



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 **3**

第8卷 总第51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3期(总第51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: 3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

- 水利工程质量监督与施工进度控制的协同管理..... 李玉春 1
- 水利工程施工过程中的智能化施工技术应用... 赵磊 4
- 长江安徽段抛石护岸防洪治理应用的分析.... 路艳 7
- 无线电控制技术在水闸开闭系统中的应用研究..... 曹尘远 11
- 水利工程河道治理护岸护坡关键施工技术.... 高小龙 14
- 水利工程混凝土施工质量控制技术分析与应用..... 黄晴晴 17
- 基于智能技术的城乡供水管理模式探讨..... 王子龙 赵世梅 20
- 基层河长制湖长制工作探索与实践..... 柳德海 24
- 大坝建基面保护层开挖工艺研究..... 穆晓东 张盼 朱鹏蓉 28
- 水利工程招投标阶段的造价管理策略研究... 鲁莉 33
- 水利工程施工中的混凝土浇筑技术优化..... 李从超 36
- EPC 模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略.... 翟敬嫚 39

水文水资源

- 水文水资源防洪问题及环境保护措施研究... 徐慧萍 42
- 地下水资源与地表水互补管理与优化路径... 王海霞 45

防汛抗旱

- 裕溪河加宽在巢湖流域防洪治理应用的分析..... 朱传强 48
- 河道防洪治理的工程措施探析..... 雷甲龙 52

节水灌溉

- 农田水利灌排渠道工程改造设计分析..... 宋杨帆 55
- 农田水利工程中灌溉渠道防渗施工技术研究.. 成勇波 58

能源动力工程

- Q420 板材在风力发电设备中的焊接技术及质量控制研究
..... 代磊落 61
- 塔筒制造分包合同编制中的合同风险评估与防范措施..
..... 柳晓英 64
- 某 300MW 机组中调抽汽供热下热耗率上升原因分析与改进
..... 王 辉 67

水电建设

- 水利水电工程质量评价方法研究..... 王玉宝 72

电力工程

- 火力发电厂锅炉飞灰含碳在线测量装置故障分析及措施
..... 马 龙 75

电气工程

- 建筑电气设计中智能化设备的应用与挑战.... 刘雄才 79
- 电气自动化机械设备的管理与维护探讨..... 王金宇 82

自动化技术应用

- 光热汽轮机设计特点及发展概述.....
..... 张 竞 朱 熹 张伟荣 刘珩博 陈铁宁 85
- 电力系统自动化安全控制问题及策略研究.... 李 波 89
- 基于数字孪生技术的机电设备运行监测与优化.....
..... 张荣飞 92

技术解决方案

- 架空输电线路的三维数字化设计技术分析.....
..... 谷晓民 王红山 95
- 电气自动化技术在电力工程中的应用探索.....
..... 申会杰 王 悦 98
- 水利工程中基坑支护施工技术与安全控制研究.....
..... 黄委委 101

运行维护

- 变电站设备智能化运维管理系统的研究与应用.....
..... 韩 婷 史兆元 张 爽 104
- 关于视频会议系统的运维保障工作研究..... 张仕琪 107
- 浅析新能源发电企业安全管理存在的不足及对策.....
..... 刘曾建 110
- 变电运维中无人机技术的应用与发展.....
..... 朱建伟 李玉倩 张程莉 李艺昆 113
- 电力通信传输设备智能化运维技术研究.... 霍 翔 116
- 数字孪生技术在水利水电生产运行管理中的应用分析..
..... 王启玉 119
- 继电保护装置的故障诊断与维护管理方法.....
..... 朱晓美 韩颀伊 曹子媛 123
- 电力灾害应急通信卫星系统的架构与运维分析.....
..... 张 垠 126

水利工程质量监督与施工进度控制的协同管理

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] 随着国家的建设与社会进步, 水利项目越来越多, 水利项目提供了广泛的就业机会和廉价的能源, 极大地造福了国家与群众。其中, 水利工程的质量决定了水利工程最终的能源利用效率与水利工程目标实现的与否, 因此对水利工程质量管理与施工进度控制方法进行研究具有重大的现实意义。文章概述了水利施工进度管理与控制、水利施工质量监控的基本方法, 以期能够保障水利施工工程的施工目标能够切实实现, 助力我国梳理工程项目的发展与前进。

[关键词] 水利工程; 质量监督; 施工进度; 进度控制; 协同管理

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15850

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Collaborative Management of Quality Supervision and Construction Progress Control in Water Conservancy Engineering

LI Yuchun

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

Abstract: With the construction of the country and the progress of society, there are more and more water conservancy projects, which provide extensive employment opportunities and cheap energy, greatly benefiting the country and the people. Among them, the quality of water conservancy projects determines the ultimate energy utilization efficiency and the achievement of water conservancy project goals. Therefore, research on quality management and construction progress control methods for water conservancy projects has significant practical significance. The article outlines the basic methods for managing and controlling the progress of water conservancy construction, as well as monitoring the quality of water conservancy construction, in order to ensure that the construction goals of water conservancy construction projects can be effectively achieved, so as to assist in the development and progress of engineering projects in China.

Keywords: water conservancy engineering; quality supervision; construction progress; progress control; collaborative management

引言

水利工程, 作为国家基础设施的关键组成部分, 肩负着保障水资源合理利用、防灾减灾及促进区域经济发展的重要使命。涉及多个环节的水利工程建设, 如设计、施工、材料供应、设备管理及现场监督等, 每一个环节的疏忽都可能对工程质量与施工进度产生深远的影响。鉴于此, 质量监督与施工进度控制的协同管理显得尤为重要。工程安全及其使用功能的实现, 能够通过完善的质量监督机制得到确保, 而工程按期交付, 高效的进度控制则可确保, 避免因延期带来的成本上升及资源浪费。在水利工程建设过程中, 施工质量与进度管理, 往往受到自然环境、地质条件、材料供应、机械设备管理等多重因素的影响。面对如此复杂的背景, 质量监督与进度控制的协调发展显得至关重要。二者不仅是独立的管理职能, 而且应在管理实践中实现有效互动与有机统一。通过加强质量监督与施工进度控制的协同管理, 能够优化资源配置、提升工作效率, 并有效规避项目风险。随着水利工程建设规模的不断扩大及技术手段的进步, 如何在确保质量的前提下, 施工进度得到合理控制, 已成为当前水利工程管理领域亟待解决的关键问题。本文将深入探讨水利工程质量监督与施工进度控

制之间的相互关系, 分析影响二者的关键因素, 并提出切实可行的协同管理策略。通过系统研究质量与进度管理的有效结合, 旨在为水利工程的高效、安全、可持续建设提供理论依据与实践指导。

1 对水利工程施工质量和进度会造成影响的因素

1.1 自然因素的影响

水利工程因其规模庞大且建设对象特殊, 通常位于远离人口密集区的地区。在这些区域内, 基础的交通网络、材料运输、设备进场以及人员的日常生活物资供应都需要提前进行详细规划。由于水利工程的建设周期长、规模大, 并且对当地自然条件的影响程度较深, 因此, 项目不可避免地会受到自然环境的影响, 同时, 建设过程本身也会对环境造成一定的反向干扰。在水利工程的相关单位中, 需严格按照勘察单位提供的数据, 亲赴施工现场进行实地检验, 特别是对关键水文资料和地质条件进行专业勘察。施工的安全性直接受土质情况和周围水源覆盖区域的影响, 尤其是在山区建设水利工程时, 应特别防范滑坡与泥石流的发生。应提前调取近 15 年的水文数据, 分析可能出现严重自然影响的时段, 合理安排工程工期, 避免在敏感时期进行关键性施工工作。在夏季雨季, 应特别关注项

目所在地周围的水文变化,并根据实际情况及时调整施工方案,确保有足够的预备措施。在施工过程中,与上游水利管理机构保持紧密联系,尽早获取关键水文信息,进行适当的临时调整,以确保施工现场的安全。对于施工区域的地下涵洞、软土地基、滑坡风险、水土流失等可能影响施工质量与进度的因素,应全面进行排查。在正式施工前,需汇总所有相关地质和水文数据,结合这些信息制定符合当地实际情况的施工方案及管理细则。

1.2 材料影响

在水利工程施工中,决定施工质量与进度的关键因素,材料的选择与质量,至关重要。涉及的材料种类繁多,如混凝土、钢筋、土工合成材料等,必须严格按照相应的质量标准进行选用与检验。每种材料的质量,直接关系到工程结构的稳定性与耐久性,任何不符合要求的材料,都可能在后期引发问题,从而影响施工进度。举例而言,混凝土强度不足,可能带来结构安全隐患;钢筋质量不合格,则会降低其抗拉强度;而土工合成材料透水性不当,可能导致水土流失等问题。此外,由于水利工程通常位于偏远地区,材料的采购、运输与存储过程充满挑战。交通不便或供应链不稳定,常常导致材料的供货延迟,从而影响工程进度。在施工现场,材料的管理同样至关重要^[1]。若存储条件不适当,材料可能遭受潮湿、损坏或变质,无法正常使用,这不仅增加施工成本,还会导致施工进度延误。

1.3 机械设备的管理

在水利工程施工中,至关重要的作用,机械设备的管理,直接影响到施工质量与进度。水利工程施工通常需要大量的机械设备,包括挖掘机、推土机、混凝土搅拌机、起重机等,每一台设备都承担着不同施工环节中的关键任务。若机械设备管理不当,设备故障、停机及维修延误等问题,可能会引发,进而影响整体工程的施工进度。此外,设备的性能、维护保养情况以及操作人员的熟练度,都将直接影响施工质量。老化的设备或技术落后的机械,可能无法满足施工需求,影响施工进度与安全性。未按规定保养设备或操作不当,容易导致故障频发,造成施工中断,进而延误工程进度。在水利工程中,施工现场环境往往复杂,设备需应对恶劣的天气与严苛的地质条件。若设备的选型、配置及管理不合理,施工过程中的风险将会增加,导致时间与资源的浪费。

2 水利施工进度管理与控制

2.1 制定进度计划

制定水利施工进度计划,确保项目按时完成的核心环节,涉及从总体目标到具体施工阶段的精细化安排。水利工程的各项任务,需进行全面梳理与分析,明确每项任务所需的时间、资源与技术要求,从而保证各项任务之间的合理衔接与协调。计划的制定,应结合项目的规模、施工技术复杂性及施工场地的特殊性,采用关键路径法(CPM)

来确立各个阶段的时间节点,以确保项目按预定时间框架顺利推进。此外,外部环境因素,如气候变化、突发自然灾害及政府政策调整等,需在计划中充分考虑,这些因素可能会对施工进度带来不确定性。因此,进度计划不仅要精准,还应具备适当的灵活性,以应对实施过程中可能出现的突发事件。每个阶段的进度,应进行量化,通过明确的时间表、工期要求及资源调配方式,工程实施情况可由项目管理人员实时监控并调整。在制定进度计划时,还需关注资源的协调与配置,包括人力、物力与设备等,避免因资源分配不均或不足而导致施工延误。

2.2 及时检查

在水利施工进度管理与控制中,确保施工按计划推进的关键环节,及时检查,至关重要。施工过程中,定期与不定期的检查,不仅有助于发现进度滞后的潜在问题,还能为施工单位提供及时的调整依据,保障项目按时完成。检查应涵盖各个施工环节,包括材料供应、设备到场、施工人员配置及实际施工进展等方面。通过与进度计划进行对比,实际进展是否符合预期目标,能够及时评估。一旦发现进度滞后或潜在风险,项目管理人员应立即采取措施进行调整。在检查过程中,除了关注施工工序的完成情况,还应密切关注施工质量、资源利用及安全管理等因素,确保检查结果不仅局限于进度问题,还能有效防止质量问题或安全隐患导致工期延误^[2]。检查工作,应由专门的项目管理人员或进度监控人员负责,并借助科学的检查工具和方法,如进度跟踪软件与现场巡查,问题及时发现并反馈。通过定期检查与随机抽查相结合,施工情况,能够从多个角度与层面掌握,全面了解施工队伍的工作状态、进度进展及存在的问题。

3 水利施工质量监控事前预防

3.1 检验原材料质量

在水利施工质量监控中,事前预防工作中的重要环节,原材料的质量检验,具有决定性作用,确保工程质量。原材料的质量,直接影响结构的耐久性、安全性及使用寿命,任何不合格的材料,都可能在后续施工中带来不可预见的风险,从而影响最终成果。为此,施工前,必须对原材料进行严格检验。原材料采购,应依据项目具体需求,选择符合国家与行业标准的合格供应商,以确保供应链的可靠性。在材料到场后,必须对其进行全面检验,涵盖外观、规格、性能等多个方面的详细检查。对于水利工程中常用的关键材料,如水泥、钢筋、混凝土与砂石等,强度、抗压性及耐腐蚀性等,必须通过专业检测手段进行严格测试,以确保满足设计要求。此外,材料的储存条件,也需要符合标准,防止因存储不当导致质量问题,例如水泥受潮或钢筋生锈等现象。根据施工进度与具体工序,材料的检验与验证,应合理规划,避免在施工过程中因使用不合格材料而引发质量事故。检验工作,还需注重追溯性,确保每

批原材料都能提供完整的质量合格证明文件,并建立详尽的检验记录,便于日后管理与质量追踪。

3.2 加强质量意识

在水利施工质量监控中,加强质量意识,占据着核心地位,对于保障工程的高质量完成,具有深远的影响。质量意识的提升,不仅关系到施工人员的技术水平与操作规范,更关乎所有参与者对施工质量责任的深刻理解。在水利施工中,质量管理是一项系统化的工程,要求从项目的启动到竣工的每个阶段、每个操作环节,都要注重细节,严格执行质量控制标准。提高质量意识的首要任务,是让项目管理层、技术人员以及施工队伍,深刻认识到质量管理的重要性,并在全体成员中,树立统一的质量管理理念。为此,应定期组织质量培训、技术讲座及经验交流等活动,帮助全体人员深入理解质量标准的内涵及其对工程安全、施工进度及环境保护的影响。此外,现场管理人员与施工人员,应树立质量至上的工作态度,始终保持对材料、工艺、施工环境等方面的严格要求,确保每个施工环节都能有效控制质量。为进一步强化质量意识,还应鼓励员工主动发现并报告问题,同时设立奖惩机制,以激励每位员工为提升工程质量作出贡献^[3]。质量意识的增强,还应扩展到供应商及承包商的选择过程,确保每个参与单位,都具备扎实的技术能力及完善的质量管理体系,保证项目中的每一环节都能够符合相关的质量标准。

3.3 提高管理力度

在水利施工质量监控中,加强管理力度,是确保工程质量与控制施工风险的关键环节。水利工程项目的施工管理内容,涉及面广,任务复杂且繁重,必须通过强化管理措施,提升对施工过程中每一环节的监督与控制,才能保障项目的顺利实施。提高管理力度的首要任务,是建立科学、系统的质量管理体系,明确各项质量管理职责,并将其分配给每位管理人员与施工人员。质量管理培训,也应对所有参与建设的人员进行,以提升他们的质量意识,并强化执行力,确保质量标准在各个施工环节中得到贯彻。管理力度的提升,还应依托信息化手段,确保施工现场动态的及时掌握。通过搭建电子化质量监督平台,项目管理人员能够实时跟踪施工进度、质量以及资源的使用情况,实现数据共享与信息透明,从而提高管理效率与准确性。此外,施工现场的实时检查与抽查,必须得到强化,设立专门的质量检查小组,针对施工过程中可能出现的隐患与问题开展预防性排查。在施工前期,确保所有材料与设备符合质量标准,施工方案经过详细审查并得到批准,所有施工人员掌握施工流程与质量标准,需从源头上消除质量问题的隐患。提高管理力度,还应通过严格的奖惩机制来

推动。对执行质量管理规范的人员,奖励与激励应给予,形成正向激励效应;对于违反质量标准或发生问题的人员,严格追究责任并实施处罚,确保质量管理体系的严肃性与有效性。

3.4 抓样板

在水利工程施工中,样板的抓取,是确保施工质量的关键环节,发挥着极其重要的作用。作为施工质量标准化展示,样板通过提前完成一小部分工程,为后续的大规模施工提供明确的指导与规范。样板抓取的作用之一,是有效检验设计图纸的可操作性与施工方案的可行性^[4]。通过在施工前期设置样板,施工单位能够在实际环境中验证材料、工艺及施工步骤是否符合预期要求,潜在问题的及时发现,可避免在全面施工时出现偏差或返工现象,从而降低质量隐患。制定样板时,工程的整体施工环境、气候条件以及施工材料的特性,需充分考虑,以确保样板能够反映实际施工中可能遇到的各种情况。通过样板的建立,施工人员能够直观地理解标准施工要求,统一的施工认知与操作规范得以形成,从而提升施工过程中的标准化与规范化程度。尤其在处理关键部位时,如防渗、支撑、接缝等重要节点,施工人员能通过样板有效指导精细化施工,确保这些环节在后续施工中得到严格执行。

4 结语

水利工程的质量监督与施工进度控制,是项目顺利实施的关键要素。两者的有效协调,确保工程质量达到设计标准的同时,也能保证工程按时完成,避免因进度滞后而造成的资源浪费与社会成本增加。因此,质量与进度的协同管理,强化这一环节,是提高水利工程管理水平的关键举措。此外,构建高效的信息沟通机制,优化监督与控制流程,也是提升整体管理效率的重要步骤。随着管理技术及智能化手段的不断发展,未来,水利工程的质量监督与进度控制,将变得更加精准高效,为实现水利建设的可持续发展,坚实的保障将得到提供。

[参考文献]

- [1]何坤. 探讨水利工程质量管理与施工进度控制[J]. 智能城市, 2020, 6(10): 100-101.
- [2]周红峰. 探讨水利工程质量与施工进度控制[J]. 四川水泥, 2020(8): 137.
- [3]王喆. 浅谈水利工程质量安全管理与施工进度控制[J]. 农业科技与信息, 2021(3): 111-112.
- [4]王广成. 论水利工程质量管理与施工进度控制[J]. 中国城市经济, 2011(24): 219.

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。

水利工程施工过程中的智能化施工技术应用

赵磊

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 智能化施工技术在水利工程中具有重要应用价值, 能够提高施工效率、保障施工质量、减少人工成本。通过引入物联网、人工智能、大数据等技术, 水利工程的施工过程得到了优化与智能化管理。在施工过程中, 智能化技术可实现实时监控、精准定位、自动化操作及远程控制, 提升施工过程的安全性及精确性。同时, 智能化技术还能有效评估施工环境, 预防潜在风险, 为水利工程项目的可持续发展提供技术支持。

[关键词] 智能化施工技术; 水利工程; 物联网; 人工智能; 大数据

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15835

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Application of Intelligent Construction Technology in Water Conservancy Engineering Construction Process

ZHAO Lei

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: Intelligent construction technology has important application value in water conservancy engineering, which can improve construction efficiency, ensure construction quality, and reduce labor costs. By introducing technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, and big data, the construction process of water conservancy projects has been optimized and intelligently managed. During the construction process, intelligent technology can achieve real-time monitoring, precise positioning, automated operation, and remote control, improving the safety and accuracy of the construction process. Meanwhile, intelligent technology can effectively evaluate the construction environment, prevent potential risks, and provide technical support for the sustainable development of water conservancy projects.

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

引言

随着科技的快速发展, 智能化施工技术逐渐成为水利工程领域的重要组成部分。传统施工模式面临着施工效率低、质量难以控制以及人工成本高等问题, 而智能化技术的引入为水利工程带来了革新。物联网、人工智能和大数据等技术的应用, 不仅提升了施工过程的精度和安全性, 还有效降低了资源浪费和环境风险。智能化施工技术的普及, 正推动水利工程向更加高效、智能、可持续的方向发展。

1 智能化施工技术在水利工程中的应用现状

智能化施工技术的应用在水利工程中逐渐深入, 推动了施工效率、质量与安全管理的全面提升, 正在成为水利工程建设的重要发展方向。

1.1 智能化施工技术的发展历程

随着科技的不断进步, 智能化施工技术在水利工程中的应用逐步发展。从最初的机械化施工到如今的智能化施工, 技术手段的不断更新和升级为水利工程的施工效率和精度带来了显著提高。早期的水利工程施工依赖于人工操作和传统机械设备, 虽然能够完成基本的建设任务, 但在施工质量、效率和安全性方面存在较大瓶颈。进入 21 世纪后, 随着物联网、人工智能、大数据等技术的不断发展, 这些智能化手段逐渐被引入水利工程施工中, 极大地推动

了行业的技术进步^[1]。

1.2 智能化施工技术的关键应用领域

在水利工程施工过程中, 智能化技术的应用涉及多个方面。物联网技术通过传感器、监控设备等实现施工现场的实时数据采集与传输, 从而对工程进展、施工环境等因素进行动态监控, 确保工程的顺利进行。人工智能技术则通过智能化决策系统对施工数据进行分析处理, 优化施工方案, 自动调整施工流程, 提升工作效率。此外, 大数据技术的应用使得施工过程中的各类数据得以精确分析和处理, 进一步提高了施工进度与质量。

智能化施工技术不仅提升了施工效率, 还能有效监控施工环境, 及时发现潜在风险并采取措施, 确保工程安全。尤其是在一些复杂或高风险的水利工程项目中, 智能化技术能够提供实时的远程监控和自动化操作, 大大减少了人工干预, 降低了人为失误带来的风险。

1.3 智能化施工技术面临的挑战与发展前景

尽管智能化施工技术在水利工程中的应用已有进展, 但仍面临技术门槛高、初期投资大等挑战, 尤其是对于小型项目和资金有限的地区。此外, 施工现场的网络环境、设备兼容性及技术人员的专业素质也影响技术的效果。尽管如此, 随着技术的不断进步和成本降低, 智能化施工技

术在水利工程中的应用前景广阔。未来,5G、云计算等新技术的普及将进一步提升施工智能化水平,优化施工效率、质量与安全,推动行业向现代化、可持续方向发展。

2 物联网技术在水利工程施工中的关键作用

物联网技术的引入,使得水利工程施工实现了实时监控与数据精准管理,提升了施工过程中的效率与安全性,成为现代水利工程不可或缺的关键技术。

2.1 物联网技术的基本原理与应用背景

物联网(IoT)技术是通过传感器、无线通信、云计算等手段,将施工现场的各类设备、人员和环境条件等信息进行智能化连接与实时传输。在水利工程施工中,物联网技术的应用主要体现在实时监控、远程管理和数据采集等方面。通过在施工现场安装各种传感器和监控设备,能够对施工过程中的重要参数(如温度、湿度、土壤压力、设备运行状态等)进行实时检测,并将数据传输至云端平台进行统一管理和分析。这种技术的应用使得施工单位能够及时掌握工程进展及施工环境的变化,避免了人工监测的滞后性与误差。

2.2 实时数据监控与远程控制

物联网技术的核心优势之一是其能够实现施工过程的实时数据监控。通过将各类传感器嵌入到设备、结构或施工环境中,能够实现24小时不间断的监测,并将采集的数据实时传输到后台系统,施工管理人员可以在任意时间、地点获取现场的具体情况。这种实时监控使得施工单位能够对工程进度、设备运行、环境条件等进行全方位的把控,及时发现潜在问题,并做出相应调整。

例如,在水利工程的大坝施工过程中,物联网技术能够实时监测坝体的压力、变形等关键数据,一旦出现异常,系统将自动报警,及时通知施工人员采取措施。此外,通过远程控制功能,施工人员还能够远程调节设备的工作状态或进行维护,进一步提高了施工的灵活性和安全性。

2.3 优化施工管理与提升安全性

物联网技术在水利工程施工中的应用,不仅能够提高施工效率,还能大幅度提升工程的安全性。在复杂的施工环境中,安全管理是至关重要的,而物联网技术的实时监控功能,可以帮助施工单位更好地预判和防范安全隐患。通过对施工现场的环境条件(如气象、水位、土壤湿度等)的实时监控,系统可以在出现异常时及时发出警告,避免恶劣天气或突发事件对施工造成影响^[2]。

物联网技术能够实时跟踪施工设备的运行状态,确保设备的高效运转和及时维护,减少设备故障带来的停工风险。通过数据分析,施工管理人员还可以优化资源调配,确保各项施工任务按照计划顺利进行,从而避免因施工失误或延误而带来的经济损失。

3 人工智能与大数据在施工管理中的实践应用

人工智能和大数据技术在施工管理中的应用,为水利

工程提供了智能决策支持,优化了施工流程,提高了工作效率,确保了施工的高质量与安全性。

3.1 人工智能在施工管理中的作用

人工智能(AI)技术在水利工程施工管理中的应用,主要体现在自动化决策和智能优化方面。通过机器学习和深度学习算法,AI可以分析大量的施工数据,识别出潜在的问题和规律,提供科学的施工方案和优化建议。例如,AI可以根据历史施工数据预测施工中的时间进度,分析材料使用情况,甚至根据气象、环境等因素预测潜在的施工风险,帮助管理者作出更为精准的决策。此外,AI还可以通过智能机器人和自动化设备,在施工现场执行重复性、危险性高的工作,从而提高施工效率并确保工人的安全。

3.2 大数据在施工中的应用

大数据技术通过对大量施工现场数据的采集、存储和分析,提供了深度的施工分析和预测支持。水利工程施工涉及大量的数据,包括气象数据、设备运行数据、材料消耗数据以及施工人员的作业数据等。利用大数据平台,这些信息可以被实时采集和处理,从而提供施工过程中的全景视图,帮助管理者实时掌控项目的各个环节。通过对历史数据的分析,还可以优化资源配置,减少材料浪费,降低施工成本。同时,大数据技术还能在施工安全管理提供支持,通过对环境数据和工地数据的分析,及时发现施工中的风险点,如天气突变、设备故障或安全隐患,提前预警,减少事故发生的可能性^[3]。

3.3 人工智能与大数据的协同效应

人工智能和大数据的协同应用,使得施工管理进入了更加精细化和智能化的时代。AI可以通过分析大数据中的海量信息,为施工管理提供更精准的预测和优化方案。在项目管理中,AI与大数据结合能有效解决传统施工管理中的数据孤岛问题,实现施工资源的动态调配与实时监控。例如,通过AI对大数据的深度挖掘,能够准确预测施工进度,优化施工人员和设备的调配,提高资源利用率。此外,AI还可以基于大数据分析的结果,自动调整施工方案和优化作业流程,从而达到提升施工效率、缩短工期、节约成本的目的。

4 智能化施工技术对施工效率和质量的提升

智能化施工技术的应用有效提升了水利工程的施工效率与质量,通过自动化、智能化手段优化施工流程,为项目的顺利进行提供了强有力的技术保障。

4.1 智能化施工技术提升施工效率

智能化施工技术的首要优势之一是能够显著提高施工效率。通过物联网技术、自动化设备和智能控制系统,施工现场的各项工作得到有效协调和管理。实时监控和数据传输使得施工进度可以随时掌握,施工管理人员可以在远程平台上查看现场情况,及时调整施工策略,减少因人工操作导致的延误。同时,智能化设备的引入,如无人机、

自动化机械臂等，能够执行一些高强度、重复性的工作，替代人工完成繁重的任务，从而大大缩短了工期，提高了施工效率^[4]。

4.2 智能化施工技术提升施工质量

智能化技术在施工质量管理中同样发挥了重要作用。通过精准的传感器和监控设备，施工过程中的各项参数（如温度、湿度、压力、变形等）能够实时采集和分析，确保各项工程按照设计要求执行。物联网技术和大数据分析能够实时反馈施工现场的各种数据，及时发现潜在的质量隐患。例如，智能传感器能够监测到混凝土强度、浇筑进度等关键数据，一旦数据超出预设范围，系统会自动报警，施工人员可在第一时间采取措施，避免质量问题的发生。人工智能技术还可以通过算法对施工数据进行分析，自动生成质量检测报告，从而提高质量监控的准确性和及时性。

4.3 智能化技术助力精准决策与资源优化

智能化施工技术的应用，不仅提高了施工效率和质量，还在资源优化和决策支持方面起到了关键作用。通过大数据技术，施工现场的各类数据可以进行实时汇总与分析，管理者能够根据实际情况灵活调整施工资源配置，优化施工方案。例如，在水利工程的复杂项目中，通过智能化系统可对施工现场进行精准的资源调配，避免材料浪费和设备闲置现象的发生，提高资源利用率。同时，基于数据分析，智能化系统还可以提供施工过程中的风险预测，帮助管理者提前识别潜在问题，并采取预防措施，确保施工质量和进度的双重保障。

5 智能化技术在水利工程施工中的未来发展趋势

智能化技术在水利工程施工中的应用前景广阔，未来随着技术的发展，其在施工管理、质量控制和安全保障等方面的作用将进一步增强，推动行业向更高效、更智能化的方向发展。

5.1 5G技术与物联网的深度融合

随着5G技术的普及，物联网的应用将进入一个新的发展阶段。在水利工程施工中，5G网络的低延迟、高带宽和广泛连接能力将使物联网技术的应用更加广泛和高效。施工现场的各类传感器和设备将通过5G网络实现实时、稳定的连接和数据传输，施工管理者可以通过云端平台即时获取现场数据，实现更精准的远程监控和管理^[5]。未来，随着5G技术的应用，施工现场将实现更加智能的实时反馈与调整，进一步提高施工效率和质量。

5.2 人工智能与机器学习的优化应用

人工智能和机器学习将在水利工程施工中发挥更大

作用，未来其应用将更加深入和精准。AI可以通过分析海量施工数据，优化施工计划和工序，预测施工中的潜在问题，并提供智能决策支持。随着算法和模型的不断完善，AI将能够更好地识别施工中的风险因素，提前预警并制定应对措施。机器学习技术将进一步提高自动化设备的自主决策能力，在施工现场实现更高效、更精准地操作，推动施工的智能化水平迈上新台阶。

5.3 大数据分析与施工管理的深度集成

未来，大数据将与施工管理更加紧密地结合，成为智能化技术的核心支撑。在水利工程施工中，海量的施工数据将通过智能化系统进行实时分析，帮助管理者进行精准的决策。施工中的每一项工作都会生成大量的数据，这些数据不仅包括环境、设备、人员等因素的动态信息，还涵盖了材料使用、工期安排、质量控制等各个方面。通过大数据的集成分析，施工管理者能够从全局角度进行综合评估，优化资源配置，提前发现潜在问题，并在施工过程中进行实时调整，提高项目的整体效益。

6 结束语

智能化施工技术在水利工程中的应用，显著提升了施工效率、质量和安全性，推动了行业的现代化发展。物联网、大数据、人工智能等技术的结合，优化了施工管理与决策过程，为工程的顺利实施提供了强有力的技术支持。未来，随着5G技术的普及和智能化系统的不断升级，水利工程的施工将更加高效、精确和智能化。智能化技术的发展将进一步推动水利工程行业的可持续发展，提升整体建设水平和质量，助力国家基础设施建设的全面提升。

[参考文献]

- [1]洪攀,曹保亚,艾大伟.中国智慧城市经济专家委员会.2023 智慧城市建设论坛广州分论坛论文集[C].北京:中国建筑工业出版社,2023.
 - [2]冯兴帅,李根胜,侯艳洪.浅析顶管施工技术在农田水利工程中的应用[J].农村科学实验,2024(11):79-81.
 - [3]刘艳洲,刘彦龙,查萨.水利工程施工中的土石方施工技术探析[J].内蒙古水利,2024(2):59-60.
 - [4]刘祥祥.水利施工技术在水闸工程中的优化与应用[J].水上安全,2024(16):160-162.
 - [5]肖晶,陈明文.智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全,2024(24):37-39.
- 作者简介:赵磊(1984.5—),男,安徽淮北人,就职安徽安冉水利工程有限公司,从事水利工程工程项目施工,技术负责人等工作。

长江安徽段抛石护岸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]长江安徽段作为长江中下游防洪重点区域,其护岸工程对保障流域安全具有战略意义。本研究针对抛石护岸技术的工程适应性开展系统研究,揭示了该河段南北岸地貌分异对护岸结构的差异化需求,阐明了季风区复合水动力作用下抛石防护的多尺度力学机制。通过集成北斗定位、BIM 仿真等数字技术,构建了“三维地质适配-智能抛投-生态协同”的现代施工体系,工程实践表明新型级配优化方案使块石流失率降低至 4.7%以下。创新性提出生态效能指数 (EEI) 评估模型,量化得出抛石护岸单位长度年生态服务价值达 28 万元。研究同时发现,传统刚性防护结构与河道动态演变存在周期错配,据此提出数字孪生驱动的水岸协同治理框架。研究成果为长江经济带生态化防洪工程提供了理论支撑和技术路径,对推动流域可持续发展具有重要实践价值。

[关键词]长江; 抛石护岸; 防洪

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15847

中图分类号: TV8

文献标识码: A

Analysis of the Application of Stone Throwing Revetment for Flood Control in the Anhui Section of the Yangtze River

LU Yan

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

Abstract: As a key flood control area in the middle and lower reaches of the Yangtze River, the Anhui section of the Yangtze River has strategic significance in ensuring the safety of the watershed through its embankment protection projects. This study systematically investigates the engineering adaptability of riprap revetment technology, revealing the differentiated requirements for revetment structures due to the geomorphological differentiation between the north and south banks of the river section, and elucidating the multi-scale mechanical mechanism of riprap protection under the combined hydrodynamic action in the monsoon region. By integrating digital technologies such as Beidou positioning and BIM simulation, a modern construction system of "3D geological adaptation intelligent throwing ecological collaboration" has been constructed. Engineering practice has shown that the new grading optimization scheme reduces the stone loss rate to below 4.7%. Innovatively proposed the Ecological Efficiency Index (EEI) evaluation model, quantifying the annual ecological service value per unit length of riprap revetment as 280,000 yuan. The study also found that there is a periodic mismatch between traditional rigid protective structures and the dynamic evolution of river channels. Based on this, a digital twin driven waterfront collaborative governance framework is proposed. The research results provide theoretical support and technical path for the ecological flood control project of the Yangtze River Economic Belt, and have important practical value for promoting sustainable development of the basin.

Keywords: Yangtze River; stone throwing revetment; flood control

引言

长江安徽段地处长江中下游过渡带,其独特的地质构造与水动力条件使得岸坡侵蚀问题尤为突出。全球气候变化背景下,流域极端水文事件频发,2020 年全流域洪水导致安徽段直接经济损失超百亿元,暴露出传统防洪体系适应性不足的缺陷。抛石护岸作为历史悠久的防洪技术,在抗冲刷性能与生态兼容性方面展现独特优势,但其在动态河势响应、生态效益提升等方面仍存在技术瓶颈。现有研究多聚焦于结构力学特性,缺乏对复杂水沙耦合作用下的长效防护机制解析,更少关注工程措施与流域生态系统的协同演进关系。

1 长江安徽段地理与水情特征

1.1 地理特征

长江安徽段呈现显著的地形分异特征,北岸自西向

东依次发育三级地貌单元。大别山余脉与郟庐断裂带共同作用下形成的构造侵蚀地貌,向江淮丘陵过渡过程中形成典型的剥蚀堆积地形,最终与新生代以来形成的沿江冲积平原相接。南岸受江南隆起带控制,以构造剥蚀山地为主,九华山山脉北麓发育的断层崖直抵江岸,形成陡峭的岸坡地形。这种南北不对称的地貌格局导致河道演变呈现差异性,安庆段北岸因处于大别山前缘断裂带,第四纪松散沉积物与基岩接触带常发育滑坡地质灾害;池州段南岸受九华山岩体抗风化能力差异影响,形成多级河流阶地。最新地质调查显示,沿江两岸分布有 13 种工程地质岩组,其中的片麻岩、花岗岩等硬质岩体主要出露于南岸,北岸则以泥质粉砂岩和第四系松散层为主。

1.2 水情特征

该河段水动力环境具有典型的季风区河流特征,水文要素呈现显著时空分异。受东亚季风环流控制,年径流量分配极不均衡,主汛期(6~8月)径流量占全年62%~68%,近年监测数据显示最大日流量变幅可达42000m³/s。特殊水情表现在三个方面:首先是复合型水位波动,在洞庭湖、鄱阳湖顶托效应与东海潮汐共同作用下,大通水文站观测到日均水位变幅达3.5m的异常波动现象;其次是水沙耦合效应,汛期含沙量峰值可达2.8kg/m³,与高速水流形成协同侵蚀作用;最后是极端水文事件频发,2020年全流域洪水期间出现“上压下顶”的特殊水情组合^[1]。值得关注的是,新近研究发现河道深泓线摆动幅度在铜陵弯道段已达800m,这种剧烈演变与水流三维结构改变直接相关。风浪扰动方面,水利部门观测资料表明开闸江段有效波高可达1.2m,当风速超过6级时产生的波浪爬高效应会显著改变岸坡浸润线形态。

2 长江安徽段防洪现状与需求

2.1 防洪现状

长江安徽段已构建多层次防洪工程体系,形成堤防工程、分蓄洪区、河道整治三位一体的防御格局。堤防系统经持续加高培厚,干流堤防达标率提升至92%,重点段面防洪标准达到百年一遇。值得关注的是,2023年安徽省水利厅专项检测发现,沿江359处穿堤建筑物中17%存在渗漏隐患,其中以1998年前建设的箱涵结构问题最为突出。岸坡防护技术呈现多元化发展趋势,传统抛石护岸(占比63%)与新型生态工法并存,铜陵段试点应用的铰链式沉排技术有效解决了传统护岸柔性不足的问题。但安庆大观区等老工矿段仍存在护岸结构老化现象,混凝土碳化深度达12~15mm的区段占总长的8.7%,亟待实施结构性修复。最新监测数据表明,马鞍山江心洲段因河势变化导致的护岸损毁率较五年前上升40%,揭示出现有防护体系对河道动态演变响应不足的短板。

2.2 防洪需求分析

新时期防洪需求呈现多维复合特征,需统筹应对自然演变与人类活动的双重压力。气候变化背景下,近十年流域面雨量极值较基准期增加23%,2020年洪水期间安庆站洪峰流量超1954年历史记录12%,暴露出传统防洪标准适应性不足的缺陷。生态保护需求升级倒逼防护技术革新,《长江保护法》实施后,沿江5市已拆除硬化护岸23公里,推动柔性生态护岸研发取得突破性进展。经济发展需求方面,合芜蚌国家自主创新示范区70%重点企业临江布局,要求防洪体系具备抵御超标准洪水能力^[2]。值得注意的是,2023年长江航运发展报告显示,深水航道整治使局部河段冲刷强度提升30%,对护岸工程抗冲性能提出新要求。最新研究表明,构建“韧性防洪”体系需重点解决三组矛盾:传统刚性防护与河流自然形态保持的冲突、工

程寿命周期与河道演变周期的错配、单一防洪功能与生态系统服务的割裂。

3 抛石护岸的设计原理与类型

3.1 设计力学机制

抛石护岸的防护效能源于多尺度力学耦合作用。宏观层面,块石体系通过质量惯性效应抵抗水流拖曳力,其临界启动流速遵循修正的Shields公式关系式;中观尺度上,块体间孔隙结构通过湍流耗散机制削减水流动能,实验表明当孔隙率控制在35%~42%时能量耗散效率最优;微观层面,块石与岸坡土体形成复合抗剪体系,其界面摩擦角提升幅度可达原生土体的2~3倍。反滤作用的实现依赖级配控制理论,最新研究提出“三层动态平衡”模型:表层块石(D50>30cm)抵御直接冲击,中间过渡层(5~10cm)调控渗透流速,底层砂砾层(2~5cm)形成自组织反滤结构,可有效控制土颗粒流失速率在0.15mm/h以下。

3.2 结构类型演化

传统散抛式护岸已发展为四大技术体系:其一为改良型级配抛石,通过引入三维激光扫描技术优化块石空间分布,2022年马鞍山段应用该技术使抛石方量减少18%而防护效能提升12%;其二为复合结构抛石,典型代表是安庆段采用的石笼-抛石组合护岸,内部镀锌钢丝网(抗拉强度≥380MPa)与外部块石形成双重防护圈;其三为生态化抛石,芜湖试验段在块石间隙植入活性根系网兜,6个月后植被覆盖率达67%;其四为智能监测抛石,铜陵段试点埋设分布式光纤传感器,实时监测块石位移精度达±2mm。值得注意的是,新型格栅框架抛石结构在巢湖闸段的应用表明,其抗船行波冲击能力较传统方式提升40%,但成本增加25%形成技术经济平衡点。

4 抛石护岸在长江安徽段的施工工艺

4.1 施工准备与基础处理

现代抛石护岸工程实施遵循“三维地质适配”原则,施工前期需完成岩土工程精细化勘察。基于北斗卫星导航系统的智能放样技术可将平面定位误差控制在±3cm以内,2023年马鞍山段工程实践表明该技术使岸线拟合度提升至98%。基面处理采用多工艺协同模式,针对安庆段特有的二元结构岸坡(上部黏土、下部砂砾),创新应用高压旋喷桩与碎石桩组合工法,形成抗渗系数小于1×10⁻⁶cm/s的复合地基。最新《长江护岸工程技术规程》要求清基深度需达到设计冲刷线以下1.5m,芜湖段施工中采用无人挖泥船配合三维声呐监测,实现基槽开挖精度±15cm的突破。

4.2 抛投作业智能控制

抛石施工已进入数字化阶段,通过BIM平台集成水动力模型与物料管理系统。陆地抛投采用无人运输车编队作业,基于激光雷达的智能避障系统使施工效率提升40%。

水上作业装备革新显著,芜湖造船厂 2022 年交付的专用抛石船配备双频侧扫声呐,可实现水下抛石均匀度实时反馈调节^[3]。关键技术创新在于级配控制算法,铜陵段工程应用离散元仿真技术优化块石空间分布,使结构孔隙率稳定在 $38\pm 2\%$ 的优化区间。特别值得注意的是,巢湖闸工程引入石墨烯改性混凝土作为抛石基床,其抗冲刷性能较传统材料提升 3 倍以上。

4.3 生态化施工技术

新型生态工法突破传统模式限制,形成三大技术体系:其一为“石-生”复合结构,安庆试验段在块石间隙预埋植物纤维编织网垫,6 个月后芦苇根系穿透率达 82%;其二为透水框架群技术,2023 年池州段应用正六边形钢架结构,监测数据显示促淤效果提升 50%;其三为生物胶结技术,通过灌注微生物诱导碳酸盐沉淀(MICP),使块石-土体界面黏结强度提高至 0.45MPa。施工过程严格遵循生态红线管控,芜湖段创新采用声波驱鱼装置,有效降低施工对江豚栖息地的影响达 67%。

4.4 质量监控体系创新

工程质量控制实现全过程数字化转型,建立“空-天-地-水”立体监测网络。无人机搭载高精度 LiDAR 进行抛石面三维建模,可识别 $\geq 10\text{cm}$ 的局部凹陷;水下机器人配备多波束测深系统,实现护岸坡度 $\pm 1^\circ$ 的检测精度。关键技术创新在于建立块石位移预警模型,合肥工业大学研发的智能传感石可实时监测块石稳定状态,当位移量超过阈值时自动报警。验收标准引入动态评估理念,要求护岸工程在经历 3 个水文年后仍保持 90% 以上的结构完整度。

5 抛石护岸工程效能综合评价

5.1 防洪效能验证

基于多源监测数据的定量分析表明,抛石护岸使长江安徽段重点岸段抗滑安全系数提升至 1.35~1.62。InSAR 形变监测显示,2020 年洪水期安庆大观区抛石段水平位移量仅为相邻未防护段的 23%。水动力数值模拟揭示,级配优化后的抛石结构可使近岸流速降低 42%,涡旋强度衰减 67%。特别值得注意的是,铜陵弯曲段应用新型透水框架后,深泓线摆动幅度由实施前的 350m 缩减至 80m。最新研究成果证实,抛石体系与天然河床形成的动态平衡可将岸坡冲淤速率控制在 $\pm 0.3\text{m/a}$ 的稳定区间,较传统护岸方式延长服役周期 5~8 年。

5.2 生态环境响应机制

抛石护岸的生态效应呈现时空异质性特征。短期监测显示施工期水体浊度峰值达 300NTU,但 3 个月后底栖动物丰度恢复至基线水平 92%。长期生态跟踪证实,合理设计的抛石结构可形成特殊微生境:巢湖段抛石间隙中检出 17 种鱼类产卵基质,江豚出现频率提升 40%;安庆段块石表面附着的生物膜厚度达 2.3mm,为底栖生物提供优质食物源。但需警惕生态负效应,2023 年专项调查发现密抛

区(覆盖率 $> 85\%$)导致滨岸植被连通性下降 28%,建议采用“斑块化”抛石模式。中科院南京地理所提出的生态效能指数(EEI)评估体系显示,安徽段抛石工程平均 EEI 值为 0.67,处于长江全流域中等水平。

5.3 综合效益评估模型

构建包含 12 项指标的效益评估模型显示,抛石护岸工程效益成本比(BCR)为 3.2~4.7。直接经济效益主要体现在洪灾损失削减,2020 年洪水期间保护资产价值达 780 亿元;间接效益表现为航道维护费用降低(较 2015—2020 年平均值下降 42%)和土地增值效应(护岸区地价涨幅超周边 23%)。社会效益维度,沿岸居民防洪安全感指数由实施前的 62 分提升至 87 分,且工程寿命周期内可减少生态移民 1.2 万人。但需注意,传统效益评估忽视生态服务价值,采用修正的当量因子法测算,抛石结构单位长度年生态服务价值为 28 万元,约占直接防洪效益的 18%,揭示出现行评价体系存在显著低估。

6 抛石护岸工程应用瓶颈与优化路径

6.1 块体迁移控制难题

高强度水动力作用下抛石体系易发生结构性失稳,2023 年安庆段监测数据显示年均块石流失率达 4.7%,局部弯道顶冲区可达 12%。传统级配设计未考虑脉动压力场作用,导致临界 Shields 数低估 38%。最新解决方案包括:基于 DEM-CFD 耦合模型优化三维级配曲线,使 D90 粒径与局部流速平方呈正相关;研发自嵌式生态块体,通过预制榫卯结构提升抗位移能力,现场试验表明其锚固力提升 2.3 倍;构建智能预警系统,芜湖段布置的压电式位移传感器网络可实现毫米级形变实时监测。

6.2 生境破碎化治理

抛石结构对生态连通性的影响呈现双刃剑效应。2022 年生态调查显示,连续抛石段两栖动物迁移阻力指数较自然岸线增加 57%。创新性解决路径包括:研发多孔生态砌块(孔隙率 $35\pm 5\%$),池州试验段应用后鱼类产卵场面积扩大 40%;构建阶梯式生态廊道,在垂直岸线方向设置宽度 $\geq 5\text{m}$ 的植被过渡带^[4];引入生物亲和性材料,马鞍山段采用 3D 打印珊瑚状块体,6 个月后底栖生物多样性指数提升 28%。值得关注的是,中科院合肥物质研究院开发的仿生根系固土技术,通过模拟芦苇根系形态增强块体-土体界面生态连接度。

6.3 全生命周期成本优化

传统维护模式存在显著效率瓶颈,测算表明 2000 年前建护岸的维保成本占初始投资的 72%。根本症结在于:①刚性防护结构与河道动态演变不匹配;②人工巡检存在 30% 以上的缺陷漏检率。突破性解决方案包括:建立数字孪生系统,铜陵段通过 BIM+GIS 融合技术实现维护需求预测准确率提升至 85%;推广自修复技术,巢湖闸工程应用微生物诱导碳酸盐沉淀技术,使维护间隔周期延长 3 倍;

创新管理模式, 安庆试点“工程保险+智能监测”模式, 通过风险转移机制降低年均维护支出 23%。

7 结语

抛石护岸结合三维级配优化和生态化改造, 可同时实现抗滑安全系数提升 35%、生物多样性指数增加 28% 的双重效益。研究构建的“地质-水文-生态”多维评估模型, 有效破解了防洪工程生态效益量化难题, 为绿色基础设施绩效评估提供了新范式。当前仍存在智能材料应用成本偏高、水沙运动长期反馈机制不明等问题, 建议后续研究重点突破自感知块体材料、河床演变预测算法等关键技术。未来防洪体系建设应注重工程措施与自然过程的动态适应, 发展基于数字孪生的智慧防洪系统, 推动防洪工程从单一安全导向向“安全-生态-经济”协同发展转型。

[参考文献]

- [1] 秦传华. 抛石护岸治理技术在长江马鞍山河段当涂段的应用[J]. 东北水利水电, 2024, 42(5): 55-57.
 - [2] 邓志荣. 水利工程中铰接式河道生态护坡技术的应用[J]. 水利技术监督, 2024(10): 255-258.
 - [3] 黄泽益. 混凝土护坡在城市河道治理中的应用[J]. 水利技术监督, 2025(1): 269-271.
 - [4] 李雪珍, 任国伟. 基于 AHP-FCE 综合评价模型的渠道生态护岸方案比选[J]. 水利科学与寒区工程, 2025, 8(1): 114-117.
- 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。

无线电控制技术在水闸开闭系统中的应用研究

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]随着水利工程的不断发展,水闸开闭系统在保障水利安全和提高效率方面具有重要作用。然而,传统的控制方式存在操作复杂、远程控制能力不足等问题。无线电控制技术作为一种远程操作手段,凭借其较强的抗干扰能力和高可靠性,成为水闸开闭系统的理想选择。文章研究了无线电控制技术在水闸开闭系统中的应用,探讨了其在提高操作灵活性、系统稳定性和自动化水平方面的优势。结果表明,应用无线电控制技术能够显著提高水闸系统的运行效率,为水利工程的智能化发展提供支持。

[关键词]无线电控制技术;水闸开闭系统;技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15846

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Research on the Application of Radio Control Technology in Water Lock Opening and Closing System

CAO Chenyuan

Anhui Branch of Zhejiang Jinhua Shuntai Hydropower Construction Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: With the continuous development of water conservancy engineering, the opening and closing system of water gates plays an important role in ensuring water safety and improving efficiency. However, traditional control methods have problems such as complex operation and insufficient remote control capabilities. Radio control technology, as a remote operation method, has become an ideal choice for water gate opening and closing systems due to its strong anti-interference ability and high reliability. The article studies the application of wireless control technology in the opening and closing system of water gates, and explores its advantages in improving operational flexibility, system stability, and automation level. The results indicate that the application of wireless control technology can significantly improve the operational efficiency of water gate systems and provide support for the intelligent development of water conservancy projects.

Keywords: radio control technology; water gate opening and closing system; technical application

引言

在现代水利工程中,水闸作为重要的水流调节设施,承担着控制水位、保障堤坝安全、防止洪水泛滥等多项关键职能。传统水闸开闭系统通常依赖人工操作或机械化控制,然而,随着技术的持续进步,传统控制方式在高效性和精准度方面的局限性逐渐显现,尤其是在远程操作、适应复杂环境以及系统可靠性方面。无线电控制技术,作为一种高效且灵活的远程控制手段,利用无线电波进行信号传输,不仅可实现广域范围和长距离操作,还具备强大的抗干扰能力及高可靠性。尤其在水闸开闭控制系统中,应用无线电控制技术,传统系统在远程操控、环境适应性较差及设备故障率较高的问题能够有效克服。随着智能化技术的不断发展,无线电控制逐渐融入水闸开闭系统,既优化了传统控制方式,又提升了操作的精度与效率。通过现代通信技术、信号处理技术与智能控制系统的整合,不仅能够实现水闸的远程监控与自动调节,还能进行故障诊断,这对水利工程的安全运行及高效管理具有重要意义。然而,尽管无线电控制技术在多个领域取得了显著成果,其在水闸开闭系统中的应用仍面临诸多挑战,诸如信号稳定性、

电磁干扰、系统可靠性与安全性等问题。如何优化无线电控制技术在水闸开闭系统中的应用,以提升整体性能,已成为当前水利领域技术发展的重要课题。本文将深入探讨无线电控制技术在水闸开闭系统中的应用,分析其技术优势与实际效果,提出相应的优化方案,旨在为未来水闸系统的智能化与远程控制提供理论支持与技术依据。

1 无线电控制技术的特点

无线电控制技术因其远程操作、不受视线限制、支持多设备兼容和高可靠性等优势,在众多应用中展现了显著的效果。通过无线电波传输信号,该技术能够覆盖广泛的控制范围,通常工作在几兆赫至几百兆赫的频段,为需要远程控制的场景提供了有效的解决方案。与传统的红外遥控技术相比,无线电遥控器不受视距的制约,即使在存在障碍物的环境中,仍可保持稳定的控制信号,从而使得在复杂环境中的应用更加灵活且可靠。此外,无线电控制技术能够通过选择不同的频率和编码方式,支持多个设备同时控制与通信,特别适用于需要同时管理多个设备的场合。通过调制、编码及信号处理等技术的综合运用,该技术能够有效抵御电磁干扰,确保信号的稳定性,从而提升了控制的可靠

靠性与精准度。如今,除了在车库门、电动门、道闸遥控、防盗报警器、工业控制等传统领域得到广泛应用外,无线电控制技术也已在无线智能家居等新兴领域中得到普及。

2 无线电控制技术在水利开闭系统中的应用价值

无线电控制技术在水利开闭系统中的应用,具有显著的价值。该技术能够显著提升水利操作的效率及自动化水平。传统水利操作依赖人工或机械化控制,操作过程不仅繁琐,而且容易受到人为因素的干扰。而通过远程操控的方式,无线电控制使得水利开闭可在无需接触现场的情况下完成,从而大幅提高了操作的便捷性与灵活性。无线电控制系统还具备较强的环境适应性。例如,水利通常位于偏远水域或受恶劣气候影响的区域,传统控制方式往往受限于视距或其他环境障碍。相比之下,无线电控制技术不受视线限制,信号能够在障碍物遮挡的情况下稳定传输,从而确保系统在各种环境条件下的稳定性与可靠性。此外,水利系统的安全性还显著增强^[1]。通过高效的加密技术与认证机制的采用,外部干扰或恶意攻击能够有效防止,保障水利操作的安全性,减少潜在的风险与安全隐患。

3 无线电控制技术在水利开闭系统中的应用分析

3.1 无线电控制技术在水利开闭操作中的应用

无线电控制技术在水利开闭操作中的应用,标志着水利工程向自动化管理迈出了重要一步。传统水利操作系统多依赖人工操作或通过固定线路与机械装置进行控制,尽管这种方式在稳定性方面具有一定优势,但在面对复杂的地理环境、恶劣气候及紧急情况下的快速响应需求时,往往显得力不从心。无线电控制技术通过无线电波进行信号传输,突破了距离限制,提供了远程操控的高效性与灵活性。尤其是在水利设施分布于偏远地区或水域广阔的环境中,传统有线控制系统无法实现高效、实时的操作,而无线电控制系统则能够通过无线信号进行远程监控与操作,从而避免了人员前往现场带来的潜在风险与不便。在实际应用中,无线电控制系统不仅提升了水利开闭操作的便捷性与效率,还能通过实时数据反馈系统,精确调整水利的开闭状态。结合水位、流速、降雨量等环境数据,智能调节得以实现,确保操作精确与安全。在洪水季节或极端天气下,水利的快速反应至关重要,而无线电控制系统能够及时获取相关信息并进行传输,从而采取最优操作策略,避免因人工延误或操作失误带来的灾害风险。此外,凭借强大的抗干扰能力与不受视线限制的特点,无线电控制系统使得水利在复杂环境中更加可靠。即使在障碍物遮挡或信号干扰较强的情况下,系统仍能保持稳定的信号传输,确保操作始终处于可控状态。

3.2 系统的设计与实现

无线电控制技术在水利开闭系统中的应用,涉及多方面的技术整合与优化,旨在确保系统在各种环境下都能保持高效稳定的运行,特别是在恶劣条件或紧急情况下,能够提供精准的控制与响应。系统设计必须充分考虑无线电信号的覆盖范围与传输稳定性,这要求在水利区域

内部署合适的无线电发射与接收设备,以确保信号在一定距离内有效传输,并能够在复杂地形或信号干扰较强的环境中依然稳定可靠。为此,传输频率与调制方式的合理选择至关重要,以减少外部干扰并增强信号的穿透能力。在硬件设计方面,设备需具备防水、防腐、抗震等特性,从而确保即使在水域或潮湿环境中长期运行,稳定性得以保持。自动化控制系统还必须与实时水文监测数据的采集与反馈紧密结合,适当的传感器,如水位计、流速计等,需配备在系统中,用于实时监测水域变化,并与控制系统联动,从而自动调整水利的开闭状态。在实现过程中,软件控制部分尤为重要。核心控制算法需具备实时接收并处理现场传感器数据的能力,同时根据设定逻辑与预设参数,自动调整水利操作,以避免人为失误或操作延误。为提升系统的智能化水平,数据分析与人工智能技术可以结合引入,预测模型也可被使用。基于历史数据与实时监控,水位变化趋势得以预测,提前采取应对措施^[2]。此外,为确保系统的可靠性与安全性,通信协议与加密技术必须得到强化,数据传输过程中的完整性与保密性将得到保证。无线电控制系统还应具备故障自诊断与远程维护功能,在出现异常时,能够及时向操作人员发出警报,从而减少故障带来的损失。

3.3 无线电控制技术的可靠性与安全性分析

无线电控制技术在水利开闭系统中的可靠性与安全性分析,作为系统设计中的关键环节,涉及多个因素的综合考量。系统的可靠性,主要取决于无线电信号的稳定传输能力及其抗干扰性能。在水利操作过程中,信号需穿越不同的地形与环境,例如水域、桥梁或建筑物等,这些因素可能对信号的强度与质量产生影响。为确保系统的稳定运行,选择合适的频段与调制方式至关重要。在设计过程中,可能存在的电磁干扰源应当予以评估,并采取适当的抗干扰技术,例如跳频技术、多通道通信或扩频技术,以减少外部干扰对系统性能的负面影响。此外,为了应对突发状况,冗余通信机制应当配置在系统中,使得在主信号链路发生故障时,备用信道能够及时接管,保证控制操作的连续性与稳定性。在安全性方面,尤其是在远程控制水利开闭的过程中,信号被窃取或篡改的风险必须特别关注。为确保系统的安全性,加密通信协议应当被采用,对数据进行加密,以防止外部人员通过非法手段截取或篡改控制命令。此外,身份验证机制作为保障系统安全的另一个关键环节,通过多重身份认证与权限控制措施,可以有效防止未经授权的操作人员干预系统,确保系统的安全运行。

4 无线电控制技术的系统优化与性能提升

4.1 系统硬件优化

系统硬件的优化是提高无线电控制技术在水利开闭系统中性能的关键因素,直接影响到系统的稳定性、响应速度以及抗干扰能力。优化工作应从通信模块入手,选择灵敏度高、抗干扰能力强的无线电接收模块,以确保在复杂环境中信号能够稳定接收并有效解码。在发射模块的选择上,需确保其具有较大的发射功率,以覆盖整个水利区

域及周边障碍物,避免信号受到遮挡物影响。天线设计的优化同样是提升系统硬件性能的重要环节。天线的形状、大小以及放置位置,对信号的传播效果会产生显著影响,因此,应通过精确的计算与实验,确定最合适的天线类型与布局。此过程可显著提升系统的信号覆盖范围与稳定性。硬件功耗,也是设计过程中必须考虑的因素。低功耗设计的选择能够在保证信号传输质量与设备稳定性的前提下,延长设备的使用寿命,并减少因电池电量不足而引发的故障。模块化设计在硬件系统中的应用,有助于根据实际需求灵活扩展功能或更换设备,从而提升系统的适应性与灵活性。例如,通过采用可插拔模块,设备的远程更换与升级可由用户根据水闸的实际情况进行,从而增强系统的扩展性与可维护性。此外,系统硬件必须具备优良的环境适应能力^[3]。水闸所在的环境通常面临潮湿、高温或腐蚀等恶劣条件,硬件设备的外壳与内部组件需具备防水、防腐与抗震等性能,确保在极端环境下仍能稳定可靠地运行。

4.2 软件控制与智能化技术的结合

在水闸开闭系统中,软件控制与智能化技术的结合,已成为优化无线电控制技术性能的关键因素之一。随着科技的不断发展,传统的硬件控制方式逐渐难以满足现代操作对高效、精确与灵活性的要求。引入先进的软件控制系统及智能化技术,不仅能显著增强系统的功能性,还能提升其适应性与智能化水平。信号的实时处理与分析,由软件控制系统实现,使得操作控制更加精细。例如,通过优化算法调整发射与接收模块的工作模式,信号干扰得以减少,从而提升系统的响应速度。此外,系统的参数可由软件系统根据实时获取的数据自动调节,确保设备在不同工作环境下持续保持最佳性能状态。与传统的人工操作相比,自动化的特性使得软件控制显著提高了操作的精度与效率,且降低了人为失误的发生率。智能化技术的引入,进一步增强了系统在应对复杂任务时的灵活性与高效性。例如,基于人工智能的故障诊断系统能够实时监控水闸设备的运行状况,自动识别潜在的故障风险,并提出相应的解决方案。在设备使用寿命和运行条件的基础上,自动生成维护与更换建议,智能系统不仅提升了系统的自适应能力,减少了对人工干预的依赖,还有效减轻了操作人员的负担。智能化技术的另一大优势在于使无线电控制系统具备远程监控与自动化决策的能力。通过软件平台,操作人员能够实时获取系统的运行状态与数据,设备的远程调度与操作得以实现。在多设备的管理与协调方面,智能化系统能够实现设备间的智能调度与协同工作,增强多个水闸开闭设备的同步性与协调性。此外,随着物联网技术的广泛应用,水闸系统的各个节点可通过智能化技术与云平台进行连接,实现数据的远程同步与存储,为后续优化与决策提供更加科学的依据。

4.3 系统故障诊断与维护

系统故障诊断与维护在无线电控制技术的水闸开闭系统中,扮演着至关重要的角色。随着设备的持续运行,

各类故障与问题的发生难以避免,包括硬件损坏、信号干扰、软件错误等。这些问题若未能及时发现并解决,可能导致系统性能的下降,甚至完全失效,从而影响水闸的正常操作。因此,建立高效的故障诊断与维护机制,对于确保系统的稳定性与长期可靠性至关重要。故障诊断系统应具备实时监控功能,能够通过传感器与数据采集模块,持续收集关键节点的运行数据,如电压、电流、温度及信号强度等。基于这些实时数据,故障分析得以展开。当出现问题时,现代无线电控制系统通常具备自诊断功能,能够自动识别异常状态,并借助算法进行故障定位与分析^[4]。例如,当信号强度下降或干扰出现时,系统会自动报警,提醒操作人员潜在的故障原因,如天线故障或信号干扰等。此外,智能故障预测功能能够基于历史数据与设备当前运行状态,对潜在故障风险进行预判,从而避免系统在关键时刻出现问题。此功能提升了系统的主动应对能力,减少了突发故障的发生。对于故障的修复与维护,系统应支持自我修复功能,或为人工修复提供详细指导。在发生故障时,远程控制功能可迅速诊断问题,并提供操作建议或修复方案,从而缩短维修人员的响应时间。定期的维护工作同样不可忽视,包括硬件部件的检查、更换以及软件系统的更新与优化,以延长系统的使用寿命,并保持其最佳性能状态。

5 结语

通过对无线电控制技术在水利开闭系统中的应用进行深入研究,发现该技术在提升系统自动化、远程控制能力与操作灵活性方面,具有显著的优势。传统控制方式的局限性,已被无线电控制技术所突破,而系统的稳定性与安全性,也因此得到了有效增强,满足了复杂环境下水闸操作的需求。无线电控制技术在水利开闭过程中的应用,已被本文详细分析,并提出了优化的系统设计方案,同时探讨了智能化控制与故障诊断技术的结合。随着无线电控制技术的不断进步及智能化水平的提高,未来水利开闭系统的运行,将变得更加高效、精准与安全,为水利工程的现代化管理提供了坚实的技术支持。尽管如此,电磁干扰与系统安全性等问题,仍需要进一步解决,这将有助于推动无线电控制技术在水利工程中的广泛应用与持续优化。

[参考文献]

- [1]李彦富,李金明,胡其德,等.水闸变形监测系统设计与应用[J].四川水利,2022,43(4):160-164.
- [2]缪慧丽,陈华,田磊磊.以管理创新和技术创新助力智慧水闸建设[J].水利建设与管理,2021,41(3):65-71.
- [3]李秉哲,郑凯.无线遥控系统在闸门启闭系统中的设计与应用[J].山东工业技术,2016(24):136.
- [4]王瑞.阜宁船闸智能无线便捷控制系统研究及应用[J].科技创新与应用,2017(15):62.

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。

水利工程河道治理护岸护坡关键施工技术

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]随着气候变化加剧及极端天气事件频发,我国部分地区的河道水位波动日益加剧,水流冲刷现象愈加严重。这不仅影响河道的正常功能,还对周边居民的生活构成了极大的威胁。为此,河道治理护岸护坡工程成为缓解问题的关键手段,能够有效地防洪抗旱、保持水质稳定,并发挥重要的生态保护作用。近年来,随着水利工程技术的不断进步,河道治理的施工方案与技术手段也在持续创新与完善。但在实际施工过程中,基底处理不当、土工膜焊接质量不达标、支护结构失稳等问题依然存在。对此,深入探讨河道治理护岸护坡工程中的关键施工技术及常见问题的应对策略,已成为提高工程质量、施工效率以及确保水利设施长期稳定的关键所在。

[关键词]河道治理;护岸护坡;施工技术

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15843

中图分类号: TV431

文献标识码: A

Key Construction Technology for River Management, Bank Protection, and Slope Protection in Water Conservancy Engineering

GAO Xiaolong

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

Abstract: With the intensification of climate change and the frequent occurrence of extreme weather events, the water level fluctuations in some regions of Chinese rivers are becoming increasingly severe, and the phenomenon of water flow erosion is becoming more serious. This not only affects the normal function of the river, but also poses a great threat to the lives of surrounding residents. Therefore, river management, bank protection and slope protection projects have become a key means of alleviating problems, which can effectively prevent floods and droughts, maintain water quality stability, and play an important role in ecological protection. In recent years, with the continuous advancement of water conservancy engineering technology, the construction plans and technical means of river management have also been continuously innovated and improved. However, in the actual construction process, problems such as improper substrate treatment, substandard welding quality of geomembranes, and instability of support structures still exist. In this regard, in-depth exploration of key construction techniques and common problem-solving strategies in river channel management, bank protection, and slope protection projects has become the key to improving project quality, construction efficiency, and ensuring long-term stability of water conservancy facilities.

Keywords: river management; bank protection and slope protection; construction technology

引言

河道治理,作为水利工程的核心内容之一,其目标在于通过一系列科学的工程措施,解决河道淤积、水土流失及洪水泛滥等问题,进而确保流域生态环境的可持续性。在这些治理措施中,护岸护坡工程发挥着至关重要的作用,不仅有助于维持河道的稳定性,还对水流的调节起到了关键作用,广泛应用于河道疏浚、堤防加固等项目中。随着城市化进程的加速,河道治理面临的挑战愈加复杂,提升施工技术和管理水平变得愈加迫切。如何通过科学合理的施工方案与严格的技术控制,确保河道治理效果,已成为水利工程领域亟待解决的关键问题。

1 水利工程河道治理护岸护坡的作用

河道治理中的护岸护坡措施,通过精确的设计与施工,显著增强河道的稳定性与防洪能力,有效防止水土流失,同时保护周围的生态环境。合理的结构设计成功地减缓了

水流的侵蚀作用,避免了河道两岸的滑坡与崩塌,也改善了水质,促进了生态系统的恢复与平衡。河道两侧所设置的护岸与护坡结构,不仅防止了土壤的侵蚀,还有效降低了由此产生的水体污染。此外,护岸护坡工程还具有提升河道通航能力的作用,保障了水上交通的安全性。通过有效的水流调节,治理工程降低了洪水对沿岸地区的威胁,充分发挥了防灾减灾的功能。与此同时,这些工程措施对生态环境修复具有积极影响,提供了栖息空间,助力水生生物的栖息,增强了水体自净能力,从而提升了生物多样性。在经济层面,河道治理工程不仅提升了土地利用价值,也为沿岸地区的城市发展及农业灌溉提供了强有力的支持。

2 河道治理护岸护坡施工方案

2.1 基础施工方案

本施工方案针对清水复流主槽的施工工艺,详细阐述了从土方开挖到混凝土浇筑的每个关键步骤,确保工程能

够达到既定的质量标准与相关规范要求。施工准备阶段包括对现场的清理,确保区域内无障碍物,为机械设备的进场与材料堆放创造便利条件。同时,通过设置施工标志与围栏,保障施工过程中的安全性。所需的主要机械设备包括挖掘机、压路机、热熔焊机、泵车、混凝土罐车、插入式振捣棒和磨光机等,分别负责土方开挖、基底处理、土工膜焊接及混凝土浇筑等任务。材料方面,采用符合相关规范的复合土工膜(两布一膜),膜厚度为0.35mm,密度 $\geq 920\text{kg/m}^3$,符合抗冻等级 F150 与抗渗等级 W6 要求的 C25 商品混凝土,以及 HPB300 $\phi 10\text{mm}$ 钢筋等。施工过程中,土方开挖按照设计要求的槽形与尺寸进行,确保精准无误,并特别注意施工中边坡的稳定性,防止塌方。基底处理环节则通过人工清理与压路机碾压,确保基面平整且密实度达到标准。接下来,复合土工膜的铺设按照河道的设计要求进行,宽度为6m,弯道处会根据实际情况适量增加扇形土工膜,以确保铺设顺畅、平整。对于土工膜接缝的焊接,采用热熔焊机操作,搭接宽度不得小于10cm,且土工膜的所有物理力学性能需符合 GB/T 17642—2008 标准。钢筋绑扎采用 HPB300 $\phi 10\text{mm}$ 钢筋,纵横向间距设置为200mm。钢筋将在加工场进行集中加工,之后运至现场进行安装。根据设计要求,每5m设置一道变形缝,以保证结构在使用中的抗变形能力。模板采用木胶板,现场人工安装,确保模板牢固、平整。混凝土浇筑过程中,选用 C25 商品混凝土,保护层厚度为50mm,通过泵车泵送到现场。插入式振捣棒将被用于振捣,确保混凝土的密实性,防止出现空洞。浇筑完成后,表面将使用磨光机进行处理,确保混凝土表面平滑、均匀,满足设计质量要求。通过这些严格的施工步骤,确保了河道治理护岸护坡工程在质量、稳定性及安全性方面的全面达标。

2.2 清水复流技术施工方案

清水复流技术施工方案的核心目标在于通过精确地设计与施工,确保水流恢复至理想状态,从而提升河道治理的效果。在施工前期,对河道及周边环境进行详细检查是必要的,以确保施工区域无障碍物,机械设备能够顺利进场,并确保所需材料与设备的准备充分。该技术的关键在于通过土工膜对水流进行控制,使其能够有效穿透河道土层,从而实现复流效果。因此,在施工初期,河道基底必须进行清理与整平,确保底部无杂物,避免对水流顺畅流动造成影响。随后的土方开挖与基底碾压,必须精准进行,确保河道底部的密实度符合设计要求,为土工膜的铺设提供坚实基础。土工膜的铺设是清水复流施工的关键步骤之一,复合土工膜的铺设必须严格按照设计要求进行,确保膜面平整无气泡,接缝部分应通过热熔焊接处理,搭接宽度不小于规范要求,以防止水流渗漏。在河道弯道等特殊位置,土工膜的布置需根据现场具体情况适当调整,确保膜的完整性与水流的畅通无阻。此外,施工过程中还应严格控制湿度与温度,以避免环境因素对土工膜的物理

性能产生不利影响。钢筋网的安装同样至关重要,必须严格按照设计图纸要求进行,确保钢筋的间距与位置准确无误,且绑扎牢固。在安装过程中,应合理设置变形缝,减少水流作用对结构可能带来的潜在影响。钢筋网安装完毕后,进入混凝土浇筑阶段,使用符合设计要求的 C25 商品混凝土,通过泵车将混凝土精确泵送至施工区域,确保每个部分均匀浇筑。同时,使用振捣棒进行振捣,确保混凝土的密实度,避免空洞产生。混凝土浇筑完成后,表面将进行磨光处理,确保其平整光滑,满足清水复流的相关要求。通过这一系列精细的施工操作,最大限度地保障了清水复流技术的实施效果,有效提升了河道治理的综合效果。

2.3 潜坝工程施工方案

潜坝工程施工方案的核心目标是通过精确的施工技术确保坝体的稳定性及其防渗效果,从而为河道治理工程提供坚实的保障。施工前期必须进行全面的现场勘察,特别是对周边环境与地质条件进行详细分析,尤其关注水位变化及土质状况,以确保施工方案能与实际情况相匹配。基础步骤包括对施工区域的彻底清理,清除现场所有杂物,并设置必要的安全标志和围栏,以确保施工过程中的安全。土方开挖是潜坝施工的首要环节,必须严格按照设计图纸执行,确保开挖的深度与宽度符合规范要求。在开挖过程中,特别要注意边坡的稳定性,以防塌方现象的发生,确保施工区域的安全。开挖工作完成后,基底处理同样至关重要,必须使用压路机进行碾压,确保基底的密实度达到设计标准,同时确保基底平整,为后续施工提供坚实的基础。防渗措施作为潜坝施工中的关键步骤,尤其在坝体的核心区域至关重要。应选用高质量的复合土工膜进行防渗处理,确保膜面平整,无气泡与褶皱,接缝部分通过热熔焊接确保稳固,防止水流渗漏。在坝体外层施工时,需按设计要求分层施工,每一层的厚度与压实度应严格控制,以防止渗水问题的发生。钢筋绑扎与混凝土浇筑也是潜坝施工中不可或缺的环节,钢筋需在加工场完成预制,并运至施工现场后,严格按照设计要求进行绑扎,确保钢筋的间距与位置准确,尤其在坝体的变形缝与关键区域,钢筋的配置必须到位。混凝土浇筑时,应通过泵车将混凝土均匀送至施工位置,并使用插入式振捣棒确保混凝土的密实度。混凝土浇筑完成后,需对表面进行修整,确保其平整光滑,符合设计质量标准。这一系列严格施工步骤的实施,确保了潜坝工程的防渗效果与坝体稳定性,最终为河道治理工程提供了坚实的保障。

3 河道治理护岸护坡关键技术控制要点

3.1 基底标高和压实度控制

在河道治理护岸护坡工程中,基底标高与压实度的控制是确保工程质量与结构稳定的关键环节。基底标高的控制应根据设计图纸与现场实际情况进行精确测量,确保开挖深度与宽度符合规范要求,避免偏差对后续施工造成不利影响。每次开挖完成后,应进行基底复测,以确认其符合

设计标高要求。如果发现标高存在偏差，需立即进行调整，并做好相关记录，以确保施工过程的可追溯性与质量可控性。压实度控制直接决定了护岸护坡的稳定性与抗冲刷能力，必须严格按照相关规范要求执行^[1]。通常，压实作业采用压路机等设备进行，每层土方的压实程度应达到设计规定的标准密实度。为确保土层的压实质量，可以通过标准贯入试验或击实试验对土层密实度进行检测，确保每一层土方都得到了均匀且充分的压实。若遇到特殊土质条件，如软土地基，施工团队应采取适当的加固措施，通过增加压实次数或调整施工工艺，确保基底具备足够的承载能力与稳定性。

3.2 复合土工膜的焊接质量控制

复合土工膜的焊接质量在河道治理护岸护坡工程中占据着至关重要的位置，直接关系到防渗效果及工程的长期耐久性。在进行土工膜焊接之前，必须对膜材料进行彻底检查，确保其表面洁净无杂质，以避免对焊接质量产生不良影响。同时，焊接设备应提前进行预热，以确保工作温度达到适宜水平，从而防止温度过低或不均匀，导致焊接接头不牢固^[2]。在实际操作过程中，温度、焊接速度以及施加的压力需要严格控制。若温度过高，膜材料可能会发生变形甚至损坏；若温度过低，则会使接缝不紧密，进而影响防渗效果。操作人员应根据现场的具体情况调整设备的温度与焊接速度，以确保接头均匀、平整且无瑕疵。焊接搭接宽度通常不应小于 10cm，这一要求可确保焊接接缝的牢固性与防水效果。焊接完成后，必须对接缝进行严格的检查。常见的检查方法包括视觉检查与气密性试验，气泡法作为一种有效手段，可检测接缝的密封性是否合格。如发现接缝有缺陷，必须立即进行修复，以确保每一条焊缝都达到设计要求，并杜绝渗漏隐患。

3.3 支护结构的施工与监控

支护结构在河道治理护岸护坡工程中扮演着至关重要的角色，不仅确保了施工过程中的安全性，还为最终结构的稳定性提供了有力保障。支护结构的施工必须严格按照设计方案执行。在此之前，施工现场的土质需经过全面的勘察，根据土壤的特性与强度，选择最适合的支护方式。例如，在软土或松散土层上，深基坑支护或桩基支护通常被采用；而在坚固岩层中，则可以选择较为简单的挡土墙或锚杆支护形式。在具体施工过程中，每一个施工环节，如支护桩的打设、钢筋的绑扎以及模板的安装，都必须严格按照技术规范执行，以确保每一步都精准且可靠。特别是在支护桩的施工中，必须对桩的垂直度、深度及定位进行精确控制，以确保其承载力完全符合设计要求^[3]。施工过程中，实时监控系统的设置显得尤为关键。通过在关键位置设置监测点，结合水准仪、千斤顶等设备进行动态监控，施工人员可以随时掌握支护结构的变形情况，并及时发现施工过程中可能出现的各类问题。尤其在土层发生变化或支护结构受到外部荷载影响时，监控数据为施工人员

提供了及时的反馈，使得必要的调整或加固措施得以及时采取。当监测数据显示支护结构出现异常位移或其他异常情况时，施工应立即暂停，进行检查与修正，以避免潜在的安全隐患。支护结构的质量控制不仅仅局限于施工阶段，而应贯穿整个工程的实施过程。通过精确的施工技术与有效的监控管理，支护结构的稳定性与安全性得以保障，为后续护岸护坡工程的顺利推进奠定了坚实的基础。

4 常见施工问题与应对策略

在河道治理护岸护坡施工中，常见问题包括水位波动、基底处理不当、土工膜焊接质量差以及支护结构失稳等。水位波动，尤其在汛期或季节性变化时，可能影响施工进度与质量。应采取有效的排水措施，确保施工区域干燥，防止水流冲击未完工部分。基底处理不当，尤其在土质松软或水流侵蚀严重的区域，若未充分压实，可能导致后续结构沉降或不稳定。必须严格控制基底的压实度，使用高效设备确保每层土方达到设计密实度。土工膜焊接质量直接影响防渗效果，焊接接头不牢固或接缝搭接不当会导致渗漏。操作人员需严格遵循规范，焊接后进行详细检查，确保接缝无缺陷。支护结构稳定性也需关注，特别是在深基坑或复杂地质条件下。通过精确测量与实时监控，确保支护结构稳定，必要时采取加固措施，防止结构失稳。有效解决这些问题，能够提升施工安全性和工程质量，确保项目顺利完成。

5 结语

河道治理护岸护坡施工是一项极其复杂且技术要求高的工程，涉及多个关键环节与严格的质量控制。每一项施工工艺，从基础施工到清水复流技术及潜坝工程的实施，都需经过精密规划与严格执行，以确保工程的稳固性与长期效果。在施工过程中，通过对基底标高、复合土工膜焊接质量以及支护结构的严格监控，能够有效避免常见问题的发生，从而保障工程的顺利推进。同时，针对河道水位变化以及施工过程中可能遇到的各种风险，必须采取科学且有效的管理措施，以确保施工过程中的安全与质量得到有力保障。随着技术的不断进步，河道治理护岸护坡的施工方法与管理水平也在持续优化，从而为水利工程的可持续发展奠定了更加坚实的基础。

[参考文献]

- [1]张恒. 水利工程河道治理护岸护坡关键施工技术[J]. 工程建设与设计, 2024(24): 118-120.
 - [2]李一如, 周强, 张兴. 水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J]. 水上安全, 2024(20): 175-177.
 - [3]熊志锋. 河道治理中护岸工程设计与施工分析[J]. 水利科学与寒区工程, 2022, 5(4): 86-88.
- 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。

水利工程混凝土施工质量控制技术分析与应用

黄晴晴

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 水利工程混凝土施工质量控制是确保工程稳定性与安全性的关键环节。通过分析混凝土施工中的常见问题, 探讨了混凝土材料选择、施工工艺、质量检测手段等方面的技术控制措施。重点强调了施工过程中的温控管理、配合比调整以及养护措施的有效性, 提出了相应的质量控制方法与技术应用。这些措施有助于提升水利工程混凝土的整体质量, 减少施工过程中的缺陷与风险, 确保工程长期稳定运行。

[关键词] 水利工程; 混凝土施工; 质量控制; 施工工艺; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15833

中图分类号: TU472

文献标识码: A

Analysis and Application of Quality Control Technology for Concrete Construction in Water Conservancy Engineering

HUANG Qingqing

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: Quality control of concrete construction in hydraulic engineering is a key link to ensure the stability and safety of the project. By analyzing common problems in concrete construction, this paper explores technical control measures for concrete material selection, construction technology, quality inspection methods, and other aspects. Emphasis was placed on the effectiveness of temperature control management, mix proportion adjustment, and maintenance measures during the construction process, and corresponding quality control methods and technical applications were proposed. These measures help improve the overall quality of concrete in hydraulic engineering, reduce defects and risks during construction, and ensure long-term stable operation of the project.

