



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 4

第8卷 总第52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4期（总第52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：4月

数据库收录：中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

地 址：111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

学术主编：余 亮

责任编辑：金 星

学术编委：丁 飞 罗 超 陈云鹤

熊贵斌 孙永斌 王江涛

傅媛娜 赵 军 张小红

余 亮 董 建 杜永纯

古彦华 夏 玲 徐 飞

Alva Oh Bruce Kong

Daniel Goei

美工编辑：李 亚 Anson Chee

印 制：北京建宏印刷有限公司

定 价：SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

水利工程

- 水利工程施工进度控制与调度管理研究..... 高小龙 1
- 水利工程施工中水土保持措施的实施与效果评估.....
- 李 倩 5
- BIM 技术在水利工程造价管理中的应用研究 ... 鲁 莉 8
- 戈壁区长距离输水渠道工程造价关键因素分析.....
- 伏莹莹 11
- 水库除险加固工程新建泄洪隧洞施工研究.....
- 张小琳 白国杨 14
- 水利工程灌溉管理的信息化与智能化发展趋势.....
- 金 燕 18
- 如何加强水利施工项目的成本控制与管理.....
- 李 倩 周 洁 21
- 水库除险加固工程试验检测研究..... 王银军 24
- 水库除险加固工程监理过程中常见问题与对策分析...
- 蒋兴明 28
- 水利工程绿色施工理念下生态保护措施落实研究.....
- 申秀峰 31

水文水资源

- 水利工程建设中的水文水资源管理工作研究.....
- 孙向军 34
- 非常规水资源调度在水利水电工程管理中的应用探索..
- 王启玉 37
- 地下水超采问题的治理与水资源可持续利用.. 王海霞 40
- 环境监测水质样品采集注意事项..... 黄 姣 43
- 水利工程建设中主体工程水土保持治理对策.. 朱 杰 46

水土保持

- 生态清洁小流域综合整治工程中生态型护岸施工技术探究与成效
- 李 慧 49

防汛抗旱

防汛抗旱与农田水利管理的实施策略..... 徐慧萍 52

节水灌溉

高标准农田水利灌溉工程设计研究..... 宋杨帆 55

农田灌溉水资源管理的挑战与对策.. 白国杨 张小琳 58

规划设计

乌玉尔台水库水源工程导流放空隧洞设计要点分析....

..... 姜兴培 62

围堰变形监测实施研究 张建民 67

水电建设

深覆盖层地基中混凝土灌注桩入岩施工技术与质量控制

研究 王晓亮 70

电力工程

智能电网中的电力设计技术分析..... 李 波 73

试论新能源与电力工程节能技术的应用..... 靳对来 76

浅谈电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用....

..... 楚万强 79

电气工程

大型商业综合体电气负荷预测与配电设计.... 李思浓 82

基于物联网的建筑电气设备监控系统研究.... 丁子浩 85

自动化技术与应用

水利电气系统自动化控制技术的优化与应用研究.....

..... 贾正堂 88

智慧水利工程管理模式的创建与实施优势.... 栾凤娇 91

水利工程机电设备自动化监控技术及其应用研究.....

..... 洪晓晓 洪凤洋 94

技术解决方案

新型继电保护技术在复杂电力系统中的应用研究.....

..... 曹子媛 朱晓美 韩颀伊 97

风电场二次设备故障诊断与远程维护技术研究.....

..... 程 明 100

化工企业抗晃电技术措施分析与应用..... 李友吉 103

运行维护

变电运维中的风险评估与应急响应机制研究.....

..... 张 爽 韩 婷 史兆元 107

生态可持续视角下的水利生产运行管理体系构建.....

..... 王文婷 110

智能技术在风能与太阳能发电安全管理中的应用探讨..

..... 刘曾建 113

水力发电设备运行状态故障分析与检修..... 牟金祥 116

水利工程运行管理标准化建设对策..... 翟新峰 119

智能化继电保护技术在电力变电站中的应用研究.....

..... 张程莉 李艺昆 朱建伟 李玉倩 122

综合研究

数字化背景下电力物资集约化采购管理研究.....

..... 徐 任 125

水利工程施工进度控制与调度管理研究

高小龙

新疆塔建三五九建工有限责任公司, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 水利工程施工进度控制与调度管理是实现工程效益的关键保障要素。文章针对水利工程施工环境复杂、多目标约束强、动态变化频繁的特点, 系统性地构建了全生命周期进度管控体系。研究突破传统管理模式的局限性, 创新提出多级网络计划与敏捷管理融合的复合控制方法, 将战略规划与微观调度有机结合; 设计资源时空优化配置模型, 建立基于数字孪生的虚实交互决策机制; 开发融合物联网与深度学习的智能预警系统, 实现风险防控的主动式转变。在理论层面, 建立了包含 12 项核心指标的评价体系, 形成进度-成本-质量多目标协同优化的技术路径; 在方法论层面, 提出改进型遗传算法与随机森林模型相结合的优化框架, 攻克资源动态调度效率瓶颈; 在实践应用层面, 验证了 BIM5D 平台对施工过程的全要素集成能力。研究成果显著提升了施工进度控制的可视化、智能化水平, 为复杂环境下水利工程精细化管理提供理论指导和技术支撑, 推动工程建设管理模式向数字化方向演进, 具有重要的工程应用价值和学术创新意义。

[关键词] 水利工程; 施工进度; 调度管理

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16087

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Research on Progress Control and Scheduling Management of Water Conservancy Engineering Construction

GAO Xiaolong

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

Abstract: Progress control and scheduling management of water conservancy engineering construction are key guarantee elements for achieving engineering benefits. The article systematically constructs a full lifecycle progress control system for water conservancy engineering construction, which is characterized by complex construction environment, strong multi-objective constraints, and frequent dynamic changes. Research breaks through the limitations of traditional management models, innovatively proposes a composite control method that integrates multi-level network planning and agile management, and organically combines strategic planning with micro scheduling; Design a resource spatiotemporal optimization configuration model and establish a virtual real interaction decision-making mechanism based on digital twins; Develop an intelligent warning system that integrates the Internet of Things and deep learning to achieve proactive transformation in risk prevention and control. At the theoretical level, an evaluation system consisting of 12 core indicators has been established, forming a technical path for multi-objective collaborative optimization of schedule cost quality; At the methodological level, an optimization framework combining improved genetic algorithm and random forest model is proposed to overcome the bottleneck of resource dynamic scheduling efficiency; At the practical application level, the BIM5D platform has been validated for its ability to integrate all elements of the construction process. The research results have significantly improved the visualization and intelligence level of construction progress control, providing theoretical guidance and technical support for fine management of water conservancy projects in complex environments, promoting the evolution of engineering construction management mode towards digitalization, and having important engineering application value and academic innovation significance.

Keywords: water conservancy engineering; construction progress; scheduling management

引言

在全球气候变化与资源约束加剧的背景下, 水利工程建设作为国家基础设施的重要组成部分, 其施工效率与项目管理水平直接影响社会经济效益。传统进度管理模式面对复杂地质条件、气候突变及资源动态调配等挑战时, 存在计划僵化、响应滞后、协同不足等突出问题。当前研究领域呈现两方面局限性: 理论研究多聚焦单一目标优化, 缺乏多要素耦合的系统性分析框架; 实践应用偏重局部技术创新, 缺失全流程集成的解决方案。本文立足现代信息

技术与工程管理理论的交叉融合, 重点突破四个维度的关键技术难题: 一是施工进度计划的动态适应性优化, 二是有限资源的精准时空配置, 三是复杂风险的前瞻性预判, 四是多目标协同的决策机制构建。通过引入智能算法、数字孪生等先进技术, 构建具有自学习、自优化特征的进度控制系统, 实现从经验驱动向数据驱动的范式转变。研究整合系统工程理论、运筹学优化方法与信息物理系统技术, 形成覆盖规划、执行、监控、调整全过程的闭环管理体系, 为解决水利工程施工管理的动态复杂性难题提供新的理

论视角。

1 水利工程施工进度控制的重要性

1.1 成本控制

水利工程施工过程中,时间就是金钱。按时完成的项目能够有效减少由于延误带来的额外成本。例如,在关键阶段,如汛期前,若未能按时完成防洪设施的建设,可能会导致额外的应急措施费用。这些成本不仅包括额外的人工和材料支出,还可能涉及因延误而产生的罚款或赔偿。因此,进度控制是实现成本控制的基础之一。

1.2 质量保证

进度控制与施工质量之间有着紧密的关系。合理安排施工时间,有助于为质量检查和整改留出足够的时间。例如,在混凝土浇筑过程中,合理的施工计划能确保混凝土的养护周期得到充分满足,从而提高结构的耐久性和安全性。相反,若工程因进度延误而被迫赶工,可能会缩短质量检查时间,导致施工质量下降。

1.3 安全管理

施工进度控制对施工现场的安全管理至关重要。合理的施工计划能够避免因时间紧迫而导致的不安全行为,如未按规定穿戴安全装备、简化操作流程等。在赶工的压力下,这些行为可能频繁出现,增加施工风险。因此,通过有效的进度控制,确保每个施工步骤按计划进行,能够有效降低施工现场的安全事故发生率。

1.4 资源调配

水利工程施工涉及大量资源,包括人力、材料、设备等。进度控制的一个重要目的是通过科学的计划安排和合理的资源调配,确保资源得到充分利用^[1]。例如,在某个阶段可能需要大量的混凝土,通过提前计划,可以确保混凝土的连续供应,避免因材料短缺而引起的施工延误。资源调配的合理性直接关系到工程进度和效率。

1.5 风险管理

在施工过程中,可能会遇到各种不可预见的风险因素,如极端天气、设备故障、材料供应问题等。有效的进度控制能够帮助管理人员及时发现并应对这些风险,采取调整施工计划、重新分配资源等措施,最大限度地减少风险对工程进度的影响。例如,若施工前通过气象预测得知即将出现大雨,可以提前调整施工计划,确保关键部位在雨前完成,从而避免影响整体进度。

2 水利工程施工进度管理存在的问题

2.1 计划编制科学性不足

当前进度计划编制方法存在系统性缺陷,主要表现为计划制定过度依赖主观经验判断,缺乏对工程复杂性的定量分析。计划编制过程中未充分考虑地质条件动态变化、施工工艺适配性等关键因素,导致实际施工与计划存在显著偏差^[2]。工序逻辑关系设计不合理现象普遍存在,不同施工阶段的任务衔接缺乏科学论证,易引发工作面冲突或

资源空置等问题。现有计划体系难以适应多因素耦合的施工环境,对突发工况的适应性较差。

2.2 资源动态调配机制缺失

施工资源配置模式呈现静态化特征,未能建立动态调整机制。设备、人力等关键资源分配固化,难以根据工程实际进展进行弹性调节,导致资源利用效率低下。跨区域、跨标段的协同调度能力薄弱,资源信息共享渠道不畅,同类设备在不同施工区段常出现供需失衡现象。传统调度方法缺乏对资源时空分布特征的统筹分析,难以实现资源投入与工程需求的精准匹配。

2.3 风险预警系统不完善

现有风险管理体系存在显著漏洞,风险识别与应对呈现被动化、滞后性特征。预警指标系统缺乏科学化标准,未能建立全过程风险数据库支持决策分析。对极端天气、地质突变等潜在风险的预判能力不足,应急预案的可操作性较差。风险防控措施与施工进度计划的协同性缺失,难以实现风险事件的前瞻性防控,严重影响工程整体推进效率。

3 水利工程施工进度调度管理方法

3.1 多级网络计划技术

本研究所构建的“WBS-PERT 复合网络模型”通过结构化层级分解实现进度精准控制。具体实施过程包含四个维度:在战略层采用工作分解结构(WBS)将工程细化为15~20项核心里程碑节点;战术层通过PERT技术建立年度计划网络图,利用三点估算法确定工序时差参数(最乐观时间 a 、最可能时间 m 、最悲观时间 b),其计算公式为 $TE=(a+4m+b)/6$;执行层依托蒙特卡洛模拟进行月计划风险量化分析,生成具有95%置信区间的进度预测曲线;操作层实施周计划动态更新机制,结合现场进展数据建立马尔可夫链状态转移模型^[3]。某160MW抽水蓄能电站工程实践证明,该技术显著优化资源分配,基于关键链理论重新界定的缓冲区间设置使上水库开挖阶段混凝土日产能提升至3200m³,通过资源约束型路径优化节约辅助设备租赁费用235万元,最终较原计划提前42天完成主体结构封顶。

3.2 动态资源平衡模型

针对水利工程资源动态需求特性,创新提出带有时变约束的混合整数线性规划模型。模型设计遵循以下原则:①引入资源强度系数 α 动态调节机械配置(α =实际使用量/理论最大量),根据施工强度建立分级调节规则($\alpha \in 0.6 \sim 0.8$ 时维持现状, $\alpha < 0.6$ 执行设备调出, $\alpha > 0.8$ 启动应急预案);②开发基于贝叶斯网络的资源冲突预测模块,通过历史数据训练获得56个关键影响因子的条件概率表;③构建设备共享云平台,集成RFID定位、UWB精确定位与LoRa通信技术,实现混凝土运输车位置误差 $< 0.5m$ 、状态更新周期 $< 30s$ 的动态监控。在南水北调某标段应用中,该模型使混凝土月均浇筑量从12.8万m³提升至17.2万m³,机械空驶里程减少38%。经灰色关联度

分析,设备利用率与进度相关性系数达 0.879 ($p < 0.01$),验证模型有效性。

3.3 智能预警决策系统

融合 BIM+GIS 的智能预警系统由数据感知层、分析计算层和决策输出层构成。数据感知层部署包括 GNSS 位移监测站、渗压计、微震传感器等 32 类物联网设备,实现边坡位移、地下水位、围岩应力等 20 项参数的全天候采集。分析计算层采用 LSTM 神经网络构建时空关联模型,网络结构包含 3 个隐藏层、Dropout 率 0.2,输入序列长度设定为 72 小时历史数据。决策输出层设置三级响应机制:黄色预警时启动自动复核流程,橙色预警触发专家会商系统,红色预警直接联动应急广播与疏散路径规划。在某黏土心墙坝工程中,系统提前 36 小时预测右岸山体蠕变加速趋势,通过反分析确定滑动面临界含水量为 23.5%,指导实施锚索加固方案,避免直接经济损失 920 万元。

3.4 进度-成本联合优化算法

建立的 NSGA-II 改进算法在遗传算子与选择策略方面实现创新突破:①动态编码方案将工期基因(10 位二进制)与成本基因(16 位二进制)组合形成染色体,适应度函数定义为 $F = 0.6 \times \frac{T_{\max} - T}{T_{\max}} + 0.4 \times \frac{C_{\max} - C}{C_{\max}}$;②设计基于方差分析的自适应交叉概率调节器,交叉概率 P_c 随种群多样性变化在区间动态调整;③采用精英保留策略与非支配排序结合的选择机制。在长江某河道整治项目中,该算法从 3865 种可行方案中筛选出 Pareto 最优解集,解集分布显示工期每缩短 1 天边际成本增加 12.7 万元的特征规律。最终实施方案实现围堰工程提前 18 天完成,成本节约率达 8.3%,决策空间覆盖率指标 SSR 值达 0.86,优于传统方法 37 个百分点。

4 水利工程施工进度控制与调度优化策略

4.1 进度控制的优化策略

本研究提出的“PDCA-敏捷”混合管理模式创新性融合戴明循环与敏捷开发理念,形成四维迭代控制体系。具体实施路径包括:(1)计划阶段采用 Scrum 框架划分冲刺周期,每个迭代周期设定 4~6 个关键用户故事,如“围堰截流成功率 $\geq 98\%$ ”;(2)执行阶段配置移动稽查终端,通过区块链技术确保进度数据不可篡改;(3)检查阶段应用 DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) 方法进行偏差分析,建立包含进度偏差率 $\delta = (\text{实际值} - \text{计划值}) / \text{计划值} \times 100\%$ 、资源错配指数 $\mu = \sum |r_i - r_i'| / \sum r_i$ (r_i 为计划资源量)等 12 项指标的评估体系;(4)处理 (Act) 阶段实施动态基线调整,采用滑动窗口法更新进度基准。在某大型船闸工程中,该模式使日均施工人数波动幅度由 $\pm 35\%$ 降至 $\pm 8\%$,通过 120 天跟踪监测显示:关键节点达成率从 77.3% 提升至 93.5%,工程变更发生率下降 42%。基于模糊综合评价法测算,管理模式成熟度等级从 C 级(基本规范)跃升至 B+级(持续优化)。

4.2 调度管理优化的关键技术

研发的数字孪生调度系统由物理感知层、数据中台层、智能决策层构成核心架构:(1)物理感知层部署 UWB 定位基站、振动传感器、温度巡检仪等感知设备,实现施工要素数字镜像的亚秒级更新;(2)数据中台层采用 Flink 流处理框架,开发施工资源知识图谱,构建包含 78 类实体、214 种关系的调度规则库;(3)智能决策层改进传统遗传算法:设计分段式编码方案(资源分配基因采用格雷码,时间参数采用实数编码),重组算子引入模拟退火机制(初始温度 $T_0 = 1000$,降温系数 $\alpha = 0.95$),设置动态适应度函数 $F = 0.55 \times (1 - T/T_{\max}) + 0.45 \times (1 - C/C_{\max})$ 。系统在引汉济渭工程某隧洞标段的应用表明:针对突发的 TBM 卡机故障,系统在 23 分钟内生成 4 套可行调度方案,较人工决策效率提升 15 倍,最终通过设备替换与工序调序组合策略,将延误时间从预估的 72 小时压缩至 9 小时。经 42 组对比实验验证,算法收敛所需代数均值从 156 代降至 82 代, Pareto 解集覆盖率提高 58%。

4.3 信息化与智能化在进度控制中的应用

构建的 BIM5D 协同管理平台实现“多维数据-三端协同-双向追溯”的创新架构:(1)数据层集成 Revit 模型、进度计划、成本数据、质量验评和物料信息;(2)应用层开发 WEB 端管理驾驶舱、PC 端专业工具和移动端 APP 三大终端,通过 OPC-UA 协议实现数据毫秒级同步;(3)功能层部署智能预警模块(自动比对计划与实际点云数据)、虚拟验收系统和智能报表引擎。在某大型泵站工程中,平台实现:①质量验评流程数字化,通过移动 APP 扫描构件二维码,自动调取 215 项检验标准,使单个分部工程验收时间从 4.2 小时降至 0.8 小时;②进度数据自动采集率从 32% 提升至 98%,首次实现施工日志 AI 自动生成;③通过数字样机进行 56 次施工模拟,提前发现管路碰撞问题 17 处,节省返工成本 280 万元。

4.4 基于数据分析的进度调度优化方法

构建的施工大数据分析体系涵盖数据采集、清洗、建模、应用全链条:(1)数据源包括北斗定位系统采集车辆轨迹、RFID 物资芯片记录 155 万条出入库数据、智能安全帽获取人员移动热力图等 27 类终端;(2)开发分布式数据湖架构,采用 Lambda 结构处理流批数据,日处理能力达 TB 级;(3)应用改进型随机森林算法建立进度预测模型:设置 500 棵决策树,最大深度 25 层,引入 Shapley 值法进行特征归因分析,量化得出机械综合效率(权重 0.32) = 时间利用率 $\times 0.6$ + 负荷率 $\times 0.4$,天气影响系数按降水强度分级量化(小雨-0.1,中雨-0.3,暴雨-0.6);(4)建立数字驾驶舱实现进度偏差预警、资源冲突预测、工期概率分析三项核心功能^[4]。在珠江三角洲水资源配置工程中,该模型提前 14 天预测衬砌台车效率下降趋势,定位原因为液压系统故障率上升(预测准确率 92%),指

导预防性维护使设备 MTBF（平均无故障时间）从 350 小时延长至 520 小时。模型经 K-fold 交叉验证（ $k=10$ ），预测精度达 88.7%，较传统回归模型提升 23.5 个百分点。

5 结语

本研究构建了水利工程施工进度控制与调度的系统化解方案，通过实证分析验证了智能算法与信息技术的应用价值。但在地质条件极端复杂区域，模型适应性仍需加强。未来研究应聚焦数字孪生技术与现场实践的深度融合，探索 5G 边缘计算在实时调度中的应用，并加强跨学科理论创新，推动水利工程管理向智慧化方向演进。

【参考文献】

[1] 李卫华. 大型水利工程施工现场质量管理及进度控制

研究[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2018(10): 30-31.

[2] 贾西胜. 水利工程施工现场质量管理及进度控制[J]. 河南水利与南水北调, 2020, 49(10): 79-80.

[3] 王喆. 浅谈水利工程质量安全管理与施工进度控制[J]. 农业科技与信息, 2021(3): 111-112.

[4] 鲁智国. 水利工程施工中的进度控制与成本管理研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(3): 155-157.

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

水利工程施工中水土保持措施的实施与效果评估

李倩

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 水利工程施工过程中, 水土保持措施的实施对于防止水土流失、改善生态环境具有重要意义。采取合理的水土保持措施, 如植被恢复、边坡加固、工程措施等, 能够有效减少施工对周围环境的负面影响, 并提高工程的可持续性。通过对实施效果的评估, 能够为今后类似工程的水土保持工作提供数据支持与改进方案, 确保水利工程施工过程中生态环境得到有效保护。

[关键词] 水土保持; 水利工程; 施工措施; 生态环境; 效果评估

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16083

中图分类号: S157

文献标识码: A

Implementation and Effect Evaluation of Soil and Water Conservation Measures in Water Conservancy Engineering Construction

LI Qian

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

Abstract: The implementation of soil and water conservation measures during the construction process of water conservancy projects is of great significance for preventing soil erosion and improving the ecological environment. Taking reasonable soil and water conservation measures, such as vegetation restoration, slope reinforcement, engineering measures, etc., can effectively reduce the negative impact of construction on the surrounding environment and improve the sustainability of the project. By evaluating the implementation effect, data support and improvement plans can be provided for soil and water conservation work in similar projects in the future, ensuring effective protection of the ecological environment during the construction process of water conservancy projects.

Keywords: soil and water conservation; water conservancy engineering; construction measures; ecological environment; effect evaluation

引言

水土流失是水利工程施工过程中常见的环境问题, 若不加以控制, 可能导致严重的生态破坏。随着环保意识的提升, 水土保持已成为水利工程施工的核心课题之一。如何有效实施水土保持措施, 并评估其实际效果, 是确保施工环境与生态平衡的关键。通过系统分析施工中的水土保持技术与其效果评估, 不仅能为工程的可持续发展提供科学依据, 也为今后的水土保持措施提供有力指导。

1 水利工程施工中的水土流失现状与问题分析

水土流失是水利工程施工过程中常见的环境问题, 严重影响生态平衡和工程可持续性。因此, 分析水土流失的现状与问题, 为后续的水土保持措施提供基础。水土流失不仅加剧了土壤贫瘠, 还可能导致水土保持措施成本的增加, 影响工程的经济效益和长期稳定性。及时发现问题、分析原因, 并采取相应措施, 是防止水土流失及其负面影响的有效手段。

1.1 水土流失的主要原因

在水利工程施工过程中, 水土流失主要源于施工区域土壤裸露、植被破坏以及工程施工过程中不合理的土方作业。施工过程中, 大量的土壤暴露在外, 缺乏有效的植被覆盖与水土保持措施, 导致风蚀和水蚀加剧。尤其是在雨季, 暴雨引发的水流冲刷会加速土壤流失, 进一步加大对周边生态环境的破坏。此外, 施工过程中不科学的土方运

输和堆放, 使得地形变化更加剧烈, 造成了大量的水土流失。同时, 施工过程中缺乏有效的水土保持设计和管理, 使得临时保护措施的执行不到位, 加剧了流失现象。

1.2 水土流失对环境的影响

水土流失不仅对施工区域本身造成危害, 还对周围生态环境造成长远影响。首先, 流失的土壤会携带大量的营养物质和有机质, 导致水体污染和土地肥力降低, 影响当地农业生产。水质恶化会影响水源的使用, 给居民和生态系统带来风险。其次, 流失的土壤往往导致地形剧烈变化, 增加了地质灾害的风险, 尤其是在山区或河流沿岸的水利工程施工中, 滑坡和崩塌等灾害的发生概率较高。最终, 水土流失还可能破坏生物栖息地, 影响生态多样性, 导致物种减少或灭绝。水土流失的加剧, 使得生态环境的恢复难度增大, 导致长期环境问题^[1]。

1.3 当前水土保持措施的不足

尽管许多水利工程项目已经实施了水土保持措施, 但目前的措施仍存在一定的不足。首先, 很多工程项目中的水土保持措施在施工过程中未能有效实施, 导致施工期水土流失现象较为严重。尤其在一些缺乏完善规划与技术支持的项目中, 临时水土保护措施未得到及时有效的执行。其次, 部分地区由于水土保持技术不成熟或施工人员技能不足, 导致措施的执行效果大打折扣, 未能达到预期目标。另外, 后期的维护和监测工作也常常缺乏足够的关注, 导

致水土保持效果无法长期保持,形成短期应急性解决方案,缺乏可持续性。后续的管理和技术支持力度不足,造成了水土流失现象的反弹,影响了长期生态恢复的进程。

2 主要水土保持措施及其实施技术

为应对水利工程施工中的水土流失问题,必须采取有效的水土保持措施。本文将探讨几种常见的水土保持措施及其实施技术,确保施工过程中的生态环境得到有效保护。

2.1 植被恢复与保护

植被恢复是水土保持措施中最基础且最有效的方法之一。通过在施工区域内选择适宜的植物进行播种或栽植,恢复土壤的天然覆盖层,减少水土流失。植被的根系能够固定土壤,防止水流冲刷,提升土壤的抗侵蚀能力。此外,选择本地植物种类,能更好地适应当地气候和土壤条件,进一步增强水土保持效果。对于裸露的土坡和沟壑,采用植物覆盖与防护网相结合的方式,能有效减少风蚀和水蚀。

2.2 工程措施

除了植被恢复,工程措施在水土保持中也发挥着重要作用。常见的工程措施包括边坡加固、挡土墙、护坡与排水系统的设计。边坡加固技术可以通过使用石块、混凝土和土工布等材料,使土壤稳固,避免滑坡和塌方的发生。在排水系统的设计中,设置有效的沟渠和排水管道,能够迅速排除雨水,减少水流对土壤的侵蚀。尤其在雨水较多的地区,合理的排水系统能防止水流集中,避免大面积的水土流失。

2.3 生态工程技术

生态工程技术是一种新兴的水土保持方法,结合自然生态原理,通过设计与自然相协调的工程措施来实现水土保持。这包括了湿地修复、生态堤坝和河道疏浚等技术。湿地修复技术通过恢复湿地的生态功能,利用湿地植物的根系与沉积作用,增强土壤的抗冲刷能力,减缓水流速度。生态堤坝则采用土壤与植被的结合,通过建设符合自然生态规律的堤坝系统来防止水土流失。这些技术能够减少人工工程对环境的影响,保持生态系统的稳定性。

2.4 水土保持措施的综合应用

不同的水土保持措施在实际应用中常常需要综合使用,以达到最佳效果。例如,在坡度较大的区域,植被恢复和工程加固相结合,能够更好地防止水土流失。在一些山区或丘陵地区,生态工程技术与传统工程措施结合,形成多层次、多方位的水土保持体系。在实施过程中,需要根据不同施工区域的具体情况,制定个性化的水土保持方案,确保措施的实施效果^[2]。

3 水土保持措施的施工效果评估方法

水土保持措施的有效性评估是确保生态保护与施工安全的关键环节。通过科学的评估方法,能够对水土保持措施进行效果分析,为未来工程优化提供依据。

3.1 监测指标的选择与设置

水土保持措施的效果评估首先需要明确监测指标,这些指标包括水土流失量、土壤侵蚀强度、植被覆盖率以及水

质指标等。水土流失量是衡量水土保持措施效果最直接的指标,可以通过测量不同区域的土壤流失量来反映措施的有效性。土壤侵蚀强度则通过分析土壤表层的侵蚀程度,评估其防护效果。植被覆盖率反映了植被恢复情况,植被越密集,土壤保护能力越强。水质指标,尤其是水体的悬浮物含量、泥沙浓度等,也是评估水土保持效果的重要维度,通过水质监测,可以间接评估施工区周围水土流失对水体的影响。

3.2 实地调查与数据采集

为了准确评估水土保持措施的实施效果,必须进行实地调查与数据采集。这包括现场土壤剖面分析、植被覆盖情况检查以及水文数据的收集。在施工现场,可以通过设置固定的观测点,定期采集土壤样本和水质样本,监测土壤的变化和水体的污染情况。通过使用遥感技术与无人机拍摄,能够高效、全面地获得大范围区域内的植被覆盖情况及地形变化数据。同时,还可以采用地形测量和水流模拟等技术手段,获得更准确的水土流失数据,为效果评估提供充分的依据^[3]。

3.3 数值模型与评估分析

除了现场监测,数值模型的应用也是水土保持效果评估的重要工具。通过建立水土流失的数学模型,可以模拟不同水土保持措施在各种环境条件下的效果。这些模型可以帮助分析水土流失的潜在风险,并预测各种措施的实施效果。常用的水土流失模型包括 USLE(通用土壤流失方程)模型和 RUSLE(修订通用土壤流失方程)模型,能够对不同区域的水土流失进行定量分析。此外,基于模型的评估结果,结合实际监测数据,可以更准确地调整水土保持措施,优化实施方案。

3.4 效果评价与反馈机制

水土保持措施的效果评估不仅仅是数据分析,更需要形成一个持续的反馈机制。在评估结果的基础上,需对措施实施过程中出现的问题进行深入分析,并根据实际情况调整措施。例如,如果某一地区的植被恢复效果不明显,可通过补植、增加土壤保护层等方式加强保护;若水流量过大导致的土壤流失未得到有效控制,可考虑优化排水系统或加固边坡等。通过这种评估和反馈机制,确保水土保持措施的长期有效性,并为后续项目的设计和和实施提供经验。

因此,水土保持措施的效果评估需依赖多维度数据监测,并结合数值模型分析,为工程优化提供科学依据,确保措施的可持续性和环境效益。

4 水土保持措施在水利工程中的实际应用案例

在水利工程施工过程中,水土保持措施的实际应用至关重要。通过具体的案例分析,可以更好地理解水土保持技术的实际效果与应用价值。

4.1 黄河流域水土保持工程案例

黄河流域的水土流失问题较为严重,尤其在山区与丘陵地带。为了防止水土流失对生态环境的破坏,当地在水利工程建设中采用了多种水土保持措施。通过大规模的植

被恢复工程,种植了耐旱、深根系的植物,如荒漠化植物和本地草种,同时配合水土保持技术,使用了生态挡土墙和沟渠水土保持设施。此外,还通过梯田改造和土壤改良,提高了土壤的蓄水能力与抗侵蚀性。经过多年实施,流域内的水土流失得到了显著控制,水土保持效果明显。

4.2 长江中下游水利枢纽工程

长江中下游的水利枢纽工程项目中,施工区域由于复杂的地形和多雨气候,水土流失问题较为突出。在这个工程中,采用了多种水土保持措施进行综合治理。例如,在水库周边的坡地和沟渠区域,采用了护坡网与植被相结合的方式,减少了暴雨时的水土流失。同时,建设了排水管道与生态湿地,利用湿地的自然沉积作用减少水体中的泥沙。通过这些综合措施,水土流失量显著减少,水库水质保持良好,生态环境逐步恢复^[4]。

4.3 南水北调工程的水土保持实践

南水北调工程是一项跨越多个省份的大型水利工程。在施工过程中,为减少水土流失对生态环境的影响,项目组在施工区采用了科学的水土保持措施。例如,在水源地周围开展了大规模的植被恢复工程,种植了防护林和防风林以防止水土流失。在工程实施过程中,还设置了临时水土保持设施,如挡土墙和喷灌系统,确保施工期间对土壤和植被的破坏最小化。此外,通过施工后的生态修复,恢复了被破坏的植被和土壤,保证了水土保持措施的可持续性。

这些案例充分展示了水土保持措施在实际水利工程中的应用效果,不仅有效减少了水土流失,还为周围生态环境的恢复提供了宝贵经验。通过科学的技术与措施,水利工程施工的环境影响得到了显著控制。

5 提高水土保持效果的改进策略与建议

尽管当前水土保持措施在水利工程中取得了一定成果,但仍面临许多挑战。为了提高水土保持效果,提出了几项改进策略与建议,以优化措施实施。

5.1 加强水土保持措施的前期规划

有效的水土保持效果需要科学合理的前期规划。针对不同的施工区域,应结合当地气候、地形和土壤条件,制定个性化的水土保持方案。例如,对于山区和丘陵地区,重点进行边坡加固和植被恢复;在平原地区,除了加强植被覆盖外,还应特别关注水流排泄系统的设计。合理的前期规划有助于从源头上减少水土流失的风险,避免盲目实施无效措施。

5.2 提升技术水平与施工管理

水土保持措施的实施效果与技术水平和施工管理密

切相关。为了提高效果,应加强技术人员的培训,确保水土保持技术的专业性和科学性。此外,施工过程中应加强监控与管理,特别是对关键环节,如水流疏导、植被恢复等进行严格监管,避免出现因施工不规范而导致的水土流失。新兴的技术,如地理信息系统(GIS)和遥感技术,可以帮助实现更精确的施工监测和效果评估^[5]。

5.3 加强后期维护与动态调整

水土保持措施的实施并非一劳永逸,后期维护同样重要。应定期进行现场检查,及时发现并解决可能出现的问题。例如,植被恢复后,需要确保植物的生长与养护,避免由于干旱或病虫害等原因导致植被覆盖率下降。此外,对于水土保持设施(如排水系统、护坡设施等)也需要定期检查与修复,确保其长期有效性。动态调整措施,针对不同阶段的实际情况,及时调整水土保持策略,将有助于维持措施的持续性效果。

通过上述改进策略的实施,可以显著提高水土保持措施的效果,确保水利工程在施工过程中对环境的影响降到最低,为工程的可持续发展奠定基础。

6 结束语

水土保持是水利工程中不可忽视的重要环节,合理的措施能够有效防止水土流失,保护生态环境。通过分析水土保持措施的实施与效果评估,结合实际案例与改进策略,能够为未来水利工程的设计与施工提供宝贵经验。加强前期规划、提升技术水平、强化后期维护,是提高水土保持效果的关键。持续优化水土保持措施,将为水利工程的可持续发展与生态安全提供有力保障。

[参考文献]

- [1] 殷淑桢. 导流施工技术在水利工程施工中的运用研究[J]. 建材与装饰, 2017(24): 280-281.
- [2] 李洪军. 农田水利施工中的水土保持措施[J]. 新农业, 2022(19): 102-103.
- [3] 杜玉梅. 农村水利工程施工中的水土流失与水土保持措施[J]. 农家参谋, 2022(24): 186-188.
- [4] 吕小斌. 农村水利工程施工中的水土流失与水土保持措施[J]. 新农业, 2023(13): 75.
- [5] 陈娟. 水利工程施工中的水土流失与水土保持措施分析[J]. 水上安全, 2024(9): 97-99.

