的时间表自动调整照明状态，如办公区域的照明在下班后自动熄灭，既节省能源又增强安全性。此外，结合智能场景模式，如会议、休息或展示等，用户可以根据不同场合快速调整照明氛围，实现个性化与节能的双重目标。选用LED等高效节能灯具替代传统照明设备，是降低能耗的直接途径<sup>[8]</sup>。LED灯具不仅能耗低、寿命长，而且配合先进的调光技术，能够实现更细腻的亮度调节，避免不必要的电能浪费。调光不仅关乎节能，还能根据人的生理节律调节光线色温，创造更健康舒适的光环境。当前，照明控制正与物联网、大数据、云计算等技术深度融合。通过物联网平台，照明系统能够集成环境监测、人员活动跟踪、数据分析等功能，实现更智能的照明管理。系统不仅能自动响应环境变化，还能基于历史数据分析用户的习惯，预测需求，从而优化照明策略，减少无效照明，同时也减轻了维护人员的工作负担。

### （二）温度控制

在供配电系统运维管理中，温度控制扮演着至关重要的角色，尤其针对变压器、智能元器件等关键设备，有效的温度管理不仅能够确保设备的安全稳定运行，还能显著提升系统整体的能效比，减少能源消耗。采用红外线辐射技术进行温度监测，是现代供配电系统中的一项重要技术革新<sup>[9]</sup>。红外热像仪能够穿透空气，捕捉设备表面的温度分布，即便是在无需接触的情况下，也能实现全天候、非侵入式的温度监控。这种监测方式的优势在于能够及时捕捉到局部过热等潜在故障迹象，这些异常往往是设备即将发生故障的前兆。一旦监测到异常高温，系统即刻向数据中心发送警报，通过智能分析平台对数据进行快速处理，及时通知运维人员介入检查，避免了因设备过热导致的停机或安全事故，确保供配电系统的连续稳定运行。温度控制不仅仅是对当前状态

的反映，更在于对未来趋势的预测。通过对历史监测数据的深度分析，可以建立设备温度变化的模型，利用机器学习算法识别出正常运行模式与异常模式之间的差异，从而在故障发生前作出预警。这种基于大数据的故障预测机制，极大地提高了维护的主动性，减少了因设备突发故障引发的停电风险，同时也有助于优化维护计划，避免不必要的维修成本<sup>[10]</sup>。所有采集到的温度数据通过物联网技术上传至云端服务器，运维人员可以通过统一的监测平台，对分布于不同地理位置的供电系统进行集中监控与管理。这一平台不仅显示实时温度信息，还支持数据的长期存储、分析与报表生成，为设备维护、性能评估及能效优化提供详实的数据支持。云平台的使用，让跨地域、大规模的供电系统管理变得高效而便捷，同时也为实现智慧能源管理、远程诊断与维护等高级功能打下了坚实的基础。

### （三）功率控制

功率控制在现代供电系统中占据核心地位，它不仅是提升能源利用效率的关键策略，也是保障电网稳定运行的重要手段。功率因数作为衡量电能质量的重要指标，直接关系到供电系统的经济性和能效。低功率因数意味着电流中有较大的无功分量，这不仅增加了线路的损耗，还可能降低设备的使用效率。因此，通过安装电容器、调相机等无功补偿装置，动态调整系统中的无功功率，提高功率因数，是提高电能利用效率的有效途径。固定

补偿与自动补偿相结合的方式，既确保了基础无功需求的稳定供给，又满足了动态负载变化时的快速响应，达到了平衡无功、降低损耗的目的。电动机作为供电系统中的主要负载，其效率直接影响整个系统的能耗水平。选用高效率电动机，并结合智能控制技术，如变频调速、软启动等，不仅能够根据负载需求灵活调节电机输出功率，减少空载和轻载运行时的能量浪费，还能有效降低启动电流，保护电网免受冲击。特别是对于大型非连续运行的电动机，采用风量、流量自动调节系统，可以根据实际工况精确控制，进一步优化能源利用。随着物联网、大数据、云计算等信息技术的发展，智能电力管理系统（IPMS）已成为供电系统现代化管理的标配。该系统能够实时采集供用电设备的运行数据，包括功率、电压、电流等关键参数，通过算法分析，实现对电力负荷的精确预测与优化调度。比如，当检测到某区域负载突增时，系统能够迅速调整供电策略，合理分配电能资源，避免过载现象，确保电力供应的稳定性和安全性。

### 结束语：

综上所述，基于电气工程自动化的供电节能控制方法，以其高度的智能化、精细化管理能力，为实现供电系统的绿色、高效运行提供了强有力的支撑。

### 参考文献：

- [1] 郭鲁瑛, 郭婧怡, 王强, 等. 建筑机械设备电气工程自动化的供电节能控制探讨 [J]. 智能建筑与工程机械, 2023, 5(7): 48-50.
- [2] 张维奇, 吕钧. 设备电气工程自动化与工厂供电节能控制探析 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023.
- [3] 吕长宇. 电气工程及其自动化供电系统节能控制分析 [J]. 中国科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.
- [4] 张增亮. 探究电气工程及其自动化供电系统节能控制策略 [J]. 通讯世界, 2024, 31(1): 85-87.
- [5] 姬晨明. 电气工程及其自动化供电系统节能控制分析 [J]. 通信电源技术, 2023, 40(19): 127-129.
- [6] 高云峰. 机械设备电气工程自动化与工厂供电节能控制分析 [J]. 电脑校园, 2021(12): 6228-6229.
- [7] 张英才. 电气工程及其自动化供电系统节能控制分析 [J]. 通信电源技术, 2023, 40(13): 121-123.
- [8] 胡文军. 浅析电气工程及其自动化供电系统节能控制 [J]. 中国科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(002): 000.
- [9] 刘亮. 建筑机械设备电气工程自动化的供电节能控制探讨 [J]. 中国科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2023.
- [10] 文忠友. 供电系统中电气自动化的应用分析 [J]. 中国科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.

# 新能源风电工程建设施工的管理要点分析

黄友诚

广西国电投海桂新能源有限公司，广西 南宁 530025

**摘要：** 新能源风电工程建设施工的流程较复杂，涉及到现场测量放样、基础开挖回填、风电机组吊装等多个工序环节。新能源风电工程建设施工的管理行动中，主要难点是：整个工期时间相对较短，较短工期内遭遇的自然因素影响较多；运输、吊装工序复杂，安全风险隐患高；工程质量要求极高，施工监管压力较大。基于主要的管理难点，提出了施工进度管理、安全管理、质量管理等具体管理要点建议，确保工程项目稳定推进与如期交付。

**关键词：** 新能源；风电工程建设；施工管理；要点分析

## Analysis Of Key Management Points In The Construction Of New Energy Wind Power Projects

Huang Youcheng

Guangxi Guodian Touhaigui New Energy Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530025

**Abstract：** The construction process of new energy wind power engineering is relatively complex, involving multiple process links such as on-site measurement and layout, foundation excavation and backfilling, and wind turbine hoisting. The main difficulty in the management action of new energy wind power engineering construction is that the entire construction period is relatively short, and there are many natural factors that may affect the construction period; The transportation and hoisting processes are complex, with high safety risks and hidden dangers; The engineering quality requirements are extremely high, and the construction supervision pressure is high. Based on the main management difficulties, specific management suggestions such as construction progress management, safety management, and quality management have been proposed to ensure the stable progress and timely delivery of engineering projects.

**Keywords：** new energy; wind power engineering construction; construction management; key point analysis

近年来，随着我国能源供应体系的改革与生态环境建设要求的提高，风电作为一种清洁能源在能源供应体系中的作用愈发凸显。新能源风电工程是我国“十四五”规划中智能电网建设的重要项目，也是我国电力企业从传统供电服务走向智能、节能、低碳、绿色环保、清洁安全的能源服务阵地的必然要求。尤其是我国“双碳”战略的实施，习近平总书记做出了构建以新能源为主体的能源工作部署，构建清洁低碳、安全高效的能源体系成为我国能源转型的新目标。新能源风电工程建设本质上落实了绿色发展理念，响应了“双碳”战略要求，通过新能源风电工程建设，不仅能够减少对传统能源使用与依赖，更好地减少能源使用中对环境污染。而且，对中国能源体系的健康长远发展具有十分重要意义。新能源风电工程建立在相应的施工上，目前全国各地建设新能源风电工程的步伐正在加快，新能源风电工程建设施工管理成为了业界热议话题，是风电工程施工人员及其相关从业者广泛探讨的内容。本文通过探讨新能源风电工程建设施工的管理要点，提出相关施工管理建议，既能够为我国相关风电工程建设界的相关人员提高实践参考，也助推我国风电工程建设质量的提高。

## 一、新能源风电工程施工的主要内容

### （一）概念

新能源风电工程是指基于“风能转化机械能再转化为电能”的能源供应需要所开展的一系列风力发电场建造、风力发电机组安装、风力发电系统布置等工程活动<sup>[1]</sup>。新能源风电工程施工流程较

为复杂且繁琐，一般包括：现场测量放样、基础开挖回填、风电机组吊装、风力发电设备及系统安装、线路排列与布置、单机调式与联动调式等多道工序。

### （二）施工内容

目前，在实际的新能源风电工程施工中，往往会根据工程涉及的专业方向不同进行施工板块的分类，一是风力发电机组的安

作者简介：黄友诚，1978年7月，性别：男，民族：汉族，籍贯：江西省都昌县，学历：大学本科，职称：高级工程师/经济师，研究方向：安全管理，新能源建设及生产管理，邮箱：326537969@qq.com



装,需要应用到大型起重机、吊机等设备,由专业技术人员合作按照相关施工标准,进行风力发电机组及其相关硬软件设备的安装与布置<sup>[2]</sup>。该施工项目在内容上更多地是偏向于机械组件的设计与安装与软件系统的布置上。二是风力发电场的建造,这一工程项目主要偏向于建筑建造,但是又区别于普通的房屋建造、桥梁建造等<sup>[3]</sup>。风力发电站(场)建造过程中,除了要开展好最基础的地基建设、土石方开挖、混凝土浇筑作业等工作之外,还涉及到风力发电基础模板作业、水泥底座建造及线路排设等诸多工作<sup>[4]</sup>。三是风力发电软件系统的安装,该工程环节偏向于信息工程类,由专业技术人员按照风力发电需要进行相关控制系统的按照布置。四是最后的风力发电机组调试与检验工作等。

新能源风电工程建设施工的管理主要是一项专业化的监管活动,管理工作的实施需要对新能源风电工程所有的施工环节或工序进行监督与管理。施工管理的根本目的是保证各项施工环节与工序的安全、高质量、稳定进行,确保每一项工序的质量达标。因此,本文应从新能源风电工程施工的现场测量放样、基础开挖回填、风电机组吊装、风力发电设备及系统安装、线路排列与布置、单机调试与联动调试等多道工序入手,实施管理要点探讨。

## 二、新能源风电工程建设施工的管理难点

### (一) 工期时间短, 施工期间自然因素影响大

新能源风电工程相较于房屋建筑、桥梁建筑、隧道建造等工程而言,在工期耗时上相对较短。一般而言,新能源风电工程的平均工期时间均保持在6~12个月,其主要是为了加快新能源风电工程项目的正式投入使用时间<sup>[5]</sup>。另外,新能源风电工程施工时间段大多集中于夏季与秋季,而风资源丰富区域气候条件基本上是春季短暂多风,夏季多雨,秋季来临早,冬季风大寒冷且漫长。因此,夏秋两季施工中,很容易遭受雨天、大风等自然因素的影响。这一情形下,便增加了新能源风电工程建设施工的难度,也成为施工管理的难点。

### (二) 运输、吊装工序复杂, 安全风险隐患高

新能源风电工程的主要目标是将风能转化为机械能再转化为电能,从而满足人们对清洁能源的使用需求。基于风电工程目标实现需要,风力发电机组的安装与布置成为了整个工程施工的重要环节。由于风力发电机组中涉及到大型的风扇叶片、发电机、风电机组、机舱、塔筒等超重、超长的物件,因此风力发电机组安装施工的难度较高且工序复杂<sup>[6]</sup>。诸如风扇叶片、塔筒等物件的安装,均需要应用到大型的起重机、吊装机、运输车辆等机械设备,在安装作业环节中,具有一定的风险因素。尤其是在山区实施工程作业时,山地条件更容易对安装作业造成限制性影响,相应的提高风险因素,增加了施工及其管理的难度。

### (三) 工程质量要求极高, 施工监管压力较大

新能源风电工程建设施工的管理基本上围绕着工程质量、安全、效益、效率等几个目标开展。其中,工程质量是施工管理工作的重中之重。我国的新能源风电工程施工标准及其相关指导文件对新能源风电工程的质量要求极高,要求施工管理人员严格把

关各个施工工序与环节,确保风电工程实际使用寿命<sup>[7]</sup>。但是,由于新能源风电工程的施工要素多、工序复杂等,且要求在较短时间内完成整个工程建设。因此,无形中增加了施工管理人员的压力,如何有效监管工程质量成为施工管理人员重点思考内容与关注要点。

## 三、新能源风电工程建设施工的管理要点

### (一) 施工进度管理

基于上文所述,新能源风电工程施工的周期相对较短,但是施工期间涉及到的自然因素影响较多。因此,有效克服自然因素影响,确保施工进度安全、稳定、如期推进是施工管理人员应关注的重点。施工进度管理工作实施上,建议从三个方面着手:一是编制好工程进度计划,管理人员应联系好施工技术方案设计人员、造价师等,获取充足与完整的施工计划资料。根据各项资源,制定好施工进度管理表。其中,施工进度管理表应以时间节点为划分,明确各个施工工序起止时间段与涉及的周期要素。另外,考虑到风电工程施工期间有可能出现恶劣气候、材料物资延期入场等突发状况,致使工期进度存在不确定性,因而需要在施工进度计划中预留适当比例的冗余时间,凭借冗余时间来应对各类突发状况,确保风电工程在约定时间竣工交付。二是做好进度计划的动态调控工作,管理人员通过信息技术提前查询好天气情况,根据天气情况合理安排各项工作进展。如:风扇叶片、发电机、风电机组、机舱、塔筒等安装作业,应避开雨天、大风天气。根据天气因素,提前做好相关工作的安排。在施工周期内若出现不可预报性的大雨、大风等自然现象,需要对施工时间进行灵活调整,避开自然因素的影响。可根据实际需要,在不影响工程实际交付时间的情况下,合理适当延长施工周期。三是做好每一个阶段的进度预测工作,管理人员可以利用BIM等技术手段,联系施工技术人员对整个工程进行建模与施工模拟实验,根据实验结果预测工期进度。依照工期进度预测结果,秉承着工程如期交付、安全顺利实施的原则开展进度管理。

### (二) 施工安全管理

安全管理是新能源风电工程建设施工的基本前提,也是工程稳定推进的根本需要。施工管理人员开展安全管理作业时,重点是根据新能源风电工程施工中容易出现的各种风险因素进行针对性的预防管理与排查。如,风力发电机组的吊装、安装等施工作业中,最容易出现的安全风险隐患便是物体的高处坠落、物体打击、基坑塌陷、人员触电等。因此,进行风力发电机组吊装、安装作业之前,首先要对相关作业人员实施安全教育与培训,提前告知他们在吊装、安装作业中容易出现的各种安全风险隐患,并指导他们掌握正确的施工方法,注意规避安全风险隐患。其次,施工管理人员需要对施工区域实施排查,重点排除一切可能引发高处坠落、物体打击、基坑塌陷、人员触电等安全事故的风险因素,确保施工区域安全规范。同时,做好动态监督与检查工作,施工管理人员应全程对施工环节进行动态监管,动态观察施工区域的环境,确保施工区域内不出现安全风险因子。最后,为了提

高安全管理质量，建议顺应信息技术趋势，大力开展“施工现场安全管理信息化”工作，在新能源风电工程施工区域尤其是风力发电机组吊装、按照区域按照各种监控设备、传感器等，施工管理人员借助监控与传感器系统，可动态观察与了解到施工区域内的情况变化。一旦发现基坑变形量超标、现场人员违规操作等行当时，监控与传感器系统发出报警，施工管理人员立即介入相应的督促与指导整改工作，保证对施工现场的严格化管理。

### （三）施工质量管理

新能源风电工程是一项关系到民生福祉的工作，工程质量直接关系到后续的投入使用结果与使用安全。管理人员必须将新能源风电工程建设施工的质量管理作为总体工作的重中之重。新能源风电工程施工质量管理实施，一是在新能源风电工程施工的各个工序中寻找易出现缺陷点，在重要工序与质量通病高发部位设立质控点。通过质控点的设立，保证后续开展现场巡查工作时，管理人员能够随机抽取一定数量的质控点，检测作业成果质量是否达到建设标准，从而发现质量问题、督促班组人员整改。二是做好各个工序的质量验收工作，为了保证各个工序质量验收结果的真实性与可靠性，建议采用施工方、工程监管方、投资方三方

共同验收的方法，最后三方验收结果汇总形成最终的工程质量验收报告。三是管理人员做好施工现场的巡视工作，了解施工人员的作业行为，确保施工人员本身的施工技术手段合规合格。对于出现错误操作、随意化作业等施工人员，需要及时督导其纠正。

## 四、结束语

总而言之，新能源风电工程建设施工的管理，重点与要点都集中在施工进度、施工安全、施工质量等板块。而且，这些施工要点与新能源风电工程建设施工中容易出现难点也具有一定映照性，如新能源风电工程施工周期短且期间易遭受自然因素影响，这一情形下必然需要做好进度管理工作。风力发电机组运输、吊装工序复杂、安全风险隐患高等，定然强调管理人员开展好施工安全管理。新能源风电工程的质量标准高，也需要管理人员重视质量管控的工作。各项管理工作的实施，根本出路在于施工管理人员创新管理手段，注意管理细节，秉承着科学化、规范化、有效化管理原则，开展施工管理活动。

## 参考文献：

- [1] 乔元栋，王艳忠. 新能源风电工程建设施工的管理要点探讨 [J]. 建筑与施工，2023,2(11):37-38.
- [2] 罗忠志，孟天友，何加兴，等. 西南岩溶区风电场工程水土保持监督管理问题探讨 [J]. 中国水土保持，2024(3):70-72.
- [3] 张纪升，李涛，陈昊. 陆上超高风电机组混合塔架施工技术研究——以大唐滑县枣村风电工程项目为例 [J]. 工程技术研究，2022,7(23):29-31.
- [4] 蔡滢波. 海上风电场工程施工风险分析与管控——以浙能嘉兴1号海上风电场工程为例 [J]. 现代职业安全，2020(12):64-67.
- [5] 徐开源. 分散式风力发电工程总交布置经验总结与应用建议——以天润正镶白旗10MW 分散式风电工程为例 [J]. 工程技术研究，2023,8(5):210-212.
- [6] 邓晓峰. 新能源风电工程建设施工的管理要点研究 [J]. 建材与装饰，2022,18(9):111-113.
- [7] 王金斌. 新能源风电工程建设施工的管理要点分析 [J]. 建筑工程技术与设计，2021(33):1093-1094.

# 电气自动化在水利水电工程中的运用

焦阳文

贵州金元安顺水力发电总厂，贵州 安顺 561000

**摘 要：** 本文深入探讨了电气自动化技术在水利水电工程领域中的应用，着重分析其在提升工程效率、确保安全以及促进资源节约与环境保护方面的重要作用。通过具体实例验证电气自动化系统如何优化监控、调度与信息管理流程。文章揭示了智能化、物联网与可持续发展技术将如何进一步推动该领域的创新和发展，并提出电气自动化不仅提升了水电项目的运行效率，还对防灾减灾及绿色能源的利用起到了积极推动作用。

**关 键 词：** 电气自动化；水利水电工程；智能化；物联网；可持续发展

## The Application Of Electrical Automation In Water Conservancy and Hydropower Projects

Jiao Yangwen

Guizhou Jinyuan Anshun Hydroelectric Power Plant, Anshun, Guizhou 561000

**Abstract：** This paper deeply discusses the application of electrical automation technology in the field of water conservancy and hydropower engineering, and focuses on the analysis of its important role in improving engineering efficiency, ensuring safety and promoting resource conservation and environmental protection. Verify how the electrical automation system optimizes the monitoring, scheduling and information management process. The paper reveals how intelligent, Internet of Things and sustainable development technology will further promote the innovation and development of this field, and proposes that electrical automation not only improves the operation efficiency of hydropower projects, but also plays a positive role in promoting disaster prevention and reduction and the use of green energy.

**Keywords：** electrical automation; water conservancy and hydropower engineering; intelligent; Internet of Things; sustainable development

### 引言：

在全球能源需求日益增长与环境保护要求加强的背景下，水利水电工程的现代化升级显得尤为重要。电气自动化技术作为一种高效的工程技术应用，从精确控制水闸的开闭到实时监测水质与水量，其使得水电站的日常运作更加精准高效。并随着科技进步，新型技术如人工智能和物联网的融入，为水电站的运维管理及灾害预防提供了更为广阔的可能性。本文将针对这一发展趋势，分析电气自动化在水电工程中的关键应用，并探索其未来发展路径。

## 一、电气自动化对水利水电工程的基本应用

### （一）监控系统的建立与优化

在现代水利水电工程中，电气自动化技术已经成为核心应用技术之一，其中监控系统的建立需要构建全面的数据采集系统，通过设立多点测量，准确无误地获取包括流量、水位、压力等基础水文信息，以及温度、湿度、风速等环境信息。工程师采用智能化的数据采集设备如感应器、编码器等，全面覆盖工程的各个关键部位，实时获取和记录第一手数据。这些数据是监控系统的

基础，其质量和完整性直接影响到监控系统的准确性和有效性<sup>[9]</sup>。

在对信息进行实时监控的同时，信息的快速、准确无误的传输就显得尤为重要，因此运用先进的数据通讯技术，比如物联网技术和5G 通讯技术，保证数据无失真、无延迟地传输到数据处理中心。采用分布式网络架构和冗余设计，可确保在任何环节出现故障时，整个系统仍然能够稳定运行。同时传输数据的安全性，可使用加密技术和防火墙系统，防止数据被非法篡改或者破译。完成数据的采集和传输后，可采用人工智能和机器学习等先进技术，进行预测性建模和深度分析，通过构建数学模型，深入



剖析各种参数间的关联性，可以预测势态变化，准确评估风险，并及时做出相应措施。比如在正常状态下，根据模型的预测结果调整水闸开度、泵站运行参数，既可以保障工程的稳定运行，也可以实现能源的最大化利用。而在异常状态下，通过 AI 对异常数据敏感地响应，可发现潜在问题，提前预警以防止事故的发生。

### （二）自动调度与控制技术

在水利水电工程领域，水电站的自动化系统需依赖先进的软硬件平台，例如通过流量和水位传感器收集的数据，结合气象预报信息，自动调度系统可以精确地预测短期和长期的水资源供给情况。这些信息经过快速处理，便可为调度员提供决策支持，从而优化发电与水库保护的管理策略。同时现代调度系统还引入了机器学习算法，从过去的操作数据中学习，优化预测模型的准确性，提高水电站对于异常事件的反应速度和处理能力<sup>[7]</sup>。

此外，随着科技的不断进步，更多辅助决策工具被开发，如基于 GIS 的水电站院总布图自动优化、使用群智能算法优化水电调度等。这些工具与技术的融合使用，提升了水电站资源配置的灵活性和安全性，例如群智能算法能在复杂多变的环境下找到最佳解集，增强系统的适应性。这种创新的技术应用，标志着自动调度技术不断向更智能、更绿色的方向发展，真正实现了由静态规划向动态调整、从单一控制向综合管理的转变<sup>[1]</sup>。正是这种技术的不断深化与创新，使得水利水电工程在面对日益严峻的水资源分配和管理挑战时，能够保持其系统的最优状态，有效响应社会经济发展的需求。

### （三）信息化管理平台

当前的水利水电工程管理中，信息化管理平台采用先进的数据库技术与云计算服务，使得从流速、水位到气象条件等关键参数都能被实时更新并提供给决策者。尤其是平台通过采用机器学习算法和深度学习方法，对历史数据进行分析，从而预测未来可能的运行状况和环境变化，提前做好准备，例如通过分析过去的降雨模式与水库水位变化，平台能预测未来可能的洪水事件，并及时调整水库的水位以防洪水泛滥，确保下游安全<sup>[8]</sup>。

而紧急情况如水质突变、机电设施故障或外部环境突发事件，都能通过集成的监控系统迅速传达至平台中心。随后信息管理平台便启动事先编制好的应急预案，通过算法优化指令下发，实时调整运行模式，最大程度地减少损失和风险。并且信息化管理平台能够依据实时数据与算法推算，持续优化水力发电的生成策略，增强电力输出的稳定性与经济性，例如在电网需求低时，智能调度可减少发电量或利用多余电力进行水的抽提，提升系统的整体能效。

## 二、电气自动化在提升水利水电工程效率方面的运用

### （一）节能减排技术

在水利水电工程中，电气自动化技术的进步显著推动了节能减排的实践，如变频调速技术通过对水泵和提水机械的电机速度进行精确控制，实现了能量的优化使用，不同于传统的固定速度

运行模式，此技术依据实时需求调整运行速度，从而减少不必要的能耗，例如在低负荷需求时减速运行，相比之下减少的能耗可能达到 30% 以上。这种方法不仅增加了设备的使用寿命，同时也显著降低了由过高运行速度带来的能源浪费<sup>[9]</sup>。

并且智能化监控系统通过集成传感器收集数据，如流量、水位和电压等，实时监测能源使用情况与工程设备状态。利用高级数据分析工具，智能监控系统能够识别出能效低下的环节，如某一时间段内非必要的机组运行或存在漏损问题的管道。通过这一过程，系统能够自主调节运营策略或向管理人员发出调整建议，确保操作过程最接近理想能效标准。

### （二）运维管理自动化

自动化运维主要依赖预设好的程序对维护任务进行管理和执行，包括但时间表编制、作业定序控制及实时监控等重要环节，就时间表编制而言，系统可分析历史数据、使用情况、设备老化程度等多方面因素，以便准确定位并在最合理的时间对设备进行维护。并且运维任务执行中的定序控制也被精确预设，旨在严格按照预见性维护的序列避免因人为失误产生的故障。而基于电气自动化技术的实时监控系统经常与这些运维管理自动化系统相结合，全面监测工程设备运行状态，并实时发送警报信息，以便在出现故障时立即进行处理。

同时电气自动化系统还融入了最新的人工智能技术，如机器学习、深度学习和预测性维护等，这些技术已经在许多实践中显示了其在提高预防性维护和修复的有效性和效率方面的潜力，例如当系统监测到可能引起设备故障或部件磨损的情况，可以在问题变得严重之前通知操作员进行干预<sup>[2]</sup>。这种预警功能大大提高了运维管理自动化系统的精准性和预见性，也大大降低了因设备故障所带来的风险和成本。

### （三）安全监测与防灾减灾

电气自动化在安全监测与防灾减灾方面，通过高度集成的传感器网络和智能化的数据处理系统，能够实时采集和分析各类关键参数。河流和水库的水位、流速、压力、温度等数据随时被监测，利用先进的大数据分析手段，将历史数据与实时数据进行对比，从而发现潜在异常。在这种背景下，通过物联网（IoT）技术，分布在各个地方的传感器设备可以及时报告可能的异常情况，比如触发大坝泄洪闸门的自动开启或关闭。

为了增强防灾减灾的效果，现代水利设施更倾向于采用分布式自动化控制系统（DCS），这种设计不仅提高了系统的可靠性，还允许运营人员在多个地点进行远程监控和控制。利用人工智能与机器学习算法，这些系统就能够从大量的现场数据中识别出潜在的异常模式，加上灾害预警模块和应急预案指引功能，一旦检测到可能的危险信号，系统会自动生成报警并启动相应的防御措施。这样的预警机制不只侦测到洪水和泥石流，还包括由于结构疲劳引起的隐患，如大坝裂缝和泄漏。同时多层次的数据冗余储备确保，即使某个节点出现了故障，整体系统仍能正常运行<sup>[3]</sup>。并且结合三维建模与虚拟现实技术，相关部门可以事先进行仿真模拟，不仅有助于制定更加科学的应急预案，而且在实际操作中能迅速作出决策，最大限度地减少灾害造成的损失。

### 三、未来水利水电工程中电气自动化的创新方向

#### （一）智能化与人工智能应用

未来智能化技术在水利水电工程中的应用，例如人工智能可以被训练以识别和预测自然灾害的风险，如洪水和台风，并在这些事件可能发生之前启动预警系统。这种预测不仅基于气象数据，还包括土壤湿度、地形变化及近期极端气候事件的数据。人工智能模型通过持续学习这些综合数据，不断优化其预测准确性，实时更新风险评估模型。使用卷积神经网络和循环神经网络等高级算法，可以从海量的非结构化数据中识别出关键特征，实施更加精确的操作决策支持。智能化管理系统还可以模拟各种水库操作方案，评估其在不同气候模式下的表现，并提出最佳的水资源利用策略。而增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术结合 AI 可以为工程师和管理者提供模拟环境，用以演练复杂的水利工程操作和应急响应流程，确保在面对真实情况时可以迅速有效地响应。

#### （二）物联网（IoT）的集成与应用

在水利水电项目中，物联网技术的创新应用是通过传感器可以收集水位、流速、压力、湿度等多种指标，这些数据被即时传输至中心处理系统。经过高级算法处理后，系统不仅可以预测未来的趋势变化，还可以即时调整控制策略，例如自动调节水闸开关的时间和幅度，以适应突发的气候变化或其他环境因素。同时 IoT 的应用还能够通过机器学习模型对历史数据进行分析，识别出可能导致设备故障或效能下降的微小变化，从而提前进行维护或更换部件，显著降低因突发故障引起的经济损失和环境风险。

此外，利用深度学习和神经网络模型，智能系统可以在分析大量环境数据和消费需求的基础上，自动制定最优的发电计划，例如通过实时监测天气数据和水文情况，AI 模型可以预测未来几小时内的能源需求峰值，并据此调节水轮机的运行状态，以达到最高的发电效率和经济效益<sup>[4]</sup>。这种智能调度系统还能实现跨区域、跨时段的能源优化配置，确保在保证水资源合理利用的同

时，最大限度地满足不同区域、不同时间的电力需求。

#### （三）绿色能源与可持续发展技术

在绿色能源与可持续发展技术的背景下，水电站的电气自动化转型包括传统的自动化改进，如利用先进的传感器和控制系统提高发电效率和系统响应速度，同时也包含了利用智能算法进行能源管理和调度，以最大化利用可再生资源并减少对环境的影响。此类技术创新还针对提高能量转换效率、降低运维成本以及采用更为环保材料和流程等方面进行，例如开发适用于水力发电场景的新型高效涡轮机，这些涡轮机能够在更低的水流速度下工作，减少了对生态系统的干扰。进一步地，通过集成太阳能发电板或风力发电技术，将水电站转变为多模式能源站点，不仅增加了能源的产量，更使能源生产过程的绿色程度得到了大幅提升。

再者，通过部署基于人工智能的预测和优化工具，系统能够实时分析环境数据与能源需求，制定最合理的水资源管理策略和能源分配计划。这种策略不仅可以在保证水电站发电效率的同时，也降低了对周围生态系统的负面影响，还可以通过平衡供需来减少能源浪费和不必要的储能需求<sup>[5]</sup>。而利用物联网技术实现的远程监控与诊断功能，可以及时发现系统运行中的问题，有效延长设备寿命，减少因设备故障导致的资源损失。

#### 结语：

综上所述，随着技术的快速发展与环境保护需求的提升，电气自动化技术在水利水电工程中的应用展现出巨大的潜力和价值。通过实施先进的监控系统、自动化调度控制以及信息化管理平台，水电站的操作变得更加高效和安全。在未来整合智能化元素及物联网技术将进一步优化电气自动化解决方案，推动水电工程向着更高的能效和环境友好方向发展。并持续开发和应用绿色能源技术将为本领域带来革命性的改进，确保水电工程在满足当前需求的同时，也为后代留下一个更加绿色的地球。

#### 参考文献：

- [1] 戴萱, 徐书洋, 伏杰. 基于智能化泵站集群平台的水利系统运行研究 [J]. 电工技术, 2023,(18):195-196+199.
- [2] 王良泽南. 水利工程数字化与智能化发展趋势研究 [J]. 长江工程职业技术学院学报, 2023,40(03):75-78.
- [3] 刘莹莹. 电气自动化在水利水电工程中的运用 [J]. 科技资讯, 2023,21(05):47-50.
- [4] 崔玉林, 王丙祥. 《水利水电工程》指导下的水利水电工程电气自动化技术分析 [J]. 人民黄河, 2022,44(12):166.
- [5] 魏金武, 邹建威, 周宇楠. 电气自动化在水利水电工程中的应用——以某水利水电水闸建设工程为例 [J]. 工程技术研究, 2022,7(21):73-75.
- [6] 陈菲菲. 电气自动化在电力工程技术中的应用 [J]. 中华建设, 2024,(07):142-144.
- [7] 钱磊. 论电气自动化在水利水电工程中的应用 [J]. 新型工业化, 2021,11(05):79-80.DOI:10.19335/j.cnki.2095-6649.2021.5.034.
- [8] 程海. 信息化技术在水利水电工程安全管理中的应用 [J]. 四川建材, 2021,47(12):221-222.
- [9] 金建军. 节能设计理念在电气自动化工程中的应用 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022,12(04):128-130.DOI:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.04.048.
- [10] 赵辉. 电气自动化在电厂系统中的实际应用 [J]. 石河子科技, 2023,(05):43-44.

# 大数据在电力生产管理中的应用与优化策略研究

唐蓉

国核信息科技有限公司，山东 济南 250000

**摘要：** 一个国家要想能够持续建设不断发展，其中绝对离不开的条件之一便是有足够强大的电力系统支持，本研究主要探讨了大数据在电力生产管理中的应用与优化策略。构建以大数据为基础的生产管理体系，才能够实现传统与现代化的完美融合。在这个体系中，大数据可以及时发现问题，让管理者能够更加精准的把握电力生产的每一个细节，实现精细化管理。

**关键词：** 电力系统；大数据；精细化管理

## Research on the Application and Optimization Strategies of Big Data in Power Production Management

Tang Rong

STATE NUCLEAR POWER INFORMATION TECHNOLOGY COMPANY LTD., Jinan, Shandong 250000

**Abstract：** If a country wants to build and develop, one of the indispensable conditions is the strong power system support. This study mainly discusses the application and optimization strategy of big data in power production and management. Only by building a production management system based on big data can we realize the perfect integration of tradition and modernization. In this system, big data can find problems in time, so that managers can more accurately grasp every detail of power production, and realize fine management.

**Keywords：** power system; big data; fine management

### 引言：

电看似无形，但实则却是国家经济腾飞的强大引擎。电力事业如同国家的心脏，其稳健跳动会直接关系到整个社会的脉搏。现代生活日益繁忙，电力需求也开始越来越大，数以万计的电力设施，密密麻麻的线路网络，每一处都需要精心监管。传统的管理方式虽然精细，但效率却难以提升，管理人员必须得耗费大量时间优化管理。长此以往，会让管理人员身心疲惫，也难让电力管理的水平迈上新台阶。

时代在进步，科技在发展，大数据的出现为电力生产管理带来了新的机遇。大数据能够洞察电力系统的每一个角落，快速捕捉问题，精准定位症结。它可以将海量的数据进行分析整合，从中提炼出有价值的信息。电力管理人员借助大数据，可以迅速找到问题所在，提高了管理效率。

## 一、大数据概述

### （一）电力大数据内涵

电力大数据将海量的电力相关数据汇聚一堂，利用先进的技术手段进行深入挖掘。在大数据的操作下，那些曾经看似杂乱无章的数据，如今已经被赋予了新的价值。在对用户用电习惯分析后，可以更加精准的预测出电力需求，优化电网调度。如果电网出现故障，那就可以利用大数据来分析故障数据，以便更快的定位问题所在，提高故障处理效率。对系统运行数据的监测可以更加全面的掌握电网的运行状态，同时也能保证电力的稳定供应<sup>[1]</sup>。

### （二）电力大数据的特征

电力大数据的一个非常显著的特征就是数据量庞大，它的电网一直都处于生产、调度、输送、用电等各个环节中，在这些过

程中，都留下了海量的数据，各种各样的数据在短短几分钟内就能堆积如山。

但拥有庞大的数据量，并不意味着管理者就可以轻易驾驭它，此时就需要电力大数据的另一个特征——高效的数据运行能力来发挥作用了。传统的信息化管理系统在面对这些数据时都会显得力不从心，不管是查询还是导出数据，都需要耗费大量的时间。但有了大数据技术，这些问题就全部都迎刃而解了。数据查询变得迅速而准确，数据处理能力也得到了极大的提升。

## 二、大数据技术应用内容

### （一）云计算技术

说到“云”，人们或许首先想到的就是那片无边无际的天空。

作者简介：姓名：唐蓉，性别：女，出生：1989年8月，民族：汉族，籍贯：山东省菏泽市；学历：本科；职称：工程师；研究方向：核电产业数字化建设方向



但在科技领域，云计算技术则是互联网时代的一颗新星，它不仅依赖互联网而生，更是互联网时代的重要结晶。

传统的电力生产管理信息化系统非常有限，只能储存、查询以及更改有限的数据信息，它的数据共享范围有限，一般都只局限在本地系统或者局部互联网内。传统的电力生产管理信息化系统内存容量有限，服务器系统也容易出故障，一旦崩溃，数据就很有可能会丢失，会给企业带来巨大的损失。而云计算技术则非常庞大，能够实时储存电网数据，实现自动化的数据保管。即使系统出现不稳定的情况，数据也不会丢失，因为它们已经被安全的存储在云端里了。更厉害的是，云计算技术不需要占用本地服务器的内存，当管理员需要查询数据时，只需要向云端发送一个请求，数据就会迅速返回。如此一来，数据的处理效率就会大大提高，管理者也能开始迅速进行数据分析。

## （二）电力监测系统应用

我国地大物博，电力网点也遍布了四方，维系着整个社会的运行。想要对着庞大而复杂的电力系统进行全方位监管，根本就不是一件容易的事情。传统的人力监管方式独木难支，根本没有办法保证每个电力网点都能二十四小时正常运行。

在大数据时代里，电力监测系统可以利用大数据与智能监管技术为电力网点安装智能化监管设备，实现对网点运营全过程的实时监控。智能化监管设备能够时刻监测着电力网点的每一个细微变化，通过与数据库中的标准值进行比对，能够迅速发现异常，将故障信息上传至终端系统。故障信息上传之后，终端人员就能在第一时间收到提醒，然后迅速采取应对措施，对电力故障进行排查修复。

智能化的监管方式有效规避了人工管理所导致的不足之处，大大提高了电力监管的效率，也让电力系统的监管变得更加智能更加全面，成为了符合国家现代化建设的重要管理模式。

## 三、电力生产大数据核心应用技术

### （一）集成管理技术

对于电力生产来说，如何提升管理效率是一个非常值得探讨的话题。电力运行中的数据都来自不同的系统，有的格式各异，有的特征独特，它们各自为政储存在各自的系统中，想要获取这些数据就需要穿梭于多个系统之间，费时费力。但集成管理技术的出现，把这些分散的数据巧妙的集中起来，统一放在了一个云端平台中。当管理者需要查询数据时，只需轻点一下就可以获取到所需的信息。

当然，集成管理技术的价值远不止于此。它是发挥大数据作用的基础性技术，而数据库技术更是提升了数据的处理能力，让数据在云端平台能够更加灵活的运转。

### （二）数据仓库技术

智能电网是一个庞大的信息帝国，其中的数据会分布在各个不同的角落。数据仓库技术可以将这些数据都收纳其中，随时准备为用户提供服务。当用户需要数据时，只需向仓库发出请求，它就会迅速的将所需要的数据提取出来供用户使用<sup>[2]</sup>。

数据仓库不仅仅是一个简单的储存空间，它更像是一个智能的数据加工厂，利用集成数据管理大量的原始数据，会被集中到云端，然后经过数据仓库技术的收集、抽取、转换处理，这些原始数据可以直接被转化为应用于智能电网的云端数据。在数据处理的过程中，数据仓库技术会对数据源进行严格筛选，一旦发现错误的数据源，就会立即提醒修正，提高了智能电网中数据的准确性。

### （三）数据分析技术

与一般的数据处理技术不同，数据分析技术除了对数据进行简单的处理外，更能够深入到数据的每一个角落，通过关联分析，将不同的数据类型串联起来，找到各数据之间的内在联系。

数据分析技术拥有众多强大的算法模型，这也是它能够更好完成任务的秘诀。无论是复杂的电力系统运行数据，还是海量的用户用电数据，数据分析技术都能够轻松应对，从中提炼出有价值的信息。

在实际的应用中，数据分析技术能够深入探析电网运行过程中的多个关联数据规律，发现其中存在的问题。数据分析技术是电力大数据价值得以体现的关键性技术，能挖掘出数据背后的深层价值。在未来，数据分析技术将会是电力大数据领域中最重要的一股力量<sup>[10]</sup>。

## 四、大数据技术电力生产管理

### （一）提升电网运行的安全性与稳定性

大数据技术正在逐步开启电网运行安全稳定的新篇章，这些数据是电力企业决策的关键，也是提升电网运行安全稳定的关键<sup>[3]</sup>。放眼全球，一些先进的国家早已认识到，大数据技术的潜力已经纷纷投入研究，并且成功建立了以大数据为基础的智能电网系统。相比之下，我国在这一领域的，研究起步较晚，尚未形成全面化的体系，研究经验也相对不足。综合之下，导致国内的大数据，电网生产管理水平相对较低，与先进的国家有了一定的差距。

为了弥补这一不足，电力企业必须要进一步加强大数据技术的应用，积极学习借鉴成功经验，打造智能电网监控与评估系统。该系统可以实现仿人工智能式的监管流程，实时分析处理电网运行数据，发现了潜在的安全问题后自动采取相应措施来去预防，在提高了电网运行的安全性的同时还提高了发电效率。

### （二）电力行业大数据的分析研究

现如今，电力行业这个庞大的产业正朝着智能化与自动化的现代化电力系统迈进。但在这前进的道路上，难免会遇到各种复杂的问题，会让企业对于未来发展方向感到迷茫。不过，大数据技术的出现，为许多电力行业提供了清晰的目标。

在电力行业，大数据的分析研究不会单纯的局限于企业的大方向规划。在日常的电力系统维护中，大数据也发挥着很大的作用。有时对设备的历史数据进行深入分析后，可以与同类型设备的数据进行比对，电力工程师们就能更加准确的预测到设备的预计寿命曲线等关键信息。基于大数据的预测分析，既提高了社会维护的针对

性，还使得维护工作更加科学，大大减少了人工成本<sup>[9]</sup>。

## 五、电力大数据所面临的未来挑战

### （一）数据质量方面

虽然科技的进步已经赋予了人类强大的能力去判断数据源的准确性，但某些人为因素导致的数据误差仍像顽疾一样难以根治。对于电力大数据而言，数据质量就像是它的生命线，数据的准确与否会直接关系到管理者能否做出明确的决策。

在实际操作中，不难发现有一些人为的疏忽，比如输入错误、误操作等，都会导致数据出现偏差，这些偏差看似微小，但累积起来就可能对电网安全运营造成影响。除了人为因素外，电力大数据庞大的数据量也是一把双刃剑。一方面，它能够为人们提供丰富的信息，可以帮助管理者更加全面的去了解电网的运行状况；另一方面，庞大的数据量也意味着人们必须投入更多的资源去处理，给这些数据无疑给云端系统带来了沉重的负担，成了摆在管理者面前的一道难题<sup>[4]</sup>。

### （二）数据集成方面

数据的集成是电力大数据绕不开的一个话题，现实中，由于旧有电力企业数据处理系统的局限性，数据的集成之路并不平坦。电力企业的数据会被分散在不同的系统中，分散化的管理方式使同的类型的数据被重复储存在不同的系统中，由于系统之间缺乏统一标准，所以数据在采集转化过程中就会出现比较大的差异。差异会阻碍数据的集成管理，当电力企业需要整合这些数据时，统一的分析就会出现很多问题。数据的格式不统一会使数据整合变得异常困难，由于数据的来源不同，数据的质量和难以保证，这些问题都极大的影响了数据集成效率<sup>[5]</sup>。

为了解决这些问题，电力企业需要建立统一的数据标准，保证数据的格式都符合要求。优化数据库采集流程，减少数据误差，采用先进的数据集成技术将分散的数据整合到一个统一的平台上，实现数据共享。

### （三）数据分析方面

新时代下，数据储存形式也愈发多样化，但这却给电力大数据的分析带去了祸端。在电力系统中，数据一般都会经过多个处理环节才可以进行分析，但是在这个过程中难免会出现数据被重复转换的情况，一套流程下来，既增加了数据处理的复杂性，还会影响数据准确。更为严峻的问题是，频繁的数据转化过程会给分析系统的运行带去巨大压力。随着数据量的不断增加，分析系统需要处理的数据量也会呈指数级增长。如果分析系统的性能跟不上数据增长的速度，最终的结果就是导致系统卡顿崩溃，严重影响生产时效性<sup>[6]</sup>。

为了解决这个问题，电力企业可，增加云端的储存容量，在扩展了云端储存后，让数据有充足的储存空间，为分析提供足够的资源。除了这个，还可以优化服务器性能，最常见的是升级服务器硬件或者优化软件配置，这两个都可以提高服务器的处理能力，减少电脑卡顿风险。

最后，电力企业还要加强对数据分析技术的研发，引入先进

的数据分析算法，能够更高效的处理分析数据，提高数据分析的质量。

### （四）数据展现方面

现有的数据展现技术在一定程度上缺乏企业特色，其实最主要的问题是因为国内在相关技术上的经验不足，这也就间接导致了可视化的设计难以根据各企业的实际电网系统运行需求进行精准调整。

不同的电力企业就像是一个个独立的个体，它们都拥有着各自独特的管理系统，但是在数据展现方面，许多企业却不得不使用着相同或类似的大数据系统，这也从根本上抑制了企业不能脱颖而出。同质化的数据展现方式会导致数据展现无法符合企业的实际要求，忽略企业在管理制度上的差异。通用的数据展现方式还没有针对性，难以拥有细致的数据分析，也会影响企业决策<sup>[7]</sup>。

为了打破这种数据展现出的同质化现象，电力企业必须要积极探索拥有自身特质的数据展现系统。深入了解企业的实际需求，其中包括但不限于管理制度、人员配置、电网系统等方面的情况，引进先进的技术人才，加强数据展现技术的研发。完整的一套流程下来，能够在一定程度上提供更加高效的数据展现服务<sup>[8]</sup>。

## 结语

电力生产是现代社会发展的重要基石，其转型升级的步伐从未停歇。而今，大数据技术的崛起无疑为电力生产带来了新的机遇。大数据应用于电力生产，不光是电力系统未来发展的必然选择，更是推动电力行业高质量发展的重要引擎。

展望未来，大数据将继续引领电力生产迈向新高度，期待在大数据的加持下，电力行业能够提升经济效益，为社会创造更多的价值。同时，我也相信，随着大数据技术的不断进步完善，电力生产也将迎来更加美好的明天。

## 参考文献

- [1] 谢广建. 大数据技术在电力生产管理中的应用前景分析[J]. 科学与信息化, 2018(19):180-181.
- [2] 牛强. 面向智能电网应用的电力大数据关键技术[J]. 科技资讯, 2017,15(17):32-33.
- [3] 李文娟, 杨生婧, 韩宝卿, 等. 大数据技术在电力生产管理中的应用前景分析[J]. 通信电源技术, 2021,38(4):158-160.
- [4] 谢黎, 朱江. 电力企业大数据技术的应用与前景[J]. 科学家, 2016,4(4):14-15.
- [5] 谢红涛, 王洋. 数据挖掘技术在电力数据分析中的运用实践之研究[J]. 中国信息界, 2024,(01):102-105.
- [6] 李红艳. 基于大数据的电力数据应用分析[J]. 电子技术, 2023,52(12):254-255.
- [7] 刘影, 徐圣忱, 刘松野. 关于电力数据挖掘在电网内部及各领域间的运用分析[C]//吉林省电机工程学会. 吉林省电机工程学会2023年学术年会获奖论文集. 国网延边供电公司;2023:2.D01:10.26914/c.cnkihy.2023.046174.
- [8] 黄逸飞, 曹鹏飞, 王卫华. 电力数据中心系统的规划分析[J]. 集成电路应用, 2023,40(10):220-221.D01:10.19339/j.issn.1674-2583.2023.10.099.
- [9] 彭晓辉, 张莉, 胡乃清, 等. 电力行业数字化转型中的大数据分析与应用[J]. 中国高科技, 2024,(03):99-101.D01:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2024.03.28.
- [10] 张维进. 电力设备状态大数据分析的研究和应用[J]. 现代制造技术与装备, 2021,57(03):157-158.D01:10.16107/j.cnki.mmte.2021.0234.

# 建筑电气与智能化行业现状与发展

徐涛，岳德兵

山东兖矿易佳建筑安装工程有限公司，山东 济宁 273500

**摘要：** 本文概述了建筑电气与智能化行业的发展，探讨了其起源、国内外现状及未来趋势。强调智能化技术对行业的影响，对比分析国内外差异。国内行业面临挑战与机遇，包括智能化、智慧化引领，绿色环保理念推广，装配式建筑与 BIM 技术融合，以及数字化转型加速。以及建筑行业数字化转型的加速等行业发展趋势，为建筑电气与智能化行业的未来发展提供了展望。

**关键词：** 建筑电气；智能化；绿色环保

## Current Situation And Development Of Building Electrical And Intelligent Industry

Xu Tao, Yue Debing

Shandong Yankuang Yijia Construction and Installation Engineering Co., LTD.Jining, Shandong 273500

**Abstract：** This paper summarizes the development of building electrical and intelligent industry, and discusses its origin, the current situation and future trend at home and abroad. Emphasize the impact of intelligent technology on the industry, and compare and analyze the differences at home and abroad. The domestic industry faces challenges and opportunities, including intelligent and intelligent guidance, the promotion of green environmental protection concept, the integration of prefabricated buildings and BIM technology, and the acceleration of digital transformation. And the acceleration of the digital transformation of the construction industry and other industry development trends, for the future development of the building electrical and intelligent industry provides a prospect.

**Keywords：** building electrical; intelligent; green environment protection

随着科技的不断进步和社会的发展，建筑电气与智能化行业在推动建筑行业现代化、智能化方面发挥着越来越重要的作用。本文旨在通过对建筑电气与智能化行业发展历程的回顾、国内外发展现状的比较以及未来发展趋势的预测，为该行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

## 一、建筑电气与智能化行业发展历史回顾

### （一）建筑电气技术的起源与发展

建筑电气技术的起源可追溯到 19 世纪末的工业革命时期，在这一时期，电力技术的诞生与普及为建筑电气技术的起步奠定了坚实基础<sup>[1]</sup>。早期的建筑电气技术主要聚焦于照明和基本的电力供应，如电灯、电梯以及简单的电气控制等。这些技术的引入，极大地改善了人们的居住和工作条件，推动了建筑行业向现代化迈进。进入 20 世纪，随着科学技术的不断进步，建筑电气技术也迎来了快速的发展阶段。特别是在 20 世纪 50 年代以后，电子技术的兴起为建筑电气技术注入了新的活力。自动化技术的应用，使得建筑电气系统能够实现更加精确、高效地控制和管理，提升了建筑的整体能效和安全性。到了 21 世纪，随着信息技术的飞速发展，建筑电气技术更是迈向了智能化时代。智能化技术的应用，

不仅使得建筑电气系统具备了更加智能化、人性化的功能，如智能照明、智能安防、智能家居等，还推动了行业的创新和发展，满足了人们对舒适、安全、便捷等多元化需求。

### （二）智能化技术的引入与融合

智能化技术作为当代科技的代表，在建筑电气领域发挥着越来越重要的作用。通过集成传感器、控制器、通信设备等先进设备和技术，智能化技术实现了对建筑电气系统的全面感知、智能控制和高效管理。在建筑电气领域，智能化技术的应用具体体现在多个方面。智能照明系统能够根据环境变化和用户需求自动调节照明亮度和色温，实现舒适节能的照明效果。智能安防系统通过集成视频监控、入侵报警等设备和技术，为建筑提供全方位的安全保障。智能家居系统则通过集成各种智能设备和技术，实现对家居环境的智能化管理和控制，提升居住体验和舒适度。智能化技术的应用不仅提升了建筑电气系统的智能化水平，还推动了

作者简介：徐涛（出生 1984 年 2 月），性别：男，汉族，籍贯：山东省邹城市石墙镇望云三村，学历：本科，职务：总工程师，职称：中级工程师，单位全称：山东兖矿易佳建筑安装工程有限公司。研究方向：建筑电气。



行业的创新和发展。智能化技术使得建筑电气系统能够更好地满足人们的多元化需求，提高了建筑的整体品质和价值。同时，智能化技术还促进了建筑电气与其他行业的交叉融合，推动了行业的多元化发展。

### （三）建筑电气与智能化行业交流与合作的发展

随着建筑电气与智能化行业的不断发展，国际合作与交流也日益加强。各国之间的技术交流与合作，不仅推动了行业技术的创新和进步，还促进了行业标准的制定和完善。国际学术会议、研讨会等活动为专家学者提供了交流和分享的平台，共同探讨行业发展的热点问题和趋势。此外，学术研究也对建筑电气与智能化行业的发展起到了重要的推动作用。通过深入研究行业发展的规律、特点和趋势，专家学者为行业的发展提供了理论支撑和智力支持。同时，学术研究还促进了新技术的产生和应用，推动了行业的创新和发展<sup>[2]</sup>。在时代背景政策文件方面，各国政府也出台了一系列政策文件来支持建筑电气与智能化行业的发展。这些政策文件的出台为行业的发展提供了良好的政策环境和机遇。

## 二、国内外建筑电气行业发展状况比较

### （一）建筑电气设计方面的比较

在建筑电气设计方面，国内外存在着一定的差异，设计理念上，国外更加注重建筑的整体性、系统性和可持续性，倾向于采用综合性和创新性的设计方法。而国内在设计理念上逐渐与国际接轨，但整体上仍存在一定的滞后性，需要更加注重用户需求和人性化设计。在设计方法上，国外普遍采用计算机辅助设计软件（CAD）和建筑信息模型（BIM）技术，提高了设计效率和质量。而国内也逐渐引入这些先进技术，但应用程度和普及率仍有待提高。在设计水平上，国际上的建筑电气设计更加注重细节、精确度和创新性，而国内设计水平虽有所提高，但在某些方面仍存在不足。

### （二）节能和环保因素方面的比较

在节能和环保方面，国内外存在着较大的差异，国外在节能标准制定和环保要求上更为严格，普遍采用高效节能的电气设备和系统，如LED照明、节能空调等。同时，国外还注重可再生能源的利用，如太阳能、风能等，以降低建筑能耗和碳排放。相比之下，国内在节能和环保方面还有一定的提升空间。尽管近年来国内出台了一系列节能政策和标准，但在实际执行中仍存在一定的差距。一些建筑项目在设计和施工中未能充分考虑节能和环保因素，导致能耗较高、碳排放较大。

### （三）建筑电气设备投入方面的比较

在建筑电气设备投入方面，国内外也存在一定的差异。国外在电气设备的投入上更加注重设备的质量、性能和可靠性，倾向于采用国际知名品牌和高端产品。同时，国外还注重设备的智能化和自动化程度，以提高设备的运行效率和管理水平。相比之下，国内在电气设备投入上可能更加注重成本和性价比，一些项目可能会选择价格较为低廉的设备。然而，这也可能导致设备质量参差不齐、性能不稳定等问题。

### （四）应用自动化和智能化技术方面的比较

在自动化和智能化技术应用方面，国内外也存在一定的差异。国外在建筑电气领域已经广泛应用了自动化和智能化技术，如智能照明、智能安防、智能家居等。这些技术的应用不仅提高了建筑的整体能效和安全性，还为用户提供了更加舒适、便捷的生活体验。国内在自动化和智能化技术应用方面也逐渐取得了一些进展，但整体上仍存在一定的差距。一些项目可能只停留在简单的自动化控制阶段，而未能充分利用智能化技术的优势。

### （五）市场规模方面的比较

在市场规模方面，国内外建筑电气行业也存在一定的差异。国外建筑电气市场相对成熟，市场规模较大，且保持着稳定增长的趋势。同时，国外市场竞争也更为激烈，企业需要不断创新和提高产品质量来赢得市场份额。相交之下，国内建筑电气市场近年来也得到了快速发展，市场规模不断扩大。然而，由于市场竞争激烈、价格战频繁等问题，一些企业可能面临着较大的经营压力。

## 三、国内建筑电气与智能化行业发展现状

### （一）建筑电气与智能化行业规模与产业链

当前，国内建筑电气与智能化行业正处于快速发展阶段，行业规模持续扩大。根据中研普华产业研究院发布的报告，预计2024年中国智能建筑科技市场规模将达到6731亿元，显示出强劲的增长势头<sup>[3]</sup>。行业产业链结构相对完整，涵盖了原材料供应商、设备制造商、系统集成商、服务提供商等多个环节。在产业链上游，原材料供应商提供智能建筑所需的基础建材、电子设备等原材料，为整个产业链提供物质基础。在产业链中游，设备制造商生产各类智能建筑设备，如智能照明系统、智能安防系统等，这些设备是智能建筑的核心组成部分。在产业链下游，系统集成商将各种智能建筑设备集成在一起，形成完整的智能建筑系统，服务提供商则提供相关的运营和维护服务。产业链上下游企业之间的协同发展是推动建筑电气与智能化行业持续发展的重要因素。通过加强上下游企业之间的合作与交流，可以实现资源共享、优势互补，提高整个产业链的竞争力和创新能力。

### （二）建筑电气从业人员与注册工程师状况

随着建筑电气与智能化行业的快速发展，从业人员数量也在不断增加。根据中国建筑业协会发布的《2023年建筑业发展统计分析》，2023年建筑业从业人数达到5253.75万人，比上年年末增加112.15万人，增长2.18%。然而，随着行业技术的不断进步和智能化水平的提高，对于从业人员的专业素质和技术能力也提出了更高的要求。注册工程师是建筑电气与智能化行业的重要人才资源。根据相关数据，一级注册建筑师、一级注册结构工程师等注册工程师的数量在不断增加，但相对于行业的快速发展仍显不足。同时，注册工程师的培养和选拔也面临着一定的挑战，如招生分数线下滑、学生兴趣转移等问题。

### （三）行业发展面临的挑战与不利因素

尽管国内建筑电气与智能化行业取得了显著的发展成就，但

仍面临着一些挑战和不利因素。首先，市场迈入存量时代，新签订单同比下降，给行业发展带来了一定的压力。其次，行业陷入资金危机，一些企业面临较大的两金管控压力和收现比下滑的问题，影响了行业的稳定发展。此外，员工队伍后继无人，“50岁农民工”现象在建筑行业中普遍存在，人才吸引力持续下滑，给未来员工队伍建设带来了隐忧<sup>[4]</sup>。针对这些挑战和不利因素，行业需要采取一系列应对措施。首先，加强技术创新和研发，推动行业向高端、智能化方向发展。其次，加强人才培养和引进，提高从业人员的专业素质和技术能力。同时，加强行业自律和规范管理，提高行业的整体形象和信誉度。此外，还需要加强国际合作与交流，借鉴国外先进经验和技术，推动行业的国际化发展。

## 四、建筑电气与智能化行业发展趋势

### （一）智能化、智慧化技术引领行业革新

随着全球信息化和智能化的加速推进，建筑电气与智能化行业正逐步从传统的电气系统向智能化、智慧化方向转型。智能化技术不仅能够实现设备的自动控制和数据收集，还能通过大数据分析提供更为精准的管理和决策支持。在市场需求方面，随着消费者对居住环境和舒适度要求的提高，智能化产品逐渐成为市场的新宠。智能灯具、智能消防、智能安防等智能化产品不仅提高了居住的便捷性和安全性，还为用户带来了全新的居住体验。未来，随着技术的不断进步和应用场景的拓展，智能化技术将在建筑电气与智能化行业中发挥更加重要的作用。

### （二）绿色环保将是重要发展方向

在全球环境问题日益凸显的背景下，绿色环保理念已成为建筑电气与智能化行业发展的重要方向。行业将聚焦节能减排、资源循环利用等环保技术，推动建筑电气系统向绿色低碳方向转型。太阳能、风力发电等清洁能源的应用将更加广泛，减少对化石能源的依赖，降低建筑能耗和碳排放。同时，直流配电、微电网、虚拟电网等先进技术将进一步得到推广，实现能源的绿色高效利用。建筑电气与智能化企业应积极响应国家号召，加大绿色环保技术研发和投入，将绿色环保理念融入产品设计、生产和服务的全过程中，推动行业的可持续发展。

### （三）装配式建筑与 BIM 技术深度融合，革新设计理念

装配式建筑作为现代建筑的重要形式之一，其占比将持续上升。根据国家政策规划，到2026年全国装配式建筑占比将达到30%以上<sup>[5]</sup>。与此同时，BIM技术作为建筑信息模型的核心技术，已成为推动建筑设计革新的重要工具。装配式建筑与BIM技术的深度融合将成为未来建筑设计的主流。通过BIM技术，可以实现建筑信息的全面集成和共享，提高设计的准确性和效率。同时，装配式建筑与BIM技术的结合，将显著减少环境污染、提高施工效率，并降低建筑施工成本。建筑电气与智能化行业应紧跟这一趋势，加强与装配式建筑和BIM技术的融合，推动建筑电气设计观念的更新和发展。

### （四）建筑行业数字化转型加速推进

近年来，国家及住房和城乡建设部出台了一系列政策，推动建筑行业的数字化转型。数字化转型已成为建筑行业的重要战略方向，从设计、生产到施工、运维等全过程都将实现数字化改造。具体而言，数字化设计将成为未来设计的主流，通过引入人工智能等先进技术，实现设计的自动化和智能化。数字化交付将替代传统的图纸交付方式，提高交付的效率和准确性。同时，人工智能将成为勘察设计的重要工具，助力行业实现更高效、更精准的设计。多模型择优法将应用于交付和实施过程，通过VDC（虚拟机数据中心）实现多维度提前预判和决策，降低项目风险。建筑电气与智能化企业应积极响应国家号召和政策引导，加大数字化转型的投入和力度，加强与其他行业的合作与交流，共同推动建筑行业的数字化转型进程，实现行业的创新发展。

## 结语：

建筑电气与智能化行业作为建筑行业的重要组成部分，其发展趋势和前景备受关注。本文通过对该行业的全面分析，预测了智能化、智慧化技术、绿色环保、装配式建筑与BIM技术深度融合以及建筑行业数字化转型将成为行业未来的主要发展方向。这些趋势将对行业产生深远的影响，推动建筑电气与智能化行业不断向前发展，为建筑行业的现代化、智能化进程提供有力支撑。

## 参考文献

- [1] 郭治华. 建筑电气智能化弱电工程施工技术探析[J]. 建筑·建材·装饰. 2023,(6).
- [2] 武廷海, 赵亮. 智慧城市—智能网联汽车协同发展与未来城市规划建设[J]. 建设科技. 2022,(1):34-36.
- [3] 陈凤华. 基于校企合作“双主体”“三课堂”课程教学体系构建与实践——以建筑电气与智能化工程专业为例[J]. 科技风, 2024, (09): 62-64.
- [4] 刘建峰, 宋建刚, 方志. 建筑电气与智能化行业现状与发展[J]. 江苏建筑, 2023, (S1): 115-119.
- [5] 2023年中国建筑学会建筑工程类工程会员能力评价面试（建筑电气与智能化）在苏州举办[J]. 现代建筑电气, 2023, 14 (11): 65.