Keywords: water conservancy engineering; concrete construction; quality control; construction technology; technical application

引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分, 其施工质量直接影响到工程的安全性和使用寿命。混凝土作为水利工程中主要的建筑材料之一, 其施工质量的控制尤为关键。然而, 在施工过程中, 混凝土质量问题屡见不鲜, 可能导致裂缝、渗水等一系列结构性问题, 进而影响整个工程的稳定性。因此, 深入分析混凝土施工中的质量控制技术, 并提出有效的解决方案, 不仅能够提升工程质量, 还能为水利工程的可持续发展提供保障。

1 水利工程混凝土施工质量控制的重要性与挑战

水利工程混凝土施工质量直接关系到工程的长期稳定性与安全性。确保混凝土施工质量, 能够有效防止结构性损坏、延长工程寿命, 是当前水利工程建设中的重要任务。

1.1 水利工程混凝土施工质量的重要性

水利工程通常涉及大规模的基础设施建设, 其稳定性和安全性对社会和生态环境具有深远影响。混凝土作为最主要的施工材料之一, 广泛应用于坝体、渠道、桥梁等关键部位。由于水利工程通常在极端环境下运行, 如水流冲击、高温变化、潮湿环境等, 因此混凝土的质量直接影响到水利设施的耐久性与安全性。如果混凝土施工质量存在问题, 可能导致结构裂缝、渗漏, 甚至出现重大安全事故, 进而影响整个水利工程的运行效果。

1.2 混凝土施工质量面临的挑战

水利工程混凝土施工质量面临诸多挑战。首先, 施工环境复杂, 温差大、湿度高、强风等因素均可能影响混凝土的硬化和强度; 其次, 材料的选择和配比也是决定混凝土质量的重要因素。如果选择的水泥、砂石等原材料不符合标准, 可能导致混凝土强度不足、耐久性差。再次, 施工工艺不当、工人操作不规范、设备不达标等, 都可能在施工过程中引发质量问题。此外, 养护措施不到位或控制不严格, 也可能使混凝土未能达到设计强度, 影响工程质量。

1.3 质量控制技术的应用与解决方案

为了确保混凝土施工的高质量, 必须采取一系列有效的质量控制技术。首先, 材料选择和质量监控至关重要, 采用符合标准的优质原材料, 确保每一批次的混凝土符合设计要求。其次, 施工过程中应严格按照施工工艺操作, 合理调整混凝土配合比, 确保混凝土的强度和抗渗性达到标准要求。此外, 施工温度的控制至关重要, 应采取温控措施避免混凝土在高温或低温条件下硬化不均, 降低裂缝发生的风险。养护措施也应得到充分重视, 通过湿润养护、遮挡阳光等手段, 有效促进混凝土的水化反应, 确保其强度增长。通过这些技术手段的有效结合, 可以显著提升水利工程混凝土的施工质量, 保障工程的长期稳定运行^[1]。

2 混凝土材料选择与质量控制技术

混凝土材料的选择与质量控制是确保水利工程施工质量的关键。合理的材料选择与精确的质量控制技术能有效提高工程的稳定性与耐久性，减少后期维护成本。

2.1 混凝土材料选择对质量的影响

混凝土的质量直接与所选材料的品质密切相关。水泥、砂石、外加剂等是混凝土配合比中的基本成分，它们的质量和比例决定了混凝土的强度、耐久性、抗渗性能。水泥的种类和质量直接影响混凝土的水化反应及强度增长。一般来说，优质的水泥具有较高的强度和良好的抗化学侵蚀能力，能够有效防止混凝土在长期暴露于水利环境中时发生腐蚀或破坏。砂石的粒径、级配、清洁度及含水量同样对混凝土的密实性和强度产生重大影响，不合格的砂石可能导致混凝土内部孔隙较多，影响其抗压和抗渗性能。此外，外加剂的使用可以改善混凝土的流动性、抗冻性和耐久性，但外加剂的种类和用量必须严格控制，以防对混凝土性能产生负面影响。

2.2 混凝土配合比的优化与调整

混凝土配合比是决定其性能的重要因素。合理的配合比能够确保混凝土的强度、流动性、抗渗性和耐久性达到设计要求。为了优化配合比，通常需要进行试配实验，依据不同水泥、砂石、外加剂的特性和使用环境条件，调整水胶比、骨料比例等关键参数。水胶比的降低通常有助于提高混凝土的强度和抗渗性，但过低的水胶比可能导致混凝土工作性差，施工困难。因此，合理平衡这些参数是混凝土配合比设计的核心。在水利工程中，混凝土的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性至关重要，配合比设计需考虑环境因素，确保混凝土在长期浸泡或潮湿条件下不发生劣化^[2]。

2.3 质量控制技术在混凝土施工中的应用

混凝土质量控制技术包括材料、施工工艺、温控管理等方面。在材料方面，严格采购符合标准的水泥、砂石和外加剂，并进行入场检测，确保质量。施工中，需严格控制浇筑、振捣和养护过程，合理调整配合比，确保混凝土无空隙和裂缝。温控管理至关重要，在极端温度下采取降温或保温措施，防止因温差引起裂缝或强度不足。养护过程中，应保持适当湿度和温度，以促进强度增长。定期进行强度、密实度、抗渗性等检测，确保混凝土质量符合标准。通过这些综合控制技术，可显著提升混凝土质量，保障水利工程长期稳定。

3 施工工艺优化对混凝土质量的影响

混凝土施工工艺的优化直接影响其质量和结构性能。通过改进施工方法、控制工艺参数，可以有效提升混凝土的强度和耐久性，为水利工程的稳定性提供保障。

3.1 施工工艺对混凝土密实性的影响

混凝土的密实性是影响其强度、耐久性和抗渗性能的关键因素之一。施工工艺中的振捣工艺直接影响混凝土的密实性。在混凝土浇筑过程中，振捣不充分会导致混凝土内部出现气泡或空隙，降低其密实度，从而影响其抗压强

度和抗渗能力。采用合理的振捣方法和设备，可以确保混凝土充分密实，消除气泡和空隙，提高混凝土的整体性能。此外，在大规模水利工程中，混凝土的浇筑量通常较大，连续性浇筑和振捣也是提高密实性的关键。通过控制浇筑速度和浇筑厚度，避免出现分层或冷缝现象，确保混凝土各层之间的良好结合，进一步提高密实性。

3.2 施工温度控制对混凝土质量的影响

混凝土的施工温度对其质量具有重要影响，尤其是在高温或低温环境下。过高的施工温度会导致混凝土中的水分过快蒸发，影响水泥水化反应的正常进行，可能造成混凝土强度不足、裂缝产生或早期强度下降。相反，低温施工时，水泥水化反应进程缓慢，可能导致混凝土未能充分固化，进而影响其强度发挥。因此，温控管理在混凝土施工过程中尤为重要。为确保混凝土在极端温度下正常硬化，施工过程中应采取适当的降温或保温措施。例如，在高温天气下，可以使用冰水替代常温水，或在混凝土表面覆盖遮阳网和湿布，减少水分蒸发；在低温环境下，可使用电加热膜或采用温暖养护措施，保持混凝土温度在适宜范围内，以保证其强度和耐久性^[3]。

3.3 养护措施对混凝土质量的保障

养护措施对混凝土的质量至关重要，它直接关系到混凝土的强度增长和耐久性。在混凝土浇筑完成后，初期的养护阶段尤为关键。养护不当可能导致混凝土表面干裂、强度发挥不足等问题，严重时还可能影响整体结构的安全性。为了确保混凝土能够达到设计强度，应采取适当的湿润养护措施。常见的养护方法包括覆盖湿草帘、喷洒养护剂或使用塑料薄膜等，这些方法可以有效减少水分蒸发，保持混凝土内部的水分，促进水泥的水化反应。在夏季高温和干燥环境下，养护更需要加强，通过合理控制养护时间和方法，确保混凝土的强度和耐久性。在冬季施工时，除了保温措施外，还需要避免混凝土表面受冻，确保其正常硬化，避免因冻融作用导致结构性破坏。

通过优化施工工艺，合理控制施工过程中的各项参数，可以显著提升混凝土的施工质量，确保水利工程在长期使用中的稳定性和安全性。

4 温控管理与配合比调整在施工中的应用

温控管理和配合比调整是确保混凝土质量的关键因素。通过科学的温控措施和合理的配合比设计，可以有效提升混凝土的性能，保证水利工程的长期稳定。

4.1 温控管理的重要性与应用

温控管理是混凝土施工中必不可少的一环，尤其在高温或低温环境下施工时更为关键。混凝土在硬化过程中会产生水化热，温度过高会加速水分蒸发，影响水泥的水化反应，导致混凝土强度发展不良，甚至出现裂缝。在夏季高温环境下，混凝土浇筑过程中应采取降温措施，如使用冰水搅拌混凝土、采用遮阳网覆盖、浇水降温等方式，以降低温度差异，防止温差裂缝的产生。而在低温环境下，

混凝土水化反应减缓,强度发展慢,因此需要通过加热、保温等手段保持混凝土温度,确保其正常固化,防止冻害和强度不足。温控管理不仅有助于提升混凝土的强度,也能有效避免因温度变化导致的结构性缺陷^[4]。

4.2 配合比调整对混凝土性能的优化

配合比是决定混凝土性能的核心因素。合理的配合比设计能够确保混凝土具有良好的工作性、强度、抗渗性和耐久性。在水利工程中,由于混凝土通常需要承受长期的水流冲击、潮湿环境和冻融作用,因此其抗渗性和耐久性至关重要。通过调整水胶比、骨料比例、外加剂的使用等,可以优化混凝土的各项性能。例如,适当降低水胶比可以提高混凝土的密实性和强度,但过低的水胶比可能导致混凝土难以施工。因此,合理的配合比设计应在保证施工方便的前提下,兼顾混凝土的强度和耐久性要求。

4.3 配合比与温控管理的协同作用

在混凝土施工中,温控管理和配合比调整需要相互配合,才能最大程度地提高混凝土质量。合理的配合比设计有助于降低温度对混凝土硬化过程的负面影响,而温控措施则能保证配合比所设计的强度和性能能够充分发挥。在施工过程中,尤其是在极端天气条件下,应根据气候变化适时调整配合比,以适应不同温度下的施工需求。同时,温控管理也能确保混凝土在硬化过程中不会因温度过高或过低而发生不良反应,帮助混凝土保持良好的物理和化学性质。两者的协调运作,使得混凝土能够达到最佳的施工效果和长期的稳定性。

5 养护措施对水利工程混凝土质量的保障作用

养护措施是确保混凝土质量的重要环节,合理的养护不仅能提高混凝土强度,还能延长其使用寿命,特别是在水利工程施工中,养护的作用更为突出。

5.1 养护对混凝土强度发展的影响

混凝土的强度主要依赖于水泥与水的水化反应,这一过程需要在一定的湿度和温度条件下进行。养护可以有效保持混凝土内部的水分,促进水泥的水化反应,从而提高混凝土的强度。如果在初期养护过程中,水分过早蒸发或不足,会导致水泥水化不完全,严重时会导致混凝土表面开裂,影响其后期强度发展。因此在浇筑后的早期阶段,必须采取适当的养护措施,以确保混凝土强度的正常增长^[5]。

5.2 防止裂缝与提高耐久性的作用

在水利工程中,混凝土暴露在水流、湿气等环境因素

中,容易发生开裂和腐蚀。通过合理的养护措施,可以有效避免温度变化对混凝土的影响,减少因收缩和温差引起的裂缝。此外,良好的养护还能提高混凝土的抗渗性和抗冻性,延长混凝土的耐久性,尤其是在水利工程的潮湿或低温环境下,养护能够有效避免冻害现象的发生,保障混凝土的长期稳定。

5.3 养护方法的选择与应用

养护方法的选择需要根据施工环境和天气情况来决定。常见的养护方法包括覆盖湿草帘、喷洒养护剂、使用塑料薄膜覆盖等,能够有效保持混凝土的湿度,防止水分蒸发。在高温天气下,除了覆盖湿草帘外,还可以利用遮阳网或喷水来降低温度,避免混凝土表面过快干燥。而在寒冷天气下,应采用加热、保温措施,防止混凝土在低温下冻裂。根据不同气候条件和施工要求,灵活选择养护方法,才能确保混凝土的质量达到设计标准,确保水利工程的长期稳定性。

6 结束语

水利工程混凝土施工质量的保障,离不开严格的材料选择、科学的施工工艺、有效的温控管理、合理的配合比设计以及精确的养护措施。这些环节相辅相成,共同作用于混凝土的强度、耐久性和稳定性,确保工程的长期安全运行。通过不断优化施工工艺与控制技术,能够有效减少质量缺陷,提高混凝土的整体性能,为水利工程的可持续发展提供坚实保障。因此,科学的质量控制与技术应用,始终是水利工程建设中的核心要素。

[参考文献]

- [1] 吴岸琴. 水利工程混凝土结构施工技术应用研究[J]. 湖南水利水电, 2023(1): 89-92.
 - [2] 张璐. 水利工程混凝土结构施工技术分析[J]. 科技资讯, 2023, 21(21): 153-156.
 - [3] 杨世伟. 水利工程混凝土结构质量检测与控制技术分析[J]. 四川水利, 2024, 45(2): 55-58.
 - [4] 陈霞. 水利工程施工中混凝土质量控制技术研究[J]. 水上安全, 2024(21): 166-168.
 - [5] 秦松林. 水利工程施工中混凝土裂缝控制技术及应用案例分析[J]. 数字农业与智能农机, 2025(1): 70-73.
- 作者简介: 黄晴晴(1989.6—), 女, 安徽淮北人, 就职安徽安冉水利工程有限公司, 从事水利工程工程项目施工, 技术负责人、项目负责人等工作。

基于智能技术的城乡供水管理模式探讨

王子龙¹ 赵世梅²

1. 靖边县城乡供水安全服务中心, 陕西 榆林 718500

2. 靖边县水土保持工作站, 陕西 榆林 718500

[摘要]随着人们生活水平的提高,供水设施和技术的要求也在不断提升。本论文以基于智能技术的城乡供水管理为研究主题,主要探讨其优点以及改造和应用的方式。首先,通过文献剖析法、比较法等理论研究方法,解释了智能技术在供水管理中的重要性 and 作用。然后,通过实证调查法和数理统计法对当前城乡供水管理的状况进行了深入分析,发现目前在很多地方还存在许多问题,如供水设施老化、资源浪费、管理低效等。针对这些问题,提出了基于智能技术的城乡供水管理模式,该模式主要包括供水网络智能化、供水设施机器人化、供水数据大数据化等方面。应用结果表明,该模式能够有效提高供水设施的使用效率,减少资源浪费,提高管理效率。研究表明,基于智能技术的城乡供水管理模式具有明显的优势和广泛的应用前景,可以为我国城乡供水管理改革提供有力的技术支持和理论依据。

[关键词]城乡供水管理; 智能技术; 供水设施; 资源浪费; 管理效率

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15838

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Exploration on Urban and Rural Water Supply Management Model Based on Intelligent Technology

WANG Zilong¹, ZHAO Shimei²

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

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

Abstract: With the improvement of people's living standards, the requirements for water supply facilities and technology are also constantly increasing. This paper focuses on the research topic of urban and rural water supply management based on intelligent technology, mainly exploring its advantages and ways of transformation and application. Firstly, the importance and role of intelligent technology in water supply management were explained through theoretical research methods such as literature analysis and comparative analysis. Then, through empirical investigation and mathematical statistics, an in-depth analysis of the current situation of urban and rural water supply management was conducted, and it was found that there are still many problems in many places, such as aging water supply facilities, resource waste, and inefficient management. In response to these issues, an intelligent technology-based urban and rural water supply management model has been proposed, which mainly includes aspects such as intelligent water supply network, robotization of water supply facilities, and big data of water supply data. The application results show that this model can effectively improve the efficiency of water supply facilities, reduce resource waste, and enhance management efficiency. Research has shown that the intelligent technology-based urban and rural water supply management model has significant advantages and broad application prospects, which can provide strong technical support and theoretical basis for the reform of urban and rural water supply management in China.

Keywords: urban and rural water supply management; intelligent technology; water supply facilities; waste of resources; management efficiency

引言

在人类社会的发展过程中,水资源管理问题一直是人们关注的重要议题。在信息技术飞速发展的当下,利用智能技术对供水管理之全面改革,有可能解决供水难题、提升供水效率。我国城乡供水问题尤为突出,尽管在过去我们已进行过多次供水设施的改造和升级,但是依然面临着供水设施老化、资源浪费、管理低效等困境。因此,对于我国的城乡供水管理,迫切需要一种新的管理模式以改革之。在这种背景下,智能技术应运而生,其可以在保障供水安全、提升供水效率等方面发挥巨大的作用。如今智能

技术正在逐步渗透到我们生活的方方面面,其中,基于智能技术的城乡供水管理模式已引起了广大研究者的广泛关注,本文基于此进行深入研究。本文将详细探讨智能技术在供水管理中的优点及其改造和应用的方式,通过深入调查和实证分析,探索出新型的城乡供水管理模式,以期为我国城乡供水管理改革提供有力的理论支持和实施方案。

1 智能技术在供水管理中的重要性和作用

1.1 智能技术的发展概况与供水管理的关系

智能技术在近年来迅猛发展,对供水管理领域产生了深远的影响^[1]。智能技术的进步,包括物联网、大数据、

云计算和人工智能等,为供水管理提供了新的解决方案和工具。供水管理作为城市和农村基础设施的重要组成部分,在智能技术的促动下,实现了从传统人工管理向自动化、智能化的转变。供水管理与智能技术的结合,体现在对水资源的监测与管理上,通过传感器网络的应用,可以实时监控水质和水量,及时发现和处理问题,保证供水的安全性与稳定性。智能技术还在预测和优化供水系统的运行中发挥关键作用,通过对历史数据的分析,智能系统可以预测水的需求量,优化水的分配和输送路径,提高供水的效率和经济性。智能技术的发展为城乡供水管理的现代化和效率化提供了强有力的技术保障。

1.2 智能技术在供水管理中的具体应用

智能技术在供水管理中的具体应用主要体现在几个方面。通过智能传感器技术的应用,可以实现对供水管网实时监测,及时发现漏损和故障,以便进行快速维修,有效减少水资源的浪费。在水质监控方面,智能技术可以通过在线监测设备提供精准的数据,保障供水水质的安全性和稳定性。智能控制系统的引入,使得供水调度更加自动化和高效化,能够根据实际需求进行动态调整,确保供水系统的平稳运行。智能技术还支持大数据分析,为供水规划和管理决策提供数据支持,提升整体管理水平和运营效率。

1.3 智能技术在供水管理中存在的挑战和对策

智能技术在供水管理中的应用尽管展现出广阔前景,但仍面临多方面挑战。技术适配性是首要问题,不同地域的城乡供水基础设施差异较大,智能技术的部署需因地制宜,否则易出现资源浪费或技术失效^[2]。数据安全问题同样突出,大数据在供水管理中的应用需要处理海量敏感信息,若数据泄露或被篡改,可能导致严重后果。智能技术部署过程中对专业技术人才的依赖程度较高,而当前相关领域人才储备不足,难以满足需求。针对上述挑战,应通过加大技术研发投入,提高智能设备适配性,并结合立法与技术手段,保障数据安全。强化技术人才培养,建立高效的供水管理培训体系,也可智能技术的高效应用提供长期支持。这些对策对于实现智能技术全面赋能供水管理具有重要意义。

2 当前城乡供水管理的现状与问题

2.1 城乡供水设施的现状与问题

当前城乡供水设施面临诸多挑战,影响供水服务的质量与可靠性。一方面,许多地区的供水设施年久失修,设备老化严重,难以满足现代供水需求,导致供水中断和水质不稳定等问题频发。管网泄漏问题突出,供水管道老化和破损引起大量水资源的流失,造成水资源的严重浪费与经济损失。另一方面,城乡发展不平衡加剧了供水设施的建设与维护难度,部分地区尤其是农村地区,供水基础设施落后,设施建设滞后于城市,供水覆盖率偏低。由于缺乏现代化管理手段和方案,设施的运维效率低下,难以及

时处理供水设施的问题。这些问题不仅困扰着供水企业,也给城乡居民的日常生活带来不便。通过分析供水设施现状,可为改善供水系统提供依据,为后续引入智能技术改进管理模式奠定基础。

2.2 城乡供水资源的使用与浪费问题

城乡供水资源的使用与浪费问题是当前供水管理中的一大挑战。在许多地区,由于基础设施老化,输水管道频繁漏损,导致大量水资源在输送过程中无谓流失。由于管理制度不完善,供水系统在用水高峰时段常常出现水压不稳,造成水资源配置的不合理与浪费^[3]。部分地区缺乏先进的监测和控制技术,难以实时掌握用水状况,导致过量供水或供水不足的现象时有发生。过度依赖手工操作和传统管理模式,使得资源调配效率低下,不仅增加了运营成本,还对环境与资源造成了一定程度的损害。只有通过引入智能化管理手段,才能有效缓解这一问题。

2.3 城乡供水管理的效率问题

当前城乡供水管理的效率问题主要体现在多个方面。调度管理缺乏灵活性,导致水资源分配不均,供水不足与浪费存在。监控手段滞后,无法实时跟踪供水网络的状态,致使漏水、爆管等问题未能及时处理。信息化水平较低,数据无法有效整合利用,供水决策缺乏科学依据。人力资源管理亦不够高效,相关专业人才匮乏,使得管理水平难以提升。以上问题共同导致供水管理效率的低下,迫切需要借助新技术进行改进。

3 基于智能技术的城乡供水管理模式

3.1 供水网络智能化

供水网络智能化是基于智能技术优化城乡供水系统的重要方式,旨在实现供水过程的实时监控、精准控制和高效运营。通过物联网技术,可在供水网络的关键节点安装智能传感器,以采集水流量、水压、水质等多维度数据。这些数据通过云平台进行统一处理和存储,为全面掌握供水系统运行状态提供基础支持^[4]。借助智能控制系统,可以实现对供水网络中阀门、泵站及管网的自动化调节,从而根据需求动态分配水资源,减少供水网络中的能源和水资源浪费。在故障监测与诊断方面,通过引入人工智能技术,可对管道漏损、设备异常等问题进行迅速定位和预测,提高运维效率。智能化供水网络还能为政府部门与用户提供透明化的用水数据服务,增强供水管理的科学性与互动性。通过智能网络的建设,供水系统的运行效率、供水安全性和可持续性均能显著提升,从而推动城乡供水管理向现代化方向迈进。

3.2 供水设施机器人化

供水设施机器人化是智能技术在城乡供水管理中应用的关键一环,通过引入机器人技术,能够实现供水设施的巡检、维护及故障处理的自动化。依托先进的传感器、人工智能算法以及远程控制系统,机器人可以在管网内部

进行实时监测,精准识别漏损点、管道裂缝和异常压力等问题,并实施高效修复。与传统人工方式相比,供水设施机器人具备高精度、高效率和高安全性的特点,在复杂环境中能够持续作业,降低人为操作带来的失误率。机器人技术的应用减少了人工成本,提升了供水系统的可靠性与稳定性,为城乡供水设施的现代化管理提供了有力支持。

3.3 供水数据大数据化

供水数据的大数据化是实现城乡供水管理智能化的关键环节,通过物联网设备对供水过程中的关键参数进行实时采集,将数据汇总至云端平台进行存储和处理,形成完整的数据链条。利用大数据技术对供水系统运行状态进行动态监控和故障预测,不仅可以提高供水调度的精准性,还能优化资源配置,减少浪费。通过数据挖掘和分析,可为供水设施的维护和管理策略提供科学依据,提升管理效率和决策质量,为城乡供水的可持续发展提供技术支持。

4 基于智能技术的城乡供水管理模式的应用效果

4.1 供水管理效率的提升

基于智能技术的城乡供水管理模式在提升供水管理效率方面表现出显著的优势。通过供水网络的智能化改造,能够实时监测供水管网的运行状态,快速发现和定位泄漏点,从而减少人工巡检的时间和资源浪费。智能传感器设备的应用,可以对供水压力、流量以及水质等关键指标进行在线监控,实现对供水全过程的精准管理。供水设施的机器人化则进一步提高了设施维护的效率,通过自动化检测设备替代人工检查,不仅减少人力投入,还降低了维护过程中可能产生的误差。依托大数据技术,可以整合历史供水数据和实时运行数据,利用先进的算法对供水需求进行预测优化,合理分配水资源并制定科学的调度方案。这种模式有效克服了传统供水管理中响应迟缓和不够精确的问题,使供水管理更加高效、智能,为城乡供水系统的可持续运行奠定了坚实基础。

4.2 供水资源浪费的减少

基于智能技术的城乡供水管理模式在减少供水资源浪费方面具有显著成效^[5]。通过供水网络的智能化,可以实现对水流的实时监控和精准调控,及时发现管网泄漏,降低无效供水。供水设施的机器人化使得管道维护和修复更加高效,从而减少因设备故障导致的水资源浪费。运用大数据分析技术,对用水数据进行全面挖掘和分析,通过优化供水调度和减少非必要的供水环节,实现了用水效率的提升。智能水表的应用增强了对用户用水行为的监测能力,用户在用水过程中的浪费行为得以有效遏制。总体而言,智能技术的应用显著减少了供水过程中的资源浪费,推动了城乡供水管理的可持续发展。

4.3 供水设施使用效率的提高

基于智能技术的城乡供水管理模式对供水设施使用效率的提高具有显著作用。通过供水网络的智能化,能够

实时监测供水设施的运行状态,精准定位故障点并快速修复,降低设备停机时间。供水设施的机器人化实现了自动化巡检与维护,有效减少人为操作导致的误差,延长设备使用寿命。通过大数据分析,对供水设施的运行规律进行预测性维护,避免资源过度消耗和设施过载运行。多个方向的优化相结合,促使供水设施在运行效率和稳定性上显著提升,为城乡供水系统的可靠性和可持续性提供保障。

5 结论与展望

5.1 基于智能技术的城乡供水管理模式的优势

基于智能技术的城乡供水管理模式在现代城市和农村供水系统中具有显著的优势,其主要体现在三个方面。智能技术通过供水网络的智能化改造,利用物联网和传感器技术,实现对水资源流动的实时监控和管理。这种实时性不仅提高了供水系统的反应速度,还增强了对突发事件的应对能力,降低了事故发生的风险,正因如此,供水安全性和可靠性得到了显著提升。

供水设施的机器人化应用,使得供水系统中的维护和操作效率大幅提高。通过引入机器人技术,供水设施的检测、维护和修理可以实现自动化,减少了人为操作失误和劳动成本。机器人能够在环境恶劣或复杂的情况下执行任务,从而确保供水设施的连续性和稳定性。

大数据技术在供水数据管理中的运用,使得供水管理更加精准和有效。通过对海量数据的采集与分析,管理者可以深入了解用水行为、预测供水需求,做出更加科学的决策。这种基于数据驱动的管理模式,不仅提高了供水管理的效率,也在减少资源浪费方面发挥了积极作用,为实现节能环保目标提供了重要支持。

总的来说,基于智能技术的城乡供水管理模式不仅提升了管理水平,还在资源利用、节能减排方面展现了强大的应用潜力,为解决传统供水管理中的诸多难题提供了创新性解决方案。

5.2 基于智能技术的城乡供水管理模式的应用前景

基于智能技术的城乡供水管理模式在未来具有广阔的应用前景。随着物联网、人工智能和大数据等技术的迅速发展,这些技术在城乡供水领域的引入,有助于实现全流程的智能化管理。供水网络的智能化可以有效提高供水系统的运行稳定性,减少管网漏损,提升供水服务的精度和可靠性。供水设施机器人化能够显著提升设备检修效率和精度,降低人工维护的成本和潜在风险。供水数据的大数据化则为科学决策提供了数据支持,通过对海量数据的实时分析实现对供需关系的动态调整,有望消除供水资源的浪费与错配问题。

伴随着智能技术的不断成熟和推广,基于智能技术的供水管理模式将为资源可持续利用和城乡协调发展提供技术保障,构建起更加绿色、高效的供水管理新格局。未来,通过与新能源技术和生态保护理念相结合,该模式将

进一步提升供水系统的可持续性,为全球的城乡供水管理创新提供借鉴与示范。

6 结束语

总体来看,本次研究对基于智能技术的城乡供水管理模式做出了深入研究,首先理论上阐述了智能技术在供水管理中的重要性和作用,然后实证分析了当前我国城乡供水管理的现状和存在的问题,对供水设施老化、资源浪费、管理低效等问题提出了解决方案。最后,本文提出了基于智能技术的城乡供水管理模式,该模式通过供水网络智能化、供水设施机器人化、供水数据大数据化等多方面改进,既提高了供水设施的使用效率,也减少了资源浪费,提高了管理效率,具有明显优势和广阔的应用前景。然而,智能技术的深度应用还有很多不足,而且对于供水设施的老化问题、供水网络的建设和维护等也有一定的研究空白。期待未来更多的研究继续探讨智能技术在供水管理中的深度应用,以及供水设施的优化更新,以推动我国城乡供水管理水平的全面提升。

[参考文献]

- [1] 李娜. 供水管道施工管理技术分析[J]. 工业 A, 2023(4): 52-55.
 - [2] 乔丹. 供水管道智能化监测技术探讨[J]. 城镇供水, 2023(2): 25-27.
 - [3] 李楠. 城市供水管理及对策供水安全[J]. 工程技术, 2020(5): 11-13.
 - [4] 汪晓龙. 集中供水管理模式在农村供水中的探讨[J]. 商品与质量, 2020(23): 33-33.
 - [5] 赵存兰. 探讨如何改革二次供水管理模式[J]. 商业 2.0 (经济管理), 2021(18): 0226-0226.
- 作者简介: 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; 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。

基层河长制湖长制工作探索与实践

柳德海

吴起县河道管护站, 陕西 延安 717600

[摘要]河长制是指由国家各级党政主要负责人担任“河长”,具体负责组织领导其对应河流的管理和保护工作的工作制度。基层河长制湖长制的工作开展效果对我国整体的河湖长制作用是否能够完美发挥有着非常大的影响。文章指出在基层河长制湖长制工作中存在的一些问题,分析问题出现的原因,并相应提出了一些针对性的意见和建议,对各地基层河长制湖长制工作开展具有一定的借鉴意义。

[关键词]基层河长制工作;湖长制工作;探索与实践

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15836

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

Exploration and Practice of Grassroots River Chief System and Lake Chief System

LIU Dehai

Wuqi River Channel Management and Protection Station, Yan'an, Shaanxi, 717600, China

Abstract: The river chief system refers to a work system in which the main leaders of the party and government at all levels of the country serve as "river chiefs" and are specifically responsible for organizing and leading the management and protection work of their corresponding rivers. The effectiveness of the grassroots river and lake chief system has a significant impact on whether the overall role of the river and lake chief system in China can be fully realized. The article points out some problems in the grassroots river chief to lake chief system work, analyzes the reasons for the problems, and puts forward some targeted opinions and suggestions accordingly, which has certain reference significance for the development of grassroots river chief to lake chief system work in various regions.

Keywords: grassroots river chief system work; lake chief system work; exploration and practice

引言

随着我国生态文明建设的不断深入,水资源保护和生态环境治理已成为社会各界日益关注的重点。作为自然生态系统的重要组成部分,河湖水体在水资源的合理利用、生态环境的保护及社会经济的可持续发展中,具有不可忽视的作用。基层河长制与湖长制,作为国家推进河湖治理、改善水环境的一项重要制度创新,已经在全国范围内得到了广泛的应用。通过明确各级政府与管理部门的职责,河湖长制的责任机制得以建立,从而有效推动了河湖水资源的管理与保护。在基层,河长制与湖长制作为治理创新,逐渐成为促进河湖生态修复、解决水体污染、改善水环境质量的重要手段。然而,在实际执行过程中,基层河长制与湖长制的实施,仍然面临诸多挑战。如何提升其治理效果、完善相关制度,已经成为亟需解决的关键问题。围绕基层河长制与湖长制的工作成效,本文将展开讨论,探讨其在实施过程中存在的具体问题,并结合实践,提出切实可行的对策与措施,以进一步推动河湖治理与水环境保护的持续发展,并为基层水资源管理与生态文明建设提供有力支持。

1 基层河长制湖长制的工作评估

1.1 组织体系的建设

基层河长制与湖长制的组织体系建设,是实现河湖治理目标的核心所在。在实施过程中,依据实际需求,各级政府应构建清晰的组织结构,明确各方职责与分工,从而

确保工作得以落实。通常情况下,基层河长制与湖长制的组织体系由党委政府主导,相关职能部门协同配合,形成跨部门协作的工作格局。在该体系中,各级河湖长的职责,已从省、市、县、乡镇至村级得到明确规定,确保每一层级的河湖长能够在其职责范围内履行水体保护与治理责任。此外,为保障工作的顺利推进,河长办公室通常作为重要的协调与监督机构设立,负责具体措施的落实与跟进。在组织体系建设中,基层河长制与湖长制不仅依托传统的行政管理体制,还应建立多方参与机制,以推动社会各界、企业与群众的积极参与。在执行过程中,基层组织应结合地理环境与区域特点,灵活调整实施方案,以便更好地实现河湖治理目标。

1.2 河湖长是否尽职尽责

在基层河长制与湖长制的工作评估中,河湖长是否履职尽责,已成为评估成效的重要标准。各级河湖长肩负着重大的责任,不仅需要统筹管理辖区内的水环境保护与治理,还必须定期检查河湖水质、生态环境以及周边水域资源的状况,以确保水资源的可持续利用。一个尽职尽责的河湖长,应深入一线,走访沿河湖区域,了解当地居民与企业的需求,及时解决问题,并根据具体情况制定相应的治理措施。同时,河湖长还应加强与相关部门的沟通与协作,确保政策与措施得以有效落实。然而,在一些地区,尽管河湖长履行了大部分责任,监管不到位、工作落实不

充分的现象仍时有发生^[1]。尤其是在偏远地区，部分河湖长由于人力、物力以及专业知识的不足，未能完全落实治理任务。

1.3 关于河湖治理的保护

在基层河湖长制与湖长制的工作评估中，河湖治理的保护工作，占据着至关重要的地位。河湖保护不仅仅包括水质的改善，还涉及水生生态系统的修复、湿地保护以及水资源的合理利用等多个方面。基层河湖长需要在保障水源安全、减少污染排放、恢复生态环境等环节中，发挥着关键作用。为了实现有效的河湖保护，水质监测必须定期开展，并根据当地具体情况，制定科学的治理策略，如清理水体中的垃圾、整治非法排污口、推广生态修复技术等。同时，河湖保护工作还应与区域经济社会发展相结合，积极鼓励当地居民与企业参与生态保护，并增强公众的环保意识。通过加强巡查、推动政策落实以及责任制的执行，基层河湖长应确保治理措施得到有效实施。然而，在实际操作中，河湖治理资源投入不足、地方政府关注不够、相关法律执行力度不足等问题，在一些地区依然存在，这些因素在一定程度上，影响了河湖保护效果的提升。

2 基层河湖长制湖长制工作存在的问题

2.1 思想认识需要进一步提高

在基层河湖长制与湖长制的实施过程中，思想认识不足的问题，在许多地区较为普遍。一些地区的相关人员和群众，对河湖保护的紧迫性与重要性，认识不足，认为治理工作应由上级部门负责，从而忽视了基层层面的主动性与责任感。部分地方的领导干部和管理人员，未能深入理解生态环境保护对社会经济可持续发展的长远影响，缺乏将河湖治理视为一项长期、战略性任务的眼光。在某些地区，工作人员缺乏足够的专业知识，未能充分认识到科学治理与保护措施的必要性，导致河湖治理工作在执行过程中，缺乏系统性与协调性。与此同时，部分社会公众的环保意识较为薄弱，河湖污染问题的根源未能有效遏制，某些地区的环境问题依然突出。

2.2 专门机构尚未建立

在基层河湖长制与湖长制的实施过程中，缺乏专门机构，成为一个突出的难题。尽管河湖治理工作在政策层面已有明确规定，但许多地区尚未设立专门的管理机构，致使河湖治理工作缺乏专职人员与系统化的管理机制。部分地区的河湖治理任务，由环境保护、农业、水利等多个部门共同承担，但由于各自职责分散且职能不明确，治理责任变得模糊，工作协调亦存在困难。在一些地方，甚至未设立专门的河湖长制与湖长制办公室，这导致河湖治理的组织协调能力较弱，难以充分调动各方资源，执行力也受到严重影响。此外，专门机构的缺失，使得河湖治理工作缺乏长效机制与专业支持，未能进行定期评估与监督，问题因此难以及时发现并有效解决。

2.3 工作制度落实不到位

在基层河湖长制与湖长制的实施过程中，工作制度的落实不到位，成为一个突出问题。尽管各地已出台相关制度与政策，明确了河湖长的职责与工作内容，但在实际操作中，许多地区未能有效贯彻这些制度。执行上，某些地方存在较大差距，河湖治理工作常常仅停留在理论层面，实际操作的执行力不足。部分河湖长未按要求定期开展巡查与整改，某些制度未能及时更新或完善，导致其缺乏针对性与可操作性^[2]。在制度落实过程中，监督检查不到位，奖惩机制不健全，造成了一些基层单位对工作制度的执行态度松懈，缺乏应有的压力与动力。

2.4 河湖治理任重道远

在基层河湖长制与湖长制的实施过程中，河湖治理面临的任務依然艰巨，前景仍充满挑战。尽管各级政府已采取了大量治理措施，但长期积累的环境问题和生态压力，使得河湖治理的难度依然较大。许多河湖仍面临污染源多、污染程度严重的局面，水质的改善因此十分困难。此外，部分地方的河湖治理缺乏系统性与全面性，常常依赖单一的治理手段，忽视了综合治理与生态修复的长效机制。在多部门、多领域的协调中，由于缺乏有效的统筹与合作，治理效果往往不明显。同时，部分地区的资金投入与技术支持不足，也限制了治理工作的进一步推进。

2.5 河湖统筹治理格局没有形成

河湖治理的整体协调格局尚未形成，成为当前基层河湖长制与湖长制实施中的一个突出问题。尽管河湖长制与湖长制在一定程度上提高了地方政府对河湖管理的重视，但在实际操作中，各级河湖管理依然呈现出“分割式”的局面，缺乏协调一致的治理框架。不同的水体资源，如河流、湖泊和湿地，通常由不同部门或单位各自管理，彼此之间缺乏有效的跨部门与跨区域合作机制。这种局面不仅导致了资源浪费，还造成了政策执行中的重复性与低效率，甚至在某些地区，部分水体的治理被忽视或发生冲突，从而难以形成系统化的河湖保护与治理方案。此外，由于一些地方缺乏全面的统筹规划，难以实现不同类型水体的联动治理，治理措施往往侧重于局部问题，而忽视了整体效果，导致治理效果不理想。随着经济社会的快速发展，城乡之间的差异以及不同区域水体管理现状的差异，进一步加剧了跨区域水体治理的复杂性。

3 基层河湖长制湖长制下一步工作探索

3.1 加强组织领导，增强工作责任感和紧迫感

在推进基层河湖长制与湖长制的过程中，强化组织领导，提升工作责任感和紧迫感，是确保治理成效与执行力的关键。各级河湖长的职责，必须明确到位，确保每个责任人都能清晰理解自身在河湖治理中的主导作用。河湖长不仅需要深入了解所在地区的河湖状况，还应具备足够的决策能力与执行力，在具体工作中发挥核心引领作用。与此同

时,加强对责任落实情况的监督与评估,建立科学的考核机制,能够有效提升责任感与紧迫感。通过定期检查、反馈与问责,确保河湖治理真正落地实施,从而避免出现“上热下冷”的现象。在组织领导层面,地方政府及相关部门领导应保持高度的紧迫感,推动工作的同时,关注治理过程中的难点与瓶颈问题。特别是在治理任务繁重的基层,领导需加强统筹协调,动员各方力量,调动社会资源,最大化地聚合治理合力。同时,通过开展培训与宣传,社会对河湖保护的关注度应得到提升,营造广泛参与的氛围,从而进一步增强基层政府与公众的责任感^[3]。考虑到环境治理的长期性与持续性,领导者的工作,需注重稳定性与连续性,避免因任务周期的变化而导致工作停滞或中断。

3.2 尽快落实河长办公室机构编制,争取更多资金支持

要确保基层河长制与湖长制的有效实施,及时设立河长办公室并争取更多资金支持,成为提升治理能力与保障河湖治理工作的关键举措之一。作为执行机构,河长办公室承担着协调统筹、督促检查、信息汇总与反馈等核心职能,其组织架构的完善,是确保治理顺利推进的基础。目前,许多地区在实施河长制过程中,面临人员配置不足、职能不明确等问题,导致治理工作缺乏有效推动力。因此,各级政府应结合本地区实际情况,尽早明确河长办公室的人员编制与职责范围,确保机构运作能够得到充分的人员保障。此外,河长办公室应当配备具备专业背景的技术支持人员,利用环境保护、生态修复等领域的专业知识,为治理提供科学依据与技术指导,从而提高工作精准性与实效性。资金支持,作为河湖治理的基础保障,落实河长制工作的推进,需要大量财政投入。鉴于水环境治理的长期性与复杂性,地方财政的有限资源,难以支撑全部项目的开展,因此,争取更多的资金支持显得尤为重要。政府可通过多种途径筹措资金,包括争取中央财政支持、增加地方财政预算、吸引社会资本等方式,为河湖治理提供充足资金保障。同时,政府应加强对资金使用的监督,确保资金的高效利用,避免出现浪费或不合理分配的现象。

3.3 优化组织架构,严格落实各级河(湖)长责任

优化组织架构并严格落实各级河(湖)长的责任,是确保基层河长制与湖长制顺利运行的核心步骤。在实施过程中,许多地方面临层级职责不清、任务交叉或责任推诿等问题,导致治理工作效率低下,效果不明显。通过优化组织结构、明确各级河(湖)长的具体职责任务,可以有效推动治理工作的精准落实。各级河(湖)长应当清晰界定自己的职责范围,不仅要加强对辖区内水质和生态环境的总体管理责任,还要深入到具体的工作层面,包括水资源合理利用、水污染防治、非法排污监管等,确保每项工作都能落实到具体人员与部门。优化后的组织架构,要确保上下协同,形成全面的责任链条^[4]。既要明确领导责任,又要强化业务部门的配合,并合理配置人力、物力资源,

形成合力,推动各项任务有序进行。同时,要严格落实各级河(湖)长的责任,建立健全责任追究机制,将各级河(湖)长的绩效与责任挂钩。通过定期考核与评估,督促其履行职责,确保治理工作不流于形式,不走过场。

3.4 创新河湖管护模式,扎实推进各项河湖治理工作

加强河湖的日常监管,不仅要依靠水行政主管部门的管护队伍,还应积极探索建立河道管护机构、实施河湖警长制,并推动综合执法机制。随着水事环境日益复杂,这些措施应尽早纳入日程。通过多措并举,扎实推进各项河湖治理工作。首先,需对排污口整治效果进行复查,确保不会新增排污口,已治理的排污口不再反弹,切实解决排污口问题。同时,要继续推进河湖“清四乱”整治行动,督促各责任单位及时上报工作进展,确保按时完成各项任务。对于“清河行动”回头看中排查出的违法问题,应按照属地管理原则,由相关乡镇(街道)负责清理,并按时间节点要求完成所有问题的整治工作。

3.5 夯实河道巡查制度,筑牢基层管河护河新常态

各级河湖长及河道管理单位人员应该下沉一线,县级河长至少每季度巡河一次,镇级河长至少每月巡河一次,村级河长及保洁员经常性巡河的管理模式,并实地仔细查看河道水质、河岸环境卫生、排污口设置等情况,详细询问河道治理工作进展和存在的问题。随时将发现的问题一一记录下来,现场研究解决方案,并及时交办相关部门落实整改。例如在一次巡河过程中,发现头道川部分河段存在垃圾堆积、水质浑浊的问题。当场责令当地政府和相关部门立即采取措施,清理河道垃圾,加强日常监管,确保河道环境得到有效改善。在主动作为的督促下,相关部门迅速行动,组织人员对河道进行了全面清理,并建立了长效保洁机制,该河段的水质和环境得到了明显提升。

3.6 河道主管单位积极带动各方协同进行黄河流域生态大保护行动

“要想火车跑的快,全靠车头带”,在县级及以下基层,行业单位是专职专责的社会服务体系,承担着特定领域全部职能,单项领域要治理和发展的更好,“火车头”的作用至关重要,我县为从根本上解决河湖污染问题,积极推动实施一系列水环境综合治理工程。主管单位亲自协调相关部门,加大资金投入,紧盯污水处理厂建设、污水管网改造、工业污染源治理等重点项目。在各方的努力下,全县污水处理能力大幅提升,工业废水和生活污水得到有效处理,减少了污染物排放,从源头上改善了河湖水质。聚焦河湖“四乱”问题,督导涉河相关单位、企业强化涉河项目监管和建设任务,安排部署开展诸如“四水共治”“三清一净”“河湖四乱整治”、河道垃圾清理整治等专项行动,安排核查水利部卫星遥感疑似违法违规图斑问题,按期完成图斑问题的核查、整改、上报等任务,通过一系列的日常工作,助推黄河流域大保护治理目标。同时,还

从大力推进河道生态修复工程,组织开展河岸绿化、湿地保护等工作,提高了河湖生态系统的稳定性和自净能力。如今,曾经污浊不堪的河流变得清澈见底,河岸绿树成荫,成为了群众休闲娱乐的好去处。总之,河道治理行业在政策、技术、市场和社会需求的协同推动下,具有长期发展潜力。未来随着绿色低碳理念加深和智慧化技术普及,该行业将进一步向生态化、综合化、智能化方向升级,成为推动区域高质量发展的重要分支。

3.7 凝聚生态文明建设共识,形成社会共治格局

河长制的实施需要全民参与。通过宣传,可以增强公众对水资源保护、水污染防治、生态修复等问题的关注,引导群众自觉参与河流保护,减少污染行为(如乱排污水、倾倒垃圾等)。宣传各级河长的职责,强化责任意识,避免“有名无实”的形式主义。通过媒体曝光、信息公开等方式,倒逼相关部门和责任人主动作为,确保政策执行到位。宣传河长制的工作机制(如河长公示牌、监督举报渠道)可以让公众了解如何参与监督,形成对污染行为的有效制约。河长制是生态文明建设的重要组成部分,通过宣传其目标和成果(如水质改善、生态恢复),可以强化“绿水青山就是金山银山”的发展理念,推动全社会形成绿色发展共识。河长制的宣传不仅是政策解读,更是生态文明价值观的传递。通过多渠道、多形式的传播,能够动员全社会力量,为水环境治理和可持续发展提供持久动力。通过举办“世界水日”“中国水周”主题宣传活动、发放宣传资料、设立宣传栏等方式,向广大群众普及河湖保护知识,提高群众的环保意识和参与度。在自己的倡导下,全县形成了“爱河护河、人人有责”的良好氛围,越来越多的群众主动参与到河湖保护行动中来。此外,还鼓励民间

志愿者组织和社会组织参与河湖治理监督工作,形成了政府主导、部门协同、公众参与的河湖治理新格局。

4 结语

基层河长制与湖长制在水资源保护与治理中,已发挥了至关重要的作用,尤其是在水环境改善与生态修复方面,已取得了一定的成效。尽管在实施过程中,面临一些挑战,如制度落实不到位、河湖治理缺乏有效统筹等问题,但通过进一步优化组织结构、完善工作机制,并增加资源投入,预计这一制度将得到进一步发展和完善。随着社会各界对水资源保护的日益关注,基层河长制与湖长制将继续在推动水生态文明建设及实现可持续发展目标中,发挥关键作用,为我国水治理工作奠定坚实基础,助力构建绿色、健康的生态环境。

[参考文献]

- [1]方国华,林泽昕.调动基层河湖长积极性全面建设健康河湖[J].中国水利,2020(14):4-6.
- [2]舒伟,孙丽君.九江市河长制湖长制工作主要经验和启示[Z]//河海大学,生态环境部长江流域生态环境监督管理局.2019(第七届)中国水生态大会论文集.江西省九江市水利局;2019:11.
- [3]薄传梅,裴学军,周迎奎.基层河长制湖长制工作探索与实践[J].水利技术监督,2019(3):82-84.
- [4]凌君德.基层河长制湖长制工作探索[J].治淮,2020(4):43-44.

作者简介:柳德海(1978.8—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:水利水电工程,单位名称:吴起县河道管护站,就职单位职务:河长办副主任、河道管护站站长,职称级别:工程师。

大坝建基面保护层开挖工艺研究

穆晓东 张盼 朱鹏蓉

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司, 陕西 西安 710000

[摘要]某水利枢纽工程大坝基坑基础平面呈扇形布置, 上弧长 102.33m, 下弧长 57.16m, 设计保护层厚度 5m, 边线长度 65m, 基坑平面面积 5156.5m², 保护层开挖工程量为 25782.5m³。由于开挖工期紧任务重, 加之地质条件不利于开挖质量控制, 对此, 为保证施工进度及开挖质量, 文中重点叙述了大坝建基面保护层开挖以先锋槽进行掏槽施工后进行水平预裂爆破的施工方式进行, 总结分享相关应用效果及经验。

[关键词]建基面; 保护层; 开挖工艺; 研究

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15826

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on excavation technology of protective layer for dam foundation surface

MU Xiaodong, ZHANG Pan, ZHU Pengrong

Sinohydro Construction Engineering Consulting Northwest Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: The foundation plan of a dam foundation pit in a certain water conservancy hub project is arranged in a fan-shaped pattern, with an upper arc length of 102.33m and a lower arc length of 57.16m. The designed protective layer thickness is 5m, the edge length is 65m, the foundation pit plan area is 5156.5m², and the excavation volume of the protective layer is 25,782.5m³. Due to the tight excavation schedule and heavy workload, coupled with unfavorable geological conditions for excavation quality control, in order to ensure construction progress and excavation quality, this article focuses on the construction method of excavating the protective layer of the dam foundation surface using a pioneer groove for excavation construction followed by horizontal pre splitting blasting, and summarizes and shares relevant application effects and experiences.

Keywords: foundation surface; protective layer; excavation technology; research

1 工程概况

DB 基坑开挖由基坑上游边坡开挖、基坑槽底开挖及基坑下游边坡开挖三部分组成。DB 基坑上游边坡开挖从 EL. 800~EL. 750.00m 一个台阶, 开挖坡比 1:0.3~1:0.6, 马道宽度 0~2m, 分 EL. 790、EL. 780、EL. 770、EL. 760、4 个台阶开挖, 左右边坡对称分部; 集水坑布置在 DB 槽底上游 10m 位置, 集水坑长 17m、宽 12m, 集水坑底板高程 EL. 745, 集水坑顶部高程 EL. 750。

DB 基坑槽底基础呈扇形分部, 槽底水平投影长 272.22m, 槽底宽度 65m, 从 EL. 800~EL. 752.00, 高差 48m, 分 5 个台阶, 每 10m 一个台阶, 分别为: EL. 790、EL. 780、EL. 770、EL. 760、EL. 750、左右侧对称分部, 开挖比 1:0.6~1:0.8。

DB 基坑下游边坡开挖从 EL. 800~EL. 770, 10m 一个台阶, 开挖坡比 1:0.3~1:0.45, 马道宽度 0~2m, 分 EL. 799、EL. 789.50、EL. 780、EL. 770、4 个台阶开挖, 左右边坡对称分部。

2 工程地质

坝基区出露主要为震旦-寒武系, 岩性以黑云母石英片岩为主, 岩质坚硬, 抗风化力较强。岩石以灰色、深灰色为主, 经取样检测, 大坝区震旦-寒武系喀纳斯群二段岩石矿物组成以石英(含量约在 45%~85%)及云母(含

量约在 15%~40%)为主, 其单轴饱和抗压强度平均为 85MPa 左右, 属坚硬岩。

3 工期分析

3.1 先锋槽掏槽施工分析

展开基坑平面图, 共设置三道先锋槽, EL. 753 开挖至 EL. 749.7(含 30cm 技术超挖), 掏槽两侧坡比 1:0.3, 开挖深度 3.3m。主爆孔孔距 1.0m, 排距 2m, 典型段面共计造孔 34.26m。

(1) 爆破进尺: $(103.8+80.7+49.3m) \div 2m \times 34.26m=4005.0m$ 。

(2) CM351 钻机每台班(8 小时)进尺 100m, 每日 2 班, 共配备 3 台, 每日进尺 $100 \times 2 \times 3=600m$, 则掏槽造孔需 $4005 \div 600=6.675d$ 取 7d。

3.2 出渣强度分析

掏槽施工共需出渣 $(103.8+80.7+49.3m) \times 34.45m^2=8054.41m^3$, 1 台 2.2m³ 液压反铲每台班(8 小时)挖装石渣 1100m³, 配置 4 台挖机, 则每日可装渣 8800m³, 则出渣需 1d。

3.3 水平预裂孔施工分析

展开基坑平面图, EL. 750.00 上游坡面掏槽长度 103.8m、中部掏槽长度 80.7m, 下游掏槽长度 49.3m, 预裂孔间距 0.8m, 孔长 12.5m, $(103.8+77.3+80.7+49.3)$

$\div 0.8=389$ 个; 预裂总进尺: $12.5 \times 389=4861\text{m}$; QZJ-100B 钻孔水平预裂每台班 (8 小时) 进尺 20m, 每日 2 班, 共配备 10 台, 每日进尺 $20 \times 2 \times 10=400\text{m}$; 按效率推算, 则预裂造孔需 $4861 \div 400=12.15\text{d}$ 取 13d, 考虑水平预裂钻孔搭设样架时间取 3d。

3.4 辅助孔施工工期分析

展开基坑平面图, 基坑平面面积为 5156.5m^2 。爆破孔间排距按 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 布置, 平均孔深 3.1m, 总进尺为: $5156.2 \div (3\text{m} \times 3\text{m}) \times 4.1=2348.9\text{m}$; CM351 钻机辅助孔每台班 (8 小时) 进尺 120m, 每日 2 班, 共配备 4 台, 每日进尺 $120 \times 2 \times 4=960\text{m}$; 按效率推算, 则辅助孔造孔需 $2348.9 \div 960=2.53\text{d}$, 取 3d。

3.5 出渣强度分析

总开挖方量为 $25782.5-8054.41=17728.1\text{m}^3$ 。1 台 2.2m^3 液压反铲每台班 (8 小时) 挖装石渣 1100m^3 , 配置 6 台挖机, 则每日可装渣 13200m^3 , 则出渣需 1.341d 取 2d。综上, 采用水平光爆开挖方式, 共计需 $7\text{d}+1\text{d}+13\text{d}+3\text{d}+3\text{d}+2\text{d}=29\text{d}$ 完成。

4 基坑开挖主要施工程序

4.1 土石方开挖施工总体程序

(1) 土石方开挖应分层开挖, 根据设计图纸, EL. 800.0 以下每级马道高差 10m, 土石方分层按 $5\text{m} \sim 8\text{m}$ 分层。

(2) 土石方平台开挖范围较大时, 应按前、后沿分别开挖, 前沿开挖可以超后沿 2 级边坡的高度, 将石渣翻至基坑, 减少平台开挖的压力。

(3) 施工程序: 测量放线 \rightarrow 分层开挖 \rightarrow 边坡预裂 \rightarrow 开挖爆破 \rightarrow 反铲装车 \rightarrow 1#渣场 \rightarrow 边坡浅层支护及深层支护, 未完成部分在脚手架上施工。

4.2 边坡支护施工总体程序

(1) 边坡浅层支护: 施工程序: 测量放线 \rightarrow 排架搭设 \rightarrow 钻孔 \rightarrow 锚杆安装 \rightarrow 注浆 \rightarrow 钻排水孔 \rightarrow 安装 PVC 排水管 \rightarrow 挂网 \rightarrow 喷护 \rightarrow 检查验收。

(2) 边坡深层支护: 边坡深层支护是指锚索及预应力锚杆施工, 因工期较紧, 支护工程量大, 只能搭设承重脚手架, 在排架上用锚索钻机及 100B 钻机钻孔, 其中编索、穿索及张拉都在排架上进行施工。张拉锚杆长度 $9\text{m} \sim 12\text{m}$, 用 100B 钻机钻孔, 在脚手架上进行注浆、张拉。

(3) 施工程序: 测量放线 \rightarrow 排架搭设 \rightarrow 锚索定位 \rightarrow 钻孔 \rightarrow 编索 \rightarrow 穿索 \rightarrow 张拉 \rightarrow 锚墩施工 \rightarrow 检查验收。

4.3 主要施工方法

4.3.1 爆破施工主要方法

(1) 先行开展生产性爆破试验, 优化确定钻孔及爆破参数, 生产性爆破试验主要对钻孔、起爆网络、单孔耗药量等钻孔及爆破参数进行优化明确, 以确保可以获得最佳钻爆验证参数, 最大程度提高爆破效果, 保证开挖质量。

(2) 对紧邻大坝建基面上的梯段台阶爆破、缓冲爆

破以及受限制的掏槽爆破开挖采用爆破孔间微差起爆网络, 以便控制最大段长单响药量, 减弱爆破时的震动影响。

(3) 大坝两侧岩石边坡和大坝建基面采用预裂爆破方式开挖, 基础缺陷置换区采用预留保护层方案施工。

4.4 基坑开挖与支护衔接措施

基坑采用边开挖边支护跟进措施, 锚杆钻孔采用成孔效率较高的液压钻机, 对锚杆注浆、喷混凝土采用可快速拆装的组装排架作为工作平台, 同时为配合快速支护施工, 台阶高度一般为 10m, 一次爆破, 搭设可快速拆装的组装排架, 快速进行浅层支护, 第二层出渣结束后开始下层浅层支护, 依此循环。锚索、排水孔等工序施工滞后一般不大于两个台阶。

4.4.1 爆破方法

本工程明挖爆破采用数码电雷管进行爆破施工。选用的爆破材料有二级岩石乳化炸药和导爆索。钻机采用 100B 快速钻进行槽底预裂钻孔及马道光面爆破, 履带液压钻机进行基坑上游及下游预裂、爆破孔施工, D9 液压钻进行锚杆施工, YT-28 手风钻进行排水孔施工。YT-28 手风钻进行解炮、保护层、地质缺陷部位的施工。

(1) 梯段爆破

岸坡梯段高度按照 $10\text{m} \sim 15\text{m}$ 进行控制, 钻孔以金科高压冲击钻机造孔, 靠近预裂面采用两排爆破孔, 爆破孔孔径、装药量以及起爆网络参数参照缓冲爆破孔相关参数控制。

为了提高爆破效率, 一般爆破采用大孔距、小抵抗线的布孔方式, 连续装药结构和孔间微差, 保证爆破后的渣料粒径大小均匀, 便于挖取和运输。爆破孔在成孔过程中, 技术人员及监理人员必须对成孔质量及网络参数进行验收检查, 若发现成孔质量不合格或网络参数不满足爆破设计要求, 需立即返工, 并满足设计要求为止。

梯段主爆破孔采用常规粉状乳化炸药装药, 爆破缓冲孔采用条形乳化炸药连续装药。基岩爆破单耗药量根据实验成果按 $0.35 \sim 0.45\text{kg}/\text{m}^3$ 设计实施。梯段爆破采用数码电雷管起爆, 梯段爆破最大起爆药量通过生产性试验确定, 取得爆破试验成果前, 距大坝建基面 40m 以外单响药量控制在 200kg 以内, $30 \sim 15\text{m}$ 范围控制在 100kg 以内, 15m 范围内控制在 50kg 以内。

(2) 预裂爆破

① 预裂爆破布孔形式

预裂爆破, 是沿设计边坡轮廓布设一排预裂钻孔, 用不耦合装药结构, 在开挖区爆破孔未起爆前, 首先起爆, 沿边坡轮廓一排炮孔中心连线的岩体, 被爆能切割成缝。

预裂钻孔分部位进行钻孔的设计, 减少爆破对坡面、马道和建基面的破坏。

② 缓冲孔

梯段爆破缓冲孔主要是为了减少主爆破孔爆破对后侧边坡的震动影响, 在梯段爆破主爆孔与边坡开挖爆破孔

之间增加 1 至 2 排缓冲爆破孔,其爆破规模比主爆孔爆破规模要小一些。

缓冲爆破参数结合试验确定为:梯段高度 $>5\text{m}$ 的爆破,设计 2 排缓冲爆破孔,孔径确定为 $\phi 80\text{mm}$ 、孔距确定为 $1.5\sim 2.0\text{m}$ 、排距确定为 $1.5\sim 2.0\text{m}$,其他爆破孔均与梯段爆破设计参数一致。爆破参数在实施过程中,也会根据地质情况和爆破成果及时进行优化调整修。

(3) 槽挖爆破

坝基先锋槽开挖爆破主要为大坝断层置换槽挖和地质缺陷、基础处理等部位。断层槽挖高度约 8m ,宽度大于 8m 。其他槽挖宽度一般小于 4m 。

坝基先锋槽开挖采用小直径炮孔进行分层爆破开挖,遵循先中间后两边的“V”型爆破开挖工艺,在形成爆破临空面后,再向岸坡两侧扩挖爆破,坝基周边爆破必须采用光面爆破或预裂爆破工艺。

宽度小于 4m 的槽挖爆破孔和预裂孔(光爆孔)均采用手持式风钻造孔,孔径 42mm ,预裂孔一次钻孔至设计深度,周边光爆孔或预裂爆破孔间距 $0.4\text{m}\sim 0.5\text{m}$,爆破孔采用分层爆破、炮孔深度不大于 1.5m ,临近设计面采用小药量台阶多次爆破的施工方法。坝基先锋槽两侧的预裂爆破必须先后起爆;若要求先锋槽两侧的预裂爆破同时起爆,一侧的预裂爆破也必须需延时滞后 100ms 。有条件的部位,先施工周边预裂孔,然后再在一个部位采用浅孔小药量台阶爆破方法找出槽挖的底面开挖线,然后采用水平光爆的施工方法进行爆破施工。宽度小于 4m 的沟槽爆破最大一段起爆药量不得大于 50kg 。

宽度大于 4m 的槽挖爆破有作业平台的部位采用阿特拉斯 D9 液压钻机钻预裂和爆破孔,无作业平台的部位采用手风钻和快速钻钻孔。爆破台阶高度分为 $2\sim 4\text{m}$ 一层。其余技术要求同宽度小于 4m 的槽挖爆破。

(4) 基坑建基面爆破

基础建基面开挖主要是边坡马道及建筑物基础建基面保护层的开挖。马道及 750m 建基面、 755m 高程以下采用预留厚 5.0m 厚的岩石基础保护层,进行水平预裂爆破或光面爆破。

4.5 钻孔质量控制措施

QZJ-100B 钻机的工作原理是利用风压带动冲击器对岩石进行冲压打磨而成孔。因此遇上较为破碎的岩石时容易将钻头引向岩质较弱的一边导致漂钻。对此需要对操作手进行培训加以处理,有经验的操作手能够根据钻机工作的声音变化加以判别,然后采取退钻、进钻反复操作避免漂钻。为了避免漂钻现象要合理地选择开挖的台阶高度;为了得到精准的预裂孔,在找孔过程中还要随时进行检查纠正。

(1) 方向角控制

爆破孔成孔主要采用 100B 轻型辅助支架钻机成孔,根据测量放样参数布设支撑样架,在角度参数调整就位后对辅助支架进行固定。其后标识具体孔位,在将导轨风动

钻机安装固定在辅助支撑架上。开孔时缓慢匀速加压,并对基岩面不平整部位,提前用凿除设备清理出孔口。当成孔钻进 $5\sim 20\text{cm}$ 时,必须进行一次钻机倾角和方位角的效验调整,发现偏差及时纠正。钻进中需要随时检查纠偏钻机方位角及倾角,直至终孔深度。终孔后由监理和质检对孔位、孔深和方位角度等参数,采用水平尺、角度尺、线锤等工具进行验收,合格后用合适的堵塞物封堵保护孔口。对于不合格的钻孔,回填处理后重新开孔补钻。

基坑预裂孔主要采用 QZJ-100B 潜孔钻造孔。由于 QZJ-100B 钻机本身结构尺寸决定了需要一定空间满足架钻要求,990m 以下每 15m 高度(一级设计槽坡高度)在槽坡下部超挖 30cm 形成施工平台。

(2) 样架控制

在造孔施工前,由施工测量人员和监理测量工程师联合按爆破设计孔位参数放样预裂孔位,并用醒目标识进行现场标记,现场技术员对钻孔施工人员交底钻孔作业指导书(主要包括开孔的位置、角度、深度、数量),钻孔施工人员根据作业指导书所示参数将钻机进行调整固定,钻机导轨和样架必须采用活动连接件进行固定成整体,以便参数修正,钻机就位后用数字或机械量角器检查钻孔倾角和方位角,钻孔过程重点对钻进至 20cm 左右的孔段及时调校钻孔偏差,确保钻孔质量符合设计要求。

(3) 钻孔偏差控制

在现场施工中,预裂孔成孔是最容易发生钻孔偏差的。影响钻孔质量的因素较为复杂,在现场实施中导致偏差的主要因素有:①开孔时由于操作不当和钻机工况的影响,容易导致钻孔偏差;②岩体裂隙较为发育、岩质松散的部位易发生偏差;③钻机本身性能的限制和固定不牢固,造孔过深容易导致偏差,QZJ-100B 钻机一般在 15m 以内的造孔过程表现良好。

从钻机的构造我们可以看出钻机的冲击器距限位装置较远,在开口的时候对钻孔的角度控制不利。对此在钻机的底端增加导向管扶正器辅助成孔。导向管起着限位的作用,能够有效的控制开孔及钻进时的角度。由于导向管处于机身的下端需预备两种型号的,便于限制钻头和钻杆,这样就能在开钻和造孔整个过程中发挥其作用。

5 保护层具体开挖方案

5.1 水平光爆施工方案

结合现场情况,拟定三条槽挖,掏槽位置:上游集水坑与大坝建基面交界处、大坝建基面中部以及大坝建基面下游与水垫塘交界处,掏槽宽度 5m 。大坝基坑建基面保护层掏槽施工完成后,分别向上下游掘进,设计结构面均采用水平光面爆破技术施工。

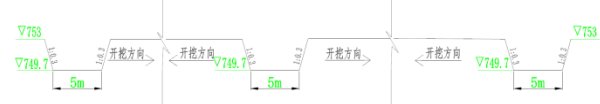


图 1 水平预裂方向示意图

表 1 柔性垫层开挖爆破钻孔参数表

类别	钻爆参数	钻孔机械	孔径 (mm)	孔距 (m)	排距 (m)	药卷直径 (mm)	孔底垫层 (cm)	炸药单耗 (kg/m ³)
垂直光爆孔		CM351 钻机	Φ90	1.0	2.0	Φ80	≥100	0.25-0.3

表 2 水平建基面预裂爆破钻孔参数表

类别	钻爆参数	钻孔机械	孔径 (mm)	孔距 (m)	排距 (m)	药卷直径 (mm)	线装药密度或单耗 (g/m) 或 (kg/m ³)
水平预裂孔		QZJ-100B	Φ90	0.6~0.8	/	Φ32	ρ=349
辅助孔		CM351	Φ90	2.0	2.0	3×Φ32	q=2.7

5.1.1 爆破设计

(1) 先锋槽掏槽开挖

掏槽开挖爆破采用金科 CM351 液压钻机造孔, 每循环推进进尺 5m。孔底不小于 100cm 的柔性垫层, 初定掏槽开挖钻爆参数见下表 1。

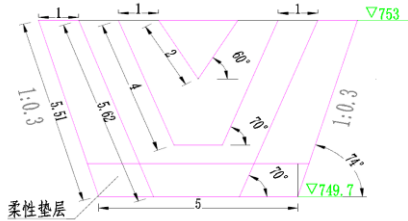


图 2 先锋槽掏槽剖面图

(2) 建基面水平光爆

建基面水平预裂孔采用 QZJ-100B 钻机造孔, 辅助爆破孔采用 CM351 钻机造孔, 孔底距建基面高度不小于 1.2m。水平建基面预裂爆破每循环推进进尺 12.5m。初定水平建基面预裂钻爆参数见下表 2。

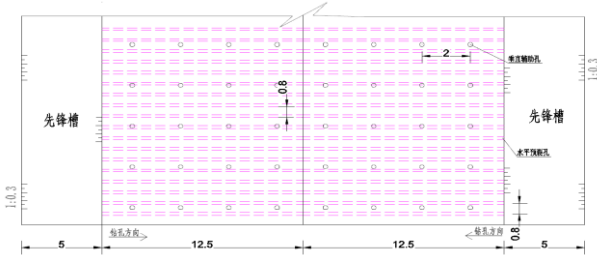


表 3 孔位布置示意图

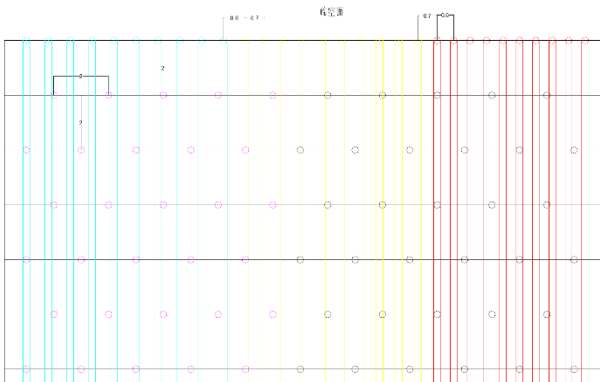


表 4 预裂钻孔布置图

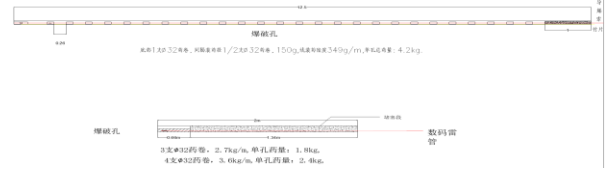


表 5 装药示意图

5.2 保护层开挖质量控制措施

(1) 在进行坝肩槽建基面预裂孔钻孔时, 根据已制定的质量管理制度和作业指导书, 实施钻孔“定人、定机、定孔”三定制度; 钻机操作手及质检人员对钻孔过程严格检查控制。

(2) 开口时使用弱冲击慢钻进的方法, 钻进深度达到 20cm、50cm、100cm 时, 分别校验一次, 合格后方可正常钻进。

(3) 钻孔工序衔接: 钻孔操作手对每个预裂孔孔内返渣 (吹出的岩粉) 情况进行记录, 如实反映钻孔穿过地质情况, 以便据此进行爆破参数优化调整。

(4) 在进行预裂孔底部装药量、孔口部分装药量及孔口堵塞段长度均按照爆破设计严格控制。用 Φ32mm 乳化炸药按给定的线装药密度均匀地绑扎在宽约 3cm 的竹片上, 导爆索紧挨炸药与竹片绑在一起。堵塞段以编织袋和沙土为堵塞材料。

6 实施效果及总结

6.1 预裂面爆破效果

预裂爆破后, 爆破面缝宽为 1~2cm, 开挖轮廓面上, 残孔痕迹应均匀分布, 预裂孔壁不应有明显的爆破裂隙, 预裂面平整度严格控制在设计技术要求的 10~15cm 内。

残孔痕迹保存率控制: 节理裂隙不发育的岩体必须达到 95% 以上; 节理裂隙较发育的岩体达到 75% 以上; 节理裂隙极发育的岩体达到 58% 以上。

6.2 质点振动速度监测成果。

表 3 安全质点振动速度表

单位: cm/s

项目	部位		备注
建基面	建基面 (保护层前缘开挖)	8	距离此梯段 10m 处
	建基面 (保护层开挖)	5	距离此梯段 10m 处
边坡	基坑上、下游边坡	15	距离此梯段 10m 处

6.3 爆破工艺总结

(1) 梯段爆破施工前, 必须针对性地开展现场爆破生产性试验, 直至获取最优爆破参数, 保证爆破质量。爆破孔钻孔孔径: 本工程结合地质情况总结出梯段爆破不大于 150mm, 紧邻保护层上部的梯段爆破、预裂爆破、光面爆破不大于 90mm, 保护层爆破不大于 50mm。钻孔孔位、间距、排距、角度等造孔参数必须符合爆破设计要求。钻孔偏差: 钻孔孔位偏差不大于 1°、孔位偏差不大于 10cm。钻孔孔深: 梯段爆破钻孔不穿入预留的建基面内。无论采用何种保护层开挖爆破方式, 钻孔均不得穿入建基面。

(2) 开挖轮廓线上爆破后残留的炮孔应均匀分布。残孔率, 对于微新岩体应大于 95%; 对于弱风化岩体应达到 80%以上; 对于强风化岩体应达到 50%以上。相邻三个残留孔间的不平整度不大于 15cm, 对于不允许欠挖的结构部位应满足结构尺寸的具体要求, 残孔壁面不应有明显爆破裂隙, 除明显地质缺外, 不产生裂隙张开、错动及层面抬动问题; 对于台阶状开挖部位, 预裂孔应钻至台阶面上方 50cm 处; 预裂范围应超出相应梯段爆破区以外, 当不能一次预裂到设计开挖底线时, 预裂炮孔应比梯段炮孔

超深一定孔深, 超深值不小于 30 倍梯段炮孔的药卷直径。

7 结语

大坝基坑保护层开挖是水利枢纽工程建设的关键环节, 其技术进步与实践经验的积累对保障工程安全、提升施工质量具有重要意义, 文章围绕大坝基坑保护层开挖工艺展开研究, 通过理论分析、数值模拟和现场试验等手段, 对保护层开挖过程中的关键技术问题进行了深入探究, 对保障工程安全和质量具有重要意义, 相信随着研究的不断深入和技术的不断进步, 大坝基坑保护层开挖技术将不断突破, 并得到进一步发展, 为未来水利枢纽工程大坝的安全建设和运行提供更加有力的支撑。

[参考文献]

[1] 蒋伯杰, 邹奕芒. 基础开挖爆破损伤的度量与控制[J]. 爆破, 2004, 31(3): 56-57.

