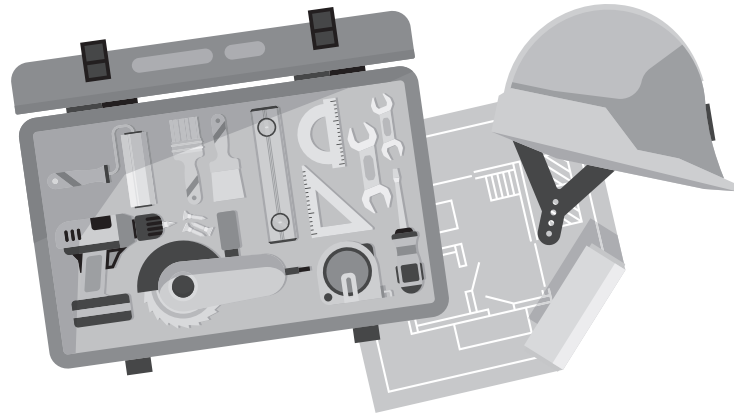


工程技术 与质量管理

Engineering Technology and Quality Management



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



Editors-in-Chief

Yulei Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD.

Haizhong Gao

Zhejiang Zhongnan Construction Group Co. LTD.

Associate Editor

Pengyue Yu

Shandong Construction Engineering (Group) Co., LTD.

Editorial board member

Sanath Alahakoon

School of Engineering and Technology Centre for Railway Engineering

Salahuddin Azad

School of Engineering and Technology Institute for Future Farming Systems,
Centre for Regional Economies and Supply Chains

Yungang Wang

Ordos Sports Development Center

Qigui Chi

Expert Committee of China Construction Supervision Association

Danhui Chi

Fujian Provincial Institute of Engineering Supervision and Project Management
Association

Yahui Chi

Fujian Provincial Civil Engineering and Construction Industry Association

Chunxiu Liu

Fujian Provincial Association of Engineering Construction Quality and Safety

工程技术与质量管理

Engineering Technology and Quality Management

第2卷 第8期 2024年8月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《工程技术与质量管理》编辑部

ISSN(O): 2992-9806

ISSN(P): 2995-3170

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

网址: <https://www.artdesignp.com/>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、
翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著
作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



工程技术 | ENGINEERING TECHNOLOGY

- 005 智能化技术在电力电气设备故障检修中的应用研究 王学阳
Research On The Application Of Intelligent Technology In The Troubleshooting
Of Power And Electrical Equipment Wang Xueyang
- 008 PLC技术在矿山机电控制中应用研究 李伟, 王勃, 曹玉志
Research On The Application Of Plc Technology
In Mine Electromechanical Control Li Wei, Wang Bo, Cao Yuzhi
- 011 石油天然气管道改线施工管理的
优化策略 李一钊, 曹俊杰, 肖增虎, 王钰琦, 李建鹏
Optimization Strategies for Construction Management of Oil and Gas
Pipeline Relocation Li Yizhao, Cao Junjie, Xiao Zenghu, Wang Yuqi, Li Jianpeng
- 014 浅析脱硝 SNCR 尿素溶液对锅炉水冷壁管腐蚀分析及防范措施 谢国江
Analysis And Preventive Measures Of Snr Urea Solution For Denitrification On
Corrosion Of Boiler Water-Cooled Wall Tubes Xie Guojiang
- 017 功率管固定弹簧片的分析与优化设计 陈先超¹, 李锦昶²
Analysis and Optimization Design of Fixed Spring
Plates for Power Tube Chen Xianchao¹, Li Jinchang²
- 020 浅谈 1000MW 级机组锅炉微油点火系统防卡涩施工技术 张李维
Discussion On Anti-Sticking Construction Technology
Of Micro-Oil Ignition System Of 1000Mw Unit Boiler Zhang Liwei
- 023 高速中等负荷机床齿轮热处理工艺设计 安钦¹, 石晋明², 刘震²
Design Of Gear Heat Treatment Process Of High-Speed
And Medium-Load Machine Tool An Qin¹, Shi Jinming², Liu Zhen²
- 026 建筑结构检测技术在工程实践中的应用与研究 兰金旭
Application and Research of Building Structure Inspection Technology
in Engineering Practice Lan Jinxu
- 029 树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验方法 刘向峰, 李凯, 董元朋, 王傅伟
Resin Bolt Tail Thread Nut Bearing Capacity
Test Method Liu Xiangfeng, Li Kai, Dong Yuanpeng, Wang Fuwei

水电工程 | HYDROPOWER ENGINEERING

- 032 智能光伏电站开发关键技术及其运维决策支持系统研究 王祝添
Research on Key Technologies and Operation Decision Support System
for Intelligent Photovoltaic Power Station Development Wang Zhutian
- 035 水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核机制研究 庄舜尧
Study On Personnel Training And Performance Appraisal Mechanism In The
Operation And Management Of Reservoir Sluice Embankment Zhuang Shun Yao
- 038 电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究 刘杰
Research On Abnormal Fault Diagnosis And Elimination Methods
Of Power And Electrical Equipment Liu Jie
- 041 配电系统可靠性评估及改进策略研究 刘军
Research On Reliability Assessment And Improvement Strategy
Of Power Distribution System Liu Jun
- 044 关脚水电站蓄电池核容试验引起灭磁柜非线性电阻
局部烧毁故障分析及处理 金科全
Magnetic Tization Cabinet Caused By Battery Nuclear Capacity Test Of Guanjiao
Hydropower Station Analysis And Treatment Of Nonlinear Resistance Jin Kequan

047	基于风电技术和光伏发电技术的探究 Exploration Based On Wind Power Technology And Photovoltaic Power Generation Technology	崔异军 Cui Yijun
050	火力发电厂煤质化验技术与效率提升研究 Research on Coal Quality Testing Technology and Efficiency Improvement In Thermal Power Plant	葛益含 Ge Yihan
053	新能源与火电数字化技术结合的发展前景分析 Analysis of the Development Prospects of the Integration of New Energy and Digital Technology in Thermal Power	张凯 Zhang Kai

路桥工程 | ROAD AND BRIDGE ENGINEERING

056	基于 BIM 技术的公路路基施工流程优化研究 Research on Optimization of Highway Roadbed Construction Process Based on BIM Technology	祖楠 ¹ , 徐向梁 ² Zu Nan ¹ , Xu Xiangliang ²
059	民航机场道面工程施工技术探讨 Discussion on Construction Technology of Civil Aviation Airport Pavement Engineering	王艳龙, 高瑞霞, 翟洪健 Wang Yanlong, Gao Ruixia, Zhai Hongjian
063	原油长输管道自动控制系统的远程监控与故障诊断研究 Research on Remote Monitoring and Fault Diagnosis of Automatic Control System for Crude Oil Long distance Pipeline	乔雷 Qiao Lei
066	基于深度学习的市政道路病害识别与分类方法研究 Research on the Identification and Classification Method of Municipal Road Diseases Based on Deep Learning	赵浩宇 Zhao Haoyu

安全质量 | SAFETY AND QUALITY

069	施工项目管理中的质量控制策略研究 Research On Quality Control Strategy In Construction Project Management	兰天 Lan Tian
072	新能源工程建设中质量管理问题研究 Research On Quality Management Issues In New Energy Engineering Construction	司成佳 Si Chengjia
075	新能源项目承包商安全管理问题及对策 Safety Management Issues And Countermeasures For Contractors In New Energy Projects	杨亚磊 Yang Yalei
078	配电网工程施工管理中的安全管理措施及效果分析 Analysis of Safety Management Measures And Effects In The Construction Management of Distribution Network Projects	纪宏彬 Ji Hongbin
081	电力工程中的电能质量监测及提升技术研究 Research On Power Quality Monitoring And Improvement Technology In Power Engineering	于贺胜 Yu Hesheng
084	大数据与网络信息安全管理分析 Big Data and Network Information Security Management and Analysis	杨宇涛 Yang Yutao
087	基于安全风险管控的智能安全帽系统建设及应用 Construction And Application Of An Intelligent Safety Helmet System Based On Security Risk Control	项慧 Xiang Hui
090	水电运维现场危险点分析及安全管控 Hazardous Point Analysis and Safety Control Of Water And Electricity Operation And Maintenance Site	张红松 Zhang Hongsong
093	公路路基施工技术、路基压实质量的控制措施 Control Measures Of Highway Subgrade Construction Technology And Subgrade Compaction Quality	宋吉镇 Song Jizhen
096	电力信息系统现有安全设计方法分析比较 Analysis And Comparison Of The Existing Safety Design Methods Of Electric Power Information System	晏梦林 Yan Menglin
099	人员定位系统在海油工程安全管理中的作用 The Role Of Personnel Positioning System In Safety Management Of Offshore Oil Engineering	魏冕 Wei Mian
102	高速一级公路桥梁施工技术与质量控制研究 Research On Construction Technology And Quality Control Of Highway Bridge	陈勇 Chen Yong

理论与实践 | THEORY AND PRACTICE

105	大数据背景下计量方法的创新与应用 Innovation And Application Of Econometric Methods In The Context Of Big Data	王道芬, 杨莹 Wang Daofen, Yang Ying
108	精细化管理在高校基础建设工程管理中的应用浅析 A Brief Analysis of the Application of Fine Management in the Management of Basic Construction Projects in Universities	高炳琪 Gao Bingqi
110	电网工程“资源统筹、一口对外”协调工作机制构建与实施 Construction and Implementation of the Coordination Mechanism for "Resource Coordination and One Stop External" in Power Grid Engineering	计策, 李先纯, 王向阳 Ji Ce, Li Xianchun, Wang Xiangyang
114	基于 GIS 和遥感技术的永久基本农田保护规划与管理 Planning and Management of Permanent Basic Farmland Protection Based on GIS and Remote Sensing Technology	黄璐 Huang Lu

智能化技术在电力电气设备故障检修中的应用研究

王学阳

贵州织金平远清洁能源有限责任公司, 贵州 毕节 552100

摘 要： 随着科技进步和经济增长的步伐加快，社会对电力系统的依赖日益加深。电力作为推动社会发展的重要动力，其稳定性和可靠性成为人们关注的焦点。电力系统作为现代工业流程中的关键环节，不仅仅是电能的输送中心，更是国民经济运转的心脏。它确保了工业生产的连续性与效率，保障了居民日常生活的便利与舒适。作为世界上最大的发展中国家之一，经济的飞速增长催生了对能源的巨大需求。电力系统因此也必须不断适应新的发展趋势，提高自身的技术水平和服务质量。然而，由于受到诸多因素的影响，电力系统在实际运行过程中出现了许多问题。因此，本文针对电力电气设备检修的现状展开分析，并就智能化技术在电力电气设备故障检修中的应用进行探讨。

关 键 词： 智能化技术；电力电气；故障检修；研究

Research On The Application Of Intelligent Technology In The Troubleshooting Of Power And Electrical Equipment

Wang Xueyang

Guizhou Zhijin Pingyuan Clean Energy Co., Ltd., Guizhou, Bijie 552100

Abstract： With the acceleration of scientific and technological progress and economic growth, the society's dependence on the power system is deepening. As an important driving force for social development, the stability and reliability of electricity have become the focus of attention. As a key link in the modern industrial process, the power system is not only the transmission center of electric energy, but also the heart of the national economy. It ensures the continuity and efficiency of industrial production and guarantees the convenience and comfort of daily life of residents. As one of the largest developing countries in the world, rapid economic growth has created a huge demand for energy. Therefore, the power system must constantly adapt to new development trends and improve its own technical level and service quality. However, due to the influence of many factors, many problems have arisen in the actual operation of the power system. Therefore, this paper analyzes the current situation of power and electrical equipment maintenance, and discusses the application of intelligent technology in power and electrical equipment troubleshooting.

Keywords： intelligent technology; power and electrical; troubleshooting; study

一、引言

电力是我国国民经济发展的基础，对于国家的经济和社会发展具有重要意义。随着社会经济的发展，对电力电气设备的要求越来越高，其使用范围也越来越广。然而，在日常工作中，电力电气设备不可避免地会出现一些故障，这就需要相关人员及时进行检修以确保设备正常运行。由于我国目前正处于快速发展期，科技水平不断提高，智能化技术的应用日益广泛，特别在电力电气设备故障检修中发挥了巨大作用。因此，研究智能化技术在电力电气设备故障检修中的应用显得尤为迫切和必要。

二、当前电力企业电气设备故障检修现状

（一）技术水平提高

随着社会的发展，我国经济建设速度不断加快，电力资源需

求也随之提高。由于电力电气设备在使用过程中出现故障的频率较高，为了保障电力系统的稳定运作，确保人们日常生活和工业生产不受影响，电力部门必须不断提升对电气设备故障的检修效率。通过引进更为先进的故障检测技术，不仅可以快速定位问题所在并及时解决，还能有效预防潜在的安全隐患。随着技术的进步，智能化管理将成为未来发展的重要方向，助力电力企业实现更高水平的自动化和信息化。同时，企业要加大对员工的培训力度，使其熟练掌握检修技术，不断提升检修水平，保障电气设备安全稳定运行。此外，电力企业还要建立完善的故障检修体系，加强对检修工作的监督管理，从而降低故障发生率。

（二）检测手段逐渐丰富

现阶段，电力企业在电气设备检修时主要是通过“经验法”和“试错法”进行检测，由于缺少科学的检测手段，这就导致了在设备维修中存在较多不确定因素。另外，传统的检修手段非常耗时耗力，如果出现故障无法及时检修，将会造成电力系统瘫痪

等严重后果。针对这种情况，我国电力企业应积极引进先进的智能化检修技术，为提高供电质量提供支持。当前，随着科技的不断发展，越来越多的新技术应用到电力电气设备故障检修中，如：基于数据挖掘、图像处理、智能算法、模糊理论等技术的智能诊断技术，能对电气设备故障进行有效预测。这些高新技术的应用，使得故障检修过程变得更加简单，极大降低了检修难度。

（三）与发达国家差距缩小

目前，我国电力企业的电气设备故障检修水平已经能够与发达国家相媲美。随着科学技术的发展，智能化检修技术被广泛应用于电力电气设备检修中，这对提高设备检修效率具有十分积极的意义。在智能化检修系统中，除了利用传统的检修手段外，还加入了大量先进的检测仪器和智能信息处理软件等，通过多学科、多角度全方位地分析故障原因，从而为有效解决问题奠定基础。为了使电力生产更加稳定高效，实现经济效益最大化，相关工作人员应该不断完善智能检测系统，使其能够更好地适应电网现代化的发展需求。

三、智能化技术在电力电气设备故障检修中应用的意义

（一）提升电气设备的稳定性

首先，在智能化技术的运用下，可以通过相关的检测技术和监测技术来对电力电气设备的运行情况进行实时的监控。而这些智能系统的构建以及实际的运维工作都是由电力企业负责的，这也就大大减少了人力成本和物力成本的投入。因此，采纳智能化管理策略，不仅能显著增强电力电气设备的运行稳定性，而且能够有效地促进电力企业在经济上的增长。这种管理模式通过优化资源配置、提高设备效率和减少运营成本等手段，为企业带来了实质性的经济效益提升。

（二）提升检修的精确度

传统的电气设备故障检修工作需要专业的检修人员进行操作，虽然可以保证一定的准确性，但是仍然存在着很大的风险。因为如果检修人员的检修失误，那么可能会导致整个电网的供电中断，甚至还会引发一系列的安全事故。而如果运用了智能化技术，就可以在很大程度上降低这种风险。借助于先进的智能化技术，电力系统能够实时监测并迅速识别设备出现的故障。这些故障信息被迅速地传送到位于云端的服务器，而服务器则为检修人员提供了一个强大的数据分析平台。通过对这些数据的深入挖掘与分析，检修人员可以快速作出决策，进而制定出最合适的检修计划。这种智能化的信息处理和决策支持机制极大提高了故障诊断的准确性和效率，确保了电网的稳定运行和供电的可靠性。

（三）减少人力成本

传统的电力电气设备检修，主要是依靠人力进行检修。这就导致了维修效率不高，在一定程度上影响了企业的经济效益和发展前景。智能化技术的应用，为电力电气设备故障检修工作提供了新的思路和方法，并且可以降低人力成本，提高检修效率。例如：利用计算机系统，可以自动识别故障类型，并根据实际情况采取相应措施，大大减少了人工成本投入。此外，还可以通过远

程监测的方式，实现对电气设备的实时监控和管理，从而保证设备的正常运行。同时，智能诊断技术也可以实现设备状态的预测和评估，提前发现潜在问题，避免突发事件发生，进一步减少了人力成本的投入。总之，智能化检修技术的应用，不仅可以提高检修质量和效率，还可以减少人力成本投入，具有重要的意义。

四、智能化技术在电力电气设备故障检修中应用的阻碍

（一）部分企业缺乏重视

从目前的发展情况来看，很多企业在实际应用智能化技术过程中存在一定的问题，这与部分企业领导对此不够重视有直接关系。由于现阶段电力企业面临着更多的挑战和竞争，因此很多领导并没有意识到智能化检修技术对于电力系统建设的重要性，也没有把它看作是提高电力工作效率、降低工作人员劳动强度的关键所在。在没有对智能化技术深入理解的情况下，企业往往难以发挥这些先进技术带来的潜力。这种不恰当的认识和应用方式可能会导致资源的不必要消耗，甚至是资产的损失。因此，企业在采纳新技术的同时必须进行深思熟虑的规划与实施策略，以确保能够有效利用其潜力，实现业务流程的优化与效率提升。

（二）故障检修设施老化严重

随着科技的发展，电力电气设备在更新速度上也有了很大的提升，因此很多的故障检修设施都出现了老化问题。这主要是因为智能技术的不断发展，使得许多新兴的检测设备进入到电力企业当中，而一些传统的设施则逐渐被淘汰。虽然这些新设备能够提高工作效率，但是由于缺乏经验和实践，导致检修工作的效果并不理想，而且还增加了电力企业的负担。除此之外，有的电力企业为了节约成本，往往会忽略对检修设施的维护，这样就会使检修系统经常处于一种半瘫痪的状态，影响到整个电力系统的运行安全。因此，必须针对这些问题进行改进，保障检修工作的顺利开展。

（三）缺乏相应的检修人才

近年来，随着电力系统的不断发展与进步，对电力电气设备的检修人员提出了更高的要求。因此，只有培养出一批技术过硬、综合素质强的检修人才才能够适应社会经济发展的需要。但是就目前我国的情况来看，电力企业内从事检修工作的人员大多是一些老师傅，他们经验丰富，但不具备很高的专业素养和理论知识，这在一定程度上限制了智能化检修技术的发展。同时，由于科技人才缺乏，很多企业都存在着招人难、留人难的问题，难以招聘到优秀的检修人才。所以，要想提高电力电气设备故障检修效率，首先要做的就是提高员工的技术水平，使其掌握更为先进的智能化技术，以实现对设备的有效维护。

五、智能化技术在电力电气设备故障检修中应用的优化策略

（一）企业加大资金投入，完善基础设施建设

智能化电力电气设备检修过程中，为了提高设备的利用率，

需要企业不断加大资金投入，同时积极完善基础设施建设。一方面，通过增加资金投入力度，可以进一步优化电力系统的管理模式，为智能化技术的应用提供良好的条件。在另一方面，企业有必要将先进的科技融入基础设施的构建之中，通过对现有设施进行深度的整合和升级，实现设备的更新换代。这样做不仅可以提升效能，还能促进智能化技术的进一步发展完善。企业通过这种方式，能够确保它们在竞争激烈的技术环境中保持领先地位，同时也为整个行业带来创新的动力。

（二）推进检修数字化建设

在推动电力电气设备智能化建设的过程中，必须建立完善的数字化管理机制，对设备检修环节进行全面、深入的分析，并采用先进的科学技术和信息技术，逐步构建起适应现代化发展需求的电力系统。具体来讲就是在实现大数据融合的基础上，利用移动互联网平台与云平台来打造智能运维体系，以人工智能算法为核心，对故障预测和诊断技术进行研究，从而有效降低人工干预的数量，提高企业整体的工作效率。此外还需要将 GIS 地理信息系统应用到现场检修中，结合传感器以及自动控制装置等技术，使得整个检修流程更加清晰透明。另外在检修前，还要根据不同地区的实际情况，制定相应的检修方案，提升检修工作的针对性，最终实现检修工作的标准化与规范化。

（三）加强企业间合作，构建统一检修标准

为进一步加强我国电力电气设备检修工作，提升其技术水平，电力企业之间需要不断强化合作，在保障各地区供电稳定性的前提下，构建起统一的检修标准，将设备管理、维修等相关部门进行统筹。此外，为了有效提高电力电气设备的运行质量，还需加大对人才的培养力度，让更多的专业型人才参与到故障检修工作中，并借助计算机和互联网等技术手段，全面提升检修人员的业务能力。最后，在智能化检修工作开展过程中，要以现代科学技术为依托，加强与国外先进企业的交流与合作，引进先进技

术和管理经验，促进自身检修工作水平的不断提升。

（四）提升员工薪资待遇，增强人才引进

我国电力行业的人才流失现象一直都非常严重，不仅是因为电力企业自身的福利待遇不高，同时也和我国社会发展中出现的“唯金钱论”风气有关。对此，电力企业需要采取一系列措施来吸引更多优秀的专业人员加入电力行业中，并为其提供合理、丰厚的薪资待遇。在具体实施过程中，电力企业可以根据员工工作能力与业绩进行薪酬分配，以保证所有员工的劳动价值得到充分体现，使其能够切实感受到自身的价值所在。与此同时，为了进一步增强电力电气设备检修人才队伍的建设力度，相关部门还需要制定相应的激励机制，帮助那些具备一定专业技能的技术人才获得晋升机会，从而将这部分人员留在电力行业中，促进电力行业的健康稳定发展。

六、结语

纵观全局，我们可以清晰地看到，在智能化技术的浪潮中，企业和机构必须对人力资源进行深入的投资与培养。这不仅是提升员工技术能力和综合素质的必要之举，也是确保企业在竞争激烈的市场中保持领先地位的关键所在。为此，企业需要投入更多资金于员工培训，通过提供持续教育和专业发展机会，不断推动技术革新与知识更新。同时，积极引进行业内的顶尖人才，对于填补现有技术空缺、优化团队结构具有不可忽视的作用。这些专业人才的引入，将为企业带来创新思维和实践经验，加速智能化技术的应用和发展。总之，要想在新时代智能化大潮中立于不败之地，就必须重视并深化人员培训，吸引并留住专业人才，并不断投资于基础设施建设，以促进智能化技术在电力电气设备检修领域的广泛应用。这样，我们才能确保电力设备的安全运行，满足日益增长的用电需求，同时维护国家的能源安全和电网的稳定。

参考文献

[1] 郭红兵, 电网关键设备状态监测与故障预警智能应用系统建设. 内蒙古自治区, 内蒙古电力(集团)有限责任公司内蒙古电力科学研究院分公司, 2020-12-22.

[2] 郝宝欣, 郭嵘. 设备运检管理模式探索 [J]. 中国电力企业管理, 2019, (30): 50-51.

[3] 李卫伟, 易祺, 王鹏. 在线监测技术在变电设备中的应用 [J]. 低碳世界, 2018, (10): 116-117. DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2018.10.069.

[4] 李常钊, 王秀毓, 陶智宇, 等. 基于5G技术的电站智能巡检技术及故障诊断应用 [J/OL]. 水力发电学报: 1-13[2024-07-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2241.tv.20240508.1440.002.html>.

[5] 廖瑞金, 罗豪, 成立, 等. 面向数字孪生变压器的计算机辅助运维(CAM+)构架与关键技术 [J]. 高电压技术, 2024, 50(03): 924-940. DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20240153.

[6] 陈婧, 吴鹏. 基于云平台大数据技术的发电设备缺陷统计与预测 [J]. 水电站机电技术, 2023, 46(12): 62-64+156. DOI: 10.13599/j.cnki.11-5130.2023.12.019.

[7] 张顺, 卞涛, 李勇. 基于多源数据融合分析的智能煤矿设备健康保障与远程会诊中心建设应用与研究 [J]. 中国矿业, 2023, 32(S2): 67-72.

[8] 刘品池. 变电站设备热故障诊断方法在抚顺电网的应用研究 [D]. 沈阳农业大学, 2023. DOI: 10.27327/d.cnki.gshnu.2023.000463.

[9] 吴传航. 基于电气量和开关量的电网故障诊断方法研究 [D]. 中国矿业大学, 2024. DOI: 10.27623/d.cnki.gzkyu.2023.002268.

[10] 吴传航. 基于电气量和开关量的电网故障诊断方法研究 [D]. 中国矿业大学, 2024. DOI: 10.27623/d.cnki.gzkyu.2023.002268.

PLC技术在矿山机电控制中应用研究

李伟, 王勃, 曹玉志

河北钢铁集团矿业有限公司机电检修分公司, 河北 唐山 063000

摘 要 : PLC技术在矿山机电控制中始终发挥着不可替代的关键作用, 如何立足矿山机电控制目标、方法、要求, 强化对PLC技术的高效化、经济化运用, 备受业内关注。基于此, 本文首先介绍了PLC技术的内涵, 分析了其在现代矿山机电控制中的多项优势特性。在该基础上, 从提升机与运胶带机等方面探讨了PLC技术在矿山机电控制中的具体应用路径, 最后结合相关实践经验, 检验探讨了基于PLC技术的矿山机电控制系统构建路径, 阐述了个人对此的几点浅见。

关 键 词 : PLC技术; 矿山机电; 自动控制; 应用策略

Research On The Application Of Plc Technology In Mine Electromechanical Control

Li Wei, Wang Bo, Cao Yuzhi

Mechanical and Electrical Maintenance Branch of Hebei Iron and Steel Group Mining Co., LTD., Hebei, Tangshan 063000

Abstract : PLC technology has always played an irreplaceable key role in mine electromechanical control. How to base on mine electromechanical control objectives, methods, requirements, and strengthen the efficient and economical application of PLC technology has attracted much attention in the industry. Based on this, this paper first introduces the connotation of PLC technology, and analyzes its many advantages in modern mine electromechanical control. On this basis, the specific application path of PLC technology in mine electromechanical control is discussed from the aspects of hoist and belt conveyor, etc. Finally, combined with relevant practical experience, the construction path of mine electromechanical control system based on PLC technology is examined and discussed, and some personal opinions on this are expounded.

Keywords : PLC technology; mining machinery; automatic control; application strategy

引言:

矿山机电设备的工况状态与实际效能关乎矿山生产作业效益, 迫切需要更为系统完善的技术方法予以科学高效控制。在矿山机电控制目标导向下, PLC技术的现实应用价值不容忽视, 技术人员应强化技术应用导向, 构建系统完善控制体系, 全面提高矿山机电控制综合效能。

一、PLC技术的内涵

PLC即可编程逻辑控制器, 属于数字运算操作电子系统范畴, 主要应用于工业生产控制环境。按照PLC技术的一般逻辑性要求, 其可根据实际应用环境执行逻辑运算、顺序控制、定时计数等指令信息, 同步实现相应功能^[1]。随着现代控制技术理论的日臻成熟, PLC技术在实践应用领域的系统性和完整性更加突出, 与多类型机械设备管理控制的精细化要求具有高度契合性, 可在更短时间内完成更多数量的设备控制任务, 高效服务于工业生产。在矿山机电控制中, PLC技术可将整个控制过程细分为多个子过程。

二、机电控制中PLC技术的特性分析

(一) 逻辑处理速度快

在现代云指令操作条件下, PLC技术的数据处理效率更高, 可在瞬间处理成千上万条数据信息, 满足快节奏、连续性的矿山机电控制要求, 这得益于其独有的逻辑方法体系。PLC技术可结合相应函数方法, 促进终端系统的数据输出, 在多端口数据之间保持高度关联与共享, 保持对数据传输与数据处理全过程的实时监视, 确保数据逻辑处理效果符合要求。矿山机电控制对协同性具有较高要求, 而PLC技术则可通过其整体性结构优势, 对数据字段信息保持优化管控, 从而高效完成信息采集、量化和编码^[2-3]。

作者简介: 李伟 (1983.04), 男, 汉族, 籍贯: 河北唐山乐亭, 现就职于: 河北钢铁集团矿业有限公司机电检修分公司, 工程师, 本科, 研究方向: 电气工程及其自动化。

（二）安全配置高

矿山机电控制对 PLC 技术应用的安全性具有较高要求，如何根据机电类型与控制要求，增强控制过程的安全性，关乎矿山机电设备的整体运行效益。从 PLC 技术应用的整个过程来看，由于其采用电隔离工作模式，可在逻辑控制中保持数据信息与指令信息的一致性，使同一传输路径上的数据安全性更高，同时防止强电磁波对机电控制效果形成的扰动影响。通过设置必要的信息监控周期，将数据传输速率控制在系统允许范围内，防止丢失所存储的数据，降低机电设备故障发生率，并按照既定要求触发特定响应指令。

（三）操作灵活性强

按照 PLC 技术应用的基本要求，其在矿山机电控制中的应用可完成设备设置、安装调试和编程计算等多项功能，在集成电路板和二极管数据块等构成单元辅助作用下，保持高效灵活的操作状态。在一次性连接模式过程中，PLC 技术可根据矿山机电要求进行灵活编程，不仅可有效减少低级内存占用，而且还可运用其他语言进行定向替换。也正是因此，PLC 技术在矿山机电控制中的功能更加多元化，对机电设备温度参数、位置参数和故障信息参数等保持过程管控，同步降低设备能耗^[4]。

三、PLC 技术在矿山机电控制中的具体应用路径

（一）在矿山机电系统提升机中的应用

纵观以往传统模式下的矿山机电系统提升机运作过程，当其工作速度达到特定条件时，其功率同样快速升高，所需消耗的电量更高，且会放大设备运行故障概率。在 PLC 技术应用中，可对提升机的整个运行状态保持有效监测与调控，将其整体负荷控制在设备系统可承受范围内，防止工作速度和功率超标异常等状态，最大限度上保持提升机的最优状态^[5]。在矿山机电系统提升机的特定位置配置性能稳定的重力传感器，对其所承载的物体重量进行过程性监控，构造 PLC 启动器驱动系统运行，从而在有效范围内改变提升机动力供应。随着提升机运行环境的复杂化，PLC 技术还可辅助调整齿轮与链条之间的摩擦力，实现全载全自动提升。

（二）胶带输送机改造

从电液一体化的角度出发，矿山机电控制系统的构造性更加明显，包括盘式装置等在内的各类系统构成部分可在高强度环境下保持高效运转。在整个运行过程中，胶带输送机可完成矿物质的空间转移，若不注重其制动扭矩的动态管控，则势必会影响制动衬块和制动盘的衔接匹配效果。通过引入 PLC 技术，胶带输送机则可根据实时工况状态自动发布指令信息，系统设备结合不同指令信息执行相应操作，比如降低系统油压，保持系统运行安全。随着矿山机电设备的大型化发展，可利用 PLC 技术的逻辑效用，匹配性能可靠的速度监测传感器等装置，高效完成自动制动响应，使胶带输送机平稳减速，降低电动液压冲击强度。

（三）井下风门的自动启闭

按照传统启闭方式，矿山生产作业中的井下风门通常以手动方

式为主，不仅面临着较高负压强度，启闭劳动消耗较高，而且还容易造成启闭困难，甚至造成风门加剧损毁。在 PLC 技术支持下，可根据矿山生产运输车辆行进状态，利用可编程控制器保持对井下风门的启闭控制，当感应监测距离满足约束条件时，则执行相应启动响应指令，降低开启强度系数^[6]。同时，采用两位五通双控制电磁阀等装置，保持对井下风门两侧之间压差的动态监测与控制，发挥活塞反向移动功能，实现风门自动启闭效果。为保证上述效果的稳定性，应对可编程控制器功能进行充分有效调试，以保持控制信号在有效范围内的实际功能，保证设备正常运行。

（四）空气压缩机群组的微机监控系统

作为矿山开采中的主要动力设备之一，空气压缩机在系统中的效用至关重要。在传统技术条件下，空气压缩机的控制形式大多为继电器控制系统，该种形式的持续性往往相对不足，且故障率同样相对较高。在 PLC 技术下，可搭建基于动态过程控制的微机监控系统，实现对空气压缩机群组实时状态的监测控制，将机群温度参数、压力参数、电能参数等控制在最优范围内，提升空气压缩机运行平稳性，更好地为矿山生产输出动力强度。从以往实践来看，PLC 技术可覆盖温度变化控制系统、压力变送器、断水装置等多构成部分，兼具温度监测检验和控制等功能，便于将周围环境信号发送到编程控制器，提升矿山设备运行的持续性。

（五）选厂集控系统优化

选厂集控系统运行应具备经济性和协同性，以数据逻辑控制模式为主，在多环节、多阶段与多设备之间保持有效关联。按照 PLC 技术的一般应用规则，选厂集控系统可构造闭环运行机制，所有矿山机电设备数据信息均在该闭环体系中保持关联、交换与共享，配合工艺过程模拟检测参数，形成性能更加稳定的分布式控制系统。在 PLC 技术支持下，将选厂集控系统的各项构成要素合理分布在厂房车间、配电室、车间筛分车间配电室等指定位置，再通过系统运行方式进行有效关联。以矿井排水机电设备为例，基于 PLC 技术的集控系统可优化排水管安装调整状态，为矿井开采作业提供安全保障^[7]。

四、基于 PLC 技术的矿山机电控制系统构建研究

（一）单元模块

1. 输入模块

输入模块的作用在于识别并读取矿山机电控制系统的工况状态信息，通过工业控制模式的优化运用完成信息输入。在信息输入完成后，通过彩排连接线等装置构造输入通道，保持数字量和开关量的动态控制，为后续系统优化升级改造提供良好基础条件。在数据信息输入过程中，应注重对 PLC 技术环境下的冗余信息进行识别并剔除，这需要运用模拟输入器件的辅助作用，以满足输入点数要求。准确界定 PLC 技术环境下矿山机电控制系统信息输入规则，排除偏差数据信息影响。

2. 输出模块

矿山机电控制系统根据输入信息的类型与特点，通过信息识别与转换单元模块，对相应信息进行转换处理，将原有输入信号

转换为可供系统识别的光电信号，以输出开关数字量的方式保持驱动负载。基于 PLC 技术的矿山机电控制系统输出模块的构造性效果比较明显，普通输出点需要综合多元化方式调整实际负载，同时对用户设计的程序作出验证。结合矿山生产作业的现实需求，对既有机电控制系统进行 PLC 改造，消除潜在扰动因素影响，保持控制逻辑的准确性。

3. 电源模块

电源模块在矿山继电控制系统中发挥着电源供应与保障作用，其稳定性与可靠性关乎系统整体运行效能。一方面，可采用交流输入继电器输出型电源，与 PLC 技术控制器之间保持弹性空间，设置特定数量的交流开关，使 PLC 电源输入端子更加稳定。另一方面，配备供模拟负载使用的直流稳压电源，保持与 PLC 电源输入端子的有效连接，保持交流输入与控制系统输入端相连。设置电源抗干扰功能，准确识别电源模块的干扰因素，构建防干扰屏障，确保电源电压电流的恒定状态^[8-9]。

（二）可靠性设计

为增强矿山机电控制系统的可靠性，应在事前准确识别可能影响系统运行稳定性的各类要素，从系统设计流程与规则方面、软硬件配置方面与系统抗干扰方面着手，消除潜在因素。从干扰形式层面而言，PLC 技术所面临的干扰通常包括内部干扰和外部干扰等两种类型，二者的构造方式与干扰路径明显不同，需针对不同外界信号选择最为适配的模块模板，保持电磁阀和交流接

触器的工况稳定。采用屏蔽电缆和信号隔离器等，配合专用接地方式，屏蔽电磁干扰。

（三）PLC 通信

PLC 通信方式多种多样，以串行通信接口为主要载体的通信方式性能稳定，应用状态更加成熟，且可在总线插线、数据缓冲、串口驱动器、串行接口之间利用数据线进行连接。PLC 通信的过程同时也是实现数据信息交换的过程，可根据可编程逻辑控制方法要求，编写通信协议程序，明确细化通信数据交换标准，使各类数据在统一标准下保持快速高效通信^[10]。采用上位连接通信方法，在主站与从站之间形成逐帧通信关系，满足数据格式一致与波特率一致的现实要求。

五、结语

综上所述，PLC 技术的核心优势特点决定了其在矿山机电控制中的关键地位。因此，技术人员应宏观审视 PLC 技术的内在特性，精准把握其在矿山机电控制中的技术路径，搭建基于系统化、规范化与流程化的技术控制系统，强化对矿山机电设备工况状态的动态监控，有效衔接数字化技术与自动化技术等实践方法，持续优化对矿山机电设备的参数管控，为全面实现 PLC 技术的预期价值奠定基础，为促进矿山生产事业迈向更高层次创造良好基础条件。

参考文献

[1] 朱宇诚. 浅谈 PLC 在镍氢电池极片自动裁切机电气控制系统中的应用 [J]. 电气技术与经济, 2024, (05) : 127-129.

[2] 王得宏. 探究 PLC 技术在矿山机电自动化控制中的应用研究 [J]. 世界有色金属, 2018(04):53+55.

[3] 李堃. 基于 PLC 技术的电气设备连接线自动控制措施研究 [J]. 造纸装备及材料 (电子版), 2024, 53 (04) : 46-48.

[4] 柏正果. PLC 技术在矿山机电控制中应用分析 [J]. 科协论坛 (下半月), 2013(07):43-44.

[5] 张继伟. 基于 PLC 与组态技术的电气设备异常运行状态检测方法 [J]. 自动化与仪器仪表, 2024, (01) : 214-217.

[6] 闫志敏. PLC 技术在矿山机电控制中的应用研究 [J]. 机械管理开发, 2017, 32(12):127-128+138.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2017.12.55.

[7] 谢欢. 基于 PLC 控制的机电一体化设备的安装及调试探析 [J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5 (10) : 47-48+77.

[8] 吴君. PLC 技术在矿山机电控制中的应用研究 [J]. 科技风, 2021(07):71-72.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.202107034.

[9] 宋雪峰. 矿山机电控制中 PLC 技术的应用研究 [J]. 矿业装备, 2019(02):46-47.

[10] 张洪海, 龚清正, 朱帆. 工业创新背景下机电控制工程中自动控制技术的应用研究 [J]. 造纸装备及材料, 2023, 52 (01) : 29-31.

石油天然气管道改线施工管理的优化策略

李一钊, 曹俊杰, 肖增虎, 王钰琦, 李建鹏
国家管网集团甘肃输油气分公司, 甘肃 兰州 730000

摘要: 本文旨在深入探讨石油天然气管道改线施工管理的优化策略, 通过对其特点、现状和影响因素的全面分析, 提出一系列针对性的优化原则和策略, 并结合实际案例进行验证, 以期对相关领域的发展提供有益的参考和借鉴。

关键词: 石油天然气管道; 改线施工管理; 优化策略

Optimization Strategies for Construction Management of Oil and Gas Pipeline Relocation

Li Yizhao, Cao Junjie, Xiao Zenghu, Wang Yuqi, Li Jianpeng
Gansu Oil and Gas Transmission Branch of National Pipeline Network Group, Gansu, Lanzhou 730000

Abstract: This article aims to deeply explore the optimization strategies for the construction management of oil and gas pipeline rerouting. Through a comprehensive analysis of its characteristics, current situation, and influencing factors, a series of targeted optimization principles and strategies are proposed and verified in combination with practical cases, with the expectation of providing useful references and lessons for the development of related fields.

Keywords: oil and gas pipelines; construction management of pipeline rerouting; optimization strategies

一、引言

(一) 研究背景

随着国家经济建设水平提高及城市发展, 社会对石油天然气需求增加, 城市建设与管道运营安全的矛盾日益增加。石油企业为满足社会石油天然气资源需求及城市发展需要, 对临近城市周边的石油天然气管道改线施工给予相应重视, 针对施工过程中存在的问题提出针对性解决方式, 分析石油天然气管道施工现状, 现代石油天然气管道改线施工工程量增加, 保证施工质量需优化施工管理方式, 应用先进技术提升管道建设工作水平。

(二) 研究目的

本研究旨在针对石油天然气管道改线施工管理中存在的问题, 提出一系列优化策略, 以提高施工管理的效率和质量, 确保改线施工的顺利进行, 保障能源运输的安全和稳定。

(三) 研究的意义

优化石油天然气管道改线施工管理策略具有重要意义。首先, 能够显著提高施工效率, 减少施工周期, 降低成本。其次, 有助于保障施工质量, 减少因施工质量问题导致的管道泄漏等安全隐患。此外, 还能增强对施工过程中各种风险的应对能力, 保障人员和设施的安全, 促进能源行业的可持续发展。

二、石油天然气管道改线施工管理的特点与现状

(一) 改线施工管理的特点

石油天然气管道改线施工具有复杂性、专业性和风险性等显

著特点。复杂性体现在改线施工往往涉及多个部门和专业领域的协同工作, 包括工程设计、施工技术、安全管理、环境保护等。专业性要求施工人员具备丰富的管道工程知识和经验, 熟悉相关标准和规范。风险性则主要源于施工过程中可能面临的管道泄漏、火灾爆炸、环境污染等重大安全和环保事故。

(二) 改线施工管理的现状

目前, 石油天然气管道改线施工管理存在一些问题。在规划方面, 部分改线方案缺乏全面的前期调研和科学的论证, 导致规划不合理, 影响施工进度和质量。技术应用方面, 一些施工单位仍采用传统的施工技术, 未能充分利用先进的技术手段, 如数字化建模、智能化监测等, 导致施工效率低下, 质量难以保证。进行油气管道改线建设过程中, 施工工序和实际情况严重不符通常在施工结束之后产生巨大的波动性^[1], 如石油天然气管道改线建设过程中, 存在大量的隐蔽工程, 具体实施过程中为保证建设施工安全, 需要将检测工作深入完善, 而石油天然气施工环境非常恶劣, 检测结果精确程度不足, 给管道施工中埋下隐患, 降低管道质量。此外, 管理协调不畅也是常见问题, 各参与方之间信息沟通不及时、职责划分不明确, 容易出现推诿扯皮现象, 影响施工的顺利进行。

三、影响石油天然气管道改线施工管理的因素

(一) 外部环境因素

地理条件是影响改线施工管理的重要外部环境因素之一。复杂的地形地貌, 如高山、河流、沼泽等, 给施工带来了巨大的难

度，增加了施工成本和风险。气候因素也不容忽视，恶劣的天气条件，如暴雨、暴雪、高温等，会影响施工进度和质量，甚至可能导致施工暂停。周边设施如其他管道、电缆、建筑物等的存在，也会增加施工的复杂性和风险，需要在施工前进行详细的勘察和规划。

（二）内部管理因素

管理体制不完善是内部管理中的突出问题。部分施工单位管理流程不清晰，职责划分不明确，导致决策效率低下，问题处理不及时。人员素质参差不齐，一些施工人员缺乏专业知识和技能，安全意识淡薄，影响了施工质量和安全。技术水平的高低也直接影响施工管理，先进技术的应用不足，导致施工效率和质量难以提升。

（三）法律法规因素

相关法律法规对石油天然气管道改线施工管理具有重要的约束和保障作用。法律法规明确了施工单位的责任和义务，规范了施工流程和标准，保障了施工过程中的安全和环保要求。然而，部分法律法规可能存在滞后性，不能完全适应新技术、新工艺的发展，需要不断完善和更新。同时，施工单位对法律法规的执行力度也存在差异，一些单位为了追求进度和效益，可能会忽视法律法规的要求，导致违规操作。

四、石油天然气管道改线施工管理的优化原则

（一）安全第一原则

在石油天然气管道改线施工中，安全始终是首要原则。施工过程中，必须确保人员的生命安全和设备的正常运行。要建立完善的安全生产管理制度，加强安全教育培训，增强施工人员的安全意识。同时，配备必要的安全防护设备和应急救援设施，制定切实可行的应急预案，定期进行演练，以应对可能出现的安全事故。

（二）质量优先原则

质量是改线施工的核心，必须严格把控施工质量。在施工前，要进行充分的设计和规划，确保方案的科学性和合理性。施工过程中，要加强对原材料、构配件和施工工艺的质量控制，严格按照标准和规范进行操作。加强质量检验和验收工作，对每一道工序都要进行严格的检查，确保质量符合要求。

（三）效益最大化原则

在保证施工安全和质量的前提下，要追求效益的最大化。通过合理的规划和设计，优化施工流程，降低施工成本。充分利用先进的技术和设备，提高施工效率。同时，加强对施工进度管理，避免因延误工期而增加成本。注重资源的合理配置，避免浪费，实现经济效益和社会效益的统一。

五、石油天然气管道改线施工管理的优化策略

（一）外部因素优化

1. 规划与设计

进行充分的前期调研，详细了解管道现状、周边环境和改线

需求。运用先进的设计软件和技术，如三维建模、模拟分析等，制定科学合理的改线规划和设计方案。注重方案的可行性和经济性，充分考虑施工难度、成本和对周边环境的影响。加强与相关部门和单位的沟通协调，确保方案得到各方的认可和支持。

2. 施工技术

积极引进和应用先进的施工技术，如非开挖技术、定向钻技术等，减少对周边环境的破坏和对交通的影响。推广自动化焊接技术，提高焊接质量和效率。利用智能化监测设备，实时监测施工过程中的参数和质量指标，及时发现问题并进行处理。加强对新技术的培训和学习，提高施工人员的技术水平和操作能力。

（二）内部管理优化

1. 人员管理

加强施工人员的招聘和选拔，确保其具备相应的专业知识和技能。定期组织培训和学习活动，不断提升施工人员的业务水平和综合素质。建立健全激励机制，奖励优秀员工，激发员工的积极性和创造性。加强团队建设，营造良好的工作氛围，增强团队的凝聚力和战斗力。

2. 管材管理

首先对施工原材料进行控制，材料采购过程中，结合石油管道施工具体情况对原料选择，采购人员对市场上的材料进行对比，从质量，价格等多个方面出发进行原料选择，必要时对所需管材或特殊管件进行驻厂监造，并对质量证书进行检查^[2]。施工管材带有三层PE防腐层的钢管运输时，防腐管底部应采用2道以上柔性支撑垫起。防腐管装卸应使用专用吊具，不应摔、撞、磕、碰损坏防腐层，不应采用撬、滚、滑等损伤防腐层的方法装卸和移动防腐管。防腐管材现场堆放时，应按钢管的防腐等级和壁厚分别码放，选择在地势平坦、远离架空线路、方便施工的地方。施工前首先应对管材防腐层进行外观检查，防腐层应平滑、无暗泡、皱折、裂纹；其次采用电火花检漏仪对防腐管逐根进行检查，无漏点为合格；最后采用防腐层测厚仪对管材防腐层厚度进行测试，防腐的最小厚度应满足相关防腐涂层规范要求。管材焊接过程中，管口两侧应采取保护措施，以防止飞溅灼伤防腐层表面。焊接完成后，应对焊口进行除锈、防腐处理，现场防腐作业人员上岗前需经专业技能培训，做到持证上岗，施工人员能熟练掌握该工程的设计要求、防腐结构等级、施工方法和质量标准。焊口防腐完成后，应进行外观检查，热收缩套（带）表面应光滑平整、无折皱、无气泡、涂层两端坡角处与热缩套（带）贴合紧密，无空隙、表面无烧焦碳化现象，四周应有底胶均匀溢出；焊口防腐层厚度、搭接宽度、剥离强度应符合相关标准要求，电火花检漏以无针孔为合格。

3. 设备管理

施工企业工作需要相关设备来保证施工质量和施工效率，施工过程中，工作人员使用设备时需严格按照设备操作规范进行使用。管理制度把控下，设备检定和校准工作是保证施工质量的重要步骤，管理人员为保证施工设备的应用水平，需严格遵守相关操作流程，不能够因小失大。有效提升质量管理工作，需对设备使用的每一道工序进行把控，提高施工质量，按照关键质量控制

点设置需经常对施工工序进行检查、抽检，强化工程管理质量，保证施工步骤稳步推进。

4. 施工过程管理

施工图纸设计完成之后，在测量放线过程中，将工作步骤进行变更，使得施工单位对桩位，特殊地形信息，进行详细了解。施工过程中需对建筑物和植物进行清点，并记录下来，施工作业范围内，整理施工现场，对于作业内电力、水利、建筑加以保护，线路控制桩如果有损害的话需要立即补桩。管材验收符合业主需求，布管工作人员需对管材进行测量，防止管材长度无法满足施工长度，布管过程中，对测量数据进行记录，不同壁厚、材质、不同防腐等级的管材要与设计图纸进行核对，布管之后进行复查，经过现场施工监理人员确认之后，才能够进行下一道施工工序。管道焊接和验收标准需严格按照国家要求进行。焊接方案向业主报备。施工之前根据焊接工艺建立焊接质量管理体系，根据业主批复焊接要求对焊接技术人员进行专门培训，保证焊接人员技术水平能够达到施工要求。参加施工的焊接技术人员必须具有相应的资格证书，施工过程需经现场监理工程师认可，焊口缺陷修补，反修，也应该严格遵守国家要求。无损检测在业主批准工程施工标准下进行，质量监管人员需做好相关记录，最后进行防腐补口和焊口测量工作。管沟开挖，管子下沟，回填，施工单位按照设计要求进行管沟开挖，完毕之后，施工单位应根据设计要求进行自检。自检合格之后向管道安装单位和监理提交申请报告，监理和管道安装单位收到申请之后，及时组织检查验收，验收成功之后办理交接手续，并填写管沟开挖施工验收记录，测量管子埋深，做好相应工作记录。

（三）规范管理优化

1. 风险管理

建立完善的风险识别和评估体系，对施工过程中的各类风险

进行全面、系统的识别和评估。制定针对性的风险应对措施，如风险规避、风险减轻、风险转移和风险接受等。加强对风险的监控和预警，及时发现和处理风险事件。建立风险应急预案，提高应对突发事件的能力。

2. 监督与评估

建立健全监督体系，加强对施工过程的全方位监督。明确监督职责和权限，加强对施工质量、安全、进度和成本的监督检查。定期对施工管理进行评估，总结经验教训，及时发现问题并进行整改。引入第三方评估机构，确保评估的公正性和客观性。

六、结论

通过对石油天然气管道改线施工管理的优化策略研究，得出以下结论：优化规划与设计、施工技术、人员管理、风险管理和监督评估等方面，能够显著提高改线施工管理的水平，保障施工的安全、质量和进度，实现效益的最大化。

结束语

随着科技的不断进步和管理理念的创新，石油天然气管道改线施工管理将朝着智能化、数字化、绿色化的方向发展。管道管理技术研究需根据实际工作内容，结合管道勘察设计、施工管理经验，还应结合施工管理技术，建立新时代的石油天然气施工管理体系。未来，将更加注重利用大数据、人工智能等技术手段，实现对施工过程的精准控制和智能化管理。同时，将进一步加强环境保护和可持续发展，推动石油天然气行业的高质量发展。

参考文献

[1] 易明慧. 长输天然气管道在沉管穿越施工中的安全管控分析 [J]. 天然气与石油, 2020, 038(001):108-112.
[2] 王纬. 石油天然气管道建设施工质量管理方案 [J]. 化工设计通讯, 2020, v.46;No.216(06):46-47.
[3] 王辉. 石油天然气管道施工管理的探讨 [J]. 化工管理, 2023(15): 128-130.
[4] 张宇. 石油天然气管道改线工程施工技术探讨 [J]. 石油石化物资采购, 2022(19): 101-103.
[5] 李华. 浅析石油天然气管道施工的安全管理 [J]. 工程技术研究, 2021(12): 178-179.
[6] 赵刚. 石油天然气管道工程施工质量管理探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020(18): 42-43.
[7] 刘敏. 石油天然气管道施工中的风险管理 [J]. 现代经济信息, 2019(17): 335.
[8] 陈强. 石油天然气管道工程施工技术及质量控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.
[9] 孙晓东. 石油天然气管道工程建设项目管理手册 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2017.
[10] 周伟. 石油天然气管道施工技术及质量控制要点分析 [J]. 石化技术, 2016(05): 188.

浅析脱硝 SNCR 尿素溶液对锅炉水冷壁管 腐蚀分析及防范措施

谢国江

国家电投集团贵州金元股份有限公司纳雍发电总厂, 贵州 纳雍 553300

摘 要 : 纳雍一厂锅炉脱硝 SNCR 尿素溶液对水冷壁管腐蚀原因进行研究分析, 结论表明尿素喷枪下方水冷壁减薄的异常现象的主要尿素溶液腐蚀, 脱硝 SNCR 尿素喷枪滴漏的尿素溶液在高温水冷壁管表面上和水冷壁管鳍片焊趾处为水冷壁管的腐蚀提供了介质条件, 导致水冷壁管腐蚀减薄。全面分析水冷壁异常原因, 制定防范措施, 从而解决尿素腐蚀水冷壁管的难题。

关 键 词 : 脱硝; SNCR 尿素喷枪; 水冷壁; 腐蚀

Analysis And Preventive Measures Of Sncr Urea Solution For Denitrification On Corrosion Of Boiler Water-Cooled Wall Tubes

Xie Guojiang

State Power Investment Group Guizhou Jinyuan Co., Ltd. Nayong Power Plant, Guizhou, Nayong 553300

Abstract : A study and analysis were conducted on the corrosion of water-cooled wall tubes caused by SNCR urea solution for boiler denitrification in Nayong No. 1 Factory. The conclusion showed that the main cause of the abnormal phenomenon of thinning of water-cooled wall tubes below the urea spray gun was urea solution corrosion. The urea solution leaked by the SNCR urea spray gun provided a medium condition for the corrosion of water-cooled wall tubes on the surface of high-temperature water-cooled wall tubes and at the weld toe of water-cooled wall tube fins, leading to thinning of water-cooled wall tubes. Comprehensively analyze the causes of abnormal water-cooled walls, formulate preventive measures, and solve the problem of urea corrosion of water-cooled wall pipes.

Keywords : denitrification; SNCR urea spray gun; water-cooled wall; corrosion

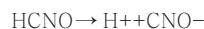
一、前言

纳雍电厂一厂现有机组4台单机容量为300MW机组, 总装机容量为1200MW。1、2号锅炉采用了美国CE燃烧工程公司的引进技术设计。锅炉为亚临界压力一次中间再热自然循环锅炉, 3、4号锅炉为1025t/h亚临界压力一次中间再热自然循环锅炉, 2020年9月底, 4台30万机组全部完成超低排放改造, 脱硝工艺主要采取脱硝SNCR+SCR。脱硝SCR的还原剂主要通过尿素水解制氨提供, 脱硝SNCR还原剂主要采用浓度为40%~50%尿素溶液。

二、尿素溶液对锅炉水冷壁的腐蚀机理分析

在SNCR烟气脱硝工艺中, 通常采用氨水或尿素溶液作为脱硝剂, 直接喷入高温烟气中与烟气中的NO_x反应生成N₂而达到脱硝的目的。尿素并不会对锅炉炉管产生腐蚀作用, 但尿素溶液的水解物和热分解物却对炉管有很强的腐蚀作用(详见图1)。

尿素的水解反应:



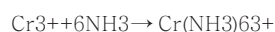
HCNO是一种弱酸, CNO⁻是一种在酸性条件下具有很强配位能力的络合剂, 能与铁离子形成配合物而加速保护膜的破坏。

尿素的热分解反应:



采用20G碳素钢, 高温作用下会在其表面生成FeO、Fe₂O₃、Fe₃O₄等保护性氧化物膜。正常情况下, 喷入炉膛烟气中的尿素溶液受热分解为氨气和二氧化碳, 不会对炉管造成严重的腐蚀, 如果尿素喷入管设计不当, 就会有尿素溶液直接淋在炉管表面。在温度作用下, 尿素生成的酸性HCNO与炉管表面的氧化物直接发生化学反应, CNO⁻的强配位能力又加速了化学腐蚀的过程。同时, 尿素受热分解出的NH₃具有多重腐蚀效果。一方面, NH₃是一种较强的配位体, 可以与20G碳素钢中的铬产生络合反应加速腐蚀; 另一方面, NH₃会破坏保护膜与基体金属之间的双电荷平衡结构, 降低了电极电位, 更容易发生腐蚀。

氨的配位反应:



配位反应发生以后, 导致晶相组织间铬元素含量的不一致,

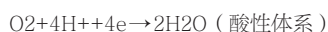
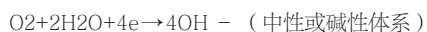
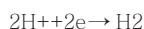
从而进一步引发贫铬晶间腐蚀。

有氧参与的电化学腐蚀过程：

阳极，金属溶解变成金属离子进入溶液中；

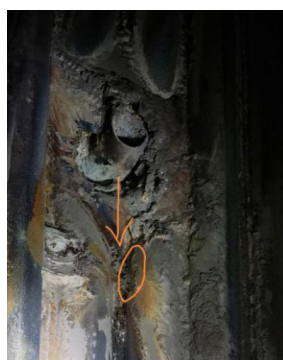
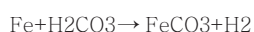
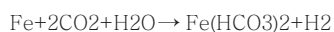


阴极，电子被溶液中的 H^+ 和 O_2 结合；



炉管表面分解生成的 NH_3 与烟气中的 SO_2 、 SO_3 反应生成亚硫酸铵、硫酸铵及烟气中的灰尘形成污垢覆盖在炉管表面，破坏了炉管与烟气之间的介质平衡状态，造成垢下腐蚀。

低温酸性条件下 CO_2 对炉管也会造成腐蚀作用。炉管表面的水溶液吸收烟气中的 CO_2 形成碳酸可直接腐蚀炉管。



> 图1



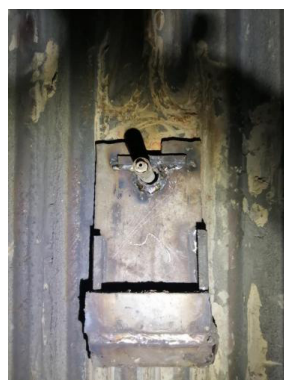
> 图2

三、结论及措施

通过上述尿素溶液对锅炉水冷壁的腐蚀机理分析，不难发现，尿素喷枪在投运过程中只要发生尿素喷枪堵塞，压力不足，喷头损坏，喷枪投运不到位，都会导致尿素溶液直接滴漏在水冷壁管表面，从而引起高温状态下水冷壁的表面腐蚀，要想彻底解决受热面的腐蚀问题，必须解决喷口周围尿素水溶液的雾化、飞溅、滴落的问题。为此，必须对脱硝 SNCR 尿素喷射系统进行优化改造，防止尿素水溶液对水冷壁管的腐蚀。经过不断的摸索和研究实践，目前我厂主要采取了以下几种应对措施，并在实践中彻底解决了尿素溶液对水冷壁管的腐蚀问题：

1. 全面升级喷枪结构及选择合理有效的安装位置，优化尿素溶液的雾化形式，克服喷枪的雾化缺陷，可有效降低腐蚀的发生几率，解决喷枪滴漏问题。喷枪布置点选取在方便定期拆出检查检修喷枪合适的位置处。尿素喷枪喷头端应选用碳化硅等耐磨耐高温材料，能有效长期稳定投入运行，让尿素溶液随烟气流到管壁时已被完全汽化，不会对管壁造成腐蚀。即使未完全汽化，喷到管壁上面积要小得多。其次，喷枪在安装时，呈下倾5度安装，其主要作用是防止溶液堆积在喷枪内部结晶，导致喷枪内部堵塞，影响喷枪雾化效果或无法喷射。

2. 喷枪部位的正下方上加装防护装置，目前我厂自主设计制作防护装置（详见图2），材质选用310S耐高温不锈钢，长280mm，宽120mm，厚度10mm，装置边缘两边为防止不锈钢板高温下产生形变，焊接筋条，增加其抗形变强度。在其底部满焊一块长120mm，宽30mm不锈钢板，与护板成45度夹角焊接，形成接液槽，其作用是承接尿素喷枪在喷射过程中因喷头缺陷或喷射系统压力不足造成滴漏的尿素溶液，接液槽中的积液经过高温蒸发，能有效避免尿素溶液直接接触水冷壁管导致腐蚀。喷枪喷射尿素溶液呈喇叭口喷射柱状，宽度大约20mm，并非分散雾状，防护装置的防护面积足够保护周边水冷壁不受尿素腐蚀。其安装效果如图2所示。



3. 由于尿素喷枪外部设计有固定式保护外套管，用于保护枪管不被高温烧损，如果尿素喷枪在到喷射位置就开始开启尿素溶液进口电动门，尿素溶液喷射到外套管内壁形成反射，进而形成液滴流至喷枪下方水冷壁管表面形成腐蚀。优化尿素喷射系统的投运逻辑方式，确保各只喷枪进到喷射位置后才能打开尿素进口总门；喷枪退出运行时需延迟2秒后才能退出，确保管道内部的尿素溶液吹扫干净。

4. 由于尿素喷枪的喷头与喷枪是螺纹连接，在高温状态下，喷头的密封件容易老化或者受损，造成尿素溶液滴漏或者无规则喷射至喷枪下方或四周的水冷壁管表面，从而造成腐蚀。制定检查方案，定期进行喷射系统的专项检查和喷雾试验（如图3所示），确保喷射系统正常稳定投运。检查项目如下：

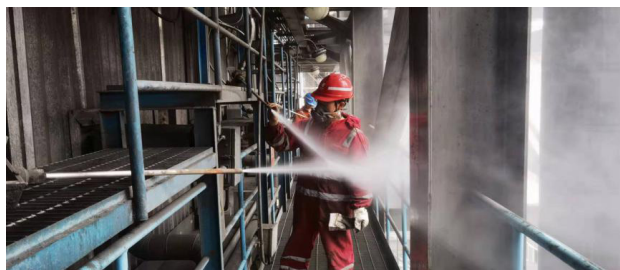
（1）喷枪系统是否有溶液和压缩空气泄漏现象；

（2）喷枪管路就地压力表是否存在个别管道压力不正常的高或不正常的低的现象；压力高则这只喷枪可能有堵塞现象，应立即停运联系检修检查；压力低则应检查溶液手动阀是否未全开或管道有泄漏；

（3）检查喷枪推进器与喷枪连接的卡扣是否有松动现象，若卡扣松动则可能导致喷枪在投退时卡在半路，溶液喷在套管上引起水冷壁腐蚀爆管；应每周对卡扣检查紧固一次；

（4）喷枪模块压缩空气过滤器前后压力偏差过大时，脱硝 SNCR 压缩空气压力保护不会动作，但实际工作压力早已远远低于保护值，这时若未及时发现则会造成喷枪长期雾化不良难以发现，从而导致水冷壁腐蚀爆管。因此应在就地经常比对喷枪模块压缩空气过滤器前后压力，若偏差过大则说明过滤器滤芯有堵

塞，应立即进行清理。



> 图3

5. 提升 SNCR 系统运行操作技能、管理水平

(1) 加强对运行人员的操作培训，使其能够较快熟悉且掌握操作的要点和安全注意事项，才能有效防范因喷枪操作不当导致的受热面爆管。

(2) 运行操作应防止尿素溶液结晶造成喷枪和管路堵塞雾化不良。

(3) 尿素溶解和浓溶液的稀释用水杂质的控制。尿素溶解和浓溶液的稀释用水不采用工业水而采用除盐水能够有效防范工业水中杂质进入喷枪系统，但应注意除盐水温度较低，与尿素浓溶

液混合稀释后温度会大幅下降导致结晶发生。所以，稀释和溶解用的除盐水也应加装蒸汽加热装置，并在运行中控制好除盐水的温度。

(4) SNCR 系统的投运与停用过程中防结晶措施。SNCR 系统停运后，为防止喷枪和管道系统内积液在环境温度下结晶，应使用高温的稀释水对管道和喷枪进行冲洗 20min，清除尿素溶液积存。在 SNCR 系统投运前，为防止管道和喷枪内尿素积液发生结晶，应使用高温的稀释水对管道和喷枪内尿素结晶进行溶解和冲洗 20min，再供给尿素溶液。

四、结语

水冷壁在锅炉受热面系统中处于高温，高腐蚀的复杂燃烧环境中，从而导致水冷壁管泄漏在“四管”泄漏中占比较大。近年来，随着环保要求的提高，各家火电厂又在如火如荼进行超低排放改造，尿素腐蚀问题应引起高度重视，脱硝 SNCR 系统应从设计、安装、维护高度关注对水冷壁管的腐蚀问题，采取应对措施，防止改造后造成水冷壁频繁爆管泄漏。

参考文献：

- [1] 林玉珍，杨德钧编著·腐蚀和腐蚀控制原理 [M]．中国石化出版社，2007.3.
- [2] 汪冬兵. 尿素高压设备腐蚀新问题 [J]．大氮肥，2009. 08:20.
- [3] 彭哲信. 热电站煤粉锅炉水冷壁爆管原因分析及预防措施研究 [D]．华东理工大学. 2014.
- [4] 王鹏举，王荣文，张宗堂，等锅炉水冷壁腐蚀失效原因 [J]．腐蚀与防护，2016.37 (3):255.
- [5] 刘海侠. 关于如何防止水冷壁管爆管的研究 [J]．。科技创新导报，2013 (22): 101-101.
- [6] 张强编著，燃煤电站 SCR 烟气脱硝技术及工程应用，化学工业出版社，2007 年 7 月.
- [7] 谢学军，龚洵洁等，热力设备的腐蚀与防护 中国电力出版社，2011 年 11 月.
- [8] 魏宝明，金属腐蚀理论及应用，化学工业出版社，1984 年 12 月.
- [9] 火力发电厂金属材料手册，中国电力出版社，2001 年 4 月.
- [10] 胡振广，张晨，等. SNCR 脱硝技术中水冷壁腐蚀问题的研究及对策 [J]．中国新技术新产品，2010 年第 2 卷，127-128.
- [11] 石油化工设备装置设备腐蚀与防护手册，中国石化出版社，2001 年 4 月.
- [12] 蒋旭光、徐旭等 我国煤中含氯量分布特性的试验研究，煤炭转化，2001 年第 2 期，58-61.

功率管固定弹簧片的分析与优化设计

陈先超¹, 李锦昶²

1. 博锋时代智能科技(杭州)有限公司, 浙江 杭州 310017

2. 浙江日风电气股份有限公司, 浙江 杭州 310017

摘 要 : 本研究目的是探讨功率管固定弹簧片的结构强度与尺寸最优设计方案, 即在满足安装要求与设计空间允许的条件下, 寻找符合设计要求的弹簧片的最优化设计参数组合。研究方法包括根据功率管安装规范、钣金件设计规范等通则绘制3D模型, 再依据影响应力的关键设计参数, 利用有限元分析软件及田口法求得满足设计功能的最优设计参数组合。本文考虑的设计控制因子包括按压位移量、力臂长度、钣金宽度与钣金厚度。本研究成功找出符合设计要求的弹簧片尺寸。

关 键 词 : 优化设计; 弹簧片; 有限元分析; 田口法; 功率管

Analysis and Optimization Design of Fixed Spring Plates for Power Tube

Chen Xianchao¹, Li Jinchang²

1. BoFeng Era Intelligent Technology (Hangzhou) Co., Ltd., Zhejiang, Hangzhou 310017

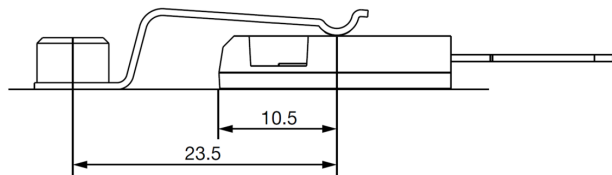
2. Zhejiang Rifeng Electric Co., Ltd., Zhejiang, Hangzhou 310017

Abstract : The purpose of this study is to explore the optimal design scheme for the structural strength and size of the fixed spring plate of the power tube, that is, to find the optimal design parameter combination of the spring plate that meets the installation requirements and allows for design space. The research method includes drawing a 3D model based on general principles such as power tube installation specifications and sheet metal design specifications, and then using finite element analysis software and Taguchi method to obtain the optimal design parameter combination that meets the design function based on key design parameters that affect stress. The design control factors considered in this article include compression displacement, arm length, sheet metal width, and sheet metal thickness. This study successfully identified the spring plate size that meets the design requirements.

