



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 11

第8卷 总第59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11期（总第59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：11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：195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,

Singapore 168976

学术主编：余 亮

责任编辑：金 星

学术编委：丁 飞

罗 超

杜永纯

古彦华

王 超

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

数字化测绘技术在水利工程测量中的应用	谭春游 张思龙 1
关于水利工程中河道堤防护岸工程施工技术的研究	艾孜买提·阿布都热衣木 5
水利枢纽工程地震应急管理体系构建与研究	段自成 9
水利工程中土方开挖施工技术要点分析	玉素甫江·吐拉洪 13
水利工程施工阶段质量管理控制要点分析	苏爱热·艾尼完 17
基于 BIM 技术的水利水电混凝土施工优化应用研究	贾丽清 21
持续推进农田水利和高标准农田建设	乔诚岗 25

水文水资源

地下水资源与地表水互补管理与优化分析	王海霞 29
地表水蓄水灌溉及水资源供需平衡分析方法研究	马 菊 33

水土保持

风沙区水利工程水土保持措施的实施与监督机制研究	韩小飞 37
风电场施工扬尘控制与水土保持措施的协同实施策略	吕 垠 41

节水灌溉

水利工程大型灌区规划及节水技术问题研究	朱长江 45
---------------------------	--------

能源动力工程

新能源发电在电力系统中的应用探讨	吴珂哲 49
------------------------	--------

水电建设

水利水电施工过程中边坡开挖支护施工质量控制研究	薛晶晶 53
水利水电工程地质灾害与防御措施	汪祥兆 57

风电场建设施工关键技术与质量控制研究..... 冉启飞 61

电力工程

标准化作业在电力安全生产管理中的应用..... 孙 伟 65

柱上开关在分布式电源接入场景下的运行协调研究.....

..... 张庆兵 李 强 邵珠岩 69

电力电网设备故障诊断与智能维护技术研究.... 王 光 73

复杂山区输电线路覆冰灾害风险评估与差异化治理策略

..... 魏强国 道 杰 陈颂颂 崔家瑞 冉 涛 77

火电厂机组深度调峰运行特性与控制策略研究.....

傅 金 崔清博 刘 翔 郑 浩 苗晏玮 史雨柔 81

配电电缆接头故障预防措施研究..... 吕 爽 丁 楠 85

电气工程

建筑电气接地系统与雷电防护的协同设计及性能验证研究..... 赫军硕 90

商业综合体建筑电气负荷预测模型构建与供配电方案研究..... 刘世强 94

建筑电气节能中变频电梯回馈电能利用效率实测研究.....

..... 武海天 98

建筑电气应急照明系统智能控制设计与应急响应效率研究..... 王 策 102

技术解决方案

锅炉负荷波动对 NOx 生成特性的影响研究.....

..... 李亚川 刘玉洁 郝乐杨 106

中小型泵站节能改造技术应用研究..... 宋 扬 周 洁 110

运行维护

尾水管补气管结构强化改造及补气短管拆除可行性分析..... 尤军波 柳 超 114

综合研究

基于智能电网的电力营销信息化技术应用..... 赵永强 119

城市内河淤泥干化处理方法的研究与探讨..... 李 英 123

数字化测绘技术在水利工程测量中的应用

谭春游¹ 张思龙²

1.贵港市润港工程勘察设计有限责任公司, 广西 贵港 537100

2.广西贵港市港南区湛江镇农业服务, 广西 贵港 537100

[摘要]传统测绘技术大多依赖人工来操作, 所以很容易受到周边环境状况的影响, 其测量所得到的精度往往比较低, 最终的结果也难以保证准确性。与之相比, 数字测绘技术在数据的精确程度、安全防护、完整性以及信息的丰富多寡等方面都呈现出较为突出的优势, 并且还进一步提升了测量工作的自动化水平以及整体效率。它的核心技术涵盖了全球定位系统也就是 GPS、地理信息系统即 GIS、遥感技术以及数字化地图方面的处理技术, 这些技术在工程测量相关领域当中的应用是相当广泛的。在未来的发展趋势上, 数字测绘会朝着综合化以及智能化的方向去推进, 进而能够为重点工程项目以及智能城市的建设给予关键性的支持助力。

[关键词]数字化测绘技术; 水利工程; 工程测量; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18324

中图分类号: TV221

文献标识码: A

Application of Digital Surveying and Mapping Technology in Water Conservancy Engineering Surveying

TAN Chunyou¹, ZHANG Silong²

1. Guigang Rungang Engineering Survey and Design Co., Ltd., Guigang, Guangxi, 537100, China

2. Guigang Gangnan Zhanjiang Agricultural Services, Guigang, Guangxi, 537100, China

Abstract: Traditional surveying techniques mostly rely on manual operation, so they are easily affected by the surrounding environmental conditions. The accuracy of their measurements is often low, and the final results are difficult to guarantee accuracy. Compared with it, digital surveying technology has shown outstanding advantages in terms of data accuracy, security protection, integrity, and information richness, and has further improved the automation level and overall efficiency of measurement work. Its core technologies include global positioning system (GPS), geographic information system (GIS), remote sensing technology, and digital map processing technology. These technologies have a wide range of applications in engineering surveying related fields. In the future development trend, digital surveying will move towards integration and intelligence, which can provide critical support and assistance for key engineering projects and the construction of smart cities.

Keywords: digital surveying and mapping technology; water conservancy engineering; engineering surveying; technology application

引言

随着水利工程规模变得越来越大, 管理需求也一天比一天复杂起来。传统的人工测量以及纸质地图的方式, 已经没办法满足现代水利工程在精度、效率还有信息化等方面的要求了。数字化测绘技术应运而生, 给水利工程测量带来了全新的技术手段以及管理模式。它依靠遥感影像、GPS 定位、激光雷达、地理信息系统 (GIS) 等技术, 能够对水利工程区域实现高精度、快速且全面的数据采集、处理以及分析。和传统测量方法相比, 数字化测绘不但提升了测量效率和数据精度, 而且还能实现多源信息的集成、

空间数据的可视化以及三维建模, 让工程设计、施工布置以及运行管理变得更加科学化且更有可控性。在水利工程里, 数字化测绘技术既应用于地形测量、河道勘测、堤坝监测等基础测绘环节, 又可以构建信息化平台, 为洪水防控、水资源管理以及工程运维给予决策方面的支持。本文要系统地去探讨数字化测绘技术在水利工程测量中的关键技术以及应用实践, 剖析其在遥感成像、数字地图制作以及基础信息平台构建中的具体作用与优势, 从而为提高水利工程测量效率、精度以及信息化管理水平给出理论依据和实践方面的参考。

1 数字化测绘技术的特点

1.1 测量效能高

数字化测绘技术于水利工程测量而言,展现出了极为突出的高效特性,其可大幅度提升测量工作的速率以及精度水平。相较于传统的依靠人工来开展的测量方式来讲,数字化测绘凭借运用诸如无人机航测、激光雷达、卫星定位等一系列先进的技术手段,达成了数据采集以及处理方面的自动化操作,如此一来便能够让大面积区域的地形、地貌相关信息在相对较短的时间内得以较为精准地获取到。与此所获得的测量数据还可在计算机当中直接展开实时的分析以及建模工作,这便极大地缩减了数据整理以及成图所花费的周期时长,进而提升了测量成果的实际可用程度以及时效方面的特性。数字化测绘系统是支持多源数据的集成与共享的,这就使得测量结果能够在设计环节、施工环节以及管理环节等诸多环节当中都能够实现高效的运用,进而达成工程测量整个过程中的高效协同以及科学决策的目标,切实体现出测量效能颇高的技术优势所在。

1.2 信息易于存储

数字化测绘技术具备完善的信息管理系统,突出数据存储便利的优势,对比传统人工收集方式,通过数字化测绘技术进行工程测量数据信息化处理,传输到管理系统,对数据分析、处理、分类、存储,再传输到管理人员手机终端,可以避免出现二次测量,以此来降低测量成本。同时,数字化测绘突出时效性,可结合工程变动进行测量方式、数据的实时更新,满足工程不同情况下的差异化需求。

1.3 图形属性丰富

数字化测绘技术有这么一个特点,就是它生成的图形属性特别丰富。它能呈现地形地貌的几何特征,还能把多种空间信息和属性数据融合起来,给水利工程的设计与管理提供多方面的信息支持。借助数字化技术,测绘成果能包含地表高程、坡度、水系分布、植被覆盖、土壤类型等诸多要素,达成对地理空间的细致表达。数字化图形还支持图像叠加、属性查询、三维可视化等功能,能让工程技术人员在统一的平台上对测量数据做综合分析并进行动态展示^[1]。和传统的二维图纸比起来,数字化测绘图形信息量更多,更新也方便,可扩展性也很强,给水利工程的规划、设计、施工以及后期管理带来了更为科学、直观的技术助力,大幅提高了测绘成果的应用价值以及决策效率。

2 水利工程测量中的数字化测绘关键技术

2.1 数字化遥感技术

数字化遥感技术在水利工程测量领域属于应用颇为广泛且颇具价值的一项关键技术。其借助卫星、航空器或

者无人机这类平台来获取地表以及水体的影像方面的信息,并且凭借传感器针对地表所反射出来的电磁波展开接收以及分析的操作,进而达成对地形地貌、水系分布、水体变化等诸多要素予以高精度识别以及监测的目的。这项技术有着覆盖范围较为广阔、数据获取的效率颇高、周期相对较短以及重复性较强等多项优势,可于不受地形条件约束的情形下迅速掌握工程区域的整体实际状况。经过对遥感影像实施数字化处理的操作,能够生成具有高分辨率的地表模型、河道变化图以及水域分布图,以此为水利工程的选址环节、设计阶段以及施工过程给予精确的地理空间信息方面的有力支撑。除此之外,再结合多时相遥感影像展开分析,还能够实现对洪水、泥石流等灾害进行动态监测以及预警的功能,进而为水利工程开展防灾减灾工作给出科学的依据,由此促使测绘工作的智能化以及信息化水平得到大幅度的提升。

2.2 数字化原图技术

数字化原图技术在水利工程测量里有着极为关键的基础性以及枢纽性作用,其乃是把传统工程测绘成果转变为具备空间参照、属性信息并且有可编辑特性的数字化地图的重要手段。这项技术包含诸多环节,像高精度坐标控制、矢量化处理、正射校正、要素分割与属性赋值、地理配准以及投影转换等。借助全站仪、GNSS、激光雷达还有航测影像等多种来源的数据当作基础,并且联合专业软件针对传统纸质图件或者扫描影像展开自动或者半自动的矢量化操作以及拓扑修复工作,以此来保障图件的几何精度以及拓扑一致性,并且着重关注坐标基准、投影参数还有高程控制的一致性,进而确保数字原图能够在不同平台之间实现可交换以及可叠加的特点。

2.3 数字化成图技术

数字化成图技术于水利工程测量工作而言,乃是关键环节所在,其负责对所采集的空间数据、遥感影像以及测量成果加以集成、分析并予以表达,此技术亦是达成测绘成果信息化以及可视化的重要技术途径。该技术借助计算机软件来对测量数据展开处理以及建模操作,凭借自动成图、矢量编辑、地形渲染、符号表达以及空间分析等一系列功能,把复杂的地理空间信息转变成直观、精确且可交互的数字地图。数字化成图不但能够实现多源数据的融合,像地形测量数据、遥感影像、水文观测数据等,而且还能够依据工程需求自动生成断面图、等高线图、三维地形模型以及工程设计辅助图件^[2]。其具备高效的数据处理能力以及灵活的制图表达方式,这就让成图成果在精度、完整性以及更新速度等方面有了大幅度的提升。

2.4 全球定位系统

全球定位系统（GPS）属于数字化测绘技术体系里极为关键的部分，在水利工程测量方面，其起到的是高精度定位以及实时动态监测这样的核心作用。该系统借助接收卫星信号的方式，能够迅速获取地面测量点的三维坐标、速度还有时间信息，具备定位精度颇高、作业效率颇高、受气候影响相对较小以及应用范围颇为广泛等诸多明显优势。和传统的三角测量以及导线测量相比较而言，GPS 测量能够在复杂地形环境之下开展大范围的同步观测，这使得测绘工作的自动化程度以及智能化水平都得到了大幅度的提升。在水利工程这个领域当中，GPS 技术被广泛应用于坝体变形监测、渠道中心线测设、水库库区测量、河道断面定位以及施工机械导航等诸多环节，凭借差分定位（DGPS）或者实时动态定位（RTK）技术，能够达成厘米级甚至毫米级的高精度测量效果。

2.5 地理信息系统

GIS 属于水利工程测量里达成空间信息集成、分析以及可视化表达的关键技术，于数字化测绘体系当中有着承上启下的关键作用。此系统把空间数据库当作基础，经过对测绘数据、遥感影像、地形模型还有工程信息展开综合处理的方式，达成地理空间信息的采集、存储、管理、分析以及可视化目的。GIS 可针对水利工程测区的地形地貌、水系分布、土地利用以及水文变化完成空间建模，同时也能够实现多源数据的叠加分析，从而给工程规划设计、施工布局、运行调度以及防灾减灾给予精准的空间决策方面的支持^[3]。在水利工程测量方面，GIS 可以把 GPS 测量、遥感监测以及地形数据有机地融合起来，构建起能够动态更新的数字地理信息平台，进而实现水库、堤坝、河道、灌溉系统等诸多要素的精确定位以及三维展示效果。

3 水利工程中数字化测绘技术的应用

3.1 在水利工程遥感成像方面的应用

在水利工程领域当中，数字化测绘技术于遥感成像方面的运用，使得测量精度得到了大幅度的提升，同时也让信息获取的范围变得更加广泛，进而为工程规划、设计以及管理等方面给予了极为有力的技术方面的支撑。借助高分辨率卫星影像、航空摄影还有无人机遥感等一系列手段，能够在较短的时间内便获取到大面积水域、地形以及植被所对应的空间信息，从而达成针对流域地貌、水系分布状况、水体变化情况以及土地利用情形的动态监测目的。将遥感成像技术同数字化处理手段相互结合起来，是能够生成诸如数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）以及数字地表模型（DSM）等诸多基础数据的，这些数

据能够为水利工程的选址工作、设计环节以及施工过程给予精确的地理信息方面的支持。与此通过对多时相遥感影像展开对比分析的操作，便可以实时且有效地监测河道的变迁情况、水库的蓄水状况、堤防的稳定性以及水土流失的程度等情况，进而为防洪减灾相关事宜、水资源管理工作以及生态修复方面的工作都提供具备科学性的依据。

3.2 在水利工程数字地图制作方面的应用

在水利工程领域当中，数字化测绘技术于数字地图制作层面所开展的应用，切实有效地提升了测绘成果的精度水平，让其可视化呈现效果得以优化，并且大幅提高了信息利用的效率。这就为工程设计环节、施工阶段以及后续的管理工作都给予了可靠的数据支撑。借助对遥感影像、GPS 测量所获取的数据、激光雷达点云以及传统测量所取得的成果展开数字化处理并加以融合的方式，可以迅速生成精度颇高的二维以及三维数字地图。这些地图不单单包含了地形地貌、河道、水库还有堤坝等诸多基础要素，而且还能够将水文、土壤、植被等相关属性信息进行集成，进而达成多要素、多层级的信息表达效果^[4]。在制作数字地图的过程中，凭借计算机辅助制图软件，结合自动化成图功能、符号化表达方式、拓扑修正操作以及空间分析等各项功能，使得地图具备了不错的可读性、可更新性以及可扩展性。在实际的工程实践里，数字地图能够直接运用于水利工程的选址工作、施工布置安排、管线敷设事宜、灌排系统规划等方面，同时也能够在洪水防控以及应急调度方面发挥作用。并且还能够支持与 GIS、BIM 等信息系统实现无缝对接，从而达成数据共享以及动态更新的目的。

3.3 在水利工程基础信息平台构建方面的应用

在水利工程领域当中，数字化测绘技术于基础信息平台构建层面所开展的应用情况，给工程规划工作、设计环节、施工进度以及运行管理等方面都给予了较为完备的技术方面的有力支撑，并且还为其提供了可供参考的决策依据。把像遥感影像这类数据、GPS 测量所获取的数据、激光雷达点云数据、数字原图以及数字地图等多种不同类型的空间数据整合汇聚到同一个统一的信息平台之上，如此一来便能够达成对水利工程各类相关信息实施集中化的管理目的，同时也可实现这些信息的可视化呈现展示效果。此平台一方面能够针对水库、河道、堤坝、灌排系统等在水利工程里占据关键地位的各类设施展开三维模型构建操作，并且还能对其进行动态化的监测；另一方面该平台还能够联合水文方面、水质方面、土壤方面、地质方面以及气象方面的诸多辅助数据，进而完成对工程所处环境的全方位分析以及相关风险的评估事宜。与此这个基础

信息平台还具备支持数据实现实时更新的功能,而且还能够促成多部门之间以及多用户之间的数据共享,借此可以将测绘工作的成果、施工的具体进度情况、养护方面的信息以及监测所得到的数据相互融合起来,如此便能够让工程管理人员更为便捷地开展科学合理的决策工作、对资源配置加以优化调整以及在应急情况下进行调度安排。

4 结语

数字化测绘技术于水利工程测量方面的运用,使得测量的精度、效率以及信息化水平都得到了大幅度的提升,给工程规划、设计、施工还有运行管理带来了可靠的数据支持。借助遥感、GPS、GIS 以及数字地图等技术加以综合运用,一方面达成了对水库、河道、堤坝等关键设施的全方位监测以及三维可视化管理,另一方面也为防洪减灾、水资源调度以及工程维护给予了科学依据。伴随数字化测绘技术持续不断地发展和完善,它在水利工程当中的应用

会变得更为智能化且集成化,进而为水利工程的安全、高效以及可持续发展筑牢了坚实的保障,同时也为智慧水利以及数字化管理模式的推广打下了基础。

【参考文献】

- [1]陈伟.数字化测绘技术在工程测量中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024,(7):52-54.
- [2]黄亚文,王亚丽.数字化测绘技术在水利工程测量中的应用[J].科技与创新,2025,(15):208-211.
- [3]王利军.数字化测绘技术在水利工程测量中的应用[J].中国信息界,2025,(5):47-49.
- [4]张津.水利工程测量中数字化测绘技术的应用研究[J].科技资讯,2024,22(21):179-181.

作者简介:谭春游(1994.6—),毕业院校:桂林理工大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位:贵港市润港工程勘察设计院有限责任公司,职务:测量技术员,职称级别:助理工程师。

关于水利工程中河道堤防护岸工程施工技术的研究

艾孜买提·阿布都热衣木

新疆鸿源润泽建设工程有限公司, 新疆 伊犁 835200

[摘要]随着区域经济不断发展,社会也在持续进步,同时水利建设规模变得越来越大,在这样的情况下,河道堤防护岸工程在水利工程体系当中占据着极为关键的地位。文章全面且细致地分析了堤防填筑施工的具体工艺、护岸施工所采用的技术,以及在复杂环境之下的施工管理方面的创新举措。经过研究可以发现,科学合理的施工工艺加上适宜的技术措施,对于确保堤防保持稳定状态、保障防洪安全以及推动河道生态修复工作都有着十分重要的意义,并且智能化监测以及质量管理技术的应用,能够在很大程度上提高工程长期运行的效率。

[关键词]水利工程;河道治理;堤防护岸;施工技术

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18322

中图分类号: TV871

文献标识码: A

Research on Construction Technology of River Embankment Protection Engineering in Water Conservancy Engineering

AIZIMAITI Abudureyimu

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Engineering Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835200, China

Abstract: With the continuous development of regional economy and the continuous progress of society, the scale of water conservancy construction is becoming larger and larger. In this situation, river embankment protection engineering plays a crucial role in the water conservancy engineering system. The article comprehensively and meticulously analyzes the specific process of embankment filling construction, the techniques used in revetment construction, and innovative measures in construction management in complex environments. After research, it can be found that scientific and reasonable construction techniques combined with appropriate technical measures are of great significance for ensuring the stability of embankments, guaranteeing flood control safety, and promoting ecological restoration of rivers. The application of intelligent monitoring and quality management technology can greatly improve the efficiency of long-term operation of projects.

Keywords: water conservancy engineering; river management; embankment protection; construction technology

引言

随着水利工程建设所涉及范围持续不断地拓展延伸,河道堤防护岸工程已然成为河道治理环节、防洪安全方面以及生态修复工作中极为重要的一部分。河道堤防护岸工程一方面要满足水流约束以及洪水防控这些基本的功能需求,另一方面还得顾及在复杂气候条件之下结构所应有的适应性以及环境保护方面的相关要求。在高原地区以及那些干旱、寒冷的区域,河道堤防护岸工程所面临的地质条件呈现出多样化的态势,河床之中砂砾相互混杂在一起,岸坡特别容易遭受冲刷侵蚀的影响,所以其施工难度以及技术层面的要求都相对比较高。所以说,针对堤防填筑工艺、护岸施工方法以及在复杂环境之下的施工管理展开较为系统的探究分析,这对于提升河道防护的能力以及

优化工程所能取得的效益而言,有着十分重要的实践方面的意义。本文主要围绕着堤防填筑施工、护岸施工技术以及技术创新管理这三个不同的方面来展开相关的探讨,目的是为了给类似区域水利工程在设计以及施工环节提供一定的参考依据和相应的指导帮助。

1 河道堤防护岸在水利工程中的重要性

伴随着经济社会不断发展,水利工程建设范围日益扩大,河道堤防护岸工程施工技术受到较为广泛的关注。从严格层面上来讲,水利工程内堤防以及护岸隶属于两种不同类别的结构工程。堤防是常见的挡水建筑物项目,在水利工程内可以发挥的作用,主要包含限制洪水以及约束洪水作用,特别是针对于雨季河流净流量显著提升亦或是湖泊水位出现暴涨的地方,堤防能够把洪水限制于洪道之中,

可以显著降低洪水对实际工程中主体结构产生的冲击作用。护岸工程主要是对岸坡加以加固处理,其目的在于防止水流冲刷所引发的岸坡出现坍塌情况以及河床发生变形。就高原地区而言,在开展护岸设计的时候,还必须要充分考虑到低温冻融循环这一因素、风沙侵蚀所带来的影响以及河道砂砾混合这种地质条件方面的情况,从而确保河道能够保持稳定状态并且让工程处于安全状况。堤防和护岸是相互起到补充作用的,它们一道构成了在水利工程当中用来保障防洪安全、河道稳定以及生态修复的重要防护体系。

2 堤防填筑施工工艺与质量控制

2.1 坝基清理与地基加固处理技术

在堤防施工期间,坝基的处理属于极为关键的一环,其重要性在于能够切实保证堤体具备稳固性以及良好的防渗效果。得针对坝基展开细致且彻底的清理工作,把地表那些松散的土层、各类杂物还有可能存在有机质统统清除掉,如此一来便可让坝基变得坚实且分布均匀。就高原以及干寒地区而言,地基土层往往受到冻融循环以及低温冻土所产生的影响,所以对于基础而言,就需要实施特殊的加固处理办法。常用的举措涵盖了地基压实这一操作、针对排水降水所采取的处理方式,另外在必要的情况下还需进行砂砾填充或者灰土搅拌桩加固等处理。凭借这些处理手段,能够在很大程度上提升坝基的承载能力,同时也可使不均匀沉降出现的风险得以降低,进而强化堤防在遭遇洪水冲击之时的整体稳定性表现。与此对于坝基加固的整个过程应当与施工监测相互配合起来,要实时对沉降情况、裂缝状况以及土体含水量展开检测,以此来保证基础处理能够符合设计所规定的标准要求。合理的坝基清理以及加固操作,一方面为堤防施工筑牢了稳固的基础,另一方面也为后续的堤身填筑以及整体防护效果给予了有力的保障。

2.2 土工布铺设及防渗结构施工要点

土工布于堤防填筑而言,有着十分重要的防渗以及加固方面的作用,其施工的质量会直接对堤体的抗渗性能以及稳定性产生影响,在铺设土工布期间,务必要保证基层是平整且干净的状态,并且要尽力去避免出现褶皱、破损或者搭接不均等现象,如此方可防止水流顺着接口发生渗透的情况。在高原地区,因为存在昼夜温差大的状况以及强风的环境,所以在施工的时候,得留心土工布的固定以及防飞移事宜,一般会采取土壤压重、锚杆固定又或者是临时覆盖等相应的措施。除此之外,土工布需要和堤体填料密切地配合起来,借助分层回填并且适度压实的方式,

进而形成坚固而且连续的防渗层。在施工的过程当中,应当维持填料的湿度处于适中的程度,避免土工布因为过干或者过湿而遭受损害。防渗结构的完整性还需要依靠压实检测、渗透试验以及局部抽样检查等方式来加以保障,以此来确保堤防在洪水冲刷以及长期运行的条件之下具备安全性以及耐久性。

2.3 堤身填筑材料选择与压实工艺控制

合理地选材,得当的压实工艺以及科学的施工管理,如此才能切实有效地提升堤体的抗剪强度,增强其整体稳定性,进而为后续的护岸施工以及防洪功能的发挥给予稳固有力的支撑。

2.4 质量检测与安全监测要点

堤防施工一方面看重材料以及工艺方面的情况,另一方面得构建起较为严格的针对质量检测以及安全监测的体系。在施工期间,要针对填料的密实度、含水量、层厚还有坝基沉降等状况展开全程的检测工作,在有必要的情况下还应当开展现场试验,像是标准贯入试验或者压实度检测这类试验,借此来确认堤防施工的质量情况。处于高原地区的施工还需留意冻融循环给填料性能所带来的影响,要对坝体的温度以及含水率的变化加以监测,以此保证施工方案能够契合特殊的环境条件。施工结束之后,需要建立起安全监测的相关机制,针对堤防出现的沉降、裂缝、渗漏以及边坡稳定性等情况展开长期的观测活动。把施工质量方面的考量与安全监测相结合起来,能够有效地防止堤体遭受破坏以及出现局部失稳的情况,进而为工程的安全运行给予相应的保障。

3 主要护岸施工技术分析

3.1 坡式护岸施工技术与结构稳定控制

坡式护岸属于河道防护里常见的结构样式,借助坡面的布置情况以及材料的选择来达成岸坡稳定以及防冲的效果。在高原地区展开坡面护岸施工的时候,得充分考量土体的抗冻融性能还有河道的冲刷强度。施工进程当中,一开始需要对岸坡予以平整以及加固处理,把松散土层以及不稳定的岩块都清除掉,接着依照设计好的坡度去铺设防护层。坡面能够采用砾石、土工布或者混合材料来分层开展施工,将机械压实和自然沉降相互结合起来,促使坡面变得密实且稳定。与此施工要留意边坡排水的设计事宜,避免在雨季或者融雪期出现水流冲刷的情况,进而引发边坡发生滑落状况。坡式护岸凭借合理的坡度设计、材料加固以及排水控制等方面的操作,能够在确保河道通流能力的前提下,减少岸坡坍塌以及局部侵蚀的风险,达成结构稳定与河道安全这两个方面的目标。

3.2 抛石护岸施工技术与护脚防护措施

抛石护岸是一种护岸方式,其具体做法是在岸坡或者河床底部放置坚固的石块,以此来构建起能够抵抗冲刷的结构,进而提升岸坡以及河床所具备的防护效能,在高原地区以及干寒河流所处的环境当中,抛石护岸能够在很大程度上抵挡住洪水所带来的冲刷以及冰凌产生的作用,在正式开展施工之前,需要对河床加以清理并使之变得平整,只有这样才能让石块和地基之间的接触更为紧密,从而促使抗滑能力得以提高,石块在布置的时候要按照设计所规定的粒径以及厚度方面的要求来进行,可以借助人工或者机械的方式一层一层地抛置,最终形成那种均匀且密实的护脚层,在护脚层的上方还可以铺设砂砾或者是混合土料来对其进行填充,这样做的目的就是为了增加整体的稳定程度,与此施工的过程应当依据水流的方向以及洪水的强度对石块布置的密度做出相应的调整,从而确保在洪水处于高峰期的时候,岸坡以及河床能够具备良好的抗冲效果,经过科学施工所完成的抛石护岸,能够达成河道长时间保持安全的状态,拥有较强的防冲能力,并且还便于后期的维护,呈现出良好的结构效果。

3.3 植被型生态护岸方式与生态修复效果

植被型生态护岸借助草本、灌木或者其他具备适应性的植物来实现对岸坡的固坡操作以及生态修复事宜,这无疑是一种将防护功能与生态考量都兼顾到的护岸途径。就高原地区而言,在开展生态护岸施工活动的时候,得去挑选那些耐寒性能好并且抗风沙能力较强的本土植物,与此还要与坡面加固举措以及土工布覆盖方式相互结合起来,以此来促使成活率得以提升,稳固性也能有所加强。在施工具体实施阶段,起初要针对坡面展开整形方面的作业,另外还需对土壤加以改良处理,接着便铺设土工布或者纤维毯当作基底,而后依次开展植物栽植或者播种相关工作,并且要确保在初期阶段能够做好水分管理工作。伴随植物不断地生长发展,它的根系会和土壤紧密地交织在一起,进而形成一个稳固的防护层面,如此一来,既能有效防止雨水对其进行冲刷,又能抵御风蚀情况的发生,而且对于恢复河岸生态环境也是很有帮助的。植被型护岸有着美化景观、改善生态功能以及增强河道韧性等诸多方面的效果,特别适宜应用于那些对环境较为敏感或者生态保护方面要求比较高的河道区域。

3.4 模袋混凝土护岸施工工艺与适用范围

模袋混凝土护岸属于一种护岸形式,它是凭借预制混凝土模袋在填充砂石之后所形成的稳定构造来发挥作用的。这种护岸方式在施工方面有着相当的灵活性,并且具

备很强的适应性,特别适合应用于河道呈现出曲折态势或者岸坡所受力况较为复杂的那种区域。在开展施工之前,得先针对岸坡实施平整以及加固方面的操作,接着依照设计要求去布置模袋,往里面填充由砂石和混凝土混合而成的混合料,务必要让每一个模袋都达到密实且牢固的状态。并且,各个模袋之间务必要维持紧密的衔接状态,从而构建起连续的防护面^[1]。此项工艺一方面提升了护岸抵御冲刷的能力,另一方面也使得施工过程中的管控以及后期的维护工作都能够更为便利地开展起来。在高原地带以及环境状况复杂的区域当中,模袋护岸施工能够迅速地适应地形所发生的各种变化,把施工难度有效降低下来,与此同时还能确保结构的稳定性以及防护所能够达成的效果。

4 复杂环境条件下的技术创新与施工管理

4.1 干旱及寒冷地区的施工技术创新

在干旱且寒冷的高原地区,河道堤防护岸施工会碰到低温冻融、昼夜温差大以及风沙侵蚀等诸多挑战。为了能适应如此复杂的环境状况,施工技术一直在不断地进行创新,像采用那种耐冻融的填料以及护岸材料,对压实工艺加以改进,还有优化施工季节的安排等^[2]。对于冻土以及不均匀沉降方面的问题,可以考虑在坝基以及堤身设置柔性防渗层或者把砂砾垫层加厚,以此来提升整体的稳定性。与此引入预制构件、推行模块化施工以及开展机械化作业,能够提高施工的效率,减少人为操作所存在的风险。在干旱的环境下,还得对施工用水实施科学的调度,确保填料的湿度处于适中状态,进而优化压实的效果以及堤防的防渗性能。

4.2 新型节能防渗材料与生态护岸技术应用

新型节能防渗材料的应用,像高分子复合土工膜、纤维增强土工布以及可再生材料填料等,给堤防护岸施工带来了新的技术途径。这些材料不但有很好的防渗作用,而且能够减少施工过程中的能耗,减轻对环境的负荷。与此将生态护岸技术与相关材料相结合,能够达成防护以及生态修复这两方面的目标。在高原地区开展施工时,把植被、土工布还有复合材料综合起来运用,可以提高护岸的耐久程度,增强其抗冲刷的能力,还能提升景观的生态价值,保证工程既满足安全方面的要求,又能实现可持续发展的目的。

4.3 智能化施工监测与质量信息化管理

随着信息化技术不断发展,智能化施工监测系统在河道堤防护岸工程里得到了广泛应用。借助传感器、无人机航测以及数据分析平台,能够实时监测坝体沉降状况、边坡稳定性情况、土体含水率以及渗流变化情况^[3]。信息化

管理系统可以把施工数据、检测结果还有设计参数综合起来加以分析,从而给施工过程优化、质量控制以及决策方面给予科学依据。在高原这种复杂的环境之下,智能监测技术一方面能够提升施工精度,另一方面还能够提前察觉到潜在的风险,以此来保障堤防护岸工程可以实现长期的安全且稳定的运行,同时也使得维护成本以及环境风险得以降低。

5 结语

河道堤防护岸工程属于水利工程极为重要的一个部分,其施工技术对于河道安全、生态恢复以及防洪能力有着直接的影响作用。借助科学的堤防填筑工艺、护岸施工技术,还有在复杂环境下所开展的创新管理工作,能够切实有效地提高工程的稳定性以及使用寿命。在高原以及干寒地区,施工条件是比较复杂的,这就需要把材料选择、施工工艺以及信息化监测技术等方面综合起来考虑并采

取相应措施。在未来,随着新材料、新技术以及智能管理手段不断得到推广与应用,河道堤防护岸工程将会更为出色地兼顾防洪安全、生态保护与可持续发展这三方面的要求,进而为区域水利建设给予稳固有力的保障。

[参考文献]

- [1]时明丽.探析水利工程中的河道堤防护岸工程施工技术[J].水上安全,2023(15):25-27.
- [2]冯熊,张兴旺.水利工程中堤防护岸工程施工技术探讨[J].江西建材,2022(2):123-124.
- [3]饶天龙.关于水利工程中堤防护岸工程施工技术分析[J].内蒙古水利,2021(9):56-57.

作者简介:艾孜买提·阿布都热衣木(1988.11—),毕业院校:新疆工业高等专科学校,所学专业:工程测量技术,当前就职单位名称:新疆鸿源润泽建设工程有限公司,职务:项目经理,职称级别:水利中级职称。

水利枢纽工程地震应急管理体系构建与研究

段自成

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心, 新疆 和田 848000

[摘要]文章着眼于我国西部地区水利枢纽所面临的地震灾害威胁,综合考虑该区域地震活动频发且震级较高、地质状况复杂且生态环境较为脆弱的实际情形,精心构建起一套具备科学性且行之有效的地震应急管理体系。此体系包含组织架构及职责划分、应急管理流程设计、监测预警与风险评估机制、应急响应与决策指挥机制、资源调配与后勤保障机制还有信息管理与通信支撑机制等诸多关键内容,进而形成一个完整的应急管理系统闭环。借助技术支撑与装备建设、培训演练与能力提升、评估改进与持续优化等一系列实施保障举措,切实提高了水利枢纽工程在应对地震方面的应急管理能力以及抗震减灾水准,对于确保区域水资源安全以及生态安全而言,有着极为重要的理论价值与实践意义。

[关键词]水利枢纽;地震应急管理;体系构建;监测预警

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18321

中图分类号: TV632

文献标识码: A

Construction and Research of Earthquake Emergency Management System for Water Conservancy Hub Projects

DUAN Zicheng

Xinjiang Tarim River Basin Jiyin Water Conservancy Hub Management Center, Hotan, Xinjiang, 848000, China

Abstract: This article focuses on the threat of earthquake disasters faced by water conservancy hubs in western China. Taking into account the frequent seismic activity, high magnitude, complex geological conditions, and fragile ecological environment in the region, a scientific and effective earthquake emergency management system has been carefully constructed. This system includes organizational structure and division of responsibilities, emergency management process design, monitoring and risk assessment mechanism, emergency response and decision-making command mechanism, resource allocation and logistics support mechanism, as well as information management and communication support mechanism, and many other key contents, thereby forming a complete emergency management system closed loop. Through a series of implementation measures such as technical support and equipment construction, training exercises and capacity enhancement, evaluation improvement and continuous optimization, the emergency management capability and seismic reduction level of water conservancy hub projects in response to earthquakes have been effectively improved, which has significant theoretical value and practical significance for ensuring regional water resources security and ecological security.

Keywords: water conservancy hub; earthquake emergency management; system construction; monitoring and early warning

引言

我国西部地区地质构造复杂且地震活动频繁,对重要水利枢纽工程的安全运行构成严重威胁。水利枢纽工程作为区域水资源调配和电力供应的重要基础设施,其在地震作用下的结构安全性和功能完整性直接关系到下游地区人民群众的生命财产安全。依法依规、科学统筹、平稳有序推进地震灾害防范与应急处置工作,最大限度防御和减轻地震灾害风险,减少人民群众生命财产损失,实现高质量跨越式发展提供安全保障。现有应急管理体系存在组织协

调不够顺畅、监测预警能力有限、应急资源配置不够合理等问题,迫切需要构建科学有效的地震应急管理体系。本文结合西部地区特殊地理环境,系统分析地震灾害对水利枢纽的威胁特征,构建完整的地震应急管理体系框架,旨在为提升水利枢纽工程地震应急管理能力提供理论参考和实践指导。

1 水利枢纽地震应急管理体系的构建背景

1.1 地震灾害对水利枢纽的威胁特征

西部地区地震活动颇为频繁,而且强度颇高,这给水

利枢纽工程带来了独特的威胁。高强度的地震动有可能径直致使大坝坝体出现开裂的情况,地基也存在液化的风险,这些都是结构性的破坏,会对枢纽工程稳定运行造成极为严重的威胁。该区域的地质条件相当复杂,生态环境也很脆弱,在山区广泛存在着滑坡体以及泥石流沟道等诸多不良地质现象,这些现象在地震的作用之下特别容易被激活,随后便可能形成堵塞河道的堰塞湖,由此产生的次生水灾风险极为严重。水利枢纽工程呈现出梯级开发以及集群分布的特点,若单一枢纽工程发生地震损坏,那么很可能会凭借流域的联系引发连锁反应,进而形成影响范围更为广泛的灾害链。与此该地区部分已经建成的水利工程其抗震设计标准相对偏低,并且抗震加固措施也不是很完善,面对当下的地震危险性评估结果来看,这些工程的抗震能力明显有所欠缺,这就构成了潜在的安全隐患。

1.2 现行应急管理体系存在的问题

当前水利枢纽地震应急管理体系在实际运行过程中暴露出了不少问题。部门协调机制不够通畅,水利部门、应急管理部门、地震工作部门以及地方政府之间的职责边界不够清晰明确,信息共享程度不足,在应急响应期间常常出现指挥交叉以及责任模糊不清的情况。监测预警能力较为有限,现有的地震监测台网在西部的部分地区密度不够,专用水库地震监测设施的覆盖范围也有限,很难为水利枢纽地震安全提供足够的预警信息^[1]。应急资源配置面临着布局不合理以及调配机制不够灵活这两方面的困境,抢险物资、专业队伍以及救援装备在空间分布上极不均衡,缺少高效的统筹调配机制。信息管理系统的共享机制不够完善,各部门数据孤岛的现象依然存在,应急通信系统的冗余备份不足,在极端状况下难以确保通信联络的连续且可靠。

2 水利枢纽地震应急管理体系框架设计

2.1 体系构建原则与目标

水利枢纽地震应急管理体系在构建之时,需遵循一系列基本原则,像是把预防放在首位并且将防抗救结合起来、实行统一领导同时落实分级负责、以属地为主并推动资源共享等,进而打造出一个具备全面覆盖特点且能凸显重点的应急管理架构。具体而言,其构建目标涵盖了要建立起能够做到统一指挥并且高效协调的应急组织指挥系统,要让专业监测和群测群防相互结合的地震监测预警网络得以完善,要制定出既科学又实用且操作起来有较强可行性的应急预案体系,要构建起布局安排合理并且调配起来较为灵活的应急资源保障系统,还要建立起能够实现畅通高效并且安全可靠的通信网络。只有把这些目标都切实达成,

才能够最终形成一个结构完整且各项功能都很完备的水利枢纽地震应急管理体系,从而促使水利枢纽工程在地震灾害防御能力以及应急管理水平方面都得到全面提升。

2.2 组织架构与职责分工

水利枢纽地震应急管理工作所涉及的组织架构,适宜采用分级设立以及属地管理这样一种基本模式。由此便能够构建起一个多层次的组织体系,其中在国家层面有相应的指导与协调方面的工作安排,在地方层面则要统一指挥相关事宜,水利部门提供专业的支撑保障,而工程单位负责具体的实施操作。县级及以上的各级地方人民政府需要设立专门的抗震救灾指挥机构,该机构主要负责对本行政区域内抗震救灾工作的统一指挥以及协调事宜。水利部门身为其中极为重要的成员单位,承担着为水利枢纽工程应急管理给予专业技术支撑以及行业指导的重要职责。在水利部门内部,应当成立专门针对抗震救灾的指挥部,由该部门的主要负责人来出任指挥长一职,相关的分管领导担任副指挥长,各个职能处室以及直属单位的负责人都要作为成员参与其中。至于水利枢纽工程管理单位,其应当成立现场防震救灾机构,负责开展本单位以及水工程所影响区域范围内的防震救灾相关工作,并且要严格执行上级指挥机构所下达的各项指令以及作出的各类决定。

2.3 应急管理流程设计

应急管理流程包含震前预防准备、震时应急响应以及震后恢复重建这三个阶段。在震前阶段,主要聚焦于风险防控与应急准备方面,具体涉及开展地震危险性方面的分析工作、进一步完善抗震设防的相关标准以及编制应急预案等事宜。到了震时阶段,那么重点就在于快速响应以及有效处置上,像震情灾情的速报情况、应急响应的启动操作、工程抢险等相关事项都包含其中。而在震后阶段,着眼点在于功能恢复以及重建规划这些方面,其中就包含了灾害调查评估以及设施应急修复等工作内容。还需要建立起应急响应级别动态调整的机制,依据灾情的发展状况来适时地对响应级别做出相应的调整。

3 水利枢纽地震应急管理核心机制

3.1 监测预警与风险评估机制

监测预警与风险评估机制需要整合地震监测、水情监测以及工程安全监测等多方面的信息,构建起全方位且立体的监测网络^[2]。地震部门负责收集并管理全国各类地震观测数据,确定地震重点监视防御区域,给出年度地震趋势预测的意见,强化震情跟踪监测以及预报预警工作。水利部门要强化水库地震监测台网的建设,推进专用地震监测台网的建设,推动地震预警信息的应用,全面展开地震

风险隐患的排查工作。监测内容要包含地震活动性、水库水位、坝体变形、渗流渗压、应力应变等关键参数,采取人工监测与自动监测相结合的方式,保证监测数据的连续性与可靠性。对于重要的水利枢纽工程,需建立地震安全实时评估系统,通过设置不同等级的预警阈值,达成地震影响的快速评估以及预警信息的发布。

3.2 应急响应与决策指挥机制

应急响应与决策指挥机制需依据地震灾害分级状况来设立,要从低到高依次设立四级应急响应等级,这些等级分别与一般、较大、重大以及特别重大的地震灾害相对应。当应急响应正式启动之后,与之相应的抗震救灾指挥机构就得马上进入到应急的状态当中,依照预案所规定的职责分工去着手开展应急处置方面的工作。应急决策指挥务必要秉持统一指挥和分级负责这两个原则,同时还要把属地为主以及专业处置这两个方面结合起来,进而构建起一个运转起来高效并且协调起来有序的指挥协调机制。水利部门在应急响应期间应当搭建起完善的应急指挥体系,实施 24 小时的值班值守制度以及定期开展会商的制度。就水利枢纽工程出现的险情而言,得根据险情的具体类型以及其严重的程度,去采用不一样的抢险技术方案,比如说对于存在可能漫堤这种风险的情况,就要及时地将水位降低下去,或者拓宽溢洪道,又或者是去修筑临时子堰。要建立起现场指挥和后方支持相互联动的机制,派遣专家组或者现场工作组前往,以此来为抢险救灾工作给予技术层面的支撑以及决策方面的建议。

3.3 资源调配与后勤保障机制

应急物资储备采用集中储备与分散储备相结合的方式,在水利枢纽工程现场以及区域中心仓库储备足量的抢险机械、防汛材料等物资。抢险队伍组建秉持专业队伍与群众队伍相结合的原则,水利部门会组织专业抢险队,并且动员工程周边群众展开自救互救活动,保证应急供电和通信的需求得到满足,电力部门负责保障供电的畅通无阻,电信部门要确保通信联络能够顺利进行。建立跨区域、跨部门的应急资源调度机制,完善应急资金保障机制。

3.4 信息管理与通信支撑机制

建立起一套完整的从震情速报开始,经过灾情报告,再到险情排查的信息流程,以此来保障信息的准确性以及时效性。遵循统一标准和共享交换的原则,把多个部门的数据加以整合,进而构建起地震应急信息共享平台^[3]。在通信保障这搭建起将有线与无线相结合,并且让地面与卫星互为补充的应急通信系统,配备像卫星电话这类的应急通信设备,从而确保在破坏性地震发生之时,应急通信能

够保持畅通无阻的状态。信息发布工作秉持着及时准确并且公开透明的原则,依照相关规定向公众社会发布有关地震监测、预警等方面的信息。

4 体系实施保障与优化策略

4.1 技术支撑与装备建设

技术支撑体系的构建需着重关注地震监测预报、工程抗震、险情排查以及应急抢险等关键环节,强化水库地震监测与研究在理论层面及实践方面的力度,促使相关专业人员的理论素养以及操作技艺得以提升。要积极推动遥感技术、物联网技术、大数据分析等先进技术的应用推广工作,打造水利枢纽地震应急指挥平台,达成灾情监测、风险评估、指挥调度以及辅助决策的一体化与智能化目标。装备建设应紧扣应急通信与险情排查以及工程抢险与救援救助等实际需求来展开,配齐应急通信设备、险情探测设备、抢险施工机械、应急供电设备等专业装备,以此提高应急队伍的装备水准和工作效率。要注重水利枢纽工程的抗震设计以及技术改造事宜,严格依照水工建筑物抗震设计规范的要求,妥善挑选水利工程建筑场地,尽可能去选择那些对建筑物抗震较为有利的地段,规避地质构造复杂、存在蠕滑断层地段以及大滑坡体,还有易发泥石流的地区。

4.2 培训演练与能力提升

构建常态且制度化的培训演练机制,依据不同对象来开展分类培训活动。秉持实战导向以及问题导向,采用桌面推演和实战演练相结合的形式,定期有序地组织开展地震应急演练工作。县级水行政主管部门每年要至少组织 1 次应急预案方面的培训,并且每 1 至 2 年需举行一次应急管理演练^[4]。强化防震减灾知识的宣传与普及力度,借助各类媒体以及多种渠道向公众广泛传播地震应急知识,以此提升全社会的防震减灾意识以及相应的能力水平。

4.3 评估改进与持续优化

构建起贯穿全过程且具备周期性特点的评估改进机制,这一机制要把应急准备阶段、应急响应阶段以及应急恢复阶段都涵盖进去。同时去着手建立起应急管理评估指标体系,要从组织体系层面、预案体系层面还有保障体系层面等多个方面去设定能够量化的评价指标。要着重对新出现的地震案例以及应急实践当中的经验加以总结分析,并且要及时把这些总结分析出来的成果固化成为制度规范以及预案的相关内容。另外还要构建起应急管理体系的动态更新机制,依据技术方面所取得的进步情况、风险发生演变的具体状况等因素,去及时地对应急预案以及管理制度做出修订和完善方面的操作。

5 结束语

本文构建的水利枢纽地震应急管理体系充分考量了西部地区地震活动频发、地质条件复杂的区域特点,着重体现了预防为主且防抗救相结合的工作原则,彰显了统一指挥以及分级负责所具有的组织优势,进而形成了监测预警与应急响应、资源保障与信息支撑的完整闭环。在未来,需要进一步强化针对水库地震成因机制以及传播规律的相关研究,加深对于高烈度地震作用之下水利枢纽工程响应特征以及破坏机理的认知,对地震监测预警以及风险评估的技术方法加以优化,提高应急指挥决策的智能化水准以及抢险救援的专业化程度。凭借持续不断的努力以及深入细致的探索,我国水利枢纽地震应急管理体系一定会变得更加完善,从而为保障水利工程的安全以及区域的可持续发展给予更为坚实的支撑。

[参考文献]

- [1]石磊,张勇,梁坤,等.水库地震台网台址遴选及监测能力分析研究——以夹岩水利枢纽工程为例[J].云南大学学报(自然科学版),2023,45(1):115-122.
- [2]李应周,曾理,毛新莹,等.大型水利枢纽工程中水工结构的设计要点分析[J].珠江水运,2024(24):44-46.
- [3]柴子晗,肖诗荣.三峡水利枢纽地下厂房围岩关键块体稳定性分析[Z].水利水电快报,1-10[2025-11-17].
- [4]孙龙臻,王奇.水利枢纽混凝土重力坝地震受力分析[J].内蒙古水利,2025(2):15-17.

作者简介:段自成(1989.9—),毕业院校:新疆大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位名称:新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心,职称级别:水利工程 工程师。

水利工程中土方开挖施工技术要点分析

玉素甫江·吐拉洪^{1,2}

- 1.新疆维吾尔自治区水土保持监测中心, 新疆 乌鲁木齐 830000
- 2.新疆维吾尔自治区水利厅水土保持实验站, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水利工程土方开挖属于工程建设其中的一个极为重要的环节,其施工质量的好坏会直接对工程的安全状况以及后续施工的进度产生影响。随着工程规模变得越来越大,施工环境也日益复杂起来,传统的施工方法在施工效率、施工精度以及安全管理等方面都存在着一定的局限性,在干旱或者半干旱地区,土质比较松散、边坡不够稳定以及地下水也不稳定等问题表现得尤为突出。当下,土方开挖施工正朝着机械化、分层分段开挖、边坡支护、底基加固、防渗处理以及排水降水等方向去发展,与此还逐步应用质量监测以及风险管理方面的措施。不过在施工组织、风险防控以及环境保护这些方面仍然需要做出进一步的改进。文章对水利工程土方开挖施工的技术要点与管理措施展开分析,以此为提高施工质量以及施工安全提供一定的参考。

[关键词]水利工程;土方开挖;施工技术;技术要点

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18319

中图分类号: TV541

文献标识码: A

Analysis of Key Points of Earthwork Excavation Construction Technology in Water Conservancy Engineering

YUSUFUJIANG Tulahong^{1,2}

1. Xinjiang Soil and Water Conservation Monitoring Center, Urumqi, Xinjiang, 830000, China
2. Xinjiang Soil and Water Conservation Experimental Station of the Water Resources Department, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Earthwork excavation in water conservancy engineering is an extremely important link in engineering construction, and the quality of its construction will directly affect the safety status of the project and the progress of subsequent construction. As the scale of engineering becomes larger and the construction environment becomes increasingly complex, traditional construction methods have certain limitations in construction efficiency, accuracy, and safety management. In arid or semi-arid areas, problems such as loose soil, unstable slopes, and unstable groundwater are particularly prominent. At present, earthwork excavation construction is developing towards mechanization, layered and segmented excavation, slope support, foundation reinforcement, anti-seepage treatment, and drainage and precipitation. In addition, measures for quality monitoring and risk management are gradually being applied. However, further improvements are still needed in construction organization, risk prevention and control, and environmental protection. The article analyzes the technical points and management measures of earthwork excavation construction in water conservancy projects, providing a certain reference for improving construction quality and safety.

Keywords: water conservancy engineering; earthwork excavation; construction technology; technical points

引言

水利工程属于保障水资源得以利用、能够防洪抗旱并且适用于农业灌溉的关键基础设施范畴,其施工质量同工程的安全性、耐久性以及运行效益之间存在着直接关联。在开展水利工程建设相关工作的时候,土方开挖算得上是最基础且极为关键的一个施工环节,它涉及到边坡稳定情况、基底承载力状况、防渗处理事宜、排水方面以及施工

安全等诸多技术领域。伴随工程规模持续不断地扩大,施工环境也变得日益复杂起来,在这样的情况下,传统的施工经验以及方法已然很难充分满足现代水利工程对于施工精度、施工效率以及施工安全性所提出的那些较高要求了。特别是在干旱或者半干旱这样的地区,土质呈现出松散的状态,地下水的情况也不稳定,再加上施工条件十分恶劣,这就使得土方开挖施工面临着更多的技术方面的挑

战。采用科学且合理的土方开挖施工技术,不但能够提升施工效率,还能够降低工程所面临的风险以及成本支出,而且还可以为后续的防渗工作、基底加固事宜以及主体结构施工等相关工作打下较为可靠的根基。所以说,针对土方开挖施工技术展开系统的分析以及总结,是有着重要理论价值以及实践意义的。此项研究着重于深入剖析水利工程当中土方开挖施工的各项技术要点,具体涵盖挖掘的方法以及施工的顺序安排、边坡支护的方式以及稳定控制手段、底基处理办法以及防渗技术运用、排水以及降水的相关措施,还有施工质量控制以及监测的具体方法等方面,并且会结合施工管理以及风险控制的相应策略,从而为干旱以及半干旱地区水利工程施工给予可实际操作的技术方面的指导以及经验方面的参考。

1 水利工程土方开挖施工特点

水利工程土方开挖具有工程量大、施工条件复杂、受自然因素影响显著等特点,因此在施工过程中需严格遵循技术规范并注重安全与环保。工程规模通常较大,中大型水利工程土方开挖量可达数百万立方米,施工强度高且周期长,需要合理安排施工顺序,避开雨雪、高温等不利天气。技术上,应根据开挖深度科学确定放坡系数,分层开挖并及时支护边坡,高边坡需验算安全距离,软土和地下水影响区域需采取排水分层开挖措施。施工方法以机械开挖为主,辅以自卸车运输,水下作业则采用挖泥船和驳船。安全与环保方面,应合理排水,防止土体失稳,弃渣场地需避开农田和河道,减少环境影响。质量控制上,土石方平衡需统筹挖采与弃填,施工缝和混凝土分层浇筑需避免应力集中并控制初凝时间,以保证施工质量和工程稳定性。

2 土方开挖施工技术要点

2.1 挖掘方法与施工顺序

在水利工程土方开挖施工期间,挖掘方法以及施工顺序的科学设计属于极为关键的环节,其能够对工程安全、施工效率以及施工质量起到决定性作用。就挖掘方法而言,需要综合考量诸多因素,像是地质条件、土质类型、开挖深度、边坡坡度还有地下水分布等,并且依据不同的施工状况来选用相应的施工方式。比如在岩石硬度相对较高或者地质结构较为复杂的区域,可以运用机械挖掘和控制性爆破相结合的方式,借助分段、分层开挖的方式来有效缓解边坡应力集中情况,进而防止岩体出现破裂或者坍塌的现象;而在松散土层或者含水量较高的土体当中,则主要依靠机械挖掘,同时配合人工辅助清理以及临时支护举措,以此来保障边坡的稳定状态,避免土体发生塌方或者基底出现沉降等问题。就施工顺序来讲,应当依照“先外围、

后中心、先高处、后低处、分层分段”的原则来进行安排,即先着手进行边坡支护、排水以及降水方面的处理工作,然后再开展主体土方开挖作业,并且要结合施工现场的具体情况合理规划土方运输路线以及堆放区域,从而保证土方能够及时运出,防止对施工进度产生不利影响。

2.2 边坡支护与稳定控制技术

在水利工程土方开挖施工期间,边坡支护以及稳定控制属于极为重要的技术环节,其对于保障施工安全、对变形加以控制以及防范塌方等方面均有着关键作用。边坡的稳定状况会受到诸多因素的影响,像土质特性、开挖所达到的深度、边坡的具体坡度、地下水的情况以及外部施加的荷载等,所以在正式施工之前,务必要开展细致的地质勘察工作,并且要深入剖析其稳定性,依据土体所属类型、含水量状况以及可能出现的应力状态来科学地确定支护的形式。就松散土层或者砂质土壤而言,通常会采取锚杆支护、土钉墙或者是格构梁支护这类加固举措,借助于提升土体整体的抗剪强度以及摩擦力,进而增强边坡的稳定程度;而对于岩石边坡来讲,则可以运用锚杆、喷射混凝土、拱形支护或者挂网喷浆等办法来对裂隙的扩展以及剥落情况进行控制^[1]。在整个边坡支护的进程当中,还需要和排水以及降水方面的措施相互结合起来,比如设置排水孔、暗沟又或者是表面排水槽,以此来使土体孔隙水压力得以降低,从而让滑动的风险能够有所减轻。

2.3 底基处理及防渗技术

在水利工程土方开挖施工期间,底基处理以及防渗技术属于极为关键的环节,其对于保证工程的稳定性、延长工程的使用寿命以及防止出现渗漏事故都有着重要作用。就底基处理而言,一开始得依据土质的具体类型、含水量的情况以及承载力方面的相关要求,去采取不一样的加固举措。比如说,针对软弱土层或者膨胀性黏土,可以运用夯实、换填、预压、加筋亦或是化学固化等一系列手段,以此来提升地基的承载力以及稳定性,并且还能够降低出现不均匀沉降的风险。而对于那些含砂量相对较高的土体或者容易发生液化的土体来讲,那就需要结合排水、固结还有灌浆加固等相关技术,进而强化土体内部结构的整体性。在整个施工进程当中,务必要严格把控底基处理的厚度、压实的程度以及层间结合的情况,从而保证处理之后的基底能够符合设计所规定的强度以及均匀性方面的要求。在防渗技术层面,得依照水利工程的类型、蓄水的高度以及水文的具体条件,去挑选合适的防渗措施,像是黏土防渗层、混凝土或者土工合成材料衬砌、复合防渗膜以及土工格栅加固等,借助形成连续且致密的防渗屏障,切

实有效地阻止水流发生渗透现象,进而降低渗漏的风险。

2.4 排水与降水施工措施

在水利工程土方开挖施工期间,排水以及降水方面的相关措施属于极为关键的环节,其对于基底的稳固性、边坡的安全状况以及施工能够顺利推进均有着直接影响,还和工程的质量以及施工的效率紧密相关。一开始,需要综合考量地形地貌的具体情况、土质类型的实际状况、降水方面的条件以及地下水水位的高低等因素,以此来科学地去设计排水系统以及降水方案。当面对地下水水位处在较高状态或者土层透水性较强的状况时,应当运用井点降水的方式、管井降水的方法或者是设置排水明沟等举措,借助这些手段把基底孔隙水的压力降下来,从而降低土体出现软化乃至液化这种风险的可能性,与此同时还能让开挖面保持干燥的状态,方便施工机械展开作业操作。对于施工区域内存在的积水问题,要设置临时的排水沟、集水坑以及排水泵站,以便可以快速地将雨水还有渗水排出,进而防止施工进度受到阻碍以及边坡遭受冲刷的情况发生。在设计排水与降水措施的时候,还需要把施工进度以及土方运输路线的协调事宜一并纳入考虑范围之内,务必要避免排水设施对土方外运工作以及机械操作产生影响,并且要保障排水管线以及泵站具备足够的流量以及稳定性,这样才能更好地去应对可能出现的突发降雨或者地下水突然涌出等突发状况^[2]。在施工开展的过程当中,应当建立起动态的监测以及调控的相关机制,通过使用水位计、流量计或者基坑监测仪等方式来实时地去监测地下水水位以及积水的具体情况,依据所获取到的监测数据及时地对降水方案做出相应的调整,以此来防止因降水过度而导致地基出现沉降或者是边坡失去稳定性的不利情形发生。

2.5 施工质量控制与监测方法

在水利工程土方开挖施工期间,施工质量控制以及监测方法乃是保证工程能够安全、稳定且可长期可靠使用的极为关键的环节。一开始,得在施工正式开始之前制定出详尽的质量控制方案,此方案涵盖施工工艺所要遵循的标准、施工的具体顺序、需要着重把控的关键控制点还有验收时依据的标准,并且要清楚地明确土方开挖环节、边坡支护环节、底基处理环节、防渗环节以及排水环节等各个不同环节各自的技术要求是什么。在施工实际推进的过程当中,应当把分层分段施工的方式和分区管理的方式结合起来运用,以此来促使每一个施工单元都能够达成设计所规定的要求,与此还要借助严格的施工记录以及现场细致的检查来达成对整个施工过程的有效控制。在质量监测这块,务必要充分借助现代监测技术以及相关设备,针

对那些关键部位展开实时的监控操作,比如说在边坡以及基底处设置位移计、倾斜仪、裂缝计以及地下水水位计等装置,进而对边坡出现的变形情况、裂缝的发展态势、沉降状况以及地下水的变化情形开展连续不断的观测工作,从而能够及时察觉到潜在可能出现的问题,并且采取与之相应的纠正偏差的措施去加以应对。

3 土方开挖施工中的管理与风险控制

3.1 工程进度管理与施工组织协调

在水利工程土方开挖施工期间,工程进度管理以及施工组织协调属于极为关键的环节,其对于保障施工能够顺利推进、提升施工效率还有控制成本均有着十分重要的作用。施工单位需要依据工程的规模、地质的具体情况、土方量以及施工机械的配置状况来制定出科学且合理的施工进度计划,把整个工程划分成若干个不同的分区以及施工段,清晰明确各个阶段所对应的施工任务、时间节点以及资源配置方面的要求。在施工组织层面,要对机械设备、施工人员、材料供应以及临时设施的布置做出统筹安排,以此来确保各个施工环节能够彼此相互衔接起来,实现资源的高效利用,防止出现因设备处于闲置状态或者施工中出现冲突而致使进度滞后的状况。与此还应当建立起信息沟通以及协调的相关机制,借助施工现场调度会议、进度跟踪系统还有电子管理平台等手段,及时地去掌握施工的进展情况,察觉到潜在的问题并且作出相应的调整。对于像地下水突发涌出、边坡发生塌方或者遭遇恶劣天气这类特殊工况或者不可抗力的因素,要提前制定好应急预案,并且依据实际情况灵活地去调整施工顺序以及作业方案,从而保证工程的整体进度不会受到重大的影响。

3.2 安全管理与事故防控

在水利工程土方开挖施工期间,安全管理以及事故防控属于极为关键的环节,其对于保障施工人员的生命安全、推动工程顺利开展以及维持工程质量有着不容忽视的作用。施工单位需要在施工正式开始之前精心制定一套较为完善的安全生产管理制度,与此同时还要准备应急预案,要将各级安全责任予以明确清晰地界定,构建起安全检查方面的机制、监督方面的机制以及奖惩方面的机制,务必要保证每一个施工环节都能够有专人切实负责起来。在施工具体开展的过程当中,要针对土方开挖这个工序、边坡支护这个工序、机械作业这个工序以及降水排水这个工序等这些关键工序,去采取一系列严格的安全举措,像是设置防护栏杆、设置警示标识、做好临边防护工作以及确定机械作业安全间距等,还需要定期针对施工人员展开安全方面的教育培训以及操作方面的培训,以此来提升他们自

身的安全意识以及应急处理的能力。还应当配备相应的安全监测设备,借助这些设备对边坡的位移状况、土体的沉降状况、地下水位的变动情况以及施工机械的运行状态等进行实时不间断的监控,从而能够及时察觉到出现的异常情况并且随即采取相应的纠正举措^[3]。对于有可能会出现的滑坡事故、坍塌事故、涌水事故或者设备故障等情况,要建立起应急响应的相关机制,要把责任分工明确清楚、把救援程序安排妥当、把疏散通道规划合理,唯有如此才能确保在事故发生的时刻能够快速且高效地进行处置,进而尽可能地降低人员伤亡的程度以及减小工程方面的损失。

3.3 环境保护与施工影响控制

在水利工程土方开挖施工期间,环境保护以及施工影响控制属于极为关键的环节,其能够助力工程实现可持续发展,并且可减少施工给周边生态、社会环境所带来的干扰。施工单位需在施工开始之前着手开展环境影响评估工作,进而制定出科学合理的环境保护措施方案,要清楚明确施工过程中各类环境保护方面的责任以及相关标准^[4]。在施工实际开展的过程中,应当对施工场地以及土方堆放区域予以合理安排布置,通过采取覆盖、绿化或者挡土等措施来促使扬尘得以有效减少,避免其不断扩散;针对施工机械以及运输车辆而言,得强化对其维护以及管理方面的工作,以此降低噪声、尾气排放以及振动等情况给周边环境所造成的种种影响。对于施工水体、地下水还有雨水排放等需要实施监控操作,防范泥沙、污染物又或是施工废水流入水源当中,倘若有必要的话,可设置沉淀池、过

滤设施或者循环利用系统,从而切实保护水环境的安全。

4 结语

水利工程土方开挖施工技术在工程建设当中有着极为重要的作用。科学地去选择挖掘的方法,合理地来安排施工的顺序,强化边坡支护以及底基方面的处理工作,进一步完善防渗以及排水的相关措施,并且严格把控施工质量以及做好安全管理工作,如此便可以有效地提高施工的效率,切实保障工程质量以及施工安全。与此重视施工管理以及环境保护方面的工作,对于降低施工风险是很有帮助的,也有利于实现工程的可持续发展。在未来,随着施工技术以及管理手段不断地取得新的进展,水利工程土方开挖施工将会变得更加高效、更加科学,进而为工程的安全运行以及长期使用给予坚实的保障。

【参考文献】

- [1]车永春.水利工程施工中边坡开挖支护技术应用概述[J].全面腐蚀控制,2025,39(4):118-119.
 - [2]赵国栋.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的运用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(15):215-217.
 - [3]张帆.水利工程施工中的边坡开挖支护技术分析[J].水上安全,2023(7):170-172.
 - [4]王泽源.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].产业与科技论坛,2022,21(16):45-46.
- 作者简介: 玉素甫江·吐拉洪(1982.5—),毕业学院:江西南昌工程学院,所学专业:水利水电工程,当前单位名称:新疆维吾尔自治区水土保持监测中心/新疆维吾尔自治区水利厅水土保持实验站。

水利工程施工阶段质量管理控制要点分析

苏爱热·艾尼完

塔里木河流域工程建设与质量安全技术中心, 新疆 库尔勒 841000

[摘要]水利工程施工阶段的质量管理, 其实在整个工程当中占据着相当关键的地位, 它是保障工程能够做到安全、耐久并且各项功能都能得以顺利实现的重要环节所在。就当前情况来看, 在施工的过程里面依旧存在着不少比较突出的问题。比如说施工准备以及技术交底这两方面做得不够充分, 对于原材料还有设备的管理也显得不够严格, 施工工艺在执行的时候还存在着一定的偏差, 而质量监督以及责任追溯机制更是不够完善。与此自然环境本身较为复杂, 施工条件也受到诸多限制, 这些情况都给施工质量控制提出了更高的要求。从整体上来看, 虽说现有的管理制度以及流程已经初步搭建起来了, 然而在实际去执行的时候还是存在着一些比较薄弱的环节, 所以有必要进一步强化针对全过程的质量管理, 并且据此提出若干控制对策, 希望通过这样的方式来全面提升水利工程施工质量管理水平。

[关键词]水利工程; 施工阶段; 质量管理; 控制要点

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18309

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Analysis of Quality Management and Control Points in the Construction Stage of Water Conservancy Projects

SUAIRE Ainiwan

Tarim River Basin Engineering Construction and Quality Safety Technology Center, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: Quality management during the construction phase of water conservancy projects actually plays a crucial role in the entire project. It is an important link in ensuring that the project can achieve safety, durability, and smooth implementation of all functions. From the current situation, there are still many prominent problems during the construction process. For example, the preparation for construction and technical disclosure are not sufficient, and the management of raw materials and equipment is not strict enough. There are also certain deviations in the implementation of construction technology, and the quality supervision and responsibility tracing mechanism are not perfect enough. The natural environment itself is relatively complex, and the construction conditions are also subject to many limitations, which puts higher demands on construction quality control. Overall, although the existing management system and processes have been initially established, there are still some weak links in actual implementation. Therefore, it is necessary to further strengthen the quality management of the entire process and propose several control measures accordingly, hoping to comprehensively improve the quality management level of water conservancy engineering construction through this approach.