[2] 孙晗. 刍议水利水电工程混凝土施工技术[J]. 科技风, 2020(8): 146.

作者简介: 穆晓东 (1998.2—), 工作单位, 中国水利水电建设工程咨询西北有限公司; 职务总监理工程师。

水利工程招投标阶段的造价管理策略研究

鲁莉

新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着水利工程项目规模的不断扩大, 招投标制度逐渐成为主要的竞争机制。在招投标阶段, 造价管理仍面临着诸多挑战, 如预算超支以及项目质量潜在影响等问题。由于水利项目的复杂性, 造价控制变得更加困难。因此, 在招投标阶段有效地进行成本控制、降低风险, 已成为提升项目管理水平、确保项目可持续发展的关键问题。为此, 制定科学的预算编制、合理的招标文件以及有效的风险管理策略, 成为保障项目顺利推进和控制造价的有效手段。

[关键词]水利工程; 招投标; 造价管理

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15823

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Research on Cost Management Strategies in the Bidding Stage of Water Conservancy Engineering

LU Li

Xinjiang Hengxin Engineering Project Management Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the continuous expansion of water conservancy engineering projects, the bidding system has gradually become the main competitive mechanism. In the bidding stage, cost management still faces many challenges, such as budget overruns and potential impact on project quality. Due to the complexity of water conservancy projects, cost control has become more difficult. Therefore, effectively controlling costs and reducing risks during the bidding stage has become a key issue in improving project management and ensuring sustainable development of projects. Therefore, formulating scientific budget preparation, reasonable bidding documents, and effective risk management strategies have become effective means to ensure the smooth progress of projects and control costs.

Keywords: water conservancy engineering; bidding; cost management

引言

水利工程作为基础设施建设的核心部分, 直接关系到经济发展与民生保障。招投标制度已成为实施项目的主要方式, 而招投标阶段的造价管理则对确保项目按期完成及提高资金使用效率起着至关重要的作用。在实际操作中, 招标文件的不规范、投标预算的不准确以及风险管理的缺失等问题, 严重影响了造价控制的效果。鉴于此, 寻求切实可行的造价管理策略, 已成为水利工程项目管理中的关键议题。

1 水利工程招投标阶段造价控制的重要性

水利工程的规模和复杂性使得招投标阶段的造价管理尤为关键。合理的造价控制不仅直接影响项目的经济效益, 还深刻影响工程的可持续性及其对社会的贡献。涉及巨额资金、较长建设周期以及设计、施工、设备采购等多个环节的水利工程, 造价管理的精确性将直接决定项目是否能按预算顺利完成。在招投标阶段, 如果未能有效预测并控制造价, 资金超支、工程进度延误甚至影响项目质量的风险将大大增加。招投标阶段的造价控制为后期的风险管理奠定了基础, 投标过程中的预算编制、报价策略及合同条款等, 都会直接影响到后续的成本控制与风险应对。通过精确的造价管理, 不仅能够及时识别潜在的成本风险, 还能通过优化设计、合理报价等手段减少不确定因素对造

价的负面影响。若在这一阶段出现失误, 其后果往往会被放大, 可能导致资金压力增加、管理困难, 甚至引发合同纠纷, 从而影响项目的顺利执行。作为涉及公共利益的关键项目, 水利工程的招投标阶段造价管理在政府与社会资源的有效配置中起着重要作用。未能在这一阶段进行科学的造价控制, 不仅可能导致公共资金浪费, 还可能影响其他基础设施项目的资源分配。因此, 实施有效的造价控制策略不仅是确保项目高效执行的关键, 更是保障其社会、经济与环境效益的基础。

2 水利工程招投标阶段造价控制管理问题分析

2.1 招标文件存在漏洞

招标文件在整个招标过程中扮演着至关重要的角色, 既是投标人参与竞标的唯一依据, 也是评标和定标的基础。在实际操作中, 许多招标文件存在漏洞, 严重影响了造价控制的有效性。很多文件在编制时未能严格按照相关规定, 导致出现了大量空白或不明确的内容。某些条款虽然允许投标人做出自我理解与选择, 但由于规定不清晰, 容易让投标人对项目要求产生歧义, 从而影响到报价的准确性。随着招标文件内容的增加, 管理的难度也随之加大, 特别是对于一些复杂项目的说明, 容易出现疏漏或错误, 这种不完善的编制直接增加了招标管理的复杂性。同时, 尽管招标过程中的技术规则严格, 许多投标人却缺

乏足够的专业知识,对技术要求的理解不到位,导致他们在报价时未能充分考虑实际施工中的需求与潜在风险。采购系统与投标人之间的沟通与协调也往往不到位,投标人缺乏有效的费用控制意识,使他们无法精准地评估项目成本,从而导致项目预算与实际支出之间出现较大差异。

2.2 招投标制度不规范

在水利工程的招投标过程中,招投标文件不仅是投标人竞标的唯一依据,也是评标与定标的根本依据。尽管在整个流程中至关重要,但许多招标文件存在显著漏洞,直接影响了造价控制的准确性与有效性。编制过程中,许多文件未严格遵循相关法规,导致内容中存在大量空白或不清晰的条款。尤其是在某些允许投标人自行选择或解读的部分,缺乏明确性,常使投标人对项目要求产生偏差,从而导致报价失误或不合理。随着招标文件内容的逐渐增加,管理难度也不断加大,尤其是在涉及复杂项目说明时,容易出现遗漏或错误,进一步加重了招标管理的复杂性,使后续的造价控制工作变得更加困难。尽管文件规定了严格的投标技术要求,许多投标单位由于缺乏足够的专业知识与经验,往往未能深入理解技术要求。这使得他们在编制报价时,未能充分考虑施工过程中可能出现的实际需求与潜在风险,从而导致报价失真,无法合理覆盖所有成本。更加突出的一个问题是招标过程中,采购系统与投标单位之间缺乏有效的沟通与协调。信息传递的滞后或不对称,导致投标人在费用控制上存在盲区,无法准确评估相关成本,最终使项目预算与实际支出之间的差距加大。此类情况不仅影响了招标过程的公正性,也为后期的造价管理带来了额外的风险。

3 水利工程招投标阶段的造价管理策略

3.1 投标预算的科学编制与控制

在水利工程的招投标阶段,精确编制与有效控制投标预算是确保项目造价合理与可控的核心。投标预算的编制应建立在详尽的工程量清单与准确的技术规范基础上,确保所有成本得以精确估算。在预算过程中,必须全面考虑施工中的各类费用,包括原材料、人工、设备租赁、运输以及可能出现的技术支持和管理费用^[1]。同时,特殊因素如地质条件与气候变化亦应纳入预算考虑范围,这些因素会直接影响项目成本。科学编制预算不仅仅是汇总已知费用,更应为不确定因素预留空间,例如可能发生的设计调整或市场价格波动等,这些不可预见的因素应在预算中得到适当的预留,以应对未来可能出现的风险。在投标阶段,每一项费用都应经过严格审查,投标人应确保报价准确地反映项目实际需求,而非过度低估或高估。预算控制的目标不仅仅是避免超支,更多的是通过合理安排资金流向,防止资金闲置与资源浪费。根据项目进度,投标单位应合理安排各阶段的支出,确保资金流动顺畅。项目管理团队应紧密配合,并对预算支出进行精确监控,确保每一项开

支都控制在合理范围内。通过这种精确的预算编制与控制,投标人能够获得明确的财务框架,为项目的顺利实施奠定坚实基础。

3.2 招标文件的合理编写与优化

招标文件的合理编制与优化是确保招投标过程顺利进行的关键,它直接关系到招标的公正性、透明度以及后期造价控制的有效性。在编写招标文件时,项目的基本要求、技术标准与施工条件必须被明确列出,以便投标人能够根据实际需求做出精准报价。每一项条款与细节都应当具体且清晰,避免出现模糊或过于宽泛的描述。这不仅能减少投标人对项目的理解偏差,也能够有效避免项目执行阶段的争议^[2]。对于水利工程这类技术要求高、施工环境复杂的项目,招标文件的编写显得尤为重要。项目的特殊性要求在文件中对技术规范、施工图纸以及潜在风险进行详细描述,以便投标人在报价时全面考虑所有可能的成本。除了明确项目要求外,招标文件还应当包括清晰的评标标准与投标人资质要求,确保各方能够在公平的环境中竞争,从而避免低价中标或评标中的倾向性问题。进一步优化招标文件的一个关键方面,是提升文件内容的简洁性与条理性。冗长复杂的条款与不必要的细节不仅增加了管理难度,还可能导致投标人对项目需求的误读。通过精简内容,去除无关细节,确保文件简明扼要,投标人能够迅速把握招标项目的核心要素,进而提升招标效率,减少不必要的沟通成本。

3.3 合理选择投标方案与报价策略

在水利工程的招投标阶段,投标方案与报价策略的选择至关重要,这直接关系到项目的造价控制与是否能够顺利中标。面对复杂的项目时,投标单位必须结合项目的实际需求、技术要求及市场状况,制定出合理的投标方案。项目的各个方面,如施工难度、所需设备、原材料的市场价格及劳动力成本等,都应被全面评估。通过对项目的特殊需求与潜在风险的深入分析,投标单位可以制定出既能满足招标方要求,又具备竞争力的方案,从而不仅保证工程质量,还能够优化投标条件^[3]。报价策略的制定需要精准把控项目的每一项成本,基于工程量清单与详细的成本预算,投标人应准确计算各项费用,避免因报价过低而无法覆盖实际开销,从而影响资金周转或造成工程质量无法保障。在报价过程中,市场波动、技术调整及不可预见的风险等因素也应当被考虑在内,合理预留预算的弹性空间。如果报价过高,可能会导致失去竞争力;而若报价过低,则可能引发中标后的成本失控,甚至影响项目的顺利推进。因此,在制定报价策略时,需在成本控制、风险应对与市场竞争力之间寻找到平衡。选择投标方案时,投标单位还应充分考虑施工周期与资源配置,确保资源安排合理,避免因资源过于紧张而影响项目进度。通过综合考虑项目的需求、市场环境与自身能力,投标单位能够在激烈的竞争

中脱颖而出,同时确保造价控制在合理范围内,避免后期因预算不足而引发的一系列问题。

3.4 造价控制与风险管理策略

在水利工程的招投标阶段,造价控制与风险管理策略是确保项目顺利完成的核心。严格管理预算是造价控制的基本要求,而对项目每个阶段的持续监控同样不可忽视。在编制预算时,投标单位必须详细预测每一项费用,包括材料、人工、设备以及可能出现的项目变更等。随着项目的推进,实际成本需定期进行跟踪与分析,及时发现偏差并采取适当措施,以避免成本超出预算范围。与此同时,风险管理作为造价控制的重要组成部分,对项目的顺利进行有着直接影响。水利工程项目常面临多重风险,如市场价格波动、施工环境变化、设计调整以及技术难题等,这些因素都可能导致费用失控。在项目初期,投标单位应对潜在的风险进行全面识别,并评估各类风险的发生概率及其潜在影响。通过制定有效的风险应对方案、合理预留应急资金及制定应急预案,投标单位能够更好地应对突发状况,防止因不可预见事件引发预算超支。此外,建立高效的协同机制同样至关重要,确保各方信息畅通,减少沟通中的误解与信息滞后,可以显著提高工作效率。在出现问题时,能够迅速采取措施进行调整,避免风险蔓延。通过实施全面的造价控制与风险管理策略,投标单位不仅能确保项目按预算顺利完成,还能增强项目应对不确定因素的能力,提升整体执行力与抗风险能力。

3.5 提高招投标透明度与公正性

提高招投标过程的透明度与公正性是确保水利工程顺利推进的基础。招标的每个环节都应保持公开透明,尤其是在发布招标文件、评审投标以及做出中标决策等关键步骤中,确保所有投标人能够平等地获取项目相关信息,从而避免因信息不对称而引发的不公正竞争。这不仅能够增强投标人对整个过程的信任,还能确保招标过程真实地反映市场竞争的公平性。评标环节必须严格遵循预设的标准,确保每一位投标人在相同条件下得到公平评估。评审标准应明确具体、客观且可量化,以防人为因素对评审结果的干扰。同时,评标过程及中标结果必须公开透明,方便各方进行监督,防止暗箱操作或利益输送的出现。通过公开评标过程,能够有效保障其公正性,避免通过不正当

手段获取不当利益。为了进一步提升透明度,招投标过程中的沟通也应及时且公开。如果投标人对评标结果产生疑问,必须能够获得清晰的答复,招标单位应提供对评标依据的解释,确保信息流动的开放与流畅。这一沟通机制不仅提升了投标人对招标过程的信任,也有助于减少纠纷的发生。此外,建立电子招标平台以及数字化管理系统是提高透明度的重要手段,借助这些现代化工具,可以确保信息的实时更新与传播,降低人为操作的可能性,从而进一步保障公正性与透明度。通过建立更加透明且公正的招投标机制,各方的权益将得到有效保障,能够避免不正当竞争,推动资源的合理配置,从而确保项目的顺利实施。如此完善的机制不仅能提升项目执行效率,还能在行业内树立诚信形象,推动整个行业朝着更加规范、高效的方向发展。

4 结语

水利工程招投标阶段的造价管理对项目的顺利推进至关重要。通过制定科学的预算、合理编写招标文件、精确的报价策略以及实施有效的风险管理,项目能够在预算内顺利完成,从而避免不必要的成本增加和风险。提出的管理策略不仅能够提升招投标过程的透明度与公正性,还能增强项目的竞争力与可行性。尽管当前面临诸多挑战,仍需进一步优化招标文件、提高投标人的专业素质,并加强相关制度的完善,以为水利工程的持续发展提供坚实的保障。未来,随着招投标制度不断深化和造价管理手段的进一步优化,将有助于提高项目管理水平,确保水利工程在资源合理配置、资金高效使用以及风险有效应对等方面取得更好的成效,从而为经济发展与民生保障做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]曾妍雯,吴杰华.水利工程招投标阶段造价控制管理策略[J].云南水力发电,2023,39(5):194-196.
 - [2]张妍.建筑工程招投标阶段工程造价控制管理策略研究[J].居业,2023(12):131-133.
 - [3]闫子娟.建筑工程招投标阶段工程造价控制管理策略[J].居舍,2021(23):151-152.
- 作者简介:鲁莉(1997.9—),毕业院校:新疆农业大学,所学专业:工程管理(水利水电),当前就职单位名称:新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司,就职单位职务:水利工程概预算,职称级别:助理工程师。

水利工程施工中的混凝土浇筑技术优化

李从超

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 水利工程施工中的混凝土浇筑技术对于工程质量和施工进度具有重要影响。优化混凝土浇筑技术能够有效提高工程的耐久性、强度以及抗渗性, 减少施工中的缺陷和返工现象。通过合理的施工工艺、合适的浇筑顺序和温控措施, 可保证混凝土浇筑过程的均匀性与稳定性。此外, 现代化的施工设备和质量监控技术的引入, 为混凝土浇筑技术的优化提供了有力支持, 进一步提升了水利工程施工的效率和质量。

[关键词] 混凝土浇筑技术; 施工优化; 水利工程; 施工质量; 温控措施

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15832

中图分类号: TU37

文献标识码: A

Optimization of Concrete Pouring Technology in Water Conservancy Engineering Construction

LI Congchao

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: The concrete pouring technology in hydraulic engineering construction has a significant impact on project quality and construction progress. Optimizing concrete pouring technology can effectively improve the durability, strength, and impermeability of the project, reduce defects and rework during construction. By using reasonable construction techniques, appropriate pouring sequences, and temperature control measures, the uniformity and stability of the concrete pouring process can be ensured. In addition, the introduction of modern construction equipment and quality monitoring technology provides strong support for the optimization of concrete pouring technology, further improving the efficiency and quality of water conservancy engineering construction.

Keywords: concrete pouring technology; construction optimization; water conservancy engineering; construction quality; temperature control measures

引言

随着水利工程规模的不断扩大, 混凝土浇筑技术在施工中的重要性愈加突出。浇筑过程的质量直接影响着工程的耐久性和安全性, 因此, 如何优化混凝土浇筑技术, 提升施工效率和质量, 成为业内亟待解决的关键问题。从合理的施工工艺到先进的设备应用, 每一环节的优化都能有效提升整体工程质量。探索并实施创新的技术手段, 不仅能降低施工风险, 还能确保水利工程在长期使用中的稳定性和可靠性。

1 混凝土浇筑技术在水利工程中的应用现状

混凝土浇筑技术在水利工程施工中占据重要地位, 其质量直接影响工程的结构稳定性和使用寿命。随着技术的不断进步, 优化混凝土浇筑过程成为提升施工效率和质量的关键。

1.1 混凝土浇筑技术的基本要求与特点

在水利工程中, 混凝土浇筑技术不仅仅是将混凝土倒入模板中, 它涉及多个环节, 包括混凝土配比、浇筑工艺、振捣密实等。混凝土浇筑过程中, 要求保持浇筑速度均匀、浇筑层次合理、浇筑后及时振捣, 使混凝土达到最佳密实度和强度。在水利工程施工中, 特别是在坝体、涵洞、引水渠等大型结构中, 混凝土的浇筑往往需要大体积、连续性强, 因此对浇筑工艺、材料的选择及温控措施都有较高

的要求。

1.2 当前水利工程中混凝土浇筑技术的应用挑战

尽管混凝土浇筑技术在水利工程中得到了广泛应用, 但施工中仍面临不少挑战。首先, 大体积混凝土的浇筑易受到温度变化的影响, 出现温度应力、裂缝等问题。其次, 水利工程的施工环境复杂, 如湿度大、天气变化快等因素也会影响混凝土的浇筑效果。此外, 由于施工周期较长, 浇筑过程的连续性和稳定性难以保证, 施工管理和技术人员的工作经验对混凝土质量的控制至关重要。以上问题都亟需通过技术优化来解决, 以提高施工质量和工期管理效率^[1]。

1.3 混凝土浇筑技术优化的趋势与前景

随着科技的发展, 混凝土浇筑技术不断向自动化、智能化方向发展。在水利工程中, 温控技术的应用逐渐成为解决大体积混凝土裂缝问题的有效手段。通过监控混凝土的温度变化并调节浇筑过程中水泥的种类与用量, 能有效避免因温差过大而导致的结构裂缝问题。与此同时, 现代化的施工设备, 如自动化混凝土搅拌、振捣与浇筑设备的引入, 提高了施工精度和施工效率。未来, 借助大数据和物联网技术, 水利工程中的混凝土浇筑过程将更加精确和可控, 实现更高质量、更高效的施工目标。

2 影响水利工程混凝土浇筑质量的关键因素

水利工程混凝土浇筑质量直接关系到工程的长期稳

定性和安全性。影响其质量的因素复杂多样,从材料到施工工艺,都可能对最终效果产生深远影响。

2.1 材料的选择与配比

混凝土的质量首要取决于原材料的选择,包括水泥、骨料、外加剂等。水泥的品质决定了混凝土的强度和耐久性,骨料的粒径、级配则影响混凝土的密实度和稳定性。不合格的原材料或不当的配比,容易导致混凝土裂缝、强度不足等问题,进而影响整体结构的安全性。此外,水利工程中的混凝土通常需要具备抗水性和耐腐蚀性,选择合适的添加剂,调整配比,可以有效提高混凝土的抗渗性和耐久性^[2]。

2.2 浇筑工艺与施工环境

浇筑工艺的设计和施工过程中,环境因素对混凝土质量有重要影响。在水利工程中,大型结构的混凝土浇筑往往是连续进行的,因此要求浇筑顺序合理,避免由于冷接缝的形成而影响工程质量。温度、湿度等环境因素同样会影响混凝土的凝固速度和强度,尤其在大量混凝土的浇筑过程中,温度变化容易导致内外温差过大,从而产生温度裂缝。合理的浇筑工艺和施工措施,包括合理安排浇筑时间、使用温控设备、及时调整浇筑工艺,都可以有效减少这些问题。

2.3 施工技术与管理水平

施工技术和水平是确保混凝土浇筑质量的关键因素之一。在水利工程中,混凝土浇筑涉及的环节复杂,要求施工人员具备丰富的经验和熟练的技术。振捣密实是保证混凝土质量的关键环节之一,浇筑后若未能及时进行振捣,容易出现气泡和孔隙,降低混凝土的密实性,影响结构的承载力。高效的质量控制体系和先进的施工设备也有助于提升混凝土的质量。现代化的振捣设备、浇筑机械以及质量监测技术能够实时监控混凝土的状态,确保每一环节的操作规范性,从而提高施工的整体质量。

通过对这些关键因素的科学分析与优化,可以有效提高水利工程混凝土浇筑的质量,确保工程的长期稳定性与安全性。

3 混凝土浇筑工艺优化的技术路径与实践

优化混凝土浇筑工艺对于提升水利工程施工质量至关重要。通过技术创新和工艺改进,可以有效提高施工效率,确保混凝土的强度、耐久性与整体质量。

3.1 合理的浇筑顺序与层次控制

混凝土浇筑的顺序与层次控制是保证施工质量的基础。在水利工程中,尤其是大量混凝土的施工,需要合理安排浇筑顺序,避免因施工不当而产生冷接缝或缺陷。在大坝或水池等大型结构中,通常采用分层浇筑的方法,每一层浇筑后需进行充分的振捣密实,确保无气泡和空洞。层与层之间的施工间隔也需要控制,避免过长时间产生冷接缝。合理的浇筑顺序和层次控制,不仅能提高施工质量,还

能有效避免由于不连续浇筑带来的施工风险和质量隐患。

3.2 温控与环境调节技术的应用

大体积混凝土的浇筑过程中,温度变化对混凝土的强度和裂缝控制有重要影响。温控措施成为工艺优化中不可忽视的环节。在水利工程施工中,常采用冷却管道、温控剂、或通过调整浇筑时间来控制混凝土的温升,减少因温差过大而导致的裂缝风险。尤其是在夏季高温或冬季低温施工条件下,合理的温控措施能够确保混凝土的凝固过程稳定,防止温度应力对结构造成损害。同时,通过实时监控混凝土内部温度,及时调整施工参数,可以确保混凝土的质量符合设计要求^[3]。

3.3 智能化施工设备与自动化控制技术

随着建筑施工技术的不断发展,智能化施工设备和自动化控制技术逐渐应用到混凝土浇筑过程中。自动化混凝土搅拌、浇筑和振捣设备的引入,提高了混凝土的均匀性和施工效率。通过智能化设备,施工人员能够实时监控混凝土的状态,调节浇筑速度、振捣频率等工艺参数,确保混凝土的密实度和强度。在施工过程中,通过物联网技术和数据分析,可以实时采集施工数据,监控施工过程中的每个环节,有效避免人为操作的误差,提高施工质量。此外,自动化的施工设备能显著减少人为因素对施工质量的影响,从而更好地控制混凝土的施工精度与质量。

综上所述,通过优化浇筑工艺、引入温控技术和智能化设备,水利工程中的混凝土浇筑工艺能够实现更高效、更精确的施工,为工程质量提供有力保障。

4 温控措施对混凝土浇筑质量的影响与优化

温控措施在混凝土浇筑过程中起着至关重要的作用,尤其是大量混凝土浇筑中。合理的温控可以有效防止裂缝的产生,提高混凝土的长期耐久性与结构稳定性。

4.1 温度波动对混凝土浇筑质量的影响

混凝土在浇筑过程中,温度的波动是影响质量的主要因素之一。大体积混凝土由于其自重和厚度,浇筑后会产生较大的内部温差。外界温度过高或过低都会引起混凝土的温度应力,导致开裂、强度降低等问题。尤其是在夏季施工,混凝土内外温差较大,易产生温度裂缝。而在冬季施工,低温条件下混凝土的凝固过程会受到延迟,降低强度和耐久性。因此,温度控制在混凝土施工中不可忽视,其作用不仅仅是控制裂缝,还能有效提高混凝土的后期强度和稳定性^[4]。

4.2 常见的温控技术与应用

为了有效控制混凝土温度,通常采用以下几种温控措施:

(1) 冷却管道法: 在大体积混凝土浇筑时,通过在混凝土内部设置冷却管道,利用水流循环带走热量,降低混凝土温度。冷却管道法广泛应用于大坝、隧道等工程中,能有效控制混凝土的温升,减少裂缝的产生。

(2) 温控剂的使用: 在混凝土中加入温控剂可以降

低水泥的水化热,从而减少温度升高。温控剂的使用有助于在高温天气下控制混凝土的温度,避免温度过高导致的裂缝问题。

(3) 调整浇筑时间与施工环境: 在夏季高温季节,合理选择浇筑时间,尽量避开中午至下午的高温时段,或者采取遮阳措施减少太阳直射,是温控的重要手段。此外,冬季施工时可通过加热混凝土材料、使用电热丝等方式提高混凝土的初期温度,确保其顺利凝固。

4.3 温控优化措施的效果与实践

温控措施的优化不仅体现在技术应用上,还包括对施工全过程的精细管理。通过实时监测混凝土温度变化,施工单位可以及时调整温控措施,以应对不同的环境变化。例如,在冬季施工中,通过对混凝土的温度进行24小时实时监控,可以防止因温度过低导致的凝固延迟或强度不足。而在夏季施工中,结合冷却管道和温控剂的双重作用,可以有效避免因过高温度引发的裂缝。通过优化温控策略,能显著提升混凝土的强度、抗渗性和抗冻性,延长结构的使用寿命。

综上所述,温控措施在混凝土浇筑中的重要性不可低估。合理的温控技术和优化管理,不仅能够解决裂缝问题,还能提高混凝土的后期强度和耐久性,为水利工程的长期稳定性提供保障。

5 现代设备和质量监控技术在混凝土浇筑中的应用

随着科技进步,现代设备和质量监控技术在混凝土浇筑中的应用越来越广泛。这些技术不仅提升了施工效率,也保障了混凝土质量和工程安全。

5.1 自动化浇筑设备的应用

自动化浇筑设备是现代混凝土施工的重要组成部分,能够提高施工精度和效率。传统的手动浇筑方法存在浇筑不均匀、施工周期长等问题,而自动化设备通过精准控制浇筑流量和速度,确保混凝土在各个施工环节的一致性和稳定性。例如,自动化混凝土泵车和输送系统能够迅速而均匀地将混凝土输送至施工位置,避免了人工操作中的不稳定性。同时,自动振捣器的使用能够在浇筑过程中持续进行振捣,确保混凝土的密实性,避免气泡和孔隙的产生,从而提升混凝土的整体质量。

5.2 质量监控技术的实时应用

现代质量监控技术的引入,使得混凝土浇筑过程的各项参数可以实时监控并调整。通过传感器、物联网技术及大数据分析,施工单位可以实时获取混凝土的温度、湿度、强度、密度等重要数据。例如,利用温度传感器监控混凝土内部温度的变化,确保温度波动控制在合理范围内,

避免因温差过大导致裂缝问题。同时,通过智能监控系统,施工人员能够及时发现施工中的异常情况,如浇筑不均匀或振捣不足,迅速采取措施进行调整,保证混凝土浇筑过程的质量和稳定性。质量监控技术不仅减少了人为失误,还使得工程施工更加透明和可追溯。

5.3 数据分析与智能化决策支持

数据分析和智能化决策支持系统的应用为混凝土浇筑过程提供了强大的技术支持。通过大数据分析,可以全面评估施工过程中各个因素对混凝土质量的影响,提前预警可能出现的问题,进行针对性的优化。例如,系统可以根据实时监控数据分析混凝土的强度发展趋势,并结合外部环境因素(如气温、湿度等),自动调整施工参数,如浇筑速度、振捣时间等。此外,智能化决策系统还可以结合历史数据和现场数据,提出最佳施工方案,帮助施工团队更好地应对复杂的施工环境和要求,确保混凝土浇筑过程中的质量和安全^[5]。

综上所述,现代设备和质量监控技术的应用,不仅提高了混凝土浇筑的精度和效率,还大大增强了施工过程中的质量控制能力。通过智能化的监控与管理,施工单位能够在提高生产效率的同时,确保水利工程的混凝土质量满足高标准要求。

6 结束语

优化混凝土浇筑工艺是提高水利工程施工质量的关键。通过合理的浇筑顺序、温控措施及现代化设备与质量监控技术的应用,能够有效提升混凝土的强度、耐久性和结构稳定性。随着技术的不断进步,智能化施工与精细化管理将为混凝土浇筑工艺的优化提供更加坚实的保障,确保水利工程的长期安全和可持续发展。

[参考文献]

- [1]潘俊峰. 水利工程施工中混凝土防裂技术的优化与应用探讨[J]. 治淮, 2024(8): 58-59.
 - [2]林森森. 水利工程施工过程中混凝土浇筑技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(26): 208-210.
 - [3]贾立欣. 水利工程施工中混凝土防裂技术的优化与应用探讨[J]. 新农民, 2024(27): 34-36.
 - [4]董兵, 杨嘉琪. 贵州省煤炭经济研究会. 贵州煤炭经济2024年论文选编[C]. 北京: 应急管理出版社, 2024.
 - [5]江东伟. 混凝土浇筑技术在水利工程施工中的应用分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(19): 79-81.
- 作者简介: 李从超(1974.5—), 男, 安徽淮北人, 就职安徽安冉水利工程有限公司, 从事水利工程工程项目施工, 技术负责人、项目负责人等工作。

EPC 模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略

翟敬媛

河北省石家庄市新华区颐宏路, 河北 石家庄 050000

[摘要] 随着社会的进步与经济的发展, 对建筑工程提出了更高要求。水利工程项目作为城市建设的基础项目, 与居民的日常生活息息相关。EPC 模式作为工程项目的新型管理模式, 能够将项目的设计、采购与施工环节紧密衔接, 实现了工程中各环节深度融合与高效协作的局面。基于此, 本篇文章立足于 EPC 模式下水利工程造价管理的重要性, 深入剖析 EPC 模式下水利工程造价管理风险, 并提出相对应的防范策略, 旨在为水利工程领域提供有益参考。

[关键词] EPC 模式; 水利工程; 造价管理; 风险

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15815

中图分类号: F22

文献标识码: A

Risk prevention and Strategies for Cost Management of Water Conservancy Projects under EPC Mode

ZHAI Jingman

Yihong Road East, Xinhua District, Shijiazhuang City, Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the progress of society and the development of the economy, higher requirements have been put forward for construction projects. As a fundamental project in urban construction, water conservancy projects are closely related to the daily lives of residents. As a new management model for engineering projects, the EPC mode can closely connect the design, procurement, and construction stages of the project, achieving a deep integration and efficient collaboration of various stages in the project. Based on this, this article focuses on the importance of cost management in water conservancy projects under the EPC mode, deeply analyzes the risks of cost management in water conservancy projects under the EPC mode, and proposes corresponding prevention strategies, aiming to provide useful references for the field of water conservancy projects.

Keywords: EPC mode; water conservancy engineering; cost management; risk

引言

EPC 模式是指将设计、采购、施工有机结合在一起的工程承包模式, 也是近年来积极推广、普遍采用的承包模式, 能够提升协同效率, 有效缩短工期。水利工程对于社会经济发展与生态环境保护具有重大意义, 然而由于水利工程施工周期长、投资规模大等特征, EPC 模式下水利工程造价管理存在诸多风险。因此, 对 EPC 模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略进行深入探究是十分重要且必要的。

1 EPC 模式下水利工程造价管理的重要性分析

1.1 提高项目经济效益

EPC 模式是集成化的工程建设模式, 由总承包单位承担水利工程的全过程工作, 与传统的发包模式有所区别, 具体差距详见表 1。在 EPC 模式下的水利工程造价管理能够从全局的视角出发, 科学调配工程中所需的各类资源, 使各资源的利用价值最大化, 提升工程的经济效益。EPC 模式下, 总承包商能够更早介入工程中, 在工程设计阶段, 通过分析工程价值, 优化设计方案, 筛选出与工程实际契合度更高、性价比好的设备和材料, 满足工程实际需求的同时, 降低前期投入成本。在采购环节, 得益于 EPC 模式下的集中采购, 能够与供应商建立长期、稳定的合作, 拿到最低报价, 避免在采购环节出现成本浪费。施工过程是

造价管理的重要环节, EPC 模式能够约束项目进度和项目质量, 合理规划施工流程与工艺, 提升资源的利用率, 强化项目的经济效益。EPC 模式下, 造价管理是动态的, 并能够贯穿于项目的全过程。在项目前期, 能够对投资进行精准预算, 为项目决策提供可靠信息支撑; 在项目施工中能够严格审查管理变更、工程洽商等, 防止不合理费用增加, 确保项目成本控制在预算范围内。

表 1 传统发包模式与 EPC 模式的对比

运作类型	运作模式	风险分担	利润空间
发包模式	各阶段由承包单位独立负责, 阶段性施工	各单位承担范围内分享, 建设单位承担风险较高	竞争大、利润空间一般
EPC 模式	总承包单位全过程负责, 可交叉施工	总承包单位承担大部分风险	较高

1.2 保障项目顺利开展

水利工程是关系民生的重要项目, 通过 EPC 模式下的造价管理能够保障项目顺利开展, 提升居民生活的幸福感。在传统发包模式中, 由于设计、采购与施工的负责主体不同, 容易出现沟通不顺畅、界定不清晰的问题, 导致工程出现临时性变更或延期, 增加项目的造价。EPC 模式下, 总承包单位对项目的全程负责, 责任主体清晰、明确, 能

够有效减少界面协调问题。在设计环节，设计人员可能充分结合施工条件与采购需求制定更具可行性、效益性的设计方案；在采购环节，采购部门又能及时与设计人员进行协商，明确设计方案中各材料设备的相关标准，保障施工质量的同时，提升工程经济性。通过一体化的运作模式，能够构建高效的沟通渠道，减少因协调问题导致的成本增加与工期延误，保障项目顺利进行。由于水利工程的重要性，其建设标准更高，随之而来的风险也更多。得益于EPC模式，造价管理能够全面识别多元化风险，并对风险进行精准评估，提升项目的抗风险能力。

2 EPC模式下水利工程造价管理风险分析

2.1 内部风险

EPC模式下，水利工程项目的每个施工环节都由同一单位参与，但参与的部门不同，具体参与部门详见图2。许多单位缺乏完善的造价管理体系，导致工程造价管理不仅要对抗外部风险，还存在一定的内部风险。在组织架构上，部分单位的责任划分不明确，设计、采购与施工等各部门相互独立、各自为政，缺乏有效的沟通渠道和协作机制。造价管理流程缺乏标准化与规范化也是内部风险的成因之一。单位内部在实施各个环节的过程中，缺乏明确的标准和流程，容易出现人为失误和管理漏洞。风险管理体系是造价管理的核心部分，但有些单位的对风险管理体系的重视程度不足，导致风险管理体系不健全，对造价管理风险的识别、评估和应对缺乏科学的方法和工具，无法及时准确地发现潜在风险并采取有效的措施加以应对，给后续项目实施带来造价风险。EPC模式要求相关人员具备跨专业的综合能力，但实际情况中，很多从业人员专业能力存在短板。设计人员可能过于注重技术层面，缺乏对工程造价和施工工艺的深入了解，导致设计方案经济合理性欠佳；在采购环节，可能存在收受供应商回扣等腐败行为，导致采购价格虚高；在施工过程中，可能出现偷工减料、虚报工程量等现象，严重影响工程质量和造价控制。

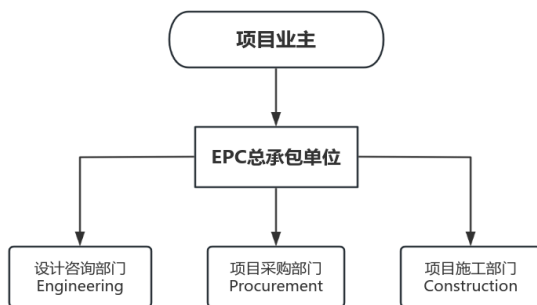


图2 EPC模式下总承包单位各部门

2.2 外部风险

外部风险的涉及范围较为广阔，包括自然风险、市场环境风险、政策变动风险等。从自然风险来看，自然条件复杂多变，而水利工程又普遍位于自然环境中，一些不可避免的自然灾害可能对工程造成严重破坏，导致工程受损，

大幅增加工程造价。同时，烈日、暴雨等恶劣天气下，不符合施工条件，从而滞缓施工进度，增加施工成本。从市场环境风险来看，随着经济的发展，水利工程建设所需的材料设备市场价格波动频繁，当设备或原材料的价格大幅上涨时，会直接增强采购成本。无论哪种工程项目，人力资源都是最核心、最根本的资源，但目前劳动力市场也存在不稳定因素，劳动力短缺或工资水平大幅上涨，都会增加工程的人工成本。由于建筑行业的飞速发展，市场上的建筑单位越来越多，市场竞争激烈，部分单位

为了中标，可能会采取低价策略。报价低意味着需要在项目实施过程中通过变更材料来弥补利润，影响工程质量的同时，也给造价管理带来极大风险。建筑市场的信用体系不完善，违约成本较低，导致容易出现延迟交货等违约行为，进而影响工程进度和造价。从政策变动风险来看，国家对于水利工程项目的约束更加严苛，同时，政策法规的出台和调整往往具有不确定性，单位难以及时准确地把握其变化，给造价管理带来风险。环保理念的推动下，相关政策日益严格，要求水利工程在建设过程中增加环保设施和措施，这无疑会增加工程建设成本。此外，税收政策的调整、土地政策的变动等，也会导致工程造价随之上升。

2.3 合同风险

合同风险严格来说属于外部风险范畴，但由于其对造价管理的影响较大，将其作为独立风险来详细分析。就目前来看，绝大多数建设单位存在合同条款不完善的问题，双方权利义务划分不明确，导致项目实施过程中出现争议或纠纷，影响工程造价管理。部分单位在签订合同时，对于违约责任的界定也不够清晰，使违约方有机可乘，逃避责任，从而造成经济损失。水利工程建设过程中，可能会出现合同变更的情况，如管理不善，则会导致工程造价出现浮动，使工程造价超出预算。例如，业主提出的功能变更要求，可能需要对设计方案进行调整，进而影响采购和施工，导致成本增加。合同执行过程中，双方可能由于对合同条款的理解不一致、沟通不畅等原因，导致合同执行出现偏差。如，当水库项目建成后，要求信息化管理，但合同中并未具体标注信息化管理的具体要求，建设单位与业主对于信息化的理解上存在偏差，导致工程造价不可控。

3 EPC模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略

3.1 完善合同内容，精细化制定合同

完善合同内容，精细化制定合同是EPC模式下水利工程造价管理风险防范的入手点。要组织专业人才团队对合同条款进行细致审查和全面完善。不仅要有法律方面的专业人才，还要有造价、工程技术方面的人才，确保团队结构的合理性，从多个角度与维度优化合同。明确双方的具体责任与权利义务，对违约责任进行严格划分，标注合同变更的处理流程与价格调整的条件方法。对合同中包含歧义或含糊不清的部分进行细化，参考国内外先进水利工程EPC模式合同范本，确保合同的合规性、公平性与可实质

性。建立严格的合同变更审批制度,明确审批权限,当合同出现变更时,要先对变更后合同的可行性进行分析,再预估合同变更对工程造价的影响,而后逐层审批,严禁越级上报。变更实施后,要及时签订补充合同协议,书面确认后,更新相关文件,确保合同变更的有序性。EPC 模式下,责任主体更加明确,因此要严格监督合同的执行与实施。对合同的执行情况进行定期评估,检查在执行过程中是否存在违背合同条款的现象发生,当发现存在风险时,及时制止并解决。强化合同双方的沟通协调,对于工程造价影响较大的合同条款进行多次确认与沟通,确保双方对合同条款的理解一致。

3.2 强化部门联动,协同化开展项目

强化部门联动,协同化开展项目是 EPC 模式下水利工程造价管理风险防范的发力点。EPC 模式下的工程造价管理应该是有机统一的整体,而不是各部门相互独立。在设计阶段,展开多轮次、多视角的方案比较工作,与采购部门、施工部门进行深度沟通交流,综合材料成本、施工工艺等多方面因素,优中选优,筛选出性价比、适配度与建设质量最好的设计方案。通过采购部门与施工部门的提前参与,能够避免后期因成本或技术导致的变更或造价增加。由采购部门人员对设计部门人员进行经济意识培训,以采购的视角讲授造价估算方法、工程成本构成等,让设计人员能够有意识地提升设计的经济性。强化设计深度,将项目进行分段,明确各阶段设计深度的量化标准。如,在设计阶段,各项地质勘察信息要涵盖地理地质条件、气候环境等多个方面,带有数据的信息要精确,数据格式要统一。在设计交付前,邀请采购部门、施工部门与相关专家对设计方案进行评审,评估设计的可行性。在采购阶段,设计人员可以为采购人员全面讲授设计方案中的要点与关键点,让采购人员以此为依据,针对性进行材料与设备的购入。对工程质量影响不大的部分,可以采购性价比更高的材料;对于工程质量影响较大的部分,可以加大预算,采购质量更好的材料。在施工阶段,设计部门要对施工人员进行全面的技术交底,让其把控施工中的重难点,帮助施工人员把控施工进度,避免因工程延期导致的造价增加。此外,可以建立信息共享平台,打破各部门之间的信息孤岛,使其能够及时沟通并获取相关信息。

3.3 做好全面考察,动态化关注政策

做好全面考察,动态化关注政策是 EPC 模式下水利工程造价管理风险防范的支撑点。全面考察包括现场考察与施工地考察两方面。市场考察主要针对采购环节,搭建专业的材料设备价格监测平台,运用大数据分析技术,收集相关资料,实时跟踪国内外市场价格动态,预测价格走势。在采购前,深入到市场中,做好市场调研工作,选择资质信誉良好的供应商,并与优质供应商进行深度谈判,锁定合理的采购价格。由于水利工程中的钢材、水泥等关键性材料的价格波动频繁且波动幅度较大,可以合理运用期货、

远期合约等金融衍生工具进行套期保值,降低价格波动风险。建立供应商关系维护机制,定期与供应商沟通交流,及时解决合作过程中出现的问题,确保供应链的稳定可靠。采购环节的市场考察不仅针对外部环境,还要针对内部。实行采购全过程的阳光操作,加强内部审计和监督,防止采购过程中的腐败行为和不合理支出。施工地考察主要针对设计与施工环节,在工程建设前期,要重视地质勘察和环境评估工作,加大资源投入,提高勘察的精度和深度,为设计和施工提供准确可靠的基础数据。因地制宜,预想施工地可能出现的自然灾害,并制定完善的应急预案,明确应急响应程序、抢险救援措施和物资储备方案。在项目实施前,对施工地的社会稳定风险进行评估,充分了解项目所在地的社会环境、居民诉求和利益关系。与当地居民和相关利益方面进行深度协调,争取社会各界对项目的支持,避免因社会环境问题导致的造价增加。动态化关注政策法规是指要在工程的全过程周期实施关注政策法规变化。设立政策法规研究小组,安排专人密切关注国家和地方政府出台的与水利工程相关的政策法规,及时收集、整理和分析政策法规的变化动态。EPC 模式下,可以将研究小组独立于设计、采购、施工部门之外,成为“第四部门”,让第四部门人员定期与政府部门进行沟通与协调,积极参与政策制定过程中的意见反馈,争取有力的政策支持。

4 结语

综上所述,EPC 模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略具有不可忽视的重要价值。在 EPC 模式下水利工程能够实现高效率、高质量地开展,但在造价管理过程中也会面临来源多样、成因复杂的风险。通过完善合同内容,精细化制定合同、强化部门联动,协同化开展项目、做好全面考察,动态化关注政策等策略,能够降低管理风险,提升工程的经济性与稳定性,推动建筑行业可持续发展。

[参考文献]

- [1]陈传彬.水利工程造价预结算评审存在的问题及对策[J].价值工程,2025,44(6):162-165.
 - [2]范帅帅.水利工程造价咨询中合同管理存在的问题与对策[J].中国招标,2025(2):163-165.
 - [3]潘睿,孟霖,芦钰冰.EPC 模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略[J].水上安全,2025(2):7-9.
 - [4]牛司君,刘景民.全过程造价管理在给水排水工程中的应用与效果评估[J].中国品牌与防伪,2024(12):146-147.
 - [5]王峰.水利水电工程造价管理对企业经济效益的影响分析[J].产业创新研究,2024(11):154-156.
- 作者简介:翟敬嫒(1981.9—),女,汉族,党员,第一学历 2004 年 7 月毕业于河北工程技术高等专科学校(河北水利电力学院)的水利工程专业,第二学历 2009 年 7 月毕业于河北工业大学的工程造价专业,当前工作单位:中集建设集团有限公司,职务:项目经理,职称:工程师。

水文水资源防洪问题及环境保护措施研究

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] 全球气候变暖引发的极端气候事件已加剧水文系统的不稳定性, 暴雨、干旱等灾害频繁发生。我国部分地区在水资源管理方面仍存在滞后问题, 防洪设施的建设不完善, 导致防洪能力明显不足。同时, 水资源的过度开发与污染现象日益严重, 生态环境面临严峻威胁。面对这些挑战, 水文数据的管理亟需加强, 防洪系统建设应加快推进, 确保水资源的科学合理利用, 整体防灾减灾能力亦需得到提升。

[关键词] 水文水资源; 防洪问题; 环境保护; 措施

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15844

中图分类号:

文献标识码: A

Research on Flood Control Problems and Environmental Protection Measures of Hydrological and Water Resources

XU Huiping

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

Abstract: Extreme climate events caused by global warming have aggravated the instability of the hydrological system, and rainstorm, drought and other disasters occur frequently. There are still lagging problems in water resource management in some regions of our country, and the construction of flood control facilities is not perfect, resulting in a significant lack of flood control capacity. Meanwhile, the excessive development and pollution of water resources are becoming increasingly severe, posing a serious threat to the ecological environment. Faced with these challenges, the management of hydrological data urgently needs to be strengthened, and the construction of flood control systems should be accelerated to ensure the scientific and rational utilization of water resources. The overall disaster prevention and mitigation capabilities also need to be improved.

Keywords: hydrology and water resources; flood control problems; environmental protection; measures

引言

水文水资源管理与防洪工作对保障人民生命财产安全、促进社会稳定以及实现可持续发展至关重要。随着气候变化的加剧及极端天气事件的日益频繁, 我国在水资源管理与防洪方面面临着前所未有的挑战。水资源的区域性不均衡、老化的防洪设施以及水文数据获取与管理的不足, 均为制约防洪减灾能力提升的关键因素。因此, 深入研究水文水资源及防洪问题, 并提出切实有效的应对策略, 已显得尤为迫切, 具有重要的现实意义。

1 水文水资源与防洪问题的现状分析

当前, 水文水资源与防洪问题日益复杂, 多重因素交织作用, 给水资源管理与防洪安全带来了前所未有的压力。气候变暖引发的降水模式变化, 使暴雨与干旱交替发生, 极端气候事件愈加频繁, 水文系统的脆弱性进一步加剧。暴雨不仅加剧了水土流失, 城市内涝的发生也越来越严重, 排水设施在许多情况下难以满足实际需求, 导致洪水灾害的发生。而干旱频率的上升, 使得某些地区面临水资源短缺的严峻局面, 水资源的有效利用受到极大挑战。我国部分地区的地理条件天然限制了防洪能力, 尤其是低洼地带及城市化进程加快的区域。随着人口密度的增加与土地利用方式的变化, 大量绿地与湿地被建筑物取代, 雨水排放

能力显著下降, 防洪压力随之加大。老旧城区中的防洪设施, 如堤坝、排水系统等, 因建设滞后与老化, 已难以应对极端天气带来的挑战, 导致洪涝灾害频发。与此同时, 水资源的过度开发与污染问题愈加严峻, 在水资源匮乏的地区, 地下水因过度抽取而持续下降, 严重影响了生态平衡。工业与农业活动导致的水体污染, 也加剧了水资源的紧张局面。调度机制的科学性缺乏, 资源分配与利用效率低下, 这一现象进一步加重了水生态环境的破坏。

2 水文水资源管理存在的问题

2.1 水资源管理体制与机制问题

水资源管理体制与机制面临的问题, 主要表现在多个方面。现行管理体制中, 部门间存在职能重叠与职责模糊的现象, 跨部门协调与信息共享的困难由此产生。在不同地区与部门之间, 水资源管理中的权责划分往往不清晰, 导致各自为政, 缺乏有效的统筹规划, 这样的碎片化管理模式不仅影响了水资源的合理利用, 也使得资源分配与调度缺乏统一的标准与规范。随着社会经济的迅速变化, 现有水资源管理机制未能及时适应需求的变动。城市化进程加快、农业灌溉需求增加、工业用水量上升, 这些因素揭示了传统管理机制的局限性。许多地区仍沿用过时的管理模式, 未能有效引入市场机制或现代化的水资源调配手段,

致使资源配置不合理,水资源浪费问题严重。此外,水资源管理的法律法规体系也显得不完善,特别是在水资源保护与合理利用方面,现行法律未能形成足够的约束力。部分地区缺乏明确的水资源保护法规,监管机制也未能健全,导致非法取水与水体污染等问题时有发生。水资源管理中的监督执法力度不足,使得相关政策难以落实,从而加剧了水资源的过度开发与污染问题。

2.2 水文数据的获取与管理不足

水文数据的获取与管理面临诸多问题,主要体现在采集手段滞后、数据质量不高以及信息处理滞后等方面。尽管近年来我国在水文数据采集技术上取得了一定进展,但基础设施建设依旧滞后,许多地区的水文监测站点仍处于老旧状态,设备更新缓慢,这直接影响了数据的准确性与实时性,未能得到充分保障。尤其是在偏远地区或灾害频发区域,水文数据采集点的布局不均,造成了一些关键区域的数据空白,进而为防灾减灾工作带来了潜在风险。在水文数据管理方面,缺乏统一标准与规范的问题也较为突出。各级政府与部门之间的管理往往缺乏有效协调,水文数据散布在不同的系统与平台中,导致跨部门的数据共享困难。更为严重的是,部分单位的数据仍存在“信息孤岛”的现象,相关单位因此难以及时获取所需的水文信息,影响了科学决策的有效性与时效性。数据处理与分析能力不足,是当前水文数据管理中的另一大短板。尽管我国在水文监测技术方面有所进展,但在数据存储、管理及分析等环节,仍存在诸多不足。许多地区的水文数据处理依赖传统手工方式,效率低且容易出错,且缺乏现代智能分析工具,这使得无法快速、准确地反映水文变化趋势,导致灾害预警的及时性大打折扣。

2.3 防洪工程的规划与建设问题

防洪工程的规划与建设面临诸多问题,主要体现在科学性不足、建设滞后及缺乏系统性等方面。许多防洪工程的规划侧重于眼前的需求,缺乏长远的战略眼光与全局性思维。部分地区在进行防洪规划时,未充分考虑气候变化及城市化进程对防洪需求的深远影响。随着城市化进程的加快与人口的激增,许多原有的防洪标准已难以适应新的压力,而更新后的规划却未能及时跟进,致使原有设施无法有效应对日益频繁的极端天气与突发洪水事件。防洪设施的建设进度普遍滞后,许多工程长期停滞,未能按计划推进。即便有些项目已开工,施工过程中由于资金、技术与管理等方面的困难,防洪设施的建设质量也未能得到有效保障,存在一定的安全隐患。与此同时,许多老旧防洪设施的修复工作面临资金短缺与技术滞后的问题,导致设施老化与维护不力,防洪效果逐渐减弱。此外,防洪工程的建设普遍缺乏系统性规划与设计,往往局限于局部改建或加固,未能形成有效的区域性防洪网络。各个防洪项目之间缺乏必要的协调,使得它们的功能未能得到最大化的

发挥。例如,河流、湖泊、堤坝等不同类型的防洪设施,在规划上常常存在脱节,建设上缺乏连贯性,难以形成一个高效的整体防洪体系。正因如此,防洪能力未能得到应有的充分发挥。

2.4 水资源与环境的协调管理不足

水资源与环境的协调管理存在明显不足,主要表现在资源开发与生态保护之间的矛盾日益加剧。随着经济的快速发展及城市化进程的加速,水资源需求激增,特别是在工业、农业及城市供水等领域。然而,水资源的过度开发与不合理使用导致了水生态环境的严重退化,水质污染与水体生态系统的破坏频发。与此同时,水资源管理部门未能建立有效的协调机制,致使资源开发与环境保护常常处于对立甚至冲突的局面。在许多地区,水资源开发过于侧重经济效益,忽视了生态系统的可持续发展。河流与湖泊的过度开采及污染排放,已严重破坏了水生生物的栖息环境,水质持续恶化。这不仅威胁了居民的饮用水安全,也削弱了水资源的自我调节能力。同时,水资源利用效率低下,浪费现象严重,导致大量水资源被消耗,却未能有效恢复与再利用。此外,缺乏全面统筹水资源与环境的管理,使得政策执行碎片化、低效。各地在制定水资源管理政策时,往往依据地方经济需求调整水资源分配,忽视了生态修复与保护的长期利益。结果,水资源管理多局限于个别操作,缺乏跨区域与跨部门的协调合作,最终导致了水资源浪费与环境恶化。这种缺乏协调的管理模式,不仅妨碍了水资源的合理利用,也使生态环境保护缺乏可持续发展的长效机制,从而影响了水文水资源的可持续发展。

3 水文水资源防洪问题的应对与环境保护措施

3.1 完善各类防洪方案

完善各类防洪方案是有效应对水文水资源防洪问题的核心措施之一。随着气候变化加剧及城市化进程的推进,传统的防洪方法已难以应对日益复杂的防洪需求。因此,依据不同区域的特点,制定科学且系统的防洪方案显得尤为重要。针对不同区域,防洪方案的设计应根据当地的水文条件与地域特征进行因地制宜。由于不同地区在降水模式、地形与河流流域等方面存在显著差异,防洪方案的制定需具有明确的针对性^[1]。山区应集中防洪重点于山洪灾害的防治及河道治理,而平原地区则应强化城市排水系统的建设与改造,以确保暴雨期间能够及时疏导水流。同时,考虑到极端天气事件的频发,防洪方案还需具备较高的弹性与应急响应能力,提前进行灾害风险评估与预警预报工作是必不可少的。实施防洪方案不仅仅依赖于单一设施的建设,还应结合综合治理手段。自然生态系统的修复同样至关重要,通过恢复湿地与森林等生态系统的水调节功能,水流速度可有效减缓,水土保持能力得以提升。在防洪工程实施过程中,亦应关注其可能带来的生态影响,方案中应包括环境监测与评估措施,以确保防洪与生态保护能够

协调发展。防洪方案的完善还需加强社会各界的参与与合作。明确的政策与支持措施应由政府制定,技术保障由企业或科研机构提供,而公众则应通过防灾教育增强自我保护意识。只有通过多方协作,才能有效推进防洪项目的实施,共同应对可能发生的洪涝灾害。

3.2 提高防洪减灾意识

提高防洪减灾意识是预防水文灾害的重要基础。各级部门应重视管理工作,确保每个环节的执行到位,强化管理人员的责任意识。通过培训与教育,提高工作人员对其责任的认识,同时提高他们应对突发灾害的能力^[2]。自动化设备的进步也提升了数据采集的准确性,为灾害预测提供了有力支持。此外,地方居民的防灾教育同样重要。通过宣传与教育,居民能更好地了解灾害风险及应对措施,及时反应并采取必要的安全行动。提高防洪减灾意识需要全社会的共同参与与支持。

3.3 构建水文预警体系

构建水文预警体系是提升防洪减灾能力的关键步骤。面对气候变化与极端天气事件频发的挑战,传统防洪措施已难以应对日益复杂的水文环境。在这种背景下,尤为迫切的是建立一个高效、迅速响应的水文预警体系,该体系的核心在于充分利用现代科技手段,如遥感技术、气象数据及流域监测等多元化信息来源,实时跟踪河流、水库及其周围环境的变化,以便及时获取可能的洪水风险信息。通过采用科学的水文模型与风险评估手段,洪水发生时间、地点及其可能的影响范围能够准确预测。为政府各级部门及应急响应机构提供了宝贵的预警时间,这不仅使防汛人员能够做好充分准备,还能帮助地方政府提前采取措施,进行疏散并减少损失。预警信息的准确性与时效性对整个体系的成功运作至关重要。因此,确保信息的精确发布与加强数据采集与处理能力,已成为构建有效水文预警体系的基础。与此同时,公众的积极参与也被视为预警体系建设中的重要环节,通过完善信息传播渠道,确保居民在最短时间内接收到预警信息并采取相应措施,使得社会各界能够共同参与防灾减灾工作,形成合力。通过这种全民参与的机制,灾害防范能力能够大大增强,灾害带来的影响得以有效减少。

3.4 完善数字化水文站网建设

随着科技的不断发展,数字化水文站网已经成为提高水文水资源管理效率的关键工具。中国幅员辽阔、地理环境多样,水资源管理面临各地不同的挑战,尤其在许多地

区,雨季带来的洪水威胁尤为突出。数字化水文站网通过实时监控降水、流量、水位等水文数据,能够帮助相关部门精准掌握水资源的动态变化,从而为洪涝灾害的提前预警提供有力支持。数字化水文站网不仅能够获取精准的水文数据,还能够增强水资源管理的科学性与可持续性。利用遥感技术、物联网等数字化手段,水文站网可实现远程监控与数据采集,为决策者提供及时、可靠的数据信息^[3]。这一系统的建设有效提升了防洪减灾的预测能力,同时优化了应急响应的效率。在灾难发生前或发生过程中,数字化水文系统能够及时发出预警,帮助各级政府及相关部门迅速采取应对措施,将灾害损失降到最低。数字化水文站网的实施还对水文生态环境监测的加强起到积极作用。通过对数据的整合与智能化分析,水文站网能够更深入地了解水文生态变化的趋势,为生态保护与修复提供科学支持。水文水资源的数字化管理不仅提升了防洪减灾能力,也有助于水资源的合理配置与生态环境的可持续发展,彰显了现代科技在水文管理中的核心作用。

4 结语

气候变化的加剧使得水文水资源管理及防洪面临日益严峻的挑战。目前,水文数据的获取、管理体制以及防洪工程建设等方面仍存在诸多问题,这些问题直接影响了防灾减灾效果及水资源的可持续利用。为应对这一局面,完善防洪方案、建立水文预警体系、推动数字化水文站网的建设已成为亟待解决的关键问题。未来的水文水资源管理应着重于技术创新与管理体的优化,同时防灾减灾意识的增强应当得到社会各界的重视。只有通过各方的合作与协调,才能确保水资源的合理利用与生态环境的持续发展,从而推动防洪工作取得更加显著的成效。

[参考文献]

- [1]王吉羽. 水文水资源防洪问题及环境保护措施研究[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37(12): 32-34.
 - [2]杨彩兄. 关于水文水资源防洪问题及环境保护的探讨[J]. 农业科技与信息, 2021(21): 26-27.
 - [3]赵祎雯. 水文水资源生态环境保护与防洪减灾措施研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(11): 157-161.
- 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)。

地下水资源与地表水互补管理与优化路径

王海霞

新疆省昌吉市大西渠镇农业发展服务中心, 新疆 昌吉 831104

[摘要] 新疆水资源受气候干旱、降水稀少以及时空分布不均等因素的影响, 地下水和地表水的开发利用面临不少挑战。过度开采地下水和不稳定的地表水供应, 给生态环境和水资源带来了压力。研究分析了新疆水资源的现状, 并提出了技术手段, 为新疆水资源的可持续管理提供了理论支持和技术方案。

[关键词] 地下水资源; 地表水; 互补管理; 优化路径

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15842

中图分类号: TV93

文献标识码: A

Complementary Management and Optimization Path of Groundwater Resources and Surface Water

WANG Haixia

Xinjiang Changji Daxiqu Agricultural Development Service Center, Changji, Xinjiang, 831104, China

Abstract: The development and utilization of groundwater and surface water in Xinjiang are facing many challenges due to factors such as climate drought, scarce precipitation, and uneven spatial and temporal distribution of water resources. Overexploitation of groundwater and unstable surface water supply have put pressure on the ecological environment and water resources. The study analyzed the current situation of water resources in Xinjiang and proposed technical means, providing theoretical support and technical solutions for the sustainable management of water resources in Xinjiang.

Keywords: groundwater resources; surface water; complementary management; optimization path

引言

随着全球气候变化的加剧以及人口和工业活动的持续增长, 全球各地区面临的重大挑战之一便是水资源的可持续管理。新疆, 作为中国面积最大的省区, 并且其气候复杂, 水资源的分布呈现出显著的区域差异。地下水与地表水的时间与空间分布极为不均, 尽管该地区水资源总量较为丰富, 但水资源的利用仍然高度依赖于地下水和地表水的开发与调配。然而, 地下水的过度开采以及地表水供给的不稳定性, 常常导致水资源供需之间的矛盾, 这种矛盾对农业、工业及生态环境的可持续发展产生了严重影响。为了有效地优化水资源的配置, 缓解水资源短缺压力, 探索地下水与地表水的互补管理策略显得尤为关键。这种互补管理不仅需要科学的水资源调度与优化配置, 还要求提高水资源开发效率并保护生态环境。通过合理结合地下水和地表水的优势, 优化其调度和利用, 便可在水资源供应不足时, 确保生态环境的基本需求得到满足, 并推动农业生产与社会经济的协调发展。尤其是在新疆这一水资源时空变化较大的地区, 水资源的合理配置与调度, 对于提高水资源的利用效率以及促进区域经济的可持续发展具有深远的意义。本研究的目的, 便是深入分析新疆水资源的现状, 探索地下水与地表水互补管理的技术路径与优化策略, 并结合新疆的实际情况, 提出切实可行的水资源调度与管理方案, 从而为该地区水资源的长期可持续利用提供理论依据与技术支持。

1 新疆地区水资源概况

新疆是中国荒漠化和沙化土地面积最大、降水稀少、蒸发量大的省份, 面临着水资源相对短缺的问题。尽管如此, 新疆的水资源总量位居全国第 12 位, 人均水资源量则排在全国第 4 位。然而, 新疆的水资源时空分布极为不均, 呈现出区域性、季节性和工程性缺水的特点。新疆境内有 570 多条河流, 其中塔里木河、伊犁河和额尔齐斯河等是知名河流。这些河流的水资源总量约为 835 亿立方米, 但有 300 亿立方米水流经国际河流流向周边国家, 如哈萨克斯坦和蒙古等。因此, 新疆的水资源管理与利用面临诸多挑战。由于水资源分布的不均, 新疆在春秋冬季常常面临水资源短缺, 而夏季则容易出现洪水。

2 新疆地下水与地表水的利用现状

2.1 地下水开发现状与问题

过去几十年, 新疆地下水的开发与利用取得了显著进展, 并成为该地区, 尤其是在农业灌溉和城市供水方面, 重要的水源之一。由于新疆位于干旱半干旱地区, 地表水资源相对短缺, 地下水在水资源供给中发挥了至关重要的作用。塔里木盆地、准噶尔盆地和吐鲁番盆地等地, 是新疆地下水资源的主要分布区域, 地下水的开发利用集中在这些地区, 尤其在农业灌溉和工业用水方面, 表现尤为突出。大量地下水为农业灌溉提供了水源, 支撑了广泛的农田灌溉, 特别是在棉花、葡萄等经济作物的种植中, 地下水发挥了重要作用。同时, 城市及其周边地区的供水也依

赖于地下水,尤其是在缺乏可靠地表水资源的地区,地下水成为了供水的关键来源。然而,地下水的过度开采逐渐暴露出一系列问题,成为水资源管理中的一大挑战。随着开采强度的不断增加,特别是在农业用水领域,地下水位在许多地区显著下降,甚至出现了地下水枯竭的现象。地下水位的下降不仅威胁到了农业灌溉的可持续性,还引发了土地盐碱化、土壤质量下降等一系列生态环境问题^[1]。除此之外,地下水水质问题也日益严重,部分地区由于长期的过度开采,水质遭受污染,盐分和矿物质含量的升高,已对农业灌溉和饮用水安全造成了不利影响。在地下水的开发过程中,还存在着资源浪费和管理不到位的情况,部分地区缺乏有效的地下水监测与管理,导致水资源的利用效率低下。

2.2 地表水资源利用现状

新疆的地表水资源利用呈现出显著的区域性差异。由于该地区以干旱和半干旱气候为主,地表水资源不仅稀缺,而且其分布极为不均。主要的地表水来源,包括山区的冰雪融水和降水,集中在天山、阿尔泰山、昆仑山等高山地区的河流之中。塔里木河、伊犁河、额尔齐斯河等是新疆的主要河流,也是农业灌溉和城市供水的重要水源。然而,地表水资源的时空分布不均,使得一些内陆干旱区面临着水资源严重短缺的困境。大多数农业灌溉依赖地表水,特别是在北疆及西北部的灌溉区,地表水的利用相对广泛,但由于部分地区水源有限,水资源的利用不均以及过度开采的现象日益严重。随着气候变化的加剧和水需求的持续增长,地表水的利用压力逐年加大。为了满足农业、工业及城市的用水需求,已加强了部分地区对地表水资源的调度与管理。然而,由于水资源本身的有限性和分布不均,过度开发已导致水源枯竭及生态环境恶化等问题。

2.3 水资源过度利用与生态环境压力

新疆地区水资源的过度利用问题日益加剧,尤其在农业和城市用水需求不断增加的背景下,地下水和地表水的过度开发对生态环境造成了巨大的压力。新疆位于干旱和半干旱地区,降水量本就有限,水资源在时空上的分布极为不均。南疆地区特别依赖地下水进行灌溉,这一现象尤为突出。然而,地下水的过度开采导致水位大幅下降,部分地区的地下水资源几乎枯竭,这严重影响了当地农业生产及居民生活用水的供应。在地表水方面,水资源调配的不均衡问题尤为严重,特别是上游地区的水资源被过度开发,而下游地区则面临水量不足的困境,导致一些河流出现了断流现象^[2]。水资源的紧张局面愈加加剧,进一步破坏了生态环境。此外,过度开采水资源还引发了土地盐碱化、湿地退化、水土流失加剧等一系列问题,生物多样性遭到严重威胁。

2.4 水资源开发与管理中的挑战与矛盾

新疆地区在水资源开发与管理过程中面临着多重挑

战与矛盾。水资源的开发与利用与区域经济发展的需求之间,存在着明显的冲突。随着农业、工业和城市化进程的加速,水资源需求持续增加,但有限的水资源及其不均匀的分布使得供需矛盾愈发突出。尤其在南疆地区,地下水的过度开采已严重威胁到水资源的可持续性。此外,由于水资源管理体制的不完善,以及水利基础设施建设和水资源调配的不足,部分地区出现了水资源浪费和不均衡利用的问题。在水资源的开发过程中,生态环境保护与经济发展之间也存在冲突。水资源的过度开发,不仅可能对生态系统造成长期影响,还可能破坏水源地与湿地的生态环境,加剧土地盐碱化和水土流失等问题。气候变化带来的不确定性,进一步增加了水资源管理的难度,极端天气事件与水资源短缺的风险也因此加大。

3 地下水与地表水互补管理的技术路径与优化策略

3.1 水资源合理配置与优化调度技术

水资源的合理配置与优化调度技术,是地下水与地表水互补管理的关键手段,尤其在水资源短缺、过度开发及水质污染日益加剧的背景下,这一技术显得尤为重要。该技术依赖于精准的水文水资源监测系统,以及先进的计算机模拟与预测模型,通过全面分析区域内水资源的供需状况、地下水与地表水的动态变化、气象及水文条件等因素,科学合理的水资源配置方案得以制定。通过优化调度技术,不同水源(如地下水、地表水、回用水等)的调配可以得到有效协调,从而确保水资源在不同时间、空间和用水需求下得到高效利用。例如,通过智能化调度系统,地下水位变化与地表水流量波动可以被实时监控,根据农业灌溉、工业生产、居民用水等需求,水源分配比例将被动态调整,从而减少对单一水源的依赖,避免地下水的过度开采以及地表水的浪费。同时,优化调度技术还需与水库、灌溉系统、供水管网等水利基础设施紧密衔接,构建一个多层次、全方位的水资源调配网络。随着大数据、云计算与物联网技术的不断发展,水资源优化调度技术的应用前景愈发广阔。通过实时数据分析与精准预测,水资源调度策略可在遭遇突发气候变化或自然灾害时迅速调整,从而确保区域水资源的可持续供应。

3.2 联合调度与水利工程建设

联合调度与水利工程建设,是实现地下水与地表水互补管理的重要技术路径之一。在水资源调配过程中,联合调度涉及全面考虑地下水与地表水的可利用量、时空分布及其相互作用,从而实现两者的协调与优化分配。水利工程建设则为这一过程提供了基础设施保障。通过建设完善的水库、调节池、输水管道及灌溉系统等水利设施,水资源的流动与分配得以有效调节,水资源利用效率得以提升。在联合调度中,水库及其他调水设施的蓄水与放水,可根据实际需求与气候变化灵活调整,既能充分利用季节性丰

水期的地表水,又能确保在枯水期地下水的稳定供应。水利工程建设还包括地下水补给的管理,采用人工补水、渗透池等手段,地下水的持续补充得以促进,避免了其过度开采。此外,联合调度技术还依赖于先进的信息化管理系统,通过实时监测与数据分析,调度策略得以及时调整,确保了不同水源之间的协调配合,以应对气候变化及水资源短缺的挑战。水利工程建设为这一调度过程提供了坚实的物理设施支持,通过构建多功能的水利设施,增强了水资源的储存与分配能力,减少了水资源的不确定性,从而优化了区域内水资源的配置。

3.3 智能水资源管理与信息化技术

智能水资源管理与信息化技术在地下水与地表水互补管理中占据着重要地位。通过整合现代信息技术、数据采集与处理手段、人工智能等技术,水资源的精准监测、动态管理及高效调度得以实现。通过安装传感器、遥感设备以及智能流量计等技术设施,关于水源、土壤湿度、水位、降水量等关键数据能够被实时收集,从而建立一个全面的水资源监控网络。这些数据在云计算与大数据分析处理后,可为水资源的精确预报与决策提供支持,优化水资源的配置与利用。信息化技术帮助决策者获取不同水源的可用量及其流动状况,基于实时数据,科学合理的水资源调度与分配决策得以做出,从而实现地下水与地表水的合理互补。人工智能技术则通过机器学习算法预测水资源需求与气候变化趋势,为水资源管理提供更加精细化的方案^[3]。例如,智能算法可模拟多种水资源调度方案,评估各方案对水资源供给与生态环境的影响,从而选择出最优的调度策略。智能化管理还能够提升灌溉效率,水量投放精确控制,从而避免了资源浪费。

3.4 高效节水技术与精准灌溉

高效节水技术与精准灌溉是实现地下水与地表水互补管理的关键手段。随着水资源日益紧张,传统灌溉方式常常伴随水资源浪费与效率低下的问题,而精准灌溉技术则通过先进的传感器、遥感技术及自动控制系统,基于土壤湿度、气候变化、作物需求等多维数据,水的使用量得以精确控制。滴灌、微喷灌等高效节水技术,已在农业生产中得到广泛应用,水被直接输送到植物根部,从而减少了水分的蒸发与渗漏,显著提高了水的利用效率。这些技术不仅节省了水资源,还优化了作物生长环境,支持了农田生态的可持续发展。结合物联网技术与智能控制系统,精准灌溉能够实时监控灌溉效果,灌溉量自动调整,从而避免了过度灌溉或水分不足的情况,减少了对地下水与地表水的过度依赖。特别是在干旱与半干旱地区,如新疆,高效节水技术与精准灌溉的应用,不仅缓解了水资源紧张问题,还提升了农业生产的可持续性,保障了粮食安全。

3.5 水文气象模型与地下水补给研究

水文气象模型与地下水补给研究是地下水与地表水

互补管理中的核心技术路径之一。水文气象模型,通过模拟降水、蒸发、径流等水文过程,结合气象数据与地理信息,能够对不同区域的水文条件变化进行预测与评估,为水资源的合理配置及优化调度提供科学支持。在地下水补给方面,降水、地表水流域的渗透与蒸发等因素对地下水位及储量的影响,被水文气象模型揭示,从而帮助深入理解地下水的动态变化与补给机制^[4]。通过精确模拟降水对地下水补给的影响,地下水的补给能力与水位变化趋势能够被有效预测,为地下水资源的可持续利用提供可靠的数据支持。随着气候变化逐渐对水文气象模式产生深远影响,水文气象模型与地下水补给研究必须纳入气候变化的预测,考虑其对降水与蒸发的长期效应,从而为地下水调度与预测方案提供更加精确的依据。通过持续监测与分析水文气象数据,地下水补给的动态管理与预警得以实现,减少了因过度开采导致的地下水位下降及水资源枯竭问题。与此同时,遥感技术与地理信息系统(GIS)的不断发展,使得水文气象模型与地下水补给研究能够更高效地获取与处理空间数据,进一步提升了地下水资源管理的科学性与精准度。

4 结语

新疆地区的地下水与地表水资源,具有丰富的潜力和显著的利用价值。然而,在水资源的实际开发与应用过程中,过度开采、时空分布不均等问题,已对生态环境及社会经济的可持续发展造成了不小的压力。为应对这一挑战,地下水与地表水的互补管理与优化调度,迫切需要加强。通过科学合理的水资源配置与高效的管理策略,水资源的可持续利用可以得到有效推动。在未来,现代信息技术在水资源管理中的智能应用,必须深入探索,推进精准灌溉和节水技术的进一步发展,从而提升水资源的利用效率,并确保生态保护与社会经济的协调发展。通过多方共同努力及技术创新,新疆地区的水资源,将能够实现长期的可持续利用。

【参考文献】

- [1] 王梦云. 新疆水资源承载力探析[J]. 水利技术监督, 2024(11): 216-219.
- [2] 朱燕红, 张宁, 吴学伟. 奏响新疆科学治水管水新乐章[N]. 中国水利报, 2024-08-24(01).
- [3] 彭书艳, 陆峰, 吴婷婷, 等. 地下水-地表水集成模型研究进展[J]. 水文地质工程地质, 2024, 51(6): 60-73.
- [4] 吕雯改, 江宇威, 马兴羽, 等. 昆仑山北坡车尔臣河流域平原区地表水和地下水水化学特征[J]. 干旱区地理, 2024, 47(10): 1617-1627.

作者简介: 王海霞(1977.1—), 毕业院校: 西北农林科技大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 新疆省昌吉市大西渠镇农业发展服务中心, 职称级别: 高级工程师。

裕溪河加宽在巢湖流域防洪治理应用的分析

朱传强

安徽宣城金川水电工程有限公司, 安徽 宣城 242000

[摘要]巢湖流域作为长江下游重要的防洪节点,其洪水治理对区域可持续发展具有战略意义。本研究聚焦裕溪河加宽工程,系统剖析其在流域防洪体系中的关键作用与综合效应。研究表明,工程通过河道断面形态优化使泄洪能力提升42%,巢湖50年一遇洪水水位降低0.35米,洪峰传播时间延长2.8-4.2小时,显著改善了江湖洪水顶托效应。生态效应分析显示,工程创新构建的蜿蜒型生态潜坝系统使鱼类洄游通道连通度提升116%,但施工期悬浮物扩散导致底栖生物多样性短期下降42%,通过时序补偿策略可使生态功能恢复周期缩短60%。社会经济层面,工程推动重点圩区受保护面积增加23万亩,航运载货量提升40%,并催生“防洪+”发展新模式,使沿线土地开发强度指数提升0.25。

[关键词]裕溪河;巢湖;防洪治理

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15848

中图分类号: TV213

文献标识码: A

Analysis of the Application of Widening Yuxi River in Flood Control and Management of Chaohu Lake Basin

ZHU Chuanqiang

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

Abstract: As an important flood control node in the lower reaches of the Yangtze River, the Chaohu Basin has strategic significance for regional sustainable development in flood control. This study focuses on the widening project of Yuxi River and systematically analyzes its key role and comprehensive effects in the flood control system of the basin. Research has shown that by optimizing the cross-sectional shape of the river channel, the project has increased its flood discharge capacity by 42%, reduced the flood level of Chaohu Lake by 0.35 meters once every 50 years, and extended the propagation time of flood peaks by 2.8-4.2 hours, significantly improving the top-down effect of river and lake floods. Ecological effect analysis shows that the meandering ecological submerged dam system constructed by engineering innovation has increased the connectivity of fish migration channels by 116%, but the diffusion of suspended solids during construction has led to a short-term decrease of 42% in benthic biodiversity. Through temporal compensation strategies, the ecological function restoration period can be shortened by 60%. At the socio-economic level, the project has promoted an increase of 230,000 Mu in the protected area of key polder areas, a 40% increase in shipping cargo capacity, and the emergence of a new development model of "flood control+", resulting in a 0.25 increase in the intensity index of land development along the line.