Keywords : optimized design; leaf spring; finite element analysis; taguchi law; power tube

一、前言

近年来, 电源行业的快速发展对相关行业提出了新的要求, 功率器件的可靠性要求也越来越高。在功率器件的应用规范中, 通常会建议应用螺丝紧固或弹簧片压紧的方式。以 TO-247 封装的功率器件为例, 图 1 所示为弹簧片压紧功率器件的方式;



> 图1 弹簧片压紧 TO-247 封装之功率器件示意图

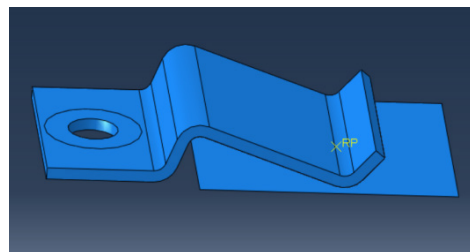
压力是影响功率器件与散热片接触的关键参数, 参考 Renesas 的 TO-247 封装的 IGBT 功率器件, 推荐压力在 20N ~ 100N 之间, 最大不超过 150N^[1]。为保证功率器件与散热片的良好接触, 通常是改善弹簧片的材料, 增加弹簧片的厚度及增大弹簧片的按压位移量, 以提高弹簧片对功率器件的压力。但改善材料和加大结构尺寸会导致产品成本的提高, 而增大按压位移量则可能造成弹簧片屈服。本文分析了目前弹簧片结构存在的不足, 结合有限元分析软件的非线性应力分析和田口方法^[2]的试验设计,

寻求弹簧片结构的最优设计方案。

二、弹簧片结构件之有限元分析

本节利用有限元分析原始之弹簧片在一定下压位移量时的应力分布情况。

1. 本研究案例为 TO-247 封装之功率器件的固定弹簧片, 其 3D 模型如图 2 所示。3D 模型之详细尺寸列于表二中间灰底一栏。



> 图2 固定弹簧片之3D模型

原始设计条件为弹簧片按压位移 1.5mm 后, 其等效应力不超过材料的屈服强度以免产生永久变形, 且其等效应力值越小越好。在材料选择方面, 考虑到弹簧片的强度和成本, 选用 SUS-301, 其弹性模量 $E = 193000 \text{ MPa}$, 泊松比 $\nu = 0.3$, 密度 $\rho = 8000 \text{ kg/m}^3$, 三种不同硬度等级材料之机械性质见表一^[3]。

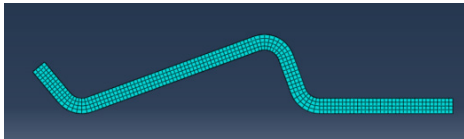
表一 不锈钢 301 的机械性质

型号	调质记号	硬度 (HV)	屈服强度 N/mm ²	抗拉强度 N/mm ²	延伸率 (%)
SUS-301	1/2 H	310 以上	510 以上	860 以上	≥ 10%
	3/4 H	370 以上	745 以上	1210 以上	≥ 5%
	H	430 以上	1030 以上	1320 以上	

2. 位移与应力分析

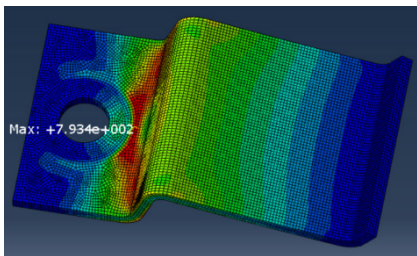
本案例使用有限元软件 ABAQUS^[4] 进行分析, 主要分析内容为弹簧片的变形状况。由于功率器件几乎不存在变形, 故将功率器件假设为一刚性面, 即分析刚性面与弹簧片之间的位移干涉量所造成的弹簧片变形情况下的等效应力和压力。本案例将弹簧片位移量设为 0, 对刚性面施加位移量, 即通过改变刚性面的边界条件来设定干涉量。换言之, 以刚性面主动位移来对弹簧片进行干涉, 按压位移量为 1.5mm。在边界设定完成后, 进入网格划分与仿真。

弹簧片之网格属性为 C3D8R, 此网格类别适用于一般的应力/位移仿真分析及大变形与接触问题, 网格完成如图 3, 网格总数量为 35985。(本案例在网格数量在大约 30000 时, 最大应量呈现收敛, 即获得了网格无关解。因此, 接下来的分析皆以网格数量 30000 为基准。)



> 图3 弹簧片网格化完成

接下来进入分析模组进行分析, 由有限元分析结果图 4 可知应力较大值发生于红色处, 应力最大值为 793MPa。按表一 SUS-301 机械性质所示, 若选用硬度等级为 H 的材料, 则不会超过材料的屈服强度; 但若选用硬度等级为 3/4H 的材料, 则局部应力超过材料的屈服强度即局部存在永久变形。压力最大为 85.9N。



> 图4 弹簧片仿真结果图

三、弹簧片之实验设计与最佳化参数分析

上述分析结果显示, 原设计无法采用较低屈服强度材料; 本节将介绍如何在满足设计规范条件下, 运用有限元分析, 并结合田口实验法找出弹簧片的最优结构尺寸。

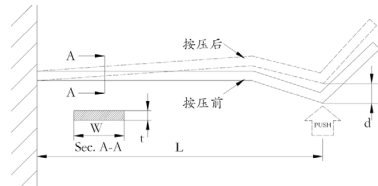
1. 定义实验目标与品质特性

田口法是田口玄一博士所提出, 其目的是将产品质量问题提前在设计阶段降到最低。本实验目标是在材料成本越低越好的前提下, 分析和确认弹簧片在按压一定位移后, 材料所产生的应力最小且不会永久变形。因此, 弹簧片在按压过程中产生的等效应

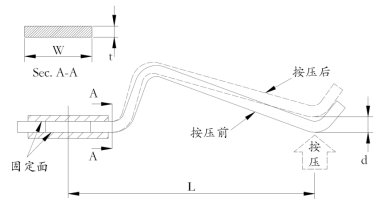
力和正压力均定为品质特性, 其中等效应力值越小越好, 而正压力则相对越大越好。

2. 定义实验参数和水准

典型的悬臂梁结构如下图 5, 所注尺寸为影响悬臂梁正压力的主要因素。本研究中, 弹簧片的材质已选定, 仅对其形状与尺寸进行优化设计。下图 6 为简化后的弹簧片悬臂梁结构, 影响其正压力的主要因素与悬臂梁一致。



> 图5 悬臂梁结构示意图



> 图6 弹簧片结构示意图

由悬臂梁理论可知按压力的计算公式^[9]如下,

$$F = \frac{d * E * W * t^3}{4 * L^3} \quad \text{公式 (1)}$$

式中: F——弹簧片的按压力; d——悬臂按压位移量; E——材料的弹性模量; W——悬臂宽度; t——材料厚度; L——悬臂长度。

由公式 (1) 可知, 影响弹簧片正压力的主要因素有悬臂长度、宽度、材料厚度、按压位移量, 故将悬臂宽度 W、悬臂长度 L、悬臂按压位移量 d 定为控制因子, 并对这 4 项控制因子制定 3 个水平如表二, 其中灰色背景为原设计方案。

表二 实验计划因子配置表

因子 水准	L(mm)	W(mm)	t(mm)	d(mm)
1	16	11	0.6	1.0
2	18	13	0.8	1.3
3	20	15	1.0	1.6

3. 依据直交表进行分析

使用直交表进行分析, 不仅可以降低分析所需的次数, 还可以获得与全因子法近似的最优化趋势。在本案例中, 4 个控制因子水准数均为 3, 因此采用 L9 直交表进行实验, 其实验配置见表三。

表三 直交表

序号	实验因子水平				等效 应力 (MPa)	正压力 (N)
	L(mm)	W(mm)	t(mm)	d(mm)		
1	(L1)=16	(W1)=11	t(1)=0.6	d(1)=1.3	770	43
2	(L1)=16	(W2)=13	t(2)=0.8	d(2)=1.5	852	119
3	(L1)=16	(W3)=15	t(3)=1.0	d(3)=1.7	951	241
4	(L2)=18	(W1)=11	t(2)=0.8	d(3)=1.7	806	80

序号	实验因子水平				等效应力 (MPa)	正压力 (N)
	L(mm)	W(mm)	t(mm)	d(mm)		
5	(L2)=18	(W2)=13	t(3)=1.0	d(1)=1.3	814	142
6	(L2)=18	(W3)=15	t(1)=0.6	d(2)=1.5	766	42
7	(L3)=20	(W1)=11	t(3)=1.0	d(2)=1.5	792	99
8	(L3)=20	(W2)=13	t(1)=0.6	d(3)=1.7	752	29
9	(L3)=20	(W3)=15	t(2)=0.8	d(1)=1.3	755	59

注：本案例所有配置的钣金折弯内径相同。

采用第二节的有限元分析方法，按照正交表所列配置依次创建模型并分析，最后将等效应力和压力值记录至表三。

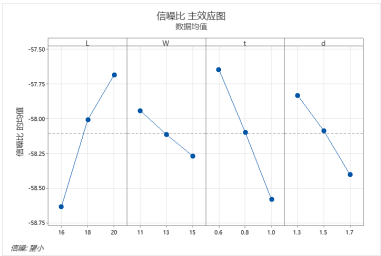
4. 实验数据分析

采用 Minitab 对样本进行分析，制作出等效应力和正压力的 S/N 信噪比响应表（如表四所示，其中的灰底部分为最佳水准），以及 S/N 信噪比主效应图（如图7和图8所示）。

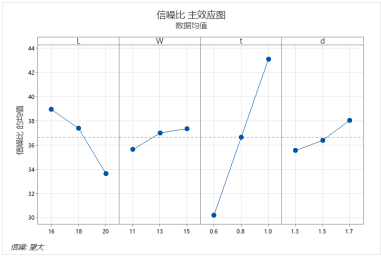
表四 信噪比响应表

等效应力与 L、W、t、d（望小）				
水平	L	W	t	d
1	-58.63	-57.94	-57.65	-57.83
2	-58.01	-58.12	-58.1	-58.09
3	-57.69	-58.27	-58.58	-58.4
最佳水平	L3	W1	t1	d1
贡献度排序	1	4	2	3
压力与 L、W、t、d（望大）				
水平	L	W	t	d
1	38.94	35.63	30.23	35.56
2	37.38	36.99	36.66	36.38
3	33.66	37.36	43.1	38.04
最佳水平	L1	W3	t3	d3
贡献度排序	2	4	1	3

对等效应力 S/N 贡献度最大的因子为 L，t 次之，第3是 d，最小的因子是 W；而对压力 S/N 贡献度最大的因子依次是 t、L、d 和 W；



> 图7 Minitab 等效应力 S/N 主效应图（望小）



> 图8 Minitab 压力 S/N 主效应图（望大）

四、最优化结果分析

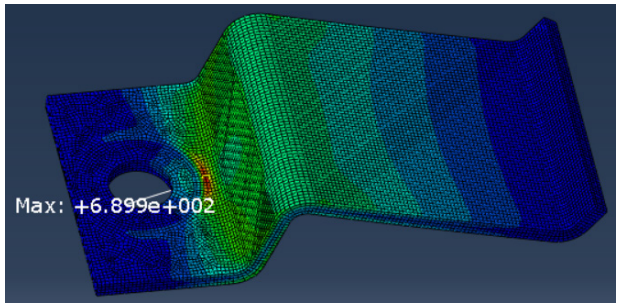
本案原设计的因子组合为 L2、W2、t2、d2，产生的等效应力为 793 MPa，压力最大为 85.9N。

1. 最佳参数配置的等效应力和正压力

从等效应力的 S/N 可知最佳参数配置为 L3、W1、t1、d1，与表三第8配置 L3、W2、t1、d3 相近，其应力仿真结果应在 752MPa，最大压力为 29N 相对偏小。从压力的 S/N 可知最佳参数配置为 L1、W3、t3、d3，即表三第3配置，其应力仿真结果应在 951MPa，最大正压力为 241N 偏大。

2. 调整控制因子，提高正压力

由于 d 和 W 对等效应力 S/N 和压力 S/N 的贡献度均较小，而 t 对压力的 S/N 贡献度最大，故将配置 L3、W1、t1、d1 调整为 L3、W2、t2、d2，以提高弹簧片的正压力，再次使用分析软件仿真得到其最大等效应力为 690MPa 如图8。其正压力为 41N，满足设计需求。



> 图8 L3、W2、t2、d2 配置的仿真结果

五、结论

本研究探讨了功率器件的固定弹簧片的结构强度与最优化设计方案，在设计空间条件下，应用有限元分析，并结合田口实验设计法，寻找结构件符合设计要求的最优参数配置。

另外，本案例所采用的控制因子中，对弹簧片等效应力的贡献度依次是 L（悬臂长度），t（钣金厚度）及 d（按压干涉量），其中 W（钣金宽度）的贡献度最小。通过有限元分析和田口法的结合，可识别出关键的影响因素，从而有效的建立和寻找最优方案，值得类似产品作为设计参考。同时，在实验策划与分析过程中，还可以加入更多的设计参数（如不同性质之材料等），以获得更为理想的结果。

参考文献

[1] RENESAS. R07AN0005EJ0100. Rev.1.00, 2019.06.19.
[2] 马林, 何桢. 六西格玛管理 [M]. 中国人民大学出版社, 2007.
[3] JIS G4313-1996 弹簧用冷轧不锈钢带技术标准.
[4] 石亦平, 周玉蓉. ABAQUS 有限元分析实例详解 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006
[5] 李小平. 汽车线束和连接器可靠性设计及工艺流程研究 [D]. 2007.
[6] 范瑞娟, 非线性有限元方法在结构接触分析中的应用, 中航一集团第一飞机设计研究院, 2006.

浅谈1000MW级机组锅炉微油点火系统 防卡涩施工技术

张李维

中国能源建设集团山西电力建设有限公司, 山西 太原 030006

摘 要 : 火力发电厂机组锅炉微油点火系统油枪卡涩、调节阀卡涩、球阀卡涩、滤网冲破或频繁清洗、燃油泄露等问题,一直是作为锅炉主要系统之一的燃油系统经常碰到的难题,特别是在新建火电机组或者新投产1000MW级大型机组中尤其突出,如何有效的控制和防止此类卡涩问题,在安装施工全过程全周期的科学管理和精细施工技术显得尤为重要。

关 键 词 : 锅炉; 微油点火; 防卡涩; 施工技术

Discussion On Anti-Sticking Construction Technology Of Micro-Oil Ignition System Of 1000Mw Unit Boiler

Zhang Liwei

China Energy Construction Group Shanxi Electric Power Construction Co., LTD, Shanxi, Taiyuan 030006

Abstract : The problems of oil gun sticking, regulating valve sticking, ball valve sticking, filter breaking or frequent cleaning, fuel leakage and so on in the micro-oil ignition system of the boiler unit in the thermal power plant have always been the problems often encountered by the fuel system as one of the main boiler systems, especially in the newly built thermal power units or the newly put into operation of 1000MW large units. How to effectively control and prevent such problems in the whole cycle of installation and construction of scientific management and fine construction technology is particularly important.

Keywords : boiler; micro-oil ignition; anti-sticking; construction technique

前言:

新建1000MW级大型火力电厂和新投产大型火力发电机组超超临界锅炉微油点火系统调试和使用过程中,经常会碰到油枪卡涩、调节阀卡涩、球阀卡涩、滤网冲破或停机频繁清洗等问题,甚至在运行一段时间后的锅炉机组仍会出现燃油系统上设备卡涩无法正常运行情况,一方面给调试和检修工作带来麻烦,另一方面又直接影响机组的整体调试进度和运行安全,同时直接和间接成本的浪费也不得不考虑。究其原因,绝大部分是因为安装和调试过程中的具体操作存在问题,另外就是系统本身设计问题有待优化,本文将对超超临界火电机组锅炉微油点火系统防卡涩施工技术展开科学、有效的阐述和讨论。

一、微油点火系统介绍

锅炉微油点火系统是用微量的燃油通过在特殊设计的燃烧室内高强度燃烧,产生高温火焰,引燃浓缩的煤粉,最终达到锅炉煤粉燃烧的目的,也可实现锅炉超低负荷稳燃,该系统可以大幅度降低锅炉启动燃料成本,但系统的运行稳定性也起决定性作用。

微油点火系统由油过滤器、若干截止阀及电动球阀、管道、现场压力表和压力变送器、连接用高压耐油软管、点火枪推进器、高能打火机、油角阀、微油雾化阀、吹扫阀、燃烧器、助燃风、检测与反馈系统等组成。微油系统的油管路使用 $\phi 22$ 无缝钢管从锅炉燃油母管上接出,然后在每一个微油点火平台位置用 $\phi 14$ 无缝管接出,连接到微油点火燃烧器,在油管路上安装不锈

钢截止阀、气动球阀等,再通过软管引入气化微油枪,燃油在喷出油枪后达到气化效果,点燃后能产生1800℃以上的高温火焰。由于微油枪油路通道孔径仅1mm左右,原燃油系统中的大颗粒杂质有可能堵塞油枪。微油点火系统的一般设计参数如下:工作油压1.0~3.0MPa,单只油枪消耗量40~80kg/h,额定压力1.5MPa,油枪数量8~36只(根据不同类型机组确定)。压缩空气作为微油枪前期供氧的主燃风以及燃油管道的吹扫介质,对微油系统的安全稳定运行至关重要。

压缩空气系统从燃烧器平台附近的仪用压缩空气母管接出,经空气过滤器过滤后,用不锈钢管接入各燃烧器的微油枪作为前期供氧的主燃风,用不锈钢管接入各微油枪作为吹扫介质。压缩空气系统设计参数如下:工作压力 $P < 0.5\text{MPa}$,压缩空气用量:0.2~0.5Nm³/min.支。

作者简介:姓名:张李维;出生年月:1983年10月;性别:男;民族:汉族;籍贯:河北省武安市;学历:本科;职称:工程师;电力建设施工技术。

微油点火系统配备的专用控制装置，系统由多只就地点火控制柜组成，控制锅炉就地点火设备的点火操作，通过就地控制柜接受DCS的点火、熄火指令，完成对点火枪推进器、高能打火机、油角阀、微油雾化阀、吹扫阀等就地点火设备的控制，实现锅炉的自动点火、熄火；就地控制柜可以切换为就地控制方式，对微油点火设备进行就地启动、停止操作；就地控制柜接收炉前设备反馈信号，并传递至DCS系统。

二、防卡涩施工技术

（一）安装前管材的清洁度控制

燃油管道到货后应进行管内壁检查，严禁使用管内腐蚀严重、有裂纹、贴砂、折叠、重皮的管段，如有严重不符合项，及时以书面联系供方要求退换货。

燃油管道安装前的管内清理，目前常见的有酸洗处理法和喷砂处理法。相比酸洗处理法，这里更建议使用喷砂处理法。由于受施工现场场地和工地上酸洗专用设备的限制，往往管道酸洗达不到理想的清洁度要求，内部锈皮、重皮无法有效完全的进行清除，甚至有时候会出现酸洗的锈皮即将脱落而又未脱离的情况，对安装后的燃油管道系统造成隐患。另一方面，由于燃油管道安装周期较长等原因，即使酸洗钝化好的管子，在一段时间的安装周期和潮湿的空气作用下，仍会重新生锈。而喷砂处理法由于砂石的机械摩擦作用，可完全把管道内壁杂物和锈皮清除，喷砂后只需压缩空气吹扫后，管内即干燥也无其它附着物，最后通过系统安装完成后期的水压冲洗和蒸汽吹扫，确保管内的灰尘全部清除。

清理完成后及时对管道进行封口，并对松动的封口进行加固。管子存放时，应根据环境条件建议室内存放，且必须离地存放。如达不到室内存放的条件，在室外存放时，应存放在硬化地面区域，周边不得有泥沙等杂物，同样必须离地存放，保持整体平衡稳定，确保灰尘、杂物、雨水等无法进入管道和设备内造成二次污染。

（二）燃油系统安装过程中的要求

燃油系统管道多数为中小口径管道，大部分需进行现场的第二设计布置，要求工艺一致，并与其它系统设备在空间上相互兼顾，这就要求技术人员在现场进行优化设计，做到系统简化合理，便于布置和安装，同时有利于检修方便。

在安装前，由于大多数管道需切割按尺寸配料，此过程强调须使用机械切割，不使用火焰切割。配管切割后，先制备坡口，坡口完成后重新对管内进行吹扫清理，对口前认真检查每一段管子内部的清洁度，无杂物后开始焊接。焊接全部要求采用氩弧焊，避免产生内瘤和氧化皮等杂物。油系统管道的小管现场弯制的，应采用冷弯法，弯制完成后用压缩空气将弯管内吹扫干净。

管道安装宜从上至下安装，确需从下至上的，当安装垂直管时，在上管段封口拆卸及打磨坡口时，必须将下管段的封口封好，以免杂物掉进下管段。垂直管道上的敞开口，不得暴露，在施工间隙期要及时封口，防止间隙期间其它作业其或大风等把其它杂物吹到管内造成污染。

油系统管道上的热控一次取源件和其它管件、附件，必须在油系统管道组合、安装前进行，随同油系统管道一起进行清洁处理。

由于仪表管道等安装工序原因，系统管道上不可避免的会存在现场开孔等情况，要求现场开孔全部使用磁力钻机械形式开孔，防止火焰开孔后氧化物被气流吹到管内深处无法发现和清理，磁力钻机械开孔后焊接前，检查孔内杂物，清理干净。

（三）部分精密阀门的安装工序

由于燃油系统中存在大量精度比较高的气动球阀、调节阀以及流量计等，均属于容易造成卡涩的设备。即便是系统管道安装前期和过程中的清洁度严格控制，仍不能保证系统管道内不存在异物，因此此部分阀门的安装要求是在燃油系统水压和系统吹扫前缓装，此类阀门处用直管直接连通，待吹扫后再安装，可有效防止安装杂物嵌入到阀体内，对后续阀门使用造成影响。另外，作为截留杂质的进油滤网，也可以在系统吹扫后安装，或者在系统水压和吹扫过程中，拆除滤网滤芯，防止吹扫杂物的冲击损坏。

燃油系统的大多数阀门都属于精密控制阀，这部门阀门的安装环境也应保持清洁，并且尽量避免杂物进入阀门内部。如果环境内有较多的灰尘、油脂或其他杂质，可能会影响阀门的密封性能，导致泄漏问题。

振动和冲击要求：气动球阀、调节阀以及流量计等的安装过程中应尽量避免较大的振动和冲击。如果环境中存在较强的振动或冲击，可能会导致阀门部件的松动或破坏，影响阀门的工作稳定性和安全性。

（四）系统水压和吹扫过程中的控制

系统管道安装完成后，首先进行的是系统水压试验，在这个过程中，需充分利用系统水压前的冲洗，可以把大部分管内杂物清除，水压前的冲洗效果不可小视。水压前水冲洗应根据系统布置情况，先冲洗进回油母管，再冲洗支管，并确保整个冲洗过程中无盲端和死角，如果有，需提前做好临时排放措施。

系统水压后道工序应对系统进行吹扫，也是控制管内清洁度防止设备卡涩的重要工序。系统吹扫强烈建议采用蒸汽吹扫。由于蒸汽吹扫属于热介质吹扫，通过管道的冷热膨胀，可把管壁上的顽固铁锈、重皮等进行清理。蒸汽吹扫时吹扫压力确保在 $\leq 0.6\text{MPa}$ 的参数下进行，否则无法有效吹扫，每个吹扫排出口以持续吹出无杂质的白色蒸汽为止（可在排出口采用浅色木板等作为靶板测试），但吹扫时间不低于5分钟（从排出口无液态水，全部为蒸汽时开始计时）。同时系统蒸汽吹扫需注重吹扫程序，即先吹扫进回油母管，再吹扫至各油枪的支管。如果进回油母管上未设计直通式有效的吹扫出口，可根据现场管道布置情况临时开孔接吹扫口，这样做的目的是最大限度的把杂物提前吹出，防止由于杂物较多或较大卡到燃油小支管内，反而对小支管造成堵塞。

上述两个冲洗和吹扫清理程序在制订方案时，可同时考虑，需做的临时措施尽可能的能共同使用，简化临时系统布置，降低额外施工工作量。

（五）缓装阀门恢复过程中的控制

作为最后一道工序，由于系统管道内已基本处于清洁状态，在安装先期缓装的气动球阀、调节阀、流量计等设备时，注意以

下要求：1.切割管道全部使用机械切割；2.管口坡口制备完成后，严格清理和检查管内由于切割管口造成的二次污染；3.检查待安装的调节阀等阀体内是否存有杂物。检查合格后再焊接。此工序也作为对防止二次污染的控制程序。

另外，由于油枪装置属于最后阶段安装并将直接投入使用，到货的成套设备并无法保证内部是清洁的，所以在油枪安装后投用前，拔出油枪拆除雾化头，使用压缩空气对枪管进行吹扫清理。

根据系统结构，也可对相关区域管段或设备内部清洁情况进行内窥镜检查，或对行无损射线拍片检查隐蔽区域的管内异物情况。

（六）系统油循环对避免卡涩的积极作用

锅炉炉前燃油系统及微油点火系统在正式投用前，为确保系统的安全运行，保证油管路清洁，燃油系统在安装和吹扫完毕后一般应进行油循环冲洗，以便更彻底的清除残留在系统中的微小杂物和颗粒，这个环节工序建议必须做。

首先根据系统流程编制燃油系统循环冲洗方案，同时燃油系统进回油管道在冲洗时必须联通，以确保可以正常循环冲洗。在各项措施准备完毕后，可逐级开展系统循环冲洗工作。

根据锅炉炉前燃油系统的结构特点和系统流程，主系统为炉前燃油系统，微油点火系统作为主油系统分支，必须先进行主燃油系统的油循环。隔离出与炉前主燃油系统相关的其它支管道，先对油系统主管道进行油循环，一般循环冲洗48～36小时后，开始对微油点火系统主管道进行油循环冲洗，所有循环冲洗质量检查以系统上的滤网前后压差及滤网表面清洁度为参考标准，直至油质清洁无悬浮物后，可停止冲洗。过程中需定期对滤网进行拆除清洗和回装。

待冲洗结束后，对冲洗系统的临时短接处进行恢复，全部恢复至图纸要求的正式系统，未装配部件全部安装完成，至此系统基本具备投用条件。

特别注意的是，由于冲洗介质是用的正式系统介质燃油，因此，在系统进油前必须对系统的完善性进行联合验收，确保进油后不发生泄露，同时消防设施必须完全到位，系统周边设置防火安全警示警告标识牌。并做到24小时不间断有人值守。

（七）提高施工清洁的管理意识

锅炉炉前燃油系统及微油点火系统在开始施工前，相关的管理技术人员应特别针对系统防卡涩施工工艺及管道的清洁度控制做总体施工管理策划，把管内清洁度的控制作为燃油系统安装整个过程的最重要主线之一，必须认识到管道和设备的清洁度直接影响着系统运行的稳定和使用寿命，更影响整个机组的整体运行稳定性，必须严格安装过程控制、规范施工，明确各环节工艺方法，减少因管内异物造成的系统无法正常启动及相关不可估量的经济损失。一切质量以人为本，把人的清洁度控制质量管理意识提高了，才能有效确保洁净化的燃油系统安装。并且要求各参与人员做到：制订科学的清洁度控制措施，分批次对新进场人员做好防卡涩施工技术交底，实施全员清洁度质量监督体系，严格落实封闭前及各施工工序交接验收程序，优化清理和检查方案等等。

（八）系统施工管理制度保障

锅炉炉前燃油系统及微油点火系统在开始施工前，也必须

相应的管理制度和管理办法进行制度上的保障，确保各项作业可控在控。一是要制订或严格执行公司相关施工管理制度，保证施工整体管理目标和方向不发生重大偏移，同时制订四级验收制度，二是成立施工管理组织机构，形成自上而下的金字塔式管理模式，明确谁是施工负责人，谁是技术负责人，谁是质量负责人，谁是设备材料负责人等等，三是明确各相关管理岗位职责，各司其职，各岗位人员要非常清晰的知道自己对燃油系统的施工控制和管理方面要做什么，要管什么，人员、机具、设备材料等资源调配分别应该谁来做等等。

（九）防卡涩系统优化建议

国内通常使用的几个主要锅炉制造厂设计的炉前燃油系统和微油点火系统实际上也存在有对杂物控制的设计上的问题有待改进。如：1.可在进油母管进炉前燃油系统前，可设计增加一段直管盲段，并安装排污阀，一部分来油夹杂来的杂物可直接进入盲端，通过定期的排污把此部分杂物排出，在系统前端控制和节流杂物，同时也可以作为缓冲，避免杂物对进油滤网造成冲击破坏；2.进油管道上采用双滤网，即主路上一台主滤网，再设置一台旁路滤网，两台滤网可互为备用，定期对滤网进行清理，也可有效防止由于滤网破裂而又无法停油的情况下杂物持续进入系统，可紧急切换，做到在线更换滤芯，避免长时间的系统不受滤网的保护；3.系统进油方式需重视，很多时候炉前燃油第一次或者每次启系统开始进油时，由于进油总阀打开过快，很容易把滤网冲击变形甚至造成破洞，从而把来油中的夹杂的微小杂物累计到调节阀和油枪雾化片内，造成卡涩无法调节或雾化。

三、结语

锅炉微油系统的清洁度控制越来越受到各在建和新投产机组相关技术人员的重视，特别是近年来，微油点火系统（雾化片口径 $1\sim 2\text{mm}$ ）的广泛采用，对燃油系统的清洁度要求越来越高。安装阶段的燃油系统清洁度控制、防卡涩控制显得更为重要。通过上述施工防卡涩控制技术的应用，可极大提高燃油系统的稳定性，最大程度减少由于系统中杂质原因、操作原因、系统结构设计原因造成的机械卡涩，为一个安全可靠的燃油系统施工、调试提供可靠实用的参考价值。本技术应用可以在全国电建企业推广应用，对新建电厂施工更具有积极的指导意义，提高新建机组锅炉燃油系统的安装质量，共同推动施工系统性清洁度控制技术的成熟。

参考文献

- [1]《电力建设施工质量验收规程》第2部分 锅炉机组 DL/T5210.2-2018.
- [2]《锅炉启动调试导则》DL/T852—2016.
- [3]《火力发电厂煤粉锅炉少油点火系统设计与运行导则》DL/T1316—2014.
- [4]上海电气、东方电气、哈锅等锅炉说明书及其它相关燃油系统安装、调试技术总结等.

高速中等负荷机床齿轮热处理工艺设计

安钦¹, 石晋明², 刘震²

1. 曼彻斯特大学, 英国

2. 晋西工业集团有限责任公司, 山西 太原 030027

摘 要： 本课题设计了高速中等负荷机床齿轮的热处理工艺设计。主要的工艺过程包括毛坯制造→正火→齿坯粗加工→调质→齿坯半精加工→齿面粗加工（半精加工）→齿面表面淬火→齿坯精加工→齿面精加工等过程。由于本身尺寸精确，因此要求具有高的硬度，高的耐磨性和高的尺寸稳定性以及一定的韧性。为了满足上述性能要求，选用合金工具钢（40Cr）。

关 键 词： 机床齿轮；热处理；正火；淬火；回火

Design Of Gear Heat Treatment Process Of High-Speed And Medium-Load Machine Tool

An Qin¹, Shi Jinming², Liu Zhen²

1. University of Manchester, Britain

2. Jinxi Industrial Group Co., Ltd., Shanxi, Taiyuan 030027

Abstract： This project designs the heat treatment process design of the high-speed and medium-load machine tool gear. The main process includes rough machining of regular fire tooth billet semi-finishing tooth surface rough machining (semi-finishing) tooth surface quenching tooth billet finishing tooth surface finishing and so on. Because of its precise size, it requires high hardness, high wear resistance, high dimensional stability and certain toughness. To meet the above performance requirements, the alloy tool steel (40 Cr) is selected.

Keywords： machine tool gear; heat treatment; normal ignition; quenching; tempering

一、绪论

（一）齿轮的机械加工过程及热处理工艺简介

在齿轮的加工过程中，机械加工工艺的选择往往决定了加工过程是否有效，决定加工工艺的主要因素包含了齿轮部件的几何结构特点、加工精度的具体要求以及设备条件等。此外，齿轮的机械加工过程主要包含了齿坯粗精加工与齿形加工两方面内容。齿轮的热处理工序主要包含以下两部分内容：

一是为了消除在锻造过程中产生的残余应力，避免零部件发生热变形，齿轮坯件在进行机械加工前都要进行正火处理。

二是由于齿轮在后续的应用中，由于齿轮的传动过程依靠的是齿轮面的相互啮合来传动的，长时间的滚动摩擦会导致齿轮面容易出现疲劳损伤甚至折断现象，这就要求在齿轮的热处理过程中加入渗碳淬火或者高频淬火等工艺来提高齿面的硬度和耐磨性。

（二）研究内容

本课题设计了高速中等负荷机床齿轮的热处理工艺设计。主要的工艺过程包括毛坯制造→正火→齿坯粗加工→调质→齿坯半精加工→齿面粗加工（半精加工）→齿面表面淬火→齿坯精加工→齿面精加工等过程。由于本身尺寸精确，因此要求具有高的硬

度，高的耐磨性和高的尺寸稳定性以及一定的韧性。为了满足上述性能要求，选用低合金工具钢（40Cr）。

二、零件的设计部分

（一）齿轮受力及计算

参考机械设计手册，可以得知渐开线圆柱齿轮轮齿所承受的力，具体数据见表2-1，齿轮受力示意图如图2.1所示。根据受力分析，法向作用力 F_n 的大小由传动扭矩和齿轮半径决定，作用方向垂直于啮合线并沿齿面方向。在实际工作中，齿轮齿面之间发生接触，可以将面力简化为点力，作用点通常集中在节点 P 处。将 F_n 分解为圆周力 F_t 、径向力 F_r 和轴向力 F_x ，这三者相互垂直且重合。在图2.1展示的直角坐标系中，假设 Z 轴代表齿轮轴，X 轴方向的力是沿切向的，Y 轴方向的力是沿径向的，Z 轴方向的力是沿轴向的。这些力的作用点位于齿面的接触点。

表2-1 齿轮受力及计算公式

转矩 (T/Nm)	分度圆上的切向力 (F_t/N)	分度圆上的径向力 (F_r/N)	分度圆上的切轴力 (F_a/N)
$T=9546P/n$	$F_t=2000T/d$	$F_r = F_t \tan$	$F_a=0$

作者简介：姓名：安钦，性别，男，出生日期：2002年4月5日，籍贯：山西省大同市大同县人，学历：研究生，汉族，英国曼彻斯特大学，从事高分子材料科学及纳米自清洁表面和钙钛矿光伏发电等研究领域。

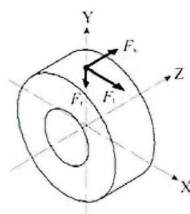


图2.1 齿轮受力示意图

（二）材料的选择

所挑选的40Cr钢是我国规定的标准钢种之一，属于中等碳含量的调质钢，在机械制造领域被广泛采用。经过调质处理后，综合力学性能得到一定程度的提升，同时具备良好的低温抗冲击性和较低的缺口敏感性。该钢具有良好的淬透性，经过适当的热处理后能够获得一定的韧性、塑性和耐磨性。除调质处理外，这种钢还适于高频淬火处理以及氰化处理。由于机床齿轮在使用过程中，十分容易发生碰撞和损耗，同时齿轮本身尺寸要求精确，这就要求所用材料有较高的耐磨性、硬度和一定的稳定性，查询资料可知，40Cr机床齿轮一般采用的是淬火+回火热处理工艺，其微观组织是回火马氏体+少许残余奥氏体，并残存一定的淬火应力。淬火应力的存在使得零件在长期使用或服役过程中，齿轮尺寸可能会产生变化，这对于精度要求极高的机床齿轮是不允许存在的。为保证齿轮的形状及尺寸稳定性更高，应当避免过多残余奥氏体和残余应力的存在。因此需要适当降低淬火温度，并在淬火后立即将其冷却到-80℃左右，甚至在液氮中进行冷处理，然后取出再进行正常回火。为了进一步提高40Cr机床齿轮尺寸的稳定性，在精磨或研磨前，必须进行时效处理，进一步消除内应力，必要时，这种处理要重复多次。

三、高速中等负荷机床齿轮的热处理工艺设计

（一）齿轮加工工艺流程

在齿轮加工过程中，选择适当的机加工工艺是根据齿轮的精度要求、几何特征和生产设备等因素来确定的。这包括齿坯的粗加工和齿形加工两个主要方面，具体步骤如下图3.1所示。

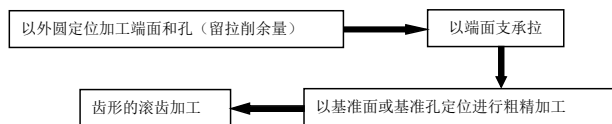


图3.1 齿轮加工工艺流程图

本课题所处理的高速中等负荷机床齿轮的零件图如图3.2所示。

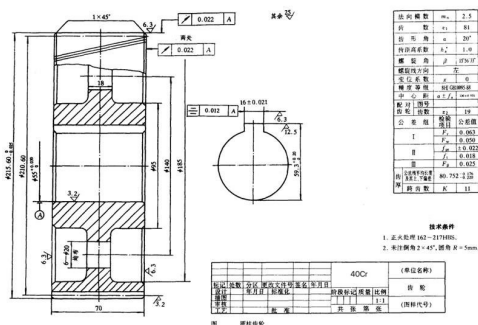


图3.2 高速中等负荷机床齿轮零件图

（二）热处理工艺的分析

40Cr钢属于调质钢，其中调质钢有碳素调质钢和合金调质钢两大类，不管是碳钢还是合金钢，其含碳量控制比较严格。Cr能增加钢的淬透性，提高钢的强度和回火稳定性，具有优良的机械性能。截面尺寸大或重要的调质工件，应采用Cr钢。但Cr钢有第二类回火脆性。

为满足零件最终的使用性能，工艺方案如下：

a.正火：温度820 ~ 870℃。零件经过加热、保温、冷却，得到的组织结构为细珠光体。硬度：197 ~ 207HB。

b.淬火：将杆部、花键部分先浸入2%的聚乙烯醇水溶液中，水温提升到50℃，杆部、花键的温度降至600℃，将其取出放入温度在60 ~ 80℃范围内的油中使其冷却，另外盘部的外圆部位进行空冷，杆部、花键部位进行油冷，在盘部的外圆温度降到750℃以后，把零件全部放入油介质当中，不仅使其硬度达到要求，还对法兰盘以及杆部二者间的断裂问题进行解决。金相组织：杆部是马氏体，盘部是托氏体和马氏体。

c.回火：根据回火后对硬度的要求制定相应的温度范围430±10℃，时间设定120min。

四、热处理的常见缺陷及补救措施

（一）氧化和脱碳

为了避免氧化和脱碳的情况发生，可以根据工件的技术要求和实际情况，采用保护气氛加热、真空加热，或者利用工件表面涂料包装来进行加热。此外，对一般的箱式炉进行一些改进，采用滴入煤油的方式进行保护，可以显著提升加热工件表面的质量。

（二）过热和过烧

在对钢件进行奥氏体化加热时，若温度过高或时间过长，会导致奥氏体晶粒增大变粗，从而形成粗化的马氏体，即为过热现象。当加热温度更高时，钢的奥氏体晶粒会进一步增大，并产生晶界氧化，严重时还可能引起晶界熔化，这便是过烧现象。过烧的工件性能会急剧下降。对于有过热缺陷的工件，可以先进行一次细化组织的正火或退火处理，然后按照正常规范重新进行淬火。而对于有过烧缺陷的工件，由于无法挽救，只能报废。

（三）淬火裂纹

淬火过程中产生的裂纹是因为工件表层的拉应力超过了冷却时钢的断裂强度而引起的。要防止淬火裂纹的产生，首先需要改善零件结构设计的工艺性，同时正确选择钢材。在淬火技术方面，应该特别注意在Ms点以下快速冷却，在Ms点以上缓慢冷却，遵循“先快后慢”的原则。采用双介质淬火和分级淬火等方法可以有效地预防淬火裂纹的产生。淬火裂纹一旦出现就无法挽救，因此必须采取措施进行预防。

（四）回火缺陷

回火缺陷主要包括回火开裂和回火硬度不达标。回火开裂是指在淬火状态下的钢材在回火过程中，由于急速升温、急速冷却或组织变化而产生的裂纹。预防方法是在回火时缓慢升温，并让

回火温度缓慢降温。硬度过高通常是由于回火温度不足引起的，解决方法是按照正常的回火标准重新进行回火处理。

（五）变形和开裂

当工件经历冷却过程时，其表面的冷却速度远远快于内部，导致表面收缩而内部仍未完全收缩，从而在表面产生拉应力，而内部则受到压力。随着冷却的继续，内部继续收缩，而表面已经冷硬不再收缩，因此内部产生压力，表面也受到压力。这种冷却后的压力仍然存在于工件内部，被称为残余应力。

五、检验项目

（一）工件变形检查

检查零件外观是否存在侵蚀或生锈。不可有任何裂缝或磕碰痕迹，外表不得呈现锈迹。需根据图纸规范检视零件的弯曲、尺寸和几何形状是否符合要求。

（二）淬硬层深度检查

经过感应加热淬火后，必须对淬硬层深度进行检查，确保40Cr的淬硬层深度在8mm左右。可以运用硬度法进行测量。压痕应当打在垂直于表面的一条或多条平行线上，且在1.5mm宽度范围内，最接近表面的压痕中心距离表面0.15mm，每次逐次增加0.1mm的距离。

（三）硬度检查

经过淬火处理后，对于40Cr钢进行检查时，通常会检测淬硬

层的表面和心部硬度。一般会采用洛氏硬度HRC标尺进行测量。在经过调质、感应淬火和低温回火处理后，40Cr钢的表面硬度可以达到HRC50以上，而心部硬度则可达到35~45。

六、成本核算分析

对此论文研究的热处理，生产加工工艺过程进行相应的成本计算，首先对其具体的成本过程以及加工成本等等进行相应的计算，能够对其具体的消耗资金等等进行统计，统计出所占用总资金的比例波动情况，为使得生产过程当中的资金使用情况得到进一步加强，以及提高他的周转率，并且达到节约的效果。最终通过对成本的计算，来计算出零件具体的加工成本，结合他的定额以及相对应的资料得出零件具体加工的成本。

七、结论

前文已经展示了高速中载机床齿轮热处理工艺设计，对于其性能和热处理过程应该没有太大问题。然而，将其应用于实际生产中可能会面临许多未知的挑战。因此，必须通过实验数据在工厂或实验室中进行反复分析，得出最关键的结论，然后将其应用于实践中。这样可以降低生产成本、提高效率、缩短工时，同时减少能源消耗。

参考文献

[1] 杨叔子. 机械加工工艺手册 [M]. 北京: 机械工业出版社. 2002: 120 ~ 300.
[2] 周春雷. 齿轮加工工艺过程中常见问题及对策探析 [J]. 科技创新与应用. 2014. (08):80.
[3] 劳奇成. 刘冰. 车齿技术的发展现状 [J]. 工具技术. 2014. 48(1).
[4] 单国红. 双联齿轮零件的加工工艺分析 [J]. 机械工程师. 2014(4): 192-193.
[5] 陈兵奎, 梁栋, 高艳娥, 等. 齿轮传动共扼曲线原理 [J]. 机械工程学报. 2014: 50.
[6] 蔡志超. 变速箱齿轮机加工和热处理工艺优化研究 [D]. 硕博学位论文. 2018.
[7] 崔磊, 杨林, 李骏, 等. 齿轮零件热处理变形及控制方法 [J]. 汽车工艺与材料. 2017(12):38-41+45.
[8] 方昆凡. 公差与配介实用手册 [M]. 机械工业出版社. 2006.
[9] Friedrich. Preisser. Introduction into the Physical and Technical Basics of Gas Quenching during Hardening [J]. Drive System Technique. 2001. 2:1-7.
[10] 崔忠圻. 谭耀春. 金属学与热处理 [M]. 第二版. 北京: 机械工业出版社. 2007: 282-292.
[11] 张展. 齿轮设计与实用数据速查 [M]. 机械工业出版社. 2009.

建筑结构检测技术在工程实践中的应用与研究

兰金旭

深圳市政院检测有限公司, 广东 深圳 518000

摘 要 : 本文详细介绍了建筑结构检测的多种技术, 包括非破坏性检测、超声波检测、沉降观测、全站仪测量、激光测量以及未来发展趋势与展望。这些技术在建筑行业中的应用对于确保建筑物的安全、可靠和持久使用至关重要。

关 键 词 : 建筑结构检测技术; 非破坏性检测; 超声波检测; 沉降观测; 全站仪测量

Application and Research of Building Structure Inspection Technology in Engineering Practice

Lan Jinxu

Shenzhen Municipal Institute Testing Co., Ltd., Guangdong, Shenzhen 518000

Abstract : This article provides a detailed introduction to various techniques for building structure inspection, including non-destructive testing, ultrasonic testing, settlement observation, total station measurement, laser measurement, as well as future development trends and prospects. The application of these technologies in the construction industry is crucial for ensuring the safety, reliability, and long-term use of buildings.

Keywords : building structure detection technology; non destructive testing; ultrasonic testing; settlement observation; total station measurement

引言

随着经济的蓬勃发展, 建筑行业也迎来了飞速的进步, 这不仅带来了建筑结构安全性的更高期待, 也提出了新的挑战。建筑物的持久安全对于保护民众的生命财产和社会的稳定运行至关重要。因此, 从最初的设计到最终的施工, 每一个环节都必须严格把控, 以确保结构的稳固与可靠。伴随着建筑技术的不断创新, 采用先进的标准化的检测技术对建筑结构进行定期的监测与评估, 已经成为确保建筑物长期安全使用的核心策略。

一、非破坏性检测

非破坏性检测技术是一种通过观察和评估建筑结构的物理和机械特性来检测隐患的方法。与破坏性检测技术相比, 非破坏性检测技术具有不影响结构完整性的优势。这种技术可以为结构检测提供可靠的数据, 以便及早发现和解决潜在问题^[1]。非破坏性检测广泛应用于工业领域, 特别是建筑、航空、电力、石油、化工等行业, 用以评估材料和结构的完整性、性能和安全性。

(一) 方法

1. 混凝土强度检测 (回弹—取芯法)

在汇金中心项目的混凝土强度检测中, 先采用先进的数字一体化回弹仪对混凝土构件进行全面回弹测试, 准确记录每个测点的回弹值。随后, 在相同强度等级的混凝土中, 选择回弹值最低的三个区域作为测区, 并在这些区域分别钻取一个混凝土芯样。这些芯样经过精心加工成标准尺寸后, 进行抗压强度试验, 通过计算所有芯样的抗压强度平均值和最小值来评估其强度。最终, 依据相关规范标准, 只有当芯样的抗压强度平均值和最小值达到

既定条件, 才能认定混凝土的强度符合合格标准。这一系列步骤确保了对混凝土强度的高标准检测, 保障了建筑物的结构安全和质量。

2. 钢筋保护层厚度检测

(1) 确定检测对象和数量

在进行钢筋保护层厚度的检测时, 遵循细致而严格的标准。对于非悬挑梁板类构件, 抽取至少2%且不少于5个构件进行检测; 悬挑梁则至少检测10个, 少于10个时全数检测; 悬挑板则至少检测20个, 少于20个时同样全数检测。检测部位涵盖所有纵向受力钢筋的保护层厚度, 对于板类构件至少检测6根纵向受力筋。

(2) 现场检测

通过一体式钢筋扫描仪, 对钢筋进行细致扫描, 以获取其准确位置和保护层厚度信息。针对每根钢筋, 选择不同位置进行三次检测, 并计算平均值, 以此作为该钢筋的保护层厚度的最终结果。

(3) 结果评定

根据规范要求, 梁类构件的钢筋保护层实际厚度允许的正偏

差不超过10mm，负偏差不得超过7mm；板类构件的正偏差不得超过8mm，负偏差不得超过5mm。合格判定标准如下：当全部保护层厚度检测的合格点率达到90%及以上时，检测结果判定为合格。若合格点率在80%至90%之间，则需对相同数量的构件进行再次检测。只有当两次抽样总和的合格点率达到90%及以上时，检测结果才判定为合格^[2]。在每次抽样检测中，不合格点的最大负偏差不得超过规定允许偏差的1.5倍，以确保检测结果的准确性。

（二）局限性

结构混凝土强度检测技术在保障建筑工程的安全和质量方面起着至关重要的作用。然而，这些技术并非完美无缺。非破坏性检测技术，如回弹法、超声波检测和雷达扫描，虽然能够避免对结构的物理破坏，却往往因为混凝土的湿度、碳化状况以及内部裂缝等问题，导致检测结果的精确度不高。进一步来说，检测领域缺乏统一的标准和流程，现场环境的多样性和复杂性为检测工作带来了额外的挑战。同时，这些技术对操作人员的专业知识和技能要求颇高，而高昂的成本和漫长的检测周期也是不可忽视的问题^[3]。

二、超声波检测

超声波检测技术利用超声波在材料内部传播的特性进行无损检测。该技术通过发射超声波脉冲进入被检测的建筑材料中，当波遇到不同密度或性质的界面时，会发生反射、折射或散射。这些变化可以被接收器捕捉并转换为电信号，进而分析出材料内部的缺陷和结构问题。

（一）应用范围

在建筑领域，超声波检测技术因其卓越的性能，特别适用于混凝土结构的细致检测。它能够探测到混凝土中的裂缝、空洞、蜂窝以及钢筋的锈蚀情况，这些都是结构完整性可能受损的迹象。超声波的高频特性使其能够穿透混凝土的表面，深入到材料的内部，揭示那些可能被忽视的缺陷。这种技术的精确性和深度，使其成为评估混凝土结构完整性不可或缺的工具。

（二）优势

超声波检测的一个显著优势在于它能够提供更关于材料内部结构的详细信息。通过分析超声波的传播时间和强度，可以确定缺陷的大小、位置和性质，从而为维修和加固提供科学依据^[4]。此外，超声波检测速度快，可以在短时间内覆盖较大面积的检测区域，且不会对建筑物造成损害，因此非常适合现场检测。

总之，超声波检测技术在建筑结构检测中的应用，不仅提高了检测的准确性和效率，而且为建筑物的安全评估和寿命预测提供了重要的技术支持。随着技术的不断进步，超声波检测将在建筑领域发挥更加重要的作用。

三、沉降观测

沉降观测在高层建筑建造中扮演着关键角色，确保结构的稳固与安全。这项技术实时跟踪土地和结构的垂直移动，目的在

于：一是监控变形，保障施工安全，通过定期观测沉降量、速度和趋势，迅速识别并应对异常；二是防止地基不均匀沉降，避免结构损坏，保障使用安全；三是为建筑物的长期维护提供依据，即使竣工后也能监测沉降情况；四是分析多项目数据，探究沉降规律，为同类工程提供借鉴^[5]。随着城市化加速，沉降观测的重要性愈加凸显，成为建筑工程中不可或缺的部分。

沉降观测点的布局是确保建筑物稳定性的关键步骤，必须严格按照设计规范和施工图纸进行。观测点应战略性地布置在建筑物的四个角部、所有转角位置，以及外墙每隔10至15米的位置，或者每2至3根柱基上。此外，在高低层建筑物交接处、纵横墙体连接区域的两侧，以及建筑物沉降缝的两侧和基础埋深差异显著的位置，也需精心设置观测点。这样的布局旨在全面捕捉建筑物的沉降动态，确保监测数据的准确性和全面性，从而保障建筑物的长期安全和稳定。

沉降观测周期的安排如下：

在施工阶段，我们将在第一层顶板浇筑完成后启动初始沉降观测。随后，每完成三层楼板的施工，便进行一次沉降观测，持续此过程直至主体结构封顶。进入使用阶段后，结构封顶后的沉降观测将调整为每隔2至3个月进行一次，直至沉降速率达到稳定状态^[6]。沉降稳定的判定标准为沉降速率降至0.04毫米/天以下。这样的周期安排确保了在整个施工和使用阶段，沉降变化能够得到有效监控，从而保障建筑物的长期稳定和安全。

最终，将编写一份详尽的沉降观测报告，汇总观测成果，深入分析地基沉降的规律，并提供预防措施和建设性建议，以确保建筑物的长期稳定与安全。

四、全站仪测量

（一）应用范围

全站仪边角测量法在建筑变形监测中扮演着重要角色，它能够用于建立位移基准点网并进行基准点与工作基点间的联测。此外，全站仪小角法、极坐标法、前方交会法和自由设站法等高级测量技术，也被广泛应用于监测点的位移观测。这些技术不仅提高了测量精度，也提升了测量效率。

全站仪自动监测系统更是拓展了其应用范围，不仅可以用于日照和风振变形测量，还能在监测点数量多、作业环境复杂、人员出入不便的建筑变形测量项目中发挥关键作用^[7]。

（二）观测规定

1. 在进行全站仪水平角观测时，应确保视线清晰、成像稳定，避免在日出、日落及太阳中天前后进行观测，以防止光线变化影响成像质量。仪器应避免阳光直射，并需在气泡偏离超过一格时重新调整。当视线接近热辐射强烈的地形地物时，应选择阴天或有风但不影响仪器稳定的天气进行观测。

2. 调焦注意事项：每站观测中，宜避免二次调焦。若观测方向的边长差异较大需要调焦时，宜采用正倒镜同时观测法，该方向的2C值可不参与互差计算。对于大倾角方向的观测，水平气泡偏移不应超过一格。

3. 重测规定：当水平角观测成果超出限差时，应按以下规定进行重测：

（1）若2C互差或各测回互差超限，应重测超限方向，并联测零方向；

（2）若归零差或零方向的2C互差超限，应重测该测回；

（3）若一测回中，重测方向数超过所测方向总数的1/3，应重测该测回；

（4）若一个测站上，重测的方向测回数超过全部方向测回总数的1/3，应重测该测站所有方向。

这些规定旨在确保全站仪水平角观测的精确性和可靠性，从而在建筑变形监测等工程测量中提供准确的数据支持。

五、激光测量

（一）应用范围

在建筑领域，激光测量技术发挥着关键作用，包括激光准直、垂准和扫描测量。激光准直测量用于评估建筑的水平位移，垂准测量用于测定倾斜度，而激光扫描测量能同时测定沉降和水平位移。这些技术通过精确的激光束引导和数据收集，为建筑物的稳定性评估和结构健康监测提供了可靠的工具^[8]。

（二）测量规定

在进行位移观测时，根据精度等级，可以选择配备高稳定性氦气激光器或半导体激光器的经纬仪。对于高精度的一等或二等观测，应使用1"级经纬仪配合光电探测器；对于较低精度的三等或四等观测，可采用相同级别的经纬仪，并选择光电探测器或有机玻璃格网板。

在使用激光经纬仪前，需进行精确校准，确保激光束轴线、发射系统轴线和望远镜照准轴完全重合，且观测目标与最小激光斑对齐。操作时，将激光经纬仪安置在视准线一端，瞄准固定靶牌进行定向，当监测点上的探测器或格网板位于视准线上时进行读数。

同时，需注意监测点与设站点之间的距离不应超过激光器的有效测程，且监测点偏离激光视准线的距离不应超过探测器或格网板的可读数范围，以确保测量准确。

六、未来发展趋势与展望

随着科技的进步，建筑结构检测技术也在不断发展和创新。这些技术的进步不仅提高了检测的准确性和效率，也为建筑行业的可持续发展提供了重要支持。

（一）检测技术的发展趋势

未来建筑结构检测技术的发展趋势将体现为集成化、智能化和新技术的融合。集成化与自动化将提升检测的全面性和精度，减少人为误差，而智能化和远程监控则将使检测过程更加高效和便捷^[9]。新材料的应用将促使检测技术与其特性相适应，提供更精准的评估和维护方案。这些趋势共同推动建筑行业的可持续发展，提升建筑物的安全性、延长使用寿命，并促进节能减排。

（二）新技术的应用前景

无人机与卫星遥感技术以及3D扫描与虚拟现实技术的发展，正为建筑行业带来革命性的变革。无人机和卫星遥感能够覆盖大面积建筑，提供高分辨率图像和数据，实现对建筑整体健康状况的全面评估。3D扫描技术能够迅速创建建筑物的三维模型，而虚拟现实技术则提供沉浸式体验，使检测人员能够更直观地理解和分析检测结果。这些技术的结合不仅提高了检测的效率和准确性，还为建筑物的设计和维护提供了新的视角和方法^[10]。

（三）对建筑行业发展的潜在影响

先进的检测技术正在不断提升建筑安全性，通过及时发现并处理结构中的潜在问题，确保建筑物的长期稳定。同时，这些技术也有助于延长建筑物的使用寿命，减少因结构问题导致的维修和重建成本。此外，检测技术在提高建筑能效、减少能源消耗和环境污染方面发挥着关键作用，促进建筑行业的可持续发展。

结束语

在未来的发展中，建筑结构检测技术将更加集成化、智能化，并融合新技术，如无人机、卫星遥感、3D扫描和虚拟现实技术。这些技术的应用将进一步提高检测的准确性和效率，为建筑行业的可持续发展提供重要支持。

随着这些技术的不断进步和创新，建筑行业将能够更加高效、安全地进行建筑物的设计和施工，并为建筑物的长期使用和维护提供强有力的支持。这不仅将提高建筑的安全性，延长建筑寿命，还将促进建筑行业的可持续发展，减少能源消耗和环境污染。

参考文献

- [1] 冯海舟. 建筑工程结构检测与加固技术问题[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024,(12): 127-129. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202412043.
- [2] 王斌. 某办公建筑结构耐久性检测与加固技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2024,23(06): 96-98. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.06.033.
- [3] 张清, 程振宇, 周峥华, 等. 装配式混凝土建筑结构现场检测技术现状分析[J]. 重庆建筑, 2024,23(06): 77-79+82.
- [4] 乔洋, 王超, 丁鹏. BIM技术在既有建筑结构检测鉴定中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2024,51(06): 102-104.
- [5] 沈巧智. 建筑结构工程质量检测中的无损检测技术分析[J]. 中华建设, 2024,(06): 175-177.
- [6] 付文金, 桂森彬. 建筑工程混凝土结构表面裂缝实体检测技术[J]. 中国建筑金属结构, 2024,23(03): 107-109. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.03.036.
- [7] 张惠锋, 梁峰. 我国建筑结构检测与评定标准体系分析研究[J]. 建筑结构, 2024,54(10): 106-111. DOI: 10.19701/j.jzjg.JG23001.
- [8] 李士响. 房屋建筑主体结构检测技术分析[J]. 低碳世界, 2024,14(03): 103-105. DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2024.03.020.
- [9] 谢静. 基于声波检测技术的工程结构材料缺陷定位与评估方法[J]. 建材发展导向, 2024,22(05): 31-33. DOI: 10.16673/j.cnki.jcfzdx.2024.0358.
- [10] 杨亚楠. 建筑工程主体结构质量检测关键技术和有效措施[J]. 新城建科技, 2024,33(02): 64-66.

树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验方法

刘向峰, 李凯, 董元朋, 王傅伟

大同市综合检验检测中心, 山西 大同 037046

摘 要 : 树脂锚杆作为现代矿山和隧道工程中的重要支护元件, 其尾部螺纹螺母的承载力直接影响到整体支护系统的安全性和稳定性。本文旨在探讨一种科学有效的试验方法, 用于评估树脂锚杆尾部螺纹螺母的承载力, 通过一系列力学性能测试和数据分析, 验证其可靠性和实用性。研究结果将为工程设计和施工提供重要的参考依据, 从而提升工程结构的安全性和使用寿命。

关 键 词 : 树脂锚杆; 螺纹螺母; 承载力; 试验方法

Resin Bolt Tail Thread Nut Bearing Capacity Test Method

Liu Xiangfeng, Li Kai, Dong Yuanpeng, Wang Fuwei

Datong Comprehensive Inspection and Testing Center, Shanxi, Datong 037046

Abstract : Resin bolt is an important supporting element in modern mine and tunnel engineering. The bearing capacity of screw nut at the tail of resin bolt directly affects the safety and stability of the whole supporting system. The purpose of this paper is to explore a scientific and effective test method for evaluating the bearing capacity of screw nuts at the end of resin bolt, and to verify its reliability and practicability through a series of mechanical properties tests and data analysis. The research results will provide important reference for engineering design and construction, so as to improve the safety and service life of engineering structures.

Keywords : resin bolt; screw nut; bearing capacity; test method

引言:

树脂锚杆尾部螺纹螺母的承载力是确保工程结构稳定性的重要因素之一。在矿山和隧道施工中, 锚杆支护系统广泛应用于控制围岩位移和防止塌方事故的发生。螺母作为锚杆系统的关键节点, 其承载性能对整体支护效果具有决定性作用。然而, 目前对于螺母承载力的研究尚不充分, 缺乏统一的试验标准和评价方法。因此, 开展针对性研究以制定科学合理的试验方法, 具有重要的理论意义和实际工程应用价值。

一、试验方法

(一) 试验设备与材料

进行树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验, 首先需要准备适当的试验设备和材料。这些设备和材料包括但不限于: 高精度的万能试验机、专用的夹具和加载装置、各种型号和规格的树脂锚杆试样、测力传感器、位移传感器、数据采集系统以及必要的辅助工具(如螺钉、螺母、扳手等)。万能试验机应具备足够的载荷能力和高精度, 以确保试验结果的可靠性和准确性。夹具和加载装置的设计应能有效地固定和加载试样, 避免试样在加载过程中发生滑移或变形。测力传感器和位移传感器应具有较高的灵敏度和精度, 以便准确测量试样在加载过程中的力和变形数据。数据采集系统则需能够实时记录和处理试验数据, 为后续的分析 and 评价提供可靠依据。

(二) 试验原理

树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验的原理是, 通过加载装置对固定的树脂锚杆施加轴向拉力, 测量其在不同载荷下的力-位移关系, 从而确定螺母的承载能力。在试验过程中, 试样的一端通过螺纹与加载装置连接, 另一端固定于夹具中。加载装置逐渐施加轴向拉力, 直到试样发生断裂或达到设定的最大载荷。试验机上的测力传感器和位移传感器会实时记录加载力和相应的位移, 生成力-位移曲线。通过分析这条曲线, 可以得出螺母的最大承载力、屈服点、断裂点等关键力学性能参数, 为工程设计和质量控制提供重要参考。

(三) 试验步骤

1. 试样制备

试样制备是保证试验结果准确性和可重复性的关键环节。首先, 根据试验要求选取合适的树脂锚杆, 并对其进行初步检查,

确保试样无明显缺陷和损伤。然后，按照标准规定的尺寸和形状对试样进行加工，特别是螺纹部分的加工质量应符合要求，确保螺纹的完整性和精度。此外，还需对试样进行清洁处理，去除表面的油污和杂质，以避免对试验结果造成影响。试样制备完成后，应对其进行编号和记录，以便试验过程中进行追踪和管理。

2. 加载装置准备

加载装置的准备是试验顺利进行的前提。首先，应根据试样的尺寸和规格选择合适的夹具和加载头，确保试样能够牢固地固定和连接。然后，将加载装置安装到万能试验机上，调整加载头的位置和高度，使其与试样的螺纹部分对准。接下来，安装测力传感器和位移传感器，并进行校准，确保传感器的工作状态正常和测量精度符合要求。最后，连接数据采集系统，检查各个连接部位的牢固程度，确保整个加载装置处于良好的工作状态^[1]。

3. 加载过程

加载过程是试验的核心环节。首先，将加工好的试样安装到加载装置上，确保其螺纹部分与加载头紧密接触，并通过夹具将试样固定。然后，启动万能试验机，按照设定的加载速度和加载方式逐步施加轴向拉力。在加载过程中，应密切监控测力传感器和位移传感器的读数，实时记录加载力和位移数据。加载应平稳、均匀，避免冲击和振动，以保证数据的准确性和试样不受额外损伤。加载过程中，观察试样的变形和失效情况，并在试样断裂或达到设定的最大载荷时停止加载。

4. 数据采集与处理

数据采集与处理是试验结果分析的重要环节。在加载过程中，通过数据采集系统实时记录加载力和位移数据，生成力-位移曲线。试验结束后，对采集到的数据进行处理和分析，计算螺母的最大承载力、屈服点、断裂点等关键力学性能参数。此外，还需对数据进行校验和修正，剔除异常数据和误差，确保数据的准确性和可靠性。最后，将处理后的数据和分析结果整理成报告，为后续的工程设计和质量控制提供参考。

5. 试验结束与试样卸载

试验结束后，应及时对试样进行卸载和处理。首先，按照操作规程，小心地解除加载装置和夹具，取下试样。然后，对试样的断裂面和变形情况进行检查和记录，分析试样的失效模式。接下来，清理试验设备和场地，确保下次试验的顺利进行。最后，将试验数据和结果进行归档和保存，以便后续的查询和分析。同时，对试验过程中发现的问题和不足进行总结和改进，提高试验方法的科学性和可靠性。

二、试验数据分析

（一）螺母强度等级对承载力的影响

螺母的强度等级是决定其承载能力的关键因素之一。强度等级通常由螺母的材料和热处理工艺决定，不同强度等级的螺母在相同的载荷条件下表现出不同的力学性能。在试验过程中，通过对不同强度等级的螺母进行加载试验，可以直观地观察到其承载力的差异。高强度螺母通常使用高强度合金钢制造，并经过严格

的热处理工艺，具有较高的屈服强度和抗拉强度。加载试验结果表明，高强度螺母在较高的载荷下仍能保持较好的力学性能，表现出较高的最大承载力和屈服点。而低强度螺母则在较低的载荷下就可能发生屈服和断裂，承载力明显较低^[2]。

（二）齿高对承载力的影响

螺母的齿高是其几何结构的重要参数，直接影响其与螺杆的啮合情况和承载能力。在试验中，通过对不同齿高的螺母进行加载试验，可以分析齿高对螺母承载力的具体影响。试验结果表明，适当的齿高能够增强螺母的承载能力，使其在加载过程中与螺杆紧密啮合，减少应力集中现象，提高连接的整体强度。然而，过大的齿高会导致螺母与螺杆的配合过紧，增加安装难度，并可能引起局部应力集中，从而降低螺母的实际承载能力。齿高过低时，螺母与螺杆的接触面积减小，承载力明显下降；而齿高过高时，螺母在高载荷下容易发生局部屈服或断裂，影响其整体承载性能。此外，不同齿高螺母的屈服点和断裂点的变化情况也为优化齿高设计提供了重要参考。螺母的齿高应在合理范围内进行设计和控制，以确保其在实际应用中的最佳承载能力和可靠性。

（三）厚度对承载力的影响

螺母的厚度是影响其承载能力和变形行为的重要参数。厚度增加通常意味着螺母能够承受更大的轴向载荷，因为较厚的螺母具有更大的横截面积和更高的抗剪切能力。在试验过程中，通过对不同厚度的螺母进行加载试验，可以分析厚度对螺母承载力的影响。试验结果表明，较厚的螺母在加载过程中表现出更高的最大承载力和屈服强度，这是由于其在轴向载荷作用下能够提供更大的抗剪切截面，从而延缓了屈服和断裂的发生。此外，厚度增加还使螺母在断裂前能够吸收更多的能量，表现出更高的断裂韧性。然而，螺母过厚也会增加材料成本和重量，因此在设计时需要在承载能力和经济性之间找到平衡。螺母的厚度对其承载力有显著影响，适当增加厚度可以显著提高螺母的力学性能和连接可靠性^[3]。

（四）螺母形状对承载力的影响

螺母的形状设计直接影响其承载能力和应力分布情况。常见的螺母形状包括六角形、方形、圆形等，不同形状的螺母在加载条件下的力学性能表现不同。在试验过程中，通过对不同形状的螺母进行加载试验，可以分析形状对螺母承载力的具体影响。试验结果表明，六角形螺母由于其六个平面能够提供较大的接触面积和良好的扭矩传递性能，表现出较高的承载力和稳定的应力分布。方形螺母的承载能力次之，其平面数较少，接触面积相对较小，但仍能提供较好的扭矩传递性能。而圆形螺母由于接触面积最小，扭矩传递效果较差，其承载能力相对较低。

六角形螺母的曲线斜率最大，屈服点和断裂点的位置最高，表明其在高载荷下仍能保持较好的力学性能和承载能力。方形螺母的承载力次之，其力-位移曲线斜率较六角形螺母小，但仍具有较高的屈服点和断裂点。圆形螺母的力-位移曲线斜率最小，屈服点和断裂点位置最低，表明其承载能力最弱。螺母的形状对其承载力有显著影响，六角形螺母在实际工程应用中由于其优异

的力学性能和可靠性被广泛采用。而在特定应用场景下，选择适当形状的螺母可以优化连接性能和使用效果。

三、结论与建议

（一）提升螺母的强度等级

螺母强度等级直接决定了树脂锚杆尾部螺纹螺母的最大承载力。高强度等级的螺母通常由高质量合金钢制造，经过热处理工艺，使其具备更高的抗拉强度和屈服强度，能够更好地承受和分散外部载荷。在实际应用中，采用高强度等级螺母可以显著提升锚杆系统的整体承载能力，减少因螺母破坏导致的系统失效风险。然而，高强度螺母的制造成本较高，且在高强度环境下易发生氢脆现象。因此，在选择螺母强度等级时，应综合考虑工程的具体需求和环境因素，合理平衡成本与性能。此外，施工过程中，应确保螺母和螺纹的配合精度，以避免因配合不良导致的应力集中和早期失效。

（二）合理设计齿高

齿高是螺母螺纹的重要参数之一，直接影响螺纹的接触面积和螺纹的啮合深度。较高的齿高增加了螺纹与螺栓之间的接触面积，有助于分散载荷，减少单齿承载的压力，从而提高整体的承载能力。同时，适当的齿高可以增强螺纹的抗剪切能力，预防螺纹剥离。然而，齿高过高会增加螺母的制造难度和成本，也可能导致安装时的摩擦力增大，影响施工效率。

（三）选择适宜的厚度

螺母的厚度是影响其承载力的关键因素之一。较厚的螺母在受力时具有更好的分散应力的能力，能够有效地减少局部应力集中，提升整体的抗变形能力。此外，增加螺母的厚度可以提高螺

纹的啮合长度，从而增强螺栓与螺母之间的连接强度。然而，螺母厚度的增加也会带来材料成本的上升和重量的增加，不利于施工操作。因此，在设计螺母厚度时，应充分考虑实际应用中的受力情况，结合具体工程需求，选择适当的厚度。对于极端受力环境下的应用，可以采用带有加强筋或其他结构优化设计的厚螺母，以进一步提升其承载力。

（四）完善螺母形状设计

螺母形状的设计对其承载能力有着显著影响。常见的六角形螺母由于其良好的力学性能和易于加工的特点，在工程中广泛应用。六角形螺母提供了多个平面供工具施力，便于在狭小空间内操作，且受力均匀。然而，对于一些特殊应用场合，其他形状如方形、圆形或带有法兰的螺母可能更适用。例如，法兰螺母由于其较大的接触面积，可以更好地分散载荷，减少螺母对被连接件的压痕，从而提升整体的承载力。建议在设计螺母形状时，应根据实际应用场景和受力特点，选择最优的形状和结构形式。

结语：

综上所述，通过对树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验方法的系统研究，本文提出了一套科学规范的测试流程和评价标准，并提出了具体的改善措施。研究结果表明，该方法能够准确反映螺母的实际承载能力，并为工程设计提供了可靠的数据支持。未来，进一步优化和推广这一试验方法，将有助于提升锚杆支护系统的整体性能，保障工程施工的安全性和可靠性。这项研究不仅填补了相关领域的研究空白，也为后续的深入研究提供了方向和基础。

参考文献：

- [1] 岳喜占, 杨子仪, 李迎富, 等. 高强预应力锚杆力学性能实验与支护研究 [J]. 金属矿山, 2024, (04): 46-52.
- [2] 侯俊领, 李垂宇, 赵能, 等. 高预紧力均匀布承载型锚杆力学响应及应用 [J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(12): 92-101.
- [3] 尚志有, 张宇, 许日成. 树脂锚杆尾部螺纹螺母承载力试验方法 [J]. 煤矿机电, 2021, 42(04): 97-99.