# 电气工程自动化中智能化技术的应用研究

罗磊

广西兆泰送变电工程集团有限公司, 广西 柳州 545000

**摘要：** 本文先概述了电气工程自动化的基本原理及其主要应用领域，随后介绍了智能化技术的起源、发展、分类和特点，并分析了智能化技术在电气工程自动化中的应用现状。在此基础上，深入研究了人工智能在电气设备故障诊断、机器学习在电力系统优化调度、神经网络在电力市场预测以及智能优化算法在电气工程设计中的应用，并通过具体案例分析验证了这些技术的有效性和实用性。最终，讨论了电气工程自动化中智能化技术面临的挑战和发展趋势，为未来的研究提供了方向。

**关键词：** 电气工程自动化；智能化技术；人工智能；机器学习；神经网络

## Research on the Application of Intelligent Technology in Electrical Engineering Automation

Luo Lei

Guangxi Zhaotai Power Transmission and Transformation Engineering Group Co., Ltd, Guangxi, Liuzhou 545000

**Abstract：** This paper first outlines the basic principle of electrical engineering automation and its main application areas, then introduces the origin, development, classification and characteristics of intelligent technology, and analyzes the current status of the application of intelligent technology in electrical engineering automation. On this basis, the application of artificial intelligence in electrical equipment fault diagnosis, machine learning in power system optimal scheduling, neural network in power market prediction and intelligent optimization algorithms in electrical engineering design is studied in depth, and the effectiveness and practicability of these technologies are verified through specific case studies. Finally, the challenges and development trends of intelligent technology in electrical engineering automation are discussed, providing a direction for future research.

**Keywords：** electrical engineering automation; intelligent technology; artificial intelligence; machine learning; neural network

## 引言

随着科技的飞速发展，电气工程自动化技术在我国各行业中的应用日益广泛，为生产和生活带来了极大的便利。电气工程自动化技术通过计算机、通信、自动控制等技术手段，实现了对电气设备的自动监控、控制和维护，提高了生产效率，降低了人力成本，保障了系统运行的稳定性和安全性。

然而，随着电气系统规模的不断扩大和复杂性的不断提高，传统的电气工程自动化技术逐渐暴露出一些问题，如故障诊断困难、系统优化调度效率低、市场预测不准确等。为此，将智能化技术引入电气工程自动化领域，已成为当前研究的热点。智能化技术以其自学习、自组织、自适应和高度智能化的特点，为电气工程自动化技术的发展提供了新的思路和方法。

## 一、电气工程自动化概述

随着工业4.0时代的到来，电气工程自动化技术已成为推动工业进步的核心力量。本章将带您深入了解电气工程自动化的基本原理，并探讨其在各个领域的实际应用，展现这一技术如何深刻影响着我们的生产与生活方式。

### （一）电气工程自动化的基本原理

电气自动化是指利用电子技术、控制技术和计算机技术来实现对电气设备的智能化和自动化管理。电气自动化可以追溯到工

业革命时期，当时的机械化生产已无法满足日益增长的需求，人们开始意识到自动化生产对提高生产效率和重要性<sup>[1]</sup>。该技术的工作原理分为三个相互衔接的环节：先通过传感器和变送器等设备感知电气系统的实时运行状态，包括电压、电流、温度、转速等关键参数；之后，计算机系统对收集的数据进行分析和处理，依据预设的控制策略或优化算法，制定出控制指令；最终，执行器如接触器、继电器、伺服电机等根据指令对电气设备进行精确控制，从而确保整个系统的高效、稳定和安全运行。这一连贯的过程构成了电气工程自动化的基础，保障了电气系统的自动



化运行。

## （二）电气工程自动化的主要领域与应用

电气工程自动化技术已渗透到国民经济的各个领域，以下列举了几个典型的应用场景，以展示其广泛而深远的影响。

1. 电力系统：自动化技术在电力系统中起着至关重要的职能，它覆盖了从发电、输电、变电直至配电的整个链条。凭借自动化设备的精准运作，电网得以实现连续的实时监控、精准的故障诊断以及智能化的调度管理，从而确保了电力供应的稳定性与可靠性<sup>[2]</sup>。

2. 石化行业：在石油化工生产领域，自动化控制系统的精确调控对于温度、压力、流量等关键参数的掌握至关重要。这不仅显著提升了产品质量，同时也大幅增强了生产过程的安全性。

3. 交通控制：在城市交通管理、高速公路收费体系、地铁运营调度等多个关键领域，电气工程自动化技术的应用确保了交通流的高效有序，显著提升了运输效率，为城市的畅通运行提供了坚实的技术支撑。

通过上述实例，可以看到电气工程自动化技术在提升生产力、优化资源配置、保障安全生产等方面发挥着不可替代的作用。因此，随着技术的不断进步，电气工程自动化的应用将更加广泛，其影响力也将进一步增强。

## 二、智能化技术概述

在当今时代，智能化技术正引领着一场深刻的技术革命，它不仅改变了传统产业的运作模式，也为新兴产业的发展注入了强大动力。本章将追溯智能化技术的起源与发展，解析其分类与特点，并探讨其在电气工程自动化领域的应用现状，以期揭示智能化技术如何推动电气工程自动化迈向更高水平。

### （一）智能化技术的起源与发展

智能化技术的发展始于20世纪50年代，伴随着计算机科学、人工智能和控制理论的兴起而逐步形成<sup>[3]</sup>。这一技术经历了从符号主义人工智能的萌芽（1950s—1960s），到专家系统、机器学习等技术的诞生（1970s—1980s），再到神经网络、数据挖掘和模式识别的突破（1990s—2000s），以及大数据、云计算、物联网等技术的推动（2010s至今）。智能化技术如今已成为推动社会进步的关键力量。

### （二）智能化技术的分类与特点

智能化技术涉及多个领域，包括人工智能、机器视觉、机器人技术和智能控制。人工智能涵盖机器学习、深度学习和自然语言处理，具有自学习、自适应和自组织的能力。机器视觉通过图像处理和分析，赋予机器“视觉”功能，应用于工业检测和无人驾驶。机器人技术结合控制、传感、机器视觉，使机器能在复杂环境中执行任务<sup>[4]</sup>。智能控制利用先进控制理论和方法，实现对复杂系统的精确控制。智能化技术的特点包括自主性、适应性、学习能力和交互性。

### （三）智能化技术在电气工程自动化中的应用现状

智能化技术在电气工程自动化领域的应用日益广泛，涵盖了

故障诊断、优化调度、预测维护和智能控制等多个关键领域。例如，通过人工智能算法实时分析电气设备的运行数据，实现故障的及时发现和预报；利用机器学习技术深度挖掘电力系统的运行数据，实现能源的最优分配和调度；基于历史数据和机器学习模型预测设备维护的最佳时机，降低运维成本；采用智能控制算法提高电气系统的控制精度和响应速度，提升系统性能。这些应用显著提升了电气工程自动化的水平，并为电气系统的安全、高效、稳定运行提供了有力保障。展望未来，随着技术的不断进步和创新，智能化技术将在电气工程自动化领域发挥更加重要的作用。

## 三、电气工程自动化中智能化技术的应用研究

智能化技术的融入，为电气工程自动化领域带来了革命性的变革。本章将深入探讨在电气工程自动化中的具体应用，通过实际案例分析，揭示如何提升电气系统的智能化水平。

### （一）在电气设备故障诊断中的应用

电气系统在运行过程中，由于线路老化、设备性能降低、外界环境和人为因素等影响会不定期地出现各种故障<sup>[5]</sup>。智能化技术的应用极大地提升了故障诊断的效率和精准度。具体来说，智能化技术在电气设备故障诊断中的应用包括实时数据采集与分析、故障模式识别、预测性维护、专家系统和远程诊断等多个方面。

实时数据采集与分析利用传感器和监测设备实时采集电气设备的运行数据，并通过智能化算法进行分析，以发现潜在的故障。故障模式识别通过机器学习和深度学习技术，建立故障模式识别模型，能够自动识别电气设备在不同运行状态下的故障模式。预测性维护基于历史故障数据和实时监测数据，运用智能算法预测设备可能出现的故障，提前采取维护措施，降低故障发生的风险。专家系统利用专家系统的知识库，模拟专家的经验 and 知识，对电气设备故障进行快速、准确地判断。远程诊断通过物联网技术，实现对电气设备的远程监控和诊断，减少现场维护人员的工作量，提高故障诊断的效率。

智能化技术的应用不仅提高了电气设备故障诊断的准确性和效率，还为电气工程自动化领域带来了显著的经济效益。

### （二）在电力系统优化调度中的应用

电力系统的优化调度对于确保电力供应的稳定性、经济性和安全性至关重要<sup>[6]</sup>。智能化技术的应用极大地提升了电力系统调度的效率和精准度，使其变得更加高效、精准和智能化。具体而言，智能化技术在电力系统优化调度中的应用主要体现在以下几个方面：

第一，实时负荷预测通过结合历史负荷数据和实时监测数据，利用机器学习技术预测未来一段时间内的负荷变化，为电力系统调度提供准确依据。第二，发电计划优化根据实时负荷预测结果，运用智能算法对发电计划进行优化调整，实现能源的最优分配和调度，提高电力系统的运行效率。第三，故障响应优化在发生故障时，智能化技术能够迅速响应，根据故障类型和影响范围，制定最优的故障处理方案，减少故障对电力供应的影响。同



时,经济调度策略结合市场价格信息和电力供需情况,运用智能算法制定经济调度策略,降低电力系统的运行成本,提高经济效益<sup>[7]</sup>。第四,节能减排优化通过智能化技术对电力系统的运行参数进行优化调整,实现节能减排目标,促进电力系统的可持续发展。

### （三）在电力市场预测中的应用

电力市场的预测对于电力供应商、消费者和监管机构都至关重要,智能化技术的应用使得电力市场的预测更加准确和可靠。具体而言,智能化技术在电力市场预测中的应用包括实时市场数据处理、电力价格预测、供需平衡预测、市场风险评估和决策支持系统。

实时市场数据处理先利用传感器和监测设备实时采集电力市场数据,并通过智能化算法对这些数据进行处理和分析,以获取市场动态和趋势。之后,电力价格预测运用机器学习和深度学习技术,建立电力价格预测模型,能够预测未来一段时间内的电力价格走势,为电力供应商和消费者提供决策支持。此外,供需平衡预测基于历史数据和实时监测数据,运用智能算法预测电力市场的供需平衡情况,为电力市场的稳定运行提供参考。市场风险评估通过智能化技术对电力市场进行风险评估,预测市场可能出现的波动和风险,为电力供应商和监管机构提供风险管理策略<sup>[8]</sup>。最终,决策支持系统利用智能化技术建立决策支持系统,为电力市场的参与者和监管机构提供实时、准确的决策支持信息。

### （四）在电气工程设计中的应用

电气工程是确保电气系统高效、安全、可靠运行的关键环节。智能化技术的应用极大地提升了电气工程设计的效率和精准度,使其变得更加高效、精准和智能化。具体而言,智能化技术在电气工程设计中的应用主要体现在以下几个方面:

第一,参数优化通过运用智能优化算法,对电气工程设计中的参数进行优化调整,以实现电气系统性能的最大化。第二,自动布局利用机器学习技术,根据电气系统的特点和需求,自动布局电气设备,提高设计效率和准确性。第三,智能选型结合历史数据和实时监测数据,运用智能算法对电气设备的选型进行优化,确保电气系统的高效运行。同时,仿真与验证通过智能化技术对电气工程设计进行仿真与验证,发现潜在问题并及时进行调整,提高设计质量。第四,智能辅助设计建立智能辅助设计系统,为电气工程师提供实时、准确的辅助信息,提高设计效率和准确性<sup>[9]</sup>。

## 四、电气工程自动化智能化技术的应用案例

### （一）案例概况

某大型电力公司为了提高电力系统的运行效率和安全性,决定引入智能化技术进行电气工程自动化改造。该电力公司拥有一座火力发电厂和一座水力发电厂,发电机组数量众多,发电容量庞大。然而,传统的监控和控制系统已经无法满足现代化电力系统的需求,因此,公司决定采用智能化技术对现有系统进行升级。

### （二）案例分析

在该电力公司的电气工程自动化改造项目中,智能化技术的广泛应用显著提升了电力系统的运行效率和安全性。通过安装大量的传感器和监控设备,实时监测发电厂的运行状态,包括温度、压力、流量等关键参数,确保了数据的准确性和实时性。这些数据被传输到中央监控系统,利用人工智能算法进行分析,以实现对发电设备的故障预测和诊断。

此外,智能化技术还被应用于电力系统的优化调度。通过机器学习技术,对电力系统的运行数据进行深度挖掘,实现能源的最优分配和调度。该系统可以根据实时负荷预测结果,调整发电计划,优化电网运行,提高电力系统的稳定性和经济性<sup>[10]</sup>。而智能化技术的应用不仅提高了电力系统的运行效率和安全性,还为公司的运营管理提供了有力支持。通过建立智能辅助设计系统,电气工程师可以获得实时、准确的辅助信息,提高设计效率和准确性。

总之,该电力公司的电气工程自动化改造项目充分展示了智能化技术在电力系统中的应用效果,为电力系统的稳定运行和可持续发展提供了强大的技术支撑。

## 结束语

在科技浪潮中,电气工程自动化与智能化技术的融合已成趋势。本文探讨了智能化技术的演变、类别及其在电气工程中的应用,见证了技术革新。尽管智能化技术的应用面临数据处理、算法适应性等挑战,但机遇同样显著。展望未来,算法的进步、边缘计算与云计算的融合、人工智能与电气工程的深度整合,以及可持续发展理念的实践,都将推动电气工程自动化走向更加高效、智能、环保的新时代。我们为智能化技术的成就喝彩,并对未来充满期待。

## 参考文献

- [1] 邓雨佳. 电气自动化在电气工程中的应用探讨 [J]. 通讯世界, 2024, 31(03):96-98.
- [2] 刘星. 电气工程中自动化技术的实践与探索 [J]. 电子质量, 2024, (03):61-64.
- [3] 杨臻. 新能源开发中电气工程自动化节能措施应用分析 [J]. 中国设备工程, 2024, (05):250-252.
- [4] 杨雷, 朱振华. 电气自动化控制系统在电气工程中的应用及其发展趋势研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(02):4-6.
- [5] 钱贵东. 电气工程自动化控制中智能化技术的运用 [J]. 大众标准化, 2024, (01):42-44.
- [6] 孙芷璇. 电气工程及其自动化的智能化技术应用研究 [J]. 电气技术与经济, 2024, (01):70-71+74.
- [7] 王子乐. 自动化技术在输电工程中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53(01):94-95.
- [8] 孙放, 夏书悦. 智能化技术在电气工程及自动化控制中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(02):184-185.DOI:10.19339/j.issn.1674-2583.2024.02.081.
- [9] 雷成秀. 探析电气工程及其自动化的智能化技术应用 [J]. 中国设备工程, 2023, (24):42-44.
- [10] 邓兴彦, 季亚枫. 电力系统电气工程自动化的智能化应用分析 [J]. 产品可靠性报告, 2023, (12):114-116.

# 新能源电力建设工程施工现场安全管控模式研究

陈梓晗

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司，贵州 贵阳 550002

**摘要：** 本文针对新能源电力建设工程施工现场安全管控模式进行了深入的探讨。通过对新能源电力建设工程施工现场的特点和风险进行分析，构建了一套完善的安全管控模式。体系包括责任制、管理制度、培训、监督等。文章还强调了技术创新，如信息系统、监控预警、应急救援、个人防护和绿色施工，以提高安全管理的效果和效率，旨在为提升新能源电力建设安全水平提供支持。

**关键词：** 新能源；安全风险；管控体系；关键技术

## Research on Safety Control Mode of Construction Site of New Energy Power Construction Project

Chen Zihan

SPIC Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd, Guizhou, Guiyang 550002

**Abstract：** This paper carries out an in-depth research and discussion on the safety control mode of the construction site of new energy power construction project. By analyzing the characteristics and risks of the construction site of new energy power construction project, a set of perfect safety control mode is constructed. The system includes responsibility system, management system, training, supervision and so on. The article also emphasizes technological innovations, such as information system, monitoring and warning, emergency rescue, personal protection and green construction, in order to improve the effectiveness and efficiency of safety management, aiming to provide support for the improvement of the safety level of new energy power construction.

**Keywords：** new energy; safety risk; control system; key technology

## 引言

中国经济的快速发展和城市化推动了新能源电力建设工程的蓬勃发展，其施工现场安全成为社会关注的热点。这些工程对于优化我国能源结构、减少温室气体排放具有深远影响。新能源电力建设工程有助于减少对化石能源的依赖，降低能源消耗过程中的碳排放，为实现我国减排目标作出贡献。同时，新能源电力建设工程的环保特性也有利于推动绿色能源产业的发展，促进经济社会的可持续发展。然而，复杂的环境和施工风险，如高空作业、电气设备操作及工程机械操作等，对工人安全与项目进度构成挑战。研究新能源电力建设工程的安全管控模式，对于提升安全管理水平、减少事故发生、确保工人安全和项目顺利进行具有显著的现实和理论意义。

## 一、新能源电力建设工程施工现场安全风险识别与评估

随着我国经济的快速发展，新能源电力建设项目的规模和数量也在不断增加。然而，新能源电力建设工程施工现场存在着许多潜在的安全风险，如何有效地识别和评估这些风险，对于保障施工现场人员的安全、设备的完好以及工程的顺利进行具有重要意义。

### （一）安全风险识别方法

在新能源电力工程施工建设中，将会面临各种安全问题，如高空坠落、触电、机械伤害、火灾、爆炸等，这些安全问题将会给施工人员生命安全埋下隐患，给企业及社会发展造成不良影响。在新能源电力施工企业施工建设时，如果没有制定详细的安全生产管理方案，落实好安全生产职责，容易产生各种安全问题。所以，在电力工程施工建设中，加强新能源电力建设工程建设施工安全管理工作是非常必要的<sup>[1]</sup>。

在新能源电力建设现场，安全风险识别是基础，需全面审视和深入分析环境。现场勘查至关重要，能让管理者直观了解现场环境、设备状态和人员活动，及时发现隐患。如图1所示，根据工程特点，制定详尽的安全检查框图，细致排查风险，确保潜在风险有效识别和预防<sup>[2]</sup>。识别危险源同样重要，包括设备、环境和人员等多方面危险源的系统性梳理，是预防事故的关键。事故树分

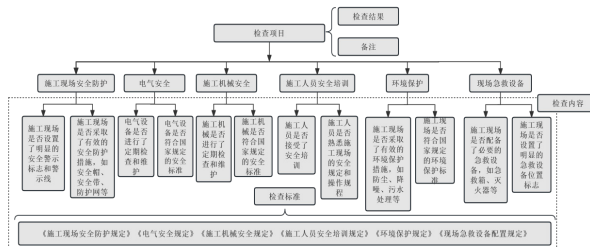


图1 安全检查框图

析有助于追踪事故根本原因，深入识别潜在风险。通过这些方法整合应用，为新能源电力建设现场提供坚实技术支持，营造更安全、有序的作业环境。

（二）安全风险评估方法

在新能源电力建设现场，风险识别后，需进行细致评估，量化风险的可能性和后果严重性。定性评估快速分类风险，提供初步判断；定量评估则使用统计数据，提高精确度。两种方法结合，为风险管理提供全面视角。

风险矩阵作为综合工具，将风险的可能性和严重性纳入统一框架，以矩阵形式直观展示风险等级，便于快速识别和处理高风险点<sup>[3]</sup>。这种多维评估提升管理效率和效果，确保安全管理措施有的放矢。如图2所示。

通过综合评估流程，施工现场管理者能更科学地制定风险应对策略，为新能源电力建设的安全管理提供坚实的理论和实践支撑。

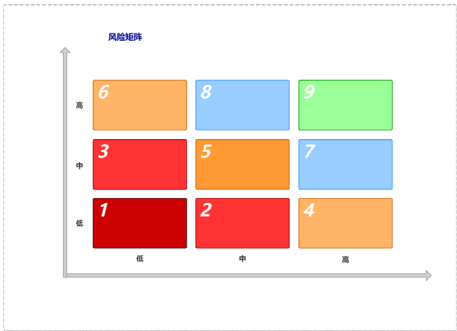


图2 风险矩阵

（三）新能源电力建设工程施工现场安全风险识别与评估实证分析

在海南三亚繁科技城区域，某集中供冷项目正在建设中，涉及多个能源站的运营。自2024年3月29日起，三亚某公司开始对1号能源站的蓄冰池钢板进行维修作业。到了4月3日，9名工人下到蓄冰池进行动火作业，其中4人负责焊接工作。上午9点左右，焊接过程中不慎引燃了保温材料，火势随之蔓延。现场人员虽试图用灭火器扑灭火势，但未能成功。接到报警后，三亚市消防救援支队迅速出动，赶到现场展开救援。不幸的是，此次火灾导致3名工人因窒息而丧生。

此次火灾事故暴露了施工现场在安全风险管理工作上的诸多漏洞。其中违规操作的问题尤为严重，一些作业人员在未取得焊工特种作业证书的情况下，擅自进行了焊接作业，同时，在进行动火作业时，对周围可燃物的清理疏忽大意，导致现场管理陷入混乱。再者，安全意识的淡薄同样明显，现场人员对安全问题重视不足，缺乏必要的安全生产教育和应急处理训练，致使事故发生时，现场人员无法有效应对。此外，管理层面的缺陷也不容小觑，负责单位在安全管理上存在诸多不足，既未能有效识别和防范安全风险，也未能切实贯彻安全生产的责任制度。

确保动火作业的安全性，能源站需要全面考虑几个重要方面：人员管理、作业环境、作业流程、特殊场所作业。

对于人员管理，要求动火作业人员必须持有焊工特种作业证，确保资质与作业要求相符。定期对员工进行安全知识和应急技能培训，强化安全意识，确保每位员工明确并落实安全责任。作业前彻底清除可燃物质，合理设立防火隔离区，严格禁止在人员密集区进行火源操作。作业过程中，必须严格遵守审批流程，

指派专人现场监管，并确保动火区有完备的消防设施。作业完成后，立即熄灭火源，彻底清理现场。针对有限空间作业，还需进行全面风险评估，并实施针对性地安全防护措施。

火灾事故揭示了施工现场安全风险管理的多处缺陷，尤其是违规操作、安全意识淡薄和管理不足。为安全进行动火作业，必须确保人员资质、定期培训、清除可燃物、设立防火区、遵守审批程序、严格作业流程、加强监督和风险评估。安全生产是生命责任，需时刻警惕。

二、新能源电力建设工程施工现场安全管控体系构建

新能源电力建设工程施工现场的安全管控是确保工程顺利进行和人员安全的关键。为了有效地管理施工现场的安全风险，需要构建一套完整的安全管控体系。这个体系应当包括安全管控体系框架、安全生产责任制、安全管理制度、安全生产培训与教育以及安全监督与检查等关键要素。

（一）安全管控体系框架

安全管控体系框架是安全管理的基础，明确了组织结构、职责分工、工作流程和资源配置<sup>[5]</sup>。该框架确保了各层级和岗位明确安全职责，实现管理的高效流畅。如表1。

透明度和效率是该框架的核心，保障了管理的有效性和持续性。透明度通过公开安全政策、普及安全培训和建立报告沟通机制来实现。效率则通过流程简化和标准化、应用自动化和数字化工具、明确权责分配以及持续改进来提升。透明度和效率相互促进，共同降低安全风险。

通过这样的框架设计，新能源电力建设工程施工现场的安全管理得到制度化，实现了全员参与和人人有责的安全管理局面，为安全管理提供了依据。

表1 安全管控体系框架

管理层级	职能模块	职责分工	工作流程	资源配置
高层管理	安全战略规划	制定安全目标和战略	安全目标设定、安全战略规划、安全战略实施	高层管理人员、安全专家
中层管理	安全风险管控	识别、评估和化解安全风险	风险评估、风险缓解计划、风险管理监督	安全管理人员、风险评估专家
操作层	安全运营管理	实施安全措施和程序	安全培训、安全监督、安全事故处理	安全操作人员、安全培训师、安全监督员
支持层	安全资源管理	管理安全资源配置和利用	安全资源配置计划、安全资源采购、安全资源维护	安全资源管理员、安全采购人员
安全组织结构	安全管理部门	负责安全管理的日常运作	安全管理计划、安全检查、安全事故调查	安全管理人员、安全检查员、安全事故调查员
安全组织结构	安全培训机构	提供安全培训和教育	安全培训需求分析、安全培训课程设计、安全培训评估	安全培训师、安全培训教材

（二）安全生产责任制

安全生产责任制是一种深植于组织文化的管理制度，确保每位



员工对自身安全行为负责。此制度不仅明确了管理层和操作人员的安全职责，还要求他们深刻理解并严格遵守安全规定。实施安全生产责任制显著提升了员工的安全意识，从根源上减少了事故<sup>[9]</sup>。这种制度关乎个体安全，也是塑造和提升整体安全文化的关键。

### （三）安全管理制度

安全管理制度是安全管理体系的核心，涵盖规章、规程和预案。制定应基于工程特性和实际需求，确保适用性和有效性。完善这些制度，规范员工行为，提升安全文化，降低风险，保障现场安全。这些制度不仅是书面规则，更是工作准则，为新能源电力建设提供坚实的安全管理支撑。

### （四）安全生产培训与教育

安全生产培训教育是提升员工安全意识和操作技能的核心措施。该机制通过定期更新安全知识和技能，提高员工对突发事件的应对能力。涵盖新员工安全启蒙培训、在职员工定期复训，以及特定工种与安全问题的专门培训<sup>[7]</sup>。这一体系旨在帮助员工掌握必要的安全知识，培养预防为主、安全至上的工作态度，为新能源电力建设工地营造更安全、和谐的工作氛围。

### （五）安全监督与检查

安全监督与检查是确保安全管理制度得以贯彻实施的关键环节。全面的系统监督和细致检查施工现场，能够及时发现并排除安全隐患，确保风险得到控制。日常巡查、定期大检查、专项检查及事故调查等措施，有助于保持警惕、全面评估风险、针对重点问题和高风险环节进行深入分析<sup>[8]</sup>。这些机制不仅强化了现场安全防护，还促进了安全管理制度的不断完善，为新能源电力建设提供了坚实的安全保障。

## 三、新能源电力建设工程施工现场安全管控关键技术创新

随着科技的不断进步，新能源电力建设工程施工现场的安全管控也需要不断创新，以适应新的安全挑战和工程需求。关键技术的创新不仅能够提高安全管理的效率和效果，还能够为施工现场的人员和设备提供更加全面地保护。以下是一些新能源电力建设工程施工现场安全管控的关键技术创新领域。

### （一）施工现场安全管理信息系统

建立施工现场安全管理信息系统是一个多阶段过程，涉及需求分析、系统设计、技术选择与集成、开发与部署、培训与实施以及维护与升级<sup>[9]</sup>。该系统利用物联网、大数据和云计算技术，通过实时监控、数据分析、决策支持和告警功能，提升施工现场的安全管理效率和工程建设的整体安全性。

### （二）安全监控与预警技术

在新能源电力建设工程现场，高清摄像头、传感器等先进监控设备与人工智能、机器学习技术的结合，为远程监控和自动预警提供了强大技术支持。这种高科技监控系统能够让管理人员及时发现安全隐患，迅速采取预防措施，有效预防事故。这些技术的应用不仅提升了现场安全管理水平，也体现了对员工生命安全的重视，为新能源电力建设的安全管理带来了新的动力和智慧。

### （三）应急救援与事故处理

新能源电力建设工程施工现场引入无人机和机器人等先进应

急救援技术和设备，提高救援效率 and 安全性。结合模拟训练和虚拟现实技术，增强应急救援队伍实战能力，确保迅速有效应对紧急情况，展现对员工生命安全的重视，为安全管理提供坚实后盾。

### （四）安全设施与个人防护

新能源电力建设工程现场采用新型安全设施和个人防护装备，如智能安全帽、高性能防护服和先进防坠落装置，提高工人安全防护水平。这些装备在设计上兼顾安全性与舒适度，确保工作效率，满足工人需求，推动安全文化发展，增强安全管理的人文关怀和技术智慧。

### （五）绿色施工与环境保护

在新能源电力建设工程现场，采用绿色施工技术和环保材料，不仅展现了环保责任感，也实践了可持续发展理念。这些措施能大幅减少施工对环境的影响。部署环境监测系统实时监控施工现场的空气质量、噪音等指标，防止施工活动对周边环境造成永久损害<sup>[10]</sup>。这种环保策略促进了施工现场与自然环境的和谐共存，体现了社会责任和对后代福祉的关怀，为安全管理增添了重要的环保意义。

### （六）特殊空间作业保护

在新能源电力项目的特殊作业场景中，针对高空作业挑战，采用了智能监控系统与自适应防护技术，这些技术实时跟踪作业人员动态，并相应调整防护措施。对于密闭空间作业，开发了尖端的气体检测与通风系统、便携式紧急逃生装置以及远程操作技术，显著提升了作业环境的安全性和应急响应能力。在地下作业方面，则重点关注结构稳定性的实时监测和设备的自动化，确保了作业的安全与效率。

## 结束语

新能源电力建设工程施工现场安全管控模式的研究是一项重要的工作，对于保障工人生命安全和项目的顺利进行具有重要意义。通过不懈地研究与实验，可以持续优化新能源电力建设工程施工现场的安全管控模式，为现场安全管理提供更坚实的理论依据和更有效的实践指南。

## 参考文献

- [1] 张俊. 电力建设工程施工现场安全管理的分析与研究 [J]. 中国设备工程, 2022, (05): 190-191.
- [2] 吴沛航. 电力工程建设违章多发原因分析及管控措施 [J]. 电力安全技术, 2023, 25(10): 69-73.
- [3] 周非凡. 电力建设工程现场安全管理 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(11): 8-11.
- [4] 赵君. 浅谈电力工程施工现场安全管控 [J]. 中国设备工程, 2021, (23): 59-60.
- [5] 祁杰. 浅谈电力工程项目经理对施工现场安全管控的认识 [J]. 农电管理, 2021, (06): 35-36.
- [6] 胡全, 李会超. 数字化管控技术在电力工程建设安全管理中的应用 [J]. 中国电业, 2021, (03): 82-83.
- [7] 杨传勇. 电力建设工程施工事故原因及对策措施分析 [J]. 中国新技术新产品, 2020, (12): 144-146. DOI: 10.13612/j.cnki.cntp.2020.12.061.
- [8] 芮亦阳. 电建施工外包单位安全管理的实践探索 [J]. 电力安全技术, 2019, 21(10): 1-6.
- [9] 郭健. 工程项目中构建安全作业三道防线的建议 [J]. 住宅与房地产, 2020, (24): 155+196.
- [10] 张海成. 浅析电力工程施工安全管控管理 [J]. 山东工业技术, 2017, (13): 117. DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2017.13.104.



# 绿色施工与可持续发展在工程建设与监理中的应用研究

邱铭

丽水市直属公路港航管理中心，浙江 丽水 323000

**摘要：** 随着全球环境问题的日益严峻，绿色施工与可持续发展理念在工程建设领域的应用愈发受到重视。特别是在交通工程建设与养护领域，绿色施工和环保型施工不仅关乎工程建设的质量与效率，更对生态环境的保护与可持续发展具有深远影响。本文基于双碳背景下的研究，深入探讨了绿色施工与可持续发展在交通工程建设与监理中的应用。

**关键词：** 绿色施工；可持续发展；交通工程建设；监理；环保型施工；绿色公路建设

## Research on the Application of Green Construction and Sustainable Development in Engineering Construction and Supervision

Qiu Ming

Lishui City Highway and Port Management Center, Zhejiang, Lishui 323000

**Abstract：** With the increasingly serious global environmental issues, the application of green construction and sustainable development concepts in the field of engineering construction has attracted more and more attention. Especially in the field of traffic engineering construction and maintenance, green construction and environmentally friendly construction are not only related to the quality and efficiency of engineering construction, but also have a far-reaching impact on the protection of the ecological environment and sustainable development. Based on the research under the background of double carbon (carbon peaking and carbon neutrality), this article deeply explores the application of green construction and sustainable development in traffic engineering construction and supervision.

**Keywords：** green construction; sustainable development; traffic engineering construction; supervision; environmentally friendly construction; green highway construction

### 一、引言

#### 1. 绿色施工与可持续发展的基本概念

随着全球对环境保护和可持续发展的日益关注，绿色施工与可持续发展理念在交通工程建设中逐渐受到重视。首先，我们来深入理解这两个基本概念。

绿色施工，作为一种全新的施工方法，其核心理念是在保障工程安全和质量的前提下，最大限度地减少施工活动对环境的影响。它不仅仅是一个简单的施工过程，更是一种全新的施工理念和管理模式。绿色施工要求我们在施工过程中，充分考虑资源的高效利用、环境的保护以及生态平衡，通过采用环保材料、节能减排技术、绿色施工方法等，使工程建设与自然环境和谐共生。

可持续发展则是一种强调经济、社会和环境相协调的发展理念。在交通工程建设中，可持续发展要求我们在满足当代人出行需求的同时，不损害后代人满足其需求的能力。这意味着我们需要在规划、设计、施工和养护等各个环节，都充分考虑资源的节约、环境的保护和社会的可持续发展。

绿色施工与可持续发展是相辅相成的。绿色施工是实现可持续发展的重要手段，而可持续发展则是绿色施工的目标和追求。通过绿色施工，我们可以实现资源的节约、环境的保护和生态的

平衡，从而为社会的可持续发展提供坚实的基础。

#### 2. 绿色施工与可持续发展在交通工程建设中的重要性

在交通工程建设中，绿色施工与可持续发展具有非常重要的地位和作用。以下我们将从几个方面详细阐述其重要性。

首先，从环境保护的角度来看，交通工程建设往往会对自然环境造成一定的破坏。通过引入绿色施工和可持续发展理念，我们可以有效地减少这种破坏，保护生态环境。例如，在施工中采用环保材料、减少噪音和扬尘污染、进行生态修复等措施，都可以有效地降低施工对环境的负面影响。

其次，从资源节约的角度来看，交通工程建设需要大量的资源投入。通过绿色施工和可持续发展，我们可以实现资源的高效利用和循环利用，降低建设成本。例如，采用节能技术、优化施工方案、提高材料利用率等措施，都可以有效地降低资源的消耗和浪费。

此外，从社会经济发展的角度来看，绿色施工和可持续发展也有助于推动交通工程建设行业的转型升级。通过引入新的施工理念和技术，我们可以提高行业的竞争力，促进相关产业的发展。同时，绿色交通工程的建设也能为社会带来更多的经济效益和社会效益。

最后，从民生福祉的角度来看，绿色交通工程的建设能够改

善人们的出行条件和生活环境。通过优化交通网络、减少拥堵、降低噪音等措施，我们可以为人们提供更加健康、舒适的生活环境。这不仅有助于提升人们的幸福感和满意度，也有助于促进社会的和谐稳定。

综上所述，绿色施工与可持续发展在交通工程建设中具有重要的地位和作用。它们不仅是保护环境、节约资源的有效手段，也是推动社会经济发展、提升民生福祉的重要途径。因此，在交通工程建设中积极推广和应用绿色施工与可持续发展理念具有重要的现实意义和深远的历史意义。

## 二、绿色施工与可持续发展在交通工程建设中的具体应用

### （一）节能型施工设备和工艺的应用

在当前的工程建设与监理中，节能型施工设备和工艺的应用已成为推动绿色施工与可持续发展的重要手段。这些设备和工艺不仅能够降低能源消耗，减少对环境的影响，还能提高施工效率，降低项目成本。

#### 1. 节能型施工设备的应用

节能型施工设备在工程建设中扮演着至关重要的角色。例如，采用高效节能的挖掘机、装载机等土方机械设备，能够在保证施工质量的前提下，显著降低燃油消耗和废气排放。此外，电动或混合动力设备的使用也在逐渐增多，这些设备在减少化石能源消耗和温室气体排放方面具有显著优势。

#### 2. 新能源场内机械的应用

新能源场内机械是绿色施工的重要组成部分。随着新能源技术的不断发展，太阳能、风能等可再生能源在施工现场的应用越来越广泛。例如，太阳能光伏发电系统可以为施工现场提供清洁的电力供应，减少对传统电力的依赖；风能发电设备则可以在风力资源丰富的地区为施工提供绿色能源。此外，新能源场内机械如电动叉车、电动升降机等也在逐渐替代传统的燃油机械，进一步降低施工现场的能源消耗和环境污染。

#### 3. 节能型施工工艺的推广

除了节能型施工设备和新能源场内机械的应用外，节能型施工工艺的推广也是绿色施工的重要环节。通过优化施工工艺流程、采用先进的施工技术等手段，可以在保证施工质量的前提下降低能源消耗。例如，采用预制装配式建筑技术可以大量减少现场湿作业和模板使用量；采用绿色照明技术可以降低施工现场的照明能耗等。

### （二）优化施工工艺减少土地开挖

在工程建设过程中，土地开挖是不可避免的环节。然而，不合理的土地开挖不仅会造成资源浪费和生态破坏，还会增加固废（弃渣）的产生量。因此，优化施工工艺减少土地开挖和固废（弃渣）处置对于绿色施工具有重要意义。

#### 1. 优化施工工艺减少土地开挖

为了减少土地开挖量，可以采用先进的施工工艺和技术手段。例如，采用深基础施工技术可以减少地基开挖量；采用支护

结构技术可以减少边坡开挖量等。此外，还可以通过合理规划施工顺序和施工组织设计来减少土地开挖量。例如，合理安排土方开挖和回填的顺序可以减少临时堆土的数量；采用分层开挖和分层回填的方法可以减少对土层的扰动等。

#### 2. 固废（弃渣）的处置与利用

对于产生的固废（弃渣），应该采取合理的处置和利用措施。首先，可以通过分类收集和处理将固废（弃渣）分为可回收物、有害垃圾和其他垃圾等不同类别进行分别处理。其次，可以采用资源化利用的方法将固废（弃渣）转化为可再资源的资源。例如，将建筑垃圾破碎后用于制作再生骨料混凝土等建材产品；将废弃的土方用于场地平整和绿化等。最后，对于无法资源化利用的固废（弃渣），应该按照相关规定进行无害化处理并安全处置。

## 三、绿色施工与可持续发展在交通工程建设监理中的应用

### （一）监理在工程建设中的角色与重要性

在交通工程建设中，监理作为专业的第三方机构，扮演着至关重要的角色。监理的职责主要是对施工单位的工作进行全面监督和管理，确保工程质量和进度符合合同要求，并保障施工过程中的安全和环境保护。

首先，监理在工程建设中起着桥梁和纽带的作用。监理单位作为甲方和施工单位的中间人，负责协调双方的关系，确保工程建设的顺利进行。通过监理的专业监督和管理，可以及时发现和纠正施工过程中的问题，避免纠纷和损失的发生。

其次，监理在工程质量控制方面发挥着关键作用。监理单位通过制定详细的施工方案和计划，对施工现场进行实时监督和管理，确保施工质量符合合同要求和规范标准。如果发现施工质量问题，监理有权要求施工单位进行整改，直至质量达标。

此外，监理在工程进度控制和成本控制方面也起着重要作用。监理单位通过制定合理的施工进度计划和成本控制措施，对施工单位的进度和成本进行监督和管理。如果发现施工单位存在进度滞后或成本超支的情况，监理会及时提醒并督促施工单位采取措施进行调整。

### （二）监理在推动绿色施工与可持续发展中的作用

随着绿色施工与可持续发展理念的深入人心，监理在推动这些理念在交通工程建设中的应用方面发挥着越来越重要的作用。

首先，监理通过制定严格的环保要求和标准，对施工单位的环保措施进行监督和检查。监理单位要求施工单位在施工过程中采用环保型材料、节能技术和减排措施，减少对环境的污染和破坏。同时，监理还会对施工现场的噪音、粉尘、废水等污染物进行监测和控制，确保施工活动符合环保要求。

其次，监理在推动资源节约和循环利用方面也发挥着积极作用。监理单位要求施工单位在施工过程中合理利用资源，减少浪费。例如，在材料使用方面，监理会要求施工单位采用可再生材料、节能材料等环保型材料；在能源使用方面，监理会督促施工单位采用节能技术和设备，降低能耗。

此外，监理还会在施工过程中推广先进的绿色施工技术和方法。通过与科研机构和高校的合作，监理可以引进最新的绿色施工技术和设备，提高施工效率和质量，降低对环境的影响。同时，监理还会对施工人员进行培训和教育，增强他们的环保意识和技能水平，确保绿色施工理念在施工现场得到有效落实。

综上所述，监理在交通工程建设中扮演着至关重要的角色，并在推动绿色施工与可持续发展方面发挥着积极作用。通过严格监督和管理施工单位的环保措施和资源利用情况，监理可以确保交通工程建设在保障质量和进度的同时，实现与环境的和谐共生。

### （三）建议与措施

#### 1. 监测与评估体系的建立

环境监测与评估体系的建立是绿色施工与可持续发展的重要保障。通过建立完善的环境监测与评估体系可以及时发现和解决施工过程中的环境问题并采取有效的防治措施。

环境监测与评估体系的建立应该包括以下几个方面：首先明确监测对象和监测指标制定科学合理的监测方案；其次建立健全的环境监测网络和设备确保监测数据的准确性和可靠性；再次加强监测数据的分析和评估及时发现和解决环境问题；最后加强监测结果的公示和共享促进各方共同参与环境保护工作。

#### 2. 水资源的节约与保护及涉水项目施工环保措施

在工程建设过程中，水资源的节约与保护至关重要。特别是对于涉水项目来说，采取有效的环保措施对于保护水资源具有重要意义。为了节约和保护水资源，可以采取以下措施：首先，加强施工现场用水管理，合理规划和利用水资源；其次，采用节水型施工设备和工艺减少用水量；再次，建立完善的雨水收集和利用系统收集并利用雨水资源；最后，加强施工现场的污水处理和回用工作减少污水排放对环境的影响。对于涉水项目来说除了上述一般性的水资源节约与保护措施外还需要采取一些特殊的环保措施。

针对临近水源保护地、水质国控监测断面上游的在建项目，

应该重点加强水质监测和管控工作，确保施工活动不对水质造成污染；在涉水施工过程中应该采用环保型材料、设置废水收集装置，避免水体污染；同时加强施工现场的防尘降噪工作减少对周边环境的影响。

#### 3.VOCs（挥发性有机物）防治措施

VOCs 是施工过程中常见的污染物之一，对环境和人体健康具有较大的危害。为了防治 VOCs 的污染可以采取以下措施：首先，在喷涂作业和标线施工中，积极推广使用环保涂料。这些涂料通常具有低挥发性有机化合物（VOC）含量，能够显著降低施工过程中的 VOCs 排放。其次，在封闭或半封闭的施工环境中，加强通风换气工作对于降低 VOCs 浓度至关重要。通过安装通风设备、开启门窗等方式增加空气流通量，有助于将产生的 VOCs 及时排出室外，降低施工现场的 VOCs 浓度。最后，通过教育培训增强施工人员的环保意识，使他们充分认识到 VOCs 的危害性和防治的重要性，掌握正确的施工方法和环保措施，确保在施工过程中能够严格执行 VOCs 防治措施。

通过以上措施的综合应用，可以有效地降低建筑施工过程中的 VOCs 排放，保护环境和人体健康。同时，这些措施也能够促进绿色施工和可持续发展理念的深入实施，为构建美丽中国做出积极贡献。

## 四、结论

总而言之，绿色施工与可持续发展在交通工程建设与监理中的应用效果显著，不仅提高了资源利用效率，降低了环境污染，还促进了交通工程建设与环境的和谐发展。这一理念的重要性不言而喻，对于实现交通工程的可持续发展具有重要意义。展望未来，随着科技的不断进步和环保意识的提高，绿色施工与可持续发展在交通工程建设领域将面临更多发展机遇和挑战，需要各方共同努力，推动其不断向前发展。

## 参考文献

- [1] 张招旗. 暖通空调工程监理中的质量控制与建筑可持续发展[J]. 中国建筑金属结构, 2022(12): 103-105.
- [2] 李剑. 绿色施工技术在房建工程中的应用[J]. 河南建材, 2021(9): 44-45.
- [3] 常亚玲. 绿色节能施工技术在房屋建筑工程中的应用[J]. 四川水泥, 2020(8): 81-82.
- [4] 程青. 新型绿色节能技术在建筑工程施工中的应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(9): 137-140.

# 复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用

李磊

中石化中原石油工程有限公司 钻井二公司, 河南 濮阳 457001

**摘要：** 本论文主要研究了复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用及其优势。论文对复合钻井技术进行了概述，包括其定义、原理以及分类。论文详细探讨了复合钻井技术在石油钻井工程施工中的具体应用，包括井壁稳定技术、井眼清洁技术、钻井液技术以及钻井工艺技术，并分别阐述了这些技术的原理和应用情况。论文总结了复合钻井技术在石油钻井工程施工中的优势，包括提高钻井效率、降低钻井成本、提高钻井安全性和减少环境污染。通过对复合钻井技术的深入研究，本论文旨在为我国石油钻井工程提供有益的理论支持和实践指导。

**关键词：** 复合钻井技术；石油钻井工程；施工应用；井壁稳定；井眼清洁；钻井液

## Application of Composite Drilling Techniques in the Construction of Oil Drilling Projects

Li Lei

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd. Drilling Company 2, Puyang, Henan 457001

**Abstract：** This thesis mainly studies the application of composite drilling technology in oil drilling engineering construction and its advantages. The thesis gives an overview of composite drilling technology, including its definition, principle and classification. The thesis discusses in detail the specific application of composite drilling technology in oil drilling engineering construction, including well wall stabilization technology, borehole cleaning technology, drilling fluid technology and drilling process technology, and explains the principles and application of these technologies respectively. The paper summarizes the advantages of composite drilling technology in oil drilling engineering construction, including improving drilling efficiency, reducing drilling costs, improving drilling safety and reducing environmental pollution. Through the in-depth study of composite drilling technology, this thesis aims to provide useful theoretical support and practical guidance for oil drilling engineering in China.

**Keywords：** composite drilling technology; oil drilling engineering; construction application; well wall stabilization; borehole cleaning; drilling fluid

## 引言

随着全球经济的快速发展，对能源的需求不断增加，石油作为一种重要的能源资源，其开采和利用受到了广泛关注。石油钻井工程是石油开采的关键环节，而钻井技术则是石油钻井工程的核心。近年来，复合钻井技术作为一种先进的钻井技术，已经在石油钻井工程中得到了广泛应用。

复合钻井技术是一种集成了多种钻井技术的方法，它包括井壁稳定技术、井眼清洁技术、钻井液技术和钻井工艺技术等。这些技术的综合应用，能够有效提高钻井效率，降低钻井成本，提高钻井安全性，并减少环境污染。因此，复合钻井技术在石油钻井工程中具有重要的应用价值。

然而，复合钻井技术的应用也面临着一些挑战。例如，井壁稳定技术在实际应用中可能会受到地质条件的限制，井眼清洁技术需要针对不同井深和井眼条件进行优化等。因此，对复合钻井技术的研究和应用仍然需要进一步深入。

## 一、复合钻井技术概述

复合钻井技术作为一种先进的石油钻井方法，以其独特的优势在石油钻井领域发挥着重要作用。本章将从复合钻井技术的定义、原理和分类三个方面进行概述，以期为后续深入分析其在石油钻井工程施工中的应用和优势奠定基础。

### （一）复合钻井技术的定义

高效的钻井技术对于石油和天然气的开采具有至关重要的价值。传统的钻井方法往往需要耗费数周乃至数月的时间<sup>[1]</sup>。复合钻井技术是一种结合了不同的钻井技术的综合型钻井方法，利用螺杆和顶驱一起驱动钻头，其中螺杆的驱动器和顶部驱动一起驱动钻头，驱动钻头的速度等于螺杆的速度和顶驱的驱动器速度<sup>[2]</sup>。这



种技术通过引入先进的设备、工艺和材料，实现了钻井过程的自动化、智能化和绿色化，为我国石油勘探开发提供了有力支持。

### （二）复合钻井技术的原理

复合钻井技术的精髓在于融合了多种钻井技术的优势，相互之间形成互补，构建出一种既高效又环保的钻井模式。其核心在于对钻井参数的优化、钻井液性能的提升、井壁稳定性的确保以及井眼清洁度的维持<sup>[3]</sup>。在确保钻井作业安全的基础上，可以实现钻井速度与质量的全面提高。

这种技术的应用，是对传统钻井方式的一种超越和创新。在这一过程中，不仅能够提升钻井作业的经济效益，还能促进石油工程技术的可持续发展，为我国石油工业的繁荣做出贡献。

### （三）复合钻井技术的分类

复合钻井技术融合了多项先进技术，涵盖了井壁稳定、井眼清洁、钻井液应用以及钻井工艺四大领域。通过精确调控钻井液配方和钻井参数，该技术有效维护了井壁的稳定性，预防了井壁坍塌和地层破裂的风险。同时，借助高效的钻井液循环系统和精心设计的钻井液，确保了井眼的清洁，减少了钻头磨损，从而提升了钻井作业的整体效率。此外，复合钻井技术还采用了高性能的钻井液，增强了其携带岩屑、保护井壁和提供润滑的能力，降低了钻井过程中的阻力和环境污染。引入了尖端的钻井设备、创新工艺和方法，如旋转导向钻井和水平井技术，进一步提高了钻井的速度和精度，同时降低了成本。

## 二、复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用

本章节将详细探讨复合钻井技术在石油钻井工程施工中的具体应用，包括井壁稳定技术、井眼清洁技术、钻井液技术以及钻井工艺技术，以展示这一技术如何提高钻井效率、降低成本、提升安全性和减少环境影响。

### （一）井壁稳定技术

#### 1. 井壁稳定技术原理

井壁稳定技术是通过优化钻井液体系、调整钻井参数等方法，保持井壁的稳定性，防止井壁坍塌和地层破裂。其原理在于通过控制钻井液性能和钻井参数，减少井壁受到的侵蚀和压力，从而保持井壁的稳定。

#### 2. 井壁稳定技术的应用

在石油钻井工程领域，井壁稳定技术是确保钻井作业安全、顺利进行的关键。通过精心挑选与地质条件相匹配的钻井液体系，精确控制钻井液的各项性能指标，并在钻井过程中适时调整技术参数，可以有效地规避井壁不稳定带来的风险，减少钻井事故的发生概率，从而显著提高钻井作业的整体效率与安全性<sup>[4]</sup>。这种技术的应用，不仅体现了工程技术的严谨与精准，更彰显了对自然环境的尊重与保护，是现代石油工程中不可或缺的一环。

### （二）井眼清洁技术

#### 1. 井眼清洁技术原理

井眼清洁技术是通过采用合适的钻井液体系、优化钻井参数和设备等措施，确保井眼的清洁，降低钻头磨损，提高钻井效

率。其原理在于通过控制钻井液的性能和流动特性，将钻屑及时带出井眼，保持井眼的清洁。

#### 2. 井眼清洁技术的应用

在石油钻井工程的实践中，井眼清洁技术的重要性不容忽视。它不仅有助于减少钻头的更换频率，延长钻头的使用寿命，还能够通过精细化管理提升钻井作业的整体效率。

井眼清洁技术的核心在于对钻井液体系的精心选择，对其性能的严格控制，以及对钻井参数的优化调整<sup>[5]</sup>。这一系列措施协同作用，能够有效地清除井眼内的钻屑和杂物，确保井眼的通畅，为钻井作业的顺利进行提供坚实保障。

此外，井眼清洁技术的应用还体现了对资源的节约和对环境的尊重，符合绿色发展的理念。它不仅有助于提高钻井作业的经济效益，还能够促进石油工程技术的可持续发展，为我国石油工业的繁荣做出贡献。

### （三）钻井液技术

#### 1. 钻井液技术原理

钻井液技术是通过研发和选用高性能的钻井液，提高钻井液的携岩、护壁和润滑性能，降低钻井过程中的阻力和污染。其原理在于通过优化钻井液的成分和性能，减少钻井过程中的阻力和污染，提高钻井效率。

#### 2. 钻井液技术的应用

在石油钻井工程的实践中，钻井液技术的作用不容小觑。它不仅关乎钻井效率的提升，更与环境保护息息相关。通过不断研发和选用高性能的钻井液，可以在钻井过程中有效降低阻力和污染，减少卡钻、井壁坍塌等钻井事故的发生，从而实现绿色钻井的目标<sup>[6]</sup>。

钻井液技术的应用，体现了对自然资源的珍惜和对环境的尊重。它既有助于提高钻井作业的经济效益，又能够促进石油工程技术的可持续发展，为我国石油工业的繁荣做出贡献。这一技术的推广和应用，不仅是对钻井工艺的改进，更是对绿色发展理念的践行，展现了石油工程领域的责任担当和科技实力。

### （四）钻井工艺技术

#### 1. 钻井工艺技术原理

钻井工艺技术是通过引入先进的钻井设备、工艺和方法，如旋转导向钻井、水平井钻井等，提高钻井速度和准确性，降低钻井成本。其原理在于通过优化钻井设备和工艺，提高钻井效率和质量。

#### 2. 钻井工艺技术的应用

在石油钻井工程的宏伟篇章中，钻井工艺技术的作用如同笔尖上的精细之处，它不仅显著提升了钻井作业的效率，更在质量上带来了质的飞跃<sup>[7]</sup>。引进尖端钻井设备、创新工艺和先进方法使得在复杂地质条件下的作业更为得心应手，能够有效穿透地层，从而提升了钻井作业的速度和精确度，并降低了成本开销。

这种技术的应用，不仅是对传统钻井方式的革新，更是对工程技术和资源利用的一次深刻反思。它体现了对技术进步的敏锐洞察和对工艺美学的追求，彰显了石油工程领域对效率与质量并重的执着追求。在这一过程中，钻井工艺技术的每一次进步，都

是对自然界资源的更加尊重，对环境保护的更加重视，对工业发展的更加负责。这样的技术进步，无疑为我国石油工业的持续发展 and 能源安全的坚实保障注入了新的活力。

### 三、复合钻井技术在石油钻井工程施工中的优势

复合钻井技术在石油钻井工程施工中的优势主要体现在提高钻井效率、降低钻井成本、提高钻井安全性和减少环境污染等方面。这些优势使得复合钻井技术在石油钻井领域具有广阔的应用前景和重要的实际意义。

#### （一）提高钻井效率

复合钻井技术通过引入先进的钻井设备、工艺和方法，如旋转导向钻井、水平井钻井等，实现了对复杂地层的有效钻进<sup>[8]</sup>。这些先进技术的应用能够显著提高钻井速度和准确性，缩短钻井周期，从而提高钻井效率。此外，通过优化钻井参数和钻井液性能，减少钻头更换次数，延长钻头使用寿命，也有助于提高钻井效率。

#### （二）降低钻井成本

复合钻井技术的应用能够降低钻井过程中的阻力和污染，减少卡钻、井壁坍塌等钻井事故的发生。这些措施可以减少钻井液和钻头的消耗，降低维修和更换成本<sup>[9]</sup>。此外，通过优化钻井液体系和钻井参数，可以减少废弃物处理和环境污染治理的成本，从而降低钻井成本。

#### （三）提高钻井安全性

复合钻井技术注重井壁稳定、井眼清洁和钻井液的优化，这些措施有助于提高钻井安全性<sup>[10]</sup>。井壁稳定技术的应用可以减少

井壁不稳定问题，降低钻井风险。井眼清洁技术的应用能够保持井眼的清洁，减少钻头磨损和卡钻的可能性。钻井液技术的应用可以减少钻井液对环境和人体的危害，提高钻井安全性。

#### （四）减少环境污染

复合钻井技术在设计和施工过程中注重环境保护，采用环保型钻井液和优化钻井工艺，减少对土壤、水源和空气的污染。通过减少废弃物排放和环境污染治理的成本，复合钻井技术有助于实现绿色钻井，减少对环境的影响。

### 结束语

总结而言，复合钻井技术在石油钻井工程施工中发挥了重要作用。该技术的应用不仅提高了钻井效率，降低了钻井成本，还减少了对环境的影响，符合我国可持续发展的战略要求。

然而，也需认识到，复合钻井技术在推广应用过程中仍面临一些挑战。因此，在未来的发展中，有必要进一步加大技术研发力度，完善产业链，培养专业人才，推动复合钻井技术的普及和应用。

总之，复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用具有显著的经济、社会和环境效益。需充分认识这一技术的重要性，并加大政策支持力度，推动技术创新，以此为中国石油勘探开发事业提供有力保障。同时，也要关注技术发展中的问题，不断优化和完善，实现复合钻井技术的可持续发展。在此基础上，有理由相信复合钻井技术将在我国石油钻井工程领域发挥更大的作用，为我国能源事业和经济发展做出更大贡献。

### 参考文献

- [1] 阮庆华. 复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(05): 167-169.
- [2] 杨浩. 复合钻井技术在石油钻井工程施工中的应用[J]. 当代化工研究, 2023, (17): 90-92. DOI: 10.20087/j.cnki.1672-8114.2023.17.029.
- [3] 吴若宁, 刘云, 余海棠, 等. 超浅层大位移水平井“三低”钻井液技术[J]. 非常规油气, 2024, 11(01): 119-127. DOI: 10.19901/j.fcgyq.2024.01.15.
- [4] 赵欣, 孙昊, 邱正松, 等. 复合盐层多元协同稳定井壁钻井液技术[J]. 深圳大学学报(理工版), 2022, 39(06): 668-674.
- [5] 曹川, 张燕萍, 吴千里, 等. 连续管钻井技术在国内非常规天然气开发中应用思考[C]// 中国石油学会天然气专业委员会. 第33届全国天然气学术年会(2023)论文集(04钻采工程). 中国石油集团工程技术研究院有限公司; 中国石油集团渤海钻探第一钻井公司; 2023: 6. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.072466.
- [6] 汪伟. 复合冲击钻井提速机理研究与工具研制[D]. 中国石油大学(北京), 2022. DOI: 10.27643/d.cnki.gsybu.2022.000010.
- [7] 刘书斌. 轴向与扭转复合冲击破岩机理研究[D]. 中国石油大学(华东), 2021.
- [8] 杨晓峰. 威204H14-1井四开“一趟钻”钻井技术难点及对策[J]. 石油管材与仪器, 2022, 8(01): 97-100. DOI: 10.19459/j.cnki.61-1500/te.2022.01.021.
- [9] 张俊成, 蒋贵智, 国林师, 等. 准噶尔盆地P区块火成岩油藏高效钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2021, 43(05): 586-592. DOI: 10.13639/j.odpt.2021.05.005.
- [10] 马铁钊. 辽河油田海外河区块钻井液技术研究及应用[J]. 辽宁化工, 2022, 51(08): 1121-1124. DOI: 10.14029/j.cnki.issn1004-0935.2022.08.001.