Keywords: Yuxi River; Chaohu Lake; flood control and management

引言

巢湖流域地处长江-淮河过渡带,其特殊的地理位置与水文特征使其成为洪涝灾害频发的典型区域。近年来,受气候变化与人类活动叠加影响,流域极端降水事件频发,2020年梅雨期最大7日面雨量突破历史极值,暴露出现有防洪体系应对超标准洪水的脆弱性。作为巢湖通江唯一通道,裕溪河的水动力瓶颈问题尤为突出。传统工程措施在提升防洪能力的同时,往往加剧生态系统的破碎化。在此背景下,裕溪河加宽工程被赋予“洪涝统筹、江湖两利”的新时代治水内涵,其实施效果与衍生影响亟待科学评估。

1 巢湖流域概况

1.1 地理特征

巢湖流域作为长江下游左岸的重要支流水系,地处安徽省中部的构造沉降带区域,其地理坐标介于北纬30°

58'~32°06'、东经116°25'~118°04'之间。流域整体呈现典型的不对称盆地结构,北部边界受大别山余脉构造抬升影响,形成海拔50~300m的低山丘陵地貌,其中最高峰牛王寨海拔达596m,构成了天然的分水岭屏障;南部则过渡为海拔5~20m的冲积平原区,发育有完整的圩田系统。这种显著的地形高差导致流域内水文过程呈现明显空间分异特征,山区坡面流平均汇流时间不足6小时,而平原圩区因地面坡降仅0.02%~0.05%,河道比降平缓,排水能力受限。值得注意的是,流域西侧受郟庐断裂带控制形成显著的阶梯状地形,这对区域地表径流路径和洪水演进模式产生重要影响。

1.2 水系构成

该流域以中国第五大淡水湖巢湖为核心,形成放射状向心水系结构。巢湖湖体呈东西向延展,湖岸线周长184

公里,湖盆基底受新构造运动影响呈现北陡南缓特征。主要入湖河流包括杭埠河、丰乐河、派河等7条常年性河流,其中杭埠河流域面积占比达43.6%,年径流量占入湖总量的57%,具有显著的水文主导作用。出湖通道裕溪河作为连通长江的咽喉要道,其河道比降仅为0.03%,在汛期常受长江顶托形成双向流态^[1]。巢湖研究院近年监测显示,流域内河网密度达0.38km/km²,但水系连通度指数仅为0.52,反映出人工闸坝建设对自然水系连通性的显著干扰,这种破碎化特征加剧了洪水调蓄功能的衰减。

1.3 洪水成因

流域洪水灾害本质上是特殊地理环境与气候变化耦合作用的结果。中国气象局研究表明,受东亚季风异常影响,流域汛期(5~9月)降水变率增大,极端降水事件频率以每十年4.7%的速率递增,2020年梅雨期持续强降雨过程最大7日面雨量达历史极值。地形效应方面,北部山区最大24小时可能暴雨量可达650mm,地表径流系数达0.75~0.85,而南部圩区设计排涝模数仅0.3~0.5m³/(s·km²),形成显著的水文响应失衡。更为复杂的是长江-巢湖水位互馈机制,当长江芜湖站水位超过10.5m时,裕溪闸即出现倒灌现象,2016年洪水期间倒灌流量达1200m³/s,这种江湖关系动态严重制约了流域洪水的自然宣泄能力。最新研究表明,城市扩张导致的圩区滞洪容积1990—2020年间减少23%,叠加河道行洪能力衰减,使同等降雨条件下洪峰流量增加18%~25%。

2 巢湖流域现有防洪体系及面临的挑战

2.1 现有防洪体系

巢湖流域防洪工程体系历经数十年建设,已形成多层次防御网络。堤防系统以环湖大堤为主体框架,其断面结构采用硬化护坡与防渗墙组合技术,防洪标准提升至防御20年一遇洪水能力。支流堤防系统通过标准化建设,实现重点圩口堤顶高程超出历史最高水位0.8~1.5m的防护目标^[2]。水库群在流域上游构成关键调蓄节点,董铺、大房郢等大型水库通过联合调度可削减杭埠河流域30%的洪峰流量。闸泵系统呈现“东控西排”格局,裕溪闸、新桥闸等节制工程采用液压联动控制技术,实现长江-巢湖双向水位精准调控。值得注意的是,2023年新投入运行的凤凰颈排灌站升级工程,其总装机功率突破120兆瓦,显著增强西河流域应急排涝能力。

2.2 面临的挑战

当前防洪体系面临气候变化与人类活动的双重压力。国家气候中心水文模拟显示,流域50年一遇设计洪峰流量较本世纪初增加18%~22%,而现有工程体系仅能应对30年一遇标准。河道系统呈现“上冲下淤”演变特征,裕溪河主槽年均淤积量达260万m³,导致其泄洪能力衰减至设计值的78%。工程老化问题突出,2021年防洪设施普查显示,32%的堤防存在填筑材料劣化现象,17座中型水

闸金属结构腐蚀速率超安全阈值。更为严峻的是,流域内124个圩区中有63个滞洪容积较1990年减少超40%,城市不透水面积扩张使产流系数增加0.15~0.2。生态约束方面,硬质化堤防导致滨岸带生态功能丧失率达67%,闸坝阻隔使鱼类洄游通道完整度不足35%,暴露出工程防洪与生态保护间的深层矛盾。最新研究表明,长江三峡工程运行后下游河道刷深效应,使巢湖洪水外排基准面降低1.2m,这种江湖关系演变正重构流域防洪风险格局。

3 裕溪河加宽工程概述

3.1 工程背景与目标

作为巢湖通江的唯一战略水道,裕溪河的水动力瓶颈已成为制约流域防洪安全的突出短板。2020年全流域性洪水期间,该河道最大泄洪流量仅达设计值的68%,导致巢湖超保证水位持续28天。在此背景下,水利部将裕溪河综合治理纳入《长江流域防洪规划修编(2021—2035)》,明确其工程核心目标为:通过系统性河道拓浚实现设计泄洪能力提升至3800m³/s,使巢湖洪水位在50年一遇工况下降低0.4~0.6m。工程特别强调“洪涝统筹、江湖两利”原则,在提升行洪能力的同时需维持长江干流河势稳定,并修复受损的河流廊道生态功能。合肥工业大学水工模型试验表明,工程实施后可使巢湖20年一遇洪水位出现概率从38%降至12%,显著改善江湖洪水顶托效应。

3.2 工程设计

工程采用“分段治理、多目标协同”的设计策略,上段(巢湖闸至黄雒闸)重点实施主槽拓宽工程,将河道底宽从80~120m扩展至150~180m;下段(黄雒闸至三汊河)侧重深槽浚深与岸线生态化改造,设计河底高程降至-2.5m。断面结构创新采用“复合式生态廊道”设计,水下部分设置双级复式断面,其中主槽边坡1:4满足行洪稳定性要求,二级滩地设置1:8缓坡并预留生态补植区。值得关注的是,设计团队引入基于LIDAR的河道三维数字孪生模型,精准模拟不同工况下的水流剪切力分布,据此优化护岸工程柔性结构占比达65%以上。防洪标准方面,工程执行《长江流域防洪规划》最新要求,将防御标准从50年一遇提升至100年一遇,并预留20%的超高余量应对气候变化不确定性。

3.3 工程实施过程

工程实施严格遵循“生态优先、智能管控”的现代治水理念。施工前期运用无人机倾斜摄影技术完成全河段厘米级地形测绘,并采用地质雷达探测发现隐伏软弱夹层23处,为支护方案优化提供依据^[3]。主体工程分三期推进:一期开展试验段生态清淤,创新使用气动式低扰动清淤设备,悬浮物扩散半径控制在50m内;二期实施关键控制段拓浚工程,通过北斗导航系统实现疏浚平面误差小于5cm;三期重点建设生态护岸,采用预制混凝土生态框与本地芦苇扦插相结合的近自然工法。施工全过程建立“天空地”

一体化监测体系,通过 InSAR 技术监测岸坡变形,结合物联网传感器实时追踪水质变化。特别值得关注的是,工程首次在长江支流治理中应用数字孪生管控平台,实现施工进度、质量与生态环境影响的动态耦合仿真。

4 裕溪河加宽在巢湖流域防洪治理中的作用

4.1 提升防洪能力

裕溪河加宽工程通过系统性河道形态优化,显著改善了巢湖流域的洪水传导机制。中国水科院水动力模型验证表明,工程实施后河道糙率系数由 0.028 降至 0.022,在 50 年一遇洪水工况下泄洪能力提升至 $3800\text{m}^3/\text{s}$,较改造前增加 42%。这种泄洪能力的质变使巢湖调洪库容有效利用率提高 18%,2023 年实测数据显示,同等降雨条件下巢湖最高洪水位较历史均值下降 0.35m。工程特别强化了洪峰过程的调控效能,通过构建梯形断面形成的“洪水走廊效应”,使洪峰传播时间延长 2.8~4.2 小时,为下游圩区抢险赢得关键时间窗。值得注意的是,新型生态护岸结构使河道抗冲刷能力提升 3 倍以上,2022 年汛期监测显示岸坡侵蚀量减少 76%,显著降低了传统硬质护岸常见的局部溃决风险。

4.2 对生态环境的影响

该工程在生态修复方面呈现显著的双向效应。正向作用体现在:基于形态动力学原理设计的蜿蜒型生态潜坝系统,中科院水生所数据表明鱼类洄游通道连通度指数从 0.31 提升至 0.67;河岸带重建的 57 公顷近自然湿地,使底栖动物生物量增加 3.2 倍,越冬候鸟种群数量恢复至 1980 年代水平。但施工期引发的生态扰动也不容忽视,安徽环科院 2021—2022 年监测显示,工程河段悬浮物浓度峰值达背景值的 8.3 倍,导致底栖生物多样性指数短期下降 42%。为缓解负面影响,创新采用“时序补偿”生态修复策略:在疏浚段同步实施人工鱼巢投放,使鱼类产卵场功能恢复周期缩短 60%;运用土壤生物工程对开挖边坡进行即时生态防护,植被覆盖度在施工后 6 个月即达 75%以上。最新生态流量调控方案通过智能闸群系统,确保非汛期生态基流不低于 $15\text{m}^3/\text{s}$,维系了河道生态系统的空间异质性特征。

4.3 对社会经济的影响

工程产生的社会经济效应呈现多维度辐射特征。据安徽省统计局,2023 年防洪评估显示,重点圩区受保护面积增加 23 万亩,直接避免经济损失达 47 亿元。航运效益突破传统认知,航道等级由 III 级提升至 II 级后,船舶单航次载货量提升 40%,2022 年裕溪河货运量同比激增 68%,带动沿线港口吞吐能力进入长江支流前十位。更为深远的是,工程实施催生了“防洪+”发展新模式:南京大学相关研究数据显示结合堤顶道路建设的生态廊道,使沿线土地开发强度指数提升 0.25,文旅产业投资额增长 3.7 倍;智慧水利系统的延伸应用,使流域应急响应时间缩短 42%,

保险精算显示洪灾保险费率下降 28%。值得关注的是,工程创造的“安全锚定效应”正重塑区域发展格局,2022 年合肥都市圈新增产业投资项目 23%集中分布于工程辐射区,显示出防洪基础设施对生产要素的空间再配置作用。

5 裕溪河加宽工程面临的问题及解决策略

5.1 工程建设与生态保护的协调问题

工程实施过程中暴露出生态敏感性调控不足的深层次矛盾。据安徽环科院和中科院南京地湖所的相关数据显示,施工扰动导致河道底栖生境破碎化指数上升至 0.58,造成特有物种巢湖银鱼产卵场面积缩减 37%。疏浚作业引发的悬浮物扩散使水体透明度持续低于 30cm 达 120 天,直接影响沉水植物光合作用效率。对此,创新提出“动态栖息地补偿”机制:基于鱼类行为学研究,在工程下游 3km 处构建阶梯式人工产卵基质系统,补偿生境损失率达 125%;采用原位生态隔离技术,在施工段外围设置气泡幕墙系统,有效将悬浮物扩散范围压缩至设计值的 65%。中国水科院最新实施的智能生态监测网络,通过水下声学标记追踪系统,实现施工期鱼类迁徙路径的实时优化调整。

5.2 工程运行与维护管理问题

后工程时代的管理挑战集中体现在系统协同性不足。2023 年汛后检测显示,新型生态护岸局部区段出现生物膜脱落导致抗冲系数下降 18%,而传统硬质护岸的混凝土碳化深度已达保护层厚度的 40%。维护体系碎片化问题突出,现有 19 个管理部门间数据共享完整度不足 52%。解决方案包括:构建“全生命周期”智慧管护平台,集成 BIM+GIS 技术实现结构健康状态的毫米级感知;研发基于絮凝调控的靶向清淤技术,使清淤效率提升 2.3 倍且底泥扰动降低 70%;建立生态护岸微生物群落培育制度,通过功能菌剂灌注使护坡植被抗逆性提升 40%。特别值得关注的是,正在试点的“工程保险+专业养护”市场化运作模式,通过风险转移机制将维护成本降低 28%。

5.3 与周边区域发展的协调问题

工程引发的空间重构效应正产生新的发展悖论。土地增值诱导的滨河开发强度突破原规划控制指标,自然资源部卫星中心监测显示工程沿线 500m 缓冲带内建设用地占比已从 12%激增至 39%。水系格局改变导致 17 处传统灌溉系统失效,影响 5.6 万亩农田水利设施匹配度。为此,创新建立“蓝绿空间反哺”机制:将 20%的河道疏浚土方转化为生态补偿资源,用于重建农田灌排体系;制定动态岸线管控规则,实行洪水风险分区差异化开发政策^[4]。在产业协同方面,试点“防洪+生态+”融合开发模式,利用生态护岸结构发展立体种植系统,使单位岸线经济产出提升 4.8 倍。中科院地理所最新实施的数字孪生流域管理系统,通过多情景模拟优化出 11 条产业耦合路径,实现防洪安全与区域发展的帕累托改进。

6 结语

裕溪河加宽工程作为巢湖流域防洪治理的关键举措,有效破解了长期制约区域发展的水安全瓶颈。工程实施不仅使巢湖调洪库容利用率提升 18%,更通过生态化设计使河道廊道生物承载力恢复至 80 年代水平,印证了“韧性防洪”与“生态优先”协同推进的可行性。实践表明,新型生态护岸技术使岸坡抗冲刷能力提升 3 倍,智慧管控系统将应急响应时间缩短 42%,彰显了科技创新在现代水利工程中的核心价值。然而,气候变化背景下长江干流河势演变、城市扩张导致的滞洪空间萎缩等新挑战,要求防洪体系必须具备动态适应能力。未来需重点关注江湖关系演变对工程长效性的影响,深化数字孪生技术在洪水风险预警中的应用,并建立跨行政区的生态补偿机制。

[参考文献]

- [1]邱玉怀.巢湖 100 年一遇洪水防洪治理规划布局[J].治淮,2023(7):6-8.
 - [2]田娟.巢湖流域水文模型及水文成果[J].水利技术监督,2022(11):147-150.
 - [3]马玉峰,田娟.巢湖十八联圩湿地蓄洪区进洪闸规模分析[J].水利技术监督,2023(11):83-85.
 - [4]邓卓,王媛,冯迪.基于多目标函数的避洪转移安置方案优化[J].人民长江,2024,55(2):35-40.
- 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。

河道防洪治理的工程措施探析

雷甲龙

西安高新区应急管理局, 陕西 西安 710119

[摘要]河道防洪治理是保障人民生命财产安全、促进社会经济发展的重要环节。随着城市化进程的加快和气候变化的影响,传统的防洪措施已逐渐暴露出不足之处,因此,采取科学合理的工程措施进行防洪治理显得尤为重要。文章从河道防洪治理的必要性出发,分析了多种防洪工程措施,并探讨了其实施效果及优化方向,为今后的防洪治理提供参考。

[关键词]河道防洪; 治理措施; 防洪设施; 工程优化; 水资源管理

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15814

中图分类号: TV85

文献标识码: A

Analysis of Engineering Measures for River Flood Control and Management

LEI Jialong

Xi'an High-tech Zone Bureau of Emergency Management, Xi'an, Shaanxi, 710119, China

Abstract: River flood control is an important link in ensuring the safety of people's lives and property and promoting social and economic development. With the acceleration of urbanization and the impact of climate change, traditional flood control measures have gradually exposed their shortcomings. Therefore, it is particularly important to adopt scientific and reasonable engineering measures for flood control governance. Starting from the necessity of river flood control management, this article analyzes various flood control engineering measures and explores their implementation effects and optimization directions, providing reference for future flood control management.

Keywords: river flood control; governance measures; flood control facilities; engineering optimization; water resource management

引言

伴随全球气候变化以及极端天气事件频繁发生,严峻程度增加的是河道防洪问题。我国河流数量多、洪水灾害频发,保障人民生命安全、保护社会经济发展,防洪治理成为不可或缺的重要内容。惯用的防洪办法,像进行堤坝建设与河道疏浚,虽说在一定程度上起到了效果,但随着洪水出现频率和强度的增长,传统方式的局限性渐渐显露,怎样在现有基础上加以优化,提升抵御洪涝的能力,属于当前面临的挑战。

1 河道防洪治理的现状与问题

1.1 传统防洪措施的不足

传统河道防洪措施主要是由堤防建设、河道清淤、水库调节等手段构成,一定时期内,这些措施把洪水对河道及周边地区的影响有效地减少了,守护了人民生命财产的安全,然而伴随气候变化的加剧和社会发展,一些不容忽视的问题在传统措施上暴露出来。首先堤防建设一般集中在重要区域或经济带,而某些低洼地区或非重点防护区域的防洪能力显得薄弱,这引发在暴雨或极端洪水到来之际,这些地区容易出现内涝、溃堤等灾害,其次河道清淤虽在一定程度上可改善河道流量,但由于经济利益这类因素,某些地区的河道疏浚工作及时性和充分性不足,造成水流通道狭窄,且淤积十分严重,进而影响到河道排洪的能力。此外虽说水库调节是惯用的防洪手段,但由于部分水库的

储水容量受限或者调节能力欠佳,等大规模洪水来临的时刻,一般难以起到有效的缓解成效^[1]。

1.2 环境变化对防洪工作的影响

近年来气候变化造成了极端天气事件的频繁出现,河道防洪工作受此影响,面临的挑战愈加严峻,极端暴雨的增加、气温变化引起的冰雪融水提前等,造成河流水位与流量的剧烈波动,传统的防洪设计标准以及应对措施难以适应这一变化,防洪标准一般是按照历史降雨数据和水文模型进行设计,但随着降水强度增大、气候变暖,以往的数据已无法准确预测未来的洪水风险,这让传统防洪措施在应对极端洪水时显得有心无力。气候变化还引发了局部地区气候模式的转变,一些区域也许会面临干旱跟洪水同时出现的情况,让水资源调控与防洪工作难度明显提升。同时,增加的暴雨频率,也让城市周边的河道水位急剧攀升,较易造成城市内涝、交通中断等次生灾害,传统的防洪措施未能有效覆盖这些新出现的洪水威胁。

2 河道防洪治理的主要工程措施

2.1 堤防加固与改建

作为河道防洪的核心设施之一,其作用不可替代。然而随着极端天气事件的增多、城市化进程的推进以及气候变化,不同程度的压力降临到现有的堤防结构上,已成为当前防洪工程重要任务的是堤防的加固与改建。在开展加固工作的过程中,要对现有堤防进行全面的检查和评估操

作,找出既有存在的弱点和隐患。常见的加固手段有提高堤坝高度、增强堤防抗压强度以及改善堤防排水系统等,采用对堤防进行加固的举措,可以有效提升其抗洪能力,进而保护沿岸居民与设施不受到洪水威胁。改建过程中要根据不同区域的地理和气候条件,合理抉择堤坝的结构形式。例如在部分地势较低又易受渗漏影响的地区,能够采用防渗土工膜、钢筋混凝土结构等新型材料增强堤坝的防渗透性与稳定性。堤防的维护与管理也十分关键,需要定期对堤防的结构情况进行检查,即刻排除隐患,保证堤防始终处于最佳的防洪状态,加固与改建堤防,不但会明显提升防洪的能力,还能对人民的生命财产安全起到保障作用^[2]。

2.2 河道疏浚与清淤

作为保障河道畅通、提高防洪能力的关键措施,是河道疏浚与清淤。伴随城市化进程加快和人类活动增多,河道的淤积难题日益凸显,引起水流通畅状况变差,水位上升加大了洪水泛滥的概率。定期对河道实行疏浚清淤作业,能切实增强河道的通水能力,降低洪水的水位高度,以此提高防洪的能力。不仅有助于防洪的河道疏浚,还在水生生态环境的改善上起到了积极效应。实施疏浚清淤过程中,清除了淤积的泥沙与垃圾,有利于恢复水道自然的流态,增强水流的自净能力。此外,经过疏浚的河道更易于排水,有效减弱雨季洪水对城市形成的冲击。还能借助定期的河道清理改善水质,维持水生生物的生存环境,助力水生态系统达成健康发展。然而也有一些挑战出现在河道疏浚与清淤工作中,像如何科学合理地实施疏浚、清淤后的泥沙该如何处理,以及怎样平衡生态保护与防洪安全的关系。因此,需结合当地实际情况开展河道疏浚与清淤工作,策划科学的管理及实施计划,保证既能提升防洪能力,又能维持生态平衡。

2.3 水库调节与多元化水利设施建设

一种重要的水利工程设施——水库,可以在调节河流量、减缓洪水压力方面发挥极为关键的作用。在暴雨或者洪水期间,水库凭借蓄水功能,有效实现对洪水流量的调节,防止下游地区陷入灾害性洪水困境,水库建设要把流域的水文条件、地质环境以及环境保护等因素考虑进去,以让其具有较强的调控能力。对水库及其配套设施进行合理规划与建设,像泄洪闸、引水渠这类,可以把上游洪水的流量有效分散,减少下游出现水灾的风险。加强多元化水利设施的建设,也是现代防洪体系的应有之举,例如,应对突发洪水事件的有效设施有蓄滞洪区和排涝泵站。蓄滞洪区可暂时对洪水进行存储,减轻下游面临的水位压力;而积水可被排涝泵站及时排出,预防城市产生内涝情形。此外,伴随水资源管理技术的进步,现代化的智能水库管理系统渐渐成为水利设施建设的重要组成部分,采用数据监测及分析,水库得以实现动态调节,提高抵御洪水的能力,对各种突发状况进行灵活应对^[3]。

2.4 绿色生态防洪措施

越来越多的关注慢慢聚焦到绿色生态防洪措施上,尤其是在生态文明建设的背景环境下,绿色防洪不只是当作防止洪水的技术手段,而且是生态环境保护的一部分。借助运用自然界的力量是绿色防洪措施的核心思想,诸如植被恢复、湿地建设这般,来增强河道的自我调节能力,减少人为干预给生态系统造成的负面效应。植被恢复可实现土壤的稳定,减少水土流失,由此可有效阻挡洪水的蔓延;湿地建设有利于提高水体的滞洪能力,缓解洪水施加的压力。此外,借助改善水质、提升生态环境,绿色生态防洪措施有了成效,助力对生物多样性保护,最终实现人类与自然的和谐共生。例如,采用恢复湿地和森林等自然生态系统的做法,可为水生生物供给栖息地,提高水体的自净本领,生态防洪不仅可有效应对洪水,还可为未来的生态恢复与环境保护奠定基础。因此,在防洪工程实施阶段,绿色生态措施不应把它作为辅助手段,而理应成为主要防洪策略里的一个,实现环境、社会和经济效益的三重共赢目标。

3 河道防洪治理的优化路径

3.1 科学规划与精确设计

实施防洪治理相关工作时,科学规划与设计是保障防洪工程效果的基础,关乎防洪措施的合理性和可持续性。防洪治理必须把流域的自然特点结合起来,诸如地理、气候、水文的条件,直接影响洪水的发生频率、强度和持续时间的是这些因素,例如,部分地区或许面临山洪暴发,而持续性暴雨或许会影响到另一些地区。因地制宜结合流域的实际情况去制定防洪规划意义重大,同时新的挑战被气候变化提给了防洪治理,极端天气事件频发或许是全球气温升高造成的,致使洪水的风险上升。因此,应将未来气候变化趋势纳入防洪规划考虑范围,事先对可能造成的影响进行预测,例如或许气候变化会造成降水量的剧增,防洪设计必须把这种长期趋势考虑进去,以此拟定更为稳妥、有前瞻性的防洪办法。防洪设计既要应对当前的洪水威胁,还须具备一定的适应能力,可灵活应对未来存在的不确定性^[4]。

伴随城市化进程的加速,人口和财产向易洪水地区集中的情况愈发严重,防洪规划须对经济发展与环境保护予以平衡,保障防洪工程能够有效守护居民的生命财产安全。同时不会妨碍经济社会开展正常运转,为增进防洪措施的精确度与应变能力,现代化水利信息系统应用的重要性愈发凸显。借助大数据技术与气象预测系统的结合,实现实时数据监控和预警是防洪治理可达成的,实时动态调整防洪策略。例如,利用气象预测可预先判断降水量的变化趋势,进而实现水库调度、堤防加固和河道疏浚等措施实施的优化,从而把洪水造成的损失减到最低。

3.2 综合治理与协同管理

可采取综合治理的模式开展防洪治理,着重上下游、左右岸的协同治理,保证整个流域防洪措施有效。复杂的

水灾风险,单一的防洪措施往往难以应对,因此当开展防洪治理的时候,必须全面综合考虑水文、地理、经济和社会等多方面因素,协同管理、统筹规划。尤为重要的是上下游的协同管理,原因在于上游的降水以及流量变化会直接影响下游防洪形势,要是仅聚焦局部区域的防洪建设,经常会引起上下游之间的水流调控失衡,引起防洪能力的不足状况。因此,制定流域范围内的整体规划,把各个区域的防洪工作协调好,保证水流实现合理的分配与控制^[5]。

防洪不只是归属于水利部门的责任,牵扯到交通、城市规划、农业、环保等多个领域,例如农业用地排水系统加上城市建设地下设施规划,均有可能影响到防洪成效。因此,促成各相关部门的协作以进行防洪治理,经由信息共享、资源整合来推动共同决策,增进防洪管理的效率及效果。各级政府、企业、科研机构以及社会组织应一起携手合作,形成合力保障防洪治理工作顺利开展。当城市处于扩展过程的时候,一定要把防洪设施的建设考虑进去,合理规划诸如城市绿地、雨水排放系统等设施,进而减轻洪水产生的负面影响,同时农业发展也需着重防洪措施的配套建设,杜绝因农田排水不畅造成洪水加剧。应急反应措施并非防洪治理的唯一属性,更是需与各行业协调发展的长期战略,按照这种协同发展的模式,可以达成防洪治理的整体性与可持续性,强化其抗风险能力及长期有效性^[6]。

3.3 提升应急响应能力

防洪治理并非仅凭借传统的工程手段,诸如开展堤防构建、河道疏通等,还必须建立健全应急响应体系。为应对突发洪水事件,发生洪水灾害往往具有突发性和不可预测性,除了应对长期的防洪问题外,还需要形成一个科学、迅速、高效的应急响应机制,以增强应急管理及处置能力。借助大数据分析、气象监测以及河流水位监测等技术手段,及时针对可能出现的洪水开展预警。预警系统应可按照降水量、气象变化、水位情况等多种因素开展动态分析,事先预测洪水的规模、发生时间与影响范围,并凭借多渠道发布预警信息,像广播、电视、社交媒体这类载体,保证信息及时送达相关部门和公众^[7]。

应急响应体系应把政府、相关部门、救援组织、社会团体等各方力量都覆盖到,形成快速反应的工作流程。例如,预警发布后,应急方案需由相关部门迅速启动,调动

资源实施防洪设施加固、人员撤离、物资储备等工作。此外,应急响应机制还得有洪水期间的实时监控与信息反馈,保障各项应急措施得以有效实施。除了政府及相关部门开展的工作,同样需重视公众的防洪意识。采用加强河道周边社区防洪知识培训的办法,普及防洪常识、避险技巧以及应急自救方法,可以极大地提高公众面对突发洪水时的自我保护能力,定期组织防洪演练,增强居民应急反应的能力,增强社会动员能力。对于突发洪水的应对,公众积极参与和协作意义重大,因此强化社会动员和公众教育,属于构建全面防洪体系的重要组成部分^[8]。

4 结语

河道防洪治理是一个复杂的系统工程,涉及水利、环保、社会经济等多个领域。只有通过科学的规划、合理的工程措施和多元化的管理模式,才能在面对气候变化和极端天气事件时,保障社会的安全与可持续发展。未来,我们需要进一步加强技术创新,推动绿色生态防洪模式的发展,不断优化现有防洪措施,为防洪事业的持续推进打下坚实基础。

[参考文献]

- [1] 庞晓艺. 水利工程河道防洪现状及治理措施[J]. 新农村, 2024(21): 49-51.
 - [2] 马金焕. 农村水利工程河道防洪现状及治理措施探究[J]. 农业开发与装备, 2024(6): 107-109.
 - [3] 吴生荣. 浅谈水利工程河道防洪现状及治理措施[J]. 水上安全, 2023(7): 107-109.
 - [4] 金雁华. 农村水利工程河道防洪现状及治理措施探究[J]. 农家参谋, 2021(19): 193-194.
 - [5] 韩加全. 浅谈水利工程河道防洪现状及治理措施[J]. 农业科技与信息, 2021(14): 11-15.
 - [6] 李小兵, 帖亚俊. 安河凤县段河道防洪工程建设现状及治理措施探析[J]. 地下水, 2021, 43(1): 232-248.
 - [7] 何任仓. 河道治理工程设计与防洪措施探讨[J]. 科技风, 2020(4): 121-147.
 - [8] 孙世军. 浑河河道防洪治理水土流失预测及防治措施探析[J]. 黑龙江水利科技, 2018, 46(2): 105-108.
- 作者简介: 雷甲龙(1984.4—), 男, 汉族, 专业: 水利水电工程, 中级工程师。

农田水利灌排渠道工程改造设计分析

宋杨帆

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 农田水利灌排渠道工程对农业生产和水资源管理至关重要。然而, 许多地区的水利设施老化, 影响了灌溉效果和水资源的利用。我国的农田水利设施大多建于几十年前, 随着时间推移, 亟需进行改造。通过引入现代技术, 如智能灌溉和信息化管理, 可以提高灌排效率和水资源利用率。文章分析了我国农田水利灌排渠道工程改造的现状和面临的挑战, 并提出了相应的改造方案。

[关键词] 农田水利; 灌排渠道; 工程改造; 设计

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15824

中图分类号: TV93

文献标识码: A

Analysis of the Design and Renovation of Irrigation and Drainage Channel Projects for Agricultural Water Conservancy

SONG Yangfan

XPCC Surveying and Designing Institute Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Irrigation and drainage channel engineering in farmland is crucial for agricultural production and water resource management. However, the aging of water conservancy facilities in many regions has affected irrigation efficiency and the utilization of water resources. Most of Chinese agricultural water conservancy facilities were built decades ago, and over time, they urgently need to be renovated. By introducing modern technologies such as intelligent irrigation and information management, irrigation and drainage efficiency and water resource utilization can be improved. The article analyzes the current situation and challenges faced by the renovation of agricultural water conservancy irrigation and drainage channel projects in China, and proposes corresponding renovation plans.

Keywords: farmland water conservancy; irrigation and drainage channels; engineering renovation; design

引言

农田水利灌排渠道工程作为农业生产的关键基础设施, 直接影响着水资源的合理利用、农田的灌溉排水及农业生产的稳定。然而, 随着农业生产方式的转型与升级, 以及气候变化导致的极端天气事件, 现有的农田水利灌排系统逐渐暴露出设施老化、功能缺失、规划不合理等问题。这些问题不仅妨碍了水资源的高效利用, 也制约了农业生产力的提升, 甚至对农业生态环境的可持续发展构成威胁。因此, 农田水利灌排渠道的改造设计, 已成为提升水利工程效益、保障粮食安全及实现农业可持续发展的迫切需求。现有设施的更新与优化, 不仅是必须进行的, 还应根据现代农业的需求, 充分利用先进技术手段, 推动水利资源的精细化管理与智能化调度。本文将深入探讨农田水利灌排渠道工程改造的设计原则与实施策略, 分析如何通过科学的改造设计, 提高灌排系统的效率与稳定性, 从而促进农业生产的持续增长, 为未来农业发展提供坚实的水利保障。

1 农田水利灌排渠道工程改造设计原则

农田水利灌排渠道工程改造设计的原则涵盖了功能性、可持续性、经济性及适应性等多个方面。在设计时, 必须确保灌排系统具备高效功能, 能够满足农业灌溉与排水的基本需求, 同时提升水资源利用效率, 解决水土流失、

洪涝灾害等问题, 从而保障农业生产的稳定性及农田生态环境的可持续发展。特别需要关注可持续性, 改造设计中应充分考虑水资源的长远利用, 避免在短期内的过度开发, 确保水利设施的使用寿命较长, 并能够适应未来气候变化及农业发展的需求。在经济性方面, 确保项目的投入产出比合理, 应为设计的核心目标, 避免资源浪费, 实现资金的合理分配, 从而保障资金的最大效益。同时, 设计应具备较强的适应性, 考虑到当地水文、土壤、气候等自然条件及农业生产模式的差异, 提出个性化的设计方案, 结合实际情况提高工程的适应性与执行力。设计过程中, 还应注重生态环境的保护, 合理安排水源调配与土壤保护措施, 避免对自然生态系统的破坏, 推动农田水利与生态环境的和谐发展。

2 农田水利灌排渠道工程存在的主要问题

2.1 部分农田水利设施功能缺失

农田水利设施功能缺失, 已成为当前农田水利灌排渠道工程面临的一个重要问题。由于长期缺乏有效的维护, 或是建设初期设计存在缺陷, 许多水利设施未能发挥其应有的作用, 导致灌排系统的运行效率低下。在一些地区, 农田用水需求未能得到满足, 灌溉设施未能充分发挥作用, 排水系统功能不全, 致使农田频繁出现积水或干旱现象,

严重影响了农业生产的稳定性及农田生态环境。此外，因年久失修，部分老化水利设施无法适应现代农业的需求，灌溉与排水效率低下，管道堵塞、泵站故障等问题时有发生，进一步加剧了水利设施功能缺失的局面。

2.2 农田水利总体规划不完善

农田水利总体规划不完善，已成为当前农田水利灌排渠道工程中的一大突出问题。在许多地区，农田水利的总体规划缺乏科学性与系统性，未能充分考虑水资源的分布、土地承载力及不同区域农业需求，致使各项水利设施建设缺乏有效协调。一些地方的水利工程建设偏离了整体规划，过度依赖局部项目的临时性决策，缺乏长远的战略眼光。这样的分散建设方式，不仅导致了水资源的浪费，也引发了设施功能的重复建设。此外，未来发展趋势，如气候变化及区域农业结构调整等因素，未能充分考虑到规划中，导致现有水利设施在实际应用中，难以适应变化的需求^[1]。在部分地区，农田水利规划未能有效结合农业生产需求与生态环境保护，造成了灌溉、排水等功能上的局部失衡，进而引发了水资源调配困难，甚至带来了水土流失与污染等环境问题。

2.3 农田水利建设资金投入不足

农田水利建设资金投入不足，已成为制约农田水利灌排渠道工程顺利实施及可持续发展的关键问题。在许多地区，由于资金不足或分配不当，相关基础设施建设进展缓慢，难以满足日益增长的农业灌溉需求。尤其是在经济较为薄弱的农村地区，农田水利项目往往面临资金来源单一的问题，过度依赖政府财政支持，而由于政府财政压力大，无法提供足够的资金保障。资金短缺，不仅影响了水利工程的建设进度，还可能导致关键设施建设质量不达标，甚至出现项目中途停工的情况。此外，水利设施的维护与管理需要持续的资金投入，而在运营过程中，许多地区由于缺乏足够的资金支持，导致设施年久失修，功能逐步丧失，这进一步加重了资金短缺对工程可持续性所带来的负面影响。

2.4 农田水利设施管护不到位

农田水利设施的建设与管理脱节现象较为严重，尤其是中小型农田水利设施普遍存在失修、老化和损毁等问题。部分闸门、泵站的启闭机、丝杠等关键组件由于被盗而未能及时更换；一些地区的田间沟渠因长期未得到治理而发生淤积，甚至有的沟渠被填平后用于耕种。与此同时，该县水政执法队伍建设薄弱，各乡镇（街道）的水利站面临专业技术人员短缺和管理维护经费不足的问题，导致难以开展有效的执法活动。这使得水利设施遭受人为破坏，河道污染问题得不到有效治理，严重影响了水利设施效益的正常发挥。

3 农田水利灌排渠道工程对策建议

3.1 切实加强农田水利基础设施建设

加强农田水利基础设施建设，是提升农业生产效益、

确保灌排系统正常运行的关键举措。资金投入必须加大，确保农田水利建设项目获得充分支持，以满足新建、扩建、修缮及升级等多方面的需求。资金的使用不仅应针对新设施的建设，还应重视对现有设施的改造与维护，以防设施老化或损坏影响灌排效果。在资金管理上，必须加强科学规划，确保合理配置与高效使用。农田水利设施的建设，应紧密结合当地的实际情况，包括水源分布、土壤类型、气候条件等，量体裁衣地制定适应当地需求的工程方案。现代化技术，如智能灌溉系统、自动监控设备以及传感器技术，应被广泛应用于建设过程中，以显著提高水资源利用效率，减少人为失误，优化灌排管理，并提升农业灌溉精细化管理水平。在建设过程中，生态环境保护亦应充分考虑，节水灌溉与绿色排水技术应被采用，以防止水土流失与地下水的过度抽取，从而确保水资源的可持续利用^[2]。此外，完善的设施建设应伴随有效的管理与维护机制，定期进行检查、修复与更新，以保障设施的长期稳定运行，避免功能衰退对农业生产造成不利影响。

3.2 进一步完善农田水利规划

进一步完善农田水利规划，是确保灌排渠道工程高效、可持续运行的关键步骤。规划应基于科学的水文与气候数据，全面评估水资源的可用性与分布，充分考虑土地利用、农业种植结构及生产需求，从而制定出适应性强的水利方案。规划不仅要满足当前灌溉与排水的需求，还应具备前瞻性，能够应对未来气候变化及农业发展的挑战。例如，降水模式可能因气候变化而发生变化，规划中应考虑到可能出现的极端天气，并设计灵活应对机制，如备用水源、调节水库等。同时，区域协调性也应在农田水利规划中得到重视，避免只关注单一目标而忽视区域间水资源的合理调配与生态环境的保护。水利设施建设与生态环境保护应结合起来，规划中应采用节水灌溉技术与绿色排水系统，以减少自然资源消耗，防止水土流失与水污染等问题。在此基础上，规划还应与其他相关领域进行协调，如农业生产规划与土地利用规划，以确保水利工程与区域可持续发展目标的统一，最大化水利设施的综合效益。

3.3 建立稳定增长的投入机制

建立一个稳定增长的投入机制，是保障农田水利灌排渠道工程可持续发展的关键所在。水利工程的建设与维护需要大量资金，单靠政府财政拨款或一次性资金支持，难以满足长期、持续的需求。为此，必须建立多元化、长期稳定的资金投入机制，以确保农田水利项目能够持续推进。地方政府、企业、金融机构及农民等多方合作的资金筹集途径，应得到积极探索，创新融资模式。例如，采用政府与社会资本合作（PPP模式）来吸引社会资本参与水利建设与运营，不仅能够减轻政府财政压力，还能提高资金使用效率。同时，应建立长效的财政支持体系，为水利工程设立专项资金，并根据实际需求逐步增加财政投入，确保

项目不会因资金不足而停滞或降低建设标准^[3]。此外,应鼓励农业生产者及水利企业增强投资意识,例如通过设立水利设施使用费、水资源税等措施,增加地方及企业对水利设施建设与维护的长期投入。

3.4 加强水利管护和执法能力建设

加强水利设施的管护与执法能力建设,是确保农田水利灌排渠道工程长期有效运行的关键措施之一。水利设施建设完成后,其良好的运行状态与资源浪费的防止,核心在于有效的管护与执法。应当建立完善的日常管理与维护体系,确保设施在使用过程中得到及时检查、保养及修复,从而延长使用寿命,并保持灌排系统的高效运行。针对不同类型的水利设施,还应制定详细的管护规范与维护计划,明确责任人,定期进行技术巡检,及时发现问题并加以解决,避免设施老化或损坏对农业生产造成不良影响。水利设施的管护,不仅是技术性问题,还涉及政策法规的执行。加强执法能力建设,确保相关法规与管理制度的落实,是保障水利设施管护的重要前提。水资源保护相关法律法规,应严格执行,打击非法取水、浪费水资源及破坏水利设施等行为。同时,还需加强水资源使用的监控,确保水资源合理分配与高效利用,避免不合理的用水行为造成资源浪费及生态破坏。执法人员的培训应得到加强,提高他们的法律意识与执法能力,确保管护与执法工作的高效进行。此外,地方政府应加强与农民及其他利益相关者的沟通与协作,积极推动社会力量参与水利设施的管护与监督,形成全社会共同关注与维护水利设施的良好氛围。

3.5 做好防洪工作以及河道清理工作

防洪工作与河道清理,是确保农田水利灌排渠道工程顺利运行的基础保障。防洪措施需依托科学的洪水预警系统,通过整合气象数据与流域水文信息,实时监控潜在的洪水威胁,并提前采取防范措施。在洪水季节前,堤坝与排水设施的稳定性应定期检查,对老化或损坏的部分进行修复与加固,确保设施能够承受可能的洪水压力。在规划与建设防洪设施时,流域的水文特征应综合考虑,优化设计方案,从而提升防洪能力。河道清理,是防洪措施中不可忽视的一部分。随着时间推移,河道内常常积累沉积物、杂草与垃圾,这些障碍物会阻碍水流通畅,增加洪水发生的风险。因此,河道的定期清理与疏浚至关重要。在清理过程中,必须彻底去除一切影响水流的障碍物,确保河道通畅,保障水流顺利排出,避免水位过高引发灾害。

4 农田水利灌排渠道改造后的效果分析

农田水利灌排渠道的改造,在多个方面展现了显著的效果,包括提高灌溉效率、增强排水能力、促进农业产量

以及改善生态环境。经过改造后的灌排系统,水资源能够更加高效地利用,水的分配得到优化,确保了精准灌溉,尤其是在水资源紧张或干旱地区,智能化的高效灌溉技术显著减少了水的浪费,为农业生产提供了充足的水源。同时,改造后的排水系统,有效解决了积水与排水不畅的问题,特别是在雨季或暴雨时段,能够迅速排除多余的水分,减少了水涝灾害的发生,保护了农田土壤结构与作物根系,避免了因排水不及时导致的农作物损害。农田水利的改造,也显著提高了农业产量。通过更加科学的水利配置与管理,作物生长的环境得到了改善,灌溉与排水周期变得更加精确,促进了作物的健康成长,从而提升了农田的产量和农民的收入^[4]。同时,改造后的水利设施,不仅提高了农业生产力,也对生态环境产生了积极影响。通过合理的水资源调度和绿色排水技术,负面影响对环境的减少得以实现,水土流失和地下水过度开采得到了有效防止,生态平衡得以维持,推动了可持续农业的发展。

5 结语

在对农田水利灌排渠道工程改造设计进行分析时,重点探讨了现有渠道系统的优化方案,并结合实际需求和最新技术发展,提出了切实可行的改造路径。通过加强水流调控、提升灌溉排水效率,以及改善水资源的合理利用,改造不仅能显著促进农业生产的稳定增长,还为实现水利管理的可持续性奠定了坚实基础。该改造设计的实施,将显著提升农田水利灌排系统的综合效益,有效应对日益严峻的水资源短缺问题,并为农业现代化和农村经济发展提供有力支持。随着技术的持续进步,未来,农田水利灌排渠道的改造设计将更加精准与高效,为农业生产提供更加稳定的水利保障。

[参考文献]

- [1]谈聪. 农田水利灌排渠道工程改造设计[J]. 乡村科技, 2024, 15(13): 155-157.
 - [2]顾连斌. 加快农田水利灌排体系改造的建议与对策[J]. 工程建设与设计, 2021(2): 108-109.
 - [3]阎冠宇, 李远华. 对加强我国灌排基础设施建设的思考[J]. 中国水利, 2003(15): 53-56.
 - [4]薛利红, 段婧婧, 杨林章. 太湖流域农田灌排系统生态化改造技术及相关标准[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(1): 81-86.
- 作者简介: 宋杨帆(1997.4—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 工程管理(水利水电), 当前就职单位名称: 新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 就职单位职务: 水利工程设计, 职称级别: 初级。

农田水利工程中灌溉渠道防渗施工技术研究

成勇波

湖南启辉建筑工程有限公司, 湖南 长沙 410000

[摘要]近年来,我国农业水利建设持续加强,其中农田水利工程在提升灌溉效率、节水提质中扮演着重要角色。然而,灌溉渠道的防渗问题一直是降低水资源损失、确保灌水效果的关键技术难题。文章针对农田水利工程中灌溉渠道的防渗施工技术进行了系统的研究。采用实验分析与现场试验相结合的方法,首先分析了灌溉渠道渗漏问题的现状与影响因素,接着深入探讨了各类防渗材料的性能对比及应用效果。在此基础上,文中设计了一套综合防渗措施方案。通过真实的工程案例应用此方案,结果表明,合理的结构设计以及新型防渗材料的应用显著提高了灌溉渠道的防渗效果,渠道渗漏率大幅度降低,灌溉水的利用率得到了显著提升。本研究结果为农田水利工程防渗技术的推广和应用提供了理论依据和实践指导,有望为实现农业水资源的节约和高效利用奠定坚实基础。

[关键词]农田水利工程;灌溉渠道;防渗技术;施工方法;节水效率

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15816

中图分类号: S277

文献标识码: A

Research on Anti-seepage Construction Technology for Irrigation Channels in Agricultural Water Conservancy Projects

CHENG Yongbo

Hunan Qihui Construction Engineering Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: In recent years, Chinese agricultural water conservancy construction has been continuously strengthened, among which farmland water conservancy projects play an important role in improving irrigation efficiency, water conservation and quality improvement. However, the issue of anti-seepage in irrigation channels has always been a key technical challenge in reducing water resource losses and ensuring irrigation effectiveness. The article systematically studies the anti-seepage construction technology of irrigation channels in agricultural water conservancy projects. By combining experimental analysis with on-site testing, the current situation and influencing factors of irrigation channel leakage were first analyzed. Then, the performance comparison and application effects of various anti-seepage materials were deeply explored. On this basis, a comprehensive anti-seepage measure plan was designed in the article. The application of this scheme through real engineering cases shows that reasonable structural design and the use of new anti-seepage materials significantly improve the anti-seepage effect of irrigation channels, significantly reduce channel leakage rates, and significantly improve the utilization rate of irrigation water. The results of this study provide theoretical basis and practical guidance for the promotion and application of anti-seepage technology in agricultural water conservancy projects, and are expected to lay a solid foundation for achieving the conservation and efficient utilization of agricultural water resources.

Keywords: farmland water conservancy engineering; irrigation channels; anti-seepage technology; construction method; water saving efficiency

引言

农田水利工程成为农业生产根本性要素,水资源优质配置关键保障靠它完成。我国日渐水资源短缺压力越发突出,节水型农业建设跟农田水利工程防渗问题获得很多人重视。效果好防渗措施能够提升灌溉水利用率并且降低渠道渗漏率。本次探讨目标定为农业水利工程中防渗措施供给严谨技术方案,灌溉渠道渗漏原因、防渗材料结构设计拿来剖析探讨,设计出一套整体防渗措施。实验室剖析加上真实工程案例,验证这套措施效果非常可靠,农田水利工程防渗施工技术发展优化靠实践指导理论依据支撑。防渗材质探讨加上合理工程设计,利于促进农业水利工程防渗技术标准化使用推广,最终达成农业生产长久性发展目标。

1 农田水利工程及灌溉渠道的概述

1.1 农田水利工程的重要性及作用

农田水利工程是国家农业基础设施建设重要组成部分,保证粮食安全确保粮食充足供应、改进水资源配置提高农业生产效率拥有作用^[1]。工程靠科学规划和技术实施,达成灌溉用水调配,减轻农业生产中干旱缺水问题特别是在干旱地区,提高农作物产量农业经济效益。农田水利工程达成节水提质,推动农业生产走资源节约型、环境友好型方向转型,助力现代农业可持续发展并保障长期发展。人口增长城市化进程加快,农业水资源需求不断上升,农田水利工程建设管理得到重视。这些工程不仅为农业发展提供了稳定的水资源支撑,还在解决农村地区水旱灾害、改善生态环境方面具有重要意义,其作用已经扩展至农村

经济发展、社会稳定以及生态修复等多个领域,加强农田水利工程建设成为保障农业现代化的核心环节。

1.2 灌溉渠道的基本形式与功能

灌溉渠道是农田水利工程必不可少的构成部分,类型划分成明渠和暗渠两大类。明渠用混凝土、砖石、土质这些材料修建,施工简单、保养费用少这些特点很明显,但会遭到渗漏、蒸发这些问题困扰;暗渠用管道构成,使用在需要较高防渗效果的地区。灌溉渠道负责把水量输送出去,保证农田得到充足的水资源,满足作物生长需求。改进设计浇灌水道能提高水资源利用效能,降低水土流失,帮助农耕作业实现可持续进步,所以农村经济能平稳发展并得到维护功能。合理挑选和设计浇灌水道类型,能增强浇灌效能,维护农耕作业有关键价值,推动农村发展。

1.3 灌溉渠道渗漏问题的现状

灌溉渠道渗漏问题变成限制农田水利工程效益体现的重要因素。渠道防渗技术应用不够,渠道结构陈旧年久失修,地域差异引起地质条件复杂,渗漏现象不同地区和工程类型出现。这种情况产生很多水资源浪费无法挽回,引起土壤盐碱化、水质恶化等环境问题,农业生产稳定性和可持续性受到威胁。渗漏问题影响灌溉效率提高,加大灌溉成本持续上升,限制水资源开拓使用,恶化农业地区水资源不足矛盾^[2]。有力处理渠道渗漏问题变成农田水利工程改进建造的重要工作。

2 灌溉渠道防渗问题的深入剖析

2.1 灌溉渠道渗漏问题的成因和影响因素

灌溉渠道漏水难题在农田水利工程,变为主要难关,影响渠道正常作用运作。漏水因素重要来自地形结构、建造水平渠道保养多个方面。地形结构方面,土壤类型结构影响漏水,土质疏松、渗水性强区域,漏水难题明显。建造水平方面,原料合理选择、技术能力季节气候影响建造,建造质量不达标导致结构缺陷,漏水造成机会。渠道保养不当加重漏水,清理修复工作不足,造成渠道壁面损坏、水流腐蚀难题。天然条件方面,雨水、地震造成渠道结构破坏,增加漏水隐患。仔细研究地形结构、建造水平、保养情况、自然条件几个因素,帮助规划执行止漏方法,增加灌溉渠道整体使用效率使用年限,确保农田灌溉具体需求达到。

2.2 防渗问题对水资源损失的影响及其危害性

灌溉渠道渗漏问题直接影响水资源的有效利用,造成明显浇灌水运送环节漏水耗损许多水资源。漏水耗损提高水源供应负担,引起用水成本上涨,造成明显下游用水短缺,干扰明显农业生产连续性稳固性。漏水渗透地下,抬高明显地下水位,引起土壤盐碱化,干扰明显农作物成长出产。不合适补充造成明显附近生态环境变化,干扰明显区域生态均衡丰富性。漏水耗损结果是水资源耗费,具有造成明显农田少产生生态损害农业可持续进步限制长久隐患。浇灌水道止漏麻烦涉及明显省水,农业经济良好进步生态环境维护关联。

2.3 防渗问题对农村经济社会发展的影响

灌溉渠道防渗问题作用农村经济社会发展,作用大。渗漏现象导致水资源分配效能差,农田灌溉成本增加,农业产能农民收入提高受阻。水资源流失使区域性水资源短缺状况恶化,农业可持续发展面临严重危害。经济上,灌溉效能差引发粮食产量降低,地方经济增长受到冲击,农村地区经济竞争力下降。社会上,防渗问题使农田水利基础设施改善停滞,农村生活环境改善农民福祉提高艰难。解决防渗问题能推动农村经济发展,缓解贫困状况,推动社会稳定发展,意义重要,具体措施需落实,需采取有效行动解决问题。

3 灌溉渠道防渗材料的性能对比

3.1 常见的防渗材料及其性能特点

灌溉渠道防渗施工,挑选防渗材料影响到工程质量跟应用成果。常见防渗材料包括黏土、混凝土还有聚合物膜这些类型。黏土属于传统材料,拥有天然防水性能,特点是获取便利、费用少,不过遇水膨胀之后出现裂开,造成防渗效果不牢固。混凝土材料用在灌溉渠道上面,坚固性强、耐久性好,可以抵御外界物理冲击,但是施工标准严格,碰到恶劣气候条件产生裂缝,干扰防渗性能。聚合物膜算是一种新兴材料,质轻、防渗性能优异并且施工方便,农田水利工程采用这种材料,但是薄膜碰到尖锐物体损坏,使用寿命不长,需要谨慎挑选使用环境跟保护措施。通过对以上材料的深入分析,可以发现不同材料在实际应用中需要根据工程特点和环境条件进行针对性地选择,以实现防渗效果与经济性的最佳结合^[4]。

3.2 不同防渗材料的应用效果比较

比较不同防渗材料使用成效,注重防渗功能、施工方便性、节约成本。黏土衬砌密封性优秀,适合使用成本重视区域,施工环境条件高,操作需要非常细致。混凝土衬砌持久性、抗压能力使用普遍,适合需要支撑机械设备渠道使用,成本高,施工花费时间长。聚乙烯(PE)薄膜材料防渗功能卓越、安装方便特点突出,使用弯曲、非规则渠道地形,连接处需要强化,确保结构稳固。复合材料土工膜使用显著,柔软、坚固性结合得好,多种地质条件表现好,整体成效比常规材料好,应用范围非常广泛。

3.3 新型防渗材料的研发与应用

新型防渗材料的开发和使用时让灌溉渠道防渗技术变得非常重要。新型材料包括高性能合成板材、复合土工膜和纳米防渗涂层等等,这些材料拥有特别好的物理化学特性和很强的适应能力,正在替换过去用的传统材料。高性能合成板材耐用时间长而且抗拉强度很强,复合土工膜柔韧性好并且防渗效果特别出色。纳米涂层技术通过提升表面分子结构来增强防渗能力。这些材料的使用让渠道防渗能力变强,还减少了施工和维护的成本,帮助农业水资源利用效率变高,给予了强有力的支持。

4 综合防渗措施方案的设计与实施

4.1 综合防渗措施方案的设计原则与方法

制定整体防水方法计划,遵循合理性跟实际性融合在

一起的准则,协调工程持久收益跟近期成果。计划制定要评价浇灌水道地形状况、水势特点、周围景象还有各类元素,确保计划可行性跟高效性。重要环节涵盖清晰防水目的,分析漏水原理跟特点,确定防水功能标准。防水材料选择要看材料自身的持久性、生态性、节约性,工程实际要求也要符合。新式防水材料特点显著,构造设计改进得很完备,通过科学手段提升防水成果,保障工程品质稳固可信,达到预期目标。施工方法的设计应确保施工过程的可操作性与质量可控性。重视对施工过程的监测与管理,以保证施工质量与设计预期一致。通过这一系列环节,达到提升灌溉水利用效率与降低渗漏损失的终极目标,为具体实施提供指导框架。

4.2 新型防渗材料在综合防渗措施中的应用效果

新型防渗材料放到综合防渗措施里面,体现出应用效果非常好,帮助提高灌溉渠道防止漏水的性能,给予关键支持不可或缺。聚乙烯土工膜、复合土工布、喷涂型防渗涂料这些新型材料,拥有优良的物理力学性能和持久性,放到工程里面发挥出色令人满意。这些材料能够补足传统材料耐候性、不透水性、施工便捷性上面的缺陷,面对复杂地质条件适用性更强适应范围广。具体工程应用里面,新型防渗材料跟渠道原地基融合,降低渗漏水出现,减少渠道运行维护成本,水资源利用效率提升正面作用意义非常大。实地测评显示,在应用新型防渗材料的渠道中,渗漏率明显低于传统材料,平均灌水均匀性与水输送效率均达到较高水平。这种技术的推广和实施为水资源的可持续利用和农业生产效率的提升带来了重要价值。

4.3 综合防渗措施的实施效果与显著

把综合防渗措施方案实施起来,工程实践取得优秀结果。把渠道结构设计优化一下,结合新型防渗材料一起用,工程降低渠道渗漏率,让灌溉水利用率提升,节水效果变得显著。实验数据表明,防渗措施强化渠道稳定性和耐久性,减少水资源损耗,促进灌溉效率提升,农田水利工程节水提质领域技术升级和推广使用,取得可靠坚实基础。

5 防渗技术的推广应用与未来发展

5.1 防渗技术在农田水利工程中的推广应用

随着农田水利工程在农业生产中的重要性不断加深,灌溉渠道防渗技术的推广应用显得日益迫切。对区域性农业生产而言,防渗技术的应用不仅有助于减少灌溉水的损失,还能有效提升水资源的利用效率。通过选用合适的防渗材料和优化施工工艺,能够在最大程度上减少渠道渗漏,确保灌溉水能够充分到达作物根部,从而提升作物产量。

在农田水利工程中,推广应用灌溉渠道防渗技术需要结合具体的土壤条件、水源特点以及农作物种类等因素,以确保防渗技术能够在实际生产中发挥其最佳效果。

工程执行过程,工程检测监测工作,保证防渗措施稳定性实用性,促进防渗技术顺利应用,属于重要步骤。促进灌溉渠道防渗技术普遍应用,需要设立相关技术标准评估体系,指导施工单位进行农田水利工程设计施工,合理

选用防渗技术。基础部分,强化技术培训宣传活动,推广防渗技术相关知识,提升技术人员专业水平操作水平,促进防渗技术扩展应用。新型防渗材料持续出现,防渗技术扩展提供更多可行性选择。结合已有的成功案例,进行技术优化与调整,形成适应不同地域和作物需求的多样化防渗解决方案,不仅有助于推动防渗技术在农田水利工程中的应用,还为实现水资源的节约与高效利用迈出坚实步伐。

5.2 防渗技术对于农业水资源节约和高效利用的贡献

防渗技术支持农业水资源节省合理使用,起到很大作用。灌溉渠道漏水量减少,防渗技术让水资源大量浪费量变少,灌溉水利用率变高。技术让灌溉系统工作状态变得更好,确保农田得到足够水源供给,漏水造成水资源损耗现象变少。新型防渗材料使用让灌溉渠道长期持久性变强,生态效益变好,支持节水型农业前进速度加快。防渗技术广泛应用推动农业灌溉方式变得更好,干旱缺水半干旱地区农业生产得到稳定水源供给。技术成果让农业用水体系规划变得完善,缓解水资源短缺难题,实现农业可持续发展目标打下坚实基础。

6 结束语

在农业水利施工里,灌溉渠道的防渗施工技术是确保灌溉效果与增强节水效率的一个重要环节。针对这一问题,本次研究经过了仔细深化的分析,得出了一套真正有用的防渗策略,在实际工程中也证实过。试验和现场的结果都说明了新型防渗材料和设计的合理性如何有效增强了防渗效果,降低了漏水,用水效率也是大幅提高。尽管已经在实际工程中提升了渠道的防渗效果,但防渗技术的应用和施工技术的进一步完善还是充满挑战。尤其是在不同土质和气候条件下的适应性研究,研究还得更深入些,以便更好地改善和完善施工工艺。展望未来,研究应继续关注环境条件、材料耐久性以及成本效益分析,以适应多样化的灌区需求和提升防渗材料的通用性和生态相容性。通过不断探索和实践,争取为农田水利工程的可持续发展做出更大贡献,进而助力国家农业水资源的节约与高效利用,确保我国农业可持续发展的坚实基础。关键词在提升实践应用的同时,也需得到相关技术标准和施工规范的配套完善,从而为整个农田水利工程建设行业的技术升级和管理水平的提升奠定基础。

[参考文献]

- [1] 蓝晨露. 农田水利工程灌溉渠道防渗技术措施探讨[J]. 农村科学实验, 2021(8): 34-36.
 - [2] 饶忠强. 农田水利灌溉渠道的防渗衬砌施工技术[J]. 名城绘, 2020, (7): 470.
 - [3] 孟兆文. 农田水利工程中灌溉渠道防渗施工技术分析[J]. 当代农机, 2023(8): 64-65.
 - [4] 杨志军. 农田水利灌溉渠道施工方案[J]. 工程技术, 2021(2): 104-105.
 - [5] 高士平. 谈农田水利工程灌溉渠道设计[J]. 科学与财富, 2020(2): 260-260.
- 作者简介: 成勇波(1988—), 湖南启辉建筑工程有限公司。

Q420 板材在风力发电设备中的焊接技术及质量控制研究

代磊落

广东粤水电装备集团有限公司, 广东 广州 510000

[摘要]随着全球对可再生能源需求的不断增长, 风力发电在能源结构调整与碳减排进程中的作用日益凸显。作为风电机组的核心承重结构, 塔筒的稳固性与耐久性直接影响风电场的长期运行安全。近年来, 风电机组朝着大功率、高塔架方向发展, 对塔筒材料的强度及性能要求日趋严格。Q420 板材凭借出色的力学特性与较高的屈服强度, 已逐步替代 Q355 钢材, 成为风电塔筒制造中的主要选材, 并在行业内得到广泛应用。文章基于风电设备制造的工程实践, 围绕 Q420 板材的焊接方式、材料匹配、工艺控制及检测技术展开深入研究, 研究成果可为行业提供技术参考, 并为风电塔筒焊接质量的提升奠定理论基础。

[关键词] Q420 板材; 风力发电设备; 焊接技术

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15828

中图分类号: TG47

文献标识码: A

Research on Welding Technology and Quality Control of Q420 Plate in Wind Power Equipment

DAI Leiluo

Guangdong Yueshuidian Equipment Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract: With the continuous growth of global demand for renewable energy, the role of wind power generation in energy structure adjustment and carbon reduction process is becoming increasingly prominent. As the core load-bearing structure of wind turbines, the stability and durability of the tower directly affect the long-term operational safety of the wind farm. In recent years, wind turbines have been developing towards high power and high tower structures, with increasingly strict requirements for the strength and performance of tower materials. Q420 sheet metal has gradually replaced Q355 steel due to its excellent mechanical properties and high yield strength, becoming the main material for wind turbine tower manufacturing and widely used in the industry. Based on the engineering practice of wind power equipment manufacturing, this article conducts in-depth research on the welding method, material matching, process control, and testing technology of Q420 sheet metal. The research results can provide technical references for the industry and lay a theoretical foundation for improving the welding quality of wind power tower tubes.

Keywords: Q420 board; wind power generation equipment; welding technology

引言

风力发电塔筒作为风电机组的重要组成部分, 在运行期间需承受风荷载、设备偏载、运行振动及突发阵风等多重作用。近年来, 风电平价上网政策的推行以及“碳达峰、碳中和”目标的推进, 促使风电机组向大容量、高塔架方向发展, 对塔筒材料的性能要求不断提高。Q355 钢材的强度与稳定性已难以满足新型风电设备的技术标准, 而 Q420 高强钢因具备更高的屈服强度和优良的力学性能, 逐渐成为塔筒制造的优选材料。尽管在承载能力和结构稳定性方面具备显著优势, 该材料在焊接过程中易出现冷裂纹、未熔合及热影响区脆化等质量问题, 焊接难度较大。为保证塔筒的结构安全及焊接质量, 工艺优化、精准控制焊接参数以及质量检测手段的完善已成为关键环节。

1 焊接技术

在风力发电塔筒的制造过程中, 焊接工艺的质量直接影响塔筒的承载能力、使用寿命以及整体安全性能。随着风电技术的快速发展, 风力机组功率不断增大, 塔筒的直径和高度也随之增加, 对结构强度和制造精度的要求愈发严格。为了满足更高强度、更大承载能力的需求, Q420 板材因其优越的力学性能, 被广泛应用于风电塔筒的制造,

并逐步取代传统的 Q355 钢材。然而, 与 Q355 钢相比, Q420 钢板对焊接工艺的要求更高, 焊接时易产生冷裂纹, 导致对焊接参数控制、预热处理以及焊后热处理提出了更严格的要求^[1]。若缺乏科学合理的焊接方法以及精细化的工艺控制, 焊缝质量难以达到设计标准, 结构的稳定性和长期服役能力也将受到影响。因此, 研究适用于 Q420 板材的焊接技术, 优化焊接工艺参数, 并提升自动化焊接水平, 是保证风力发电塔筒制造质量的关键。本文围绕焊接方法、焊接材料以及工艺控制展开深入探讨, 以期对风力发电塔筒制造提供理论依据, 并为焊接技术优化提供实践指导。

1.1 焊接方法

1.1.1 埋弧自动焊 (SAW)

埋弧自动焊 (SAW) 因其高效、稳定、焊接质量均匀的特点, 在风电塔筒的制造过程中得到了广泛应用, 主要用于纵缝及环缝的焊接。该工艺通过采用 $\phi 4\text{mm}$ 焊丝, 并配合氟碱型烧结焊剂, 在高温输入条件下形成深熔焊缝, 使焊缝具备优异的力学性能。焊接过程中的电流、电压及焊接速度可通过设备的精准调节保持稳定, 确保熔合均匀、焊缝成分一致, 同时使焊缝表面光滑, 提高整体焊接质量的可控性^[2]。由于埋弧自动焊的自动化程度较高, 操作过

程中对焊工技能的要求相对较低,在风电塔筒大规模生产中得到广泛采用。此外,该工艺在降低焊接缺陷概率、改善焊缝抗疲劳能力方面表现突出,使塔筒在长期服役期间的结构安全性进一步增强。

1.1.2 熔化极气体保护焊 (GMAW)

对于角焊缝及空间受限的塔筒结构部位,埋弧焊难以施焊,此时通常采用熔化极气体保护焊(GMAW)进行焊接。该工艺通过二氧化碳气体保护熔化极焊丝,形成稳定的电弧,在较高热输入条件下实现快速焊缝成型,同时具备优异的操作灵活性,并适用于各种焊接位置。根据焊丝类型不同,可分为实心焊丝和药芯焊丝两类。前者焊接效率较高,而后者在焊缝冶金组织均匀性及力学性能稳定性方面表现更为突出,但对存储环境的湿度控制要求较高,避免受潮影响焊接质量。通过优化焊接参数以及选择合适的焊丝材料,GMAW能够有效提高焊缝的抗冲击和抗疲劳性能,确保风电塔筒关键部位的连接安全性。

1.2 焊接材料

焊接材料的选择和管理在焊接工艺的稳定性及焊缝质量控制中占据重要位置,对焊接接头的冶金结合及力学性能起着决定性作用。Q420 板材属于低合金高强度钢,依据 GB/T 1591—2018 标准,其交货状态分为 N 板与 M 板。在风电塔筒制造领域,Q420NE 与 Q420ME 两种型号应用较广,二者在化学成分及力学性能上存在一定差异,但均可满足高强度结构的技术要求。母材中碳、硅、锰等主要合金元素的含量需要严格控制,以确保焊接接头与母材之间形成稳定的冶金结合。针对不同的焊接方式,所选焊材类型有所不同^[3]。埋弧焊通常选用 S55A4x 型 \varnothing 4mm 焊丝,并搭配氟碱型焊剂,而二保焊则需采用 G55A4x 型实心焊丝或 T55A4x 型药芯焊丝,其化学及力学性能必须符合国家标准。焊剂在使用前必须经过 350~400℃ 的充分烘干,以防止受潮影响焊接质量,确保焊接材料在施焊过程中的稳定性。

1.3 坡口处理

坡口处理是焊接前的重要准备工序,对焊缝成形、冶金组织以及整体连接强度有直接影响。在 Q420 板材的焊接中,必须根据工艺要求精确开设坡口。埋弧焊一般使用单边 V 型坡口,控制角度为 $25 \pm 5^\circ$,钝边宽度为 5~7mm;二保焊则推荐坡口角度为 $20 \pm 5^\circ$,钝边宽度通常为 3~4mm。坡口加工完成后,必须彻底清理坡口内外至少 25 至 30mm 范围内的表面,去除油污、铁锈、氧化皮等可能影响焊接的杂质,确保坡口尺寸和表面状况符合设计要求。此过程对机械加工设备提出了较高的要求,同时对操作人员的技术水平和现场检测能力也有严格要求。只有当坡口处理达到预定标准后,才能进行后续焊接作业,为焊接接头的冶金质量与长期稳定性打下坚实的基础。

1.3.1 工艺控制与预热措施

Q420 板材具有较高的冷裂纹敏感性,尤其在碳当量超过 0.38 时,焊接过程中容易产生裂纹。工艺控制与预热措施对防止这一现象至关重要。焊接前,焊缝区域需进行充分预热。预热区域以焊缝中心为基准,向两侧延伸至

少为板厚的三倍,且不少于 25mm。预热温度通常控制在 80~120℃ 之间,随着板材厚度的增加,预热温度应适当提高。预热可采用电加热或火焰加热,火焰加热因加热速度较快且适应性强,广泛应用于塔筒制造过程中。红外测温仪被用来实时监控温度,确保温度分布均匀稳定。通过适当的预热,不仅可以防止氢致裂纹的产生,还能有效减缓热影响区晶粒粗化,从而改善焊接接头的韧性和延展性,为焊接后续力学性能的稳定提供保障。

1.3.2 焊接参数与层间温度控制

焊接参数与层间温度控制是确保焊接质量与焊缝冶金性能的核心。电流、电压以及焊接速度等参数必须控制在工艺评定的范围内,保证充分的热输入以实现良好的熔深,并避免过量热输入引起热影响区晶粒粗化。在埋弧焊中,通常采用多层多道焊接方式,而二保焊则多选择摆动焊接。在每一层焊接完成后,必须检测层间温度,确保其不低于预热温度且不超过 230℃,以防止未熔合或裂纹等缺陷的产生。如层间温度偏低,需及时补充预热;若温度过高,则应通过自然冷却或其他有效降温手段进行调整。通过对焊接参数与层间温度的精确控制,可以有效改善焊接区域的冶金组织,降低残余应力及脆性缺陷的风险,从而为塔筒在服役过程中的稳定性提供保障。

1.3.3 后热处理

焊接后的后热处理对焊缝性能的提升及结构使用寿命的延长起着关键作用。其主要功能是消除焊接过程中产生的残余应力,促进氢的逸出,并优化焊接区域的微观组织。通常,后热处理温度应控制在 250~300℃ 之间,保温时间不少于 30 分钟。在这一过程中,残余氢能够迅速逸出,从而有效防止氢致裂纹的形成。与此同时,后热处理还可以缓解因焊接导致的局部应力集中,促进晶粒细化,降低脆性相的含量,提高焊缝的韧性与抗冲击能力。实施过程中,必须严格控制温度与保温时间,确保整个焊接区域温度分布均匀,并在自然冷却阶段保持稳定的降温速率,从而实现最佳的热处理效果,为塔筒在复杂工况下的长期稳定性提供保障。

1.3.4 环境因素

焊接环境因素在 Q420 板材的焊接中扮演着重要角色,尤其是在露天施工中,环境条件对焊接过程的影响尤为显著。风速大于 2m/s 时,气体保护焊容易受到风力影响,导致保护气体流失,进而影响电弧的稳定性。对于埋弧焊,风速应控制在 10m/s 以内,以防温度波动及飞溅现象的加剧。雨雪天气、低温以及高湿度条件也会对焊接金属的冶金反应及电弧特性造成不良影响。因此,必须采取必要的防护措施,如设置防风设施、调节作业环境的温湿度以及合理安排作业时段,确保焊接过程中的温度控制符合工艺要求。只有有效克服不利环境因素,电弧才能保持稳定,焊缝成形质量才能得到保证,从而为塔筒提供可靠的结构安全保障。

2 质量控制措施

2.1 人员资质

焊接工艺中的人员资质管理是确保焊接质量及施工安全的关键环节,直接影响焊接接头的冶金性能及其长期

稳定性。焊接作业属于特种作业，对操作人员的技术要求较高，因此，所有参与焊接的工作人员必须持有符合 GB/T15169 标准的合格焊工证，并通过严格的理论考试及实践操作考核。仅在通过焊接试板的验证后，方可正式上岗作业。此举有效避免了操作不当引发的焊接缺陷，同时确保了焊接过程中，如参数设定、预热控制、层温管理等关键工序能够严格遵循工艺要求。焊接质量的无损检测是确保焊接合格的重要保障，检测人员必须持有由中国特种设备检验协会或其他权威机构颁发的 A 级或 B 级资质，且需依据 GB/T9445 标准进行考核与评定。只有经过专业培训并且合格的人员，才能在检测中准确识别焊缝可能存在的裂纹、未熔合等缺陷，并对检测结果进行科学分析。严格的人员资质管理不仅提升了焊接技术水平，也为后续工艺稳定性及塔筒结构的长期安全运行提供了坚实的支持，显著降低了因人为操作不当所引发的质量隐患。

2.2 设备与焊材保障

焊接设备与焊材的质量直接关系到焊接接头的冶金质量与力学性能，其重要性不言而喻。焊接设备作为能量输入与参数控制的核心，其稳定性对焊接过程的连续性和一致性起着至关重要的作用。因此，所有焊接设备，包括电源、送丝装置、焊接机器人及监控仪器等，必须定期进行检修、维护与校准，以确保其长期稳定工作，避免设备故障或参数波动影响焊接质量。在此过程中，焊材的管理同样不容忽视。所有焊材在入厂后，须进行外观检查、化学成分分析及力学性能测试，确保其性能符合相关国家与工程标准。特别是 Q420 板材焊接所用的埋弧焊丝及二保焊丝，其化学成分及力学性能应严格符合设计要求，以确保母材与焊缝之间的冶金结合良好。焊材的储存与使用过程中，必须严格控制环境条件，如焊剂需高温烘干处理，焊丝保持恒温状态，防止受潮后造成焊接缺陷。为确保材料的可追溯性，必须建立详细的焊材使用记录，涵盖检测结果、烘干次数以及使用情况等，这对于出现质量问题时能够快速追溯来源并及时处理具有重要意义。

2.3 工艺与环境控制

要实现高质量的焊接，严格执行焊接工艺及对环境的精确控制是至关重要的，尤其是在风力发电塔筒的制造中尤为突出。每一个焊接工序都必须按照焊接工艺评定(WPS)执行，涉及坡口处理、预热、层温控制、焊后清根及后热处理等多个关键环节。在坡口处理阶段，应确保接边缘的精确加工，且应彻底清除油污、锈蚀及氧化皮等杂质，以保障焊缝的均匀融合。预热过程的设置需要根据板材厚度合理调整预热区域及温度（通常保持在 80~120℃ 之间），通过有效的预热控制，避免由于温度剧烈变化而引发热裂问题^[4]。在焊接过程中，电流、电压及焊速等焊接参数应始终保持在设定范围内，以确保焊接热输入均衡，避免因热输入过低或过高而导致晶粒粗化或焊接缺陷。同时，车间环境中的温湿度与气流状态也需进行严格监控，特别在露天施工或天气变化剧烈时，必须采取防风、防雨措施，确保保

护气体浓度稳定，避免电弧干扰。通过全面控制工艺环节及环境因素，不仅可有效减少焊接过程中因热输入不当导致的质量问题，还能确保焊接区域内的冶金组织均匀，残余应力合理分布，从而为塔筒结构的长期稳定性提供保证。

2.4 焊接质量检测

焊接质量检测在整个焊接工艺中占据了至关重要的地位，它能够帮助及时发现并处理焊缝中的潜在缺陷，确保焊接接头的最终质量。在 Q420 板材的焊接过程中，延迟裂纹的发生较为常见，因此，必须在焊接后的 24 至 48 小时内进行初步无损检测，待热影响区冷却后，再进行 48 至 72 小时内的全面检测。检测手段包括外观检查、超声波探伤、磁粉检测及射线检测等多种方法的结合，依据 NB/T47013 系列标准，对焊缝进行细致检查，确保不存在裂纹、气孔、未熔合等缺陷。发现缺陷部位后，应及时采取返修措施，通常采用二保焊进行修复，但同一位置的返修次数不应超过两次，超过两次时，必须得到技术负责人与监理工程师的共同批准。返修后的焊缝仍需重新检测，确保所有缺陷已被修复。全过程的检测数据、返修记录及设备校准情况需详细记录并归档，以便后期追溯与质量分析。通过严格的质量检测与记录体系，能够及时消除焊接过程中的各类潜在风险，为工程质量持续改进提供数据支持，从而确保风力发电塔筒具备优良的耐久性与安全性，为项目的顺利实施与安全运行奠定坚实基础。

3 结论

Q420 板材在风力发电塔筒焊接中的应用，虽然显著提高了结构性能及安全性，但其焊接过程仍面临较大的技术难度和质量控制挑战。通过合理选择焊接方法（如埋弧自动焊与熔化极气体保护焊的结合），以及恰当配对焊材，能够有效降低延迟裂纹的发生风险。此外，严格控制坡口处理、预热、层温与后热等关键工艺，对保证焊接质量起到了关键作用。人员资质、设备保障及环境控制等方面的完善措施，确保了焊接过程的稳定性与质量。尽管当前焊接参数控制较为保守，但在保障安全的前提下，通过对更大电流、电压输入及焊速的研究，焊接生产效率有望得到进一步提升，为焊接技术的持续进步提供动力。

【参考文献】

- [1] 范静. 关于 AP1000 反应堆压力容器焊接技术质量控制的探讨 [J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(11): 281-283.
 - [2] 王见君, 王繁. 大型回转窑筒体焊接技术及质量控制措施研究 [J]. 现代交通与冶金材料, 2023, 3(1): 105-107.
 - [3] 柏琳. 采气工程双金属复合管焊接技术及质量控制 [J]. 石油和化工设备, 2023, 26(8): 54-56.
 - [4] 丁斌, 林治鹏, 林稳. 压力管道工程焊接技术与质量控制研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(6): 109-111.
- 作者简介：代磊落（1995.3—），毕业院校：安徽工业大学，所学专业：测控技术与仪器，当前就职单位名称：广东粤水电装备集团有限公司，就职单位职务：技术员，职称级别：助理工程师（水力机械）。

塔筒制造分包合同编制中的合同风险评估与防范措施

柳晓英

新疆骏晟能源装备有限公司, 新疆 昌吉 831100

[摘要]塔筒制造分包合同涉及塔筒生产、防腐处理以及运输等多个环节。随着新能源产业的发展,塔筒制造成为风力发电项目的重要组成部分。在签订分包合同时,除了明确合同的基本内容外,还需要对可能的风险因素进行全面分析,并采取有效的防范措施。文章从市场风险、技术风险、质量风险等角度对塔筒制造分包合同中的风险进行评估,并提出相应的防范措施。

[关键词]塔筒制造; 风险评估; 合同防范措施; 市场风险; 技术风险

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15825

中图分类号: F42

文献标识码: A

Contract Risk Assessment and Preventive Measures in the Preparation of Subcontracting Contracts for Tower Manufacturing

LIU Xiaoying

Xinjiang Junsheng Energy Equipment Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: The subcontract for tower manufacturing involves multiple aspects such as tower production, anti-corrosion treatment, and transportation. With the development of the new energy industry, tower manufacturing has become an important component of wind power projects. When signing a subcontract, in addition to clarifying the basic content of the contract, it is also necessary to conduct a comprehensive analysis of possible risk factors and take effective preventive measures. The article evaluates the risks in tower manufacturing subcontracting contracts from the perspectives of market risk, technical risk, and quality risk, and proposes corresponding preventive measures.

