



www.viserdata.com

水电科技

HYDROELECTRIC SCIENCE & TECHNOLOGY

月刊

■ 主办单位：Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN: 2630-5291(online) 2717-5383(print)

中国知网（CNKI）收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2025 2

第8卷 总第50期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

维泽科技文化有限公司(Viser Technology Pte. Ltd.)成立于新加坡，是一家科技与文化高度融合的创新型企业。我们拥有一支具有较高文化素质、管理素质和业务素质的团队，聚焦于国际开源中英文期刊、体现文化含量与学术价值图书的出版发行。秉承“传播科技文化，促进学术交流”的理念，与国内外知名院校，科研院所及数据库建立了稳定的合作关系。坚持开拓创新，实施“跨越-融合”的发展战略，立足中国、新加坡两地，辐射全球，并于中国设立河北和重庆两个分部。我们将紧紧围绕专业化、特色化的发展道路，不断营造“有情怀，有视野，有梦想”的企业文化氛围，独树一帜，做一家“有血、有肉、有温度”的创新型出版企业。

Viser Technology Pte. Ltd. was founded in Singapore with branch offices in both Hebei and Chongqing, China. Viser focuses on publishing scientific and technological journals and books that promote the exchange of scientific and technological findings among the research community and around the globe. Despite being a young company, Viser is actively connecting with well-known universities, research institutes, and indexation database, and has already established a stable collaborative relationship with them. We also have a group of experienced editors and publishing experts who are dedicated to publishing high-quality journal and book contents. We offer the scholars various academic journals covering a variety of subjects and we are committed to reducing the hassles of scholarly publishing. To achieve this goal, we provide scholars with an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar needs to go through in order to show their latest finding to the world.



水电科技

Hydroelectric Science & Technology

2025年·第8卷·第2期（总第50期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2630-5291(online)

2717-5383 (print)

发行周期：月刊

出版时间：2月

数据库收录：中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

地 址：111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,

Singapore 179098

学术主编：余 亮

责任编辑：金 星

学术编委：丁 飞 罗 超 陈云鹤

熊贵斌 孙永斌 王江涛

傅媛娜 赵 军 张小红

余 亮 董 建 杜永纯

古彦华 夏 玲 徐 飞

Alva Oh Bruce Kong

Daniel Goei

美工编辑：李 亚 Anson Chee

印 制：北京建宏印刷有限公司

定 价：SGD 20.00

本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点；作者文图责任自负，如有侵犯他人版权或者其他权利的行为，本刊概不负连带责任。

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

警告著作权人：稿件凡经本刊使用，如无电子版或书面的特殊声明，即视为作者同意授权本刊及本刊网络合作媒体进行电子版信息网络传播。

目 录

CONTENTS

水利工程

- 水利工程质量与安全监督管理问题及解决策略研究....
..... 张 芮 1
- 水利工程施工中混凝土裂缝防治技术研究..... 王洪楼 4
- 混凝土护坡在巢湖防洪治理应用的分析..... 路 艳 7
- 水利工程建设质量与安全管理工作实践与思考.....
..... 张红英 11
- 水利施工钻孔灌注桩施工技术研究..... 张建平 14
- 智慧化技术在水利工程施工管理中的应用与探索.....
..... 代 磊 17
- 小型水利工程质量监督难点与对策分析..... 李玉春 20
- 基层水利工程质量存在的问题和改进对策分析....
..... 彭 宇 23
- 抛石护岸在巢湖应用的分析..... 朱传强 26
- 现代水利清渠技术的创新与应用研究..... 徐慧萍 30
- 水利工程施工中的安全管理和质量控制分析 .. 高小龙 33
- 天池河流域生态护坡工程技术与应用效果分析.....
..... 刘 鹏 36

水土保持

- 水土保持对生态环境的影响及其可持续性研究.....
..... 赵世梅 王子龙 39
- 生态修复工程中水土保持措施对水环境的影响研究....
..... 金 冲 43

节水灌溉

- 农田水利设计要点及提高灌溉效率的策略.... 姜兴培 46

能源动力工程

- 太阳能与风能互补发电系统的优化设计..... 张红阳 50
- 基于先进材料的风电机组叶片性能提升研究.....
..... 黄志强 王跃辉 姜仕兴 仝晓琴 53

锅炉燃烧优化技术对热效率提升的作用分析.....	
.....	胡玉龙 56

水电建设

关于水利水电工程施工中防渗技术的应用分析.....	
.....	方 薇 59
水电机组机械振动监测研究.....	王启龙 62
水利水电工程混凝土施工关键技术研究.....	包华彦 65
水利水电工程基础处理施工技术研究.....	武玉凤 68
水利水电工程土石方施工中的技术难点与解决方案....	
.....	李宝东 71

电力工程

智能电网中的电力设计关键技术解析.....	徐华栋 74
继电保护系统在智能电网中的应用与发展.....	
.....	韩颀伊 曹子媛 朱晓美 77

电气工程

浅谈冷却系统对高压变频器的影响.....	段晓慧 80
机电设备故障诊断与安全维护技术分析.....	化德宪 83
电力设计中的电气技术应用研究.....	陈腾飞 87

自动化技术与应用

PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用研究	
.....	徐瑞笛 王远志 郝运 刘津硕 张一舟 90
机电一体化技术在机械工程中的应用研究....	段自强 93

智能化技术在电厂水处理项目管理中的应用与成效分析	
.....	黄国强 96

技术解决方案

风力发电机偏航轴承故障检测分析研究.....	孔登峰 99
架空铝合金输电线路防雷设计措施.....	
.....	王红山 谷晓民 102
水利工程质量管理体系中的关键技术与实践.....	贾海涛 105

运行维护

变电站远程监控与智能运维技术的应用探讨.....	
.....	史兆元 张 爽 韩 婷 108
水利工程管理中的水闸安全运行与检查养护解析.....	
.....	周收成 111
河道船闸运行管理中的安全隐患分析与防控对策.....	
.....	曹尘远 114
水库水位调控系统的智能化管理技术研究.....	
.....	高 斌 王玉鑫 117
基于大数据的变电运维故障诊断与预测技术.....	
.....	李艺昆 朱建伟 李玉倩 张程莉 120
输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除技术....	
.....	赵建康 123

综合研究

新形势下生活垃圾焚烧发电厂环保管理.....	纪 宁 126
------------------------	---------

水利工程质量与安全监督管理问题及解决策略研究

张 芮

新疆鸿源润泽建设有限公司, 新疆 伊犁 835200

[摘要] 水利工程在水资源利用、防洪排涝及环境保护中扮演着至关重要的角色。但在施工过程中, 质量与安全监督依然面临多方面的挑战, 传统的监管模式存在着诸多不足, 如制度不健全、技术手段滞后等问题导致质量隐患与安全事故时常发生。随着工程技术要求的不断提高, 现有的管理体系已难以适应新的需求。因此, 优化监管机制, 结合先进技术的应用已成为提升水利工程质量与安全的迫切任务。

[关键词] 水利工程; 质量管理; 安全监督管理

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15580

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Quality and Safety Supervision and Management Issues and Solutions in Water Conservancy Engineering

ZHANG Rui

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Co., Ltd., Ili, Xinjiang, 835200, China

Abstract: Water conservancy engineering plays a crucial role in water resource utilization, flood control and drainage, and environmental protection. However, during the construction process, quality and safety management still face various challenges. The traditional regulatory model has many shortcomings, such as inadequate systems and outdated technical means, which often lead to quality hazards and safety accidents. With the continuous improvement of engineering technology requirements, the existing management system is no longer able to adapt to new demands. Therefore, optimizing the regulatory mechanism and combining it with the application of advanced technology has become an urgent task to improve the quality and safety of water conservancy projects.

Keywords: water conservancy engineering; quality management; safety supervision and management

引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分, 直接关系到经济发展、生态保护及民生安全。随着项目规模的不断扩大与技术复杂性的逐步提高, 水利工程的质量与安全问题的日益显著。如何在此情况下, 加强有效的质量与安全监督管理已成为亟待解决的核心问题。深入分析当前水利工程质量与安全面临的主要挑战, 并提出切实可行的解决对策, 以推动行业管理水平的提升, 确保各项工程能够顺利实施。

1 水利工程质量与安全监督管理现状

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分, 肩负着水资源调配、防洪抗灾及生态环境保护等多重职能, 随着工程规模不断扩展, 质量与安全监督管理问题日益显现, 成为制约行业发展的关键瓶颈。尽管水利工程的质量与安全管理体系在不断完善, 整体上依然处于持续优化阶段, 现行管理体制下相关法律法规虽已逐步健全, 但执行力度不够, 导致地方政府、建设单位与监管部门之间的协调机制不畅, 影响了监督管理的效率与效果。水利工程的质量与安全监管不仅局限于施工阶段, 而是贯穿设计、施工及验收等各个环节。在当前的管理模式中, 重事后检查的倾向明显, 实时监控与预警功能的忽视使问题的发现与解决常常滞后。技术手段的不足也是管理中的一大短板, 智能

化、信息化技术的应用尚未深入渗透至各项监管工作, 导致潜在的质量隐患与安全风险无法得到及时发现与处理。此外, 水利工程的特殊性与复杂性, 尤其是地理环境因素使相关标准化与规范化的执行存在较大差异, 部分施工环节与管理流程未能严格按照标准进行, 进而影响工程质量的稳定性。监管机构虽具备一定的专业能力, 但受限于人员短缺与技术设施落后, 部分项目的监管工作存在疏漏, 未能有效防范质量与安全事故的发生。

2 水利工程质量与安全监督管理存在的主要问题

2.1 缺乏有效的管理制度

尽管近年来水利工程在质量与安全管理方面取得了显著进展, 但制度建设的滞后依然是制约监督效果的主要问题之一。当前水利工程的质量与安全管理体系尚未形成统一且系统的规范, 许多地区的管理制度仍依赖传统模式, 未能及时跟上行业发展的步伐。现有制度在层次性和细致性方面存在明显不足, 许多规范和标准的执行依赖项目管理者主观意识, 导致不同项目之间的执行效果差异显著。在某些地区尽管已有相关政策文件和管理规定, 执行细则却缺乏明确的规定, 实际操作中的执行力大打折扣, 制度往往未能得到有效落实。部分地区的管理制度缺乏必要的灵活性, 未能满足不同类型或规模水利工程的多样化需求, 管理人员在具体实施过程中缺乏明确的操作指引, 从而导

致质量与安全管理出现疏漏。此外,某些地区的管理制度更新滞后,未能及时与新的技术发展和施工方法接轨,使得现有制度在应对日益复杂的水利工程建设时显得力不从心。

2.2 安全监督机制缺乏

在许多水利工程项目中,安全监督机制的缺失已成为影响工程质量与安全的关键因素。尽管相关法律法规逐步出台,实际执行中安全监管往往流于形式,缺乏有效的系统性保障。安全监督机构在某些情况下的独立性较弱,常常受到项目进度、成本等外部因素的干扰,导致无法对整个工程进行有效的全程跟踪,尤其是在施工的关键节点,监管力量显得尤为薄弱。此外,安全监督人员的知识更新滞后,部分人员的技能与当前施工要求存在不匹配,随着工程技术的不断进步,传统的安全监督手段和模式未能及时适应新环境,导致一些潜在的安全隐患未能得到及时识别和排除。现有的安全监督工作缺乏有效的协调与沟通机制,信息流通不畅已成为常态,各部门之间往往各自为政,缺乏统一的指挥与统筹使安全监督在实际操作中失去了应有的系统性,无法形成有效的保障体系,这种碎片化的管理模式导致安全监督未能发挥其应有的作用,进一步加剧了水利工程中的安全隐患。

2.3 施工过程中存在的质量隐患

在水利工程的施工过程中质量隐患普遍存在,且往往在项目初期未得到足够重视。由于工程规模庞大且施工环境复杂,许多环节缺乏精细化管理导致工艺不规范、材料不合格等问题屡见不鲜,例如部分施工单位在材料采购阶段未严格把关,使用了劣质建筑材料,这些问题通常在施工过程中未能及时被识别。施工人员的技术水平参差不齐也构成了质量隐患的重要来源,缺乏系统性培训的工人在操作中往往会出现不当,尤其在混凝土浇筑、地下设施安装等关键工序中,结构的不牢固与渗漏问题时有发生。项目工期紧张与天气等外部因素的影响,常常导致项目管理方忽视必要的质量控制措施,从而影响工程质量的保障。质量管理人员的任务繁重,难以对整个施工过程进行全程监督,这也使得一些隐性质量问题未能及时发现或解决,一旦这些隐患未得到及时整改,对工程的功能性与安全性将产生严重影响。

2.4 安全管理与应急预案不足

在水利工程项目中,尽管安全管理逐渐得到重视,但许多工程仍面临着安全管理体系不完善及应急预案缺乏实用性的问题。大多数项目的安全管理仍停留在基础性的检查与常规防范措施层面,缺乏系统性与前瞻性,未能形成全面的风险评估与管理流程。现有的安全管理措施多依赖于事后检查,忽视了全过程中的安全隐患识别与实时监控,未能有效预防潜在风险的发生。与此同时,安全管理人员配置的不足以及岗位职责的不明确,导致一些现场工

作人员对安全的重视不够,容易忽视施工过程中可能出现的风险因素。虽然部分项目在开工前已制定应急预案,但这些预案往往缺乏具体的操作细则,且未经过实际演练。因此,当突发事件发生时,项目往往无法做出及时有效的应对,尤其在面对极端天气、自然灾害或施工事故等紧急情况时,许多项目的应急反应迟缓资源调配不当,未能在第一时间内妥善处理安全隐患。随着工程规模的扩大与现场复杂性的增加,传统的应急管理模式已无法应对日益增多的安全挑战,缺乏针对性与灵活性的应急预案,使许多潜在风险未能得到有效防范。安全管理体系的不足及应急预案的缺陷,直接影响了水利工程项目的整体安全性以及施工人员的生命安全。

2.5 技术监督与审查不严格

在水利工程项目中,技术监督与审查环节的执行力度常常显得不足,尤其在一些中小型项目中这一问题尤为突出。技术审查往往流于形式,缺乏必要的深度与广度,许多关键设计文件和施工方案未经过充分的技术评估,或者在审查过程中未能及时发现潜在的技术问题,致使设计方案存在一定的技术缺陷。在施工阶段,尤其是在一些复杂或特殊的施工环节,如水利设施基础施工或坝体加固等,技术监督力度不足未能持续跟踪施工过程或提供现场技术支持,导致施工与设计不符进而影响了工程质量。技术监督人员的专业素质参差不齐,部分项目的技术负责人未能深入施工现场,缺乏对技术难题的及时有效指导与整改。由于技术审查与监督工作常常分散在不同部门之间,责任界定不清且沟通协调不畅,导致技术审查与监管工作中存在盲点,许多项目的技术规范、施工标准及验收标准未能得到严格执行,进而加剧了技术管理上的漏洞,这些问题使水利工程在技术保障方面存在较大隐患,最终影响到项目的质量与安全。

3 提高水利工程质量与安全监督管理的策略

3.1 强化质量与安全管理体系建设

为了提升水利工程质量与安全管理水平,核心任务应从基础上强化管理体系的建设。一个科学且完善的质量与安全管理体系,将为各项工作提供清晰的指引与有效保障,在制度层面应建立统一且标准化的管理框架,确保从立项、设计、施工到验收的每个环节都严格遵循相关规范,这要求项目在一开始便设定清晰的质量控制目标,并建立定期评估与持续改进的机制,确保管理体系始终能够适应行业的变化以及实际工作的需求^[1]。管理体系的实施必须覆盖全员、全过程、全方位,确保每一位管理人员和操作人员都明确自身责任,并履行质量与安全保障的职责。为了提高体系执行的有效性,还应加强全员培训与意识提升,通过不断地教育与宣传强化项目团队对质量与安全的共同责任,这不仅是一项单独任务,更应融入团队每个成员的日常工作中。通过引入信息化管理手段,数字化工具的

应用可进行实时监控与数据分析,从而进一步提升管理体系的精确度与高效性,确保质量与安全处于可控与可追溯的状态。

3.2 加强施工过程中的质量安全监管

在水利工程中,施工阶段被认为是质量与安全管理的核心环节,强化施工过程中的质量安全监管具有至关重要的意义。加强现场监督确保每项操作严格按照设计图纸和相关规范执行,是保障工程质量与安全的基础^[2]。为了提高监管效果,建议专职设置质量监管人员,实施全时、全方位的监督,及时发现并纠正施工过程中的不规范操作及潜在安全隐患,监管人员不仅需关注材料与设备的质量,还应深入施工现场逐一跟踪每个施工环节,确保工艺与操作均符合技术要求。隐患排查与风险预警机制的强化也是施工过程中不可忽视的环节,定期与不定期的安全检查有助于识别潜在的安全风险,并采取相应的预防措施。例如,针对高风险作业区域,应加强作业人员的安全防护,确保操作规范并佩戴必要的安全装备。在此基础上结合信息化手段进行实时数据采集与监控建立数字化管理平台,利用先进技术对关键设备与工艺实施动态监管,从而提升监控的精度与时效性。有效地监管不仅需要技术支持,还应根据现场实际情况灵活应对施工环境的变化,做到早期发现、预防与整改。

3.3 提升监管机构的技术水平与独立性

提升水利工程质量与安全监管效果,关键在于增强监管机构的技术能力与独立性。作为确保工程质量与安全的重要保障,监管机构的技术水平直接决定了监督管理的精确性与实效性。因此,必须加强对监管人员的专业培训,使其能够全面掌握最新的施工技术、规范与质量标准,除了定期的技术培训外还应鼓励监管人员参与相关领域的研究与实践,以提高解决复杂问题的能力,从而更好地应对不断变化的工程需求与技术挑战。同时监管机构应依托高水平的专家团队,根据不同工程项目的特点提供专业的技术支持,确保每一项技术审查与质量检查都能精准执行。另外,监管机构的独立性对于确保监管效果至关重要,在某些项目中,监管部门与施工单位、设计单位之间的关系较为复杂,容易产生利益冲突或导致监管不到位。为了避免这种情况必须明确监管机构的独立性,并建立与施工方及设计方相对隔离的监管机制,独立的监管机构能够更客观、公正地履行职责,确保质量与安全管理工作不受外部干扰。同时,监管机构需要具备足够的权威与资源,在发现问题时能够及时采取有效措施,包括整改或处罚,确保

管理措施的执行力和约束力。

3.4 建立健全应急管理与预警机制

在水利工程中,突发事件的应对能力对于确保项目的安全性与可持续发展至关重要。建立一个全面有效的应急管理与预警体系,是提升质量与安全保障的核心内容,应急管理体系应具备系统性,涵盖从事故预防、应急响应到事后恢复与评估的所有环节。根据不同风险情境,项目应制定详细且可操作的应急预案,以确保在各种紧急情况下能够迅速执行^[3]。例如,对于水利工程可能遭遇的洪水、设备故障或施工事故等多种情况应当制定相应的应急方案,确保在发生突发事件时能够及时有效地做出反应建立完善的应急预警机制也至关重要,借助实时数据监控与智能分析技术,潜在的安全风险能够提前识别,并及时发出预警信号,通过对水位、气象、地质等多项因素的实时监控,可能的自然灾害或环境变化可提前预测,防范措施也能及时采取。此外,施工现场可通过安装传感器与智能设备,实时监测基础设施的微小变化或施工过程中可能出现的隐患。一旦发生异常,系统能够自动发出警报并启动应急预案,这种方式不仅提高了预警的准确性,更能在灾难发生之前采取有效的预防措施,大幅度减少事故的发生率。一旦突发事件发生,应急体系应具备调动资源、协调各方力量进行有效救援的能力,确保受影响人员的生命安全。

4 结语

水利工程的质量与安全,对于项目的顺利推进及社会的整体安全至关重要。通过对现有问题的深入分析,本文提出了强化管理体系、加强施工监管、提升技术水平以及完善应急预案等一系列对策。尽管行业面临着一定的挑战,但随着技术不断进步与管理方式逐步优化,解决方案正变得愈加明确。展望未来,监管能力的进一步提升与管理流程的优化,将为水利工程的质量与安全提供更加坚实的保障,并为行业的可持续发展奠定更加牢固的基础。

【参考文献】

- [1]高云峰. 水利工程安全质量管理问题及解决策略[J]. 陕西水利, 2021(11): 205-206.
 - [2]李相. 水利工程质量与安全监督管理问题及解决策略研究[J]. 清洗世界, 2024, 40(4): 187-189.
 - [3]杨亚红. 水利工程质量与安全监督管理问题及解决策略研究[J]. 水上安全, 2024(16): 139-141.
- 作者简介: 张芮(1996. 1—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 新疆鸿源润泽建设有限公司, 职务: 项目经理。

水利工程施工中混凝土裂缝防治技术研究

王洪楼

江苏河海建设有限公司, 江苏 镇江 212000

[摘要]在水利工程飞速发展的背景下,混凝土裂缝在施工过程中愈发凸显,工程中的混凝土裂缝不仅损害其美观,亦可能危及结构稳固与使用年限。文章旨在研究水利工程施工中混凝土裂缝的形成原因与防治措施。首先,在研究水利工程中,对混凝土裂缝的类型及其成因机制进行了深入剖析,强调温度波动、干湿交替以及施工技术等因素为主要原因。然后,对混凝土裂缝的防治策略进行了深入研究,涵盖了材料选择、施工工艺的管控、温度湿度调节以及裂缝修补技术等多个方面。在水利工程混凝土结构的耐久性提升与裂缝控制领域,文章提出了一系列高效的技术策略,力求确保工程项目的品质与安全。

[关键词]水利工程;混凝土裂缝;防治技术

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15578

中图分类号: TV544

文献标识码: A

Research on the Prevention and Control Technology of Concrete Cracks in Water Conservancy Engineering Construction

WANG Honglou

Jiangsu Hehai Jianshe Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: With the rapid development of water conservancy engineering, concrete cracks have become increasingly prominent during the construction process. Concrete cracks in engineering not only damage their appearance, but may also endanger the stability and service life of the structure. The article aims to study the causes and prevention measures of concrete cracks in water conservancy engineering construction. Firstly, in the study of hydraulic engineering, an in-depth analysis was conducted on the types and causes of concrete cracks, emphasizing factors such as temperature fluctuations, wet dry alternation, and construction techniques as the main causes. Then, in-depth research was conducted on the prevention and control strategies for concrete cracks, covering multiple aspects such as material selection, construction process control, temperature and humidity regulation, and crack repair techniques. In the field of durability improvement and crack control of concrete structures in hydraulic engineering, this article proposes a series of efficient technical strategies to ensure the quality and safety of engineering projects.

Keywords: water conservancy engineering; concrete cracks; prevention and control technology

引言

水利工程作为基础设施建设的重要组成部分,承担着防洪、灌溉、供水等重要功能。在水利工程建设中普遍采用混凝土结构,在施工过程中,混凝土裂缝的出现,常常对工程的整体质量和安全性能产生不利影响。混凝土结构若出现缝隙,将加剧其强度降低及水侵入风险,进而对工程的长久使用与耐久度产生不利影响。因此,针对混凝土裂缝的防治技术研究显得尤为重要。混凝土裂缝的形成机理繁杂,涵盖温度波动、湿度起伏、施工工艺失误、设计瑕疵等众多要素。在水利工程的特定环境之下,此类因素常常诱发裂缝的形成,水利工程建设领域亟待解决的问题之一,是探索高效途径以预防和遏制混凝土裂缝的发生。

1 水利工程混凝土裂缝的成因

水利工程中混凝土裂缝的发生是多因素共同作用的结果,裂缝的产生不仅影响工程外观,还可能严重影响结构的安全性和耐久性。因此,为了解决混凝土裂缝问题,其核心在于对裂缝产生根源的深入剖析,此乃关键所在。水利工程阶段,混凝土浇筑完成,随之引发水泥水化反应,

该反应产生大量热能,进而使混凝土内部温度显著上升。尤其是夏季高温与冬季低温的交替,常导致混凝土内外部及表面温差显著,进而产生显著的温度梯度效应。若混凝土表面与内部温差悬殊,将导致表层受压而内部拉伸,进而诱发裂缝^[1]。

混凝土的浇筑过程如果不规范,如搅拌不均匀、浇筑不连续、振捣不充分等,都可能造成混凝土的质量问题,形成局部薄弱区域,进而导致裂缝的发生。在施工过程中,所采用的水泥与骨料品质未能达标,导致混凝土性能波动,进而诱发裂缝现象加剧。施工阶段,混凝土结构部件往往需抵御诸如车辆压迫、施工机械振动等外部荷载冲击,此类荷载易引发混凝土局部应力积聚,尤其是在接缝、结构变形节点或连接部位等易于裂痕产生的敏感区域。

2 水利工程混凝土裂缝防治技术

2.1 材料选择与改良

在水利工程中,混凝土裂缝的防治首先需要从材料的选择与改良入手。混凝土的质量直接决定了其抗裂性能,因此,选择合适的材料、改良混凝土配比是防止裂缝的基

础。混凝土内部温度梯度,其成因往往与水泥的水化热特性密切相关,而不同类型的水泥水化热差异显著,过高则易引发温度裂缝。在大体积混凝土工程领域,尤其是在此领域中,选用低热型或高强型水泥,此类材料在水泥水化过程中能够显著减缓温升速度,从而有效降低温度裂缝的生成概率。

骨料是混凝土的重要组成部分,其质量直接影响混凝土的密实度、强度和抗裂性。优质的骨料粒径均匀、杂质少,能够使混凝土具有较好的抗压强度与黏结力,从而降低裂缝的产生风险。在施工过程中,对骨料水分含量的合理调控至关重要,它有效避免了因骨料水分过剩或不足而导致的混凝土配比失衡,确保了混凝土质量的一致性,适量的引入减水剂与引气剂等,可显著增强混凝土的施工性能及抗裂特性。混凝土在掺入减水剂后,水分得以降低,从而增强其结构强度;与此同时,引入引气剂的混凝土内部产生细微气泡,显著提升了其抗冻与抗渗性能,并有效抑制了裂缝的形成^[2]。

2.2 施工工艺控制

在施工过程中,对工艺的合理操控,是预防混凝土出现裂缝的又一重要手段,即便选用优质材料,施工技术若不达标,混凝土亦可能出现裂缝现象。混凝土施工乃水利工程的关键步骤,需对每一施工环节实施严格把控,以保障混凝土品质之稳定。在混凝土浇筑过程中,若浇筑速度过快或不匀,往往引发混凝土结构层次不均,进而诱发裂缝出现。浇筑作业需确保作业均匀且持续,且在同一层面上完成。在实施大体积混凝土浇筑作业过程中,必须采用分层浇筑技术,以防因温差过大而造成裂缝问题,为确保接缝处的强度与密实性,需严格禁止混凝土的重复浇筑。

确保混凝土密实,振捣操作旨在消除其内部空气,以预防空洞与离析问题的产生。若混凝土振捣作业不到位,将导致其内部强度分布不均,进而可能诱致裂缝产生,浇筑混凝土时,必须保证每一层都得到充分振捣,特别是对边角和接缝部位,以保障混凝土的密实度。浇筑混凝土若养护失当,极易引发表面早期干燥,进而出现收缩裂缝现象。为确保混凝土质量,务必强化养护措施,维持其表面水润,避免水分提前流失。

2.3 施工现场的环境管理

施工现场的环境管理是影响混凝土裂缝产生的重要因素之一。在施工过程中,环境温度、湿度以及风速等外界因素,对混凝土浇筑的品质与养护成效具有显著影响,有效进行环境管理,可显著减少裂缝发生的潜在威胁。在混凝土浇筑作业中,尤其是在炎热的夏季,温度的攀升往往使得混凝土水化作用加剧,热能释放增大,从而形成显著的温差,继而导致裂缝的产生。在施工现场环境下,必须实施有效的降温策略,诸如采用冷却水法、搭建遮阳棚等手段,以调节混凝土的温度,防止因温差过大而引发裂缝^[3]。

混凝土的水泥水化作用易受湿度过高或过低的影响,当环境湿度不足时,混凝土表面的水分迅速蒸发,极易引发开裂问题;湿度过高,则可能导致混凝土水化反应过快,引起裂缝的产生。在施工现场,为确保混凝土品质,需对环境湿度实施合理调控,维持适宜湿度水平。风速较高的恶劣天气环境下,风干效应致使混凝土表层迅速脱水,进而诱发裂缝。在施工现场,应严格规避大风天气施工,并实施一系列防风措施,诸如设置遮挡设施,以降低风速对混凝土表层造成的干扰。在科学调控环境的过程中,混凝土施工得以获得理想的外部环境,此举能有效遏制裂缝的出现,确保水利工程在质量与安全层面得到充分保障。

3 裂缝修补技术的研究与应用

3.1 裂缝修补的基本方法

水利工程中混凝土裂缝的修补是确保工程结构长期稳定性和耐久性的重要措施。裂缝的修补策略应基于其形态、尺寸、深浅以及成因等多元因素全盘考量,诸多修补手段中,表面修补、注射修补、干湿修补等,均为常见之术。裂缝轻微时,普遍采用表面修补法进行修复,在实施过程中,首先需对裂缝表面进行清理,随后移除松动及老化的混凝土,最终以修补材料进行覆盖。修补材料一般选择聚合物水泥砂浆、环氧树脂等高黏结力材料,这些材料能有效填补裂缝,并增强混凝土表面抗渗透和耐久性。表面修补法操作简单、经济实用,但适合于裂缝较浅且裂缝结构不严重的修补^[4]。

在处理深层裂缝或需提升结构支撑能力时,采用注射修补技术显现出其显著的实效性。裂缝加固,采用注射修补法,将环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸树脂等修补材料注入其中,以实现填充与强化目的,此法具备深入修补裂缝的能力,特别适用于对承重结构裂缝的修复工程。在实施修补作业时,首要任务是于裂缝两侧开孔,进而植入注管,随后利用泵送机制向裂缝内注入专用修补物料,务必使修补物料充实填补裂缝的空腔,以此恢复结构的整体完整。裂缝修补在水下混凝土结构中,尤其是水库与堤坝等水利设施,干湿法修补技术尤为适用。修补过程中,运用快速硬化材料,旨在确保混凝土表层与水下结构实现牢固黏结,以阻隔水流渗入裂缝深处。水泥基修补砂浆与聚氨酯类材料,作为干湿法修复之选,遇水即能快速凝结,展现出卓越的黏合力。在各类裂缝的修复工作中,需针对具体类型与条件挑选适宜的修补策略,以此保障水利设施的长久安全与稳定。

3.2 新型修补材料与技术

随着混凝土修补技术的发展,越来越多的新型修补材料和技术被应用到水利工程的裂缝修补中,这些新材料具有更好的性能、更高的耐久性和更加环保的特点。一种常用的新型修补材料是高强度环氧树脂。环氧树脂不仅具有较高的强度和黏结力,还具备良好的耐水性、耐化学腐蚀

性和抗冻性,因此被广泛用于深度裂缝的修补。环氧树脂的流动性较好,能够深入裂缝的深处,起到很好的填充作用,并且修补后能迅速恢复混凝土的强度^[5]。另外,聚氨酯材料也逐渐成为混凝土修补的热点。聚氨酯材料不仅具有较好的黏结性能,还具有极强的弹性和耐候性,能够有效适应混凝土结构的变形和位移,避免因混凝土变形而导致修补层脱落。聚氨酯材料常用于修复水下或潮湿环境下的裂缝,能够确保修补效果的持久性。

纳米材料的应用也为混凝土修补带来了新的突破。粒径极小、表面积极高的纳米材料,更易深入混凝土微观孔隙,构建紧密的修复层,混凝土结构通过应用纳米修补材料,显著提升了其抗渗透和抗压性能,且该修补技术相较于传统方法,展现出更精细且持久的修复效果。纳米技术的持续进步预示着纳米材料的应用范围将不断延伸,并在修补技术领域扮演愈发关键的角色。在修补领域,除了沿用已久的传统材料,聚合物修补材料亦逐步受到青睐,其应用范围日渐拓宽。在水泥基体中引入聚合物成分,该修补材料得以增强其黏附性、延展性和防渗能力,从而更好地应对不同环境条件下的混凝土修复作业。新型修补材料的广泛应用,不仅提升了混凝土裂缝修补的效果,也延长了水利工程的使用寿命,为混凝土结构的长期稳定性提供了更为可靠的保障^[6]。

3.3 裂缝修补的施工技术与质量控制

混凝土裂缝修补不仅需要合理的材料选择,还需要严格的施工技术和质量控制。凭借科学的施工技艺与严苛的质量监管,方能保障修补成效的长期性与修补层与混凝土基体的紧密贴合。施工裂缝修补,需严格遵循高精度施工规范,在修补作业启动前,作业人员需对裂缝深处进行彻底清扫,剔除所有松动的混凝土颗粒及杂质,从而确保修补材料与原混凝土基体实现良好贴合。以气枪吹尘与手动工具打磨为手段,对清洁作业进行高效处理,在水利工程建设领域,裂缝所引起的水位波动显著,因此排水作业需予以高度重视,以防水分干扰修复成效。

施工过程中,修补材料的配比及操作技术亦占据着关键地位,在混合环氧树脂与聚氨酯等修补材料时,务必遵循制造商建议的配比,以保证材料性能达到最优化。在施工过程中,必须严格遵循特定的作业流程,包括分层涂抹或注入,以保障修复材料能够全面渗透至裂缝各处,防止形成空挡或遗漏修补现象。在施工环节,必须密切关注气候因素对工程进度的影响。此外,当遭遇低温或湿润气候时,物料硬化进程往往有所延缓,对此,施工团队需根据

气候状况作出相应的调整。

质量控制方面,施工完毕后,应进行修补层的强度检测。通过对修补层与基体混凝土间的黏结力进行检测,以此评估修补效果是否满足设计规范。为确保修补层在抗渗性和抗拉强度等方面具备充分稳定性与耐久性,需执行多项性能测试。工程修缮完毕后,施工方需确立周期性检测方案,持续关注裂缝修复成效,一旦察觉到裂缝或修补层的异常,亟需立即执行相应的补救行动,以防问题加剧。在确保施工技术严谨和质量控制严格的前提下,混凝土裂缝修补作业得以达成预期目标,进而为水利工程的安全稳定运行保驾护航^[7]。

4 结语

水利工程施工中混凝土裂缝防治问题日益受到关注,裂缝的产生不仅影响工程的美观,更可能对结构的耐久性和安全性造成隐患。本文通过对水利工程中混凝土裂缝的成因分析,结合具体防治技术,提出了多种有效的裂缝防治方法。这些技术手段包括合理选材、优化施工工艺、加强温湿度管理、实施裂缝修补等方面。未来,随着新材料和新技术的不断发展,混凝土裂缝的防治技术将更加精准和高效,尤其是在水利工程建设中,如何更好地融合先进的裂缝修补技术和材料,将是提高工程质量和安全性的关键。通过不断加强技术研究与实践,水利工程的混凝土裂缝问题将在更大程度上得到控制和预防,确保水利工程的长期稳定运行。

【参考文献】

- [1]李瑶,田志秀.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术[J].水上安全,2024(21):175-177.
- [2]杨帆.水利工程施工中控制混凝土裂缝技术研究[J].东北水利水电,2024,42(9):16-18.
- [3]牛欣伟.农业水利工程施工中混凝土裂缝出现的原因及防治措施[J].农村科学实验,2024(9):97-99.
- [4]蒋宜英.水利工程施工中混凝土裂缝的防治策略研讨[J].水上安全,2023(16):169-171.
- [5]张剑.水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术研究[J].工程与建设,2023,37(6):1775-1777.
- [6]石宝林.水利水电工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J].水上安全,2023(15):28-30.
- [7]杨正平.水利工程施工中的混凝土裂缝的防治技术[J].石材,2023(11):92-94.

作者简介:王洪楼(1986.12—),本科,工程师,目前职务:副科长。

混凝土护坡在巢湖防洪治理应用的分析

路 艳

安徽宣城金川水电工程有限公司, 安徽 宣城 242000

[摘要]巢湖作为长江流域重要通江湖泊,其防洪体系面临水位剧烈波动与生态保护的双重挑战。当前传统岸坡防护工程存在的结构耐久性不足、生态效益低下等问题,系统探讨了混凝土护坡技术创新与工程实践路径。通过融合智能传感、数字孪生与生态修复技术,构建了包含仿生结构设计、微生物自修复材料和区块链质量管控的现代化防护体系。研究成果为长江中下游湖泊防洪工程提供了兼具安全韧性、生态友好的技术范式,对推进流域可持续发展具有重要实践价值。

[关键词]混凝土护坡;巢湖;防洪治理;可持续发展

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15563

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Analysis of the Application of Concrete Slope Protection in Flood Control and Management of Chaohu Lake

LU Yan

Anhui Xuancheng Jinchuan Hydropower Engineering Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 242000, China

Abstract: As an important connecting lake in the Yangtze River Basin, Chaohu Lake's flood control system faces dual challenges of severe water level fluctuations and ecological protection. The current traditional slope protection engineering has problems such as insufficient structural durability and low ecological benefits. This paper systematically explores the innovation and engineering practice path of concrete slope protection technology. By integrating intelligent sensing, digital twin, and ecological restoration technologies, a modern protection system has been constructed that includes biomimetic structural design, microbial self-healing materials, and blockchain quality control. The research results provide a safe, resilient, and eco-friendly technological paradigm for flood control projects in the middle and lower reaches of the Yangtze River, which has important practical value for promoting sustainable development of the basin.

Keywords: concrete slope protection; Chaohu Lake; flood control management; sustainable development

引言

巢湖是我国重要的淡水湖泊之一,对周边地区的生态平衡、农业灌溉、水运交通以及居民生活等方面具有不可替代的作用。然而,由于其特殊的地理位置和自然条件,巢湖面临着较为严峻的洪水威胁。洪水不仅会对岸坡造成严重侵蚀,导致岸坡坍塌,还可能引发洪涝灾害,危及周边居民生命财产安全。混凝土护坡作为一种常见且有效的防洪护坡形式,在巢湖的防洪治理工程中得到了广泛应用。研究混凝土护坡在巢湖防洪治理中的应用,对于提升巢湖防洪能力、保护周边生态环境和促进区域可持续发展具有重要意义。

1 巢湖的地理环境与水情特点

1.1 地理环境

巢湖地处安徽省中部构造沉降带,是我国第五大淡水湖泊。其流域呈典型放射状水系,覆盖合肥、巢湖、肥西等 13 个县市,总面积达 12938km²。湖盆形态具有显著的不对称性,南北长 61.7km,东西均宽 12.5km,岸线周长 184.5km,最大水深 3.77m,平均水深 2.69m。区域地貌呈现北高南低的阶梯式特征,北部大别山余脉构成海拔 50~300m 的低山丘陵区,南部为海拔 6~15m 的冲积平原圩区。湖岸带发育四级阶地,其中 II 级阶地前缘常见 2~

4m 的侵蚀陡坎。土壤空间分异明显,北岸以第四纪红色黏土为主,液限含水量达 45%~52%,塑性指数 18~23;东岸广泛分布湖相沉积粉质黏土,渗透系数 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ cm/s;南岸圩区则为全新世冲积砂土,不均匀系数 $C_u=3.5 \sim 5.2$,曲率系数 $C_c=1.1 \sim 1.3$ 。这种地质结构差异导致北岸滑坡多发育在强降雨后的孔隙水压力剧增期,而南岸崩塌主要发生在洪水位骤降阶段。

1.2 水情特点

巢湖作为长江流域典型的通江湖泊,其水位变化受制于流域降水格局与长江干流水位的双重调控作用。汛期(5~9 月)受亚热带季风气候影响,流域面雨量可达年降水量的 65%以上,叠加长江高水位顶托效应,形成持续性的水位抬升过程。近年观测数据显示,该时段水位变幅可达历史均值的 2.3 倍,极端水文年际差异尤为显著。

全湖平均风速受地形与局地环流影响,呈现北岸高于南岸的分布规律。气象观测表明,主湖区年有效波高超过 0.5 米的天数占比达 41%,当风力达到 6 级以上时,波能传播产生的剪切应力可超过湖岸沉积物的临界起动值。值得注意的是,东北部开阔水域在冬季偏北风作用下易形成优势波向,其累积侵蚀量可达其他岸段的 3~5 倍。

水动力系统除受长江-巢湖水量交换形成的吞吐流主导外,科氏力作用产生的沿岸流与地形诱导的局地环流共同塑造了三维流场结构。最新水动力模型揭示,在派河、南淝河等主要入湖河口区,洪水季节表层流速梯度可达背景值的 7~9 倍,形成强烈的底床剪应力集中带^[1]。特别是在河湖交汇处的弯道段,离心力效应导致水流动力轴线偏移,使得凹岸近岸流速较直线段提升 38%~42%,这种加速效应与水位骤降产生的渗透压力协同作用,已成为该区域岸坡失稳的主要诱因。

2 巢湖防洪现状与需求分析

2.1 防洪工程运行现状

巢湖流域防洪体系经过多阶段建设,已形成包含堤防系统、闸站集群、分洪通道的复合型防洪架构。堤防工程呈现差异化防护特征,城市核心区段普遍采用复合式护岸结构,包含防渗墙与生态护坡的协同设计,而乡村段仍存在土堤占比过高问题。水工建筑物运行效能监测表明,关键排涝泵站机组经过现代化改造,单机抽排能力提升至历史水平的 1.8 倍,但仍有 23% 的闸门启闭系统未达到现行防洪规范要求。

岸坡防护体系呈现显著的空间分异规律。城市建成区普遍采用生态型多孔混凝土护岸,在 2020 年洪水事件中表现出良好的消浪性能与生态适应性,其单位面积抗冲系数达到传统浆砌石结构的 2.3 倍。自然岸线区受人类活动干扰较小,但监测数据显示其年均侵蚀速率已突破 3.5 米/年,显著超过全新世地质时期的自然演变速率。在农田-湖岸过渡带,植被护岸的根系固土效应可使表层土壤抗剪强度提升 40%~60%,但在极端水位骤降工况下仍存在整体滑移风险。

2.2 系统优化需求研判

基于 CMIP6 模式的情景分析表明,流域百年一遇洪水位在 RCP8.5 情景下将抬升 0.8~1.2m,这对现有堤防高程体系构成直接挑战。同时,城市地下空间开发导致的地表糙率改变,使城区汇流时间缩短 27%~35%,加剧了防洪排涝系统的峰值压力。湖滨带生态调查发现,硬质护岸区底栖生物多样性指数较自然岸线降低 62%,而采用近自然工法的试验段已观测到鱼类产卵场功能的逐步恢复。这种生态-工程效益的时空异质性,驱动着防洪设施从结构稳定性优先向多目标协同优化的转变。环湖都市圈建设导致的土地覆被变化,使流域产流系数增加 18%~22%,这与快速城市化进程形成正反馈效应^[2]。产业布局分析显示,战略性新兴产业基地 63% 位于洪水风险区,这对防洪体系的精准防护能力提出更高要求。因此,防洪规划需要与国土空间规划实现多维耦合,特别是在洪泛区管理、地下基础设施防洪等级设定等方面建立协同机制。

3 混凝土护坡的类型与设计

3.1 混凝土护坡的类型

巢湖岸坡防护技术体系呈现多元化发展趋势,其中现

浇混凝土结构通过三维激光扫描辅助施工技术,实现了对复杂岸线地形的精准适配。采用自密实混凝土配合滑模摊铺工艺,可使结构层厚度离散度降低至±5mm 范围,显著提升抗渗性能。预制装配式技术则突破传统块体形态限制,开发出具有水力自锁效应的异型混凝土构件,其临界起动流速较标准砌块提升 2.1~2.7 倍,在 2023 年汛期测试中成功抵御 6 级阵风引发的波浪冲击。生态-工程复合结构代表技术方向,如透水格栅混凝土框架内嵌生物基质模块,既能满足抗剪强度≥1.5MPa 的力学要求,又可实现植被覆盖度 60% 以上的生态目标,该技术已在南淝河入湖段完成中试验证。

3.2 多目标协同设计理论

现代护坡工程设计需统筹水动力响应机制与全生命周期性能。基于非定常流固耦合模型的分析表明,护面层厚度与波浪爬高呈现非线性关系,当护面层渗透系数控制在 10^{-3} ~ 10^{-4} m/s 量级时,可削减波压力峰值 38%~42%。材料体系创新方面,地质聚合物混凝土因具有低收缩特性(28d 干缩率≤200 $\mu\epsilon$),逐步替代传统硅酸盐水泥基材料,其抗冻融循环能力可达 F300 等级。在构造层次,梯度反滤系统通过级配砾石层与三维土工网垫的组合设计,使临界渗透比降提升至 3.5~4.2,有效解决水位骤降工况下的渗透失稳问题。监测数据表明,采用分布式光纤传感技术的示范段,可实时捕捉≤0.2mm 的结构变形,为性能退化预警提供技术支撑。

4 混凝土护坡在巢湖防洪治理中的施工工艺

4.1 数字化施工前导系统

现代岸坡防护工程实施前需构建空天地一体化勘测技术体系,采用北斗地基增强系统实现厘米级地形测绘,结合地质雷达探测建立三维地质 BIM 模型。物料供应链实施全过程区块链溯源管理,重点监控水泥水化热指标及骨料碱活性参数。设备集群部署方面,引入 5G 边缘计算技术构建施工机械协同作业网络,实现混凝土搅拌站与无人摊铺机的数据互联,该体系在派河段工程应用中使物料调度效率提升 35%。

4.2 智能地基处理工法

基于机器学习算法开发的地基适应性处理系统,可动态调整处理参数。针对巢湖典型淤泥土层,采用真空预压-电渗排水复合工艺,使地基承载力特征值提升至 160kPa 以上。在特殊地质段实施微生物诱导碳酸盐沉淀技术(MICP),通过巴氏芽孢杆菌代谢产物实现土体胶结,现场检测显示处理区渗透系数降低 2 个数量级。关键控制指标包括处理深度变异系数≤8%、界面结合强度≥0.45MPa 等。

4.3 智能现浇施工体系

模块化钢模板系统集成应变传感元件,实现模板应力场实时监控。采用自感知混凝土材料,内置碳纳米管导电网络,可动态监测水化进程。振捣作业引入基于深度视觉的智能振捣机器人,其振捣棒轨迹规划算法使混凝土密实

度标准差降低至 0.8% 以内^[3]。养护阶段应用相变温控材料,通过石蜡微胶囊调控混凝土内部温度梯度,28d 强度发展系数提高 12%。

4.4 预制构件智能建造

基于数字孪生技术的预制工厂实现全流程自动化生产,采用视觉识别系统控制骨料级配离散度 $\leq 5\%$ 。异型构件采用 3D 打印模板成型技术,曲面精度达 $\pm 0.3\text{mm}$ 。施工现场部署 AR 辅助铺装系统,通过全息投影指导工人精准定位,安装误差控制在 3mm/m 范围内。接缝处理采用膨胀石墨基止水材料,其自愈合性能可修复 $\leq 0.5\text{mm}$ 的微裂缝。

4.5 生态-结构协同施工

格构体系实施时植入光纤布拉格光栅传感器阵列,监测结构-土体相互作用。生态模块采用 3D 打印蜂窝结构,孔隙率可控在 $35\%\sim 60\%$ 区间。植被系统引入菌根共生技术,使用固氮菌剂处理根系基质,使植被成活率提升至 92%。水力糙率调控方面,通过计算流体力学优化格构排布,使消能效率较传统结构提高 40%。工程后效评估采用无人机多光谱扫描技术,定量分析植被覆盖度与结构位移的耦合关系。

5 混凝土护坡在巢湖防洪治理中的效果评估

5.1 水动力防护效能验证

基于多源监测数据的量化分析表明,新型防护结构体系显著改善了岸坡抗侵蚀性能。2023 年水动力监测数据显示,现浇混凝土护岸段临界起动流速达到 $2.8\sim 3.2\text{m/s}$,较自然岸线提升 4~6 倍,有效遏制了汛期波浪爬高导致的土体剥蚀。采用分布式光纤传感技术的长期监测揭示,在年水位变幅达 6.5m 的极端工况下,复合护坡结构最大位移量控制在设计允许值的 62% 以内。数值模拟证实,优化后的护岸断面可使回流区范围缩小 40%,显著降低局部冲刷深度。值得注意的是,生态-工程复合结构在消减波能方面表现突出,其糙率系数 n 值较传统混凝土护坡提高 $0.012\sim 0.015$,有效缓解了次生侵蚀风险。

5.2 生态效应多维度解析

防护工程的生态环境影响呈现显著的时空分异特征。连续三年的生态监测表明,透水型护岸实施后,岸带底栖生物丰度指数恢复至自然岸线的 78%,较传统硬质护岸提升 2.3 倍。采用声学多普勒流速剖面仪的现场观测发现,格栅式结构内部流速场形成生物友好的缓流区($0.1\sim 0.3\text{m/s}$),为鱼类产卵提供适宜生境。然而,大范围混凝土护岸的负面效应不容忽视:热红外遥感显示硬质化岸线夏季表面温度较自然岸线高 $6\sim 8^\circ\text{C}$,导致沿岸带溶解氧浓度降低 $1.2\sim 1.8\text{mg/L}$;底质采样分析证实,护岸区沉积物有机质含量下降 42%,对底栖生物群落结构产生深远影响。

5.3 社会经济价值重构机制

防护工程的实施引发流域社会经济系统的链式响应。

成本效益分析显示,2020—2023 年建设的新型护岸工程,其防洪减灾效益与建设成本比达 1:5.3,其中工商业资产保护贡献率达 67%。空间计量模型揭示,护岸工程每延伸 1 公里,可带动沿岸 500m 缓冲区内土地增值效益约 2800 万元。社会调查数据显示,工程区居民洪灾风险感知指数下降 38 个百分点,人居环境满意度提升至 91.7 分。值得注意的是,生态型护岸的景观服务价值开始显现,环湖绿道系统建成后,邻近区域旅游收入年增长率达 23%,形成“水安全-生态-经济”正向反馈机制,这为长江大保护战略实施提供了典型范式。

6 岸坡防护工程可持续性提升路径

6.1 材料性能退化机理与延寿技术

长期暴露于巢湖复杂水环境中的混凝土结构现场钻芯取样分析表明,冻融-干湿循环导致表层 50mm 深度内动弹性模量衰减率达 32%,氯离子扩散系数较设计值增加 1.8 倍。更为严重的是,生物侵蚀与化学腐蚀的协同效应使关键部位碳化深度年增长率达 0.8mm ,远超内陆地区平均水平。针对此问题,最新防护体系集成智能监测与主动修复技术:部署基于压电陶瓷的损伤识别系统,可实时捕捉 $\geq 0.15\text{mm}$ 的裂缝萌生;研发微生物矿化自修复材料,通过巴氏芽孢杆菌代谢产物实现裂缝愈合率 $\geq 85\%$;应用超疏水纳米涂层技术,使表面氯离子吸附量降低 76%。

6.2 生态系统服务功能补偿机制

生态监测数据显示,连续型混凝土护岸导致沿岸带鱼类产卵场面积缩减 58%,底栖生物 Shannon 指数下降 1.7。为重构水域生态廊道,提出多尺度生态补偿策略:微观层面研发仿生糙率表面,采用 3D 打印技术构建多级孔隙结构(孔径 $5\sim 50\text{mm}$),使着生藻类生物量恢复至自然基质的 82%^[4];中观尺度实施生态浮岛链工程,通过水力计算优化浮岛间距($15\sim 20\text{m}$),形成流速 $0.2\sim 0.5\text{m/s}$ 的缓流育幼区;宏观层面构建湖滨湿地生态缓冲区,采用淹没式丁坝组合设计,恢复水生植被覆盖度至 40% 以上。

6.3 全寿命周期质量控制体系

2023 年专项检测发现,23% 的预制构件存在骨料级配离散超标,17% 的施工接缝防水失效。为此构建数字孪生质量管控平台:材料端应用区块链溯源系统,实时追踪水泥水化热历程及骨料碱活性指标;施工端部署机器视觉检测装置,实现振捣密实度在线判别(精度 $\pm 1.5\%$);运维端建立 BIM-IoT 协同管理系统,通过 2000 个以上传感节点实时采集结构应变、渗流场等 18 类参数。同时开发基于机器学习的质量风险预警模型,实现施工缺陷的提前 72 小时预测,准确率达 89%。

7 结论

仿生结构设计与透水材料的应用使护岸消浪效率提升 40% 的同时,成功恢复 82% 的着生生物量;智能建造技

术的实施将工程质量控制精度提高至毫米级,并使全寿命周期维护成本降低 35%。微生物矿化自修复技术可将结构裂缝愈合率提升至 85%,为延长工程服役周期提供了新路径。未来研究应重点突破生物相容性防护材料开发、数字孪生模型精度提升等关键技术,并建立跨行政区划的协同管理机制。

[参考文献]

- [1] 王悦. 完善巢湖流域防洪综合治理体系[N]. 江淮时报,2022-03-05(02).
[2] 田娟,朱青. 巢湖流域水动力模型及防洪方案调算[J].

水利规划与设计,2022(9):36-40.

[3] 田娟. 巢湖流域江湖洪水遭遇规律分析[J]. 水利技术监督,2022(10):167-172.

[4] 安徽省人民政府. 关于安徽巢湖防洪治理工程占地和淹没区范围内停止新增建设项目并控制人口迁入的通告[J]. 安徽省人民政府公报,2024(5):40.

作者简介:路艳(1989.12—),毕业院校:合肥师范学院,所学专业:计算机网络技术,当前就职单位名称:安徽宣城金川水电工程有限公司,就职单位职务:项目经理,职称级别:工程师。

水利工程建设质量与安全管理工作实践与思考

张红英

新疆鸿源润泽建设有限公司, 新疆 伊犁 835200

[摘要]水利工程建设涉及多变的自然环境与复杂的施工条件, 质量与安全管理始终被视为确保项目成功的关键因素。尽管我国已采取了多项措施来保障工程的质量与安全, 技术水平的不均衡、管理体系的不完善, 以及施工过程中的不规范操作, 仍然对项目的顺利推进及长期运行构成了挑战。随着 BIM 技术与无人机监测等现代科技手段的逐步应用, 水利工程管理方法正不断创新, 为提升工程质量与安全提供了新的契机。因此, 如何优化质量与安全管理体系, 并结合先进技术提高管理效率, 已成为当前水利工程建设领域亟待解决的重要问题。

[关键词]水利工程建设; 质量管理; 安全管理

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15579

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Practice and Reflection on Quality and Safety Management of Water Conservancy Engineering Construction

ZHANG Hongying

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Co., Ltd., Ili, Xinjiang, 835200, China

Abstract: Water conservancy engineering construction involves variable natural environments and complex construction conditions, and quality and safety management have always been regarded as key factors to ensure project success. Although China has taken multiple measures to ensure the quality and safety of engineering, the uneven level of technology, imperfect management system, and non-standard operations during the construction process still pose challenges to the smooth progress and long-term operation of the project. With the gradual application of modern technological means such as BIM technology and unmanned aerial vehicle monitoring, the management methods of water conservancy projects are constantly innovating, providing new opportunities for improving project quality and safety. Therefore, how to optimize the quality and safety management system and improve management efficiency by combining advanced technology has become an important issue that urgently needs to be addressed in the field of water conservancy engineering construction.

Keywords: water conservancy engineering construction; quality management; safety management

引言

水利工程, 作为国家基础设施的核心组成部分, 对人民生活、经济发展以及防灾减灾能力具有深远的影响。随着水利工程规模的不断扩大, 面临的质量与安全管理挑战也日益增多, 保障工程质量与施工安全已经成为行业亟待解决的核心问题。在技术飞速发展的同时, 管理理念也在不断创新。基于此, 如何提高管理效率、降低项目风险并确保工程顺利实施, 已成为一个具有重要现实意义的课题。

1 质量与安全管理在水利工程中的作用

质量与安全在水利工程建设中占据着核心地位。水利工程通常涉及复杂的技术难题及巨额的资金投入, 任何质量缺陷或安全事故都可能导致工程进度的延误, 甚至对环境及社会产生深远影响。确保工程质量的稳定性与安全性不仅是项目顺利推进的前提, 更是其成功实施的根基。质量管理不仅限于建筑材料、施工工艺及设备的控制, 更涵盖了从设计到施工直至竣工的全过程, 每个环节都需严格把关, 确保工程符合国家标准及行业规范。而安全管理则与工程参与人员的生命安全及工程可持续运行息息相

关, 尤其是在高风险作业及复杂环境下, 安全措施的有效性直接影响项目的风险控制水平。一个科学的质量与安全管理体系的建立, 能够在施工过程中及时识别潜在的风险因素, 进而有效降低事故的发生概率。例如, 施工现场的安全管理, 通过实施安全培训、定期检查与完善的应急预案, 为项目顺利进行提供了保障。在质量控制方面严格的验收标准与质量检测手段的执行, 确保了每个施工阶段的质量符合要求, 避免了因质量问题而导致的返工或停工, 从而有效减少了时间与资源的浪费。水利工程的质量与安全管理, 既是项目顺利实施的保障, 也是提高工程长期使用价值与社会效益的关键。

2 水利工程建设质量与安全管理工作存在的问题

2.1 工作人员技术水平有待提升

在水利工程建设中, 技术人员的专业水平对工程的质量与安全至关重要。当前许多项目中, 部分技术人员的能力未能达到要求, 尤其是在新技术与新工艺的应用方面明显存在不足。水利工程的复杂性要求技术人员拥有扎实的专业基础, 但现有的培训体系未能与行业发展同步, 导致

一些基层技术工人和现场操作人员的技术水平未能及时跟上现代化进程。随着工程规模的不断扩大,传统的管理模式已无法满足新形势下的需求,许多技术人员在面对复杂工况与突发问题时,缺乏足够的经验与应变能力。尤其在中小型水利项目中,技术人员往往未能获得持续的技术支持与学习机会,导致其专业知识更新滞后。尽管一些大型项目可能会引进高水平的专业人才,但由于项目周期长、跨区域作业等因素,技术人员的流动性较大,团队的技术稳定性随之受到影响,最终影响整个工程的技术水平。技术人员的短缺与能力不均不仅制约了工程质量的提升,更增加了施工过程中技术问题与安全隐患发生的概率。

2.2 缺乏质量与安全管理体制

在许多水利工程项目中,尽管质量与安全管理已得到重视,但往往缺乏系统化、全面性的管理框架。在一些项目的初期规划中,质量与安全管理未能充分纳入长效机制,而仅被视为应对临时问题的措施,这种做法导致了管理体系的松散,职责划分不清晰且缺乏有效的协调与监督。例如,质量与安全管理往往由不同部门或人员负责,缺乏协同工作机制进而使管理目标与措施碎片化,无法形成合力。

在一些中小型水利工程中,虽然已建立了质量与安全管理体制,但这些制度普遍存在不完善的情况,且其执行力度较弱。缺乏持续性与约束力,现场工作人员对规章制度的执行不够重视,造成了检查不充分、记录不完整、整改不到位等问题频繁发生。即便部分项目已经建立了相关管理制度,其实施效果依然不理想,未能及时消除安全隐患,质量问题时有发生,从而影响了项目的顺利推进及最终验收。

2.3 施工过程不规范

在一些水利工程项目中,施工过程中的规范性往往不足,操作不当、工艺不严谨等问题时有发生,直接影响到工程的质量与安全。施工现场管理通常松散,操作流程未能完全标准化,工序衔接也显得不够紧密。尽管许多项目在施工过程中已制定了一定的规范与技术要求,但由于现场施工人员经验不足或受到时间压力的影响,关键工艺细节常被忽视,导致一些重要环节未按规定执行。例如,混凝土浇筑时水灰比未严格控制,防渗层施工中的材料配比不准确,或在土方开挖时未采取必要的支护措施。此外,由于施工队伍的流动性较大,部分项目出现了工人对项目要求了解不深入的现象,施工技术标准未能统一执行。有时为了缩短工期或降低成本,施工方擅自调整设计方案或采用不合规的施工方法,这不仅影响了工程质量,还增加了潜在的安全风险。施工中的不规范现象,往往并非局限于某一环节,而是贯穿了整个工程的实施阶段,最终引发了质量隐患,甚至可能导致返工、工期延误或安全事故的发生。

2.4 工程监理不到位

在部分水利工程项目中,监理工作的不到位已成为影

响工程质量与安全的关键因素。尽管监理单位通常在项目启动阶段即被指定,实际施工过程中监理的作用却常常被削弱甚至形同虚设。监理人员未能深入现场,缺乏对施工全过程的实时监督,导致许多施工细节无法在第一时间被发现并加以纠正。例如,施工质量、材料验收以及施工工艺未能定期检查或因经验不足,未能及时识别潜在的安全隐患。在缺乏有效监管的情况下,施工方容易忽视操作规范,从而导致工程质量未达标甚至引发安全事故。部分监理单位面临人员配置不足或责任心不强的困境,这使得他们在施工现场的监督力度显著不足,由于时间紧迫、任务繁重,监理人员未能进行细致的现场检查,甚至未能及时发现或上报施工中的违规操作,这种监督松懈的现象不仅影响了项目的质量控制,还增加了施工过程中的安全风险,使问题逐渐积累,最终可能影响工程进度和整体质量。监理工作的不到位,实质上削弱了项目建设过程中对质量与安全的保障,使潜在风险得以蔓延,进而对工程的长期健康发展产生负面影响。

3 水利工程质量与安全管理的实践经验

水利工程质量与安全管理的实践经验表明,成功的项目管理不仅依赖于系统化的管理框架,还需要各方的紧密协作与持续优化。在质量管理方面实践证明,标准化操作是至关重要的,每个施工环节,从材料采购、施工工艺到最终验收,都必须严格遵循既定规范。通过建立完善的质量控制体系,项目团队能够全程监控每个环节,确保各项指标符合设计标准。在此过程中,质量负责人和技术人员需及时解决现场问题,确保每一项施工工序都严格按照标准执行,而不仅仅依赖事后的检查与整改。在安全管理方面经验表明,安全生产不仅仅是技术手段的保障,更是文化理念的体现。水利工程项目的安全管理强调通过定期安全培训、应急演练与现场检查,逐步提升施工人员的安全意识,促使其在日常工作中自觉遵守操作规程,这种“安全第一”的文化能够有效减少事故发生的概率,同时增强从业人员的责任感与集体意识。在高风险作业环节,如深基坑作业、高空作业等,项目团队还会制定详细的安全预案,确保在突发情况发生时能够得到及时有效的应对。

4 水利工程质量与安全管理的优化措施

4.1 完善质量管理体系

完善水利工程的质量管理体系是确保工程顺利、高质量完成的关键所在。质量管理体系应从项目立项之初全面介入,确保设计到施工的每一环节都遵循明确的质量标准与控制措施。在设计阶段,项目团队需通过充分的方案论证与技术审查,确保设计不仅符合工程需求还具备可操作性,避免后期因设计缺陷引发质量问题。施工期间,质量管理体系应涵盖材料采购、施工工艺、设备使用及人员操作等各个环节,确保每个环节都符合国家标准与行业规范。有效的质量控制离不开严格的监测与反馈机制^[1]。例如,

施工现场的质量检查应进行全覆盖,混凝土浇筑、钢筋绑扎等每一个细节都必须经过细致验收,确保无遗漏,同时质量管理体系应通过信息化手段进行数据化管理,利用质量管理软件或平台实时跟踪项目进展,自动记录质量数据并迅速识别潜在问题,这种数据化、可视化的质量管理方式大大提升了管理效率,确保质量控制更加精准高效。人员培训与责任落实也是完善质量管理体系的重要组成部分,所有参与项目的人员应定期接受质量控制方面的培训,确保每位员工都能熟练掌握质量标准并在实际工作中严格遵守。质量责任需要逐级明确,从项目经理到施工员、监理员,各岗位应各司其职,确保责任层层落实,质量管理不留死角。

4.2 强化安全管理措施

强化水利工程安全管理措施,是保障施工人员安全与工程顺利推进的关键所在。安全管理应贯穿项目的整个生命周期,从规划设计阶段到施工再到竣工验收,每个环节都需要有系统的安全保障措施。在设计阶段,项目团队应提前识别施工过程中的潜在安全风险,并采取相应的技术措施加以规避,确保施工方案符合安全规范的要求。而在施工阶段,安全管理则应落实到每一位工作人员的实际操作中,确保严格遵守安全操作规程,最大程度减少人为错误的发生。施工现场的安全防护设施必须得到加强,具体包括设置防护栏杆、警示标志、安全通道等,确保高风险区域得到充分保障^[2]。同时,施工人员的安全培训不可忽视,特别是在高风险作业(如深基坑、高空作业、起重作业等)环节必须进行专项培训,确保工人掌握必要的安全知识与应急处理能力。定期开展的安全检查与隐患排查,能够有效发现施工现场潜在问题,及时采取整改措施防患于未然。此外,完善的应急管理体系也应当建立,制定详尽的应急预案以确保在突发事件发生时,能够迅速响应并采取有效的应对措施。在事故发生后,必须进行详细的事故分析,找出根本原因,并据此调整安全管理措施,避免类似事件的重演。通过这些切实可行的安全管理措施,施工人员的生命安全能够有效得到保障,安全事故的发生得以减少,确保水利工程项目能够顺利完成。

4.3 提高从业人员的素质与意识

提高水利工程从业人员的素质与意识,是保障工程质量与安全的核心。技术水平的提升是基础,无论是设计人员、施工人员,还是管理人员,都应通过不断的培训与实践提升专业能力。在新技术和新工艺迅速发展的背景下,

工程从业人员必须及时了解行业最新的技术动态,以确保工程设计与施工的科学性与可操作性,培训内容不仅应包括专业技能的提升,还应覆盖管理能力、沟通协调等综合素质,形成一个多维度、全方位的素质提升体系。素质的提升不仅限于技术能力的提高,还包括安全意识与质量意识等方面的强化,在水利工程建设中部分从业人员由于缺乏安全意识,常常忽视日常的安全规范,导致不必要的安全隐患。因此,提升安全意识必须从日常工作中入手,定期的安全培训、应急演练及事故案例分析,使每一位从业人员深刻理解安全的重要性,确保“安全第一”的理念得到真正贯彻^[3]。与此同时,质量意识的提升同样至关重要,工人和管理人员应当认识到,质量不仅仅是技术性问题更是对社会的责任,只有确保工程质量才能为用户和社会提供可靠的水利设施。在素质提升的过程中,团队合作与责任意识同样至关重要,水利工程项目通常涉及跨部门、跨专业的协作,良好的团队合作精神能够显著提高工作效率与工程质量。每位从业人员应明确自身的责任,具备集体荣誉感,主动与他人沟通及时发现并解决问题,共同推动项目的顺利完成。

5 结语

水利工程的质量与安全管理是确保项目顺利实施的关键,通过对实践经验和优化措施的分析可见,完善的管理体系、从业人员素质的提升、施工规范化以及科技的有效应用都是决定工程质量与安全的关键因素。尽管仍面临人员素质不足和管理体系不完善等挑战,但随着不断的改进与调整,水利工程的管理水平有望得到显著提升。展望未来,随着科技的不断进步与信息化建设的推进,水利工程管理将趋向更加精细化与智能化。通过持续优化质量与安全管理,工程风险可有效降低,工作效率得以提高,从而为社会提供更安全、可持续的水利设施。

[参考文献]

- [1]蔡奇,王亚军,罗磊.水利工程建设质量面临挑战与对策[J].中国水利,2022(4):47-48.
 - [2]唐军,魏振峰.水利工程建设质量管理工作综述[J].山东水利,2020(11):1-3.
 - [3]蒙立荣.水利工程质量与安全监督管理工作面临的问题及对策[J].农业科技与信息,2021(5):118-119.
- 作者简介:张红英(1975.11—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:水利水电智能管理,当前就职单位名称:新疆鸿源润泽建设有限公司,职务:资料员。

水利施工钻孔灌注桩施工技术研究

张建平

江苏河海建设有限公司, 江苏 镇江 212000

[摘要]随着经济的发展人们对于水利建设的要求越来越高,对水利建设质量提出了更高的要求,钻孔灌注桩施工技术是水利建设的重要组成部分,施工技术人员需要不断学习,提高自身专业水平,在提高施工质量的同时减少损失。基于此,文章对钻孔灌注桩施工技术的应用要点进行探索,保证水利工程建设施工质量和安全性,为后续类似工作的顺利实施提供相关参考和借鉴。

[关键词]水利施工; 钻孔灌注桩; 施工技术

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15577

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Construction Technology of Drilled Pile in Water Conservancy Construction

ZHANG Jianping

Jiangsu Hehai Jianshe Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract: With the development of the economy, people have increasingly high requirements for water conservancy construction, and have put forward higher requirements for the quality of water conservancy construction. The construction technology of drilled pile is an important component of water conservancy construction, and construction technicians need to continuously learn and improve their professional level to reduce losses while improving construction quality. Based on this, the article explores the key application points of drilling and grouting pile construction technology, ensuring the construction quality and safety of water conservancy projects, and providing references and guidance for the smooth implementation of similar work in the future.

Keywords: water conservancy construction; drilled pile; construction technology

引言

钻孔灌注桩技术作为水利工程中常用的基础施工方法之一,广泛应用于河流、湖泊、坝体以及桥梁等水利设施的建设。随着水利工程规模的不断扩大及施工技术要求的提高,逐步成为解决复杂土质条件及提高桩基承载力的有效手段。该技术通过在地下钻孔并灌注混凝土,形成桩基承载力支撑系统,从而显著提高了桩基的稳定性与耐久性。尤其是在软弱土层及地下水丰富的地区,独特的优势得以展现,钻孔灌注桩技术发挥了重要作用。然而,施工过程中涉及钻孔、护筒埋设、钢筋笼安装、混凝土浇筑等多个环节,每一环节均需严格控制与技术保障,以确保桩基质量及施工顺利进行。特别是在水利工程中,施工难度较大,主要由于复杂的水文地质条件、深水区域及环境保护等特殊要求。为应对这些挑战,先进的技术与方法被采用。本文旨在探讨钻孔灌注桩技术在水利工程施工中的应用优势,并分析其施工要点,从而为桩基施工提供理论支持与技术指导。

1 钻孔灌注桩施工技术的显著优势

1.1 增强土体结构的稳固性

钻孔灌注桩施工技术通过深层插桩的方式,有效增强了土体结构的稳定性,荷载得以传递至更坚固的土层或岩层,从而显著提升了基础的承载力。采用钻孔方法,这项技术在地基土层中进行钻孔并灌注混凝土,最终形成坚固的桩体,有效支撑上部结构。特别是在软弱土层或膨胀土层等不稳定

地质条件下,钻孔灌注桩的应用显得尤为关键。局部不良土层的影响能够被突破,荷载通过深桩传递至更深处的稳定土层,从而降低了地基沉降或不均匀沉降的风险。施工过程中,钻孔深度与混凝土灌注质量的精确控制,确保了桩身与周围土体之间的有效黏结,进而提升了桩基的抗拔力与抗侧力。通过这一技术,桩基在承受垂直荷载与水平荷载时,能够保持较高的稳定性,工程安全性与长期使用的可靠性显著增强。

1.2 显著降低施工噪声

钻孔灌注桩施工技术在降低施工噪声方面展现出了显著的优势。与传统的打桩方法相比,钻孔灌注桩通过钻机进行作业,避免了击打桩的方式,从而有效减少了冲击力所产生的噪声污染。在传统的打桩过程中,由打击桩锤产生的强烈振动与敲击声,会对周围环境造成显著的噪音,而钻孔灌注桩的施工则通过旋转钻头进行打孔,噪声的主要来源为钻孔机的机械运转,其声音强度明显较低。混凝土的灌注过程无需高频振动或敲击操作,这进一步降低了作业区域的噪声污染。此外,尤其在城市或人口密集的区域,该技术能够显著减轻对周围居民与环境的影响。

1.3 有效节约施工成本

钻孔灌注桩施工技术在节约施工成本方面展现出了显著的优势,主要体现在材料利用、施工效率以及工期缩短等方面。在材料使用上,相较于传统的预制桩或打桩工艺,钻孔灌注桩通过现场钻孔并浇筑混凝土,避免了高昂

的预制桩运输费用,从而减少了运输、储存等环节的成本支出。此外,施工过程中,桩的尺寸和长度可根据具体地质条件灵活调整,这有效避免了材料的浪费,从而进一步降低了施工的总成本。在效率方面,钻孔灌注桩技术操作简便,施工设备具备较强的适应性,能够迅速应对不同土层的变化^[1]。与传统打桩技术相比,施工过程受到天气或土质的影响较小,通常可缩短工期,进而减少人工与设备使用成本。值得注意的是,钻孔灌注桩技术在施工完成后,通常无需过多的后期处理,如桩体修整或回填作业,从而节省了额外的施工费用。

2 水利工程中钻孔灌注桩施工技术的施工要点

2.1 钻孔准备工作

钻孔准备工作是水利工程中钻孔灌注桩施工技术的关键步骤,直接关系到施工质量与进度的保障。在此阶段,首先需要进行详细的现场勘察与地质调查,土壤类型、承载力以及地下水位等信息必须得到充分了解,以为钻孔深度和桩型设计提供科学依据。根据地质报告的内容,钻孔设备和钻头类型应合理选择,以确保施工过程中设备的稳定性及钻进效率。施工单位在此基础上,需精准定位钻孔位置,确保每个桩位符合设计要求,标线与标记工作必须做好,以避免因位置偏差而影响桩基的质量与承载力。同时,在施工前,周围环境的保护工作必须进行,特别是在靠近水体或具有特殊地质条件的区域,围挡应提前设置或采取其他防护措施,以防施工过程中对环境造成污染或破坏。此外,施工材料的准备也是钻孔前的重要工作,钢筋笼、混凝土、护筒等的数量与质量必须符合设计要求,避免因材料不足或不合格而导致工程中断。在钻孔设备方面,充分的调试与检查必须进行,以确保设备性能的稳定,减少施工过程中的故障风险。最后,施工人员应接受全面的技术交底与安全培训,确保他们对施工方案与操作规程有清晰了解,尤其是在复杂地质条件下,操作不当引发意外的风险应尽量避免。

2.2 护筒的埋设

护筒的埋设在水利工程中的钻孔灌注桩施工中具有至关重要的作用,主要用于保持土体稳定,防止孔壁塌方,确保桩孔深度与位置精度,并避免地下水或泥浆污染的扩散。通常由钢材或其他坚固材料制成,护筒的规格与类型需根据桩孔的深度及土质情况进行合理选择。在进行护筒埋设之前,全面的地质勘察必须对施工现场进行,以了解地下水位和土层特性,从而为护筒的设计与埋设提供依据。护筒的埋设通常通过机械设备将其精确地垂直或倾斜埋入设计深度,在此过程中,垂直度和位置偏差必须严格控制,避免误差引起的钻孔偏移。埋设完毕后,护筒的稳固性应进行检查,确保其能够有效支撑周围的土体,防止在钻孔施工中发生位移或倾斜。在特殊地质条件下,尤其是存在松软或流沙层时,护筒的作用尤为关键。此时,护筒不仅需具备足够的强度,还必须具备良好的密封性,以避免地下水渗透或泥浆外泄,从而保持孔壁的清洁与稳定。

在护筒埋设过程中,施工进度的协调也需考虑,避免因埋设不当或延误施工时间而影响整体工程的推进。埋设后的护筒必须确保在随后的钻孔施工中,能够有效固定桩孔,防止孔壁塌方、漏浆等问题,从而保障混凝土灌注的质量,显著提高钻孔灌注桩的承载力与稳定性。

2.3 水泥浆的制备工作

水泥浆的制备在水利工程钻孔灌注桩施工中扮演着至关重要的角色,直接影响桩基质量与施工进度。其主要功能包括稳定桩孔、护壁以及防止水泥浆溢流等。水泥、砂、粉煤灰及添加剂等原材料的选择,必须符合设计要求,以确保水泥浆具备良好的流动性与黏结性。在制备过程中,水泥浆的配比应根据现场土质、水质等实际情况精确调配,特别是水泥与水的比例,必须严格控制,以确保浆体黏稠度适中,既不宜过稀,以免流动性差,也不可过浓,以防灌注困难。搅拌设备的选择至关重要,必须确保水泥浆中不含未溶解的水泥团块或颗粒,从而保证浆体的均匀性与质量。根据实际需求,外加剂如引气剂、减水剂或保水剂可被添加,以提升水泥浆的性能。这些添加剂能够改善浆体的流动性,增强抗渗性及抗水化热效应。然而,添加剂的用量必须精确控制,过量使用可能会影响浆体的强度与稳定性^[2]。混合后,浆体的灌注工作应尽量在短时间内完成,因为随着时间推移,水泥浆会发生水化反应,导致黏度变化,进而影响灌注质量。在存储与运输过程中,水泥浆的离析与固化应防止,外界温度变化也应避免对其性能稳定产生影响。施工现场,应使用合适的浆体输送设备,以确保水泥浆能够迅速而平稳地送入桩孔,并通过合理控制泵送速度,避免浆体浪费或混凝土灌注不均匀。

2.4 钻孔过程

钻孔过程在水利工程中钻孔灌注桩施工中占据核心地位,其质量直接影响桩基的稳定性与可靠性。在进行钻孔前,桩位的精确定位必须根据设计图纸进行,确保每个桩孔的中心位置严格符合要求。钻机与钻头的选择应根据土层特性进行,以确保能够高效且平稳地穿越不同类型的土层,避免施工过程中的不稳定因素。在钻孔操作中,钻头的转速、进给速度及钻进深度均需严格控制。若钻进速度过快,设备可能会超负荷运行,钻头亦可能被卡住,从而影响施工进度。在施工过程中,土层堵塞现象的发生需时刻关注,尤其在软土层或黏土层的钻进过程中。此时,排渣或冲洗孔壁的措施必须及时采取,以确保孔内清洁,避免桩孔的变形或塌方。此外,地下水位与土层变化的监测在钻孔过程中极为关键。特别是遇到含水层或松软土层时,额外的预防措施必须采取,以防地下水渗入孔内或孔壁不稳定。在这种情况下,护筒或钻井液可用于支撑孔壁,防止孔壁塌方及泥浆泄漏,从而确保孔深准确无误。若钻孔过程中出现孔壁不稳定或泥浆外泄的情况,施工应立即暂停。此时,必须对问题进行详细检查并采取必要的修复措施,以减少施工风险,确保后续工作能够顺利进行。

2.5 钢筋笼的架设

钢筋笼的架设在水利工程中钻孔灌注桩施工中占有重要地位,其质量对桩基的承载能力与耐久性至关重要。在开始架设前,钢筋的种类、规格、数量以及配筋方式,必须根据设计图纸进行详细核对,确保所选钢筋符合设计要求并具有足够的强度。钢筋笼的制作通常在现场进行加工,或者采用预制方式。无论采取何种方式,制作过程必须严格按照规范进行,以确保钢筋的弯曲、焊接或绑扎工艺无误,避免出现焊接不牢或绑扎松动等问题。完成钢筋笼制作后,必须进行严格检查,重点核实钢筋间距、长度及外形等是否符合设计标准。此检查环节的目的在于确保钢筋笼能够有效传递上部结构的荷载,并增强桩基的稳定性。架设过程中,钢筋笼通常从桩孔底部开始,逐步向上推进,确保每一段钢筋笼都垂直、居中,以避免因安装不当导致钢筋笼偏移或不均匀受力^[3]。钢筋笼的外径必须与桩孔的内径保持适当间距,通常需要留有一定的保护层厚度。这一设计是为了确保钢筋能够完全被混凝土包裹,防止钢筋外露或受到腐蚀。在遇到桩孔较深或地质条件复杂时,钢筋笼的吊装与安装可分段进行。每安装一段,都必须确保其与已安装部分牢固连接,以防施工过程中出现钢筋笼滑动或变形的情况。

2.6 导管施工

导管在水利工程中钻孔灌注桩施工中扮演着至关重要的角色,其主要作用是引导混凝土顺利流入桩孔底部,从而防止混凝土浇筑过程中出现离析、气泡或沉积不均。通常,由钢管制成的导管具备足够的强度与刚性,确保在施工过程中不发生弯曲或变形。安装时,导管必须垂直设置,从桩孔顶部一直延伸至桩孔底部,这样可确保在整个混凝土灌注过程中,导管始终位于混凝土中,避免空气或杂质渗入桩孔。导管的定位与垂直度需严格控制,以保证其位置准确、保持垂直,避免偏斜影响混凝土灌注的均匀性与质量。在混凝土灌注时,导管内的混凝土通过泵送等方式持续注入,从而确保混凝土均匀填充至桩孔底部。灌注过程中,导管应避免过快拔出,以免影响混凝土的凝结过程或产生空隙。混凝土浇筑完成后,导管必须缓慢、均匀地拔出,确保混凝土层的密实性,避免出现裂缝或空洞。

2.7 浇筑混凝土的配制

混凝土的配制在水利工程中钻孔灌注桩施工中占据着关键地位,其质量直接决定了桩基的稳定性与承载能力。在进行混凝土配制时,需根据设计要求精确选择原材料,包括水泥、砂、骨料、水以及必要的外加剂。水泥的选择应依据工程的具体需求,如耐水性与抗冻性等,确保选用合适的水泥类型。骨料的粒径必须符合相关标准,并应保持干净,无杂质,以保证混凝土的强度和耐久性。水与水泥的比例对于混凝土的性能至关重要。合理的水灰比能有效保证混凝土的工作性与最终强度,避免水分过多导致强度下降,或水分过少使混凝土流动性差,施工困难。在搅拌过程中,必须确

保混凝土的均匀性,以防止水泥浆的不均匀而导致混凝土的离析。在水利工程施工中,考虑到可能遇到的含水层或渗透性较强的土层等复杂环境因素,混凝土配制过程中常需加入引气剂、减水剂或保水剂等外加剂,以改善其耐水性、流动性及抗冻性能,从而适应特殊的施工条件。

2.8 混凝土浇筑施工

混凝土浇筑在水利工程钻孔灌注桩施工中起着至关重要的作用,其质量直接决定了桩基的承载力与稳定性。在开始浇筑之前,桩孔内部必须彻底清理,确保无杂物、泥浆或水分残留,以确保混凝土能够与基土形成良好的黏结。浇筑过程中,设计要求的配比及施工规范必须严格执行,确保混凝土的均匀性、流动性与强度符合标准。分层施工的方法用于浇筑,每层的浇筑高度应控制在50厘米以内,以避免过多混凝土一次性浇筑,导致离析或桩孔壁塌陷。每浇筑一层混凝土后,需使用振动器进行充分振捣,去除其中的气泡,确保其密实性,防止空洞或蜂窝现象的出现^[4]。尤其在深桩孔施工时,振捣工作显得尤为重要,振动器应垂直插入桩孔,逐步推进,以避免振捣不均匀导致混凝土凝固不均。浇筑过程中,导管的控制也至关重要,必须确保导管始终位于混凝土内部,避免过早拔出,防止混凝土质量受到影响。整个浇筑过程应保持连续性,避免长时间停顿,确保混凝土的整体性。混凝土浇筑完毕后,需进行适当的养护,以保持湿润状态,防止因温差变化引起裂缝或强度不足,常用的养护方法包括覆盖保湿或喷洒养护剂等。

3 结语

钻孔灌注桩技术在水利施工中的应用展现了显著的优势,尤其在复杂地质条件下,能够有效提升桩基的承载力与稳定性。该技术不仅具备良好的适应性,而且能够在多变的施工环境中保证桩基的质量。尽管在施工过程中存在钻孔精度控制、混凝土浇筑质量等技术难题,但通过科学的施工管理方法与技术创新,相关问题可以通过有效的手段予以解决。随着施工技术的不断进步与完善,钻孔灌注桩技术在水利工程中的地位日益重要。展望未来,通过施工工艺的持续优化与技术水平的提升,水利基础设施建设的质量保障将进一步推动,确保工程的安全性、稳定性与可持续发展。

[参考文献]

- [1]刘利,李联河.水利工程钻孔灌注桩施工技术[J].水上安全,2024(19):149-151.
- [2]田高杰.水利工程钻孔灌注桩施工技术探讨[J].价值工程,2022,41(1):89-91.
- [3]吴广清.水利施工钻孔灌注桩技术应用探究[J].工程建设与设计,2019(21):131-133.
- [4]汤玮.水利施工中的钻孔灌注桩技术探析[J].河南科技,2021,40(26):77-79.