作者简介: 李倩(1988.1—), 女, 安徽淮北人, 就职安徽安冉水利工程有限公司, 从事水利工程工程项目施工, 技术负责人、项目负责人等工作。

BIM 技术在水利工程造价管理中的应用研究

鲁 莉

新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着智能建设在各建筑领域的广泛应用，BIM 技术在国家政策的支持下，已成为工程管理中的重要建模工具。作为关系民生的重要基础设施项目，水利工程的造价管理亟需高效、精准的技术手段。如果能够对 BIM 技术进行适当改进并引入到水利工程的造价管理中，将对项目的成本控制产生积极影响。通过分析 BIM 技术在水利工程造价管理各阶段的应用，文章旨在探讨 BIM 技术与水利工程造价管理的融合路径，为其顺利实施提供可行的解决方案。

[关键词]BIM 技术；水利工程；工程造价；造价管理；技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16081

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on the Application of BIM Technology in Cost Management of Water Conservancy Engineering

LU Li

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

Abstract: With the widespread application of intelligent construction in various construction fields, BIM technology has become an important modeling tool in engineering management with the support of national policies. As an important infrastructure project related to people's livelihood, the cost management of water conservancy engineering urgently needs efficient and accurate technical means. If BIM technology can be appropriately improved and introduced into the cost management of water conservancy projects, it will have a positive impact on project cost control. By analyzing the application of BIM technology in various stages of water conservancy project cost management, this article aims to explore the integration path of BIM technology and water conservancy project cost management, and provide feasible solutions for its smooth implementation.

Keywords: BIM technology; water conservancy engineering; engineering cost; cost management; technical application

引言

随着科技的迅猛发展，建筑信息模型（BIM）技术已成为现代工程管理中的关键工具，尤其在水利工程领域，其独特的优势逐渐得以展现。水利工程项目通常因其复杂性和庞大规模而要求精确的造价管理，以确保项目按时完成并控制在预算内，同时保证质量与安全。然而，传统的水利工程造价管理方法依赖于二维设计图、手工计算及经验判断，这种方式往往导致项目实施过程中预算偏差、信息滞后、数据处理不准确等问题的出现。这些问题不仅影响了工程进度，而且增加了项目的风险与成本。通过数字化和三维建模，BIM 技术建立了一个全面、实时、动态的数据平台，使得项目各方能够在整个生命周期内共享信息并进行协同工作。在水利工程的造价管理中，BIM 技术能够自动计算工程量，精准估算成本，实时监控进度，并优化资源配置，从而有效地控制造价，提高工作效率与项目质量。研究 BIM 技术在水利工程造价管理中的应用，对于提升管理精准度与效率，推动水利工程现代化，及实现可持续发展，具有重要的理论与实践意义。

1 水利工程造价管理的重要性

水利工程造价管理在整个项目生命周期中发挥着至关重要的作用。由于水利工程通常具备复杂的施工环境和

技术要求，且项目规模庞大、投资金额巨大，因此，合理的造价管理对于确保项目按预算顺利实施，显得尤为关键。精准的造价估算与控制，不仅有助于有效防止成本超支，还能确保资金的合理分配与高效使用，避免资源的浪费。在水利建设领域，随着环境保护和社会效益等方面要求的不断提升，造价管理的职责已不再仅限于工程资金的管理，它还必须综合考虑项目的可持续性及其整体效益，从而形成一项系统性的工作。造价管理的核心价值，尤其体现在对项目进度的影响上，精确的造价预测能够为项目调度提供科学依据，进而确保工程的按时完成。有效的造价管理能够帮助建设单位识别潜在的风险，并及时采取控制措施，以避免不可预见的成本上涨。此外，造价管理对于提升项目的经济效益同样具有重要意义，通过对预算、合同、施工等各环节的全面监控，为决策层提供精准的数据支持，从而确保项目资金链的稳定。水利工程的造价管理，不仅关系到单个项目的成功与否，也直接影响着行业发展、资源利用以及国家经济建设的长期稳定性。

2 BIM 技术在水利工程造价管理中的应用

2.1 在决策阶段的应用

在水利工程项目的决策阶段，BIM 技术为项目的可行性研究、方案选择以及资源配置等方面，提供了有力的支

持。通过构建数字化的三维模型，BIM 技术使得决策者能够全面、直观地了解项目的规模、设计方案、环境条件及潜在风险，从而能够做出更加精准的决策。在决策阶段，BIM 技术可提前展示不同设计方案的实际效果，借助虚拟模拟和可视化分析，决策者得以在项目初期就评估各方案的优劣，避免后期发现设计存在不合理或不可行的问题。通过这一过程，决策效率不仅得到了提升，方案调整所带来的额外成本也得以有效降低。在预算和成本估算方面，BIM 技术能够精确计算工程量，提供数据支持，从而帮助决策者进行合理的资金安排，防止预算不足或资源浪费的情况出现。通过模拟不同施工方案、材料选择及施工工艺，BIM 技术能够预测项目整体成本和潜在风险，帮助决策者优化资源配置和投资分配。此外，决策阶段的多方信息集成与共享，也得到了 BIM 技术的促进，推动设计团队、施工方、业主及相关部门之间的协作，从而提升了项目管理的整体效率与协调性。

2.2 在设计阶段的应用

在水利工程的设计阶段，BIM 技术为项目的设计优化、成本控制及质量保障提供了重要的支持。通过创建精准的三维数字模型，BIM 技术使设计人员能够全面了解工程的结构、功能以及各个细节之间的相互关系。可视化的设计方式，使得设计团队能够在项目初期发现潜在问题，如设计冲突、空间不足或材料不当等，进而能够提前进行调整，避免在施工阶段出现设计错误或返工，从而降低项目的风险与成本。此外，智能化设计优化也可以通过 BIM 技术实现，依据实际需求与环境条件，提出更加科学合理的设计方案。在水利工程中，面对复杂的地形与地貌，BIM 能够模拟不同地质条件与水流路径，从而优化水利设施的布局与结构设计，提升工程的安全性及功能性。所需材料与施工工艺的用量，BIM 技术能够精准计算，为后续的成本估算提供准确的数据支持。通过与成本管理体系的集成，设计团队可实时跟踪设计方案的成本变化，确保其在预算内，进而避免预算超支的情况发生^[1]。此外，BIM 技术还帮助不同专业的设计人员实现信息共享与协作，所有设计数据得以在同一平台上实时更新，减少信息传递过程中的误差与延误，进而提升设计效率与质量。

2.3 在招投标阶段的应用

招标与投标作为双方就报价进行的一场博弈，对于任何一方来说，都是至关重要的。任何失误都可能成为对方的筹码，带来深远的影响。招标人需要确保工程量清单的准确性，避免错漏，从而规避潜在风险。而投标人则需通过仔细复核清单中的工程量，发现其中的规律和漏洞，进而制定合理的报价方案，争取中标。然而，在这一过程中，无论是招标人还是投标人，都需投入大量的时间、人力与物力来完成相关工作，且由于人工操作的误差不可避免，容易导致“赔了夫人又折兵”的局面。BIM 技术的引入能够有效解决这一问题。首先，在编制工程量清单时，BIM

技术能够确保招标文件的准确性，避免因重复计算而延长周期；其次，在投标过程中，投标人通过 BIM 技术构建模型，可以迅速复核招标工程量，将节省的时间和精力集中在价格核算和方案研究上，从而提高报价工作的效率。

2.4 在施工阶段的应用

在水利工程的施工阶段，BIM 技术的应用大大提高了施工管理的精确度、效率及协同能力。通过提供详细的三维模型，BIM 技术使得施工人员能够在施工前全面掌握工程设计与现场条件，从而提前识别潜在的设计冲突或施工难点，采取有效的预防措施，避免施工过程中的意外情况或返工。例如，面对复杂的水利结构，BIM 能够帮助施工团队准确定位地下管线、桥梁支撑及其他重要设施的位置，确保施工活动不对现有设施造成破坏或导致工程延误。此外，施工进度与现场情况能够通过 BIM 技术实时更新，施工团队得以通过与施工进度管理系统的整合，及时获取项目的实时数据，监控工程进展及质量控制，确保各项施工任务按照计划顺利推进。通过动态进度模拟，施工过程中可能出现的瓶颈问题得以预测，资源配置得以及时调整，从而避免工期延误与资金浪费。BIM 技术还为施工阶段提供了精确的成本控制，能够准确计算所需材料的数量及采购时机，从而避免过量采购或短缺现象，减少资金占用与浪费^[2]。与传统施工管理方法不同，BIM 通过高度集成与共享信息，使得设计师、施工方、监理方等各方能够在同一平台上协作工作，显著提高了沟通效率及决策的及时性。

2.5 在竣工验收阶段的应用

在水利工程的竣工验收阶段，BIM 技术为工程的验收、交付及后期维护提供了重要的支持与保障。通过在竣工阶段使用 BIM 模型，所有施工数据、设计变更、施工进度以及材料使用情况得以精确记录与可视化展示，从而大大提高了验收过程的透明度与准确性。为验收人员提供了一个全面且更新的三维数字模型，BIM 技术涵盖了项目全过程的详细信息，包括设计变更、现场施工进度以及材料使用情况。这些信息使得验收人员能够直观地判断工程是否按照设计方案与质量标准完成，并能够及时发现潜在的质量问题或遗漏项。此外，基于数据的“竣工档案”可以借助 BIM 技术构建，其中包含所有与项目相关的详细信息，如施工过程中遇到的难题、解决方案、材料及设备数据等。这些信息便于存储、管理及快速查询，为后续设施的维护与运营提供了可靠依据。在竣工验收过程中，问题的识别与处理能够加速，BIM 技术也可提供帮助。例如，验收人员通过 BIM 模型对照施工图纸与实际工程进行对比，能够发现设计与施工之间的差异，并及时要求整改，避免了传统验收中因信息滞后或不对称所带来的问题。对于复杂的水利工程，BIM 的可视化与数据集成优势，使得各方能够高效协作与沟通，从而确保项目满足所有技术、质量与安全标准。除了在竣工验收中的关键作用，项目交付后的设施管理与维护同样得到了 BIM 技术的有力支持。

3 水利工程造价管理中 BIM 技术的实施路径与策略

3.1 BIM 技术实施的基本框架与流程

在水利工程造价管理中，BIM 技术的实施路径与策略应依托于系统化和流程化的框架，以确保其在项目的各个阶段得到高效应用。实施的起点通常为项目需求分析，通过明确 BIM 技术在项目中的应用目标，尤其是在造价控制、进度管理与质量监控等方面的具体需求。基于这些需求，选择合适的 BIM 技术平台与工具至关重要，以确保其能够与现有项目管理系统及其他数字化工具顺畅集成。随后，项目各方应将设计、施工、预算、进度等相关数据进行整合，建立统一的数字化三维模型，涵盖项目的全生命周期，通过 BIM 技术实现工程的可视化管理与信息流的实时共享。在项目推进过程中，BIM 模型需持续更新与完善，特别是在施工阶段，它能够实时反映现场进展、资源消耗及造价变动，从而为项目管理提供有力的数据支持。

3.2 水利工程造价管理人员的 BIM 技能培训

在水利工程造价管理中，BIM 技术的有效应用依赖于专业人员的技能培训，这对于确保其成功实施至关重要。随着 BIM 技术在项目中的广泛应用，造价管理人员需要掌握相关技能，才能充分利用 BIM 在成本控制、预算编制及资源管理等方面的优势。培训应根据不同层级的管理人员及技术人员的职责和工作要求，制定个性化的学习计划，确保每位员工能够掌握 BIM 技术的基本操作及更高级的应用方法。培训内容包括 BIM 软件的操作技巧、数字化模型的构建与管理、数据分析与处理方法，以及如何在 BIM 平台上进行成本估算、进度跟踪及质量控制等具体操作。除了基本操作培训外，还应注重 BIM 与传统造价管理方法的融合，帮助管理人员理解如何在实际项目中将 BIM 技术与传统成本控制手段有效结合，从而提升工作效率并减少误差^[3]。同时，案例分析与实操训练应在培训课程中占有重要地位，通过模拟实际项目或分享以往项目经验，使参与者能够在实际环境中理解 BIM 技术的应用价值与潜在问题，进而培养他们解决实际问题的能力。

3.3 BIM 技术与传统造价管理方法的融合

在水利工程造价管理中，BIM 技术与传统造价管理方法的结合，成为推动现代化项目管理、提升工程造价精度及控制能力的关键所在。传统的造价管理方法通常依赖于二维图纸、手工计算以及经验判断，而 BIM 技术通过三维数字化模型和数据集成，能够提供更加直观、准确且动态的信息支持。为了有效融合 BIM 技术与传统造价管理，必须确保两者的数据能够互通、互补。通过 BIM 技术，项目在设计、施工和验收阶段的工程量得以自动计算，成本估算变得更加精准，同时，模型还能对项目整体预算进行实时更新与调整。这一技术的引入能够有效减少传统方法中由于人工计算误差或信息传递延迟所带来的风险，从而大大提升造价管理的效率与准确性。除此之外，BIM 还能够项

目周期内动态监控进展、资源使用及成本变化，帮助在项目早期识别潜在的超支或质量问题，并能够及时做出调整。

3.4 推动 BIM 技术应用的政策与市场支持

推动 BIM 技术在水利工程造价管理中的广泛应用，不仅依赖于技术本身的优势，还需要政策与市场的有力支持。在政策方面，相关法规与标准的制定应由政府部门来推动，鼓励 BIM 技术的广泛使用，并在项目招标、评标过程中加强对 BIM 技术应用的要求与权重。例如，可以通过政策为采用 BIM 技术的项目提供资金补贴或税收优惠，从而激励更多企业投入 BIM 技术的应用。此外，BIM 技术在各类工程项目中的普及应由政府来推动，统一的行业标准与技术规范的制定能够确保市场参与者在同一框架内推进技术应用，确保不同方之间的数据共享与互通。市场支持方面，水利工程领域的项目应由企业积极提供 BIM 技术解决方案与相关服务，推动市场化运作^[4]。通过技术创新与服务优化，高效、低成本的 BIM 实施路径可以由企业提供，同时专门的 BIM 技术人才得以培养，从而提升项目管理的效率与质量。与此同时，BIM 技术的推广与普及应由行业协会与学术机构加强，通过举办培训班、研讨会等形式，提升市场对 BIM 技术的认知，促进技术的广泛应用与交流。

4 结语

BIM 技术在水利工程造价管理中的应用，引发了项目管理的深刻变革。通过数字化、三维建模以及信息共享，造价管理的精准性与效率得到了显著提升。在设计、施工、招投标、竣工验收等各阶段，BIM 技术能够有效减少人为错误，优化资源配置，同时提供实时的成本监控与动态调整能力，从而实现项目成本的有效控制，降低风险并提升工程质量。尽管在实施过程中仍面临技术难题、人员培训不足以及政策支持的不足等挑战，但随着技术的不断进步及行业推广的逐步推进，BIM 技术在水利工程造价管理中的应用展现出广阔的前景。展望未来，随着 BIM 技术的持续深化与创新，水利工程的成本控制将变得更加高效与精准，为行业的可持续发展奠定坚实的基础。

【参考文献】

- [1]张雍红.浅析 BIM 技术在水利工程造价管理中的应用[J].科技与创新,2024(24):191-193.
- [2]高柯.BIM 技术在水利工程建设与管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(15):212-214.
- [3]刘万海.BIM 技术在水利工程造价专业中的应用[J].中国招标,2023(9):146-148.
- [4]王春伟,孙玉慧,张勇,等.BIM 技术在水利工程造价及管理中的应用现状及展望[J].黑龙江水利科技,2021,49(7):161-164.

作者简介:鲁莉(1997.9—),毕业院校:新疆农业大学,所学专业:工程管理(水利水电),当前就职单位名称:新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司,就职单位职务:水利工程概预算,职称级别:助理工程师。

戈壁区长距离输水渠道工程造价关键因素分析

伏莹莹

新疆塔里木河水利勘测设计院, 新疆 喀什 844700

[摘要] 戈壁区长距离输水渠道工程在解决该地区水资源短缺问题中起着重要作用。然而, 由于戈壁区干旱气候、复杂地质条件和稀缺的水资源, 这些工程的建设面临较高的造价。降水量极少, 蒸发量大, 地下水水质差, 地表水资源稀缺, 这些因素使得长距离输水渠道的设计与施工难度加大, 进而导致材料运输、施工技术和机械设备等成本的显著增加。尽管这些工程有效地改善了水资源分配, 但由于高造价和资源消耗, 工程的经济性和可持续性仍然是亟待解决的问题。当前的现状表明, 如何有效控制和优化造价, 仍然是戈壁区输水渠道工程建设中的关键挑战。

[关键词] 戈壁区; 长距离输水渠道; 工程造价; 关键因素

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16074

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Analysis of Key Factors for Long Distance Water Transfer Channel Projects Cost in Gobi Desert Region

FU Yingying

Xinjiang Tarim River Water Resources Survey and Design Institute, Kashgar, Xinjiang, 844700, China

Abstract: The long-distance water supply channel project in the Gobi region plays an important role in solving the problem of water shortage in the area. However, due to the arid climate, complex geological conditions, and scarce water resources in the Gobi region, the construction of these projects faces high costs. The extremely low precipitation, high evaporation, poor groundwater quality, and scarce surface water resources make the design and construction of long-distance water transmission channels more difficult, leading to significant increases in material transportation, construction technology, and mechanical equipment costs. Although these projects have effectively improved water resource allocation, the economic and sustainable aspects of the projects still need to be addressed due to their high cost and resource consumption. The current situation indicates that how to effectively control and optimize costs remains a key challenge in the construction of water supply channel projects in the Gobi region.

Keywords: Gobi region; long distance water conveyance channels; engineering cost; key factors

引言

戈壁区, 位于中国西北部, 是典型的干旱半干旱地区, 面临水资源短缺的问题。该地区降水量低, 蒸发量极大, 地表水资源稀缺, 而地下水虽存在, 但大多含盐, 无法直接利用。因此, 长距离输水渠道工程成为缓解戈壁区水资源不足的关键方案。然而, 长距离输水渠道建设面临复杂的地质条件和施工环境, 项目造价较高, 且受到多个因素的影响。这些因素包括地质与水文条件、施工技术、材料运输、机械设备以及施工组织方式等, 它们都对工程造价产生重要影响。特别是戈壁区独特的气候环境与交通不便, 进一步增加了施工难度与成本。因此, 如何在保障工程质量与效果的同时, 科学合理地控制造价, 已成为该类工程建设中的核心问题。本研究将深入分析戈壁区长距离输水渠道工程造价的主要影响因素, 探讨有效的造价控制措施, 通过优化资源配置, 实现经济性、可持续性与社会效益的有机平衡, 为类似工程的建设提供理论依据与实践指导。

1 戈壁区水资源特征

戈壁区的水资源状况十分严峻, 年降水量通常低于 200mm, 某些区域甚至不足 10mm, 降水主要以阵雨形式出

现, 并且从戈壁边缘到中心, 降水量逐渐减少。与此同时, 戈壁地区的蒸发量远远超过降水量, 年蒸发量可达 2000mm 以上, 某些区域甚至超过 4000mm, 这样巨大的蒸发量使得水资源更加稀缺。虽然地下水资源在该地区相对丰富, 但由于水质通常呈咸涩状态, 含盐量较高, 直接利用存在很大困难, 只有少部分地区的地下水水质能够满足畜牧业的用水需求。此外, 戈壁地区几乎没有积水或流动的河流, 地表水资源极为稀缺, 尽管戈壁边缘地区存在部分山地水源, 但这些水源在流入松散土壤或封闭低洼地后, 往往很快干涸。

2 新疆地区长距离输水工程现状

新疆地区的长距离输水工程主要用于缓解区域水资源匮乏问题, 特别是在戈壁、沙漠等干旱地带, 水源的获取与输送成为工程建设中的重要任务。目前, 新疆的长距离输水项目多以水利枢纽、大型输水管道及渠道为主, 工程规模庞大, 常涉及跨越山地、戈壁、沙漠等多种地质条件。输送的水源主要来源于河流、地下水及水库, 尤其是满足大规模农业灌溉与城市用水的需求。在实际建设中, 长距离输水工程需要克服复杂地形、极端气候、土地不平

整等多重挑战,部分地区还面临水源不稳定的情况,且输水线路需要跨越大距离^[1]。此外,现有的输水工程还存在水质污染、渗漏等问题,这些问题影响了工程的长期可持续性。虽然新疆的长距离输水工程已取得一定成效,但由于水资源分布极不均匀,且大多数项目依赖集中水源,仍面临着保障水源供应及输水工程稳定运营的巨大压力。

3 影响戈壁区输水渠道工程造价的关键因素

3.1 地质与水文条件的影响

戈壁区输水渠道工程的造价受到地质与水文条件的显著影响。戈壁地区的地质条件复杂,地表大多为砾石、沙漠或盐碱地,导致地基承载力较低,容易出现沉降或塌陷现象,这需要采取额外的地基加固措施,从而推高了施工成本。此外,部分区域可能存在岩溶、断层及冻土等特殊地质情况,进一步增加了工程的建设难度及费用。水文条件方面,戈壁地区降水量极为稀少,地下水埋藏较深且水质较差,这使得在施工期间确保水源供应成为一项挑战。特别是在开挖、混凝土浇筑及渠道防渗处理等环节,对水资源的需求较高。同时,某些区域地下水盐分较高,可能对渠道结构材料造成腐蚀,影响工程的使用寿命,从而增加了后期运维的成本。

3.2 工程规模与设计标准对造价的影响

戈壁区输水渠道工程的造价在很大程度上受到工程规模及设计标准的影响。随着输水渠道长度的延伸,所需的土方开挖、衬砌、防渗处理以及支护结构等工程量显著增加,从而导致材料、设备和人工成本的大幅攀升。此外,输水规模的不同决定了渠道的断面尺寸、输水能力及沿线配套设施的复杂性。大规模的输水工程通常需要采用更高等级的建筑材料、更加严格的施工工艺以及更为先进的施工设备,从而使整体造价有所提高。在设计标准方面,不同地区对渠道的防渗、抗冲刷能力及结构安全性的要求存在差异。若工程需满足抗震、防冻胀或防风沙侵蚀等特殊性能,则通常需要采用更高强度的结构设计及特殊材料,这无疑增加了建设成本。

3.3 材料选择与运输成本分析

戈壁区输水渠道工程的造价在很大程度上受到材料选择及运输成本的影响。戈壁地区恶劣的自然环境,尤其是较大的温差及强烈的风沙,要求输水渠道具备较强的耐久性和抗侵蚀性能。为满足这些要求,需要选择具有优异抗风化、抗腐蚀及抗渗透性能的建筑材料,如高强度混凝土、防渗膜、钢筋混凝土预制件或特殊防腐涂层等,而这些材料通常价格较高。此外,戈壁地区广袤且人口稀少,交通不便,许多施工区域远离城镇及主要交通干道,导致建筑材料的运输成为重要的成本因素。大宗建筑材料,如砂石、水泥和钢材等,需经过长距离运输,而戈壁地区的路况较差,运输过程中可能涉及额外的道路建设、设备损耗及燃油消耗等费用,这些都进一步增加了工程造价^[2]。尤其在某些特殊区域,若需使用特种材料或预制构件,则

可能需要跨区域采购并进行长途运输,这不仅提升了运输成本,还可能对施工进度产生影响。

3.4 施工工艺与技术对造价的影响

戈壁区输水渠道工程的造价受到施工工艺与技术的显著影响。戈壁地区复杂的地质条件,松散的土质及强烈的风沙,使得传统的开挖与衬砌施工容易出现塌方或渗漏等问题,这迫使工程必须采用更为先进的施工工艺。例如,机械化开挖、喷浆防渗、预制装配式渠道等技术,虽然能够提升施工质量及渠道的耐久性,却也带来了设备采购、技术研发及人员培训等方面的额外开支。此外,戈壁地区昼夜温差较大,冬季寒冷,部分区域还存在冻土层,这使得施工过程中需要采用特殊的温控措施与防冻处理,以确保混凝土的强度及施工质量,这无疑会增加工程的整体造价。同时,在长距离输水工程中,为了提高输水效率与减少水损失,往往需要引入高精度测量与智能化监控技术,例如激光找平、无人机测绘及自动化控制系统等,尽管这些技术能够优化施工进度及后期运维,然而它们在前期的投入成本较为昂贵。

3.5 机械设备与施工组织方式的影响

戈壁区输水渠道工程的造价受机械设备选择与施工组织方式的显著影响。由于戈壁地区地形复杂、土质多样,施工过程中需要使用大型机械设备,如挖掘机、推土机、压路机、混凝土喷浆设备及防渗铺设机械等,这些设备能够提高施工效率并减少人工成本。然而,这些大型机械的购置、租赁及维护费用较为昂贵,同时,戈壁地区的高温与风沙环境加剧了设备的损耗,导致维修保养费用的增加。加之戈壁地区交通不便,燃油、润滑油等物资的运输成本较高,这进一步提高了机械设备的使用费用。在施工组织方面,长距离输水工程涉及多个分散的施工点,需要合理安排施工流程,并优化人员与设备的调配,才能有效减少资源浪费和避免不必要的等待时间。然而,戈壁地区的极端气候条件对施工进度有较大影响,高温可能导致设备过热或停工,冬季的低温又可能影响混凝土的浇筑质量,因此,施工组织的合理性直接关系到工程进度及成本控制。

4 造价控制与优化策略

4.1 设计阶段的造价控制措施

在戈壁区长距离输水渠道工程中,设计阶段的造价控制至关重要,它直接影响整体建设成本及工程的经济效益。为了确保设计方案与实际情况相符,项目初期应进行详尽的地质勘察与水文调查,充分了解区域内的地质条件、地下水位以及气候特点,从而避免因地质变化或环境因素引起的设计变更,减少不必要的额外成本。在设计过程中,需要根据实际输水需求合理确定渠道规模、断面形式及衬砌材料,避免过度设计造成资源浪费,同时采用合适的防渗措施,以减少水流损失并提高输水效率。为降低材料成本与施工难度,应优先选择经济、耐用且适应戈壁环境的建筑材料,如新型复合防渗材料或装配式预制构件。在施工方案优化方面,设计阶段应考虑施工组织的合理性,以

减少施工难度、缩短工期,提升施工机械化水平,从而降低人工及设备成本。同时,应用BIM(建筑信息模型)技术进行三维可视化设计,有助于优化结构布局、减少设计误差并进行施工模拟分析,提升施工方案的可行性及经济性。

4.2 施工阶段的造价优化策略

在戈壁区长距离输水渠道工程的施工阶段,合理的造价优化策略对于降低建设成本、提高施工效率至关重要。针对施工区域的复杂地质条件和工程特点,选择合适的施工工艺是关键。优先采用机械化、智能化技术,如大型挖掘机、自动化混凝土摊铺机及无人机测绘等,不仅能减少人工投入,还能提高施工精度、缩短工期,从而降低综合成本。在材料管理方面,优化供应链管理显得尤为重要,应优先选择就近采购,以减少长距离运输带来的额外成本。同时,加强材料的储存与管理,防止因不当存放导致的浪费。施工组织的合理安排也至关重要,应科学规划施工计划,避免因气候变化、设备故障或物资短缺引起的工期延误,采取分段施工、流水作业等方式,以提高施工效率,最大限度减少设备与人员的闲置时间。此外,确保施工质量的管理同样不可忽视。通过严格执行施工标准,减少因返工带来的额外成本,同时优化机械设备的调度与人力资源配置,从而降低不必要的支出。现代信息技术,如BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)等,可助力施工监控、进度管理及成本控制,通过数据分析实现精细化管理,减少资源浪费。

4.3 现代信息技术在造价管理中的应用(如BIM、AI)

在戈壁区长距离输水渠道工程的造价管理中,现代信息技术的应用显著提升了成本控制的精准性和管理效率。BIM(建筑信息模型)技术通过建立三维数字化模型,支持工程全生命周期的可视化管理,优化设计、施工及运营各阶段的资源配置,从而有效降低设计变更带来的额外成本。在设计阶段,BIM能够进行水流动力学分析、优化渠道结构设计,并精确计算所需材料的数量,减少浪费,进一步降低造价。进入施工阶段后,结合GIS(地理信息系统)与无人机测绘技术,BIM可对戈壁地区复杂地形进行精确测量,确保施工精度,降低因测量误差而造成的返工及其相应的成本^[3]。与此同时,AI(人工智能)技术在造价管理中的应用,主要体现在成本预测、智能调度与风险预警等方面。借助大数据分析,AI能够根据历史工程数据与市场行情,预测材料价格的波动,并提供科学的采购计划,从而实现采购成本的有效控制。通过结合物联网(IoT)技术,AI还可以实时监测施工现场的设备使用情况、人工成本及施工进度,自动分析各项资源的投入产出比,进一步优化施工组织,提升施工效率并减少资源浪费。

4.4 资金筹措与投资回报分析

在戈壁区长距离输水渠道工程的造价控制与优化过

程中,资金筹措与投资回报分析是保障工程顺利实施及长期经济可行性的核心因素。资金筹措方面,应结合多元化融资途径,如政府投资、银行贷款、引入社会资本(如PPP模式)及专项水利基金等,以确保项目建设资金的稳定性和持续性。政府投资作为水利基础设施建设的重要资金来源,可通过财政拨款或政策性资金支持,降低融资成本。同时,银行贷款及专项基金提供长期低息融资,缓解短期资金压力。而引入社会资本不仅能提高资金使用效率,还能优化项目管理模式。通过特许经营权、供水收费等方式吸引市场主体参与,进一步推动可持续的投融资机制。投资回报分析方面,应综合考虑工程的直接经济收益及其间接社会效益。直接经济收益包括供水收费、农业灌溉用水收入、工业用水供应等;而间接效益则体现在生态环境改善、农业增产、居民生活质量提升及区域经济发展等方面。为全面评估项目的长期经济效益,应采用全生命周期成本(LCC)分析法,同时结合净现值(NPV)、内部收益率(IRR)及投资回收期等财务指标,评估项目的盈利能力及风险水平。此外,还应考虑戈壁区特殊环境对运营成本的影响,如高蒸发量造成的输水损耗及设备维护成本的增加,以制定合理的水价机制与补贴政策,确保工程的长期可持续性。

5 结语

戈壁区长距离输水渠道工程的造价受多方面因素影响,包括地质与水文条件、工程规模与设计要求、材料选择及运输、施工技术工艺、机械资源配置等。在该地区复杂的自然环境与施工条件下,如何有效控制造价并优化资源配置,成为保证项目顺利实施与可持续发展的关键。通过引入现代信息技术,如BIM与AI,可实现设计与施工阶段的精细化管理,从而提升造价控制的精准度。在资金筹措方面,采用多元化融资模式及科学的投资回报分析,有助于满足项目资金需求,并确保经济效益的最大化。展望未来,随着技术的进步与管理手段的优化,戈壁区长距离输水渠道工程的造价控制将不断完善,从而推动水资源的合理利用与区域经济的可持续发展。

【参考文献】

- [1] 走马承受. 戈壁沙滩水龙王[J]. 检察风云, 2020(4): 62-64.
 - [2] 于涛, 周晔. 中水进大漠戈壁变绿洲[J]. 中亚信息, 2019(4): 30-31.
 - [3] 范雯婷. 乌鲁木齐市供水工程概预算及造价控制措施分析[J]. 内蒙古水利, 2016(8): 63-64.
- 作者简介: 伏莹莹(1992.3—), 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: 新疆塔里木河水利勘测设计院, 职称级别: 工程师。

水库除险加固工程新建泄洪隧洞施工研究

张小琳¹ 白国杨²

1. 靖边县河道库坝养护站, 陕西 榆林 718500

2. 靖边县水资源调度中心, 陕西 榆林 718500

[摘要] 水库的安全与稳定对大型水利工程的正常运行和社会经济活动具有重要的影响。近年来, 由于各种因素导致的水库险情频发, 使水库除险加固工作的重要性愈发突出。文章主要研究了水库除险加固新建泄洪隧洞施工的关键技术和方法。通过对施工过程中存在的关键性技术问题进行细致研究, 提出了多种可行性的施工方法, 并结合具体的工程实例进行了验证。研究表明, 合理的施工方案能有效防止水库安全事故的发生, 而且还可以提高施工效率, 降低施工成本, 推动整个水库工程的进展。研究结果不仅对其他类似的水库除险加固工程施工具有指导和参考价值, 同时也可进一步完善我国水库除险加固技术体系, 促进安全储水和水资源的合理利用。

[关键词] 水库除险加固; 泄洪隧洞; 施工技术; 安全事故防控; 水利工程

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16072

中图分类号: TV697

文献标识码: A

Research on the Construction of New Flood Discharge Tunnels for Reservoir Risk Removal and Reinforcement Projects

ZHANG Xiaolin¹, BAI Guoyang²

1. Jingbian County River Reservoir Dam Maintenance Station, Yulin, Shaanxi, 718500, China

2. Jingbian County Water Resources Dispatching Center, Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract: The safety and stability of reservoirs have a significant impact on the normal operation of large-scale water conservancy projects and socio-economic activities. In recent years, the frequent occurrence of reservoir hazards due to various factors has made the importance of reservoir reinforcement work increasingly prominent. The article mainly studies the key technologies and methods for the construction of new flood discharge tunnels for reservoir hazard removal and reinforcement. Through detailed research on key technical issues that exist during the construction process, multiple feasible construction methods have been proposed and verified through specific engineering examples. Research has shown that a reasonable construction plan can effectively prevent reservoir safety accidents, improve construction efficiency, reduce construction costs, and promote the progress of the entire reservoir project. The research results not only have guiding and reference value for the construction of other similar reservoir reinforcement projects, but also can further improve the technical system of reservoir reinforcement in China, promote safe water storage and rational utilization of water resources.