# 露天透镜状铝土矿开采与地质圈定的综合研究

吴斌

遵义铝业股份有限公司，贵州 遵义 563125

**摘要：** 本研究综合探讨了露天铝土矿的开采和地质圈定技术，包括成因、特征、矿物组成分析，以及地质调查、勘探和资源评估。文章详细介绍了露天开采工艺、爆破技术和设备选择，并讨论了选矿加工和环境保护。通过案例分析，强调了地质圈定对提高开采效率的重要性，并对铝土矿的可持续利用提出了展望。

**关键词：** 露天透镜状；铝土矿；地质圈定；开采技术；选矿加工

## A Comprehensive Study of Open Pit Lenticular Bauxite Mining and Geological Circling

Wu Bin

ALUMINUM CORPORATION OF ZUNYI LIMITED, Guizhou, Zunyi 563125

**Abstract：** This study comprehensively discusses the mining and geological circling techniques of open-pit bauxite, including the genesis, characterization, and analysis of mineral composition, as well as geological investigation, exploration, and resource assessment. The article describes in detail the open pit mining process, blasting technology and equipment selection, and discusses beneficiation processing and environmental protection. A case study emphasizes the importance of geological circling to improve mining efficiency and provides an outlook on the sustainable use of bauxite.

**Keywords：** open pit lenticular; bauxite; geologic circling; mining technology; beneficiation processing

### 引言

露天透镜状铝土矿作为一种重要的铝资源，在我国经济发展和工业化进程中扮演着重要的角色。铝土矿的开采与利用对于满足我国对铝金属的需求具有重要意义。然而，露天透镜状铝土矿的开采与地质圈定具有一定的复杂性和挑战性，需要综合考虑地质特征、技术方法、环境保护等多个方面。

### 一、露天透镜状铝土矿的成因与特征

中国铝土矿资源比较丰富，但储量分布相对集中。其中华北陆块和扬子陆块是铝土矿成矿地质条件最好的，也是铝土矿资源最丰富的地区。山西、广西、贵州和河南 4 省区铝土矿资源量和矿区数均位居全国前列，4 省区铝土矿保有资源量合计超过全国保有资源量的 90%<sup>[1]</sup>，其中露天透镜状矿体大部份位于贵州省境内，透镜状矿体主要特征为，矿体规模小、走向延伸不长但厚度厚，厚度甚至会大于走向长度，传统 50 米的勘探程度无法控制及不能发现矿体，但加密勘探网距会增加勘探成本，经济性不强。

#### （一）铝土矿的成因

铝土矿的形成是一个与风化作用密切相关的地质过程。在热带和亚热带的湿润气候环境中，含有丰富铝元素的岩石，如玄武岩和花岗岩，经历了长时间的风化剥蚀和化学分解。这些岩石中的铝矿物在风化过程中被释放出来，随着水流迁移，并在特定的地质条件下，如沉积盆地的静水环境，沉淀积累，最终形成了具

有经济价值的铝土矿床。这一过程不仅涉及物理和化学的风化作用，还受到气候、地形和生物活动等多种因素的共同影响，经过数百万年的地质演变，形成了我们今天所开采的铝土矿资源<sup>[2]</sup>。

#### （二）透镜状矿体的地质特征

透镜状矿体，形似透镜，中部厚实，向边缘逐渐减薄，两端呈弧形或尖灭。这种独特的形态是矿体在沉积或交代过程中，受周围岩石制约的结果。大小不一，从小型到巨型的都有，这取决于成矿作用的规模和强度，以及矿体的保存状况。

矿体的倾向和倾角通常与周围地层保持一致，这是由于它们共同经历了沉积作用和地质力量的影响。内部结构复杂多变，如层状、带状、条纹状等，这些都是矿体形成过程中沉积、成岩和变质作用的见证。

矿石的成分和质量在矿体中可能会有显著变化，中心部分通常较为富集，而边缘则相对贫瘠。矿体的形成多与沉积、交代或热液作用相关，可能形成于古代河流、湖泊、海洋环境，或者是地下热水活动的影响。

透镜状矿体的分布往往与特定的地质结构或地层有关，常沿断层、褶皱轴或地层界面排列。掌握透镜状矿体的特征对于矿产勘探和开发至关重要，它们为地质学家提供了预测矿体位置、规模和矿石质量的关键线索，从而提高矿产资源评估和开采的效率。

### （三）铝土矿的矿物组成与矿石类型

铝土矿的矿物学特征主要由三水铝石、一水软铝石、一水硬铝石、高岭石、伊利石等矿物构成，它们的相对含量和分布决定了铝土矿的多样性和利用价值。这些矿物的不同组合形成了多种类型的铝土矿，包括三水铝石型、一水铝石型、高岭石型和伊利石型等。每种类型的铝土矿都有其独特的物理和化学性质，这些性质直接影响着选矿和加工过程中的效率和成本<sup>[9]</sup>。例如，三水铝石型铝土矿通常具有较高的铝含量，适合于提取氧化铝；而一水铝石型、高岭石型铝土矿则可能需要更复杂的加工步骤来提高铝的纯度。

## 二、地质圈定方法与技术

地质圈定在铝土矿的开采过程中扮演着关键角色，它包括对矿床的识别、评估和资源量的精确估算。

### （一）地质调查与勘探方法

地质调查与勘探是铝土矿地质圈定的基石，其目的是深入理解铝土矿的地质特征、分布规律和资源潜力。这一过程涉及对矿区进行详尽的地质测量、系统采样和精确分析，以准确判定铝土矿的矿化程度和品位。在勘探阶段，地质填图、钻探、物探和化探等多种技术手段被广泛应用，以收集矿区的基础地质数据和样本。

### （二）地质填图与数据处理

地质填图在铝土矿的地质圈定中扮演着核心角色，它通过对矿区的系统测绘，为我们提供了铝土矿的分布、形态和结构特征的全面视角。这一过程涉及对地层、岩性、构造和矿化带的详尽描述和精确标注，同时还包括对矿区地形地貌的详细测量和绘制<sup>[10]</sup>。然而，地质填图本身只是第一步，其后还需对收集到的数据进行深入地处理和分析。借助 GIS 等先进软件进行空间分析和图像处理，我们能够更深入地解读铝土矿的地质特征和规律，从而为资源评价和开采设计提供更加精准的指导。

### （三）地质建模与资源量估算

地质建模是地质圈定中的关键环节，它基于地质调查和勘探所积累的大量数据，通过构建地质模型来模拟铝土矿的分布和特征。这一过程可以采用传统的地质统计方法，如克里格法，也可以运用现代的数值模拟技术，如指示克里格法和支撑向量机等。地质建模的核心目的是对铝土矿的资源量进行准确估算，从而为铝土矿的开采和利用提供科学依据。同时，地质圈定也是铝土矿资源管理和环境保护的重要手段，可以帮助实现铝土矿资源的可持续利用<sup>[10]</sup>。

## 三、露天透镜状铝土矿的开采技术

本节将探讨露天开采铝土矿的关键技术，包括开采流程、爆

破技术和设备选择，为实际操作提供技术指导。

### （一）露天开采工艺流程

露天开采是铝土矿开采中最常见的方法，其工艺流程涵盖了勘探、钻探、爆破、采装、运输和堆存等多个环节。地质勘探和钻探是确定矿床位置、品位和储量的基础工作。根据矿床的特性和地形条件，制定合理的开采方案，包括确定开采顺序、剥离和采掘的比例等。在开采过程中，还需进行土地复垦和环境治理，以减少对生态环境的影响<sup>[11]</sup>。

### （二）爆破技术与应用

爆破是露天开采中重要的环节之一，它通过使用炸药将矿石从矿体上分离。在选择爆破技术时，需要考虑矿石的物理性质、矿床的结构和地形条件等因素。常用的爆破方法包括钻孔爆破、槽沟爆破和预裂爆破等。

### （三）采装与运输设备的选择

采装与运输设备的选择对露天开采的效率和成本有着直接影响。根据矿床的特性和开采规模，选择合适的采装和运输设备是至关重要的。常用的采装设备包括液压挖掘机、装载机和推土机等。目前，矿山使用的主要运输设备为卡车。在选择设备时，需要综合考虑设备的生产能力、适用性、维护成本和能源消耗等因素，以实现高效、经济和安全的开采<sup>[11]</sup>。

## 四、铝土矿的选矿与加工

铝土矿的选矿与加工是将原矿转化为具有经济价值的铝金属的关键步骤。本节将介绍铝土矿的物理性质与化学成分、选矿工艺与方法，以及氧化铝的提取与铝的制备，以便更好地理解铝土矿资源的综合利用过程。

### （一）铝土矿的物理性质与化学成分

铝土矿的物理性质和化学成分对其选矿和加工过程有着重要影响。铝土矿通常呈白色或淡黄色，有时因含有杂质而呈红色或灰色。它具有硬度较高、密度较大、耐磨性好等特点。化学成分方面，铝土矿主要含有氧化铝（ $Al_2O_3$ ），此外还含有一定量的硅酸盐、铁氧化物和钛氧化物等杂质。了解铝土矿的物理性质和化学成分，有助于选择合适的选矿方法和加工工艺<sup>[12]</sup>。

### （二）选矿工艺与方法

选矿是提高铝土矿品位和去除杂质的关键步骤。常用的选矿方法包括物理选矿和化学选矿。物理选矿方法主要包括洗矿、筛分、重选和磁选等，通过物理方法可以去除部分杂质和获得较高品位的铝土矿。化学选矿方法主要包括浸出、沉淀和焙烧等，通过化学反应可以进一步提纯铝土矿并去除杂质。根据铝土矿的特性和选矿目标，选择合适的选矿工艺和方法是至关重要的。

### （三）氧化铝的提取与铝的制备

氧化铝的提取是铝土矿加工的核心环节，常用的方法包括拜耳法和霍尔-埃鲁法。拜耳法是通过高温高压条件下使铝土矿与氢氧化钠反应，生成氧化铝和硅酸钠。然后通过过滤、洗涤和干燥等步骤，获得高纯度的氧化铝<sup>[12]</sup>。霍尔-埃鲁法则是通过电解熔融的氧化铝，在电极上析出纯铝。



## 五、环境与生态保护

在铝土矿的开采与加工过程中，环境保护和生态修复是至关重要的环节。本节将讨论铝土矿开采对环境的影响、生态修复与土地复垦的重要性，以及环保法规与可持续发展之间的关系。

### （一）铝土矿开采对环境的影响

铝土矿开采活动对环境有着显著的影响。开采过程中会产生大量的废石和尾矿，若处理不当，可能会对土壤和水资源造成污染。露天开采会破坏地形地貌，导致植被破坏和生态系统破坏。开采和加工过程中产生的扬尘、噪音和废水等也会对周围环境和居民生活造成影响。在铝土矿开采中，需要采取有效措施减少对环境的负面影响。

### （二）生态修复与土地复垦

生态修复与土地复垦是铝土矿开采后恢复生态环境和土地功能的重要措施。在开采过程中，应制定合理的开采方法减少土地破坏面积以及生态修复和土地复垦计划，包括植被恢复、土壤改良、水资源保护和生态系统重建等。通过采取植物固土、土壤侵蚀控制、水资源循环利用等技术，可以有效地修复受损的生态环境，恢复土地的生产力和生态功能。

### （三）环保法规与可持续发展

环保法规在铝土矿开采与加工中起着重要的约束和指导作用。各国政府和地区都有相应的环保法规和政策，规定了铝土矿开采和加工过程中的环境保护标准和要求<sup>[10]</sup>。遵守环保法规不仅是企业的法律责任，也是实现可持续发展的基础。通过实施环保法规，可以推动企业采取环保技术和措施，减少对环境的负面影响，同时促进资源的合理利用和经济的可持续发展。在铝土矿开采与加工过程中，应注重环境保护和生态修复，遵守环保法规，以实现资源的可持续利用和环境的长期健康。

## 六、案例分析与研究

### （一）露天透镜状铝土矿的开采实践

在实际开采过程中，露天透镜状铝土矿的开采实践需要根据矿床的具体特征和地质条件进行。例如，在某个具体案例中，通过对矿体揭露，发现该透镜状矿体形态与前期矿床的地质调查和勘探具有较大的变化，需对矿体进行二次圈定，用以指导后续开采。矿体圈定根据揭露断面结合矿体周边岩石走向 / 倾向以及地质层位，采用矿山常用的潜孔钻对矿体倾向及埋深进行初步探测，运用 RTK 仪器测量上图，重新对矿体周边进行地质填图，来判定矿体边界及走向，确定铝土矿的分布范围和品位。然后，根据矿床的形态和结构特征，依据矿山安全设施设计的参数编制单体设计，以揭露探明圈定的矿体范围为采用自上而下的开采方式留设边坡坡度最小安全平台宽度，根据开采后形成的揭露面情况采用上述方法判定是否继续依次轮替开采，用来节约大量的征地成本及无效剥离。

### （二）地质圈定与资源评价的应用

地质圈定与资源评价在铝土矿开采中起着关键作用。在某案

例中，通过对矿区揭露断面结合矿体周边岩石走向 / 倾向以及地质层位，采用矿山常用的潜孔钻对矿体倾向及埋深进行初步探测，运用 RTK 仪器测量上图，进行地质填图、采用矿山常用的潜孔钻钻探和样品分析，确定了铝土矿的品位和资源量。利用地质建模和资源量估算方法，如克里格法和支持向量机等，对矿床进行了详细的资源评价。这些结果为开采计划的制定和资源利用提供了科学依据。

### （三）成本控制与经济效益分析

在铝土矿开采过程中，成本控制与经济效益分析是至关重要的。在某案例中，通过综合考虑矿体为透镜状矿体，矿体小、运用物探、化探、以及大型专业钻探设备投资大、盲目征地极可能导致土地大量闲置以及破坏，矿山运营成本、人工成本和市场销售价格等因素，进行了成本控制和经济效益分析。通过优化开采方案、提高生产效率和降低成本，实现了铝土矿开采的经济效益最大化。通过对案例分析与研究的介绍，可以看到露天透镜状铝土矿的开采实践、地质圈定与资源评价的应用，以及成本控制与经济效益分析的重要性。

## 结束语

通过综合研究露天透镜状铝土矿的开采与地质圈定，深化了对铝土矿成因、特性及地质圈定重要性的理解，并掌握了实际的开采、选矿和环境生态保护关键技术。未来，我们应持续关注露天透镜状铝土矿的开采技术、地质圈定方法和环境保护研究，以实现资源可持续发展和高效利用。同时，关注国际动态，借鉴先进技术和管理经验，助力我国铝土矿产业发展。

## 参考文献

- [1] 杨武, 梁小山, 胡盛, 等. 河南省巩义铝土矿地球化学特征分析 [J]. 地质与资源, 2023, 32(06): 699–704. DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2023.06.006.
- [2] 周让. 浅析几内亚博凯 – 博法地区红土型铝土矿降低矿石损失率和贫化率 [J]. 甘肃科技, 2023, 39(12): 40–44.
- [3] 陈伟文. 一种溶出铝土矿矿浆的方法 [J]. 有色金属材料与工程, 2023, 44(06): 78.
- [4] 高美科. 铝土矿开采矿柱参数数值模拟分析 [J]. 能源与节能, 2023, (11): 171–174. DOI: 10.16643/j.cnki.14–1360/td.2023.11.011.
- [5] 衣玉林, 张磊. 架起中非铝土矿海上“运输桥” [N]. 烟台日报, 2023–11–18(003). DOI: 10.38267/n.cnki.nytrb.2023.002993.
- [6] 姚兰, 付勇, 潘忠飞, 等. 华南铝土矿矿床矿物组合特征及指示意义 [J]. 地质论评, 2023, 69(06): 2161–2178. DOI: 10.16509/j.georeview.2023.06.022.
- [7] 刘瑾, 陈立. 浅谈铝土矿山截排水沟工程设计 [J]. 四川水泥, 2023, (11): 54–56.
- [8] 何莹于. 探讨铝土矿选矿新设备和新技术的应用 [J]. 世界有色金属, 2023, (21): 31–33.
- [9] 简永军. 人工矿柱置换矿石矿柱在铝土矿山的应用 [J]. 世界有色金属, 2023, (21): 172–174.
- [10] 张海涛. 铝土矿特殊地段综掘壁采三机配套方案优选 [J]. 中国矿业, 2023, 32(S2): 182–185.

# 超临界机组锅炉末级过热器爆管原因分析及控制措施

李志刚

朝阳燕山湖发电有限公司, 辽宁 朝阳 122000

**摘 要 :** 2010年以来, 随着超(超)临界机组的大量投产, 锅炉高温受热面过热爆管事件便屡见不鲜, 并且呈普遍现象, 已经成为锅炉“四管”漏泄的重要原因之一。朝阳燕山湖发电公司2×600MW超临界机组投产以来, 共发生了7次锅炉末级过热器爆管事件, 直接原因均为短时过热爆管。本文通过对7次末级过热器爆管部位宏观外貌、内窥镜检查、光谱检验、力学性能、金相检验等多个维度的对比和深入分析, 查明导致受热面过热爆管的根本原因, 并提出应对措施。

**关 键 词 :** 末级过热器; 爆管; 超温; 氧化皮

## Analysis and Control Measures for Tube Explosion of Last Stage Superheater in Supercritical Unit Boiler

Li Zhigang

Chaoyang Yanshan Lake Power Generation Co., Ltd., Chaoyang, Liaoning 122000

**Abstract :** Since 2010, with the large-scale production of ultra (supercritical) units, incidents of boiler high-temperature heating surface overheating and tube explosion have become common and have become one of the important reasons for boiler “four tube” leakage. Chaoyang Yanshan Lake Power Generation Company 2×600MW supercritical unit, there have been a total of 7 incidents of boiler final stage superheater tube explosions, all of which were directly caused by short-term overheating tube explosions. This article compares and deeply analyzes the macroscopic appearance, endoscope inspection, spectral inspection, mechanical properties, metallographic inspection, and other dimensions of the 7 last stage superheater tube explosions, identifies the root cause of overheating tube explosions on the heating surface, and proposes countermeasures.

**Keywords :** final stage superheater; burst tube; over temperature; oxide skin

### 引言

朝阳燕山湖发电公司2×600MW机组分别于2012年03月和2011年12投产。自2015年08月份以来, 共发生了7次末级过热器爆管事件: 2015年2次, 2018年1次, 2019年3次, 2020年1次。通过对7次爆管事件爆口宏观查看、数据测量、金相分析等检查, 发现7起事件具有共同的特点, 相近的原因, 并非偶然性事故。

经调查, 锅炉类型相近的清河厂1、9号锅炉也发生过类似事件, 系统外同类锅炉也多次发生过类似的高温受热面爆管事件。

### 一、设备概述

燕山湖发电公司2×600MW机组锅炉为哈尔滨锅炉厂有限公司生产的一次中间再热、超临界压力、变压运行、带内置式再循环泵启动系统的直流锅炉, 锅炉采用π型布置, 单炉膛, 尾部双烟道, 全钢架, 悬吊结构。炉膛断面尺寸为22.187m宽、16.8398m深, 水平烟道深度为5.322m, 尾部前烟道深度为6.555m, 尾部后烟道深度为10.235m, 水冷壁下集箱标高为8.0m, 顶棚管标高为70.525m。设计煤、校核煤种均为白音华煤矿褐煤。35只低NO<sub>x</sub>轴向旋流燃烧器采用前后墙布置、对冲燃烧, 7台(6台运行, 1台备用)中速磨煤机配正压冷一次风直吹制粉系统<sup>[1]</sup>。

#### (一) 锅炉主要设计参数

锅炉主要设计参数, 见表1。

表1 燕山湖发电公司1、2号锅炉主要设计参数

名 称	单位	BMCR	TRL
过热蒸汽流量	t/h	1930	1829
过热器出口蒸汽压力	MPa(g)	25.4	25.27
过热器出口蒸汽温度	℃	571	571
再热蒸汽流量	t/h	1635	1546
再热器进口蒸汽压力	MPa(g)	4.45	4.20
再热器出口蒸汽压力	MPa(g)	4.26	4.02
再热器进口蒸汽温度	℃	314.9	309.1
再热器出口蒸汽温度	℃	569	569

作者简介: 李志刚(1980-)男, 汉族, 中国辽宁喀左人, 本科, 高级工程师, 从事火电厂锅炉设备安装、检修、改造等(E-mail:zglee1980@126.com)。

名 称	单 位	BMCR	TRL
省煤器进口给水温度	℃	281.1	277.3

（二）末级过热器

末级过热器位于折焰角上方，顺流换热布置，沿炉宽排列30片，横向节距为690mm。每排管组采用 20 根蛇形管，管子规格φ44.5×8.5mm，沿蒸汽流程方向材料依次为 SA-213T91、SA-213TP347H 钢，蒸汽入口侧顶棚管中心线以下12565mm 为材料分段点（异种钢焊口）。末级过热器总图，见图 1。

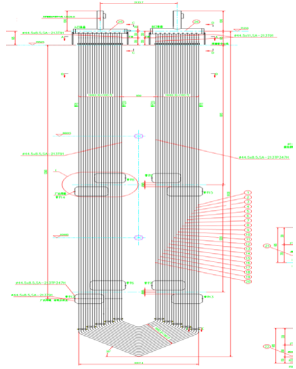


图 1 末级过热器总图

二、末级过热器爆管情况及原因分析

（一）末级过热器爆管情况

自2015年以来，1、2号锅炉共发生末级过热器爆管事件7次，其中1号锅炉2次，2号锅炉5次，按爆管时间排列，具体情况如下：

- 1. 2015年08月28日，2号锅炉末级过热器左向右数第6屏，管屏前半部，外向内数第10根管，异种钢焊口上部约300mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图2。
- 2. 2015年11月02日，1号炉末级过热器右向左第3屏，管屏前半部，外向内数第11管圈，异种钢焊口上部约350mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图3。
- 3. 2018年05月28日，2号锅炉末级过热器右向左数第19屏，管屏前半部，外向内数第2和第5根管，异种钢焊口上部约1000mm 和150mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图4。
- 4. 2019年06月14日，2号锅炉末级过热器左向右数第15屏，管屏前半部，外向内数第3根管，异种钢焊口上部约1500mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图5。
- 5. 2019年11月15日，2号锅炉末级过热器左向右数第14屏，管屏前半部，外向内数第3根管，异种钢焊口上部约1000mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图6。
- 6. 2019年12月01日，2号锅炉末级过热器左向右数第14屏，管屏前半部，外向内数第3根管，系2019年12月15日爆管的同一管圈，换管后的异种钢接头上约500mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图7。
- 7. 2020年04月26日，1号 锅 炉 末 级 过 热 器 左 向 右 数 第18屏，管屏前半部，外向内数第18根管，异种钢焊口上部约

2000mm 直管段爆管（材质 SA-213T91）。见图8。



图2 2015.08.28 2号炉末过爆管



图3 2015.11.02 1号炉末过爆管



图4 2018.05.28 2号炉末过爆管

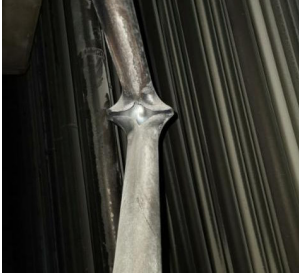


图5 2019.06.14 2号炉末过爆管



图6 2019.11.15 2号炉末过爆管

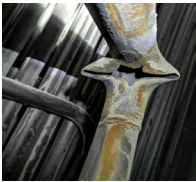


图7 2019.12.01 2号炉末过爆管

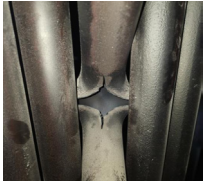


图8 2020.04.26 1号炉末过爆管

（二）爆管原因分析

对比7次末级过热器爆管事件，爆口位置大致相同：基本都位于管屏前半部异种钢焊口的上部约2000mm 范围内，爆口外形相似，爆口部位管材均为 SA-213T91 钢。爆管后委托电科院对爆口管段进行相关检验、试验，得到的结果基本一致，具体如下：

1. 宏观形貌分析

爆口呈开口状，爆口边缘尖锐，壁厚减薄明显，爆口两端都有沿纵向分布的树皮状微裂纹，管子胀粗明显。爆口宏观呈短时过热特征。

2. 光谱检验

光谱检验结果，过热器管化学成分符合 SA-213T91 钢要求。

3. 力学性能试验

爆管管段除断后延伸率满足标准要求外，抗拉强度、屈服强度及布氏硬度值均低于标准要求，爆管管段综合力学性能值不合格。

4. 金相检验

在爆口处取样进行金相组织检验，爆口边缘马氏体板条组织基本消失，形成大量块状铁素体，形态老化严重，碳化物大量析出，并在晶界上聚集，晶粒可见明显的塑性变形。

结论：发生爆管的过热器管化学成分符合 SA-213T91 钢标准



要求；常温抗拉强度、屈服强度、布氏硬度值均低于标准要求；宏观上，爆口呈开口状，边缘尖锐，呈短时过热特征；微观上，爆口边缘晶粒塑性变形明显，组织老化严重，但并未发生相变。综合考虑，爆口管段具有先经历长时间的过热超温，最后瞬间发生短时过热爆管的特征。长时间的过热状态使得管壁局部区域发生微观组织变化，马氏体位向消失，组织严重老化，碳化物在晶界聚集，晶界强度下降。在管子还未形成蠕变孔洞，发生长时过热爆管前某一瞬间突然经历短时过热，形成边缘尖锐的开口状爆口<sup>[2]</sup>。

7次末级过热器爆管，对爆管管圈内部进行检查，情况如下：用内窥镜沿管圈检查出、入口小集箱，管口无异物堵塞（见图9）；爆口上游管段管内壁氧化皮脱落严重（见图10）；除2015年08月28日，2号锅炉爆管在管圈下部弯管区域发现的少量氧化皮外，其余6次检查未见异常。

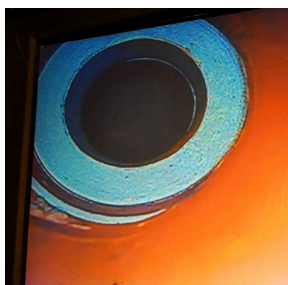


图9 内窥镜检查未过小集箱照片

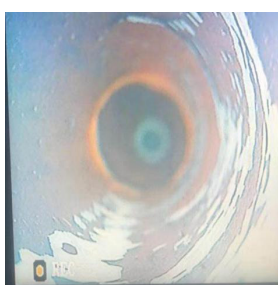


图10 内窥镜检查管内壁氧化皮照片

综合原因分析：经电科院对7次爆管管段的综合检验，爆管直接原因均为短时过热爆管，但又有长时过热的特征。通过内窥镜检查，爆口上游管内壁氧化皮脱落严重，再综合相关检查的结果，可确定管子过热是由于管内壁氧化皮脱落堵管导致的。锅炉长期运行，管内壁生成的氧化皮局部脱落，堆积在管屏下部V形弯内，管内蒸汽被节流，致使管壁超温。特别是2015年以后，机组参与深度调峰，在锅炉不转态的工况下，最低深调至160MW。所以在实际运行时经常会出现锅炉负荷很低，但主蒸汽温度很高的工况。在这种工况下，蒸汽总体流量低，末级过热器各管屏管圈内蒸汽流量分布不均，个别管圈便会因蒸汽流量低而发生超温运行，而管屏上的壁温测点数量有限，不能全面监视到每根管的壁温，管壁超温的问题未能被及时发现，致使个别过热器管长期超温运行。处在末级过热器管屏前半部异种钢焊口上部的SA-213T91钢管耐热性较SA-213TP347H钢管材差，而该区域热负荷还相对较高，因此，该区域长时间超温运行的管子，氧化皮生成量增加，管壁长期超温使管子发生蠕胀，导致管内壁的氧化皮变的疏松，在机组快速变负荷的某一时段，氧化皮大面积集中脱落，造成管子被全部或大部分被堵死，传热迅速恶化，发生短时过热爆管。爆管后大量蒸汽在爆口部位泄出，将管内的氧化皮也随之喷走，因此在对爆管的管圈内部检查仅发现少量的氧化皮或没有发现氧化皮。爆管后对末级过热器其他管屏进行氧化皮检测，每次都能发现个别管圈下部氧化皮堵管比较严重（见图11），进行人工割管清理。另外，由于管屏下部设计成V形结构，氧化皮脱落后全部集中于一点，管子更易被氧化皮堵塞，使得事故更易发生。

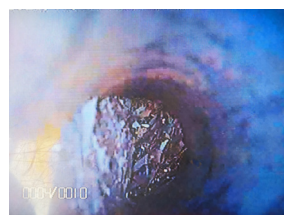


图11 氧化皮堵管照片

### 三、控制措施

（一）运行过程中，高温过热器、高温再热器出口蒸汽温度不能高于设计值。加强壁温监视，做好燃烧调整工作，减少受热面管屏间的壁温偏差。严格控制各段金属壁温，禁止超限。

（二）控制锅炉启停速度，严格控制锅炉启停过程中的升温、降温速度，避免引起氧化皮的大量剥落。

（三）控制减温水的投用，锅炉运行及停炉时减温水与高温受热面蒸汽的温差很大，会加速受热面氧化皮的生成与剥落。锅炉运行中应尽量减少减温水特别是高温过热器、高再减温水的投用量。

（四）深调期间，要按照机组工况设计要求，开展滑参数运行，适当降低主汽和再热蒸汽温度，不能刻意提高中间点温度，同时监视好屏间壁温偏差，偏差过大时需进行燃烧调整。

（五）控制锅炉水质，做好化水处理，保证汽品质，加氧处理的要关注氧量的控制及化学仪表的校验。

（六）停炉时不能进行强制冷却，做好锅炉保养，冬季注意引风机的开度和时间，特别注意减温水在停炉过程的用量。

（七）坚持“逢停必检、专业清理”的原则，只要停机时间允许，委托专业队伍对末级过热器、高温再热器等高温受热管内壁氧化皮脱落堵管的情况进行检查，堵管超过1/2管径的人工割管清理。

（八）根据炉内热负荷分布情况，适当增加高温受热面壁温测点，减少监视盲区，方便运行人员监视壁温，减少超温运行。

（九）对末级过热器、屏式过热器等高温受热面相关管子进行取样分析，沿炉膛宽度涵盖高温区、低温区，材质涵盖SA-213T9、SA-213TP347H，进行金属寿命评估。根据评估结果，对管屏全部或局部进行更换，或者进行酸洗。

### 四、结语

氧化皮脱落堵管是超（超）临界机组锅炉的常见问题，每年都有锅炉因之发生爆管事件，是影响锅炉安全运行的一个重要因素。经过近几年电厂专业人员的经验积累和不断摸索，通过运行控制、专业检查和技术改造等多种措施综合治理，可以有效的抑制氧化皮脱落导致的锅炉爆管事件，保障机组安全运行。

### 参考文献：

- [1] 哈尔滨锅炉厂有限责任公司《HG-1930/25.4-HM2 型锅炉说明书》。
- [2] 张磊、廉根宽，《电站锅炉四管泄漏分析与治理》[M] 四川：水利水电出版社，2009。



# 复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化

常进贝

陕西永陇能源开发建设有限公司，陕西 宝鸡 721599

**摘要：** 本文探讨了复杂地质条件下回采巷道施工与支护技术的优化策略。文章分析了高地应力、岩体破碎、水害等复杂条件对巷道施工与支护的影响，并针对沿空留巷技术面临的挑战进行了研究。文章提出了施工技术优化策略，包括钻爆法、掘进机械和施工组织与管理的优化；同时，也提出了支护技术优化策略，包括支护材料创新、支护结构设计优化和支护施工工艺优化。最后，文章指出，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个系统工程，需要不断研究、实践和总结，以提升我国煤矿安全生产水平。

**关键词：** 复杂条件；回采巷道；施工技术；支护技术；优化策略

## Optimization of Mining Roadway Construction and Support Technology under Complex Conditions

Chang Jinbei

Shaanxi Yonglong Energy Development and Construction Co., Ltd, Shaanxi, Baoji 721599

**Abstract：** This paper discusses the optimization strategy of the construction and support technology of back-mining roadway under complex geological conditions. The article analyzes the influence of complex conditions such as high geostress, rock fragmentation and water damage on the construction and support of the roadway, and conducts a research on the challenges faced by the technology of leaving the roadway along the air. The article puts forward construction technology optimization strategies, including optimization of drilling and blasting method, digging machinery, and construction organization and management; meanwhile, it also puts forward support technology optimization strategies, including innovation of support materials, optimization of support structure design, and optimization of support construction process. Finally, the article points out that the optimization of the construction and support technology of back mining roadway under complex conditions is a systematic project, which needs to be continuously researched, practiced and summarized in order to improve the level of safe production of coal mines in China.

**Keywords：** complex conditions; mining roadway; construction technology; support technology; optimization strategy

## 引言

回采巷道的施工与支护技术，是煤矿安全生产中的一项核心工程，它不仅关乎巷道的稳定性与生产效率，更是矿工生命安全的重要保障。在复杂的地质条件下，如软岩、高地应力、破碎带等地质环境中，回采巷道的构建与维护面临着更为严峻的考验。这些条件对施工技术提出了更高的要求，需要更为精细和科学的策略来应对。

因此，深入研究并优化复杂地质条件下回采巷道的施工与支护技术，不仅是对工程技术的提升，更是对煤矿安全生产责任的深刻践行。这样的研究具有重大的现实意义，它能够有效提高煤矿安全生产的整体水平，保障矿工的健康与安全，同时促进煤矿生产的持续与稳定。

## 一、复杂条件下回采巷道施工与支护技术分析

回采巷道是煤矿生产中的重要部分，其施工与支护技术的选择和应用直接关系到煤矿的安全生产和经济效益。在复杂条件下，如高地应力、岩体破碎、水害等地质条件下，回采巷道的施工与支护面临更大的挑战。本文将对这些复杂条件下的回采巷道施工与支护技术进行分析和探讨。

### （一）高地应力对施工与支护的影响

高地应力是在地下深处，受上覆岩层重量和构造应力共同作用，岩体内部产生的应力状态。我国在交通系统高速发展的推动下，从 80 年代末就有学者开始针对高地应力岩体方面进行研究<sup>[1]</sup>。这种应力状态对回采巷道的施工与支护产生了显著影响：高地应力会导致岩体发生变形和破坏，这不仅增加了巷道维护的难度，还提高了支护成本；高地应力的存在降低了巷道的稳定性，

容易引发片帮、冒顶等事故，这对煤矿的安全生产构成了威胁；高地应力还会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。

在深地开采过程中，高地应力是一个不可忽视的自然因素。这种应力状态是由地壳深处的岩层重量与地质构造运动共同作用形成的，对回采巷道的施工与支护带来了极大的挑战。这种围岩往往具有较大的围岩变形、支护变形、破损和间隙侵入的现象，严重影响正常施工<sup>[2]</sup>。此外，高地应力的存在降低了巷道的稳定性，容易引发片帮、冒顶等事故，对煤矿的安全生产构成了威胁。高地应力还会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。

### （二）岩体破碎对施工与支护的影响

岩体的结构面是指岩体内部具有方向性、延展性、厚度较小的面状或片状地质界面（节理），结构面的存在破坏了岩体结构的完整性，使岩体的稳定性下降<sup>[3]</sup>。岩体的破碎往往是由内而外的结果，是地质历史长期作用的见证。地质构造的变迁、爆破作业的震动以及地下水的侵蚀等多重因素，共同作用于岩体，激活了其内部的裂隙和节理，逐渐削弱了岩体的整体性。这种破碎状态对于回采巷道的施工与支护提出了更高的要求。

在破碎岩体中施工巷道，无疑增加了开挖的难度和施工的风险。岩体的不稳定性可能导致塌方和冒顶等事故的发生概率上升，这对矿工的安全构成了直接威胁。同时，破碎岩体的支护工作更为复杂，需要更加精细和强化的措施，这无疑增加了支护的成本和难度。此外，岩体的破碎还会对巷道的施工速度和效率产生不利影响，使得施工过程更加缓慢，风险也随之增大。

### （三）水害对施工与支护的影响

水害是煤矿巷道施工与支护中常见的问题，其根源复杂多样，包括地下水位的上升、地表水的渗入，以及老空积水等因素<sup>[4]</sup>。这些因素相互作用，导致巷道施工过程中出现涌水、淋水等现象，给施工与支护带来了严峻挑战。

水害的发生对岩体的强度和稳定性产生不利影响，进一步增加了巷道的维护难度和支护成本。同时，水害的存在也会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。此外，水害还可能导致巷道内设备的损坏和人员的伤亡，对煤矿的安全生产构成了严重威胁。

### （四）沿空留巷技术面临的挑战

沿空留巷技术是煤矿开采中的一项关键工艺，旨在提升煤炭资源的回收率并保障矿井安全生产。该技术通过在采空区边缘预留一条通道，以此支撑顶板，减少顶板下沉现象，防止顶板坍塌带来的安全隐患，并为后续工作面的开采提供必要的通道与空间。

尽管如此，沿空留巷技术的应用面临着一系列挑战：技术实施的复杂性，要求精确控制巷道的宽度和位置，以及对顶板进行有效管理；其次是安全风险的提升，由于掘进工作面环境靠近采空区，容易受到诸如水害、火灾、瓦斯突出、矿压等动态变化的影响；再次是经济成本的上升，因为需要额外的支护材料和人力资源；此外，该技术可能对地下水文条件造成影响，引发环境问

题<sup>[5]</sup>；矿压控制也变得更为复杂，需要精确的矿压监测和有效的控制策略；巷道的维护和修复工作量大，且维护周期漫长。

## 二、沿空留巷技术研究

沿空留巷技术是一种在煤矿生产中应用广泛的技术，其主要目的是为了提提高煤炭资源的回采率，降低资源浪费，同时提高生产效率和经济效益。本文将围绕沿空留巷技术的原理、应用现状进行探讨。

### （一）沿空留巷技术原理

沿空留巷技术，作为一种先进的矿山工程技术，其核心在于在煤层开采过程中，巧妙地在采空区边缘保留一定宽度的煤柱。这些煤柱起到了至关重要的作用，它们像是一道坚固的屏障，有效地支撑着顶板，减缓了顶板的下沉速度，从而确保了巷道的稳定性<sup>[6]</sup>。这种技术的应用，不仅显著降低了巷道的维护频率和成本，而且大幅提高了煤炭资源的回采率，实现了资源的最大化利用，减少了不必要的浪费。沿空留巷技术的实施，是对煤炭资源开采效率与环境保护的一种平衡，体现了煤矿生产中对科学与技术深度融合的追求，对推动煤矿产业的可持续发展具有重要意义。

### （二）沿空留巷技术应用现状

沿空留巷技术在我国煤矿产业中已经生根发芽，被众多矿山企业采纳并内化为提升生产力的关键策略。通过这种技术的巧妙运用，煤矿企业不仅显著提升了煤炭资源的回采比例，实现了资源价值的最优化，还有效降低了生产成本，增强了企业的市场竞争力。更为重要的是，沿空留巷技术的广泛应用，推动了整个煤矿行业向高效、节约、环保的生产模式转变，为行业的可持续发展注入了新的活力，展现了科技进步在传统产业升级中的巨大推动作用。

## 三、回采巷道施工与支护技术优化策略

随着科技的进步和煤矿开采条件的多样化，对施工与支护技术的要求也越来越高。为了适应这些挑战，需要对现有技术进行不断地优化和创新。本文将探讨回采巷道施工与支护技术的优化策略。

### （一）施工技术优化

#### 1. 灾害治理优化

根据地面三维地震勘察、对掘进工作面采用瞬变电磁法探测等探测手段，使用千米钻机等技术，超前施工掘进工作面前方及受威胁区域的探放水、地质探查、瓦斯抽放等钻孔；在已回采工作面上方对应的地面范围施工水文长观孔及放水孔；安装微震监测、矿压监测等监测监控设备，事实掌握掘进巷道的动态变化情况，出现险情征兆及时发出预警信号；以上对灾害治理采取的方法，从而减少矿井灾害对施工巷道的威胁，提升巷道安全施工及掘进速度。

#### 2. 掘进机械优化

掘进机械在回采巷道施工中扮演着至关重要的角色，其优化

策略主要围绕提高效率和安全性展开。采用先进的掘进机械，如盾构机和连续采煤机，这些设备能够显著提升掘进效率，同时减少对人力的依赖，降低安全风险。掘进机械的自动化和智能化是优化的重要方向，通过运用现代控制技术，实现机械的自动化运行和智能化控制，从而提升施工的效率 and 精度。针对不同的地质条件，对掘进机械进行适应性改造，如增强机械的稳定性和提高切割能力，以确保机械在不同环境下的高效作业<sup>[8]</sup>。这些策略的实施将极大提升掘进机械的性能和施工效率。

### 3. 施工组织与管理优化

施工组织与管理对于保障施工过程的顺利进行具有至关重要的作用，其优化策略主要涵盖以下几个方面：通过科学的施工组织，根据具体的施工任务和地质条件，合理安排施工流程，以减少施工中的交叉干扰，从而提升施工效率。实施严格的质量管理，建立完善的质量管理体系，对施工过程进行全面的监控，确保施工质量符合标准要求。采用信息化管理手段，利用物联网、大数据等信息技术，实现对施工过程的实时监控和管理，以此提高施工的精准度和效率。这些策略的综合应用将有助于提升施工组织与管理的整体水平，确保工程项目的顺利进行和高质量完成。

## （二）支护技术优化

### 1. 支护材料创新

支护材料的创新对于提升支护效果至关重要，其优化策略主要涉及以下几个方面：研发新型的高强度高刚度支护材料，如高强度锚杆和新型钢支架，这些材料能够提高支护结构的稳定性，适应高地应力和复杂地质条件。推广复合材料的广泛应用，例如玻璃钢锚杆和碳纤维支架，这些材料具有轻质高强、耐腐蚀等优点，不仅能够提高支护效果，还能降低支护成本<sup>[9]</sup>。发展新型注浆材料，如超细水泥和化学浆材，这些材料能够提高注浆加固的效果，增强岩体的稳定性。这些创新策略的实施将有效提升支护材料的功能性和经济效益，为回采巷道的施工提供更加坚实的保障。

### 2. 支护结构设计优化

为了提高支护效果，支护结构设计的优化显得尤为重要，其策略主要包括以下几点：采用复合支护结构，将多种支护方式相

结合，例如锚杆支护与注浆加固的联合应用，能够显著提升支护效果，并适应不同地质条件的需求。优化支护参数设计，根据具体的地质条件和施工要求，合理确定支护参数，如锚杆间距、锚固长度等，以确保支护效果的优化。推广预应力锚索技术的应用，这种技术能够在岩体内部形成有效的应力场，从而提高岩体的整体稳定性，尤其适用于大跨度、高地应力的巷道支护。这些优化策略的综合应用将有助于提升支护结构的设计水平和支护效果，确保施工的安全和效率。

### 3. 支护施工工艺优化

为了确保支护效果，支护施工工艺的优化至关重要，其策略主要包括以下几点：采用先进的施工设备，如全自动锚杆钻机和注浆泵，这些设备能够提高施工效率，并保证施工质量<sup>[10]</sup>。优化施工流程，合理安排施工步骤，减少施工中的交叉干扰，从而提升施工效率。加强施工人员的培训，提高他们的技术水平，以确保施工质量符合标准要求。这些优化策略的综合应用将有助于提升支护施工工艺的整体水平，确保施工过程的安全、高效和高质量完成。

## 结束语

概括来说，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个涉及多个方面的系统工程。本文针对我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术的现状，分析了存在的问题，并从理论上提出了相应的优化措施。

本文的研究成果对于提高我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术水平具有一定的指导意义。然而，由于煤矿地质条件的复杂性和多样性，本文的研究还存在一定的局限性。在今后的研究中，可以进一步探讨不同地质条件下回采巷道施工与支护技术的适应性，以及智能化、自动化施工技术在回采巷道施工中的应用，为我国煤矿安全生产提供更加有力的技术支持。

总之，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个长期、艰巨的任务。通过不断研究、实践和总结，相信我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术水平将得到进一步提高，为我国煤矿安全生产和可持续发展做出更大贡献。

## 参考文献

- [1] 马洪卓. 高地应力软岩隧道支护技术研究 [D]. 西南交通大学, 2021.DOI:10.27414/d.cnki.gxnju.2021.001181.
- [2] 李慧. 高地应力软岩隧道锚杆支护技术及参数优化研究 [D]. 西安科技大学, 2020.DOI:10.27397/d.cnki.gxaku.2020.000359.
- [3] 王昊, 姜诣男, 冯云鹏, 等. 破碎岩体中盾构施工掌子面安全系数计算方法研究 [J]. 隧道建设 (中英文), 2023, 43(S2):302-309.
- [4] 管瑜熙. 基于数值计算的浅埋采煤巷道场地稳定性研究 [J]. 山西建筑, 2021, 47(23):59-62.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2021.23.020.
- [5] 霍文. 采煤工作面煤层注水防尘施工参数优化及应用 [J]. 中国矿山工程, 2021, 50(04):47-49.DOI:10.19607/j.cnki.cn11-5068/xf.2021.04.012.
- [6] 刘京强, 付浩. 回采巷道掘进过断层技术研究 [J]. 中国矿山工程, 2020, 49(06):57-59.DOI:10.19607/j.cnki.cn11-5068/xf.2020.06.018.
- [7] 马清水, 赵相钟, 宋振骐, 等. 回采巷道稳定性风险评判模型设计与系统应用 [J/OL]. 煤矿安全, 1-11[2024-06-27].https://doi.org/10.13347/j.cnki.mkaq.20231009.
- [8] 张随喜. 山浪矿浅埋煤层开采围岩力学变化特征与控制技术研究 [D]. 中国矿业大学 (北京), 2020.DOI:10.27624/d.cnki.gzkb.2020.000155.
- [9] 韩永春, 刘广宇. 回采巷道联合支护降低采动影响 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2018, (18):130-131+147.DOI:10.13487/j.cnki.imce.012831.
- [10] 聂连义. 平煤二矿回采巷道过老巷贯通技术 [J]. 山东工业技术, 2018, (11):83.DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.11.071.

# 国省干线公路危桥加固维修的施工技术

徐向梁<sup>1</sup>, 祖楠<sup>2</sup>

1. 山东临沂交通工程咨询监理有限公司, 山东 临沂 276002

2. 临沂市交通运输局兰山交通发展服务中心, 山东 临沂 276000

**摘 要：** 国省干线公路作为国家交通网络的重要组成部分，承载着巨大的交通流量和物流运输任务，但随着使用时间不断延长，部分国省干线公路桥梁出现不同程度的老化现象，严重影响了公路的通行能力和服务水平，甚至威胁到行车安全。因此，对国省干线公路危桥进行加固维修，提高其承载能力，已成为当前公路养护管理的重要任务。基于此，本文以工程案例为主要研究对象，分析国省干线公路危桥加固维修的施工技术，探讨危桥加固维修的原则和目标，强调安全、经济、适用的重要性。在此基础上，本文详细介绍了多种危桥加固维修的施工技术，并对各种技术的适用条件、施工工艺、材料选择、质量控制进行阐述，为今后国省干线公路危桥加固维修工作提供技术支持。

**关 键 词：** 国省干线公路；危桥；加固维修；施工技术；安全管理

## Construction Technology for Reinforcement and Maintenance of Dangerous Bridges on National and Provincial Trunk Highways

Xu Xiangliang<sup>1</sup>, Zu Nan<sup>2</sup>

1. Shandong Linyi Transport Engineering Consulting &amp; Supervision Co., Ltd. Linyi, Shandong 276002

2. LanShan Traffic Development Service Centre, Transport Bureau, Linyi, Shandong 276000

**Abstract：** As an important component of the national transportation network, national and provincial trunk highways carry enormous traffic flow and logistics transportation tasks. However, with the continuous extension of service time, some bridges on national and provincial trunk highways have experienced varying degrees of aging, seriously affecting the traffic capacity and service level of the highways, and even threatening driving safety. Therefore, strengthening and repairing dangerous bridges on national and provincial trunk roads to improve their bearing capacity has become an important task in current highway maintenance and management. Based on this, this article takes engineering cases as the main research object, analyzes the construction technology of reinforcement and maintenance of dangerous bridges on national and provincial trunk highways, explores the principles and goals of reinforcement and maintenance of dangerous bridges, and emphasizes the importance of safety, economy, and applicability. On this basis, this article provides a detailed introduction to various construction techniques for the reinforcement and maintenance of dangerous bridges, and elaborates on the applicable conditions, construction processes, material selection, and quality control of each technique, providing technical support for the reinforcement and maintenance of dangerous bridges on national and provincial trunk highways in the future.

**Keywords：** national and provincial trunk highways; dangerous bridge; reinforcement and maintenance; construction technology; security management

### 一、前言

随着我国经济快速发展，交通运输需求不断增长，国省干线公路是连接各地的重要交通纽带，承载着巨大的交通流量和物流运输任务。然而，由于受到历史建设标准、自然侵蚀、超负荷运行等多种因素影响，部分国省干线公路桥梁出现不同程度的损伤，危桥问题日益凸显，严重威胁着公路交通的安全性，危桥加固维修工作迫在眉睫，其直接关系到人民群众的生命财产安全，

也是保障国家经济持续健康发展的重要基础。因此，对国省干线公路危桥加固维修的施工技术进行深入研究，探索科学的加固方案，已成为当前公路建设和维护领域的重要课题。基于此，本文旨在通过分析国省干线公路危桥现状，结合国内先进的桥梁加固技术，探讨适用于我国实际情况的危桥加固维修施工技术。文章将从危桥的检测评估、加固方案设计、施工工艺选择、质量控制等方面进行系统研究，以期为我国国省干线公路危桥的加固维修工作提供丰富数据资源，确保公路交通的安全运行<sup>[1]</sup>。

作者简介：第一作者：徐向梁（1990.03.11），男，民族：汉，籍贯（山东省临沂市），学历：本科，职称：工程师，研究方向：交通工程，邮箱：1039582770@qq.com  
第二作者：祖楠（1982.4.13），男，民族：汉，籍贯（山东省临沂市），学历：本科，职称：工程师，研究方向：交通工程，邮箱：20429717@qq.com



## 二、工程概述

印把山大桥位于省道 305 线上，是一座全长 126 m 的重要交通设施，该桥建造充分考虑结构的安全性，旨在为当地居民提供稳固的通行环境。主桥部分采用  $3 \times 25$  m 的上承式钢筋混凝土无铰双曲拱桥设计，双曲拱桥的结构形式使得桥梁在承受车辆荷载时，能够通过拱的曲率将力均匀分布，从而减少对桥墩的直接冲击，增强桥梁的整体稳定性。引桥部分则设计为一跨 8 m 的石拱桥，这种材料和结构的选择考虑到了成本效益和施工便利性。石拱桥虽然跨度较小，但其坚固耐用的特点同样能满足日常交通的需求。桥面宽度设计为 8.5 m，其中行车道宽度为 7.0 m，两侧各设有 0.75 m 的栏杆，这样的设计保证车辆的通行空间，为行人提供必要的安全保障。印把山大桥的设计和建造体现了现代工程技术与传统建筑美学的结合，它不仅是一项重要的基础设施工程，也是当地的一道亮丽风景线。随着大桥的建成通车，预计将极大地促进周边地区的经济发展，为当地居民的生活带来更多便利。

## 三、加固前桥梁现状

(1) 主拱圈拱顶区段下缘开裂情况。在对该桥梁进行详细检查时，发现中拱及两个边拱的主拱圈拱顶区段下缘存在明显的开裂现象。这些裂缝主要以横向分布为主，但也有部分纵向裂缝出现。裂缝的宽度大约在 0.08 至 0.2 毫米之间，显示出一定的扩展趋势。此外，中拱拱顶区段的主拱圈侧面局部也观察到纵向裂缝，其宽度约为 0.1 至 0.2 毫米<sup>[2]</sup>。

(2) 主拱圈混凝土及横向连接混凝土质量问题。通过进一步检测显示，主拱圈的混凝土和肋拱间横向连接混凝土质量较差，这和施工时的材料选择、施工工艺不当有直接关联，造成混凝土强度未能达到设计要求。

(3) 拱顶区段拱肋与拱波连接处混凝土开裂。在拱顶区段，部分拱肋与拱波连接处的混凝土出现开裂现象，这种开裂可能是由于结构应力集中引起的，需要通过加固措施增强这些连接处的结构稳定性。

(4) 人行道板、栏杆及桥面排水问题。除了结构上的问题，该桥梁人行道板和栏杆也显示出较为严重的破损情况，严重影响到桥梁的美观性，甚至威胁到行人的人身安全。此外，桥面的排水系统不畅，导致雨水积聚，进一步加剧桥梁结构的腐蚀问题。

## 四、加固维修项目

在建筑结构维护领域，加固维修项目是确保结构安全和延长使用寿命的关键措施。根据本工程项目实际情况，制定相关的加固维修项目，包括封闭处理裂缝、主拱和腹拱的钢板粘贴、拱脚处主拱圈截面增加、增强主拱圈横向联系<sup>[3]</sup>。

(1) 对出现的裂缝进行封闭处理

裂缝是结构损伤的常见表现，如果不及时处理，可能会导致

更严重的结构问题。在本项目中，科学评估结构中出现的裂缝，确定裂缝的严重程度。采用适当的封闭材料对裂缝进行封闭处理，经过清理裂缝、填充密封材料、表面覆盖保护层等步骤，确保裂缝不会进一步扩展，并保护结构免受水分的侵害。

(2) 对主拱、腹拱粘贴钢板

主拱和腹拱是结构中的关键承重部件，其完整性直接影响到整个结构的安全性。在本项目中，为了增强这些部件的承载能力，采用粘贴钢板的加固方法，在主拱和腹拱的外表面粘贴高强度钢板，通过专用粘合剂将钢板固定在结构表面，有效提高结构抗弯和抗剪能力，增强其整体稳定性<sup>[4]</sup>。

(3) 对拱脚处主拱圈增加截面

拱脚是拱结构中承受最大压力的部位，增强拱脚的承载能力是加固维修项目的重要环节。在本项目中，通过增加主拱圈在拱脚处的截面尺寸实现这一目标，通常涉及在现有结构的基础上增加混凝土或钢材，进一步扩大截面面积，从而提高其承载能力。这种加固措施能有效分散压力，避免出现结构变形问题（如图 1 所示）。



图 1 拱脚处主拱圈增加截面

(4) 增加主拱圈横向联系

为了提高结构的整体稳定性，本项目增加主拱圈的横向联系，设置横向支撑，确保主拱圈在受到横向力作用时能保持稳定。这种增强横向联系方式，能有效防止结构在横向荷载作用下的侧向移动，提高结构的整体安全性<sup>[5]</sup>。

## 五、加固维修施工技术

(一) 施工流程

在加固维修施工过程中，工作人员要严格按照先卸载后加固、桥面安装相应填充物、桥面裂缝位置修复、混凝土表面层优化、人行道板拆除及桥梁半幅栏杆增设横系梁隔板的设计图纸进行施工。主拱门及复拱圈内安装钢板；对拱肋部位，加大截面处理，如布置钢筋，浇筑混凝土绑扎；按照设计图内容施工人行道、桥面铺装层和半幅桥栏杆的位置。

(二) 施工工艺

(1) 裂缝修补

主拱圈质量在拆除现有桥面结构时应按对称原则进行加固施

工。对于宽度裂缝，也要采取表面封闭处理的办法，根据裂缝的实际情况解决；针对0.15米宽的裂缝，采取加压灌注奖的办法解决，并提前对裂缝进行了处理，确保裂缝平整；如裂缝走向宽30 ~ 50mm，裂缝修补材料应适量涂抹，裂缝修补专用胶水应符合《公路桥梁加固设计规范》要求，经处理封皮后组织人员加压刮平（如表1所示）。

表1 裂缝修补专用胶安全性能指标

性能项目	胶体性能				钢-钢 拉伸抗 剪强度 标准值 /MPa	不发 挥物 含量 /%	可灌注 性
	抗拉 强度 / MPa	抗拉弹 性模量 / MPa	抗压 强度 / MPa	抗弯 强度 / MPa			
性能 指标	≥ 20	≥ 1500	≥ 50	≥ 30	≥ 10	≥ 99	0.1mm

（2）粘贴钢板

粘贴钢板技术是通过使用高强度的结构胶粘剂，将预制钢板粘贴在桥梁的受力部位，增加桥梁的承载能力和抗弯强度，提高桥梁的整体性能，延长其使用寿命，并且施工简便、对交通影响小。在实际施工过程中，工作人员要提前做好前期准备工作，科学评估桥梁质量，确定需要加固部位和钢板尺寸。同，清理桥梁表面，确保粘贴面干净、无油污和松散物质。根据设计要求，对钢板进行切割、钻孔和打磨，提高钢板尺寸的精确性，保证其表面的平整性。接下来在桥梁表面和钢板上均匀涂抹结构胶粘剂，然后将钢板准确地粘贴到预定位置，使用专用工具进行压实，确保胶粘剂充分填充空隙，形成牢固的粘结。等到粘贴完成后，根据胶粘剂的固化时间进行养护，确保粘结强度达到设计要求<sup>[7]</sup>。施工完成后，进行质量检验，包括粘结强度测试和外观检查，确保加固效果符合标准。粘贴钢板技术作为一种先进的危桥加固方法，不仅能够有效解决国省干线公路上危桥的问题，还能提高公路交通的安全性。

表2 粘贴钢板用胶粘剂安全性能指标

性能项目	胶体性能				粘结能力				
	抗拉 强度 / MPa	抗拉弹 性模量 / MPa	抗压 强度 / MPa	抗弯 强度 / MPa	钢-钢 拉伸抗 剪强度 标准值 /MPa	钢- 钢不均 匀拉离 强度 / MPa	钢-钢 粘结抗 拉强度 /MPa	与混凝 土正 拉粘结 强度 / MPa	不会发 物质含 量 /%
性能 指标	≥ 30	≥ 3500	≥ 65	≥ 45	15	≥ 16	≥ 33	≥ 2.5	≥ 99

（3）增大截面加固

增大截面加固技术是通过在原有桥梁结构的基础上增加新的混凝土或钢筋混凝土截面，提高桥梁的整体承载能力和耐久性，改善桥梁的受力状态，延长其使用寿命。在进行增大截面加固前，组织工作人员详细勘察施工现场，包括桥梁的结构评估、荷载分析、材料选择等，制定详细的施工方案和安全措施，确保施工过程中的安全性。接下来，清理桥梁表面进行彻底清理，去除松动的混凝土和锈蚀的钢筋，根据设计要求，加工新的钢筋，并将其准确布置在预定位置，让其与原有钢筋的有效连接；安装模板，为混凝土浇筑提供良好的条件，选择合适的混凝土材料，进行浇筑。但值得注意的是，浇筑过程中提高混凝土的均匀性，避免出现空洞和裂缝。混凝土浇筑完成后，需要进行适当的养护，确保混凝土的强度发展，防止早期裂缝的产生。增大截面加固技术是一种有效的危桥加固方法，通过合理的施工技术和严格的质量控制，显著提高桥梁的承载能力，保障公路交通的安全畅通<sup>[8]</sup>。

六、总结

综上所述，国省干线公路危桥加固维修的施工技术研究是一项系统的工作它需要多学科知识的融合和实践经验的积累。通过本研究，为危桥的科学管理和技术创新奠定了坚实的基础，也为我国公路交通事业的发展贡献了力量。未来，我们将继续深化研究，不断探索更加高效、环保的加固维修技术，以适应公路交通发展的需要，保障人民群众的出行安全。

参考文献:

[1] 张文龙. 浅谈国道212线 K311+803何家堡2号桥危桥加固改造工程设计 [J]. 科技视界, 2020(8):192-193.