智能光伏电站开发关键技术及其运维决策支持系统研究

王祝添

广西国电投海桂新能源有限公司, 广西 南宁 530025

摘 要：近年来，随着我国经济社会的飞速发展，我国的电能消耗量不断增加，电力供给行业陷入了供电紧张。在此背景下，传统的供电站不仅无法满足新时期的用电需求，还会导致环境污染等问题的出现。光伏电站的运用，通过太阳光能为基础能源，采用特殊电子元件组成发电体系，既能够满足新时代的用电需求，又能够解决环境污染问题。本文着重分析智能光伏电站的开发构建策略，再针对智能光伏电站运维管理工作提出可行性措施，增加光伏电站的发电量，节省光伏电站运维开支，提升发电效率，拓宽运维管理工作的深度及广度，使光伏电站获得最大经济效益，以此吸引更多的投资者及电站业主。

关 键 词：智能光伏电站；开发；运维管理体系；构建；实施

Research on Key Technologies and Operation Decision Support System for Intelligent Photovoltaic Power Station Development

Wang Zhutian

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

Abstract： in recent years, with the rapid development of our economy and society, our country' s power consumption continues to increase, power supply industry into the power supply. In this context, the traditional power supply station not only can not meet the needs of the new era, but also lead to environmental pollution and other problems. Using solar energy as a basic energy source and using special electronic component to form a power generation system, photovoltaic power stations can meet the electricity demand of the new era and solve the problem of environmental pollution. This paper analyzes the development and construction strategy of intelligent photovoltaic power station, and then puts forward the feasible measures for the operation and maintenance management of intelligent photovoltaic power station to increase the power output of photovoltaic power station and save the operation and maintenance expenses of photovoltaic power station, to enhance the efficiency of power generation, broaden the scope and depth of operation and maintenance management, so as to maximize the economic benefits of photovoltaic power plants, thereby attracting more investors and owners of power plants.

Keywords： intelligent photovoltaic power plant; development; operation and maintenance management system; construction; implementation

我国是全球光伏电站发电安装量增长最快的国家，至2022年底，我国光伏电站累计装机量及发电量成为全球第一。光伏电站的市场发展空间较大，为迎合信息化时代的发展趋势，光伏电站必须融合信息管理技术、生产管理技术，制定一套智能化光伏电站开发及运维管理体系，指导光伏电站的智能化发展。智能信息技术和光伏电站的结合，不是单纯地将信息化技术应用于光伏电站的一系列工作中，而是将智能信息技术作为光伏电站的交付产品，在光伏电站的开发及运维管理体系层面加以创新，引领光伏电站的优化升级，实施技术改革，引导光伏电站的可持续发展，使光伏电站获得最大经济效益。

一、智能光伏电站开发及运维管理体系构建实施背景及意义

（一）智能光伏电站开发及运维管理体系构建实施背景

随着信息技术的发展，我国新能源高度兴盛，电气机械蓬勃发

展。随着电气市场和技术的发展创新，我国的发电技术也不断朝着新能源方向发展，通过发挥智能化技术的自动化优势，促使光伏电站开发运维体系朝着信息化方向发展。但是，当今的光伏电站形式较多，且分布较为分散，如何针对分散的光伏电站加以整合，通过信息技术对光伏电站进行统一的监控设备状态、存储运行数据，是

作者简介：王祝添（1998年04月19日）男，汉族，籍贯：广西壮族自治区贵港市，学历本科，职称：助理工程师，研究方向：新能源场站管理，邮箱504642194@qq.com

提升智能光伏电站开发及运维管理质量的必然需求。

由于当今我国光伏电站的分布比较分散，每个光伏电站的设备有所不同，且地区环境也存在差异，导致光伏电站的各个装置发电情况有所不同。大多数光伏电站没有装备自动化监控系统，对于各装置的监督管理主要是人工操作。没有统一对数据信息集中收集并处理。导致了光伏电站运维管理工作效率不高，造成了严重的人力资源浪费。为了提升其运维管理质量，可以通过应用智能技术，高效采集光伏电站相关数据信息，从而优化运维管理工作模式，通过智能化设备尽快确定设备故障，从而提升电气设备维修效率，实现光伏电站运维管理工作的可持续发展。

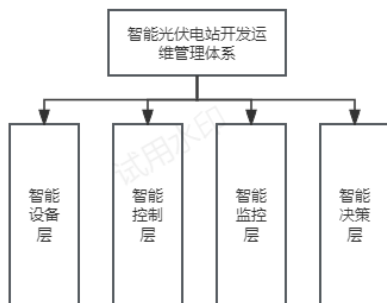
通过利用智能化技术，提升光伏电站开发及运维管理质量，可以基于光伏电站的实际现状，针对性地通过信息化技术，建立光伏电站智能运维中心，通过互联网技术实现光伏电站各部门的交流沟通，通过信息化技术完成光伏电站的工作信息搜集、工作情况监管、风险排查、维修记录、危险报警等工作，建立智能化光伏电站监测管理工作体系，通过信息化技术，对光伏电站进行远程监督管理，提升光伏电站运维管理工作质量。

（二）智能光伏电站开发及运维管理体系构建实施的意义

首先，智能光伏电站开发及运维管理体系的构建，有助于随时检测系统运行状态。构建智能光伏电站开发及运维管理体系，是确保光伏电站系统各组成部分运行参数、质量标准，符合设计要求的集成性措施。有利于通过现代智能技术和先进的数控传感技术，预判系统风险并立即通报异常情况，从而精确确认故障位置、判断事故类型、制定维修方案、缩短系统运维故障检修时间创造条件。

其次，智能光伏电站开发及运维管理体系的构建，有利于降低人力资源成本。相较于传统光伏电站开发及运维管理技术，智能光伏电站开发及运维管理体系的本质是改变了以人工操作为主的工作模式，将传统的人员为主的巡检、维护、检查等工作，转化为智能化技术替代，极大降低了人员数量、降低了劳动强度、规避了安全风险、节约了劳动资源、减少了资金投入，为提高光伏电站经济效益，走高科技发展道路创造条件。

最后，建构智能光伏电站保障管理系统，有助于落实精细化管理制度。智能光伏电站保障管理系统的建设，即对于光伏电站保障管理系统的技术进行创新。智能光伏电站开发和运维管理系统共包括四个层面（如图一所示），这就要求光伏电站必须实施精细化管理，一方面利用先进的监控技术对光伏电站进行全面监控，充分发挥各智能技术的功能，另一方面要将创新思想理念融入智能化运维过程，不断赋予光伏电站智能化运维管理全新内涵。



> 图一：智能光伏电站开发及运维管理体系

二、智能光伏电站开发及运维管理体系构建的主要做法

（一）智能光伏电站产品开发

为了进一步完善对于光伏电站信息的采集、管理及存储工作，可以通过开发智能光伏电站产品，助力智能光伏电站开发及运维管理体系的构建，通过智能化技术提高对于光伏电站的事故处理及反应能力，优化光伏电站开发及运维管理流程。

首先，是智能组串联式光伏逆变器的研制。智能串联式光伏逆变器可构建对光伏电站整体运行状态的实时监控、输出功率等信息能够全面监控。为了提升智能组串联式光伏逆变器的工作效率，可与智能监控系统相配合，以实时掌控光伏电站设备的运行状态、输入功率和输入电压和电流等，并将相关信息传送至通信管理设备^[1]。

其次，是智能 SVG 设备。智能 SVG 设备具有高性能、高可靠性的优势，智能 SVG 设备主要采用瞬时无功理论控制等智能技术，在提供感性无功功率的基础上，实现控制模式的多样化。在具体的应用过程中，智能 SVG 设备不仅可以动态补偿谐波，还可实现自动补偿无功目标，为电力系统整体稳定可靠运行提供保障。

再者，是智能巡检无人机。智能巡检无人机是光伏电站开发及运维管理体系中的重要产品，智能巡检无人机能够确保智能技术全面覆盖光伏组件热成像及多种功能，保证智能光伏电站开发及运维管理体系的超长续航，对光伏电站进行长时间的高清实时拍摄监控^[2]。

最后，是单晶硅叠瓦光伏组件。与其他组件技术相比，单晶硅叠瓦光伏组件可增加光伏电站的实际发电面积，优化光伏电站组件结构，提高光伏电站输出功率，减轻内部损耗。与传统晶硅组件技术相比，单晶硅叠瓦光伏组件能够融合多种电池片新技术，提升转换效率。降低隐裂现象，增强对机械载荷承受能力，良好适应各种温差环境，降低热胀冷缩现象的影响。单晶硅叠瓦光伏组件，能够保持电池间无间隙，充分利用组件受光面积，保证光伏电站输出功率的最大化。

（二）智能光伏电站运维管理体系主要做法

1.通过无人机技术维护管理光伏电站

面对偏远地区的光伏电站建设工作，由于其装机规模较大，运维管理难度较大，如果采取传统的运维管理工作模式，会大大降低光伏电站运维管理效果。在此基础上，通过应用无人机技术，可以实现对光伏电站运行情况的实时检测^[3]。例如：可以使无人机通过搭载红外成像相机，对光伏电站表面灰尘全面检测。通过划定无人机作业区域，规定无人机的飞行起始点、障碍物、任务高度等参数，在明确各项数据参数的前提下，开展无人机检测工作，智能无人机技术具有灵活性的特点，在飞行期间可以有效躲避各种障碍物，实际荷载水平较低。

2.应用智能自动清洗技术维护管理光伏电站

受光伏电站所处环境的影响，其组件在运行期间会在表面产生大量污垢，长期不清理污垢，会导致组件被遮盖，无法继续发挥其作用，降低光伏电站发电效率。为解决该问题，可以通过应

用智能自动清洗技术，对光伏组件进行定期清洗，智能自动清洗技术，可以采用清洗机器人配合水雾喷头的模式，提高光伏组件清洗的自动化水平。面对较为顽固的污垢，可以利用高压水枪完成自动清洗工作。为全面提升整体发电效率，光伏组件可以选用自清洁材料，或者在光伏组件表面敷设超亲水性材料，提高材料清洁能力^[4]。例如：中国平煤神马集团天源新能源有效公司位于干旱偏远地区，时间久后，光伏组件会产生大量灰尘堆积，并伴随着鸟粪堆积现象，从而降低发电效率。为防止扩大影响面积，该公司采用智能无人机清洗技术，在深入调查当地气候变化规律后，选择风力较小且温度较低的时段进行自动清洗作业，合理设计航线方案，有效解决光伏组件污垢问题。

3.应用光伏组件功率预测技术维护管理光伏电站

为提升光伏电站的运维管理效果，可以应用光伏组件功率预测技术，结合光伏电站的具体情况合理分配预测技术。具体包括数值天气预报预测、数据库预测以及发电功率预测等技术。天气预报预测系统模块主要是利用计算机科学以及气象学等知识，对于一定范围内的天气情况进行实时预测。天气预报预测系统是光伏电站运维管理体系中的常用技术，通过建立气象模型，实现对运维管理工作的有效支持。对气象信息数据进行实时采集分析，充分反映光伏电站周围一定范围内的气象条件，应用天气预报预测系统，充分对光伏电站组件进行检测，形成测量设备主要参数标准表，严格落实测量设备要求^[5]（如表1所示）。数据库预测系统是需要将光伏发电站整体数据进行综合管理，如实时数据、历史数据等。充分发挥数据库技术优势，便于相关人员查询数据。发电功率预测的应用主要是以数学建模为基础，积极应用相关的

预测算法，实现对发电功率的整体估算。

表一：测量设备主要参数要求表（例）

技术参数	设备参数要求标准	
总辐射表技术参数	测量精度	≤5%
	灵敏度	7-14 μV/W·m ²
	安装方式	以实际水平为主
湿度传感器标准	测量范围	0-100%RH
	实际精度	±8RH
	环境湿度	-40-60℃
数据记录仪	通道数	≥8
	准确数	0.5%
	实际存储量	以实际数据记录信息为准
	实际湿度	-40-60℃

4.应用环境监测技术维护管理光伏电站

由于光伏电站通常建设于偏远地区，在光伏电站的维护管理期间，如果采用传统的人工管理方式，将无法实现对光伏电站环境数据的全面收集，影响光伏电站运维管理工作效果。为实现对光伏电站整体运行情况的合理调度，提高光伏电站运行效率，可以应用环境监测技术，以物联网技术为核心，结合具体情况完善光伏电站环境数据实时监测系统。全面收集光伏电站运行期间的温度以及湿度等信息，便于及时开展光伏电站远程实时监测活动^[6]。例如：关于中国平煤神马集团天源新能源有效公司在运行期间，由于会受到多种因素的影响，火灾发生概率较高。为强化对光伏电站周围环境的检测，公司运用先进的烟流模型合理预测光伏电站周围的安全隐患，以此实现对火灾隐患的实时监测。

参考文献：

[1]高志强，向东，杨培友，等. 智能光伏电站开发及运维管理体系构建与实施 [J]. 化工管理, 2023,(z1):115-122.
[2]高颢. 200万kW智能光伏电站的开发及运维管理探析 [J]. 电力设备管理, 2024,(06):101-103.
[3]黑文智. 光伏智能电站建设与运维管理策略 [J]. 中国高新科技, 2023,(18):25-27.
[4]赵旭昊，周腾，李涛. 试析光伏电站智能化运维策略 [J]. 电力设备管理, 2023,(11):99-101.
[5]张大亮，庞金龙，孙记忠. 智能化光伏电站监测与运维系统设计 [J]. 通信电源技术, 2024,41(04):1-3.
[6]郑伟烁，郑文悦，李志伟，等. 光伏电站在线监测技术现状与进步趋势展望 [J]. 电测与仪表, 2021,58(09):1-7.

水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核机制研究

庄舜尧

承德市承德县水务局，河北 承德 067400

摘 要：近年来，随着我国水库水闸堤防运行管理水平的提升，相关单位也加强了对人员培训和绩效考核工作的重视程度。但就目前而言，在水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核工作仍存在一些问

关 键 词：水库水闸；堤防；运行管理；人员培训；绩效考核；机制研究

Study On Personnel Training And Performance Appraisal Mechanism In The Operation And Management Of Reservoir Sluice Embankment

Zhuang Shunyao

Chengde City, Chengde County Water Bureau, Hebei, Chengde 067400

Abstract： In recent years, with the improvement of the operation and management level of reservoirs and sluices in China, the relevant units have also strengthened the attention to personnel training and performance appraisal. But at present, there are still some problems in the personnel training and performance assessment in the operation management of the reservoir sluice embankment, which also has a serious impact on the operation management quality of the reservoir sluice embankment.

Keywords： reservoir sluice; embankment; operation management; personnel training; performance appraisal; mechanism research

引言：

水利水电工程的运行管理是确保工程安全运行的基础。随着社会经济的发展，水利水电工程的规模不断扩大，工程管理面临着许多新问题。其中人员管理是水利水电工程管理工作中的重要内容之一。

一、水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核机制研究的必要性

（一）提升员工综合素质，更好适应社会经济发展

现阶段，我国社会正处于飞速发展时期，市场经济不断深化改革，这就要求水库水闸堤防管理部门能够做好水利工程的维护和运行管理工作，保障水利工程运行的稳定性与安全性。但是，由于新时期的经济、科技等因素影响，水库水闸堤防管理工作也面临着一些新的挑战，所以要想更好地适应现代社会经济发展的需求，就要强化对员工队伍的建设力度，加强人员培训以及绩效考核工作，让员工具备较高的综合素质，从而更好地适应现代社会经济的发展需求^[1]。

（二）有助于员工个人发展，不断提高工作效率

通过系统的培训和严格的绩效考核，企业能够有效地引导员工深入挖掘自身潜力，识别出他们的强项与弱点。这种方法不仅

可以增强员工对自身能力和优势的认知，而且还能为他们提供明确的改进方向，从而使得他们能够更加精准地进行自我提升和发展。这样不仅有助于个人职业发展，还能提高企业整体的工作效率。同时，这也有利于激发员工的工作热情，使其更加积极主动地参与到水库水闸堤防的运行管理中来。

（三）有助于提高企业经济效益

在漫长的水利工程运行管理征途上，管理人员的专业技能与综合素质构成了企业核心竞争力的重要组成部分。他们的高效运作直接关联着水利设施的运行效率和维护成本，进而对整个企业的经济收益产生深远影响。因此，提升这些关键人员的工作效能和专业素养，对于实现水利项目的经济效益最大化至关重要。通过对水利系统相关管理人员进行培训，能够有效提高其专业知识与业务水平，从而提升企业整体运行效益。此外，完善的人员培训与绩效考核机制可以将企业的组织架构、岗位职责以及绩效指标等方面都予以明确，使企业内部形成一套科学合理的管理模

式,使各项工作得以高效有序开展,为提高企业经济效益奠定良好基础^[2]。

(四) 有助于企业发展战略的实现

绩效管理在企业的战略布局中扮演着至关重要的角色。它不仅是确保企业战略目标得以实现的关键因素,而且还能够激励员工,促进团队协作,并通过持续改进提高企业的整体运营效率。以“安全、优质、经济”为核心的发展战略,决定了水电公司在人力资源管理中必须重视对员工能力的培养和技能的提升,通过完善培训机制、提高培训质量来促进员工知识、能力及态度的转变,从而推动公司各项目标的实现。绩效管理是企业发展战略的具体体现,企业需要结合自身发展实际,建立符合企业发展要求的绩效管理体系,并将绩效管理工作纳入企业整体发展战略中去,使其发挥出最大效用,助力企业实现长远发展。

二、水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核机制研究的存在问题

(一) 未建立科学的人员培训机制

目前,我国水利工程运行管理人才缺乏,且大多数管理人员都是由退休职工或临时招聘的大学生担任。由于这些人之前并没有过水利方面工作经验,导致其专业能力不强、综合素质较低,不能满足水库水闸堤防安全运行的要求。此外,部分工作人员会存在专业技术能力不足的问题,而有些工作人员则过于依赖于电脑程序和设备来开展日常工作,忽视了实践操作的重要性,从而导致整个管理工作不够严谨^[1]。因此,在当前阶段,我国有必要建立起一套科学的人员培训机制,通过培训使所有工作人员具备一定的理论知识,同时加强对他们实际操作能力的培养,从而实现水库水闸堤防的科学管理。然而,目前很多单位仍未意识到人员培训的重要性,因而培训力度不够,培训内容也比较陈旧,无法真正帮助工作人员提高自身素养与技能水平^[3]。

(二) 对管理人员绩效考核力度不足

对于水库水闸堤防管理部门来说,在实际工作中对其管理人员的绩效考核并不完善,例如:考核方式过于单一,缺少科学、合理的指标体系,仅是以管理者个人的主观判断来进行定性考核。此外,考核的内容也比较单一,大多集中在考勤等方面,较少涉及人员的综合能力、技能水平和创新意识等多个层面,无法全面地反映出管理人员的工作绩效。这样就会导致一些工作业绩突出的人员无法得到应有的奖励,而一些工作表现一般的人员却可以通过“人情世故”获得一定的升迁机会,造成了分配不公的问题,不利于调动工作人员的积极性,影响了整个队伍的整体形象。

(三) 人员培训和绩效考核未能落实到位

当前,在我们国家的水库工程管理部门中,人力资源管理扮演着至关重要的角色。这一领域通过对招聘流程的严格把控,确保了人才的质量和专业化;同时,通过制定详尽的考核标准和系统的评估体系来衡量人员的工作表现;此外,还提供持续的培训机会,不断提升工作人员的业务能力和专业素养,从而整体提高

整个管理机构的运作效率和服务水平。这样的多维策略共同构成了一个全方位、系统性的素质提升框架,旨在为水库的安全稳定运行提供坚实的人力资源保障。但是,从实际情况来看,由于各管理单位经济水平发展不均衡,其在人员培训方面还存在着一定的问题。有些基层单位为了节省开支,对于在岗职工没有进行相应的培训,导致很多专业技术人员出现了“本领恐慌”,从而严重影响了整个水库水闸堤防管理系统的可持续发展^[4]。

(四) 缺乏对水闸堤防工程安全运行的关注

水库,水闸以及堤防作为水利工程的关键部分,对于确保流域安全、防洪减灾以及水资源的合理利用起到了至关重要的作用。这些设施的正常运作直接关系到水工程的稳定和效率,因此,提高它们的运行管理水平是保障水利事业顺利进行的核心理求。通过加强管理与维护,可以有效地减少风险,增强应对自然灾害的能力,同时也能最大化地发挥出水利工程的经济效益和社会效益。然而,一些地方在水闸堤防工程建设时往往将主要精力放在了设计与施工环节,而忽视了后续管理工作,导致了工程建成后管理单位与专业人员严重缺乏的现象,无法保证工程安全运行。此外,一些地区还存在只重视大坝建设而忽略配套工程的情况,进一步加大了水利工程运行管理难度,不利于整体防洪抗旱能力提升。

(五) 管理人员缺乏安全生产意识

在水库水闸堤防管理工作中,管理人员的安全生产意识淡薄、安全管理意识不强。尤其是部分基层管理单位领导干部及职工对安全生产重要性认识不足,责任意识、忧患意识和风险意识淡薄,存在侥幸心理,觉得自己年富力强,身体健康,思想麻痹大意,自以为经验丰富,没有认识到安全事故发生的潜在性,从而导致了一些重大事故的发生,给人民生命财产带来巨大损失。此外,还有些管理人员违章指挥、违章作业,如“三违”现象普遍存在,甚至有的工程由于“三违”行为导致了重大伤亡事故的发生,不仅给国家造成了巨额经济损失,也使其职能部门公信力严重下降^[5]。

三、水库水闸堤防运行管理中的人员培训与绩效考核机制研究的策略

(一) 建立完善的管理制度

在水库水闸堤防运行管理中,应当建立科学的管理制度。将水库工程的运行、管理纳入一个系统中来进行综合考虑,利用现代科学技术手段,对其进行全面掌控,提高工作效率。要明确水利工程管理部和人员的职责与义务,加大责任追究力度,使其能够从根本上保证工程正常运行。此外,还应制定一套合理有效的监督考核制度,通过建立绩效考核指标体系,对各部门、各级人员的工作情况进行全面考察,并根据不同情况给予一定奖惩措施。只有这样才能调动工作人员的积极性,为保障水库工程的安全运行奠定坚实基础^[6]。

(二) 加强日常维护与保养

水库水闸堤防工程在运行过程中会出现一些小的问题,比如

裂缝、腐蚀等，这就需要相关工作人员定期对其进行维护和保养。首先，可以对水利工程进行定期检查，这样才能够及时发现安全隐患并予以解决；其次，对于已有的工程隐患应加强防范措施，做好防护工作；最后，还可以设置应急预案，将损失降到最低。另外，除了日常养护之外，还要对工程结构进行经常性的监测，特别是对水位高度和运行时间等指标进行重点监控，一旦出现异常情况，必须立即采取应对措施，并且要做好详细记录。同时，为了确保水库水闸堤防工程处于良好状态，还要建立健全绩效考核机制，制定科学合理的奖惩制度，提高工作人员的积极性和主动性，从而更好地完成工作任务^[7]。

（三）做好工程巡查与维修工作

水库、水闸和堤防的管理机构必须严格执行日常巡查制度，对检查中发现的任何问题都要迅速响应并妥善处理，确保水库设施的安全运行，防止潜在风险的发生。一方面，相关工作人员需要加大水利工程的巡视检查力度，确保在巡查过程中不放过任何一个细节，对已经出现的问题要及时上报，并采取有效措施加以解决，防止因拖延而造成更严重的后果；另一方面，对于日常的维护与保养也应该认真对待，不能因为工作量大就忽视了这方面的工作，只有将日常的养护和维修工作都做好，才能延长水利工程的使用年限，保证其正常运行^[8]。

（四）做好岗位培训与教育工作

当前，水利工程运行管理单位所聘用的工作人员大都是刚刚走出校门的学生或在社会上多年打拼的社会青年。由于其自身文化水平和专业技能普遍偏低，很多人不具备专业的操作技术，需

要进行岗前培训。因此，必须针对水库、水闸以及堤防管理单位的实际情况制定科学合理的培训计划，加强对各类岗位管理人员培训力度，使之能够掌握更多的专业知识与技术操作方法，保证工作效率与质量得到有效提高。另外，还要对相关管理人员进行职业道德教育，为他们营造良好的工作氛围，确保能够激发其工作积极性^[9]。

（五）建立完善的绩效考核体系

在我国当前的水利管理部门中，存在着很多相关的绩效考核机制，但由于各种因素的影响，导致了这些绩效考核机制无法达到预期的效果。为了提高水库、水闸以及堤防的运行管理效率，就必须对其进行完善，使之能够更好地发挥作用。例如，可以采取“奖惩结合”的方式来构建绩效考核体系。对于那些工作态度良好、责任心强、技术水平高的员工给予奖励；对于那些工作不认真、不负责任、技术水平低的员工则要予以处罚。通过这种方式，既能够促进员工之间相互竞争，又能够让员工认识到自身的不足，进而不断提高自身的专业素养与职业能力，为水库水闸堤防的安全运行奠定基础^[10]。

结语

随着社会的发展和进步，水利行业也逐渐步入了全新的发展阶段。水库水闸堤防作为水利工程建设的重要组成部分，在保障人民生命财产安全方面发挥着至关重要的作用。水库水闸堤防运行管理人员在运行管理中需要具备丰富的专业知识和工作经验。

参考文献

- [1] 小型农田水利工程运行管理存在的问题及对策 [J]. 燕永胜. 农业科技与信息, 2020(14):87-88.
- [2] 2022年水利工程运行管理工作要点 [J]. 水利建设与管理, 2022, 42(03):6-8.
- [3] 张瑜洪, 陈鹏. 助力新阶段水利高质量发展扎实推进水利工程运行管理工作——访水利部运行管理司司长阮利民 [J]. 中国水利, 2021, (24):17-18.
- [4] 2020年水利工程运行管理工作要点 [J]. 水利建设与管理, 2020, 40(04):3-4+2.
- [5] 2020年水利工程运行管理工作要点 [J]. 中国水能及电气化, 2020, (04):7-8+6.
- [6] 张瑜洪, 刘兵超. 落实强监管努力提升运行管理水平——访水利部运行管理司司长阮利民 [J]. 中国水利, 2019, (24):16-17.
- [7] 车小磊, 王慧, 梁晨. 运行管理 [J]. 中国水利, 2019, (24):20.
- [8] 长江科学院派员赴四川开展2021年度小型水库、水闸工程和堤防工程险工险段安全运行专项监督检查工作 [J]. 长江科学院院报, 2021, 38(09):148.
- [9] 廖秀娟, 施育玲. 抓好病险水库堤围水闸加固达标建设 [N]. 汕尾日报, 2009-04-17(001).
- [10] 阮师. 水库水闸运行和水位管理规则曲线的开发 [J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6(09):51-54.

电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究

刘杰

贵州织金平远清洁能源有限责任公司, 贵州 毕节 552100

摘 要 : 电力系统是我国国民经济的基础设施, 其发展程度直接关系到国计民生。在当前形势下, 只有不断完善电力电气设备运行管理体系, 提高设备运行安全和效率才能为经济社会的发展提供可靠保障。基于此, 本文首先分析当前电力电气设备监测现状, 并研究了电力电气设备异常故障产生原因, 并探讨了电力电气设备异常故障诊断与排除方法实际应用的优化策略。希望通过对本研究内容的论述能够为相关领域工作者提供有益参考。

关 键 词 : 电力电器; 故障诊断; 排除方法; 研究

Research On Abnormal Fault Diagnosis And Elimination Methods Of Power And Electrical Equipment

Liu Jie

Guizhou Zhijin Pingyuan Clean Energy Co., Ltd., Guizhou, Bijie 552100

Abstract : The power system is the infrastructure of China's national economy, and its development degree is directly related to the national economy and people's livelihood. Under the current situation, only by continuously improving the operation management system of power and electrical equipment and improving the safety and efficiency of equipment operation can we provide a reliable guarantee for economic and social development. Based on this, this paper firstly analyzes the current status of power and electrical equipment monitoring, studies the causes of abnormal faults of power and electrical equipment, and discusses the optimization strategies for the practical application of abnormal fault diagnosis and elimination methods of power and electrical equipment. It is hoped that the discussion of the content of this study can provide a useful reference for practitioners in related fields.

Keywords : power appliances; fault diagnosis; exclusion methods; study

一、引言

电力电气设备在运行过程中会受到多种因素的影响, 如环境、工艺和操作人员等, 这些因素都有可能導致电力电气设备异常故障。一旦发生异常故障, 将直接威胁到电力系统的正常运转, 降低供电效率, 甚至造成重大安全事故。因此, 必须对电力电气设备异常故障诊断与排除方法进行深入研究, 及时发现并排除故障隐患, 以提高电力电气设备的稳定性与可靠性。

二、当前电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究现状

(一) 国家高度重视

当前, 我国电力企业的发展与国家经济建设密切相关, 为保证社会稳定和谐的发展, 电力部门必须不断创新技术手段, 加强对电力电气设备的维修管理。但是从当前来看, 大多数电力企业对电力电气设备的检修还停留在传统的人工诊断阶段, 并且存在着故障判定不准确、效率低等问题。为了能够提升电力电气设备

的运行质量和可靠性, 需要将计算机信息技术引入到电力电气设备的维护工作中去, 运用现代化的检测方法对设备进行实时监测, 从而更好地掌握设备的运行状态。除此之外, 国家还积极出台了相关政策鼓励电力企业加大科技研发力度, 在提高电力电气设备检修水平的同时也推动了电力行业的发展。

(二) 企业研究力度提升

我国是一个电力大国, 但是就目前而言, 我国在电力电气设备的研究方面还相对落后, 许多核心技术都需要依靠国外进口, 这对我国整体经济发展有着不利影响。因此, 为了进一步促进我国社会经济发展和进步, 提升企业生产效率, 国家必须加强对电力电气设备故障诊断技术的研究力度, 积极培养专业人才, 并为其提供良好的工作环境, 鼓励科研人员将国外先进技术进行合理利用和创新, 从而有效推动电力电气设备诊断技术的全面发展。

(三) 诊断与排除方法较为单一

现阶段, 我国电力电气设备的故障诊断与排除方法比较单一, 诊断方式也比较落后。在现代化背景下, 需要提升设备诊断技术, 采用更为先进的诊断手段, 全面掌握电气设备故障信息, 提高维修人员的工作效率。针对这种情况, 相关部门应该积极引

进新技术、新方法，加强对电力电气设备故障诊断和排除的重视程度，尽可能缩短故障处理时间，减少财产损失。此外，为了提升工作质量，还需要培养一批专业的电力设备维修技术人才，为电力电气设备维护奠定坚实基础。

三、电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究的重要性

（一）减少电力电气设备故障率

由于电力电气设备在运行的过程中，存在着很多的未知因素和随机因素，因此会经常出现故障问题。如果不能及时地诊断并排除这些故障的话，就会影响到设备的正常运行，从而导致电力系统不能正常供电。只有通过异常故障进行分析和判断，才能够更好地了解故障产生的原因，并且采取有效的措施来解决问题。与此同时，还需要结合实际情况制定出相应的维修方案，这样就可以减少电力电气设备发生故障的概率，为人们提供更加可靠的电能。

（二）增强企业经济效益

我国已经进入了新时代发展阶段，而我国经济水平也得到了不断地提升，但是与此同时，对于电力行业的要求也越来越高，所以这就需要相关企业必须做好电力电气设备的维护工作。目前，我国绝大多数企业都非常重视电力电气设备的维护工作，因此加强电力电气设备异常故障诊断与排除方法的研究具有重要意义。只有这样，才能够保证电力企业获得更多的经济收益。

（三）提升能源利用率

目前，我国电力电气设备的能源利用率普遍不高。主要原因是相关人员没有充分认识到能源节约工作的重要性，导致在对电力电气设备进行安装时存在一些问题，从而影响了电气设备的使用效果。因此，采取切实有效的措施，加强对电力电气设备的严格安全管理，刻不容缓。我们必须全面提升安全生产意识，确保每一项操作都符合安全标准，从而杜绝可能引发的安全隐患。同时，应积极推动节能减排工作，通过优化能源使用和减少污染物排放来实现可持续发展。这不仅是应对环境挑战的必要举措，也是促进我国经济与社会和谐进步、满足人民群众日益增长的美好生活需要的重要途径。另外，还应加强电力电气设备维护技术研究，尽可能地减少电力电气设备的故障率，实现更好的经济效益。总之，只有不断提升电力电气设备的能源利用率，才能从根本上推动我国电力事业的长远健康发展^[1]。

（四）节约人力资源成本

故障发生后，在通过对故障设备进行分析与诊断之后，就可以确定故障的原因以及它存在的问题。而对于这一部分的工作，如果仅仅是依靠专业的人员来完成的话，所需要花费的时间和精力是比较大的，因此会导致相关的人力资源成本不断增加，不利于企业经济效益的提升。而如果能够采用自动故障诊断系统，那么就可以实现对电力设备的全面检测，然后根据检测结果及时解决相应的故障，这样不仅可以减少人工成本，同时还能提高企业的经济效益。

四、电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究中的阻碍

（一）部分企业缺乏重视

在我国，由于电力电气设备所出现的故障问题往往具有复杂性和多样性，使得诊断过程变得异常困难。这种技术上的挑战不仅考验着专业人员的技能和经验，也对整个企业的稳定运行构成了潜在威胁。尽管当前的研究对于提升设备的可靠性和维护效率至关重要，但是现实情况是，许多企业并没有将其视为一项必须重视的课题，这导致了在设备故障诊断与预防措施方面的投入不足。因此，要想提升我国电力电气设备的整体性能和使用寿命，就必须从提高管理人员的技术素养做起，激发他们对复杂技术的好奇心和求知欲，鼓励他们积极参与到设备维护和诊断的实践中去，从而推动行业向着更加高效、智能的方向发展。因此，要想推动我国电力电气设备异常故障诊断与排除方法研究工作顺利开展，就必须加大各方面宣传力度，使广大电力企业都能够认识到其重要性，并积极参与到其中去。此外，在进行故障诊断时也应充分结合设备运行状态，通过多次测试来确定故障位置，尽量降低停机时间，从而有效提升企业生产效益。

（二）从业人员素养不高

在现代工业生产中，电力电气设备的稳定运行是至关重要的。而故障的及时识别与快速修复，更是保障电力系统安全、可靠和高效运转的关键所在。因此，故障处理与维修不仅仅是一项技术活，更是一项考验专业素养和综合技能的系统工程。这要求从业人员不仅要有扎实的专业知识基础，还需具备良好的应变能力和细致周到的工作态度。然而，现实情况却不容乐观。由于种种原因，一些从事该行业的人员可能存在着技术素养不足、综合能力欠缺等问题。他们在设备的运行过程中往往难以做到及时发现潜在的故障迹象，更不用说采取有效措施进行排除了。这样的问题一旦发生，故障就会像病毒一样迅速传播开来，从一个部件扩散到另一个部件，最终波及整个供电系统，影响到整个工业生产活动的正常进行。这种状况无疑给企业带来了巨大的经济损失，同时也严重影响了社会的整体运行效率。

（三）故障诊断与监测技术应用成本较高

在电力行业中，故障诊断与监测技术的应用已经成为提升设备运行质量与安全性的关键手段。通过这种技术，电力工作人员可以更准确地识别出电力设备在运行过程中可能出现的问题，从而及时采取措施进行修复或更换，避免了潜在的安全事故和经济损失。然而，这项技术对检测工作的要求是非常高的，它不仅需要专业的知识和技能，还需要对电力设备的结构、工作原理有深入的理解。尽管我国的电力企业在这方面取得了显著进步，成功研发并推出了很多先进的监测系统，这些监测系统在精度和效率上都达到了国际先进水平。然而，这些系统往往侧重于对大型电气设备的监测，对于那些体积较小、分布更为分散的小型电气设备来说，其监控能力显得力不从心。因为小型电气设备通常具有更多的不确定性和复杂性，它们的故障模式和原因往往不如大型设备那样明显和易于诊断。如果过分依赖故障诊断与监测技术来管理所有的电力电气设备，会显著增加电力企业的维护成本，尤

其是在面对大规模的电力设施时。其次，这种过度依赖也可能导致监测数据的不准确性，因为小型设备的故障可能没有被正确地检测出来，或者一些微小的故障没有被及时发现。最后，由于小型设备的维护和更换成本相对较低，过度的维护会占用过多的资源，影响电力企业在其他重要领域的投资和发展^[2]。

五、电力电气设备异常故障诊断与排除方法实际应用的优化策略

（一）加大对国产设备的研发，降低使用成本

由于电力电气设备的设备材料和运行条件等方面都存在有一定的差异，所以对于该类型设备的故障诊断是有一定难度的。我国虽然在此领域有着多年的研究经验，但因为国内对于电力电气设备的技术要求比较高，而且现阶段，我国在相关领域的研发能力相对较弱，因此需要不断加大对于该类型设备研发力度，并且与国外先进企业进行合作，从而进一步完善诊断系统，提高诊断结果的准确性，降低电力企业的使用成本，最终实现对电力设备故障的快速、准确诊断。

（二）加强与高校间的合作，提升从业人员素养

在电力电气设备故障诊断和排除的过程中，相关从业人员自身素养的高低会对诊断结果产生直接影响。因此，电力企业要想确保异常故障诊断与排除方法能够发挥出应有作用，就必须重视提升从业人员专业水平和综合素质，定期对其进行培训和教育，强化他们的实践能力，使其能够熟练掌握与工作相关的各项技术。此外，为了不断提升电力电气设备故障诊断与排除的质量，还可以加强与高校间的合作，通过联合办学、定向委培等方式，让更多高学历人才充实到电力电气设备领域中来，从而为电力电

气设备诊断和排除提供更加优质的人力资源。

（三）完善基础设施建设

电力电气设备在运行的过程中，不可避免地会发生一些故障问题。而这些故障问题一旦没有得到及时有效地解决，就会给企业带来巨大的经济损失。所以，为了保证企业能够正常稳定地发展下去，必须对电力电气设备的异常故障进行诊断和排除。企业需要通过加强基础设施建设的方式来提高设备的稳定性。只有这样才能确保设备可以在工作时发挥其应有的作用。这样一来，不仅能够对各个岗位上的工作人员起到监督作用，而且还能够提高他们的工作积极性。

（四）统一管理标准，加大监管力度

由于我国目前的电力电气设备管理模式存在着一定的问题，因此就需要进行统一的管理标准，这样才能够有效地保证电力电气设备运行质量。另外，为了实现电力电气设备故障诊断和排除工作的有效开展，还需要加大监管力度，建立健全的监督体系。除此之外，还要加强对电力电气设备维护人员的培训力度，从而提高他们的专业素养，确保故障得到及时处理^[3]。

六、结语

综上所述，在电力电气设备运行的过程中，通常会出现各种异常故障问题，严重影响了设备的正常运行。因此，为了确保电力电气设备能够顺利、安全地运行，相关工作人员必须高度重视故障问题，通过科学合理的故障诊断方法进行有效处理。与此同时，还需要加强对电力电气设备异常故障诊断与排除方法的研究，并不断创新和完善，进而提高整体的诊断效率和诊断质量，避免给企业带来不必要损失。

参考文献

[1]梁锦照,于秋玲,支一蓓. 孪生神经网络技术在电力设备状态分析中的应用 [J]. 自动化应用, 2023,64(20):117-120.

[2]黄志鸿,吴晟,肖剑,等. 基于引导滤波的电力设备热故障诊断方法研究 [J]. 红外技术, 2021,43(09):910-915.

[3]陈同凡,刘云鹏,裴少通. 基于改进 YOLOv3 的电力设备红外诊断方法 [J]. 广东电力, 2021,34(06):21-29.

[4]刘传洋,吴一全. 基于红外图像的电力设备识别及发热故障诊断方法研究进展 [J/OL]. 中国电机工程学报: 1-27[2024-07-01].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2107.TM.20240226.0957.002.html.

[5]黄科文. 基于布里渊光纤传感的电网电压监测仪导线故障检测方法 [J]. 自动化与仪器仪表, 2024(02):263-266.DOI:10.14016/j.cnki.1001-9227.2024.02.263.

[6]孙小伟,张启浩,李琦,等. 智能网联技术下机载电子电气设备检测系统设计 [J]. 电子设计工程, 2024,32(04):153-157.DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2024.04.033. [1]张文麒,孙瑞,闫禹泽,等. 基于现场总线通信的高压电气设备异常振动状态检测方法 [J]. 长江信息通信, 2024,37(02):108-110.DOI:10.20153/j.issn.2096-9759.2024.02.033.

[7]姜蓉蓉,王博颖,杨俊秋,等. 色谱试验标准混合气体摇匀装置的研制与应用 [J]. 机电工程技术, 2024,53(02):283-286.

[8]孙小伟,张启浩,李琦,等. 智能网联技术下机载电子电气设备检测系统设计 [J]. 电子设计工程, 2024,32(04):153-157.DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2024.04.033.

[9]张文麒,孙瑞,闫禹泽,等. 基于现场总线通信的高压电气设备异常振动状态检测方法 [J]. 长江信息通信, 2024,37(02):108-110.DOI:10.20153/j.issn.2096-9759.2024.02.033.

[10]宋明阳,瞿晟珉,秦少茜,等. 基于故障风险水平的海上风电场机会维护策略 [J]. 电力工程技术, 2023,42(06):117-129.

配电系统可靠性评估及改进策略研究

刘军

国网陇南市武都区供电公司, 甘肃 陇南 746000

摘 要 : 随着我国社会经济的快速发展, 人们对电力的需求量越来越大, 电力已经成为人们生活中不可或缺的一部分。供电可靠性是衡量电网安全运行的重要指标, 它直接影响着供电企业的经济效益。为了提高供电可靠性, 就需要对配电系统进行优化与改进。基于此, 本文从配电系统可靠性评估指标分析出发, 提出了提高配电系统可靠性的措施和方法, 并结合某实际配电系统进行了可靠性评估, 结果表明: 优化电网结构、加强电网调度、加强负荷预测等措施能够有效提高配电系统可靠性。最后, 通过仿真计算分析了各种因素对提高配电网可靠性的影响程度。

关 键 词 : 配电系统; 可靠性; 评估; 改进

Research On Reliability Assessment And Improvement Strategy Of Power Distribution System

Liu Jun

State Grid Longnan Wudu District Power Supply Company, Gansu, Longnan 746000

Abstract : With the rapid development of China's social economy, people's demand for electricity is increasing, and electricity has become an indispensable part of people's lives. The reliability of power supply is an important indicator to measure the safe operation of the power grid, which directly affects the economic benefits of power supply enterprises. In order to improve the reliability of power supply, the power distribution system needs to be optimized and improved. Based on this, this paper proposes measures and methods to improve the reliability of the distribution system based on the analysis of the reliability evaluation index of the distribution system, and conducts the reliability evaluation in combination with the actual distribution system, and the results show that the reliability of the distribution system can be effectively improved by optimizing the power grid structure, strengthening the power grid dispatching, and strengthening the load forecasting. Finally, the influence of various factors on improving the reliability of the distribution network is analyzed through simulation calculation.

Keywords : power distribution system; reliability; assess; improvement

一、引言

伴随着我国社会经济的快速发展, 人们对电能的需求量越来越大, 电力已成为人们生活中不可或缺的一部分。近年来, 随着智能电网建设的不断推进, 人们对电网供电质量的要求也越来越高。配电系统作为电力系统的重要组成部分, 其可靠性对电力系统正常运行和用户供电质量起着至关重要的作用。配电系统可靠性是衡量电网安全运行水平 and 经济运行水平的重要指标, 是实现电能优质供应的基础。因此, 提高配电网可靠性是实现电力行业健康、持续发展的前提和保障。本文对配电系统可靠性评估指标进行了分析, 并提出了提高配电系统可靠性的改进策略, 为提高配电系统可靠性提供了理论依据。

二、配电系统可靠性基础

(一) 配电系统的组成与功能

配电系统的基本功能包括: (1) 供配电管理: 对用户的用电行为进行管理, 如对用户进行用电设备的安装、检修和维护等。

(2) 配电网: 指的是电源和用户之间的连接网络, 包括电力传输网络、电力用户之间的连接网络和配电网。(3) 电能分配与计量: 对电能进行分配, 并计量其使用情况。(4) 配电网控制: 对电能进行调度, 对配电网进行监控。(5) 安全保护: 保护用电设备不受损害, 保护电力系统运行的安全性。(6) 通信与自动化: 收集、传输与处理数据, 保证系统运行的高效性和准确性。(7) 系统维护: 定期对系统进行维护, 保证系统正常运行。

(二) 可靠性指标的定义与分类

配电系统的可靠性主要包括供电可靠性和用户供电可靠性, 其中供电可靠性是指供电质量满足用户要求的程度, 主要包括供电可靠性、电压质量和电能质量3个方面; 用户供电可靠性是指用户在不停电的情况下使用电能的能力, 主要包括不停电的时间、不停电的设备和不停电的操作。配电系统可靠性指标分为最大负荷点指标、最大负荷点负荷裕度指标、电压偏移指标、最大电压偏移值指标、综合性能指标和电压质量指标。最大负荷点是指系统中负荷较高的区域, 其中包括用户重要负荷区; 最大负荷点负荷裕度指标是指系统中负荷较低区域的用户供电可靠性, 其中包括用户重要负荷区。^[1]

（三）可靠性评估的基本原理

可靠性评估是研究配电系统可靠性的重要手段，在配电系统可靠性分析和评价中有着重要的地位。可以说，没有可靠性，就没有配电系统的可靠性。在配电系统可靠性评估中，将电路元件分为五种状态：正常运行、停运、故障、备用和废弃。从理论上说，在这五种状态下，任何一种状态发生变化都会对配电系统的可靠性产生影响，但实际上在实际工作中，由于各种原因会出现一些特殊情况，使得电路元件处于不同的状态。对于这五种状态的评估是一件非常困难的事情。因此，为了能更好地进行配电系统可靠性分析和评价，就需要对这五种状态进行量化分析。

（四）可靠性评估的数学模型

可靠性评估的数学模型是进行配电系统可靠性分析的基础，在此之前要先对系统进行故障模式与影响分析，对系统的元件进行分类和描述，将系统划分为若干个区域，并对区域内的元件进行故障分析，得到系统的元件故障模式集。然后再通过数学模型对各元件状态之间的相互影响关系进行描述，从而得到系统可靠性的评估结果。在进行可靠性评估之前，需要先对配电系统中各个设备的运行状态和相关数据进行获取，然后利用不同的模型来描述和计算各设备状态之间的相互影响关系，并以此得到各个设备在各个运行状态下所能提供给用户的服务时间。

三、数据采集与预处理

（一）数据采集方法

由于配电系统中的设备种类繁多、分布广泛，同时为了确保采集到的数据能够真实有效地反映配电网运行状态，对采集到的数据需要进行质量评估。采用人工方式进行数据采集的精度往往较低，同时不利于管理。因此，采用以下两种方式进行数据采集：（1）利用智能仪表或其他自动化设备实现数据采集，具有很强的适应性。（2）采用 GPRS 通讯方式，能够及时高效地将配电系统中所有设备的运行状态数据实时传送到远程监控中心。在数据采集过程中，对所采集的数据进行校验、筛选和清洗等处理，最终得到配电网运行状态的准确值。

（二）数据清洗与预处理技术

（1）数据清洗。在收集到的配电系统运行状态数据中，由于数据的采集设备故障、用户行为、其他干扰等原因，数据的准确性和完整性会受到一定的影响。因此，需要对原始数据进行清洗，删除重复、错误、不准确的数据。

（2）数据预处理。由于配电系统运行状态中可能存在各种干扰，而对采集到的原始数据进行预处理可以去除干扰因素，消除误差，提高数据质量。配电系统运行状态具有一定的实时性要求，为了保证采集到的实时信息与历史信息相符合，需要对采集到的实时运行状态数据进行存储。在可靠性评估中常用的存储技术包括数据库技术、文本挖掘技术、数据库备份等。^[2]

（三）故障数据统计与分析

统计和分析故障数据是进行可靠性评估的基础。在故障数据分析过程中，需要对配电网的故障率进行统计和分析。对于故障

率较高的配电网，应对其进行重点监测，以及时发现并解决问题。对于故障率较低的配电网，可从运行方式、设备故障及管理制度等方面着手，分析出其可能存在的问题，并制定相应措施。

配电系统故障数据统计与分析主要包括两方面的内容：一方面是故障数据的统计分析，包括设备故障率、停电事件、线路故障率等；另一方面是故障数据的统计分析结果对可靠性评估结果产生的影响。在配电网可靠性评估中，通过对故障数据进行统计和分析，可以得到配电网故障规律及影响因素。

（四）数据集构建与评估

故障数据集的构建是建立模型的重要环节，所选择的故障数据集必须能够反映故障发生后的实际情况，且具有足够的代表性，并能够体现故障发生时系统的运行状态。为了避免过拟合，在构建故障数据集时，需要对样本数据进行筛选，剔除异常值、缺失值和不合理的数据。

四、可靠性评估模型构建

（一）模型选择与算法介绍

在分析配电网可靠性评估方法时，以电力系统可靠性理论为基础，通过分析配电网系统的结构和运行方式，对影响系统可靠性的主要因素进行分析。考虑到配电系统可靠性评估的特殊性，选择基于改进蒙特卡罗模拟的配电系统可靠性评估方法。该方法以可靠性理论为基础，以系统元件为模拟对象，以元件的概率分布和状态变量作为模拟过程的输入信息。该方法具有计算量小、计算速度快、鲁棒性强等特点，适合于大规模配电系统的可靠性评估。

（二）评估指标体系的构建

配电系统可靠性评估的主要内容包括评估指标体系的建立、评估方法的选择和评估过程。指标体系是对影响可靠性水平的各种因素进行综合分析、处理后得到的反映配电系统可靠性水平高低的量化描述。由于配电系统可靠性评估指标体系涉及因素较多，且存在不同类型指标之间互相关联、影响等问题，因此构建配电系统可靠性评估指标体系是十分困难的。从配电系统结构、运行方式、设备类型和运行环境四个方面对影响配电系统可靠性水平的因素进行分析，在此基础上选取相应的指标对其进行评价，以反映配电系统可靠性水平，并根据具体情况合理地选取一些必要的评价指标。^[3]

（三）模型优化策略

针对配电系统可靠性评估模型，进行模型优化可以从以下两方面入手：（1）通过对配电系统进行分区，在每个分区中设置不同的可靠性指标，通过对各个分区中配电设备进行分析，可以有效减少评估模型中的复杂度。（2）可以对不同的可靠性指标进行加权处理，当某个可靠性指标大于某个阈值时，将该可靠性指标定义为高等级，否则定义为低等级。同时也可以设置不同的权重系数，从而降低评估模型复杂度。在此基础上，可以根据实际情况设置不同的权重系数，从而实现对配电系统可靠性评估模型的优化。

五、可靠性改进策略研究

（一）配电系统可靠性影响因素分析

配电系统可靠性的影响因素很多，其中有一些是客观存在的，如自然条件、运行检修等；另一些则是人为因素造成的，如规划设计、设备选型等。配电系统可靠性影响因素分析的步骤如下：（1）通过统计分析确定影响配电系统可靠性的主要因素，并根据主要因素确定主要影响因素的优先级顺序。（2）采用层次分析法确定影响配电系统可靠性的各种因素的权重，然后根据权重值对这些影响因素进行排序，最终得出影响配电系统可靠性的主要因素。（3）根据前两步得到的影响因素权重，利用模糊综合评价法确定影响配电系统可靠性的主要因素。

（二）改进策略的理论基础

在配电系统的可靠性管理中，人们主要应用可靠性指标和故障恢复时间来衡量可靠性，但上述两个指标都是静态的，不能反映系统的动态特性。配电系统可靠性管理中的各种策略都是为了提高配电系统的动态可靠性，因此，必须在考虑上述两个指标的基础上对配电系统进行优化。在供电企业中，最常见到的一种动态可靠性指标就是故障恢复时间（RTT），该指标反映了供电企业对配电网故障恢复能力的评价。它包括两部分内容：①故障恢复时间；②故障恢复时间在正常工作状态下对可靠性影响。^[4]

（三）改进措施的制定与实施

为了提高配电系统的可靠性，应制定出完善的供电质量计划，根据停电对供电可靠性的影响程度，对配电网进行分区。在实施分区的过程中，要对停电区域进行明确的划分，使用户不会在停电后产生较大的经济损失。如果分区划分过小，用户可能会

因停电而导致经济损失；如果分区划分过大，将会导致供电质量较差、供电可靠性降低。在实施分区时要明确的是，当发生故障时应采取哪种方式来对故障进行处理。

（四）改进效果评估

结合改进措施的实施，可以对其改进效果进行评估。可采用系统可靠性评估方法对改进措施的效果进行评估。该评估流程包含可靠性指标、可靠性影响因素分析、可靠性改进措施效果分析等步骤，具体包括：①通过对系统中的设备和元件进行分析，了解系统的可靠性指标。②根据系统中各元件的状态，如是否正常运行、是否超出限定值、是否存在缺陷等，对元件进行分析。③根据系统中各元件的状态以及故障类型等信息，计算出系统的可靠性指标。④对系统中各元件及设备进行改进后的可靠性评估。⑤对比改进前与改进后的系统可靠性指标，验证改进措施效果。

六、结语

本文分析了配电系统可靠性评估指标，并对某实际配电系统进行了可靠性评估，分析结果表明：优化电网结构、加强电网调度、加强负荷预测等措施能够有效提高配电系统可靠性。此外，本文还从优化配电网结构、加强电网调度等方面提出了提高配电网可靠性的措施和方法。最后，根据某配电系统的可靠性评估结果，对其存在的问题进行了分析，并提出了提高配电系统可靠性的策略。由此可见，从配电系统可靠性评估指标出发，提出的方法和措施是有效可行的，能够有效提高配电网运行可靠性，进而为电力企业提供更加优质、可靠、安全的电力供应。

参考文献

- [1] 舒舟, 杨文锋, 廖威. 计及配电网自动化分区的城市配电网供电可靠性评估方法 [J]. 南方能源建设, 2023, 10(06): 98-104. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2023.06.011.
- [2] 商晓峰, 徐森, 刘雪伟. 先进半导体制程项目配电系统方案可靠性评估及成本分析 [J]. 建筑电气, 2023, 42(10): 31-37.
- [3] 王镜淇, 吴东方, 朱梓桢, 等. 低压电气设备可靠性分析精细化管理实践 [J]. 电工技术, 2023, (16): 182-184+188. DOI: 10.19768/j.cnki.dgjs.2023.16.048.
- [4] 俞伟, 李衡, 苏毅方, 等. 基于代数模型的配电系统可靠性评估方法 [J/OL]. 电测与仪表, 1-102023-02-27. http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1202.TH.20230224.1700.004.html.
- [5] 王湜, 谢开贵, 邵常政, 等. 柔性互联输电一体化电网有损潮流的精细化建模及应用 [J]. 电工技术学报, 2024, 39(09): 2593-2607. DOI: 10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.231811.
- [6] 石立国, 李延真, 胡洋, 等. 提高电动汽车接纳能力的配电网动态重构方法 [J]. 供用电, 2024, 41(04): 89-95. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2024.04.011.
- [7] 韩俊, 潘文婕, 蔡超, 等. 基于概率连通与关联矩阵的配电网可靠性评估 [J/OL]. 电力系统及其自动化学报: 1-92024-04-03. https://doi.org/10.19635/j.cnki.csu-epsa.001420.
- [8] 韩俊, 潘文婕, 蔡超, 等. 基于概率连通与关联矩阵的配电网可靠性评估 [J/OL]. 电力系统及其自动化学报: 1-92024-04-03. https://doi.org/10.19635/j.cnki.csu-epsa.001420.
- [9] 陈艳波, 刘志慧, 吴适存, 等. 高速公路绿色能源系统体系架构初探 [J]. 新型电力系统, 2024, 2(01): 94-114. DOI: 10.20121/j.2097-2784.ntps.230037.
- [10] 梁皓澜, 刘东奇, 曾祥君, 等. 电力高级量测体系网络攻击致损路径图构建及风险评估 [J]. 电力系统自动化, 2024, 48(12): 89-99.

关脚水电站蓄电池核容试验引起灭磁柜非线性电阻局部烧毁故障分析及处理

金科全

国家电投贵州金元安顺水力发电总厂，贵州 安顺 561000

摘 要：为了更好的保证电站直流系统运行稳定可靠，我厂对关脚电站直流蓄电池按照周期表周期进行核容试验。发电厂出现很多全站停电事故、电网事故是由于直流系统故障引起的，大多中小水电都是单套直流蓄电池。因此对蓄电池核容试验时直流负荷都是由充电机提供，由于交流电源的不可靠容易造成全厂直流失电，即操作母线和控制母线断电，造成保护、励磁、调速器误动作或拒动，而引起事故的发生，严重的造成电网事故，因此都是采用退出保护、机组备用状态时进行的。

关 键 词： 直流系统；核容试验；灭磁电阻

Magnetic Tization Cabinet Caused By Battery Nuclear Capacity Test Of Guanjiao Hydropower Station Analysis And Treatment Of Nonlinear Resistance

Jin Kequan

State Power Investment Corporation, Guizhou Jinyuan Anshun Hydropower General Plant, Guizhou, Anshun 561000

Abstract： In order to better ensure the stable and reliable operation of the DC system of the power station, our factory conducts the nuclear capacity test on the DC storage battery of the foot power station according to the periodic table cycle. Many power plants and power grid accidents are caused by the failure of the DC system, and most small and medium-sized hydropower stations are a single set of DC batteries. So the battery nuclear capacity test when dc load is provided by the charger, due to the ac power supply is not reliable to cause the whole plant direct loss of electricity, namely the operation bus and control bus power, protection, excitation, governor or rejection, and cause the accident, serious power grid accident, so are using the exit protection, unit standby state.