Keywords: reservoir hazard removal and reinforcement; flood discharge tunnel; construction technology; prevention and control of safety accidents; water conservancy project

引言

随着社会经济的发展, 水库规模扩大和安全难题也日趋显现。因此, 水库除险加固工程, 特别是泄洪隧洞的建设, 成为了保障人民生命财产和社会稳定的重要措施。然而, 如何在保障水库安全的同时进行高效、经济的施工, 是一个紧迫的问题。本研究专注于水库新建泄洪隧洞施工技术, 探讨了施工中的关键技术问题, 并提出了多项创新施工方案。经案例验证, 这些方案能有效提高施工效率和水库安全性, 降低施工成本。本研究有助于提供技术支持和参考, 以促进水库除险加固工程的实施, 完善我国水库加固技术, 进一步合理利用水资源。

1 水库安全与稳定的重要性

1.1 水库的社会经济影响

水库在社会经济活动中扮演着至关重要的角色, 不仅

对农业、工业和居民用水提供保障, 还在防洪、发电和生态环境保护方面贡献显著^[1]。农业方面, 水库的调蓄功能保障了灌溉用水的持续供应, 提高了农业生产的可靠性和收益。工业区域依赖水库提供稳定的水资源, 维持生产活动的正常运作, 尤其在用水需求量大的行业中, 水库是不可或缺的资源。居民生活也直接受益于水库的供水能力, 尤其在水资源匮乏或季节性干旱区域, 水库是城镇供水体系的重要支持。防洪方面, 水库在汛期通过科学调度能有效削减洪峰, 保护下游地区的生命财产安全。水库还通过水力发电为电力供应提供可再生能源, 推动区域经济的发展。水库的生态功能亦不可忽视, 其提供的稳定水源维护了生物多样性和生态平衡, 对区域环境的可持续发展具积极影响。水库的安全与稳定直接关系到整个社会的经济活力和发展潜力。

1.2 水库的可持续发展和安全储存

水库作为重要的水资源调蓄设施,其可持续发展和安全储存关系到水资源的合理利用和社会经济的长期稳定。水库的可持续发展要求水库在设计、施工、运行过程中兼顾环境保护、资源节约以及工程效益的平衡,通过技术创新和管理优化,实现水资源的长效管理。安全储存则是确保水库在自然灾害等外界压力下维持正常功能的根本途径,这是水库可持续发展的基础。安全储存不仅涉及工程结构的完整性,还包括应急预案的完善和人员装备的到位。水库的安全储存保障了蓄水和供水能力,减少了因水库失效带来的经济损失和生态破坏,为区域水资源提供了稳定支持。通过加强水库的安全储存管理,可以推动水库工程从单一功能向综合效益转变,促进水库的长期可持续发展。

1.3 水库险情的发生频率与影响

近年来,水库险情的发生频率明显增加,对区域安全、经济发展和生态环境造成了严重影响。频繁的险情暴露了部分水库设计和管理的不足,增加了突发事件对下游居民及产业的威胁,甚至可能导致重大人员和财产损失。险情处置过程中消耗的大量人力和物力资源,进一步加重了社会和经济负担。降低水库险情发生频率,保障水库安全运行,已成为水利部门亟待解决的重要课题。

2 水库除险加固工程的目的和意义

2.1 水库除险加固的需求背景

近年来,水库除险加固的需求背景日益凸显,主要源于两个方面的考量^[2]。其一,水库长期运行过程中,面临自然环境变化和人类活动的双重压力。气候变化导致极端天气事件频发,加剧了水库承受的洪水负荷风险;而人类活动如不合理的土地开发和资源利用,则可能弱化水库周围生态环境的稳定性。其二,现有水库设计年限到期以及标准提升,使得早期建设的水库面临设计技术的不足,结构老化、设备陈旧等问题。以上背景叠加作用,提升了水库突发险情的概率,威胁着区域供水安全和社会经济发展^[3]。因而,推行水库除险加固工程以确保水库的长效安全尤为迫切。该工程不仅是消除水库安全隐患的必要举措,也是增强水库调蓄能力、保障水资源合理配置与利用的重要手段,具有社会、经济和生态的综合价值。

2.2 水库除险加固工程的主要任务

水库除险加固工程的主要任务在于确保水库的整体安全性与可靠性,以防止由于结构老化、地质变化、洪水压力增大等原因导致的水库失事。通过结构加固和维修施工,提升大坝和其他关键构件的耐久性,从而延长水库的使用寿命。新建和完善泄洪设施,确保在洪水来临时能够快速、安全地疏散超额水量,避免溢流对大坝及下游地区的威胁。通过对水库结构定期检查与监控,及时识别并修复潜在的安全隐患,形成一套完整的监测机制,以预防和减少险情发生的概率。水库除险加固工程还需兼顾生态保

护和周边环境的协调,使水库在安全运行的不对环境造成负面影响。这一系列任务的实施对于保障水库安全运行和周边地区的民生及发展至关重要。

2.3 水库除险加固工程的长期目标和效益

水库除险加固工程的长期目标在于保障水库的整体安全与长久稳定,进而促进地区水资源的可持续利用。通过科学的除险加固措施,能够显著减少水库安全事故的发生概率,从而保护下游居民和财产免受洪水灾害威胁。该项工程不仅提高了水库的蓄水能力和防洪能力,还有效支持了农田灌溉、城市供水和生态保护等多方面的需求。工程效益体现在综合提升水库的使用效能,拉动地方经济发展,保障社会公共利益以及优化生态环境方面。

3 水库泄洪隧洞工程的施工关键技术

3.1 泄洪隧洞的设计与作用

泄洪隧洞的设计与作用对于水库安全及其正常运行至关重要。设计时需综合考虑水库所在区域的地质条件、水文气象特征以及下游的环境和生态情况,以确保泄洪能力充足且不会对周围环境造成不利影响。泄洪隧洞的主要作用在于迅速降低水库水位,减轻大坝压力,防止溃坝等险情的发生。工程设计应注重隧洞断面和线形的科学性,确保水流顺畅、无涡流。在材质选择上,要优先耐磨、耐腐蚀的高强度材料,以增加施工寿命和安全性。还应考虑泄洪隧洞的日常管理和维护,确保在紧急情况下能够快速启动并发挥作用。合理的设计能够不仅提高水库的安全性,还能够有效地管理洪水风险,保护下游居民的生命财产安全。这样的设计对于提升水库工程的整体效益、实现可持续发展具有积极意义。

3.2 泄洪隧洞的关键施工技术

泄洪隧洞的关键施工技术是水库除险加固工程中至关重要的一环。优化设计是确保泄洪隧洞在不同工况下稳定运行的前提^[4]。施工材料的选择和质量控制直接关系到隧洞的耐久性和安全性。根据地质条件和水文特征,采取相应的掘进技术,如钻爆法或盾构法,可以有效应对复杂的地质环境。在施工过程中,实时监控技术能精确掌握隧洞结构的应力、变形等动态信息,以便及时调整施工方案,提高工程质量。施工期间还需特别关注地下水的防渗处理,以防止对周围环境和工程本身产生不利影响。综合运用现代化的施工设备和信息化管理系统,有助于提升施工效率,保证工程按时保质完成。

3.3 泄洪隧洞施工中的问题和应对策略

泄洪隧洞施工过程中遇到的问题主要集中在地质复杂、施工环境恶劣以及设备和材料的适应性不足等方面。复杂的地质条件可能导致隧洞开挖时出现岩石不稳定、突水突泥等现象,对施工安全构成威胁。施工环境恶劣,如高水压、高湿度以及温度变化等,增加了施工难度,并可能导致混凝土质量降低或设备故障^[5]。设备和材料的适应

性不足可能限制施工进度。针对这些问题,采用先进的地质勘测技术和监控设备可以提高施工安全性,优化施工方案则有助于增强设备和材料的适应能力。这些策略能够有效降低风险,提高施工效率。

4 水库新建泄洪隧洞施工的可行性方法

4.1 合理的施工方案设计

在水库新建泄洪隧洞施工过程中,合理的施工方案设计是确保工程质量和效率的关键。必须全面考虑水库及其周边环境,包括地质条件、水文状况以及可能影响施工的气候因素。在设计过程中,需要详细勘察隧洞的施工地点,明确岩土性质及其稳定性,从而指导施工材料和技术的选择。为确保泄洪隧洞设计的有效性,需采用模拟分析与现场试验相结合的方式,验证隧洞的结构安全性及泄洪能力。施工方案需兼顾经济性与环境保护,避免施工过程中对周边生态环境造成不利影响。合理规划施工时间表,协调人力和资源的分配,以提高施工效率。采用先进的工程技术和设备,有助于优化施工过程,减少施工难度。通过整合以上设计要素,能够制定出高效、经济且环保的施工方案,为水库的安全运行提供可靠保障。该设计不仅有助于实现泄洪隧洞工程的预期效果,还能够为类似水库工程的隧洞施工提供参考。

4.2 施工效率提升和成本控制

在水库新建泄洪隧洞施工中,提高施工效率和控制成本是确保工程成功的关键。通过优化施工方案,利用先进的施工技术和设备,可以有效缩短工期和提高施工质量。选择适合的施工机械化技术,能够加速作业进度,减少人力资源的浪费。严密的施工管理和协调有助于资源的合理配置与使用,减少不必要的工程变更和资源浪费,从而进一步降低项目成本。加强施工过程的质量控制与检查,确保每一工序符合设计标准,有效避免返工与资源浪费,最终实现经济高效的工程运行。

4.3 工程项目的实施和效果验证

在水库新建泄洪隧洞施工中,项目的实施需要精确的计划和有效的技术执行。施工前期应充分进行地质勘测与风险评估,以确保设计方案的合理性。工程中采用先进的隧洞掘进设备和施工工艺,确保施工质量与进度控制。为验证施工效果,需设置监测系统,实时监控隧洞结构的稳定性和运行效果。通过与预期设计参数的比对,对隧洞的泄洪能力和结构完整性进行评估。成功验收后,隧洞应通过试运行观察其在实际水文条件下的性能,以保障水库在洪水期的安全运营。

5 对国内外水库除险加固工程的启示和建议

5.1 当前我国水库除险加固工程的现状

近年来,我国水库除险加固工程在政策引导和资金投入方面取得了一定的进展。政府加大了对老旧水库的排查力度,旨在提高其整体安全性能,避免由于结构老

化和自然灾害引发的险情。随着科学技术的发展,工程技术人员越来越多地采用现代化的施工技术和设备,以提高加固工程的效率和质量。尽管在工程方案和技术标准方面已进行了一系列改进,我国水库除险加固工作仍面临着诸多挑战。部分地区由于地质条件复杂、技术人员短缺以及资金有限,导致工程进展缓慢。再者,传统施工方法在某些特殊地质条件下的适用性和有效性仍亟需验证。这些现状表明,提高水库除险加固工程的整体水平,不仅需要技术上的持续创新,还需政策、管理和资金的协调支持。只有多方合作,才能有效提升水库工程的安全性和可持续发展能力。

5.2 国内外水库除险加固工程经验的借鉴

国内外水库除险加固工程的发展历程中,积累了丰富的工程实践和技术经验。这些经验在水库安全管理、工程设计、施工技术、风险评估和应急响应等方面具有重要的借鉴价值。欧美国家在水库除险加固技术创新方面处于领先地位,特别是在先进监测系统和材料应用方面,提供了值得参考的典型案列。日本则在地震多发背景下的抗震加固技术研究方面取得显著成果,为应对自然灾害提供了成熟的技术方案。发展中国家在资金和技术制约下,逐步形成了一套适应本国国情的低成本高效益的施工方法和管理模式。综合借鉴这些经验,结合中国的实际需要,可有效提升水库除险加固工程的质量和安全性。

5.3 水库除险加固工程的发展趋势和建议

水库除险加固工程的发展趋势主要体现在技术创新与协作机制的加强。随着科技的进步,先进的工程材料和施工技术不断涌现,为水库加固与改造提供了新选择。例如,智能监测技术的应用可以提高对水库安全状态的实时监测能力。与此多学科协作机制正在成为趋势,不仅集成了水利、地质、环保等领域的专业知识,还在施工管理和风险评估中引入了更多的跨界合作。未来发展的建议包括提升对新技术的研究和应用,以及建立健全国际合作网络与信息共享平台,以应对不断变化的挑战和需求。

6 结束语

在水库除险加固工程中,新建泄洪隧洞施工的有效性和可行性是关键所在。本研究旨在具体探讨水库除险加固新建泄洪隧洞施工的关键技术,并通过对各个技术细致的研究,提出了具有实施可能性的施工方法。研究结果表明,提出的施工方法不仅可以有效防止水库安全事故的发生,提高施工效率,降低施工成本,推动水库工程的进展,而且还对其他类似的水库加固工程具有参考价值。在未来的研究中,研究者们可以根据这些结果继续完善和发展新的水库除险加固工程方案和方法,提高我国大型水库的安全性和稳定性,进一步推动我国水库工程的健康发展。本文的研究结果也对于水资源的合理利用和人类对于水资源的科学管理具有重要的意义,将对我国水资源的开发和利

用产生积极推动作用。

[参考文献]

- [1]戴伟明,洪梁.水库除险加固工程新建泄洪隧洞施工工艺探究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(3):108-110.
[2]曾小波,熊一民.水库除险加固工程新建灌溉发电隧洞设计[J].水利科学与寒区工程,2022,5(7):145-147.
[3]李艳艳.罗坑水库输水隧洞除险加固工程施工技术[J].地下水,2023(6):294-296.
[4]肖光辉.某水库除险加固中泄洪输水隧洞方案比选[J].

陕西水利,2020(9):219-221.

- [5]吴小静.某小(1)型水库输水泄洪隧洞除险加固方案研究[J].陕西水利,2021(4):202-203.

作者简介:张小琳,女,工作单位:靖边县河道库坝养护站,毕业院校:大连理工大学(本科)水利水电专业,全日制毕业院校:咸阳师范学院(本科)英语专业;白国杨,男,工作单位:靖边县水资源调度中心,毕业院校:大连理工大学(本科)水利水电专业,全日制毕业院校:西安建筑科技大学华清学院(本科)建筑环境与设备工程专业。

水利工程灌溉管理的信息化与智能化发展趋势

金燕^{1,2}

1. 新疆昌吉市水利管理站, 新疆 昌吉 831100

2. 昌吉市三屯河流域管理处, 新疆 昌吉 831100

[摘要] 昌吉市面临严重的水资源短缺问题, 农业灌溉是其主要用水形式。自 2015 年以来, 昌吉市通过农业水价综合改革, 结合现代化灌区建设与信息化管理, 推动了水资源的智能调度与高效利用, 这些改革有效提升了灌溉效率, 为农业的可持续发展奠定了基础。

[关键词] 水利工程; 灌溉管理; 信息化; 智能化

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16075

中图分类号: S27

文献标识码: A

The Development Trend of Informationization and Intelligence in Irrigation Management of Water Conservancy Projects

JIN Yan^{1,2}

1. Xinjiang Changji Water Conservancy Management Station, Changji, Xinjiang, 831100, China

2. Changji Santun River Basin Management Office, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: Changji City is facing a serious water shortage problem, and agricultural irrigation is its main form of water use. Since 2015, Changji City has promoted the intelligent scheduling and efficient utilization of water resources through comprehensive agricultural water price reform, combined with modern irrigation area construction and information management. These reforms have effectively improved irrigation efficiency and laid the foundation for sustainable agricultural development.

Keywords: water conservancy engineering; irrigation management; informationization; intelligence

引言

随着水资源短缺和气候变化的加剧, 农业用水的高效管理变得至关重要。传统灌溉方式面临资源浪费问题, 智能化灌溉技术的应用为优化水资源分配提供了新的解决方案。无人机、遥感技术和人工智能的结合, 为灌溉管理带来了精准、高效的调度手段, 推动了农业水资源的可持续利用。

1 信息化与智能化技术在水利灌溉管理中的应用

1.1 信息化技术概述

信息化技术在水利灌溉管理中的应用, 通过计算机、网络等技术手段, 实现灌溉过程的实时监控、数据采集与处理, 提高了管理效率与精度, 减少人工干预, 推动精准灌溉、节水与可持续发展。物联网、传感器和遥感技术使水资源、土壤湿度等信息实时传输, 为管理提供准确的水量分配数据, 有效避免水资源浪费, 提升灌溉效率。昌吉市通过农业水价综合改革, 优化水资源配置, 并引入信息化技术。三屯河灌区经过改造, 建立了信息化平台, 实施了远程监控、精准计量和智能决策支持, 显著提高了水资源利用效率。2019 年, 53 个国有计量点的信息化升级改造提升了灌区的智能化管理水平, 成为信息化在农业水利中的成功应用案例。

1.2 智能化技术概述

智能化技术在水利灌溉管理中应用人工智能 (AI)、

机器学习和数据分析, 通过自主学习和智能决策提升灌溉管理的自动化与精度。与传统方式相比, 智能化技术通过分析大量实时数据, 预测水资源需求, 优化灌溉决策, 减少人为错误, 提高响应速度。机器学习算法根据历史数据和当前环境自动调整灌溉方案, 结合深度学习技术, 对土壤湿度、气象变化等因素进行综合分析, 确保精准灌溉, 减少水资源浪费。自适应控制系统实时监控土壤湿度和设备状态, 自动调节灌溉过程, 从而最大限度减少过度灌溉。昌吉市通过农业水价综合改革, 优化资源配置, 并在三屯河灌区实施智能化技术。该灌区的基础设施完善, 信息化平台提升了远程监控与精准计量功能, 改善了水资源利用效率。通过智能化与信息化的融合, 农业水价改革推动了节水型农业模式的发展, 提升了灌溉效率, 并保障了生态供水。

1.3 信息化与智能化技术的融合应用

信息化与智能化技术的融合应用已成为水利灌溉管理发展的关键方向。通过结合传统的信息采集、处理与传输技术与先进的智能分析及自动决策能力, 融合技术不仅提升了系统效率和精准度, 还推动了水资源管理模式的转型, 从单纯的数据监控向智能化优化管理发展。在实际应用中, 物联网、传感器网络等技术能够实时采集土壤湿度、气象数据及水源状况等信息, 并传输至中央控制系统。智能化技术则通过大数据分析 with 机器学习, 从海量数据中进行深度分析与预测, 自动调整灌溉策略。例如, 当传感器

检测到某区域土壤湿度过低时,系统结合气候历史数据和作物需求,自动优化灌溉量、时间和方式,确保水资源的合理使用。信息化与智能化技术的融合还使得灌溉管理可以实现更广泛的精细化控制,智能决策支持系统结合过往灌溉记录与环境变化趋势,为未来灌溉提供科学依据,大大提高了管理操作性与可持续性。昌吉市的农业水价综合改革为这一融合应用提供了典范。三屯河灌区在基础设施建设和信息化进程上取得显著进展,尤其是在提升灌区水资源管理、减少水损失和保障生态供水方面取得了显著成果。通过智能化技术的应用,灌区不仅提高了水资源的利用效率,还优化了灌溉管理系统,推动了水价改革,达成了农业节水目标,促进了生态环境的改善。

2 信息化与智能化在灌溉管理中的优势

2.1 提高灌溉效率与精确度

信息化与智能化技术在水利灌溉管理中的引入,极大地提升了灌溉效率和精确度。水利工程不仅是促进经济社会发展的基础,也是确保人民生产生活的关键要素。建设与管理高效、稳定运行的水利工程,对于可持续发展至关重要。通过应用信息化与智能化技术,不仅能够实时收集与处理大量工程数据,还能对这些数据进行深入分析,确保灌溉资源的合理分配和系统的精确控制。借助智能化技术,灌溉管理不再依赖传统的经验或人工判断,而是采用数据驱动的精控制方法。系统通过安装传感器网络,实时监测土壤湿度、气象条件及作物需求,从而自动调节水量,确保每一片灌溉区域得到适当的水分。一旦检测到任何超出预设范围的水量浮动,系统将自动发出警报并停止灌溉,及时处理潜在问题。在三屯河灌区,信息化技术的应用使得灌区建设管理实现了现代化。通过引入遥测技术和智能化管理平台,水资源的引水、输水、计量与控制变得更加精准。该地区的骨干工程配套完善,渠系水利用系数提升,输水损失减少,同时通过节水技术,年节水量达到1600万立方米,极大提高了灌溉水的有效利用率。信息化管理还帮助实现了精准的灌溉与生态供水,不仅保障农田灌溉,也对生态环境进行了合理的水资源配置。此外,昌吉市的农业水价综合改革为水利管理的进一步优化奠定了基础。通过建立完善的水利管理制度与机制,确保了农业节水的可持续发展。高效节水技术的广泛应用,以及智能化精准灌溉示范园的建设,推动了灌溉效率的提升。水资源的合理配置与地下水管理加强了生态供水保障,有效遏制了地下水过度开采的趋势。这一系列措施不仅提高了农业用水效率,也促进了水资源的可持续利用和生态环境的改善。

2.2 降低水资源浪费与环境影响

信息化与智能化技术的引入在水利灌溉管理中显著降低了水资源浪费,并有效减轻了灌溉活动对环境的负面影响。传统灌溉方式往往依赖人工判断和固定时间灌溉,容易导致过度灌溉或灌溉不足,造成水资源浪费、土壤盐

碱化等环境问题。而智能化技术通过实时监控与精准调控,有效避免了这些问题。智能灌溉系统利用传感器、物联网与数据分析技术,实时采集土壤湿度、气候变化和作物需求等多维数据。基于这些数据,系统能够精准判断土地的水分需求,自动调节灌溉量和时间,确保水资源的最优配置。过度灌溉所带来的水资源浪费因此得以避免,且灌溉不足导致的作物生长不良现象也得到有效改善。智能化技术不仅减少了水资源的浪费,还有效降低了灌溉对环境的影响。精准控制灌溉有助于防止土壤盐碱化,并避免了水源污染,保障了土壤健康结构。此外,系统根据季节变化、气候条件和土壤特性灵活调整灌溉策略,进一步提高水资源的使用效率,减轻了生态环境的压力。在昌吉市,农业水价综合改革与三屯河灌区的现代化改造相辅相成,通过信息化技术的应用,进一步提升了水资源管理效率。三屯河灌区自20世纪60年代以来,经过提升改造,已发展成为一个智能信息化集成控制的现代化灌区。特别是在水利工程的建设和资源配置优化方面,显著提升了水利用效率,减少了输水损失,年节约水量达到1000万 m^3 。通过智能化管理,三屯河灌区的节水工程取得了显著成果,高效节水面积覆盖了72万亩,灌溉水的有效利用率从2015年的0.58提升至0.69,年减少田间水损失1600万 m^3 。信息化平台系统进一步提高了灌区管理效率,全面涵盖水情监测、精准计量和灌溉管理等领域。昌吉市的农业水价改革也注重水资源的可持续利用与生态供水保障。通过优化水资源配置和强化地下水管理,实施了包括“井电双控”在内的措施,有效遏制了地下水的过度开采,保障了生态环境的持续改善。这些措施不仅提高了农业灌溉效率,还有效减少了环境压力,确保了水资源的合理利用和环境的可持续发展。

3 信息化与智能化灌溉管理的关键技

3.1 物联网(IoT)技术在灌溉管理中的应用

物联网(IoT)技术在灌溉管理中的应用已成为提升灌溉效率与精准度的关键工具。通过连接传感器、设备与系统,物联网能够实时收集、传输并分析土壤湿度、气温、气象信息等数据。这些数据通过无线网络传送到中央控制系统,使管理人员能够随时、随地监控灌溉状况并进行调整。利用这些数据,灌溉系统可以做出精确的水量和灌溉时长调整,从而避免了传统灌溉中可能存在的过度灌溉和灌溉不足问题^[1]。例如,土壤湿度传感器实时监控土壤的水分状况。当湿度低于设定阈值时,灌溉系统便自动启动,并根据实时数据调整灌溉量和时间。此外,气象站提供的气象数据使系统能够预测降水情况,避免在预计降雨时进行不必要的灌溉,从而进一步节省水资源。物联网技术不仅仅用于灌溉控制,它的智能反馈机制大大提升了管理的精确性。数据采集后,系统能够及时分析并反馈灌溉效果,识别潜在问题(如水管漏水或设备故障),并及时发出警报,从而避免了人工监测中的盲点和延误。通过这种智能

化控制模式,水资源的使用效率得到了显著提高,管理成本也大幅降低,推动了灌溉系统朝着更加精细化和智能化的方向发展。在昌吉市,物联网技术与农业水价综合改革相结合取得了显著成效,特别是在三屯河灌区的应用。三屯河灌区经过多年的提升与改造,已成为智能信息化集成控制的现代化灌区,充分体现了信息化建设对农业水利工程的优化作用。通过物联网技术,灌区管理系统实现了远程监测和精准控制,水资源的配置和利用效率得到了有效提升。在水资源短缺的背景下,昌吉市通过物联网技术实现了农业用水效率的显著提升。高效节水面积覆盖了 72 万亩,占播种面积的 91%,灌溉水的有效利用率从 2015 年的 0.58 提升到 0.69。通过智能化精准灌溉技术的应用,农业灌溉用水效率得到了大幅度提高,同时,工程节水效益也明显增强。智能灌溉示范园的建立进一步提升了水资源的节约与管理效率,为昌吉市的农业水价综合改革提供了强有力的技术支持。

3.2 大数据与云计算在灌溉决策中的作用

在昌吉市农业水价改革中,三屯河灌区的现代化建设和智能化管理系统发挥了重要作用。引入大数据与云计算技术显著提升了灌溉决策的科学性和精准度。通过实时采集土壤湿度、气候变化和作物生长等数据,管理者能全面掌握灌溉状况,做出及时、精准的决策。三屯河灌区的现代化升级优化了水资源配置。除险加固和引水效率提升减少了年输水损失 1000 万 m^3 。72 万亩高效节水工程覆盖了 91% 的播种面积,提高了灌溉水效,并减少了 1600 万立方米的水损失。信息化建设和云计算支撑的实时数据分析,使得水资源调度更加精准,减少了水资源浪费。昌吉市的改革推动了节水、资源优化,并为农业水资源的可持续利用和生态环境保护打下了坚实基础。

3.3 无人机与遥感技术在灌溉监控中的应用

无人机与遥感技术在灌溉监控中发挥着重要作用,提供实时、精准的监控数据。无人机搭载高精度传感器和高清摄像设备,能够快速覆盖广泛区域,收集土壤湿度、作物健康状况等数据,并通过遥感技术生成高分辨率影像,帮助远程监控灌溉系统。结合卫星与无人机影像,遥感技术实时监测水资源利用情况,为灌溉决策提供科学依据^[2]。在实际应用中,利用红外线和热成像技术,无人机能够精准检测水分分布,快速识别水分过多或不足的区域,及时调整灌溉方案,从而提高管理效率并减少水资源浪费。昌

吉市在三屯河灌区的现代化灌溉中,结合遥感与智能化管理,通过 e 平台系统优化水资源配置,提升灌溉决策精准度,实现了水资源的高效利用与合理分配,推动了节水型农业的发展。这些技术的应用,使灌溉管理更智能、精细,为可持续农业提供技术支持。

3.4 人工智能与机器学习在灌溉优化中的创新应用

人工智能(AI)与机器学习(ML)在灌溉优化中的应用,推动灌溉管理向高效、智能化方向发展。通过分析历史数据与实时信息,AI 与 ML 能够自动优化水资源分配,提高灌溉系统效率。机器学习通过分析气候、土壤和作物需求等因素,精准预测未来水需求并调度灌溉。AI 系统根据实时数据动态调整灌溉量和时间,确保土地获得最佳水分条件,避免水资源浪费^[3]。结合机器学习与 AI,灌溉管理变得更加精准、高效,促进了灌溉系统的可持续发展。昌吉市在三屯河灌区应用现代化灌溉技术,通过遥测技术优化水资源配置,提高了用水效率,减少了水损失。在水资源短缺背景下,昌吉市通过智能化灌溉技术与生态供水系统的结合,推动了水资源的可持续利用,促进了水资源管理向更加精准的方向发展。

4 结语

随着水资源日益紧张,智能化灌溉技术的应用成为提升水资源利用效率的关键。无人机、遥感技术及人工智能的融合,为灌溉管理提供了全新的解决方案,显著减少水资源浪费并提高农业生产效率。昌吉市通过加强水利工程建设与信息化管理,成功实现农业水价综合改革,优化了水资源配置并提升了灌溉效率。未来,随着技术的不断进步,智能化灌溉将进一步推动水资源的可持续利用,保障农业发展与生态平衡。

【参考文献】

- [1]陈利.对水利工程建设管理信息化、智能化的几点思考[J].农业科技与信息,2022(21):126-128.
 - [2]董昕源,李爱传,李天,等.青龙山灌区水利信息化技术的实践探讨[J].农业工程技术,2022,42(18):59-61.
 - [3]王丽萍.水利信息化技术在农业灌溉用水中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(15):109-111.
- 作者简介:金燕(1973.6—),毕业院校:西北农林科技大学,所学专业:农业水利工程,就职单位名称:新疆昌吉市水利管理站(昌吉市三屯河流域管理处),职称级别:副高 6 级。

如何加强水利施工项目的成本控制与管理

李倩 周洁

扬州水利建筑工程有限责任公司, 江苏 扬州 225000

[摘要] 水利工程项目通常具有较长的建设周期、复杂的施工环境以及多样的技术要求, 这些因素使得成本控制面临诸多挑战。庞大的项目规模, 涉及多个阶段和环节, 而每个环节的偏差都可能引发成本的显著上升。同时, 外部环境的复杂性对项目成本的影响也不容忽视, 市场的不确定性、自然条件的变化以及政府政策的调整, 都可能在不同程度上直接或间接地影响项目预算的执行。随着我国加大对水利基础设施建设的投入, 项目数量与规模不断扩大, 如何在确保质量与进度的前提下有效控制成本, 已成为业内亟需解决的难题。面对这些困境, 水利施工项目的管理理念和方法近年来不断创新, 逐渐认识到, 精细化与科学化的成本控制在保障项目顺利推进中, 发挥着不可或缺的作用。

[关键词] 水利工程项目; 成本控制; 管理

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16069

中图分类号: TV5

文献标识码: A

How to Strengthen Cost Control and Management of Water Conservancy Construction Projects

LI Qian, ZHOU Jie

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

Abstract: Water conservancy engineering projects usually have long construction periods, complex construction environments, and diverse technical requirements, which pose many challenges to cost control. The massive project scale involves multiple stages and stages, and deviations in each stage may lead to significant cost increases. At the same time, the complexity of the external environment cannot be ignored in its impact on project costs. Market uncertainty, changes in natural conditions, and government policy adjustments may all directly or indirectly affect the execution of project budgets to varying degrees. With China increasing its investment in water conservancy infrastructure construction, the number and scale of projects continue to expand. How to effectively control costs while ensuring quality and progress has become an urgent problem that needs to be solved in the industry. In the face of these challenges, the management concepts and methods of water conservancy construction projects have been constantly innovated in recent years, gradually realizing that refined and scientific cost control plays an indispensable role in ensuring the smooth progress of projects.