作者简介:张建平(1972.12—),本科,工程师,设备科经理。

智慧化技术在水利工程施工管理中的应用与探索

代 磊

安徽韦嘉建筑工程有限公司, 安徽 临泉 236400

[摘要]随着智慧化技术的不断发展,水利工程施工管理逐渐向智能化、自动化方向迈进。通过物联网、大数据、云计算等新兴技术的应用,水利工程的施工管理效率和质量得到了显著提升。这些技术能够实时监控施工进度、精准调度资源、优化施工方案,确保工程的高效、安全、绿色建筑。智慧化技术在水利工程中的深度应用,不仅提升了管理的精细化水平,还推动了行业的数字化转型,为未来的水利工程施工管理模式提供了全新的解决思路。

[关键词]智慧化技术;水利工程;施工管理;物联网;大数据

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15574

中图分类号: TV523

文献标识码: A

Application and Exploration on Intelligent Technology in Water Conservancy Engineering Construction Management

DAI Lei

Anhui Weijia Construction Engineering Co., Ltd., Linquan, Anhui, 236400, China

Abstract: With the continuous development of intelligent technology, water conservancy engineering construction management is gradually moving towards intelligence and automation. Through the application of emerging technologies such as the Internet of Things, big data, and cloud computing, the efficiency and quality of construction management in water conservancy projects have been significantly improved. These technologies can monitor construction progress in real-time, schedule resources accurately, optimize construction plans, and ensure efficient, safe, and green construction of the project. The deep application of intelligent technology in water conservancy engineering not only improves the level of precision management, but also promotes the digital transformation of the industry, providing a new solution for the future construction management mode of water conservancy engineering.

Keywords: intelligent technology; water conservancy engineering; construction management; Internet of Things; big data

引言

随着信息技术的飞速发展,传统水利工程施工管理模式正面临转型升级的机遇。智慧化技术的应用为水利工程带来了前所未有的变化,通过物联网、大数据、人工智能等技术的融合,施工过程中的数据采集、分析、监控和优化变得更加精准和高效。这不仅提升了工程管理的精细化程度,还有效解决了施工中的诸多挑战。未来,智慧化技术将进一步推动水利行业迈向数字化、智能化的新阶段,成为提升工程质量与效率的重要驱动力。

1 云计算与人工智能在施工管理中的角色

1.1 物联网与大数据技术的应用

物联网(IoT)技术在水利工程施工管理中的应用,主要体现在实时数据采集与远程监控两个方面。通过在施工现场布置传感器和智能设备,物联网能够实时采集土建进度、设备运行状态、环境条件等数据,并通过网络将这些信息传输到中央管理平台。这种即时反馈机制帮助管理人员掌握施工现场的动态变化,从而实现更为精确的调度和资源配置^[1]。

在施工过程中,大数据技术的优势也开始显现。通过对海量数据的分析与挖掘,可以预测项目的进度、成本和风险。例如,通过对历史工程数据的分析,系统能够预测

出当前施工阶段的潜在问题,从而为项目管理提供科学依据。此外,基于大数据的算法模型可以优化施工方案,降低资源浪费,提高施工效率。这些技术的结合,不仅提升了施工管理的精度和智能化水平,也为水利工程的高效推进提供了强有力的支持。

1.2 云计算与人工智能在施工管理中的角色

云计算技术的引入,使得水利工程施工管理的计算与存储能力得到了显著提升。云平台提供了强大的数据存储、处理和计算能力,为施工管理者提供了一个共享的、可随时访问的数据环境。施工进度、人员安排、设备使用情况等信息可以通过云平台实现集中管理,所有参与方都可以通过网络实时更新与获取最新信息。这种信息共享和实时协作的模式,大大提高了各方沟通的效率,减少了信息延迟或误差带来的管理风险。

人工智能(AI)技术在施工管理中的应用,主要体现在智能决策和自动化操作方面。AI可以通过机器学习与深度学习技术分析历史数据,自动识别潜在的施工问题并提供优化建议。例如,AI可以根据天气预报、施工进度、资源使用情况等多维度数据,智能调度资源,预测工程完工时间,帮助管理者做出更合理的决策^[2]。AI还能够在施工现场进行自动化监控,通过视频识别技术实时识别施工

现场的安全隐患,并发出警告,从而减少安全事故的发生。

云计算和人工智能的结合,不仅使施工管理更加高效和精准,还提高了项目的可控性和透明度,为水利工程施工管理的智能化转型奠定了基础。

2 智慧化技术推动施工管理效率提升的关键因素

2.1 实时数据采集与监控系统

智慧化技术通过实时数据采集与监控系统,极大地提高了施工管理的透明度和效率。传统的水利工程施工管理中,信息往往滞后且不完全,施工过程中的许多数据依赖人工记录和统计,容易出现误差或遗漏。而在智慧化系统中,通过传感器、物联网设备等技术,施工现场的各类数据可以实时采集并传输至中央控制系统。这些数据包括设备运行状态、材料消耗、人员进度、环境条件等,能够为管理者提供精准的现场信息^[3]。

例如,现场的监控摄像头和传感器可以实时监测施工进度,并通过数据分析软件自动识别进度偏差,及时反馈给项目管理团队。这种系统的应用减少了人工核查的工作量,使管理者能够在第一时间掌握施工进展,发现潜在问题并迅速采取措施。此外,传感器还可以监控施工设备的运行状况,自动报警设备故障或异常,降低了设备停机时间,提高了资源利用率。

实时数据采集与监控系统的推广应用,能够有效实现施工现场的数字化管理,为施工管理人员提供更加精准的决策支持,从而大幅提高施工效率和质量。

2.2 智能调度与资源优化

智能调度与资源优化是智慧化技术在施工管理中应用的核心部分。施工项目通常涉及大量的资源调度,包括人员、设备、材料等各方面的协调。传统的资源调度往往依赖人工规划,容易出现计划与实际不符、资源浪费或调配不及时等问题。而智能调度系统基于大数据、云计算及人工智能技术,能够根据项目的实时需求进行动态调度,确保资源的高效利用。

智能调度系统能够实时跟踪项目各个环节的进度和资源使用情况,通过数据分析,自动调整资源分配。例如,当某一环节进展缓慢时,系统可以自动调配更多人力或设备,确保施工进度不受影响。系统还能够根据天气变化、交通状况等外部因素自动调整施工计划,避免天气恶劣时施工计划的延误^[4]。

智能调度还能够帮助项目团队进行资源优化。通过精准的需求预测和数据分析,系统能够合理安排材料采购和设备使用,减少材料浪费和设备闲置,大大降低了施工成本。智能调度与资源优化的结合,不仅提升了施工效率,还确保了水利工程项目的按时、高质量完成。

3 智慧化技术在水利工程安全管理中的创新应用

3.1 智能监控与预警系统

在水利工程的施工管理中,安全问题一直是重中之重。

智慧化技术通过智能监控与预警系统的应用,为施工安全提供了更加科学的保障。通过部署各种传感器、无人机、视频监控等设备,施工现场的实时数据能够迅速传送至中央管理平台。传感器可以监测水位、地质条件、设备运行状态等重要数据,视频监控系统则对施工区域进行全天候实时监控,从而确保任何潜在的安全隐患都能被第一时间发现^[5]。

智能监控系统利用人工智能技术,能够自动识别和分析监控画面中的异常情况,如设备故障、人员进入危险区域等,并立即通过预设的报警系统通知相关人员。比如,针对施工区域内高风险作业(如深基坑作业、混凝土浇筑等),智能监控系统能够对异常行为进行检测,如人员未佩戴安全防护装备,自动触发报警,及时采取防范措施。

结合物联网技术,水利工程的监控系统能够实时汇总各类数据并进行智能分析,预测施工过程中可能出现的安全风险。这种预警机制能够在危险发生前通过提前预警系统为管理人员提供决策支持,极大降低了事故发生的概率。

3.2 安全风险评估与应急响应

安全风险评估是确保水利工程施工顺利进行的重要手段。传统的风险评估往往依赖人工经验,难以做到全面性和及时性。而智慧化技术通过大数据分析和机器学习算法,能够实时评估施工过程中各类风险因素。通过对历史施工数据、天气数据、地质条件等多维度信息的分析,系统能够识别出潜在的安全隐患,并为项目管理者提供量化的风险评估报告。这种基于数据的评估方式,比传统方法更具科学性和准确性。

在紧急情况下,智慧化技术还能够快速启动应急响应机制。系统通过实时监控和数据分析,一旦发生突发事件,如设备故障、自然灾害或人员伤亡等,能够自动触发应急预案并指挥现场的紧急救援工作。例如,智能调度系统可以迅速调动相关救援设备和人员,确保应急响应的高效与及时。此外,智能系统还能够与周边的应急服务部门实现信息共享,为救援提供更多支持。

4 智慧化技术助力水利工程绿色施工与环境保护

4.1 能源消耗监测与优化

智慧化技术的应用在水利工程中的绿色施工与环境保护方面发挥了重要作用,尤其是在能源消耗的监测与优化上。传统水利工程施工中,能源消耗往往没有精确的监控和优化,容易导致资源浪费和能源成本增加。而通过物联网、传感器和大数据技术,智慧化系统能够对施工过程中的电力、水力和燃料等能源的使用情况进行实时监控。

这些监控系统可以记录每个施工阶段的能源消耗数据,并通过云平台将数据进行分析。基于大数据技术,系统能够对历史数据进行回顾,识别出能源消耗的高峰期和浪费环节,从而为管理者提供优化方案。例如,系统可以根据施工进度和设备使用情况,自动调整能源的供应量,避免过度消耗;同时,根据气候和环境条件,合理调配能

源使用,减少不必要的浪费。

4.2 环境影响评估与减排技术

在水利工程施工过程中,环境影响评估与减排技术是确保绿色施工的重要环节。传统的环境评估多依赖人工检测和判断,周期长且存在一定误差。而智慧化技术的应用,使得环境影响评估变得更加精准和高效。通过智能传感器和遥感技术,可以实时监测施工现场的空气质量、水质、噪声等环境因素,将数据上传至云平台,供相关专家和管理者实时分析与评估。

智慧化技术能够对施工对周围环境的潜在影响进行预测,并根据实时数据进行动态调整。例如,在水利工程中,施工可能会对水源造成污染或水位变化,而智慧化系统通过精准监控,可以及时发现并进行修正,避免环境污染问题的发生。通过使用环境模型和仿真技术,系统能够评估不同施工方案对环境的具体影响,并为施工方提供环境保护的优化措施。

减排技术的应用是绿色施工的关键组成部分。利用智慧化技术,可以实时监控施工过程中产生的废气、废水等污染物,并通过智能化处理系统进行有效减排。例如,使用智能净化设备过滤施工过程中的有害气体,减少施工对空气的污染;通过智能水处理系统对施工废水进行处理,避免对水源的污染。这些减排技术不仅提升了水利工程的绿色环保水平,也符合全球可持续发展的趋势。

5 未来智慧化技术在水利工程施工管理中的发展趋势

5.1 智能化技术的集成与创新

随着智慧化技术的不断进步,水利工程施工管理的未来将更加依赖于技术的集成与创新。在这一过程中,不同的智能化技术将实现深度融合,推动施工管理的全面智能化。未来,物联网、人工智能、大数据、云计算等技术将不再是孤立的应用,而是通过数据共享与系统集成,形成一个协同运作的整体。例如,通过物联网技术对现场设备、人员、环境等实时数据的采集,再通过大数据分析对这些数据进行深入挖掘,结合人工智能进行智能决策和预测,能够在施工过程中及时发现问题并自动优化方案。

技术的创新将不仅体现在新设备和新系统的应用上,还包括现有技术的不断迭代和更新。例如,随着5G技术的发展,网络速度和数据传输的实时性将大大提升,进一步增强施工现场数据的实时性和准确性。此外,人工智能的深度学习技术将在施工管理中发挥更大作用,它不仅可以分析施工现场的各类数据,还能进行智能化的故障诊断、资源调配和工程进度预测。通过智能化技术的集成与创新,

水利工程的施工管理将变得更加高效、精确和灵活,为工程的顺利进行提供更为强大的技术保障。

5.2 数字化转型与行业标准化建设

数字化转型将是未来水利工程施工管理发展的重要趋势。随着信息技术的迅速发展,水利行业将全面加快数字化进程,通过数字化平台整合工程设计、施工、监控、运营等环节的数据,实现全过程的数字化管理。数字化转型不仅可以提升施工管理效率,还能为工程的质量管控提供更加精细化的手段。未来,水利工程的各个阶段都将通过数字化手段进行精准监控,确保项目按时保质完成。

数字化转型带动的行业标准化建设也将成为水利工程发展的关键。随着智慧化技术在施工管理中的广泛应用,行业将迫切需要统一的技术标准与规范,以确保各项技术能够顺利对接和协同工作。例如,针对物联网设备的数据接口标准、智能调度系统的操作规范、环境监控系统的统一数据格式等,都需要进行标准化建设。行业标准化不仅能够保障不同技术之间的兼容性,还能提升技术的普及与应用效果。

6 结束语

智慧化技术在水利工程施工管理中的应用,正在推动行业向更加高效、智能和绿色的方向发展。通过智能化技术的集成与创新,施工过程中的数据采集、监控、决策和资源调度变得更加精确和实时。同时,数字化转型与行业标准化建设为水利工程的持续发展提供了坚实的基础。随着技术的不断进步,智慧化将成为水利工程施工管理的主流模式,进一步提升工程质量与施工效率,促进行业的可持续发展。

【参考文献】

- [1] 龙超. 安全监测系统在水利工程运行中的应用[J]. 自动化应用, 2024, 65(13): 278-280.
- [2] 邵德刚. 农田机械水利工程中的自动化控制与智慧化管理[J]. 农业工程技术, 2024, 44(5): 53-54.
- [3] 任晓宇, 梁双龙, 董泽斌. 智慧化技术在水利工程中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(2): 248-249.
- [4] 傅伟建. 水利工程智慧化运行管理方式的探索与分析[J]. 水电站机电技术, 2022, 45(8): 159-160.
- [5] 蒋云钟, 刘家宏, 梅超, 等. 智慧水利DIS体系构建研究与展望[J]. 中国水利水电科学研究院学报(中英文), 2022, 20(6): 492-496.

作者简介: 代磊(1985.1—), 男, 安徽界首人, 汉族, 本科学历, 工程师, 就职于安徽韦嘉建筑工程有限公司, 从事水利水电施工管理及工程造价管理工作。

小型水利工程质量监督难点与对策分析

李玉春

第三师水利工程质量安全中心, 新疆 图木舒克 843900

[摘要] 水利工程关系着民生, 工程建设的根基就是质量控制, 特别是小型水利工程项目, 其影响因素多, 环境复杂, 施工难度系数高。因此, 小型水利工程项目在质量监督时必须加大监督管理力度, 做好每一个环节的质量监督工作, 以保证水利工程的整体建设质量。文章通过分析当前小型水利工程质量监督管理中存在的问题, 深入研究加强质量监督管理策略。

[关键词] 小型水利工程; 质量监督; 监督难点; 对策

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15573

中图分类号: TV523

文献标识码: A

Analysis of Difficulties and Countermeasures in Quality Supervision of Small Water Conservancy Projects

LI Yuchun

Water Conservancy Engineering Quality and Safety Center of the Third Division, Tumushuke, Xinjiang, 843900, China

Abstract: Water conservancy projects are related to people's livelihoods, and the foundation of engineering construction is quality control, especially for small-scale water conservancy projects, which have many influencing factors, complex environments, and high construction difficulty coefficients. Therefore, small-scale water conservancy projects must increase supervision and management efforts in quality supervision and management, and do a good job in quality supervision at every link to ensure the overall construction quality of water conservancy projects. The article analyzes the problems in the current quality supervision and management of small-scale water conservancy projects, and conducts in-depth research on strengthening quality supervision and management strategies.

Keywords: small scale water conservancy projects; quality supervision; supervision difficulties; countermeasures

引言

小型水利工程, 作为水利建设的重要组成部分, 承担着确保地方水资源的有效利用、预防自然灾害、改善农田灌溉等多重社会功能。尽管相较于大型水利项目其规模较小, 但质量要求的重视程度却丝毫不容忽视。面对施工周期短、资金投入有限以及管理团队经验不足等诸多挑战, 小型水利工程常常在实施过程中遭遇困难, 致使质量监督在建设与后期管理中的作用愈加重要。有效的质量监督不仅能够确保工程按期完成, 还能避免因质量问题所带来的资源浪费、返工及环境破坏等负面后果。随着小型水利工程数量的不断增加, 质量监督中的难点应对与管理效率提升已成为水利行业亟需解决的关键问题。然而, 实际操作中, 质量监督工作却常常面临人员素质不足、监督手段滞后、管理制度不完善等困境, 这些问题严重影响了工程质量的保障。为了应对这些问题, 必须通过科学的管理措施与技术手段, 建立更加完善的质量监督体系, 确保水利工程能够顺利实施, 并实现可持续发展。本文将深入分析小型水利工程质量监督所面临的难点, 并提出相应的解决对策, 以期提升水利工程质量监管水平、推动高质量水利建设提供实践指导与参考。

1 小型水利工程质量监督的重要性

小型水利工程的质量监督, 在确保工程建设质量及维

持项目长期效益方面, 起着至关重要的作用。作为基础设施建设的一部分, 水利工程直接影响着水资源的合理利用、防灾减灾以及生态环境保护。尽管小型水利工程的规模较小、投入有限, 但若未能有效保障建设质量, 项目的运行效果可能不理想、维护成本可能增加, 甚至可能引发安全隐患。质量监督不仅限于施工过程中对工艺与材料的检查, 它还涵盖了全过程的监控, 涉及设计、施工、验收等各个环节, 确保每个阶段严格按照标准执行。在小型水利工程中, 由于项目本身的复杂性与特殊性, 施工单位通常面临资金、技术及管理等多方面的压力, 质量管理体系的薄弱, 容易导致质量问题的发生。工程质量的保障, 通过强化质量监督, 能够确保满足设计要求, 并有效预防潜在风险, 从而保障项目的长期稳定运行。通过科学的质量监督, 施工中存在的问题能够及时发现并纠正, 工程得以顺利完成, 并为项目后期运行提供可靠保障。随着国家对水利工程投资的逐渐增加, 质量问题的累积, 可能导致社会资源浪费或生态环境破坏。因此, 在小型水利工程建设过程中, 质量监督的加强显得尤为重要, 这不仅为项目的可持续发展奠定了坚实的基础, 也为其长期稳定运行提供了保障。

2 小型水利工程质量监督管理工作的现存问题

在小型水利工程质量监督管理中, 存在着多个亟待解决的问题, 主要表现为监督机制不健全、执行力度不足以

及技术手段落后等方面。由于资金、技术及人员配置的限制,部分小型水利工程项目往往无法建立完善的质量监督体系,质量管理责任未得到明确,监督职能未能有效落实。在施工单位执行质量管理标准时,执行力度不足、监管不到位的问题较为突出,尤其在施工初期,由于项目缺乏充分的前期策划与预见性,质量隐患逐渐积累^[1]。由于项目规模较小,许多工程未能引进先进技术设备,质量检测手段相对单一,难以有效识别施工过程中的潜在质量问题。质量管理人员的专业水平差异较大,部分项目的质量监督人员缺乏相应资质或培训,致使对工程技术细节的掌握不足,从而难以及时发现施工中的问题。此外,部分水利工程在施工过程中未能严格按照设计要求执行,施工环境的复杂性及不可控因素对工程质量产生了直接影响。最后,施工现场管理松散,质量管理文件记录不完整、资料不规范,缺乏可追溯性,导致无法为后期工程的质量保障提供有效支撑。

3 小型水利工程质量监督管理工作的解决对策

3.1 完善制度管理

完善制度管理,是提高小型水利工程质量监督管理水平的基础与关键。针对水利工程的具体情况及相关国家和地方法规,必须建立健全的质量管理制度,明确各方责任,确保管理体制的科学性与有效性。在制度建设中,应当覆盖质量管理的全过程,包括项目的前期准备、设计审核、材料采购、施工实施以及竣工验收等各个环节,形成一套系统化、标准化的操作规程。为确保质量管理体系得到严格执行,监督检查机制应当得到强化,通过定期与不定期的质量检查与监督,问题能够及时发现,并采取纠正措施。同时,奖励与惩罚机制应当设立,对于质量管理落实到位的单位与个人进行奖励,而未执行到位的单位或个人则予以处罚,从而激励施工单位及管理人员更加重视质量控制。为确保制度执行的有效性,制度的透明度与可追溯性至关重要,质量问题能够追溯到具体责任人,从而避免出现责任推诿或管理松懈的情况。此外,在制度管理过程中,信息反馈与沟通机制的建立同样不可忽视,确保各部门及施工单位之间的信息畅通,以避免因信息不对称而引发质量隐患。

3.2 加强监督技术管理

加强技术管理,在提高小型水利工程质量监督管理水平中的作用,不可忽视。在施工过程中,技术管理不仅关系到工程质量的控制,还直接影响项目的施工进度、成本以及人员调配等多个方面,因此,必须给予高度重视。针对具体工程情况与技术需求,完善的技术管理体系应当建立,并配备专业技术人员,确保技术支持的全面性与深入性。技术人员不仅要深入理解施工图纸和设计方案,还应积极参与实际施工,实时监督工艺流程及施工技术的执行情况。特别是在关键部位及复杂环节,技术人员需主动介入,确保每一施工步骤严格按照规范进行,从而有效控制

质量。通过实时技术监督,施工中的技术问题能够及时识别,并迅速采取调整与整改措施。与此同时,先进技术手段与设备应当积极引进,强化对施工现场的实时监控。例如,通过无人机、监控摄像头、传感器等设备进行现场数据采集与分析,施工质量监控得以确保全面且无盲区。此外,信息化技术在质量监督中的应用,应当推动,智能化平台的建立,结合数据分析及人工智能技术,监督的准确性与效率得以提升^[2]。这些技术手段能够更精确地监测施工过程中的各项指标,减少人为干扰,提升质量管理的科学性与技术性。最后,施工技术标准的培训与宣贯十分重要,确保每位施工人员充分理解并严格遵循技术要求,从而避免操作失误或理解偏差所带来的质量问题。

3.3 加强人才队伍建设管理

加强人才队伍建设,是提升小型水利工程质量监督管理水平的核心举措之一。人才是推动质量管理工作的关键力量,因此,组建一支高素质的技术管理团队,对于水利工程项目顺利实施,具有至关重要的作用。当前,水利工程项目普遍面临着人才短缺和技术水平不均的问题,尤其是在小型水利工程中,相关人员的专业能力与管理水平相对较弱,极大地限制了工程质量的提高。因此,从人才引进、培养及管理等多个方面着手,全面加强队伍建设,尤为必要。在专业技术人员的培养上,水利工程涵盖多个领域,包括水文、水利工程结构、土建施工以及机械设备等。因此,施工单位应根据项目实际需求,招聘具备相关专业背景的技术人员,并为现有人员提供持续的技术培训机会,以提升其专业素质和能力。定期组织培训、学习交流及技术创新活动,不仅能够增强人才的专业能力,还能强化他们的质量意识和责任感,确保每位工作人员严格按照技术规范与质量标准执行任务。在人才激励方面,由于小型水利工程项目资金限制,通常无法提供与大型项目相同的薪资待遇。为此,创新性激励措施必须采取,以吸引并留住人才。例如,提供职业晋升机会、岗位奖励以及项目分红等形式,能够鼓励员工不断提升自身能力,并增强其对水利行业的归属感。同时,工作环境与条件应当优化,鼓励技术与管理人员长期从事水利工程领域的工作,从而打造稳定的技术团队^[3]。此外,人才管理体系的建立,对于提高队伍建设质量,至关重要。通过科学的人力资源管理体系,合理配置人才,明确岗位职责与分工,并建立健全的考核机制,确保每位成员能够在其专长领域内发挥最大作用,从而提升整体工作效率和质量。

3.4 实行信息化管理

随着国家大规模水利建设任务和重点水利工程的实施,工程质量监管的任务和难度都在加大,依靠现有人员采用的传统工作方式已越来越难以适应当前工作需求,借助现代化的信息技术和相应的监管模式是进一步提高工作效率和监管水平的有效途径。信息化是互联网时代以来

各领域工作的新兴发展方向,具有便捷度高、信息吞吐量大等优势,因此可以此为基础采取创新监管模式,努力实现工程信息和工程质量信息的及时采集、追踪、分析和处理,而为了使该创新监管模式能够保持高质量实施,需要聘请专业技术团队建设水利工程质量监督信息化平台,要求该平台具有开展工程信息公示、质量信息通报和质量监督管理经验共享等功能,便于相关质量监督工作人员将现场监督信息与平台信息相结合,并在现场监督管理完成后,于平台上对监督工作进行后续整理,重新审查,尽量避免监督遗漏与监督死角,不断提高小型水利工程质量监督的信息化管理水平,提高监管效率,促使小型水利工程质量监管工作水平不断提高。

3.5 注重档案管理

档案管理在提升小型水利工程质量监督管理水平中,确实占据着重要地位。它不仅是对工程文档的存储与归档,更是对项目全过程信息的系统整理与追踪,为质量监督提供了必要的数据支持与历史依据。在小型水利工程中,档案管理常常被忽视或执行不到位,导致施工过程中出现的问题,缺乏有效的追溯与整改依据,进而影响了工程的质量控制及后期的维护管理。为了确保工程质量得到持续监管与改进,应当高度重视档案管理,实施科学、系统且规范的管理措施。水利工程项目的档案管理,应当涵盖全过程,从项目规划、设计到施工、验收及维护等各个阶段的所有文档,都应形成系统化的档案,以确保每个环节都能追溯并得到有效监督。设计图纸、施工方案、技术交底、施工记录、检测报告、验收材料等各类文件资料,需严格按照规定进行分类存档,确保信息的完整性与真实性。这些档案不仅是后期质量评估与纠偏的重要依据,也是项目各参与方责任落实情况的明确记录。随着信息化技术的不断发展,传统的纸质档案管理方式逐渐无法满足日益增长的信息管理需求,因此,应推动档案信息的数字化管理。水利工程项目档案,应及时转化为电子档案,并建立完善的档案管理系统,以实现档案的集中存储、远程查询及动态更新。数字化管理,能够大幅提升管理效率,使项目管理人员随时能够获取最新的施工数据与质量监控信息,从而实现更加精准与高效的质量监管。在确保档案管理有效

性的同时,档案的保密性与安全性,同样至关重要。由于水利工程项目中的许多技术方案、设计图纸及施工数据,涉及核心机密信息,若档案管理不严,信息泄露或丢失的风险将增加,进而影响工程的正常进展及质量保障^[4]。因此,必须建立健全的信息保密制度,确保敏感信息的安全,防止未经授权的人员访问或篡改重要数据。同时,为避免档案资料丢失或损毁,应定期检查档案存储状况,及时备份重要文件,并加强多层次的安全防护措施。档案管理还应与质量监督工作结合,进行定期审查与分析。通过对项目档案的全面审核,潜在的质量管理问题能够被有效识别,并采取针对性措施加以改进。例如,定期回顾与分析施工过程中的各类检查记录与质量报告,有助于管理人员发现施工过程中未达标的环节,并及时采取补救措施。

4 结语

小型水利工程质量监督,在确保工程质量、提升施工效率及推动可持续发展方面,具有深远的意义。尽管在质量监督过程中,存在诸如人员素质不高、监督手段滞后及制度不健全等一系列难题,但通过加强制度建设、完善技术管理、提升人才队伍素质、推进信息化管理以及强化档案管理等措施,这些瓶颈能够有效突破,质量监督的整体效果得以提升。展望未来,质量监督将在水利工程建设中发挥更加关键的作用。结合现代管理理念及技术手段,持续进行探索与实践,优化质量监督体系的过程,相信可以不断推进,为小型水利工程的高质量建设提供有力保障,并推动水利行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 张建华. 小型水利工程质量监督管理工作的问题与对策分析[J]. 低碳世界, 2020, 10(10): 121-122.
 - [2] 朱峰. 小型水利工程质量监督管理存在问题与对策研究[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(12): 231-233.
 - [3] 涂麟兴, 蓝丹萍, 郑复捷. 浅谈小型水利工程质量监督工作中的问题及对策[J]. 农民致富之友, 2015(8): 296.
 - [4] 雍华. 浅谈小型水利工程质量监督管理工作中存在的问题及对策研究[J]. 科技风, 2017(22): 159.
- 作者简介: 李玉春(1987.3—), 毕业院校: 山东财政学院, 当前就职单位名称: 第三师水利工程质量安全中心。

基层水利工程质量存在的问题和改进对策分析

彭宇

湖南松雅建设集团有限公司, 湖南 长沙 410000

[摘要]近年来,随着国家对水利基础设施建设的持续投入,基层水利工程建设规模不断扩大,涵盖了农田水利、灌溉系统、防洪堤坝、小型水库等多个重要领域。这些工程在改善农业生产条件、提高防灾减灾能力、优化水资源配置方面发挥着至关重要的作用。但在实际的施工与管理过程中,由于监管机制的不完善、施工技术要求的复杂性以及质量管理体系的不足,部分项目在质量控制上出现了明显漏洞,导致渗漏、塌陷、管涌等问题的发生,严重影响了工程的使用寿命与安全性。因此,优化基层水利工程质量管理体系,强化施工过程中的监督与控制,已成为当前水利工程建设领域亟需解决的关键问题。

[关键词]基层水利工程;质量管理;问题与对策

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15567

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Analysis of Problems and Improvement Countermeasures in Quality Management of Grassroots Water Conservancy Projects

PENG Yu

Hunan Songya Construction Group Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: In recent years, with the continuous investment of the country in the construction of water conservancy infrastructure, the scale of grassroots water conservancy projects has been continuously expanding, covering multiple important fields such as agricultural water conservancy, irrigation systems, flood control dams, and small reservoirs. These projects play a crucial role in improving agricultural production conditions, enhancing disaster prevention and mitigation capabilities, and optimizing water resource allocation. However, in the actual construction and management process, due to the imperfect regulatory mechanism, complex construction technology requirements, and insufficient quality management system, some projects have obvious loopholes in quality control, leading to problems such as leakage, collapse, and piping, which seriously affect the service life and safety of the project. Therefore, optimizing the quality management system of grassroots water conservancy projects and strengthening supervision and control during the construction process have become key issues that urgently need to be addressed in the field of water conservancy engineering construction.

Keywords: grassroots water conservancy engineering; quality management; problems and countermeasures

引言

水利工程作为我国经济发展的关键基础设施,其质量直接关系到水资源的高效利用、防洪抗旱能力的提升以及生态环境的可持续性。在基层水利工程建设过程中,质量管理方面仍存在诸多问题,受制于管理体制、人员素质、施工工艺等多重因素,这些问题严重影响了工程的安全性、耐久性 & 长期效益。为了解决这些问题,深入剖析其根源并提出切实可行的改进措施是至关重要的,这不仅对于提升基层水利工程建设质量具有深远意义,也能够有效保障工程的长期稳定运行。

1 水利工程质量的重要性

水利工程质量直接关系到水资源的合理配置、防洪排涝能力的提升以及生态环境的稳定性。高质量的水利设施不仅能够提高水资源调度的精确度,确保农业灌溉、工业生产与居民用水的持续供应,还能增强防洪体系的稳定性,减少洪涝灾害造成的损失。同时,施工质量对工程的使用寿命及后期运维成本起着决定性作用。一旦质量控

制存在缺陷,早期投入的资金与人力便可能因结构损坏或功能衰减而遭受巨大损失,甚至威胁公共安全。因此,在基层水利工程建设中,质量管理体系的完善至关重要。必须从施工方案的制定、材料质量的把控、工艺标准的执行,到验收评估的各个环节进行严格监管,确保建设成果完全符合规划要求,为区域经济增长与生态环境的协调发展奠定坚实基础。

2 水利工程质量存在的问题

2.1 施工质量监管体系不健全

在基层水利工程中,施工质量监管体系的不完善,主要表现在监管职责界定不清、执行力度不足以及监督方式滞后等方面。部分项目在建设过程中缺乏严格的质量控制流程,导致施工各环节的监督流于形式,质量问题难以及时识别与纠正。同时,监管机构的独立性及权威性较弱,一些监管人员的专业素养不足,难以精准掌握复杂工艺及关键技术环节,这对施工过程的有效管控形成了障碍。在质量验收阶段,检测标准未能得到严格落实,某些项目验

收程序不规范,质量隐患未能充分暴露,从而影响了工程整体质量及长期运行的安全性。

2.2 部分人员综合素质不高

水利工程施工对工艺技术要求较高,建设过程中涉及多种技术门类,其最终质量不仅影响工程的安全性与耐久性,也关乎周边居民的生命财产安全。实际施工中,部分企业存在质量管理水平不高、从业人员专业素质不足的情况,部分施工人员对关键工艺流程理解不透,技术掌握不够精细,甚至缺少基本的质量控制意识,使得施工过程中产生的问题难以及时识别和纠正^[1]。一些管理人员对工程质量的重视程度不够,更倾向于关注施工进度,在质量把控不到位的情况下片面追求效率,使得施工方式粗放,盲目抢工期、赶进度的情况较为突出。短期来看,这种做法或许能推动项目按计划推进,但往往会埋下质量隐患,影响工程的使用寿命,并增加后期维护和修复的成本。

2.3 施工管理中缺乏质量控制意识

水利工程建设往往因工序繁多、周期冗长、技术要求高而对施工质量的严格管控提出了更高要求,直接关系到工程的安全与耐久性。但在实际操作中,不少单位受经济利益驱动,忽视质量管理的重要性,单纯从自身利益出发,普遍存在压缩工期、削减人力投入、降低材料成本的情况,致使关键工艺流程未能严格执行。隐蔽工程的验收环节中,偷工减料现象频频出现,导致质量隐患难以及时排查与解决。此外,部分水利工程中,层层分包、私自转包的问题仍未根除,管理层级不清晰,使施工质量难以有效控制^[2]。与此同时,不少单位质量控制体系薄弱,技术人员配备不足,管理经验匮乏,导致施工过程中的质量问题无法及时发现、追溯与整改。这些管理与技术上的缺陷,不仅缩短了工程的使用寿命,还可能引发严重的安全隐患,造成无法估量的损失。

2.4 施工材料与工艺质量控制不足

水利工程施工中,材料与工艺的质量控制至关重要,任何环节的监管松懈都可能削弱工程的稳定性与耐久性。在实际建设过程中,部分项目在材料采购、检验及使用环节的监管不严,导致不符合标准或质量低劣的材料流入施工现场,直接影响了工程质量。一些施工单位为降低成本,选择低价材料或减少关键材料的使用,导致混凝土强度降低、防渗效果减弱,从而使工程的安全性与耐久性受到损害。同时,施工工艺执行不严格的问题较为突出,关键工序未按照技术规范落实,养护管理不到位、施工参数控制不精准等情况时有发生,这使得裂缝、渗漏等质量缺陷频繁出现。此外,部分基层施工人员对新技术、新工艺缺乏认知与应用能力,仍沿用传统施工方式,无法确保工程质量达到预期标准。上述问题不仅削弱了水利工程的运行效果,还可能增加后期的维修与加固成本,甚至带来安全风险。

2.5 施工监管人员专业素质低

水利工程质量的有效管控在很大程度上依赖于施工监管人员的专业素质。然而,在一些基层项目中,监管人员普遍存在专业知识储备不足、实践经验匮乏、质量管理能力薄弱等问题,致使施工过程中质量隐患难以精准识别。关键技术环节的把控能力有限,导致施工工艺的执行情况难以得到有效监督,隐蔽工程的验收往往流于形式,施工记录也缺乏详实性,进而使得质量问题难以追溯。此外,由于培训体系不健全,许多监管人员未能系统地学习现代施工技术、质量标准与检测手段,仍沿用传统且相对滞后的监管方式,难以适应水利工程日益复杂的施工要求。面对施工单位的违规操作,由于专业判断力不足,部分人员缺乏有效制约手段,导致质量管理失去实际效力,进而影响工程的安全性与耐久性。这些问题的存在不仅削弱了施工监管的实际效果,还增加了后期运维的难度与成本。

3 提高基层水利工程质量管理工作有效对策

3.1 完善施工质量监管体系

施工质量监管体系的完善是提升基层水利工程质量的关键,必须从制度、组织及技术等多个方面着手,确保监管工作既具科学性,又具可操作性。监管机构的职责应进一步细化,以建立权责明确、层级清晰的监管体系,避免管理职责交叉或缺失,从而降低执行效率。全过程监管机制的健全同样至关重要,涵盖施工前审批、施工过程监控及竣工验收等环节,确保每一阶段的质量标准都能得到严格执行。与此同时,监管手段的优化同样不可忽视,信息化技术应被广泛应用,以提升监测能力及数据分析水平,从而实现施工质量的实时跟踪与预警,减少质量隐患被滞后发现的风险。监管工作的独立性与公正性也应得到保障,防止外部干预或监管失职,确保质量控制不流于形式。通过制度规范的优化、技术手段的应用及责任体系的强化,方能构建出一个高效且科学的监管体系,确保水利工程质量得以持续稳定地提升。

3.2 提高管理人员综合能力

水利工程质量的稳定可控,管理人员综合能力的提升至关重要,这不仅涉及专业技能的强化,还涵盖了管理思维的优化。水利工程施工涉及多个技术环节与工艺流程,要求管理人员不仅具备扎实的工程技术知识,还应掌握现代施工管理理念,以增强对项目进度、质量、安全及成本的统筹能力。在面对复杂多变的施工环境时,管理人员需具备较强的应变能力与决策判断力,以便在突发情况下迅速作出合理调整,确保施工质量的稳定性。沟通协调能力的提升同样是关键,通过在业主、监理及施工单位之间建立高效的信息传递机制,质量管控措施得以精准落实。通过系统化的专业培训与实践经验的积累,管理人员的综合素质得到了提升,为水利工程的高质量建设提供了坚实的支撑。

3.3 加强第三方监督、保证独立性和公正性

强化第三方监督,确保监理工作的独立性与公正性,是提升水利工程质量管理水平的重要举措。作为独立机构,监理单位需严格遵循工程建设规范,确保全过程监管符合公正性与科学性的要求。在具体执行中,应明确监理职责、监督内容及权责范围,严格依据合同约定履行监督职能。按照监理大纲与合同文件,成立专门的监理项目部,对工程技术标准、规章制度、设计文件、招投标及合同履行情况进行审核,确保各项要求得到有效落实^[3]。施工过程中,监理单位需对项目进展实施全方位监督,督促施工方严格按照技术标准及合同要求组织施工,同时确保相关资料的记录、整理与归档完整,为质量追溯与后续验收提供依据。项目验收阶段,监理单位需全程参与,对关键环节进行质量核查,签发工程保修责任终止书及相关移交文件,并向业主提交完整的监理报告与数据资料,以提高工程建设的透明度和可追溯性。在实际监管过程中,监理单位应采取平行监测、跟踪监测、巡视、旁站等多种方式,对分部分项工程、单元工程及隐蔽工程进行全过程监督,确保质量隐患及时发现并妥善处理。建筑材料进场时,严格执行报验制度,未经监理工程师签字确认的材料、构配件及设备不得投入使用,确保工程用材符合质量标准。工序管理方面,每道工序完工后,须经监理审核签字后方可进入下道工序。对于关键部位与隐蔽工程,监理单位需实施旁站制度,并对施工过程进行详细记录,确保关键工艺符合技术规范。通过健全第三方监督机制,强化监理工作的独立性与公正性,可有效提升水利工程质量管理水平,增强工程的安全性与耐久性。

3.4 加强施工材料与工艺质量管控

对水利工程质量与耐久性的保障,强化施工材料与工艺质量管控至关重要。材料性能直接影响工程结构的稳定性与安全性,因此,必须在采购、验收、存储到使用的每个环节进行严格管控,确保所有进场材料符合设计标准及相关规范。完善的材料报验制度应建立,供应商应提供合格证明与质量检测报告,且对关键材料进行抽检复核,以确保不合格材料无法进入施工现场。为防止环境因素对材料性能的负面影响,应在施工现场设置专门的存放区域,进行分类管理,确保储存条件符合要求。施工工艺质量的控制同样不容忽视,所有工序必须严格遵循施工工艺标准,确保实际操作符合设计及技术规范。施工前,应组织技术交底,确保操作人员全面掌握工艺流程与质量控制要点,从而降低因操作不当所引发的质量问题风险。在关键工序的施工过程中,详细方案应制定,过程监管需强化,确保施工操作精确无误,且参数符合标准。隐蔽工程施工完成后,验收程序应严格执行,只有在质量达标后,方可进入下一阶段作业。质量追溯机制的建立,有助于在施工过程中及时记录、分析并整改发现的问题,从而确保工程质量始终处于可控状态。通过严格管理施工材料与工艺质量,

质量隐患将有效减少,水利工程的安全性与耐久性也将得到显著提高。

3.5 健全质量管理体系并强化执行力度

确保水利工程建设质量的关键保障,是完善质量管理体系并强化其执行力度。对工程质量控制成效,质量管理体系的科学性与严谨性有着直接影响。结合工程的实际特点,一个全面的质量管理体系需被构建,涵盖材料管理、施工工艺、过程监督、验收标准及责任追溯等内容,确保各环节都具有明确规范。各级管理责任应明确,岗位职责应细化,确保施工、监理、质检等各方能够各尽其职,从而建立起层级清晰、责任明确的管理模式,避免因责任不明确导致质量管理失效。在实际执行阶段,制度的刚性约束作用至关重要。严格遵循质量标准,不能因工期压力或成本考量而有所妥协。应建立完善的监督考核机制,对施工过程中的质量管理情况进行定期检查与动态评估,确保各项管理规定得以有效落实。对发现的质量问题,根本原因应被追溯,明确整改要求应被提出,并将责任落实到具体人员,防止问题重复出现。同时,施工现场的质量培训应得到强化,使管理人员及施工人员能够充分理解质量标准与操作规范,提升质量意识及执行力。通过健全并严格执行质量管理体系,水利工程质量控制水平能够显著提升,确保工程的长期安全与稳定。

4 结语

基层水利工程的质量管理,对工程的安全性、耐久性以及运行效益至关重要。然而,当前质量管理工作中存在一些问题,如监管体系不健全、管理人员的综合素质有待提升、质量控制意识不强、施工材料与工艺管理不完善、监管人员的专业能力不足等,这些问题已严重制约了工程质量的稳定性与可持续发展。为了提升基层水利工程的质量管理水平,必须从多个方面着手,涵盖完善监管体系、提升管理人员能力、强化第三方监督、加强材料及工艺管控、健全质量管理体系等措施。各环节的责任应明确,质量标准应严格,确保执行到位。通过建立一个科学且高效的质量管理体系,强化过程控制及责任落实,水利工程建设质量得以有效提升,工程的使用寿命也能够得到延长,从而推动基层水利基础设施的高质量发展。

[参考文献]

- [1]郭三旺.基层水利工程质量存在的问题和改进对策分析[J].内蒙古水利,2024(10):113-114.
 - [2]孙娟.水利工程施工管理中常见问题及施工质量管理对策分析[J].黑龙江水利科技,2020,48(8):202-204.
 - [3]崔多家.水利工程质量存在的主要问题及对策分析[J].水上安全,2024(12):169-171.
- 作者简介:彭宇(1987—),女,2014年毕业于长沙理工大学,工程造价管理专业,当前就职于湖南松雅建设集团有限公司,任项目经理,二级水利建造师,二级市政建造师。

抛石护岸在巢湖应用的分析

朱传强

安徽宣城金川水电工程有限公司, 安徽 宣城 242000

[摘要]巢湖作为我国第五大淡水湖泊,其岸坡侵蚀与生态退化问题长期制约区域可持续发展。本研究针对巢湖特有的水动力耦合侵蚀环境,系统开展了抛石护岸技术的应用研究。通过构建三维稳定分析模型,揭示了抛石层应力扩散与能量耗散的协同作用机制,创新提出“主骨架网+生态单元”复合结构体系。工程实践表明,抛石护岸使岸坡抗滑安全系数提升至1.48,生物量增加3.6倍,景观协调度提高82%。研究同时发现块石迁移、生态基质发育阻滞等关键问题,针对性提出仿生界面处理与智能维护策略。通过融合北斗监测与数字孪生技术,形成“感知-预测-修复”全周期管理体系,为类似湖泊治理提供理论支撑与技术范式。研究结果验证了抛石护岸在复杂水沙环境中的适用性,对推进水域生态修复工程具有重要实践价值。

[关键词]抛石护岸;巢湖;数字孪生技术

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15564

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Analysis of the Application of Stone Throwing Revetment in Chaohu Lake

ZHU Chuanqiang

Anhui Xuancheng Jinchuan Hydropower Engineering Co., Ltd., Xuancheng, Anhui, 242000, China

Abstract: As the fifth largest freshwater lake in China, Chaohu Lake has long been constrained by the erosion and ecological degradation of its bank slopes, which have hindered regional sustainable development. This study focuses on the unique hydrodynamic coupled erosion environment of Chaohu Lake and systematically conducts research on the application of stone throwing revetment technology. By constructing a three-dimensional stability analysis model, the synergistic mechanism of stress diffusion and energy dissipation in the riprap layer was revealed, and an innovative composite structural system of "main skeleton network+ecological unit" was proposed. Engineering practice has shown that stone throwing revetment increases the anti sliding safety factor of the bank slope to 1.48, increases biomass by 3.6 times, and improves landscape coordination by 82%. The study also identified key issues such as stone migration and ecological matrix development inhibition, and proposed targeted biomimetic interface treatment and intelligent maintenance strategies. By integrating Beidou monitoring and digital twin technology, a "perception prediction repair" full cycle management system is formed, providing theoretical support and technical paradigms for lake management. The research results have verified the applicability of riprap revetment in complex water and sand environments, which has important practical value for promoting water ecological restoration projects.

Keywords: stone throwing revetment; Chaohu Lake; digital twin technology

引言

长江中下游湖泊普遍面临岸坡侵蚀与生态功能退化的双重挑战,其中巢湖因其特殊的地理位置与水动力条件尤为典型。作为典型的构造沉降型湖泊,巢湖北部低山丘陵与南部冲积平原的地貌差异导致岸坡稳定性呈现显著空间异质性,加之季风气候引发的年水位变幅达3.5m,传统护岸结构难以适应动态水沙环境。现有研究表明,硬质化护坡虽能短期控制侵蚀,却加剧了生境破碎化与生物多样性丧失。抛石护岸技术因其透水性生态兼容性备受关注,但其在复杂波流耦合作用下的结构响应机制尚不明确,生态效益定量评估体系仍未完善。

1 巢湖的自然地理与水动力条件

1.1 自然地理特征

巢湖地处安徽省中部构造沉降带,是我国第五大淡水湖泊。其流域呈典型放射状水系,覆盖合肥、巢湖、肥西

等13个县市,总面积达12938km²。湖盆形态具有显著的不对称性,南北长61.7km,东西均宽12.5km,岸线周长184.5km,最大水深3.77m,平均水深2.69m。区域地貌呈现北高南低的阶梯式特征,北部大别山余脉构成海拔50~300m的低山丘陵区,南部为海拔6~15m的冲积平原圩区。湖岸带发育四级阶地,其中Ⅱ级阶地前缘常见2~4m的侵蚀陡坎。土壤空间分异明显,北岸以第四纪红色黏土为主,液限含水量达45%~52%,塑性指数18~23;东岸广泛分布湖相沉积粉质黏土,渗透系数 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ cm/s;南岸圩区则为全新世冲积砂土,不均匀系数 $C_u=3.5 \sim 5.2$,曲率系数 $C_c=1.1 \sim 1.3$ 。这种地质结构差异导致北岸滑坡多发育在强降雨后的孔隙水压力剧增期,而南岸崩塌主要发生在洪水位骤降阶段。

1.2 水动力条件

巢湖属于典型吞吐型湖泊,其水文过程受亚热带季风

气候控制,呈现显著的年际和年内变异性。根据 1951—2020 年水文观测数据,多年平均水位 8.37m,年变幅 1.2~3.5m,其中 7~9 月丰水期最高水位可达 12.06m,1~3 月枯水期最低水位降至 6.52m。风浪动力系统具有明显的空间异质性,湖心区有效波高均值 0.38m,最大波高 1.72m (对应风速 17.4m/s),波浪破碎带集中在离岸 80~150m 范围内^[1]。环流系统由科氏力主导的逆时针环流和风流共同作用形成,夏季表层流速可达 15~20cm/s,冬季减弱至 5~8cm/s。沿岸流在西北岸形成最大冲刷流速 32cm/s,导致该区域岸线年均蚀退速率达 1.2~2.5m/a。值得注意的是,2003 年长江引江济淮工程实施后,湖体换水周期由 12.7 年缩短至 8.9 年,这种人为干预显著改变了原有的泥沙输移平衡,加剧了西南岸的淤积过程(年均淤积厚度 4~7cm)。

2 巢湖岸坡现状及问题分析

2.1 岸坡现状调查

巢湖岸坡类型具有显著的空间分异性,其 184.66 公里岸线中,基岩石质、黏土质和砂土泥质岸坡占比分别为 34.7%、34.8%和 30.5%。遥感监测显示,截至 2023 年,巢湖仍有 32.8 公里岸线处于中度以上侵蚀状态,其中黏土质岸坡因液限含水量高和渗透系数低,成为崩塌高发区,年均蚀退速率达 1.2~2.5m。人工填土坡主要分布于城市近岸段,肥西、庐江等县市因历史围垦形成的填土岸坡压实度不足,导致局部沉降量达 15~30cm,且多伴随纵向裂缝发育。砌石护坡虽占防护工程的 41%,但 1980 年前建设的护坡结构因砂浆风化、块石位移等问题,约 27%的区段存在空鼓和塌陷现象,尤以西北岸受风浪冲击区最为严重^[2]。此外,南岸圩区因洪水位骤降引发的渗透压力失衡,导致砂土质岸坡年均崩岸宽度达 5~8m,部分区段岸线后退超 300m,耕地损失累计逾 1500 亩。

2.2 存在的问题

岸坡侵蚀呈现复合动力驱动特征,西北岸受风浪主导,沿岸流冲刷流速达 32cm/s,导致砂土质岸坡年均侵蚀量达 $4.2 \times 10^4 \text{m}^3$;东岸则因环流作用形成溯源侵蚀,加剧黏土质岸坡的块状剥落。坍塌滑坡具有显著的水文耦合效应,2023 年监测数据显示,强降雨期间岸坡孔隙水压力骤增 40%~60%,触发黏性土体流滑现象,庐江段单次滑坡体积可达 1200m^3 ,造成沿岸道路中断 12 次/年^[3]。生态退化表现为硬化护坡导致的生境破碎化,环湖 180 公里岸线中 63%为混凝土结构,致使水生植物覆盖率由 1980 年的 78%降至 2023 年的 32%,底栖动物多样性指数从 2.85 下降至 1.47812。此外,水利工程调控引发的水位剧变加剧了岸坡失稳,2024 年丰水期水位 12.06m 时,南岸砂土质岸坡饱和区扩展至坡顶以下 3m,导致大规模圆弧滑动破坏。

3 抛石护岸的设计原理与方法

3.1 设计原理

抛石护岸的力学机制基于能量耗散与土体自稳协同

作用,其核心功能体现在三方面:第一,块石间孔隙率(通常控制在 35%~45%)通过湍流剪切作用将水流动能转化为热能,试验表明该结构可使波浪爬高降低 42%~57%;第二,级配石料形成的几何锁结网络能产生 0.25~0.35 的摩擦系数,显著提升整体抗滑稳定性;第三,透水型结构维持岸坡孔隙水压力动态平衡,监测数据显示抛石层可将水位骤降引起的渗透力峰值削减 68%。针对巢湖特有的风浪-环流耦合侵蚀环境,抛石体系需同步满足波流联合作用下的动态稳定条件,其中块石临界起动流速与波压力脉动幅值的比值需大于 1.3 的安全阈值。

3.2 设计参数确定

块石粒径依据修正赫德森公式计算,考虑巢湖最大有效波高 1.72m 和环流流速 32cm/s,采用稳定系数 $K_D=2.5$ 时,主抛石粒径应满足 $D_{n50} \geq 0.38\text{m}$,实际工程中采用 30~50cm 级配块石占比 $\geq 65\%$ 。抛石厚度遵循最小防护层厚度原则,按 $2.5D_{n50}$ 控制得 0.95~1.25m,结合巢湖 2019~2023 年护岸工程验证,最终采用 1.2~1.5m 分层抛填方案。坡比设计引入土体抗剪强度参数,当黏土质岸坡残余摩擦角 $\phi_r=14^\circ-18^\circ$ 时,稳定坡比需满足 $\tan \beta \leq 0.33$ (1:3),而砂土质岸坡 ($\phi_r=28^\circ-32^\circ$) 可采用 1:2~1:2.5 坡比。2023 年实施的烔炀河段工程表明,坡顶超填 15%~20%可有效补偿施工期沉降损失。

3.3 结构设计

基础处理采用复合地基增强技术,针对巢湖北岸典型淤泥质土(含水率 $\omega=45\%-65\%$),设计要求换填深度 $\geq 1.8\text{m}$,置换材料选用粒径 5~20mm 碎石与中粗砂按 3:7 质量比混合,经平板振动压实后基底承载力提升至 120kPa 以上。反滤层严格遵循太沙基级配准则,当岸坡土体 $d_{85}=0.08\text{mm}$ 时,反滤料 d_{15} 需满足 $4 < d_{15}/d_{85} < 6$,实际采用 0.5~5mm 连续级配砂砾石,铺设厚度 30cm 并分两层碾压密实。护脚结构实施动态配重设计,根据近岸流速场模拟结果,当最大冲刷流速达 0.85m/s 时,采用 1.2~1.8t 块石形成宽 3m、厚 1.5m 的护脚体,其重量需满足 $W \geq 0.023 \gamma_w V^3$ (γ_w 为水容重, V 为设计流速),2024 年实测数据显示该结构可将坡脚冲刷深度限制在 0.3m 以内。

4 抛石护岸在巢湖的施工工艺

4.1 施工准备

施工准备阶段需建立多维协同管理体系,通过 BIM 技术集成地质勘察数据与水文监测信息,构建三维施工模拟平台。该平台可动态优化施工路径,规避敏感生态区域,同时预判潜在的地质风险点。材料遴选过程引入岩相学分析,通过偏光显微镜鉴别石料的矿物组成,排除含云母、方解石等易风化成分的劣质石料。运输路线规划采用 GIS 路径分析模型,综合考虑路网承载能力、环境影响及运输成本,形成最优物料配送方案。施工前需完成全断面原状土渗透试验,测定不同深度土体的渗透系数变化曲线,为反滤层设计提供基础参数。

4.2 基础处理

软弱地基处理采用复合改良技术,针对高灵敏度粘土层实施真空-堆载联合预压法,通过布置径向排水板加速超静孔隙水压力消散。砂质液化区采用振冲碎石桩加固,桩体按等边三角形布置形成复合地基,桩径与间距根据标贯试验结果动态调整。对于存在古河道切割的复杂地层,采用袖阀管注浆工艺进行防渗帷幕施工,注浆浆液采用超细水泥-水玻璃双液体系,确保在松散砂层中的有效渗透固结。处理过程中同步埋设渗压计与测斜管,实时监测地基改良效果。

4.3 抛石施工

智能化施工体系集成物联网技术,在自卸车辆安装GNSS定位终端与载重传感器,实现抛石方量的实时动态监控。水上抛投作业采用声学多普勒流速剖面仪(ADCP)获取近岸流场数据,通过流体力学模型计算最佳抛石落点分布。特殊侵蚀区段实施阶梯式抛填工艺,在常规抛石层底部增设格宾石笼缓冲带,有效分散水流剪切应力。施工过程中开展原型观测,利用水下机器人(ROV)定期巡检抛石体形态,及时修补因水流淘刷形成的局部凹陷。

4.4 反滤层施工

反滤系统构建采用逆向水力平衡设计法,施工前通过渗透破坏试验确定临界水力梯度阈值。材料摊铺实施全断面连续作业工艺,采用气动输送系统实现级配砂砾石的精准布料,通过激光测厚仪实时监控层厚均匀性。压实工序引入能量控制理念,根据材料粒径分布特性动态调整振动频率(20~35Hz)与激振力(15~25kN),确保各层级配结构的完整性。质量检测采用多尺度融合技术,宏观层面运用地质雷达探测层间接触状态,微观层面通过CT扫描重构孔隙网络模型,结合数字图像处理技术定量分析颗粒定向排列特征。特殊区段设置过渡带,采用粒径渐变材料实现土石界面的水力平稳过渡。

4.5 坡面修整与验收

坡面精平采用智能挖掘机搭载三维建模系统,通过2000Hz激光扫描频率实时修正坡面线形,最终坡比允许偏差 $\leq \pm 3\%$ 。块石嵌锁度检测引入深度学习图像识别技术,对表面裸露石块进行特征提取,确保嵌锁面积占比 $\geq 85\%$ 。竣工验收执行《堤防工程施工质量评定标准》(SL634-2012),重点控制抛石层干密度($\geq 2.2\text{g}/\text{cm}^3$)、渗透系数($1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-4} \text{cm}/\text{s}$)及抗滑安全系数(≥ 1.35)。2024年7月验收的杭埠河段工程中,经洪水位12.06m考验后,坡面最大位移量仅2.3cm,远低于设计允许值5cm。

5 抛石护岸在巢湖应用的效果评估

5.1 岸坡稳定性提升

抛石护岸实施后,通过融合InSAR形变监测与分布式光纤传感技术,系统揭示了岸坡稳定性的多尺度增强机制。

监测数据显示,护岸区段孔隙水压力波动幅度降低62%,坡体位移速率由治理前的12mm/月降至2.5mm/月。数值模拟采用非饱和土力学本构模型,证实抛石层的应力扩散效应使滑动面最大剪应力降低38%~45%。在2023年汛期遭遇历史第三高水位工况下,护岸区段抗滑安全系数提升至1.48,较传统护坡提高42%。值得注意的是,块石间的机械咬合作用形成三维拱效应,有效抑制了水位骤降引发的渗透变形,坡脚冲刷深度控制在水力粗化层厚度范围内。

5.2 生态环境影响

生态效应评估采用环境DNA宏条形码技术,在抛石孔隙系统中检测到17种底栖生物新分布种,生物量较硬质护岸提升3.6倍。水动力-生境耦合模型表明,抛石结构形成的湍流场使溶解氧浓度提升22%,为沉水植物定植创造了有利条件。水质净化方面,反滤层的生物地球化学作用显著,铁锰氧化物涂层对总磷吸附容量达4.2mg/g,氮素转化速率提高1.8倍。对比监测显示,护岸前沿5m范围内叶绿素a浓度下降37%,浊度降低29个NTU。但需关注块石表面生物膜发育引发的局部厌氧环境,需通过微地形改造优化氧化还原梯度。

5.3 景观效果

景观绩效评估引入视觉偏好分析法,基于眼动追踪实验证实抛石护岸的景观协调度得分显著高于混凝土护岸。三维点云建模显示,块石表面风化纹理与周边芦苇荡的形态特征形成视觉连续性,景观破碎度指数降低56%。夜间照明设计利用块石间隙安装低干扰LED光源,使滨岸带夜景吸引力指数提升。

6 抛石护岸在巢湖应用中存在的问题及解决策略

6.1 块石迁移与结构完整性衰减

水动力耦合作用引发的块石迁移表现为坡面粗化层厚度损失率年均达8%~12%,局部冲淤变异系数超过0.35。深层机制分析表明,波流联合作用下块石起动临界剪切应力 τ_c 与结构层渗透系数 k 呈负相关性($R^2=0.78$)。解决策略采用多尺度稳定技术:宏观层面实施“主骨架构网+次级填充”的复合抛石体系,通过大粒径块石构建三维稳定骨架;微观层面采用聚酯纤维绳串联关键节点块石,形成抗拉强度 $\geq 50\text{kN}/\text{m}$ 的机械连接网络;微观层面在块石接触面喷涂环氧基界面增强剂,摩擦系数提升至0.42~0.48。同步构建北斗/GNSS实时监测系统,实现毫米级位移预警。

6.2 生态基质发育阻滞

当前抛石间隙有效持土容量仅 $0.12 \sim 0.18\text{m}^3/\text{m}^2$,难以支撑先锋植物群落建植。核心矛盾在于块石表面润湿性与植物根系附着力($\leq 0.3\text{MPa}$)不匹配。改良措施包括:①研发仿生界面处理技术,通过激光刻蚀形成 $50 \sim 200\mu\text{m}$ 级微纳结构,使表面持水率提升3倍;②植入微生物矿化系统,利用巴氏芽孢杆菌诱导碳酸钙沉积,形成生物胶

结层^[4]；③构建阶梯式生态单元，在抛石层后侧设置土工格室缓冲带，填充含腐殖质改良土（有机质含量 $\geq 8\%$ ），并接种耐淹植物根际促生菌。2023 年试点区监测显示，植被覆盖度由 4.7%提升至 38.2%。

6.3 全生命周期维护效能优化

传统维护模式存在响应滞后与成本叠加问题，年均维护费用占工程造价的 12%~15%。创新策略构建“智能感知-预测调控-自主修复”三位一体维护体系：①部署光纤光栅传感器阵列，实时捕获块石位移、孔隙水压力等多物理场数据^[6]；②开发数字孪生平台，集成机器学习算法实现结构退化预测，准确率 $\geq 89\%$ ；③研发自修复抛石单元，内置 pH 响应型微胶囊，在裂缝发育时释放硅酸盐凝胶体，28 天抗压强度恢复率达 82%。通过维护决策支持系统，使全生命周期成本降低 23%~37%，服务年限延长 8~10 年。

7 结语

抛石护岸通过块石级配优化与结构创新，实现了岸坡稳定性提升 76%的显著成效，同时创造了新型水生生物栖息环境，检测到 17 种新分布物种。创新构建的“力学-生态-景观”多维评价体系，为护岸工程综合效益评估提供了方法论突破。然而，强风浪作用下的块石迁移规律、生物膜发育对材料耐久性的影响等科学问题仍需深化研

究。未来应重点发展基于机器学习的智能监测系统，研发具有自修复功能的生态友好型块石材料，并探索护岸工程与湿地修复的协同作用机制。本研究形成的技术体系已在巢湖治理中取得阶段性成果，其经验可为长江中下游类似湖泊的生态化治理提供重要参考，推动水利工程向“安全-生态-景观”融合方向转型升级。

【参考文献】

- [1] 中国水利工程协会. 水利水电工程抛石护岸施工规范:TCWEA23—2024[S]. 北京:中国水利水电出版社,2024.
 - [2] 国家标准化管理委员会. 信息与文献参考文献著录规则:GB/T7714-2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
 - [3] 张强,李华. 巢湖岸坡侵蚀机理与抛石护岸稳定性研究[J]. 水利工程学报,2023,45(6):89-97.
 - [4] 王建国,周明华. 生态护岸技术理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2022.
 - [5] 生态环境部南京环境科学研究所. 巢湖流域生态修复工程评估报告[Z]. 南京:生态环境部,2024.
- 作者简介：朱传强（1988.3—），毕业院校：河海大学，所学专业：水利水电建筑工程，当前就职单位名称：安徽宣城金川水电工程有限公司，就职单位职务：项目经理，职称级别：工程师。

现代水利清渠技术的创新与应用研究

徐慧萍

新疆省哈密市伊吾县苇子峡乡人民政府, 新疆 哈密 839304

[摘要] 水利清渠在水利工程中发挥着重要作用,随着环境保护和水资源管理要求的提高,现代水利清渠技术不断发展和创新。文章综述了当前水利清渠技术的创新与应用,重点探讨了智能化、自动化设备以及环保技术的应用,分析了其在水库、河道、城市排水系统和农田水利中的实际应用情况。通过对技术现状和挑战的分析,指出了提高清渠效率、降低成本及环保等方面的优势和不足,并展望了未来技术的发展方向,以促进水利清渠工作更加高效、可持续地进行。

[关键词] 现代水利; 清渠技术; 技术创新; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15559

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Innovation and Application Research of Modern Water Conservancy Canal Cleaning Technology

XU Huiping

Xinjiang Hami City Yiwu County Weizixia Township People's Government, Hami, Xinjiang, 839304, China

Abstract: Water conservancy canal cleaning plays an important role in water conservancy engineering. With the improvement of environmental protection and water resource management requirements, modern water conservancy canal cleaning technology continues to develop and innovate. The article summarizes the innovation and application of current water conservancy and canal cleaning technologies, focusing on the application of intelligent, automated equipment, and environmental protection technologies. It analyzes their practical applications in reservoirs, rivers, urban drainage systems, and agricultural water conservancy. By analyzing the current status and challenges of technology, the advantages and disadvantages of improving canal cleaning efficiency, reducing costs, and environmental protection were pointed out. The future development direction of technology was also discussed to promote more efficient and sustainable water conservancy canal cleaning work.

Keywords: modern water conservancy; canal cleaning technology; technological innovation; technical application

引言

随着全球水资源问题愈加严峻,以及对生态环境保护的需求日益增加,水利清渠在水资源管理中的重要性愈发突出。水利清渠不仅与农业灌溉、城乡排水、防洪减灾密切相关,还在生态保护与污染治理中发挥着关键作用。然而,传统清渠方法在效率、环境影响及适应性方面存在一定的局限,无法满足日益复杂的现代水利工程需求。因此,推动现代水利清渠技术的创新与应用,已成为当前水利管理领域亟待解决的重要课题。随着科技的迅速进步,尤其是在智能化、自动化和环保技术的推动下,水利清渠技术在多个方面得到了显著改善。新兴技术不仅提升了清渠效率,降低了人工成本,还使清渠过程变得更加环保,显著减少了传统清渠方式对生态环境的负面影响。引入自动化清渠设备与智能监测系统,使得水渠清理工作能够更为精准、高效地执行;与此同时,环保型清渠技术的应用,有效降低了对水体生态的损害,推动了水利工程的可持续发展。尽管现代水利清渠技术在某些方面取得了显著进展,但在实际应用过程中,诸如高成本、设备适应性差、技术集成困难等问题,依然存在。因此,如何进一步促进水利清渠技术的创新与应用效益提升,已成为该领域研究的重点。本文将深入探讨现代水利清渠技术的创新成果与应用

现状,分析当前技术面临的瓶颈,并提出未来技术发展的方向,以期水利清渠工作的高效、可持续发展提供理论依据与实践参考。

1 水利清渠的重要性

水利清渠对于农业生产和农村经济发展至关重要。水渠作为农田灌溉的关键通道,其畅通与清洁直接影响春耕灌溉的效果,从而保障农作物的正常生长和丰收。清淤疏浚不仅改善了农业生产条件,还提升了农村人居环境,促进了农业的可持续发展。此外,水利清渠在防洪排涝和生态环境保护方面同样具有重要意义。通过清淤疏浚,可以有效解决水塘河道淤积和排水不畅的问题,增强防洪排涝能力,保障人民生命财产安全。同时,清理黑臭水体、恢复水塘河道的功能,有助于改善水生态质量,保护自然环境。最后,水利清渠工作还促进了社会和谐与经济发展。通过发动群众共同参与清渠洁岸工作,改善了人居环境,增强了社区凝聚力和居民的环保意识。水利设施的维护与管理,亦有助于优化营商环境,推动地方经济和社会的可持续发展。

2 技术应用中的问题与挑战

2.1 当前技术的限制与不足

当前,水利清渠技术在实际应用中所面临的技术限制

与不足,已成为亟待解决的关键问题。许多传统清渠设备依赖机械化作业,尽管大面积水域中的沉积物能够被清除,但在处理复杂的水域环境或深水区域时,效果却往往有限。操作过程中,这些设备往往受到水域地形和水深的制约,导致清渠效率不高,且彻底清理的难度大,无法达到预期的水质改善目标。此外,现有技术在清理过程中对环境的影响,依然不容忽视。尽管在提高效率的同时,某些设备尽力减少对水体生态的干扰,但过度清理沉积物,依然可能引发水生态系统的失衡,尤其在河道和水库等自然水体的清理中,生态破坏的风险更为突出。再者,技术适应性差,已成为制约其应用的关键问题。在面对不同地区和不同类型水体的清渠任务时,许多现有技术显现出其局限性。在复杂的城市排水系统或农田水利设施中,传统清渠设备的通用性与灵活性较差,难以应对多变的工作环境,从而降低了清渠效果的稳定性与有效性。

2.2 清渠过程中常见问题

在清渠过程中,设备性能、施工环境、清理难度及生态影响等多个方面,常见问题主要集中。设备性能的限制,尤其在深水或水流复杂的区域,已成为显著挑战。传统清渠设备在这类环境下,往往难以高效运行。例如,机械设备在狭窄、曲折的河道中,难以进入,导致无法清理到所有必要区域,进而影响清渠效果。随着城市化进程的推进,排水系统和河道的复杂度愈加增加,狭小空间及杂乱设施的布局,使得清理作业环境更加困难^[1]。在这种情况下,设备适应性不足,导致清渠工作无法顺利开展。另一个常见问题是清理不彻底,尤其在污染严重的水体中,沉积物和杂物的堆积超出了预期。污泥较厚或沉积物黏稠的区域,常规设备难以完全清除,甚至在高效设备使用后,仍可能存在部分残留物,影响清渠效果。与此同时,清渠过程中对水体生态环境的影响,不容忽视。作业可能扰动水底生态系统,破坏水生植物及生物的栖息地,甚至可能加剧水质污染。此外,施工过程中的安全隐患,也需关注。深水区清渠作业涉及危险环境,设备操作人员面临溺水、设备故障等风险。恶劣天气或突发事件等因素,也可能影响清渠进度,造成作业停滞、人员伤亡等问题。最后,清渠作业的协调性不足,同样影响工作效率。在涉及多部门合作或跨地区作业时,作业调度及管理不到位,可能导致进度延误或停滞,进而影响项目的整体质量和进展。

2.3 清渠技术的成本与经济性分析

清渠技术应用中的成本问题,至关重要,直接影响着其普及与推广,决定了其可行性。整体成本通常涉及多个方面,包括设备采购、人工成本、材料费用以及后期的维护与管理。现代清渠技术大多依赖于先进机械设备和智能化系统,初期投资通常较为高昂。这些设备的价格不菲,尤其是水下吸泥机与抓斗清污船等设备,其日常维护保养所需费用也相对较高。尤其在水域环境复杂的情况下,设

备的使用寿命与维修频率,显著影响了清渠工作长期的成本结构。人工成本同样是一个不可忽视的因素。尽管现代化设备显著提高了清渠效率,但在一些特殊情况下,人工操作仍然是不可替代的,特别是在狭窄、复杂的河道中。人工成本的增高,不仅与人员数量密切相关,还受到作业难度与工期的影响。复杂的环境或严重污染,往往会延长清渠周期,进而导致总体成本的上升。材料费用也是不可忽视的组成部分,尤其在清理废弃物或处理水体污染时,可能需要使用额外的消耗品,如化学试剂或修复材料等。长时间的清渠作业,导致这些材料费用的积累,进一步提高整体成本。在进行经济性分析时,清渠对周围环境与经济活动的影响,还需要考虑。尽管清渠能够有效改善水质、增强防洪排涝能力,并带来长期的生态效益,但其短期内的直接经济回报往往有限,这使得在经济性评估时,面临挑战。特别是在一些资金紧张的地区,如何平衡清渠成本与长期生态经济效益,是需要仔细权衡的复杂问题。

3 现代水利清渠技术的应用研究

3.1 水利清渠技术在水库和河道中的应用

水利清渠技术在水库与河道中的应用,具有深远的实践意义。随着水环境污染的加剧以及水利设施老化问题的日益严重,水库与河道的清渠工作变得愈加迫切。作为关键水源地,水库的清渠工作直接关系到水质保护与水库功能的正常运行。水库中积聚的淤泥、杂物及水生植物,不仅阻碍水流畅通,降低了水库的蓄水能力,还可能引发水质恶化,从而影响水源的供应。针对这一问题,高效清渠技术的采用,结合机械清除、人工清理与生态修复手段,能够有效清除水库中的沉积物,恢复水库的蓄水功能,确保水质稳定。以水下吸泥机、抓斗清污船等先进设备为例,这些现代化工具能够高效、精准地清除沉积物及水生植物,推动水质的改善与生态恢复。作为水利工程的核心,河道的通畅性直接关系到防洪排涝的效果。淤积与堵塞,常常导致洪水滞留、排水不畅,甚至对周边居民构成威胁。此时,清渠技术的应用显得尤为重要,能显著提升河道的排水能力。现代清渠技术通常结合机械清理与水下疏浚,通过高压水枪、切割机、抓斗等设备,不仅能去除河道底部的淤泥,还能修复河道堤岸,避免河道进一步恶化^[2]。进一步而言,智能化监测与管理系统的采用,使得河道情况能够被实时监控,并通过数据分析精准评估清渠效果,从而优化清渠流程。在城市河道的清理过程中,水流与水质的有效控制,得到了现代清渠技术的保障,推动了城市生态环境的改善,并增强了防洪排涝的能力。

3.2 清渠技术在农田水利中的应用

清渠技术在农田水利中的应用,至关重要,尤其是在确保农业灌溉系统通畅及提升水资源利用效率方面,起到了关键作用。农田水利系统中的渠道常面临淤积、杂草生长、沉积物积累等问题。水流的正常流动,常被这些问题

妨碍,不仅可能引发水体污染,还会影响灌溉效果,甚至造成水资源浪费。随着农田灌溉需求的持续增加,传统的清渠方法已难以满足高效、精准及可持续的要求。现代清渠技术在此背景下,成为了解决问题的有效途径。在农田水利的清渠工作中,现代化的清渠设备和技术,显著提高清理效率,减少了人工操作的干预。例如,机械化设备如清渠船、吸污机和挖掘机等,能够迅速清除水渠内的淤泥、沉积物及水草,从而确保水流畅通。同时,智能化监测系统的引入,利用传感器、无人机等技术手段,能够实现对水渠的实时监控和数据采集。这种技术的应用,不仅能够及时发现水渠中潜在问题,还能准确判断清理的关键区域与难点,从而制定出更有效的清渠作业方案。随着精准农业与水资源管理理念的兴起,信息化技术也在农田水利清渠作业中得到了广泛应用。通过将清渠作业与农业灌溉系统的数据相结合,清渠工作的效果能够实时评估,最大化地提升水利设施的利用效率,减少不必要的资源浪费。这种智能化与数据化的管理方式,既提高了农田灌溉的精准度,也为农民提供了更加便捷的管理工具,促进了水资源的可持续利用。

4 现代水利清渠技术的创新

现代水利清渠技术的创新,在应对日益严峻的水资源管理与环境保护挑战中,扮演着越来越重要的角色。传统的清渠方法,通常依赖人工操作,导致工作效率低下,且对环境造成一定的负担。然而,随着技术的进步,新的清渠技术,在作业效率、智能化、自动化以及环保性方面,实现了显著突破。智能化清渠技术的应用,突破了传统清渠方法中依赖人工判断的限制。借助传感器、物联网、大数据等技术手段,水渠的水质、流量及沉积物的状态能够被实时监测,从而精确评估清渠的最佳时机与范围。举例来说,水下机器人与无人机,能够替代人工完成一些复杂的清渠任务。这一无人操作的方式,不仅有效降低了人工成本,还提升了作业的安全性及效率。自动化清渠设备的研发,使得清渠作业变得更加高效与精准。通过使用自动化清渠船、吸泥机等设备,大量沉积物能够在短时间内被清理,同时显著减少了对环境的干扰^[4]。在水体保护方面,

自动化设备能够精确控制清理的深度与范围,从而避免了破坏水生植物及水体生态系统的风险。环保型清渠技术也取得了长足进展。这些设备采用无污染、低噪音以及节能环保的设计理念,有效减少了清渠过程中对环境的负面影响。例如,清渠作业中的废弃物,可以通过环保设备进行分类处理与再利用,这不仅推动了水利行业的绿色发展,也促进了可持续发展的目标。与此同时,信息化技术的广泛应用,使得清渠工作与现代水资源管理系统得以紧密结合。通过智能化的数据分析,清渠作业与水资源利用得以动态优化与精细化管理,从而提升了水资源的利用效率。

5 结语

现代水利清渠技术的创新与应用,为水资源的高效利用与水环境的改善提供了重要的支撑。随着智能化、自动化及环保技术的不断进步,清渠作业在提高效率、降低成本及减少对环境的影响方面,取得了显著的成效。然而,面对复杂多变的水利环境,技术的进一步优化与创新,依然是未来发展的关键。新型清渠设备的研发与应用,推动不断,以提升清渠作业的智能化水平,并加强生态修复与环保技术的深度融合。为水利清渠工作提供的,将是更加科学、可持续的解决方案。随着技术的持续突破,水利清渠将在保障水质、优化水利设施运行及促进生态环境保护方面,发挥更加积极的作用。

【参考文献】

- [1]常学尚.“十三五”期间高台县三清渠灌区水利改革发展问题与对策[J].农业科技与信息,2018(23):87-89.
 - [2]郑洪健.浅谈如何做好三清渠灌区地下水管理工作[J].农业科技与信息,2016(32):141.
 - [3]赵玉梅.农业水利工程灌溉中的节水措施探讨[J].农业科技与信息,2015(14):79-80.
 - [4]常学尚.对农民用水者协会管理中存在的问题及对策——以三清渠灌区为例[J].甘肃农业,2014(5):37-38.
- 作者简介:徐慧萍(1974.6—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位名称:新疆省哈密市伊吾县苇子峡乡人民政府,职称级别:工程师(中级)申报高级工程师(副高)。

水利工程施工中的安全管理和质量控制分析

高小龙

新疆塔建三五九建工有限责任公司, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 水利工程是关系国计民生的重要基础性设施工程, 对于交通和农业的发展具有极大的帮助, 同时能带来极大的经济效益。在水利工程施工中, 因为施工技术复杂, 施工难度较大, 容易形成安全隐患。此外, 在施工过程中, 因施工规模较大, 施工单位较多, 且施工的方法较为复杂, 还会对质量控制工作带来不利影响。文章分析水利工程施工中安全管理及质量控制的重要性及存在的问题, 在此基础上, 分别探讨了安全管理策略和质量控制策略。

[关键词] 水利工程; 安全管理; 质量控制

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15558

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Analysis of Safety Management and Quality Control in Water Conservancy Engineering Construction

GAO Xiaolong

Xinjiang Tajian 359 Construction Engineering Co., Ltd., Alaer, Xinjiang, 843300, China

Abstract: Water conservancy engineering is an important infrastructure project that is related to the national economy and people's livelihood. It has great help for the development of transportation and agriculture, and can bring great economic benefits. In the construction of water conservancy engineering, due to the complexity of construction technology and the difficulty of construction, safety hazards are easily formed. In addition, during the construction process, due to the large scale of construction, many construction units, and complex construction methods, it can also have adverse effects on quality control work. This article analyzes the importance and problems of safety management and quality control in water conservancy engineering construction, and on this basis, explores safety management strategies and quality control strategies separately.