Keywords: water conservancy engineering; construction stage; quality management; key control points

引言

水利工程属于保障区域水资源利用、灌溉、防洪以及生态保护的重要基础设施范畴, 其建设质量同工程的安全运行、经济效益的达成以及社会功能的实现有着极为密切的关系。相较于一般的建筑工程来讲, 水利工程呈现出投资规模颇为庞大、施工周期相对较长、结构较为复杂、工艺种类繁多并且自然环境对其的影响比较显著等诸多特点, 如此一来, 施工阶段的质量管理便成为了决定工程能否成功与否的关键所在。施工阶段涉及到诸如材料进场、

施工工艺、设备安装等一系列具体的操作事项, 同时还涵盖了质量责任的落实、技术交底、施工监测以及隐蔽工程控制等具有一定系统性的管理方面的工作内容, 所以说, 其质量管理工作具备相当高的综合性以及持续性特点。在实际开展施工活动的过程中, 像原材料性能存在差异、施工工艺执行得不够到位、管理制度落实得不彻底以及环境条件发生改变等因素, 都有可能引发不同层面的质量隐患问题, 进而对工程的结构安全性以及使用寿命产生影响。鉴于此, 针对水利工程施工阶段质量管理控制要点展开较

为细致的研究,一方面有利于明确施工前、施工中以及施工后各个阶段的关键控制环节,另一方面也有助于优化质量管理体系以及相关流程,除此之外,还能够一定程度上提升施工组织的科学程度与规范化的水准,从而为工程的安全、高效的运行以及可持续的发展给予可靠的保障,同时也能够为区域性水利工程施工管理的实际操作实践给予理论层面的支持以及具体的参考依据。

1 水利工程施工质量管理的特点

水利工程施工管理具有明显的综合特点,其复杂性表现在施工过程中需克服大量土石方和水利结构施工所带来的地质、水文等多重影响因素;多样性体现在工程类型繁多,如渠道、水库、泵站等,每种工程具有不同的施工要求,对管理提出多样化需求;长期性则源于工程建设周期较长,需要持续的施工管理和监督;安全性方面,施工必须充分考虑周围环境及居民、农田的安全,防范可能的灾害风险;技术性则体现为施工管理需整合土木、水利等多学科专业知识,以确保施工质量和工程功能的实现。

2 施工阶段常见质量问题及成因分析

2.1 原材料与施工工艺问题

在水利工程施工期间,原材料以及施工工艺方面的问题属于影响工程质量的常见因素之一。部分工程在原材料采购环节、进场验收阶段以及储存管理过程之中把控力度不够严谨,使得水泥、钢筋、砂石料、防渗材料等的质量指标无法达到设计以及规范所提出的要求,从而对结构的整体性能产生影响。与此不同批次的材料其性能存在较大差异,要是没有开展必要的复检工作且未能做到分类使用,那么就很容易致使工程实体的质量出现不稳定的情况。在施工工艺这块,施工单位对于设计要求以及技术规范的理解不够到位,施工工序在执行的时候随意性颇高,工艺参数的控制也不够精确,比如混凝土配合比把控不严格、振捣操作不均匀、养护措施不到位,又或者在防渗施工当中搭接处理不够规范,这些情况都会引发强度不够、出现渗漏以及耐久性降低等一系列问题^[1]。除此之外,部分施工人员的技术水平较为有限,对于新材料、新工艺的掌握程度不足,在施工过程当中过度依靠经验来操作,对标准化流程有所忽视,这无疑进一步加剧了因原材料性能和施工工艺不匹配而产生的质量隐患。

2.2 管理制度执行不到位问题

在水利工程施工期间,管理制度执行不够到位,这同样是引发质量问题的关键因素之一。虽说大多数工程在开工之前已经构建起相对完备的质量管理制度以及技术规范,然而在实际的施工进度当中,部分参与建设的单位对

于这些制度的重视程度不够,存在着执行只是流于表面的情况。有一些质量管理方面的规定并没有切实有效地落实到具体的施工环节之中,质量责任的划分也不清晰明确,如此一来,等到出现问题之后,就很难做到及时地追溯并纠正偏差。与此现场管理人员的配备数量不足或者其专业能力有所欠缺,质量检查以及过程监督的频次也比较低,对于关键工序以及隐蔽工程的监管力度不够严格,这就很容易致使质量隐患被忽略掉。施工进度和质量之间的协调不够恰当,在工期有较大压力的情况下,有个别施工环节出现了简化流程、弱化检查的情形,使得原有的管理制度难以充分发挥出其应有的约束以及控制功效,最终对工程整体的施工质量与安全性都产生了影响。

2.3 环境因素对工程质量的影响

在水利工程施工期间,环境因素给工程质量带来的影响呈现出明显的显著性与复杂性特点。水利工程往往位于自然条件颇为复杂的区域,在施工进程当中,很容易受到气候条件、水文变化还有地质环境等诸多方面的因素所限制。当气温变化的幅度比较大的时候,混凝土浇筑、养护以及防渗施工的质量就很容易受到波及,进而出现强度发展不够均匀或者表面存在缺陷等一系列问题。而像降雨、风沙这类天气因素,是有可能打乱正常的施工节奏的,还会增加材料出现受潮、被污染或者是施工面遭到破坏的风险。并且,施工区域的地质条件较为复杂,土体性质之间的差异也比较明显,要是对环境变化缺乏足够的认识,那么在基础处理、边坡稳定以及结构施工这些环节当中,就容易滋生质量隐患^[2]。除此之外,施工环境相对来讲比较封闭,或者交通条件受到限制,同样会对材料运输、设备运行以及现场管理等方面带来不利的影响,使得工程质量控制的难度进一步提升。

3 水利工程施工阶段质量管理控制要点

3.1 施工前质量控制要点

在水利工程施工之时,施工前的质量把控属于整个质量管理体系里最为基础且颇具前瞻性的部分,其把控所达成的成效会直接确定后续施工过程中质量水准的高低以及管理的难易程度。在施工开始之前,应当紧扣工程的整体目标,针对设计文件、技术标准还有相关规范展开系统的整理以及透彻的理解,着重去把握工程的结构形式、功能方面的要求以及关键技术指标,避免因为理解出现偏差或者信息传递不够充分而在施工当中滋生质量方面的风险。与此施工组织设计以及各类专项施工方案得紧密贴合工程的实际状况来科学地加以编制,要对施工工序的安排、施工方法的选择、质量控制的关键节点以及有可能存在的

技术难点展开全面细致的剖析,从而让施工活动在技术层面具备清晰的指导特性以及实际的操作可行性。从管理的角度来讲,施工前需构建清晰的质量管理体系以及责任分工的相关机制,要明确建设方、监理方与施工方在质量管理当中的职责界限,保证质量管理的各项要求可以切实有效地落实到具体的岗位以及施工环节之中。人员这一因素同样是施工前质量控制极为重要的内容所在,应当依据工程的规模以及技术复杂程度合理地安排专业技术人员和管理人员的数量,并且借助技术交底、规范宣贯等多种方式,使得施工人员能够充分地理解施工的具体要求以及质量的标准,降低因操作不够规范而引发的质量隐患。施工前针对施工条件开展的系统调查以及评估同样极为关键,这里面包含了施工现场的自然条件、交通方面的条件以及施工资源的保障能力等诸多方面,倘若这些因素考虑得不够周全,那么在施工的过程中就很容易对质量控制形成一定的制约作用。

3.2 施工过程质量控制要点

在水利工程施工期间,施工过程的质量控制属于达成工程质量目标的关键环节,其管理所取得的成效同工程实体的质量状况、安全性能以及运行寿命有着极为密切的关联。在施工进程当中,质量控制应当渗透到各个工序以及各个环节里面,着重指出要针对施工活动开展动态化的管理并且实施持续不断的监督举措。一开始,务必要依照设计文件、技术规范还有施工方案来组织开展施工事宜,保证施工工艺、技术参数以及操作流程都能够契合标准方面的要求,切忌随意地变更施工方法或者简化工序,如此一来便能够避免出现质量隐患的情况发生。对于那些关键工序以及隐蔽工程而言,需要进一步强化在过程当中的控制力度以及针对各个节点开展细致的检查工作,从而确保每一工序只有在满足了质量要求之后才能够进入到下一个环节当中,这样可以有效防止问题不断累积并且逐渐放大的情形出现。在实际的施工过程当中,施工环境以及施工条件往往是处于持续不断地变化之中的,所以质量管理必须要具备相当强的适应能力以及及时应对的能力,借助对施工状态、材料使用具体情况以及工艺执行实际情况的持续跟踪监测,能够及时察觉并且控制住那些有可能会对质量产生不利影响的因素。与此施工过程当中的质量记录以及技术资料应当和施工进度保持同步形成的状态,真实且准确地反映出施工的实际进展情况,进而为后续的质量评定以及责任追溯相关事宜提供相应的依据^[3]。除此之外,施工过程质量控制一方面依靠管理人员所开展的监督检查工作,另一方面也和现场作业人员是否能够规范操作有

着紧密的联系,要是质量管理与现场施工出现脱节的情况,那么就很容易使得相关制度难以得到切实有效的落实。

3.3 施工后质量控制要点

在水利工程施工期间,施工后质量控制属于极为关键的环节,其重要程度绝不逊色于施工前的准备工作以及施工过程中的管理工作。在施工完成之后,工程质量管理方面的重点会从针对单一工序的监督逐渐转变为对整体工程实体展开检查与评定。此时需要对结构安全性、功能实现性还有施工规范符合性等方面展开全面且细致的审查工作。在施工完成以后,应当对所有的结构以及关键部位都实施质量检测,具体包含材料性能检测、构件强度测试以及对防渗和防护工程的效果予以评估等诸多方面,以此来确保各项技术指标都能够达到设计以及规范所提出的要求,并且要及时地将检测数据以及问题情况记录下来,从而为后续的管理以及责任追溯给予相应的依据。施工后的质量控制还涵盖对施工资料以及技术档案进行整理与核验的相关工作,这些资料务必保证真实、完整并且具备可追溯性,它们既是工程交付时极为重要的依据,同样也是后期运行维护环节中十分重要的参考内容。除此之外,在施工后的阶段还需要留意工程与周围环境以及实际使用条件之间的适应性状况,要对可能存在的一些潜在隐患展开分析并做出预判,尤其是在那些地质条件较为复杂或者环境变化比较显著的区域,要及时地去识别并且记录施工过程中虽然没有显现出来但是有可能会影响到长期运行的问题,以便在运维阶段能够对其进行跟踪管理。施工后质量控制还肩负着检验施工组织、施工工艺以及质量管理体系执行效果这样的功能,借助系统性的评估能够发现施工环节当中存在的薄弱环节,进而为未来的工程管理提供改进的依据。所以,施工后质量控制不单单是对施工阶段成果的总结与验证,同时也是保障工程能够长期安全、耐久且稳定运行的重要环节,其科学性、系统性以及完整性与水利工程的整体质量水平以及使用寿命有着极为紧密的关系。

4 水利工程施工质量管理优化对策

在水利工程施工期间,质量管理优化办法要把提升工程整体质量水准以及施工效率当作核心要点,努力去构建一套科学、系统且具备可持续性的管理体系。一开始,得对质量管理制度以及标准化操作流程加以完善,要将设计方面的要求、施工方面的规范还有技术方面的标准切实融入到施工的各个环节当中,以此来保证制度具备可操作性,并且能够涵盖工程从开始到结束的整个过程以及其中的关键节点。与此还得着重强化施工管理人员以及技术人员

的专业能力,借助定期开展的培训、技术交底以及经验交流等活动,促使施工团队在质量意识、操作技能以及风险识别能力等方面都得到全面的提升,进而降低因人为因素而引发的质量隐患出现的可能性^[4]。在施工技术这个层面上,要结合工程的具体特点以及所处的环境条件,去对施工工艺与施工方法做出优化,针对关键工序、隐蔽工程以及重点部位实行精细化的控制措施,从而确保施工质量能够保持稳定并且处于可控的状态。除此之外,运用信息化、智能化的相关手段,能够在很大程度上提高质量管理的水平,依靠施工监测系统、材料追溯平台以及数据分析工具等,达成对施工全过程的实时监督、质量评估以及问题预警的目的,以此来提升管理工作的透明度以及决策的科学性。

5 结语

水利工程施工阶段的质量管理工作,是确保该工程具备安全性、耐久性以及良好使用功能的重要环节所在。仔细对施工前的准备工作、施工过程中的控制情况以及施工后的验收事宜展开系统分析,便能够清晰知晓各个阶段所存在的关键控制要点以及潜在的风险因素。施工质量一方

面依靠技术工艺以及材料管理,另一方面还需有完善的制度作为保障、科学的管理体系予以支撑,同时还得有一支高素质的施工团队来开展相关工作。就当前施工当中所存在的诸多问题而言,进一步强化对全过程以及全要素方面的质量管理举措,推动技术手段以及管理方式的优化运用,这对于提升工程的整体质量水准、保障其安全运行并达成工程的长期效益来讲,有着不容忽视的重要意义。

【参考文献】

- [1]刘道霞.水利工程施工阶段质量控制与安全保障措施分析[J].水上安全,2025(9):131-133.
- [2]谢瑞敏,孙骏,王雪军.论水利工程施工阶段的质量管理策略[J].城市建设理论研究(电子版),2024(24):208-210.
- [3]周柏凡.基于水利水电工程施工阶段的质量管理研究[J].长江技术经济,2021,5(1):79-81.
- [4]韦小影.水利工程施工质量管理的特点及控制要点分析[J].技术与市场,2020,27(2):216-217.

作者简介:苏爱热·艾尼完,当前就职单位名称:塔里木河流域工程建设与质量安全技术中心。

基于 BIM 技术的水利水电混凝土施工优化应用研究

贾丽清

山东省水利水电建筑工程承包有限公司, 山东 济南 250100

[摘要]水利水电工程在混凝土施工方面,其工序颇为复杂,且工程量颇为可观。施工质量以及管理水平,对于工程的安全状况与运行成效而言,有着不容小觑的影响作用。传统的施工管理方式,已经很难契合现代水利水电工程在精细化建设方面的种种需求了。BIM 技术把三维数字模型当作核心要素,可达成工程信息的集成处理以及可视化管理,进而为混凝土施工的优化事宜给予了有效的技术助力。文中结合山东地区水利水电工程在冬季那种高寒环境之下混凝土防冻施工的实际需求,对其展开研究,探讨了 BIM 技术的本地化应用模式。通过研究发现,若能合理地运用 BIM 技术,那么便有利于提升混凝土施工的科学性与可控性,同时也给提高水利水电工程建设的质量以及管理水平提供了相应的参考依据。

[关键词]BIM 技术; 水利水电; 混凝土施工; 优化; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18308

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Optimization Application of Water Conservancy and Hydropower Concrete Construction Based on BIM Technology

JIA Liqing

Shandong Water Conservancy and Hydropower Construction Engineering Contractor Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250100, China

Abstract: In terms of concrete construction, the process of water conservancy and hydropower engineering is quite complex, and the amount of work is considerable. The construction quality and management level have a significant impact on the safety and operational effectiveness of the project. The traditional construction management methods are no longer suitable for the various needs of modern water conservancy and hydropower projects in terms of refined construction. BIM technology regards 3D digital models as core elements, which can achieve integrated processing and visual management of engineering information, thereby providing effective technical assistance for optimizing concrete construction. Based on the actual needs of concrete antifreeze construction in the cold and high-altitude environment of water conservancy and hydropower projects in Shandong Province during winter, this article conducts research and explores the localized application mode of BIM technology. Through research, it has been found that if BIM technology can be used reasonably, it will be beneficial to improve the scientificity and controllability of concrete construction, and also provide corresponding reference for improving the quality and management level of water conservancy and hydropower engineering construction.

Keywords: BIM technology; water conservancy and hydropower; concrete construction; optimization; technology application

引言

随着我国水利水电基础设施建设规模持续扩大,工程结构变得愈发复杂,施工质量、安全以及进度控制的要求也在不断提升,其中混凝土施工作为水利水电工程的关键环节,其施工水平直接关系到整个工程的质量以及长期运行的安全。传统的混凝土施工管理方式主要依靠二维图纸以及经验来开展管理工作,在工程信息的表达、施工协同以及动态控制等方面存在着比较明显的不足,很难满足现代水利水电工程精细化、信息化管理的发展需求。建筑信

息模型(BIM)技术是以三维数字模型作为载体,可以将设计、施工以及管理等多个维度的信息进行集成,为工程全过程管理提供了全新的技术手段。近些年,BIM 技术在房建以及市政工程领域的应用已经比较成熟了,然而在水利水电混凝土施工当中的应用还处于探索以及深化的阶段,在应对复杂施工条件以及特殊环境方面,其潜力还没有得到充分的发挥。以山东地区的水利水电工程为例,由于受到冬季气温较低、昼夜温差较大的因素影响,混凝土施工面临着防冻要求较高、施工组织难度较大的实际问

题,这就对施工技术和管理水平提出了更高的标准。在此背景之下,去研究 BIM 技术在水利水电混凝土施工优化当中的应用路径,结合区域工程的特点去探讨其在进度控制、质量保障、安全管理以及成本资源优化等方面的实际作用,对于提升水利水电工程建设水平以及推动施工管理模式的转型有着重要的现实意义以及工程应用价值。

1 BIM 技术的特点

BIM (建筑信息模型) 技术是一种基于数字信息的建模方法,贯穿建筑项目的全生命周期管理。它通过三维可视化直观展示设计意图,集成丰富的数据属性,实现信息数字化存储与实时查询,便于多专业协调和协同工作。同时, BIM 支持施工过程、结构性能及能耗的仿真分析,帮助提前识别风险并优化方案;通过参数化设计和资源调配,实现成本、时间和质量的优化;模型可自动生成施工图纸,提升设计与施工的效率。其一体化的信息管理贯穿设计、施工与运营阶段,确保信息无缝传递,覆盖项目全生命周期,为建筑行业提供高效、低风险的管理手段。

2 水利水电混凝土施工 BIM 应用现状分析

2.1 数据集成与信息共享不足

在当下的水利水电混凝土施工实际操作当中,数据集成以及信息共享方面存在的问题依旧是比较显著的。在施工进程里涉及到的设计图纸、施工方案、材料信息、进度计划、质量检测数据还有现场监测数据等,常常是零散地存储于不同的系统或者文档之中的,并且缺少一个统一的平台来对这些数据加以集中化的管理。这样的一种分散式的管理模式,致使各个专业之间信息的流通出现不顺畅的情况,相关人员没办法及时地获取到最新的工程数据,进而让施工决策多出了不少的不确定性以及潜在的风险^[1]。并且,施工现场针对实时数据的采集、传输以及更新的相关机制还不是很完备,这使得工程管理者很难对施工过程展开全面且动态的监控与分析,进一步强化了信息孤岛的状况。在大型的水利水电项目当中,这种信息没有实现集成、也没有达成共享的实际情况,不但对施工效率产生了影响,而且对于工程质量、施工进度以及资源利用率也都带来了负面的作用。

2.2 施工优化方案难以直观呈现

在水利水电混凝土施工期间,施工优化方案直观呈现方面存在着较为突出的欠缺之处。传统的施工方案大多是以二维图纸或者文字说明作为主要呈现形式,缺少空间感以及可视化的实际效果,很难精准地反映出施工构件所处的三维位置、彼此间的结构关系还有施工工序的逻辑排列顺序。这样的一种表现形式,致使施工人员在对施工方案

进行理解的时候,很容易出现理解上的偏差情况,没办法直观且清晰地掌握复杂工程节点具体的施工要求。并且,就大型混凝土结构来讲,比如坝体、溢洪道又或者是高墩混凝土构件等,在其施工过程当中涉及到多个工序以及多个专业之间的协同配合作业,而二维图纸是无法有效地展示出施工的先后顺序、资源的配置状况以及潜在存在的冲突点的,这也就使得施工优化方案的实际效果没有办法得到充分且合理的评估。

2.3 工程进度、成本与质量管理协同难度大

在水利水电混凝土施工领域,工程进度、成本以及质量管理方面的协同工作着实存在不少困难。施工进度之中,进度计划制定、材料采购事宜、人工安排情况、设备调度安排等诸多环节彼此间紧密关联着。不过,各个环节所涉及的数据常常是处于分散管理的状态,并且还缺少实时共享以及联动的相关机制,这就致使信息出现滞后的状况或者呈现出不一致的情况,进而使得施工调度以及决策的复杂性有所增加。与此成本控制以及质量管理务必要和施工进度密切配合起来。比如说材料出现浪费现象、施工存在偏差情况或者出现返工情形,这些都会直接对成本产生影响,而且还有可能对结构质量造成影响^[2]。因为缺少统一的管理平台并且缺乏实时数据作为支撑,所以不同部门以及不同专业之间很难达成高效的协作,这也就让在控制成本、确保施工质量的同时按照计划去推进工程进度这件事变得更加艰难了。

3 BIM 在混凝土施工优化中的应用

3.1 BIM 建模与信息集成

在水利水电工程开展混凝土施工期间, BIM 建模以及信息集成构成了达成施工精细化、科学化管理的重要根基。借助 BIM 技术,于施工开始之前便能够构建起一个三维数字模型,这个模型把结构尺寸、构造形式、材料性能还有施工工序都囊括其中,并且能把设计数据、施工方案、质量标准以及现场管理信息整合到同一个平台之上,进而达成对工程信息的系统化管理。考虑到山东地区冬季气温比较低、昼夜温差也大的这些高寒施工方面的特点,混凝土在浇筑以及养护的阶段特别容易受到低温的影响,进而出现早期强度不够、表面产生冻裂之类的质量方面的问题。在 BIM 建模的过程当中,可以把当地的历史气象数据以及实时气温的变化当作环境参数引入到模型里面来,与此同时还要把不同的混凝土配合比、防冻外加剂性能指标以及保温养护措施的要求关联起来,以此对冬期混凝土施工的整个过程展开动态的模拟与分析。通过这个模型可以很直观地呈现出不同浇筑时间、施工顺序以及保温

方案给混凝土温度场以及强度发展所带来的影响,从而为施工组织给予可靠的数据方面的依据。除此之外, BIM 信息集成还能够把混凝土温控监测数据、施工进度信息和模型相互关联起来,实现对混凝土浇筑、养护以及质量状态的持续跟踪与动态管理,让施工管理人员能够及时知晓关键工序的实际状况,防止因为低温环境而引发的施工风险。

3.2 施工进度优化

在水利水电工程开展混凝土施工期间,施工进度的优化属于确保工程得以顺利推进的关键环节,而冬季那种低温且高寒的施工环境,更是给进度控制提出了相当严格的约束要求。BIM 技术可将施工进度计划同三维模型加以深度融合,进而达成对施工过程实现可视化以及动态化管理的效果,使得各个施工阶段的时间安排变得更为直观且清晰明了。在高寒地区,混凝土的浇筑以及养护周期会受到气温的明显影响,要是进度安排不够合理,就很容易出现因为养护时间不够充足或者频繁出现停工状况而引发的工期延误问题。凭借 BIM 模型,能够结合山东地区冬季气温变化的具体特点,针对混凝土施工的关键节点展开模拟分析,合理地安排浇筑的顺序以及施工的时间,以此来确保混凝土能够在满足防冻要求并且强度能够正常增长的前提之下有序地向前推进^[3]。与此 BIM 技术还能够把进度计划和施工资源配置相互关联起来,直观地反映出不同施工阶段对于人力、材料、机械等方面的需求情况,从而防止因资源调配不妥当而致使进度出现滞后的状况发生。

3.3 施工质量优化

在水利水电工程开展混凝土施工期间,对施工质量予以优化乃是保障工程安全以及耐久性的重要环节,尤其在高寒地区,冬季低温环境给混凝土质量控制带来了更高的要求。BIM 技术把质量控制的相关标准、材料性能的各项参数以及施工工序的具体要求整合进三维模型当中,促使混凝土施工质量管理从以往的事后检查逐步转变为过程控制。在具体的应用过程当中,可以在 BIM 模型里清晰地明确不同结构部位所对应的混凝土强度等级、防渗等级、抗冻等级以及养护方面的要求,并且把这些要求和施工工序节点相互关联起来,达成质量要求的可视化呈现。在高寒的条件之下,模型能够着重标识出容易受到低温影响的关键部位,像大体积混凝土、迎水面结构以及薄壁构件等,方便施工人员予以重点关注并加以控制。就山东某中型水库除险加固工程来讲,该工程在冬季实施溢洪道混凝土施工,借助 BIM 模型提前对低温环境下混凝土浇筑与养护的过程进行模拟,把防冻外加剂的掺量、保温覆盖

的厚度以及养护时间等质量控制参数纳入到模型管理之中,在施工过程里结合现场温度监测的数据展开对比分析,从而及时察觉并纠正养护不足的问题,有效地防止了混凝土出现表面冻裂以及强度不足等一系列的质量缺陷。

3.4 安全管理优化

在水利水电工程混凝土施工期间,其安全管理会受到施工环境较为复杂、工序交叉频发以及冬季处于高寒状况等多种因素的影响,使得安全风险呈现出比较显著的季节性以及阶段性特点。BIM 技术凭借三维可视化以及信息集成的方式,把施工现场的空间布局情况、作业流程以及安全风险要素都直观地展现出来,对于提升安全管理的针对性以及预控能力是有帮助的。在高寒地区展开混凝土施工的时候,低温一方面会影响混凝土的性能,另一方面还很容易引发作业人员出现滑跌的情况,机械设备也容易出现低温故障,并且临时用电以及保温设施还存在发生火灾等安全隐患的可能性。借助 BIM 模型,在施工开始之前就可以对冬季混凝土施工场景进行模拟操作,清晰地呈现出模板支撑体系、脚手架布置、临时保温棚以及加热设备之间在空间上的位置关系,提前对高风险区域以及不合理布置的问题加以识别^[4]。以山东某引水工程冬季渠道衬砌施工作为例子来讲,该工程项目在混凝土浇筑阶段运用 BIM 技术针对施工区域展开安全模拟,把那些容易发生人员滑倒、设备交叉作业以及临时用电集中的区域在模型当中予以重点标识,并且结合冬期施工方案来对防滑措施、保温加热设备布置做出优化处理。在施工的过程当中,安全管理人员依靠 BIM 模型来开展现场安全交底以及动态检查工作,从而有效地降低了冬季施工环境下安全事故的发生率。

3.5 施工成本与资源优化

在水利水电工程开展混凝土施工期间,施工成本以及资源优化情况属于项目管理方面极为重要的目标内容。在高寒地区进行冬季施工时,其施工条件往往会致使材料消耗出现增多状况,施工周期也会相应延长,并且资源利用效率还会有所降低。BIM 技术能够把工程量、材料消耗、施工进度以及资源配置等相关信息整合到同一个统一的模型当中,进而达成对施工成本以及资源的精细化管理效果。在冬季进行混凝土施工的时候,防冻外加剂、保温材料、加热设备以及人工投入的量都会明显增多,要是缺少有效的统筹安排,就很容易引发材料浪费以及成本失去控制的局面出现。借助 BIM 模型,可以在施工开始之前针对不同施工方案下混凝土的具体用量、防冻材料的需求量以及设备投入的情况展开量化方面的分析,从而直观地对

各个方案的资源消耗情况以及成本变化状况加以比较,以此给施工组织工作给予较为可靠的依据参考。与此 BIM 技术还能够将资源计划和施工进度相互关联起来,动态地反映出各个阶段材料、机械以及劳动力的实际使用状况,以此来减少因为低温导致停工或者工序衔接不够顺畅而造成的资源闲置情况发生。

4 结语

BIM 技术于水利水电混凝土施工方面的运用,给工程管理带来了可视化、信息化以及协同化的方式。把施工进度、质量、安全还有成本资源等相关信息整合进模型里,可更妥善地去处理施工过程中所存在的复杂性与不确定性。就山东地区冬季那种高寒环境而言,针对混凝土防冻施工的实际需求, BIM 技术一方面提升了施工管理的科学性以及精细化程度,另一方面也切实有效地确保了施工的质量与安全。能够预估到,伴随 BIM 技术持续不断地

得到推广并且应用程度逐步加深,它在水利水电工程施工优化当中的作用将会变得更加突出,进而为工程实现高效且优质的建设给予稳固有力的支撑。

【参考文献】

- [1]张友军.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J].中国水泥,2025(8):109-111.
- [2]匡雄伟.水利水电工程中混凝土施工技术的应用[J].清洗世界,2021,37(7):155-156.
- [3]李占春.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J].吉林农业,2019(14):62.
- [4]丛洁,靳伟,弓振铭.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J].价值工程,2025,44(8):128-131.

作者简介:贾丽清(1984.3—),毕业院校:吉林大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:山东省水利水电建筑工程承包有限公司,职称级别:工程师。

持续推进农田水利和高标准农田建设

乔诚岗

杭锦旗财政局, 内蒙古 鄂尔多斯 047400

[摘要]随着我国农业现代化进程持续推进,农田水利和高标准农田建设在保障粮食安全、提高农业生产能力、推动农业可持续发展方面发挥着重要作用。近年来,我国在农田水利基础设施建设、耕地标准化改造、智能化管理等方面取得一定成效,但还存在基础设施老化、资金保障不足、建后管护机制不健全等问题。本论文分析现状,提出持续推进农田水利和高标准农田建设的路径和措施,如基础设施系统化建设、建设提质增效、保障机制完善等,结合数字技术与智慧水利发展趋势,提出技术与管理相结合的优化策略,为我国高标准农田水利工程建设提供参考。

[关键词]农田水利建设;高标准农田;可持续发展

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18305

中图分类号: S27

文献标识码: A

Continuously Promote Agricultural Water Conservancy and High Standard Farmland Construction

QIAO Chenggang

Hangjin Banner Finance Bureau, Ordos, Inner Mongolia, 047400, China

Abstract: With the continuous advancement of agricultural modernization in China, agricultural water conservancy and high standard farmland construction play an important role in ensuring food security, improving agricultural production capacity, and promoting sustainable agricultural development. In recent years, China has achieved certain results in the construction of agricultural water conservancy infrastructure, standardized transformation of cultivated land, and intelligent management. However, there are still problems such as aging infrastructure, insufficient financial support, and inadequate post construction management and maintenance mechanisms. This paper analyzes the current situation and proposes paths and measures to continuously promote the construction of agricultural water conservancy and high standard farmland, such as systematic construction of infrastructure, improvement of construction quality and efficiency, and improvement of guarantee mechanisms. Combined with the development trend of digital technology and smart water conservancy, an optimization strategy combining technology and management is proposed to provide reference for the construction of high standard agricultural water conservancy projects in China.

Keywords: farmland water conservancy construction; high standard farmland; sustainable development

引言

农田水利建设属于保障农业生产的基础设施,在提高耕地利用率以及稳定粮食产量方面发挥着重要作用。随着我国农业现代化以及乡村振兴战略不断深入推进,高标准农田建设已然成为推动现代农业发展的一项核心举措。高标准农田着重于土地平整、水利设施完善以及耕作条件优化等方面,同时还将农业机械化、信息化以及生态保护相结合,以此为农业可持续发展给予有力支撑。不过当下我国农田水利设施存在着建设标准参差不齐、管理维护不够到位以及投资回报周期较长等一系列问题,这些问题在一定程度上对高标准农田建设的效率以及效益形成了制约。要达成农田水利以及高标准农田

建设的长效推进目标,迫切需要从政策制度、资金投入、技术应用以及管护机制等诸多方面去探寻系统性的解决办法。本文通过分析当下现状,深入探讨我国高标准农田水利建设所存在的主要问题,并且给出切实可行的推进路径以及保障机制,希望能够为农业现代化以及粮食安全筑牢坚实后盾。

1 我国农田水利和高标准农田建设现状

近些年来,我国在农田水利建设方面收获了颇为显著的进展,农田基础设施也在逐步朝着完善的趋势发展,灌溉、排涝还有防洪等一系列系统的建设水平都得到了明显的提升。借助实施高标准农田建设项目这一举措,耕地的质量有了较为明显的改善,像土地的平整程度、田间的道

路状况以及田间的排水系统这类基础条件也在持续不断地得以优化,进而为机械化作业以及农业生产效率的提升打下了相应的基础。从技术应用的角度来讲,部分地区的农田已经开始引入诸如信息化管理、智能监测以及远程控制等现代手段,以此来对水利设施的运行状态以及农田灌溉的具体情况展开实时的监测,初步构建起了数字化的管理模式。与此在政策层面上也出台了一系列具有指导意义的文件以及建设标准,从而为高标准农田建设给予了一定的制度方面的保障。就投资而言,国家以及地方财政都在不断增加针对农田水利以及高标准农田建设的资金投入力度,由此形成了一套多渠道且多层次的资金保障体系。不过从整体的情况来看,我国的高标准农田建设依旧存在着区域之间的发展并不均衡、建设标准并非完全统一以及部分设施老化比较严重等诸多问题,这些问题无疑给进一步提升农业生产的综合能力以及保障粮食的安全带来了不小的挑战。我国的农田水利以及高标准农田建设在已经取得阶段性成果的情况下,也面临着要对基础设施加以进一步完善、使技术应用水平得以提升以及让管理机制变得更加健全的迫切需求。

2 持续推进农田水利和高标准农田建设面临的问题

2.1 基础设施老化与配套不足

随着农田水利设施投入不断累积,部分区域基础设施出现老化、功能减退、配套设施欠缺情况。部分灌溉渠系、水泵站、水闸等设施在长时间使用中出现渗漏、破损以及管理不当现象,致使水资源利用效率降低,农业生产风险增加。在一些地区,高标准农田建设时没有充分考虑灌溉排水系统和田间道路、田间管理设施整体配套,资源利用效率和作业便利性不高,这制约了农田生产能力提升,增加了后续管护成本,使农田水利基础设施难以发挥最大效益。基础设施老化和配套不足问题存在,亟需通过系统化建设和精细化管理提升农田水利工程整体水平,支撑高标准农田持续发展。

2.2 投融资机制与资金保障压力

高标准农田建设以及农田水利改造往往需投入诸多资金,涉及土地平整、水利设施构建、田间道路建造和技术运用等诸多方面。不过,当下施行的投融资机制存有一些限制,财政资金投入与社会资本介入的比例不太均衡,致使部分项目于资金筹措方面碰到了难题。与此投资回报周期较长,收益呈现缓慢,这限制了民间资本的参与意愿,也影响了项目的推进速率。部分地区还存在着资金使用效率不高、项目监管不力等状况,再度提升了投资风险。在

此情形下,完善投融资机制、优化资金结构、引入多元化的融资渠道,已然成为推动农田水利和高标准农田建设的重要环节,要借助政策引导、财政激励以及技术评估等方式来保证资金得以高效利用,以此支撑农田建设不断向前推进。

2.3 建后管护机制不健全

高标准农田建设完成之后,怎样维持设施长时间有效运转,这可是保证建设成果的关键环节。当下,我国一些地区存在着建设完成后管护机制不够完善的情况,像管理责任说不清楚、维护投入不够、技术支撑欠缺以及信息化监控系统缺失等状况都有。这就使得部分水利设施在开始使用后没能及时得到维护,出现了功能变差、运行效率降低等问题,甚至还对农田生产秩序产生了影响。管护不到位,一方面会削减建设效果,另一方面也有可能提高农业生产成本并且加大风险。所以说,建立起科学且能持续的建设后管理与维护机制,把责任主体弄清楚,制定出操作规范,同时借助现代技术手段来开展监控与管理工作,这对于确保高标准农田以及农田水利工程建设能够有长期效益是极为重要的。

3 持续推进农田水利和高标准农田建设的重点路径

3.1 加强农田水利基础设施系统化建设

要达成高标准农田建设所设定的长效目标,那就得强化对农田水利基础设施展开系统化的建设工作。具体而言,一方面要针对现有的诸如渠道、泵站、水闸这类设施予以升级改造;另一方面还需去新建那些高效且具备智能化特性的灌溉排水系统,进而让水资源可以在田间地头实现科学合理的分配与利用。在开展规划设计相关工作的进程当中,务必要全面综合地考量所在区域的水文方面的实际条件、土壤所具有的特性、地形地貌的具体情况以及农业生产布局的安排状况,由此来制定出一套科学合理且完整的整体方案,达成水利设施的系统集成效果。借助标准化的设计手段、精细化的施工操作以及对整个过程都加以监管的方式,能够切实保证设施建设的质量水平,提升其运行时的效率,并且把后期维护的成本降下来。与此推动设施信息化方面的建设举措,依靠传感器、自动控制系统的运用以及数据分析平台的应用,对水利设施实施实时的监测操作,达成设施运行状态的可视化管理状态,从而给农业生产给予可靠的保障。

3.2 推动高标准农田建设提质增效

高标准农田建设,其关注点并非仅仅在于土地面积以及基础设施方面,而是着重于耕地质量、生产条件以及作

业效率的提升。在推动这一建设进程期间,需要对土地平整、土壤改良、田间道路优化以及田间排水系统完善等一系列综合举措加以重视,以此来提升耕作的便利性,并且提高机械化作业的水平。与此还需引入科学施肥、病虫害管理以及作物轮作等现代的农业技术,进而提高土地产出的效率以及可持续利用的能力。通过制定科学的标准、落实建设的规范以及强化项目的监管等方式,能够确保每一处农田在建设完成之后可实现功能的最大化,进而为粮食安全筑牢坚实的基础。高标准农田建设要实现提质增效,关键在于达成资源、技术与管理的有机结合,以此确保投入产出比处于最优化的状态,从而提升农业生产所具备的综合效益。

3.3 强化数字技术与智慧水利应用

高标准农田水利工程建设是保护耕地高效科学利用的前提,因此,要及时处理高标准农田水利工程建设中存在的问题,确保工程建设质量,进而助力农业高效、可持续发展。在这个方向上,网络物理系统(CPS)下的数字孪生(DT)方法可以发挥至关重要的作用。具体来说,数字孪生利用来自现场的感测数据,在虚拟和物理层面实现实际对象的交互和控制以及事件的早期检测。当与实时数据和模型相结合时,机器学习(ML)和强化学习(RL)、人工智能(AI)、计算机视觉、大数据存储、处理和分析等新方法和新工具,可以优化、控制和实现高标准农田水利工程建设的资源管理和远程监控,通过弥合物理和虚拟系统之间的差距来提高高标准农田水利工程建设的**安全性、效率和经济效益。通过科技支撑,有望节省高标准农田水利工程建设成本、提高高标准农田水利工程建设效率并改善高标准农田水利工程建设的后期维管。

3.4 注重生态保护与节水型农业发展

在开展高标准农田建设工作的进程里,生态保护以及节水型农业已然成为达成可持续发展以及农业高效运用的关键指向。在建设期间,务必要周全地考量水资源的妥当配置与防护事宜,要着力去优化灌溉系统的相关设计,可采用诸如滴灌、微喷这类节水灌溉技术,以此来提高水资源的利用效能,尽力降低水能出现的浪费情况以及土壤产生盐碱化的潜在风险。与此得着重关注农田生态环境的整体性协调状况,这涵盖了维持农田周边水体、水生生物还有植被系统的生态功能,要避免农田改造给生态环境带来损害。在农业生产的整个过程当中,借助大力推广科学施肥的方式、推行绿色防控举措以及实施农作物轮作等办法,促成农业生产同生态保护能够有机地结合起来,如此

一来既能确保作物实现高产且稳产的状态,又能对土壤肥力以及生态平衡予以维护,进而构建起一种能够兼顾经济效益、社会效益以及生态效益的高标准农田建设模式,为现代农业的可持续发展筑牢稳固的基础。

4 保障农田水利和高标准农田建设长效推进的机制

4.1 完善政策制度与规划衔接

要想长久且有效地推进农田水利以及高标准农田的建设工作,那就得对政策制度体系加以完善,要把目标任务、责任主体、实施标准还有监管机制都给明确清楚。与此要把各级政府规划、土地利用规划、农业发展规划和水利建设规划相互之间有效衔接起来,以此来保证各项政策能够协调一致,让建设工作得以顺利且有序地推进下去^[1]。建立起标准化并且具备可操作性的政策制度之后,便能够在项目选址、审批、建设、验收以及运行管理等诸多环节给予相应的指导,进而为高标准农田和农田水利建设构建起制度层面的保障,推动这项建设工作朝着规范化、科学化以及可持续发展的方向去开展。

4.2 创新多元化投融资机制

为了解决建设资金方面所面临的压力,应当积极去探索多种多样的投融资模式,像财政投入这种模式、依靠银行信贷的模式、吸引社会资本的模式以及合作社自筹这样的模式等,借助政策方面的引导作用以及风险分担的相关机制,以此来提升社会资本参与到其中的积极性。对投融资模式加以创新,一方面可以缓解地方财政所承受的压力,另一方面还能引入市场化的运营机制,进而提高资金在使用过程中的效率^[2]。通过构建起项目评估的机制、资金监管的机制以及绩效考核的机制,从而保证投资资金能够安全且高效地得以使用,给高标准农田以及农田水利建设给予稳固的资金方面的支撑。

4.3 健全建设运行与管护体系

建设工作完成之后,应当着力构建起一套科学且高效的运行以及管护体系,其中包括责任清晰明确、管理流程规范有序、有相应的技术作为支撑以及借助信息化手段开展监控等方面内容^[3]。要清楚界定建设单位、管护单位还有农户各自的责任分工情况,制定出有关设施运行维护的具体标准,同时配备专业的技术人员,并且把现代信息技术和智能化管理的方式结合起来,以此对设施的运行状态展开监测、预警以及维护等相关工作。凭借制度化且规范化的管理举措,能够保证设施在较长时期内始终维持良好的运行状态,充分挖掘并发挥建设所取得的效益,进而为高标准农田以及农田水利工程建设的持续性与可靠性给

予有力保障。

5 结语

持续推进农田水利以及高标准农田建设工作,这无疑是我国保障粮食安全、提升农业生产能力并且推动农业现代化进程的一项关键举措。借助于强化基础设施方面的建设力度,提高高标准农田建设所达到的水平,同时完善各类保障机制,并且引入数字技术以及智慧水利相关手段,如此便能够达成农业资源的高效利用目标,进而实现可持续发展的良好态势。在往后的日子里,需要进一步对政策制度加以完善,创新投融资的具体模式,强化针对建设、管护以及技术支撑等方面的工作,以此来保证高标准农田以及农田水利工程建设所取得的成果能够长时间维持在

稳定且高效运行的状态,从而为我国农业现代化以及乡村振兴战略筑牢坚实的基础。

【参考文献】

- [1]新华社.大力推进农田水利和高标准农田建设[J].农家致富,2023(24):44.
- [2]王海飞.大力推进高标准农田水利建设,保障现代化农业发展[J].农业开发与装备,2024(10):232-234.
- [3]赵崇武.广西壮族自治区高标准农田建设发展思路研究[J].南方农机,2022,53(10):187-190.

作者简介:乔诚岗(1981.9—),男,毕业院校:河北工程大学,所学专业:农业水利工程,当前就职单位:杭锦旗财政局,职称级别:水利高级工程师。

地下水资源与地表水互补管理与优化分析

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]干旱以及半干旱地区的水资源短缺这一问题格外凸显出来,在这些地区,地表水呈现出较为显著的季节性波动情况,而地下水尽管其储量是比较大的,但是补给的速度却十分缓慢,同时,部分区域地下水利用相对集中,水质虽有一定变化,但整体可通过合理管理持续优化。将地下水和地表水进行互补利用的方式,能够在一定程度上缓解水资源所面临的紧张状况,同时还有助于对水资源进行更加优化的调配,进而能够保障生态用水的需求得以满足。就现有的管理模式以及调控手段而言,依旧存在着不少的不足之处。全面且细致地去分析水资源的实际现状,深入地研究互补机制,进而提出更为优化的管理策略,这对于达成水资源的可持续利用目标以及提升其利用效率而言,无疑有着极为重要的意义。

[关键词]地下水;地表水;互补管理;优化分析

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18318

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

Complementary Management and Optimization Analysis of Groundwater Resources and Surface Water

WANG Haixia

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

Abstract: The problem of water scarcity in arid and semi-arid regions is particularly prominent. In these areas, surface water exhibits significant seasonal fluctuations, while groundwater, despite its large reserves, has a very slow replenishment rate. At the same time, groundwater utilization is relatively concentrated in some areas, and although water quality has changed to some extent, it can be continuously optimized through reasonable management. The complementary utilization of groundwater and surface water can alleviate the tension faced by water resources to a certain extent, and also help to optimize the allocation of water resources, thereby ensuring that the demand for ecological water is met. There are still many shortcomings in the existing management mode and regulatory measures. A comprehensive and detailed analysis of the actual situation of water resources, in-depth research on complementary mechanisms, and the proposal of more optimized management strategies are undoubtedly of great significance for achieving the sustainable utilization goals of water resources and improving their utilization efficiency.

Keywords: groundwater; surface water; complementary management; optimization analysis

引言

水资源在社会发展以及生态环境维护方面占据着十分关键的地位,尤其是在干旱以及半干旱地区,水资源匮乏的问题变得愈发明显,给农业生产、工业发展以及城市生活造成了极为严重的制约。该区域地表水资源会受到降水分布不均匀、季节性波动幅度大以及水库调控能力有限等因素的影响,所以其供水稳定性相对较差;地下水储量总体较为丰富,但补给速度相对有限,在部分地区开采较为集中,水质出现一定下降趋势。长期持续开采可能对地面稳定性和生态环境产生一定影响。单纯依靠地表水或者地下水的利用方式已经很难满足社会、经济以及生态方面

的综合用水需求了,迫切需要建立起科学合理的地下水与地表水互补管理模式,以此来达成水资源的协调开发以及可持续利用的目标。近些年来,随着水文监测、信息化管理以及智能调控技术不断地发展进步,这为地下水与地表水协同利用提供了相应的技术支撑,让区域水资源调配变得更加精准、灵活且高效。在此基础上,本文重点对地表水与地下水资源的现状展开系统分析,深入探讨它们互补利用的内在机理,构建起科学的调控模型,并且提出优化管理的具体策略与实施路径,从而为干旱区水资源综合管理以及可持续利用给予理论方面的依据以及实践层面的参考,推动生态环境保护与区域社会经济实现协调发展。

1 地下水资源与地表水互补管理的特点

地下水资源与地表水互补管理的特点主要表现在调蓄功能、水质改善、资源优化配置和可持续利用等方面。一方面,地下水能够储存丰水期多余的地表水,缓解枯水期的供需矛盾;同时,地表水也可以通过人工回灌对地下水进行补充,特别是在干旱地区或地下水开采较集中的区域,有助于优化水资源的分布与利用。另一方面,地表水可稀释高盐度地下水,降低矿化度,而地下水又能作为地表水的天然过滤层,提升水质。在资源优化配置上,通过行政、法律及经济手段协调两类水资源的使用比例,优先满足工业、农业和生活用水需求,减轻地下水开采压力。最后,为实现可持续利用,需要结合区域水资源特点制定科学治理方案,如通过节水和水源置换恢复超采区域地下水位,并长期平衡开发与保护,避免生态失衡。

2 地表水资源现状

地表水资源属于区域水循环里的关键构成部分,在干旱及半干旱地区水资源供给方面有着无可取代的重要作用。此区域的河流呈现出季节性波动颇为突出的特性,在夏季融雪以及降水集中的时段,水量颇为充足,然而到了秋冬干旱季节,水量就会出现较为明显的下降情况,其流量波动的幅度也相对较大,水资源在时间与空间上的分布是极不均衡的。与此河流的水质状况会受到上游取水、农业灌溉排水还有生活污水排放等因素的影响,部分河段存在着水质有所下降的状况。地表水的蓄水设施分布是比较有限的,水库、堤坝以及调蓄工程在一定程度上对水量短缺以及洪涝风险起到了一定的缓解作用,不过整体的调控能力依然受限于水量以及降水所具有的不稳定性。

3 地下水资源现状

在干旱以及半干旱地区,地下水资源于当地的水资源系统当中占据着极为关键的地位,它有着十分重要的调节作用以及保障功能。其自身所拥有的储量颇为可观,并且分布情况相对来说也比较稳定,所以当在地表水资源出现不足的情况,不管是处在哪个季节还是哪一年份,它都能够给予可靠的补充。该区域的地下水主要是在浅层含水层以及中深层含水层之中存在的,而且这里的水文地质条件相当复杂,包含了像冲积扇、砂砾层还有岩溶裂隙等多种不同类型的储水介质。地下水的补给来源主要是依靠降水入渗、河流回灌以及人工注水等方式,不过因为降水量是有限的,所以补给的速度是比较缓慢的,在部分区域,地下水开采相对集中,主要用于农业灌溉和居民生活用水^[1]。部分地区由于抽取量较大,地下水位呈现下降趋势,可能对水位、泉水及地面稳定性产生一定影响。通过科学调控

和合理利用,可以有效缓解这一趋势,实现地下水资源的可持续管理。除此之外,地下水的水质在不同的区域之间是存在差异的,其中浅层含水层比较容易受到农业面源污染以及生活污水的影响,而中深层含水层总体来说水质是比较好的,但是要是处于局部开采较为集中的区域,就有可能出现硫酸盐、氟化物超标之类的问题。

4 地下水-地表水互补调控模型构建

构建地下水与地表水互补调控模型,乃是达成区域水资源科学管理以及可持续利用的重要技术途径。其关键点在于精准且系统地量化地下水和地表水在空间以及时间维度上所呈现出的动态耦合关联,以此来科学地指引水资源的优化配置工作以及相关的调控决策事宜。此模型把水文循环的过程当作基础,借助对地下水位方面的变化情况、河流径流状况、降水之后的入渗情形、蒸散发相关情况、土壤水分状态以及各类用水需求等多项因素展开数学层面的描述,进而形成一个综合性的调控架构。在开展模型设计的时候,既会充分考量含水层的具体类型、其渗透性能、储水方面的实际能力以及地下水的补给机制等相关方面的情况,也会兼顾河流水量出现的波动规律、呈现出季节性特点的水资源分布状况以及在极端干旱年份时的应对能力等方面的内容,与此还会把农业灌溉用水需求、工业生产用水需求以及城市生活用水需求都纳入到调控体系当中,从而达成用水需求和水源供给之间的动态契合状态。该模型借助建立优化调度的相关算法以及情景模拟的体系,能够针对不同的水资源配置方案展开科学合理的评估工作,可对地下水水位的变化情况、地表水流量的响应状况以及潜在存在的水资源风险加以预测,进而为制定合理的开采限额、实施人工补给举措、采取调蓄与蓄水策略等事项提供相应的依据^[2]。除此之外,再结合遥感监测手段、地理信息系统以及智能化的水资源管理平台,模型便能够实现对地下水与地表水资源的实时监控以及动态调控,充分挖掘并发挥二者在时间以及空间层面上所具有的互补作用,切实有效地缓解季节性以及区域性水资源短缺方面的问题,确保生态环境的安全无虞。

5 优化管理策略与路径

5.1 水资源合理调配与高效利用

水资源合理调配以及高效利用,乃是达成区域水资源可持续管理,并且满足社会经济发展需求的关键举措。就干旱以及半干旱地区而言,其地表水资源呈现出分布不均衡的特点,而且季节性波动较为显著。该地区的地下水资源储量虽说颇为丰富,不过补给速度却比较缓慢。所以,有必要构建起科学合理的水资源调度体系,进而实现地下

水与地表水之间的动态互补。合理调配的要点在于依据水资源的时空分布特性,去制定不同用水部门的优先次序以及调度办法,借助水量预测、用水需求剖析以及供需平衡测算等方式,达成农业、工业还有生活用水的协调一致。在此基础之上,应当对水资源配置结构予以优化,优先确保生态用水以及关键行业用水的需求得到满足。与此还要凭借蓄水、调水、回用以及再生水利用等一系列技术手段来提升整体水资源的利用效能。

5.2 生态保护与水资源可持续利用措施

生态保护以及水资源的可持续利用,属于区域水资源管理极为重要的目标所在。其关键之处就在于,在充分满足社会经济发展所提出的用水需求之际,还要切实保障河流、湿地还有地下水资源生态系统能够维持健康的运转状态。特别是在干旱以及半干旱这样的地区当中,由于部分地区地下水开采相对集中,且地表水调度尚有提升空间,河流水量在个别时段可能出现明显下降、地下水位不断下降的状况、湿地发生退化的趋向以及土壤产生盐碱化等问题^[3]。所以,务必要把生态用水这一方面纳入到水资源分配以及调控的整体体系里面来。具体而言,可以采取诸如建立起生态流量保障的相关制度,依据河流、湖泊以及湿地在不同季节所呈现出的需求情况来明确最低流量以及补给的具体标准;积极推进针对地下水开展的人工涵养以及生态补给方面的工程,借助雨洪调蓄的方式、河道回灌的操作以及蓄水设施的建设,以此提升生态水量的供给水平;强化对于水质的保护工作以及污染防控举措,通过实施农业面源污染的治理行动、推动工业废水的回用事宜以及加强生活污水的处理工作,从而确保水生态环境能够处于安全的状态;与此大力推广节水型农业模式、循环利用工业用水的技术以及雨水收集并加以利用的方法,借此提高水资源的利用效率,进而减轻对自然水体所形成的压力等一系列的措施。

5.3 综合管理与政策制度建设

综合管理以及政策制度建设乃是达成水资源可持续利用并实现科学调控的关键保障所在,其关键点就在于借助制度化、规范化还有协调化等手段,达成对地下水以及地表水资源展开统筹管理的目的。在干旱以及半干旱地区,水资源供需之间矛盾极为突出,在此情形下,单靠单一部门或分散管理模式,可能难以充分应对水资源调配、保护和利用等方面的挑战,所以有必要构建起跨部门且跨区域的综合管理体系,要清晰界定各级管理机构各自的职责分工情况,进而形成统一的水资源监管以及协调方面的机制。从政策制度层面来讲,应当制定出科学合理的地下水开采

限额以及地表水取用标准,进一步完善水权分配制度以及用水许可管理相关事宜,积极推动用水效率评价与奖惩机制的落实,以此来促使用水主体能够形成合理的自我行为约束。与此还得强化针对区域水资源的规划工作以及对流域的管理工作,建立起水资源监测、评估以及信息共享的体系,从而为决策过程给予实时的数据支撑。综合管理还应当和经济手段相互结合起来,比如通过水价调控、节水激励政策以及投资引导等方式,推动社会各界都能够参与到水资源保护以及优化利用的相关事宜当中,最终形成由政府主导、社会参与、法律加以规范并且有技术予以支撑的管理模式。

5.4 信息化、智能化管理与监测技术应用

信息化以及智能化管理方面的监测技术,在地下水与地表水互补调控这件事上有着极为重要的作用,其堪称是提高水资源调配效率、达成精细化管理并且实现科学决策的重要支柱所在。借助于建立起能够覆盖整个流域以及地下水含水层的实时监测系统,便能够针对降水量、河流径流的情况、水库蓄水量的多少、地下水水位的高低以及水质状况等展开动态的采集以及监控工作,进而达成对水资源运行状况的全面且细致的掌握。与此运用地理信息系统也就是GIS、遥感技术还有物联网即IoT等相关手段,能够实现对水资源时空分布情况的可视化分析,从而为科学调度事宜给予精准无误的依据。智能化调控平台凭借着大数据分析、人工智能算法以及预测模型这些工具,可以针对不同的用水需求、各类气象条件以及多种水文情景展开模拟操作并加以优化处理,及时地去调整地下水开采的具体计划以及地表水调度的相关策略,以此来实现水资源的动态平衡状态以及高效的利用效果。

5.5 灌溉与农业用水优化策略

灌溉以及农业用水的优化,乃是区域水资源得以高效利用并且农业能够可持续发展极为重要的一个环节,在干旱以及半干旱地区而言,农业用水在总用水量当中所占的比例是比较高的,这给地下水还有地表水资源带来了不容忽视的压力,所以应当借助科学的方式去规划灌溉结构,对灌溉时序予以优化,同时推广那些高效的节水技术,以此来提升水资源的利用效率^[4]。具体的策略包含要依据作物实际需要的水量以及其生长周期来制定出更为精细的灌溉计划,运用像滴灌、喷灌、微喷还有地膜覆盖这类高效的节水灌溉方式,以此来降低水分出现蒸发以及渗漏方面的损失,把土壤水分监测和气象数据相互结合起来,达成灌溉的智能化调控,按照实际需求来供水,防止出现过度灌溉或者缺水的情况给作物生长带来不利的影响,与此

推动农业循环用水以及雨水的收集利用,合理利用地表水和地下水资源之间的互补特性,实现水源调度达到最优的匹配状态。

6 结语

地下水以及地表水的互补管理,在干旱还有半干旱地区水资源的优化配置方面,有着颇为重要的作用。仔细分析地表水以及地下水资源的实际状况,去构建起较为科学的互补调控模型,与此再结合水资源调配得当、生态保护到位、政策制度建设合理以及信息化管理措施有效等一系列举措,如此便能够达成水资源的高效利用目标,进而实现其可持续发展的状态。对灌溉以及农业用水策略加以优化,这样做不但能够让用水压力得到一定程度的缓解,而且对于维持生态系统的稳定也是很有帮助的。在未来的发展进程中,需要进一步将监测与调控技术不断完善起来,积极推动智能化管理的开展以及政策方面的创新,以此来促使地下水与地表水能够达到动态平衡的状态,并且实现长期的可持续利用,从而给区域的社会经济发展以及生态

环境保护给予稳固有力的保障。

【参考文献】

- [1]张龙.干旱区灌区地表水-地下水联合调控模式研究[J].粮油与饲料科技,2025(7):185-187.
- [2]刘鑫,刘建军.疏勒河流域地表水与地下水循环过程研究[Z]//中国水利学会,西安理工大学.2024 中国水利学术大会论文集(第三分册).南昌市水利综合服务中心;甘肃省疏勒河流域水资源利用中心,;2024:231-236.
- [3]杨海娇.柴达木盆地地表水-地下水转化关系及其生态效应[D].西宁:青海大学,2024.
- [4]李文鹏.对地表水资源与地下水资源重复量的认识与水资源开发利用理念探讨[J].水文地质工程地质,2023,50(1):1-2.