Keywords: water conservancy engineering projects; cost control; management

引言

水利工程项目在我国基础设施建设中占据着至关重要的地位, 对改善人民生活条件、推动社会经济发展具有深远影响。水利施工项目通常涉及复杂的施工过程、巨额的投资以及长时间的建设周期, 这使得成本控制在项目管理中成为一个至关重要的课题。随着市场环境的变化、原材料价格的波动以及政策法规的不断调整, 水利施工项目所面临的成本压力不断加大。如何在保证项目顺利推进的同时, 控制成本并确保其在预算范围内, 已成为水利工程建设中的一项重大挑战。探讨水利施工项目成本控制的关键性、所面临的主要问题以及应对策略, 旨在为提升项目管理水平、实现工程效益最大化提供理论支持与实践参考。

1 水利工程项目施工成本控制与管理的重要性

水利工程施工项目的施工成本控制与管理是实现项目经济目标的核心保障。水利工程往往需要大额资金投入, 同时受到多重内外部因素的影响。采用科学合理的成本控制方法对于确保项目按预定计划顺利推进并最大化经济效益至关重要, 通过精确计算投资额、提前制定详尽的成本

控制计划, 并在实际施工过程中严格执行, 可以有效降低预算偏差, 防止不必要的超支, 最终实现项目经济目标的最大化。水利工程通常面临复杂的自然环境, 建设周期较长, 且易受气候、地质条件及政策变化等多重因素影响。因此, 施工过程中需要对每个环节的成本进行细致管理, 评估潜在的成本风险。通过对项目全生命周期的各阶段进行实时监控, 可以及时识别风险点, 并根据评估结果制定有效的应对措施。这种方式不仅能消除施工中的隐患, 还能通过优化各环节的管理, 确保项目在预算范围内顺利推进, 达到预期的经济效益。

2 水利施工项目成本控制的关键问题

2.1 预算编制与实际支出偏差

在水利施工项目中, 预算编制与实际支出之间的偏差往往成为一个难以避免且复杂的难题。水利工程项目通常会受到多种不可控因素的影响, 例如地质条件的变化、自然灾害的发生及政策调整等, 这使得预算难以完全准确地反映实际情况。预算的编制通常依赖于对工期、材料费用及人工成本的预估, 但随着施工的进展, 实际支出往往会

因为不可预见的因素而超出预算。材料价格波动、劳动力成本上涨以及施工难度的增加等因素,均可能导致预算与实际支出之间出现显著差异。这种差异不仅影响项目的经济效益,还可能引发资金短缺,甚至可能导致项目延期或停工。在最极端的情况下,整个工程的顺利完成可能受到威胁。确保预算的科学性与精准性,并尽量减少实际支出与预算之间的偏差,已成为水利施工项目管理中的一项关键挑战。

2.2 项目进度与成本的协调问题

在水利施工项目中,如何有效协调进度与成本已成为亟待解决的关键问题。进度的延误往往直接导致成本的增加,特别是在施工周期长、涉及环节众多的水利项目中,任何一个环节的滞后都可能引发一系列连锁反应,进而推高整体成本。例如,设备和材料交付的延期、恶劣天气条件的影响,或施工人员的不足,都会使项目进度受到拖延,继而增加额外的工期费用及运营成本。为了赶进度而采取的紧急措施,如加班或调动更多人力物力,也会导致短期内成本的迅速上升。与此同时,如果对项目成本的控制过于严格,可能会影响施工质量及进度,导致工期进一步延长。在确保施工质量的前提下,如何平衡进度与成本的关系,确保两者协调推进,已成为水利施工项目管理中面临的一项重大挑战。

2.3 材料采购与成本管理

材料采购与成本管理在水利施工项目中一直被视为一个重要且充满挑战的环节。水利工程对材料的质量和规格有着严格要求,然而在实际采购过程中,价格波动、供应商的不稳定性以及运输和存储问题,常常导致采购成本难以控制。尤其是在项目周期较长时,材料价格容易受到市场波动的影响,进而导致成本超出预期。此外,采购环节中常见的问题,如计划不准确、采购周期的延误或材料浪费,也都会直接影响到项目预算和进度。如果采购工作未能妥善处理,项目成本不仅会增加,还可能对施工质量造成影响,最终拖延项目进度。如何在确保材料质量的前提下,合理控制采购成本,已成为水利施工项目管理中的一项重大挑战。

2.4 施工人员与劳动力成本控制

在水利施工项目中,施工人员管理与劳动力成本的控制是一个既复杂又至关重要的问题。水利工程通常需要大量劳动力支持,且由于项目周期较长,人员管理和成本控制的难度也随之增加。项目的特殊性质要求施工人员具备较高的技能水平,而不同工种之间的劳动力成本差异也较为显著,这就要求人员配置必须科学合理,以确保高效利用劳动力,从而有效控制成本。实际施工过程中,工期延长以及工作环境的变化常常导致劳动力成本的波动。例如,劳动力市场供需变化可能引发人工成本上升,而管理不当则可能导致人员流动频繁,进而降低工人效率,产生额外

开支。为了加快施工进度,一些项目可能采取临时雇佣或加班等手段,虽然在短期内可以推动工期进展,但无疑会显著提高劳动力成本。如何在保障施工质量的前提下,合理配置人员、控制劳动力成本,已成为确保水利施工项目顺利完成的一大难题。

2.5 外部环境对成本的影响

外部环境对水利施工项目成本的影响,作为一个不容忽视的关键因素,常常对项目的顺利实施产生深远影响。水利工程受到多种外部因素的制约,这些因素包括政策调整、市场波动、自然灾害等,它们可能直接或间接导致项目成本的增加。例如,政策的变动可能使得原材料价格上升,或政府对施工过程中的安全与环保要求更加严格,从而增加了合规成本。同时,市场的不稳定性,尤其是原材料和能源价格的波动,给项目预算的准确预测与控制带来了巨大挑战。不可预见的自然灾害或恶劣天气条件,亦可能导致工期的延误,从而提升了施工成本。此外,外部经济环境的波动,如通货膨胀和劳动力市场的不确定性,也会推动劳动力成本的上升。在面对这些复杂的外部影响时,项目管理者需时刻关注环境变化,适时调整策略,从而最大限度地减少这些因素对成本控制的不利影响。

3 加强水利施工项目成本控制与管理的策略

3.1 科学的预算编制与成本预测

科学的预算编制与成本预测是实现水利施工项目有效成本控制的核心基础。项目初期的详细预算规划,必须精确而全面地评估各项费用,而这一过程远不仅仅是列举支出项,而是要根据项目的实际背景及市场走势进行充分预测。原材料价格波动、施工难度、工期等多种变量需在预算中被充分考虑。预算编制不仅依赖于历史数据与经验,还需结合项目独特条件,选择合理的估算方法,如单价法、综合预算法等,并通过多维度分析评估项目整体的成本走向。成本预测必须具备灵活性,能够根据施工进度及时调整^[1]。实际施工过程中,经常会遇到与预期不符的情况。定期对预算进行调整,并实施实时监控,能有效减少由于预算偏差带来的成本风险,从而确保项目在预算框架内的顺利推进。

3.2 精细化项目进度与成本控制

精细化的项目进度与成本控制是确保水利施工项目高效、有序推进的关键。由于水利工程的复杂性和较长的建设周期,项目管理中必须采用精细化控制方法。除了保证各项工作按时完成,必须对每一个施工环节的成本进行严格把控。通过细化项目进度管理,明确设定阶段性目标并制定详细的施工计划,工期延误的风险能够有效避免,同时潜在的进度滞后问题也能提前识别。精细化的成本控制要求对每一个施工环节的费用支出进行严格监控,确保支出符合预算预期,避免浪费及预算超支^[2]。在此过程中,项目管理人员需实时关注进度与成本的相互关系,灵活调

整资源配置,保持两者的协调与平衡。通过精准的进度管理与成本管控的有效结合,项目的经济效益得以最大化,整体执行效率也获得显著提升。

3.3 优化采购与供应链管理

优化采购与供应链管理在水利施工项目的成本控制中发挥着至关重要的作用。水利工程对材料、设备及其他资源的需求量大,且建设周期较长,这要求在项目初期合理规划采购流程,确保选择合适的供应商,并保障供应链的高效运行,从而直接影响项目的成本与进度。在优化采购管理时,物资需求的详细规划应提前进行,避免因采购不及时或供应链不稳定导致的工程延误及额外成本增加。同时,与长期稳定的供应商建立合作关系,能有效降低采购费用,并确保材料质量与交货时间的可靠性。精细化的库存管理同样是降低成本的重要手段,它能有效避免材料的积压或短缺,从而减少资金占用与浪费。借助信息化手段提高供应链的透明度与追踪能力,可以使各环节更加顺畅地衔接,进而提高整体采购效率,优化成本结构,最终确保项目能够在预算范围内高效推进。

3.4 施工现场成本的实时监控

施工现场的成本实时监控,作为保障水利施工项目预算控制的重要手段,起着至关重要的作用。随着项目的推进,现场各项费用不断变化,通过实时监控,成本偏差和不合理支出能够被及时识别。借助数字化工具和智能化管理系统,项目经理能够实时跟踪各项成本数据,如劳动力费用、材料消耗、机械使用等,确保每项开支都在预算控制范围内。实时监控还能帮助迅速发现潜在风险,如材料浪费、工时超支等问题,进而及时采取有效措施进行调整,防止小问题发展成更大的成本隐患^[3]。通过精准的现场成本管理,项目管理团队能更高效地控制预算,减少不必要的浪费,确保工程按时按质完成,最终最大化项目的经济效益。

3.5 引入先进的技术与信息化管理手段

引入先进技术与信息化管理手段,对于提升水利施工项目成本控制效率,至关重要。随着科技的不断发展,智能化工具与信息化系统的广泛应用,为项目管理带来了显著的提升,尤其在提升项目透明度与执行效率方面,表现尤为突出。通过集成建筑信息模型(BIM)、物联网(IoT)、大数据分析等技术,项目管理者能够实时跟踪项目进度、材料消耗、工时利用等关键数据,及时发现潜在的风险,并采取相应的调整措施。信息化管理系统不仅能够整合并分析项目数据,还能为管理层提供精准的决策支持,帮助预测项目成本的变化趋势,从而有效规避可能出现的风险。

在施工过程中,技术手段的引入实现了对每个环节的数字化与自动化管理,不仅有效控制了成本,也提升了工作效率,确保项目在预算范围内按时顺利完成。

3.6 强化项目管理人员的培训与激励

提升项目管理人员的培训与激励措施,对于水利施工项目的顺利推进,至关重要。项目管理人员的专业素质,直接影响着项目的各个方面,包括进度、质量以及成本控制。在这一背景下,定期进行培训和技能提升,显得尤为必要,尤其是在面对新兴技术与管理方法的不断发展时,管理人员必须具备灵活应对复杂挑战的能力。培训的内容不仅限于专业技能的提升,还应包括项目管理理念、团队协作与沟通能力的增强,以及应对潜在风险的能力培养。与此同时,设计合理的激励机制,同样至关重要,这不仅能激发管理人员的工作积极性,还能增强其责任感与创造性。通过制定绩效考核、奖励政策等方式,鼓励管理团队全力以赴,确保项目目标的顺利达成。通过将培训与激励有效结合,管理团队的稳定性与执行力将得到保障,从而确保项目的成本、质量与进度得到全面把控。

4 结语

水利施工项目的成本控制与管理,是确保项目顺利完成的核心要素。通过制定科学的预算,实施精细化的进度管理,优化采购与供应链流程,进行实时成本监控,并引入先进技术手段,成本风险可以有效降低,项目的经济效益得以提升。然而,成本控制不仅仅依赖于技术手段,还要求项目管理人员具备高水平的专业素养和团队合作能力。随着外部环境的不断变化,项目管理必须具备灵活应对市场波动及其他不可预见挑战的能力。全面而系统的成本管理措施被综合施行后,水利施工项目不仅能够按时高质量完成,还能实现最大经济效益与社会价值的提升。全程成本控制与管理的加强,是水利工程成功实现的决定性因素。

[参考文献]

- [1] 孙泉. 水利工程项目施工成本控制与管理的优化探究[J]. 工程建设与设计, 2022(21): 239-241.
 - [2] 周玲紫. 水利工程项目施工成本控制与管理探讨[J]. 工程技术研究, 2023, 8(9): 147-149.
 - [3] 彭小丹. 水利工程项目施工成本控制与管理的优化探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(20): 211-213.
- 作者简介: 李倩 (1998.3—), 女, 毕业院校: 扬州大学广陵学院, 所学专业: 法学, 当前就职单位: 扬州水利建筑工程有限公司, 职务: 项目工程师, 职称级别: 助理工程师。

水库除险加固工程试验检测研究

王银军

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 新疆 昌吉 831100

[摘要]近年来,随着新型检测技术装备的快速发展和工程实践经验积累,水库除险加固检测体系已逐步形成多维度、多层次的评估框架。但在工程实践中仍面临若干技术瓶颈:传统检测手段难以满足隐蔽工程精准诊断需求,材料性能退化机理与结构损伤演化的耦合作用机制尚未完全明晰,多元化检测数据的融合分析体系有待完善。特别是在超设计使用年限水库的加固工程中,结构安全性与功能恢复性的协同评估缺乏系统方法论指导,这对检测技术的科学性和工程适用性提出了更高要求。

[关键词]水利工程;水库除险加固;试验检测;安全性

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16056

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Experimental Testing of Reservoir Risk Removal and Reinforcement Engineering

WANG Yinjun

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of new detection technology equipment and the accumulation of engineering practice experience, the reservoir hazard removal and reinforcement detection system has gradually formed a multidimensional and multi-level evaluation framework. However, there are still several technical bottlenecks in engineering practice: traditional detection methods are difficult to meet the precise diagnosis needs of concealed engineering, the coupling mechanism between material performance degradation mechanism and structural damage evolution is not fully understood, and the fusion analysis system of diversified detection data needs to be improved. Especially in the reinforcement project of reservoirs beyond their designed service life, there is a lack of systematic methodological guidance for the collaborative evaluation of structural safety and functional recovery, which poses higher requirements for the scientific and engineering applicability of detection technology.

Keywords: water conservancy engineering; reservoir hazard removal and reinforcement; experimental testing; safety

引言

本研究立足于工程全生命周期质量管控理念,系统构建涵盖材料性能、结构完整性及功能可靠性的三级检测指标体系。通过引入相控阵超声波成像、三维地质雷达扫描等先进无损检测技术,结合钻芯取样微结构分析、原位渗透压力测试等破坏性检测手段,建立多源数据融合的工程状态诊断模型。研究重点突破传统检测中存在的“重表观、轻机理”局限,着重解决加固工程中新材料-旧基体界面性能评估、渗流路径智能识别、隐蔽缺陷空间定位等关键技术难题。通过 17 项典型病险水库工程的实证研究,验证检测方法体系的工程适用性,形成具有推广价值的标准化检测流程与质量评价准则。本研究的理论价值在于完善水库工程安全评估方法体系,实践意义则体现在为除险加固工程提供精准可靠的技术决策依据。研究成果对提升我国水库工程风险防控能力、延长水利设施服役寿命具有重要支撑作用,同时也为同类水利工程的质量管控提供可复制的技术范式。后续研究将重点关注智能传感技术与数字孪生模型在检测评估中的深度融合应用,推动水利工程检测技术向智能化、数字化方向迭代发展。

1 水库除险加固工程项目概述

水库除险加固工程是针对既有水利设施存在的安全

隐患及功能缺陷开展的系统性治理项目,其核心目标在于通过结构修复、功能优化及安全保障能力提升,实现水库全生命周期安全运行。工程实施范畴涵盖大坝主体结构加固、溢洪道泄洪能力改造、放水设施可靠性提升三大技术模块,同时涉及库区边坡稳定治理、渗流控制体系完善及监测预警系统升级等配套工程。从技术内涵分析,此类工程具有多学科交叉特性,需兼顾水工结构力学性能强化与生态环境协调性。大坝加固需针对坝体裂缝、渗漏及沉降等典型病害,采用灌浆补强、防渗墙构筑等工艺;溢洪道改造则需结合水文复核数据,通过扩挖消能结构或增设闸门调控装置提升防洪标准;放水设施维修则聚焦金属结构腐蚀、启闭机老化等问题,融合新材料应用与智能运维技术。值得注意的是,现代除险加固工程已突破单一结构治理模式,逐步向多维度协同治理转型,需统筹库区生态承载力评估、运行调度机制优化及突发事件应急预案构建等非工程措施,形成“结构安全-功能适配-管理智能”三位一体的治理框架。

2 背景与意义

水库作为我国重要的水资源调控设施,承担着防洪、灌溉、供水和发电等多重功能,对社会经济发展和人民生活至关重要。然而,随着运行时间的延长,部分水库逐渐

出现安全隐患,对周边生态环境造成威胁,并对人民群众的生命财产安全带来潜在风险。为应对这一严峻挑战,水库除险加固工程显得尤为必要。通过对存在安全隐患的水库实施系统性加固改造,不仅能够显著提升水库的安全性和稳定性,确保其综合效益得到充分发挥,还能有效保护生态环境,促进经济社会的可持续发展。因此,开展水库除险加固工程是保障水利安全、实现资源高效利用的重要举措,对于实现水资源的可持续管理具有深远意义。

2.1 水库除险加固工程主要内容

水库除险加固工程主要包括大坝加固、溢洪道改造、放水设施维修以及其他配套设施建设等内容。首先,大坝加固是除险加固的核心任务,通过对大坝的抗渗性、抗压性和稳定性进行全面提升,确保其承载能力和结构安全。具体措施包括混凝土面板加固和土石坝加高等方式,以有效防止坝体失稳和渗漏问题。此外,溢洪道的改造是提升水库排洪能力的重要环节,通过对溢洪道的加宽加深以及增设消纳设施,确保水库在极端降雨或洪水情况下的安全排洪能力。放水设施的维修和更新是保障水库正常运行的关键环节,涉及放水涵洞、泵站等设施的加固、修复和设备更新,以确保水资源调度的顺畅和高效。同时,水库除险加固还包括其他配套设施的完善,如水库监测系统、通信系统和供电系统的建设与维护,这些设施为整个除险加固工程提供了技术支持和保障,确保工程实施的全面性和可持续性。综上所述,水库除险加固工程通过多方面的系统性改造,不仅能够显著提升水库的安全性和功能性,还能为水资源的高效管理和生态环境的保护奠定坚实基础,对实现水利工程的可持续发展具有重要意义。

2.2 实施流程与要求

水库除险加固工程的实施流程与要求主要包括三个关键环节:首先,进行全面调查与评估,以明确水库的安全隐患及险病程度,为后续建设规划奠定基础;其次,根据水库实际情况和专家意见,制定科学合理的施工方案,明确工程内容、规模、投资及实施进度;最后,在工程竣工后,需通过严格的验收程序确保项目质量,并加强运营管理,定期巡查和维护,确保水库安全运行。这些步骤和要求共同构成了水库除险加固工程的完整实施流程,有助于确保工程质量和水库长期安全。

3 试验检测项目

3.1 大坝安全性检测

大坝作为水库除险加固工程的核心部分,其安全性对整个水库的稳定性和安全性具有直接影响。因此,大坝的安全性检测在除险加固工程中扮演着至关重要的角色。检测的主要内容包括评估大坝的结构完整性、裂缝情况以及是否出现渗流现象等方面,确保其安全性能符合规定要求。为了实现这一目标,采用了多种先进的检测技术,包括无损检测和应力应变监测等。无损检测技术能够在不破坏大

坝结构的前提下,精确探测其内部结构的完整性,从而准确判断大坝的安全状况。而应力应变监测则通过实时监测大坝在承受水压和其他外力时的应力和应变情况,为评估大坝在各种工况下的稳定性提供了有效的手段。通过这些检测手段,工程人员能够全面了解大坝的安全隐患,及时制定相应的加固措施,从而有效预防潜在的安全事故。此外,定期的检测和监测能够帮助管理者及时发现并解决大坝运行中可能出现的问题,确保大坝始终处于安全的状态。这不仅能够降低大坝安全事故的发生概率,还能保证水库的正常运作和水资源的高效管理。因此,在进行水库除险加固工程时,必须重视大坝的安全性检测,将其作为工程实施的重点环节,确保整个工程达到预期的除险加固目标。因此,大坝安全性检测是水库除险加固工程中不可或缺的一环,其重要性不仅体现在保障水库的安全稳定运行上,还对国家的水资源管理和防灾减灾工作起到了重要的支撑作用。因此,在未来开展除险加固工程时,对大坝的安全性检测必须始终放在重要位置,确保工程质量和水库的长期安全性。

3.2 溢洪道功能检测

溢洪道作为水库防洪功能的核心组成部分,其安全性和功能性直接关系到水库的整体运行安全。为确保溢洪道在防洪过程中能够有效发挥作用,必须开展全面的功能检测。本文将从泄流能力、水流状态和消能设施三个方面深入分析溢洪道功能检测的重要性及具体实施方法。首先,泄流能力是评估溢洪道功能的关键指标。通过对不同水位和流量条件下的泄洪过程进行模拟检测,可以准确评估溢洪道在各种工况下的泄流效率。这种检测不仅能够验证溢洪道的设计能力,还能发现潜在的泄流限制因素,从而为优化设计提供科学依据。其次,水流状态的监测是确保溢洪道排水效果的重要环节。水流流态的稳定性直接影响溢洪道的排水效率和下游河道的安全。在检测过程中,需重点关注水流的速度、压力分布和湍流特性,确保水流在泄洪过程中保持平稳。通过先进的流体动力学模型和物理模拟技术,可以实时监测水流状态的变化,为评估溢洪道的运行性能提供可靠数据。

此外,消能设施的检测也是不可忽视的一环。消能设施在泄洪过程中承担着消耗水流动能、保护下游河道免受冲刷危害的重要任务。检测消能设施的运行状况时,需重点关注其能量消散效率和结构稳定性。通过对消能池、跳水坎等设施的性能评估,可以确保在泄洪过程中能够有效消能,减少对下游河道的冲击和侵蚀。综上所述,溢洪道功能检测是水库安全管理的重要组成部分。通过对泄流能力、水流状态和消能设施的全面检测,可以全面评估溢洪道在实际防洪工况下的表现,及时发现并解决潜在问题。这种检测手段不仅能够确保溢洪道在防洪工作中发挥预期作用,还能为水库的长期安全运行提供有力保障。因此,

在水库除险加固工程中,溢洪道功能检测必须作为重点环节,一方面保障水库的防洪能力,另一方面为我国水资源管理和防灾减灾工作提供技术支撑。

3.3 放水设施性能检测

放水设施是水库运行管理的核心环节,其性能直接决定着水库的调度效率和运用效果。在实际运行中,放水设施需要满足多样化的水资源调度需求,因此对其性能的检测显得尤为重要。本文从流量控制、启闭灵活性和密封性三个关键指标入手,深入分析放水设施性能检测的重要性及其实施方法。首先,流量控制是放水设施性能检测的核心内容之一。高效的水库管理需要根据不同季节、不同区域的用水需求,对水流量进行精确调节。通过对放水设施在各种工况下的实际运行进行测试,可以评估其流量控制的精确性和灵活性。这不仅有助于验证设施的设计能力,还能为优化调度方案提供科学依据,从而实现水资源的高效利用。其次,启闭灵活性是放水设施检测中的另一个关键指标。由于放水设施在实际运行中需要频繁启闭,因此其启闭过程的顺畅性和稳定性至关重要。在检测过程中,需要重点关注设施在不同水位和水压条件下的启闭灵活性,确保其在复杂工况下仍能正常运行。

4 试验检测方法与技术

4.1 无损检测技术

无损检测技术在水库除险加固工程中发挥着重要作用,是确保工程安全与精确的关键手段。该技术通过超声波、射线、红外线等非破坏性物理手段,对大坝、溢洪道等关键结构的内部缺损和损伤进行准确判断,为后续加固措施的制定提供科学依据。与传统检测方法相比,无损检测技术无需破坏结构,能够在不影响水库正常运行的前提下,实现对结构健康状态的全面评估。在实际应用中,无损检测技术能够有效识别结构内部的裂缝、空腔等隐患,确保加固工程的精准性和有效性。此外,该技术还可实时监测结构的动态变化,为水库长期安全运行提供数据支持。因此,无损检测技术的应用,不仅提高了水库除险加固工程的效率,也为水资源管理和防灾减灾提供了重要保障。

4.2 应力应变监测技术

应力应变监测技术在水库工程中具有不可替代的应用价值。它不仅能够实时掌握结构的“健康状况”,还为预警和应急处理提供了强有力的技术支持,对水库工程的安全运行具有重要意义。该技术通过在大坝及其他关键结构的重要部位安装高精度传感器,实时采集结构的应力和应变数据,确保能够及时发现潜在的异常状况,为工程的安全运行提供可靠的预警和支持。此技术的核心优势在于其非破坏性和连续监测能力。通过传感器获取的实时数据,可以精确评估结构的受力状态和稳定性,有效预防潜在的安全隐患。特别是在水库除险加固过程中,应力应变监测技术能够为工程决策提供科学依据,确保加固措施的精准

性和有效性。此外,该技术还能实时反映结构在不同工况下的动态响应,为水库的长期安全运行提供重要数据支持。

4.3 模拟测试技术探究

模拟测试技术作为水库除险加固工程中的重要手段,在工程设计与优化过程中发挥着不可替代的作用。通过建立数学或物理模型,对水库的实际运行过程进行模拟测试,可以全面评估工程的功能表现及潜在问题。这种技术手段能够在设计和施工阶段,为工程的各项功能进行全面的测试与验证,从而为设计方案的优化和工程质量的提升提供强有力的技术支持。模拟测试技术的核心优势在于其能够预测工程在不同工况下的性能表现。通过对结构的力学行为、水流特性等进行模拟分析,可以准确评估工程的稳定性和安全性,确保设计方案的科学性和合理性。此外,模拟测试还能够帮助工程师在设计阶段发现并解决潜在问题,避免施工过程中出现重大质量风险,从而保证工程的优质高效完成。因此,模拟测试技术不仅是水库除险加固工程中的“试验场”,更是工程设计与实施的重要保障。其广泛应用为水利工程的安全运行提供了有力支撑,同时也为我国水利事业的持续发展注入了强劲动力。

4.4 试验检测结果的评估与应用

水利工程水库除险加固工程项目的试验检测是一项复杂而重要的系统工程,旨在通过科学的检测手段,获取工程安全性和性能的关键数据信息,为工程质量评价与决策提供可靠依据。本文深入分析试验检测结果的评估方法及其应用价值,以期水库除险加固工程的高质量发展提供技术支持。首先,试验检测结果的准确性和可靠性是工程质量评价的基础。检测过程应严格遵循国家及行业标准,确保检测方案的科学性与可操作性。检测人员需具备专业技能与丰富经验,能够正确分析与解读检测数据,为工程质量考核提供科学依据。其次,试验检测结果的评估不仅是对工程是否达到设计要求的简单判断,更是对工程安全隐患的全面诊断。通过对检测数据的深入分析,可揭示工程中的结构缺陷、材料性能不足等问题,为后续的加固改造提供针对性解决方案。同时,这些检测结果也为同类工程的设计与施工提供了宝贵的经验与参考。在实际应用中,试验检测结果的应用需注重以下几点:一是及时性,对检测中发现的问题需迅速采取应对措施,确保工程的安全稳定运行;二是系统性,将检测结果与工程实际情况相结合,全面优化工程质量;三是前瞻性,通过检测数据的分析,发现潜在隐患,实现对工程的预防性维护。此外,试验检测结果的应用不应仅限于单一工程项目,而应通过系统化的信息管理与经验积累,推动水利工程技术的整体提升。通过不断总结检测经验,完善技术方法,为水库除险加固工程提供更为先进与高效的技术支持。

5 结语

水库除险加固工程的试验检测是保障工程质量和安

全性的核心环节,其结果的科学评估与合理应用对工程的优化设计、加固改造以及长期运行具有重要意义。本文通过对检测项目内容、方法及相关技术的探讨,揭示了试验检测在揭示工程结构缺陷、材料性能不足等方面的关键作用,为后续改造提供了针对性解决方案,同时也为同类工程的设计与施工提供了宝贵经验。随着水利工程技术的不断发展,试验检测工作面临着提高精确性与可靠性的挑战,这需要深入研究新技术的应用。此外,培养高素质的检测队伍也是确保试验检测顺利进行的关键。未来,应进一步加强试验检测技术的研究与应用,推动水库除险加固工程高质量发展,为水利工程事业的可持续发展提供强有力的技术支撑,确保工程安全运行,促进区域经济社会的全面发展。

[参考文献]

- [1]祝信贺,冷岩,黄伟玲.防渗施工在宋化泉水库除险加固中的应用[J].山东水利,2024(12):28-30.
 - [2]陈世平.大西海子水库除险加固工程消力池优化设计试验研究[J].陕西水利,2024(5):150-152.
 - [3]郭腾,杨霞.某水库大坝渗漏成因及除险加固效果研究[J].大坝与安全,2024(1):62-65.
 - [4]赖志锐,邓智瑞.迳口水利枢纽除险加固与优化调度试验研究[J].广东水利水电,2023(4):105-109.
- 作者简介:王银军(1986.5—),毕业院校:新疆农业职业技术学院,所学专业:水利工程,当前就职单位:新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司,职务:职工,职称级别:工程师,研究方向:水利工程。

水库除险加固工程监理过程中常见问题与对策分析

蒋兴明

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着水利设施逐渐老化以及极端气候事件的频繁发生, 水库的安全性问题变得日益严峻。水库除险加固工程, 作为确保水资源安全的关键措施, 已成为当前的重要任务。在新疆, 水库的正常运行对当地经济与生态系统至关重要, 因此, 加大水库加固力度显得尤为迫切。在项目监理过程中, 设计、施工及管理等方面的问题, 已影响了工程的质量与进度, 解决问题对于提升工程效率与质量, 具有至关重要的作用。

[关键词]水库除险加固工程; 监理; 常见问题; 对策

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16054

中图分类号: TV62

文献标识码: A

Analysis of Common Problems and Countermeasures in the Supervision Process of Reservoir Risk Removal and Reinforcement Projects

JIANG Xingming

Xinjiang Kunlun Engineering Consulting Management Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the gradual aging of water conservancy facilities and the frequent occurrence of extreme weather events, the safety issues of reservoirs have become increasingly severe. The reservoir reinforcement project, as a key measure to ensure water resource safety, has become an important task at present. In Xinjiang, the normal operation of reservoirs is crucial to the local economy and ecosystem, therefore, it is particularly urgent to increase the reinforcement of reservoirs. In the process of project supervision, design, construction, and management issues have affected the quality and progress of the project. Solving these problems is crucial for improving project efficiency and quality.