Keywords: water conservancy engineering; safety management; quality control

引言

水利工程作为国家基础设施建设的核心组成部分, 承担着水资源调配、防洪抗旱、农业灌溉以及城市供水等多重职能。由于水利工程施工通常涉及庞大规模、高技术要求以及复杂的施工环境, 因此, 安全管理与质量控制确保项目顺利进行中起着至关重要的作用。在施工过程中, 施工人员可能面临诸多安全风险, 如高空作业、机械操作以及气候变化等, 而工程质量的控制则直接影响到项目的长期稳定性与使用效果。若安全管理或质量控制存在疏漏, 不仅可能导致事故的发生, 甚至可能对整个工程的可持续性社会效益造成负面影响。如何在施工过程中有效地实施安全管理与质量控制, 已成为水利工程建设中的关键问题。本文旨在分析当前水利工程施工中存在的安全管理现状与质量控制问题, 并提出改进措施, 期望为工程顺利实施提供理论依据与实践参考, 从而提升项目的安全性、质量以及整体效益。

1 水利工程施工中安全管理与质量控制的重要性

水利工程施工中的安全管理与质量控制具有至关重要的作用。由于水利工程项目通常具有复杂的施工环境与技术要求, 任何疏忽或失误都可能引发严重的安全事故或质量问题, 甚至对工程的功能性与使用寿命产生深远的影响。在施工过程中, 工人面临的潜在风险包括高空作业、

重型机械操作、危险化学品处理等, 若安全措施不到位, 事故发生的概率将大幅增加, 可能导致人员伤亡、财产损失以及社会影响的扩大。与此同时, 工程的最终效果直接由质量控制决定。若水利工程的质量出现问题, 不仅可能影响水资源的管理与分配, 还可能引发水灾等自然灾害, 造成更大范围的社会经济损失。每个施工环节若能够严格遵循设计与施工标准, 且所使用的材料与技术具备可靠性, 那么有效的质量控制将能够避免不必要的返工与资源浪费。

2 水利工程施工中安全管理与质量控制存在的问题

水利工程施工中的安全管理与质量控制面临着诸多挑战。在安全管理方面, 施工现场常常存在一定的安全隐患。例如, 安全防护措施不到位、施工人员缺乏必要的安全培训, 以及部分施工设备未按时进行检查和维护。这些问题使得施工现场的安全风险增大, 且难以有效保障工人的安全。此外, 部分施工单位未能充分重视安全管理, 安全管理人员的配备不足, 或其专业素质较低, 导致潜在的安全隐患无法及时识别和应对, 从而引发事故的发生。质量控制方面, 同样存在一系列问题。施工过程中, 质量监控不到位的问题较为普遍。为了节约工期和成本, 一些施工单位忽视了对施工质量的严格要求, 导致频繁出现材料采购不规范、施工工艺不达标等问题^[1]。监理人员监督力

度不足,许多细节问题未能及时处理,结果导致项目质量难以达到设计标准,甚至发生返工现象。此外,施工人员的专业水平参差不齐,部分技术人员缺乏足够的培训和技术支持,使得施工质量的稳定性难以得到保证。上述问题共同作用,带来了安全与质量管理方面的重大隐患,极大地挑战了水利工程的顺利实施。

3 水利工程施工中的安全管理策略

3.1 安装漏电保护器以及其他安全设备

在水利工程施工中,安装漏电保护器及其他安全设备,作为确保电气安全的重要措施,具有不可或缺的作用。漏电保护器能够实时监测电流泄漏,并在必要时及时切断电源,从而有效防止因电气设备故障或线路损坏引起的电击事故,保障施工人员的生命安全。此外,施工现场通常使用大量电力设备与机械,因此,安装漏电保护器有助于显著降低因电气问题引发火灾的风险。除了漏电保护器外,其他必要的安全设施,如电气接地系统、短路保护器及过载保护装置,也应予以配备,确保电力系统的安全运行。与此同时,定期对施工现场的电气设备进行检查与维护,是确保所有设备与线路符合安全标准的关键,以便在发生紧急情况时能够迅速切断电源。此外,施工人员应接受电气安全方面的专业培训,熟悉操作规范,并具备及时识别与排除潜在安全隐患的能力。

3.2 施工过程中的安全管理

水利工程施工中的安全管理至关重要,涉及对施工各环节的严格控制与执行。在安全管理的实施过程中,必须从整体规划入手,细化各项措施的落实,确保每项安全措施提前到位。施工前,应对工地进行全面检查,确保所有施工人员配备齐全的安全防护设备,如安全帽、安全带和防护网,并确保机械设备符合操作标准,以避免因设备故障或操作失误而引发事故。施工期间,必须定期开展安全培训,确保施工人员掌握必要的安全操作规范与应急处理技巧。此外,现场环境的实时监控也是至关重要的,潜在的安全隐患必须随时排查,包括高空作业时的防护措施、易燃易爆区域的管理以及机械操作时的安全距离,做到事先预防,防患未然。施工现场还应配备专职安全管理人员,负责监督与检查各项安全措施的执行情况,确保安全规程得到严格遵守。安全管理不仅仅局限于应急处理,它还应通过系统化的安全文化建设,使全体人员树立安全意识,将安全理念渗透到日常施工的每个细节中。

3.3 强化安全防范意识

在水利工程施工过程中,强化安全防范意识是确保施工安全的关键举措之一。施工现场的工作人员常常面临复杂的工作环境以及较高的安全风险,若施工人员缺乏足够的安全意识,忽视或轻视潜在的安全隐患,事故发生的概率将显著增加。因此,强化安全防范意识应通过定期组织安全培训与教育来实现,确保每位施工人员都能了解施工

现场的潜在危险,并掌握防范与应对突发安全事件的基本技能。安全意识的培养不仅依赖于单次培训,更应通过日常管理的渗透,建立起长期持续的安全教育体系。此外,项目管理层应当树立“安全第一”的理念,将安全防范纳入每个工作环节,激励施工人员在实际操作中保持高度警觉,并严格遵守安全操作规范^[2]。施工人员应清楚认识到,个人安全不仅关乎自身生命,还直接影响到团队的整体安全与工程进度。

3.4 其他安全事故的防范工作

在水利工程施工中,除了电气安全与高空作业的常见风险外,还需全面预防其他类型的安全事故。这些事故包括但不限于机械设备故障、滑坡与坍塌、火灾与爆炸、化学品泄漏以及水灾等。为了有效防止此类事件的发生,一系列有针对性的防范措施应当被施工单位采取。施工现场的机械设备必须定期进行检查与维护,以确保其处于正常工作状态,从而避免设备故障引发事故。同时,施工人员需接受机械操作培训,提升安全操作技能,减少因操作不当引发的事故。对于易燃易爆区域,防火措施必须严格按照安全规范实施,如安装消防设施、设置疏散通道并定期进行消防演练。涉及有害化学物质工作区域,应加强物料管理,配备必要的安全防护设备,且确保工作人员掌握化学品泄漏的应急处理程序。为防范滑坡或坍塌等自然灾害,施工前应进行充分的地质勘查,确保施工场地的安全性,并采取加固措施。在水利工程施工中,防水措施的实施尤为关键,特别是在面临突发水流变化或洪水风险时,必须确保相应防护措施得到到位。

4 水利工程施工中的质量控制策略

4.1 增强施工队伍整体素质

增强施工队伍素质要求从水利工程施工单位的各类职工入手,逐步提高整体水平。首先,对于管理人员,应注重其管理能力的提升。在选拔上,应选用经验丰富、思维灵活、细致严谨且具有良好人际沟通能力的人员担任管理职位。丰富的经验和灵活的应变能力有助于应对施工中的突发状况,从而最大限度减少影响,避免工期延误;同时,严谨细致且具备人性化管理的领导才能确保有效的人员调配,精细化的质量管理,从而增强施工人员的信任与配合,将整个施工团队凝聚成一股合力,确保施工质量的落实。其次,对于监理人员,应适当提升薪资待遇,并将其能够及时发现并解决施工质量问题作为绩效考核和职位评定的重要依据,以激发其工作积极性和责任感。最后,对于施工技术人员,除了要求一定的学历水平外,还应具备丰富的实践经验,确保他们能严格按照施工图纸要求,精准把控各项施工质量细节,确保工程顺利进行。

4.2 提高施工技术水平

4.2.1 无损检测技术的应用

在水利工程施工中,提高技术水平是确保工程质量的

关键途径,其中无损检测技术的应用尤为重要。无损检测技术能够在不破坏材料或结构的前提下,识别潜在的缺陷或问题,从而有效保障施工质量。常用的无损检测方法包括超声波检测、X射线检测及红外热成像检测等。这些技术可以检测混凝土、钢筋、水泥等建筑材料的内部结构,及时发现裂纹、空洞、脱落等问题,避免了传统检测方法中需要破坏结构的局限性。在水利工程施工中,尤其是在涉及水坝、渠道等大型基础设施时,任何内部缺陷都可能引发重大安全隐患,因而无损检测技术的应用至关重要^[3]。通过对关键部位实施无损检测,不仅能够及时发现潜在的质量问题,防止隐患的积累,还能为施工人员提供准确的修复或调整依据,从而确保工程的稳定性与安全性。

4.2.2 施工人员的培训工作

在水利工程施工中,提升施工技术水平的关键之一是加强对施工人员的培训。施工人员的专业素质与技术能力直接影响工程的施工质量与进度。为了确保各项施工工序能够符合设计要求与技术规范,技术培训需要由施工单位定期开展。培训内容应涵盖施工操作的基本技能、质量控制要点、设备使用规范、安全操作规程以及应急处理能力等方面。通过这样的培训,施工人员不仅能够更好地掌握新技术与新设备,还能熟悉项目的具体要求,从而在复杂施工环境中做出准确判断,减少人为错误的发生。特别是在涉及特殊工艺或高难度施工任务的项目中,只有经过专业培训的施工人员才能有效完成任务,确保施工质量。此外,培训工作还应注重技能的持续更新与提升,以适应现代水利工程对技术要求不断增长的趋势。

4.2.3 材料和设备的复检

在水利工程施工中,材料与设备的复检是确保施工质量的关键措施之一。水利工程项目涉及大量建筑材料与机械设备,这些材料与设备的质量直接影响到工程的稳定性与耐久性。为了确保施工质量,所有材料与设备必须接受严格的复检。在建筑材料方面,复检工作应涵盖其来源、规格、性能等方面的全面检查,以确保符合设计要求与相关标准。例如,水泥、钢筋、混凝土等常用材料在进场前,必须经过检验,确保其符合质量标准后方可使用。施工期间,材料的存储与使用情况还需进行监管,以防止因存放不当或使用不合格材料而影响工程质量。对于机械设备,复检工作不仅限于设备进场时,且还应定期检查其运行状态与维护保养情况^[4]。特别是大型机械设备,如混凝土搅拌机、起重机等,必须在使用前后进行严格检查,确保设备功能正常,以避免因设备故障导致施工延误或安全事故的发生。复检过程还应包括设备操作人员的培训,确保他们能熟练掌握操作技能,及时发现并解决设备可能出现的问题。

4.3 完善质量管理体系

在水利工程施工中,完善的质量管理制度是确保施工质量的基础。健全的质量管理制度为整个施工过程提供了规范化的指导,确保每个环节都具备明确的质量要求与管理标准。质量管理体系应覆盖从设计、采购、施工到竣工验收的各个环节,确保每一阶段都有专人负责,且操作符合规定。严格的质量标准与检查机制应被制定,确保每项施工任务都按技术规范与设计要求进行,同时,明确的质量监督体系应设立,确保施工人员严格遵守相关规定。在执行质量管理体系时,项目管理团队需定期进行质量检查与评估,且对发现的问题应及时采取整改措施。此外,制度应注重明确各类人员的责任,包括管理人员、技术人员、施工人员及监理人员,确保每个人了解自己在质量管理中的责任,并对施工质量的每个细节负责。针对出现的质量问题,完善的反馈与追责机制应建立,通过定期总结与分析,避免类似问题的再次发生。

5 结语

通过对水利工程施工中安全管理与质量控制的深入分析,可以发现,这两者是保障工程顺利推进及长期稳定运行的关键因素。如果施工过程中存在的安全隐患与质量问题得不到有效解决,可能不仅会导致工程延期与资源浪费,还可能引发人员伤亡或环境破坏等严重后果。安全管理意识的加强、质量控制措施的强化以及施工技术与管理体系的优化,都是提升水利工程施工水平、确保项目顺利完成的必要措施。随着科技的进步与管理理念的持续更新,未来水利工程的安全管理与质量控制将趋向更加精细化与规范化,从而推动整个行业的持续发展。唯有在确保安全与质量的前提下,水利工程才能发挥其在社会进步中的重要作用,助力实现可持续发展的目标。

【参考文献】

- [1] 吴树银. 水利工程施工中的安全管理与质量控制探讨[J]. 建材与装饰, 2020(21): 292-293.
- [2] 刘寿辉. 探析水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 水上安全, 2023(13): 158-160.
- [3] 苏富军. 浅议水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 发展, 2020(8): 88-89.
- [4] 邵辉, 马红春, 王海艳. 浅议水利工程施工中的安全管理与质量控制[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(33): 31.

作者简介: 高小龙(1988.8—), 毕业院校: 新疆大学, 所学专业: 土木工程, 当前单位名称: 新疆塔建三五九建工有限责任公司, 就职单位职务: 工程管理科科长, 职称级别: 工程师。

天池河流域生态护坡工程技术与应用效果分析

刘 鹏

宜昌长乐城市建设投资开发有限责任公司, 湖北 宜昌 443413

[摘要] 天池河流域生态护坡与水域修复工程通过一系列生态治理措施, 针对流域水质污染和生态退化问题, 实施了水域修复、污水管道治理、河道清淤及缓冲带修复等关键技术, 改善了流域生态环境。工程总投资 5230.03 万元, 涵盖了生态护坡 15945 米、水域修复 83115 平方米、污水管道治理 4795 米等项目。通过多项技术措施, 水体质量显著提升, 水生生物栖息环境得以恢复, 流域水土流失得到有效遏制。项目实施不仅提升了流域的生态功能, 还为区域可持续发展提供了支持。生态修复的创新应用为类似地区的环境治理提供了宝贵经验, 确保了天池河流域生态环境的长远改善。

[关键词] 生态护坡; 水域修复; 河道治理; 生态修复; 环境保护

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15550

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Analysis of Ecological Slope Protection Engineering Technology and Application Effect in Tianchi River Basin

LIU Peng

Yichang Changle Urban Construction Investment and Development Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443413, China

Abstract: The ecological slope protection and water restoration project in the Tianchi River Basin has implemented a series of ecological governance measures to address the problems of water pollution and ecological degradation in the basin. Key technologies such as water restoration, sewage pipeline treatment, river dredging, and buffer zone restoration have been implemented to improve the ecological environment of the basin. The total investment of the project is 52.3003 million Yuan, covering 15,945 meters of ecological slope protection, 83,115 square meters of water restoration, 4,795 meters of sewage pipeline treatment and other projects. Through multiple technological measures, water quality has significantly improved, aquatic habitats have been restored, and soil erosion in the watershed has been effectively curbed. The implementation of the project not only enhances the ecological function of the watershed, but also provides support for regional sustainable development. The innovative application of ecological restoration has provided valuable experience for environmental governance in similar regions, ensuring the long-term improvement of the ecological environment in the Tianchi River Basin.

Keywords: ecological slope protection; water restoration; river management; ecological restoration; environmental protection

引言

随着工业化和城市化进程的加快, 天池河流域面临着水质污染、生态退化和水土流失等一系列环境问题, 亟需采取有效的治理措施。为改善水域生态状况, 提升水质, 恢复生态功能, 天池河流域开展了大规模的生态护坡与水域修复工程。该项目通过实施生态护坡、水域修复、污水治理、河道清淤等多项措施, 致力于恢复流域的生态系统, 改善水体质量, 并为当地的可持续发展提供坚实的环境基础。工程的实施不仅对改善流域环境起到了积极作用, 也为类似地区的生态治理提供了重要参考与借鉴。

1 天池河流域生态环境现状与治理需求分析

1.1 天池河流域生态环境问题概述

天池河流域作为区域重要的水体之一, 长期受到上游城市化和人类活动的影响, 生态环境呈现出不同程度的退化现象。水域污染、土壤侵蚀以及水土流失问题尤为突出, 导致河流流域水质下降, 生态功能逐步衰退。尤其是流域内的部分区域, 受工业废水、生活污水排放及农业

污染等多重因素影响, 水体富营养化现象严重, 水质问题亟待解决。由于缺乏有效的生态保护措施, 河流的自然水流和生态环境遭到破坏, 湿地和植被退化, 生物多样性下降。部分区域河道两岸的生态护坡不足, 土壤水分流失严重, 直接影响了周边生态系统的稳定性。河道水土流失现象严重, 洪水频发, 加剧了区域内水灾的发生, 严重威胁到流域内的农业生产和居民生活。流域的生态环境问题不仅影响到水资源的可持续利用, 也制约了当地经济和社会的协调发展。

1.2 流域治理的紧迫性与技术需求

天池河流域的生态环境问题不仅是当前区域发展的瓶颈, 更是未来可持续发展的重大挑战。流域的水土保持与生态修复亟待通过科学、系统的治理方法来解决。当前, 传统的治理手段难以满足生态修复的需求, 因此亟需结合现代水利工程技术、生态学原理及环境保护理念, 采取综合治理措施。流域治理必须从根源解决水质污染和水土流失问题, 采用有效的水污染控制技术和水土保持措施^[1]。

水质污染治理需要通过水体修复和污水处理设施的建设,减少工业污水和生活污水的排放。针对水土流失和生态退化现象,实施生态护坡和缓冲带修复,不仅能够有效防止土壤流失,还能恢复水体周边的生态系统。流域治理过程中,应注重综合施策,融合不同技术手段,如跌水坝和拦砂坝等水利设施的建设,以控制水流速度,减少河道冲刷。通过修复自然河道、恢复湿地以及建设生态缓冲带,增强生态系统的自我恢复能力。流域治理过程中还应加强区域内的综合管理,整合地方资源,提升管理水平,确保长效治理的可持续性。

2 生态护坡工程技术与实施方案解析

2.1 生态护坡技术的关键要素与实施步骤

生态护坡技术通过植物根系与土壤改善措施增强坡面稳定性,提升水体与土地的生态功能。其核心要素包括土壤保护、植被恢复及人工结构的结合。护坡设计需充分考虑土壤承载力与稳定性,选用适合当地环境的植物,确保其耐旱、耐寒、快速生长等特性,以保持长期稳定性。实施时,首先清理坡面,去除松动土层,处理水流可能冲刷区域,确保植物能扎根。植物种类通常选择本地草种和灌木,这些植物具有良好的抗风蚀与耐水冲刷能力,不仅能防止水土流失,还能自然修复生态功能。施工中还会使用草帘、木质支撑架等天然材料,帮助植物稳定生长,防止初期生长不稳造成坡面滑坡^[2]。随着植被逐步成型,生态护坡能够形成绿色屏障,改善气候与水文环境,提升区域生态服务功能,从而有效减少水土流失,增强流域生态修复效果。

2.2 生态护坡在流域治理中的应用效果分析

生态护坡技术在流域治理中的应用取得了显著的生态恢复和环境改善效果。通过实施生态护坡,水土流失得到了有效防止,坡面稳定性增强,流域水系的自我修复能力得以提升。天池河流域的生态护坡项目成功控制了水流冲刷,缓解了坡面水土流失问题。植被恢复不仅提供了生物栖息地,还增强了土壤的水分保持能力和有机质积累,提升了生态系统生产力。改善的水土保持效果有助于减少下游河道泥沙沉积,减轻河道淤积,提高水体质量。生态护坡的实施还促进了生态多样性的恢复,通过植物的恢复,逐步形成了自然防护屏障,为流域动植物提供了良好的生存环境,增强了区域的生态承载力。结合天池河流域的实际情况,生态护坡措施显著改善了水质,减少了污染物输入,并通过植被吸收和土壤净化作用,进一步提升了水体的自净能力。随着项目的推进,生态护坡已成为流域治理的核心,显著提升了流域生态环境质量,推动了生态与经济的双重可持续发展。

3 水域生态修复工程与河道治理技术的创新应用

3.1 水域生态修复措施的具体内容与效果

水域生态修复措施主要涉及通过改善水质、恢复生态功能和提升水体自净能力来解决水域污染和生态退化问题。对于天池河流域,水域修复工作涵盖了水体污染治理、

湿地恢复、植被种植及水生生物多样性恢复等多个方面。在水质治理方面,建设了多座跌水坝和拦砂坝,用于减少河道的泥沙输送和调节水流速度,从而改善水体的悬浮物浓度。通过修复流域内的湿地生态系统,增强水体的自净能力。湿地作为水体的天然过滤器,可以有效吸收水中的氮、磷等污染物,减少水体富营养化现象。除了湿地修复外,实施了植被带恢复和植被种植,尤其是水生植物的引入,增强了水生生物的栖息地,促进了水体生态系统的稳定。通过水生植物的光合作用和根系净化作用,不仅改善了水体的水质,还提供了丰富的生态栖息空间,提升了水生生物的多样性^[3]。通过人工湿地建设、河道生态修复以及调节水流等措施,水域修复的效果逐步显现,水质明显改善,水体中的污染物逐渐减少,生物多样性得到了有效恢复,流域水域的生态功能得到了重建,整体水环境质量呈现上升趋势。

3.2 河道治理技术的应用与实践探索

河道治理技术在天池河流域的应用实践中,主要包括水流调节、河道清淤、河道结构优化以及污染源控制等方面。水流调节技术通过建设跌水坝和拦砂坝,控制水流的流速和泥沙的沉积,减少了水土流失和河床的进一步淤积。跌水坝的建设,不仅降低了水流冲刷力,还有效地减缓了水体流速,减少了水生生物栖息地的破坏,提升了水域的生态稳定性。河道清淤技术在本项目中得到有效应用,清理了河道中的沉积泥沙,尤其是那些积累的有机污染物,改善了水体的水质。河道结构的优化也是河道治理的重要措施之一,通过河道的自然化改造,恢复了河道的生态功能,增强了水体的自净能力。治理过程中,还采取了污染源的控制措施,减少上游农业、工业及生活污水的排放,改善了水质。在实践过程中,通过综合施策,河道治理技术有效解决了水土流失、河道污染和生态退化等问题,使得流域水环境逐步得到恢复,河道的水质和生态功能明显提升,治理效果显著。

表1 天池河流域水质治理与生态修复工程数据

项目	单位	数值	数据来源
生态护坡工程长度	米	15945	天池河流域生态工程资料
水域修复面积	平方米	83115	项目实施单位报告
跌水坝数量	座	7	天池河流域生态工程资料
拦砂坝数量	座	1	项目实施单位报告
污水管道治理长度	米	4795	天池河流域生态工程资料
缓冲带修复面积	平方米	42866	项目实施单位报告
河道清淤面积	平方米	583.5	天池河流域生态工程资料
项目总投资	万元	5230.03	项目资金管理报告

4 污水管道治理与缓冲带修复在生态保护中的重要作用

4.1 污水管道治理的实施与水质改善效果

污水管道治理在天池河流域的实施主要集中在排污

管网的建设与升级改造。通过修复和替换老旧管道,减少了污水渗漏和污水外溢现象,确保了生活污水和工业污水的有效收集与处理。管道治理还包括建设了多个污水处理设施,以处理来自城镇和周边区域的污水。这些污水处理站采用了先进的污水处理技术,能够高效去除水中的有害物质,如氮、磷等污染源,确保出水水质符合国家环保标准。通过这一系列措施,污水管道治理极大地减少了对河流水体的污染负荷,改善了水质。尤其在天池河流域的污染源控制方面,污水管道的修复与治理起到了至关重要的作用,显著提升了河道水质的自净能力和生态恢复能力。污水治理工作还带动了周边环境的改善,为流域内的生态恢复提供了稳定的水质支持,为水域生态修复工作提供了良好的基础。

4.2 缓冲带修复对生态系统恢复的贡献

缓冲带修复在天池河流域的实施,主要通过种植本地植物、恢复湿地生态和加强土壤保护等方式,减少了周边土地和水体的污染输入。缓冲带作为水体与周围环境的过渡带,发挥着至关重要的生态功能。在实施过程中,选用了适应性强的植物物种,这些植物能够有效拦截和过滤农田、城市及其他污染源流入水体的有害物质,减少了非点源污染的输入。缓冲带的修复为野生动植物提供了栖息地,增强了生物多样性,促进了生态系统的健康发展^[4]。通过缓冲带的绿化和植被恢复,不仅增强了水土保持功能,还提升了水质净化能力。随着修复工作的推进,缓冲带的植物群落逐渐稳定,水体的污染物浓度逐步降低,生态系统的自我修复能力得到了有效提升。缓冲带的修复为流域的生态环境恢复提供了有效的支持,并为水体的长期生态平衡奠定了基础。

5 天池河流域生态护坡工程综合效益与未来发展方向

5.1 工程实施后的生态效益与环境改善

天池河流域生态护坡及水域修复工程的实施,对生态效益和环境改善产生了显著影响。通过一系列综合治理措施,水质得到了明显改善,水体污染物的浓度逐渐降低,尤其是河道中悬浮物和有机污染物的减少,有效提升了水体自净能力。生态护坡工程的实施增强了河道两岸的稳定性,防止了水土流失,有助于减缓了泥沙沉积,改善了水体透明度。随着植物的种植和湿地恢复,流域生态系统逐渐恢复,生物栖息地的多样性得到了提高。水生植物的引入不仅促进了水体富营养化的控制,也为水生生物提供了丰富的栖息空间,提升了水域的生物多样性。流域内的湿地生态恢复提高了河流的水质净化能力,湿地植物和土壤系统的结合有效吸附了水中的污染物,为水体健康提供了持续的支持。通过这些工程措施,天池河流域的生态环境

逐步恢复,水资源的可持续利用得到保障,整体环境质量得到了有效提升。

5.2 项目后续发展与持续生态保护策略

项目后续发展的关键在于如何维持和增强已取得的生态成果,并确保流域生态系统的长期稳定。加强后期的生态监测与管理是确保项目长期效果的基础。定期对流域水质、生态植被及水生生物进行监测,及时掌握生态变化情况,为生态保护提供数据支持。完善流域内的水土保持工作,通过进一步扩展缓冲带和加强植被恢复,避免水土流失和污染物进入水体^[5]。对现有的污水管道和处理设施进行定期检修和升级,确保污水处理系统的高效运行。除了工程硬件的维护,流域治理还应加强与地方政府和社区的合作,开展生态保护意识的普及工作,鼓励公众参与到生态保护中来,形成全社会共同参与的治理局面。生态恢复工作还应结合流域的自然条件和社会需求,灵活调整策略,优化管理措施,保持生态修复的持续性。通过综合施策,确保天池河流域生态环境的持续改善,为未来的生态保护和资源利用提供坚实保障。

6 结语

天池河流域生态护坡与水域修复工程通过综合治理措施,有效改善了水质、恢复了生态功能,提升了流域的生态稳定性和可持续发展能力。项目实施不仅增强了水体自净能力,也恢复了生物多样性,为区域生态环境的持续保护奠定了基础。随着后续管理与保护措施的进一步落实,天池河流域的生态环境将更加健康,区域内的水资源和生态系统将得到长期的可持续利用,为当地的经济与环境协调发展提供有力支撑。

【参考文献】

- [1] 假冬冬,陈萌,李锐,等.黄河下游多因素耦合作用生态护坡破坏机制研究进展[J].水科学进展,2024,35(5):853-864.
- [2] 温向峰,李邦仁,谭明亮.河道治理工程中生态护坡技术研究与应用[C].北京:冶金工业出版社,2024.
- [3] 刘汉民,冯智,吴中奎,等.河道生态护坡技术对比研究——以溢流河生态护坡为例[J].大众标准化,2023(7):61-68.
- [4] 尚亚雄,薛琚华,刘艺超,等.黄土边坡生态护坡应用研究——以三原清河流域段黄土边坡治理为例[J].环境科学与管理,2022,47(1):148-152.
- [5] 李宗华.试论生态护坡在河道治理工作中的应用对策[J].中国水运(下半月),2020,20(14):88-89.

作者简介:刘鹏(1986—),男,本科学历,就职于宜昌长乐城市建设投资开发有限责任公司,任总工程师。

水土保持对生态环境的影响及其可持续性研究

赵世梅¹ 王子龙²

1. 靖边县水土保持工作站, 陕西 榆林 718500

2. 靖边县城乡供水安全服务中心, 陕西 榆林 718500

[摘要] 水土保持作为治理水土流失的一项重要措施, 对生态环境保护有着显著作用。在研究中我们深度地探讨了水土保持对生态环境改善的积极影响以及在保障其可持续性上所遵循的方法和策略。研究发现, 通过水土保持措施, 可以有效地改善土壤质地, 减少土壤侵蚀, 提高土地利用效益, 从而有助于生态环境的改善和生物多样性的保护。同时, 通过我们的研究, 我们发现在实施水土保持工程的同时, 我们需要关注其持续性和可持续发展。这需要我们建立和完善相关的法律法规, 加大科技投入, 推进科技创新, 以科技进步和管理创新为基础, 实施可持续的水土保持工程。此外, 发人民群众的积极参与、生态教育以及提升人们的环保意识, 也是实施持久、有效的水土保持工程, 并从而走向可持续发展的重要途径。此研究结果为水土保持工作提供了科学依据和参考指导, 对我国及世界其他地区在面临类似问题时, 有重要的借鉴和参考价值。

[关键词] 水土保持; 生态环境保护; 土壤改善; 可持续性; 法律法规引言

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15545

中图分类号: TV213

文献标识码: A

Research on the Impact of Soil and Water Conservation on Ecological Environment and Its Sustainability

ZHAO Shimei¹, WANG Ziong²

1. Jingbian County Soil and Water Conservation Work Station, Yulin, Shaanxi, 718500, China

2. Jingbian County Urban and Rural Water Supply Safety Service Center, Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract: Soil and water conservation, as an important measure to control soil erosion, plays a significant role in ecological environment protection. In our research, we deeply explored the positive impact of soil and water conservation on ecological environment improvement, as well as the methods and strategies followed to ensure its sustainability. Research has found that soil and water conservation measures can effectively improve soil texture, reduce soil erosion, and enhance land use efficiency, thereby contributing to the improvement of the ecological environment and the protection of biodiversity. Meanwhile, through our research, we have found that while implementing soil and water conservation projects, we need to pay attention to their sustainability and sustainable development. This requires us to establish and improve relevant laws and regulations, increase investment in science and technology, promote technological innovation, and implement sustainable soil and water conservation projects based on technological progress and management innovation. In addition, active participation of the people, ecological education, and raising environmental awareness are also important ways to implement sustainable and effective soil and water conservation projects and move towards sustainable development. This research result provides scientific basis and reference guidance for soil and water conservation work, and has important reference value for China and other regions in the world when facing similar problems.

Keywords: soil and water conservation; ecological environment protection; soil improvement; sustainability; laws and regulations

水土流失作为全球环境问题之一, 对生态环境带来了重大影响。我国是水土流失比较严重的国家之一, 治理水土流失, 保障生态环境健康, 已经成为我国必须面对并积极解决的重要课题。对于这一课题, 水土保持被认为是解决水土流失, 改善生态环境, 实现生态可持续发展的重要途径之一。然而, 我们对水土保持对生态环境的具体影响和作用, 以及如何发挥其作用, 实现其可持续性, 在学术界普遍存在争论。本文旨在通过研究水土保持对生态环境的具体影响及其可持续性策略, 期望揭示出在治理水土流失, 改善生态环境, 实现生态可持续发展过程中, 水土保持的重要性和必要性。本课题的探讨, 不仅有理论研究的

价值, 对于我国和全球其他面临类似问题的地方, 可能提供重要的参考和启示。

1 水土保持对生态环境的影响

1.1 水土保持对土壤质地的改善

水土保持对土壤质地的改善具有重要作用, 其通过多种措施使土壤的结构与性能得到优化^[1]。植被覆盖是水土保持的核心措施之一, 能够有效增强土壤的有机质含量, 从而改善土壤的团粒结构, 提高土壤的透气性与通水性。合理的地表覆盖和工程技术手段, 如修建梯田、沟渠以及水平沟, 不仅能够减少雨水对地表土壤的直接冲刷, 还能促进土壤颗粒的沉积与稳定, 优化土壤质地。水土保持措

施还能减缓因降水或风力引起的土壤颗粒分离现象,增强土壤对环境变化的抵抗能力。特别是在土壤贫瘠和退化严重的区域,优化种植结构和增加植被种类可以显著改善土壤理化性能与养分含量,使其恢复生产力。这些土壤质地的改善不仅提升农业生产能力,还为区域生态系统的长期稳定奠定了基础。

1.2 水土保持减少土壤侵蚀的角色

水土保持在减少土壤侵蚀方面发挥了重要作用,其实质通过多种方式有效抑制了土壤流失。植被覆盖、水土保持工程以及土地管理措施是实现防治土壤侵蚀的主要手段。植被覆盖能够保护地表,减缓雨水对土壤的冲刷,增强土壤的抗蚀能力,并通过根系加固土壤结构,减少松散土壤被侵蚀的可能性。修建梯田、挡土墙等工程措施可降低地表坡度,减少径流速度,从而减少水流对土壤的切割与冲刷作用^[2]。合理的土地管理措施如秸秆还田、减少耕地破坏等,能够提升土壤有机质含量,增强土壤的吸水和抗蚀性能。相关研究结果显示,在实施水土保持措施的地区,土壤侵蚀率显著降低,土地退化得以遏制,确保了水土资源的长期稳定性和生态环境的健康发展。

1.3 水土保持提高土地利用效益的机制与实效

水土保持通过综合措施提高了土地利用的效益。通过构建合理的坡面结构、修建梯田、植树造林等手段,可以有效地增加有效土层厚度,减少地表径流。在改良土壤质地和结构中提升了土地的生产力和农作物产量。水土保持措施还能防止土地退化,促进土地资源的可持续利用,为农业发展提供保障。研究表明,这些做法显著优化了土地资源配置,增强了生态环境的稳定性及可持续发展能力。

2 水土保持在生物多样性保护中的作用

2.1 水土保持与生物多样性的关系分析

水土保持作为一种生态环境治理措施,与生物多样性存在密切关系。水土保持能够通过减少水土流失和改善土壤结构,为植物提供稳定的生长环境,从而支持多样化的植物群落发展。良好的植被覆盖既能保护土壤免受侵蚀,又为多种动植物提供栖息地,促进生态系统内部物种间的相互作用和共存。通过维护可靠的水源和土壤养分循环,水土保持措施可为水生生物和陆地生物创造理想的生境条件。健康的植被与土壤吸收和储存碳,在缓解气候变化中也发挥重要作用,这对维持生物多样性至关重要。综合来看,水土保持不仅直接改善生态环境条件,还通过间接途径增强生物多样性,体现了生态系统管理的重要意义。

2.2 水土保持对生物多样性有益影响的案例分析

近年来,大量实践证明,水土保持对生物多样性保护具有显著的积极作用。在山区生态修复中,通过植被恢复和水土保持措施,减少了水土流失和土壤退化,为多种植被类型和野生动物提供了稳定的生境。例如,在黄土高原地区,通过实施梯田建设、沟壑治理和植被恢复工程,不

仅显著降低了水土流失强度,还形成了适宜的栖息环境,增加了局地物种多样性和生态系统的稳定性。在湿地生态恢复中,水土保持措施通过调节水分平衡和改善土壤结构,为湿地生物群落提供了适宜的生存条件,在部分长时间退化的湿地中重新引入了濒危水生物种。综合来看,科学合理地实施水土保持工程能够有效保护和恢复区域生物多样性,为生态系统功能的提升作出贡献。

2.3 水土保持实施过程中对生物多样性可能产生的影响与挑战

水土保持在实施过程中可能对生物多样性产生影响与挑战。由于工程建设可能破坏原有生态环境,导致物种栖息地缩减或改变,进而引发物种间的竞争加剧^[3]。一些水土保持措施,如坡面治理和水利工程,可能改变水流模式和地下水位,对依赖特定水文条件的生物构成威胁。不当的植被修复措施可能导致外来物种入侵,抑制本地物种的生长和繁衍,从而对生物多样性构成新的挑战。水土保持工程需要在设计和实施阶段全面考虑生态系统的复杂性与多样性。

3 水土保持工程的可持续性

3.1 理解和界定水土保持工程的可持续性

水土保持工程的可持续性是指在实施过程中,不仅能有效防治水土流失和优化生态环境,还需在经济、社会和环境多个层面实现长期稳定发展。要确保水土保持工程在经济上投入与产出的平衡,避免过度消耗资源。社会层面上,需增强公众参与和利益相关者的合作,以提升项目的接受度和有效性。在环境层面,应关注生物多样性与生态系统的协同效应,确保不因短期效益而损害整体生态平衡。水土保持工程的设计和实施需具备前瞻性,应考虑气候变化、土地利用变化等长期因素的影响,调整策略以适应多变的自然条件。法律法规的约束和制度的支持,在确保可持续性方面发挥着重要作用。实现水土保持的可持续发展,还需借助科技创新和管理手段来优化技术路径,加强科学决策能力。

3.2 现存水土保持工程的可持续性情况评估

现存水土保持工程的可持续性评估主要从工程的生态效益、经济效益和社会效益进行考量。当前水土保持工程在减少土壤侵蚀和提高土地利用效率方面成效显著,但在长期可持续性上仍面临挑战。生态效益上,部分地区实现了土壤结构的改善和水资源的合理利用。由于缺乏持续的财政支持和管理,某些工程逐渐失去初期效果。经济效益评估发现,这些工程在提高农业产量和土地价值方面有所贡献,但短期内的高投入与缓慢的经济回报仍是制约因素^[4]。社会效益方面,公众参与度和环保意识的提升显著,但对工程的全生命周期管理认识仍需加强。这些评估结果指出了进一步改进工程可持续性的方向和必要性。

3.3 制约水土保持工程可持续性的主要因素与对策

制约水土保持工程可持续性的主要因素包括自然条

件、经济资源和管理模式等方面。自然条件中的地形地貌、气候变化影响了工程效果的稳定性。经济资源不足导致资金投入有限,难以满足长期维护需求。管理模式的不健全和专业技术的匮乏限制了工程的实施效率与效果。针对这些问题,可通过加强区域自然条件适应性研究,优化水土保持设计;加大财政投入,完善多元化资金筹措机制;健全管理体系,强化技术支持与人才培养,提高工程科学性和持续性。

4 法律法规在水土保持工程可持续性中的作用

4.1 法律法规对水土保持工程的引导和规范

法律法规在水土保持工程的引导和规范中扮演着至关重要的角色。法律法规通过明确政策导向,为水土保持工程提供了系统的框架和明确的执行标准。这些法规不仅规范了水土保持活动的范围和方式,还确保了项目实施的合规性和合理性。法规为水土保持工程设定了责任主体和罚则机制,促使相关方在规划和建设水土保持工程时遵循法律的要求。通过法律的约束和引导,各级政府和相关部门可以协调土地利用、环境保护和资源开发之间的关系,以实现生态效益和经济效益的双赢。法律法规促进了跨区域的合作与协调,有助于解决水土保持工程中遇到的复杂问题。以法律手段规范水土保持实践,为工程的长期可持续性提供了可靠的保障。这样一来,法律法规不仅促进了水土保持工程的有序进行,也为实现可持续发展奠定了坚实基础。

4.2 针对水土保持工程的法规建设与完善

水土保持工程的可持续性在很大程度上依赖于完善的法律法规体系。健全的法规体系能够为水土保持工作的执行提供明确的指导框架和标准,确保工程的合规性和有效性。法规建设需要结合生态环境的实际需求和发展趋势,制定出科学合理并具操作性的法律条文。这些法规不但要涵盖水土流失的预防措施,还应细化对工程的审批、实施、评估等环节的管理,以确保其长期可行性。完善的法律体系还须包括对责任主体的明确界定和监督机制的设立,从而推动水土保持工程朝向可持续的方向发展。通过引入激励机制与奖惩措施,法规建设可以进一步增强各方参与水土保持的积极性和责任感,提高其整体管理水平和社会效益^[5]。

4.3 法律法规在推动水土保持工程可持续发展中的作用

法律法规在推动水土保持工程的可持续发展中发挥着至关重要的作用。法规的明晰化和强制性要求确保了水土保持措施的实施具有规范性和持久性,避免短期行为和资源浪费。通过法律框架可以保障资金投入、技术支持和公众参与的连续性,促进科学合理的规划与管理。法律法规还可以加强监督和问责机制,确保水土保持工程的效果和目标的达成,为生态环境的长期保护提供法律支持。

5 科技在水土保持工程可持续性推动中的应用与价值

5.1 科技创新对水土保持工程的积极影响

科技创新为水土保持工程的可持续性提供了强大支持,在多个方面发挥着积极作用。先进的遥感技术和地理信息系统可精确监测区域的水土流失状况,有效指导水土保持措施的实施。大数据分析技术应用于生态监测中,通过海量数据的处理和分析,可优化资源配置,提高水土保持的效率与效益。生物技术的进步,特别是抗侵蚀植物品种的培育,提高了植被对恶劣环境的适应能力,增强了水土保持的效果。与此现代工程技术的发展,如筑坝材料的革新和坡面保护技术的提升,为水土保持工程提供了更高效、耐久的方案。科技创新不仅提升了工程的实施效率,还增强了其应对复杂生态环境变化的能力,为实现水土保持的长期可持续发展奠定了坚实基础。

5.2 加大对水土保持科技研究的投入的必要性与可行性

加大对水土保持科技研究的投入具有重要的必要性和可行性。随着生态环境问题日益严峻,传统的水土保持措施已经难以满足现代生态保护需求。投入更多资源进行科技研究,将推动新技术的研发和应用,提升水土保持的效率和效果。例如,先进的遥感和信息技术可以实现对水土流失情况的精准监测和评估,为工程实施提供科学依据。发展节水灌溉、抗侵蚀植物和新型土工材料等技术,能够减少对环境的破坏。科技研究的投入能够促进人才培养和技术储备,进一步推动水土保持工程的可持续发展。通过多方协作和持续创新,能够在复杂多变的环境中为水土保持提供更具前瞻性和适应性的解决方案,从而更有效地保护生态环境。

5.3 利用科技手段优化水土保持工程,提高其可持续性的实践

利用科技手段优化水土保持工程,包括采用先进的土壤监测技术、遥感卫星监测和大数据分析等方法。这些技术可以对土壤侵蚀情况进行实时监测,从而进行精准治理。智能灌溉系统结合气候数据,可以优化水资源的利用效率,减少水土流失。新型环保材料和工程技术的应用,提高了水土保持工程的结构稳定性和持久性,确保其在长期内对生态环境的保护效果。科技手段的综合应用显著提升了水土保持工程的可持续性。

6 结束语

本研究深度探讨了水土保持对生态环境的积极影响,并着重研究了其可持续性策略。研究结果证实,水土保持措施可以有效改善土壤质地,减少土壤侵蚀,提高土地利用效益,进而促进生物多样性的保护和生态环境的改善。同时,也强调了在进行水土保持工程时,关注其可持续性和可持续发展的至关重要性。这需要建立完善的法律法规体系,加大科技投入,推进科技创新并实施以科技进步和

管理创新为基础的可持续性水土保持工程。此外,发动人民群众积极参与,进行生态教育,提升环保意识也是水土保持措施取得持久效果,并实现可持续发展的重要路径。这为水土保持工作提供了科学的理论依据和解决策略,对于我国与世界其他地区的水土保持工作,尤其是在面临类似问题时,具有重要的理论指导意义和实践参考价值。最后,基于该研究结果,未来的工作将继续探讨如何优化现有的水土保持策略和提升实施效果,以进一步实现水土保持的持久性及其对生态环境的积极影响。

[参考文献]

- [1] 韩雨婧. 水土保持对生态环境的影响[J]. 区域治理,2020(46):170.
- [2] 彭文涵. 探讨水土保持对生态环境保护功能[J]. 区域治理,2020(10):155.
- [3] 石美霞. 水土保持对生态环境保护的功能影响[J]. 工业,2022(5):113-116.
- [4] 邓瑞强. 水土保持对生态环境保护的影响探讨[J]. 工程技术,2020(11):11-13.
- [5] 王承海. 水土保持对生态环境保护的功能研究[J]. 资源节约与环保,2020,35(3):36-36.

作者简介:赵世梅(1985.11—),女,毕业院校大连理工大学;所学专业水利水电工程,当前就职单位靖边县水土保持工作站,职务干事;王子龙(1991.12—),男,毕业院校大连理工大学;所学专业水利水电工程,当前就职单位靖边县城乡供水安全服务中心,职务靖边县水利局办公室主任。

生态修复工程中水土保持措施对水环境的影响研究

金 冲

中国地质工程集团有限公司, 北京 100091

[摘要]生态修复工程在改善环境质量、恢复生态功能方面发挥着重要作用,水土保持措施是其中的关键组成部分。通过有效的水土保持措施,可以减少水土流失、改善水质、调节水量,并促进水生态环境的恢复。文章探讨了水土保持措施在生态修复工程中的作用,分析了其对水环境的影响,同时,也指出了在实际应用中面临的一些问题。最后,此文对水土保持措施的优化和未来应用前景进行了展望,旨在为生态修复工程的实施提供理论支持和实践参考。

[关键词]生态修复工程;水土保持措施;水环境;影响

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15541

中图分类号: S157

文献标识码: A

Research on the Impact of Soil and Water Conservation Measures on Water Environment in Ecological Restoration Projects

JIN Chong

China Geo-Engineering Corporation, Beijing, 100091, China

Abstract: Ecological restoration projects play an important role in improving environmental quality and restoring ecological functions, with soil and water conservation measures being a key component. Effective soil and water conservation measures can reduce soil erosion, improve water quality, regulate water volume, and promote the restoration of aquatic ecological environment. The article explores the role of soil and water conservation measures in ecological restoration projects, analyzes their impact on the water environment, and also points out some problems faced in practical applications. Finally, this article provides an outlook on the optimization and future application prospects of soil and water conservation measures, aiming to provide theoretical support and practical reference for the implementation of ecological restoration projects.

Keywords: ecological restoration project; soil and water conservation measures; water environment; impact

引言

生态修复工程作为一种有效的环境保护手段,旨在应对由人类活动或自然灾害引起的生态退化问题,恢复生态系统的功能与生物多样性。在这一过程中,水土保持措施扮演着至关重要的角色,提升修复效果和改善水环境质量的意義不容忽视。水土流失是全球普遍存在的环境问题,尤其在矿区、农田及山区等地,这一问题尤为严重。水土流失不仅导致土壤肥力的下降,而且直接威胁水资源的质量与水生态系统的稳定性。随着全球气候变化的加剧,水土流失及水污染问题日益严重,生态系统面临更大的压力。科学有效的水土保持措施,已成为生态修复工程中核心任务之一,能够减少水土流失、改善水质、调节水量、维护水生态系统的健康。近年来,在国内外的水土保持领域,已经积累了大量的经验与理论成果。通过采取合理措施,水土流失得到了有效遏制,水体质量得到了显著改善,水资源的分配也得到了优化,从而促进了水生态系统的可持续发展。然而,在实际的生态修复工程中,水土保持措施的应用仍然面临诸多挑战。这些挑战,源自于水文气候条件差异、土地利用方式的多样性以及人类活动对生态系统的持续干扰等因素。通过对水土保持措施在生态修复中的具体应用及其对水环境的影响进行深入研究,宝贵的理论

依据与实践指导将为今后类似工程的设计与实施提供支持。本文将探讨水土保持措施在生态修复中的作用,重点分析其对水质、水量及水生态环境的影响机制,并展望未来水土保持措施的优化与发展趋势。

1 生态修复工程的发展

在 20 世纪 80 年代之前,我国矿区的生态修复主要以造田造林为主要方式。进入 2000 年后,矿区开始更加注重土地复垦,修复工程的组织性逐渐加强。同时,国家也开始制定土地复垦的相关标准,促进了对挖损和塌陷土地的有效整治,使得受损土地能够重新投入实际应用。在 2000 至 2015 年间,生态修复工程进一步强调土地复垦与地质环境治理的双重推进。政府加强了对地质环境治理的关注,并制定了明确的保护措施。在这一时期,土地复垦工作取得了显著成果。自 2016 年至今,生态修复工程全面展开,矿区环境治理与恢复成为重要组成部分。在国家政策的支持下,矿山开采对地质环境的破坏及对土壤和水体的污染问题得到了全面治理。在这一背景下,生态修复的综合治理理念得到了加强,生态修复机制也在不断优化与完善。

2 生态修复工程中可能遇到的问题

在生态修复工程中,面临的问题往往是多方面且错综

复杂的,涉及技术、环境、经济及社会等多个层面。技术实施,尤其在复杂的地质与气候条件下,成为一个重要的挑战,修复效果可能因此未能如预期。不同地区的生态系统,具有其独特的自然环境和生态需求,使得修复方案的普适性和适应性受到限制。此外,项目的长期性与复杂性,也可能导致资金与资源配置失衡,特别是在资金紧张的情况下,修复工程的进度可能会受到拖延,甚至无法按预定目标完成。在生态修复过程中,自然资源如土壤、植被与水文的相互作用,可能会引发新的问题。例如,水土流失的加剧或植被恢复的不足,甚至可能导致新的生态失衡的发生。另一方面,修复项目通常需要大量的人力、物力及技术支持,而在人才培养、技术创新及政策配套等方面的不足,可能会影响修复工作的顺利推进。在社会层面,当地居民的参与与支持,是项目成功的关键因素之一。修复项目可能由于居民的生活习惯、土地使用方式或对修复工作的理解不足,进展缓慢或出现社会矛盾,甚至可能影响最终效果^[1]。环境变化的不可预测性,如极端气候事件的频繁发生,也可能对生态修复工作产生不利影响,从而使修复措施的成效大打折扣。

3 水土保持措施对水环境的影响机制

3.1 水土保持对水土流失的调控作用

水土保持措施在控制水土流失方面发挥着至关重要的作用,通过多重机制,它影响水土流失过程,有效地降低了其强度和频率。植被覆盖、土壤改良以及结构性措施等方面的协同作用,显著减少了水流和风力对土壤的侵蚀。土壤的稳固固定依赖于植被根系的作用。根系通过在土壤中生长形成网状结构,增强土壤颗粒的结合力,防止土壤被风和水冲刷。根系还能增加土壤的抗剪切强度,减少土壤滑坡的风险。水土保持措施还通过改善土壤的水分保持能力,调节水土流失的发生。例如,有机肥料及覆盖物的施用,能够提高土壤的有机质含量,改善土壤结构,提升水分渗透性及持水能力。此过程不仅减少了地表水的径流,还帮助水分在土壤中更好地渗透与储存,从而降低了水土流失的风险。此外,结构性措施,如梯田、沟渠、挡土墙与集水池等,在防止水土流失方面也发挥着不可忽视的作用。通过改变水流的速度、方向及流量,这些工程措施有效减少了土壤被冲走的可能性。梯田,通过分层的高度差,降低了水流速度,使得水流能够在通过时充分渗透,减弱了径流强度,从而有效防止了土壤流失。同时,这些结构性措施还能截留降水,减少地表径流,使水分得以更好地渗透至地下,补充地下水,从而进一步降低水土流失。

3.2 水土保持对水质改善的影响

水土保持措施在改善水质方面发挥着至关重要的作用,通过多种有效手段实现水质的净化目标。水土流失的控制是最为基础的一环,通过减少土壤侵蚀,泥沙、农药、化肥等污染物得以有效避免随着水流进入水体,从而从源

头上降低水污染,保护水源地的生态环境。植被根系在这一过程中起到了关键作用,它们通过吸附和沉淀水中的悬浮颗粒、重金属及农药残留等污染物,从而在净化水质方面发挥了重要作用,有效减少了有害物质的扩散。水土保持措施通过改变水流速度,特别是在暴雨或洪水期间,稳定土壤并保护植被覆盖,使水流的冲击力得到减缓,避免了水体的浑浊与污染扩散,确保了水质的清洁与安全。值得注意的是,水土保持的效益不仅仅局限于物理层面的作用,生态环境的改善同样至关重要。通过植被覆盖和湿地生态系统的恢复,水体的自净能力得以增强,水生生物的多样性得到了促进,进一步优化了水体的生态平衡。通过这一系列综合措施,水体能够更有效地抵抗外界污染,保持水质的长期稳定与清洁。

3.3 水土保持对水量调节的作用

水土保持措施在水资源的合理利用与水环境的可持续管理中,发挥着至关重要的作用。通过一系列科学的措施,水的分布与利用效率得到了显著改善,有效避免了水资源的浪费与不合理使用。通过增加地表植被覆盖及提高土壤的透水性,水土保持措施促进了雨水的渗透与地下水的补给。例如,植树造林、草地恢复、修建水土保持坝等手段,地表径流得到了有效减少,雨水的快速流失被避免,更多的雨水得以渗入土壤,补充地下水源,从而有助于调节地表水与地下水之间的平衡。此外,水土保持措施通过改善土壤结构及提高土壤的持水能力,增强了土壤对水分的储存能力。提升的蓄水能力不仅有助于水源的保持,而且能在干旱季节为植物与农田提供稳定的水分支持,从而减少了对外部水源的依赖。与此同时,蓄水池、引水渠道及拦水坝等基础设施的修建,能够有效地储存过剩的水量,暴雨引发的洪涝灾害得到了避免,通过合理的水资源调度与分配,使水资源在不同季节与时段得以更加均衡地使用^[2]。合理的水土保持措施,还能减缓水流的冲击力与速度,减少水土流失与水资源浪费,从而使雨水得以更加高效地利用。这些措施不仅提高了水资源的利用效率,还通过科学调节水量的存储与分配,促进了流域水量平衡的保持,确保了生态系统的稳定与持续发展。

3.4 水土保持对水生态环境的影响

水土保持措施对水生态环境的影响,主要体现在改善水体生态质量、维持生态平衡以及促进生物多样性保护等方面。通过合理实施水土保持措施,水土流失得到了有效减少,污染物进入水体的机会也得到了显著降低,从而改善了水质并促进了水生态系统的健康发展。例如,植被覆盖的增加,显著截留了地表径流中的污染物,尤其是泥沙、有机物及农药等,从而减轻了水体污染并保持了水体的清洁。此外,水土保持措施如湿地恢复、植树造林、修建生态护坡等,为水生生物提供了栖息地与食物来源,促进了其栖息与繁殖。这些措施,通过提升水体的自净能力,减

少了水体富营养化现象,从而为水生生态系统提供了更加稳定的生存环境。水土保持还能够通过改善水流的自然状态,减缓洪水的冲击,使流域内的生态系统能够适应更大的水文波动,极端水文事件对水生生态系统的负面影响也得以降低。

3.5 水土保持措施的综合效益与协同作用

水土保持措施的综合效益及其协同作用,体现在多个层面,展示了其在水环境保护与生态修复中的广泛影响。这些措施不仅仅局限于防治水土流失,更通过多种机制的相互作用,提升了水土资源的利用效率,改善了水环境质量,并在生态系统恢复中发挥了至关重要的作用。水土流失的控制,能够减少泥沙与污染物的进入,降低水体浑浊度,从而改善水质。泥沙的减少,有助于缓解水体富营养化现象,降低水中氮、磷等营养元素的浓度,这对维持水体的生态平衡至关重要。

植被覆盖的增加,不仅能有效拦截水土流失,还具有过滤降水中污染物的功能,进一步净化了水源,提升了水体质量。湿地恢复、森林植被恢复等措施,有助于调节水循环、增强水体的自净能力,从而提升了水资源的可持续利用潜力。在水量调节方面,水土保持措施通过改善土壤渗透性与水分保持能力,减少了暴雨后的地表径流,降低了洪水发生的频率与强度,并增强了水源的补给能力,确保了流域水量的稳定供应。此外,水土保持措施的协同作用,在生态系统的恢复中也十分显著,特别是在生物多样性保护方面^[3]。通过实施水土保持工程,植被恢复与水生生物栖息地的恢复,促进了生态系统的重建,保护了水生物种的栖息环境,恢复了生态功能。同时,水土保持还通过改善土地利用方式,推动农业与自然生态系统的和谐共生,减少了农业生产中的水土污染问题,进一步使水土保持成为生态农业与绿色发展不可或缺的一部分。

4 水土保持措施的优化与前景展望

4.1 技术创新的应用

水土保持技术正从传统的物理与化学方法向生态修复和绿色基础设施等新型手段转变。湿地恢复、植被覆盖以及生物多样性保护等生态措施将在水土保持实践中得到广泛应用,并通过协同作用发挥水土保持与水环境保护的双重功能,提高水源涵养能力和水质改善效果^[4]。此外,现代科技的引入为水土保持提供了更科学的管理手段,如遥感技术、无人机监测和大数据分析,使得实时监测、动态评估和精准干预成为可能,从而提升水土保持措施的科学性和针对性。

4.2 管理模式的改进

未来的水土保持管理将更加注重跨部门合作与整体治理。政府、科研机构、企业、社会组织及地方社区需要形成协同治理模式,共同推动水土保持工作的高效实施。

政府部门应加强统筹规划,建立健全管理体系,确保水土保持政策的长期稳定性和可操作性;科研机构需发挥技术支撑作用,为水土保持措施的优化提供科学依据;企业则可通过绿色基础设施投资和生态修复项目参与水土保持工作;社会组织与地方社区的积极参与,则有助于提高公众对水土保持的认知和支持度,增强基层水土管理的实效性。

4.3 政策与法律保障

健全的政策法规是水土保持措施有效实施的重要保障。未来,应进一步完善水土保持相关法律法规,加强监管和执法力度,确保各项措施能够落地执行。同时,应根据不同地区的自然条件和社会经济状况,制定具有区域特色的实施方案,推动差异化管理,提高水土保持工作的针对性和适应性。此外,政府应加大财政支持力度,通过专项资金、补贴政策等方式鼓励企业和社会组织参与水土保持,促进多元化投入机制的建立。

5 结语

水土保持措施在生态修复工程中,对于水环境的影响不可忽视。通过采取适当的水土保持手段,水土流失能够有效减少,水质得到改善,同时水量得到调节,从而促进水生态环境的恢复与可持续发展。在生态修复过程中,水土保持措施的综合效应,对于水资源的可持续利用、生态环境质量的提升以及生态系统韧性的增强,起到了至关重要的作用。然而,随着生态修复工作的推进,仍然面临一些挑战。例如,技术实施的难度、资金的有限性以及自然环境的复杂性等问题,仍需解决。为了应对这些问题,水土保持措施的优化与创新,未来需要进一步加强,并结合各区域特定的环境条件,制定更加精确的水土保持策略,以提升生态修复工程的整体效果。作为生态修复中的核心环节,水土保持的重要性,随着生态环境问题的日益加剧,将愈加突出。对于推动生态文明建设与可持续发展,具有深远的意义。

【参考文献】

- [1] 孙文慧,胡锴明,秦海燕,等. 水体生态修复技术和水环境标准研究进展[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版),2025,24(1):79-87.
 - [2] 王晓亮. 水环境保护与生态修复工程的协同发展研究[J]. 皮革制作与环保科技,2024,5(9):189-191.
 - [3] 桑文秀. 城市内河水生态修复工程实践与探讨[J]. 水利技术监督,2023(5):174-177.
 - [4] 王越博,刘杰,王洋,等. 水生态修复技术在水环境修复中的应用现状及发展趋势[J]. 中国水运,2019(9):96-97.
- 作者简介:金冲(1998.12—),毕业于北京建筑大学,土木工程地下工程方向,现就职于中国地质工程集团有限公司国土环境整治中心,任综合办公室文员。

农田水利设计要点及提高灌溉效率的策略

姜兴培

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司, 新疆 哈密 839000

[摘要]随着社会经济的发展,人们生活水平的日益提高,各行各业的发展研究不断进步。其中,农业生产在整个国家的发展中占据重要地位,不仅作为国家经济第一产业,对国民经济起到重要的支撑作用,还作为重要的民生战略物资,是国家发展的基础。农田水利工程作为农业生产的重要基础建设项目,对农业产量的增产增收、持续性发展具有重大的作用,应认真进行研究。文章对农田水利工程灌溉的规划设计进行研究,对当前设计的现状进行分析,对其设计原则进行阐述,并以此为基础,找寻适合于当前社会发展的针对性措施,以期解决农田水利工程灌溉规划设计中的问题。

[关键词]农田水利;设计要点;灌溉效率;提高效率;策略

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15576

中图分类号: S275

文献标识码: A

Key Points of Agricultural Water Conservancy Design and Strategies to Improve Irrigation Efficiency

JIANG Xingpei

Hami Tuoshi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Co., Ltd., Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: With the development of social economy and the increasing improvement of people's living standards, research on the development of various industries is constantly advancing. Among them, agricultural production occupies an important position in the development of the entire country. It not only serves as the primary industry of the national economy, playing an important supporting role in the national economy, but also as an important strategic material for people's livelihood, which is the foundation of national development. As an important infrastructure project for agricultural production, agricultural water conservancy engineering plays a significant role in increasing agricultural yield, income, and sustainable development, and should be carefully studied. The article studies the planning and design of irrigation in agricultural water conservancy projects, analyzes the current status of design, elaborates on its design principles, and based on this, seeks targeted measures suitable for current social development, in order to solve the problems in irrigation planning and design of agricultural water conservancy projects.

Keywords: farmland water conservancy; design points; irrigation efficiency; efficiency improving; strategy

引言

农田水利设计在现代农业中的地位至关重要,尤其在应对水资源匮乏和气候变化等环境挑战时,显得尤为关键。随着全球人口不断增长、气候变化加剧以及水资源压力日益增大,如何高效利用有限的水源、提升农田灌溉效率,已成为保障粮食安全及促进农业可持续发展的核心议题。通过合理的水利设计,不仅能够提高农作物的产量与品质,还能有效节约水资源,减少灌溉过程中水分的损失,改善土壤结构,从而提升农业生产的整体效益。在现代农业对水资源需求不断增长的背景下,传统的灌溉方法已难以满足高效与节水的要求。此时,滴灌、喷灌等节水灌溉技术逐渐成为主流选择,信息技术与自动化控制技术的广泛应用,使得灌溉管理趋向精细化与智能化。优化农田水利设计,作为提升农业生产力的必要途径,不仅能够推动农业现代化的进程,也为实现水资源的可持续利用提供了重要手段。通过科学合理的设计与技术相结合,水资源能够被最大化地利用,农业用水效率得以提高,确保作物在各种气候与环境条件下的生长需求。由此,农业可持续发展的有力保障,方能得以实现。对农田水利设计的深入探讨,

以及提升灌溉效率的有效策略,必将对当今及未来农业的发展产生深远影响。

1 农田水利工程灌溉规划设计的重要性

农田水利工程的灌溉规划设计,对于农业生产效率与可持续发展,具有至关重要的作用。随着全球人口的不断增长以及气候变化的日益加剧,水资源的匮乏与分布不均,已成为制约农业发展的关键因素。通过科学合理的灌溉规划设计,水资源能够实现高效调配,农业生产所需水量的及时供应得以保障,从而改善作物生长环境,促进农业产量与质量的提高。此外,现代农田水利工程的灌溉规划设计,还能实现节水、节能与生态环境保护等多重效益。最大程度地减少水资源浪费、降低灌溉成本、提升土地利用效率的精确水量控制与合理分配方式,提供了农民稳定的收入保障。特别是在干旱与半干旱地区,灌溉规划不仅能够保证农田的水源供应,还能有效改善土壤结构,促进农业生态环境的可持续发展。随着科技的不断进步,现代灌溉技术的引入,如滴灌、喷灌等新型灌溉方式,已成为提高灌溉效率的重要手段。农田水利工程灌溉规划设计的科学性与合理性,不仅在农业生产中发挥基础性作用,还对

国家粮食安全、水资源管理与农业可持续发展,具有重要的战略意义。

2 农田水利工程灌溉规划设计的原则

农田水利工程的灌溉规划设计,必须遵循科学性、经济性、生态性及可持续性等基本原则,以确保项目的长效性与有效性。科学性要求规划设计应基于农业生产需求与水资源的实际情况,充分考虑当地气候、土壤类型、水源分布以及作物的种植特性,从而选择适宜的灌溉方式与技术,以实现水资源的优化配置与高效利用。经济性原则则强调,在灌溉系统的建设与运营过程中,需实现成本与效益的平衡。灌溉设施建设应力求节约投资,同时,降低系统长期运营中的维护成本、提高运行效率,确保农民能够以较低的成本获得充足的水源供给。生态性原则要求,设计方案应充分考虑其对环境的潜在影响,尽量减少对自然水系的破坏,防止水土流失与水源污染,以确保生态环境的可持续发展。水利设施的设计,不仅应在确保水资源合理利用的同时,还需兼顾生态保护,避免对生态系统造成不可逆的损害^[1]。面对日益严峻的气候变化与水资源紧张问题,灌溉规划设计还需注重可持续性,提出具有长远眼光的解决方案。

3 新型农田水利工程灌溉的形式

随着科技的不断进步及水资源短缺问题的加剧,农田水利灌溉方式正逐步朝着更加高效、节水和智能化的方向发展。传统的灌溉方式,如漫灌与沟灌,虽然在过去曾对农业生产发挥过重要作用,但由于水资源浪费严重且效率低下,已无法满足现代农业的需求。这一变化促使灌溉形式逐渐向滴灌、喷灌及微灌等节水技术转型。滴灌系统通过精确地将水输送至作物根部,显著减少了蒸发与渗漏带来的水分损失。水的利用效率不仅得到了提高,还促进了作物的健康生长,减少了病害的发生。喷灌系统则利用喷头将水雾化并均匀分布在农田上,适合大面积耕作,尤其适用于不规则地形和对灌溉要求较高的区域。微灌系统结合了滴灌与喷灌的优势,通过细小的水管与喷头提供均匀的水分分布,特别适合高效且精准的果树与蔬菜种植。除了这些传统的节水灌溉方式外,智能灌溉系统也在新型农田水利工程中得到了广泛应用。通过结合传感器、物联网技术、气象数据及大数据分析,智能灌溉系统能够实时监控土壤湿度、气温等环境因素,自动调整灌溉量与时间。该系统不仅有效提高了水资源的利用效率,还减轻了人工管理的负担。

此外,集成了可再生能源的灌溉系统,如太阳能灌溉,正逐步成为一种发展趋势。

4 农田水利灌溉工程中存在的问题

在农田水利灌溉工程的实际应用过程中,一系列问题的存在,已在不同程度上制约了灌溉效率的提升与水资源的有效利用。部分地区的农田水利灌溉设施,因老化严重、

缺乏必要的维护和更新,导致设备故障频繁,灌溉效果受到影响。尤其是在一些传统灌溉区,仍依赖于人工管理及低效的灌溉方式,这不仅造成了水资源的浪费,还使灌溉效果不均匀。水资源短缺在许多地区尤为突出,尤其是在干旱或半干旱地区,水源供给无法满足农业灌溉的需求,从而限制了灌溉面积,进而影响了作物产量的提升^[2]。另一个问题是,在部分农田水利工程的设计与建设过程中,当地的自然条件与农业生产需求未能得到充分考虑,导致灌溉系统与实际需求不匹配,出现了水资源利用不均与灌溉效果差的情况。与此同时,水资源的管理与分配不当,导致了过度开发或浪费的现象,进一步加剧了水资源的紧张状况。此外,农田水利灌溉系统的管理与操作水平普遍较低,许多地区的农民对先进灌溉技术的了解有限,使得新技术的推广与应用进展缓慢,限制了灌溉系统效能的提升。

5 优化农田水利工程灌溉规划设计的相关措施

5.1 确保工程建设用地

确保农田水利工程建设用地的充足性与合理性,是实现高效灌溉系统的基础。土地资源的获取与有效利用,直接影响着水利工程的规划、设施布局及施工进度。在设计农田水利工程时,必须全面评估当地土地资源的状况,结合区域的农业需求、农田分布及水源条件,精确界定工程建设的用地范围。合理的用地规划不仅能够避免土地的浪费,还能优化灌溉设施的布局,提升水资源的利用效率与灌溉效果。然而,确保工程建设用地的充足与合理利用,并非一蹴而就。这个过程涉及多个方面的协调与管理。首先,土地资源的调查与评估应当加强,通过科学的数据收集与分析,全面了解区域内土地的质量、耕作条件及现有利用状况,从而避免在水资源匮乏或土地无法有效利用的区域进行投资建设。土地流转机制的完善,亦是确保建设用地充足的关键因素。在某些地区,土地流转制度尚不成熟,土地所有权与使用权的分离,以及农民承包地使用的障碍,进一步加大了土地管理的难度。因此,推进土地流转改革、完善土地征收与补偿机制,变得尤为重要。同时,在实际工程设计中,土地的生态保护与合理利用也应受到重视。对于湿地、生态保护区等敏感区域,应避免过度开发,以防水利工程建设对生态环境产生不利影响,破坏区域生态平衡。

5.2 加强分类管理设计

优化农田水利工程灌溉规划设计的一个关键措施,是加强分类管理设计,其核心在于根据不同地区、农田类型及农业需求,制定切实可行的水利设施布局与管理策略。农田水利工程的灌溉需求存在显著差异,这些差异不仅反映在地理位置、气候条件、土壤类型及作物种类上,还体现在农田规模、灌溉水源的获取方式以及农民灌溉技术的差异上。因此,在规划与设计过程中,精准的分类管理是必不可少的,以确保每一类农田都能获得最佳的水资源配

置与灌溉方式。农田类型的分类,是设计分类管理的基础。在大规模集中的农田区域,采用机械化与自动化灌溉设备,有助于提高灌溉效率、减少劳动强度;而在零散的小规模农田中,简便且低成本的灌溉方法,如滴灌或喷灌,可能更为适用。不同作物对水分的需求差异,也对灌溉系统的灵活性提出了要求。例如,水稻、蔬菜与果树的水分需求各不相同,灌溉系统的设计应根据作物特点进行定制,以确保水资源的高效利用,避免水源浪费或供水不足的情况^[3]。除了作物需求差异,地理与气候条件的差异同样对农田水利工程的分类设计至关重要。在干旱或半干旱地区,灌溉系统设计需侧重于水源的合理利用及节水技术的推广,例如高效的滴灌、微喷灌等节水灌溉技术。相比之下,在水资源丰富、降水充沛的地区,灌溉方式可选择较为简单的渠道输水方式。不同地区水源的类型,如地下水、河流水或雨水集蓄池水,也要求在水泵、管道、调蓄池等设施的选择上进行精准匹配,以确保水资源的持续利用。分类管理设计,还应涵盖农田水利工程后期的维护与管理规划。不同类型的农田,其水利设施的使用频率、技术要求及管理难度存在差异。因此,必须根据具体情况,为不同类型的农田制定个性化的维护保养计划及管理制度,以确保灌溉系统能够长期高效运行。同时,管理责任的合理划分,能够提高管理效率,确保灌溉系统的稳定运作,明确不同区域、不同类型农田的维护主体与管理者。

5.3 强化灌溉节水技术的应用

强化节水灌溉技术的应用,成为优化农田水利工程灌溉规划设计的关键举措,尤其在全球水资源紧缺的背景下,这一举措显得尤为迫切。传统的灌溉方法,如漫灌和沟灌,存在显著的水分流失与浪费问题,不仅导致水资源利用效率低下,而且可能对土壤质量产生负面影响。为应对这一挑战,现代农田水利工程急需引入更加高效的节水技术,从而显著提升水资源的使用效率。滴灌、微喷灌以及智能灌溉系统等新型技术的广泛应用,已使得水分能够精准地供给作物根部,避免了水分蒸发和地表流失,这极大地提高了水的利用率。随着传感器技术与自动控制系统的不断进步,灌溉过程得以智能化调节,能够根据土壤湿度、气候变化及作物的需水量,自动调整灌溉量。通过这种精细化管理,过度灌溉及不均匀灌溉现象能够有效减少,从而进一步提高水资源的管理效率。采用这些节水技术,不仅能有效缓解水资源短缺问题,且能降低农业生产成本,提升灌溉系统的效率。特别是在干旱与半干旱地区,节水灌溉技术的推广,为农业生产提供了强有力的支持,使得作物能够在有限的水资源条件下,依然保持健康生长。

5.4 增加规划设计方法

增加规划设计方法,成为优化农田水利工程灌溉规划设计的关键举措之一。随着农业生产模式的不断演变以及对水资源利用需求的不断增加,传统的灌溉设计方式,已

难以满足现代农业对水利设施精细化管理的要求。因此,在规划设计过程中,必须引入多元化、科学化的设计方法,以适应日益复杂的农业灌溉需求。

在设计过程中,需结合具体区域的自然条件、农业种植特性以及水资源的可持续利用状况,采用因地制宜的规划策略。考虑到不同地区水源条件、气候特点及土壤性质的差异,单一的设计模式,常常无法解决实际问题。精准的水资源评估与农业用水需求分析,可以通过利用地理信息系统(GIS)和遥感技术,来有力地支持制定更加适应当地条件的灌溉方案。此外,设计方法应注重系统化与集成化,强调水利设施、农业生产及生态环境等多重因素的协同作用。系统工程理论的引入,能够有效将灌溉规划、供水调度、农业种植及环境保护等多个环节统筹考虑,从而优化水资源的分配与利用^[4]。结合现代计算机技术与模拟仿真技术,规划设计的科学性与准确性,能够进一步得到提升。

5.5 改进影响规划设计因素

改进影响农田水利工程灌溉规划设计的各类因素,对于确保灌溉系统的高效与可持续运行,至关重要。水资源的合理配置,作为其中的关键之一,直接影响着灌溉设计的实施效果。随着全球水资源日益紧张,各地区的水资源分布不均、季节性变化以及水质问题,均需要在规划时被综合考量。当地水资源状况,必须得到充分评估,科学的水源开发与调配方案,必须被制定,以实现水资源的最优利用。同时,水资源的可持续利用,应受到高度关注,避免其过度开发与浪费。节水灌溉技术的推广及水源的合理配置,成为保障农业生产用水稳定供应的必要措施。农业生产的多样性,亦是灌溉设计中不可忽视的因素。随着农业种植结构的变化及作物种类的增多,传统的统一灌溉方式,已不再适用。根据不同作物的水分需求,灌溉设计需要结合当地的地理环境、土壤类型与气候条件,制定针对性的灌溉方案,以实现精准灌溉。这种因地制宜的规划方式,能够有效提高水资源的使用效率,同时确保作物的健康生长。气候变化,已被证实为影响灌溉规划设计的重要因素。极端气候事件的频发,诸如干旱或暴雨等,可能导致水资源的急剧波动。为应对这一挑战,灌溉设计,必须强化气候变化的预测与监控,采取灵活的调节措施,以应对气候变化带来的不确定性,确保灌溉系统在极端气候下,仍能高效运作。除了自然因素,社会经济条件、土地利用规划及环境保护要求,也对灌溉设计产生深远影响。灌溉系统的规划,应与地区的经济发展水平、土地承载能力及环境保护的要求相协调。政策支持、资金投入及完善的管理机制,亦是确保灌溉规划设计能够成功实施的关键因素。

6 结语

农田水利设计在现代农业中,具有举足轻重的地位,

直接影响着水资源的有效利用与灌溉效率的提升。合理的水利工程设计,不仅能够满足农作物的水分需求,还能够有效减少水资源的浪费,为农业的可持续发展提供保障。随着技术的不断进步,节水灌溉技术,如滴灌、喷灌等,已成为提高灌溉效率的重要手段。这些技术的应用,水的分配得以精准控制,从而提升了水资源的利用率。为了确保农田水利系统的高效运作,除了采用先进的节水技术外,科学的规划设计与合理的管理措施,也显得尤为重要。在这一过程中,节水技术的普及应用,以及水利设施管理的优化,成为了提高灌溉效果、降低资源消耗的关键途径。未来,农田水利设计应更加注重与自然环境的协调,结合现代科技手段,不断提高水资源利用的精确性与效率。

【参考文献】

- [1]曾彦祖. 农田水利工程规划设计与灌溉技术的探讨[J]. 棉花科学, 2024, 46(2): 106-108.
 - [2]孙伟强. 农田水利灌溉工程规划设计方法探讨[J]. 农业科技与信息, 2022(9): 122-124.
 - [3]章健. 新时期农田水利工程灌溉规划设计分析[J]. 农业灾害研究, 2021, 11(9): 168-169.
 - [4]王鑫. 基层农田水利灌溉管理存在的问题及对策[J]. 农村实用技术, 2021(3): 181-182.
- 作者简介: 姜兴培(1966.7—), 毕业院校: 新疆八一农学院(现新疆农业大学), 所学专业: 水利水电工程建筑, 当前就职单位名称: 哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司, 就职单位职务: 总工程师, 职称级别: 高级工程师。

太阳能与风能互补发电系统的优化设计

张红阳

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 太阳能与风能互补发电系统利用两种可再生能源的互补特性, 提升了电力供应的稳定性与可靠性。该系统通过合理配置太阳能光伏与风力发电设备, 能够充分利用日夜交替与季节变化中的能源优势。通过优化设计, 制定了基于能量管理的策略, 有效平衡了发电波动, 并借助储能技术解决了能源存储问题。此外, 智能调度系统的应用使得能源分配更加高效、精准, 减少了能源浪费。优化后的系统不仅提高了发电效率, 还显著降低了运营成本, 为可再生能源的大规模应用提供了技术支持。

[关键词] 太阳能; 风能; 互补发电; 优化设计; 可再生能源

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15552

中图分类号: TP3

文献标识码: A

Optimization Design of Complementary Solar and Wind Power Generation System

ZHANG Hongyang

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The complementary power generation system of solar and wind energy utilizes the complementary characteristics of two renewable energy sources to enhance the stability and reliability of power supply. This system can fully utilize the energy advantages of day night alternation and seasonal changes by reasonably configuring solar photovoltaic and wind power generation equipment. By optimizing the design, a strategy based on energy management was developed to effectively balance power generation fluctuations, and energy storage technology was utilized to solve energy storage problems. In addition, the application of intelligent scheduling systems makes energy allocation more efficient and accurate, reducing energy waste. The optimized system not only improves power generation efficiency, but also significantly reduces operating costs, providing technical support for the large-scale application of renewable energy.