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。

地表水蓄水灌溉及水资源供需平衡分析方法研究

马 菊

吉木萨尔县水利管理站, 新疆 昌吉 831700

[摘要]随着农业生产规模逐渐扩大,水资源供需矛盾日益加剧,在此情况下,地表水蓄水灌溉在保障灌区水资源得以合理利用方面发挥着颇为重要的作用。文章较为系统地在地表水蓄水灌溉以及水资源供需平衡分析方法展开研究,详细阐述了水资源供需平衡的相关概念以及评价指标,还深入分析了供给侧和需求侧的关键因素。在此基础上,进一步深入剖析地表水蓄水灌溉的原理、系统类型以及调控方法,同时结合灌区水量调控情况,以此为水资源调配工作给予相应的理论支撑。还构建起水资源模拟与优化分析的方法,并且在不同的情景之下,针对供需平衡状况以及调控效果展开了预测与验证相关工作。研究得出,科学合理的蓄水灌溉调度以及水量优化操作能够大幅提升灌区水资源的利用效率,进而为水资源管理以及农业灌溉规划提供较为可靠的依据,这种方法特别适用于干旱以及半干旱地区。

[关键词]地表水; 蓄水灌溉; 水资源供需平衡

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18336

中图分类号: TV213

文献标识码: A

Research on the Analysis Method of Surface Water Storage Irrigation and Water Resource Supply and Demand Balance

MA Ju

Jimusaer Water Management Station, Changji, Xinjiang, 831700, China

Abstract: With the gradual expansion of agricultural production scale, the contradiction between water supply and demand is becoming increasingly severe. In this situation, surface water storage irrigation plays an important role in ensuring the rational utilization of water resources in irrigation areas. The article systematically studies the methods of surface water storage irrigation and water resource supply-demand balance analysis, elaborates on the relevant concepts and evaluation indicators of water resource supply-demand balance, and deeply analyzes the key factors of supply and demand sides. On this basis, further in-depth analysis is conducted on the principles, system types, and regulation methods of surface water storage irrigation. At the same time, combined with the water regulation situation in irrigation areas, corresponding theoretical support is provided for water resource allocation work. We have also developed methods for simulating and optimizing water resources, and carried out prediction and verification work on the supply-demand balance and regulatory effects in different scenarios. Research has shown that scientific and rational water storage and irrigation scheduling, as well as water quantity optimization operations, can significantly improve the utilization efficiency of water resources in irrigation areas, providing a reliable basis for water resource management and agricultural irrigation planning, which is particularly suitable for arid and semi-arid regions.

Keywords: surface water; water storage irrigation; balance of supply and demand of water resources

引言

水资源对于农业可持续发展而言,是极为关键的支撑要素,灌区水资源若能实现合理配置,那么其对农业生产效率以及生态系统稳定所产生的影响将是直接且显著的。在当下水资源供应形势愈发严峻,并且气候条件变得越来越复杂的大背景之下,建起一套科学合理的水资源供需平衡分析方法,其重要性便显得格外突出了。传统的水资源

管理方法往往侧重于对供给侧方面进行调控,如此一来,就很难全面且细致地去考量需求侧所发生的各种变化,同时也难以充分顾及到农业发展进程当中水资源所受到的相关影响。随着气候模型相关技术、水资源模拟方面的技术以及优化调度技术等不断发展进步,研究者们便具备了对处在不同情景之下的供需平衡状况展开动态化分析的能力,进而能够为灌区水资源的调配工作给出科学有效的

参考依据。本文在现有的相关理论基础之上,围绕着地表水蓄水灌溉系统这一具体对象,提出了有关供需平衡分析、灌溉调控操作以及模拟优化等方面的研究框架,其主要目的就在于能够为灌区水资源的高效利用以及可持续管理事宜给予相应的理论层面以及方法层面的支持助力。

1 水资源供需平衡分析方法

1.1 水资源供需平衡的概念与评价指标

水资源供需平衡指的是在特定的区域以及相应的时间范畴当中,水资源供给量和需求量二者之间的关联情况可以契合社会、农业还有生态系统对于水所提出的合理诉求,达成水资源的可持续开发利用与管理目标。供需平衡的关键点在于借助科学手段来剖析水资源的可利用量、实际利用量以及不同用途对应的需求量,从中找出潜在存在的缺口或者出现的过剩情况,进而对水资源调配以及管理举措的制定起到指导作用。在评价指标这块,一般会运用供水保障率、灌溉用水效率、生态用水满足率以及水资源利用效率等一系列的量化指标,以此来呈现水资源供给能力与需求匹配程度所处的水准。与此供需平衡分析还得兼顾时间和空间这两个维度,要顾及不同季节、不同水系以及灌区之间存在的差异性,通过构建综合评价体系,精确地反映出区域水资源的实际状况,从而给决策行为给予科学方面的依据。评价指标体系不但能够将当前水资源利用的具体状况揭示出来,而且还能够为未来的规划给出可以量化的具体目标,让水资源管理变得更加精准且更具系统性。

1.2 供给侧分析方法

供给侧分析着重针对水资源的可利用量以及供给能力展开研究,综合考量水文、水利工程还有生态环境等方面因素,以此来评估灌区水资源的供给情况。在分析时,要充分考虑地表水、地下水以及其他非传统水资源的来源与调配办法,同时对河流径流量、蓄水库调度能力以及降水条件展开动态的监测与预测工作。供给侧分析一般依靠水文模型、径流模拟以及水库调度模型,对处在不同水文情景之下的可用水量加以量化处理,进而识别出潜在供水能力的变化走向。并且,供给侧分析还得结合工程设施的运行特点,像泵站、渠道、蓄水设施的调度效率以及输水损失等情况,从而全方位地评估水资源在供给环节中的利用状态。这样的分析方式可以清楚地明确在不同季节以及不同气象条件之下水资源的供给能力,为后续的需求侧匹配以及灌溉调度给予基础数据方面的支撑。

1.3 需求侧分析方法

需求侧分析着重于对农业、生态以及生活等方面不同

用途的实际需水量加以关注,这无疑属于供需平衡分析中的一个极为重要的构成部分。农业灌溉在诸多用水部门当中占据着主要的地位,其用水需求会受到像作物种类、处在不同的生长阶段、土壤的墒情状况以及气象方面的条件等诸多因素的影响,这种影响是十分突出且明显的。借助于建立起作物需水的模型这一方式,便能够对各类作物在各个不同的生长期所对应的蒸发蒸腾量以及灌溉的具体需求进行相应的计算,进而据此来对灌区的整体水需求做出估算。与此生态用水的需求要充分考虑到河流生态系统的情况、湿地的相关状况以及生物多样性的保护所设定的目标,而生活用水的需求则是需要结合人口的规模以及人们的生活水平综合来进行考量。需求侧分析往往会运用历史用水的数据、遥感监测所获取的信息以及水量统计的模型等手段,针对处在不同情景之下的用水量展开预测以及动态化的分析,以此来保证水资源的配置能够达到科学且合理的程度。通过实现供给与需求之间精准的匹配,需求侧分析给灌区水资源的管理以及优化调度提供了具备可行性的依据,这对于在保障作物正常生长以及生态环境得以维护的前提之下,达成水资源的高效利用是很有帮助的。

1.4 季节性与气象条件下的供需分析

供需平衡分析可以识别潜在的供需缺口,并采取相应的措施来缓解供水不足的问题。灌区水资源供需平衡分析需要考虑不同季节和气象条件下的水资源变化,以及不同农作物和生态系统对水的需求。为了更好地预测供需平衡的变化趋势,还必须考虑未来的气候变化和农业发展因素。气候模型和水资源模拟可以用来估算未来气温、降雨和蒸发蒸腾的变化趋势,从而更好地理解未来供水情况。农业发展的规划和政策也会在水资源需求产生影响,因此需要综合考虑农业发展的因素。经过对各类因素展开综合分析,能够为灌区水资源实现合理的调配以及高效的利用给予科学方面的依据,与此还能为水资源的管理以及相关决策事宜提供一定的参考内容。

2 地表水蓄水灌溉方法与调控

2.1 地表水蓄水灌溉原理与系统类型

地表水蓄水灌溉属于一种技术体系,它是依靠对河流、渠道还有蓄水设施加以调节,以此来储存以及分配水资源,进而满足灌区农业用水方面的需求。其关键原理在于借助蓄水调度达成水资源在时间与空间方面的优化配置,把季节性以及年际变化所造成的水量差异在灌区农业生产环节予以平衡,由此提升水资源利用的效率,并且确保作物生长能够持续进行。依据设施形式以及调控方式存在差异

这一情况,地表水蓄水灌溉系统能够划分成蓄水库调控型、渠道蓄水型以及分布式蓄水型系统。蓄水库调控型依靠水库,通过调节蓄水量以及释放流量来实现灌区水量的供应;渠道蓄水型主要是利用中小型分支渠道蓄水,具备调蓄与输水这两种功能;分布式蓄水型依靠田间小型蓄水池或者调蓄设施,达成精细化灌溉控制的目标。这些不同类型的系统各自有着自身的特点,但都遵循通过蓄水以及调控来优化水资源分配的原则,给灌区农业生产给予稳定的供水保障,与此同时还会兼顾生态方面的需求以及运行的效率。

2.2 灌溉效率与水量调控方法

灌溉效率作为衡量蓄水灌溉系统运行水平的一项关键指标,其能够体现出水资源从源头直至作物根系这一整个过程中的利用率情况。提高灌溉效率一方面可有效减少水的损耗,另一方面也能使灌溉成本得以降低,进而达成水资源的可持续利用目标。水量调控的方法涵盖定额控制、依据作物需水状况展开的动态调度以及灌溉调度优化模型等多种形式。定额调水是依据历史经验或者标准灌水量来开展水量分配工作,这种方法操作起来较为简单,然而却欠缺灵活性。而基于作物需水状况的动态调度方法,是依照土壤水分监测以及作物蒸发蒸腾量的相关计算结果,去调整灌水的具体时间以及灌水定额,以此来实现精准灌溉的目的。灌溉调度优化模型则是通过对不同灌溉方案在水量分配方面以及作物生长效果方面的模拟分析,从中挑选出最优的方案,从而兼顾作物产量以及水资源利用效率这两方面的要求。这些方法在实际应用当中,能够在确保作物需水需求得以满足的基础之上,促使灌区水量调控朝着科学化以及精细化的方向发展,进而提升系统的整体运行效率,并且还能够为区域水资源管理工作给予相应的数据支撑。

3 水资源模拟与优化应用

3.1 水资源模拟模型构建与验证

水资源模拟模型乃是针对灌区水量循环状况、供需匹配情形以及蓄水调度事宜展开量化分析的关键工具,其构建流程一般涵盖水文过程的建模操作、灌区水量平衡方面的计算工作以及作物需水情况的模拟环节^[1]。该模型借助对降水、径流、蒸发蒸腾、地下水补给还有水库调度等诸多参数加以整合的方式,来对区域内的水资源供给能力以及需求水平实施动态的仿真模拟。在开展模型构建工作的过程当中,务必要全面且细致地考量地形状况、土壤类型、渠道输水的效率以及灌溉系统的结构等方面的情况,从而确保模拟所得结果具备较高的准确性。模型的验证环节是通过对历史观测所获取的数据、灌溉方面的记录以及遥感

监测所得到的结果展开对比分析的方式来完成的,其目的在于评估模拟结果与实际状况之间的一致程度,并且依据评估情况对模型的相关参数做出相应的校正处理。经过科学严谨的构建以及细致周到的验证之后,水资源模拟模型一方面能够清晰地反映出灌区水资源在时间和空间维度上的分布特征,另一方面还能够为处在不同情景之下的供需平衡预测工作以及灌溉调度优化事宜提供较为可靠的决策方面的依据,进而成为水资源管理以及规划工作中极为重要的支撑工具。

3.2 不同情景下的供需平衡预测

在水资源管理方面,充分考量不同情景之下的供需平衡预测情况,可有效应对诸如气候波动、降雨分布变化以及农业生产结构调整这类未来的不确定性因素。借助模拟不同降水情景、蓄水调度方案以及作物种植布局等方式,研究者能够对灌区在不同条件之下的供水保障水平以及潜在缺口加以评估。供需平衡预测并非仅仅着眼于总水量的匹配状况,还必须深入分析水量在时间维度与空间维度上的动态分布情况,进而精准识别出高风险时期以及关键区域所在^[2]。这种方法能够为灌溉计划以及蓄水调度给予量化的依据支撑,同时也可作为水资源调控策略的优化进程提供科学层面的参考助力。凭借系统且细致的情景分析手段,便能够提前将潜在的供需压力识别出来,达成灌区水资源的前瞻性管理目标,从而促使灌区整体用水效率得以提升,水资源利用的可持续性也获得增强。

3.3 蓄水灌溉调控效果分析

蓄水灌溉调控效果的分析,其目的在于评定蓄水设施以及调度策略对达成水资源供需平衡时的实际作用。通过将不同灌溉方案下作物的生长情形、水量分配的效率以及供水保障的比率相互比较,便能够对蓄水调控给灌区供水稳定性以及用水效率所带来的影响予以量化呈现。在开展分析工作的过程当中,要全面且细致地考量蓄水量的调节情况、渠道输水的效率高低、作物需水与实际情况的匹配程度以及土壤水分所处的具体条件等诸多因素,以此来完整且充分地体现出调控举措对于灌区水资源管理工作所产生的实际成效^[3]。研究最终得出的结果说明,科学并且合理的蓄水调控一方面可对季节性以及年际性的水量波动给农业生产所造成的影响起到缓解的作用,另一方面还能够对灌区的水量分配加以优化,进而达成高效灌溉以及作物增产这两大目标。与此项分析还为后续的调度优化工作以及水资源管理策略的制定给予了相应的数据方面的有力支撑,并且提供了可供参考的决策依据,能够指引灌区管理者在不一样的水文条件之下挑选出最为适宜的调

控方案。

4 结语

本文全面且细致地对地表水蓄水灌溉以及水资源供需平衡分析方法展开了研究,着重从供需平衡分析、蓄水灌溉调控还有水资源模拟优化这三个不同层面来深入探讨相关事宜。研究明确显示出,借助构建一套较为科学合理的供需平衡评价体系,并且将供给侧方面的分析同需求侧方面的分析相互结合起来开展工作,如此便能够有效地对灌区所存在的潜在水资源缺口予以识别出来,同时还能对水量的调配事宜给予相应的指导作用。就地表水蓄水灌溉这一方面而言,将不同类型的蓄水灌溉系统(如水库调控型、渠道蓄水型和分布式蓄水型)以及与之相匹配的调控策略加以应用,这能够在很大程度上提升水量的保障水平,进而达成作物需水状况与供水情况之间的有效契合状态。而水资源模拟以及在不同情景之下所进行的供需预测活动,更是能够提前识别出水资源供需矛盾所带来的潜在压力,从而促使调控方案不断优化,以此来切实保障农业生产的顺利开展以及生态系统能够实现可持续的发展态

势。本文所提出的这些方法以及策略,无疑为灌区水资源的高效管理以及动态优化工作给予了理论层面的有力支持,并在一定程度上具备实践指导价值。同时也为未来的水资源调配事宜、农业规划工作以及灌溉决策制定等方面提供了具有实际操作价值的参考依据,对于推动水资源利用朝着科学化以及持续化方向不断发展有着十分重要的意义。

[参考文献]

- [1]魏娟.轮台县城 2025 年水资源供需平衡分析[J].水利技术监督,2024(2):98-100.
- [2]李家辉.灌区水资源利用分析及优化策略研究[J].治淮,2024(1):59-60.
- [3]林润霞,满小军,陈建文.基于供需平衡分析下的区域水资源高效能开发规划研究[J].云南水力发电,2023,39(9):50-55.

作者简介:马菊(1993.1—),毕业院校:福建农林大学,所学专业:农艺与种业,当前就职单位名称:吉木萨尔县水利管理站,就职单位职务:吉木萨尔县水利管理站一般干部,职称级别:中级。

风沙区水利工程水土保持措施的实施与监督机制研究

韩小飞

哈密市水利建设与安全中心, 新疆 哈密 839000

[摘要]水利工程对于保障水资源的合理利用以及减轻防洪减灾压力有着不容忽视的作用,然而在实际施工进程当中,常常会出現诸如水土流失、边坡稳定性欠佳以及生态遭到破坏等一系列问题,在风沙地区以及地形状况复杂的区域,这些问题表现得尤为突出。当下,我国风沙地区的水利工程已经施行了像植被恢复、护坡加固以及导水等方面的水土保持举措,并且还构建起了施工管理以及监测方面的相关制度,不过在现实操作当中,依旧存在着措施落实程度不够到位、监测手段有所欠缺、责任归属不够清晰明确以及维护工作做得不够彻底等诸多问题,进而使得部分工程的水土保持成效难以达到预期的理想状态。所以,强化对水土保持措施展开科学合理的规划设计,同时加强对施工管理以及监督环节的把控力度,这无疑是提升工程安全性以及生态保护水准的一项极为重要的举措。

[关键词]水土保持措施; 实施措施; 监督机制

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18329

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on the Implementation and Supervision Mechanism of Soil and Water Conservation Measures for Water Conservancy Projects in Wind blown Areas

HAN Xiaofei

Hami Water Conservancy Construction and Safety Center, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: Water conservancy engineering plays an important role in ensuring the rational utilization of water resources and reducing the pressure of flood control and disaster reduction. However, in the actual construction process, a series of problems such as soil erosion, poor slope stability, and ecological damage often occur. These problems are particularly prominent in areas with sandstorms and complex terrain conditions. At present, water conservancy projects in windy and sandy areas in China have implemented soil and water conservation measures such as vegetation restoration, slope reinforcement, and water diversion, and have also established relevant systems for construction management and monitoring. However, in practical operation, there are still many problems such as insufficient implementation of measures, lack of monitoring methods, unclear responsibility attribution, and incomplete maintenance work, which make it difficult for some projects to achieve the expected ideal state of soil and water conservation. Therefore, strengthening the scientific and reasonable planning and design of soil and water conservation measures, while enhancing the control of construction management and supervision, is undoubtedly an extremely important measure to improve engineering safety and ecological protection level.

Keywords: soil and water conservation measures; implementation measures; supervision mechanism

引言

水利工程属于区域水资源管理、防洪减灾以及农业灌溉范畴内的关键基础设施,其建设与运行状况直接影响着经济发展的进程以及生态环境所具备的可持续性特点。在水利工程开展施工以及运行活动期间,因为存在地形遭到破坏、土壤处于裸露状态以及雨水径流呈现出集中分布等情况,所以通常较易诱发水土出现流失现象、边坡丧失稳定状态以及生态环境发生退化等一系列问题,这些问题对

工程的安全性以及周边生态系统的稳定性产生了颇为严重的影响。所以说,在水利工程建设进程当中,科学且行之有效的水土保持举措显得格外重要,它不但能够在一定程度上降低水土流失的情况、对土地资源起到维护作用,而且还可以保证工程设施能够实现长期的安全运行目标,与此还有助于推动生态环境朝着恢复与改善的方向发展。风沙地区以及复杂地形所在的地区,由于其地质条件较为复杂、气候呈现出多变的特点并且水土流失的风险相

对较高,所以对于水土保持方面的工作所提出的要求也就更加严格一些,这就需要依据区域的自然条件以及工程自身的特点来制定出具有系统性并且贯穿全过程的防护措施。水土保持措施要想得以顺利实施,是离不开有效的监督管理工作的,借助完善的制度建设成果、先进的技术手段以及规范的监督流程,能够确保各项措施都能够获得科学且持续的落实,进而能够及时地察觉并处理施工以及运行过程当中有可能会出现的各种问题,以此提升工程管理所达成的精细化程度以及科学化水准。本研究着重探讨水利工程水土保持措施涉及的设计环节、实施过程以及监督机制相关内容,深入剖析其在高风险地形区域当中的实际应用效果以及存在的各类问题,并且在此基础上提出相应的优化策略,从而为水利工程实现安全建设以及生态环境保护工作给予一定的理论依据与实践方面的参考。

1 水土保持在水利工程中的重要意义

1.1 工程安全与生态平衡的关系

在水利工程建设进程里,水土保持对于确保工程安全以及维持生态平衡有着极为关键的作用。水土流失会致使出现水库淤积、渠道堵塞、堤坝失稳这类工程方面的安全隐患,并且还会破坏周边土地的自然构造,使得土壤肥力降低,对植被恢复以及生态环境质量产生影响。所以说,科学且合理的水土保持举措是能够有效防止水土流失的,还能减少侵蚀的风险,进而保障工程设施可以长期稳定地运行。与此水土保持有益于维持生态系统的完整状态,保护水源涵养区以及生物多样性,达成工程建设与环境保护的协调一致。在风沙地区以及复杂地形的地区,水土保持的重要性显得格外显著,它不但关乎到工程自身能否安全运行,还直接对区域生态功能的维护以及社会经济的可持续发展产生影响。

1.2 水土保持与可持续发展

水土保持在推动水利工程的可持续发展中扮演关键角色。水土保持通过降低水土流失,维护土壤肥力和生态多样性,确保长期生态系统的健康。水土流失若不加以控制,容易导致植被破坏、土壤贫瘠及河道淤积,直接影响生态系统功能和区域可持续发展。水土保持措施如植被恢复与流域管理,不仅有助于保持土壤结构,还促进了生物多样性,为野生动植物提供栖息地^[1]。通过科学规划与实施,能够优化水资源管理,减少水资源浪费,提升水利工程的经济效率。水土保持有助于缓解因气候变化导致的极端天气影响,比如提升抵御洪水风险的能力,这也是适应气候变化的一项积极措施。

1.3 环境友好型水利工程的必要性

在水利工程建设领域当中,切实去贯彻实施环境友好型理念,其有着十分重要的实际意义,同时也具备着极为长远的价值。就传统的水利工程而言,在一味地追求经济效益以及供水、防洪等功能达成的时候,常常会把对生态环境所产生的影响给忽视掉了,如此一来便很容易引发诸如水土出现流失情况、植被遭到破坏、水质不断下降以及生物栖息地丧失等一系列的问题。然而环境友好型水利工程则着重强调工程建设要和生态环境达成一种协调统一的状态,它是借助科学规划、开展水土保持工作、实施生态修复举措以及运用绿色施工技术等方式,进而将工程功能的实现同生态保护紧密结合起来。如此这般做,一方面能够在很大程度上有效地减少在施工以及运行过程里针对土地、水体还有生物所造成的破坏,另一方面也能够有力地推动水资源实现可持续的利用,促使区域生态环境的质量得以改善,最终使得工程的社会效益以及环境效益都得到相应的提升。

2 水土保持措施的设计与实施

2.1 水土保持工程措施

水土保持工程措施属于水利工程施工里极为重要的一环,其主要作用在于防治水土出现流失情况,保障工程能够处于安全状态,并且对生态环境起到维护的作用。就其设计以及实施来讲,务必要全面且细致地考量诸多因素,像是地形地质方面的具体条件、降雨所呈现出的特征、施工所持续的周期,还有周边生态环境的实际状况等。在那些风沙地区以及地形较为复杂的区域当中,水土流失往往容易在边坡以及施工扰动的区域发生。要是不采取行之有效的相关措施,那么很可能会致使土壤侵蚀的程度不断加剧,甚至出现边坡失去稳定性的状况,进而引发滑坡塌方等一系列的安全方面的问题。对于这些所存在的风险而言,工程措施一般会涵盖诸如植被恢复、生态护坡、土工结构建设以及导水系统设置等诸多内容。通过实施植被恢复这一举措,借助草皮、灌木以及乔木的种植方式,能够有效地增加地表的覆盖程度,使得雨水径流的速率得以降低,同时还能对土壤结构起到改善的作用,进一步增强土壤保持水分的能力,如此一来便能够促成一个相对稳定的生态系统形成。而生态护坡则是依靠阶梯化、格构式或者生物固坡这类技术手段,以此来强化坡面抵御侵蚀的能力,与此同时还要和周边的环境达成协调融合的状态。像挡土墙、护岸以及格构支护等土工结构,能够提升边坡的承载能力以及抗剪强度,进而引导水流,防止出现冲刷的情况。

2.2 施工阶段水土保持管理

在水利工程施工期间,水土保持管理属于极为关键的一环,其对于保障施工安全、控制水土流失以及维护生态环境都有着不容忽视的作用,所以得在施工的整个过程中做好系统规划并实施精细化管理。就施工阶段的水土保持管理工作而言,得从施工组织、技术措施、现场监控以及应急预案等诸多方面来综合考量。施工单位要依据地形情况、土质特性、降雨雪规律以及工程自身的特点去制定出科学合理的施工方案,把水土保持方面的相关措施和施工进度紧密结合起来,清晰界定各个工序、关键控制点以及责任分工情况,以此确保施工活动对土壤和植被所造成的扰动能够降至最低限度。还得采取一系列具体的技术举措,像边坡临时支护、施工道路防护、临时截水沟以及导水设施的建设,还有对易冲刷区域进行覆盖保护以及设置沉降池等,通过这些措施来切实有效地控制施工期间出现的水土流失情况^[2]。除此之外,还需建立起较为完备的现场监测机制,针对雨量、径流、土壤侵蚀以及施工扰动等情况展开实时的记录与分析工作,以便能及时察觉到潜在的风险,并且依据监测所获取的数据对施工方案或者防护措施做出相应的调整,从而保证各项管理措施都能够发挥出实际的效果。在施工阶段还需要制定应急预案,针对突发性洪水、滑坡或者塌方这类风险,要明确具体的应对流程、资源调配事宜以及负责的相关人员,进而确保在出现紧急情况的时候能够快速采取控制措施。

2.3 工程竣工后水土保持措施的巩固

在水利工程完成建设之后,水土保持措施的稳固情况属于极为重要的一环,它是保障该工程能够长期且稳定地运转下去的关键所在,也是维护生态环境以及达成可持续发展目标不可或缺的环节。水利工程竣工以后,其水土保持管理工作一方面要针对已经实施完毕的各类工程措施展开维护与加固方面的相关工作,另一方面还得对施工期间所造成的那些受到扰动的区域施行生态修复以及功能恢复的操作。需要定期去对植被恢复区域、生态护坡这些地方开展巡查活动,要是发现有植被出现缺失或者已经死亡的情况,要及时进行补植操作,以此来避免裸露出来的地面再度出现水土流失的现象;对于像挡土墙、格构支护以及导水系统这类土工结构设施而言,得对其进行必要的加固处理、清理作业以及导水是否畅通的检查工作,从而保证它们能够长期具备应有的承载能力并且导水功能也能够正常地发挥作用。应当建立起一套较为科学合理的监测以及评估机制,借助于定期去收集有关水土流失量、坡面稳定性以及水文状况等方面的数据,进而对水土保持的

效果加以分析,以便能够及时察觉到其中存在的薄弱环节,并且采取具有针对性的改进举措。与此还需制定出长期的维护计划,要让防护措施能够与当地的自然条件以及气候变化的情况相互适配,如此才能够切实有效地确保工程和生态环境可以实现协调一致的发展态势。

3 水土保持监督机制

3.1 监督管理制度建设

水土保持监督机制里的管理制度建设,属于保障水利工程施工以及运行期间水土保持措施能够切实落实的关键基础环节。其关键点在于要清晰明确责任分工,进一步完善各项制度规范,并且建立起长效的管理体系。得依据《中华人民共和国水土保持法》等相关法律法规所搭建的框架体系,去制定契合工程自身特点的水土保持管理制度,要清楚界定政府主管部门、施工单位、监理单位还有第三方监督机构在各个不同阶段各自所担负的职责以及权责方面的界限,以此来保证制度具备实际的操作可行性以及较强的执行效力。接着,应当构建起能够涵盖工程从设计阶段开始,一直到施工阶段,乃至竣工之后的维护整个过程的管理标准,这里面包含施工方案的审批环节、对关键控制点展开的监控环节、施工期间防护措施的具体落实环节、竣工之后的验收环节以及后续维护评估环节等,进而形成一套规范且成体系的管理流程。与此要把奖惩机制纳入到管理制度当中,通过针对水土保持工作实际落实情况展开的考核、评估以及绩效方面的反馈举措,推动各个责任主体都能够严格按照规定去执行水土保持措施。

3.2 监督技术与手段

在水利工程水土保持监督机制方面,监督技术以及手段的应用情况,对于各项水土保持措施能够科学且有效地落实而言,起到了十分重要的支撑作用。现代水土保持监督不能仅仅依靠传统的人工巡查以及现场检查方式,而且要充分借助信息化以及智能化技术手段,以此来达成实时监控以及科学评估的目的。具体来讲,可以去布设监测点并且配备自动化观测设备,针对降雨量、径流量、土壤侵蚀量、边坡稳定性等一系列关键指标展开持续性的监测活动,并且把所获取的数据传送到集中管理平台去加以分析处理,进而能够及时察觉到潜在的风险以及出现的异常变化^[3]。除此之外,像遥感技术、无人机航拍以及地理信息系统(GIS)等现代技术手段,同样可以在大面积且地形复杂的区域开展水土保持监测工作,凭借高精度影像以及三维地形数据,可迅速识别出裸露地面、侵蚀沟、滑坡隐患等相关问题,从而给施工管理以及维护决策给予科学方面的依据。

3.3 监督实施流程与评估

在水利工程水土保持监督机制里,监督实施流程以及评估属于极为关键的环节,其能够确保各项措施得以有效施行,及时察觉问题并且采取改进举措。监督实施需要贯穿整个工程从设计阶段直至施工完成之后的全生命周期,进而构建起一套科学、系统且规范的操作流程。在施工开始之前,应当针对施工方案还有水土保持措施展开审核工作,要清晰明确各类防护措施具体的落实要求以及责任主体,并且制定出监测计划以及应急预案,以此为后续监督实施筑牢根基。在施工进程当中,得依照预先设定好的流程去开展日常巡查以及定期检查活动,对于关键控制点、边坡、施工扰动区域以及导水设施等这些重点区域展开监测,及时把所获取的数据记录下来并且对出现的异常情况加以分析。监测数据应当借助信息化平台来集中进行管理,达成动态跟踪以及实时预警的效果,从而可以根据实际状况对施工方案或者防护措施做出相应的调整。在工程竣工之后,需要开展水土保持效果方面的评估工作,这其中包括对土壤保持量、边坡稳定性、植被恢复状况等多项指标展开综合评定,并且最终形成评估报告,以此为长期维护以及改进事宜给予依据^[4]。与此还应当建立起闭环管理机制,把监督结果反馈给责任单位以及管理部门,结合整改措施的落实实际情况,持续不断地去优化水土保持策略以及施工管理流程。

4 结语

水利工程水土保持措施的科学实施与有效监督,对于

保障工程安全、减少水土流失和维护生态环境具有重要意义。通过合理的工程措施设计、施工阶段精细化管理以及竣工后的巩固维护,可以显著降低施工扰动对土壤和植被的影响,促进生态系统恢复。完善的监督机制,包括制度建设、技术手段和流程评估,不仅能够确保各项措施得到有效落实,还能够及时发现和解决潜在问题,提高水土保持工作的持续性和科学性。未来,应进一步加强信息化、智能化手段在水土保持监督中的应用,并注重长期维护和生态修复,推动水利工程建设与生态保护协调发展,实现工程效益、环境效益和社会效益的有机统一。

[参考文献]

- [1]李晓燕.水土保持理念在水利工程设计中的实施[Z]//江西省工程师联合会.第二届智能工程与经济建设学术研讨会论文集(一).杭州拜伦斯工程技术有限公司,2025:417-420.
 - [2]孙静.水土保持在水利工程建设中的应用分析[J].城市建设空间,2024,31(2):303-304.
 - [3]郑丹丹.水利工程施工区水土保持措施探究[J].民营科技,2017(4):156.
 - [4]张春利.水土保持措施在水利工程中的应用与效果[J].城市建设理论研究(电子版),2024(10):207-209.
- 作者简介:韩小飞(1985.4—),毕业院校:新疆农业大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位名称:哈密市水利建设与安全中心,职称级别:副高级工程师。

风电场施工扬尘控制与水土保持措施的协同实施策略

吕 垠

哈密市水利建设与安全中心, 新疆 哈密 839000

[摘要]风能作为一种新型可再生的清洁能源,近年来,在我国得到了迅猛的发展,其具有成本低,无污染,可再生等优点。但其建设过程中风电基础开挖,电缆沟开挖,施工车辆碾压等情况的发生,不可避免的造成了水土流失,破坏植被,加剧扰动地表,使生态环境遭到破坏。根据风电场工程建设水土流失的特点,合理划分水土流失防治分区,有针对性的合理布设相关防护措施。

[关键词]风电场施工;扬尘控制;水土保持措施;同实施策略

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18323

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

Collaborative Implementation Strategy for Dust Control and Soil and Water Conservation Measures in Wind Farm Construction

LYU Yin

Hami Water Conservancy Construction and Safety Center, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: Wind energy, as a new type of renewable clean resource, has experienced rapid development in China in recent years. It has the advantages of low cost, no pollution, and renewability. However, the excavation of wind power foundations, cable trenches, and the rolling of construction vehicles during the construction process inevitably caused soil erosion, vegetation damage, intensified surface disturbance, and ecological environment destruction. According to the characteristics of soil erosion in wind farm construction, reasonable division of soil erosion prevention and control zones should be carried out, and targeted and reasonable protective measures should be deployed.

Keywords: wind farm construction; dust control; soil and water conservation measures; implement the same strategy

引言

随着我国风电产业的快速发展,风电场建设规模也在不断拓展,在施工期间所开展的大面积土方开挖、道路建设、风机基础施工以及输变电路布设等一系列活动,给施工区域的生态环境带来了不容忽视的影响。施工过程中所产生的扬尘,一方面会致使空气质量下降,对施工人员的身体健康造成影响,另一方面还有可能沉降在土壤以及水体当中,进而破坏当地的生态系统。而水土流失的情况,则会造成地表植被遭到破坏、土壤出现侵蚀现象以及坡面径流变得集中,使得滑坡、泥石流等地质风险有所增加,对施工安全以及环境稳定都形成了严重的威胁。传统的环境管理举措往往把扬尘控制和水土保持当作是各自独立的目标,缺少系统性与协同性,所以很难达成长期且有效的治理成效。所以说,去探寻风电场施工扬尘控制与水土保持的协同实施策略,对于降低施工环境方面的风险、保护生态环境、提升施工效率以及实现绿色施工而言,有着

十分重要的意义。本研究会对施工环境的特点以及污染风险展开分析,深入探讨扬尘控制与水土保持的协同机制,构建起科学合理的协同实施模式,同时还会给出技术与管理措施的整合办法以及智能监测和效果评价的方法,以此为风电场施工的绿色管理以及可持续发展给予理论层面的支持以及实践方面的参考。

1 风电场施工环境特点与污染风险分析

1.1 风电场施工阶段主要工序及环境特征

风电场在施工阶段所涉及的关键工序涵盖了场地平整、道路建设、风机基础施工、塔筒以及叶片安装、电气设备敷设还有输变电路施工等诸多方面,而每一个环节均会对施工环境产生较为显著的影响。场地平整以及土方开挖操作往往会破坏原有的地表植被,进而改变地形的坡度,如此一来便极易致使土壤处于裸露的状态,由此也使得风蚀与水蚀的风险有所增加。在道路建设以及施工运输的过程当中,会产生大量的扬尘,与此车辆行驶所产生的

震动或许还会对周边土体的稳定性造成影响。风机基础施工得进行大规模的混凝土浇筑以及材料运输工作,这无疑会使得空气中颗粒物的浓度有所提高,而且还有可能引发局部出现泥浆外溢的情况以及对土壤造成扰动。塔筒与叶片的吊装施工对于场地空间的要求颇高,施工机械需要频繁地调动,如此便会让土壤进一步地处于裸露状态。电气设备安装以及输变线路施工涉及到电缆敷设以及沟槽开挖等工作,同样也会对表层土壤造成破坏,并且还会增加水土流失的风险。除此之外,风电场一般会选择地形较为复杂且风力资源丰富的地方作为选址,而这类区域的土壤结构本身就比较脆弱,一旦降雨就容易形成径流,所以其对于施工现场生态环境的影响也就更加敏感了。

1.2 施工扬尘产生的主要因素及影响

施工扬尘属于风电场建设期间最为主要的环境污染表现形式之一,其产生受到诸多因素的左右。施工机械的运用以及车辆运输乃是扬尘产生的直接源头所在,在土方开挖环节、道路施工进度、物料堆放阶段以及混凝土搅拌运输过程当中,均会扬起数量可观的粉尘颗粒,尤其是在那些干旱并且风力相对较强的区域,扬尘的扩散所涉及的范围往往会更为广阔。施工地表裸露率偏高同样是一个极为重要的因素,由于植被覆盖有所缺失,这就使得土壤更易于受到风力或者雨水的扰动作用,进而形成浮尘以及泥浆尘^[1]。施工管理方面存在不当之处,比如缺乏湿法作业相关举措、覆盖或者防护措施落实不到位等情况出现时,也会明显增加扬尘的排放量。除此之外,施工期间的气象条件,像风速、降雨量以及空气湿度等方面的情况,对于扬尘的扩散以及沉降都有着直接的影响作用,当风速较高的时候且处于干燥天气状况下,粉尘的传播速度会被加快,进而增加其对周边环境所带来的影响程度。施工扬尘不但会对空气质量产生影响,而且还会沉降至周围的土壤以及水体当中,致使局部生态环境发生改变,对植被的生长情况造成影响,甚至有可能对施工人员的身体健康构成危害。

1.3 水土流失与地形地质条件分析

在风电场开展施工活动期间,水土流失方面的问题同场地所处的地形状况以及地质条件有着极为紧密的关联。一般而言,风电场往往是选址于地势较为开阔且风力资源颇为丰富的丘陵地带、山地或者是半山区。这些特定区域其地形呈现出起伏不定的态势,坡度方面也存在着十分突出的变化情况。如此一来,在降雨发生时,径流便极易在那些裸露在外的土壤表面形成强有力的冲刷作用,进而致使坡面土壤遭受侵蚀的程度不断加剧。就施工活动来讲,像场地平整作业、道路建设施工以及风机基础开挖等工作,

都会对原有的植被覆盖情况以及土壤结构起到破坏的作用,使得地表土壤彻底失去了原本的保护层,当处于风雨等自然力的作用之下时,便更容易遭到冲刷并且被搬运走。与此在地质条件相对复杂的地区,还很有可能存在疏松土层、砂土亦或是风化岩层这样的情况。而这类土壤结构本身稳定性就很差,其抵抗侵蚀的能力也是相当低下的,一旦遇到降雨天气,就特别容易引发泥石流或者出现局部滑坡的现象,这无疑给施工安全以及生态环境都带来了不小的威胁。倘若施工排水系统的相关设计不够合理,临时道路以及施工通道又缺乏相应的排水举措,那么同样会促使径流进一步集中起来,进而形成比较明显的水土流失通道。

2 风电场施工扬尘控制与水土保持的协同实施策略

2.1 协同控制的理论分析与模式构建

风电场施工扬尘控制以及水土保持的协同实施策略,得依靠系统化理论分析与科学模式构建来开展相关工作,以此达成施工期间环境风险最小化以及生态可持续性的保障目标。从理论层面来讲,协同控制着重把施工进度中扬尘生成还有水土流失当作一个整体环境方面的问题来看待,去剖析二者之间存在的相互作用机制。在施工过程当中,裸土处于暴露状态、进行土方开挖操作、开展道路建设活动以及物料运输行为,一方面会产生数量众多的空气颗粒物,另一方面会破坏土壤原本的结构,使得地表抵抗侵蚀的能力出现下降情况,进而引发水土流失现象的发生。反过来讲,水土流失所形成的泥沙沉积或者是在干涸之后,又能够成为新的扬尘源头,如此一来便形成了环境污染的一个闭环状态。所以说,协同控制有必要借助量化分析施工工序、土壤类型、地形坡度、气象条件以及机械作业频率等诸多关键因素的方式,去识别出那些存在高风险的环节以及环境敏感区域,并且建立起扬尘与水土流失之间的耦合关系模型。在此基础之上,就可以着手构建协同控制模式,把施工技术、管理措施以及环境监测有机地整合到一起,具体包含采用湿法作业方式、实施土方分区作业安排、对裸土加以覆盖处理、合理开展排水与排泥系统的设计工作、推动生态植被恢复进程以及采取临时防护相关措施等,与此同时还要配合运用智能监测手段以及信息化管理模式,以此来达成施工过程中的动态调控以及实时反馈效果。

2.2 施工阶段扬尘与水土流失联动治理措施

在风电场开展施工活动期间,扬尘以及水土流失往往呈现出一种相互推动的关联状态,所以联动治理方面的举措对于缓解环境所受到的影响、确保施工过程中的安全状

况以及维持生态的稳定态势而言,有着不容忽视的重要意义。一开始,要依据施工工序的具体特点以及现场的实际环境条件,针对土方开挖环节、道路建设环节、风机基础施工环节还有物料运输环节等这些较为关键的环节,去采取具有针对性的治理办法^[2]。比如说,在进行土方开挖操作以及路基施工相关工作的时候,可以通过实施分区作业的方式、采用阶梯式的开挖方法以及采取临时对裸土进行覆盖的举措,以此来缩减土壤暴露出来的面积范围,从最初源头处降低扬尘产生的可能性以及因径流冲刷而出现的风险情况;在施工道路方面以及运输环节当中,运用湿法洒水的手段、对路面进行硬化处理或者铺设临时的覆盖层,如此既能对粉尘的扩散起到抑制作用,又能减轻雨水径流给路基以及周边地表带来的冲刷影响。在像基础施工这样的高风险区域以及塔筒安装等同样存在高风险的区域,需要联合排水沟的设计、沉沙池的设置以及坡面排水系统的规划等方面内容,去引导雨水能够顺畅地从施工区域排出去,防止形成集中径流的情况出现,与此同时也要防范泥沙外流致使下游出现环境污染的状况。除此之外,借助临时植被覆盖的方式、使用生态毯或者设置防护网等这类措施来恢复裸露土壤所具有的稳定性的,这不但能够把表层土壤牢牢固定住,而且还能让空气中颗粒物的浓度有所降低。联动治理这一举措还应当结合施工组织管理的相关事宜来进行考虑,像是要对作业顺序予以优化调整、合理地调配施工机械、对施工强度加以控制以及对作业时间做出安排等,通过这样一系列的操作,进而减少扬尘与水土流失两者之间所产生的叠加效应^[3]。

2.3 技术与管理措施的整合应用

在风电场施工进度当中,把技术方面的措施和管理方面的举措加以整合并加以应用,这无疑是在实现扬尘控制以及水土保持协同开展治理工作的极为关键的一个环节。技术措施具体包含了像土方分区来进行作业、对裸土实施覆盖处理、采用湿法来开展施工活动、对临时道路予以硬化处理、精心设计排水沟以及沉沙池、针对坡面采取护坡举措并且推动植被恢复等一系列内容。这些措施能够在很大程度上从源头上对扬尘产生的态势予以抑制,也能有效减少土壤遭受侵蚀的情况发生,并且还能在施工现场构建起一个相对稳定的生态防护方面的体系。不过,仅仅凭借技术手段往往难以让其效果得以充分地发挥出来,所以管理措施的整合应用也是同等重要的。管理措施涵盖了施工组织方面的优化安排、作业顺序的相应调整、施工机械的合理调度、施工强度的有效控制、施工时间的妥善安排以及建立环境监测与反馈的相关机制等方面。借助科学的

方式来对施工流程以及人员的操作行为加以调控,如此便能够减少在那些存在较高风险的环节当中出现扬尘以及水土流失的现象。与此要实现技术与管理的整合,那就需要借助信息化的一些手段,比如施工现场的环境监测系统、施工进度调度平台以及实时预警机制等。通过这些信息化手段,可以实现对施工进度中扬尘浓度、土壤湿度、径流量等诸多关键指标展开动态的监控,进而能够为施工调整以及应急处理提供有效的指导。

2.4 协同实施效果评价方法

协同实施效果评价在风电场施工扬尘控制与水土保持管理体系里属于必不可少的环节,它的作用在于要科学地把施工期间各项措施的实际成效予以量化,从而给优化管理策略给予一定的依据。评价的方法需要从多个不同的维度去开展,像环境指标、施工效率还有生态影响等诸多方面都得涵盖到。在环境指标这块,能够借助对空气颗粒物浓度、土壤侵蚀量、地表径流量以及泥沙沉积量等这些关键参数展开监测的方式,同时结合施工前后所获取的基线数据,来对扬尘控制以及水土保持措施的实际减排效果以及防护能力展开定量方面的分析。可以通过对施工效率以及管理指标进行评价,以此来考察相关措施的可操作性以及施工兼容性,比如要关注施工周期是否出现延长的情况、资源的消耗量如何、机械使用的效率怎样以及人员调度的具体状况等,进而对技术与管理措施整合的可行性做出评估^[4]。还得考虑到生态环境恢复以及可持续性指标,像是裸土的覆盖率、植被的恢复率以及周边生态环境所发生的变化等情况,依靠长期的监测来判定协同措施针对生态系统实际的保护效果。要想达成科学的评价目标,可以着手建立起信息化的平台,把监测数据、施工记录以及环境模型综合起来加以分析,进而形成一个动态的评价体系,以此来实现对施工全过程的实时反馈以及相应的调整操作。

3 结语

对风电场施工阶段扬尘产生情况以及水土流失特点加以分析,并且针对协同控制理论、相关技术举措还有管理方式展开系统探究之后能够发现,扬尘控制跟水土保持协同施行对于确保施工环境安全以及实现生态可持续发展有着极为重要的作用。相关研究说明,单纯依靠扬尘治理或者水土保持某一方面的措施很难全方位地去应对施工期间所面临的环境风险,不过要是把技术手段和管理措施综合起来运用,像采用湿法作业并做好裸土覆盖工作,精心设计排水与沉沙系统,开展生态植被恢复活动,同时联合运用智能监测以及信息化管理等手段,那么就能够达

成二者之间的互补效果,提升治理工作的效率并且增强施工的安全性。除此之外,运用多指标且动态化的效果评价办法还能够在施工过程当中给予实时的反馈信息,以此来指导后续施工环节的优化以及环境管理工作方面的改进。

[参考文献]

- [1]张亮.新建风电场对自然保护区内植物的影响分析——以国电北票北四家子风电场为例[J].内蒙古林业调查设计,2015,38(2):79-81.
- [2]刘涛.山区风电场项目环境影响因素分析[J].山西水土保持科技,2023(3):24-26.
- [3]王文娟,徐珊.风电场工程的水土保持防治对策[J].资源节约与环保,2015(4):12.
- [4]李吉鹏.陆上风电场施工期环境影响及防治对策——以甘州平山湖风电场为例[J].黑龙江环境通报,2024,37(5):33-35.

作者简介:吕垠(1981.1—),男,毕业于:大连理工大学,所学专业:水利水电工程,当前就职于:哈密市水利建设与安全中心,职称级别:副高级职称。

水利工程大型灌区规划及节水技术问题研究

朱长江

塔城水利设计研究院有限公司乌鲁木齐分公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]在干旱以及半干旱区域的大型灌区规划进程里,工程布局还有水资源供需平衡往往会碰到不少难题,而这些难题直接对农业水资源的可持续利用以及区域粮食安全产生影响。文章剖析大型灌区规划所存在的主要问题,像工程布局不太合理、水资源供需矛盾比较明显等,接着探究节水技术应用里的关键难点,比如技术推广有难度、系统配套不周全、维护与管理机制缺失等。在此基础上,本文深入研究大型灌区节水的可行途径,像是优化灌区工程规划体系、构建多元化的水源配置模式、推广适用型的节水灌溉技术以及完善灌区信息化管理系统。就推进灌区可持续发展给出对策建议,包含强化节水意识与培训、加大节水设施投入力度、健全运行管护机制以及推动科技与农业相融合。

[关键词]大型灌区;节水技术;水资源配置

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18316

中图分类号: S27

文献标识码: A

Research on Planning and Water-saving Technology for Large-scale Irrigation Areas in Water Conservancy Engineering

ZHU Changjiang

Urumqi Branch of Tacheng Water Conservancy Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In the planning process of large-scale irrigation areas in arid and semi-arid regions, engineering layout and water resource supply and demand balance often encounter many difficulties, which directly affect the sustainable utilization of agricultural water resources and regional food security. The article analyzes the main problems in the planning of large-scale irrigation areas, such as unreasonable engineering layout and obvious contradictions between water supply and demand. It then explores the key difficulties in the application of water-saving technologies, such as difficulties in technology promotion, inadequate system support, and lack of maintenance and management mechanisms. On this basis, this article delves into feasible ways to save water in large-scale irrigation areas, such as optimizing the irrigation area engineering planning system, constructing diversified water source configuration models, promoting applicable water-saving irrigation technologies, and improving the irrigation area information management system, provide countermeasures and suggestions for promoting sustainable development of irrigation areas, including strengthening water-saving awareness and training, increasing investment in water-saving facilities, improving operation and management mechanisms, and promoting the integration of technology and agriculture.

Keywords: large-scale irrigation areas; water-saving technology; water resources allocation

引言

水利工程项目是重要的基础民生工程之一,与国家的经济发展和人们的生活水平息息相关。在世界水资源日益匮乏的背景下,传统的灌溉方法已不再适应当前的农业生产,而先进的节水技术可以有效提高水利工程大型灌区的水利用系数。与传统灌溉技术相比,节水灌溉包括工程、农业、生物管理措施,可根据农田水质、区域水情变化、作物需水量和当地供水条件智能控制灌溉水;在确保作物产量和质量的基础上,可以充分利用降雨和土壤水及时地

灌溉,减少水利工程大型灌区灌溉用水量,并提高经济、社会效益和改善生态环境。

1 大型灌区规划中存在的问题

1.1 工程布局不尽合理

在大型灌区开展规划以及建设相关工作期间,工程布局出现不合理的问题,往往是由于历史方面遗留下来的因素以及自然条件所存在的限制所引起的。就好比地形呈现出复杂的状况,气候又具有干旱的特点,如此一来便致使灌溉网络在覆盖范围上出现不均匀的情况,进而对水资源

实现有效分配以及利用效率产生了影响。这样的布局方面的缺陷,一方面增加了输水环节的损失情况,另一方面还极有可能引发局部地区出现水资源过剩或者短缺的现象,使得农业生产的波动性得以进一步加剧。特别在西部的灌溉农业区域当中,灌区工程大多集中于河流的中下游位置,而处于上游地区的区域,因为缺少系统的规划安排,其水资源调配的能力是比较薄弱的,很难去满足作物在生长期时需求的变化情况^[1]。除此之外,工程布局的不合理还表现在灌溉渠道的设计过度依赖传统的模式,没有充分地去考量现代节水技术的集成应用情况,这就导致整个系统的灵活性有所欠缺,没办法适应气候变化下水资源出现的波动情况。

1.2 水资源供需矛盾突出

大型灌区水资源供需矛盾突出,主要体现在可用水量 and 农业需求不平衡上,尤其在干旱年份,这种矛盾更加明显,常常致使作物产量降低,生态环境出现恶化情况。依据相关研究来看,在西北内陆地区,灌溉用水在水资源总量中所占比例是比较高的,不过因为该地区降水较少且蒸发强烈,其可持续供水能力一直在呈下降趋势,然而农业需求随着耕地面积的不断扩张却在持续上升。供需矛盾一方面是由自然因素引起的,另一方面也和人为管理不当有关,像是水资源分配机制存在欠缺,用水定额执行不够严格等,这些都让高效用水的目标难以达成。

2 节水技术应用中的关键问题

2.1 技术推广难度较大

节水技术在大型灌区的推广遇到不少障碍,像农民接受程度不高、初期投入资金多还有技术适应性不好等,这些情况一起致使先进的灌溉办法比如滴灌以及喷灌的使用范围受到限制,在西部农业区,农户通常依靠传统的漫灌方式,原因是这种操作起来比较简单而且成本也相对较低,然而节水技术则需要具备专业知识以及设备方面的支撑,在推广的时候又缺少有针对性的培训和技术服务,这就让实际的应用效果受到了很大影响。再者说,技术推广的难度还会受到区域经济发展水平差异的影响,那些经济欠发达的地方资金投入不够,没办法大规模地去部署高效的灌溉设施,进而形成了技术普及的阻碍之处。

2.2 系统配套不完善

节水技术若想有效应用起来,那就得依靠完善的系统配套,像供水管网、监测设备以及电力供应等方面都得完备才行。可在不少灌区,这些配套设施的建设明显滞后,这对技术性能的发挥形成了极为严重的制约。就拿滴灌系统来讲,它需要有稳定的水源以及过滤装置,然而部分区

域因为管道已经老化,并且电力也不稳定,结果致使系统运行出现中断的情况,根本没办法达成预期的节水效果。而且,系统配套不完善还体现在信息化水平比较低,数据采集与传输设备的覆盖范围也不够全面,这就使得水资源管理缺少实时的依据,最终也对决策的准确性产生了影响。这样一种状况在偏远的灌区表现得更为突出,由于在基础设施方面的投资不够,并且维护工作做得也不到位,所以配套系统很难跟上技术更新的节奏,进而形成了恶性循环的局面。

2.3 维护与管理机制欠缺

节水技术所具备的长期效益,在很大程度上要依靠维护与管理机制来发挥作用。不过,众多灌区在这一方面往往存在着较为突出的不足情况。比如说,它们常常缺少专业的维护团队,并且也缺乏定期开展检查的相关制度。如此一来,设备的老化速度便会加快,而且故障出现的频率也会变得更高。就西部的灌溉区域而言,其管理机制存在欠缺的具体表现形式是责任主体不够清晰明确,同时资金方面的保障力度也不足。这就致使节水设施在经过数年运行之后,效能便开始出现下降的状况,甚至最终还会完全失去效用。维护与管理机制的欠缺还涉及到政策执行这个层面,举例来讲,用水计量以及收费制度并不健全完善,没办法构建起行之有效的激励约束机制,这无疑又进一步地削减了节水的动力。依据实地展开的调查情况来看,部分灌区在维护方面所投入的资金仅仅占到初始投资额度的百分之十都不到,这样的投入比例远远低于实现可持续运行所需要的水平。

3 大型灌区节水路径探析

3.1 优化灌区工程规划体系

优化灌区工程规划体系乃是达成节水目标之根本所在,得从整体设计方面着手去开展相关工作,要把水资源分布情况以及作物实际需求综合起来考量,进而构建起具有多层次特点且呈网络化态势的灌溉布局模式,借此来促使资源利用效率得以提升。在干旱以及半干旱这样的区域当中,工程规划务必要优先把节水型渠道衬砌以及管道输水这些因素给充分考虑进去,如此方能减少出现渗漏以及蒸发损失等不良状况,与此同时还要引入智能化调控方面的技术,进而实现依据实际需求来进行配水以及开展动态调度等目的。在优化这个过程当中,还得着重关注生态兼容性这一问题,比如说在规划环节当中要留出生态用水通道,防止因过度开发而致使环境出现退化的情况发生,唯有如此才能够切实保障灌区能够实现可持续发展的目标。

3.2 构建多元化水源配置模式

构建多元化的水源配置模式,这可算是缓解水资源短缺的一种行之有效的办法。其具体而言,就是去开发利用像雨水、再生水以及微咸水这类非传统水源,以此来对灌溉用水存在的不足加以补充。在西部的农业区域当中,多元化配置能够借助建设蓄水方面的设施以及污水处理相关的系统来达成^[2]。就好比说,可以收集降雨径流,将其用于补充灌溉所需用水;又或者对城市污水加以处理之后,再将其回用到农田之中。通过这样的方式,便能够在很大程度上减轻对地下水以及河流的依赖程度。这种配置模式一方面提升了水资源利用所具备的韧性,另一方面也推动了循环经济朝着更好的方向发展。

3.3 推广适用型节水灌溉技术

推广适用型节水灌溉技术对于提高用水效率而言是极为关键的,其核心要点在于要挑选与本地实际条件相契合的灌溉办法,像低压喷灌以及地下滴灌这类技术,它们能够在很大程度上削减水分的无谓流失,并且还能促使作物产量得以提升。在那些干旱的区域当中,适用型技术务必要把节水性能和成本效益这两方面都兼顾到,比如说可以去采用由太阳能来驱动的灌溉系统,如此一来便能够减少对能源的依赖程度,同时也可让运行方面的费用有所降低,与此还要借助培训的方式来促使农户的操作技能获得提升。在推广实施的过程里面,还应当将农艺方面的相关举措与之结合起来,像是采取覆盖保墒的办法以及开展作物轮作等方式,进而形成一套完整的集成方案,以此来达成最大限度地节水效果。

3.4 完善灌区信息化管理系统

完善灌区信息化管理系统对于实现精细化管理而言极为关键。借助引入物联网、大数据以及遥感技术,去构建起能够实现实时监测以及智能决策的平台,以此来提升水资源调配方面的准确性与时效性。在大型灌区当中,信息化管理能够涵盖从水源一直到田间的整个过程,就好比说利用传感器去采集土壤湿度以及气象方面的数据,进而自动对灌溉量加以调节,防止出现过度或者供水不足的情况。而要让系统得以完善,那么就需要进一步强化数据共享以及分析的能力,把多源信息整合起来从而生成优化方案,并且还能够为管理人员提供可视化的工具,以此来简化操作流程。

4 推进灌区可持续发展的对策建议

4.1 强化节水意识与培训

强化节水意识并开展培训,这是推动灌区实现可持续发展的关键环节,得借助系统且持续的教育宣传活动,提高各类用水主体对于水资源稀缺性的认识水平。在西部从

事灌溉农业的地区,培育这种节水意识时,需结合当地的传统文化背景以及生产习惯,运用分层培训的体系,依据不同群体像农户、技术员还有管理者,去设计不一样的教学内容。具体执行的时候,可依靠已有的农业技术推广网络,定期举办现场观摩活动以及实操演练,让参与者直观地体会到节水技术所能带来的效益提升。并且要把节水知识融入到农村的基础教育体系当中,通过编写乡土教材以及开展课外实践活动的方式,培育年轻一代的节水观念^[3]。这项强化节水意识的工作,还必须要和政策引导相互配合,比如把节水培训的参与情况和农业补贴的发放关联起来,以此形成正向的激励循环。

4.2 加大节水设施投入

加大节水设施投入,需构建多元且可持续的资金保障机制。借助财政资金引导、市场融资补充以及社会资本参与所形成的多层次投入体系,去破解设施建设及更新换代方面的资金瓶颈难题。在具体的操作环节,应优先对有明显外部效益的公共性设施予以支持,比如主干渠道防渗工程还有区域级信息化管理平台,这些设施投资规模不菲,然而受益范围颇为广泛。就田间级别的节水设施而言,可探寻“先建后补”“以奖代补”这类创新激励机制,以此调动用水户自主投入的主动性和积极性。在投入决策进程当中,得建立起科学的效益评估体系,全面考量节水效率、经济效益以及生态价值等诸多维度的指标,保证资金能够流向最迫切且最有效的领域。尤其要留意设施投入的均衡性方面的问题,防止出现重点区域投入过多而边缘区域投入不足这种共存的情况。借助构建动态调整的投入机制,让有限的资金发挥出最大的综合效益,从而为灌区节水给予稳固的物质保障。

4.3 健全运行管护机制

健全的运行管护机制对于维持节水效益而言,可称得上是重要保障,这就要求清晰明确责任主体以及操作流程,比如可以设立专门负责维护的团队,并且建立定期开展巡检的相关制度,以此来保证设施能够长期且稳定地运行,在大型灌区当中,管护机制务必要融入社区参与这一环节,举例来讲,可成立用水户协会^[4],使得农户一同参与到设施的管理工作当中,如此一来,既能增强他们的归属感,又能强化其责任感,要健全机制,还应当配套相应的法律法规,比如说制定节水设施维护的具体标准以及管理办法,进而形成一种制度化的约束力。

4.4 促进科技与农业融合

推动科技同农业相融合,这可是提升灌区节水程度的一股动力。去整合那些先进的技术,像生物技术以及信息

技术这类,进而创新灌溉所采用的模式还有管理方面的办法,以此达成水资源的高效利用目的。在西部的农业区域当中,融合的过程能够着重去发展精准农业,比如依据作物需水规律来打造的智能灌溉系统,借此可减少那种没有目标的盲目用水情况,并且要积极推广那些节水型的作物品种,以此来强化抗旱的能力。若要促进科技与农业的融合,那么就得进一步强化研发方面的合作,比如说让高校、科研机构以及农场之间形成联动机制,加快科技成果向实际应用转化的速度。

5 结束语

大型灌区在规划方面以及节水技术的应用上,面临着不少的挑战,像工程布局不太合理、水资源存在供需矛盾还有技术推广以及维护等方面的问题,在干旱半干旱的区域,这些挑战表现得更为明显。通过优化规划体系,构建多元化的水源配置方式,推广适用型技术,并且完善信息化管理手段,能够有效地提高节水的水平,同时强化人们的节水意识,加大投入力度,健全相关机制,促进科技融

合,以此来为可持续发展给予有力的支撑。在未来,灌区管理要更加重视系统的特性以及适应的能力,结合当地的实际情况持续地开展创新活动,从而达成水资源的长期安全状态以及农业的高质量发展目的。

【参考文献】

- [1]赵金凤.高作灌区节水改造工程水土资源平衡分析[J].内蒙古水利,2025(1):33-35.
- [2]杨敏.江西平江灌区规划范围及灌溉面积分析[J].河南水利与南水北调,2025,54(9):13-15.
- [3]梁全明,杨利福,刘军佐.平陆灌区规划面积方案研究[J].广西水利水电,2024(2):87-91.
- [4]郝秀玲,文丹.旱区灌区现代化建设思路与关键技术[J].水利技术监督,2024(8):50-52.