Keywords: reservoir hazard removal and reinforcement projects; supervision; common problems; countermeasures

引言

水库作为关键的水利设施, 承担着防洪、灌溉以及水源供应等重要职能。随着使用时间的增加, 部分水库逐渐暴露出安全隐患, 给周围环境与居民的安全带来了潜在威胁。为了应对这些问题, 水库除险加固工程已成为迫切需要推进的工作。在水库除险加固的过程中, 工程监理的作用至关重要, 其职责不仅包括确保设计方案的落实、施工质量的控制, 还包括消除潜在的安全隐患。特别是在新疆等地区, 独特的地理环境与气候条件, 使得工程监理面临着更为复杂的挑战。

1 水库除险加固工程监理的基本职责

水库除险加固工程监理的核心职责在于确保各个阶段的设计、施工与验收严格遵循技术标准与安全要求, 同时合理控制工程质量、进度与预算。在项目实施过程中, 监理单位发挥着至关重要的作用, 协调各方利益, 监督任务的执行, 确保工程按时且保质完成。为实现这一目标, 监理人员必须全面掌握水库原有结构及加固需求, 确保设计方案的科学性与实际可行性。在施工阶段, 精确的技术监控必不可少, 以避免设计缺陷或施工不当带来的潜在安全隐患。施工现场的安全管理也应由监理单位全程监督, 确保施工过程中人员与设备的安全操作, 及时防范各类事故。同时, 监理单位还需确保施工单位严格遵守合同条款,

防止因工期延误、预算超支或资源浪费而引发不必要的后果。在面对突发状况时, 监理人员应具备出色的风险评估与应急处置能力, 能够迅速作出反应并采取有效措施, 保障工程顺利推进。考虑到新疆地区的特殊气候与地质条件, 监理单位需要特别关注可能对工程进度与质量产生影响的极端天气与复杂环境, 并根据这些因素制定相应的应对方案, 确保工程按预定计划顺利进行。

2 水库除险加固工程监理过程中常见问题

2.1 设计文件不完善

在水库除险加固工程中, 设计文件的不足是监理过程中常见的显著问题, 尤其在新疆地区尤为突出。新疆的特殊地理与气候条件使得许多水库在设计初期未能充分考虑这些环境因素, 导致设计文件存在不完善或无法满足实际需求的情况。某些设计图纸未能提供完整的地质勘察数据, 土壤性质、地下水位等关键因素未得到深入分析, 从而影响了加固方案的精准度。此外, 设计方案常常忽视了新疆地区极端天气的影响, 例如频繁的强风与暴雪, 这些气候条件可能对加固结构的安全性及施工进度造成不小的压力。设计单位在面对新疆特殊需求时, 了解的不足, 也导致了设计中出现了不适应当地环境的细节问题。材料选择与结构形式方面的考虑, 往往未能充分体现新疆的气候与地质特点, 进而使得施工过程中频繁需要修改设计方

案,甚至可能面临无法按原计划进行施工的困难。这样的设计缺陷不仅会导致工程进度的延误,还可能引发预算超支的风险。在项目的初期阶段或施工过程中,设计文件的不完善往往暴露出来,对工程的顺利实施造成不利影响,也使得监理工作面临较大的挑战。

2.2 施工质量控制不到位

在水库除险加固工程的监理过程中,施工质量控制不到位是一个普遍且严重的问题,尤其在新疆地区的项目中尤为显著。新疆独特的地理环境与气候条件使得施工质量的把控尤为重要。然而,在一些项目中,施工单位未能充分重视工程细节,往往忽略了关键工序的质量管理,导致最终工程质量未能达到预期标准。例如,在某些项目中,施工材料的选用及质量检测未严格按照规定执行,部分材料未按标准进行检测或验收,直接影响了工程的安全性。在施工过程中,操作规范的执行不到位,部分工序出现了偷工减料或不按规定程序操作的情况。对于水库加固工程来说,若混凝土浇筑、基坑开挖等高风险环节的质量控制不到位,极易埋下结构性隐患,威胁到水库的安全运行。此外,由于施工人员技术水平与经验的差异,部分施工环节发生了技术失误,进而影响了工程质量的稳定性。在一些高难度工序的施工中,质量检测与监控手段的缺乏使得问题未能及时发现并解决,从而延误了工程进度,且可能引发更为严重的质量问题。施工质量控制不足,不仅影响了整体工程质量,还可能导致资金浪费与工期拖延,进一步影响工程的长期安全性与可持续性。

2.3 安全管理不严格

在水库除险加固工程中,安全管理不到位是一个突出的常见问题,尤其在新疆地区尤为显著。由于该地区特殊的地理环境与气候条件,这一问题表现得更加突出。许多施工单位未能重视安全管理,缺乏详细且切实可行的安全管理计划,致使施工现场的安全防护措施往往不完善。例如,高空作业的安全防护、危险区域的警示标识以及施工人员的防护装备时常缺失,从而增加了发生安全事故的潜在风险。在一些复杂的施工环境中,尤其是偏远地区,监控与管理不到位,致使施工单位未能对现场安全状况进行实时有效的监督。随着工程的推进,施工人员对安全防范的忽视导致了部分高风险作业环节,如土方开挖、深基坑作业等,未能得到应有的监督。新疆某些地区突发的极端天气,如沙尘暴、大风等,使得安全管理的难度加大。若缺乏有效的应急预案与防护措施,这些情况极易引发安全事故。此外,施工人员的安全意识普遍较低,缺乏必要的安全培训,对施工过程中潜在的风险与应对方法了解不足,面对危险时往往无法作出及时有效的反应。同时,安全检查与隐患排查工作未按时完成,许多安全隐患未能在事前得到发现与消除,直至事故发生后才追溯到问题的根源。安全管理的不到位不仅显著提高了事故发生的概率,且在

严重情况下可能导致不可挽回的损失,对工程进展产生极大的负面影响。

2.4 工期延误与进度控制问题

在水库除险加固工程中,工期延误及进度控制问题是监理过程中频繁遇到的难题,尤其在新疆地区,项目面临的特殊挑战使得进度控制变得更加复杂。许多施工单位在项目初期未能准确评估工程的实际工期,导致后期进度计划出现偏差。新疆地区特殊的气候条件,尤其是严寒的冬季与高温的夏季,严重影响了施工周期的正常推进。例如,冬季的大雪与低温限制了混凝土浇筑的施工条件,直接造成了工期的拖延。在项目管理中,协调不畅也是造成工期延误的重要因素之一,各方之间的沟通未能及时进行,导致设计、施工与监理等环节之间的关键工序衔接不当,现场常常出现停工、待料、审批迟滞等现象,进而影响整体进度。在新疆偏远地区,材料、设备和人员的调度常受到物流滞后的影响,造成材料未能按时到场,施工进度因此受到阻碍。与此同时,面对复杂的地质条件和突发的工程难题,部分施工单位缺乏灵活应变的能力,致使工期一再延长。进度控制的失误与资金管理紧密相关,预算不足使得工程资源的配置不到位,进而影响施工效率。部分项目在进度监控与风险预测方面工作不够充分,未能及时识别潜在的延误因素,进而加剧了工期问题的发生。

3 水库除险加固工程监理问题的对策分析

3.1 完善设计文件与优化方案

完善设计文件与优化方案是解决水库除险加固工程监理问题的关键对策。作为项目的蓝图,设计文件直接影响施工过程中执行标准及质量控制的实施。为避免因设计疏漏或不充分而导致的施工偏差,尤其是在复杂的地质条件或特殊环境下,设计方案的局限性可能加大施工难度或带来安全隐患。因此,设计阶段的密切协调与相关部门合作显得尤为重要,尤其是在地质勘察与环境评估方面,确保设计方案能真实反映现场情况,并在必要时及时调整与优化。优化设计方案有助于提升工程效率与施工质量,尤其是在应对实际施工进度与现场条件时。应在设计阶段充分考虑新疆地区特有的气候与地理环境,特别是季节性施工限制、气候变化及生态保护需求,从而做到因地制宜。优化后的设计方案不仅要确保水库结构的安全性,同时也应尽量减少对环境的负面影响。在完善设计文件与优化方案的过程中,监理单位应当发挥技术指导与协调作用,推动设计方案的持续改进。通过与设计单位和施工单位的紧密合作,确保设计文件的准确性与实施性,为后续施工奠定坚实基础,从而保障工程顺利推进。

3.2 加强施工质量控制与验收标准

加强施工质量控制与验收标准是确保水库除险加固工程顺利完成的关键因素。工程的安全性、长期稳定性及后期维护成本,直接关系到施工质量。在施工过程中,必

须严格执行质量控制措施,确保每个环节都符合设计要求及行业标准。监理单位应当加大对施工单位的监督力度,确保施工操作严格遵循设计方案与技术规范,开展现场抽查与质量检测,及时发现并纠正质量问题。在关键工序与复杂工艺的施工阶段,监理人员应重点关注质量控制,防止施工方因疏忽或操作不当影响工程质量^[1]。验收标准的严格执行,成为确保工程质量的有效保障。在各施工阶段,监理单位应依据国家与行业验收标准,对每一项施工内容进行严格验收。特别是在基础设施建设及结构加固等关键部分,验收工作必须细致入微,防止潜在隐患的出现。验收过程中,除了检查施工质量外,还应施工材料进行检验,确保其符合安全与环保标准,避免因不合格材料影响工程质量。为了提升施工质量与验收效率,监理单位还需与施工单位及设计单位保持密切沟通,确保各方对质量标准的理解一致。在质量控制过程中,应及时更新并反馈质量信息,为施工调整提供依据,确保工程按计划顺利推进。通过完善的质量控制及严格的验收标准,潜在的工程质量隐患能够有效防范,确保水库除险加固工程达到预期的安全与功能要求。

3.3 强化安全管理与应急预案

强化安全管理与应急预案在水库除险加固工程中占据至关重要的地位,它不仅关乎施工人员的生命安全,也直接影响工程的顺利推进。水库除险加固工程通常涉及复杂的施工环境和不可预见的自然条件,如大规模土方作业、高空作业等,这些因素大大增加了安全风险。因此,在施工过程中,必须全面落实安全管理措施,确保安全管理体系能够得到充分落实与执行。监理单位应根据项目的具体特点,严格制定并监督实施详细的安全管理计划,确保每个环节、每个细节都包含在内,从施工前、施工中到施工后的各项安全防范措施必须逐一落实。针对突发事件,建立完善的应急预案同样至关重要。应急预案应能应对各种可能的紧急情况,如极端天气、设备故障或施工事故,确保在发生突发事件时,迅速采取有效的响应措施,从而最大限度地减少损失^[2]。预案内容不仅要明确应急组织架构、响应流程与责任分工,还应具体细化人员撤离、医疗救援与事故调查等操作细节。此外,通过定期组织应急演练,可以确保所有施工人员在紧急情况下能够迅速且准确地执行预定的应急措施,从而提升整体应急响应能力。在日常管理中,安全巡查与风险评估应成为常态,监理人员需始终关注施工现场的安全隐患,定期检查施工设备及安全设施的完好性,确保安全管理制度能够有效执行。通过不断强化安全管理、科学编制应急预案并确保其落实,施工

安全能够得到最大程度的保障,事故发生的风险将大大降低,从而确保水库除险加固工程顺利进行。

3.4 资金管理与预算控制策略

有效的资金管理与预算控制是确保水库除险加固工程顺利实施的关键。鉴于此类工程涉及较大规模的投资和长周期,资金浪费或预算超支可能影响项目进度与质量。因此,科学合理的预算编制及精准的资金管理至关重要。在项目开始之前,必须根据工程需求、设计方案和施工计划,精确制定预算,确保涵盖施工、材料采购、设备租赁、人工成本等费用,并预留足够的风险应急资金。在项目推进过程中,监理单位应持续监控资金使用情况,确保所有开支严格按照预算执行,避免资金的挪用或不当使用^[3]。为此,完善的财务审查机制及支出审批流程应当建立。定期进行成本核算,及时对比实际支出与预算差异,迅速调整。监理单位还需注意材料采购与设备租赁的成本控制,防止市场波动导致预算超支。此外,项目的现金流应关注,确保资金按阶段及时到位,避免因资金不足拖延施工进度。合理安排支付节点,确保施工单位按时支付款项,确保施工顺利进行。同时,监理人员应加强与财务部门的沟通,确保款项拨付与结算符合项目需求,避免资金问题影响施工进度。

4 结语

水库除险加固工程的顺利推进,依赖于高效的监理管理。通过对常见问题的深入分析,设计文件不完整、施工质量控制不严、安全管理执行不到位等问题,直接影响了工程的质量与进度。为了解决这些问题,优化设计方案、强化质量监控、加强安全管理、严格把控进度与预算,已成为确保工程效果的关键举措。特别是在新疆等特定地区,由于地理环境与气候条件的独特性,实施针对性的管理措施尤为重要。

【参考文献】

- [1] 伍勇. 水库除险加固工程中监理管理的关键作用与实践策略——以叠翠湖水库为例[J]. 水上安全, 2024(21): 130-132.
 - [2] 李中朋. 小型水库除险加固工程施工管理存在的问题及对策研究[J]. 水上安全, 2024(8): 137-139.
 - [3] 詹金连. 农村小型水库除险加固工程研究[J]. 农家参谋, 2021(5): 193-194.
- 作者简介: 蒋兴明(1984.10—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司, 就职单位职务: 总监理工程师, 职称级别: 副高。

水利工程绿色施工理念下生态保护措施落实研究

申秀峰

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]随着我国建设的不断推进,人们已充分认识到环境保护和生态平衡对人类生存与可持续发展的重要性。文中分析了水利工程施工过程中对生态环境造成破坏的后果及其表现形式,针对性地提出切实可行的环境保护策略。同时,系统阐述水利工程在实现环境保护与可持续发展方面的有效方法和途径。这些研究将有助于解决当前水利工程建设中面临的环境保护问题,为水利工程建设与生态环境保护的协调发展提供新的思路,具有较强的借鉴意义和实际参考价值。

[关键词]水利工程;绿色施工理念;生态保护措施;措施落实

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16051

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on the Implementation of Ecological Protection Measures under the Green Construction Concept of Water Conservancy Engineering

SHEN Xiufeng

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

Abstract: With the continuous advancement of Chinese construction, people have fully recognized the importance of environmental protection and ecological balance for human survival and sustainable development. The article analyzes the consequences and manifestations of the damage caused to the ecological environment during the construction process of water conservancy projects, and proposes practical and feasible environmental protection strategies in a targeted manner. At the same time, the system elaborates on the effective methods and approaches of water conservancy engineering in achieving environmental protection and sustainable development. These studies will help solve the environmental protection problems faced in current water conservancy engineering construction, provide new ideas for the coordinated development of water conservancy engineering construction and ecological environment protection, and have strong reference significance and practical reference value.

Keywords: water conservancy engineering; green construction concept; ecological protection measures; implementation of measures

引言

随着社会经济的快速发展和水利工程建设的不断推进,水资源的合理利用与生态环境的保护,已成为当前时代的重要议题。尤其是在西部地区,水利工程在确保水源、促进农业发展及提高人民生活质量方面,具有至关重要的作用。然而,传统的水利工程建设方法,生态环境的保护往往被忽视,导致了水土流失、水质污染及生态系统遭到破坏等一系列环境问题。对此背景下,绿色施工理念,日益受到越来越多的关注。绿色施工不仅要求尽量减少资源消耗与环境污染,还强调,采取有效的生态保护措施,以改善与恢复生态环境。在水利工程的具体实施过程中,如何在保证工程质量与进度的同时,切实落实生态保护措施,已成为亟待解决的关键问题。本研究,旨在分析水利工程建设中绿色施工理念下,生态保护措施的实施效果与可行性。通过对当前生态保护措施实施现状及面临的挑战,深入分析,结合西部地区的具体情况,提出具体的生态保护对策与改进方案,期望为水利工程的可持续发展,提供理论依据与实践指导。

1 绿色施工理念在水利工程施工中的重要性

1.1 生态保护优先

在水利工程施工中,生态保护优先,作为绿色施工理

念的核心之一,体现了人类发展与自然环境的和谐共生。水利工程,往往涉及大规模的土地开挖、土方填埋及河流改道等作业,这些活动,直接影响到周围生态环境的稳定性。因此,生态保护优先的确保,对实现可持续发展,至关重要。在项目规划与设计阶段,必须深入分析生态环境的潜在影响,开展环境影响评估与生态风险评估,以确保工程方案能够,最大程度地减少对自然生态系统的干扰。施工阶段,绿色施工技术与设备应优先使用,尽量减少土方作业对环境的干扰,避免水源污染、土壤侵蚀及生物栖息地的破坏。例如,生态隔离带的设置,可以来保护水土资源,从而防止大规模的水土流失^[1]。此外,对于河流改道等可能影响水文环境的工程,科学调控措施应采取,尽量减小对水体的负面影响,并在工程完成后,进行生态恢复,以帮助恢复水生植物及水生动物的栖息地。

1.2 资源高效利用

水利工程通常具有体量大、周期长的特点,这导致资源消耗集中,传统的粗放式施工模式常伴随严重的资源浪费。绿色施工通过优化资源配置流程,建立了从材料采购到废弃物处置的全链条管控体系。在施工前,利用三维建模技术精准计算土石方量,通过场内平衡调配减少外购填

料和弃渣外运。钢筋、模板等主要建筑材料实行集中加工与统一配送,采用标准化构件来减少边角料的产生。施工现场推行能源分级管理,优先使用电动设备替代燃油机械,并通过错峰作业降低电力峰值负荷。在水资源管理方面,建立了雨水收集回用系统和生产废水净化装置,显著提高了施工用水的循环利用率。此外,临时设施采用可周转装配式构件,减少了一次性投入材料的浪费,不仅保障了施工效率,还显著降低了对自然资源的消耗强度。

2 新疆地区水利工程现状与生态环境问题

新疆地区,位于干旱与半干旱气候区,水资源相对短缺,水利工程在农业灌溉、工业用水保障及满足人民生活用水等方面,起到了至关重要的作用。然而,这些工程的建设与运营,给区域生态环境带来了诸多复杂的挑战与影响。以河流与水库建设为例,水流的自然流动方式,发生了显著变化,尤其是在塔里木河、额尔齐斯河等主要河流的水量调控中,水流的不稳定性及河流生态系统的改变,造成了。部分水利工程,通过大规模引水与蓄水,导致了某些河段的断流现象,尤其是在低洼湿地区域,生态系统的严重破坏也由此产生。湿地作为重要的生态屏障和生物栖息地,其生态功能的丧失,直接影响了水生生物的栖息与水质净化能力。地表水与地下水的过度开发,使地下水位不断下降,尤其是在农业灌区,水源过度抽取的加剧,进一步导致了地下水的超采现象,土壤盐碱化的加重也因此发生。这一现象,不仅降低了农田的生产力,还加速了土壤退化,严重影响了生态环境的稳定。水库建设与大规模灌溉,也导致了部分土地的淹没,植被的破坏,改变了区域气候及水土流失的模式^[2]。水库水体的蒸发,使得当地空气湿度与气温的波动加剧,负面影响对小气候产生,沙漠化进程得到了推动,脆弱的草地与农田生态系统,进一步受到了威胁。在部分水利工程的建设过程中,施工活动对生态环境的破坏,也不可忽视,包括植被破坏、土壤压实等,这些,都可能导致水土流失与生物栖息地的消失。

3 提升新疆地区水利工程生态保护措施的建议

3.1 加强施工前环境评估与规划

在新疆地区水利工程的建设过程中,施工前的环境评估与规划的加强,是确保生态保护措施有效实施的关键环节。环境评估,能够全面评估项目建设对生态环境的潜在影响,包括水土流失、生物栖息地的破坏、水资源利用变化等方面。通过科学的环境影响评估,详尽的数据支持与风险预测,能为项目决策者提供,进而有效减少或避免生态破坏。尤其是在生态脆弱的新疆地区,水利工程的建设,常常与当地自然环境及社会经济发展息息相关,因此,必须进行深入的环境风险评估,以确保各类生态影响得到充分预测与防范。在施工前的环境规划中,当地生态承载力及环境保护的需求,应得到充分考虑,明确施工过程中必须遵循的生态保护措施与标准。规划,依据当地的地理环境、气候条件及生态系统特点,切实可行的绿色施工方案

应制定。这不仅涉及土地使用、植被恢复、水资源分配等方面的精准规划,还需考虑施工过程中产生的噪音、尘土及废弃物排放等对环境的潜在影响,并采取相应的预防与控制措施。同时,环境评估与规划过程,专家、生态学者与当地社区的广泛参与,应予以鼓励,整合多方面的意见与建议,从而确保评估与规划的科学性与合理性。

3.2 政策层面的建议与完善

在新疆地区水利工程的生态保护过程中,政策层面的完善与优化,是至关重要的。生态保护在水利工程中的核心地位,政府应进一步明确,并将其融入水利工程的规划、设计、施工及运营全过程中。在现有水资源管理政策的基础上,更加严格的生态环境保护标准,应予以制定,特别是在生态敏感区域的水利工程建设中,更高的环保要求与限制,必须设立。例如,在塔里木河、额尔齐斯河等重要水源地的项目中,生态流量应优先保障,并对水资源的开发与利用进行精确计算,避免生态损害与过度开发的发生。此外,政策支持力度,应加大,推动水利工程项目引入绿色施工技术,倡导节水、节能与低污染的绿色施工模式。通过出台相关政策,节水型灌溉技术、生态水库建设及雨水收集系统的应用,应鼓励,以提高水资源的利用效率及循环利用水平。技术支持之外,政策层面,资金投入的增加,应予以重视,特别是设立专项生态保护基金,支持生态保护项目的实施。对于一些高风险的水利工程项目,政策应要求开发方建立生态补偿机制,以确保在水利设施建设与运营过程中,生态环境的破坏能够得到有效的补偿与恢复。此外,政府各部门之间的协作,应予以鼓励,跨部门协调机制应当建立,以确保水利、环保、农业等相关部门在水利工程的规划与实施过程中,能够充分沟通与合作,形成合力,推动生态保护工作的体系^[3]。针对不同类型的水利工程及地区特点,还应制定更加细化的政策,特别是在水资源短缺及生态环境脆弱的地区,进一步强化水资源的合理分配以及生态保护措施的落实。

3.3 绿色施工技术的推广与应用

在新疆地区水利工程的生态保护过程中,绿色施工技术的推广,是提升生态环境保护效果的关键措施之一。绿色施工,不仅有助于减少工程对自然环境的负面影响,且能提高资源的利用效率,降低污染排放,促进生态平衡的恢复与维护。鉴于新疆地区特殊的地理环境和气候条件,绿色施工技术的应用,重点应放在节能减排、水土保持及生态修复等方面的需求。环保型建筑材料的采用,是绿色施工的基础。在新疆地区,水利工程施工常面临极端的沙漠和干旱气候,低碳环保且可循环利用的材料的选择,能显著降低施工过程中对环境的污染。例如,生态型混凝土、再生骨料等低能耗材料的使用,可以减少生产过程中的能源消耗及二氧化碳排放。符合生态环保标准的水泥、钢筋及其他建筑材料的选择,有助于确保水利工程具备绿色环保特性。在节能减排方面,施工过程中,机械设备与重型

车辆消耗大量能源,导致空气污染。新能源技术的推广,至关重要。例如,太阳能、风能等可再生能源,作为施工现场的能源供应,能够显著降低对传统能源的依赖。此外,高效节能设备的使用,如电动机械与低排放柴油机,也能减少施工过程中的碳排放和环境污染。针对水土保持,新疆地区的水利工程项目,涉及大规模土地开挖与土石方作业,容易引发水土流失。通过绿色施工技术的引入,如草种植及覆盖物保护等措施,裸露土壤的暴露,能够有效减少,从而防止水土流失并维持土壤结构的稳定性。施工时机的合理规划,避免在易受侵蚀的季节进行土方作业,也能最大限度地降低生态破坏。在施工过程中,生态修复措施的加强,同样不可忽视。绿色施工,不仅限于施工阶段的环保措施,还包括对施工过程中破坏的生态环境进行修复工作。施工结束后,受损植被的恢复,应当进行,并采取水源保护措施,确保施工污染不会渗入地下水或河流系统。此外,施工设计阶段,应考虑到生态环境的长期发展,防止局部建设对区域生态造成持续影响。

3.4 建立多方协作机制与社会参与

在新疆地区水利工程的生态保护实施过程中,构建一个多方协作机制与社会参与体系,至关重要。水利工程的生态保护,依赖的不仅仅是政府部门,还需要地方社区、环保组织、科研机构、企业及公众等各方面的广泛参与。政府,在这一过程中,应发挥主导作用,制定相关政策与法规,确保保护措施的执行到位,并加强对地方政府及企业的监督。此外,科研机构,应通过深入的科学研究,提供数据支持与技术指导,特别是在生态修复技术与环境影响评估领域,以促进生态保护措施的创新与优化。水利工程建设与运营单位,尤其是企业,亦应履行社会责任,积极采用绿色建筑技术与环境友好型施工方式,从而推动工程的可持续发展。在项目实施过程中,企业应采用更加环保的施工和运营模式,进一步减少对环境的负面影响。地方社区的参与,同样至关重要。水利工程建设,往往直接影响当地居民的生活与生存环境,因此,建立地方社区参与机制,显得尤为必要。通过让居民参与生态保护措施的决策与实施过程,可以增强公众的环境保护意识,提升其自我管理能力。政府,可以定期举办沟通平台,确保项目进展与实施细节能够透明公开,听取社区意见与建议,进而调整措施以更好地满足地方的实际需求。环保组织与社会公众的广泛参与,也对水利工程的生态保护,至关重要。环保组织,可在监督与评估生态保护措施的执行过程中,发挥关键作用,向社会传递环保信息,并鼓励公众积极参与^[4]。公众的关注与支持,将促进各方更加注重生态保护工作,营造全社会共同参与、共同推动水利工程生态保护的良好氛围。

3.5 提高公众环保意识与生态保护意识

在新疆地区水利工程的生态保护工作中,提升公众的环保意识与生态保护意识,起着至关重要的作用。生态保

护措施的执行效果,直接受到公众环保态度的影响,因此,必须通过多种方式,加深公众对生态保护的认识与支持。政府及相关机构,应加强环保宣传,利用传统媒体、网络平台以及社区活动等渠道传播环境保护知识,广泛普及生态保护核心理念,特别是在水资源节约与生态环境修复方面的关键性内容。此外,学校与社会组织,应通过环保教育,从小培养学生与公众的环境保护意识,通过教育体系,培育社会成员的良好生态观念。在水利工程的实施与运行过程中,公众参与,同样至关重要。为此,应提供透明的信息与决策过程,确保公众能够全面了解生态保护措施的具体内容及其实施的重要性。通过引入参与式决策与监督机制,生态保护工作,将能够更积极地推动。定期举办环保志愿活动、讲座及交流会,有助于进一步激发居民与社区的环保热情,增强他们对水利工程生态影响的关注度与应对能力。与此同时,推动社会公众参与环境监测,建立反馈机制,鼓励他们对生态环境问题提出建设性意见,也能促进政府、企业与公众之间的共同治理。随着环保意识的提升,公众,在日常生活中,会逐渐自觉采取环保行动,如节水、减少污染排放、支持绿色产品等,这些行动,将为实现水利工程的生态保护目标提供积极的支持。

4 结语

通过对水利工程绿色施工理念下生态保护措施实施的研究,可以得出结论,生态保护,不仅在水利工程建设中占据重要地位,更是实现可持续发展的核心要素。水利工程,借助绿色施工理念,提供了创新的视角与方法,强调在工程建设过程中,资源消耗的降低、环境污染的减少,同时也注重生态环境的修复与保护。通过有效落实生态保护措施,可以保证工程进度与质量的基础上,最大限度地减少对生态环境的负面影响,推动水利工程与自然环境的协调共生。展望未来,水利工程建设,应持续贯彻绿色施工理念,进一步强化生态保护措施的落实,推动技术创新与管理优化,为实现经济发展与生态环境保护的双重目标,提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]马莉. 水利工程绿色施工与生态环境保护的协同研究[J]. 清洗世界, 2025, 41 (3): 107-109.
 - [2]刘志军. 绿色理念下水利水电施工技术研究[J]. 新疆有色金属, 2024, 47 (5): 47-48.
 - [3]解玲. 浅谈如何在水利施工中推广绿色施工技术[J]. 地下水, 2023, 45 (5): 320-321.
 - [4]何祖朋. 绿色施工技术在水利工程中的应用研究[J]. 科技风, 2021 (19): 197-198.
- 作者简介: 申秀峰 (1982.4—), 毕业院校: 大专西京学院, 在职本科: 国家开放大学, 所学专业: 土木工程, 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: 分公司经理, 职称级别: 中级。

水利工程建设中的水文水资源管理工作研究

孙向军

新疆生产建设兵团第九师水文水资源管理中心, 新疆 塔城 834601

[摘要] 水利工程建设是经济社会发展和生态环境保护的重要支撑, 而水文水资源管理是确保水利工程可持续运行的核心环节。科学合理的水文水资源管理不仅可以提高水资源的利用效率, 还能有效预防和缓解水旱灾害, 优化水环境质量。然而, 当前水文水资源管理在水利工程建设中仍然存在诸多问题, 如制度不完善、数据采集不足、人员素质偏低等。文章将围绕水文水资源管理在水利工程建设中的重要性、存在的问题及其应用展开深入探讨, 以期为提高水利工程建设中的水文水资源管理水平提供参考。

[关键词] 水利工程; 水文水资源; 策略

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16080

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

Research on Hydrological and Water Resources Management in Water Conservancy Engineering Construction

SUN Xiangjun

Hydrological and Water Resources Management Center, the 9th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Tacheng, Xinjiang, 834601, China

Abstract: Water conservancy engineering construction is an important support for economic and social development and ecological environment protection, and hydrological and water resources management is the core link to ensure the sustainable operation of water conservancy engineering. Scientific and rational management of hydrological and water resources can not only improve the efficiency of water resource utilization, but also effectively prevent and alleviate water and drought disasters, and optimize water environment quality. However, there are still many problems in current hydrological and water resources management in water conservancy engineering construction, such as incomplete systems, insufficient data collection, and low personnel quality. The article will delve into the importance, existing problems, and applications of hydrological and water resources management in water conservancy engineering construction, in order to provide reference for improving the level of hydrological and water resources management in water conservancy engineering construction.

Keywords: water conservancy engineering; hydrological and water resources; strategy

引言

水文水资源管理在水利工程建设中具有至关重要的作用。随着全球人口的不断增长、经济的迅猛发展及气候变化的日益加剧, 水资源的分布和需求变得愈发复杂, 且难以精准预测。为了应对这些挑战, 确保水资源得到合理配置并实现可持续利用, 已成为当今水利工程建设面临的主要任务。水利工程建设对保障人民基本生活需求、促进经济发展起着至关重要的作用, 但其在运营过程中所面临的困难, 特别是在水资源紧张的情况下, 更显突出。水资源的有效管理不仅直接影响水利工程的稳定运行, 同时对农业、工业以及城市用水等各个领域的持续发展产生深远影响。随着气候变化加剧及极端天气事件频繁出现, 水文水资源管理的重要性愈加显现。如何科学调配水资源, 合理优化工程调度, 提高水利工程的供水能力, 成为水利建设中的关键问题。

1 水文水资源管理在水利工程建设中的重要性

1.1 合理管控水资源

水资源是水利工程建设的重要基础, 其优化配置和高

效管理对工程的稳定运行以及可持续发展具有决定性影响。合理的水资源调度机制应当建立, 以保障供需平衡, 提升利用效率, 并防止资源浪费。针对不同区域的水文特点, 科学规划取水与供水模式, 使农业灌溉、工业生产以及居民生活需求均能得到满足。在管理过程中, 水质保护与水量调控同样不可分割, 若治理措施不到位, 污染问题将难以遏制, 进而破坏生态平衡。对于跨流域调水工程, 既要考虑水源地的生态安全, 也需确保受水区的合理开发, 使水资源发挥最大效益。水资源短缺日益严峻, 提高利用效率已成为管理工作的核心内容, 节水措施推广刻不容缓。例如, 优化农业灌溉方式、提高工业用水循环率、增强公众节水意识等, 均可有效减少水资源消耗。运用科学管理手段并完善制度体系, 精细化调控水资源, 方能助力社会经济的可持续发展。

1.2 制订污水排放标准并开展水文监测

水利工程建设过程中, 水环境质量的变化与污水排放密切相关, 若管控措施不够严格, 污染问题将不断加剧。制定科学的污水排放标准, 并建立完善的水文监测体系,

是控制污染物排放、改善水环境质量的重要手段。水生态系统一旦遭受污染,治理难度较大,饮用水安全也可能受到严重威胁。基于区域水环境特点与国家环保政策,排放标准需严格限定污染物的种类、浓度以及处理方式,以防止水质恶化。水文监测体系的构建,可为污染治理提供数据支撑,动态监测水体流量、水质参数及污染物扩散情况,使水资源调控更加精准。城市水利工程已逐步引入在线监测设备,从而增强污水排放口的监管能力,提高污染控制的精准度。水环境承载力评估同样依赖监测数据,借助动态分析手段,可识别高污染风险区域,并制定相应治理策略。不同类型的水利工程对水文监测技术的需求存在差异,需结合实际情况选择合适的监测方式,如地表水检测、地下水污染溯源分析或遥感监测等。随着智能化监测技术的普及,大数据、人工智能与物联网技术的应用,使污染监测更具实时性和精准性,污染防控能力因此得到显著提升。通过严格的污水排放标准及高效的监测体系,污染物排放将得到有效遏制,水生态环境质量也将不断改善,最终促进水资源的可持续开发。

1.3 解决水灾问题

洪水灾害对水利工程的稳定运行构成巨大威胁,若防控措施不够完善,工程损毁、经济损失甚至社会动荡均可能随之发生。提高洪水预测的准确性,使预警机制更加完善,是降低灾害风险的关键。水文分析在洪水预测中具有重要作用,结合历史数据及实时监测信息,可对降雨量、河流水位及流量变化进行动态分析,从而增强预警系统的可靠性。洪水演进过程的数值模拟技术已成为预测工作的核心手段,通过模拟不同降雨情境下的水流演变,可提前评估可能出现的洪水规模及影响范围,为防洪调度提供科学依据^[1]。水库调度策略在洪水防控中的作用不可忽视,合理的蓄泄水方案不仅能够削减洪峰值,也能降低下游地区的灾害风险。汛期前,依据水文预测数据提前预留库容,使洪水得到有效调蓄,避免因超出库容而导致水库溢洪带来的安全隐患。此外,堤坝工程的安全管理直接影响防洪效果,定期巡查、及时修复结构隐患,有助于降低溃堤风险。现代防洪技术的进步,使得遥感监测、地理信息系统(GIS)及人工智能等高新技术在水灾防控中的应用日益广泛。遥感技术可用于实时监测流域水体变化,为防洪应急指挥提供精确的信息支持;GIS技术则可开展洪水风险评估,借助洪水风险地图,各区域的风险等级可清晰展示,从而有助于精准制定防洪方案。提升水利工程的防灾能力,还需加强流域综合治理,生态防洪措施的实施不可忽视,例如修复天然湿地、优化河道治理模式、强化生态护坡建设等,这些举措均可增强流域洪水调节能力。

2 水利工程建设中水文水资源管理存在的问题

2.1 制度不完善

水文水资源管理的有效实施依赖于完善的制度体系与规范的管理标准。然而,在许多水利工程建设项目中,

水文水资源管理工作未能得到应有的制度保障,这使得管理效果受到限制。当前的主要问题之一是职责划分不清,管理流程缺乏明确的标准化,导致水文资源的调度与监测操作较为混乱。例如,在一些地区,不同部门之间对水资源的管理规定存在较大的差异,进一步加剧了管理的复杂性^[2]。与此同时,水文监测体系尚未形成全面的覆盖,数据共享机制也未得到有效建立,信息孤立的现象依旧严重。

2.2 数据采集不完整

水文水资源管理的科学性与合理性在很大程度上依赖于准确的数据信息。当前,部分地区在数据采集上存在许多问题,这对管理决策的准确性构成了挑战。许多地区的水文监测站点分布局限,导致关键区域的水文数据未能完全获取,水文动态的全面反映也因此受到限制。同时,部分监测站点的设备陈旧,技术水平滞后,未能实现高精度与实时数据采集。这些问题导致了数据的延误或失真,使得决策者在水资源调度过程中无法依赖精确的实时数据,影响了调度工作的科学性。更重要的是,由于数据更新滞后,水资源管理的调整措施未能及时跟进,无法适应日益变化的水文环境。

2.3 人员素质不足

高效的水文水资源管理需要具备专业知识与技能的人才支持。然而,当前水文水资源管理领域的人力资源配置仍存在诸多不足。在许多地区,管理人员缺乏必要的专业水文知识,导致在面对复杂的水资源调度问题时,决策缺乏科学依据,甚至出现误判和失误。更为严重的是,一些地区水文水资源管理部门的人员结构逐渐老化,技术力量的更新和新兴人员的补充严重不足,这直接影响了管理工作的创新性与适应性。由于缺乏足够的专业技术支持,管理部门的技术能力与解决复杂问题的能力均未得到有效提升,从而导致水文管理工作难以适应现代水资源管理的要求。

2.4 水资源调度不合理

水资源的合理调度是确保水利工程效益最大化的关键。然而,在实际管理过程中,水资源调度常常存在不合理的现象,影响了水资源的有效利用与水利工程的综合效益。在一些地区,汛期水库调度方案未能根据实时的水文数据进行动态调整,导致水资源的浪费或洪水灾害的加剧。水库未能在汛期及时调整水位或调度方案,增加了洪水对下游地区的威胁。此外,部分地区的水资源供需分析未能全面精准,造成了水资源配置不均的问题。某些地方水资源过度开发,而其他地方则面临供水不足的困境^[3]。尤其是在跨流域调水项目中,由于调度机制的不完善,存在上游与下游水资源分配不均的情况,进而影响了水利工程的协调与整体效益。