Keywords： DC system; nuclear capacity test; magnetization resistance

一、概述

关脚水电站是打邦河干流开发规划中的第五级梯级电站。坝址以上集雨面积2297km³，多年平均流量54.15 m³/s。大坝为浆砌石重力坝，最大坝高12.8m，正常蓄水位628.5m，校核洪水位633.5m，起调水位629m，总容量21万 m³，无调节库容，死水位624.5m，无死库容，工程为小型。电站装机容量为3×16MW，发电引用流量为45m³/s，只配置一套DC220v直流系统。

机组主要参数：

发电机额定电压：10500V	发电机功率：16MW
额定励磁电压：114V	空载励磁电流：330A
额定励磁电流：648A	空载励磁电压：40V
X _d （不饱和值）：1.1910	X _d ′（饱和值）：0.2721
T _{d0} ′：5.5 S	转子绕组电阻（75℃）：0.1494Ω

事件发生前状态：

关脚水电站1号、2号发电机热备用，3号机带10MW负荷运行，经110kV凤关线上网，其他辅助设备正常，试验人员进行

“220V直流系统蓄电池放电试验”工作。

二、事故现象及设备损坏情况

对直流系统和3号机组励磁系统进行检查。发现蓄电池充电控制装置监控电源模件损坏；3号机组灭磁柜中非线性电阻烧坏16片（共24片）；快熔保险均损坏8只（共12只）。

三、事故原因分析

对蓄电池充放电进行核容试验，经查看关脚水电站励磁系统主接线图和现场排查得出必须取下保险才能开展，微机监控装置电源取自蓄电池直流系统母线（保险下端），核容试验完成后试验人员恢复保险（18时00分）蓄电池电压195V，由于不是断路器因此合闸时存在冲击或电压波动^[1]，微机监控装置电源模件烧坏，但上端保险未烧坏，由此确定电源模件老化严重禁不起冲击。充电机失去微机监控装置的控制按最大电流对蓄电池充电，

作者简介：金科全，性别：男，出生：1990年5月，民族：汉族，籍贯：四川宜宾；学历：本科；职称：工程师；研究方向：水电水利

充电机负荷总负荷约40A，由此得出交流回路单向电流约13.3A；从关脚励磁系统主接线图得知充电机电源由两回交流380V经双电源切换开关供电，现场检查两回交流电源空开容量均15A，且Ⅱ回下端并接10.5kV室风机（六台）电源和UPS逆变电源负荷约4A；总负荷约17.3A大于空开容量，经查阅资料本空开负荷电流大于1.1倍电流延时20分钟，电流越大延时越短，由时间差得知投上直流保险后14分钟左右充电机交流二回断开（18时14分），经现场检查交流切换开关未切换，经确认已坏，值班负责人发现机组不定态，立即上位机发停机令，上位机显示流程失败，立即汇报电站专工并下令副值班员对发电机层和水轮机层进行检查，询问试验人员现场情况，副值班员在发电机层闻到有焦臭味，试验人员交代（17时59分）蓄电池核容试验结束在恢复时合上直流充电保险后，发现直流蓄电池4台充电机、充电控制装置停止工作，经检查充电机交流失电，充电控制装置电源模块烧坏。18时25分试验人员手动切换充电机双电源开关，充电机恢复正常工作，监控系统各机组信号恢复正常，18时26分主值班员上位机操作停机，18时26分55秒3号机组GCB023分位动作。18时27分专工和主值班员检查到发电机层，发现3号机组励磁风机抽出大量浓烟。

由上述事件经过分析充电机交流失电后直流系统电压瞬间波动（234V—195V），可控硅触发角在充电机交流失电导致的直流系统电压瞬间波动中可能发生了异常变化。由于励磁调节CPU的电源精度要求较高，且存在老化现象，当直流系统电压从234V迅速下降到195V时，可能导致CPU的供电不稳，进而引发其重启。重启过程中，励磁调节系统可能暂时失去了对可控硅触发角的精确控制^[2]，使得触发角发生非预期的变化。这种触发角的异常变化会直接影响到励磁电流的大小和稳定性，可能导致励磁电流瞬间增大或减小。在励磁电流异常增大的情况下，灭磁柜中的非线性电阻可能承受了过高的电流和热量，超过了其承受能力，从而导致局部烧毁。同时，快熔保险也可能因为电流过大而熔断，起到保护作用，但同时也造成了设备的损坏^[3]。

根据关脚电站励磁系统DC24V电源图可知励磁调节A、B、C三个通道直流24V均取自一路直流、一路交流电源模块并接的，询问厂家本套励磁调节柜CPU由于年限长存在老化，优先选用直流输出24V且电源精度要求比较高如果存在波动或冲击励磁调节CPU重启对可控硅触发角失去控制^[4]，励磁电压采样接近正弦波是由定子感应来的，查询机组LCU录波图机端电压未采集到，由此推出可能机组LCU受直流系统冲击重新启动（上位机无法操作），极端电压是内部映射因此无法采集，其余是由模拟量输入可以采集。经录波装置查询可以得出18时20分励磁系统及机组系统重启完成3号机组励磁强磁动作（持续时间17S），充电机交流电源恢复正常直流系统稳定，但是之前励磁非线性电阻已过压击穿，燃烧后短路点消失机组才恢复正常^[5]。

（一）诱发原因

- ①微机监控装置电源模块烧坏；
- ②直流系统充电机交流电源Ⅰ、Ⅱ回400V空开容量（15A）不够，且Ⅱ回下端并接10.5kV室风机（六台）电源和UPS逆变

电源；

- ③直流系统双电源切换开关已坏。

（二）直接原因

- ①励磁调节柜年限长老化，CPU对24V电源要求太高使励磁可控硅导通角不稳定。

- ②非线性电阻已运行20年，水电站机组开停机比较频繁，关脚电站线路多次非停用负荷，这加剧了非线性电阻老化或绝缘受损。非线性电阻其原有的保护功能可能受到影响，无法有效地抑制发电机励磁电流的过度增大，进一步加剧了故障的发展。

（三）间接原因

- ①充放电前风险预控不到位；
- ②现场人员未及时手动切换双电源开关导致故障时间延长，加剧了励磁过压的次数。

1. 不符合项：

- ①直流系统微机监控装置电源不应该从直流系统母线取；
- ②直流系统充电机交流电源Ⅰ、Ⅱ回400V空开容量（15A）不够，且Ⅱ回下端并接10.5kV室风机（六台）电源和UPS逆变电源，存在多个一类负荷同时并接一个电源和一类负荷上任意并接三类负荷。

- ③直流系统充电机双电源切换开关已坏。

（四）其他问题：

- ①我厂水电站设备检修技改制度不完善，励磁柜（调节柜、功率柜、灭磁柜）未彻底进行卫生清扫；
- ②定期工作不完善，巡检人员技术水平不足；
- ③技术监督开展不够细，励磁系统非线性电阻的相关试验没有开展；
- ④相关人员对现场设备接线不熟悉，风险预控不到位，应急措施执行不好；
- ⑤调速器柜紧急停机按钮在直流电源消失后无法操控，中控室、机旁屏紧急停机按钮操作还待试验。
- ⑥励磁调节柜自身没有配置录波功能；
- ⑦针对于老水电站单套直流蓄电池，充放电试验时不应有机组在运行状态。

四、故障处理、措施及试验

（一）直流系统

- ①编制蓄电池充放电作业指导书；
- ②对于我厂各电站设备电源进行梳理排查，对不符合项进行整改，对一个电源开关同时接入多个不同等级类负荷和不满足开关容量的立即整改，立即采购双电源切换装置并更换；
- ③对我厂只有一组蓄电池组的电站建议增加一组蓄电池，以确保机组安全运行；或只配置一组蓄电池的电站核容试验时采取放50%的容量并在机组停运时进行；

（二）励磁系统

- ①修编完善我厂检修技改相关制度（规定设备运行年限必须更换，对多年运行的设备加强技术监督等相关措施）；

②关脚水电站 #1、#2、#3 机组励磁系统列入技改项目；

③检修后对各系统严格按照调试流程完成相关试验，比如励磁系统：小电流试验、阶跃试验、强励、过电压、断电等试验；

④灭磁电阻

关脚电站 1992 年投运，灭磁非线性电阻无备品备件，汛期为了更快的恢复生产减少弃水风险，我厂技术监督部应积极组织专业人员对事故进行分析并与厂家联系沟通解决问题。

磁能量计算：

空载情况

$$L_f0 = T_d0 \times R_{f75} = 5.5 \times 0.1494 = 0.8217(\text{H})$$

$$W_{f0} = 0.5 L_f0 \times I_{f0}^2 = 0.5 \times 0.8217 \times 330^2 = 44.742(\text{KJ})$$

空载强励情况

$$L_f' = L_f0 \times X_d' / X_d = 0.8217 \times 0.2721 / 1.1910 = 0.1877284(\text{H})$$

$$W_f' = 0.5 \times L_f' \times (K_{ql} \times I_{LN})^2 = 0.5 \times 0.1877284 \times (2 \times 648)^2 = 157.7(\text{KJ})$$

其中：

L_f' —— 强励情况下的饱和电感

K_{ql} —— 强励倍数

W_f' —— 强励情况下的转子储能

$$W_N = K_1 \times W_f' = 1.3 \times 0.1577 = 0.205(\text{MJ})$$

经过计算得出：阀片容量取 0.24MJ，采取 2 串 12 并共 3 条。

确认灭磁电阻容量及组串，并现场测量安装尺寸与厂家联系加急生产。对于高能氧化锌压敏电阻元件，交接试验中应逐片测试记录元件压敏电压 U_{1.0mA}；测试元件泄漏电流，对元件施加相当于 0.4 倍 U_{1.0mA} 直流电压时其通流量应小于 50 μA 。

⑤由生技部组织按以上公式计算出其他电站各运行情况下的磁能量，并要求技术监督部把灭磁电阻列入预试定检周期表，根据周期表对各电站灭磁开关开展预防性试验，对发现不合格的下发技术监督预警通知单，电站收到预警通知单后立即按要求采购更换。

五、结语

电站内的直流系统是电力系统的重要组成部分，它为电站内的控制系统、信号系统、操作系统提供直流电源。直流系统包含充电电源和蓄电池两部分，平常蓄电池处于浮冲状态，主要的直流负荷由充电电源提供，当充电机电源故障或系统需要提供大容量直流功率时，由蓄电池提供。交流电源的不可靠性，容易造成直流电源供电中断，操作母线失电，造成继电保护系统失灵，势必造成故障的越级跳闸，扩大电网事故范围^[6]。

灭磁装置在机组事故停机时将转子的能量转移到灭磁电阻上，致使灭磁电阻在短时间内要承受巨大的能量，灭磁电阻容量不足或灭磁电阻特性有缺陷时，势必对机组安全运行产生隐患。机组在正常停机都是采取逆变灭磁，灭磁电阻不参与灭磁，因此在灭磁非线性电阻在日常机组的运行检修中，很难发现其性能方面的缺陷。对于励磁系统灭磁电阻定期检验是技术监督必须定期开展的项目。大修时，应测定元件压敏电压，在同样外部条件下与初始值比较，压敏电压变化率大于 10% 应视元件为老化失效^[7]。

通过本文实例分析，在电站的运行维护中，对于直流系统以及励磁系统的监测和诊断也至关重要。对于直流系统，应定期检查充电机的工作状态^[8]，确保蓄电池的浮充状态正常，同时还需要对蓄电池进行定期充放电测试，以保证其性能良好。而对于励磁系统，除了定期对其非线性电阻进行性能检测外，还需要对励磁调节器、功率柜等关键部件进行全面的维护检查，确保其在机组运行时能够正常工作^[9]。此外，我们还需要关注电站设备检修技改制度的完善情况。对于设备检修技改制度，应定期进行修订和完善，以适应电站设备的更新和改造需求。同时，还需要加强技术人员的培训和教育，提高他们的技术水平和工作能力，确保电站的安全稳定运行。总之，此次关脚水电站蓄电池核容试验引起的灭磁柜非线性电阻局部烧毁故障，给我们敲响了警钟。我们必须高度重视设备的维护和管理，加强预防性措施，确保电站的安全稳定运行^[10]。

最后，以此实例希望能为同行提供借鉴。

参考文献：

[1] 《贵州关脚水电站机电设备安装与调试工程招标文件及合同》（励磁系统部分）。

[2] DL/T724-2000《电力系统蓄电池直流电源装置运行与维护技术规范》。

[3] GB 14048.2-2008《低压开关和控制设备-断路器》。

[4] 关脚水电站运行规程-2019。

[5] DL 489-92《大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置试验规程》。

[6] 李亚超. 火电厂热控保护系统故障分析与预防措施研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(05): 15-17.DOI: 10.16107/j.cnki.mmte.2024.0331.

[7] 王杨. 发电厂电气设备运行管理措施分析 [J]. 电气技术与经济, 2024, (04): 265-267.

[8] 陈晨. 发电厂热工自动化仪表的安装与故障分析 [J]. 电子技术, 2023, 52(12): 393-395.

[9] 戴琪凤. 水电站发电机励磁系统常见故障分析 [J]. 云南水力发电, 2024, 40(05): 146-148.

[10] 彭永强. 基于 GPS 的水电站机电设备运行故障检修方法 [J]. 设备管理与维修, 2024, (06): 71-73.DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2024.03D.23.

基于风电技术和光伏发电技术的探究

崔异军

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司，贵州 威宁 553100

摘 要：近年来，在经济、政治和文化三个领域中，可持续发展受到了广泛关注，尤其是在经济发展领域。使用清洁能源，如风能和光能，不仅有助于环境保护，还能促进产业结构调整和经济运作模式的优化，从而推动国家的长期发展。本研究首先详细分析了当前风能和光能的应用情况，接着深入探讨了能源转换技术的关键点，旨在为新能源领域的科研人员提供有价值的信息支持。

关 键 词： 风电发电；风电送出；光伏发电

Exploration Based On Wind Power Technology And Photovoltaic Power Generation Technology

Cui Yijun

State Power Investment Group Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd. Guizhou, Weining 553100

Abstract： In recent years, sustainable development has received widespread attention in the fields of economy, politics, and culture, especially in the field of economic development. The use of clean energy, such as wind and solar energy, not only helps with environmental protection, but also promotes industrial restructuring and optimization of economic operation models, thereby promoting the long-term development of the country. This study first provides a detailed analysis of the current application of wind and solar energy, and then delves into the key points of energy conversion technology, aiming to provide valuable information support for researchers in the field of new energy.

Keywords： wind power generation; wind power transmission; photovoltaic power generation

引言：

随着经济的稳步增长和城市化的快速推进，人类生活和产业对电力的需求显著上升，然而，我国目前电力供应主要依靠的是不可再生的传统能源，其使用不仅加剧了生态环境的污染，还对其造成了破坏，这与我国倡导的可持续发展理念不符。因此，新型清洁能源的开发和利用受到了广泛关注。风能和光能，作为自然界能量转换的产物，被视作可循环利用的清洁能源，在现代能源结构中占据了关键位置。为了充分利用风能和光能在电力供应领域的潜力，提高它们的使用效率，深入研究风能发电和光伏发电的关键技术显得格外重要。

一、风电和光伏发电应用现状

（一）风电发电现状

风能，作为一种新兴的清洁能源形式，在电力领域表现出了其显著的价格优势，同时，关于风能的发电技术，已经发展到一个相对成熟的阶段，最近几年，利用风的能量来产生电力的总量一直在增加，预计到2026年，风能可能会变成所有可再生能源中最主要的电力提供方式，其在全球范围内的发电量可能会占到37%，我国拥有在风能领域利用其显著资源优势的潜力，作为一种可持续发展的能源形式，风能发电展现了巨大的发展前景，此外，在设计风能发电系统时，预计其使用寿命较长，这无疑增

强了风能在整体能源结构中的稳定性和可靠性。依据我国能源局发布的数据，在风能发电这一领域，我国已全面实现显著发展，其技术能力正稳步提升，逐渐与国际先进技术接轨，2019在我国，一年之内，风电并网总容量累积至21005万千瓦，较前一年有14%的增长，此后，受国家补贴退坡政策影响，陆上风电场的建设步伐显著加快，2020年，我国风能发电领域新增装机容量为7167万千瓦，占电源总新增装机量的37.5%，与此同时，风能发电总量达到4665万千瓦，相较上一年增长了15%，截至2023年9月底，我国新增风能发电装机容量达3348万千瓦，使得总装机容量超过4亿千瓦，在我国，利用风能开展电力生产展现出积极的发展潜力。

作者简介：崔异军，出生年月日：1992.09.12，性别：男，民族：土家族，籍贯：贵州铜仁，学历：本科，职称：工程师，从事的研究方向：新能源生产技术（风电、光伏）

（二）光伏发电现状

依据国家能源局发布的统计数据，自2015年以来，我国光伏发电领域经历了显著的发展与产业结构调整，2015在所述年份，太阳能光伏产业录得显著增幅，当年新增装机容量高达1513万千瓦，2018年，我国推行了名为“光伏531新政”的政策，此举引致光伏发电行业的年度新增装机容量呈现下滑态势，并且相关项目的个数亦有所降低。2019在过往一年中，我国出台了数项政策，旨在促进光伏发电行业的发展，这些政策鼓励企业借助市场竞争的手段来增加产业规模，同时，政府也提供了相应的财政激励措施，2020在所述年份，由于竞价项目的影响，包含新增竞价项目及特高压项目实施所带来的效果，光伏发电行业的市场经济出现了增长的态势，近年来，持续演进的光伏发电技术推动了市场趋势的多元化发展，体现在光伏发电系统的年度新增装机能力持续走高。

在我国，实施电力市场化交易背景下，“隔墙售电”现象的出现，使得光伏发电行业得以稳健发展，年新增装机容量持续保持稳定增长态势，截至2023年9月底，今年前三个季度，光伏电力的生产能力新增已达到12894万千瓦，进而推动光伏发电的累计装机总量提高至5.21亿千瓦，经过对这些数据的深入解析，我们能够观察到，光伏发电行业目前正处于其增长周期的上升阶段。

二、风电发电关键技术的分析

（一）调峰技术

调峰技术包含两大类，接下来的讨论将具体展开：首先，我们需要理解定桨距失速控制技术，这项技术主要关注飞机在飞行过程中，通过调整桨叶间距，以控制飞机失速状态的技术，本技术采用刚性固定的螺旋形风扇叶轮叶片进行实现，其应用过程简便，且具有较高的稳定性，定桨距失速控制技术在实际应用过程中显示出明显的优势，但同时也遇到了一些问题，比如调整螺旋形风扇叶片的角度就是一个挑战，实际操作中工作人员通常难以完成这种调整。运用定桨距失速控制技术，依据空气动力学原理，实现对风力发电机输出功率的调整，依据技术应用所揭示的数据，观察到在实际应用过程中，该技术并未能保证风能电力的彻底开发，进而导致了风能资源的浪费，这无疑对风能发电的效益造成了显著的负面效果，在风能转换领域，关键的技术手段是变桨距控制技术，此技术通过调整桨叶的安装角度，实现对风力发电机的转速和功率输出的优化。

（二）海上风电送出技术

1. 高压直流送出技术

一套海上的风力发电系统，涉及柔性高压直流输电技术，主要包括用于提升电压的变压装置，设置于海面之上的升压站，以及连接风电机组的海上换流站点等构成要素，晶闸管相控变换器所采用的传统高压直流输电方式，即所谓的LCCHVDC，代表着一种电压源型的电网连接技术，该技术以其输电柔性和应用上的高度灵活性为特点，能够适配无源系统，并支持有功与无功功率的独立解耦控制。在实施过程中，不会遭遇相位更换的失败情

况，近年来，模块化多电平换流器技术（简称MMC）的进步促使高压直流输电技术在远距离大规模电力传输中得到了广泛应用，尤其是在深远海环境中，该技术显示出其独特的优势，然而，鉴于高压直流输电技术（VSC-HVDC）并网模式在使用过程中面临较高的资金投入、维护保养的难度较大以及海上施工的众多挑战，该技术的实际应用目前仍处于起步阶段。

2. 高压交流送出技术

作为一种成熟的电力传输手段，高压交流输电技术拥有完善的设备生产流程和相对简洁的系统架构，在短距离电力传输方面，基于成本效益高与技术成熟的交流输电技术，已在市场中取得一定的地位，针对海上风电场的实际应用场景，这项技术遭遇了一系列棘手的问题，交流电缆的充电电流与传输功率的限制是导致其不适用于远距离输电，特别是对于装机容量较大的风电场的主要原因，在长距离的电缆电力传输过程中，电能的损耗及其传输效率将受到明显的影响，进而可能降低整个电力传输的经济效益。

在远距离、大容量传输方面表现出色的柔性高压直流输电技术，已成为海上风电场的关键选择，采用HVDC技术，将交流电转换为直流电，从而降低传输过程中的能量损耗，并有效满足长距离电力传输的需求，HVDC技术在长距离电力传输中的应用，极大提升了电能传输的效率，同时也巩固了电力系统的稳定性与可靠性，然而，高电压直流输电系统（HVDC）的建设所需资金较为庞大，涉及到的设备生产以及后续维护技术较为繁杂，因此其起始阶段的资金投入显得尤为昂贵。

在中国海域建设的风电发电站，在电力传输距离不超过70公里的情况下，可采用高压交流输电技术作为有效的能源传输方式，在近距离电力传输中，得益于较低的成本和技术上的成熟度，交流输电的优势得以充分展现，确保了电能的经济性和高效性，当电力传输距离超出100公里时，柔性高压直流输电技术便成了唯一的选择，HVDC技术在长距离输电方面展现出卓越性能，有效确保电能传输的高效性与稳定性，克服了交流输电在远程传输中遭遇的诸多限制。

3. 分频输电送出技术

分频输电送出技术，简称FFTS，作为一种新兴的输电手段，特别适合远距离水力发电资源的开发利用，分频输电系统和高、低电压交流及直流输电系统在结构上存在相似之处，为了实现高压交流电的大容量传输，提升传输电压等级的方法是必需的，这又需通过减少分频输电系统的运行频率来完成，分频输电技术与常规的高压交直流输电系统不同，无需在海洋环境中构建换流站，由此降低了建设和维护的经济成本，此外，相较于海上组网技术，采用分频输电技术可以获得更优的交流电网性能。

（三）风功率预测技术

风电机组的动力特性表现出一定的波动性，其直接受到风速变化的影响，当风速上升，风力增强，但风电的功率输出却可能出现下降的现象，风力发电所生产的电能资源最终会被纳入电力网络，如果风能的供应不恒定，可能会对电力网络的稳定性带来负面影响，为了保障风能的持续稳定性，必须开展对风力的预测

工作，而风功率预测技术正好能够提供这一功能。考虑到风能的预测模型在预报周期需求上存在差异，因此，有必要利用各种技术手段进行风力预测的工作，在天气预报中，按时间跨度可分为短期、中期与长期三种类型，其中，短期预报是最常用的，它关系到风力发电机组的日常调配和运维管理，为了保障风力发电机组能够高效运转，工作人员必须细致地进行规划和安排，确保各项任务按时按序完成，在风力预报这一领域，主流的预测方法可大致划分为统计学和物理学两大流派，统计方法主要通过通过对历史数据的深入分析，来试图揭示风速变化的规律性，这一过程对于有效挖掘和利用风力数据资源至关重要。然而，这种方法预测的准确性，很大程度上取决于所使用的算法的优劣，物理学的基本规律是建立在对自然现象深入研究之上的，尤其是大气层的物理变化，这是预测气流运动的关键，这个过程涉及到利用详尽的数学模型和精密的计算技术，以此来提高预估的准确性；物理法，一种依托气象学原理的仿真技术，其通过模拟风速、风向、空气浓度和气压等气象要素，以预测风力，然而，由于其固有的随机性，所得到的预测值通常伴随着一定误差。

三、光伏发电关键技术的探究

（一）酸碱法

在物料的浸出处理环节，酸碱法扮演着关键角色，它通过特定化学试剂的作用，实现金属与物料的分离，同时优化硅的纯度，硅晶片作为生产太阳能电池的核心材料，其表面覆盖着众多需清除的物质和元素，诸如导线、铝背电极、银、PN结扩散层及抗反射层等，目前主流的电池材料精炼技术可分为两大类，采用一种混合酸性溶液，由60%的硝酸和40%的氢氟酸配比而成，针对硅晶片表面杂质和元素的去除，能在六十秒的短时间内取得显著效果，在80摄氏度环境下，将硅晶片背面之铝质电极，以30%氢氧化钾溶液进行刻蚀作业，约6分钟可完成去除过程。

采取的方法是在160摄氏度环境中，利用90%磷酸含量的溶液对硅晶片进行60秒的刻蚀处理，此过程能高效移除晶片的抗反射层以及铝质背电极，借助由60%硝酸与40%氢氟酸混合而成的酸性溶液，可以有效地去除银以及扩散层中的PN结，尽管两种净化技术皆展现出优异性，但第一种技术仍存在一个明显不足，银在硝酸溶液中的腐蚀速度与氢氟酸对硅晶片的腐蚀速度差异，可

能会造成硅晶片表面银层的凹槽形成，进而使其不适用于制造太阳能电池，通常情况下，此类凹槽的深度大约在36微米上下，尽管采用研磨技术能够实现凹槽的平整化处理，然而此举却导致硅晶片厚度减少，进而影响其回收及再次利用的可能性。

（二）热处理法

热处理法主要利用EVA胶膜在高温下的变性分解特性，通过这一过程的高温作用，EVA胶膜得以软化并分解，达到分离的目的，如果加热温度没有升至EVA的分解温度，EVA材料将会变软，其粘接剂相应减弱，最终致使面板发生脱落，在加热板进行加热作业期间，工作人员可以设计一种功能独特的加热刀片，这种刀片有能力裁切EVA材料，进而完成电池片与玻璃的分离工作。例如，在实际应用中，此方法呈现出一定的限制，日本研究人员设计了一种装置，此装置通过控制热切刀的精确位置，实现了光伏组件与玻璃之间的分离，此装置在玻璃光伏组件的回收过程中，其处理能力存在局限性，主要针对那些保存相对完好或者未出现损坏的玻璃板进行回收作业，由于设备的拆解步骤较为简单，使得在光伏玻璃上遗留一定量的EVA材料，此情况需要由专业工作人员在后续阶段执行清除任务，当加热温度上升至EVA分解所需之临界值时，该聚合物自行裂解，故在光伏玻璃上EVA残留量相对较低。

结语

社会经济在发展过程中面临多重挑战，如生态环境的恶化和化石能源的稀缺。如果不采取相应的改善与调整措施，社会发展可能受阻，人类生存也将面临更加严峻的困境。随着科技的持续进步，中国在风能和光能的应用研究领域取得了显著成就，目前，许多地区的电力供应已经开始采用这两种可再生能源为了更充分地利用风能和光能的价值，电力公司需要加大对关键技术的研发力度。在风力发电领域，需要重点发展调峰技术、海上风电输送技术以及风能功率预测技术。这些技术的进步将显著提高风能的利用效率和可靠性。同时，在光能发电领域，对酸碱法和热处理法等关键技术的研究也同样重要。酸碱法主要用于提高硅的纯度和去除硅晶片表面的杂质，而热处理法则用于优化光伏材料的性能。这些技术的改进将直接影响光能发电的效率和成本效益。

参考文献

- [1]王嘉媛,李洋,李媛,等.关于风电、光伏发电与水力发电结合的研究[J].中国设备工程,2023(10):263-265.
- [2]焦在强,闫兴国,陈思雨,等.关于风电与光伏发电生态产品价值影响的评估探索[J].环境保护,2023,51(22):48-54.
- [3]杨博华.基于STATCOM的含风电和光伏发电系统低电压穿越技术研究[D].吉林大学,2023.
- [4]雷建国.风电和光伏发电中的关键技术分析[J].集成电路应用,2022,39(11):324-325.
- [5]林楚.2030年风电和光伏发电装机总规模将达10亿千瓦以上[N].机电商报,2021-06-21(A07).
- [6]思勉.国家发改委:促进风电和光伏发电等行业健康有序发展[J].中国设备工程,2021(07):1.
- [7]万明祥.含风电和光伏发电的综合能源系统的低频振荡研究[J].现代工业经济和信息化,2020,10(12):39-40.
- [8]刘向勇.计及风电和光伏发电的配电网优化重构研究[D].山东科技大学,2020.
- [9]刘扬.风电和光伏发电将是未来低碳发展和能源转型的主力军[J].企业观察家,2019(10):56-57.
- [10]和萍,武欣欣,陈婕,等.含风电和光伏发电的综合能源系统的低频振荡[J].电力科学与技术学报,2019,34(01):20-27.

火力发电厂煤质化验技术与效率提升研究

葛益含

吉林电力股份有限公司四平第一热电公司, 吉林 四平 136001

摘 要： 本文针对火力发电厂煤质化验技术现状及其对发电效率的影响进行深入研究。首先，对当前常用的煤质化验方法进行综述，包括工业分析、元素分析和热值测定等。其次，分析了煤质参数对锅炉燃烧效率和机组热效率的影响机理。在此基础上，提出了几种改进的煤质快速检测技术，如近红外光谱法和 X 射线荧光法等，并通过实验验证了其在提高检测速度和准确度方面的优势。此外，本文还探讨了煤质数据的智能分析和应用方法。通过建立煤质-效率数学模型，结合人工智能算法，实现了对入厂煤种的优化配比和燃烧参数的动态调整，从而显著提升了机组效率。

关 键 词： 火力发电；煤质化验；技术与效率提升

Research on Coal Quality Testing Technology and Efficiency Improvement In Thermal Power Plant

Ge Yihan

Jilin Electric Power Co., LTD. Siping First Thermal Power Company, Jilin, Siping 136001

Abstract： This paper deeply studies the current situation of coal quality testing technology in thermal power plant and its influence on power generation efficiency. First, the current commonly used coal quality test methods are reviewed, including industrial analysis, element analysis and calorific value determination. Secondly, the mechanism of coal quality parameters on combustion efficiency of boiler is analyzed. Based on this, several improved rapid coal detection techniques, such as near-infrared spectroscopy and X-ray fluorescence, demonstrate the proposed advantages in improving detection speed and accuracy. In addition, this paper explores the intelligent analysis and application methods of coal quality data. By establishing the mathematical model of coal quality-efficiency, combined with artificial intelligence algorithm, the optimal coal ratio and the dynamic adjustment of combustion parameters are realized, which significantly improving the efficiency of the unit.

Keywords： thermal power generation; coal quality testing; technology and efficiency improvement

引言：

火力发电在我国电力供应中占据主导地位，而煤炭作为主要燃料，其质量直接影响发电效率和环保排放。准确、及时的煤质化验对于优化机组运行、提高发电效率至关重要。然而，传统煤质化验技术存在耗时长、精度不足等问题，难以满足现代火电厂对煤质快速分析的需求。在“双碳”目标下，我国对环保的需求越来越迫切。煤质化验技术分析能够对煤炭资源进行分级，使煤炭企业根据煤质化验技术分析报告评价煤的质量和适用范围；对于煤炭开采，评估煤炭资源储量有着重要的参考价值。^[1]近年来，随着分析仪器和数据处理技术的进步，煤质化验领域出现了一系列新方法和新技术，为提高化验效率和准确度提供了新的可能。同时，大数据和人工智能技术的发展为煤质数据的深度应用开辟了新途径。如何将先进的化验技术与智能分析方法相结合，以实现火电厂效率的全面提升，成为亟待解决的问题。本研究旨在探索先进煤质化验技术在火电厂的应用，分析煤质参数对发电效率的影响机理，并提出基于智能分析的效率优化方案。通过理论分析与实践验证相结合，为火电厂提高煤质管理水平和运行效率提供科学依据和技术支持。

一、火力发电厂煤质化验技术与效率提升的意义

火力发电厂煤质化验技术的创新和应用对提高发电效率、减少环境污染、优化经济效益具有重要意义。通过不断改进和推广先进的煤质化验技术，火力发电行业可以在提高能源利用效率、

降低环境影响和增强市场竞争力方面取得显著进展，从而实现更可持续、更高质量的发展。

（一）提高发电效率，降低能源消耗

准确的煤质化验技术对于优化火力发电厂的运行效率至关重要。通过精确分析煤炭的成分和特性，可以更好地调整燃烧参

作者简介：姓名 葛益含，性别 女，出生年月 1998.2，民族 汉族，籍贯 吉林省四平市，学历 本科，职称 助理工程师，研究方向：火力发电厂煤质化验工作

数，提高锅炉效率，从而实现更高的发电效率。

例如，利用高精度热值仪进行发热量分析，可以精确测定不同批次煤炭的热值。这使得发电厂能够根据煤炭的实际热值调整给煤量，避免因热值估计不准确导致的过量或不足给煤，从而优化燃烧效率。某300MW机组通过应用高精度热值仪和实时热值监测技术，实现了对煤炭热值的动态调整，年均发电效率提升了0.5个百分点，相当于每年节约标准煤约8000吨。

此外，多元素联合分析技术的应用使得发电厂能够全面了解煤炭的元素组成。例如，通过同时分析煤中的碳、氢、氧、氮、硫等元素含量，可以更准确地预测煤的燃烧特性，从而优化燃烧控制策略。某600MW机组应用多元素联合分析技术后，燃烧效率提高了1.2%，年节约标煤约2万吨。

（二）减少环境污染，促进可持续发展

先进的煤质化验技术有助于火力发电厂更好地控制污染物排放，减少环境影响。通过精确分析煤中的硫、氮、灰分等有害元素含量，发电厂可以采取针对性的脱硫、脱硝和除尘措施，有效降低污染物排放。

例如，采用X射线荧光光谱法（XRF）进行煤中硫含量的快速分析，可以实现对入厂煤硫含量的实时监测。某1000MW机组应用XRF技术后，能够根据煤中硫含量的变化及时调整脱硫剂用量，脱硫效率提高了3%，二氧化硫排放量降低了15%。

同时，利用工业分析技术中的自动化采样系统和在线分析仪，可以实现对煤中灰分、挥发分的连续监测。这使得发电厂能够及时调整燃烧工况和除尘设备参数，有效控制颗粒物排放。某500MW机组应用该技术后，除尘效率提高了2%，颗粒物排放浓度降低了20%。

（三）优化经济效益，提高市场竞争力

准确的煤质化验技术能够帮助火力发电厂更好地进行燃料管理和成本控制，从而提高经济效益和竞争力。通过精确的煤质分析，发电厂可以优化煤炭采购策略。例如，利用近红外光谱技术（NIR）对煤炭进行快速分析，可以在煤炭入厂时迅速获得其主要品质参数。某大型火电厂应用NIR技术后，平均每年可节约燃料采购成本约1000万元，因为他们能够更准确地评估煤炭质量，避免购买不合格或价格偏高的煤炭。

先进的煤质化验技术有助于优化机组运行方式。例如，通过建立基于煤质参数的锅炉效率模型，可以实现对不同煤种的最佳配比和燃烧参数的智能优化。某2×600MW电厂应用这一技术后，年均发电煤耗降低了5 g/kWh，相当于每年增加利润约2000万元。

高精度的煤质分析还能帮助发电厂更好地应对电力市场的波动。通过准确把握燃料成本，发电厂可以更灵活地制定竞价策略，在保证利润的同时提高市场份额。某参与电力现货市场的火电厂通过应用先进的煤质化验和分析系统，年均增加市场交易电量3亿 kWh，额外创造利润约5000万元。

二、火力发电厂煤质化验技术中所存在的问题

火力发电厂煤质化验技术虽然取得了显著进步，但在采样制

样的代表性、分析方法和设备的精确性，以及数据解析和应用的有效性等方面仍存在诸多问题。这些问题的存在限制了煤质化验技术在提升发电效率、降低环境影响和优化经济效益方面的潜力发挥。

（一）采样和制样环节的不确定性

采样和制样是煤质化验的首要环节，但这一过程中存在诸多不确定性，可能导致最终分析结果出现偏差。采样的代表性问题突出。由于煤炭在运输和储存过程中可能发生分层、分离现象，单一位置的采样难以真实反映整批煤的质量特征。而对煤炭质量样本规格的选择不到位，也有可能影响煤质化验结果的准确性，比如煤炭规格选择过大或者过小，煤炭颗粒直径大于或者小于6 mm。^[2]例如，某1000MW机组在使用传统人工采样方法时，发现不同采样点的热值差异可达300–500 kJ/kg，这种差异可能导致锅炉给煤量的错误调整，影响发电效率。制样过程中的粉碎、缩分等操作也可能引入误差。例如，在某500MW机组的日常煤质分析中，由于制样设备磨损导致的不均匀粉碎，造成同一批次煤样的工业分析结果差异超过允许范围的情况时有发生，影响了化验结果的可靠性。此外，采样频率不足也是一个普遍问题。许多电厂仍然沿用每日或每班次采样一次的传统方法，难以及时反映煤质的动态变化。^[3]针对以上问题，需要加强采样和化验过程的标准化管理，提升化验设备的技术水平，加强人员培训和规范操作，统一化验标准，同时考虑环境条件对化验结果的影响，以提高煤质化验的准确性和可靠性，促进火力发电厂的高效运行和环保达标。

（二）分析方法和设备的局限性

尽管煤质化验技术不断进步，但现有的分析方法和设备仍存在一些局限性，影响了分析结果的准确性和实用性。

某些分析方法的精度和灵敏度仍有待提高。例如，在硫分析中，传统的重量法虽然准确度高，但耗时长且操作复杂。而快速的X射线荧光法（XRF）在低硫煤分析时精度不足，某300MW机组在使用XRF法分析低硫煤（硫含量<0.3%）时，测量误差可达15%以上，影响了脱硫系统的精确控制。^[4]一些先进设备的稳定性和可靠性有待改进。例如，某1000MW机组引入的在线煤质分析仪，在连续运行3个月后出现数据漂移现象，分析结果与实验室化验产生较大偏差，影响了机组的经济运行。此外，不同分析方法间的一致性也是一个问题。例如，在热值测定中，氧弹热量计法和绝热量热法的结果可能存在系统性差异。

（三）数据解析和应用的挑战

煤质化验产生大量数据，但如何有效解析和应用这些数据，实现对机组运行的精确指导，仍面临诸多挑战。

数据的实时性和准确性难以兼顾。快速分析方法虽然能提供实时数据，但精度往往不如传统方法。某2×600MW电厂在应用微波水分仪进行煤炭水分快速测定时，发现其结果与实验室烘干法相比，平均误差达到0.5%–1%，这种误差累积可能导致锅炉效率计算的显著偏差。^[5]不同煤质参数间的关联性分析不足。例如，煤的热值、水分、灰分等参数之间存在复杂的相互关系，但许多电厂仍然单独考虑各项指标，忽视了参数间的交互影响。某

1000MW 机组在建立煤质 - 效率模型时, 仅考虑热值变化而忽视了灰分的影响, 结果导致模型预测效率与实际运行效率存在明显偏差。煤质数据与其他运行参数的融合应用不够深入。

三、火力发电厂煤质化验技术与效率提升的有效策略

通过优化采样和制样技术、引入先进分析技术和设备、加强数据分析和智能应用, 火力发电厂可以显著提高煤质化验的准确性和实用性, 从而实现发电效率的全面提升。这些策略不仅有助于提高单个电厂的经济效益和环保表现, 还将推动整个火电行业向更高效、更清洁的方向发展。随着技术的不断进步和创新, 未来火力发电厂的煤质化验和效率管理将迎来更大的突破, 为能源转型和可持续发展做出重要贡献。

(一) 优化采样和制样技术

采用先进的采样和制样技术是提高煤质化验准确性的关键。通过优化这一环节, 可以显著提高后续分析结果的代表性和可靠性。推广使用自动采样系统。这类系统能够在煤炭输送过程中连续、均匀地取样, 大大提高了样品的代表性。例如, 某1000MW 机组引入了带 cross-belt 采样器的自动采样系统, 实现了对入厂煤的全天候、全方位采样。^[8]该系统每小时可采集多个样品, 采样精度提高了50%, 有效降低了因采样不当导致的热值误差, 年均节约标煤约1万吨。改进制样设备和流程。采用先进的制样设备, 如智能缩分机、微粉碎机, 可以提高样品的均匀性和稳定性。某600MW 机组更新了制样设备, 引入了带自动清洗功能的智能制样系统, 样品的一致性提高了30%, 分析结果的重复性误差降低了40%。建立严格的质量控制体系。通过制定详细的采样和制样标准操作程序(SOP), 并定期进行人员培训和设备校验, 可以最大限度地减少人为误差。某大型火电厂实施了全面的质量控制体系后, 煤质化验结果的可靠性显著提高, 与第三方检测机构的对比偏差降低到了2%以内。

(二) 引入先进分析技术和设备

采用先进的分析技术和设备可以提高煤质化验的精度、效率和全面性, 为发电厂的精细化管理提供有力支持。

推广使用快速、高精度的分析仪器。例如, 采用热重分析仪(TGA)进行工业分析, 可以在20分钟内同时获得水分、挥发分、固定碳和灰分的数据, 大大提高了分析效率。某500MW 机组引入TGA后, 日常煤质分析时间缩短了60%, 为及时调整运行参数提供了可能。^[7]

发展在线监测技术。通过在煤粉給料系统安装近红外光谱(NIR)在线分析仪, 可以实现对入炉煤质的实时监测。某1000MW 机组应用NIR技术后, 实现了对煤中水分、灰分的连续监测, 锅炉效率提高了0.5个百分点, 年节约标煤约1.2万吨。

推进多元素快速分析技术。例如, 采用X射线荧光光谱仪(XRF)可以快速分析煤中的主要元素和微量元素。某2×600MW 电厂引入便携式XRF分析仪后, 能够在煤场快速检测煤中的硫、氯等有害元素含量, 为燃料掺烧优化提供了依据, 年均脱硫剂用量降低10%, 设备腐蚀事故率下降30%。

(三) 加强数据分析和智能应用

通过深入的数据分析和智能应用, 可以充分发挥煤质化验数据的价值, 实现发电效率的全面提升。建立煤质 - 效率数学模型, 通过收集大量运行数据, 结合机器学习算法, 建立煤质参数与锅炉效率、机组热耗等关键指标的关联模型。某1000MW 机组应用这一模型后, 实现了根据入炉煤质自动优化燃烧参数, 机组年均效率提高0.3个百分点, 相当于节约标煤约5000吨。^[8]

开发智能化燃料管理系统。通过整合煤质数据、库存信息和市场价格, 开发智能化的燃料采购和配煤系统。某大型火电厂应用这一系统后, 实现了根据煤质和价格的动态优化配煤, 年均节约燃料成本3000万元。

推进煤质数据与其他系统的集成。将煤质数据与DCS(分散控制系统)、环保设备控制系统等集成, 实现全厂范围的协同优化。某2×1000MW 电厂实施了这一集成后, 不仅提高了机组效率, 还实现了污染物排放的精确控制, 氮氧化物排放浓度稳定在30mg/Nm³以下, 较原来降低了20%。^[9]

结论:

综上所述, 本研究通过综述当前火力发电厂煤质化验技术, 分析煤质参数对锅炉燃烧效率和机组热效率的影响, 提出了若干改进的煤质快速检测技术, 如近红外光谱法和X射线荧光法, 并验证了其在提高检测速度和准确度方面的优势。进一步探讨了煤质数据的智能分析和应用方法, 建立煤质 - 效率数学模型, 结合人工智能算法, 实现入厂煤种优化配比和燃烧参数的动态调整。通过这些改进措施, 火力发电厂能够显著提高发电效率、减少环境污染、优化经济效益, 推动火电行业向更高效、更清洁的方向发展。^[10]

参考文献:

- [1]王可峰. 煤质化验技术分析在火力发电产业的重要性[J]. 产业创新研究, 2023,(14):120-122.
- [2]王可峰. 煤质化验技术的应用及常见问题的解决方法分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023,(14):121-123.
- [3]葛万吨. 煤质化验技术与常见问题探讨[J]. 齐鲁石油化工, 2022,50(02):167-170.
- [4]饶华, 杨勇, 吴抒轶. 人工智能技术在煤质无人化验系统中的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2022,(09):63-67+74.
- [5]张庆棠. 浅谈煤质化验技术的应用及常见问题解决[J]. 矿业装备, 2022,(03):178-179.
- [6]魏帼鹰. 煤质化验技术的应用及常见问题的解决对策[J]. 当代化工研究, 2022,(02):8-10.
- [7]杨洁, 穆悦, 兰洁. 煤质化验技术的应用研究阐述[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2021,(08):166-167.
- [8]李璟. 煤质化验技术及其常见问题解决方案[J]. 化学工程与装备, 2021,(02):215-216.
- [9]张仲兵, 陈法刚. 煤质化验技术在火电厂的应用及常见问题探讨[J]. 价值工程, 2020,39(33):203-205.
- [10]杜菲. 煤质常规化验操作中存在问题与误差控制技术分析[J]. 石化技术, 2020,27(05):160+152.

新能源与火电数字化技术结合的发展前景分析

张凯

北京中电汇智科技有限公司，北京 100085

摘 要： 随着国家对新能源行业的政策支持以及新能源行业的不断发展，新能源发电的比重将会越来越大。如何更好地利用新能源发电，成为了各个企业和单位关注的重点。而火电企业作为我国主要的发电企业，也在积极探索如何与新能源发电结合，提高自身的竞争力。从目前的情况来看，我国火电企业与新能源发电结合仍然存在一定的困难，主要是因为我国传统火电技术存在一些不足之处，所以难以将新能源与火电结合在一起。

关 键 词： 新能源；火电数字化；技术结合；发展前景

Analysis of the Development Prospects of the Integration of New Energy and Digital Technology in Thermal Power

Zhang Kai

Beijing CLP Huizhi Technology Co., LTD. Beijing 100085

Abstract： With the policy support of the country for the new energy industry and the continuous development of the new energy industry, the proportion of new energy power generation will become increasingly large. How to better utilize new energy for power generation has become a focus of attention for various enterprises and units. As the main power generation enterprises in China, thermal power enterprises are also actively exploring how to combine with new energy generation to improve their competitiveness. From the current situation, there are still certain difficulties in combining China's thermal power enterprises with new energy generation, mainly due to the shortcomings of traditional thermal power technology, making it difficult to combine new energy with thermal power.

Keywords： new energy; digitalization of thermal power; technology integration; development prospects

引言

随着电力市场改革的不断深入，电力行业的数字化进程也在不断加快。火电数字化技术的应用是实现火电企业智能化转型、提高生产效率和优化企业运营管理的重要手段。在国家“双碳”战略和电力市场化改革的背景下，火电企业开始逐渐探索新能源与火电数字化技术相结合，通过整合资源、优化生产过程，使其在提高电网安全性、降低能耗和提高运行效率等方面发挥更大作用。

一、新能源与火电数字化技术结合发展前景分析的必要性

（一）是实现碳中和目标的必要手段

在当前这个快速变化的时代大背景下，我国正全力推动向碳中和目标迈进，这一宏伟蓝图包括了两个重要的时间节点：一方面是要在2060年之前实现温室气体排放的达峰，即碳排放达到峰值；另一方面是在21世纪中叶完成碳中和的宏伟目标，意味着我们将采取各种措施减少二氧化碳等温室气体的排放。这些目标的实现不仅关系到国家未来发展战略的布局，也是对全球环境保护事业的重大承诺。为此，必须加快发展可再生能源，构建清洁低碳安全高效的能源体系。但与此同时，如何利用好非化石能源，降低对化石能源的依赖也成为了解决碳中和的另一个关键问题。

而通过火电与新能源结合起来，可以将风电和光电等可再生能源更好地应用到电网中去，从而更好地发挥其作用，促进社会发展^[1]。

（二）是提升火电企业竞争力的必然要求

随着我国电力体制改革的不断深化，火电企业面临着前所未有的竞争压力。一方面，“煤电去产能”、环保监管日益严格、电力现货市场试点推进等一系列政策措施的出台，使得火电企业在发电小时数和经济效益方面受到了严重影响。另一方面，新能源发电作为可再生能源的重要组成部分，在未来电力供应中将占据越来越大的比例。面对这样的形势变化，火电企业要想继续保持竞争力，就必须加快转型升级的步伐，积极寻求新的发展机遇。而数字化技术的应用则为火电企业提供了一个可行的解决方案。通过对火电数字化技术的深入研究与探索，可以实现传统火力发

电与新能源发电技术的有效结合，提高火电企业的综合竞争力，使其在激烈的市场竞争中立于不败之地。

（三）是新能源安全稳定发展的重要保障

新能源电力在电能质量和供电可靠性方面与传统火电存在明显差距，对电网的安全稳定发展造成一定影响。因此，需要提升新能源机组的安全管理水平，促进新能源机组运行的稳定性。通过将数字化技术融入到新能源机组中，可有效解决新能源发电面临的各种问题，同时也为电力企业提供了新的发展机遇。另外，随着我国电力市场改革工作的深入推进，电力市场将逐渐开放，电力企业必须积极调整经营模式，适应市场化的发展趋势，实现经济效益最大化。但是从目前来看，很多电力企业缺乏创新意识，没有积极改变经营模式，使得自身无法满足市场经济发展的要求^[2]。

（四）是提高火电企业经济效益的必然选择

从全球范围来看，我国的电力工业仍处于发展阶段，而电力需求也在不断增长，这就需要更多的发电厂投入到电力生产中。根据相关统计资料显示：2016年上半年全国发电设备利用小时为3907小时，同比降低45小时，其中火电设备利用小时为3821小时，同比降低53小时。与此同时，2016年上半年全国火力发电完成发电量占全国总发电量的比重高达61.6%。通过对火电企业经营管理方面的研究发现，由于当前发电企业普遍采用的是传统的人工作业模式，不仅会给企业带来较大的经营风险和经济损失，而且还会影响其正常的发展与建设。因此，为了提高我国火电企业的经济效益，必须要在实际工作中充分利用数字化技术，实现生产过程的自动化、信息化、智能化，从而减少人力成本，提高企业的经济效益。

（五）是火电企业实现清洁低碳转型的重要途径

能源结构的深刻变革，不仅是推动经济增长和社会进步的关键驱动力，更是实现全球可持续性发展目标不可或缺的一环。这一转变需要各国齐心协力，共同推进可再生能源的开发与应用，以减少对化石燃料的依赖，促进环境的长期改善。中国政府高度重视清洁能源发展，提出了到2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右、风电和太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上等目标。然而，要实现这一宏伟目标，还需进一步推进燃煤火电行业转型升级，大力发展以超低排放为特征的高效节能环保机组，提高燃料品质与发电效率，并通过构建现代智慧电厂，提升企业数字化水平，逐步向“清洁、低碳、安全”方向迈进^[3]。

二、新能源与火电数字化技术结合发展前景分析的存在问题

（一）发电成本较高

新能源发电的成本投入通常较高，这是因为它涉及到了较为昂贵的原材料，以及复杂的技术设施。此外，其运行过程中受到地理位置和气候条件的显著影响，这些因素对设备的维护、运行效率及长期使用寿命都有着直接的影响。虽然说光伏和风电等新能源技术可以在一定程度上实现环保节能、清洁能源供应的目

的，但是在实际应用过程中仍然存在一些问题。这就导致了新能源发电企业如果想要提升经济效益，必须不断加大对于生产技术的研发力度，提高产品质量和工作效率。而目前我国很多地区都处于发展阶段，对于工业经济的需求还不是很大，因此还没有建立起完善的工业体系，也无法从根本上为新能源发电提供支撑，造成了其发电成本较高的问题。

（二）新能源发电与火电机组的相互制约

随着新能源技术的迅猛发展，传统的火力发电模式以及电网调度策略正面临前所未有的挑战。尤其是在当前电力系统中，由于调峰能力的严重不足，这种挑战变得尤为显著。这不仅影响了电力供应的稳定性，也对电网的运行效率和能源利用效益提出了极大的考验。在未来，如何有效应对这些挑战，提升系统的灵活性与适应性，将成为能源行业必须面对和解决的重要课题。目前我国西部地区光伏等新能源发电项目分布较为集中，但各地区间的用电负荷、风电发电量及经济发展水平差异较大，使得风电出力的波动性和间歇性特征难以通过集中式调控加以解决。因此，如何促进风电和火电的协同优化成为未来需要重点研究的课题^[4]。

（三）电力系统安全问题

电力市场的运作模式通常呈现为两层结构，这种分层机制确保了市场的高效管理和灵活应对。在这样的框架下，电力批发市场与零售市场各司其职，共同构成了一个有序且透明的电力交易体系。其中一级市场是指发电企业与用户之间的直接交易，二级市场是指通过批发市场形成电价，最终确定电力价格。然而，由于电力系统具有较强的网络互补性，所以在实际运行过程中，通常都会由发电站向电网提供大量的电能，而这也导致了发用电双方的利益冲突。在此大环境之下，必须深入研究并透彻分析新能源与火电如何实现有机结合的发展路径。这样做不仅有助于提升电力系统的运行效率和稳定性，还能有效减少因电力波动或供应不稳定带来的潜在风险，为构建一个更加安全、可靠和可持续的能源体系奠定坚实基础。

（四）缺少专业的人才队伍

在中国，众多的火力发电企业均建立了一整套严密的管理体系。这些体系不仅涵盖了日常运营的各个方面，而且还涉及到资源配置、风险控制和环境保护等关键领域，确保企业能够高效稳定地运作。但是随着互联网技术与信息技术的快速发展，需要一个专业的团队来负责新能源和火电数字化技术的开发、维护以及推广。然而，由于缺乏专业人才，许多企业没有找到合适的人才，这对电力行业的发展产生了不利影响。此外，许多员工不能正确理解数字化应用系统，这使得他们无法充分发挥数字化系统的优势，进而影响了电力企业的进一步发展。因此，为了更好地促进新能源和火电企业的融合，必须培养一支高素质、专业的人才队伍^[5]。

（五）设备故障率较高

由于火电厂在生产过程中需要满足较大的生产负荷，因此对于设备的要求也较高，这就造成了设备故障出现频率较高。同时，随着环保标准的不断提升，设备改造和更新也成为一项重要

任务，这也会造成设备故障率居高不下的情况发生。因此，只有进一步加强对设备维护保养的力度，才能够从根本上降低故障率，进而保证新能源技术与火电技术结合的实际效果。

三、新能源与火电数字化技术结合发展前景分析的策略

（一）全面实现新能源与火电技术的深度融合

在新能源技术与火电技术深度融合的过程中，主要以“数字技术”为基础，实现二者的深度结合，进而促进传统能源行业向数字化、智能化方向转型发展。利用大数据、云计算等信息技术，可以对数据进行实时采集和处理，保证数据的真实性与准确性，以此来优化现有的能源结构。对于火电企业而言，要想使其能够更好地融入到社会发展当中，就必须建立完善的管理机制，推动新能源与火电技术的融合发展。另外，还应该充分利用互联网思维，加强数据分析，以保障我国电力行业可持续健康发展^[6]。

（二）提高电力生产效率，提升安全生产水平

在新能源的发展过程中，其核心是推动能源结构的优化和升级。因此，要想提升电力生产的效率，就需要不断加强技术创新，尤其是通过数字化技术来实现对生产设备的改进和完善，同时也可以借助大数据平台来及时掌握电力资源的动态变化情况，进而有针对性地进行管理。另外，还可以充分利用数字技术来分析发电厂的运行状态，比如燃料、水以及煤渣等资源的消耗情况，并基于此提出合理化建议，从而降低生产成本。此外，还应该积极采用新技术来提升发电厂的安全生产水平，比如以工业互联网为载体，建立健全相应的监测体系，及时发现问题并加以解决，确保电厂能够正常运行^[7]。

（三）以科技创新为核心，推动火电数字化技术发展

传统的火电数字化技术虽然在一定程度上提升了电力生产效率，但是却无法满足当前社会的发展需求。因此，应以科技创新为核心，采用先进的科学技术对火电数字化技术进行改革与创新，使其能够更好地适应社会发展需要。一方面，政府要加大政策扶持力度，鼓励企业加大科技创新投资，不断完善技术创新机制，构建产学研合作模式，培养大批具有高素质的科技人才；另

一方面，企业要立足长远发展，将创新理念融入到自身经营管理中，积极引进优秀人才，并开展形式多样的培训活动，促使员工综合素质得到全面提升，为企业未来的可持续发展奠定良好基础^[8]。

（四）加强人员培养，打造高素质的数字化人才队伍

火电企业数字化转型人才需要具有较高的素质，而这这就要求火电企业要加强数字化人才培养。在新能源领域，国家鼓励电力行业开展相关研究工作，尤其是产学研合作方面，鼓励高校和科研院所围绕可再生能源发电技术、储能技术等领域展开深入研究。但不可否认的是，目前我国的新能源企业数字化转型仍处于初级阶段，缺乏优秀的数字化管理人才，更缺少既懂新能源又懂火电数字化的复合型人才，这也制约了我国新能源产业的发展。因此，为了实现火电企业与新能源企业的深度融合，一方面要加大对新能源领域技术研发人员的引进力度；另一方面还要大力培养“双碳”背景下的创新型数字化人才，以保证火电企业能为新能源企业提供必要的支持^[9]。

（五）建立完善的数字化安全管理制度

随着科学技术的不断发展，发电企业在运行中会面临着许多风险，例如：因机组故障或外部因素造成的损失。为了降低这种风险，应当建立完善的数字化安全管理制度。数字化管理系统通过分析故障数据来预测故障发生的概率和类型，及时发现潜在问题，从而提高发电机组的安全性。同时，通过对历史数据进行分析，可以掌握设备运行的规律，并根据这些规律制定相应的维修计划，提高维修工作效率。此外，数字化安全管理还能够有效减少人力资源的投入，节约成本，提高经济效益。因此，火电企业应充分利用数字化技术优势，建立健全的数字化安全管理制度，为火电企业的安全生产提供有力保障^[10]。

结语

目前我国电力发展的趋势是在继续提升效率的同时，降低成本。因此，新能源在电力结构中的比例越来越大，但由于我国火力发电企业仍然是以火电为主，所以，火力发电企业在发电过程中会产生大量的碳排放。为了解决这一问题，对火力发电企业进行数字化技术改造是一种有效的途径。

参考文献

- [1]丁建博,周广利,刘志宝,等. 新能源与火电联合技术研究[J]. 能源与环境, 2024,46(02):184-190+197.
- [2]李恩燕. 绿证交易制度下新能源电力企业与火电企业的博弈研究[D]. 云南大学, 2021.
- [3]陈恩. 新能源系统抽水蓄能电站与火电机组联合调频控制策略研究[D]. 南华大学, 2020.
- [4]董浩,王宁,陈堂龙,等. 计及多类型交易的新能源与火电实时协调控制策略[J]. 现代电力, 2020,37(01):59-65.
- [5]叶泽,陈天恩,刘瑞丰,等. 新能源与火电跨省区发电权交易价格形成机制研究——基于机会成本的发电权交易价格确定[J]. 价格理论与实践, 2015,(12):53-55.
- [6]蓝澜,刘强,陈梓,等. 新能源比传统能源成本更高吗?——基于LCOE方法的中国风电与火电成本比较[J]. 西部论坛, 2013,23(03):66-72.
- [7]陈欢欢. 火电给新能源调峰,这项技术行![N]. 中国科学报, 2024-01-08(004).
- [8]范越,冯松杰,魏轲,等. 基于频谱拆分的高比例新能源电力系统火电-多类型储能容量优化匹配[J]. 中国电机工程学报, 2024,44(09):3518-3531.
- [9]王东风,张雄,易衡,等. 计及高新能源渗透率的储能-火电互补系统调频策略研究[J]. 电力科学与工程, 2023,39(07):42-52.
- [10]王东光. 火电灵活性改造促进新能源消纳综合分析[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2023,26(02):63-65+80.

基于 BIM 技术的公路路基施工流程优化研究

祖楠¹, 徐向梁²

1. 临沂市交通运输局兰山交通发展服务中心, 山东 临沂 276000

2. 山东临沂交通工程咨询监理有限公司, 山东 临沂 276000

摘 要 : 近年来, BIM 技术逐渐普及到建筑工程各领域, 如水运、公路、化工、铁路等领域, 尤其在公路工程建设领域方面应用最广, 能优化公路工程施工流程, 有效提高日常施工效果。基于此, 本文通过阐述 BIM 技术概述, 全面分析 BIM 技术特征, 建立公路工程路基施工信息模型, 通过 BIM 技术将纽带实现和工程实体相互连接, 形成统一的信息交换标准, 实现信息交互行为, 避免出现信息孤岛效益。

关 键 词 : 公路工程; BIM 技术; 路基施工; 优化

Research on Optimization of Highway Roadbed Construction Process Based on BIM Technology

Zu Nan¹, Xu Xiangliang²

1. Linyi City transport Bureau Lanshan traffic development service center, Shandong, Linyi 276000

2. Shandong Linyi Transport Engineering Consulting & Supervision Co., Ltd. Shandong, Linyi 276000

Abstract : In recent years, BIM technology has gradually become popular in various fields of construction engineering, such as water transportation, highways, chemicals, railways, etc., especially in the field of highway engineering construction. It can optimize the construction process of highway engineering and effectively improve daily construction efficiency. Based on this, this article elaborates on the overview of BIM technology, comprehensively analyzes the characteristics of BIM technology, establishes an information model for highway engineering roadbed construction, connects the link with the engineering entity through BIM technology, forms a unified information exchange standard, realizes information exchange behavior, and avoids the benefits of information silos.

Keywords : highway engineering; BIM technology; roadbed construction; optimization

一、前言

随着我国基础设施建设快速发展, 公路工程作为国民经济的重要组成部分, 其建设质量和效率直接关系到社会经济的发展 and 人民生活的改善。传统公路路基施工流程存在着诸多不足, 如施工周期长、资源浪费严重、施工质量难以保证等问题, 这些问题在一定程度上制约公路工程的整体效益。因此, 如何优化公路路基施工流程, 提高施工效率, 成为了当前公路工程建设领域亟待解决的问题。建筑信息模型 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 技术作为一种集成工程设计、施工管理、运营维护等多方面信息的三维数字化技术, 已经在建筑行业得到广泛应用, 并取得显著的效果。BIM 技术应用能实现工程项目全生命周期的信息管理和协同工作, 提高工程建设的精细化管理水平。基于此, 本文旨在探讨如何将 BIM 技术应用于公路路基施工过程中, 通过 BIM 技术的三维可视化、信息集成和协同工作等特点, 对公路路基施工流程进行优化, 以期达到缩短施工周期的目的^[1]。

二、BIM 技术内涵

(一) BIM 技术概述

BIM 技术简称建筑信息模型 (Building Information Modeling), 是一种应用于工程项目的设计、建造、运营等全生命周期的数字化工具。通过创建包含项目所有相关信息的虚拟建筑模型, 实现项目各参与方之间的信息共享。BIM 技术核心在于其三维模型, 涉及到建筑的几何形状, 集成各种材料、构造、设备、施工顺序、成本预算、维护计划等丰富的信息。这些信息可以通过软件平台进行管理, 确保所有项目参与者都能获取到最新的数据。应用 BIM 技术显著提高设计效率, 减少设计变更, 优化施工过程, 降低成本, 提高建筑物的运营效率。在设计阶段, BIM 帮助设计师快速生成多种设计方案, 并通过模拟分析来优化设计; 在施工阶段, BIM 用于协调不同工种的施工计划, 避免冲突, 提高施工效率; 在运营阶段, BIM 作为建筑物维护和管理的基础数据库, 帮助管理者科学进行设施管理和决策。

作者简介:

第一作者: 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

第二作者: 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

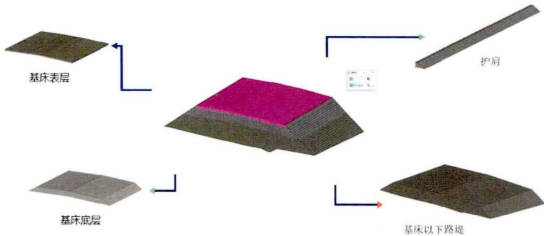
(二) BIM技术特征

一参数整理而成。BIM模型是为了建立有利于工作人员全面掌握建筑实际内容的三维立体模型，将数字化技术作为核心，将所有数据导入工程模型。二强大的仿真性。BIM技术仿真性体现在它能够在虚拟环境中模拟建筑项目的各个方面，包括设计、施工、运营、维护，通过 BIM 设计师创建集中几何形状、空间关系、地理信息以及构件属性的三维模型，展示建筑的外观和结构，模拟建筑在不同条件下的性能，如光照、能源消耗、结构稳定性等。例如：在设计阶段，BIM 可以模拟不同材料和设计方案对建筑能效的影响，帮助设计师选择最优方案。在施工阶段，BIM 模拟施工过程，预测可能的冲突和风险，优化施工计划。在运营阶段，BIM 模拟建筑的维护需求，提前规划维护工作，延长建筑的使用寿命。三统筹兼顾。BIM 不仅是一个设计工具，它还是一个集成平台，能将建筑项目的所有相关信息整合在一起，项目团队中的不同成员都在同一个平台上协同工作，共享信息，减少误解和冲突。通过 BIM，项目团队实现从设计到施工再到运营的无缝衔接，确保项目各个阶段的信息一致性^[2]。

三、公路路基施工 BIM 建模和应用研究

(一) 公路路基施工 BIM 建模

广东省云茂高速公路是粤西山区通往北部湾北部区域的经济干线，能有效优化粤西北山区交通条件，实现区域协调发展。基于此，本文以云茂高速公路基 BIM 模型为基础，进行多样化路基模型建模工作，根据部分分项工程类型合理划分各种类型的路基模型，构建健全的工程树，有利于实现不同阶段功能的信息集成（如图 1 所示）。



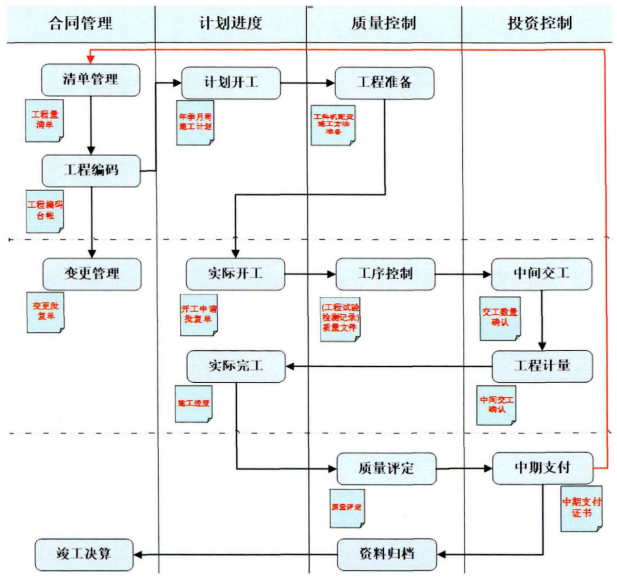
> 图1 路基模型拆分

(二) 高速路基施工 BIM 应用业务和数据流程

1. 总体业务流程图

BIM 技术通过三维模型整合设计、施工和运维信息，为高速公路施工提供了一个全面的信息平台。在施工阶段，BIM 可以用于模拟施工过程，预测潜在问题，优化资源配置，并确保施工质量。工作流引擎技术是实现业务流程自动化的关键，通过构建健全的流程管理系统，可以确保施工过程中的每个环节都按照预定的标准和流程执行，提高工作效率，减少人为错误和施工风险。为了确保施工流程的标准化和规范化，需要确定一系列预制标准工序。这些工序应涵盖从材料采购、施工准备、路基填筑到质量检验等各个环节，通过 BIM 技术将这些标准工序集成到模型中，实现工序的可视化和动态管理。建设对应的业务管理软件是实现 BIM 应用的关键，该软件与 BIM 模型无缝对接，实现数据的实时

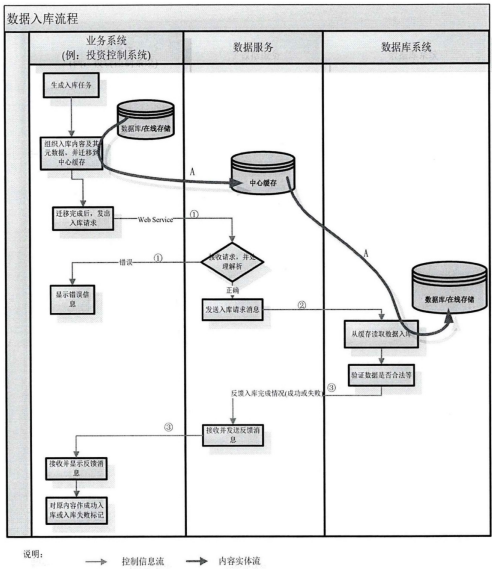
更新和共享。此外，软件还应具备强大的数据分析功能，帮助管理人员及时发现问题并作出决策（如图 2 所示）。



> 图2 项目三控和合同管理数据流转关系示意图

2. 数据流程图

本研究内容实体流位、控制信息流位为核心，利用数据传输通道进行业务系统到数据层的入库流程（如图 3 所示）。



> 图3 数据流程图

(三) 公路路基施工 BIM 应用体系

GIS 平台以其强大的地理信息处理能力，为 BIM 提供了丰富的数据支持。在公路路基施工中，GIS 整合地形地貌、水文地质、交通流量等在内的地理信息数据，通过无人机倾斜摄影获取的高精度三维模型数据，为 BIM 模型提供了真实的环境背景和基础数据。在 GIS 平台基础上，BIM 技术能够将设计图纸、施工方案、材料信息等工程数据进行集成，实现对公路路基施工过程的虚拟模拟，包括土方开挖、路基填筑、排水系统布置等关键环节，有助于提前发现潜在的施工问题，优化施工方案，提高施工效率。BIM 模型不仅是数据的集成平台，也是信息交流的枢纽。在公路路基施工过程中，BIM 模型实时更新施工进度、质量控制、安全

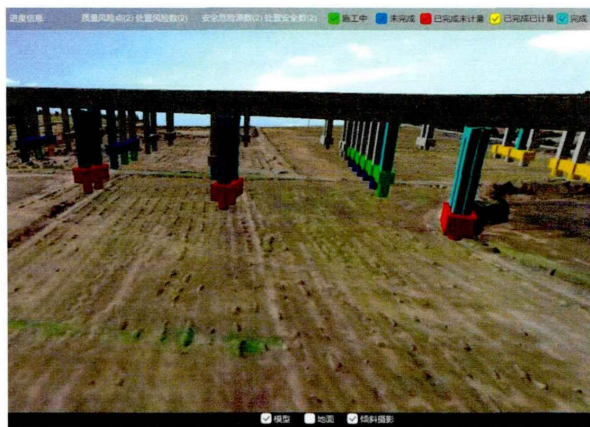
管理等信息,确保所有参与方都能获取最新的工程状态。与项目管理软件、财务系统等其他信息^[3]。

1. BIM 电子沙盘

在云茂高速公路项目中,BIM技术的应用达到了新的高度,通过全线数字实景建模和工程建模,项目团队成功构建了一个集成的BIM电子沙盘,为工程规划提供强大的技术支持。云茂高速公路项目采用了高精度的数字实景建模技术,通过无人机航拍、激光扫描等手段,获取了项目区域的地形、地貌、植被等详细信息,实现对现实环境的精确复制。同时,工程建模则依据设计图纸和规范要求,三维建模高速公路的路基、路面、桥梁、隧道等结构,确保模型的准确性和实用。在BIM电子沙盘中,基础模型数据是核心,云茂高速项目团队将里程桩号、路线、设计参数等关键信息与三维模型进行无缝对接,实现数据的一体化管理,提高数据的可访问性,为后续的工程分析提供坚实的基础。通过BIM电子沙盘,项目团队可以在虚拟环境中进行全方位的工程审视,及时发现设计中的潜在问题,优化施工方案^[4]。

2. 进度控制

在日常公路工程建设管理中,充分利用BIM信息技术特点,强化工程项目管理质量,是确保公路工程建设进度的重要环节。同时,在质量管理中应用BIM技术,对施工中存在的风险进行准确识别,对施工技术进行真实模拟,确保施工技术应用合理性,确保项目建设质量能够达到预期的标准。但从日常应用的BIM技术来看,传统的安全管理方式并不能取得预期的效果,公路路基建设存在着各种安全隐患。并通过BIM技术的应用,对施工中存在的风险进行事前模拟施工,提前进行排查^[5]。另外,通过BIM技术能将安全事故呈现在施工人员眼前,有效增强工作人员的安全意识,还能对施工人员进行具体定位,实时控制施工质量,尽可能降低事故发生率。并且在公路路基施工中很容易受到各种外在因素影响,严重延误施工进度,而将BIM技术和工程施工相互结合,工作人员能采用三维模型来计算相关数据,从而制定施工进度计划,发现施工进度管理中存在的问题,针对问题做出科学调整,有效加强施工进度的可控性(如图4所示)。



> 图4 BIM模型的进度显示

3. 三维技术交底

在高速公路路基BIM模型中,工作人员要通过对产品信息分析,准确定位到施工设备部件,有效解决施工供应链结构中的

数据交互,提高信息共享效率,将产品型号、合同价格、供应商名称、售后信息等整个施工过程的详细信息录入其中。BIM模型是以数字技术为主体,结合项目的实际情况,将工程各方面的数据全部应用到模型中,从而构建一个有利于工作人员计算建筑属性的健全的三维立体模型^[7]。同时,作为建筑行业的一项重要技术,BIM技术在工程建筑中的应用,可以有效避免各种衔接环节的问题,为工程建设提供各种资源,重复拆分特定的构件,有效解决建设中的难题^[8]。BIM技术具有较强的数据记录能力和空间定位能力,在项目运营期间能充分发挥其自身管理优势,通过分析材料实际情况,来制定健全的维护计划。

四、总结

综上所述,在基于BIM技术的公路路基施工流程优化研究中,我们深入探讨了BIM技术在公路建设中的应用,特别是在路基施工阶段。通过对比传统施工方法与BIM技术支持下的施工流程,发现BIM技术能够显著提高施工效率,降低成本,并增强施工质量的控制。在研究过程中,也注意到BIM技术在实际应用中的各种挑战,如技术人员培训、BIM标准统一、与现有施工管理体系的融合等问题。这些问题解决需要行业内外的共同努力。未来,随着BIM技术的不断发展和完善,我们有理由相信,它将在公路建设领域发挥更加重要的作用,推动行业向着更加高效、安全和可持续发展的方向。

结束语:

本研究虽然取得了一定的成果,但仍有许多领域需要进一步探索和完善。我们期待更多的研究者和实践者加入这一领域,共同推动BIM技术在公路路基施工中的深入应用,为我国公路建设的高质量发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 史倩倩, 张晓伟. 浅谈基于BIM技术的数字化路基填筑施工过程控制[J]. 居业, 2022(5): 53-55.
- [2] 马弯, 孙立, 王森荣, 等. 基于Revit的高速铁路双块式无砟轨道BIM设计软件研究[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(11): 53-57.
- [3] 李晓龙. BIM技术在高速公路机电工程项目管理中的应用探究[J]. 工程研究与实用, 2022, 3(16).
- [4] 袁飞云, 阳恩慧, 狄海波, 等. 艰险山区高速公路路基路面建造与运维安全关键技术及工程应用[Z]. 四川藏区高速公路有限责任公司. 2022.
- [5] 王海新. 基于BIM技术的路基构造与施工课程中的教学改革探思[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊), 2021(4): 775-776.
- [6] 刘颖, 张勇, 卢吉, 等. 基于无人机实景建模的机场道路路基平整度检测与分析研究[C]. // 第八届BIM技术国际交流会——工程项目全生命周期协同应用创新发展论文集. 2021: 124-130.
- [7] 罗超. 基于CATIA的BIM技术在边坡稳定性中的研究应用[D]. 辽宁: 辽宁师范大学, 2020.
- [8] 黄河, 付庭茂, 张亮, 等. 西北复杂丘陵地形环境条件下的高速铁路路基土方量量工艺研究[J]. 建筑施工, 2020, 42(1): 103-106.