[2] 肖荣兵. 公路桥梁养护管理与危桥加固改造技术的耦合研究 [J]. 建材与装饰, 2022,18(4):147-148.

[3] 王星乔. 路桥工程中危桥加固施工与维修技术研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(23):1781.

[4] 官方. 加固技术在农村公路危桥改造中的应用研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2021,44(6):100-101.

[5] 施进, 董伟. 预应力混凝土连续梁桥典型病害及加固方法分析——以襄阳市危桥改造项目为例 [J]. 工程技术研究, 2022,7(7):56-58.

[6] 邱明亮. 钢筋混凝土钢架拱旧桥加固设计——以广东省农村公路危桥改造建设总承包项目江口旧桥加固为例 [J]. 工程技术研究, 2021,6(9):214-215.

[7] 项沛, 崔力宁, 杨彤. 基于桥梁改造的新旧混凝土结构植筋加固粘接技术研究 [J]. 粘接, 2023,50(11):98-101.

[8] 陈健平. 湍急深水中微型钢管桩施工技术的研究与应用——以新丰江桥工程项目为例 [J]. 工程技术研究, 2022,7(13):66-68.

# 露天煤矿地质灾害致灾机理与边坡失稳预测分析

龙勇

贵州图南矿业（集团）有限公司，贵州 兴仁 562300

**摘 要：** 该项研究主要针对一个特定的露天煤矿进行分析，首先阐述了该矿区的概况以及采空区域和断层活化所引起的灾害成因。接着，利用 FLAC 程序构建了矿区边坡的数理模型，并挑选了3号与5号两个代表性的剖面进行稳定性预测和解析。研究成果显示，3号剖面相关区域的边坡存在部分结构破裂风险，不适合执行开采活动；而5号剖面区域的边坡，其第一和第二层段的岩石结构较为稳固，但第三和第四层段所覆盖的煤层顶部岩石层出现了明显的变形现象。因此，为了预防边坡的不稳定现象并确保施工安全，矿藏的开采深度不得超过第二层段，亦即综合采矿深度应控制在850米以内。

**关 键 词：** 煤矿地质灾害；边坡失稳；采空区；FLAC

## Analysis of Geological Disaster Causing Mechanism and Slope Instability Prediction in Surface Coal Mines

Long Yong

Guizhou Tunan Mining Industry (Group) Co., Ltd, Xingren, Guizhou 562300

**Abstract：** This study focuses on the analysis of a specific open-pit coal mine, and firstly, it describes the general situation of the mine, and the causes of the disasters caused by the activation of the mining area and faults. Then, a numerical model of the mine slope was constructed using the FLAC program, and two representative profiles, No. 3 and No. 5, were selected for stability prediction and analysis. The research results show that the slopes in the relevant area of profile No. 3 are at risk of partial structural rupture and are not suitable for the execution of mining activities, while the slopes in the area of profile No. 5 have a relatively stable rock structure in the first and second segments, but the rock layers on top of the coal seams covered by the third and fourth segments have shown obvious deformation phenomena. Therefore, in order to prevent slope instability and ensure construction safety, the mining depth of the deposit should not exceed the second layer section, i.e., the integrated mining depth should be controlled within 850 meters.

**Keywords：** coal mine geohazard; slope instability; air-mining zone; FLAC

### 引言：

坡体的安定性是相对性的，不安定则是绝对性的。哪怕目前稳固的坡体，在长期遭受地质变动或是人为干预等不良影响之下，也有可能由原本稳定的状态演变为不稳定，终至发生崩塌。鉴于此，探讨坡体失稳崩塌的预测及预警具有极其深远的意义。在进行坡体崩塌的预测及预警时，空间与时间这两个维度是不可或缺的要害，二者相辅相成。空间上对滑坡的预测为时间上的预警确定了研究对象；而时间上的预警点位选择，必须建立在空间预测的基础之上，以免因随意定位而导致失误和遗漏。滑坡位置与规模的预估是通过对其潜在发生点和可能性大小的分析来进行的，目前广泛采用的预估技术包含了传统稳定性系数预估技术、人工神经网络技术、信息理论模型、突变理论预估技术及模糊逻辑评估等；而对于滑坡发生具体时刻的预测，即基于现有监测信息，结合数学建模技术来推算将来某个时间点土坡状态的过程，现阶段常见的技术有斋藤方法、灰色系统理论预测、非线性动力学预测以及多元参数预测技术和神经网络预测技术等。随着对滑坡原理了解的深入，现代力学理论和计算技术的飞速进步，新颖的预测与预报手段正不断涌现，并已实现较为准确的预测效果。

### 一、矿区概况

位于高原与平原相接的某露天煤矿，平均海拔105至148米，地形呈现南端较高而北端较低的趋势<sup>[1]</sup>。该高原区域的坡面倾斜度为12至16度，基础岩石受风化作用强烈，表层覆盖了8.3至

12.6米厚的残留斜坡堆积物。坡下积层及泛洪积扇分布于高原至平原的过渡地带，主要由含有碎石的黏土构成，厚度最大可超过10米。而平原区则以黏土和砂土为主，底层则是砂石。这座露天煤矿在历经多年挖掘后，已开辟成一个南北长约5.5公里、东西宽1.8公里，并且深度逾350米的庞大开采场地。该地区所面临的主



要地质灾害包括山体滑坡、土地裂缝以及地面坍塌等类型。

## 二、露天煤矿地质灾害致灾机理分析

断层活化同样是露天开采煤矿遇见的主要地质难题之一。就文中分析的这块采矿区域来看,存在着一个类似椭圆状的下沉区和它的外围,即断裂带的活跃范围正在拓宽,这极可能诱发山体滑坡、裂地缝、地表塌陷等类型的地质灾害。在典型情况下,矿体开采后留下的空洞所处的顶岩层是连续且具有一定弹性的介质环境,在较低的外力作用下,可以通过弹性形变将点状应力向外围扩散,直到该应力在应力场的界限处彻底消散<sup>[2]</sup>。然而,在开采空间旁边的岩石层中如果存在着断层,这会造成应力场在局部区域产生分隔,此时应力就无法有效传播,并会在断层的某一边积累起来。随着那一侧的应力持续累积,断层的缝隙也将逐渐扩大,当其扩展到一定宽度时,地面就会出现裂纹。与此同时,裂缝的拓展还可能致使上方疏松或碎裂的岩层开始塌落,造成地表的下降。断层火花破坏机理如图1显示。

此外,依照往常监控资料指出,这座露天煤矿在最近几年内,矿山地震的出现频次持续攀升,而这些地震主要集中在采矿空洞与断层构造相交汇的区域。地震一旦发生,还将促使地面裂痕的扩展和地表下沉现象的恶化,同时对露天开采边坡的稳固性产生负面效应。

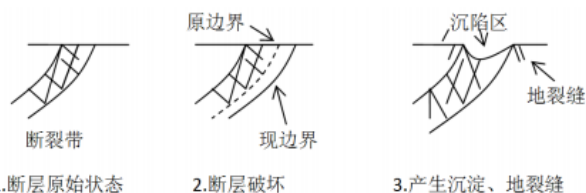


图1 断层破坏示意图

## 三、露天煤矿边坡失稳预测分析

### (一) 基于FLAC下的边坡失稳预测分析

#### 1. 岩土工程软件FLAC

Itasca 公司在美国研发了FLAC 这款土岩工程分析程序,它具备预测达到屈服状态下土质、岩石等构成物的动力效应的功能。通过内置的格点制作工具 Gen, 该程序能够创造多个局部格点,并将这些格点进行拼接和联结,构建出符合分析需求的三维构造格点网络。利用此三维网络,并依据露天煤矿勘测数据设定界限条件与初始状态,可构造出露天煤矿边坡的三维示意图。FLAC 程序还具备地下水动态仿真和孔隙水压力传播仿真的功能,可以在模拟环境中演示多种因素如何影响边坡的稳定性。

#### 2. 数学模型的建立

在FLAC 程序中,较为广泛运用的数值模拟方法是莫尔-库伦机制。它能够描述主应力向量空间里由 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 三个分量形成的模式,并且与之相对的主应变变量分别用 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 来标识<sup>[3]</sup>。此外,该机制认定了两个破裂标准:一为莫尔库伦判据;二为最大拉伸应力判据。而基于莫尔-库伦判据的破裂视觉

呈现就在图2中展示。

若假定破坏临界面 $f_s(\sigma_1, \sigma_3)$ 为零,那么由莫耳库伦法则 $f_s=0$ 所规定,A 点至B 点之间的路径描述为:

$$f_s = \sigma_1 - \sigma_3 \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

从B 点到C 点有拉伸破坏准则定义:

$$f_s = \sigma^3 - \sigma^t$$

式中, $\sigma^t$ 表示抗拉强度, $\theta$ 表示摩擦角。

通过所建立的莫尔——库伦理论模型,能够对露天煤矿斜坡的土石材质在抵达屈服极限时,剪切膨胀角、粘合力、抗拉伸能力等特性的演变过程进行探讨,并据此数值的演进对斜坡的稳固性进行预先评估与分析。

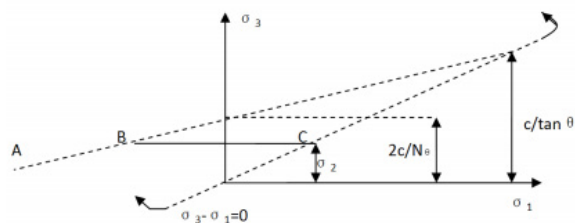


图2FLAC 莫尔-库伦破坏准则

#### 3. 边坡失稳预测结果

此露天采矿区存在两类易发生滑坡的岩体,其中之一分布于南边煤层基部的柔软凝灰石之上,另一类则为所监测绿色泥质岩。这两个区域的岩石强度因气候侵蚀、地下水流等多重因素有所削弱,结构稳定性不佳。遇到地震或大雨导致水分渗透时,这些弱质结构面极易产生层间滑动。实施斜坡稳定性预测并根据预测决定防治措施,是确保矿区安全生产的关键。本研究挑选了矿区内标志性的3号与5号边坡剖面,应用前文提及的FLAC 软件进行数值分析,进而执行斜坡稳固性的预判工作。

#### (1)3# 剖面数值分析

采用FLAC 程序对3号剖面进行的数值模拟步骤包括:

建立数学模型,并设定其边界条件。模型计算所界定的范围顶部为地面,底部则定在海拔负650米,并锁定这些位置的垂直移动;北边界定于矿区北端的N1900坐标位置,而南边界选择在矿区南端的S440坐标,同时锁定这些边界的水平位移。模型南北方向总距离为2668米,垂直深度达到720米,从露天矿坑向东方向延伸至邻近的花岗片麻岩区,选取了13个用于参考的点。

3号剖面的当前状态经分析。该剖面邻近的斜坡,受连年露天挖掘的影响,其坡面植物生长稀疏,进而造成基座岩石遭受严重风化,斜坡形成了广阔的塑性区域,且已出现了显著的位移与变化。特别是在S1断层沿线的裂口部分,最大位移已超过2.1米,断层之下的盘层岩石(斜坡中的软岩层)发生了张拉式的形变。该剖面的13处测量点的垂直移位情况见附图3。

依照图3的数据可得出,地表垂向移动量以S1构造为分界线,在其北侧的含花岗岩性质的片麻岩地带(参照点9至13)的变形程度较轻微,而在边缘处(即参照点13)的垂向位移甚微,仅-0.02米。反观S1断裂线南侧的第三纪煤系地质结构(参照点1至6),却出现了相对显著的地表下沉现象,最大下沉量达到



了-0.6米。

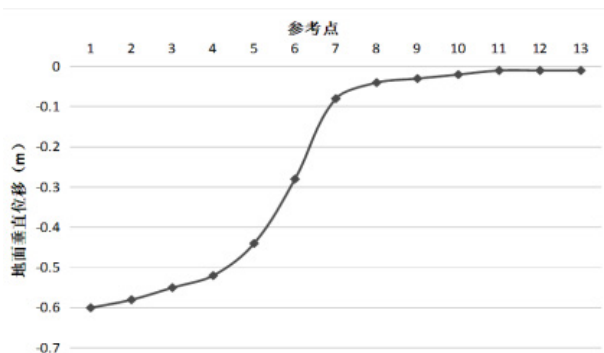


图3参考点地面垂直位移

采掘预估中,本次将所研究的煤层区域分割为四个部分,分别由南至北划分为 N660至 N760、N760至 N860、N860至 N960以及 N960至 N1060。在各分段施行井下采掘作业时,相关检测点的垂向位移变化量可参考图4。

观察图4可见,进行井下开采将引起边坡及采空区地表发生程度不一的竖直移动。其成因分析揭示,采空区面积扩大伴随着岩土上层的应力集中,这将引发局部区域的剪切破坏并最终导致地面沉降变形。从纵向比较视角来看,随着逐段开采深度的加深,地面竖直位移的增幅也展现出上升的趋势。在采矿过程的第四阶段,已测得地面竖直移动量为-0.162m。然而,随着监测点和开挖煤层之间的横向距离延伸,地面垂直位移逐渐趋于减少,例如在最远的第13个监测点,所有采矿阶段地面竖直位移均维持在-0.01米以内。

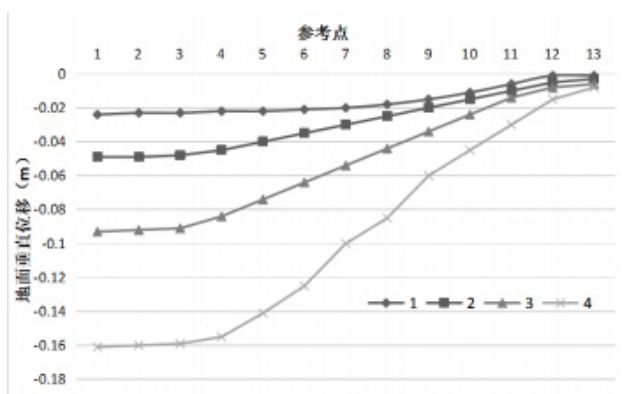


图4四个分段参考点位移增量

经预测分析得出,位于3#剖面的边坡,在南侧因软质岩石的分布形成了延展区域,再加之该处采空作业区域广阔,应力过于集中导致边坡局部结构发生了瓦解。鉴于此,建议停止在此区域进行任何新的矿产资源开采工作,否则可能引发边坡崩塌、地表下沉等一系列地质灾害。

## (2)5# 剖面数值分析

采用 FLAC 程序对5号剖面进行的数值分析步骤如下所示:

搭建模型框架,并设立边界参数。计算得出模型上方限定在海拔98米,而下方则至海拔负1255米,且其垂直移动受到限制。模型的北面边缘以矿区的北部界线 N1900作为分界,而南面则采用矿区的南部界线 S440作为划界依据,并限定其横向位移。整体南北方向跨度为2850米,纵深达到1477米,在朝北的采矿口区域顺序选取了15个测量基准点。

针对5号剖面的现行情况进行剖析,在此坡体出现了广阔的塑变区域,尤其聚集在 S1与 S4断层的中层岩石区。其形成主要是由于持续的露天挖掘作业,以及与之关联的矿山地震活动。关于各测点的垂向移位情况,详见图5所展示的数据。

从图5分析得出,观测点5与观测点11均位于两条不同的断层线之上,在这两处观测点出现了显著的地表竖直移动变化。而位于 S4断层上盘边界的观测点12至观测点15,此区域由花岗质的片麻岩所构成,结构较为稳定,其地面竖直位移量保持在负0.2米范围以内。

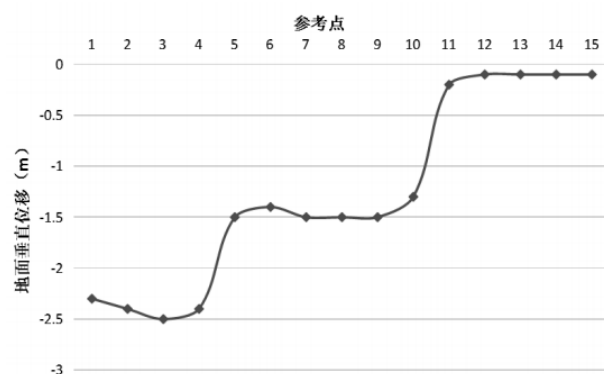


图5参考点地面垂直位移

地下采矿预期分析。遵循相同工艺流程,本次将所述斜坡的质煤矿脉依据水准线依次切割成四等份,具体分段为 N1250至 N1300、N1300至 N1305、N1350至 N1400以及 N1400至 N1450<sup>[4]</sup>。这四个区段进行井采作业时,相关测点垂直方向的位移增幅分别在图示6中标明。

依据图6可见,在三、四段地底的开掘作业中,由于受到矿井采掘扰动的作用,上方的煤层层体现出较为显著的变形状况,其导致的地表直降位移分别为-0.143米及-0.164米,容易造成地面下沉现象。而相较而言,一、二段地质结构则显得更为稳固,地表竖直下移的幅度尚未超过-0.1米。

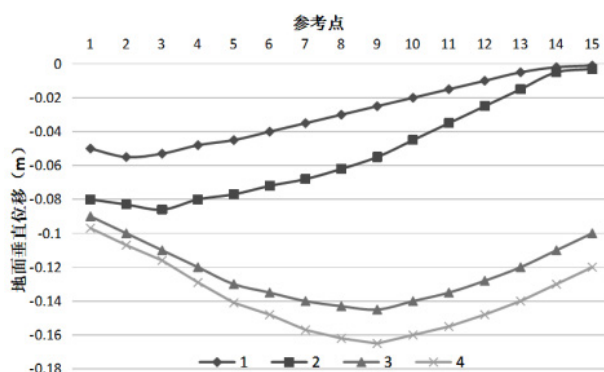


图6四个分段参考点位移增量

测算展望显示,在观念层面判断,第一,二采区施工期间虽然可见到塑性带有一些变形,总体上构筑稳固,不易导致斜坡塌陷或地表下沉等地质事故;但进行第三,四采区作业时,将面临显著拉伸变形,存在斜坡稳定性的威胁。

## (二) 基于监测信息得到边坡失稳预测分析

### 1. 边坡失稳时间的预测

在露天矿场北侧边坡的1502作业平台,我们利用 GPS 测量

技术沿坡向横向设立了三列观测点，每列包含15个，共计45个点位。在这些点位中，18个成对的用于监测边坡的收敛移动，另外30个点用于水准测量，共同构成了监测网。此后，对该监测网实施了为期半年的持续追踪观测，其间我们成功记录了北侧1502作业平台可能发生滑移的13对观测点的水平位移数据，以及全部39个观测点的沉降数据。

在对监控数据进行分析之后，观察结果表明，在边坡的位移速度提升至2毫米每天时，该边坡便步入了一个加速变形的新阶段。数据记录显示滑坡体在110天之后会开始这一形变过程，并在接下来的两个月里呈现出速度缓慢上升的状态；一旦边坡的形变速度上升至每天10毫米，此时边坡便处于形变失稳的演进期，数据同样标明滑坡体在120天后将会走到这一节点；边坡的位移速度在每天14.4毫米、24毫米或28毫米的时候，边坡将面临关键的失稳状况，而达到哪一个精确的形变速率则根据不同岩石结构体的具体条件而有所不同。

## 2. 预测结果

基于水平位移测点S-N9与S-N12所描绘出的时序位移变化图谱可知，监测周期过百天时，边坡的移动速度明显提升。采用斋藤方法所建立的边坡稳定性预测模型指出，该边坡滑块可能会在观测起始后的第340至360天进入不稳定状态，随后滑落；对滑块移动速率的回归分析与速率失稳预测显示，东侧滑块呈现出近

圆滑面的形态，其关键变形速率介于25至28毫米每日之间，若按此预测速率变化，边坡可能会在开展监测后的第365天发生塌陷。

通过观察时间与位移（速度）的关系图表，可以看出，降雨对边坡的变形速度有着明显的促进作用，这种情形是高陡边坡稳定性的一个显著特征。观测到的滑坡体主要表现出圆弧形的滑动面，而其时间和变形的关系图中表现为层叠的阶梯形态<sup>[5]</sup>。具体表现为，在降雨期，边坡的变形速度会明显增加，从而使得变形图线的斜率变得更加陡峭。反之，当降雨停止时，边坡的变化速度放缓，图线斜率变得较为平滑，形成了所谓的“台阶”。每当降雨再度来临，这一过程便会重复出现。因此，在滑坡发生前的时间-位移（速率）曲线上，可能会呈现出一个或是多个的台阶状结构。

## 结语

本篇论文借助FLAC程序及借鉴实时监测数据，对特定露天矿的边坡稳定情况进行了详细考察。研究成果揭示出所观察矿井的边坡存在着不一样程度的稳定性风险。根据这些分析预测数据，矿场负责人需要适时地修改开采方案，并且对那些倾向于发生边坡滑脱的区域，实行必要的防治措施，这样才能防范可能出现的地质灾害，确保从业工人的生命安全。

## 参考文献

- [1] 姚世来. 露天煤矿地质灾害致灾机理与边坡失稳预测分析[J]. 科学技术创新, 2023,(09):196-199.
- [2] 金爱兵, 张静辉, 孙浩, 等. 基于SSA-SVM的边坡失稳智能预测及预警模型[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2022,50(11):142-148.221118.
- [3] 任刚, 邢民, 荆艳会, 等. 受控于结构面的岩质高边坡失稳预测技术研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2015,13(06):48-53.
- [4] 李文秀, 齐栋梁. 露天矿爆破振动影响下边坡失稳预测的综合方法[J]. 化工矿物与加工, 2015,44(06):24-26+40.2015.06.008.
- [5] 胡恩聪, 赖应良, 艾凤. 露天煤矿超高边坡稳定性预测分析[J]. 低温建筑技术, 2013,35(04):117-120.

# 海工安全管理中数字化技术的创新与应用

魏冕

天津北海油人力资源咨询服务有限公司，天津 300453

**摘要：** 本文分析了海工安全管理的特点，包括风险分析与安全管理的关系。数字化技术的应用可以提高安全管理的效率和质量。文章探讨了数字化技术在海工安全管理中的创新应用，如互联网技术、大数据技术、人工智能技术、云计算和物联网技术。同时，文章也探讨了数字化技术在海工安全管理中面临的挑战与对策，包括技术挑战和管理挑战。人才培养与培训、政策法规与标准制定是关键。文章的目的是提高对海工安全管理现状的认识，并探讨如何利用数字化技术提高海工安全管理的水平。

**关键词：** 海洋工程；安全管理；数字化技术；创新应用；人工智能

## Innovation and Application of Digital Technology in Offshore Safety Management

Wei Mian

Tianjin Beihai Oil Human Resource Consulting Service Co., Ltd, Tianjin 300453

**Abstract：** This paper analyzes the characteristics of offshore safety management, including the relationship between risk analysis and safety management. The application of digital technology can improve the efficiency and quality of safety management. The article discusses the innovative application of digital technology in offshore safety management, such as Internet technology, big data technology, artificial intelligence technology, cloud computing and Internet of Things technology. Meanwhile, the article also discusses the challenges and countermeasures faced by digital technology in offshore safety management, including technical challenges and management challenges. Talent cultivation and training, policy regulations and standardization are key. The purpose of the article is to improve the understanding of the current situation of offshore safety management and to discuss how to use digital technology to improve the level of offshore safety management.

**Keywords：** offshore engineering; safety management; digital technology; innovative application; artificial intelligence

## 引言

随着全球经济的快速发展和海洋资源的日益开发，海洋工程项目在我国经济发展中的地位日益突出。然而，海洋工程的高风险性和复杂性使得其安全管理面临着巨大的挑战。为了提高海工安全管理的水平，降低事故发生风险，数字化技术的创新与应用成为了迫切需要解决的问题。

数字化技术的迅猛发展为海工安全管理带来了新的机遇。通过互联网、大数据、人工智能、云计算和物联网等技术的融合与应用，海工安全管理可以更加智能化、精准化和高效化。这些技术的应用不仅可以提高安全管理的实时性和预警能力，还可以为决策者提供更加科学、全面的数据支持。

## 一、海工安全管理现状分析

海洋工程是一项涉及海洋资源开发、海洋空间利用和海洋环境保护的复杂工程。由于其特殊的作业环境和高风险性，强化安全管理，可合理预防安全事故发生，降低引发的危害与造成的伤亡损失，进而对各类海洋项目工程开发建设成果与生产效益形成积极影响作用<sup>[1]</sup>。

海洋工程的安全管理在当前环境下正面临诸多挑战。众多承包商和用工人员的多样性使得人员管理、培训及沟通变得复杂。

海上作业环境的艰苦性，包括天气和海况的不可预测性，都大大增加了安全隐患和事故风险。此外，部分承包商和工人的安全意识淡薄，对规章制度的忽视，监管资源的有限性，应急预案的不完善以及成本削减导致的对安全设施投入的不足，都在一定程度上加剧了事故的风险。这些因素共同使得海洋工程的安全管理形势更为严峻。

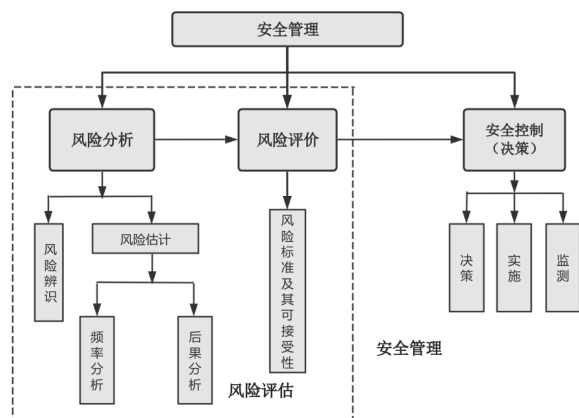
### （一）海工安全管理的特点

海洋工程作业面临复杂多变的自然环境和高风险挑战，包括自然灾害的不可预测性、技术故障的突发性和人为失误的不可避

免性。因此,海工安全管理需要采取全面的风险防控措施,结合严格的安全管理流程和先进技术手段,保障作业人员安全和设备设施稳定运行,降低整体作业风险。海洋工程项目资金投入巨大,包括设备购置、技术研发和人员培训,因此,高效分配和使用资源以确保投资回报最大化是关键。海工安全管理必须具备相应技术水平,以有效应对技术挑战和突发状况。

## (二) 风险分析与安全管理的关系

风险分析是海工安全管理的重要组成部分,通过对潜在风险的识别、评估和控制,为安全管理提供科学依据。任何类型的安全管理首先都要进行风险分析。都要以风险分析为基础。图表示出了二者之间的关系。



## 二、数字化技术在海工安全管理中的创新应用

随着科学技术的飞速发展,数字化技术已经深入到海洋工程(海工)安全管理的各个层面,带来了革命性的变革。通过引入互联网、大数据、人工智能、云计算和物联网等先进技术,海工安全管理正变得更加高效、精准和智能化。下面的章节将探讨这些技术在海工安全管理中的具体应用和创新。

### (一) 互联网+海工安全管理

#### 1. 信息共享与协同作业

互联网技术在海洋工程安全管理中实现了信息的快速流通和共享,确保了信息的准确性和时效性。它促进了不同地点工作人员之间的在线协作,加强了协同作业能力<sup>[2]</sup>。此外,互联网技术还使得海洋工程安全管理能够与相关部门快速联动,形成有效的应急响应体系,确保在紧急情况下能够迅速获取外部支持和资源。

#### 2. 远程监控与智能预警

互联网技术在海工安全管理中实现了远程监控,提高了效率和响应速度。智能预警系统通过分析设备与环境数据预测安全事故并预警。远程监控与移动设备结合,使管理人员能实时监控现场并快速决策。移动应用实现了预警信息的即时接收、现场巡查和情况上传,确保信息双向流通和实时更新。

### (二) 大数据技术在海工安全管理中的应用

#### 1. 数据采集与预处理

在海工安全管理中,大量数据通过传感器、监控设备和信息系统收集,包括设备状态、环境参数和人员活动记录等。这些数

据是安全管理的基石。数据预处理是大数据技术应用的关键步骤,包括清洗、去重、填补缺失值等,以确保数据的质量和可用性。此外,数据还需要经过标准化和归一化处理,以便进行进一步的分析和挖掘。这些预处理措施有助于提升数据分析的准确性和有效性,从而加强海工安全管理的决策支持能力。

#### 2. 数据挖掘与分析

数据挖掘技术在海工安全管理中发挥着关键作用,通过从大量数据中提取有价值的信息,可以发现隐藏的规律和趋势,为安全管理提供依据<sup>[3]</sup>。结合统计分析、机器学习等数据分析技术,可以深入分析数据,建立预测模型和风险评估模型,帮助管理人员预测安全风险,评估安全管理有效性,并指导决策制定,从而提高海工安全管理的智能化和精准化水平。

#### 3. 数据驱动的决策支持

大数据技术为海工安全管理提供了数据驱动的决策支持。通过分析收集到的数据,结合预测模型和风险评估模型,管理人员可以更加准确地评估当前的安全状况,预测未来的安全风险,并制定相应的安全措施。

## (三) 人工智能技术在海工安全管理中的应用

#### 1. 机器学习与模式识别

机器学习作为人工智能的核心技术,通过分析历史事故数据,能够识别事故发生的模式和规律,从而预测未来的安全风险<sup>[4]</sup>。在海工安全管理中,模式识别技术可以应用于图像和声音分析,例如分析海底摄像机的图像来识别潜在危险,如海底滑坡、腐蚀或其他结构损伤,以及通过声音分析检测设备异常的噪声模式,预防潜在的故障。这些技术的应用有助于提高海工安全管理的预见性和有效性。

#### 2. 人工智能助手与智能诊断

人工智能助手在安全管理工作中发挥着重要作用,能够自动执行如安全检查提醒、更新安全协议和提供即时安全建议等任务。这些助手利用自然语言处理技术与用户互动。同时,智能诊断系统能够实时监控设备状态,在检测到异常时自动报警,并通过分析设备运行数据预测可能的故障,提出维修建议,以减少停机时间并延长设备寿命。

#### 3. 无人驾驶与自动化作业

海洋工程领域正逐渐扩展无人驾驶与自动化技术的应用,特别是在无人机和机器狗等设备的使用上,这些技术提高了监控效率并降低了人员在高风险环境下的安全风险。自动化钻井平台的应用提升了海上作业效率和稳定性,减少了人为错误。同时,视频识别技术的进步在安全管理中扮演着越来越重要的角色,通过高分辨率摄像头和先进图像处理技术,实现了对作业现场的全面实时监控,有效识别违章行为和安全隐患,从而及时采取预防措施,保障人员和设备安全。这些技术的广泛应用将进一步提升海洋工程的安全管理水平,推动行业向更高效率和更安全的标准发展。

## (四) 云计算与物联网技术在海工安全管理中的应用

#### 1. 云平台的建设与运维

云平台为海工安全管理提供了弹性和可扩展的基础设施,能



够有效存储、处理和分析大量数据。通过云服务，海工项目能够按需使用计算资源和存储空间，节省了硬件投资和运维成本。在云平台上，可以建立统一的数据管理和分析系统，实现数据的集中管理和高效利用。此外，云平台还提供了强大的数据处理能力，支持复杂的数据分析和模型运算，为安全管理提供决策支持。

## 2. 物联网设备的部署与应用

物联网技术通过连接各种传感器和设备到网络，实现对海工设施的实时监控和智能管理。这些传感器能收集温度、湿度、压力、振动等多种数据，为安全管理提供大量信息。物联网的应用还包括远程控制和自动化操作，如在紧急情况下远程控制海底阀门和泵，以快速响应降低事故风险，同时减少人工干预，提高操作的准确性和安全性。

## 3. 云计算与物联网的融合创新

云计算与物联网的融合创新为海工安全管理带来了新的可能性。通过将物联网设备收集到的数据上传到云平台，实现了数据的实时分析和远程监控，为管理人员提供了即时的决策支持<sup>[9]</sup>。此外，这种融合还支持更复杂的应用，如基于机器学习的预测维护、智能诊断和风险预测等，帮助管理人员更好地预测和防范潜在的安全风险，提高了安全管理的智能化水平。

## （五）人员定位技术在海工安全管理中的应用

### 1. 西门子的数字化解决方案

西门子提供了多种针对船舶和海工行业的数字化解决方案，如 EcoMAIN 船舶综合管理系统和 Topsides 4.0 海工数字化解决方案。这些系统能够通过集成平台获取船舶运营数据，并通过分析处理实现运营最优化。此外，西门子还提供了针对海工生产平台的一站式解决方案，涵盖发电系统、配电系统、压缩模块等，以实现全生命周期的管理和决策支持。

### 2. 海洋工程数字化技术中心的建立

我国首个海洋工程数字化技术中心的建成，标志着国内海洋工程领域数字仿真技术的一个重要进步。该中心不仅对海上吊装、海上浮托、水下生产设施安装等提供仿真方案预演，还提供关键岗位人员的模拟培训。通过虚拟现实技术，可以在虚拟的海洋环境中模拟真实的海上作业，从而提高作业安全性并减少风险。

## 三、数字化技术在海工安全管理中的挑战与对策

### （一）技术挑战

技术挑战主要体现在数字化技术的复杂性上。在海洋工程环境中，确保各种数字化设备和技术在恶劣的海洋环境中稳定运行，是对技术可靠性的严峻考验。同时，随着技术的迅猛发展，如何实现技术的无缝升级和系统的兼容性，也构成了显著挑战。

为应对这些挑战，必须加强技术研发与创新，提升设备的抗干扰能力和环境适应性。此外，建立灵活的技术架构至关重要，通过实现系统的模块化和可扩展性，为未来的技术升级和整合提供便利。这样的策略将有助于海洋工程领域在快速变化的技术环境中保持领先地位。

### （二）管理挑战

管理挑战主要在于如何将数字化技术高效地整合到现有管理体系中。传统的管理方式与现代化数字技术的融合要求对既有的管理流程和模式进行变革，这对管理层和员工均构成了挑战。

为应对这些挑战，关键在于加强组织变革管理，推动管理体系向数字化转型。同时，强化员工的数字化培训，提升他们的数字技能，使他们能够适应并熟练运用新的工作方式。通过这些措施，可以确保管理层的决策与执行层的工作都能够充分利用数字化技术的优势，提升整体管理效率和效果。

### （三）人才培养与培训

人才培养与技能培训是数字化技术在海洋工程安全管理中成功应用的核心。该领域亟需一批既掌握技术知识又具备管理能力的复合型人才，然而目前这类人才较为稀缺。

为解决这一问题，必须加强校企合作，共同培养具有实战能力的数字化人才。同时，强化在职培训，提升员工的数字化操作技能和安全管理能力。通过这些措施，可以确保海洋工程安全管理领域拥有足够的高素质人才，以应对数字化时代的挑战。

### （四）政策法规与标准制定

随着数字化技术在海洋工程领域的深入应用，现有的政策法规和标准可能需要调整以适应新的技术环境。制定适应数字化技术发展的新政策法规和标准，对于规范和引导行业健康发展，是一个迫切需要解决的问题。

为应对这一挑战，有必要加强政策法规和标准的研究工作，及时更新和完善相关政策法规体系。同时，应强化与国际标准的衔接，推动海洋工程安全管理数字化技术的国际化进程。通过这些措施，可以确保政策法规和标准与时俱进，为海洋工程领域的技术创新和可持续发展提供坚实的制度保障。

## 结束语

本文阐述了海洋工程安全管理面临的挑战和数字化技术的应用需求。本文指出，互联网、大数据、人工智能、云计算和物联网等数字化技术在海工安全管理中有着创新应用，能够提升安全管理水平。然而，这些技术的应用也带来了技术安全、隐私保护、系统集成、组织变革、流程优化、文化建设、人才培养和政策法规制定等方面的挑战。本文强调，未来随着技术的进步，数字化技术将在海工安全管理中发挥更加关键的作用，通过跨学科合作、国际合作和政策制定者的参与，有望构建一个更加智能、高效和安全的海工安全管理新模式，支持海洋工程的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 刘加龙, 何锦华, 路俊智, 等. 海洋工程项目建设安全管理 [J]. 化工管理, 2014, (02): 37.
- [2] 徐绍坤. 浅析海洋石油工程质量管理 [J]. 石油工业技术监督, 2013.
- [3] 臧恺. 海洋工程企业的质量管理研究 [D]. 天津大学, 2010.
- [4] 胡卓伟, 赵文吉, 胡德勇, 李家存. 城市区域生态环境遥感监测评价, 方法、技术与应用, 北京: 中国环境出版社, 2014: 04.
- [5] 潘燕秋, 李瑞强, 冯丽红. 基于排污许可制的企业生命周期动态环境管理机制, [J], 环境管理, 2019, 11, 121.

# 煤矿采矿作业中的安全隐患与防范措施研究

张兆水

贵州图南矿业（集团）有限公司，贵州 兴仁 562300

**摘 要：** 我国社会经济水平大幅度提高，对于能源的需求也随之增加，在此种大环境下，煤矿行业迎来了前所未有的发展机遇，但是随着煤矿行业的不断发展，对于采矿作业的安全性提出了更高的水平要求，而我国对于煤矿的安全管理上仍然存在着问题和不足，急需选择新的技术手段和管理方法，提高煤矿采矿作业的安全管理质量。本文首先详细分析煤矿能源对于社会发展和人类生活的重要作用，同时结合实际开采案例，进一步分析现阶段煤矿采矿作业中的安全隐患问题以及防范措施。

**关 键 词：** 煤矿；采矿作业；安全隐患；安全责任；人员素质

## Research on Safety Hazards and Preventive Measures in Coal Mine Mining Operations

Zhang Zhaoshui

Guizhou Tunan Mining Industry (Group) Co., Ltd, Guizhou, Xingren 562300

**Abstract：** China's socio-economic level has increased dramatically, and the demand for energy has also increased, in this environment, the coal mining industry has ushered in an unprecedented opportunity for development, but with the continuous development of the coal mining industry, the safety of mining operations put forward a higher level of requirements, and China's safety management of coal mines is still problematic and insufficient, the need to choose a new technological means and management methods, to improve the quality of safety management in coal mining operations. There is an urgent need to choose new technical means and management methods to improve the quality of safety management of coal mining operations. This paper firstly analyzes in detail the important role of coal mine energy for social development and human life, and at the same time, combines the actual mining cases to further analyze the hidden safety problems and preventive measures in the coal mine mining operation at the present stage.

**Keywords：** coal mine; mining operations; safety hazards; safety responsibility; personnel quality

在城市发展过程中，煤矿能源作为城市化建设、社会大众日常生活以及工业化生产的重要能源和生产材料，如果科学开采不仅能够增强社会发展水平，还可以提高人们生活层次。但是煤矿实际进行采矿作业时，经常出现安全事故，一旦处理不当不仅会影响行业的稳定发展，还会对基层作业人员的人身安全造成威胁，所以企业要结合煤矿采矿作业的实际情况和开采要求，探寻采矿作业事故产生的具体原因，并以此作为基础综合分析相关的安全防范应对措施。

### 一、煤矿能源

煤矿开采区域主要指在富含煤矿能源的地区进行开采作业，通常分为井工煤矿和露天煤矿，其中井工煤矿主要指，煤层距离地表较远时通常会选择向地下不断挖掘煤矿开采巷道，实现能源的开采；如果煤炭资源的储存层距离地表相对较近时，通常会直接剥离地表土壤不断挖掘煤炭资源，此种开采形式为露天煤矿。我国大多数煤矿开采地区所使用的开采方法为井工煤矿，其核心原因是由于此种煤矿开采方式的开采范围相对较大，能够极大的提升煤矿开采质量。

相对于其他能源来说，煤炭是目前城市发展、工业生产、人民生活的主要固体燃料，是一种可燃性的自然能源，此种能源主

要是植物经过长时间的转化，在某种特殊的地址环境下不断沉淀，进而形成特殊的地质环境，此种地质结构层通常产生在水底环境，并经过地质结构的变化最终形成煤矿能源。在煤炭形成过程中，石炭纪、二叠纪、侏罗纪和第三纪的地质结构层煤炭产量最多，是煤炭形成的重要时期，对此实际进行煤矿采矿作业时，要结合地层特点和深度选择适合的开采方法<sup>[1]</sup>。

### 二、实际案例

实际进行煤矿采矿作业操作过程中，由于煤矿自身所具有的特殊性，许多作业环节的危险系数相对较高，极易出现安全事故。比如：山西319特大瓦斯爆炸事故中，该地区的煤矿年度生产

率为15万吨，但是企业为了获得更多的经济收益，在生产煤炭能源时，实际生产总量可达到40万吨，甚至单日最高生产总量科达到1800吨；从煤矿生产面数量上来看，目前我国允许作业面为6个，但是该地区实际进行作业面达到了17个，加上煤矿企业对于矿产开采安全保护设备投入不足，在开采过程中，该地区的煤矿采矿并不能按照标准要求开展一系列安全管理与审核，最终造成瓦斯爆炸事故导致72人死亡<sup>[2]</sup>。

又比如：晋中市513瓦斯爆炸事故，该矿井在煤炭开采作业时，私自将作业面的通风系统进行结构改造和重新设计，并没有按照标准制定安全防护措施，引进安全防护设备，并且在安全员不在岗位的情况下违规拆除封桥，造成瓦斯爆炸事故的发生，导致15人死亡<sup>[3]</sup>。

### 三、事故种类

#### （一）冒顶

在煤矿采矿作业中，冒顶是常见的安全事故，根据报警发生次数、频率以及影响范围进行综合分析，顶板事故所产生的危害性最大，随着煤矿采矿作业的开展，煤层上顶板失去了应有的岩石支撑，导致原始存在的平衡力遭到严重损坏，煤层顶板上所覆盖的岩石压力不断增加，进而产生形变，甚至是损坏。此时如果开采区域的支护结构不完整，支护强度不高，则极易造成煤层工作面的顶板岩层出现碎裂，冒落，导致事故发生。

#### （二）气体爆炸

煤矿在进行采矿作业时，通常需要长期处于密闭的空间内，所以在开采能源之前，基层作业人员要针对其空间内的气体种类，以及气体浓度进行详细检测，其主要原因是由于煤层中经常出现甲烷气体，如果气体过浓，并且在开采期间产生大量的粉尘，那么在开采过程中，一旦进入氧气后，即便粉尘影响面积较小，同样会造成气体爆炸。

### 四、煤矿采矿作业隐患原因

#### （一）安全制度无法落实

实际进行采矿作业工作时，作业所需要的各项安全管理制度和结构体系并不能全面贯彻和落实，虽然目前我国针对采矿行业可能出现的安全事故以及事故发展趋势制定了相关的管理策略和法律法规，但是实际进行煤矿采矿作业期间，许多企业并不能严格按照国家所颁布的法律法规，以及安全规范进行能源开采，导致煤矿采矿作业实际开展期间，许多环节自身并不具有安全性，进而引发开采事故。

#### （二）安全责任无法贯彻

针对目前我国煤矿行业发展来说，许多监管部门以及职权部门在工作内容和 workflows 上，形式化、表面化问题十分严重，造成煤矿开采企业的安全监督责任制度，无法落实到具体的责任岗位和责任人，此种现状对于煤矿工作的开展造成了巨大的负面影响<sup>[4]</sup>。除此之外，煤矿企业实际进行生产和能源开采期间，不能重

视安全责任制度的实际作用，导致实际生产使基层的作业员面对安全风险和隐患时，无法及时发现和排除，造成煤矿采矿行业安全事故频繁出现。

除此之外，企业的基层作业部门，实际进行煤矿开采安全检查和风险预警过程中，无法理解、认识到安全管理所具有的重要作用和现实意义，导致企业在日常安全检查上过于敷衍，趋于形式化与表面化，此种现状极大的提高了煤矿安全事故产生的概率，不仅会对煤矿开采企业带来极大的经济损失，甚至会造成严重的人员伤亡事件。

#### （三）作业人员素质较低

对于煤矿采矿作业来说，基层作业员的综合素质和安全意识，是采矿作业顺利开展的基础条件，如果基层作业员和管理员自身的综合能力和安全意识不高，则极易造成煤矿采矿作业出现重大安全事故。现阶段，我国煤矿采矿生产技术以及安全管理水平相对较低，专业技术人员十分匮乏，部分小型煤矿开采企业在招聘基层作业和安全管理人员时，为了提高自身的经营收益，节约人工成本，无法严格把控员工的综合实力以及文化素养，严重影响企业乃至整个煤矿开采行业的生产安全。大多数煤矿采矿作业的环境以及工作条件十分恶劣，此种现状造成人员流失较为严重，经常产生一线作业人员空缺的问题，此种现象同样对煤矿采矿行业的发展和进步造成了负面影响与阻碍。

#### （四）开采技术与设备不科学

煤矿采矿行业实际进行生产能源开采以及日常管理过程中，开采技术作业设备以及安全管理技术，是保证能源开采的重要构成部分，换句话说，针对现阶段煤炭行业来说，安全开采技术管理设备在实际应用时，经常出现设备投入不足、设备性能过低以及技术落后等现象，对于煤矿采矿作业的正常开展造成了阻碍和约束。

国内对于煤矿采矿安全技术的应用和研究相对比较落后，造成采矿作业频繁出现安全事故和风险问题，加上许多小型煤矿开采企业为了提高自身的经营收益，实现效益最大化，在开采环节上不断进行简化，减少安全设备以及生产设备安全防护的投入，此种现状同样为煤矿开采企业埋下了风险隐患。

### 五、煤矿采矿作业防范措施

#### （一）制定安全管理制度

想要从根本上提高煤矿采矿作业的安全系数，要结合采矿流程和采矿内容不断完善安全管理制度，确保采矿作业的各个流程与操作环节都能实现标准化系统化和规范化，以此有效约束和限制作业员的开采行为，为煤矿采矿作业的安全运转提供基础保证。

煤矿行业相对于其他行业来说具有极大的特殊性，所以企业要严格按照国家所制定的标准要求，针对采矿作业进行安全监督和管理，结合企业采矿实际情况和企业经营目标，构建出适合企业自身的采矿作业安全管理制度和运转结构体系，确保在基层作业时能够将安全管理制度全面落实，为煤矿采矿作业的安全运行



提供基础保障。除此之外，结合目前煤矿采矿作业的流程内容和开采标准，为保证开采环节的安全系数，要全面落实安全管理制度，并提高采矿作业人员的安全思维，为煤矿采矿企业的稳定发展提供安全保障<sup>[5]</sup>。

### （二）引进现代化安全防范技术

现阶段，企业在煤矿开采过程中所出现的风险事故通常具备随机性突发性等特点，对此，企业实际进行采矿作业时，要结合自身经营现状和采矿要求，积极引进现代化的安全防范技术与管理形式，在此基础上定期开展安全防护培训课程，有效提高基层作业人员以及安全管理人员的管理水平和管理意识。

煤矿采矿想要有效开展企业又始终坚持安全至上的核心原则，并选择适合的预防措施，建立安全管理结构体系，引进现代化安全防范技术，以此降低煤矿采矿作业中安全事故以及重大事件出现的几率。煤矿企业在日常管理和开采作业期间还要结合基层员工采矿过程中可能出现的安全问题和风险事故，进行全方位多角度系统化的评定，以此作为基础，利用现代化科学技术手段，有效对企业采矿过程中可能出现的风险问题，进行综合分析系统化识别，并根据具体的风险源头全面探索，以此作为基础选择适合的应对措施。有效实现对整个煤矿采矿行业安全生产的完善和优化，最大程度防止煤矿采矿作业中出现安全事故。

### （三）提高人员素质培养

煤矿企业想要在竞争激烈的行业中脱颖而出，实现稳定、安全、可持续发展目标，在日常作业和管理时，必须重视人员素质的培养，并结合自身工作要求和工作内容，定期开展专业知识培训活动，同时结合企业在日常生产和开采作业的实际情况，加强对作业人员的能力培养力度。

除此之外，煤矿企业还要根据自身经营情况，以及安全管理标准，定期开展员工安全培训活动，以此提高作业人员的安全意识和管理思维，利用系统化、标准化的培训内容和项目，让基层作业人员以及安全管理人员充分意识到煤矿开采标准化操作的重要作用，以此提高煤矿采矿作业的安全管理水平。

在人员素质培养上，企业还要严格把控人员选聘以及岗位调整等相关环节，对于新上岗的基层员工，企业要严格按照行业所

制定的开采标准，进行一系列岗位技能的培训，帮助基层员工能够在培训期间，建立正确的安全开采和安全管理思维理念，实现标准化采矿作业目标，最大程度减少采矿作业过程中安全事故出现的几率<sup>[6]</sup>。

### （四）加强作业检查力度

在日常作业和煤矿开采期间，如果企业无法结合采矿作业内容采矿作业要求以及作业流程加强作业检查力度，则会导致作业时蕴含潜在的安全问题和风险，给企业带来巨大的经济损失，严重甚至会造成大规模的人员伤亡。所以企业想要在日常运营和管理中，提高基层采矿作业的安全系数，则应重视安全检查工作力度、工作内容以及工作流程。比如：在日常管理中，企业应根据自身采矿作业的各个环节，构建出相对应的安全岗位责任管理制度以及交接班管理结构体系，并要求每一个岗位员工严格按照标准开展日常工作，让采矿作业人员自身安全能够得到保证。同时企业还要针对采矿作业的具体流程进行全方位、多角度的审查，如果发现采矿作业中出现安全风险和隐患问题，要及时上报至管理部门，并制定一系列应对策略，从根本上避免安全风险的出现。企业还要针对煤矿采矿作业中所使用的专业机械和设备，进行定期性能检查和属性筛查，对于已经老化、破损或性能不符合标准要求及设备，要及时整理上报至管理部门后，选择维修、优化、换新、报废等方式进行处理，以此提高煤矿采矿作业的安全水平。

## 结束语：

由此可见，为保证煤矿行业的稳定发展，降低煤矿采矿作业事故发生概率，企业针对采矿作业的流程、内容、技术以及设备进行综合分析，深入探索作业安全事故产生的原因，从中我们得知，想要确保煤矿采矿作业的安全运转，企业不仅需要积极引进安全管理技术，还要增强基层作业人员以及安全管理人员的安全生产意识，并结合企业经营现状，制定一系列安全管理制度以及安全监督检查体系，通过科学合理的应对措施，有效提高采矿作业的安全水平，促进企业可持续发展进程，实现安全稳定高效的生产目标。

## 参考文献：

- [1] 李连祥. 新形势下煤矿采矿作业中的安全管理策略研究[J]. 当代化工研究, 2021,(14).
- [2] 陈广宏. 逐孔起爆技术在煤矿采矿作业中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019,39(4):188-189.
- [3] 李传铃. 煤矿采矿智能化技术在安全生产中的应用研究[J]. 当代化工研究, 2023(18):86-88.
- [4] 高林立. 煤矿采矿作业中的采矿工艺现代化技术研究[J]. 能源与节能, 2024,(03):186-189.
- [5] 罗兵兵. 试析煤矿采矿工程中的采矿工艺与技术[J]. 冶金与材料, 2023,43(09):68-70.
- [6] 尹占春. 关于安全管理在煤矿采矿工程中的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(17):94-96.



# 煤矿采矿过程中的岩层控制技术研究

段绍勇

贵州图南矿业（集团）有限公司，贵州 兴仁 562300

**摘 要：** 随着社会经济的快速发展，我国的能源需求量越来越大，这就要求我国加大对煤炭资源的开采力度。为了提高煤炭资源的开采效率，必须要加强对煤矿采矿技术的研究和分析，以此来提高煤矿采矿质量。基于此，本文重点对岩层控制技术在煤矿采矿过程中的应用进行深度分析，希望能够对相关人士有所帮助和启发。

**关 键 词：** 煤矿；开采；岩层控制；安全

## Research on Rock Layer Control Technology in Coal Mining Process

Duan Shaoyong

Guizhou Tunan Mining Industry (Group) Co., Ltd, Guizhou, Xingren 562300

**Abstract：** With the rapid development of social economy, China's energy demand is getting bigger and bigger, which requires China to increase the mining of coal resources. In order to improve the mining efficiency of coal resources, it is necessary to strengthen the research and analysis of coal mining technology, so as to improve the quality of coal mining. Based on this, this paper focuses on the application of rock layer control technology in the coal mine mining process for in-depth analysis, hoping to be able to help and inspire the relevant people.