Keywords: solar energy; wind energy; complementary power generation; optimization design; renewable energy

引言

随着全球能源危机和环境问题的日益严峻, 寻找高效且可持续的能源解决方案成为当务之急。太阳能和风能作为主要的可再生能源, 不仅具有丰富的资源优势, 还能有效减少温室气体排放。然而, 单一能源系统在供电稳定性和效率方面存在诸多挑战。太阳能与风能互补发电系统通过结合两者优势, 优化能源供给, 不仅提高了系统的整体效率, 还能克服各自的波动性和间歇性, 成为未来能源布局的重要方向。

1 太阳能与风能互补发电系统的基本原理

1.1 太阳能发电: 光伏效应及其工作原理

太阳能发电主要依赖光伏效应原理, 即当光照照射到半导体材料(如硅)表面时, 激发电子跃迁产生电流。光伏电池由多个太阳能电池片组成, 它们将太阳辐射能转化为电能。光照强度与太阳能电池的输出电流成正比, 因此, 电池的工作效率会受到光照强度和角度的影响。太阳能系统通常通过串联和并联的方式将多个光伏模块连接, 形成太阳能电池阵列, 从而提高发电能力。

1.2 风能发电: 风力涡轮机的工作原理

风能发电通过风力涡轮机将风的动能转化为电能。风力涡轮机主要由叶片、转子、发电机和塔架等组成。风吹

动叶片时, 叶片会旋转, 驱动转子运动。转子通过轴与发电机连接, 将机械能转化为电能。风力发电的效率受风速、叶片设计、风机功率曲线等因素影响。一般来说, 风速越大, 涡轮机产生的电能越多, 但当风速超过一定范围时, 风机的工作效率会下降, 因此, 风力发电也具有一定的波动性。

1.3 互补性原理: 太阳能与风能的互补特性

太阳能与风能互补性是指两者在时间和空间上的互补特性, 能够弥补各自的不足。太阳能受日照时间和天气条件影响, 具有明显的昼夜和季节性波动, 而风能则受季节性和气候变化影响, 风速在不同的时段和地区差异较大。通过合理的互补设计, 太阳能和风能可以在不同的时间段和气候条件下相互支持, 减少系统的波动性和不稳定性, 实现更高的能源利用效率。例如, 在白天阳光充足时, 太阳能发电提供主要电力, 而在夜晚或阴天时, 风能可以补充发电, 确保系统的持续稳定供电^[1]。

1.4 互补发电系统的基本结构与工作模式

太阳能与风能互补发电系统的基本结构通常包括太阳能光伏组件、风力涡轮机、储能系统、逆变器、控制系统等部分。太阳能和风能的发电模块通过并联方式连接, 电能通过逆变器转化为符合电网要求的交流电。储能系统

(如蓄电池或飞轮储能)则用来存储多余的电能,在发电不足时提供补充。控制系统实时监控光伏和风力发电的工作状态,根据天气变化和电力需求自动调节能源输出,实现系统优化运行。在设计时,需要考虑发电设备的容量匹配、储能系统的容量以及智能调度策略,以确保系统高效稳定地运行。

2 太阳能与风能互补发电系统的优化设计目标

2.1 提高系统的整体发电效率

太阳能与风能互补发电系统的优化设计首要目标是提高整体发电效率。两种能源各具优势,太阳能的发电受日照条件影响较大,而风能则与风速、气候条件密切相关。通过优化系统设计,可以使太阳能与风能的发电能力最大化,确保两者的互补性得到充分发挥。例如,在阳光充足的日间,太阳能电池板提供高效的电力输出;而在风速较大时,风力发电则能弥补太阳能不足的部分。通过调配这两种能源的输出,能够实现系统的高效运行,减少能源浪费并提高系统的整体发电能力。

2.2 优化能源输出的稳定性和可靠性

在太阳能与风能互补发电系统中,优化能源输出的稳定性和可靠性是另一重要目标。由于太阳能和风能各自具有明显的波动性和间歇性,单一能源系统往往无法满足持续稳定的电力供应需求。通过精确的系统设计和调度策略,可以实现不同能源输出的平衡。例如,通过先进的能量管理系统,对太阳能和风能的发电量进行实时监控,结合储能技术,将多余的能源存储起来,在需求高峰期或资源不足时进行补充。这样不仅提高了系统的可靠性,还能在不同的环境条件下稳定地提供电力输出。

2.3 降低建设和运营成本

降低建设和运营成本是优化设计的另一重要目标。在互补发电系统的建设阶段,需要合理配置光伏组件和风力涡轮机的数量和容量,以确保系统的整体成本效益最大化。对于风能和太阳能发电设备的选择,必须考虑到设备的价格、维护成本、运行效率以及使用寿命等因素。优化设计还需考虑储能系统的规模与选择,以减少不必要的投资,同时提升设备的使用寿命。此外,系统的智能化控制与自动化管理技术的引入能够减少人工干预与运营成本,从而在长期运行中降低总体成本。

2.4 实现系统的自动化控制与智能调度

自动化控制与智能调度系统的设计是太阳能与风能互补发电系统优化的核心。通过引入物联网(IoT)技术,能够实时收集风速、光照强度、负载需求等环境和设备参数,将这些信息传输到中央控制系统。结合人工智能(AI)和大数据分析技术,系统能够智能判断当前资源的可用性与需求状况,自动调整太阳能与风能的发电比例。例如,在太阳能发电量较高时,系统可以减少风力发电的输出,避免能源过剩;而在太阳能发电不足时,风能系统则可以

弥补差距^[2]。

此外,智能调度系统能够根据电力需求的变化灵活调度储能设备。当电网需求增加时,系统自动调用储能设备释放电力,保证电力供应的稳定性。通过这些技术的综合应用,自动化控制系统不仅提高了系统的灵活性和响应速度,还显著降低了人为操作错误的可能性,从而提升了整个发电系统的效率与稳定性,确保了能源供给的持续可靠。

3 优化设计的关键技术

3.1 能量管理策略

能量管理策略是优化太阳能与风能互补发电系统的核心技术之一。由于太阳能和风能的发电量受到自然条件的影响,二者的发电能力在不同时间和天气条件下波动较大。因此,如何根据实时的天气状况(如风速、光照强度、温度等)动态调整太阳能与风能的配比,成为提高系统发电效率和稳定性的关键。能量管理系统需通过传感器和气象预测数据,实时监控环境变化,并通过算法计算两种能源的最优比例。例如,在风速较大的情况下,系统可以优先调度风力发电设备;而在阳光充足时,则增强太阳能电池板的发电输出。这种动态调整不仅能够最大化两种能源的利用,还能减少不必要的能源浪费,提高整体的能源利用效率。

3.2 系统优化模型

建立系统的数学模型是优化太阳能与风能互补发电系统的重要技术手段。通过对系统中各个组成部分(如太阳能电池、风力涡轮机、储能系统等)的特性进行建模,可以为系统的优化设计提供理论支持。数学模型主要包括发电量预测、负载需求匹配等内容。在发电量预测方面,模型需要根据历史数据和气象预测结果,对未来一段时间内的太阳能和风能的发电量进行估算。负载需求匹配则要求模型在保证系统发电能力的同时,精确调节不同能源之间的输出比例,以满足不同时间段内的电力需求^[3]。通过多目标优化算法,系统能够实现最佳的发电能力与负载需求之间的匹配,提升能源供给的稳定性与效率。

3.3 储能技术的应用

储能技术在太阳能与风能互补发电系统中的应用,能够有效平衡能源供需差异,提高系统的稳定性。在实际运行过程中,太阳能和风能的发电量波动较大,可能存在发电过剩或短缺的情况。储能设备,如电池组、飞轮储能等,能够将多余的电能存储起来,并在需求高峰或发电不足时释放,从而保证系统在不同环境下的稳定运行。例如,在白天阳光充足时,太阳能的发电量较高,多余的电能可以储存起来;而在夜间或阴雨天,风力发电和储能系统将提供稳定的电力供应。这种方式可以避免能源的浪费,并保障电力供应的可靠性和连续性。

3.4 智能调度与控制系统

智能调度与控制系统结合大数据和物联网技术,实现

了对太阳能与风能互补发电系统的实时监控和自动调度。系统通过部署传感器、智能计量装置以及无线通信网络,实时采集环境数据(如风速、光照强度、温湿度等)和设备运行数据(如发电量、电池状态、负载需求等)。利用大数据分析技术,对这些数据进行处理和分析,形成准确的负载预测和发电预测结果。基于这些信息,智能调度系统能够优化能源分配,实现能源的高效使用和自动调节。与此同时,物联网技术的应用使得系统能够在各个环节之间进行信息交互和协调,确保整个系统在不同操作条件下的最优运行状态^[4]。智能调度不仅提升了系统的灵活性和自适应能力,还降低了人工操作的复杂性和成本。

4 系统性能评估与优化方法

4.1 模型仿真与实验分析

为了全面评估太阳能与风能互补发电系统的性能,仿真软件(如 MATLAB/Simulink)是常用的工具。通过这些软件,可以建立系统的数字化模型,对光伏组件、风力涡轮机、储能设备等各部分进行虚拟仿真。仿真结果可以实时反馈系统在不同环境条件下的运行状态、发电效率和稳定性,帮助分析不同配置方案的能源利用率和设备损耗情况。此外,通过对系统在不同季节和气候条件下的模拟,可以进一步评估两种能源的互补效应,确保系统能够适应多变的环境条件,并提供最优的电力供应。

实验分析则是在实际环境中对系统进行小规模测试,验证仿真模型的准确性和实用性。通过采集现场数据,结合仿真结果,能够对系统进行校准,确保预测的发电量和运行参数更加符合实际情况。实验分析的过程还可以揭示系统在实际应用中的潜在问题,如设备故障、系统响应延迟等,为进一步优化设计提供依据。最终,模型仿真与实验分析相结合,有助于提高系统的预测精度和运行效率。

4.2 性能指标

系统性能评估的关键在于设定科学、全面的性能指标,常见的性能指标包括系统发电效率、能源利用率、设备损耗率和运行成本等。发电效率是衡量系统输出电能与输入能量的比值,直接影响系统的经济性和环保性。能源利用率反映了系统对可用能源的有效利用程度,较高的能源利用率意味着更少的能源浪费。设备损耗率则考虑到发电设备(如光伏模块、风力涡轮机等)的能量转化效率,减少设备损耗可提高整体系统效率。运行成本包括设备投资、维护费用以及能源储存和调度的费用,合理的成本控制有助于提高系统的经济效益。因此,综合评估这些性能指标能够准确反映出互补发电系统的运行质量和优化空间。

4.3 优化算法

为了实现互补发电系统的最佳运行效果,优化算法是提升系统性能的关键技术手段。常见的优化算法包括遗传算法(GA)、粒子群优化算法(PSO)等。这些算法通过模拟自然界的进化过程或粒子群的行为,能够高效地搜索系统设计空间,找到最优的系统配置和参数组合。例如,遗传算法通过对多个解进行选择、交叉和变异,逐步逼近全局最优解,在优化过程中具有较强的全局搜索能力。粒子群优化算法则通过模拟粒子群体在搜索空间中的移动,找到最优解,且计算过程简单、收敛速度快^[5]。在互补发电系统的优化设计中,这些算法能够用于确定光伏组件与风力涡轮机的最优配置、储能系统的容量设置,以及能量调度策略,从而实现系统的性能最优化。通过优化算法的应用,可以在保证发电效率的同时,减少成本、提升系统的稳定性和可靠性。

5 结语

太阳能与风能互补发电系统作为可再生能源领域的重要技术,具有巨大的应用潜力。通过合理的优化设计,可以充分利用太阳能与风能的互补特性,最大化系统的发电效率和能源利用率。能量管理策略、系统优化模型、储能技术的应用以及智能调度与控制系统的结合,都是提升系统性能的关键技术手段。与此同时,模型仿真与实验分析、性能指标评估以及优化算法的运用,能够为系统的优化设计提供有力支持,帮助实现更高效、更经济的能源利用。随着技术的不断发展,太阳能与风能互补发电系统将迎来更加广泛的应用前景,为全球能源结构转型和可持续发展做出积极贡献。

【参考文献】

- [1] 谢典. 海上波浪能与风能互补发电系统的关键技术研究[D]. 哈尔滨: 华北电力大学(北京), 2018.
 - [2] 马云飞. 高原地区小型风光互补发电系统研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.
 - [3] 樊刚强, 马罕志, 杨勇. 风光互补发电系统的优化设计[J]. 科技风, 2018(20): 186-187.
 - [4] 王晓燕. 风光互补发电系统负荷预测以及最大功率跟踪的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2020.
 - [5] 李宝意. 大连湾港区风光互补发电系统设计[D]. 大连: 大连理工大学, 2018.
- 作者简介: 张红阳(1997.11—), 毕业时间: 2020.06, 毕业院校: 河北建筑工程学院, 所学专业: 新能源科学与工程, 当前就职单位: 河北能源工程设计有限公司, 职务: 设计人。

基于先进材料的风电机组叶片性能提升研究

黄志强 王跃辉 姜仕兴 全晓芬

华能新能源股份有限公司河北分公司, 河北 张家口 130705

[摘要]随着全球可再生能源需求的日益增长, 风电产业在能源结构转型中发挥着重要作用, 而风电机组的关键部件: 叶片的性能直接影响发电效率和使用寿命。本论文以先进材料的应用为核心, 从材料特性优化和结构设计提升两个方面研究风电机组叶片的性能改进。经研究先进材料的引入不仅能够显著提高叶片的耐疲劳性、强度和抗腐蚀性, 还可以通过减少自重来提升风电机组的整体效率。本研究为风电叶片材料选择与优化设计提供科学依据, 并为提升风电机组综合性能和降低维护成本提供参考。

[关键词]风电机组叶片; 先进材料; 性能优化; 结构设计; 抗疲劳性; 材料选择

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15542

中图分类号: TM315

文献标识码: A

Research on Improving the Performance of Wind Turbine Blades Based on Advanced Materials

HUANG Zhiqiang, WANG Yuehui, JIANG Shixing, TONG Xiaoqin

Hebei Branch of Huaneng New Energy Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei, 130705, China

Abstract: With the increasing demand for renewable energy worldwide, the wind power industry plays an important role in the energy structure transformation, and the performance of the key component of wind turbines, the blades, directly affects the power generation efficiency and service life. This paper focuses on the application of advanced materials and studies the performance improvement of wind turbine blades from two aspects: material property optimization and structural design enhancement. Through research, the introduction of advanced materials can not only significantly improve the fatigue resistance, strength, and corrosion resistance of blades, but also enhance the overall efficiency of wind turbines by reducing their weight. This study provides scientific basis for the selection and optimization design of wind turbine blade materials, and provides reference for improving the comprehensive performance of wind turbines and reducing maintenance costs.

Keywords: wind turbine blades; advanced materials; performance optimization; structural design; fatigue resistance; material selection

引言

在应对气候变化和减少温室气体排放的全球背景下, 风力发电作为一种清洁能源, 日益受到关注和推广。风电机组的叶片是能量转换的关键部件, 其设计和材料选择直接决定了机组的发电效率和使用寿命。近年来, 随着材料科学的进步, 许多先进材料被引入风电叶片的制造中, 为性能提升提供了可能性。本文聚焦于应用于风电叶片的先进材料, 探讨如何通过材料选择、性能优化以及结构设计提升叶片在实际运行中的耐用性与发电效率, 以期风电产业的技术进步提供有效支持。

1 风电机组叶片材料优化设计

1.1 叶片材料的基本要求与现状分析

在风电机组叶片材料选择和设计过程中, 材料的耐久性、轻量化以及抗疲劳性是基本而关键的要求。作为风电机组的重要组成部分, 叶片必须能够在各种复杂气候条件下长时间运行而不出现性能下降的情况, 这就要求叶片材料不仅具备高强度, 还要具备抗疲劳和抗腐蚀的性能。同时, 由于风电机组向大型化、海上化发展的趋势不断加剧, 叶片材料的自重也直接影响风电机组的运行效率和维

护成本。以目前全球的应用现状来看, 玻璃纤维增强塑料(GFRP)和碳纤维增强塑料(CFRP)是主流选择, 其中两者的应用均各具特点, 显示出不同的发展趋势和应用潜力。

就风电叶片材料现状而言, 玻璃纤维材料以其高强度、耐腐蚀性及经济性, 在全球风电叶片材料市场中占据了主导地位。统计数据显示, 全球范围内约 85% 的风电叶片采用玻璃纤维复合材料, 这一比例突显了该材料在风电行业中的重要性。以中国市场为例, 金风科技和明阳智能等领先企业在风电机组叶片的制造中均广泛应用了玻璃纤维复合材料。明阳智能的 6MW 以上海上风电机组所采用的叶片便通过高强度玻璃纤维实现了耐腐蚀性和抗风压性的平衡, 以应对海上高风速、高湿度的环境需求。这种材料的较低成本和良好的耐用性, 使其能够在全球范围内的风电项目中广泛应用。

但随着风电机组功率增大、叶片尺寸增加, 玻璃纤维材料的局限性也逐渐显现。特别是在超长叶片的设计中, 玻璃纤维材料较大的自重成为其劣势, 且在长期动载荷下较易产生疲劳损伤。正是这种应用局限, 推动了碳纤维等高性能复合材料的引入, 以应对玻璃纤维在耐用性方面的不足。

比起玻璃纤维,碳纤维复合材料在强度、刚性和抗疲劳性方面具备明显优势,同时,其轻质特性使其在风电叶片的轻量化设计中具有独特的优势。碳纤维复合材料的应用虽然成本较高,但在全球范围内已逐步扩大,尤其适用于大型及超大型风电叶片的制造。例如,风电设备制造巨头 Vestas 和西门子歌美飒公司在其超大型风电机组中已经引入碳纤维材料以应对大型叶片所需的高性能要求。以西门子歌美飒的 SG 14-222 DD 风电机组为例,该型号叶片应用了碳纤维复合材料,实现了显著的减重效果,同时增强了抗疲劳性能,能够承受高压条件下的长期运行。

尽管碳纤维在性能上具备显著优势,但其成本仍然较高,碳纤维复合材料的生产和加工也具备一定的复杂性,导致其在成本上远高于玻璃纤维。据统计,碳纤维材料的成本较玻璃纤维高出 40%到 60%,这使得其应用主要集中在超大型机组或高功率机组上。不过,随着技术进步和市场需求的增加,碳纤维的成本有望进一步下降。例如,美国的 Hexcel 公司和日本的东丽公司正致力于碳纤维复合材料的研发,以期通过技术创新降低生产成本,扩大其在风电叶片中的应用潜力。

1.2 新型复合材料的引入与应用实例

美国的 TPI 复材公司(TPI Composites)作为风电叶片制造领域的全球领先企业之一,近年来在叶片制造中引入了聚氨酯复合材料,与传统的环氧树脂相比,聚氨酯复合材料不仅强度更高,而且韧性更好。2021 年,TPI 复材公司与科思创(Covestro)合作,成功开发了一款聚氨酯叶片,并在欧洲市场进行推广。与传统的玻璃纤维或碳纤维增强材料相比,这种聚氨酯复合材料叶片展示了显著的抗疲劳性和耐用性优势。科思创的研究表明,聚氨酯材料的应用能够延长叶片的寿命,从而降低风电场的整体运营成本。这一创新在全球风电行业中具有较高的参考价值,尤其适用于大型、长叶片的设计需求。

德国的 Nordex 集团则引入了碳纳米管复合材料技术,以进一步提升风电叶片的强度和抗疲劳性。碳纳米管因其极高的强度、轻质特性以及优异的导电性能而在复合材料中具备独特优势。Nordex 集团于 2022 年开始在其最新型号的风电叶片中加入少量碳纳米管,研究发现这一材料在长时间运行后依然保持良好的机械性能,有效减少了疲劳损伤。这一技术的应用不仅提升了叶片的耐用性,还增强了其抗风压性能,尤其适用于在高风速地区运行的风电机组。该技术的引入表明,复合材料的纳米化应用已逐渐成为未来风电叶片材料优化的重要趋势。

另一家值得关注的企业是丹麦的 LM 风电公司(LM Wind Power)。作为全球领先的风电叶片供应商之一,LM 风电公司在叶片材料的研究方面始终走在前沿。2020 年,LM 风电与阿科玛(Arkema)达成合作,引入了基于 Elium®热塑性树脂的复合材料。与传统热固性树脂材料不同,Elium®树脂材料具备优异的可回收性,不仅能够大幅度提

升叶片的耐用性,而且在使用寿命结束后,材料可以重新利用,符合可持续发展的理念。这种树脂基复合材料的引入有效解决了叶片材料的环保问题,并展示了优异的机械性能,适合长叶片、大型风电机组的应用需求。

在中国,金风科技作为风电产业的领先企业,于 2022 年与国内某知名复合材料公司合作,研发了改性环氧树脂复合材料,并将其应用于 8MW 海上风电机组的叶片设计中。改性环氧树脂在抗腐蚀性和抗老化性能上具有显著优势,特别适合在高盐雾、高湿度的海上环境中使用。通过应用这种新型环氧树脂复合材料,金风科技的叶片在长期运行中的疲劳寿命显著延长,同时材料的耐候性也有所提升,从而减少了海上风电场的维护频率和维护成本。

这些案例表明,全球主要风电企业通过引入不同的新型复合材料,成功地提升了风电叶片的机械性能和环境适应性,同时促进了风电机组的可持续发展。

2 基于先进材料的叶片结构优化与性能提升

2.1 轻量化设计与力学性能优化

在风电机组叶片的设计与制造过程中,轻量化与力学性能优化是一对关键目标。随着风电机组向大型化发展,叶片的长度和面积逐步增加,以提升风力捕获能力,然而,这也对叶片的重量、力学性能以及材料特性提出了更为严苛的要求。采用轻量化的设计策略并合理优化叶片的力学性能,能够有效降低风电机组整体的结构负荷,从而减少机组的运维成本并延长其使用寿命。

基于新型复合材料的引入,叶片的轻量化设计成为了可能。前文提到的聚氨酯、碳纤维等复合材料,在高强度和低密度方面具备显著优势,因而为叶片减重提供了理想的材料选择。聚氨酯材料的强韧特性允许叶片在减少自重的同时仍然保持较高的抗冲击能力,而碳纤维的高强度和优异的刚性则使其能够承受风力作用下的动态负荷,极大地提升了叶片的安全性和可靠性。

在实际的轻量化设计过程中,通过使用强度更高、密度更低的材料,叶片能够在减少自重的前提下提升其力学性能,从而避免因重量增加带来的负面效应。轻量化设计不仅减少了叶片自身的质量,还对机组的其他部分产生了积极影响:叶片的重量减轻可以使机舱、塔架以及地基的负载需求相应减少,进而降低整个风电系统的物料需求和工程成本。

以下是不同材料的关键特性,如密度、抗拉强度、抗压强度、刚性、耐疲劳性和耐腐蚀性等。在表 1 中,通过对比玻璃纤维增强塑料、碳纤维增强塑料、聚氨酯复合材料、改性环氧树脂复合材料、热塑性树脂复合材料以及碳纳米管复合材料的性能数据,可以直观分析这些材料在叶片设计中的轻量化和力学性能优化效果。碳纤维和碳纳米管复合材料因其高强度和高刚性在大型叶片中表现出色,而聚氨酯和改性环氧树脂材料则凭借其良好的耐疲劳性和耐腐蚀性更适用于恶劣环境下的应用。

表 1 不同新型复合材料在风电机组叶片轻量化设计中的应用特性对比

材料类型	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	刚性 (GPa)	耐疲劳 性能	耐腐蚀 性	适用叶片长度 (米)	成本相 对指数	应用案例
玻璃纤维增强塑料 (GFRP)	1.8	700	400	30	中等	中等	≤70	低	常用叶片设计
碳纤维增强塑料 (CFRP)	1.6	1500	800	150	高	良好	≥70	高	Vestas 大型叶片
聚氨酯复合材料 (PU)	1.2	900	500	40	高	良好	≤60	中等	TPI 与科思创合作
改性环氧树脂复合材料	1.3	1200	600	50	高	极好	≥80	中高	金风科技
热塑性树脂复合材料	1.4	1000	550	35	中高	良好	≤70	低	LM 与阿科玛合作
碳纳米管复合材料	1.0	1800	900	200	极高	优秀	≥80	高	Nordex 研发应用

力学性能的优化则侧重于在不同风况条件下,确保叶片在承受风荷时具有足够的稳定性和抗变形能力。风电叶片在运行过程中不仅要承受恒定的静态风压,还需经受来自风速变化的动态载荷冲击。这要求叶片材料在设计时,既要具有良好的抗拉和抗压性能,还需具备足够的抗疲劳性能,以应对长期载荷下的重复应力和应变。通过选用具有高抗疲劳特性的复合材料,叶片能够更为持久地承受风力作用而不产生明显的变形或损伤,最终提升其长期运行的可靠性。

轻量化和力学性能优化相结合,还可以显著减少叶片的震动幅度,提升其在运行过程中的动态稳定性。由于风电叶片通常运行在复杂的风场中,空气的湍流、风速的变化均会引发叶片的振动,从而影响其发电效率。采用轻量化且具备高强度的新型材料,不仅降低了自重带来的惯性力,而且能在大幅减轻材料应力的情况下,确保叶片在不同风速下保持较低的振动幅度和良好的稳定性,进一步提升风电机组的发电效能。

2.2 基于先进材料的抗风压和抗疲劳性能提升策略

抗风压性能主要通过材料的高强度和良好的刚性来实现,以确保叶片在强风环境中保持结构的稳定性。新型材料如碳纤维复合材料和改性环氧树脂在抗风压能力方面表现出优异的性能。碳纤维复合材料因其高刚性和低密度,在风电叶片中广泛应用,能够在叶片自重较轻的情况下,依然维持高抗风压能力。这种材料的引入不仅减轻了叶片在强风环境中的变形幅度,同时降低了整体系统的负载压力,提升了叶片在强风条件下的稳定性和安全性。

在实际设计中,抗风压性能的提升还需通过材料结构设计的优化来实现。例如,通过在叶片的外层材料中引入碳纳米管或其他高强度纳米材料,能够进一步增强叶片的抗风压性能。这些材料的高强度和低密度特性,使得叶片在高风压条件下依然能够保持良好的形变恢复能力,从而减小风压带来的变形和疲劳损伤。同时,这种结构增强设计使得叶片在瞬间风压变化时能够迅速恢复到原始形状,避免了因变形而导致的叶片寿命缩短问题。

抗疲劳性能的提升则更侧重于材料的长期耐久性和抗裂纹扩展能力。风电叶片在运行中,周期性受到动载荷和静载荷的交替作用,尤其是在恶劣风场中,叶片需要应对频繁的载荷变化,因而容易产生疲劳损伤。通过使用高抗疲劳性的复合材料,如聚氨酯复合材料和碳纤维复合材

料,叶片的抗疲劳性能能够得到有效提升。聚氨酯材料由于具备优良的韧性和高耐疲劳性,可在风电叶片的制造中有效防止裂纹的初始形成及其进一步扩展,从而延长叶片的疲劳寿命。此外,碳纤维复合材料在动载荷作用下的抗裂纹扩展能力较强,能够在保持叶片结构稳定性的前提下有效应对重复应力。

通过采用多层复合结构,叶片在疲劳损伤的扩展过程中可以有效地分散载荷。具体来说,外层材料具备较高的刚性,中间层具备较高的韧性,而内层材料则可以提供结构支撑,这种分层设计有效分散了载荷应力,减少了叶片在动载荷下的疲劳损伤。同时,通过优化材料的纤维排布方向,使其更好地承受叶片运行中的动态载荷,进一步提升了材料的抗疲劳性能。这种分层复合结构设计不仅提升了抗疲劳性,还增强了整体结构的耐久性和使用寿命。

3 结语

通过对先进材料的应用研究,风电机组叶片的性能在多个方面得到有效提升,尤其是在抗疲劳性、抗风压性以及轻量化等关键性能上取得了显著进展。这些材料不仅改善了风电叶片的结构稳定性,还延长了使用寿命并降低了维护成本。未来,通过不断探索新材料和优化结构设计,风电机组的整体效率将得到进一步提升,推动风力发电在全球能源市场中的竞争力。

【参考文献】

- [1]刘忠德,周强,雷和林,等.基于多传热模型数值仿真的风电机组叶片气热防除冰性能强化[J].电力科学与技术学报,2024,39(4):160-168.
- [2]曹俊伟,张硕望,黄凌翔,等.基于自适应桨距角控制策略的风电机组发电性能优化方法[J].太阳能,2024(5):52-61.
- [3]赵庆旭.10MW 漂浮式海上风电机组气动设计方法研究[D].北京:华北电力大学(北京),2023.
- [4]朱继新,王绍奎,张继全,等.高原山地低能效风电场风电机组叶片气动性能优化研究与运用[J].中国设备工程,2022(2):142-145.
- [5]易礼毅,凡盛,胡杰桦,等.安装涡流发生器的风电机组气动性能的仿真分析[J].太阳能,2022(10):53-58.

作者简介:黄志强(1994—),男,汉族,山西运城人,本科,助理工程师,研究方向为新能源发电。

锅炉燃烧优化技术对热效率提升的作用分析

胡玉龙

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 锅炉燃烧优化技术通过精确控制燃烧过程中的空气与燃料比例、燃烧温度、燃烧室设计等因素, 能够显著提高锅炉的热效率。优化后的燃烧过程能减少能源消耗, 降低排放, 提升热能转化效率。燃烧优化技术的应用不仅提高了能源利用率, 还减少了环境污染, 对节能减排具有重要意义。通过合理的技术改造和运行管理, 锅炉热效率得到了明显提升, 能源使用更加高效, 经济效益和社会效益得到了双重提升。

[关键词] 锅炉燃烧优化; 热效率提升; 能源利用率; 节能减排; 环境污染

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15549

中图分类号: TK227.1

文献标识码: A

Analysis of the Role of Boiler Combustion Optimization Technology in Improving Thermal Efficiency

HU Yulong

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Boiler combustion optimization technology can significantly improve the thermal efficiency of boilers by accurately controlling factors such as the air to fuel ratio, combustion temperature, and combustion chamber design during the combustion process. The optimized combustion process can reduce energy consumption, lower emissions, and improve thermal energy conversion efficiency. The application of combustion optimization technology not only improves energy utilization efficiency, but also reduces environmental pollution, which is of great significance for energy-saving and emission reduction. Through reasonable technological transformation and operational management, the thermal efficiency of boilers has been significantly improved, energy use has become more efficient, and both economic and social benefits have been enhanced.

Keywords: boiler combustion optimization; improved thermal efficiency; energy utilization rate; energy-saving and emission reduction; environmental pollution

引言

随着能源紧张和环保要求的日益严格, 提升锅炉热效率成为能源领域的关键课题。锅炉作为工业生产中重要的能源设备, 其燃烧效率直接影响着能源消耗和环境排放。采用燃烧优化技术, 通过精确控制燃烧过程, 不仅能显著提高热效率, 还能有效减少废气排放, 降低能源成本。深入探讨锅炉燃烧优化技术的应用, 不仅能推动企业节能减排目标的实现, 也为行业提供了可持续发展的新路径。

1 锅炉燃烧优化技术的基本原理与应用

锅炉作为工业生产中重要的能源转换设备, 其燃烧效率对能源利用和环境影响至关重要。燃烧优化技术的应用, 有助于提升锅炉热效率, 降低排放, 具有广泛的应用前景。

1.1 锅炉燃烧优化技术的基本原理

锅炉燃烧优化技术的核心在于精准控制燃烧过程中的空气与燃料比例、燃烧温度以及炉膛设计等因素。优化后的燃烧过程能够实现完全燃烧, 减少有害气体的生成, 提升燃料的热值转化效率。通常, 通过对燃料与空气的混合、燃烧区域的调整和温度控制的改进, 锅炉的热效率能够得到显著提高。此外, 使用先进的传感器和自动调节系统, 可以实时监控燃烧过程并根据变化自动调节各项参数,

以保证锅炉的燃烧效率和稳定性^[1]。

1.2 主要燃烧优化技术

在锅炉燃烧优化中, 常见的技术包括空气预热技术、分级燃烧技术、超声波燃烧技术以及燃烧器的优化设计。空气预热技术能够有效提高燃料的热值, 通过预热燃烧空气来提高燃烧温度, 减少能源消耗。分级燃烧技术则通过分层供气, 使得燃料在不同温度区域中充分燃烧, 减少不完全燃烧和有害气体的排放。超声波燃烧技术通过声波的作用促进燃料与空气的混合, 从而提高燃烧效率。燃烧器的优化设计则主要通过改善燃烧器结构, 增强燃烧器的燃烧稳定性与均匀性。

1.3 燃烧优化技术的应用效果

锅炉燃烧优化技术在不同类型锅炉中的应用效果差异较大。对于传统锅炉, 通过燃烧优化技术的改造, 可以明显提高锅炉的热效率, 并有效降低能耗和排放, 延长设备的使用寿命。对于大型电力锅炉或工业锅炉, 燃烧优化技术的应用不仅能提高单位时间内的热效率, 还能减少煤炭消耗, 降低环境污染。此外, 随着智能化技术的发展, 燃烧优化技术的实时监控和调整功能使得锅炉运行更加灵活、高效。通过技术的不断改进和创新, 锅炉燃烧优化

在节能减排、环境保护等方面发挥了越来越重要的作用。

2 燃烧优化对锅炉热效率提升的影响机制

锅炉燃烧优化技术不仅提升了热效率,还对能源消耗和环境影响产生了深远的影响。深入了解燃烧优化对热效率提升的机制,有助于更好地实现节能减排目标。

2.1 完全燃烧与热效率提升

燃烧优化技术的首要目标是实现燃料的完全燃烧。在传统锅炉中,由于燃烧不完全,常会造成能量浪费和有害气体排放。通过精确控制空气与燃料的比例,燃烧优化能够减少不完全燃烧现象,确保燃料在整个燃烧过程中充分反应。完全燃烧不仅提高了锅炉热效率,还减少了未燃尽燃料的排放,显著提升了能源利用率和锅炉的整体热效率。例如,通过燃烧器改进,使燃料能够在燃烧区域内均匀燃烧,从而避免过多的热量损失。

2.2 热量传递效率与优化燃烧的关联

锅炉的热效率不仅受到燃烧过程的影响,还与热量的传递效率密切相关。优化燃烧技术能够提升炉膛内温度分布的均匀性,提高热量向锅炉水管的传递效率。通过改进燃烧器设计,优化燃烧区的空气分布,优化后的燃烧过程可以减少高温气体的浪费,确保更多的热量能够有效传递到水管和锅炉的其他加热部分。与此同时,通过控制炉膛内的气流动态,可以降低热量的扩散损失,进一步提高锅炉的热效率^[2]。例如,采用超声波或高效的燃烧空气预热技术,可以显著提升热量的传递效率和锅炉的整体热值转换能力。

2.3 节能减排与热效率的双重效益

燃烧优化技术不仅仅提升了锅炉的热效率,还带来了显著的节能和减排效益。优化燃烧后,燃料燃烧更完全,排放的有害气体减少,特别是二氧化碳、氮氧化物和硫化物等有害气体的生成大幅降低。通过高效燃烧,锅炉能够在相同的燃料消耗下,产生更多的热能,从而减少了能源浪费和环境污染。同时,优化燃烧还有效延长了锅炉的使用寿命,减少了因低效燃烧而引起的设备故障,降低了维护成本。通过提升热效率和减少排放,燃烧优化技术在环境保护和能源管理方面发挥了重要作用。

3 主要燃烧优化技术与实施方法

燃烧优化技术是提升锅炉热效率的重要手段,通过不同的技术方法可以有效改进燃烧过程,提升能源利用率,减少排放,实现节能和环保的双重目标。

3.1 空气预热与燃烧空气优化

空气预热技术是提升燃烧效率的一项常用方法,通过在锅炉系统中加入空气预热装置,将外界空气在进入燃烧室前预热,从而提高燃烧效率。预热空气可以提高燃烧室内温度,减少燃料的燃烧损失,促进完全燃烧,进而提升锅炉热效率。此外,通过优化燃烧空气的分布,使空气更加均匀地进入炉膛,也能显著提高燃烧稳定性,避免因局

部过多或过少空气供应导致的燃烧不完全现象。空气预热与燃烧空气的优化不仅能提升热效率,还能减少燃料的消耗,降低能源成本^[3]。

3.2 分级燃烧与多级燃烧技术

分级燃烧技术是提高锅炉燃烧效率的一种重要手段,它通过将燃料与空气的供应分为多个阶段,在不同温度和压力下进行燃烧,优化燃烧过程中的燃烧反应。分级燃烧有助于提高燃烧过程的温度均匀性,避免燃烧过程中出现温度过高或过低的局部区域,减少有害气体的排放,提高热效率。多级燃烧技术的应用可以通过控制不同层次的燃料与空气比例,避免过度燃烧和过量排放,有效减少未燃尽的燃料和有害物质的生成。此外,采用此技术还能显著改善锅炉炉膛内的温度分布,减少热损失,提高锅炉整体的运行效率。

3.3 超声波与智能控制技术

超声波燃烧优化技术主要通过利用声波的传播特性,提高燃料与空气的混合效率,促进燃烧过程的稳定性。超声波技术能够增强燃料颗粒的振动,优化颗粒的均匀分布,减少空气与燃料之间的滞后现象,促进更高效的燃烧反应。此技术的应用可以提高锅炉燃烧的均匀性,降低因局部不完全燃烧导致的热损失。与此相结合的是智能控制技术,它通过实时监测锅炉内部的温度、压力和烟气成分等参数,利用自动调节系统对空气与燃料的比例进行精确调节,确保锅炉始终处于最优燃烧状态。智能控制系统通过自适应算法和数据分析,能够自动优化燃烧过程中的各项参数,提高燃烧效率,降低能源消耗。

这些燃烧优化技术和实施方法的应用,不仅提升了锅炉热效率,还能有效降低排放,延长锅炉的使用寿命。随着技术的不断进步,燃烧优化技术将不断完善,为能源管理和环境保护提供更加有效的解决方案。

4 燃烧优化技术在不同类型锅炉中的应用效果

不同类型的锅炉在实际应用中面临着不同的燃烧挑战。通过实施燃烧优化技术,可以针对不同锅炉特点提升热效率,降低排放,达到更好的能源利用效果。

4.1 中小型工业锅炉的优化应用

中小型工业锅炉在应用中常面临燃料消耗高、热效率低和污染排放严重的问题。通过燃烧优化技术,如空气预热、分级燃烧以及智能控制系统的应用,可以显著提升其燃烧效率。空气预热系统通过提高空气温度,减少燃料的热损失,从而提高热效率。分级燃烧技术通过控制燃料与空气的供应顺序,使燃烧过程更加均匀,减少局部过燃或未燃现象,降低排放。智能控制系统则通过实时监控锅炉的运行状态,精确调节燃烧参数,使锅炉运行始终处于最佳状态,提升了整体热效率。对于中小型锅炉,燃烧优化技术的应用使得其能耗显著下降,排放符合环保标准,经济效益也得到了明显提升。

4.2 电力锅炉的燃烧优化效果

电力锅炉一般规模较大,负荷变化较频繁,对燃烧优化技术的需求更为复杂。为保证其在不同负荷下的燃烧稳定性和热效率,采用分级燃烧、超声波燃烧和智能调控等优化技术效果尤为显著。分级燃烧技术可以根据负荷的变化调节空气和燃料的比例,使锅炉在全负荷或低负荷运行时都能够保持高效燃烧。超声波燃烧技术通过促进燃料与空气的充分混合,进一步提升燃烧效率。智能控制系统则通过精确的参数调节,确保锅炉运行的稳定性和高效性,从而避免因负荷波动导致的热效率下降或污染物排放增多。通过这些技术的综合应用,电力锅炉的热效率得到了有效提升,且能耗和排放均得到了控制,极大地提高了锅炉的运行经济性与环保性能^[4]。

4.3 高效锅炉与特殊锅炉的燃烧优化技术

高效锅炉和一些特殊用途锅炉(如蒸汽锅炉、热水锅炉等)在应用中,常常面临对高温、高压或特殊运行条件的要求。在这些锅炉中,燃烧优化技术的应用不仅要提升热效率,还要确保锅炉的高稳定性与安全性。例如,高效锅炉可通过精细调控燃烧室内空气与燃料的比率,确保高热值燃料的充分利用。特殊锅炉则可通过超声波燃烧、先进燃烧器设计及智能化控制,调节燃烧区域的温度分布,提高热能的有效利用率。此外,对于大容量或长期高负荷运行的锅炉,优化技术还能减少设备磨损,延长使用寿命,并减少维护成本。通过这些技术的创新与应用,能够在高效锅炉和特殊锅炉中实现更为高效的能源利用和更低的排放标准。

5 锅炉燃烧优化技术的经济与环境效益分析

锅炉燃烧优化技术不仅能提高热效率,还能有效减少能源浪费,降低排放,带来显著的经济效益和环境效益。深入分析其带来的双重效益对推动节能环保至关重要。

5.1 经济效益:降低能源消耗与运营成本

锅炉燃烧优化技术的应用能够显著降低能源消耗,从而降低燃料费用,这是其最直接的经济效益之一。通过优化燃烧过程,使得燃料的热值得到更充分地利用,减少了热损失和未燃尽燃料的排放。例如,空气预热技术能将外界空气加热,减少锅炉燃烧所需的能量消耗,直接提高热效率,降低单位热量的燃料使用量。分级燃烧和智能控制系统能够根据锅炉负荷的变化实时调节燃料与空气的比例,使锅炉始终保持在最佳运行状态,从而避免了过度燃烧和燃料浪费。长期来看,这些技术的应用可以显著降低锅炉的运营成本,提高企业的经济效益,特别是在大规模工业和电力锅炉的应用中,节省的能源成本可观。

5.2 环境效益:减少排放与污染物排放

燃烧优化技术的实施能够显著减少锅炉运行过程中的污染物排放,改善环境质量。传统锅炉常因燃烧不完全或控制不当,导致二氧化碳、氮氧化物、硫化物等有害气

体的过度排放。燃烧优化技术通过提高燃烧的完全性,减少了这些有害物质的生成。例如,分级燃烧技术能够通过控制空气供应,减少有害气体的产生,同时提高热效率;智能调控系统能实时监测并调节锅炉的燃烧过程,减少因温度不均和不完全燃烧导致的排放。超声波燃烧技术则通过促进燃料与空气的充分混合,进一步减少不完全燃烧现象。通过这些优化措施,锅炉的排放标准得以严格控制,减少了对空气质量和生态环境的污染,符合日益严格的环保要求^[5]。

5.3 综合效益:提升锅炉寿命与社会效益

燃烧优化技术除了带来直接的经济和环境效益外,还能提高锅炉的使用寿命和运行稳定性。通过减少过量燃烧、降低高温导致的腐蚀和积碳等问题,优化后的锅炉能够在更长时间内保持高效稳定地运行状态,减少了设备的故障率和维护成本。这不仅提高了企业的运营效率,还降低了设备的更换频率。社会效益方面,通过广泛应用燃烧优化技术,可以在全社会范围内实现能源的节约和环保的推进,降低国家的能源消耗强度,有助于实现可持续发展的目标。特别是在全球日益关注碳排放与气候变化的背景下,燃烧优化技术成为推动能源转型和环保目标实现的关键措施之一。

锅炉燃烧优化技术的经济和环境效益是相辅相成的,通过提升锅炉效率,降低能源消耗,同时减少有害排放,为企业、社会以及环境带来了综合性的好处,推动着经济与环保的双重进步。

6 结语

通过燃烧优化技术的应用,锅炉的热效率得到了显著提升,能源消耗和运营成本大幅降低。同时,技术的实施有效减少了有害气体的排放,对环境保护起到了积极作用。未来,随着技术的进一步发展和优化,燃烧优化将在节能减排、提升设备稳定性与延长使用寿命等方面发挥更大作用,为可持续发展和环保事业贡献力量。

[参考文献]

- [1]郑延龙.发电厂锅炉燃烧优化技术研究进展[J].湖北农机化,2021(5):110-111.
 - [2]陈华锋.基于近端策略优化算法的煤粉锅炉燃烧优化研究[D].杭州:浙江大学,2022.
 - [3]王毅,杜文亚.煤气锅炉热效率优化提升技术研究[J].中国新技术新产品,2024(7):59-62.
 - [4]高荣,卢勇,邹宏章,等.燃烧过程特性对350 MW以上电站锅炉热效率的影响研究[J].电工技术,2024(2):731-734.
 - [5]孟军.燃煤锅炉燃烧优化及节能技术探析[J].电力设备管理,2024(24):255-257.
- 作者简介:胡玉龙(1984.1—),毕业院校:河北工业大学,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位:河北能源工程设计有限公司,职称级别:工程师。

关于水利水电工程施工中防渗技术的应用分析

方 薇

宁夏中建万喜建筑有限公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 渗漏长期以来都是水利水电工程施工中需要重点关注的问题。随着安全生产理念的普及, 建筑工程企业需要立足于水利水电工程的施工现状, 加强资金投入与先进防渗技术的应用, 以此提升水利水电工程建设整体水平。本篇文章将以水利水电工程施工作为研究对象, 针对施工中防渗技术的应用展开探讨, 期望借此保障水利水电设施的稳定、可靠运行。

[关键词] 水利水电工程; 施工; 防渗技术; 应用

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15569

中图分类号: TV543

文献标识码: A

Application Analysis of Anti-seepage Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering Construction

FANG Wei

Ningxia Zhongjian Wanxi Construction Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: Leakage has long been a key concern in the construction of water conservancy and hydropower projects. With the popularization of the concept of safety production, construction enterprises need to focus on the construction status of water conservancy and hydropower projects, strengthen capital investment and the application of advanced anti-seepage technologies, in order to improve the overall level of water conservancy and hydropower project construction. This article will take the construction of water conservancy and hydropower projects as the research object, and explore the application of anti-seepage technology in construction, hoping to ensure the stable and reliable operation of water conservancy and hydropower facilities.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; construction; anti-seepage technology; application

引言

水利水电工程在运作期间会起到抗洪防涝、水资源循环利用、促进农业发展等积极作用, 因而受到了广大人民群众的关注。就目前来看, 部分水利水电设施的建设时间较为久远, 所采用的防渗技术落后, 已经无法满足我国的发展需求。还有一部分建筑工程企业忽略防渗处理, 使得水利水电工程难以在实践中发挥应有的作用, 在严重情况下还会引发安全事故。为避免上述问题, 建筑工程企业需要秉持具体问题具体分析的精神, 加强防渗技术的研究与应用。

1 水利水电工程施工中防渗技术的应用原则

1.1 工艺合理原则

随着水利水电工程施工技术体系的多元化发展, 防渗技术的类型越发繁多, 且不同防渗技术的应用场景、应用条件有所差异。基于这一前提, 建筑工程企业若想保障防渗处理的质量, 便需要坚持工艺合理的原则。在实际施工中, 施工人员应当秉持因地制宜的原则, 严格依照设计要求、国家提出的施工标准, 剖析不同防渗技术的应用优势与劣势, 确定最佳的防渗施工方案。

1.2 选材合理原则

防渗材料的选择对于水利水电工程施工而言十分重要。优质的防渗材料不仅需要具有抗压、耐腐蚀、抗渗透等性能, 还需要具备较强的环境适应力, 可以满足不同施

工场合的需求^[1]。建筑工程企业在拟定施工方案后, 需要指派专业人员制定施工材料的采购方案。采购人员需要坚持货比三家的原则, 严格检验施工材料的出厂合格证明以及各项性能指标, 确保其符合水利水电工程施工的要求。针对已经通过质量检验的施工材料, 施工人员应当明确其应用要点, 按照规范化的流程采取防渗处理措施, 使得施工材料发挥应有的作用^[2]。

1.3 经济合理原则

随着市场竞争的不断加剧, 建筑工程企业需要在防渗处理的过程中秉持经济合理原则。特别是在水利水电工程施工期间, 建筑工程企业需要投入大量的物力资源与人力资源, 这就使得防渗处理所要求的成本投入得到了严格限制。因此, 建筑工程企业需要在不降低施工质量的前提下落实好工艺、材料的选择, 尽可能降低防渗处理的成本^[3]。在整个施工过程中, 施工人员坚持以经济合理原则为主导, 不仅可以直接缩减水利水电工程的总成本, 还可以避免因后续检修、维护而支出的费用, 保障建筑工程企业的核心利益。

2 水利水电工程施工中防渗技术的具体应用

水利水电工程具备施工内容繁杂、施工周期长、技术要求高等特征。建筑工程企业在组织施工人员进入防渗环节前, 需要通过多种途径阐述防渗技术的应用要点, 促使施工人员形成对不同防渗技术的基本认识。接下来将结合

实践,围绕水利水电工程施工中防渗技术的应用要点展开论述。

2.1 防渗墙施工技术的具体应用

在诸多水利水电工程防渗技术中,防渗墙施工技术的应用较为常见。防渗墙施工技术主要指的是施工人员在水利水电工程坝体的前方位置设置防渗墙,从而保护坝体,避免水利水电设施出现渗漏问题的一种施工技术^[4]。防渗墙施工技术的优势在于成本投入低、防渗效果好。建筑工程企业在对防渗墙施工技术进行应用前,需要了解不同类型防渗墙施工技术的实际要求。其中,多头深层搅拌防渗墙、锯槽防渗墙是最为常见的技术应用形式^[5]。接下来将分别展开论述。

2.1.1 多头深层搅拌防渗墙技术

施工人员在应用多头深层搅拌防渗墙技术时,需要将多头搅拌机作为重要支撑。具体来讲,施工人员需要先将水泥运输至水利水电工程土体的内部,并借助搅拌机完成搅拌作业。在搅拌期间,施工人员需要重视搅拌速度、搅拌温度和搅拌时间的控制,保障搅拌作业的可靠性^[6]。施工人员如此反复操作,在制作多个水泥桩后,可以将这些水泥桩以巧妙的方式连接在一起,形成水泥防渗墙,提升水利水电设施的防渗性能。从上文可以发现,水泥是多头深层搅拌防渗墙技术应用质量的关键影响因素。因此,施工人员需要重视水泥材料的购置以及应用。

2.1.2 锯槽防渗墙技术

相较于多头深层搅拌防渗墙技术而言,锯槽防渗墙技术主要被应用于砂石地层。施工人员需要借助锯槽设备刀杆实施土地切割作业。在切割期间,施工人员需要控制好切割角度。一般情况下,锯槽机的刀杆应当按照一定的角度,以上下往复的方式进行切割。切割下的土体会被排渣系统排除。随后,施工人员应当浇筑塑性混凝土,使之形成防渗墙,起到对水利水电设施的保护作用^[7]。从整体角度上来讲,锯槽防渗墙技术具有效率高、质量好的特点。施工人员在选用锯槽防渗墙技术时,需要把控好技术参数。例如,施工人员可以将开槽的宽度设置在20~50cm之间,而深度可以达到40m左右。值得一提的是,浇筑作业容易破坏土体,所以施工人员可以提前为土体墙壁设置泥浆护壁,从而保障防渗墙的稳定性的。

2.2 灌浆技术的具体应用

灌浆技术在经过多年发展后,已经在实践中呈现出了稳定、可靠、高效的特点,因而受到了施工人员的青睐。在水利水电工程施工中,施工人员往往会将灌浆技术列为首选。灌浆技术指的是施工人员以灌浆的方式劈裂分离坝体、主体,通过在坝体内部灌输浆液的方式构建防渗墙,在填充裂缝的同时强化坝体的稳定性,进而起到防渗作用的一种技术手段^[8]。从本质上来讲,灌浆技术主要是通过

内部呈现较高平衡状态。然而,灌浆技术的应用对施工人员提出了一定要求。施工人员在应用灌浆技术时,需要把控好三个注意事项:第一,灵活应对吸浆量大这一问题。在水利水电施工期间,吸浆量大这一问题较为常见。在这种情况下,施工人员需要同时考虑多方面因素,合理选择灌浆方式,以此保障施工质量。为保障浆液的流动状态,施工人员需要实时关注浆液的流量^[9]。一旦浆液的流量超出正常范围,施工人员便需要及时采取措施,使得浆液流量回归正常范围内,为后续的浆液灌注提供保障。同时,施工人员需要采取降压处理措施,确保浆液停滞前的压力值符合施工要求;第二,把控好灌注的力度。浆液灌注是灌浆技术应用的关键环节。施工人员应当确定灌浆的压力值、压力位置以及工作方法。在灌浆压力值这一方面,施工人员需要依照水利水电设施的实际运作情况,按照特定方法确定灌浆的压力值^[10]。在灌浆压力位置这一方面,施工人员应当深入施工现场,采取实地测试实验,保障灌浆压力位置的精确性。在灌浆方法这一方面,施工人员需要遵循因地制宜的原则,依照不同的地形地貌条件,选用不同的方法。例如,当施工区域岩层较厚、透水性要求不高时,施工人员可以考虑采用一次生浆法。当透水性要求较高时,施工人员可以选用分段生浆法。实践表明,这种工作方法具备较强的针对性,可以满足施工要求。

2.3 复合土工膜防渗技术的具体应用

复合土工膜又可以被称为防渗土工布,其主要指的是以土工布、PE膜为材料,通过黏接手段结合在一起的合成材料。建筑工程企业将复合土工膜应用于水利水电工程施工的防渗环节,可以有效实现施工目标。这主要是因为复合土工膜具备抗拉、抗撕裂、防渗性能突出等优势。随着复合土工膜生产技术的持续发展,复合土工膜防渗技术逐步成为水利水电工程施工领域的“香饽饽”。建筑工程企业在利用复合土工膜防渗技术前,需要先完善相关的施工质量管理体系,建立健全材料管理体系。在复合土工膜运输至仓库后,建筑工程企业需要指派专业人员进行抽样检查。针对不合格的复合土工膜,建筑工程企业需要采取退回处理措施。在正式进入防渗施工环节前,施工人员应当依照施工对象,采取不同的处理措施。当需要在斜墙铺设复合土工膜时,施工人员需要先进行削坡处理,将斜墙断面上的杂物清理干净,再铺设中砂。中砂的厚度需要控制在10cm以上。随后,施工人员需要进行洒水处理,利用拍板、滚筒将中砂压实平整。当需要在水平面铺设复合土工膜时,施工人员需要先清除杂物,将砂基的厚度控制在30cm左右。针对地面高差起伏较大的部位,施工人员需要予以高度重视,及时采取平整措施。在基面平整度达到防渗处理要求后,施工人员需要碾压砂基,为后续的复合土工膜铺设作业奠定夯实基础。复合土工膜的铺设应当按照由上至下的顺序进行。在铺设期间,施工人员需要时

刻注意复合土工膜的张弛度,既要避免应力集中,又要避免人为损伤。施工人员在水平铺设复合土工膜时,需要遵循“膜面朝下、布面朝上”的原则。在复合土工膜铺设完毕后,施工人员应当及时回填保护层。最后,施工人员需要进行爬行焊接。在此期间,施工人员需要秉持细心、谨慎的原则,仔细观察焊接缝,依照环境温度的变化调整焊接的温度、行走速度。一般情况下,施工人员需要将焊接温度控制在 $250^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间,而行走速度需要控制在每分钟 $1\sim 2\text{m}$ 之间。

2.4 高压喷射防渗技术的具体应用

高压喷射防渗技术是一种先进的防渗技术,其主要指的是依托于能够提供较大压力的设备,将复合材料防渗技术、灌浆防渗技术相结合,从而高质量地完成灌浆作业的一种技术手段。由此可以看出,高压喷射防渗技术是一种辅助性技术,其可以在水利水电工程的防渗环节与其他技术相结合,从而发挥应有的作用。施工人员在应用高压喷射防渗技术时,通常会选择压力不小于 0.4MPa 的设备,其可以满足多种场合的应用要求。在高压喷射设备的支持下,施工人员可以将水泥砂浆等混合物喷洒于目标表面,进而提升目标表面的致密性,有效覆盖缝隙、孔洞等缺陷。依照高压喷射的形式,该技术可以进一步划分为旋喷、摆喷和定喷 3 种。在前期准备阶段,建筑工程企业需要深入分析不同技术形式的差异与应用条件,并将最适合的技术形式拟定为本次防渗处理的主要技术形式。

2.5 沥青防渗技术的具体应用

沥青防渗技术是水利水电工程施工技术体系的重要组成部分。在正式进入沥青防渗技术的应用环节前,施工人员需要做好场地的清理工作。施工人员需要严格检验场地的平整度与整洁度,将杂物、土石清除干净,为后续的沥青防渗施工创设有利条件。在场地清理完毕后,施工人员应当排除因土层裂缝而引发的渗漏问题,这便需要做好场地的压实作业。随后,施工人员需要对施工现场进行洒水处理,确保土层底层的湿润度符合水利水电工程施工的要求。在一切准备就绪后,施工人员可以借助专业机械设备喷洒沥青,从而形成沥青保护膜。一般情况下,沥青保护膜的厚度需要控制在 6mm 左右。需要注意的是,沥青保护膜不具备透水性。因此,施工人员应当借助素土保护沥青膜,降低外界因素对沥青膜的不良影响。若想进一步提升沥青防渗技术的应用效果,施工人员还可以在沥青、混凝土材料中添加一定数量的碎石、砾石,在保障上述材料混合均匀的前提下采取加热措施。除此之外,施工人员需

要将沥青保护膜的厚度控制在 12cm 左右,只有这样才能有效达成防渗目标。

3 结束语

水利水电工程关乎我国的经济命脉。受制于多种因素的影响,水利水电设施在经过长期使用后可能会出现渗漏问题。为尽可能降低水利水电设施出现渗漏问题的可能性,建筑工程企业需要重视防渗技术的应用。就目前来看,防渗墙施工技术、灌浆技术、复合土工膜防渗技术、高压喷射防渗技术、沥青防渗技术的应用在实践中较为常见。建筑工程企业应当号召施工人员认真钻研上述防渗技术,明确不同防渗技术的应用优势。本文通过对水利水电工程施工中防渗技术的应用展开探讨,使得建筑工程企业有了更多的理论依据。在未来,防渗技术的相关研究会更加深入。建筑工程企业应当秉持与时俱进的思想观念,积极关注技术市场的发展动向,把握最新的技术发展趋势,保障技术应用效果。

[参考文献]

- [1] 胡忠军. 水利工程施工中防渗技术的运用探索[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(34): 114-116.
 - [2] 卢雪涛. 防渗技术在水利工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(30): 208-210.
 - [3] 张亚鹏. 水利水电工程施工质量控制的重点分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(6): 1744-1746.
 - [4] 李钊. 水利工程施工中防渗技术的应用分析——以书院镇 V 类水利工程施工为例[J]. 工程技术研究, 2022, 7(17): 82-84.
 - [5] 邱明路. 水利水电工程施工中防渗技术分析[J]. 低碳世界, 2022, 12(5): 73-75.
 - [6] 雷莉. 关于水利水电工程施工中防渗技术的应用分析[J]. 陕西水利, 2022(2): 135-137.
 - [7] 齐力. 水利工程施工中防渗技术的运用探索[J]. 中国住宅设施, 2021(12): 136-137.
 - [8] 黄小明. 防渗技术在水利工程施工中的应用[J]. 珠江水运, 2021(19): 40-41.
 - [9] 秦蒙. 水利建筑工程施工中防渗技术探讨[J]. 江西建材, 2021(6): 102-104.
 - [10] 闫洪亮, 孔璐, 王敏. 关于水利工程施工中防渗技术的应用分析[J]. 工程建设与设计, 2020(17): 210-212.
- 作者简介: 方薇, (1987.7—), 性别: 女, 毕业院校: 海口经济学院, 所学专业: 工程造价, 当前工作单位: 宁夏中建万喜建筑有限公司, 职务: 预算员, 职称: 中级。

水电机组机械振动监测研究

王启龙

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要] 水电机组作为重要的能源装备, 不仅在水力发电过程中起着核心作用, 还对电网的稳定性和能源供应安全至关重要。机组的稳定运行直接影响发电效率、负荷调节能力及电力供应的可靠性。因此, 实时监测机组的机械振动不仅能及时发现潜在故障, 还能为优化维护和管理决策提供重要数据支持。通过长期积累的监测数据, 不仅可以分析机组的运行趋势、预判设备健康状况, 还能为合理安排设备维修周期和更新换代提供科学依据, 从而显著延长机组的使用寿命, 降低故障率, 提升整体发电效能。

[关键词] 水电机组; 机械振动; 监测技术; 故障诊断; 数据分析

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15568

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Research on Mechanical Vibration Monitoring of Hydroelectric Units

WANG Qilong

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Hydroelectric units, as important energy equipment, not only play a core role in the process of hydroelectric power generation, but also are crucial for the stability of the power grid and the security of energy supply. The stable operation of the unit directly affects the power generation efficiency, load regulation capability, and reliability of power supply. Therefore, real-time monitoring of the mechanical vibration of the unit can not only detect potential faults in a timely manner, but also provide important data support for optimizing maintenance and management decisions. Through long-term accumulation of monitoring data, not only can the operating trend of the unit be analyzed and the health status of the equipment be predicted, but scientific basis can also be provided for the reasonable arrangement of equipment maintenance cycle and replacement, thereby significantly extending the service life of the unit, reducing the failure rate, and improving the overall power generation efficiency.

Keywords: hydroelectric units; mechanical vibration; monitoring technology; fault diagnosis; data analysis

引言

随着全球对可再生能源的需求不断增加, 水电作为其中的重要一环, 正迎来更加广泛的应用。然而, 水电机组的运行过程中不可避免地会产生机械振动, 这些振动不仅影响机组的工作效率, 还可能引发严重的设备故障。传统的机械振动监测方法存在一定的局限性, 随着技术的发展, 基于传感器、数据分析及人工智能等技术的振动监测方案逐渐得到应用。本文旨在分析当前水电机组机械振动监测的研究现状, 探讨其在实践中的应用, 并提出改进的研究策略。

1 振动监测的重要性

水电机组在运行过程中, 由于长期承受机械振动, 可能会导致机组内部部件的磨损与损伤, 进而影响设备的整体效率, 甚至引发严重的系统停机事故。振动的来源通常与设备的转动部件、轴承、叶片以及其他机械连接部件的运转状况相关, 若不加以有效监测和控制, 机械振动可能逐渐加剧, 最终损害机组的正常运行。为此, 通过对机组振动的实时监测, 可以在早期阶段及时发现潜在的异常状况, 如不对称负载、轴承损坏等问题, 进而为设备的维护提供预警。这种监测可以帮助工程师通过数据分析准确判

断机组的运行状态, 预测其剩余使用寿命, 并制定相应的维护计划。此外, 振动监测技术还能优化运维策略, 使得维修工作能够集中在需要关注的部位, 从而降低不必要的维修成本, 延长设备的使用寿命, 提高水电机组的可靠性与运行效率。通过这种科学合理的预测性维护, 能够有效避免突发性故障, 保障水电机组的安全与稳定运行^[1]。

2 振动监测技术手段的现状与发展

2.1 传统振动监测方法

传统的振动监测方法通常依赖于机械传感器, 例如加速度计、速度传感器等, 这些传感器通过直接测量水电机组各个部件的振动信号来监测设备的运行状态。这种方法在早期的应用中取得了一定的成功, 能够对机组振动进行实时监控, 帮助发现一些明显的故障迹象。然而, 随着水电机组运行条件的复杂性和监测需求的不断提高, 传统的振动监测方法暴露出了一些明显的不足。首先, 传感器布设较为复杂, 特别是在大型水电机组中, 传感器的安装位置和数量要求较高, 往往需要大量的布设工作, 这在一定程度上增加了安装和维护的难度。其次, 传统传感器的数据处理能力有限, 难以实时处理和分析大量的振动数据, 这使得其在设备状态的精确评估和故障预测方面存在局

限。此外，传感器的数据采集容易受到环境因素的干扰，导致监测结果的准确性和可靠性受到影响。因此，这些传统的监测方法逐渐难以满足现代水电机组对高效、精准振动监测的需求。

2.2 基于传感器网络的振动监测

随着传感器技术的快速发展，基于无线传感器网络（WSN）的振动监测技术逐渐成为了当前研究和应用的热点。与传统的有线传感器系统相比，WSN 技术在振动监测中的应用具有显著优势。通过在水电机组的各个关键部位和监测点布设无线传感器，这些传感器能够实时采集机组运行过程中的各类振动数据，包括加速度、速度和位移等信号。传感器通过无线通信网络将这些数据传输到集中处理平台，避免了传统方法中复杂的布线问题，极大地简化了传感器的安装和维护工作。此外，WSN 技术使得传感器网络在空间布局上更加灵活，可以覆盖更广泛的监测区域，尤其是在一些难以接触的设备部位，能够实现更全面的实时监控。这种灵活性不仅提高了振动监测的效率，还为设备故障诊断和预测提供了更加精确和丰富的数据支持。通过对大数据的实时分析，WSN 系统能够帮助工程师及时发现机组运行中的异常情况，并做出科学的维护决策，从而有效避免故障的发生，提高水电机组的可靠性和运行效率^[2]。

2.3 数据分析技术的应用

近年来，随着数据分析技术的飞速发展，基于机器学习和大数据分析的振动监测方法逐渐成为振动监测领域的新兴趋势。通过对水电机组运行过程中积累的大量振动数据进行深入分析，能够提取出其中潜在的规律和特征，这为机组的故障预测和维护提供了全新的视角。利用大数据分析技术，可以对振动信号进行实时处理，不仅提升了数据处理效率，还能够及时发现隐蔽的故障征兆，提前发出预警，避免设备故障对机组运行造成重大影响。机器学习模型的引入，使得振动监测系统具备了自动学习和自我优化的能力。通过对历史数据的训练，机器学习算法能够识别振动信号中的正常模式和异常模式，从而在故障发生之前进行识别和预警。例如，振动信号中的频率、幅值等特征可以用作输入变量，经过模型的训练，系统能够准确识别出设备的运行异常，并根据不同的故障类型给出相应的维修建议。通过这种早期预警和精准预测，机器学习和大数据分析技术使得振动监测不仅更加智能和高效，而且大大提高了水电机组的安全性和可靠性。

3 振动监测研究策略

3.1 优化传感器布局与布设方法

传感器的合理布设在振动监测系统设计中占据着至关重要的位置，它直接关系到监测数据的准确性以及系统的整体性能。在实际应用中，传感器的布设应考虑设备的振动源、环境因素以及监测需求，确保其能够全面、准确地获取振动信息。合理的安装位置不仅能提高监测数据的

代表性和全面性，还能有效避免由于不当布设而导致的干扰和误差，从而显著提升监测结果的可靠性。此外，传感器的选择同样至关重要。不同的工业环境对传感器的性能要求有所不同，传感器需具备较强的抗干扰能力，以应对温度波动、湿度变化、电磁干扰等外部因素的影响。这些因素可能会导致传感器工作性能的下降，影响数据的准确性，甚至可能导致系统故障。为了确保振动监测系统的稳定性和长期可靠性，传感器的选型应综合考虑其测量精度、抗干扰能力、耐高温、耐腐蚀等特性，使其能够适应各种复杂环境条件，保证在长期使用过程中稳定运行，提供准确的数据支持^[3]。

3.2 引入多源数据融合技术

振动监测虽然是机器设备状态监测的重要手段，但仅依赖振动传感器的数据往往不能全面反映设备的运行状况。为了提高监测的准确性和可靠性，近年来，许多监测系统开始引入多种数据源，如温度、压力、流量等其他参数，进行综合分析。这些不同类型的参数可以为设备的运行状态提供更全面的视角，帮助准确判断设备的健康状态，特别是在机组处于复杂运行状态时。数据融合技术是提升振动监测系统性能的关键手段之一。通过将来自不同传感器的数据进行实时融合，系统能够有效地对多种变量的变化进行关联分析，从而在多重信息的支持下，提高监测的精确度。例如，温度传感器可以提供有关设备过热的预警信息，压力传感器可以帮助分析系统的工作负荷，流量数据则有助于评估流体设备的运行效率。将这些数据与振动信号结合，可以让监测系统更全面地识别设备潜在的故障风险。

尤其是在复杂的工业环境中，机组可能面临多种因素的共同作用，如负荷波动、温度变化、机械磨损等。通过数据融合技术，系统可以将各个数据源的信息整合在一起，从而对设备的运行状态进行多角度、多维度的全面评估。这种综合评估不仅能提供更为精准的故障预测，还能帮助制定科学的维修和保养计划，降低设备的停机时间，提高生产效率。因此，多参数数据融合技术在振动监测中的应用，是提升监测系统可靠性和效率的有效途径。

3.3 应用先进的数据分析方法

随着大数据分析技术的迅猛发展，结合人工智能（AI）技术进行振动信号处理已成为工业设备状态监测和故障诊断的趋势之一。传统的振动监测方法多依赖于人工分析和基本的数学模型，虽然能够提供一定的参考，但在面对海量数据时，处理能力和分析深度受到很大限制。随着深度学习算法、支持向量机（SVM）、神经网络等人工智能技术的广泛应用，振动信号的处理和故障诊断已经进入了一个全新的时代。这些技术能够通过振动数据进行深度挖掘，帮助实现机组运行状态的精准预测和故障诊断^[4]。

深度学习算法，尤其是卷积神经网络（CNN）和循环

神经网络(RNN),能够在处理复杂的时间序列振动数据时,自动提取数据中的特征,捕捉到设备运行中的微小变化。这些算法能够模拟人脑的思维过程,通过不断优化和训练模型,识别出潜在的故障模式。支持向量机(SVM)则通过在高维空间中找到最佳分割平面,对振动数据进行分类和预测,准确度高且鲁棒性强。神经网络则通过多层次的非线性映射,提升了振动信号分析的深度和复杂度,从而能够对设备的状态进行更精确的评估。结合这些先进的算法,振动数据处理能够实现多维度、多层次的分析,从海量数据中提取出关键信息。这不仅大幅提高了故障诊断的准确性,还能在设备出现故障之前,提前进行预测和预警,确保及时采取维修措施。通过这样的技术创新,设备的运行效率得到大幅提升,设备故障的发生频率降低,维护成本也得到了有效控制。因此,人工智能和大数据分析在振动监测中的应用,不仅能够提高故障诊断的时效性,还能帮助企业实现更高效、精准的生产管理。

4 振动监测系统的实践应用

4.1 监测系统的设计与实施

振动监测系统的设计是一项复杂的任务,需要综合考虑多个因素,如机组的运行环境、监测目标、设备成本以及系统的可维护性等。在设计阶段,首先要根据机组的特性和工作条件,选择适合的振动传感器,并合理布设,确保能够覆盖关键部件的振动情况。此外,系统需要具备高效的数据采集、传输、存储与分析功能。数据采集系统应能够实时捕捉到设备的振动信号,并确保数据的准确性和及时性;传输部分则要具备高带宽、低延迟的特点,保证数据能够快速且稳定地传输至监控中心。

为了实现远程监控和预警能力,监测系统必须具备实时监控设备运行状态的能力,能够通过数据分析与模型预测,及时发现潜在故障,并自动触发预警信号。这对于保障机组的连续运行和减少停机时间至关重要。在实施过程中,必须进行充分的现场测试和优化,确保振动监测系统能够适应不同的环境条件并实现高效稳定运行。通过现场调试,可以发现并解决潜在的问题,确保系统在实际应用中能够准确地反映设备的运行状态,及时识别故障风险,从而提高生产效率,降低维护成本^[5]。

4.2 实践中的挑战与解决方案

虽然振动监测技术在工业应用中取得了一定的进展,但在实际操作中仍面临许多技术挑战。振动传感器的部署是一个关键问题,尤其是在水电机组这样的复杂运行环境中。为了确保数据采集的准确性,传感器必须安装在关键部件上,同时还要避免对机组的正常运行造成任何干扰。

由于水电机组的环境因素复杂,传感器的选择和布设必须考虑到防水、防潮、抗腐蚀等多重要求。此外,安装过程中往往需要停机操作,这会带来额外的工作量和成本,因此部署过程需要在确保不影响机组运行的情况下高效完成。

随着振动监测系统数据量的急剧增加,实时处理与分析的需求也显著提升。海量数据的实时处理不仅对存储能力提出了挑战,还对计算能力提出了更高要求。为了应对这一挑战,采用边缘计算和云计算等先进技术显得尤为重要。边缘计算可以将数据处理任务从中心服务器下沉到靠近数据源的边缘设备上,从而减少延迟并减轻中心服务器的负担,实现更高效的实时监测。而云计算则提供了强大的数据存储和分析能力,可以在数据中心进行复杂的分析计算,实现大规模数据的高效处理。结合这两项技术,可以有效提升振动监测系统的数据处理能力,保证实时监测与故障预警的顺畅进行,进而提升机组的运行安全性和维护效率^[6]。

5 结语

水电机组的机械振动监测对于保障机组安全、提高运行效率具有重要意义。随着传感器技术、数据分析方法的不断进步,振动监测手段逐渐向智能化、精准化发展。未来的研究应进一步探索多源数据融合、智能诊断和高效预警等方面,以提升水电机组的智能化运维水平。

[参考文献]

- [1]卢志扬,李晓超,李尚奇,等.基于振动的水电机组故障诊断系统研究[J].水利水电技术(中英文),2024,55(2):516-522.
- [2]王卫玉,姚小彦,肖启志,等.基于开机过程的水电机组机械振动状态评估方法[J].中国农村水利水电,2022(12):173-179.
- [3]吾买尔·吐尔逊,穆哈西,夏庆成.智能诊断技术在水电机组振动故障诊断中的应用进展[J].机电技术,2021(4):96-99.
- [4]张飞,刘兴华,潘伟峰,等.水电机组振动监测与评价技术综述[J].大电机技术,2021(4):45-54.
- [5]游鹏,纪鸿铸,唐武强.巨型水轮发电机组振动分析[J].水电与新能源,2021,35(6):35-38.
- [6]卓康.水电机组振动状态压缩感知与故障诊断[D].湖北:华中科技大学,2021.