民航机场道面工程施工技术探讨

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 : 随着我国社会、经济以及民用机场建设事业的快速发展, 在混凝土道面工程施工中积累了丰富的经验, 形成了许多新的科研成果和新的技术。特别是道面技术指标中增加了混凝土抗冻指标要求后, 对抗冻混凝土水泥用量, 水灰比、含气量、施工配合比调整提出了更细的要求。对混凝土原材料检测项目、频率及方法; 混凝土拌合物质量检测频率; 砂浆层厚度的检测方法等积累了丰富的经验。通过北京大兴国际机场道面工程; 首都国际机场机坪改扩建工程, 总结了混凝土道面施工技术施工要点与实际施工中具体的技术操作要点, 希望能够为我国机场道面工程发展提供参考。

关 键 词 : 民航道面工程; 干硬性混凝土; 抗冻融; 施工技术

Discussion on Construction Technology of Civil Aviation Airport Pavement Engineering

Wang Yanlong, Gao Ruixia, Zhai Hongjian

Beijing Construction Engineering Environmental Remediation Co., Ltd., Beijing 100020

Abstract : With the rapid development of society, economy, and civil airport construction in China, rich experience has been accumulated in the construction of concrete pavement engineering, and many new scientific research achievements and technologies have been formed. Especially with the addition of concrete frost resistance requirements in the pavement technical indicators, finer requirements have been put forward for adjusting the cement dosage, water cement ratio, air content, and construction mix ratio of anti freezing concrete. Testing items, frequency, and methods for concrete raw materials; Frequency of quality testing for concrete mixtures; We have accumulated rich experience in the detection methods of mortar layer thickness. Through the pavement project of Beijing Daxing International Airport; The Capital International Airport apron renovation and expansion project has summarized the key points of concrete pavement construction technology and specific technical operation points in actual construction, hoping to provide reference for the development of airport pavement engineering in China.

Keywords: civil aviation pavement engineering; dry hard concrete; freeze thaw resistance; construction technique

引言

我国人民生活越来越好, 民航飞机出行民众不断增加, 近年来机场跑道建设不断增加, 但机场跑道混凝土道面质量要求高, 损坏维修成本高不宜维修。特别是北方地区, 混凝土道面受自然气候影响, 寿命更短。因此对北方机场道面提出了抗冻融的要求。相比于普通混凝土, 抗冻融混凝土具有更大的优势, 其抗冻损性能凸显, 结构强度相对较高, 对于提升混凝土道面耐久性有着良好影响, 能够确保飞机滑行安全。所以, 有必要对干硬性抗冻融混凝土道面施工技术的具体应用进行深入研究。

一、道面设计概况及指标

飞行区道面设计厚度40cm, 道面单条设计宽度5米, 侧面设凹凸槽。设计抗折强度不小于5.0MPa, 道面混凝土冻融指标 ≥ 300 。

二、道面抗冻融干硬性混凝土原材料要求

(一) 水泥

本工程水泥选用承德金隅 PO42.5 普通硅酸盐水泥。水泥28

天抗折强度大于8.0MPa。

(二) 细集料

本工程细集料选用产地为河北涞水天然砂。天然砂的氯离子含量 $\leq 0.02\%$; 坚固性(按质量损失计) $\leq 8\%$; 含泥量(按质量计) $\leq 2.0\%$; 表观密度(kg/m^3) ≥ 2500 。砂的细度模数为2.6~3.2, 砂的细度模数变化范围控制在0.3以内。

(三) 粗集料

本工程粗集料采用承德沃华碎石, 采用三个单粒级(5—10mm; 10—20mm; 16—31.5mm)的粗集料掺配, 以最小松堆孔隙率为准确定各粒级的比例。

（四）水

本工程混凝土用水采用生活饮用水。

（五）外加剂

本工程采用北京中航明星防水建材有限公司生产的凯靛牌缓凝高效减水剂（引气型）ZH-3型。外加剂除应符合国家现行相关标准外，其检测方法应符合《混凝土外加剂》GB-8076的规定。并经检测合格后方可使用。

（六）隔离层材料

本工程隔离材料采用土工布，技术指标如下

表3 土工布技术指标

检验项目	技术指标		试验方法
	基层与面层之间满铺的土工布	基层上局部铺设的土工布	
单位面积质量（g/m ² ）	100~160	100~200	JTG E50T1111
厚度（mm）	≤0.6	≤1.0	JTG E50T1112
拉伸强度（kN/m）	≥5.5	≥5.5	JTG E50T1121
最大负荷下的伸长率（%）	30	≥30	JTG E50T1121
CBR顶破强力（kN）	≥1.0	≥1.0	JTG E50T1126
梯形撕破强力（kN）	≥0.27	≥0.15	JTG E50T1125
伸长率为5%时的拉伸力（kN/m）	≥2.7		JTG E50T1121
幅宽	不小于混凝土板宽		直尺量

（七）养生材料

本工程采用养生剂（养生剂为白色乳液，不含水玻璃成分）+土工布联合养生。

三、水泥混凝土配合比

（一）混凝土配合比

配置的混凝土应保证混凝土的设计强度、耐磨性、耐久性及拌合物工作性的要求，还应满足抗冻融要求。水泥最小单位用量不小于330kg/m³，抗冻等级 F300，掺加引气剂；最大水灰比为不大于0.42；搅拌机出口拌合物含气量允许偏差3.5±0.5；混凝土拌合物的稠度试验采用坍落度测定时，摊铺时的坍落度应小于20mm；采用维勃稠度仪控制稠度时应大于15s。试验室配比应按设计强度的1.10~1.15倍进行配制。本工程试验配比如下：

表4

混凝土配合比申请单 表 C 6 - 8		资料编号	
		委托编号	01-2022-1823
工程名称	中国航空集团有限公司机库建设项目 D018#、539#机坪工程		

使用部位	D018机坪道面第2、6段				
委托单位	北京市政建设集团有限责任公司			委托人 王玉川	
设计强度等级	f5.0F300干硬性混凝土			维勃稠度 ≥ 15S	
其他技术要求	称量：466方，输送方式：自卸 出机温度：				
搅拌方法	机械	浇捣方法	机械浇捣	养护方法	标准养护
水泥品种及强度等级	P.042.5	生产厂家 / 牌号	承德金隅 P.042.5 水泥	试验编号	2022-C0036
砂产地及种类	河北涞水 天然砂			试验编号	2022-S0025
					/
石产地及种类	承德沃华碎石 16-31.5an	最大粒径 (mm)	/	试验编号	2022-G0019
	承德承德沃华 10—20mm				2022-G0030
	承德沃华 5-10mn细石				2022-G0028
外加剂名称	缓凝高效减水剂 ZH-3			试验编号	2022-A0022
	/				/
					/
掺合料名称				试验编号	/
申请日期	2022/4/1	使用日期	2022/4/1	联系电话	010-89553020

混凝土配合比通知单 表 C6-8											资料 编号		01-2022- 1823			
											试配 编号		XHJC21- 159-2			
强度等级		f5.0F300干 硬性混凝土			水胶比			0.40							砂率	32 %
材料名称 项目	水泥		砂		石			水		外加剂		掺合料				
	每 m3用量 (kg/m3)		330	652	/	831	416	138	127	5.9						
每盘用量 (kg)		990	1956	/	2493	1248	414	381	17.7	/	/					
混凝土碱含量 (kg/m3)		1.43kg														
		注：此栏只适用于工程（北京建科1999230号规定分 类）的填写														
说明：本配合比所使用材料均为干材料，使用单位应根据材料含水情况随时调整																
批准		董彩霞			审核			孙永峰			试验		霍放			
试验单位		北京中联新航建材有限公司试验室														

四、施工准备

（一）施工组织

开工前，建设单位应组织设计、施工、监理、第三方检测机构、拌合站、运输等单位。进行技术交底。施工单位应编制详细的施工组织设计。并应对施工、试验、机械、管理、安全、环保等岗位的人员进行培训。施工单位测量人员应对测量、校核并加密平面和高程控制桩。现场委托第三方实验室进行平行检验。现场解决好水电供应、运输道路、摊铺现场与拌合站之间建立有效的通讯联系。

（二）拌合站设置

拌合站宜设置在施工区附近。本工程因不具备建站条件，采用商混站，距离现场运输时间小于30min。

（三）材料及设备检查

开工前，试验室应对原材料进行质量检验和混凝土配合比优选。原材料供应应满足面层施工进度要求，至少应储备15天左右的原材料。

五、施工测量

施工测量需以建设单位提供的平面和高程控制点及其成果为基准，施工前应对这些控制点网进行复测和验收。平面和高程控制点网的布置应利用已有点网加密，间距不超过200m。控制点标石应采用永久性混凝土标石，其规格和埋设深度符合规范要求，北方地区还需考虑冻线深度。平面和高程控制网的布设应以已知控制点为起点，形成闭合线路，并符合《工程测量规范》（GB50026）中相应等级的测量精度要求。施工定位和高程控制点的测量也应遵循该规范的相关规定，确保高程精度，直接后视高程控制点检测，避免转点引测，以控制高程误差在2mm以内。

六、模板及传力杆的制作安装

施工中，模板采用不小于5mm厚的钢板制作，弯道和异形板位置使用木模。本工程板厚400mm，使用380mm高的钢模，采用阴企口设计。按照设计要求，在拉杆位置钻孔，使用可调节拉杆进行支立，并通过冲击钻在基层打眼，钢钎固定。模板应牢固、顺直，接头无错茬，高程符合规范，并涂隔离剂。模板底部用干硬砂浆填塞，接缝处胶带密封。拉杆垂直于板的纵向施工缝，平行于板面并位于中央，浇筑过程中需专人调整。拉杆用无齿锯锯断，砂轮打磨毛刺，加工成2mm～3mm圆倒角。每天施工结束，在施工缝位置安装传力杆。

七、混凝土铺筑

（一）试验段

试验段应选在次要部位，不大于5000平米，本工程选在服务

车道，面积1000平米。通过试验段确定1）混凝土的拌和工艺；2）混凝土的运输：在现有条件下，拌合物运输所需时间，有无离析，工作性变化等情况。3）混凝土铺筑：确定预留的沉落高度，检验振捣器功率（本工程采用自行式高频振捣平车）、行走速度及震实所需时间，振捣有效范围。检查整平做面工艺，确定拉毛、养护、拆模、切缝最佳时间。检验混凝土强度增长情况，检验强度是否符合设计及施工配合比是否合理。检验现场施工组织方式、机具和人员配备以及管理体系。试验段做好各种记录，完成试验段报告，经批准后方可进行正式施工。

（二）混凝土铺筑

在混凝土摊铺前，需要关注天气变化并做好防雨、防风、防晒准备。混凝土的现场摊铺、振捣和抹面应在初凝时间和现场气温确定的最长时间内完成。本工程使用自行式高频振捣机，能够一次性摊铺400mm厚的混凝土，预留沉落高度为板厚的10%至15%，边角部位辅以手持式振捣器。振捣机的配置包括机架、行走系统、高频振捣器和操作平台，振捣棒间距不大于0.5米，插入深度为距基层60mm至100mm，行走速度不超过0.8m/min。在摊铺4至5米后开始振捣，边角部位采用人工插入式振捣器。混凝土的填仓浇筑时间从两侧混凝土面层最晚浇筑时间起算，施工时需保护两侧混凝土面层，切缝处粘贴两层油毡。整平揉浆使用6米长的木质振捣梁和特制钢滚筒，控制提浆厚度在3mm至5mm之间。

八、养护剂养护

本工程采用喷洒养护剂加覆盖保湿的组合养生方法。当拉毛后及时喷洒养生剂，喷洒均匀，不等有色差。当混凝土表面有一定的硬度（用手指轻压表面不显痕迹）时，及时覆盖土工布。

九、拆模

拆模时不等损坏混凝土的边角、企口。拆模后侧面及时均匀涂刷沥青，设计槽以下不得漏白。

十、切缝

拆模后及时切缝，一般切缝时间宜为铺筑完成后的12～14小时。混凝土强度达到6MPa～8MPa。切缝深度应达到80vmm～100mm。直顺，浮浆采用吸浆机及时清理干净。为保证纵缝的直顺，纵缝边部也应弹线切直线。切缝机改造成长拉杆行走，不采用推式。切缝机底部改造内部行走轮，利于边部行走。板边设平台板，利于从头开始。

十一、洒水养护

切缝后立即进行土工布覆盖，洒水保湿养护时间不得少于14天。

十二、面层保护

混凝土达到设计强度之前，车辆不得在其上通行。验收前清理干净。

十三、结束语

总而言之，在机场道面工程中，混凝土道面施工技术应用十

分广泛。现阶段，混凝土道面仍是机场飞行区道面的一贯做法，应用该技术能够使得机场道面结构强度得到提升，在进行具体施工过程中，技术人员需要综合机场跑道特点，科学合理地做好混凝土道面技术使用方案，将各项施工环节考虑在内，从整体上对干硬性混凝土拌合料质量以及施工流程进行把控，确保道面质量达到设计要求。

参考文献：

-
- [1] 民用机场水泥混凝土面层施工技术规范（MH5006-2015）：中国民用航空局.
 - [2] 民用机场飞行区场道工程质量检验评定标准（MH5007-2017）：中国民用航空局.
 - [3] 《建设用砂》(GB/T 14684).
 - [4] 《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685).
 - [5] 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749).
 - [6] 《pH值的测定玻璃电极法》(GB/T 6920).
 - [7] 《水质氯化物的测定硝酸银滴定法》(GB/T 11896).
 - [8] 《生活饮用水标准检验方法》(GB 5750).
 - [9] 《水质悬浮物的测定重量法》(GB/T 11901).
 - [10] 《混凝土外加剂》(GB 8076).

原油长输管道自动控制系统的远程监控与故障诊断研究

乔雷

山东联合能源管道输送有限公司, 山东 烟台 264000

摘 要： 原油长输管道作为国家能源输送的重要通道，其安全稳定运行至关重要。自动控制系统的远程监控与故障诊断技术，是确保管道安全、提高运行效率的关键。本文主要研究了自动控制系统在原油长输管道中的应用，分析了远程监控系统的设计原则和实现方法，探讨了故障诊断技术的理论基础和实际应用。通过案例分析，验证了所提方法的有效性，为长输管道的安全管理提供了新的视角和技术支持。

关 键 词： 原油长输管道；自动控制系统；远程监控；故障诊断；安全管理

Research on Remote Monitoring and Fault Diagnosis of Automatic Control System for Crude Oil Long distance Pipeline

Qiao Lei

Shandong United Energy Pipeline Transportation Co., Ltd., Shandong, Yantai 264000

Abstract： As an important channel for national energy transportation, the safe and stable operation of crude oil long-distance pipelines is crucial. The remote monitoring and fault diagnosis technology of automatic control systems is the key to ensuring pipeline safety and improving operational efficiency. This article mainly studies the application of automatic control systems in long-distance crude oil pipelines, analyzes the design principles and implementation methods of remote monitoring systems, and explores the theoretical basis and practical application of fault diagnosis technology. Through case analysis, the effectiveness of the proposed method has been verified, providing a new perspective and technical support for the safety management of long-distance pipelines.

Keywords： crude oil long-distance pipeline; automatic control system; remote monitoring; fault diagnosis; security management

引言：

原油作为全球能源结构中不可或缺的一部分，其输送效率和安全性直接影响到国家能源安全 and 经济发展。长输管道因其高效、经济、环保的特点，成为原油输送的主要方式。然而，长输管道的运行环境复杂多变，设备故障和运行异常时有发生，给管道的稳定运行带来了挑战。自动控制系统的引入，为长输管道的远程监控和故障诊断提供了可能。本文将深入探讨自动控制系统在原油长输管道中的应用，分析其远程监控的设计原则和实现方法，以及故障诊断技术的理论基础和实际应用。通过具体案例的分析，旨在为长输管道的安全管理提供科学、有效的技术支持，以期提高管道的运行效率和安全性，保障国家能源的稳定供应。

一、原油长输管道的运行挑战与自动控制需求

原油长输管道作为连接油田与炼油厂或储存设施的关键纽带，其安全、高效运行对于保障国家能源供应至关重要。然而，长输管道在实际运行过程中面临着众多挑战，包括但不限于地理环境的复杂性、管道材料的老化、外部环境因素的干扰以及内部流体特性的多变性。这些因素共同作用，使得管道运行中可能出现泄漏、堵塞、腐蚀等故障，严重时甚至会导致输送中断，影响能源供应的稳定性。

为了应对这些挑战，自动控制系统的引入显得尤为必要。自动控制系统通过实时监控管道的运行状态，能够及时发现并响应

各种异常情况，从而减少故障发生的概率。系统的设计需要考虑管道的物理特性、流体动力学原理以及环境因素，确保监控的准确性和响应的及时性。此外，自动控制系统还需要具备高度的可靠性和稳定性，以适应长输管道长时间、连续运行的特点。

在自动控制系统的设计中，远程监控技术发挥着核心作用。通过部署传感器网络，系统能够实时收集管道的压力、温度、流量等关键参数，并通过通信网络将数据传输至中央控制室。控制室的操作人员可以利用这些数据进行分析，评估管道的运行状态，预测可能出现的问题，并采取相应的控制措施。这种远程监控方式不仅提高了管道运行的透明度，也为操作人员提供了更广阔的视野，使得他们能够从宏观角度把握整个管道系统的运行状况。

仅仅依靠远程监控并不足以完全确保管道的安全运行。故障诊断技术的应用，为自动控制系统提供了更为深入的分析能力。通过对收集到的数据进行深入分析，系统能够识别出潜在的故障模式，预测故障发生的时间，甚至评估故障对管道运行的影响程度。这种预测性维护方式，能够有效减少故障对管道运行的负面影响，提高系统的可靠性。原油长输管道的自动控制系统设计需要综合考虑远程监控与故障诊断技术，以实现管道运行状态的全面掌握和有效控制。通过这种技术的应用，可以显著提高管道的运行效率和安全性，为国家的能源供应提供坚实的保障。

二、自动控制系统的设计与远程监控策略

自动控制系统的设计是确保原油长输管道安全稳定运行的关键。该系统的设计必须基于对管道运行环境和流体特性的深入理解，以及对可能发生的各种工况的预见。设计之初，需确立系统的总体架构，包括传感器布局、数据采集、信号处理、控制逻辑和执行机构等关键组成部分。传感器作为系统的“感官”，负责实时监测管道的压力、温度、流量等关键参数，其布局需覆盖管道的关键节点，以确保数据的全面性和准确性。

数据采集环节是将传感器收集到的模拟信号转换为数字信号，供后续处理使用。信号处理则涉及对采集到的数据进行滤波、放大等操作，以提高数据质量。控制逻辑是系统的核心，它根据预设的算法和阈值，对数据进行分析，判断管道的运行状态是否正常，是否需要进行调整或采取紧急措施。执行机构则根据控制逻辑的指令，对阀门、泵等设备进行操作，以实现管道运行状态的控制。

远程监控策略是自动控制系统的重要组成部分。通过构建一个集中的监控平台，操作人员可以在任何时间、任何地点对管道的运行状态进行监控。该平台应具备实时数据展示、历史数据查询、报警和事件记录等功能。实时数据展示能够使操作人员直观地了解当前管道的运行情况；历史数据查询则有助于分析管道的运行趋势，预测可能发生的问题；报警和事件记录功能则能够在检测到异常时及时提醒操作人员，以便迅速采取应对措施。

远程监控策略还应包括数据安全和网络安全的考虑。随着信息技术的发展，数据泄露和网络攻击的风险日益增加，因此，必须采取有效的安全措施，如数据加密、访问控制、网络安全防护等，以保护系统的安全稳定运行。在设计自动控制系统时，还应考虑到系统的可扩展性和可维护性。随着技术的发展和运行需求的变化，系统可能需要进行升级或扩展。因此，在设计之初就应预留足够的接口和空间，以便于未来的升级和扩展。系统的维护也应简便易行，以减少维护成本，提高系统的可靠性。

三、故障诊断技术的理论框架与实现途径

故障诊断技术在原油长输管道的自动控制系统中扮演着至关重要的角色。它不仅能够对管道运行中出现的异常情况进行快速识别，还能为故障原因提供深入分析，从而指导维修和预防措施

的实施。故障诊断的理论框架建立在对管道系统行为的深入理解之上，包括对管道的物理结构、流体力学特性，以及操作参数的全面考量。故障诊断的实现途径首先从数据采集开始，通过安装在管道关键位置的传感器，收集温度、压力、流量等关键参数。这些数据是故障诊断的基础，其准确性直接关系到诊断结果的可靠性。随后，数据预处理成为必要步骤，包括去噪、标准化等操作，以提高数据质量，减少后续分析中的误差。

在数据质量得到保证后，故障特征提取成为关键步骤。这一过程涉及到从原始数据中提取出能够表征管道状态的关键信息，如频率域分析、时频分析等方法，能够揭示管道运行中的异常模式。特征提取后，利用模式识别技术对这些特征进行分类和识别，以确定是否存在故障以及故障的类型。

故障诊断的另一个重要方面是建立故障模型。这通常涉及到对管道系统可能发生的故障类型进行分类，并为每种故障建立相应的数学模型。这些模型可以基于经验公式、物理定律或者机器学习算法。通过将实时监测到的数据与这些模型进行对比，可以快速定位故障并评估其严重程度。实现故障诊断还需要依赖于先进的算法和计算工具。随着人工智能技术的发展，机器学习和深度学习算法在故障诊断领域显示出巨大潜力。这些算法能够从大量历史数据中学习故障模式，不断提高诊断的准确性和效率。

故障诊断系统的实施还需要考虑实时性和响应速度。在原油长输管道的运行中，快速准确地诊断故障并采取措施至关重要。因此，故障诊断系统的设计需要优化算法，减少计算时间，确保在最短时间内提供诊断结果。故障诊断技术的实现还需要考虑到系统的可集成性和用户友好性。一个有效的故障诊断系统应该能够无缝集成到现有的自动控制系统中，同时提供直观的用户界面，使操作人员能够轻松理解和使用诊断结果。通过上述途径，故障诊断技术能够为原油长输管道的自动控制系统提供强有力的支持，确保管道的稳定运行，及时响应各种异常情况，从而最大程度地减少故障带来的风险和损失。

四、自动控制系统在原油管道中的应用

在原油长输管道的运营管理中，自动控制系统的应用案例提供了实际的参考和验证。通过具体案例的分析，可以深入理解自动控制系统在实际运行中的效用和潜在价值。例如，某大型跨国石油公司在其跨国原油管道项目中部署了一套先进的自动控制系统，该系统包括了远程监控、数据采集、故障诊断等多个模块。系统的数据采集模块通过高精度传感器实时监测管道的压力、温度和流量等关键参数。这些数据通过无线通信网络传输至中央控制室，操作人员可以实时观察到管道的运行状态。在一次常规监控过程中，系统检测到某段管道的压力突然下降，这一异常立即触发了故障诊断模块。故障诊断系统迅速分析了压力下降的模式，并结合历史数据，判断出可能是由于管道泄漏所致。

故障诊断结果通过自动控制系统的报警机制迅速传达给控制室，操作人员随即启动了应急预案。通过远程控制关闭了泄漏区

域附近的阀门，有效阻止了原油的进一步泄漏。同时，维修团队根据故障诊断提供的位置信息迅速赶往现场，进行了及时的维修工作。整个过程中，自动控制系统的快速响应和精确诊断，显著减少了事故对环境及公司运营的影响。此外，该自动控制系统还具备自我学习和优化的能力。通过机器学习算法，系统能够根据历史故障案例不断优化其故障诊断模型，提高诊断的准确性和效率。在系统运行的几年中，故障诊断的准确率有了显著提升，大大减少了误报和漏报的情况。

案例中还体现了自动控制系统在提高管道运行效率方面的作用。通过对管道运行数据的深入分析，系统能够识别出运行中的瓶颈和低效环节，为操作人员提供优化运行的建议。例如，系统分析发现某些泵站的运行效率不高，建议进行设备升级或调整运行参数，从而提高了整个管道系统的输送能力。通过这些案例分析，可以看出自动控制系统在原油长输管道中的应用，不仅提高了管道的安全性，还提升了运行效率和经济性。自动控制系统的实施，为管道运营商提供了强有力的技术支持，确保了能源输送的连续性和稳定性。随着技术的不断进步，自动控制系统在原油长输管道中的应用前景将更加广阔。

五、远程监控与故障诊断的综合效能评估

远程监控与故障诊断的综合效能评估是衡量自动控制系统性能的关键环节。这一评估不仅涉及技术层面的分析，还包括对系统在实际操作中的适应性和效果的考量。评估的首要任务是确定系统是否达到了预期的监控精度和诊断准确性。通过对比实际运行数据与系统设定的标准，可以量化地分析系统的效能。

评估过程中，数据的收集和分析是基础。需要收集系统运行期间产生的各类数据，包括但不限于监控数据、故障记录、响应时间等。这些数据为评估提供了实证基础。利用统计学方法和数据分析工具，可以对系统的效能进行量化分析，如计算故障诊断的准确率、误报率和漏报率等关键指标。评估还应关注系统的实时性和可靠性。实时性评估关注系统对异常情况的响应速度，而可靠性评估则关注系统在长期运行中的稳定性。这两项指标对于确保管道安全运行至关重要。例如，评估中可能发现系统在某些特定情况下响应延迟，这就需要系统优化，提高其实时性。

用户体验也是综合效能评估的重要组成部分。操作人员对系统的易用性、界面友好度以及操作便捷性的评价，直接影响到系统的实际操作效果。通过问卷调查、访谈等方式，可以收集操作人员的反馈，进而对系统的用户界面和操作流程进行改进。除了技术层面的评估，经济性分析也是必不可少的。自动控制系统的投入成本、运行维护费用以及因系统带来的经济效益，都是评估的重要内容。通过成本效益分析，可以全面了解系统在经济层面的可行性和投资回报。综合效能评估还应考虑系统的可持续性。随着技术的发展和运营需求的变化，系统是否具备升级和扩展的能力，以及是否能够适应未来的挑战，都是评估的重要方面。通过这些评估，可以为系统的长期发展和优化提供指导。

六、技术展望与安全管理策略的优化路径

技术展望在原油长输管道的安全管理策略中占据着至关重要的地位。随着信息技术的飞速发展，特别是物联网、大数据、云计算以及人工智能等新兴技术的融合应用，为自动控制系统的未来发展提供了广阔的空间。这些技术的应用将使远程监控和故障诊断更加智能化、精准化，从而提高系统的预测能力和响应速度。

在技术展望中，机器学习与深度学习算法的进一步集成将是一个关键方向。通过训练模型以识别复杂的故障模式和预测潜在的运行风险，系统将能够实现更高级别的自主决策支持。同时，物联网技术的普及将使得更多的传感器和设备互联互通，实现更全面的实时数据收集和状态监测。此外，随着5G通信技术的商用化，其高速度、大带宽、低延迟的特性将极大地促进远程监控和故障诊断的实时性，为管道的即时控制和快速响应提供技术保障。云计算平台的扩展能力也将支持处理更大规模的数据，为数据分析和存储提供更强大的支持。

安全管理策略的优化路径需要与技术发展同步进行。策略制定者需考虑如何利用新技术提高管道的安全管理水平，包括制定数据驱动的决策流程、增强系统的自适应性和灵活性，以及提高系统的用户交互体验。同时，安全管理策略还应涵盖对新技术的风险评估和管理，确保技术应用的安全性和可靠性。技术的发展 and 安全管理策略的优化将共同推动原油长输管道向更加智能化、自动化的方向发展，实现更高效、更安全、更环保的能源输送。通过不断的技术创新和策略优化，可以确保原油长输管道在未来的能源体系中发挥更加关键的作用。

结语：

本文深入探讨了原油长输管道自动控制系统的远程监控与故障诊断技术，从理论框架到实际应用，再到综合效能评估，全面分析了自动控制系统在提高管道运行安全性和效率方面的重要性。随着技术的不断进步，未来的自动控制系统将更加智能化、精准化。同时，安全管理策略的持续优化将确保技术发展与管理平衡。展望未来，原油长输管道的自动控制系统将为能源的稳定供应提供更加坚实的技术支撑。

参考文献：

- [1] 王海峰, 张建华. 长输管道远程监控系统设计与实现 [J]. 石油工程建设, 2018, 44(3): 45-49.
- [2] 李刚, 赵宏. 基于大数据的长输管道故障诊断技术研究 [J]. 石油机械, 2019, 47(1): 82-86.
- [3] 陈思进, 刘晓东. 长输管道自动控制系统优化设计 [J]. 化工自动化及仪表, 2020, 47(2): 1-4.
- [4] 刘洋, 张强. 基于物联网的长输管道监控技术研究 [J]. 传感器与微系统, 2017, 36(10): 1-4.
- [5] 周建华, 李宁. 长输管道故障诊断方法综述 [J]. 石油学报, 2016, 37(6): 1119-1126.
- [6] 孙立新, 王磊. 5G技术在长输管道监控系统中的应用研究 [J]. 通信技术, 2019, 52(12): 2345-2348.

基于深度学习的市政道路病害识别与分类方法研究

赵浩宇

深圳市政院检测有限公司，广东 深圳 518000

摘 要： 在我国经济快速发展和城市化进程加快的背景下，市政道路作为经济发展的关键要素，其质量和数量都得到了显著提升。然而，随着交通量的增加，一些道路的路基和路面出现了高发病率的病害现象，这严重影响了人们的出行安全。本文深入探讨了市政道路的常见病害类型及其成因，如路面开裂、坑洼、龟裂等。为了确保道路的安全和畅通，需要对市政道路病害进行迅速而精确的识别与分类。本章还举例介绍了在病害识别中应用的方法——探坑法。可以以此方法统计各测试位置的病害情况，作为整个调查区域的病害测试结果。

关 键 词： 市政道路；病害识别；病害分类；深度学习

Research on the Identification and Classification Method of Municipal Road Diseases Based on Deep Learning

Zhao Haoyu

Shenzhen Municipal Institute Testing Co., Ltd., Guangdong, Shenzhen 518000

Abstract： Against the backdrop of rapid economic development and accelerated urbanization in China, municipal roads, as a key element of economic development, have significantly improved in both quality and quantity. However, with the increase of traffic volume, the subgrade and pavement of some roads have a high incidence rate of diseases, which seriously affects people's travel safety. This article delves into the common types and causes of diseases on municipal roads, such as pavement cracking, potholes, and fractures. In order to ensure the safety and smoothness of roads, it is necessary to quickly and accurately identify and classify municipal road diseases. This chapter also provides examples of the method used in disease identification – the probing method. This method can be used to count the disease situation of each testing location as the disease testing result for the entire survey area.

Keywords： municipal roads; disease identification; disease classification; deep learning

引言

市政道路的健康状况直接关系到市民的出行安全和城市的正常运行。随着我国社会经济的快速发展，城市化进程的加速，市政道路的建设和维护面临着前所未有的挑战。在日益增长的交通量、气候变化以及材料老化的影响下，道路病害问题日益严重，如裂缝、坑洞和龟裂等，这些问题若未能及时检测与修复，将对道路的耐久性和交通安全造成重大影响。因此，对市政道路病害进行迅速而精确地识别与分类，成为确保道路安全与流通性的关键所在。

一、市政道路常见病害与分类

随着我国社会经济的快速发展，城市化进程明显加快。地方公路作为经济发展的重要因素，随着各级政府加强交通基础设施建设，其质量和数量都有了很大提高。但是，经济的快速发展，人们的生活水平随之提高，对出行的要求愈加注重，加大了交通量，导致一些道路路基路面病害现象发病率高，如果没有得到及时的处理会影响人们的出行安全^[1]。面对这一挑战，能够对市政道路病害进行迅速而精确地识别与分类，成为确保道路安全与流通性的关键所在。

（一）市政道路常见病害类型及原因分析

1. 路面开裂

在建筑结构的使用过程中，裂缝的出现往往经历了一个由细到粗、由轻微到严重的发展过程。初期，裂缝较细，宽度在2mm以下，此时结构无明显的变形和散落现象。随着时间推移，裂缝进入发展期，宽度扩大至2—5mm之间，此时裂缝区域开始出现轻度的散落或变形。当裂缝特征显著时，裂块较小，裂缝区的变形和散落现象变得明显，裂缝宽度甚至超过5mm。这些裂缝的产生，往往是由于材料质量不达标、施工工艺不规范，以及恶劣天气环境等多种因素共同作用的结果^[2]。

2.坑洼

随着时间的推移，市政道路的路面逐渐出现了凹凸不平的现象，这一状况不仅影响了道路的美观，更对行车安全构成了严重的威胁。造成路面不平的主要因素是多方面的：先是长期车辆碾压造成的路面材料磨损和结构性损伤，这些机械性的破坏随着时间的积累而加剧；之后是地基的不均匀沉降，它使得路面失去了原有的平整度。这些因素的共同作用导致了路面状况的持续恶化，为车辆行驶埋下了潜在的安全隐患。随着病害的加剧，不仅行车舒适度大幅下降，而且在极端情况下，可能会引发车辆失控，造成交通事故，对市民的生命财产安全构成威胁。

3.龟裂

裂缝的存在已经变得极为显著，在裂缝区域，我们可以观察到明显的散落和变形现象。这种情况的出现，极有可能是由于多种因素的交织作用：首先是材料本身的质量问题，可能是材料强度不足或耐久性差；之后是施工过程中的工艺不当，如施工技术不规范或监督不严；再者是环境因素的作用，包括温度的波动、湿度的变化等。这些因素相互影响、相互加剧，共同导致了裂缝的扩展和结构的稳定性下降。随着裂缝的加剧，不仅影响了道路的美观和行车舒适性，更重要的是，它削弱了道路的结构完整性，降低了其承载能力，为交通安全埋下了隐患^[9]。

4.块状裂缝

裂缝的宽度和块度各不相同，其损坏程度是根据受影响的面积来衡量的。这种损害模式的出现，往往与多种因素相关联：首先是材料老化导致的性能下降，随着时间的推移，材料可能会失去原有的强度和弹性；之后是车辆反复碾压造成的结构疲劳，长期的荷载作用使得路面或建筑结构的承受能力逐渐减弱。这些因素的共同作用，逐渐侵蚀了路面或建筑结构的完整性，造成了不同程度的破坏。随着损害的加剧，不仅道路的美观和使用寿命受到影响，更严重的是，它可能导致结构性故障，增加维修成本，甚至威胁到行车安全。

5.纵向裂缝与横向裂缝

裂缝在路面上呈现出与行车方向或平行或垂直的独特走向，其损害程度通常通过测量裂缝的长度以及由此换算出的面积来综合评估。这种裂缝的形成，往往与多种因素有着直接且复杂的联系：先是温度的波动引起的材料热胀冷缩反应，这种物理变化会导致材料内部应力的积累和释放；之后是材料本身的收缩特性，随着时间推移，材料可能会经历自然的收缩过程^[10]。这些因素相互作用，共同对结构施加影响，导致裂缝的延伸和扩大，从而逐步侵蚀结构的完整性与稳定性。随着裂缝的不断扩展，不仅道路的承载能力和使用寿命受到严重影响，而且对行车安全构成了潜在威胁。

（二）市政道路病害分类

市政道路在使用过程中，会出现多种病害，根据其成因、表现形式和影响程度，可以分为以下几类：

裂缝类病害，作为最常见的病害之一，包括横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝和不规则裂缝等。这些裂缝的产生主要归因于温度变化、车辆荷载、材料老化等因素，导致路面结构层的强度降

低。横向裂缝通常与温度变化、施工质量、荷载作用有关；纵向裂缝则多与路面的不均匀沉降、不良施工方法或过大的行车荷载相关；而龟裂、网裂往往是路面结构中夹有柔软和泥灰层，或沥青与沥青混合料质量差等原因引起。根据病害的影响程度，可分为微裂缝、小裂缝、中裂缝和大裂缝。微裂缝的缝宽小于5mm，对车辆行驶的平稳性影响不大；小裂缝的缝宽为5～15mm，会引起车辆轻微跳动；中裂缝的缝宽为15～25mm，会引起车辆明显跳动；而大裂缝的缝宽大于25mm，会引起车辆剧烈跳动。

变形类病害，包括车辙、波浪和拥包等现象，主要是由车辆荷载的持续和反复作用所引起，导致路面结构层发生塑性变形。这些病害的存在不仅破坏了路面的平滑度，而且显著降低了驾驶的舒适性和安全性。

松散类病害，体现在路面材料的疏松、剥落乃至形成坑槽等方面，这主要是由于水损害和材料老化等因素导致路面结构层的粘结力丧失。坑洞的形成，往往是由路面材料的破损或腐蚀所致，而材料的剥落则通常归咎于路面与基层之间的粘结力不足，或是路面本身的质量问题^[11]。

在上述三大类病害之外，市政道路还可能遭受沉陷、泛油等其它类型的病害。这些病害的形成机理错综复杂，需综合考量自然侵蚀、人工干预以及人为破坏等多重因素。自然侵蚀型病害，包括剥蚀、路面材料老化、边坡塌方等，主要由降雨、温度波动等自然力量引起；人工干预型病害，如车辆超载导致的路面损伤；而人为破坏型病害，可能在城市建设的活动中发生，例如混凝土桥墩遭挖掘、砖石结构被推翻、沥青路面受油渍污染等情况。

这种分类方法有助于对市政道路病害进行系统的识别、评估和处理，确保道路的正常使用和交通安全^[9]。通过对病害成因、表现形式和影响程度的多维度分析，可以更有效地制定维护和修复措施，保障市政道路的长期稳定与安全。

二、路面病害结构测试方法举例

探坑法是一种用于测试道路病害的方法，主要通过逐层开挖的方式，对路面结构层的病害进行深入分析。这种方法可以帮助工程师和维护人员准确判断路面病害的原因和严重程度，从而采取有效的修复措施。本方法适用于以逐层开挖的方式检查路面结构内部损坏状况，可为路面的养护维修决策提供依据。

探坑法作为一种关键的路面养护技术，已被广泛应用于沥青路面结构病害的检测。该方法是在山东省交通科学研究院的研究成果基础上，结合路面实际情况，通过现场操作验证而精心编制的。这种测试方法在本次规程的修订过程中，得到了正式的认可和采纳。

路面结构病害测试通常被归类为破坏性测试。为了最大限度地减少对路面的损害以及潜在的后遗症，测试过程中优先考虑采用无损或低损的方法。在确定测试点或执行特定项目的测试方法时，将严格遵循相关的行业规范和标准。

在实际操作中，病害修补的现场通常使用风镐进行开挖，以便根据现场的具体情况确定合适的尺寸和深度。值得注意的是，

尽管切割机在切割过程中可能会产生泥浆或大量灰尘，但在现场使用切割机进行切缝的情况并不常见。然而，当需要观察车辙病害时，由于需要产生光滑的断面以便于观察，通常会采用切割机进行切割^[7]。

三、基于深度学习的市政道路病害识别方法

道路作为城市交通的动脉，其健康状况直接关系到市民的出行安全和城市的正常运行。本章将深入探讨市政道路病害识别的方法，从传统的人工判读到现代的自动化技术，分析各种方法的特点、应用及其在保障道路安全和质量方面的重要作用。通过这一章节，我们将见证技术进步如何推动市政道路病害识别方法的革新与发展。

（一）市政道路病害识别方法

市政道路病害的识别是确保道路安全和质量的重要环节，目前主要采用以下两种方法：

1. 人工判读

该方法主要依托于专业人员的丰富经验和深厚知识，通过对道路表面的细致观察和分析，对可能存在的病害进行精准识别和全面评估。它尤其适用于那些发生在小面积区域、情况复杂或具有特殊性的病害识别任务^[8]。尽管这种传统的人工判读方式在实施上较为直接和便捷，但其工作效率并不高，且由于依赖个人主观判断，因此在病害的识别过程中可能会受到一定程度的主观性影响，从而影响最终判断的准确性。

2. 自动化识别技术

采用道路检测车、无人机等高科技设备，能够高效地采集到道路表面的详细图像数据。通过将这些数据与计算机视觉、人工智能等前沿技术相结合，得以实现对市政道路病害的自动化识别与分类。这种集成创新的识别技术不仅显著提高了病害识别的准确率，而且在极大程度上提升了工作效率，因此，它已经成为了现代市政道路病害检测与识别领域的一个不可或缺且日益重要的发展趋势^[9]。

（二）市政道路病害识别技术详解

传统的市政道路病害识别主要依靠人工巡查和观察，而随着

科技的进步，自动识别技术已经逐渐成为该领域的主流。

1. 人工识别技术在实践中面临着效率不高和易受主观判断干扰的双重局限。与之形成鲜明对比的是，自动识别技术在作业效率和识别准确性上都展现出其突出的优势。其中，图像处理技术是自动识别领域的一种关键技术，它通过一系列精细的步骤——包括对采集到的路面图像进行预处理、特征提取以及分类识别等，从而实现路面病害的自动化检测与识别。这一方法不仅效率高、精度准，但其性能的优化和提高依赖于大量样本数据的训练和精细化调整，以确保识别系统达到高度的精确度和可靠性^[10]。

2. 传感器技术，特别是利用激光雷达、红外线传感器等先进设备，为路面状况的实时监测提供了强有力的支持，进而实现了路面病害的自动检测与识别。这一技术的显著特点在于其强大的实时监测能力，能够迅速捕捉到路面的微小变化，确保病害的及时发现和处理。然而，值得注意的是，这类高科技设备的成本相对较高，这可能在一定程度上影响了其广泛应用的普及率。尽管如此，传感器技术在提升道路维护效率和保障行车安全方面所展现的价值，使其成为了市政道路病害识别领域的一颗璀璨明珠。

总之，市政道路病害的识别正逐步从传统的人工判读转向高效、准确的自动化技术，这不仅提高了病害识别的效率，也为道路维护和管理提供了更为科学的数据支持。

结束语

总之，通过深入探讨，了解到市政道路病害的识别和分类对于确保道路安全和质量至关重要。从传统的人工判读到现代的自动化技术，技术的进步极大地提升了病害识别的效率和准确性。无论是人工识别技术还是自动化识别技术，都为我们提供了有效的病害识别和处理方法。当然，技术的发展和应用并非一蹴而就，它需要我们不断地探索和优化。在实际操作中，我们需要结合具体的道路情况和病害类型，选择最合适的技术和方法，并对其进行不断的调整和改进。同时，我们也需要注重数据的积累和分析，以便更好地理解 and 预测道路病害的发生和发展趋势，从而制定出更加科学合理的养护和管理策略。

参考文献

- [1] 孙宇杰. 市政道路路基路面病害现象的应对探讨 [J]. 产业科技创新, 2023, 5(02): 92-94.
- [2] 吴杰, 马茂, 彭陈琳. 市政道路沥青路面病害机理及处理措施研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(11): 102-104.
- [3] 刘光礼, 乔阳. 市政道路岩溶路基病害特点及处理方案 [J]. 四川水泥, 2024, (04): 217-219+222.
- [4] 夏思茹, 张恒兵, 刘升传, 等. 探地雷达在沈阳某区市政道路病害检测中的应用 [J]. 勘察科学技术, 2023, (06): 54-56.
- [5] 付康胜. 隧道施工致道路塌陷风险及后果评估体系研究 [J]. 四川建材, 2023, 49(11): 230-232.
- [6] 王刚. 市政道路地下病害非开挖修复技术应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (30): 186-188.DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202330061.
- [7] 穆云龙. 市政道路桥梁施工技术及病害防治分析 [J]. 建筑结构, 2023, 53(07): 149.
- [8] 樊祥龙, 马顺芳. 浅析市政道路沥青混凝土路面病害及检测技术 [J]. 科技与创新, 2023, (06): 88-90+93.DOI: 10.15913/j.cnki.kjyxc.2023.06.026.
- [9] 陈楷. 市政道路复合式路面维修方案探讨 [J]. 西部交通科技, 2023, (05): 181-184.DOI: 10.13282/j.cnki.wccst.2023.05.052.
- [10] 时杰. 市政道路快速养护精细化施工设备分析 [J]. 交通世界, 2023, (13): 1-2.DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2023.13.001.

施工项目管理中的质量控制策略研究

兰天

中兴空港工程有限公司, 北京 101300

摘 要： 工程项目管理在企业的日常运营中扮演着至关重要的角色。它不仅涉及对工程进度的精确控制，确保项目按时完工，还包括了对成本的严格把控和对安全生产的持续关注。通过这样全方位的管理，企业能够在激烈的市场竞争中稳固自己的地位，同时为客户提供高质量的产品或服务。我国建筑工程的发展日新月异，但也暴露出了许多问题，如工程质量事故时有发生，而且质量事故发生率逐年上升。如何提高工程项目管理水平，提高工程项目的质量是建筑企业面临的一项重要任务。

关 键 词： 施工项目管理；质量控制；策略研究

Research On Quality Control Strategy In Construction Project Management

Lan Tian

Zhongxing Airport Engineering Co., LTD, Beijing 101300

Abstract： Engineering project management plays a vital role in the daily operation of enterprises. It involves not only the precise control of the project schedule to ensure that the project is completed on time, but also the strict control of costs and the continuous attention to safety. Through such a comprehensive management, enterprises can stabilize their position in the fierce market competition, while providing customers with high-quality products or services. The development of construction engineering in our country changes with each passing day, but it has exposed many problems, such as engineering quality accidents occur frequently, and the rate of quality accidents rises year by year. How to improve the management level of engineering projects and improve the quality of engineering projects is an important task faced by construction enterprises.

Keywords： construction project management; quality control; strategy research

引言

建筑工程项目管理中质量控制策略研究，主要是从建筑工程项目的施工特点出发，针对施工过程中可能出现的质量问题进行分析，并结合控制方法和控制措施，对建筑工程项目进行全过程的管理和控制。这就要求施工单位必须重视施工项目质量控制工作，明确质量管理要点，并在施工过程中采取有效措施进行控制。只有这样才能从根本上提高建筑工程的质量和水平，为建筑行业的发展奠定坚实基础。

一、施工项目管理中的质量控制的必要性

（一）确保工程项目的质量

在施工项目的管理工作中，确保工程质量始终是项目负责人所要密切关注的焦点。他们必须深入理解和严格控制每一个施工环节，以避免任何可能导致产品缺陷或安全隐患的问题发生，从而保证项目能够顺利完成并达到预期的高标准要求。由于建筑工程具有不同类型、不同规模和不同技术特征，因此，在实际施工的过程中，对于项目管理者而言，就必须提高自身的质量管理水

平，并采用科学的管理手段来确保项目的质量达到预期要求^[1]。

（二）为工程项目提供科学的决策依据

目前，我国的工程项目建设管理制度还不完善，对施工质量缺乏有效的控制，在实际工程建设中，由于种种原因而导致工程质量难以达标。因此，要重视施工项目的质量控制，建立和健全质量控制的相关体系，提高工程建设项目的经济效益和社会效益，使工程建设过程更加科学、规范、有序。在实际工作中，必须充分认识到施工项目管理工作对于整个工程的重要性，以其为基础进行全面的分析，并结合当前的建筑行业发展情况制定出合

理可行的管理策略，从而保证工程能够顺利开展。

（三）有效地避免项目管理风险

在我国社会经济蓬勃发展的大背景下，建筑业也随之迎来了质的飞跃。一座座高楼大厦拔地而起，不仅极大地满足了人们对美好居住环境的向往和追求，同时也推动着国民经济的增长。然而，在这一过程中，同样面临着不少挑战与问题。这些问题需要我们共同面对和解决，以确保行业的健康可持续发展，让建筑艺术和技术能够更好地服务于社会进步和人民生活的改善。如果不能很好地解决这些问题，将会给国家和人民带来巨大损失。在工程项目施工中，质量控制是项目管理工作的重要环节，有效的质量控制能够避免很多风险，减少不必要的损失。因此，施工企业必须加强对质量控制的管理，保证工程质量，才能获得更多的经济效益。

（四）保证工程建设目标的实现

建设工程的质量不仅仅是一项技术任务，它是一个涉及多个环节、受到多种复杂因素的综合系统。在实际的施工操作中，由于环境条件的变化、材料质量参差不齐、施工工艺的不当选择以及管理上的疏漏等因素，都可能导致工程质量出现问题，从而引发质量事故，给建筑安全和使用功能带来潜在风险。因此，确保建设工程质量的稳定与达标，需要从项目策划到施工再到后期维护的全过程严格把控，任何一个环节的疏忽都有可能影响最终的建筑成果。质量事故一旦发生，就会给业主、政府和社会造成巨大损失。因此，要加强施工项目质量控制，保证工程建设目标的实现。

（五）促进社会经济发展

在建筑行业中，施工项目的质量控制不仅是企业运营的核心要素，更是一项至关重要的管理策略。通过对施工过程的严格监控和质量把关，建筑企业能够确保项目按计划、高标准完成，这不仅能直接提升项目的经济效益，还能够间接促进社会的和谐发展，展现企业的社会责任感。因此，质量控制被视为一种双赢的举措，既符合经济利益又不忘社会责任。其主要体现在通过工程质量控制能够促进科学技术水平的提高，例如采用先进技术、新工艺、新材料和新设备等，这对于节约能源、降低消耗、减少环境污染都具有积极意义。并且通过加强项目施工质量控制也有利于优化社会资源配置，对推动社会经济发展有非常重大的作用。

二、施工项目管理中的质量控制存在的问题

（一）工程管理人员质量控制意识淡薄

当前，我国的建筑工程施工管理存在一定的不足，这在很大程度上影响了工程质量和施工效率。管理体系不够完善，缺乏系统性与规范性，导致施工管理工作难以达到预期的目标，从而制约了建筑行业的健康发展。由于受到传统施工管理观念的影响，目前存在很多不符合时代发展需要的质量管理方式，从而导致工程管理人员对质量管理的意识比较淡薄，质量管理体系不够完善，在实际工作中缺乏必要的质量控制意识。特别是一些新入职的管理人员，自身素质不高，专业技能不足，没有掌握相关知识

和技能，所以不能很好地完成自己的本职工作，使得质量控制工作无法正常开展^[2]。

（二）施工材料和设备质量控制存在问题

（1）施工材料质量控制不到位。施工单位在采购材料的时候，由于缺乏有效的质量检验机制，所以容易造成采购来的材料质量无法满足相关要求，特别是一些低价竞争市场上采购来的劣质产品，往往会出现使用之后引发工程质量问题的现象。另外，如果采购过程中，供应商为了能够降低成本而提供以次充好、偷工减料的材料，也会对工程质量产生严重影响。

（2）施工设备的质量控制存在问题。目前很多施工项目在施工的过程中都会应用到各种各样的机械设备，比如塔吊、挖掘机等，这些设备在运行过程中的工作状态直接决定了工程质量是否符合设计标准。但是从实际情况来看，很多施工企业没有专门的质量管理部门和人员，对施工现场的设备进行定期维护，导致设备运行状态变差，甚至因为操作不当引起事故，导致工程质量下降。

（3）施工技术方案控制存在问题。有些施工单位虽然制定了完整的施工技术方案，但是在具体执行的过程中却并未严格按照施工技术方案的内容实施，而是根据自身的经验或者习惯随意更改施工方案，这样就无法保证工程质量满足预期要求。

（三）施工工艺控制不到位

在施工过程中，工程项目的施工工艺是保障工程质量的重要条件。然而目前有很多施工单位为了节约成本、缩短工期，在实际的施工中，忽视了对施工工艺的控制，导致出现了大量的质量问题。例如在一些公路桥梁建设项目中，因为没有制定出科学合理的工艺标准，造成了混凝土强度不足、钢筋焊接不合格等一系列的质量问题，给后期的验收和使用留下了隐患。此外，还有一部分施工人员为了追求施工进度，常常采取“抢工”的方式来加快施工速度，而这就会使得施工质量无法得到有效的保证。因此，必须加强对施工工艺的重视程度，严格按照相关规范进行施工，切实提高工程质量。

（四）缺乏有效的监督和管理制度

在工程施工中，管理者不能只依靠人员的自我意识和自觉性进行管理工作。而应建立起一套完善的管理制度对工程的质量进行有效监督与控制，让每一个参与工程施工的人员都有自己明确的岗位职责，并将其落实到实际行动当中。若因缺乏有效的管理制度而导致工程质量出现问题，那么不仅会对施工方造成不良影响，还会严重影响整个建筑行业的形象。因此，企业应当建立健全相关的监督制度，以保证工程质量。

（五）项目管理人员综合素质有待提升

现阶段，我国建筑行业发展速度较快。建筑施工企业在进行项目管理时，应结合工程项目的实际情况，制定科学合理的质量控制措施。但是部分建筑施工单位没有建立完善的项目管理制度，对项目管理人员的综合素质要求不高，使得项目负责人、技术人员以及其他相关管理人员缺乏专业技能和工作经验，难以有效落实质量控制措施。因此，必须提升项目管理人员的综合素质，使其能够熟练掌握现代化管理理念和先进管理技术，从而提

高施工项目质量控制的水平。

三、施工项目管理中的质量控制的策略

（一）建立健全质量控制制度

在项目建设的过程中，施工单位必须严格遵循国家制定的各项法律法规以及行业内的技术规范，为确保工程质量，他们应当建立并执行一套全面的质量管理体系。这一制度应涵盖从材料选择到施工过程每一个细节的管理，以保证项目能够达到既定的技术标准和安全要求。施工单位需对此体系进行精心设计，并持之以恒地加以贯彻实施，以确保项目质量始终如一，符合高标准的要求。对于质量管理体系文件进行定期检查，保证其完整性、科学性以及有效性。另外，还应建立起一套完整的质量控制网络，对每一个施工环节都进行严密监督与控制，在最大限度内减少人为因素对工程质量带来影响。同时，还应通过有效地实施质量控制手段，使工程质量得到更好地提升，实现优质、高效的目标^[3]。

（二）加强人员培训，提高人员素质

项目管理者必须重视施工人员的培训工作，不断增强他们的质量管理意识和技能水平。在项目建设中，工程质量是第一位的，它直接关系到人们生命财产安全以及社会稳定，因此，要想实现建筑工程质量提升，就需要加强对施工人员的培训，使其明确自己的责任，增强他们的质量意识，以确保他们能够按照施工要求严格执行施工任务。

（三）加强施工材料的质量管理

施工材料是建筑工程施工的物质基础，是保证建筑质量和安全的基本条件。在实际的施工项目管理中，对于施工材料的质量应该给予充分重视，要对材料进行严格的质量检测，根据相关的标准来控制材料的性能、规格以及材质等方面，同时还要选择合格的供应商，以确保建筑材料的质量符合国家的規定要求。只有这样才能有效地保证建筑工程的质量，从而避免由于施工材料不合格而导致的建筑工程事故。另外，还可以采取一些措施来提高

施工材料的质量，例如可以使用新型的建筑材料来代替传统的建筑材料；也可以引入先进的管理技术，采用现代化的科学方法来处理建筑材料，从而使施工材料的质量得到很大的提升。

（四）提高机械设备的性能和管理水平

施工企业应不断提高管理人员和技术人员的综合素质，将机械性能的提升作为重点。要想提高机械设备的性能，首先就要从基础设施入手，为机械设备提供一个良好的工作环境，使其能在一个相对稳定的状态下进行运转。其次，还应该对机械的维修保养问题给予足够的重视，及时解决设备出现的问题，避免因设备故障而导致工程质量不达标。最后，还要建立健全机械管理制度，包括设备的采购、保管、使用等环节，将每一项工作落实到位，以此来确保机械设备的完好率和利用率，从而达到减少停工待料时间，节约生产成本的目的。

（五）运用计算机技术加强工程项目的管理

建筑工程质量管理过程中，可以利用计算机技术建立项目信息系统。该系统主要包括：技术信息数据库、项目资料数据库、施工设计与施工文档数据库等。该系统的建立是为了方便对工程项目进行动态的管理和监控，及时发现问题并采取相应措施解决问题。这就要求要保证数据的准确性，做到全面收集、分类整理、科学管理。同时还要注重更新信息系统中的信息内容，使其保持在一个较新的状态，以便为大家提供更加有效的服务。另外，还可以通过计算机软件来制定科学合理的质量标准，将质量标准具体化，使之成为整个企业员工共同遵守的行为准则，从而规范人们的工作行为，提高工作效率。

结语

随着我国经济的不断发展，建筑行业的发展也越来越快，建筑工程的数量也在逐年增加。为了保证建筑工程项目能够顺利进行，并且保证施工质量能够满足相关标准，施工单位必须加强施工项目管理中的质量控制。

参考文献

- [1]代简. 建筑工程项目管理及施工质量控制有效策略的探讨[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(05):24-25.
- [2]梁西君. 建筑工程项目管理中施工质量控制策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, (15):46.
- [3]余道武. 电站施工安装项目管理与质量控制探索[J]. 工程建设与设计, 2024, (08):222-224.
- [4]张蓓. 建筑装饰工程进度管理与时间控制策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(17):94-96.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202417032.
- [5]张艳艳. 市政土木工程项目管理中控制措施研究[J]. 四川建材, 2024, 50(06):201-203.
- [6]岑龙. 建筑施工现场质量控制及风险管理分析[J]. 中国住宅设施, 2024(05):98-100.
- [7]翟鹏. 城市化背景下城市燃气工程项目建设风险管理[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(10):69-71.
- [8]张书余. 建筑施工管理问题及质量通病治理[J]. 新城建科技, 2024, 33(05):172-174.
- [9]张亮. 公共建筑项目的工程管理策略[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(04):193-195.DOI:10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.04.064.
- [10]黄莉. 建筑工程施工现场安全管理工作探讨[J]. 建材发展导向, 2024, 22(08):97-99.DOI:10.16673/j.cnki.jcfzdx.2024.0083.

新能源工程建设中质量管理问题研究

司成佳

广西国电投海桂新能源有限公司，广西 南宁 530025

摘 要： 随着全球能源危机与环境问题的日益加剧，新能源作为一种清洁、可再生的能源形式，已成为解决上述问题的关键。新能源工程建设作为新能源发展的重要载体，其质量管理的优劣直接关系到新能源项目的投资效益、运行安全以及环境保护。然而，由于新能源工程建设具有技术复杂、规模庞大、影响因素众多等特点，其质量管理面临着诸多挑战。因此，本文旨在深入探究新能源工程建设中的质量管理问题，分析问题的成因，并提出相应的解决策略。

关 键 词： 新能源工程建设；质量管理；问题分析

Research On Quality Management Issues In New Energy Engineering Construction

Si Chengjia

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

Abstract： With the increasing global energy crisis and environmental problems, new energy, as a clean and renewable form of energy, has become the key to solving the above problems. As an important carrier of new energy development, the quality management of new energy engineering construction is directly related to the investment efficiency, operational safety, and environmental protection of new energy projects. However, due to the complex technology, large scale, and numerous influencing factors of new energy engineering construction, its quality management faces many challenges. Therefore, this article aims to deeply explore the quality management issues in new energy engineering construction, analyze the causes of the problems, and propose corresponding solutions.