**Keywords：** coal mining; mining; rock control; safety

伴随着煤矿资源开发力度的加大，一些煤矿企业在开采过程中暴露出更多问题，特别是在岩层控制技术的应用方面，由于相关人员对其的重视程度和应用效果较差，导致大体积岩层异常移动现象频繁发生。因此本文对岩层控制技术的概念、影响因素及应用措施进行讨论，旨在促进我国煤矿开采事业的稳定发展。

### 一、岩层控制技术概述

在煤矿开采过程中当煤层采出后，采空区周围原有的压力平衡状态会受到破坏而引起应力的重新分布，从而导致岩层出现变形、移动与破坏等情况，这种由下而上发展至表层而引起地表移动的现象被称为岩层移动。开采人员为了尽可能减轻和调节矿山的压力作用，降低岩层移动的情况发生，通常会采用岩层控制技术等一系列技术措施来保证采矿过程中的安全。具体来说，岩层控制技术主要是通过留设煤柱、充填开采和调整开采工艺参数这三种方式来控制岩层移动，同时在岩层控制技术应用过程中还需要通过支护技术、注浆加固技术以及应力控制技术等相关技术的结合应用来进一步提升岩层的整体强度和稳定性。

### 二、煤矿采矿过程中影响岩层控制技术的因素分析

#### （一）岩层地质条件

对于煤矿采矿作业而言，岩层地质条件的整体情况是岩层控制技术在实施过程中的重要影响因素之一，主要是由于处于不同地质环境下的岩层其稳定性和力学性质也有所差异，因此对于岩层控制技术的选择也需要更具针对性。对于岩层较为稳定的地质

条件多以锚喷支护或锚网索支护等支护技术为主，而如果遇到岩层地质较为活跃的情况则要通过注浆加固和预应力锚杆等技术的组合应用来对岩层进行相应的控制。另外，裂缝、倾斜角和岩层厚度等也是导致岩层开采作业难度增加的主要因素，都需要通过相应的控制手段来实施<sup>[1]</sup>。

#### （二）采矿方法

一般而言，采矿方法主要是指采矿人员进行煤矿开采过程中所应用到的技术手段，面对不同的矿井环境和岩层地质条件需要选择不同采矿方法。在操作特点与环境条件的限制下，对于岩层控制技术也提出了不同的要求。例如，传统的爆破方法具有极强的冲击力，若使用该方法进行采矿会对岩层造成巨大的破坏，引发塌陷的问题，因此需要强化支护措施以保障采矿安全性。长壁采煤方法采用一次性开采作业的方式能够有效降低开采过程中的岩层变形与移动等问题，有助于在开采环节对岩层进行全面把控<sup>[2]</sup>。

#### （三）采矿深度和开采规模

对于煤矿采矿作业而言，当开采规模及深度不断增加的情况下，岩爆或地压等造成的更大范围的影响也意味着在岩层控制方面将会面临一系列困难与挑战。在当前采矿深度日益提升的条件下，传统的岩层控制技术因过于落后无法适应采矿要求而不再适

用，急需引入先进的、前沿的岩层控制技术。另外，随着采矿规模及范围的逐渐增大也会使得支护压力大幅增加，对于岩层控制技术的应用也是一种更大的考验，因此开采人员需要根据矿井特点和采矿需求来进行更为精确与合理的规划，使得岩层控制技术的应用效果更佳<sup>[3]</sup>。

（四）地表建筑和地下设施

对于煤矿采矿工作来说，地下基础设施和地表建筑物容易对岩层控制技术的整体应用效果造成影响，具体来说，地表建筑通过其自重和可能的其他附加荷载对下方岩层产生分布不均匀的压力，导致岩层产生变形、开裂或破坏等现象。而地下设施的开挖会破坏原有的岩层结构而形成临空面，为了保持岩层的稳定性需要采取相应的支护技术。而支护方式、支护结构强度以及刚度等都会影响岩层控制技术的应用效果<sup>[4]</sup>。

（五）环保要求和安全要求

在现代煤矿开采深度与范围不断增加的背景下，在环保和安全方面也提出了更加严苛的要求，应当引入多样化控制技术并进行合理使用，确保能够提升岩层管理与控制效果。具体可从以下几方面入手：在开采过程中秉持着节约资源的理念，提高煤炭的回收效率确保有更多的煤炭被开采出来，同时有效减少无用岩石即矸石的数量；使用先进的绿色矿山技术，在开采环节避免产生污染问题，同时严格管控资源浪费现象，提升环境保护水平；对矿山安全加大管理力度，及时发现风险隐患及时采取措施消除，保障煤矿开采的稳定性与安全性<sup>[5]</sup>。

三、煤矿采矿过程中岩层控制技术的实践与应用

（一）工程概况

贵州省某煤矿的煤层深度约300—500m，开采企业使用综采工艺后发现该工艺受采煤工艺和地质条件等复杂因素的限制程度较大，部分岩层存在难以控制等情况，因此需要采取相应的岩层控制技术及优化措施来实现高效开采，表1为煤层与岩层的地质情况。

表1 煤层与岩层的地质情况

地质情况	数据	地质情况	数据
煤层埋度	300—500m	围岩地应力	15—20MPa
围岩类型	砂岩和泥岩	煤层采动影响范围	180m 左右
围岩稳定性	较差	煤层含水量	8%—15%
煤层厚度	2.4—4.4m	围岩变形模量	5—10GPa
煤层倾角	6—17°	煤层伸展系数	1.4—1.7

（二）应用措施

1. 强化勘探与预测作业

在该煤矿开采作业中，为了实现煤炭与金属矿产等地下资源开采作业的高效与安全，技术人员在开采前可以采用地质填图、钻探、物探和化探等技术手段对矿区的地质构造与岩性分布等情况进行准确勘查，并利用三维建模技术和地理信息系统将勘探作业所收集到的数据转化为三维地质模型，使开采人员能够更加清晰和直观地了解矿区的地质结构。同时，勘探人员也要根据矿区

的开采规模与地质条件对勘探点加以布置，并根据勘探需要在关键区域或地形较为复杂的区域适当加密勘探点，保证这一过程能够获取到更为详细的地质信息。此外，技术人员将勘查工作所收集到的数据通过集成处理等方式形成一个统一的数据平台，并运用地质学、岩石力学和统计学等多学科知识对这些数据进行深入分析，以此来为岩层控制技术的应用奠定更为坚实的数据基础。

预测作业主要是对岩层变形和地质灾害等情况进行预测，帮助开采人员提前获取到影响开采作业质量与安全的环境信息，具体来说，预测人员可以利用 FLAC 或 ANSYS 等数值模拟软件，根据勘探数据和地质模型来对岩层的变形情况进行预测分析，并结合历史数据和工程实践总结出岩层变形的经验公式，使其能够快速预测出岩层的变形趋势。而地质灾害则需要通过岩层应力变化与微震活动等指标，对可能产生的地表沉陷程度进行预测。例如：某矿区采用智能开采技术，通过传感器和监测系统实时对岩层变化情况进行监测，成功实现了对岩层变形的精准控制以及对地质灾害的有效预防。

2. 多种采矿技术协同作业

岩层控制是采矿技术的重要内容之一，其涉及巷道布置、开拓部署、巷道支护、顶板管理以及灾害防治等多个方面的内容，在开采过程中多种采矿技术的协同作业能够帮助开采人员顺利应对多种复杂的地质条件，使得开采作业的难度大幅度降低。①综采工作面智能化技术通过集成传感器、自动化控制系统和远程监控设备实现对开采工作面的切割、支护与运输等流程，在这一技术体系中，采煤机和液压支架等多种设备通过有线或无线网络实施数据传输和协同作业来提高整体开采效率。②在采煤工作面过断层等地质复杂区域，锚杆支护与注浆加固技术主要被用于提升煤岩体的承载力与稳定性等方面，锚杆支护采用加大煤岩土约束力的方式实现离层和冒落等现象的发生；而注浆加固则借助填充裂隙的方式对岩体的稳定性进行加强。③随着5G 技术的快速发展，5G+ 连续采煤机器人协同作业能够与掘进机、运煤车和破碎机机械等设备形成协同作业模式，并通过实施数据的传输与同时实现彼此之间的信息共享与协同控制，使人工操作的风险和误差问题得到有效解决。

3. 加强支护技术应用

支护技术的合理应用能够对岩层变形控制工作起到良好效果，煤矿开采人员需要根据煤层地质条件、采矿技术以及矿井环境等条件选择匹配度和契合度较高的支护方式。锚杆支护、液压支架支护和架棚支护都是煤矿开采过程中较为常用的支护方式，而针对特殊的煤层情况也可以选择预应力锚杆和地下钢筋混凝土预制构件等效果更好的方式来实现支护作业的稳定性。在支护过程中，施工人员不仅需要对支护材料与方法的环保性进行分析，还要采取必要的监测与评估手段来分析支护效果，使其能够不断对支护技术加以改进和优化。

4. 提高开采设备技术水平

开采设备所具有的技术含量对于岩层控制技术的应用效果具有重要意义，应用机械化与自动化程度更高的开采设备与技术是减少人为干预因素，降低岩层移动的有效方式。智能化开采机

械、掘进设备及传送装置的合理应用能够使采矿作业更加高效与环保，而传感器技术、数字化和智能化技术则为采矿过程的智能化管理与优化提供了必要条件，其在提升采矿精度的同时还能防止煤矿安全事故的发生。

## 四、岩层控制技术的未来发展趋势

### （一）岩层控制技术的创新方向和途径

岩层控制技术的合理使用能够切实提升煤矿开采过程中的安全性与实效性，在新时代背景下，对其进行革新与优化不仅能够显著提升煤矿开采效率，还有助于减少风险因素，保障煤矿开采的安全性。

（1）新型支护材料与技术：随着煤矿开采难度和开采需求的不断增加，技术人员需要在支护技术方面做出新的尝试和突破才能应对现如今更为复杂的开采环境，在支护材料方面可以选择塑料金属网或 GRE 绿色装配式面层材料来提高支护结构成型质量。而锚背支护技术与型钢支护技术的融合应用能够实现彼此之间的优势互补，使得巷道的安全性和稳定性进一步增加。

（2）高效冲击类岩层控制技术：通过先开采且不存在冲击危险的煤层解放来解放具有冲击危险的煤层，以达到降低煤层支承压力峰值，改善背保护层开采中能量积聚与释放的空间分布状况，进而实现降低冲击地压的作用。

（3）智能化岩层控制技术：目前，在人工智能、物联网、大数据等先进技术的推动下，实施有效措施对智能化岩层控制技术进行革新与研发受到了广泛关注并逐渐成为了创新式焦点，具体而言，通过有机结合智能感知技术，能够实现对岩石运动和破裂状态的实时性监控和精准性评估，在岩层控制过程中有效提升可靠性和安全性

### （二）岩层控制技术的发展趋势

（1）多元化发展趋势：岩层控制技术正在朝着一个多样性的发展方向不断迈进，展现出较高程度的数字化、先进化、一体化

与智能化，这也意味着未来的岩层控制技术会在自动化与智能化技术的加持下变得更加稳定与高效。

（2）绿色环保发展趋势：在全社会对绿色环保进行不断倡导与强调的影响下，群众环保意识逐渐增强，因此，岩层控制技术的发展过程中也应遵循绿色环保理念。具体来讲，就是在岩层控制过程中应树立可持续发展理念，避免出现污染环境的不良事件，打造一个煤矿绿色生态环境。

（3）智能化发展趋势：在数字化技术、智能机器人以及传感器技术等的发展与创新过程中，岩层控制技术与这些现代化技术进行融合应用是该技术的主要发展方向。未来的岩层控制技术能够实现实时监测与数据分析、智能预测与预警和智能支护与加固等功能，大幅度提升开采效率。

（4）系统化发展趋势：将来，能够实现将岩层控制技术与煤矿开采系统、安全管理等有机结合、协同使用，在全面、深入了解不同岩层特点和开采要求的条件下，实现岩层控制技术的合理使用与科学研究，提升岩层控制的系统化、一体化水平。

（5）可视化发展趋势：利用三维建模技术，根据地质勘探数据和开采设计方案构建出矿山的真实三维模型。在模型中可以模拟不同开采阶段的岩层应力变化、变形趋势等动态过程，使其能够更加直观地展示岩层在开采过程中的变化情况，帮助工程师及时发现潜在的安全隐患并采取措施进行处理。

## 结语：

综上所述，煤矿在开采过程中由于岩层会受各种因素的影响而不可避免地会发生岩层移动和破坏现象，因此，开采人员需要采取有效的技术措施对岩层进行控制，以确保煤矿开采的安全性。文章阐述了煤矿开采过程中岩层控制的重要性，分析了岩层控制技术的应用，希望能够对相关企业提供有所启发。

## 参考文献：

- [1] 陈春雷. 煤矿开采中的岩层控制技术研究与应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(19):124-126.
- [2] 刘栋, 王聪聪. 采场智能岩层控制技术与数据处理技术研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(09):24-26.
- [3] 康红普, 冯彦军, 张震, 等. 煤矿井下定向钻孔水力压裂岩层控制技术及应用 [J]. 煤炭科学技术, 2023,51(01):31-44.
- [4] 康红普, 徐刚, 王彪谋, 等. 我国煤炭开采与岩层控制技术发展 40a 及展望 [J]. 采矿与岩层控制工程学报, 2019,1(02):7-39.
- [5] 伍永平, 皇甫靖宇, 解盘石, 等. 基于大范围岩层控制技术的大倾角煤层区段煤柱失稳机理 [J]. 煤炭学报, 2018,43(11):3062-3071.

# 煤矿采矿新技术、新材料、新工艺的应用与展望

王正权

贵州图南矿业（集团）有限公司，贵州 兴仁 562300

**摘要：**在我国能源结构转型和环保政策趋严的背景下，煤矿产业作为我国能源的重要组成部分，长期以来面临着安全、效率和环保等方面的挑战。随着科技的不断进步，煤矿采矿领域涌现出了一系列新技术、新材料和新工艺，为我国煤矿产业的发展提供了有力支撑。为了实现高效、绿色、安全的煤矿生产，新技术、新材料、新工艺在煤矿采矿领域的应用日益受到关注。本文将围绕这一主题，介绍当前煤矿采矿领域的新技术、新材料、新工艺的应用现状，并展望未来的发展趋势。

**关键词：**煤矿采矿；新技术；新材料；新工艺

## Application and Prospect of New Technologies, Materials and Processes in Coal Mining

Wang Zhengquan

Guizhou Tunan Mining Industry (Group) Co., Ltd, Guizhou, Xingren 562300

**Abstract：** Under the background of China's energy structure transformation and environmental protection policy tightening, coal mining industry, as an important part of China's energy, has long been facing challenges in terms of safety, efficiency and environmental protection. With the continuous progress of science and technology, a series of new technologies, new materials and new processes have emerged in the field of coal mining, which provide strong support for the development of China's coal mining industry. In order to realize efficient, green and safe coal mine production, the application of new technologies, new materials and new processes in the field of coal mine mining has received increasing attention. This paper will focus on this theme, introduce the current status of the application of new technologies, new materials and new processes in the field of coal mine mining, and look forward to the future development trend.

**Keywords：** coal mine mining; new technology; new materials; new technology

### 引言：

随着人工智能、大数据和物联网等技术的深入应用，煤矿采矿行业将迈向更加智能化、高效化和绿色化的方向，其发展也越来越完善，新技术、新材料、新工艺在不断地研究与完善，工作人员会根据采矿的实际情况进行分析。同时，随着国家对煤矿安全生产的重视，新的安全技术和设备将不断涌现，为煤矿采矿行业提供更加可靠的安全保障为提高生产效率、降低成本和提高安全系数提供了有力支撑。

### 一、煤矿采矿的背景

在当前科技和经济发展的新形势下，煤矿开采技术研究要面向国内外市场和经济发展主战场，立足我国领先的煤矿开采技术和必要的技术储备。煤矿开采方法和技术的进步和完善始终是采矿科学学科发展的主题和核心，这是从根本上解决煤炭资源开采、保护生态环境、矿区可持续发展问题，实现煤炭资源环境友好开采理念和科学开采方法的必然要求。煤矿开采技术的发展将促进煤矿开采各方面的变革，现代煤矿开采技术正朝着高生产、高效率、高安全、高可靠性的方向发展，开发和实施强大、高

效、可靠、耐用的智能采煤装备和监控系统，提高和完善采煤技术。在发展现代煤矿开采技术的同时，要不断发展和完善多层次煤矿开采技术和多元化实践经验，构建我国煤矿开采技术系统理论。

### 二、煤矿采矿的现状

国外发达国家对煤矿开采领域的技术人才需求非常高，煤炭专业的学生大多利用了这一点。但是我国目前煤矿职工大部分是学历低的学生或者工作人员，自身的学习能力以及接受知识能力



差，没有在煤矿科学领域进行过专业学习，需要让这些员工接受科学方面的再教育和技术领域的再培训，从而会花费了施工单位大量的时间。

但根据实际的情况来看，我国当前有许多的中小型煤矿在开采的过程中，出现开采技术水平较低的情况，且开采人员进行煤矿开采工作之时，大多会选择开采难度低、煤矿质量好、煤炭含量高的区域进行开采，这会在开采之后出现大量的尾矿。而这种方式会造成煤矿资源的浪费，并影响其开采的效果与质量，所以为了保障煤矿的资源与开采质量的提升，需要加强相应的技术研究与开发，在加强煤矿开采量的同时，也能保障其资源能够得到有效的应用。我国虽然已逐渐成为煤矿开采和应用大国，但多年来一直沿用传统开采技术，中小型矿山大多采用爆破，这存在巨大的安全隐患，极易引发山体滑坡等危险，很有可能会造成生命安全问题以及难以挽回的损失，甚至导致煤矿开采工作出现停止的情况。

### 三、煤矿采矿新技术的应用

#### （一）绿色开采新技术

煤矿绿色开采新技术是指在煤矿生产过程中，运用先进的科技手段和环保理念，实现资源的高效利用、降低对环境的影响、确保工人安全的一种开采方式。这些新技术不仅能够提高生产效率，减少资源浪费，还能有效控制矿区土地沉降、水资源污染等矿山环境问题。现如今，我国出现一定的环境污染问题，像土地资源破坏、地面沉降、地下水污染严重等问题，如若不在第一时间进行处理，将会进一步危害到我国的发展与人类的生存。正因如此，工作人员需要针对煤矿开采的情况进行生产综合规划，选择合适的煤矿开采方式及技术，确保能够进行环保、安全的煤矿开采工作，提高煤矿开采的质量及效果。

#### （二）智能开采技术

智能采矿技术是利用现代通信、传感、控制、人工智能等技术，通过计算机程序模拟人类思维过程，实现煤矿自动化、智能开采、智能处理和决策的技术。通过在煤矿井下安装各种传感器，实时监测矿井环境参数，结合智能控制系统，可以实现采煤机、运输系统等设备的远程控制和自动调节，以此来提高开采效率，降低人工成本，并显著提高采煤效率。提高采矿效率。降低劳动力成本。在煤矿开采行业，智能采矿技术可以帮助提高对煤矿瓦斯爆炸、地质灾害等安全风险的预测和识别。此外，智能采矿技术还可以优化煤矿生产流程，如自动采煤、自动运输等，提高其生产效率，减少劳动力成本和能源浪费，实现更好地开采，加强煤矿开采的效率和质量，避免因煤矿开采过程中出现的问题而造成的损失。

#### （三）全自动刨煤机采煤法

全自动刨煤机采煤法是一种先进的采煤技术，它利用自动化机械设备来实现煤矿开采的自动化和智能化，提高生产效率，减少人力需求，并改善煤矿开采的工作环境。全自动刨煤机配备有先进的自动控制系统，该系统能够控制刨煤机的运行速度、切割

深度和方向，以及煤层的监测和分析，且全自动刨煤机采煤法的运行速度非常快，截割速度达到每秒3米，截割深度可达0.25m。这种采煤方式具有完善的智能水平，其通风系统、排水系统等都是通过全自动的方式进行运作，减少人员在矿井内的作业，降低事故发生的风险，特别是对于有瓦斯等易燃易爆气体的矿井，自动化的设备更能确保安全，并且降低了相应的人工成本与投入。

#### （四）小范围爆破式落煤采煤法

小范围爆破式落煤采煤法主要是将煤炭破碎成若干部分，进行区域爆破采煤。一般来说，这项作业的技术要求很高，作业范围内没有配套设施、操作人员或作业设备。另外，在爆破的过程中，设备的通风要求变高，需要排出大量的爆破废气，水系统也必须运转良好且流动顺畅。因为一旦发生爆炸，渗水的可能性就很大，如果因为爆破所产生的积水不及时排除，将会影响煤炭采矿的施工。小范围爆破式落煤采煤法的应用特点主要就是具有安全性、操作简单、成本低，但是其在使用的过程中，容易出现回收率低、资源浪费等情况，所以开采人员在实际的开采工作中，尽可能选择薄煤层进行开采，确保开采过程的安全和高效。

#### （五）放顶煤技术

放顶煤技术是综合机械化采煤的一种方法，这种方法主要针对较厚的煤层进行挖掘、创新的方法，通过特殊的采煤工艺，在一次采煤过程中同时开采顶煤和底煤。而在困难的地质条件下，这项技术发挥了作用，有助于提高放顶煤技术的安全性和效率，推动煤炭开采向更智能、更绿色的方向发展。但是放顶煤工作面的采煤机割煤、支架操作时的架间漏煤及放煤均为粉尘来源，可能会造成较大的煤尘问题。一般来说，在选择这种方法时，都会进行相关的评估工作，使用放顶煤技术可以最大限度地发挥其有效性、提高采收率并减少安全隐患。在确定研究对象时，工作人员可以确定并充分考虑煤层和煤顶板的深度，这些关系需要作为一个整体来理解，技术因素和地质因素需要分别进行分析。

### 四、煤矿采矿新材料的应用

#### （一）仿生材料

仿生材料是模仿自然界生物体的结构和功能的材料，是指将生物学原理应用于材料设计和制造的材料。在煤矿开采行业，仿生材料可用于矿山支护、隧道开挖等，为了模仿蜘蛛丝的高强度和低密度特性，研究人员开发了一种具有良好拉伸性能的仿生纤维，可用于矿井的锚杆和绳索。在此基础上，仿生材料在矿井通风、排水等系统中也具有广阔的应用前景，它们可用于生产具有仿生性能的材料，如抗磨材料、抗应力材料等，以改善设备出现磨损的情况，并在很大程度上提高煤炭采掘的耐磨性和抗压能力。

#### （二）纳米材料

纳米材料是指体积小于100纳米的材料，这种材料比传统材料具有更高的强度、刚度和导电性，且具有独特的物理和化学性能，如高比表面积、优良的机械性能和良好的防火性能。在煤矿开采行业，纳米材料可用于制造更轻、更耐用的煤矿开采工具，

例如煤钻头和煤锤等，从而提高生产效率，降低生产成本。此外，纳米材料还可用于制备矿用耐火材料、防静电材料、复合材料等，采用纳米技术制成的防火材料可以有效降低火灾风险，并增加其设备的承载能力，以纳米碳管复合材料为支撑。

### （三）环保材料

随着科学技术的快速发展，新材料的研究与应用逐渐成为煤炭工业的重要发展方向。环保材料是指在生产、使用和废弃过程中对环境污染较小，或对环保功能产生不利影响并符合环保要求的材料，如可生物降解材料、无毒无害材料等环保材料可用于煤矿开采、矿井建设、煤炭洗选、废弃物处理等。由植物废弃纤维制成的生物质材料可用于矿井充填和隧道支护，不仅减少了环境破坏，而且增加了煤炭资源的使用。此外，环保型煤炭洗选剂还可以减少煤炭洗选过程中的水污染和能源消耗，使用环保材料可以减少污染和环境破坏，从而满足煤矿开采行业的可持续发展的要求。

### （四）煤炭活性炭

煤炭活性炭是一种新型吸附材料，具有较高的孔隙率/比表面积以及良好的吸附性能，主要应用于空气净化、水净化、环境污染控制、石油化工催化等领域。煤质活性炭具有微观结构、比表面积高、吸附能力强等优点，此类活性炭具有广阔的应用前景，可用于净化矿井有害气体、防治矿井火灾。这种活性炭还可用作矿井中的阻燃剂，以防止火势蔓延，同时在煤矿开采过程中，工作人员应关注新材料的环保性能，减少对环境的负面影响，实现环保、低碳、可持续发展。

### （五）高强度钢筋

高强度钢筋采用先进材料合金技术制成，是一种具有高抗拉、抗压强度的钢材，与传统钢筋相比具有更高的强度、耐腐蚀、耐磨性。高强度钢筋在煤矿建设和维护中发挥着重要作用，提高抗震能力和建筑耐久性，保障煤矿生产安全，而在煤矿开采中高强度钢筋可用作矿井支护、巷道支护和矿井结构，使用高强度钢筋可以减少钢筋截面积，降低矿山建设成本，降低矿山建设成本。同时，矿井支架的承载能力和使用寿命也将得到提高，通过不断研发新材料能够提高煤矿生产效率、降低开采成本、提高安全性能，将为煤炭工业可持续发展提供强有力的支持。

## 五、煤矿采矿新工艺的应用

### （一）完善采场围岩控制

煤矿开采活动的顺利进行需要科学合理的岩层控制技术，工

作人员需要围绕低成本、高效率进行相应的工作，并采用离散元方法研究顶煤规律，提出顶煤回收率准则和配煤优化。目前，我国煤矿开采问题仍然较多，工作人员需要将重心放在煤矿采矿新工艺的应用以及采场围岩控制的完善上，针对易风化、软岩等复杂条件，采用高预应力锚网索喷浆壁后注浆联合支护方案，有助于提高矿山安全生产水平，实现高效可持续的采矿作业。

### （二）监测顶板动态和支护质量

现如今，我国当前所拥有的采煤机在薄煤层的开采过程中，很难取得良好的开采效果，其主要的问题就是机械设备的表面高度、主电机的矛盾等问题没有得到有效的解决。因此，需要开发一款适合薄煤层开采的机械设备，并成立专业领导小组，由矿长、总工程师、生产矿长、安全矿长等高层领导担任成员，负责制定支护质量、顶板动态监测管理制度。现如今，我国规定薄煤层输煤机长度为200 ~ 250m，而发达国家则超过300m或以上，并且针对薄煤层的开采方面，需要应用质量较好的放顶煤液压支架架型，确保其能够在不同的煤层中进行煤矿开采工作，实现顶板动态监测与分析系统的智能化和信息化。

### （三）高效集约化生产技术

近年来，随着我国浅层煤层大规模开采的存在，并逐渐向一些深部矿井转移，而全自动刨煤机采煤法可以适应复杂多变的煤层条件，对于厚度不均或者倾角较大的煤层，高效集约化生产技术的应用也能有效保证煤矿开采过程中的采煤量和人员人身安全。煤矿开采技术注重高效、集约化，并朝这个方向进行了技术改革，且为了鼓励集中生产并提高单一作业区的产量，工作人员需要对可靠的煤矿开采工艺和设备进行了研究。在不断推进技术创新的同时，我们要注重人才培养、企业管理等方面的改革，以实现煤矿产业的可持续发展，有效提高生产效率、降低成本和提高安全系数。

## 结束语：

总之，对于煤矿采矿领域当中的新技术、新材料、新工艺的应用与展望，将为我国煤矿产业的高效、绿色、安全发展提供有力支撑，为我国煤矿采矿行业提供了新的发展机遇。在未来，随着科技的不断进步，煤矿采矿领域将实现更加智能化、绿色化和高效化的发展，为实现煤矿安全生产、高效环保和可持续发展做出更大贡献，让我们共同期待煤矿采矿技术的美好未来。

## 参考文献：

- [1] 周文波. 现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(003):000.
- [2] 孙川, 孙建西, 李露. 煤矿采矿技术的应用及改进技术的探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003):000.
- [3] 赵明洲, 李回贵, 许国胜. 新形势下采矿工程专业课程思政育人探析——以贵州工程应用技术学院为例[J]. 西部素质教育, 2023, 9(11):70-73.
- [4] 李辉, 李占炎, 杨清平, 等. 安全, 精准. 高效凿岩爆破新技术在谦比希铜矿的应用[J]. 中国有色金属, 2023(S01):215-219.
- [5] 梁维, 李海军, 许猛堂. 数字技术在高校实验教学及创新人才培养中的应用——以贵州理工学院采矿工程专业为例[J]. 教育观察, 2023(7):101-105,121.

# 稀土矿山地下水过水通道探测与封堵技术研究

刘强<sup>1,2</sup>, 尹琼<sup>1,2</sup>

1. 江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000

2. 江西理工大学矿冶环境污染防治江西省重点实验室, 江西 赣州 341000

**摘 要：** 在稀土矿开采过程中使用的硫酸铵、碳酸氢铵等浸矿化学药剂在渗滤作用下进入地下水中, 会对矿山地下水环境造成污染。为了有效的防止污染地下水进入地下水系统中, 需对地下水的渗流通道进行有效封堵。首先对稀土矿山地下水过水通道进行探测, 在地下水分布位置布设测线, 采用天然电场选频法对测线上的地下水过水通道进行探测, 得到了稀土矿山地下水过水通道分布的空间位置, 提出在过水通道分布区段内布设注浆孔, 在过水通道分布区段外不布设注浆孔的注浆思路。最后采用湖泥水泥浆液对地下水进行封堵, 并提出了具体封堵方案。研究结果为稀土矿山地下水的有效治理提供了依据。

**关 键 词：** 稀土矿山; 地下水; 过水通道; 天然电场选频法

## Research On Detection And Plugging Technology Of Groundwater Passage In Rare Earth Mine

Liu Qiang<sup>1,2</sup>, Yin Qiong<sup>1,2</sup>

1. School of Resources and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

2. Jiangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control in Mining and Metallurgy, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

**Abstract：** Leaching chemicals such as ammonium sulfate and ammonium bicarbonate used in rare earth mining enter groundwater under the action of percolation, which will cause pollution to the groundwater environment in mines. In order to prevent polluted groundwater from entering the groundwater system effectively, it is necessary to seal the seepage channel of groundwater effectively. First of all, the underground water passage of rare earth mine was detected, and the measuring line was laid at the distribution position of the underground water passage. The frequency selection method of natural electric field was used to detect the distribution space of the underground water passage of rare earth mine. The grouting idea of laying grouting holes in the distribution section of the water passage and not laying grouting holes outside the distribution section of the water passage was proposed. Finally, lake mud cement slurry is used to seal the groundwater, and the concrete sealing scheme is put forward. The research results provide a basis for the effective treatment of groundwater in rare earth mines.

**Keywords：** rare earth mine; ground water; water passage; natural electric field frequency selection method

在20世纪70年代, 稀土开采逐渐兴盛, 对国家经济发展起了重要推动作用。但同时, 由于早期采矿技术不发达, 稀土矿开采过程中主要使用硫酸铵、碳酸氢铵等浸矿化学药剂, 这些药剂在渗滤作用下容易进入地下水中, 对水环境造成污染<sup>[1-2]</sup>。目前, 稀土矿山地下水防治主要采用土壤改良技术、植被恢复技术和微生物修复技术<sup>[3]</sup>。或者采用清污分流、人工防渗等地下水控制措施<sup>[4]</sup>。但是这些措施不能对有效的对地下水进行控制, 这就需要先确定地下水的过水通道分布, 通过确定的地下水的过水通道位置, 才能准确的封堵地下水。基于此, 一些学者采用了天然电场选频法探对地下水过水通道的位置进行判断<sup>[5-8]</sup>。因此, 采用天然电场选频法对稀土矿山地下水渗漏通道进行探测, 并对探测结果进行分析。根据分析结果, 提出稀土矿山地下水封堵方案, 以期为类似矿山的地下水探测和治理提供实践经验。

### 一、矿山地下水过水通道探测

测量方法见图1。

通过水文地质分析, 在地下水分布区域采用 TR-2型选频仪进行区域地下水的探查工作。测量时, 金属探头接收的测点 AB 间的电场信号, 在表头读出所测的 AB 之间的电位差值。根据现场情况布置了一条测线, 测量点距 AB = 2m, 极距 L=10m。具体

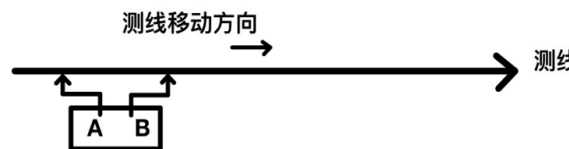


图1 测量方法

基金项目: 江西省自然科学基金面上项目 (项目编号: 20202BAB203016)

作者简介: 刘强 (1983—), 男, 汉族, 湖北随州人, 地质工程博士, 江西理工大学地质工程系讲师, 研究方向为矿山地下水探测与治理。



通过天然电场选频仪用不同频率探测到的静态信息（稳定的电位差）的分析研究，得到地下不同深度岩土层的电阻率值，同时得出不同深度存在的地下水过水通道，分析出地下水过水通道分布范围，根据分析结果绘制出地下水过水断面图（见图2）。

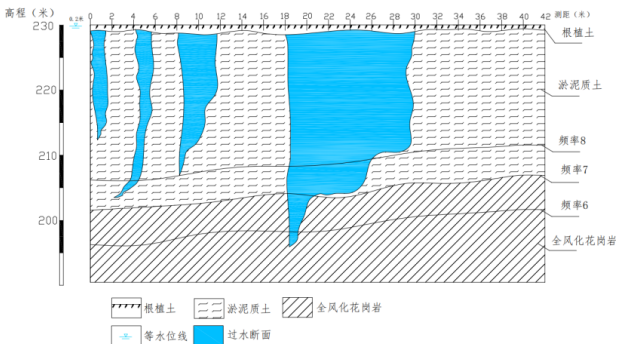


图2 过水通道分布断面图

通过探测结果分析，在测线上分布有4段地下水过水通道带，在测线0m ~ 1.8m 范围内，地下水过水带的分布深度在地下0.83m ~ 17.67m 左右。在测线4m ~ 6m 范围内，地下水过水带的分布深度在地下0.83m ~ 26.5m 左右。在测线8m ~ 12m 范围内，地下水过水带的分布深度在地下1.28m ~ 23.1m 左右，在测线18m ~ 30m 范围内，地下水分布宽度较宽，地下水过水带的分布深度在地下0.78m ~ 34.01m 左右。

二、矿山地下水封堵方案

（一）注浆孔布设

注浆孔直径取75mm，注浆管半径取标准值25mm<sup>[9]</sup>。结合现场地下水过水通道分布情况，注浆孔主要布设在过水通道分布范围内，过水通道分布范围外不布设注浆孔，主要注浆堵水设计钻孔的孔深控制在20 ~ 35m 之间。注浆孔的分布图见图3。

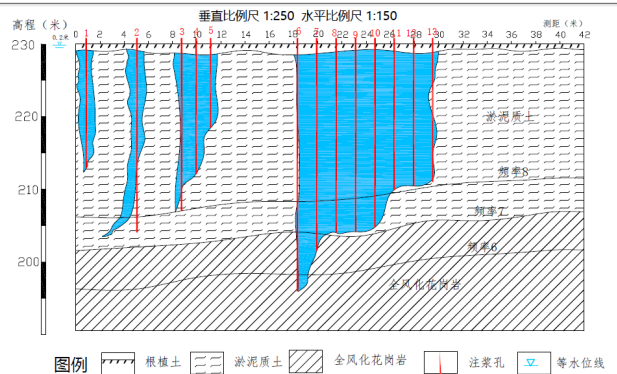


图3 注浆孔分布示意图

（二）浆液配比

浆液的配制一般按由浓到稀的原则来确保配置，以确保注浆效果达标<sup>[10]</sup>。注浆浆液采用湖泥水泥浆液<sup>[11]</sup>，湖泥要求不含直径大于0.5mm 的大颗粒，泥浆分布均匀，配制的基浆比重在1.2g/cm<sup>3</sup>左右时，漏斗粘度在17s 以上。采取的浆液配比为：湖泥基浆密度尽量控制在1.15 g/cm<sup>3</sup>~1.30 g/cm<sup>3</sup>，水泥加量为50 ~ 200kg/m<sup>3</sup>。

（三）注浆压力

以静水位为零点，现场施工时取注浆层段底部静水压力的2.0 ~ 2.5倍为注浆压力设计值。测线钻孔注浆压力设计值的计算结果详见表1。

表1 测线注浆孔的注浆压力

注浆孔数	注浆压力设计值 /MPa	注浆孔数	注浆压力设计值 /MPa
1	0.36	8	0.52
2	0.54	9	0.52
3	0.46	10	0.52
4	0.36	11	0.40
5	0.24	12	0.40
6	0.64	13	0.38
7	0.58		

（四）注浆扩散半径

浆液扩散半径根据施工时的经验值来设计，通常情况下，在中细砂层、粉质黏性土中，扩散半径取0.5 ~ 0.8m，在中粗砂、砂卵石层中取0.8 ~ 1.2m；在断层破碎带，则取1.5 ~ 2.0m。稀土矿山注浆主要在淤泥质土中，故取浆液扩散半径 R=0.8m。

（五）单孔浆液注入量

单孔浆液注入量的由公式（1）进行计算确定。

$$Q=\pi \cdot R^2 \cdot L \cdot n \cdot \beta$$
（1）

其中 R 为浆液扩散半径 m；L 为过水断面深度，m；n 为土层孔隙率，取0.05；β 为浆液的有效充填系数，取0.9。由公式计算可知，单孔注浆量与扩散半径、注浆段深度、土层有效空隙率还有浆液性质密切相关，单孔注浆量的计算结果详见表2。

表2 测线注浆孔的注浆量

注浆孔数	设计注浆量 / m <sup>3</sup>	注浆孔数	设计注浆量 / m <sup>3</sup>
1	1.52	8	2.26
2	2.32	9	2.26
3	1.97	10	2.21
4	1.49	11	1.73
5	0.91	12	1.65
6	2.94	13	1.61
7	2.46		

（六）注浆结束标准

注浆结束标准<sup>[12]</sup>为：当注浆压力达到设计压力，流量小于5L/min 时，持续20 ~ 30min 即可结束注浆。

（七）注浆效果检验标准

测线上地下水过水通道经过注浆处理后，为了检验堵水效果，可通过布置压水试验检查孔来检测是否达到设计要求的堵水效果，透水率 q 通常用来表示试验成果。根据相关规范可知，国内外地基工程防渗标准一般在1 ~ 5Lu，特殊情况高标准可达0.5Lu，低标准为10Lu。因此测线过水通道封堵后，要求压水试



验所得透水性  $q$  应在  $1 \sim 5Lu$  范围内,即为堵水效果达标。

### 三、结语

稀土矿山地下水防治是稀土矿山生态修复中的重点,稀土矿山常年受到地表水、地下水以及外界人为、环境因素的影响,易产生地下水污染,滑坡等现象,如何对稀土矿山过水通道的位置进行探测和封堵,就成为矿山地下水防治的重要内容。论文利用天然电场选频法探测了稀土矿山地下水过水通道的分布位置,并根据分布位置提出封堵措施。可得出如下结论:

(一) 结合电位静态信息分析,在测线  $0m \sim 1.8m$ 、 $4m \sim 6m$ 、 $8m \sim 12m$ 、 $18m \sim 30m$  等四个区段范围内存在地下水过水通道,过水通道分布深度在  $0.78 \sim 34.01m$  之间。

(二) 结合稀土矿山地下水过水通道分布范围,采用湖泥水泥浆液进行注浆,注浆孔分布在过水通道区间内,过水通道区间外不进行注浆。

(三) 提出了稀土矿山地下水注浆封堵方案,对注浆孔的布设,注浆参数配比,注浆压力,注浆扩散半径,注浆量,注浆结束标准和注浆效果评价进行了设计。

### 参考文献:

[1] 涂婷,王月,安达,等. 赣南稀土矿区地下水污染现状、危害及处理技术与展望 [J]. 环境工程技术学报, 2017,7(06):691-699.

[2] 赵永红,张涛,成先雄. 离子吸附型稀土矿区土壤与水环境氮污染及防治技术研究进展 [J]. 稀土, 2020,41(01):124-132.

[3] 罗才贵,罗仙平,苏佳,等. 离子型稀土矿山环境问题及其治理方法 [J]. 金属矿山, 2014(06):91-96.

[4] 祝怡斌,周连碧,李青. 离子型稀土原地浸矿水污染控制措施 [J]. 有色金属(选矿部分), 2011(06):46-49.

[5] 李高翔,杨天春. 天然电场选频法在灰岩区找水中的应用 [J]. 西部探矿工程, 2007,(9):123-125.

[6] 彭月成,张伟峰. 天然电场选频仪在物探找水中应用实例 [J]. 河南水利与南水北调, 2009,(8):143-144.

[7] 杨天春,申建平,黎光明等. 天然电场选频法在充水岩溶勘查中的试验与分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2014,42(2):71-75.

[8] 杨天春,张辉. 岩溶体的天然电场选频法异常成因研究 [J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2013,28(4):22-27.

[9] 张慧峰,吴建文,张恒. 已揭露高压地下水隧道注浆参数与工艺 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2017,34(08):47-52.

[10] 张杰,秦亮,刘龙卫. 帷幕注浆施工在地下水发育段的实用技术 [J]. 山西建筑, 2009,35(33):344-345.

[11] 刘强,张可能,尹琼. 矿山帷幕注浆过程控制及注浆效果评价 [M]. 长沙:中南大学出版社, 2018, 65-66.

[12] 张慧峰,吴建文,张恒. 已揭露高压地下水隧道注浆参数与工艺 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2017,34(08):47-52.

# CDN 视频算力与边缘计算融合研究

刘小桥

中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司, 重庆 401147

**摘要：** 随着网络视频内容的爆炸性增长，用户对高质量、低延迟的视频服务需求日益增加。为满足这一需求，CDN（内容分发网络）与边缘计算技术的融合成为一个热门的研究方向。通过 CDN 视频算力与边缘计算的融合将为视频服务带来更高的效率、更低的延迟和更好的用户体验。随着技术的不断发展和完善，相信这一融合技术将在未来得到更广泛地应用和推广。

**关键词：** CDN（内容分发网络）；视频算力；边缘计算；融合策略；性能优化

## Research on Convergence of CDN Video Arithmetic and Edge Computing

Liu Xiaoqiao

China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd., Chongqing Branch, Chongqing 401147

**Abstract：** With the explosive growth of online video content, there is an increasing demand for high-quality and low-latency video services from users. To meet this demand, the convergence of CDN (content delivery network) and edge computing technology has become a popular research direction. The convergence of CDN video arithmetic and edge computing will bring higher efficiency, lower latency and better user experience for video services. With the continuous development and improvement of the technology, it is believed that this convergence technology will be more widely used and promoted in the future.

**Keywords：** CDN (content delivery network); video arithmetic; edge computing; convergence strategy; performance optimization

## 一、引言

随着移动互联网的普及和5G技术的快速发展，视频内容已经成为人们日常生活中不可或缺的一部分。视频 CDN 的出现，正好满足了市场对高效、稳定视频传输的需求。视频 CDN 与边缘计算的融合，会产生两大优势：

第一，提升用户体验：通过部署在各地的边缘节点，视频 CDN 可以快速、稳定地将视频内容传输给用户，大大提高了用户体验。同时，边缘计算技术的应用可以进一步减少数据传输延迟，提升视频传输的实时性和流畅性。

第二，优化资源配置：边缘计算将数据处理和分析任务推向网络边缘，减轻了中心服务器的负载压力。这使得 CDN 视频算力能够更加高效。

综上所述，CDN 和边缘计算都是现代网络技术的重要组成部分，它们各自在提升用户体验、降低成本、提高安全性和处理效率等方面发挥着重要作用，两者结合将产生最大效益。

## 二、CDN 与边缘计算概述

CDN 全称 Content Delivery Network，即内容分发网络。随着互联网迅猛发展和广泛应用，CDN（Content Delivery Network，内容分发网络）的重要性在过去近二十年间不断凸

显。IDC（国际数据公司）数据显示，国内 CDN 市场规模在2014年为6.8亿美元，到2021年已达59.3亿美元，7年间增长8倍之多，且预计2025年将达到173.1亿美元，这使得云厂商、基础运营商等多行业巨头并肩涌入 CDN 市场<sup>[1]</sup>。CDN 是一个策略性部署的整体系统，通过在全球多个地理位置分布服务器来存储和分发网站的静态资源，它的主要目的是通过更接近用户的位置提供网页和其他网络内容，从而显著减少延迟。它通过内容复制、智能内容分发和缓存机制来实现这一目标。提升用户体验、降低带宽成本、提高可靠性和可用性、提高安全性均为 CDN 重要特点。

它的工作原理主要如下：

**缓存静态资源：**CDN 将网站的静态资源（如 HTML、CSS、JavaScript、图像、视频等）缓存到分布在不同地理位置的服务器上，这些服务器被称为边缘服务器或节点。

**DNS 解析和选择最近的节点：**当用户尝试访问一个使用 CDN 的网站时，DNS 解析过程会被引导到 CDN 提供商的服务器<sup>[2]</sup>。CDN 的 DNS 解析会返回一个最佳节点的 IP 地址，选择基于用户的地理位置、服务器的负载情况和其他因素。

**请求分发：**一旦用户的请求到达 CDN 节点，节点会根据资源的缓存情况来决定如何处理请求。如果资源已经缓存在该节点上，它会直接返回缓存的资源；如果资源没有缓存，节点会根据配置的缓存策略，从源服务器获取资源。

因此，CDN 的优点就是通过缓存和就近访问的方式，显著减少了用户访问网站时的网络延迟和带宽占用。

边缘计算作为一种新型计算模式，将数据处理和分析任务从中心服务器推向网络边缘，靠近物或数据源头的一侧，采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台，就近提供最近端服务<sup>[3]</sup>。从而减少了数据传输延迟，提高了处理效率，满足实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。

它的主要优势包括：

分布式计算和实时性提升：边缘计算将数据处理和分析任务推向网络边缘，减少了数据传输延迟，提高了处理效率。这使得许多实时性要求较高的应用（如自动驾驶、智能制造等）能够在边缘端得到快速响应和处理。

减少数据传输延迟：由于数据处理和分析任务在边缘端进行，减少了数据在中心服务器和边缘设备之间的传输距离和时间，从而降低了数据传输延迟<sup>[4]</sup>。

提高服务质量：边缘计算能够提供更快的响应速度和更稳定的服务质量。通过减少数据传输延迟和提高处理效率，边缘计算可以确保用户请求得到及时响应和处理，提高用户满意度和忠诚度。

### 三、CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性

CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性主要源于互联网用户对视频内容传输速度和质量的高要求。以下是 CDN 与边缘计算融合在视频传输中的优势：

(1) 满足用户对视频传输速度的需求，随着互联网技术的不断发展，用户对视频内容的传输速度要求越来越高<sup>[5]</sup>。CDN 视频算力与边缘计算融合通过将内容分发和计算资源推向网络边缘，能够显著减少数据传输的延迟，从而满足用户对快速视频传输的需求。

(2) 提升视频传输质量，用户对视频内容的质量要求也日益增加，包括高清、流畅、无卡顿等。CDN 与边缘计算的融合能够确保视频内容在传输过程中的稳定性和可靠性，提升视频传输质量，满足用户对高质量视频内容的期待。

(3) 提高视频内容的访问速度，CDN 通过在全球各地的服务器节点上缓存视频内容，使用户能够从最近的节点快速获取所需内容。而边缘计算则将计算资源推向网络边缘，使用户能够更快速地获取和处理视频内容。两者的融合能够进一步提高视频内容的访问速度，降低用户等待时间。

(4) 降低数据传输延迟，CDN 视频算力与边缘计算融合通过将内容分发和计算资源推向网络边缘，减少了数据传输的距离和延迟。这种融合模式使得视频内容能够在用户附近进行处理和分发，从而降低了数据传输延迟，提高了视频传输的实时性和流畅性。

(5) 降低带宽成本：CDN 与边缘计算的融合通过优化内容分发和计算资源的配置，能够降低数据传输的带宽需求<sup>[6]</sup>。这不仅可以减少服务提供商的带宽成本，还可以提高网络资源的利用率，为

用户带来更加经济高效的视频传输服务。

(6) 提升用户体验：综合以上优势，CDN 视频算力与边缘计算融合能够显著提升用户体验。用户能够更快速地获取高质量的视频内容，享受流畅、无卡顿的观看体验。这种提升将增强用户对视频服务的满意度和忠诚度，促进视频服务市场的健康发展。

综上所述，CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性在于满足用户对视频传输速度和质量的高要求，同时其融合在视频传输中的优势也显著提升了用户体验和降低了带宽成本。

### 四、CDN 视频算力与边缘计算融合的技术实现

CDN 视频算力与边缘计算融合的技术实现，可通过以下几点进行：

第一，CDN 节点部署边缘计算服务，其是指将边缘计算的能力与 CDN 节点的分布式特性相结合，使得 CDN 节点不仅具有内容缓存和分发的功能，还具备实时内容处理和数据分析的能力。这种部署方式可以显著提高 CDN 节点的智能化水平，为用户提供更加高效、快速、个性化的服务。

第二，实时内容处理和数据分析，在 CDN 节点上部署边缘计算服务后，可以实现实时内容处理和数据分析。具体而言，当用户请求视频内容时，CDN 节点可以首先检查本地缓存中是否存在该内容<sup>[7]</sup>。如果存在，则直接返回给用户；如果不存在，则向源服务器请求内容，并在本地进行缓存。在内容传输过程中，CDN 节点可以利用边缘计算的能力对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等，以满足不同用户和设备的需求。同时，CDN 节点还可以收集用户的行为数据，如观看时长、跳出率、点赞数等，进行实时数据分析，为后续的推荐算法和广告投放提供数据支持。

第三，由于 CDN 节点部署边缘计算服务涉及复杂的网络架构和编程技术，具体的示例代码或技术框架因不同的 CDN 提供商和边缘计算平台而异。但一般来说，这种部署方式需要采用分布式系统架构和容器化技术，如 Docker、Kubernetes 等，以实现 CDN 节点和边缘计算服务的快速部署和动态扩展<sup>[8]</sup>。同时，还需要采用高性能的数据处理和分析框架，如 Apache Flink、Spark Streaming 等，以支持实时内容处理和数据分析的需求。

第四，当用户请求视频内容时，融合后的 CDN 视频传输流程如下：

用户发起请求：用户通过客户端（如浏览器、APP 等）向 CDN 系统发起视频内容请求。

DNS 解析：CDN 系统的 DNS 服务器根据用户的地理位置和网络状况，解析出最优的 CDN 节点 IP 地址返回给用户。

请求路由：用户的请求被路由到最优的 CDN 节点。

内容检查与缓存：CDN 节点检查本地缓存中是否存在用户请求的视频内容。如果存在，则直接返回给用户；如果不存在，则向源服务器请求内容，并在本地进行缓存。

实时内容处理：在内容传输过程中，CDN 节点利用边缘计算的能力对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等。

数据收集与分析：CDN 节点收集用户的行为数据，进行实时数据分析，为后续的推荐算法和广告投放提供数据支持。

内容分发：经过处理后的视频内容被分发到用户所在的边缘节点，并通过该节点传输给用户。

第五，在融合后的 CDN 系统中，用户请求处理和视频内容分发是紧密相连的两个环节。当用户发起请求时，CDN 系统会根据用户的地理位置和网络状况，选择最优的 CDN 节点进行请求处理和内容分发<sup>[9]</sup>。同时，CDN 节点还会根据用户的设备类型和网络带宽等因素，对视频内容进行适当的转码和压缩，以确保用户能够流畅地观看视频内容。

第六，边缘节点上的视频处理和数据存储，在边缘节点上，视频处理和数据存储是 CDN 系统的重要功能之一。通过部署在边缘节点上的计算资源，CDN 系统可以对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等。同时，CDN 节点还可以将用户的行为数据存储在本地图库或云端数据库中，以便进行后续的数据分析和挖掘。这些数据可以用于优化 CDN 系统的性能、提升用户体验、改善广告投放效果等方面。

## 五、CDN 视频算力与边缘计算融合的应用场景

CDN 视频算力与边缘计算融合的应用场景主要体现在在线直播、云游戏和物联网等多个领域，具体如下：

(1) 在线直播，直播画面的清晰度与低延迟传输：CDN 通过在全球各地的节点部署缓存服务器，将直播内容分发到离用户最近的节点，减少网络延迟。边缘计算将计算能力推向网络边缘，对直播内容进行实时转码、压缩等处理，确保在带宽有限的情况下也能提供高清晰度的直播画面。实时数据处理和分析能力可以优化网络拓扑和策略，进一步降低延迟，提升用户体验。

(2) 用户观看体验的优化：本地化服务通过部署在 CDN 边缘节点的本地化应用程序，实时响应用户请求，提供个性化服务。CDN 与边缘计算的融合支持全网所有节点 HTTPS 加密传输，保护用户数据安全，增强用户信任感。

(3) 云游戏：游戏运行过程中的计算任务分散到边缘设备。边缘计算将计算资源和数据存储推向网络边缘，云游戏平台可以将部分计算任务分散到边缘设备，减轻中心服务器的负载。这使得游戏运行更加流畅，减少了因网络延迟导致的卡顿和延迟现象。

(4) 流畅游戏体验的实现：CDN 节点缓存热门游戏资源，减少向中心服务器的数据传输，降低延迟。边缘计算提供实时数据处理和分析能力，帮助游戏平台快速识别和处理网络中的异常行为，保障游戏的稳定性和流畅性。

(5) 物联网，海量数据的快速处理和准确性提升：物联网设备产生的海量数据可以通过 CDN 节点进行分布式存储和传输，减轻中心服务器的压力。边缘计算对物联网数据进行实时处理和分析，提高了数据的处理速度和准确性，有助于快速发现和解决问题。

(6) 物联网设备的数据分析和决策支持：CDN 与边缘计算的融合为物联网设备提供了强大的数据处理和分析能力，支持设备之

间进行协同工作和智能决策。这有助于提升物联网系统的整体性能和智能化水平，推动物联网行业的快速发展。

## 六、我国在 CDN 视频算力与边缘计算融合领域的发展

我国已经建立了全球最大的 CDN 网络，覆盖了全球主要地区 and 用户群体。CDN 网络的建立极大地提升了视频内容的分发效率和用户体验，为 CDN 视频算力与边缘计算的融合提供了坚实的基础。

同时，边缘计算技术在我国多个行业得到了广泛应用。例如，在工业制造领域，边缘计算技术被用于生产线上的设备监控、数据处理和实时控制，提高了生产效率和质量<sup>[10]</sup>。在智慧城市领域，边缘计算技术为城市管理和公共服务带来了革命性的变化，如智能交通系统、环境监测等。

与此同时，我们仍然面临诸多的挑战，首先是数据安全和隐私保护，随着 CDN 视频算力与边缘计算融合的深入，数据安全和隐私保护问题日益凸显。如何确保用户数据的安全存储和传输，防止数据泄露和滥用，是当前面临的重要挑战之一。其次是技术标准的统一和互操作性，由于 CDN 和边缘计算涉及多个技术领域和厂商，技术标准的统一和互操作性成为制约该领域发展的瓶颈。缺乏统一的技术标准将导致不同设备和系统之间的兼容性问题，影响整体性能和用户体验。

当然，解决问题的办法也层出不穷，持续推动 CDN 视频算力与边缘计算技术的创新和研发，以提升系统的性能和效率。例如，探索新的数据传输协议、优化算法等，以满足不断增长的用户需求和应用场景。

加强数据安全和隐私保护技术的研究和应用，确保用户数据的安全和隐私。例如，采用加密技术、身份验证和授权机制等手段，保护用户数据不被泄露和滥用。

推动技术标准的统一和互操作性，通过加强与相关行业组织和企业的合作，推动 CDN 和边缘计算技术标准的统一和互操作性。通过制定统一的技术标准，促进不同设备和系统之间的兼容性和互操作性，提升整体性能和用户体验。

总之，CDN 视频算力与边缘计算融合领域在我国已经取得了显著的技术成果和进展，但仍面临一些挑战。未来，需要持续推动技术创新和研发，加强数据安全和隐私保护，以及推动技术标准的统一和互操作性，以推动该领域的持续发展 and 应用。

## 七、结论

CDN 视频算力与边缘计算融合将提升用户体验，满足大规模内容分发需求，推动技术创新，高效的内容分发与加速，降低运营成本，提高安全性与可靠性。

CDN 视频算力与边缘计算融合将推动以下发展：

边缘计算和边缘存储的进一步发展：随着物联网和 5G 技术的普及，边缘计算和边缘存储将成为 CDN 发展的重要方向，CDN



将不仅仅提供内容分发服务，还将提供运算和存储能力。

AI 技术的广泛应用：未来 CDN 将更加智能化，利用 AI 技术对网络流量进行预测与调度，优化内容分发效果，提高用户体验。

数据安全与隐私保护的加强：随着网络攻击日益频繁和复杂，CDN 将不仅仅是内容分发和加速，更重要的是提供安全防护

能力，保障网络内容和用户数据的安全。

应用前景的多样化：在线视频与流媒体服务，云游戏，物联网等等。

随着技术的不断发展和市场需求的不断增长，CDN 视频算力与边缘计算融合的应用前景将更加广阔。

## 参考文献

- [1] 倪彬. CDN Pro:CDN 与边缘计算融合的创新范式 [J]. 上海信息化, 2022,(11):42-44.
- [2] 刘伟, 杨忠锐, 童云飞. 智慧广电 CDN 服务系统构建 [J]. 广播电视网络, 2023,30(09):59-64.DOI:10.16045/j.cnki.cattvtec.2023.09.016.
- [3] 何英, 崔勇, 罗巍. 基于边缘 CDN 能力打造数字家庭终端 ROM 升级技术研究与实践 [J]. 江西通信科技, 2022,(04):7-10.DOI:10.16714/j.cnki.36-1115/tn.2022.04.014.
- [4] 邓飞, 马蕴颖, 刘坚. 流量新政下 CDN 行业发展趋势分析 [J]. 通信世界, 2024,(08):26-29.DOI:10.13571/j.cnki.cww.2024.08.017.
- [5] 金子哲. 云边环境下 CDN 的边缘服务在线租赁策略 [D]. 山东大学, 2022.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2022.000841.
- [6] 刘长瑞, 于绍晨. 内容分发网络 CDN 边缘云建设思路分析 [J]. 电信科学, 2021,37(S2):208-215.
- [7] 何英, 基于边缘 CDN 能力打造终端升级直通车. 江西省, 中国移动通信集团江西有限公司, 2021-04-09.
- [8] 郭湘南, 王功乾, 伍时扬, 等. 边缘计算与 CDN 的资源协同方案 [J]. 光通信研究, 2021,(03):16-19.DOI:10.13756/j.gtxyj.2021.03.004.
- [9] 陈宏. 通信运营企业边缘计算发展思路 [J]. 中国新通信, 2020,22(14):5-6.
- [10] 杨守义, 陈怡航, 张双玲, 等. 面向未来移动通信的移动边缘计算研究综述 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2024,45(04):1-10+29.DOI:10.13705/j.jissn.1671-6833.2024.04.016.

# 智能化连续刚构桥梁健康监测系统设计及工程应用

李鲁恒

中交公路规划设计院有限公司, 北京 100088

**摘 要 :** 智能化桥梁健康监测系统是通过桥梁服役期的代表性的环境外部参数、交通动态荷载、结构响应、局部结构内损伤等信息进行实时监测和分析, 在特殊运营条件以及桥梁结构状况异常时发布预警信号, 并对桥梁管理、养护与维修提供建议。针对大型连续刚构桥梁结构健康监测系统具有传感器类型众多、信号信噪比小及运行环境复杂等特点, 研究了智能化桥梁结构健康监测系统的设计方法。首先, 针对传感器的输出信号特征、分布特点, 设计了系统总体架构和网络拓扑结构; 在此基础上阐述了数据实时显示预警、结构状态识别、数据特征分析评估等各功能的软件架构; 最后, 在云南新庄大桥上进行了该系统工程应用。系统运行结果表明设计的智能化结构健康监测系统能够满足工程应用要求, 具有高精度度和可靠性。

**关 键 词 :** 桥梁健康监测; 智能化; 网络拓扑; 软件架构; 统计分析

## Design and Engineering Applications of the Intelligent continuous rigid frame bridge Health Monitoring System

Li Luheng

CCCC HIGHWAY CONSULTANTS CO.,LTD. Beijing 100088

**Abstract :** By implementing the monitoring and analysis of representative environmental loads, dynamic traffic loads, structural response and partial damage, the intelligent bridge health monitoring system can provide warning signals and a scientific basis for its management, conservation and maintenance when the bridge is in complex traffic environment, special climatic conditions and structural abnormalities, etc. In this paper, data collection subsystem and automation software management subsystem of the intelligent bridge structural health monitoring system are designed, and applied on the Xinzhuang Bridge of Yunnan province. The operating results show that the designed system can reach the engineering requirements with high accuracy and reliability.