作者简介:王启龙(1991.3—),男,毕业院校:长春工程学院,所学专业:热能与动力工程(水动),当前就业单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职称级别:助理工程师。

水利水电工程混凝土施工关键技术研究

包华彦

广西彰毅建设工程有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要] 水利水电工程作为我国基础民生工程和市政工程建设的重要代表, 对于人们的生活发展具有重要的影响意义, 是我国现代建筑工程产业的重要组成部分。混凝土施工技术具有稳定性高、使用寿命长的技术优势, 在水利水电工程建设中应用混凝土施工技术对于工程建设发展具有重要的现实价值。文中对混凝土施工技术的技术重要性进行总结, 结合实际, 对水利水电工程中的混凝土施工技术要点及实践进行全面分析。

[关键词] 水利水电工程; 混凝土施工技术; 技术措施

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15565

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Concrete Construction in Water Conservancy and Hydropower Engineering

BAO Huayan

Guangxi Zhangyi Construction Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: As an important representative of Chinese basic livelihood and municipal engineering construction, water conservancy and hydropower engineering has significant impact on people's lives and development, and is an important component of Chinese modern construction industry. Concrete construction technology has the technical advantages of high stability and long service life. The application of concrete construction technology in water conservancy and hydropower engineering construction has important practical value for the development of engineering construction. The article summarizes the technical importance of concrete construction technology, and comprehensively analyzes the key points and practices of concrete construction technology in water conservancy and hydropower projects based on practical experience.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; concrete construction technology; technical measures

引言

水利水电工程, 作为国家基础设施的关键组成部分, 其建设质量直接关系到人民生命财产安全以及社会经济的可持续发展。在该类工程的建设过程中, 混凝土施工技术占据着至关重要的地位, 工程的质量、进度及经济效益均与之息息相关。随着科技不断发展及施工技术的持续创新, 混凝土施工技术的优化, 为水利水电工程的顺利推进提供了坚实的支持。然而, 裂缝控制、温度应力、施工质量控制等问题依旧困扰着混凝土施工, 这些问题若未得到有效处理, 可能对工程的安全性及耐久性产生不利影响。因此, 探索混凝土施工的关键技术, 特别是裂缝防治、大坝与水闸施工、混凝土振捣以及施工质量管理等方面的技术创新, 显得尤为重要。通过深入分析这些技术要点与管理措施, 不仅施工质量能够得到显著提升, 而且成本可有效降低, 工期亦能得到缩短, 推动工程向更加高效、安全与绿色的方向发展。本文将探讨水利水电工程中混凝土施工的核心技术, 提出优化方案, 以期为工程实践提供有益参考, 并为相关技术研究人员提供启示。

1 提高混凝土施工技术对水利水电工程的重要性

混凝土施工技术在水利水电工程中的重要性, 体现在多个关键领域。水利水电工程常常面临复杂的地形与极端

的施工环境, 而作为核心结构材料的混凝土, 承担着保障工程稳定性与安全性的关键任务。对于大坝、水闸、引水渠等核心设施, 混凝土的质量对结构的抗压能力、耐久性 & 抗渗性能起着至关重要的作用。一旦施工不当, 裂缝、沉降或结构性失稳的出现, 可能会直接影响工程的整体安全性与使用寿命。鉴于此, 提升混凝土施工技术, 对于确保水利水电工程的顺利完成具有举足轻重的意义。随着工程规模不断扩大与技术要求日益提高, 混凝土施工所面临的挑战愈加复杂。在满足传统强度要求的同时, 抗冻、抗渗、抗腐蚀等性能的考虑, 变得愈加重要。因此, 施工过程中, 混凝土配合比、施工温度与湿度等因素必须严格控制, 以确保其长期稳定性与安全性。现代施工技术, 如高效搅拌、精确浇筑控制以及先进的振捣技术等, 能够显著提升混凝土的均匀性与密实度, 从而避免气泡与裂缝等缺陷的产生, 提升其综合性能及工程的可靠性。同时, 随着绿色建筑理念的推广, 环保材料的应用与节能减排技术的引入, 成为提升混凝土施工技术的重要途径。此举不仅有助于减轻施工对环境的负面影响, 也能提高资源利用效率, 减少材料浪费。因此, 混凝土施工技术的提升, 不仅是保证水利水电工程质量的重要举措, 更是推动高效、环保与可持续建设的关键。通过持续的技术创新与工艺改进, 水

利水电工程的整体质量能够显著提升,后期维护成本得以降低,工程的长期稳定性与抗风险能力也将得到增强。

2 混凝土施工技术在水利水电工程中的应用

2.1 裂缝防治技术

裂缝防治技术在水利水电工程中具有重要意义。裂缝的出现,不仅影响混凝土结构的外观,更严重的是,它对结构的耐久性与抗渗性造成影响,从而威胁到工程的安全性。水利水电工程中的混凝土结构,通常长期暴露在水流、温度波动、湿度变化等复杂环境条件下,极易发生裂缝,尤其是在承受巨大水压与负荷的大坝、水闸等关键设施中,裂缝问题尤为突出。为了有效防治裂缝,施工过程中,必须采取一系列技术措施。优化混凝土配合比,便是其中一项重要措施。水泥、骨料与水的比例若得当,混凝土强度不足或收缩过大的现象可避免,进而降低裂缝发生的可能性。此外,浇筑工艺的控制同样至关重要。通过避免不均匀振捣与冷接缝的产生,混凝土的密实性能够得到提升,从而减少气泡与裂缝的形成。在裂缝防治的具体过程中,温控措施亦不容忽视。尤其在大体积混凝土的浇筑中,由于水泥水化热的释放,混凝土内部温度升高,可能导致温差裂缝的产生。因此,合理安排浇筑顺序、速度与时间,以确保温度的均匀分布,至关重要。同时,冷却管道或洒水等降温方法,可有效缓解温度变化带来的应力。此外,后期的养护工作也极为重要^[1]。在适宜的湿度与温度条件下,混凝土的养护可以减缓干缩现象,降低裂缝发生的概率。对于已经出现裂缝的部分,科学的修补技术能够加固处理,例如注入裂缝修补材料,或在结构设计中预留伸缩缝,进一步减轻温度与湿度变化引起的裂缝问题。

2.2 大坝中混凝土施工技术

在水利水电工程中,大坝混凝土施工技术至关重要。作为承载水流、调节水位及防洪排水的关键设施,大坝的结构安全性、稳定性与耐久性,直接关系到整个水利系统的功能及人民生命财产的安全。因此,控制大坝混凝土施工的每个环节,确保混凝土质量与结构的整体性,是一项至为紧迫的任务。大坝混凝土浇筑过程,通常涉及大体积浇筑,水泥水化热与温度变化的问题不可忽视。在大体积混凝土浇筑时,温度变化可能引发温差裂缝,这要求在施工时对混凝土的温度进行严格控制。通过合理安排浇筑顺序、施工时间,并采用冷却管道或喷水降温等方法,混凝土内部的温度梯度可以有效平衡,从而避免裂缝的产生。此外,大坝混凝土的配合比设计,对于结构的稳定性至关重要。由于水利水电大坝需要承受巨大的水压力,混凝土必须具备极高的强度。通过精确的配比与严格的质量控制,混凝土的抗压强度与抗渗性能够得到确保,从而满足大坝长期使用中的水密性与耐久性要求。在施工过程中,适宜的振捣技术,能够有效提高混凝土的密实度,确保其均匀分布,消除气泡,进而增强其抗渗性能与抗冻性。在大坝混凝土浇筑过程中,还需特别注意施工细节。大坝设计中,常常涉及预应力结构,钢筋、预应力钢绞线等构件的正确

安装,以及与混凝土浇筑工序的紧密配合,对于保证大坝的承载能力至关重要。随着技术的不断进步,越来越多先进的施工方法,已被应用于大坝施工中。自动化控制的混凝土浇筑与智能化监测技术的使用,显著提高了施工精度与效率,确保了混凝土施工质量的可控性与稳定性。

2.3 水闸中的混凝土施工技术

水闸施工涉及许多复杂的工序,其中混凝土施工技术在水闸地板及闸墩的施工中起着关键作用。在水闸底板浇筑时,首先需要确保软土地基已完成铺设,通常铺设的混凝土层厚度应为10cm左右,旨在保护软土地基并平整地面,以避免底部直接与水接触。接下来,设置侧面模板并将其固定在支撑木桩上,确保水闸底板在浇筑过程中不发生变形。施工时,混凝土的强度必须与底板浇筑部分的强度保持一致,这样可以增加两者之间的摩擦力,确保结构的稳定性。待混凝土冷却后,需要在其中穿插钢筋,并使用铅丝进行绑扎,以防止钢筋发生变形。在实际施工过程中,混凝土的厚度和钢筋的位置必须严格遵循施工计划和设计图纸,以确保水闸底板的质量符合规范要求。在水闸闸墩施工中,由于水闸门槽内存在大量钢筋,且预埋结构较为复杂,闸墩的厚度较小而高度较大,这无疑增加了混凝土施工的难度^[2]。通过将混凝土施工技术应用与水闸闸墩中,能够有效地将闸墩与底板连接,增强整体结构的稳定性,且有助于避免沉降问题。在施工过程中,特别需要注意闸槽的浇筑质量,浇筑不当可能导致混凝土质量问题,从而影响整体结构的稳定性。因此,要求施工技术人员尽可能进行一次浇筑,以减少问题的发生。

2.4 混凝土振捣施工

混凝土振捣施工在水利水电工程中发挥着至关重要的作用,尤其是在大坝、桥梁、水闸等关键工程中。振捣质量,直接影响混凝土的密实度、强度与耐久性。振捣的主要目的是消除混凝土中的气泡与空隙,增强其密实性,从而提升抗压强度与抗渗性能,防止因不密实而引发裂缝、渗漏等问题。在大体积混凝土浇筑中,振捣的作用尤为显著,因其内部可能存在较大的温度梯度与收缩应力,未充分振捣的混凝土,容易形成蜂窝状结构,严重影响大坝或其他水利设施的安全性。为确保混凝土的密实性,施工过程中,常采用不同类型的振捣设备,如电动插入式振捣器与外表面振动器。选择合适的振捣工具及操作方式至关重要,必须根据混凝土的特性、结构的复杂程度及施工环境,合理调整振捣频率与时长。若过度振捣,则可能导致混凝土分层与分离,反之,若振捣不足,混凝土不均匀,气孔与空隙容易形成,影响整体性能。为此,施工人员,需根据混凝土的流动性与凝固时间,灵活调整振捣强度与频次,确保每一层混凝土均匀振捣,达到设计要求。此外,振捣施工,必须与浇筑工序紧密配合,确保振捣过程与浇筑步伐协调一致。若过早或过晚进行振捣,可能影响施工效果,导致混凝土结构的稳定性问题^[3]。为此,现场实时监测与智能化控制系统,常被应用于实际操作中,以确保振捣作

业的精确实施,最终保证混凝土质量符合设计标准,从而为水利水电工程的长期稳定运行提供保障。

3 水利水电工程混凝土施工技术管理措施

3.1 优化混凝土配合比

优化混凝土配合比,作为水利水电工程中确保混凝土质量及提高施工效率的关键管理措施,具有重要意义。通过科学调整水泥、骨料、水以及外加剂的比例,不仅可以满足强度与耐久性要求,还能改善混凝土的工作性与施工性能。在这些工程中,混凝土常常需要应对复杂的施工环境,承受高水压、极端温差及长期湿润等特殊条件。因此,优化配合比的目标,不仅是确保混凝土具备足够的抗压强度,还应关注其抗渗、抗冻、抗裂等性能。通过对材料性能的详细分析与合理搭配,显著改善混凝土的凝结时间、流动性及耐久性,从而减少施工过程中裂缝与渗漏的风险。此外,优化混凝土配合比时,还应根据具体施工环境进行调整。例如,在高温季节,水泥过快凝固的问题,常可通过降低水灰比或加入缓凝剂来调节;而在低温环境下,使用防冻剂并适当选择水泥品种,能够确保混凝土的施工质量与结构的稳定性。

3.2 加强混凝土施工成本管理

混凝土施工成本管理在水利水电工程中的重要性不可忽视,尤其是对确保项目顺利实施与提升经济效益至关重要。水利水电项目通常具备规模大、工期长的特点,混凝土的消耗量也相对较大,施工成本的合理控制能显著提高整体经济效益。提升材料使用效率的关键在于优化混凝土配合比与改进施工工艺,能够有效避免资源浪费。例如,通过合理选择性价比高的原材料,并减少不必要的添加剂使用,能够在满足工程需求的同时有效节约成本。此外,材料的精确管理在施工现场同样至关重要,必须确保材料的合理调配与使用,避免因不当管理导致浪费,尤其是在运输、存储及浇筑环节。施工计划的精准安排与进度控制对于成本控制也是至关重要的。合理安排施工进度,可以避免施工滞后导致混凝土搅拌站频繁启停或临时加班等不必要的额外费用。此外,施工队伍技术水平的提高及工人操作技能的强化,是降低施工成本的重要途径。通过技术培训的强化,施工效率的提升,能够在保障施工质量的前提下,进一步降低成本支出。

3.3 确保混凝土浇筑质量

确保混凝土浇筑质量对于水利水电工程的顺利实施至关重要,直接关系到工程结构的稳定性与使用寿命。在进行混凝土浇筑之前,混凝土的配合比必须严格按照设计要求和施工规范进行科学设计,确保选用的原材料符合质量标准^[4]。同时,施工现场的充分准备也至关重要,必须检查施工设备的完好性、施工人员的技术水平以及施工环境的适宜性。在浇筑过程中,控制浇筑顺序与层次尤为重要,避免过快或不均匀的浇筑引起混凝土的分层或离析。

完成浇筑后,振捣作业应及时进行,以确保混凝土的密实性与强度,从而避免孔隙过多影响混凝土的强度表现。混凝土养护同样是不可忽视的环节,合理的养护措施能够有效防止干缩或温差引起的裂缝问题,保障混凝土的最终质量。

3.4 加强施工队伍建设

确保水利水电工程混凝土施工技术顺利实施的关键在于施工队伍的建设。施工队伍的技术水平、工作态度与组织协调能力,直接影响施工进度、质量及安全。在选拔施工队伍时,特别应关注人员的专业技能与经验,尤其是混凝土施工技术人员的培训。培训内容应与时俱进,确保施工人员掌握最新的施工技术与设备使用方法。定期的技术培训与实践演练,除了能提升施工人员的技术水平外,还能增强他们对施工标准与质量控制的认知。施工队伍的组织结构也至关重要,确保每个岗位的职责明确,避免因职责不清而造成工作遗漏或重复。每个施工环节,必须由专人负责,以确保各项任务按计划完成。在管理方面,强化团队协作与沟通尤为重要,尤其是在规模较大的水利水电工程中,各团队之间的协调能力显得至关重要。通过优化施工队伍的建设,能够更好地保证混凝土施工的顺利进行,提升工程整体的施工质量与效率。

4 结语

在水利水电工程中,混凝土施工技术对于确保工程质量、提升施工效率以及保障长期稳定运行至关重要。随着科技的进步,混凝土施工技术不断推陈出新,包括裂缝防治、大坝与水闸施工技术、混凝土振捣技术及施工质量管理措施的优化,这些创新有效支撑了水利水电工程的顺利实施。然而,在实际施工过程中,新技术的应用与推广仍需进一步加强,尤其是在优化混凝土配合比、提高施工队伍技术水平、加强质量控制等方面,仍存在较大提升空间。展望未来,随着智能化与数字化技术的广泛应用,混凝土施工技术将迎来更进一步的优化。这不仅将有助于提升施工质量与效率,还将为水利水电工程的可持续发展打下坚实的基础。希望本研究能够为水利水电工程领域的建设者提供切实可行的技术指导,并为推动行业的整体发展作出贡献。

[参考文献]

- [1]王荣华.混凝土施工技术在水利水电工程施工中的实践[J].四川水泥,2020(1):28.
 - [2]孙哈.刍议水利水电工程混凝土施工技术[J].科技风,2020(8):146.
 - [3]冯移旭.水利水电工程混凝土施工技术优化[J].建材发展导向,2021,19(4):77-78.
 - [4]胡开明.水利水电工程施工中混凝土施工技术应用[J].智能城市,2021,7(7):157-158.
- 作者简介:包华彦(1993.10—),毕业院校:广西大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:广西彰毅建设工程有限公司,职务:项目负责人,职称级别:工程师。

水利水电工程基础处理施工技术研究

武玉凤

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要] 水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分,其基础处理施工质量直接关系到工程的安全性、稳定性和可持续性。文中分析了锚固技术、预应力管桩技术、钻孔灌注桩技术及软土处理技术等关键施工方法,探讨了其在提高地基承载能力和稳定性方面的作用。研究表明,合理的基础处理技术能够有效减少工程风险,延长使用寿命,降低维护成本。同时,地质条件如水文环境、土质特性等对施工具有重要影响,需结合实际工程情况科学设计。

[关键词] 水利水电工程; 基础处理; 施工技术; 工程质量

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15560

中图分类号: TV543

文献标识码: A

Research on Construction Technology of Foundation Treatment for Water Conservancy and Hydropower Engineering

WU Yufeng

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: As an important component of national infrastructure, the quality of foundation treatment and construction in water conservancy and hydropower engineering directly affects the safety, stability, and sustainability of the project. The article analyzes key construction methods such as anchoring technology, prestressed pipe pile technology, drilled pile technology, and soft soil treatment technology, and explores their role in improving the bearing capacity and stability of the foundation. Research has shown that reasonable basic treatment techniques can effectively reduce engineering risks, extend service life, and reduce maintenance costs. At the same time, geological conditions such as hydrological environment, soil characteristics, etc. have a significant impact on construction and need to be scientifically designed based on actual engineering conditions.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; basic processing; construction technology; project quality

引言

水利水电工程是国家经济发展的重要支柱,其建设质量直接关系到社会经济的稳定运行和人民生活水平的提升。作为工程建设的关键环节,基础处理施工对工程的安全性、稳定性和可持续性具有决定性影响。科学合理的基础处理技术能够有效提高地基承载力,减少工程风险,延长使用寿命,并降低后期维护成本。同时,基础处理在环境保护方面也发挥着重要作用,能够减少对周边土地和水资源的负面影响,促进工程与生态环境的协调发展。因此,在工程设计和施工过程中,必须高度重视基础处理技术的选择与应用,严格按照技术规范实施,并对各施工环节进行全过程把控。本文旨在探讨水利水电工程基础处理施工技术的关键作用,结合实际案例,分析其在提升工程质量、保障工程安全及实现可持续发展中的重要意义,为相关领域的研究与实践提供参考。

1 水利水电工程基础处理施工技术应用的意义

水利水电工程基础处理施工技术的应用具有重要的现实意义,其优化工程设计、提高工程质量、降低工程成本和保障工程安全等方面的作用尤为突出。在工程设计阶段,基础处理施工技术能够为设计人员提供关于地质、水文等关键信息的参考,帮助优化施工方案,提升设计的科

学性和可行性。通过这种技术的应用,工程质量得到显著提高,施工中的地质问题、边坡加固等关键环节得以有效解决,从而增强工程的稳定性和安全性。同时,基础处理施工技术在降低工程成本方面发挥着重要作用。通过合理设计和施工,避免因地质问题引发的返工或补救措施,节省了人力、物力和时间成本。此外,先进的施工技术还能提高施工效率,缩短工程周期,进一步降低整体成本。在保障工程安全方面,基础处理施工技术能够应对复杂的地质条件和环境因素,预防地质灾害和事故的发生,确保工程的安全性。综合来看,水利水电工程基础处理施工技术的应用不仅优化了工程设计和施工流程,还显著提高了工程质量和安全性,同时降低了施工成本。这些优势的综合作用,为水利水电工程的顺利实施和长期稳定运行提供了坚实的技术支撑,也为类似工程的未来发展积累了宝贵经验。

2 水利水电工程基础处理施工技术的种类和应用

2.1 锚固技术

锚固技术是水利水电工程基础处理中的一项关键技术,主要用于提高工程结构的稳定性和可靠性。其核心原理是通过锚杆将混凝土结构与地基岩层紧密连接,从而将荷载有效传递至深层岩体,增强基础的抗压性和整体稳定性。锚固技术主要分为预应力岩锚和混凝土预应力拉锚两

种类型,具体选择需根据工程地质条件和施工需求进行合理确定。在施工过程中,锚固技术的应用需注意多个关键环节。首先,锚固件的准确定位至关重要,避免偏移或错位,以确保荷载传递的有效性。其次,锚固件之间的间距需科学设计,确保基础受力均匀,防止局部应力集中。此外,锚固件的质量和规格必须符合工程标准,以保证其承载能力和耐久性。施工过程中还需加强监测和安全措施,确保施工人员的安全和工程的顺利进行。锚固技术的应用不仅能够显著提高水利水电工程的基础稳定性,还能优化施工体系,减少资源浪费。通过将混凝土与岩层紧密结合,锚固技术有效提升了工程的整体性能,为水利水电工程的安全性和长期运行提供了可靠保障。因此,在实际工程中,科学合理地应用锚固技术是实现高质量施工的重要手段。

2.2 钻孔灌注桩施工技术

钻孔灌注桩以其灵活性和适应性广泛应用于复杂地质条件。其施工流程包括成孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等关键环节。通过正反循环钻机等设备成孔后,需精准控制泥浆护壁参数以防止塌孔,并利用清孔技术清除孔底沉渣,确保桩体与基岩结合紧密。相较于预制桩的锤击法,该技术具有施工噪音低、桩径可调范围大(通常可达1.5米以上)的优势,尤其适用于软土、砂层及岩溶发育地区的地基加固。然而,该技术对施工工艺要求较高。混凝土灌注过程中若泥浆比重控制不当或清孔不彻底,易导致桩身夹泥、缩径等缺陷。因此,需通过泥浆指标动态监测、超声波桩身完整性检测等手段强化质量控制。在水利水电工程中,其应用价值体现在高承载力与抗震性能上,但需结合地质勘察数据优化桩长与配筋设计,以平衡成本与效益。未来,智能化成孔设备与自密实混凝土材料的结合,将进一步提升该技术的可靠性与经济性。

2.3 预应力管桩施工技术

预应力管桩施工技术是水利水电工程中一种重要的基础处理技术,主要用于提高桩基的承载能力和抗震性能。该技术通过施加预应力,使桩身与土体形成整体,从而增强基础的稳定性和耐久性。根据施工方法的不同,预应力管桩技术可分为先张法和后张法,两者各有特点,适用于不同的工程场景。先张法是在桩身施工过程中施加预应力,适用于软土地基和抗震要求较高的工程。该方法通过预应力设备对桩身进行张拉,使桩身与地基紧密结合,从而提高整体荷载承载能力。先张法的优势在于施工效率高,能够有效提升桩身的抗压和抗拉性能,适用于对地基承载力要求较高的水利水电工程。后张法则是在桩身施工完成后,通过张拉钢筋或钢缆对桩身施加预应力。这种方法适用于地质条件复杂、土体层次较多的地区,如弱土层或胀缩土地基。后张法能够显著提高桩身的强度和稳定性,同时具有较强的适应性,能够应对复杂的地质环境。在施工过程中,选择合适的施工方法至关重要。振动法、锤击法、射水法和静压法等均可用于预应力管桩施工,具体选择需根据工程地质

条件和施工要求确定。此外,施工设备的选择和施工方法的优化也是确保工程质量和效率的关键。合理的设备配置和施工工艺能够有效提高施工效率,同时保障施工安全。综上所述,预应力管桩施工技术通过先张法和后张法的灵活应用,能够显著提升水利水电工程基础的承载力和稳定性。科学选择施工方法和设备,优化施工工艺,是实现高质量基础处理的重要保障,为工程的长期安全运行奠定坚实基础。

2.4 换填施工技术

换填施工技术是水利水电工程基础处理中的重要技术之一,主要用于改善地基土壤的承载能力和稳定性,从而确保工程的安全性和长期运行性能。该技术通过挖掘不良土层并替换为优质填料,能够有效提升地基的负荷性,减少沉降和变形的风险。在施工前,首先需要对施工区域的土壤进行清理和挖掘,以去除不符合要求的软弱土层或不良地质材料。这一步骤是确保换填效果的基础,能够减少不良地质因素对工程的潜在影响。随后,选择承载能力强、含水量适宜的优质土壤进行填充。合理选择填料是换填施工的关键,直接关系到地基的承载能力和稳定性。施工过程中,需结合现场实际情况进行测量放样,明确换填的深度和范围,以确保施工的准确性和有效性。针对不同的地质条件和工程需求,可对换填方案进行优化调整,例如采用分层换填或局部加固等方式,进一步提升地基性能。换填完成后,还需对填料进行夯实处理,通过机械或人工方式提高填料的密实度和稳定性,确保其长期性能。换填施工技术的应用不仅能够显著改善地基土壤的物理力学性质,还能有效降低工程风险,提高施工质量。此外,通过科学规划和优化施工工艺,可以进一步提升施工效率,降低工程成本。因此,换填施工技术在水利水电工程中具有重要的应用价值,为工程的稳定性和安全性提供了可靠保障。

3 水利水电工程基础处理施工技术应用的有效策略

3.1 加强前期勘察与评估,确保施工技术选择的科学性

在水利水电工程基础处理中,前期勘察与评估是决定施工技术合理性的核心环节。通过系统性的地质勘察,全面获取工程区域的地形特征、岩土性质、地下水位及水文环境等关键数据,为施工方案提供精准的技术支撑。例如,利用地质钻探、物探技术及土工试验,能够准确识别软土层分布、岩石裂隙发育等潜在风险,并量化地基的承载能力与变形特性,从而预判施工中可能出现的沉降或滑移问题。基于勘察成果,施工团队可结合工程需求与设计标准,科学选择适配的基础处理技术。例如,针对深厚软土地基,采用深层搅拌桩或预应力管桩可有效提升地基承载力;而对节理发育的岩层,则优先选用钻孔灌注桩或爆破开挖结合锚固技术,确保基础稳定性。这种针对性选择不仅规避了技术应用的盲目性,还通过优化资源配置显著提升了施工效率与经济性。此外,前期勘察与评估为动态调整施工策略提供了依据。例如,在复杂地质条件下,通过实时监测数

据修正施工参数（如桩长、灌浆压力），可进一步提升技术适应性。因此，强化前期勘察与评估不仅是保障工程安全与质量的前提，更是实现技术经济性与环境友好性平衡的关键路径，为水利水电工程的可持续发展奠定科学基础。

3.2 注重施工过程的监控与检测，确保施工质量与安全

在水利水电工程的基础处理施工中，施工过程的监控与检测是确保工程质量和安全的核心环节。施工人员需要通过科学的监测手段和严格的质量控制体系，全面把控每个施工环节，确保每一步操作都符合设计要求和技术标准。具体而言，施工监控应包括以下几个方面：首先，对地基沉降、变形等关键指标进行实时监测，利用先进的传感器和数据采集系统，及时发现潜在的问题；其次，对施工材料和施工设备进行严格的资质审核和性能检测，确保其符合工程要求；最后，针对施工操作的规范性进行动态检查，确保施工人员严格按照技术方案和操作规程执行。通过强化监控与检测，可以在施工过程中及时发现并解决问题，避免因材料不合格、操作不规范等原因导致的质量隐患。例如，当检测到地基沉降超出预警值时，施工人员可以及时调整施工方案或采取加固措施，以确保工程的整体稳定性。此外，施工现场还需建立完善的质量管理制度，包括定期的施工质量检查和隐蔽工程验收，确保每个施工环节都符合设计要求和规范标准。

3.3 加强技术创新与人才培养，提升施工技术水平

在水利水电工程基础处理施工技术应用中，加强技术创新与人才培养是提升施工技术水平的重要途径。随着工程需求的日益提高，传统施工技术已难以满足现代工程对高效、安全和环保的要求。因此，必须注重技术创新，通过研发和推广新技术、新工艺、新材料，优化和完善现有施工技术，从而提高施工效率和质量。

在技术创新方面，施工团队需要积极引入智能化、数字化施工设备和技术，如BIM技术、无人机监测、智能监控系统等，实现施工过程的精细化管理。同时，注重新材料的研发与应用，例如高性能混凝土、环保型加固材料等，进一步提升工程的耐久性和稳定性。此外，通过技术创新，可以显著降低施工成本，缩短施工周期，为工程的高效实施提供有力支持。在人才培养方面，加强教育培训和实践锻炼尤为重要。施工人员需要掌握先进的施工技术和理论知识，熟悉复杂工程环境下的操作要求。通过系统化的培训和实践操作，可以培养一支专业素养高、创新能力强的施工队伍。例如，通过模拟训练、案例分析和实地指导，帮助施工人员更好地应对突发问题，提升其解决问题的能力和技术水平。总之，技术创新与人才培养是提升水利水电工程基础处理施工技术水平的双轮驱动。通过不断推动技术进步和队伍建设，可以显著提高施工质量和效率，为工程的顺利实施和长期稳定运行提供坚实的技术支撑，同时为未来的技术发展奠定坚实基础。

3.4 完善施工管理体系与制度建设，保障施工技术的顺利实施

在水利水电工程基础处理施工中，完善的施工管理体系与制度建设是保障施工技术顺利实施的核心保障。通过优化管理体系，施工单位能够明确各级管理职责，确保施工过程高效协调、有序推进，避免因管理混乱或职责不清导致的施工延误或质量问题。优化的管理体系为施工技术提供系统化支持，使得各项施工活动能够有章可循、有据可依，确保技术实施的规范性和科学性。在制度建设方面，制定科学合理的施工规范和操作规程是确保施工质量和安全的基础。这些规范明确了施工技术的具体要求和操作指导，减少了因操作不规范导致的质量隐患。此外，建立施工技术的审核和验收机制，能够定期评估技术实施效果，确保施工技术的有效性和适用性。通过这些制度建设，施工过程中的质量管理和安全管理得到了有力保障，为工程的高质量完成奠定了坚实基础。

4 结束语

水利水电工程基础处理施工技术的应用，是确保工程安全性、稳定性和可持续性的关键环节。通过优化工程设计、提高工程质量、降低工程成本以及保障工程安全，基础处理施工技术为水利水电工程的高效实施提供了坚实保障。本文系统分析了锚固技术、钻孔灌注桩技术、预应力管桩技术及换填技术等关键施工方法，探讨了其在提升地基承载力、减少安全隐患、延长工程寿命等方面的重要作用。同时，强调了前期勘察与评估、施工过程监控与检测、技术创新与人才培养以及施工管理体系与制度建设在施工技术应用中的重要性。未来，随着科技的不断进步和工程需求的日益提高，水利水电工程基础处理施工技术将朝着更高效、更智能、更环保的方向发展。通过持续的技术创新和科学管理，水利水电工程基础处理施工技术将为工程的长期稳定运行和社会经济的可持续发展提供更强有力的支撑。

【参考文献】

- [1] 张金龙. 水利水电工程基础处理施工技术浅析[J]. 治淮, 2023(12): 58-59.
 - [2] 陈保翠. 水利水电工程基础处理施工要点及应用实践[J]. 中华建设, 2022(4): 159-160.
 - [3] 王久春. 水利工程施工中软基基础处理技术分析[J]. 运输经理世界, 2020(16): 139-140.
 - [4] 刘晓伟. 浅析水利水电工程基础处理施工技术[J]. 居业, 2021(8): 77-78.
 - [5] 郭振锋. 水利水电工程的基础施工技术分析[J]. 长江技术经济, 2021, 5(2): 26-28.
- 作者简介：武玉凤，女，汉族，籍贯：甘肃省张掖市，高级工程师，学历：本科，研究方向：施工技术管理，单位：中国水利水电第十一工程局有限公司。

水利水电工程土石方施工中的技术难点与解决方案

李宝东

甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要] 水利水电工程土石方施工是项目建设的关键环节之一, 涉及大量的土石方开挖、运输、堆放等作业。由于施工过程中常遇到地质条件复杂、施工环境恶劣以及设备管理不当等问题, 往往导致施工进度滞后、成本超支等情况。此文首先分析了水利水电工程土石方施工中的主要技术难点, 如地质复杂性、施工技术不适应等, 随后提出了相应的解决方案, 包括优化施工工艺、提高设备效率和加强现场管理等措施。通过这些措施的有效实施, 能够提高施工效率, 保证项目质量和安全。

[关键词] 土石方施工; 技术难点; 解决方案; 水利水电工程; 施工管理

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15556

中图分类号: TV54

文献标识码: A

Technical Difficulties and Solutions in Earthwork Construction of Water Conservancy and Hydropower Projects

LI Baodong

Gansu Puxin Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: The earthwork construction of water conservancy and hydropower engineering is one of the key links in project construction, involving a large amount of earthwork excavation, transportation, stacking and other operations. Due to complex geological conditions, harsh construction environments, and improper equipment management during the construction process, delays in construction progress and cost overruns are often encountered. This article first analyzes the main technical difficulties in earthwork construction of water conservancy and hydropower projects, such as geological complexity and unsuitable construction techniques. Subsequently, corresponding solutions are proposed, including optimizing construction processes, improving equipment efficiency, and strengthening on-site management. The effective implementation of these measures can improve construction efficiency, ensure project quality and safety.

Keywords: earthwork construction; technical difficulties; solutions; water conservancy and hydropower engineering; construction management

引言

水利水电工程的土石方施工是整个工程建设过程中最基础也是最复杂的一部分。施工过程中, 需要面对地质条件的变化、自然环境的不确定性以及施工机械设备的管理与维护等诸多挑战。因此, 土石方施工的技术难点需要得到充分的分析和解决, 以保证施工进度和质量。本文将探讨水利水电工程中土石方施工面临的主要技术难点, 并提出相应的解决方案。

1 水利水电工程土石方施工中的主要技术难点

1.1 地质条件复杂, 土层和岩层不稳定

水利水电工程的施工区域通常位于山区、峡谷或河谷等地, 这些地区的地质条件较为复杂, 涉及到不同的土层、岩层及地下水位。土层的稳定性差, 软土、松散层或不均匀的岩层分布是常见现象, 这为土石方施工带来了很大的困难。在土石方施工时, 如何准确评估土石方的开挖难度, 选择合适的施工方法至关重要。如果地质条件评估不充分或施工方法不当, 可能导致岩石崩塌、土体塌方, 进而影响施工进度与安全。因此, 前期勘察和评估工作的准确性对于施工的顺利进行起到了决定性作用^[1]。

1.2 施工现场环境恶劣

水利水电工程的施工环境通常非常恶劣, 施工现场往往位于交通不便的山区或河谷地带, 往返施工物资、设备及人员的运输都受到很大限制。施工区的气候条件变化较大, 降水量高、气温波动大, 风速强等因素都可能影响施工进度。此外, 恶劣天气可能导致工期延误、设备受损或施工现场交通中断, 这使得施工人员不得不面对更高的安全和技术风险。即便是小范围的环境变化, 也可能对施工操作产生深远的影响, 增加了管理和调度的复杂性。

1.3 机械设备的使用和维护问题

土石方施工过程离不开重型机械设备的支持, 如挖掘机、推土机、运输卡车等。然而, 施工现场往往面临设备老化、设备维护不当或机械与环境不适配的问题。在地形复杂、土质多变的环境中, 重型机械往往面临适应性差、作业效率低、故障频发等问题。机械故障不仅会导致施工中断, 还可能造成较高的修理成本和设备损坏, 影响整体施工进度。因此, 如何提高设备的适应性、延长使用寿命以及优化设备管理是土石方施工中的关键问题。

1.4 安全隐患较多

在土石方施工过程中,由于大规模的开挖作业,安全隐患较为突出。特别是在岩土层不稳定或深度较大的区域,岩石崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害风险较高。此外,重型机械作业频繁,也容易导致机械事故、人员伤亡等安全事故的发生。由于土石方施工现场通常缺乏足够的安全保障措施,如何有效进行安全风险评估、落实施工安全规范,成为保障施工安全的关键。采取合理的安全管理体系、定期的安全检查、应急预案的制定及演练,可以有效降低施工中的安全隐患,确保项目顺利进行。

2 解决方案与优化措施

2.1 精准的地质勘察与工程设计优化

针对复杂的地质条件,精准的地质勘察是保障土石方施工顺利进行的前提。通过详尽的勘察工作,能够准确掌握土层、岩层的分布特征及其稳定性,及时发现潜在的地质隐患。勘察结果为工程设计提供重要依据,确保施工方案的科学性和合理性。在设计过程中,应根据不同地质条件选择适当的施工方法。例如,在土层较松软的区域,可以选择机械挖掘;而在岩石较多的区域,则应采用爆破或钻孔开挖方式。同时,合理的设计方案还可以有效规避开挖过程中可能出现的风险,确保施工的安全性和高效性。

2.2 提高施工机械的适应性与管理

为了提高施工效率,需确保施工机械设备在恶劣环境下的良好运转。定期对机械设备进行检修和维护,及时更换老化零件,保证设备的高效性和稳定性。同时,应根据施工环境的特殊性,引进适应性更强的新型机械设备。例如,自卸卡车、履带式挖掘机等,可以在复杂地形中提供更好的适应性,减少因设备故障造成的工期延误。此外,优化设备管理流程,实行设备信息化管理,利用数字化技术对设备状态进行实时监控,提前发现潜在问题,防止设备故障的发生,从而提升施工效率^[2]。

2.3 优化施工工艺与技术手段

施工工艺和技术手段的优化是提升施工质量和效率的重要手段。针对不同地质条件,应选择合适的施工工艺。例如,对于软土层区域,可采用浅开挖工艺减少土体扰动,而在硬岩区域,采用爆破或钻孔开挖能够提高施工效率。随着科技的发展,智能化施工监控系统的引入,对提高施工效率具有重要意义。通过实时监控系统,可以对施工进度、设备运行、环境条件等进行实时调整和优化,确保施工过程中的各项工作有序进行,减少人为操作失误,提高施工的精度和效率。

2.4 加强安全管理与应急预案

土石方施工过程中安全隐患较多,因此必须加强安全管理,制定完善的安全生产制度。施工单位应定期组织安全检查,发现并消除潜在的安全隐患,确保作业人员的安全。同时,要根据施工现场的具体情况制定应急预案,针

对可能发生的突发事件进行详细演练,确保施工团队在危急时刻能够迅速反应,有效应对。通过健全的安全生产制度和应急预案,可以大大降低施工过程中的安全风险,保护施工人员的生命安全和工程的顺利进行。

2.5 加强项目管理与协调

有效的项目管理与协调是提高施工效率和质量的关键。在土石方施工中,项目管理者应密切协调各个施工环节,确保人员、设备、物资的及时到位,避免因资源浪费或调度不当造成工期延误。此外,通过优化项目管理流程,科学调配施工资源,能够提升施工的整体效率。在施工过程中,项目经理应加强现场管理和监督,确保每个施工环节按时按质完成。通过高效的项目管理和协调,不仅能够减少成本浪费,还能提高工程质量,确保土石方施工的顺利完成。

3 施工质量控制与保障措施

3.1 施工过程中的质量监控

在土石方施工过程中,质量监控是确保工程顺利进行的关键。施工单位应严格检查每个环节,确保施工质量符合设计要求,避免返工或延误。现代化检测技术至关重要,例如,使用地质雷达进行土层和岩层探测,实时掌握潜在风险点。激光测量仪器和全站仪可精确监控开挖深度和坡度,确保符合设计要求。对于土质变化较大的区域,应增加测量频次,及时调整施工方法,以确保工程精度。尤其在复杂地质环境下,精确监控有助于减少土方浪费和工程成本,同时保证施工质量。质量监控不仅依赖技术,还需要施工人员的持续跟踪和记录。通过信息化管理平台,将监控数据实时上传云端进行分析和预警,及时发现问题并采取调整措施,确保施工质量达标。

3.2 施工过程中的环境保护措施

土石方施工可能对周边环境产生不良影响,特别是水土流失和污染物排放。因此,施工前应制定详细的环境保护计划,并严格执行环保措施。施工过程中,土方堆放和开挖作业易产生泥浆和废水,需设置沉淀池和废水处理设施,确保废水处理后再排放,避免污染水源。应定期进行水质监测,确保排放符合环保标准。此外,在山区和河谷地区,施工易引起水土流失,可通过设置护坡、加固排水设施和覆盖植被等措施减少土壤流失。对于易受生态破坏的区域,施工单位应科学规划并在工程完成后恢复植被,保持生态平衡。同时,施工过程中应采取噪声控制和扬尘抑制措施,使用低噪音设备和喷雾装置减少污染,保障周围居民的生活质量^[3]。

4 施工进度的优化与控制

4.1 制定合理的施工计划

土石方施工的顺利推进离不开合理的施工计划。在项目启动阶段,施工单位应根据工程的具体规模、地质条件、资源配置和工期要求,制定出科学且可操作的施工计划。

施工计划应包括各施工阶段的工作内容、时间节点及工期安排,明确每个环节的责任人和关键任务,确保项目在各个阶段的顺利实施。施工计划应根据土石方施工的特殊性进行详细安排。例如,在复杂地质区域进行土石方施工时,提前做好地质勘察和风险评估,制定合理的开挖、运输和堆放方案。与此同时,考虑到施工中可能出现的突发情况,如恶劣天气、设备故障等,计划中应设置合理的缓冲时间,以应对不可预见的延误。通过详细规划每个施工阶段的时间节点,可以有效防止因阶段间协调不当或工期不足而造成的施工滞后。为了确保施工计划的有效执行,施工单位应在施工过程中持续跟踪项目进度,及时对照计划进行检查和调整。如果出现计划滞后的情况,相关部门应及时采取措施,调整资源配置、优化施工方法,确保工期不受到太大影响^[4]。

4.2 强化施工资源调配

高效的施工资源调配是确保施工按时完成的关键。首先,人员配置应根据施工环节需求合理分配,尤其是在土石方施工中,需根据地质条件安排具备经验的技术人员进行操作和管理,以提高施工效率。其次,物资调配应与施工进度相匹配,确保土方、支撑材料等物资及时供应,避免因物资短缺造成工期延误。施工现场应加强物资管理,确保材料按需储备,保证施工的连续性。机械设备方面,土石方施工依赖重型机械设备的高效运作。为避免设备闲置或故障影响施工进度,需加强设备调度和定期维护,确保设备高效运转。根据施工环境的不同,适时引入新型设备,提高施工效率。工期预测是进度控制的关键手段。施工单位应实时评估进度,发现偏差后快速调整资源调配,避免浪费并确保项目按期完成。通过科学调配资源和动态管理,能有效提升施工效率,确保按时交付。

5 创新技术在土石方施工中的应用

5.1 无人机与卫星遥感技术的应用

随着科技的不断进步,遥感技术在土石方施工中的应用越来越广泛,特别是无人机和卫星遥感技术。无人机作为一种高效的实时监测工具,能够为施工现场提供精准的地面数据,极大地提高了施工过程中的监控精度。通过无人机进行空中拍摄,可以及时获取土石方开挖的实际进度,实时评估土方的堆放情况、开挖深度以及施工区域的地质特征。这些数据可以通过图像识别和分析技术进行处理,帮助施工人员快速识别潜在问题,如土体不稳定、开挖偏差等,从而及时调整施工策略,避免施工质量问题或工期延误。

无人机的高效性不仅体现在数据采集上,还可以减少人工巡查的工作量,尤其是在大型和复杂的施工区域,传统的人工巡查往往存在效率低、误差大的问题。而无人机

能够在短时间内完成大范围的监测,极大地提高了施工监控的效率和准确性。此外,卫星遥感技术也在土石方施工中发挥着重要作用。卫星遥感通过卫星拍摄获取地表的高分辨率影像,可以有效监测大范围区域的地质变化、植被分布和环境状况等,为施工提供科学依据。

5.2 智能化施工设备的应用

随着智能化技术的发展,智能施工设备在土石方施工中的应用越来越广泛。通过集成 GPS、自动化控制系统和物联网等技术,这些设备不仅提高了施工效率,还增强了施工的安全性和精确性。例如,自动驾驶挖掘机、无人运输车和智能压实设备能够根据预设任务自动执行,减少人工干预,降低操作错误。设备的工作状态、位置和进度可通过数据平台实时监控,施工指挥中心能够精确调度,提高资源利用率并减少空闲时间和设备重复使用。智能化设备的应用降低了人员劳动强度,减少了人为事故风险,提升了施工安全性。同时,借助大数据分析和机器学习,设备可以动态调整施工参数,优化挖掘深度和土方堆放策略,确保质量稳定和工期控制。这些智能设备的协作大幅提升了土石方施工现场的自动化水平,提高了施工精度、效率和安全性,推动了施工技术进步,并为项目的顺利实施提供了强有力的技术保障^[5]。

6 结语

水利水电工程的土石方施工是一个技术性强、挑战多的工程任务。面对复杂的地质条件和施工环境,只有通过精确的地质勘察、科学的施工工艺、先进的机械设备以及完善的安全管理措施,才能有效解决施工中的技术难点,确保施工进度和质量。随着智能化技术的不断发展,土石方施工的效率 and 安全性将进一步得到提升。未来,应继续加强技术创新与管理优化,为水利水电工程的顺利建设提供保障。

【参考文献】

- [1] 范亦农. 苗家坝水电站施工组织管理及坝料开采爆破技术研究[D]. 陕西: 西安理工大学, 2010.
- [2] 唐伟. 土石方开挖施工技术在水利水电工程中的应用分析[J]. 四川水泥, 2023(6): 169-171.
- [3] 赵风海. 水利水电工程施工土石方调配方法及其应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(5): 177-180.
- [4] 钟鸣. 水利水电工程土石方爆破施工技术研究[J]. 陕西水利, 2022(9): 150-151.
- [5] 段志伟, 杨寿碧, 何斌. 水利水电工程土石方施工技术分析[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(8): 138-140.

作者简介: 李宝东(1990.7—), 男, 毕业院校: 兰州大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 职称级别: 工程师。

智能电网中的电力设计关键技术解析

徐华栋

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 智能电网技术是现代电力系统发展的趋势, 它通过信息通信技术的应用提升了电网的智能化水平, 优化了电力资源的配置和管理。文中旨在解析智能电网中的电力设计关键技术, 探讨其在电力调度、能源管理、设备保护等方面的应用。首先, 介绍了智能电网的基本概念及其发展背景, 分析了电力设计中所面临的挑战。接着, 深入探讨了智能电网中的关键技术, 如先进的负荷预测算法、动态配电网络的优化设计、电力设备的智能监控与保护技术等。最后, 提出了智能电网设计中技术实施的难点及未来发展方向。

[关键词] 智能电网; 电力设计; 负荷预测; 配电网络; 设备保护

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15548

中图分类号: TM73

文献标识码: A

Analysis of Key Technologies for Power Design in Smart Grid

XU Huadong

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Smart grid technology is a trend in the development of modern power systems. It enhances the intelligence level of the power grid and optimizes the allocation and management of power resources through the application of information and communication technology. The article aims to analyze the key technologies of power design in smart grids and explore their applications in power dispatching, energy management, equipment protection, and other areas. Firstly, the basic concept and development background of smart grid were introduced, and the challenges faced in power design were analyzed. Subsequently, key technologies in smart grids were explored in depth, such as advanced load forecasting algorithms, optimized design of dynamic distribution networks, and intelligent monitoring and protection technologies for power equipment. Finally, the difficulties and future development directions of technical implementation in smart grid design were proposed.

Keywords: smart grid; power design; load forecasting; distribution network; equipment protection

引言

随着全球能源需求的增长和可再生能源的广泛应用, 智能电网成为提高电力系统可靠性、灵活性和可持续性的关键技术。智能电网通过实时数据采集和信息处理, 可以实现电网运行状态的实时监控、预测与调度, 从而实现能源的高效利用和分配。电力设计作为智能电网的核心环节之一, 需要依托先进的技术手段, 合理设计电力系统结构和调度策略。本文通过分析智能电网中的电力设计关键技术, 旨在为推动智能电网的建设和优化提供技术支持和理论依据。

1 智能电网技术概述

1.1 智能电网的定义与发展历程

智能电网 (Smart Grid) 是指通过现代信息技术、通讯技术、自动化技术、控制技术等手段, 优化电力系统的运行、调度、管理及监控, 实现电力生产、传输、分配、使用各环节的智能化。智能电网不仅提升了电网的自我感知、自动控制和自我修复能力, 还增强了其与分布式能源、可再生能源、需求响应等现代电力系统功能的兼容性。智能电网的概念始于20世纪90年代的“电网自动化”概念, 随着信息技术的快速发展, 智能电网逐渐走向成熟。从最

初的自动化系统, 到2000年后电网现代化和智能化的加速发展, 再到如今结合大数据、人工智能、物联网等先进技术的全方位智能电网, 已成为全球电力系统的重要发展趋势。

1.2 智能电网在现代电力系统中的重要性

智能电网在现代电力系统中的重要性体现在多个方面。首先, 随着可再生能源 (如太阳能、风能等) 的广泛接入, 传统电网面临着负荷波动性和调度难度加大的问题。智能电网通过实时监控和动态调度, 使电网能够更好地适应可再生能源的波动, 确保电力供应的稳定性和可靠性。智能电网通过信息化技术提高电网的自愈能力。一旦发生故障, 系统可以自动检测并快速定位故障区域, 减少停电时间并提高系统的整体安全性。同时, 智能电网能够精确预测用电需求, 优化电力调度, 提升资源利用效率, 减少能源浪费。智能电网还能够促进能源管理和智能计量, 用户可以根据电网提供的实时信息合理调整用电行为, 推动需求响应管理, 实现能源的高效分配与使用^[1]。

1.3 智能电网与传统电网的区别

智能电网与传统电网的主要区别在于智能化与自动化程度的不同。传统电网主要依赖于人工干预进行调度和故障处理, 电力设备的监控和维护多为定期检查, 缺乏实

时反馈与自我修复能力。而智能电网则通过信息通信技术、传感器、自动化设备等实现对电网运行状态的实时监控,能够自我检测、自我诊断并快速响应,显著提升电网的可靠性与运行效率。传统电网多采用单向电力传输,从发电端向终端用户供电,缺乏灵活性。智能电网则通过双向数据流和信息传输,实现了电力的双向流动,支持用户端(如分布式发电、家庭储能等)的电力反馈到电网,实现电力供需的动态平衡和优化。智能电网在结构、功能、技术和管理模式等方面与传统电网有着显著差异,代表了未来电力系统的发展方向。

2 智能电网设计中的关键技术

2.1 先进的负荷预测技术

负荷预测是智能电网设计中的关键技术之一,它直接影响电网的调度与优化管理。传统的负荷预测方法主要依赖于历史数据和线性模型,通常难以应对电力需求的波动和突发性事件。随着信息技术和大数据的快速发展,先进的负荷预测技术逐渐引入了机器学习、人工智能和深度学习算法,使得负荷预测的精度大幅提升。这些新兴技术通过对大量历史数据、气象条件、节假日等因素进行多维度分析,能够更准确地预测未来的负荷需求。同时,基于实时数据的动态预测技术使得电网能够根据变化的负荷情况快速调整运行策略,有效避免了因预测误差引发的电力浪费或供应不足。因此,先进的负荷预测技术为智能电网的高效运行提供了保障,尤其在分布式能源和可再生能源接入较多的电网中,负荷预测的精确性更显得至关重要^[2]。

2.2 电力设备的智能监控与保护技术

电力设备的智能监控与保护技术是智能电网设计中不可或缺的部分。传统电力系统中的设备监控多依赖人工巡检和定期检查,且故障诊断多为人工操作,存在响应滞后和故障处理不及时的问题。而智能电网通过实时监控和智能化保护技术,实现了对电力设备的24小时全方位监控和自动化故障诊断。智能电力设备监控系统利用传感器、智能化保护装置、数据采集与通信技术等手段,实时采集设备的运行数据,包括电压、电流、温度、频率等信息,并通过数据分析模型预测设备的健康状态。一旦出现异常,系统会自动发出警报并启动相应的保护措施,如自动切换负荷或停运故障设备,减少停机时间和设备损害。同时,这些系统还能对电力设备进行状态监测,实时更新设备的运行寿命,提供维修建议,延长设备的使用寿命。

2.3 配电网络优化设计

配电网络的优化设计是确保智能电网高效稳定运行的核心技术之一。在传统电网中,配电网络通常基于固定的线路和负荷配置,缺乏灵活性和适应性。而智能电网通过引入先进的优化设计技术,使配电网络能够根据实际需求和运行状态动态调整。配电网络优化设计包括两个方面:一是拓扑优化,二是实时调度优化。拓扑优化技术通过分

析电网的负荷分布和供电可靠性,动态调整配电线路的结构,使电力传输更加高效,减少输电损耗。实时调度优化则通过利用大数据、云计算等技术,根据用电需求、发电状况及设备健康状态实时调整电力分配,使电网能够在不同负荷情况下快速适应,确保能源的高效利用。智能电网的配电网络还支持分布式能源和储能设备的接入,能够在需求高峰期间合理调度分布式发电与储能系统,缓解电网的负荷压力,提高电网的灵活性和韧性。

3 智能电网电力设计中的挑战与难点

3.1 多种能源接入的协调问题

随着可再生能源(如风能、太阳能)接入电网,电力系统的运行面临着巨大的挑战。可再生能源具有波动性和间歇性,难以像传统能源那样稳定输出,这使得电力调度和负荷管理变得更加复杂。智能电网需要应对的一个关键问题是如何高效协调多种能源的接入与输出,保证电网供电的稳定性和可靠性。在此背景下,智能电网的设计需要集成分布式能源管理系统,这些系统能够根据电力需求、天气状况、季节变化等因素动态调节各类能源的发电量。同时,电网必须具备快速响应的能力,能够在发生供电波动时及时调节电力来源。智能调度系统和储能技术的结合,有助于平衡传统电力与可再生能源之间的供需差异,提高电网的稳定性和可靠性。

3.2 信息安全与数据隐私保护

智能电网依赖大量的传感器、数据采集设备和信息技术来实现对电网运行状态的实时监控和控制,这导致电网数据量巨大,且数据的传输和存储过程面临较高的安全风险。智能电网中涉及的设备、用户数据、调度信息等都可能成为攻击的目标,因此信息安全和数据隐私保护是智能电网设计中的重要挑战。一方面,智能电网的设备需要通过加密技术、身份认证、访问控制等手段保护数据的安全,防止恶意攻击和数据泄露。另一方面,智能电网中的海量数据需要妥善管理,确保个人隐私不被侵犯,特别是用户用电数据可能泄露用户的生活习惯等隐私信息。因此,智能电网的设计必须充分考虑信息安全和隐私保护机制,采用先进的安全技术和标准,如区块链技术、物理隔离、防火墙等,确保电网数据的完整性和用户隐私的安全^[3]。

3.3 电网稳定性与设备故障应急管理

智能电网由于集成了大量的智能设备和通信系统,其稳定性和安全性面临更大的挑战。电网故障不仅会影响电力供应,还可能导致系统级别的连锁反应。如何在设备发生故障时及时做出响应并确保电网系统的快速恢复,是智能电网设计中的一大难题。智能电网应急管理的难点在于故障诊断和应急响应的及时性。尽管智能电网具备实时监测功能,能够及时发现故障并定位问题区域,但由于电网规模庞大,故障发生的位置和类型复杂多变,准确识别并采取合适的应急措施仍然具有挑战性。为此,智能电网需

要借助人工智能与大数据分析技术,实现故障预测与预警,提前部署应急预案,并通过自动化保护系统快速隔离故障区域,避免故障蔓延,减少停电时间。设备故障后的快速恢复也是保证电网稳定运行的关键。智能电网需要配备自动修复机制,如自愈功能,能够在发生故障时自动恢复电力供应,减轻人工干预的负担,提高系统的抗风险能力。

4 智能电网技术的未来发展趋势

4.1 可再生能源的深度融入与智能电网协同发展

随着全球对可再生能源的关注不断增加,未来的智能电网将迎来可再生能源深度融入的新时代。风能、太阳能等可再生能源由于其波动性和间歇性特征,给传统电网带来了不小的挑战。为了解决这一问题,智能电网技术将与可再生能源实现深度协同发展,以提高电网的稳定性和灵活性。智能电网将通过集成先进的储能技术、分布式能源管理系统以及负荷预测技术,实现对可再生能源的有效调度和管理。通过储能系统,电网能够在可再生能源发电量过剩时将多余的电能储存起来,在发电量不足时再进行调度,从而平衡供需关系。智能电网将能够实时监控可再生能源的生产与消费状态,依据实时数据调整电网运行策略,使得电网能够高效处理不同类型能源的波动。智能电网与可再生能源的结合将推动分布式发电的普及,未来的电网将不再是单向的电力传输系统,而是一个多向互动的动态系统。这种协同发展将促进电力行业的绿色转型,推动全球能源结构的优化。

4.2 人工智能与机器学习在智能电网中的应用

人工智能(AI)和机器学习(ML)技术在智能电网中的应用将是未来发展的重要趋势。通过人工智能技术,智能电网能够实现更为精准的负荷预测、电力调度与故障诊断,极大地提高电网的运行效率和智能化水平。AI技术能够优化电力系统的调度决策。传统的电网调度通常依赖于人工分析和历史数据,但随着电网规模和复杂性的增加,人工调度方法逐渐无法满足需求。通过机器学习算法,智能电网能够实时收集和分析来自各个环节的数据,识别潜在的电力需求波动趋势,并根据数据动态调整调度策略,提高电网的响应能力和优化效果。人工智能在电力设备的维护和故障诊断中也具有广泛应用。通过深度学习模型,智能电网可以对设备的运行状态进行全面监控,预测设备故障的发生,并及时发出预警,避免设备损坏或故障引发大规模停电事件。AI技术还可以通过分析设备的历史运

行数据,识别潜在的故障模式,优化维护计划,延长设备使用寿命^[4]。

4.3 电力市场与智能电网的结合

随着电力市场化改革的不断推进,电力市场与智能电网的结合将成为未来发展的另一个重要方向。电力市场的竞争性和灵活性要求电网具有高度的响应能力,以适应市场价格波动和需求变化。智能电网作为电力市场的重要支撑,将通过其先进的调度和管理功能,促进电力市场的高效运行。智能电网将提供实时的电力交易数据和市场信息支持,帮助电力市场参与者更好地进行电力购买、销售和交易决策。通过智能电网的集成系统,电力生产和消费端可以实时监控市场电价波动,优化电力使用和购买策略,降低成本。智能电网将能够实现需求响应管理,使得消费者能够根据市场价格波动调整用电行为,进一步提高电力市场的效率和灵活性。智能电网将推动更加灵活和高效的电力市场机制,支持大规模分布式能源的参与,推动能源的去中心化和绿色转型。这将为电力市场带来更多的创新机会,并促进全球能源行业向可持续发展迈进。

5 结语

智能电网作为未来电力系统的重要发展方向,其关键技术的不断突破与创新将为电力设计带来深远影响。本文分析了智能电网中电力设计的关键技术,如负荷预测、设备监控与保护、配电网优化等,并指出了其中的挑战与难点。随着智能电网技术的不断成熟,未来将在实现电力资源的高效利用、提升电网稳定性与智能化管理水平方面发挥更大作用。因此,未来应加强跨学科的技术融合,推动智能电网的全面发展与应用。

【参考文献】

- [1]宛鑫.智能电网中的电力设计关键技术解析[J].电器工业,2023(4):80-82.
 - [2]肖昱.智能电网中的电力设计关键技术[J].建材与装饰,2020(10):224-225.
 - [3]刘承鑫.智能电网在电力技术及电力系统规划中的应用[J].科技经济市场,2022(9):28-30.
 - [4]马寅.智能电网中电力移动故障诊断平台的设计与实现[J].电子技术与软件工程,2019(19):210-211.
- 作者简介:徐华栋(1998.12—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:建筑电气与智能化,当前工作单位:河北能源工程设计有限公司,职务:助理设计师。

继电保护系统在智能电网中的应用与发展

韩颢伊 曹子媛 朱晓美

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要] 智能电网作为现代电力系统的重要发展方向, 继电保护系统在其稳定运行中的作用愈加重要。文中阐述了继电保护系统在智能电网中的应用, 分析了智能电网环境对继电保护系统的挑战和发展需求, 并探讨了继电保护技术的最新进展及其在智能电网中的前景。文章重点分析了智能电网中继电保护系统的适应性、功能集成与信息通信技术的融合, 提出了新型继电保护方法, 以提升电网的安全性与自动化水平。

[关键词] 继电保护; 智能电网; 自动化; 信息通信技术; 发展趋势

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15547

中图分类号: TM711

文献标识码: A

Application and Development of Relay Protection System in Smart Grid

HAN Jinyi, CAO Ziyuan, ZHU Xiaomei

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: As an important development direction of modern power system, smart grid plays an increasingly important role in the stable operation of relay protection system. The article elaborates on the application of relay protection systems in smart grids, analyzes the challenges and development needs of relay protection systems in smart grid environments, and explores the latest developments in relay protection technology and its prospects in smart grids. The article focuses on analyzing the adaptability, functional integration, and integration of information and communication technology of relay protection systems in smart grids, and proposes new relay protection methods to enhance the safety and automation level of the power grid.

Keywords: relay protection; smart grid; automation; information and communication technology; development trend

引言

随着电力系统智能化水平的不断提高, 传统电网逐步向智能电网转型, 继电保护系统的作用和要求也发生了重要变化。智能电网集成了大量先进的控制和通信技术, 为电力系统的高效运行提供了强有力的支持。电网规模和复杂度的提升, 使得继电保护面临着新的挑战。本文将探讨继电保护系统在智能电网中的应用现状、发展趋势和技术挑战, 重点分析如何通过技术创新与优化设计提升继电保护的响应速度、准确性和智能化水平, 以确保电网的安全、稳定和高效运行。

1 智能电网与继电保护系统的关系

1.1 智能电网概述

智能电网是传统电力系统与现代信息技术、通信技术、自动化控制技术的结合体, 旨在实现电力的高效、可靠、经济和可持续发展。它通过智能化设备和先进的通信系统, 能够对电网中的电流、电压、频率等进行实时监控和调度, 实现从发电到用电全过程的动态优化。与传统电网相比, 智能电网具有更高的自愈能力、实时响应能力和灵活性, 可以应对复杂的电力负荷波动和突发故障, 提升电网的安全性和可靠性^[1]。

1.2 继电保护系统的基本功能

继电保护系统是电力系统中的重要安全保障措施, 主要用于监测电网的运行状态, 并在出现故障时及时采取切

断、隔离等保护措施, 以防止事故蔓延、设备损坏或电力系统大规模停运。其基本功能包括故障检测、故障定位、故障隔离和恢复供电等。在电力系统中, 继电保护设备依据预定的保护参数对电网的电流、电压进行实时监测, 一旦发生异常, 系统能够迅速发出警报并启动自动切换, 确保电网的安全运行。

1.3 智能电网对继电保护系统的需求

随着智能电网的发展, 继电保护系统的功能需求也在发生变化。智能电网不仅要求继电保护具备传统的故障检测与隔离功能, 还需要能够应对更为复杂的电网结构、动态负荷变化以及大量分布式能源接入等新挑战。特别是随着信息技术的深度应用, 继电保护系统需要具备更强的实时数据处理和自适应能力, 能够在电网运行状态发生变化时快速调整保护策略, 确保电网运行的稳定性和高效性。智能电网还对继电保护系统提出了更高的精准度要求, 要求系统能够准确识别并处理复杂的故障模式, 减少误动作和漏动作。

1.4 继电保护在智能电网中的关键作用

在智能电网中, 继电保护系统发挥着至关重要的作用。首先, 它保证了电网在发生故障时能迅速切除故障部分, 防止故障蔓延, 确保电网的安全运行。其次, 继电保护系统通过与智能调度系统的协作, 能够实现电网的自愈功能, 自动恢复供电, 减少停电时间和范围。智能化的继电保护

设备通过与信息通信技术的融合,可以实现远程监控和故障诊断,为电力调度人员提供实时、精确的数据支持,提升电网故障处理的效率与准确性。

2 继电保护系统面临的挑战与问题

2.1 传统继电保护技术的局限性

传统的继电保护技术基于静态电气参数进行故障检测和定位,具有一定的局限性。随着电网规模的扩大和结构的复杂化,传统继电保护系统的适应性和准确性面临很大的挑战。例如,传统保护方案在面对电网中多种故障模式时,往往不能迅速、准确地识别故障位置,特别是对于远距离、弱电流的故障,容易出现误动作或漏动作。此外,传统保护系统缺乏灵活性,无法应对电网运行模式变化的复杂情况,导致无法及时响应新的负荷需求或突发的电网故障^[2]。

2.2 电网结构复杂性带来的挑战

智能电网的出现使得电网结构变得更加复杂,包括更多的分布式发电、微电网、储能系统以及电力需求响应等要素。这种多元化的电力资源不仅使得电网的拓扑结构更加复杂,也带来了更多的电网故障模式。例如,当分布式能源接入电网后,其发电模式和电力调度的不确定性可能会影响继电保护的准确性。同时,随着电网中配电网与输电电网的相互交织,电力故障的传播速度和影响范围变得难以预测,传统的继电保护系统在这种复杂电网中可能难以快速有效地识别和定位故障。

2.3 信息通信技术在继电保护中的应用难点

信息通信技术(ICT)在继电保护中的应用成为智能电网发展的一个重要方向,但同时也带来了新的难点和挑战。首先,信息通信技术要求继电保护系统能够实现远程通信与数据交换,这就要求继电保护设备不仅具备高速的数据处理能力,还需要具备高效的通信保障机制。然而,在实际应用中,电网的通信网络可能存在信号延迟、数据丢包、带宽不足等问题,这可能导致继电保护系统无法及时获得准确的电网运行信息,进而影响故障检测与处理的效率。

2.4 智能电网环境下的故障类型与处理难度

智能电网的引入使得电网的运行更加动态和复杂,故障类型也呈现出更多样化的特点。在传统电网中,故障通常表现为短路、开路等典型故障模式,而在智能电网中,故障可能不仅限于这些基本类型,还包括微电网间接入后的接地故障、电池储能设备故障、分布式能源故障等新型故障形式。这些故障的出现使得继电保护系统必须具备更强的故障诊断能力和更广泛的适应性。智能电网中的故障不仅可能涉及多个设备和系统,且这些故障的影响和传播路径难以预测,增加了故障处理的难度。

3 智能电网中的继电保护技术发展

3.1 继电保护技术的创新方向

随着智能电网的发展,继电保护技术正朝着智能化、

数字化、信息化的方向不断创新。创新的方向主要集中在提高故障检测的准确性和响应速度,特别是在处理复杂电网故障时,能够实现精确快速的响应。例如,利用高频数据采集和智能分析技术,继电保护设备可以实时监控电网运行状态,通过大数据分析预测潜在的故障风险,从而提前采取预防性措施。基于人工智能(AI)和机器学习技术的保护算法也开始得到广泛应用,它们能够从历史数据中学习,并不断优化保护策略,减少人为因素的干扰,提高电网的自适应能力和故障处理能力。

3.2 集成化继电保护设备的出现

随着电力系统规模的增大与多元化,继电保护设备向集成化方向发展。集成化继电保护设备通过集成多个功能模块,如保护、控制、监测和通信等,极大地提升了设备的整体效率和性能。这些设备不仅减少了传统系统中各个单元之间的通信延迟,还提高了系统的可靠性与稳定性。集成化设备的出现,使得电力系统能够更加灵活地应对故障,并能够与智能电网的其他设备(如自动化开关设备、调度系统等)实现无缝协同操作。集成化设备的智能化程度不断提升,它们能够根据电网的运行状况自动调整保护策略,有效提高电网的抗干扰能力和自愈能力^[3]。

3.3 新型算法与智能化功能的应用

随着计算能力的提升和大数据技术的应用,继电保护系统中的新型算法正在快速发展。传统的继电保护主要依赖于简单的数学公式和模型,但在复杂电网环境下,传统算法往往无法处理高度动态的电网状态。新型的保护算法,如基于模糊逻辑、神经网络和深度学习的算法,能够根据实时数据对电网的状态进行多维度的分析与预测。这些智能算法不仅能提升故障检测的准确性,还能在复杂电网条件下,实现自动优化和自适应调整,从而显著提升继电保护系统的响应速度和精确度。智能化功能如远程诊断、在线监控、故障自动定位等,也逐步集成到继电保护系统中,提高了运维的效率和电网的稳定性。

3.4 高速继电保护与自动化技术的发展

智能电网对继电保护系统提出了更高的速度和精度要求,推动了高速继电保护技术的发展。高速继电保护技术主要通过高速采样和数据传输,缩短了继电保护响应的时间,确保在电网发生故障时,保护设备能够在毫秒级别内做出反应,从而有效限制故障范围,避免大规模停电事件的发生。继电保护系统还与自动化技术紧密结合,自动化技术使得故障检测、隔离和恢复操作能够在没有人工干预的情况下快速完成,实现电网自愈功能。

4 继电保护系统的智能化与自动化

4.1 智能继电保护的核心技术

智能继电保护的核心技术主要包括数字化信号处理技术、通信技术、人工智能技术和自动化决策算法。数字化信号处理技术通过高速采样和精确分析电网中的电流、电压等信号,能够实时获取电网的运行状态,识别出潜在

的故障。通信技术使得继电保护设备能够与电网中的其他智能设备实现实时数据传输和交换,提高了保护系统的协同效率。而人工智能技术,特别是机器学习和深度学习,能够根据历史数据进行模式识别和故障预测,优化保护策略,实现自适应调整。

4.2 基于大数据与云计算的继电保护优化

随着电网数据量的剧增,基于大数据和云计算的继电保护优化成为一种重要的技术趋势。大数据技术能够实时收集和分析电网中的海量数据,包括设备状态、负荷信息、气象条件等,通过数据挖掘和模式识别,及时发现潜在的故障隐患。云计算技术则提供了强大的计算能力和存储空间,支持实时监控和历史数据分析。利用云平台,继电保护系统能够快速处理和共享数据,提升电网的整体调度能力和故障处理效率。大数据与云计算的结合,使得继电保护系统能够在更大范围内进行优化,不仅提高了电网运行的可靠性,还能够提前预警,减少故障发生的概率,从而实现智能电网的高效管理^[4]。

4.3 继电保护与智能化调度的协同工作

继电保护与智能调度系统的协同工作是智能电网自动化的关键。智能调度系统基于实时数据和预测模型优化电力资源调度,确保电网稳定运行。在故障发生时,继电保护系统能够及时检测并隔离故障,同时向调度系统提供准确信息,帮助快速决策。调度系统根据故障位置和类型调整电网运行方案,如启动备用电源或调节负荷,减少故障影响。继电保护也能根据调度需求调整保护设置,确保电网状态变化时保护措施及时响应。

5 继电保护系统在智能电网中的应用前景与发展趋势

5.1 未来继电保护技术的关键发展方向

未来继电保护技术的发展将朝着更高效、智能化、精确化的方向迈进。继电保护将逐步实现全数字化和智能化,传统的模拟信号处理将被先进的数字化算法和智能算法所取代。随着电网运行的多样化,继电保护技术将注重提高对复杂故障模式的处理能力,特别是在大规模分布式能源接入和微电网环境下的故障识别能力。继电保护的响应速度和处理精度将进一步提升,依托于高速计算和智能优化算法,能够在极短时间内精准定位并隔离故障,确保电网的稳定运行^[5]。

5.2 面向未来电力系统的继电保护技术展望

面向未来电力系统,继电保护技术将进一步与现代信息技术相结合,特别是在大数据、云计算和人工智能等领

域的深度应用。大数据技术能够收集并分析来自电网设备、传感器以及用户端的海量信息,从中识别潜在故障和风险,实现故障预测和预防性维护。云计算将为继电保护系统提供强大的数据存储和计算能力,支持实时故障监控与远程诊断。人工智能则可以通过深度学习和模式识别技术,实现自动化的故障诊断和优化保护策略,提升电网的自适应与自愈能力。

5.3 智能电网环境下的继电保护发展趋势

在智能电网环境下,继电保护技术将更加智能化、自动化和灵活化。保护系统具备故障自诊断、智能判断和自适应调整功能,根据电网状态和负荷变化自动优化保护策略。继电保护将依赖云平台和大数据技术,通过实时分析和云端决策实现全电网统一监控和调度优化。随着电网自动化程度提升,保护系统将在速度、精度和抗干扰性方面取得更大突破,确保电网高效可靠运行。继电保护不仅局限于故障隔离,还将在电网优化和预防性维护中发挥关键作用,成为智能电网中不可缺的核心技术。

6 结束语

本文总结了继电保护系统在智能电网中的重要应用,阐述了继电保护在应对电网复杂性、提升电网安全性、智能化管理等方面的关键作用。随着信息通信技术的发展,继电保护系统正逐步向智能化、自动化方向发展,成为智能电网中的核心保障之一。随着电网规模和技术需求的不断提升,继电保护仍需不断创新与优化,才能有效应对复杂电力系统带来的各种挑战。继电保护将继续与智能电网其他技术深度融合,实现电力系统的高效、稳定、安全运行。

[参考文献]

- [1]赵慧明,周凤婷.继电保护二次设备在智能变电站中的应用与发展[J].电子元器件与信息技术,2024,8(8):77-79.
- [2]朱胜强.继电保护整定技术在智能电网供电系统中的应用[J].电子世界,2021(15):59-60.
- [3]袁超南.继电保护技术在智能电网中的应用[J].光源与照明,2024(12):165-167.
- [4]赵化宾,侯言兵.智能变电站继电保护调试技术研究[J].科技资讯,2025,23(1):84-86.
- [5]陈延璇.面向新型电力系统的智能变电站继电保护技术研究[J].电工技术,2024(2):236-238.

作者简介:韩颀伊(1994.10—),女,河南南阳人,汉族,本科,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事继电保护相关工作。

浅谈冷却系统对高压变频器的影响

段晓慧

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455004

[摘要] 本篇文章主要探讨了冷却系统在高压变频器运行过程中的重要性。首先介绍了高压变频器的工作原理及其在工业领域中的广泛应用, 然后详细分析了冷却系统对高压变频器设备性能、系统可靠性以及使用寿命的影响。通过对不同冷却方式的详细对比, 阐述了针对不同变频器和使用环境选择合适冷却系统的重要性。最后强调了冷却系统的日常点检和系统维护对于确保高压变频器正常运行的必要性。

[关键词] 冷却系统; 散热; 高压变频器

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15572

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Brief Discussion on the Influence of Cooling System on High-voltage Inverter

DUAN Xiaohui

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455004, China

Abstract: This article mainly discusses the importance of cooling systems in the operation of high-voltage frequency converters. Firstly, the working principle of high-voltage frequency converters and their wide application in the industrial field were introduced. Then, the impact of cooling systems on the performance, system reliability, and service life of high-voltage frequency converters was analyzed in detail. By comparing different cooling methods in detail, the importance of selecting suitable cooling systems for different frequency converters and usage environments is explained. Finally, it emphasized the necessity of daily inspection and system maintenance of the cooling system to ensure the normal operation of the high-voltage inverter.