作者简介:朱长江(1990.7—),毕业院校:新疆农业大学科学技术学院,所学专业:水利水电工程,当前就职单位名称:塔城水利设计研究院有限公司乌鲁木齐分公司,职称级别:工程师。

新能源发电在电力系统中的应用探讨

吴珂哲

国家能源集团新疆开都河流域水电开发有限公司, 新疆 库尔勒 841000

[摘要]伴随全球能源结构转型以及低碳发展战略向前推进, 新能源发电已然变成电力系统发展极为重要的趋向。风力还有光伏这类新能源技术, 能够在很大程度上缓解传统化石能源消耗所产生的环境方面的压力, 同时给电力系统给予稳定且可持续的能源供给。不过, 新能源发电于实际运用当中, 依旧存在着诸如间歇性、波动性这样的情况, 而且基础设施建设方面也存在诸多不足等问题, 这便给电力系统的安全运行提出了更高的要求。文章针对主要的新能源发电技术的应用种类、接入的方式以及技术所具备的特点展开了较为系统的剖析, 着重对并网策略、多能源协同调度、储能技术以及智能电网管理在提高新能源利用效率与系统可靠性方面所起到的作用展开探讨。研究得出的结果显示, 借助科学的规划以及技术层面的创新, 新能源发电不但可以确保电力系统实现安全稳定的运行状态, 而且还为绿色低碳转型给予了稳固的支撑。

[关键词]新能源发电; 电力系统; 应用

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18320

中图分类号: TM73

文献标识码: A

Exploration on the Application of New Energy Generation in the Power System

WU Kezhe

CHN Energy Group Xinjiang Kaidu River Basin Hydropower Development Co., Ltd., Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: With the global energy structure transformation and the advancement of low-carbon development strategies, new energy generation has become an extremely important trend in the development of the power system. Wind power and new energy technologies such as photovoltaics can greatly alleviate the environmental pressure caused by the consumption of traditional fossil fuels, while providing stable and sustainable energy supply to the power system. However, in the practical application of new energy generation, there are still issues such as intermittency and volatility, and there are also many shortcomings in infrastructure construction, which puts higher demands on the safe operation of the power system. The article provides a systematic analysis of the application types, access methods, and characteristics of major new energy generation technologies, with a focus on exploring the roles of grid connection strategies, multi energy coordinated scheduling, energy storage technology, and smart grid management in improving the efficiency and reliability of new energy utilization. The research results show that with scientific planning and technological innovation, new energy generation can not only ensure the safe and stable operation of the power system, but also provide solid support for green and low-carbon transformation.

Keywords: new energy power generation; power system; application

引言

经济发展以及能源需求不断增长, 传统化石能源消耗产生的环境压力与碳排放问题变得愈发明显, 促使新能源发电于电力系统当中的应用成为一种必然的选择。风力还有光伏等这类新能源具备清洁、可再生以及低排放等诸多特点, 能够在一定程度上缓解传统能源给环境所带来的负面的影响。不过, 因为新能源发电自身存在着输出方面的波动情况以及间歇性的特性, 要是直接接入到电网当中, 那么就有可能让调度的难度有所增加, 并且还可能会造

成电能的浪费情况出现。本文主要针对新能源发电在电力系统之中的技术类型、接入的方式以及应用的策略展开系统性的分析, 去探寻多能源协同以及智能管理在提高新能源发电效率以及保障系统安全方面所起到的作用。

1 新能源发电概述

在新能源的概念下, 可以将其定义为: 新能源是指具有一定能量的清洁的可再生能源, 它是一种新型的可持续发展的资源和能源。我国的传统化石能源主要有煤炭, 石油和天然气, 其中煤的储量占总储量的 70% 左右, 而这

些矿物都是不可再生的。由于燃烧时产生了大量的污染物（如 SO_2 , NO_x , CH_4 ），导致环境污染严重。因此，开发新型的洁净高效的可替代的清洁环保的电力系统，减少对常规电源的依赖性，实现节能减排，提高电力系统的安全稳定运行，是国家电网公司的重要任务。在传统的电力系统中，主要使用的都是风能、太阳能、水能等。风能作为目前世界上最丰富的可用能源，也是取之不尽、用之不竭的重要来源。但是，由于其自身存在的局限性，导致了它的开发利用受到很大限制。因此，要想使风力发电的技术得到更好的应用，就需要对其进行更深入的研究与探索。把储能技术以及智能电网管理相互结合起来，是能够切实有效地提升新能源发电所具备的稳定性与可调度性的，进而达成对电力系统进行平衡与优化的目标。光伏发电属于另一类极为重要的新能源范畴，它自身有着安装方式较为灵活这一特点，而且适应能力也颇为强大，所以完全能够在分布式电源领域当中起到十分关键的作用。在未来的发展过程当中，伴随着技术不断地取得进展、相关成本逐步得以降低以及政策层面给予的支持力度持续加强等诸多因素的作用，风能还有光伏发电将会一步一步地在电力系统里占据起越来越大的比例，从而为实现绿色低碳的能源转型给予强有力的支撑。

2 新能源发电面临的主要问题

2.1 稳定性低与间歇性问题

新能源发电所具有的核心特点便是对自然资源有着依赖性，像风能、太阳能还有海洋能等都属于此类资源，而这种依赖性也使得其发电功率呈现出较大的波动情况，很难达成持续且稳定的输出状态，在风力发电领域当中，风速存在不均匀的现象，这就会致使风电机组输出功率出现频繁的变化状况，进而让电力系统不得不去应对瞬时负荷波动的情况，如此一来便增加了调度方面的难度以及系统运行的风险。同样的，在光伏发电方面，其会受到天气、昼夜变化以及季节等因素的影响，所以其发电量没办法和传统火电形成稳定的等效替代关系，这种间歇性的特性是很容易引发电压波动、频率波动甚至是局部电网出现失衡情况的。海洋能发电虽说具备较高的可预测性，但是受到潮汐周期以及波浪强度的限制，其输出依然存在着一一定的不确定性。当新能源发电比例逐步提升起来之后，稳定性较低以及间歇性问题已然成为制约电力系统安全稳定运行的关键要素了，这就需要储能、调峰电源以及智能调度等一系列的技术手段来对其加以补偿和调控，从而保证系统的可靠性以及电力供应的连续性。

2.2 电能浪费与弃电现象

新能源发电于实际运行之时，因其输出功率存在不稳定性，再加上电力系统调度能力有所局限，故而常常会出现电能浪费以及弃电方面的现象。就风电和光伏发电而言，在它们所处的高发季节或者高产时段当中，倘若电网没办法及时对过剩的电能加以消纳，那么就会致使大量的电能被迫处于弃置的状态，如此一来，便使得新能源的利用效率有所降低，与此也对投资回报以及经济性产生了影响。弃电这一问题并非仅仅源自于新能源本身所具有的不稳定性，它还和输电线路容量不够充足、负荷需求有所欠缺以及调度策略不够完善等因素紧密相关联。在部分特定地区，由于基础设施以及储能技术的发展相对滞后，即便新能源发电所具备的潜力是充足的，然而却很难达成高比例的接入情况，进而使得可再生能源的潜力受到了限制。长时间以往，这不但增加了电力系统在运行方面的成本，而且还削弱了新能源发展所能带来的环境效益以及经济效益。所以说，对调度策略予以优化、提升储能能力以及建设更为灵活的输电网络，这些举措便成为了应对电能浪费以及弃电现象的关键办法。

2.3 基础设施建设及技术瓶颈

新能源发电于大规模应用进程之中，基础设施建设滞后这一问题颇为显著，其主要在电网改造、储能设施建设以及信息化管理等方面有所体现。传统电力系统是以集中式供电作为主要模式的，而它的输电网络以及调度机制都很难契合新能源分布式、间歇性接入的需求，这就使得新能源发电没办法实现高效利用。除此之外，像电池储能、抽水蓄能还有压缩空气储能这类储能技术还没有得到广泛普及，存在的容量不足以及响应速度偏慢的情况，对新能源功率平衡以及调峰能力形成了制约。智能电网以及信息化管理水平存在欠缺，这同样限制了针对新能源发电开展实时监测、预测以及优化调度的能力，进而使得系统的灵活性以及可靠性都打了折扣。技术瓶颈还表现在新能源发电设备自身所具有的效率、寿命以及维护成本这些方面，这些诸多因素综合起来对新能源发电在电力系统当中的广泛应用以及经济可行性产生了影响。对于上述这些问题，得加快电网的智能化改造速度，提高储能以及信息化管理的水平，并且推动新能源发电技术不断进行优化，以此达成可持续、稳定且高效的电力供应目标。

3 新能源发电技术及应用类型

3.1 风力发电技术及应用

风力发电属于当下世界范围内较为成熟的新能源发电技术范畴，其关键原理在于把风能转变为机械能，而后

借助发电机将其转化为电能。风电技术在发展历程里,经历了从小型风机逐步演变为大型风电场的过程,这一过程既促使单机容量得以提高,又强化了电网接入的能力。就应用层面而言,风力发电可划分成陆上风电以及海上风电这两种类型,其中陆上风电具备建设成本相对较低、施工起来较为便利的特点,而海上风电虽然风力资源颇为丰富且稳定性良好,然而其建设成本以及技术难度都相对较高。伴随风机叶片设计、控制技术以及功率变流器技术持续不断地得到优化,风力发电的效率以及稳定性均获得了颇为显著的提升。在电力系统当中,风力发电主要是通过并网的方式接入输电网络,进而为电网给予清洁电力,与此同时它还能够同储能系统以及调峰电源一道协同开展运行工作,以此来缓解因风能输出出现波动而引发的不稳定性方面的问题。风电的发展一方面推动了可再生能源所占比例的提升,另一方面也促进了智能电网、储能以及能源管理技术展开协同创新,从而给电力系统的绿色化以及低碳化发展筑牢了坚实的基础。

3.2 太阳能光伏发电技术及应用

太阳能光伏发电借助半导体光伏材料把太阳光直接转变为电能,它最大的优势是资源极为丰富、分布相当广泛,并且能够直接运用于分布式电源系统当中。光伏发电技术包含单晶硅、多晶硅还有薄膜光伏电池等多种类型,每一种技术在效率、成本以及环境适应性方面都有着各自的特点。伴随光伏组件效率的不断提升以及逆变器技术的不断发展,光伏发电在电力系统里面的接入能力以及调控水平都在不断地得到增强。光伏发电系统一方面可以作为集中式电站接入大电网,另一方面也可以作为分布式能源应用于工业园区、居民建筑以及微电网系统之中,达成就地消纳以及自给自足的目的。在实际的运行过程当中,光伏发电和储能、电网调度以及负荷管理技术相结合,能够有效地缓解日照波动所引发的输出不稳定的问题,提升新能源的利用率以及电网运行的安全性。随着成本的不断下降以及政策的有力支持,光伏发电在全球电力系统当中的占比一直在持续增长,已然成为新能源发电的重要构成部分,对于推动低碳能源转型起着极为关键的作用。

4 新能源发电在电力系统中的接入与应用方式

4.1 并网技术与接入策略

新能源发电接入电力系统时,首要的问题在于怎样达成高效并网,以此来保障电力系统可以安全且稳定地运行。风电、光伏还有海洋能这类新能源,其输出功率往往存在较大的波动情况,要是直接将其接入电网当中,那便很容易引发电压出现波动、频率发生异常乃至局部电网变得不

稳定的状况。所以,现代电力系统一般会运用先进的并网技术,借助功率电子变流器、智能控制装置以及实时监测系统来对新能源的输出加以调节并且实施优化操作^[1]。并网接入所采取的策略,在考量发电容量以及电网的承载能力之外,还得要综合负荷分布、线路容量以及储能资源等方面的情况,进而实现动态调度以及平衡管理的目标。在实际的应用环节里,新能源发电场同电网调度中心维持着信息的互通状态,会实时对发电出力做出调整,凭借预测模型来对未来发电量予以预估判断,从而保证新能源接入既不会对电网运行的安全性产生影响,又能够让清洁能源的优势得以充分地发挥出来。除此之外,对于分布式新能源而言,其接入策略还必须要同时兼顾就地消纳以及区域电网负荷的协调事宜,通过这样的方式来降低弃电的风险以及减少能量的浪费情况,最终促使整体系统的效率得以提升。

4.2 多能源协同调度与储能技术

因为新能源发电具备间歇性与波动性的特点,所以单一的新能源很难满足电力系统对于稳定性的需求,多能源协同调度以及储能技术成为了实现新能源高比例接入的关键途径。多能源协同调度把风电、光伏、海洋能、生物质能还有传统的火电或者水电合理组合起来,以此达成电力系统负荷的平衡以及发电资源配置的优化^[2]。在这个过程中,像电化学电池、抽水蓄能、飞轮储能以及压缩空气储能等储能技术发挥着十分重要的作用,它们可以在新能源发电出现过剩的情况时储存能量,并且在负荷处于高峰时段或者新能源输出不足的时候释放电能,以此来缓解发电波动给电网带来的冲击。储能系统和智能调度平台相互结合之后,能够依据电力市场的实际需求、实时的负荷状况以及天气预测的相关数据,对新能源输出进行动态的调节,这既提升了系统的安全性,又大幅度地降低了弃电率,为电力系统的绿色低碳运行给予了技术层面的有力支撑。

4.3 智能电网与新能源管理

智能电网技术的引入给新能源发电的广泛运用打下了基础,其借助信息通信技术、传感监测系统、自动化控制以及数据分析平台,可实时知晓电力系统的运行状况,预估新能源发电量,优化调度办法,达成负荷与储能资源的协同管理,它既能提高新能源发电的接入效率,又能在电力系统里实现动态平衡、故障自愈和能量流优化,进而降低电网运行的风险与经济成本^[3]。新能源管理系统依靠大数据和人工智能算法,针对风电、光伏、海洋能等不同类型的发电资源展开统一监控与优化调度,让电力系统在

高比例新能源接入的情况下依旧能够维持安全、可靠且高效的运行状态。未来,伴随智能化技术的发展以及新能源比例的持续提升,智能电网会成为支撑电力系统绿色低碳转型的关键技术根基,为能源管理创造精确、可控、灵活的运行环境。

5 结语

新能源发电于电力系统当中的具体应用情况,一方面可对环境所承受的压力起到一定的缓解作用,另一方面也能使碳排放量得以降低,并且还给能源结构的优化以及系统的安全保障开拓出了全新的路径。本文针对风力发电以及光伏发电等主要的新能源发电技术展开了相应的分析,同时就并网接入、储能调度、微电网以及智能电网管理等一系列的应用方式进行了深入的探讨,明确指出了其在稳定性方面、间歇性方面以及基础设施建设方面依旧面临着诸多的挑战。借助多能源协同配合、储能方面的优化举措以及智能调度手段,新能源发电是能够切实有效地提高电

力系统所具备的可靠性以及灵活性的。在未来的发展进程中,伴随着技术不断取得新的进展、相关政策给予有力的支持以及系统层面的持续优化,新能源发电必定会在构建绿色低碳的电力系统当中占据极为关键的地位,进而为实现可持续发展的目标筑牢坚实的支撑基础。

[参考文献]

- [1]柳瑶斌.新能源发电在电力系统中的应用探讨[J].中国设备工程,2025(9):96-98.
- [2]周喜.新能源发电在电力系统中的应用研究[J].电气技术与经济,2023(6):180-182.
- [3]陈力,兰宇.新能源发电在电力系统中的应用[J].中国设备工程,2023(6):249-251.

作者简介:吴珂哲(1995.11—),毕业院校:新疆工程学院,所学专业:能源与动力工程,当前就职单位名称:国家能源集团新疆开都河流域水电开发有限公司,就职单位职务:基建管理,职称级别:助理工程师。

水利水电施工过程中边坡开挖支护施工质量控制研究

薛晶晶

新疆小海子水利建筑安装工程有限公司, 新疆 图木舒克 843900

[摘要]边坡开挖与支护施工于水利水电工程建设而言,其地位颇为重要,该施工的质量与工程安全、施工进度以及后期运行稳定性有着直接关联。文章参考高边坡且处于复杂地质条件下的施工实际情况,深入剖析了影响边坡施工的关键因素,像地形、地质、气候以及施工技术条件等。还全面阐述了边坡支护所涉及的施工办法和技术,囊括临时支护、锚杆及锚索支护、喷射混凝土以及复合支护方法,还有排水与防护举措。与此明确了施工质量控制的重点所在,就施工前的各项准备工作、开挖与支护过程中的监测情况以及材料与工艺管理方面,还有安全与环境保护等诸多方面展开了细致论述。依据高风险以及特殊环境下的施工特性,给出了针对边坡施工质量控制的优化策略,希望能够给水利水电工程施工给予科学的指引以及实践方面的参考。

[关键词]边坡开挖; 支护施工; 施工质量控制; 水利水电工程

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18330

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on Quality Control of Slope Excavation and Support Construction in Water Conservancy and Hydropower Construction Process

XUE Jingjing

Xinjiang Xiaohaizi Water Conservancy Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Tumushuke, Xinjiang, 843900, China

Abstract: Slope excavation and support construction play an important role in the construction of water conservancy and hydropower projects. The quality of this construction is directly related to project safety, construction progress, and later operational stability. The article refers to the actual construction situation of high slopes and complex geological conditions, and deeply analyzes the key factors that affect slope construction, such as terrain, geology, climate, and construction technology conditions. It also comprehensively elaborates on the construction methods and technologies involved in slope support, including temporary support, anchor and cable support, shotcrete, and composite support methods, as well as drainage and protection measures. This clarifies the key points of construction quality control, and provides detailed discussions on various preparations before construction, monitoring during excavation and support processes, material and process management, as well as safety and environmental protection. Based on the construction characteristics of high-risk and special environments, optimization strategies for slope construction quality control are proposed, hoping to provide scientific guidance and practical reference for water conservancy and hydropower engineering construction.

Keywords: slope excavation; support construction; construction quality control; water conservancy and hydropower engineering

引言

水利水电工程的建设往往处于地形复杂且边坡陡峭的山区或者河谷地带,在施工进程里,边坡开挖以及支护施工便成了保证工程安全以及施工质量极为关键的环节。边坡开挖不但牵涉到对土体、岩体稳定性的相关分析,而且得考虑到施工机械以及施工方法的挑选与运用情况。支护技术身为边坡施工的一种重要手段,可有效地降低土体出现位移的情况,能够阻止边坡发生滑动乃至塌方的现象,进而切实保障工程的安全性。在高边坡以及复杂地质条件

之下的施工,一方面增加了施工的难度,另一方面也对施工人员的技术水平提出了更高的要求。于施工的实际操作当中,科学地去制定边坡开挖支护方案,精准地识别出各种影响因素,合理地选取施工方法以及支护形式,这无疑是对确保工程施工的质量以及安全起到十分关键的保障作用。本文围绕着边坡施工的影响因素、施工技术方法、质量控制要点以及在高风险环境下施工控制策略等诸多方面展开了较为系统的分析,其目的就在于为水利水电工程的施工给予相应的理论依据以及实践方面的指导。

1 边坡开挖支护技术在水利水电施工中的应用重要性

边坡开挖支护技术在水利工程中的合理应用是对施工质量提供保障的关键性因素。水利水电工程施工期间边坡开挖技术不仅仅是一项施工手段,基于该技术中蕴含的技术特点多样且复杂,所以在综合应用期间可以确保项目边坡整体结构的稳定,是对水利水电施工项目安全性进行提升的重要手段。水利工程施工期间边坡支护技术的应用需要设定健全的施工方案,因此施工人员不仅需要加强对施工环境和影响因素的分析,还要有效检测出施工地形和地质条件,只有这样才能推进施工项目的顺利发展。

2 边坡施工影响因素分析

边坡施工的质量以及安全会受到多种多样的因素影响,在这些因素当中,地形条件无疑是处于首要位置的关键因素。像坡度呈现出陡峭的态势、土体的厚度分布得不均匀还有岩层结构异常复杂等这类特点,它们会径直对边坡开挖所具有的稳定性产生影响,并且还会影响到施工方法该如何去选择。地质条件同样也是影响边坡施工极为重要的核心因素,不同的土壤类型、不一样的岩性结构、存在断层裂隙以及地下水分布的具体状况等方面,均会对边坡的稳定性带来颇为显著的影响。施工区域所处的气候条件以及水文环境同样是不可以被忽视掉的重要方面,当出现高降雨量的情况或者存在季节性的冻融循环时,这就会引发土体湿度发生相应的变化,进而对边坡所具备的抗滑能力以及支护结构的稳定性都产生影响。除此之外,施工机械设备所拥有的技术性能、施工组织管理达成的水平以及施工人员所具备的经验,这些也都于边坡施工当中起到了十分关键的作用。在实际开展施工活动的过程中,务必要将上述诸多因素综合起来加以考量,凭借科学的方式去展开调查与分析工作,从而制定出更为合理的施工方案,以此来切实保障边坡开挖支护施工能够做到安全无虞且质量达标。

3 边坡支护施工技术方法

3.1 临时支护措施及施工要求

在开展边坡开挖相关作业的时候,临时支护无疑是最为关键的安全保障举措,它的核心任务就在于避免土体或者岩体在施工进程里出现塌方又或者是滑移这样的状况。临时支护所包含的形式多样,像钢支撑、木支撑还有组合式支护结构等都在其中,而且其施工的要求极为严格,务必要依据边坡的实际坡度、土质的具体性质以及施工的高度来做出合理的安排与布置。在整个施工期间,得要保证支护结构能够和边坡的表面紧紧地贴合在一起,并且要密

切留意土体的变形情形,依据实际情况及时地去调整支撑的力度,从而能够契合施工安全方面动态变化的需求。临时支护的施工一方面确保了开挖工作可以顺利地推进下去,另一方面也给后续的永久支护施工创设了必不可少的施工方面的条件。

3.2 锚杆、锚索及桩体支护技术

锚杆与锚索支护属于边坡支护里常见的技术手段,它是凭借在边坡土体或者岩体当中设置锚固体这种方式,进而提升边坡的整体稳定性。锚杆支护多适用于中小型边坡,然而锚索支护则适宜在高边坡以及复杂地质条件之下运用。桩体支护是通过在边坡基底或者是坡体内部去布置桩体,由此形成一个完整的支撑结构,能够有效地分担土体荷载。在进行锚杆、锚索以及桩体施工的时候,需要对锚固长度、间距、预应力值还有注浆质量加以严格把控,并且要保障支护结构可达成长期的稳定状态以及具备良好的耐久性能。

3.3 喷射混凝土及复合支护方法

喷射混凝土属于一种可迅速形成支护构造的施工手段,其能对不规则的边坡表面予以覆盖,进而防止土体或者岩体出现局部脱落的情况。在高边坡以及不稳定土体所在的区域当中,喷射混凝土往往会和锚杆又或者是钢筋网相互结合起来,由此构成复合支护体系。复合支护不但能够提升边坡的整体稳定程度,而且还能切实有效地延长支护构造的使用期限。在开展施工活动的过程中,必须对混凝土的配比、喷射的厚度以及固化的时长加以严格的把控,从而保证支护效果能够符合设计方面所提出的要求。

4 边坡施工质量控制要点

4.1 施工前准备与质量标准制定

施工前的准备工作是保证边坡开挖支护施工质量的重要环节。在施工正式开展之前,需依据工程设计以及地质勘察所获取的资料,针对边坡地形、土质还有岩体结构展开详尽分析,进而制定出合理且科学的施工方案。施工方案要清楚地界定施工工艺流程、施工顺序、支护结构的布置方式以及施工安全方面的措施,与此还要结合高风险区域的具体特点来制定应急预案。质量标准的制定应当兼顾设计规范方面的要求以及现场的实际状况,明确支护材料的规格、施工允许出现的偏差以及施工监测的相关指标,以此为施工过程当中的质量控制给予清晰明确的依据。施工准备还包含施工机械设备的调试工作、施工人员的培训事宜以及施工现场管理制度的落实情况,以此确保施工各个环节都能够依照预定方案顺利推进,进而为后续的开挖以及支护施工的质量控制筑牢稳固的基础。

4.2 开挖与支护施工过程监测

在开展开挖以及支护施工相关工作期间,针对边坡稳定性的实时监测,实属是保障施工质量以及施工安全的一项极为重要的举措。于施工实施的具体阶段当中,务必要在那些关键的位置去设置诸如位移测量点、倾斜测量点还有应力监测点等,进而对土体、岩体以及支护结构所呈现出的变形状况以及受力情况展开连续且系统的观察活动,如此一来便能够及时且精准地掌握施工进度里有可能会出现的各种异常状态。通过对监测所得的数据加以细致分析,便能够较为准确地判断出边坡是不是存在着像滑移、局部塌方又或者是支护结构受力出现异常这类潜在的风险情况,并且依据这样的判断结果来相应地采取诸如调整开挖的顺序、增加支护方面的措施或者对施工工艺予以优化等一系列的应对办法,以此来切实确保施工的安全性。与此还需要综合考虑边坡的坡度、所属类型、土质的具体性质以及施工的高度等诸多因素,科学合理地去安排分层开挖以及支护施工的先后顺序,从而保证每一个施工层都能够处在可被控制的安全范围之内开展作业操作,进而有效降低施工所面临的风险。施工监测最终所得到的结果,一方面能够为即时的安全控制给予相应的依据参考,另一方面还能够应用于施工质量的验收环节以及对施工工艺的优化工作当中,进而为边坡开挖支护施工的整个过程都提供充足的数据方面的支撑,达成科学化、规范化以及精细化的管理目标,由此也能够切实有效地提升工程的整体质量以及施工的效率水平,同时也为后续的维护工作以及长期的运行事宜打下较为可靠的根基。

4.3 材料、工艺及安全管理

施工材料以及施工工艺在边坡支护质量方面起着核心保障作用,同时也是保证施工安全并且让工程能够长期保持稳定的关键环节所在。在正式施工之前,所有的材料都得依照设计规范来严格地去选用,并且在材料进场的时候要开展一番全面的质量验收工作,务必要确认这些材料的力学性能、耐久性、抗腐蚀能力以及其他物理化学指标都能够完全契合工程所提出的要求。在施工的过程当中,需要严格依据既定的工艺流程来进行操作,这涵盖了支护结构的安装环节、锚杆与锚索的施工环节、混凝土的喷射环节以及复合支护等各个环节的操作,绝不能随意地去更改施工的方法或者出现跳步作业的情况,以此来保证施工工艺具备连续性以及科学性。与此施工的安全管理是贯穿于整个施工过程当中的,应当配备相应必要的安全防护设施以及监测设备,要清楚明确施工人员的操作规范,并且要结合边坡的实际坡度情况、土质的具体性质以及施工环

境的特点来开展风险评估以及防护措施的布置工作。凭借对材料、工艺以及安全管理的协同控制,不但能够在最大程度上对边坡施工质量予以保障,减少施工过程中出现的偏差以及结构方面的缺陷,而且还能够有效地降低施工风险,保证施工可以顺利地推进下去,进而达成工程实现高质量、安全施工并且能够长期稳定运行这样的目标,从而为水利水电工程的建设给予稳固的技术以及安全方面的保障。

5 高风险与特殊环境下的施工控制策略

5.1 复杂地质区施工适应性

在复杂的地质状况之下,边坡施工时常会碰到岩层出现破碎的情况,还有断层裂隙的存在,土体结构呈现出不均匀的状态,这些诸多的因素相互交织在一起,进而使得施工所面临的风险大幅增加,同时也让整个工程充满了更多的不确定性。为了能够切实保障施工的质量以及边坡的稳定状态,在正式开始施工之前,务必要开展细致且周全的地质勘察工作,只有这样才能够全面且详尽地掌握边坡岩土的具体性质、裂隙是如何分布的以及地下水的实际状况是怎样的^[1]。在着手制定施工方案的时候,得依据不同的地质类型来挑选那种适应性比较强、可靠性也相对较高的支护技术,像是锚杆、锚索、桩体又或者是复合支护等这类技术,而且要参照地质勘察所得到的结果去对支护的布置方式以及施工的顺序加以优化,以此来保证支护结构可以有效地抵御不均匀荷载所带来的影响,还有潜在可能出现的滑动情况以及水力冲刷等种种不利的因素。除此之外,还需要综合考量施工现场的环境状况、边坡的坡度大小以及施工的高度等因素,科学合理地去安排开挖以及支护的节奏,同步实施动态的监测并且及时进行反馈调整,从而确保施工能够全程处于安全且能够被控制的范围之内,如此一来便能够在很大程度上降低施工的风险,提升边坡施工的质量,增强工程在长时间内的稳定性,进而给水利水电工程建设筑牢坚实的技术方面的保障。

5.2 高边坡及冻融循环施工管理

高边坡施工时,重力的影响颇为显著。并且,在冻融循环较为频发的地区,土体的性质会随着温度的变化而出现膨胀或者收缩的情况,进而对边坡的稳定性造成影响^[2]。所以,在施工的进程当中,需要结合季节性的特点来对施工进度做出相应的调整,并且采取防冻或者是保温的相关措施,以此来保证土体以及支护结构能够在施工以及使用的整个期间都维持稳定的状态。

5.3 边坡稳定性监测与预警技术

高风险边坡在施工期间务必要配备起科学且合理的

监测系统,借助这一系统对土体位移情况、支护应力状况以及降雨量等相关数据展开实时监测,进而以此来判定边坡当下的稳定性具体状态^[3]。同时建立起相应的预警机制,如此便能够在边坡出现异常位移或者支护应力超出标准的情况发生时,能够及时地采取与之相对应的措施,从而有效防止事故的发生。而且这些监测所获取的数据还能够给施工方案的调整给予一定的依据,进一步提升施工的安全性以及科学性。

6 结语

边坡开挖支护施工在水利水电工程当中占据着极为重要的地位,其施工的质量状况和工程的安全性、施工的推进速度以及后期的运行稳定情况紧密相关联。本文针对边坡施工所涉及的影响因素展开了相应的分析,同时对边坡支护施工所采用的技术方法予以阐述,还给出了施工质量控制的关键要点以及在高风险环境下施工控制的具体策略。借助于科学且合理的施工方案制定工作、对支护技术做出恰当的选择以及实施覆盖整个过程的监测与管理

工作,能够切实有效地确保边坡施工的质量以及工程的安全,进而为水利水电工程的施工给予实践方面的参考以及理论层面的指导。在未来的发展进程中,结合新技术以及监测手段的实际应用情况,将会进一步促使边坡施工质量控制的水平得以提升,从而为工程建设给予更为稳固可靠的保障。

【参考文献】

- [1]杨正.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术[J].大众标准化,2023(21):35-37.
- [2]后志坤.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的应用研究[J].水上安全,2024(22):193-195.
- [3]王鹏.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术[J].建材发展导向,2022,20(12):133-135.

作者简介:薛晶晶(1983,4—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:农业水利工程,当前就职单位名称:新疆小海子水利建筑安装工程有限公司,就职单位职务:技术员,职称级别:工程师。

水利水电工程地质灾害与防御措施

汪祥兆

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410014

[摘要]水利水电工程于满足能源供应这一需求、改善水资源管理状况以及提升防洪抗旱的能力等方面,均发挥着颇为重要的作用。不过,因为这类工程往往处于山区或者地质情况较为复杂的河谷区域,其岩土体呈现出破碎的状态,地质构造也极为复杂,并且水文气象条件是多变不定的,再者还有施工过程中产生的扰动以及水库蓄水所带来的影响,所以工程常常会遭受滑坡、渗漏还有库岸失稳等各类地质灾害的威胁。文中把滑坡当作主要的研究对象,针对水利水电工程地质灾害的成因以及影响机制展开分析,进而提出一套综合防御措施体系,其中涵盖了依据不同地域情况而定的工程防御举措、排水防渗相关技术、风险评估以及监测预警方面的内容,同时也包含施工管理以及应急处置等方面的做法,以此为工程的安全管理工作给予科学方面的依据以及实践方面的参考。

[关键词]水利水电工程;地质灾害;防御措施

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18311

中图分类号: TV22

文献标识码: A

Geological Hazards and Defense Measures in Water Conservancy and Hydropower Engineering

WANG Xiangzhao

PowerChina Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha, Hunan, 410014, China

Abstract: Water conservancy and hydropower projects play an important role in meeting the demand for energy supply, improving water resource management, and enhancing flood control and drought resistance capabilities. However, due to the fact that such projects are often located in mountainous areas or river valleys with complex geological conditions, their rock and soil masses are in a fragmented state, and their geological structures are extremely complex. In addition, the hydrological and meteorological conditions are constantly changing, and there are disturbances generated during the construction process and the impact of reservoir water storage. Therefore, the projects are often threatened by various geological disasters such as landslides, leaks, and instability of reservoir banks. The article takes landslides as the main research object, analyzes the causes and impact mechanisms of geological disasters in water conservancy and hydropower engineering, and proposes a comprehensive defense measure system, which includes engineering defense measures, drainage and anti-seepage related technologies, risk assessment, monitoring and early warning based on different regional conditions, as well as construction management and emergency response practices, which provides scientific basis and practical reference for the safety management of engineering.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; geological hazards; defensive measures

引言

近些年来,我国水利水电工程建设的规模一直在不断地扩大。工程所处的区域,其地质条件是比较复杂的,地形地貌呈现出陡峻的特点,而且水文气象方面的条件也发生了十分显著的变化,这就使得滑坡以及相关的地质灾害所存在的风险变得日益凸显起来。工程所在的区域大多都是山区或者是河谷地带,在这样的环境下,岩土的结构是不均匀的,断层裂隙发育情况也比较明显,松散沉积物更是广泛地分布于其中。施工过程中的扰动以及库区蓄水的

情况,还会进一步对边坡的稳定性以及地下水的动态产生影响,如此一来,便使得工程无论是在建设阶段还是在运行阶段,都面临着较高的风险。本文依照概述、类型、成因以及综合防御措施这样的逻辑顺序,全面且细致地阐述滑坡灾害的相关特征,并且还会提出一些切实可行的防控策略。

1 水利水电工程地质灾害概述

水利水电工程地质灾害指的是在工程建设、运行以及其周边区域,由于自然地质条件、水文气象因素还有人为

活动共同起作用而引发的具有破坏性的地质现象,其特点是突发性强、破坏力大、影响范围较为广泛。地质灾害的发生会威胁到工程结构的安全与稳定,还可能给施工人员、下游居民以及生态环境带来严重的不良影响。在库区蓄水的过程当中,水位的变化有可能引发库岸滑坡、地面沉降以及渗漏等情况,从而对大坝以及附属建筑物的长期安全产生影响。水利工程区大多处于地质条件复杂的山区,岩土体结构并不均匀,断层裂隙发育程度高,岩溶以及松散沉积物分布广泛,这些自然因素决定了工程容易受到多种地质灾害的威胁。所以,对地质灾害特征的了解是制定科学防控措施的基础。

2 水利水电工程常见地质灾害类型

2.1 滑坡灾害

滑坡灾害属于水利水电工程区域里极为常见的一种地质灾害类型,其往往出现在那些陡坡或者边坡处于不稳定状态的地段。滑坡的形成同岩土体的结构状况、坡度的大小、降雨量的多少以及施工过程中的扰动情况有着紧密的关联,当坡体遭遇饱和和水分的浸润或者受到外部荷载的作用之时,土石体就极有可能出现整体或者局部的下滑现象。滑坡不但会对坝基、渠道以及输水设施造成破坏,而且还可能把施工道路阻断,进而导致工程进度被延误,施工成本也随之增加。在水库完成蓄水之后,库岸坡体受到水位变化以及渗透压力的影响,滑坡发生的概率还会进一步提升,其呈现出破坏速度较快、破坏范围较广的特点,这无疑给工程管理带来了极大的挑战。所以,在工程设计以及施工的各个阶段,务必要充分考量边坡的稳定性,采取行之有效的加固以及防护举措,以此来降低滑坡的风险。

2.2 泥石流灾害

泥石流是一种含有大量泥沙、石块等固体物质的特殊洪流。在水利工程周边山区有丰富的松散固体物质来源,且地形陡峻、沟谷深切,同时在短时间内有大量降水或冰雪融水时,则容易引发泥石流。水利工程建设过程中的弃渣随意堆放,为泥石流提供了物质条件。不合理的工程活动破坏地表植被,也会增加泥石流发生的可能性。

3 水利水电工程地质灾害成因分析

3.1 地质构造与岩土条件因素

地质构造以及岩土条件属于水利水电工程地质灾害发生的根源性要素。一般而言,工程所在区域常常存在着断层、褶皱,并且岩层倾角呈现出较为明显的变动情况,这些地质构造所具有的特征致使岩土体力学性质出现不均匀的情况,其稳定性也较差,如此一来,边坡以及坝基

便很容易产生失稳状况。岩土体类型、层理还有强度参数方面存在的差异会直接对滑坡、崩塌以及岩溶塌陷的发生概率起到影响作用,就好比松散砂土、砾石层以及风化岩体在受到重力以及水力的作用时,更易于出现整体滑移或者局部塌陷的现象。地下空洞以及岩溶发育的区域,在地应力、水流侵蚀以及施工扰动的作用之下,较易出现坍塌以及地面沉降等情况,最终引发库岸以及坝基出现不均匀沉降的状况。上述这些地质条件所呈现出来的不稳定性决定了工程在设计、施工以及运行的整个过程当中都得充分考量地质因素所发挥的作用,要采取科学合理的加固与防护举措,以此来降低灾害出现的风险。

3.2 水文气象条件影响

水文气象方面的条件属于影响水利水电工程地质灾害的关键外部要素。在工程所在的区域当中,倘若出现降雨集中、暴雨频繁发生或者处于冰雪融水集中的时期,那么地表水以及地下水便会快速增多起来,这使得土体还有岩体的含水量有所提升,孔隙水压力也随之增大,如此一来便会让边坡的抗剪强度降低下来,进而诱发滑坡、泥石流以及边坡崩塌等现象。洪水的冲刷以及水流的湍急情况,对于库岸以及坝基会产生侵蚀作用,这会进一步让工程地质体的稳定性遭到削弱。与此干旱和多雨这两种情况交替发生变化,也有可能致使岩土体出现干湿循环方面的变化,如此一来就会让土体产生收缩和膨胀的情况,进而加剧裂隙的扩展以及边坡的破坏程度。水文气象条件存在着不确定性,并且还具季节性的特点,所以工程在设计阶段以及施工阶段都必须全面综合地去考量降雨、洪水、地表径流以及地下水变化所产生的作用,要采用行之有效的防渗排水以及边坡稳定控制方面的技术,以此来确保工程能够安全地运行。

3.3 工程建设活动诱发因素

水利水电工程建设进程当中,各类施工活动给地质环境带来的扰动情况,这无疑是灾害发生的极为重要的引发因素。像大规模开展的土石方开挖作业、针对边坡实施的削坡操作、坝基基坑的开挖事宜,还有施工机械所产生的荷载作用,这些统统都会致使原有的地质体应力状态发生改变,进而使得边坡以及岩土体原本的整体稳定性有所下降。与此在施工期间,弃渣随意堆放、施工道路任意开挖以及植被遭到肆意破坏等行为,会加快水土流失的速度,并且加剧地表侵蚀的程度,如此一来便为滑坡、崩塌以及泥石流等灾害提供了相应的物质条件以及触发条件。在水利工程施工环节,倘若没有严格按照规定去控制施工顺序、施工方法以及临时排水系统的设置,那么同样有可能让地

质灾害发生的概率有所增加。所以说,在施工阶段,科学合理地去组织施工流程,依据实际情况合理配置机械设备,全力维持边坡的稳定状态并且注重对植被加以保护,这才是有效降低因工程而诱发地质灾害的关键举措。

3.4 水库蓄水与运行影响

水库在蓄水以及运行的阶段,对于水利水电工程所存在的地质灾害会产生颇为显著的影响。当蓄水之时,库岸边坡会受到水位变化方面的影响,进而使得孔隙水压力出现升高的情况,如此一来便致使边坡土体的强度有所降低,同时滑坡、塌陷发生的可能性也随之增加了。在蓄水这个过程当中,库区的地下水位出现了上升的情况,这有可能引发渗漏、管涌以及坝基出现不均匀沉降等状况,从而对工程的结构安全形成了一定的威胁。除此之外,在蓄水期间,水流的冲刷以及波浪的作用会对库岸造成侵蚀,这会进一步地让土体的稳定性遭到削弱,进而引发边坡塌陷或者坡脚失稳等相关现象。并且,水库调度以及运行管理要是不够合理,那么同样有可能致使库区水位出现快速的变化,这样一来,工程周边的地质体其受力条件就会迅速地发生改变,最终使得地质灾害发生的险情增加。所以说,蓄水的设计以及运行方案务必要全面且细致地去考量库区边坡的稳定性、水位变化所遵循的规律以及渗漏该如何去加以控制等问题,唯有如此才能够切实有效地确保工程能够实现长期的安全稳定状态。

4 水利水电工程地质灾害综合防御措施

4.1 因地制宜的工程防御与结构加固措施

因地制宜的工程防御以及结构加固举措,构成了保障水利水电工程安全的根基所在。依据工程所处不同地质条件、各类边坡类型以及灾害呈现出的不同特征,去采取具有针对性的支护办法、加固手段以及挡护举措,如此便能够有效地降低滑坡、崩塌还有泥石流等一系列灾害出现的概率。就好比在地形陡峭的山坡或者岩体破碎的地方,可以运用锚杆、喷射混凝土、钢筋混凝土挡墙又或者是土石混合护坡的方式来加以加固,进而提升边坡的整体稳定性。而在泥石流频发的区域,则可设置拦石坝、缓冲堤以及泥石流引导沟,凭借对泥石流路径和流量加以控制的方式,达成对工程设施予以防护的目的^[1]。在岩溶以及空洞较为发育的区域,可以通过实施填充、灌浆以及防渗处理等相关操作,以此来削减塌陷以及沉降的风险。综合且灵活地运用结构加固与防护方面的各项技术,并且充分结合现场地质勘查所获取的数据,进而实现工程个性化的科学设计,这无疑是确保水利水电工程能够长期保持稳定状态的一项极为重要的手段。

4.2 排水防渗与地质灾害工程控制技术

排水防渗以及工程控制方面的技术,对于减少因水文因素而引发的地质灾害而言,属于极为重要的举措。在边坡、库岸还有坝基所在的这些区域去着手建立起行之有效的排水系统,如此一来便能够使土体的含水量得以降低,同时也能让孔隙水压力有所下降,进而促使边坡的稳定性得以增强,土体的承载能力也会相应提升^[2]。工程防渗所涉及的措施涵盖了坝基防渗墙、库岸防渗帷幕以及地下水排导系统这几项,它们能够对渗水、管涌以及土体软化等问题予以有效把控。排水与防渗相关措施不但能够使得滑坡以及塌陷的发展速度得到一定程度的减缓,而且还可以让泥石流发生的概率有所降低,进而为工程结构给予长期性的保护保障。与此综合监测数据以及地质分析情况,科学且合理地去对排水布置加以优化,同时也对防渗材料的选择做出优化调整,这无疑是在保证工程能够安全运行方面极为关键的一个环节所在。

4.3 地质灾害风险评估、预测预报与监测预警

地质灾害风险评估、预测预报以及监测预警这些方面,乃是达成工程动态管理并且实现主动防控的关键举措。仔细分析工程区域的地质状况、过往的历史灾害记录还有降雨情况以及水库蓄水的规律,如此一来便能够构建起风险分级的模型,进而明确指出那些高危区域以及潜在存在的灾害隐患^[3]。把遥感、地质雷达、孔隙水压力计还有变形监测设备等一系列的技术手段综合运用起来,便可以对滑坡、塌方、泥石流以及沉降这类灾害展开实时的监控操作。监测预警系统在灾害刚刚开始出现的时候就能够给出预报的相关信息,从而给施工管理以及应急调度给予决策方面的依据,促使灾害防控从原先的被动应对逐步转变为如今的主动防御模式。与此把风险评估所得到的结果融入到工程的设计方案、施工流程以及运行管理方案当中去,进而打造出一套科学且合理的防灾决策支持体系,这无疑是一项极为重要的保障工程能够长期处于安全状态的举措。

4.4 施工管理、应急处置与长效防控机制建设

施工管理、应急处置以及长效防控机制建设,对于保障水利水电工程在建设以及运行阶段的安全而言,有着极为重要的作用。在施工阶段当中,需要严格依照施工管理规范来执行各项事宜,要合理地去安排施工的具体顺序,同时也要妥善安排边坡开挖的方式方法,从而防止因为人为的扰动而致使边坡出现不稳定的状况。与此应当构建起较为完善的应急预案体系,要清楚明确各类灾害一旦发生之时所应采取的响应举措、人员疏散的具体路线以及应急物资的储备情况,以此来确保在突发事件发生之

际能够迅速且有效地加以处置。长效防控机制涵盖了制度化的管理方式、定期开展的检查与维护工作、针对地质灾害隐患所做的排查事项以及信息化管理系统的建设事宜,借助于持续不断地进行监控以及动态性的调整操作,进而达成对灾害风险进行长期把控的目标。综合地运用施工管理、应急处置以及长效机制建设等方面的相关举措,是能够切实有效地降低地质灾害给水利水电工程所带来的威胁的,从而促使工程得以安全地运行并实现可持续的管理状态。

5 结语

滑坡在水利水电工程里面属于最主要的地质灾害范畴,其发生的条件颇为复杂,所具有的破坏力也不容小觑,对于工程的安全状况、生态环境以及社会经济等方面均会产生相应的影响。本文通过对滑坡灾害的不同类型、形成原因以及影响机制展开分析,进而提出契合当地实际情况的多种综合防控举措,像工程加固方面的措施、排水防渗相关的办法、风险评估以及监测预警方面的做法,还有施

工管理以及应急处置等方面的举措,以此达成设计、施工与运行环节的闭环式管理状态。在未来,随着智能监测技术、数值模拟相关技术以及大数据技术不断向前发展,滑坡防控工作将会变得更加细致且更为智能化,从而为工程的安全稳固以及可持续运行给予有效的支撑保障。

【参考文献】

- [1]孙红敏.水利水电工程地质灾害与防御措施[J].河南水利与南水北调,2021,50(7):97-100.
- [2]李智,徐红梅.水利水电工程地质灾害问题防治方法研究[J].内蒙古水利,2025(3):25-27.
- [3]李洋.水利工程地质灾害防治技术研究[J].中国高新科技,2023(2):140-141.

作者简介:汪祥兆(1984.2—),男,湖南衡阳人,毕业于长沙理工大学,现就职于中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司,主要从事水利水电地质勘察,新能源工程地质勘察,参与多项相关领域工程勘察项目,具备扎实的专业理论与丰富的工程实践经验。

风电场建设施工关键技术与质量控制研究

冉启飞

四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 611130

[摘要]随着风电产业不断发展, 风电场建设规模逐渐扩大, 然而在施工期间, 依旧存在着诸多问题, 像是土建基础情况复杂、风机安装高空作业风险较高以及电气及机电系统施工对精度的要求颇高等情况。传统的施工方法依靠经验来做出判断, 缺少系统化的质量控制以及信息化管理, 所以很容易出现基础沉降、设备安装出现偏差等质量问题。并且, 其在安全管理以及环境保护方面的措施还不够完善, 很难达成全过程的监测与追踪。所以说, 风电场施工迫切需要引入先进的施工技术、信息化管理以及完善的质量控制体系, 以此提升施工效率、确保工程质量并保证安全运行。

[关键词]风电场建设施工; 关键技术; 质量控制

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18310

中图分类号: TM315

文献标识码: A

Research on Key Technology and Quality Control in Wind Farm Construction

RAN Qifei

Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract: With the continuous development of the wind power industry, the scale of wind farm construction is gradually expanding. However, there are still many problems during the construction period, such as complex civil foundation conditions, high risks of high-altitude wind turbine installation, and high precision requirements for electrical and electromechanical system construction. The traditional construction method relies on experience to make judgments, lacking systematic quality control and information management, so it is easy to encounter quality problems such as foundation settlement and equipment installation deviation. Moreover, its measures in safety management and environmental protection are not yet perfect, making it difficult to achieve full process monitoring and tracking. Therefore, the construction of wind farms urgently needs to introduce advanced construction technology, information management, and a sound quality control system to improve construction efficiency, ensure project quality, and ensure safe operation.

Keywords: wind farm construction; key technology; quality control

引言

全球能源结构正经历转型, 且可再生能源的需求持续增长, 在此情形下, 风能作为一种清洁且高效的可再生能源, 于全世界范围内获得了广泛的应用。风电场的建设属于风能开发当中的一个关键环节, 其施工的质量以及效率, 和风电机组能否安全运行、发电效率的高低以及项目经济效益的好坏都有着直接的关联。不过, 风电场在施工的时候, 往往会面临不少的挑战, 像是大型风机设备的运输以及安装存在很大难度, 施工环境比较复杂, 土建与机电系统交叉施工, 还有施工安全以及环境保护的要求极为严格等问题。这些因素促使在施工过程里的任何一个环节, 其质量控制和技术管理都显得格外重要。近些年来, 随着施工技术、信息化管理以及智能化设备不断发展, 风电场建

设逐步从依靠传统经验来驱动转变为由科学数据来驱动, 土建施工、风机安装、电气及机电安装还有信息化施工技术的应用变得越来越普遍。与此构建起系统的质量控制体系以及安全环保管理机制, 保证施工全程都能符合设计规范以及行业标准, 这已然成为确保风电场工程可以顺利完成的一个重要前提条件。本研究着重对风电场施工当中涉及的关键技术以及质量控制措施展开系统分析, 结合实际施工情况来深入探讨施工管理策略与优化办法, 从而给风电场建设给予相应的技术支撑以及理论方面的参考, 进而推动风电项目实现高质量、高效率以及可持续发展目标。

1 风电场建设施工的特点

风电场建设具有多方面显著特点, 首先在自然环境适

应性方面,风电场通常选址于高海拔山地、近海潮间带或风频稳定的草原地区,施工易受地形、风速及季节性气候影响,偏远地形和交通不便增加了设备运输和吊装难度;其次,工程技术复杂且专业化程度高,基础施工涉及大体积混凝土浇筑或海上钢管桩加固,吊装作业需依赖大型起重设备并严格控制叶片间距,同时对操作人员资质有较高要求;此外,项目管理协调难度大,需要应对设备供应、天气变化和多队伍协作等因素,借助系统化管理工具和数字化手段实时跟踪进度、管理设计变更及成本控制;最后,施工过程中安全与环保风险突出,高处作业、机械倾覆和山区运输安全风险显著,同时需采取植被保护、噪声控制及电磁环境评估等措施,确保施工安全、环境保护和社会影响得到有效管理。

2 风电场施工关键技术

2.1 土建施工关键技术

在风电场建设期间,土建施工属于整个工程当中的基础环节,其施工质量同风机设备的安全运行以及风电场的整体性能紧密相关。土建施工所包含的内容主要有风机基础方面的施工、道路施工、土方相关施工以及场地平整等相关工作,这其中风机基础施工显得尤为重要。因为风机自身的体量是比较大的,其塔筒的高度也很高,并且还会受到风荷载较为明显的影响,所以基础必须要拥有足够的承载力以及稳定性。所以在施工的过程当中,得严格把控混凝土的配比情况、浇筑的具体工艺、养护的相关措施还有钢筋的布置状况,从而保证基础能够和地质条件实现充分的匹配^[1]。与此道路施工以及场地施工同样是土建环节里十分重要的部分,它一方面能够确保施工设备以及风机运输可以顺利地开展,另一方面还会影响到后期运维工作的便捷程度。在施工的过程当中,应当依据地形地质的具体条件来合理地去设计道路的排水方式以及防护举措,运用高标准的压实技术、平整操作以及路基加固方法,以此来提升道路的承载能力并且增加其耐久性。

2.2 风机安装施工技术

风机安装施工属于风电场建设当中的极为关键的环节,并且其对于技术的要求颇高,该环节的施工质量会直接对风电机组的运行效率以及安全性能产生影响。风机安装所涉及的主要内容包含塔筒、机舱、叶片以及风机辅助设备的运输工作、吊装操作以及组装事宜。在开展施工活动的过程中,一开始便要科学且细致地去制定运输方案以及吊装方案,同时还要合理地挑选起重设备以及确定作业顺序,唯有如此才能够保障那些大型构件可以安全且顺利地抵达施工现场并且精准就位。就塔筒的吊装来讲,得严

格把控其垂直度以及拼接精度;而在进行机舱安装的时候,则需要注意做到精确定位以及妥善紧固,进而保证转子与发电机轴线能够实现对中;至于叶片吊装,那就得充分考量风速、风向还有吊装角度等诸多因素,切忌因为操作不当而导致出现变形或者损伤的情况。除此之外,在实施高空吊装以及装配相关工作的过程当中,务必要严格遵照安全管理制度来执行各项事宜,另外还需配备齐备的防护设施,以此来防范高空作业所带来的各类风险。

2.3 电气及机电安装技术

电气及机电安装技术于风电场建设而言,乃是保障风机能够正常运转以及实现电能高效传输的关键环节所在。其施工质量的好坏,会对风电场的发电效率以及设备安全产生直接的影响。在施工的具体进程当中,电气安装所涉及的主要内容包含了风机内部的电气系统、场内低压以及高压电缆的敷设工作、变电站设备的安装事宜,还有与电网进行接入的相关工作。在施工之时,务必要依据设计图纸以及技术规范来严格地开展电缆敷设以及连接方面的操作,从而确保导线的绝缘性能、接头的质量以及布线的路径都能够契合安全标准的要求,并且要采取相应的防护举措,以此来防止出现因机械损伤或者环境因素而对相关设施造成不利影响的情况^[2]。就机电安装这一方面来讲,其涵盖了风机传动系统、发电机、液压系统以及辅助设备的安装调试工作,必须要保证各个机械部件的对中精度以及动力传递效率都能够达到应有的水准,与此同时还要实施细致的扭矩控制以及润滑管理,进而确保设备可以实现长期且稳定的运行状态。

2.4 信息化与智能化施工技术

信息化与智能化施工技术于风电场建设当中所发挥的作用日益凸显,其既提升了施工效率,也增强了施工精度,并且强化了安全管理以及质量控制。借助信息化施工技术,能够达成施工过程的数据化管理,囊括风机基础、塔筒、机舱以及叶片安装的各项参数的实时采集与分析,像位置、倾角、应力还有振动等方面,进而能够及时察觉到异常情况并做出相应调整,以此来保障施工精度以及工程质量。而智能化施工技术则是凭借无人机巡检、自动化吊装系统、GPS 定位、传感器网络以及施工管理软件,实现施工环节的自动化、可视化以及智能化调度。举例来讲,运用无人机以及三维建模技术针对施工场地展开精确测量与方案模拟,可对道路布局、吊装路径以及施工顺序加以优化,降低人为失误以及施工风险;并且智能吊装系统以及远程监控平台能够实时反馈塔筒、机舱以及叶片的安装状态,保证构件安装的垂直度、对中精度以及安全性。

3 风电场施工质量控制

3.1 质量控制体系与标准

风电场施工质量控制关键在于构建完备的质量控制体系并严格依照相关标准执行,以此保证工程建设各个环节都契合设计要求以及安全规范。质量控制体系一般涵盖组织管理、施工流程控制、技术标准制定、监督检查以及验收管理等方面,借助制度化且规范化的管理方式达成对施工全过程的有效把控。在实际施行阶段,得参照国家与行业相关规范,像《风电场工程施工及验收规范》《电气设备安装工程施工及验收规范》等,清晰界定施工质量标准、工序要求以及验收指标,与此同时要结合项目自身特性制定施工技术规程和操作规程,保障各环节具备可操作性以及可追溯性。体系当中还需设置质量监督机构,针对施工单位、施工工序以及施工材料展开全程监控与抽检,对于发现的问题要及时予以分析处理,采取相应的整改举措。

3.2 土建施工质量控制措施

土建施工质量控制风电场建设里属于保障工程安全以及稳定的基石环节,其相关举措应当贯穿基础工程、道路施工、土方以及场地平整等整个过程。在风机基础施工方面,要严格把控混凝土配比、浇筑工艺、振捣密实程度以及养护管理工作,务必要让基础承载力和整体稳定性都能契合设计方面的规定,而且对于钢筋布置、锚栓安装还有施工缝处理都得展开精细化的管理操作,如此一来便能避免基础结构出现裂缝或者发生沉降异常的情况。接着,道路以及场地施工得依据地形还有土质的具体情况去开展科学的设计与施工工作,运用分层压实的方式,采取合理的排水办法以及加固处理手段,以此提升道路的承载力以及耐久性,进而保障风机能够顺利地完成任务,施工设备也能够畅通无阻地通行。在施工实施的过程当中,需要结合信息化监测以及测量技术,针对基础沉降、水平位移以及路基平整度展开实时的监控活动,要及时察觉施工偏差并且加以修正,由此来切实保障施工的精度以及安全状况。与之施工单位应当严格按照施工规范以及质量检验制度来执行相关事宜,对每一个工序都要做好验收以及记录工作,构建起完整的质量档案体系,进而达成全过程可追溯的管理目标。

3.3 风机安装质量控制措施

风机安装质量控制风电场建设里属于极为关键的环节,它对于机组安全运行以及发电效率有着决定性的影响。其相应的控制措施会贯穿整个从运输、吊装到组装直至调试的全过程。一开始,在对塔筒、机舱还有叶片展开

运输以及吊装工作的这个过程当中,得去制定出既科学又合理的作业方案,要合理地挑选吊装设备以及确定作业顺序,而且要严格把控吊装的速度、角度以及受力的情况,以此来保障这些构件在搬运以及吊装期间不会出现变形或者遭受损伤的情形^[3]。接着,在进行塔筒安装的时候,需要十分严格地控制其垂直度以及拼接精度,而在开展机舱安装工作时,则要保证转子轴和发电机轴能够精准地实现对中操作,并且在叶片吊装环节当中,还得充分考虑到风速、风向以及安装角度等方面的情况,从而确保能够达成旋转平衡并且保障结构的安全性。与此应当联合运用高精度的测量仪器以及信息化的监控系统,针对那些关键的安装参数实施实时的监测以及记录工作,要是发现了偏差,就要及时采取相应的调整举措,以此来确保安装精度能够完全符合设计方面的要求。

3.4 电气及机电施工质量控制

电气以及机电施工质量控制风电场建设里属于极为关键的环节,它是保障机组能够安全运行并且让发电效率得以提升的重要部分。其控制措施会贯穿整个施工流程,从电气系统安装开始,到机电设备安装以及后续的调试过程都包含在内。在具体施工的时候,要严格参照设计图纸还有施工规范来开展相关工作,像是电缆敷设、导线连接以及接地处理等操作都要一丝不苟地去完成,务必要让绝缘性能、接头质量还有布线路径全都契合安全标准的要求,并且还得采取相应的防护举措,以此来防范出现机械损伤或者受到环境方面的影响等情况。就机电设备安装来讲,这里面涵盖了发电机、传动系统、液压系统还有辅助设备等等的安装与调试工作,得保证各个机械部件的对中精度、动力传递效率以及润滑系统的完好无损,千万不能因为存在安装误差又或者是出现了摩擦阻力而致使设备出现异常状况。在整个施工过程当中,应当把信息化监控以及智能检测技术结合起来运用,通过实时监测电气参数、振动状态以及设备运行数据等方式,能够及时察觉到异常情况并马上做出调整,从而促使施工精度得以提高,施工可靠性也能相应增强。

4 风电场施工安全与环境管理

风电场施工安全与环境管理属于保障工程能够顺利推进、人员安全以及生态环境可持续发展的重要环节,其内容包含了施工现场安全管理、高空与重型设备作业安全、环境保护以及绿色施工等诸多方面。在施工期间,需要去建立健全安全管理制度以及操作规程,要明确各个岗位的安全责任,定期开展安全培训以及应急演练,以此提升施工人员的安全意识以及应急处置的能力^[4]。高空作业、重

型吊装以及机械操作这些环节必须严格执行安全防护的相关措施,比如要佩戴防护装备、设置安全围栏、采用可靠的吊装方案以及监测系统,从而防止事故的发生。与此应当结合信息化监控技术针对施工现场的关键风险点展开实时监测,像风速、塔筒倾角、吊装荷载等参数都要监测到,方便及时采取相应的应对措施。在环境管理这块,需要制定施工场地的生态保护以及污染防控措施,包含施工扬尘控制、废水处理、噪声管理以及对植被和土壤的保护,确保施工给周边环境带来的影响能够尽可能地降到最低。还应当推广绿色施工技术,像是优化施工工序、合理安排运输路线以及采用节能设备,进而减少能源的消耗以及环境的负荷。

5 结语

在风电场建设施工期间,土建基础方面、风机安装环节、电气及机电系统施工过程以及信息化智能化技术的应用情况,都会对工程质量以及运行安全产生直接影响。通过构建起较为完善的质量控制体系,强化针对施工的管理工作,运用先进的施工技术以及信息化相关手段,如此一

来,既能提升施工的精度与效率,又能切实有效地保障施工安全,并且对环境保护起到积极作用。在未来,随着风电技术以及智能化管理不断向前发展,风电场施工将会变得更为高效、更为精细,同时也更具可持续性,进而为风电产业的安全运行以及清洁能源的发展给予稳固有力的保障。

[参考文献]

- [1]王亚兰.探讨新能源风电工程建设施工的管理要点[J].红水河,2024,43(4):115-117.
- [2]徐生明.风电场安全生产标准化建设应用研究[J].中国新技术新产品,2022(16):146-148.
- [3]马琛.试论风电建设工程项目施工的重点管理[J].科技创新与应用,2020(17):184-185.
- [4]赵振宙,周彩贵,汪新金.风电场安全生产管理[M].北京:中国水利水电出版社,2021.

作者简介:冉启飞(1995.10—),男,毕业院校:西华大学,所学专业:能源与动力工程,当前就职单位:四川二滩国际工程咨询有限责任公司,职称级别:助理工程师。

标准化作业在电力安全生产管理中的应用

孙 伟

江苏省国信集团有限公司, 江苏 南京 210005

[摘要]随着电力行业不断发展, 安全生产管理已然成为企业运营的关键环节。标准化作业属于现代生产管理的一种理念, 它借助规范作业流程、统一操作规程以及构建科学化管理体系等手段, 可助力提升电力企业的安全生产水平。文章选取标准化作业在电力企业安全生产管理当中的应用作为研究对象, 对其理论基础、实践模式以及实施策略展开分析, 全面阐述其在优化作业流程、提高管理效率以及降低事故风险等方面所具有的价值。研究显示, 科学且行之有效的标准化作业不但能够优化企业安全管理体系, 而且还能为日常生产、检修维护以及应急管理给予可靠的保障, 能为未来电力安全管理模式的优化与创新提供理论层面以及实践层面的参考。

[关键词]电力企业; 标准化作业; 安全生产管理

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18315

中图分类号: TM73

文献标识码: A

Application of Standardized Operations in Power Safety Production Management

SUN Wei

Jiangsu Guoxin Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210005, China

Abstract: With the continuous development of the power industry, safety production management has become a key link in enterprise operation. Standardized operations belong to a concept of modern production management, which can help improve the safety production level of power enterprises by standardizing operation processes, unifying operating procedures, and building a scientific management system. The article selects the application of standardized operations in safety production management of power enterprises as the research object, analyzes its theoretical basis, practical mode, and implementation strategies, and comprehensively elaborates on its value in optimizing operation processes, improving management efficiency, and reducing accident risks. Research shows that scientific and effective standardized operations can not only optimize enterprise safety management systems, but also provide reliable guarantees for daily production, maintenance, and emergency management. They can provide theoretical and practical references for the optimization and innovation of future power safety management models.