Keywords： new energy engineering construction; quality assurance; problem analysis

随着全球气候变化和环境问题的日益严重，传统化石能源的使用已逐渐受到限制，而新能源以其清洁、可再生、低碳排放等特性，成为推动能源结构转型、实现可持续发展的关键。新能源工程建设作为新能源发展的基石，其技术水平的高低和工程质量的优劣直接关系到新能源项目的成败。由于新能源技术的多样性和复杂性，以及工程建设环境的多样性，新能源工程建设过程中面临着诸多技术挑战和质量问题。因此，深入研究新能源工程建设中的技术挑战，并探索有效的质量管理优化策略，对于提高新能源工程建设的技术水平和工程质量，具有重要的理论和实践意义。

一、新能源工程建设质量管理的意义

新能源工程是指以风能、太阳能、生物质能等可再生能源以及电动汽车、智能电网等相关技术为代表的新兴能源领域的工程项目^[1]。这些工程项目旨在开发和利用高效、清洁、可持续的能源资源，以减少对传统化石能源的依赖，并降低环境污染。质量管理在新能源工程建设中的重要性不言而喻。良好的质量管理能够确保工程项目满足预定的技术标准和性能要求，保障工程的安全性和可靠性，提高资源的利用效率，降低运营维护成本，并且有助于建立企业的良好声誉。如果质量管理不到位，可能会导致工程质量不稳定，影响工程的正常运行和使用寿命；施工过程中可能出现返工、延误等问题，增加项目成本；可能引发安全事故，对人员安全造成威胁；无法达到预期的能源效益，影响投资回报率。

二、新能源工程建设中质量管理问题分析

随着全球对可持续能源的需求不断增长，新能源工程项目的建设越来越多。这些项目涉及风能、太阳能、水能、生物质能等多个领域，对于推动经济发展、减少环境污染和应对气候变化具有重要意义^[2]。在新能源工程建设中质量管理是至关重要的环节，它不仅关乎工程的成功与否，还直接影响到新能源的开发效率和使用效果。目前，新能源工程建设中质量管理仍存在许多问题，影响新能源工程建设的开展。

（一）新能源工程建设的质量管理现状

在新能源工程建设中，质量管理是保证项目成功实施和长期稳定运行的关键环节。然而在实际工程中，往往会出现一系列质量管理问题，可能源于设计、材料、施工、环境以及维护保养等

多个方面^[3]。新能源工程建设的质量管理是涉及多个环节、多个方面的系统性工程。目前我国新能源工程建设的质量管理已经取得了一定的成效，但仍存在一些问题。

1. 设计阶段的问题

设计阶段是整个新能源工程建设的起点，设计质量的好坏直接影响到后续施工和运营的效果^[4]。然而在实际工程中，设计阶段可能存在的问题包括设计不合理：部分设计方案可能过于理想化，没有充分考虑到实际施工条件和运营环境，导致后续施工中出现困难或运营中效果不佳。技术方案选择不当：在新能源工程中，技术方案的选择至关重要。如果技术方案选择不当，可能会导致工程效率低下、成本高昂或安全隐患等问题。

2. 材料和设备的质量问题

材料和设备是新能源工程建设的重要物质基础，其质量直接影响到工程的整体质量。然而在实际工程中，可能会出现以下问题^[5]。材料质量不达标：部分材料可能由于生产厂家的问题或运输过程中的损坏等原因，导致质量不达标，进而影响工程的整体质量。设备性能不稳定：新能源工程中的设备往往需要具备较高的稳定性和可靠性。然而，部分设备可能由于设计缺陷、制造工艺问题或长期使用磨损等原因，导致性能不稳定，影响工程的正常运行。

3. 施工过程中的质量问题

施工是新能源工程建设的关键环节，施工过程中的操作不当、工艺不规范等都可能导致质量问题。具体来说，可能存在的问题包括操作不当：部分施工人员可能由于技能水平不足或工作态度不端正等原因，导致操作不当，影响工程质量^[6]。工艺不规范：新能源工程建设中的施工工艺往往较为复杂，如果工艺不规范或执行不到位，可能会导致工程质量问题。监管不力：施工现场的监管是保证工程质量的重要手段。然而，如果监管不力或存在漏洞，可能会导致工程质量无法得到有效控制。

（二）新能源工程建设中质量管理问题的成因分析

新能源工程建设中质量管理问题的成因是多方面的，主要包括以下几个方面。（1）技术标准体系不完善：由于新能源技术的快速发展，相关的技术标准体系尚未完善，导致工程质量难以保证。在缺乏明确的技术指导和规范下，工程建设过程中容易出现各种质量问题，如设备选型不当、施工工艺不合理等。（2）人才培养机制不健全：新能源工程建设需要高素质的人才支撑，但目前行业内人才培养机制不健全，难以满足工程建设的需要。人才短缺和素质不高是导致质量管理问题的重要原因之一。（3）自然环境因素复杂多变：新能源工程建设常常受到自然环境的影响，如气候条件、地质条件等，增加了工程建设的难度和风险。在复杂的自然环境下，工程建设过程中容易出现各种不可预见的问题，如地质灾害、气象灾害等。这些问题对工程质量造成严重影响，甚至可能导致工程失败。（4）市场竞争激烈：新能源工程建设市场竞争激烈，部分企业在追求经济效益的同时，忽视了工程质量的重要性。为了在竞争中获得优势，一些企业可能采取低价竞争策略，降低工程成本，导致工程质量下降。此外，一些企业可能为了赶工期或降低成本而采取非法手段，如偷工减料、使用

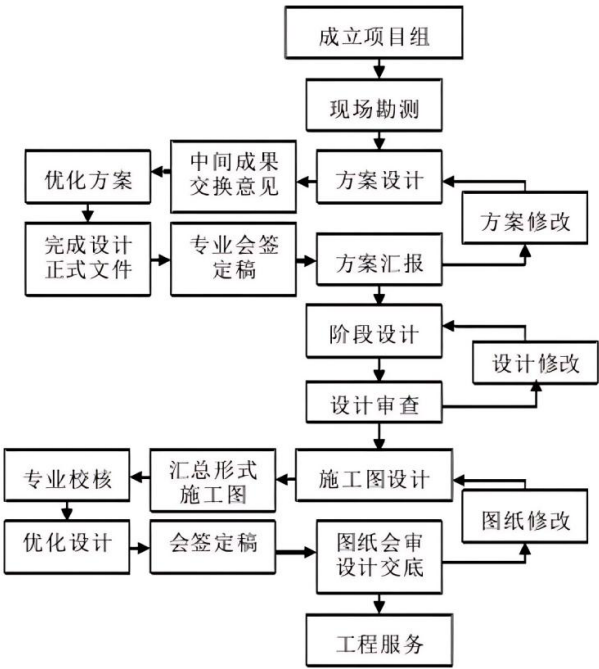
劣质材料等，这也对工程质量造成了严重威胁。

三、新能源工程建设中质量管理的策略

新能源工程建设中的质量管理优化是一个系统工程，需要遵循标准化、预防为主、持续改进和全员参与的原则。通过明确质量目标、识别关键质量因素、建立质量管理体系、实施质量监控和持续改进与反馈等步骤，可以确保工程建设过程中的质量得到有效控制。这些策略的实施将有助于提高新能源工程建设的质量和市场竞争力，推动新能源产业的健康发展。

（一）建立统一的技术标准体系

为解决技术标准与兼容性问题，需要建立统一的新能源工程技术标准体系。这一体系应涵盖从设计、施工到运营维护的各个环节，确保不同技术之间的兼容性，并推动技术的标准化发展。通过明确的技术标准可以规范工程建设过程中的各项技术活动，提高工程质量的一致性和可靠性。随着技术的进步和社会经济的变化，标准体系应定期复审并更新，以反映最新的技术成果和发展趋势。通过建立这样的统一技术标准体系，不仅可以提高单个工程的质量和效率，还能推动整个行业向着更加规范化、标准化的方向发展，进而提升新能源工程的整体竞争力。图 1 新能源工程设计质量控制流程图。



> 图 1 新能源工程设计质量控制流程图

（二）加强材料质量控制

材料是新能源工程建设的基础，其质量直接影响工程的整体质量。因此，加强材料质量控制是优化质量管理的关键措施之一。应建立严格的材料筛选和检测机制，确保所选材料符合工程要求，并具备足够的耐久性和安全性。同时，加强材料供应商的管理和评估，选择信誉良好、质量可靠的供应商，降低材料质量风险。在运输、装卸和存放过程中，采取必要措施保护材料，防止损坏或污染。为材料供应商提供必要的技术支持，确保他们理

解工程的特殊要求，并据此提供合适的材料。在施工过程中持续监控材料的使用情况和工程性能，及时收集和分析数据，根据反馈调整质量控制措施。通过这些措施可以有效保证材料的质量，进而提高整个新能源工程的建设质量。

（三）引入先进技术和手段

在新能源工程建设中，引入先进的技术和手段可以显著提高工程质量和效率。例如，采用 BIM（建筑信息模型）技术进行三维建模和仿真分析，可以在设计阶段提前发现和解决潜在问题，提高设计的准确性和可靠性。此外，采用数字化施工管理平台可以实现施工过程的实时监控和数据分析，及时发现问题并采取相应的措施进行解决。这些先进技术和手段的应用，可以提高工程建设的自动化和智能化水平，降低人为因素的影响，提高工程质量和效率。使用自动化施工设备，如自动浇筑系统、智能机器人等，可以提高施工精度，减少人工错误。通过这些先进技术和手段的应用，可以大幅提升新能源工程建设的质量和效率，同时降低风险和成本。

四、新能源工程建设质量管理实践

新能源工程建设中的质量管理是一个复杂的系统工程，需要从设计、材料、施工、环境等多个方面进行综合考虑和管理。某大型风电场建设项目，作为新能源领域的重要项目，其建设过程中的质量管理对于确保风电场的安全、高效运行具有重要意义。为了提升项目质量管理水平，该项目在质量管理方面采取了一系列优化策略。该风电场建设项目在质量管理方面采取的优化策略取得了显著成效。这些策略不仅提高了工程质量、控制了工程进

度、提升了经济效益，还为新能源领域的其他项目提供了有益的借鉴和参考。

（1）制定详细的技术标准和规范；在工程建设初期，该项目就针对风电场建设的各个环节制定了详细的技术标准和规范。这些标准和规范涵盖了设计、施工、检测、验收等多个方面，确保了工程建设过程中的各项工作都符合统一的技术要求。（2）引入先进的检测技术；在材料质量控制方面，该项目引入了先进的检测技术。对于进入施工现场的每一种材料，都进行了严格的检测和筛选，确保材料质量符合标准。（3）采用 BIM 技术进行三维建模和仿真分析；在设计阶段，该项目采用了 BIM 技术进行三维建模和仿真分析。通过 BIM 技术项目团队能够建立风电场的三维模型，并在模型中模拟不同风速、风向等条件下的风电场运行情况。这种仿真分析技术有助于优化风机布局和电网接入方案，提高风电场的运行效率和安全性。同时，BIM 技术还能够实现设计信息的共享和协同工作，提高了设计效率和质量。

结论

新能源工程建设的质量管理是一个复杂而重要的课题。本文通过分析新能源工程建设中质量管理的现状和问题成因，提出了相应的解决策略，并结合案例分析进行了深入探讨。随着新能源技术的不断发展和完善，新能源工程建设的质量管理将面临更多的挑战和机遇。因此，需要进一步加强研究和实践，不断提高新能源工程建设的质量管理水平，为推动新能源产业的健康发展贡献力量。

参考文献

- [1] 佟瑶, 周品, 刘树成, 兰士衡. 新能源工程建设中质量管理问题研究 [J]. 电站系统工程, 2023, 39 (03): 83-84.
- [2] 曹桂斌. 新能源工程建设质量管理策略研究——以青豫直流二期光伏光热项目为例 [J]. 光源与照明, 2022, (10): 101-103.
- [3] 卢永慧. 新能源工程建设中的质量管理措施 [J]. 电工技术, 2020, (24): 47-48+134.
- [4] 姚天一. 新能源工程建设中质量管理及措施解析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10 (10): 64-65+86.
- [5] 陈磊. 新能源工程建设中质量管理及措施解析 [J]. 科技风, 2020, (12): 124.
- [6] 敖德欣. 分析新能源工程建设中质量管理及措施 [J]. 时代农机, 2018, 45 (11): 84+86.

新能源项目承包商安全管理问题及对策

杨亚磊

广西国电投海桂新能源有限公司，广西 南宁 530022

摘 要： 新能源与人类生活息息相关，它既能为人们的日常生活提供各种便利，同时还能满足人们对能源的需求。然而，随着新能源项目工程数量的增多，承包商安全管理中存在的问题也越来越突出，直接影响到项目建设的进度，比如承包商安全管理意识淡薄、机构不健全等。对此，必须采取有效的应对策略，为新能源安全发展提供保障。

关 键 词： 新能源；承包商；安全管理

Safety Management Issues And Countermeasures For Contractors In New Energy Projects

Yang Yalei

Guangxi Guodian Touhaigui New Energy Co., Ltd, Guangxi, Nanning 530022

Abstract： New energy is closely related to human life. It can provide various conveniences for people's daily lives while also meeting their energy needs. However, with the increase in the number of new energy project projects, the problems in contractor safety management have become increasingly prominent, directly affecting the progress of project construction, such as weak contractor safety management awareness and inadequate institutions. Effective response strategies must be adopted to provide guarantees for the safe development of new energy.

Keywords： new energy; contractor; security management

引言：

无论是社会的发展还是人们的日常生活，都离不开新能源的使用，所以我国对新能源的需求非常高。由于新能源建设项目建设任务多，工期紧迫，导致承包商安全意识淡薄、在安全方面能够提供的资金相对有限，给现场安全管理带来一定的困难，因此，要想有效降低各种安全事故发生的概率，就必须加大支持力度，努力做好承包商安全管理工作，保证项目安全可控、保质投产。

一、承包商安全管理存在的问题

总包责任未履行到位。为了尽可能地减少投入、保证在规定的时间内完工，一些工程分包过程中存在分包商安全管理基础相对较弱、不重视培养员工的安全技能和意识，以及在工作中对资格准入把关不够严格等问题，同时以包代管现象也比较严重，这种情况就使得分包商施工安全隐患突出。

安全管理缺乏规范化。通过观察可以发现，在当前仍存在安全管理制度流程不够清晰具体、一些承包商的现场安全管理工作没有做到位、难以高效的指导安全管理工作，进而达不到理想的效果^[1]。一些承包商安全管理机构还存在很多不足之处，内部的安全管理人员变动比较频繁，很难充分发挥其安全监督作用，所以在此情况下，无法有效开展隐患排查等活动。

风险辨识和隐患整改不到位。通过考察已经落地的项目，发现一些现场管理和作业人员专业素质有待提升，在实践中未能按

照操作规程和安全管理标准来开展工作，再加上安全意识和安全技能不足，无法快速、准确定位现场风险源点，未能制定有效的预防方案。

安全培训工作不扎实。一些作业人员的自我保护能力不够强，而且没有学习到一定的安全知识，安全意识也相对较弱。另外在具体实践中，不少分包作业人员未能接受安全教育培训，所以在这种情况下，他们自身的安全生产知识和操作技能未能达到相应的要求，而且在实践过程中不熟悉施工安全要求，所以容易出现违章违例的问题。

发包人和承包商的信息交流通道不畅通。双方未构建常态化的安全信息共享制度，也不具备完善的安全工作会议、汇报机制，再加上缺少固定的沟通方式，导致双方所掌握的重要信息很难主动共享^[2]。一些企业采用的信息管理系统存在一定的差异，所以在许多方面上无法与其他企业兼容，难以进行高效衔接，而且也不能将安全生产运行数据及时分享给彼此，最终出现了信息

孤岛的问题。

二、新能源项目承包商安全管理对策

（一）明确安全管理标准，规范承包商准入条件

招标文件须对投标单位安全资质、安全业绩等做出详细的规定，同时还要明确从业人员资质和年龄等。要认真审查投标单位安全管理条件，确保其在各个方面都能够达到招标文件中的规定^[3]。调查其缴纳的工伤保险证明等相关资料，判断其项目经理、HSE 管理人员等能不能达到相应的标准。还要调查其在安全技术保证措施、应对各种突发情况的方案、施工组织设计、施工方案等方面的情况。同时，审查投标单位的机构也要慎重选择，保证其在内部设置和人员配备上符合要求。中标单位签署《安全生产管理协议》时，不仅要注意承包商安全生产承诺的具体内容，同时还要详细地查看发包人安全管理要求，并且在这一环节中还需要使安全要求作为主要条款之一。另外，应加强现场目视化管理。在实际工作中，必须防止无证或冒用他人证件出入，同时，只有按照相关要求戴上劳动防护用品后才能走进现场，如果没有达到要求就需要进行阻拦；施工现场及办公生活区域也要加以注意，提前配置好所需的消防器材和设施，还需要将醒目的安全标志标识放置在相应的区域内。除此之外，施工现场根据施工总平面图来进行设置，当天在完成工作之后还要清理施工现场。

（二）严把承包商入场关，做好安全培训工作

工程施工阶段，监理单位应按照规定，认真核查承包商的证书真伪，以免影响到后续的工作。对于入场施工机具进行分级管控，降低出现异常问题的概率，同时一些基本的机具需要承包商申请进场^[4]。根据有关要求，在此环节中需要由监理单位验证审批后报发包人备案；对于比较重要的机具也需承包商申请进场，而和前者有所不同的是，其必须由监理单位、发包人项目验证审批，报发包人备案。在安全培训方面，要制定承包商安全教育培训方案，定期组织进行各项工作负责人的安全培训考试，并对最终得到的数据信息展开详细分析。在具体实践中，要保证新人能够持续学习和运用所学的安全知识与技能。要采取知识详解、案例分析、模拟操作等多样化的方式来开展培训工作，以此来更好地增强员工的安全意识和技能。此外，需要格外注意的是，要高度重视对一线员工的培训，保证他们在上岗前能够熟练地掌握标准化操作程序。同时，还应该开展人员入场三级安全教育，并根据取得的成效来进行评估，在考试达标后方可进场。

（三）健全安全督查机制，提升安全管理水平

首先，承包商每周召开安全例会，对安全工作落实情况进行了详细探讨，并且及时地处理好安全管理中存在的缺陷和不足^[5]。其次，不断强化承包商安全管理检查。在具体实践中，严格遵循奖罚并施原则进行考核，保证各项工作依据合同和安全管理协议来进行；创建“黑名单”管理机制，承包商如果发生了不服从安全监督管理、个人违章人数超过总人数10%、违背约定的安全控制目标事件等情况，均会被列入“黑名单”。其次，适当改变监督方式和手段，在日常工作中要高度重视重大隐患的排查发现。具

体应借助先进仪器对设备设施进行检测，同时还要合理地增加夜间、假日不定时检查次数，确保能够注意到表面检查难以发现的隐患。在完成该项工作之后，需要将得到的数据分类上报，重大隐患应当及时制定合适的方案进行应对。接着，还需要实行限期整改与复查考核，并结合实际构建完善的隐患整改闭环机制。对于检查发现的各类隐患，应当采取给予充分的关注，并要求在规定的时间内进行处理，还要建立台账进行跟踪复查，直到取得理想的效果后才能够停止。最后，重视事故责任追究，执纪问责。当出现意外状况时，要立刻做出反应，邀请专家进行调查和分析，保证能够快速、准确地锁定相关责任人，对于承包商的直接责任人，应严格按照规定来处理。

（四）压实安全管理责任，建立安全评价机制

认真检查相关的危险性区域作业安全技术策略，在开展工作中，需要先从监理单位组织承包商对风险性的问题展开深入的分析，对于安全注意事项进行技术交底，同时还要注意施工现场各种潜在危险有害因素；承包商对分包商作业班组进行安全技术交底^[6]。除此之外，还应该按照流程来进行安全评价管理，在这一环节中，应基于相应的等级对承包商进行评价。最终结果显示为优秀的承包商，在后续项目实施中会作为重点考虑对象；最终结果显示为不合格的承包商会失去项目准入资格。

（五）做好应急管理工作，提高应对突发事件能力

承包商应认真检查维护现场应急救援设备，并且还要根据具体情况来建立应急预案并定期组织演练。如果出现任何安全事故，发包人按照要求辅助开展应对工作，并且还要根据相关的合同条款开展事故调查；如果突然出现任何意外情况，需要由发包人做出明确的应对计划并进行指导，同时由承包商组织开展救援工作。如果承包商未经审查擅自复工，就会失去项目准入资格，并且会被再次停工整改，所以必须经过发包人审查后方可办理复工。除此之外，为了能够安全管理监理单位、承包商，还应该立足于实际，设计出完善的安全风险保证金制度，确保事故发生后能立刻采取有效措施进行应对，并且让受害人员得到救治和赔付。如果并未建立安全风险保证金制度，那么在出现意外事件时，常常会因为承包商推卸责任或资金周转上的情况，导致接待家属、赔偿费用等事情被暂时转嫁给建设单位，致使其承受更多的压力。所以，为了避免这种情况的出现，必须建立安全风险保证金制度，使承包商加大对它的重视程度，为了最大程度地降低风险问题的出现概率，主动地去改善现场安全条件。除此之外，当出现事故后，建设单位可使用安全风险保证金进行解决，从而防止事态进一步扩大。不同合同总价保证金的数量存在着一定的差异，而在大多数情况下，安全风险保证金按照合同总价中施工费用的5%考虑，具体如表1所示。

表1 安全风险保证金

总价（万元）	保证金（万元）	备注
0 ~ 100	5	100以下项目
100 ~ 500	15	
500 ~ 1000	30	
1000 ~ 5000	60	

总价（万元）	保证金（万元）	备注
5000 ~ 10000	120	
10000 ~ 50000	200	
50000	500	5亿以上项目

加强项目完工验收，规范承包商退场管理

首先，发包人组织监理单位对承包商完成的工程进行验收，在开展相关工作时，要认真查看区域内的安全防护设施、固废清理程度，在依照相关标准进行检验之后表示没有问题，就可以办理作业终结、验收程序。其次，档案资料完备并且已经完成转交，确定完成项目建设工作且验收合格，做好周围的场地整理工作之后，发包人同意办理退场申请。

（六）建立信息沟通机制，保证信息及时处理

第一，要建立统一的安全信息共享网站，平台要能够适应时代发展的新变化，努力形成立体化安全信息体系，加快促进企业与承包商安全生产信息的结合，保证包含设备设施、作业流程等所有数据。为了能够及时发现问题和潜在风险，要保证平台具备分析功能。能够对相关的数据展开深入研究。第二，发包方可与承包商签订安全会议计划，针对共同面临的相关问题进行全面探究。在结束之后，还应安排专人进行跟踪落实。第三，灵活运用先进的科技建立智能化安全管理系统。比如，借助大数据预判风险预警和事故；运用摄像头等监控作业过程。第四，各个级别的安全管理部门和承包商应当把各自的相关数据收集和整理在一

起，并编写出各个时间维度的安全报告，发布到网上。第五，开展定期安全满意度调查，针对具有突出表现的工作人员给予一定的奖励。因此，为了保证安全管理信息畅通，提高办事效率，必须让信息贯穿安全管理的各个阶段，这样能够增强企业与承包商的沟通效果。

（七）推行承包商作业人员激励措施

构建针对承包商作业人员的激励机制，同时还要能够快速做出科学的决策，增加业主安全投入。在实际工作中，奖励资金在项目建设投资中列支，由业主方与各参建单位签订协议。另外，要认真监督团队，尽可能避免出现任何违规行为，同时也使得作业人员主动落实施工安全的各项策略。同时，还可以借助物质奖励的形式来激发各岗位员工的热情。比如，每周班组安全活动结束后，就可以对具有出色表现的员工进行物质奖励，对象覆盖参建人员全体，充分激发各施工队伍的工作积极性。

三、结束语

综上所述，只有做好承包商安全管理方面的工作，才能有效增强其安全管控和安全生产能力，从而取得良好的效果。另外，还要对安全管理工作进行不断地改进和完善，不放过任何细节，积极落实责任，奖惩并举，以此来调动员工的积极性，保证新能源项目建设管理工作能够顺利开展。

参考文献

[1]孙毅. 新能源项目承包商安全管理问题及对策 [J]. 中国电力企业管理, 2020, (33):36-37.
[2]佚名. 新修订《企业安全生产费用提取和使用管理办法》正式施行 [J]. 建筑安全. 2023, (1):19.
[3]郑长青, 陈硕. 一体化管理强化承包商安全管理 [J]. 劳动保护, 2022, (07):19-21.
[4]周凯, 苏承伟, 寇杰. 承包商安全管理示范建设的探索 [J]. 中国金属通报, 2022, (05):132-134.
[5]朱良, 谢照强, 辛龙. 关于承包商安全管理的探究 [J]. 工业安全与环保, 2023, 49(S2):9-11+20.
[6]陈智清, 陈会军. 新能源建设工程多项目、全过程承包商安全管理的探索与实践 [J]. 企业管理, 2021, (S1):402-403.

配电网工程施工管理中的安全管理措施及效果分析

纪宏彬

泰州三新供电服务有限公司靖江分公司, 江苏 靖江 214500

摘 要 : 配电网工程的施工安全管理, 是确保整个配电网工程施工质量的前提条件, 在实际施工过程中, 施工管理人员需要严格按照相关标准规范对各项工作进行有效落实, 同时还需要结合实际情况建立完善的安全管理体系, 这样才能够确保配电网工程在施工过程中, 能够最大程度上避免安全事故的发生。在配电网工程施工管理过程中, 施工人员需要做好相关工作, 全面掌握配电网工程实际情况, 并且深入分析可能会对其产生影响的各类因素, 从而制定科学合理的安全管理方案。本文就以配电网工程为研究对象, 重点分析其施工管理过程中所存在的问题及有效解决措施。

关 键 词 : 配电网工程; 施工管理; 安全管理

Analysis of Safety Management Measures And Effects In The Construction Management of Distribution Network Projects

Ji Hongbin

Jingjiang Branch of Taizhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd., Jiangsu, Jingjiang 214500

Abstract : The construction safety management of distribution network engineering is a prerequisite for ensuring the construction quality of the entire distribution network project, in the actual construction process, the construction management personnel need to strictly follow the relevant standards and specifications for the effective implementation of the work, and also need to establish a sound safety management system in combination with the actual situation, so as to ensure that the distribution network engineering can avoid the occurrence of safety accidents to the greatest extent in the construction process. In the process of construction management of distribution network engineering, construction personnel need to do relevant work, fully grasp the actual situation of distribution network engineering, and in-depth analysis of various factors that may affect it, so as to formulate a scientific and reasonable safety management plan. This paper takes the distribution network engineering as the research object, and focuses on the analysis of the problems existing in the construction management process and the effective solutions.

Keywords : distribution network engineering; construction management; security management

引言

配电网工程施工管理工作是一项综合性强、难度大的工作, 在配电网工程施工中, 存在着施工设备多、作业面广、作业环境复杂等情况, 因此, 必须要做好施工安全管理工作, 这是保障配电网工程安全的关键。配电网工程施工管理工作具有复杂性和不稳定性等特点, 因此在安全管理中需要采取一系列有效的措施, 以确保配电网工程施工的安全。配电网工程施工中的安全管理主要包括: 增强安全管理意识、加强施工前准备工作、加强施工现场管理、强化配电网施工现场安全风险评估。通过以上几项措施能够有效提升配电网工程施工的安全性, 降低生产事故发生的概率, 保障配电网工程施工质量。

一、配电网工程施工管理的特点

(一) 施工环境恶劣

配电网工程的施工环境比较恶劣, 不仅面临着暴雨、大风、雷电等天气条件, 而且还存在着施工难度大、工期短等问题。因此, 在进行配电网工程施工管理时必须要结合实际情况, 从各个方面加强管理工作, 充分做好各项安全措施, 避免出现安全事故。

(二) 施工人员素质参差不齐

配电网工程施工中施工人员的文化水平以及专业技能都存在一定的差异, 部分施工人员缺乏相应的施工经验, 这就导致了施工管理过程中会存在很多的问题。此外, 由于配电网施工工程属于劳动密集型产业, 如果在施工过程中管理不当, 就容易出现管理漏洞, 给整个配电网工程带来安全隐患。

作者简介: 纪宏彬, 男, 1978年12月生, 汉族, 江苏省泰州市靖江市, 大专学历, 从事配电网工程施工管理

（三）施工进度慢

配电网工程的施工环境比较恶劣，不仅面临着暴雨、大风、雷电等天气条件，而且还存在着施工难度大、工期短等问题。因此，在进行配电网工程施工管理时必须结合实际情况，从各个方面加强管理工作，充分做好各项安全措施，避免出现安全事故^[1]。

二、配电网工程施工管理中安全管理的必要性

（一）优化配置施工资源

配电网工程项目建设，需要投入大量的人力、物力和财力，在工程实施过程中，必须严格按照规划进行。因此，要对施工资源进行优化配置，合理安排施工进度，避免出现资源浪费现象。同时，还要充分考虑施工人员的安全问题，将安全管理纳入到配电网工程施工方案当中，最大限度地减少施工事故的发生。

（二）提升工程施工质量

配电网工程的施工质量，会对其运行的安全产生直接影响。如果工程建设质量不达标，不仅会影响到电网设备的正常使用，同时还会造成更大的经济损失。因此，在配电网工程施工过程中，必须将安全管理作为首要工作，提高整个工程施工的质量和水平，从而实现配电网建设目标。

（三）保障人们的安全

配电网工程建设工作在施工的过程中，如果没有进行安全管理，就会导致很多事故发生。例如：电力线路因为受到外力的破坏而发生断裂；电路保护装置失灵造成电流突然增大等现象都有可能出现。因此，要想保障居民的安全，必须对配电网工程施工进行严格的安全管理。通过加强安全管理，能够降低安全事故发生的概率，还能为居民提供一个安全的生活环境，为其创造良好的生活条件和居住条件。

（四）推动电力行业发展

配电网工程的安全管理在一定程度上促进了电力行业的发展。一方面，在配电网工程施工中进行安全生产管理，能够确保施工人员人身安全与工程顺利完成，为以后的电力建设打下坚实的基础；另一方面，加强对配电网施工管理工作的研究和探索，能够为电网建设提供新思路、新方法，有利于推动我国电力行业的发展。

（五）提高配电网供电质量

电力系统中，配电网的供电质量是衡量整个电力系统运行效率和稳定程度的关键因素。对此，为了保证用户的正常用电需求，供电企业必须加大配电网工程建设力度，不断优化配电网设计方案，完善配电网安全防护措施，以达到保障供电安全的目的。在这一过程中，配电网工程施工管理工作是否具有科学性、合理性和规范性将直接影响到整个配电网的建设质量，进而关系到最终的配电质量。因此，为了满足用户的用电需求，供电企业必须做好配电网工程施工管理工作。

三、配电网工程施工管理中安全管理的现存问题

（一）施工环境复杂

配电网工程中施工的环境十分复杂，工程项目规模比较大、内容比较多、涉及面广，施工人员流动性也比较强，尤其是在工程项目的开工阶段，由于现场临时用电的安全问题处理不及时或者是一些小型的意外事故等，很容易造成人身伤亡和设备损坏。除此之外，一些建筑施工单位为了降低成本，减少人力资源的投入，进而导致施工人员整体素质偏低，给施工安全管理带来了较大的难度^[2]。

（二）人员素质较低

现阶段，配电网工程在进行施工管理时，安全措施的落实主要依靠施工人员，而施工人员的专业素养直接影响到安全管理效果。部分施工人员存在侥幸心理，认为只要自己不违章作业就能保证安全，因此在施工过程中出现了随意操作、违规操作等现象。另外，有的施工人员责任心不强，没有认识到自身职责的重要性，常常抱着事不关己的态度进行工作，甚至会为了避免麻烦而不遵守各项规章制度。这些情况都对配电网工程施工安全管理产生了较大影响。

（三）施工队伍缺乏规范性

目前，我国电力企业建设与管理还没有形成一个统一的模式，在实际操作中，很多电力企业都是以项目为单位进行运作，不同的项目由不同的人来负责，从而使整个团队呈现出分散化的特征，对于工作流程以及工作要求掌握得不够全面，再加上施工技术参差不齐，严重影响了工程质量，甚至会引发安全事故。

（四）现场管理不到位

配电网工程建设施工过程中，现场的管理工作是一个非常重要的环节，在整个工程施工过程当中有着十分关键的作用。如果没有一个良好的现场管理机制，那么就会导致各个工序无法进行顺利衔接，影响到工程项目整体的进度和质量，从而影响到整个电力企业的形象，这对以后的发展都会产生十分不利的影响。但是从目前来看，很多施工单位仍然存在着一些问题，比如为了降低成本而随意缩减施工人员数量、施工设备等，这些都会给配电网的安全运行带来严重的威胁。同时，施工单位还存在着没有按照相关规定做好施工现场的环境保护工作、未按照规范要求做好施工前的准备工作、施工人员未经培训上岗、不重视施工技术交底工作等等，这些都是导致配电网施工现场事故频发的主要原因^[3]。

（五）安全监督缺失

配电网工程的安全监督工作是确保施工质量、保证施工安全的重要前提，但是在当前的实际施工过程中却出现了较为严重的安全监督缺失现象。具体而言，就是指相关的监理单位对配电网工程施工现场的监管不到位，这不仅会导致施工人员存在违规操作行为，同时也会对配电网施工设备的运行产生不利影响，最终导致配电网工程施工现场发生较多的安全事故。针对此，施工企业应当加强对监理单位的选择与考核，提升其监督管理力度，使

其能够积极发挥出应有的作用。此外，施工企业还需要建立完善的安全检查制度，定期开展安全隐患排查工作，一旦发现施工现场存在安全问题，则必须及时整改，确保整个施工过程都处于可控状态之下。

（六）安全隐患处理不及时

安全隐患是配电网工程施工过程中产生的问题，其不能得到及时处理将会给施工带来严重影响。若安全事故发生，不仅对施工单位造成巨大损失，也会威胁到社会的正常生产生活秩序。由于在实际工作中，施工人员缺乏较高的安全意识和知识水平，对于一些潜在的安全隐患未能引起重视，这就导致了安全隐患得不到及时解决，为日后的事故埋下隐患。另外，施工人员也存在侥幸心理，认为安全隐患只是小概率事件，无需过分关注。而事实上，任何一次安全隐患都可能引发严重后果，因此，应当增强安全风险防范意识，及时发现并消除安全隐患。

四、配电网工程施工管理中安全管理的优化策略

（一）增强安全管理意识

安全意识的提升是安全管理工作开展的前提，只有具备较高安全管理意识的管理人员才能更好地指导施工单位和施工人员进行配电网工程施工，避免因人为因素造成安全事故。首先，企业应加大对安全管理的宣传力度，引导全体员工重视并参与到安全管理工作中；其次，企业要加大培训力度，定期组织相关人员进行安全知识学习和业务技能培训，帮助施工单位提高专业技术水平，同时也能促进其安全管理能力的提高。另外，企业要将安全管理渗透到企业发展战略中，建立健全安全管理机制，推动安全管理工作的规范化、制度化、程序化，以此来保证安全管理工作的有效性^[4]。

（二）加强施工前准备工作

为了确保配电网工程施工的安全性，要加强施工前的准备工作。在施工准备阶段，对现场进行全面勘察和了解，做好充足的人员、设备、材料等的准备，并且要注意各种机械设备的运行状况，做好相应的维修保养工作。同时，要加强对施工技术人员的培训，提高他们的专业素质和综合能力，保证施工队伍的整体水平，以达到安全施工的目的。

（三）加强施工现场管理

为了进一步提高配电网工程的施工效率，企业要对施工现场的各个环节进行严格把控，特别是要做好安全隐患排查工作，从源头上消除各类安全隐患。第一，在开展配电网工程施工前，施工单位应对工程所在地的气候环境和地理条件进行充分调查和分析，做好前期准备工作，以确保工程施工过程符合实际需求；第二，要做好危险源的评估与识别，针对可能发生的安全事故制定相应的应急预案，有效预防安全事故的发生；第三，企业要加强施工队伍的管理，通过建立健全奖惩制度、完善考核指标等方式督促施工人员按照规章制度开展施工活动，进而减少各类安全事故的发生率。此外，企业还要强化施工材料的质量监管力度，防止出现偷工减料、以次充好等问题，以免给施工人员带来安全威胁^[5]。

（四）强化配电网施工现场安全风险评估

针对配电网施工管理过程中的安全风险，应当建立完善的风险控制机制，以此来保证施工项目在安全的环境下进行。对于配电网网络施工企业而言，可以定期组织专业技术人员对施工现场进行实地勘察，及时发现施工过程中存在的各类潜在危险因素，并做好相应的防范措施，避免发生安全事故。此外还可以邀请第三方机构进行工程质量和安全评估工作，将评估结果作为评价施工单位施工水平的依据之一。另外，可以通过制定应急预案来强化施工现场的安全管理，以便及时应对突发事件。

（五）加强对施工人员的教育与培训

为了确保配电网工程施工过程中的安全，有必要对施工人员进行全面的教育和培训。在施工前，相关管理人员应该制定合理、科学、全面的施工方案，并对技术人员进行全面培训，使他们了解施工内容和施工流程。同时，还应结合实际情况，向施工人员详细讲解安全知识，并让他们掌握基本技能，增强他们的安全意识，为施工创造一个良好环境。此外，还要加强对机械设备的检查与维护，加强机械操作人员的安全教育，以避免发生机械事故。

结语

在本文的研究中，对配电网工程中的安全管理工作进行了较为详细的阐述，分析了目前存在的问题，并提出相应的解决措施。但是在工程实践过程中，还需要针对实际情况来制定更合理的安全管理措施，提升施工人员的安全意识和安全技能，以此确保施工质量，减少安全事故发生。另外，还应加强对安全管理工作的监督与考核，确保相关制度得到落实，不断提高施工管理水平。

参考文献

- [1] 彭鸿辉. 南昌县配电网建设改造工程施工管理及效果评价研究 [D]. 南昌大学, 2020.
- [2] 魏振忠. 配电网电力工程施工中的安全管理措施探究 [J]. 电工技术, 2023, (S1): 53-55.
- [3] 张璠. 配电网电力工程施工中的安全管理措施探究 [J]. 电工技术, 2023, (S1): 71-73.
- [4] 张晓峰. 配电网工程项目管理模式研究 [D]. 山东大学, 2021.
- [5] 朱健华. 10kV及以下配电网工程管理系统设计与实现 [D]. 电子科技大学, 2014.
- [6] 李刚. 高层公寓楼绿色施工现场安全管理措施研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(02): 181-183. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.02.060.
- [7] 林晓霞. 10kV电力配电工程施工安全及技术管理研究 [J]. 电气技术与经济, 2024(01): 211-213.
- [8] 徐向民. A配电网建设项目施工风险管理研究 [D]. 青岛大学, 2023. DOI: 10.27262/d.cnki.gqda.2023.000220.
- [9] 郭安宁. ZW特高压交流输电线路工程施工风险管理研究 [D]. 山东大学, 2023. DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2023.003031.
- [10] 韩雨燕. 基于灰色白化权的绿色建筑项目运维安全管理评价研究 [D]. 天津理工大学, 2023. DOI: 10.27360/d.cnki.gtlgy.2023.001376.

电力工程中的电能质量监测及提升技术研究

于贺胜

金信电力集团有限公司，河南 长垣 453400

摘 要： 电力系统在运行过程中，经常会出现一些电能质量问题，例如电压波动、电压闪变、三相不平衡等，会对电力系统的正常运行造成一定的影响，还可能会对人们的生活产生较大的影响。因此，必须要针对电能质量问题进行详细分析，并采取有效措施来提升电能质量，从而保证电力系统稳定运行。本文主要探讨了电力工程中的电能质量监测及提升技术的特点；其次阐述了电力工程中的电能质量监测及提升的必要性；再次分析了电力工程中的电能质量监测及提升的现存问题；最后提出了相应的优化策略。

关 键 词： 电力工程；电能；质量监测；质量提升

Research On Power Quality Monitoring And Improvement Technology In Power Engineering

Yu Hesheng

Jinxin Electric Power Group Co., Ltd., Henan, Changyuan 453400

Abstract： In the process of power system operation, there are often some power quality problems, such as voltage fluctuation, voltage flicker, three-phase unbalance, etc., which will have a certain impact on the normal operation of the power system, and may also have a greater impact on people's lives. Therefore, it is necessary to conduct a detailed analysis of power quality problems and take effective measures to improve power quality to ensure the stable operation of the power system. This paper mainly discusses the characteristics of power quality monitoring and improvement technology in power engineering. Secondly, the necessity of power quality monitoring and improvement in power engineering is expounded. The existing problems of power quality monitoring and improvement in power engineering were analyzed again. Finally, the corresponding optimization strategy is proposed.

Keywords： power engineering; electrical energy; quality monitoring; quality improvement

引言

电能是社会生活中的主要能源，但随着社会发展速度的不断加快，用电负荷也随之不断增加，导致电力系统中存在电能质量问题，进而影响用电用户的正常使用。电力系统中电能质量主要包括电压波动、电压暂降和电压中断等问题，在实际工作中，这些问题会对用户用电设备造成严重影响。为了保障电力系统的稳定运行，必须采取有效措施对电能质量问题进行监测和处理，并采用相应的技术手段提升电能质量。

一、电力工程中的电能质量监测及提升技术的特点

（一）内容全面

在现代电力工程的领域中，电能质量的监测与提升技术显得尤为重要。这些技术不仅关注于单一参数的检测和改善，而是综合考虑了一个广泛的系统范围，从基础的电源系统到复杂的电气设备，再到各种继电保护设备和自动控制装置。同时，还涉及变电站和输电线路这两个关键组成部分，它们共同决定了电能传输过程中的效率和稳定性。因此，要实现电能品质的有效提升，必

须对这些元素进行全面而深入地分析和处理。通过这样的综合性策略，可以确保电力系统能够安全、可靠、高效地运行，满足不同用户对于电能质量的要求，从而为社会经济发展提供强有力的能源保障^[1]。

（二）覆盖面广

电能质量监测技术，主要是对电力工程的供电质量进行全面监测，并利用先进的仪器设备及测试方法，来及时发现电力系统中存在的问题。在现代社会中，电能已经成为人们日常生活和生产中不可或缺的能源，尤其是在城市化进程不断加快的今天，城

市中的工业、商业等行业均离不开电力能源。由于这些行业都属于高压领域，一旦出现电力质量问题，就会造成较大的损失，所以要想更好地保证我国电力资源的安全可靠运行，就必须采取有效措施提高电能的质量监测水平。

（三）安全性高

随着经济社会的发展，人们对于电力资源的需求也越来越多，由此导致许多城市中电力资源供不应求。为了能够满足人民群众日益增长的用电需求，相关部门不断增加新的发电设施，同时也将一些高耗能产业引入到城市之中，这在很大程度上加重了电网负荷，降低了电压质量，影响了居民的正常用电。所以，为了避免发生触电事故，保障人民生命财产安全，相关部门一定要加大对电能质量的监测力度，及时发现电网中的不良情况，并加以解决。

（三）涉及内容多

电力工程中的电能质量监测及提升技术主要有两种类型，一是综合利用多种技术。由于电能质量问题的复杂性，它涉及了供电、配电以及用电等多个环节，而且不同的系统对电能的需求也存在差异。因此，在实际应用中应根据具体情况来选择合适的监测技术和提升技术。二是一项系统的工程。从某种意义上讲，电能质量监测与提升技术的应用要比传统的电力设备更加复杂。该技术的应用不仅需要解决现有问题，还必须为未来可能出现的新问题提供解决方案。

二、电力工程中的电能质量监测及提升的必要性

（一）对电能质量进行检测可以及时发现问题并解决问题

通过对电能质量进行检测，可以对电力工程的运行情况有一个大致的了解，比如电压、电流等是否满足要求，并且能够及时解决其中存在的问题。这不仅是因为电力企业在进行工程建设时应该保证工程质量，还因为用户对电力产品的质量有着较高的要求，所以必须加强电能质量检测工作。如果不能及时处理供电过程中出现的电能质量问题，会给用户带来很大的困扰，使其无法正常使用电器设备。因此，相关部门要高度重视电能质量监测和提升工作，在了解实际情况之后再采取有效措施解决问题^[2]。

（二）保证电能质量及用电安全

为了保证电力工程建设过程中的电能质量，相关单位必须对工程施工现场进行全面、深入的考察，尤其是对供电设备和线路进行全面检查，避免因电能质量问题导致电力系统运行不稳定。在实际施工中，相关人员应当充分认识到电能质量监测的重要性，科学制定电力监测方案，在保证用电安全的前提下提升电能质量。

（三）有助于电力企业提高经济效益

电能质量的监测与提升对电力企业经济效益的影响主要体现在两个方面：第一，有效的电能质量监测能够降低电能的损耗。由于我国现阶段电能资源利用率普遍较低，因此企业可以通过开展电能质量监测来减少不必要的浪费。第二，加强电能质量监测与控制还能提高供电质量。只有在保证电能质量的前提下，才能

为企业带来更高的收益。综上所述，电力工程项目中进行电能质量监测与提升是十分有必要的，它不仅有利于降低企业成本、提高经济效益，还有助于保护环境。

（四）有利于国家可持续发展战略目标的实现

电能作为一种清洁、高效的能源，在我国经济社会发展中的作用日益突出。但是目前我国的电能质量不能满足电力生产和用户需求的现状却与国家可持续发展战略背道而驰。因此，有必要建立健全电能质量监测体系，提高电能质量水平，促进我国能源结构的优化和升级，为建设资源节约型、环境友好型社会提供技术支撑。总之，电能是国民经济发展不可缺少的重要组成部分，做好电力工程项目中电能质量监测工作不仅可以保证电网系统安全稳定运行，还可以最大限度地减少对环境的污染，推动我国可持续发展目标的实现。

三、电力工程中的电能质量监测及提升的现存问题

（一）电能质量监测缺乏完善的监测网络

由于电力工程本身具有一定的复杂性，因此，在对其进行电能质量监测时，需要较为完善的监测网络，但是，现阶段我国的电能质量监测网络并不完善。从监测系统来看，现阶段我国的电能质量监测系统主要以集中式为主，虽然这种方式能够及时反映出电力企业的运行情况，但是却不利于进行远程监控。而在监测网络中，其各部分之间缺乏必要的联系，这就造成了监测效率低、监测范围小等问题，从而降低了电能质量的监测效果^[3]。

（二）电能质量监测缺乏综合评价指标体系

当前，在进行电能质量监测工作时，通常是根据相关单位提出的监测需求来确定监测项目，然后再利用相应的监测仪器开展工作。但是，这种方式无法实现对电能质量的综合评价，而且也不能保证检测结果的准确性。此外，如果某个监测点出现故障或者异常，那么就会影响整个电能质量监测系统的正常运行，进而导致监测结果失真。针对此种情况，相关部门应该制定出一套科学合理的监测评价指标体系，以便更加全面地对电能质量进行监测与评价。

（三）缺乏有效的监测管理手段

由于我国的电力工程行业起步较晚，再加上我国的电力市场竞争十分激烈，因此导致我国的电力工程企业在管理方面不够完善。同时，由于缺乏专业的技术人才和设备，导致我国的电力工程企业无法进行有效的电能质量监测。从目前来看，虽然很多大型的电力工程企业已经建立了电能质量的监测系统，但是这些监测系统主要是由国外进口而来，导致我国的电力工程企业需要花费大量资金购买监测设备，大大增加了电力工程企业的成本投入，同时也导致电力工程企业没有足够的资金引进更先进的电能质量监测系统。此外，由于我国的电力工程企业缺乏专业的管理人员，导致我国的电力工程企业无法对电能质量进行全面监测，这就为电网运行带来了严重的影响。

（四）电能质量监测系统缺乏统一规划

我国的电能质量监测系统还存在着缺乏统一的规划问题，没

有形成统一的标准。因此各个地区在建设电能质量监测系统时，都是各自为政，不能做到合理布局，使得电力部门难以对整个电力系统进行全面的监测与分析，而且由于各地区之间发展水平和技术实力参差不齐，更加大了电能质量检测工作的难度，这就需要电力部门加强对各地区电网的统筹规划，制定出一套完善的统一的规划方案，以便于发挥出电能质量监测系统的最大功效^[4]。

四、电力工程中的电能质量监测及提升的优化策略

（一）选择合适的电能质量监测仪器

对电力工程的运行来说，电能质量的好坏直接影响着工程项目的最终效益，因此相关工作人员在开展电能质量监测时要注意选择合适的监测仪器。根据国家电网公司规定，在开展电能质量监测工作中，应选择以电能监测专用采样器为核心的电能质量监测系统，并将其与其他辅助设备一起应用到电能质量监测当中。在具体应用过程中，工作人员要针对不同类型的电力负荷和供电方式，合理确定采集频率、采样精度以及采样点数等，确保电能质量监测仪器能够充分发挥作用，提升电力工程运行的可靠性。

（二）加大电能质量监测技术研究力度

为了进一步提升电力工程运行质量，相关工作人员需要加大电能质量监测技术的研究力度。目前我国对电能质量监测的重视程度还不够，导致电能质量监测工作效率较低。为了有效解决这一问题，相关工作人员可以引入先进的信息技术，积极开展电能质量监测技术的研究，通过创新传统监测模式来不断提高电能质量监测水平。例如，在监测时，相关工作人员可以使用智能传感器、无线传感网络等高新技术，实时获取电能质量数据，并对这些数据进行分析处理，及时发现电能质量问题并采取有效措施予以解决。此外，在未来的发展过程中，随着物联网、云计算、大数据等新兴技术的出现，电能质量监测也将进入一个全新阶段，这对于全面提升电力工程运行质量具有重要意义。

（三）采用科学合理的监测方法

随着科学技术的发展，现代社会对电能的质量要求越来越高。在电力工程运行过程中，为了保证电能的质量达到规定的标准，必须采用先进的监测技术，不断完善电能质量监测系统，实现远程在线监测，从而有效提高电力工程的整体运行效率。因此，在电力工程中，相关工作人员需要采用科学合理的检测方法，对电网的负荷变化、电压变化、频率变化等进行及时、准确的监测，为电力工程提供科学可靠的数据支撑，使电力企业能够根据具体的运行情况，制定科学合理的方案，提升电力工程的电能质量，降低电网的损耗^[5]。

（四）对电力系统的运行环境进行改善

供电企业在对电力系统进行设计的时候，一定要结合电网运行的实际情况和具体特点，从多方面入手，积极改善电力系统的运行环境。首先，供电企业应该加大对设备管理力度，做好对设备运行状况的检测工作，及时发现问题，并采取相应措施解决问题。其次，供电企业应根据自身的发展现状以及未来发展规划，制定出科学合理的检修计划，做好相关准备工作，保证检修工作

的顺利进行，以此提高电力系统的稳定性和可靠性。此外，供电企业还应该加强与用户之间的联系，定期组织用户开展座谈会，针对用户反映出来的电能质量问题，供电企业可以采取有针对性地措施予以解决，这样既能降低电能质量不达标造成的损失，又能为用户提供优质、高效的服务。最后，供电企业还要注意优化电网结构，尽可能减少电能传输过程中出现的电能损耗。

（五）加强对电能质量监测技术人员的培养

目前，我国电力工程发展速度加快，随之而来的就是电能质量监测系统的不断完善和升级。这就需要相关技术人员要根据不同时期出现的电能质量问题进行及时处理，才能确保整个电力工程工作能够顺利开展。因此，为了进一步提升电能质量监测技术水平，就必须加强对技术人员的培养。在具体的培养过程中，一方面，应加强他们对相关理论知识的学习，另一方面，还应注重实践经验的积累。只有这样，才能够保证技术人员的综合能力得到显著提升，为今后更好地开展电能质量监测工作奠定坚实基础。

结语

在现代化社会中，电能已经成为人们日常生产生活的重要能源。随着电力工业的不断发展，电能质量也随之出现了各种问题。因此，必须对电能质量进行监测和提升，以确保供电系统能够满足用户的需求。本文主要探讨了电力工程中电能质量监测与提升技术的研究，以期对相关领域提供参考。

参考文献

- [1] 崔玉. 电力工程中的电能质量监测与优化调控策略探讨 [J]. 现代制造技术与装备, 2023,(S1):168-170.
- [2] 何立国. 电力工程技术在智能电网建设中的应用浅析 [J]. 中国设备工程, 2024,(06):45-47.
- [3] 管琳琳. 电力工程技术在智能电网建设中的应用 [J]. 光源与照明, 2023,(12):198-200.
- [4] 高正晓, 樊忠洋. 电力工程技术在智能电网建设中的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2023,(18):26-28.
- [5] 顾赞, 徐伯文. 智能电网技术在电力工程中的运用 [J]. 集成电路应用, 2023,40(08):314-315.
- [6] 李碧君, 李威, 董希建. 新型电力系统中主控型安全稳定服务质量的在线评估 [J/OL]. 中国电力: 1-12[2024-06-27].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3265.TM.20240531.1445.002.html>.
- [7] 郑洪薇, 王华莹, 陈衡, 等. 深度调峰背景下火电机组热电解耦技术路径对比分析 [J]. 发电技术, 2024,45(02):207-215.
- [8] 路永鑫, 魏寒冰, 袁建生, 等. 面向高压设备数字孪生的虚拟传感器设计与应用技术 [J]. 高压电器, 2024,60(04):72-82.DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2024.04.010.
- [9] 赵淑英. 大容量主变低压侧电能质量监测与设备选择分析 [J]. 云南电力技术, 2024,52(02):84-87+91.
- [10] 王尧平, 李特, 姜凯华, 等. 基于气象特征挖掘与 AdaBoost-MEA-ELM 模型的绝缘子盐密预测 [J]. 中国电力, 2023,56(09):157-167.

大数据与网络信息安全管理分析

杨宇涛

国家电投集团贵州金元绥阳产业有限公司, 贵州 遵义 563305

摘 要 : 随着我国信息技术的飞速发展, 大数据已崭露头角, 成为当今时代的鲜明印记。然而, 大数据的蓬勃发展在极大便利了社会生活的同时, 也给网络信息安全管理带来了前所未有的严峻挑战。本文深入解析了大数据的基本概念及其核心特征, 旨在为读者提供全面而清晰的认识。我们详细剖析了大数据在网络信息安全领域所遭遇的威胁与挑战, 包括数据泄露、隐私侵犯、恶意攻击等诸多方面, 以揭示大数据安全管理的紧迫性和重要性。面对这些挑战, 本文进一步提出了切实可行的安全管理策略和建议。

关 键 词 : 大数据; 网络信息; 安全管理

Big Data and Network Information Security Management and Analysis

Yang Yutao

State Power Investment Group Guizhou Jinyuan Suiyang Industry Co., LTD. Guizhou, Zunyi 563305

Abstract : With the rapid development of information technology in China, big data has emerged and become a distinct mark of the current era. However, the vigorous development of big data has not only greatly facilitated the social life, but also also brought unprecedented and severe challenges to the network information security management. This paper deeply analyzes the basic concepts and the core characteristics of big data, and aims to provide readers with a comprehensive and clear understanding. We analyze in detail the threats and challenges encountered by big data in the field of network information security, including data leakage, privacy invasion, malicious attacks and many other aspects, in order to reveal the urgency and importance of big data security management. Facing these challenges, this paper further proposes feasible safety management strategies and suggestions.

Keywords : big data; network information; security management

引言

数据, 作为当代信息技术领域的重要概念, 特指那些庞大而复杂的数据集, 其规模之庞大、结构之复杂, 以至于传统的软件工具在有限的时间内难以对其进行有效的捕捉、系统化的管理和高效的处理。这种数据的特点显著, 包括数据量巨大、数据类型繁多、处理速度惊人以及价值密度相对较低等。随着大数据技术的迅猛发展和广泛应用, 它已深入到我们生活的各个角落, 极大地推动了社会的进步和变革。然而, 与此同时, 网络信息安全问题也日益凸显, 成为阻碍大数据健康、可持续发展的关键因素之一。网络攻击、数据泄露、隐私侵犯等安全威胁层出不穷, 给个人、企业乃至整个社会带来了严重的损失。加强大数据与网络信息安全管理的研究, 不仅具有重要的理论价值, 更具有迫切的现实意义。这不仅需要我们从技术层面出发, 不断提升数据保护和安全防护的技术水平, 还需要从管理层面着手, 制定和完善相关法律法规和标准, 加强行业自律, 共同构建一个安全、可信的大数据环境。只有这样, 我们才能充分发挥大数据的潜力, 为经济社会发展注入新的动力。

一、大数据的概念

大数据, 指的是一种庞大且复杂的数据集合, 其规模之庞大以至于在合理的时间范围内, 无法通过传统的软件工具进行高效捕捉、有效管理和精确处理。这类数据集合不仅拥有海量的数据量, 还涵盖了多种多样的数据类型, 包括结构化数据、非结构化

数据以及半结构化数据等。^[1]在处理上, 大数据展现出惊人的速度, 能够实时或近实时地进行数据分析和挖掘, 为决策提供及时的数据支持。然而, 由于数据量的庞大和类型的多样, 大数据中的价值密度往往较低, 需要借助先进的算法和技术手段来提炼和挖掘其中的价值。

作者简介: 杨宇涛, 1978年6月, 男, 汉族, 助理工程师 从事工作研究方向: 信息管理

二、网络信息安全的重要性

在当今的大数据时代，网络信息安全的重要性愈发凸显。它不仅直接关系到每个人的个人隐私和财产安全，更成为维护国家安全和稳定的关键因素。随着网络技术的飞速发展，数据的流动性和共享性日益增强，但同时也带来了信息安全方面的严峻挑战。一旦网络信息安全受到威胁，个人隐私泄露、财产损失，甚至国家安全受损等严重后果都可能发生。^[2]我们必须高度重视并切实保障网络信息安全。这不仅需要政府部门的严格监管和立法保障，还需要社会各界的共同参与和努力。同时，广大网民也应增强信息安全意识，加强自我保护能力，共同构建一个安全、可靠、和谐的网络环境。

三、大数据的特点与网络信息安全挑战

（一）大数据的特点

大数据的显著特性可细化为以下四个方面：首先，大数据的“大”体现在其庞大的数据量上。这种数据量远超出了传统数据处理技术和系统的承载能力。它不仅涵盖了海量的历史数据，还包括了持续增长的实时数据流，从而为我们提供了丰富的信息来源。其次，大数据的数据类型极为多样。它不再局限于传统的结构化数据，如数据库中的表格数据，而是扩展到了非结构化数据，如社交媒体上的文本、图片、视频等，以及介于两者之间的半结构化数据，如XML文档、JSON数据等。这种多样性要求我们必须采用更为灵活和高效的数据处理手段。再者，大数据的处理速度极快。在当今这个信息爆炸的时代，数据的产生和更新速度都极为迅速。因此，大数据处理要求能够实时或近实时地对数据进行分析和处理，以便我们能够迅速做出决策和响应。^[3]大数据的价值密度相对较低。尽管我们拥有海量的数据，但其中真正有价值的信息却可能只占一小部分。这就要求我们采用先进的数据挖掘和分析技术，从大量的数据中提炼出有价值的信息，以支持我们的决策和行动。

（二）网络信息安全挑战

在当今的大数据时代，网络信息安全所遭遇的挑战变得愈发复杂和严峻。首先，数据泄露的风险显著上升。由于数据量庞大且结构复杂，其管理和保护难度相应增大，这直接导致了数据泄露事件频发，并可能引发严重的后果。其次，数据滥用问题日益凸显。不法分子往往利用大数据技术的先进性和便捷性，进行各种非法活动，如窃取商业机密、进行身份欺诈等，给社会和个人安全带来极大威胁。再者，网络安全威胁呈现多样化趋势。除了传统的网络攻击手段外，还出现了各种新型的网络攻击方式，如勒索软件、钓鱼攻击等。^[4]病毒、木马等恶意软件的入侵也愈发频繁，给网络安全带来了极大的挑战。最后，隐私保护在大数据环境下变得更加困难。如何在充分利用大数据的同时，有效保护个人隐私成了一个亟待解决的问题。这需要我们不断探索和创新，建立更加完善的数据保护和隐私安全机制，确保个人信息安全和隐私权益得到有效保障。

四、大数据与网络信息安全管理策略

（一）加强法律法规建设

为了确保大数据技术的稳健发展和网络信息安全，政府应当迅速且全面地制定和完善相关法律法规体系。首先，要明确界定数据所有权，确保数据的原始创造者和拥有者享有合法权益，避免数据被非法获取或滥用。其次，规范数据使用权，制定明确的数据使用条件和限制，以保障数据在合法、公正、透明的环境下流通和使用。同时，隐私权保护是重中之重，政府应制定严格的隐私保护法规，确保个人和企业的隐私信息不被泄露或滥用。这些法律法规的完善，将为大数据的健康发展提供坚实的法律保障，促进数据资源的合理利用，推动社会经济的持续繁荣。为了保障大数据处理过程的安全性，建立一个全面的安全审计和监控机制显得尤为重要。我们需要明确安全审计与监控的目标，这包括但不限于保护敏感数据、防范内部和外部威胁、确保大数据处理的准确性和合规性等。在大数据环境中，监控范围应覆盖数据的全生命周期，从数据采集、传输、存储到使用和分析。同时，制定详细的监控策略，包括实时监控、日志收集与分析、访问控制等。通过安全信息与事件管理系统（SIEM），对大数据处理过程进行实时监控，包括监测入侵和攻击行为、系统性能等关键指标。^[5]一旦检测到异常行为或性能下降，立即触发警报并采取相应措施。配置日志收集和分析系统，监控和记录大数据处理过程中的操作日志、事件日志等关键信息。通过分析日志数据，可以发现系统漏洞和异常行为，从而提前预警和处理。实施定期或不定期的审计活动，对大数据处理过程进行全面审查。采用专业的安全审计工具和技术，确保审计的准确性和效率。同时，对识别到的安全风险进行详细分析，制定相应的防范措施。

对敏感数据和系统操作实施严格的访问控制，限制特定人员的权限，防止未授权访问和操作。定期对大数据处理系统进行安全评估和渗透测试，发现潜在的安全漏洞并及时修复。加强员工关于信息安全的培训和意识教育，增强员工的安全意识和防范能力。对于识别到的安全风险和漏洞，建立问题跟踪机制，及时跟进问题的整改情况。对于未整改的问题，采取相应的措施进行进一步的处理和解决。同时，对整改后的系统进行重新评估，确保安全风险得到有效控制。通过定期审计评估，可以及时发现新的安全风险和漏洞，并对现有的防范措施进行评估和调整。同时，对安全审计工作的效果进行评估和反馈，为后续的工作提供参考和改进方向。^[6]形成详细的审计结果报告，记录审计过程、识别到的安全风险和漏洞、防范措施的执行情况等内容，并提交给相关领导和部门。建立全面的安全审计和监控机制对于保障大数据处理过程的安全性至关重要。通过明确审计与监控目标、确定监控范围与策略、实施实时监控与审计、强化安全控制措施、问题跟踪与整改以及定期审计评估与报告等措施的有机结合，可以确保大数据处理过程的安全性和合规性。

（二）强化技术防范措施

企业应当高度重视并持续加强网络安全技术防范措施，以构建一个坚不可摧的数字防线。在数据传输和存储过程中，务必采

用先进的数据加密技术，确保信息的机密性和完整性。此外，防火墙的设置也是关键，它能有效监控和阻止潜在的网络威胁，为企业筑起一道坚实的防线。^[7]企业还应引入先进的入侵检测系统，实时识别并应对各类网络攻击。除了上述的防御性措施，企业还应注重数据安全备份和恢复能力的建设。建立完善的数据备份机制，确保关键数据在面临丢失或损坏风险时能够迅速恢复，从而保障业务的连续性和稳定性。这不仅是对企业资产的保护，更是对客户信任的维护。因此，企业应全面提升网络安全防护水平，确保数据在各个环节的安全无忧。

（三）增强安全意识与培训

为了全面提升公司的网络信息安全水平，我们必须加强对员工在大数据与网络信息安全领域的认知与专业培训。我们需要通过系统性的培训课程，让员工深入理解大数据的重要性和网络信息安全的基本原理，从而增强他们的安全意识。这不仅包括对数据的敏感性认知，也包括对数据泄露和滥用的严重后果的认识。其次，我们还应注重提升员工的操作技能。通过实操演练和模拟攻击，使员工能够熟练掌握应对网络安全威胁的方法和技巧。^[8]这将有助于他们在面对真实的安全威胁时，能够迅速、准确地作出反应，降低公司的安全风险。我们必须高度重视并持续推进这项工作，以确保公司的数据安全和业务的稳定运行。

（四）建立合作与共享机制

为了有效应对当前大数据与网络信息安全所面临的严峻挑战，政府、企业以及研究机构之间亟须建立一种紧密而富有成效的合作与共享机制。^[9]这一机制的核心目标是通过三方共同努力，构建一个更为坚固的网络信息安全防护体系。具体而言，这一合作应包括但不限于安全信息的及时互通，包括最新威胁情报、安全漏洞信息等，以便各方能够迅速作出反应，降低潜在风险。同时，技术资源的共享也至关重要，各方可以共享先进的网络安全技术、解决方案和工具，共同提升网络安全防护的技术水平。此外，经验教训的分享同样不容忽视，通过分享成功与失败的经验，各方可以相互学习，避免重蹈覆辙，从而提升整个网络安全社区的防护能力和响应效率。

（五）加强国际合作与交流

在全球化的时代背景下，网络信息安全问题愈发凸显其跨国

性和紧迫性。为了有效应对这一全球性挑战，各国应当摒弃孤立主义，深化合作与交流，携手共进。^[10]具体而言，各国可以建立定期的信息安全对话机制，通过这一平台，分享最新的安全威胁情报、技术防范措施以及成功的安全管理经验。这种互信互助的合作模式将有助于及时发现和解决潜在的网络安全问题，进而提高全球网络信息安全水平，确保网络空间的和平、稳定与繁荣。^[11]

结语

在当今日新月异的科技浪潮中，大数据与网络信息安全管理已成为一个既复杂又紧迫的议题。随着大数据技术的广泛应用，其蕴含的巨大价值不言而喻，但同时也带来了前所未有的挑战和机遇。为了确保大数据的健康发展，我们需从多个维度出发，采取一系列综合性的措施。法律法规建设是基石。我们需要不断完善与大数据和网络信息安全相关的法律法规，明确各方责任与义务，为数据的安全使用提供法律保障。这不仅能够有效遏制违法行为，还能为大数据的合法利用提供清晰明确的指导。技术防范措施是保障。我们必须强化技术手段的应用，通过加密技术、防火墙、入侵检测等手段，提升网络信息安全防护能力。同时，不断研发新的安全技术，以应对日益复杂多变的网络攻击。增强安全意识与培训是关键。企业和个人都应增强对大数据安全的重视程度，加强安全意识和防范意识的培养。同时，通过定期的安全培训，提高相关人员的专业技能和应对能力，确保在面对网络攻击时能够迅速作出反应。建立合作与共享机制是必由之路。在大数据时代，信息安全的威胁往往跨越国界和地域，因此需要加强国际合作与交流，共同应对挑战。同时，建立信息共享机制，促进安全信息的快速传递和共享，提高整体防范能力。只有从法律法规建设、技术防范措施、安全意识与培训以及合作与共享机制等方面出发，我们才能确保大数据的健康发展，并为社会经济的繁荣稳定提供有力支撑。这是一项长期而艰巨的任务，需要我们共同努力和不懈追求。

参考文献

- [1] 李红杏, 戚晗, 赵亮, 等. 基于量子神经网络的网络安全态势感知 [J]. 沈阳航空航天大学学报, 2023, 40(1): 78-85.
- [2] 胡向东, 吕高飞, 白银. 基于优化支持向量回归的网络信息安全态势预测方法 [J]. 电子学报, 2023, 51(2): 446-454.
- [3] 张瀚地, 黄河燕. 改进支持向量机的计算机网络安全态势预测方法 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(1): 108-110.
- [4] 曹波, 李成海, 宋亚飞, 等. 基于 Stacking 集成学习的网络安全态势预测方法 [J]. 空军工程大学学报, 2022, 23(5): 101-107.
- [5] 张亮, 屈刚, 李慧星, 等. 智能电网电力监控系统网络安全态势感知平台关键技术研究及应用 [J]. 上海交通大学学报, 2021, 55(增刊 2): 103-109.
- [6] 胡向东, 田正国. 融合注意力机制和 BSRU 的网络信息安全态势预测方法 [J]. 网络与信息安全学报, 2022, 8(1): 41-51.
- [7] 唐延强, 李成海, 王坚, 等. IGAPSO-ELM: 一种网络安全态势预测模型 [J]. 电光与控制, 2022, 29(2): 30-35.
- [8] 苏小玉, 董兆伟, 孙立辉, 等. 基于强化 LSTM 的网络安全态势预测方法 [J]. 计算机技术与发展, 2021, 31(7): 127-133.
- [9] 秦志红, 樊里略, 宋冰. 基于 AIS 的网络信息融合系统网络安全态势预测 [J]. 舰船科学技术, 2022, 42(22): 151-153.
- [10] 何春蓉, 朱江. 基于注意力机制的 GRU 神经网络安全态势预测方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2021, 43(1): 258-266.
- [11] 李雨泽, 张中信. 基于排队模型的网络安全风险损失评估方法 [J]. 计算机仿真, 2021, 38(4): 258-262.