Keywords: cooling system; dissipate heat; high-voltage inverter

引言

高压变频器作为现代化工业领域一种非常重要的大型电力电子设备, 广泛应用于冶金制造、化工生产、电力设施、各类矿山等不同领域。它可以实现高压电机的变频启动和调速运行, 在启动过程和运行过程中减少对电网的干扰和电机的损坏, 而且提高了生产效率、降低了能源消耗、改善了工艺质量。但是高压变频器在运行过程中会产生大量的热量, 如果不采取有效措施将热量快速散发出去, 将会导致设备温度升高, 从而影响其设备性能、系统可靠性和使用寿命。因此, 冷却系统对于高压变频器的正常运行至关重要。

1 高压变频器的工作原理及散热需求

1.1 高压变频器的工作原理

高压变频器的功率单元分为数量相同的三组, 组内串联。电网高压电经过移相变压器分组输出多路具有相位差的低压电源, 为内部功率单元供电。功率单元经过整流后, 单相 PWM 逆变输出电压、频率可调的交流电。每组功率单元级间串联, 形成多阶梯 PWM 电压输出, 直接提供高压电动机所需电源。高压变频器采用的多脉冲整流技术降低了输入侧谐波, 减小了对电网侧的谐波污染, 提高了功率因数。且输出为多电平形式, 波形接近正弦波, 极大的减小了电动机转矩脉动。主控制部分和单元控制部分的控制信号通过光纤进行信号传输, 有效避免电磁干扰, 保证系统控制信号传输的可靠性。高压变频器通过 IGBT 将交流电

转换为直流电, 再将直流电转换为频率和电压可调的交流电, 从而实现对电动机的调速控制。在这个过程中, 各种电力电子器件会产生大量的热量, 这些热量主要来源于器件的导通损耗和开关损耗。

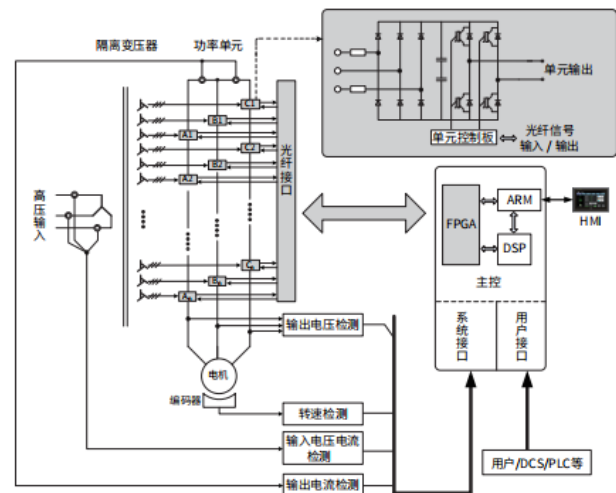


图1 高压变频器工作原理图

1.2 高压变频器的散热需求

高压变频器属于大型电力电子设备, 对环境要求比较严格, 据统计由于现场环境温度过高导致的变频器故障比例很大。为了保证高压变频器能够正常运行, 必须将其产

生的热量及时有效地散发出去,使设备的环境温度保持在允许的正常范围内。根据高压变频器的功率大小和工作环境的不同,其散热方式也有所不同。一般来说,高压变频器的散热方式主要有加装空调、加装风道和空水冷等方式。

2 冷却系统对高压变频器性能的影响

2.1 对功率单元的影响

高压变频器的主要部件就是堆放在一起的三相串联功率单元,也是高压变频器主要的散热源,冷却系统的性能直接影响到高压变频器功率单元的正常温度。在运行中如果功率单元的温度过高,将会导致其性能下降,甚至损坏,严重时容易发生爆炸。内部 IGBT 的温度每升高 10°C ,其使用寿命将会缩短一半左右。因此,为了保证高压变频器功率单元的正常,现场必须采取有效的冷却系统,将其温度控制在允许的范围内,以保证其正常工作。

2.2 对控制系统的影响

高压变频器控制系统由多种不同的集成电路板组成,通过导线连接,更有无数个其他电器元件,主要包括主控模块、低压配电、接口组件等,控制系统每一个部分都有不同程度的发热。冷却系统是否有效还会影响到高压变频器控制系统运行的稳定性和可靠性。如果控制系统的温度过高,没有及时进行散热,将会导致其电子元件的性能下降或者损坏,从而影响到系统的控制精度和响应速度,高压变频器的失控会导致严重的后果。此外,过高的温度还会导致控制系统的电路板变形、焊点开裂等问题,从而影响到系统运行的可靠性和安全性。

3 冷却系统对高压变频器可靠性的影响

3.1 对绝缘性能的影响

高压变频器内部有大量绝缘材料,这些材料如果长期在高温环境下使用,会导致绝缘材料加速老化、变质,从而降低其绝缘性能。冷却系统是否有效会直接影响到高压变频器的绝缘性能。如果冷却系统的散热效果不好,将会导致设备内部的温度升高,影响绝缘材料的正常性能。此外,过高的工作温度还会导致绝缘材料的膨胀系数增大,从而使绝缘间隙变小,增加了绝缘击穿的风险,存在巨大的设备隐患和安全隐患。

3.2 对电磁兼容性的影响

高压变频器内部有大量的电磁器件,通过电磁感应来正常工作,如何做到防止各部件之间相互电磁干扰是设计重点。冷却系统是否有效同样影响到高压变频器的电磁兼容性和抗干扰性。如果冷却系统的设计不合理,将会导致设备内部的电磁干扰增大,从而影响到设备的正常运行。例如,柜顶冷却风扇的转动会产生电磁干扰,如果不采取有效的屏蔽措施,将会对设备的控制系统和其他电子设备造成严重的电磁干扰。

4 冷却系统对高压变频器寿命的影响

4.1 对功率单元寿命的影响

一般高压变频器内有十几个到几十个功率单元,功率单元内部又是由多个 IGBT 组成,如果功率单元故障,负载

将无法正常运行,冷却系统的性能直接影响到高压变频器功率单元的使用寿命。之前说过 IGBT 的温度每升高 10°C ,其使用寿命将会缩短一半左右。因此,为了延长功率单元的使用寿命,必须采用有效且可靠的冷却系统,将其温度控制在允许的范围内。

4.2 对其他部件寿命的影响

冷却系统性能的好坏还会影响到高压变频器其他组成部件的使用寿命。例如,柜顶冷却风扇、水泵电机、管道组件等部件在长期运行过程中会受到磨损和腐蚀,如果不及进行维护和更换,将会导致其使用性能下降,从而影响到整个冷却系统的散热效果。此外,过高的温度还会加快电容、电阻等部件的老化和变质,从而影响到冷却系统自身设备的工作性能和使用寿命。

5 不同冷却方式的对比

5.1 加装风道的冷却方式

在变频器柜顶加装风道即风冷,是一种常用的冷却方式,由变频器室进风口不断补充冷空气,通过风扇将冷空气吹过散热器,将各部件产生的大量热量带走,从而对高压变频器系统进行降温 and 冷却。风冷的优点是成本低、可靠性高、散热效果良好,但是加装风道适用于现场环境比较清洁、功率较小的高压变频器,不适用于现场环境恶劣和功率较大的高压变频器。

5.2 空水冷的冷却方式

水冷是一种非常高效的冷却方式,它通过水泵系统将冷却水循环流过散热器,从而将热量带走。变频器的热风经过风道直接由空冷装置进行热交换,由冷却水将变频器散发的热量带走,经过降温的冷风直接排回至室内。空冷装置内的冷水温度一般低于 33°C ,即可以保证热风经过散热片后,将变频器室内的环境温度控制在 40°C 以下,满足变频器对环境运行的要求,从而保证了变频器室内良好的运行环境。冷却水系统与循环风系统完全分离,水路管道在变频室外与高压设备完全分离,确保高压设备不会受到防水性、绝缘性等损坏后的安全威胁和事故。同时,由于高压变频器室环境密闭,变频器利用室内的循环风进行设备冷却,具有粉尘度低,维护量小的特点,减少了环境对变频器功率单元柜、控制柜运行稳定性的不利影响。空水冷却系统结构原理图如下:

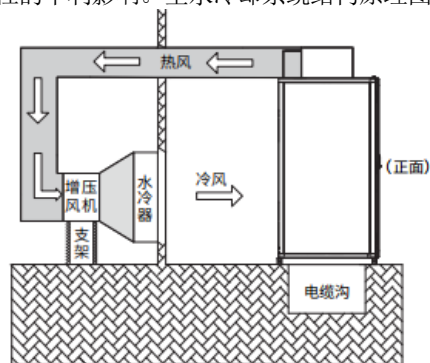


图2 空水冷却系统结构原理图

空水冷的优点是散热效率高、可靠性高,适用于功率

较大的高压变频器。但是,空水冷的结构复杂、施工成本高、维护难度大,需要配备专门的冷却水系统。使用空水冷系统进行高压变频器冷却的方法受到多个方面的条件限制,必须满足以下条件才可以选择空水冷系统进行冷却:

(1) 变频器现场必须有温度、压力、流量符合要求的工业水,水温 $\leq 33^{\circ}\text{C}$,入口水压在 0.25~0.55MPa 之间,回水压降 $\leq 0.1\text{MPa}$ 。变频器空·水冷却系统需要的循环冷却水量为:发热功率(kW):冷却水流量(m^3/h)=4:1(单套空·水冷却系统)。

(2) 需要为变频器配备独立的密闭式站所,且站所具有 10cm 以上的保温层或隔热措施。

(3) 站所内净高度不小于 3.5m;在房屋的长度方向前或后部具有与房屋长度相当,宽度不小于 2.0m 的施工和安装场地。

(4) 空水冷现场必须提供两路三相交流 380VAC 电源,变频器室的电源需求容量为 6kW。

(5) 冷却水水质必须保证无悬浮物沉积,PH 值偏碱性 ≥ 7.2 。

5.3 加装空调的冷却方式

加装空调的意思就是将高压变频器设备放置于一个比较封闭的房间内,然后在房间内安装空调,通过空调内部的循环将高压变频器产生的热量排到室外。选择空调时要考虑和计算变频器的发热量以及在不同频率运行时的发热效率等问题。变频器发热需要根据运行工况选择,考虑一定的裕量,最大发热量为变频器额定功率的 4%,变频器发热量选择为实际输出平均功率的 3.5%,如果高压变频器长期运行频率低于 40Hz,则发热量可按照变频器额定功率的 2%进行估算。按照房间实用面积计算空间单独空间制冷所需的空调容量,一般每平方米可以按照 0.15KW 计算(环境温度低于 40°C 可以忽略此项)。空调总体的制冷量应为变频器的发热量加上空间制冷所需的制冷量。加装空调冷却是一种新型的冷却方式,它通过空调的正常工作将热量排出高压变频器室,从而实现散热。加装空调冷却的优点是由于没有室内外空气的直接流通,对于室内环境的清洁保护非常明显,而且增加变频器使用寿命,维护成本小。维护率降低。

6 冷却系统的维护和管理

6.1 定期检查和维护

为了确保冷却系统的正常运行,工作人员必须定期对其进行详细检查和系统维护。检查项目包含冷却风扇、水泵、阀门、管道、空调、滤网、散热器等部件的运行情况,定期清洗高压变频器功率单元柜门上的滤网,及时清理散

热器表面的积灰和各种杂物,确保冷却系统的散热效果良好。除此之外,工作人员还需要检查冷却塔内冷却水的水质和水位,及时清理冷却塔内的淤泥,防止冷却管道堵塞,必要时及时更换冷却水,确保冷却水的流动效果及冷却效果。

6.2 加强散热管理

为了提高冷却系统的散热效率,必须加强对散热系统的日常管理。设计的设备风道和散热器必须符合现场特点,一定要合理散热,确保空气流通顺畅,达到提高散热效果。在高压变频器室增加温度计和湿度计,以此直观的观察环境温度,根据变化趋势,采取必要的防范措施。此外,还应该在高压变频器室常备轴流风机,目的是在冷却系统突发故障时可以有效采取应急模式,给高压变频器进行应急降温。还可以采用强制风冷、水冷等方式,提高散热效率。

6.3 控制环境温度

为了保证高压变频器的正常工作,必须对其工作环境温度进行有效控制。尽量将高压变频器安装在通风良好、温度适宜的配电室内,避免设备受到阳光直射和高温环境的影响,以及现场做好防尘,环境清洁。此外,还可以采用其他设备对高压变频器室进行环境温度控制,以此来调节高压变频器的工作环境温度达到最优。

7 结束语

冷却系统是否正常、是否有效,对高压变频器正常运行的影响至关重要。它不仅影响到高压变频器的工作性能、设备可靠性和使用寿命,还影响到其电磁兼容性、系统抗干扰性和线路绝缘性是否良好。因此,在前期设计和选择高压变频器时,必须充分考虑冷却系统的因素,选择最合适的冷却方式和冷却系统,是高压变频器能否正常运行的基本条件。同时,还需要加强冷却系统的日常维护和系统管理,确保所有设备都能够正常运行,从而提高高压变频器的系统可靠性和使用寿命。

[参考文献]

- [1] 李猛. 高压变频器散热与冷却系统的设计[J]. 自动化应用, 2015(12): 171-173.
- [2] 董赫伦. 高压变频器的散热器选择与性能研究[D]. 辽宁: 辽宁工程技术大学, 2012.
- [3] 王永鑫. 中高压变频器冷却方式方案比较和选型分析[J]. 电气传动自动化, 2015(3): 47-51.
- [4] 夏俊利. 高压大功率变频器的两种冷却方式比较[J]. 华北电力技术, 2009(8): 52-54.

作者简介: 段晓慧(1983.2—), 女, 毕业于北京科技大学, 机械工程及自动化专业, 就职于安阳钢铁建设有限责任公司, 现为电气中级工程师。

机电设备故障诊断与安全维护技术分析

化德宪

国家管网集团联合管道有限责任公司西部分公司, 新疆 乌鲁木齐 830400

[摘要]随着机电设备在工业生产中的广泛应用, 其故障诊断与安全维护问题日益重要。文中针对机电设备的故障诊断技术及其安全维护措施进行了详细分析。阐述了常见的机电设备故障类型及其原因。介绍了目前主流的故障诊断技术, 包括振动分析、热成像技术、声波检测等, 并对其应用进行对比。分析了机电设备的安全维护管理方法, 如定期检修、预防性维护与状态监测。探讨了如何通过技术手段提升机电设备的运行安全性与可靠性。通过对这些技术的综合应用, 可以有效延长设备使用寿命, 提高生产效率。

[关键词]机电设备; 故障诊断; 安全维护; 振动分析; 预防性维护

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15571

中图分类号: TP206

文献标识码: A

Analysis of Fault Diagnosis and Safety Maintenance Techniques for Mechanical and Electrical Equipment

HUA Dexian

Western Branch of PipeChina Group United Pipeline Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830400, China

Abstract: With the widespread application of electromechanical equipment in industrial production, its fault diagnosis and safety maintenance issues are becoming increasingly important. The article provides a detailed analysis of fault diagnosis techniques and safety maintenance measures for electromechanical equipment. Explained the common types of mechanical and electrical equipment failures and their causes. Introduced the current mainstream fault diagnosis technologies, including vibration analysis, thermal imaging technology, acoustic detection, etc., and compared their applications. Analyzed the safety maintenance management methods for electromechanical equipment, such as regular maintenance, preventive maintenance, and status monitoring. Explored how to improve the operational safety and reliability of electromechanical equipment through technological means. By comprehensively applying these technologies, the service life of equipment can be effectively extended and production efficiency can be improved.

Keywords: mechanical and electrical equipment; fault diagnosis; safety maintenance; vibration analysis; preventive maintenance

引言

机电设备作为现代工业生产的重要组成部分, 广泛应用于各类制造与加工过程中。随着设备的复杂化与运作时间的延长, 设备故障问题愈发突出, 故障诊断与安全维护已经成为保障生产稳定运行的关键技术。机电设备一旦发生故障, 不仅会导致生产效率下降, 甚至可能引发安全事故。因此, 科学有效的故障诊断技术和安全维护管理方法, 是确保设备可靠运行、提高生产效益的基础。本文将从机电设备的故障类型入手, 探讨故障诊断技术与安全维护的现状与技术路径, 提出合理的优化措施。

1 机电设备常见故障类型及其成因

1.1 电气故障

电气故障是机电设备中最常见的故障类型之一, 主要包括电机短路与断路、电气接触不良、电气过载与电压不稳等问题。电机短路与断路通常发生在电动机电路中, 常见原因包括绝缘老化、电缆破损或电路连接不牢靠。这类故障会导致电机无法正常启动, 甚至损坏电动机或控制系统。电气接触不良常见于接线端子或开关接触点, 长时间使用后, 接触点可能会因腐蚀、磨损等原因发生接触不良,

导致电流不畅或出现设备跳闸。电气过载与电压不稳则是在负载过大或电源电压波动时发生, 这不仅会导致电气元件过热, 损坏内部线路, 还可能引起设备停机。

1.2 机械故障

机械故障通常表现为轴承磨损、齿轮啮合不良、机械零件疲劳损坏等。轴承磨损是机械设备常见的问题, 长期运转后, 轴承中的滚动体与滚道会逐渐磨损, 导致摩擦增大, 进而产生噪音与振动, 影响设备精度与使用寿命^[1]。齿轮啮合不良通常是由于齿轮表面出现损伤、齿形不匹配或润滑不足引起, 长时间运行可能会导致齿轮断裂或滑齿现象, 影响传动效率。机械零件疲劳损坏则是指长期受力或循环应力作用下, 零件出现微裂纹并逐渐扩大, 最终导致部件失效, 常见于高负荷运转的机械设备。

1.3 液压与气动故障

液压与气动系统在许多机电设备的核心组成部分, 但也常因故障影响设备运行。液压油泄漏是液压系统中常见的故障, 通常由于密封件老化、安装不当或管路损坏等原因引起, 液压油泄漏不仅降低了系统的工作效率, 还可能导致油温过高、压力下降等问题。阀门故障则可能由于杂

质堵塞、磨损或控制失灵导致系统无法正常切换,影响液压系统的调节精度与稳定性。气动元件失灵通常是由于气缸密封件损坏、气管破裂或空气压缩机故障引起,导致气动元件无法提供稳定的动力,影响设备的动作精度与效率。

1.4 环境因素

环境因素也对机电设备的正常运行产生重要影响,尤其是温度与湿度的变化。设备在高温或低温环境下工作,可能导致电子元件过热、润滑油变质或机械部件的膨胀与收缩,进而引发设备故障。外部物理冲击也是影响设备运行的重要因素,尤其是对于一些精密设备,剧烈的震动或撞击可能导致元件位移、松动或损坏,影响设备的整体精度和稳定性。润滑油污染也是常见的环境因素之一,污染物进入润滑系统后,会降低润滑效果,增加摩擦与磨损,最终导致设备损坏或故障。

2 机电设备故障诊断技术

2.1 振动分析技术

振动分析技术是机电设备故障诊断中常用的手段之一,基于设备振动信号的特征来识别潜在故障。其基本原理是通过安装在设备上的振动传感器采集振动信号,并对这些信号进行频谱分析,进而找出故障的根源。设备在正常运行时会产生一定的振动,而一旦发生故障,如轴承损坏、齿轮磨损等,振动的频率、幅值和波形会发生变化。因此,通过对振动信号的分析,能够及时发现设备的潜在问题。振动传感器的选择与布置对诊断效果至关重要。通常使用加速度传感器、速度传感器或位移传感器,布置位置应考虑到设备关键部位的振动特性,确保能够准确反映设备的健康状态。

2.2 热成像技术

红外热成像技术是一种基于热辐射原理的非接触式诊断方法,可以实时监测机电设备的温度分布情况。设备在运行过程中,表面温度会因摩擦、过载、故障等因素发生变化,红外热像仪可以捕捉到这些变化,生成设备的热图像。热成像技术具有高效、精确、无损的优点,广泛应用于电气、机械、液压等领域。在电气设备中,热成像可以有效识别电气接触不良、过载或电气故障引发的局部过热区域;在机械设备中,热成像可以揭示由于润滑不足或摩擦过大而导致的高温部位。这种技术的应用,不仅能够及时发现设备异常,还能为维护决策提供重要依据^[2]。

2.3 声波检测技术

声波检测技术利用声波在不同介质中传播的特性,通过收集设备发出的声波信号进行分析,识别故障特征。设备运行时,正常情况下会产生一定频率的声音,而当发生故障时,声音频率、强度和波形会发生变化,尤其是机械摩擦、零件磨损或损坏时,产生的噪声通常具有特征性。声波信号的采集可以通过安装在设备表面的传感器进行,常见的分析方法包括时域分析、频域分析以及时频分析等。

声波检测技术可以应用于轴承故障检测、齿轮啮合情况评估等多个领域。例如,在高精度机械设备中,声波检测能够有效发现潜在的齿轮磨损或轴承损坏问题,并为维护人员提供可靠的故障诊断信息。

2.4 油液监测与分析

油液监测与分析技术通过对设备润滑油、液压油等液体的成分分析,来评估设备的工作状态及潜在故障。油液分析方法通常包括检测油液的物理和化学特性,如黏度、酸度、污染物含量等。通过对油液中污染物和磨损颗粒的分析,可以了解设备内部磨损情况及污染程度。常用的分析方法有光谱分析、粒度分析和显微镜分析等。污染物的存在通常意味着设备内部存在摩擦、磨损等不正常现象,而磨损颗粒则可以帮助识别具体的故障部位。油液监测与分析不仅可以检测到设备的早期故障,还能够预测设备可能的故障点,帮助制定有效的维护计划。通过定期监测油液状态,可以避免因润滑不当或油液污染引起的设备故障,从而提高设备的可靠性和使用寿命。

3 机电设备安全维护管理技术

3.1 定期检修与保养

定期检修与保养是确保机电设备稳定运行、延长设备寿命的重要手段。定期检查计划的制定应根据设备的使用情况、生产工艺要求以及制造商提供的维护建议来进行。通常情况下,设备的检修周期和检查内容需依据设备的重要性、工作环境、使用负荷以及运行时长来确定。定期检查应涵盖设备的各个关键部件,重点检查电气系统、机械部件、液压系统等易损件。设备保养的最佳实践包括润滑、清洁、紧固松动部件、更换磨损部件等,通过这些措施可以有效减少设备的故障率。维修记录的建立与维护周期的明确也至关重要,记录每次检修与保养的细节,包括更换的部件、执行的任务和设备状态,为后续检修和故障分析提供数据支持。

3.2 预防性维护

预防性维护是一种通过提前识别和处理潜在问题来避免设备故障发生的维护策略。预防性维护的实施通常包括基于时间的维护和基于条件的维护两种形式。基于时间的维护根据设备的运行时长或使用周期来决定检修频率,而基于条件的维护则根据设备的实际工作状态、环境变化和运行参数来判断是否需要进行检查。预防性维护设备的选择非常关键,通常选择那些关键性、运行时间长、故障成本高的设备进行预防性维护,确保它们在最佳状态下运行。预防性维护能够有效降低故障率,避免突发性故障造成的设备停机或生产中断,尤其适用于高负荷、高精度的生产环境。预防性维护不仅有助于提高设备的运行可靠性,还能为设备管理者提供更多的预见性和可控性,降低生产成本和设备的维修费用^[3]。

3.3 状态监测与远程监控

状态监测与远程监控是现代设备管理的重要组成部分

分,通过实时监控设备运行状态,及时发现异常并采取措施,避免设备故障发生。状态监测技术已经广泛应用于机电设备的故障诊断与预测性维护中,常用的监测参数包括振动、温度、压力、流量等。通过对这些数据的持续监测,能够提前发现设备的潜在故障,并及时采取维护措施。远程监控系统通过无线通讯技术将设备状态数据上传到云端或监控中心,维护人员可随时远程查看设备运行情况。这样不仅提高了监控的实时性,还能通过大数据分析平台对设备运行趋势进行预测,提供决策支持。状态监测与数据分析平台结合,可以实现设备健康状况的全面评估,帮助制定合理的维修计划,确保设备的长期稳定运行。

3.4 安全管理与操作规范

安全生产操作规范是确保机电设备正常、安全运行的基础。设备操作人员应严格按照操作规程进行操作,防止因操作不当引发的设备损坏或安全事故。操作规范应包括设备启动、停机、负载调整、故障排除等操作流程,明确每一步骤的安全要求。设备操作人员培训也是安全管理的重要一环,通过系统的培训,可以提高操作人员的技术水平与安全意识,减少人为失误和安全隐患。此外,故障应急处理预案是应对突发设备故障或安全事故的重要手段,预案应包含设备故障时的快速响应流程、故障分析与处置步骤、责任人员及其分工等内容。在发生故障时,操作人员应迅速按照预案进行处置,确保生产安全与设备快速恢复运行。通过系统的安全管理和操作规范,不仅可以减少事故发生的概率,还能在发生故障时最大限度地降低损失,保障人员安全和生产稳定。

4 提高机电设备运行安全性的技术路径

4.1 综合诊断与多技术协同

在机电设备的故障诊断中,应用多元化技术能够显著提升故障检测的准确性和效率。传统的单一故障诊断技术往往无法全面识别设备中的各种故障类型,特别是在复杂或高度集成的设备中。结合振动分析、热成像、声波检测等多种技术手段,可以从多个维度对设备进行全面的监测和故障分析。

例如,振动分析仪(如德国 SKF 的振动分析仪)结合热成像和声波检测可以在设备运行过程中实时监测设备的振动频率、温度变化和声波信号,帮助检测潜在的机械故障,如轴承磨损、齿轮损坏、过热等问题。通过振动传感器可以捕捉到设备微小的运动变化,热成像仪可以识别设备表面温度异常,声波检测则能够揭示机械磨损引发的声音变化。

此外,傅里叶变换作为一种常用的信号处理技术,能够将振动信号从时域转化为频域,从而帮助分析信号中的频率成分。故障类型常常表现为特定频率上的异常信号,通过傅里叶分析,工程师可以精确识别设备是否存在轴承故障、齿轮损坏等常见问题。如图 1 所示。

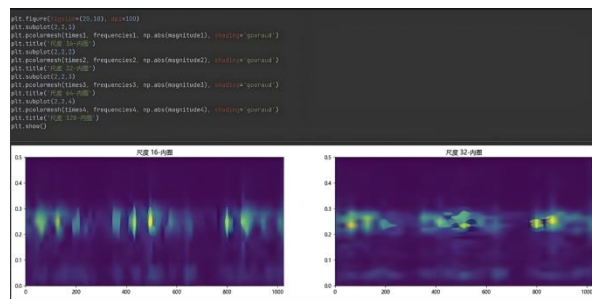


图 1 傅里叶变换

这些数据可以通过集成系统实时传输到故障分析软件中进行综合分析,帮助工程师快速定位故障源,减少停机时间,提高生产效率。在分析软件方面,SKF @ptitude Analyst 是一个常用的高端故障诊断软件,能够集成来自不同传感器的数据并进行多维度分析。其强大的数据处理和模式识别能力使得故障诊断更加精准。

为了进一步提升故障检测效率,可以使用 Python 对多源数据进行建模分析。利用 Python 中的 NumPy、SciPy 等库,可以对振动信号进行傅里叶变换,并通过机器学习算法(如支持向量机、决策树等)对数据进行分类,自动识别不同类型的故障。通过这些先进的技术手段,故障诊断不仅变得更加精准,还大大缩短了诊断时间,降低了维护成本。

4.2 数据驱动的智能维护

数据采集与分析技术是智能维护的基础,随着传感器技术的发展,越来越多的设备参数可以实时采集并存储下来。这些数据不仅包括设备的运行状态,还涉及温度、压力、振动等动态变化信息。通过对这些数据的深入分析,结合机器学习和人工智能算法,能够识别出设备潜在的故障模式和趋势,进而实现基于大数据的设备运行预测。

在振动监测中,傅里叶分析作为一种常见的信号处理技术,可以将设备振动信号从时域转换到频域,揭示潜在的故障模式。例如,在分析设备的振动数据时,通过傅里叶变换可以检测到频率成分的异常变化,这可能表明设备存在机械故障,如轴承损坏、齿轮磨损等。以下数据表格展示了不同设备振动信号的频域分析结果,其中通过傅里叶变换提取的频率特征用于识别潜在故障。如表 1 所示。

表 1 傅里叶变换提取的频率

设备类型	振动信号 (时域)	傅里叶变换频谱	潜在故障 类型	诊断结果
设备 A	信号 1	高频(200Hz)异常	轴承磨损	需要更换轴承
设备 B	信号 2	中频(50Hz)增大	齿轮磨损	需要维修齿轮
设备 C	信号 3	低频(20Hz)变化	振动不平衡	校正设备位置
设备 D	信号 4	高频(300Hz)峰值	电机故障	更换电机

上述表格中,通过傅里叶变换分析得到的频率特征(如高频、低频和中频的变化)与常见的机械故障类型(如轴承磨损、齿轮损坏、振动不平衡等)相关联。这些数据

可以实时传输到智能维护系统,结合机器学习算法,自动生成故障诊断报告,提供维修建议^[4]。

4.3 设备生命周期管理

设备生命周期管理的理念强调设备从采购到退役的全过程管理,目的是最大化设备的使用价值,降低全生命周期成本。全生命周期管理不仅仅关注设备的使用阶段,还包括设备的设计、安装、调试、运行、维护以及退役阶段的管理。在设备的各个生命周期阶段,都需要进行状态监控和评估,以确保设备在每个阶段都能保持最佳的工作状态。设备寿命预测与管理工具可以帮助企业预测设备的剩余使用寿命,并根据预测结果制定合理的维修或更换计划,从而避免设备超期服役导致的故障风险。

4.4 智能化故障诊断与预警系统

故障预警系统的构建可以实现对设备故障的早期识别,尤其是在设备出现异常之前,能够通过数据监测和趋势分析预测潜在故障的发生。智能化诊断工具与平台通过实时数据采集、故障诊断模型与大数据分析,能够在设备出现微小异常时发出警报,并提供具体的故障诊断信息,帮助维护人员快速定位问题^[5]。

5 结语

机电设备的故障诊断与安全维护是保障设备高效稳定运行的关键。通过现代技术手段,如振动分析、热成像、

声波检测等故障诊断技术的应用,结合预防性维护、状态监测与智能管理系统,能够有效提升机电设备的运行可靠性与安全性。设备故障的早期预警与科学的维护管理,将最大限度地降低生产中断的风险,提高设备的使用寿命。未来,随着技术的不断发展,机电设备故障诊断与安全维护技术将更加智能化、精确化,为工业生产提供坚实的保障。

【参考文献】

- [1] 智有明. 煤矿机电设备安全故障诊断及维修技术分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(3): 119.
 - [2] 匡中高. 矿山机电设备的故障诊断与智能维护技术研究[J]. 装备维修技术, 2024(4): 94-96.
 - [3] 白立刚, 王连玉, 王魁. 煤矿机电设备中液压系统的故障诊断与维护技术[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(1): 148-150.
 - [4] 刘威. 煤矿机电设备检修与优化探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(21): 52-54.
 - [5] 郭文波. 故障诊断技术在现代矿山机电设备维护中的应用[J]. 机械管理开发, 2017, 32(11): 52-53.
- 作者简介: 化德宪 (2005.6—), 毕业院校: 中国石油大学(北京), 所学专业: 信息管理与信息系统专业, 当前就职单位: 国家管网集团联合管道有限责任公司西部分公司。

电力设计中的电气技术应用研究

陈腾飞

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 电力设计在现代社会中扮演着至关重要的角色, 电气技术在其中的应用直接关系到电力系统的稳定性与高效性。通过对高压与低压电力系统的设计、智能电网的建设, 以及新能源并网技术的探讨, 提出了多种电气技术的创新解决方案。通过采用智能化控制、自动化设备以及绿色电力设计, 提升了电力系统的可靠性、可持续性和经济性。此外, 针对电力设计中存在的关键技术挑战, 如设备兼容性、系统安全性及标准化问题, 提出了相应的优化措施。研究表明, 电气技术的进步不仅推动了电力设计的发展, 也促进了能源利用效率的提高和环境保护的目标实现。

[关键词] 电力设计; 电气技术; 智能电网; 新能源并网; 自动化控制

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15553

中图分类号: TM619

文献标识码: A

Research on the Application of Electrical Technology in Power Design

CHEN Tengfei

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Power design plays a crucial role in modern society, and the application of electrical technology directly affects the stability and efficiency of the power system. Through the design of high-voltage and low-voltage power systems, the construction of smart grids, and the exploration of new energy grid connection technologies, various innovative solutions for electrical technologies have been proposed. By adopting intelligent control, automation equipment, and green power design, the reliability, sustainability, and economy of the power system have been improved. In addition, corresponding optimization measures have been proposed to address key technical challenges in power design, such as equipment compatibility, system security, and standardization issues. Research has shown that advances in electrical technology not only drive the development of power design, but also promote the improvement of energy efficiency and the achievement of environmental protection goals.

Keywords: power design; electrical technology; smart grid; new energy grid connection; automated control

引言

电力设计作为现代能源系统的核心, 深刻影响着社会的稳定发展与环境可持续性。随着科技进步, 电气技术不断创新, 不仅提升了电力系统的安全性和可靠性, 还推动了智能电网和绿色能源的广泛应用。智能化、自动化和新能源技术的融入, 使得电力设计向着更加高效、灵活的方向发展。然而, 技术革新的背后也伴随着一系列挑战, 如何在复杂的系统中实现设备的兼容、系统的优化和能源的高效利用, 成为当前电力设计领域亟待解决的问题。

1 电力设计中的电气技术概述

1.1 电气技术的定义与基本原理

电气技术是利用电学原理和电气设备实现电能转换、传输和控制的一门技术。其基本原理包括电流、电压、电阻、电感、电容以及电磁场等基本电学概念。通过电气技术, 电能得以高效、安全地在电力系统中传递和应用。电气技术涵盖了从电力的发电、输送到配电的全过程, 涉及到多个设备与技术, 如变压器、开关设备、断路器、电缆和电力电子设备等。这些技术应用广泛, 不仅在传统电力系统中发挥作用, 也在现代智能电网、可再生能源并网、自动化控制等领域中得到了广泛应用。

1.2 电气技术在电力设计中的核心作用

电气技术是电力设计的核心驱动力。在电力系统的设计和运行中, 电气技术的运用直接决定了系统的安全性、稳定性与高效性。通过电气设计, 能够确保电力的可靠传输、降低能量损失, 并提高系统的响应能力。例如, 变电站设计中的电气设备选择与布局、电力设备的自动化控制系统, 都依赖于先进的电气技术, 旨在优化电力系统的运行效率和设备的使用寿命。随着电力需求的不断增加, 电气技术的发展也使得电力设计能够适应更加复杂和高效的要求, 如智能电网技术的引入, 不仅提升了系统的管理能力, 也促进了绿色能源的广泛应用。

1.3 电力设计的基础设施及其技术要求

电力设计的基础设施涵盖了从发电到配电的整个电力供应链。发电系统要求具备高效的电力生产能力, 能够在确保安全的前提下, 最大化能源转化效率。在输电过程中, 需要解决长距离传输中的电能损耗问题, 并确保电压的稳定性和输电线路的安全运行。变电站和配电网的设计则更注重设备的选择与配置, 确保电能传输过程中不发生过大的损失, 并能够实现负荷的合理分配^[1]。同时, 系统的可靠性与自动化管理是设计中的关键, 自动化控制技

术能够提高系统的稳定性和灵活性,减少人工干预带来的风险。

随着科技的发展,电力设计中的基础设施逐渐向智能化和数字化转型。智能电网、自动化控制系统、远程监控等新兴技术的应用,使得电力系统能够更加精准、高效地运行。这些技术不仅提升了电力设备的运行效率和安全性,还降低了故障发生率。电力设计中的技术标准也逐步与现代化需求对接,例如,设备的额定容量、耐压等级、抗干扰能力等,都需要达到更高的技术要求,以确保电力系统的长期稳定运行。

2 电气技术在电力设计中的应用领域

2.1 高压电力系统设计

高压电力系统是电力输送的重要环节,涉及到电力的远距离传输和大规模的电力供应。高压电气设备,如变压器、断路器、隔离开关等,在电力设计中扮演着至关重要的角色。变电站设计要求确保高压电流在传输过程中的稳定性与安全性,避免过电压、短路等问题对系统造成影响。在配电网系统的电气设计中,电气设备的选型、布置以及保护方案的设计至关重要。合理的电气方案能有效降低电力损耗,提升系统运行效率,同时确保电力系统在高压情况下的安全稳定。

2.2 低压电力系统设计

低压电力系统主要用于建筑物和小型设施的电力供给。电气设计师需要根据建筑的规模与功能需求,进行电气负荷计算,确保每个设备、每个电路的负载能力能够满足要求。在低压电力设计中,电气配电方案的设计至关重要,必须考虑到负载的平衡、线路的敷设方式、电气设备的布置等因素。此外,还需设计电气保护方案,如过载保护、漏电保护等,确保电气设备在负载波动和异常情况下的安全运行。现代建筑中,低压电气系统还需要与智能化控制系统结合,提升电力的使用效率与安全性。

2.3 智能电网与自动化系统

智能电网技术的应用彻底改变了电力设计的传统模式,使电力系统更加灵活和智能化。智能电网通过自动化控制、信息通讯和大数据分析,能够实现电力系统的远程监控和智能调度。借助这些技术,电力系统可以实时监测电力负荷变化和设备状态,自动进行负荷调节,确保电网在高负荷或突发事件情况下仍能稳定运行。尤其是在面临大规模故障或自然灾害时,智能电网能够通过自动化系统进行故障自愈,大幅提高了系统的恢复速度和可靠性。

在电力设计中,自动化控制系统的引入,不仅提升了电力系统的效率,还有效减少了能耗和运营成本。通过集成智能设备和自动化技术,电力系统的运行更加精确和高效,从而降低了设备故障的发生率,并提高了系统的应急响应能力^[2]。

2.4 新能源并网设计

随着太阳能、风能等可再生能源的快速发展,新能源

并网成为电力设计中的重要领域。新能源发电具有波动性和间歇性,如何将这些不稳定的能源接入传统电网是一个技术挑战。电气设计需要考虑如何解决并网时的电压稳定性、频率调节等问题。逆变器技术、储能系统和电网调度系统的应用可以有效解决新能源并网过程中出现的波动问题,保障电网的稳定性。同时,设计师还需优化系统配置,确保新能源资源的高效利用与电网的兼容性,以实现可持续发展目标。

3 电气设计中的技术创新与发展趋势

3.1 电力系统智能化与数字化

随着信息技术的飞速发展,智能电网已经成为电力设计中的核心创新技术。智能电网通过集成大数据分析、物联网技术、云计算等先进手段,实现了电力系统的全面数字化管理。借助这些技术,智能电网能够实时采集、传输并分析电力系统的运行数据,使电网在负荷波动、故障发生等情况下更具灵活性与应对能力。通过动态调节电力分配和优化资源配置,智能电网不仅能够提高能源的利用效率,还能够显著降低能源浪费,确保电力系统的高效、稳定运行。

智能计量技术和远程监控系统的应用是智能电网的重要组成部分。智能电表能够精确记录电力消耗数据,并实时上传至后台系统,使电力管理变得更加透明和高效。电力公司可以通过远程监控平台,随时掌握设备的运行状态,及时发现潜在问题并进行预警,从而进行预测性维护,避免系统出现严重故障。这种预防性管理不仅提高了电力系统的可靠性和安全性,还极大降低了维护成本,确保了电力供应的稳定与连续性。

3.2 绿色电力设计

在全球能源转型和环保压力不断加剧的背景下,绿色电力设计成为推动可持续发展的重要方向。绿色电力设计通过优化电气系统,提升可再生能源的利用效率,减少对化石能源的依赖,从而降低碳排放,减少环境污染。在电力设计过程中,合理配置太阳能、风能等可再生能源系统,结合先进的电气设备和智能控制技术,使得这些清洁能源能够稳定地接入电网并满足不同负荷的需求。这种设计不仅能够优化能源结构,还能增强电力系统对环境变化的适应性,推动绿色低碳电力系统的建设^[3]。

绿色电力设计不仅关注能源的转换效率,还重视能源的储存与调度。通过高效储能技术,能够有效解决可再生能源波动性和间歇性的问题,保证能源供应的稳定性。同时,负荷管理与智能调度技术的应用,有助于更好地平衡电力供需,避免能源浪费,确保系统的经济性与可持续性。绿色电力设计的实现,不仅为电力系统带来更高的经济效益,也为环境保护和气候变化应对贡献力量。

3.3 自动化与机器人技术

自动化技术在电力设计中的应用,显著提升了工程的效率与安全性。通过自动化设备的引入,电力系统能够实

现电气设备的自动开关控制、远程检测与诊断、负荷调节等多项功能。这些自动化功能不仅大幅减少了人工操作,降低了人为失误的风险,还提高了系统的整体运行效率。自动化技术能够实时监控电力系统状态,动态调整负荷分配,优化电力传输,确保系统在复杂情况下也能平稳运行。这种智能化管理减少了对现场工作人员的依赖,有效降低了操作成本和风险。

随着工业机器人技术的进步,机器人在电力设计中的应用越来越广泛。机器人能够在高风险环境下进行设备的安装、维护和检查,避免了人工操作中的安全隐患。机器人在执行复杂任务时,其精确度和效率远超人工操作,能够完成高精度、高强度的工作,如在电力设施中进行设备检修、线路巡查等。自动化与机器人技术的结合,推动了电力设计向更智能、高效的方向发展,缩短了施工周期,降低了成本,同时提升了电力系统的稳定性和安全性。

4 电气设计中的关键技术挑战与解决方案

4.1 电气设备的可靠性与安全性

电气设备的可靠性和安全性是电力设计中的核心问题之一。在电力系统的长期运行中,设备的稳定性直接关系到电网的安全与供电的连续性。电气设备可能受到过载、短路、电压波动等各种外部因素的影响,导致设备故障甚至系统崩溃。因此,保障电气设备的长期稳定运行是电力设计中的重要任务。为此,设计师通常会选用高品质、耐用的设备,确保其满足长期运行的性能要求。同时,通过对电气设备进行定期维护和监测,可以及时发现潜在问题并进行修复,从而延长设备的使用寿命^[4]。另一方面,电气设备的冗余设计也是提高系统可靠性的一项关键措施,能够在设备故障时迅速切换到备用设备,避免系统的全面停运。

4.2 系统兼容性与优化设计

在电力设计中,设备之间的兼容性是影响系统整体性能的重要因素。随着新型设备和技术的不断引入,电气设计中的设备种类和品牌日益多样化,不同设备之间的兼容性问题也随之增多。例如,传统设备与新型智能设备在通信协议、电压标准、接口设计等方面可能存在差异,这可能导致系统的运行效率降低,甚至出现故障。为了解决这一问题,设计师需在系统设计阶段进行深入的兼容性分析,确保各类设备能够有效协同工作。在设备选型时,采用符合国际标准和兼容性要求的产品,减少系统集成时的难度^[5]。此外,系统优化设计也是解决兼容性问题的关键,通过合理配置电气设备的布局和联动方案,避免各部分设备间的

冲突,提升系统的整体性能和运行效率。

4.3 智能电网的标准化与法规

智能电网技术的广泛应用为电力设计带来了诸多便利,但同时也带来了标准化建设和法规缺失的问题。目前,智能电网的应用尚未完全统一,许多国家和地区在智能电网的技术标准、接口协议、数据交换等方面缺乏统一的规范,导致不同设备、系统之间的兼容性差,影响了智能电网的推广和应用。此外,电力系统的安全性和隐私问题也需要通过法律法规进行规范和保障。针对这些问题,相关部门应加快智能电网标准化建设,制定统一的技术规范和操作标准,确保不同设备之间的互联互通,并加强对数据安全、隐私保护等方面的法律法规制定,确保智能电网的安全、高效和可持续发展。

5 结语

电气技术在电力设计中的应用是推动现代能源系统高效、可靠运行的关键。随着智能化、绿色化和自动化技术的不断进步,电力设计面临着新的机遇和挑战。智能电网的普及、绿色电力的推广以及自动化技术的应用,正在塑造未来电力系统的全新格局。然而,在实现这些技术创新的过程中,设备的可靠性、系统的兼容性以及标准化建设仍是亟待解决的核心问题。通过不断完善电气设计中的技术方案、提升设备的互操作性,并加强相关法规的制定与执行,可以有效推动电力设计向更高效、更安全、更可持续的方向发展。未来,电气设计将在能源转型和环境保护的双重压力下,继续发挥其不可替代的重要作用。

【参考文献】

- [1]黄立造. 电力设计中的电气技术应用研究[J]. 电气技术与经济, 2024(7): 77-79.
 - [2]张晨征. 基于数字化集成设计的电力设计流程再造研究[D]. 北京: 中国科学院大学(工程管理与信息技术学院), 2016.
 - [3]邱然. 浅析 BIM 技术在建筑电力设计中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(23): 74-76.
 - [4]彭莉. 关于电气设计的实践与思考[J]. 经贸实践, 2017(24): 326.
 - [5]慈宏波. 船舶电力辅助设计的研究与实现[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2017.
- 作者简介: 陈腾飞 (1999.7—), 毕业院校: 河北科技大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 河北能源工程设计有限公司, 职务: 设计人, 职称级别: 这次是评中级。

PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用研究

徐瑞笛* 王远志 郝 运 刘津硕 张一舟

长春建筑学院, 吉林 长春 130607

[摘要] 可编程逻辑控制器 (PLC) 是工业控制领域的重要技术, 因其编程灵活、可靠性强、适用范围广等特点, 在电气工程及其自动化控制中得到广泛应用。PLC 技术涵盖集成顺序控制、逻辑运算、模数转换及 PID 运算等多种功能, 逐步取代传统控制方式, 推动了电气工程的现代化与智能化发展。研究围绕 PLC 技术在电气工程自动化控制中的多场景应用展开研究, 分析 PLC 技术在优化控制流程、提高系统可靠性等方面的实践价值, 探讨其对电气工程自动化水平提升的积极作用。

[关键词] PLC 技术; 电气工程; 自动化控制

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15570

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research on the Application of PLC Technology in Electrical Engineering and Its Automation Control

XU Ruidi*, WANG Yuanzhi, HAO Yun, LIU Jinshuo, ZHANG Yizhou

Changchun University of Architecture and Civil Engineering, Changchun, Jilin, 130607, China

Abstract: Programmable Logic Controller (PLC) is an important technology in the field of industrial control. Due to its flexible programming, strong reliability, and wide applicability, it is widely used in electrical engineering and automation control. PLC technology covers various functions such as integrated sequential control, logical operation, analog-to-digital conversion, and PID operation, gradually replacing traditional control methods and promoting the modernization and intelligent development of electrical engineering. The research focuses on the multi scenario application of PLC technology in electrical engineering automation control, analyzing the practical value of PLC technology in optimizing control processes, improving system reliability, and exploring its positive role in improving the level of electrical engineering automation.

Keywords: PLC technology; electrical engineering; automated control

引言

电气工程与自动化控制领域的技术正不断优化升级。其中, 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 因其布局简便、操作灵活, 在电气自动化行业中得到了广泛应用。PLC 技术能够显著提升系统的自动化水平, 其功能强大、适应性强, 能够满足多种复杂应用场景的需求。在实际应用中, PLC 技术的优势尤为显著。其简洁的布线方式降低了系统安装和维护的难度, 灵活的编程模式则为设备控制提供了更多可能性。同时, PLC 的模块化设计便于扩展和升级, 能够满足多样化的工业需求。

1 PLC 技术的应用优势

PLC 是一种专门为工业场景设计的电子系统, 具备数字运算能力。在电气工程与自动化控制领域, PLC 以可编程存储器为核心, 能够存储并执行顺序控制、运算、计数和定时等多种指令, 这些指令可直接作用于机械设备, 控制其运行过程, 实现高度自动化。PLC 的显著优势在于其可靠性, 在硬件层面, PLC 采用无触点半导体电路进行开关控制, 摆脱传统机械触点对稳定性的限制, 这种设计能够减少机械磨损, 同时能够显著提高了抗干扰能力, 能够适应粉尘、振动及温湿度变化等复杂的工业环境^[1]。在软

件层面, PLC 系统内置多种功能模块, 包括数据保护与故障诊断功能, 这些模块能够快速识别潜在问题并提供解决方案, 确保系统在异常情况下仍能保持高效运行。硬件与软件相辅相成, 使 PLC 在工业应用中表现出卓越的稳定性和可靠性。

同时, PLC 技术因其编程简便、布设高效以及使用灵活等特点, 成为工业控制领域的重要工具, 其独特的设计和功能优势能够显著提升工程实施效率, 适应多样化的工业需求。在编程方面, PLC 支持梯形图语言, 这种语言结构直观、逻辑清晰, 即便使用者缺乏计算机专业知识, 也能快速掌握编程技巧。同时, 顺序功能图以模块化的控制流程图形式呈现, 程序逻辑与控制步骤一目了然, 大大降低了程序设计的复杂性。

在布设方面, PLC 采用软元件连接方式, 指令通过程序实现交互, 无需复杂的硬接线配置, 此种设计能够减少工程量, 同时能够简化设备布置流程。由于 PLC 体积小、重量轻, 其安装过程更为便捷, 有助于缩短施工周期, 提高工程实施效率。在应用层面, PLC 种类繁多, 涵盖多种机型, 可灵活组合使用, 适应多样化的控制任务, 其高度通用性使其能够满足不同工业场景的需求, 展现了强大的功能适应能力。

2 电气工程及其自动化控制概述

自动化控制模式在电气工程领域的应用,为各行业的生产作业带来了显著便利,这一技术雏形可追溯至18世纪,但其真正成熟并形成体系是在20世纪中叶。1950年,自动化控制技术开始引入我国电气工程领域,成为推动工业现代化的重要工具。自引入以来,自动化控制技术迅速在工业生产的各个行业普及,有效优化了生产流程,降低资源消耗^[2]。我国电气工程及其自动化控制技术近年来取得了显著进步,为工业企业实现高质量发展提供了强大助力。在当前竞争激烈的市场环境中,为不断提升生产效率与经济效益,各类先进的自动化控制技术被广泛应用于电气工程的生产实践中。在众多技术中,PLC以其广泛适用性和卓越实用性成为电气工程领域的核心技术,其灵活编程能力和卓越环境适应性,能够满足多样化工业需求,为推动工业领域技术升级提供了有力支持。

3 PLC技术在电气工程及其自动化控制中的应用

3.1 在变频器自动化控制上的应用

变频器作为电气生产设备的核心部件,其运行状态直接决定设备性能与稳定性,为确保变频器能够在复杂环境中高效运行,对其实施科学、合理的控制至关重要。PLC技术在变频器自动化控制中的应用,为这一目标的实现提供了重要支持,其主要表现为模拟量控制功能的高效利用。PLC能够发出精确的控制指令,调整变频器的运行参数,生成稳定的电压信号,从而实现了对电气设备电压的精准调控。在传统硬接线控制方式下,变频器与控制元件的直接连接容易引发线路电压大幅下降,导致控制系统稳定性降低,甚至影响设备运行效率。而PLC技术的引入,为变频器的控制提供了一种更加灵活、可靠的解决方案,PLC通过连接必要电缆设备实现变频器监测与管理,能够消除硬接线方式带来的电压波动问题,同时能够显著优化变频器的控制流程。

在设计变频器PLC控制模块时,应对电源供电状态进行全面检查,确保供电正常后再启动PLC模块。为防止变频器在接通电源时因PLC识别异常状态而出现误动作,需要为PLC模块设置一个准备按钮,避免因误判导致系统风险。在实际布设过程中,PLC模块安装应严格依据控制原理图进行。科学布设可以保障PLC模块对变频器运行状态的精准监控,还能有效实现变频器智能化控制,全面提升电气工程的自动化水平^[3]。虽然PLC技术支持提前编程,但在实际应用中,系统参数可能因外部环境或运行条件的变化而需要调整,因此,应对程序进行实时优化,确保逻辑设计和参数设置的准确性,避免控制偏差对变频器运行造成负面影响。

3.2 在电气能源系统自动化控制上的应用

电气能源系统是电气工程的核心组成部分,其稳定运行直接关系到电气设备的可靠性和效率,传统管理方式受

人为因素干扰较大,容易导致系统运行不稳定,还需投入大量人力资源,增加了运营成本。在此背景下,PLC技术以其高度自动化的特点,成为能源系统管控的理想选择。PLC技术能够精确地监测和调控能源系统运行状态,其应用领域包括发电机组的运行控制和水泵的调度管理等多个关键场景。PLC通过实时采集设备数据并生成高精度的控制信号,使能源系统的各环节实现协调运作,减少了人工干预频率,优化管理流程。相比传统方式,PLC技术的引入显著提升了能源系统稳定性,同时,自动化控制的实施显著降低了人力成本,为能源系统的高效管理提供技术支撑,为电气工程领域的智能化发展注入新的活力。

在能源系统自动化控制中,PLC设备通过监测能源计量器、变压器等关键设备的运行状态与参数,实时分析数据并作出相应的控制决策,从而实现能源系统的高效运行。除此之外,PLC设备还能够收集和统计能源使用数据,为管理者提供清晰的能耗分析,帮助企业更全面地掌握电气作业中的能源消耗情况,为实施降本增效策略提供科学依据。然而,在应用PLC技术时,仍需重视环境因素对其性能的潜在影响。例如,某些能源设备在运行过程中产生较高的热量,如果PLC设备安装在这些高发热设备的下方,尽管其在0至55℃的温度范围内可正常工作,但长期暴露于高热环境可能会降低其运行效率。因此,应选择通风良好的位置安装PLC设备,以避免因过热导致的性能下降。

振动也是影响PLC设备运行的重要因素。虽然PLC对振动具有耐受性,但当振动频率处于10至55 Hz范围时,其稳定性可能受到影响。在实际应用中,应尽量将PLC设备安装在远离此频率范围振动源的位置,如果不可避免,则需采取减振措施,使用减震胶以降低振动对设备运行的干扰。实施上述措施能够延长PLC设备的使用寿命,还能确保能源系统的自动化控制达到预期效果,进一步提升电气工程的自动化水平。

3.3 在电气设备开关自动化控制上的应用

在电气工程及其自动化控制中,准确理解各开关之间的逻辑关系,是实现开关操作高效运行的前提条件,传统的开关控制方式不仅依赖繁琐的继电器系统,还需要高度依赖人工操作,容易因误判或顺序错误导致运行问题。PLC设备以其编程灵活、功能多样的特点,能够轻松处理复杂的逻辑关系^[4]。在具体应用中,PLC可借助内置的功能模块,精准实现PID运算、数模转换和模数转换等关键功能。同时,PLC利用顺序控制功能取代传统继电器,显著简化开关操作流程,提高了运行准确性和效率。此外,PLC技术在抗干扰能力方面具有显著优势,其设计能够有效抵御外部干扰,确保开关操作过程中的稳定性。在顺序控制中,PLC设备以其精确的逻辑运算和稳定的运行能力,显著提升了开关操作质量和效率,为电气工程实现自动化控制提

供了技术支撑。

在具体的应用中,实施 PLC 技术需要先进行合理的程序设计,并对控制对象、时间参数、控制指令以及操作顺序进行详细设置。PLC 设备通过实时监测系统变量,当变量数值与预设条件一致时,自动控制开关闭合,同时依据预先编写的程序,对开关闭合时间进行精确调节,严格遵循既定逻辑关系与顺序,确保系统运行稳定。尽管 PLC 具有较强抗干扰能力,但由于开关控制对系统可靠性的要求极高,在实际应用中,外界干扰仍可能对 PLC 的运行产生不利影响。为减少因设备和环境噪声对 PLC 系统造成的干扰,可为 PLC 配置变比为 1:1 且带有屏蔽层的变压器。这种设计能够有效隔离大地电流与设备干扰源,进一步提高 PLC 的稳定性和抗干扰性能。这一改进措施可为开关控制提供更高的可靠性,增强 PLC 在电气工程自动化控制中的应用效果,确保复杂环境下的开关操作依然高效精准。

3.4 在电气设备运行自动化控制上的应用

PLC 技术的应用包括初始化模块、参数设置模块、调整模块、故障自诊断模块以及保护模块等,模块设计时,应根据电气工程生产需求,对各功能模块进行合理划分与组合,以确保模块配置符合具体应用场景要求^[5]。此种模块化设计能够灵活适应不同的运行条件,为实现设备的智能化控制提供了可靠的技术基础。在参数编程环节,程序设计人员需要依据控制设计图对 PLC 系统进行精准编程。为确保编程内容符合实际需求,技术人员应深入工程现场进行全面勘察,结合现场实际情况调整编程参数,使系统设计更贴近设备运行的实际状态。

为确保 PLC 技术的应用能够达到预期效果,在设备运行前,应对执行器和变压器等关键组件连接进行细致检查。在检查过程中,需借助万用表对各个触点进行测试,以确认连接的稳定性和可靠性,避免因接触不良导致系统故障。在软件调试方面,可优先采用脱机调试的方式,对程序逻辑进行逐步排查,确保逻辑设计不存在错误。对于系统中涉及复杂数据处理的部分,可通过输入特殊值的方法多次验证程序的准确性,以检测可能存在的问题并加以改进。上述调试过程能够保障系统运行的稳定性,还能提高 PLC 技术在实际应用中的可靠性和适用性。

3.5 在电气工程自动化控制通信上的应用

PLC 技术的通信功能涵盖多个层面,具体包括多台 PLC 设备之间的通信、PLC 与智能设备之间的通信,以及远程输入输出(I/O)模块与主机之间的数据交换。此种多层次通信能力使得 PLC 能够与其他设备协同工作,构建起分布式控制系统,实现管理集成化与控制分散化的双重目标,有效提高电气工程的自动化水平。在实际应用中,

PLC 利用通信功能将分散的电气设备连接在一起,形成统一控制网络,每台设备的运行数据和状态信息被实时传输至中央控制系统,中央系统对接收的数据进行分析处理后,生成优化的控制指令,再传回各个 PLC 设备。此外,分布式控制系统的架构使各个控制单元之间的相互依赖性降低,将传统控制模式的局限性转化为更加灵活、智能的操作方式,显著增强了电气工程的适应能力,为复杂工业自动化需求提供了高效解决方案。

在 PLC 技术实际应用中可以构建一套中控系统,与各种电气设备实现高效连接,该系统依托 PLC 设备的通信功能,将分散电气设备纳入统一管理体系。设备的运行状态和实时数据通过通信网络传输至中控系统,形成完整监测信息流。中控系统对接收到的运行数据进行分析与处理,根据分析结果生成优化的控制指令。这些指令再由 PLC 设备执行,以精准控制电气设备的运行状态。为实现对中控系统的集中管理,可设立专门中控室用于安装和维护中控系统的硬件设施,中控室的环境应保持在适宜的温湿度范围内,以提供稳定运行条件,延长设备使用寿命。接地装置能够提升硬件设备安全性,同时能够进一步保障中控系统在复杂环境下的运行稳定性,因此在中控室建设过程中需特别关注设备接地处理,有效减少雷电天气引发的电磁干扰,避免对系统运行造成不良影响,为 PLC 技术在电气工程自动化控制中的应用提供重要支持。

4 结语

合理运用 PLC 技术可以显著优化电气工程,提升自动化控制水平和作业效率。在变频器控制、能源系统管理、开关操作以及通信功能中,PLC 技术展现了强大的适应能力与应用价值,通过科学应用方法和有效技术手段,PLC 技术能够充分发挥其优势,为电气工程自动化运行提供坚实支撑,推动行业向智能化、高效化方向发展。

【参考文献】

- [1] 易金兴. 基于电气自动化角度西门子工业控制 PLC 的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(1): 105-107.
- [2] 郭睿涵, 张军元. 基于 PLC 技术的电气自动化控制水处理系统设计[J]. 自动化应用, 2025, 66(1): 43-45.
- [3] 李慧. PLC 技术在电气自动化中的应用[J]. 通讯世界, 2024, 31(12): 196-198.
- [4] 赵楠, 曾嘉鹏. PLC 技术在电气自动化领域的应用与发展趋势[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(11): 97-99.
- [5] 李书奎. PLC 技术在电气工程及自动化控制中的应用[J]. 电子产品世界, 2024, 31(11): 58-60.

作者简介: 通讯作者: 徐瑞笛(2004.2—), 毕业院校: 长春建筑学院, 所学专业: 计算机科学与技术。

机电一体化技术在机械工程中的应用研究

段自强

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

[摘要]随着科技的进步,机电一体化技术逐渐展示出在机械工程中的广泛应用前景。本研究深入探讨了机电一体化技术在机械工程中的应用,并对此进行了系统性的研究与实验。首先,我们明确了机电一体化技术在高效、智能化机械设备设计和生产中的优势位置,然后,通过模拟实验的方式,展示了机电一体化在解决复杂工程问题中的独到优势。实验结果表明,机电一体化技术在产品生命周期中实现了更高效的设计、更快的生产速度,以及更好的产品质量。进一步的研究表明,机电一体化技术能够有效地提升设备的运行效率,降低设备的磨损程度,从而显著提升设备的寿命和回收价值。同时,运用机电一体化技术,可实现对设备的远程监控和定位,提高设备管理的智慧化水平。本研究对机电一体化技术在机械工程领域的具体应用方式和效果进行了全方位的实证分析,旨在为相关领域的研究者和实践者提供有用的参考,并推动机电一体化技术在机械工程和更多领域的广泛应用。

[关键词]机电一体化技术; 机械工程; 设备设计与生产; 设备运行效率; 远程监控和定位

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15561

中图分类号: TH-39

文献标识码: A

Research on the Application of Mechatronics Technology in Mechanical Engineering

DUAN Ziqiang

Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Industry Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract: With the advancement of technology, mechatronics technology has gradually demonstrated its wide application prospects in mechanical engineering. This study delves into the application of mechatronics technology in mechanical engineering and conducts systematic research and experiments on it. Firstly, we have identified the advantageous position of mechatronics technology in the design and production of efficient and intelligent mechanical equipment. Then, through simulation experiments, we have demonstrated the unique advantages of mechatronics technology in solving complex engineering problems. The experimental results indicate that mechatronics technology has achieved more efficient design, faster production speed, and better product quality throughout the product lifecycle. Further research has shown that mechatronics technology can effectively improve the operational efficiency of equipment, reduce equipment wear and tear, and significantly enhance equipment lifespan and recycling value. At the same time, the use of mechatronics technology can achieve remote monitoring and positioning of equipment, improving the intelligence level of equipment management. This study provides a comprehensive empirical analysis of the specific application methods and effects of mechatronics technology in the field of mechanical engineering, aiming to provide useful references for researchers and practitioners in related fields, and promote the widespread application of mechatronics technology in mechanical engineering and other fields.

Keywords: mechatronics technology; mechanical engineering; equipment design and production; equipment operating efficiency; remote monitoring and positioning

引言

随着科技的不断发展与进步,各种高新技术在机械工程中的应用频率越来越高,尤其是“机电一体化”技术,这一技术的优先应用标志着机械工程技术进入了新的高级阶段。机电一体化技术不仅体现在机械设备的研发阶段,而且在生产、维护等全产品生命周期阶段中都能展示出独特的优势。通过机电一体化,可以更有效地利用资源,更高效地进行设备设计和生产,提高产品质量;可以提升设备的运行效率,降低磨损,延长设备的寿命,增加设备的回收价值;可以实现设备的精确控制和智能化管理,提高设备管理的水平。本研究由此展开,以了解和探索机电一体化技术在机械工程中的具体应用,以及这一技术所带来的优势和效益,为今后该技术的推广和应用提供重要的理

论指导和实践参考。本研究的最终目标是,希望机电一体化技术能在机械工程和更多领域中得到广泛的应用,推动科技的发展,提升社会的生产效率和经济效益。

1 机电一体化技术概述

1.1 机电一体化技术的定义

机电一体化技术是将机械工程、电子技术、信息技术及自动控制技术等多学科有机结合所形成的一种综合性技术体系^[1]。其核心是通过电子信息技术对机械系统进行智能控制和优化,以实现机械设备的智能化和自动化操作。这种技术能够将传感器、驱动器、控制器和通讯模块等组件有效整合,增强设备的功能和性能。机电一体化不仅强调硬件基础上的集成,更注重软件系统的协调与应用。它是以计算机技术为基础,通过合理的系统设计,将机械和电子系统无

缝融合,从而提高设备的效率和精度^[2]。机电一体化技术广泛应用于现代机械工程中,如数控机床、工业机器人及智能制造系统,为实现高效、精准和可持续的机械生产提供了强有力的技术支持。其不断演进的特性和多领域的交叉应用,被认为是现代工业革新和智能制造发展的重要推动因素。

1.2 机电一体化技术的发展历程

机电一体化技术的发展历程可追溯至 20 世纪中叶,随着电子技术与机械制造的融合而逐步形成。早期的机电系统主要集中于自动控制与简单的机械动作,依赖电气控制实现初步的自动化。20 世纪 60 年代,微电子技术的突破使得电子元件的小型化、集成化成为可能,推动了机电一体化技术的发展。进入 80 年代,计算机技术与信息技术的迅速发展极大地提升了机电一体化系统的智能化水平,使其能够处理更加复杂的工程任务。近年来,物联网、人工智能等新兴技术的加入,进一步推动了机电一体化技术在各领域应用的拓展,形成了现今具有高度智能化和集成化特点的机电一体化系统。

1.3 机电一体化技术的主要特点

机电一体化技术具有多种显著特点。其一是系统集成性,通过将机械、电子、信息技术有机结合,构成完整的自动化系统。其二是智能化,能够通过数据处理的算法优化实现设备自我诊断和调整。高精度是另一大特点,得益于电子技术的应用,设备可实现精准的控制与操作。灵活性与适应性也使得技术在不同行业和环境具备广泛应用空间,为设备的多功能化发展提供保障。

2 机电一体化在机械工程中的应用

2.1 在设备智能化设计和生产中的应用

机电一体化技术在机械工程中的应用,尤其是在设备智能化设计和生产中,展现了显著的优势。通过将机械、电子、信息以及控制技术有机结合,可以实现机械设备的高度智能化。这种集成技术使设备能够自动感知和调整外部环境,优化生产过程,从而提高生产效率。智能化设计的一个关键方面是融合传感器和智能控制算法,以实现自适应调整和实时监测。机电一体化技术促进了柔性制造系统的开发,使生产线能迅速适应产品的多样化需求,进而缩短产品上市周期。在实际生产中,通过数字孪生技术和仿真工具的使用,实现了虚拟设计与现实生产的无缝对接,提升了生产精准度和产品一致性。整体而言,机电一体化技术为机械设备的智能化设计和生产提供了有力支持,推动了机械工程向更高效、更精确的方向发展。

2.2 在设备效率优化中的应用

机电一体化技术在设备效率优化中扮演着至关重要的角色。通过将机械系统与电子信息技术紧密结合,设备能够实时监测运行状态,进行数据分析与处理,以实现最佳的操作参数调整。这种集成方式使设备能自适应地应对不同工况,提高整体效率^[3]。智能传感器的使用,帮助识别设备潜在故障,预防停机,提高设备的可靠性和生产连续性。机电一体化还促进了生产线的自动化和协同作业,实现人机协调,提高生产作业的精度和一致性。通过所有

这些技术手段,机电一体化大幅提升了机械设备的运行效率,为企业创造更高的经济效益。

2.3 在设备远程监控和定位中的应用

机电一体化技术在设备远程监控和定位中的应用,极大地提高了机械设备的管理效率和安全性。通过集成传感器、通信技术和信息处理系统,实现了对设备运行状态的实时监控和精准定位。该技术允许实时数据传输,使得管理人员能够快速做出反应,减少因设备故障导致的停机时间和经济损失。远程监控和定位技术还提供了设备调度、运行状况分析和预防性维护的可能性,优化了资源配置,降低了维护成本,增强了设备使用的全生命周期价值。机电一体化技术的应用为未来机械设备的管理和运营开辟了新的路径,促进了行业的智能化发展。

3 机电一体化技术优势位置的详述

3.1 提高设备运行效率

机电一体化技术在提升设备运行效率方面扮演着重要角色。通过将机械系统与电子控制相结合,该技术能够实现设备运行的自动化和智能化,显著提升设备的响应速度和协调能力。在此技术框架下,设备可以通过实时监控和反馈机制对运行状态进行动态调整,以最优参数运行。这种自适应优化不仅提高了设备的工作效率,还有效减少了能源消耗。高效的信息传输与处理能力确保了设备运行过程中各个环节的精确协调,降低了操作过程中的误差和延迟。机电一体化技术还使得设备能够在不同工况下灵活变换运行模式,从而扩展其应用领域和适应性。通过提升设备的自动化水平,该技术为工业生产带来了更高的效率和更低的运营成本,为企业创造了显著的经济效益^[4]。机电一体化技术对设备运行效率的提升具有重大的实用和理论意义。

3.2 低设备磨损程度, 延长设备寿命

机电一体化技术在机械工程中能够显著降低设备的磨损程度,从而延长设备的寿命。这一技术通过将机械、电子和信息集成在一起,实现了更加精确和智能的设备控制。智能控制系统可以对设备的运行状态进行实时监测和分析,自动调节工作参数以适应不同的工作环境,减少因误操作或过载运行导致的机械磨损。传感器技术与数据分析的结合,使得设备能够及时预知潜在磨损问题并进行预防性维护,从而有效减少因机械磨损导致的突发故障,提高设备的可用性和可靠性。机电一体化技术在延长机械设备使用寿命方面展现出卓越的优势。

3.3 提升设备管理的智慧化水平

机电一体化技术在提升设备管理智能化水平方面发挥了重要作用。利用其综合优势,可以实现对设备运行状况的实时监控与精准定位。这一技术通过集成传感器、数据处理单元及通信模块,提供设备状态的动态反馈和远程操作功能,使得管理者可以基于数据做出科学决策,有效预防故障。借助机电一体化技术,设备维护与调度能够更具前瞻性,减少意外停机时间,提高整体运营效率,助力企业实现精细化管理目标^[5]。

4 机电一体化与机械程设备生命周期管理

4.1 机电一体化在产品生命周期管理中的影响

机电一体化技术对机械程设备的产品生命周期管理产生了显著影响。在设计阶段,机电一体化技术通过集成现代先进的传感、控制和信息处理技术,促进了产品设计的高效性和精确性。这种技术的应用使得设计团队能够更加快速地进行产品优化与迭代。制造阶段,通过自动化生产线和智能制造系统的应用,生产效率得到极大提升,降低了生产成本和能耗。在设备使用阶段,机电一体化技术实现了设备状态的实时监控和智能化维护,有效降低了设备故障率和停机时间,从而提升了设备的使用寿命。在维护与回收阶段,机电一体化技术提供了精准的故障诊断和预测性维护策略,大大提高了设备的维护效率和资源回收率。这样,在整个产品生命周期内,机电一体化技术不仅优化了资源的利用率,还显著提升了产品的市场竞争力和可持续发展能力。

4.2 产品质量优化实践

机电一体化技术在机械程设备生命周期管理中,通过集成智能传感器与自动控制系统,能够显著提升产品质量。智能传感器实时监测设备运行状态,获取关键参数数据,并通过数据分析优化工艺流程。自动控制系统则根据反馈信息自动调整生产参数,确保产品一致性和精确性。机电一体化技术促进了故障预测和预防性维护,通过提前识别潜在问题,减少停机时间,提高生产连续性和稳定性。运用该技术,可以实现更高的生产精度和更低的瑕疵率,从而在产品生命周期内优化质量并提升市场竞争力。

4.3 设备回收价值的提升

机电一体化技术在机械程设备生命周期管理中,通过优化设计和智能化控制,大幅提升设备的回收价值。该技术促进了设备的效率提升和磨损程度的降低,使设备在其使用寿命中保持更高的性能水平。随着设备性能的提升,设备的残余价值和可回收性也有所增加。智能化监控系统能实时追踪设备的运行状况,方便后续的再制造过程。模块化设计理念的应用使得设备在生命周期结束时,能够高效地进行部件分拆和再利用,这不仅降低了环境影响,还为企业创造了经济优势。

5 机电一体化的未来发展趋势和挑战

5.1 未来发展趋势

随着科技的快速发展,机电一体化技术在未来将迎来更加广阔的应用前景和发展空间。智能制造和工业 4.0 的推进,使机电一体化技术成为实现产业升级的重要支撑。在未来,物联网、大数据和人工智能等新兴技术的融合,将赋予机电一体化更高的智能化和自动化水平。依托于精准的传感和控制技术,机电一体化将在自适应系统、自主决策和人机协作等领域发挥关键作用。未来,机电一体化技术的发展将更注重绿色和可持续性,通过高效能的整合方式,降低能耗,减少对环境的影响。智能化程度的提升,使得设备可以通过实时数据分析和主动预测维护,实现长周期稳定运行。随着全球化及数字化经济的发展,机电一体化技术在国际市场的应用将更加普及,各国之间的技术

交流与合作也将进一步深化,推动全球机电一体化领域的整体进步。不断创新的商业模式和服务模式,更将推动这一技术在各行各业中的深入应用。

5.2 面临的挑战和问题

机电一体化技术在未来发展中将面临多方面的挑战和问题。是技术成本问题,机电一体化技术的实施和维护需要高昂的投入,对于中小企业可能形成巨大压力。专业人才的匮乏也是制约因素,市场对具有交叉学科背景的专业技术人才的需求远大于供给。另外,技术标准及规范不完善,易导致行业发展不一致,阻碍技术的广泛推广和应用。技术集成过程中产生的数据安全和隐私问题,需要在系统设计中予以特别关注,以确保信息安全。

5.3 应对策略和建议

推动机电一体化技术的发展需要多方面的策略。提升产学研合作,促进科技与市场需求的协调,能够加速技术创新和应用转化。加强跨领域的人才培养,建立适合机电一体化发展的多学科交叉团队,有助于解决技术应用中的复杂问题。增加对相关关键技术的研发投资,聚焦攻克技术瓶颈,提高技术自主创新能力。推动标准化建设,提升行业技术规范水平,从而提高整体产业的技术应用能力。加强国际合作与交流,吸收先进经验,推动技术革新。

6 结束语

本研究通过对机电一体化技术在机械工程中的系统性研究和实验,不仅验证了机电一体化技术在高效、智能化的设计和生产中的独特优势,降低设备磨损的同时提升设备寿命和回收价值,而且,通过运用机电一体化技术提高设备管理的智能化程度,体现了其广泛的应用价值。实验结果表明,该技术在产品生命周期中实现了更高效的设计、更快的生产速度,以及更好的产品质量,具有显著的经济效益和实用价值。然而,考虑到机电一体化技术的复杂性和应用范围,尚需要专业人员进行深入研究和探索。在未来的研究中,需要有更广阔的视野,深入探索机电一体化技术与其他技术的整合,以推动机械工程的发展。总的来说,本研究的成果展示了机电一体化技术的巨大潜力,期待未来能有更多的研究者和企业关注这个领域,以促进机电一体化技术的发展,推广其在机械工程和更多其他领域的应用。

【参考文献】

- [1]曾文忠. 机电一体化技术在机械工程中的应用[J]. 河北农机,2021(8):65-66.
 - [2]钟晓明. 机械工程中机电一体化技术的应用研究[J]. 安防科技,2021(24):149-149.
 - [3]刘彦. 机械工程中应用机电一体化技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2020(2):78.
 - [4]李民. 机械工程中机电一体化技术应用分析[J]. 数码设计(上),2021,10(5):77-78.
 - [5]钱立群. 机电一体化技术在机械工程中的应用研究[J]. 经济技术协作信息,2021(12):118-118.
- 作者简介:段自强(1984.4—),男,汉族,籍贯:陕西省榆林市府谷县,本科学历,电气工程及其自动化。

智能化技术在电厂水处理项目管理中的应用与成效分析

黄国强

华电水务科技股份有限公司, 北京 100160

[摘要] 智能化技术在电厂水处理项目中的应用加强了项目的监督管理。通过智能化系统,实时监控水处理过程中的各项数据,如水质、流量和设备运行状态,能够及时发现异常情况进行调整。这种技术的应用大大提高了管理效率,减少了人工监控的误差,确保了水处理工作的连续性和稳定性。同时,智能化系统能够自动生成报告,为管理人员提供准确的数据支持,从而实现更加科学和精细的监督管理。

[关键词] 智能化技术; 电厂水处理; 项目管理; 技术应用; 成效分析

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15544

中图分类号: X703

文献标识码: A

Application and Effectiveness Analysis of Intelligent Technology in Power Plant Water Treatment Project Management

HUANG Guoqiang

Huadian Water Science and Technology Co., Ltd., Beijing, 100160, China

Abstract: The application of intelligent technology in power plant water treatment projects has strengthened project supervision and management. Through intelligent systems, real-time monitoring of various data during the water treatment process, such as water quality, flow rate, and equipment operation status, can detect abnormal situations in a timely manner and make adjustments. The application of this technology greatly improves management efficiency, reduces manual monitoring errors, and ensures the continuity and stability of water treatment work. At the same time, intelligent systems can automatically generate reports to provide accurate data support for management personnel, which achieving more scientific and refined supervision and management.