Keywords: electric power enterprises; standardized homework; safety production management

引言

电力行业在我国属于基础设施范畴, 在现代社会当中占据着极为重要的支撑地位, 其生产以及运营活动呈现出高风险、高技术以及高度复杂的特性。伴随着电力系统规模逐步扩大, 设备结构也变得愈发复杂, 安全生产管理所面临的诸多挑战逐渐凸显出来。标准化作业属于一种较为先进的管理理念, 它借助于明确作业流程、统一操作规程以及规范管理体系等方式, 达成生产活动能够处于可控状态、具备可追溯性并且实现高效运行的目的, 从而给电力企业的安全生产带来了全新的思路。本文在深入剖析标准化作业的理论基础之际, 着重就其在电力企业安全生产当中的实际应用情况、产生的影响以及具体的实施策略展开

探讨, 进而促使整体的安全管理水平得以提升。

1 在安全生产管理中应用标准化作业的价值

标准化作业的理念比较新颖, 其重点强调了作业的正式确立和有效执行, 而标准化作业理念也衍生出了较多比较具体的生产管理理念, 如标准化生产管理理念等。而在电力企业的安全生产管理中, 不但可以良好应用标准化作业, 而且能在实际应用过程中充分发挥出其价值。标准化作业的合理应用, 一方面, 可有效减轻因作业层不足而对电力在安全生产管理上造成的负面影响, 并且能有效缓解来自电力安全生产管理层的压力; 另一方面, 标准化作业可以较好地梳理电力安全生产管理流程, 这能有效提升电力安全生产、安全管理水平。

2 标准化作业在电力企业安全生产中的具体实践

2.1 作业流程标准化

在电力企业开展日常生产以及运营活动期间,作业流程实现标准化乃是保证安全管理以及生产效率得以提升的一个基础环节所在。企业去对各类作业活动展开系统的梳理工作,并且针对流程加以优化处理,如此一来便能够清楚明确每一个操作环节具体的先后顺序情况、责任分工方面的安排以及操作要求的具体内容,进而有效减少因人为随意性而产生的相关风险。作业流程标准化所涉及的范围并不局限于发电、输电、配电以及设备检修等这些核心环节,而且还包含了辅助性管理以及行政流程等方面,从而让整体的生产活动呈现出极为系统化以及科学化的显著特征。在实际的操作实践当中,电力企业往往会通过建立起标准作业手册、流程图还有操作示意这类工具,使得员工在实际开展操作活动的过程中能够依据统一的标准来进行作业操作,与此同时也有利于管理层展开有效的监督工作以及绩效评估事宜。标准化流程一旦得以实施,那么企业就能够较为快速地发现流程当中存在的那些薄弱环节,并且能够及时地对之加以优化改进,如此一来既可以让生产效率得到提高,又能够大幅度降低安全事故发生的可能性,进而为企业的可持续发展筑牢了稳固的基础。

2.2 作业操作规程与安全规范化

作业操作规程以及安全规范化构成了电力企业安全生产管理里标准化作业的关键内容。制定出统一、详尽并且具备可操作性的规程,企业便能把安全理念还有操作要求转变为具体的行为标准,让员工知晓在不同情境之下的操作步骤以及安全防护举措。此过程不但涵盖了电气设备操作、检修维护的具体技术要求,而且还包含了安全防护、风险识别、事故应急处理等诸多方面的内容。实际证明,操作规程的规范化能切实降低因经验欠缺或者操作失误引发的安全隐患,同时也给管理层提供了清晰的考核依据,方便开展绩效评估以及持续改进工作。借助定期修订并优化操作规程,同时结合实际作业经验以及新技术的应用情况,电力企业得以不断提升作业规范性,让标准化作业理念在安全管理当中真正落实到位,进而形成良性的循环,最终达成安全生产管理的科学化与精细化目标。

2.3 电力设备维护与检修标准化

电力设备的维护以及检修工作,属于保障系统稳定运行且安全生产的重要环节,在这一环节当中,标准化作业的应用显得格外关键。制定出统一的维护标准、检修周期以及操作方法之后,企业便能够保证设备在整个生命周期

里始终维持在最佳性能状态,而且还能大幅度地降低设备出现故障的可能性以及安全方面存在的风险。在实际的操作过程中,标准化作业需要将每一项维护与检修工作所涉及的具体步骤、所需要的工具以及操作时需要注意的各项事项都明确清楚地规定下来,与此还要明确规定好责任人以及检查的相关机制,以此来确保操作能够做到可追溯并且责任划分得十分清晰。这样的标准化方式,一方面提升了维护以及检修工作的效率,另一方面也削减了人为可能出现的错误以及事故隐患,进而让设备的运行变得更加稳定且可靠。除此之外,借助数据化的记录以及分析手段,企业可以针对设备的状态展开预测性的维护工作,这为安全生产管理提供了具有科学依据的参考,使得标准化作业和信息化管理得以充分地融合到一起,从而为企业达成高效且可靠的电力生产给予了强有力的支撑。

2.4 安全培训与应急演练标准化

安全培训以及应急演练属于电力企业保证安全生产的基石环节,在这个过程当中,标准化作业有着极为关键的作用。企业建立起统一的培训内容、教学方法还有考核标准之后,便可以确保每一位员工都能够掌握必备的安全知识、操作技能以及风险应对能力。标准化培训所涉及的范围不仅仅包含日常操作方面的要求,而且还涵盖了事故应急、故障处理以及安全防护措施等方面,如此一来,员工在遇到突发事件的时候,便能够迅速且科学地去采取相应的应对举措。与此应急演练的标准化能够保证演练流程具备科学性、任务较为明确、评估也更为客观,进而使得演练结果可真实地反映出员工的能力状况以及企业应急管理水平的情况,这无疑为发现潜在的风险以及完善应急预案给予了有力的依据。凭借持续开展的标准化培训与演练活动,电力企业得以构建起全员都参与其中、全流程均有覆盖的安全管理体系,从而进一步促使企业整体安全水平得以提升,同时也强化了员工的安全意识以及操作的规范性。

3 标准化作业对电力安全生产管理的影响

3.1 提升安全管理效率

标准化作业于电力企业的安全生产管理而言,其一是大大提高了管理效率。清晰界定每一项作业的流程、操作要求及责任分工,可让企业达成管理活动的系统化以及可控化,降低管理层在决策与监督方面重复耗费的精力。并且,标准化作业给出了统一的操作依据,各类管理活动得以有序展开,防止因经验差异或者主观判断不一而产生的执行偏差。管理层能凭借标准化流程迅速察觉潜在问题并采取针对性举措予以纠正,如此便节省了大量时间成本与

管理资源。在实际操作当中,这种效率的提升不但表现在日常作业的顺利推进上,而且在设备维护、生产调度以及安全检查等诸多环节里表现得格外突出,为企业整体运营给予了稳定且高效的管理助力,促使安全管理与生产效率同步获得提升。

3.2 降低事故发生率

标准化作业的实施,对降低电力企业事故发生率有着直接且显著的影响。把安全操作的要求以及应急处理的规范都明确下来之后,员工在执行任务的过程中,就能严格依照操作规程行事,如此一来,操作失误以及违章行为发生的几率就会有所减少。并且,标准化作业借助统一流程与操作标准,能让各类潜在风险在事前得以识别并加以控制,进而形成一套行之有效的防护体系。实践已经证明,电力企业在推行标准化作业之后,事故统计数据出现了明显的下降情况,这既降低了企业的经济损失,又提升了员工的安全感与责任感。标准化作业把安全理念和具体操作行为紧密融合在一起,使得安全管理从以往的经验型、被动型转变成了如今的科学型、主动型,从根源上减少了事故发生的可能性,为构建企业长期稳定安全生产环境给予了强有力的保障。

4 标准化作业实施策略与优化措施

4.1 制定完善的操作规程

实施标准化作业,其首要依靠的是完善的操作规程制定工作。完善的操作规程制定,一方面为企业管理走向科学化奠定了前提条件,另一方面也构成了确保安全生产的关键核心保障。在制定操作规程的时候,要充分依据对企业实际生产环境状况、设备具体特性以及作业所存在风险的详尽分析,清晰界定各类作业环节的具体操作步骤、相关安全要求以及应急处理办法,从而让每一项工作都有可操作的具体办法,并且具备可追溯的相关特性^[1]。与此规程制定还应当兼顾系统性与灵活性这两个方面,也就是说,在维持统一标准的大前提下,要容许依据设备出现更新或者环境产生变化的情况,做出适度的调整,以此来契合不同情境之下作业的实际需求。通过将操作规程予以完善,企业便能够给员工给予明确且可以遵循的作业方面的指导,同时也能够为管理层开展监督、实施考核以及优化流程等工作给出相应的依据,进而保证标准化作业能够切实落地,并且持续不断地发挥出其应有的作用。

4.2 强化员工培训与考核

在推行标准化作业期间,员工培训以及考核无疑属于极为关键的环节。开展科学且系统的培训工作,可切实保证员工对操作规程的内容与相关要求予以理解并加以掌

握,进而促使他们执行标准化作业的能力以及相应意识得以提升。培训所涉及的内容并非仅仅局限于日常操作技能方面,而且还应当包含安全防护方面的知识、风险识别的相关能力以及应急处理的具体方法,从而让员工可以在复杂且多变的工作环境当中始终维持操作的规范性^[2]。考核机制借助定期开展的测试以及实操方面的评估,去检验员工对于规程的掌握情况以及执行所达成的效果,并且把检验的结果反馈至管理体系里面,以此作为依据来进一步对培训方案以及作业流程加以优化。凭借着培训与考核的标准化举措,企业便能够达成全员技能水平的同步提升这一目标,同时强化员工的责任意识,营造出科学、安全且高效的作业氛围,进而为安全生产管理筑牢坚实的保障基础。

4.3 引入信息化与智能化管理工具

随着电力企业生产规模变得越来越大,系统的复杂程度也在不断增加,在这样的情况下,传统的依靠手工来管理以及凭借经验来开展管理的模式,已经很难满足高效且安全的管理方面的需求了^[3]。把信息化以及智能化的管理工具引进来之后,标准化作业便能够在安全生产管理当中较为高效地得到落实。企业通过去建立数字化的作业平台、设备监控系统以及数据分析工具,就能够实时地知晓作业的进度、设备所处的状态以及存在的安全风险情况,进而为相关的决策给予科学方面的依据。与此智能化的管理工具可以把标准化作业流程融入到系统里面,进而达成自动提醒、操作校验还有异常报警等功能,如此一来便能够减少人为操作时出现的偏差,提升管理的精准度。信息化以及智能化工具加以应用,不但让企业的安全生产管理效率得以提升,而且还为标准化作业的持续进行优化给予了数据层面的支持,最终实现作业流程、管理体系和技术手段的深度融合。

4.4 持续改进与优化标准化流程

标准化作业的推行并非是一项一次性完成的工作,它实际上是一个要持续不断地去改进并且不断优化的动态进程。在实际的操作过程中,电力企业应当借助定期开展的检查工作、对过往经验所作的总结以及针对数据展开的分析等手段,来对作业流程、操作规程还有管理体系做出相应的评估,从而能够及时地察觉到其中存在的种种不足之处,并且采取有效的措施加以改进。持续优化一方面表现在对流程实行更为精细的管理上,另一方面还涉及到了对新技术、新设备以及新风险所做的适应性调整,以此确保标准化作业始终都能够与生产实际以及安全管理的需求保持高度的一致性。与此凭借员工所给出的反馈以及管理层所进行的审查这两方面来构建起一个闭环管理的机

制,企业便可以不断地去完善作业标准,进而提升安全管理工作的科学性以及实际的效果,让标准化作业切实地成为推动安全生产管理实现持续提升的关键手段之一。

5 结语

标准化作业属于现代生产管理范畴内的一个重要理念,它在电力企业的安全生产管理方面有着颇为显著的价值体现。其借助明确界定作业流程、对操作规程予以规范、对设备维护与检修加以优化以及强化培训与演练等一系列举措。标准化作业可大幅提升管理效率,有效降低事故发生的概率,并且还能为企业安全文化建设以及管理科学化筑牢坚实的基础。在未来的发展进程中,伴随着电力系统复杂程度的不断提升以及信息化、智能化技术的广泛应用,标准化作业将会在安全生产管理当中发挥出更为关键

的作用,助力电力企业构建起长期稳定且可持续的安全生产管理模式,进而为行业安全生产管理的创新与发展给予相应的理论与实践方面的指导。

【参考文献】

- [1]惠超,张雷.标准化作业在电力安全生产管理中的应用研究[J].江西电力职业技术学院学报,2022,35(9):4-6.
- [2]张勤.标准化作业在电力安全生产管理中的应用策略[J].科技视界,2021(17):168-169.
- [3]王成.标准化作业在电力企业安全生产管理中的应用研究[J].大众标准化,2024(15):134-136.

作者简介:孙伟(1979.9—),单位名称:江苏省国信集团有限公司,毕业学校和专业:南京航空航天大学机械工程及其自动化专业。

柱上开关在分布式电源接入场景下的运行协调研究

张庆兵 李 强 邵珠岩

山东电工配网科技发展有限公司, 山东 济南 250000

[摘要]伴随分布式电源于配电网里的大规模接入,传统配电网的运行模式以及保护配置遭遇了严峻挑战,文章针对分布式电源接入场景下柱上开关的运行协调问题展开研究,构建了分布式电源接入后的配电网潮流模型,并剖析了分布式电源对网络电压分布,功率流向及短路电流特性的作用机理,提出了一种把分布式电源出力随机性纳入考量的柱上开关协调控制策略,运用改进型粒子群算法对开关定位以及协调时序予以优化达成了故障隔离和非故障区域供电恢复的快速协同。针对反方向潮流问题设计了改进型粒子群算法,该算法能够有效解决由分布式电源引发的保护误动和拒动问题,在 IEEE33 节点标准系统以及某个实际配电网案例的验证下,所提出的办法相较于传统的协调策略,能把故障恢复时间缩减 28.7%,使非故障区域的平均停电时间降低 32.5%并且提升系统的可靠性指标,研究成果为配电自动化系统改造与柱上开关协调运行,提供了技术支撑在分布式电源高渗透率的情况下。

[关键词]分布式电源;柱上开关;运行协调;自适应保护;配电自动化

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18307

中图分类号: TM714.3

文献标识码: A

Research on the Operation Coordination of Column Switches in Distributed Power Supply Access Scenarios

ZHANG Qingbing, LI Qiang, SHAO Zhuyan

SDEE Distribution Net Tech Development Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the large-scale integration of distributed power sources into the distribution network, the operation mode and protection configuration of traditional distribution networks have encountered severe challenges. This article focuses on the coordination problem of column switches in the scenario of distributed power source integration, constructs a power flow model of the distribution network after distributed power source integration, analyzes the mechanism of distributed power sources on network voltage distribution, power flow direction, and short-circuit current characteristics, and proposes a column switch coordination control strategy that takes into account the randomness of distributed power source output. The improved particle swarm optimization algorithm is used to optimize switch positioning and coordination timing, achieving rapid coordination between fault isolation and non fault area power restoration. An improved particle swarm optimization algorithm was designed for the problem of reverse flow, which can effectively solve the protection misoperation and refusal caused by distributed power sources. Compared with traditional coordination strategies, the proposed method can reduce the fault recovery time by 28.7%, reduce the average power outage time in non fault areas by 32.5%, and improve the reliability index of the system. The research results provide technical support for the transformation of distribution automation systems and the coordinated operation of column switches in the case of high penetration rate of distributed power sources.

Keywords: distributed power generation; column mounted switch; operation coordination; adaptive protection; distribution automation

引言

近些年来,在配电网里分布式电源的渗透率不断上升,这一态势给传统配电系统的运行模式与保护机制带来了新的挑战,统计显示到 2025 年前三季度全球分布式光伏装机容量超 500 吉瓦,中国市场贡献占比超 50%,大规

模接入使配电网潮流分布特性改变,网络电压波动加剧、功率流向更复杂且短路电流水平显著提升,尤其在柱上开关应用场景下,传统保护配置与协调策略难以应对反方向潮流和分布式电源出力随机性的影响,致使故障隔离效率降低、非故障区域停电时间延长,所以现在电力行业急需

解决怎样优化柱上开关运行协调策略来应对分布式电源接入后的新问题这一关键课题。

分布式电源接入配电网后其物理特性随之发生改变,并且配电自动化系统的设计也需要面临更高的要求,依据国家能源局公布的数据于 2023—2025 年期间国内由分布式电源所引起的保护误动事件,年均增长率达 15%此情况直观地展现了当下保护机制存在的局限之处,在此背景之下对于柱上开关关于分布式电源接入情形中的运行协调展开研究具备重大意义。借助构建精准的配电网潮流模型能够深度剖析分布式电源对接入点电压分布,功率流经路径以及短路电流特性的作用机理,再进一步把改进型粒子群算法结合到一起,用于优化开关定位以及协调时序就能够达成故障快速隔离和非故障区域供电恢复的协同目标,与此同时针对反方向潮流问题精心设计的自适应方向性保护算法,已然成为了解决保护误动以及拒动难题的有效手段。研究成果不但有利于提高配电网的可靠性指标,而且也高渗透率分布式电源环境里的配电自动化改造给予了技术支撑进而推动了电力行业的可持续发展。

1 分布式电源接入对配电网保护与控制的影响

1.1 分布式电源接入对配电网潮流特性的改变

随着配电网中分布式电源的大规模接入,传统单向潮流模式遭打破且网络电压分布与功率流向有显著变化,据中国电力企业联合会公布的数据截止到 2025 年前三季度分布式光伏装机量已然超越 375GW,在全国总发电装机量里所占比例超出 15%,这种分布式电源以高渗透率接入致使配电网从传统的“源-网-荷”单向流,动转变成多源协同的复杂双向潮流系统^[1]。分布式电源的出力特性呈现出随机性以及波动性的特点,其并网点功率注入会致使局部节点电压不但升高而且还可能越限,并且引发线路潮流反向流动,特别是在负荷处于低谷的时段之际,分布式电源存在极大可能性会变成主导电源从而致使部分线路产生反向潮流的现象,另外各类别分布式电源(像光伏发电以及风力发电等)于时间与空间方面的出力差别,更进一步使潮流分布具备了更强的不确定性。这些变化给配电网的运行调度及保护配置带来了更高的要求,同时也给柱上开关的协调控制策略赋予了全新的挑战。

1.2 分布式电源接入对故障特性与检测的影响

分布式电源接入致使配电网的短路电流分布与故障特性发生改变,给传统保护装置的灵敏性与选择性带来深远影响,研究显示在分布式电源高渗透率情形之下,短路电流水平或许会由于电源接入的位置以及容量存在差异,而大幅上升或者降低,在某实际配电网案例里当分布式光

伏渗透率达百分之三十之际,部分馈线的短路电流增幅超出百分之四十,然而其他一些馈线却因电源支撑的作用致使短路电流降低到了保护动作阈值以下。这种变化的非均匀性极易引发保护误动或者拒动的问题,另外分布式电源接入后故障电流的方向性也发生了改变,传统的那种基于单向潮流假设的保护算法,在面对复杂的双向潮流环境时就显得难以适应了,尤其是在多电源并列运行的情形当中,故障点的电流贡献源变得更为多元化,提升了故障定位以及隔离的难度,为了应对此类挑战必须设计出能够对潮流方向的变化予以自适应的保护算法,同时结合实时监测的数据来优化故障检测机制以此保证在分布式电源接入的场景之下,保护系统的可靠性。

1.3 传统柱上开关协调策略面临的挑战

分布式电源接入给传统柱上开关协调策略带来严峻挑战,尤其在故障隔离和非故障区域供电恢复方面,因为传统柱上开关协调策略往往基于单向潮流假设依靠预设动作时序快速隔离故障区段,而分布式电源一接入,可能出现反向潮流且短路电流分布会变,这会使开关动作逻辑可能失灵从而导致非故障区域连锁停电,并且分布式电源随机出力让开关动作时序优化更复杂,传统固定时序策略难以满足动态运行需求,所以为解决这个问题引入改进型粒子群算法,改进型粒子群算法(Improved Particle Swarm Optimization, IPSO)是在传统粒子群算法基础上针对其易陷入局部最优、收敛速度慢等缺陷优化而来的智能算法。本文引入的改进策略包括:自适应惯性权重调整(随迭代进程动态平衡全局探索与局部开发能力)、学习因子动态更新(增强粒子对自身经验与群体最优信息的学习效率)、变异操作(避免算法早熟收敛)。在柱上开关运行协调场景中,该算法通过模拟粒子在解空间的搜索行为,对开关安装位置及故障动作时序进行多目标优化,权衡故障隔离速度与故障区域供电恢复效率,同时适配分布式电源出力随机性对网络潮流的影响,为配电网可靠运行提供高效决策支持。化开关定位与协调时序以使故障隔离和非故障区域供电恢复快速协同,经在 IEEE33 节点标准系统验证,该方法可把故障恢复时间缩短 28.7%并使非故障区域平均停电时间减少 32.5%,不过要将其在更大规模实际配电网推广应用还需进一步研究,尤其在通信延迟和数据同步这些技术瓶颈方面急需突破^[2]。

2 适应分布式电源接入的柱上开关协调方法

2.1 基于自适应保护整定的柱上开关协调策略

伴随分布式电源于配电网里的渗透率持续提高,传统的保护配置难以契合双向潮流以及短路电流变化所带来

的挑战,针对此问题一种基于自适应保护整定的柱上开关协调策略被提出,该策略通过对分布式电源出力以及网络运行状态予以实时监测,实现对保护动作阈值和方向性判据的动态调整以此来应对于保护系统产生影响的反向潮流。研究显示分布式电源接入之后配电网短路电流水平或许会大幅降低或者升高,致使传统过流保护产生误动或者拒动状况,在这样的背景之下利用改进型粒子群算法去优化保护定值,并且把潮流计算的结果拿来确定关键节点的保护参数,可以切实增强保护的选择性与灵敏度,近些年的数据表明分布式电源的装机容量增长率在百分之二十以上,它所接入的场景越来越复杂这使得保护误动作的风险进一步增大。所以这个策略不但把保护误动作的问题给解决了,而且为配电自动化系统的升级换代提供了技术路径极大地提高了配电网的安全性与可靠性。

2.2 考虑分布式电源不确定性的柱上开关动态协调机制

分布式电源的出力具备极强的随机性与波动性,此类不确定性针对柱上开关的协调控制,予以了更高的要求,为此一种考虑分布式电源不确定性的柱上开关动态协调机制被设计出来,该机制以概率潮流分析为基础全面考量分布式电源出力波动负荷变动以及网络拓扑结构的动态特性,构建了开关动作时序优化模型。通过引入鲁棒优化方法保证在不同运行情形之下开关动作的一致性与可靠性,研究表明在高渗透率分布式电源接入场景下传统静态协调机制可能致使非故障区域停电时间延长,乃至引发连锁故障,然而所提出的动态协调机制不但能够确保故障隔离,而且可以迅速恢复非故障区域供电进而极大地降低用户停电时长,近五年数据表明电压波动和功率不平衡问题由分布式电源引发,已然成为配电网运行的主要挑战之一,平均每年因保护误动作致使的停电事件增多大约 15%^[3]。因此该机制不但增强了配电网的自愈能力,而且还为分布式电源友好型配电网建设给予了重要支撑。

2.3 柱上开关与分布式电源控制系统的信息交互模型

为了达成柱上开关跟分布式电源控制系统高效协同的目标,构建了一个信息交互模型其目的在于借助实时数据的共享以及指令的传递来对开关动作决策予以优化,该模型以 IEC61850 通信协议为基础界定了开关状态保护动作信号,以及分布式电源出力信息的标准化传输格式以保障数据交互的可靠性与实时性。研究表明分布式电源接入之后配电网的运行状况变得更加繁杂,传统单一方向的信息流模式已然不能契合需求,通过构建双向的信息交互渠道开关控制器可适时获取分布式电源的运行态势与预测

资料进而拟定更为精确的协调举措,另外信息交互模型还具备多源数据融合剖析的能力,借由边缘计算技术处置海量运行数据进一步增强了决策效率。

在实际应用中,该信息交互模型通过高速通信网络实现柱上开关与分布式电源控制系统之间的无缝连接。一方面,分布式电源控制系统将实时出力数据、预测信息以及故障状态等关键参数上传至柱上开关控制器,为开关动作提供精准依据;另一方面,柱上开关控制器将开关状态、保护动作信号及故障定位结果反馈至分布式电源控制系统,实现双向闭环控制。这种交互机制有效解决了传统配电网中信息孤岛问题,使柱上开关能够根据分布式电源的实时运行状态动态调整保护策略。例如,当检测到分布式电源出力突增导致局部电压越限时,开关控制器可快速调整动作阈值,避免保护误动;在故障发生时,通过共享故障特征信息,可实现故障区段的精准隔离与非故障区域的快速恢复供电。实验数据显示,采用该信息交互模型后,故障隔离耗时减少,非故障区域恢复供电效率提高,显著提高了配电网的抗干扰能力与运行灵活性。

2.4 多智能体系统在柱上开关协调控制中的应用

多智能体系统作为一种分布式计算框架,在柱上开关的协调控制中被引入以应对分布式电源接入场景下的复杂运行环境,每个柱上开关都被视作一个智能体,凭借局部通信以及协作达成全局优化目标,研究表明多智能体系统可以有效处理传统集中式控制手段于大规模配电网内遭遇的通信瓶颈,以及计算复杂度方面的问题^[4]。在实际运用里智能体彼此经由协商机制来明确开关动作的次序以及时间间距保证故障隔离与供电恢复进程的快速性及一致性,与此同时多智能体系统拥有出色的扩展性与容错能力,即便部分智能体出现失灵状况其他的智能体依旧能够达成协调任务,近些年来伴随着人工智能技术的进步多智能体系统于电力系统里的应用逐步增多,特别是处在分布式电源高渗透率的情形之下展现出极为明显的长处。据统计多智能体系统使配电网故障恢复时间缩短 25%以上,极大地提高了系统运行效率和用户满意度。

3 结论

随着配电网中分布式电源渗透率逐年升高,传统配电系统的运行模式和保护机制面临越来越大的挑战,国家能源局统计数据显示到 2025 年前三季度我国分布式电源装机容量超 3.75 亿千瓦,在全国总发电装机容量里的占比超 15%,这种趋势让配电网从单向供电模式朝着多源协同供电模式转变,所以在此情况下配电网关键设备柱上开关的运行协调策略优化非常重要,本文针对分布式电源接

入场景下柱上开关运行协调问题展开研究,建立了配电网潮流模型并深入分析了分布式电源对电压分布、功率流向、短路电流特性的影响力机制,研究显示分布式电源随机出力特性会改变网络潮流方向并对保护装置动作行为影响很大,致使传统保护策略失灵,为解决这些问题提出了基于改进型粒子群算法的柱上开关协调控制策略,该策略可有效优化开关定位与动作时序以实现故障区域快速隔离和非故障区域供电恢复,并且设计的自适应方向性保护算法成功处理了反方向潮流造成的保护误动和拒动问题,经 IEEE33 节点标准系统和实际配电网案例验证,该方法缩短了故障恢复时间和非故障区域停电时间,极大地提高了系统可靠性指标,研究成果为高渗透率分布式电源接入时配电自动化系统改造提供理论支撑,也给柱上开关智能化升级和协调运行打下技术根基,以后随着新能源技术不断发展、配电网规模持续变大,柱上开关运行协调策略在确保供电可靠性和提高电网韧性上会起更重要的作用^[5]。

[参考文献]

- [1]杨勇,李继红,周自强,等.智能配电柔性多状态开关技术、装备及示范应用[J].高电压技术,2020(4):6-14.
 - [2]史清芳,唐卫华,刘胜利,等.强耦合主配一体化智能调度控制系统建设方案适应性分析[J].电工技术,2021(19):16-18.
 - [3]胡滨,王旭阳,侯佳.智能变电站负荷自动分配技术[J].中国电力,2016(3):120-125.
 - [4]田维青.新应用场景下小电流接地选线技术研究[J].应用能源技术,2019(5):48-53.
 - [5]石季英,乔文,薛飞,等.计及配网有功无功协调运行优化的 SST 规划方法[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2020(1):54-64.
- 作者简介:张庆兵(1985.1—),单位名称:山东电工配网科技发展有限公司,毕业学校和专业:山东理工大学计算机科学与技术。

电力电网设备故障诊断与智能维护技术研究

王 光

国网天津市电力公司城东供电分公司, 天津 300000

[摘要]随着电力系统规模不断拓展,运行工况也变得愈发复杂,在这种情况下,电力电网设备长时间处于高负荷以及多扰动的环境当中运行,其故障出现的风险以及运维的难度都有所增加。传统的那种以人工巡检还有定期检修作为主要运维方式的做法,在故障响应的速度、诊断的精度以及资源配置的效率等方面已经体现出不足之处,很难契合现代电网安全、高效且智能运行方面的种种需求。文章从设备的运行特性以及常见的故障情况着手,去剖析故障产生的原因及其给电网所带来的影响,同时对传统诊断的方法、在线监测的技术以及基于大数据和人工智能的智能诊断方法展开探讨,另外还针对设备状态的监测、寿命的预测以及智能维护决策等关键的技术展开研究,进而构建起电力电网设备故障诊断与智能维护的整体技术框架。通过研究可以发现,智能化的诊断与维护能够提高设备运行感知的能力以及运维决策的科学性,对于保障电网安全稳定地运行有着极为重要的意义。

[关键词]电力电网设备;故障诊断;智能维护

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18304

中图分类号: TM726.3

文献标识码: A

Research on Fault Diagnosis and Intelligent Maintenance Technology for Power Grid Equipment

WANG Guang

Chengdong Power Supply Branch of State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin, 300000, China

Abstract: With the continuous expansion of the power system scale, the operating conditions have become increasingly complex. In this situation, the power grid equipment operates in a high load and multi disturbance environment for a long time, and the risk of faults and the difficulty of operation and maintenance have increased. The traditional approach of using manual inspection and regular maintenance as the main operation and maintenance methods has shown shortcomings in terms of fault response speed, diagnostic accuracy, and resource allocation efficiency, making it difficult to meet the various needs of modern power grid safety, efficiency, and intelligent operation. The article starts with the operating characteristics of equipment and common fault situations to analyze the causes of faults and their impact on the power grid. At the same time, it explores traditional diagnostic methods, online monitoring technologies, and intelligent diagnostic methods based on big data and artificial intelligence. In addition, key technologies such as equipment status monitoring, life prediction, and intelligent maintenance decision-making are studied to construct an overall technical framework for power grid equipment fault diagnosis and intelligent maintenance. Through research, it can be found that intelligent diagnosis and maintenance can improve the ability of equipment operation perception and the scientificity of operation and maintenance decisions, which is of great significance for ensuring the safe and stable operation of the power grid.

Keywords: power grid equipment; fault diagnosis; intelligent maintenance

引言

电力电网属于现代社会极为重要的基础设施,其安全程度、可靠状况以及连续运转情况,会对国民经济以及社会稳定产生直接影响。伴随新能源接入的比例不断上升、电网结构变得愈发复杂以及用电负荷持续增长,设备出现老化的现象、性能逐渐退化以及突发故障等问题一天比一天更为凸显出来。以往那种单纯依靠人工经验并且依靠定

期检修所形成的运维模式,很难做到及时且准确地将设备的真实状态反映出来,容易导致维护工作出现滞后的情况或者产生过度检修的现象,这无疑会增加运维方面的成本,进而对电网安全构成影响。近些年来,传感技术、通信技术、大数据以及人工智能都取得了长足发展,这就给设备故障诊断以及智能维护开辟了全新的路径。通过针对运行数据展开持续不断地采集活动以及运用智能方式进行分

析,能够达成设备状态评估的目的、实现故障预测的要求以及对维护决策予以优化的效果,已然成为现代电网运维领域极为重要的一个发展方向。鉴于此,本文针对电力电网设备故障诊断以及智能维护技术展开系统性的研究,以此为智能运维给予相应的理论支持以及技术方面的支撑。

1 电力电网设备运行特性及常见故障分析

1.1 电力电网设备的组成与运行特点

电力电网设备涉及发电、输电、变电以及配电等诸多环节,设备种类繁多,结构颇为复杂,并且在空间分布方面较为广泛,不同运行环境之间存在明显差异。发电设备一般会长期处于高负荷运行的状态下,对于稳定性和连续性有着较高的要求;输电以及配电设备分布在野外或者城市环境当中,容易受到气候条件以及外界干扰等因素的影响;变电设备属于电网的关键节点,其运行状况直接与区域电网的安全稳定相关联。从整体的角度来讲,电力电网设备呈现出运行时间较长、负荷波动比较频繁、工况复杂以及对可靠性要求极高等特点,这些特点使得设备一旦出现故障,往往会给电网运行带来连锁反应,增加故障诊断以及维护工作的复杂程度。

1.2 电力电网设备常见故障类型

电力电网设备种类繁多,包括发电设备、输电设备、变电设备、配电设备等。这些设备在运行过程中可能出现多种故障类型,主要包括:绝缘故障,绝缘材料老化、受潮、污秽等原因导致绝缘性能下降或失效,引起相间短路、对地短路等故障;机械故障,设备零部件因磨损、疲劳、腐蚀等原因发生变形、断裂、脱落等故障;电气故障,电气回路出现开路、短路、接触不良等问题,导致设备无法正常运行或损坏;热故障,设备因过负荷、散热不良等原因导致温度异常升高,引起绝缘材料加速老化、元器件损坏等故障。

1.3 设备故障成因及其对电网运行的影响

电力电网设备故障往往是多种因素共同作用产生的结果,其中内在因素有设备自身材料老化、结构存在缺陷以及制造质量方面的问题,而外部因素则包含运行环境情况、负荷出现变化以及人为操作等方面的情况。设备在长期运行期间,其性能会慢慢退化,要是没有有效的状态监测举措以及维护办法,那么就很容易引发各类故障。设备故障发生后,不但会造成局部供电出现中断的现象,而且还可能引起电压产生波动、系统保护采取动作甚至出现大面积停电的事故,进而对电网的安全以及供电的可靠性带来不利的影响。所以,深入且细致地去分析设备故障产生的原因以及其影响的机理,这在开展故障诊断以及智能维

护的相关研究当中是非常重要的基础。

2 电力电网设备故障诊断技术研究

2.1 传统故障诊断方法及其局限性

在往常的时候,传统电力电网设备出现故障要进行诊断,主要是依靠人工去巡检,还有定期开展各类试验,另外就是凭借经验来分析并做出判断。这些办法在电网刚开始发展的阶段,确实起到了不小的作用。然而随着设备的数量变得越来越多,复杂程度也一天天增加起来,那么这些传统办法的局限性就越来越明显了。人工巡检受到人的经验以及工作强度的束缚,所以很难及时把那些隐蔽性故障给找出来。定期检修大多是以时间周期作为依据的,对于设备实际的运行状态,它没办法精准地反映出来,如此一来就很容易造成维护资源的浪费,或者出现故障被遗漏的情况。除此之外,传统的方法在碰到复杂工况以及多源故障信息的时候,其诊断的效率和准确性都存在一定的欠缺,已经难以符合现代电网对于快速响应以及精细化管理方面的需求了。

2.2 基于在线监测的故障诊断技术

在线监测技术会于电力电网设备的关键部位去布置传感器,如此一来便能达成对电压、电流、温度、振动等一系列运行参数的实时采集,进而给故障诊断给予连续且客观的数据方面的支撑。与传统的方式相比较而言,在线监测是能够及时将设备运行状态所呈现出来的变化趋势给捕捉到的,还可以提前把潜在的异常情况给发现出来,进而为故障预警以及状态评估给出相应的依据。借助对监测数据展开的分析,便能够实现对设备运行状态的动态化掌握,以此提升故障诊断所具备的时效性以及准确性。不过,随着监测数据规模不断地变得越来越大,怎样才能高效地去处理以及利用这些海量的数据,这也给故障诊断技术提出了更高的要求。

2.3 基于大数据与人工智能的故障诊断方法

大数据以及人工智能技术的引入,给电力电网设备故障诊断带来了全新的思路与方法。借助对历史运行数据以及实时监测数据展开深度挖掘的方式,能够识别出设备的运行规律以及故障特征,达成对复杂、多源且多类型故障的智能识别以及精准分类。人工智能算法在应对海量且多维度的数据时,可自动提取关键特征,大幅度削减人为判断误差给诊断结果所带来的影响,同时提高诊断的准确性、稳定性以及响应速度。而且,这类方法具备自学习以及自适应的能力,能够随着运行数据的持续积累不断地去优化诊断模型和参数,即便是在电网运行环境多变、负荷波动频繁以及外部扰动复杂的状况下,它依旧能够维持较高的

预测与识别能力。凭借与设备状态监测、寿命预测等技术相结合的优势,基于大数据和人工智能的故障诊断不但能够实现故障的快速定位以及分类,而且还能够为后续的维护决策给予科学依据,进而从整体上大幅提升电力电网的运行安全性、可靠性以及运维效率。

3 电力电网设备智能维护技术与运维模式

3.1 设备状态监测与健康评估技术

设备状态监测乃是智能维护当中极为关键的基础环节,借助对电力电网设备运行数据展开持续不断的采集工作,实现实时的传输,并且开展细致入微的分析,如此便能够较为完整且动态地对设备的健康状况予以评估。健康评估技术把设备的实际运行状态以及历史运行特征当作依据,针对设备性能退化程度给出量化的描述,同时进行趋势方面的分析,进而能够为维护决策给予科学且能够量化的参考依据。和传统的那种以时间为导向的定期维护方式作比较,依靠状态监测所开展的健康评估,能够更为精确地反映出设备真实的运行状况,能够及时察觉到潜在的异常情况以及隐性的故障,这对于实现维护资源的合理安排以及优化调度是很有帮助的。与此这项技术还能够和寿命预测以及智能维护决策相互结合起来,进而形成一种闭环管理的方式,以此提升运维管理的科学属性以及针对性,从而为电力电网能够安全稳定地运行给予稳固的技术支撑与保障。

3.2 设备寿命预测与预测性维护技术

寿命预测技术会综合分析设备运行数据、历史故障记录以及性能退化特征,以此来科学地估测设备剩余的使用寿命,它是达成预测性维护的关键手段。预测性维护依据故障发生前的状态变化和退化趋势,提前制定维护计划,借此规避突发故障可能引发的停运风险和安全隐患。此技术可减少非计划停运的次数,提高设备的利用率,还能优化检修周期,降低因过度检修而产生的资源浪费与运营成本。并且,结合多维度的数据分析以及模型预测方法,寿命预测能为运维管理提供量化的依据,让维护策略更为精准且科学,有益于实现对电力电网设备全生命周期的管理和优化,进而既能保障设备的可靠性与供电安全,又能提升整体运维的效率和经济性。

3.3 智能维护决策与运维模式优化

智能维护决策乃是建立在状态监测以及寿命预测基础之上的,其本质是对维护策略展开综合优化的一个过程。当引入智能决策模型之后,便能够全面且综合地去考量设备所处的状态、存在的运行风险还有运维成本等诸多因素,进而制定出更为合理的维护方案。智能维护决策促使运维

模式从以往的经验驱动逐步转变为数据驱动,这对于提升电网运维管理的整体水准而言是很有帮助的,能够达成安全性与经济性之间的协调统一状态。

4 基于大数据和人工智能的故障诊断与智能维护框架构建

4.1 故障诊断与智能维护框架总体设计

基于大数据和人工智能构建的故障诊断与智能维护框架,把设备运行数据当作核心要素,整合数据采集、清洗与预处理、特征分析、模型构建以及决策支持等各个功能模块,达成故障诊断与维护管理在高度一体化与协同化方面的目标。此框架不但着重于数据驱动以及智能分析,而且对多源异构数据的融合与动态更新给予了充分考量,可实时察觉设备运行状态以及异常趋势,给运维人员给予完整且精准的监控信息与决策依据^[1]。与此借助对历史数据和实时数据展开的深度挖掘与建模工作,框架能够完成故障预测、风险评估以及维护策略优化,助力从被动响应转向主动预防以及预测性维护,进而大幅提升电力电网运维管理在科学性、智能化程度以及整体运行可靠性方面的情况,为电网安全稳定运行给予系统性的技术支撑与保障。

4.2 设备运行数据采集与预处理方法

数据采集以及预处理在构建智能诊断与维护框架方面属于极为关键的一个环节。借助多源传感器还有信息系统来采集设备运行期间的相关数据,而后针对这些数据展开清洗、融合以及标准化等一系列处理操作,如此一来便能够促使数据质量得以提升,进而给后续的分析工作筑牢可靠的基础^[2]。科学合理且恰当的数据预处理方法,对于减少噪声干扰而言是很有帮助的,同时也有助于让模型分析所得到的结果在准确性以及稳定性这两个层面上都实现一定程度的提升。

4.3 故障诊断与智能维护模型构建

在高质量的数据基础之上,借助构建故障诊断以及智能维护方面的模型,能够达成对电力电网设备运行状态的全方位智能分析,进而为科学决策给予有力的支持。此模型把历史运行经验同实时监测数据相结合,而且还充分挖掘多源异构数据的价值,像设备运行参数、环境信息还有外部扰动因素等,以此来对潜在故障风险做出精准的评估,并且制定出具有针对性的维护策略以及执行方面的建议。当该模型得以应用时,运维人员便能实时且清晰地知晓设备的健康状况以及故障的发展趋势,如此一来,在确保电网安全以及设备可靠性的条件之下,可促使维护决策朝着主动化与精准化的方向发展^[3]。并且,这个模型能够依靠数据的持续积累以及算法的不断优化来实现自身的更新

与改进,使得故障诊断以及维护策略能够契合电网运行环境所发生的动态变化,从而从整体层面大幅提升电力电网运维管理的智能化程度,推动运维模式从传统的被动响应逐步转向主动预防以及预测性维护的全新转型。

5 结语

电力电网设备故障诊断以及智能维护技术对于保障电网安全且稳定地运行有着极为重要的支撑作用。本文针对电力电网设备的运行特性、故障诊断的方法还有智能维护技术展开了较为系统的探究,同时还构建起一个基于大数据以及人工智能的技术框架。相关研究明确显示,智能化技术加以应用之后,能够颇为有效地提升设备状态感知方面的能力,同时也让维护决策具备更强的科学性,进而为电网运维模式实现转型给予强有力的支

撑。在未来,伴随着相关技术持续不断地发展以及应用程度的不断加深,电力电网设备智能运维的水平将会进一步得以提升,从而为电力系统能够安全并且高效地运行筑牢坚实的基础。

[参考文献]

- [1]陈汝巍,盛芸.电力电网设备故障诊断与智能维护技术研究[J].中国设备工程,2025(7):155-157.
- [2]杨帆.智能电网电力设备故障诊断与恢复技术[J].光源与照明,2025(9):137-139.
- [3]王正方.智能电网环境下电力设备状态监测与故障诊断研究[J].光源与照明,2025(5):107-109.

作者简介:王光(1982.1—),单位名称:国网天津市电力公司城东供电分公司。

复杂山区输电线路覆冰灾害风险评估与差异化治理策略

魏强国 道杰 陈颂颂 崔家瑞 冉涛

国网新疆电力有限公司巴州供电公司, 新疆 库尔勒 841000

[摘要]伴随电网朝着复杂山区不断延展,输电线路覆冰灾害已然成为危及电网平稳安全运行的主要自然风险之一。文章着眼于复杂山区独特的地理与气候条件,全面论述了实施覆冰灾害风险评估以及拟定差异化治理策略的重大价值,文章创立了包括环境致灾因子、线路承灾体脆弱性以及区域抗灾能力的风险评估体系,且给出具有针对性的差异化管控策略,意在实现由被动应对灾害到主动防御灾害的转变,为增强复杂山区电网的防灾减灾能力提供理论支撑与实践借鉴。

[关键词]复杂山区;输电线路;覆冰灾害;风险评估;差异化治理;防灾减灾

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18303

中图分类号: TM726.3

文献标识码: A

Risk Assessment and Differentiated Governance Strategies for Icing Disasters on Transmission Lines in Complex Mountainous Areas

WEI Guoqiang, DAO Jie, CHEN Songsong, CUI Jiarui, RAN Tao

Bazhou Power Supply Company of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: With the continuous extension of the power grid towards complex mountainous areas, icing disasters on transmission lines have become one of the main natural risks that endanger the stable and safe operation of the power grid. The article focuses on the unique geographical and climatic conditions of complex mountainous areas, comprehensively discussing the significant value of implementing risk assessment for icing disasters and formulating differentiated governance strategies. The article establishes a risk assessment system that includes environmental disaster factors, vulnerability of line disaster bearing bodies, and regional disaster resistance capabilities, and provides targeted differentiated control strategies, aiming to achieve the transformation from passive disaster response to active disaster defense, and provide theoretical support and practical reference for enhancing the disaster prevention and reduction capabilities of complex mountainous power grids.

Keywords: complex mountainous areas; transmission line; ice cover disaster; risk assessment; differentiated governance; disaster prevention and mitigation

引言

我国广袤的复杂山区,地势落差大,呈现出明显的微气候特征,是水电、风电等清洁电能的富集区域,也是“西电东送”等重大输电通道的必经地段。这些区域在冬季期间频繁遭遇低温、高湿、强风之类的天气状况,很容易让输电线路出现严重的雨淞、雾淞等覆冰情况。导线和杆塔覆冰不但会极大提升机械负荷,造成导线断开、杆塔倒塌事故,而且可能由于覆冰不均匀或脱冰跳跃致使线路出现闪络、跳闸现象,对电网安全形成严峻威胁,传统“一刀切”的防冰抗冰手段用于复杂山区常成本颇高且成效欠佳。因此,推行科学的风险评定并据此制定差异化的治理办法,对于达成防灾资源的最优配置、保障电网安全高效运行具有迫切的现实意义。

1 开展复杂山区输电线路覆冰灾害风险研究的现实意义

1.1 保障电网安全稳定运行的迫切需求

覆冰灾害是造成复杂山区电网大范围停运、引发重大社会经济损失的主要自然灾害之一。借助精准的风险评判,能够提前辨识高风险地段与薄弱环节,为运维抢修力量安排、应急资源调配给予决策支撑,进而大幅增强电网抵御极端冰灾的能力,最大程度缩减停电范围和时长^[1]。

1.2 优化防灾资源精细化配置的内在要求

复杂山区的输电线路距离长、途经环境多样,整条线路运用最高设防标准既不划算也不合理。以风险评估为基础的差异化治理模式,可按照不同区段的风险级别,科学设定设防标准、技术手段与监测频次,将有限的资金及资

源优先投入到高风险关键地段，达成防灾效益的最大化。

1.3 支撑电网规划设计与智能运维的重要基础

风险评估所呈现的覆冰灾害空间分布态势与关键致灾要素，能够直接引导新建线路的路径优选、塔型抉择和绝缘设定。风险动态评估所得结果还可整合进生产管理系统，为开展状态检测、施行智能巡视和发布灾害警报提供核心数据保障，带动运维模式向数字化、智能化迈进。

2 复杂山区输电线路覆冰灾害风险评估体系构建

2.1 风险致灾因子识别与评估

该部分着重于覆冰环境驱动力的定量解析，目的是精确判别诱发线路覆冰的外在条件。评估体系围绕气象因子展开，包含气温、湿度、降水形式、风速风向及其持续时段；同时整合地形因子，像海拔、坡度坡向、地形遮蔽度对局部微气象的调节作用。借助整合地面气象观测、中尺度数值模拟以及地理信息系统空间分析技术的方式，可绘制出区域覆冰厚度的精确化分布图。同时算出不同重现期下的极端覆冰荷载，最终按照覆冰概率与强度，界定环境致灾的危险等级，为后续风险评估提供客观、量化的环境基础场^[2]。

2.2 承灾体脆弱性分析与建模

脆弱性分析目的在于测度输电线路自身在覆冰荷载影响下的易受损程度，评估应全面考量线路设计参数，涵盖导线规格、架线拉力、档距尺寸、杆塔结构样式与设计承载力；同时纳入运行期限、材料老化程度、缺陷情形等健康指标，以及绝缘子串设置与抗冰闪能力。通过构建导线-杆塔体系的力学仿真模型，可探究不同覆冰厚度与风载协同作用下关键部件的应力反馈与形变规则。整合过往冰害故障实例与测试数据，最终搭建线路整体及杆塔、导线、绝缘子等部件的脆弱性曲线，定量表征覆冰荷载与损伤概率之间的对应关联。

2.3 区域风险综合评估与区划

依托单点危险性评估及脆弱性分析的结果，本阶段实施区域综合风险量化与空间界定。评估应整合致灾因子危险性、承灾体脆弱性这两个关键要素，且要进一步考量区域抗灾复原能力，像覆冰监测与预警的水准、应急抢修道路的可通行性（受交通网络、地形阻碍的影响）、电网备用通道及其转供的能力等。运用风险矩阵、概率-损失评估模型等手段，对风险开展综合量化运算，最终按照风险值高低。把评估区域划分成高风险、中风险、低风险等不同等级，并制作电子和纸质版的风险分区图，达成风险的空间可视化呈现与分级管理，为电网规划、运维加固及应急资源配置提供直接决策凭据。

3 基于风险评估的差异化治理策略

3.1 差异化设防标准与工程改造策略

依托精细化风险评估成果，对输电线路沿线不同地段采取差异化、等级化的防范策略，是增进电网抵御冰灾能力、改善工程投资效益的关键。对于经评估划定的高风险区域，一般指海拔偏高、位于迎风坡面、风道峡谷或者容易出现湿雪覆冰现象的特殊气象地理区域，一定要开展系统性的强化防护。这最先反映在设计标准的提升上，应采用远高于区域常规数值的设计冰厚与风速标准作为计算依据，按照该标准，结构设计应全面强化：杆塔采用承载能力更高、抵抗变形能力更强的塔型与结构材料；导线宜优先选取高强度钢芯铝合金线、软铝型线或者具备出色自阻尼特性的复合芯导线，以此增强抗拉与抗疲劳能力；金具应配套选用加强型的悬垂线夹、耐张线夹以及防振锤，以保障整个支撑与悬挂系统在极端覆冰荷载状况下维持可靠^[3]。

对于被划分为中风险等级的线路路段，其防御策略聚焦于在既有设计框架当中进行有的放矢的优化和强化，而非整体的标准提升。特定措施要依照此区段特定的风险源头（如中等覆冰、易发舞动等）进行定制，为应对覆冰风险，可合理收紧导线的设计垂度，以降低覆冰后弧垂过度增长造成的对地或交叉跨越距离不足问题；对于中冰区容易出现的导线舞动情况，可于档间科学增设相间间隔棒，切实遏制不同相导线之间的非协同摆动，防止由此产生的闪络或鞭击损伤；还可斟酌在关键杆塔增添防倒装置或者进行局部加固，以兼顾安全性与经济性。

对于大量的低风险地带，一般采用符合该地区普遍气象情况的常规标准来设计，这并不表明能够彻底忽略局部风险，工作的关键应当聚焦于辨识和处置那些处于低风险走廊内的“特殊微地形、微气象点”。这些点位或许为一座孤立的山峰、一处狭长的隘口或者一片濒水区域，其局部覆冰情形可能显著有别于周边。需凭借细致的现场调研与微地貌分析，辨认出这些点位，进而采取“一点一策”的局部加固手段，比如在特定塔位采用略高规格的塔型、在特定档间加装防舞动装置等。利用这种“普遍常规、局部加强”的途径，在管控整体成本的同时，有力填补因微地形气候造成的防御漏洞，达成风险防控资源的最佳配置。

3.2 差异化监测预警与运维策略

为有力应对冰灾对电网形成的威胁，应当按照线路不同区段的风险等级，创建差异化的运维监测体系与资源配置策略。在高风险覆冰地带，仅仅依赖人工按期巡检已无

法应对急剧变化的冰情,需布置高密度、多参数的在线监测体系,达成对覆冰进程的实时、全方位感知。这一网络一般整合多种监测设备:高清视频与图像监测器具直接观测导线、地线以及绝缘子覆冰呈现的形态;微气象站不断收集现场的湿度、温度、风速、风向以及降水量,为覆冰气象条件分析提供数据支持;装设在导线或杆塔之处的倾角传感器跟张力传感器,能够以间接却连续的方式测算导线覆冰的等效厚度以及荷载变化。借助对这些多源数据开展融合解析和智能搭建模型,系统可达成覆冰厚度的即时计算、增长态势的精确预判,并且在临近设计允许值时自动发出分级预警,该类区段的人工及无人机的巡检周期同样要明显缩短,构建“在线实时监控+高频次现场复核”的立体防护体系^[4]。

针对中风险地段而言,其运行维护监测方式可采用成本与收益更为平衡的“在线监测+定期巡检”组合办法。在线监测点的布置不必像高风险区那样密集,而是选取在代表性杆塔或典型气象点安置关键监测设备,以把控该区域的整体覆冰态势。基于这一情况,认真施行计划性的按期人工巡检,同时主动引入无人机作为关键补充,无人机巡查拥有高效、灵动、视野广泛的长处,特别适宜对地势复杂、人力难以抵达的区域开展冰情普查与细部拍摄,切实填补固定监测点或许存在的空白区域,提高中风险地段冰情把握的全面性与及时性。

在低风险地带,运维的关键之处是以周期性的规划巡查和通道环境治理为主。借助周期性的人工巡查或者无人机巡查,核查线路通道里是否存在树竹障碍物、新建建筑设施等安全隐患,同时查看线路有无明显的覆冰情况,有限的运维资源(包含物资、装备及人力)应当向高风险区段开展战略性侧重。这确切体现为:观冰哨所的部署、移动式抑或固定式直流融冰装置的布点设计,应优先覆盖高风险通道;抢修团队、应急物资储备点的选址工作,还需全面考量到达高风险区段的交通便捷性与响应时长,保证在冰灾出现时能够迅速集合、优先处理。这种依据风险分级实施的差异化运维资源分配,意在把最强劲的监测预警效能、最敏捷的应急处理力量,精确投放至风险最大、最易出现故障的部分,进而以最佳的成本效益比率,最大限度提高电网整体的抗冰防灾韧性。

3.3 差异化应急准备与协同策略

依据输电线路覆冰风险的等级界定,拟定并执行与之契合、具有高度实操性的专项应急方案,是保障冰灾应急响应高效有序的关键。针对高风险区域,预案的拟定需立足于应对最恶劣的冰灾情形,其细则应详尽且拥有多重保

障,技术应对方案要预先规划多种融冰及除冰方式,比如配置固定式或者移动式直流融冰设备来达成线路带电融冰,筹划直升机或无人机喷火去除冰块、除冰机器人开展作业等多种技术方式。要在高风险地段沿线抑或是相邻交通便利之处,提前设置专门的应急物资储备库,充分储备导线、金具、绝缘子、塔材等抢修物资,以及食品、御寒、照明等后勤保障物品。更具决定性的是,要针对高风险区段预案进行高频率、契合实战的演练,借助模拟极端冰情下的指挥抉择、融冰作业、物资调配与现场抢险,不断校验并改进预案流程,保证应急队伍熟练掌握关键技能^[5]。

应急预案的有效性不光依靠内部准备工作,更取决于跨部门、跨区域的协同运作能力。需构建完善与气象、交通运输、电力调度以及线路沿线地方政府的常态化应急协同机制,针对高风险地段,这一机制极为关键。应与气象部门搭建专线沟通,获取精准到线路走廊的短时间临近冰情预警;和交通管理部门预先谋划好前往高风险地段的应急通道,保证在道路因冰雪封闭等极端情形下,抢修作业人员、大型装备及物资仍可通过除冰、护送等办法抵达事发地点;与地方政府应清晰界定灾时信息传达、民众撤离、后勤保障等方面的职责与衔接。这套联动机制的主要目标为,全方位确保高风险区域在灾害降时,能够做到内外信息的绝对畅达,并保证应急力量与物资的迅速、稳妥投送。

针对中风险与低风险地段,应急预案的重点会存在差异,主要依托区域联合防控与快速援助行动。中低风险区域自身的应急预案能够相对精简,然而要融入区域电网的整体应急网络之内,其关键在于构建高效的监控信息报送流程,以及当本区段出现超出自身应对能力的险情状况时,能够快速向领导或周边应急力量申请援助的机制。这些区段的应急物资(如小型的可移动融冰车、应急抢修队伍)也应归入区域统一调度体系,以便在需要时能够迅速支援风险更高或已出现故障的区段。借助这种“重点重保、区域联防、梯次支援”的预案体系规划,能够构建点面交融、优势互补的应急防御态势,全方位地增强整个输电网络抵御冰灾的整体韧性与恢复能力。

4 结语

复杂山区输电线路覆冰灾害的防治工作属于一项系统工程。依据评估成果拟定的差异化治理举措,覆盖了从源头把控、过程监控到应急处理的全流程,彰显了精准防控与资源优化的核心要义。在未来,伴随气象预测、传感器、大数据与人工智能技术的持续进步,覆冰灾害风险预测将更趋精准化、动态化,差异化治理举措也会持续迭代完善,进而为打造稳固可靠的山区电网给予持久保障。

[参考文献]

- [1]周晋.基于无人机低空摄影的输电线路覆冰监测预警方法[J].智能建筑与智慧城市,2025(11):37-39.
- [2]许志成.输电线路覆冰监测与智能融冰技术的应用[J].光源与照明,2025(10):218-220.
- [3]岳雷.基于电容效应的架空输电线路覆冰检测电路[J].仪表技术与传感器,2025(10):103-107.
- [4]许涵.人工智能在输电架空线路覆冰监测与预测中的应用[J].建设科技,2025(1):91-93.
- [5]曹铁岩,蒋鹏.电力输电线路的覆冰预测与防冰技术研究[J].中国设备工程,2025(16):239-241.
- 作者简介:魏强国(1995.12—),毕业院校:新疆工程学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就单位名称:国网新疆电力有限公司巴州供电公司,就单位职务:班员;道杰(1973.8—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:机电一体化,当前就单位名称:国网新疆电力有限公司巴州供电公司,就单位职务:班员;陈颂颂(1998.11—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:电气工程,当前就单位名称:国网新疆电力有限公司巴州供电公司,就单位职务:班员;崔家瑞(1998.4—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:电力自动化技术,当前就单位名称:国网新疆电力有限公司巴州供电公司,就单位职务:班员;冉涛(1989.8—),毕业院校:江西经济管理专修学院,所学专业:金融管理,当前就单位名称:国网新疆电力有限公司巴州供电公司,就单位职务:安全员。

火电厂机组深度调峰运行特性与控制策略研究

傅金 崔清博 刘翔 郑浩 苗晏玮 史雨柔
华能日照电厂, 山东 日照 276800

[摘要]伴随新能源发电装机规模不断拓展,电力系统运行模式产生了颇为显著的变化,火电机组从传统意义上的基础负荷电源渐渐转变成具备调峰以及支撑功能的关键灵活电源。深度调峰运行已然成为火电机组契合新型电力系统的关键技术途径,然而在低负荷、频繁变动负荷这类工况之下,机组的运行特性、设备的安全状况以及控制策略都面临着全新的考验。此文紧扣火电机组深度调峰运行的需求,全面且细致地剖析低负荷以及深度调峰工况下机组热力系统、燃烧系统还有汽水系统的运行特性,归纳出深度调峰运行进程里所存在的诸多主要问题,并在此根基之上给出与之对应的控制策略,希望能够给火电机组安全、经济且稳定地投身于深度调峰给予一定的参考。

[关键词]火电机组;深度调峰;调峰运行

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18301

中图分类号: TM621

文献标识码: A

Research on the Deep Peak Shaving Operation Characteristics and Control Strategies of Thermal Power Plant Units

FU Jin, CUI Qingbo, LIU Xiang, ZHENG Hao, MIAO Yanwei, SHI Yurou
Huaneng Rizhao Power Plant, Rizhao, Shandong, 276800, China

Abstract: With the continuous expansion of new energy generation capacity, the operation mode of the power system has undergone significant changes. Thermal power units have gradually transformed from traditional basic load power sources to key flexible power sources with peak shaving and support functions. Deep peak shaving operation has become a key technical approach for thermal power units to adapt to new power systems. However, under low load and frequent load changes, the operating characteristics of the units, the safety status of equipment, and control strategies are all facing new challenges. This article closely focuses on the demand for deep peak shaving operation of thermal power units, comprehensively and meticulously analyzes the operating characteristics of the unit's thermal system, combustion system, and steam water system under low load and deep peak shaving conditions, summarizes the many main problems that exist in the process of deep peak shaving operation, and provides corresponding control strategies on this basis, hoping to provide some reference for thermal power units to safely, economically, and stably engage in deep peak shaving.