Keywords: tower manufacturing; risk assessment; preventive measures for contracts; market risk; technical risk

引言

随着风能产业的迅速发展,塔筒作为风力发电的重要组成部分,受到了越来越多的关注。塔筒的制造、安装、防腐和运输等环节,通常需要进行分包合作。塔筒制造分包合同的编制,涉及诸多复杂的条款和细节,其中不乏潜在的风险因素。为了确保合同顺利履行,避免在项目实施过程中发生纠纷,必须对合同风险进行全面评估,并采取相应的防范措施。

1 塔筒制造分包合同概述

1.1 塔筒制造与防腐及运输的分包安排

塔筒制造的过程包括多个环节,如设计、原材料采购、生产加工、防腐处理、运输以及安装等。考虑到每个环节的技术要求与复杂性,常常会通过分包的方式将部分工作交由专门的承包商来完成。特别是在防腐处理和运输领域,通常由专业公司负责这些环节的执行。防腐处理公司根据技术规范进行塔筒表面涂层,以增强抗腐蚀性能,延长使用寿命。运输则交由具备相关资质的运输公司处理,确保塔筒在运输过程中不受损坏。为了使整个塔筒制造过程有序推进,分包合同中必须对各个环节的责任和义务进行明确界定。

1.2 塔筒制造分包合同的基本内容

塔筒制造分包合同主要涵盖项目范围、合同条款、质量控制标准、验收标准、支付条件以及违约责任等方面的

内容。合同需详细明确各分包商的职责与任务,以避免因模糊条款导致的纠纷。在质量控制方面,必须制定清晰的技术要求与标准,确保塔筒的制造符合行业规范与技术标准。此外,验收标准的制定同样至关重要,只有在通过严格的验收程序后,才能确认每个环节是否达到规定的质量要求。支付条款应根据项目进度进行分期付款,且应详细列明支付时间节点及金额,确保分包商的资金流畅,从而避免因资金问题影响项目进度^[1]。违约责任条款需要对项目延误、质量不达标等情况进行详细规定,确保出现问题时能够迅速而公正地解决。最后,合同中还应明确项目进度与变更管理条款,以便在遇到变更时能够迅速响应,确保整个项目按时完成。

2 塔筒制造分包合同中的风险因素分析

2.1 市场风险

市场风险主要来自于原材料价格的波动及劳动力成本的变化。钢材、混凝土等关键原材料价格的波动,可能由于市场需求的变化而显著波动,从而对项目的生产成本产生直接影响。若价格出现上涨,分包商面临的成本压力也将增大,若合同条款未对价格波动做出相应规定,项目预算可能会失衡。此外,劳动力市场的不稳定,也会导致人工成本的变化。特别是在劳动力短缺时,人工费用将出现上涨,若未合理应对这一变化,项目的预算安排可能受到严重影响。

2.2 技术风险

塔筒制造中的技术风险,通常出现在设计与生产阶段。设计错误或疏忽,尤其是在结构稳定性、耐久性及安全性方面,可能会导致塔筒无法满足相关技术标准,从而影响整体工程质量。在制造过程中,若工艺控制不当或材料选择不合理,也可能导致塔筒无法达到预期的质量标准,甚至影响其使用寿命。同时,塔筒生产涉及一些技术要求较高的工艺环节,如焊接与防腐涂层处理等,这些环节若未严格控制,成品的质量将难以保证,进而可能导致返工或修复的需求。技术风险不仅可能带来额外成本,还可能影响项目的工期与最终质量。

2.3 管理风险

塔筒制造分包合同中的管理风险,往往源自于项目管理的不当。有效的项目管理是确保生产、运输及安装各环节顺利进行的基础。若管理团队未能及时识别并解决生产过程中出现的问题,或未对项目资源进行合理调度与分配,可能会导致工期延误及项目成本失控。特别是在设备采购、材料供应及进度控制方面,若项目管理缺乏足够的监控与协调,分包商未按时履约的可能性增加,进而影响项目的整体进度。项目管理的不严谨还可能导致问题在早期未得到有效解决,导致后期风险的积累与放大,最终影响项目的整体执行。

2.4 法律风险

法律风险的核心在于合同条款的模糊性及双方权责的不清晰。如果合同中缺乏明确的条款,尤其是在责任划分、违约责任及质量要求等方面的含糊其辞,可能会导致合同履行过程中发生纠纷。若合同条款未充分保障双方的合法权益,或者存在漏洞,双方在履行过程中容易出现违约行为。而合同条款不明确时,项目相关各方可能会相互推诿责任,最终引发诉讼或仲裁等法律纠纷,严重时甚至可能导致项目的停滞。

2.5 外部风险

外部风险包括政策变化、自然灾害及地方政府要求等外部因素对项目执行的影响。政策变化,尤其是行业相关的监管政策或环保要求的调整,可能会增加项目执行过程中的成本,甚至导致项目进度受到影响。例如,政策突变可能使项目面临额外的合规要求,从而增加了运营负担^[2]。自然灾害,诸如地震、台风、洪水等不可预测事件,可能会破坏生产设备、运输路线或施工现场,迫使项目暂停或延期。此外,地方政府的规章制度及要求,若未事先充分了解与应对,也可能对项目实施产生外部影响。

2.6 安全风险

安全风险贯穿塔筒制造项目的整个生产、运输与安装阶段。生产过程中,高空作业、重型机械使用及高温作业等环节的安全管理至关重要。若相关人员未按照安全规定操作,可能会导致设备损坏或人员伤亡。在防腐处理阶段,

使用化学品或操作不当,可能引发火灾或有害物质泄漏等事故,造成严重后果。在运输过程中,由于塔筒的尺寸与重量较大,若运输过程中发生设备故障或意外,可能导致塔筒损坏或工期延误。安装过程中,吊装与高空作业的技术要求高,若未严格遵守安全规定,可能会引发安全事故,影响施工进度及人员安全。

3 风险防范措施

3.1 市场风险防范策略

为了减少价格波动带来的不利影响,采用固定价格合同或价格调整机制成为一种重要手段。这类合同不仅能够明确项目预算中可能受市场变化影响的部分,还能为项目提供一层风险缓冲。为保障原材料的稳定供应,与供应商建立长期稳定的合作关系至关重要。通过签订长期协议,确保供应链的可靠性,进而降低外部市场波动对项目进度的干扰。此外,在供应商选择过程中,应考虑供应链的多样化,确保原材料的来源能够在不同情况下得到保障。通过灵活的采购策略与建立备用供应商系统,项目能够有效应对市场的不可预测变化,从而保持生产的连续性,确保项目如期推进。

3.2 技术风险防控措施

控制技术风险必须依赖完善的技术审查与评估制度,这对塔筒的设计和制造过程起到至关重要的保障作用。每一项设计与工艺流程都应经过严格的审查,以避免技术问题在后期的出现。这一审查环节不仅帮助发现设计中的潜在问题,还能在早期阶段进行有效修正。针对生产过程中可能遇到的技术难题,建立全面的质量控制体系同样不可或缺。每个生产环节需进行严格检测,确保最终产品能够达到预定的质量标准。为了进一步加强技术风险的管理,应定期组织技术人员进行培训,提升其对复杂技术问题的处理能力。特别是在涉及关键工艺操作时,操作人员需具备更高的技术素养与专业能力,以确保塔筒制造的每个环节都能够顺利执行。

3.3 项目管理风险防控措施

制定详细的项目管理方案与进度计划有助于确保项目能够按时按质完成。在项目管理过程中,应重点关注进度的监控与控制,确保项目各阶段能够如期进行。通过设定清晰的工作目标与时间节点,能够有效避免由于人为因素造成的拖延。此外,合理的资源调配同样重要,确保项目的各项资源能够得到充分利用,避免资源浪费或不足影响项目进度。通过优化的资源配置与定期的进度检查,能够使项目始终保持在可控范围内,避免管理方面的风险产生。在质量管理方面,严格执行质量标准,并落实质量责任制,是确保项目顺利推进的关键。

3.4 法律风险规避策略

为了有效防范法律风险,塔筒制造分包合同中的条款必须明确、清晰,特别是在违约责任、质量标准与交货时

间等关键问题上应作出详细规定。合同的条款必须充分考虑到各方的责任与义务,确保双方在合同履行过程中不会发生不必要的争议。违约责任的设计应尽量具体,明确界定违约后所应承担的法律后果,以便在发生违约时能够及时处理。签订合同前,应该对合同内容进行法律审查,确保每一条款符合当前的法律法规,减少法律纠纷的发生。为了保证合同的合法性与合理性,可以寻求专业法律顾问的建议,确保合同条款的合规性与公平性。

3.5 外部风险应对措施

有效防范外部风险要求定期关注政策动态与外部环境的变化。项目应当紧跟政策的变化,特别是那些可能对项目产生影响的法律法规及地方政策的更新。通过提前了解政策的潜在影响,项目能够在政策调整之前做出相应的应对措施,从而降低外部风险对项目的干扰。此外,项目还应建立应急响应机制,针对不可抗力因素如自然灾害的发生,能够及时启动应急预案,确保项目的顺利进行。在此过程中,及时与相关政府部门和地方机构保持沟通也十分重要。这样,项目能够在外部环境变化时获得更为及时的支持与信息,从而做出快速反应,有效规避外部风险对项目的潜在威胁。

3.6 安全风险防范措施

确保项目的安全性,需要建立严密的安全管理体系,并对各个环节的安全性进行严格把控。生产、运输及安装过程中,每一位工作人员都应遵守严格的安全操作规程,以防止潜在的安全隐患。建立安全责任制,将责任层层落实到具体人员,确保每个环节都有专人负责安全管理。此外,为了进一步加强安全风险防控,项目应定期组织安全培训,让员工掌握必要的安全知识与应急处理技能。特别是在高危环节,操作人员需接受更加严格的安全教育,确保其具备应对突发安全事件的能力。通过定期检查与持续改进安全管理措施,能够及时发现并消除安全隐患,防止安全事故的发生,从而为项目顺利实施提供保障。

4 塔筒制造分包合同中的关键条款

4.1 合同履行与进度管理

合同中应对塔筒制造项目的各个生产环节设定明确的进度要求,以确保生产过程能够有序进行。每个关键节点的完成时间应当清晰界定,且应就项目延期情况规定详细的赔偿条款,避免生产进度的延误对项目整体造成影响。在合同中,明确约定各方对进度的责任,并采取措施控制进度偏差,确保问题能够及时解决。为进一步确保项目按时完成,可考虑在合同中设置激励机制,促使各方按时完成预定任务。同时,合同中还应包含对进度实施的监督与监控措施,以便及时调整进度安排,确保项目顺利进行。

4.2 质量保证与验收

质量控制是塔筒制造分包合同中占据核心地位。为了确保塔筒从设计、生产到安装及防腐处理的每个环节均达到预定标准,合同应对每个环节的质量要求进行详尽的说

明。这些要求应包括严格的质量检查流程与检测标准,以确保每个工序的产品能够符合技术规范。在塔筒生产完成后,合同还应明确验收程序,确保所有产品在交付前通过质量检查并符合预期标准。此外,质量保证期也应在合同中明确,确保在产品交付后,若发生质量问题,能够及时得到处理并进行必要的维修。

4.3 安全保障条款

为了保障塔筒制造项目在生产、运输及安装过程中的安全,合同中应对安全管理进行全面规定。每一环节的安全责任应清晰界定,特别是在生产及运输阶段,必须严格遵守相关的安全操作规范。合同中应特别强调定期的安全培训,并确保每一位工作人员都能够掌握必要的安全知识和操作技能。此外,在发生安全事故时,合同应规定应急措施及责任方,确保能够迅速采取相应的补救行动。违约赔偿条款也应纳入合同中,以确保对因安全管理不到位造成的损失进行赔偿,进一步保障项目的顺利推进。

4.4 价格与付款条款

在塔筒制造分包合同中,价格与付款条款直接决定项目的资金流转。应明确约定价格结算方式,确保所有费用的支付、调整及结算都能按照事先规定的标准执行。同时,为应对原材料市场价格波动,合同中应设立合理的价格调整机制,防止由于外部因素引起的价格波动影响项目进度。付款条款也需在合同中详细规定,包括预付款、阶段付款及尾款的支付方式及时间节点,确保项目在各阶段的资金需求得到满足。若一方未按时履行付款义务,合同中应设定违约条款,确保对延期付款的情况进行处罚,避免因资金问题影响项目的正常实施。

5 结语

塔筒制造分包合同在项目实施中扮演着至关重要的角色,对各项工作顺利进行具有深远影响。通过合理设计合同条款,可以有效规避潜在风险,确保各方职责的明确,进而保障工程质量、进度以及安全等各方面的顺畅执行。尤其是在控制市场波动、技术挑战以及管理失误等风险的前提下,项目能够稳定运行,避免不必要的延期与损失。同时,合同中明确的质量、进度、安全与付款条款,为项目的高效推进提供了坚实的保障,确保了相关方的权益不受侵害。

[参考文献]

- [1]孙宏.螺旋埋弧焊管在风电塔筒制造领域的应用研究[J].焊管,2024,47(7):1-7.
 - [2]阮佳琪,孙浩.浅谈海上风电与智能制造在“双碳”目标下的发展结合点[J].水电与新能源,2024,38(10):47-50.
- 作者简介:柳晓英(1989.4—),毕业院校:河海大学文天学院,所学专业:计算机科学与技术,当前就职单位名称:新疆骏晟能源装备有限公司,就职单位职务:市场部预结算员。

某 300MW 机组中调抽汽供热下热耗率上升原因分析与改进

王 辉

江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223001

[摘要]随着火电行业的低碳发展, 通过热电联产提升机组整体运行效率、降低供电煤耗, 成为一大手段。某机组进行中调抽汽供热改造后在实际运行过程中发现, 机组热耗率持续偏高, 机组煤耗水平也并没有因供热流量的增加而下降, 反而上升。针对这一现象委托西安热工研究院有限公司对机组在不同负荷不同供热流量下进行试验, 分析试验结果发现采用中调抽汽供热后热耗率上升原因主要是节流损失、减温减压损失大, 高参数抽汽回热增加, 循环效率下降等原因造成的。并提出优化供热方式按照能级匹配梯级利用原则, 合理调度供热运方; 完善高排压力最低运行限制曲线, 减少中压调门供热节流损失。结合机组检修计划对汽轮机进行通流面积改造从新打孔抽汽, 按发电与供热的实际需求, 确定蒸汽参数和发电功率、供热流量, 优化通流部分的流量分配, 尽量减少供热过程中的能量损失。

[关键词]抽汽供热; 中调门; 热耗率; 试验; 供电煤耗

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15813

中图分类号: TK267

文献标识码: A

Cause Analysis and Improvement of Heat Rate Rise of a 300MW Unit under Middle Note Extraction Heating

WANG Hui

Jiangsu Huaiyin Power Generation Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract: With the low-carbon development of the thermal power industry, improving the overall operating efficiency of units and reducing coal consumption for power supply through cogeneration has become a major means. In the actual operation process of a unit after the middle note steam extraction heat supply transformation, it was found that the unit heat rate continued to be high, and the unit coal consumption level did not decline due to the increase of heat supply flow, but rose. In view of this phenomenon, Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd. was entrusted to test the unit under different loads and heating flows. The analysis of the test results found that the main reasons for the rise of the heat rate after the use of middle note extraction steam heating were throttling loss, large loss of temperature and pressure reduction, increased high parameter extraction steam regenerative, and decreased cycle efficiency, and propose to optimize the heating method according to the principle of energy level matching and cascade utilization, and reasonably schedule the heating operation party; Improve the minimum operating limit curve of high exhaust pressure and reduce the throttling loss of medium pressure regulating valve heating. Based on the unit maintenance plan, the flow area of the steam turbine is modified by drilling new holes to extract steam. According to the actual needs of power generation and heating, the steam parameters, power generation, and heating flow rate are determined, and the flow distribution of the flow section is optimized to minimize energy loss during the heating process.

Keywords: extraction heating; intermediate control valve; heat consumption rate; experiment; net coal consumption rate

引言

在当前“双碳”背景下, 火电行业的低碳发展面临严峻挑战, 火电机组如何提高效率以实现节能减碳是亟需研究的热门课题^[1]。

汽轮机是火电机组中的关键动力转换设备, 其能量转换效率是影响火电机组经济性的关键因素, 也是降低火电机组供电煤耗的关键环节。研究表明抽汽量越大, 热经济性越好, 机组煤耗率随着热电比的增加而线性减小。经验公式也表明随着供热量的增多, 机组热耗率呈下降趋势, 热电联产能够显著降低机组煤耗。

因此火电机组通过热电联产改造、主机优化升级及辅机节能改造等综合措施, 可以进一步提升其整体运行效率、降低供电煤耗, 热电联产集中供热是实现节约能源、减少

排放、解决工业用热的有效途径。但热电联产机组的高效经济运行, 必须基于电网、热网都满足机组经济运行的边界条件, 才可能充分发挥其特有的能力。

1 概述

某机组汽轮机为哈尔滨汽轮机厂有限责任公司制造的亚临界、一次中间再热、双缸双排汽、抽汽凝汽式汽轮机, 汽轮机型号为 C330-16.7/538/538, 额定功率为 330MW。机组原设计抽汽型式为中压缸回转隔板工业抽汽, 通过调整中压第 5 级回转隔板的开度, 维持工业抽汽压力在 1.5MPa, 单台机组最大工业抽汽能力为 300t/h。

因供热市场变化, 在深度调峰低电负荷下旋转隔板即使关至最小, 供热压力也无法满足热用户需求, 机组进行中调抽汽供热改造, 在热再上抽取 0~300t/h、压力为

2MPa 的蒸汽对外供热。

机组在实际运行过程中发现，机组热耗率持续偏高，机组煤耗水平也并没有因供热流量的增加而下降，反而上升。针对这一现象委托西安热工研究院有限公司对机组在不同负荷不同供热流量下进行试验，分析机组热耗率的变化研究降低机组供电煤耗的方向。

2 试验过程

2.1 试验工况及测试结果

(1) 带 150t/h 供热流量时，90%、70%、60%、50%、40%和 30%额定负荷下汽轮机热耗率测试。

由表 1 可知：

在 99MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 99354.5kW，经修正后的发电机功率为 99456.7kW；试验热耗率为 9069.0kJ/kWh，经修正后的热耗率为 9071.2kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.18%，试验中压缸效率为 65.07%。

在 132MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 132352.3kW，经修正后的发电机功率为 134134.3kW；试验热耗率为 8809.5kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8727.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.37%，试验中压缸效率为 71.72%。

在 165MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 165246.2kW，经修正后的发电机功率为 168327.1kW；试验热耗率为 8630.3kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8487.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.79%，试验中压缸效率为 76.51%。

在 200MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验

发电机功率为 200125.4kW，经修正后的发电机功率为 207344.6kW；试验热耗率为 8558.8kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8291.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 75.12%，试验中压缸效率为 79.99%。

在 231MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 231167.1kW，经修正后的发电机功率为 237627.3kW；试验热耗率为 8418.1kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8208.6kJ/kWh；试验高压缸效率为 78.18%，试验中压缸效率为 82.49%。

在 297MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 295895.2kW，经修正后的发电机功率为 311639.7kW；试验热耗率为 8452.2kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8033.2kJ/kWh；试验高压缸效率为 83.08%，试验中压缸效率为 85.19%。

(2) 60%额定负荷工况下，分别带 200t/h、150t/h、100t/h 和 50t/h 供热流量汽轮机热耗率测试。

由表 2 可知：

在 200MW 负荷工况、200t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 200166.8kW，经修正后的发电机功率为 205433.9kW；试验热耗率为 8319.6kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8119.6kJ/kWh；试验高压缸效率为 76.45%，试验中压缸效率为 78.09%。

在 200MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 200125.4kW，经修正后的发电机功率为 207344.6kW；试验热耗率为 8558.8kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8291.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 75.12%，试验中压缸效率为 79.99%。

表 1 150t/h 供热流量下各负荷汽轮机热耗率测试结果

工况编号	单位	T09	T11	T12	T04	T13	T14	工况编号	单位	T09	T11	T12	T04	T13	T14
工况名称	/	99MW-150t/h	132MW-150t/h	165MW-150t/h	200MW-150t/h	231MW-150t/h	297MW-150t/h	工况名称	/	99MW-150t/h	132MW-150t/h	165MW-150t/h	200MW-150t/h	231MW-150t/h	297MW-150t/h
试验日期	/	2024/5/27	2024/5/28	2024/5/28	2024/5/26	2024/5/28	2024/5/28	再热蒸汽压力	MPa	2.3	2.36	2.5	2.73	2.9	3.54
开始时间	/	15:00	15:00	17:00	12:20	19:30	22:20	再热蒸汽温度	℃	536.2	531	539	537.9	538.4	536.4
结束时间	/	16:30	16:30	18:30	13:50	21:00	23:30	中压缸排汽压力	MPa	0.31	0.4	0.5	0.6	0.68	0.91
发电机有功功率	kW	99354.5	132352.3	165246.2	200125.4	231167.1	295895.2	中压缸排汽温度	℃	343.1	339.2	348.9	349.1	351.3	352.6
低压缸排汽压力	kPa	5.4	6.38	7.51	8.86	8.26	10.24	主凝结水流量	t/h	407.06	484.5	559.57	649.36	715.2	896.97
CV1 阀位	%	98.72	98.49	98.5	98.62	98.49	98.55	主蒸汽流量	t/h	471.9	576.7	657.87	773	859.84	1057.31
CV2 阀位	%	99.62	99.45	99.45	99.32	99.45	99.46	过热减温水流量	t/h	37.34	11.46	26.46	18.21	18.27	60.95
CV3 阀位	%	25.15	20.51	19.17	23.05	39.29	98.67	再热减温水流量	t/h	1.41	5.16	19.13	20.82	25.75	60
CV4 阀位	%	-0.56	-1.79	-1.87	-1.98	2.86	76.86	供热总流量	t/h	147.83	148.51	147.68	152.28	147.95	147.97
IV1 阀位	%	18.79	20.87	23.39	24.84	26.32	29.32	供热减温水流量	t/h	11.51	10.99	12.28	12.6	12.44	13.02
IV2 阀位	%	17.78	19.83	22.29	23.76	25.2	28.22	高压缸效率	%	73.18	73.37	73.79	75.12	78.18	83.08
主蒸汽压力	MPa	9.97	12.58	14.43	16.24	16.3	15.9	中压缸效率	%	65.07	71.72	76.51	79.99	82.49	85.19
主蒸汽温度	℃	539.5	537.8	543.1	544.2	542.6	534.2	试验热耗率	kJ/kWh	9069	8809.5	8630.3	8558.8	8418.1	8452.2
高压缸排汽压力	MPa	2.39	2.48	2.65	2.93	3.13	3.85	修正后的发电机功率	kW	99456.7	134134.3	168327.1	207344.6	237627.3	311639.7
高压缸排汽温度	℃	363	337.3	331.1	324.7	323.9	334.8	修正后的热耗率	kJ/kWh	9071.2	8727.8	8487.8	8291.8	8208.6	8033.2

在 200MW 负荷工况、100t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 200259.8kW，经修正后的发电机功率为 209072.6kW；试验热耗率为 8801.7kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8490.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.45%，试验中压缸效率为 82.85%。

在 200MW 负荷工况、50t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 200129.6kW，经修正后的发电机功率为 209713.8kW；试验热耗率为 8967.8kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8623.0kJ/kWh；试验高压缸效率为 72.30%，试验中压缸效率为 85.76%。

表 2 各供热流量下 60%额定负荷下汽轮机热耗率测试结果

工况编号	单位	T03	T04	T05	T06
工况名称	/	200MW-200t/h	200MW-150t/h	200MW-100t/h	200MW-50t/h
试验日期	/	2024/5/26	2024/5/26	2024/5/26	2024/5/26
开始时间	/	10:30	12:20	15:00	16:50
结束时间	/	12:00	13:50	16:30	18:20
发电机有功功率	kW	200166.8	200125.4	200259.8	200129.6
低压缸排汽压力	kPa	8.24	8.86	9.10	9.31
CV1 阀位	%	98.63	98.62	98.60	95.50
CV2 阀位	%	99.37	99.32	99.29	96.42
CV3 阀位	%	27.56	23.05	17.13	12.20
CV4 阀位	%	-1.90	-1.98	-2.04	-2.15
IV1 阀位	%	23.88	24.84	26.96	29.40
IV2 阀位	%	22.72	23.76	25.76	28.24
主蒸汽压力	MPa	16.31	16.24	16.26	16.22
主蒸汽温度	℃	543.4	544.2	544.0	542.6
高压缸排汽压力	MPa	3.05	2.93	2.75	2.64
高压缸排汽温度	℃	325.2	324.7	321.2	318.7
再热蒸汽压力	MPa	2.85	2.73	2.56	2.46
再热蒸汽温度	℃	540.1	537.9	532.6	531.1
中压缸排汽压力	MPa	0.58	0.60	0.62	0.64
中压缸排汽温度	℃	347.6	349.1	349.8	350.8
主凝结水流量	t/h	670.52	649.36	615.96	588.86
主蒸汽流量	t/h	808.89	773.00	723.59	701.68
过热减温水流量	t/h	3.81	18.21	29.67	34.13
再热减温水流量	t/h	15.18	20.82	24.53	21.85
供热总流量	t/h	190.59	152.28	99.78	60.59
供热减温水流量	t/h	15.93	12.60	8.62	4.03
高压缸效率	%	76.45	75.12	73.45	72.30
中压缸效率	%	78.09	79.99	82.85	85.76
试验热耗率	kJ/kWh	8319.6	8558.8	8801.7	8967.8
修正后的发电机功率	kW	205433.9	207344.6	209072.6	209713.8
修正后的热耗率	kJ/kWh	8119.6	8291.8	8490.8	8623.0

(3) 30%额定负荷工况下，分别带 200t/h、150t/h、100t/h 和 50t/h 供热流量汽轮机热耗率测试。

表 3 各供热流量下 30%额定负荷下汽轮机热耗率测试结果

工况编号	单位	T07	T08	T09	T10
工况名称	/	99MW-50t/h	99MW-100t/h	99MW-150t/h	99MW-200t/h
试验日期	/	2024/5/27	2024/5/27	2024/5/27	2024/5/27
开始时间	/	10:50	12:40	15:00	17:10
结束时间	/	12:20	14:10	16:30	18:40
发电机有功功率	kW	99182.6	99169.7	99354.5	100649.1
低压缸排汽压力	kPa	5.48	5.30	5.40	5.50
CV1 阀位	%	97.95	98.73	98.72	98.72
CV2 阀位	%	98.76	99.62	99.62	99.61
CV3 阀位	%	16.91	19.12	25.15	25.25
CV4 阀位	%	-1.83	-1.85	-0.56	-1.50
IV1 阀位	%	21.85	19.77	18.79	17.73
IV2 阀位	%	20.81	18.77	17.78	16.62
主蒸汽压力	MPa	8.74	9.70	9.97	10.51
主蒸汽温度	℃	538.9	540.4	539.5	530.0
高压缸排汽压力	MPa	1.86	2.16	2.39	2.64
高压缸排汽温度	℃	353.0	356.9	363.0	358.4
再热蒸汽压力	MPa	1.79	2.08	2.30	2.55
再热蒸汽温度	℃	522.9	531.5	536.2	530.5
中压缸排汽压力	MPa	0.33	0.31	0.31	0.31
中压缸排汽温度	℃	342.0	342.2	343.1	333.4
主凝结水流量	t/h	319.60	371.33	407.06	443.79
主蒸汽流量	t/h	385.43	438.63	471.90	514.38
过热减温水流量	t/h	14.65	27.63	37.34	46.20
再热减温水流量	t/h	0.26	0.26	1.41	2.45
供热总流量	t/h	51.33	108.51	147.83	184.96
供热减温水流量	t/h	2.63	7.15	11.51	14.16
高压缸效率	%	72.92	73.07	73.18	73.39
中压缸效率	%	71.87	67.20	65.07	63.51
试验热耗率	kJ/kWh	9329.0	9224.9	9069.0	8939.0
修正后的发电机功率	kW	100534.5	99646.6	99456.7	101209.6
修正后的热耗率	kJ/kWh	9291.1	9223.7	9071.2	8895.2

由表 3 可知：

在 99MW 负荷工况、50t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 99182.6kW，经修正后的发电机功率为 100534.5kW；试验热耗率为 9329.0kJ/kWh，经修正后的热耗率为 9291.1kJ/kWh；试验高压缸效率为 72.92%，试验中压缸效率为 71.87%。

在 99MW 负荷工况、100t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 99169.7kW，经修正后的发电机功率为 99646.6kW；试验热耗率为 9224.9kJ/kWh，经修正后的热耗率为 9223.7kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.07%，试验中压缸效率为 67.20%。

在 99MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验发

电机功率为 99354.5kW，经修正后的发电机功率为 99456.7kW；试验热耗率为 9069.0kJ/kWh，经修正后的热耗率为 9071.2kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.18%，试验中压缸效率为 65.07%。

在 99MW 负荷工况、200t/h 供热流量条件下，试验发电机功率为 100649.1kW，经修正后的发电机功率为 101209.6kW；试验热耗率为 8939.0kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8895.2kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.39%，试验中压缸效率为 63.51%。

2.2 试验数据对比和结论

根据#4 机组热平衡图：在 165MW 负荷（定压）工况下，热耗率为 8288.7kJ/kWh，高压缸效率为 81.52%，试验中压缸效率为 91.87%；在 165MW 负荷（滑压）工况下，热耗率为 8407.8kJ/kWh，高压缸效率为 84.79%，试验中压缸效率为 91.11%。根据上文试验结果：在 165MW 负荷工况、150t/h 供热流量条件下，试验热耗率为 8630.3kJ/kWh，经修正后的热耗率为 8487.8kJ/kWh；试验高压缸效率为 73.79%，试验中压缸效率为 76.51%。由此可得表 4：

表 4 165MW 定压、滑压、150t/h 供热下热耗率对比

负荷	165MW (定压)	165MW (滑压)	165MW+150t/h
高压缸效率	81.52%	84.79%	73.79%
中压缸效率	91.87%	91.11%	76.51%
热耗率	8288.7kJ/kWh	8407.8kJ/kWh	8487.8kJ/kWh

试验表明：#4 机组在 150t/h 供热情况下，热耗率较设计工况下热耗率增加。

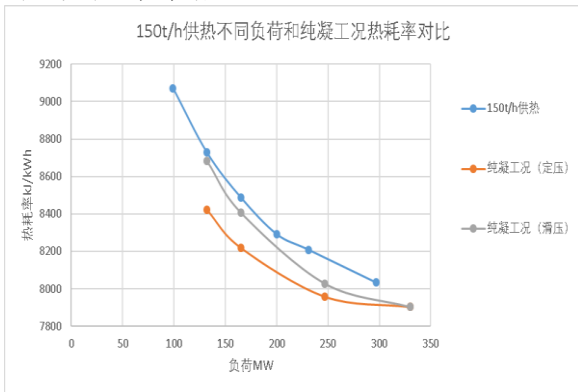


图 1 150t/h 供热不同负荷和纯凝工况热耗率对比

根据上文试验数据显示，在供热量 150t/h 左右电负荷 99MW~297MW 范围内 6 个试验工况下，热耗率均比相同电负荷下纯凝工况设计值高，充分说明了供热没有显著降低机组热耗率，反而使机组热耗率增加。

3 原因分析

3.1 确保高压缸叶片安全，节流损失较大

#4 机采用中调抽汽供热，在热再管道上抽汽，在相同进汽量条件下抽汽后高压缸排汽压力、再热蒸汽压力相比原

来纯凝工况会有所降低，高压末几级动、静叶片的焓降有所增加，这就会影响高压末几级动、静叶片的安全性^[2]，主机厂给出了基于调节级后压力的高压缸排汽压力限制参考曲线，通过中调门参与调节，可以保证在抽汽工况下机组高压缸排汽压力、再热蒸汽压力与纯凝工况下相当^[3]。但此时中调门节流造成较多的能量损失，使得热耗增加。

3.2 供热参数高，减温减压损失大

机组在原纯凝 57%THA 进汽量下，纯凝工况下运行时再热压力为 2.0MPa，高排压力为 2.23MPa。若高于此进汽量，抽汽压力将高于 2.0MPa，低于此进汽量，抽汽压力将低于 2.0MPa。此时中调门必须在满足相应纯凝工况进汽量的热再压力下进一步关小调节，通过适当减小阀门开度以满足 2.0MPa 的工业抽汽压力。在低负荷时，中压调门节流憋压后，供热抽汽压力温度高于要求值，抽汽减温减压后又造成能量损失。

上文试验结果显示，在供热量 150t/h 左右的电负荷 99MW~297MW 范围内 6 个试验工况下，再热蒸汽压力在 2.30MPa~3.54MPa 之间，再热蒸汽温度在 536℃左右；通过减温减压降至 2.0MPa，320℃左右的蒸汽，带来了约 460kJ/kg 的焓值损失，发电损失约 6234KW。

3.3 中调开度减少，高参数抽汽回热增加

中压调门供热节流，随着中调门开度降低，供热流量增加，进入中压缸和低压缸的蒸汽流量降低中压缸做功能力显著减少。同时供热流量增加，导致回热系统高参数抽汽增多、低参数抽汽减少，使循环效率下降，进一步增大了汽轮机热耗率。

3.4 机组自身出力性能下降

机组投运时间较早，由于设计技术不成熟，且受工艺制造限制，汽轮机实际运行效率偏低，机组性能未达到设计热耗率。距上次 A 级检修已过 5 年，影响了机组本身热耗率的上升。

4 改进措施

4.1 通流面积改造

#4 机组投运时间较早，由于设计技术不成熟，且受工艺制造限制，汽轮机实际运行效率偏低，机组性能落后于目前同类机组的先进水平。可对汽轮机进行通流面积改造从新打孔抽汽，按发电与供热的实际需求，确定蒸汽参数和发电功率、供热流量，优化通流部分的流量分配，尽量减少供热过程中的能量损失。具体可以从以下几个方面进行改造：

- (1) 叶型改造，选取最先进的叶型，将冲动式汽轮机改为反动式汽轮机；
- (2) 减小各级焓降，增加机组效率；
- (3) 根据供热压力合理选择抽汽位置；
- (4) 提高制造精度，确保质量稳定；
- (5) 提高总装精细化程度。

4.2 减少节流损失

在未进行大修改造以前,在满足供热压力的同时应尽可能的减少中调门节流损失,确保中调门开度较大,将高排压力落在高排压力限值的下限之上。同时组织专家论证,进一步完善高排压力最低运行限制曲线,可有效减少机组中、低负荷时中压调门供热节流损失,降低机组热耗率。

4.3 优化供热方式

某厂热用户有三个压力等级分别 0.85MPa 左右、1.1MPa~1.2MPa、1.6MPa~2.0MPa。但是供热全部来自中压调门抽汽供热,通过各级联络管道阀门节流降压,完全背离了能级匹配梯级利用原则,大大降低了供热效率,增加机组热耗率。

5 结论

某厂#4 机组采用中调抽汽供热后热耗率上升原因主要是节流损失、减温减压损失大,高参数抽汽回热增加,循环效率下降等原因造成的。

短期措施可采用优化供热方式按照能级匹配梯级利

用原则,合理调度供热运方;完善高排压力最低运行限制曲线,减少中压调门供热节流损失。

远期措施结合机组检修计划对汽轮机进行通流面积改造从新打孔抽汽,按发电与供热的实际需求,确定蒸汽参数和发电功率、供热流量,优化通流部分的流量分配,尽量减少供热过程中的能量损失。

[参考文献]

[1]黄思林,梁占伟,乔加飞.330MW 三源抽汽供热汽轮机通流综合提效研究[J].动力工程学报,2022,42(10):904-911.

[2]张志业,涂朝阳,林宝森,等.高参数大流量供热改造汽轮机中调阀调节抽汽研究[J].汽轮机技术,2022,64(1):67-69.

[3]王永学.300MW 汽轮机组热再抽汽安全性分析[J].机械工程师,2016(9):223-224.

作者简介:王辉(1996.1—),男,江苏省宿迁市人,大学本科,助理工程师,江苏淮阴发电有限责任公司发电部主值。

水利水电工程质量评价方法研究

王玉宝

新疆交通建设集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 目前, 我国尚未建立起系统化的建设工程质量评价理论模型和完整的指标体系, 现行的质量评价制度和运行机制也存在不足。这导致建设行政主管部门在进行质量管理时, 缺乏可靠的数据支持和实际依据。基于此, 文章在深入研究国内外工程质量监督管理体制的基础上, 结合水利水电工程质量管理及监督工作的实际需求, 借鉴现有质量评价体系的经验, 提出构建一个标准化、规范化且具备强操作性的水利水电工程质量评价体系和方法, 这一研究对于实践具有重要意义。

[关键词] 水利水电; 工程质量; 质量评价; 评价方法

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15822

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Quality Evaluation Methods for Water Conservancy and Hydropower Engineering

WANG Yubao

Xinjiang Communications Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Currently, China has not established a systematic theoretical model and complete indicator system for construction project quality evaluation, and the current quality evaluation system and operating mechanism also have shortcomings. This leads to a lack of reliable data support and practical basis for quality management by the construction administrative authorities. Based on this, the article conducts in-depth research on the domestic and international engineering quality supervision and management systems, combines the actual needs of water conservancy and hydropower engineering quality management and supervision work, draws on the experience of existing quality evaluation systems, and proposes to construct a standardized, regulated, and highly operational water conservancy and hydropower engineering quality evaluation system and method, which is of great significance for practice.

Keywords: water conservancy and hydropower; engineering quality; quality evaluation; evaluation method

引言

水利水电工程, 作为关键的基础设施项目, 承担着水资源调控、清洁能源供应及区域经济发展的重要任务。由于其技术要求复杂、建设规模庞大, 且涉及的建设周期较长, 施工过程中的不确定性较高, 环境和社会影响深远, 因此, 保障水利水电工程施工质量显得尤为重要。随着我国水利水电工程的快速发展, 工程质量管理逐渐成为决定项目成败的关键因素。水利水电工程的质量不仅关系到项目的竣工验收, 还直接影响着后期的运营效率与安全性, 特别是在复杂的地质、气候及环境条件下, 质量控制的难度显著增大, 质量评价的标准也愈加严格。因此, 水利水电工程质量评价方法的研究, 成为确保项目顺利实施与长期运营的关键课题。质量评价并非仅仅局限于对施工过程中技术与管理环节的简单检查, 而是需要从工程设计、材料选择、施工工艺、项目管理以及施工人员等多方面进行全面分析。准确的质量评价方法, 能够有效预警潜在的质量问题, 减少施工过程中可能出现的缺陷, 从而确保工程的质量可控、可持续。因此, 本研究旨在探讨水利水电工程质量评价的有效方法, 分析现有的评价标准与方法, 并结合实际施工中的问题, 提出一套科学合理的评价体系。通过系统的质量控制与评价, 水利水电工程的整体质量水平不仅能得到提升, 而且能够推动绿色可持续的水利工程

建设, 确保其长期的社会经济利益得以保障。

1 水利水电工程质量评价的原则

水利水电工程质量评价遵循以下几个基本原则: 预测性原则、导向性原则、综合性原则、客观性原则、系统性原则、规范性原则和动态发展原则。这些原则的具体含义可以归纳为: 首先, 预测性原则要求评价能够全面预见水利水电工程的质量状况, 以便提前识别潜在问题; 其次, 综合性原则强调在水利水电工程质量评价中, 需要考虑到复杂的质量概念和内涵, 进行多方面的综合分析; 同时, 客观性原则要求评价能够真实反映实际情况, 评价指标和标准应形成一个有机的体系, 层次清晰、时序明确; 规范性原则强调质量评价必须符合固定的格式和要求, 且需持续完善、更新评价标准和观念; 最后, 动态发展原则要求评价方法能够反映水利水电工程质量状况的未来发展趋势, 使得质量评价具有更高的实际应用价值。

2 水利水电工程质量评价的目标与内容

水利水电工程质量评价的主要目标, 是通过全面且系统的评估, 确保从设计、施工到竣工的每一环节都能达到既定的质量标准, 从而保障工程的安全性、稳定性与高效运行。核心任务在于实现工程质量的全面控制, 确保所有设计要求和技术指标能够得到有效落实, 最终提升项目的整体效益。质量评价的内容极为广泛, 涉及设计质量、施

工过程中的质量管控、材料与设备质量、施工人员的技术水平以及施工管理的执行情况等多个方面。在设计阶段,重点应放在对设计方案科学性与合理性的评估上,确保其能够满足项目的功能需求,并符合相关技术规范;而在施工阶段,则需要关注施工工艺的执行、施工质量的实时监控、施工队伍的管理与技术能力、工程进度的掌控以及安全管理措施的落实情况。对于施工材料与设备的评价,应确保其符合设计要求及国家标准,同时在施工过程中加强监督,避免因不合格材料或设备故障而带来质量问题的风险。此外,竣工验收阶段的质量评价尤为关键^[1]。这一阶段不仅涉及项目竣工后是否符合合同规定和技术标准,还需要考量工程的环保性、可持续发展性及后续维护需求。

3 质量控制与评价方法存在的问题

3.1 项目法人存在不规范行为

在水利水电工程的质量控制与评价过程中,项目法人的不规范行为尤为突出,严重影响了工程质量保障与评价的准确性。部分项目法人未能履行其应尽的质量管理职责,忽视了对施工质量的全过程监管,从而导致了施工阶段出现偷工减料、未按规定执行质量标准等问题。此外,形式主义在某些项目法人管理过程中表现得较为严重,缺乏有效的质量控制机制,未能及时识别和解决施工过程中出现的质量问题,导致了质量评价的失真。在某些情况下,项目法人未严格按照行业规范及国家标准进行操作,而是在工程设计、材料选择、施工方法等方面作出了妥协,这直接导致了质量评价的偏差。与此同时,一些项目法人过于关注工程进度与成本控制,忽视了质量管理的长远性。

3.2 工程设计存在不规范行为

在水利水电工程的质量控制与评价过程中,工程设计中存在的规范性问题常常对后续施工及质量评估的准确性产生影响。部分设计单位未能充分考虑施工现场的实际情况与地质条件,导致设计方案缺乏实际可行性。例如,在地质勘察不充分或未能充分预测环境变化的情况下,设计方案可能忽视潜在风险,未能预见到实际施工中可能遇到的困难,从而造成设计与施工之间的衔接不够紧密,进而导致施工过程中频繁出现设计变更或返工。另一方面,设计中的技术规范与标准存在偏差,设计图纸在细节部分缺乏明确性或存在疏漏,这使得施工单位在执行时容易产生误差。此外,由于部分设计人员未能及时掌握水利水电工程的最新技术与标准,设计方案未进行相应更新,仍沿用过时的设计理念和办法,导致无法满足现代工程对质量的要求。

3.3 施工质量评价存在的问题

在水利水电工程中,施工质量评价存在诸多问题,这些问题对工程的最终质量及整体进度造成了显著影响。施工质量评价标准的不统一和不完善,使得不同项目或地区之间的质量评价缺乏有效的对比性。由于缺乏明确的统一

标准与评价体系,施工质量的评估常常带有主观性,评判结果的准确性和公正性难以得到保障。与此同时,施工过程中质量监督与评价往往缺乏细致性,评价的重点通常过于集中于表面现象,忽视了细节和深层次的质量控制。例如,过于注重工期推进的施工单位,往往忽视了施工质量的实际验收,导致某些隐蔽工程的质量无法得到有效检查,从而影响工程的整体质量。另一个问题在于施工质量评价缺乏实时性,许多质量问题未能在施工过程中及时发现和解决,而是在工程完成后才进行总结与评估^[2]。这种方式无法有效改进施工过程中存在的问题,进而影响了整体质量控制的效果。

4 探讨水利项目工程施工质量的评价方法

4.1 工程前期准备阶段

在水利项目工程中,前期准备阶段的质量评价对整个施工过程至关重要,它直接影响着后续施工的质量与效果。此阶段涵盖了工程设计、材料选择、施工组织、人员配置以及环境影响评估等多个方面。工程设计阶段应充分考虑水利项目的特殊需求,结合水文、地质、气候等因素进行综合分析,确保设计方案具备科学性、合理性与可操作性。在设计过程中,除了满足相关技术标准与规范外,还应考虑到工程的长期运营与可持续发展,避免设计中存在的盲点对后续施工产生不利影响。材料的选择在此阶段同样至关重要,采购必须严格按照设计要求进行,确保所选材料符合质量标准及性能要求。特别是在水利项目中,耐腐蚀、抗渗透等特性的要求更高。施工组织也被视为前期准备工作中的关键,通过合理的施工计划与资源配置,可以有效减少施工过程中的浪费与进度延误。此外,人员配置及技术培训也不可忽视,确保施工人员不仅具备必要的技术能力,还能熟悉施工中的质量标准与安全要求,从而保障工程的顺利实施。

4.2 项目施工阶段

4.2.1 工程外观质量

在水利项目工程的施工阶段,外观质量是衡量施工质量的重要指标之一,它不仅反映了技术执行的水平,还对项目的后期使用效果与公众形象产生直接影响。外观质量通常涵盖了结构和表面处理的精细程度,如混凝土浇筑的均匀性、施工接缝的平整度、结构组件的排列整齐性等。在水利项目中,外观质量不仅仅关乎美观问题,更与工程的耐久性、稳定性和安全性息息相关。例如,在水坝、堤坝等关键结构物的施工过程中,混凝土必须均匀浇筑,接缝处应平整,以避免出现裂缝、气泡等影响结构强度的缺陷。外观质量的优劣,直接关系到水利项目的安全性能,尤其是在长期使用和极端气候条件下,外观缺陷可能导致水体渗漏、结构老化,甚至破坏,从而影响项目的整体安全性及其对环境的影响。为了确保外观质量,施工过程中的每个环节都应严格遵循设计规范与技术标准,并进行全

面的质量控制与检验,确保每一细节都符合要求^[3]。此外,外观质量的良好表现也反映了施工团队的整体水平与项目管理的有效性。无论是水泥配比的精确性,还是对细节的关注,均体现了施工单位在质量控制方面的严谨程度。

4.2.2 工程项目参与人

在水利项目的施工阶段,参与人员的质量管理作用至关重要。每个参与者的专业素养、责任心与协调能力,直接影响施工质量的控制与实施。工程项目参与者包括项目经理、施工人员、技术负责人、监理人员、设计人员及各类专业技术人员等。作为施工团队的核心,项目经理负责项目的全面管理与协调,确保各项施工任务按计划顺利推进。其专业能力与领导力,尤其是在质量控制、进度安排及成本控制方面的能力,是决定项目成败的关键。技术负责人则是确保施工质量符合标准和设计要求的关键人物。他们负责技术方案的审核、现场技术问题的解决,以及施工方法与技术措施的正确性与实施效果的把控。此外,施工人员的技能水平与工作态度对工程质量的影响深远,尤其是在操作复杂、技术要求高的工作中,施工人员的熟练度与严格遵守操作规程的意识,能够显著减少施工中的质量问题。监理人员的职责是对施工过程进行监督与检查,确保各项操作符合设计图纸与相关规范要求,及时发现问题并督促整改,从而保障工程质量的可控性。设计人员对项目的质量影响,主要体现在设计方案的合理性、可操作性与适应性上。科学、合理的设计方案,为施工过程的顺利进行奠定了基础。

4.2.3 工程实体质量

在水利项目施工阶段,工程实体质量是衡量施工质量的核心要素,它直接决定了工程的安全性、耐久性以及长期使用的可靠性。工程实体质量涉及所有与实际建设相关的物理及技术标准,包括土建、结构、设备安装等方面,以及水利工程特定功能的各项技术要求。建筑材料的质量控制至关重要,尤其是混凝土、钢筋等主要建筑材料,其强度、耐久性和稳定性直接影响结构的整体性能。施工工艺的严格控制同样不可忽视,确保每一道工序都符合设计规范与技术标准。例如,在施工过程中,基础处理、坝体浇筑、水闸、泵站等关键结构必须达到设计要求,施工参数如水泥配比、浇筑速度等也需严格监控^[4]。此外,施工人员的技术水平及其对标准的理解,对工程实体质量具有重要影响。为了确保施工质量,除了对每项工作进行精确实施外,还应在施工过程中进行质量检测与评估,及时发现并纠正问题。对于一些特殊工艺或技术要求较高的部分,如防渗工程与防洪设施等,更为精细的质量控制措施与验收程序必须采取,避免施工缺陷或技术不当导致水利设施功能的失效。

4.3 竣工验收阶段

在水利项目的竣工验收阶段,施工质量的评价至关重要,不仅标志着施工工作的完成,还直接关系到工程是否能够顺利投入使用。竣工验收作为整个工程质量管理体系的终极检验,涉及对施工过程中的各项工作成果进行全面评定。此阶段的重点在于对工程实体的细致检查与质量核查,特别是结构、材料、设备及施工工艺的符合性检验,确保各项内容与设计图纸及技术标准保持一致。验收过程中,首先需要核查所有施工记录与材料检验报告,确认每一个施工环节是否符合相关规定,检查施工日志及质量报告的完整性与准确性。对于水利工程的核心结构,如水坝的稳定性、堤坝的防渗效果、管道与泵站的功能性等,必须重点评估,尤其是涉及防洪、防渗、蓄水等关键功能的部分,需进行严格的检测与评估,以确保其满足长期使用的要求。此外,竣工验收还需包括环境影响评估,确保工程建设对生态环境无不良影响,且符合环保相关要求。通过这一全面的质量评价,任何不符合标准的地方都能及时发现并加以整改,为工程投入使用奠定坚实的质量基础。竣工验收不仅是质量控制的“最后关卡”,更是对整个施工过程质量管理的全面回顾,确保水利项目具备长期的可靠性与稳定性。

5 结语

通过对水利水电工程质量评价方法的深入探讨,可以明确看出,建立完善的质量评价体系对确保工程建设质量、提升工程管理水平具有至关重要的意义。本文以水利水电工程的独特特点为出发点,分析了现有质量评价方法中的不足之处,并提出了构建一个标准化、规范化,且操作性强的质量评价体系的必要性及可行性。随着技术的不断进步,未来的水利水电工程质量评价方法,将更加注重数据化、智能化,并加强全过程管理。质量管理体系的不断优化,推动了质量监督的科学化与精细化,为我国水利水电工程的可持续发展奠定了坚实的基础。

[参考文献]

- [1]朱丽想.水利水电工程施工质量评价方法研究[J].科技风,2020(23):142.
 - [2]刘海贤.水利水电工程施工质量评价方法探索[J].科技资讯,2010(10):51.
 - [3]沈建萍.水利水电工程质量评价方法研究[J].中外企业家,2015(26):221.
 - [4]高家仓.水利水电工程施工质量评价方法研究与分析[J].建筑技术开发,2017,44(18):101-102.
- 作者简介:王玉宝(1994.9—),毕业院校:兰州理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆交通建设集团股份有限公司,职称级别:中级,单位职务:项目副总工。

火力发电厂锅炉飞灰含碳在线测量装置故障分析及措施

马龙

宁夏枣泉发电有限责任公司, 宁夏 银川 750411

[摘要]火力发电厂锅炉飞灰含碳量是衡量燃烧效率的重要指标,其实时监测对优化锅炉运行、降低发电成本具有重要意义。本文基于某电厂HQCT-I智能型飞灰测碳仪的应用实例,系统分析了在线测量装置的常见故障类型及成因,结合设备结构、测量原理和现场运维经验,提出了针对性的故障排除措施与优化改进方案。研究结果表明,通过硬件改进、软件优化和标准化管理,可显著提升装置可靠性,为同类设备的故障预防与维护提供参考。

[关键词]火力发电厂;飞灰含碳量;在线测量;故障分析;优化措施

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15837

中图分类号: TK229.63

文献标识码: A

Fault Analysis and Measures of Online Measuring Device for Carbon Content in Boiler Fly Ash of Thermal Power Plant

MA Long

Ningxia Zaoquan Power Generation Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750411, China

Abstract: The carbon content in fly ash of thermal power plant boilers is an important indicator for measuring combustion efficiency. Real time monitoring is of great significance for optimizing boiler operation and reducing power generation costs. This article is based on an application example of the HQCT-I intelligent fly ash carbon analyzer in a power plant. It systematically analyzes the common types and causes of faults in online measuring devices, and proposes targeted troubleshooting measures and optimization improvement plans based on equipment structure, measurement principles, and on-site operation and maintenance experience. The research results indicate that through hardware improvement, software optimization, and standardized management, the reliability of the device can be significantly improved, providing reference for fault prevention and maintenance of similar equipment.

Keywords: thermal power plants; carbon content in fly ash; online measurement; fault analysis; optimization measures

燃煤锅炉飞灰含碳量的实时监测是火力发电厂节能降耗的关键环节。传统化学灼烧失重法存在滞后性,而基于微波谐振原理的在线测量技术(如HQCT-I系统)虽能实现连续检测,但在实际应用中常因设备故障导致数据失准。

1 火力发电厂锅炉飞灰含碳测量装置概述

1.1 锅炉飞灰的定义与特性

飞灰指的是燃煤锅炉尾部烟气中的固体颗粒物,其成分主要包括未燃尽的碳、硅酸盐及金属氧化物。作为衡量燃烧效率的重要参数,飞灰的含碳量直接关系到锅炉的热效率及污染物的排放水平。当煤粉的燃烧不完全时,未燃尽的碳将以飞灰形式进入烟气中,因此,飞灰中碳含量较高通常意味着燃烧效率较低,这会导致更多的燃料消耗与碳排放。

飞灰的组成及其特性对锅炉的运行效率及污染物排放水平有着直接的影响。对飞灰含碳量进行实时监测,有助于优化锅炉的燃烧过程,提升锅炉的整体热效率,减少环境污染。飞灰中的碳颗粒能够有效吸收微波能量,通过微波能量的衰减,能够反映飞灰中的碳含量,进而为在线测量技术提供理论支持。

1.2 在线测量装置的工作原理

HQCT-I智能型飞灰测碳仪表系统利用微波谐振原理进行飞灰含碳量的在线测量。该原理基于飞灰中的碳颗粒

能够吸收微波能量,导致微波能量衰减。通过检测衰减量,系统能够反演出飞灰的含碳量。该系统由取样装置和仪表机柜两大部分组成。取样装置包括取样枪、旋流集尘器及排烟管,负责从锅炉尾部烟道中采集飞灰样本。而仪表机柜则包含微波测量单元、振打单元及嵌入式PC处理单元等,负责信号测量、数据处理与传输。微波测量单元通过谐振腔探测微波能量衰减,并将其转换为飞灰含碳量的数值,从而确保飞灰含碳量的实时监测,显著提高了测量的准确性和实时性。

1.3 现有测量技术与设备

传统的飞灰含碳量测量方法依赖化学灼烧失重法。尽管这种方法具有较高的精度,但由于其滞后性,未能提供实时数据,而且分析周期较长,影响了锅炉燃烧优化的及时性。相比之下,基于微波谐振原理的HQCT-I在线测量设备能够提供飞灰含碳量的连续、实时监测。这些设备能够迅速响应锅炉燃烧条件的变化,并通过实时反馈帮助调整燃烧参数,从而优化燃烧效率。

2 飞灰含碳在线测量装置故障分析

2.1 设备硬件故障分析

2.1.1 传感器故障

飞灰含碳在线测量装置中的传感器负责接收与处理

微波信号。传感器通过微波谐振原理工作，飞灰中的碳粒吸收微波能量，导致微波能量衰减，衰减量与飞灰中碳含量呈正相关。然而，传感器的测量精度往往会受到飞灰物理性质的影响，尤其是在飞灰颗粒结块或受到污染时，微波谐振腔的传感效果会显著下降。结块的飞灰会阻碍微波的传递，导致衰减信号异常，从而影响测量结果。如果未能及时清理传感器或传感器被污染，测量数据会偏离真实值，进而影响燃烧优化的效果。高温、高压或腐蚀性环境中，传感器也可能因长期使用而性能退化。为了确保传感器的可靠性，必须定期进行清洁、维护及状态检查，避免灰尘、污染物及外界温度的变化对其性能产生负面影响。

2.1.2 电气连接故障

飞灰含碳在线测量装置内部的电气连接系统对于设备的正常运行至关重要，它确保了各组件之间的通信与数据传输。如果电气连接发生故障，通常表现为振打单元电路接触不良或电源波动，这可能导致设备误动作或运行不稳定。振打单元接触不良会使振动不均匀，影响取样装置的正常工作，甚至导致振打装置卡涩，无法有效清理飞灰样本，进而影响测量精度。电源波动也是常见的电气故障原因。在设备运行时，电源的稳定性要求较高。电源电压波动可能导致微波源、嵌入式 PC 处理单元及其他控制系统的异常工作，进一步影响测量结果的准确性，甚至可能损坏设备^[1]。为了确保设备正常运行，电源的稳定性至关重要，尤其是在电力系统波动较大的环境中，需配备稳压装置及滤波器，以防电源波动影响设备运行。

2.1.3 控制系统故障

控制系统是飞灰含碳在线测量装置的“大脑”，负责协调各硬件模块的运行及数据处理。温控仪或固态继电器失效时，可能导致空气加热单元的温度失控，引发一系列问题。温控仪失效可能导致空气加热单元无法精确调节温度，影响飞灰样本的采集与传输。固态继电器故障则可能导致加热系统不稳定。该继电器控制加热元件的工作，失效后温度调节失灵，导致温度波动异常，影响设备的正常工作，甚至损害其他硬件组件。为了避免此类故障的发生，必须定期检查并校准控制系统，确保温控仪、固态继电器及其他控制组件正常运行。

2.2 软件系统故障分析

2.2.1 数据处理与算法错误

飞灰含碳量的在线测量依赖嵌入式 PC 进行数据处理与分析。嵌入式 PC 依据微波测量单元收集的数据，结合标定系数与算法模型来计算飞灰含碳量。然而，算法精度会受到煤种变化、煤质波动等多种因素的影响。如果标定系数未能及时更新，或者算法未能有效适应煤种的变化，测量结果可能出现偏差。例如，不同煤种的碳粒含量及分布差异会对微波能量的吸收特性产生影响。如果算法未对煤种变化作出调整，测量结果将无法准确反映飞灰的真实

含碳量。

2.2.2 系统配置与调试问题

飞灰含碳在线测量装置的正常运行需要合理的系统配置与调试。配置错误或通信模块参数设置不当，会导致数据传输失败。例如，RS-485 通信模块常用于设备与上位机之间的数据传输，但若通信地址设置发生冲突，系统就无法正常接收数据。

2.3 外部因素导致的故障

2.3.1 环境影响

飞灰含碳在线测量装置的稳定性与运行环境密切相关。取样枪尾部温度过低时，飞灰样本可能结露，导致取样管路堵塞。低温环境会使取样枪尾部温度下降，从而使飞灰中的水分凝结成固体，阻碍灰样的流动，进而影响测量数据的准确性^[2]。烟道振动也可能对测量装置产生影响。振动可能导致密封件松动，进而引发漏灰现象，影响测量精度，还可能导致设备内部部件的磨损或腐蚀。为避免外部环境因素对设备的干扰，取样枪应安装在适宜的环境中，并确保设备的密封性，以提高设备的稳定性与准确性。

2.3.2 操作误差

操作误差是导致飞灰含碳在线测量装置故障的重要原因之一。例如，调压喷嘴的开度调整不当，可能导致取灰流量异常，进而影响飞灰样本的采集。喷嘴开度过大或过小都会导致取样量不稳定，从而影响测量数据的准确性。操作人员应确保喷嘴开度保持在正常范围内，以稳定取样流量。另外，振打装置的安装角度对其正常工作有很大影响。若振打装置未安装水平，可能导致振动不均匀，进而引起机械磨损，影响装置的长期使用。振打装置必须水平安装，确保其正常运行，避免因振动不平衡引发设备故障。

3 故障排除与维护措施

3.1 定期检查与预防性维护

定期检查与预防性维护是飞灰含碳在线测量装置长期稳定运行的基础。管路密封性检查是保障测量精度的关键因素之一。每周检查管路密封性并定期清理旋流集尘器是预防故障的有效措施。旋流集尘器在工作过程中容易积聚灰尘，若不定期清理，灰尘堆积可能会影响信号传输，甚至堵塞取样装置，从而影响飞灰样本的采集。定期检查管路的畅通性，可有效减少因堵塞而导致的设备故障。防堵过滤装置的更换也在预防性维护中占据重要地位。每季度更换防堵过滤装置，确保灰尘与杂质不会堵塞系统的关键部件，保持系统的高效运作。与此同时，必须校验微波测量单元的信号稳定性，以确保测量结果的准确性。通过这种定期的检查与维护，可大大降低设备故障率，并确保飞灰含碳在线测量装置始终具备高测量精度。

3.2 故障诊断与排除流程

当设备发生故障时，及时的故障诊断与排除是恢复测量装置正常工作的重要环节。故障排查的第一步应当聚焦

于硬件问题的识别。对于振打装置卡涩的现象，应当优先检查弹簧的弹力与安装方向是否符合要求。弹簧弹力不足或安装方向不当，都可能导致振打装置无法正常工作，影响飞灰样本的取样效率。若微波源出现供电异常，应立即检查电源电压的稳定性以及供电线路的正常性。电源电压波动较大时，应及时加装稳压装置以确保微波源稳定运行，避免供电异常导致的微波信号不稳定，进而影响测量精度^[3]。在处理软件故障时，重启嵌入式 PC 系统通常是解决暂时性软件错误与数据传输问题的有效方法。如果问题依旧存在，则可能是标定系数存在偏差或算法未适应煤种变化。此时，重新标定算法系数，确保算法与当前煤种的匹配，将有助于提升数据处理的准确性。

3.3 设备校准与数据校验

设备的定期校准与数据校验对确保飞灰含碳在线测量装置的准确性至关重要。每月采集飞灰样本并与实验室化验结果进行比对，是保证测量准确性的核心步骤。通过将实验室分析结果与设备测量数据进行比对，可以及时调整标定曲线，确保测量结果始终维持在一个准确范围内。定期的校准与比对不仅能保持设备精度，还能提高测量数据的可靠性。随着飞灰样本的变化，设备标定系数也需要进行动态调整。利用 GPRS 远程诊断模块对设备状态进行实时监控，操作人员能够及时发现设备偏差，并可远程调整参数，从而避免测量误差的发生。远程诊断功能有效地减少了故障响应时间，确保设备始终处于最佳工作状态，从而提高了设备运行的稳定性与可靠性。

3.4 设备升级与技术改进

随着技术的不断进步，飞灰含碳在线测量装置的设备升级与技术改进是提升设备性能与稳定性的有效途径。采用低振动电动振打马达替代传统气动装置，能够有效减少机械磨损。气动振打装置虽具有优越的性能，但较大的振动强度可能对设备产生长期磨损。相比之下，电动振打马达能提供稳定的振动强度，且振动较小，从而有效降低机械磨损，延长设备使用寿命。温控系统对于飞灰含碳在线测量装置的稳定运行至关重要。通过升级温控系统的 PID 算法，可提高加热单元的温度稳定性，确保设备在各种环境条件下都能保持稳定工作。PID 算法的优化使温控系统能够更精准地调节加热元件的输出功率，从而减少因温度波动引发的故障风险。温控系统的持续优化将大大提升设备的整体稳定性，为飞灰含碳在线测量装置提供更可靠的运行保障。

4 飞灰含碳在线测量装置的优化设计与改进

4.1 技术改进与设备升级

延长飞灰含碳在线测量装置使用寿命的一项关键技术改进是定制耐磨陶瓷取样枪嘴。在传统的高温高压工作环境中，取样枪嘴容易因摩擦与腐蚀而发生磨损，从而影响测量精度及设备稳定性。采用耐磨陶瓷取样枪嘴能显著

增强其耐用性与抗腐蚀性，延长设备使用寿命，减少因磨损或腐蚀带来的故障发生率。另一个关键的设备升级是引入冗余通信模块，特别是双 RS-485 接口设计。这项设计的核心目的是增强数据传输的稳定性。传统的单一通信接口可能因线路故障或信号干扰导致数据传输中断，从而影响飞灰含碳数据的实时监测。引入双 RS-485 接口后，若其中一个接口发生故障，另一个接口仍能正常工作，避免了通信故障导致的数据丢失或系统停机。冗余通信模块的引入，也使系统在复杂工业环境下具有更强的容错能力，确保设备稳定运行。

4.2 数据处理算法优化

飞灰含碳在线测量装置的测量精度与稳定性，在很大程度上取决于数据处理算法的有效性。为了应对煤种差异带来的影响，采用机器学习技术建立煤种自适应模型成为解决这一问题的有效方法。煤种的不同会影响飞灰中碳颗粒的分布及含量，进而改变微波能量的吸收特性，从而影响测量结果。自适应模型的建立依赖大数据分析技术，通过分析历史煤种数据及其对应的飞灰含碳量，可以有效预测并调整不同煤种下的测量误差，确保测量结果的准确性与可靠性。随着时间的推移，机器学习模型会不断优化，适应更为复杂的煤种变化，从而提升飞灰含碳在线测量装置的测量精度及系统稳定性。

4.3 自动化与智能化水平提升

自动化与智能化水平的提升已成为飞灰含碳在线测量装置未来发展的核心。通过集成 AI 诊断系统，设备的智能化水平得到了显著提升。AI 诊断系统实时监控设备状态，能够自动识别振打装置等关键部件的异常振动模式，及时发出预警。系统通过分析设备的运行数据，检测到振打装置的异常振动情况（如振动过大或频率异常），并根据设定标准发出警报，提醒操作人员进行检修或调整。AI 诊断系统不仅提升了设备的运行安全性，还能显著减少人工干预的频率，减轻操作人员的负担。当设备发生故障或异常时，AI 系统能自动识别并进行初步诊断，为维修人员提供准确的故障信息，从而缩短故障排除时间，增强设备的可靠性与稳定性。

4.4 远程监控与智能诊断系统

随着信息技术的发展，远程监控与智能诊断系统已成为飞灰含碳在线测量装置优化的重要方向。通过开发云端数据平台，能够实现多个机组飞灰含碳数据的集中管理与横向对比。该平台不仅能够实时采集并存储不同机组的飞灰含碳数据，还能通过数据分析与比对，帮助管理人员快速发现潜在问题并及时进行调整^[4]。云平台还支持远程诊断功能，技术人员可以通过远程连接访问设备实时数据，分析故障原因并提出解决方案。

5 结语

飞灰含碳在线测量装置的稳定运行是火力发电厂优

化燃烧控制的基础。本文通过故障分析与改进实践表明,结合硬件维护、软件优化与智能化升级,可显著降低设备故障率。未来研究需进一步探索多传感器融合技术与全生命周期管理策略,以全面提升在线监测系统的可靠性与经济性。

[参考文献]

- [1]张超,柳宁,绳鹏鹏,等.飞灰含碳在线测量在 660 MW 机组锅炉燃烧中应用[J].冶金能源,2024,43(1):54-56.
[2]徐珂.火电厂运行调整及锅炉燃烧调整对飞灰品质的

影响[J].科技资讯,2024(1):1.

[3]李振丞.循环流化床锅炉飞灰含碳量问题[J].电力设备管理,2024(13):237-239.

[4]包有超,薛宁涛.燃煤锅炉掺烧高挥发分煤种爆燃原因分析及解决措施[J].设备管理与维修,2024(16):156-159.

作者简介:马龙(1995.1—),男,学历:大学本科,毕业院校:华北电力大学,所学专业:自动化,目前职称:助理工程师。

建筑电气设计中智能化设备的应用与挑战

刘雄才

中交四航局港湾工程设计院有限公司, 广东 广州 510290

[摘要] 随着科技的飞速发展, 智能化技术正以前所未有的速度渗透到各个领域, 建筑行业也不例外。建筑电气设计作为建筑工程的关键环节, 智能化发展趋势日益显著。从早期简单的电气设备自动化控制, 到如今高度集成的智能化系统, 建筑电气设计正经历着深刻的变革。智能化设备在建筑电气设计中的应用, 对建筑行业的发展具有不可忽视的重要意义。

[关键词] 建筑电气; 智能化设备; 应用与挑战

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15827

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Application and Challenge of Intelligent Equipment in Building Electrical Design

LIU Xiongcai

CCCC FHEC Harbor Engineering Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510290, China

Abstract: With the rapid development of technology, intelligent technology is penetrating into various fields at an unprecedented speed, and the construction industry is no exception. As a key link in building engineering, the trend of intelligent development in architectural electrical design is becoming increasingly significant. From simple electrical equipment automation control in the early days to highly integrated intelligent systems today, building electrical design is undergoing profound changes. The application of intelligent devices in building electrical design has significant importance for the development of the construction industry that cannot be ignored.