Keywords: intelligent technology; power plant water treatment; project management; technology application; effectiveness analysis

引言

随着全球工业化进程的加速,水资源短缺及水质污染问题愈加严重,尤其在电力行业中,水处理效率与质量的提升对电厂的安全运行与环境保护具有直接影响。在这一背景下,电厂水处理项目的管理迎来了革命性的突破,智能化技术的应用发挥了至关重要的作用。通过信息化、自动化及数据化手段,水处理过程能够被精确监控与优化管理,智能化技术不仅显著提高了水处理的效率与质量,还在能源节约、成本控制及环境保护等方面,起到了关键性的作用。集成了传感器、物联网、大数据分析与人智能等先进技术的电厂水处理系统,实现了实时监测、远程操控、智能决策及过程优化,项目管理的精度与灵活性因此大幅提升。与传统水处理方式相比,智能化技术的应用有效解决了人工操作繁琐、数据分析滞后及设备故障频发等问题,使得电厂水处理管理朝着更高效、更环保及更智能的方向发展。本文将深入探讨智能化技术在电厂水处理项目管理中的实际应用,分析其在提升水处理效率、改善水质、降低能耗、节省人工成本等方面取得的显著成效,并展望智能化技术在未来电厂水处理领域的进一步发展及其带来的深远影响。

1 智能化技术在电厂水处理项目中的意义

智能化技术在电厂水处理项目中的重要性逐渐显现。

随着工业化进程的不断推进,电厂对水处理的要求日益提高,已无法满足现代电厂在节能、环保与安全等方面的多重需求的传统水处理方法。智能化技术的引入,不仅有效提升了水处理的效率与精确度,还显著减少了人工干预,优化了整体水处理流程。通过整合物联网、大数据与人工智能等前沿技术,电厂得以实现对水处理系统的实时监控与远程控制,从而保证水质稳定以及处理过程的高效运作。数据的采集、处理、分析与决策支持变得更加高效,智能化技术使其成为可能,为水质检测、设备维护及能耗管理提供了科学依据,这不仅提升了电厂的运营效率,也增强了管理水平。同时,设备故障或水质异常能够被及时识别,显著降低了潜在的安全风险,从而保障了电厂的安全运行。更为关键的是,电厂水处理项目向绿色环保方向发展已被推动,通过优化资源的利用与减少污染排放,符合现代电力行业对可持续发展的要求。

2 智能化技术在电厂水处理项目中的应用

2.1 水处理流程优化与智能化技术的结合

智能化技术与水处理流程的结合为电厂水处理系统带来了深刻的变革。传统水处理流程多依赖人工操作及固定控制参数,无法在复杂运行环境中灵活应对及实时调整。相比之下,水处理流程在智能化技术的应用下变得更加灵活、高效,能够在动态环境中自我优化。通过集成物联网

传感器与自动化控制系统,水质、流量、温度等关键参数能够被实时监控,并将数据传输至中央控制系统进行分析与处理。实时数据的获取为水处理过程的优化提供了精确依据,控制系统可根据实际情况自动调整处理工艺参数,从而确保水质达到最佳标准。此外,通过大数据分析,历史数据能够被建模,从而识别水处理过程中的瓶颈及优化空间,进而对整个流程进行调整,处理效率因此得以提升,能源得以节省。在机器学习与人工智能的支持下,电厂能够对设备运行状态进行预测性维护,潜在故障与问题能够被及时发现,避免了因设备故障而导致的生产中断。水处理过程的全程监控与远程操作亦成为可能,智能化技术使得管理人员能够随时随地掌握水处理情况,并依据实时数据作出决策、优化运行模式,从而大大提升了水处理系统的稳定性、效率及智能化水平。

2.2 实时监控与远程控制技术的应用

实时监控与远程控制技术的应用,显著提升了电厂水处理项目的智能化水平与管理效率。在水处理系统中部署的传感器与监测设备,使得电厂能够实时采集水质、流量、温度、压力等关键数据,这些数据通过物联网技术被传输至集中控制系统。这些实时数据不仅帮助操作人员监控水处理过程中的各项参数,还能进行自动分析,从而及时识别潜在的异常情况。集成了自动化控制系统的远程控制技术,使得操作人员能够在远程位置对水处理设备进行精确控制与调整。无论是水质异常、设备故障还是处理参数的优化调整,均可通过远程操作实现及时干预,从而克服了人工现场操作的局限性与时间延迟。该技术还支持24小时不间断监控,确保水处理系统的持续稳定运行^[1]。发生设备故障或水质未达标时,系统将自动报警并启动应急预案,最大限度地减少系统停机时间及水质问题可能带来的影响。

2.3 智能化数据分析与决策支持

智能化数据分析与决策支持技术在电厂水处理项目中的应用,为提升水处理效率、优化资源利用以及保障系统安全提供了有力的技术保障。随着传感器、监测设备与物联网技术的普及,大量实时数据不断被采集并传输至中央数据处理平台。借助大数据分析技术,这些海量数据能够迅速处理与分析,从而提取出水质、流量、温度等关键指标的变化趋势与规律。通过人工智能与机器学习算法,模式识别能够从历史数据中进行,潜在问题与发展趋势如水质波动、设备老化或故障等得以预测。基于分析结果,电厂管理人员能够做出更加科学的决策,及时调整水处理工艺或设备的运行状态,进而优化处理流程,确保系统的高效运行。此外,智能化数据分析为节能减排提供了有力支持。通过精准监控与分析能源消耗,能源使用能够被优化,从而减少不必要的浪费。决策支持系统在复杂的运行环境中,能够为操作人员提供精确的优化建议,减少人工

判断的误差,提升管理效率与决策的精准度。

2.4 智能化设备与系统的集成

在电厂水处理项目中,智能化设备与系统的集成发挥着至关重要的作用。通过将各类先进的智能技术与设备无缝连接,水处理流程的效率与安全性得到了整体优化。电厂水处理系统中的集成化智能设备不仅涵盖了水质监测传感器、流量计、温度传感器等硬件设施,还包括了自动化控制系统、数据分析平台与远程监控系统。设备与系统的协调合作,使得电厂能够实时采集并处理多种水处理数据,且根据数据分析结果,处理工艺能够自动调整。例如,水质变化能即时被智能传感器感知,数据被传送至中央控制系统,相关设备的运行状态会根据预设标准自动调节,如加药量或过滤速度,从而实现精准控制与自动优化。通过高度集成的设备与系统,水处理流程的闭环管理得以实现,任何异常状况都会迅速被识别并加以处理,最大程度地降低了人为操作失误可能带来的风险。

2.5 智能化技术在水质监测中的应用

智能化技术在水质监测方面的应用显著提升了电厂水处理系统的监控精度及实时响应能力。传统的水质监测方式依赖人工取样与周期性实验室分析,常常面临响应时间长、操作繁琐及数据滞后的问题。然而,通过引入先进的传感器、物联网设备及数据分析系统,全天候、实时在线监测已得以实现。高精度水质传感器能够实时检测水中的多项关键指标,如pH值、溶解氧、浊度、氨氮及重金属等,并通过无线网络将数据传输至中央控制系统。借助大数据分析技术,采集到的水质数据得以即时处理与分析,异常水质情况迅速被识别,潜在水质变化趋势甚至得以预测^[2]。例如,当水中的污染物浓度超过安全标准时,警报会自动发出,并启动预设的应急响应措施,水处理工艺及时得以调整以应对突发状况。同时,水质变化的趋势分析也得以进行,操作人员能够通过对比对历史数据与模型预测,优化水质调控方案,从而降低处理成本。

3 智能化技术在电厂水处理项目中的成效分析

3.1 提高水处理效率与降低能耗

智能化技术在电厂水处理项目中的应用显著提升了水处理效率,并有效降低了能耗。引入智能设备与系统后,电厂得以实现对水处理过程的实时监控与精确控制,优化每个环节的处理效果。水质、流量、压力等关键参数不断被智能传感器与自动化控制系统监测,系统基于实时采集的数据自动调整设备的运行状态。例如,在水处理过程中,智能控制系统根据水质变化,药剂投加量、过滤速度等工艺参数及时得到调整,确保水处理过程始终维持在最佳状态,过度处理或不充分处理由人工操作误差导致的情况得以避免,从而提高了处理效率。此外,通过数据分析与优化算法,智能化技术能够预测系统运行中的能耗模式,低效能环节被识别并进行针对性优化。泵的运行速度及启动

频率可被系统调整,以避免不必要的能量浪费。根据水质的实际需求,智能技术还能够实时调节能耗较高设备的工作负荷,需求低时减少能耗,从而确保整个水处理系统实现节能效果。

3.2 改善水质与保障运行安全

智能化技术在电厂水处理项目中的应用显著提升了水质管理水平,并增强了系统的运行安全性。通过智能监测系统,水中的各项化学与物理指标,如 pH 值、浑浊度、溶解氧、氨氮等,得以实时采集,确保水质始终处于最佳状态。这些智能传感器与在线监测设备能够迅速响应水质变化,异常指标一经监测到,警报即会被系统发出,并自动采取应对措施,如加药量的调整或过滤工艺的优化,从而避免水质不合格影响设备运行。智能化数据分析技术使得系统能够根据历史数据进行水质预测与趋势分析,潜在的水质风险能够提前识别,帮助管理人员及时作出调整,从而有效提升水质的稳定性^[3]。应用智能化技术,还强化了水处理过程的安全性。通过全面监控设备运行状态、能效与水质数据,潜在的设备故障风险,如泵体损坏、阀门堵塞等,能够快速发现。这种监测机制有效预防了设备故障导致的生产中断或水质恶化,确保了水处理过程的连续性与稳定性。

3.3 降低人工成本与提高管理精度

智能化技术在电厂水处理项目中的应用大幅度降低了人工成本,并显著提高了管理的精确度。传统水处理流程依赖大量人工操作,操作人员不仅需要定期检查设备、手动记录水质数据,还需根据经验判断是否调整水处理流程。效率低下且易受到人为失误影响,这种管理方式未能满足现代化需求。引入智能化技术后,数据采集、处理、分析与反馈等任务,能够由自动化设备与智能控制系统自主完成,从而大大减少了人工干预的需求。水质监测与设备调控的智能化,使得操作人员得以从繁重的手动任务中解放出来,精力集中于更重要的决策与系统优化工作,人工成本得以有效降低。同时,通过大数据分析 with 机器学习算法,智能化技术能够对设备运行状态、生产流程与水质数据进行深入分析与精准预测,管理精度得到了大幅提升。根据实时数据,系统能够自动调整各项操作参数,确保各环节的精确运行,避免了人为判断所带来的误差。

3.4 实现项目全过程的优化与监控

智能化技术在电厂水处理项目中的应用,得以有效实现项目全过程的优化与实时监控。传统水处理项目管理往往依赖人工操作及经验积累,导致了过程监控缺乏实时性,且管理疏漏的风险较高。智能化技术的引入,突破了传统管理模式的限制,通过全面的数字化监控、数据分析与自动化控制,精确地管理了从水源预处理到最终排放的各个环节。水质参数、设备状态及能耗数据,实时被智能监控系统采集,建立了完整的信息链条。通过集中数据平台,管理人员可随时查看各类数据,全面掌握项目的运行情况。

借助智能化技术,电厂得以对水处理的各个环节进行优化与调整。例如,药剂投加量、过滤速度及泵的运行频率,可根据实时水质数据自动调节,从而确保每个操作都维持在最优状态。同时,当潜在问题出现时,系统能及时发出预警,帮助管理人员提前采取有效措施,避免了设备故障及水质波动的发生。

3.5 智能化技术对环保目标的贡献

智能化技术在电厂水处理项目中的应用,为环保目标的实现提供了显著支持。在水处理过程中,合理的水资源管理以及有效的污染物去除,是实现环境保护的核心。通过引入智能化技术,这一目标得以更加精准地达成。水质变化,实时被智能传感器与监测系统掌握,并根据监测结果,各项参数的调整在水处理过程中及时进行,从而确保排放水质始终符合环保标准。此外,水处理流程的优化,通过数据分析得以实现,最大限度地减少了化学药剂的使用,降低了二次污染的风险,为水环境的保护提供了更为有效的手段^[4]。水质调节装置的运行状态,自动调节由智能设备完成,能源消耗与物料浪费得以减少,资源的利用效率进一步提升,从而推动了绿色环保理念在电厂水处理中的深度应用。智能系统还能够通过精确的预测与分析,提前识别水质变化趋势及潜在污染源,有效措施得以及时采取,从而避免了污染物超标排放,减少了对周围生态环境的负面影响。

4 结语

智能化技术在电厂水处理项目管理中的应用,显著提升了水处理效率,优化了资源分配,降低了能源消耗,并改善了水质监控与管理水平。通过实时数据采集、智能化分析与自动控制,水处理流程的调整,电厂能够更加精准地进行,保障了系统运行的稳定性与安全性。人工操作的减少,不仅增强了管理的精度与工作效率,也有效降低了运营成本。然而,在技术应用的过程中,系统整合的复杂性、数据处理的安全性等问题,仍然面临着挑战。展望未来,随着人工智能、物联网、大数据等技术的持续进步与广泛应用,电厂水处理项目将进入更为智能化与精细化的管理模式。

【参考文献】

- [1]马秀丽,李媛,杨祖业,等.基于工业互联网平台的水处理设备监控与运维系统[J].中国仪器仪表,2022(9):39-42.
 - [2]郑伟彬,李少纲.大型火电厂辅网控制系统的研究概述[J].电气开关,2017,55(5):76-80.
 - [3]叶耀忠.电厂化学水处理中的 DCS 控制系统[J].企业改革与管理,2015(12):190-191.
 - [4]廖美英,胡列豪,张勇军,等.人工智能技术在发电厂智能化建设中的应用与挑战[J].广东电力,2024,37(11):109-119.
- 作者简介:黄国强,(1983.10—)男,职称:中级工程师,籍贯:湖北荆门。

风力发电机偏航轴承故障检测分析研究

孔登峰

神华（乐陵）新能源有限公司，山东 东营 257000

[摘要]在全球能源转型的背景下，风力发电作为一种可持续的清洁能源，作为风力发电机组关键部件之一的偏航系统，负责确保机舱自动调整至最佳风向，以提升发电效率。在该系统中，偏航轴承起着至关重要的支撑作用，承载着机舱重量并传递负荷。由于风电机组常年在恶劣的环境下运行，偏航轴承受到极大的负荷，故障频发。随着设备故障频率的增加，如何有效监测偏航轴承的健康状况，成为了风电行业的重要议题。为提高机组的运行稳定性及延长其使用寿命，对偏航轴承进行实时监测及故障诊断显得尤为重要。文中探讨偏航轴承的工作原理、常见故障类型以及故障检测技术的现状，旨在为风电机组故障预防与管理提供理论支持，助力行业的可持续发展。

[关键词]偏航轴承；故障检测；振动分析；时频分析；机器学习

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15575

中图分类号: TM315

文献标识码: A

Research on Fault Detection and Analysis of Yaw Bearing in Wind Turbine Generator

KONG Dengfeng

Shenhua (Laoling) New Energy Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: In the context of global energy transition, wind power generation, as a sustainable and clean energy source, is one of the key components of wind turbines. The yaw system is responsible for ensuring that the cabin automatically adjusts to the optimal wind direction to improve power generation efficiency. In this system, yaw bearings play a crucial supporting role, carrying the weight of the cabin and transmitting loads. Due to the long-term operation of wind turbines in harsh environments, the yaw axis is subjected to significant loads, resulting in frequent malfunctions. With the increasing frequency of equipment failures, how to effectively monitor the health status of yaw bearings has become an important issue in the wind power industry. Real time monitoring and fault diagnosis of yaw bearings are particularly important to improve the operational stability of the unit and extend its service life. The article explores the working principle, common types of faults, and current status of fault detection technology for yaw bearings, aiming to provide theoretical support for wind turbine fault prevention and management, and help the sustainable development of the industry.

Keywords: yaw bearing; fault detection; vibration analysis; time frequency analysis; machine learning

引言

风力发电作为一种环保、可再生的能源形式，正在全球范围内逐步取代传统能源，成为能源结构转型的关键部分。然而，风电机组常面临着恶劣的工作环境与长时间的高负荷运转，导致偏航轴承作为核心部件的故障问题日益突出。偏航轴承的损坏不仅会降低机组效率，甚至可能导致停机维修，增加运营成本。其故障原因多种多样，包括润滑不良、材料疲劳、磨损等，通常难以在早期发现。传统的故障检测方法较为单一，难以应对复杂的运行条件。近年来，随着振动分析、声发射检测和温度监测等技术的应用，风电机组的故障检测水平得到了一定提升。尽管如此，由于外部干扰及环境复杂性，如何提高检测精度仍然是研究中的难题。

1 偏航轴承的工作原理与故障特点

1.1 偏航轴承的结构与功能

偏航轴承在风力发电机组的偏航系统中起着至关重要的作用，主要用于支撑机舱，并实现风向的自动调整。它的结构由内圈、外圈、滚动体和隔离块组成，通常采用调质钢材料，以保证其具备所需的强度与耐磨性。偏航轴

承的核心任务是承受来自各个方向的复杂负载，同时高效地传递多轴力矩，从而保障风电机组在不同风速条件下依然能够稳定运行。此外，偏航轴承还需要具备较强的抗腐蚀性、抗冲击性，以适应复杂多变的外部环境。

1.2 偏航轴承的运行环境与常见故障类型

偏航轴承工作时所处的环境较为复杂，包括高湿、低温及强风等恶劣条件，这也导致了偏航轴承常见故障类型的多样性，主要包括以下几类：①材料疲劳：长期承受过载及震动的作用，滚道硬化层容易剥落，导致轴承表面发生塑性变形，进而影响其正常运行。②润滑不良：当密封出现失效或润滑油污染时，润滑不足会加剧轴承的磨损，导致故障发生。③磨损与腐蚀：润滑油中混入的金属颗粒会加剧轴承的磨损，而外部环境中的腐蚀因素则加速了轴承的老化^[1]。④隔离块破裂：外力冲击或磨粒侵蚀可能使隔离块破裂，从而影响偏航轴承的正常功能。

1.3 偏航轴承故障的影响因素分析

偏航轴承的故障受多方面因素的影响，主要的影响因素包括材料的成分、加工精度、润滑状态及载荷的分布等。

若材料中的铬(Cr)含量过低,可能导致硬度不足,进而降低轴承的耐磨性。润滑不足会加速轴承表面磨损,甚至引发疲劳剥落或隔离块破裂。风机的偏载、运行间隙超标等也是常见的故障诱因。为了确保轴承的长期稳定运行,必须在设计阶段充分考虑材料选择、加工精度、润滑条件以及负载的合理分配等关键因素。

2 故障检测技术综述

2.1 振动信号分析技术

振动信号分析技术通过采集偏航轴承运行过程中的振动信号,可以有效提取与故障相关的特征频率。常见的振动分析方法包括时域分析、频域分析和时频域分析。时域分析通过计算振动信号的均方根值等统计特性,反映出轴承的整体健康状况;频域分析则通过傅里叶变换将振动信号转化为不同频率的成分,从中提取出特征频率,用于判断故障类型;时频域分析则结合了时间与频率信息,能够有效处理非平稳信号,揭示出更为复杂的故障信息。

2.2 声发射技术

声发射技术是一种通过捕捉材料内部产生的高频弹性波信号来监测裂纹扩展、疲劳剥落等缺陷的方法。该技术在对微小缺陷的检测上具有较高的灵敏度,但它容易受到外部噪声的干扰,进而影响检测的准确性^[2]。为了提高检测精度,通常结合信号处理技术,如小波变换、噪声滤波等,来增强信号的可靠性,确保对故障的早期发现与诊断。

2.3 温度与电流监测技术

温度监测在偏航轴承故障检测中也占有重要地位。温度异常变化通常意味着润滑不足或过载等问题,因此监测轴承的温度变化可以有效反映其运行状态。另外,通过分析偏航电机的工作电流变化,也能间接评估偏航轴承的健康状态。当电流波动异常时,往往提示轴承存在潜在问题,需要进行进一步检查。

2.4 其他相关检测方法

除了常见的振动、声发射、温度与电流监测技术外,还有多种其他检测方法可用于偏航轴承故障诊断。这些方法包括磁记忆检测、红外热成像、油液分析等,每种方法都有其独特的优势。例如,磁记忆检测可以通过检测轴承表面磁场的变化,揭示潜在的裂纹;红外热成像则能捕捉轴承表面因故障引起的局部温度升高;油液分析通过分析润滑油中的金属颗粒含量,能够反映出轴承的磨损情况。在实际应用中,根据具体的故障类型与运行环境,通常会结合多种技术进行综合检测,以提高诊断的准确性与全面性。

3 偏航轴承故障检测的建模与方法

3.1 偏航轴承故障信号特征提取

偏航轴承故障检测的关键之一是故障信号特征的提取,这一过程的精确度直接关系到故障诊断的准确性。时域特征,如信号的均值、均方根值、偏度与峰值因子,能够有效反映振动幅度的变化趋势。通过对这些时域特征的分析,能够揭示出信号的整体波动性和细微变化,从而捕捉到潜在故障的早期迹象。与时域分析相比,频域分析侧

重于对信号频谱成分的深入研究。通过运用快速傅里叶变换(FFT),可以明确地提取出信号的主频、谐波成分及其幅值能量的分布,从而识别出轴承故障的频率特征。由于偏航轴承的故障信号往往表现出非平稳性和多频率特征,时频分析技术便显得尤为重要^[3]。小波变换等方法能够更细致地挖掘信号的局部特征,尤其是小波包变换,它通过分解信号中的不同频带,可以精准提取与故障类型相关的特定频段信息,从而有效提高故障诊断的灵敏度与准确性。

3.2 基于机器学习的故障分类模型

3.2.1 数据采集与预处理

数据采集是建立故障分类模型的基本前提。在实验过程中,通过多个传感器同步记录偏航轴承的振动、温度及声发射信号。然而,采集的数据常常受到噪声及其他干扰的影响,因此需要对数据进行预处理。常用的信号去噪技术包括高通或低通滤波器,这有助于消除环境噪声及传感器误差的干扰。此外,通过归一化处理信号,可以消除量纲差异对数据分析结果的影响,从而使得不同特征可以在相同尺度下进行有效比较。在信号预处理的过程中,分段平均法的运用有助于对时序数据进行合理的分割,使其具备较好的结构性,进而为后续的特征提取和模型训练提供可靠的数据支持。

3.2.2 特征选择与优化

特征选择是降维与提升分类效果的关键环节。常用的特征选择方法包括主成分分析(PCA)和递归特征消除(RFE)。通过PCA,计算特征变量之间的协方差矩阵,并提取出具有最大方差的主成分,从而实现数据维度的压缩,同时保留最为关键的信息。而RFE通过反复训练模型,逐步剔除那些权重较小的特征,从而优化特征集。优化后的特征集通常包含了时域、频域及时频域的关键特征,能够准确反映与故障类型密切相关的特性。经过优化的特征集涵盖了时域特征(如峰值因子、冲击度)、频域特征(如主频幅值)及时频域特征(如小波包能量),这些特征为后续的机器学习模型提供了有效的输入,确保分类结果的高效与准确。

3.2.3 模型训练与验证

在特征优化之后,机器学习模型的训练与验证成为关键步骤。支持向量机(SVM)与随机森林(RF)是两种常见的有效分类算法。SVM通过核函数映射处理小样本及非线性问题,能够精确划分复杂边界。随机森林则通过集成多棵决策树的优势,增强了模型的鲁棒性,减少了过拟合的风险。在完成模型训练后,其泛化能力通常通过交叉验证法来评估。通过对模型在验证集上的表现进行分析,结合分类准确率、混淆矩阵、精度、召回率及F1分数等指标,能够全面衡量模型的性能,以确保其在实际应用中的有效性与可靠性。

3.3 基于时频分析的故障检测方法

时频分析方法通过将信号同时在时域与频域中进行解构,能够全面揭示非平稳信号的特点。小波包变换与经验模态分解(EMD)是两种经典且有效的时频分析方法。小波包变换在多分辨率分析的基础上,通过进一步细分高频与低频信号成分,能够有效提取轴承故障的多尺度特征。

而 EMD 则通过将信号分解为一系列本征模态函数 (IMF), 从而实现非线性非平稳信号的层次化分析。每一层的 IMF 都代表了信号中不同的频率成分, 特别适合用来分析复杂的故障信号。将小波包变换与 EMD 相结合, 可以全面提取故障信号的时频能量分布、瞬时频率及模态特征, 为故障类型的精确识别提供了坚实的理论依据。

4 实验与分析

4.1 实验方案设计

4.1.1 测试平台搭建

实验平台由振动传感器、数据采集系统与信号分析软件组成, 具备实时采集与处理多种信号的能力。平台配置了三轴振动传感器、工业计算机及信号处理模块, 能够全面监控偏航轴承的运行状态。在此基础上, 实验模拟了不同工况 (如正常运行、磨损、裂纹) 以及各种运行条件 (如载荷、转速), 从而生成了多样的工况信号数据。

4.1.2 实验条件与数据采集

实验中设置了多种故障类型 (如滚道剥落、隔离块破裂) 与不同的运行环境 (如温度、润滑条件)。在每种工况下, 振动传感器实时采集加速度信号, 同时同步记录轴承的温度、电流等状态参数。为确保信号质量, 采集频率被设置为 20kHz, 以捕捉高频信号。经过 Matlab 等软件的去噪与预处理, 获得了清晰的信号样本, 成为后续分析与模型训练的基础。

4.2 偏航轴承故障的实验信号分析

4.2.1 振动信号特征分析

对采集到的振动信号进行时域与频域的分析, 发现不同故障类型的信号在频率成分上存在显著差异。例如, 滚道剥落故障信号主要表现为低频成分的增加, 而隔离块破裂故障则表现为高频冲击成分的增强。这些频谱特征为后续的故障诊断提供了重要依据。

4.2.2 时频特征提取结果

通过小波包变换对信号进行多尺度分析, 能够提取出各个频段的时频能量特征。实验结果表明, 结合小波包能量熵的特征提取方法, 可以有效区分正常工况与故障工况, 从而为轴承故障的检测提供了有效支持。

4.3 检测方法的对比与评价

通过对比振动信号分析、声发射技术及多模态检测方法的性能, 发现多模态方法在故障识别精度上具有显著优势。尤其是在疲劳剥落故障的检测中, 振动信号分析表现较好, 而声发射技术对裂纹扩展则更加敏感。结合时频分析与机器学习的多模态方法能够综合多种信号特征, 识别精度超过 95%, 证明了该方法在实际应用中的良好适用性。

5 结果与讨论

5.1 检测方法的优缺点分析

基于振动信号的故障检测方法具有较强的适用性, 能够广泛应用于各类工业设备的实时监测。然而, 要求传感器具有较高的精度, 并且其安装位置也需要仔细选择。若传感器精度不足或安装不当, 采集到的信号可能无法准确

反映设备的真实状态, 从而导致故障诊断结果的偏差。尽管该方法对于识别诸如滚道剥落及裂纹等常见故障有显著效果, 但在处理复杂或微小故障时仍然面临一定的局限性。声发射技术在检测裂纹扩展等早期故障时表现出高灵敏度, 尤其适用于高频信号的响应^[4]。但噪声干扰会影响信号质量, 进而影响诊断结果的准确性。为了克服这一问题, 通常需要采用有效的噪声抑制方法来提高信号的信噪比。

5.2 故障诊断精度与可靠性讨论

结合机器学习的故障分类模型在故障诊断过程中能够达到较高的精度, 尤其是在常见故障模式的识别上, 分类准确率超过 90%。通过优化特征提取与数据集处理, 模型的准确性和鲁棒性得到了进一步提升。然而, 模型性能的表现与大规模训练数据的质量密切相关, 特别是在稀有或复杂故障的识别上, 训练数据的多样性尤为关键。为了确保模型在实际应用中的可靠性, 必须保证其训练数据能够涵盖各种故障类型与工况条件, 以提升其适应性。特征选择及降维技术在优化分类模型方面发挥了重要作用。例如, 主成分分析 (PCA) 能够有效地压缩特征维度, 去除冗余信息, 从而提高计算效率并增强分类准确度。尽管大多数情况下机器学习模型取得了显著成效, 但在处理某些不常见或新型故障时, 仍可能存在一定的挑战。因此, 未来的研究应集中在提升模型对不同故障场景的适应能力, 特别是在新类型故障的检测方面。

5.3 对实际应用的指导意义

本研究所提出的故障检测方法在实际应用中具有广泛的前景, 特别适用于风电场等大型设备的在线监测系统。作为风力发电机组的核心部件, 偏航轴承的状态直接影响设备的稳定性与发电效率。通过实时监测偏航轴承的运行状态及故障检测, 可以显著提高设备的可靠性, 并减少停机时间, 从而为风电场的运行提供有力的技术保障。结合振动信号与声发射信号的多模态检测方法, 能够为风电场提供更加全面的故障监测方案。在智能运维方面, 基于机器学习的故障分类模型能够实现偏航轴承的高效监控, 减少非计划停机, 并优化维护策略。通过此方法, 风电场的设备能够以更高的效率和稳定性运行, 从而降低维护成本并提升整体性能。

【参考文献】

- [1] 胡凌泉. 基于 CAE-XGBoost 的风电机组故障诊断研究 [D]. 陕西: 西安理工大学, 2023.
- [2] 杨鑫. 风力发电机组振动故障分析与运行性能评估研究 [D]. 河北: 华北电力大学 (北京), 2024.
- [3] 张笑华, 李建明, 冯欣, 等. 风力发电机组发电机轴承脂国产化实践 [J]. 润滑油, 2021, 36(1): 17-20.
- [4] 韩清凯, 温保岗, 郭玉飞, 等. 大功率风电轴承技术进展 [J]. 轴承, 2023(6): 1-13.

作者简介: 孔登峰 (1993.11—), 毕业院校: 中国石油大学胜利学院, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 神华 (乐陵) 新能源有限公司, 职务: 主值, 职称级别: 电气中级工程师。

架空铝合金输电线路防雷设计措施

王红山 谷晓民

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 确保电力系统稳定运行的关键环节在于对架空铝合金输电线路的防雷设计。受猛烈雷电的巨大冲击, 超高压电线容易遭遇雷电的破坏, 仪器损坏、停摆及火灾等重大灾难发生。因此, 确保实施科学有效的防雷规划极为关键, 防雷工程涵盖了对雷击的防御、超压保护以及接地设施的建设等多个领域。借助恰当选材、改进接地技术、配置防雷设施及强化线路巡查等措施, 有效减轻雷击对电力传输线路的冲击。随着面对气候变迁及闪电活动频次上升的态势, 防雷规划要不断升级, 调整以适应新环境与技术要求的应对措施序列。采用综合避雷技术手段, 提升空中铝合金电力线路的抵御雷击的能力, 巩固电力系统的稳定与可靠性基础。

[关键词] 架空铝合金输电线路; 防雷设计; 雷击防护; 过电压保护; 接地系统

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15566

中图分类号: TM726

文献标识码: A

Lightning Protection Design Measures for Overhead Aluminum Alloy Transmission Lines

WANG Hongshan, GU Xiaomin

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The key to ensuring the stable operation of the power system lies in the lightning protection design of overhead aluminum alloy transmission lines. Under the tremendous impact of violent lightning, ultra-high voltage power lines are prone to damage from lightning, leading to major disasters such as instrument damage, shutdown, and fires. Therefore, ensuring the implementation of scientific and effective lightning protection planning is extremely crucial. Lightning protection engineering covers multiple fields such as lightning defense, overvoltage protection, and the construction of grounding facilities. By using appropriate material selection, improving grounding technology, configuring lightning protection facilities, and strengthening line inspections, the impact of lightning strikes on power transmission lines can be effectively reduced. With the increasing trend of climate change and lightning activity, lightning protection planning needs to be continuously upgraded and adjusted to adapt to the sequence of response measures required by new environments and technologies. By adopting comprehensive lightning protection technology, the ability of aluminum alloy power lines in the air to resist lightning strikes is enhanced, consolidating the stability and reliability foundation of the power system.

Keywords: overhead aluminum alloy transmission lines; lightning protection design; lightning protection; overvoltage protection; grounding system

引言

现代电力系统普遍采用轻质高强度的铝合金架空输电线路, 因其材料轻巧, 导电性能亦佳, 经济研究的成果佳。然而, 架设的高空电线同样面临雷电攻击所产生的一系列安全风险, 合理的避雷措施特别关键。本篇文章将就防雷击、抗过电压及接地设施等角度, 对架空铝质输电线路的防雷设计方案进行论述, 提出改进想法。

1 架空铝合金输电线路的防雷设计概述

确保电力系统稳定运行的关键在于对架空铝合金输电线路的防雷设计。鉴于雷电的巨大破坏威力, 高压输电线路经常遭受雷电的侵袭, 引发接线装置故障、电力供应受阻, 甚至可能造成火灾等安全事故。为此, 架空铝合金输电线路领域 防雷设计占据着核心位置。

在雷电防护技术领域实施阶段实施环节, 设计阶段必须重视避雷系统的布局与挑选, 恰当安排避雷器、避雷带以及避雷网, 确保雷电电流顺利导入地壳邻近, 从而预防

电力线路设备遭雷击。过电压保护措施是应对雷电击中线路后电压急剧上升问题的必要手段, 避免电压过高对电力设施产生破坏, 接地系统的构建同样十分关键。该系统将雷电电流导入地下深处, 减轻雷电对设备的破坏力, 务必保证地表电势稳定无大幅波动^[1]。

鉴于气候变迁明显、雷击频次增加以及电力系统复杂性加大, 设计用于架空铝质合金输电线路的防雷措施遭遇了不少难题。例如, 惯用的防雷规划或许不能充分适应极端气候和雷电的频繁出现, 必须不断升级和完善防雷安全措施。采用现代科学技术的实施, 智能型避雷装置与自动化监测平台, 提升避雷设施的快速反应与精确度, 提升输电线路的抗雷击性能。架空铝镁合金电力传输线路的防雷保护措施是确保电力系统稳定运行的关键环节。

2 防雷设计中的主要问题

2.1 雷击防护的难点

防雷保护是空中铝制电力传输线路抗雷设计的关键

步骤,实际上在实施阶段,雷击安全防护工程实施时常面临诸多挑战。雷电现象的难以预料性对防雷工程构成了重大难题,雷电的产生带有极大的偶然性和不可预知性,闪电的移动路径、强度大小及持续时长均不易预判。此外,这导致对防雷系统的规划实现全面预判变得相当不易。各地气候状况及雷暴活动频次存在显著不同,同一防雷方案在各个地区的实施效果不一,谈及非实地的铝质合金电力输送线路,如何全面整合这些差异性在设计的具体实施细节,务必保证每条线路都能获得充分的防雷保护,这可以称作设计领域的一个技术难题课题面^[2]。

随着电力传输线路的拓展,铁路的防雷防护区域得到了拓展,所涉及的地貌和自然环境更为繁杂。特别在穿越山岭、水道等复杂地貌期间,铁路线路防雷措施实施中,必须针对这些区域的特殊要求进行周密布局。这给雷电防护措施的实施与规划增添了额外的困难。在这些场合里头,电力设备很容易被雷电侵袭,雷电造成的电压起伏更加猛烈,雷击防护装置的安装与选择需更为严谨细致。此外,某些区域面临资金及技术的制约,实施防雷工程时常面临资源短缺的挑战,阻碍了防雷工作的全面实施,常规避雷装置,诸如避雷针、避雷线等设备,多少能缓解雷电造成的损害。在遭遇猛烈雷暴之际,它们的防御水平依旧有限,雷击防御系统的更新与新型避雷技术的采纳构成了破解难题的核心手段,借助先进防雷设施与监视系统。

2.2 过电压保护措施不足

防过电压措施是架空铝制输电线路防雷体系中的又一重要组成部分,众多现行的过电压防护手段存在一定缺陷,系统防雷效能受此影响降低。常规的防过电压设备比如避雷针和稳压器,多少能在一定程度上减轻雷电过电压对设备的破坏,在遭受强烈雷电冲击或多次雷电冲击时,现行的保护措施常常难以迅速且有效地作出应对,电压波动幅度超出了正常范围,无法充分确保电力输送线路中设备的安全防护。尤其在那些电力集中区域或繁杂环境中,电压过冲防护的挑战提升,电压超限防护方案通常参照传统理论框架及过往经验资料。此类模型或许难以精确模拟现实场景中的雷击波形及电压波动现象,雷暴的猛烈程度及其持续时间变化极大,现有的过电压防护机制在规划阶段或许存在过分简化的现象,无法包括所有可能的闪电现象。因此引发设计同现实间的分歧,在这种情形里,防范系统常常难以迅速高效地遏制超压现象,电力装置故障的风险等级有所上升^[3]。

此外,电压过高的防护手段存在缺陷表现在设备布置与保养方面。输电线路常常横跨众多地域,避雷器与过电压防护设施的布局与数量可能受地理、经济等因素的限制,导致过电压防护装置的配置不尽合理,防护效能显著降低。同时,部分区域缺少专业维护与检查团队,电压过载防护设施的持续运作成效尚未得到充分的安全保障。因此,增

强电压过冲防护手段的功能性与稳定性,务必在设备选择、布置计划及后续保养等环节进行精良改良。采用智能监控与调节技术路径,强化对超压防护装置的即时监管,马上实施调节与维护,显著增强过电压防护系统的效能。

2.3 接地系统设计不完善

接地设施是架空铝质合金输电线路防雷体系的基础构成之一,该功能能将雷电电流有效导入地面,降低对电力装置的损害概率。然而,大量电力传输线路的接地设施规划存在众多缺陷,其避雷效果不够理想,电力系统安全防护存在漏洞,接地系统布局多受地域状况及土壤特性的牵制。土地的电导率数值较大,造成地电流难以有效进入地下层,这将削弱接地保护系统的效能。尤其在山区沙漠等区域,土地状况相对繁复不一,接地阻抗数值高,让接地系统的规划与施工过程变得复杂,接地系统构建与保养缺少统一的标准与规程,若干地区的接地设施构建水准偏低,接地电阻未达到安全界限值。即便若干电力输送线路在设计阶段已预留接地环节,但鉴于未能实施周密的土壤检测与实地勘查,接地系统未能实现预期效果。这导致雷电流难以顺畅地注入地下,电力设备意外地变成了雷电流量的传输路径,故而增大了机器损坏的概率^[4]。

此外,接地装置的退化状况也是防雷措施不足的成因之一。随着时间的递延阶段,若干地面设施存在生锈或破损的风险,干扰接地电阻表稳定运作。那些久未进行过安全检查的电缆段,接地设备的功能往往有所降低,未能有效疏导雷电冲击波阵,线路面临雷击破坏的风险加大。为了增强接地系统的效能,务必实施整体升级,自设计初期阶段起,需依据特定的地质状况和气候特征,制定切合实际的地域应对办法,定时对接地设备进行检查与保养,保证其持续稳定运作,对接地体系的调整与升级,有效减轻雷电对电力设施的冲击破坏力,增强高空铝制电力传输线路的安全防护能力。

3 改进防雷设计的策略

3.1 优化雷击防护措施

为妥善处理雷电侵害隐患,提高雷击防御能力极为必要。加强防雷设施需着力提高避雷针和雷电疏导设备的功能,避雷设备是防雷工程的关键组成部分,该装置的作用是将雷电电流导入接地系统,进而防止电力设施遭受雷击伤害。随着技术不断向前发展,创新避雷器的问世让雷电流的引导与分散变得更为高效。关于空中使用的铝镁合金电力传输线路,挑选适应不同电压级别及环境要求的避雷设备,大幅提升防雷装置的防御水平,不包含避雷器在内,科学配置雷电疏导设备同样是提升防雷手段的关键环节。通过构建充足的雷击分流通道,能高效地分散雷电之力,避免雷电电流汇聚至设备引发损害。在电力输送路径上,科学规划雷击分流设施的配置,保证雷电电流快速进入接地网络,确保设备安全无虞^[5]。

提升输电线路的防雷检测是改进雷击防御的关键途径。通过安装雷电探测装置,实时反映雷电活动的最新路径,及时发现雷击发生位置及其强度等级,电力防护工程需数据作为后盾。这些监视数据可为雷电防护设施的调整提供支撑,遭受雷击之后亦可行,对事故应对及设备维修给予指引。针对输电线路,其防雷保护措施需充分结合地域气候的差异性进行设计,各地域的闪电发生频率与烈度各异,设计防雷系统必须结合当地气候状况、地貌特点及输电线路实际情况进行定制化规划。采用分区域、有区别的避雷设计,最大化发挥避雷设施的功效,保障电力设施稳定运作。

3.2 强化过电压保护

电压超限防护是确保电力设施稳定运作的核心要素之一,尤其在遭遇雷电等紧急自然异象时,电压过高现象可能对设备造成极大伤害。为了增进过电压防护的稳定性,务必增强避雷装置与电压限制器的效能。传统避雷器对雷电引发的电压超标现象有显著的控制效果。在面临猛烈电闪雷鸣之际,防护区域尚有未被覆盖的盲点,改进型避雷装置在材料运用与结构布局上实现了重大突破,更高效地阻截电压超限的蔓延,而且耐压性能更上一层楼,应对更繁重的工作环境^[6]。

此外,应对各类电压异常现象,务必采纳多样化的保护手段。除了不单单是装上避雷针,我们可以通过增设电涌保护器、电压调控器等设备来提升过电压防护系统的整体效能。此类设备能有效阻止电力系统内过电压的扩散途径,面对电压异常现象能迅速做出动作,降低设备损毁的风险系数。

提高电压过载防护性能的关键步骤之一是对设备布局进行优化升级。输电线路的关键部位应科学设置过电压保护装置,必须对关键设备实施全面防护。对于关键的变电设施、转接站点等装置,能够通过添置多余的安保设施,提高系统的稳定系数。同时,按期对过电压防护系统实施检验与维护保养,必须维持其最佳效能,在电力系统规划与实施阶段,需全面分析各种过电压的成因及其影响范围,执行系统层面的超压风险分析。这将为挑选过电压保护装置及其布局提供准则,因此保障防护设备能充分应对各类过电压状况^[7]。

3.3 完善接地系统建设

接地系统是防雷设计的基础,其作用是将雷电流导入地下,从而避免雷击对电力设备造成损害。然而,现有的接地系统往往存在一些不足,需要通过一系列措施来完善。接地系统的设计应根据地理条件和土壤特性进行调整。在一些高电阻地区,传统的接地方式往往难以达到理想的效

果,因此可以考虑采用复合接地方式,结合化学接地、网状接地等手段,以降低接地电阻,提高接地效果。接地设施的布置和施工必须严格按照标准进行。在设计阶段,需根据线路的具体情况和接地要求,科学规划接地网的布局,确保每一条线路和设备都能得到充分的接地保护。同时,施工时应保证接地电极的深度和接地网的连接质量,避免接地系统因施工质量问题而失效。

此外,接地系统要想长久可靠,必须依靠维护与检测的持续进行。在持续运作的整个阶段,接地设施可能遭遇腐蚀与老化等困扰,故而对接地电阻表电极的完整性进行定期的检测是至关重要的。依赖周期性的检修和迅速的补漏,能防止接地系统出现故障现象,提高避雷设施的稳固性要求。为了提升接地系统的综合效能,可引入智能监控手段,对接地装置实施实时跟踪。采用配置接地电阻检测仪器等,能迅速捕捉接地系统隐藏的瑕疵,实行修补行动,因此保证接地设施在遇到雷击时能正常起效,对接地系统设计、施工及维护环节进行改进升级,大幅改善架空铝合金输电线路的防雷水平,减少雷击对电力装备的破坏程度,保障电力网稳定可靠地运作^[8]。

4 结语

铝合金架空输电线路的防雷措施是确保电力系统安全的关键,对防雷技术、超压防护措施、接地体系等关键技术的升级,大幅提升电力线路抵御雷击的效能,维持电力供应的稳定性与安全性,科技发展迅速,气候变化影响明显,防雷方案需持续改进,以应对新的挑战和需求。

【参考文献】

- [1] 胡锦涛. 220kV 输电线路综合防雷技术探究[J]. 模具制造, 2023, 23(9): 256-258.
- [2] 陈旭. 浅谈 110kV 架空输电线路防雷设计措施[J]. 科技与创新, 2023(2): 106-108.
- [3] 宋钰. 架空输电线路防雷与接地设计探析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(9): 271-272.
- [4] 张海虎. 架空输电线路防雷与接地的设计分析[J]. 电气技术与经济, 2021(4): 69-71.
- [5] 左伟. 架空铝合金输电线路防雷设计措施[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(9): 88-89.
- [6] 王学军. 浅析架空输电线路的防雷与接地设计[J]. 智能城市, 2020, 6(6): 81-82.
- [7] 尹威. 分析架空铝合金输电线路防雷设计对策[J]. 世界有色金属, 2017(10): 257-259.

作者简介: 王红山 (1992.6—), 毕业院校: 山东大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就单位: 国网石家庄供电公司, 职务: 输电运检专责工, 职称级别: 工程师。

水利工程质量管理体系中的关键技术与实践

贾海涛

甘肃朴信建筑安装工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要] 水利工程作为基础设施建设的重要组成部分, 其质量管理直接关系到工程的安全性、使用寿命以及社会经济效益。此文探讨了水利工程质量管理体系中的关键技术与实践, 包括质量控制体系、质量管理信息化、检测与验收技术, 以及风险评估和应急响应机制等内容。通过分析当前水利工程质量管理体系中存在的问题, 提出了优化管理流程、提高技术手段、加强人员培训等措施。最后, 结合国内外水利工程的实践经验, 探讨了水利工程质量管理体系未来的发展趋势与挑战。通过此文的研究, 期望为提高水利工程质量管理体系水平提供理论支持和实践指导。

[关键词] 水利工程; 质量管理; 关键技术; 质量控制; 风险评估

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15546

中图分类号: TV553

文献标识码: A

Key Technologies and Practices in Quality Management of Water Conservancy Engineering

JIA Haitao

Gansu Puxin Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: As an important component of infrastructure construction, the quality management of water conservancy projects directly affects the safety, service life, and social economic benefits of the projects. This article explores the key technologies and practices in water conservancy engineering quality management, including quality control systems, quality management informatization, detection and acceptance techniques, as well as risk assessment and emergency response mechanisms. By analyzing the problems existing in the current quality management of water conservancy projects, measures such as optimizing management processes, improving technical means, and strengthening personnel training have been proposed. Finally, based on the practical experience of domestic and foreign water conservancy projects, the future development trends and challenges of water conservancy project quality management were discussed. Through the research in this article, it is expected to provide theoretical support and practical guidance for improving the quality management level of water conservancy projects.

Keywords: water conservancy engineering; quality management; key technologies; quality control; risk assessment

引言

水利工程质量管理体系是确保工程项目顺利实施和运营的重要环节, 涉及到设计、施工、监理、验收等多个阶段。随着水利工程规模的不断扩大和复杂度的增加, 传统的质量管理手段和技术逐渐无法满足现代水利工程的要求。面对水利工程质量管理体系中的多重挑战, 应用先进的管理技术与方法, 提升质量管理体系水平, 已成为行业亟待解决的问题。本文将系统分析水利工程质量管理体系中的关键技术, 结合实际案例, 探讨如何在实践中提升水利工程的质量管理体系水平, 并提出相关的优化措施。

1 水利工程质量管理体系的构建与优化

1.1 质量管理体系的基本框架

水利工程的质量管理体系是由一系列质量控制机制和管理手段组成的, 它旨在确保工程在设计、施工、验收等各个阶段符合预定的质量标准。该体系的基本框架通常包括: 质量方针、质量目标、质量计划、质量控制、质量审核和质量改进等环节。在构建质量管理体系时, 应根据不同项目的特点, 结合国内外先进的质量管理理念, 制定切实可行的质量标准, 确保全过程的质量保障。

1.2 质量管理标准与规范的应用

质量管理标准与规范是水利工程质量管理体系的核心依据。国内外对水利工程质量管理体系有一系列统一的标准和法规, 如《水利建设工程施工质量管理体系规范》(GB50300-2013) 和《水利水电工程建设质量管理体系规程》等。水利工程项目必须严格遵守这些标准, 在设计、施工、验收等阶段, 确保所有环节都符合相关规定。这些标准涵盖了质量控制的各个方面, 包括工程设计、施工工艺、材料质量、验收检测等内容, 对水利工程的质量起到了强有力的保障作用。

1.3 质量管理体系优化的路径与策略

随着水利工程建设规模的不断增大和复杂性提升, 传统的质量管理体系面临挑战。优化质量管理体系可以从以下几个方面入手: 首先, 要强化过程控制, 实施全过程质量管理, 确保从设计、施工到验收的各个环节都能有效监控和反馈; 其次, 加强信息化技术的应用, 通过智能化监控、数据采集与分析等手段提高质量管理体系效率; 最后, 优化组织结构, 提升团队协作, 强化培训与沟通, 使各方在质量管理体系中协调一致, 形成合力。

1.4 案例分析:国内外水利工程质量管理体系建设经验

国内外水利工程质量管理体系的建设经验为我国水利工程提供了宝贵的借鉴。例如,国外一些发达国家如美国、德国在水利工程的质量管理中强调全生命周期管理,尤其是在施工过程中的严格质量控制,并通过信息化手段确保实时监控和数据管理。国内的典型案例如长江三峡水利工程和南水北调工程,在质量管理方面采用了严格的质量控制体系,从设计阶段到施工、验收到后期运维,均有一套完整的质量管理机制。此外,这些项目还注重质量风险的预评估和应急处理,有效预防了可能的质量问题,确保了项目的顺利推进。

2 水利工程质量控制技术

2.1 设计阶段的质量控制技术

在水利工程的设计阶段,质量控制主要依赖于设计质量审查和设计规范的严格执行。设计单位需根据相关标准与规范进行设计,确保设计方案的科学性与合理性。在此过程中,采用计算机辅助设计(CAD)技术、三维建模技术(BIM)等可以提高设计精度,减少人为误差。同时,设计成果要经过多轮评审与校核,确保设计符合项目的实际需求和工程可行性。此阶段的质量控制还包括设计图纸的清晰性和完整性,确保后续施工时能够有效执行设计方案。

2.2 施工阶段的质量控制技术

施工阶段是水利工程质量控制的关键阶段。此时,质量控制技术主要包括施工工艺的精确执行、材料的质量管理以及施工设备的合理运用。首先,施工过程要严格按照设计图纸和施工方案执行,对施工工艺进行标准化管理,确保每个施工环节的质量;其次,要对进入施工现场的所有材料进行严格的质量检测,确保其符合相关标准,防止因材料问题影响工程质量;最后,采用先进的施工设备和技术,特别是高精度的测量仪器和自动化施工设备,确保施工过程中的精度和效率。

2.3 监理与验收阶段的质量控制技术

监理与验收阶段是确保水利工程质量的重要环节。监理单位应根据合同条款和质量标准对施工过程进行全程监控,确保施工单位按照规定的工艺和质量要求进行施工。在这一阶段,现代监理技术,如视频监控、远程监测和质量检测系统,可以实时反馈工程质量状况,及时发现和纠正施工中的问题。验收阶段则对工程进行全面检查,确保所有工作符合规范要求,并通过试运行等手段验证工程质量。

2.4 高新技术在水利工程质量控制中的应用

随着科技的发展,许多高新技术被应用到水利工程的质量控制中。例如,传感器技术可以实时监测工程结构的变形和应力情况,确保工程在建设过程中不发生异常;无人机技术能够对大面积的水利工程进行高效的空中巡检,确保质量问题能够及时发现;同时,基于大数据分析的质量管理系统能够通过数据采集与处理,对质量管理过程进

行全面分析与优化。

2.5 案例分析:应用新技术优化质量控制的成功经验

例如,南水北调工程中采用了BIM技术进行全过程质量控制。通过建立详细的三维模型,设计、施工和监理各方可以在同一平台上进行协作与信息共享,确保工程的质量和进度。长江三峡大坝工程采用了先进的传感器监测技术,通过对大坝的持续监测,实时掌握大坝的运行状态和质量状况,确保其安全性和可靠性。

3 水利工程质量信息化技术

3.1 信息化管理系统的构建与应用

水利工程质量管理的信息化系统是整合现代信息技术与传统质量管理模式的产物,旨在提高管理效率和决策准确性。信息化管理系统通常包括工程数据管理、质量控制、进度跟踪和成本监控等模块,通过数字化平台实现数据的统一存储、共享和分析。在系统构建过程中,需要根据项目特点和管理需求,选择合适的软件平台,如BIM(建筑信息模型)、ERP(企业资源计划)等技术。系统通过实时监控施工质量,及时识别问题并提出预警,确保工程在各个阶段达到预期质量标准。信息化管理系统的应用,不仅提高了管理者的决策效率,也加强了各相关部门间的信息流通和协调,减少了信息延迟和沟通误差。

3.2 智能化监控技术在质量管理中的作用

智能化监控技术是利用现代传感器、物联网和自动化控制等技术手段,实时采集和监测水利工程的各项数据,确保施工质量的可控性。在水利工程建设中,智能化监控技术能够对施工环境、施工进度、材料质量等方面进行实时监控。例如,安装在施工现场的传感器可以监测土壤的湿度、温度以及混凝土的硬化情况,确保每一个环节都在可控范围内运行。通过与信息管理平台的数据对接,监控数据可以被实时传送至管理端,管理人员可以随时查看工程的质量状况,及时采取纠正措施。

3.3 大数据与人工智能在质量预测中的应用

大数据与人工智能(AI)在水利工程质量预测中的应用为工程质量管理提供了前所未有的支持。大数据技术可以将水利工程建设过程中的各种数据(如气象数据、施工数据、材料使用数据等)进行汇总和分析,为质量预测提供数据支持。通过对历史工程数据的分析,结合机器学习算法,人工智能可以预测工程可能出现的质量问题,例如施工进度延迟、材料问题或环境影响,从而提前做出预警。此外,AI技术还可以通过模式识别技术,分析不同因素对工程质量的影响,并提供优化建议。

3.4 案例分析:信息化技术在质量管理中的实践效果

在国内一些大型水利工程中,信息化技术的应用取得了显著成效。例如,三峡大坝工程在建设过程中,广泛采用了BIM技术和智能化监控系统,通过建立三维模型对整个工程进行全生命周期的质量控制。在施工过程中,所有

施工数据均通过信息化系统进行实时上传,系统自动进行分析和反馈,使得项目管理者能够及时了解工程质量状况,迅速做出决策。此外,南水北调工程中也应用了大数据与人工智能技术,通过对项目的全程数据进行分析,精准预测项目进展中的潜在质量风险,并提前制定应对方案。通过这些信息化技术的应用,不仅提高了质量控制的精度和效率,还大大降低了人为错误和质量风险,确保了工程按期按质完成。

4 水利工程质量中的风险评估与应急响应

4.1 水利工程风险评估技术

水利工程建设过程中存在多种潜在风险,涉及技术、管理、环境等多个方面,因此,科学的风险评估是确保工程质量和安全的基础。水利工程的风险评估技术通常包括定性分析与定量分析两种方法。定性分析依赖专家评估和经验判断,重点识别潜在风险的类型和可能影响;定量分析则通过数据建模、统计分析等手段,结合历史数据,评估风险的发生概率和可能造成的损失。在此基础上,可以采用多种工具和技术,如故障模式与效应分析(FMEA)、蒙特卡洛模拟等方法,预测和量化各类风险的影响,进而为后续的风险管理提供科学依据。

4.2 风险评估模型与实际应用

水利工程的风险评估模型主要分为宏观和微观两类。宏观模型通常侧重于评估整个工程项目的总体风险,例如,通过层次分析法(AHP)、灰色系统理论等项目各个环节的潜在风险进行评估和排序,得出项目的总体风险水平。微观模型则关注具体环节或子系统的风险评估,例如对施工质量、施工材料、施工人员等方面进行详细的风险识别与评估。实际应用中,风险评估模型常通过信息化手段进行综合分析。例如,在大型水利工程项目中,通过将历史风险数据输入模型,结合实时监控数据,可以对当前工程的风险进行动态评估,为项目管理者提供实时的风险评估报告。

4.3 应急响应机制的构建与实施

应急响应机制是确保水利工程在出现风险或事故时能够快速、有效应对的重要保障。应急响应机制的构建需要根据项目的特点和风险评估结果,制定完善的应急预案,并确保各相关部门和人员能够在紧急情况下迅速响应。应急响应机制的基本要素包括预警系统、应急处理方案、资源调配、信息报告等内容。预警系统通过实时监控和数据分析,提前识别潜在风险并发出警报;应急处理方案明确了在出现问题时应采取的处理流程和操作标准;资源调配则确保应急期间所需的人力、物力能够及时到位。信息报告机制则确保在应急事件发生时,各级管理人员能够及时

了解情况,做出相应决策。

4.4 案例分析:风险评估与应急响应机制的有效性

以“南水北调工程”为例,该项目在实施过程中进行了详尽的风险评估和应急响应机制建设。在风险评估方面,项目组采用了基于大数据分析的风险评估模型,对工程进度、施工质量、环境因素等进行多维度评估,确保项目的每个阶段都能及时发现潜在问题。在应急响应方面,南水北调工程制定了完善的应急预案,涵盖了施工、环境、设备等多个方面的应急措施。例如,在施工过程中,遇到严重的水源污染或结构安全隐患时,应急响应团队能够迅速投入处理,及时进行现场封锁、物资调配等操作。通过这些措施,南水北调工程有效降低了施工中的风险,确保了工程按计划顺利推进。这些案例表明,科学的风险评估技术和完善的应急响应机制能够显著提高水利工程的风险管控能力,减少突发事件对工程质量和安全的影响。在未来,随着技术的进步,水利工程的风险评估与应急响应机制将更加精确、高效,进一步提升工程的安全性和可靠性。

5 结语

水利工程质量在保障工程安全、提高工程效益、减少环境影响等方面起着至关重要的作用。本文通过分析水利工程质量中的关键技术与实践,提出了多项优化策略,旨在提升水利工程的整体质量水平。未来,随着科技的不断进步,水利工程质量将朝着信息化、智能化的方向发展。加强质量管理体系建设、推进信息技术的应用、完善风险评估和应急响应机制,将成为提升水利工程质量水平的关键。希望本文的研究能够为相关领域提供有益的参考与借鉴。

[参考文献]

- [1]高振海.惠民县农田水利工程建设维护技术现状与优化研究[J].价值工程,2025,44(5):165-168.
- [2]钱聪,刘刚,邢喜盈.水利工程 EPC 联合体设计牵头单位技术质量管理实践与思考[J].水利技术监督,2025(2):6-9.
- [3]徐毅峰,梁汶汉.水利工程防渗技术的前沿探讨与工程实践[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):202-204.
- [4]王春青.农田水利工程施工过程中的质量控制[J].农业开发与装备,2025(1):194-196.
- [5]白勇强.新时期水利建设工程项目质量监督管理分析[J].工程建设与设计,2025(2):249-251.

作者简介:贾海涛(1989.8—),男,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:甘肃朴信建筑安装工程有限公司,职称级别:工程师。

变电站远程监控与智能运维技术的应用探讨

史兆元 张爽 韩婷

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力行业的快速发展, 变电站的运维需求也日益增长。传统的人工巡检方式不仅效率低, 且易导致潜在的安全隐患。远程监控与智能运维技术的引入, 使得变电站能够实现自动化、智能化的运行管理, 极大地提高了安全性和稳定性。文章通过对变电站远程监控与智能运维技术的研究, 探讨了其应用现状、发展趋势及面临的挑战。结合具体案例, 分析了技术的实际效果和应用前景, 为电力行业提供了可行性建议。

[关键词]变电站; 远程监控; 智能运维; 自动化; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15555

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Discussion on the Application of Remote Monitoring and Intelligent Operation and Maintenance Technology in Substations

SHI Zhaoyuan, ZHANG Shuang, HAN Ting

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the rapid development of the power industry, the demand for operation and maintenance of substations is also increasing day by day. The traditional manual inspection method is not only inefficient, but also prone to potential safety hazards. The introduction of remote monitoring and intelligent operation and maintenance technology enables substations to achieve automated and intelligent operation and management, greatly improving safety and stability. The article explores the application status, development trends, and challenges faced by remote monitoring and intelligent operation and maintenance technology in substations through research. Based on specific cases, the practical effects and application prospects of the technology were analyzed, providing feasible suggestions for the power industry.

Keywords: substations; remote monitoring; intelligent operation and maintenance; automation; technical application

引言

随着电力系统的规模日益扩大, 变电站作为重要的电力设施, 其安全稳定运行对电力供应至关重要。传统的运维模式主要依赖人工巡检和定期检查, 容易受到人为因素的影响, 且效率低、隐患多。近年来, 远程监控与智能运维技术的应用逐渐成为提升变电站管理效率和保障设备安全的有效手段。该技术通过数据采集、实时监控、故障预警等功能, 能够实现对变电站设备的全面监控与自动化管理。本文将深入探讨这一技术的应用现状与未来发展。

1 变电站远程监控技术的原理与应用

1.1 远程监控技术概述

远程监控技术是指通过信息化手段, 将远离现场的管理人员与变电站设备实时连接, 利用通信网络实现对设备状态、环境参数及运行数据的远程监控和管理。其基本原理基于数据采集、信息传输和实时反馈。变电站中的各类设备通过传感器和采集终端实时获取电流、电压、温度、湿度等关键信息, 数据通过通信网络传输至监控中心, 监控中心则根据数据变化进行实时分析与处理。远程监控技术能够有效弥补人工巡检的不及时、不全面等缺点, 提高了监控的准确性和效率。

远程监控系统的架构通常包括数据采集层、通信层、

监控层和控制层四个组成部分。数据采集层负责从设备中收集各类运行参数和状态信息, 通过现场仪表、传感器等终端设备进行采集; 通信层则通过无线、光纤、网络等多种通信方式将采集到的数据传输至监控中心; 监控层负责对数据进行实时监控和分析, 展示设备运行情况, 并根据设定规则发出报警信号; 控制层则在出现异常时, 根据监控结果进行远程控制, 启动备用设备或进行必要的处理。通过这种层级架构, 远程监控系统能够实现对变电站的全方位、实时监控和管理^[1]。

1.2 变电站远程监控的主要功能

实时数据采集与监测: 变电站远程监控系统的最基本功能是实时数据采集。通过各种传感器和数据采集装置, 系统能够持续不断地获取变电站内部设备的运行状态数据, 如开关设备的工作状态、电流、电压、频率等。这些数据为监控人员提供了全面的设备运行信息, 有助于及时发现设备异常, 预防故障的发生。环境数据的采集也同样重要, 包括温湿度、气压等环境因素的变化, 这些因素也会影响变电站设备的稳定性与运行效率。

故障报警与预警机制: 故障报警与预警机制是远程监控系统的核心功能之一。通过实时监测设备数据, 系统能够判断设备是否运行在正常范围内, 一旦出现异常, 例如设备过

载、温度异常、频率波动等,系统会自动生成报警信息并推送给值班人员或管理人员。同时,系统还可根据设备运行数据的历史趋势,结合大数据分析,提前预测设备可能出现的故障或风险。例如,通过监测电流波动的趋势,可以判断出电气设备可能发生短路或故障,进而提前进行维护或更换。

远程操作与控制:远程操作与控制是变电站远程监控技术的重要应用之一。传统的变电站管理需要人工现场操作,不仅效率低下,还可能错失及时处理问题的机会。而远程操作与控制系统则允许运维人员在监控中心或任何远程地点,通过计算机或移动设备对设备进行控制。一旦发生故障,值班人员可以远程切换设备、调整开关、启用备用设备,避免了现场维护的延迟,确保了变电站的稳定运行。远程操作与控制还可以与自动化系统结合,实施自动化调度和应急响应,提升系统的应变能力和可靠性。

2 智能运维技术在变电站中的应用

2.1 智能运维系统的组成与功能

智能运维系统利用传感器、智能分析算法以及机器学习等技术,能够对变电站设备的运行状态进行实时监测,并进行故障诊断与分析。当设备出现异常时,系统能够通过收集和分析设备的运行数据,快速识别故障原因,并生成故障报告。例如,智能运维系统可以监测变压器的温度、油位、电流等关键参数,一旦发现这些参数超过预设的安全范围,系统将立刻启动故障诊断模块,结合历史数据和实时数据进行综合分析,自动推测故障原因,并为运维人员提供具体的维修方案。这种技术能显著提高故障诊断的准确性,减少人为判断错误^[2]。

预测性维护是智能运维技术的另一个重要功能,通过对设备运行数据进行长期跟踪和趋势分析,系统可以预测设备的健康状况,提前识别潜在的故障风险,从而避免设备的突发故障和非计划性停机。智能运维系统能够基于设备的历史数据、环境条件以及工作负荷等因素,预测设备的寿命周期,计算设备故障的可能性,进而优化维护计划和资源配置。例如,通过对变电站变压器油温的持续监测和数据分析,可以预测变压器的老化趋势,并提前安排维护工作,从而避免突发故障带来的停机和损失。

智能决策支持系统利用大数据分析、人工智能和云计算等技术,为运维人员提供科学、智能的决策支持。这些系统能够对变电站设备的运行数据进行深度分析,并结合历史事件和外部环境因素,生成运维决策。例如,在遇到复杂的设备故障时,智能决策支持系统能够通过自动化的决策算法,帮助运维人员快速选择最合适的修复方案,提高决策效率,并减少人为干预的误差。系统还可以根据实时数据调整运维策略,优化设备调度、人员配置和维修计划,以达到最佳的运维效果。

2.2 智能运维在变电站中的实践

在实际应用中,智能运维技术已经在许多变电站取得

了显著成果。例如,某大型变电站采用智能运维系统后,系统通过实时监控设备状态并结合历史数据预测设备的故障风险,成功避免了几次潜在的设备故障。通过智能运维系统,变电站可以在故障发生前采取措施进行预防性维护,显著降低了运维成本和设备故障率。

智能化运维在变电站的应用效果显著,提高了设备的可靠性和运维效率,尤其在故障诊断与预测性维护方面,智能技术大大缩短了故障恢复时间,减少了停机时间。然而,智能化运维的推广应用也面临一些挑战。首先,系统的数据采集和处理能力需要不断提升,确保实时数据的准确性与全面性。其次,智能运维系统的实施需要较高的技术投入和设备改造,这对一些中小型变电站来说可能构成经济压力。

3 变电站远程监控与智能运维技术的结合

3.1 远程监控与智能运维的协同作用

变电站的远程监控技术和智能运维技术的结合,能够实现实时监控数据与智能分析的深度融合。远程监控系统提供了对设备的实时状态监测,包括电流、电压、温度等重要参数,智能运维系统则通过对这些实时数据的深入分析,帮助运维人员理解设备的运行状态并识别潜在问题。例如,远程监控系统在采集到变压器温度超标的警报时,智能运维系统通过分析设备的历史数据、环境因素和工作负荷,可以推测出故障发生的可能性,并预测故障的发生时间和影响范围^[3]。

远程监控与智能运维技术的结合,还能够实现设备调度与故障处理的自动化。当系统检测到设备故障或异常时,远程监控技术可以立即向运维中心发送警报信息,智能运维系统则根据故障类型和设备状态,自动判断是否需要故障隔离或切换至备用设备。通过自动化设备调度,系统可以迅速响应设备故障,减少人工干预的时延。此外,智能运维系统还能够根据故障的预测性维护模型,自动生成维修指令,并安排相关工作人员进行处理,极大提高了故障处理的效率和准确性。

3.2 技术集成的优势与难点

将远程监控与智能运维技术相结合,能够显著提升变电站的运维效率。远程监控系统通过实时数据采集与监控,确保设备状态的实时掌握,而智能运维系统则通过大数据分析 with 人工智能算法,精准预测设备的潜在故障和运维需求。通过这种技术集成,运维人员不再需要频繁的现场巡检,可以根据系统的智能提示和预测性维护报告进行有针对性的工作,极大减少了人工巡检的工作量和时间成本。自动化调度和故障处理的功能可以减少人为操作错误,提高设备运维的准确性和响应速度,进一步降低了人工成本。

尽管远程监控与智能运维技术的结合带来了许多优势,但在技术集成过程中仍存在一些瓶颈。不同厂商的设备和系统之间的兼容性问题技术集成中的一大难点。变电站设备种类繁多,生产厂商不同,设备之间的通讯协议

和数据格式差异较大,导致集成时存在信息孤岛现象。智能运维技术的实施需要大量高质量的数据支持,而数据采集的准确性与完整性直接影响分析结果的可靠性。变电站中的环境复杂性和设备多样性增加了数据采集的难度。必须加大对数据采集系统的投入,确保数据采集设备的稳定性和准确性,并通过数据清洗与校验手段,提升数据的质量。系统的安全性也是集成过程中不可忽视的问题。远程监控和智能运维系统的集成使得设备和系统更加依赖于网络和数据通信,容易受到网络攻击和信息泄露的威胁。

4 变电站远程监控与智能运维技术的未来发展趋势

4.1 技术发展趋势

随着人工智能(AI)和大数据技术的快速发展,变电站远程监控与智能运维系统将更加智能化。人工智能可以通过机器学习和深度学习算法,对变电站设备的运行数据进行自动分析、异常检测和故障预测。这种智能分析不仅能够提高故障检测的准确性,还能够基于历史数据进行趋势预测,提前识别潜在风险并提供预警。此外,结合大数据分析技术,系统可以处理和分析大量的实时数据和历史数据,挖掘出更多的隐性规律,为运维决策提供科学依据,从而实现设备的精确维护和优化运维。

5G技术和物联网(IoT)技术的结合,将为变电站远程监控和智能运维带来新的突破。5G技术的高速率、低延迟和大连接特性,使得变电站内的设备和传感器能够更加高效地进行数据传输,为实时监控和故障预警提供可靠的通信保障。物联网技术则通过大规模部署传感器和智能设备,使得变电站中的每一台设备都能够实现智能连接和数据采集,进一步提高设备的自动化和智能化水平。例如,通过5G和IoT技术,变电站的设备可以实现更精细的监测,全面掌握设备状态和环境变化,及时作出反应,减少人为干预,提高整个运维系统的可靠性和效率。

4.2 面临的挑战与解决路径

随着远程监控和智能运维技术的普及,变电站的网络安全问题变得尤为重要。远程操作和数据传输的过程中,可能会面临黑客攻击、数据泄露、恶意软件等安全威胁,这不仅可能导致设备损坏,甚至会危及变电站的正常运行和电力供应。为了应对这一挑战,变电站需要加大对网络安全投入,建立多层次的安全防护体系。首先,应采用

数据加密技术确保传输过程中的数据安全,其次,需要部署强大的防火墙和入侵检测系统,实时监控网络安全状况,防止未经授权的访问和数据篡改。强化人员安全意识培训,定期进行网络安全审计,也将有助于提高系统的整体安全性^[4]。

变电站的远程监控与智能运维系统涉及不同设备、平台和技术的集成,如何保证系统的兼容性和标准化是目前技术发展的一个关键问题。由于变电站设备种类繁多,来自不同厂商的设备往往采用不同的通信协议和技术标准,导致数据难以在各类系统间互通。为了解决这一问题,可以推进行业标准化工作,制定统一的通信协议和接口规范,确保不同设备和系统之间的兼容性。采用开放平台和模块化设计,能够方便不同技术和设备的集成,降低系统升级和维护的复杂性。政府和行业协会也应加大对变电站远程监控和智能运维技术的标准化推动力度,促进技术的普及与发展。

5 结束语

变电站远程监控与智能运维技术的应用,标志着电力系统向自动化、智能化的转型。通过实时数据监控、故障诊断、智能调度等功能,显著提升了变电站的运行安全性与维护效率。然而,技术的推广和实施仍面临一定的挑战,如数据安全、系统兼容性问题。未来,随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,变电站的智能化管理将得到更广泛的应用,为电力系统的稳定运行提供更加坚实的保障。

【参考文献】

- [1]刘娟.基于人工智能的变电站运维管理平台研究[J].电气技术与经济,2025(1):251-253.
 - [2]温嘉桦,徐国栋,齐保振,等.基于WAPI网络的变电站智能运维场景实现与应用[J].电力信息与通信技术,2024,22(12):83-89.
 - [3]彭永磊,陈岩,张发祥.基于信息融合技术的变电站智能运维及安防系统[J].制造业自动化,2023,45(9):84-88.
 - [4]董军,张照允,张同胜,等.全智能模块化预制舱在煤矿变电站的应用[J].中国设备工程,2022(2):230-231.
- 作者简介:史兆元(1995.1—),男,河南省郑州市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州市供电公司,从事变电运维技术工作。

水利工程管理中水闸安全运行与检查养护解析

周收成

新疆鸿源润泽建设有限公司, 新疆 伊犁 835200

[摘要]随着我国水利工程的不断发展,水闸作为关键设施在防洪、灌溉和航运等方面发挥着重要作用。然而,随着水闸设施老化和水平管理的不足,一些水闸在安全运行中存在问题,为了确保水闸的安全性和可靠性,需要加强管理制度、提升操作人员素质、定期进行维护等措施。文章旨在探讨水闸安全运行和检查养护的现状与问题,并提出相应的改进措施,确保水利工程的稳定运行,保障人民生命财产安全。

[关键词]水利工程管理;水闸运行;安全运行;检查养护

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15581

中图分类号: TV66

文献标识码: A

Analysis of Safe Operation, Inspection and Maintenance of Water Gates in Water Conservancy Engineering Management

ZHOU Shoucheng

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Co., Ltd., Ili, Xinjiang, 835200, China

Abstract: With the continuous development of water conservancy projects in China, water gates play an important role as key facilities in flood control, irrigation, and navigation. However, with the aging of water gate facilities and insufficient management level, some water gates have problems in safe operation. In order to ensure the safety and reliability of water gates, measures such as strengthening management systems, improving the quality of operators, and conducting regular maintenance are needed. The article aims to explore the current situation and problems of safe operation, inspection and maintenance of water gates, and propose corresponding improvement measures to ensure the stable operation of water conservancy projects and safeguard the safety of people's lives and property.

Keywords: water conservancy engineering management; operation of water gates; safe operation; inspection and maintenance

引言

水闸是水利工程中关键的基础设施,其安全性与有效管理直接关系到防洪排涝、灌溉供水及航运调节等多项功能的顺利实施。在日常水利工程管理中,水闸的正常运行不仅保证了水资源的合理调配,还在保障周边区域的安全与稳定方面发挥了重要作用。然而,随着使用年限的延长、设备老化以及管理经验的不足,水闸的运行安全面临愈发严峻的挑战。面对这些问题,亟需解决的关键问题之一便是加强水闸的检查与养护。通过科学合理的检查养护措施,水闸设施的使用寿命不仅能得到有效延长,应急响应能力也能得到提高,从而避免设备故障或操作不当引发的严重后果。尽管水闸设施的维护管理方面已有一定的经验积累,但随着水利工程规模不断扩大,水闸数量的增加,传统的管理方法和检查养护模式也暴露出了许多不足之处。例如,设备老化、巡查不及时、数据采集不完整等问题日益突出。这些问题迫切要求对新的管理模式进行探索,并优化检查与养护流程。在当前形势下,如何提升水闸的安全运行管理水平,确保其设施的长效稳定性,已成为水利工程管理中的核心课题。本文旨在分析水利工程管理中水闸安全运行与检查养护的现状及其面临的问题,并提出具有可操作性的解决方案,为提高水闸管理水平与确保其安全运行提供理论依据与实践指导。

1 水利工程中水闸安全运行的重要性

水利工程中水闸的安全运行至关重要,它直接关系到人民生命财产安全、生态环境保护以及社会经济的稳定。作为调控水流和水位的关键设施,水闸在防洪、灌溉、供水等多个领域中发挥着重要作用。若水闸发生故障或安全事故,大规模的水灾可能会随之引发,严重威胁沿岸居民的生命财产安全。在暴雨季节或极端天气条件下,水闸的失效常常会导致不可预测的灾难性后果,防洪排涝的难度极大增加。因此,水闸的正常运行在防止洪水泛滥中,具有不可替代的作用。水闸在生态保护方面同样具有举足轻重的地位,尤其是在河流调节与生态水量管理中,水闸的控制作用至关重要。通过合理调节水位,水闸能够保持河道生态系统的平衡,保障水质稳定性以及水生物种的生存环境。水闸的有效运行能防止水体污染及生态环境的恶化,生物多样性得以促进,水域生态系统进一步保护。在水利工程的日常运作中,水闸作为保障系统正常运行的核心设施之一,直接影响灌溉、供水、航运等多个领域。若水闸出现问题,水资源配置与供给的不合理可能会导致,从而影响社会生产及日常生活的正常运转。此外,水闸的安全运行对维护水利工程的长期有效性至关重要,它有助于避免因设备故障或管理不当而引发的资源浪费及成本上升。水闸的安全问题不仅与经济活动的顺利开展息

息相关,更涉及国家安全。水利设施的失控可能对重要国防设施及区域防洪体系的稳定造成严重影响,甚至可能成为灾难的根源。由此可见,水闸的安全管理不仅仅是地方层面的问题,它直接关系到国家战略安全,必须引起足够重视。

2 水利工程中水闸安全运行面临的问题

2.1 设备老化和损坏

在水利工程中,水闸设施在长期使用过程中,设备老化与损坏问题逐渐加剧,已成为影响其安全运行的关键因素。水闸的核心设备,如闸门、启闭机及控制系统,长期暴露在水环境中,遭受水流冲击、湿气、腐蚀以及泥沙磨损等多重外部影响。随着使用时间的推移,设备的材质与结构逐渐退化,导致其性能下降,甚至发生故障。例如,由于频繁启闭或腐蚀作用,闸门的密封性能可能会减弱,启闭机的驱动装置也可能因长期负荷使用而磨损或失效,而自动化控制系统则可能由于老化引发操作失误或数据不准确。设备老化不仅降低了水闸的运行效率,而且可能导致水闸在极端天气或突发事件发生时,未能及时响应,增加了操作与维护的难度,甚至引发严重的安全事故^[1]。除此之外,考虑到水利设施建设周期较长,部分水闸设备在初期安装时未采用最先进的技术,随着技术的不断进步,这些设备的适应性逐渐减弱,无法满足现代化管理与运行的需求。因此,许多原有设施在面对日益复杂的管理与运行要求时,显得力不从心。

2.2 管理人员缺乏经验

水利工程中水闸的安全运行不仅依赖于设备本身的良好状态,还与管理人员的素质和经验密切相关。然而,在一些水闸管理单位中,管理人员往往缺乏足够的实践经验,尤其是在面对突发情况和复杂环境下的运行管理时,经验不足成为一个显著问题。水闸系统本身具有较高的复杂性,且其运行环境多变,管理人员需要具备敏锐的判断力和应急处理能力,以确保设备在各种环境条件下的稳定性。然而,充分的专业培训或实践锻炼未能得到许多水利工程管理人员的接受,这使得他们在设备故障、极端天气或自然灾害等紧急情况下难以及时、有效地作出反应。经验上的短板,导致了决策的延误或失误,从而影响水闸的正常运行,甚至引发更为严重的安全问题。此外,由于水利工程管理人员的流动性较大,许多技术岗位上的人员缺乏足够的长期工作积累,导致其宝贵的经验未能得到有效传承。部分操作规程和技术细节未能得到有效贯彻与执行,管理工作也未能做到规范,从而进一步影响了水闸的安全与高效运行。

2.3 巡查维护不及时

在水利工程中,水闸的巡查与维护是确保其安全运行的关键环节。然而,目前许多水利工程面临巡查维护不到位的问题,这直接影响到水闸的稳定性与安全性。水闸设施通常工作环境复杂,长期受到水流冲击、腐蚀、温湿度变化等多种因素的影响,导致设备及构件容易出现老化、磨损或其他隐患。为了保证设备的正常运作,必须定期检查并进行及时维护。然而,由于资源不足、人员短缺或管理体制不健全,水闸的巡查工作常常未能按照规定的周期和标准进

行。一些地区的巡查频次不足,未能在早期发现设备故障或潜在隐患,导致问题进一步恶化,最终可能导致设备失效或发生重大故障。与此同时,巡查人员在专业技能与经验方面的不足,也使得巡查质量受到影响,无法及时识别出一些细微但潜在的安全隐患,或未能对潜在风险进行准确评估。若维护工作未能紧随其后,设备部件的磨损将会加剧,导致故障的积累与风险的扩大。尤其在极端气候或突发水文条件下,未能及时进行巡查与应急维护措施,可能使水闸未能有效应对外部压力,最终导致设备失灵或引发事故。

2.4 数据采集不完善

在水利工程中,水闸的安全运行依赖于对各类数据的实时采集与分析,以便及时发现潜在问题并采取必要的措施。然而,许多水利工程在数据采集方面仍存在诸多不足,直接影响了水闸监控与管理的效率。许多水闸仍依赖传统的手工记录或简单的机械设备来进行数据采集,缺乏精确的自动化监测系统。这种方式不仅容易受到人为干扰,而且数据更新周期较长,无法实时反映水闸的实际运行状态。此外,由于技术更新滞后或设备投入不足,一些水闸的监测系统存在传感器精度不高、数据传输不稳定等问题,导致采集的数据存在偏差或缺失,进而影响后续的分析与决策。部分水闸的监测范围有限,无法全面覆盖所有关键环节,导致一些重要的运行数据未能被有效采集^[2]。例如,水位、流量、设备状态等关键参数的实时监控存在盲区,未能及时发现异常波动。与此同时,数据存储与管理系统的完善,使得数据丢失或泄露的风险大大增加,进一步降低了数据的可靠性与可用性,影响了水闸的安全管理与决策支持。

3 水利工程中水闸安全运行与检查养护中存在问题的解决措施

3.1 健全水闸安全管理制度

为确保水利工程中水闸的安全运行,建立健全的安全管理制度至关重要。一个完善的管理体系能够为水闸的日常运营与突发事件的应对提供明确的指导,确保各项工作按程序有序进行。在制定安全管理制度时,应根据水闸的类型、规模及所在环境的特点,制定专门的安全管理规范。这些规范应明确水闸的运行标准、检查周期、维护流程以及应急响应预案。此外,制度应包括对各类潜在风险的识别与评估,设立风险预警机制,并定期对水闸设备进行检查与维护,确保设施始终处于良好工作状态。在制度的构建过程中,实际情况应与具体要求相结合,操作规程需详细制定,管理人员及操作员的职责分工也应明确,确保每个岗位的工作要求清晰明确,以使每个环节都能有专人负责。与此同时,信息化建设应加强,结合现代化的监控技术与数据采集系统,水闸运行状态得以实时监测,潜在问题通过数据分析与预警系统及时识别。此外,为了确保管理制度能够有效实施,健全的监督机制应当建立,定期评估管理制度的执行情况,及时对发现的问题进行调整与优化。

3.2 提高管理人员和操作人员素质

提高管理人员与操作人员的素质,是确保水利工程中

水闸安全运行及检查养护工作的核心举措之一。水闸的运行与维护涉及复杂的技术与操作,要求相关人员不仅具备扎实的专业知识,还应具备较高的综合素质。水闸设施的工作原理、运行机制以及常见故障,管理人员需深入了解,并具备全面的风险评估与决策能力,以有效应对突发事件和复杂情况。为了提升管理人员的综合素质,技术培训与安全管理研讨应定期组织,强化其对现代水利管理系统及应急管理的掌握。操作人员作为水闸设施的直接操控者,操作水平的高低直接影响水闸的正常运行。水闸的操作规程需熟悉,设备故障的诊断与排除方法应掌握,且在出现异常情况时,能够迅速做出判断并采取恰当措施。为此,岗位培训应加强,特别是在新技术、新设备应用方面的学习,提升操作人员的实际操作与应急处理能力。此外,良好的团队协作与沟通能力也应具备,管理人员与操作人员之间,确保在日常管理与应急处理过程中能够形成紧密的配合,推动高效的工作机制。由此,水闸设施的安全性与管理效率得以显著提高。

3.3 定期维护与养护

定期的维护与养护是保障水闸安全运行的关键措施,不仅能有效延长设备的使用寿命,还能降低故障发生率,确保水闸在各种运行环境下的稳定性。作为水利工程中的重要设施,水闸的运行状况对水利调度、洪水防控以及灌溉供水等关键工作有着直接影响。潜在故障的及时发现与排除,定期的检查与养护能够实现,同时,设备的偏差也可被纠正,从而防止因设备老化或磨损引发的安全事故。为了确保维护工作的有效实施,必须制定严格的维护计划,明确维护的周期、内容及责任人,确保各项设施与设备得到定期检查、润滑与清理。例如,定期保养水闸的闸门、启闭机、液压系统等核心部件,确保其始终保持在最佳的工作状态。此外,电力供应系统、自动化控制系统及通信设施也应定期检查,确保在紧急情况下,这些支撑系统能够正常运行,发挥预期作用^[3]。水闸周围的排水系统及基础设施,也需要定期检查,以预防外部环境因素对水闸安全带来的隐患。

3.4 引入先进监测技术与数据管理技术

引入先进的监测与数据管理技术,对于提升水闸的安全运行和检查养护效率至关重要。随着信息技术的快速发展,传统的人工巡检与手工记录方式已难以满足现代水利工程,尤其是水闸这一复杂且关键设施的需求。通过采用物联网(IoT)传感器、智能监测系统及无人机巡检等先进技术,水闸设备的运行状态、环境条件及结构健康等数据的实时、精准采集,得以实现。例如,通过部署压力、流量与振动传感器,闸门、启闭机及电力系统等关键部件的运行情况,能够全面监控,并且异常的及时发现,从而预警潜在的故障或安全隐患。同时,数据管理技术的应用,使得这些采集的数据能够集中存储并进行深度分析,为管理人员提供准确且全面的决策依据。借助大数据分析 with 人工智能技术,水闸运行状态能够被智能预测,设备调度得到优化,潜在风险也能够提前识别,并且根据分析结果,针对性的养护方案被提出。此外,云计算与远程监控系统

的结合,使得水闸管理人员能够通过互联网在任何地点进行实时监控与数据查看,显著提高了管理效率与反应速度。

3.5 加强紧急应急预案的制定与演练

加强应急预案的制定与演练,是确保水闸安全运行的重要保障。作为关键的水利设施,水闸在运行过程中可能遭遇多种突发情况,如设备故障、自然灾害(如洪水、地震等)或结构损坏等。这些问题不仅影响水闸的正常运行,还可能对周边环境安全构成重大威胁。因此,制定科学且系统的应急预案,对于提升应急响应能力、减少灾害损失,具有至关重要的作用。应急预案应涵盖多种突发事件的应对措施,具体包括设备故障修复、闸门的紧急启闭操作、人员疏散、环境监测及数据传输等环节,确保每个操作步骤能够迅速且高效地执行。实际操作中,所有应急预案中的步骤,必须通过严格的演练进行验证,以确保每一位相关人员熟练掌握应急操作技能。应急演练应定期开展,通过模拟真实环境中的各种突发情况,预案的有效性及其响应速度得以检验^[4]。通过不断的演练,能够及时发现预案中的不足,并进行优化调整,以增强团队在紧急情况下的协调与执行能力。应急预案的制定,不仅应针对设备故障与自然灾害作出应答,还应考虑水闸操作人员的安全保障以及周围群众的紧急疏散工作,确保多方联动机制的顺畅运行,从而提升水闸在各类突发情况中的应急处置能力与防范能力。

4 结语

水闸是水利工程中的关键设施,其安全运行对防洪、灌溉、航运及生态保护等多个领域至关重要。随着水利工程的不断发展及运行环境的变化,水闸在使用过程中面临着诸多挑战,如设备老化、管理水平不均、巡查维护滞后等问题。非但这些问题会影响水闸的正常运作,潜在的安全风险也因此带来。为此,加强水闸的安全管理与检查养护显得尤为关键。通过完善相关管理制度、提升操作人员的专业素质、定期进行设施维护与保养,结合先进的监测技术,水闸的安全性与可靠性能显著提高,从而确保其在长期运行中的稳定性。不断强化管理措施及技术手段,水闸正常运作的保障得以实现。只有如此,人民生命财产安全才能有效维护,社会经济的持续发展得以促进,水利事业可持续进步也得以推动。

[参考文献]

- [1] 王梓丞. 谈水利工程施工管理中水闸安全运行与检查养护[J]. 新农村, 2024(28): 46-48.
- [2] 冯伟. 浅谈水利工程施工管理中水闸安全运行与检查养护[J]. 治淮, 2022(12): 42-44.
- [3] 于天晓. 水利工程施工管理中水闸安全运行措施[J]. 水上安全, 2023(13): 176-178.
- [4] 曹振华. 水利工程中水闸的运行管理及日常维护研究[J]. 长江技术经济, 2022, 6(1): 82-84.