二、系统的硬件设计

（一）单片机设计

单片机也就是单片微型计算机，是集成 I/O 接口电路、存储器和中央处理器的电路芯片，构成小型计算机系统，并且具备位处理、逻辑运算等能力，还能够控制外部设备。本文系统在设计过程中使用 STM32F10x 系列芯片，能够实现外设 I/O 设备的数据通讯，从而计算外设数据并且转发。

（二）卫星定位设计

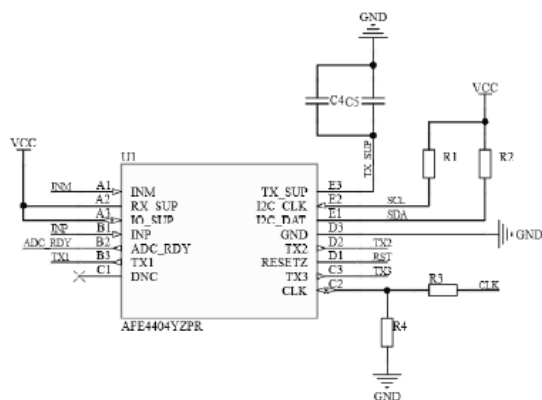
利用卫星对物体位置精准定位，本文系统使用北斗定位系统结合 GPS 定位系统，使系统定位精准性得到提高。北斗 /GPS 双模定位使用 ATGM332D 模块，在计算机和单片机系统传输定位信息。此模块的主要功能为灵敏度高、功耗低，并且具备三维位置的定位功能，还能够测速，定位精度不超过 2.5m。

（三）监测采集功能

使用 VL52L0X 高精度激光测距传感器对帽带进行检测，能够实现非可见光的发射，使传统方式中红光分散注意力等问题得到解决，还能够使系统抗干扰性得到增强。

（四）前额监测功能

在收集血氧、心率等生理健康参数的过程中，可以使用微型对光电传感器进行模拟，前额监测电路详见图2。根据反射式 PPG 信号能够对是否正确的佩戴安全帽进行检测，此种设计方法能够使功耗得到降低，满足设计的需求，使样本的收集率得到提高。AFE4404 中设置开关发光二极管和光电二极管，对人员的血氧饱和度与心率进行监测，并且设置 LED 驱动器对电路信息接收，并且对小信号电平感测，降低成本，满足设计需求^[3]。



> 图2 前额监测电路

（五）主控和通讯功能

使用 N32G452REL7 主控芯片设计智能安全帽，工作主频率最高为 144MHz，并且支持 DSP 指令和浮点运算，并且集成多路接口，使智能安全帽拓展功能得到满足。使用低功耗、高性能的智能安全帽通信模块，利用 LCC 贴片封装，能够提高抗干扰性能。

（六）声光报警功能

利用 LED 指示灯和无源蜂鸣器对智能安全帽佩戴和充电的情况显示，如果安全帽的电量比阈值要低，蜂鸣器每隔五分钟就会进行警示，红色指示灯闪烁。

在正常佩戴智能安全帽时，那么绿色指示灯的闪烁正常。如果没有正常的佩戴，那么蜂鸣器会急促提示，并且报警。在红绿灯交替闪烁的时候，表示网络不佳，设备无法联网。在成功联网时，绿色指示灯闪烁。

三、系统的软件设计

（一）视频采集

本文系统输入数据就是摄像头抽帧图像，根据程序编程接口对系统环境进行开发设计。并且实时显示网络摄像头中的视频。初始化网络摄像头 SDK，注册设备后预览。对数据流进行实时收集，然后对数据库图像信息调用，对信息进行解码。通过人机界面能对数据流进行显示，然后读取摄像头中的数据。如果检测到没有佩戴安全帽，能够抓取监控中人体的区域，并且在界面中显示，将细节对管理人员展示^[4]。

（二）人机界面设计

QT 属于跨平台 C++ 图形用户界面库，能够对大量功能模块封装，从而使工作人员快速开发人机界面。通过信号与槽函数机制传递各控件信息，方便了模块交互，提高信息发送精准性。本文使用 C++ 编写调度库函数，实现人机界面的设计。开启网络摄像头，然后对视频流区域进行截取，编码图像在云台中上传，根据智能算法检测照片中的工作人员是否正确佩戴了安全帽。

对云平台在检测安全帽是否正确佩戴的结果进行解析，根据 QPainter 类进行绘图，根据重载父部件中 QWidget 函数绘制子类窗口部件，利用程序调用函数后更新窗口中的部件。然后通过 JSON 数据的解析结果分析人员的坐标，然后绘制视频窗口数据曲线内容。

人机界面的按键就是信号发生器，在点击按键后发生信号，对槽函数进行执行，从而实现相应功能。另外，还能够统一管理多个网络摄像头设备，还能够对视频流进行实时的监控。如果工作人员佩戴安全帽的方式不正确或者没有佩戴，那么就要展示在大窗口中，使管理人员能够查看。

（三）可视化管理功能

1. 人员定位

利用智能定位模块得到佩戴安全帽工作人员的定位信息，利用通信模块将数据传输到数据库中，安全监管平台能够利用页面交互和数据协议，在显示屏上显示作业人员定位信息，管理人员利用驾驶舱对人员位置掌握。在管理过程中，结合系统对考勤区域设置，对工作人员进行考勤和调度^[5]。

2. 佩戴监控

通过传感器的信号对智能安全帽进行监测，在正确佩戴智能安全帽的时候，光电传感器紧贴工作人员的前额，能够测量人体生理的参数。如果没有正确佩戴安全帽，那么就无法对生理参数监测，利用数据处理后报警。监管系统对佩戴人员发送短信提醒。另外，还能够将信息保存到数据库中，利用后台或者驾驶舱查看，图3为智能安全帽的佩戴检测。

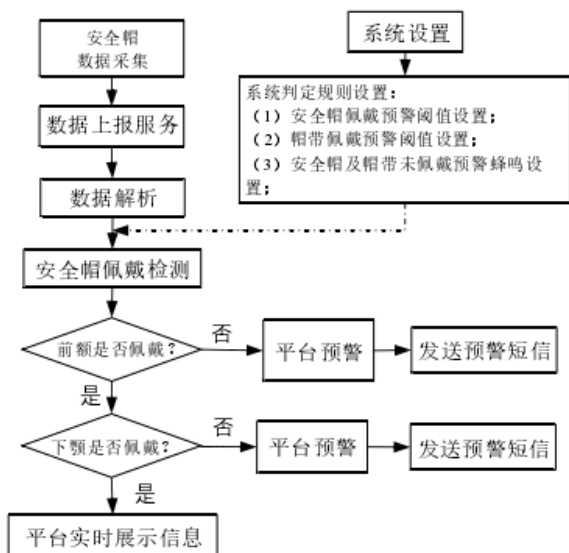


图3 智能安全帽的佩戴检测

3. 生理参数监测

通过监测生理参数能够了解作业人员的身体情况，不同施工区域的环境不同，如果作业人员在高温下施工可能会中暑，无法及时监测和通知。所以安全帽使用传感器监测作业人员血氧饱和度和心率，对智能安全帽的传感器信息进行收集，比如心率等。根据无线传输技术将参数发送到云服务器中，以约定的协议对参数进行解析，并且对其进行判断。如果出现异常，就要对作业人员发送短信，并用安全帽报警。

4. 班组上下班监测

在施工过程中可能会存在部分特殊情况，同个班组要负责多工段施工。并且各工段距离不同，那么可以根据系统安全帽佩戴的比例进行判断，设置班组长，优先判断班组长的佩戴情况，在平台中反馈上下班数据。

四、系统的现场应用

以某工程为例分析智能安全帽的应用，此工程涉及车务、给排水、电务、公务等专业，工期包括200名劳务工、50名安全监

管人员、20台挖掘机等设备，对现场安全和质量的要求比较高。以实际工程施工现场作业人员，为智能安全帽赋予唯一的二维码和ID，绑定施工人员和智能安全帽。

(1) 状态监控预警。管理人员能够利用监控平台对作业人员佩戴安全帽的情况监控，判断是否在规定的区域中施工。假如出现电量过低、佩戴不正确、脱帽等情况，安全帽就会警报提醒工作人员，并且监控平台中也会显示红色的标识，对管理人员警示，通过信息或者电话等方式通知负责人。

(2) 信息整理分析。智能安全帽和监控平台能够对作业过程中的视频信息进行收集，对每日作业人员的数量、活动路径、违规次数等信息收集。通过数据的导出构成作业人员考勤表，对其工作能力进行评价，从而得出劳务结算和考核建议，掌握剩余的劳动潜力与效率。对施工中的影像资料进行存储，使工程变更、签证更加的方便，还能够追溯工程有缺陷问题的负责人，及时发现存在的问题并且解决。

(3) 辅助管理决策。根据统计数据报表或者视频信息，使工程的成本、进度、质量和安全管理得到强化。对比违章次数和劳动效率，选择优秀的劳务个人或者队伍。或者通过作业流程视频对工作经验总结，对施工组织、方案进行优化，并且科学安排作业流程，掌握安全质量的监控重点，对工作人员的工作量合理分配，避免机械人工浪费。另外，还能够及时的发现剩余劳动力，使富余劳动力降低，从而降低工程人工成本。对违章事件、习惯性违章次数进行统计，对高频安全问题及时的纠正。

五、结束语

目前，智能安全帽系统已经在试运行，在工作现场管理过程中逐渐替代了管理人员。本文设计的系统是针对传统安全帽系统功能设计的实时定位和传输，管理人员能够动态化的跟踪作业人员的活动，并且实时收集生产现场的动态信息，结合管理功能实现预警信息的发送，对作业人员佩戴安全帽进行实时监控和提醒。另外，在系统应用过程中还能够避免工作人员出现违章情况，提高工作人员工作的规范化程度和作业标准化意识。

参考文献

- [1] 梁楷博, 吴有龙, 苏杰, 等. 基于惯性传感器的智能安全人体跌倒检测系统设计[J]. 物联网技术, 2022, 12(4): 14-16.
- [2] 任伟. 基于本安摄像头外挂式AI终端的安全帽识别的实现[J]. 煤矿机电, 2023, 44(1): 13-17.
- [3] 陆启荣, 赵新朋, 梁利华. 基于智能安全帽的数字化安全监管平台设计[J]. 科技资讯, 2023, 21(19): 52-56, 75.
- [4] 马晓慧, 刘新恺, 马鑫磊, 等. 基于树莓派的嵌入式智能安全帽设计与实现[J]. 物联网技术, 2022, 12(2): 61-64.
- [5] 何敏, 秦亮, 赵峰, 等. 面向电力系统现场作业的安全风险管控智能检测算法[J]. 高电压技术, 2023, 49(6): 2442-2457.
- [6] 郑楚伟, 林辉. 基于百度AI智能云平台的安全帽佩戴检测系统[J]. 机电工程技术, 2022, 51(8): 220-224.

水电运维现场危险点分析及安全管控

张红松

国家电投贵州金元安顺水力发电总厂，贵州 安顺 561000

摘 要： 随着水电站运营复杂性的增加，确定和控制现场风险变得尤为重要。本文通过综合分析水电站的运维环境及内在危险点，构建了一个更有针对性的安全管理模型。聚焦于机械设备、自然因素与人为干扰这三方面的危险源识别，采用先进的风险评估方法来实时监测潜在威胁。并通过实施动态预警机制并更新安全策略，显著提高了事故应对的速度与有效性。同时文章还对安全管理制度的构建进行了探讨，强调了技术与操作层面的连续改进的必要性。

关 键 词： 水电站安全；风险管理；危险点识别；风险评估；安全管控；应急响应

Hazardous Point Analysis and Safety Control Of Water And Electricity Operation And Maintenance Site

Zhang Hongsong

State Power Investment Corporation, Guizhou Jinyuan Anshun Hydropower General Plant, Guizhou, Anshun 561000

Abstract： With the increasing complexity of hydropower station operation, it is particularly important to determine and control the site risks. By comprehensively analyzing the operation and maintenance environment and internal danger points of hydropower station, this paper constructs a more targeted safety management model. Focusing on the identification of hazard sources in mechanical equipment, natural factors and human interference, advanced risk assessment methods are adopted to monitor potential threats in real time. Through the implementation of the dynamic early warning mechanism and the update of the safety strategy, the speed and effectiveness of the accident response are significantly improved. At the same time, the paper also discusses the construction of safety management system, and emphasizes the necessity of continuous improvement of technology and operation level.

Keywords： hydropower station safety; risk management; hazard point identification; risk assessment; safety control; emergency response

引言：

在水电站运维领域，全面的风险管理是保障发电安全与效率的基石。考虑到水电站特殊的运作环境和高需求的生产目标，解析各类风险源并设计出精确的管理策略显得尤其重要。本文立足于实际操作需要，提出了一整套从识别到评估，再到控制风险的详尽过程。通过这一过程，能够防止或减轻潜在的灾害，更可以在发生紧急情况时，迅速有效地应对，以保持水电站的稳定运行。

一、水电站运维的基本环境及潜在危险点分析

（一）机械设备运作的安全风险

在水电站的日常运营中，长时间运行的设备，比如涡轮和发电机，其金属部件会由于持续的机械应力及疲劳应力而逐步降低其性能和可靠性，例如涡轮叶片经过数年的转动可以产生微裂纹，最终导致结构断裂的风险增加。并且密封圈和垫片等消耗品也可能在未及时更换的情况下失效，这会引起液压系统的泄漏，造成液压油污染环境或对设备其他部分造成腐蚀，影响整个系统的稳定性。

与此同时，在水电站中，从控制室到现场操作的每一个环

节，员工非标准操作或误操作比如错误的机械启停程序，可以对机械部件造成不必要的压力，极端情况下可能导致设备的突然故障甚至事故，例如如果液压调速器没有按照规定的程序进行调整，可能会造成涡轮转速过快，引发机械结构失衡和设备损坏^[1]。同样监测设备的裂痕、磨损或者异响若未能得到及时识别和处理，可能演化为严重的安全事故。

（二）自然环境造成的安全威胁

水电站的地理位置通常选址在水资源丰富、降雨量较大的地区，洪水和暴风雨等极端天气自然成为对水电站运维人员和设备设施的重要威胁之一。当暴雨过后河流水位急剧上涨，可能导致水电站坝体承受超负荷压力，甚至引发动荡导致坝体崩塌的危

险；同时洪水产生的泥石流也会堵塞进出口水道，影响制动系统，直接威胁水电站的正常运行。再者，暴风雨和雷暴天气经常给输电线路带来毁灭性的打击，雷击不仅容易导致输电线杆损毁，更可通过高电压破坏其配套设备，造成全站瘫痪^[6]。

水电站所在的区域地质条件也是影响其安全运行的关键因素之一，其中地震可能会引发电站周边山体滑坡，大量泥石流涌入进水口，阻塞水道，甚至导致水库库容骤减或坝体开裂，严重威胁整个工程结构完整性。地表地下熔岩活动也可能导致地热异常，影响设施基础稳固性，进一步增加电气设备系统的错误操作风险。

（三）人为因素引发的安全问题

在进行日常维护工作时，工作人员可能由于疏忽或对操作流程的不熟悉，导致意外事故的发生，比如没有按照标准操作步骤进行设备检修，未能正确识别和处理水电站系统中出现的小故障，从而引发更严重的设备损坏乃至事故。且在高压带电作业和高温环境下，缺乏安全防护措施，如不佩戴绝缘手套、防护帽等，可能导致触电、灼伤等严重人身伤亡事件。再者，由于长时间的疲劳工作而导致注意力下降，反应慢，都会显著增加事故概率，例如夜班期间，运维人员因生物钟紊乱而困倦，无法保持高度警觉，极易在关键操作环节出现差错。当运维人员承受过多工作压力或面临突发状况时，精神负荷过重将影响其判断和执行能力，如在面对水位快速变化时，操控闸门的动作稍有延迟或过早，便会造成不可挽回的损失^[7]。

此外，一些水电站在日常管理中可能因忽视安全教育，导致员工缺乏必要的安全意识，这种情况下，即便具备完善的安全规章制度和先进的防护设备，但从业者若安全意识淡薄，仍会导致违章操作的发生，如不按规定使用安全设备、不重视警示标志、擅自开启或关闭重要控制阀门等均是常见现象^[8]。同时如果管理层重视业绩胜过安全，将短期利益置于长期安全之上，直接导致员工形成不良行为习惯，在这种环境中，小故障小失误不被重视，久而久之便埋下了重大事故隐患。

二、危险点识别与风险评估方法

（一）危险源头的辨认与登记

在水电站运维现场，识别危险源头需要使用系统化的工具和技术来识别存在于水电站运维工作中的所有潜在危险源，例如定性方法主要通过SWOT（优势、劣势、机会、威胁）分析、德尔菲法等传统方式，调动多方专家的意见进行风险因素的挖掘；而定量方法则可能采用故障树分析（FTA）或事件树分析（ETA），这些方法能通过数学模型来评估各类风险发生的概率和严重性。

运用这些分析方法后，运维团队应建立一个详尽的危险源数据库，记录每一个识别出的潜在危害的详细信息，包括危险源的具体位置、可能导致的危害类型、影响的人员和设备的历史事故记录等。这种数据的详细登记不仅有助于对现有的危险源进行有效跟踪和监控，同时也为将来的风险评估和安全培训提供了极为重要的基础信息，例如在对高压操作区域的危险源进行登记时，

应详细标明可能存在的触电风险、电弧爆炸的点等，并结合历史事故数据来评估此处的安全防护措施是否充分，是否有改进的空间^[9]。通过这样深入细致的记录和分析，可以极大地减少因信息缺失或记录不全而引起的安全事故。

（二）风险评估模型的构建与实施

在水电站运维的安全风险评估过程中，风险评估模型的构建需运用现场传感器、历史事故记录和员工反馈收集数据，再通过机器学习算法对数据进行深度分析，以识别可能的风险模式，例如采用时间序列分析可以检测设备的异常信号，而关联规则学习则有助于发现不同运维活动间隐含的风险关系。随后基于分析结果，构建风险评估矩阵，将风险按照发生的可能性和影响程度分类，有助于划分出重点监测和防控区域。并且通过建立动态反馈机制，将实时数据与模型输出进行比较，若发现偏差，应迅速调整模型参数或重新训练算法，以提高风险预测的精度和可靠性。

关于风险评估模型实施阶段，需要一个跨学科的团队合作，包括安全工程师、数据科学家和现场操作人员，共同监控实施过程并进行持续改进。通过建立一套标准操作程序（SOP），确保每一步操作都能够严格遵守风险管理策略。对于检测到的高风险区域，实施预防性维护和紧急响应计划，例如定期对关键设备进行压力测试和性能评估，以及设置自动停机机制来应对可能的设备故障^[10]。同时利用虚拟现实（VR）技术进行灾难情景模拟训练，提升员工应对突发事件的能力。

（三）预警机制的建立与维护

在预警机制的核心算法设计中，应基于历史数据和现场实际情况，建立设备故障的预测模型和趋势分析模型，识别出可能的故障模式和异常信号，例如利用神经网络模型对设备的振动信号进行频谱分析，检测到频率偏移时可提前发出预警。此类算法需要不断进行训练和优化，才能适应现场复杂多变的环境。同时结合专家系统的方法，融合运维专家的经验 and 知识，建立规则库和知识库，在算法判断的基础上，进一步提高预警的可靠性和精度。

维护预警机制同样至关重要，对于硬件部分，定期对传感器和监测设备进行校准和测试，确保数据采集的准确性和稳定性；针对软件系统，需定期检查数据存储和处理系统的运行情况，及时排除故障并进行性能优化。为了提升整体预警机制的智能化水平，可以引入自学习和自适应算法，使系统能够根据实时数据动态调整模型参数，增强对突发事件的响应能力。并且建立健全的应急响应机制和演练制度也是维护预警机制的重要组成部分。通过定期组织预警演练和应急预案模拟，检验预警系统的有效性和可靠性，确保运维人员能够熟练应对各种突发情况^[11]。

三、安全管控措施及其执行

（一）安全管理制度的构建

安全管理制度的构建应从宏观和微观两个层面入手，在宏观层面，需要建立全面的安全管理政策和方针，这些政策应明确企业的安全目标、管理原则以及全员参与的重要性。同时定期评估

与更新，以确保其与现实环境同步动态，实现安全管理的制度化、标准化与科学化。这一层次的制度构建不仅为具体操作提供了清晰的指导方向，还将安全责任融入到企业文化中，促使每一位员工都成为安全制度的实践者和推动者。

深入到微观层面，针对具体的运维现场情况，详细且可操作的规程和流程涉及各类危险点的具体防控措施，包括危险预警、风险评估、紧急处理等方面。对于高危作业环节，则需制定专项安全规程，配备必要的安全设备和操作指南。并且还需建立严格的执行与监督机制，确保制度得到有效落实，例如可以设立专门的安全管理委员会，负责日常监督、安全检查以及事故调查。同时通过定期培训和模拟演练，提高员工的安全意识和应急能力，使其能在第一时间识别并应对潜在风险^[5]。这种多层次的安全管理制度，不仅在制度上对危险点进行防控，在实施中更通过不断优化和细化具体措施，从而建立起坚实的安全屏障。

（二）技术与操作层面的安全策略

在技术与操作层面的安全控制策略中，通过采用先进的传感器和监控技术，能够实时检测设备运行状态，包括涡轮转速、水流量、压力等关键指标，此种智能化监控不仅提高了诊断的准确性，还能预判潜在故障，避免由设备异常引起的事故，例如采用振动分析技术能够在早期识别出因结构失衡或磨损导致的异常振动，从而提前介入维护。并且运维团队可以利用大数据和机器学习技术进行历史数据分析，以发现和解析隐藏在看似正常的数据背后的异常模式，这样的措施不仅提升了风险防控的前瞻性，也增强了运维决策的科学性。同时应用机器人技术进行危险区域的巡检和操作，如在高压区或水下环境中，可以有效降低人员的直接危险暴露，从而极大地提升整体的作业安全水平^[9]。

而在日常操作中，强调对运维人员的深度培训成为一环扣紧安全链的关键，训练内容不仅需要涵盖常规操作技能，更须深入系统性教育，使每位员工都能理解其操作的原理及潜在风险。其中模拟演练和情景推演能够有效帮助团队成员准确快速地响应突发事件，尤其是在监控系统报警时，运维人员应如何正确判断情况并采取合理措施。同时定期的技能评审和更新训练保证了团队

能够随技术进步持续提升其专业能力与反应敏捷性。通过这样的高度整合技术与实战练习，形成了一个具有强适应能力和高效应对能力的专业运维团队，从根本上提升了水电站安全运营的可靠性。

（三）应急处理及事故响应

对于场地机电设备的应急处理，事先设定针对各类可能异常情况的应急方案，确保人员熟悉并能在短时间内调用相关知识和技能进行操作，这是最有效的事故响应。此流程的设置需根据设备特性，结合历史经验，分析可能出现的问题与故障，并制定相应措施，例如在水力发电设备中，因为涡轮极易因转速与水流量不匹配产生振动，所以需要制定滞后启动、限流锁定及相关措施的顺序操作表以应对，具体的应急方案需包括必要人员的职责、处理步骤、紧急设备和支援人员的联系方式。同时设置专业的应急响应团队，并定期进行实战演练，如突击训练、实操模拟等，以提高响应效率^[10]。

当事故发生后，损失虽已无法逆转，但是通过科学的事故调查，总结事故原因，重新审视并修正应急方案，却有助于防止相同故障的再次出现。针对可能存在的安全隐患，应当及时发现并采取措施进行防范，如超高负荷运行导致机器及冷却系统过热或者涡轮失衡等，在事故调查及预防阶段可以通过对数据的回溯分析，以便找出故障初期的异常信号，进一步完善维护预警系统。同时应尽可能通过现有资源寻求外部的技术支持和专业建议，进一步提升安全管理水平，增强设备的稳定性和可靠性。

结语：

综上所述，通过深入探讨水电站的运维危险点并实施系统的安全管理策略，能够明显提升整个电站的安全防护等级。本文提出的识别、评估和控制风险的方法，不仅为水电站带来了具体的操作指南，也为未来水电站安全管理提供了思路和模板。维持一个既定的安全管理体系需依靠持续的技术创新和操作纪律，确保每一位工作人员都能在这套体系内找到快速且有效的解决方案。

参考文献：

- [1]胡春林, 吴辉, 曹德勤, 等. 水电集控运行模式研究 [J]. 水电站机电技术, 2024, 47(03): 92-94.
- [2]胡成文. 水电运维现场危险点分析及安全管控 [J]. 云南水力发电, 2023, 39(07): 266-269.
- [3]晏国顺, 白光辉, 龚科, 等. 大型水电企业数字化转型路径探究 [J]. 水电与新能源, 2022, 36(12): 1-4.
- [4]王伟, 李谊斌. 水电站运维一体化模式探讨 [J]. 科技资讯, 2022, 20(24): 30-33.
- [5]张雷防, 龚相杰. 集控模式下的水电厂区域化设备远程集中运维研究 [J]. 水电与抽水蓄能, 2022, 8(05): 109-111.
- [6]胡成文. 水电运维现场危险点分析及安全管控 [J]. 云南水力发电, 2023, 39(07): 266-269.
- [7]王伟, 李谊斌. 水电站运维一体化模式探讨 [J]. 科技资讯, 2022, 20(24): 30-33.DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2208-5042-2283.
- [8]王建波. LKK水电站运营管理智能化转型研究 [D]. 云南大学, 2021.DOI: 10.27456/d.cnki.gyndu.2021.000933.
- [9]刘山. 云南D发电公司生产运营精益化管理模式研究 [D]. 云南财经大学, 2022.DOI: 10.27455/d.cnki.gycmc.2022.000445.
- [10]刁俊丰. 基于多信息融合的水电厂运维服务支持体系研究 [D]. 武汉大学, 2019.DOI: 10.27379/d.cnki.gwhdu.2019.000700.[11]刁俊丰. 基于多信息融合的水电厂运维服务支持体系研究 [D]. 武汉大学, 2019.DOI: 10.27379/d.cnki.gwhdu.2019.000700.

公路路基施工技术、路基压实质量的控制措施

宋吉镇

中国新兴建设开发有限责任公司，北京 100039

摘 要： 为有效提升公路路基结构的稳定性和耐久性，防范路基沉降、裂缝等问题发生，切实增强公路整体通行能力，降低维护管理成本。施工团队需要发挥主观能动性，围绕路基施工技术要求和质量标准，通过技术方案对比，选择最优化方案，高质量完成既定施工任务。文章着眼路基施工要求，以施工技术为切入点，运用系统理论，借鉴过往成熟经验，通过思路的梳理，方法的创新，体系的健全，整合优势资源，形成完备的路基施工技术模式与管理体系。

关 键 词： 公路项目；路基施工；压实质量；技术手段；控制举措

Control Measures Of Highway Subgrade Construction Technology And Subgrade Compaction Quality

Song Jizhen

China Xinxing Construction and Development Co., Ltd., Beijing 100039

Abstract： In order to effectively improve the stability and durability of the highway subgrade structure, prevent the settlement of the subgrade, cracks and other problems, effectively enhance the overall capacity of the highway, reduce the cost of maintenance and management. The construction team needs to give full play to the subjective initiative, revolve around the technical requirements and quality standards of subgrade construction, select the optimal scheme through technical scheme comparison, and complete the established construction tasks with high quality. This paper focuses on the requirements of subgrade construction, takes the construction technology as the entry point, uses the system theory, draws lessons from the past mature experience, through the combing of ideas, the innovation of methods, the integration of superior resources, and forms the complete subgrade construction technology mode and management system.

Keywords： highway project; subgrade construction; compaction quality; technical means; control measures

前言

公路作为公共交通体系重要组成，在降低物流成本，便捷公众出行方面发挥着关键作用。近些年来，国内各地区加大资金投入力度，组织开展公路新建、改造等施工活动，根据交通运输部门公布的数据，2023年，国内公路总里程达到543.68万公里，公路密度达到56.63公里/百平方公里。着眼公路项目施工建设的总体要求，施工团队立足路基等关键结构，通过引进成熟的工艺方案，定向增强道路结构的承载力、稳定性，延长路基服务年限，减少结构性病害发生概率，旨在满足多元场景下的道路使用要求。

一、公路路基施工面临的主要问题

（一）公路路基排水问题

公路路基所处环境较为复杂，在土方开挖、混凝土浇筑等施工环节，地表水、地下水的流动方向发生深刻变化，逐步汇集在路基周围^[1]。施工团队如果没有采取相应的应对举措，开展高效排水作用，极易引发排水不畅、路基渗漏等问题。为营造良好的作业环境，提升排水效能，施工企业在公路路基施工的准备阶段，应当灵活运用勘测技术，查询水文资料和地质档案，综合评

估路基开发区域水文条件，从排水效率、排水效果等维度出发，调整土方开、混凝土浇筑等技术方案，实现透水、渗水问题的源头化处置。

（二）结构裂缝问题

为提升路基结构的稳定性，施工企业采取混凝土浇筑的方式，形成支护结构，防范路基下沉、塌方以及裂缝等问题发生。结合现有经验，公路项目施工周期长，路基在温度、湿度等因素叠加影响下，出现结构性裂缝的概率较高。结构性裂缝的出现，严重降低了结构整体强度，缩短了路基的使用寿命。为确保公路

作者简介：姓名：宋吉镇，男，汉族，籍贯：山东省茌平县；供职单位及职称：中国新兴建设开发有限责任公司，工程师；本科，研究方向：道路工程施工。通讯邮箱1207600642@qq.com。

路基质量,提升对施工过程的介入能力,施工企业在施工技术选择、压实方案优化中,需要率先应对温度、湿度等环境因素的变化,调整混凝土施工方案,优化混凝土制备、灌注、养护以及压实参数,合理控制混凝土结构的变形量,防范结构性裂缝的发生^[2]。

二、公路路基施工技术与路基压实质量管理策略

(一)完善路基施工材料检测技术

公路路基施工环节,施工团队需要做好材料准备,实现施工技术的源头管理。具体来看,对入场的水泥、碎石等施工材料,分批次进行随机检测,抽样检测工作结束后,详细记录初凝时间、水泥标号、碎石细度指标、终凝时间,形成施工材料检测档案。施工人员横向对比检测数据,发现异常数据后,及时做好反馈,严禁质量不达标的材料进入施工现场^[3]。在碎石检测环节,施工人员应当检测碎石集料的压缩率,评估碎石颗粒中的细长类石块含量,确保入场碎石集料压缩率低于整体集料质量的30%,碎石颗粒中细长类石块含量低于整体物料的15%。碎石质量检测过程中,仍旧采取抽样检测的方式,按照每1000立方米的物料至少检测3个样本的原则,开展检测分析,对检测中发现的问题,做好信息反馈,实现公路路基施工质量的有效管理。

(二)优化路基施工测量技术

公路路基施工环节,为应对环境要素对正常施工活动产生的影响,施工团队应当发挥主观能动性,切实做好测量放样工作,准确获取地质、水文等数据信息。具体来看,技术团队根据公路线路布局,针对直线区域和曲线区域采取不同的测量方案。例如,直线路基施工区域,每间隔10米设置测量桩,曲线路基施工区域,每隔0.3米到0.6米设置标识桩,全面获取测量数据。施工人员在测量放样区域,增设摊铺水平传感导线,水平传感导线可以选用不锈钢,导线直径控制在2毫米到3毫米。水平传感导线布设后,借助张紧器对导线进行张紧处理,张紧处理中,确保张紧作用力超过700N^[4-5]。依托完备的测量防范工作,施工团队能够掌握公路路基的厚度、平整度等数据,全面评估公路路基施工效果。公路路基施工环境复杂,为更好地掌握水文、地质等情况,施工企业要发挥主观能动性,利用全站仪、测距仪、钻探技术、3S技术,在钻探设备辅助下,获取施工区域土壤样板,科学分析地层特点,对于部分规模较大的断层,可以使用超前水平钻探勘测技术,确定断层位置以及破碎带宽度,收集汇水情况,辅助施工企业根据水文、地质等数据,修正施工方案,确保施工技术达到使用要求。除做好上述勘测工作外,施工企业组织人员利用全站仪等设备,测量轴线、断面等特殊结构,同步监测路基变形情况,将勘测数据实时反馈,施工企业根据获取的勘测数据,灵活调整施工技术方案,消除公路路基施工的盲目性。

(三)创新混凝土技术方案

公路路基施工环节,工作人员要做好混凝土配备、灌注以及养护等方面的工作,借助科学高效的技术应用,发挥混凝土的材料优势,有效增强混凝土结构对公路路基的支撑能力。为保证混

凝土施工效果,施工企业需要率先做好混凝土制备,通过对混凝土配备比例、抗渗等级等确认,提升混凝土质量可控性,发挥混凝土材料优势。施工企业能最大程度地提升施工效能,增强混凝土施工流程的可控性。混凝土配备工作结束后,施工企业应当有序推进混凝土浇筑等施工活动,以明挖路基施工为例,在路基支护环节,施工团队运用混凝土灌注桩进行支护,灌注施工环节,施工团队控制灌注的厚度和速度,施工人员使用钻孔机进行钻孔,钻孔任务完成后,放置钢筋笼,并进行混凝土浇筑^[6]。公路路基施工环节,施工团队注重摊铺、碾压过程管控。根据过往经验,摊铺厚度需要控制在25厘米到40厘米之间,结合使用要求,将公路路基松铺系数设置为1.23和1.24,确保道路结构的透水性。例如,人行道路的松铺系数控制为1.23,车辆行驶道路的松铺系数控制为1.24,确保摊铺施工效果,摊铺速度保持在1.25km/h。公路路基碾压施工中,施工团队使用压路机等设备,对施工区域进行碾压,在基层碾压环节,施工团队将压路机的运行速度控制在1.5km/h到1.7km/h,同时,利用压实度测量仪器对公路路基进行测量,当压实度达到90,可以判定公路路基碾压效果达到施工标准;当压实度低于90,需要做好信息反馈,及时进行返工处理。混凝土浇筑后,要及时组织人员开展养护作业,以此为契机,防止结构裂缝的出现。

(四)实现路基压实质量有效管控

公路路基施工环节,施工团队应当有计划地开展细节把控,消除潜在隐患,补齐短板漏洞,搭建立体化管理体系,确保施工过程的可控性。施工团队要根据施工环境,灵活调整施工方案,把控施工细节^[7-8]。例如,公路路基施工区域的环境温度应当超过5摄氏度,确保公路路基能够正常硬化。基于这种实际,施工团队要明晰管理要点,根据环境温度,灵活调整技术方案,降低温度、湿度等环境因素对正常施工活动的影响。工作人员从注浆压力、注浆量、注浆时间、注浆结束标准等维度出发,健全注浆施工流程,细化注浆施工标准,增强注浆施工流程可控性。具体来看,工作人员对注浆压力做好控制,通常情况下,将注浆压力保持在0.3MPa到1.0MPa范围内,保持注浆速度,避免注浆速度过慢或者过快,影响施工区域注浆治理效果。根据施工设备的制浆能力,核算施工区域单位注入量,以某项目为例,经稳定性评价,该地质区域连通性较强,孔洞数量较多,结合制浆能力,工作人员将注浆量速度控制在10m³/h到15m³/h,通过注浆速度的把控,实现施工效率管理。施工区域注浆施工时,工作人员要实时记录注浆量、注浆时间,当注浆压力超过0.3MPa-1.0MPa的阈值后,停止注浆作业。当施工区域注浆量过大、注浆时间过长,导致注浆压力达不到设计压力,工作人员在整个注浆施工中,要灵活调整水灰比,也可以借助间断注浆等多种方式,保证注浆施工平稳有序开展。公路下伏施工区域治理环节,为掌握治理效果,工作人员在公路全寿命周期内,引入流量检测、压力检测、自动灌浆记录仪检测等方式,全面掌握注浆施工效果,对发现的异常数据,及时进行归因分析,采取有效举措,进行处置应对。注浆检测过程中,工作人员严格按照检测设备操作规范,收集注浆厚度等参数,评估注浆效果。考虑到施工区域地质结构的复杂性

和灌浆施工检测的困难性，工作人员引入施工区域空洞视频检测技术，利用高清探头、伸缩装置，观察指定区域的施工区域治理情况，获取注浆施工数据，通过多角度检测，将获取到的系列检测数据传输到系统后台，系统后台通过视频影像数据的获取、对比以及分析，推送检测结果。工作人员根据检测结果，结合过往经验，设定施工区域施工管理方案，增强施工区域质量管理的有效性^[9]。

（五）完善路基质量管理机制

公路路基施工过程中，为增强施工过程的可控性，防范质量风险，工作人员，需要发挥主观能动性，借鉴过往经验，遵循客观规律，立足行业规范和技术标准，建立起完善的路基质量管理体系，搭建可量化、可评估的施工质量管理闭环，引导施工团队把握细节，消除盲区。工作人员应当加强制度体系建设，规范施工行动，优化施工流程，科学防范质量问题发生^[10]。以公路路基压实为例，质量管理阶段，工作人员从压实厚度、压实度等维

度出发，结合路基结构，划分轻度、中度以及重度等预警级别，通过及时预警，引导施工团队科学调整压实施工方案，避免质量问题发生。具体来看，公路路基压实作业时，应遵循先边缘后中间、先慢后快、先静压后振动的操作规程进行碾压。碾压作业时，行间（横向）重叠0.3至0.5m，碾压区段间（纵向）重叠1m以上，确保无偏压、无死角、碾压均匀。

在每层碾压结束后，工作人员运用核子密度仪、灌砂法等专业检测方法，进行压实度检测，确保压实度符合设计要求。

三、结语

公路路基施工过程中，为确保施工质量，提升施工效率，文章从多个维度出发，立足施工技术特点和施工基本要求，从材料制备、前期测量、摊铺碾压等关键流程入手，切实增强施工技术应用效果，推动公路施工活动稳步开展。

参考文献

[1]谷祎君. 公路路基施工技术与路基压实质量的控制措施分析 [J]. 工程建设, 2023 (12): 115-117.
[2]郝秀丽. 公路路基施工的技术质量控制措施分析 [J]. 交通世界 (建养·机械), 2011(11): 178-179.DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2011.11.050.
[3]何静. 公路路基施工技术与路基压实质量控制分析 [J]. 工程技术研究, 2022 (13): 160-162.
[4]方顺红. 公路路基施工技术、路基压实质量控制措施分析 [J]. 江西建材, 2013(02): 137-138.
[5]赵静. 公路工程路基路面压实机械施工技术措施探讨 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版), 2023 (7): 122-125.
[6]赵学忠, 初丽平. 浅谈公路工程路基施工质量控制技术控制措施 [J]. 科技创新导报, 2014, 11(35): 14+16.DOI: 10.16660/j.cnki.1674-098x.2014.35.064.
[7]王小林. 公路路基压实施工技术及质量控制研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023 (2): 87-90.
[8]焦习龙. 公路路基施工技术与质量控制措施研究 [J]. 交通标准化, 2013(18): 40-42.DOI: 10.16503/j.cnki.2095-9931.2013.18.017.
[9]欧强. 公路路基施工技术及路基压实施工研究 [J]. 交通科技与管理, 2022 (21): 1-3.
[10]顾飞. 浅析公路路基施工的技术质量控制措施 [J]. 江西建材, 2015(13): 179+186.

电力信息系统现有安全设计方法分析比较

晏梦林

国家电投集团贵州金元绥阳产业有限公司，贵州 遵义 563102

摘 要： 随着国民经济的快速发展，电力系统的信息安全问题也越来越受到人们的重视。在此基础上，提出了一种基于网络安全技术的新的安全技术方案。首先，在绪论中，对电力信息系统安全的重要意义和目前存在的主要威胁进行了综述。在此基础上，本文分别对物理隔离、协议隔离、身份认证等技术作了较为详尽的分析与探讨。在此基础上，归纳了电力信息系统安全性设计中应注意的几个问题，并给出了相应的改进意见。在文章的结尾，提出了为了保证电网的安全、稳定运行，必须不断地进行优化设计。

关 键 词： 电力信息系统；安全设计；方法；分析

Analysis And Comparison Of The Existing Safety Design Methods Of Electric Power Information System

Yan Menglin

State Power Investment Guizhou Jinyuan Suiyang Industry Co., LTD. Guizhou, Zunyi 563102

Abstract： With the rapid development of national economy, the information security of power system is paid more and more attention by people. Furthermore, a new security technology scheme based on network security technology is proposed. Firstly, in the introduction, the importance of the security of the power information system is summarized. On this basis, this paper makes a detailed analysis and discussion on physical isolation, protocol isolation and identity authentication. On this basis, several problems in the security design of power information system are summarized, and corresponding improvement suggestions are given. At the end of the article, it is proposed that in order to ensure the safe and stable operation of the power grid, the design must be continuously optimized.

Keywords： electric power information system; security design; method; analysis

引言

随着电力行业的迅猛发展和信息技术的深入融合，电力信息系统的安全性问题愈发受到社会各界的广泛关注。作为电力行业不可或缺的核心支撑，电力信息系统不仅承载着数据交互、控制调度等重要任务，更直接关系到整个电力系统的运行效率和电力供应的连续性、可靠性。在信息化、智能化的时代背景下，电力信息系统面临的安全威胁日趋复杂和多样化，包括但不限于网络攻击、数据泄露、恶意软件入侵等。这些安全隐患一旦爆发，不仅可能导致系统瘫痪、服务中断，甚至可能威胁到国家的能源安全和社会的稳定运转。因此，如何设计并实施一套科学、高效、全面的安全防护体系，以确保电力信息系统的安全稳定运行，已成为电力行业当前亟待解决的重大课题。这不仅需要电力行业内部加强技术研发、人才培养和制度建设，还需要政府、企业和科研机构等多方合作，共同构建电力信息安全的坚固防线。

一、电力信息系统安全设计方法分析

（一）物理隔离技术

物理隔离技术，作为一种重要的安全防护手段，在电力企业的网络安全管理中扮演着关键角色。^[1]该技术主要运用物理层面的措施，将电力企业的内部网络（内网）与外部网络（外网）进行严格的隔离，从而有效防范黑客的非法入侵和恶意软件的扩散。采用物理隔离的方式，将电网内网进一步分为多个分区，各分区

之间具有明确的边界、各自独立的安全策略，从而提高了电网安全管理的可操作性与灵活性。虽然物理隔离能极大地改善电网的安全状况，但也有其自身的缺陷。特别是，在防范外来威胁的同时，也不能从根本上防范来自企业内部的非法接入与恶意攻击。^[2]由于内部员工拥有较高的权限，且对系统有更深入的理解，因此，他们很有可能会利用这些优点，绕过物理隔离，从而对系统构成潜在的安全隐患。因此，在采用物理隔离技术的同时，电力企业还需要结合其他安全策略和技术手段，如加强内部人员的安

全教育和培训、实施严格的访问控制和审计机制等，以全面提升电力系统的安全防护能力。

（二）网络协议隔离技术

网络协议隔离技术，作为一种高效的网络安全策略，通过精心设计的协议分离器，实现了内部网络与外部网络的严格分离。^[3]该技术巧妙利用两个独立的网络接口，确保内网和外网在遵循特定协议的前提下，进行必要的信息交流。相对于物理隔离，网络协议隔离具有灵活、自适应能力强的特点，可方便地处理多种复杂的网络环境。但是，尽管它有很多优势，但是单靠它还不足以保证网络的安全。在实际应用中，这种方法往往要与防火墙、IDS/IPS等其他安全机制和设备联合起来，建立起一种多层的安全防护系统。这种一体化的防御机制可以更好的抵抗各类网络攻击与威胁，保障网络环境的稳定性与安全性。^[4]

（三）身份认证技术

在电力信息系统的安全性设计中，身份验证是一个非常重要的环节。作为电网安全保障的首要环节，其重要性不言而喻。在此基础上，本项目提出了一种基于身份验证的电力信息系统，它能够准确地监控用户对内部网络的访问与管理，从而有效地减少未经授权的用户或恶意攻击者对内部网络的安全造成的危害。^[5]身份验证是一种新型的身份验证方法，其核心是用户名、密码、数字证书和生物特征等。这三种方法形成了一种多层次的身份识别系统，使用户可以通过更加严格、更加灵活地进行身份认证。该系统能够对用户进行正确的身份认证，并对其进行相应的访问与操作，以保证网络资源的合理利用与保护。^[6]同时，该技术也具有很强的弹性和可扩充性。在此基础上，提出了一种新的基于身份验证的新方法，即通过对身份验证方法的改进，使之能更好地满足用户的需要。在此基础上，提出了一种基于身份验证的分布式电源管理系统。在电力信息系统的安全性设计中，身份验证是不可或缺的。^[7]该方案采用多级身份验证方式，并具有较强的可扩充性，可以有效地提升系统的安全可靠度，为电网的安全稳定运行提供有力保证。

二、电力信息系统安全设计方法比较

（一）安全性分析

由于物理隔离技术具有直观、便于实现等优点，因此在电力信息系统中得到了广泛的应用。但是，该方案在实践中有一定的局限性，如不能达到理想的隔离效果，因此仍有一定的安全隐患。让我们来看一下网络协议的隔离。^[8]该方案具有较强的柔性、可配置性，可以在不同层次上对不同层次的信息进行有效隔离。然而，其性能的发挥通常需要其他安全手段的配合，如防火墙、IDS等，从而导致系统的复杂度和可维护性。在电力信息系统中，身份认证是一项非常重要的技术。^[9]但是，该方法的引进也会给使用者，尤其是非专业使用者，增加了使用者的学习成本，增加了使用者的使用难度；其他训练及辅导可能是必需的。在实践中，需要结合实际环境与实际需要，谨慎地选取最佳的安全性设计方法，并加以综合运用。这不仅要求我们具有较强的理论知识，而

且要求我们具有较强的实际应用经验，并能灵活地采取相应的对策。从而保证了电网的稳定运行，保证了电网的数据安全。其中，物理隔离是一种比较简便、有效的方法。采用物理方法对内网和外网进行彻底的隔离，可以大大减少内网的安全隐患。但是，这样做的缺点是，内部网与外部网之间的信息交换存在障碍，对工作效率及商业过程的正常运行产生了一定的影响。相对于此，网络协议隔离技术具有较强的适应性。该方案通过在网络协议级上进行隔离，从而达到对网络的访问控制，并可针对具体的应用要求对其进行详细的配置。^[10]但是，由于其复杂度较高，因此必须由专门的维修人员进行组装及维修，否则将会带来新的安全隐患。而身份验证是保证网络安全的一种重要方法。通过对用户进行身份认证，保证了仅允许合法用户使用网络资源，从而极大地增强了系统的安全性能。但是，严格的认证过程会影响使用者的使用体验，尤其是对于那些要求经常进行登录与确认的人来说，这会给使用者带来很大的麻烦。因此，在部署身份认证技术时，需要综合考虑安全性和用户体验的平衡问题。物理隔离技术，作为一种高度安全性的保障手段，特别适用于那些对安全性要求近乎苛刻，且内外网之间信息交流需求相对较低的场合。在这种环境中，物理隔离技术通过物理上的完全隔离来确保内部网络免受外部网络的潜在威胁，从而确保数据的安全性。然而，在需要实现内外网信息交流，且对系统复杂性有一定容忍度的场合，网络协议隔离技术则成为一种更为合适的选择。该技术通过在网络协议层面进行隔离，实现了内外网之间的安全通信，同时确保了系统的复杂性和可管理性。身份认证技术则更多地应用于需要对用户操作权限进行严格控制，但对用户体验要求不高的场合。通过严格的身份认证机制，该技术可以确保只有经过授权的用户才能访问系统资源，从而大大提高了系统的安全性。

（二）可行性分析

在实施物理隔离技术和网络协议隔离技术时，我们必须全面考虑设备的兼容性、网络拓扑结构的布局以及潜在的运营影响。物理隔离技术要求对内网进行精确的划分和隔离，这确实可以显著提升网络的安全性，但同时也可能引入新的管理挑战，例如网络配置、监控和维护的复杂性增加。相比之下，网络协议隔离技术则需要在网络架构中配置相应的协议分离器，这不仅可以实现不同协议之间的安全隔离，但也可能因为硬件和软件的投资而增加系统的整体成本。当我们转向身份认证技术时，会发现其实现方式相对简单且直接。该技术主要依赖于在系统中集成高效且可靠的身份验证模块，以确保只有经过授权的用户才能访问网络资源。这种技术的实施不仅成本低廉，而且易于集成到现有的网络架构中，从而提高了系统的整体安全性和易用性。

（三）灵活性分析

为了保证网络的安全，网络协议隔离与身份验证因其灵活的性能而受到广泛关注。在此基础上，本项目提出了一种基于网络协议隔离的新方法，该方法可以方便地针对企业的实际需要设置不同的协议，从而在数据交互中达到灵活和安全的平衡。这种方法可以对特定的数据流和特殊的网络应用进行准确的控制，保证了网络中的数据安全有序的传输。^[11]身份认证技术也在保障网

络安全方面发挥了至关重要的作用。它能够根据用户的个性化需求,设定不同级别的身份验证策略,从而满足不同场景下的安全需求。无论是简单的密码验证还是复杂的生物识别技术,身份认证技术都能为用户提供强大的身份确认机制,确保只有授权用户才能访问敏感数据或执行关键操作。与上述两种技术相比,物理隔离技术在灵活性方面稍显逊色。一旦内网被物理地划分成多个安全区域,其结构往往变得相对固定,难以进行动态调整。这在一定程度上限制了物理隔离技术的灵活性和适应性,使得它在应对快速变化的安全威胁时显得力不从心。因此,在设计和部署网络安全策略时,需要综合考虑各种技术的优缺点,以确保网络安全的全面性和有效性。

三、电力信息系统安全设计关键要素

(一)全面性和系统性

安全设计在电力信息系统的构建中占据着举足轻重的地位,它必须全面而深入地渗透到系统的每一个环节和细节之中,以确保整个电力信息系统在运行过程中拥有坚不可摧的安全屏障。从基础设施的物理安全到网络层面的数据安全,再到应用层的访问控制和加密措施,安全设计应构建一个多维度、多层次、相互协作的完整安全体系。这个体系不仅需要具备强大的防御能力,以抵御来自外部的各种威胁和攻击,还需具备高效的应急响应机制,以应对可能出现的突发情况,确保电力信息系统在任何情况下都能保持稳定、可靠、安全的运行状态。

(二)灵活性和可扩展性

在电力信息系统中,安全性是一个非常重要的环节,它既要保证系统的正常工作,又要有足够的灵活性来应对科技的变化与更新。同时,也要结合未来的技术发展方向,保证所构建的系统具有良好的扩展性、兼容性和前瞻性。^[12]这就需要在安全策略、加密技术和访问控制等方面不断跟上时代发展的步伐,为电力信

息系统的不断发展提供安全保证。在此过程中,要加强与各企事业单位的密切配合,使其符合电力市场发展的需要,为电力工业的长期发展打下良好的基础。

(三)可用性和易用性

安全设计在电力信息系统的构建中占据着举足轻重的地位,它不仅要确保系统在面对各种潜在威胁时能够稳定运行,防止数据泄露、系统崩溃等安全事件的发生,更要注重用户的使用体验,使得用户在享受系统提供的服务时能够感受到便捷与顺畅。通过精细化的安全设计,我们能够有效保障电力信息系统的安全稳定,同时满足用户的多元化需求,实现电力信息系统的高效运行和用户体验的持续优化。

结语

电力信息系统安全设计方法的选择和应用,在维护系统安全稳定运行方面扮演着至关重要的角色。在当前这个信息化高速发展的时代,电力信息系统的安全性直接关系到电力供应的可靠性和社会的稳定。因此,精心挑选并恰当应用安全设计方法,对于保障电力基础设施的稳固运行具有不可或缺的作用。随着电力行业的蓬勃发展以及信息技术的日新月异,电力信息系统所面临的安全挑战也将日益复杂和多样化。因此,电力信息系统的安全性设计需要与时代相适应,并在此基础上进行创新与改进。只有这样,才能保证安全设计与技术发展同步,才能有效地解决各类安全隐患。电力企业及有关部门应在此基础上,加大对电力信息系统安全性的研究与应用。在此基础上,本文提出了一种新的、可持续发展的、可持续发展的新思路。在此基础上,进一步完善电网安全管理体系,增强电网安全监督与应对能力,保证电网安全、稳定地运行。唯有如此,我们才能既享受到电力的便捷,又能维护社会的安定。

参考文献

- [1]李春. 基于 MIS 的电力安全生产管理系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [2]田嘉. 国华电力煤炭安全管理信息系统的设计与实现 [D]. 济南: 山东大学, 2015.
- [3]缪福. 马龙电力公司安全操作管理系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [4]郑崇盈. 供电企业安全生产管理信息系统设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [5]杨世勇, 苏海雁. 基于 Web 混合模式的煤炭企业安全生产管理信息系统的分析与设计 [J]. 中国管理信息化, 2007, 10(6):2.
- [6]李倩. 火力发电厂安全生产管理信息系统设计方案 [J]. 硅谷, 2011(14):111.
- [7]秦开敏, 谭正坤. 华电新疆发电公司安全生产视频指挥调度管理系统的设计与实现 [C] // 电力信息化专业协作委员会; 电力信息化用户参考杂志; 电力信息化专业协作委员会; 《电力信息化用户参考》杂志, 2016.
- [8]程伯儒, 刘丛涛, 方晓东, 等. 发电企业安全生产门禁管理信息系统设计 [J]. 中国电力: 技术版, 2011(12):26-28.
- [9]赵云云. 松江河发电厂管理信息系统的设计与实现 [D]. 吉林大学, 2011.
- [10]戴喆. 火电厂生产实时调度系统设计与实现 [D]. 厦门大学, 2015.
- [11]王小宇. 浅谈加强电力企业安全生产的几点措施 [J]. 城市建设, 2010, (2).
- [12]杨静. 电力企业考勤信息管理系统的设计与应用 [J]. 启明星辰电力信息安全专家, 2009, 7(1).

人员定位系统在海油工程安全管理中的作用

魏冕

天津北海油人力资源咨询服务有限公司，天津 300453

摘 要： 本文详细探讨了人员定位系统在海油工程安全管理中的重要作用。文章先是概述了人员定位系统的创新原理与技术，包括 UWB 与蓝牙结合技术、物联网、人工智能和云计算的定位技术。接着，文章重点介绍了人员定位系统在海油工程安全管理中的应用，如海上平台，炼化场地，海工建造场地，岸电陆地终端中的应用。另外还分析了人员定位系统在海油工程安全管理中的实际案例，并提出了未来发展趋势和应用领域拓展的方向。

关 键 词： 人员定位系统；海油工程；安全管理；无人驾驶飞行器；虚拟现实技术

The Role Of Personnel Positioning System In Safety Management Of Offshore Oil Engineering

Wei Mian

Tianjin Beihai Oil Human Resources Consulting Services Co., Ltd., Tianjin 300453

Abstract： This article discusses in detail the important role of personnel positioning system in the safety management of offshore oil engineering. The article first outlines the innovative principles and technologies of personnel positioning systems, including the combination of UWB and Bluetooth technology, the Internet of Things, artificial intelligence, and cloud computing positioning technology. Next, the article focuses on the application of personnel positioning systems in the safety management of offshore oil projects, such as offshore platforms, refining sites, offshore construction sites, and shore power land terminals. In addition, practical cases of personnel positioning systems in safety management of offshore oil projects were analyzed, and future development trends and directions for expanding application areas were proposed.

Keywords： personnel positioning system; offshore oil engineering; safety management; unmanned aerial vehicles; virtual reality technology

引言

随着工业化和信息技术的快速发展，海油工程的安全管理日益重要。在海洋环境的复杂性中，保障工作人员的安全与效率是核心任务。人员定位系统作为一种先进技术，在海油工程的安全管理中扮演着关键角色。该系统通过实时监控和追踪人员位置，为高效、精准地安全管理提供了可能。它不仅帮助管理者实时了解现场情况，迅速响应紧急情况，减少安全事故，还优化了作业流程，提升了资源利用效率，进而增强了企业的经济效能。

一、人员定位系统的创新原理与技术

伴随着技术的不断迭代进步，人员定位系统在海油工程中的应用也在不断深化。从物联网到人工智能，再到云计算，这些创新技术为人员定位系统带来了更高的精度和更广泛的应用场景。本章将详细介绍这些创新技术的原理及其在海油工程中的应用。

（一）创新定位技术原理概述

人员定位系统的核心在于实现对人员位置的精确、实时追踪。尽管传统的 GPS 和 RFID 等技术在海油工程中得到了广泛应用，但在生产作业现场，电磁干扰可通过辐射、传导两种方式对位置定位信息传输产生影响。同时移动信号的强弱等也会对位置

定位信息的获取产生影响^[1]。为应对这些挑战，研究人员正致力于开发更为先进的定位技术，如超宽带（UWB）和惯性测量单元（IMU），旨在提升定位系统的精度和适用性。这些创新技术的引入，不仅提高了定位的精确度，也拓展了定位系统在各种环境中的应用范围。

（二）UWB 与蓝牙结合技术

在海油工程中的应用中主要是在 UWB 基站和蓝牙基站的结合技术上，并通过防爆智能手环为信标定位。这种技术结合了 UWB（超宽带）技术和低功耗蓝牙（BLE）技术，以及智能手环的使用，提供了一种高精度的定位解决方案。

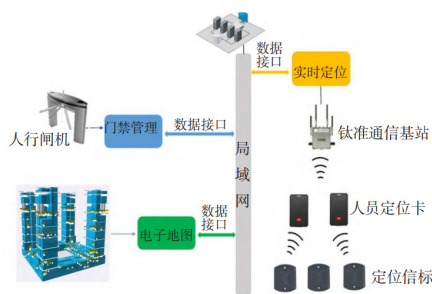
UWB 技术利用超宽带脉冲通讯传输方式，可以在化工厂、炼

油厂等易爆炸环境下使用, 实现人和物的精确定位^[2]。这种技术具有高带宽、高数据传输速率和低功耗的特点, 能够实现厘米级别的定位, 并且具有高速数据传输能力。

低功耗蓝牙 (BLE) 技术提供了一种低功耗的方法来进行接近传感技术和通信。虽然它在确定准确位置方面不如 UWB 精确, 但它可以用于配置、链路协商和通信人机界面。BLE 和 UWB 的结合可以实现一个全面的定位解决方案, 其中 BLE 用于初始发现和通信, 而 UWB 用于提供精确定位。

（三）基于物联网的定位技术

物联网技术是人员定位系统的基础。通过在智能手环中嵌入传感器和通信模块，手环可以与周围的传感器节点或基站进行通信，实现数据的收集和传输。这些传感器节点可以是 Wi-Fi、蓝牙 Beacon、UWB（超宽带）等技术，它们能够接收手环发出的信号，并通过网络将数据传输到服务器进行分析和处理。物联网技术使得手环能够实时地收集和传输位置信息，实现对人员的精确定位。



（四）基于人工智能的定位技术

人工智能技术在人员定位系统中的应用主要体现在数据分析和决策管理上。通过机器学习算法，系统能够分析人员的行为模式，预测潜在的安全风险，并提前发出警告^[3]。AI可以识别出员工是否进入了危险区域或是否在作业中表现出异常行为。此外，AI还可以优化人员调度，提高作业效率，通过预测分析帮助管理者做出更加明智的决策。

（五）基于云计算的定位技术

云计算技术为人员定位系统提供了强大的数据处理和存储能力。通过将定位数据上传至云端，系统能够实现数据的实时分析和处理，从而提升了定位的实时性和准确性。同时，云计算技术还支持对大规模数据的存储和管理，为人员定位系统提供了坚实的数据支持。

总之,人员定位系统的创新原理与技术为海油工程安全管理提供了新的可能性。从提高定位精度到扩大应用范围,这些创新技术都为人员定位系统在海油工程中的应用带来了新的机遇和挑战。

二、人员定位系统在海油工程安全管理中的新应用

（一）海上平台

在海油工程中,人员定位系统手环发挥着至关重要的作用,尤其是在海上平台的复杂作业环境中。以秦皇岛32-6智能油田项目为例,这一项目采用了超宽带(UWB)定位技术和人工智能(AI)识别技术,实现了对海上平台工作人员的精确定位和实时监控^[4]。

通过这些先进技术的集成应用，系统能够在几毫秒内准确追踪到佩戴手环的每一位员工的具体位置，极大地提高了作业安全性和效率。此外，结合视频监控系統，AI算法能够对异常行为进行智能识别，并立即触发报警，从而迅速响应潜在的安全威胁。为了进一步强化安全措施，人员定位系统的手环还配备了“电子围栏”功能。这一功能允许管理者在危险区域周围设定虚拟边界。一旦有员工接近或跨越这些边界，系统会立即向其手环发送警告信号，提醒他们远离潜在的危险区域。

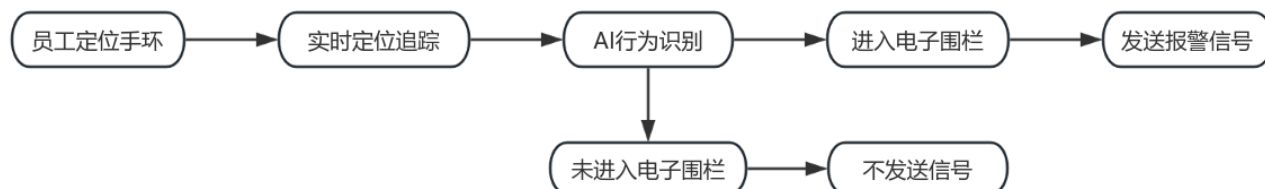
（二）炼化场地

在炼化行业，中海石油中捷石化有限公司引入的人员定位系统手环彻底改变了安全管理模式。该系统能够实时追踪员工的位置和移动路径，为管理层提供了全面的人员分布和活动情报。这不仅帮助管理层实时了解员工位置，还能通过分析人员流动数据，预见并防范安全风险^[5]。例如，在易燃易爆或高风险作业区域，系统确保只有经过适当培训和授权的人员才能进入，有效减少了事故风险。为进一步强化安全管理，公司采纳了双重预防机制。人员定位系统手环实时监测员工位置和活动轨迹，结合安全培训和授权机制，确保人员安全及合规操作。这种融合机制使企业更有效地管理安全风险，保障员工安全和企业稳定运营。实时警报和异常行为监测功能让管理层迅速应对，防止事故发生，提升了安全管理效率和安全性。

（三）海工建造场地

在海工建造场地，人员定位系统手环的应用为解决一系列复杂的安全管理问题提供了创新性的解决方案。这些场地通常面临受限空间多、交叉作业频繁、作业人员众多等“三多难题”，这些问题对传统的安全管理构成了严峻挑战。

通过引入先进的人员定位系统,企业能够实现对作业现场的精确监控和管理。这种系统通过实时追踪和定位每一位作业人员,为管理者提供了一个全面的现场情况视图^[6]。这使得管理层能够更有效地监控作业进度,合理调配人力资源,确保作业的顺利进行。在紧急情况下,如火灾或泄漏,系统能够迅速定位受影响区域的人员,为救援行动提供关键信息,提高应急响应速度。



（四）岸电陆地终端电站

在岸电领域，人员定位系统的应用主要集中在电站内部，涵盖了智能打卡巡检、健康监测等多个方面。

智能打卡巡检系统通过精确追踪工作人员的位置和活动轨迹，确保巡检任务的按时完成，同时也为管理层提供了详尽的人员分布和活动数据。此外，健康监测功能对于电站工作人员尤为重要。在高温、高噪音或其他潜在有害环境下工作，员工的健康状况需要得到持续监控。人员定位系统手环可以实时监测工作人员的生命体征，如心率、体温等，确保他们的健康和安全。在发生健康异常时，系统能够立即发出警报，以便及时采取医疗救助措施。

实际应用中，岸电陆地终端电站的人员定位系统还可以与其他智能系统整合，如自动化监控和控制系统，以实现更高级别的智能化管理和操作。总之，岸电陆地终端的人员定位系统通过智能打卡巡检、健康监测等功能，为电站提供了一个安全、高效、智能的作业环境，成为行业安全管理的标杆。

三、人员定位系统在海油工程安全管理中的实际案例

人员定位系统在海油工程中的应用效果显著，通过实际案例可以具体了解其在提升工作效率和人员安全方面的作用。

一个典型的案例是中国创羿科技与中海油合作开发的海上作业人员定位管理系统。该系统采用了先进的 ZIGBEE 技术，通过软硬件结合，实现了海上作业人员管理的信息化^[7]。该系统为每个海上作业人员配置有源标签（如腕带式或卡式），每个标签都有唯一的 ID 号，记录了人员的基本信息。在主要位置安装读卡器，当佩戴标签的人员进入读卡器的识别范围内，系统即可实时显示人员的位置信息。

案例展示了人员定位系统在海油工程中的应用如何通过技术创新和管理优化，显著提高了工作效率和人员安全，为海油工程的安全生产提供了强有力的支持。

四、人员定位系统在海油工程安全管理中的发展趋势

人员定位系统在海油工程安全管理中的应用同样正迎来新的

变革。下面将探讨人员定位系统在技术创新方向和应用领域拓展方面的趋势，以期在海油工程安全管理的发展提供一些启示。

（一）技术创新方向

1. 精度提升：在未来，人员定位系统的精度将得到进一步提升。新型定位技术，如超宽带（UWB）、室内定位技术等，将使得定位系统在海油工程中能够提供更加精确的位置信息，从而提高安全管理的有效性^[8]。

2. 多技术融合：为提高人员定位系统的性能，多种技术的融合将成为未来发展趋势。例如，将 RFID、UWB、GPS、蓝牙等技术相结合，可以在不同的环境和条件下提供更加稳定和可靠的定位服务。

3. 智能化与自动化发展：人员定位系统将不再局限于提供位置信息，而是将结合人工智能技术，实现更加智能化的功能^[9]。

（二）应用领域拓展

1. 跨行业应用：人员定位系统将不再局限于海油工程领域，而是将拓展到其他行业，如建筑、矿业、物流等领域。

2. 海上风电领域：随着海上风电行业的快速发展，人员定位系统在海上风电领域的应用前景广阔。通过实时监控和定位人员的位置，可以提高海上风电场的安全管理水平，减少事故的发生。

3. 深海油气开发：深海油气开发面临着更加复杂和安全风险，人员定位系统在深海油气开发中的应用将有助于提高人员的安全性和工作效率^[10]。

总之，人员定位系统在海油工程安全管理中的发展趋势表明了技术的不断创新和应用领域的不断拓展。

结束语

目前，技术创新如精度提升、多技术融合、智能化与自动化，正推动着系统性能的飞跃。这些技术不仅提高了工作效率，也显著增强了人员安全。尽管面临技术难题、数据隐私保护、员工接受度等挑战，但通过持续的技术创新和多方合作，定能克服这些障碍，实现人员定位系统的最大潜力。未来，这一系统不仅将在海油工程中发挥关键作用，还将拓展至其他领域，如海上风电和深海油气开发，为更多行业的安全管理提供支持。

参考文献

- [1] 白浩, 宋金标. 定位技术在海油码头安全生产管理中的应用 [J]. 设备管理与维修, 2022, (19): 107-108. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.10.46.
- [2] 姜天杰, 刘建强, 张菲菲, 等. 救援井联合探测定位技术及其应用研究 [J]. 石化技术, 2021, 28(07): 79-81.
- [3] 张秀林, 林梓淇, 古博, 等. 深水半潜式生产储油平台人员定位系统应用研究 [J]. 海洋工程装备与技术, 2022, 9(04): 72-79.
- [4] 浦建伟, 李伟, 张秀林, 等. 基于钛准技术的人员定位系统在深水半潜平台建造过程的应用探索 [J]. 石油工业技术监督, 2022, 38(09): 43-46. DOI: 10.20029/j.issn. 1004-1346.2022.09.011.
- [5] 吴君. 人员定位技术及在石化厂区的应用 [J]. 产业创新研究, 2021, (24): 51-53.
- [6] 张庚新, 齐树毅, 王环环. 智能人员定位系统在海上平台的应用 [J]. 化工管理, 2021, (34): 193-194. DOI: 10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2021.34.077.
- [7] 梅刚. 三维可视化技术在油气田联合站的设计应用 [J]. 石油化工自动化, 2021, 57(S1): 120-122.
- [8] 张腾霄, 颜凡新. 地下水封石洞油库施工期安全监控定位系统 [J]. 广东水利水电, 2020, (10): 88-93.
- [9] 项进卓, 许祎. 中控生产管理 & 安全应急指挥项目助力索普集团实现“数智化”安全生产 [J]. 自动化博览, 2020, (03): 44-46.
- [10] 彭圣仆. 面向重大危险源的人员定位监控系统关键技术研究与应用 [D]. 杭州电子科技大学, 2023. DOI: 10.27075/d.cnki.ghzdc.2023.001428.

高速一级公路桥梁施工技术与质量控制研究

陈勇

中交二航局第四工程有限公司，安徽 芜湖 241000

摘 要： 在高速一级公路桥梁施工的全过程中，技术实施与质量控制无疑是两大核心要素。施工技术的精湛度直接决定了桥梁的结构稳定性和使用寿命，而施工质量的严密控制则是确保桥梁安全、可靠运行的关键。这两者的紧密结合，不仅关乎着桥梁的整体质量和耐用年限，更对后续的维护成本产生深远影响。本文首先探讨一级公路桥梁建设技术，再对一级公路桥梁建设质量控制进行分析，最后提出旨在为我国桥梁工程建设提供参考和借鉴的措施，加强桥梁建设技术和质量控制。

关 键 词： 公路桥梁工程；施工技术；质量控制

Research On Construction Technology And Quality Control Of Highway Bridge

Chen Yong

CCCCSHEC FOURTH ENGINEERING COMPANY LTD., Anhui, Wuhu 241000

Abstract： In the whole process of high-speed highway bridge construction, technical implementation and quality control are undoubtedly the two core elements. The exquisite degree of construction technology directly determines the structural stability and service life of the bridge, and the strict control of construction quality is the key to ensure the safe and reliable operation of the bridge. The close combination of the two is not only related to the overall quality and durability of the bridge, but also has a profound impact on the subsequent maintenance costs. This paper first discusses the construction technology of first class highway bridge, then analyzes the quality control of first class highway bridge construction, and finally puts forward the measures to provide reference and reference for the bridge engineering construction in China, and strengthen the bridge construction technology and quality control.