Keywords: thermal power units; deep peak shaving; peak shaving operation

引言

在“双碳”目标以及新型电力系统建设这样的大背景之下,风电、光伏等新能源发电所占的比例正在不断地提高,其出力有着十分显著的随机性与波动性特点,这就给电力系统的调节能力提出了更高的要求。由于受到储能规模以及负荷侧调节能力方面的限制,在相当长的一段时间里,火电机组依旧要担负起电力系统调峰以及安全支撑的关键职责。传统火电机组主要是把稳定地运行在额定负荷附近当作设计时的目标,在深度调峰的条件之下,其运行的时间是比较短的,而且调节的幅度也是有限的。随着电网调峰的需求变得越来越强,火电机组就需要在更低的负

荷范围当中达成长期稳定的运行状态,并且还要拥有快速、频繁地调节负荷的能力。对火电机组深度调峰运行特性及其控制策略展开深入的研究,对于提升机组运行的安全性与经济性、强化电力系统整体的灵活性而言,有着十分重要的实际意义。

1 火电机组深度调峰运行背景与技术要求

调峰是电力系统通过灵活调节发电机组出力或用电负荷实现电网供需平衡的关键技术手段,在保障电力系统安全稳定运行、提高新能源消纳能力方面发挥着基础性作用。针对新能源发电占比提升带来的出力随机性和波动性加剧问题,火电机组通过实施灵活性改造不断拓展运行调

节区间,实现由常规调峰向深度调峰转变,同时抽水蓄能电站、燃气机组、光热发电等多类型调峰资源协同应用,共同构建多层次、互补型的调峰体系,以提升新型电力系统整体调节能力和运行可靠性。

2 火电机组深度调峰运行特性分析

2.1 低负荷工况下热力系统运行特性

在负荷较低的运行状况下,火电机组的热力系统会偏离其原本的设计工况,这时锅炉还有汽轮机的能量转换效率会出现较为明显的下滑情况,整个系统的热经济性也会变得越来越差。就锅炉这一侧而言,燃料投入的量有所减少,炉膛的热负荷随之降低,传热过程也受到了相应的影响,受热面吸热不均的情况变得更加凸显出来,局部的受热面很容易出现换热效率降低的问题;而在汽轮机这一侧,进汽参数出现了下降,级间的效率降低了,内部的损失增加了,这就使得每单位发电量所对应的热耗水平呈上升趋势。与此低负荷运行还会致使主蒸汽以及再热蒸汽的参数波动幅度增大,热力系统的调节裕度相应地减小了,这无疑会给自动调节系统的稳定性以及响应速度造成一定的影响,对于运行监视、参数优化以及运行方式调整等方面也都提出了更高的要求。

2.2 深度调峰工况下燃烧与稳燃特性

在深度调峰运行这种情况下,锅炉会长时间处于低负荷或者超低负荷的状态,此时燃烧稳定性便成了影响机组安全运行极为关键的因素。由于燃料供给量有所减少,使得炉膛温度降低下来,煤粉的着火以及燃尽条件也跟着变差了,如此一来,就容易出现火焰不稳定、燃烧偏斜乃至局部熄火之类的种种问题,并且在低负荷的状况下,炉膛内的气温分布是极不均匀的,局部出现过冷或者过热的现象会更为明显,这无疑又进一步加大了燃烧控制的难度。一方面来讲,一次风、二次风配比还有炉内气流组织对于燃烧稳定性所产生的影响变得更为敏锐,即便是微小的偏差都有可能致使火焰发生偏移或者燃烧效率出现下降的情况;另一方面来说,传统上是以额定负荷作为基础来设定的燃烧控制参数,很难去满足深度调峰的需求,所以必须要借助更加细致、动态且连续的调节办法来维持炉膛温度的均匀以及燃烧的稳定,与此同时还要保证煤粉能够充分燃尽,从而确保机组在低负荷运行的整个期间都能够具备安全性以及经济性。

2.3 汽水系统及主辅设备运行特性变化

在开展深度调峰运行相关工作期间,汽水系统的实际运行工况呈现出频繁变化的态势,其中给水流量以及蒸汽流量均出现了较为明显的降低情况,水动力条件也随之变

得更为恶劣,对于汽包水位以及压力的控制所面临的难度也在不断增大,在这种情形下,传统所采用的控制方式于低流量以及快速负荷发生变化的情况下,很难确保系统各项参数能够维持稳定状态,极有可能会诱发瞬时出现的波动情况以及超出限定范围的现象。在低流量这样的条件之下,汽水分离所能达成的效果有所下滑,汽水分离器还有蒸汽取样装置的工作效率也都降低了,这无疑进一步提高了水位出现波动以及参数发生异常状况的可能性,进而对锅炉实现安全运行形成了潜在的风险隐患。与此像送风机、引风机、给水泵这类主辅设备长时间都处在低负荷或者工况发生变化的运行状态当中,这些设备的运行效率出现了下降的情况,机械振动的频次也变得更为频繁,启停操作的次数有所增加,如此一来,不但加速了机械磨损以及老化的进程速度,而且还对设备的维护周期以及运行管理提出了更高的要求,从整体上而言,其对机组的稳定性、可靠性以及经济性均产生了颇为显著的影响作用。

2.4 深度调峰对机组效率与安全性的影响

深度调峰运行在提升电力系统灵活性的也对机组效率和安全性产生了影响。机组在低负荷区间运行的时间变长,整体发电效率降低,单位电量成本提高,且低负荷运行会造成燃烧不充分和热损失增加,进而影响机组综合经济性。频繁的负荷变化和启停操作加大了设备的热应力和机械应力,特别是锅炉受热面、汽轮机转子以及管道系统在短时间内经受反复升降负荷,容易出现疲劳损伤和局部过热的情况,增加了锅炉、汽轮机及辅机系统的故障风险。与此低负荷以及快速调节对控制系统的响应速度和调节精度提出了更高的要求,若缺少科学的运行管理、合理的调控策略以及实时监测手段,那么深度调峰运行有可能给机组的长期安全性、可靠性以及设备寿命带来较为严重的不利影响。

3 火电机组深度调峰运行存在的主要问题

3.1 超低负荷运行稳定性问题

在超低负荷运行的条件之下,火电机组的各项系统其运行的稳定性出现了较为明显的下滑情况。具体而言,锅炉的燃烧过程不够充分,炉膛的温度也处于偏低的状态,如此一来就很容易诱发火焰出现波动以及燃烧发生中断等状况;汽水系统的调节裕度存在不足之处,相关参数的波动频发,这无疑增加了运行环节所面临的风险。特别是在长时间维持低负荷运行的时段里,该系统对于外界扰动的敏感程度会进一步提升,一旦在控制方面稍有偏差,就很有可能引发运行方面的异常情况,而这恰恰是深度调峰进程当中迫切要去加以解决的核心问题其中的一个。

3.2 频繁变负荷对设备安全的影响

深度调峰运行需要机组有快速且频繁地调节负荷的能力,如此一来,设备便会在短时间内不断承受着始终处于变化状态的热负荷以及机械负荷。就锅炉受热面、汽轮机转子还有管道系统而言,在频繁进行升降负荷操作的过程中,会产生幅度颇大的热应力波动,若长期处于这种运行状态,那么很容易就会出现疲劳损伤以及结构方面的问题。与此辅机系统的启停次数较为频繁,这无疑增加了机械磨损的程度以及故障发生的几率,进而给设备的安全性、与可靠性带来了不小的挑战。

3.3 锅炉-汽轮机协调控制难点

在深度调峰这一特定条件之下,锅炉跟汽轮机相互之间所呈现出的动态响应特性方面的差异会变得更加突出起来,传统的那种协调控制策略往往很难做到同时把快速的负荷响应以及参数稳定的控制这两方面都兼顾好。锅炉在进行燃烧调节的时候,其调节过程存在着一定的滞后性特点,然而汽轮机对于负荷变化的响应速度却比较快,要是两者协调得不够妥当的话,就很容易会出现主蒸汽参数产生大幅度波动的情况,进而对机组的安全运行造成不利的影响。所以,怎样才能够在确保燃烧能够保持稳定状态并且参数也处于安全状况的前提条件之下达成快速的负荷调节目的,这无疑是在深度调峰控制当中所面临的一项颇为棘手的技术方面的难题。

3.4 深度调峰运行中的经济性约束

深度调峰运行时,效率往往会降低,而运行成本却会上升,其中煤耗、厂用电率以及设备维护成本都有所增加,在当前电力市场和调峰补偿机制还不完善的情形下,火电机组参与深度调峰会面临较大的经济性方面的压力,怎样在满足电网调峰需求之时,合理地控制运行成本,提高机组的综合经济效益,是深度调峰运行必须要去面对的一个重要约束条件。

4 火电机组深度调峰控制策略研究

4.1 深度调峰运行总体控制思路

火电机组深度调峰控制要把安全稳定当作前提条件,把提升调节能力以及经济性作为目标,去构建能适应低负荷以及频繁变工况运行的控制体系。在总的控制思路方面,需借助科学优化运行参数设定,像锅炉燃烧参数、汽轮机功率分配还有主辅设备运行状态等,强化各子系统之间的协调性以及整体联动效果,与此同时提升控制系统的灵活性与响应速度,让机组可以在宽负荷范围内达成平稳运行的状态^[1]。在确保安全和稳定的前提下,还要兼顾快速响应电网调度指令的能力,保障机组在面临负荷波动、可再

生能源出力波动以及突发调峰任务的时候可以及时且准确地完成负荷调整,进而实现安全性、灵活性和经济性的有机结合,给新型电力系统的可靠运行给予技术方面的保障。

4.2 燃烧系统优化与稳燃控制策略

针对深度调峰时燃烧稳定性欠佳这一情况,需要着重对燃烧系统的控制策略加以优化。要细致地去调整给煤量、配风的比例以及燃烧器的运行方式,以此来提升炉膛燃烧的稳定性,保证燃料可以彻底燃尽,减少未燃碳的损失以及排放。在低负荷以及超低负荷的工况之下,应当适当地维持炉膛的温度水平,对一次风、二次风还有风速分布予以优化,让火焰的形态变得均匀,燃烧的过程保持稳定,避免出现火焰波动、燃烧偏斜或者局部熄火这类现象^[2]。与此要结合炉膛在线监测所获取的数据以及燃烧动态模型,落实实时调节以及闭环控制的相关举措,强化对于负荷波动以及煤质变化的适应能力,从而为机组实现长期稳定的运行给予可靠的保障,并且在确保安全性得以维持的前提之下,尽可能地提升燃烧的效率以及整体的经济性,进而满足深度调峰运行对于灵活性以及响应速度方面的要求。

4.3 机组协调控制与快速负荷响应策略

机组协调控制这块,要依据深度调峰运行的特点,针对锅炉和汽轮机协调控制参数展开系统优化以及细致调整,以此来改进机组的整体动态响应特性以及运行稳定性。借助合理安排负荷调节任务,达成锅炉燃烧调节同汽轮机功率响应的协同匹配,既能确保主蒸汽压力、温度还有再热蒸汽参数的稳定,又能提升机组应对负荷变化的快速响应能力^[3]。在这个过程里,得充分考量锅炉热惯性、汽轮机转动惯量以及辅机设备的状态,通过引入预测控制和自适应调节策略,强化机组对短时负荷波动的适应能力,进而提高负荷变化速率以及调节精度,保证在频繁调峰以及快速负荷变化的条件下,机组既能满足电网调度的灵活性需求,又能保持长期运行的安全性与经济性,实现深度调峰运行目标的成功落地。

4.4 辅机系统优化与节能控制策略

辅机系统在机组开展深度调峰运行期间,其对于机组的安全性、可靠性以及经济性而言,有着不容忽视的重要影响。对送风机、引风机、给水泵以及其他辅机设备的运行方式进行优化,依据负荷变化的特点,合理运用变频调节以及智能控制技术,如此便能够有效地将低负荷以及频繁调节工况之下的能耗水平降下来,进而提升机组的整体运行效率。与此需强化针对辅机运行状态所展开的实时监测以及故障诊断工作,及时且精准地掌握设备的振动、温

度、压力等一系列关键参数的变化情况,尽力避免那些不必要的启停操作以及过度的调节行为,借此减缓设备的磨损速度,延长设备的使用寿命,最终提高系统的可靠性。在此基础之上,借助辅机系统和主机之间相互协调并联动起来的方式,便可以达成能量利用的最大化以及节能控制的最优化,从而为深度调峰运行给予安全、经济并且高效的支撑与保障,保证机组在灵活应对电网调度需求之时,仍能维持一种长期稳定且可靠的运行状态。

5 结语

火电机组开展深度调峰运行,是适应新能源大规模接入的情况、电力系统灵活性方面的需求持续提升时的重要举措。仔细分析深度调峰运行所呈现出的特性、当前存在的各类问题以及相应的控制策略,能够发现,唯有把保障机组安全且稳定地运行当作前提条件,同时不断地去优化控制策略以及运行管理的方式方法,才能够让火电机组在

新型电力系统里面充分地发挥出其调节方面的作用。与之相关的诸多研究以及实际的操作经验,对于促使火电机组从传统的电源朝着灵活电源的方向实现转型而言,有着极为重要的意义。

【参考文献】

- [1]程晓东.火电厂集控运行及机组协调控制策略研究[J].应用能源技术,2022(5):1-3.
- [2]冯文嵩,闫晶.火电机组深度调峰运行阶段风险管理及策略[J].中小企业管理与科技,2023(1):115-117.
- [3]张美君.燃煤电厂锅炉机组深度调峰运行优化方法研究[J].电气技术与经济,2024(9):295-297.

作者简介:傅金(1994.10—),男,毕业院校:青岛理工大学,学历:本科,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:华能日照电厂,职务:运行部集控主值,年限:2年,助理工程师。

配电电缆接头故障预防措施研究

吕爽¹ 丁楠²

1. 国网天津市电力公司城西供电分公司, 天津 300181

2. 中共国网天津市电力公司委员会党校 (国网天津市电力公司培训中心), 天津 300181

[摘要] 施工工艺不规范、密封防水性能不足及运行维护不到位是造成接头故障的主要因素。为提高电缆接头的运行可靠性, 文中从施工前人员、环境及材料要求入手, 详细分析了剥切、尺寸控制、绝缘处理、应力控制及接地处理等关键工艺环节, 并提出针对高地下水位环境的冷缩中间接头防水改进措施, 显著提升了接头的防潮能力。研究结果对完善配电电缆接头安装工艺和提升城市电网运行安全性具有重要的工程指导意义。

[关键词] 配电电缆接头; 故障预防; 施工工艺; 密封防水

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18326

中图分类号: TM71

文献标识码: A

Research on Preventive Measures for Distribution Cable Joint Faults

LYU Shuang¹, DING Nan²

1. Chengxi Power Supply Branch of State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin, 300181, China

2. CPC State Grid Tianjin Electric Power Company Committee Party School (State Grid Tianjin Electric Power Company Training Center), Tianjin, 300181, China

Abstract: The main factors causing joint failures are non-standard construction technology, insufficient sealing and waterproof performance, and inadequate operation and maintenance. In order to improve the operational reliability of cable joints, this article starts from the requirements of personnel, environment, and materials before construction, analyzes in detail the key process links such as stripping, size control, insulation treatment, stress control, and grounding treatment, and proposes waterproof improvement measures for cold shrinkage intermediate joints in high groundwater environments, significantly enhancing the moisture-proof ability of joints. The research results have important engineering guidance significance for improving the installation process of distribution cable joints and enhancing the safety of urban power grid operation.

Keywords: distribution cable joints; fault prevention; construction technology; waterproof sealing

1 配电电缆接头制作的前期要求

(1) 人员要求

电缆头制作技术高低, 直接决定电缆附件能否达到和电缆本体相同的使用寿命。所以, 安装人员技术水平非常重要。通过责任考核制度的确立, 电缆接头制作者必须通过相关培训和资质认证, 熟悉电缆附件安装的标准工艺要点和规范, 以持证上岗的方式确保每个施工项目规范化, 从源头提高电缆接头的质量。

(2) 环境要求

电缆接头制作应在一定条件的作业环境下进行, 应当保证环境湿度低于 70%^[1], 雨天、大雾天禁止作业, 一定要确保作业环境整洁, 不能在积水、积灰等严重影响施工质量的环境下操作。如果环境不洁净, 绝缘表面容易有水分、灰尘等杂质, 可能会引起主绝缘出现局部放电。

清洁对于电缆接头的制作是非常重要的, 剥开电缆后, 接头质量会受到环境中的潮气、杂质、灰尘等影响, 暴露时间越长越容易被侵入。所以应在确保工艺质量达标的情况下尽可能地缩短作业时间, 作业前应当做好各项准备, 保证制作过程准确流畅, 减少不必要的动作。

(3) 材料要求

电缆接头制作前应根据电缆的结构、型号、电压等级等明确所需电缆附件材料的类型, 检查附件是否合格, 有无缺陷。特别是冷缩附件, 由于保质期较短, 应注意检查是否过期。

2 配电电缆接头制作的关键工艺

(1) 剥切工艺

交联聚乙烯电缆的绝缘对绝缘微孔杂质、半导体层微孔及突起尺寸的要求非常高^[2], 当主绝缘、外半导体层被

划伤时,相当于绝缘内微孔杂质、半导体层微孔尺寸等都会被人为扩大,这就导致绝缘击穿电压降低。所以具体制作过程中,应按照工艺及标准严格控制用刀的力度。

①在剥切时应确保位置准确,并做好其它部位的防护,每剥除一层不可伤及内层结构,特别是不能伤及主绝缘。

②剥切铜屏蔽层时,最大的问题是容易划伤半导体层和绝缘层,在伤口处造成电场畸变,将电缆击穿。应用细扎丝或恒力弹簧扎好,使图1所示断口处不产生尖角毛刺。



图1 铜屏蔽断口处理

③剥切外半导体层时,不能划伤主绝缘。外半导体切断处是电力线最为集中的地方,所以保证这个地方的圆滑平整非常关键,如图2所示。尺寸要严格按照安装说明书要求,半导体断口应平滑过渡,不能有台阶或突起,更不能在绝缘表面留有刀痕,否则会引起局部电场畸变,引发电树枝。在半导体断口倒30°斜坡,用砂纸仔细打磨光滑,直到无棱角和凹坑,否则此处会存在局部放电,留下事故隐患。



图2 外半导体断口处理

(2) 尺寸控制

①外半导体层尺寸控制

外半导体层剥切过长或过短都会影响应力锥和半导体层断口搭接位置,尺寸超过偏差会造成电场分布不符合厂家设计,尺寸偏差严重会导致安装后应力锥错位,图3所示冷缩中间接头外半导体层剥切尺寸过长,导致接头主体应力锥和半导体断口错位,该部位的电场将严重畸变,

在运行中必定会发生故障。



图3 外半导体剥切过长导致应力锥错位

②电缆绝缘剥削尺寸控制

电缆绝缘剥切过长会造成导体压接管与电缆绝缘断口间存在超出标准的空气间隙,易发生局部放电现象。

③应力锥安装尺寸控制

应严格按照安装工艺要求做好定位标记,若接头绝缘主体安装时造成应力锥错位,应力锥没有与电缆外半导体层断口进行有效搭接,从而失去电场屏蔽作用。与外半导体层尺寸控制不良的后果相同。

(3) 绝缘处理

①电缆绝缘层表面应用细砂纸打磨,确保表面没有任何刀痕,也没有半导体材料残留。清洁绝缘层表面时,一定要用清洁纸由导体一侧开始向外半导体屏蔽层的方向清洗,不可来回反复,目的是避免将半导体颗粒等杂质带回绝缘层,严禁用接触过半导体屏蔽层的清洗纸清洗主绝缘层表面。

②待清洁剂挥发后,在绝缘层表面和外半导体层与绝缘层搭接处均匀涂抹硅脂,不得遗漏。硅脂可以填平绝缘层表面的划痕、刀伤,以及半导体断口处与主绝缘之间的间隙,以填充气隙排出内部气体,减少局部放电的可能。同时可以起到润滑和散热的作用。硅脂黏度比较大,所以在涂抹过程中一定要注意避免沾染灰尘和异物。

(4) 应力控制

这是电缆接头制作的核心环节之一,主要是改善电缆接头内部电场的分布及电场强度,是后期接头稳定可靠运行的重要工艺环节。以电缆终端为例,外半导体屏蔽断口是电场畸变现象最严重的区域,而中间接头还需考虑末端绝缘断开位置。为了改善接头内部电场的集中,目前主要有两种解决办法,一种是采用几何型电应力控制,另一种是参数型电应力控制。

①几何型电应力控制方法

此方法通过改变电场集中处的几何形状,从而降低该处的场强。

a.采用应力锥缓解电场应力集中

应力锥是一种具有喇叭口几何形状的结构,是采用硅橡胶材料,在工厂通过模具制作成型。电缆附件安装完成后,应力锥紧密搭接在电缆外半导电断口处,和外半导电层同样处于低电位位置,相当于将外半导电断口处进行延伸,这样原本集中在外半导电断口处的电力线会沿应力锥的几何形状进行均匀分布,改善电场分布,降低了局部放电的可能性,减少了对绝缘的破坏,保证了电缆的运行寿命。

为了分析电缆附件电场情况,通常用电力线及等电位线(等位线)来形象化的表示电场分布状况。如图4所示为有无应力锥时的电力线和等位线分布示意图,电力线与等位线垂直相交(正交),用电力线分析电场时,电力线集中的部位电场强度高;用等位线分析电场时,曲率半径愈小的地方场强越高。

在安装应力锥时,应注意安装尺寸,电缆外半导电断口必须与应力锥有效搭接,否则将起不到改善电场分布的作用。

b.制成反应力锥(铅笔头)

对于热缩型接头附件,为了有效控制电缆本体绝缘末端的轴向场强,绝缘端部必须削成锥体(铅笔头),即制成反应力锥。在制作铅笔头时,一般采用专用切削工具进行切削,基本成型后,再用2mm厚的玻璃修刮,最后将用砂纸由粗至细进行打磨抛光,直至锥面光滑。因为锥面的长度远大于绝缘端部直角立边的长度,故而沿着锥面的切向场强远小于绝缘直角边的切向场强,沿锥面击穿的可能性大大降低,从而提高了接头的性能。

如果所安装接头为冷缩接头,主绝缘端部不必削成锥体,因为这种类型的接头,在接头内部中间部分都有一根

屏蔽管(法拉第笼),该屏蔽管的长度大于连接管,如误将线芯绝缘削成锥体,连接管两侧锥体根部将离开屏蔽管,连接管两侧的空隙将不会被屏蔽,影响了接头的性能,容易造成接头在中部击穿。

②参数型电应力控制方法

随着高分子材料的发展,不仅可以用几何形状来解决电缆外半导电屏蔽断口处电场集中分布的问题,还可以采用高介电常数材料制成的应力控制管(应力管)安装在电缆外半导电断开处的绝缘表面,增加表面电容,降低表面容抗,从而降低表面电位,改变绝缘表面的电位分布,从而改善电场。

图5为有无应力管时的电场分布,应力管是采用介电常数为20~30,体积电阻率为 $106\sim 108\Omega\cdot\text{cm}$ 材料制作而成,安装电缆附件时,将应力管安装在外半导电断口处,从而在断口处形成一个不同介电常数的界面,使电力线在这个界面上产生折射,从而达到疏散电场应力的作用。

在实际安装过程中,应先用应力疏散胶将外半导电断口与绝缘处的台阶填平,各搭接5~10mm,然后套入应力管,为了防止应力管在热缩时与外半导电层脱离,应保证两者的搭接长度在20mm左右,然后再加热收缩固定。

(5)接地处理

在采用恒力弹簧压接地线以及铜编织网时,应对钢铠和铜屏蔽接地处进行打磨处理,去除氧化层和漆料,减小接触电阻。如果未打磨或打磨不到位,正常运行时的电容电流经铜屏蔽接地,会使电缆接头处发热,对绝缘有明显破坏作用,导致电缆故障。另一方面,当接地电阻过高时,接地保护选线装置灵敏度不足,甚至接地保护不动作,导致故障处理不及时,扩大故障范围。

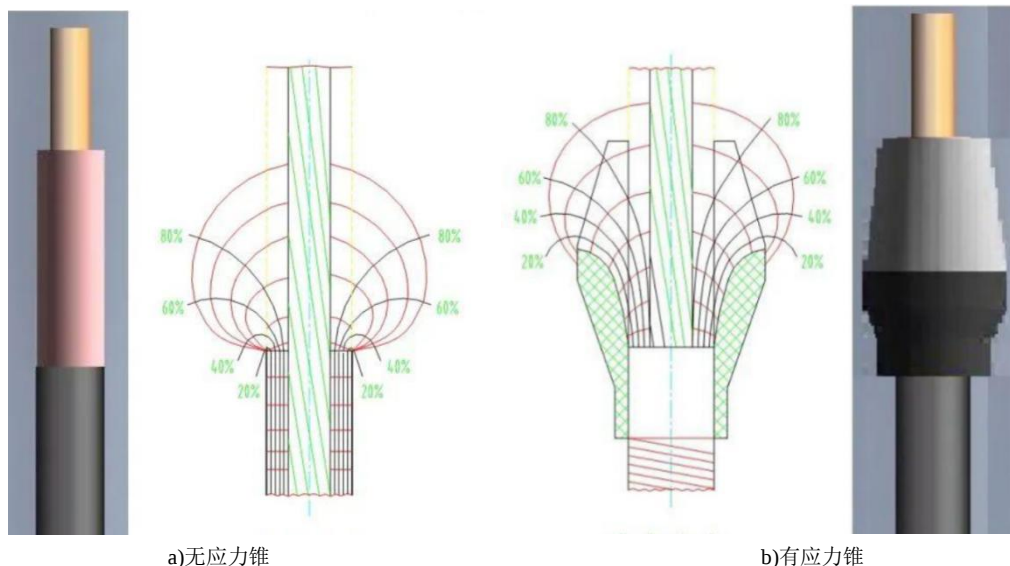


图4 有无应力锥的电力线和等位线分布示意图

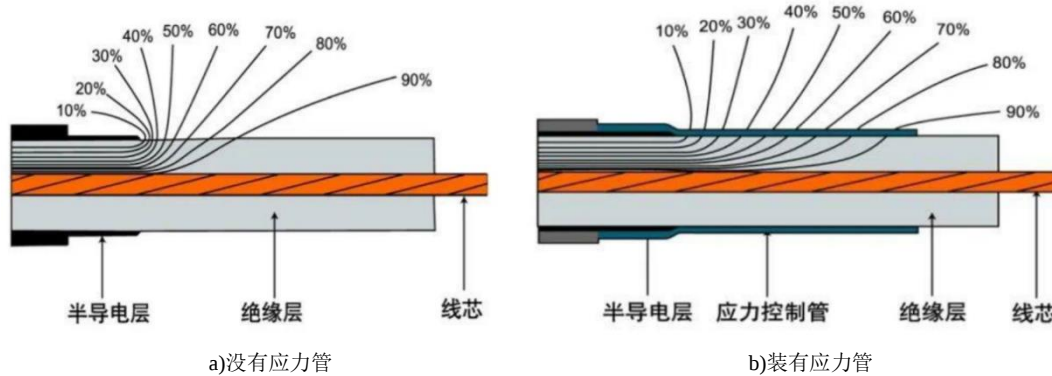


图5 有无应力管的电场分布

由于实际应用中电缆故障大多使用声磁同步法进行定点,如果接头位置地线处理不到位,也会导致放电现象,从而干扰故障的定点,给故障探测工作增加了难度。

另外,电缆接头制作时一定要确保钢铠地线和铜屏蔽地线是相互独立、相互绝缘的,这样做的原因是可以方便地检测内护套绝缘的优劣。具体检测时可对钢铠和铜屏蔽之间施加一定的电压来判断内护套绝缘是否达到标准。

(6) 密封问题

对于一套安装成功的电缆附件,密封好坏是关键因素之一。特别是对户外终端和中间接头,长期在户外各种条件下运行,一旦因为密封不良很容易导致进水受潮。随着技术的进步,防水密封的方法越来越多,有的直接使用保护盒,内部灌树脂;有的用热缩管加热熔胶;有的直接使用防水带材绕包等,并且在有些厂家的安装工艺中还用特殊胶黏剂或密封填充胶将进水通道堵死。我们在附件安装过程中要注意使用这些材料和方法达到真正的密封效果。

3 冷缩中间接头密封防水改进方案

由于水分有极强的渗透性和扩散性,当接头内部出现水分时,就会顺着导体线芯连接管、接头内半导体层、接头绝缘层、接头外半导体层以及铜屏蔽层逐渐扩散、渗透。如果接头位置密封效果不好,还会因为呼吸作用导致环境中的水分、潮气进入,逐渐侵入到接头主体与电缆主绝缘的复合界面处。此外,如果电缆外护套在敷设或施工过程中受到破坏,水分潮气甚至会沿着铜屏蔽层继续向内部渗透。在高电压的影响下,这些水分潮气很快能引发接头沿面放电、闪络放电等问题,最终导致绝缘击穿故障^[3]。

冷缩中间接头是利用冷缩硅橡胶本身的弹性在工厂预先扩张好放入塑料支撑条,到现场套到指定位置,抽掉支撑条使其自然收缩,其密封性能比热缩中间接头要差。为进一步提高现有冷缩中间接头的防水性能,以满足在地下水水位特殊运行环境下的实际运行要求,确定了从接头

主体内部和外部两方面予以改进。

(1) 接头主体内部防水改进

针对电缆线芯内部有水分或潮气的情况,为阻止水分或潮气通过电缆绝缘端部渗透到接头主体与电缆绝缘之间的界面,考虑将铜连接管端部进行倒长斜坡(约10mm)处理,同时将电缆绝缘端部处理成长度为5mm、直径为($D \sim 10$)mm的台阶,然后在铜连接管与电缆绝缘端部之间的间隙处绕包密封胶带,填平铜连接管两端与电缆绝缘之间的间隙,然后在两端电缆绝缘之间半搭叠绕包半导体带,绕包外径略小于电缆绝缘外径,最后在半导体带末端收口处绕包两圈50mm宽黑色PVC胶黏带(注意:绕包半导体带时应确保半搭叠可靠,最后绕包PVC胶黏带时应确保绕包完后的切口黏接牢靠),如图6所示。

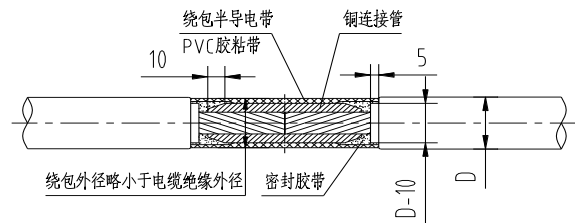


图6 内部防水改进示意图

(2) 接头主体外部防水改进

针对接头主体长期在浸水环境下运行的特殊情况,为阻止接头主体外部的水分或潮气通过接头主体端部渗透到接头主体与电缆绝缘之间的界面,考虑在原有产品安装工艺要求(即在接头主体两端分别绕包防水带和半导体带)的基础上,再在接头主体外部增加收缩一根热缩管,热缩管内壁应涂热熔胶,热熔胶能使热缩管在加热收缩后界面紧密结合,增强密封、防漏和防潮效果。

热缩操作应使用装上热缩喷嘴的液化气喷枪,喷枪火焰应是内层呈蓝色,外层呈黄色,注意火焰要散开,使热缩管温度达到120~140℃。同时要注意火焰方向,一般

控制火焰与热缩管轴线呈 45° 夹角为宜。应沿着圆周方向均匀加热，缓慢向前推进，加热时必须不断移动火焰，不得对准局部位置加热过长时间。热缩管热缩后表面应光滑、平整，无烫伤痕迹，内部不应有气泡。

热缩管两端分别盖过接头主体端部，与电缆绝缘屏蔽层搭接约 100mm，然后在热缩管端部半搭叠绕包 5 层防水带，防水带两端分别与热缩管和电缆绝缘屏蔽层搭接约 50mm，最后在防水带外部再半搭叠绕包 3 层 50mm 宽黑色 PVC 胶黏带。如图 7 所示。

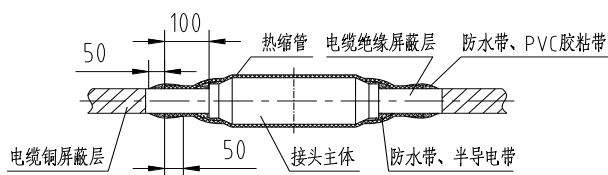


图 7 外部防水改进示意图

4 电缆接头后期运行维护应注意的问题

(1) 不要长时间过负荷运行

因为电缆接头是配电网线路中最为薄弱的位置，如果电缆过负荷运行，会导致电流增大，接头发热，长期处于过热环境下会极大的影响接头的寿命，造成接头击穿放电，影响电缆线路的可靠运行。

(2) 做好电缆接头的温度监测工作

电缆表面、电缆接头、其周围温度应定期检测并做好记录。当测得电缆接头温度不正常或超过 70°C 时，必须绘制温度及负荷变化曲线，分析其原因，并采取相应的措施消除缺陷。电缆同地下热力管道交叉或接近时，必须进行特殊的温度监视。

(3) 加强对电缆接头标识的管理

应保证电缆竣工图纸资料齐全，特别是电缆敷设、接头制作必须要有施工记录和测绘图纸，图纸中电缆接头位置必须与实际位置相符。在电缆接头埋设正上方应设置清晰牢固的标识牌或标识桩，并对这些标志标识及电缆通道定期进行巡视，确保标识完整齐全，电缆通道上有无施工动土痕迹，以防施工对电缆造成外力破坏。

(4) 做好电缆接头缺陷的管理

在日常巡视或带电检测中发现的电缆接头隐患缺陷，应及时上报电缆运检部门，并将缺陷记录到巡视记录本中，并根据隐患缺陷的严重程度和性质分类，确定处理的时限。

(5) 应定期检查电缆沟及隧道内有无积水

应检查排水系统是否完好，能及时排出积水，设有集水

井应实施机械排水，防止电缆及接头受潮或进水，特别在北方冬季，防止冻伤电缆及接头。同时应检查电缆保护管管口位置封堵是否完好，通风设施是否完好，应符合设计规范。

(6) 对于备用电缆应保证“热备用状态”

对于备用电缆应保证“热备用状态”，即电缆处于通电状态，保护投入运行，避免电缆及接头由于呼吸作用进水受潮，尤其冬季要特别注意这一点，避免因防护不足造成电缆及接头等被冻坏，再次投运时试验不合格，无法送电。

5 结论与展望

电缆接头制作工艺的规范性与密封性能的可靠性，是保障配电网安全运行的关键因素。本文从施工准备、工艺控制、密封改进及后期维护四个方面提出了针对性的防范措施。研究表明，严格控制剥切、绝缘处理和应力分布工艺，能够有效防止局部放电和电场畸变现象；在接头安装中优化尺寸控制和接地处理，可大幅降低击穿与过热风险。此外，针对地下水位高、湿度大的运行环境，本文提出了冷缩中间接头的内外双层密封防水改进方案。

然而，随着配电网规模不断扩大、负荷密度持续上升，电缆运行环境更加复杂，传统的施工管理与维护检测方式仍存在局限。未来研究应进一步结合智能监测与大数据分析技术，构建基于状态评估的电缆接头健康管理系统，实现对运行状态的实时监控与风险预测。同时，应加强新型高性能绝缘材料和自愈合密封结构的研发，以提升接头的长期稳定性和环境适应能力。此外，还需完善行业标准体系与施工培训机制，推动从经验型管理向标准化、数字化与智能化转变。通过技术创新与管理优化的协同推进，配电网电缆接头的安全性、可靠性将得到进一步提升，为城市电网的安全稳定运行提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]黄晋华.电气装置安装工程施工与验收 1000 问[M].中国:电力出版社,2005.
 - [2]范玉军.高压 XLPE 绝缘电缆中微孔、杂质及界面突起尺寸限值研究[J].电线电缆,2019(6):7-9.
 - [3]尤占山,胡超强,许翠珊,等.交联聚乙烯绝缘电缆防水的必要性与措施[J].粘接,2019,040(12):136-139.
- 作者简介:丁楠(1994.6—),女,学历:硕士,毕业院校:华北电力大学,所学专业:电气工程,目前职称:工程师;吕爽(1993.8—),性别:男,学历:硕士,毕业院校:华北电力大学,所学专业:电气工程,目前职称:工程师。

建筑电气接地系统与雷电防护的协同设计及性能验证研究

赫军硕

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在现代建筑中，电气接地系统与雷电防护系统是确保电气安全和建筑整体运行稳定性的两大重要环节。接地系统能够有效导泄电气设备运行中产生的故障电流，而雷电防护系统则能在遭遇雷击时提供泄流通道，降低电气设备与建筑结构遭受损坏的风险。然而，在实际工程应用中，接地与防雷往往独立设计，缺乏系统性考虑，容易导致资源浪费甚至功能冲突。文中基于建筑电气安全的整体需求，提出接地系统与雷电防护的协同设计思路，并从理论分析、设计原则、技术实现和性能验证四个层面展开系统研究。通过对接地电阻、等电位连接、泄流通道布局等关键参数的研究，结合电磁仿真与现场测试方法，验证协同设计的性能优势。研究结果表明，协同设计不仅能提升系统整体的安全性与可靠性，还能在降低建设成本、提高运行效率方面发挥重要作用，为建筑电气安全提供了可行的技术路径。

[关键词]建筑电气；接地系统；雷电防护；协同设计；性能验证

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18328

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Collaborative Design and Performance Verification of Building Electrical Grounding System and Lightning Protection

HE Junshuo

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In modern architecture, electrical grounding system and lightning protection system are two important links to ensure electrical safety and overall operational stability of the building. The grounding system can effectively conduct and discharge the fault current generated during the operation of electrical equipment, while the lightning protection system can provide a leakage channel in the event of lightning strikes, reducing the risk of damage to electrical equipment and building structures. However, in practical engineering applications, grounding and lightning protection are often designed independently, lacking systematic consideration, which can easily lead to resource waste and even functional conflicts. Based on the overall requirements of building electrical safety, this article proposes a collaborative design approach between grounding systems and lightning protection, and conducts systematic research from four levels: theoretical analysis, design principles, technical implementation, and performance verification. By studying key parameters such as grounding resistance, equipotential connection, and discharge channel layout, combined with electromagnetic simulation and on-site testing methods, the performance advantages of collaborative design are verified. The research results indicate that collaborative design can not only improve the overall safety and reliability of the system, but also play an important role in reducing construction costs and improving operational efficiency, providing a feasible technical path for building electrical safety.

Keywords: building electrical; grounding system; lightning protection; collaborative design; performance verification

引言

随着建筑规模 and 功能的不断扩展，电气系统的复杂性与运行风险逐渐增加。接地系统与雷电防护系统作为电气安全保障的核心环节，其设计水平直接关系到建筑的运行安全与人员生命财产安全。传统工程中，这两类系统往往分别设计和实施，忽视了两者的耦合关系，导致在某

些情况下出现冗余或冲突。例如，接地电阻未能与防雷需求匹配时，可能导致雷电电流泄流不畅，增加电气设备损坏的概率。因此，探索接地系统与雷电防护的协同设计，已成为建筑电气安全领域的重要课题。本文结合现有标准与工程实践，提出系统化的协同设计方法，并通过实验与仿真验证其有效性，旨在为建筑电气工程提供

新的技术支撑。

1 建筑电气接地系统与雷电防护的基本原理

1.1 接地系统的功能与构成

接地系统是建筑电气安全的基石,其作用不仅仅是单一的电流泄放通道,而是通过不同形式的接地来构建一个多层次的安全屏障。保护接地的目的在于避免人体因设备漏电或外壳带电而遭受触电危险,保证人身安全;工作接地用于稳定系统的参考电位,保证电气设备在正常运行状态下电压的对称性和稳定性;防雷接地的任务是为雷电流提供快速有效的泄流通路,防止雷击电流侵入系统;功能接地则多应用于弱电或通信系统,用于提升电磁兼容性和抗干扰能力。一个完整的建筑电气接地系统通常需要兼顾上述多种功能,因此如何在统一网络中兼顾多种需求成为系统设计的重要难点。

1.2 雷电防护系统的工作机理

雷电防护系统的构成涵盖了拦截、导流和分散雷电能量的全过程。接闪装置的作用是优先与雷电通道建立连接,避免雷电直接击中建筑物脆弱部位;引下线则负责将雷电流安全导入大地,要求路径短、直且均匀分布,以降低电感效应;接地体则是雷电能量最终的释放环节,其电阻值与分布直接决定了雷电防护系统的有效性。内部防护包括等电位连接和浪涌保护装置,前者通过消除电位差降低雷电磁脉冲影响,后者则通过限制过电压幅值保护设备安全。外部与内部防护的协同作用,使得雷电防护系统能够从建筑外部结构到内部设备形成全方位保护。

1.3 接地与防雷的耦合关系

接地与防雷并非两个孤立系统,而是一个有机整体。雷电流泄放依赖接地体的低阻通道,而接地系统在遭遇大电流冲击时又必须具备承受能力。如果接地电阻过高,雷电流将难以快速释放,可能导致反击现象,使电压升高并危及电气设备安全。另一方面,若接地体分布不合理,雷电流分配不均,还可能产生电位反击和跨步电压,造成二次危害。正因如此,接地与防雷系统的协同设计成为建筑电气安全中不可或缺的核心环节。

2 协同设计的理论基础与原则

2.1 统一的接地网络构建

在协同设计的理念下,建立统一的接地网络是关键。通过将保护接地、工作接地、防雷接地和功能接地整合为整体,可以减少重复施工,提升空间利用效率。统一接地网络不仅能够降低不同接地体间的电位差,还能通过多点互联方式分散雷电流,降低单点冲击压力。理论研究和工程实践表明,统一接地系统有助于提升电气装置的动作灵

敏度和防雷系统的整体可靠性。

2.2 接地电阻与雷电流分布的匹配原则

接地电阻是评价接地系统性能的核心参数。在协同设计中,接地电阻的目标值应满足两个条件:一是低压电气系统的保护动作要求,确保漏电保护装置能在短时间内动作;二是雷电防护的泄流需求,保证雷电流在最短路径内有效分散。若接地电阻偏高,电气设备和人员都可能暴露在危险之中;若接地电阻过低,则可能造成过度投资和施工难度。通过优化接地体布设和选材,可以在技术与经济之间找到平衡点,使接地电阻与雷电流分布达到合理匹配。

2.3 电磁兼容性与系统稳定性要求

雷电流泄放会在建筑内部产生强烈的电磁干扰,对敏感设备造成威胁。为此,协同设计必须将电磁兼容性纳入考量。通过优化接地体布局、增加屏蔽措施、强化等电位连接,可以减少电磁干扰的幅度,提升系统稳定性。同时,系统应具备抗冲击能力,确保在遭受多次雷击或大电流冲击后依然保持功能完整。这种兼顾电磁兼容性和长期稳定性的设计原则,是现代建筑电气系统安全运行的关键。

3 协同设计的技术实现路径

3.1 接地体的合理布设

接地体的设计不仅影响接地电阻,也直接决定雷电流的泄放效果。在高层建筑中,基础钢筋接地体因覆盖范围广、接触面积大而成为优选方案。通过将其与人工垂直接地极或水平接地带结合,可以形成复合接地体,进一步降低接地电阻。协同设计要求接地体布设均匀,避免局部集中而导致电流分布不均。合理的接地体布设,还应考虑土壤电阻率的差异,通过在高电阻率区域增加接地极数量或采用改良剂,保证整体接地性能。

3.2 等电位连接的实现方式

等电位连接是协同设计中的核心措施。建筑内部金属管道、钢结构、设备外壳都应统一连接至总等电位端子,以消除电位差。对于弱电系统和精密电子设备,需设置局部等电位连接,通过隔离变压器或浪涌保护装置进一步减少雷电磁脉冲影响。通过总等电位和局部等电位的结合,可以有效减少跨步电压和接触电压的风险,提高建筑内部设备的运行稳定性。

3.3 雷电防护与接地结合的施工工艺

施工阶段的规范化直接关系到系统的最终性能。接闪器应均匀布设在建筑顶部,确保雷电能量被有效拦截;引下线应保持路径短而直,与接地体形成可靠连接,减少感应电压和反击风险。焊接处需保证导电性和机械强度,防止因接触不良导致电阻增加。协同设计要求在施工过程中

严格执行质量标准,通过全过程监督和检测,确保设计目标落地。

4 性能验证的方法与手段

4.1 电气参数测试与分析

在接地与防雷系统的性能检验中,接地电阻、电位分布和泄流能力是最为关键的指标。通过接地电阻测试仪在不同位置进行测量,可以直观反映接地系统的整体性能,判断其是否符合设计标准与安全要求。电位分布测试则侧重于验证等电位连接的实际效果,如果建筑内部存在较大的电位差,极有可能在特殊情况下引发触电或设备损坏风险。通过测试电位分布,可以有效避免危险差值的存在,提升整体防护的可靠性。泄流能力的验证通常依靠电流互感器与记录设备来完成,在模拟雷电冲击的条件下,监测电流是否能够顺利分流与导出,以确保系统具备足够的承受与释放能力。这些核心指标的综合分析,为系统性能的全面评估提供了有力支撑,使协同设计的安全性与可靠性能够在实际运行中得到切实保障。

4.2 电磁仿真与数值计算

利用电磁仿真技术,可以在设计阶段直观展现雷电流在系统中的分布情况,从而更全面地评估潜在风险。通过对不同接地布设方式和材料选择进行模拟,设计人员能够清晰了解其对防护效果的影响,为方案的科学性提供有力支撑。数值计算方法的引入,使得系统可以建立等效电路模型,对复杂工况进行定量分析。通过对极端条件下电气性能的评估,能够提前判断系统的承受能力,避免在实际运行中出现意外失效。仿真与计算的结合不仅显著降低了依赖大规模实物试验的需求,减少建设与试验成本,还为后续的设计优化提供了坚实的理论依据。在这一过程中,设计人员可以根据仿真结果不断调整参数,使协同设计更加精细化与高效化。借助电磁仿真,接地与防雷系统的可靠性与安全性得到进一步提升,也为智慧建筑与智慧城市的发展奠定了坚实基础。

4.3 现场雷击试验与长期监测

在条件具备的情况下,人工模拟雷击试验是一种直观而有效的验证方式,通过施加高电流冲击,可以直接检验接地与防雷系统在极端条件下的响应表现,确保其在关键时刻能够发挥应有的防护作用。这类试验能够为设计提供可靠依据,也为后续优化积累宝贵经验。长期运行阶段,则需要依靠在线监测装置对系统状态进行实时追踪。通过对接地电阻和电位变化的连续记录,形成完整的数据曲线,技术人员能够清晰掌握系统在不同时间段的运行特征。将这些长期监测数据与设计初始值进行对比,可以有效发现

系统退化趋势,并在问题尚处于早期阶段时采取针对性的维护措施,从而避免风险扩大。动态验证方式让协同设计不再停留于理论或建设阶段,而是在实际运行中持续接受检验与改进,使系统的安全性和可靠性始终保持在最佳状态。

5 协同设计的应用价值与发展方向

5.1 安全性与可靠性的提升

协同设计在建筑安全管理中具有不可替代的重要作用,其最大价值体现在对安全性的全面提升。通过将接地网络统一规划,并结合科学合理的防雷布局,建筑能够在遭遇雷击或出现电气故障时保持运行的稳定性。系统内部形成了完整的防护链条,使电流能够被快速引导和释放,从而有效减少危险积聚与扩散的可能。事故发生概率因而得到大幅度降低,为建筑内部人员与设备提供了更加可靠的安全屏障。可靠性的提升不仅意味着系统本身的防护性能更为坚固,还代表建筑整体具备更强的外部适应能力,在极端天气或复杂环境中依然能够维持正常运转。通过这种方式,协同设计不仅守护了建筑的使用安全,也为城市公共安全体系注入新的支撑力量,使建筑在智能化与现代化发展的道路上更加稳固与长久。

5.2 资源利用与经济效益

接地与防雷的协同设计在工程建设中展现出显著的经济价值。通过将两套系统进行统筹规划,可以有效避免重复建设的问题,使材料和人工投入得到最大化利用,从而大幅度节省施工成本。在工程实施过程中,统一的设计方案能够减少资源浪费,施工效率也会随之提高,使项目整体进度更加可控。进入运行维护阶段后,协同系统的优势进一步凸显,因其结构简洁、功能整合,管理复杂度显著降低,长期维护费用得以有效控制。管理人员在统一平台上即可完成检测与维护工作,不仅减少了人力投入,还降低了潜在的运维风险。从经济效益的角度来看,协同设计体现出投资小、回报高的特点,既能在初期建设中节约资金,又能在长期使用中获得持续收益。随着智慧建筑和智慧城市的发展,这种模式将成为实现高效、安全与经济统一的重要路径。

5.3 未来发展方向

随着智能建筑和智慧城市的不断推进,接地与防雷协同设计正在与信息化技术深度融合。借助物联网,可以实现对系统运行状况的实时监测,让隐患在最早阶段被发现与处理;通过大数据与人工智能的应用,运行规律得以深入挖掘,系统能够在预测和优化中不断提升性能,逐步向更高水平的智能化方向发展。这种融合不仅提高了防护的

精准性与可靠性,也使得运维方式更加高效。未来的研究还应更加重视绿色环保理念,将可持续发展思想融入到材料选择与施工方式之中,推动节能与环保的目标实现。新型环保材料与科学施工方法的应用,不仅能降低资源消耗,还能减少对生态环境的影响,使协同设计在保障安全性的同时实现生态价值。通过这种路径,接地与防雷协同设计将在智慧城市建设中发挥更为持久和全面的作用。

6 结论

建筑电气接地系统与雷电防护系统的协同设计,已经成为提升建筑电气安全与运行可靠性的必然趋势。在设计过程中,通过建立统一的接地网络、合理控制接地电阻、实现可靠的等电位连接,能够使防护体系更加完善。结合电磁仿真技术与现场测试进行多维度性能验证,不仅提升了系统在极端条件下的安全性,也提高了整体的经济性。研究表明,这种设计方式在满足现代建筑安全需求的同时,还在资源节约与运行效率方面展现出明显优势。统

一规划使得材料和人工投入更为合理,长期运维成本也因此得到有效控制。随着信息技术的快速发展以及智能建筑理念的深入应用,接地与防雷系统的协同设计将不断向智能化和标准化方向演进。未来,这一设计理念将为建筑电气工程的高质量发展提供坚实支撑,并为智慧城市建设奠定更为可靠的安全基础。

【参考文献】

- [1]王磊.建筑电气接地与防雷系统一体化设计探讨[J].建筑电气,2021(6):45-50.
- [2]李娜.雷电防护与接地系统的协同设计研究[J].电气应用,2022(4):76-82.
- [3]张宏伟.基于仿真技术的建筑接地与防雷系统性能分析[J].建筑技术开发,2023(5):60-65.

作者简介:赫军硕(1991.9—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

商业综合体建筑电气负荷预测模型构建与供配电方案研究

刘世强

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]商业综合体作为集购物、餐饮、娱乐、办公等多功能于一体的现代化建筑，其电气负荷具有多样性、波动性和复杂性。负荷预测的准确性直接影响供配电系统的安全性、经济性与可靠性，而供配电方案的优化则是保障能源利用效率和运行稳定性的关键。文中从商业综合体建筑的功能特点出发，分析电气负荷的组成特征与变化规律，提出基于统计学方法与机器学习相结合的负荷预测模型，并探讨负荷特性与建筑运营模式之间的关系。在供配电方案方面，文中结合预测结果，对变配电所布置、供电半径划分、主供电源与备用电源设置进行系统优化，提出提高供电可靠性、降低能耗和减少运行成本的综合策略。研究结果表明，基于科学负荷预测与优化设计的供配电方案，不仅能满足商业综合体用电需求，还能在节能降耗和安全运行方面取得良好效果。

[关键词]商业综合体；电气负荷预测；供配电方案；模型构建；优化设计

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18327

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Construction of Electrical Load Forecasting Model and Research on Power Supply and Distribution Scheme for Commercial Complex Buildings

LIU Shiqiang

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As a modern building that integrates shopping, dining, entertainment, office and other functions, commercial complexes have diverse, fluctuating and complex electrical loads. The accuracy of load forecasting directly affects the safety, economy, and reliability of the power supply and distribution system, and the optimization of power supply and distribution schemes is the key to ensuring energy utilization efficiency and operational stability. Starting from the functional characteristics of commercial complex buildings, this article analyzes the composition characteristics and variation laws of electrical loads, proposes a load forecasting model based on statistical methods and machine learning, and explores the relationship between load characteristics and building operation modes. In terms of power supply and distribution schemes, the article combines the predicted results to systematically optimize the layout of substations, the division of power supply radius, and the setting of main and backup power sources. A comprehensive strategy is proposed to improve power supply reliability, reduce energy consumption, and minimize operating costs. The research results indicate that the power supply and distribution scheme based on scientific load forecasting and optimization design can not only meet the electricity demand of commercial complexes, but also achieve good results in energy conservation, consumption reduction, and safe operation.

Keywords: commercial complex; electrical load forecasting; power supply and distribution plan; model construction; optimization design

引言

随着城市化进程加快与商业模式不断升级，商业综合体建筑规模日益扩大，其功能集成度高、用电类型复杂，导致电气负荷呈现明显的多元化与动态性特征。传统经验法和简单统计模型在面对负荷变化的非线性与不确定性时，往往难以保证预测精度，进而影响供配电系统的科学设计和运行管理。因此，研究商业综合体电气负荷预测模

型的构建方法，并结合预测结果优化供配电方案，已成为提高建筑运行效率、保证电力系统安全的重要方向。本文从负荷特征出发，提出一种融合统计学规律与智能算法的预测模型，旨在解决传统预测方法的不足。在此基础上，结合供配电设计规范与商业综合体实际运行需求，对供配电方案进行优化，以期形成可推广的设计与运行路径，为商业综合体电气工程的高质量发展提供参考。

1 商业综合体电气负荷特征分析

1.1 负荷组成的多样性

商业综合体作为集购物、餐饮、办公、娱乐、住宿于一体的大型公共建筑,其电气负荷组成表现出明显的多元化特征。照明负荷几乎覆盖了综合体的全部功能区,其用电强度与营业时间高度相关,具有全天分布均匀、运行时长较长的特征。空调负荷是整体电能消耗的主导因素之一,受气候变化、外部温度、湿度以及人员流量影响显著,夏季制冷与冬季采暖时段往往形成尖峰负荷。动力负荷来源包括电梯、扶梯、水泵、风机等机电设备,具有间歇运行特征,受建筑内人流量和使用频率影响。特殊负荷则来自影院、餐饮厨房、展览场馆及信息机房等功能区,其功率需求往往集中且具有突发性。正是由于多样化的负荷来源,综合体电气负荷曲线复杂而难以预测,要求在模型构建中兼顾稳定性和波动性。

1.2 负荷变化的时序性

商业综合体的电气负荷不仅体现在多样性上,还呈现强烈的时序性规律。日负荷曲线在上午人流逐渐增加时出现上升,午后达到一个次高峰,而在傍晚至夜晚形成全天峰值,之后逐渐回落。周负荷分布通常在周末和节假日出现明显高峰,工作日则相对平稳。年负荷受气候条件的季节性影响尤为显著,夏季冷负荷和冬季热负荷均会推动整体用电需求上升。时序性不仅体现在负荷大小的波动,还反映在不同功能区的交替运行节奏上,这种节律性对负荷预测模型提出了动态捕捉的要求。

1.3 负荷波动的不确定性

商业综合体电气负荷存在较大不确定性。天气变化直接影响空调系统运行,节假日或大型促销活动可能带来额外客流,突发事件也会改变建筑运行状态。这些不确定因素使得负荷预测充满挑战。若预测模型过度依赖历史数据,可能无法应对现实中的非线性波动,因此需要引入能够处理不确定性的算法,对多变量进行建模和实时修正,从而提升模型的适应性与准确性。

2 电气负荷预测模型的构建方法

2.1 传统统计学方法的应用

在负荷预测研究的早期,统计学方法是主要工具。回归分析通过建立自变量与因变量的函数关系,能够在输入变量较为清晰时提供合理预测。时间序列分析适用于捕捉周期性规律,如日负荷曲线和周负荷曲线的重复模式。灰色预测模型则在数据不足情况下表现出一定优势,能够通过较少的数据点推断出未来趋势。这些方法的优点在于直观、计算简便,但面对商业综合体复杂、多源、非线性的

负荷数据时,预测精度往往有限。

2.2 智能算法的引入

随着人工智能技术的发展,智能算法逐渐应用于建筑电气负荷预测领域。神经网络能够逼近复杂非线性关系,通过多层结构实现输入与输出之间的映射。支持向量机通过构建最优超平面,具备较强的泛化能力,适合处理中短期负荷预测。随机森林等集成学习方法能够整合多棵决策树的结果,提升预测稳定性。近年来,长短期记忆网络(LSTM)作为一种递归神经网络,凭借其对时间序列长依赖性的建模能力,已被广泛应用于负荷预测。智能算法的引入显著改善了预测结果,使其更符合商业综合体这种复杂建筑的实际需求。

2.3 混合模型的构建思路

单一模型往往难以兼顾趋势预测与波动修正,因此混合模型逐渐成为主流。混合模型通常将统计学方法与智能算法结合,先利用统计模型捕捉负荷变化的总体趋势,再用智能算法对残差进行修正,以弥补单一方法的不足。通过这种组合方式,可以同时兼顾稳定性与灵活性。例如,采用时间序列模型分析负荷的周期规律,再通过神经网络处理不确定因素引起的随机波动。混合模型的应用不仅提高了预测精度,还增强了模型对复杂环境的适应性,适合商业综合体电气负荷的长期与短期预测需求。

3 商业综合体供配电方案设计要点

3.1 变配电所布置

变配电所的布置关系到系统整体运行的可靠性与经济性。商业综合体体量大、功能区复杂,集中布置有利于减少管理难度,提高变压器设备利用率,但可能导致供电半径过大。分区布置能够缩短供电路径,降低线损和电压降,提高供电质量。实际设计中通常采用集中与分区相结合的方式,在主干区域集中设置大型变配电所,并在重要功能区或负荷密集区布置分区配电所,以实现供电效率与经济效益的统一。

3.2 供电半径与电压等级划分

供电半径的设计需兼顾技术指标与经济指标。供电半径过大,线路损耗和电压降增加;供电半径过小,投资成本上升。电压等级方面,大型商业综合体普遍采用 10kV 作为高压配电电压,低压配电则采用 380/220V,以适应不同负荷需求。合理划分供电半径和电压等级,有助于降低运行能耗,并提高系统运行稳定性。

3.3 主电源与备用电源设置

商业综合体负荷的重要性决定了供电系统必须具备高度的可靠性。常规做法是采用双电源供电,确保在一侧

电源发生故障时,另一侧能够及时接管。对于核心负荷,可采用环网供电模式,提高系统冗余度。在备用电源配置方面,应急柴油发电机组和不间断电源(UPS)是必要措施,尤其是消防、安防和通信等关键系统,更需要配置独立的备用电源,以避免因电源中断引发严重后果。

4 基于预测结果的供配电方案优化

4.1 负荷预测与容量匹配

在商业综合体的电气设计中,负荷预测结果对变压器容量与数量的合理配置具有重要意义。若容量选择过大,变压器将长期处于轻载运行状态,运行效率明显下降,还会导致投资成本的增加,造成资源浪费。若容量选择过小,设备则容易出现过载运行,不仅缩短使用寿命,还会增加故障率,严重时甚至影响整体供电的安全性。通过科学的预测模型获得负荷曲线,能够为设计人员提供可靠依据,根据峰值负荷和日常波动情况,科学确定变压器的容量和台数。合理的配置既能保证在高峰时段满足供电需求,又能在低负荷时保持较高的运行效率,实现设备投资与运行经济性的平衡。通过这种方式,变压器的使用寿命得以延长,系统的安全性与可靠性也得到提升,为商业综合体的稳定运行与节能目标提供有力保障。

4.2 供电路径与负荷分配优化

在大型商业综合体中,不同功能区域的负荷特性存在显著差异,办公、商业、餐饮和娱乐区域的用电规律各不相同。通过对负荷进行预测并结合实际运行情况进行合理分配,可以有效平衡整体供电压力,避免局部过载。对于高峰负荷区域,采用分区供电或负荷转移策略是一种有效手段,将部分电力需求转移至备用回路,不仅能够减轻主回路的运行压力,还能提升系统在高强度运行下的稳定性。这样的方式能够减少因负荷集中而引发的故障风险,保证关键区域供电的持续性。供电路径的优化则进一步提高了系统的可靠性,使电能能够以更高效率传输,降低线路损耗和故障概率。在这种设计思路下,综合体的电气系统能够更好地适应复杂的运行环境,实现安全、稳定与高效的统一,为建筑整体运营提供坚实的电力保障。

4.3 节能降耗与智能化管理

在负荷预测的基础上,供配电系统可以进一步引入智能能耗管理平台,实现对运行状态的实时监测与动态调节。通过对比预测数据与实际运行数据,系统能够快速识别负荷变化趋势,并主动调整运行策略。例如,在用电低谷时段,自动关闭部分备用设备以减少不必要的能耗;在用电高峰来临前,则提前投运调节设备,确保供电的平稳与可靠。这种灵活的管理方式不仅提升了电能利用效率,还显

著降低了整体能耗水平,使运行更加经济合理。优化措施的持续实施,使建筑的能源消耗与运行需求之间保持最佳平衡,减少了资源浪费,也降低了长期运维成本。智能能耗管理平台的应用,使供配电系统真正体现出绿色建筑与智慧能源管理的价值,为商业综合体的节能减排和可持续发展提供了强有力的技术支撑。

5 研究成果与发展方向

5.1 安全性与可靠性的提升

基于科学预测与优化设计的供配电系统,在商业综合体的运行中能够发挥显著的安全保障作用。通过对电气负荷的精准预测,设计人员能够更好地掌握系统运行规律,从而制定出合理的容量配置与供电方案。在多电源供电的支持下,系统具备更高的灵活性与可靠性,即使在某一电源或线路发生故障时,也能迅速切换至备用电源,保证供电不中断。合理的分区设计则进一步提升了系统的抗风险能力,使局部故障不会扩散至整体范围,从而保持核心区域的持续稳定供电。这种设计思路不仅减少了因运营中断带来的经济损失,还有效降低了人员安全风险,为综合体内部的商户与用户创造更加稳定的用电环境。通过科学预测与优化设计的结合,供配电系统能够在复杂环境中保持长期可靠运行,为商业综合体的高质量运营提供坚实支撑。

5.2 经济性与资源利用效率

在商业综合体的电气设计中,合理的容量配置与科学的供电路径优化,是保障系统高效运行的重要手段。通过精准的负荷预测结果进行容量分配,可以避免因冗余设计造成的投资浪费,也能防止因容量不足而导致的运行风险,使系统运行更加符合经济规律。供电路径的优化不仅提升了电能输送的效率,还能减少线路损耗,确保电力供应稳定可靠。合理的配置方式使设备投资与运行成本之间达到最佳平衡,既保障了供电的可靠性,又提升了整体经济效益。在这一过程中,预测模型的支撑作用十分关键,它为容量分配提供了科学依据,使决策过程更加精确。通过优化设计,商业综合体能够在长期运行中实现节能降耗,降低维护费用,形成安全、经济与高效统一的电气系统,为建筑的可持续发展和智慧化运营奠定坚实基础。

5.3 未来发展方向

未来商业综合体的电气负荷预测与供配电优化,将在大数据、人工智能和物联网的支撑下,逐步实现实时预测与动态优化。通过海量数据的采集与分析,系统能够快速响应负荷变化,并借助智能算法持续调整供配电策略,使运行更加灵活高效。分布式能源与储能系统的应用,为商业综合体提供了新的能源管理方式,在削峰填

谷和提升电能利用率方面展现出巨大潜力。可再生能源的引入不仅能减少对传统能源的依赖，还能推动建筑整体向绿色低碳方向发展。多种技术的融合，使未来的供配电系统突破了传统模式的局限，不再局限于满足基本的安全与经济要求，而是向着智能化、低碳化和可持续发展迈进。

6 结论

商业综合体建筑的电气负荷预测与供配电方案优化，是电气设计中至关重要的环节。通过对用电特征进行深入分析，可以识别出负荷的变化规律，并结合统计学方法与智能算法，构建高精度预测模型，使预测结果更符合实际运行需求。预测的准确性直接关系到供配电方案的科学性与可靠性，在此基础上进行优化设计，能够有效实现安全、稳定与经济运行的目标。合理的供配电方案不仅提升了系

统的运行效率，还能减少能量浪费，延长设备寿命，降低后期维护成本。研究表明，将负荷预测与供配电优化协同推进，可以显著提升建筑整体电气系统的运行水平，为商业综合体的节能减排提供切实可行的路径。

【参考文献】

- [1]张伟.商业综合体电气负荷预测与配电系统优化研究[J].建筑电气,2021(5):33-39.
- [2]李强.基于智能算法的建筑电气负荷预测方法探讨[J].电力系统自动化,2022(8):72-78.
- [3]王芳.商业建筑供配电方案优化与节能设计分析[J].建筑技术开发,2023(4):45-50.