**Keywords :** bridge health monitoring; intelligent systems; network topology; software architecture; statistical analysis

## 一、引言

大型桥梁基础设施运营及服役周期较长、投资规模大, 在整体寿命期运营工作期内, 大桥受各种不利因素作用以及它们的耦合共同作用难免地要发生功能衰减和退化性病害。健康监测系统可以较全面地科学掌握桥梁结构建造与运营在役全过程的受力与损伤演变规律, 是保障大型桥梁的运营安全服役的有效措施<sup>[1-2][7]</sup>。桥梁健康监测这项国内外桥梁界和工程界研究热点得到了快速工程化发展应用, 并在此基础上逐步形成了以定期监测和连续监测为主的桥梁健康监测通行方法。桥梁结构健康监测是集结构感知、系统模式辨别和结构态势评估于一体的综合监测系统。Housner 等人将结构健康监测系统定义为: 一种从运营过程的结构中获取并处理数据, 评估结构的主要性能指标(如安全性、可靠性、耐久性等)的有效方法<sup>[3]</sup>。它结合了无损测试(NDD)和结构特性如响应感知分析, 目的是为了诊断结构体中是否有损伤出现, 判断大致位置、估计损伤的程度以及影响。

本文对现有的桥梁结构健康监测系统的功能需求、结构形式、构成和功能进行了详细深入探讨, 进一步分析了桥梁健康监测系统各个功能子系统和网络拓扑架构模块化式设计, 提出了一种整合性强、可靠性高的智能化连续刚构桥梁健康监测系统<sup>[4]</sup>。该系统主要包括以下功能子系统: 由传感感知模块、数据采集模块和数据控制与处理模块等构成自动化结构监测子系统; 根据结构系统和代表性构件的监测数据进行获取、数值统计、分析和预警, 并根据历史监测的数据编制定期报表的结构预警评估子系统以及辅助的软件子系统: 中心数据库子系统和用户界面子系统。最后, 为了验证该智能化桥梁健康监测系统的实用性与可行性, 在云南新庄大桥上进行了系统的工程实施和应用。

## 二、智能化健康监测系统设计

系统总体架构如图1所示, 采用分层模块化设计思想, 主要由物理感知层、数据链路层、管理控制层和应用界面层等组成。

作者简介: 李鲁恒, 男, 本科, 主要从事桥梁结构监测、管养信息化系统开发及运维。

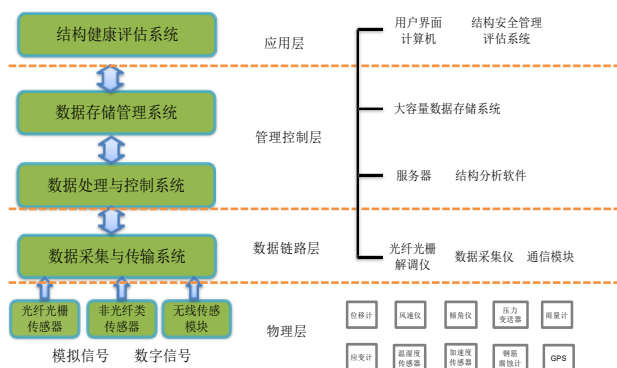


图1 智能化桥梁健康系统总体构成图

### （一）物理层和数据链路层

智能监测系统物理由各种传感器模块组成，负责大桥结构和环境荷载的原始物理数据的有效感知。监测内容主要包括荷载源、结构静动力响应两大部分。传感器部分包括加速度计、应变计、倾斜仪、位移计、温湿度仪、风速仪等，对应监测内容见表1所示。

数据链路层由数据采集仪、光纤光栅解调仪和无线通信设备组成，负责对不同数据信号的实时采集和预处理，保证原始数据准确无误地传递给中心数据库系统。为了保证数据传输链路的高可靠性和数据质量的高保真，系统的骨干传输网络采用了光纤环网拓扑结构方式，如图2所示。

表1 传感器类型与对应监测项目

序号	监测项目	传感器类型
1	风荷载	风速仪
2	环境温湿度	温湿度仪
3	地震动	三向加速度计
4	墩、梁等空间变位	倾斜仪
5	梁体纵向位移	位移计
6	主梁结构应力	应变计
		温度补偿计
7	梁结构动力及振动	单向加速度计
		双向加速度计

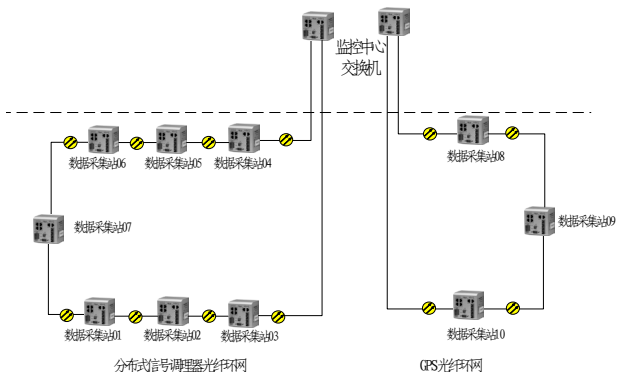


图2 光纤环网拓扑结构图

现场应用了不同的数据采集模块设备，针对不同的数据感知监测对象，包括加速度信号采集器、通用数字信号采集器和应变智能采集器等。各数据消费端使用一致的接头标准和软件结构，

使得上位机能通过一个接口与采集终端交互命令、状态与数据，方便内部数据交换共享使用。提升采集控制用户软件端调试与应用的便利和规范性。

### （二）中心数据库子系统

大桥结构健康监测系统的中心数据库主要分为设计施工期以及通车运营期两大阶段的资料数据的信息管理。基于桥梁全寿命期档案管理原则，通车运营后的数据的存储及管理主要包括结构内（外）部环境监测数据、结构响应、变化指标监测数据、结构边界条件及荷载感知数据、结构分析和各种养护评估状态预测标准等。

中心数据库子系统总体框架如图3所示，要求能够保障数据储存过程的可靠，系统能在无需人工干涉的情况下不间断连续长期稳定工作，能够同时处理传统的可结构化及其他非结构化数据集，能够支撑数据的快速查询及视图的迅速生成，支持分布式数据网络管理，支持 WEB MQTT 数据连接访问，满足开放式数据库连接标准等。中心数据库子系统的主要设计内容包括：基础数据库管理语言工具的选择、数据库逻辑设计、数据库备份与灾难恢复策略等。

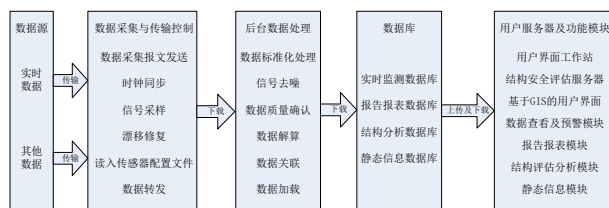


图3 中心数据库子系统总体框架

### （三）结构预警评估子系统

结构预警评估系统包括预警模块和安全评估模块，预警方法主要有结构对基于振动参数整体测试的损伤判断预警方法等。结构预警体系的主要功能作用是基于结构长时间连续实时监测过程中对发生的可能威胁到桥梁构件运营，导致风险的可变荷载（如突然的风场变动、超重超载车等）以及结构对其的应激变化指标（主梁应力、整体及局部变形等）进行预测警示，提供桥梁在特殊交通条件下、异常气候或桥梁运营突发异常状况时所触发的预警信号，提醒桥梁养管人员重视。

安全评估系统可以对大桥的结构和构件的代表性监测数据进行比对、分析、模型计算、推演，进行结构的整体内力状态辨识、模态加载分析、结构承受荷载分析、风场分布分析等。

## 三、工程实际应用

### （一）工程背景

云南新庄大桥（图4）位于云南省丽江市华坪县新庄乡，是华坪至丽江高速公路的重要组成部分，桥梁跨越U型沟谷，桥面最大高度181m。桥梁跨径布置为 $6 \times 40 + (108 + 3 \times 200 + 108) + 1 \times 40m = 1096m$ （不含侧墙长），起点接攀枝花方向路段，终点顺接岩湾隧道。上部采用预应力混凝土连续刚构，路线为左右幅分离式布置。



图4 云南新庄大桥远景

## (二) 集成方案与传感器布置

采用本文设计的智能化桥梁结构健康监测系统,利用数据采集传输子系统进行传感器数据的实时采集与传输,由中心数据库系统对数据进行信息化式存储与管理,最后提取部分典型性数据进行分析、统计。

大桥监测项目主要包括主梁的空间变位,风荷载,墩、梁的结构振动和动力特性等。根据现行《公路桥梁结构监测技术规范》和结构健康监测理论中基于测点优化布置策略的传感器布设法<sup>[5]</sup>,主桥的传感器测点总体布置见图5。

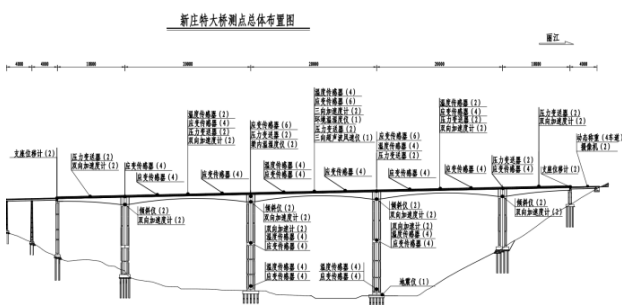


图5 主桥传感器测点总体布置

## 四、数据统计分析

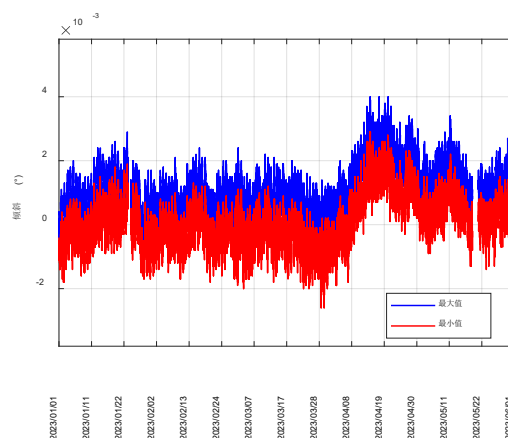
桥梁结构健康监测所获取的数据最终目的是为桥梁在运营期的养护和维修提供科学依据,对原始数据进行专项的汇总分析可得到用于进行桥梁结构验算的荷载和效应信息。桥梁的形变、加速度等数据可以与设计规范值进行实时校核,也可以作为修正模型、识别损伤以及结构安全评定等的必要信息加以应用。

传感器网络所感知到的数据序列须经过信号处理算法过滤,并提取能直接反应结构中损伤的参数,才能用于有效评估结构的状态。在本系统中,健康监测中的模式识别方法采用随机子空间识别法-基于环境激励,梁结构损伤识别采用应变模态法,计算程序应用数值计算语言 Python 软件编制。

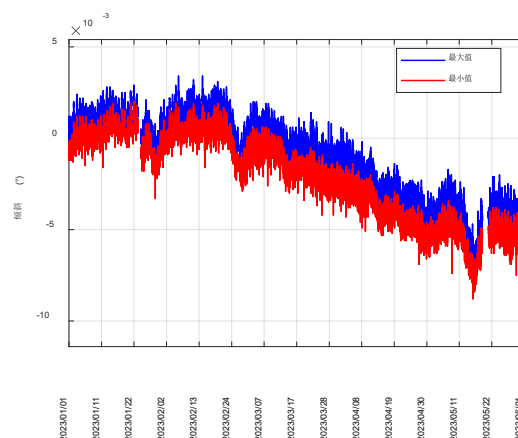
### (一) 单项统计分析

#### 1. 倾斜统计分析

本桥墩高较高,因此大桥在主墩顺桥向横桥向分别布置了一个倾斜仪,其中桥面中和主跨1/4处横桥向倾斜的时程统计曲线如图6所示,倾斜监测单元的统计数据见表2。



左幅 D01- 横桥向



右幅 D03- 横桥向

图6 大桥横桥向倾斜监测的时程统计曲线

由倾斜监测统计结果可知,监测点处的倾斜幅度在  $[-0.05, 0.05]^\circ$  之间,因倾斜而发生的结构风险较小。

#### 2. 主梁振动统计分析

大桥边跨中、主跨四分之一、主跨中和主跨四分之三处各在左幅布置一台竖向加速度传感器,以测试主梁在地震、车载以及风作用下的结构振动。部分加速度统计分析结果如图7所示。

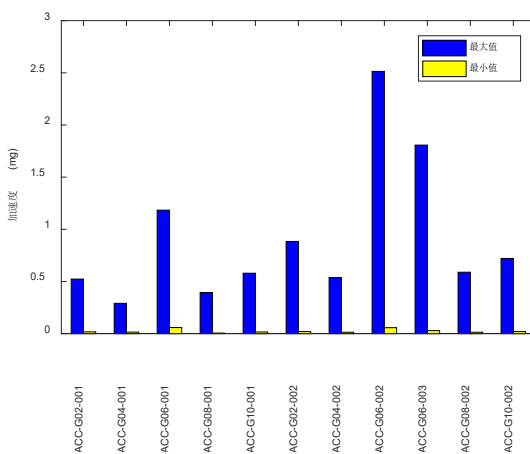


图7 桥面的加速度统计分析

由统计分析图可以看出,锚室索塔的最大加速度为  $1.2\text{mg}$ ;桥面的竖向加速度最大值较为平稳,最大值为  $2.51\text{mg}$ 。



## （二）整体位移特性分析

新庄特大桥整体位移特性重点分析位移与温度的相关关系，结果如图8所示。对于梁端位移来说，与大桥所处的环境温度有明显的线性相关关系，其回归系数  $P1=-3.49$ ,  $P2=42.47$ 。

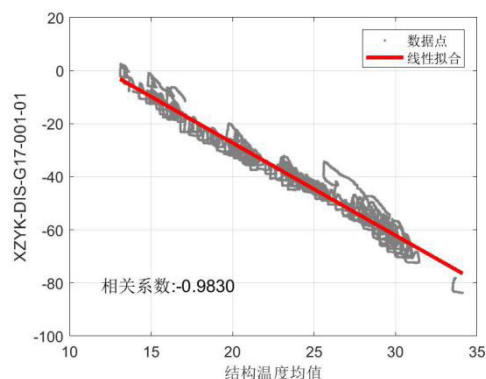


图8 主梁整体位移分析

## 五、结论

本文对大型桥梁结构健康监测系统的整体网络架构、模块化设计等进行了研究分析和开发，得到的主要结论有：

所研发的智能化刚构桥梁结构健康监测系统采用模块化的设计方法，分设不同的功能子系统，提高了系统整体的可靠性和稳定性；研发建立基于网络版 B/S 架构的桥梁监测管理子系统和采用中心数据库系统，使整个数据的存储、管理更加安全、便捷和科学化；

系统在新庄大桥工程应用结果表明本系统性能满足工程管养的精确度和可靠性要求，实用性好，具有较好的理论研究与实际应用价值。

## 参考文献

- [1] 刘琦, 夏鹏, 戴华林, 等. 桥梁结构损伤识别研究现状与展望 [J]. 城市道桥与防洪, 2023(2): 193-196, 205. DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.049.
- [2] 王凌波, 王秋玲, 朱钊, 等. 桥梁健康监测技术研究现状及展望 [J]. 中国公路学报, 2021, 34(12): 25-45. DOI:10.3969/j.issn.1001-7372.2021.12.003.
- [3] Housner, G. W. Bergman, L. A. Caughey, T. k. et al. Structural control past present and future [J]. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 1997 123(9).
- [4] YU Y, OU J, LI H. Design, calibration and application of wireless sensors for structural global and local monitoring of civil infrastructures [J]. Smart Structures and Systems, 2010, 6(5-6): 641-659.
- [5] 伊廷华, 李宏男, 顾明. 结构健康监测中基于多重优化策略的传感器布置方法 [J]. 建筑结构学报, 2012, 32(12): 217-223.
- [6] Döhler M, Andersen P, Mevel L. Operational modal analysis using a fast stochastic subspace identification method [M] // Topics in Modal Analysis I, Volume 5. Springer New York, 2012: 19-24.
- [7] 彭韶辉, 闫宗山, 王子斌, 等. 时钟同步技术在桥梁结构监测系统无线传感网络中的应用研究 [J]. 公路, 2015, 60(5): 106-111.

# 基于激光雷达的大比例地形测绘与数据联动更新

庄惠

海南省水利水电勘测设计研究院有限公司, 海南 海口 570100

**摘要：**在现代测绘领域，获取详尽的地形图是确保规划和建设项目成功的关键，因为这些成果中包含地面地形、水文条件、交通网络以及植被覆盖等诸多信息。当前，为了捕捉和记录复杂而多样的地物特征，测绘人员广泛使用了各种先进的仪器和设备，如传统的地面测量设备、遥感成像设备以及高分辨率摄影设备。然而，这些设备虽然各自拥有独特的优势，但是由于不同设备生成的数据格式各异，在格式转换的过程中很容易发生数据丢失的问题，从而影响到地形图上所需要素的准确性和完整性。为此，本文将重点探讨激光雷达技术在大比例地形测绘与数据联动更新技术方面的应用，通过深入分析其工作原理以及地形测绘与数据联动更新策略以期对相关从业者提供借鉴参考。

**关键词：**激光雷达；大比例地形测绘；数据联动；数据更新

## Large scale terrain mapping and data linkage update based on LiDAR

Zhuang Hui

Hainan Provincial Water Resources &amp; Hydropower Survey, Design Institute Co., Ltd., Haikou, Hainan 570100

**Abstract：** In the field of modern surveying and mapping, obtaining detailed topographic maps is the key to ensuring the success of planning and construction projects, as these results contain a lot of information such as ground topography, hydrological conditions, transportation networks, and vegetation coverage. Currently, in order to capture and record complex and diverse land features, surveyors widely use various advanced instruments and equipment, such as traditional ground measurement equipment, remote sensing imaging equipment, and high-resolution photography equipment. However, although these devices have their own unique advantages, due to the different data formats generated by different devices, data loss is prone to occur during the format conversion process, which affects the accuracy and completeness of the required elements on the topographic map. Therefore, this article will focus on exploring the application of LiDAR technology in large-scale terrain mapping and data linkage update technology. Through in-depth analysis of its working principle and terrain mapping and data linkage update strategy, it is hoped to provide reference for relevant practitioners.

**Keywords：** lidar; large scale topographic mapping; data linkage; data update

激光雷达技术之所以备受测绘行业的欢迎，主要得益于该技术在多维度上的出色表现：一方面激光雷达系统具有极高的精度，能够提供极为精确的地形数据；另一方面，该技术具备高分辨率，可以捕捉到微小细节，使地形分析更加精细和准确；此外，激光雷达还拥有高可靠性，即使在复杂环境下也能保持稳定工作，确保数据的完整性和可靠性。因此，无论是在城市规划、土地管理还是灾害评估等诸多方面，激光雷达技术都展现出了巨大的潜力和价值。

### 一、激光雷达运作原理分析

激光雷达作为一种高精度的传感器技术，通过先进的软硬件设计，实现了数据采集和处理的高度集成。该系统中，主要包含USB接口、CPU、GPS/GLONASS兼容天线、测量物体三轴姿态角装置（IMU）以及激光扫描仪、激光传感器等装置。其中，USB接口重要是为硬件连接提供便捷性，为系统内各个组成部分之间的通讯提供通道。而CPU（中央处理器）在系统中主要负责协调和管理整个系统的运行，确保各项任务能够高效的进行。而GPS/GLONASS兼容天线是能够接收并解析GPS或GLONASS信号的设备，用以构建精确的三维空间定位基础。而测量物体三

轴姿态角装置（IMU）则是一个精密的工具，可以实时监测并记录物体的三轴姿态角信息，以更好的理解和预测物体的姿态变化。此外，激光扫描仪与多个激光传感器共同工作，能够捕捉到环境中的深度信息和激光点云，这些都是构建数字地图不可或缺的要害。当所有这些设备被有机地集成在一起时，系统便能在同一时间内协同完成对空间和时空数据的全面采集。并且，这一方法允许用户从不同角度、不同时间收集到丰富的空间和时间矢量数据，从而为后续的分析和应用打下坚实的基础<sup>[1]</sup>。

借助于激光雷达采集的点云数据处理技术，可以实现对这些环境特征的有效捕捉和实时监控。这一过程涉及到多个步骤，每个步骤都至关重要。首先，要对激光雷达所采集的点云数据进行

严格的滤波预处理工作。可通过使用体素滤波器对数据进行重采样,减少点云中的无效信息,从而达到数据精简的目的。接下来,要通过定义一个精确的边界区域,将地面上的点云滤除出去。这样做不仅能够减少扫描数据量,而且对于地面和岩壁周围障碍物的提取也具有重要意义。其次,要对地面和岩壁上的点云进行细致的分割。可用随机采样一致性分割方法来将地面和岩壁近似拟合为一个半圆形的结构,并以此作为边界。这个边界被称为内联点(Inliers),而通过法向量的计算,得到的那些突出的、离群的点云,称为外联点(Outliers)<sup>[4]</sup>。在外联点与之前定义的边界分割开后,便可以开始处理这些外联点。可以使用基于欧氏聚类的点云聚类方法来对外联点进行处理。欧氏聚类方法是一种强大的数据分析工具,能够有效的将不同类别的点云聚成独立的凸包。将外联点聚类成每个相互独立的凸包,每个凸包都代表了一个独立的障碍物模型,这样的分类方法不仅可以提高数据处理的速度,而且还可确保障碍物模型的准确性和完整性。最后,为了确保每个障碍物模型都能得到充分的包围,要引入主成分分析(PCA)包围盒方法<sup>[5]</sup>。PCA包围盒主要是通过最小化原始数据集的协方差来实现压缩。将经过欧氏聚类的外联点数据集作为输入,利用PCA算法将其转换为更加紧凑的形式。这样处理后的数据更容易存储和传输,同时也方便了后续的障碍物检测过程。通过这一系列综合处理流程,可成功实现了对地下环境障碍物的有效实时识别。

## 二、基于激光雷达的大比例地形测绘与数据联动更新技术策略

由于海南地区的地理环境复杂多样,包括山区、丘陵、平原及海洋,因此基于激光雷达的地形测绘与数据联动更新技术策略在这个地区具有重要的实践意义。一方面,这一技术可以有效解决传统地形测绘方法在海南地区复杂地形条件下的困难,如在山区和丘陵地形中的物理接触测量问题。激光雷达能够通过对地面的连续扫描,获取大范围内的地形信息,从而实现对复杂地形的精确测绘。另一方面,通过激光雷达技术还可以实时监控和更新地形数据,提高地形数据的即时性和准确性。海南地区作为热带地区,气候变化频繁,地形也会随之产生变化,因此要有能够实时或近实时更新地形数据的技术来适应这种变化,以便于规划和管理。此外,通过使用基于激光雷达的地形测绘与数据联动更新技术,可以进一步提高地形数据的应用价值。这些数据应用于多个领域当中,比如环境保护、城市规划、灾害防治等,从而为相关领域的决策提供重要的支持<sup>[4]</sup>。

### (一) 测量系统组成

无人机机载激光雷达测量系统是集成了精密传感器和先进控制技术的复杂系统,在航空摄影、地形测绘、环境监测等领域发挥着至关重要的作用。该系统的核心组成部分可以总结如下:

(1) 动态差分GPS接收机,它负责将激光雷达信号中的发射参考点的空间位置精确地定位到无人机的飞行路径上。(2) 姿态测量装置提供了对扫描装置主光轴的姿态参数的测量能力。通常,这

种姿态测量设备会采用功能强大的惯性导航系统(INS)来执行,以实现高精度的姿态计算。(3) 激光测距仪,测量激光雷达信号发射点与地面激光脚点之间的距离。(4) 成像装置,主要由CCD相机组成。这些相机拍摄的图像被实时传输回地面,并为后续的数据处理提供直观的参考资料。高分辨率的成像能力有助于提高数据处理的效率和质量。(5) 同步控制装置,这一装置可确保多源数据之间的无缝关联和匹配。通过有效的同步机制,GPS定位数据、IMU姿态数据、测距数据、影像数据以及回波强度数据等各部分数据才能够得以相互补充,从而形成完整的数据链,用于更加精确的进行地形分析和环境评估。(6) 遥感平台。搭载无人机机载激光雷达系统不仅要具备足够的灵活性和稳定性来适应多变的飞行条件,同时还要有足够的空间来安装所有必要的硬件和软件,以便顺利完成各项测量任务<sup>[5]</sup>。

### (二) 测量特点

无人机机载激光雷达系统的测量技术自从被研发出来以来,已经在多个领域得到了广泛的应用。该系统主要有以下几个显著特点:一是,作为一种主动式测量系统,与传统的航空摄影测量相比,该系统拥有着更为主动和高效的特点。在作业过程中,系统会主动发射激光脉冲,这些脉冲能够捕捉到目标的反射信号,并据此计算出地面上特定点的三维坐标数据。并且,由于该系统不受光照条件的限制,无论是白天还是黑夜,都能进行数据采集,特别是复杂工作环境,以及夜间或光照不足的条件下测量作业<sup>[6]</sup>。二是,无人机机载激光雷达是一种非接触式测量,相较于RTK测量、全站仪等传统的测量技术具有明显的优势。对于那些人工测量难度大、特征点稀少的区域,如潮间带、森林,以及沼泽等地区,无人机机载激光雷达展现出了无与伦比的效率和准确性。这些区域往往因为植被的覆盖而导致传统测量系统难以准确定位,但激光雷达可以克服这些障碍,提供更加精确的地形数据和三维信息。三是,无人机机载激光雷达系统所能产生的测量产品种类非常丰富。除了DLG(数字线划地图)和DEM(数字高程模型)外,还可以制作DOM(数字正射影像图)实景三维模型以及激光点云等多种产品,满足不同用户的需求。这些丰富多样的数据产品为土地管理、地质勘探、城市规划等诸多领域提供了强有力的支持<sup>[7]</sup>。四是,激光雷达的多回波功能可谓是创新之举,它允许激光脉冲穿透植被,从而获得植被覆盖下方的真实地形数据。这一点对于研究植被生长动态、生态系统变化以及灾害评估等领域具有重要意义。可通过这一穿透能力,揭示植被对地表结构的影响,帮助科研人员更好的理解自然现象。

### (三) 实验平台搭建

为了深入探究并验证所提出的非线性迭代算法的性能和准确性,就要精心搭建一套实验平台。例如,在进行光源非线性校正实验的过程中,可以设计一套包括标定板、标定源、CCD相机以及相关控制硬件和软件的实验装置。其中,标定板的材料应选取光学性能好、稳定性高的材料,比如铝合金或玻璃,以确保在长时间内不受温度等环境因素的影响而变形。标定源则要选择具有高亮度、色温稳定性好的光源,以保证在数据采集过程中的亮度连续性和颜色一致性。CCD相机作为数据采集的核心设备,要求

其具有高分辨率、动态范围宽、信噪比高、响应线性好等特点，从而能够捕获到足够丰富的信息。与此同时，还要配套使用专门的图像处理和软件，以便于进行数据的后处理和校正，提高数据的精度和可用性<sup>[8]</sup>。

在进行地形测绘实验时，可以选择一片具有多种地形特征的测试区域，比如山地、平原和河流交织的地区。然后通过无人机激光雷达系统对该区域进行连续扫描，获取其地形数据。这些数据经过处理后，可以生成该地区的三维地形模型，为进一步的地质研究和土地规划提供基础数据支撑。同时，也可以通过对这些数据进一步分析，比如地形变化监测、地形特征提取等，从而提取出更多关于这个地区的有用信息。

在进行数据联动更新技术测试时，可以选择一个正在进行施工的工地或者正在发生地质变化的区域作为测试区域。然后通过定期使用无人机激光雷达系统对这个区域进行扫描，获取其地形数据，并将新获取的数据与旧的数据进行对比，以观察和跟踪该地区的地形变化情况。通过这样的方式，可以验证这项技术在实时监控和更新地形数据方面的性能。同时，这种方法也可以为施工方或者有关部门提供实时的地形信息，为其进行工作决策提供依据<sup>[9]</sup>。

#### （四）数据分离与融合处理

在当前的测绘技术中，验证研究的任务是要同时满足传统航空摄影测量和 LiDAR 两种数据获取系统的需求。这种多模式数据的集成，对于提高地图精度和完整性具有重要意义。然而，要想实现这一目标就要考虑到：如何确保航向与旁向的重叠度足够高，以保证数据的准确性。并且，在实际作业中，由于像控点的布设需要大量的外业工作量，这些工作往往会在点云微分纠正过程中，对影像数据进行不必要的冗余。针对上述问题，就可采用飞马无人机管家智点云和智能激光模块来进行点云数据处理。具体操作流程如下：第一步，通过 POS 姿态数据与地面 GNSS 基站数据的联合处理，生成导航数据文件 sbet\*.out 和 vnav\*.out，并生成航迹文 \*.trj。第二步，检查航带是否存在漏飞现象，并通过覆盖数据范围来制作控制文件，以生成航次控制文件 control.ini。如果单条航带数据量过大，则需分段进行 control.ini 的制作。第三步，对原始激光数据进行预处理，形成原始三维激光点云数据。

然后依据实测的平面和高程控制点，计算测区布尔莎（Bursa-Wolf）转换七参数，并对原始点云数据进行平面和高程校正，最终计算出地表目标物的空间三维坐标。第四步，平差后的点云成果与影像数据进行微分纠正得到 TDOM。第五步，基于人机交互模式，对校正后的三维激光点云进行分类，可分为地面点与非地面点两类，并分别存储在不同的文件中。第六步，基于分类后的地面点提取末次回波的点云数据，经过人工填补小缝隙、去除粗差点、格网分幅、过滤、约束和内插等操作，最后制作出 DEM。第七步，利用地面点云、DEM、TDOM 成果，在 CASS 环境下进行人机交互，制作地形测绘产品<sup>[10]</sup>。

选取某工业区内的一个特定区域作为研究对象，为了更准确的评估上述技术的有效性和准确性，采用该技术绘制了这一区域的地形测绘图，其对比应用效果如图1所示。

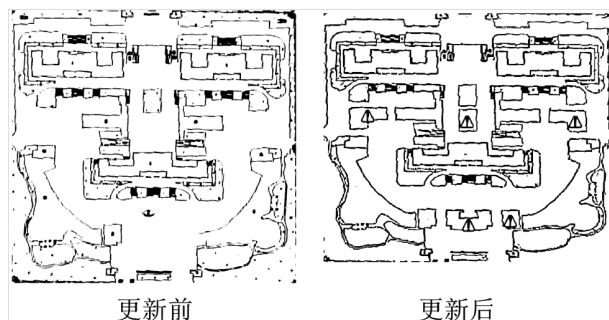


图1：数据分离与融合处理效果

## 结束语

综上所述，激光雷达技术由于其高精度、高分辨率和高可靠性，无论是在复杂环境下的测绘，还是对地形数据的实时更新，激光雷达都能够提供准确、快速、有效的解决方案。同时，通过无人机机载激光雷达系统的使用，使得工作人员可以在任何时间、任何地点进行数据采集，从而进一步提高了地形测绘的效率和灵活性。因此，在未来要不断加强技术研发和创新，以在未来地形测绘领域看到更多基于激光雷达的应用，从而推动我国地形测绘技术的进步和发展。

## 参考文献

- [1] 马晓泉. 地面三维激光扫描技术及其在国内的应用现状 [J]. 科技信息, 2012,(29).
- [2] 胡晓斌. 激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的运用方法 [J]. 世界有色金属, 2024,(03):172-174.
- [3] 胡开桂. 机载激光雷达在房地一体地形测绘中的应用 [J]. 科学技术创新, 2024,(03):14-17.
- [4] 肖维, 刘毅, 钟平. 无人机 LiDAR 在抽水蓄能项目地形测绘中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024,(02):184-186.
- [5] 谢学政. 激光雷达测绘技术在矿山地形测量中的精度探讨 [J]. 世界有色金属, 2023,(23):115-117.
- [6] 刘建祥, 李亚丽, 唐柯. 基于 UAV 与 TLS 的激光雷达扫描技术在地形测绘中的应用评估 [J]. 科技与创新, 2023,(21):176-178.
- [7] 李林辉, 马云龙, 罗万达. 机载激光雷达在山地光伏发电项目密林地形测绘中的应用 [J]. 红水河, 2023,42(03):75-78+94.
- [8] 闫琛琛, 席雪萍, 于向吉, 袁婷婷, 高学飞, 齐超. 机载激光雷达在困难立地区大比例尺地形测绘中的应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2023,13(06):108-111.
- [9] 杜洪涛. 基于激光雷达的大比例尺地形测绘与数据联动更新技术 [J]. 科技通报, 2023,39(01):44-48.
- [10] 郭双建. 机载激光雷达测量技术在大比例尺地形测绘中的运用及优势 [J]. 世界有色金属, 2020,(08):214-215.



# 建筑工程变更管理对造价控制的影响与应对策略研究

李风振

中正信咨询集团山东第二有限公司, 山东 济南 250000

**摘要：** 建筑工程变更管理对造价控制具有重要影响，系统的变更管理可有效降低工程造价超支风险。研究分析了建筑工程中常见的变更类型及其对造价的具体影响，探讨了变更管理中存在的问题和挑战。提出了应对变更的策略，包括建立健全变更管理制度、加强合同管理、提升技术人员素质和使用信息化管理工具等。通过案例分析验证了这些策略的有效性，提出了改进建议，以期为工程造价控制提供参考。

**关键词：** 建筑工程；变更管理；造价控制；应对策略；信息化管理

## Research on the Impact and Response Strategies of Construction Project Change Management on Cost Control

Li Fengzhen

Zhongzheng Xin Consulting Group Shandong Second Co., Ltd., Jinan, Shandong 250000

**Abstract：** Change management in construction projects has a significant impact on cost control, and systematic change management can effectively reduce the risk of project cost overruns. The study analyzed the common types of changes in construction engineering and their specific impact on cost, and explored the problems and challenges in change management. Proposed strategies to cope with changes, including establishing and improving change management systems, strengthening contract management, enhancing the quality of technical personnel, and using information management tools. The effectiveness of these strategies has been verified through case analysis, and improvement suggestions have been proposed to provide reference for engineering cost control.

**Keywords：** construction engineering; change management; cost control; response strategies; information management

### 引言：

建筑工程在实施过程中常常会遇到各种变更，这些变更不仅涉及设计、材料和施工方法，还对项目的造价产生直接影响。随着建筑行业的发展，变更管理的重要性日益凸显。合理有效的变更管理不仅能控制造价，还能提高工程质量和效率。然而，许多项目在变更管理上仍存在不足，导致预算超支和工期延误。通过探讨建筑工程变更管理对造价控制的影响，提出切实可行的应对策略，旨在为工程项目的顺利推进提供理论支持和实践指导。

### 一、建筑工程变更管理的基本概念与重要性

建筑工程变更管理是指在工程项目实施过程中，由于各种原因导致项目原有设计、材料、施工方法等发生变更，从而需要进行管理和控制的一项系统性工作。变更管理在建筑工程中的重要性不容忽视，它直接影响到工程的造价、质量和进度。变更的原因多种多样，包括业主需求的变更、设计方案的优化、施工过程中不可预见的问题等。有效的变更管理不仅能保证工程按时、按质完成，还能控制项目成本，避免因变更导致的预算超支和工期延误。

在建筑工程中，变更管理的基本概念包括变更的识别、评估、批准和实施。变更识别是指发现项目中的变更需求，可能是由项目各方提出的。变更评估是对变更的必要性、可行性、影响

进行详细分析，评估变更对项目造价、进度、质量等方面的影响。变更批准是由相关部门或人员对变更进行审核，并作出批准或否决的决定。变更实施是根据批准的变更方案，组织施工单位进行具体的实施工作，并对变更的效果进行监控和反馈。变更管理的重要性在于它能使项目在面对各种不确定因素时，仍能保持预期的造价和工期目标，从而提高项目的整体管理水平。

变更管理在建筑工程中的应用，不仅仅是对变更进行控制，更是一个系统的管理过程。变更管理的重要性体现在几个方面：首先，变更管理能有效控制工程造价。通过对变更的识别和评估，可以预见和规避不必要的成本增加，确保项目在预算内进行。其次，变更管理能提高工程质量。及时的变更处理和管理，能迅速解决施工过程中出现的问题，避免因变更导致的质量问题。再次，变更管理能确保工程进度。通过科学的变更管理，可

以减少因变更引起的工期延误，确保工程按计划完成。总之，变更管理是建筑工程项目管理中的重要组成部分，通过系统的变更管理，可以实现工程造价控制、质量保障和进度管理的目标。

## 二、建筑工程中常见的变更类型及其对造价的影响

建筑工程项目实施过程中常遇到设计变更、材料变更、施工方法变更和合同条款变更。设计变更最为常见，通常因业主要求变化、设计图纸错误或技术规范更新引起，导致工程量增加、新材料使用及施工工艺调整，进而影响工程进度和成本。材料变更则因供应问题或新材料应用等原因，需要更换或调整材料，直接影响工程成本和施工质量。材料价格差异大，也会影响施工进度和质量。

施工方法变更是建筑工程中另一种常见的变更类型，通常是由于现场实际情况与设计不符、施工技术的进步或优化方案的提出等原因引起的。施工方法变更虽然不直接影响材料成本，但会影响施工工艺、设备使用以及施工人员的配置，进而影响施工成本和进度。例如，采用新的施工技术可能会提高施工效率、缩短工期，但也可能需要额外的培训或设备投入。合同条款变更则涉及工程项目合同中的条款修改，如工期调整、付款方式变化等。这种变更通常是由于双方协商或外部因素（如政策变动、市场环境变化）引起的，虽然不直接影响施工现场，但会影响项目的整体管理和成本控制。合同条款变更需要双方充分沟通，确保变更内容的合理性和可操作性。

每种变更类型对工程造价有多方面影响，既有直接成本增加，也有间接管理费用增加。设计变更通常导致工程量变化，直接影响材料费、人工费和机械费。材料变更则直接影响采购成本，因不同材料价格差异大，可能导致成本波动。施工方法变更影响施工工艺和工期，进而影响人工费和机械费。变更还增加管理费用，如额外设计费、监理费等。合同条款变更涉及违约金和索赔费用，影响总体成本控制。因此，科学的变更管理至关重要，可以预见并规避不必要的成本增加，确保项目在预算内进行。

有效的变更管理能控制造价并提高质量和效率。系统的变更管理可及时处理施工问题，确保工程按计划进行，避免质量问题和工期延误。设计变更需详细评估和审批，并通过信息化工具实现透明化。材料变更需市场调研和比价，选择性性价比高的材料。施工方法变更需科学组织设计，优化工艺和资源配置。合同条款变更需严格管理，保障双方权益。通过这些措施，可有效控制变更对造价的影响，提高项目管理水平，确保工程顺利完成。

## 三、变更管理过程中存在的问题与挑战

在建筑工程的变更管理过程中，存在着许多问题与挑战，这些问题不仅影响到项目的顺利进行，还对工程造价、质量和进度产生重大影响。变更管理的最大问题之一是信息的不对称和沟通不畅。在大型建筑项目中，参与方众多，包括业主、设计单位、

施工单位、监理单位等，各方对变更的理解和反应速度不同，容易导致信息传递不及时或不准确。比如，设计变更如果没有及时传达到施工现场，可能会导致施工错误或返工，增加工程成本和工期。此外，各方在变更管理中的职责不清，可能导致责任推诿，变更决策效率低下，这些都对变更管理提出了严峻的挑战。

变更管理过程中还存在着评估与审批机制不健全的问题。在实际操作中，变更评估往往缺乏科学性和系统性，变更的必要性、可行性和影响评估不够全面和准确。很多情况下，变更的评估只是停留在表面，缺乏深入的技术和经济分析，导致变更决策失误或盲目实施变更。同时，变更审批流程繁琐且缺乏灵活性，审批时间过长，影响施工进度。一些项目中，由于审批流程不畅，导致变更迟迟无法落实，进而影响工程整体进度和质量。此外，变更管理中缺乏有效的风险控制措施，对潜在的风险预估不足，变更实施过程中一旦出现问题，往往措手不及，影响项目的顺利推进。

变更管理中的监督与反馈机制不完善也是一大难题。变更管理不仅仅是变更的识别和实施，更需要全过程的监督和反馈，以确保变更的合理性和有效性。然而，在实际操作中，很多项目缺乏有效的监督机制，变更实施后缺乏及时的反馈和调整，导致变更效果不佳。例如，施工方法的变更如果没有持续的监督和评估，可能会导致施工质量问题或工期延误。此外，变更管理中还存在利益冲突的问题，各方可能基于自身利益考虑而对变更的必要性和合理性产生分歧，这需要一个公平、公正的监督机制来协调和解决这些问题。总体来看，变更管理过程中存在的信息不对称、评估与审批机制不健全、监督与反馈机制不完善等问题，都是影响建筑工程变更管理有效性的重要因素，需要在实践中不断改进和优化。通过建立健全的变更管理制度，加强各方的沟通与协作，提升技术人员的专业素质和管理水平，利用信息化管理工具，提高变更管理的科学性和高效性，可以有效应对变更管理过程中的各种问题和挑战，确保项目的顺利实施。

## 四、控制造价的变更管理应对策略

建立健全的变更管理制度是控制造价的基础。变更管理制度应包括变更的识别、评估、审批和实施流程，明确各方职责和权限，确保变更管理有章可循。为了提高变更管理的效率，可以引入信息化管理工具，实现变更流程的透明化和高效化。通过信息化手段，可以及时记录和追踪变更事项，确保各方能够及时获取变更信息，并迅速作出响应，避免因信息不对称导致的成本增加和工期延误。

加强合同管理也是控制造价的重要策略之一。合同管理应覆盖项目全过程，从合同签订、变更条款制定到变更的执行和监督，都需要有明确的规定。变更条款应详细约定变更的处理程序、审批权限、费用结算等内容，确保变更管理有据可依。在变更实施过程中，应严格按照合同条款执行，防止不必要的变更和额外费用的产生。此外，加强合同管理还包括与各方建立良好的合作关系，通过充分沟通和协商，解决变更过程中出现的争议和

问题，确保变更管理的顺利进行。

提升技术人员的素质和能力是变更管理应对策略的重要组成部分。技术人员是变更管理的核心，他们的专业水平和管理能力直接影响到变更的评估和实施效果。为此，应加强对技术人员的培训和教育，提高其专业知识和管理技能，确保他们能够科学评估变更的必要性和可行性，准确预测变更对造价的影响。此外，技术人员应具备良好的沟通协调能力和解决问题的能力，能够有效处理变更过程中各方的意见和需求，确保变更管理的高效推进。通过建立专业化的技术团队，提升技术人员的整体素质，可以有效提高变更管理的质量和效率，从而实现对工程造价的有效控制。

## 五、应对策略的案例分析与改进建议

在应对策略的实施过程中，通过具体案例分析可以更好地了解其有效性和存在的不足，并提出改进建议。以某大型建筑工程项目为例，该项目在建设过程中遇到了多次设计变更。项目初期由于设计图纸不够详细，导致施工中频繁出现设计变更。通过建立健全的变更管理制度，该项目团队能够及时识别变更需求，并快速进行评估和审批。引入信息化管理工具，使变更流程透明化，各方能够实时跟踪变更进展，确保了变更的及时处理。结果表明，通过规范的变更管理制度和信息化手段，该项目在一定程度上控制了因设计变更导致的造价增加。

然而，在实际操作中仍然存在一些问题。例如，变更审批流程虽然规范，但由于层级较多，审批时间较长，影响了部分变更的及时实施，导致工期延误。此外，变更评估的科学性和系统性仍有待提高。一些变更在实施后发现对工程造价的影响评估不够准确，实际成本超出预期。针对这些问题，提出了以下改进建

议：一是简化审批流程，缩短审批时间。可以通过设立变更快速审批通道，对于影响较小且紧急的变更，简化审批流程，提高审批效率。二是加强变更评估的科学性和系统性。可以引入专业的第三方评估机构，对变更的必要性、可行性和影响进行全面分析，提高变更评估的准确性。

另一个案例涉及施工方法变更。在某大型基础设施项目中，原定的施工方法因现场实际情况需要调整。项目团队通过科学的施工组织设计，提出了新的施工方法，并进行了详细的评估和审批。新的施工方法在实施过程中，通过信息化管理工具实时监控和反馈，确保了施工质量和进度。结果表明，通过优化施工方法，该项目不仅提高了施工效率，还有效控制了施工成本。然而，在变更实施过程中，也发现了一些问题。例如，施工现场管理人员对新的施工方法不够熟悉，导致初期实施效果不佳，影响了施工进度和质量。针对这一问题，提出了以下改进建议：一是加强对施工管理人员的培训，确保其熟悉新的施工方法和管理工具。二是设立专门的变更实施监督小组，实时监控变更实施过程，及时发现和解决问题，确保变更的顺利实施。

## 结语：

在建筑工程中，变更管理对造价控制至关重要。通过建立健全的变更管理制度、加强合同管理、提升技术人员素质，并利用信息化工具，可以有效应对变更带来的挑战。案例分析表明，这些策略在实际应用中具有显著效果，但仍需不断优化以提高效率。通过简化审批流程、加强评估科学性、强化培训和实时监督，可以进一步完善变更管理体系，确保工程造价控制和项目顺利实施，为建筑工程提供坚实保障。

## 参考文献：

- [1] 倪萍. 浅议合同管理对全过程建筑工程造价控制的影响[J]. 价值工程, 2012,31(27):64-65.DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2012.27.047.
- [2] 李新祥. 论建筑材料管理对工程造价控制的影响[J]. 工程经济, 2013(09):12-16.DOI:10.19298/j.cnki.1672-2442.2013.09.003.
- [3] 牛桂芳. 浅谈工程变更对造价管理的影响及控制[J]. 中国总会计师, 2015(12):102-104.
- [4] 王恒. 建筑工程管理中的工程变更管理[J]. 建材与装饰, 2016(50):147-148.
- [5] 丘康尧. 建筑工程变更对造价的影响及其控制探析[J]. 居舍, 2020(07):137.
- [6] 李亚菲. X项目工程变更管理的研究[D]. 山东大学, 2021.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2021.002811.
- [7] 张勇. 合同管理对全过程建筑工程造价控制的影响[J]. 质量与市场, 2022(16):196-198.
- [8] 孔伟伟. 建筑工程造价控制中工程变更管理解析[J]. 住宅与房地产, 2017(21):51.
- [9] 胡亚平. 建筑工程变更管理与造价风险控制[A]. 广东省国科电力科学研究院. 第五届电力工程与技术学术交流会论文集[C]. 广东省国科电力科学研究院, 2024:2.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.000432.
- [10] 李旭华. 现阶段建筑工程造价管理过程中的设计变更控制[J]. 价值工程, 2014,33(23):90-91.DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2014.23.388.

# 工业控制网络信息安全的防护措施与应用

杨乐, 刘洪具

云南昆钢电子信息科技有限公司, 云南 安宁 650302

**摘要：**工业控制网络作为现代工业自动化系统的核心组成部分，随着信息技术的快速发展和工业互联网的普及，工业控制网络的复杂性和连接性显著增加，同时也带来了更多的安全挑战和威胁。本文分析工业控制网络的基础架构，并提出了符合工业控制网络信息安全的防护控制措施，包括硬件措施以及软件措施，并探讨了工业控制网络信息安全的应用策略，为全面加强工业控制网络信息安全水平提供参考性意见。

**关键词：**工业控制网络；信息安全；防护措施；应用探究

## Protection Measures and Applications of Industrial Control Network Information Security

Yang Le, Liu Hongju

Yunnan Kungang Electronic Information Technology Co., Ltd., Anning, Yunnan 650302

**Abstract：**Industrial control network is the core component of modern industrial automation system. With the rapid development of information technology and the popularization of industrial Internet, the complexity and connectivity of industrial control network have increased significantly, but also brought more security challenges and threats. This article analyzes the infrastructure of industrial control networks and proposes protective control measures that comply with information security in industrial control networks, including hardware and software measures. It also explores application strategies for information security in industrial control networks, providing reference opinions for comprehensively strengthening the level of information security in industrial control networks.

**Keywords：**industrial control network; information security; protective measures; application exploration

### 前言：

随着工业控制网络的数字化和网络化程度提升，传统的安全措施已经不再足够应对复杂和精密的攻击手段，恶意软件、远程入侵和物理层攻击等安全威胁，可能导致设备瘫痪、生产中断甚至环境污染等严重后果，深入研究工业控制网络信息安全，探索和实施新的安全防护技术和策略势在必行，以保护关键基础设施的安全和稳定性<sup>[1]</sup>。国际上已有多项研究和标准提出了针对工业控制网络安全的技术和实践指南，如ISA-99标准、NIST 特别出版物800-82等，这些标准和指南为工业控制系统的安全实施提供了框架和指导。随着技术的迅猛发展和新兴威胁的出现，仍然需要不断更新和完善安全措施，以应对日益复杂的威胁环境。

## 一、工业控制网络的基础架构

### （一）分布式控制系统（DCS）

DCS 是专门设计用于大规模工业过程控制的系统，其架构和功能使其能够有效地监视、控制和优化复杂的生产过程<sup>[2]</sup>。以下将详细介绍 DCS 的基础架构及其关键特征。DCS 的基础架构通常由以下几个关键组成部分构成：1）控制器：DCS 系统包含多个分布式控制器，控制器分布在整个生产设施中的关键位置，通过专用的通信网络进行连接和协作，每个控制器负责执行特定的控制任

务，例如监控和调节生产过程中的温度、压力、流量等参数。2）输入/输出模块：输入/输出模块是 DCS 系统与生产设备、传感器和执行器之间的接口；输入模块负责接收来自生产设备和传感器的数据，如温度、压力、流量等实时信息；输出模块则向执行器发送控制命令，如调节阀门、启动/停止电机等操作<sup>[3]</sup>。3）操作站：操作站是 DCS 系统的用户界面，用于操作员监视和控制生产过程，操作站通常提供直观的图形化界面（GUI），显示实时数据、报警信息和生产状态，且操作员可以通过操作站执行生产调度、设备配置和故障排除等操作。4）通信网络：DCS 系统依赖于

杨乐，1991年4月，男，汉族，四川省宣汉县，大学本科，工控安全。



可靠的通信网络，以实现控制器、输入 / 输出模块和操作站之间的数据交换和信息传递，不同的通信网络通常采用工业以太网、现场总线或专用的 DCS 通信协议，确保数据传输的实时性和稳定性。

（二）分层网络架构

工业控制网络的基础架构中，分层网络架构能够满足工业自动化系统对数据传输、控制和监控的高要求，该架构将网络按功能 and 安全性需求划分为不同的层次，每个层次承担特定的任务和功能，以确保系统的可靠性、安全性和效率<sup>[4]</sup>。

分层网络架构通常包括以下控制层、操作层以及信息层。其中，控制层是工业控制网络中最核心的一层，主要用于实时控制和监控生产过程，DCS 集成了多个分布式控制器，用于大规模工业过程控制，支持复杂的控制策略和实时数据处理；操作层提供用户界面和操作平台，使操作员能够监视和控制工厂设备及生产过程，SCADA 系统提供直观的人机界面（HMI），显示实时数据、报警信息和生产状态，操作员可以通过这些界面进行生产调度和设备管理<sup>[5]</sup>；信息层用于处理和管理工业控制系统中生成的大量数据，并支持上层决策和管理。主要包括：MES 系统以及 ERP 系统，MES 系统负责优化生产过程、实时跟踪和调度生产任务，提升生产效率和资源利用率，ERP 系统集成了企业各个部门的信息和业务流程，支持物料管理、财务管理等企业级功能。

二、工业控制网络信息安全的防护措施

（一）硬件防护

1. 硬件隔离

硬件隔离的基本原理是将控制系统的关键组件（如处理器、存储器、接口电路板等）在物理上隔离开来，使得这些组件只能通过安全授权的方式进行访问和通信。在设计阶段，通过在硬件布局上的物理分隔来隔离不同的功能模块或子系统，防止电路干扰和数据泄露<sup>[6]</sup>。实际可以利用虚拟化技术或安全隔离技术，在同一物理设备上实现逻辑上的分隔，确保各个功能模块之间的数据和指令不会相互干扰或交叉感染。

在设计和布局控制系统时，将处理器、存储设备、网络接口等关键部件物理上分离，使它们不直接暴露在外部的网络或未授权访问之下，可以采用专门设计的硬件安全模块，如安全加密卡、安全芯片等，用于存储和处理敏感数据。并通过物理接口限制对其访问，在此基础上通过物理锁定、门禁系统和视频监控等手段，限制对控制系统物理访问的权限，并实施严格的访问控制策略。

2. 固件加密

固件加密作为工业控制网络信息安全的关键技术之一，主要用于保护设备的固件和操作系统免受未经授权的访问和篡改<sup>[7]</sup>。通过对固件进行加密，可以有效防止恶意攻击者在设备启动时篡改系统设置、植入恶意代码或获取敏感数据，从而提升系统的整体安全性和稳定性。固件加密的标准如下表 1 所示

表 1 固件加密的标准

标准	特点
AES	对称加密算法，密钥长度为 128 比特、192 比特或 256 比特，加密速度快且安全性高。
RSA	非对称加密算法，密钥长度通常为 1024 比特或 2048 比特，用于密钥交换和数字签名。
ECC	椭圆曲线加密，密钥长度通常为 256 比特或更小，适用于资源受限设备，效率高。
SHA-256	安全哈希算法，生成 256 比特的哈希值，用于验证数据完整性和真实性。
HMAC	基于哈希的消息认证码，结合安全哈希算法和秘密密钥，用于数据完整性验证。

固件加密通过对固件镜像、操作系统和关键数据进行加密处理，将其转化为加密格式存储在设备中。后续在设备启动时，只有经过授权的密钥可以解密固件，确保设备只能加载和执行经过认证的安全固件，需要选择强大和安全的加密算法，如 AES（高级加密标准），确保固件和数据在传输和存储过程中的机密性和完整性<sup>[8]</sup>。在此基础上严格管理加密密钥的生成、存储和分发过程，确保密钥仅限授权人员访问和使用，防止密钥泄露和滥用风险，并采用技术手段和安全措施，防止恶意用户或黑客通过反向工程手段破解加密算法或获取加密数据的明文信息。

（二）软件防护

工业控制网络的信息安全是确保工业自动化系统稳定运行和生产安全的重要组成部分。软件防护涉及到工业控制系统中软件的安全设计、开发、部署和维护等方面，实际需要制定和遵循安全编码标准，如 CERT 编码规范和 OWASP 安全开发指南，确保软件在设计和开发阶段考虑到安全性<sup>[9]</sup>。在此基础上实施漏洞评估和静态代码分析，及时发现和修复软件中的潜在漏洞和安全问题，并实施最小权限原则，确保软件只能访问其必需的资源 and 功能，减少恶意操作的风险。

三、工业控制网络信息安全的应用策略

（一）多因素身份验证

多因素身份验证（MFA）在工业控制网络信息安全中扮演着关键角色，通过结合两个或多个不同的身份验证因素，提高了系统对身份验证的准确性和安全性。传统的用户名和密码登录方式存在被破解或盗用的风险，而 MFA 通过引入额外的因素，如手机验证码、硬件令牌、生物识别等，显著增加了攻击者获取合法访问的难度。

在工业控制网络中，MFA 的应用可以有效保护关键系统和数据免受未经授权的访问。例如，在访问控制系统中，操作人员需要除了用户名和密码外，还需通过手机短信或安全令牌生成的动态验证码进行验证。这种额外的安全层级不仅限制了攻击者通过简单的密码猜测或窃取进行登录，还确保只有经过授权的人员才能访问系统。

（二）采用 CAN 总线通信控制技术

CAN 总线通信技术广泛应用于控制和监控设备之间的数据交

换，CAN 总线作为一种专门设计用于实时数据传输和控制的通信协议，具有高效、可靠和实时性强的特点<sup>[10]</sup>。通过使用加密技术对 CAN 总线上的数据进行加密，可以防止未经授权的访问和数据篡改。此外，还可以实施身份验证机制，确保只有经过授权的设备和节点才能参与通信。CAN 总线通信参数如表 2 所示。

表 2 CAN 总线通信参数

标准	特点
通信速率	典型的通信速率包括 1 Mbps、500 kbps、250 kbps、125 kbps 等，根据具体应用选择。
通信协议	CAN 总线通常采用 ISO 11898 标准，定义了物理层和数据链路层的通信协议。
帧格式	CAN 总线支持标准帧和扩展帧两种帧格式。标准帧包含 11 位标识符，扩展帧包含 29 位标识符。
网络拓扑结构	CAN 总线通常为主从架构，支持多主机和多从机的连接，也可用于星型拓扑。
硬件实现	CAN 总线硬件实现包括 CAN 控制器、收发器和总线线缆。控制器执行 CAN 协议，收发器负责信号调制和解调，总线线缆负责数据传输。

一方面，通过在 CAN 总线网络中实施严格的访问控制策略，限制设备和节点的访问权限，可以有效减少潜在的攻击风险。例如，只允许特定的控制器或传感器节点发送指定类型的命令或数据。另一方面，实施实时监测和响应措施也是保护 CAN 总线安全的重要手段。建立监控系统来检测异常数据流量或不正常的通信模式，并能够快速响应和隔离潜在的安全事件，以减少的损失和影响。

（三）优化网络分割和隔离

物理隔离可以通过物理隔墙、空气间隔和电缆分离等手段将

关键设备和系统分离开来，防止因某个区域受到攻击而影响其他区域。逻辑隔离则通过虚拟局域网（VLAN）子网划分和访问控制列表（ACL）等技术，将不同功能和安全级别的设备分隔开来，减少攻击面。

在网络架构设计中引入安全边界和网络隔离区域，通过防火墙和安全网关来控制不同区域之间的通信流量，只允许经过授权的数据流进入或离开特定区域。与此同时，建立综合的访问控制策略和身份验证机制也是关键步骤，实施基于角色的访问控制（RBAC）和多因素身份验证（MFA），确保只有经过授权的用户和设备可以访问其特定的网络区域和资源。

结语：

综上所述，工业控制网络信息安全的各项策略和技术应用，包括硬件和软件防护。在实际应用阶段，为了提升安全性，需要采用多因素身份验证、CAN 总线通信控制技术以及网络分割与隔离等措施，从根本上提升系统的整体安全性和稳定性。硬件防护通过硬件隔离和固件加密确保设备和数据的物理安全和完整性；软件防护则通过安全开发、配置管理和访问控制策略保障软件层面的安全性。多因素身份验证提升了用户认证的安全性，而 CAN 总线技术的安全应用和网络分割隔离则有效控制了数据通信和系统访问的安全风险。综合采用这些信息安全措施不仅有效应对当前日益复杂的安全威胁，为工业控制系统提供了全面的防护和持续改进的路径，以确保其在高度互联和自动化环境中的安全运行和可靠性。

参考文献：

[1] 李璇. 工业信息控制网络信息安全的防护措施与应用 [J]. 信息记录材料, 2022(007):023.