Keywords： highway and bridge engineering; construction technology; quality control

引言：

随着城市化步伐的日益加快，城市人口和车流量的激增，对路桥工程，尤其是高速一级公路桥梁的建设，提出了前所未有的挑战。这些挑战不仅体现在对路桥承载能力的极高要求上，更在施工技术的精湛度和质量控制的严格性上提出了更高的标准。因此，这既是对当前道路桥梁建设领域技术和管理水平的一次全面检验，也是对高速一级公路桥梁建设技术研究和质量控制的一次积极探索，更是对未来道路桥梁建设发展趋势的一次检验。

一、高速一级公路桥梁施工技术

1. 桥梁类型与结构特点

根据结构形式的不同，桥梁可以分为梁桥、拱桥、悬索桥等多种类型，每种类型都有其独特的结构特点和适用范围。

梁桥以承重构件为主要受力结构，是一种常见的桥型。这种桥适用于较小跨度的桥梁，在公路桥梁建设中一般比较常见。梁桥设计建造相对简单，造价较低，宜采用较近距离的桥体（triplebridge）。

拱桥则以适用于较大跨度的拱圈为主要受力结构。拱桥在大跨径桥梁建设中因其独特的结构形式而具有重要地位。拱桥的设计需要考虑拱线的形状和支撑条件，施工技术要求较高，但其美学效果和结构稳定性常常受到青睐^[1]。

悬索桥以悬索为主要受力结构，适用于跨径较大的桥梁设计。悬索桥的特点是跨度大、结构复杂、视觉效果突出，常用于跨越江河、峡谷等大型地形的场景。悬索桥的设计需要考虑悬索的张力、主塔的承载能力等关键因素，施工难度大，技术要求高。

作者简介：姓名：陈勇，性别：男，出生日期：1986 年 10 月 10 日，籍贯：安徽省六安市裕安区独山镇，学历：大学，职称：工程师，民族：汉族，从事的研究方向或工作领域：工程管理（道路与桥梁方向）

2. 施工技术流程

高速公路一类桥梁的建设技术流程主要包括基础建设、墩台建设和上部结构建设等关键阶段的施工技术流程。

基础建设作为桥梁工程的整体基础，对整个桥梁结构的支撑作用是举足轻重的。在基础施工阶段，包括桩基础、承台基础等的施工，需要严格按照设计要求进行，以确保桥梁的稳定性和承载能力^[2]。

墩台直接承担上部结构的重量和载荷，作为桥梁结构的支撑部分。墩台施工包括墩柱、墩台、墩帽等部分的施工，需要在施工过程中保证桥墩垂直度和水平度的稳定和安全，以保证整个桥梁结构的稳定。

桥梁工程包括桥面铺装、梁体安装等工作，其主体部分为桥梁工程的上部结构建设。为了确保大桥结构的准确稳定，施工人员现阶段需要严格按照设计要求进行作业^[3]。

3. 施工材料与设备

在高速公路 I 级桥梁建设过程中，混凝土、螺纹钢、预应力钢等是主要所需材料。

作为桥梁结构中最常用的材料之一，混凝土承担着承载桥梁负荷的重任。其优点是耐久性好、施工方便、成本相对较低，因此被广泛应用于桥梁项目。

钢筋作为混凝土的加固材料，对整体结构的承受力有较大的改善作用，可以增强混凝土的抗拉强度。

而预应力钢则能通过预先施加张力，使结构在使用过程中产生压应力，从而提高承载力，提高结构的抗震性^[4]。

二、一级公路桥梁建设质量控制

1. 施工前质量控制

在高速一级公路桥梁施工中，施工前质量控制包括原材料质量控制、施工方案与图纸审查、施工前技术交底与培训等方面。

通过严把原材料质量关，严把质量关，确保原材料符合国家标准和设计要求，确保工程整体质量，避免因原材料问题造成施工质量上的瑕疵。

审查施工方案能够确保施工过程中的合理性和可行性，避免出现施工过程中的问题或纰漏；审查图纸能够确保施工按照设计要求进行，减少施工过程中的误差和差错，保证桥梁结构的准确性和稳定性^[5]。

通过技术交底，施工人员可以了解工程的具体要求、施工方案和关键技术要点，确保施工人员对工程要求和标准有清晰的认识；而培训则可以提升施工人员的技术水平和操作方法，确保他们具备必要的技能和知识，避免因操作不当而引发的质量问题。

2. 施工过程中质量控制

在高速一级公路桥梁施工中，施工过程中的质量控制主要包括关键工序质量控制点设置、施工现场管理与监测、质量问题与隐患处理等方面。

通过设置关键工序的质量控制点，可以对施工过程中的关键环节进行监控和检查，及时发现并解决潜在的质量问题，保证工

程质量达到设计要求。

有效的现场管理，能保证施工过程有条不紊，施工人员在施工过程中不出现混乱、不受控制的情况，按规范、按程序进行作业；同时对建设过程中的各个环节进行监控，确保建设达到设计要求，有效控制质量^[6]。

及时发现和处理质量问题和隐患，可以避免问题扩大导致更严重的后果，保证工程质量稳定和可靠。处理质量问题需要迅速、果断地采取措施，从根本上解决问题，确保施工质量不受影响。

3. 施工后质量控制

在高速一级公路桥梁施工中，施工后质量控制主要涵盖桥梁结构验收标准与程序、桥梁性能检测与评估、质量问题整改与后期维护等方面。

通过严格执行验收标准和程序，可以对桥梁结构进行全面检查和评估，确保其符合设计要求和国家标准，从而保障桥梁的使用安全和结构稳定性^[7]。

通过对桥梁性能进行全面检测和评估，可以验证桥梁在使用过程中的承载能力、稳定性等关键指标，保证其在实际运行中具有良好的性能表现，满足交通运输的需求。

及时发现并整改质量问题，对于预防问题进一步恶化、保证桥梁运行安全至关重要。同时，有效的后期维护措施能够延长桥梁的使用寿命，确保其长期稳定运行，减少维修和安全隐患^[8]。

三、强化措施，强化建桥过程和质量把关

1. 控制施工材料的质量

建筑材料是桥梁建设的基础，它直接决定着桥梁工程的总体质量和性能的优劣。对物资采购、检验、使用等环节进行严格把关，做到安全、稳定、持久地保障大桥工程。

在材料采购环节，选择信誉度高、质量可靠的供应商必不可少。与正规合格的供货商合作，不仅可以降低商品的购买风险，而且货源的质量也可以得到可靠的保证。供应商的信誉和实力直接影响着所提供材料的质量和性能，因此在采购过程中应充分考虑供应商的信誉和资质，避免选择低质量或劣质材料。

在物质检测环节，依据相关标准规范，严格质量检测，严格执行。通过对材料的物理性能、化学成分、外观质量等方面进行全面检测，确保材料符合设计要求和标准规范。只有经过严格检验合格的材料才能投入使用，以保证施工质量和工程的可靠性^[9]。

在使用过程中，必须实行严格的材料管理制度，杜绝不合格材料流入建筑工地。建立健全的材料登记、入库、出库、使用记录等管理制度，加强对材料的追溯和监控，及时发现和处理不合格材料，避免其对工程质量造成影响。只有做到严格管理，杜绝使用不合格材料，桥梁工程的质量和安全才能得到保证。

2. 加强对施工质量的监督

建立完善的质量监督体系，对各个施工环节进行严格的监控和检查，是确保桥梁工程质量的关键措施。防止问题扩大化，确

保工程质量和安全，能够及时发现问题，并采取有效措施加以处理。

明确每个环节的监管职责和流程，通过设立专门的质监部门或机构，制定详细的质量监督计划和标准，确保在施工过程中，每一个环节都能监管到位，检查到位。监督体系应该具有全面性、连续性和有效性，能够全面掌握施工情况，确保施工质量符合设计要求。

对隐蔽工程、关键部位和薄弱环节的质量进行检查，这些部位往往影响着工程的整体质量和安全性，因此需要加强对其质量的监督和检查。通过采用无损检测技术和现场实测实验等手段，对隐蔽工程、重点部位进行全面检查，确保质量问题及时发现，及时解决，避免工程质量受到不良影响^[10]。

定期进行现场巡查和检验，严格按照设计要求和规范执行施工工艺，确保各项施工工作按照质量要求进行。对施工人员的工作态度、操作规范等进行监督，防止施工质量出现偏差，做到发现问题及时改正。

3.加强控制桥梁施工的几何尺寸

桥梁的几何尺寸直接关系到其结构性能和使用功能的体现，准确的几何尺寸是确保桥梁结构安全稳定的基础。在施工过程中，严格按照设计图纸和规范要求进行几何尺寸控制是确保桥梁质量的重要环节。

对于桥梁的关键部位和关键环节，应进行精确的测量和定位。这些部位往往承担着桥梁结构的重要功能，如桥墩、桥台等，其几何尺寸的准确性对整个桥梁的稳定性至关重要。通过采用高精度的测量设备和技术，对这些关键部位进行精确测量和定位，确保其几何尺寸符合设计要求，从而保障桥梁结构的安全可靠。

在整个施工过程中，施工人员严格按照设计图纸和规范要求，对桥梁的几个尺码、几个尺码实施把关。包括桥梁的梁高、跨度、墩台尺寸等各项几何参数，都应符合设计要求进行施工，避免出现偏差或超差情况。通过定期对施工过程中的几何尺寸进行检查和核实，及时发现问题并进行调整，确保桥梁结构的准确性和稳定性。

建立施工现场几何尺寸控制的管理制度，明确责任部门和人员，加强对施工过程中几何尺寸的监督和检查，及时发现和解决问题。同时，加强对施工人员的培训，提高其对几何尺寸控制的重要性的认识，确保施工过程中的几何尺寸控制得到有效执行^[3]。

4.加强施工设备与机械的管理

施工设备和机械直接影响施工进度和质量，是桥梁施工过程中必不可少的重要工具。为确保施工设备能够正常运行、高效作业，建立完善的设备管理制度至关重要。

在设备采购、验收、维修、维护、更新等各个环节，建立完善的设备管理体系。通过建立规范的管理程序和制度，确保施工设备与机械的正常运行和良好状态。定期对施工设备进行检查、维修和保养，及时发现并解决设备问题，确保设备处于良好的工作状态，从而保障施工进度和质量。

操作者的技能水平、安全防范意识，对施工设备的使用效果和使用安全有着直接的影响。通过定期培训和考核，提高操作人员的技术水平和安全意识，使其能够正确、规范地操作施工设备，避免因操作不当导致的设备故障和事故发生。

建立设备使用记录和维护档案，定期对设备使用情况进行评估和分析，发现问题并及时采取措施解决。保持设备管理人员与操作人员的沟通畅通，及时了解设备使用中的问题和需求，确保设备的正常运行和高效作业。

结语

路桥工程施工技术管理与质量控制在我国基建工程中处于核心地位，也是举足轻重的工程。这两者不仅关乎工程本身的安全性、耐用性和效率，更与公众安全、交通运输的畅通乃至国家经济的稳定发展紧密相连。展望未来，为了推动路桥工程行业的持续发展，必须继续致力于提升施工技术管理水平，并严格规范质量管理工作。这不仅需要政府、企业和社会各界的共同努力，也需要每一个从事路桥工程建设的人员不断学习和创新，以适应行业发展的新形势和新要求。

参考文献

- [1] 邓军婷. 高速公路桥梁施工过程中技术管理与质量控制分析 [J]. 运输经理世界, 2023(26):110-112.
- [2] 李帅. 高速公路桥梁施工技术 & 质量控制 [J]. 工程建设与设计, 2023(8):177-179.
- [3] 李龙. 关于公路桥梁施工技术 & 质量控制探讨 [J]. 缔客世界, 2021(4):258-258.
- [4] 肖峰. 高速公路桥梁施工过程中技术管理与质量控制分析 [J]. 运输经理世界, 2023(36):68-70.
- [5] 邓军婷. 高速公路桥梁施工过程中技术管理与质量控制分析 [J]. 运输经理世界, 2023(26):110-112.
- [6] 李清平. 高速公路桥梁工程桩基施工技术 & 质量控制研究 [J]. 工程建设与设计, 2023(09):202-204.
- [7] 杨美山. 高速公路桥梁薄壁空心墩施工技术 & 质量控制 [J]. 交通世界, 2022(17):169-171.
- [8] 张月田. 高速公路桥梁施工过程中技术管理与质量控制研究 [J]. 运输经理世界, 2022(14):149-151.
- [9] 鲁成辉. 高速公路桥梁工程中钻孔灌注桩施工技术 & 质量控制要点分析 [J]. 工程技术研究, 2020, 5(21):55-56.
- [10] 邹波. 高速公路桥梁桥墩施工技术难点 & 质量控制 [J]. 交通世界, 2020(23):146-147.

大数据背景下计量方法的创新与应用

王道芬, 杨莹

吉林石化公司电仪中心(检测中心), 吉林 吉林 132022

摘 要 : 随着信息技术的飞速进步, 大数据时代已经席卷全球, 为各行各业带来了前所未有的活力与变革。计量方法, 作为现代科学管理的重要基石, 在大数据的时代背景下, 正经历着一场深刻的创新与应用革命。本文旨在深入剖析大数据背景下计量方法的创新路径与实践应用, 并揭示其对企业成长壮大和社会文明进步的积极影响。大数据的崛起, 为计量方法提供了更加广阔的舞台和无限的可能。借助大数据技术的支持, 计量方法得以突破传统模式的限制, 实现更为精准、高效的数据分析与处理。在大数据背景下, 计量方法的创新与应用正逐渐渗透到各个行业领域。

关 键 词 : 大数据; 计量方法; 创新; 应用

Innovation And Application Of Econometric Methods In The Context Of Big Data

Wang Daofen, Yang Ying

Jilin Petrochemical Company Electric Instrument Center (Testing Center), Jilin, Jilin 132022

Abstract : With the rapid progress of information technology, the era of big data has swept across the world, bringing unprecedented vitality and change to various industries. Measurement methods, as an important cornerstone of modern scientific management, are undergoing a profound innovation and application revolution in the era of big data. This article aims to deeply analyze the innovative paths and practical applications of measurement methods in the context of big data, and reveal their positive impact on the growth and development of enterprises and the progress of social civilization. The rise of big data provides a broader stage and infinite possibilities for measurement methods. With the support of big data technology, measurement methods can break through the limitations of traditional models and achieve more accurate and efficient data analysis and processing. In the context of big data, innovation and application of measurement methods are gradually penetrating into various industry fields.

Keywords : big data; measurement methods; innovation; application

引言

随着信息技术的日新月异, 我们已昂首迈进大数据时代的崭新纪元。在这个时代, 数据的收集、处理与应用方式发生了翻天覆地的变化, 数据的规模之庞大、复杂性之高, 均达到了前所未有的高度。与此同时, 计量方法也迎来了前所未有的创新与应用, 为大数据的分析和挖掘提供了强大的工具支持。传统的计量方法往往受限于数据的规模与复杂性, 难以应对大数据时代的挑战。然而, 随着机器学习和人工智能技术的蓬勃发展, 新的计量方法应运而生, 能够更有效地处理大规模、高维度的数据, 并从中提炼出有价值的信息。大数据背景下的计量方法更加注重数据的实时性和动态性。传统的计量方法往往只能对静态的数据进行分析, 而现代计量方法则能够实时监控和分析数据的变化, 从而更精准地把握市场的动态和趋势, 为决策提供及时有效的依据。

一、计量方法在大数据时代的重要性

计量方法, 作为现代科学管理的稳固基石, 以其独特的实测性、卓越的精确性和无可争辩的公正性, 在产品质量提升、生产流程优化及科技进步等多个层面发挥着举足轻重的作用。^[1]在当

今大数据迅猛发展的时代背景下, 计量数据的采集与应用已全面渗透到工艺与生产的每一个环节, 使得精确的测试数据能够与生产实验的全流程无缝对接, 进而显著提升产品的整体品质, 有效增强企业的经济效益。随着大数据技术的不断创新与突破, 计量领域也迎来了新的发展机遇与活力。通过对海量数据的深入挖掘

作者简介:

王道芬, 出生年月日: 1982/03/31, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山东省肥城市, 学历: 大学本科, 职称: 中级工程师, 从事的研究方向: 计量体系管理

杨莹, 出生年月日: 1981/12/03, 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 辽宁省辽中县, 学历: 大学本科, 职称: 中级工程师, 从事的研究方向: 测控技术

与分析,我们能够揭示其中隐藏的新关联、新规律,从而进一步挖掘计量方法的巨大价值潜力,为科研与生产的进步提供源源不断的动力与支持。计量数据在科研与生产各环节的广泛应用,不仅为企业实施精细化管理提供了强有力的数据支撑,更为企业的技术创新提供了坚实的保障。它推动了企业技术的不断革新与升级,为实现提质增效的宏伟目标奠定了坚实的基础。

二、大数据背景下计量方法的创新

(一) 数据采集技术的创新

在如今这个信息爆炸的大数据时代背景下,数据采集技术的不断革新,已经日益成为推动计量方法取得显著进步的核心动力。通过构建一套高效且具备前瞻性的数据采集平台,我们能够实现对海量数据信息的实时捕获、安全存储以及高效处理,从而为后续的计量分析与应用提供坚实可靠的数据基石。^[2]借助前沿的传感器技术与物联网技术的深度融合,我们能够实现对生产流程的全方位无缝监控,以及对相关数据的实时采集与传输。这种先进的技术应用不仅显著提升了计量数据的精确性,还极大地增强了数据的实时性和动态性,使得我们能够更加及时、准确地掌握生产过程中的各项关键指标。这种融合创新的技术应用,不仅为现代计量工作注入了新的活力,还极大地推动了计量工作的智能化、高效化发展。通过对数据的深入挖掘和分析,我们能够更好地把握生产过程中的规律与趋势,为企业的决策制定提供有力的数据支持。同时,这也为我们探索更加先进、高效的计量方法提供了广阔的思路与空间。

(二) 数据处理与分析方法的创新

随着大数据技术的飞速发展和持续完善,数据处理与分析手段正展现出日新月异创新面貌。得益于云计算、人工智能等前沿技术的深度融合与广泛应用,我们如今已经能够实现对海量数据的超高速处理与深度挖掘,从而充分发掘并利用数据中所蕴含的丰富潜在价值。借助先进的机器学习算法,我们能够深度剖析复杂的计量数据,不仅能够精准揭示生产过程中的异常模式,还能快速定位潜在问题,从而为企业决策者提供强有力的数据支撑。^[3]这种数据处理与分析的革新不仅优化了企业的生产流程,提升了生产效率,更推动了企业管理的智能化和精准化进程。企业可以更加科学地制定发展策略,优化资源配置,降低运营成本,从而在激烈的市场竞争中占据更有利的位置。可以说,大数据技术的成熟与进步,不仅为企业带来了前所未有的发展机遇,也为整个行业的转型升级注入了强大的动力。

(三) 计量标准的创新

在大数据浪潮席卷而来的时代背景下,计量标准也在不断地经历着革新与蜕变,努力追求日益完善的目标。传统的计量标准往往局限于单一的物理量或化学量,这种局限性在科技高速发展的今天已经愈发凸显,无法满足复杂多变的需求。

随着大数据技术的蓬勃兴起,计量标准正在逐步摆脱这种束缚,向着更加多元化、综合化的方向迈进。^[4]通过深度整合多个指标和数据源,我们能够构建出一个更加全面、客观的计量标准体

系,从而更好地反映事物的本质和规律。这种全面的测量方式,不但扩大了测量的范围,而且使测量结果更加准确、可靠。该方法可以将多个领域和维度的信息进行有效的整合,从而形成一种立体的、多维的、全面的评估系统。这种评估方法不但可以更准确地描述事物的特性,而且可以为政府的决策提供更科学和合理的依据。大数据的赋能,使计量基准由孤立的、局部的概念转变为一个有机的、相互联系的系统。它可以对纷繁复杂的信息进行有效的集成与分析,使人们对事物有更深刻的认识与了解。这一变化既体现出科学技术对计量学科产生的深远影响,又为计量学科的发展指明了方向。在大数据的帮助下,计量基准必将持续焕发出勃勃生机,为各行业提供更为准确可靠的计量服务,促进社会的发展与进步。

(四) 跨领域深度融合的创新

受特定的行业的制约,很难扩展其适用范围与深度。因此,该方法难以与其他学科进行有效的交叉融合,制约了计量学的发展与应用。但是,随着大数据的到来,这种局面有了很大的改观。随着大数据技术的快速发展与普及,各领域间的数据交换与共享日益便利与高效。这一转变,不但可以为计量研究提供丰富的数据资源,而且可以突破产业壁垒,实现与其他学科的交叉与融合。^[5]在此基础上,利用大数据、人工智能算法和云计算平台等技术,建立更为全面、准确、智能的计量分析方法。本项目的研究成果不但可以有效地解决传统计量技术无法处理的复杂性问题,而且可以更好地满足实际应用的需要,为各行各业的发展提供强有力的支撑。在大数据背景下,多学科交叉融合已成为必然,也是驱动各个产业创新发展的重要驱动力。我们应该充分利用这一有利条件,积极探索计量方法的新应用和新发展,为社会的进步和发展做出更大的贡献。

三、大数据背景下计量方法的应用

(一) 在工业生产中的应用

在工业生产领域,计量方法的应用已经深入到生产流程的方方面面,成为推动生产效率提升、保障产品质量稳定的关键因素。通过运用先进的实时监测技术和数据分析手段,我们能够全面捕捉生产过程中的各种异常情况与潜在风险,从而迅速识别出生产流程中存在的问题,并针对性地采取改进措施。通过上述改造,可以使生产过程得到最大程度的优化,同时也可以降低生产成本;提高企业在市场上的竞争能力。计量数据对评价企业的生产效率、产品品质也有很大的参考价值。通过对计量数据的深度挖掘与分析,能够更精确地掌握生产工艺的各项参数与指标,从而对企业的生产效率与质量状况进行评价。本项目研究成果将为企业决策提供可靠的数据支撑,并有助于企业及时发现存在的问题与不足,为企业持续改善与创新提供强有力的支持。^[6]在工业生产中,计量方法的运用起着举足轻重的作用,它可以提高企业的生产率,提高产品的品质,同时也可以保证企业的发展。随着科学技术的进步,其应用范围将越来越广、越来越深,为企业的可持续发展提供了新的动力。

（二）在科研领域的应用

在科学研究中，测量手段的运用越来越普遍，其作用不可忽视。研究人员利用计量学的方法，对海量的数据进行深度分析与挖掘，既可以发现隐藏在数据中的科学规律与现象，又可以促进科学技术的不断发展和创新。计量技术的应用，可以帮助研究人员更加精确地抓住问题的实质，并据此提出更有针对性的对策。同时，该研究还可以为科学研究提供更客观、更科学的基础，对科学研究的质量与影响进行评价。同时，也为科学研究提供了新的思路，提高了科学研究的精度和可靠性。通过对数理统计资料的分析与对比，可以使研究者对当前的科学问题有一个较为清楚的认识，并据此制订出更合理的研究计划与规划。计量学在科学研究中的运用，对科学研究产生了巨大而深刻的影响。给人以新的推动力。

（三）在经济管理中的应用

在经济管理的各个领域，计量方法的运用越来越广泛，越来越深入。本项目的研究成果将为我国经济数据的分析与预测提供重要的理论依据，并为企业的战略计划与决策提供强有力的支撑。通过这种测量手段，企业能够对市场需求进行更准确的分析和预测，从而制定出更符合市场实际的发展战略。这样既可以提高公司的投资效益，又可以保证投资方案的准确性和有效性，减少投资的风险。同时，计量资料对企业的经济效益评价也有着其他方法所不能代替的。^[7]在对这些数据进行深度分析的基础上，公司能够对自己的盈利情况、成本结构和运作效率等有一个清楚的认识，从而制订出更科学的管理战略。同时，也可以反映出公司在市场上的竞争状态，使公司能够及时地发现自己的问题与缺陷，从而能够适时地调整策略，提高公司的市场竞争力。将计量方法运用到经济管理中，可以给企业提供更为全面和准确的信息支撑，帮助公司更好地把握市场动态，优化资源配置，提高运营效率，从而达到可持续发展的目的。

（四）在生产领域的应用

计量技术在工业企业中的运用，对提高企业的质量、提高企

业的经济效益具有十分重要的意义。利用测量学方法，可以对工艺参数进行实时监控，及时发现存在的问题和隐患。^[8]对设备进行实时监控，不但可以帮助我们及时地发现和故障，而且可以有效地防止在生产中造成不必要的损失。该计量方法也可应用于对制造装备的运行状况及稳定性进行评价。通过对设备的相关数据进行收集与分析，能够获得设备的运行状况、故障率、维修要求等重要信息，为设备的维修与管理提供了可靠的理论基础。在此基础上，提出了一种新的解决方案，即在一定程度上减少了因设备失效所带来的冲击，从而达到了延长设备寿命、增加企业经济效益的目的。^[9]计量方法的应用对于提高产品质量和生产效率具有重要意义。我们应该充分利用计量技术的优势，将其广泛应用于生产实践中，以推动企业的可持续发展。

结语

综合所述，在大数据的时代背景下，计量方法的创新与应用已经崛起成为推动企业蓬勃发展和社会持续进步的核心动力。随着大数据技术的日新月异，计量方法的应用领域将得到进一步拓宽，其推广和普及将为现代社会的进步注入源源不断的新活力和强大动力。我们热切期盼计量方法在以下几个方面取得更为显著的突破：首先，加强与其他学科的深度交叉融合，推动计量方法向多元化和综合化方向不断发展；其次，加强计量数据的标准化和规范化建设，提高数据的可比性和可靠性，确保计量结果的准确性和科学性；最后，加大计量人才的培养和引进力度，为计量方法的创新与应用提供坚实的人才支撑和智力保障。在大数据时代的滚滚洪流中，计量方法的创新与应用将继续发挥举足轻重的作用，为社会的繁荣昌盛和科技进步贡献出更多的智慧和力量。让我们共同期待并见证计量方法在未来能够创造出更多的价值和奇迹，引领我们走向更加美好的未来。

参考文献

- [1] 袁建国. 论企业财务会计对企业经济效益的影响 [J]. 经济师, 2023(4): 77-78+136.
- [2] 王荃. 基于大数据的企业财务会计信息化管理探讨 [J]. 网络安全和信息化, 2023(4): 28-30.
- [3] 妙红英, 李蒙, 王艳芹, 等. 利用大数据实现电能计量装置运行状态质量评估 [J]. 电力大数据, 2020, 10(11): 27-33.
- [4] 陈莹, 王雷, 张新予, 等. 基于大数据分析技术的电网计量故障识别方法研究 [J]. 中国管理信息化, 2019, (11): 160-163.
- [5] 燕凯, 岳振宇, 高嘉浩. 基于大数据的电力计量设备运行状态评估与故障诊断方法研究 [J]. 电子器件, 2019, (05): 1095-1098+1121.
- [6] 朱孟周, 孙志明, 黄强, 等. 基于Gabor变换的电力计量设备运行故障诊断技术 [J]. 自动化与仪器仪表, 2021, (10): 249-252.
- [7] 许丽娟, 王勇, 刘佩琪, 等. 基于数据矩阵化的电力计量装置黑盒故障研究 [J]. 信息技术, 2020, 11(7): 29-33.
- [8] 吴瀛, 姚栋方, 陈崇明, 等. 基于云平台的电能计量装置状态监测与故障诊断系统 [J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, (4): 197-202.
- [9] 祝唯微, 孙沛, 陈宝靖, 等. 基于神经网络的电力计量故障诊断及仿真研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2019, (01): 56-59.
- [10] 董鹏, 杨凤玖, 曲鼎. 电能计量自动化终端的故障及其诊断处理策略 [J]. 中国新通信, 2021(06): 171-172.

精细化管理在高校基础建设工程管理中的应用浅析

高炳琪

北京大学医学部, 北京 100083

摘 要 : 高校基本建设的安全实施是学校教学科研质量的重要保障。基础建设工程的精细化管理是精细的管理制度是将精准的、有针对性的管理融入到工程管理中。通过探讨新时期高校基本建设项目的精细化管理的应用意义, 分析传统粗放的管理方式, 对施工进度、质量、成本等方面的控制力度较弱。然而, 精细化管理则能够针对性地解决这些问题, 有效控制工程造价, 降低管理风险。基于此, 本文详细分析了精细化管理在建筑工程管理中的应用措施。

关 键 词 : 高校基建; 精细化管理; 工程管理; 应用

A Brief Analysis of the Application of Fine Management in the Management of Basic Construction Projects in Universities

Gao Bingqi

Peking University Health Science Center, Beijing 100083

Abstract : The safe implementation of basic construction in universities is an important guarantee for the quality of teaching and research in schools. The refined management of infrastructure projects is a refined management system that integrates precise and targeted management into project management. By exploring the application significance of refined management of basic construction projects in universities in the new era, this paper analyzes that traditional extensive management methods have weak control over construction progress, quality, cost, and other aspects. However, refined management can address these issues in a targeted manner, effectively control project costs, and reduce management risks. Based on this, this article provides a detailed analysis of the application measures of refined management in construction project management.

Keywords : university infrastructure; refined management; engineering management; application

引言

校园基础建设是高校教学科研、人才培养的重要支撑。随着国家“双一流”建设、大学学科高质量发展的深入推进, 原有的基础设施已逐渐无法满足教学科研需求。高校大力发展新增、改造等基建工程, 以支撑更大规模、更高质量的科教研工作。在高速建设中, 高校基建工程对施工工期、施工质量、工程成本等管理标准也更加严格, 传统的粗放式建筑工程施工管理难以满足其实际需求。受限于传统施工管理的流程和措施, 管理人员难以有效衔接和把握建筑工程施工的各个环节, 这不仅导致财力和人力的浪费, 也不容易实现工期压缩和质量提高。精细化管理高校基建工程, 对促进高校发挥人才培养、科学研究、服务社会等职能具有重要意义。

一、精细化管理的内涵

高校基建工程精细化管理工作是建立在传统工程管理模式基础上, 提升管理方法的专业化、系统化、数据化、信息化等, 旨在提高管理效率和效果, 有助于工程建设发展。精细的管理制度是将精准的、有针对性的管理融入到工程管理中, 通过精细的管理制度和详尽的管理要求来替代不明确的规章制度和缺乏系统化的决策体系, 并借助实际的管理模式, 使项目管理的综合成本大幅度降低。

二、精细化管理在高校基建工程中的应用意义

(一) 保障高校基建工程质量

在高校建筑工程项目施工过程中, 因学校作为人员密集度较

大的文教科研场所, 对基础建设的各阶段施工技术要求、安全要求高, 为了尽量避免在施工过程中产生质量缺陷和安全隐患, 需从具体施工技术着手, 对各个关键节点施工技术进行严格把关。在工程实施前的准备阶段, 对具体工程进行施工重点难点分析, 提出解决措施, 制定专项施工方案, 做好整体施工部署。在施工过程中, 严控管理现场施工质量和安全问题, 严格规范化落实技术要求, 围绕各关键施工要素做好组织协调、精细化把关工作, 确保达成预期施工质量要求。

(二) 控制施工成本

高校基建工程造价的超标会阻碍项目工程后续建设的如期开展, 致使工程不能按原计划投入生产使用, 进而影响高校整体建设规划和发展。这就要求在高校基本建设中要保证来源的稳定、施工进度、建设质量。在对实际项目进行精细化管理的过程中,

首先需要征求并确认建设单位及使用单位各方意见，管理使用单位的需求和预期，论证项目可行性研究，依照实际预算；在招标过程中严格遵循国家及学校招标和流程，结合设计图纸和国家颁布的测量规范来计算总施工量，编制工程量清单，在施工过程中对施工人员的日常开销及购买原料的成本进行有效控制，节约各类资源，防止出现资源浪费问题，防止施工人员违规操作，更加合理化地控制整体项目的施工成本^[1]。

三、精细化管理在高校基建工程管理中的应用措施

（一）施工材料的精细化管理

当前，高校基建的建筑要求越来越高，建筑结构愈发复杂，建筑外观设计个性化，绿色、节能的建筑材料种类繁多。而在工程造价中，建筑材料费用占比约为工程总投资的80%，因此，施工材料的精细化管理在控制施工质量、工程成本等成效显著。在设计阶段，对工程建设规模标准进行严格审定，确定所需材料的正确指标。在材料采购阶段，高校工程管理人员应从材料的采购源头严格把关，在保证质量的前提下择优价格采购。在招标时应秉承信息公开、招标透明、平等竞争的原则，择优选取材料供应商。健全材料采购的监管体系，在材料入库阶段做好核对、进场验收等工作，保证材料型号、种类和质量符合施工需求，避免劣质材料进入工程现场。在材料的使用前期，应对施工人员的培训新型施工材料的种类和使用方法，提高施工材料的使用率，降低施工成本。最后，在材料使用阶段做好管理工作，一方面要做好材料的出入库记录，防止材料丢失；另一方面要严格按照要求存放材料，防止因暴晒、腐蚀、污损等原因影响材料质量^[2]。

（二）施工进度的精细化管理

为了减少对师生正常教研、工作、学习、生活的影响，高校基建工程的实施一般都在假期进行，在固定的时间内完成需要有精细化的进度管理。为确保项目按时完成，需要精确的工期计划和进度控制，在考虑各个施工工期、施工工序、不良天气影响等因素下制定详细的项目进度计划^[3]。在项目实施过程中动态跟踪及管控施工进度，做好应急预案，及时处理现场问题。根据施工计划预先确定各施工工序所需资源，优化资源分配和调度，降低施工效率和成本。因校园环境为人群密度较高的复杂的集体环境，且通行人员、车流量较大，很多改造工程都是处在教学、科研工作使用的状态下。因校园生活空间的需要，只能通过张贴公

告警示、拉施工警戒线等方式限制工程四周人车交通，无法做到完全控制人车流量，如若产生安全事故，将造成无法挽回的经济损失、财产损失，也会严重影响施工进度，保证高校建筑工程施工的安全性极为重要。高校建筑工程施工进度的精细化管理中事前做好应急预案，在事故发生时能够根据方案第一时间响应并实施处理，将事故损失降至最低，进而提升整体建筑工程的综合施工水平^[4]。

（三）施工质量的精细化管理

质量管理是高校基建项目管理的核心，对高校基建工程实施工程建设质量的精细化管理模式，并将质量控制目标贯穿施工管理的全过程。一方面，精细化管理的初期需要做足准备工作，踏勘现场作业环境，根据施工方案中的具体工程建设要求，分解施工质量管理目标，对每道工序的质量控制要点有明确目标，对关键节点要有质量控制和质量检验环节。另一方面，建立全过程、全要素质量控制体系，编制《工程质量管理指导书》，对质量风险点、施工技术难点、现场管理薄弱点等加以明确，并制定预防性方案及应急方案。同时，正式施工前严格审核工程的分项工程施工方案和技术措施，组织对设计单位、施工单位、监理单位等技术交底工作和图纸会审工作，确保工程建设质量，减少设计变更。在具体组织施工的过程中，精细化的管理模式应严格执行合同标准进行质量控制。机械设备要建立相应的台账管理制度和维护检修制度，对建筑工程项目施工过程中所使用的各类机械设备登记造册，建立设备档案和管理台账，并定期组织和安排设备检修维护和保养工作^[5]。

结束语

精细化管理理念是适应时代发展和满足高校建设需求的必然选择。在精细化管理的过程中，利用创新的技术和现代化的管理模式，对传统建筑工程施工项目的针对性优化，提高工程管理的效率和质量。同时，精细化管理在建筑工程施工中的应用也正处于不断发展和完善的过程之中，高校基建工程的管理需要更加严格的安全管理、绿色节能、法规要求，涉及多个部门的协调、沟通、合作，要实现现代化和精细化的管理，这也对管理者具备更高的领导能力和更新管理知识、技能。随着精细化管理技术的不断升级和完善，精细化管理将不断促进高校实现建筑工程的效益最大化，并长期促进学校高质量长远发展。

参考文献

- [1]倪红云. 分析精细化管理在建筑工程管理中的应用[J]. 建材与装饰, 2019(36):157-158.
- [2]吴秋宁. 高校基建修缮工程管理存在的问题及解决方案[J]. 高校后勤研究, 2019(1):4.DOI:CNKI:SUN:GXHQ.0.2019-01-013.
- [3]姜松春. 研究精细化管理在建筑工程管理中的应用[J]. 地产, 2019(24):108.
- [4]段永峰, 孙正伟. 浅析B公司办公楼装修改造工程施工阶段精细化管理[J]. 居舍, 2022(32):79-82.
- [5]容艳玲. 建筑工程项目精细化管理探讨[J]. 居舍, 2023(25):170-173.

电网工程“资源统筹、一口对外” 协调工作机制构建与实施

计策, 李先纯, 王向阳

国网安徽省电力有限公司 安徽华电工程咨询设计有限公司, 安徽 合肥 230022

摘 要 : 随着电网建设速度的加快和建设规模的不断增加, 电力线路与铁路、公路、航道、林业等设施植被交叉跨越情况日益增多, 与各级政府和铁路、公路、航道、林业管理部门协调难度也日益增加。以横向协同, 整合内部优势资源, 以纵向贯通, 支撑基建对外管理推进。通过强化基建和发改部门协同配合, 强化属地资源最大化利用, 深化项目前期和工程前期统筹管理, 深化政企合作平台构建等举措, 建立了“横向协同、纵向贯通、一口对外”(HVV)外协工作新机制, 通过分级联动的资源统筹, 确保电力工程建设顺利实施。

关 键 词 : 一口对外; HVV 外协工作新机制; 分级联动; 资源统筹

Construction and Implementation of the Coordination Mechanism for “Resource Coordination and Unified External Relations” in Power Grid Engineering

Ji Ce, Li Xianchun, Wang Xiangyang

State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd. Anhui Huadian Engineering Consulting and Design Co., Ltd., Anhui, Hefei 230022

Abstract : With the acceleration of power grid construction speed and the continuous increase of construction scale, the crossing of vegetation between power lines and facilities such as railways, highways, waterways, and forestry is increasing. The difficulty of coordinating with governments at all levels and railway, highway, waterway, and forestry management departments is also increasing. Through horizontal collaboration, integrate internal advantageous resources, and vertically connect, support the promotion of infrastructure external management. By strengthening the coordination and cooperation between infrastructure and development departments, maximizing the utilization of local resources, deepening the overall management of pre project and pre engineering stages, and deepening the construction of government enterprise cooperation platforms, a new mechanism for “horizontal collaboration, vertical connectivity, and unified external relations” (HVV) outsourcing work has been established. Through hierarchical linkage of resource coordination, the smooth implementation of power engineering construction is ensured.

Keywords : unified external relations; new mechanism for HVV outsourcing work; hierarchical linkage; resource coordination

一、前言

(一) 铁路、公路、航道、林业等管理部门的协调工作大幅增加, 对工程建设机制提出更高要求

近年来, 随着电网建设速度的加快和建设规模的不断增加, 电力线路与铁路、公路、航道、林业等设施植被交叉跨越情况越来越多, 与铁路、公路、航道、林业等管理部门的协调工作大幅增加。因此, 为统筹协调解决电力线路交叉跨越铁路、公路、航道、林业等协议办理, 确保工程建设顺利实施, 供电公司可以充分利用电力线路迁改、电网规划等手段, 建立由建设部门牵头负责, 发展、财务、运检、营销(农电)、调控等相关部门协同配合的“一口对外”协调工作机制, 在交叉跨越协议办理方面争取到了主动权, 在与各级政府和铁路、公路、航道、林业管理部门

协调过程中, 增加了商谈的筹码和博弈的空间, 为电网工程建设协调提供了有力保障。

(二) 工程建设外部民事环境日趋复杂, 对工程建设机制提出更高要求

电网建设有序推进是保障能源安全, 提高资源配置能力, 拉动地方经济增长的重要手段, 更是坚强电网的重要基础。近年来, 工程建设外部环境日趋复杂, 由于投资大、点多、线长、涉及面广, 在现行规划、用地、拆迁、环评、建设等诸多环节不同程度存在问题。随着地方社会经济发展, 土地资源趋紧, 群众维权意识不断增强, 线路通道、站址的选择日益困难, 线树矛盾突出, 政策处理难度越来越大, 工程征迁青赔日益困难。工程规划落实难、政策处理难、造价控制难、施工进行难已经成为影响电网发展、建设工期和造价控制的主要因素, 严重影响了电网工程

的顺利推进。

（三）项目前期和工程前期统筹管理、无缝对接，对工程建设机制提出更高要求

长期以来，供电公司系统各单位基建工程的项目前期和工程前期工作一般分别由发展部、建设部等部门归口管理，发展部负责电网规划、计划下达以及工程核准前的相关手续协调管理；建设部侧重工程具体实施阶段的手续协调管理。两个部门在“涉外”前期协调未能整合统筹，无法充分发挥公司系统对外工作资源统筹优势。

二、基建工程“资源统筹、一口对外”协调工作机制的内涵

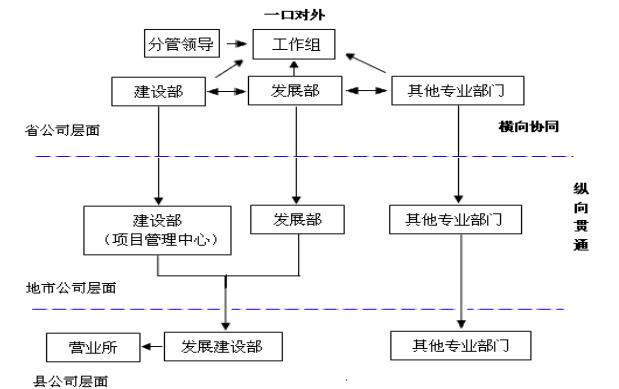
为解决上述问题，加快电网工程实施，满足电网进度计划安排，省公司整合内部资源，强化对外联系，建立了“横向协同、纵向贯通、一口对外”（HVV）外协工作新机制。即：H——横向协同（Horizontal coordination），V——纵向贯通（Vertical transfixion），U——一口对外（Unified external relations）。



> 图1：HVV策略图

（一）横向协同，整合内部优势资源

构建公司内部横向协同联系机制，一是可以最大程度的整合内部资源，最大化发挥电力企业集团优势，以最经济的方式获得解决外协问题的优化方案。二是打破固有专业分工，以工作流为引领，以效益最大化为原则，在业务层面开展交互，从而强化关键节点完成质量，为外协工作创造有利条件。



> 图2：一口对外组织结构及机制关联图

（二）纵向贯通，强化基建管理支撑

调整工程外协职责归口，建立以属地公司为主体，建立各级基建管理部门对口本级政府的沟通协调机制。

充分发挥属地公司熟悉当地风土人情、社会环境、地勘地

貌、气候环境等 工程建设关键信息，并与地方政府和相关方面具有良好的工作关系的优势，将外协工作自施工承包合同中剥离，实施外协工作属地化管理模式，促进外协费用依法合规使用，减少工程后续民事遗留问题。各级基建管理部门对口本级政府，促请建立“政府主要负责人”的责任机制，督导电力工程建设；与地方政府签订合作协议，及时沟通建设问题，加强基建管理的纵向支撑。

三、“资源统筹、一口对外”协调工作机制主要做法

（一）整合内部优势资源，成立“一口对外”协调工作机制

为落实公司集团化运作要求，整合内部资源，成立“一口对外”协调办公室，公司发展策划部、运维检修部、建设部、营销部、电力调度控制中心相关人员共同参与。“一口对外”协调办公室统一协调电网前期、建设中的涉外相关事宜，加强与省发改委、省交通厅、省建设厅、省林业厅、省经信委等政府部门和企事业单位的沟通协作，签订合作备忘录，建立长效沟通机制，随时协调解决电网前期、建设过程中出现的问题。

（二）强化基建和发策部门协同配合，开展基建深入参与可研工作

强化基建和发策部门协同配合，各级基建部门安排专人或聘用专家深度介入可研阶段工作，全程参与路径站址的选择、协议的取得和环境复杂程度评估，实现项目前期与工程前期无缝连接。遇压矿、拆迁等重大事项，及时向本单位主要负责人和上级单位建设部汇报，并在可研评审前给予解决，最大化降低工程实施阶段外协工作风险。

（三）发挥资源统筹优势，充分利用属地资源

调动各级基建管理部门，形成纵向管理支撑，充分发挥属地公司外协工作优势，解决工程外协问题。

1.明确外协属地化管理工作主要内容

外协属地化管理工作主要包括：变电站征地、地上附着物赔偿及补偿；变电站四通工作；变电站取水、排水、道路接口等协调及补偿，变电站和输电线路施工场地租用协调；输电线路塔基占地、通道构筑物清理、林木砍伐、经济作物损毁、矿石场停产等赔偿、补偿及协调；所属区域军队、政府部门权限审批的输电线路交叉跨越协调及赔偿；所属区域政府部门权限审批的工程建设规划许可、施工许可及土地手续等办理；工程竣工验收以及环评水保、变电站消防、安防等专项验收工作的协调，并协助取得相应批复；工程建设实施过程中出现的其他需对外协调事宜。

2.明确各方职责

建设管理单位负责组织完成工程前期工作和建设实施的协调管理；初设审定后与属地公司签署属地化管理委托协议，提出相关工作内容及要求，支付属地化工作费用；组织属地公司提前介入可研工作，督导属地公司进行实地踏勘；组织属地公司参与可研估算及初设概算中与属地化相关费用收支，参加初步设计及施工图审查；协调重大外协问题。

（四）坚持一口对外，构建政企合作平台

省、市、县公司分级对口与有关政府部门沟通，将电网建设纳入城乡总体发展，使电网建设与地方经济协调发展。

1. 每项工程开工前，由属地公司与地方政府签订相关协议，明确责任与义务，促使政府加强工程建设的紧迫感和责任感，争取电力建设政策倾斜支撑。同时，定期召开电网建设工作例会，协调解决电网建设中的各类矛盾和困难。

2. 对地方政府或受电端用户急需建设项目，通过双方或三方友好协商一致，由电网建设管理部门与政府、受电端用户签订双方或三方协议，将外协工作主体责任交由地方政府负责，受电端用户负责参与协调，电网建设管理部门主要负责工程本体建设工作。

3. 在编制年度电网建设进度计划时，建设部将建设环境作为计划编制的有效依据，对属地协调难度较大或当地政府不予配合的项目不列入里程碑计划，从前端把控，防止工程受阻问题发生概率。

（五）明确林业、河道、铁路跨越工作流程，优化手续办理时间

积极建立与林业、铁路、河道等部门定期会商机制，共同探讨双方交叉跨越技术标准差异及业务办理等问题，并建立沟通联络常态工作机制，以工作指南形式明确跨越手续办理的工作流程和重点任务，努力优化跨越手续办理时间。

1. 林木跨越手续办理

可行性研究阶段

（1）设计单位在规划路径方案时应避免线路经过集中林场、经济类作物等生态敏感类林地，对于无法避免的线路工程，通过向工程所在地的县级以上林业部门了解沿线林木的属性、种类等情况，通过综合比选后确定路径方案。

（2）建设管理部门组织设计单位结合工程实际情况适时对可研路径涉林木情况进行专项内审，同时委托相应资质单位适时开展使用林地资源评估工作，尽可能避让生态林和公益林的范围。

初设阶段

（1）建设管理部门应根据可研审定方案，组织运行、生产等部门对工程涉林木情况进行专项评价，明确并排查工程涉林木可能存在的安全及民事风险。

（2）设计单位根据涉林木处置方案排查结果及林勘成果，进一步细化线路通道林木处置方案，严格落实逐档、逐基勘测的设计理念，在初步设计报告中以专题章节或专题报告的形式，说明通道内林木处置原则，如需砍伐则必须说明砍伐原因、确定通道内需砍伐林木的性质、数量及补偿标准等信息，同时对通道内林木进行拍照，形成可追溯的文字和影像资料，留存记录以备查证。

（3）建设管理部门组织专家对线路工程初步设计方案进行评审时，重点复核林木的处置方案、落实情况及砍伐数量等内容，最终形成统一的通道林木清理标准，并在后期通道设计和工程建设中严格执行。

施工阶段

（1）设计单位配合施工单位做好施工现场林木砍伐数量、类型的统计工作，同时为了减小线路工程因砍伐林木而对周围自然

环境的影响，提出生态保护及水土保持的措施以及施工和运行需注意的事项。

（2）建设管理部门继续做好通道内林木砍伐和林地恢复工作，满足环保、水保验收条件。建设管理、施工和监理单位应加强通道清理保护工作，紧密依靠地方党委政府，及时制止抢栽、抢建现象，必要时采取法律手段维护工程建设合法权益。

竣工验收阶段

建设管理部门应统计建管通道范围内林木砍伐实际数量，对于超出“五方交底”确认的林木砍伐量，建设管理部门应做专题说明并分析产生差异的原因，提出处理意见。

2. 河道跨越手续办理

可行性研究阶段

（1）各地市公司发策部组织设计单位结合实际工程情况适时对可研路径涉河流和航道情况进行专项内审，配合设计单位落实相应主管部门相关征询函件，并根据回函意见优化调整工程方案。

（2）设计单位应在可研报告中形成专题章节，根据相关部门回函意见，详述河流和航道等级、杆塔中心线与河流和航道距离，跨越高度，导线与绝缘子串安全系数，杆塔结构与基础等情况。

初设阶段

（1）省公司组织专家对输变电工程初步设计方案进行评审时，重点复核涉跨越河流（长江）和航道问题的处理方案与落实情况，形成专项评审意见。

施工阶段

（1）各地市公司建设部应根据法律法规及有关规定及各地方相关部门的要求，按照专项施工作业方案。书面通知主管保护工作部门，组织施工单位接受相关部门专业人员的安全监督，严格按照相关施工安全及工艺标准要求组织施工。

（2）省质检站及监理单位应在施工过程中及重要里程碑节点对设计、施工单位进行专项检查，对汇报检查结果和可能存在的问题采取零容忍方式，及时向省公司建设部汇报。

施工验收阶段

省质检站和监理单位组织相关部门人员对所涉河流和航道段进行专项测评，根据测评结果做专题说明，并详细分析存在的安全隐患问题，提出处理意见，及时向省公司建设部汇报，建设单位监督落实整改，验收闭环。

3. 铁路跨越手续办理

可行性研究阶段

（1）各地市公司发策部组织设计单位结合实际工程情况适时对可研路径涉铁路进行专项内审，配合设计单位落实相应主管部门相关征询函件，并根据回函意见优化调整工程方案。

（2）设计单位应在可研报告中形成专题章节，根据相关部门回函意见，详述铁路等级、杆塔中心线与铁路距离、跨越高度、导线与绝缘子串安全系数、杆塔结构与基础等情况。

初设阶段

（3）省公司研究院组织专家对输变电工程初步设计方案进行

评审时，重点复核涉跨越铁路问题的处理方案与落实情况，形成专项评审意见。

施工阶段

（1）各地市公司建设部应根据法律法规及有关规定及各地方相关部门的要求，按照专项施工作业方案。书面通知主管保护工作部门，组织施工单位接受相关部门专业人员的安全监督，严格按照相关施工安全及工艺标准要求组织施工。

（2）省质检站及监理单位应在施工过程中及重要里程碑节点对设计、施工单位进行专项检查，对汇报检查结果和可能存在的问题采取零容忍方式，及时向省公司建设部汇报。

施工验收阶段

省质检站和监理单位组织相关部门人员对所涉铁路进行专项测评，根据测评结果做专题说明，并详细分析存在的安全隐患问

题，提出处理意见，及时向省公司建设部汇报，建设单位监督落实整改，验收闭环。

四、“资源统筹、一口对外”协调工作机制的实施的 效果

通过建立“资源统筹、一口对外”协调工作机制，构建省、市、县分层分级联动统一协调工作体系，工作界面明确，联动协调，秉承“依法开工、有序推进、均衡投产”的工程建设理念，各单位积极对接各级政府，争取政策支持取得了突出成效，促成政府出台支持电网建设政策文件，加快推进前期工作进度，科学谋划、精心组织、强化管理，电网工程建设得到顺利推进。

基于 GIS 和遥感技术的永久基本农田保护规划与管理

黄璐

海南国源土地矿产勘测规划设计院有限公司, 海南 海口 570203

摘 要 : 随着社会经济的快速发展, 土地资源日益紧张, 保障粮食安全和生态安全成为我国面临的重要问题。永久基本农田是我国粮食生产的重要保障, 也是生态文明建设的基础。因此, 加强永久基本农田保护规划与管理, 对于保障国家粮食安全、促进可持续发展具有重要意义。传统的永久基本农田保护规划与管理主要依靠人工调查、统计和分析, 工作效率低下, 精度不高。

关 键 词 : GIS和遥感技术; 永久基本农田; 保护规划; 管理策略与措施

Planning and Management of Permanent Basic Farmland Protection Based on GIS and Remote Sensing Technology

Huang Lu

Hainan Guoyuan Institute of Land and Mineral Survey Planning & Design co.,ltd, Hainan, Haikou 570203

Abstract : With the rapid development of social economy, land resources are increasingly tight, ensuring food security and ecological security has become an important problem facing China. Permanent basic farmland is an important guarantee for China's grain production and also the foundation of ecological civilization construction. Therefore, strengthening the planning and management of permanent basic farmland protection is of great significance to ensuring national food security and promoting sustainable development. The traditional planning and management of permanent basic farmland protection mainly relies on manual investigation, statistics and analysis, with low work efficiency and low accuracy.

Keywords : GIS and remote sensing technology; permanent basic farmland; protection planning; management strategies and measures

一、引言

在我国, 永久基本农田是指在土地资源利用总体规划期内, 按照国民经济和社会发展规划, 依据资源环境承载能力、农业生产条件和农村居民生活需要, 确定予以长期保护的耕地。永久基本农田保护是我国粮食安全的重要保障, 也是生态文明建设的重要内容。随着经济的快速发展和城市化进程的推进, 永久基本农田面临着前所未有的保护压力。因此, 如何利用现代科技手段, 有效保护永久基本农田, 成为了亟待解决的问题。

二、土地重量分析的最小累积阻力模型

最小累积阻力模型 (minimum cumulative resistance model, MCR model) 是代价距离模型的衍生应用, 指物种从“源头”通过不同景观单元向目的地移动过程中最小代价的总和, 模拟因子扩散的水平过程, 反映物种潜在移动和扩展的可达性, 是评价生态安全水平 [7] 的重要依据。该模型由 Knappen 于 1992 年首次提出, 被广泛应用于景观格局分析。模型的建立主要考虑了“源”“距离”和“景观介质阻力系数” [8] 三个要素, 其表达式为:

$$MCR = f \min \sum_{j=n}^{i=m} D_{ij} \cdot R_i \quad (1)$$

MCR 表示最小累积电阻的表面值。F 表示最小累积阻力与生态扩张过程正相关, 距离源越远, 阻力值越大; D_{ij} —源 j 到景观单元 i 的空间距离; R_i 表示景观单元 i 对物种运动的阻力系数。

阻力因子的权重是指阻力因子在生态源区扩张中的相对重要性。确定权重的方法有很多, 包括定性分析法评分法、主成分分析法、灰色关联法、层次分析法等。本文采用层次分析法确定各阻力因素的权重。层次分析法 (AHP) 的步骤包括: 第一步根据因子分析和因子之间的关系建立层次结构模型, 将选取的因子按照目标层 (生态安全评价)、准则层 (地形因子、生态环境因子、距离因子)、指标层 (坡度、高程、土地利用类型、NDVI、距离河流湖泊、距离道路) 的顺序进行排序。第二步是构建一对比较判断矩阵, 由专家按照 1-9 的尺度对评价因子进行打分, 然后两两比较形成多个判断矩阵。最后进行一致性检验。首先计算各判断矩阵的最大特征值, 然后计算一致性指标 CI, 最后通过计算一致性比, 判断 CR 是否小于 0.1。 $\lambda_{\max} CR = \frac{CI}{RI}$ 如果小于 0.1, 则一致性检验通过, 否则调整矩阵。综合以上分析, 阻力因子权重及分级分配如表 1 所示。

表1 阻力因子权重及分级分配表

一阶因子	重量	二阶因素	重量	年级	阻力系数
地形因素	0.2865	坡	0.5123	225°	1
				15°-25°	3.
				6°-15°	5
				2°6°	7
				< 2°	9
		海拔高度	0.4877	21200	1
				900 - 1200	3.
				600 - 900	5
				300 - 600	7
				< 300	9
生态环境因素	0.5562	土地使用类型	0.5532	林地、水域、滩涂和沼泽	1
				景区和特殊用地、建设用地中的草地和园林用地	3.
				耕地	5
				其他农业用地、自然保护区用地	7
				建设用地	9
		归一化植被指数	0.4468	20.9	1
				0.7 -- -0.9	3.
				0.5 -- -0.7	5
				0.2 -- -0.5	7
				< 0.2	9
距离的因素	0.1573	与河流和湖泊的距离（米）	0.5214	< 500	1
				500 - 1000	3.
				1000 - 2000	5
				2000 - 5000	7
				25000	9
		由主路（m）	0.4786	25000	1
				3000 - 5000	3.
				1000 - 3000	5
				500 - 1000	7
				< 500	9

三、GIS和遥感技术处理永久性基本农田划定的优势

GIS技术是一种基于计算机系统的空间数据处理、分析和可视化技术，具有很强的空间数据管理、分析和决策支持能力。在永久基本农田划定中，GIS技术可以实现对农田空间数据的快速处理、分析和可视化，为政策制定者和农业管理者提供有力支持。遥感技术是一种利用航空或卫星传感器获取地表信息的技术，能够实时、快速地获取大面积的农田信息，为GIS提供了丰富的数据来源。结合GIS和遥感技术，可以实现永久基本农田的精确划

定和动态监测^[1]。

四、基于GIS和遥感技术的永久性基本农田划定方法

（一）数据库套合

1.数据库套合的方法是指，在GIS技术支持下，将基础地理空间数据和其他相关专题空间数据，通过一定的方法进行融合，形成一个统一的地理空间数据库。它是将各个专题数据进行有效地集成，并形成一个综合性的空间数据库，用于相关行业和部门使用。在基本农田划定中，首先要对土地利用现状数据、土地整理复垦开发计划等进行分析，确定基本农田保护范围。最后将上述数据和空间数据进行有效套合，形成一个统一的综合地理空间数据库。

2.在基本农田划定中，首先要对各类数据库进行套合。按照基本农田保护规划的要求，确定基本农田保护范围，并将土地利用现状、土地利用总体规划、土地整理复垦开发计划等相关数据，通过ArcGIS软件进行整合，生成基础数据库。在此基础上，按照划定方案的要求，将各类图斑进行空间叠加分析。通过GIS技术对图斑进行套合，能够有效实现对各类图斑的分析，为划定方案提供可靠依据。在完成图斑空间叠加之后，要将基本农田保护范围等相关数据与永久基本农田保护范围等相关数据进行叠加分析。在此基础上，可以将相关数据转化为基本农田划定方案所需的基础数据库。

（二）属性数据的录入

1.通过GIS的空间分析功能，在GIS平台上进行栅格数据的分类，并依据耕地保护利用规划数据库中图斑数据与属性数据的对应关系，将耕地保护利用规划数据库中的图斑进行属性分类，并依据栅格数据的分类结果进行图层转换，以土地利用现状图层为基础，将图斑转换为栅格数据，通过对栅格数据的属性分析与处理，实现空间位置、范围、面积等属性的标注和叠加。将耕地保护利用规划数据库中图斑转换为栅格数据后，按照《土地利用现状分类》国家标准与《农用地分等定级规程》要求进行属性赋值，并结合遥感影像上的土地利用类型与耕地质量等级属性进行空间叠加分析。

2.属性数据的录入是永久性基本农田划定的关键，涉及到耕地保护利用规划数据库中图斑数据与属性数据的整合，包括耕地保护利用规划图斑的属性录入和耕地保护利用规划图斑的空间属性录入。耕地保护利用规划图斑的属性录入，主要包括耕地类型、质量等级、土壤类型、灌溉条件和适宜种植农作物等属性数据的录入，需要将各项属性数据对应到相应图斑中，并根据要求进行汇总^[2]。

（三）调整规定数据

1.在信息系统中，GIS软件会对基本农田划定成果进行更新，并对更新后的数据进行属性数据调整，以确保基本农田划定的真实性。在土地利用现状图上，由于历史原因和管理制度的不同，基本农田属性数据与土地利用现状数据可能不一致，如：已划入基本农田保护区的图斑与未划入基本农田保护区的图斑可能存在

属性不一致；已划定为永久基本农田保护区的图斑可能存在属性不一致等。对于这些情况，在进行调整时要充分考虑到对划定成果的影响，根据实际情况，在保证基本农田划定的真实性和准确性的前提下，对规定数据进行适当调整。

2. 为了确保土地利用总体规划的实施，必须保证规划的严肃性。因此，在基本农田划定过程中，对土地利用总体规划所确定的基本农田的范围进行调整，并将调整后的范围作为永久基本农田划定范围。此外，为了确保土地利用总体规划的实施，必须将调整后的永久基本农田范围作为规划期内永久基本农田划定范围。根据耕地保护目标和土地利用现状图等资料，在地理信息系统中建立耕地保护图，在此基础上确定耕地保护类型、耕地质量、耕地地块等图斑。

（四）标志牌的信息化

1. 在划定基本农田的过程中，需要对每一个地块进行标志牌的标注，以便于在以后的基本农田管理过程中可以随时查找。标志牌主要是用来记录基本农田的位置、范围、面积等信息，其数据是通过数字高程模型生成，其主要是用于区分不同等级的土地利用类型，并且在这个过程中还能实现空间分析以及模型构建等功能。而标志牌数据还能够记录每个地块的基本农田的边界以及位置，能够提高基本农田管理人员对基本农田的保护意识。

2. 标志牌是对土地利用现状信息的一种直观、形象的表示，通过标志牌的信息化管理，可以对土地利用现状信息进行动态管理，并及时更新数据，使其保持一致。通过标志牌的信息化管理，可以有效地提高土地利用现状信息的更新频率，并使土地利用现状信息与空间信息相互联系。通过对土地利用现状信息进行信息化管理，可以对其进行动态监测与管理，实现土地利用现状数据与空间位置的联动更新，使土地利用现状信息保持一致^[3]。

五、永久基本农田保护规划方案

（一）农田质量提升规划：农田基础设施建设规划

1. 农田基础设施是指为实现农业现代化、提高农业综合能力而必须配备的基础设施，包括农田道路、排灌沟渠、农田防护林等。农田基础设施建设可以改善农田生态环境，提高农业生产条件，促进农业现代化和可持续发展。我国农田基础设施建设主要分为两类，一类是传统的农田水利设施，主要包括田埂、水渠、沟塘、灌溉排水泵站等；另一类是现代化的农田水利设施，主要包括喷灌、滴灌和微灌等。农田基础设施建设不仅能够提高农业生产条件，也能有效防治农业灾害。

2. 通过加强农田基础设施建设，能够提高耕地质量，有利于促进农业现代化和可持续发展。目前，我国的农田基础设施建设水平还不高，导致农田抗御自然灾害能力较弱，耕地质量和生态环境都受到一定程度的影响。因此，在开展永久基本农田保护工作时，应充分考虑农田基础设施建设规划。永久基本农田保护目标是确保永久基本农田质量不下降，生态环境不恶化，农业生产条件得到改善，生产潜力得到充分发挥。

（二）生态环境保护规划：农田生态廊道建设

1. 严格落实永久基本农田特殊保护制度，在现有永久基本农田保护区的基础上，逐步形成具有一定规模、集中连片、结构合理的农田生态廊道。通过构建生态廊道，保护现有永久基本农田，防止非农建设侵占破坏。根据土地利用总体规划和土地整治规划，以现有永久基本农田为基础，在其周边合理安排建设用地。通过对耕地的整理复垦和生态建设等措施，逐步恢复和完善耕地和其他农用地质量。同时，根据建设用地的规模和布局要求，对未利用地进行开发利用。在保护好现有永久基本农田的前提下，积极开发未利用地和废弃地，增加耕地面积^[4]。

2. 根据自然地理环境特征，结合基本农田保护现状，划定生态廊道，建设生态廊道。通过对耕地空间分布和数量进行分析，划分农田生态廊道保护区域。重点对耕地和建设用地集中的地区进行划定，将基本农田保护区周边的农田划分为生态廊道保护区，对建设用地、农村居民点等非基本农田区域进行划分，建立生态廊道保护区域。在生态廊道内建设农田防护林，加强农田林网建设，改善农田小气候，提高农田防风能力。

六、永久基本农田保护的管理策略与措施

（一）利用 GIS 建立农田保护数据库与监测系统

1. GIS 主要是利用计算机技术，将空间数据和属性数据进行结合，进而实现空间信息的采集、处理和分析。当前 GIS 技术已经在土地管理方面得到了广泛应用，主要是将土地资源数据、土地利用现状以及相关的规划图等信息进行整合，并建立相关的数据库，为土地管理提供决策支持。随着我国经济的发展，对于土地资源的需求越来越大，为此需要对现有的基本农田进行保护。

2. 利用 GIS 建立农田保护数据库与监测系统，可以对基本农田保护的规划目标和数量进行动态监测，这是对基本农田保护动态管理的重要手段。利用 GIS 建立基本农田数据库，可以对基本农田保护的各种相关数据进行全面收集与整理，通过对不同数据进行分析处理，可以清晰地反映出各种数据之间的内在联系和变化趋势，进而可以为基本农田保护提供有效的决策依据。利用 GIS 建立基本农田数据库，可以实现对基本农田空间位置、数量、质量和利用等情况进行全面管理，同时也可以根据实际情况制定相应的措施，并制定相关的标准，进而实现对基本农田保护工作的动态管理。

（二）信息化管理平台建设：利用 GIS 技术搭建管理平台，实现农田数据的管理、更新和共享

1. 信息化管理平台的建设主要包括信息管理平台和信息化服务平台两个方面。其中，信息管理平台是以计算机、网络、数据库等为基础，采用现代信息技术和通讯技术，对农田进行有效的管理和应用。在信息化管理平台建设中，应将相关的农田资源数据整合到一个统一的数据库中，并建立一个信息服务系统，实现对农田资源的有效管理^[5]。

2. 建立全国统一的农田保护数据库，利用 GIS 技术搭建信息化管理平台，实现全国范围内永久基本农田信息的动态更新和共

享。首先，利用 GIS 技术对永久基本农田进行统一管理，对耕地资源的动态变化进行跟踪监测，为科学决策提供依据。其次，利用 GIS 技术搭建信息化管理平台，对耕地资源进行分类管理，实现数据的共享与分析。最后，利用 GIS 技术对数据库中的数据进行分析与处理，以空间数据分析技术为手段，实现耕地资源动态变化分析和空间位置关系分析。通过信息化平台建设可以有效解决农田信息数据分散、管理不便、更新缓慢等问题。

七、总结

基于 GIS 和遥感技术的永久基本农田保护规划与管理，具有数据获取快速、处理分析便捷、规划管理高效等优势。通过合理的规划方案和有效的管理措施，可以提高基本农田的质量，保护生态环境，确保国家粮食安全。同时，借助信息化管理平台的建设，可以实现农田数据的实时监测和共享，提高管理的透明度和效率。

参考文献：

[1] 徐琳. 基本农田保护监测技术路线与方法探索 [J]. 测绘, 2023, 46 (4) : 189-192.

[2] 马婷, 邵战林, 吴彦山, 等. 永久基本农田保护区合理性评价及空间布局研究——基于国土空间规划视角 [J]. 中国农机化学报, 2022 (010) : 043

[3] 刘婧, 汤峰, 张贵军, 等. 基于 TOPSIS 和矩阵组合的县域永久基本农田储备区划定时序研究 [J]. 中国生态农业学报 (中英文), 2021, 029 (007) : P.1224-1235.

[4] 石迪迪, 宋刚贤. 永久基本农田, 高标准农田, 粮食生产功能区“三区合一”推进路径及应用研究 [J]. 浙江国土资源, 2022 (8) : 33-35.

[5] 郑姗姗, 陈景, 寇宗森, 等. 坚持规划引领永久基本农田划定的思考——以北京市为例 [J]. 中国土地, 2024 (1) : 32-35.

[6] 邱惠泉. 基于国土空间规划的永久基本农田核实整改工作存在的问题及其对策 [J]. 南方农业, 2022, 16 (16) : 210-212.

[7] 文博, 徐聪, 夏敏. 基于集对分析的城市周边永久基本农田保护红线划定决策研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2021, 37 (2) : 93-99.

[8] 蒋德明, 徐刚, 王惠强, 等. 永久基本农田保护动态调整机制研究——以江苏省常州市钟楼区为例 [J]. 中国土地, 2023 (8) : 58-60.

[9] 黄子粮. 永久基本农田保护区合理性评价及空间布局分析 [J]. 江西农业, 2023 (24) : 74-76.

[10] 邓群锋. 晴隆县耕地及永久基本农田保护措施研究 [J]. 河北农机, 2023 (12) : 136-138.