作者简介：刘世强（1993.1—），男，汉族，毕业学校：河北建筑工程学院，现工作单位：九易庄宸科技（集团）股份有限公司。

建筑电气节能中变频电梯回馈电能利用效率实测研究

武海天

建拓房地产开发有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着高层建筑以及大型公共建筑数量的增多,电梯能耗在建筑总能耗当中所占的比例呈现出逐渐增大的态势。传统定速电梯在实施制动操作的时候,会有大量的能量以热能的形式白白损耗掉,造成了极为严重的浪费情况。变频电梯能够把制动过程中产生的能量回馈至建筑用电系统或者电网,如此一来便可以在一定程度上节约能源。不过实际上的回馈效率会受到运行工况、系统设计以及建筑负荷等多种因素的影响,所以存在着相当大的差异,依旧有一部分能量处于被浪费的状态。当下针对变频电梯回馈电能展开的实测研究还不够完备,有必要借助现场测试来对其利用效率加以分析,并且提出相应的优化对策,以此提升建筑能源的利用率以及节能效果。

[关键词]建筑电气节能;变频电梯;电能利用效率;实测

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18302

中图分类号: TU399

文献标识码: A

Experimental Study on the Feedback Energy Utilization Efficiency of Variable Frequency Elevators in Building Electrical Energy Conservation

WU Haitian

Jiantuo Real Estate Development Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the increasing number of high-rise buildings and large public buildings, the proportion of elevator energy consumption in the total building energy consumption is gradually increasing. During the braking operation of traditional fixed speed elevators, a large amount of energy is wasted in the form of thermal energy, resulting in extremely serious waste. Variable frequency elevators can feed back the energy generated during the braking process to the building's electrical system or grid, which can save energy to a certain extent. However, the actual feedback efficiency is affected by various factors such as operating conditions, system design, and building loads, so there are significant differences, and there is still a portion of energy that is wasted. At present, the actual research on the feedback of electric energy from variable frequency elevators is not yet complete. It is necessary to use on-site testing to analyze its utilization efficiency and propose corresponding optimization measures to improve the utilization rate and energy-saving effect of building energy.

Keywords: building electrical energy conservation; variable frequency elevator; electricity utilization efficiency; actual measurement

引言

随着城市化推进,高层建筑和大型公共建筑越来越多,电梯成了建筑能耗的重要部分。传统定速电梯运行时,制动能量大多变成热能浪费掉,能量回收效率很低,增加了建筑运行成本,还限制了建筑节能水平提高。近些年,变频调速电梯因能平稳启停、节能运行且能把电能回馈而备受关注,其回馈的能量可以直接反馈到建筑供电系统或电网,减少建筑整体能耗,提高能源利用效率。不过,变频电梯虽有回馈功能,但实际能量利用效率受电梯运行情况、系统设计、负荷匹配和电网适配等多种因素影响,不同建筑里实际回馈能量的有效利用率差别大,这也是当下节能

研究的关键问题之一。针对这种情况,开展变频电梯回馈电能利用效率的实测研究,既能获取真实运行数据,又能揭示回馈能量的动态特性及影响因素,还能建筑节能设计、电梯系统优化以及能源管理提供科学依据。本文通过现场实测典型变频电梯,分析回馈电能利用效率的实际表现,结合系统设计优化、电能协调利用以及智能控制等策略,提出提高回馈能量利用效率的可行办法,期望能为建筑电气节能和绿色建筑发展提供参考与指导。

1 电梯在建筑能耗中的特点

电梯作为建筑能耗的重要组成部分,具有耗能占比高、影响因素复杂、节能技术显著和经济效益突出的特点。在

商业建筑中,电梯能耗可占总能耗的 15%~25%,传统电梯在空载运行和制动过程中存在较大能量浪费,其能耗与楼层高度、使用频率、驱动方式及运行策略密切相关。现代电梯通过变频调速、能量回馈、智能调度及待机休眠等技术,不仅可将节电率提高 20%~35%,降低能耗,还能延长设备寿命、降低维护成本,实现显著的经济与节能效益。

2 变频电梯回馈电能利用效率实测方法

2.1 实测对象与测试条件

实测对象是多台颇具代表性的变频曳引电梯,这些电梯涵盖不同额定载重情况,像乘客电梯和货梯都有涉及,还有不同的额定速度以及驱动类型,比如永磁同步电机所配的 VVVF 驱动以及交流异步电机所配的驱动等。并且从不同类型的建筑里选取样本,像住宅、办公楼、商场等等,以此来确保数据能够适用于实际工程。测试条件包含:在电梯正常运转的状况下去开展现场监测,与此同时安排受控试验,像是空载、额定载荷、满载上下行、频繁启停这类典型工况,方便比较回馈能量在不同工况之下的表现情况。电网接入条件按照建筑供电的实际情形来记录,比如常见的三相市电 380V/50Hz 或者具体的现场电压等级,而且要注明是否存在并网回馈限制或者制动电阻的工作状态。为了保证数据的可靠性,实测周期得涵盖典型的用能时段,这里面包含高峰、低谷、工作日以及周末,还建议连续监测直至达成有代表性的样本量,比如至少数日到一周,或者能够覆盖若干百次上下行循环,与此同时还要记录环境参数,像温度、湿度,以及电梯的维护状态。所有的测量设备,像有功/无功电能表、电压电流传感器、功率分析仪、控制信号记录器等等,在投入使用之前都得经过溯源校准,并且设定适宜的采样频率去捕捉瞬态与稳态能量流,能量计量建议采用秒级或者更高的采样频率,电能质量与瞬态事件则依据测试需求采用更高的采样率。

2.2 测试设备与数据采集系统

在实际开展测试工作的过程当中,测试设备以及数据采集系统的具体选型情况和布置方式,会直接对最终所得到的结果的准确性以及可比性产生影响,所以需要全面且细致地去考量电梯的运行特性以及能量回馈的具体路径。在电气这一侧,要配备高精度的三相功率分析仪,同时还要有那种具备双向计量功能的电能表,它们的主要作用是能够实时且动态地监测电梯驱动系统所输入的功率、回馈的功率,还有电能质量相关的各项指标,像是谐波含量、功率因数、电压波动等等这些,而且其精度等级必须要达到或者超过 0.2 级,这样才能充分满足科研测试的相关要求。电流、电压传感器的选用上,可以采取将互感器和霍

尔传感器相互结合起来的方式,以此来确保既能够对高频瞬态波动予以全面覆盖,又能够在稳态数据的长期稳定采集方面给予有效保障;在机械这一侧,可以同步去布置加速度计以及位移传感器,它们的作用是用来记录电梯的实际运行状态以及负载所发生的各种变化,进而方便后续针对能量回馈以及运行工况展开对应的分析工作。就数据采集系统而言,应当采用具备多通道同步采样记录功能的装置,而且要借助高性能的数据采集卡来达成毫秒级别的采样效果,从而切实保证不同类型信号之间在时间上能够精准对齐;采集系统还必须具备大容量的存储能力以及远程通信的相关功能,如此一来才能够很好地实现长周期数据的存档工作以及在线的实时监控需求。为了尽可能地减少外界干扰以及由此产生的误差,测试设备在接线的时候一定要严格遵循电气安全方面的各项规范要求,并且要通过采取屏蔽、接地等一系列举措来有效地降低电磁干扰的影响,与此在采集系统当中还需要设置数据滤波以及异常检测等功能,这样才能够避免因为突发的干扰情况或者是误操作行为而导致数据出现失真的状况。

2.3 测试指标与计算方法

在针对变频电梯回馈电能利用效率展开的实测研究当中,测试指标与计算方法的确定无疑属于评价结果科学性的关键环节所在。其主要涉及的测试指标涵盖了:电梯运行期间的总耗电量、回馈电能的总量、回馈电能在整个系统中的占比情况、回馈电能的利用率以及电能质量方面的各项指标(比如电压谐波总畸变率 THD、电流畸变率、电压波动的幅值、功率因数等等)。在这当中,回馈电能利用率堪称是核心的评价指标,它的作用在于能够反映出回馈能量实际被建筑用电系统所吸收利用的具体程度。通常而言,其具体的计算方法是: $\eta = E_{\text{回馈}} / E_{\text{总}} \times 100\%$,在这里, $E_{\text{回馈}}$ 指的是在一定周期之内回馈到电网或者建筑配电系统的有效电能,而 $E_{\text{总}}$ 则是指电梯在相同周期之内的总耗电量。当需要对不同工况下效率的变化情况进行进一步分析的时候,就可以按照不同的工况来进行相应的计算操作,并且相互之间加以对比^[1]。除此之外,为了确保最终结果具备足够的严谨性,还需要针对回馈能量的瞬时波动实施积分计算,进而获取更为精确的能量数据,并且要结合采样频率以及数据滤波方法来尽可能地减少随机误差的存在。

2.4 实测过程与数据记录方式

在实际开展测试期间,一开始得依照预先制定的测试方案来对电梯的运行工况予以分类并做出相应安排,这里涵盖空载、额定载荷、半载、频繁启停以及长时间连续运

行等诸多典型状况,如此一来便能够完整呈现出回馈电能在不同运行模式之下的具体特性。在正式测试尚未开始之前,要针对功率分析仪、电能表、传感器以及数据采集系统展开统一的校准操作与调试工作,以此来保障信号具备良好的同步性并且测量精度也能得以确保。当正式进入测试阶段之时,借助多通道采集系统可实时对电压、电流、有功功率、无功功率、谐波含量、能量累计值等一系列电气参数加以记录,与此同时还要同步记录下电梯运行状态方面的信号,像是速度、加速度、楼层位置还有载荷情况等等,从而达成工况与电能数据之间的一一对应关系。数据记录的方式是将高频率连续采样和周期性存档这两种方式相互结合起来运用,这样既能把瞬态变化的特征给捕捉到,又能保证后续长期趋势分析所具备的完整性;所有的数据都应当以时间戳的形式来进行标记,并且将其保存成统一格式的文件,比如 CSV 或者数据库形式,方便在后期能够开展统计以及对比分析相关工作^[2]。为了防止出现数据丢失或者失真的情况,在实际测试的过程中就需要配备在线监控与报警机制,通过对采集系统的运行状态实施实时的检查操作,并且定期去做数据备份事宜。

3 提高变频电梯回馈能量利用效率的优化对策

3.1 系统设计优化措施

在提升变频电梯回馈能量利用效率这一进程里,系统设计优化属于基础性的环节,它的核心目的在于从电梯驱动系统、电能回馈单元以及建筑电网接口这三个层面达成整体能效的提升。一开始,在驱动系统设计方面,应当选用效能较高的永磁同步电机以及先进的矢量控制技术,以此来降低能量转换过程中出现的损耗,借助合理的容量匹配方式来防止因过度设计而引发的效率下滑情况;接着,在回馈单元设计环节,需要采用高效的逆变器以及双向能量变换装置,确保电能可以平稳且可靠地回馈到电网或者建筑内部的负载之上,与此凭借模块化设计来提升系统的灵活性以及维护的便利程度;在电网接口设计方面,得充分考量建筑配电系统的负荷特性,合理规划回馈功率的并网控制策略,避免回馈电能和电网波动之间产生冲突,而且在必要的情形下要配置储能装置,从而实现削峰填谷以及能量平衡的目的。

3.2 电能回馈与建筑综合用能的协调利用

在电能回馈以及建筑综合用能的协同利用这一层面,要充分挖掘电梯运行时所产生回馈电能建筑内部的再利用价值,促使它与建筑里的其它电气设备达成能量互补以及动态平衡的状态。具体来讲,电梯回馈出来的电能可优先供给楼宇里面的公共负荷,像是照明系统、通风空调

设备、水泵还有监控系统等等,借此达成能量的就地消纳,降低对电网的冲击,在负荷波动幅度比较大的场所,能够通过配置储能电池或者超级电容器的方式,把回馈能量先存储起来然后再释放出去,用于高峰时段的能量补充,以此提高整体用能的稳定程度以及经济收益^[3]。与此需要构建起建筑能耗管理系统,针对电梯回馈电能的实时输出情况以及建筑各个用能单元的需求展开监测与调度工作,实现能量在不同设备之间的最优化分配。

3.3 电能质量改善与电网适配措施

在电能质量改善以及与电网适配事宜上,要先针对变频电梯回馈电能里或许存在的高次谐波、电压出现波动还有瞬态干扰等状况,去采取行之有效的滤波举措以及功率调节办法,以此来保障回馈电能具备一定的纯净度并且保持稳定状态,从而避免给建筑内部的其他电气设备以及外部电网带来负面的影响。具体来讲,可以在回馈单元或者建筑配电端去安装有源滤波器或者无源滤波器,另外还有动态无功补偿装置以及电压稳压器,通过这些手段来抑制谐波,提升功率因数,并且降低电压波动的幅度;与此借助智能控制策略对回馈功率展开动态调节操作,让其能够在不同负荷的情形下较为平滑地接入建筑电网,防止出现过载或者反向冲击的情况。对于与公共电网相连接的接口部分,依照当地的电网接入规范以及相关标准来设计保护与控制方面的策略,像是设定过电压保护以及过电流保护,还有断路器和隔离装置之间的协调配合,进而确保回馈电能够安全并且可靠地实现并网,或者是供给给建筑内部的负荷使用。

3.4 智能控制与未来发展方向

就智能控制以及未来的发展走向来讲,伴随建筑智能化以及能源管理技术不断向前发展,变频电梯回馈电能的利用效率能够凭借先进的控制算法以及信息化平台获得较为明显的提升。通过引入那种基于人工智能、大数据分析还有物联网技术的智能调度系统,可以对电梯运行的状态、建筑负荷的需求以及电网的条件展开实时的监测,进而达成回馈电能的动态分配以及优化调度,如此一来便能够在确保电梯安全运行的基础之上将能量利用最大化地发挥出来。除此之外,未来的发展方向还涵盖回馈电能与建筑储能系统、可再生能源(比如光伏、风能)以及电动车充电设施的协同集成,以此来构建起建筑能源的多源互补以及智能互联模式,从而进一步促使整体能效以及可持续性得以提升。与此智能控制系统能够实现远程的监控、故障的诊断以及自适应的优化,进而为运维管理给予数据方面的支撑以及决策方面的依据。

4 结语

经对典型变频电梯展开现场实测研究后发现,能够清楚地知晓回馈电能在实际运行期间的利用效率以及影响其的各种因素。相关研究显示,电梯回馈能量能否有效利用会受到系统设计情况、与电网的适配程度、建筑负荷状况以及运行工况等诸多方面的影响。若把系统优化设计、电能协调利用以及智能控制等相关措施综合起来运用,那么就能让回馈电能的利用率得以大幅提升,进而降低建筑的整体能耗,达成节能的目的。此项研究给变频电梯在建筑节能方面的应用给予了数据方面的有力支撑以及实践层面的可靠依据,与此也为绿色建筑设计、建筑能效管理

还有智能化能源调度等方面提供了相应的参考,具备一定的推广价值以及应用的前景。

[参考文献]

- [1]靳韶利.PLC 控制变频调速电梯电气控制系统[J].电子元器件与信息技术,2019,3(8):23-26.
- [2]余国兆,熊瑛.PLC 控制变频调速电梯电气控制系统分析[J].通信电源技术,2018,35(5):134-135.
- [3]乔世行.施工电梯变频调速系统在提升效率和节能方面的应用[J].装备维修技术,2024(4):52-53.

作者简介:武海天(1992.5—),男,汉族,毕业学校:华北电力大学,现工作单位:建拓房地产开发有限公司。

建筑电气应急照明系统智能控制设计与应急响应效率研究

王 策

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]建筑电气应急照明系统作为保障人员安全疏散和事故应急处置的重要设施，在火灾、停电等突发事件中发挥着至关重要的作用。传统应急照明系统多以简单的电源切换和局部灯具控制为主，存在响应不及时、能耗较高和智能化程度不足等问题。随着智能建筑与信息技术的发展，基于智能控制的应急照明系统逐渐成为研究与应用的焦点。文中通过分析应急照明系统的设计需求与安全标准，探讨了智能控制在电气应急照明中的应用模式，并结合传感器技术、网络通信与控制算法提出系统优化方案。研究结果表明，智能化设计不仅能够显著提升应急响应效率，缩短照明启动时间，还能通过动态调节和智能联动提高资源利用率与管理水平。结论部分提出了系统未来发展方向，包括人工智能与大数据驱动下的智能决策、物联网环境下的多系统融合以及应急照明与建筑消防一体化发展，为建筑电气系统的安全运行与节能优化提供参考。

[关键词]建筑电气；应急照明系统；智能控制；应急响应效率；系统优化

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18306

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on Intelligent Control Design and Emergency Response Efficiency of Building Electrical Emergency Lighting System

WANG Ce

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As an important facility for ensuring the safe evacuation of personnel and emergency response to accidents, the building electrical emergency lighting system plays a crucial role in emergencies such as fires and power outages. Traditional emergency lighting systems mainly rely on simple power switching and local lighting control, which have problems such as delayed response, high energy consumption, and insufficient intelligence. With the development of intelligent buildings and information technology, emergency lighting systems based on intelligent control have gradually become a focus of research and application. The article analyzes the design requirements and safety standards of emergency lighting systems, explores the application mode of intelligent control in electrical emergency lighting, and proposes system optimization solutions based on sensor technology, network communication, and control algorithms. The research results indicate that intelligent design can not only significantly improve emergency response efficiency and shorten lighting start-up time, but also improve resource utilization and management level through dynamic adjustment and intelligent linkage. The conclusion section proposes the future development direction of the system, including intelligent decision-making driven by artificial intelligence and big data, multi system integration in the Internet of Things environment, and integrated development of emergency lighting and building fire protection, providing reference for the safe operation and energy-saving optimization of building electrical systems.

Keywords: building electrical; emergency lighting system; intelligent control; emergency response efficiency; system optimization

引言

现代建筑规模的不断扩大与功能的日益复杂，使得电气系统在保障建筑运行和人员安全方面的重要性更加突出。应急照明系统作为建筑电气系统的重要组成部分，在突发断电、火灾或灾害情况下承担着人员安全疏散、事故应急处理和灾后救援支持的关键任务。然而，现有应急照

明系统在设计与运行过程中仍存在响应滞后、自动化不足和缺乏协同联动等问题，无法完全满足智能建筑与高安全等级的要求。近年来，随着传感器技术、网络通信、人工智能和物联网的发展，智能控制理念逐渐应用于建筑电气系统，为应急照明的设计与运行提供了新的路径。如何通过智能控制提升系统响应速度，如何优化照明布局以兼顾

节能与高效,如何实现应急照明与其他建筑安全系统的联动,已成为学术研究和工程实践亟需解决的问题。本文从系统设计、智能控制方法和应急响应效率提升三个方面展开研究,旨在为建筑电气应急照明系统的智能化升级提供可行路径和实践参考。

1 建筑电气应急照明系统的设计要求与安全功能

1.1 安全规范与标准要求

建筑电气应急照明系统的建设和运行首先要严格遵循国家和行业制定的相关标准。这些标准从设计、施工、安装到验收各个环节,都对应急照明系统提出了硬性要求。例如,《建筑设计防火规范》中明确规定,建筑物的安全出口、疏散走道以及防烟楼梯间必须设置应急照明和疏散指示系统,并且要求这些照明设备在火灾或停电发生时能够在短时间内迅速投入使用,以保证人员能够安全有序地疏散。这些规范不仅为设计人员提供了操作依据,也从法律层面保障了建筑使用者的基本安全。在智能化背景下,新的标准逐步增加了对系统可靠性、灵活性和节能性的要求,这意味着设计者不仅需要满足最低照度、备用电源时长等硬性指标,还要考虑照明分布的均匀性、控制系统的响应速度以及与其他安全设施的联动性。例如,一些最新的行业标准提出,应急照明系统必须能够与火灾自动报警系统、广播系统实现信号交互,从而保证在不同应急情境下的协同反应。这种标准的提升,实际上推动了应急照明系统的智能化升级。

1.2 功能构成与系统层级

从功能角度来看,应急照明系统并非单一模块,而是由多个子系统共同组成。常见的功能模块包括疏散照明、备用照明、安全照明以及指示标志照明等。疏散照明主要用于保障人员在紧急情况下的通行可见性,通常分布在楼梯间、走廊和通道;备用照明用于维持建筑内部重要工作区域在停电情况下的基本照明,确保关键工作不中断;安全照明则是对特定危险区域的防护,例如配电室和机房;而标志照明则通过指示牌和方向灯等形式为人员提供疏散路径的引导。系统层级的设计决定了应急照明在不同区域的控制策略,合理的层级划分可以避免资源浪费并提升系统响应效率。例如,可以将系统划分为中心控制层、分区控制层和终端执行层,中央控制系统负责接收全局信号并下发指令,分区控制器根据所在区域情况进行二次处理,终端执行设备则快速做出响应。这样的层级设计不仅有助于提升系统的可靠性,还能为后续智能控制的引入提供接口。

1.3 系统运行中的主要问题

尽管应急照明系统已经在大多数建筑中普及,但在实

际运行中仍然存在一系列问题。其一,响应速度不足。在传统系统中,电源切换和灯具启动需要一定延迟,常常导致应急照明无法在灾害初期迅速生效,影响了人员疏散的及时性。其二,控制方式单一。多数系统依赖人工或简单的自动化控制,无法根据环境实时调整照明状态。例如,当某一疏散通道因火灾被封锁时,系统无法自动关闭相关指示灯并更新疏散路线,容易造成混乱和延误。其三,维护难度大。由于缺乏智能化监测手段,很多故障灯具难以及时发现,往往在真正发生事故时才暴露问题,严重影响安全性。其四,能耗较高。部分应急照明长期处于待机或常亮状态,造成电能浪费,增加了运行成本。正是由于这些问题的存在,智能控制技术的引入才显得尤为必要,它能够通过信息感知、实时运算与动态调节,有效解决传统系统的弊端。

2 智能控制在应急照明系统中的应用模式

2.1 传感器与实时监测技术

智能应急照明系统的第一步升级体现在传感器技术的广泛应用。借助传感器,可以对建筑内部环境进行实时监测,包括温度变化、烟雾浓度、光照水平和人员活动轨迹等。在火灾发生的早期,烟雾和温度传感器能够迅速捕捉环境异常信号,并将数据传输到中央控制系统,从而实现照明系统的快速响应。在人员疏散过程中,红外感应器和摄像头能够动态识别人员密度与运动方向,为照明调节和疏散引导提供依据。光照传感器则用于在不同光照环境下调整应急照明的亮度,以保证既能满足可见度要求,又避免不必要的能耗。这些传感器的应用使应急照明从“静态被动”转变为“动态主动”,真正实现了实时感知和精准响应。

2.2 通信网络与集中控制平台

在智能化应急照明系统中,通信网络起着承上启下的作用。通过有线总线或无线网络,各个终端灯具与传感器能够将信息传递至中央控制平台,实现集中监控与指挥。集中控制平台通常具备实时数据处理、图形化界面显示、远程操作和自动报警等功能。管理人员可以通过平台全面掌握系统运行状态,例如哪些灯具处于开启、故障或待机状态;一旦发生异常情况,平台能够自动生成报警信息并联动其他安全系统。在更高层次上,平台还能进行数据存储和分析,为后期优化和维护提供依据。这种集中化的网络化管理方式,极大提高了系统的可靠性与可操作性。

2.3 智能算法与动态调控机制

智能应急照明的核心是控制算法。传统系统仅能根据预设逻辑进行简单控制,而智能系统则通过算法对多维度

信息进行综合处理。例如,模糊控制能够处理环境信息的不确定性,实现对照度的精细化调节;神经网络算法则能够通过学习历史数据,对不同灾害场景进行预测和响应策略生成;遗传算法等优化工具能够在多种疏散路线中找到最优照明路径,提升人员疏散的效率。在动态调控方面,系统可以根据火源位置自动调整照明范围,引导人员避开危险区域;根据人员密度动态分配照明资源,避免拥堵和资源浪费。这种算法驱动下的动态控制机制,使应急照明具备了灵活性与适应性,大幅提升了系统的实际效能。

3 智能控制设计对应急响应效率的提升作用

3.1 响应速度的优化

在突发事件中,响应速度往往决定了系统的成败。传统应急照明依赖电源切换,通常存在几秒至几十秒的延迟。而智能系统通过传感器与控制平台的无缝衔接,可以实现毫秒级别的信号传输与处理,灯具的启动时间明显缩短。快速的响应不仅保证了在火灾或停电初期即刻提供照明支持,还能减少因黑暗造成的恐慌与混乱,极大提升了人员的心理安全感。

3.2 疏散引导的精准性

应急照明的根本目的是保障人员疏散安全。智能系统通过实时监测火源、烟雾分布和人员位置,可以动态调整疏散指示标志。例如,当某条通道因浓烟封堵时,系统会自动关闭该方向的指示灯,并点亮替代通道的疏散标志,引导人员走向更安全的路径。这种动态引导避免了错误信息的干扰,提高了疏散的效率和准确性。在大规模建筑中,这种功能尤为重要,因为人员分布复杂,情况变化迅速。

3.3 运行能效与维护效率提升

智能控制还体现在能效与维护效率的提升上。在日常运行中,系统可以根据建筑的使用情况自动调整照明状态。例如,在白天光照充足时降低应急灯具的待机亮度,在夜间或人员密集时提升亮度。这样既能保证安全,又能显著降低能耗。在维护方面,智能系统能够实时监测灯具和电源状态,一旦发现故障即可自动报警,并生成维护报告。这种自动化维护模式减少了人工巡检成本,也避免了“灯具失效而不自知”的隐患,为系统的可靠运行提供了保障。

4 建筑电气应急照明系统的优化路径

4.1 系统集成与跨平台联动

应急照明系统不能孤立存在,而是应当与建筑的其他安全系统协同工作。通过跨平台联动,可以实现火灾报警、消防广播、电梯控制和安防系统的统一协调。例如,当火灾报警触发时,照明系统自动点亮疏散通道,并联动电梯停运、广播疏散指令。这样的整体联动不仅提高了应急效

率,也减少了人为干预的不确定性。

4.2 数据驱动下的智能决策

随着大数据和人工智能的发展,应急照明系统能够通过数据分析优化控制策略。系统可以记录每次疏散演练和事故的详细数据,对人员移动轨迹、疏散时间和通道使用率进行分析,总结规律并优化引导策略。在未来,系统甚至可以通过机器学习预测人员的疏散行为,提前调整照明方案,提高整体的科学性与适应性。

4.3 人性化与舒适性设计

应急照明的设计不仅要保障安全,也要考虑人员体验。合理的照度分布能够避免眩光和视觉疲劳,语音提示与图像显示能够增强信息传递的清晰度。在突发事件中,人性化设计可以有效降低人员的紧张感,使疏散过程更加平稳有序。智能化与人性化相结合,使系统不仅是“应急工具”,更成为“安全伙伴”。

5 智能应急照明系统的发展趋势

5.1 与物联网的深度融合

在物联网环境中,应急照明系统不再是独立运行的单一装置,而是成为智慧建筑体系中的重要组成部分。通过传感器、网络平台和数据接口的互联互通,系统能够与安防监控、消防报警、能耗管理、环境监测等多个智能子系统实现信息共享与协同运作。这种融合让应急照明能够实时获取建筑内部的动态信息,例如人员分布、火灾烟雾扩散路径或电力运行状态,从而在突发事件中迅速作出精准响应。统一调度机制的建立,使得管理人员能够通过集中平台实现远程监控和分级管理,不仅提升了应急处理的效率,还增强了系统的可靠性与灵活性。

5.2 人工智能的引入

人工智能技术的引入,使应急照明系统具备了更高水平的自主性与智能化特征。通过深度学习与大数据分析,系统能够对历史运行数据和实际环境情况进行建模与优化,从而不断提升疏散路径预测与照明控制的科学性。借助这种智能算法,系统可以根据人流密度、烟雾扩散情况以及建筑结构的复杂程度,实时调整照明亮度和指示方向,为人员提供最优的疏散指引。更为重要的是,这种“自学习、自适应、自优化”的能力,能够使系统在长期运行中持续进化,不断修正潜在不足,形成更加精准和高效的应对机制。在复杂和动态的环境下,人工智能驱动的应急照明能够提前预测可能的风险并主动调整策略,突破传统系统被动响应的局限。

5.3 绿色节能与可持续发展

应急照明系统作为公共安全的重要保障,其发展趋势

不仅体现在智能化与自动化的提升,还需要在节能与环保方面不断突破。通过采用高效节能光源,如LED灯具,不仅能够显著降低能耗,还能延长设备使用寿命,减少维护成本。结合绿色能源供电,例如太阳能与储能电池,可以在停电等突发情况下提供稳定电力,同时降低对传统能源的依赖。在材料选择上,使用可回收与低碳环保材料,既有助于减少对环境的破坏,又能符合绿色建筑的发展理念。系统运行过程中,还可以通过智能控制技术,实现按需调光与分区管理,避免不必要的能源浪费。

6 结论

建筑电气应急照明系统是保障建筑安全的重要环节,其智能化发展趋势为提升应急响应效率提供了新的路径。本文研究表明,智能控制在系统设计中的应用能够有效优化响应速度、提升疏散引导精准度,并降低能耗与维护成

本。在未来的发展中,应急照明系统应实现跨平台集成、数据驱动决策与人工智能辅助控制,逐步向物联网化、智能化和绿色化方向迈进。研究成果对建筑电气设计、智慧城市建设和安全管理水平提升具有现实意义。

【参考文献】

- [1]王建国,李宏伟.智能建筑电气系统的安全控制研究[J].电气应用,2021,40(5):45-50.
- [2]张海燕,刘志强.应急照明系统设计与管理的智能化发展趋势[J].建筑电气,2022,41(3):32-38.
- [3]陈伟,赵晓东.基于物联网的建筑应急照明控制系统研究[J].中国照明工程学报,2020,31(6):56-62.

作者简介:王策(1989.2—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

锅炉负荷波动对 NO_x 生成特性的影响研究

李亚川 刘玉洁 郝乐杨

建投邢台热电有限责任公司, 河北 邢台 054400

[摘要]电力系统有调峰需求时锅炉负荷会波动, 这会对 NO_x 生成特性产生影响, 文章对此进行了系统研究, 用数值模拟和工业实验相结合的方法构建含详尽化学反应机理的燃烧模型以分析负荷波动幅度、波动速率以及煤种特性对 NO_x 生成过程影响规律。结果显示, 负荷下降时炉内温度场分布有很大变化且燃烧区域下移、高温区域变小, 从而使热力型 NO_x 生成量减少, 并且由于氧浓度分布和还原区停留时间共同影响, 燃料型 NO_x 在中等负荷下可能排放浓度会升高。此外, 负荷波动速率对 NO_x 生成影响明显, 因为快速调负荷会使空气配比暂时失调, 进而使 NO_x 瞬时浓度峰值增加 15%~25%。文中还建立负荷-NO_x 排放预测模型并提出基于负荷预判的协调控制策略, 这能有效降低负荷波动时的 NO_x 排放, 给电厂灵活调峰时低氮燃烧技术优化提供理论依据和技术支持, 其研究成果对提升燃煤电厂环保性能和运行经济性有着重要应用价值。

[关键词]锅炉负荷; NO_x 生成; 燃烧特性; 波动工况; 排放控制

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18317

中图分类号: TK227

文献标识码: A

Study on the Influence of Boiler Load Fluctuations on NO_x Generation Characteristics

LI Yachuan, LIU Yujie, HAO Leyang

Construction Investment Xingtai Thermal Power Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054400, China

Abstract: When there is a demand for peak shaving in the power system, the boiler load will fluctuate, which will have an impact on the NO_x generation characteristics. This article systematically studies this and uses a combination of numerical simulation and industrial experiments to construct a combustion model with detailed chemical reaction mechanisms to analyze the impact of load fluctuation amplitude, fluctuation rate, and coal type characteristics on the NO_x generation process. The results show that when the load decreases, there is a significant change in the temperature field distribution inside the furnace, and the combustion zone moves downwards and the high-temperature zone becomes smaller, resulting in a decrease in the production of thermal NO_x. Additionally, due to the combined effects of oxygen concentration distribution and residence time in the reduction zone, the emission concentration of fuel NO_x may increase at moderate loads. In addition, the fluctuation rate of load has a significant impact on NO_x generation, as rapid load adjustment can temporarily disrupt the air ratio, thereby increasing the peak instantaneous concentration of NO_x by 15% ~ 25%. The article also establishes a load -NO_x emission prediction model and proposes a coordinated control strategy based on load prediction, which can effectively reduce NO_x emissions during load fluctuations and provide theoretical basis and technical support for optimizing low nitrogen combustion technology during flexible peak shaving in power plants. The research results have important application value for improving the environmental performance and operational economy of coal-fired power plants.

Keywords: boiler load; NO_x generation; combustion characteristics; fluctuating operating conditions; emission control

引言

国民经济支柱产业的电力行业因可再生能源大规模并网而使燃煤发电机组遭遇空前调峰运行压力, 近五年中国电力系统调峰深度不断加大, 2018 年煤电机组调峰负荷率为平均 70%, 到 2022 年已降至 50% 以下且有些地区极限调峰水平达 30%~40%, 国家能源局数据显示 2022 年中国可再生能源装机占比超 47% 从而使常规燃煤电厂

运行方式由基荷转成频繁启停、深度调峰的辅助服务模式。

锅炉运行模式的这种转变让其频繁遭遇负荷波动工况, 这对燃烧过程以及污染物排放有着深远影响, 而燃煤电厂的主要污染物之一是氮氧化物 (NO_x), 它的生成机制和锅炉负荷、燃烧温度、空气分配等联系紧密, 不过现有的关于 NO_x 生成与控制的研究大多聚焦于稳态满负荷状况, 负荷波动工况下 NO_x 生成特性的认识还不系统,

所以在实际生产时, 锅炉负荷波动期间 NO_x 排放浓度常常不好稳定控制, 这既影响环保达标运行, 又限制电厂灵活调峰的能力。

超低排放标准越来越严格, 在这样的大背景下, 若能深入掌握负荷波动对 NO_x 生成特性的影响规律, 对优化燃烧调整策略、达成全负荷范围内的稳定低氮燃烧就很重要。本研究采用数值模拟和工业实验相结合的方式, 系统剖析不同负荷波动状况下炉内燃烧特性变化与 NO_x 生成机理之间的耦合关系, 探究负荷波动速率、幅度还有煤种特性对 NO_x 生成进程的影响规律, 以期给电厂灵活调峰运行时的低氮燃烧控制供应理论依据和技术支撑。

2 锅炉负荷波动机理及特性

2.1 锅炉负荷波动的定义与表征

锅炉负荷在电力需求有变或者调峰运行的时候, 从一种负荷状态转到另一种负荷状态的动态过程就叫锅炉负荷波动, 从时域特性来讲, 负荷波动能用波动幅度、波动速率和波动频率这三个关键参数来表征, 其中波动幅度是负荷变化的百分比, 一般按额定负荷的百分比算, 像 40%~100% 这样的负荷波动, 波动速率是单位时间里负荷的变化量, 典型的一般为每分钟 1%~3% 额定负荷, 在 AGC 调节模式下能达到每分钟 5%~8% 额定负荷, 波动频率表明单位时间里负荷变化的次数且与电网调峰需求的时间特性相对应^[1]。

从工程实践而言, 负荷波动依据波动类型能分成规律性波动与随机性波动两类, 其中规律性波动主要由电网调度计划造成, 体现为负荷升降有秩序的过程, 而随机性波动大多源于电网频率调整、机组 AGC 调节或者运行扰动, 具有突发性和难以预见的特点。国家能源集团 2021 年运行数据显示, 现代燃煤发电机组日均负荷变化次数在 2015 年是 3~5 次, 到 2021 年变为 8~12 次, 并且单次负荷变化的幅度和速率都有很大提高, 这就使得锅炉燃烧系统快速调整的能力需要满足更高的要求。

2.2 负荷波动下的锅炉运行参数变化

负荷波动时, 锅炉运行参数有着明显的动态变化特点, 其中给煤量和一次风量是主要调节变量且随着负荷下降而削减, 由于一次风速降低会使粉煤在燃烧器里的停留时长变长进而让煤粉的分散性与流动生成变化, 以某 350MW 机组运行数据为例, 负荷从 100% 降到 50% 时, 一次风速由 28m/s 降至 20m/s, 使得煤粉颗粒在燃烧器停留的时间增加了大约 40%, 影响了燃料和空气的混合以及初始燃烧特性。

配风系统的二次风量和三次风量这两个关键参数, 其

调整方式直接关系到炉内氧气分布以及分级燃烧效果, 在负荷下降时, 二次风速和三次风速的变化常难以与一次风完全同步, 从而使空气分配比例出现暂时性失调, 并且锅炉负荷发生变化时炉膛温度场、压力场也会重新分布, 工业测试显示, 从 100% 降到 60% 负荷的过程中, 主燃烧区温度平均下降 150~200℃ 且温度场重心下移, 水冷壁吸热特性随之改变, 这些参数变化不但影响燃烧稳定性与效率, 而且对 NO_x 生成过程也有复杂影响, 尤其在快速调负荷的时候, 参数的非线性变化更为明显。

2.3 负荷波动对燃烧过程的影响

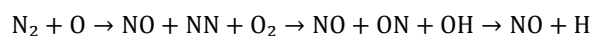
燃烧过程受锅炉负荷波动的主要影响体现在燃烧区域分布、火焰稳定性、燃烧强度等方面, 当负荷降低时给煤量与风量都会减少, 从而导致燃烧区域整体下移、高温区域面积缩小且温度随之降低, 以某 350MW 机组数值模拟结果为例, 100% 负荷降至 50% 负荷后主燃区最高温度从 1650℃ 降到大概 1450℃, 高温区 (>1400℃) 体积减少了约 45% 并且燃烧强度也明显减弱, 温度场这样变化会直接影响燃料里挥发分析出、固定碳燃烧以及 NO_x 生成的速率和数量^[2]。

负荷波动会使火焰稳定性下降, 尤其在低负荷工况下更明显, 拿 2020—2022 年某 350MW 机组运行数据来分析, 负荷小于 40% BMCR (锅炉最大连续蒸发量) 的时候, 火焰摆动幅度会增大大概 30% 且局部燃烧不完全的现象也增多, 因为低负荷时风速降低, 煤粉和空气的动量比失衡, 混合就没那么均匀, 并且燃烧器出口的气流组织有变化, 旋流强度减弱, 使得靠近燃烧器的地方氧气分布不匀, 出现局部富氧或者贫氧的情况, 这对 NO_x 的生成影响很大, 所以负荷快速变化时, 上述燃烧特性方面的变化更剧烈, 这就让锅炉控制系统的响应速度和调节精度需要达到更高的要求。

3 NO_x 生成机理及影响因素

3.1 热力型 NO_x 生成机理

在高温条件下, 空气里的 N₂ 与 O₂ 会反应生成热力型 NO_x, 其生成的主要依据是 Zeldovich 机理, 温度高于 1400℃ 时氮分子和氧原子间的三重键就会断裂并产生反应性更佳的氮原子, 之后这些氮原子跟氧气一反应就形成了 NO, 这一过程可用下面这个化学反应方程式来描述。

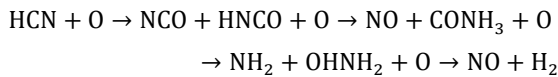


温度升高时热力型 NO_x 生成速率会按指数级增长且其生成还与停留时长、氧浓度紧密相关, 近期研究表明燃烧温度从 1400℃ 升至 1600℃ 后热力型 NO_x 生成速率能增加 4~5 倍, 所以高负荷工况下炉温较高导致热力型 NO_x

成主要 NO_x 来源, 大概占总排放量的 60%~70%。

3.2 燃料型 NO_x 生成机理

煤里的含氮化合物在燃烧时会转化成燃料型 NO_x, 这一转化主要体现在挥发分析出以及焦炭燃烧这两个阶段, 其中挥发分析出阶段, 煤里大概 60%~80% 的含氮化合物会变成 HCN、NH₃ 之类的中间产物, 这些中间产物在氧化性环境里能快速变为 NO, 在还原性环境里则会成为 N₂, 而到了焦炭燃烧阶段, 剩下的含氮化合物在温度较高的时候分解并和氧反应就形成了 NO。



燃料型 NO_x 的生成被煤种的氮含量以及挥发分析出特性决定, 研究显示燃料型 NO_x 转化率为 20%~40% 这一区间且其与燃烧温度的相关性比热力型 NO_x 要弱, 不过它跟燃烧区氧浓度分布还有停留时间关系更大, 所以在不同负荷工况下有着独特生成特性^[3]。

3.3 负荷波动条件下的影响因素分析

在负荷波动的情况下, NO_x 的生成过程被多种相互交织的因素所影响, 因为负荷发生变化会使炉内温度场重新构建, 这对热力型 NO_x 有直接作用, 并且根据 2019 到 2023 年多台机组的测试数据, 当负荷从 100% 降到 60% 的时候, 主燃区平均温度会下降大概 150℃, 从而使热力型 NO_x 的生成量减少 40%~50%, 不过燃料型 NO_x 的变化趋向更复杂, 因为它受氧浓度分布的变化和还原区停留时间两方面的影响。

负荷波动速率这一关键影响因素, 当负荷快速变化 (每分钟超过 5% 额定负荷) 的时候, 配风系统和燃料供应系统的响应有时滞后差异从而造成空燃比暂且失衡, 实验数据表明快速减负荷时局部过量空气系数波动在 0.8 到 1.5 之间使 NO_x 浓度出现 15%~25% 的瞬时峰值, 并且煤种特性也会影响负荷波动时 NO_x 的生成规律, 高挥发分、低氮含量的煤种负荷波动时 NO_x 排放特性更稳定而低挥发分、高氮煤种对负荷变化更敏感, 这主要是因为煤里含氮化合物的热解特性和在还原区的转化效率不同所致。

4 负荷波动对 NO_x 排放特性的影响

4.1 不同负荷变化率下的 NO_x 生成规律

对于燃煤电厂而言, 在应对电网调峰需求的时候, 锅炉负荷变化率是影响 NO_x 排放特性的重要因素, 实验数据显示, 负荷变化率从每分钟 2% 提升至每分钟 8% 时, NO_x 瞬时排放浓度能增长 15%~25%, 因为在负荷变化率高的情况下, 空气和燃料的配比很难精准匹配, 短时间内局部区域氧浓度会波动, 从而促使 NO_x 生成, 2019—2023 年

工业实验数据表明, 350MW 机组负荷快速下降阶段 (每分钟 ≥5%) 时, NO_x 生成量平均比稳态工况多出 17.3%。

在低负荷变化率 (≤3%/min) 这种工况下, 一次风和二次风的配比能被控制系统及时调整从而使炉内燃烧环境保持比较稳定, 数值模拟结果表明那时燃烧区温度场的变化较为平缓、热力型 NO_x 的生成受到控制且燃料型 NO_x 转化率的波动不到 5%, 不过即便低负荷变化率的情况下, 炉内温度分布不均匀还是会致使局部高温区 NO_x 生成量暂时增加, 所以需要优化锅炉协调控制策略来应对负荷变化时的排放特性。

4.2 负荷波动幅度与 NO_x 排放关系

NO_x 排放特性受负荷波动幅度这一另一重要参数的影响, 研究表明二者之间是非线性关系, 以典型 350MW 燃煤机组为例, 负荷波动幅度在小于 30% 额定负荷时, NO_x 排放浓度随其增加基本呈线性增长, 但波动幅度超 30% 后, NO_x 排放浓度增长率明显提高, 工业实验数据表明, 负荷从 100% 降到 50% 时, NO_x 排放浓度平均增加 22.3%, 负荷从 50% 降到 30% 虽然下降幅度小些, NO_x 排放浓度却增加了 35.7%^[4]。

炉内燃烧状态会因大幅度的负荷波动而发生根本性改变, 具体体现为燃烧区域明显下移、燃尽区缩短以及局部空气过量系数波动大幅加剧。2021—2023 年电力行业统计数据显示, 在有深度调峰需求时, 超临界机组于低负荷 (30%~40% 额定负荷) 下运行的时段增加了 37%, 从而使得 NO_x 排放控制面临更为严峻的挑战。负荷波动幅度大且频次高的工况不利于现有 SCR 脱硝系统的效率, 使实际脱硝效率较设计工况低 5%~8%, 所以需要开发适用于波动工况的新型脱硝技术并优化控制策略。

5 结论

本研究采用数值模拟和工业实验相融合的方法来系统分析锅炉负荷波动给 NO_x 生成特性带来的影响规律并得出如下主要结论: 负荷变化率是影响 NO_x 瞬时排放的关键要素, 在负荷变化率达到每分钟 5% 及以上时, NO_x 排放浓度会比稳态工况增加 15%~25%, 这是因为空气与燃料配比出现了短暂性失调。负荷波动幅度跟 NO_x 排放是非线性关系, 当负荷变化量超过 30% 额定负荷时, 炉内燃烧状态从根本上改变且 NO_x 生成机理从以热力型为主转为以燃料型为主, 从而让低负荷区间内的排放控制更复杂^[5]。

上述研究表明, 随着电力系统调峰需求不断攀升, 可采用如下技术举措: 依据负荷预判开发空气分级优化控制策略, 使负荷发生变化时燃料与空气能精确匹配, 并且针

对不同负荷波动状况构建分段式 NO_x 控制模型,尤其要重点关注 30%~50%低负荷区间的排放特征,同时优化 SCR 系统喷氨控制逻辑以提升其对负荷波动的适应性,这一研究成果给燃煤电厂在灵活调峰的情况下有效控制 NO_x 排放提供理论依据与技术支持,对提高电力系统环保性能和运行经济性有重要的应用价值。

[参考文献]

- [1]张塞红,武文斐,李保卫.负荷对切圆锅炉气固两相流动特性影响的研究[J].热科学与技术,2013(2):78-83.
[2]全炳文,.制粉系统运行对锅炉 NO_x 生成影响的研究[J].科技与企业,2013(19):271-272.

[3]周尧天.低负荷下运行氧量对锅炉燃烧及 NO_x 生成特性的影响研究[J].电工技术,2024,11(13):136-138.

[4]景雪晖,唐权利,朱建平,等.低负荷一次风掺烟量对 II 型切圆锅炉 NO_x 生成特性影响 [J]. 热力发电,2020(12):88-92.

[5]朱复东.配风对新型造粒生物质锅炉炉膛 NO_x 生成特性影响研究[J].环境生态学,2021(10):69-75.

作者简介:李亚川(1990.3—),毕业院校:河北联合大学,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位:建投邢台热电有限责任公司,职务:集控运行值班员,职称级别:中级工程师。

中小型泵站节能改造技术应用研究

宋扬 周洁

扬州水利建筑工程有限责任公司, 江苏 扬州 225000

[摘要]中小型泵站在农业灌溉、城市供水以及工业循环等诸多领域均发挥着极为基础的作用,然而其能耗方面的问题却日益变得明显起来,所以节能改造便成为了提升其运行效率以及降低运营成本的一条关键途径。此项研究对中小型泵站的能耗实际状况以及节能潜在能力展开了系统的分析,着重就高效水泵与电机的选型、变频调速以及智能控制、管路系统的优化等一系列关键技术进行了深入探讨,并且还构建起了技术集成应用的模式。借助于能效监测与评估体系的搭建,该论文对节能改造所具有的经济效益与环境效益予以了评估,同时针对在推广过程当中出现的问题也提出了相应的解决对策。

[关键词]中小型泵站; 节能改造; 技术应用; 能效评估; 系统优化

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18312

中图分类号: S277

文献标识码: A

Application Research on Energy-saving Renovation Technology for Small and Medium-sized Pump Stations

SONG Yang, ZHOU Jie

Yangzhou Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract: Small and medium-sized pump stations play a fundamental role in many fields such as agricultural irrigation, urban water supply, and industrial circulation. However, their energy consumption problems have become increasingly apparent, so energy-saving renovation has become a key way to improve their operational efficiency and reduce operating costs. This study conducted a systematic analysis of the actual energy consumption status and potential energy-saving capabilities of small and medium-sized pump stations, focusing on a series of key technologies such as the selection of high-efficiency pumps and motors, variable frequency speed regulation and intelligent control, and optimization of pipeline systems. A model for technology integration application was also constructed. With the establishment of an energy efficiency monitoring and evaluation system, this paper evaluates the economic and environmental benefits of energy-saving renovation, and proposes corresponding solutions to the problems that arise during the promotion process.

Keywords: small and medium-sized pump stations; energy-saving renovation; technology application; energy efficiency assessment; system optimization

引言

我国机电排灌事业已发展到一个新的高度,但是泵站在运行管理中暴露出不少问题。在能源日趋紧张的今天,节约能源意义重大。当前,我国中小型泵站普遍存在设备老化、技术落后以及管理粗放等许许多多的问题,这些问题就会导致能耗偏高,运行成本持续增加,这不仅制约了泵站经济效益的提升,还对环境造成额外负担。在能源日趋紧张的今天,节约能源仍大有潜力可挖。

1 中小型泵站能耗现状与节能潜力分析

1.1 中小型泵站的主要能耗特征

中小型泵站的能耗主要集中在水泵以及电机系统方

面,这些设备在实际运行期间,由于设计存在不合理之处或者工况出现变化,往往会处于低效的工作区间,进而致使电能浪费的情况较为严重。泵站的能耗呈现出明显的季节性波动特点,在灌溉或者供水的高峰期,负荷不断增加,使得能耗大幅度上升,而在平常时候,则有可能处于低负荷的运行状态,这种不均衡的状态进一步加剧了能源的损耗程度。除此之外,泵站的辅助设备像阀门、管道等,其存在的摩擦损失以及泄漏等问题,更是进一步放大了整体的能耗水平,导致泵站的运行效率很难达到设计所规定的标准。

1.2 能耗偏高的主要原因分析

耗能过高的缘由能够归纳为设备选型欠妥、运行控制

落后以及系统匹配失衡等诸多方面的因素。设备选型欠妥的情况表现为水泵和电机功率不相匹配,常常是依据经验或者采取保守的设计方式,如此一来便出现了大马拉小车的现象,致使设备长时间处于低负荷的状态下运行,效率极为低下。运行控制落后是因为泵站的自动化程度不高,需要依靠人工来进行调节,没办法实时地对工况变化做出响应,进而造成了能源的浪费。系统匹配失衡涉及到管路布局不够合理、水力损失过大的一系列问题,这些因素相互之间产生作用,使得泵站的整体能耗始终处于居高不下的态势。

1.3 节能潜力评估方法

节能潜力评估属于改造前极为关键的一个环节,其常用的方法涵盖了能效测试、模拟分析以及基准比对等多种方式。其中,能效测试是凭借现场去测量泵站的输入输出功率,进而计算出实际的运行效率,以此来识别出能耗方面的瓶颈所在;模拟分析则是借助水力模型软件,去预测在不同改造方案之下所可能达成的节能效果,从而给决策过程给予相应的数据方面的支撑;而基准比对是参照国家或者行业所规定的能效标准,来评估泵站当前的实际水平和理想值之间存在的差距,进而将节能潜力予以量化呈现。这些方法在实际应用当中,能够助力系统且全面地挖掘出泵站的节能空间,进而为后续的改造工作明确一个清晰的方向。

2 中小型泵站节能改造关键技术

2.1 高效水泵与电机选型技术

高效水泵以及电机的选型技术在节能改造方面占据着极为重要的核心地位,其最为关键之处就在于要与泵站的实际工况加以匹配,从而挑选出那些能效相对较高且可靠性较强的设备。高效水泵会采用较为先进的水力模型以及材料工艺,以此来减少内部的流动损失,进而提升自身的运行效率。而在电机选型方面,则重点要去关注功率因数以及负载特性,务必要避免出现过载或者欠载的运行情况,从而达成电能的高效转换目的^[1]。就好比选用永磁同步电机这种方式,就能够大幅度地降低空载时的损耗。这类技术在实际应用的时候,需要密切结合泵站对于流量扬程的具体需求,开展细致周到的设计工作。在整个选型的过程当中,还应当充分考虑到设备在整个生命周期之内的成本问题,要在初期投资以及长期节能收益之间做好相应的平衡工作。

2.2 变频调速与智能控制技术

变频调速以及智能控制技术能够对水泵转速加以调节,以此来与流量的变化相适配,进而避免出现阀门节流

方面的损失,最终达成降低能耗的目的。变频器会依据实时的工况信号,自行对电机频率做出调整,让泵组处于高效的运行区间当中。智能控制技术把传感器和算法相互融合起来,促使泵站可以实现自动化的运行状态,同时还能够对启停策略予以优化,从而削减人为干预所产生的误差。这些技术在实际应用的过程当中,一方面提升了泵站对于各种情况的响应速度,另一方面也强化了系统的整体稳定性。

2.3 管路系统优化与水力匹配技术

管路系统优化以及水力匹配技术,其关键在于着力去削减管道方面的阻力,并且要尽力避免出现泄漏情况。通过科学合理地对待管径加以设计,同时对管道的布局予以规划,并且精心挑选各类配件,以此来促使水力损失得以降低。具体的优化举措包含了选用内壁较为平滑的管道,尽可能地减少弯头的数量,并且安装那些能高效运作的阀门等,而这些做法均能够对水流的动力学性能起到良好的改善作用。水力匹配技术能够保证水泵、管路和负载三者之间实现有效的协调配合,从而防止出现气蚀或者振动之类的种种问题,进而使得整个系统的效率得到切实的提升。比如说,运用计算流体动力学展开分析,是能够精准地对管路的压降情况进行预测的,这无疑为优化设计给予了相应的指导。把这类技术综合集成起来,便给泵站实现节能目标提供了强有力的工程方面的有力支撑。

3 节能改造技术的集成应用模式

3.1 技术组合策略

制定科学的技术组合策略是集成应用的核心理念在于依据目标泵站的实际诊断状况来确定后续举措,具体而言,要弄清楚主要的能耗损失到底是源自设备运转效率低下、调节方面存在损失,还是系统本身阻力过大,之后再据此精准地挑选出一整套恰当的技术手段,将它们打包起来加以运用。比如说,针对那类设备老化情况较为严重并且负荷波动幅度很大的泵站而言,最为理想的技术组合方案或许就是“把效率较低的水泵电机替换掉,同时对变频调速控制系统做出改造,并且对局部管路予以优化”这样的组合;然而对于那种设备相对来说还比较新,但是控制手段较为落后且系统匹配程度不够理想的泵站来讲,其策略的重点大概就会集中在“增加智能控制系统,同时开展精细化的水力调试以及对局部管道进行改造”这些方面了。组合策略的制定,得遵循“先易后难、效益优先、技术协同”这原则,优先去实施那种投资回收期比较短、节能效果明显并且技术成熟度高的措施,并且要充分考量各项技术之间的接口兼容性以及协同工作的能力,防止因为技术

出现冲突,致使改造效果大打折扣。成功的组合策略,往往是建立在对泵站进行全面且细致的能源审计的基础之上的,这就要求工程技术人员不但要精通单项技术,还要具备系统的思维以及集成的能力。

3.2 改造实施流程

规范化的改造实施流程对于保障项目质量、控制投资风险以及实现按期投运而言极为关键,其完整流程一般涵盖多个阶段,像前期诊断评估阶段、可行性研究与方案设计阶段、施工图设计与采购阶段、现场施工与安装阶段、系统调试与性能测试阶段以及竣工验收与后期培训阶段等。在前期诊断评估阶段当中,得完成详尽的能耗测试以及细致的问题诊断工作;到了可行性研究与方案设计阶段,则需提出多种多样的技术方案,并且开展技术经济方面的比较分析,从而确定出最为优秀的方案;在施工阶段,要格外留心新旧系统的衔接以及过渡事宜,尽量把对泵站正常运行所产生的干扰降到最低限度;而在调试阶段,得借助精细的参数整定以及联合试运行的方式,让集成之后的新系统能够达成设计所规定的最佳性能状态。在整个改造实施流程当中,构建起严格的项目管理制度、清晰明确的文档记录体系以及针对各阶段成果的评审机制是十分重要的,如此便能够有效地确保改造工程可以有条不紊地向前推进,最终顺利达成预期的改造目标。

3.3 能效监测与评估体系

改造完成并不是项目最终的终点所在,构建起长期且可靠的能效监测以及后评估体系,对于去验证改造所取得的效果、察觉到在运行过程当中产生的新的问题,并且还能够为未来持续开展的改进工作给予数据方面的有力支撑,有着不容忽视的重要作用。这一体系一般是由部署在各个关键节点处的智能传感网络、负责数据采集以及传输的单元、数据中心还有能效分析管理软件平台共同组成的,其可做到对泵站的电压、电流、功率、流量、压力、水位等一系列核心参数展开实时且连续的监测活动。依据这些实时获取的数据,评估体系得要对一系列能效关键绩效指标加以计算并且予以展示,像单位提水百米耗电量、泵机组运行效率、装置能源效率等这类指标,并且还要能够支持按照日、月、年等不同周期来开展统计分析、趋势研判以及报表生成等相关工作^[2]。通过将改造前后在相同工况之下所对应的 KPI 数据进行对比的方式,便能够较为客观且量化的对节能改造实际所达成的成效做出相应的评价,与此持续不断地开展监测工作也能够促使及时发现设备性能出现衰减、控制策略发生偏离等潜在存在的各类问题,进而达成从“经验管理”迈向“数据驱动

管理”的转变。

3.4 运行维护管理优化

再先进的技术与设备,若没有科学的运行维护管理作为保障,那么其长期稳定高效的运行便难以实现。所以说,和硬件改造同步开展或者提前进行的运行维护管理优化工作,这便是巩固以及扩大节能改造成果的“软保障”。管理优化涵盖诸多方面的内容:一方面要依据新系统所具有的特点,去修订并完善运行操作规程、巡检保养制度还有应急预案;另一方面需强化对运行维护人员的专业技术培训,让他们能够熟练地掌握新设备、新系统的原理以及操作维护要点;还可以引入基于状态监测的预防性维护策略,借助监测数据来预测设备的健康状况,把“故障后维修”的模式转变为“计划性维护”,如此一来便能够减少因非计划停机而产生的损失;最后还需探索着去建立与能效指标相挂钩的绩效考核机制,从管理层面给予员工激励,促使他们主动地去关注并优化能耗。唯有将先进的技术与精益化的管理紧密融合起来,才能够确保节能效益在泵站的整个生命周期当中得以持续不断地释放出来。

4 节能改造效果

4.1 节能效果评价指标

一套科学且较为完备的节能效果评价指标体系,能够充当衡量改造是否成功的标尺。该体系一般涵盖直接效果指标、效率提升指标以及运行质量指标这三个类别。其中,直接效果指标最为直观的呈现方式便是节电量以及节电率,只需对改造前后的同期且处于相同工况条件下的用电量加以对比,便能够获取到这些数据。效率提升指标包含了诸如水泵机组效率提升的百分点、装置效率提升的百分点等,这能够反映出在能量转换以及利用环节所取得的改进情况。而运行质量指标,则着重于改造所带来的一些附加价值方面,像是系统压力波动范围有所缩减、设备故障率出现下降、自动化水平得以提升的程度等^[3]。这些指标需要综合起来运用,一方面要留意直接的能源节约状况,另一方面也要意识到系统可靠性以及运行质量改善之后所产生的间接效益以及长期的价值。

4.2 经济效益分析

经济效益乃是推动节能改造的最为直接的一股动力。在对之展开分析的时候,往往会采用全生命周期成本评价法。这种方法既需要去计算初始改造投资的具体数额,同时也要对改造之后所产生的各项成本节约情况加以核算,像因为电费有所减少、维修费用得以降低以及设备使用寿命变得更为延长等因素所带来的长期运行成本方面的节约都得算进去。静态投资回收期算是一个较为常用的简易

指标,不过要是碰上那些投资额度较大且周期相对较长的项目,那就得去计算动态投资回收期、净现值或者内部收益率等一系列指标了。通常来讲,一个设计较为良好的集成化节能改造项目,它的静态投资回收期往往能够在三至六年这样的时间跨度之内。在回收期之后,每年所产生的运行费用节约情况将会形成持续不断的现金流,进而给泵站运营单位带来源源不断的可观经济收益。除此之外,节约下来的电力容量还有可能为泵站争取到相应的政策性补贴或者让它能够参与到需求侧响应市场当中去,从而创造出额外的经济价值。

4.3 环境效益分析

节能改造所产生的环境效益主要体现在两个方面,其一是直接对污染物加以减排,其二是间接实现资源节约。具体来讲,每节约一度电,也就意味着发电侧会相应减少一定数量的标准煤消耗,与此还会同步减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物以及粉尘等一系列污染物的排放^[4]。通常的做法是把泵站所节约的总电量按照一定比例折算成标准煤以及二氧化碳减排量,以此来量化其环境贡献。在当今这个应对气候变化已经成为全球共识的时代背景下,这样的环境正效益让泵站节能改造项目在获取政策支持以及社会认可方面变得更加容易,同时也是践行绿色发展理念的一项具体行动。

5 结束语

本研究全面且细致地探讨了中小型泵站节能改造技术的实际应用情况。先是深入分析了当前的能耗状况,接

着仔细梳理了其中的关键技术要点,然后精心构建起相应的集成模式,并且还对改造后的效果展开了评估。如此一来,便给相关行业提供了很有价值的参考依据。节能改造这一举措,一方面能够有效地降低能耗以及成本支出,另一方面也有助于推动环境朝着可持续发展的方向前进,这无疑很好地体现了工程实践层面和社会责任层面的有机结合。在未来开展的研究当中,应当把目光更多地聚焦在新技术融合以及标准化建设这两个方面,以此来进一步推动泵站节能朝着更为纵深的层次不断发展。简而言之,集成化改造可以说是中小型泵站实现转型升级必须要走的一条路,这就需要各方多主体协同发力,一同去积极推动这项工作向前迈进。

[参考文献]

- [1]唐钧.中小型泵站水利工程建设安全生产管理[J].水上安全,2023(10):88-90.
- [2]丁芳.中小型泵站运行质量的要点探析[J].产品可靠性报告,2025(7):106-107.
- [3]柏亭鑫.中小型泵站冬季施工的关键保温技术探究[J].全面腐蚀控制,2024,38(10):109-112.
- [4]蔡文涛.中小型提水泵站工程改造方案优选[J].水上安全,2024(6):40-42.