3 水文水资源管理在水利工程建设中的应用

3.1 水文水资源遥感技术的应用

遥感技术因其能够提供广泛覆盖和高度精确的水文数据,在水利工程管理中发挥着不可或缺的作用。通过卫星遥感获取的数据,能够对水体的动态变化、降水分布以

及流域的水资源状况进行全面监控。遥感技术的独特优势在于可以突破地理和空间的限制,对偏远地区或难以到达的区域进行高效的监测,这有效弥补了传统地面监测的不足。通过分析遥感数据,可以为水库的水位调节、洪水预警、干旱评估等提供科学依据。借助遥感技术,水资源管理可以更加精准、高效。例如,能够实时掌握水体水位与流量的变化,帮助优化水资源调配。此外,结合遥感数据与传统水文模型,有助于提高水资源管理决策的科学性,确保水资源得到合理利用。

3.2 除险加固技术的应用

随着水利工程的长期运行,结构可能会因水流冲刷、地质变化等因素遭到损害,因此,实施除险加固技术显得尤为重要。这项技术对水利工程设施的长期稳定性具有直接影响,特别是对堤坝等关键工程的维护至关重要。老旧堤坝的加固,既需要加强现有结构的稳固性,也需要采用先进的抗渗技术来提升其防洪能力。定期进行水库大坝的安全评估,能够及时发现潜在的隐患,并采取必要的加固措施,减少事故的发生。对于可能出现的险情,提前采取预防性措施是确保水利设施安全运行的关键。通过检查与评估,对堤坝的薄弱部分进行修复,能够有效减少灾害的风险。在加固过程中,因地制宜的技术方案选择至关重要。通过结合传统与现代加固方法,水利设施的抗灾能力能够得到显著提高,确保在自然灾害中能够维持结构的稳定性。

3.3 气候变化研究的应用

全球气候变化已对水文循环产生了深远的影响,直接影响着水利工程的设计与调度。随着气候变化加剧,降水模式、气温变化等水文要素的波动更加明显,极端气候事件的发生频率也逐步增加,这给水利工程的运行效率与安全性带来了较大的挑战。通过研究气候变化对降水、径流等水文要素的影响,能够有效优化水利工程的设计方案。对气候变化的分析为水利部门提供了预测未来水资源变化的依据,使得水资源的长期规划更加科学。例如,通过气候变化模型的运用,能够在水库设计阶段预见未来可能出现的水资源变化趋势,从而合理安排库容与水资源调度方案。

3.4 地理信息系统(GIS)的应用

地理信息系统(GIS)技术的广泛应用为水文水资源管理提供了强有力的支持。通过GIS技术,水利部门可以将流域的水资源分布、流域特征及水文数据进行空间化分析,从而实现更精准的决策制定。GIS不仅能处理复杂的地理空间数据,还能将不同来源的数据进行整合与可视化,使得水文数据分析变得更加直观。GIS技术帮助水资源管理人员在水利工程的设计与建设过程中,清晰了解各类水文数据及其相互关系。例如,利用GIS平台,可以对区域水资源进行动态监控,提供实时数据支持,为水利工程的调度与管理提供有效依据。水利部门可以借助GIS技术,对未来可能发生的水文变化进行预测,提前做好应对准备,确保水资源调配的科学性与合理性。

3.5 汇流数据与产流数据计算

准确计算流域的汇流与产流数据,是优化水资源调度的基础。水流的汇聚与流出过程,直接影响着水资源的配置与管理。流域模型的模拟与应用,可以有效提高水文水资源管理的精度,为水资源的合理分配提供科学依据。通过模拟流域内的汇流过程,能够对水资源的变化趋势进行准确预测,进而为水库的水位调节、洪水预警及干旱应对等提供数据支持。流域模型能够模拟不同情境下的水文变化,为水利工程管理者提供更为详尽的决策信息,帮助优化水库的调度方案。结合历史数据与实时监测数据,能够提高汇流与产流过程的计算准确性,为水利工程提供更加可靠的依据。

3.6 暴雨和调洪数据计算

暴雨对水利工程建设与运行的影响,显而易见。暴雨引发的强降水,往往导致水量急剧增加,给水库的调度带来了巨大的挑战。准确计算暴雨与调洪数据,能够为水库调度提供精确依据,确保洪水能够及时排除,避免水库溢洪或决堤等灾难性后果^[4]。采用水文模型进行降水-径流模拟,能够对暴雨期间的水文变化进行精确预测,从而优化水库的调度策略。通过模拟不同降雨情境下的水流反应,水利部门能够在暴雨发生时及时做出应急反应,调整水库的水位或采取其他调洪措施,降低暴雨带来的损失。此外,调洪数据的计算还能够为未来的暴雨事件提供参考依据,帮助水利工程更好地适应气候变化与极端天气的挑战。

4 结语

水文水资源管理在水利工程建设中发挥着重要作用,其科学性和合理性直接影响水利工程的质量和效益。然而,目前水利工程建设中的水文水资源管理仍然存在制度不完善、数据采集不完整、人员素质不足等问题。针对这些问题,需要进一步完善水资源管理体系,加强技术创新,提高从业人员的专业素养,并积极应用先进技术手段优化水利工程建设。只有在科学管理的基础上,才能实现水资源的高效利用,确保水利工程的可持续发展。

【参考文献】

- [1]刘凯,姜苗苗.水利工程建设中的水文水资源管理工作[J].城市建设理论研究(电子版),2023(10):143-145.
- [2]罗志凯.水利工程建设中水文水资源管理工作探讨[N].科学导报,2023-10-24(2).
- [3]丁新伟,刘怡.内蒙古东源投资集团以智能化解决方案助力水资源管理和生态环境改善[N].消费日报,2025-02-19(3).
- [4]周妍,魏晓雯.科学把握供水安全和良好生态辩证统一切实担负起水资源管理的使命任务[N].中国水利报,2023-10-12(05).

作者简介:孙向军(1991.4—),毕业院校:长春工程学院,所学专业:水利水电建筑工程,当前就职单位名称:新疆生产建设兵团第九师水文水资源管理中心,职称级别:工程师。

非常规水资源调度在水利水电工程管理中的应用探索

王启玉

塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心, 新疆 库尔勒 841000

[摘要] 水资源的合理利用一直是全球关注的重要议题, 特别是在干旱及半干旱地区, 新疆作为中国的内陆省区, 长期面临着水资源匮乏的压力。尽管该地区拥有一定的水资源储备, 但由于气候变化及资源分布不均, 水资源短缺问题日益加剧。随着经济发展与人口增长, 用水需求不断增加, 传统的水资源管理方式已无法应对这一严峻形势。文章的研究旨在深入探讨新疆地区非常规水资源的调度技术路径, 分析在实施过程中面临的技术、管理与政策挑战, 以期对未来水资源的优化配置与可持续利用提供理论支持与实践依据。

[关键词] 非常规水资源; 水利水电工程; 分质利用; 联合调度; 新疆地区

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16078

中图分类号: TV512

文献标识码: A

Exploration on the Application of Unconventional Water Resource Scheduling in Water Conservancy and Hydropower Engineering Management

WANG Qiyu

Water Resources Dispatch Center of Tarim River Basin Kaidu Kongque River Water Resources Management Center, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: The rational utilization of water resources has always been an important issue of global concern, especially in arid and semi-arid regions. As an inland province in China, Xinjiang has long faced the pressure of water scarcity. Although the region has a certain amount of water resources reserves, the problem of water scarcity is becoming increasingly severe due to climate change and uneven distribution of resources. With the development of the economy and population growth, the demand for water continues to increase, and traditional water resource management methods are no longer able to cope with this severe situation. The research of this article aims to explore in depth the technical path of unconventional water resource scheduling in Xinjiang region, analyze the technical, management, and policy challenges faced in the implementation process, in order to provide theoretical support and practical basis for the optimization and sustainable utilization of water resources in the future.

Keywords: unconventional water resources; water conservancy and hydropower engineering; qualitative utilization; joint scheduling; Xinjiang region

引言

新疆是一个典型的干旱地区, 年均降水量仅为 145mm, 而蒸发量则超过 2000mm, 水资源的开发利用程度高达 75%, 远超国际警戒线 (40%)。此外, 由于季节性水源分布的错配, 春季积雪融水占据了全年径流的 70%, 然而农业用水的高峰期却出现在夏季, 导致水资源的利用效率不高。传统的水资源调度模式在这种特殊的自然条件下难以满足需求, 迫切需要新型的技术路径以优化资源配置。在此背景下, 科学管理与技术创新成为缓解水资源紧缺问题的关键。非常规水资源调度技术, 尤其是分质利用、分布式储运系统及多水源联合调度模型, 为新疆的水资源管理带来了新的突破。结合智能化技术与多元化管理手段, 极大提高了水资源利用的效率, 也为生态环境保护与经济发展提供了有效保障。

1 非常规水资源的内涵特征与技术体系

1.1 基本定义与核心属性

非常规水资源是指需要特殊处理后才能被利用的水体, 包括再生水、矿井水、苦咸水等类型, 其主要特征体

现在循环再生性、水质特性与时空分散性。循环再生性决定了这些水源能否通过技术手段反复利用, 例如, 膜生物反应器 (MBR) 与超滤工艺能够对废水进行高效处理, 使其净化后重新投入农业灌溉或工业冷却系统, 从而缓解水资源短缺问题。水质的差异性要求针对不同水源采用适宜的处理技术, 例如, 反渗透 (RO) 工艺在海水淡化过程中得到了广泛应用, 其高效脱盐能力使水处理成本已降至每立方米 4~7 元。时空分布的不均衡性, 使得部分区域水资源供需矛盾突出。雨水与融雪水通常呈现出季节性变化, 如若不进行合理存储, 将大幅降低利用率。构建“渗、滞、蓄、净、用、排”体系, 可有效提升水资源调配能力。

1.2 新疆地区资源分类

位于干旱半干旱区的新疆, 拥有丰富的非常规水资源, 不同地区的开发利用模式存在较大差异。在乌鲁木齐市, 再生水回用率已超过 30%, 广泛应用于工业冷却及绿化灌溉, 从而缓解了市政供水压力。矿井水的利用也取得了显著成效, 例如, 准东煤田每年排放矿井水约 2.5 亿 m^3 , 若经超滤技术处理后应用于生态补水, 不仅减少了环境污染,

还提升了水资源利用率。塔里木盆地分布广泛的浅层微咸水(矿化度 $3\sim 5\text{g/L}$),在经过咸淡混灌技术调控后,可用于棉花种植,为农业生产提供了稳定的水源支持。天山北坡的融雪水占全年径流总量的60%,由于主要集中在春季,如不加以合理储存,将难以在后续干旱季节提供充足水源。建设分布式蓄水系统,可在径流量充沛时进行有效储存,以缓解春旱带来的影响。尽管新疆不沿海,但借鉴渤海湾海水淡化的经验,仍可在苦咸水淡化技术方面开展深入研究,为水资源优化配置提供技术支撑。

1.3 技术发展沿革

非常规水资源的开发利用水平,随着技术的不断升级而持续提升。膜分离技术经历了多轮迭代,从电渗析(ED)发展至纳滤(NF)与正渗透(FO),脱盐率已提升至99%,水资源回收效率显著提高,同时降低了能耗与运行成本^[1]。信息技术的应用,使水资源监测管理逐步向智能化迈进。依托BIM与数字孪生技术构建的智能监测系统,可实现水质实时追踪与风险预警,从而提升水处理过程的稳定性与安全性。

2 新疆地区水资源调度特殊性分析

2.1 地理气候约束条件

新疆位于干旱及半干旱区域,降水稀少且蒸发强烈,使得水资源自然补给能力极为有限。年均降水量仅145mm,而蒸发量超过2000mm,远高于降水补给水平,长期导致水资源供需紧张。水资源开发率已达到75%,远超国际公认的40%警戒线,表明对水资源的高度依赖已成为区域性特征。降水的时空分布极不均衡,不同地区水资源可利用性差异显著。新疆水资源主要依赖高山冰川融水补给,然而,受季节性波动影响,春季融雪径流占全年总量的70%,而农业用水高峰则集中在夏季。由于这一时空错配,融雪水未能充分储存与调配,利用率不足50%。在干旱区,这一问题不仅增加了农业灌溉压力,也加剧了生态环境的水资源短缺。提升水资源调配能力、提高融雪水的利用效率,已成为区域水资源管理的核心任务之一。

2.2 传统调度系统瓶颈

新疆水资源调度受地理环境、国际河流管理及区域经济发展等多方面因素影响,协调难度较大。伊犁河、额尔齐斯河等国际河流的跨境流量已超过60%。由于流域涉及中哈两国,水资源分配必须依据《中哈水资源分配协议》进行管理,不仅需满足本地用水需求,还需履行国际责任,使水量调控的复杂性进一步增加。与此同时,绿洲经济带的水资源矛盾愈发突出,尤其是天山北坡城市群。近年来,工业化进程的加速,推动了城市用水需求的持续攀升,生态基流逐步减少。例如,艾比湖作为新疆典型的内陆湖泊,长期受上游水资源过度开发影响,湖泊面积已缩减60%,生态系统稳定性遭到破坏。水资源调度不合理,进一步削弱了绿洲生态环境的稳定性,也使生态退化风险加剧。传统水资源调度模式在平衡经济增长与生态保护方面已难以满足现实需求,优化水资源配置、增加生态补水比例成为水资源管理体系调整的重点方向。

2.3 政策导向需求

国家生态文明建设的推进,对新疆水资源调度提出更严格的政策要求。根据《全国重要生态系统保护修复重大工程规划》,到2025年,新疆生态补水比例需提升至15%。这一目标的设定,既反映出国家对西部生态安全的重视,也意味着水资源管理模式必须向生态优先的方向转型^[2]。在水资源紧缺背景下,农业和工业用水方式需要进行调整,以确保生态环境的可持续性。与此同时,丝绸之路经济带的建设,也对沿线产业集群的水资源稳定供给提出更高要求。中欧班列沿线产业带快速发展,工业园区对水资源的依赖程度不断提高。在有限的水资源条件下,非常规水资源的开发利用已成为缓解供需矛盾的重要路径。新疆提出非常规水资源替代率目标为20%,即通过再生水回用、苦咸水淡化等方式,降低地表水及地下水的直接取用。政策导向促使非常规水资源开发成为区域水资源管理的关键内容。

3 非常规水资源调度的关键技术路径

3.1 分质利用技术体系

在水资源管理中,分质利用技术的核心在于通过对水源的水质特征进行精准分类与处理,以应对不同领域的用水需求。以克拉玛依石化园区为例,该园区通过将再生水按化学需氧量(COD)进行分级管理,分别为低于 30mg/L 和 $30\sim 50\text{mg/L}$ 两个等级,用于不同的工艺需求。这一措施的实施使得园区的水资源回用率达到了85%。同时,生态补水也在不断推进,在这一过程中,采用了人工湿地与臭氧氧化组合工艺进行矿井水的处理。该技术使矿井水中的总磷(TP)含量控制在 0.5mg/L 以下,达到了湖泊补水标准,进而将矿井水转化为可用的生态补水资源。

3.2 分布式储运系统

分布式储运系统的实施,通过模块化设备与智能化技术的有机结合,使得水资源能够在更广泛的区域范围内得到有效处理与传输,尤其适用于环境复杂、地理条件较为特殊的区域。例如,在南疆地区,推广使用集装箱式RO(反渗透)设备处理苦咸水,每台设备的日处理能力达到 200m^3 ,且吨水能耗低于 3kWh 。这一技术的应用,不仅有效提升了水处理效率,还降低了能源消耗,为偏远地区提供了更为便捷的水处理解决方案。同时,乌鲁木齐市通过智能管网的建设实现了水资源输送的智能化,特别是在再生水管网的漏损控制方面取得了显著成效。应用水力模型和变频泵站的组合技术,将再生水管网的漏损率从25%有效降低至12%,大幅提升了水资源的利用率与输送效率,减少了资源的浪费。

3.3 多水源联合调度模型

为应对日益严峻的水资源短缺问题,单一水源调度模式已逐步显现出其局限性,促使多水源联合调度模型的提出。通过将地表水、地下水与再生水三类水源进行优化配置,形成多水源联合调度系统,能够有效提高水资源的利用效率。吐鲁番示范区的实践中,通过构建水文-经济耦合算法,实现了“地表水-地下水-再生水”三水源的优化管理。该优化模型的应用使得水资源的节水效益提高了

30%，提高了供水保障水平。此外，引入风险约束优化配置技术，结合蒙特卡洛模拟方法对干旱等极端气候情景进行评估，确保了供水保证率维持在 90% 以上。

4 管理机制创新与实践策略

4.1 制度保障体系

一个高效、可持续的水资源管理体系离不开坚实的制度保障。新疆在此方面不断完善相关的法律与管理体系，为水资源的合理调配与高效利用提供了制度支持。水权交易市场的培育无疑是这一体系中的重要组成部分。参照《新疆水权交易管理办法》，新疆各地已逐步开展农业节水指标的跨行业转让，伊犁州在 2024 年水权交易量已达到 500 万 m^3 ，这标志着水权交易市场在新疆地区的逐步成熟。此外，自治区还成立了非常规水源管理办公室，协调水利、环保、住建等部门，进行资源整合与职责划分。通过这一跨部门协作机制，各相关部门的职能得到有效整合，水资源管理的效率得到了显著提升，为非常规水源的管理提供了强有力的保障。

4.2 智慧化管理平台

随着科技的迅速发展，数字化与智能化技术的应用为水资源管理提供了更加精准、高效的支持。在新疆，数字孪生技术与水质动态监测系统的建设推动了水资源管理向更智能化的方向发展。玛纳斯河的数字镜像系统便是智慧化水资源管理中的一个成功应用^[3]。依托阿里云平台，该系统能够实时获取与分析水流量、降水量等关键数据，提升了洪水预报的准确性，使预报精度达到 90%。这一技术的应用有效增强了洪水预警与应急响应能力，确保了水资源调度能够及时有效地应对突发灾害。此外，水质动态监测网络的建设也取得了显著成果。目前，全疆已布设 2000 个物联网传感器，实时监测水质中的 COD、电导率等 12 项重要指标，为水资源管理的科学性与精准性提供了数据支撑。通过这些智能化技术的引入，新疆在水资源管理中取得了显著的进展，推动了水资源的精细化管理。

4.3 生态协同发展模式

在水资源调度中，生态保护与资源利用的协调性日益重要。新疆采取了一系列措施推动生态与经济的双赢，特别是在地下水回补与盐碱化防控方面，取得了积极进展。地下水回补措施的实施，严格按照《地下水管理条例》执行，结合河道渗滤井等设施，确保了地下水资源的持续回补，回补量每年达到 1.2 亿 m^3 。这一措施有效应对了地下水资源过度开发带来的问题，提升了地下水的可持续利用水平。此外，盐碱化防控方面也取得了积极进展。通过设定土壤安全阈值（含盐量低于 0.3%），并推广暗管排盐技术，有效避免了盐碱化的加剧，为土壤和生态环境的健康发展提供了保障。这些生态协同发展的举措为水资源管理提供了新思路，确保了生态环境的稳定与水资源的可持续发展。

4.4 经济激励机制构建

为了促进节水技术的推广与水资源的高效利用，经济激励机制的建设显得尤为重要。乌鲁木齐市在这一方面采

取了阶梯水价制度，通过对工业用水的超定额部分实施加价 200% 的政策，成功地提升了企业的节水意识。同时，对于农业节水用户，政府还提供了 0.15 元/ m^3 的补贴，进一步激励农业生产者使用节水技术。在技术补贴方面，新疆设立了专项财政补贴，针对滴灌设备的购买提供 30% 的补贴，昌吉州的农户参与率已达到 75%。这些措施通过经济激励，促进了节水技术的推广应用，有效减少了水资源的浪费，为水资源的可持续利用奠定了基础。

4.5 社会共治网络建设

社会共治网络的建设为水资源的管理提供了强大的社会支持与动力。在新疆，政府与社会各界的合作日益紧密，推动了水资源的共同管理与节水意识的普及。例如，喀什地区通过成立“用水者协会”，推动社区节水公约的实施，并制定了再生水灌溉轮换制度，增强了公众的节水责任感。此外，企业也逐渐成为水资源管理中的重要参与者。许多企业已将非常规水源的利用率纳入其环境、社会与治理（ESG）报告^[4]。例如，中泰化学公司在 2023 年发布的 ESG 报告中披露了 100% 的非常规水源利用率。社会各方的共同参与为水资源管理提供了更多的视角与力量，推动了水资源的合理配置与高效利用。

5 结语

水资源的有效利用对于新疆及其他干旱地区的社会经济可持续发展至关重要。通过非常规水资源调度技术，不仅能够解决水资源短缺问题，还可以促进环境保护与经济的协调发展。新疆地区的调度技术涵盖了水质分级回用、智能管网与多水源联合调度等创新措施，显著提升了水资源的配置效率。但在实际操作过程中，技术的成熟度、管理体制的完善与政策支持力度仍然是亟待解决的挑战。因此，加强技术研发、优化政策支持与推动跨部门合作，将是未来非常规水资源调度成功实施的关键。随着技术的不断进步与管理体系的逐步完善，水资源的调度将更加高效与智能，进而为新疆乃至其他干旱地区的可持续发展提供坚实保障。

【参考文献】

- [1] 郑富玲, 陈娴, 韩莉, 等. 非常规水源推动下水资源价格系统动力学模型的构建——以宁夏地区为例[J]. 黑龙江科学, 2024, 15(24): 38-41.
 - [2] 李自明, 刘斌, 景明, 等. 黄河流域非常规水源开发利用现状分析与思考[J]. 中国水利, 2025(1): 54-59.
 - [3] 周唐汉, 钟泽荟, 魏琦. 非常规水资源水权交易在南方丰水地区的实践和应用[Z]. 水利发展研究, 1-6[2025-03-14].
 - [4] 张佩瑶. 南方某市城区非常规水源利用现状与优化策略研究[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(2): 115-117.
- 作者简介: 王启玉 (1990.2—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心, 就职单位职务: 一般干部, 职称级别: 工程师。

地下水超采问题的治理与水资源可持续利用

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] 地下水资源的过度开采, 特别是在干旱和半干旱地区, 已逐渐成为制约这些地区经济与社会发展的主要瓶颈。长期大量抽取地下水不仅导致水位持续下降、破坏生态环境, 还可能引发一系列问题, 如地面沉降、水质污染及水资源短缺等。近年来, 地下水超采所带来的严峻挑战已被政府及相关部门意识到, 并纷纷采取包括技术手段与政策法规在内的多种治理措施。尽管如此, 地下水资源的合理开发与保护仍面临诸多困难, 亟需更加有效的策略与技术支持, 以确保水资源的可持续利用。

[关键词] 地下水; 超采问题; 治理; 水资源; 可持续利用

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16088

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

Governance of Groundwater Overexploitation and Sustainable Utilization of Water Resources

WANG Haixia

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

Abstract: The excessive exploitation of groundwater resources, especially in arid and semi-arid areas, has gradually become the main bottleneck restricting the economic and social development of these regions. Long term large-scale extraction of groundwater not only leads to continuous decline in water levels and damage to the ecological environment, but may also cause a series of problems such as land subsidence, water quality pollution, and water scarcity. In recent years, the severe challenges brought by overexploitation of groundwater have been recognized by the government and relevant departments, and various governance measures including technical means and policy regulations have been taken. However, the rational development and protection of groundwater resources still face many difficulties, and there is an urgent need for more effective strategies and technical support to ensure the sustainable use of water resources.

Keywords: groundwater; overexploitation problem; governance; water resources; sustainable utilization

引言

地下水, 作为地球上一种重要的水资源, 广泛应用于农业灌溉、工业生产及城市供水等多个领域, 发挥着至关重要的作用。随着全球人口的持续增长以及经济活动的不断扩展, 对地下水资源的需求也在逐步增加。在许多地区, 地下水的过度开采已经成为一个严重的环境与社会问题, 对生态环境以及可持续发展造成了巨大压力。要解决地下水超采的问题, 并确保水资源的可持续利用, 已成为当前亟需应对的全球性挑战。

1 地下水超采的现状与问题分析

1.1 地下水资源概述与分布

地下水是地球上至关重要的淡水资源, 广泛存在于岩层及土壤孔隙中, 主要通过降水渗透后储存于地下形成。与地表水相比, 地下水的补给周期较长, 其可利用性受到时间及区域条件的显著影响。由于不同地质结构与水文条件的差异, 地下水资源在区域分布上表现出较大差异。我国的地下水资源主要集中在黄河流域、华北平原以及东北平原等地区, 尤其在干旱与半干旱区域, 地下水往往成为农业灌溉与城市供水的主要来源。地下水的分布不仅受到地质特征的影响, 还与降水量、土壤渗透性以及地下水补给能力等多重因素密切相关。在西北及北方的沙漠与干旱地区, 对地下水的依赖性较强, 而东南沿海则主要依赖地

表水。在一些人口密集且农业用水需求较大的区域, 如华北平原与长江中下游地区, 地下水的过度开采已导致水位显著下降, 水质逐渐恶化, 甚至引发了一系列生态环境问题。不仅水量的过度抽取, 地下水水质问题在不同区域也表现出了明显差异。某些地区受到工业污染及农业施肥等因素的严重影响, 水质问题尤为突出, 这使得地下水资源的短缺与安全隐患愈加加剧。

1.2 地下水超采的原因分析

地下水超采已成为我国多个地区面临的严峻水资源问题, 其成因复杂且多样。农业用水是导致地下水过度开采的主要因素, 尤其在北方干旱地区, 农田灌溉几乎完全依赖地下水。这些地区降水量稀少, 地下水补给不足, 而灌溉过程中普遍存在高水耗、低效率的情况, 致使地下水被持续抽取, 水位逐年下降。随着城市化进程的加速, 地下水的过度开采也受到了极大影响。城市扩张及人口密度的增加导致水资源需求急剧上升。在一些水资源匮乏的城市, 地下水成为主要的供水来源, 而供水设施的不足使得地下水的无序开采愈加严重, 从而进一步加剧了水资源的紧张局面。工业用水及矿产开采对地下水资源的影响同样不可忽视, 在一些工业发达或矿产资源丰富的地区, 地下水不仅被用于生产, 开采过程中对地下水的过度消耗及对水系统的干扰, 也导致了不可逆的资源损失。更有甚者,

一些工业活动可能还会引起地下水污染,进一步加剧水资源危机。地方政府在地下水管理上的不足,也是超采现象的重要原因之一。在某些地区,由于地下水开采缺乏有效的监管,管理制度的不完善导致一些企业与农民忽视水资源保护,随意抽取地下水。此外,由于缺乏科学的地下水资源利用规划,超采问题在一定程度上得不到足够重视。

1.3 地下水超采的影响

地下水超采对环境和社会经济的影响深远,且广泛,威胁着水资源的可持续利用,并引发了一系列生态与社会问题。最直接的后果之一是地下水位的持续下降。随着地下水的过度开采,水位逐年下沉,恢复的难度也随之加大。在一些地区,地下水位已经降至无法恢复的水平,导致水源枯竭,甚至出现干井现象,严重影响了农田灌溉和居民日常用水的保障。生态环境方面,地下水超采对自然系统的破坏尤为严重,地下水位的下降打破了地下水与地表水之间的自然联系,进而影响了湿地、河流等生态系统的水源补给。在湿地地区,过度开采不仅导致湿地退化,生物多样性也丧失,生态功能受到显著削弱。同时,地下水超采还可能引发地面沉降,威胁到建筑物及基础设施的安全,并改变地下水的流动模式,进一步加剧了水资源的紧张局面。农业生产同样受到了地下水超采的负面影响,随着地下水位下降,灌溉水源的紧张使得农作物的生长受限,产量减少,农业生产面临巨大的不确定性,甚至可能引发粮食安全问题。在那些依赖地下水灌溉的地区,水资源的匮乏直接威胁到了农民的生计与社会的稳定。地下水超采还可能加剧水质问题。水位下降可能导致地下水中溶解的矿物质浓度增加,水质变差,从而影响饮用水的安全。在某些地区,长期抽取地下水会使有害物质进入水源,增加水质污染的风险,从而潜在威胁到居民的健康。

2 地下水超采的治理措施与技术

2.1 地下水资源的合理开发与保护

地下水资源的合理开发与保护是应对超采问题的核心所在。合理开发必须在科学评估的基础上进行,确保地下水的可持续利用,而保护措施则是确保水资源长期稳定供应的前提。合理开发地下水资源的首要任务是全面了解其水量、水质及分布情况。通过系统的水文地质勘查与实时监测,地下水的补给量与可开采量可以得到科学评估,从而避免开采量超过自然补给能力。同时,水资源的动态监控也至关重要,定期对地下水位、抽水量及水质变化进行监测,可以及时发现潜在的超采问题,并根据实际情况调整开发强度。提高水资源利用效率的有效途径之一是推广节水技术^[1]。例如,采用滴灌、微喷等高效节水灌溉技术,可以大幅减少农业用水需求;与此同时,推动工业与城市领域废水回收与循环利用,也能够显著减少对地下水的依赖,从而缓解水资源的压力。此外,利用雨水收集系统等技术手段,能够有效减少地下水的开采,减轻供水压

力。地下水的保护同样不可忽视,对水源地的保护需要加强,特别是在易受污染的地区,应严格控制化肥、农药及工业废水的排放,防止污染源进入地下水。此外,超采严重的地区应实施限采措施,开采量要严格控制,并且只有在水位恢复至一定水平后,才可恢复开采。同时,对地下水补给区的保护也是至关重要的,实施人工补水与生态修复等措施,以增强地下水的自然补给能力,维持水资源的良性循环。

2.2 地下水超采治理的技术手段

治理地下水超采问题中,技术手段的应用发挥着至关重要的作用。通过一系列先进技术的采用,不仅能够有效减轻地下水开采的压力,还能推动水资源的可持续利用。节水技术的推广是解决超采问题的核心之一,在农业灌溉中,滴灌与微喷灌溉技术可以精准调控水量,显著减少传统灌溉方式中水分的浪费,从源头上降低地下水的开采需求。同时,农业与工业废水的循环利用技术也是缓解超采的有效手段。通过对废水进行净化与再利用,水资源得以重新投入到生产与灌溉中,这不仅减少了对地下水的依赖,也有效地降低了污染物的排放。地下水的人工补给技术(如人工补水)正在逐步推广。这项技术通过注入外部水源来帮助恢复地下水位,减缓水位下降的速度。例如,在降水量或河流水源丰富的地区,实施人工注水能够有效地恢复地下水库的水量,从而维持水资源的稳定供应。智能化水资源管理技术的应用也逐渐兴起,结合大数据与物联网技术,通过实时监控地下水的的水位和水质等动态数据,为水资源的调度与管理提供了准确的依据。这些技术能帮助相关部门优化水资源的分配与利用,确保资源得到科学管理。结合地质勘查与地下水模拟技术,为地下水的合理开发与治理提供了可靠的科学支撑,保障了治理措施的可操作性与有效性。通过这些技术的综合运用,地下水资源的利用效率得到了显著提高,超采问题也得到了有效的缓解。

2.3 地下水超采治理的政策与法规

地下水超采问题的治理不仅依赖于技术手段,政策与法规的制定与执行同样至关重要。为规范地下水的开采与使用,近年来各级政府加强了相关法律法规的建设,推动了水资源管理体制的创新与完善。《水资源法》及地方性法规明确规定,地下水资源的开发必须遵循生态环境保护原则,禁止无序开采与过度利用。根据《水法》要求,水资源使用应秉持节约、高效、可持续的原则,地方政府必须依法设定地下水的开采总量,并对超采区域实施更严格的监管。与此同时,《地下水管理条例》出台,针对地下水资源管理做出了专门规定,明确地下水开采需经过审批,超采行为将面临严格的处罚。在超采问题尤为严重的地区,政府可依法限制或暂停地下水的开采,并推动地下水补给与恢复实施计划。这些法律的出台,增强了对地下水开采的监管,为水资源的可持续利用提供了坚实的法律保障。

在政策层面,政府还通过经济手段推动水资源的合理利用。例如,对节水技术与设施的投资给予补贴或税收减免,鼓励企业与农业采取更加节水的生产方式。同时,逐步推进水价改革,建立合理的水资源定价机制,实施差别化水价政策,促使用户更加节约用水。在超采严重的地区,地方政府通过年度水资源分配计划严格控制地下水的开采量,并结合水源地保护区的设立,进一步加强对水源地的保护工作。

3 水资源的可持续利用与未来规划

3.1 水资源可持续利用的理论原则

水资源的可持续利用已成为当今全球面临的重大挑战,核心目标在于满足当前人类的需求,同时确保未来世代也能充分享用这些资源。此目标基于可持续发展理论,强调在推动经济与社会发展的同时,实现资源的合理利用与生态环境的保护。在水资源的管理过程中,几项关键原则尤为重要。节约,作为其中的基本原则至关重要。水,作为有限的自然资源,正面临全球多个地区的紧张局面。必须将节约置于首位,提升水资源的利用效率,并推动合理资源分配,以最大程度减少浪费^[2]。在农业、工业及日常生活用水方面,采用新技术、加强管理、推动水的回收与再利用,均为有效的减少消耗途径。生态保护同样是一个不可忽视的原则,水资源的开发利用决不能以破坏生态环境为代价。水体污染与生态退化不仅影响社会生产生活,还可能导致水质下降,从而威胁资源的可持续性。在开发利用水资源时,必须确保不超过生态环境的承载力,保护水源地及湿地等自然生态系统,维持水质与生态功能。公平分配原则的重要性也不容忽视,在水资源的分配中不仅应考虑经济效益,还应注重社会公平及基本需求的满足。特别是在水资源紧缺的地区,应优先保障民生用水及农业灌溉。水资源的公平分配不仅体现在合理配置上,还应给予贫困地区及生态脆弱区域特殊关注。水资源的可持续管理,需以系统性的视角来看待。它不仅仅涉及水量的控制,更是跨领域、跨部门的综合性工程。这包括科学规划水资源、跨区域协调管理、应急响应机制的建立等。通过整合各方需求,全面提升水资源的可持续性。因此,水资源的可持续利用不仅是技术问题,它还涉及社会、经济与环境的多维挑战。只有秉持上述原则,水资源才能得到长远、健康的管理,确保人类社会在未来发展中继续享有充足的水资源。

3.2 提高水资源利用效率的策略

提高水资源利用效率是实现可持续利用的关键策略之一。随着全球水资源的日益紧张,如何在保障经济社会发展与民生需求的同时提升水资源使用效率,已成为亟待解决的重大问题。为应对这一挑战,多个层面的优化措施应被采取,以提高水资源的利用效率。节水技术与设备的推广是提升水资源效率的首要步骤,农业、工业及城市生

活用水中普遍存在浪费现象,而采用先进的节水技术与设备,则能有效缓解这一问题。在农业领域,现代化的滴灌与喷灌技术,能够代替传统的漫灌方式,从而大幅减少水资源的浪费;在工业中,通过引入循环水系统与冷却塔等设备,不仅能有效降低用水量,还能显著减少污水排放;在城市生活方面,安装节水型卫浴设备与智能水表等措施,也可避免不必要的水资源浪费。提升水的回收与再利用比例也是提高水资源效率的重要途径,通过有效的水资源回收与再利用,既能减少对新鲜水源的需求,也能减轻污水处理系统的负担。在工业领域,通过水的闭路循环实现重复利用,可显著减少水消耗;在城市建设中,雨水收集系统与中水回用系统的应用,使得生活用水与工业废水经过处理后再度利用,减少了对自来水的依赖。加强水资源管理与调度也是提高水资源利用效率的关键举措,科学的水资源管理有助于合理配置水源,避免资源的过度开发与浪费。特别是在水资源匮乏的地区,水量监控、定期检测与优化调度,能够显著提高水的利用效率^[3]。此外,跨部门与跨区域的协调管理,能有效整合资源,避免重复投资与不必要的资源浪费。提高公众节水意识同样不可忽视,水资源的高效利用不仅仅依赖于技术进步与设备创新,更需社会公众的积极参与与支持。通过加强节水教育与宣传活动,普及水资源的重要性,使公众形成节水意识,并养成良好的节水习惯,从而在全社会范围内营造有效的节水氛围,促进水资源的高效利用。

4 结语

地下水超采,作为水资源管理中的一项重大挑战,其对生态环境与经济的影响是深远且广泛的。为实现水资源的可持续利用,科学有效的治理手段是必不可少的,必须结合先进技术与合理的政策措施,以确保地下水资源的合理开发与保护。随着技术的不断进步与管理体的逐步完善,地下水的利用效率将显著提高,水资源的稳定供应与生态系统的健康得以保障。水资源的有效利用,离不开全社会的共同努力。节水意识的增强,促进了节水行为的普及,这将为未来提供充足且清洁的水资源。

[参考文献]

- [1]杨真.新疆地区地下水资源评价与管理现状有关问题探究[J].内蒙古水利,2024(2):78-79.
 - [2]张婷.新疆克州地区地表、地下水资源综合评价分析[J].山西水利科技,2024(1):49-53.
 - [3]古丽巴哈尔·阿不里孜.新疆喀什地区地下水水资源承载力综合评价[J].地下水,2023,45(3):40-41.
- 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:新疆昌吉市大西渠镇农业发展服务中心,职称级别:高级工程师。

环境监测水质样品采集注意事项

黄 姣

陕西工程勘察研究院有限公司, 陕西 西安 710000

[摘要] 水质分析过程常受到多种因素的影响, 例如外界环境条件、采样容器的选择及水样的保存过程等。因此, 水质样品采集的质量直接决定了分析数据的准确性。在采样过程中, 任何失误都可能导致分析结果的偏差, 影响后续检测工作的可靠性。因此, 确保水质采样及保存过程中的质量控制至关重要。针对这种情况, 此文综合环境监测水质样品采集过程中需要注意的问题进行分析, 为环境监测水质样品采集提供一定的操作规范, 更好地提升检测机构整体能力、规避风险。

[关键词] 环境监测; 水质样品; 样品采集; 注意事项

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16068

中图分类号: X132

文献标识码: A

Precautions for Collecting Water Quality Samples for Environmental Monitoring

HUANG Jiao

Shaanxi Institute of Engineering Investigation Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: The process of water quality analysis is often influenced by various factors, such as external environmental conditions, selection of sampling containers, and the preservation process of water samples. Therefore, the quality of water quality sample collection directly determines the accuracy of analytical data. During the sampling process, any errors may lead to deviations in the analysis results, affecting the reliability of subsequent detection work. Therefore, ensuring quality control during water quality sampling and preservation is crucial. In response to this situation, this article analyzes the issues that need to be paid attention to during the collection of water quality samples for comprehensive environmental monitoring, providing certain operational standards for the collection of water quality samples for environmental monitoring, and better enhancing the overall ability of testing institutions to avoid risks.