[2] 王泓霖. 论可信计算 3.0 技术对工业互联网云平台安全防护的重要性 [J]. 移动信息, 2023, 45(6):184-185.

[3] 杨铁茜, 张龙山. 大数据背景下工业控制网络信息安全防护存在的问题及措施 [J]. 网络安全和信息化, 2023(3):119-121.

[4] 刘双龙, 卢永慧. 石化企业 DCS 工业控制系统信息安全防护系统的开发和应用 [J]. 化学工程与装备, 2022(3):153-155.

[5] 闫印强, 杨利达. 工业控制区全流量日志分析应用研究 [J]. 工业信息安全, 2022(9):39-45.

[6] 吕蒙. 工业控制系统网络信息管理及其安全防护策略 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2022.

[7] 郭怡安, 曹德舜, 李娜. 基于信息安全与功能安全融合的安全控制系统设计方案研究 [J]. 安全、健康和环境, 2023, 23(5):22-27.

[8] 李实, 万佳蓉, 林显盛. 基于蜜罐的工控网络安全防护技术研究进展 [J]. 信息技术与网络安全, 2022(002):041.

[9] 杨凡, 丁之, 王扬, 等. 基于 SDN 和集成学习的工业控制网络安全防护系统 [J]. 现代电子技术, 2024, 47(6):22-26.

[10] 蒲永杰. 工业控制系统网络安全防护措施的研究 [J]. 设备管理与维修, 2022(21):114-115.

# 计算机信息系统运维服务模式研究

丁宇琼, 吕恒, 蒋晓瑜

华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘要：** 在科学技术与信息技术不断发展的背景下, 计算机设备与技术在人们生活与生产环节的应用范围不断拓展, 计算机信息  
系统与管理方式趋向复杂化形式转变。从实际来看, 我国计算机信息系统发展较为完善, 但其中仍旧存在运维服务  
水平不当等缺陷问题。基于此, 本文主要阐述了计算机信息系统功能及运维价值, 分析了计算信息系统运维服务模式  
及运维要点, 研究了提升计算机信息系统运维服务水平的措施, 以期计算机行业技术人员提供参考。

**关键词：** 计算机; 信息系统; 运维服务模式

## Research on Operation and Maintenance Service Mode of Computer Information System

Ding Yuqiong, Lv Heng, Jiang Xiaoyu

Huaxin Consulting Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** Under the background of the continuous development of science and technology and information  
technology, the application scope of computer equipment and technology in people's life and  
production continues to expand, and the computer information system and management tend to  
change to a complex form. From a practical point of view, the development of China's computer  
information system is more perfect, but there still exists in the operation and maintenance service  
level is not appropriate and other defects. Based on this, this paper mainly describes the computer  
information system function and operation and maintenance value, analyzes the computing information  
system operation and maintenance service mode and operation and maintenance points, and  
researches the measures to improve the operation and maintenance service level of the computer  
information system, in order to provide reference for the computer industry technicians.

**Keywords：** computer; information system; operation and maintenance service mode

### 引言：

计算机信息系统运行维护是企业与高校在应用计算机网络系统中需要关注的重点问题, 其可在全面监控计算机网络系统运行状况与  
运行环境的过程中, 及时发现与处理计算机系统存在的故障问题。在信息技术不断发展的过程中, 计算机设备管理模式与计算机信息系  
统构成更加复杂, 对于现阶段计算机信息系统运维服务中存在的各类缺陷问题, 相关人员需深入探究该系统运维服务模式及运维管理措  
施, 以在最大程度上优化计算机系统运行状况。

## 一、计算机信息系统功能及运维必要性

### (一) 计算机信息系统功能

(1) 应用信息共享。企业中员工计算机设备以局域网为介质  
实现有效连接, 在互联网支撑下计算机设备中各类信息、文件等  
都可进行传递与更改, 以实现信息交流分享, 使操作人员可按照  
自身需求存储与应用共享资源中的文件信息, 以促进企业之间各  
部门联系, 其基于计算机设备连接区域位于内部局域网的特点,  
信息传播过程较为安全, 此外, 操作人员可在连接计算机与打印  
机设备的基础上转换电子文件形式, 为自身工作提供便捷。(2)  
网上操作工作。基于信息共享模式的存在, 网络平台中资源文件

信息可向基层员工、管理层员工等各级工作人员设备中传输, 以  
便企业与高校内工作人员提供计算机设备进行实时交流与沟通,  
以减少文件资源传递所需时间成本, 提升企业及各单位工作效  
率。(3) 集中计算或网络计算。企业业务处理环节涉及大量数据  
计算工作, 但计算机系统运算能力存在局限性, 此种状况下, 企  
业可以集中计算机设备或网络计算软件的方式, 在各个计算机中  
共享业务数据, 以提升数据计算效率, 缩短数据计算时间成本。  
(4) 因特网共享。企业、高校等场所计算机设备的应用以独立局  
域网为支撑, 局域网设置需要消耗大量资金成本, 而信息系统可  
构建网络共享模式, 使多个计算机设备可在相同局域网中运行,  
以降低网络运行成本。



## （二）计算机信息系统运维必要性

（1）保障系统稳定性。运维人员可在监控、维护与控制计算机信息系统的基础上，提升计算机信息系统运行安全性与稳定性，以为企业工作提供稳定平台，且可在不断优化与调整计算机信息系统结构与运行方式的基础上，优化该系统性能，使其可快速响应用户需求，性能优化是计算机信息系统运维重点。（2）保护数据安全。数据是企业资产的重要组成部分，在计算机信息系统运维措施实施、数据备份与数据恢复功能设置中，企业数据完整性与安全性也会得到保障。（3）故障快速恢复及成本控制。运维工作的实施可快速发现与处理计算机信息系统运行存在的故障问题，以降低故障运行范围，缩短故障问题处理时间，同时，运维措施落实可协调处理计算机网络系统中硬件装置、软件装置、网络资源配置，以减少企业IT成本，提升各项网络资源利用率。（4）推动业务创新。在企业业务不断发展的过程中，计算机信息系统也会随之升级与更新，运维人员可为创新计算机信息系统相关技术与更新计算机各类网络装置的基础上，促进企业业务创新发展。

## 二、计算机信息系统运维内容及计算机信息系统运维服务模式

### （一）计算机信息系统运维内容

（1）设备管理。管理计算机设备可有效评估计算机信息系统运行状况，且在定期检查计算机设备中运维人员可及时发现与处理设备故障问题，以保障计算机设备性能及其稳定运行。（2）应用软件系统管理。计算机设备长期运行后其中会产生大量垃圾，威胁计算机运行效率，因此，应用软件系统管理中可以清除垃圾软件及更新系统软件的方式，减少系统垃圾存在，且此环节可以软件特点为依据进行规划管理，从而可有效延长软件使用周期，保障软件应用效率<sup>[1]</sup>。（3）系统容灾管理。计算机信息系统故障问题的存在对数据文件安全性存在威胁，系统容灾管理中可以备份重要文件、检测备份文件程序等方式保护此类文件安全。（4）日常管理维护。计算机设备操作人员可在强化自身维护管理意识的基础上，落实日常管理维护工作，以清理计算机垃圾与病毒，且可及时通过专业维修人员计算机信息系统故障问题，以保障该系统正常运行状态。

### （二）计算机信息系统运维服务模式

（1）分析客户资产。计算机信息系统运行服务中用户为系统服务主体，且用户对计算机信息系统运行服务的满意度是评价该系统服务水平的重要指标，在分析客户资产中，操作人员可深入理解客户需求，以规划营销服务内容与方案，其中，客户资产分析包括客户组织管理形式分析、客户资产结构分析、客户企业结构分析、客户财务资料分析等内容，以详细划分客户资源类型，明确客户资源构成，且计算机信息系统运维服务模式可合理配置客户资源，以优化客户资产调配效果。（2）分析服务价值。实现服务价值是计算机信息系统运维服务的关键，该目标实现需要计算机技术系统、计算机运行系统、决策吸引共同参与，以在

最大程度上体现整体计算机信息系统运维服务价值，其中运维服务价值体现包括计算机系统潜在风险处理、计算机信息系统运行支撑等方面，在运维服务价值发挥中用户需求及信息安全可得到满足<sup>[2]</sup>。（3）运维服务制定。运维服务制定是网络服务的基础内容，可对信息化服务进行综合管控，详细来讲，运维服务制定可优化整体服务流程，明确服务目标、服务方式、服务效果等，其中运维服务目录包括业务拓展与技术支持两方面内容，业务拓宽以客户为中心，可为客户提供业务办理选型；技术支持可从信息化技术形式创新的角度入手，规范计算机行业信息系统运维服务标准<sup>[3]</sup>。

## 三、提升计算机信息系统运维服务模式运行效率的措施

### （一）优化信息处理流程

（1）优化信息收集流程。数据采集是计算机设备工作的重点，与计算机设备功能发挥存在直接关系，优化信息收集流程可有效提升计算机信息系统运维服务模式运行效率，此环节重点在于所收集信息的准确性与完整性，操作人员可应用电脑程式码将混乱且价值较低的数据从海量资讯中筛选处理，而设置电脑程式码中则需坚持唯一性与精确性原则，从而使计算机信息系统可快速准确收集相关数据信息。（2）优化信息处理流程。计算机运行的关键在于信息数据处理与加工，且计算机设备可在较多生产领域得到广泛应用的根本原因在于其所具有的信息处理功能，此环节重点在于优化计算机资讯系统效能，操作人员需综合考虑微机加工与处理技术对计算机信息运算速度的影响，将计算机程式语言与数据处理环节相融合，以提升计算机设备信息处理效果，且可从调整计算机编程语言的角度入手，减少计算机逻辑语言应用与计算机编码失误问题的出现，以缩短计算机数据处理流程。（3）优化信息传递流程。网络是计算机信息系统传播信息的重要途径，在网络结构复杂化背景下，计算机信息系统信息传播存在一定缺陷问题，为优化信息传递流程，技术人员需严格管理计算机网络安全，且关注用户操作对计算机网络安全隐患的影响，以设置防火墙、升级防火墙、定期扫描防火墙状况的方式，减少病毒等对计算机信息系统稳定运行的影响。（4）优化信息检索过程。信息检索是计算机信息系统运行的重点，在信息获取需求不断增加的背景下，信息检索功能趋向智能化分析发展，详细来讲，信息检索是将信息按照特定规律进行整理的过程，可为用户寻找所需信息提供便捷，基于计算机设备信息量大且类型丰富的特点，信息查询难度较大，在优化信息检索过程中技术人员需关注信息检索系统开放性特点与集成特点，且简化信息查询流程，以提升用户在查询信息中的效率与质量，且定期检查计算机资讯系统状况，维修资讯系统故障问题<sup>[4]</sup>。

### （二）构建完善组织机构

计算机信息系统运维服务组织内部职责主要包含基层运维职责与运维服务活动装置人员协调管理内容。大型企业中受到业务范围覆盖面广特点的影响，计算机信息系统运维服务工作量也会随之增



加,为优化该系统服务流程,提升企业生产效率,相关管理人员需构建针对计算机信息系统运维服务的组织机构,以详细划分各岗位人员职责,规划运维人员配置方案,而组织机构在开展日常工作中则需从以下几点入手:(1)强化计算机信息系统服务功能。为及时快速响应客户需求,运维人员需充分发挥企业内部资源及计算机信息系统内部资源处理系统故障问题,且拓展计算机信息系统运维服务内容,强化服务中心各项职能,使员工可通过服务中心与企业进行沟通,详细来讲,运维人员需创建系统故障维修单,且全面监督系统故障问题处理环节,以体现计算机信息系统运维服务的互动性特点,提升用户体验感<sup>[9]</sup>。(2)同步开展计算机信息系统服务功能与管理功能优化工作,以该系统运维需求为出发点,建设管理层,详细来讲,运维组织机构需创新系统管理人员职能,要求其定期回访会提交用户反馈,以协调处理企业与用户之间关系,且结合用户意见调整计算机信息系统服务流程与服务模式,提升该系统运行效率。(3)规范运维管理流程。运维人员可在计算机信息系统中引入平台化的管理工具,执行严格运维管理制度和标准,确保运维管理过程可管理、可控、可信赖。

### (三)加强数据库维护与系统服务维护

(1)加强数据库维护。数据库具有存储相关用户信息的功能,因此,加强数据库维护也是提升计算机信息系统运维服务水平的重要措施。为强化数据库维护力度企业管理人员需详细指出维护人员职责,要求其严格落实企业数据库维护工作,且合理规划数据库维护工作组织架构,监督数据库维护人员的工作,以实时掌握数据库存储空间状况、空间利用率状况等<sup>[6]</sup>。同时,编制备份清单,制定数据备份计划,以减少数据库运行故障问题对信息完整性与安全性的影响,此过程中备份清单需清晰标注备份数据表名称、备份存储介质、备份方式等,为后续数据库信息应用与

处理提供参考。除此之外,构建数据灾害恢复流程,在联系供应商、获取数据备份、获取系统恢复软硬件资源、安装测试软硬件等基础上恢复受损数据,且数据灾害恢复过程中技术人员还需深入分析故障问题出现根本原因,以从源头解决故障问题,在最大程度上降低数据库故障对计算机信息系统运维服务的影响<sup>[7]</sup>。(2)加强系统服务维护。加强系统服务维护不仅可提升计算机信息系统运维服务水平,且可提升用户满意度,优化计算机信息系统服务模式。技术人员需全面监督计算机信息系统运行状况,在监督信息系统数据收集、预警、信息系统响应时间等方面的基础上,完善计算机信息系统应用程序,同时,深入分析用户访问数据<sup>[7]</sup>。在对比分析历史访问数据、某模块访问时间等基础上,掌握用户访问规律,判断计算机信息系统服务模式性能,在此基础上扩展受用户关注度较高的模块,并定期统计用户访问数量<sup>[8]</sup>。除此之外,技术人员可构建相应反馈制度。以问卷调查方式收集用户对计算机信息系统运维服务存在的建议,以优化该系统运维方案,提升用户满意度<sup>[9]</sup>。

### 结语:

综上所述,计算机信息系统运维服务模式包含客户资产及服务价值分析、运维服务制定等内容,基于计算机设备管理模式与计算机信息系统结构复杂的特点,相关技术人员需深入探究计算机信息系统功能及运维必要性,在掌握运维要点的基础上,管控信息处理环节、数据库、服务系统、组织机构等要素,以提升计算机信息系统运维服务水平,在最大程度上发挥计算机信息系统的价值<sup>[10]</sup>。

### 参考文献:

- 
- [1] 陈国玺. 关于计算机信息系统运维服务模式探究[J]. 时代农机, 2017, 44(6): 42-42.
  - [2] 谢志奇. 水电流域企业信息系统运维服务研究与实践[J]. 红水河, 2021, 40(6): 128-134.
  - [3] 魏乐, 马梅芳, 胡美慧, 张镇东, 赵彦珍. 关于计算机信息系统运维服务模式探究[J]. 中国新通信, 2019, 21(20): 42-42.
  - [4] 石安连. 关于计算机信息系统运维服务模式探究[J]. 市场周刊·理论版, 2019(45): 0078-0078.
  - [5] 杨亚菲, 贺媛婧. 基于ITSS的信息系统运维服务持续改进应用探究[J]. 宁波广播电视大学学报, 2020, 18(2): 10-14.
  - [6] 张欣. 关于计算机信息系统运维服务模式探究[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2022(1): 0281-0284.
  - [7] 邢春香. 计算机信息系统运维服务模式研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023(6): 0001-0003.
  - [8] 谢志奇. 水电流域企业信息系统运维服务研究与实践[J]. 红水河, 2021, 40(06): 128-134.
  - [9] 谢志奇. 水电行业信息系统运维服务研究与实践[J]. 网络安全和信息化, 2021, (12): 86-91.
  - [10] 李刚, 李涛. 非法控制计算机信息系统罪与破坏计算机信息系统罪之辨析——以短缩的二行为犯为视角[J]. 中国检察官, 2021, (14): 38-41.

# 网络安全等级保护下数据安全治理研究——现状与挑战

杨跃

西安医学院信息化处, 陕西 西安 710021

**摘要：** 本文旨在探讨网络安全等级保护制度下的数据安全治理现状与挑战。随着互联网和大数据技术的飞速发展，数据安全问题日益凸显，给个人隐私、企业商业秘密以及国家信息安全带来了严重威胁。我国已建立网络安全等级保护制度，以提升网络安全水平，保障数据安全。然而，当前数据安全治理仍面临诸多挑战，如数据安全风险、法律法规实施力度不足、技术防护水平有待提高以及数据安全人才短缺等。本文通过分析现状与挑战，提出完善数据安全法律法规体系、强化数据安全治理体系建设、提高数据安全技术防护水平、加强数据安全人才培养以及增强全社会数据安全意识等对策建议，以期从事数据安全治理行业人员提供有益参考。

**关键词：** 网络安全；等级保护；数据治理；数据安全治理体系

## Research on data security governance under network security Level protection: Current Status and Challenges

Yang Yue

Information Department of Xi'an Medical University, Xi'an, Shaanxi 710021

**Abstract：** This paper aims to discuss the current situation and challenges of data security governance under the network security hierarchical protection system. With the rapid development of the Internet and big data technology, the problem of data security is becoming increasingly prominent, which brings serious threats to personal privacy, corporate business secrets and national information security. China has established a hierarchical protection system of network security to improve the level of network security and ensure data security. However, the current data security governance still faces many challenges, such as data security risks, the insufficient implementation of laws and regulations, the level of technical protection needs to be improved and the shortage of data security talents. This paper by analyzing the present situation and challenges, put forward the data security laws and regulations system, strengthen the data security management system construction, improve the level of data security technology protection, strengthen data security personnel training and enhance the whole society data security consciousness countermeasures, in order to provide personnel engaged in data security management industry reference.

**Keywords：** network security; level protection; data governance; data security governance system

## 一、引言

随着互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的飞速发展，数据已经成为国家基础性战略资源，网络安全和数据安全问题日益突出<sup>[1]</sup>。网络安全等级保护制度作为我国网络安全保障体系的核心制度，对于提升网络安全水平、保障数据安全具有重要意义。信息安全问题日益凸显，特别是数据安全问题已经成为我国网络安全领域面临的一大挑战。近年来，我国政府高度重视网络安全和信息安全，制定了一系列法律法规和政策文件，如《网络安全法》《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》等，明确了网络安全等级保护制度<sup>[2]</sup>。在此背景下，研究网络安全等级保护下的数据安全治理具有重要的理论和实践意义。

本文首先分析了网络安全等级保护制度的基本概念和内涵，然

后梳理了当前数据安全治理的研究现状，接着分析了网络安全等级保护下数据安全治理面临的挑战，最后提出了相应的对策和建议。

## 二、网络安全等级保护

### （一）网络安全等级保护制度的背景与意义

随着信息技术的飞速发展，网络已经深入到我们生活的方方面面，网络信息系统已经成为国家安全、经济发展、社会稳定和公民权益的重要保障<sup>[3]</sup>。然而，网络信息系统面临着日益严重的安全威胁；如：黑客攻击、病毒感染、数据泄露等，给国家安全、公民权益和企业利益带来严重损害。因此，网络安全等级保护制度的实施，有助于提高我国网络信息系统的安全防护能力，降低网络攻击和信息安全风险<sup>[4]</sup>。

作者简介：杨跃（1992-2），男，汉族，陕西西安人，硕士，助理工程师  
研究方向：网络安全、人工智能、数据挖掘与分析，邮箱：12979579391@qq.com

## （二）网络安全等级保护制度的基本内容

等级划分：根据网络信息系统的业务特点、重要程度和可能面临的安全威胁，将其分为不同的安全等级，如一级、二级、三级等，级别越高，安全保护要求越严格<sup>[5]</sup>。

（1）基本要求：针对各个安全等级，制定相应的安全保护基本要求，包括组织管理、技术防护、安全审计、物理安全等方面，以确保网络信息系统在各个层面上都能得到有效保护。

（2）测评要求：为检验网络信息系统安全保护措施的有效性，制定测评要求，包括对安全管理、技术防护、安全事件响应等方面的检查和评估。

（3）安全设计技术要求：针对网络信息系统安全设计，提出相应技术要求，包括系统架构、软硬件选型、安全功能实现等方面，以确保系统在设计阶段就具备良好的安全性能。

## （三）网络安全等级保护制度的实施与挑战

我国自实施网络安全等级保护制度以来，已经在网络安全保护方面取得了显著成效。然而，随着网络技术的不断发展和新型网络威胁的涌现，网络安全等级保护制度也面临着不断升级和完善的挑战<sup>[6]</sup>。

（1）技术防护水平有待提高：随着网络技术的不断发展，新型网络攻击手段不断涌现，我国在部分领域的技术防护水平仍需提高。

（2）数据安全人才短缺：网络安全等级保护制度的实施需要大量专业人才的支持，当前我国在网络安全人才培养方面仍存在一定程度的短缺。

（3）全社会数据安全意识不足：网络安全等级保护制度涉及到的不仅仅是技术问题，更是意识问题。当前我国全社会数据安全意识仍需提高。

## （四）网络安全算法

网络安全是当今数字化时代中至关重要的一个领域，它涉及到保护计算机系统、网络和数据免受未经授权的访问、攻击和破坏。而网络安全算法则是网络安全的核心，它通过一系列复杂的数学和逻辑运算，实现了对网络攻击的检测、防御和响应。网络安全算法的重要性体现在以下几个方面：

（1）数据保护：随着大数据时代的到来，企业和个人的数据信息面临着前所未有的威胁。网络安全算法可以通过加密、哈希等手段，保护数据的完整性和机密性，防止数据泄露和篡改。

（2）身份认证：在网络世界中，身份认证是确保安全的第一步。网络安全算法可以通过多因子认证、生物识别等技术，实现对用户身份的准确识别和验证，防止恶意用户冒充合法用户进行攻击。

（3）入侵检测：网络攻击者常常通过各种手段隐藏自己的身份和行为，入侵检测算法可以通过分析网络流量、日志等信息，发现异常行为，及时发现和阻止网络攻击。

（4）防火墙和入侵防御：网络安全算法可以用于设计和实现防火墙和入侵防御系统，通过过滤和阻止恶意流量，保护网络和系统的安全。

网络安全算法的应用主要包括以下几个方面：

（1）加密算法：加密算法是网络安全的基础，它可以通过将数据转换为密文，保护数据的机密性和完整性。常见的加密算法

包括对称加密、非对称加密和哈希算法等。

（2）认证算法：认证算法用于验证用户的身份和数据的来源，确保用户和数据的合法性。常见的认证算法包括数字签名、证书认证和生物识别等。

（3）安全协议：安全协议是一系列规则和协议，用于在网络中实现安全通信。常见的网络安全协议包括 SSL/TLS、IPSec 和 SSH 等。

（4）入侵检测和防御算法：入侵检测和防御算法用于检测和阻止网络攻击。常见的入侵检测和防御算法包括基于特征的检测、基于行为的检测和基于机器学习的检测等。

（5）安全分析和风险评估算法：安全分析和风险评估算法用于评估网络和系统的安全性和风险。常见的安全分析和风险评估算法包括威胁建模、漏洞扫描和风险评估等。

网络安全算法是网络安全的核心，它通过一系列复杂的数学和逻辑运算，实现了对网络攻击的检测、防御和响应。在当今数字化时代，网络安全算法的重要性日益凸显，它涉及到数据保护、身份认证、入侵检测和防火墙等方面。网络安全算法的应用广泛，包括加密算法、认证算法、安全协议、入侵检测和防御算法以及安全分析和风险评估算法等。只有通过不断研究和创新网络安全算法，才能有效地保护网络和数据的安全，确保数字化时代的稳定和繁荣。

## 三、数据安全治理研究现状及算法

### （一）研究现状

随着信息技术的快速发展，数据已经成为国家、企业和个人重要的资产。然而，数据的安全问题也日益突出，数据的泄露、篡改、丢失等问题频发，给个人隐私、企业运营和国家安全带来了严重的威胁<sup>[7]</sup>。可以从以下几个方面进行概述：

#### （1）管理体系和政策法规

数据安全治理需要建立完善的管理体系和政策法规。在管理体系方面，企业需要建立数据安全组织架构图，明确数据安全责任和义务，制定数据安全策略和流程，建立数据安全培训和考核机制等。政策法规方面，国家需要制定相关法律法规，明确数据保护的基本要求和标准，建立数据安全监管机制，加强对数据安全违法行为的处罚力度。

#### （2）技术手段和防护措施

数据安全治理需要利用先进的技术手段和防护措施来保护数据的安全。目前，加密技术、访问控制技术、安全审计技术、数据脱敏技术等技术手段在数据安全治理中得到了广泛应用。

#### （3）数据安全评估和监控

数据安全治理需要建立数据安全评估和监控机制，定期对数据安全进行检查和评估，发现数据安全风险和漏洞，及时采取措施进行整改和修复。目前，数据安全评估方法和技术主要包括安全风险评估、数据资产评估、安全能力评估等<sup>[8]</sup>。

### （二）数据安全治理算法

数据治理是指对组织中的数据进行管理、监督和控制的过程



程,以确保数据的质量、可靠性、安全性与合规性。在当今大数据时代,数据治理算法成为了数据治理的核心,它通过一系列复杂的数学和逻辑运算,实现了对数据的质量评估、清洗、转换和分析<sup>[8]</sup>。数据治理算法的重要性体现在以下几个方面:

(1) 数据质量评估:数据治理算法的核心任务之一是对数据的质量进行评估。通过数据质量评估算法,可以识别出数据中的错误、不一致和缺失等问题,为数据清洗和转换提供依据。

(2) 数据清洗:数据清洗是数据治理的重要环节,它通过对数据进行过滤、填充、转换等操作,提高数据的准确性和可靠性。数据清洗算法可以根据数据质量评估的结果,自动地对数据进行清洗和修正。

(3) 数据转换:数据转换是指将数据从一种格式或结构转换为另一种格式或结构的过程。数据转换算法可以根据业务需求和数据用途,将数据进行重新组织和整合,使其更好地满足业务需求。

(4) 数据分析:数据分析是指对数据进行统计、挖掘和分析,以提取有用信息和洞察。数据治理算法可以通过对数据进行预处理和特征提取,提高数据分析的准确性和效率。

数据治理算法的应用主要包括以下几个方面:

(1) 数据质量评估算法:数据质量评估算法用于对数据进行质量评估,识别数据中的错误、不一致和缺失等问题。常见数据质量评估算法包括统计方法、机器学习方法和专家系统等。

(2) 数据清洗算法:数据清洗算法用于对数据进行清洗和修正,提高数据的准确性和可靠性。常见数据清洗算法包括填充算法、转换算法和去重算法等。

(3) 数据转换算法:数据转换算法用于将数据进行重新组织和整合,使其更好地满足业务需求。常见数据转换算法包括映射算法、编码算法和聚合算法等。

(4) 数据分析算法:数据分析算法用于对数据进行统计、挖掘和分析,以提取有用信息和洞察。常见数据分析算法包括统计分析算法、机器学习算法和数据挖掘算法等。

数据治理算法是数据治理的核心,它通过一系列复杂的数学和逻辑运算,实现了对数据的质量评估、清洗、转换和分析。在当今大数据时代,数据治理算法的重要性日益凸显,它涉及到数据质量评估、数据清洗、数据转换和数据分析等方面。数据治理算法的应用广泛,包括数据质量评估算法、数据清洗算法、数据转换算法和数据分析算法等。只有通过不断研究和创新数据治理算法,才能有效地提高数据的质量和管理水平,为组织的决策和业务发展提供有力支持。

## 四、网络安全等级保护下数据安全治理面临的挑战

网络安全等级保护制度下,数据安全治理面临诸多挑战。首先,法律法规和标准体系尚不完善,部分企业和机构对法律法规的理解和执行力度不足。其次,数据安全技术和防护能力有待提高,尤其是面对新兴技术如人工智能、大数据、云计算等,现有的防护体系难以应对复杂的网络攻击手段<sup>[10]</sup>。此外,数据安全人

才短缺,尤其在关键技术领域,如数据加密、安全存储、安全审计等,专业人才储备不足。

## 五、对策与建议

### (一) 加强技术研发与创新

面对不断演变的安全威胁,我们需要加强网络安全技术的研发与创新。投入更多资源进行安全技术研发,同时也可以设立专项资金支持网络安全技术的研究。

### (二) 提高数据安全治理能力

加强对企业数据安全治理能力的培养和提高。通过组织数据安全培训、研讨会和论坛等形式来实现,邀请法律、技术专家和企业代表分享经验和最佳实践。

### (三) 强化数据安全监控与预警

为了及时发现和应对数据安全威胁,政府和企业应强化数据安全监控与预警能力。这可以通过建立数据安全监控中心、采用先进的数据安全检测技术等手段来实现。

## 六、结论

网络安全等级保护下的数据安全治理是一项系统性、综合性的工作,需要政府、企业和个人共同努力。面对当前的挑战,我国应加强数据安全技术研发与应用,完善数据安全治理机制,落实数据安全法规与政策,平衡数据安全与隐私保护,不断提高数据安全治理水平,以确保网络空间的安全与稳定。

本文针对网络安全等级保护下的数据安全治理进行了研究,总结出现状与挑战,并提出了相应的对策和建议。

## 参考文献:

- [1] 孙远运. 建立铁路网络空间安全治理新格局的实践探索[J]. 铁路计算机应用, 2021, 30(11): 1-4.
- [2] 刘爱娇, 孙越洋. 深化公安改革促进网络安全等级保护工作的思考[J]. 网络安全技术与应用, 2021(5): 149-152.
- [3] 马力, 祝国邦, 陆磊. 《网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239—2019)标准解读[J]. 信息网络安全, 2019(2): 77-84.
- [4] 赵少飞. 浅谈等保测评中企业面临的安全风险和应对措施[J]. 网络安全技术与应用, 2022(10): 98-99.
- [5] 马玉州. 等保2.0时代普通高校等级保护工作实践[J]. 网络安全技术与应用, 2021, 247(7): 97-98.
- [6] 吴宝琦, 李若琛. 信息网络安全等保建设的思考[J]. 信息系统工程, 2023(1): 125-127.
- [7] 王国丽. 论网络安全等级保护的演变及主要变化[J]. 数字通信世界, 2022(2): 91-93.
- [8] 张伟, 宋海萍, 袁博. 等保2.0要求下的城轨云内部网信息安全管理工作的思考[J]. 网络安全技术与应用, 2022(9): 113-114.
- [9] 陈广勇, 祝国邦, 范春玲. 《信息安全技术网络安全等级保护测评要求》(GB/T 28448—2019)标准解读[J]. 信息网络安全, 2019(7): 1-7.
- [10] 李越, 张振川, 林川. 网络安全等级保护下数据安全治理初探[J]. 铁路计算机应用, 2023, 32(2): 78-81.



# 仪器仪表自动化设备故障及维修管理

贺玉宝

宁夏瑞泰科技股份有限公司，宁夏 中卫 755000

**摘要：** 随着工业自动化水平的提升，仪器仪表自动化设备在生产过程中扮演着越来越关键的角色，不仅仅是监测和控制工具，更是生产效率和产品质量保障的重要保障。仪器仪表自动化设备通过实时数据采集、监测和反馈，实现对生产过程的精确控制和调节，提升了生产线的自动化程度和操作效率，为各类工业生产提供了技术支持和核心竞争力。本文分析仪器仪表自动化设备的工作原理，并提出了仪器仪表自动化设备常见的设备故障类型，在此基础上提出了维修管理策略，为工业自动化生产的持续改进和优化提供理论支持和实践指导。

**关键词：** 仪器仪表；自动化设备；故障；维修

## Malfuncions And Maintenance Management Of Instrumentation Automation Equipment

He Yubao

Ningxia Ruitai Technology Co., Ltd. Zhongwei, Ningxia 755000

**Abstract：** With the improvement of industrial automation level, instrument automation equipment plays an increasingly crucial role in the production process, not only as monitoring and control tools, but also as an important guarantee for production efficiency and product quality assurance. Instrumentation automation equipment achieves precise control and adjustment of the production process through real-time data collection, monitoring, and feedback, improving the automation level and operational efficiency of the production line, and providing technical support and core competitiveness for various industrial production. This article analyzes the working principle of instrument automation equipment and proposes common types of equipment failures. Based on this, maintenance management strategies are proposed to provide theoretical support and practical guidance for the continuous improvement and optimization of industrial automation production.

**Keywords：** instruments and meters; automation equipment; fault; repair

### 前言：

在现代工业生产和科学研究中，仪器仪表自动化设备直接影响到生产效率、产品质量以及研究成果的可靠性和准确性。随着仪器仪表自动化设备复杂性的增加和使用频率的提升，设备故障和维修管理成为了阻碍实际生产效率以及安全性的关键问题。仪器仪表自动化设备的故障可能由多种因素引起，包括但不限于电子元件老化、软件系统错误、机械部件磨损、环境条件变化等，潜在的故障不仅会导致生产过程的中断和质量问题，还可能对整个生产系统或实验过程造成严重影响。传统的预防性维护和应急维修方式已经不能完全满足高效率、低成本的要求。通过先进的技术手段实现设备故障的预测和快速响应尤为关键。深入探讨仪器仪表自动化设备故障及维修管理策略，对推动工业技术进步和提升研究实验质量具有重要意义。

### 一、仪器仪表自动化设备的工作原理

仪器仪表自动化设备是通过整合传感器、控制器和执行器等多种技术组件来实现自动化控制和数据采集的系统。其中，传感器是仪器仪表自动化系统中的核心部件，部署在各个系统中的传感器用于感知和采集各种环境参数和工艺数据。常见的传感器包括温度传感器、压力传感器、流量传感器等。传感器通过将物理量转换为电信号的方式，实现对过程状态的实时监测和控制。传

感器采集到的传感器信号经过模拟信号处理或直接数字化处理，将数据传输到控制器中进行进一步的分析和处理，且控制器根据预设的控制算法和逻辑，对数据进行实时处理并生成控制信号，从而实现对执行器的精确控制。随后，控制器根据处理后的数据信号生成相应的控制指令，将指令传输到执行器，对应的执行器根据控制指令调节或操作相关的执行机构，如电动阀门、电动马达等，实现对工艺参数或设备状态的调节和控制。在智能自动化背景下，现代仪器仪表自动化设备通常具备网络通信接口，支持

与上位机、SCADA 系统或其他自动化设备进行数据交换和远程控制，基于网络通信技术，实现设备之间的信息共享和集成管理，提高系统的整体效率和可靠性。

## 二、仪器仪表自动化设备的常见故障及其成因

### （一）传感器失效与偏差

传感器在仪器仪表自动化设备中起到关键作用，负责采集环境参数或工艺数据，但其常见的失效与偏差问题会严重影响设备的性能和准确性。

随着使用时间的增长，传感器的敏感元件和电子组件会逐渐老化或磨损，导致其性能逐渐下降。在大部分的应用场景下，传感器内部的电子元件受到环境条件（如温度、湿度）的影响，从而失去精度或响应速度变慢，并且工业生产环境中存在振动、电磁干扰、化学物质腐蚀等因素，这些因素直接影响传感器的正常工作，化工厂中的化学品侵蚀传感器外壳或连接器，导致电路接触不良或短路，从而使传感器产生误差或完全失效。

传感器在安装和维护过程中，如果没有按照指定的操作规程进行，会引入外部因素或导致内部连接失效。例如，未正确固定传感器导致机械振动影响传感器测量精度，或者清洁过程中使用了不适当的化学清洁剂，损坏了传感器的敏感表面。此外，传感器在使用前需要经过精确的校准，以确保输出数据的准确性和稳定性，大部分使用条件下存在校准过程不严谨或者校准设备不准确，往往导致传感器输出的数据偏离预期值，影响整个自动化系统的正常运行。

### （二）控制器软件硬件故障

控制器负责处理传感器采集的数据并生成相应的控制信号，其软件和硬件故障导致设备无法正常运行或者运行不稳定。控制器的软件程序编写存在逻辑错误、算法不完善或者编程 bug，这些问题导致控制器无法正确处理传感器输入数据或生成准确的控制指令。例如，在控制逻辑中出现死循环或逻辑判断错误，导致控制器无法响应正常操作指令。

控制器的硬件元件包括处理器、存储器、接口电路等，这些元件由于长期使用、环境条件或电气干扰等因素而损坏或失效。例如，电源电压不稳定导致电子元件损坏，或者接口电路短路造成控制器无法正常连接外部设备。与此同时，控制器安装在工业生产现场，受到温度变化、湿度、振动以及电磁干扰等环境因素的影响，上述影响因素导致控制器电子元件老化加快或电路板接触不良，进而影响其稳定性和可靠性。

### （三）通信系统故障

通信系统在仪器仪表自动化设备中起到连接不同部件、数据传输和远程控制的重要作用。大部分的通信设备通常通过局域网或广域网进行通信，如果网络设备或线路出现故障、拥堵或配置问题，导致通信中断或延迟，且实际工业生产环境中存在电磁干扰、频率干扰等问题，这些干扰导致通信信号质量下降或丢失。

在通信网络架构下，大部分设备通常使用特定的通信协议进行数据交换和控制指令传输，在不同设备之间的通信协议不兼容

或配置错误的情况下，往往会导致数据解析错误或无法正常通讯。与此同时，后续协议版本更新时，设备之间如果存在版本不一致或兼容性问题，导致通信失败或功能受限。

在硬件方面，交换机、路由器等网络设备出现硬件故障，导致整个网络部分或全部通信中断，而核心的主控通信模块主要用于设备通信的通信模块（如以太网接口、串口通信模块等），当通信主控模块损坏或老化，导致数据传输错误或无法建立通信连接。

### （四）机械系统故障

机械系统在仪器仪表自动化设备中承担着执行器和运动传动中起到了关键性的作用，其故障导致设备无法正常操作或者出现安全隐患，严重影响生产效率和设备可靠性。

机械系统中的运动部件如轴承、齿轮等，长期运转会导致磨损，从而影响其正常运动和传动效率，典型的如螺纹连接、销轴等，由于使用频繁或负载过大导致连接件断裂或松动，进而导致机械系统的功能受损或失效。此外，机械系统在使用过程中，润滑不足或过多，导致摩擦增加或润滑油污染，进而加速零部件的磨损，且操作人员在使用设备时，如操作不当或者超负荷操作，导致机械系统的关键部件受损或破坏。从环境的角度而言，极端的温度或湿度条件导致机械部件膨胀或收缩，影响其精确配合或运动效率，尤其是在恶劣的工业环境中，如化学品腐蚀或颗粒物污染导致机械部件表面损伤或内部故障。

## 三、仪器仪表自动化设备的维修管理策略

### （一）构建自动化故障诊断与修复系统

在仪器仪表自动化设备的维修管理中，自动化故障诊断与修复系统通过集成各类传感器，实时采集设备运行数据，包括温度、压力、电流等参数，所采集的各类数据通过物联网技术传输到中央控制系统，用于设备状态的实时监测和分析，并在此基础上利用大数据分析技术，处理和分析海量实时数据，通过建立数据模型和算法识别设备运行异常的模式和特征，提前预警发生的故障。

一方面，应用机器学习和深度学习算法，训练模型识别设备常见故障模式和特征，提高故障诊断的准确性和及时性，并基于历史数据和实时监测数据，利用预测模型预测设备未来出现的故障，提前采取预防性维护措施，避免故障对生产造成影响。另一方面，可以搭建远程监控平台，实现对设备的远程实时监控和管理，能够随时随地获取设备运行状态，减少对现场人员的依赖，在此基础上针对诊断出的故障，系统可以自动提供修复建议或执行预设的自动化修复程序，例如重置参数、调整控制逻辑或发出维修请求。

### （二）开展阶段性的预防性维护

前期技术人员可以利用传感器实时监测设备运行状态和关键参数，如温度、振动等，建立设备健康档案，分析设备运行数据趋势，识别异常和潜在故障风险。在日常巡检中，应用超声波检测、红外热像检测等非破坏性检测技术，对设备关键部件进行定

期检测，发现裂纹、磨损等潜在问题。

按照每日巡检以及系统应用规划的要求，制定详细的预防性维护计划和周期，根据设备类型、工作环境和条件确定维护频次和维护内容，在此基础上建立标准化的维护作业流程和操作规程，包括维护工具、润滑油品、检测仪器的标准选择和使用，确保维护作业的规范和质量。

一方面，需要对维护过程中收集的数据进行分析和挖掘，识别设备运行问题和性能改进的潜力，优化维护策略和周期，并根据设备使用寿命和制造商建议，定期更换易损件和关键部件，减少因部件老化导致的突发故障风险。另一方面，可以建立维护数据管理系统，记录和管理设备的维护历史、维修记录和维护成本，为维护决策和预算编制提供依据，在此基础上设立维护反馈渠道，收集维护人员的实地反馈和建议，及时调整和优化维护策略，提升预防性维护的效果和持续改进能力。

（三）优化通信网络的冗余

通信网络冗余设计旨在防止单点故障，提高网络的抗干扰能力和数据传输的可靠性，保障设备运行数据的实时传输和监控。具体而言，冗余的通信网络采用多路径传输设计，通过备份链路、环路和并行传输等方式，确保数据在网络中的备用路径，避免单一路径故障导致通信中断，将网络划分为多个独立的段和区域，采用隔离和分流技术，限制故障扩散范围，提高整体网络的稳定性和可管理性。通信网络的冗余体系的构建如图1所示。

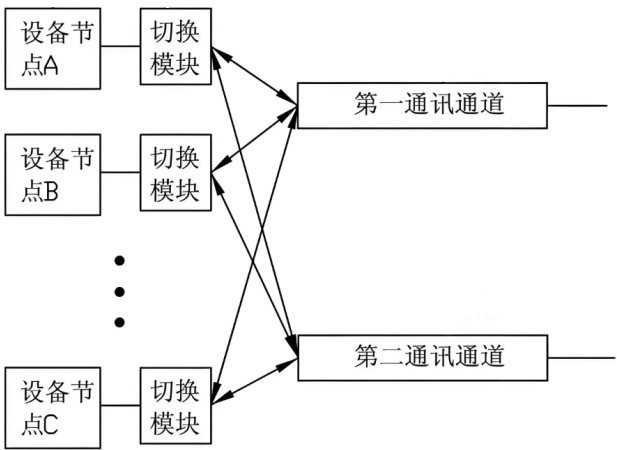


图1 通信网络的冗余体系

在设备工作时，选用具备冗余功能的核心交换设备和路由器，支持设备双机热备份、链路自动切换等技术，保障关键节点设备的持续运行，并基于前期设定的控制算法优化网络通信协议和传输协议，根据实际需求和网络环境，选用性能稳定、抗干扰能力强的通信协议，确保数据传输的稳定性和安全性。为了确保通信网络多机冗余系统能够顺利工作，还需要建立完善的网络安全防护策略，包括访问控制、数据加密、防火墙设置等，保障网络数据的安全性和机密性，在此基础上部署实时网络监控系统，监测网络流量、设备运行状态和安全事件，及时发现和应对网络攻击和异常行为，保证通信网络的稳定和安全。

与此同时，制定灾难恢复和业务连续性计划，包括设备备份、数据备份和灾难恢复策略，确保在网络故障或灾难事件发生时能够快速恢复和运行。优化通信网络的冗余不仅能够提高仪器仪表自动化设备的通信稳定性和可靠性，还能够降低设备因通信故障导致的停机时间和生产损失，是现代工业自动化生产中不可或缺的关键技术策略。

结语：

综上所述，随着设备复杂性和功能多样化的增加，仪器仪表自动化设备的维护管理面临诸多挑战。通过构建自动化故障诊断与修复系统，实现故障的快速诊断和修复；开展阶段性的预防性维护，有效降低设备故障率；优化通信网络的冗余，提升设备通信稳定性。这些策略不仅可以显著提高设备的可靠性和生产效率，还能有效降低维护成本和停机时间，为企业的生产运营带来持续的技术和经济优势。维修管理的科学化和智能化是实现工业自动化生产高效稳定运行的重要保障，为企业在竞争激烈的市场环境中保持竞争优势提供了可靠支持。

参考文献：

[1] 李俊川，陶利民，胡芑庆，等. 设备智能故障诊断与维修支持技术研究 [J]. 仪器仪表学报, 2002.DOI:CNKI:SUN:YQXB.0.2002-S1-108.  
[2] 李俊川，陶利民，胡芑庆，等. 设备智能故障诊断与维修支持技术研究 [C] // 中国仪器仪表学会青年学术会议. 中国仪器仪表学会, 2002.DOI:10.3321/j.issn:0254-3087.2002.z1.109.  
[3] 耿迪. 石油企业常用仪器仪表的故障诊断及检修 [J]. 科技与企业, 2013(16):1.DOI:10.3969/j.issn.1674-8980.2010.05.017.

# 大型信息系统集成项目管理中的问题与策略

费星锋, 丁宇琼, 吕恒

华信咨询设计研究院有限公司 310000

**摘 要 :** 在计算机技术飞速发展的今天, 综合工程管理已成为一个重要的研究课题。信息系统整合工程管理就是运用整合技术来实现对企业信息化的有效管理和控制。信息系统整合工程管理的基本思路是: 利用多个系统整合者进行整合, 将信息技术的整合作用发挥出来, 在信息技术的支撑下, 将信息系统的业务功能发挥出来, 进而提升企业的经济与社会效益。在资讯科技的进步与电脑科技的进步下, 资讯系统整合专案管理已逐步趋向于“集成项目管理一体化”方向。

**关 键 词 :** 大型; 信息系统; 集成项目; 管理问题; 解决策略

## Problems and Strategies in Project Management of Large-scale Information System Integration

Fei Xingfeng, Ding Yuqiong, Lv Heng

Huaxin Consulting Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract :** In today's rapid development of computer technology, integrated project management has become an important research topic. Information system integration engineering management is to use integration technology to realize effective management and control of enterprise informationization. The basic idea of information system integration engineering management is to utilize multiple system integrators for integration, to bring the integration role of information technology into play, and to bring the business function of information system into play under the support of information technology, so as to enhance the economic and social benefits of enterprises. In the progress of information technology and computer technology, information system integration project management has gradually tended to "integrated project management integration" direction.

**Keywords :** large-scale; information system; integration project; management problems; solution strategies

### 引言:

所谓的“信息系统集成项目管理”, 就是将信息技术、组织结构、业务流程与项目管理相结合, 对企业的各种资源、信息和服务进行系统的规划、设计和管理, 将企业的各种资源、信息和服务连接起来, 从而提高生产效率, 降低运营成本, 增强企业的整体实力。从这一点可以看出, 大型信息系统集成项目管理, 是将计算机和因特网的优点结合在一起, 以科技手段为主要的管理方法, 将各种数据集中在一台电脑上进行数据处理。一般来说, 资讯系统整合专案是一个复杂的系统工程, 也需要各种科技的紧密配合, 以配合专案的实施。

## 一、大型信息系统集成项目的特点

### (一) 项目构成人员复杂多样

大型资讯系统整合专案往往包含多个部门、不同领域的人员与不同的利益相关者, 例如: 技术研发人员、专案经理、商业分析师、系统架构师等。每一位成员都有各自的专长与技巧, 并在专案中扮演不同角色。每个人的工作背景不同, 责任也不同, 因此, 要想让每个人都有良好的交流与协作, 就必须要有良好的沟通与协调能力。另外, 由于工程团队成员的多元化, 他们的工作习惯、沟通方式及目的也不尽相同, 因此, 很容易出现沟通上的障碍与冲突。为此, 必须通过组织小组会议、交流培训、营造良

好的工作环境等手段, 加强团队协作与合作。对不同类型的项目组成人员进行有效的组织与协调, 可以提高项目实施的效率, 保证项目按时按质完成。

### (二) 面临的危险较多

由于技术上的复杂与不确定, 项目可能会遇到软件开发延迟, 技术上的困难, 系统的兼容性等。此外, 还应注意对工程进度的控制, 如进度控制不佳, 资源匮乏, 沟通不良, 都会对工程的成功产生不利的影响。另外, 由于市场需求的变化, 市场竞争的加剧, 都有可能使项目的目标发生变化, 甚至是项目的失败。此外, 由于大规模 IT 整合项目往往具有投资高、工期长等特点, 其投资风险也不容忽视, 如预算超支、资金短缺等。另外, 在软



件开发过程中，还需要考虑一些安全隐患，如数据泄露和网络攻击等。为此，项目管理人员必须意识到风险的存在，并通过制订具体的风险管理计划，建立有效的沟通机制，加强团队协作，从而保证项目的顺利实施。

## 二、大型信息系统集成项目中存在的问题及相应措施

### （一）财务问题及相应措施

#### 1. 问题

在大规模资讯系统整合专案管理过程中，财务问题往往是一项严峻的课题。首先，工程造价巨大，造价高，造价管理难度大，造价管理难度大；其次，在工程实施中，会出现费用超支、资金短缺、预算分配不合理等问题，对工程的进度与质量造成很大的影响。另外，大规模的信息系统整合工程往往需要多个部门、单位或企业的协作配合，因此很容易产生财务结算、成本核算等问题，从而影响工程的顺利实施。最后，由于投资人缺少长远利益的视野，有些项目只注重近期的投入和收益，在项目执行过程中存在着投资不足或者资源配置不合理等问题，进而影响到项目的长远经营与发展。

#### 2. 措施

在大型资讯系统整合工程实施中，财务管理始终是不可或缺的一环。保证工程资金充足、高效使用，是保证工程顺利实施的根本。在制订融资战略时，应先确定融资的来源、用途，并制订具体的融资方案。其次，要制定一套严格的资金管理制度，保证各项资金的使用合法、合理。与此同时，在实施过程中，要对工程造价进行持续的控制与收益评价，对预算与支出进行适时的调整，确保整个工程的总体财政状态良好，最大限度地降低风险。四是要将项目的财务情况及时披露给有关各方，使其具有透明、公开的特点，从而提高其可信度和可持续发展能力。

### （二）技术问题及相应措施

#### 1. 问题

在大规模资讯系统整合专案中，技术性问题是具有相当大挑战的课题。首先，由于技术选择上的错误，使得后续的综合变得更加困难，甚至整个系统都要重新构建，从而加大工程的费用和风险。其次，由于缺乏专业技术人员，缺乏专业技术能力，会直接影响到工程的执行，从而影响到工程的进度与质量。此外，由于科技的快速变化，项目执行时往往要对最新的技术进行跟踪，从而加大项目的不确定性与复杂程度。

#### 2. 措施

在大型资讯系统整合专案中，科技已成为决定专案成败的重要因素。要想有效地解决这些问题，获得成功，就必须采取一种科学、合理的方法。首先，在项目实施之前，必须确定其技术框架与规划，以保证整个系统的总体设计与商业需要及未来的发展趋势相一致。其次，应对工程实施过程中存在的各种问题，做好充分的计划与应对，以防止对工程的进度与成效产生不利的影响。同时，还应加强对科技人才队伍的管理，激发其创新意识、团队协作能力，提高企业的总体技术水平，提高项目执行的效

率。同时，加强与国内外专家、技术队伍的紧密联系与沟通，及时掌握产业发展的最新动向，保证本课题能够走在国际前沿。

### （三）管理问题及相应措施

#### 1. 问题

在大规模的资讯系统整合专案中，管理是其中的一个重要部分。首先，项目管理队伍的建设与管理水平对项目的成功与否有着重要的影响，如管理人员的失职、错误的决策、不良的沟通与配合，将会造成项目进度的拖延、目标的偏离，甚至是项目的失败。其次，在项目进度、任务分配和费用预算等各个环节上都要做得非常细致，稍有疏忽就会引起连锁效应，从而影响整个工程的进度。另外，大规模的IT工程往往跨部门、跨部门协作，协同管理困难，亟需建立有效的协同工作、有效的决策机制以及应对突发事件的应急预案。

#### 2. 措施

在大规模的信息化项目中，能否按时、高质量、高质量地完成项目，其关键在于对项目进行有效的管理。在制订经营战略时，应以明晰的管理体制与制度为基础，确定各岗位的职责与程序，以保证工程的顺利进行。其次，制定一套科学、合理的员工业绩评价体系，充分调动员工的工作热情，提高员工的工作效率与质量。另外，加强风险管理，建立完善的风险评价与预防体系，对可能发生的问题作出反应，防止工程遭受无法弥补的损失。最后，在工程实施中，要重视与各方的沟通与协调，保证各个小组间的信息畅通，对各种问题与冲突进行及时的处理，以保证整个工程的顺利、高效。

## 三、项目管理中存在的问题

### （一）需求不明确

在大规模的资讯系统整合专案管理中，需求模糊是普遍存在的问题。这些不确定因素可能是因为顾客不知道他们的商业过程，或者是他们对IT能力的期望值太高。在前期，项目组常常很难对顾客的真正要求进行精确的把握，从而造成设计与现实的差距。另外，经常变动的需求也是造成市场不确定性的一个主要原因。在工程实施中，顾客会不断地提出新的要求，或者对原有的要求进行修正，这既增加项目的不确定性，也对工程的进度与费用控制产生很大的影响。为此，项目组应通过制定清晰的需求管理流程，运用需求追踪手段，召开需求回顾会，保证需求的准确与稳定。

### （二）沟通不畅

在大规模的资讯系统整合专案管理中，缺乏有效的沟通是另外一种普遍的问题。项目的实施会牵涉到众多的利害关系人，有客户，有项目组成员，有供应商等等。每一个人物都有其独特的信息需求和交流方式。如果不健全的交流机制，将会造成信息的传递滞后甚至被歪曲，从而造成项目的错误决策与执行。针对这一问题，项目组必须制定出一套行之有效的沟通方案，以确定沟通的频率、方式及人员。同时，项目管理软件、即时通讯工具等先进的资讯科技，也能提升交流的效率与透明度。另外，定期召

开专案进度会及交流训练，亦可提升交流成效。

### （三）技术复杂性

在大型资讯系统整合专案管理中，科技复杂度是一个不容忽视的议题。在信息化高速发展的今天，工程中常常会出现多种复杂的技术与体系，这就要求项目组具备较强的技术实力。在工程实现中，由于技术复杂度的提高，导致系统兼容性、性能瓶颈等技术风险的增大。要想解决这个问题，就必须要有扎实的专业知识，并不断接受专业训练。而降低技术复杂度的关键在于组建一支技术专家队伍，并对其进行可行性与风险评价。另外，目前的软体开发方式，例如模组设计与连续整合，亦能降低科技的复杂度，提升专案的可管理性。

### （四）风险管理不足

在大规模的 IT 整合工程中，风险管理的缺失是一个很大的问题。工程项目的风险包括技术风险、市场风险和金融风险等。如果项目组不能建立起一套行之有效的风险管理机制，那么这些风险就会随着工程的进行而不断地累积，并以此为代价而告终。所以，在项目的前期工作中，必须对项目的风险进行识别、评价和规划。建立一个风险档案，将确定的风险和相应的对策都记录下来，这是进行风险管理的根本。此外，组织定期的风险回顾与应急演练，有助于项目组织识别出新的风险，并对其作出相应的反应。

## 四、项目管理对策和建议

### （一）明确和细化需求

在大规模的 IT 整合工程中，对需求进行界定并提炼，是保证工程顺利进行的重要一步。如果要求太过笼统或不够清晰，就会使项目的目标变得模糊不清，进而影响到工程的执行效果。为此，在开发前期，要进行详尽的市场调查、用户访谈、专家咨询等工作，对项目的需求进行全面的搜集与分析。基于这一点，项目组应该开发出一份详尽的要求说明书，对每一个要求进行量化的描述，从而保证各有关方面都清楚地、连贯地了解项目的目标。另外，在整个项目中都应该有一个需求管理，对需求文档进行周期性的审核和修改，以满足在项目执行中可能出现的变更。这样就能将需求变动对工程进度及费用的冲击降到最低，保证工程在预定的目标下平稳地进行。

### （二）加强项目团队沟通

没有良好的交流是工程失败的一个重要原因。在一个大规模的资讯系统整合专案中，包含专案经理，技术人员，业务分析师，及其他人员。所以，有效的交流机制是非常重要的。项目组要经常开会讨论项目的进展，现存问题以及解决办法。同时，充分运用工程管理软件和即时通信工具等先进的信息技术，保证信息的及时共享。同时，要提倡一种公开、透明的交流氛围，使员工能够大胆地发表自己的看法。加强与客户之间的交流，能够及时地发现问题并解决问题，从而提升企业的凝聚力与执行能力，从而提升项目的成功率。

### （三）技术培训和人才引进

在信息系统整合工程中，技术是关键。随著科技的日新月

异，专案小组需要持续地进行知识与技巧的更新，才能符合新的科技需求。为达到这一目的，本单位应该对本单位的员工进行定期的技术培训，内容涉及到当前的技术发展趋势，工具，方法等。培训可采用线上与线下相结合的方式，保证组员有弹性的学习时间。同时，在重要的技术岗位上，也要考虑引入国外的专家和资深人员，来弥补技术上的差距。

### （四）完善风险管理机制

首先，建立综合风险辨识体系。这就需要项目组从技术，市场，金融，法律等多个角度对项目进行全方位的风险分析。通过专家咨询，历史资料分析，市场调研等方法，对可能出现的各种风险进行识别。另外，为应对在工程进程中可能产生的新的风险，必须进行定期的风险辨识。

其次，对危险进行评价并对其进行排序。对辨识出的风险进行定量与定性，并对其进行评价，并对其进行评价，从而对风险进行排序。这个步骤对于正确地分配资源是非常关键的，并且能够帮助项目经理集中精力解决那些对项目的成功有很大的影响。

最后，建立一套不断进行的风险监测与汇报机制。风险管理并非一次性行为，它是一项正在进行的工作。项目组应对风险状况进行定期核查，对其执行状况进行监督，并对其进行动态调整。

## 结束语：

综上所述，由于项目的复杂性、参与各方的交流和管理经验的欠缺，使得大型 IT 项目在实施过程中面临着需求变更、资源短缺和质量问题等诸多难题。要确保这一项目的成功开展，企业必须通过完善项目计划，强化团队建设，建立有效的沟通机制，对资源进行优化分配，强化过程控制，建立风险管理体系，持续总结经验，提升管理水平，以便在项目管理中能够更好地解决遇到的问题。

## 参考文献：

- [1] 周恩龙, 李荣. 大型信息系统集成项目管理中的问题与对策研究 [J]. 中国管理信息化, 2022, 25(04): 108-110.
- [2] 王娜媛. 基于关键链技术的某大型系统集成项目进度管理研究 [J]. 项目管理技术, 2016, 14(11): 76-82.
- [3] 郑斌. 大型项目建设期管理信息系统方案设计 [J]. 湖南城市学院学报 (自然科学版), 2015, 24(04): 118-119.
- [4] 张嗣文. 大型信息系统集成项目管理中的问题与策略 [J]. 科技与企业, 2013, (01): 47+46.
- [5] 钟华平. 大型信息系统集成项目管理中存在的问题与对策 [J]. 无线互联科技, 2012, (12): 84.
- [6] 黄唯一. 大型综合建设项目业主方集成管理信息系统研究 [J]. 高科技与产业化, 2008, (07): 73+85.
- [7] 余健俊, 苏振民. 大型建设项目管理流程集成研究 [J]. 建筑经济, 2007, (11): 5-8.
- [8] 齐松, 徐桂岩. 项目管理在开发企业系统集成项目中的必要性 [J]. 包钢科技, 2006, (04): 40-42.
- [9] 何清华, 李佳川, 陈发标. 大型工程项目集成化项目控制信息系统的研究 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2000, (06): 707-710.
- [10] 彭勇. 大型工程项目投资控制和合同管理信息系统集成研究 [J]. 基建优化, 2000, (06): 15-18.