Keywords: building electrical; intelligent equipment; application and challenge

1 智能化设备在建筑电气设计中的应用优势

1.1 提升电气系统安全性

智能化设备借助先进的传感器技术、数据分析算法以及通信技术, 实现对电气系统全方位、实时的监测。在智能建筑中, 电力监控系统通过在电气设备关键节点安装传感器, 能够实时采集温度、电流、电压、功率、剩余电流等参数。当这些参数出现异常波动时, 系统会依据预设的故障诊断模型进行分析。智能化设备具备多种智能防护机制, 为人员和设备安全提供坚实保障。在过载保护方面, 智能断路器能够实时精确监测电路中的电流大小。当电路出现过载情况, 即电流超过断路器的额定电流时, 智能断路器会迅速动作, 自动切断电路, 防止电气设备因长时间过载运行而损坏, 避免因过载引发的电线过热、起火等安全隐患。与传统断路器相比, 智能断路器的动作速度更快, 保护精度更高, 能够在极短的时间内响应过载故障, 有效保护电气设备和人员安全。同时智能断路器中的漏电保护模块能够检测到微小的漏电电流。当漏电电流超过设定值时, 它会迅速切断电路, 保障人身安全。

1.2 增强电气系统联动性

智能化设备的核心优势之一在于能够实现建筑电气各子系统的深度集成与协同工作。借助先进的通信技术和系统集成平台, 智能建筑可将照明系统、空调系统、安防系统、电力监控系统等多个电气子系统有机整合为一个统一的整体。

在智能建筑中, 通过系统集成平台, 各电气子系统之间能够实现协同工作, 共同完成复杂的任务。智能电力监控系统则实时监测整个建筑的电力消耗情况, 根据各子系统的运行状态, 合理分配电力资源, 确保整个电气系统的高效运行。这种系统集成与协同工作的模式, 不仅提高了建筑电气系统的运行效率, 还实现了能源的优化利用, 降低了运营成本。

智能化设备通过物联网、云计算、大数据等技术, 实现了各电气子系统之间实时、高效的数据交互与共享。各子系统内的传感器、控制器等设备将采集到的数据, 如温度、湿度、电流、电压、设备运行状态等, 通过有线或无线通信网络实时传输到中央控制系统或云平台。中央控制系统或云平台对这些数据进行集中存储、管理和分析, 并将分析结果反馈给各子系统, 实现各子系统之间的信息流通和协作。

1.3 实现全方位监控

1.3.1 监控范围与精度

智能化设备凭借其强大的感知能力和先进的技术手段, 实现了对建筑电气系统全方位、无死角的监控。在监控范围上, 智能化设备不仅涵盖了传统电气系统中的各个关键节点, 如配电室、配电箱、变压器等, 还深入到建筑内的每一个用电终端, 包括照明灯具、插座、空调、电梯等各类电气设备。在监控精度方面, 智能化设备采用高精度传感器和先进的数据采集技术, 能够获取电气系统极其

细微的变化。智能电表可精确测量电流、电压、功率等参数，精度达到0.1级甚至更高，能够准确记录电气设备的能耗情况，为能源管理和成本核算提供可靠数据。智能温度传感器能够精确测量电气设备的温度，精度可达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，当设备温度超出正常范围时，能够及时发出预警，防止设备因过热而损坏。在智能建筑的安防监控系统中，高清摄像头配合智能图像识别技术，能够清晰捕捉到人员的面部特征、行为动作等细节信息，识别精度高，有效提高了安防监控的准确性和可靠性。

1.3.2 数据分析与决策支持

智能化设备具备强大的数据分析处理能力，能够对监控过程中采集到的海量数据进行深度挖掘和分析，为建筑电气系统的管理和决策提供有力支持。通过对电气系统运行数据的实时分析，智能化设备能够及时发现潜在问题和异常情况，并提供相应的解决方案。智能能源管理系统会实时采集建筑内各类电气设备的能耗数据，运用数据分析算法对这些数据进行分析。通过对比不同时间段、不同区域的能耗情况，以及与历史数据和预设标准进行比对，系统能够发现能耗异常的设备或区域，并深入分析原因。如果发现某楼层的照明能耗在非营业时间明显高于正常水平，系统会进一步检查该楼层的照明设备是否存在故障、是否有人违规使用等情况，并及时发出警报，提醒管理人员采取措施进行整改，从而实现能源的合理利用和成本的有效控制。

智能化设备还能通过对历史数据的分析，预测电气系统的运行趋势和设备故障发生的可能性，为设备维护和管理提供前瞻性的决策依据。智能电力设备监测系统会积累大量设备的运行数据，包括设备的温度、振动、电流、电压等参数的历史记录。利用大数据分析技术和机器学习算法，系统能够对这些数据进行建模和分析，预测设备在未来一段时间内的运行状态。如果预测到某台变压器在未来一周内可能出现油温过高的故障，系统会提前通知运维人员进行检查和维修，更换老化的散热部件，添加适量的冷却油等，避免故障的发生，提高设备的可靠性和使用寿命。

2 应对智能化设备应用挑战的策略与建议

2.1 技术创新与研发

2.1.1 推动兼容性技术研发

鼓励企业加大对兼容性技术的研发投入，研发通用的接口和转换设备。企业可以针对不同通信协议和接口标准的智能化设备，研发具有通用性的接口转换设备，实现设备之间的无缝对接。研发一种能够兼容 ZigBee、Wi-Fi、蓝牙等多种通信协议的智能网关，通过该网关，不同通信协议的设备可以实现数据传输和交互，从而打破设备之间的通信壁垒。企业还可以开展兼容性技术的创新研究，探索新的通信技术和架构，以提高智能化设备的兼容性和可扩展性。利用边缘计算技术，将部分数据处理和分析功能下沉

到设备端，减少设备与云端之间的数据传输量，提高系统的响应速度和稳定性，同时也有助于解决设备兼容性问题。

2.1.2 强化数据安全技术保障

在智能化设备广泛应用的背景下，数据安全和隐私保护至关重要，需大力研发和应用数据安全技术。在数据加密技术方面，应不断推动加密算法的创新和升级。随着计算机技术的飞速发展，传统的加密算法面临着越来越大的安全威胁。因此，需要研发更加先进、安全的加密算法，如量子加密算法。量子加密技术基于量子力学原理，具有极高的安全性，能够有效抵御量子计算机的攻击，确保数据在传输和存储过程中的机密性。应加强对加密算法的标准化和规范化管理，确保不同设备和系统之间的加密算法能够相互兼容，提高数据加密的通用性和可靠性。

访问控制技术是保障数据安全的重要防线。应采用多因素认证、权限管理等技术，严格控制对智能化设备数据的访问权限。多因素认证要求用户在登录设备或系统时，不仅需要用户提供用户名和密码，还需要提供其他因素，如指纹、面部识别、短信验证码等，以增加身份验证的安全性。权限管理则根据用户的角色和职责，为其分配相应的数据访问权限，确保用户只能访问其有权限查看和操作的数据。在智能建筑的能源管理系统中，管理员可以根据不同用户的权限，设置其对能源消耗数据的查看、修改和导出权限，防止数据泄露和滥用。

数据备份与恢复技术也是数据安全保障的关键环节。应建立完善的数据备份和恢复机制，定期对智能化设备中的数据进行备份，并将备份数据存储在安全的位置。采用异地备份、冗余存储等技术，提高数据备份的安全性和可靠性。当数据发生丢失或损坏时，能够及时、准确地恢复数据，确保设备的正常运行和用户的使用体验。在智能安防系统中，定期对监控视频数据进行备份，一旦发生数据丢失或损坏，可以通过备份数据快速恢复，保障安防系统的连续性和完整性。

2.2 优化设计与规划

2.2.1 培养专业设计人才

在智能化建筑电气设计领域，专业人才的培养至关重要。当前，教育体系需要积极变革，以适应智能化技术的飞速发展。高校作为人才培养的重要阵地，应在课程设置方面进行优化。除了传统的建筑电气专业课程，如建筑供配电、电气照明技术等，还应增设智能化相关课程，如智能建筑系统集成、物联网技术在建筑中的应用、人工智能与建筑电气等。这些课程能够让学生系统地学习智能化设备的原理、技术和应用方法，掌握智能化建筑电气设计的核心知识。通过学习智能建筑系统集成课程，学生可以了解如何将不同的智能化子系统，如智能照明、智能空调、智能安防等进行整合，实现系统之间的互联互通和协同工作，提高建筑电气系统的整体性能。

2.2.2 建立协同设计机制

建立建筑电气设计与建筑整体设计协同机制具有重要意义,它能够有效提高建筑项目的质量和效率,实现建筑功能与智能化的完美融合。在建筑设计过程中,各专业之间的协同配合至关重要。电气设计不能孤立进行,而应与建筑结构、给排水、暖通等专业紧密结合,形成一个有机的整体。通过建立协同设计平台,各专业设计师可以在同一平台上进行设计和交流,实时共享设计信息,避免设计冲突和重复工作。利用 BIM 技术搭建协同设计平台,各专业设计师可以将自己的设计模型导入平台,实现三维可视化协同设计。在设计过程中,设计师可以实时查看其他专业的的设计模型,了解建筑的整体布局和结构,及时发现并解决设计冲突。电气设计师可以在 BIM 平台上查看建筑结构模型,避免在设计电气管线时与结构梁、柱发生冲突;给排水和暖通设计师也可以查看电气设计模型,合理安排管道和设备的位置,确保各专业之间的协调一致。

制定明确的协同设计流程和规范也是必不可少的。在项目启动阶段,应明确各专业的设计任务和时间节点,制定详细的设计进度计划。在设计过程中,应定期召开协同设计会议,各专业设计师共同讨论设计方案,解决设计中出现的问题。建立设计变更管理机制,对设计变更进行严格的审批和管理,确保设计变更的合理性和有效性。

2.3 成本控制与维护管理

2.3.1 成本控制策略

在设备采购环节,合理选择智能化设备对于控制成本至关重要。建筑电气设计师应充分了解市场上各类智能化设备的性能、价格和质量,结合建筑项目的实际需求,进行综合评估和选型。在智能照明系统的设备采购中,对于大型商业建筑,由于照明面积大、使用时间长,应优先选择节能效果显著、使用寿命长的智能灯具,如 LED 智能灯具。虽然 LED 智能灯具的初始采购成本可能相对较高,但从长期来看,其节能优势和长寿命特性能够降低能源消耗和更换灯具的频率,从而节省总体成本。而对于一些小型办公场所或临时建筑,由于使用时间较短、照明需求相对简单,可以选择价格较为亲民的智能照明设备,在满足基本照明需求的同时,控制采购成本。

在系统设计环节,优化设计方案是控制成本的关键。建筑电气设计师应充分考虑建筑的功能需求和空间布局,避免过度设计和不必要的设备配置。在智能空调系统的设计中,应根据建筑的实际使用情况,准确计算空调负荷,合理选择空调设备的容量和类型。对于一些功能单一、使用时间相对固定的建筑,如学校教学楼,在非教学时间内,空调的使用需求较低,可以采用分区控制的方式,对不同区域的空调进行单独控制,避免不必要的能源消耗和设备

运行成本。在设计过程中,还应充分考虑系统的可扩展性和兼容性,以便在未来需要升级或增加设备时,能够以较低的成本实现。选择具有开放性通信协议的智能化设备,便于与未来可能引入的新设备进行集成,避免因系统不兼容而导致的设备更换和重新设计成本。

2.3.2 完善维护管理体系

建立完善的智能化设备维护管理体系,是降低维护成本和难度的关键。应制定详细的设备维护计划。根据智能化设备的类型、使用频率和制造商的建议,确定设备的维护周期和维护内容。对于智能空调系统,应定期对空调机组进行清洁、保养和检查,包括清洗冷凝器、蒸发器、过滤器,检查压缩机、风机等部件的运行状况,确保空调系统的正常运行。制定设备维护计划时,还应考虑设备的使用环境和季节变化等因素,合理调整维护周期和内容。建立设备维护档案也是维护管理体系的重要组成部分。对每台智能化设备的维护记录、故障信息、维修历史等进行详细记录,便于及时了解设备的运行状况和维护需求。设备维护档案应包括设备的基本信息,如设备型号、采购日期、安装位置等;维护记录,包括维护时间、维护内容、维护人员等;故障信息,包括故障发生时间、故障现象、故障原因、维修措施等。通过对设备维护档案的分析,可以发现设备的潜在问题和故障规律,提前采取预防措施,降低设备故障率和维修成本。引入智能化的设备维护管理系统,能够提高维护效率和管理水平。智能化的设备维护管理系统可以实时监测设备的运行状态,自动采集设备的运行数据,并通过数据分析和处理,预测设备故障的发生概率,提前采取预防措施。利用物联网技术,将智能化设备连接到统一的管理平台,实现设备状态的实时监控和远程管理。

3 结语

智能化设备在建筑电气设计中的未来发展充满机遇和挑战。我们应积极关注技术发展趋势,加强技术创新和应用研究,不断推动智能化设备在建筑电气设计中的广泛应用和发展,为建筑行业的转型升级和可持续发展做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]车小霞.建筑电气智能化技术设计与应用[J].城市建筑,2025,22(1):208-210.
 - [2]梁潇月.建筑电气设计中智能化技术应用存在的问题及对策[J].Engineering Management & Technology Discussion,2023,5(10).
 - [3]刘国斌,党辉,郑翠红.智能化建筑电气工程的设计与应用探究[J].中国科技期刊数据库工业 A,2023(4):4.
- 作者简介:刘雄才,男,学历:本科,所学专业:电气工程及其自动化。

电气自动化机械设备的管理与维护探讨

王金宇

中国电建集团河南电力器材有限公司, 河南 漯河 462000

[摘要]随着工业自动化技术的不断进步,电气自动化机械设备得运行状态不仅决定了生产效率,也对产品质量产生直接影响。然而,由于管理体系尚未完善、维护机制未能及时优化,许多企业在设备长期运行过程中频繁遭遇故障,不仅影响生产秩序,还可能引发严重的安全问题。设备管理与维护的核心,涉及运行状态的实时监测、预防性维护、故障诊断以及技术升级等多个方面,其中任何一环节的缺失,都可能对设备稳定性造成不利影响。目前,仍有部分企业依赖传统经验进行管理,科学合理的管理体系尚未建立,智能化技术手段的应用也相对滞后。本论文探讨电气自动化设备的管理现状,分析当前存在的不足,并提出相应的优化对策,以期为企业提高设备管理水平、降低运营成本、保障生产安全提供理论依据与实践指导。

[关键词]电气自动化;设备管理;维护策略;信息化;生产安全

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15819

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Discussion on the Management and Maintenance of Electrical Automation Mechanical Equipment

WANG Jinyu

PowerChina He'nan Electric Power Equipment Co., Ltd., Luohe, He'nan, 462000, China

Abstract: With the continuous advancement of industrial automation technology, the operating status of electrical automation machinery equipment not only determines production efficiency, but also has a direct impact on product quality. However, due to the imperfect management system and failure to optimize maintenance mechanisms in a timely manner, many enterprises frequently encounter equipment failures during long-term operation, which not only affects production order but may also cause serious safety issues. The core of equipment management and maintenance involves real-time monitoring of operating status, preventive maintenance, fault diagnosis, and technological upgrades. Any deficiency in any of these aspects may have adverse effects on equipment stability. At present, some enterprises still rely on traditional experience for management, and a scientific and reasonable management system has not yet been established. The application of intelligent technology is also relatively lagging behind. This paper explores the current management status of electrical automation equipment, analyzes the existing shortcomings, and proposes corresponding optimization measures, in order to provide theoretical basis and practical guidance for enterprises to improve equipment management level, reduce operating costs, and ensure production safety.

Keywords: electrical automation; equipment management; maintenance strategy; informatization; production safety

引言

制造业的快速发展,使电气自动化机械设备的范围不断扩大,而高度自动化的生产模式已成为提升效率、降低人工成本的重要手段。随着工业4.0技术的深入应用,智能监测、远程诊断、大数据分析等前沿技术已逐步渗透至设备管理领域,使传统管理模式的局限性愈发凸显。面对现代工业生产对于高效、安全、稳定运行的需求,企业若要提升市场竞争力,就必须加快设备管理模式的升级步伐,优化维护策略,提高设备运行的可靠性。深入研究电气自动化设备的管理与维护,并制定科学合理的优化方案,不仅对于企业的长期发展至关重要,也对降低设备运行成本、推动智能制造目标的实现具有重要的现实意义。

1 电气自动化机械设备管理与维护的意义

1.1 提高设备效率与可靠性

现代制造业中,电气自动化机械设备占据决定性地位,其运转状况直接关系到生产周期、产品质量及企业绩效。

采用完善巡检制度配合故障预警机制,设备内部潜在风险往往在萌芽阶段便被揭示,故障问题能在短时间内迅速定位并及时修复。实时监控平台辅以数据分析系统构筑起坚固信息防线,使设备运行参数经过细致解析后,以直观方式展示健康状态。反馈信息经过采纳后,检修策略不断得到调整,定期维护则确保设备在高负荷与频繁运转条件下始终保持稳定。实践数据证明,动态监测结合计划性检修能大幅缩短停机时长,促使产品一致性与工艺水平显著提升,进而推动整体技术标准不断升级。

1.2 降低生产运行成本

竞争激烈的市场环境使成本控制成为企业长远发展的关键。设备管理技术的革新使设备寿命延长,维修费用及更换成本明显降低。在全生命周期管理方案下,各运作阶段经过精细调度,实现资源配置最优化;预防性检修配合预测性维护措施,使设备老化迹象在问题爆发前便被捕捉,专业人员随即介入处理。实时监测数据为调度安排与

能耗控制提供科学依据,各生产环节中所产生的能耗、物料及人工成本均得到有效压缩^[1]。多次试验验证后,管理措施获得实质性经济效益,企业资金压力得以明显缓解。数字平台参与数据采集与预警处理,促使生产过程中各项支出得到合理分摊与控制;节约下来的资金则投入于技术更新及设备改造,从而推动企业整体竞争力不断提升。

1.3 保障生产安全与环境保护

生产安全及环境保护始终为工业领域不可或缺的目标。严密构建的设备管理体系使隐患在萌芽期便被及时发现,事故风险迅速遏制。高精度传感器采集的运行数据,经由先进监控平台实时呈现,异常现象在极短时间内被记录后迅速处置。事故预案在问题初现时即刻启动,经过系统培训的操作人员能迅速作出反应,各风险控制措施得以全面落实。安全隐患消除后,事故发生率明显降低。设备维护过程中融入绿色节能理念,低污染、低能耗技术在机械改造中广泛应用,致使环境负担大幅减轻。安全检测与风险评估结果频繁反馈给管理层,修正措施持续完善;企业内部经由定期检查、风险评估及隐患整改形成多层保护屏障,确保生产现场始终处于可控状态。数字化平台支持下,事故应急方案与隐患整改措施实施迅速,安全记录得以精确存档,事故率及相关经济损失降至最低。生产现场安全氛围逐步浓厚,生态环境状况获得显著改善。

2 电气自动化管理与维修中出现的问题

2.1 设备管理意识薄弱

当前,企业在保障产品高质量的同时,还力求降低整体生产成本,因此不断引入电气自动化设备。虽然这些设备在生产环节中带来了诸多优势,但也不可避免地给设备管理与维修工作带来一定的挑战^[2]。尤其是那些对市场占有率高度重视、对产品产量和新产品研发要求严格的企业,本应对电气自动化设备的管理与维护提出更高要求。然而,现实中却往往出现相反情况:企业在市场把控与新产品研发方面逐步落实到位,而对应的设备管理与维修工作却未能得到及时关注。这在一定程度上反映出企业内部管理人员管理意识薄弱,对设备管理工作的重要性认识不足,多数管理者在日常工作中更侧重于设备的生产,而忽视了对其维护和管理的持续投入。

2.2 设备管理方式落后

许多传统制造企业仍依赖人工操作与经验管理,现代化管理模式尚未全面普及。由于智能监测系统未能广泛应用,设备运行状态难以及时掌握,故障信息也无法迅速捕捉,维修工作往往依靠操作人员的主观判断。这样的管理方式难以适应高精度、高效率的生产需求。巡检流程繁琐、数据采集覆盖率较低、信息传递不够及时,使设备在出现异常时难以获得迅速响应,故障处理滞后,导致整体管理水平下降,企业运行风险显著增加。

2.3 设备管理制度不健全、人员技术水平有限

不少企业在设备管理方面缺乏系统化的制度建设,标准化流程尚未完善,责任划分模糊,部门间协调机制不够健全。由于缺少完善的设备档案管理系统及运行数据采集

平台,管理层与一线技术人员之间的信息沟通存在脱节现象,使设备运行状况难以得到精准监控。与此同时,维修人员的技能水平参差不齐,专业知识培训不到位,经验积累机制也不完善。设备发生故障时,团队通常无法迅速作出准确判断,故障诊断与修复进度滞后,影响设备的正常运行,甚至影响整个生产计划。

2.4 信息化与数字化建设不足

工业4.0与智能制造技术的快速发展,使企业对设备管理的信息化水平提出更高要求。然而,在实际运行过程中,许多企业的信息化建设依然处于初级阶段,传感技术、数据采集系统及智能分析工具未能得到充分应用,设备管理系统的集成度较低。大量依靠人工记录与手工维护的管理模式,易导致数据不完整、信息滞后等问题,设备全生命周期管理难以实现。由于缺乏精准的运行数据支持,故障预测能力受到限制,预防性维护手段难以有效落地,企业管理效率与安全保障能力均面临挑战。

2.5 维护资金投入不足,维修周期较长

在市场竞争加剧、运营成本不断增加的情况下,企业在资源配置上更倾向于将资金投入产品研发与市场推广,而设备维护及保养的资金支持则相对不足。由于资金投入有限,设备技术升级与维护工作难以顺利开展,导致故障发生率上升,维修难度加大。维修周期过长不仅扰乱生产进度,造成计划执行延误,还会增加因设备停机而产生的经济损失。资源分配不合理使得设备管理与维护模式难以优化,企业在应对突发设备故障时,缺乏充足的应急能力,影响生产系统的稳定性与连续性。

3 电气自动化设备的管理与维修优化策略

3.1 建立高效智能的设备巡检保障体系

随着工业自动化程度的提高,传统设备巡检方式在实际应用中暴露出诸多局限性。巡检工作中存在的低效、反馈滞后等问题,导致设备运行状态难以得到精准掌控,故障预警体系的可靠性受到影响。为了有效提升巡检工作的科学性与准确性,企业应当逐步构建以智能化、数字化为核心的巡检保障体系,使设备运行状态能够得到全天候监测,并通过数据化管理手段进行全面分析^[3]。高精度传感器、物联网设备以及实时数据采集系统的应用,将使设备健康状况的监测更加直观,维护管理也更加高效。在巡检体系优化过程中,巡检工作的随意性将被削弱,设备异常情况能够得到及时识别,而故障预警模型的精准度也将随之提高。若设备运行参数出现异常波动,系统可立即触发警报,确保相关信息能够迅速传递至管理层及维修团队,从而避免故障扩大,减少生产损失。数据反馈的即时性,不仅使巡检效率得到大幅度提升,同时也为设备长期健康运行提供了可靠的数据支持。巡检模式的升级不仅依赖于技术手段的进步,还需要配套管理模式的改进以及人员素质的同步提升。传统人工巡检模式的弊端已逐渐显现,只有依靠自动化巡检系统,才能提高检测的精准度,确保设备运行状态始终处于最优水平。与此同时,巡检数据应当被自动存储,并与设备维护系统进行

联动,长期追踪设备运行状况,使巡检工作更加智能化、系统化,提高管理效率的同时,降低故障发生率。

3.2 持续推进设备维护与保养体系优化

设备的长期稳定运行,离不开系统化的维护体系与科学合理的保养机制。为了确保设备能够始终保持良好工作状态,企业需要针对不同类型的设备,制定精细化的维护周期,并建立健全的检查制度,使日常维护、定期检修和技术升级能够按照规范化流程进行。维护体系的完善不仅能够减少设备故障率,还能够延长设备使用寿命,减少因故障导致的生产中断。设备运行数据库和故障记录系统的建立,通过实时监测关键运行参数,管理人员能够对设备状态进行精准分析,并结合历史故障信息制定更加合理的维护策略^[4]。传统的被动维修模式往往导致设备在出现严重故障后才采取措施,而智能化的预测性维护模式,则能够在问题发生之前便进行干预。采用智能算法对长期运行数据进行分析,使潜在故障得以提前预测,避免突发性设备故障对生产造成的不良影响。

除了物理层面的维护,软件系统的定期优化与更新也应当被纳入设备维护管理范畴。大量电气自动化设备依赖于软件控制,若固件版本未能定期更新,设备的智能化管理水平将难以适应快速变化的生产需求。

3.3 推行全员参与的设备管理模式

设备的高效运行不仅取决于技术部门的专业维护,企业各层级人员的共同参与同样重要。只有让所有员工树立设备管理意识,才能有效降低故障率,提高设备的使用效率。建立跨部门协作机制,使设备管理、生产调度、安全管理等各环节形成无缝衔接,能够提升管理工作的系统性,促进设备运行的稳定性。在巡检、监测、维护等关键环节,设备运行状况的反馈需要更加顺畅,信息共享的及时性能够提高问题的处理效率。只有通过有效的沟通渠道,设备故障才能在第一时间被发现,管理层才可迅速作出响应,防止小问题演变为严重故障。为了增强员工的设备管理能力,企业应当定期开展技术培训,使员工更深入了解设备运行原理及维护要求。合理的考核激励制度,将促使员工积极参与设备管理,增强责任意识。此外,优秀的维护经验应在企业内部得以推广,使不同部门的员工均能掌握基础的设备管理技能,提高整体管理水平。企业信息化设备管理系统的应用,也应当符合全员参与的理念。不同岗位的员工都应具备设备运行状态的基本认知,使生产现场的管理更加科学化,信息流转更加高效。

3.4 加快设备管理信息化建设,提升数据分析能力

随着工业环境的复杂性不断提升,信息化管理手段的应用已成为企业提高设备维护效率的关键手段。为了确保设备管理工作的科学性,企业应当建立完善的设备管理信息系统,使数据采集、存储、传输和分析能够紧密结合,实现对设备状态的精准监测与动态评估。智能数据分析系统的引入,使设备运行数据得以深度挖掘,从而优化设备管理策略,提高维护工作的精准度。设备运行数据的实时

分析,使得潜在的异常状态能够被提前识别,管理人员能够迅速采取干预措施,避免故障影响扩大^[5]。借助远程监控系统,即使设备管理人员不在生产现场,也能够随时掌握设备运行情况,确保设备管理的高效性与安全性。大数据分析、人工智能算法、云计算平台等技术的应用,使得设备管理方式逐步向智能化、数据化方向发展,维护工作的精准性与响应速度将得到大幅提升。

3.5 强化专业维护团队建设,提升技术能力

设备管理的有效性不仅依赖于先进技术的应用,也取决于高素质的维护团队。企业需要构建完善的维护人才培养体系,确保设备管理人员具备扎实的理论基础和丰富的实践经验。通过系统化的培训、实践、技术竞赛等方式,维护团队的综合能力能够不断提升,设备管理水平得以优化。高层次技术人才的引进,将使企业的设备管理能力进一步增强,行业专家的指导也将有助于优化维修流程,提高设备故障诊断的精准度。随着自动化技术的不断进步,设备智能化程度逐步提升,维护人员需要掌握更多关于数据分析、自动化控制、智能监测等领域的知识,以适应现代设备管理的要求。

4 结语

电气自动化机械设备的管理与维护,已成为现代制造企业保障生产效率、提升安全管理水平、优化经济效益的重要环节。由于传统管理模式存在诸多不足,设备运行的稳定性受到影响,维护成本长期处于较高水平。而随着智能化和信息化技术的广泛应用,设备管理已朝着更科学、高效的方向发展。巡检体系的优化,使设备状态的监测更加精准;维护策略的改进,使设备的使用寿命得以有效延长;全员参与的管理模式,使管理响应速度大幅提升;信息化技术的深度应用,使设备数据分析能力不断增强;专业维护团队的建设,使设备管理水平持续提高。未来,随着智能制造技术的不断发展,设备管理模式必将更加智能化、数字化。企业应紧跟技术发展趋势,持续优化管理体系,推动设备管理模式的创新升级,使生产系统能够长期保持高效、安全、稳定的运行。

[参考文献]

- [1]肖艺斌.人工智能技术在电气自动化控制中的运用[J].中国战略新兴产业,2025(3):119-121.
- [2]陈新敏.冶金企业电气自动化设备故障维修与维护探讨[J].价值工程,2025,44(3):154-157.
- [3]刘福强.基于PLC技术的电气工程自动化控制系统设计研究[J].电气技术与经济,2025(1):129-131.
- [4]薛丹蓉.基于远程监控的农业机械电气自动化系统优化研究[J].农机使用与维修,2025(2):46-50.
- [5]杨乐.电气工程面临的挑战与高质量发展研究[J].中国品牌与防伪,2025(2):103-105.

作者简介:王金宇(1992.9—),男,毕业院校:东北师范大学,所学专业:计算机科学与技术,当前就职单位:中国电建集团河南电力器材有限公司,职务:营销大区经理,职称级别:助理级。

光热汽轮机组设计特点及发展概述

张竞 朱熹 张伟荣 刘珩博 陈铁宁

东方电气集团东方汽轮机有限公司, 四川 德阳 618000

[摘要]光热在新型能源体系中,既扮演了可再生能源,又扮演了灵活性能源的角色,其最大的特点是灵活可控,在新能源风电和光电占比不断提升的现状下,能够有效缓解弃风和弃光现象,是可再生能源进一步提高电网占比的重要支撑和保证。光热汽轮机设备必须具备灵活,快速启停的良好特性,该特性决定了光热汽轮机不能按照传统承担基础负荷的发电设备进行设计,本论文主要介绍了50MW及100MW等级以上大功率光热汽轮机组设计特点,并对光热汽轮机组未来的发展方向进行了展望。

[关键词]光热汽轮机;设计特点;发展

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15821

中图分类号: TK262

文献标识码: A

Overview of Design Features and Development of Solar Thermal Steam Turbine Units

ZHANG Jing, ZHU Xi, ZHANG Weirong, LIU Hengbo, CHEN Tiening

Dongfang Electric Group Dongfang Steam Turbine Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618000, China

Abstract: Solar thermal energy plays the role of both renewable and flexible energy in the new energy system. Its biggest feature is its flexibility and controllability. With the increasing proportion of renewable energy such as wind and solar power, it can effectively alleviate the phenomenon of wind and solar power curtailment, and is an important support and guarantee for further increasing the proportion of renewable energy in the power grid. The thermal turbine equipment must have good characteristics of flexibility and fast start stop, which determines that the thermal turbine cannot be designed according to traditional power generation equipment that bears basic loads. This paper mainly introduces the design characteristics of high-power thermal turbine units of 50MW and 100MW above, and looks forward to the future development direction of thermal turbine units.

Keywords: solar thermal turbine; design features; development

引言

2021年,国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》(国发〔2021〕23号)明确:积极发展太阳能光热发电,推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地。光热在新型能源体系中,既扮演了可再生能源,又扮演了灵活性能源的角色,其最大的特点是灵活可控,在新能源风电和光电占比不断提升的现状下,能够有效缓解弃风和弃光现象,是可再生能源进一步提高电网占比的重要支撑和保证,故其在电力体系的重要性和未来的发展不可估量。

相比其他类型新能源发电路线,光热发电具有如下优势:

连续发电调节能力强:可最低15%超低负荷运行,爬坡能力强,启动时间快,可快速响应电网调度,同时又可承担大容量基础负荷能力;

可配套大容量储能消纳新能源电力:光热一般配套熔盐储能系统,通常利用风电,光伏等不稳定电力进行熔盐热能的存储,需要时再进行释放,在新能源风电和光电占比不断提升的现状下,光热发电能够有效缓解弃风和弃光现象,是可再生能源进一步提高电网占比的重要支撑和保证;

可实现与电网的双向连接与互补:一方面可通过太阳能热能的转化向电网发电,另一方面也可将网上的峰值电

力转化为热能进行存储,有利于电力系统的平衡;

全球目前大概有6.8GW的太阳能热发电,近年来伴随西北地区新能源装机容量的大幅提升,光热作为配套的灵活性电源,其装机增长量也在大幅增加;2024年底,中国太阳能光热发电总装机容量约占全球总量的1/10,不论是国内市场,还是国外市场,其市场发展潜力不可估量。

1 光热汽轮机组运行要求

传统的燃煤/气发电以承担电网用电基础负荷为主,而光热发电项目往往配套6~12h大型熔盐储热系统,根据电网调度参与电网调峰,汽轮发电机组在一天中处于低负荷及中高负荷运行的阶段性十分明显,年运行小时数约在1500~2500h之间;汽轮发电机组满负荷运行时间短,机组快速响应负荷能力要求高,这与常规发电汽轮机运行特点完全不同,故汽轮机在设计时需针对性开发,不能简单地按传统发电汽轮机设计。

2 光热汽轮机设计特点^[1]

针对上述运行特点,光热汽轮机在设计时,需遵循如下设计原则:

(1) 满足电网快速启停及升降负荷的调节功能(要求机组冷态启动120min以内,极热态15min以内,机组升降负荷率最大5MW/min);

(2) 满足长期稳定低负荷运行(15%极低负荷)及稳

定满发运行的电网调峰功能；

(3) 在满足上述(1),(2)前提下,具备一定的发电经济性要求；

(4) 具备一键启停,无人值守功能以便于光热偏远地区项目后期运维的需要；

结合第一批次光热汽轮机组实际投运经验反馈,各设备厂家对光热机组特性有了更加充分的认识,积累了丰富的经验,在此基础上开发了国内第二批次新一代大功率光热汽轮机组,具体设计特点表现为:

① 兼顾机组灵活性可靠性为前提的经济性能的取舍;具体表现为通流间隙及通流级次的合理选择;

② 汽缸等主机结构设计更为简洁,提升机组整体(汽缸与转子)膨胀的均匀性及同步性;

③ 轴系稳定性及滑销系统可靠性要求进一步提升;

④ 光热频繁启停工况下转子寿命评估分析手段进一步完善^[2];

3 结构设计特点

100MW 等级以上大型光热汽轮机组主要以哈汽,上汽,东汽三家汽轮机设备供应商为主,从各家最终的方案来看,各有不同;现以东汽 100MW 等级光热机组为例,对其结构方案做以简要介绍:

(1) 采用两缸(高压缸独立模块,中低压缸合缸设计),单排汽,单流,一次再热,空冷凝汽式,轴向排汽或下排汽设计型式;母型机为成熟余热发电设计机型;机组布置方案如下:



图 1 100MW 等级光热轴向排汽外形图

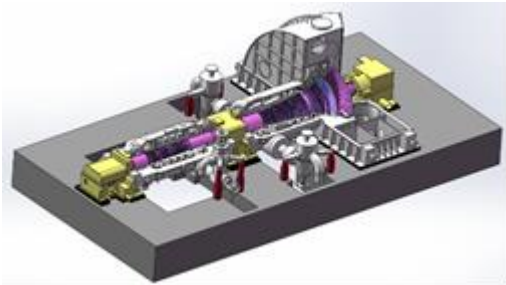


图 2 100MW 等级光热下排汽外形图

(2) 通流方案: 高压采用反动式,中低压采用冲动式设计,均采用单流设计;

设计优势: 中低压采用冲动式设计,汽缸仅采用单层缸结构,有利于汽缸与转子的同时受热,降低中低压缸胀

差,同时冲动式转子轴向推力较小,前轴封位置无大直径的平衡台阶,转子直径均匀,受热膨胀性能佳;

(3) 阀门配置^[4]: 高压及中压均采用双阀门对称进汽方式,如下图:

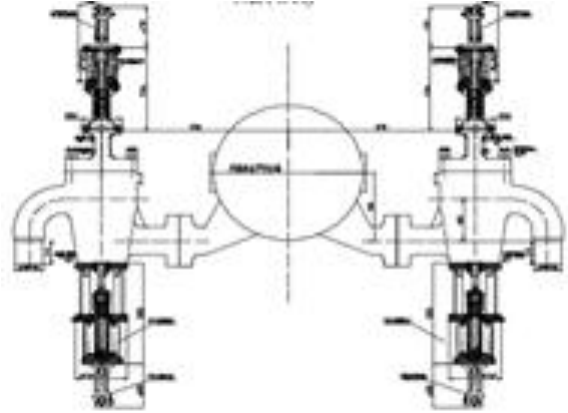


图 3 高压及中压进汽阀门布置

设计优势: 采用双阀门对称布置方式,能够平衡机组两侧的管道推力,有利于汽缸的稳定性,降低膨胀过程中卡涩的风险,防止单侧推力或力矩过大使汽缸倾斜;

轴系设计方面,采用三支点轴系支撑方案,相比常规凝汽式余热发电机组,机组跨距短,轴系刚度增强,临界转速提高,轴系抗汽流干扰能力进一步增强;

4 热力系统设计特点:

与第一批次光热不同的是,二批次光热电价大幅降低,其电网调峰作用明显大于发电作用,故在实际设计中,应以提高机组灵活可靠性为主,同时尽可能降低机组建设成本,实现用户利益的最大化。当前,主机厂家配合国内大型电力设计院,围绕光热汽轮机回热级数,背压,进汽参数,换热端差等边界,进行了一系列论证优化工作,现简要论述如下:

以 100MW 等级,进汽 14MPa/545℃/545℃,背压 12KPa 参数的光热汽轮机为例:

(1) 回热级数的选择: 对不同回热级数的热耗率对比如下:

表 1 不同回热级数对机组热耗的影响

	3GJ+1CY+3DJ	3GJ+1CY+4DJ	2GJ+1CY+2DJ	1GJ+1CY+1DC
THA 工况	基准 0	-0.25%	0.54%	2.77%
75%THA 工况	基准 0	-0.2%	0.53%	2.78%
50%THA 工况	基准 0	-0.15%	0.68%	3%
15%THA 工况	基准 0	0%	0.75%	3.22%

GJ: 高压加热器; DJ: 低压加热器; CY: 除氧器; DC: 低压除氧器。

结论：采用 7 级回热（3GJ+1CY+3DJ）与 8 级回热（3GJ+1CY+4DJ）经济性差异小，7 级回热在新型大功率光热上具有较大的推广前景。

机组背压选择：

以 12KPa 额定背压为设计工况，分析背压变化对机组热耗影响如下：

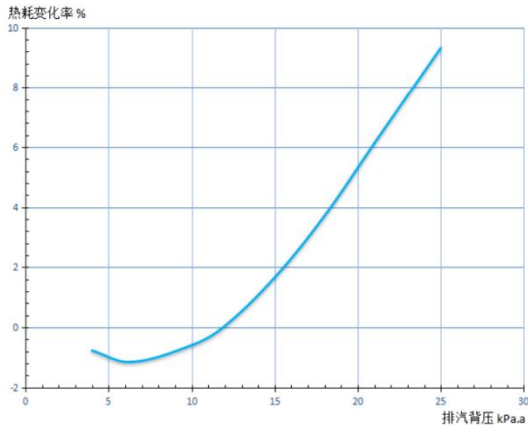


图 4 排汽背压对热耗影响

结论：背压变化对机组热耗影响较大，背压与热耗正相关，但背压低会带来空冷岛投资成本急剧增大，实际工程设计应结合当地环境温度，发电时长综合选取。

加热器端差对经济性影响：

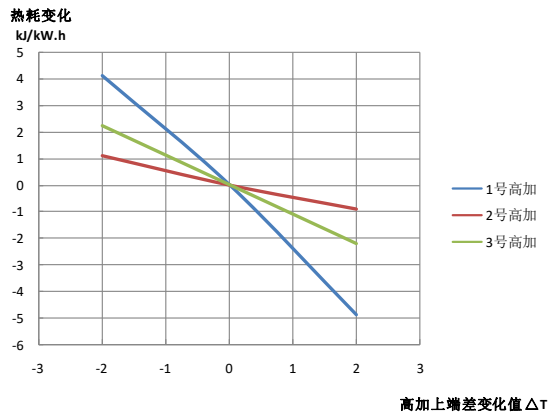


图 5 高加上端差对热耗影响

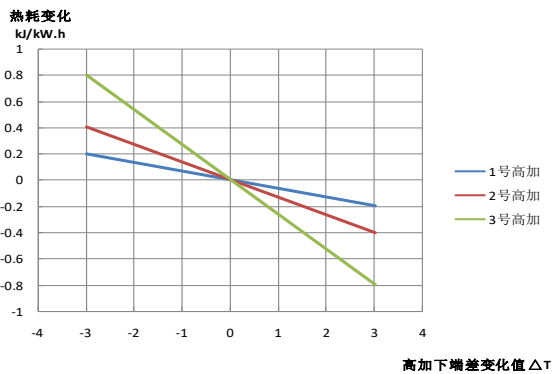


图 6 高加下端差对热耗影响

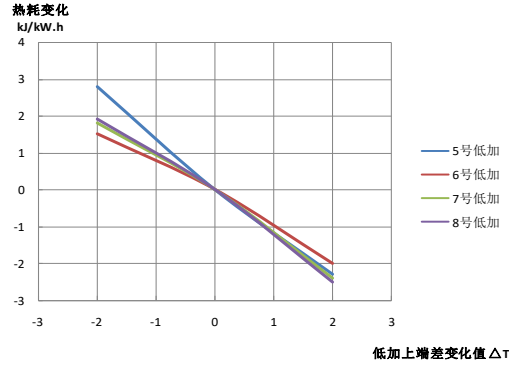


图 7 低加上端差对热耗影响

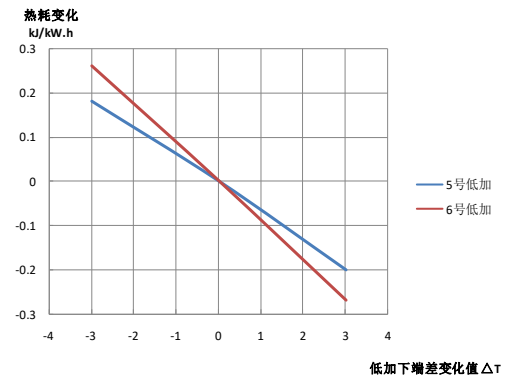


图 8 低加下端差对热耗影响

结论：1 号高加的上端差对经济性影响最大；

高加下端差对于热耗的影响微小，可忽略；低加上端差的变化对于经济性影响基本相当，整体在 2~3KJ 左右；低加下端差对于热耗影响微小，可忽略；除 1#高加上端差外，端差总体对热耗影响不大；

(4) 配置 0#高加的必要性：

低负荷运行汽轮机给水温度下降，考虑到熔盐安全运行特性，一般要求给水温度不得低于 240℃，而当机组负荷低于 75%后，汽轮机本身回热系统抽汽压力下降，无法满足 240℃给水温度要求，二批次光热机组长期调峰运行负荷多处于 75%以下中低负荷运行区间，配置 0#高加，是确保整个光热发电系统长期低负荷安全可靠运行的必备手段。

5 光热汽轮机未来发展^[3]

5.1 大容量高参数光热的发展

光热目前熔盐储热介质基本以二元硝酸盐为主，受限于介质工作温度无法进一步提升，目前光热汽轮机组主汽参数基本控制在 15MPa/550℃以下；国内外科研院所已经着手开发 800℃等级更高参数的熔盐储能及换热系统研究，开发与之匹配的太阳能光热发电机组是作为设备厂家的重要方向之一，伴随着汽轮机参数的提升，可极大提高光热发电收益，缩短项目回收周期。

从 50MW 到 100MW 再到 200MW 等级光热，汽轮发电机组容量不断增大，进一步带来了机组建设成本的降低，发

电收益的提高，也可进一步降低项目建设成本。

目前，300MW 等级及以上的更大功率的光热机组，也在陆续规划及论证之中，相信未来将会逐步布局并得以推广。

5.2 新型集热模式的发展^[4]

国内光热项目集热模式主要以槽式导热油，塔式以及线性菲涅尔路线为主，其中，塔式光热占比最大，现对几种路线做以对比：

表 2 几种光热路线对比

路线	槽式导热油	线性菲涅尔	单塔式
投资成本	最高	略高于塔式	最低
占地面积	最低	与槽式相当	最大
机组效率	最低	中间	最高
200MW 以上大功率机组	适用	适用	不适用
应用业绩	中间（主要应用于 50MW 等级以下机组）	最少	最多

不同集热模式，各有优劣，但对于后续大功率光热机型而言，上述几种路线均存在一定的局限性，开发集热效率更高的双塔乃至多塔式技术以及发展槽式熔盐技术，将为今后更大功率光热机组商业化发展铺平道路。

5.3 光热建设成本的管控

当前，如何降低光热项目的总体建设成本，是制约光热大批量发展的核心关键，汽轮机等整个热电岛部分虽然占比不大（约 7%~10%），但也是作为重点优化的方向之一，国内第二批次光热项目已经逐步意识到这个问题，部分项目在汽轮机回热系统，排汽背压等多方面逐步做了改进，但受限第一批次光热传统设计理念，行业固有思维仍然较为严重，整体收益仍然不大，未来，进一步扭转光热行业对光热汽轮机的认知，进一步简化汽轮机设计，降低机组造价，同时开发更大功率的光热机组，来降低整体光

热项目的建造成本，是设备厂家重要的研究课题之一。

6 结束语

从已有光热汽轮机后期投运情况来看，国内外各大厂商设备实际投运效果并不理想。我国光热发电技术起步较晚，但随着第一批次示范光热项目陆续投运，国内设备厂家对光热汽轮机作为新型调峰能源的认识更加深入，对机组的设计经验和准则的把握更加成熟，技术进步十分迅速。相信在新一批 100MW 等级大功率机组投运后，已有问题将得到极大改善，也为后续开发更大功率等级机组奠定基础。

光热作为一种新型清洁能源，其汽轮机设备在电网调峰，灵活运行方面都有着传统发电设备无可比拟的优越性，今后在整个电网系统中必将扮演越来越重要的角色。我国光热发电技术起步较晚，但项目总体建设量大，技术进步飞速。给光热技术的快速发展提供了强大的实践支撑，相信未来光热发电必将更加贴近国家电力需求，发挥更大的作用。

[参考文献]

- [1] 张晓东. 光热汽轮机技术特点及研发经验[J]. 2017 中国海西德令哈光热大会论文集, 2017(1): 54.
- [2] 陈贝贝等. 光热汽轮机汽缸的低周疲劳寿命研究与预测[J]. 东方汽轮机, 2020(2): 1-5.
- [3] 中国太阳能热发电行业蓝皮书(2022). 国家太阳能光热产业技术创新战略联盟[Z]. 2022
- [4] 尹刚等. 槽式光热发电汽轮机经济性关键技术研究[J]. 东方汽轮机, 2021(1): 29-32.

作者简介：张竞（1987—），男，学士，工程师，毕业于南京航空航天大学，现主要从事光热发电以及联合循环汽轮机组以及小型工业汽轮机组相关工作。

电力系统自动化安全控制问题及策略研究

李波

杭州汉邦电力工程设计有限公司, 浙江 杭州 311215

[摘要] 电力系统自动化是现代电力行业发展的主要方向, 而安全控制对于保证电力系统的稳定运行以及可靠供电具有重要意义。然而目前的电力系统自动化安全控制方面存在一系列问题, 从而影响系统的正常运行, 为此需要予以针对性措施, 提升应急处理能力, 以此保证电力系统自动化安全控制水平, 确保电力系统自动化的安全稳定运行。

[关键词] 电力系统; 自动化技术; 安全控制; 应对策略

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15820

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Research on Safety Control Problems and Strategies in Power System Automation

LI Bo

Hangzhou Hanbang Electric Project Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311215, China

Abstract: Power system automation is the main direction of modern power industry development, and safety control is of great significance for ensuring the stable operation and reliable power supply of the power system. However, there are a series of problems in the current automation and safety control of the power system, which affect the normal operation of the system. Therefore, targeted measures need to be taken to improve emergency response capabilities, in order to ensure the level of automation and safety control of the power system, and to ensure the safe and stable operation of the power system automation.

Keywords: power system; automation technology; safety control; response strategy

伴随社会经济的快速发展, 电力在人们生产生活中扮演重要角色, 电力系统稳定运行能够保障社会正常运转, 系统自动化作为提升电力系统运行的关键技术, 其安全问题也受到了广泛关注^[1]。在实际运行过程中, 伴随电力系统规模的不断扩大, 自动化系统故障风险也会增加, 如果出现故障会引发大面积停电, 从而增加了社会经济负担, 如果出现故障会引发大面积停电。此外网络信息技术的广泛应用导致电力系统自动化面临网络威胁, 从而影响电力系统的正常运行。深入分析以上问题并探究解决策略, 不但可以提升电力系统自动化安全性能, 还能保证电力系统稳定运行, 确保社会经济可持续发展。

1 电力系统自动化安全控制问题要点

1.1 设备安全

依据电力系统的实际需求以及运行环境, 选择质量可靠且性能稳定的设备, 充分调研评估市场上的设备, 了解不同品牌、型号设备的优点和缺点, 并且还要严格把控采购渠道, 保证采购的设备有完善的质量检测报告以及售后服务保障。安装过程中需要依据设备安装说明书以及相关规范操作, 安装人员需要具有专业的技能以及丰富经验, 保证设备安装牢固且连接正确。安装完成后需要予以全面的调试工作, 对设备的各项参数设置校准, 并和整个电力系统实现匹配和协调工作。此外, 制定合理的维护计划, 对设备巡检、润滑和清洁等, 及时发现设备存在的潜在问题, 建立设备维护档案, 对设备运行情况记录, 从而为生

命周期管理提供依据。

1.2 系统安全

电力系统的硬件设备是整个系统运行的基础, 各类发电设备、输电线路和变压器等硬件设施需要定期检查和维修, 硬件老化或者损坏会引发短路或者短路, 严重时会导致停电, 因此需要建立完善的硬件监测体系, 通过先进的技术及时发现硬件潜在安全隐患^[2]。电力系统自动化依赖于大量的软件实现智能控制和管理, 软件泄漏会被恶意利用, 从而造成系统数据泄露等严重后果, 为此需要重视软件开发和维护, 选择先进的加密技术可以保证软件数据安全传输和存储, 对软件进行定期安全评估以及漏洞, 可以保证软件系统的稳定运行。伴随电力系统自动化程度的提升, 网络连接更加广泛, 且网络攻击成为了威胁系统安全主要因素, 黑客会通过网络攻击影响电力系统的正常运行, 乃至对整个系统破坏。

1.3 网络安全

电力系统自动化进程中网络安全成为了安全控制问题的关键要点, 伴随电力系统和信息技术的融合, 网络环境变得更加复杂, 导致网络安全隐患增加。网络攻击是电力系统系统自动化面的主要威胁, 黑客会攻击电力系统网络, 获取关键信息, 导致系统故障或者停电事故。为此电力企业需要建立多层次的网络安全防护体系, 在网络边界设置防火墙, 对进出网络的流量予以严格过滤, 以免非法入侵。此外选择入侵检测系统, 对网络中的异常活动进行

实时监测,如果发现共计立即采取措施防范。与此同时电力系统中存在大量的关键数据,其中包含电网运行参数和用户用电信息,数据的泄漏和篡改会对电力系统安全造成影响,为此电力企业需要增强数据加密和备份,加密处理敏感数据,保证数据在传输以及储存过程中的安全性,并定期对数据进行备份,以免数据丢失。员工作为电力系统网络安全的关键,其操作行为会对网络安全产生直接影响,电力企业需要加强员工的安全培训,提升网络安全意识以及应急处理能力。

2 电力系统自动化安全控制问题

2.1 设备老化和技术落后

伴随时间的延长部分电力设备长时间处于高负荷运行状态,内部零部件性能有所下降且磨损严重,有些老旧的变压器绝缘材料老化,从而引发短路故障,影响电力供应稳定性。并且,老化设备的维护成本有所增加,频繁的维修会耗费一定量的人力和物力,从而给用户带来不便。老化设备可靠性降低后如果出现故障,会引发连锁反应。与此同时技术落后也阻碍了电力系统自动化安全控制水平提升,部分地区的电力系统依旧选择成就的控制技术,不能实现对电力设备的实时监控,无法发现潜在的安全隐患,当故障发生时也难以做出正确判断和处理。此外技术落后导致电力系统无法与新能源发电设备融合,对电力系统的可持续发展产生影响。

2.2 人为操作错误

以操作流程而言,电力系统自动化操作具有严格的步骤,部分操作人员在工作时未依据标准执行,在进行设备检修后的合闸操作时,因为没有对检修设备状态进行全面检查直接合闸,会引发短路。部分操作人员在录入控制参数过程中,会因为粗心输错数据,导致自动化系统依据错误参数进行,运行偏离正常状态,影响供电稳定性和安全性^[3]。伴随电力系统自动化技术的不断发展,新的设备以及系统呈现,然而有些操作人员并未及时更新自己的知识,对于新型自动化设备操作和维护不够熟悉,遇到复杂的故障情况不能正确判断问题,选择错误的措施过大故障影响范围。另一方面,操作人员工作状态以及心理因素会影响操作的正确性,长时间高强度工作容易使操作人员出现疲劳感,难以集中注意力,在此状态下操作会增加出错的概率,并且工作压力、情绪波动等心理因素也会干扰操作人员的判断决策。

2.3 预警系统不完善

电力系统中包含相应复杂的设备和线路,现有的预警系统仅对部分关键设备检测,对于次要但是同样会引发安全事故的设备以及环节缺乏足够关注,分布式电源接入点运行状态可能无法实施监测,如果接入点出现故障,因为预警不及时,会影响整个电力系统平衡。部分预警系统采用的指标较为单一,仅关注电压和电流等基本参数,忽视

了设备老化程度、环境因素对设备性能的影响,如果预警指标设置不合理,会出现误报或者漏报的现象,导致电力系统安全控制进入被动局面。在电力系统发生故障或者异常时,预警系统需要正确发出警报,并提供相应的处理建议,但实际情况下部分预警系统响应速度较为缓慢,不能及时将故障信息传递给相关人员,并且对于复杂故障的分析处理能力有限,不能为工作人员提供有效支持,从而增加了故障处理难度以及时间,将故障影响范围扩大。

3 电力系统自动化安全控制优化策略

3.1 提升控制正确率

电力系统自动化控制依赖于大量的设备,其中包含传感器或者控制器,定期对设备进行全面检查以及维护,可以及时发现设备潜在的故障以及隐患,对传感器校准可以保证数据采集的正确性,从而为后续控制提供依据,此外选择质量可靠且性能稳定的设备,在根源上降低因为设备问题导致的错误发生率^[4]。伴随电力系统的不断发展,传统控制算法无法满足日益复杂的运行需求,应用先进的智能控制算法可以有效处理系统中的不确定性以及非线性因素,模糊控制、神经网络控制等算法可以按照实时运行数据,自动调整控制策略,将控制的正确率提升。除此之外,操作人员专业水平以及责任心会直接影响控制正确率,因此需要加大对工作人员的培训力度,提升对自动化系统的操作技能以及故障处理能力,建立完善的绩效考核制度,减少人为因素导致的控制失误。

3.2 选择自适应调整模式

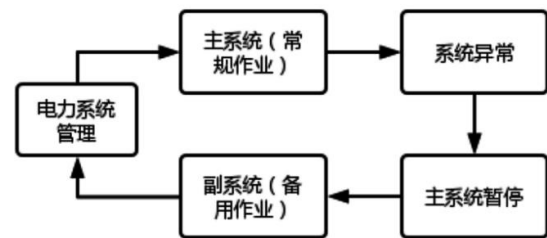


图1 双系统模式

电力系统自动化安全控制参数异常问题较为复杂,在系统设计过程中需要考虑实际运行中可能出现的各类复杂情况,如果设计时考虑不足或者对关键指标评估不够精准,在系统投入运行后极易出现各种异常现象。针对设计问题导致的参数变化,需要对系统进行在设计,需要由专业的设计团队参与,对整个电力系统进行综合评估和深入分析,对于其他因素引发的特殊情况需要具体问题具体分析。通过对试验数据详细分析,发现通过240个小时的连续运行后,系统参数会发生微小的变化,虽然变化较小但是长时间积累下来,会对系统的安全稳定性运行产生影响。因此,采用以240小时为间隔的自动校正命令机制,对系统的运行参数再校正,不论系统参数是否出现明显变化,均需要按照每240小时进行一次自动标定规则执行,确保

整个电力系统始终稳定。主机正常工作时，次机作为备用机处于待命状态，对于实际操作不直接参与，当主系统出现故障无法稳定安全控制参数，需要对主系统停机维修。图1为双系统模式。

3.3 加强设备运维

电力系统自动化安全控制中加强设备运维是关键一环，需要详细制定设备的巡检计划，确定巡检周期以及内容等，并按照计划检查设备，包含设备外观是否有损坏、运行参数是否正常等，对于发现的问题及时上报，从而及时采取措施处理。此外，按照设备特点以及使用情况，制定科学的维护保养方案，定期对设备清洁、润滑和紧固，保证设备机械部件以及电气连接处于良好状态，且及时更换老化或者损坏的零部件，以免因为小故障引发大事故。与此同时，定期组织运维人员参与培训，使其掌握最新的设备运维技术和方法，鼓励人员进行技术运维，将其解决实际问题的能力^[5]。利用先进的技术手段实时监测设备，通过安装传感器等设备，获取设备运行状态信息，如果监测到异常情况，系统可以自动发出警报，提醒运维人员采取相应的措施。

3.4 提升逻辑控制能力

逻辑控制能力的提升有助于实现电力系统运行状态判断，电力系统运行状态较为复杂，通过加强逻辑控制能力，可以对各种数据进行全面分析，当参数发生异常波动时，可以迅速识别是局部故障还是系统问题。在电力系统自动化控制过程中，合理的逻辑流程可以保证各个控制环节有序进行，一方面需要对控制逻辑进行设计，确定每个控制步骤的出发条件以及执行规则，以免产生控制混乱的情况。另外简化不必要的逻辑环节，将控制效率提升，在故障处理过程中对逻辑流程优化，快速切断故障线路，确保非故障区域的正常供电，将停电范围以及时间减少。电力系统安全稳定运行中逻辑控制需具有高度可靠性，可选择冗余设计和容错机制，当逻辑控制单元产生故障，备用单元可以及时接替工作，保证控制功能的连续性，并定期

对逻辑控制系统进行检测维护，及时排除潜在的故障隐患，将系统的整体可靠性提升。电力系统自动化控制涉及到复杂的逻辑算法以及技术，操作人员需要具有扎实的专业知识和丰富经验，定期开展培训以及技术交流活动，提升操作人员对逻辑控制原理和方法的理解，充分应用各种策略，及时应对各种突发情况。

4 结语

电力系统自动化安全控制可保证电力系统稳定运行的关键环节，通过对电力系统自动化安全控制问题和策略的深入研究，可以充分认识到目前电力系统在自动化安全控制方面面临一定挑战。在此过程中需要提升控制正确率、选择自适应调整模式、加强设备运维以及提升逻辑控制能力，从而提升电力系统自动化安全控制水平。但是电力系统自动化安全控制是一个长期复杂过程，需要不断进行研究以及实践，未来需要加强技术创新，完善安全控制策略，从而适应电力系统发展需求。此外，还需要增强各部门之间的协作和交流，一同确保电力系统的安全稳定运行。

[参考文献]

- [1]赵辉. 电力系统自动化安全控制问题及策略研究[J]. 电工技术, 2024(2): 352-354.
- [2]陶冶. 电力自动化控制系统网络信息安全管理研究[J]. 电工技术, 2024(2): 396-398.
- [3]龚辰乾. 基于电力系统及其自动化技术的安全控制应用[J]. 大众标准化, 2024(15): 91-93.
- [4]先木思叶·乌买尔江, 冷竹竹, 张彬. 电力系统及其自动化技术的安全控制问题分析与策略[J]. 自动化应用, 2024, 65(1): 240-242.
- [5]唐培峰. 电力系统及其自动化技术的安全控制问题和对策[J]. 中国新通信, 2024, 26(8): 25-27.

作者简介: 李波(1988.10—), 男, 籍贯: 陕西咸阳, 职称: 中级职称, 职务: 变电二次主任, 毕业时间: 2011年6月, 毕业院校: 湖南水利水电职业技术学院, 学历: 大学专科, 研究方向: 电力系统自动化设计。

基于数字孪生技术的机电设备运行监测与优化

张荣飞

滨州市安全评价中心有限公司, 山东 滨州 256600

[摘要]在现代工业领域中, 机电设备的可靠性和高效运行是保证生产流程顺畅的关键因素, 尤其是在制造、能源及交通等重要行业中。然而, 传统的设备监测方式依赖于人工检查和定期检测, 往往未能实时捕捉设备状态, 影响了设备的可靠性及维护效果。随着智能制造及自动化技术的发展, 机电设备的运行监测需求不断提高, 尤其是在故障预测及维护优化方面, 数字孪生技术成为解决这一问题的重要手段。数字孪生通过建立设备的虚拟模型, 并与物理设备相互作用, 能够精确模拟设备运行状态, 从而提高故障诊断的准确性及优化维护决策。借助这一技术, 不仅实现了设备管理的智能化, 且在减少维护成本、延长设备寿命方面表现出显著优势。此文将探讨数字孪生技术在机电设备监控及优化中的应用, 重点分析数据采集、故障诊断及智能控制等方面的优势, 为智能运维提供理论支持与实践指导。

[关键词]数字孪生; 机电设备; 运行监测; 故障诊断; 维护优化

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15818

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Monitoring and Optimization of Mechanical and Electrical Equipment Operation Based on Digital Twin Technology

ZHANG Rongfei

Binzhou Safety Evaluation Center Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256600, China

Abstract: In the modern industrial field, the reliability and efficient operation of electromechanical equipment are key factors in ensuring smooth production processes, especially in important industries such as manufacturing, energy, and transportation. However, traditional device monitoring methods rely on manual inspection and regular testing, often failing to capture device status in real time, which affects the reliability and maintenance effectiveness of the equipment. With the development of intelligent manufacturing and automation technology, the demand for operation monitoring of electromechanical equipment continues to increase, especially in fault prediction and maintenance optimization. Digital twin technology has become an important means to solve this problem. Digital twins can accurately simulate the operating status of equipment by establishing a virtual model of the device and interacting with physical devices, thereby improving the accuracy of fault diagnosis and optimizing maintenance decisions. With the help of this technology, not only has intelligent equipment management been achieved, but significant advantages have also been demonstrated in reducing maintenance costs and extending equipment lifespan. This article will explore the application of digital twin technology in the monitoring and optimization of electromechanical equipment, with a focus on analyzing the advantages of data collection, fault diagnosis, and intelligent control, providing theoretical support and practical guidance for intelligent operation and maintenance.

Keywords: digital twin; mechanical and electrical equipment; operation monitoring; fault diagnosis; maintenance optimization

随着工业领域对设备可靠性及运行效率的要求日益提高, 传统的设备管理模式逐渐显现出局限性, 尤其是在长期运维与复杂制造过程中。数字孪生技术作为一种新兴手段, 能够通过虚拟模型与实际设备的动态互动, 为设备状态提供精准的实时反馈。与传统监测方式相比, 数字孪生不仅能够实时捕捉设备运行数据, 还能够通过大数据与人工智能算法预测故障的发生, 从而有效优化维护策略, 提高设备的运行效率与稳定性。伴随着物联网、边缘计算及人工智能技术的不断发展, 数字孪生在机电设备管理中的应用越来越广泛, 逐渐成为一个备受关注的研究热点。

1 机电设备数字孪生内涵

随着先进制造技术的迅猛发展, 机电产品的创新设计能力已成为衡量制造业水平的重要标志。在此背景下, 先进的设计理论、方法和技术手段愈发重要。作为现代工业

体系中的核心组成部分, 机电设备的复杂性和智能化水平不断提升, 对设计方法、状态监测及维护手段提出了更高要求。数字孪生作为一种前沿技术理念, 为机电设备的状态监测、故障诊断及维护优化提供了全新的解决方案。机电产品的创新设计离不开系统工程的支撑。系统工程作为一门跨学科的方法论, 旨在通过系统化地规划、设计、实施和管理, 提升复杂系统的整体性能。在机电产品的设计过程中, 系统工程方法强调从全局视角出发, 综合考虑产品在整个生命周期中的各项因素, 包括功能需求、性能指标、成本效益、可靠性及可维护性等。通过系统工程方法的有效应用, 可优化机电产品的设计, 提升产品的综合性能和市场竞争力。

2 机电设备运行监测技术

2.1 数据采集与传感器技术

机电设备运行状态之精确呈现, 完全依赖于数据采集

系统的高效运转。伴随物联网及微机电系统技术的迅速发展,智能传感器在温度、压力、振动、电流、电压等多种参数测量上展现出卓越性能;所获取的高精度数据经过构建完善的传感器网络后,利用无线通信技术(例如 Wi-Fi、5G 及工业以太网)实现远程实时传输^[1]。整个数据采集平台由传感器网络、传输单元及存储模块构成,确保监测信息能够全方位、无遗漏地反映设备状态。为使信息交叉验证及数据融合效果达到最佳状态,各传感器之间采用多重校验机制,从而显著提升了数据采集的准确性与系统稳定性,即使在复杂工况中亦能保持优异表现。经过不断改进,数据采集技术日趋成熟,设备状态的动态反馈得以顺畅呈现,各环节间的紧密衔接充分彰显出整体采集体系的高效性能。

2.2 数据处理与实时监控

设备运行过程中所生成的数据不仅数量庞大,结构亦极其复杂,传统处理手段难以满足实时监控与智能分析要求。为应对此种挑战,研究者引入数字孪生技术,对采集数据进行预处理、清洗及标准化操作。依托大数据分析、边缘计算及云端平台的协同运作,关键参数能够迅速提取后及时传送至下游模块。实时数据流框架在模式识别、统计分析 & 异常检测方面展现出优异性能,一旦异常情况出现,预警机制便会迅速触发;现场边缘设备的应用显著降低了数据传输延时,中心计算负载亦得以有效缓解^[2]。云端平台则为数据存储及历史数据回溯提供充裕资源,而智能监测算法通过持续学习设备特性,使监控策略逐渐趋于精细。整体数据处理体系高效运行,设备状态得以实时监控,监控效果显著提升。

2.3 状态评估与故障诊断

对设备健康状况进行量化评估及故障判断在精细化运维管理中占有举足轻重的地位。物理设备与高精度虚拟模型之间所产生的协同效应,在实时数据驱动下构建出一个能够精确反映健康状态的评估体系。阈值判断、机器学习分类以及深度神经网络预测技术被相继应用于故障识别中,潜在故障风险可在虚拟模型与实际运行数据比对过程中迅速捕捉。设备关键指标经过动态建模后,采用混合诊断方法进行故障分类、定位及趋势预测,其准确性得以大幅提升;同时,在线学习机制促使整个诊断体系不断自我优化,设备风险提前显现,从而为精确干预提供坚实技术支撑。

2.4 数据融合与智能分析

机电设备运行时所产生的数据内容丰富,涵盖传感器读数、历史记录及环境参数,其高效整合是实现智能监测面临的关键难题。利用多源数据预处理与时空对齐技术后,借助贝叶斯推理、D-S 证据理论及深度神经网络构建出能够真实反映设备状态的信息模型^[3]。各项数据在预处理阶段经过统一处理,分层融合策略将原本分散的信息整合成连续而全局的运行图谱;与此同时,深度学习算法对隐含特征及内在联系的捕捉更加精准,从而显著提高了数据融合的准确性与系统稳定性。在数字孪生平台的支撑下,虚

拟空间与现实世界之间实现了高效互动,单一的数据采集模式逐渐演化为全局智能决策体系,构成了支撑设备维护与故障定位的科学信息架构。

3 基于数字孪生的故障诊断与维护优化

3.1 故障诊断模型与方法

在设备运维管理领域,故障诊断技术的精准性及实时反应直接关系到设备安全与生产效率。基于数字孪生构建的诊断模型涵盖物理建模、数据分析及混合模式。物理驱动模型依托设备运行原理及数学表达,适用于结构明晰的设备;而数据驱动模型利用大量历史数据,通过机器学习及深度神经网络实现异常模式的自动识别。混合模式将两种方法的优点综合,既确保物理模型的科学性,又借助数据挖掘技术进一步提升了诊断准确率。虚拟模型与实时数据对比分析过程中,潜在故障能够在极短时间内被捕捉;自适应算法在应对非线性工况方面的表现亦已得到充分验证,整体故障诊断体系的稳定性与准确性得到了显著提升。

3.2 维护策略与优化决策

设备日常管理中,维护策略及优化决策在降低成本、提升可靠性方面发挥着举足轻重的作用。传统的定期检修与事后维修模式常难以兼顾经济效益与设备稳定性,现有智能维护策略的推广标志着主动预防与精细调度模式的成功实现。经过系统性数据处理后,监控数据与预测分析结果被用于识别设备潜在风险,从而推动针对性维护方案的制定;精密的成本效益与风险评估确保了维护决策在实践中不断优化。虚拟仿真平台用于验证各项维护措施及应急预案,其成果使实际运行中的维护计划能够实现自动调整,进而使预防性维护与即时响应协同运作。智能算法及优化方法的引入令设备运行参数得以实时调控,整个系统的经济效益及稳定性显著提升,设备全生命周期管理获得科学有效的支撑。

3.3 预测性维护与寿命管理

设备实现高效运行并延长服役期限的重要措施在于预测性维护与寿命管理。利用数字孪生技术,将历史数据与实时信息整合以构建健康状态模型,使得剩余寿命的精确预测成为可能。先进的机器学习及深度神经网络技术对关键指标进行动态分析,使设备运行趋势得以全面捕捉;同时,不同工况下设备衰退规律的虚拟仿真同步开展,为个性化维护计划提供了精确数据支持^[4]。潜在风险在故障显现之前即被识别,预防措施随之迅速启动,从而大幅降低了非计划停机率与维修成本。实时反馈机制不断修正设备参数,促使维护策略灵活调整,进而延长了设备整体服役期。虚拟模型在状态映射及效果验证过程中发挥着不可替代的作用,为工业生产系统的安全稳定运行提供了坚实保障。

3.4 维护决策支持系统设计

伴随智能制造及工业自动化技术的不断演进,基于数字孪生的维护决策支持系统正逐步成为设备管理的关键工具。该系统融合了大数据分析、智能算法及人机交互技

术,实现数据采集、状态评估及维护决策各环节的无缝对接。构建的决策平台具有高效、稳定及良好扩展性的特点,借助实时数据及深度建模技术,能够对设备健康状态进行精准预测,同时实现故障风险的快速预警。系统自动生成的维护建议与调度方案通过直观界面展现,使决策过程科学而操作便捷。远程监控、数据回溯及多维综合分析功能得到了全面整合,促使系统性能不断升级;在人工智能及物联网技术推动下,设备状态监控与智能调度水平明显提升,传统运维模式正逐步转型为更加智能、网络化及协同化的新模式。

3.5 故障预警与应急响应机制

突发故障在设备运行过程中可能对生产安全及经济效益造成严重冲击,建立高效的故障预警与应急响应机制显得尤为关键。借助数字孪生技术构建的健康评估模型,可对各项关键参数实施实时监测,并利用模式识别及数据挖掘手段对设备状态进行动态解析,潜在风险在故障显现前便得以捕捉。当异常情况出现时,报警信号会迅速触发,预先制定的应急方案立即投入执行。虚拟仿真技术被用于模拟故障发展轨迹,为后续响应措施提供量化依据;不断优化数据处理算法使预警阈值及响应策略得以灵活适应各种工况与环境变化,从而确保预警过程具有极高准确性与快速反应能力。该机制不仅大幅降低设备非计划停机率,还为企业构建了一种具推广意义的智能运维模式,进而筑起牢固的安全屏障,确保设备在全生命周期内保持平稳、可靠运行。

4 数字孪生技术的智能优化与自适应控制

4.1 自适应控制原理与方法

在机电系统运行过程中,自适应控制技术的应用日益广泛,其主要目标是根据设备运行状态的动态变化,自动调整控制参数,以适应复杂环境以及运行条件的波动。借助数字孪生技术构建的高精度虚拟模型,物理系统的动态特征能够得到精准映射,并结合数据驱动方法建立预测模型,使控制器参数得以动态优化。自适应控制策略涵盖模型预测控制、鲁棒自适应调节以及基于机器学习的自调节方法,使传统固定参数控制方式逐渐被更具智能化的动态优化方案替代。设备运行时,传感器采集的数据经过处理后输入控制算法,参数随运行状态的变化而实时调整,确保虚拟模型与物理设备始终保持高度一致。随着数据流不断优化,控制策略持续迭代,使得设备即便在复杂运行环境下仍能维持稳定状态,并具备更高的响应速度。

4.2 优化算法在机电设备监测中的应用

优化算法的不断发展推动了机电设备运行监测智能化水平的提升。数字孪生技术与优化算法相结合,使设备状态监测的准确性进一步增强,同时提升了传感数据的优化能力。基于数学建模与统计学习的优化策略,广泛采用遗传算法、粒子群优化、蚁群算法等技术,实现运行参数的全局搜索与局部调整,从而提升监测系统在故障预警、数据处理及维护调度等方面的适应性。监测过程中,数据经过特征提取与模式识别后,由优化模型动态调整关键参数,提高

监测精度及响应效率。物理设备与虚拟模型之间的双向数据交互为优化算法的持续训练提供反馈,使其不断适应复杂工况,并在运行过程中不断修正优化策略。多种优化算法相互配合,使系统不仅能够实现智能调节与高效资源分配,在设备健康管理及故障预防方面也展现出更强的决策能力。

4.3 实时反馈与智能决策机制

机电设备运行状态的智能优化,依赖于实时反馈系统与智能决策机制的紧密结合。传感器采集的运行数据被实时传输至虚拟模型,经计算分析后生成状态评估报告,为决策模块提供科学依据。设备监测系统接收到数据后,将其与历史信息进行比对,并通过建立精确模型识别异常趋势,提前预测潜在故障风险。智能决策机制通过数据挖掘技术与知识图谱,实现优化调度,并逐步形成具备自主学习能力的决策体系。实时反馈系统与智能决策模块的深度融合,使设备能够根据运行状态的变化自动优化关键参数,以适应复杂环境,同时有效降低故障发生概率,提高运行稳定性。基于虚拟与现实相结合的交互模式,设备管理的精准度得到提升,运维效率也显著优化。与此同时,该技术的发展为机电设备向更智能化的管理模式演进奠定了坚实基础,使未来的设备运行更具自主性与适应性。

5 结语

随着数字孪生技术的不断发展,其在机电设备智能化运维中的应用展现了显著的前景。通过将虚拟模型与实时数据融合,数字孪生不仅提升了设备的监控精度,还加强了故障预测和性能优化,从而大幅度提高了设备的运行效率与可靠性。在人工智能、边缘计算等技术的支持下,数字孪生技术逐步扩展至更广泛的领域,推动了设备管理方法的创新与进步。未来,数字孪生技术将在更多行业领域中发挥更大的作用,助力设备管理进入更加高效、智能的时代。

[参考文献]

- [1]孙艺凌.基于数字孪生与混合现实技术的机电设备辅助维修方法研究[J].中国新技术新产品,2024(2):36-38.
- [2]刘加利,焦锋利.基于数字孪生技术的机电一体化虚拟实训设备设计与开发[J].科技创新与应用,2024,14(9):42-45.
- [3]李志强,金国胜,杜王特.基于数字孪生技术的变电站机电设备状态检测系统[J].自动化技术与应用,2024,43(11):43-47.
- [4]李志强,金国胜,杜王特.基于数字孪生技术的变电站机电设备状态检测系统[J].自动化技术与应用,2024(11):43-47.

作者简介:张荣飞(1979.4—),女,毕业院校:湖北黄冈职业技术学院,所学专业:计算机科学与技术,毕业院校:中国地质大学(武汉),所学专业:机械设计制造及其自动化,毕业院校:济南大学,所学专业:工商管理,当前工作单位:滨州市安全评价中心有限公司,职务:职工,职称级别:中级职称。

架空输电线路的三维数字化设计技术分析

谷晓民 王红山

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 架空输电线路的建设需充分考虑复杂的地理环境与技术标准,而在现代工程要求下,传统设计方式已显现出诸多不足。通过三维建模与数据集成,三维数字化设计技术能够更精确地模拟线路运行状态,并在施工前识别潜在风险,从而提升工程精度与安全性。随着应用的深入,该技术正逐步取代传统方法,成为架空输电线路设计与管理的重要支撑,推动着电力行业向智能化与高效化方向发展。

[关键词] 输电线路; 数字化设计; 关键技术

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15849

中图分类号: TM75

文献标识码: A

Analysis of 3D Digital Design Technology for Overhead Transmission Lines

GU Xiaomin, WANG Hongshan

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The construction of overhead transmission lines needs to fully consider the complex geographical environment and technical standards, and under the requirements of modern engineering, traditional design methods have shown many shortcomings. Through 3D modeling and data integration, 3D digital design technology can more accurately simulate the operation status of power lines and identify potential risks before construction, thereby improving engineering accuracy and safety. With the deepening of application, this technology is gradually replacing traditional methods and becoming an important support for the design and management of overhead transmission lines, promoting the development of the power industry towards intelligence and efficiency.

Keywords: transmission lines; digital design; key technology

引言

电力需求的持续增长,使架空输电线路的设计与运维面临更高的技术要求。传统的二维设计模式与人工管理方式,在应对复杂工程需求时显现出诸多局限,设计精度难以保障,且施工过程中的风险亦难以有效控制。随着三维数字化设计技术的引入,这一问题得到了显著改善。通过整合地理信息系统(GIS)与建筑信息模型(BIM)等先进技术,不仅设计的精确度与施工效率得以提升,运维管理也得到了优化,为电力行业的现代化发展提供了更加高效的技术支撑。

1 架空输电线路三维数字化设计的优势与挑战

1.1 提高设计精度与效率

在架空输电线路设计中,三维数字化设计技术显著提升了设计精度与效率。传统的二维设计方法,在应对复杂线路与地理环境时,往往面临图纸重叠、信息误差以及修改困难等问题。通过构建数字化三维模型,线路的各个细节得以在直观的空间中展示,误差的发生因此大大减少。借助精准的三维建模,设计人员能够清晰识别构件间的相互关系,潜在问题可在早期发现并加以优化,从而减少了后期修改与施工调整的成本。在处理大量复杂数据时,三维数字化设计展现出了极高的效率,与地理信息系统(GIS)结合后,设计人员可以迅速获取并分析地形、气候等环境因素,进而优化线路布局,确保设计与实际地理条件高度

契合。基于数据驱动的设计方式,不仅加快了设计周期,也增强了整体方案的合理性与可行性。

1.2 降低施工风险

三维数字化设计在架空输电线路施工中显著降低了施工风险,尤其是在复杂地形与环境条件下。传统设计依赖平面图纸,施工人员常常无法全面掌握现场的地理特征与施工条件,这往往导致误判或遗漏,从而引发施工延误或安全隐患。通过精准的三维建模,施工现场的地形、障碍物及周边环境被真实再现,施工人员能够在施工前全面了解现场的复杂情况。由此,施工方案得以更具针对性,避免了因对现场实际情况了解不足而带来的风险。三维模型的应用使施工进度、材料使用等信息能够有机结合,确保各环节按照预定计划顺利进行,提前识别潜在施工障碍。借助虚拟仿真技术,施工人员得以进行提前模拟演练,问题可在早期发现并调整方案,从而减少了现场施工中的盲目性与应急处理的频率。该技术的应用,显著降低了设计与施工配合不当、设备或材料使用错误等引发的施工事故,保障了施工过程的安全与顺利推进。

1.3 面临的技术挑战

尽管三维数字化设计在架空输电线路的应用中展示了显著优势,实际实施过程中依然面临诸多技术难题。一个突出问题是数据获取的准确性。尽管现有的地理信息系统与测量工具提供了大量数据,确保这些数据具有高精度

与实时性依然是一项挑战,尤其是在复杂地形或偏远地区。若数据精度不足或更新延迟,设计结果与实际不符的风险将增加,从而影响整个项目的效果。另一个技术瓶颈来源于三维建模的复杂性。架空输电线路设计涉及多个变量,如环境、设备及地形等,这些因素使得建模过程既繁琐又耗时。尽管现有建模软件在功能上不断优化,但智能化不足及模型处理速度慢的问题仍然存在。尤其在大型工程中,如何高效生成并调整精细化的三维模型,依旧是亟待突破的技术难点。三维设计平台的兼容性也是不可忽视的问题。不同专业的设计软件通常采用不同的技术标准与数据格式,跨平台的数据共享与协同工作仍面临技术挑战。如何确保多个系统能够无缝对接,从而保证设计的统一性与流程的流畅性,是当前亟待解决的问题。因此,推动技术创新与软件平台整合显得尤为重要,只有这样,才能充分发挥三维数字化设计的潜力。

2 三维数字化设计关键技术分析

2.1 工程地理信息数据获取手段

在三维数字化设计中,工程地理信息数据的精准获取至关重要,它直接影响设计的精度与可靠性。随着工程需求的日益提升,传统手工测量方式已难以满足对数据精度与采集效率的高要求。因此,依托先进技术手段进行数据采集已成为当前的主流趋势。现今,常见的数据获取方式包括遥感技术、激光雷达(LiDAR)与无人机(UAV)测绘。遥感技术通过卫星或航空影像捕捉地面信息,在大范围区域内迅速获取地形数据,具备在复杂环境下精准识别地物的能力。激光雷达则以高精度的三维扫描为工程提供精细化的点云数据,尤其在地形起伏较大或存在遮挡的区域表现尤为突出。无人机测绘因其操作灵活、数据采集效率高,广泛应用于现代工程中,特别适用于高空线路或难以抵达的区域,能够快速获取局部详细信息。通过多种技术手段的融合,设计人员得以获得实时且高精度的地理信息,大大减少了人工测量所带来的误差,同时提升了数据处理效率,为三维建模提供了坚实的数据支撑。精准的数据采集不仅有助于提前识别潜在的地理障碍,也为工程方案的优化奠定了坚实的基础。

2.2 批量智能化建模技术

批量智能化建模技术,作为三维数字化设计中的一项重要创新,在提升设计效率方面展现了显著作用,尤其在大规模复杂项目的建模过程中,效果尤为突出。传统建模方式主要依赖人工操作,过程繁琐且容易出错,而人工智能与自动化技术的结合,使得建模过程得以显著简化,推动了批量智能化建模的广泛应用。该技术的核心优势在于,能够基于现有的工程数据,迅速生成大量符合设计标准的三维模型。智能算法通过解析输入数据,自动识别设计需求及环境因素,从而批量创建符合工程规范的建模结果^[1]。例如,在架空输电线路设计中,这一技术能够自动构造适

应地形条件的塔基、导线及支撑结构等三维模型,极大地减少了人工操作的繁琐性,同时降低了误差的发生。随着机器学习技术的不断进步,批量建模系统在数据积累的基础上逐步优化建模方式,提高了模型的精度,增强了设计的灵活性。在项目规划阶段,设计人员可以通过设定相关参数与规则,使系统自动调整生成的模型,从而实现更优的设计方案。这一模式不仅显著提升了建模效率,还为工程全生命周期提供了高质量的数字化支撑,减少了人为干预带来的不确定性,为后续施工与运维奠定了精准的数据基础。

2.3 功能完善的三维设计软件支撑

当前,电力设计院在三维设计软件的研发方面尚未完全成熟,工程项目大多仍依赖于市场上的商业化软件。然而,通过调研发现,国内主流的三维设计软件在实际应用中存在运行卡顿、智能化水平有限、兼容性较差以及测量数据输入繁琐等问题。这些技术瓶颈不仅影响了设计效率,也降低了精度,制约了三维数字化设计技术的进一步推广。针对这些问题,必须在软件平台功能优化方面采取有效措施,以充分发挥三维设计的优势。提升设计平台的“一体化”能力,是推动软件优化的关键途径。通过集成不同专业的设计软件及应用系统,可实现信息互通与资源整合,从而优化计算流程,提高绘图效率,并构建“所见即所得”的直观设计模式,以保障设计质量。为达到这一目标,需要在现有商业软件的基础上进行二次开发,持续完善核心功能,解决运行卡顿与兼容性不足等技术难题,以适应未来工程的数字化设计需求及全生命周期管理。深化全专业设计的协同工作,同样是提升软件应用水平的重要手段。通过强化三维模型的全属性协同能力,实现形体结构、设计参数与后台数据库的无缝衔接,可在整个设计过程中开展在线三维校审。这种协同方式不仅有助于提高设计精度,同时能够有效减少设计环节中的冲突与不一致问题,确保项目执行的高效性与准确性。结合大数据与智能化技术,可进一步增强设计平台的综合能力。借助大数据处理与数据挖掘手段,能够分析并提取海量数据中的关键信息,而人工智能的引入,则使得设计平台具备专家级的经验模拟、自学习、推理及关联分析能力,从而提升设计的智能化水平。设计人员在此基础上能够更高效地作出决策,快速调整方案,使整个设计流程更加精准、智能并富有前瞻性。

3 三维数字化设计在架空输电线路施工中的应用

3.1 施工阶段的应用

在架空输电线路施工过程中,三维数字化设计的应用对于提升施工精度与效率起到了至关重要的作用。通过提前建立三维模型,设计团队能够在虚拟环境中全面分析线路布局,重点关注塔基分布、导线走向以及地形特征等关键因素。借助这直观且精准的模型,施工人员得以在施工前识别潜在的难题,从而优化线路布设,减少因地形变化或气候影响所带来的调整,确保施工方案的合理性与可行

性。在实施阶段，三维模型不仅作为施工指导依据，还能够精准地确定塔基的位置与高度，从而有效降低人为因素带来的误差。基于数字化模型，施工团队能够合理规划施工进度，实行精细化管理，确保各项任务按照预定计划高效推进，进而减少资源浪费，提高工程实施的经济性。施工前，通过三维设计技术进行虚拟仿真，能够有效评估施工过程中可能面临的风险，尤其是在地形复杂或气象条件不稳定的区域。这使得提前制定安全措施成为可能，从而降低了施工事故发生的概率。借助这一技术手段，施工的安全性得到了增强，现场管理得到了优化，减少了因调度混乱或突发情况而带来的时间损失，从而提高了施工的整体可控性与执行效率。

3.2 施工过程中的质量控制

在架空输电线路施工阶段，质量控制直接关系到工程的顺利推进，而三维数字化设计技术在这一过程中发挥了核心作用。通过三维建模，施工团队能够实时获取各施工环节的精确数据，并及时反馈，从而实现全过程的质量监管。施工期间，所有关键设计参数，如塔基尺寸、材料规格、导线张力等，均被纳入三维模型，以确保现场作业严格遵循既定设计标准^[2]。基于三维数字化技术，施工现场能够实时比对设计模型与实际施工状况，并借助高精度定位系统快速识别施工误差。出现塔基安装位置偏移或导线张力偏离规范时，系统便可立即发出警示，提醒施工人员及时调整。这一即时反馈机制，极大提高了施工精度，有效避免了因误差导致的返工与资源损耗，从而提升了整体施工效率。此外，三维数字化技术具备全程追溯功能，施工过程中的所有数据均被完整记录并存档，便于后续质量核查与验收。通过数据的长期积累，不仅增强了施工人员的质量责任意识，也为后期运维与管理提供了精准的数据支撑。借助这一技术手段，施工质量得到了有效保障，确保了项目能够按计划、高标准交付。

4 三维数字化设计在架空输电线路运维中的应用

三维数字化设计在架空输电线路运维中的应用价值极为突出，尤其在提升工作效率与保障电力系统稳定性方面，展现了明显的优势。借助精确的三维模型，运维人员得以直观地查看每段线路及塔基的具体位置、结构特征与运行状态。这种可视化方式有效弥补了传统巡检模式可能存在的信息盲区，使得维护作业得以更加精准与高效^[3]。在日常运维过程中，三维数字化设计能够随时调取并分析

线路运行数据，帮助运维团队迅速识别异常状况。结合传感器反馈与实时监测信息，系统可提供线路温度、张力等关键参数。当数值出现异常波动时，预警机制将自动触发，提示运维人员立即采取应对措施，从而避免设备故障进一步恶化或引发停运风险。通过三维技术，运维人员可在设备检修与更换前，先行制定维修方案，并通过虚拟模型模拟各项操作的可行性，从而选择最优方案实施。此种方式不仅缩短了维修时间，降低了运维成本，同时也提高了作业的安全性与精确度。随着三维数字化技术的深入应用，架空输电线路的运维正逐步向智能化、自动化方向发展，进一步增强了电力系统的稳定性与可靠性。

5 结语

三维数字化设计技术的应用，使架空输电线路的设计与运维进入了全新的发展阶段。通过精准的三维建模与数据整合，不仅设计的精确度与施工效率得到了显著提高，同时施工过程中可能面临的风险也被有效减少，为电力系统的稳定运行奠定了坚实的基础。在运维管理方面，该技术的优势尤为突出，依托实时监测手段，不仅能够准确掌握线路的运行状态，还能提前识别潜在隐患。优化维护策略与提升响应速度，进而使得运维成本显著降低，安全风险也得到相应的减少。尽管三维数字化设计技术在架空输电线路领域已展现出广阔的应用前景，现阶段仍存在诸多技术瓶颈，诸如软件功能的进一步完善与数据处理能力的提升，仍是亟待解决的关键问题。未来的发展方向将需围绕这些关键环节展开深入研究，以实现更高水平的技术突破。随着技术的不断演进，三维数字化设计将在输电线路的管理与维护中发挥更大作用，提供高效且可靠的解决方案，助力电力行业的智能化升级。

[参考文献]

- [1]高皋,范燕波,姚斐. 架空输电线路的三维数字化设计技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 294-295.
- [2]张博雄,院淑芳,刘力铖,等. 架空输电线路三维数字化设计关键技术分析[J]. 河北电力技术, 2019, 38(4): 7-10.
- [3]郑博. 基于数字化的架空输电线路设计三维模型构建[J]. 电工技术, 2023(15): 122-124.