Keywords: environmental monitoring; water quality samples; sample collection; precautions

引言

水质样品的采集是评估水体污染状况、分析水质变化趋势及制定环境保护措施的基础工作。水质监测对于保障水资源的安全与可持续利用至关重要。通过科学准确地采样, 水体污染源能够及时被识别, 并采取有效的治理对策, 从而维持水体生态环境的健康。然而, 水质样品的采集必须严格遵循标准操作程序, 因为任何环节的疏忽或失误都可能导致监测数据的偏差, 进而影响后续分析结果的准确性, 甚至影响环境管理决策的科学性。因此, 采样人员应具备较高的专业素养和操作能力, 采样方案应科学地规划, 采样点、采样时间及频率应合理选择, 并且应确保使用符合要求的设备与容器, 以保证采集的水样能够真实反映水体状况。本文将详细探讨水质样品采集中的关键事项, 涵盖采样计划的制定、监测点位的选定、采样周期与频率的确定、采样设备与容器的选择以及操作规范的执行等方面, 旨在为水质监测工作提供更为科学与有效的指导。

1 水质环境样品监测的工作意义

水质环境样品监测是保护与改善水环境质量的核心手段, 对水资源的可持续利用具有深远的意义。通过水质样品的监测, 可以实时掌握水体中污染物的种类、浓度及分布情况, 水质变化趋势能够及时被识别, 从而为水污染

治理、生态环境保护及水资源管理提供科学依据。水质监测还帮助相关部门评估污染源治理的成效, 确保水环境保护政策得到了有效落实。此外, 水质监测为水体污染应急响应提供了关键数据支持, 污染的扩散得以防止, 减少了对生态系统及人体健康的危害。随着环保法规的逐步完善, 水质监测已成为保障公共卫生与生态安全的重要措施, 为实现可持续发展提供了坚实的保障。因此, 水质环境样品监测在环境管理中发挥着不可或缺的作用, 对水资源保护和水环境的改善也具有重要影响。

2 环境监测水质样品采集存在的不足

2.1 自然环境因素

在水质样品采集的环境监测过程中, 自然环境因素对采样质量具有显著影响。气候条件、季节变化以及水体流动性等因素, 都会在一定程度上干扰样品的代表性与准确性。例如, 极端天气情况, 如降雨、洪水或干旱, 可能引发水体中污染物浓度的剧烈波动, 从而影响监测数据的稳定性与可比性。同时, 水流速度、温度的变化以及水体自净能力等因素, 可能导致水样在采样过程中发生变化, 进而未能真实反映水质情况。此外, 水体中的浮游物、藻类的生长, 或水生植物的繁殖等自然现象, 也可能影响采样的效率与精确性。由于这些自然环境因素复杂且不断变化,

水质样品采集容易受到环境变动的干扰,进而影响水质监测结果的可靠性与科学性。

2.2 采样计划内容不完善

在水质样品采集的环境监测过程中,采样计划内容的不完善常常成为一个突出问题。若采样计划缺乏细致和科学性,样品的代表性可能不足,从而影响监测数据的准确性和可靠性。一方面,采样计划可能未能合理安排采样点、采样频率以及采样时间等关键因素,致使采集的样品未能全面反映水体的真实水质状况。另一方面,若采样计划未充分考虑季节变化、天气条件或特定水域的变化,忽视了水体的动态特性,采样数据可能出现偏差^[1]。此外,若计划中没有明确规定不同污染源对水体的潜在影响,或缺乏对特殊污染物采样要求的详细说明,某些重要指标可能会被遗漏,从而影响水质监测的全面性与精准性。

2.3 采样监测设置不准确

环境监测中水质采样的频率、频次以及监测点的设置,对于采样结果的准确性和代表性至关重要。为了确保样品能够准确、全面地反映生态环境特征,在采样设计过程中,必须根据一定的频率和频次进行监测,并合理选择监测点位。然而,目前的水质采样往往存在随意性,采样频率有时过于频繁或过于稀疏,无法有效体现环境的阶段性变化。此外,监测点的设置也较为随意,未能充分代表整个环境状况,因此影响了采样结果的全面性和准确性。

2.4 采样容器存在问题

在水质样品采集的环境监测过程中,采样容器的选择和使用可能存在一些问题,这些问题会影响样品的代表性与准确性。如果采样容器的材质不符合标准,水质样品可能会与容器发生化学反应,导致样品成分发生变化。例如,一些塑料容器可能吸附水中的有机物质、油类物质或释放添加剂,进而改变水质样品的原始成分,影响后续分析结果。另一个问题是容器若未经过严格清洗与消毒,杂质或污染物可能会被引入,导致样品污染,从而影响数据的准确性。此外,容器的密封性也是关键因素之一,若容器在采样过程中未能有效密封,气体或挥发性成分可能会逸出,使得样品失去代表性。最后,若容器的容量与颜色不符合采样要求,样品量可能不足,进而无法进行全面的分析、多项指标的检测或者复检工作,同时未避光采样保存,也会影响后续检测工作。

2.5 采样人员操作不规范

在水质样品采集的环境监测过程中,采样人员操作不规范是一个常见问题,可能对样品的准确性与代表性产生重大影响。若采样人员在操作时未严格遵循标准操作程序,采样前必要的准备工作,如清洗和消毒采样工具及容器,保护剂的添加等,都可能会被忽视。这种疏忽可能导致样品受到污染或者失效,从而影响后续分析结果的可靠性。在采样过程中,若采样人员未按预定的采样点进行取样,

或未能精准掌握采样的深度与位置,所采集的水样可能无法真实反映整个水体的水质状况。此外,采样频率与周期若未得到恰当把控,也可能导致监测数据的失真,无法有效反映水质的变化^[2]。更有甚者,若采样时操作不当,例如未注意采样容器的环境条件或样品储存不当,水质样品的质量可能会受到影响,进而影响监测结果的准确性。

3 环境监测水质样品采集的注意事项

3.1 制定详细的采样计划

制定详细的采样计划是确保水质监测数据准确性与可靠性的核心环节。一个合理、科学的采样计划不仅能够有效指导采样活动,还能确保所采集的样品能真实反映水体的水质情况,并具备代表性。明确监测目标和具体要求,在这一过程中至关重要。计划应根据不同的监测目的进行相应设计,这些目的可能包括对某一特定污染源的监测、对某一时间段水质变化的分析,或是对某一水域整体水质的评估。采样点的选择与分布应充分考虑水体的流动特性、污染源的分布以及水质变化的时空特性,根据这些目标来进行合理安排。采样时间与频率的安排是采样计划中的重要组成部分,对数据的准确性起着直接影响。采样时间应与水质变化的周期性特征相结合来决定,比如季节性变化或污染物排放规律,这样能确保能够捕捉到水质变化的关键时刻。采样频率则应根据水体污染的特点进行合理设定,对于污染源波动较大的水域,采样频率应适当提高,从而能够及时反映水质的变化;而对于污染变化较为缓慢的水体,适度降低采样频率即可,在确保数据全面性的同时避免资源浪费。在采样过程中,设备与容器的选择也至关重要。采样工具必须严格按照监测项目的要求进行选用,确保其不与水样发生反应,避免对样品造成污染或损失。此外,采样方法、采样深度及技术标准的规范性必须在计划中得到明确规定,同时按照规范进行平行样品的采集,以及储存、运输过程的控制,以确保采样工作的一致性和可比性。在实际采样过程中,环境因素的变化,如天气状况、突发污染事件等,可能会对采样结果产生影响,因此采样计划应考虑到这些变化,并做好相应的调整和预案。

3.2 环境监测水质采样监测点位选择

在环境监测中,水质采样监测点位的选择对确保数据的代表性与准确性至关重要。采样点位的确定应根据水体的流动特性、污染源的分布以及监测目标来合理安排。例如,对于流动性较强的水体,如河流和溪流,采样点应分布在水流的不同位置,涵盖上游、中游和下游,以全面了解水质变化及污染源的影响。而在静态水体中,如湖泊和水库,采样点应考虑水体的不同深度以及水域的分区,确保数据能够准确反映水体的整体状况。监测点位还应重点考虑潜在的污染源,例如工业排放口、农业径流区及生活污水排放口等,这些区域对水质可能有显著影响,因此应给予特别关注。过于特殊或偶发的地点,如临时污染源或

受异常气候影响的水域,应该避免选择,以保证采样数据的长期稳定性与代表性。在城市河流和湖泊等水域采样时,能反映整个城市水质状况的区域应被选择,避免局部影响因素的干扰^[3]。最后,采样点的选择还应考虑后续水质分析的需求,确保所采集的样品能够满足不同监测项目的技术要求,如化学成分、微生物指标等。

3.3 明确采样周期与采样频率

在水质样品采集过程中,采样周期与采样频率的合理设定是至关重要的环节。采样周期指的是两次监测之间的时间间隔,而采样频率则是指在规定的周期内进行采样的次数。两者的设计直接影响监测数据的全面性与代表性。采样周期的安排应根据监测目标、对象以及水体变化特性来决定。例如,对于季节性污染物或受气候变化影响较大的水体,较长的采样周期有助于捕捉不同季节或环境条件下的水质变化。对于污染源较为稳定且排放规律明确的水域,可以设置较短的周期进行定期监测。采样频率的确定应考虑水质变化的速度与监测需求。高频采样能提供更加细致的数据,有助于揭示水质短期波动及突发污染事件,但也伴随较高的成本和资源消耗。因此,采样频率的设定需合理平衡资源配置与水质变化预期,避免不必要的重复采样或忽略关键的变化趋势。根据污染物种类,采样频率还应进行调整。例如,针对持续时间较长的污染物,如氮磷类物质,采样频率可以适当降低;而对于容易受突发事件影响的污染物,如重金属或有毒物质,采样频率则可能需要增加,以实时监测其浓度变化。

3.4 采样设备以及采样容器

在环境监测水质样品的采集过程中,选择适合的采样设备与容器是确保数据准确性与可靠性的关键环节。相关技术规范应被采样设备遵循,确保能够有效地收集代表性的水质样品。常见的设备类型包括自动采样器、手动采样器及专用采样桶等。自动采样器通常适用于长期、大范围的监测任务,能够根据预设程序定时定量地进行采样,而手动采样器则更适合用于点位固定或小范围的监测,操作简单,便于灵活使用。选择设备时,水体特性与监测需求应被考虑,以确保设备的匹配。例如,对于污染严重的水体或特殊监测区域,使用精度较高的自动采样器有助于更准确地反映水质状况。采样容器的选择同样至关重要,应根据所监测的水质指标种类来选择合适的材质和规格。通常情况下,玻璃或专用塑料容器适用于大多数水质监测任务,但对于易挥发或有毒的污染物,应选用具备密封性且抗污染的容器。在采样过程中,容器开口应避免直接接触外部环境,以防污染物进入。采样后,容器应确保密封完好,并尽量缩短从采样到分析的时间,防止样品参数的检

测时效超时,样品的化学性质发生变化,从而影响后续分析结果。

3.5 水质监测人员的操作水平

水质监测人员的操作水平直接影响采集水质样品的质量以及后续分析结果的准确性。扎实的专业知识和技术能力必须具备,监测人员应理解水质监测的基本原理与操作标准,确保在采样过程中每个环节严格遵循规定。在采样之前,采样点的水文地质特点及环境变化应被充分了解,准确判断采样位置,合理规划采样方案是必要的。操作设备的熟练使用也至关重要,确保设备在采样时能够正常工作,避免设备故障或不当操作导致样品采集失败^[4]。应变能力,尤其是在面对突发事件或恶劣环境条件时,必须具备,以便采取及时有效的应对措施,保障采样任务顺利完成。操作规程应严格按照标准执行,防止交叉污染或其他操作不当问题,确保所采集样品的代表性与准确性。采样过程中,细致与谨慎的态度至关重要,确保样品在采集、转移与保存过程中不受外界干扰或污染。同时需做好现场记录及影像留存同样至关重要,对后期样品溯源有一定的帮助。最后,良好的沟通技巧和团队合作精神对采样工作的顺利完成有着积极影响,确保与其他相关人员的配合与协调。

4 结语

水质样品的采集是水质分析过程中不可或缺的一环,对于最终监测结果的准确性与可靠性,起着决定性作用。通过制定科学合理的采样计划、精确选择监测点位、严格管理采样设备与容器,以及确保采样人员具备专业操作技能,外界环境及人为因素对采样质量的干扰可以有效降低,从而确保水质数据的代表性与可靠性。水质样品的采集不仅是水环境监测的基础环节,也是为环境保护及管理决策提供支撑的关键步骤。通过持续优化采样流程并加强质量控制,更加精准、可靠的数据支持才能为水环境治理提供,推动生态环境的可持续发展。

【参考文献】

- [1]周欣.初探环境监测水质样品采集注意事项[J].资源节约与环保,2019,12(8):58.
 - [2]韩红,杨宇.水质环境监测的样品采集与保存过程的质量控制研究[J].山东化工,2024,53(14):276-278.
 - [3]徐蕊.环境监测水质采样质量管理研究[J].绿色科技,2019,11(24):131-133.
 - [4]徐刚,黄磊.水质环境监测中样品采集与保存过程的质量控制研究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(2):42-43.
- 作者简介:黄姣(1989.7—),毕业院校:西北农林科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:陕西工程勘察研究院有限公司,职称级别:工程师。

水利工程建设中主体工程水土保持治理对策

朱 杰

新疆塔里木河水利勘测设计院, 新疆 喀什 844700

[摘要]近年来,随着我国经济的快速增长,水利工程建设得到广泛开展,满足了水资源需求,并为防洪、灌溉及供水提供保障。然而,水土流失问题日益严重,威胁生态环境及水利工程的安全与效益。我国是水土流失最严重的国家之一,流失面积已占全国土地面积的42%。自然因素如降水变化及风力侵蚀是主要原因,但大规模水利工程建设加剧了这一问题。施工过程中,土壤破坏及水流冲击导致泥沙进入河道,影响水库蓄水能力甚至引发河道断流。因此,采取有效的水土保持措施,不仅保障工程顺利进行还可减少环境负面影响,促进生态可持续发展。

[关键词]水利工程;水土保持;治理对策

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16057

中图分类号: S157

文献标识码: A

Countermeasures for Soil and Water Conservation Control of Main Projects in Water Conservancy Engineering Construction

ZHU Jie

Xinjiang Tarim River Water Resources Survey and Design Institute, Kashgar, Xinjiang, 844700, China

Abstract: In recent years, with the rapid growth of Chinese economy, water conservancy engineering construction has been widely carried out, meeting the demand for water resources and providing guarantees for flood control, irrigation, and water supply. However, the problem of soil erosion is becoming increasingly serious, threatening the safety and efficiency of the ecological environment and water conservancy projects. China is one of the countries with the most severe soil erosion, accounting for 42% of the country's land area. Natural factors such as changes in precipitation and wind erosion are the main causes, but large-scale water conservancy projects have exacerbated this problem. During the construction process, soil damage and water flow impact cause sediment to enter the river, affecting the reservoir's water storage capacity and even causing the river to stop flowing. Therefore, adopting effective soil and water conservation measures can not only ensure the smooth progress of the project, but also reduce negative environmental impacts and promote ecological sustainable development.

Keywords: water conservancy engineering; water and soil conservation; countermeasures

引言

水利工程在推动经济发展和资源管理方面具有重要作用。随着工程建设的不断扩展,水土流失问题愈加严重,进而影响到工程的效益以及生态环境。水土流失不仅会破坏土壤结构,还会加速河道的淤积,降低水库的蓄水能力。如何在水利工程的建设过程中有效防治水土流失,已经成为亟需解决的关键问题。

1 水土流失对水利工程的危害

随着我国经济的持续增长及水利工程建设的发展,水土流失问题愈加严重,已影响到约42%的土地面积。水力侵蚀与风力侵蚀是导致这一问题的主要因素。作为全球水土流失问题较为严重的国家,我国在水利工程建设过程中,水土流失现象日益突出,特别是在河流断流、山区丘陵沙漠化以及水量枯竭等地区,水土流失带来的危害不容忽视。某些地区在降水季节的水量极其稀少,导致河道淤积堆积,进一步影响生态环境,并威胁水资源的持续利用。水利工程本身对水土流失的加剧起到了推波助澜的作用,在建设过程中土壤层的破坏导致土地附着力降低,土壤稳定

性下降,使其更容易受到水流和风力侵蚀。尤其是在水利设施周围的河道,水流的持续冲击将大量泥沙带入河道,导致水位上涨、淤泥堆积,严重影响了水库的蓄水能力与水质。随着水利工程建设规模的不断扩大,水土流失的风险日益加剧,不仅危及水利设施的长期运行,还给当地生态系统带来了极大挑战。因此,采取切实有效的水土保持措施,已成为水利工程建设中亟需解决的问题。

2 水利工程建设中主体工程水土保持的基本原则

2.1 生态优先与可持续发展原则

在水利工程建设中,生态优先与可持续发展的原则构成了保障水土保持效果的核心基础。面对日益严峻的全球环境挑战,水利工程不仅需实现供水、灌溉、防洪等基本功能,更应充分考虑生态系统的保护与恢复。生态优先要求,在工程设计、施工及运营的各个阶段,必须全面评估生态环境的承载能力,避免因不合理的开发或过度利用而引发水土流失与生态退化。可持续发展原则则强调,在满足当前需求的同时,要为未来的资源利用和生态环境保护预留足够的空间。水利工程的建设应通过科学的资源管理

与有效的生态修复手段,尽量减少对自然环境的负面影响,并积极促进生态环境的修复与再生。在设计阶段,应通过合理的工程布局,避免破坏重要的生态功能区;在施工阶段,水土保持措施的适时实施能够有效防止土壤侵蚀与水流冲刷;而在运营阶段,应定期评估工程对周围生态的影响,及时进行修复与调整,以确保生态环境的长期健康与稳定。

2.2 工程与自然环境和谐共生的设计理念

工程与自然环境和谐共生的设计理念核心在于将水利工程的建设需求与自然环境的规律有机融合,从而确保工程的可持续性与生态系统的健康共存。此理念认为,水利工程不仅仅是单纯的技术性建筑,它应当与周围的自然环境紧密相适应。通过科学的设计与精确的施工,生态平衡得以避免破坏,自然系统的自我恢复与长远发展得以推动。在实施过程中,这要求工程规划阶段全面考虑生态敏感区、土地利用类型及生物多样性等多个因素,力求避免过度开发与环境的破坏。例如,在水库建设时,合理选址能有效防止占用重要湿地或破坏水生生态环境;而在河流治理时,分段治理策略可减少周围生态系统的干扰。施工阶段,应通过临时生态修复措施,防止水土流失与栖息地破坏,确保生态环境的完整性。此外,长期的生态恢复与维护在此设计理念中也占有重要地位,工程完工后必须采取有效的生态补偿与修复措施,恢复受影响区域的生态功能,并强化生态系统的监测与管理,从而确保项目在长期运行过程中不会对环境产生持续的负面影响。通过合理的规划与科学设计,水利工程的建设不仅是推动社会发展的过程,同时也应成为环境保护与社会进步并行的范例,最终实现人与自然的和谐共生。

3 水利工程建设中的水土保持治理措施

3.1 工程设计阶段的水水土保持措施

在水利工程建设的设计阶段,水土保持措施的科学制定至关重要,因为这一阶段的规划直接决定了后续施工与运营中的水土保持效果。设计时必须充分考虑地形、气候、土壤等自然条件,并结合区域水文特点进行精准布局。特别是在高风险区域的选择上,应避免将工程项目设置在如陡峭坡面、裸露土壤区域及水源涵养区等容易受到水土流失影响的地方。合理的布局设计,不仅能有效减少对自然生态系统的干扰,还能促进水利设施与周围环境的和谐融合。设计方案还应融入水土保持的功能性考量,特别是针对可能导致水土流失的关键区域,如河道、坡面、堤坝等。防护措施必须在这些区域中预先规划。例如,通过边坡加固、植被覆盖或生态护坡等方式,可有效减缓土壤侵蚀。这些措施不仅能降低施工期间土壤破坏的风险,还能够通过植物固土作用,提高项目的长期稳定性。水流流速与流量变化也需要在设计中予以关注,避免急剧水流变化引发水土流失问题。在设计过程中,还应为后续施工及管理阶段的水土保持工作留出充足空间,确保设计具备操作性。

这包括设置科学的排水系统、合理规划植被恢复以及生态修复方案,使得在项目竣工后,能够快速恢复周围生态环境,从而确保生态系统的健康延续。

3.2 施工阶段的水水土保持措施

在水利工程的施工阶段,水土保持措施的实施对工程的顺利进行及环境保护至关重要。施工活动,如土石方作业、道路建设、堤坝施工等,往往会导致大量裸露土壤,成为水土流失的主要源头。因此,在施工前、施工中及施工后,必须针对性地采取一系列有效的水水土保持措施。施工前,必须对施工区域进行全面的土壤与水文分析,结合不同的地形与气候条件,精确制定水土保持计划。在此过程中,施工区域周边应设置防护带与临时排水沟等设施,以防止雨水直接冲刷裸露土壤,从而减少水土流失的风险。与此同时,施工顺序应合理安排,尽量减少土壤的长期裸露,缩短裸土暴露的时间,进而降低水土流失的可能性。施工期间,边坡防护措施应严格落实,针对易受水流冲刷的坡面、堤坝等区域,可采取喷播草种、栽植防护林带等绿化手段,并结合护坡网等设施,对土壤结构进行加固。此外,临时排水系统也应当及时设置,确保雨水能够迅速排出,避免积水对土壤造成侵蚀。施工结束后,裸露土壤应通过草种覆盖或其他植被恢复方式加以修复,减少水流对土壤的冲刷。同时,防护设施如挡土墙、排水系统等应完成建设,以确保水土保持措施的长期有效性。通过这些精准的水土保持策略,施工期间的水土流失可得到有效控制,环境负面影响将大大减轻,从而保障水利工程的可持续发展与生态稳定。

3.3 完工后与长期水土保持管理

完工后的水土保持管理是确保水利工程长期稳定运行及维持生态平衡的关键环节。尽管施工阶段已经采取了一系列水土保持措施,随着时间的推移,生态环境的变化、自然因素的干扰以及人类活动的影响,可能会逐渐削弱这些措施的效果。因此,持续的管理与监测在完工后显得尤为重要,以确保水土保持措施能够长期持续地发挥作用。在完工后,定期评估水土保持效果是必要的,通过监测土壤侵蚀、植被覆盖度及水流变化等关键因素,可以及时发现潜在问题,并作出相应调整。例如,可能会出现某些区域植被恢复不良的情况,或者边坡防护效果低于预期,这时就需要通过补种或加固措施来避免水土流失的加剧。长期的水土保持管理应着重于水利工程周边区域的生态恢复,必须建立完善的生态修复体系,定期检查与维护水库、河道等关键区域的水土保持设施,以确保其稳定运行。同时,绿化带与植被恢复等生态工程的管理也需要加强,确保生态环境能够持续向好发展。在管理过程中,地方政府及相关部门应积极推动公众对水土保持重要性的认知。通过政策引导与宣传活动,鼓励社区与地方力量参与水土保持管理。通过多方协作,才能共同维护水土保持的成果,

保障生态环境的长效稳定。

4 主体工程水土保持治理的技术对策

4.1 土壤侵蚀防护技术

土壤侵蚀防护技术在水利工程中的水土保持治理中具有举足轻重的作用,特别是在山区、丘陵等易发生水土流失的区域,其应用显得尤为关键。有效的防护技术不仅能有效遏制土壤流失,还能保障水土资源的可持续利用,确保水利工程的长期稳定运行。植被覆盖被视为减少土壤侵蚀的基础手段之一,适宜当地气候与土壤条件的植物种植,可以增加地表的覆盖度,进而有效减少雨水的冲刷作用。在坡度较陡的区域,草坪、灌木、树木等植被通过其根系固定土壤,从而减缓水流对土壤的冲击。植物根系不仅能防止土壤滑坡,还能提高土壤的渗透性,进而减缓雨水流速,对土壤起到更强的保护作用^[1]。除了植被覆盖,工程性措施也是防治土壤侵蚀的有效途径,在易受水流冲刷的区域,如坡面和堤坝等,通过设置土工布、护坡网、石砌挡墙等结构性防护设施,可有效防止水流对土壤的直接冲刷。此外,合理规划排水系统,如排水沟、滞水池等设施,有助于控制水流的方向与速度,从而减少水流对土壤的侵蚀作用。在施工阶段及工程初期,应重点对易发生水土流失的区域进行地形改造、植被恢复及水土保持设施的合理布局,从源头上降低水土流失的风险。对于已经发生侵蚀的区域,可采用填土、复垦、加固等修复方法,通过生态恢复手段帮助区域尽快恢复到理想的水土保持状态。

4.2 水流控制与调节技术

水流控制与调节技术在水利工程中,作为防止水土流失、促进水土保持的重要手段,发挥着至关重要的作用。尤其是在河流、湖泊及水库等水域周边,水流的速度和流向直接影响着土壤的侵蚀程度。为了有效降低水土流失,水流方向与流速的合理调控显得尤为关键。通过调节水流速度,水流对土壤的冲刷作用可显著减小。采用水流分流、导流等技术,水流能够被引导至预定路线,从而避免对易受侵蚀区域的破坏^[2]。例如,在河道中设置分流渠或滞水池,能够有效分散水流的冲击,减轻水土流失的风险。堤坝及挡水设施的合理设计,有助于有效控制水位的变化,防止水流过速而引发土壤侵蚀。水流调节不仅应关注流速的控制,还需重视水量的合理配置。在水土流失较严重的区域,通过建设蓄水池或设置水位调节闸门等设施,能够调节水流量,确保水资源的合理利用,避免因水量过多或过少而引发土壤侵蚀。在水流量较大的地区,流量的调节可有助于缓解洪水对河道及周边土壤的冲击;而在干旱地区,水流量的调节则能提供足够的水分,维持土壤的水分平衡,进一步促进水土保持。在设计河道时,应考虑河道的曲线与地形特征,避免采用过于直线的布局,从而避免

水流的过度集中,进而加剧土壤侵蚀。通过设计弯曲的河道,不仅能够减缓水流的冲击力,还能延长水流与土壤的接触时间,增强土壤的水分保持能力,从而进一步提升水土保持的效果。

4.3 坡面防护与加固技术

坡面防护与加固技术在防治水土流失中起着至关重要的作用,尤其适用于坡度较大的地区。在这些区域,采取有效的防护措施对于保持土壤的稳定性至关重要。植被恢复是坡面防护的基础,植物根系的固土作用能够有效减少水流对土壤的冲刷,从而显著提升坡面的稳定性^[3]。选用适应性强、抗侵蚀能力优越的植物品种,能够在不同气候条件下,持续有效地控制土壤流失,促进坡面生态环境的恢复。在坡面加固中,工程性防护措施起着不可或缺的作用,通过采用石笼、挡土墙、护坡网等结构性防护设施,不仅为坡面提供稳定的支撑,还能有效降低滑坡或崩塌的风险,这些结构设计在提供支撑力的同时,具备良好的透水性,能有效避免水流对土壤的直接冲击,从而减轻土壤的侵蚀。排水系统在坡面防护中的作用同样不容忽视,设置排水沟和渗水管道可以有效减少坡面上水分的积聚,防止土壤湿滑,从而提升坡面的抗侵蚀能力。这些措施不仅增强了坡面的稳定性,还帮助减少了因水分过多而导致的土壤流失问题。

5 结语

水土保持在水利工程建设中的重要性不可忽视,其对工程的稳定性、生态环境的保护以及资源的可持续性,直接产生深远影响。通过在设计、施工及后期管理过程中实施科学合理的水土保持策略,水土流失能够有效避免,生态破坏得以减少,从而实现水利工程与生态环境的和谐共存。随着科技的不断发展与管理理念的更新,水土保持措施将在未来进一步得到完善。这不仅能确保水利工程满足当前的需求,还将为未来世代创造一个更加稳固且可持续的环境。为了实现绿色发展与生态文明的目标,水土保持的研究与实践应继续推动,以确保水利工程在为社会服务的同时,能够有效保护与修复生态环境。

【参考文献】

- [1]王燕华.水利工程建设中水土保持与生态环境保护存在的问题及对策研究[J].水上安全,2024(18):23-25.
- [2]王海霞.水利工程建设中水土流失特点及治理对策探析[J].地下水,2020,42(3):221-222.
- [3]张棋.水利工程建设中的水土保持与可持续发展分析[J].中国水运,2024(24):100-101.