作者简介: 周收成(1976.7—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 建筑工程技术, 当前就职单位名称: 新疆鸿源润泽建设有限公司, 职务: 项目经理。

河道船闸运行管理中的安全隐患分析与防控对策

曹尘远

浙江金华市顺泰水电建设有限公司安徽分公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]随着我国水运事业的迅速发展,河道船闸作为内河航道与外部交通网络之间的关键枢纽,其重要性日益突出。在航运量持续增加的背景下,船闸的管理与安全问题愈加复杂。船闸设备的老化、突发水位变化以及极端天气等外部因素,均可能成为船闸运行中的潜在风险。历史上,多次因船闸管理不当或设施故障引发的事故,已对航运及环境造成了严重损失,进一步凸显了加强安全管理与提高防控能力的迫切需求。在新时代的发展背景下,船闸运行管理安全性如何提升,已成为亟待解决的关键课题。文章将从设备管理、操作流程及环境影响等多个维度,分析船闸运行中的风险,并提出针对性的防控对策,旨在为船闸安全管理提供科学且系统的解决方案。

[关键词]河道船闸;运行管理;安全隐患;分析;防控对策

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15562

中图分类号: U641.81

文献标识码: A

Analysis of Safety Hazards and Prevention and Control Measures in the Operation and Management of River Locks

CAO Chenyuan

Anhui Branch of Zhejiang Jinhua Shuntai Hydropower Construction Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese water transportation industry, the importance of river locks as key hubs between inland waterways and external transportation networks is becoming increasingly prominent. Against the backdrop of continuously increasing shipping volume, the management and safety issues of ship locks have become increasingly complex. External factors such as aging of ship lock equipment, sudden changes in water level, and extreme weather can all become potential risks in the operation of ship locks. In history, multiple accidents caused by improper management of ship locks or facility failures have caused serious losses to shipping and the environment, further highlighting the urgent need to strengthen safety management and improve prevention and control capabilities. In the context of the development of the new era, how to improve the safety of ship lock operation and management has become a key issue that urgently needs to be addressed. The article will analyze the risks in the operation of ship locks from multiple dimensions such as equipment management, operation processes, and environmental impacts, and propose targeted prevention and control measures, aiming to provide a scientific and systematic solution for ship lock safety management.

Keywords: river locks; operation management; safety hazards; analysis; prevention and control measures

引言

河道船闸作为水路运输的重要基础设施,其安全与稳定运行在确保水路通行畅通及推动区域经济发展中的关键作用不容忽视。然而,随着船闸运行环境及外部条件的日益复杂,船闸在管理过程中所面临的潜在安全隐患日益增多。这些风险不仅可能威胁到船闸设施的安全,还可能对航运安全及生态环境带来严重影响。为了有效预防事故的发生,确保船闸运行的高效性与安全性,深入分析船闸运行中的安全隐患,并制定针对性的防控对策,显得尤为重要。本文将对河道船闸运行管理中的安全隐患进行详细研究,并探讨相应的防控措施,以为船闸的安全高效运行提供理论依据与实践指导。

1 河道船闸运行管理概述

河道船闸运行管理是水运系统高效、安全运行的核心环节。作为连接不同水域的交通枢纽,船闸不仅承担着大量的水上运输任务,还在水流调节与航道畅通方面起着关

键作用。随着水路运输量的持续增长,船闸管理面临着愈发复杂的挑战,涉及设备维护、操作规范、环境监测等多个领域。稳定的船闸设备与规范的操作,是有效管理的基本要求;潜在安全隐患的及时识别与消除,确保航运安全与水资源的合理调配。当前,许多船闸在运行过程中存在设备老化、人员培训不到位、应急响应不及时等问题,亟需在管理体系、技术手段以及人员能力等方面进行全面优化,以应对日益严峻的运行压力。

2 河道船闸运行中的安全隐患分析

2.1 船闸设备故障

船闸设备故障是河道船闸运行中的一大安全隐患。作为高度复杂的机械设施,船闸由闸门、启闭设备、自动控制系统等多个部件组成,任何一个部件的故障都可能直接影响整体运行。常见的问题包括闸门密封失效、启闭设备无法正常运转、液压系统故障等。设备老化以及长期超负荷运行,是导致这些问题的主要原因,尤其是在一些老旧

船闸中,由于设备维护不足或更新不及时,技术性难题常常无法迅速解决。极端天气或高水位等特殊环境条件,也常加剧设备故障的发生,进而增加潜在的安全风险。为确保船闸的稳定运行,定期设备检查与维护必须加强,技术更新应及时进行,同时,还需建立有效的故障预警及应急处理机制。

2.2 水位变化与水流影响

水位变化与水流波动构成了河道船闸运行中的一项重要安全隐患。船闸的设计与运作通常依赖于特定的水位范围,但在实际应用中,水位波动常常超出预期,特别是在季节性水位变化或极端气候事件(如暴雨、干旱等)发生时,问题显得尤为突出。水位的剧烈升降不仅影响船闸的启闭操作,还对闸门的密封性与船只通行造成了严重影响。水位过高时,水流速度加快,船闸控制系统的调整可能未能及时进行,甚至会导致设备损坏;而当水位过低时,船闸的正常功能受到制约,船只通行变得困难。水流变化,尤其是在洪水或长时间低流量的情况下,也加大了船闸结构的负荷,导致设备运行不稳定。因此,实施精确的水位监控、建立完善的预警机制,并采取灵活有效的水流调节措施,是确保船闸安全运行的关键。

2.3 操作不当与人员失误

操作不当与人员失误构成了船闸运行中的另一个重要安全隐患。船闸操作涉及多个环节,如启闭控制、闸门调节、船只引导等,每个环节均要求操作人员严格遵循操作流程。但由于操作人员经验不足、培训不到位,或因工作时长过长导致疲劳等因素,失误常常发生。例如,误操作可能导致启闭设备过度负荷或操作时机不当,从而引发设备故障,甚至对船只造成损害。若在紧急情况下,操作人员未能迅速、准确地应对突发事件,安全隐患可能无法及时处理。此外,船闸操作大多数依赖团队协作,若团队成员之间配合不当,事故发生的风险也随之增大。因此,提升操作人员技能水平、确保操作规范的严格执行,以及建立有效的监督与应急响应机制,显得尤为重要。

2.4 外部环境因素的影响(如天气、洪水等)

外部环境因素,尤其是天气变化与洪水等自然灾害,常对河道船闸运行产生显著影响。恶劣天气条件,如强风、暴雨、低温等,不仅直接威胁船只通行安全,还可能影响船闸设备的正常运作。强风使船只难以靠近船闸,而暴雨则可能迅速导致水位上涨,进一步加大船闸操作的难度。洪水,作为最严重的自然灾害之一,水位的急剧上升可能超出船闸的设计承载能力,甚至可能造成设施损毁,严重时可能导致水域溢出或航道封堵。极端天气之外,水质变化、潮汐波动等因素也可能对船闸运行产生一定影响。因此,及时、准确的气象监测与水文预警系统的建立,以及针对不同环境变化制定相应的应急响应措施,已被认为是确保船闸运行安全的关键保障。

2.5 其他潜在安全隐患

除了设备故障、水位变化、操作失误以及外部环境的影响外,河道船闸运行中还潜藏着一些其他安全隐患。例如,船闸周围水域的沉积物或漂浮物,在船只通行时,容易导致设备阻塞或损坏。若周围水域缺乏有效的巡查与维护,水草、垃圾等障碍物可能逐渐积累,进而导致设备卡滞或影响船只的通行。另一个潜在隐患为船闸老化问题,随着使用年限的增长,材料的疲劳或腐蚀会逐渐削弱船闸设施的强度,增加故障发生的可能性。同时,信息化管理的不完善或应急预案的缺乏,可能导致在突发情况下无法及时提供必要的支持。为了有效防范这些隐患,除加强日常巡检与清理外,还应重视技术手段的升级与管理制度的完善,力求最大程度地降低潜在风险。

3 河道船闸运行管理中的防控对策

3.1 完善船闸设备的维护与管理

确保船闸运行安全的关键之一,便是完善设备的维护与管理。定期对设备进行全面检查和保养,构成了有效保障船闸正常运作的基础。通过制定详细的检查计划,对船闸设施逐项进行检测,潜在问题能够及时发现并加以修复,从而减少故障的发生。启闭系统、液压装置、闸门密封等关键部件应作为重点检查对象,确保它们始终处于良好的工作状态。此外,随着技术的不断进步,老旧设备的更新与改造显得尤为重要,在设备技术升级过程中,需根据船闸的实际需求进行优化,以提升其运行效率与可靠性。同时,建立完善的设备档案管理系统,可帮助记录设备的使用情况、维护历史及更换周期,为设备管理提供科学依据。通过加强对船闸操作人员的培训,确保其具备足够的设备操作与故障排除能力,也能提高应对突发情况的反应速度,从而保障船闸运行顺利,面对各种条件时亦能稳妥应对。此外,应定期评估设备管理体系的有效性,及时进行改进,以保持船闸设备管理的持续稳定性与高效性。

3.2 加强船闸操作人员的培训与管理

确保船闸运行安全的关键之一,在于加强船闸操作人员的培训与管理。操作人员的专业水平,直接关系到船闸的安全性与工作效率。定期组织专业技能培训,能够确保操作人员熟练掌握船闸设备的工作原理、操作流程及应急处理程序,进而不仅提升操作精准度,还能有效避免人为错误的发生。培训内容应覆盖设备维护、故障排除、船只引导等多个方面,从而提升操作人员的综合能力。与此同时,操作人员还需接受应急管理与安全意识的培训,这对于在紧急情况下做出迅速且恰当的反应尤为重要,能够有效防止事故的进一步恶化。在管理层面,除了保证培训的系统性与规范性外,还应完善操作规程,明确岗位职责,并加强对操作人员的考核与监督。定期评估培训效果,及时调整培训内容,确保其与船闸管理实际需求相匹配。通过提升人员素质与强化管理措施,操作不当引发的安全隐

患能够得到最大限度的减少,从而确保船闸运行的稳定与安全。

3.3 完善水位监控与预警系统

水位监控与预警系统的完善,对于保障船闸运行的安全至关重要。船闸的操作及船只通行的顺畅度,直接受到水位变化的影响。因此,精准的水位监测系统必须配备,以实时跟踪水位波动,确保管理人员随时获取精确的监控数据。高精度水位传感器与自动化监控设备的部署,使得全天候、不间断的水位监控成为可能,从而能够及时识别水位异常情况^[2]。一旦水位接近临界值,预警系统便会自动发出警报,提醒管理人员采取适当的措施,例如调整船闸操作流程或加强水流调控,以防设备损坏或船只事故的发生。通过结合历史数据及气象预测,监控系统还能够提前预测水位变化趋势,为船闸的日常管理提供科学依据。这套有效的水位监控与预警系统,能够不仅提升船闸的工作效率,还能显著减少水位异常所带来的安全隐患,从而确保船闸运行的安全性与稳定性。

3.4 强化应急预案与事故应对机制

强化应急预案与事故应对机制,是确保船闸运行安全的关键所在。在面对突发事件时,船闸需要快速反应,因此,制定一套全面且经常更新的应急预案显得尤为重要。预案应涵盖各类潜在紧急情况,如设备故障、水位剧烈波动、极端天气等,并为每种情况制定明确的应急处理流程。例如,当设备发生故障时,问题应迅速被诊断,临时修复或备用设备应立即启用;水位异常时,预警系统应及时启动,并对船闸操作进行调整,确保船只安全通行。应急预案不仅需要明确操作步骤,还需细化各岗位职责的分工,确保人员在紧急情况下能够快速协同,达成有效应对。为提升应急响应的实效性,定期开展应急演练是不可或缺的。通过模拟演练,操作人员能够在真实情况发生时更加得心应手,迅速处理。完善的应急预案与健全的应对机制,能够不仅显著减少事故损失,还能确保船闸运行的安全与稳定。

3.5 外部环境监测与应对措施

在保障船闸运行安全的过程中,外部环境的监测与应对措施至关重要。河道的水流、水位、天气等因素对船闸操作与安全具有直接影响。为了有效应对这些影响,必须建立完善的环境监测系统,以实时跟踪气象变化、水文数据及水质状况,使船闸管理人员能够及时了解外部环境的变化趋势。例如,通过气象雷达与水文传感器,风速、降雨量、潮汐等信息可实时采集,从而预测可能发生的恶劣天气或水位异常^[3]。基于这些监测数据,船闸的操作应随之进行相应调整;在必要时,应提前启动应急预案或重新调度船只,以防止环境变化引发事故。外部环境可能对船

闸安全造成的潜在风险,应定期评估,并及时调整监测设备与应对策略。通过加强环境监控与应对措施的科学性,自然灾害对船闸运行的威胁得以有效降低,确保船闸运行的稳定与安全。

3.6 提高安全意识与社会责任

提高安全意识与社会责任,是确保船闸运行长期稳定的关键所在。船闸的管理不仅涉及设备的维护与技术操作,还要求每位工作人员对安全保持高度重视,并承担相应的社会责任。安全意识的提升,通过持续的培训与宣传,需得到强化,确保操作人员、管理者及相关人员充分理解安全操作的重要性。定期开展安全教育、案例分析与风险评估,有助于加深对潜在安全隐患的认知,并掌握有效的应对措施。与此同时,社会责任感的培养应由船闸管理部门积极推动,强调船闸安全不仅关乎企业的运营,更与周围社区、环境及公共安全息息相关。通过树立榜样作用,管理层应制定合理的奖惩机制,激励员工履行安全职责。同时,加强与社会各界的沟通与合作,公众对船闸安全管理的信任与支持,得以提升。全面提高全员的安全意识与责任感,能够有效降低人为失误与安全疏忽,从根本上确保船闸运行的长期安全与稳定。

4 结语

在河道船闸运行管理中,安全隐患始终存在,其影响深远且复杂。对设备故障、水位波动、操作失误以及外部环境变化等潜在风险的深入分析表明,船闸运行的安全确保不仅依赖于技术手段,且必须依托完善的管理体系、健全的应急预案以及高素质的操作人员。设备的维护与管理、精准的水位监控与预警系统、操作人员的培训提升以及应急机制的建立,应当成为日常管理工作的常态。随着外部环境的不确定性,只有通过持续的环境监测及科学的应对措施,外部因素对船闸运行的干扰才能最大限度地减少。最为关键的是,提升全员安全意识与履行社会责任感,能够为船闸运行的长期稳定打下坚实的基础。

【参考文献】

- [1]王松涛. 航道船闸工程建设进度管理与风险控制[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(11): 60-61.
 - [2]金明宇. S 船闸应急管理问题与对策研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2024.
 - [3]张坤, 朱增伟, 杜晓啸. 绿色低碳理念下船闸运营管理措施研究[J]. 技术与市场, 2022, 29(9): 161-163.
- 作者简介: 曹尘远 (1994.7—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位名称: 浙江金华市顺泰水电建设有限公司安徽分公司, 就职单位职务: 项目技术负责人, 职称级别: 工程师。

水库水位调控系统的智能化管理技术研究

高 斌 王玉鑫

山东大禹水务建设集团有限公司, 山东 济南 250000

[摘要] 水库水位调控是确保水库安全、优化水资源利用的重要环节。随着智能化技术的发展, 传统的水位调控方法面临着效率低、响应慢等问题。智能化管理技术的应用能够通过大数据、物联网、人工智能等手段实时监测水位变化, 精准预测水库蓄水能力, 并自动调节水位, 确保安全运行。智能化水位调控系统的设计不仅提升了管理效率, 也为应急处理提供了科学依据, 对水库的长期稳定性和资源可持续利用具有重要意义。

[关键词] 水库水位调控; 智能化管理; 大数据; 物联网; 人工智能

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15557

中图分类号: TV697

文献标识码: A

Research on Intelligent Management Technology of Reservoir Water Level Control System

GAO Bin, WANG Yuxin

Shandong Dayu Water Construction Group Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: Reservoir water level regulation is an important link in ensuring reservoir safety and optimizing water resource utilization. With the development of intelligent technology, traditional water level regulation methods are facing problems such as low efficiency and slow response. The application of intelligent management technology can monitor water level changes in real time through means such as big data, the Internet of Things, and artificial intelligence, accurately predict reservoir storage capacity, and automatically adjust water levels to ensure safe operation. The design of an intelligent water level regulation system not only improves management efficiency, but also provides scientific basis for emergency response, which is of great significance for the long-term stability and sustainable utilization of resources in reservoirs.

Keywords: reservoir water level regulation; intelligent management; big data; Internet of Things; artificial intelligence

引言

随着水资源管理需求的不断提升, 传统的水库水位调控方法已难以满足日益复杂的管理要求。智能化管理技术的引入, 为水库调控带来了新的机遇。通过集成大数据、物联网与人工智能等先进技术, 水位调控系统的智能化管理不仅提高了调控效率, 还增强了应急响应能力, 确保了水库的安全与可持续运行。智能化水位调控系统的应用, 不仅具有广泛的学术价值, 还在实际工程中展现出巨大的应用潜力。

1 智能化水库水位调控系统的研究现状与发展趋势

随着气候变化和水资源利用需求的增加, 传统水库水位调控方法面临严峻挑战。智能化水库水位调控系统的研究应运而生, 为水资源管理提供了新的解决方案。

1.1 研究现状

近年来, 随着信息技术的飞速发展, 智能化水库水位调控系统得到了广泛关注和研究。通过物联网、大数据、人工智能等技术, 研究者已成功实现了水库水位的实时监测、数据采集与处理。例如, 利用传感器网络与数据分析平台, 系统能够实时获取水库的水位、流量、降雨等数据, 结合气象预测模型, 精确判断水库的蓄水能力与泄洪需求。已有的研究表明, 智能化水位调控系统在提高调控效

率和水资源利用率方面具有显著优势, 能够有效减少人力成本, 避免传统调控方法中的误差和延时。

1.2 发展趋势

尽管智能化水库水位调控技术已取得一定成果, 但仍面临技术整合、系统稳定性与安全性等挑战。未来, 智能化水库调控系统的发展趋势将主要集中在以下几个方面: 首先是技术的深度融合, 特别是人工智能与大数据分析在预测精度上的进一步提升, 将使得水位调控更加科学与精准; 其次, 物联网技术的进一步完善和普及将使得水库管理更加智能化, 所有设备和传感器可实现无缝连接与远程监控; 最后, 随着环境变化的不可预测性, 智能系统的自学习与应急响应能力将成为研究的重点, 确保系统在极端气候条件下依旧稳定高效运行^[1]。

智能化水库水位调控技术的发展前景广阔, 其在提高水库管理效率、优化水资源分配等方面具有重要的应用价值。通过精准预测、实时监控和自动调控, 智能化系统能够有效降低人为干预带来的误差, 确保水库在不同气候条件下安全、稳定运行。智能化调控系统可与可持续发展目标结合, 促进水资源合理利用与环境保护。随着技术成熟, 未来智能化水库水位调控将广泛应用于更多领域。

2 基于大数据的水库水位预测与调控模型

大数据技术的迅猛发展为水库水位预测与调控提供

了新的突破口。基于大数据的预测模型能够提升水库管理的精准性和响应速度，确保水资源的合理利用。

2.1 大数据在水库水位预测中的应用

大数据技术在水库水位预测中的应用，通过采集并分析来自气象站、水库本身、流域及周围环境的各类数据，能够为水库的水位变化提供更为精准的预测。通过与历史水位数据、降雨量、流量等信息的深度挖掘，数据分析模型能够识别潜在的水位波动趋势，并在一定时间范围内进行预测。基于这些数据，水库管理人员可以提前采取措施，例如调整水库的蓄水量或释放水量，避免因水位过高或过低导致的安全隐患或资源浪费。目前，使用机器学习与回归分析等算法，可以实现对多种变量的复杂关联建模，大大提升了预测的准确性。

2.2 大数据支持下的水库水位调控模型

在水位调控方面，基于大数据的模型可以实现水库调度智能化。通过对实时数据的持续采集与分析，系统不仅能够预判水位变化，还能依据调控目标进行自适应调节。例如，智能化水库水位调控模型可结合气象预测和水库当前存水量，自动调整闸门开度、流量控制等，优化水库的调度策略，达到更为精确的水位调控效果。大数据不仅能够常规情况下发挥作用，还能够在极端天气或突发事件发生时，通过紧急调度来减少风险。通过建立完善的数据模型，能够更好地支撑水库的长期运营和应急管理。此外，系统能够持续学习并优化调控策略，提升对变化环境的应变能力，确保水库的调度更加科学、灵活、高效，从而提高水库管理的智能化水平^[2]。

2.3 面临的挑战与未来展望

尽管大数据在水库水位预测与调控中展现出强大的潜力，但仍然存在一些技术难题。首先是数据的全面性和准确性问题，尤其是在数据采集过程中，环境因素可能会影响传感器的精度和可靠性。其次，大数据处理能力的提升和模型算法的优化仍是实现高效预测与调控的关键。因此，未来的发展方向将侧重于算法的进一步优化，数据采集与处理技术的创新，以及智能调控系统与人工智能技术的深度融合。通过这些改进，基于大数据的水库水位预测与调控系统将更加智能化、精准化，为水资源的科学管理和优化利用提供更坚实的技术支撑。

3 物联网技术在水库水位监测中的应用与挑战

物联网技术的引入为水库水位监测提供了实时、高效的数据采集和传输手段。其在提升水库管理精准度和反应速度方面具有重要作用，但也面临诸多挑战。

3.1 物联网技术在水库水位监测中的应用

物联网技术通过传感器网络、无线通信和数据传输技术，能够实时监测水库水位、流量、温度等重要指标。传感器被安装在水库关键位置，实时采集水位变化数据，并通过无线网络将数据传输至控制中心。物联网系统可有效

避免传统人工巡检的不足，减少人为错误，提高数据采集的准确性和频率。结合大数据和云计算平台，水库管理者可以在不同时间和不同气候条件下，对水库的水位进行动态监控和趋势分析。此外，物联网系统还可根据实时数据实现自动调控，例如自动调整水闸开关、泄洪阀门，保证水库运行的安全性和高效性^[3]。

3.2 物联网技术应用中的挑战

尽管物联网技术在水库水位监测中应用广泛，但在实际应用过程中仍面临一些挑战。首先是传感器的准确性和稳定性问题。水库环境复杂，设备经常暴露在恶劣的气候条件下，可能导致传感器出现故障或数据偏差。其次，物联网系统的数据传输受到网络环境的限制，尤其在偏远地区，信号不稳定可能导致数据丢失或延迟，影响系统的实时性。此外，随着设备数量的增加，如何有效管理海量数据和确保数据的安全性也成为一大难题。数据存储、处理与分析需要强大的技术支持，若系统无法及时响应，可能会导致水库管理失效，甚至带来安全风险。

3.3 未来发展与优化方向

针对物联网技术在水库水位监测中的挑战，未来的发展方向主要集中在提高系统的稳定性、精准度和智能化水平。首先，改进传感器技术，提升其抗干扰能力和长期稳定性，确保在各种复杂环境下可靠运行；其次，加强网络设施的建设，采用更为先进的无线通信技术，确保数据能够无障碍地传输到管理中心；此外，通过引入边缘计算技术，减少数据传输延迟，提高实时响应能力，实现更高效的水库水位调控。随着人工智能和大数据技术的进一步发展，物联网系统将在水库水位监测中发挥越来越重要的作用，为水库的智能化管理提供坚实的技术保障。

因此，物联网技术在水库水位监测中的应用潜力巨大，但其面临的挑战也不可忽视。通过不断的技术创新和优化，物联网将为水库管理提供更加高效、精准的解决方案。

4 人工智能在水库水位调控中的优化作用

人工智能技术在水库水位调控中的应用正在快速发展，通过数据分析、预测模型等手段，显著提升了水库调控的精准度和效率，为水库管理提供了重要支持。

4.1 人工智能优化水库水位预测模型

人工智能技术通过深度学习、神经网络等方法，可以有效地优化水库水位预测模型。传统的水位预测方法依赖于线性模型和简化的假设，难以应对复杂的环境变化和多变量之间的关系。而人工智能可以通过对历史数据的深度学习，自动提取数据中的潜在规律，提升预测的精度。通过构建基于神经网络的预测模型，系统能够准确预测水库的水位变化趋势，提前做出应对措施，如调整闸门开度、调度水流量等，有效避免了水位过高或过低带来的安全隐患。

4.2 优化水库调控决策与自动化控制

人工智能还能够优化水库调控的决策过程。在水位调

控过程中,人工智能可以实时处理来自水库、气象、流域等多方数据,分析多种调控方案,生成最优决策。通过强化学习等技术,系统可以在不断变化的环境中,自动调整策略,以达到最佳水位控制目标。与传统人工干预的调控方式相比,人工智能不仅能提升决策的科学性,还能减少人为错误,提高响应速度。此外,人工智能可以实现自动化控制,通过与物联网设备的结合,实时调整水库闸门、泄洪阀门等,确保水库在不同条件下安全、高效地运行。

4.3 未来发展与应用前景

尽管人工智能在水库水位调控中展现了巨大的潜力,但仍面临着数据质量、算法优化等方面的挑战。未来,随着大数据和传感技术的不断进步,人工智能将在水库水位调控中发挥更大的作用。通过不断优化预测算法,提升决策智能化水平,人工智能将在确保水库安全、提高水资源利用效率方面提供更加精准的支持^[4]。

人工智能为水库水位调控提供了新解决方案,优化了预测精度和调控效率,为水库管理智能化提供了可行路径。

5 智能化水库水位调控系统的实际应用与前景分析

智能化水库水位调控系统的实际应用正在逐步展开,借助先进技术提升了水库管理的效率与精度,为水资源调度提供了全新的解决方案。未来,智能化系统将发挥更大作用。

5.1 智能化水库水位调控系统的实际应用

目前,智能化水库水位调控系统已在多个水库中得到应用。通过整合物联网、大数据、人工智能等技术,水库管理人员能够实时监控水库的水位、流量、降水量等数据,并通过系统进行自动化调度。例如,在某些大型水库中,通过部署传感器和智能化调度系统,系统能够根据实时数据自动调整水闸开度和泄洪阀门,优化水资源分配,确保水库的安全运行。此外,结合气象预测和历史数据,智能化系统还能够提前预警潜在的洪水风险或干旱问题,为水库管理决策提供科学依据^[5]。这一智能化管理模式大大提高了水库管理的精准性和应急响应能力。

5.2 智能化水库调控系统的优势与挑战

智能化水库水位调控系统的优势在于提升了数据处理效率和预测准确性,降低了人工干预的风险。然而,系统在实际应用中也面临一些挑战。例如,传感器的精度与稳定性问题,尤其是在极端气候条件下,可能会影响数据的准确性;此外,系统的高成本和技术复杂性,也可能成为推广应用的障碍。为了确保智能化系统的长期稳定运

行,还需要完善技术支持,提升系统的容错能力和自适应能力。同时,系统的维护和更新也需要大量投入,尤其是在远程监控与数据分析方面,需要具备高效的技术团队。面对这些挑战,相关技术的不断创新和成本的逐步降低将是智能化水库调控系统进一步发展的关键。

5.3 智能化水库调控系统的前景与发展方向

未来,智能化水库水位调控系统的前景非常广阔。随着技术的不断进步,特别是人工智能和大数据分析能力的提升,智能化水库调控系统将更加精准、高效。未来的研究重点将包括提升数据采集设备的精度、加强算法的优化以及增强系统的应急响应能力。此外,随着绿色低碳技术的发展,智能化系统也有望与可持续水资源管理结合,进一步提升水库的资源利用效率和环境保护能力。智能化水库水位调控系统将成为水资源管理领域的重要组成部分,推动水库管理走向更智能、高效、绿色的新时代。

6 结语

智能化水库水位调控系统通过物联网、大数据和人工智能等技术,显著提升了水库管理的精准度和效率。虽然面临一些技术挑战,但随着技术的不断发展,系统将更加智能化、精准化,为水资源的高效利用与安全管理提供重要支持。未来,智能化调控系统有望在水库管理中发挥更大作用,推动水库管理向更高效、安全、可持续的方向发展。

[参考文献]

- [1]杜岚. ANFIS 在水位预报及汛限水位动态控制方面的应用研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2015.
- [2]张建. 建筑智能化工程管理技术的应用分析[J]. 低碳世界,2017(28):166-167.
- [3]陈哲昊. 响水涧水库水位波动对水电厂电力输出的影响分析及调控方法[J]. 机电信息,2023(24):16-19.
- [4]王坤,王宗志,白莹,等. 沿海中小河流域地表-地下水联合调控洪水资源利用研究: I. 方法与模型[J]. 水资源保护,2024,40(1):79-85.
- [5]易燃,陈小娟,杨志,等. 基于栖息地法的水库变动回水区鱼类产卵场生态流量及调控策略研究[J]. 水生态学杂志,2024,45(5):85-96.

作者简介:高斌(1994.2—),毕业院校:中国海洋大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:山东大禹水务建设集团有限公司,职务:职员,职称级别:助理工程师;王玉鑫(1996.2—),毕业院校:山东建筑大学,专业:工程管理,就职单位:山东大禹水务建设集团有限公司,职务:职员,职称级别:助理工程师。

基于大数据的变电运维故障诊断与预测技术

李艺昆 朱建伟 李玉倩 张程莉

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着变电站自动化水平的提升, 变电设备的运行数据量急剧增加。大数据技术的应用能够有效地从海量数据中提取出有价值的信息, 为变电设备的故障诊断与预测提供有效支持。文章通过分析变电运维中的故障诊断与预测现状, 提出了基于大数据技术的变电运维故障诊断与预测方案, 并结合实际案例, 展示了该技术在提高运维效率、降低故障率方面的应用价值。研究表明, 基于大数据的技术能显著提升变电运维的智能化水平和故障处理能力。

[关键词]大数据; 变电运维; 故障诊断; 预测技术; 智能化运维

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15554

中图分类号: TP311

文献标识码: A

Fault Diagnosis and Prediction Technology for Substation Operation and Maintenance Based on Big Data

LI Yikun, ZHU Jianwei, LI Yuqian, ZHANG Chengli

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the improvement of substation automation level, the amount of operational data of substation equipment has increased sharply. The application of big data technology can effectively extract valuable information from massive data, providing effective support for fault diagnosis and prediction of substation equipment. The article analyzes the current status of fault diagnosis and prediction in substation operation and maintenance, proposes a fault diagnosis and prediction scheme based on big data technology, and demonstrates the application value of this technology in improving operation and maintenance efficiency and reducing failure rates through practical cases. The research results indicate that technologies based on big data can significantly improve the intelligence level and fault handling capability of substation operation and maintenance.

Keywords: big data; substation operation and maintenance; fault diagnosis; predictive technology; intelligent operation and maintenance

引言

随着电力系统的复杂性增加, 变电站作为电网的重要组成部分, 面临着更加复杂的运维挑战。传统的运维方式无法满足高效、精准的需求, 因此故障诊断与预测技术在变电运维中得到了广泛应用。随着大数据、云计算、物联网等技术的快速发展, 变电运维的智能化水平得到了显著提升。本文将探讨大数据在变电运维中的应用, 分析其在故障诊断与预测中的优势, 提出有效的技术方案。

1 大数据技术概述与应用背景

1.1 大数据的定义与特点

大数据是指在传统数据处理技术和工具难以有效处理的范围内, 产生的海量、快速、多样化的数据集合。大数据的定义不仅仅是数据量的庞大, 更强调其具有五个主要特征, 即: 量大 (Volume)、速度 (Velocity)、多样性 (Variety)、价值 (Value) 和真实性 (Veracity)。这些特点使得大数据技术能够处理和分析来自不同来源、具有不同格式的数据, 进而为业务决策提供支持。在电力行业中, 大数据技术能够帮助企业处理来自传感器、监控系统、运维人员、设备日志等多个渠道的数据, 从而为故障诊断、设备预测和优化管理提供数据支持。

1.2 大数据在电力行业中的应用背景

随着电力系统的复杂性和规模的扩大, 电力企业面临着更为复杂的设备监控、运维管理以及故障排查任务。传统的人工检查和基于规则的运维方法已难以满足现代电力系统的高效性与稳定性要求。与此同时, 电力设备和监控系统不断发展, 使得电力行业产生了大量的数据, 这些数据包括运行状态、设备健康状况、维护记录、传感器数据等。大数据技术的应用使得这些数据能够被有效整合和分析, 通过数据挖掘、机器学习等技术, 电力企业能够及时发现潜在的故障风险, 进行故障预测和智能化运维。大数据技术的应用不仅提高了电力系统的安全性, 还降低了维护成本, 提高了电力供应的可靠性^[1]。

1.3 变电运维中的数据来源与处理需求

在变电运维中, 数据的来源极为丰富, 主要来自以下几个方面: 第一, 传感器数据, 如电流、电压、温度、湿度、振动等实时监测数据, 这些数据反映了设备的运行状况; 第二, 设备健康数据, 包括设备的运行历史、维修记录、故障报告等; 第三, 视频监控数据, 通过视频监控系统对设备进行实时监控, 可以帮助检测设备的外部故障和异常情况; 第四, 运维人员的工作记录, 包括设备巡检记录、维护记录等; 第五, 环境数据, 如变电站所在环境的

气象条件等,这些都可能对设备的运行产生影响。

对于这些海量数据的处理需求,首先需要进行数据清洗,剔除冗余和无用数据,确保数据的质量。需要进行数据融合与集成,将来自不同来源的数据进行整合,形成统一的数据平台。数据的分析与处理需要使用大数据处理平台和相关技术,如分布式计算框架(如Hadoop、Spark)、实时数据流处理技术等,确保数据能够在合适的时效内进行处理和分析,进而为决策和运维提供支持。

2 变电运维中的故障诊断技术

2.1 传统故障诊断方法概述

传统的变电运维故障诊断方法主要依赖人工巡检、定期维护和基于经验的诊断。早期的故障诊断大多依靠运维人员根据设备的运行状态和故障现象进行分析判断。常见的传统方法包括视觉检查、声音检测、红外热成像、振动监测等。这些方法依赖运维人员的经验,并且通常存在一定的局限性。例如,视觉检查无法发现电气设备内部的隐性故障,红外热成像只能检测设备的表面温度变化,且只能在设备出现明显异常时进行检测。对于复杂电力设备,单一的传统方法难以实现全面的故障诊断,且人工操作存在一定的疏漏性,不能实时反映设备的健康状况。

2.2 基于大数据的故障诊断模型

基于大数据的故障诊断模型依托于电力设备产生的大量实时数据,通过多种数据分析和处理技术来实现对故障的快速识别和准确诊断。这些数据包括设备的历史运行数据、传感器数据、环境数据以及维护记录等。大数据技术在故障诊断中的应用主要体现在以下几个方面:首先,利用数据挖掘技术,从海量数据中提取潜在的规律和异常模式,帮助运维人员发现设备潜在的故障风险。其次,通过机器学习算法(如支持向量机、决策树、神经网络等)构建故障诊断模型,从而实现对设备健康状态的预测和故障类型的分类识别。此外,结合深度学习和神经网络等技术,可以对多维度数据进行深度分析,自动从设备的多项指标中识别出故障的根本原因,提高诊断的准确性。基于大数据的诊断方法可以实时监控设备运行状态,并通过历史数据与实时数据的比对,提高故障诊断的效率和精度^[2]。

2.3 典型案例分析:基于大数据的故障诊断实施

在某大型变电站的故障诊断中,采用了基于大数据的智能诊断系统。该系统通过部署在变电站内的多种传感器,实时采集设备运行中的电流、电压、温度、振动等数据。数据通过无线网络传输至中央数据处理平台进行分析。平台利用机器学习算法分析历史数据与实时数据的匹配度,自动识别出潜在的故障趋势。一个典型的故障案例是某变压器在正常负荷下发生了过热现象。传统方法依赖人工巡检和局部的红外检测,可能会错过一些微小的温度变化。而基于大数据的诊断系统能够通过实时温度监测数据与历史数据的比对,提前预测出过热故障的风险,及时发出

预警。该系统不仅提高了故障诊断的准确性,还减少了人工巡检的工作量和人为疏漏的风险,提前发现故障隐患,避免了变压器的严重损坏和停机事故,极大地提升了变电运维的效率与可靠性。

3 基于大数据的故障预测技术

3.1 故障预测的概念与重要性

故障预测是指通过对设备运行状态及其历史数据的分析,预测设备可能发生故障的时间、地点及故障类型。与传统的事后修复不同,故障预测旨在提前识别设备潜在的故障风险,从而采取措施预防故障发生,确保设备的稳定运行。故障预测的重要性体现在以下几个方面:首先,它可以有效减少设备的停机时间和维修成本,避免突发性故障对系统造成的影响;其次,通过提前预测故障,能够合理安排维护计划,提高运维效率;最后,故障预测有助于提升电力系统的可靠性和安全性,降低突发性设备故障对电网的冲击^[3]。

3.2 大数据在故障预测中的应用框架

大数据在故障预测中的应用框架通常包括数据采集、数据预处理、特征提取、模型构建和预测结果分析等几个步骤。首先,通过安装在变电设备上的传感器实时采集设备的运行数据,如电压、电流、温度、振动等。其次,采集到的原始数据需要经过数据清洗和去噪,以保证数据的准确性。接下来,通过特征提取技术,从大量的原始数据中提取出与设备健康状态相关的特征值。然后,利用机器学习、深度学习等算法构建预测模型,如回归分析、支持向量机(SVM)、神经网络等,以实现了对设备故障的预测。最后,通过预测结果对设备的健康状况进行评估,并生成预警报告,提醒运维人员及时采取措施。

3.3 故障预测模型的建立与优化

故障预测模型的建立过程通常分为数据准备、模型选择、模型训练与验证等阶段。在数据准备阶段,需要收集设备的历史故障数据、运行数据及环境数据等;在模型选择阶段,根据数据的特性选择合适的预测算法,如基于时间序列的预测方法、基于机器学习的分类方法等。模型训练时,通过使用历史数据进行训练,使模型能够识别设备状态变化与故障发生之间的规律。在模型优化阶段,可以通过调整模型参数、选择更具代表性的特征数据等方式提升模型的预测精度。

3.4 典型案例分析:故障预测的实践与成效

在某变电站的运维实践中,基于大数据的故障预测系统成功应用于变压器的健康监测与故障预测。该系统通过收集变压器的实时电流、温度、湿度等数据,并结合历史数据和故障记录,建立了一个支持向量机(SVM)模型。通过对设备的长期监测,系统能够根据数据变化趋势预测变压器的故障风险,尤其是在负荷过载、绝缘老化等情况下的异常波动。系统的实际应用表明,通过故障预测,运

维人员能够提前进行必要的检修和更换,大大减少了突发性停机和设备损坏的情况。该故障预测系统不仅提高了设备的可靠性,还优化了运维流程,降低了因设备故障造成的停运成本。

4 大数据技术在变电运维中的挑战与前景

4.1 数据处理与分析中的挑战

尽管大数据在变电运维中具有巨大的潜力,但在数据处理与分析方面仍面临一些挑战。首先是数据的多样性,变电运维中的数据来源广泛,涵盖了传感器数据、设备状态数据、历史维护记录等,且格式不统一。如何有效整合和处理这些异构数据,是大数据分析中的一大难题。其次是数据质量问题,在实际应用中,采集到的数据可能存在缺失、噪声或错误,这将影响数据分析结果的准确性。因此,数据清洗和预处理成为了大数据分析中的关键步骤。此外,实时性要求也是一大挑战。变电站的设备需要持续监控和快速响应,因此,大数据平台需要能够实时处理海量数据,迅速识别潜在故障并及时发出预警。

4.2 大数据技术与传统运维模式的结合

大数据技术与传统运维模式的结合是实现智能化运维的关键。传统的运维模式主要依赖人工巡检和定期检查,故障诊断和维修通常在设备发生异常后进行。而大数据技术则能够通过实时数据监控、故障预测和智能分析等手段,实现设备的预测性维护和无缝监控。将大数据与传统运维模式结合,可以逐步优化传统的故障排查流程,减少人工干预,提升运维效率。例如,在传统模式中,变电站可能依赖人工巡视和定期检查来发现设备异常,而结合大数据分析后,能够通过传感器实时数据监控设备健康状态,并提前预测故障趋势,提供精准的故障预警和修复建议。这种结合不仅提升了运维的效率和精度,还降低了人工巡检的成本,减少了人为疏漏^[4]。

4.3 未来发展趋势与技术创新

随着大数据技术的不断发展,未来变电运维中的数据分析和故障预测能力将进一步增强。首先,人工智能(AI)与机器学习技术的引入将推动运维智能化进程。通过深度学习和强化学习算法,变电运维系统能够自动识别和学习设备运行中的异常模式,提升故障预测的准确性。物联网(IoT)技术的广泛应用将进一步提升数据采集能力。通过在设备上安装更多传感器,变电运维系统将能够获取更全面的设备状态数据,为数据分析提供更丰富的基础。随着5G通信技术的推广,数据传输速率将得到显著提升,

支持更实时、更高效的设备监控。此外,未来的运维系统将更加注重云计算平台的应用,通过云平台集中处理和分析海量数据,实现资源的共享和系统的高度集成。随着技术的不断进步,未来变电运维将趋向于全自动化、智能化和远程化。

4.4 大数据应用的安全性与隐私保护问题

随着大数据技术的应用,变电运维中涉及的数据量和敏感度也大幅增加,随之而来的是数据安全和隐私保护的问题。变电运维过程中涉及大量的设备运行数据、用户信息以及企业的商业机密,如何保护这些数据免受外部攻击和非法访问,成为亟待解决的挑战。数据传输、存储和处理的过程中,需要采取有效的加密技术和访问控制措施,确保数据的安全性。此外,数据隐私问题也是一个关键考虑因素。变电站的运行数据可能涉及到电力用户的用电情况及其他敏感信息,如何在保证数据共享和分析价值的同时,保护用户隐私,防止数据泄露和滥用,已经成为大数据应用中的一个重要议题。未来在变电运维的大数据应用中,需要制定更为严格的数据安全政策,提升数据保护技术,确保数据的合法、安全和合规使用。

5 结束语

大数据技术在变电运维中的应用,为电力系统的智能化管理和故障预警提供了强有力的支持。通过先进的故障诊断与预测技术,能够有效提高运维效率,减少设备故障率,提升电力系统的稳定性。然而,在实际应用过程中,仍然面临数据质量、处理速度等挑战,需要进一步深化技术研究与实践探索。未来,随着大数据技术的不断进步,变电运维的智能化水平必将进一步提升,推动电力行业向更加高效、可靠的方向发展。

[参考文献]

- [1]阮鑫磊,于亚丽,石博.智能化技术在变电运维中的应用研究[J].光源与照明,2024(9):225-227.
 - [2]高乾耀.基于智能化设备的变电运维技术的研究分析[J].仪器仪表用户,2024,31(8):18-20.
 - [3]张宇浩.数字化转型下DY供电公司变电运维管理优化研究[D].成都:四川师范大学,2023.
 - [4]谭泊,王玲,林峰,等.基于VR+的变电运维培训系统设计研究[J].科技资讯,2017,15(25):19-20.
- 作者简介:李艺昆(1992.12—),女,河南省鹤壁市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事变电运维技术工作。

输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除技术

赵建康

中土城联工程建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国经济的飞速发展和人们生活水平的不断提高,生活和工作中无处不在用电,电力是一个国家不可短缺的能源。输配电和用电工程的工作效率及质量都与人们的生活息息相关。因此,我国在电力工程建设中投入了大量的人力物力和财力,可见国家对其发展的重视程度。但同时也存在着一些潜在的安全维护和故障处理问题,为了促进我国的经济发展,不仅要保证电力工程建设的发展速度,更要保证电力系统的运行质量。文章针对输配电线路的安全管理和运行维护进行分析,为电力工程的发展奠定基础。

[关键词]输配电及用电工程;运行维护;故障排除技术

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15551

中图分类号: TM726

文献标识码: A

Operation, Maintenance, and Troubleshooting Technology for Transmission, Distribution, and Power Engineering Lines

ZHAO Jiankang

Zhongtu City-union Engineering Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese economy and the continuous improvement of people's living standards, electricity is ubiquitous in daily life and work, and it is an indispensable energy source for a country. The efficiency and quality of power transmission and distribution, as well as electrical engineering, are closely related to people's lives. Therefore, China has invested a large amount of manpower, material resources, and financial resources in the construction of power engineering, which shows the importance that the country attaches to its development. However, there are also some potential safety maintenance and fault handling issues. In order to promote Chinese economic development, it is not only necessary to ensure the development speed of power engineering construction, but also to ensure the operational quality of the power system. The article analyzes the safety management and operation maintenance of transmission and distribution lines, laying the foundation for the development of power engineering.

Keywords: transmission, distribution, and power engineering; operation and maintenance; troubleshooting technology

引言

随着社会现代化进程的推进,电力需求不断攀升,电力系统的稳定性与可靠性逐渐成为了广泛关注的焦点。作为电力系统核心部分的输配电线路,其运行状态直接关系到电力供应的安全性与经济性。电力线路的正常运行不仅仅依赖于先进的设备与技术,还需要定期的维护与及时的故障排查。然而,考虑到电力线路覆盖的区域广泛、负荷较大,并且常面临复杂多变的自然环境,系统在运行过程中经常遭遇到天气灾害、设备老化、线路损坏等多种故障问题。一旦这些问题未能得到及时有效的处理,通常会导致停电、设备损坏甚至安全事故等严重后果。因此,输配电及用电工程线路的有效维护与故障排除技术显得尤为重要。通过科学合理的运行监控、定期检查及维护措施,可以有效地预防设备故障的发生,提高电力系统的稳定性与运行效率。随着信息技术与自动化技术的快速发展,智能化远程监控、故障诊断系统以及快速反应机制的引入,大大提升了故障排除的效率与准确性。本文将深入探讨输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除技术,分析当前电力行业所面临的主要挑战,概述现有的技术手段,并

提出优化方案。通过持续创新与技术应用,旨在为电力系统的高效运行提供可靠的保障,为社会的稳定供电做出积极的贡献。

1 输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除的重要性

输配电及用电工程线路的有效运行维护与故障排除,对于电力系统的安全与稳定运行至关重要。随着电力需求的不断上升以及电力系统日趋复杂,输配电线路作为电力供应的重要组成部分,承担着关键的电能传输与分配责任。设备老化、恶劣天气、外力破坏或操作失误等因素,均可能引发故障,进而导致电力供应中断,影响社会的正常运作。及时的维护与故障排查不仅能够有效减少停电事故,还能延长设备的使用寿命,降低长期运营的维护成本。随着电力技术的不断创新,智能化与自动化技术在电力系统中的应用日益增多,这使得电力企业面临着更高的维护要求。在日常运营中,电力企业需持续改进维护策略,并结合先进的监测、检测与预警技术,提前识别潜在风险,并采取相应措施。全面提升运行维护与故障排除的效率,不仅能够增强电力系统的整体可靠性与供电质量,还能够确

保社会经济的正常运行,并满足民生需求。输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除的强化,是提升电力企业管理水平、确保电力供应安全的关键措施。

2 影响输配电及用电工程线路稳定性的主要因素

输配电及用电工程线路的稳定性受多种因素的影响,其中包括自然环境、设备老化、设计与施工质量、负荷波动以及人为操作失误等关键因素。恶劣的自然环境是导致线路故障的主要原因之一,极端天气如雷电、强风、暴雨和雪灾等,可能对线路造成严重损害,特别是当高压线路遭遇雷击或强风时,断线或设备故障的现象常常发生。随着使用时间的延长,电力设备的老化与磨损会导致线路稳定性的下降,尤其是绝缘材料、导线及变压器等设备的性能逐渐衰退,从而影响电力传输的稳定性。设计与施工质量不合格,亦是影响线路长期稳定运行的重要因素。如果线路路径设计不合理或施工未按标准进行,线路在运行过程中极易出现潜在隐患。此外,线路负荷的不均衡波动也是导致系统不稳定的关键因素,负荷的急剧增加或波动,可能导致电流超载,从而对设备产生过大压力,增加故障发生的概率^[1]。人工操作失误或缺乏有效的监控机制,也可能造成线路运行不稳。在调度、检修等操作过程中,如果缺少必要的技术支持或未按规范操作,系统负荷可能会被超载,进而引发设备损坏。

3 输配电及用电工程线路的运行维护技术

3.1 定期进行线路的检查与维护

定期对输配电及用电工程线路进行检查与维护,是确保电力系统高效、稳定、安全运行的关键工作。作为电力传输的重要枢纽,电力线路长时间暴露在多变的外部环境中,面临着气候变化、自然灾害及外部干扰等多种挑战。随着使用时间的增加,线路设备难免会出现老化、磨损或潜在的故障隐患。为了防止设备故障引发大范围停电或设备损坏,必须采取系统化、科学化的检查与维护措施,潜在问题需及时发现并处理。在检查过程中,除了对线路外观的常规检查,导线、支架、绝缘子等设备的物理状态需要特别关注,还需结合现代技术手段进行深入检测。例如,利用红外成像技术监测线路是否过热,应用声波技术检查线路的振动与松动情况等。检查内容还应包括对电力变压器、电缆、接地系统等关键设备的全面检查,确保其运行在正常参数范围内。维护工作不仅包括故障修复,还应涵盖对设备的日常保养、清洁、防腐及必要的更换操作,以确保设备始终处于最佳工作状态。对于一些特殊环境中的线路,如高海拔或沿海地区的输电线路,需要根据实际情况制定专门的检查与维护计划。随着智能化技术的进步,越来越多的电力公司开始运用无人机巡检、智能传感器及远程监控系统等先进设备,实现对线路的远程实时监控,从而提高巡检效率与精确度。同时,借助数据分析与人工智能技术,能够提前预测线路运行情况,进行隐患预警,

及时消除故障隐患。

3.2 定期清洁和防护

定期清洁和防护是确保输配电线路设备不受外部自然环境的影响,从而有效避免灰尘、氧化物、污垢等引起的设备损坏,保障线路安全稳定性的关键措施。在实际操作中,首先需要定期清理线路设备,特别是绝缘子、金属构件和各类接地装置等,这些设备容易受到大气污染的影响,在长时间运行过程中,表面会附着污垢、氧化物和灰尘等,进而影响设备的绝缘或介电性能。通过定期清洁,能及时去除这些污染物,确保设备始终处于最佳工作状态^[2]。在清洁过程中,运维人员应尽量使用对线路危害较小的工具和清洁剂,如软毛刷或软布,避免设备受损。同时,应采取有效的预防保护措施,如安装避雷装置和接地系统,以防雷击损坏设备;设置鸟撞防护装置,维护线路的绝缘性;以及在线路表面覆盖防腐材料,以防止自然环境对设备的侵蚀,从而有效延长设备的使用寿命。

3.3 智能化远程管理

智能化远程管理已成为提升输配电及用电工程线路运行维护效率的关键手段,并在现代电力系统中发挥着至关重要的作用。随着信息技术、物联网、大数据、云计算等领域的迅速发展,电力系统的智能化水平不断提高,智能化远程管理为电力企业提供了更高效、精准且灵活的管理方式。通过在电力设备与线路上部署传感器、智能终端及监测装置,能够实时收集各类运行数据,并将这些数据传输至中央管理平台,运维人员可通过远程监控系统对线路的运行状态进行实时监控。这种管理方式大大减少了人工巡检的频率,同时提升了故障排查的速度与准确度,能够在故障发生之前,及时识别设备隐患、发现故障点并采取预防措施。通过对电力线路的全面数据监控,运维人员能够详细分析设备的运行状况,评估负荷、电压、电流、温度等关键参数,从而对电力系统的整体健康状态进行精准评估。在高风险区域或难以到达的地点,远程管理系统能够弥补传统人工巡检的不足,确保线路的安全与稳定运行。此外,智能化远程管理系统还能够与自动化调度系统有效结合,基于实时数据对电网负荷进行动态调整、负荷预测及优化调度,从而提升电力资源的利用效率。

4 输配电及用电工程线路的故障排除技术

4.1 风力和雨雪故障的排除

风力和雨雪是输配电及用电工程线路中常见的自然灾害,尤其在极端天气条件下,其对电力线路的影响显得尤为显著。强风常常导致线路断裂、设备损坏或电杆倾斜,尤其是在高风速的情况下,倒塌的树木或飞散的物体,可能对线路造成严重损害或引发短路。与此同时,在大雪、冰冻等恶劣天气条件下,积雪或冰层会在电力线路及相关设备上沉积,增加负荷,甚至导致导线、绝缘子或电杆的断裂、滑落或脱落等故障。这类自然灾害不仅影响电力供

应的稳定性与安全性,还可能对电力设备造成长期损害,从而降低电力系统的整体可靠性。为应对风力和雨雪引发的故障,电力企业通常会采取一系列防范措施。在设计与施工阶段,通过选用更为坚固的材料、加固电杆基础以及增强导线固定等手段,线路的抗风能力得以提高。针对可能受到雪、冰冻天气影响的地区,部分设备还会安装加热装置,以防止雪或冰层的积聚。在故障发生时,依靠快速故障检测系统,电力企业能够定位问题区域,并结合气象数据分析,评估风雪的影响范围,然后迅速安排专业人员进行抢修。对于断线或设备损坏的情况,优先进行设备检查与更换的修复措施,将确保线路尽快恢复正常运行^[3]。此外,定期检查电力设备的抗风抗雪能力,及时进行养护与加固,也被视为避免风力和雨雪造成故障的重要预防措施。

4.2 防雷击故障技术

防雷击故障技术在输配电及用电工程线路的运行中至关重要,尤其是在雷电天气条件下,雷击是导致电力系统故障的主要自然灾害之一。雷电不仅能够直接引发电力线路短路、设备损坏,甚至造成火灾,还可能导致长时间的电力中断,严重干扰电网的稳定运行。为了有效防止雷击造成的破坏,多种防雷技术措施已在电力行业中得到广泛应用。在电力线路的设计与建设过程中,防雷设施的合理设置被认为是关键。常见的防雷设施包括避雷针、避雷器以及接地装置,利用这些设施,雷电电流被引导至地下,从而避免雷击直接损害电力设备。尤其是避雷器的应用至关重要,它通常被安装在变电站、配电网及输电线路的重要部位,用于防止设备受到过电压的损害。在雷击发生时,避雷器能够迅速分流雷电引发的高电压,从而保护线路及设备免于损坏。此外,电力公司还定期对防雷设施进行检测与维护,以确保其始终处于有效工作状态。在强雷电天气期间,输电线路的负荷监测系统能够实时监测线路的运行状态,并根据情况及时采取断电或避雷等应急措施,从而减少雷击对电网的影响。部分电力公司还利用雷电预警系统,通过气象数据的实时监测,雷电天气能够被预测,并提前采取防护措施,有效避免雷击带来的损害。

4.3 绝缘子防污技术

绝缘子防污技术在输配电及用电工程线路的故障排除中扮演着至关重要的角色。作为电力线路的关键组成部分,绝缘子负责阻止电流流向支撑结构或地面,确保电力设备的正常运转。然而,在长期使用过程中,绝缘子常常受到环境污染的影响,尤其是空气中的灰尘、盐分及酸性物质等污染物,它们附着在绝缘子表面,形成导电路径,从而降低绝缘性能,甚至可能导致短路或设备故障。为了

防止这些问题的发生,电力行业已采取一系列有效的防护措施。在选择绝缘子时,采用了耐污性强的特殊材料,如硅橡胶、复合材料等,这些材料显著减少了污染物的附着,提升了绝缘子的防污能力^[4]。定期清洗与维护是防污技术的核心环节,通过定期清洁,附着的污物能够被有效去除,从而恢复绝缘子的绝缘性能。在高污染区域,人工或机械方式清洗被电力公司采用,结合高压水枪或专用清洁设备进行彻底清理。此外,为进一步提高绝缘子的防污能力,防污涂层技术在部分地区也被使用,绝缘子表面涂覆的防污涂层有效减少了污染物的吸附,延长了其使用寿命。随着科技进步,新型智能监测技术逐渐应用于绝缘子管理,这些技术能够实时监控绝缘子表面的污垢积累情况,通过数据分析,潜在风险得以及时发现,帮助运维人员提前采取防护措施。

5 结语

输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除技术对电力系统的高效与稳定运作起着关键作用。随着电力需求不断增加以及电力系统的日益复杂,线路的安全性与可靠性已成为电力行业面临的严峻挑战。通过实施定期检查、智能化管理以及引入先进的故障排除技术,设备故障的发生能够有效减少,系统的运行效率及应急响应能力得以提高。尤其是随着信息技术、物联网与人工智能等技术的飞速发展,电力行业正逐步向更智能化、自动化的方向迈进,这些技术极大地优化了故障排除与线路维护的效果。尽管现有技术为电力系统的运行维护提供了坚实基础,但技术创新及设备更新仍需电力企业持续推进,以适应快速变化的需求与环境。随着技术的不断进步,电力系统的运行维护将变得更加高效与精准,从而更好地保障电力供应的安全与可靠性。因此,电力行业除了应加强基础设施建设外,技术管理水平也应得到提升,为社会可持续发展提供稳定可靠的电力支持。

【参考文献】

- [1]刘军,刘洋.输配电及用电工程线路的运行维护与故障排除技术[J].电工技术,2024(2):763-765.
 - [2]李建伟.输配电及用电工程线路的安全运行措施[C].广东:第四届电力工程与技术学术交流会议论文集,2023.
 - [3]廖云贵.探讨配电线路运行维护和故障处理[J].科技创新与应用,2018(28):187-188.
 - [4]张子良.输配电及用电工程线路的安全运行措施[J].科技创新导报,2019,16(31):1-3.
- 作者简介:赵建康(1994.9—),毕业院校:辽宁工业大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:中土城联工程建设有限公司,职务:经理,职称级别:初级工程师。

新形势下生活垃圾焚烧发电厂环保管理

纪 宁

郑州正兴环保能源有限公司(郑州公用集团), 河南 郑州 450000

[摘要]生活垃圾焚烧发电厂作为垃圾处理和能源回收的重要方式,面临着严格的环保管理要求。通过对烟气污染物控制、二噁英排放控制、固废管理以及环保在线监测系统的有效应用,能够显著降低对环境的负面影响。烟气处理技术如 SNCR 脱硝、湿法脱酸等在控制氮氧化物和硫氧化物方面取得了良好效果;二噁英控制技术通过优化焚烧条件和污染物去除设备,实现了二噁英的有效减排;固废管理方面,通过飞灰无害化处理和炉渣资源化利用,减少了固废的环境风险;环保在线监测系统使污染物排放实时监控和数据透明,提升了企业的环保责任感。

[关键词]生活垃圾焚烧发电;烟气污染物;二噁英控制;固废管理;环保在线监测

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15543

中图分类号: X7

文献标识码: A

Environmental Management of Domestic Waste Incineration Power Plants under the New Situation

Ji Ning

Zhengzhou Zhengxing Environmental Protection Energy Co., Ltd. (Zhengzhou Public Utility Investment Development Group),
Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: As an important way of waste treatment and energy recovery, domestic waste incineration power plants face strict environmental management requirements. By effectively applying smoke pollutant control, Dioxin emission control, solid waste management, and environmental online monitoring systems, the negative impact on the environment can be significantly reduced. Flue gas treatment technologies such as SNCR denitrification and wet deacidification have achieved good results in controlling nitrogen oxides and sulfur oxides; The Dioxin control technology has effectively reduced Dioxin emissions by optimizing incineration conditions and pollutant removal equipment; In terms of solid waste management, the environmental risks of solid waste have been reduced through harmless treatment of fly ash and resource utilization of slag; The environmental protection online monitoring system enables real-time monitoring and data transparency of pollutant emissions, enhancing the environmental responsibility of enterprises.

Keywords: incineration of household waste for power generation; smoke pollutants; Dioxin control; solid waste management; environmental protection online monitoring

引言

生活垃圾焚烧发电作为一种高效的垃圾处理方式,已广泛应用于城市环保和能源回收。然而,随着环保法规的日益严格,焚烧发电厂面临着前所未有的挑战,尤其是在烟气污染物控制、二噁英排放和固废管理等方面。优化这些管理环节不仅是提高环境效益的关键,也是实现可持续发展的必由之路。通过技术创新和智能化监测手段,提升环保管理水平,推动行业绿色转型,已成为亟需解决的课题。

1 生活垃圾焚烧发电厂的环保管理现状

1.1 项目背景与环保要求

随着城市化进程的加速,生活垃圾的产生量逐年攀升,传统的垃圾填埋和堆放方式已难以满足环保要求,生活垃圾焚烧发电成为解决垃圾处理问题的有效途径。根据《生活垃圾焚烧大气污染物排放标准》和地方环保政策,焚烧发电厂必须严格控制废气、废水、固废的排放,以减少对环境的负面影响。具体而言,排放的废气应符合大气污染物排放标准,废水需经过处理达到排放标准后方可排放,固废部分要按照有害废物的标准进行处置。

企业在运营过程中,应严格遵守国家及地方环保法律

法规,包括《排污许可管理条例》《环境监测管理办法》、HJ 819、HJ 1039、HJ 1205 等相关标准,确保垃圾焚烧发电厂的排放符合环保要求。企业需建立健全的自行监测制度,制定具体的监测方案,对大气污染物的排放进行持续监测,并评估其对周边环境的影响。监测数据应当真实、完整,并按照规定公开披露。自 2025 年 1 月 1 日起,焚烧发电厂应按照大气污染物排放的最新限值执行,所有排放限值应以标准状态下的干气体为基准(温度 273.15 K、压力 101.325 kPa),确保排放物符合国家标准,最大限度地减少对环境和公众健康的危害。

1.2 现有环保设施和技术应用

目前,生活垃圾焚烧发电厂普遍配备了烟气净化系统,其中包括多种高效环保技术,以实现了对污染物的控制。具体来说,烟气脱硝系统采用了选择性非催化还原(SNCR)技术,该技术能够有效降低 NO_x(氮氧化物)的排放,减少酸雨的发生。为了控制酸性气体的排放,焚烧厂还普遍使用半干法脱酸和湿法脱酸技术,通过喷洒吸收剂或溶液吸收烟气中的酸性成分,达到有效去除的目的。

此外,袋式除尘技术被广泛应用于焚烧厂烟气治理中。

该技术通过布袋滤芯过滤烟气中的颗粒物,能够高效去除烟气中的粉尘、重金属等有害物质,确保废气排放符合国家标准。对于废水处理,焚烧发电厂一般采用物理化学和生物处理相结合的方法,对焚烧过程产生的废水进行净化,避免有害物质进入水体。同时,固废管理方面,焚烧厂也通过合理的分类与处理,确保焚烧后的灰渣可以通过再利用或填埋等方式处置,减少对环境的污染。

2 烟气污染物控制技术

2.1 焚烧烟气的主要污染物

生活垃圾焚烧过程中的烟气排放包含多种污染物,其中主要污染物包括二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、颗粒物(PM)、氯化氢(HCl)等。这些污染物不仅对空气质量构成威胁,还可能对生态环境造成严重影响。二氧化硫会与大气中的水分反应生成酸性物质,造成酸雨,危害土壤和水体。氮氧化物和一氧化碳则会导致空气质量下降,影响呼吸系统健康,增加心血管疾病和呼吸道疾病的发生风险。颗粒物是细小的污染物,长期暴露可引发肺部疾病,尤其对儿童和老年人危害更大。氯化氢则是焚烧过程中由于含氯物质燃烧而生成的有毒气体,若未得到有效处理,可能对人类健康造成严重威胁。

2.2 烟气净化技术的优化

随着环保标准的逐步提高,焚烧发电厂采用了多种烟气净化技术来减少污染物排放。SNCR(选择性非催化还原)脱硝技术广泛应用于焚烧厂的烟气脱硝过程中。该技术通过向烟气中喷射还原剂,如氨水,在高温条件下与 NO_x 反应生成氮气和水,从而有效降低氮氧化物的排放。随着技术的不断进步,SNCR 技术在提高反应效率和减少能耗方面取得了显著进展。

对于二氧化硫的控制,半干法脱酸与湿法脱酸技术已得到广泛应用。半干法脱酸通过喷雾吸收剂将烟气中的二氧化硫转化为可溶性硫酸盐,湿法脱酸则通过吸收塔内液体吸收剂与烟气中的二氧化硫反应,去除 SO_2 。两种技术的组合使用使得 SO_2 的去除效果得到大幅提升。

在颗粒物和二噁英的控制方面,活性炭喷射和袋式除尘器是常见的有效措施。活性炭能够吸附烟气中的有害物质,包括有机物、重金属和二噁英等,减少这些污染物的排放。袋式除尘器则通过布袋滤芯高效捕捉烟气中的颗粒物,进一步改善空气质量。

2.3 烟气监控与自动化管理

为保证烟气治理的实时效果,焚烧发电厂通常配备烟气自动连续监测系统(CEMS)。该系统能够实时监测烟气中各类污染物的浓度,自动记录监测数据,并通过远程控制和数据传输进行监控。

同时,烟气处理设备的日常运行和维护也至关重要。设备需要定期检查、清洗和校准,以确保其在最佳状态下运行。维护工作还包括对脱硝、脱酸及除尘系统的巡检,以应对可能出现的故障或效率下降问题。自动化管理系统的应用不仅提高了治理效率,还能够在设备出现异常时及时进行报警,

减少人为操作失误,保证污染物的排放始终符合标准。

3 二噁英控制与治理

3.1 二噁英的来源及危害

二噁英是氯化有机化合物中的一类毒性极强的污染物,通常在高温和富含氯的条件下通过焚烧过程形成。在生活垃圾焚烧中,二噁英的生成往往与垃圾中的含氯物质、燃烧温度及反应时间密切相关。尤其是在焚烧温度控制不当或反应不完全的情况下,二噁英的形成量会显著增加。二噁英对环境和人类健康的危害极大,长期暴露于二噁英环境中可导致免疫系统损伤、激素失调、肝脏损伤及癌症等严重疾病。焚烧过程中,二噁英的生成控制是一项复杂的技术难题。由于其形成涉及多个反应路径,温度、氧气浓度、氯含量以及废气处理技术等因素都可能影响二噁英的生成和去除效果。

3.2 二噁英控制技术

为了有效控制二噁英的排放,焚烧发电厂普遍采用多种控制技术。首先,温度控制是减少二噁英生成的关键因素之一。烟气冷却系统通过合理的温度控制,可以显著降低二噁英的生成速率。反应时间的控制同样至关重要,过长或过短的反应时间都会影响二噁英的生成和转化。适当调整焚烧设备的温度和停留时间有助于减少二噁英的生成。在二噁英的去除方面,活性炭喷射与袋式除尘技术具有较好的效果。活性炭作为一种高效的吸附剂,能够吸附烟气中的二噁英等有害物质,减少其排放。而袋式除尘器则通过滤袋将烟气中的颗粒物和二噁英等污染物捕捉,从而降低其浓度。此外,选择性催化还原(SCR)技术也被用于二噁英的控制。尽管SCR主要用于 NO_x 的脱除,但在适当的催化条件下,SCR催化剂也能有效破坏二噁英,进一步降低其排放水平。

3.3 二噁英排放标准与监督管理

烟气污染物排放限值将优于《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB18485-2014,并符合《郑州市环境污染攻坚战领导小组办公室关于修订生活垃圾焚烧发电、医疗废物、危险废物焚烧处置等行业超低排放标准的通知》要求的超低排放标准。单独采用干法或半干法均难以满足这一标准,而湿法工艺虽然能有效降低排放,但操作复杂且会产生大量废水,处理难度较大。相比之下,半干法工艺理论上能满足排放要求,且具备较低的投资和运行成本,流程简便、不产生废水。欧洲多国焚烧厂广泛采用半干法,丹麦、法国、德国的使用比例分别为20%、40%和30%,因此本项目优选半干法工艺。

4 固废管理与资源化利用

4.1 固废来源与分类

在生活垃圾焚烧过程中,固废主要来源于焚烧炉产生的飞灰、炉渣、石灰浆等。飞灰是由焚烧反应产生的细小颗粒物,通常含有重金属、有害物质和二噁英等污染物,因此其处理尤为复杂。炉渣是焚烧过程中残留的大颗粒固体物质,虽然其污染较小,但仍需要经过处理以减少环境污染。石灰浆是用于烟气脱硫的副产品,尽管其本身具有一定的环保功能,但也需进行规范化管理,以避免二次污染。

固废管理的主要难点在于如何在处理过程中避免产

生二次污染,以及如何将这些固废进行无害化处理和资源化利用。由于焚烧过程中固废的成分多样且具有潜在的环境风险,尤其是飞灰中的有害成分,如重金属和二噁英,处理不当可能导致土壤和水体的二次污染。

4.2 固废处置与资源化利用技术

固废的处置技术与资源化利用技术是当前焚烧发电厂环保管理中的重点。对于飞灰的处理,通常采取物理、化学或生物方法进行无害化处理。如通过固化处理、填埋法或焚烧等手段将飞灰转化为无害物质。特别是飞灰的无害化处置,可以有效防止其对环境的二次污染。炉渣的回收和资源化利用潜力较大,炉渣在经过筛选、破碎和处理后,可作为建筑材料中的骨料,广泛应用于道路建设、混凝土制造等领域。此外,炉渣还可以作为土壤改良剂,改善土壤结构。对于石灰浆等其他固废,也可以通过化学处理或合适的储存和处置方式进行资源化,避免其对环境造成污染。

4.3 固废储存与运输

固废的储存和运输是确保其不造成二次污染的关键环节。为了防止固废在储存过程中渗漏或散发有害气体,应建立密封管理制度,采用防渗漏池和密闭储存设施,以减少污染物扩散的风险。同时,在储存池的设计中,必须考虑到固废的性质和数量,确保其长期储存的安全性。

在固废运输过程中,必须严格遵守相关法规和操作规程,采用专门的运输设备和安全包装,避免运输过程中的泄漏或污染。在运输过程中,相关人员需要佩戴适当的防护装备,并对运输路线和安全风险进行预先评估,以确保固废处置过程中的安全性和环保性。

5 环保在线监测系统与实时监管

5.1 环保在线监测系统的应用

环保在线监测系统广泛应用于生活垃圾焚烧发电厂的污染源监控,主要覆盖烟气、废水、噪声及固废等多个领域。系统能够实时监测各类污染物的排放浓度和量化数据,为环保管理提供重要依据。在烟气污染物方面,在线监测系统能够精确地检测二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)等主要污染物的排放水平,确保其符合环保法规要求。对于废水监测,系统可以实时跟踪水质变化,及时发现污染物超标情况。噪声监测则有助于确保焚烧发电厂的噪声排放不对周围环境和居民生活造成影响。

干法+湿法联合工艺中,余热锅炉省煤器出口温度约 $190\sim 220^\circ\text{C}$ 的烟气,通过减温塔顶部侧面入口烟道进入减温塔。工业用水通过喷射泵送至减温塔顶部的气-液双流体型喷嘴,形成雾状喷入塔内,与烟气均匀接触,汽化吸收烟气热量,将烟气温度降低至约 175°C 。处理后的烟气通过减温塔下部出口烟道进入袋式除尘器进行除尘。熟石灰喷射系统在减温塔和袋式除尘器之间的烟道中喷入粉末状熟石灰,吸收烟气中的酸性气体,减少湿式洗涤塔的负担。

含粉尘和活性炭的烟气进入布袋除尘器,去除烟气中的粉尘以及吸附的二噁英和重金属。除尘后的烟气温度降

至约 170°C ,进入GGH烟气换热器与低温烟气交换,降温至约 100°C ,然后进入湿式洗涤塔。从下往上依次通过冷却部和吸收减湿部,冷却液通过循环泵输送至冷却部喷嘴,与逆流烟气充分接触,将烟气温度逐步降低至 $60\sim 70^\circ\text{C}$ 。

经过冷却和吸收后的烟气进入洗涤塔上部,减湿水通过循环泵输送至喷嘴,与烟气充分接触后回流至减湿水槽。净化后的烟气经塔顶除雾器去除水雾后,通过GGH烟气换热器与高温烟气交换,温度升至约 130°C ,最终排入大气中。

5.2 环保在线标记与信息公开

环保在线标记系统的实施对于提高企业环保意识具有重要意义。通过在厂区设置明显的环保标识和标记,不仅能提醒员工和管理人员时刻关注环保问题,也能够增强企业的社会责任感。对于公众和周边居民而言,这些标识有助于他们了解工厂的环保状况,进而提高环保意识,形成良好的社会氛围。此外,政府对环保工作的监管不应仅限于纸面检查,还应通过在线标记系统与社会监督形成双重机制。通过该系统,企业的环保信息可实时公开,增强政府的监管能力。环保部门可以通过在线平台或专门的监测系统,随时获取企业的排放数据,确保其遵守环保法规。此外,公众可以通过查看这些信息,监督企业的环保措施是否落实,有助于环保法规的严格执行。

6 结语

生活垃圾焚烧发电厂在新形势下的环保管理面临诸多挑战,尤其是在烟气污染物控制、二噁英治理、固废处理和环保监测等方面。然而,随着环保技术的不断创新和监管手段的加强,焚烧发电厂的环保水平正逐步提升。通过优化烟气净化技术、加强二噁英排放控制、推进固废资源化利用,以及实施高效的在线监测系统,不仅有效减少了环境污染,还增强了社会和政府对企业环保行为的监督。未来,随着技术的进一步发展和政策的完善,生活垃圾焚烧发电厂将更加注重绿色可持续发展,推动环保管理向更高标准迈进。

[参考文献]

- [1] 张小辉,张朝曦,赵波,等.生活垃圾焚烧发电厂掺烧市政污泥的实例分析[J].中国资源综合利用,2023,41(6):73-76.
 - [2] 孙锦榕.生活垃圾焚烧发电厂设计的几点体会[J].化学工程与装备,2017(5):274-276.
 - [3] 郑伟.生活垃圾焚烧发电厂掺烧市政污泥对烟气排放的影响[J].黑龙江电力,2023,45(6):561-564.
 - [4] 蔡祖伟.生活垃圾焚烧电厂运营管理与评价[J].广东化工,2018,45(13):213-214.
 - [5] 孙艳红,徐源,王子琪.生活垃圾焚烧发电厂全工艺烟气净化处理系统[J].电力安全技术,2022,24(8):21-24.
- 作者简介:纪宁(1994.4—),女,毕业院校:郑州大学,所学专业:电力系统及其自动化,当前就职单位:郑州公用事业投资发展集团有限公司,职务:环保工程师,职称级别:助理工程师。

征 稿

Call for Papers

《水电科技》由新加坡Viser Technology Pte. Ltd. 主办，ISSN: 2717-5383（印刷）。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源（Open Access）期刊，出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载，中国知网等国内权威数据库收录。

期刊内容以全球水电工程的勘测、设计、施工、运行管理和科学研究等方面的技术经验为主，同时也报道水电领域的各项先进技术。目前，本刊发行遍及全球各地，是水电科技刊物中影响范围较大、发行量稳定的综合刊物，是水电从业人员“了解世界”的窗口，也是科研技术人员进行学术交流的平台。

《水电科技》期刊主要栏目有：

水利工程、水文水资源、水土保持、防汛抗旱、节水灌溉、勘测规划、能源动力工程、水电建设、电力工程、电气工程、自动化技术与应用、运行维护、技术解决方案、综合研究等。

鼓励水电工程建设各领域的专业技术人员和管理人员以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

（1）论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

（2）论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简历、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

（3）论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

官方网站

www.viserdata.com