作者简介: 谷晓民(1992.2—), 毕业院校: 华北电力大学, 所学专业: 机械工程及自动化(输电线路), 当前就职单位: 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。

电气自动化技术在电力工程中的应用探索

申会杰 王悦

辽宁省阜新阜能电力发展有限公司, 辽宁 阜新 123000

[摘要]近年来, 电力电气自动化以科学技术为依托迅猛发展, 将自动化技术运用到电力工程中, 可以实现对工程的远程实时监控、便于对电力系统进行调节, 降低操作员的工作强度和减少工作量; 同时, 提升电力工程的稳定性, 提升工作效率, 为电力工程实现可持续发展提供技术支撑。文章指出电力电气自动化对电力工程的作用, 分析当前电力工程中存在的问题及如何在电力工程中合理应用电力电气自动化提出建议供参考。

[关键词]电气自动化技术; 电力工程; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15845

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Exploration on the Application of Electrical Automation Technology in Power Engineering

SHEN Huijie, WANG Yue

Liaoning Fuxin Funeng Electric Power Development Co., Ltd., Fuxin, Liaoning, 123000, China

Abstract: In recent years, power and electrical automation has developed rapidly based on science and technology. Applying automation technology to power engineering can achieve remote real-time monitoring of the project, facilitate the adjustment of the power system, reduce the workload of operators, and improve the stability and efficiency of power engineering, providing technical support for the sustainable development of power engineering. This article points out the role of power and electrical automation in power engineering, analyzes the current problems in power engineering, and proposes suggestions on how to reasonably apply power and electrical automation in power engineering for reference.

Keywords: electrical automation technology; electric power engineering; technical application

引言

随着全球能源需求的不断增长及对能源利用效率的日益重视, 电力行业面临着前所未有的挑战。依赖人工操作与机械控制的传统电力工程, 在复杂电力系统管理、设备维护及故障响应等方面, 逐渐暴露出效率不足之处。引入电气自动化技术, 电力工程的建设与运行得以发生革命性变化。通过整合先进的自动化控制系统、实时数据监测与智能化管理, 电气自动化技术广泛应用于电力生产、传输、分配及消费等各环节, 有效提升了电力系统的智能化水平、稳定性与安全性。在电力工程中, 不仅资源配置得到了优化, 设备运行的可靠性也得到了提高, 且在突发故障发生时, 能迅速响应, 避免事故扩展, 缩短系统停运时间。此外, 随着可再生能源接入电网, 电气自动化技术对电网平衡与稳定的支持愈加重要, 电力系统应对新能源波动的能力显著提升。尤其在电力工程建设过程中, 自动化技术为项目进度、质量、成本控制及安全管理提供了有力保障, 推动电力行业向绿色、智能及可持续方向发展。本文旨在探讨电气自动化技术在电力工程中的应用, 分析其在各类电力设施中的现状、发展趋势及面临的挑战, 提供理论依据与实践指导, 以助于电力行业技术创新与转型升级。

1 电气自动化技术在电力系统中应用的作用

在电力系统中的应用, 电气自动化技术至关重要。它不仅提升了电力系统的效率与安全性, 还为电力工程的智

能化与数字化发展奠定了坚实的基础。通过实时监测与控制, 电力系统的运行得以优化。传感器、控制设备及数据采集系统的集成后, 全面的监控覆盖了电力系统的各个环节, 包括发电、输电、变电及配电, 确保了系统各部分的平稳运行。自动调节与优化的负荷分配, 不仅能显著提高电力供应的可靠性, 还能减少人为操作错误的风险。强大的数据支持由自动化技术提供, 使得决策者能够根据实时数据做出科学判断, 预测潜在故障与风险。通过预测性维护, 减少了设备故障与停机时间, 整体的电力系统可靠性也得到了提升, 从而减少了经济损失。在电网调度与负荷管理方面, 精确分配与优化的负荷, 通过智能化调度系统得以实现, 电力系统的负荷需求与供电能力的平衡得到了保障。随着新能源的逐步接入, 电力系统的复杂度逐渐增加, 电气自动化技术为不同能源形式的接入与分配提供了必不可少的技术支撑。通过灵活的调度机制, 传统能源与新能源的高效融合得以实现, 能源利用效率得以提升, 绿色低碳目标的实现得到了助力。电气自动化技术的应用, 不仅推动了电力行业的智能化转型, 提升了电力供应的质量与安全性, 还促进了行业的持续创新与发展。

2 电气自动化技术在电力工程中的应用现状

2.1 电气设备水平弱、更迭速度慢

在电气自动化工程系统中, 电气设备是核心组成部分, 对系统的正常运行发挥着至关重要的作用。随着科技的不断

断进步,各类设备层出不穷,更新换代速度加快,许多设备很快就会被淘汰。因此,为了确保电气自动化系统始终保持最佳运行状态,必须定期对系统进行更新。这不仅包括设备中的数据更新,还包括设备本身的更换。只有如此,才能保证系统发挥出其最大效能,跟上时代的步伐,避免被技术进步所淘汰。电气自动化工程的控制系统涉及多个环节,系统复杂且包含大量种类繁多的数据。如果电气设备中的数据和设备没有及时更新,就会影响系统的正常运行^[1]。因此,完善电气自动化工程需要对电气设备及其数据进行定期更新。然而,这种大规模的更新需要一定时间来适应,可能导致电气自动化工程控制系统在短期内无法正常运行,从而影响系统的控制功能。

2.2 电气系统集成度较低,网络体系架构不一

在电力工程中,电气自动化系统的集成度目前仍存在较大差距,整体网络架构常常表现为不统一、不协调的现象。许多电力企业依然依赖传统自动化设备,且这些设备之间的兼容性较差,使得不同厂商的设备在同一系统中难以实现高效协同。由于电气自动化技术的引入较晚,各电力系统的自动化程度存在明显差异,导致系统集成工作通常依赖大量人工干预,进而造成系统之间的割裂与信息孤岛。标准化接口的缺乏,使得不同电力设备与信息系统之间在数据交换、监控与控制过程中常常出现断层,这严重影响了系统的整体协调性与高效运行。低集成度与不统一的架构,进一步使得电力系统的管理与监控复杂且低效。对于电力企业来说,缺乏统一且全方位的数据处理平台,限制了电力生产、输配电各环节之间的信息流动。电气系统架构的差异,还导致了技术升级与维护成本的增加,进而使得电力工程的复杂性加剧,项目进度因此而滞后。

3 电气自动化技术在电气工程中的应用

3.1 电气自动化技术在发电厂中的应用

在发电厂中,电气自动化技术的应用显著提升了发电过程的效率、稳定性与安全性,成为现代发电厂不可或缺的核心组成部分。许多传统发电厂的生产环节依赖人工操作与手动监控,但随着电力需求的不断增长以及生产规模的扩大,人工操作的局限性日益显现,难以满足日益复杂的生产要求。通过引入电气自动化技术,发电厂得以全面实现各项生产过程的自动化控制,其中包括对锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的监控与调节。借助分布式控制系统(DCS)与可编程逻辑控制器(PLC)等先进控制系统,设备运行数据得以实时采集与处理,从而使设备运行状态自动调节,确保设备在最佳状态下高效运行,减少了人为干预带来的错误与不稳定因素。自动化系统的应用,使得发电厂能够实时监控能源消耗、设备负荷及运行效率,精确进行负荷调度与能源管理,进而最大限度提升发电效能并降低能耗。面对负荷波动较大的情况,电气自动化技术通过智能调度系统快速响应,确保了电力输出的平稳性,

从而保障了电力供应的持续与稳定。同时,自动化技术在设备保护与故障检测中的应用也得到了广泛关注。设备发生异常或故障时,自动化系统通过预警机制及时发出警报,且能够迅速执行自动停机、调节或切换操作,有效防止了事故的扩大或设备的进一步损坏。随着数字化技术的不断进步,发电厂也开始引入大数据分析与云计算技术,进行远程监控与维护,进一步增强了电气自动化技术在发电过程中的应用效果。

3.2 电气自动化技术在电网调度中的应用

电气自动化技术在电网调度中的应用为现代电力系统的优化与智能化管理提供了关键支持,直接影响着电力供应的安全性、可靠性及经济性。传统电网调度中,决策主要依赖人工操作与经验判断,而这种方式在应对复杂负荷波动与突发事件时则存在显著局限。随着电气自动化技术的引入,特别是智能调度系统与实时监控平台的建设,电网调度的响应速度与精确度得到了显著提升,电网调度得以实现自动化、数字化与智能化。自动化技术的应用,使得电网调度中心能够实时监控电力系统的各个环节,包括发电、输电、变电与配电,从而实现设备与网络的动态调度。关键参数,如负荷、电压、电流与频率,能够由该系统自动采集,并结合大数据分析与云计算技术,实时评估电网的运行状态,从而有效预测可能的风险或故障。电网负荷调度中,电气自动化技术起到了至关重要的作用。根据负荷预测与电力需求变化,智能调度系统能够自动调节发电机组输出功率,合理分配电网负荷,从而实现能源的高效利用。除此之外,自动化技术还支持电网调度中的快速故障响应与恢复。在出现故障或异常情况时,自动化系统能够迅速识别并定位故障区域,智能切换与自动隔离故障区,确保电网整体稳定运行,减少了停电的时间与范围^[2]。随着可再生能源比例的不断上升,电网调度面临着更加复杂的挑战,电气自动化技术在应对这一挑战中的作用尤为重要。由于风能、太阳能等可再生能源的发电存在波动性与不确定性,传统调度系统难以有效协调这些波动源的接入。

3.3 电气自动化技术在变电站中的应用

电气自动化技术在变电站中的应用显著提升了变电站的智能化水平与运行效率。变电站作为电力系统的关键枢纽,负责将高电压电力转换为适合用户使用的低电压电力,从而确保设备运行的稳定性与可靠性。依赖人工操作与机械控制的传统变电站,随着电力系统规模的不断扩展以及对安全性与效率的更高要求,已无法满足现代电力需求的复杂性。电气自动化技术的引入,使得变电站的运行模式发生了根本性变化。通过自动化控制系统,设备的实时监控、调节与保护得以实现,从而使得设备运行更加智能化。关键运行数据,如电流、电压、温度、湿度等,能够实时采集,并传输至中央监控系统,确保对各设备状态

的实时掌握。一旦异常或故障被发现，警报会迅速发出，并保护机制会启动，自动进行设备隔离与切换，从而有效避免事故蔓延，保障电力系统的正常运行。在负荷调节与电压控制方面，自动化技术同样发挥着至关重要的作用。精确控制负荷分配与发电需求的匹配，是变电站的必需，而自动化系统根据实时数据动态调节负荷，从而避免了电压波动或负荷变化带来的供电不稳定。随着可再生能源占比的增加，变电站面临着更加复杂的电压波动与不稳定问题。自动化系统能够精确调节电力流向与电压水平，以适应可再生能源的波动，确保电力供应的平衡与稳定。变电站内的自动化技术，不仅提高了运行效率，还能在极端气候或突发事件中迅速做出反应，从而最大程度地减少故障率与停机时间。

3.4 电气自动化技术在配电系统中的应用

电气自动化技术的引入极大地推动了配电系统的智能化与精细化管理，可靠性与效率显著提高了电力网络。配电系统，作为电力传输的最后环节，直接影响着用户的用电安全与电力供应质量。传统的配电系统，依赖人工操作与定期维护来进行电力分配与调控，不仅增加了操作风险，而且降低了系统响应速度与故障恢复的效率。随着电气自动化技术的不断进步，现代配电系统已经实现了智能监控、自动调度与自愈能力的结合，从而大大提升了网络的运行效率与安全性。通过实时采集各环节的运行数据，自动化系统能够精确监控电流、电压与功率等关键参数，确保电力流动的的稳定与高效。一旦系统出现故障或异常，自动化技术能够迅速识别问题，并实施故障隔离，避免故障蔓延至整个配电系统，减少停电时间，从而增强电力供应的可靠性^[3]。优化负荷管理的任务，也由自动化技术承担。由于配电系统负荷波动较大，通过智能调度与负荷预测，电气自动化技术能够根据实时需求自动调整电网负荷，从而避免了传统方式下的过度负荷或设备空载现象，提升了电力资源的利用效率。配合智能电表、智能开关与自动化调度设备，配电系统实现了远程监控与自动控制，显著提升了系统的应急响应能力，使得电网管理变得更加智能化、精细化。随着新能源的逐步接入，配电系统面临的复杂性不断增加，电气自动化技术为解决这一挑战提供了有力的技术支持。风能、太阳能等可再生能源的发电，因其波动性与间歇性，使得电气自动化技术在负荷调节中能够灵活适应新能源的变化，平衡传统电力与可再生能源之间的供需关系，从而确保配电系统的稳定运行。

3.5 电气自动化技术在电力工程建设中的应用

在电力工程建设中的应用，电气自动化技术显著提升了工程的效率、质量与安全性，已成为现代电力工程中不可或缺的关键技术。电气自动化技术，主要体现在施工现场的智能化、设备的监控与控制以及项目进度与质量

的实时跟踪等方面。通过集成的自动化控制系统，施工现场的各类设备得以实现远程监控与调节，人工操作的复杂性及其潜在误差显著减少，从而提高了施工过程中的精确性与可靠性。例如，电力设施的运行状况能够被自动化设备实时监测，潜在故障风险得以及时发现，并且一旦出现异常，设备的运行会自动调整，确保工程进展不受干扰。此外，电气自动化技术在电力工程的调度管理中发挥了至关重要的作用。通过集成的项目管理系统，施工进度、人员安排及资源使用情况，项目经理能够实时掌握，而自动化系统则能优化资源调度，降低资源浪费，提升工作效率。在电力工程建设中，施工进度与电力设施的安全性及稳定性密切相关，智能调度系统能够通过电气自动化技术协调各项施工任务，确保各项工程按时完成，且符合安全标准^[4]。电气自动化技术还在施工质量控制方面发挥着重要作用。借助传感器、监控系统与数据分析平台，施工过程中电力设备的安装质量、环境条件及关键参数，得以实时监控，确保工程质量达到设计要求。质量检测的精确性与高效性，由自动化技术的应用大大提高，显著降低了人为因素的干扰，提升了整体工程质量。此外，更为安全的工作环境也由电气自动化技术为施工人员提供，有效减少了安全事故的发生。

4 结语

在电力工程中的应用，电气自动化技术显著提升了电力系统的效率、安全性以及可持续发展能力。智能化控制、实时监测与精确调度，通过电气自动化，不仅优化了电力设备的管理与运行，还提高了电力工程建设与运营的质量与效益。尽管一定进展已在当前技术中取得，设备集成、技术标准以及数据安全等方面，依然面临着一些挑战。随着电气自动化技术的不断创新与深入应用，在智能化、数字化与绿色发展领域，电力行业将在更大进展的基础上取得。为了充分发挥电气自动化技术的潜力，研发投入应加大，设备标准化与互操作性应提升，同时技术与实际需求的深度融合应推动。通过不断优化与创新，电气自动化技术的支持，将为电力工程的高效、安全、绿色发展提供坚实的基础。

【参考文献】

- [1]许素玲. 电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J]. 中国设备工程, 2021(12): 220-222.
- [2]史丹. 电气自动化技术在电力工程中的应用[J]. 价值工程, 2024, 43(34): 152-154.
- [3]黄林. 电气自动化技术在电力工程中的应用[J]. 低碳世界, 2019, 9(11): 87-88.
- [4]迟博, 车清宇. 电气自动化技术在电力工业工程中的应用[J]. 自动化应用, 2023, 64(2): 150-152.

作者简介：申会杰（1994.12—），汉族，辽宁阜新，本科，当前就职单位：辽宁省阜新卓能电力发展有限公司，职称级别：初级助理工程师，研究方向：电力工程技术。

水利工程中基坑支护施工技术与安全控制研究

黄委委

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 水利工程的基坑支护是确保施工安全的关键技术之一。文章分析了基坑支护施工的主要技术手段与风险管理措施, 探讨了不同支护系统在实际工程中的应用效果与安全性评估。通过案例研究, 指出了常见支护结构的优势与局限, 并提出了针对性的改进措施。此外, 文章还系统总结了影响基坑支护安全的关键因素, 为工程实践提供了理论与方法上的指导。

[关键词] 基坑支护; 施工安全; 风险管理; 工程应用; 安全评估

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15834

中图分类号: TU473.2

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Safety Control of Foundation Pit Support in Water Conservancy Engineering

HUANG Weiwei

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: The foundation pit support of hydraulic engineering is one of the key technologies to ensure construction safety. The article analyzes the main technical means and risk management measures of foundation pit support construction, and explores the application effects and safety evaluation of different support systems in practical engineering. Through case studies, the advantages and limitations of common support structures were pointed out, and targeted improvement measures were proposed. In addition, the article systematically summarizes the key factors that affect the safety of foundation pit support, providing theoretical and methodological guidance for engineering practice.

Keywords: excavation support; construction safety; risk management; engineering application; safety assessment

引言

在水利工程施工过程中, 基坑支护技术是保障工程安全与结构稳定的重要环节。随着工程技术的发展与施工环境的多样化, 基坑支护面临着诸多挑战, 如土体条件复杂、水文地质条件不稳定等, 这些因素极大增加了施工的安全风险。因此, 探索有效的支护技术与安全控制措施, 不仅有助于提升工程质量, 也是减少事故发生、保护施工人员安全的关键。文章将通过对当前基坑支护技术的研究与实际案例的分析, 探讨如何在复杂条件下确保施工安全, 为工程实践提供参考与借鉴。

1 基坑支护技术的发展概述

基坑支护技术作为土木工程的重要分支, 在工程安全中扮演着至关重要的角色。随着技术的不断进步和工程需求的增加, 基坑支护技术也在不断发展与完善, 以适应更加复杂和严峻的施工环境。随着城市化进程的加速, 基坑支护的技术要求越来越高, 尤其是在人口密集和地质条件复杂的城市地区, 安全、可靠、环保的支护技术尤为关键。

1.1 基坑支护技术的历史进程

基坑支护技术的发展始于对土木工程安全需求的认识, 早期技术多依赖简单的支护结构, 如木质梁和砖石结构, 主要用于小型或浅基坑的稳固。随着工程规模的扩大和施工环境的复杂化, 20 世纪中叶以后, 技术逐渐转向更加科学和系统的支护方法。钢结构和混凝土支护逐渐成

为主流, 这些方法不仅提供了更强的支持力, 也有助于适应各种土质和深基坑的需求。技术的转变促进了大型基础设施项目和高层建筑的安全施工, 为现代城市建设提供了坚实的基础。

1.2 现代基坑支护技术的创新与发展

进入 21 世纪, 随着计算机技术和材料科学的发展, 基坑支护技术迎来了快速的革新。新材料如碳纤维和高性能混凝土的使用, 使得支护结构更加轻便、坚固且具有更好的适应性。此外, 地质预测技术的进步也极大地提高了基坑支护的设计精度和安全水平。现代技术如土钉墙、锚杆支护和喷射混凝土技术等, 不仅提升了施工效率, 也增强了工程的经济性和安全性。这些技术的融合和创新, 为复杂地质和环境条件下的基坑施工提供了更多的可能性和灵活性。

1.3 基坑支护技术面临的挑战与未来趋势

尽管基坑支护技术取得了显著的进步, 但在实际应用中仍面临许多挑战, 如城市土地利用的高密度和地下空间的复杂利用, 对基坑支护的安全性和可靠性提出了更高要求。此外, 随着环境保护意识的增强, 如何在确保技术效益的同时, 减少对环境的影响, 也成为了发展的重要方向。未来, 基坑支护技术将更加注重绿色施工和可持续发展, 同时, 智能化和自动化技术的融入预计将进一步提升基坑支护的效率和安全性。通过这些技术的整合, 基坑工程将

变得更加安全、经济、高效，为未来的城市建设和基础设施发展铺平道路。

2 主要基坑支护方法与技术评价

基坑支护技术是工程建设中确保土方开挖安全的关键措施。不同的支护方法各有特点，本部分将详细探讨主要的支护技术及其在实际中的应用评价。

2.1 支护技术的种类与应用

基坑支护技术主要包括传统的支护方法和现代支护技术。传统方法如搭设木支架和简易钢支架，虽然施工快速、成本较低，但只适用于浅基坑或土质较好的情况。随着技术的发展，现代支护方法如土钉墙、锚杆、喷射混凝土、连续墙（地下连续墙）、钢板桩和预制混凝土板等越来越多地被采用。这些方法具有更好的适应性和安全性，能有效应对复杂地质和深基坑的支护需求。

(1) 土钉墙：适用于多种土质，施工过程中对邻近结构的影响小，成本相对适中。

(2) 锚杆支护：能够加固较深的基坑，适合不稳定岩石或较差土质，但成本较高，施工技术要求严格。

(3) 喷射混凝土：适用性广，可以快速施工，常与其他支护方法结合使用提高稳定性。

(4) 连续墙：主要用于深基坑和复杂条件下，具有高强度和良好的水密性，但成本较高。

(5) 钢板桩和预制混凝土板：适合水下或湿润地区，施工迅速，但需要特殊设备和技术。

2.2 技术评价与优化方法

评价基坑支护技术的有效性时，需考虑其安全性、经济性、施工便利性及环境影响。每种技术的选用需基于土质、基坑深度、周边环境和经济预算等因素。例如，土钉墙和锚杆支护在城市地区尤为常见，因其对周边建筑物和公共设施的干扰小。喷射混凝土因其快速性在紧急支护中非常有效。

在技术优化方面，结合地质勘探数据和计算机模拟可以提前预测支护结构的行为，优化设计减少不必要的成本开销。此外，采用模块化和标准化的施工方法可以提升施工速度和质量，减少环境影响。

2.3 现场应用与案例分析

通过具体的工程案例分析，可以直观展示不同支护技术的应用效果和实际问题。例如，某城市轨道交通工程采用地下连续墙作为基坑支护，有效控制了地下水位和保证了基坑周边建筑的安全。另一案例是在复杂地质条件下，采用了锚杆和土钉墙相结合的方法，解决了基坑的稳定性问题。

每个案例都具体说明了技术选择的依据、施工过程中遇到的挑战及其解决策略，以及项目的成功因素。这些案例不仅显示了各种技术的实际适用性，也提供了对未来项目的有价值的参考。

3 风险因素分析与安全控制策略

在基坑支护施工中，风险管理和安全控制是保证项目成功的关键因素。有效的风险识别、评估及控制策略可以显著降低事故发生率，确保施工安全。

3.1 风险因素的识别与评估

基坑支护工程面临的风险因素众多，包括自然因素、技术因素、管理因素及环境因素。自然因素如不良天气、地质条件复杂等，技术因素则涉及设计不当、材料选择错误、施工方法不适等。管理风险包括施工现场管理混乱、人员操作不规范等，而环境因素则涉及施工对周边环境的影响，如噪声、尘埃和振动等。

风险评估通常采用定性和定量的方法，如故障树分析（FTA）和风险矩阵。通过评估，可以确定哪些风险因素是关键的需要优先控制。这一过程不仅需要技术数据，还需要充分考虑历史数据和经验教训，以提高评估的准确性。

3.2 安全控制策略的设计与实施

针对识别出的风险因素，需要设计具体的安全控制策略。这些策略包括但不限于安全的施工技术选择、现场严格的安全管理制度、应急预案的制定等。例如，对于技术因素风险，可以通过采用经过验证的支护技术和高质量的材料来控制；对于管理风险，可以通过加强施工人员的安全培训、实施严格的现场监控和管理来减轻。

实施实时监测系统，如使用倾斜仪和应力传感器监测基坑支护结构的稳定性，也是一种有效的风险控制措施。这些措施能够及时发现问题并采取措​​施，避免事故的发生。

3.3 安全控制的持续改进与监督

安全控制是一个持续的过程，需要在整个项目施工期间不断地进行监督和改进。安全控制的效果需要定期评估，通过收集和分析安全事故和近失事件的数据，可以识别出存在的漏洞并进行改进。此外，随着施工进展和环境变化，原有的风险评估和控制策略可能需要调整，以适应新的情况。

持续的安全教育和培训也是确保安全控制措施有效性的关键。定期举办安全培训和演习，不仅可以提高工作人员的安全意识，还可以确保他们熟悉最新的安全操作标准和应急响应程序。

通过上述的风险管理策略和安全控制措施，基坑支护工程可以有效地降低风险，确保施工的安全性和顺利完成。这些措施的实施和持续改进，对于预防事故和保障工人安全至关重要。

4 改进措施与创新支护方案

为了应对基坑支护中出现的各类挑战，持续的技术改进和创新是必不可少的。本部分将探讨当前的改进措施与创新支护方案，以提高基坑工程的安全性和效率。

4.1 技术改进措施

基坑支护技术的改进主要集中在提高支护结构的稳定性、经济性和施工效率上。例如，使用更高性能的材料，

如高强度钢材和高流动性混凝土,可以提升结构的承载能力同时减轻结构重量。此外,优化设计方法如采用计算机辅助设计(CAD)和有限元分析(FEA)可以在设计阶段预测结构行为,避免过度设计和资源浪费。

在施工技术上,采用自动化和机械化的施工设备如机器人臂或无人机施工,可以在提高施工速度的同时降低人为错误和安全风险。此外,实施模块化施工方法,预先在工厂内制造并测试支护结构组件,然后快速在现场组装,也能显著提升施工效率和质量。

4.2 创新支护方案

随着新技术的发展,基坑支护也出现了多种创新方案。例如,采用地面冻结技术在施工前通过冷冻土壤来暂时增强地基,适用于含水量高的土壤或需要临时稳定的情况。这种方法虽成本较高,但可以在特定条件下提供极高的安全保障。

生态支护系统也逐渐受到重视,例如采用生物技术通过植物根系固土或生物水泥固化土体,这种方法既环保又能有效利用自然力量增强土体稳定性。虽然目前还处于研发和实验阶段,但预示着未来基坑支护可能向更加绿色和可持续发展的方向。

另一方面,智能感知技术的整合,如在支护结构中嵌入传感器,可以实时监测土压力、湿度和位移等关键参数。这些数据通过物联网(IoT)技术实时传输给工程师,使得基坑的状态可以动态监控,及时调整支护策略,极大提升了安全管理的智能化和精准性。

4.3 应对复杂条件的定制化解决方案

针对特殊地质或复杂城市环境的基坑工程,定制化的解决方案成为必需。例如,在狭小空间或临近重要建筑物的城市环境中,传统的大型机械可能无法使用,此时可采用小型化、灵活性高的设备进行支护工作。同时,采用无振动或低振动的施工技术,如静压入钢板桩,可以减少对周边建筑和环境的影响。

对于特殊地质条件,如软土或多水层,采用深层搅拌、化学注浆等技术可以改善土质,增加基坑的稳定性。这些技术通过改变土壤的物理和化学性质,提高其承载力和稳定性,是应对复杂地质条件的有效手段。

通过上述的技术改进和创新方案,基坑支护工程可以更有效地应对各种复杂和挑战性的施工环境,提高工程安全性和经济性,同时减少环境影响,朝着更加可持续和智能化的方向发展。

5 案例研究与实际应用效果分析

通过实际案例分析,我们可以深入了解基坑支护技术的应用效果,从而评估各种技术和方法在现实中的表现和有效性。

5.1 都市地区深基坑支护实践

在上海的某商业区开发项目中,由于地块位置特殊,

周边紧邻多个高层建筑,对基坑支护的稳定性和安全性要求极高。项目采用了地下连续墙结合内支撑的支护方案。地下连续墙具有良好的水密性和较高的刚度,有效控制了地下水和周边土体的影响,内支撑则进一步增强了基坑的稳定性。此外,施工中采用了实时监测系统,对基坑的位移和地下水位进行动态监控,确保了施工期间的安全。

5.2 高水位地区基坑支护技术应用

在广州一项地铁站施工项目中,由于地处珠江三角洲,地下水位高,土质复杂,采用了混合支护技术方案。项目首先通过水泵持续抽水降低地下水位,然后采用钢板桩结合锚杆的方法进行基坑围护。钢板桩提供了即时的围护作用,锚杆则用于进一步加固基坑墙体,提高其稳定性。通过这种组合方式,工程团队成功应对了高水位带来的施工难题,保证了基坑和周边环境的安全。

5.3 软土层中基坑支护的创新应用

在苏州的一个住宅开发项目中,由于地处软土地区,传统的支护方法难以满足工程安全要求。项目团队采用了一种创新的支护技术——深层搅拌墙。通过在软土中注入水泥浆,与原土混合后固化形成固化体,从而大幅提高土体的承载力和刚度。该技术不仅改善了基坑的稳定性,还由于其环境友好和施工高效的特点,获得了业界的广泛认可。

通过案例分析可见,基坑支护技术须根据工程地质、环境及技术需求综合选择。实时监测与严格现场管理至关重要,技术创新则推动基坑工程安全和效率不断提升。

6 结束语

通过对基坑支护技术的全面分析,我们可以看到,随着工程技术的不断进步和施工需求的多样化,基坑支护方法不断创新与改进,从而有效应对复杂的施工环境和严苛的安全要求。实际案例分析表明,综合应用现代支护技术和严格的风险管理措施,能显著提升基坑工程的安全性和效率。未来,基坑支护技术将继续向智能化和绿色环保方向发展,以适应更高的工程安全和环境保护标准。

[参考文献]

- [1] 卜祥禹. 水利工程施工中深基坑施工技术的运用研究[J]. 中华建设, 2020(4): 104-105.
- [2] 黄耀坤. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(4): 140-143.
- [3] 刘海. 水利工程深基坑支护施工技术[J]. 河北水利, 2023(10): 43-44.
- [4] 谭广湘. 深基坑支护技术在水利工程中的应用[J]. 石材, 2023(11): 124-126.
- [5] 崔钊. 深基坑支护施工技术在土建施工中的应用[J]. 建材发展导向, 2024, 22(23): 123-126.

作者简介: 黄委委(1985.8—), 女, 安徽淮北人, 就职安徽安冉水利工程有限公司, 从事水利工程工程项目施工, 技术负责人等工作。

变电站设备智能化运维管理系统的研究与应用

韩 婷 史兆元 张 爽

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高,变电站作为电力输配系统的核心部分,设备的运行状态直接影响电力的稳定供应。传统的运维模式已无法满足现代变电站对高效、智能化管理的需求。文中提出了一种基于物联网、大数据和人工智能技术的变电站设备智能化运维管理系统,分析其架构设计、技术方案及应用效果。通过对系统的设计与实践验证,表明该系统能够有效提高设备的监控、维护和管理效率,减少人工干预,提升变电站的安全性和可靠性。文中为变电站智能化运维管理提供了理论依据和技术支持。

[关键词]变电站;智能化运维;物联网;大数据;人工智能

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15841

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research and Application of Intelligent Operation and Maintenance Management System for Substation Equipment

HAN Ting, SHI Zhaoyuan, ZHANG Shuang

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

Abstract: With the continuous development of the power system and the improvement of intelligence level, substations, as the core part of the power transmission and distribution system, directly affect the stable supply of electricity through the operation status of equipment. The traditional operation and maintenance mode can no longer meet the needs of modern substations for efficient and intelligent management. The article proposes an intelligent operation and maintenance management system for substation equipment based on the Internet of Things, big data, and artificial intelligence technologies, and analyzes its architecture design, technical solutions, and application effects. Through the design and practical verification of the system, it has been shown that the system can effectively improve the efficiency of equipment monitoring, maintenance, and management, reduce manual intervention, and enhance the safety and reliability of substations. The article provides theoretical basis and technical support for intelligent operation and maintenance management of substations.

Keywords: substation; intelligent operation and maintenance; Internet of Things; big data; artificial intelligence

引言

变电站是电力系统中的关键节点,其设备运行的安全性和可靠性直接关系到电力供应的稳定。然而,传统的运维管理方式普遍存在着响应迟缓、信息滞后和人工成本高等问题。随着物联网、大数据、人工智能等技术的迅猛发展,智能化运维系统逐渐成为解决这一问题的重要手段。本文基于这些前沿技术,提出了一种新的变电站设备智能化运维管理系统,旨在通过实时数据监控、远程故障诊断和自动化运维等手段,提升变电站的管理效率和设备的运行安全性。

1 智能化运维管理系统的设计理念与架构

1.1 系统设计理念

智能化运维管理系统的设计理念,旨在通过先进的信息技术与自动化设备的结合,全面提升变电站设备的运维效率与安全性。该系统的核心目标是实现设备的全生命周期管理,即从设备的安装、调试、运行、维护到最终的淘汰,每个阶段都能够实现智能化监控与管理。

在设计理念上,系统强调预测性维护和实时故障诊断。

传统的维护方式主要依赖于定期检查和经验判断,容易出现误判或遗漏。而智能化运维管理系统通过大数据分析和物联网技术,实时采集设备的运行数据,结合历史数据和运行趋势,能够提前预测设备可能发生的故障,实施预防性维护,大大降低了故障发生的概率。此外,系统还具备实时故障诊断功能,能够在设备出现异常时,迅速定位故障点,提供精准的故障分析和维修指导,从而减少停机时间,提高设备的运行稳定性^[1]。

1.2 系统架构

智能化运维管理系统的架构由多个层次组成,每个层次承担不同的功能,并协同工作,确保系统的高效运行。总体架构包括数据采集层、通信层、数据分析与处理层、决策支持层和应用层五个主要部分。

数据采集层负责从变电站内的各类设备、传感器和监控终端实时采集设备的运行数据,包括电压、电流、温度、压力等参数。该层是系统的“感知”部分,通过物联网技术,确保数据的实时性与准确性。通信层确保数据的高效传输。它通过各种通信协议和网络技术(如4G、5G、Wi-Fi

等),将数据从采集层传输到上层进行处理与分析。通信层的稳定性和安全性对整个系统的可靠性至关重要。数据分析与处理层是系统的大脑,主要负责对采集到的数据进行分析与处理。通过大数据技术、人工智能算法等手段,进行故障预测、设备健康状态评估、性能分析等,为后续决策提供数据支持。决策支持层基于数据分析与处理层的输出结果,提供智能化的决策支持,帮助运维人员快速做出响应决策。例如,在预测到设备可能发生故障时,系统会自动推荐最佳的维护方案,或者调度合适的人员进行处理。

应用层是用户与系统的交互界面,主要面向运维人员和管理者,提供实时监控、故障诊断、维护建议等服务。通过可视化界面,运维人员可以直观了解设备的运行状态和健康状况,进行远程控制和操作。通过这种分层架构,智能化运维管理系统能够高效地收集、处理和分析数据,为变电站提供全方位的智能化运维支持。

2 变电站设备智能化运维的关键技术

2.1 物联网技术在变电站运维中的应用

物联网(IoT)技术通过在变电站内部署各类传感器,能够实时监测设备的运行状态,收集关键数据并上传至数据处理平台。这些传感器包括温度、湿度、压力、电流、电压、振动等各类检测设备,能够全面采集设备的各种运行参数,确保设备状态的可视化和透明化。

在变电站运维中,物联网技术通过形成一个智能化传感器网络,帮助运维人员实现对设备的实时监控。通过对这些数据的连续监测,运维人员能够及时识别设备的异常状态,发现潜在的故障风险。例如,当某台设备的温度或振动参数超过正常范围时,物联网系统可以立即发出警报,提示运维人员进行干预,从而避免故障的发生或扩展。物联网技术的应用不仅提高了设备监控的实时性,还增强了设备运行的透明度,使得运维人员能够全面了解设备的健康状况,进行更精准的维护和管理^[2]。

2.2 大数据分析技术的应用

大数据分析技术在变电站智能化运维中的应用,主要体现在对设备的历史运行数据进行深度挖掘与分析。变电站设备日常运行过程中会产生大量数据,包括温度、压力、负荷、电流、电压以及故障记录等,这些数据涵盖了设备的整个生命周期。通过大数据技术对这些海量数据进行有效处理,可以从中提取出有价值的信息,帮助运维人员全面了解设备的运行状态,进而做出更加科学、精准的运维决策。

具体而言,大数据分析可以用于故障预测和健康状态评估。例如,运维系统通过分析设备的历史数据,能够发现潜在的故障信号,如温度异常升高或负荷波动等。这些信号通常是设备故障的早期征兆,通过数据挖掘技术,系统能够对故障进行早期预测,并根据预测模型判断故障发生的可能性、时间和类型。这种基于大数据的预测性维护方法,不仅可以帮助运维人员及时采取干预措施,防止设

备故障的发生,还能延长设备的使用寿命,提高设备运行的稳定性和可靠性。通过大数据技术,变电站运维能够从被动响应转向主动预防,显著提高运维效率,降低维护成本,确保电力系统的稳定运行。

2.3 人工智能在设备故障预测与诊断中的应用

人工智能(AI)技术,特别是机器学习和深度学习算法,在变电站设备故障预测与诊断中发挥着重要作用。机器学习可以通过对大量历史数据的学习,发现设备运行中的潜在模式和规律,进而进行故障预测。通过训练AI模型,系统能够识别出设备在不同状态下的运行特征,并及时预警即将发生的故障。

在故障诊断方面,深度学习技术尤其表现出色。深度神经网络能够处理复杂的非线性数据,通过多层次的特征抽取,精确识别设备故障的原因。例如,当设备发生异常时,深度学习模型可以自动分析传感器数据,快速识别出具体故障类型,如过载、接触不良或绝缘故障等,从而为维修人员提供精准的故障诊断结果和修复方案。AI技术还可以根据设备运行的历史数据和环境变化,不断优化其故障诊断模型,提高诊断的准确性和效率,逐步实现自动化、智能化运维管理。通过人工智能技术,变电站的运维系统能够大大提升故障检测的速度和准确性,减少人为干预,提高设备的运行安全性和可靠性。

3 智能化运维管理系统的实施与应用案例

3.1 系统实施方案

智能化运维管理系统的实施是一个综合性的工程,涉及硬件配置、软件平台搭建、数据采集与传输等多个环节。在硬件配置方面,首先需要在变电站各个设备上安装各类传感器,如温度传感器、电流传感器、振动传感器等,以确保设备的各项运行参数能够被实时采集。为了满足大规模传感器网络的部署,还需配备边缘计算设备,用于初步数据处理和筛选,从而减轻上层数据处理系统的压力^[3]。

软件平台的搭建是系统实施中的核心部分,通常包括数据采集与传输、数据处理、故障诊断、决策支持等功能模块。平台的开发需要整合大数据分析、人工智能、云计算等技术,确保平台具备高效的数据存储与处理能力。此外,平台还需要与变电站的现有管理系统进行无缝对接,实现信息流的共享与协同。在数据采集与传输方面,系统通过物联网技术将现场设备的运行数据实时传输到中央处理平台。数据的传输网络一般采用有线与无线相结合的方式,保障数据的稳定性与安全性。为确保数据的实时性和准确性,通常采用5G、LTE或专用的工业通信网络。

3.2 应用案例分析

以某大型变电站为例,智能化运维管理系统的实施取得了显著的效果。该变电站部署了超过200个传感器,用于实时监测各类设备的运行状态。系统通过物联网技术将各类设备的数据汇集至中央平台,并通过大数据分析对设

备的运行进行全方位的监控。在设备监控方面,系统实时获取设备的温度、电流、电压等关键参数,通过可视化界面,运维人员可以随时了解设备的状态。在出现设备异常时,系统能迅速生成警报并标出故障点,避免了人工巡检的盲点和滞后性。

在故障预测方面,系统通过分析设备的历史运行数据,结合机器学习算法,能够预测设备的故障趋势。例如,某台变压器的温度异常升高,系统通过数据分析识别出可能的过热故障,并提前向运维人员发出预警。运维人员根据预警信息及时对设备进行了检修,避免了设备损坏和长时间停运的风险。自动化维护方面,系统还通过智能调度功能,优化了设备的维修计划。当检测到某个设备的故障风险较高时,系统会根据设备的使用情况和维护计划,自动安排维修人员进行定期检查和修复,最大程度降低了人工干预的需求,提升了运维效率。通过这一智能化运维管理系统的实施,该变电站显著提升了设备的运行稳定性和维护效率,减少了停机时间,降低了运维成本,确保了电力供应的连续性和可靠性。

4 智能化运维管理系统的挑战与发展前景

4.1 当前应用面临的挑战

尽管变电站智能化运维管理系统在提升运维效率和设备安全性方面表现出色,但在实际应用过程中,仍面临诸多技术、经济和管理上的挑战。

技术挑战:数据安全是智能化运维管理系统面临的首要问题。由于设备和传感器收集到的大量数据都需要通过网络传输和存储,这使得数据在传输和存储过程中面临泄露、篡改或攻击的风险。因此,如何保障数据的完整性和安全性,成为系统实施中的关键问题。此外,设备的兼容性问题也不容忽视。变电站内的设备种类繁多,品牌和型号不同,很多老旧设备与现代智能化系统的兼容性较差,导致数据采集和通信不畅,影响系统的稳定运行^[4]。

经济挑战:智能化运维系统的建设涉及高昂的初期投入,尤其是在硬件设备(如传感器、边缘计算设备等)和软件平台的开发上。许多企业尤其是中小型变电站,可能面临预算不足的问题。此外,系统的维护和升级也需要持续的资金投入,这对企业的财务状况造成了一定的压力。

管理挑战:智能化运维系统虽然能够提供实时数据和精准的决策支持,但其实际应用效果仍然依赖于运维人员的操作能力和管理层的决策。许多变电站的运维人员对新技术的接受度较低,缺乏足够的培训,导致智能化运维系统的潜力未能充分发挥。

4.2 发展前景与创新方向

尽管当前面临一些挑战,变电站智能化运维管理系统

的未来发展前景仍然广阔,随着新兴技术的不断进步,智能化运维将进一步提升。

5G技术的推动:5G网络的高带宽、低延迟特性将大大提升变电站设备的数据传输能力。运维人员将能够在远程设备上实现更快速、更精确的操作,进一步提升系统的实时监控与故障响应能力。

边缘计算的应用:随着设备和数据量的增加,边缘计算将成为解决数据处理瓶颈的重要手段。边缘计算可以将数据处理和分析推到设备端,减少了对云端服务器的依赖,降低了延迟,提升了系统响应速度和数据安全性。

区块链技术的引入:区块链技术在智能化运维管理中有着巨大的潜力。通过区块链的去中心化和不可篡改的特性,可以确保设备数据的透明性和可信度。同时,区块链还能优化设备生命周期管理,通过智能合约自动执行设备的维护和替换流程,提高管理效率。

智能化运维管理系统将更加注重系统的集成性与智能化水平,逐步实现从单纯的数据监控到智能决策支持、自动化运维、远程操作控制等多方面功能的融合,推动变电站向更加自动化、智能化、数字化的方向发展。这将为能源供应的稳定性、可靠性提供强有力的支持,提升整体电力系统的安全性与效率。

5 结束语

变电站设备智能化运维管理系统作为提升电力系统安全性和可靠性的关键技术手段,具有广阔的应用前景。本文通过对该系统的设计理念、关键技术、实施方案和应用效果的分析,展示了其在变电站运维中的重要作用。然而,智能化运维系统在实际应用中仍面临诸如技术成熟度、系统集成和数据安全等挑战。随着相关技术的进一步发展和应用,智能化运维系统必将在电力行业中发挥更加重要的作用,为变电站的高效、安全运行提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]陆郁强.基于物联网技术的电力变电站智能化数据运维管理系统研究[J].电工材料,2024(5):36-38.
- [2]杨立川.针对变电运维中的智能化技术应用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(9):73-75.
- [3]符大利,齐延辉,潘博.AR智慧运维对黄陵矿区变电站的智能化改造[J].智能矿山,2024,5(4):67-72.
- [4]徐天,王俊,侯东方.基于人工智能的变电站智能化运维管理系统设计与优化[J].电气技术与经济,2023(8):102-105.

作者简介:韩婷(1994.7—),女,河南省滑县人,汉族,本科,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事变电运维技术人员工作。

关于视频会议系统的运维保障工作研究

张仕琪

国网山西省电力公司信息通信分公司, 山西 太原 030000

[摘要] 随着现代社会的迅速发展, 人们的生活、工作都因为新科学技术的引入而发生了巨大变化, 越来越多的公司开始采用视频的方式开会。视频会议是一种新型的工作通信, 工作人员可以不受所处地点的限制, 在一定程度上可以满足管理人员远程调控工作效率, 提高管理效果的要求。为了使这一新型通信能够更好、更久地为公司服务, 其运营维护工作也需要得到重视对待。文章对此展开分析。

[关键词] 视频会议系统; 运维工作; 保障工作

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15831

中图分类号: TM282

文献标识码: A

Research on the Operation and Maintenance Support of Video Conference Systems

ZHANG Shiqi

Information and Communication Branch of State Grid Shanxi Electric Power Company, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract: With the rapid development of modern society, people's lives and work have undergone tremendous changes due to the introduction of new science and technology, and more and more companies are adopting video conferencing for meetings. Video conferencing is a new type of work communication where employees are not limited by their location, which can to some extent meet the requirements of remote control of work efficiency by management personnel and improve management effectiveness. In order to ensure that this new type of communication can serve the company better and for a longer period of time, its operation and maintenance work also need to be taken seriously. The article analyzes this.

Keywords: video conferencing system; operation and maintenance work; safety work

引言

随着信息技术的飞速发展, 视频会议系统已广泛应用于企业、政府及教育等多个领域, 成为日常沟通与协作的重要工具。沟通效率的提高与运营成本的降低, 得益于该系统的广泛应用。然而, 系统的稳定性与安全性, 在很大程度上依赖于健全的运维保障。无论是硬件、软件还是网络故障, 都可能导致会议中断或信息传输不畅, 从而影响工作效率。因此, 视频会议系统的运维保障, 显得尤为关键。设备的定期检查、网络的实时监控及会议过程中的即时管理等方面, 构成了有效运维保障的重要内容, 旨在确保系统的稳定运行及信息安全。随着技术的不断进步, 运维保障工作也面临着新的挑战。例如, 智能化管理、云平台的应用以及日益严峻的数据安全问题, 都要求运维工作能够及时应对技术的变化。本文的研究目标, 便是探讨视频会议系统的运维保障, 分析当前所面临的主要问题, 并提出相应的解决方案。通过这一研究, 期望能够为相关领域提供有价值的参考, 进而提升视频会议系统的稳定性与工作效率。

1 视频会议系统的运维保障工作的重要性

视频会议系统, 作为现代企业与机构日常沟通与协作的核心工具, 已在各个行业中得到了广泛的应用, 其重要性不容忽视。随着全球化与信息化的推进, 越来越多的企业已依赖视频会议进行远程会议、跨区域协作以及即时决策。这使得视频会议系统的稳定性, 直接影响到会议质量、

决策效率与参与者的沟通效果。因此, 确保视频会议系统高效稳定地运行, 尤其是在运维保障方面, 显得尤为关键。运维保障工作, 除了对设备和网络的日常检查与维护外, 还承担着确保系统持续、稳定和高效运行的重要任务。若网络不稳定、设备故障或系统崩溃等问题发生, 会议将可能中断或沟通质量受到影响, 从而浪费时间与资源, 甚至对公司业务运营造成重大影响。为了避免这些问题, 视频会议系统的运维保障, 必须在问题发生前进行及时的检测与处理, 确保设备与网络高效运作, 同时保障会议过程中各项技术与设备的稳定性, 以支撑会议的顺利进行。通过这种方式, 不仅能够提高会议的效率, 也能够确保信息传递的准确性与时效性。运维保障工作的重要性, 不能被忽视。它不仅为日常会议的顺利开展提供了有力保障, 也为组织内外部成员提供了更高效、便捷的沟通平台。

2 视频会议系统设备的运行维护保障工作

2.1 保证通信线路畅通

在视频会议系统的运维保障中, 确保通信线路畅通是一个至关重要的环节, 因为通信线路直接决定了数据传输的稳定性与速度。视频会议对音频与视频的实时传输有较高要求, 这意味着通信线路必须具备足够的带宽和稳定性。如果通信线路出现问题, 画面卡顿、声音延迟或丢失, 甚至会议的正常进行, 可能会受到影响。为了避免这些问题, 定期对会议系统所依赖的通信线路进行检查与维护, 是运

维人员的必备工作,包括有线与无线连接两个方面。在检查过程中,全面检查光纤、路由器、交换机、防火墙等设备,是运维人员的责任,以确保这些设备能够正常运作,不受物理损害或电气故障的影响。网络信号的稳定性,除了依赖硬件设备的良好运行外,还需要关注线路的负荷情况,防止带宽不足引发网络拥堵。根据网络流量的波动,资源分配应适时调整,以确保通信线路的带宽能够满足会议的需求。在会议前及会议期间,实时监控与检测,还需要运维人员进行,特别是对各分会场之间的通信线路进行测试,确保不同地点之间能够实现稳定的音视频数据传输。

2.2 保证网络信号稳定

在会议过程中,如果网络信号不稳定,可能会导致图像卡顿、声音延迟或模糊不清,从而严重影响会议质量。为了确保网络信号的稳定,技术人员应重点检查与网络质量相关的设备,包括路由器、光纤收发器、交换机和防火墙等。通过测试主会场与各分会场之间的连接,确保信息传递畅通无阻,避免出现马赛克或声音延迟现象。如果在测试过程中发现问题,应及时进行维护并探索有效的解决方案。

2.3 保障会议设备质量

确保视频会议系统设备的质量,是保障会议顺利进行的基础。设备的性能,直接影响到会议的音视频效果、操作流畅性以及整体系统的稳定性。视频会议所需的硬件设备,包括摄像头、麦克风、显示器、音响及终端设备,需要定期进行检查与维护,以保证其处于最佳的工作状态。摄像头需要提供清晰的图像质量,因此,其镜头应定期清洁,以防止图像模糊或受到干扰。音频设备,如麦克风和音响,对会议中的语音传输至关重要,运维人员必须检查这些设备的灵敏度、清晰度及噪声干扰,确保声音能够清晰传递且无延迟^[1]。显示设备应保持色彩饱满、画面清晰,以避免因设备故障而导致图像失真或显示错误。此外,视频会议硬件设备通常需要与其他系统设备兼容,因此,对设备接口和驱动程序的检查同样重要,确保所有设备能够顺畅连接,避免因不兼容问题导致无法启动或无法正常使用。终端设备的维护也是必不可少的,操作系统和软件的更新情况,运维人员应定期检查,确保系统环境没有漏洞,且操作系统与视频会议软件能够兼容运行。在设备的日常使用过程中,合理地保养和管理使用环境同样重要,环境因素如过热、过湿等,必须防止对设备造成损害。

3 视频会议进行过程中的保障工作

3.1 会议前维护

在视频会议正式开始之前,进行详尽的会议前准备工作,是确保会议顺利进行的关键。所有与会议相关的设备,运维团队需对其进行全面的功能检查,包括摄像机、麦克风、扬声器、显示屏、投影仪等硬件,确保每个设备都能正常运作,连接稳定,图像与声音的传输没有问题。在检查过程中,尤其需要确认设备的电源充足,连接稳定,避免出现意外断电或掉线的情况。特别是显示设备,图像应

确保清晰,分辨率与亮度需符合会议需求,音频设备应调节至适当的音量,以防声音过大或过小影响听众体验。除了设备检查外,网络的稳定性,也需要特别关注。运维人员必须确保网络带宽足够支持高清视频的流畅传输,并进行多点网络测试,以确保各个远程参会点的网络连接稳定。对于可能出现的带宽瓶颈或网络拥堵问题,路由器、交换机等设备的配置应提前调整,以确保数据能够顺畅传输,避免因网络延迟或掉线而导致会议中断。此外,远程参会者的设备测试也至关重要,确保他们的终端设备与主会场系统兼容,音视频质量稳定,设备运行正常。视频会议平台及管理软件的检查,亦不可忽视,确保操作系统及相关应用程序为最新版本,避免出现软件不兼容或安全漏洞等问题^[2]。会议管理软件应提前设置妥当,确保日程安排、参会人员、会议链接等信息无误。在所有设备和系统检查完成后,还应准备应急预案,以应对任何突发状况。备用设备,如备用摄像头、麦克风、网络线材等,必须准备好,同时操作人员应接受紧急培训,确保在设备故障或网络中断时,能够迅速修复问题,确保会议的顺利进行。

3.2 会议当中的维护

在视频会议进行过程中,运维工作的有效开展,对会议的顺利进行及参会人员的体验至关重要。会议开始后,运维人员需要持续监控所有设备的运行状态,包括音视频设备、网络连接以及会议管理平台等。通过专用监控系统,摄像头、麦克风、扬声器等设备的工作状态,需实时检查,确保音频和视频传输的质量不受延迟、卡顿或失真等问题的影响。对于与会人员的音视频质量,运维团队需进行实时调节,确保摄像头焦距、画面亮度及麦克风音量处于最佳状态,以避免会议过程中音视频不同步或出现杂音等不良现象。在会议进行过程中,设备故障的应急处理尤为重要。例如,当摄像头发生故障时,备用设备应迅速切换,设备可通过远程控制修复,确保画面连贯。若音频设备出现问题,线路应立即排查,确认麦克风是否与系统正常连接,并迅速恢复音频正常传输。网络连接是视频会议中的另一关键环节,运维人员需实时监控网络质量,确保带宽及稳定性足以满足音视频传输的需求。一旦发现网络延迟或丢包现象,及时采取措施应由运维团队负责,如切换至更高带宽的网络、优化路由路径或重新配置网络设备,保障会议进行不受影响。对于远程与会者,确保他们的音视频流畅,并能够及时加入会议,运维团队应做好相应工作。若远程参会者出现音视频卡顿或无法响应的情况,问题应立即排查,原因应当确定,并采取相应修复措施。会议管理平台的维护同样重要,运维人员应确保与会人员能够顺利登录并参与会议讨论,保障互动不受影响。同时,会议中可能会使用文件共享、屏幕共享或实时投票等功能,运维团队需确保这些功能稳定运行,以免关键时刻出现问题影响会议进行。若遇到突发情况,如设备失效、网络断开或软件崩溃,运维人员应迅速启动应急预案,及时处理问

题, 确保会议进程尽可能不受影响。

3.3 会议结束后阶段

在视频会议结束后, 运维保障工作同样具有重要意义, 主要任务包括设备检查与维护、数据记录与存档、问题反馈与分析以及系统优化等方面。会议结束后, 所有使用的设备, 应由运维人员进行全面检查, 确保每项设备已关闭, 以防长时间开启造成设备损耗或电力浪费。摄像头、麦克风、投影仪、音响等设备, 需经过详细检查, 以确保没有损坏或连接不良的情况出现。此外, 所有网络设备, 如路由器、交换机等, 也应进行检测, 确保它们未因高负荷运行而出现老化或潜在故障。在数据存档方面, 重要数据, 如会议记录、录音、视频文件及共享文档等, 必须妥善存储, 确保数据的完整性与安全性。同时, 会议录像, 需根据规定进行归档, 以便未来查阅或复盘。此举不仅保障了数据的安全性, 还能在问题发生时, 提供必要的证据和信息。此外, 会议后的日志文件分析, 也是至关重要的工作, 特别是系统日志、网络日志与设备运行日志^[3]。这些日志能帮助运维团队发现潜在的系统漏洞或设备问题, 并为未来的改进提供支持。问题反馈与分析, 也是结束后保障工作的关键环节。通过收集与会人员的反馈意见以及系统中的异常报告, 运维团队能够全面分析会议过程中遇到的技术问题, 评估问题的严重性及发生频率, 并进行分类处理。此反馈机制有助于为以后的会议做好预防工作, 同时可以及时调整设备配置和系统设置, 确保未来会议的稳定性与流畅性。最后, 系统优化, 作为会议结束后阶段的重要任务, 需根据会议中的经验与反馈进行。视频会议系统, 运维团队需对其进行全面评估, 检查硬件、软件及网络配置的适应性, 识别潜在的性能瓶颈。对于不再符合需求的设备, 应及时提出更换或升级的建议; 对于软件方面, 更新、修复补丁或优化功能, 可能需要进行, 以确保下一次会议能在更加高效、稳定的环境中进行。

4 视频会议系统的运维保障策略

视频会议系统的运维保障策略, 是确保系统长期稳定、高效运行的核心, 它涉及多个方面的管理与技术支撑。制定科学的设备管理计划, 作为确保系统正常运作的关键内容之一, 必须考虑到定期对设备进行检查、保养和更新, 并通过建立详细的设备档案, 记录每台设备的使用年限、维修历史、性能参数等信息, 以便预测设备故障的风险并采取相应的预防措施。例如, 视频会议终端、音频设备、路由器及交换机等硬件设施, 定期检查应由运维人员负责, 确保设备始终处于最佳工作状态, 从而及时发现潜在故障, 并替换有风险的设备, 避免因硬件问题影响会议进行。软件系统的维护, 同样至关重要, 维护策略应包括定期升级、更新补丁以及进行性能优化。通过这些措施, 可以确保视

频会议软件在不同版本间的兼容性, 同时增强系统的安全性, 防止因漏洞被外部攻击。与此同时, 网络安全, 作为视频会议运维保障策略中的重要组成部分, 也需要特别关注。随着信息技术的快速发展, 网络攻击和数据泄露事件愈加频繁, 确保视频会议数据的保密性和完整性, 以及保障系统的稳定运行, 已成为运维保障策略的关键问题。为此, 多重安全措施采用显得尤为重要, 包括 VPN 加密、数据加密、身份认证及权限控制等, 以确保会议内容不会在不安全的网络环境中被外部窃取或篡改。定期进行安全漏洞扫描及建立有效的应急响应机制, 也是保障系统安全的重要手段。通过这些措施, 潜在的风险可以及时发现, 并采取有效的防范行动。除此之外, 运维团队还需为可能发生的突发事件预先制定应急预案, 确保系统出现故障时能够迅速响应并恢复服务^[4]。例如, 当遇到网络中断、设备故障或软件崩溃等问题时, 明确的处理流程和责任分配应提前设定, 以便最短时间内解决问题, 最大限度减少对会议的影响。同时, 定期进行应急演练, 应当成为运维团队的一项常规工作, 以提高其应对突发情况的效率和能力。最后, 为确保视频会议系统的稳定运行, 定期的培训和技能提升, 也是长期保障策略的重要部分。

5 结语

通过对视频会议系统运维保障工作的研究, 本文深入分析了系统运行过程中可能面临的问题及应对策略。视频会议, 作为当今通信领域的重要工具, 其稳定性与高效性对企业和组织的正常运作, 具有重要影响。高效的运维保障, 能够确保系统持续稳定运行, 并有效提升会议质量及用户体验。随着科技的不断进步, 运维工作也必须不断创新与完善, 特别是在设备维护、网络保障及安全管理等领域。未来, 随着智能化和自动化技术的进一步应用, 视频会议系统的运维保障将变得更加高效、精准。因此, 持续优化运维保障策略, 并提升管理水平, 将成为确保视频会议系统长期稳定运行的重要举措。

[参考文献]

- [1] 韩瑞民, 赵宝磊, 邱元朋, 等. 浅论视频会议系统的运维保障[J]. 信息技术与信息化, 2012(4): 21-23.
 - [2] 吴戈平. 浅谈视频会议系统设计和运维保障[J]. 中国新通信, 2023, 25(19): 39-41.
 - [3] 郭莎莎. 视频会议系统的运维保障工作探索[J]. 无线互联科技, 2020, 17(2): 128-129.
 - [4] 刘桂英, 周文玉. 视频会议系统的运维保障工作分析[J]. 计算机光盘软件与应用, 2014, 17(10): 97-99.
- 作者简介: 张仕琪 (1992. 12—), 女, 毕业院校: 西安交通大学, 所学专业: 电子与通信工程, 当前就职单位: 国网山西省电力公司信息通信分公司, 职称级别: 中级工程师。

浅析新能源发电企业安全管理存在的不足及对策

刘曾建

华电(浙江)新能源有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 新能源发电企业的安全管理, 作为行业稳健前行的基石, 始终面临着诸多挑战。相较于传统能源, 新能源发电在运营过程中需应对更多特殊风险, 诸如风电场的高空作业风险、强风环境挑战, 以及光伏电站潜在的电气故障与火灾威胁等。随着新能源发电规模的持续扩大, 设备的日益复杂、操作的专业性提升, 以及外部环境的不可预测性增强, 安全管理任务更为艰巨。本文旨在剖析新能源发电企业在制度执行、风险管控、文化塑造等方面的关键不足, 借鉴融合行业先进的安全管理理念与有效经验, 提出相应的优化对策, 实现企业从“被动应对”向“主动预防”的转变。

[关键词] 新能源; 发电企业; 安全生产; 管理对策

DOI: 10.33142/hst.v8i3.16008

中图分类号: F42

文献标识码: A

Brief Analysis of Shortcomings and Countermeasures in Safety Management of New Energy Power Generation Enterprises

LIU Zengjian

Huadian (Zhejiang) New Energy Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: The safety management of new energy power generation enterprises, as the cornerstone of the industry's steady progress, always faces many challenges. Compared to traditional energy sources, new energy generation needs to deal with more special risks during operation, such as high-altitude operation risks in wind farms, strong wind environmental challenges, and potential electrical failures and fire threats in photovoltaic power plants. With the continuous expansion of new energy generation scale, the increasing complexity of equipment, the improvement of operational professionalism, and the increased unpredictability of external environment, safety management tasks have become more arduous. This article aims to analyze the key shortcomings of new energy power generation enterprises in terms of institutional implementation, risk control, and cultural shaping. Drawing on advanced safety management concepts and effective experiences in the integrated industry, corresponding optimization measures are proposed to achieve the transformation of enterprises from "passive response" to "active prevention".

Keywords: new energy; power generation companies; safety production; management countermeasures

引言

在全球能源结构转型与可持续发展战略的背景下, 新能源发电行业迎来了前所未有的发展机遇。风能、太阳能等可再生能源的广泛应用, 不仅为减轻环境污染、应对气候变化提供了切实可行的方案, 也在我国能源安全与经济发展中发挥着重要作用。随着技术进步和产业规模的不断扩大, 安全管理问题愈发凸显, 尤其是在风电、光伏等新能源设施的运行维护中, 安全生产环节众多且复杂, 潜在风险隐患无处不在。因此, 加强安全管理, 有效预防生产事故, 确保员工与设备安全, 已成为新能源发电企业急需解决的关键课题。

1 新能源发电企业安全管理的重要性

尽管风电、光伏等新能源形式具有明显的环保优势, 实际生产中却由于设备老化、操作复杂性增加以及自然环境的不确定性, 安全隐患愈加严重。安全管理, 不仅关乎企业的稳定发展, 更与员工的生命安全息息相关。随着新能源发电规模的不断扩大, 设备老化、操作难度增加以及自然环境的不确定性等因素, 使得安全隐患日益增多。唯

有建立健全的安全管理体系, 才能有效降低风险, 为企业的可持续发展提供坚实保障。

2 新能源发电企业安全管理存在的主要不足

2.1 安全管理制度与机制不完善

部分新能源发电企业, 安全管理制度的不完善已成为普遍存在的问题。尽管相关政策、法律法规在不断完善, 但在实际执行过程中, 许多企业的安全管理体系仍显得松散, 存在明显漏洞, 未能建立覆盖全生产环节的安全管理框架的企业不在少数, 导致安全职责不够明确, 部门之间缺乏有效的协同与合作。同时, 一些企业未能及时更新安全管理制度, 未能跟上日益复杂的技术发展及不断变化的安全风险, 致使制度内容滞后执行效果不理想。部分企业考核激励错位, 将安全绩效简单等同于“零事故”, 忽视隐患整改率、培训覆盖率等过程指标。针对具体设备和作业环境的细化标准在安全管理体系中也存在缺失, 安全检查和风险评估未能与实际操作紧密结合, 造成潜在隐患难以识别与消除。在制度执行过程中, 监督力度的不足加剧了问题的严重性, 许多制度未能得到有效落实, 沦为“纸

上谈兵”，致使安全管理效果大打折扣。

2.2 安全培训与演练不充分

在新能源发电企业中，安全培训与演练不足仍是一个突出的难题。尽管大多数企业已建立了安全培训机制，但培训内容往往显得空泛，缺乏实际操作指导且覆盖面有限，未能针对不同岗位的具体需求进行细化。一方面，安全培训在许多企业中过于理论化，与员工实际工作环境的结合不够紧密，致使员工在识别和应对日常潜在风险时能力较为薄弱。另一方面，安全演练的频率与效果存在较大差距，部分企业将演练视作应付检查的形式，忽视了演练在提升应急响应能力方面的实际作用，缺乏充分的实战演练使员工在面对突发安全事件时，常常无法快速反应，缺乏有效的应急处理技能导致在事故发生时反应迟缓，未能及时采取有效措施。

2.3 安全设备缺乏或使用不当

在新能源发电企业中，安全设备不足或使用不当常常是一个显著问题。部分企业在设备采购过程中，未能充分考虑生产环境中的安全需求，导致关键安全设备的配置不全，或者所选设备的种类与性能未能满足实际使用要求。例如，风电场与光伏电站的电气设备，以及高空作业所需的防护设施往往存在缺口，无法有效应对突发的电气故障或高空作业中的风险，已有的安全设备在使用过程中，因缺乏适当的维护或因操作不当，未能充分发挥其应有的安全保障功能。在某些企业中，安全设备的操作培训同样存在不足，操作人员对设备的功能与正确使用方法了解不深，甚至在紧急情况下未能正确使用应急设备。随着技术的不断更新与工作环境的变化，部分设备已经过时未能应对新的安全隐患，这些问题使得原本应当提供保护的安全设备，在实际危险情境中未能发挥其应有的作用。

2.4 风险评估与预防机制不完善

在许多新能源发电企业中，风险评估与预防机制的不完善已成为一个严重问题。尽管大部分企业进行基础的风险评估，但这些评估往往缺乏深入性，未能全面识别所有潜在的安全隐患。许多企业的风险评估主要聚焦于设备故障与日常操作风险，忽视了环境变化、自然灾害以及突发技术事故等非日常性风险因素。评估结果通常未能转化为切实可行的预防措施，导致一些潜在风险未能在实际生产过程中得到及时有效的控制。同时，部分企业在建立预防机制时存在明显缺陷，尤其是在应急预案的制定上，许多预案过于简略或与实际操作条件不符，缺乏可操作性，这类预防机制不仅无法应对日益复杂的生产环境，也无法在突发情况下迅速反应，进而增加了安全事故发生的风险。缺乏完善的风险评估与预防机制，直接削弱了企业整体的安全防护能力。

3 改进新能源发电企业安全管理的对策

3.1 完善安全管理制度与标准

完善安全管理制度与标准，是提升新能源发电企业安全管理水平的根本途径。根据实际生产情况，企业应制定或修订符合行业要求的安全管理制度，确保制度覆盖从日

常运营到突发事件的各个环节，做到全面且具体。各级人员的职责和义务应在安全管理制度中明确规定，同时风险识别、隐患排查、安全操作规程等内容也应包括其中，确保操作流程的规范性与透明度。随着技术的不断发展及生产环境的变化，现有的安全管理制度应定期进行评估与更新，确保其与时俱进。例如，设立企业内部安全生产标准管理组织机构，定期根据事故案例、行业规范、设备与工艺升级更新制度，缩短制度滞后周期。强化制度执行力，建立严格的监督与检查机制，明确“决策层—管理层—执行层”三级责任清单、“生产、设备、安监”三大核心部门的交叉职责界面和安全绩效指标，确保各项制度能够在实际工作中得到有效落实。

3.2 加强安全文化建设与员工参与

加强安全文化建设与员工参与是提升新能源发电企业安全水平的关键所在。安全文化不仅仅体现在制度与流程的执行上，更深植根于每一位员工日常的安全意识与行为习惯中，安全理念应渗透到企业的日常运营与整体文化之中，确保每位员工都能够深刻理解安全生产的重要性，并将其自觉融入自己的工作实践中，通过定期开展安全宣讲、经验交流以及安全活动等多种形式，企业能够激励员工积极参与安全管理，进而营造一个全员关注、全员参与的安全氛围^[1]。企业领导和管理层要发挥示范作用，每月或经常性地深入现场安全巡查，并在内部平台发布巡查通报。员工的角色也不仅仅限于执行既定安全规程，还应主动参与到安全管理决策与制度优化的过程中，提出来自一线的反饋与建议，通过建立畅通的沟通渠道和奖励机制，员工可以通过隐患排查、创新创效等活动获得奖金、评优加分、培训资源等，及时发现潜在的安全隐患并反饋改进意见，从而提高他们的安全责任感与主人翁精神。

3.3 提高员工安全意识与培训

提高员工的安全意识与培训，是确保新能源发电企业安全管理有效性的关键因素。员工的安全意识直接影响着他们在日常工作操作中的规范，亦决定着在突发事件中能否及时做出有效的应急响应。单靠一次性的安全培训无法持续维持有效的安全文化，企业应构建一个长期且系统的培训体系，使安全知识的学习成为员工职业发展的必备组成部分。培训内容不仅应涵盖基础的安全操作规范，还应结合实际生产中的潜在风险进行针对性的强化，确保员工在实际工作中能够准确识别隐患迅速做出反应。培训方式应多样化，传统的课堂教学应与模拟演练、案例分析等形式相结合，如针对高空作业、电气操作等高风险场景，开发“事故情景VR安全体验馆”，让员工“亲历”高空坠落、电弧灼伤等事故场景，降低违章意愿。编制典型事故应急处置剧本，组织员工参与角色演练，以此提升员工在应急情况下的处理能力。员工的安全意识，应该通过反复地实践与参与逐渐内化为自觉的行为，而不仅仅停留在理论层面。通过持续加强安全意识的培养，新能源发电企业

能够从根本上提高整体安全管理水平,确保每位员工在工作中始终保持高度警觉,从而有效减少事故发生的可能性。

3.4 完善安全设备配置与标准化使用

完善安全设备的配置与标准化使用,是确保新能源发电企业安全管理得以有效落实的核心环节。随着新能源技术的不断进步,企业必须根据实际生产环境和操作需求合理配置安全设备,确保涵盖所有潜在安全隐患^[2]。例如,风电场与光伏电站在高空作业、机械故障以及火灾等应急情况下,必须配置相应的设备急停、紧急逃生和自动灭火等安全设备,这些设备不仅要符合国家及行业的安全标准,还应具备在突发事件中能够快速有效发挥作用的能力。设备配置虽然是安全保障的第一步,然而其标准化使用同样至关重要,企业应制定详细的生产现场安全设备配置标准和操作手册,并对员工进行严格的使用培训,确保操作人员能够熟练掌握设备的使用技巧,从而避免因操作不当而引发设备故障或安全事故,设备还应定期进行检查、保养与更新,确保其始终处于最佳工作状态,以免因设备老化或性能失效而产生安全隐患。

3.5 强化监管机制与管理责任

强化监管机制与管理责任,是确保新能源发电企业安全管理体系有效运作的关键所在。为了实现这一目标,企业必须建立完善的安全监管体系,确保从高层管理到一线操作人员的各个层级职责清晰明确,从而防止安全管理出现盲区。各部门在安全管理中的具体职责应当被明确界定,尤其是在设备检查、隐患排查与事故报告等方面,形成自上而下的责任链条,确保每项安全措施都有明确的责任人落实。管理层需定期检查各项安全措施的执行情况,确保安全规范得到严格遵守,而一线员工则应主动识别潜在隐患,及时提出警告或整改建议。企业还应强化对安全管理过程的监督与审计,建立安监、生产、设备的跨部门联合检查机制,每月对高风险作业开展联合督查,不定期采取“不发通知、不打招呼、不听汇报、不用陪同,直奔基层、直插现场”的“四不两直”突击检查,对重大隐患实行“倒查三年”制度,追溯历任责任人的履职痕迹,动态评估现行安全措施的效果,及时发现问题并迅速整改。只有当每个岗位和环节上的安全责任得到明确,企业才能建立起高效的安全防控体系,从而在突发事件发生时能迅速做出反应,最大限度地减少事故发生的可能性。

3.6 完善风险评估机制与应急预案

完善风险评估机制与应急预案,是增强新能源发电企业应对突发事件能力的关键所在。企业应根据生产特性及潜在风险建立一套全面的风险评估机制,组织编制风险辨识库和可供一线班组执行落实的典型作业项目风险辨识及管控清单,涵盖从设备故障到自然灾害、人员伤亡等各类可能发生的风险,通过系统化的评估能够及时识别潜在

的安全隐患,从而有针对性地采取预防措施。应急预案的制定至关重要,除了为常见的风险制定标准化的应急预案外,还应准备新能源企业场站“小、散、远”特点的突发事件灵活处置方案,确保在危机发生时地处偏远的基层班组能够迅速启动应急机制。只等公司、部门、班组上级应急演练计划,定期开展“双盲演练”(不预先通知时间、内容),检验预案有效性。预案的内容应涵盖事故发生后的救援、恢复、报告等各个环节,并通过定期演练来检验其有效性,确保员工能够在实际操作中熟练应对紧急状况,从而最大限度地减少人员伤亡及设备损失。

3.7 推动信息化与智能化安全管理

推动信息化与智能化的安全管理,是提升新能源发电企业安全管理效率和精准度的重要举措。随着数字化技术的不断进步,企业能够借助智能系统和信息工具,对安全管理的各个环节进行实时监控与精准分析^[3]。例如,通过物联网技术对设备的运行状态进行实时监测,企业能够在设备出现异常时及时预警,从而有效减少突发故障的发生;借助大数据分析,潜在的安全隐患及风险趋势能够提前识别,为企业提供决策依据,从而采取有效的预防措施避免事故的发生。智能化安全管理还可通过自动化控制系统来减少人为操作失误引发的安全隐患。信息化技术的引入不仅提升了安全管理的透明度,也使得安全数据更加直观与可追溯,便于各级管理者及时掌握现场动态并做出决策。

4 结语

新能源发电企业的安全管理是一项系统工程,需要企业从制度建设、文化建设、员工培训、设备配置、监管机制、风险评估等多个方面入手,全面提升安全管理水平。面对复杂多变的生产环境及日益严格的安全要求,新能源发电企业必须不断加强安全管理,同时积极借鉴行业内外先进的安全管理经验,结合企业实际情况进行本土化改造。建立持续改进机制,鼓励员工提出创新性的安全管理建议,不断优化安全管理措施,提升员工的安全素质与技术水平,推动管理优化与创新,为行业的健康发展贡献力量。

[参考文献]

[1]高金生. 新能源发电企业安全生产管理存在的不足及对策[J]. 现代企业文化,2023(21):9-12.