# 电子负载与纯阻性负载对测量的影响

邱秀凤, 李惠

广东省通讯终端产品质量监督检验中心, 广东 河源 517000

**摘 要 :** 在电子工程这个广泛而深入的领域中, 负载的选择是一个至关重要的环节, 它直接影响着电路的性能以及测试结果的准确性。选择不当的负载可能会导致电路无法正常工作, 或者测试结果与实际情况存在较大偏差。电子负载和纯阻性负载是两种应用最为广泛的类型, 这两种负载在性能上也存在一定的差异。这种差异在不同的应用场景中, 可能会对测量数据产生显著的影响。它们各自都有其独特的优势, 并且在不同的应用场景中发挥着重要的作用。本文将对这两种负载的工作原理进行深入分析, 并重点讨论它们在高频开关电源性能测试中的差异对比。

**关 键 词 :** 纯阻性负载; 电子负载; 测量影响

## The Influence Of Electronic Load And Pure Resistive Load On Measurement

Qiu Xiufeng, Li Hui

Guangdong Provincial Communication Terminal Product Quality Supervision and Inspection Center, Heyuan, Guangdong 517000

**Abstract :** In the extensive and in-depth field of electronic engineering, the selection of loads is a crucial link, which directly affects the performance of circuits and the accuracy of test results. Improper selection of loads may cause the circuit to malfunction or result in significant deviations between test results and actual conditions. Electronic loads and pure resistive loads are the two most widely used types, and there are also certain differences in performance between these two types of loads. This difference may have a significant impact on measurement data in different application scenarios. They each have their unique advantages and play important roles in different application scenarios. This article will conduct an in-depth analysis of the working principles of these two types of loads, and focus on comparing their differences in high-frequency switching power supply performance testing.

**Keywords :** pure resistive load; electronic load; measurement impact

随着科技的飞速发展, 电子负载和纯阻性负载在现代电子测试领域中的重要性日益凸显。它们不仅为电子产品研发、生产和质量控制提供了有力支持, 而且在可再生能源、电动汽车等新兴技术中发挥着越来越重要的作用。但是电子负载通常具有更高的灵活性和可控性, 能够模拟各种不同的负载条件, 因此在研发和测试阶段非常受欢迎。而纯阻性负载则因其简单性和稳定性, 在某些需要精确控制负载电阻的应用中更为适用。因此, 了解这些差异, 以及如何在这些差异的基础上进行选择, 对于保证电路性能和测试结果准确性具有重要意义。

### 一、电子负载与纯阻性负载的基本概念

电子负载和电阻负载是电子学中常见的两种负载, 它们在测试电路、进行数据采集和模拟分析等方面起到重要的作用。虽然它们都是用来模拟负载, 但是它们的工作原理、特点和应用场景等方面有很大的区别。

电子负载是一种能够模拟真实负载特性的电子设备, 可以精确地控制电流、电压和功率等参数。与纯阻性负载相比, 电子负载具有更高的灵活性和可调性, 能够模拟各种非线性负载和动态负载。

纯阻性负载则是一种电阻性负载, 其阻抗不随频率变化, 主要用于测试电源的稳定性和效率。

在现代电子测试领域, 电子负载和纯阻性负载被广泛应用于各种测试场景。在产品研发阶段, 工程师可以利用电子负载模拟不同的工作环境, 对产品的性能进行全面评估。在生产线上, 纯阻性负载则可用于测试电源的稳定性和可靠性, 确保产品质量。

此外, 在质量控制环节, 电子负载和纯阻性负载也可以帮助检测产品的性能波动和异常情况, 为生产提供及时的反馈。

### 二、电子负载和电阻负载的工作原理

在电子技术的广泛应用中, 我们通常需要测试电源、线性电源、电源、变压器、流量控制器、电池、电池和其他电子设备。在传统的测量方法中, 电阻器、滑丝电阻器和电阻箱被用作测试负载, 但这些负荷不能满足我们对负载的许多要求。例如, 定义电流负载、带输出接口的负荷、任意调整负荷、平衡功率负荷和动态负荷、多输出端口的负荷等。现在有一种新型多功能的电子负载, 可根据实际应用中负载特性的要求进行设置, 满足了我

们对负载的各种要求, 解决了开发研制测试中的困难。

电子负载是一种能够模拟真实负载的电子设备, 能够模拟真实负载的各种特性, 如电阻、电感、电容等, 广泛应用于电源测试、

作者简介: 邱秀凤 (1984.10), 女, 汉族, 广东省河源市, 中级工程师, 硕士, 主要从事电子信息产品质量研究。



电路调试等领域。为了维持稳定的输出，电子负载通常采用内置的微处理器和 PID 控制算法来实现内部控制。PID 控制算法是一种基于误差反馈的控制方法，它通过计算误差值并调整控制量来使系统以精确地控制电流、电压和功率等参数，从而实现对电路性能的精确模拟。此外，电子负载还具备动态响应快、稳定性好、可编程性强等优点，使其在高频开关电源测试中表现出色。

相比之下，纯阻性负载则是一种固定阻值的电阻器，其工作原理相对简单。纯阻性负载的主要特点是稳定性好、成本低、易于实现。然而，由于纯阻性负载的阻值固定，无法模拟真实负载的动态特性，因此在高频开关电源测试中可能存在一定的局限性。

综上所述，电子负载的内部控制机制涉及 PID 控制算法和复数阻抗模型等多个方面。通过合理调节这些参数和模型，可以实现电子负载的稳定输出和精确模拟，为电源测试、电路调试等领域提供强有力的支持。

### 三、电子负载和电阻负载的优缺点

#### 1. 电子负载的优点：

**高精度：**电子负载的电流和电压调节能力极高，可在 0 到额定值范围内精确控制输入电流，同时可以监测输入电压和电流，从而实现对负载参数的精确测量和控制。

**高速稳定性：**电子负载能够迅速响应输入变化，并在负载发生改变时自动进行调整，从而保持负载稳定性。

**应用范围广泛：**电子负载适用于各种电子测试和调试应用，如测量各种电源、电池、太阳能电池板等负载，以及实验室、产线等高性能测试系统。

#### 2. 电子负载的缺点：

**成本较高：**相对于电阻负载，电子负载的成本较高，可能会增加测试和调试成本。

**维护复杂：**电子负载的结构较为复杂，维护起来相对繁琐。

**发热问题：**在高功率应用中，长时间工作可能导致自身发热较为严重，需要良好的散热措施，否则可能影响其性能和精度，甚至可能出现故障。

**精度受限：**虽然精度在不断提高，但在某些极高精度要求的场合，可能还是无法完全满足。

**电磁兼容性：**复杂的电子电路可能在一些环境下产生电磁干扰，或者自身对电磁干扰较为敏感<sup>[1]</sup>。

#### 3. 电阻负载的优点：

**原理简单：**结构和原理相对直观，容易理解和使用，具有较高的可靠性和稳定性。

**成本较低：**通常不需要复杂的电子元件和电路，制作或购买成本相对不高，适用于广泛的低功率负载模拟场合。

**稳定性好：**只要电阻本身质量可靠，其负载特性较为稳定，不易受其他因素干扰。

**通用性强：**适用于一些对负载要求不高的简单测试或应用场景。

**易于获取：**常见的电阻很容易获得，可快速搭建简单的阻性负载。

**无复杂控制：**不需要复杂的控制和调节机制，操作简便。

**不产生电磁干扰：**由于纯阻负载结构简单，无其他电感、电容元器件，不易产生其他电磁信号干扰电路性能。

#### 4. 电阻负载的缺点：

**精度较低：**电阻负载的电流和电压调节能力相对较低，可能会影响测试精度。

**响应速度较慢：**电阻负载的响应速度相对较慢，可能无法满足某些测试需求。

综上所述，电子负载还可以实时监测和记录测试数据，方便后续的数据分析和处理。相比之下，纯阻性负载在高频开关电源测试中的表现则相对较弱。由于其无法模拟真实负载的动态特性，纯阻性负载可能无法准确反映电源在实际应用中的性能。而且，纯阻性负载还需要额外的测试设备和人力成本来监测和记录测试数据，增加了测试的复杂性和成本。

### 四、电子负载和电阻负载的应用场景

电子负载可以模拟各种负载特性和波形，包括直流电、交流电和复杂的波形。在测试电路、进行数据采集和模拟分析等方面起到重要的作用。其工作原理是通过实时调整输出电流和电压，使负载中的功率达到预定值。电子负载具有高精度、高稳定性、应用范围广泛等优点，适用于各种测试和模拟应用。

相比之下，电阻负载是一种基本的负载形式，用电阻模拟各种负载的特性。其工作原理简单，就是利用电阻的特性来产生电流，从而模拟负载特性。电阻的特性是电阻值越大，通过电流就越小，电阻值越小，通过电流就越大。因此，通过选择不同的电阻值就可以得到不同的负载特性。电阻负载的优点在于简单可靠、成本低廉、阻值可调等，适用于广泛的低功率负载模拟场合<sup>[2]</sup>。

#### （一）电子负载的应用场景

电子负载主要应用于以下领域：

（1）变频器和电源的验证和研发：电子负载可以模拟各种负载特性和波形，用于变频器和电源的设计、验证和研发。

（2）太阳能电池板测试：电子负载可用于对太阳能电池板进行测试，以了解其性能和效率。

（3）电池测试：电子负载可以模拟各种实际电池的负载特性和循环，以评估电池性能和预测电池寿命。

（4）功率半导体器件测试：电子负载可以测试功率半导体器件，包括 MOSFET、IGBT 等。

#### （二）电阻负载的应用场景

电阻负载主要应用于以下领域：

（1）电源测试：电阻负载可用于测试电源的压降和电流响应等特性。

（2）LED 测试：电阻负载可用于测试 LED 的电流 - 电压特性和光学特性。

（3）电机测试：电阻负载可用于测试电机的参数，例如电阻、电感、电容等。

（4）电源设计评估：电阻负载可用于评估电源的设计，以保证其在实际应用中的稳定性和效率<sup>[3]</sup>。

#### （三）测试比对

为了模拟实际负载情况，我们使用电子负载来模拟该高频开

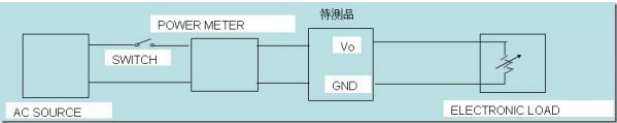


关电源的负载特性。通过设置不同的负载阻值和电流值，我们可以对该高频开关电源的性能进行全面测试，包括电压调整率、输入电流、能效等参数。

高频开关电源是一种将直流电能转换为高频交流电能的电源设备，广泛应用于各种电子设备中。在高频开关电源测试中，电子负载可以模拟各种复杂的负载条件，如动态负载、非线性负载等，从而更准确地评估电源的性能。

为验证电子负载与纯阻性负载的影响差异，我们选用一款高频开关电源为样品，对该高频开关电源的电压调整率、输入电流等项目进行测试，测试过程中分别搭配电子负载与纯阻性负载进行测试，该高频开关电源的输入规格为：100V-240VAC 50Hz/60Hz 0.5A，输出为：5VDC 2A。

- 1、输入电流测试
- (1) 使用仪器设备
- 1) 交流电源；
- 2) 电子负载、纯阻负载；
- 3) 功率表。
- (2) 测试条件：常温条件下，输入：电压：264V；频率：50Hz；输出：最大负载。
- (3) 测试方法
- 1) 依规格设定测试条件：输入电压，频率和输出负载；
- 2) 从功率计中记录 AC 输入电流值。
- (4) 测试回路图



(5) 测试结果

测试项目	负载参数设置	电子负载				纯阻性负载			
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
输入电流 (A)	输出设定为恒阻模式：2.5Ω，10W	0.489	0.493	0.495	0.492	0.942	0.492	0.493	0.492

## 二、电压调整率测试

- (1) 使用仪器设备
- 1) 交流电源；
- 2) 电子负载；
- 3) 数字式电压表。
- (2) 测试条件：常温条件下，输入电压：264V/90V，频率：50Hz，输出：最大负载。
- (3) 测试方法
- 1) 依规格设定测试负载 LOAD 条件；
- 2) 调整输入电压 AC LINE 和频率 FREQUENCY 值；
- 3) 记录待测品输出电压值是否在规格内；
- 4)Line reg.=( 输出电压的最大值 (Vmax.)- 输出电压的最小值 (Vmin.))/(Vratevolt.\*100%。
- (4) 注意事项
- 1) 测试前先将待测品热机，待其输出电压稳定后再进行

测试；

2) 电压调整率值是输出负载不变，输入电压变动时计算的值。

(5) 测试结果

测试项目	负载参数设置	电子负载				纯阻性负载			
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
输出电压	纯阻选用阻值为 2.5Ω 的电阻	4.93	4.90	4.87	4.90	4.92	4.93	4.92	4.92
电压调整率		1.2%				0.2%			
Line reg.=( 输出电压的最大值 (Vmax.)- 输出电压的最小值 (Vmin.))/ Vratevolt.*100%。									

## (四) 比对结果分析

根据上述比对结果，可以看出电子负载和电阻负载在许多方面存在着差异。电子负载测试结果较分散，测试精度受其内部元器件质量影响较大；电阻负载测试结果较集中，外部干扰较少。根据以上的比对结果，我们可以看到电子负载具有高精度、广泛的应用范围等特点，适用于高要求的测试和调试应用。而电阻负载则具有简单、可靠、低干扰、成本低等特点，适用于低功率负载模拟场合。但是需要注意的是，电阻负载仅适用于相对简单的负载模拟，对于复杂的负载模拟任务，应优先选择电子负载。

综上所述，电子负载和电阻负载各有优缺点，需要根据实际应用需求进行选择。在精度要求高、测试稳定性要求高或应用范围广泛的情况下，应优先考虑可靠的电子负载；而在成本要求较低或响应速度较慢的情况下，可选择电阻负载。

## 五、总结

随着科技的不断进步和应用需求的不断提高，电子负载和纯阻性负载在未来有望发挥更加重要的作用。一方面，随着新型电子材料和器件的不断涌现，电子负载和纯阻性负载的性能将得到进一步提升，为电子测试领域提供更加精确、高效的解决方案。另一方面，随着新兴技术的快速发展，电子负载和纯阻性负载的应用领域将进一步拓展，为可再生能源、电动汽车等领域的创新和发展提供有力支持。

总之，电子负载和纯阻性负载在现代电子测试领域的重要性不言而喻，它们的应用和发展趋势也预示着未来电子测试技术的广阔前景。我们有理由相信，随着科技的不断进步和应用需求的不断提高，电子负载和纯阻性负载将在未来的电子测试领域发挥更加重要的作用，为人类社会的发展和进步作出更大的贡献。

## 参考文献

[1] 康凯. 基于微电阻测量的开关导通耐久测试仪研究 [J]. 现代信息科技, 2022,6(05):50-52+56

[2] 邹家奇. 高精度直流电子负载的设计与实现 [J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(04): 125-128

[3] 梁伟, 杨春玲, 朱敏, 等. 基于同步 Buck 电路的小功率电子负载设计 [J]. 电子技术应用, 2020,46(10):106-109

# 数字化背景下计算机信息网络系统安全管理策略

黄玲琳, 丁宇琼, 姚质彬

华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要 :** 数字化时代背景下, 信息技术的发展为互联网行业规模延伸提供了支撑, 计算机信息网络系统的构建可为人们生产生活提供较大便捷, 但其中仍旧存在较为明显的安全隐患问题, 威胁网络用户信息及权益。现阶段, 计算机信息网络系统应用已经成为人们生活中的重要内容, 解决其所存在的安全隐患问题可为用户提供更优的网络体验。本文主要研究了数字化背景下计算机信息网络系统存在的安全问题及相关安全管理措施, 以期对相关技术人员提供参考。

**关 键 词 :** 计算机信息网络; 安全问题; 管理策略

## Security Management Strategies for Computer Information Network Systems in the Context of Digitization

Huang Linglin, Ding Yuqiong, Yao Zhibin

Huaxin Consulting Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract :** Under the background of the digital era, the development of information technology provides support for the extension of the scale of the Internet industry, and the construction of computer information network system can provide greater convenience for people's production and life, but there are still obvious security risks that threaten network users' information and rights. At this stage, the application of computer information network system has become an important part of people's lives, and solving the hidden security problems can provide users with a better network experience. This paper mainly studies the security problems of computer information network system and related security management measures in the context of digitalization, in order to provide reference for relevant technical personnel.

**Keywords :** computer information network; security problems; management strategy

### 引言:

在数字化时代发展与计算机信息技术不断创新的背景下, 互联网使用范围更加广泛。互联网信息技术可为企业工作、各政府部门及组织机构处理事务提供支撑, 因此, 计算机信息网络系统与我们的生产生活存在密切联系, 但是, 该系统运行受到运行环境、网络病毒等因素的影响存在较多安全隐患问题。相关技术部门需深入探究数字化背景下计算机信息网络系统安全管理策略, 以减少网络信息系统安全问题的出现。

### 一、数字化背景下计算机信息网络系统特点及安全管理原则

#### (一) 数字化背景下计算机信息网络系统特点

(1) 高效性与灵活性。数字化技术与计算机信息网络系统融合可快速、准确与自动处理业务, 以提升各企业工作效果, 且数字化背景下计算机信息网络系统运行可自动处理业务数据, 优化业务流程, 以减少人为因素对数据处理结果的影响, 同时, 数字化技术与计算机信息网络系统融合可结合用户需求调整系统功能, 以在最大程度上满足用户对计算机信息网络系统的要求。(2) 可拓展性与数据化。数字化 IT 系统应用运用中系统模块与功能也会随之扩张, 从而为用户提供多样化服务, 同时, 数字化 IT 系统运

行可存储与分析业务数据, 以为企业决策提供准确的数据参考。

(3) 安全性与共享性。数字化背景下计算机信息网络系统较为关注数据安全内容, 可在加密数据、控制数据访问权限等基础上, 保护企业业务数据安全性与完整性, 同时, 计算机信息网络系统可通过数字化技术与其他系统相连接, 以构建不同系统之间数据共享模式, 提升企业内各个部门联系。

#### (二) 数字化背景下计算机信息网络系统安全管理原则

(1) 保密性原则。保密性原则实施中计算机信息网络系统中数据信息需得到相应保护, 以减少数据泄露等问题的出现, 此过程中组织与企业需严格限制数据方位权限, 在设置合理访问控制规则的基础上, 加强网络安全防护, 保障数据安全。(2) 完整性原则。完整性要求确保计算机信息系统中的数据在传输和存储

过程中不受损坏或篡改,该原则落实中可应用加密技术、数据备份和恢复机制等,同时,企业与组织需建立严格的审计和监控机制,及时发现和防止数据的意外修改和破坏。(3)可用性原则。可用性原则要求计算机信息网络系统及时为用户提供服务,该原则落实中技术人员需维护数据完整性与机密性,且检查计算机信息网络系统运行状况,以及时发现与处理系统故障问题,保障系统运行稳定性,使其可在遭受攻击的状况下快速恢复正常。

## 二、数字化背景下计算机信息网络系统存在的安全问题

(1)环境危害。自然环境与社会环境均属于运行计算机信息网络系统运行的重要因素,且会破坏计算机网络体系结构。从自然环境的角度来看,旱涝、火灾、地震等问题的出现直接影响计算机信息网络系统运行安全性,且会造成其他网络安全问题的存在;从社会环境的角度来看,用户安全防范意识缺失、安全防范能力不足等因素的存在会威胁自身信息的安全性。除此之外,部分社会不法分子为谋求经济利益攻击计算机信息网络系统的行为,也会破坏计算机网络稳定运行。(2)黑客、病毒。数字化时代背景下,越来越多计算机技术人才涌现出来,但受到意识的影响,部分计算机技术人员会出现攻击计算机信息网络系统的行为,各区域计算机信息网络系统在运行中均可能会受到黑客攻击,出现安全问题,黑客攻击行为还设计木马病毒植入等操作,严重威胁企业及各单位组织数据信息的安全性。(3)信息共享危害。数字化技术与信息化技术的发展促使人们在日常生活中应用计算机设备进行交流的次数更加频繁,此过程中,信息共享模式随之构建。大部分计算机终端与服务器均具有信息共享功能可为用户获取网络信息提供便捷,但是,共享信息构成中可能会出现黑客攻击网络信息安全的行为,从而造成数据丢失、泄露问题出现,损害用户权益。(4)网络软件自身漏洞。在用户需求与数字化技术不断发展的背景下,网络软件类型更加方法,但是,网络软件应用难以满足计算机信息网络安全运行的需求,此类问题出现的根本原因在于,软件设计人员在工作中较为关注软件性能,而缺少对软件应用安全性的重视,且软件测试人员在工作中未能全面检查软件各方面性能,导致不符合网络安全要求的软件得到应用,从而威胁计算机信息网络稳定运行<sup>[1]</sup>。(5)网络信息管理力度不足。网络信息安全需要以互联网技术及健全信息管理制度为支撑,但是受到管理制度缺少等因素的影响,计算机信息网络系统运行可能会出现用户信息泄露等问题。

## 三、数字化背景下计算机信息网络系统安全管理策略

### (一)计算机网络信息系统安全技术应用

(1)防火墙技术应用。防火墙技术应用具有识别安全隐患问题的功能。在计算机网络信息系统安全管理工作中可应用防火墙技术,以优化信息安全建设效果,使计算机网络系统可自动限制身份识别失败的用户访问权限,以保护用户信息安全,且基于

防火墙技术功能多样化的特点,网络安全管理人员可借助防火墙技术检测存在安全隐患问题的数据信息,以隔离有害数据与计算机信息网络系统内部相接触,从而保护用户信息安全性。同时,防火墙技术应用可有效抵御外界攻击,控制不良数据信息对整体计算机信息网络系统的影响,且该技术还具有自动识别功能,可破解带有伪装的攻击行为,以保护系统安全<sup>[2]</sup>。(2)反病毒技术应用。计算机病毒是影响计算机信息网络系统安全的重要因素。反病毒技术应用可实时检测计算机系统中是否存在网络病毒,以及时发现与控制病毒入侵行为,从实际应用来看,反病毒技术在计算机信息网络系统安全管理中的应用可特点在静态层面与动态层面两方面,静态层面中反病毒技术应用不能实现全程跟踪病毒轨迹的目标,难以及时发现与处理计算机信息网络系统运行存在的病毒。而动态层面反病毒技术应用可全面实时跟踪病毒轨迹,在检测到病毒后自动开启保护功能,以减少计算机信息网络系统运行安全问题的出现<sup>[3]</sup>。(3)数据加密技术应用。数据加密技术应用可以数据加密、密钥、身份验证等方式,提升数据信息安全性,此类技术常见应用形式为网站登录密码设置,而计算机信息网络系统安全管理中常见数据加密技术为非对称性数据加密技术,其可在设置独立加密密钥与解密密钥的基础上,避免用户通过算法违法获取计算机网络信息数据。

### (二)网络秩序构建及重要信息备份

(1)构建规范网络秩序可约束用户在使用计算机过程中的行为,且可在保障用户自身信息安全性的基础上,优化用户体验感。用户是计算机网络信息系统组成的重要部分,因此,良好网络秩序构建也需要用户的积极参与。用户在日常操作计算机设备中需强化自身信息安全保护意识,自觉约束操作行为,以营造健康的网络环境,减少计算机信息网络系统出现安全问题的概率。相关部门也需积极参与网络秩序构建环节,以出台法律法规等方式,约束各类人员在信息网络系统中的操作行为,并以网络信息系统建设要求为依据落实安全执法活动,严格处罚威胁信息网络系统安全的人员与行为<sup>[4]</sup>。(2)重要信息备份。用户在登录计算机信息网络系统中需树立信息安全保护意识,主动备份重要信息,以减少信息泄露、数据丢失等问题对自身工作与生活的影响,且在虚拟技术不断发展的过程中,用户可通过虚拟空间对数据进行备份处理,例如,在云空间或网盘中备份数据,以提升计算机信息网络系统操作安全性。

### (三)网络入侵检测系统设置

计算机信息网络系统安全管理是企业及各部门组织关注的重点问题,设置网络入侵检测系统可减少此类问题出现。(1)在设置网络入侵检测系统之前,相关技术人员需明确内部计算机信息网络系统安全管理对网络入侵检测系统的需求,且详细划分入侵系统中网络拓扑结构、网络流量类型、系统敏感性等要素的设计方案,以规范网络入侵检测系统布局,同时,综合考虑企业网络环境选择基于网络的入侵检测系统(NIDS)以实时检测企业内部计算机信息网络系统流量及潜在风险,且选择网络入侵检测系统解决方案中综合考虑网络系统性能、稳定性及可拓展性<sup>[5]</sup>。(2)优先在网络入口与敏感系统设置网络入侵检测系统,使其快速分



析网络系统流程,并以系统规则为依据,判断潜在入侵行为,此过程中系统规则制定需参考病毒、黑客等各类攻击行为特点。同时,技术人员需设计网络入侵检测系统日志记录功能,以深入分析安全事件问题出现的根本原因。(3)定期更新与维护网络入侵检测系统。定期更新与维护网络入侵检测系统可灵活应对网络攻击行为的变化。系统安全管理人员需定期更新规则集与软件补丁,在修复网络系统漏洞与更新网络系统安全隐患问题检测规则的基础上处理系统故障问题,同时,技术人员需定期检查网络入侵检测系统硬件装置与软件性能。(4)监测与响应入侵事件。网络入侵检测系统设置具有主动响应入侵事件的功能,在获取网络入侵检测系统所发出的预警信息后,管理人员需及时以隔离系统、封锁入侵者等方式,高效处理入侵事件。

#### (四) 身份认证与访问权限控制

身份认证与访问控制是保障计算机信息网络系统安全的重要措施。(1)构建身份认证机制及访问控制机制。企业或组织可以识别用户名及密码、指纹、身份令牌等方式验证用户在登录计算机信息网络系统中真实身份,以限制非法用户系统访问权限,且企业需规划网络系统访问控制措施,详细划分不同等级用户可访问的数据资源,明确指出各用户在访问计算机信息网络系统中的权限与职责<sup>[6]</sup>。(2)加密敏感数据。企业或组织可借助高效加密算法对敏感数据存储与传输环节进行加密处理,以避免数据丢失及数据泄露问题的出现,此过程中,企业需结合数据保密需求选择 AES、RSA 等加密算法的应用<sup>[7]</sup>。(3)建立审计与监控机制。企业和组织需对计算机信息网络系统中用户登录行为、访问行为等进行监督,将用户登录信息、注销信息、操作信息、数据访问

信息等行为及时记录下来,从而在分析用户异常行为的基础上发现与处理系统潜在安全隐患。(4)加强用户培训。企业可定期组织用户参与培训活动,使其深入了解密码安全、计算机信息网络安全隐患等内容,且培训用户抵御网络攻击的能力,以保障计算机信息网络系统运行安全性<sup>[8]</sup>。

#### (五) 加强物理安全防护

加强物理安全防护可有效减少自然环境及人为因素对计算机信息网络系统安全的影响。技术人员需定期检查计算机系统运行环境湿度状况与火灾隐患,且在计算机区域设置消防系统,以减少设备操作中安全问题的出现。同时,相关部门可在计算机设备运行区域安装自动报警装置,以便技术人员发现与处理系统运行环境中存在的安全隐患问题,并借助具有防火性能的材料在该区域设置相应防火隔离装置,以保护计算机网络信息系统完整性<sup>[9]</sup>。除此之外,技术人员还可以安装监控设备、湿度温度控制系统、防静电装置等方式,避免计算机信息网络系统受到运行环境影响出现安全事故问题<sup>[10]</sup>。

#### 结语:

综上所述,数字化背景下计算机信息网络系统安全与人们生活联系更加密切,企业及各组织机构需深入探究数字化背景下计算机信息网络系统安全管理措施,从安全技术应用、网络秩序构建、重要信息备份、身份认证与访问权限控制、物理安全防护强化等多角度入手,减少计算机信息网络系统安全问题的出现,推动数字化技术与信息化技术的持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 朱清臣. 计算机网络信息系统安全问题及相关建议 [J]. 数字技术与应用, 2023, 41 (05): 218-220. DOI
- [2] 叶家骏. 计算机网络信息系统安全问题的分析与对策 [J]. 网络安全技术与应用, 2023, (02): 8-10.
- [3] 陈柯. 医院计算机网络信息系统面临的安全问题及防范对策 [J]. 信息记录材料, 2021, 22 (07): 47-48. DOI
- [4] 黄明毅. 数据时代医院计算机网络信息系统的安全分析 [J]. 产业创新研究, 2021, (12): 32-34.
- [5] 李选超. 事业单位计算机网络信息系统存在安全问题及对策 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (08): 257-258.
- [6] 孙苗. 计算机网络安全管理技术在医院中的应用 [J]. 集成电路应用, 2021, 38 (02): 120-121. DOI:
- [7] 黄烁. 大数据时代医院计算机网络信息系统的安全分析 [J]. 中国新通信, 2020, 22 (19): 139-140.
- [8] 王林. 大数据和智能控制技术在计算机网络信息安全系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41 (04): 292-293. DOI
- [9] 王晴怡. 计算机网络中涉密信息系统安全控制研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35 (23): 193-195.
- [10] 邹易奇. 涉密计算机信息系统网络安全监控技术的运用 [J]. 科技与创新, 2023, (19): 168-170. DOI



# 硬件安全在电子系统设计中的考虑

何坤元

杭州士兰微电子股份有限公司, 浙江 杭州 310012

**摘要：** 本文探讨了电子系统设计中硬件安全的重要性，分析了当前硬件安全威胁的现状，并提出了硬件安全实现的策略和防护技术。文章强调了硬件安全需求分析、安全设计原则、防护技术应用以及发展趋势等方面，并通过案例分析展示了硬件安全在实际应用中的重要性。

**关键词：** 硬件安全；电子系统设计；安全威胁；安全防护技术；功能安全

## Hardware Security Considerations in the Design of Electronic Systems

He Kunyuan

Hangzhou Silan Microelectronics Co., Ltd, Zhejiang, Hangzhou 310012

**Abstract：** This paper discusses the importance of hardware security in electronic system design, analyzes the current status of hardware security threats, and proposes strategies and protection techniques for hardware security implementation. The article emphasizes the aspects of hardware security demand analysis, security design principle, application of protection technology and development trend, and demonstrates the importance of hardware security in practical application through case study.

**Keywords：** hardware security; electronic system design; security threat; security protection technology; functional security

### 引言

随着信息技术的飞速发展，电子系统已经深入到我们生活的方方面面，从智能手机、电脑到汽车、医疗设备，电子系统无处不在。然而，随着电子系统的普及，硬件安全问题也日益凸显。近年来，我们已经看到了多起硬件安全事件，包括供应链攻击、物联网设备被黑客利用、固件和 BIOS 漏洞等，这些事件不仅威胁到个人用户的信息安全，也对企业和社会稳定带来了严重影响。在电子系统设计中，硬件安全是一个至关重要的考虑因素，它直接关系到系统的正常运行、数据的安全性和用户的隐私保护。

### 一、电子系统设计中硬件安全实现

#### （一）硬件开发阶段的安全性功能分析

在电子系统硬件开发阶段，安全性功能分析是一个关键的步骤，它确保硬件能够在整个生命周期内安全可靠地运行。根据功能安全标准，硬件阶段功能安全研究过程主要包括：技术安全概念的硬件实现、潜在的硬件故障、与软件开发的协调。启动硬件阶段功能安全研究的原则是制定满足安全要求的硬件开发所需的活动和流程的计划<sup>[1]</sup>。硬件阶段功能开发过程如图-1所示。

技术安全的硬件实现要求将安全相关的系统需求转化为具体的硬件设计。这包括选择合适的硬件组件、设计冗余机制以防止单点故障，以及实施监控和诊断功能以确保硬件的持续安全性。

潜在的硬件故障分析包括识别可能导致系统失效的硬件故障模式，并评估这些故障对系统安全性的影响。通过故障树分析（FTA）和故障模式与影响分析（FMEA），开发团队可以识别和优先考虑最关键的安全风险，并设计相应的缓解措施。

与软件开发的协调是硬件安全分析过程中的另一个重要方面。由于现代电子系统通常包含复杂的软件组件，硬件和软件的紧密集成是确保系统整体安全性的关键。这要求硬件开发团队与

软件开发团队紧密合作，确保硬件设计能够支持软件的安全功能，并且两者能够无缝地协同工作。

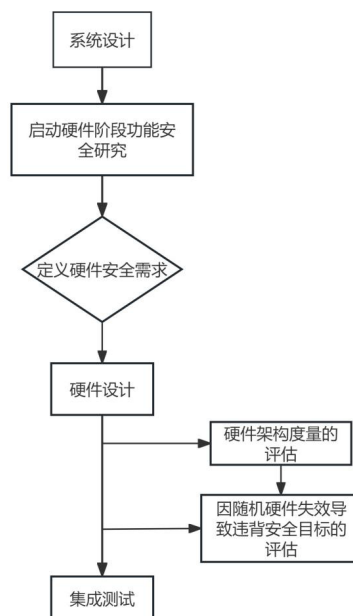


图-1

启动硬件阶段功能安全研究的原则是制定一个详细的计划，该计划概述了满足安全要求所需的硬件开发活动和流程。这个计划应该包括设计、验证和确认活动的具体步骤，以及如何管理安全相关的变更和更新。通过这样的计划，开发团队能够确保硬件产品不仅在设计阶段符合安全标准，而且在生产、测试和维护过程中也能持续满足这些标准。

## （二）硬件安全需求分析

在电子系统设计中，硬件安全需求分析是一个系统化的过程，它涉及到识别潜在的安全威胁、评估这些威胁对系统的影响，并确定必要的安全措施来防范这些威胁。这一步骤要求设计师在项目的早期阶段就考虑安全需求，并在整个设计过程中持续关注。

硬件安全需求分析的第一步是对系统可能面临的安全威胁进行全面识别。这包括：

1. 对供应链的威胁，如供应商提供的组件可能被篡改或植入恶意代码。
2. 对固件和 BIOS 的威胁，如这些基础软件可能被篡改以执行恶意操作。
3. 对硬件设计的威胁，如侧信道攻击和物理不可克隆功能（PUFs）的弱点可能被利用
4. 对物联网设备的安全风险，如这些设备可能成为网络攻击的入口点
5. 对高级持续性威胁（APT）的防御，攻击者可能利用硬件漏洞长期潜伏在系统中。

在明确了安全威胁后，设计师需要设定相应的安全目标<sup>[2]</sup>。这些目标应该与识别的威胁相对应。例如，如果供应链安全是一个关注点，那么安全目标可能包括确保所有组件都来自可信的供应商，并实施严格的验证和审计流程。接下来，为了达成既定的安全目标，设计师必须精心制定一系列具体的安全需求，这些需求将成为硬件设计和实现的行动指南，这包括采用严格的供应链管理实践，确保所有供应商都经过彻底的审查，并保障组件在运输和存储过程中的安全。同时，加强固件和 BIOS 的安全性是不可或缺的，这可以通过数字签名和加密技术的应用来实现，以防止任何未授权的修改。

在硬件设计阶段，安全性必须被内化到设计的核心，这意味着要设计出安全的硬件架构，利用硬件安全模块，并确保引导和启动过程的安全性<sup>[3]</sup>。对于物联网设备，增强安全措施尤为关键，必须采用安全的通信协议和加密数据传输措施，以防止数据泄露和未经授权的访问。例如，设计师可以集成可信平台模块（TPM）来保护设备的身份和存储的密钥，使用安全的引导过程如测量启动（Measured Boot）来确保系统的完整性，以及实施像 SSL/TLS 这样的协议来加密设备间的通信。通过这些措施，硬件设计能够抵御各种安全威胁，保护用户数据和隐私。

鉴于高级持续性威胁（APT）的复杂性，设计师还需提升系统对这些威胁的防御能力，这可以通过部署异常检测机制、及时的安全更新和有效的防御策略来实现。综合这些具体的安全需求和措施，设计师能够确保电子系统在面临多样化的安全威胁时，

依然能够保持稳固和可靠。

## （三）硬件安全设计原则

硬件安全设计的主要原则涉及确保硬件系统从设计到制造再到使用的整个生命周期内能够抵御各种安全威胁和攻击。

1. 硬件安全设计应遵循最小权限原则，即每个组件和用户都应该仅具有执行其功能所必需的最小权限。这有助于限制安全漏洞的影响范围，并减少潜在的攻击面。
2. 硬件安全设计应考虑纵深防御原则，即采用多层次的安全措施来保护系统<sup>[4]</sup>。这包括物理安全措施、硬件级安全机制和软件级安全措施等，以形成相互支持的防御体系。
3. 硬件安全设计应注重安全验证和测试。设计师应该通过严格的安全测试和验证流程来确保硬件安全设计的有效性和可靠性。这包括对硬件组件进行安全性评估和测试，以发现和修复潜在的安全漏洞，关系到对硬件的设计、制造和部署过程进行全面的审查，以确保硬件的安全性符合标准。
4. 硬件安全设计应考虑可更新性和可维护性。随着安全威胁的不断演变，硬件系统需要能够及时更新和修补安全漏洞。设计师应该设计硬件系统，使其能够轻松地更新固件和软件，以应对新的安全威胁。

# 二、电子系统中硬件安全防护技术与应用

## （一）硬件安全防护技术概述

为了确保电子系统的安全，硬件安全防护技术扮演着至关重要的角色。这种技术通过多种物理和技术手段来保护硬件资源，防止未授权访问、数据篡改和破坏等安全威胁。加密技术对敏感数据进行加密处理，以防止在数据传输和存储过程中被非法获取和修改。认证技术则对用户身份进行严格验证，确保只有授权用户才能访问系统资源，从而防止未授权的使用和访问。

此外，防篡改技术通过物理或化学手段对硬件设备进行处理，增加其抗篡改和破坏的能力，保证硬件的完整性和可靠性。防电磁泄漏技术则通过屏蔽和滤波等方法，减少电磁泄漏的风险，防止敏感信息通过电磁波被外部窃取<sup>[5]</sup>。最后，安全启动技术确保在电子系统启动过程中，仅加载经过验证的软件和固件，有效防止恶意代码的运行，保障系统的安全启动和运行。

## （二）硬件安全防护技术应用

硬件安全防护技术在各个领域中的应用至关重要，它为我们的日常生活和工业生产提供了稳固的安全保障<sup>[6]</sup>。在智能手机中，硬件安全防护技术如指纹识别、面部识别和加密存储等，广泛应用于保护用户的隐私和数据安全；电脑系统则利用 TPM（可信平台模块）安全启动和全盘加密等技术，有效防止未授权访问和数据泄露，确保用户信息的安全；在汽车领域，车载电子系统的安全同样至关重要，ECU（电子控制单元）加密、诊断接口保护和 CAN（控制器局域网）总线安全等技术，保障了汽车电子系统的正常运行和驾驶安全；工业控制系统则依赖于 PLC（可编程逻辑控制器）安全、工业协议安全和设备认证等技术，以确保工业生产过程的稳定和安全。

物联网设备的普及也带来了新的安全挑战，硬件防火墙、安全存储和设备认证等技术的应用，保护了物联网设备免受恶意攻击，确保了数据传输的安全性<sup>[7]</sup>。这些技术的综合应用，不仅提升了设备本身的安全性，也为用户的数据和隐私提供了坚实的保护。

### （三）硬件安全防护技术发展趋势

随着科技的飞速发展，硬件安全防护技术的趋势正朝着集成化、智能化、协同化和定制化的方向迈进<sup>[8]</sup>。半导体工艺的进步使得越来越多的安全功能能够被集成到硬件设备中，从而实现更高效的安全防护。同时，人工智能技术的应用使得硬件安全防护能够实现智能识别和响应，大幅提升安全防护效果。

此外，硬件安全防护技术将与软件安全防护技术相结合，形成一个全方位的安全防护体系。这种协同化的安全防护体系将能够更全面地应对各种安全威胁，确保电子系统的安全稳定运行<sup>[9]</sup>。同时，针对不同的应用场景和需求，定制化的硬件安全防护解决方案也将成为发展趋势。

## 三、硬件安全案例分析

### （一）案例背景

某公司生产单相电子式电能表，在使用过程中发现部分电表在雷雨天气下会出现误计量的现象。经调查发现，这些电表没有经过电磁兼容性测试，导致在雷击产生的电磁脉冲干扰下，电表的计量芯片受到干扰，造成计量误差。

### （二）案例分析

#### 1. 问题原因

电表未能进行必要的电磁兼容性测试，因此缺少应对电磁脉冲干扰的防护措施。这可能是因为电表的电路设计存在不合理之处，导致其对电磁干扰的抑制能力不足。

### 2. 解决方案

为了确保电表在遭受电磁脉冲干扰时仍能正常工作，应当对电表进行全面的电磁兼容性测试。此外，还需要优化电表的电路设计，加入电磁干扰抑制电路。这可以通过采用屏蔽层来保护电路免受外部干扰，利用滤波电路来减少不必要的电磁辐射，以及通过接地线将干扰信号有效地引入大地，从而提高电表的抗干扰能力。

### 3. 改进效果

经过一系列的改进措施，电表的电磁兼容性得到了显著提升。即使在雷雨等恶劣天气条件下，电表也能正常工作，有效避免了因电磁干扰导致的误计量问题。这不仅提高了产品的可靠性，也增强了用户对公司的信任，从而提升了用户满意度。

### （三）案例启示

硬件安全对于产品整体安全至关重要，因此必须给予充分的重视<sup>[10]</sup>。在产品的设计阶段，就需要将电磁兼容性（EMC）问题纳入考虑范围，并实施相应的测试与优化措施。只有通过严格的电磁兼容性测试以及持续地改进工作，才能确保产品在复杂电磁环境中的安全性和可靠性。

## 结束语

硬件安全是构建安全可靠的电子系统的基石，面对日益复杂的威胁环境，需要我们不断探索和创新硬件安全防护技术，并将其融入到电子系统设计的各个环节。未来，硬件安全将朝着集成化、智能化、协同化和定制化的方向发展，不断探索新的防护技术，并将其与软件安全防护技术相结合，是构建更加完善的安全防护体系的必要途径。

## 参考文献

- [1] 雷家鑫, 裴晓飞. 旋变解码系统研究硬件阶段功能安全研究 [J]. 汽车实用技术, 2020, (09): 80-83. DOI: 10.16638/j.cnki.1671-7988.2020.09.026.
- [2] 张茜歌, 朱嘉诚, 马俊, 等. 基于故障传播模型的硬件安全性与可靠性验证方法 [J]. 西北工业大学学报, 2024, 42(01): 92-97.
- [3] 李亚伟, 章隆兵, 王剑. 基于软硬件协同的细粒度安全域隔离机制 [J]. 高技术通讯, 2024, 34(01): 33-45.
- [4] 章梁, 舒强, 姚雪平, 等. 基于功能安全的 MOC-EPB 硬件设计 [J]. 汽车零部件, 2023, (09): 53-57+62. DOI: 10.19466/j.cnki.1674-1986.2023.09.011.
- [5] 郑凯文. 基于机器学习的混合模式硬件木马检测 [D]. 电子科技大学, 2023. DOI: 10.27005/d.cnki.gdzku.2023.005070.
- [6] 陈嘉奇. 计算机网络中的硬件安全与维护策略 [J]. 电子技术, 2023, 52(04): 254-255.
- [7] 靳国杰. CPU 硬件安全防护机制 [J]. 保密科学技术, 2022, (12): 22-26.
- [8] 杨彬彬. 基于阻变存储器的硬件安全技术研究 [D]. 国防科技大学, 2022. DOI: 10.27052/d.cnki.gzjgu.2022.000104.
- [9] 吴建华. 智能硬件终端安全加固技术研究 [J]. 电脑知识与技术, 2021, 17(33): 120-121. DOI: 10.14004/j.cnki.ckt.2021.3345.
- [10] 朱玉飞. 面向未来安全通信的核心硬件架构关键技术研究 [D]. 国防科技大学, 2021. DOI: 10.27052/d.cnki.gzjgu.2021.000495.

# 计算机信息系统集成项目管理的措施分析

吕恒, 费星锋, 丁宇琼

华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要 :** 在当今的计算机体系中, 信息系统是不可或缺的一部分。将信息系统与电脑相结合, 可以最大限度地利用电脑的检索功能, 为人们带来极大的便利。然而, 随着互联网技术的飞速发展和日趋复杂的网络环境, 现有的信息管理模式无法满足现有的信息集成和管理需求, 将无法充分利用现有的信息资源。将可预测性和独特性相结合, 可以有效地改善项目质量。而若想要保证企业正常运作, 便需要一个严格的管理体系。近几年来, 由于资讯技术的发展, 资讯建构已经成为企业运作的重要部分。基于此, 本文便对计算机信息系统中的集成项目管理措施进行简单探讨, 仅供参考。

**关 键 词 :** 计算机; 信息系统; 集成项目管理

## Analysis of Measures for Computer Information System Integration Project Management

Lv Heng, Fei Xingfeng, Ding Yuqiong

Huaxin Consulting Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract :** In today's computer system, information system is an indispensable part. Combining information system with computer can maximize the use of computer's search function and bring great convenience to people. However, with the rapid development of Internet technology and the increasingly complex network environment, the existing information management model cannot meet the existing information integration and management needs, and will not be able to fully utilize the existing information resources. Combining predictability and uniqueness can effectively improve project quality. A strict management system is needed to ensure the normal operation of the enterprise. In recent years, due to the development of information technology, information construction has become an important part of enterprise operation. Based on this, this paper will be on the computer information system in the integration of project management measures for simple discussion, for reference only.

**Keywords :** computer; information system; integrated project management

### 引言:

如今, 随着信息技术的飞速发展, 计算机系统集成产业也随之发展起来, 它已经渗透到了社会的每一个领域, 已经渗透到了大众的日常生活之中。同时, 电脑系统集成业的发展, 也给国家的传统工业带来了很大的变化, 使人的生活与学习水平得到了极大的提升。因为电脑系统集成产业就是要在有限的资源与时间内, 为顾客提供所需的产品与服务, 所以要制造出极具个性的创新, 并为客户提供与众不同的个性化服务。

## 一、计算机信息系统集成中项目管理的内容与作用

### (一) 质量管理

在计算机信息系统整合项目中, 项目质量管理是一个十分重要的课题。为维护项目的完整性, 加强各方面的沟通和交流, 在项目执行阶段, 必须对项目的全过程进行全程监控, 收集大量的资料。通过对项目进行详尽、全面的分析, 使其对项目的执行有了更深层次的认识, 从而改进了项目的质量控制。

### (二) 技术管理

在项目执行中, 经理们往往要面对各种各样的技术问题, 其

中, 技术是一个非常关键的因素。所以, 在项目实施过程中, 管理者要加强对项目的专业知识的掌握, 才能对项目出现的技术问题进行及时的处理。同时, 要保证项目技术文件的完整和归档, 为以后的技术评审工作提供保障。

### (三) 文档管理

在计算机信息系统综合项目中, 文件和程序是有机地组合在一起的, 是软件的核心, 所以, 强化文件管理就显得非常重要。对有关企业来说, 要加强文件管理, 明晰关键文件, 加强管理。

### (四) 进度管理

在项目建设中, 进度管理是项目建设过程中的一个重要环



节。在一定的限度之内，管理者可以通过科学的方法对施工时间进行合理的调整，确保项目的进度符合项目的进度，进而提升项目成本的控制水平，保证各种资源的最大利用率。

#### （五）风险管理

风险管理是确保项目成功实施的重要环节。在此过程中，沟通管理是保证项目顺利完成的关键。另外，成本管理、人力资源管理和采购管理等也是不可忽视的，因为这些因素都会影响到整个项目的顺利进行。这就要求项目经理要有广博的知识与技巧，才能应付各种各样的管理难题，提高整个项目的管理水准。

#### （六）管理作用

项目一般指特定目标所产生的任务，是否有足够的资金和时间是项目能否实施的关键。若想确保项目能够及时实施，对各项制约因素的考虑不可缺少。对项目来说，其是科学与管理的基础，是通过合适的领导进行的一种有效项目管理措施。通过一段时间的探索，采取了主动的保护措施，采用了一整套的技术方案，使得项目得以按时完工。在项目实施中，传统的管理理念有其独特的优越性，尤其是在计算机综合系统中，可以实现对各个部件的实时优化。因为电脑的附件比较多，所以挑选起来也比较繁琐，而且在目前阶段，电脑的处理功能更加完备和全面，电脑的处理系统都是比较精密和复杂的，所以不能只选取一个具体的方案来进行计算机的管理。随着电子计算机技术的不断进步，对计算机设备进行优化的难度也越来越大，但是如果能够通过项目管理，对计算机设备进行全面分析，加强管理手段，就能够提高对计算机各种性能的监控和控制。现代电子电脑的内部元件大多比较复杂，这就造成了电脑系统的复杂性。在信息化建设中，需要大量的人力和物力，所以有关部门要做好相应的准备工作。在信息化建设过程中，要通过对项目项目的合理运用，使之发挥更大的作用。

## 二、计算机信息系统集成的主要特点

#### （一）特点鲜明创造性强

由于不同的企业和单位，所要求的计算机信息系统在功能上有很大的区别，因此，在一体化设计中，他们各自的特征也就更加明显。不同的集成项目首先要满足企业的具体工作和管理需求，并且要把目前的市场发展情况也考虑进去，从而给计算机系统集成带来一种特殊的创新能力，让它能更好地发挥自己的优势，为企业的平稳运行提供强有力的支持。

#### （二）项目要求目标不明确

因有些企业并不清楚自己的发展规划和现状，因此在进行计算机信息系统集成项目时，对设计所提出的需求也在持续变化，导致项目设计需求不清晰。与此同时，企业用户在检查项目的完成情况时，也会基于实际效果和预期效果的对比，随时对设计方案进行修正，以便得到更好的项目完成效果。因此，在进行电脑资讯系统整合专案时，要考量的变数很多，使得专案实施起来比较困难。

#### （三）涉及学科领域复杂

计算机信息系统集成项目项目不仅要依赖于计算机技术相关

的理论基础，而且要结合许多其它学科的知识，因此，要成功地实施该项目，做好计算机与其它学科的融合是非常重要的。在信息化建设的进程中，网络和计算机技术在功能上也在逐步地被挖掘出来，并且与其他科技手段相结合，可以为现阶段的发展提供更多的现实问题，这也是各学科之间互相融合和作用的结果。

#### （四）质量控制难度较大

由于开发的时间不长，目前的计算机信息系统整合项目的实施状况仍然存在着许多问题，比较难解决的一个问题就是项目质量的难以控制。影响项目质量的因素有很多，计算机信息系统集成也没有建立起一套比较完善的工作规程和评价标准，这就使得不同的项目不能根据原有的规则进行管理，因此，在项目的质量上存在着比较明显的差异。

## 三、计算机信息系统集成项目管理的现存问题

#### （一）管理范围相对有限

整合项目的范畴非常重要，应该贯穿于项目始终。对某一具体的 MIS 集成项目而言，确定项目管理范畴，是管理者应对突发情况，制定科学、有效的战略，是保证项目顺利进行的重要条件。但是，在实际工作中，人们往往把更多的精力放在电脑资讯系统的整合建设上，对专案管理的应用却没有给予足够的关注。在项目启动之前，员工只是简单地与客户进行了沟通，大概地了解一下他们的需要，但是并没有对客户的需求进行具体的细化，造成了表面上看起来很宽泛，实际很局限的项目管理。长期以来，一些管理者受到传统的管理观念的约束，过分注重降低成本，而忽视了对项目实施过程中的时间管理、质量管理等环节的追踪管理。这在某种程度上已经影响到了一体化项目的效率。

#### （二）缺乏全面风险管理

在当前的市场环境日趋复杂的情况下，众多的项目综合企业都对项目风险进行了更多的关注。但是，目前的计算机项目建设中的风险管理还不够理想。有些管理者把不确定因素与风险混为一谈，把不确定因素看成是对项目的不确定因素进行分析就是对项目的风险分析。为此，必须强化项目风险意识与风险管理。项目风险的实质是在项目执行过程中，可能会遇到各种各样的问题与挑战，而不确定性，是指项目在实施过程中，存在着项目不能如期完成的风险。受错误风险管理观念的影响，管理者很难对项目各类风险进行综合分析与精确预测，往往忽略了因顾客合作不足、市场环境多变而导致的项目风险，这会直接影响到项目的有效管控，阻碍了项目的顺利开展。

#### （三）项目管理人才不足

高素质的专业人员对于整个项目的顺利进行是至关重要的。尽管国内大部分的计算机信息系统集成企业都有一批具有较高信息素质的技术人员，但因其对项目管理，特别是风险管理不够重视，造成了企业在专业项目管理中缺少优秀的管理人才，从而造成了在规划、资源配置上不合理、随意性较强的问题。尤其是在很长一段时期内，仅仅把精力放在了技术研究上，而忽略了对项目管理人员的培养，使得企业没有能够构建出一套科学完备的项

目管理系统,造成了整个项目和各个部门之间的脱节。但是,由于对市场调查、成本控制及技术监督的缺失,使得项目实施的难度更大。

## 四、提高计算机信息系统集成项目管理水平的对策

### (一) 加强团队建设

一个高效率、高凝聚力的项目团队能够为企业的经营管理提供有力的保障。为减少重复发生,企业应对项目管理人员进行严格的甄选,并对其理论知识、实际操作能力及优秀的组织管理能力提出了更高的要求。其次,小组成员要有有效的运作技巧,清楚地认识到专案的终极要求,清楚自己在小组中所扮演的角色与职责,并与其它同事进行频繁的交流与配合。

### (二) 增强项目范围管理

在顾客内部设置的目标基础上,再按照顾客提出的特定需求,建立相应的过程,包括财务、采购、库存、订单等。顾客特殊的商业需求,就意味着要在系统整合项目中确定重点区域。同时,也可以理解为:项目的执行一定要与顾客提出的目标、企业的特定需求相联系,在企业内部的价值链上确定优先事项。针对企业的核心竞争力,提高企业的内部管理效能,以提高企业的整体竞争力为主要目的,对企业而言,既要考虑成本,又要考虑效率。在进行系统集成项目时,要对项目规模进行严格的控制,以保证项目的质量,缩短工期,节约投资。

### (三) 完善风险管理机制

针对项目建设过程中的不确定性不断增加,以及后期管理、实施等方面的问题。随着社会和经济的迅速发展,各个学科的科学技术水平都在不断地提升,使得系统集成项目呈现出越来越多的复杂性和多变性。为此,必须对系统整合项目进行风险辨识,并按照具体的过程与内容,循序渐进地推动目标的达成。在此基础上,采用整体参与的方法,实现对风险的预测与评价。对目前存在的问题,要采取积极、有效的对策,对各种风险因素进行识别,制定切实可行的计划,做好基本的预防和准备工作,才能对目前的风险进行有效的规避。所以,在建设项目风险控制的过程中,要根据建设项目的管理方式和目标,循序渐进地进行各

项工作。

### (四) 进度实施与管理

在整个项目过程中,进度管理是一个非常关键的环节。利用进度规划,对项目进行全面的资源整合,既能确保项目的质量,又能实现资源与时间的同步利用,达到加速项目进度、增加经济效益的目的。与预期的不同,项目的进度管理有许多要点要注意:由于电脑系统整合的不可控制性,使得进度管理变得十分复杂与困难;进度管理是一个动态的管理函数,在进行过程中要把握全局的利益,不要因为一些小事情而丧失对全局的控制。

### (五) 加强成本管理

项目成本管理是项目管理的核心,也是项目成本管理的终极目标。在项目运作中,如何对项目成本进行有效的管理,是提高经济效益的重要环节,因此,它直接关系到企业的经济效益。因此,在进行管理时,应用计算机系统集成技术,对人力和资源进行合理的利用,可以让它变得更科学、更有效,将整个项目都包括进去,从而达到整体的成本管理。

### (六) 提升技术应用水平

一切技术工作的进行,都离不开先进的技术与工艺,而要想使其自身稳定,就必须经过一个完整的研制过程。其中所蕴含的技术性相当高,要想将其运用到企业的经营或其所辖领域,就需要进行持续的练习与改进。从这个角度来说,在运用一个完备、稳定的计算机信息集成系统时,不能盲从于新技术的使用,而是要根据具体的环境,作出正确的选择,以最大限度地降低其对项目的不利影响。

## 结束语:

总而言之,在计算机信息系统集成项目管理的过程中,有关的技术人员和管理者要对项目管理中出现的问题进行及时的发现,并迅速有效地解决问题,并构建适当的风险机制,增强企业应对风险的能力,持续地强化对计算机信息系统集成项目的管理工作的监管,使计算机信息系统集成项目的管理流程更加完善,从而提高运用计算机信息系统技术开展项目管理的水平。

## 参考文献:

- [1] 崔芹叶. 计算机信息系统集成项目管理的相关思考[J]. 中国管理信息化, 2022,25(21):173-175.
- [2] 顾鸣. 项目管理在计算机信息系统集成中的应用探讨[J]. 科技创新与应用, 2022,12(10):177-180.
- [3] 胡常富. 计算机信息系统集成项目的风险管理模式研究[J]. 中国信息化, 2022,(01):73-74.
- [4] 罗奕, 郑诗书, 郑学明, 等. 基于计算机系统的集体企业施工类行业项目管理系统研究[J]. 微型电脑应用, 2021,37(03):91-93.
- [5] 张海涛, 王小丽. 论项目管理在计算机信息系统集成中的应用[J]. 智能城市, 2020,6(24):93-94.
- [6] 闭友强. 分析计算机信息系统集成项目管理的应用[J]. 通讯世界, 2020,27(03):38-39.
- [7] 彭扬剑. 试论计算机信息系统集成项目管理[J]. 信息系统工程, 2019,(11):36-37.
- [8] 刘武战. 对于计算机信息系统集成项目中的风险管理探讨[J]. 电子制作, 2013,(06):283.
- [9] 卿刚. 浅析项目管理在计算机信息系统集成中的应用[J]. 科技信息, 2012,(26):274.
- [10] 翁爱民. 论项目管理在计算机信息系统集成中的应用[J]. 广东科技, 2007,(07):142-143.