作者简介:宋扬(1979.9—),男,毕业院校:南京工程学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:扬州水利建筑工程有限公司,职务:工程管理人员,职称级别:工程师。

尾水管补气管结构强化改造及补气短管拆除可行性分析

尤军波 柳超

华电四川发电有限责任公司宝珠寺水力发电厂, 四川 广元 628003

[摘要]尾水管补气系统是抑制水轮发电机组空化侵蚀、降低压力脉动及机组振摆的关键装置,其运行可靠性直接决定机组安全稳定水平。针对宝珠寺电站尾水管补气管因结构设计缺陷及材质性能不足,导致补气短管对应区域尾水锥管里衬钢板撕裂的严重隐患,开展了补气管优化改造及补气短管拆除可行性研究。补气管优化改造后,结构强度及抗腐蚀性能显著提升;拆除补气短管后,机组关键运行指标无明显波动,可实现安全稳定运行。该研究提出的补气管改造方案及补气短管拆除验证方法,不仅解决了宝珠寺电站的实际运行隐患,更为同类水轮发电机组补气系统优化及相关技术决策提供了可靠的工程参考。

[关键词]尾水管补气短管; 优化改造; 短管拆除

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18313

中图分类号: TV734.

文献标识码: A

Feasibility Analysis of Strengthening the Structure of Draft Tube Air Supply Pipe and Dismantling the Short Air Supply Pipe

YOU Junbo, LIU Chao

Baozhusi Hydropower Plant of Huadian Sichuan Power Generation Co., Ltd., Guangyuan, Sichuan, 628003, China

Abstract: The tail water pipe air supply system is a key device for suppressing cavitation erosion, reducing pressure pulsation and unit oscillation in hydroelectric generators. Its operational reliability directly determines the safety and stability level of the unit. In response to the serious hidden danger of steel plate tearing in the lining of the tailwater cone pipe in the corresponding area due to structural design defects and insufficient material performance of the air supply pipe of Baozhusi Power Station, a feasibility study was carried out on the optimization and renovation of the air supply pipe and the removal of the air supply short pipe. After the optimization and renovation of the air supply pipe, the structural strength and corrosion resistance have been significantly improved; After removing the air supply short pipe, there is no significant fluctuation in the key operating indicators of the unit, and safe and stable operation can be achieved. The proposed renovation plan for the air supply pipe and the verification method for dismantling the air supply short pipe not only solve the practical operational hazards of Baozhusi Power Station, but also provide reliable engineering references for optimizing the air supply system and related technical decisions of similar hydroelectric generator units.

Keywords: tail water pipe air supply short pipe; optimization and renovation; short pipe dismantling

引言

尾水管作为水轮发电机组核心过流部件,兼具能量回收、引导水流平顺排出及抑制不稳定流态的关键功能。其中,补气系统通过主动引入空气,可有效缓解尾水管空化侵蚀、降低压力脉动幅值及机组振摆烈度,是保障机组安全稳定运行的重要辅助装置。宝珠寺电站自投产以来,4台机组多次发生尾水管补气短管对应区域尾水锥管里衬钢板撕裂、周边混凝土基础淘刷等严重故障,不仅大幅增加检修工作量与运维成本,更对机组安全稳定运行构成直接威胁,亟需通过改造予以解决。针对宝珠寺电站补气管存在的结构性缺陷,开展结构优化与材质升级研究,可直接解决该电站机组的运行隐患,缩短检修周期、提升机组运行可靠性与经济性。目前国

内仍有大量同类型老旧机组沿用传统尾水补气短管结构,普遍面临类似的运维难题,本研究提出的“结构优化+补气短管拆除”改造方案及验证方法,可为同类机组的补气系统升级改造提供直接的工程借鉴,具有显著的行业推广价值。当前国内外关于传统补气短管结构缺陷修复及“结构强化后拆除补气短管”的研究相对匮乏,现有研究多聚焦于补气系统的“强化与优化”,鲜少涉及“简化与拆除”的可行性验证,尤其缺乏针对特定电站故障案例的系统性改造与验证研究,本研究可填补该领域的工程实践空白。

1 电站简介

宝珠寺水电站位于四川省广元市三堆镇,是嘉陵江水系白龙江干流上已建的第二个梯级水电站。该电站是以发

电为主,兼有灌溉、防洪等效益综合利用的大型国家重点工程。宝珠寺电站装有4台17.5万kW混流式水轮发电机组,1996年第一台机组发电,1998年四台机组全部投产发电。目前电站的主要设备服役时间较长,已多次发生补气短管相关部位的尾水锥管里衬钢板撕裂的问题,严重影响机组的安全稳定运行。

宝珠寺电站机组补气方式有三种,一是主轴中心孔补气,二是尾水短管补气,三是顶盖真空破坏阀补气。其中尾水管为4H型,直锥段为钢板焊接的里衬(详见图1),它分两瓣,上下有分两段,为使机组安全稳定运行,上段里衬设有4根补气短管(详见图2),四周有环形通气腔,其进气管接至尾水平台。

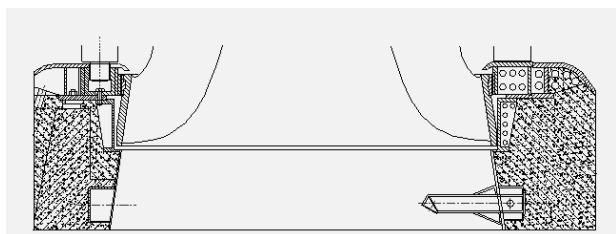


图1 尾水管剖面图

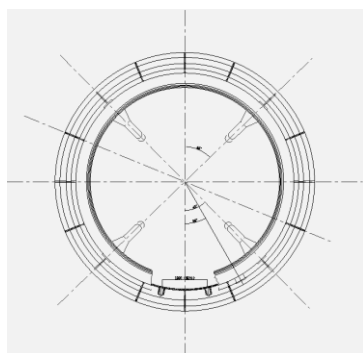


图2 尾水管俯视图

2 原尾水管补气系统问题分析

在过流部件气蚀检查时发现尾水管钢板脱落严重,凑合节、补气腔、尾水管里衬钢板掉落,多处混凝土基础被淘刷,详见图3。



图3 尾水管损坏情况

根据统计,4台机组自投运以来针对该部位的检修次数分

别达到5~7次之多,且检修频率越来越高,每次实际检修时间为15d左右。随着运行年限的增加,检修的难度越来越大。

尾水锥管损坏主要有以下几种因素有关:

(1) 强度不足,强度不足导致的部件损坏的机理是静态作用力比较大,使部件的静应力超过部件材料的断裂强度。在尾水管中,静态作用力只有来自水流的冲击。

(2) 疲劳破坏,众所周知,材料可以承受比较大的静应力,但比较小的动应力就可以使它发生疲劳破坏。在水轮机尾水管中是不缺少动载荷的,特别是在非最优工况下,例如,涡带压力脉动,卡门涡、叶片频率的压力脉动、转轮进口冲击、脱流产生的压力脉动等。它们产生的动应力也可以达到可与静应力相比的程度。联系到上述水流和焊接对静应力的作用,分析认为,宝珠寺锥管完全具有产生疲劳破坏的条件,而且很可能是在静载荷和复杂动载荷联合作用下发生的疲劳破坏。

(3) 焊接质量,焊接质量可能带来的影响有:

①结构的整体性差,整体强度降低;

支管的焊接部位受力不均匀,可能出现很大的载荷和应力集中现象,加速支管的断裂速度。焊接对补气架的最大影响可能还是焊接对支管母材材质的影响,这是焊接对焊接结构带来的不可避免的副作用。经过焊接,特别是多次焊接后,母材将不可避免的出现脆化的倾向或结果,这种影响对比较薄的板材和管材更加突出一些,而材料的脆化就意味着疲劳强度的大幅度降低。

②支管与埋入部分的焊接、支管与里衬的焊接、支管与套管的焊接等。所有这些都会使支管根部的材质发生脆性变化,疲劳强度降低。

与补气架支管连接的里衬部分是补气架的支点和基础,它既受焊接和焊接质量的影响,也可能产生直接的影响,如:经过多次焊接的里衬材料(钢板)也会发生脆化效应,降低疲劳强度;如果里衬与混凝土的局部结合不好、有空隙,将降低支持刚度;如果里衬与支管的焊缝上存在裂纹,水和压力脉动将传递到里衬外侧,加速里衬局部的疲劳破坏。

3 补气管结构优化改造实施

根据现有的实际运行现状和资料、机组各次检修资料及原设计资料、原机组厂家资料等,同时参考了国内相似电站的改造经验,确定的改造方案(详见图4)如下:

(1) 拆除原补气短管。

(2) 原补气环腔采用混凝土浇实。

①将原有补气短管及以EL.481.85为中心上、下各55cm的锥管里衬及外侧深40cm混凝土凿除,凿除混凝土约 9m^3 ,锥管周边钢筋根据需要割除。

②在更换的尾水锥管不锈钢钢材上 EL.482.10 为中心,每隔约 2.16m 开设一直径 150mm 孔共 9 个,进行回填混凝土用,待混凝土回填完成后将孔封堵。

③恢复原锥管周边割除的钢筋;原补气腔内需增设一圈 $\Phi 32$ 钢筋,并与周边凿出的原钢筋网可靠焊接。

④在更换的锥管顶设置回填灌浆系统共布置二根进、回浆管及一根排气管,沿补气管环形布置。回填灌浆系统采用可重复灌浆系统,灌浆管路均采用 $\phi 38$ 可重复灌浆管。将灌浆进、出口设在尾水管进入廊道附近。

⑤混凝土回填用尾水锥管不锈钢钢材上预留的孔进行,回填混凝土用 C25 微膨胀混凝土(二级配)泵送混凝土。

⑥混凝土浇筑时应密切观察浇筑情况,确保浇筑密实。

⑦补气环向管槽顶部混凝土易脱空部位,采用预埋的回填灌浆系统进行回填灌浆。

⑧灌浆处理:灌浆采用 HGM-1 型高强无收缩灌浆料(该灌浆材料具有早强性高,1~3d 抗压强度可达 30~50MPa;自流性高;耐久性强等特点),灌浆压力为 0.15~0.20MPa,沿尾水管进入廊道一侧环向开始,在规定的设计压力下,灌浆孔停止吸浆,延续灌浆 20min 结束灌浆;灌注时用手锤轻轻敲击钢板,增加浆液流动性,保证灌浆密实。

⑨为防止混凝土浇筑和回填灌浆时引起锥管变形,应对混凝土振捣和压力严格控制,发现问题及时解决,锥管变形应控制在厂家允许范围内。

⑩混凝土拆除需采用人工拆除。严禁采用爆破拆除。

⑪冬季尾水管内气温较低, HGM-1 型高强无收缩灌浆料养护时间为 7d,回填灌浆 3d 后,用锤击检查钢衬补修范围内是否存在空声,判断钢衬与混凝土之间是否存在空腔。如若存在空声,应仔细确定混凝土空腔大小,需要补灌处割开钢衬,补灌后焊接好钢板孔。

(3) 更换短管补气段尾水锥管,材质采用不锈钢(6cr),高度约为 1.0m,锥管分为四块。凿除的混凝土部分回填。

(4) 焊接工艺和质量

焊接质量对延长使用寿命有非常大的影响,应采取各种措施提高和保证焊接质量,例如:

①在一切可能的焊口处开焊接坡口。

②所有焊口都应满焊并与两边的母材圆滑过渡。

③注意采用适当的焊接工艺(例如分段、分层焊接,控制焊接电流等),减小对母材的焊接热影响。

④避免出现焊接缺陷,例如夹渣、气孔、裂纹、咬边等。

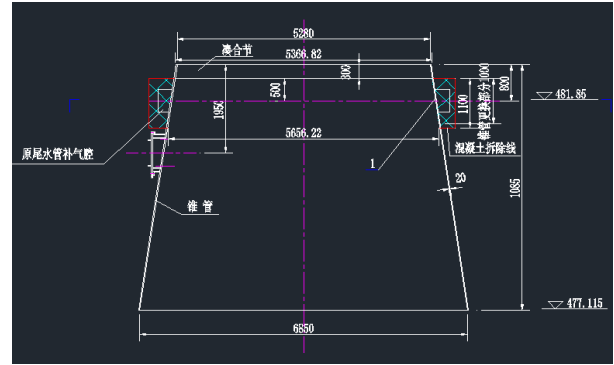


图4 尾水管改造施工图纸

4 补气短管拆除验证

宝珠寺电站尾水补气短管在前期结构优化改造工程实施后,虽已有效解决了改造前存在的补气效率不足、结构稳定性欠佳等问题,基本达成了设计预期的补气稳压目标,保障了机组在常规工况下的安全稳定运行。然而,从长期运维角度分析,尾水补气短管作为机组尾水系统的附加补气结构,其固有属性决定了运维过程中的持续性成本与潜在风险:一方面,该结构每年机组检修期间均需开展全面的维护保养与性能检测工作,包括短管内壁探伤及焊接修复等,不仅占用大量检修工时与人力成本,还可能因部件老化、磨损等问题增加检修复杂度;另一方面,长周期运行下,短管与尾水管的连接部位易出现应力集中等隐患,维护不及时可能诱发撕裂、振动加剧等次生问题,对机组安全运行构成潜在威胁。

从行业发展趋势来看,随着国内水轮发电机组设计制造技术、补气系统优化技术的不断迭代升级,取消尾水补气短管的无短管补气方案已成为先进机组的主流配置。多家国内大型水电厂的实践案例表明,在经过充分论证的前提下,拆除尾水补气短管不仅可简化系统结构、降低运维成本,还能通过优化机组流道形态减少局部水力损失,对提升机组运行效率具有积极意义。基于此,针对宝珠寺电站尾水补气短管是否具备拆除条件这一核心问题,课题组摒弃了传统研究中先通过多工况理论计算论证可行性的常规思路,采用“源头封堵-实测分析”的实证研究方法,直接通过对尾水补气短管进行源头封堵处理,系统监测并分析短管拆除(等效状态)后机组关键运行参数的变化规律,重点聚焦机组振摆特性、尾水管及转轮区域压力脉动等核心指标,以此验证尾水补气短管拆除的工程可行性与安全性。

对尾水补气短管进行源头封堵处理后,观察机组典型负荷(空载、低负荷、振动区上限负荷、较大负荷)下的振摆数据,具体情况如下:

表 1 空载振摆数据对比

	机组负荷	上导摆渡 X	上导摆渡 Y	推力摆渡 X	推力摆渡 Y	水导摆渡 X	水导摆渡 Y	上机架垂直振动	上机架水平振动	下机架垂直振动	下机架水平振动
	MV	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM
封堵前	17.78	360	358	541	558	322	297	40.24	55.02	48.58	17.68
封堵后	11.8	246.1	223	464	476.5	261.9	262.3	30.5	40.8	37.5	8.4

表 2 低负荷振摆数据对比

	机组负荷	上导摆渡 X	上导摆渡 Y	推力摆渡 X	推力摆渡 Y	水导摆渡 X	水导摆渡 Y	上机架垂直振动	上机架水平振动	下机架垂直振动	下机架水平振动
	MV	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM
封堵前	39.45	450	498	678	699	399	354	58.9	80.75	82.9	39.65
封堵后	44.2	252.7	232.6	463.2	464.3	236	239.4	26.4	40.3	43.6	8.7

表 3 振动区上限振摆数据对比

	机组负荷	上导摆渡 X	上导摆渡 Y	推力摆渡 X	推力摆渡 Y	水导摆渡 X	水导摆渡 Y	上机架垂直振动	上机架水平振动	下机架垂直振动	下机架水平振动
	MV	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM
封堵前	125.35	222	200	440	443	190	179	21.5	25.5	25.5	6.5
封堵后	116.1	220.2	201.9	452.6	450.1	193.4	195.2	22.8	36.1	35.1	8.6

表 4 大负荷振摆数据对比

	机组负荷	上导摆渡 X	上导摆渡 Y	推力摆渡 X	推力摆渡 Y	水导摆渡 X	水导摆渡 Y	上机架垂直振动	上机架水平振动	下机架垂直振动	下机架水平振动
	MV	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM	UM
封堵前	166.7	194	180	396	402	155	148	21.7	23.3	28.8	7.2
封堵后	156.6	193.9	180.9	401.8	406.4	143	126.6	19.6	24.5	22.9	6.8

表 5 封堵前后瓦温数据对比

	上导最高瓦温℃	上导最高油温℃	推力最高瓦温℃	推力最高油温℃	水导最高瓦温℃	水导最高油温℃
封堵前	46.78	23.04	30.24	24.19	45.12	43.44
封堵后	46.8	20.7	28.2	21.3	43.9	41.5

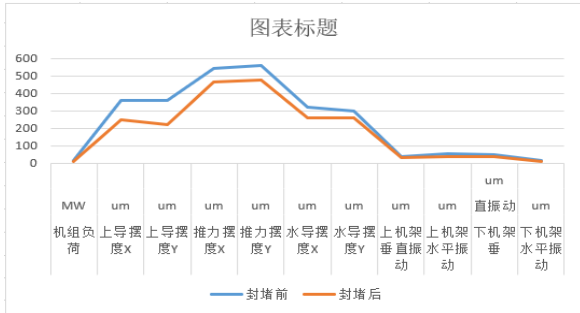


图 5 空载状态下，机组振摆略有降低

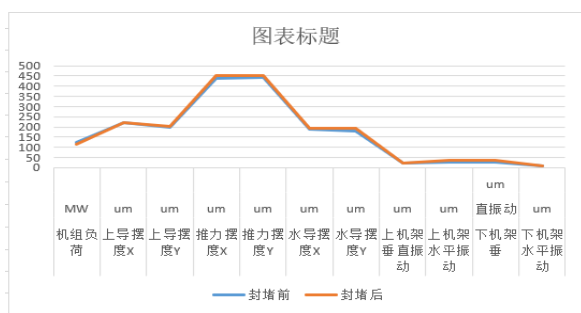


图 7 振动区上限状态下，机组振摆无明显变化

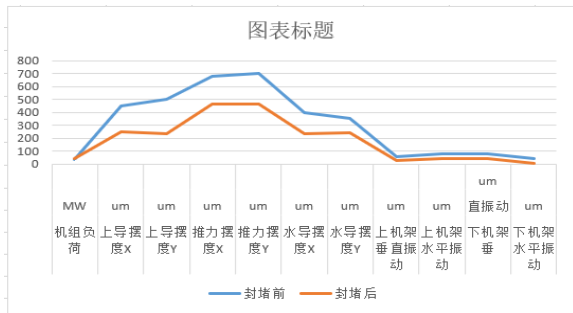


图 6 低负荷状态下，机组振摆有所降低

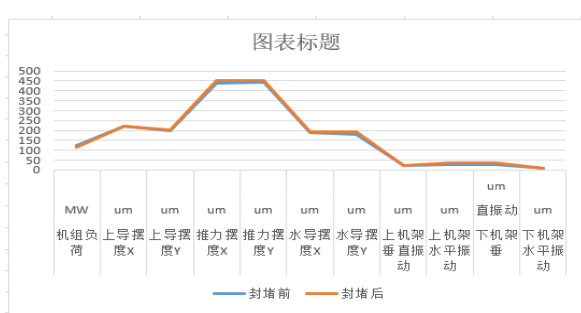


图 8 大负荷状态下，机组振摆无明显变化

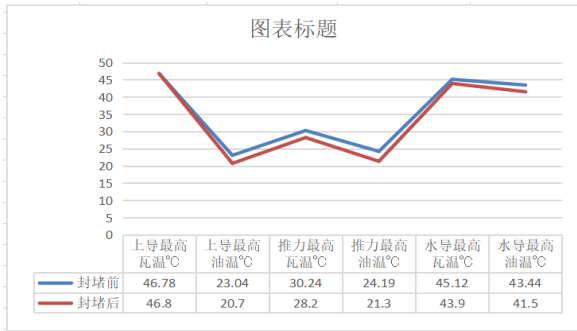


图9 封堵前后瓦温温度略有降低

现数据分析说明如下:

(1) 机组尾水补气管封堵后, 其各部振摆值在各种工况下(空载、低负荷、振动区上限负荷、较大负荷), 均在国家标准范围内。

(2) 机组尾水补气管封堵后, 与封堵前数据比较在振动区上限负荷、大负荷工况时, 其各部振摆平均值无明显变化; 在空载、低负荷工况时, 各部振摆平均值还有所降低。

(3) 机组尾水补气管封堵后, 运行中各部轴瓦温度最大值, 均在国家标准范围内。

(4) 机组尾水补气管封堵后, 各部轴瓦温度最大值与封堵前比较, 无明显变化。

因机组尾水补气管封堵后, 机组仅有大轴补气、真空破坏阀补气途径, 通过监视大轴补气情况发现: 在机组高负荷(一般在130MW以上)运行时, 机组大轴补气就会比较频繁。根据运行经验, 这与其他尾水补气管未封堵机组情况类似。并无明显异常。

为了更好的监视12F机组尾水补气管封堵后的工况, 增加开机后尾水人孔门处, 倾听有无周期性敲打脉动声音要求。根据观察情况, 周期性敲打脉动声音无明显异常。

5 结论与展望

本文以宝珠寺电站机组补气系统及尾水结构运行现状为研究出发点, 围绕尾水管里衬撕裂故障诊断、结构优化及补气短管拆除可行性三大核心问题开展系统性研究, 通过理论分析、结构改造及实证测试相结合的技术路径, 形成以下主要结论:

第一, 明确了尾水管里衬撕裂的核心诱因。通过对机组运行历史数据、结构应力分布及水力特性的综合分析, 揭示了原尾水补气系统效率不足导致尾水管内出现周期性压力脉动, 叠加里衬结构局部刚度薄弱的双重作用, 是

诱发里衬撕裂故障的关键原因, 为后续改造方案的制定提供了精准的理论依据。

第二, 尾水管结构优化改造成效显著。针对故障诱因制定并实施了尾水管结构强化及补气系统优化方案, 改造后机组在常规运行工况下, 尾水管里衬结构应力水平控制在设计允许范围内, 成功解决了里衬撕裂问题, 实现了“保障结构安全、提升运行稳定性”的预期目标。

第三, 验证了尾水补气短管拆除的工程可行性。在优化改造达标的基础上, 创新性采用“源头封堵-实测对比”的实证方法, 通过对空载、低负荷、振动区上限负荷、较大负荷等典型工况机组运行参数进行监测, 结果表明: 封堵补气短管后, 机组振摆幅值无明显变化, 尾水管及转轮区域压力脉动特性无显著恶化, 且系统运维成本降低约, 同时消除了短管连接部位的潜在故障隐患, 为同类电站补气短管拆除提供了直接的工程实践支撑。

在新能源大规模并网的能源结构转型背景下, 我国水电站的功能定位已从传统的“基荷发电”向“调峰填谷、灵活调频”的综合能源调节方向转变, 宝珠寺电站作为区域重要的调峰电站, 其水轮机运行工况呈现出“水头波动范围扩大、负荷变幅加剧、运行时间碎片化”的显著特征, 原设计转轮及尾水系统已难以适配当前“宽工况、高变幅”的运行需求, 主要表现为变负荷过程中振动波动幅值增大、过流部件气蚀加剧等问题。基于此, 提出以下展望: 一是开展尾水系统与转轮的协同优化技改。二是构建基于运行大数据的状态预警体系。三是拓展多能互补场景下的适配性研究。

【参考文献】

- [1]刘大恺.水轮机[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [2]于兰阶.水轮发电机组的安装与检修[M].北京:水利电力出版社,1992.
- [3]陈秀芝.水轮发电机机械检修[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [4]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.水轮发电机组安装技术规范 GB/T8564-2003[S].北京:中华人民共和国国家标准,2003:2-3.

作者简介: 尤军波 (1986.2—), 毕业院校: 河北工程大学, 所学专业: 热能与动力工程, 当前就职单位: 宝珠寺水力发电厂, 职务: 工程管理部副主任, 职称级别: 动力工程师。

基于智能电网的电力营销信息化技术应用

赵永强

国网山东省电力公司博兴县供电公司, 山东 滨州 256500

[摘要]随着信息技术不断发展,智能电网在现代电力系统里占据着重要位置,其于电力营销方面的运用,使得企业运营效率以及客户服务水平得到了明显提升。借助智能电网的信息化技术,凭借大数据分析、人工智能算法还有智能终端等手段,能够精准把握客户需求,让负荷预测更加科学合理,同时使营销决策变得更为智能化,如此一来,可有效降低运营成本,提高经济效益。这项技术还推动了绿色电力的发展以及可持续能源管理的进程,给电力行业信息化转型给予了强有力的支撑。文中把智能电网技术的特点和营销实践相结合,全面深入地分析了信息化技术的应用价值、关键技术、存在的问题以及优化策略,并且对未来的趋势展开探讨,从而为电力企业智能化营销给予理论层面以及实践层面的参考依据。

[关键词]智能电网; 电力营销; 信息化技术

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18325

中图分类号: F426.6

文献标识码: A

Application of Information Technology in Power Marketing Based on Smart Grid

ZHAO Yongqiang

State Grid Shandong Electric Power Company Boxing County Power Supply Company, Binzhou, Shandong, 256500, China

Abstract: With the continuous development of information technology, smart grids occupy an important position in modern power systems. Their application in power marketing has significantly improved the operational efficiency and customer service level of enterprises. By leveraging the information technology of smart grids, big data analysis, artificial intelligence algorithms, and intelligent terminals, we can accurately grasp customer needs, make load forecasting more scientific and reasonable, and make marketing decisions more intelligent. In this way, we can effectively reduce operating costs and improve economic efficiency. This technology has also promoted the development of green electricity and the process of sustainable energy management, providing strong support for the informationization transformation of the power industry. The article combines the characteristics of smart grid technology with marketing practices, comprehensively and deeply analyzes the application value, key technologies, existing problems, and optimization strategies of information technology, and explores future trends, providing theoretical and practical reference for intelligent marketing of power enterprises.

Keywords: smart grid; electricity marketing; information technology

引言

智能电网建设属于现代电力系统转型升级的关键标志之一,其主要目标是要达成电力生产、传输、分配以及消费整个过程的智能化管理。传统电力营销模式在用户需求日益多样化、负荷波动较为频繁以及信息化应用不够均衡等层面都面临着诸多挑战,迫切需要借助信息化技术来对其管理体系加以优化。电力营销信息化技术把大数据、人工智能、云计算以及物联网与业务予以深度融合,以此达成对用户数据的全方位采集、智能分析以及细致管理,进而促使营销决策以及服务水准得以提升。虽然国内外在这一领域已经积累了丰富的研究成果,然而依旧存在着系

统规划有所欠缺、数据整合不够彻底以及客户服务创新不足等一系列问题。所以,针对智能电网背景之下的电力营销信息化技术应用、关键技术以及优化策略展开相关研究,对于推动企业的智能化转型、提高经济效益以及服务质量而言,有着不容忽视的重要意义。

1 电力营销信息化技术的应用价值

1.1 提升工作效能

随着人工智能、大数据等信息化技术的落地应用,信息化工作模式逐步取代了原有工作模式,彻底消除了人为主观因素给工作成果质量造成的影响,切实提升电力企业的工作效能,降低了工作失误的可能性。例如,在分析用

电规律、预测电量负荷等场景时,依托大数据收集历史电力营销数据与实时用电数据等相关信息,将信息进行分类整理,自动剔除重复数据、失真信息,将相关数据导入神经网络模型中,依托智能算法掌握目标事件客观发生规律,从而精准预测事件未来一段时间发展过程,以模型输出值作为电力营销决策依据。

1.2 优化客户服务与管理

在智能电网这样的环境当中,电力营销信息化技术借助对客户数据展开的智能化管理举措,达成了从原本的被动服务状态朝着主动服务状态的转变。该技术会实时采集并分析用户的用电行为、历史消费数据以及负荷波动特征,如此一来,企业便能够精准地识别并预测到客户的需求,进而给出个性化的服务方案。就好比说,在用电高峰时段针对负荷管理的时候,信息化系统能够给用户推送合理的用电建议,以此帮助用户去调整自己的用电模式,与此也使得电网的运行效率得以优化。在客户关系管理这个层面,信息化技术可助力建立起覆盖客户全生命周期的客户档案,实现对用户信息的动态更新以及智能分析,让企业能够实时且准确地掌握用户的行为变化、消费偏好还有潜在需求,进而制定出个性化的营销策略。如此做法,既提升了客户的满意度与忠诚度,也为电力企业开拓增值业务给予了数据方面的有力支撑。除此之外,借助信息化手段来实现客户服务流程的自动化与智能化,企业能够减少人为干预的情况,提高服务响应的速度以及准确性,进而构建起高效且智能的客户服务管理体系,达成客户价值的最大化。

1.3 降低运营成本与提升经济效益

电力营销信息化技术在压缩运营成本方面取得了明显成效。借助大数据分析以及智能算法,企业可针对电力负荷展开科学预估,进而优化电力调度及资源配置,削减不必要的电力耗费。智能计量系统的应用以及自动化抄表技术的运用,大幅降低了人工成本与运营失误,与此也提高了数据采集的时效性与精确度,让企业能够实时了解用电状况并迅速作出反应。在营销管理领域,凭借信息化系统达成业务流程的自动化处置,企业可高效完成客户管理、账单处理以及服务反馈等事宜,在降低运营成本之际提升了经济效益。信息化技术还借助数据分析助力企业开展精准营销和负荷管理,促使企业在确保供电安全的前提下实现收益最大化。总体而言,电力营销信息化技术不但优化了资源配置,而且依靠智能化方式提升了企业整体经济效益,已然成为智能电网时代提高竞争力的关键工具。

2 电力营销信息化关键技术应用

2.1 智能计量与负荷管理

智能计量技术作为智能电网电力营销信息化的关键基石,其关键之处就在于借助智能电表以及相关采集设备,达成对用户用电数据的实时且精确的采集目的。凭借智能计量系统,电力企业得以获取具备高分辨率的负荷数据,由此可针对用户用电模式展开细致分析与精准预测,进而为负荷管理工作给出科学方面的依据。在具体的应用场景当中,企业能够运用数据分析模型来辨识用电高峰时段以及低谷时段,以此实现负荷的平衡调度,从而有效降低电网运行所面临的风险。通过对历史用电数据和实时负荷数据展开智能分析,还能够察觉到潜在的异常用电行为,提前发出有关电力风险的预警信号,进而促使系统运营成本以及用电损耗得以降低。而且,智能计量与负荷管理系统可以和客户管理平台以及决策支持系统实现无缝衔接,达成数据的共享以及协同优化的效果,这无疑为电力营销策略的科学制定提供了相应的数据支撑,同时也有力地推动了绿色用电以及节能减排目标的达成。

2.2 客户关系管理(CRM)系统应用

客户关系管理系统(CRM)于智能电网环境下加以应用,可让电力企业凭借数据驱动这一方式达成对客户的全方位管理以及精准营销之目的。CRM系统会把客户信息、消费记录、历史服务数据还有反馈信息加以整合,进而构建起用户全生命周期档案,以此来助力企业针对客户需求展开深入剖析与预测。在实际应用进程当中,CRM系统能够自动去识别出高价值客户群体,从而制定出差异化的营销策略,并且还能够实现对营销活动效果的跟踪以及评估工作。当与智能终端以及移动应用平台相结合时,CRM系统便能够实时地推送个性化服务以及用电建议,以此提升客户的体验感以及满意度。更为重要的是,CRM系统在优化客户服务流程、提升服务响应速度以及准确性等方面都发挥出了极为关键的作用,使得企业在保证服务质量的前提下能够降低人工成本,进而实现服务效率以及经济效益的双双提升。

2.3 数据分析与营销决策支持

数据分析以及决策支持属于电力营销信息化技术里极为关键的环节,借助对电力系统还有用户行为数据展开细致挖掘的操作,能够为企业给出具备科学性的决策依据。企业可借助大数据平台针对海量的历史数据以及实时数据展开分析,从中找出用电的规律、负荷呈现出的趋势以及潜在存在的市场机会。在这样的基础之上,再结合机器学习以及人工智能算法,企业便能构建起预测模型,达成

对未来用电需求进行精准预测以及风险预警的目的。除此之外,数据分析系统还能够助力企业制定个性化的营销策略,依靠对价格方案加以优化、制定节能方案以及开展增值服务等方式,促使用户满意度以及营销效果得以提升。决策支持系统会把分析结果以可视化的方式展现出来,以此来帮助管理层迅速做出科学的决策,提高整体的运营效率以及经济效益,切实实现电力营销从由经验驱动转变为由数据驱动的这一转变。

2.4 移动端及智能终端技术应用

随着物联网以及移动互联网不断发展起来,移动端还有智能终端在电力营销信息化方面所起到的作用变得日益重要起来。企业能够借助智能手机 APP、智能家居设备以及其他各类终端来实时抓取到用户的用电数据,进而达成远程监控以及控制的目的,以此提升用户的参与程度以及互动特性。与此智能终端的应用让企业可以针对用户推送个性化的服务以及用电方面的建议,进而实现对需求侧的管理以及对用户行为的引导。在开展营销活动期间,移动端平台不但可充当信息发布以及服务交互的途径,而且还能收集到用户反馈以及行为数据,为数据分析以及决策支持给予实时的输入信息,进而形成闭环式的管理状态。凭借着移动端和智能终端的深度融合,电力企业能够实现服务的精准化、互动化以及智能化,提高整体营销的效率以及用户的满意度。

3 智能电网电力营销信息化问题分析与优化策略

3.1 系统规划与建设优化

虽然智能电网给电力营销信息化打下了技术方面的基础,然而在系统规划以及建设的过程当中依旧存在着不少的问题。有一部分电力企业在开展信息化建设的时候,缺少整体的规划,技术标准也并非统一,系统的功能出现重复或者互相之间是割裂开来的状况,这就使得数据孤岛的现象变得十分严重,进而对信息的流通以及共享产生了影响。为了对系统建设加以优化,企业有必要制定出科学合理的规划方案,从整体架构、数据标准、系统接口还有功能模块设计等诸多方面来推进系统化的建设工作。与此还应当着重关注技术所具备的可扩展性以及灵活性,要保证信息化系统可以契合未来业务发展以及技术升级方面的需求。凭借着科学的规划以及标准化的建设举措,企业便能够达成信息系统高效地运行以及对数据进行统一管理的目的,从而为电力营销给予稳固有力的支撑。

3.2 数据整合与智能分析优化

数据整合以及智能分析在电力营销信息化取得成功

的过程中属于极为关键的环节。当下,部分企业于数据采集以及整合这一方面存在着一定的欠缺,这就使得信息没办法达成充分的共享以及有效的利用,进而对分析的精度以及决策的效果都产生了影响^[1]。为了能够妥善解决这一问题,企业应当着手去构建一个统一的数据管理平台,借此来达成跨系统、跨业务的数据汇聚以及标准化处理的目标,并且要借助人工智能还有大数据分析技术,针对数据展开深度的挖掘以及智能的分析。当对数据整合以及分析流程加以优化之后,企业便可以提升负荷预测的准确性、用户行为分析的水平以及营销策略的科学性,最终实现决策的智能化与精准化。

3.3 客户服务与营销策略优化

在信息化建设进程里,客户服务以及营销策略的优化会对企业的市场竞争力产生直接影响^[2]。当下,部分企业在客户服务方面依旧存在着服务响应速度比较慢、个性化服务有所欠缺等状况,其营销策略也比较单一,没办法满足多样化的需求。企业应当充分借助信息化技术,达成客户服务流程的自动化与智能化,给出个性化的服务方案,并且开展精准的营销活动。通过构建客户行为分析模型以及反馈机制,企业可以实时知晓用户需求的变化情况,进而优化营销策略,提升客户的满意度与忠诚度,最终达成营销效果和经济效益的双重提升。

3.4 网络安全与运维管理优化

随着电力营销信息化水平逐步提升,系统安全以及运维管理方面的问题变得日益凸显出来^[3]。智能电网还有信息化平台被广泛运用,这使得数据泄露、网络攻击以及系统故障的风险有所增加,进而给企业的运营带来了潜在的威胁。要保障系统可以稳定地运行下去,企业应当构建起完善的网络安全防护体系,这个体系需要包含身份认证、权限管理、数据加密以及入侵检测等诸多环节。与此企业还应当对运维管理流程加以优化,制定出应急预案以及故障恢复方案,以此来确保系统在出现异常情况的时候能够迅速做出响应并且及时恢复过来。凭借对网络安全以及运维管理进行的优化举措,电力企业能够达成信息化系统的安全、可靠且高效的运行状态,从而为营销业务给予持续不断的支撑。

4 电力营销信息化发展趋势

未来,智能电网电力营销信息化会呈现出数字化、智能化以及用户参与化等趋势。伴随人工智能、大数据还有物联网技术不断向前发展,电力企业能够达成营销决策全流程的智能化状态,借助数据驱动来对负荷管理、客户服务以及市场策略加以优化。与此用户参与型营销模式将会

变成主流模式,企业凭借移动端以及智能终端和用户构建起实时互动关系,达成需求侧管理和个性化服务的紧密结合。除此之外,绿色电力以及可持续发展的理念还会进一步融入到信息化建设当中,依靠智能调度以及精准用电预测,实现节能减排以及资源优化配置的目标。未来的发展趋势不仅表现在技术层面,还会推动电力营销模式的创新发展以及服务水平的提升,进而为电力行业的可持续发展给予有力支撑。

5 结语

基于智能电网的电力营销信息化技术在提升企业工作效能、优化客户服务、降低运营成本以及推动绿色发展等方面都呈现出颇为显著的价值。借助智能计量、CRM系统、数据分析以及移动终端等关键核心技术的应用,企业可达成营销决策的智能化以及服务的精准化目标。不过在系统建设、数据整合、客户管理以及网络安全这些方面

依旧存在着一定的改进余地。在未来,伴随着信息化技术不断向前发展以及智能电网进一步得以建设,电力营销将会呈现出高度智能化、个性化以及可持续化的发展走向,进而为企业提高经济效益、优化服务体验并实现绿色能源管理赋予新的机遇。

[参考文献]

- [1]岳鹏,王佩玲.基于智能电网的电力营销信息化技术应用[J].中国高新科技,2025(12):64-66.
- [2]钱浩.智能电网背景下电力营销信息化技术研究[J].智慧中国,2024(12):94-96.
- [3]彭知君.基于智能电网的电力营销信息化技术应用[J].集成电路应用,2023,40(11):280-281.

作者简介:赵永强(1979.9—),毕业院校:中央广播电视大学,所学专业:会计,当前就职单位:国网山东省电力公司博兴县供电公司。

城市内河淤泥干化处理方法的研究与探讨

李 英

江苏河海建设有限公司, 江苏 镇江 212000

[摘要]当前河道清淤的方法有人工水力冲挖清淤和机械清淤,机械清淤又可分为挖泥船清淤、搅吸式挖泥船清淤、水上挖机清淤等。清淤过程中,对淤泥的干化处理是城市河道清淤面临的一大难题,因为传统的淤泥处理方法是淤泥运至弃土场,使其自然风干,这种方法不仅效率低,需占用大量的土地,还可能对环境造成二次污染。从环境保护、节约用地的角度出发,新型的带式压滤机淤泥干化施工工艺应运而生,并逐渐得到广泛的应用。本文以镇江市古运河(四明河至玉带河段)清淤工程为例,对河道清淤及淤泥干化的整个施工质量的控制进行了研究和探讨,并给出了施工建议,为以后的河道清淤工程施工提供了宝贵的经验。

[关键词]河道清淤;带式压滤机;淤泥干化;挖泥船;古运河

DOI: 10.33142/hst.v8i11.18314

中图分类号: X522

文献标识码: A

Research and Discussion on Drying Treatment Methods for Urban Inland River Sludge

LI Ying

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

Abstract: The current methods for dredging rivers include manual hydraulic dredging and mechanical dredging. Mechanical dredging can be further divided into dredging by dredgers, dredging by suction dredgers, dredging by water excavators, etc. In the process of dredging, the drying treatment of silt is a major challenge faced by urban river dredging, because the traditional method of silt treatment is to transport the silt to the disposal site and let it dry naturally. This method is not only inefficient and requires a large amount of land, but also may cause secondary pollution to the environment. From the perspective of environmental protection and land conservation, a new type of belt filter press sludge drying construction technology has emerged and gradually been widely applied. This article takes the dredging project of grand canal in Zhenjiang City (from Siming River to Yudai River section) as an example to study and explore the overall construction quality control of river dredging and silt drying, and provides construction suggestions, providing valuable experience for future river dredging project construction.

Keywords: river dredging; belt filter press; drying of silt; dredging vessel; grand canal

1 工程概况

古运河四明河至玉带河段长 5.46km 以及四明河口至丁卯高架河段长 0.13km,其中古运河清淤总长 4.37km(康泰花园和瑞泰新城段长 0.6km 及河底淤积厚度小于 0.45m 的河段长 0.49km 不清淤),四明河段清淤长 0.13km。主要内容为河道清淤、淤泥干化和清运及环保措施等,河道清淤总量为 14.39 万 m^3 。

本工程施工过程中,利用挖泥船挖泥,将淤泥装至泥船,再利用泥船将泥运至丹徒闸的临时码头,然后用泥浆泵将淤泥抽至泥浆池后经过带式压滤机进行淤泥干化,干化后的泥饼经渣土车运至弃土场,整个过程均达到环保要求。淤泥干化场地占地约 2000 m^2 ,主要是泥浆池和两台

带式压滤机占地,与传统施工方法相比,极大地减少了临时用地。

按照传统清淤方法施工,本工程 14.39 万 m^3 的淤泥将占用大量的土地,而且从城市运至远郊,距离较远,运输成本较大,运输过程中的抛洒滴漏还对城市环境卫生造成影响。因此采用带式压滤机淤泥干化设备是本工程综合考虑最优的淤泥处理方案。

2 质量控制要素

本案例中,河道清淤工程的质量控制要素主要分为两个方面,一方面是如何保证挖泥船沿河道开挖线开挖到位(宽度、深度、坡度均满足施工图纸要求);另一方面是如何保证淤泥干化后的含水率满足设计要求($\leq 45\%$)。

3 河道淤泥开挖质量控制

根据设计图纸,古运河本次清淤段河道宽度约 28~30m 左右,标准断面图如下:

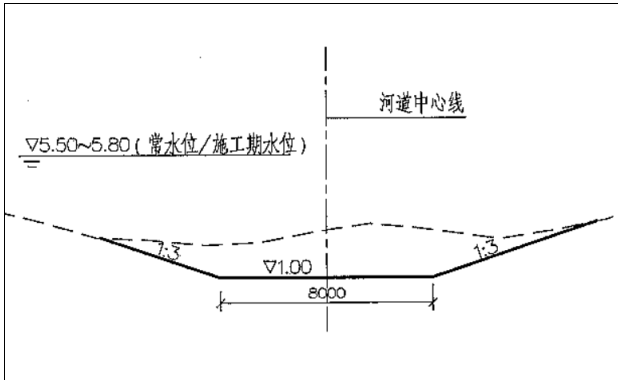


图1 河道断面图

本工程清淤深度最大 2.7m,最小约 1.0m 左右,采用一条挖泥船进行挖泥,最大船长 22.30m,最大船宽 7.30m,满载吃水 0.75m,总吨位 23t,开挖最大宽度约 10.0m。

由于河底开挖宽度为 8m,河底两侧按 1:3 进行刷坡,总施工宽度大于挖泥船的最大开挖宽度 10m,因此需要挖泥船进行往返一次清淤。为了保证挖泥船的开挖效率和开挖质量,防止河底回淤影响工程验收,本工程采用以分部工程为单位,按照分段开挖,分幅开挖,开挖一段,测量一段,验收一段的原则进行施工,分段长度约 300m 左右,这样既能减少挖泥船掉头的次数,又可以在河道回淤之前完成施工段的测量和验收。具体的挖泥船开挖前进路线如下图所示:

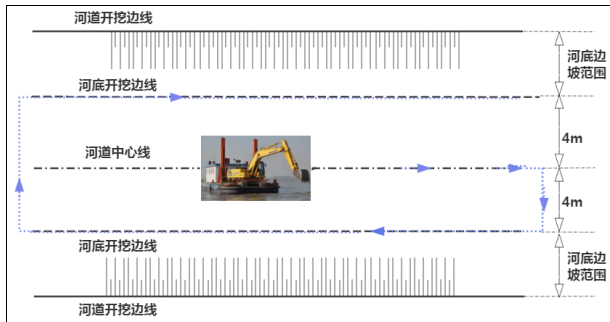


图2 挖泥船开挖路线图

挖泥船首先沿河道中心线前进,挖除河底 8m 宽范围内的淤泥,利用船舶自带的定位定向仪控制船舶前进方向和河底的开挖边线,这样一次性可以挖掉主要的工程量。

挖泥船在开挖过程中,由于受到水流和开挖反力的作用,船体会前后左右晃动,从而可能会偏离航线,因此船舶每前进一步,会用自身携带的 2 根定位桩进行固定,定位桩可插入河底以下 4~5m,完全可以保证挖泥船在开挖过程中,保持船体稳定。

虽然挖泥船带有定位定向仪,可以保证开挖位置准确,但是并不能控制清淤深度,因此要想控制挖泥船的清淤深度还需要在挖机小臂、大臂上做好刻度线,以此来控制挖泥深度。

本工程挖泥船挖机为现代的 275LC-9 型挖机,最大开挖深度可达到 6.0m,完全满足本工程的清淤深度要求。

在进行河底刷坡清淤时,挖泥船将挖机旋转至与船体前进方向垂直的位置进行开挖,刷坡时尽量一次刷坡成型,刷坡结束后,再对坡脚清扫一遍,防止刷坡过程中,上部淤泥受扰动后在坡脚处淤积,从而影响清淤效果。

4 淤泥干化流程

4.1 淤泥进入泥浆池前的处理

淤泥经泥驳船运至淤泥干化场临时码头后,将掺杂的垃圾如编织袋、塑料袋、枯木枝、渔网等人工挑出来,然后用高压水枪将淤泥冲散搅匀后通过污泥泵传送至泥浆池。

由于泥浆中混有一些小的颗粒状垃圾,如石子、碎砖、螺蛳等,如果直接进入泥浆池,在经过压滤机时,容易对滤布造成破坏作用,为了避免这种不必要的损失,在泥浆池上方设置一个圆筒形滚筒筛。滚筒筛直径 1.6m,长 4.5m。



图3 淤泥吹填进滚筒筛

这样,在淤泥进入泥浆池前,先进入滚筒筛,此过程意在将颗粒状垃圾筛选出来,进入泥浆池的泥浆尽量干净、均匀。在滚筒筛转动过程中,泥浆被过滤进泥浆池,筛选出来的垃圾再通过传送带传至垃圾收集车运走处理。



图4 固体颗粒垃圾筛除

4.2 泥浆进入压滤机前后的处理

泥浆进入泥浆池后,会经三轴搅拌机搅拌后通过一

DN200 的铸铁管道进入压滤机。



图5 泥浆由泥浆池进入压滤机

在泥浆进入压滤机之前,会在传输的过程中加入聚合氯化铝药水(以下简称黄药)和聚丙烯酰胺药水(以下简称白药),白药作用是让泥浆混合后能够让泥浆絮凝,使泥、水快速分离;黄药的作用是使尾水更加清澈。两种药品添加的剂量是由工艺试验确定后,由加药箱自动加药,两种药品在加药箱内经搅拌均匀后进加药池,再经过 DN50 镀锌管道输送至泥浆管道,使得药水在输泥管道内充分混合。

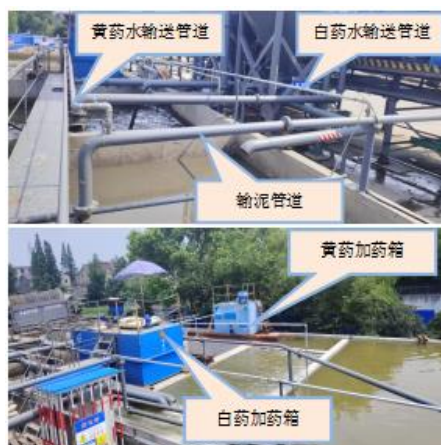


图6 泥浆与絮凝剂混合

4.3 泥浆进入压滤机后的处理

泥浆经输泥管和白药、黄药混合进入压滤机的拨叉搅拌器内搅拌,目的是使得泥浆能够均匀的摊铺到滤布上面。



图7 泥浆与絮凝剂混凝土后进入压滤机过滤

泥浆经插拔搅拌器流出后摊铺到滤布上,随滤布前进的过程中,泥浆不断絮凝,泥水分离,分离出的水分过滤到滤布下面的回水槽,经回水槽汇集后经 DN200 的管道回流至尾水池。

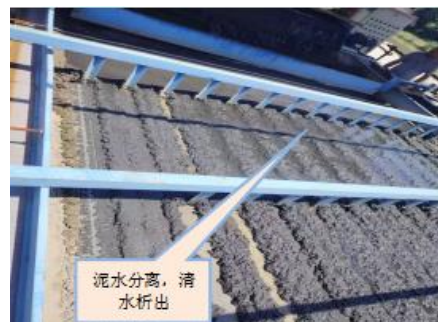


图8 泥、水分离

4.4 尾水处理

进入尾水池的废水经管道,加药后进入絮凝罐进行二次絮凝(尾水池废水含有清洗滤布时残留的少量淤泥),二次絮凝后的淤泥泥浆经絮凝罐底部的闸阀回流至泥浆池,再次进入到压滤机进行淤泥干化处理。

絮凝罐内的尾水经二次絮凝,下部含泥量较大的泥浆回流至泥浆池,上部清水经絮凝罐顶部的溢流口流入过滤池,经过滤池过滤后,最后进入循环池,排入市政管网。

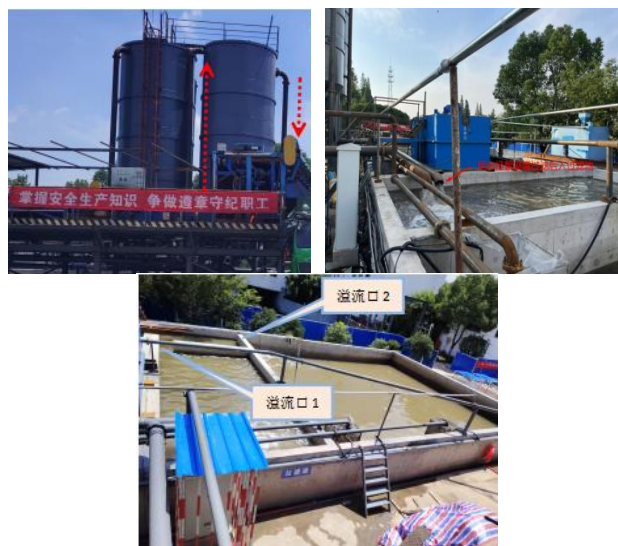


图9 尾水进入清水池

5 影响因素

影响淤泥脱水效率和质量的因素主要有三个方面:(1)加入白药的计量;(2)压滤机滤布的运行速度;(3)泥浆的含泥量。这三种因素对脱水效果的影响大小已经工艺试验确定,可详见工艺试验。

6 工艺流程图

工艺流程图,如下图所示:

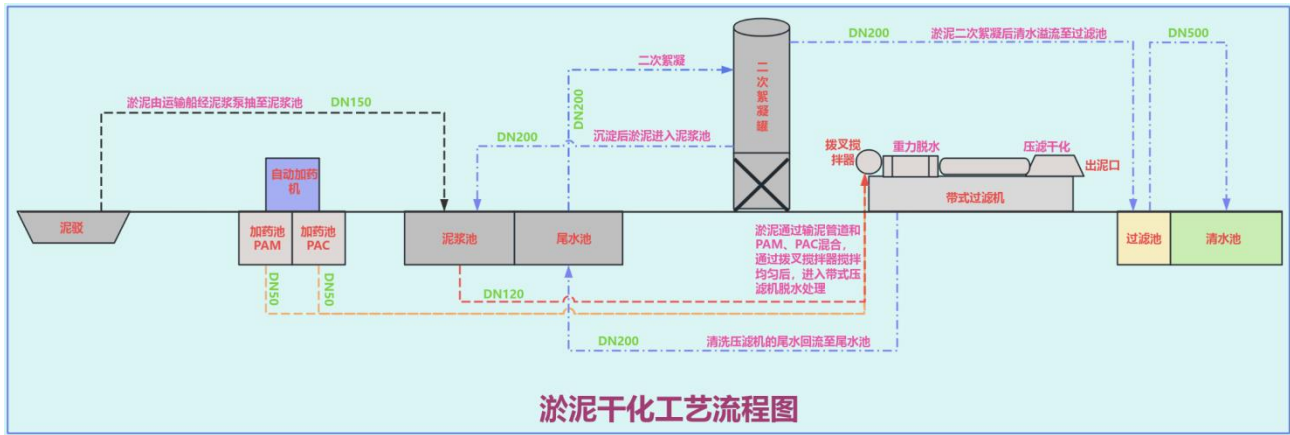


图 10 淤泥干化流程图

7 工艺试验

7.1 试验原理

带式压滤机淤泥干化是利用压滤机的滤带对淤泥施加压力,使淤泥中的水分通过滤带的孔隙排出,从而实现淤泥的脱水干化。其基本原理是借助机械压力,克服淤泥中水分与固体颗粒之间的结合力,使水分分离出来。

在干化前,对淤泥进行预处理是提高干化效果的关键环节。其中,添加絮凝剂是常见的预处理方式。絮凝剂分子能够吸附淤泥中的胶体颗粒和细小悬浮颗粒,通过架桥作用将这些颗粒聚集在一起,形成较大的絮体加快沉淀的速度。这样一来,絮体的结构更加疏松,孔隙率增加,有利于水分的渗透和排出,从而使淤泥更容易脱水。不同种类的絮凝剂,其分子结构和电荷特性不同,对不同性质淤泥的絮凝效果存在差异;而絮凝剂的剂量则会影响絮体的大小和结构,剂量不足可能导致絮凝不充分,剂量过多则可能使淤泥产生过度絮凝,反而影响脱水效果。

7.2 试验所需仪器设备和材料

(1) 仪器设备

- ①带式压滤机。
- ②烘箱。
- ③搅拌器。
- ④电子天平(精度:0.01g)。

(2) 材料

- ①试验用淤泥样本([具体淤泥种类])。
- ②絮凝剂(聚丙烯酰胺,不同型号和规格)。
- ③防护用品(如手套、护目镜、口罩等)。
- ④试验用烧杯、量筒、玻璃棒等玻璃器皿、铝盒。

7.3 试验内容和方法

(1) 淤泥特性分析

试验目的:了解淤泥的基本性质,为后续试验提供基

础数据,本次试验主要针对淤泥的含水率指标进行了测定。

操作步骤:

①含水率测定:采用烘干法,称取一定量的淤泥样本,置于105℃的烘箱中烘干至恒重,根据烘干前后的质量差计算含水率。

(2) 预处理试验

试验目的:测试不同剂量白药(以下简称:絮凝剂)对淤泥脱水性能的影响,确定最佳的预处理方案。

试验变量:聚丙烯酰胺絮凝剂剂量。

操作步骤

①取若干份相同质量和性质的淤泥样本,分别放入不同的烧杯中。

②对于每种絮凝剂,设置不同的剂量梯度,梯度设置的原则是每池泥浆絮凝剂增量以包计,根据我公司以往施工经验,按每池泥浆体积260m³算,絮凝剂添加量在10包~14包左右,对应的剂量梯度分别为0.96g/L、1.06g/L、1.15g/L、1.25g/L、1.35g/L。

③向每份淤泥样本中加入对应种类和剂量的絮凝剂,充分搅拌,使絮凝剂与淤泥完全均匀混合。

④将处理后的淤泥静置,待絮凝结束后,记录絮凝时间。在将烧杯上部清水过滤后,测量固体物的含水率。

比较不同絮凝剂种类和剂量下的絮凝时间、絮凝沉淀物的含水率,确定最佳的絮凝剂种类和剂量。

按照以上步骤,不同絮凝剂剂量的絮凝时间和沉淀物含水率数据如下:

表 1 不同絮凝剂剂量的絮凝时间和沉淀物含水率数据

药剂剂量	0.96g/L	1.06g/L	1.15g/L	1.25g/L	1.35g/L
絮凝时间	15s	12s	8s	6s	6s
含水率(%)	75.2	71.6	62.3	58.5	58.2

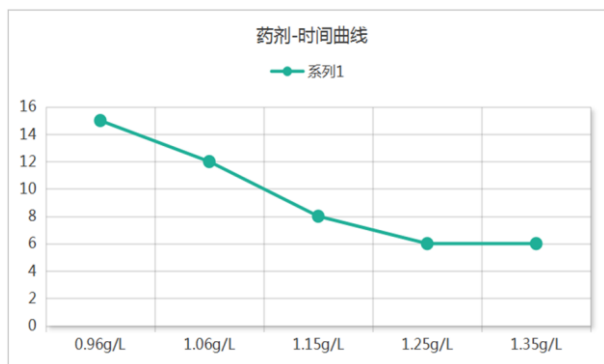


图 11 药剂-时间关系曲线

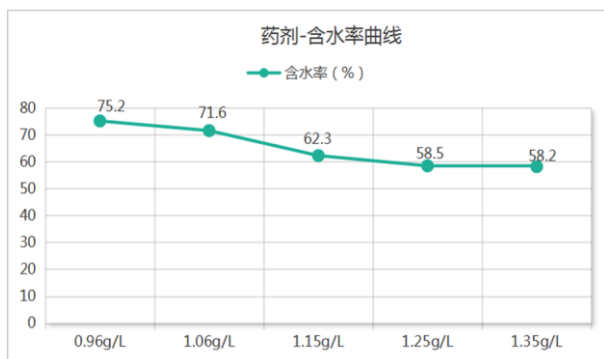


图 12 药剂-含水率关系曲线

根据实验室内的试验数据,当药剂量为 1.35g/L 和 1.25g/L 时,絮凝时间和含水率相差不大,药剂量为 0.96g/L、1.06g/L、1.15g/L 絮凝效果较 1.35g/L 和 1.25g/L 时相差比较明显,因此选用药剂量为 1.35g/L 和 1.25g/L 时进行压滤机脱水工艺上机试验。

(3) 压滤机运行参数试验

试验目的:研究压滤机的运行参数对干化效果的影响,确定最佳的运行参数。

试验变量:滤带速度。

操作步骤:

①在确定最佳预处理方案的基础上,进行压滤机运行参数试验。

②滤带速度试验:设置不同的滤带速度梯度(如 10m/min、15m/min、20m/min、25m/min、30m/min),启动带式压滤机进行淤泥干化试验,每个速度梯度下运行 2h。在试验过程中,定期采集滤饼样本,测定其含水率;同时记录压滤机的运行状况,如是否出现漏泥等现象。对试验数据进行分析,比较不同运行参数下的滤饼含水率、干化效率等指标,确定最佳的滤带速度。

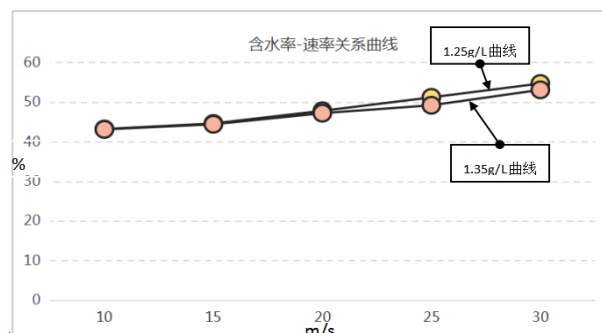


图 13 含水率-滤布运行速率关系曲线

表 2 不同运行参数下的滤饼含水率、干化效率指标

速度 (m/s)	10	15	20	25	30
1.25g/L 含水率 (%)	43.2	44.6	47.8	51.2	54.7
1.35g/L 含水率 (%)	43.1	44.4	47.2	49.2	53.1

根据含水率-速率曲线可知,滤布速度越快,泥饼的含水率越高,滤布速度越慢,泥饼含水量越低。但速率相同时,药剂量为 1.25g/L 和 1.35g/L 时,泥饼的含水量相差不大,且在滤布为 15m/s 时,两种药剂作用下,泥饼的含水量均小于 45%能够满足设计要求。

7.4 试验结果

(1)通过不同药剂剂量条件下,泥浆絮凝的时间试验来看,药剂剂量越大,絮凝时间越短,絮凝效果越好,但当药剂剂量大于 1.35g/L 时,这种优势越来越小,通过多次试验数据对比发现,6s 基本是泥浆絮凝的极限时间,即使絮凝剂剂量再大,絮凝时间也很难再缩短,考虑到成本因素,药剂剂量不宜大于 1.35g/L。



(a)



(b)



(c)

图 14 (a) 取样; (b) 称量; (c) 烘干

(2) 通过不同滤布运行速度条件下,泥饼含水率的大小实验来看,滤布运行速度越小,测得的泥饼含水率越小,但是当滤布运行速度小于 15m/s 时,泥饼含水率基本能达到设计要求,考虑到施工效率,滤布运行速度不宜再小。

(3) 综上所述,根据工艺试验的数据分析结果,再考虑到经济和施工效率,最终确定最佳絮凝剂剂量为 1.25g/L,滤布运行速度为 15m/s。

[参考文献]

[1]张春雷.“疏浚淤泥的处理处置及资源化利用进展”.环境

工程,2012(2014):95-99.

[2]霍守亮.席北斗,荆一凤.环保疏浚底泥干化技术研究[J].环境工程,2007,25(5):72-75.

[4]吴鸿昇,刘勇,蔡辉敏.固化脱水过程对淤泥固化效果影响研究 [J].Fly Ash Comprehensive Utilization,2024,38(6)25.

作者简介:李英(1983.11—),女,毕业院校:乐山师范学院,学历:本科,职称:助理,专业:外语。

征 稿

Call for Papers

《水电科技》由新加坡Viser Technology Pte. Ltd. 主办, ISSN: 2717-5383 (印刷)。
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载, 中国知网等国内权威数据库收录。

期刊内容以全球水电工程的勘测、设计、施工、运行管理和科学研究等方面的技术经验为主, 同时也报道水电领域的各项先进技术。目前, 本刊发行遍及全球各地, 是水电科技刊物中影响范围较大、发行量稳定的综合刊物, 是水电从业人员“了解世界”的窗口, 也是科研技术人员进行学术交流的平台。

《水电科技》期刊主要栏目有:

水利工程、水文水资源、水土保持、防汛抗旱、节水灌溉、勘测规划、能源动力工程、水电建设、电力工程、电气工程、自动化技术与应用、运行维护、技术解决方案、综合研究等。

鼓励水电工程建设各领域的专业技术人员和管理人员以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人简历、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

www.viserdata.com