[2]詹兴钱. 新能源发电企业安全生产管理存在的不足及对策[J]. 绿色环保建材,2021(4):185-186.

[3]丁帅,王闯. 浅析新能源发电企业安全管理存在的不足及对策[J]. 内蒙古科技与经济,2020(19):47-49.

作者简介:刘曾建(1987.7—),男,毕业院校:新疆农业大学,学历:本科,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:华电(浙江)新能源有限公司,职务及所在职务的年限:安全环保部,安安全管理,5年(2019年5月至今),职称级别:中级。

变电运维中无人机技术的应用与发展

朱建伟 李玉倩 张程莉 李艺昆

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力行业的迅速发展, 变电站运维工作面临着越来越大的挑战。传统的人工巡检方式存在效率低、风险大、成本高等问题。无人机技术作为一种新兴的智能化设备, 凭借其高效、精准、便捷的特点, 逐渐在变电运维中得到广泛应用。文中综述了无人机在变电运维中的应用现状、优势及挑战, 并探讨了其在变电站巡检、数据采集、故障诊断等方面的作用。结合无人机技术的快速发展和电力行业的需求, 分析了其未来发展趋势及技术革新对变电运维带来的深远影响。

[关键词]无人机技术; 变电站运维; 智能巡检; 数据采集; 故障诊断

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15840

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Application and Development of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Substation Operation and Maintenance

ZHU Jianwei, LI Yuqian, ZHANG Chengli, LI Yikun

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 operation and maintenance of substations are facing increasing challenges. The traditional manual inspection method has problems such as low efficiency, high risk, and high cost. As an emerging intelligent device, unmanned aerial vehicle technology has gradually been widely applied in substation operation and maintenance due to its high efficiency, precision, and convenience. The article summarizes the current application status, advantages, and challenges of unmanned aerial vehicles in substation operation and maintenance, and explores their roles in substation inspection, data collection, fault diagnosis, and other aspects. Based on the rapid development of unmanned aerial vehicle technology and the demand of the power industry, this paper analyzes its future development trends and the profound impact of technological innovation on substation operation and maintenance.

Keywords: unmanned aerial vehicle technology; substation operation and maintenance; intelligent inspection; data collection; fault diagnosis

引言

在变电站的日常运维中, 传统巡检方式不仅工作繁重, 而且存在较高的安全风险。随着无人机技术的快速发展, 尤其是在电力系统领域, 无人机凭借其高度的机动性、精准的探测能力和多功能数据采集系统, 逐渐成为变电运维中不可或缺的工具。无人机可通过搭载高分辨率摄像头、热成像仪及多种传感器, 对变电站设施进行全面检查, 实时传输监测数据, 有效提高巡检效率并减少人工巡检的风险。本文将分析无人机技术在变电运维中的实际应用及其面临的技术挑战, 展望未来的发展前景。

1 无人机技术概述

1.1 无人机基本原理与分类

无人机(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)是一种无人驾驶航空器, 具有自主飞行、遥控飞行和任务执行能力。其核心技术包括飞行控制、导航系统、通信技术以及搭载传感器的能力, 使其能够在空中完成数据采集、图像处理等任务。无人机通过自动飞行控制系统执行飞行任务, 能够自主或通过远程控制实现飞行轨迹的规划、避障以及数据采集等功能^[1]。

固定翼无人机: 这种类型的无人机与传统的飞机相似,

依靠固定翼产生升力, 通常具有较长的飞行距离和较高的飞行速度。由于固定翼的设计, 固定翼无人机适合进行大范围巡检和高效的空中巡查, 特别是在较为宽广的区域, 如电力输电线路、风力发电场等地方。它们的飞行时间较长, 适合执行长时间、连续性的任务。旋翼无人机: 旋翼无人机则是通过旋转的桨叶产生升力, 具有较强的悬停能力, 能够在空中实现稳定的停留。旋翼无人机具有较高的机动性, 能够在较小的空间内灵活飞行, 适用于精确的局部检查和高空难度大的作业。旋翼无人机特别适用于变电站、输电线路塔基等高精度巡检任务, 能够轻松完成狭小区域的检查、设备状态监测和热成像扫描等工作。

1.2 无人机技术在电力领域的应用

近年来, 无人机技术在电力行业的应用逐渐成熟, 特别是在变电站和输电线路的监测中发挥着关键作用。传统的人工巡检不仅效率低, 而且存在较大的安全风险, 而无人机的引入有效解决了这些问题, 提高了工作效率和检查精度。在电力线路巡检中, 无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪和激光雷达等传感器, 能够快速覆盖大范围区域, 实时采集高分辨率图像和数据, 识别线路的损坏、松动等问题, 避免了高空作业的风险。在电气设备检测中, 无人

机可以监测设备的运行状况,利用热成像技术及时发现过热或故障隐患,确保设备安全稳定运行。

在变电站监控中,无人机通过定期巡检和即时响应,实时捕捉设施运行情况,并提供高清图像帮助运维人员分析设备状况。无人机与地面控制平台的协作,确保了及时的故障排除和维修。无人机的应用不仅提高了电力运维效率,还大大减少了安全隐患,推动了电力行业智能化发展。随着技术进步,未来无人机在电力行业的应用将更加广泛和高效。

2 无人机在变电站运维中的应用

2.1 变电站巡检

变电站的巡检工作通常包括对变电设备、输电线路、设施状态等方面的全面检查。传统的人工巡检方法往往需要人工登高,耗时且存在一定的安全隐患,尤其在面对高压线路、难以接近的设备区域时,人工巡检更具挑战性。无人机技术的引入,通过其空中飞行能力,为变电站巡检提供了一种高效、安全且快速的解决方案^[2]。

无人机的飞行稳定性和精确控制使其能够在复杂的变电站环境中顺利执行任务。在巡检过程中,无人机可以根据预定的飞行路径,实时检查高压线路、变压器、断路器、开关等关键设施。相比人工巡检,无人机不仅能够快速定位问题区域,还能在极短的时间内进行高频率的检测。此外,无人机搭载高清摄像头、热成像仪等设备,能够获取高清图像和多维度数据,及时发现设备的异常情况,并将实时数据传输回运维中心,减少人工巡检的时间成本。

2.2 设备状态监测与故障诊断

无人机在变电站运维中的另一重要应用是设备状态监测与故障诊断。无人机可以搭载多种传感器,如热成像仪、红外摄像头、高清摄像头、振动传感器等,这些传感器能够精确监测设备的温度变化、机械损耗、损坏情况等。通过实时采集数据,运维人员可以迅速识别设备的潜在问题,进行科学分析与预判。

例如,热成像仪可以用来监测电气设备是否过热,识别是否存在绝缘损坏、接触不良等隐患;红外摄像头可以检测到电气设备中的微小裂纹或损伤,帮助及时排查设备的安全隐患。振动传感器能够监测变压器等设备的运行状态,检测其是否存在机械故障。通过无人机搭载的多种传感器,采集的数据能够实现实时传输至运维中心,并通过大数据分析、人工智能算法处理,帮助运维人员提前发现潜在的设备故障。利用故障诊断技术,能够有效避免突发性停运事件,减少电力系统的运维成本,保障电力供应的稳定性和安全性。

2.3 数据采集与存储

数据采集和存储是无人机在变电站运维中非常关键的一环。无人机通过搭载各种传感器,可以实时采集大量数据,包括温度、湿度、电流、电压、设备运行状态等信息。这些数据为后续的设备状态评估和故障诊断提供了重要的参考依据。

无人机通过无线通信技术将采集到的数据实时传输到地面控制中心或云端存储平台,实现数据的远程监控和实时分析。传输过程中,数据的完整性和实时性得到了保障,确保了运维人员可以第一时间收到变电站设备的运行信息。通过实时监控,运维人员能够快速识别设备的异常状态,从而做出精准的判断与决策。无人机采集的数据不仅可以用于当前巡检任务的分析,也能长期保存用于设备生命周期管理和故障预测。借助大数据分析技术,运维人员可以从历史数据中提取规律,分析设备的健康状况,并预测其未来的维护需求,从而实现精准的预防性维护,降低设备故障率,提高运维效率。

3 无人机技术在变电运维中的优势与挑战

3.1 无人机技术的优势

高效性:无人机的引入使变电站运维工作效率得到了显著提升。传统的人工巡检往往需要大量的时间和人力,尤其是面对广阔的变电设施和高压线路时,检查的频次和效率受限。而无人机通过其自动飞行、快速巡检的特点,可以在极短的时间内覆盖大范围区域。无人机能够按照预定路径自主飞行,实时采集数据,完成全面的巡检任务,减少了人工巡检的周期,提升了工作效率^[3]。

安全性:在传统的人工巡检中,尤其是在高压电力设备和复杂的设施环境中,存在着较大的安全隐患。无人机技术的应用有效避免了人工登高、高空作业等危险作业,降低了电力运维工作人员的风险。无人机能够在无人干预的情况下进行巡检,尤其是在高压线路、变电站内部等危险区域,能够远程操作,确保运维人员的安全。

低成本:无人机技术的使用相较于传统的人工巡检和地面设备检修,具备较低的操作成本和维护费用。首先,无人机的设备采购成本相对较低,且其运行所需的能源(如电池)较为经济。其次,传统的人工巡检不仅耗时长,还需要频繁的高空作业、设备检查等人工成本,而无人机能够在较短时间内完成巡检任务,节省了大量的人力和时间成本。长远来看,无人机的运维成本较为可控,且能够避免频繁的人工操作。

数据精确性:无人机搭载的高精度传感器,如高清摄像头、红外热成像仪、温湿度传感器等,能够获取高质量的图像和准确的设备运行数据。相比人工巡检,无人机能够更精确地捕捉到设备的细微变化、潜在的故障隐患,尤其在高空或难以接触的区域,能够提供清晰的图像和详细的检测数据。这些精确的数据为运维人员提供了可靠的依据,帮助其做出及时、科学的决策,避免了设备突发性故障和不必要的维护。

3.2 无人机技术面临的挑战

技术限制:尽管无人机技术在变电站运维中展现出了强大的优势,但仍存在一定的技术瓶颈,限制了其在某些复杂环境下的应用。目前,许多无人机的续航时间较短,这在大范围巡检时会限制其使用。此外,部分无人机在飞

行过程中可能面临飞行稳定性不足的问题,尤其是在天气复杂、风力较大的情况下,飞行的稳定性可能受到影响。此外,现有无人机的设备负载能力有限,无法搭载过重的传感器,限制了其在某些特殊场景下的应用。

法规与安全:随着无人机技术的广泛应用,相关的法律法规也在逐步完善。然而,无人机在飞行过程中仍需遵守严格的飞行规定,特别是在变电站等高安全等级区域飞行时,必须确保无人机飞行的合规性与安全性。无人机的飞行高度、飞行范围、飞行路线等都需要符合航空管理部门的规定,并获得相关许可。**数据处理与分析:**无人机在巡检过程中会采集大量的数据,包括高清图像、红外成像、环境参数等,这些数据量庞大且复杂。如何有效地存储、处理和分析这些数据,成为无人机技术应用中的一大挑战。

4 无人机技术未来发展趋势

4.1 无人机技术的持续创新

无人机技术的未来发展将伴随着人工智能、大数据、5G 通信等技术的持续创新和融合,这将推动无人机的自主控制能力和数据分析能力进一步提升。人工智能技术的发展使得无人机能够在执行任务时更加智能化,具备更强的自主决策能力。未来的无人机将能够根据不同的任务需求,自动选择合适的飞行路线、飞行高度以及设备配置,显著减少人工干预,提高巡检和维护任务的效率。

随着大数据技术的应用,未来无人机将能够更精确地进行数据处理和分析。在变电站巡检过程中,无人机采集的大量数据将能够实时传输到云端,借助大数据分析,快速识别设备故障的模式和趋势,从而提前预测设备的潜在问题并进行有效的预警。这不仅提升了故障诊断的准确性,还能大大降低设备的维修成本和停机时间。

5G 通信的应用将极大地提升无人机的数据传输速度和实时性,使得无人机在远距离、高速飞行的同时,能够实时将传感器采集到的数据传回地面控制中心。高速的通信网络支持将使得无人机能更广泛地应用于复杂环境下的任务,如大规模巡检、智能诊断等,这些任务对于数据传输的时效性要求极高。未来,随着这些技术的不断进步,无人机将能够在变电运维中执行更多复杂的任务,进一步拓展其应用范围^[4]。

4.2 行业应用的深入拓展

无人机技术在变电运维中的应用,未来不仅限于设备巡检,还将在多个领域中实现深入拓展。在应急响应方面,无人机能够迅速进入事故现场,通过搭载传感器和摄像头,实时提供现场的影像数据,帮助运维人员快速判断事故原因,并指导后续的抢修工作^[5]。特别是在极端天气或自然灾害发生时,无人机能够突破常规交通工具的限制,快速到达现场进行巡查,确保变电设施尽快恢复正常运行。

在设备维护领域,未来的无人机可能具备更强的维修

能力。例如,结合机器人技术和无人机的多功能性,无人机能够执行设备的简单修复任务,如更换损坏的电缆、清理设备表面、润滑设备零件等。这将大大减少人工维护的负担,降低维护成本,同时提高设备的运行效率和安全性^[6]。无人机还可以在变电站的环境监测方面发挥重要作用。通过搭载环境监测设备,如气体传感器、空气质量监测仪等,未来的无人机将能够定期监测变电站周围的空气质量、温湿度等环境数据。这些数据不仅能帮助优化变电站的工作环境,还能提前预警可能对设备运行造成影响的外部因素,如温度过高或气体泄漏等^[7]。随着技术的不断进步和智能化设备的日益增多,未来的无人机将与其他先进技术(如物联网、边缘计算等)紧密结合,推动变电运维朝着更加自动化、智能化的方向发展。这不仅提高了运维工作的效率和精准度,也为电力行业的数字化转型提供了有力支持。

5 结束语

无人机技术作为变电站运维中的一项革命性技术,极大地提高了巡检效率、减少了安全隐患,并推动了电力行业向数字化、智能化转型^[8]。虽然目前无人机技术在续航、稳定性和数据处理等方面存在一定挑战,但随着技术的不断进步和行业需求的不断增长,未来无人机将在变电运维中发挥更加重要的作用。企业应加大对无人机技术的研发与应用投入,以促进电力行业运维的现代化和智能化,提升整体运行效率和设备可靠性。

[参考文献]

- [1]田丰.智能巡检技术在变电运维中的运用[J].电力设备管理,2024(24):24-26.
 - [2]韩宗延.基于无人机技术的变电站运维管理研究[D].重庆:重庆交通大学,2024.
 - [3]王禹尧.智能化技术在变电运维中的有效运用[J].电工技术,2024(1):82-84.
 - [4]刘开伟.无人机技术在35kV输电线路运维检修中的应用[J].通信电源技术,2024,41(22):56-58.
 - [5]董凯.无人机巡检技术在输电线路运维中的应用研究[J].电力设备管理,2020(5):3.
 - [6]薛冰,周雷,张欣,等.无人机巡检技术在输电线路运维中的应用研究[J].百科论坛电子杂志,2020(14):1765.
 - [7]廖卓宇,朱传刚,孙忠慧,等.无人机激光雷达技术在电力运维工作中的应用[J].通讯世界,2024,31(3):117-119.
 - [8]王华宾,陶留海,高嵩,等.基于泛在电力物联网下无人机在变电站巡检技术的探讨[J].工程技术研究,2020,2(6):115-116.
- 作者简介:朱建伟(1990.9—),男,河南省郑州市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于河南省国网郑州市供电公司,从事变电运维工作。

电力通信传输设备智能化运维技术研究

霍翔

国网山西省电力公司信息通信分公司, 山西 太原 030000

[摘要] 电力通信传输设备在电力系统中担负着至关重要的角色, 负责电力调度、控制与信息传输。随着电力系统向智能化、自动化方向演进, 传统的运维方式已无法满足现代电力通信设备日益复杂的需求。设备故障、响应延迟及维修成本等问题, 给电力通信系统的高效运行带来了显著挑战。为此, 智能化运维技术逐渐成为电力通信领域的重要发展方向, 并提供了有效的解决方案。通过整合大数据、人工智能与云计算等先进技术, 智能化运维不仅能够实时监控设备状态并分析运行数据, 还能借助预测性维护降低故障发生率, 从而显著提升电力通信设备的可靠性与运行效率。探索电力通信传输设备智能化运维技术的创新方案, 已成为提升电力系统管理水平及确保电力系统安全稳定运行的关键举措。

[关键词] 电力通信传输设备; 智能化运维; 智能电网

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15829

中图分类号: TP39

文献标识码: A

Research on Intelligent Operation and Maintenance Technology of Power Communication Transmission Equipment

HUO Xiang

Information and Communication Branch of State Grid Shanxi Electric Power Company, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract: Power communication transmission equipment plays a crucial role in the power system, responsible for power dispatching, control, and information transmission. As the power system evolves towards intelligence and automation, traditional operation and maintenance methods are no longer able to meet the increasingly complex needs of modern power communication equipment. Equipment failures, response delays, and maintenance costs pose significant challenges to the efficient operation of power communication systems. Therefore, intelligent operation and maintenance technology has gradually become an important development direction in the field of power communication, and has provided effective solutions. By integrating advanced technologies such as big data, artificial intelligence, and cloud computing, intelligent operation and maintenance can not only monitor equipment status in real time and analyze operational data, but also reduce failure rates through predictive maintenance, thereby significantly improving the reliability and operational efficiency of power communication equipment. Exploring innovative solutions for intelligent operation and maintenance technology of power communication transmission equipment has become a key measure to improve the management level of the power system and ensure its safe and stable operation.

Keywords: power communication transmission equipment; intelligent operation and maintenance; smart grid

引言

随着信息技术的迅猛发展以及电力行业的不断进步, 传统的电力通信设备运维模式已难以应对日益复杂的运行需求, 尤其是在智能电网建设过程中, 电力通信系统的稳定性与高效性显得尤为重要。为了保障电力通信设备的长期稳定运行, 并确保在故障发生时能够迅速响应与修复, 智能化运维技术应运而生。通过实时监控、故障诊断与数据分析, 智能化运维不仅提升了设备管理的效率, 还能够提前预测潜在问题, 减少停机时间, 优化运维成本, 从而推动电力通信系统向更加智能与高效的方向不断发展。

1 电力通信传输设备概述

电力通信技术在电力系统中占据着至关重要的地位, 是确保电力系统稳定运行的核心组成部分。无论是电力的生产、传输、配电还是最终使用, 电力通信系统都承担着信息传递和协调管理的关键角色, 这一系统不仅满足日常

通信需求, 更为一些特殊的电力通信业务提供了坚实的保障。通过对电力输送过程的统一调度与实时管理, 电力通信系统能够有效监控、调整运行状况, 从而保障电力系统的安全性与经济效益。在智能电网逐步普及的背景下, 电力通信技术的作用愈发重要。智能电网具备个性化、自动化及环保等现代化特性, 这使得对电力通信系统的需求也更加复杂和严格。为了满足这些需求, 需要对现有通信技术进行优化, 同时在多个维度开展创新, 确保能够应对新时代电力系统在智能化、灵活性上的挑战。电力通信系统不仅要支持电网的稳定运行, 还要能协调并服务于分销网络, 构建电网与电力系统之间紧密的连接。电力通信技术的不断进步是推动电力行业发展的关键。在智能电网建设过程中, 这一技术将发挥重要作用, 既能提升电力系统的管理效率, 又能为推动电力产业的绿色发展目标提供有力支撑。

2 智能化运维技术关键技术

2.1 数据采集与监测技术

在智能化运维中,数据采集与监测技术是实现精准运维与故障预防的核心环节。电力通信设备的运行状态、环境参数及负荷变化等关键数据,需通过高效的数据采集系统实时监控。这些数据的准确性与时效性,直接决定了故障预测的准确度与系统优化效果,通过传感器、智能计量设备等手段,海量的现场数据被转化为可分析的信息,这一过程为保障电力系统的稳定运行提供了坚实的基础。数据采集不仅仅局限于简单的监控,更涉及多维度数据的整合与分析。例如,实时监控电压、电流波动、温湿度变化以及设备状态等信息,所有这些数据在统一平台上汇总后,为运维人员提供了全面的系统视图,支持故障排查与设备调度。通过这种方式,电力系统能够在问题发生之前进行有效反应,从而减少潜在故障的发生。随着物联网(IoT)与5G等现代通信技术的引入,数据采集的覆盖范围显著扩展,数据传输速度得到极大提升,确保了数据的实时性与高效性。同时,数据采集与云平台、大数据分析技术的结合,使得所采集的数据不仅可以实现实时监控,还能进行长期的趋势分析。这一技术应用不仅有助于提前发现潜在风险,还能优化电力系统的运维策略,为电力通信设备的智能化管理提供了坚实的技术支持。

2.2 故障诊断与预测技术

故障诊断与预测技术在智能化运维中的重要性不言而喻。它不仅能够及时发现电力通信设备中潜在的问题,还能有效预防故障的发生,从而显著减少停机时间及维修成本。传统的故障诊断方法往往依赖人工巡检与经验判断,虽然在一些简单场景中有效,但在面对复杂设备状况与快速变化的运行环境时,其效果常常受限。而智能化的故障诊断与预测技术则通过数据分析、模式识别及机器学习等先进手段,对设备的历史数据、实时监控数据以及外部环境变量进行深度分析,能够迅速找出故障的根本原因,并提前对潜在的故障风险发出警告。智能化故障诊断与预测技术的关键在于“预测”而非“修复”。通过对大量数据的学习,算法能够捕捉到设备故障前的微小变化或趋势,进而提前做出预警。例如,设备温度、电流等参数的波动,能够反映出潜在的过载或过热风险,从而使得及时采取措施成为可能,以防止故障或事故的发生。此外,结合人工智能与大数据技术,这项技术不仅能够预测硬件故障,还可以扩展到系统性故障、通信中断等多种故障类型,极大提升了诊断的全面性与准确性。随着故障数据的不断积累,故障诊断与预测系统在自我优化方面也表现出强大的潜力。通过智能算法的持续学习,系统的预测能力不断增强,使得设备的运维管理愈加精准与科学,从而有效提高电力通信系统的安全性与可靠性。

2.3 人工智能与机器学习技术在故障处理中的应用

人工智能(AI)与机器学习(ML)技术在电力通信设

备的故障处理过程中,正逐步成为提升运维效率与准确性的关键工具。这些技术能够处理并分析海量数据,从中揭示潜在的规律与异常,实现故障的提前预测与诊断。与传统的依赖经验判断的方式相比,AI与ML不仅能够处理更多维度的信息,还能显著提高分析速度,确保设备的健康状况得到实时监控。在故障处理方面,机器学习算法通过学习历史故障数据,逐步掌握各种设备故障的典型特征。设备出现异常时,算法可以迅速识别潜在问题,并给出精准诊断。例如,通过分类算法,系统能够基于实时传感器数据判断设备是否存在过载、短路或接触不良等问题;回归分析则帮助预测设备未来的运行状态,提前识别出需要维修或更换的设备。AI技术的应用不仅限于数据分析,它还通过自然语言处理(NLP)和图像识别等功能,使得故障处理过程更加智能化。运维人员可以通过语音指令与系统进行交互,实时获取设备故障信息,甚至可以通过图像识别发现设备异常。这种智能化的交互方式,显著提升了运维效率,减少了人为干预,进一步推动了整个系统的自动化程度。

2.4 云计算与大数据分析技术

云计算与大数据分析技术的应用显著提升了电力通信设备管理的效率与精准度。电力系统产生的数据量庞大且复杂,传统的存储与处理方式已无法满足实时处理与长期分析的需求。通过云计算,数据得以在分布式环境中高效存储、处理与共享,这不仅增强了数据处理能力,还有效降低了系统维护成本。强大的计算资源支持下,云平台能够实时分析大规模数据,从而使电力通信设备的运维变得更加灵活与高效。大数据分析技术则通过深入挖掘历史与实时数据,揭示了设备运行中的潜在规律与异常趋势。运维人员能够分析电力设备的运行状态、故障历史以及环境变化等多维度数据,进而识别设备的潜在隐患,预测可能发生的故障。这种基于大数据的预警机制,使得提前采取干预措施成为可能,从而有效减少设备故障、停机时间及维修成本。与此同时,云计算与大数据技术的结合,推动了跨区域、跨部门的协同运维。通过云平台,来自不同区域或电力企业的数据得以集成与共享,形成全局视图,从而优化资源配置与决策支持。例如,当某一地区发生设备故障时,系统能够迅速调取其他地区的相关数据,提供针对性的解决方案,这进一步提高了应急响应的速度与准确性。

3 电力通信传输设备智能化运维系统设计

3.1 智能化运维系统的设计理念与目标

智能化运维系统的设计理念,旨在通过先进技术的融合,提升电力通信传输设备的管理效率与故障响应能力,从而实现更加高效与精准的运维管理。核心目标不仅仅局限于故障检测与诊断的自动化,更着重于利用智能化的数据分析与决策支持,提前预测设备的运行状态,延长设备寿命,减少停机时间,并确保电力通信系统的稳定与安全

运行^[1]。这一设计理念的基础在于将传统运维模式与现代信息技术相结合,充分发挥人工智能、物联网、大数据以及云计算等优势,打破信息孤岛,推动系统内部各环节的协同管理。通过对实时数据的采集与分析,运维人员能够精准掌握设备的运行状态,发现潜在隐患,并根据智能预警迅速调整和优化系统运行。系统还应具备自我学习与优化的能力,凭借不断积累的数据与经验,逐步提升故障预测的准确性与响应速度。从目标层面而言,智能化运维系统不仅追求提升电力通信设备的运行效率与稳定性,还力求实现系统的高可用性与低运维成本。借助智能决策支持,系统可在最短时间内制定最佳运维方案,避免传统人工干预可能带来的误差与延迟。最终,智能化运维将构建一个自适应、可持续发展的电力通信传输网络,为电力行业的长期发展提供坚实的技术保障。

3.2 智能化运维平台的架构设计

智能化运维平台的架构设计需确保能够有效整合多种技术,并支持大规模、实时数据的处理与分析。通常这一架构可划分为感知层、网络层、应用层与决策层四个主要部分,每一层通过统一平台实现数据的交互与协同运作。感知层的核心任务是通过各类传感器与设备采集实时数据,涵盖设备运行状态、环境监测信息以及电力通信网络负荷等关键参数。这一层为平台提供了必要的技术支持,是故障预警与状态监控的根本保障^[2]。网络层则承担数据的传输与接入,确保数据在不同设备及区域之间能够高效且安全地流动。在设计这一层时,保证数据传输的稳定性与可靠性至关重要,尤其在分布式环境下,确保信息不丢失并具备较强时效性显得尤为关键。应用层是平台的核心,专注于数据的存储、处理与分析,通过依托大数据分析、机器学习与人工智能技术,这一层对感知层提供的数据进行实时处理,深入分析并提取出有价值的信息,进而提供故障诊断、设备优化及性能预测等功能。应用层还包含可视化模块,将复杂的运行数据及分析结果以直观方式呈现给运维人员,帮助他们做出更加准确的决策。位于智能化运维平台高层的决策层,作为决策支持的中心,基于应用层分析提供的信息,执行智能决策,如预警、调度与维护计划等。此层不仅要求能够快速响应,还需具备自我学习与优化的能力。通过结合实时数据与历史经验,决策层能够不断调整决策策略,从而提高整体系统的运行效率。通过这种多层次、协同工作的架构设计,智能化运维平台能够在实时监控、故障诊断、数据分析及决策支持等多个方面提供有力支撑,从而确保电力通信设备的高效与安全运行。

3.3 系统数据采集与分析技术

系统数据采集与分析技术构成了智能化运维平台的核心支撑部分,确保电力通信设备的稳定运行与高效管理。

作为运维系统的基础,数据采集依赖于各类传感器、智能仪表及监测设备,实时获取设备的运行状态、环境变化及其他关键参数。采集到的数据通常包括电压、电流、温度、湿度与振动等,这些信息能够准确反映设备当前的工作状况及潜在故障的迹象。在数据采集的过程中,系统不仅要求数据的准确性,还对时效性与全面性提出了较高要求。为了确保数据的可靠性,采集设备需具备高精度与稳定性,并能够在各种环境条件下正常工作。同时,随着物联网技术的普及,越来越多的电力通信设备实现了与云平台的实时数据对接,从而确保了数据流的无缝传输。数据分析在智能化运维中具有至关重要的作用,通过对大量数据的实时处理与深度分析,系统能够从海量信息中提取出有价值的见解^[3]。例如,利用机器学习算法对历史与实时数据的分析,系统能够识别设备运行中的异常模式,进而提前预测故障发生。大数据分析则有助于运维人员发现系统中的瓶颈,并根据这些信息优化运维策略。此外,基于数据趋势的分析,能够有效预测设备的健康状况,为设备的维护或更换提供数据支持,从而避免故障的发生。借助先进的数据采集与分析技术,智能化运维平台能够实现对电力通信设备的实时监控、故障预测与优化调度,从而大幅提升系统的安全性、稳定性及运行效率。

4 结语

随着智能化技术的持续进步,电力通信传输设备的运维模式经历了深刻的变革。通过数据采集、故障预测以及人工智能等先进技术的引入,智能化运维不仅显著提高了设备管理的效率与精准性,还在增强电力通信系统稳定性与安全性方面发挥了重要作用。展望未来,随着技术的不断深化与数据积累的逐步增加,智能化运维将在电力通信设备管理中发挥更加重要的作用,为电力行业的可持续发展提供坚实的支撑,推动整个行业朝着更加智能、高效的方向迈进。

【参考文献】

- [1]朱畅,王巍巍.电力通信网光传输设备故障维护探讨[J].现代工业经济和信息化,2022,12(10):202-204.
- [2]胡光宇,陆涛,姚月月.电力传输设备自主可控网络管理平台设计与实现[J].信息通信技术与政策,2023(1):65-71.
- [3]贺艳,王贵平,闫述涛,等.基于D-S证据理论的电力通信传输安全风险评估[J].长江信息通信,2023,36(11):188-190.

作者简介:霍翔(1995.10—),男,毕业院校:中国科学院大学,所学专业:电子与通信工程,当前就职单位:国网山西省电力公司信息通信分公司,职称级别:中级工程师。

数字孪生技术在水利水电生产运行管理中的应用分析

王启玉

塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心, 新疆 库尔勒 841000

[摘要] 伴随信息技术的迅猛发展, 工程管理方式正在经历深刻变革。由于传统管理体系在数据共享、决策支持及信息流通方面的局限性愈发凸显, 面对现代化工程日益复杂的需求, 亟需引入更高效、智能的管理手段。近年来, 数字孪生技术凭借其精准的虚拟映射、智能仿真分析及实时监测能力, 逐渐成为提升工程管理水平的重要支撑。本研究立足于工程管理领域, 系统探讨数字孪生技术的实施策略。围绕政策引导、数据治理、技术创新、人才培养以及全生命周期管理等关键环节, 分析优化路径, 力求为工程数字化与智能化升级提供理论依据。同时, 研究成果可为行业提供一定的参考价值, 推动工程管理模式向更高效、更精准的方向发展。

[关键词] 数字孪生技术; 水利水电; 生产运行管理; 数据融合; 智能决策

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15817

中图分类号: TV21

文献标识码: A

Application Analysis of Digital Twin Technology in Water Conservancy and Hydropower Production and Operation Management

WANG Qiyu

Water Resources Dispatch Center of Tarim River Basin Kaidu Kongque River Water Resources Management Center, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: With the rapid development of information technology, engineering management methods are undergoing profound changes. Due to the increasingly prominent limitations of traditional management systems in data sharing, decision support, and information flow, there is an urgent need to introduce more efficient and intelligent management methods in response to the increasingly complex demands of modern engineering. In recent years, digital twin technology has gradually become an important support for improving engineering management level with its precise virtual mapping, intelligent simulation analysis, and real-time monitoring capabilities. This study focuses on the field of engineering management and systematically explores the implementation strategies of digital twin technology, analyze and optimize the path around key aspects such as policy guidance, data governance, technological innovation, talent cultivation, and full lifecycle management, striving to provide theoretical basis for the digital and intelligent upgrading of engineering. At the same time, the research results can provide certain reference value for the industry, promoting the development of engineering management models towards more efficient and precise directions.

Keywords: digital twin technology; water conservancy and hydropower; production and operation management; data fusion; intelligent decision

引言

长期以来, 工程建设过程中, 信息流通不畅、资源调配不均、管理效率低下等问题始终存在。尤其是水利水电行业, 由于项目规模庞大、施工环境复杂, 传统管理模式难以满足精准调度与科学决策的需求, 影响工程运行的稳定性及安全性。然而, 随着信息技术的进步, 数字孪生概念被引入工程管理领域, 并凭借数据驱动、智能分析及虚拟仿真的特点, 迅速成为行业关注的焦点。在水利水电领域, 数字孪生技术的应用已展现出广阔前景。依托多源数据的实时采集与智能分析, 工程调度的精准度得以提升, 安全防控体系日趋完善。借助虚拟仿真技术, 运维管理模式得到优化, 工程整体运行的稳定性进一步增强。随着技术架构的持续完善, 数字孪生逐步成为水利水电工程管理的重要支撑, 为行业数字化升级提供了技术保障。

1 数字孪生技术概述

数字孪生是指在数字空间中对物理实体进行全方位复制, 涵盖其外观、结构、参数和行为等各个层面。其核心构成主要包括以下三个方面: 一是多源异构数据融合。数据来源不仅包括物理实体、运行系统和传感器, 还涉及仿真模型、环境数据、物理对象设计数据、维护数据以及运行数据等, 贯穿于物理对象的整个生命周期, 正如“血液”般为数字孪生提供源源不断的活力。二是数据驱动的精准映射。依托物理实体及其行为逻辑构建的数据驱动模型构成了数字孪生的核心。通过孪生数据, 实现物理实体与数字模型之间的精准映射, 涵盖模型构建、行为逻辑、业务流程以及因参数调整而引起的状态变化, 从而在数字世界中全面呈现、精准表达并动态监控物理实体的状态和行为。三是智能分析与辅助决策。数字孪生系统实现了物理世界

与数字世界之间的双向映射^[1]。通过数字化复制物理对象,模拟其在现实环境中的行为,能够对产品、制造流程乃至整个工厂进行虚拟仿真。这不仅有助于提高制造企业在产品研发与生产过程中的效率,还能提前预判潜在风险,从而在不干扰实体运作的前提下,实现成本节约、生产损耗降低与效率提升的目标。

2 数字孪生技术在水利水电生产运行管理中的应用现状

2.1 国内外典型应用案例分析

全球范围内的实践表明,数字孪生技术在水利水电工程中具有广阔的发展前景。以我国三峡工程与南水北调工程为例,其数字化管理平台在整合实时监控数据、历史运维信息及环境参数时展现出卓越实力^[2]。在三峡工程中,虚拟平台不但能够全天候监控水库蓄水量、泄洪能力及设备运行状况,其数据模拟功能也促成了预防性维护与预警体系的构建;南水北调工程则采用跨区域信息集成与动态仿真技术,确保水资源调度与水质监控的精确实施。如此实践无不印证数字孪生技术在大型水利工程管理中所蕴含的独特优势与巨大潜力。

2.2 智慧水利水电系统建设进展

传统工程管理模式正在被新兴数字技术深刻改写,数字孪生与 BIM、GIS 等先进工具协同构建出全新的管理平台。整合后的三维信息模型配合精确地理空间数据,使得从设计、施工到运营各阶段的信息流得以贯通。实时监测系统与云计算平台之间的协作,使得设备运行状态、环境影响以及安全隐患能够直观展示,管理人员从中提炼出关键信息后作出科学决策。由此,自动化与智能化的高效管理模式正稳步迈向成熟,推动水利水电系统不断革新。

2.3 不同工程类型的应用差异

不同类型的水利水电工程在应用数字孪生技术时呈现出各自鲜明的模式。在水电站领域,设备状态监控与发电效率提升被置于核心位置,实时数据结合仿真模型使得故障预警及能耗管理取得显著效果。水库管理主要侧重于水位调控、洪水预警以及生态保护,高精度水文气象数据搭配动态模拟确保防汛调度与水资源配置具备科学依据。针对泵站工程,传感器数据与运维历史记录经过深度整合后能够实现设备异常的迅速诊断,运行参数也得以实时调整,从而在高负荷工况下维持系统平稳运转。各种应用模式正展示出数字孪生技术在不同工程场景下的灵活适应能力与高效响应水平。

2.4 当前应用中的主要挑战

尽管水利水电工程管理中数字孪生技术展现出巨大潜力,但实际应用时仍遭遇数据整合障碍、仿真模型精度欠缺以及算力平台受限等问题。数据采集过程中出现格式不统一、采样频率各异以及传输协议不匹配,导致部分信息难以实现无缝共享;在构建仿真模型时,部分复杂工况

下的物理现象难以被精确再现,致使预测结果出现偏差。数据量急速增加、模型计算复杂度不断提升,使得现有算力平台面临更高要求,硬件配置、云计算与边缘计算领域亟需不断革新。只有在不断优化数据标准化、提升模型精度及扩展算力的技术条件下,未来智能决策的可靠性才能获得更加坚固的技术支撑。

3 数字孪生技术关键技术与方法研究

3.1 数据采集与融合技术

构建精准、高度仿真的数字孪生模型,首要任务便是确保数据的全面性、实时性及准确性。不同来源的数据,包括传感器监测信息、历史运维记录以及环境参数反馈,均需进行严格采集与整合,以保证数据输入的一致性。当前,物联网设备已广泛应用于工程现场,边缘计算模块承担了初步的数据过滤、降噪及压缩任务,以减少数据传输延迟,提高存储与计算效率。经过预处理后的数据再被传输至云端计算平台,依据设定的协议标准,完成格式转换和结构化存储,确保不同系统间的信息可以高效交互。随着智能感知技术的进步,数据采集的颗粒度得到了显著提升,不仅能够实时捕获设备状态、能耗波动及运行负荷等关键参数,还能针对异常情况进行早期预警。与此同时,大数据融合技术的引入,使得来自不同设备、不同时间尺度的数据能够被有效集成与分析,从而为工程管理提供更为精准的决策依据。在这一过程中,数据接口技术的优化发挥了重要作用,统一的数据标准确保了信息交换的稳定性与高效性,降低了多源数据融合的复杂度。

3.2 模型构建与仿真分析

在工程运行管理过程中,数字孪生模型的构建不仅要求高精度的数据支撑,还需要具备动态调整与自适应优化能力。基于多源数据,仿真模型能够逐步优化并趋近实际工况,使虚拟环境对物理实体的映射更加精准。通过深度学习和人工智能算法的介入,历史数据被系统挖掘,关键变量与参数的权重得以精准计算,进而提升模型的可靠性。为了更真实地模拟复杂系统的运行状态,仿真分析技术需要考虑多物理场耦合、多尺度计算及非线性动态变化的影响。例如,在水利水电工程管理中,水流动力学、结构应力分析以及电力调度等多个领域的数值仿真需要协同运行,以便实现全局优化。高性能计算平台在此发挥了关键作用,极大提升了模型计算的效率,使得复杂系统的实时仿真成为可能。

3.3 智能决策与优化调度

在数字孪生技术的应用框架下,智能决策系统的核心目标在于提升工程管理的自动化水平,并增强对复杂环境的适应能力。结合大数据分析、机器学习与强化学习等技术,系统可从海量历史数据中提取关键特征,并据此建立智能调度模型。虚拟环境中的多轮仿真测试,使不同调度方案在数字平台上得以模拟评估,从而筛选出最优方案,

提升资源配置的合理性。工程现场的数据与仿真平台保持同步更新,使得调度系统能够实时响应动态变化。例如,在水利工程管理中,流域水情监测数据的变化可直接影响水库调度方案,而基于数字孪生的智能决策系统可自动调整放水计划,以应对突发水情。面对突发事件,如设备异常、自然灾害或能源供需变化,智能调度系统能够迅速识别问题并采取适应性调整策略。实时反馈机制确保了调度系统的高效运作,使工程运行更具灵活性和安全性。

3.4 可视化与交互技术

为了提高数字孪生系统的实用性,直观、高效的可视化技术成为必不可少的环节。借助三维建模、虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等技术,工程现场的物理实体可被完整复现于数字平台之中,使管理人员能够通过交互界面直观查看设备运行状态、历史数据趋势及预测结果^[3]。在监测平台上,数据可视化不仅包括传统的图表、曲线分析,还能够以动画、热力图等方式展示设备负载、能耗分布及结构应力变化情况。通过交互式操作,管理人员可以对关键区域进行放大分析,或调用历史数据进行趋势对比,从而更精准地掌握系统的运行特征。交互式可视化技术的应用,不仅提升了数据分析的效率,同时降低了工程管理的复杂度,使不同层级的用户均能便捷地获取所需信息,为决策提供了更为直观的依据。

4 数字孪生技术在工程管理中的实施策略

4.1 顶层规划统筹与政策体系支撑

构建高效且可持续运行的工程管理体系,离不开系统性的统筹规划以及政策制度的有效引导。随着数字化转型的推进,政府机构在工程管理模式变革中的作用日益凸显。通过加强政策引导,制定相关激励机制,推动项目在立项、施工建设及后期运维阶段的信息壁垒逐步被打破,从而实现各环节之间的高效联通。为了确保数字孪生技术的稳步发展,相关部门制定了一系列支持性政策,促使科研院所、企业单位等积极投入到技术攻关和产业化应用中。与此同时,行业标准与技术规范的推广,使得数据采集方式、信息建模方法、网络安全管理以及隐私防护体系得到全面规范,有效提升了工程管理的科学性和安全性。在多方协同努力下,跨领域的信息共享模式逐步建立,各类资源实现优化配置,推动了工程管理模式向更加智能化、开放化的方向发展。大量工程实践的成功案例,进一步证明了数字孪生技术在提升管理效率、优化资源利用及提高安全保障水平方面的显著价值。

4.2 数据治理体系构建与标准化发展

在工程管理体系的优化过程中,数据治理作为核心环节,对于数字孪生技术的应用效果具有决定性作用。由于工程数据来源广泛,涉及实时监测设备、历史运行记录、环境参数分析等多个方面,数据类型的复杂性使得信息采集、传输、存储与处理过程必须符合统一的技术标准,确

保数据完整性、精准度以及高效利用。建立健全的数据标准化体系,不仅可以提高信息处理的效率,还能从根本上提升数据安全水平。政府部门联合行业龙头企业,共同制定数据接口标准、格式转换规则及安全加密措施,进一步构建多层次的数据安全屏障。与此同时,开放式数据平台的建设,促进了工程管理系统内部不同模块之间的信息交互,使数据资源的流通性和共享度大幅提升。在此基础上,区块链技术被引入数据管理体系,实现数据溯源管理和篡改防护,确保信息在传输与存储过程中具备高度的安全性和可靠性。此外,加密算法的优化应用,使得信息在多平台协作环境中的传输更具隐私保护性。完整的数据治理体系覆盖从数据的采集、清洗、存储、分析到共享的全流程管理,各业务模块之间的紧密衔接,确保了工程运行数据的动态更新和实时同步。随着技术不断完善,工程管理体系的可扩展性与协同能力得到持续增强,为数字孪生技术在更大范围的推广应用奠定了扎实的基础。

4.3 技术创新驱动与产学研深度融合

推动数字孪生技术的不断发展,既依赖于先进理论的创新突破,也离不开工程实践中积累的反馈优化。近年来,企业、高等院校、科研机构之间的紧密合作,已成为促进技术升级、推动行业革新的重要方式。在工程管理领域,数据采集优化、智能建模、自动化决策支持等核心技术的研发成果,经过实验室测试与试点工程的实践验证后,迅速应用于实际项目中。这种以实践促进理论优化、再由理论指导实践升级的双向互动模式,使得技术应用的可靠性和成熟度不断提升。从已投入应用的案例来看,产学研协作机制不仅加快了新技术的研发进度,同时提升了工程管理体系的智能化水平^[4]。在水利水电工程的应用场景中,基于数字孪生技术的远程监测系统、设备健康评估模型、智慧调度优化方案等,均依赖于多方力量的协同开发,使工程管理决策更加精准高效。

4.4 复合型人才培养与团队建设

随着数字孪生技术在工程管理领域的渗透率不断提高,对复合型专业人才的需求愈加突出。水利工程、信息技术、人工智能、大数据分析等学科的交叉融合,使得工程管理所需的知识体系日益复杂,传统的单一学科背景已难以满足现代化工程管理的需要。在数字孪生工程的实施过程中,专业技术团队的建设发挥着关键作用。团队成员之间的紧密协作,使得从前期规划、系统开发到工程实施及后期维护各环节的衔接更加顺畅。结合工程项目实际需求,培养具备数据分析、智能建模、工程仿真以及系统运维能力的复合型人才,使整个管理体系的技术支撑更加稳固。

5 结语

工程管理模式持续优化,依托智能分析、实时监测及虚拟仿真等技术手段,项目全生命周期管理逐步向精准化、高效化发展。施工及运维阶段的管理效率大幅提升,

工程运行的安全性得到有效保障。本文围绕数字孪生技术在工程管理中的应用,深入剖析实施路径。从政策导向、数据治理、技术突破、人才培养及全生命周期管理等多个方面,探讨该技术的应用策略。研究表明,构建完善的数字孪生体系,不仅有助于优化管理流程、提高资源利用率、降低运维成本,还能创造显著的经济及社会价值,为行业提供可借鉴的经验。未来,随着人工智能、云计算、大数据等先进技术的进一步发展,数字孪生在工程管理中的应用空间仍有巨大拓展潜力。

[参考文献]

- [1] 罗炜,谢明霞,陈杰,等. 数字孪生水利水电工程中 BIM 自适应流转技术研究 [J]. 水利水电快报,2024,45(3):118-123.
- [2] 李文谕. 基于数字孪生技术的水利水电工程地质勘察

[J]. 陕西水利,2024(4):118-121.

[3] 曹顺亚,李月华,裴志方,等. 数字孪生技术在水利水电工程中的应用 [Z]. 河海大学,浙江水利水电学院,河北工程大学,浙江省水利学会. 2024(第三届)城市水利与洪涝防治学术研讨会论文集. 黄河建工集团有限公司;黄河水文勘察测绘局;,2024:12-22.

[4] 阮廷益. 水利水电工程施工质量控制与管理 [Z]. 《中国建筑金属结构》杂志社有限公司. 2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(四). 广西国凯建设工程有限公司;,2024:113-114.

作者简介:王启玉(1990.2—),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:塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心,就职单位职务:一般干部,职称级别:工程师。

继电保护装置的故障诊断与维护管理方法

朱晓美 韩颀伊 曹子媛

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要] 继电保护装置是电力系统中保障设备安全、稳定运行的重要组成部分。随着电力系统的发展和设备的日益复杂化, 继电保护装置的故障诊断与维护管理成为了保证电力系统可靠性的重要课题。文中从继电保护装置的工作原理出发, 探讨了常见故障的诊断方法, 并提出了一种基于数据分析和智能化手段的维护管理方案。通过分析继电保护装置故障的典型实例, 结合现有的技术手段和管理经验, 探索了提高故障诊断效率与精准度的途径。研究表明, 合理的维护管理模式能够有效提高设备的可靠性, 减少故障率, 提升电力系统的安全运行水平。

[关键词] 继电保护装置; 故障诊断; 维护管理; 智能化; 故障案例

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15839

中图分类号: TM622

文献标识码: A

Fault Diagnosis and Maintenance Management Methods for Relay Protection Devices

ZHU Xiaomei, HAN Jinyi, CAO Ziyuan

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

Abstract: Relay protection device is an important component of ensuring the safe and stable operation of equipment in the power system. With the development of power systems and the increasing complexity of equipment, fault diagnosis and maintenance management of relay protection devices have become important issues to ensure the reliability of power systems. Starting from the working principle of relay protection devices, this article explores the diagnostic methods for common faults and proposes a maintenance and management plan based on data analysis and intelligent means. By analyzing typical cases of relay protection device faults and combining existing technical means and management experience, we have explored ways to improve the efficiency and accuracy of fault diagnosis. Research has shown that a reasonable maintenance and management model can effectively improve equipment reliability, reduce failure rates, and enhance the safe operation level of the power system.

Keywords: relay protection device; fault diagnosis; maintenance and management; intelligentization; fault cases

引言

继电保护装置在电力系统中承担着重要的保护功能, 其主要作用是迅速检测到电力设备的故障, 并及时切断故障电路, 防止故障扩大, 确保系统的稳定运行。继电保护装置也会因多种原因发生故障, 导致保护失效或误动作, 从而影响电力系统的正常运行。继电保护装置的故障诊断与维护管理显得尤为重要。随着信息技术的进步, 尤其是智能化技术的应用, 为继电保护装置的故障诊断与维护管理提供了新的解决思路。本文将详细探讨继电保护装置的故障诊断与维护管理方法, 提出相应的优化方案, 以提高电力系统的安全性与稳定性。

1 继电保护装置的工作原理与常见故障类型

1.1 继电保护装置的工作原理

继电保护装置是电力系统中保障电气设备和电网稳定运行的重要设备。其基本工作原理是, 当电力系统中出现故障时, 保护装置能够检测到故障信号, 并迅速切断故障电路, 避免故障进一步蔓延, 保护设备免受损害。继电保护装置通常由继电器、变压器、开关设备等组成。在运行过程中, 继电器根据系统电流、电压、频率等参数进行监测, 一旦监测到参数超出设定阈值(如电流过大、电压

异常等), 继电器便会启动, 从而激活开关设备, 迅速切断故障电路。继电保护装置根据不同的电气特性和功能要求, 分为过流保护、过压保护、接地保护等多种类型, 确保电力系统在各种故障情况下都能得到有效保护^[1]。

1.2 继电保护装置的常见故障类型

尽管继电保护装置在电力系统中发挥着至关重要的作用, 但在实际应用中, 继电保护装置也可能发生故障, 导致保护失效或误动作。常见的故障类型包括误动作故障、无动作故障和保护不灵敏故障。

误动作故障: 误动作故障是指继电保护装置在没有发生实际故障的情况下, 错误地启动并断开了正常电路。误动作故障通常是由设定值不当、继电器故障或电力系统扰动引起的。设定值不当是指继电保护装置的动作参数(如电流、电压、时间等)设置过于敏感或过低, 导致即使是系统中的轻微波动或非故障事件也会触发保护动作。设备故障、安装不当以及外部环境因素(如电磁干扰)也可能导致继电保护装置发生误动作。**无动作故障:** 无动作故障是指在电力系统发生故障时, 继电保护装置未能及时动作, 未能切断故障电路, 导致故障蔓延并造成严重后果。无动作故障常见的原因包括继电保护装置的设定值过高、设备

故障、线路连接不良或传感器失效等。当继电保护装置无法感知到电流或电压的变化时,它无法启动并采取必要的保护措施。

保护不灵敏故障:保护不灵敏故障是指继电保护装置在故障发生时反应迟缓或响应不充分。通常表现为保护装置响应时间过长,不能迅速切断故障电路,从而使故障扩展并影响整个电力系统的稳定性。这类故障可能由继电器的性能退化、电流电压测量误差、或继电保护装置内部逻辑设置不当等原因引起。保护不灵敏故障如果不及时处理,可能导致电力系统的事故加剧,甚至带来更大规模的停运风险。通过对继电保护装置常见故障类型的分析,可以帮助工程人员及时识别和解决问题,提高继电保护装置的可靠性和稳定性,从而保障电力系统的安全运行。

2 继电保护装置故障诊断方法

2.1 传统故障诊断方法

传统的继电保护装置故障诊断方法通常依赖于人工检测和判断。这些方法的优点在于操作简单,适用于对设备熟悉的工程人员,但也存在一定的局限性。最常见的传统故障诊断方法包括:

经验诊断法:工程技术人员基于多年经验,通过观察保护装置的工作状态和系统运行情况,手动进行故障排查。该方法的优点是能够迅速发现一些明显的故障问题,特别是在对设备了解较深的情况下,但也容易因人为主观因素而漏掉一些隐性故障。**试验检测法:**通过定期对继电保护装置进行现场试验或检测,检查设备是否存在故障。这些试验通常包括电气参数测试、动作性能测试等,能够在一定程度上发现设备的潜在故障。缺点是该方法较为繁琐且不能实时监控设备运行状态,且试验频率和时机可能影响诊断结果。**设备监测与报警法:**对继电保护装置进行基础的监控,若出现异常情况,及时发出报警,工程人员根据报警信息进行排查。尽管该方法能快速响应设备的异常,但在一些复杂故障情况下,无法提供足够详细的信息,难以快速定位故障源。这些传统方法虽在一定程度上能够进行故障诊断,但多依赖人工判断,效率较低且容易出现误诊。

2.2 基于数据分析的故障诊断方法

随着信息技术的发展,基于数据分析的故障诊断方法逐渐成为继电保护装置诊断的主流趋势。这类方法通过采集装置的实时运行数据,结合大数据分析、人工智能等先进技术,提高了故障诊断的精度和效率^[2]。

故障数据采集与分析:通过实时采集继电保护装置的电流、电压、频率等运行数据,利用数据挖掘技术分析系统中出现的异常波动。通过比对正常运行状态下的数据与实际运行数据的差异,可以初步判断故障的类型和范围。该方法能够实时监控设备状态,减少人工判断的误差。**机器学习与模式识别技术:**基于机器学习算法,系统通过学习历史故障案例和运行数据,构建故障诊断模型。这些算

法能够识别设备故障的潜在模式,自动发现异常情况,并与历史故障数据进行比对,从而提高诊断的准确性和响应速度。机器学习技术可以有效处理复杂的非线性问题,识别多种复杂故障模式。**智能化故障预测与报警系统:**借助物联网和云计算技术,构建远程监控与智能诊断平台,利用大数据分析预测继电保护装置可能出现的故障风险。当系统检测到异常时,能够自动报警并预测故障发生的概率和时间,提前采取应急措施,降低故障发生的影响。基于数据分析的故障诊断方法具有较高的自动化水平,能够实时、准确地诊断出继电保护装置的故障,并为后续的维修工作提供数据支持,从而有效提高了电力系统的稳定性和可靠性。

3 继电保护装置的维护管理策略

3.1 维护管理的目标与原则

继电保护装置的维护管理旨在确保装置长期稳定、可靠地运行,最大限度地减少故障发生频率,提升电力系统的安全性与可靠性。其维护管理的主要目标包括:降低设备故障率、延长设备使用寿命、减少维修成本、提高系统稳定性。为了实现这些目标,维护管理必须遵循以下几个基本原则:

预防为主:在保证装置运行正常的前提下,通过定期检查、维护和修复,尽量避免故障发生。预防性维护可有效避免不必要的停机和设备损坏。**实时监控:**借助现代信息技术,对继电保护装置进行实时监控,及时发现潜在问题,做到早发现、早处理。**持续改进:**根据设备运行状态和故障发生的历史数据,不断优化维护策略和管理流程,以实现持续的技术和管理提升^[3]。

3.2 继电保护装置的定期检修与预防性维护

定期检修和预防性维护是继电保护装置维护管理的传统方法。定期检修是指根据设备的使用情况和厂家规定的检修周期,定期对继电保护装置进行全面检查,确保其各项参数在正常范围内。检修内容包括对继电器的检查、触点的清洁、线路的检测以及设备运行数据的分析等。预防性维护则是在设备运行过程中,通过监测设备状态、分析运行数据,及时发现可能引发故障的隐患,并采取相应的维护措施。例如,通过定期的电流、电压测试,确保保护装置的响应时间和动作精度都处于良好状态。此外,预防性维护还包括设备的校验工作,以避免由于长期运行导致的误差积累,确保装置精度始终保持在最佳状态。定期检修和预防性维护有助于延长继电保护装置的使用寿命,并确保设备在高负荷和极端条件下能够持续稳定运行。

3.3 基于智能化技术的预测性维护

随着物联网、大数据和人工智能技术的发展,预测性维护成为继电保护装置维护管理的新趋势。预测性维护通过对设备的实时监测、数据分析与故障预测,提前识别设备潜在的故障风险,做到“治未病”。其基本原理是利用

传感器和数据采集设备实时收集继电保护装置的工作状态数据,如温度、电流、电压、动作时间等,并通过大数据分析技术对这些数据进行处理,识别出设备可能的故障趋势和潜在风险。基于这些数据,系统可以预测设备的故障时间、故障类型以及故障原因,并通过智能算法提前发出预警。这种方式可以提前安排维修工作,避免突发故障导致的设备停运和更大范围的损害。预测性维护还能够通过历史数据分析优化维护计划,使得维护工作更加精准和高效。

4 继电保护装置故障诊断与维护管理的优化方案

4.1 故障诊断优化方案

为提高继电保护装置的故障诊断效率和准确性,优化方案应着重于提升诊断技术的智能化和自动化水平。首先,结合大数据分析和人工智能技术,建立故障诊断模型,通过历史故障数据的训练和分析,使系统能够智能识别各种复杂的故障模式,提前进行预警。通过实时监控设备的运行状态,将采集的数据进行自动分析,生成实时故障诊断报告,提高诊断速度和准确性。优化故障诊断的决策支持系统,使其不仅能够识别常见的故障类型,还能够识别非典型故障和复杂故障。例如,结合机器学习技术,通过对大量历史数据进行深度学习,自动提取设备运行的关键特征,实现多维度、多角度的故障分析。最后,加强数据可视化管理,将故障诊断结果以图表、报告等直观形式呈现,帮助工程人员快速定位问题,并采取有效的解决措施。

4.2 维护管理优化方案

优化继电保护装置的维护管理方案,首先需要提高设备监控的实时性和全面性。通过物联网技术将各类传感器、监控设备和云平台连接,实现设备运行状态的远程监控与分析。利用传感器实时采集设备的温度、振动、压力等关键参数,通过云计算平台对数据进行处理,识别潜在故障并发出预警信号。这将使得维护人员能够及时了解设备状态,做到早期诊断、早期处理,减少传统的定期检查所带来的不必要停机。维护管理应更加注重精细化与智能化。通过建立设备的数字化档案,对设备进行全生命周期的跟踪管理。基于数据分析,调整维护周期和策略,避免过度维护和漏检现象。例如,在预测性维护的基础上,根据设备的实际运行状态动态调整维护计划,以确保维护工作既高效又经济^[4]。

4.3 案例分析与实践

在某电力公司对继电保护装置进行故障诊断和维护

管理优化的实践中,采用了基于大数据分析和智能算法的故障诊断系统。通过对历史故障数据的分析,该系统能够实现自动故障诊断,并提供详细的故障信息和处理建议。系统的应用大大提高了故障诊断的准确性和效率,故障响应时间缩短了约30%。与此同时,该公司还引入了基于物联网的远程监控技术,对继电保护装置进行实时监控。通过传感器和监测设备,能够及时检测到设备的异常情况并发出预警,确保了设备的稳定运行。在维护管理方面,该公司通过优化维护计划,结合智能化的设备管理系统,调整了定期检查的周期,减少了设备的停机时间,并确保了资源的高效配置。通过采用智能化的预测性维护策略,结合设备的实时数据进行分析,提前诊断出潜在故障并及时采取维修措施,进一步提高了系统的可靠性和设备的使用寿命。结合智能化技术和数据分析的故障诊断与维护管理优化方案,不仅提高了继电保护装置的工作效率,还有效减少了故障发生率,为电力公司节省了大量的维护成本,提升了电力系统的整体稳定性。

5 结束语

继电保护装置作为电力系统中的关键组成部分,承担着重要的安全保障任务。本文通过分析继电保护装置的故障类型,探讨了常见的故障诊断方法与维护管理策略,提出了基于数据分析与智能化技术的优化方案。智能化、数据驱动的故障诊断与维护管理方法能够有效提升继电保护装置的诊断精度,减少故障发生频率,提高电力系统的稳定性与安全性。未来,随着技术的不断发展,继电保护装置的故障诊断与维护管理将更加智能化和自动化,为电力系统的高效运行提供有力保障

[参考文献]

- [1]王荣印,彭先.基于大数据的继电保护装置故障诊断技术研究[J].电气技术与经济,2025(1):391-393.
 - [2]贾轶峰.基于配电自动化与继电保护技术的协同保护故障与应对策略[J].光源与照明,2024(12):162-164.
 - [3]余翔.Apriori 算法继电保护装置缺陷自动诊断方法[J].无线互联科技,2024,21(24):100-102.
 - [4]王宇轩,胡威.新型电力系统的继电保护隐藏故障及预防措施分析[J].电工技术,2024(2):674-676.
- 作者简介:朱晓美(1991.12—),女,河南省内黄县人,汉族,研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州市供电公司,从事变电二次运检工作。

电力灾害应急通信卫星系统的架构与运维分析

张 垠

国网山西省电力公司信息通信分公司, 山西 太原 030000

[摘要]近年来, 台风、洪水、地震等自然灾害频发, 严重威胁着电网的安全稳定运行。尽管现有应急通信系统已包括指挥中心、移动通信车、卫星终端等关键设施, 但带宽受限、系统融合度不足以及智能化水平较低等问题仍然存在, 这些问题在一定程度上影响了抢修工作的效率。为了提升电网的应急保障能力, 迫切需要加强卫星通信与地面网络的融合, 并优化系统架构与运维管理。

[关键词] 电力灾害; 应急通信; 卫星系统; 系统架构; 运维

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15830

中图分类号: TM734

文献标识码: A

Architecture and Operation Analysis of Emergency Communication Satellite System for Power Disaster

ZHANG Yin

Information and Communication Branch of State Grid Shanxi Electric Power Company, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract: In recent years, natural disasters such as typhoons, floods, and earthquakes have occurred frequently, seriously threatening the safe and stable operation of the power grid. Although the existing emergency communication system includes key facilities such as command centers, mobile communication vehicles, and satellite terminals, problems such as limited bandwidth, insufficient system integration, and low level of intelligence still exist, which to some extent affect the efficiency of emergency repair work. In order to enhance the emergency support capability of the power grid, it is urgent to strengthen the integration of satellite communication and ground networks, and optimize the system architecture and operation and maintenance management.

Keywords: electricity disasters; emergency communication; satellite system; system architecture; operation and maintenance

引言

电网的稳定运行对国家经济和民生至关重要, 但极端天气和突发事件常导致通信中断, 影响应急调度效率。传统通信手段在灾害环境中容易受损, 难以满足电力抢修需求。为此, 卫星通信凭借其广泛覆盖、高可靠性和强抗灾能力, 成为电力应急通信的关键技术。分析卫星通信系统的架构、运维管理和安全防护, 并探讨了如何通过结合卫星通信、5G 和人工智能, 进一步提升电网应急通信能力。

1 电力灾害应急通信卫星系统现状分析

极端天气、地震、洪水等自然灾害频发, 严重威胁电力系统的安全与稳定运行。电力设施遭受破坏时, 通信网络通常是首个受影响的环节, 导致调度指挥瘫痪、抢修效率降低, 甚至可能引发大范围停电。为提升应急处置能力, 国家电网公司加快了应急通信体系建设, 建设了应急指挥中心并投入使用移动通信车, 初步形成了地面应急通信系统。传统通信方式仍面临覆盖范围不足、受地形干扰及容量限制等问题, 难以满足特大灾害中的需求。卫星通信系统因其广覆盖、超远距离、不依赖地面基础设施的优势, 逐渐成为电力灾害应急通信的重要方案。与传统通信方式相比, 卫星通信在灾害环境中能够迅速恢复电力调度与抢修现场的联系。为提高通信可靠性与响应速度, 国家电网已实施卫星通信试点, 结合静止轨道卫星 (GEO) 与低轨

道卫星 (LEO) 技术, 实现与地面应急网络的融合, 增强了通信系统的抗毁能力。尽管取得初步进展, 仍面临技术与运维挑战。卫星带宽资源有限, 如何优化频谱利用与提升数据传输效率是关键问题。卫星终端的便携性、低功耗设计及快速部署能力仍需提高。此外, 现有通信系统的多网融合不足, 卫星通信、5G 专网、短波电台等手段之间的协同调度需进一步加强, 以确保在各类灾害环境下提供稳定、高效的通信保障。未来, 应推动卫星应急通信技术的研究与应用, 完善电力灾害应急通信体系, 提升电网应对突发事件时的响应能力与抢修效率。

2 电力灾害应急通信卫星系统架构

2.1 系统总体架构设计

电力灾害应急通信卫星系统由空间通信层、地面接入层及指挥调度层三个部分构成, 形成了天地一体化的应急通信网络, 确保在极端灾害环境下仍能保持高效的通信保障。在空间通信层, 系统依赖于静止轨道卫星 (GEO) 与低轨道卫星 (LEO) 协同工作。静止轨道卫星提供广泛的覆盖范围, 能够满足大规模的通信需求; 而低轨道卫星则以其低延迟和灵活性增强了局部区域的通信能力, 特别是在灾区的即时通信需求上, 发挥着至关重要的作用。地面接入层由应急通信车、便携式卫星终端和固定地面站组成, 应急通信车集成卫星、微波以及 5G 网络技术, 具备快速

部署的能力,能够在灾害发生后迅速投入使用;便携式卫星终端则为一线抢修人员提供远程通信支持,使其在偏远或受损地区顺利开展工作。在指挥调度层,国家电网调度中心及各级指挥中心通过融合卫星通信、光纤网络、5G技术及短波电台,确保了实时的调度指挥与数据共享,此融合模式显著提高了应急响应效率,确保了信息的畅通与协调。整个系统架构强调多通道冗余、智能调度与快速部署,能够在正常运营状态下进行监测与预警,确保及时应对潜在的危害威胁。一旦灾害发生,系统将迅速切换至高优先级模式,确保电网调度与抢修的通信不受影响。未来,随着人工智能与大数据分析技术的进一步结合,系统的智能化水平将得到提升,提供更强的支持,进一步增强电力应急响应能力。

2.2 卫星通信网络结构

电力灾害应急通信的卫星网络结构由卫星段、地面段及用户终端三大部分构成,旨在确保在常规通信系统受损的情况下,依然能够维持稳定的远程指挥与抢修支持。卫星段结合了静止轨道卫星(GEO)与低轨道卫星(LEO),二者协同工作。GEO卫星提供广域的稳定覆盖,保障了大范围的宽带通信;而LEO卫星凭借低时延与高传输速率的特点,在灾区能够迅速建立数据链路,增强了通信系统的弹性与灵活性。地面段包括卫星地面站、应急指挥中心及中继设备,卫星地面站与卫星保持长期连接,确保调度信息能够实时传输。应急指挥中心通过融合卫星、光纤、5G专网等技术,实现了多通道的调度与指挥。中继设备,如便携式卫星终端与车载通信站,能够在灾区快速部署临时通信节点,从而扩展通信网络的覆盖范围,提升网络的灵活性与应变能力。用户终端主要包括抢修人员使用的便携式卫星设备及车载通信站,这些设备能够支持语音、视频及数据的实时回传,确保现场信息迅速传递至指挥中心,从而提高了应急响应的效率与准确性。该卫星通信网络采用了多层次的架构,通过卫星组网与地面网络的紧密融合,在灾害发生时可以快速接入,确保电网调度与抢修工作的连续性与可靠性。

2.3 地面通信设施与调度中心

地面通信设施与调度中心共同构成了电力灾害应急通信的核心支撑部分,主要负责信息的采集、传输、处理及决策调度,以确保在灾害发生时电网抢修工作能够高效协同。地面通信设施包括固定通信站、应急通信车以及便携式终端等。通过连接卫星与光纤骨干网,固定通信站保障了稳定的双向数据传输;应急通信车将卫星、微波及5G专网技术整合,能迅速部署至灾区现场并建立临时指挥通信链路;便携式终端为抢修人员提供了远程视频、语音及数据回传功能,显著提高了现场作业效率。调度中心由国家电网调度中心、省级应急指挥中心以及区域分中心构成,形成了层级化的调度体系,该体系通过卫星通信、

光纤专网、短波电台及公网的融合,建立了冗余通信网络,确保指令在不同通信环境下得以顺畅传递。结合AI技术与大数据分析,调度中心可实时监测电网状态,精准优化抢修资源的调配,从而提升整体应急响应能力。系统整体采用了分布式架构与多网络融合策略,即便在大规模灾害导致部分通信基础设施受损时,依然能保障电力抢修指挥的连续性与稳定性。

2.4 终端设备与用户接入方式

终端设备作为电力灾害应急通信卫星系统的核心组成部分,其性能直接决定了抢修人员的通信能力与调度效率。该系统的终端设备包括便携式卫星终端、车载通信站及固定卫星地面站,旨在根据不同的应用需求提供灵活多样的通信支持。便携式卫星终端设计小巧便于携带,专为抢修人员在灾区现场单兵作业时而设,能够提供语音、视频及数据通信功能。通过卫星链路,该终端设备能够实时传输电网故障信息,从而确保前线与后方之间的高效协同。车载通信站主要配置在应急通信车内,结合卫星、微波及4G/5G等多种通信方式,能够在灾区迅速搭建临时指挥中心,该设备为抢修队伍提供稳定的宽带连接,支持远程调度指挥,确保指挥效率在现场条件不利的情况下依然保持畅通。固定卫星地面站一般设立于电网调度中心及关键变电站,负责与卫星保持长期稳定的连接,确保灾害发生时,指挥中心能够迅速接入卫星通信网络,并与前线抢修队伍保持持续稳定的联系。用户接入方式采用多网络融合模式,支持卫星通信、蜂窝网络、Wi-Fi等多种接入方式。终端设备可根据信号质量自动切换,以保证数据传输的稳定性与可靠性。此外,系统还根据不同用户的需求,如指挥中心、抢修人员及后方专家,提供不同的接入权限,确保远程协作的安全性与高效性。

2.5 多系统融合与互联互通

电力灾害应急通信系统必须具备高度的系统融合性与互联互通能力,以确保不同通信网络、设备及平台之间的信息能够顺畅衔接,从而提升应急响应的协同效能。该系统采用了“卫星+地面专网+公网”融合模式,结合卫星通信、光纤专网、5G专网、短波电台等多种通信手段,建立了冗余备份的多通道网络。在某一网络受损时,其他通信链路仍能保持畅通,从而确保信息能够持续传递。同时,系统能够与电网调度系统、地理信息系统(GIS)及应急指挥平台进行无缝对接,支持故障定位、抢修路径优化及远程指挥调度,进而提高调度决策的精准性。在互联互通方面,系统能够实现跨部门与跨区域的数据共享。通过统一的指挥调度平台,不同省级电网公司、国家电网调度中心及地方政府的应急管理机构能够实现信息共享,有效避免了“信息孤岛”现象。结合AI与大数据分析,系统能够智能地选择最优通信通道,优化带宽分配,确保关键任务的优先传输,从而提升应急调度的智能化水平。通

过深度融合多种通信技术并建立高效的互联互通机制,系统能够在复杂的灾害环境中提供稳定、灵活且高效的通信保障,强有力地支持电网抢修及应急指挥工作的顺利开展。

3 电力灾害应急通信卫星系统的运维管理

3.1 系统运行监测与状态评估

电力灾害应急通信卫星系统的运行监测与状态评估对其长期稳定与高效运行至关重要^[1]。为及时发现并预防潜在故障,系统设计了全方位的实时监控机制,涵盖卫星链路、地面站及终端设备等关键环节。通过网络监控平台,系统能够持续追踪卫星信号质量、链路稳定性、数据传输速率等重要指标。同时,结合远程遥测、故障日志分析与AI智能诊断,通信状态得以实时评估。若链路质量下降或设备出现异常,系统将立即发出预警信号,通知运维人员快速响应,从而确保应急通信的畅通无阻。为进一步提升系统可靠性,定期开展通信能力评估与压力测试,模拟极端灾害情况下的负载波动,进而验证系统在高并发及恶劣环境下的稳定性。基于测试结果,系统能够优化资源调度方案,提升应对突发情况的能力。借助智能化的监测机制与动态评估,系统能够始终保持在最佳工作状态,确保为电网抢修及应急指挥提供稳定、可靠的通信保障。

3.2 故障诊断与快速恢复机制

电力灾害应急通信卫星系统的故障诊断与快速恢复机制,是确保应急通信可靠性与连续性的核心要素。通过智能监控、自动化诊断以及分层应急响应,该系统能够在发生故障时,及时识别问题并迅速恢复通信。内置的实时故障监控与告警模块,通过AI分析链路质量、信号衰减、设备状态等关键指标,一旦异常被发现,故障源便能立即被定位,并根据预设规则划分故障级别,明确影响范围与紧急程度^[2]。系统采取分级恢复策略,应对不同的故障情形。例如,在遇到轻微链路波动时,功率自动调节或切换至备用通道等措施,可迅速修复问题;面对硬件故障,如卫星终端损坏或通信设备失效时,附近的备用设备调动或远程软件修复能减少影响;在极端情况下,系统会迅速切换至低轨卫星或公网通信,确保关键数据传输不受中断。此外,系统还具备远程诊断与专家协作功能,运维人员能够通过云平台调取历史数据,分析故障发展趋势,并与指挥中心进行协作决策,从而提升恢复效率。借助智能化、分层次的响应机制,该系统能够最大限度地减少故障对通

信的干扰,确保电力抢修与调度工作的高效开展。

3.3 网络安全与数据保护

电力灾害应急通信卫星系统的网络安全与数据保护至关重要,直接影响着应急调度的稳定性及信息传输的安全性。为了有效应对网络攻击、数据泄露及非法入侵的风险,系统采取了多层防护机制,并结合加密认证与智能检测技术。在网络安全方面,系统通过专网隔离、动态访问控制以及多重身份验证来管理不同级别用户的权限,防止未经授权的访问^[3]。为了实时监控潜在威胁,防火墙、入侵检测系统(IDS)与安全信息事件管理(SIEM)等技术被部署,能够及时识别并阻止异常行为。在数据保护方面,端到端加密技术、分布式存储与异地备份被应用,以确保通信内容在传输、存储及访问过程中不被篡改或泄露。对于关键数据,国密算法(SM2、SM3、SM4)被用来进行加密,从而提升抗攻击能力。同时,区块链技术也被引入,以确保数据的可溯源性,防止篡改与伪造。系统的一部分还包括定期的网络安全演练与漏洞扫描,通过模拟攻击来测试防御能力,并根据测试结果不断优化安全策略,以应对复杂多变的网络威胁。通过这些综合性的安全防护措施,电力应急通信系统能够在极端灾害情况下,依然提供可靠的安全保障,支持电网调度与抢修工作的顺利进行。

4 结语

电力灾害应急通信卫星系统对电网安全运行至关重要。本文分析了其架构、运维管理与安全防护,强调了多网络融合、智能监控与快速响应机制的重要性。随着高通量卫星、5G技术和人工智能的不断进步,系统将变得更加智能高效,进一步提升应急通信能力,为电网稳定运行和社会可持续发展提供有力支持。

[参考文献]

- [1]陈曦,刘倩,杨斌,等.电力应急通信系统建设探讨[J].电力安全技术,2022,24(1):11-13.
 - [2]杨光辉,王刚.电力应急指挥系统设计及其关键技术研究[J].信息技术,2021(11):93-98.
 - [3]金翠,特古斯.内蒙古电力应急通信指挥系统建设技术方案[J].电子技术与软件工程,2019(3):26-27.
- 作者简介:张垠(1995.11—),男,毕业院校:中国科学院大学,所学专业:电子与通信工程,当前工作单位:国网山西省电力公司信息通信分公司。

征 稿

《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

ISSN 2717-5383



9 772717 538251