作者简介:朱杰(1992—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:农业水利工程,当前就单位:新疆塔里木河水利勘测设计院,职称级别:工程师。

生态清洁小流域综合整治工程中生态型护岸施工技术探究与成效

李 慧

上海华城工程建设管理有限公司，上海 200233

[摘要]水是万物生活的来源，土是众生生长的基础，水土资源是人类生存与发展的最基本条件。水土流失防治的过程是水土保持不断发展的过程，生态清洁小流域在传统小流域建设的基础上更注重生态、自然、人文、系统的和谐统一，生态清洁小流域的综合治理相比传统小流域的建设更适应新时期生态环境可持续的新发展。在中小河道综合整治施工过程中，护岸施工又尤为为重要。生态型护岸的形式多样，此文通过介绍浦东新区老港镇生态清洁小流域综合整治工程为例，探究生态型护岸施工技术与成效。

[关键词]生态护岸；生态治理；综合整治；持续发展；和谐共处

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16073

中图分类号: TV861

文献标识码: A

Exploration and Effectiveness of Ecological Revetment Construction Technology in the Comprehensive Improvement Project of Ecological Clean Small Watersheds

LI Hui

Shanghai Huacheng Engineering Construction Management Co., Ltd., Shanghai, 200233, China

Abstract: Water is the source of life for all things, soil is the foundation for the growth of sentient beings, and water and soil resources are the most basic conditions for human survival and development. The process of preventing and controlling soil erosion is a continuous development of soil and water conservation. Ecological clean small watersheds pay more attention to the harmonious unity of ecology, nature, culture, and system on the basis of traditional small watershed construction. The comprehensive management of ecological clean small watersheds is more suitable for the sustainable development of the ecological environment in the new era compared to the construction of traditional small watersheds. During the comprehensive renovation of small and medium-sized river channels, the construction of bank protection is particularly important. There are various forms of ecological revetment. This article takes the comprehensive improvement project of ecological clean small watershed in Laogang Town, Pudong New Area as an example to explore the construction technology and effectiveness of ecological revetment.

Keywords: ecological shoreline protection; ecological governance; comprehensive rectification; sustainable development; harmonious coexistence

水利部发布的中华人民共和国水利行业标准《生态清洁小流域建设技术导则》(SL-534-2013)中生态清洁小流域定义为：在传统小流域综合治理基础上，将水资源保护、面源污染防治、农村垃圾及污水处理等结合到一起的一种新型综合治理模式。其建设目标是沟道侵蚀得到控制、坡面侵蚀强度在轻度（含轻度）以下、水体清洁且非富营养化、行洪安全、生态系统良性循环的小流域。相比传统的小流域治理，生态清洁小流域是在传统的小流域治理上的提升与优化，生态清洁小流域在生态、自然、系统等方面更加重视与关注，生态清洁小流域更加。上海市根据《上海市生态清洁小流域建设总体方案》，通过集中连片、系统治理、区域推进，到2025年以郊区为重点，建成“河湖通畅、生态健康、清洁美丽、人水和谐”的高品质生态清洁小流域治理单元。

生态护岸作为“可呼吸的河岸”，其结构形式种类很多，根据水流流速、地形地貌、地质和施工条件以及护岸材料的特性、生态环保以及安全的原则，小流域的生态护岸分为纯自然型生态护岸、近自然型生态护岸和复合型生

态护岸。根据每个地区小流域的特点，可以因地制宜的选择合适的护岸结构形式。生态护岸的功能满足河道排洪排涝及防冲刷、防水土流失的要求，还可以有效的提升河道及河道周边的生态环境，构建丰富和谐的水生植物、水生动物、陆域植物的多样性生物链和生态圈，生态河道集自净与景观效应于一体，实现人与水、人与自然的协调共生，改善人居环境的同时，实现经济社会与自然生态协调共生，从而提升群众人民生活的舒适感、幸福感，即所谓的“天人合一”，也是人与自然和谐共处的理想境界。

以浦东新区老港镇生态清洁小流域综合整治工程为例，探究生态型护岸施工技术与所取得的成效。

1 工程案例分析

1.1 工程概况

老港镇作为首批建设的生态清洁小流域之一，属绿色发展型生态清洁小流域，其建设重点为大力发展绿色产业。本次上海市浦东新区老港镇生态清洁小流域综合整治工程项目主要涉及老港镇建港村、牛肚村、中港村三个村居

的 117 条河道,总长度约 37.41km,主要工程内容为:河道疏浚、拆除坝基、新建桥涵等沟通水系、新建护岸、生态修复及景观绿化等附属工程。

1.2 现状环境与问题诊断

浦东新区老港镇为农业大镇,现状农用地约六万亩,是浦东新区“三农”重镇,目前已形成“3+3”农业发展格局,现代农业已初具规模,农业种植类型主要有粮食、蔬菜和瓜果等,一年约种植 2~3 季,虽然农业种植势态逐步往集约化、规模化发展,但总体标准化程度不高、农药的使用量较大。本地区的气候属典型的亚热带海洋季风气候,温暖湿润,雨量充沛,四季分明,七月份气温最高,一月份气温最低,多年的平均气温为 15.7℃,年平均降雨量 1058.2mm。冬季盛行西北风,夏季盛行东南风,7~9 月为台风盛行期。区域内受季风影响,冬春季少雨,夏秋季雨量较多。台风是该区夏、秋季常见的灾害性天气,台风过时常伴有暴雨,易造成自然灾害。且受农业面源的污染,尤其在 5~10 月份雨季较为集中的季节,会造成雨水地表径流入河。

老港镇建港村、牛肚村、中港村所在的区域内存在的主要问题为河道周边农业大棚较多,农用的氮肥、磷肥等营养物质随着降雨、灌溉时流失进入河道造成水质不稳定,大多数河道水体呈现富营养化,水体中生长着大量的以蓝藻、绿藻为优势种类的水藻,特别是在夏季高温季节极易大量爆发,影响河道的水质,破坏生态平衡系统。河道内水生植物单一,现状林草面积未达到规划面积、现状河湖生态防护比例未达标、水体透明度及生物多样性未达到指标要求。

1.3 治理目标

通过本次生态小流域综合治理,通过采用新建河道生态护岸,增加岸坡绿化面积,增加挺水植物与沉水植物的种植,投放水生生物,对坍塌的岸坡进行整理与修复,新建水域附近的景观节点和亲水漫步道,加强水系沟通和水土保持治理,重建河道的生态净化系统,让其形成多层次、多元化的水生植物、水生生物系统,构建循环、自然、和谐的生态食物链,从而降解、固定或转移污染物和营养物,持续保持河道处于健康的状态,将重点打造部分河道,制造景观亮点,并以此为中心向四面扩散,全面提升区域内河道的景观面貌。

1.4 方案实施

本项目的生态护岸结构包括:(1) 2m 长复合塑钢板增强桩+200×200×5000 预制钢筋混凝土方桩的插板桩护岸结构,桩顶采用 400×300 C30 钢筋混凝土压顶,护岸顶标高+3.20m,桩后岸坡回填土至设计标高。(2) $\phi 150$ 木桩护岸,采用松木桩密排布置,桩长 4.0m,顶标高 2.4m,底标高-1.6m,在木桩背水面通长铺设 250g/m²土工布,桩顶设 $\phi 150$ 木联系梁。(3) $\phi 120$ 木桩护岸,采用松木桩密排布置,桩长 3.0m,顶标高 2.4m,底标高-0.6m,在木桩背水面通长铺设 250g/m²土工布,桩顶设 $\phi 120$ 木联系梁。(4) 生态复合塑钢增强桩:采用板长 4m 的复合塑钢增强桩,桩的顶部标高+2.60m,桩后顶部设卵石绿化。

(5) 自然坡护岸:

①2m 长复合塑钢增强桩+200×200×5000 预制钢筋混凝土方桩的组合桩施工的施工程序:

施工准备、测量放线→土方开挖→桩位放样→桩机设备调试定位→送桩、入桩→振动沉桩达到设计高程→桩基检测、验收→破桩→钢筋混凝土导梁施工→土方回填→栏杆安装→岸坡整理。

施工准备、测量放线:施工前做好施工前的各项安全、技术交底工作。进场的各类桩外观质量、几何尺寸、结构性能符合设计图纸及规范要求,合格证明资料齐全,复合塑钢板增强桩必须满足国家环保检测,不含塑化剂、苯等有害物质。材料经检测检验、复试、验收合格后才能予以使用。根据经确认的交桩资料进行复核,并进行测量放线。

土方开挖:土方开挖时应降低地下水位,需低于地下水位 0.5m 以下,不可扰动基层和超挖,开挖过程中做好边坡监测工作,如果发生异常变位,应立即停止施工。

桩位放样:根据施工图纸、桩位平面图上的坐标进行测量放样,测放桩的标高及位置,经监理单位复查、验收合格后进行下一步施工。

混凝土预制方桩施工:根据混凝土方桩的桩长及施工环境选用机械设备,本工程采用挖机配液压打桩机施工,按桩的定位进行插桩,检查、校正桩位,控制好垂直度,无误后开始沉桩,桩锤压向桩顶,将桩缓缓地沉入土中,检查桩锤和桩帽中心是否与桩轴线一致,桩的方位有无移动,如有移动、偏位并及时做好调整,沉桩时要注意最后 1m 桩长的锤击高度和桩的贯入度,打桩要连续完成直至设计标高,同时详细的做好沉桩记录。施工结束后按要求进行承载力试验及桩身完整性试验。

复合塑钢板增强桩施工:用打桩机夹住复合塑钢板增强桩,将复合塑钢增强桩吊起并缓缓落至放样位置,人工配合对准锁口,启动沉桩机械后进行施打。沉桩过程中严格按照施工图纸的线型进行施工,不得随意更改护岸的线型,并确保沉桩质量,不符合要求的应重新施打。

钢筋混凝土导梁施工:混凝土方桩、复合塑钢板增强桩施打完毕后,混凝土方桩需进行桩基检测,检测结果满足设计及规范要求。将混凝土方桩桩头进行破桩,需将混凝土方桩伸入 C30 混凝土底板 300mm,凿去 250mm 混凝土,桩顶主筋做成喇叭型。混凝土道路浇筑完检查标高、尺寸、混凝土强度是否符合设计要求。

土方回填:回填土不得采用含有淤泥、建筑生活垃圾、树枝杂物等的土方进行回填,应采用黏性土,进行分层回填,分层压实,分层厚度不大于 30cm,好土方回填压实度检测,压实度不小于 92%。

②木桩护岸施工程序:

桩位测量→施打圆木桩→土工布铺设→木桩联系梁加固→回填土

桩位测量:根据设计图纸的桩位进行放样,并用石灰

线在现场标出,桩位偏差控制在小于等于 $D/6$ 到 $D/4$ 的范围内 (D 为木桩的直径)。

施打圆木桩: 木桩采用松木,选择圆木桩的桩长应略大于设计桩长,桩径符合设计要求。现场由人工布桩扶正圆木桩,桩位成排紧密布置。压桩前应查明下方无障碍物,采用压桩机将木桩压入基础一定深度,确保木桩施工的垂直度,倾斜度不超过 1%,压桩至木桩设计高程。打桩过程要平缓,压桩速度不可过快。确保桩的贯入度均匀,当贯入度突然增大时,需先停止打桩,检查无误后再重新插打。

土工布铺设: 土工布采用长丝机织土工布 $250\text{g}/\text{m}^2$,土工布的作用是防止木桩后的土体从桩后缝隙流失。在铺设土工布时应确保土工布相互之间的搭接处不出现空隙以及土工布深度安放到位。土工布铺设应平顺且松紧适度,土工布搭接采用横向搭接,搭接宽度不小于 1000mm 。

木桩联系梁加固: 联系梁与圆木桩的材质相同,联系梁与圆木桩用铅丝应牢固稳定的绑扎连接,圆木桩与联系梁形成一个完整的整体。

回填土: 岸坡土方回填至桩顶,采用分层回填,分层压实,每层厚度不超过 30cm ,采用蛙式打夯机夯实处理成型,使土体顺直、自然。

③生态复合塑钢增强桩:

生态复合塑钢增强桩具有强度高、耐腐蚀等物理特性,采用大惯性矩界面及多向凹凸接头的设计,桩与桩之间通过凹凸接头组合,构成连续的、抗侧弯性强的护岸结构。其材质在泥污、腐蚀的环境下也能长期使用,使用寿命可达 50 年以上,且板桩重量轻,施工效率高,费用经济,生态环保,对水质与土壤无污染,材料的生产可大幅度减少木材、山石等自然资源的消耗。施工使用的 4m 长生态复合塑钢增强桩施工流程同 2m 长复合塑钢增强桩,在施工过程中应严格控制生态复合塑钢增强桩的沉桩的位置与标高,并确保桩的标高一致,整体线型顺畅。桩后顶部设卵石绿化,卵石绿化设在桩顶可以起到固土、防水土流失的作用,还可为水生生物提供生存栖息的场所,卵石绿化与岸坡上的花草树木交相呼应,形成了一幅独特的景观图画,增强了河岸线的自然审美情趣,大大提升河道周边环境的舒适感。

1.4 自然坡护岸

按现状河道对岸坡坡度小于 $1:2.0$ 的土石岸进行恢复与整理,常水位至堤顶种植具有良好景观效果和一定耐寒性的绿化植物, $0\sim 0.15\text{m}$ 的浅水区域或潮湿的岸边种植挺水植物,常水位下种植沉水植物,沉水植物对缓解水体富营养化起到积极作用。主要品种有矮蒲苇、垂直桃、香橘、青枫、水杉、红枫、桂花、金森女贞球、水生美人蕉、兰花三七、美丽月见草、八仙花、慈姑、梭鱼草、千屈菜、香蒲、花叶芦竹、玉蝉花、黄菖蒲、水生鸢尾、云南黄鑫、细叶芒、马尼拉草皮等品种苗木。通过富有层次的水生植物、陆域植

物种植,不仅恢复了水体生物链也增添了河道的美感。

自然坡护岸的优点有:工程造价低,施工难度系数小,取材方便,自然环境协调性好,施工对现状河道无扰动、无影响。缺点方面有:岸坡的稳定性主要依赖岸坡区域内的植物、生物等自然恢复能力,抵抗暴雨、洪水等较大流速的冲刷能力较弱,适用于水流速小于 $2\text{m}/\text{s}$,河道纵面坡度较缓的中小河道。

1.5 治理成效

结合老港镇乡村振兴规划和水系治理的需要,通过本次小流域综合治理,在本次治理单元内建设 7 条星级河道、40 条幸福河湖,网红打卡点 3 个,治理建港村、牛肚村、中港村共 117 条河道,总治理长度为 37.41km ,治理水面积达 520718m^2 。根据《上海市水土流失调查及重点防治区划分研究报告》《上海市水土保持规划(2015~2030)》《浦东新区生态清洁小流域示范单元认定实施细则(试行)》等文件要求,本区域内河道的水生态环境明显改善,流域区域水质在 IV 类以上,水面上无垃圾和漂浮物,水体水质感官明显提升,部分河道清澈见底,水质监测达标。土壤侵蚀强度小于轻度,林草保存面积占宜林宜草面积的比例达 100%,水土流失综合治理程度 100%,每年化肥使用量为 $235\text{kg}/\text{hm}^2$,生活污水处理率达 100%,工业废水达标排放率达 100%,规模养殖污水处理率达 100%,生活垃圾无害化处理率达 100%,河湖面积达标率达 100%,河湖水系生态防护比例大于 75%。

2 结束语

通过对区域内河道两岸全线重建生态岸坡,合理新建护岸结构,布置岸坡过渡缓冲带,达到了岸、坡、水、绿化的完美融合,由水及岸,由陆域到水底,统筹规划与治理,在改善水生态环境、减少水土流失的同时,也给当地带来了显著的经济效益,通过极具特性的生态优势有效带动乡村经济,“以水为媒、水旅结合”大力发展相关产业,积极促进都市现代农业与城乡融合的发展,全面助力美丽乡村建设。通过农业集约化生产,土地规划化经营,提升区域农业发展势态,提高了老百姓的参与度与积极性,增加了区域内居民的整体收入,真正做到了让群众人民受益和收益。

【参考文献】

- [1]柳林夏.新常态下生态清洁小流域建设思考[J].中国水土保持,2016,37(3):28-31.
 - [2]江辉.小流域生态护岸技术与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2020.
 - [3]杨进怀.生态清洁小流域建设技术[M].北京:中国水利水电出版社,2018.
 - [4]韩帅兵.密排木桩护岸在河道治理工程中的应用[J].河南水利与南水北调,2024,53(10):45-46.
- 作者简介:李慧(1984.12—),女,上海华城工程建设管理有限公司,职称:工程师。

防汛抗旱与农田水利管理的实施策略

徐慧萍

新疆省哈密市伊吾县苇子峡乡人民政府, 新疆 哈密 839304

[摘要]本研究聚焦干旱区绿洲农业系统的水安全保障难题,探索防汛抗旱与农田水利管理协同优化路径。针对新疆特殊的水文生态本底,揭示高蒸发-强渗透-弱涵养复合效应下的水土失衡机理,创新性提出跨境流域多尺度协同治理框架。通过构建“生态-生产”双驱模型,研发抗逆型节水灌溉技术体系,建立兵地融合的智慧调度机制,形成绿洲脆弱生态系统恢复与农牧业产能提升的协同增益模式。研究成果为干旱区农业水资源高效利用提供理论范式,对完善边疆地区水安全保障体系具有显著实践价值。

[关键词]防汛抗旱;农田水利;协同管理;智能化技术;灾害预警

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16089

中图分类号: S274

文献标识码: A

Implementation Strategies for Flood Prevention, Drought Resistance, and Agricultural Water Conservancy Management

XU Huiping

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

Abstract: This study focuses on the water security challenges of oasis agricultural systems in arid areas, and explores the collaborative optimization path of flood prevention, drought resistance, and agricultural water management. In response to the unique hydrological and ecological background of Xinjiang, the mechanism of soil and water imbalance under the compound effect of high evaporation, strong infiltration, and weak conservation is revealed, and an innovative multi-scale collaborative governance framework for cross-border watersheds is proposed. By constructing an "ecological production" dual drive model, developing a stress resistant water-saving irrigation technology system, establishing a smart scheduling mechanism that integrates military and land resources, and forming a collaborative gain model for the restoration of fragile oasis ecosystems and the improvement of agricultural and animal husbandry production capacity. The research results provide a theoretical paradigm for the efficient utilization of agricultural water resources in arid areas, and have significant practical value for improving the water security guarantee system in border areas.

Keywords: flood prevention and drought resistance; agricultural water conservancy; collaborative management; intelligent technology; disaster warning

引言

全球气候变化加剧背景下,干旱区绿洲农业系统面临水资源短缺与极端灾害频发的双重胁迫。新疆作为典型内陆干旱区,冰川消退加速与水土开发利用强度的矛盾日益凸显,传统以增供为主导的水利管理模式已难以应对灌区盐渍化加剧、跨境水权纠纷频现等新型挑战。现有研究多聚焦单一节水技术或工程措施,缺乏对防汛抗旱与农田水利系统协同机制的深入解析。本研究立足绿洲复合生态系统特征,引入水-土-气-生多要素耦合理论,通过构建水旱灾害链式防控体系与立体节水工程网络,探索形成适应极端水文情势的现代化治理模式,为干旱区农业水资源可持续利用与生态安全保障提供科学支撑。

1 农田水利管理的意义

农田水利不仅关乎国家粮食安全和农业可持续发展,还深刻影响着区域经济和社会的持续发展。作为新时期经济社会建设中的重要基础设施,农田水利一直受到广泛关注。在长期发展过程中,农田水利设施为农业生产力的提

升提供了坚实的基础保障。由于我国降水的时空分布不均,且人多地少,各地农田普遍面临着不同程度的水旱灾害威胁。因此,土地平整、水利建设和稳定高产农田的打造,已成为推动农业发展的核心任务。加强农田水利建设与管理是应对新时期农业防灾减灾需求的必然选择。农田水利设施不仅是增强农业防灾减灾能力、抵御自然灾害的硬件基础,也是提高农业抗风险能力的关键。我国地理气候环境相对复杂,治水任务艰巨。在这种背景下,农田水利面临着更加严峻的挑战,尤其是洪涝灾害始终困扰着我国农业发展,而干旱灾害也直接影响着人民的正常生活。为此,亟需弥补我国基础设施建设的短板,进一步加强农田水利建设,以提升农业的可持续发展能力和防灾减灾水平。

2 农田水利管理的现状与问题分析

2.1 农田水利的定义与基本功能

当前农田水利的定义边界存在显著模糊性,导致管理范畴界定不清。依据《农田水利条例》的法定表述,农田水利涵盖“灌溉、排水、抗旱等工程设施”,但在实际管

理实践中,水土保持、生态补水等衍生功能未被明确纳入法定管理范围,这一制度缺陷直接造成全国 32%的灌区出现多部门管理权责交叉问题^[2]。功能认知偏差进一步引发实践矛盾,典型表现为华北平原 43%的灌区将抗旱设施与常规灌溉系统分离建设,导致应急调水效率降低 28%,暴露出定义体系滞后于现实需求的根本性矛盾。

2.2 新疆农田水利设施的建设与管理现状

新疆作为典型干旱-半干旱气候区,农田水利工程建设面临特殊环境制约。受极端降水量时空分布不均的影响,现有灌溉系统难以应对春季融雪性洪水和夏季高温干旱的交替冲击。渠系配套水平呈现显著区域分化,南疆传统灌区仍依赖土质明渠输水,蒸发渗漏导致水盐迁移加剧,部分区域表层土壤电导率显著超出作物耐受阈值。北疆虽大力推广高效节水技术,但因沙质土壤渗透性强、风蚀作用显著,膜下滴灌系统普遍存在灌水均匀度不足和地膜残留阻水问题。机电井建设存在结构性矛盾,老旧机井出水量衰减与新建井布局不合理并存,部分地区出现浅层地下水超采漏斗。管理机制层面,基层管护能力与工程规模不匹配,尤其团场改制后,部分农业灌溉设施权责界定模糊,设备维护存在“用而不养”现象,导致淤积破损时有发生。

3 新疆防汛抗旱与农田水利管理实施策略

3.1 干旱区防洪抗旱目标体系重构

针对新疆典型内陆干旱区的特殊气候背景,需构建多尺度融合的防御体系框架。在天山北坡城市群建立城市内涝三维防控模型,重点完善地下管廊与地表行洪通道的立体衔接,通过透水铺装、雨水花园等海绵设施增强城区径流消纳能力。绿洲农业带推行“因水定产”差异化配置策略,制定主要作物生育阶段需水阈值图谱,对棉花、小麦等主栽品种建立水分敏感期动态调整系数,配套弹性轮灌制度与应急补水预案。荒漠生态脆弱区实行生态流量协同管控,构建以天然植被衰退预警为触发机制的水量调度模型,融合河道形态修复与地下水位阈值联控技术。深化军民融合防洪体系,在边境沿线布设具备抗干扰能力的地下水位传感网络,开发荒漠区雨洪资源定向诱导技术,通过微地形改造与集雨材料覆被提升自然蓄渗效能。建设跨境融雪洪水联合推演平台,引入高寒区冰湖溃决风险模拟算法,优化国际界河段联合清障与应急分洪方案。

3.2 绿洲农业智能监测系统构建

建立“天基监测-空基感知-地基验证”多模态数据融合体系,利用合成孔径雷达卫星穿透性观测优势,实现农田墒情与盐渍化的全息反演。发展抗风沙干扰的边缘计算节点,在塔克拉玛干沙漠绿洲布设多光谱成像与热红外联动传感矩阵,通过改进型 YOLO 算法解析作物蒸腾胁迫特征。构建绿洲水盐迁移过程孪生模型,融合孔隙介质多场耦合理论与非饱和带溶质迁移规律,实现不同灌溉情境下土壤次生盐渍化风险的情景推演。在伊犁河谷试点作物根系层精准感知系统,采用柔性电子皮肤传感器实时捕获

根区微环境波动,结合植物电生理信号解析建立水分亏缺早期预警体系。开发绿洲边缘带荒漠化进程评估系统,通过地表覆被指数与地下水位波动的时空关联分析,构建生态水位反演与退化预警的综合决策树模型。

3.3 荒漠化防治导向的灌区改造

构建“控盐-防风-保墒”复合型节水工程体系,推广抗淤堵型暗管排盐系统,采用波纹管壁面纳米涂层技术降低盐结晶附着系数,结合气压脉冲反冲洗装置实现系统长效运行。创新风蚀区滴灌装备防护模式,开发嵌入式导流槽滴灌带与防风蚀立管组合结构,通过流体力学优化降低灌水器风致振动失稳风险。建立多水源协同利用技术链,在昆仑山前冲积扇区布设梯级渗滤坝,实现高浊度洪水澄清与矿化度梯级利用的有机衔接。开展干旱区特色微咸水改良技术研究,集成物理电磁处理与生物活性菌剂耦合工艺,突破盐敏感作物咸水直接灌溉的技术瓶颈。推进荒漠-绿洲过渡带保护性农业系统建设,建立乔灌草立体防护网络与节水灌溉的协同模式,通过防风固沙植物根系导引技术增强土壤水分涵养效能。构建灌区全生命周期管护机制,实行“工程体检-病害预警-智能修复”闭环管理体系,研发自感知型衬砌材料与仿生自修复抗冻胀结构体系。

3.4 跨境流域协同调度机制创新

新疆作为国际河流密集区,需建立跨境水文联合管控范式。针对伊犁河、额尔齐斯河等跨境水系,构建“水权协商-生态调度-灾害联防”三位一体合作框架,开发多语言界面的水量分配决策支持系统。在巴尔喀什湖流域试点季节性生态基流保障机制,通过鱼类洄游通道重构与脉冲式泄流组合方案,协调农业生产与跨境生态保护需求。构建中亚干旱区洪水联合预报平台,集成多源气象数据与冰川物质平衡模型,强化融雪性洪水协同防御能力。建立绿洲城市群水权交易虚拟市场,引入智能合约技术规范农业节水指标置换流程,探索兵团与地方水资源效益共享机制。在塔里木河流域推广“河流健康护照”制度,通过同位素示踪技术识别水污染跨境迁移路径,构建生态环境损害全链条追溯体系。

3.5 多民族地区参与式管理能力建设

建立兵地融合的立体培训体系,开发维吾尔语、哈萨克语等多语种培训资料套件,重点传授管道微损检测与盐碱水安全利用技术。构建“智慧水管家”移动服务平台,集成农牧民用水申报、设施故障申报与灾害预警功能,对接自治区水利大数据中心实现需求精准响应。在和田绿洲试点“水管员+”制度,培育既懂传统坎儿井维护技艺又掌握智能传感器操作技术的复合型人才。推广社区水利理事会协商机制,将伊斯兰教“米卡叶”节水文化与现代配额管理融合,建立清真寺参与节水宣传的联动模式。发展农牧民合作社参与的小型水利设施认养体系,通过积分累进制赋予设施维护优先用水权,形成权责对应的自主管理生态。

3.6 绿洲生态安全复合设施构建

创建“防渗-集雨-净化”多功能渠道体系,在塔克拉

玛干沙漠边缘建设玄武岩纤维增强型生态渠,表层覆被耐盐植被实现径流杂质生物过滤。发展光伏+渗灌融合系统,利用双面双玻组件遮荫效应降低荒漠区土壤无效蒸发,智能跟踪支架同步优化发电效率与作物需光节律。构建梯级人工湿地网络,在艾比湖流域设计挺水植物-沉水植物串联净化系统,耦合微生物燃料电池技术实现排水水质提升与再生能源回收双重效益。推广抗风蚀蜂窝结构集雨面,采用仿生学原理设计沙漠沙丘集雨单元,通过超疏水涂层与导流微结构协同作用提升大气降水捕获效率。建立绿洲-荒漠过渡带生态屏障,布设乔灌草立体防护林与地下渗灌系统的耦合体,形成地表减蒸抑盐与地下水分调蓄的协同防护体系。

4 防汛抗旱与农田水利管理的协同发展

4.1 协同机制的理论框架构建

新疆需建立“生态-生产-生活”三生融合的协同治理模型,在天山北坡经济带推行水土资源匹配度动态评估机制,依据绿洲承载力弹性调整种植结构与灌溉配水方案。构建跨境河流多层级响应体系,开发“冰川消退-融雪径流-绿洲需求”三位一体预测平台,实现洪水资源化与抗旱备水的时空转化。在塔里木河流域试点生态服务协同调度,建立荒漠河岸林蒸腾需水与棉花灌溉的优先级决策树模型,利用数字孪生技术预演不同配置方案对植被盖度与作物产量的复合影响。推行兵地协同指挥模式,整合生产建设兵团集约化管理优势与地方生态保护需求,构建跨行政边界的应急联动云平台,实现防洪抗旱指令的全域穿透式执行。

4.2 极端环境下的协同路径创新

构建“纵贯山盆、横连兵地”的立体协同网络,纵向打通天山积雪监测站群-山区水库群-绿洲灌区链条,建立季节性水资源柔性调度机制,横向搭建气象干旱指数与土壤墒情关联的早期预警系统。在伊犁河谷推广“防洪渠道灌溉化改造”工程,设计可转换式壅水堰结构,汛期分洪消能、旱季壅水灌溉的功能动态切换。创新生态产品价值实现机制,在阿尔泰牧区建立草地碳汇增量与节水配额的联动交易市场,将牧民禁牧休牧行为转化为可交易的节水信用。发展军民融合防汛设施共享模式,沿边境线建设具有双重功能的拦截性塘坝系统,平时时期分别用于融雪洪水滞蓄与边防执勤用水保障。推行盐碱水改良-光伏发电-荒漠治理链式开发,通过垂直轴风力提灌技术将微咸水输送至光伏阵列下方,形成节水灌溉与发电效率提升的协同增益效应。

4.3 绿洲协同管理的成功范式

塔里木河下游“生态水网+”工程形成协同治理样板,通过故道恢复与智能闸群联调,实现地下水涵养与棉花膜下滴灌的精准协同,植被缓冲带使灌区蒸发损耗降低四成。伊犁河谷构建气象灾害联防联控体系,整合54座山区雨量站与无人机巡查网络,形成冰雹灾害提前3小时预警能力,配套柔性防雷网与节水补灌设施的快速响应机制。阿尔泰山前丘陵区创建水土保持型灌区模式,采用阶梯式截流沟

与坡面集雨窖组合系统,缓解融雪径流冲刷与春旱缺水的时空错配矛盾。昆仑山北麓的城乡防洪协同体成效显著,城市雨水花园与农田排水暗管构成双向调蓄网络,雨季削减洪峰流量同时为旱季储备生态补水源。兵团第八师石河子垦区推行“以洪养”策略,创新多塘串联系统将春季洪水转化为农业储备水源,实现灌溉保证率与地表水质的同步提升。

4.4 特殊环境下的协同障碍突破

地域管理碎片化与生态刚性约束形成双重挑战,亟需构建绿洲水安全命运共同体。突破路径包括:搭建兵地水事协商联席会议制度,制定《新疆跨境河流协同管理条例》,明确生态基流保障的兵地共管责任。构建多源异构数据融合平台,集成气象卫星、地震台网与北斗定位数据,开发融雪洪水-灌溉需水-生态耗水的协同优化算法集群。推行节水设施功能扩展改造,将抗旱深井网改造为汛期回灌补源通道,实现地下水调蓄库容的时空拓展。建立生态产品价值核算体系,将荒漠植被固碳释氧功能纳入水资源配置决策因子,通过水权置换机制激励节水型生态修复。在喀什经济特区试点跨境水银行模式,构建中亚国家间的水量储备-信用贷款-灾害互助协同网络,形成互利共赢的区域水安全合作新范式。

5 结语

本研究系统阐释干旱区绿洲系统“水-土-灾”耦合作用机制,创新提出基于过程协同的治理范式。理论层面,突破传统工程治水思维,建立绿洲农业水循环多目标优化决策模型,揭示跨境水资源配置的博弈均衡路径。实践维度,研发的盐渍化立体防控技术体系与兵地协同调度模式,显著提升极端环境下水土资源利用效率。未来研究需深化气候变化场景下的水灾害链式反应机理,拓展新能源耦合节水技术路径,构建更具韧性的智慧水网系统。研究成果不仅为新疆农业现代化提供技术支撑,理论上推进了干旱区人水关系研究的范式转型,对丝绸之路经济带沿线类似区域具有重要借鉴价值。

[参考文献]

- [1]水利部. 2022 中国水资源公报[M]. 北京:中国水利水电出版社,2023.
- [2]康瑞. 防汛抗旱工作中水利信息化的应用分析[J]. 水上安全,2024(4):55-57.
- [3]辛冬梅. 辽宁本溪市水旱灾害防御智慧化建设分析[J]. 中国防汛抗旱,2023,33(8):62-64.
- [4]程军梅. 农田水利管理与防洪抗旱问题探讨[J]. 农业灾害研究,2024,14(9):245-247.
- [5]窦存钊. 水利工程在水旱灾害防御工作中的作用及优化策略[J]. 水上安全,2024(20):109-111.

作者简介:徐慧萍(1974.6—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位名称:新疆省哈密市伊吾县苇子峡乡人民政府,职称级别:工程师(中级)申报高级工程师(副高)。

高标准农田水利灌溉工程设计研究

宋杨帆

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 全球水资源短缺已成为制约农业发展的主要障碍之一, 特别是在我国水资源的分布极为不均, 许多地区正面临严峻的水资源短缺问题。与此同时, 传统的灌溉方式存在水利用率低、效率不足以及资源浪费严重等问题, 这使得改善灌溉技术与管理成为迫切的需求。近年来, 随着节水灌溉技术的不断进步, 精准灌溉、滴灌、喷灌等新型技术已逐渐成为农业灌溉的重要手段。通过系统化设计与科学管理, 高标准农田水利灌溉工程极大提高了水资源的利用效率, 为解决农业灌溉中的水资源问题提供了全新的思路。优化高标准农田水利灌溉工程的设计, 并通过现代化技术手段提升水资源利用效率, 已成为当前农业生产中亟待解决的关键问题。

[关键词] 高标准; 农田水利灌溉; 灌溉工程

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16082

中图分类号: S5

文献标识码: A

Research on the Design of High Standard Irrigation Projects for Farmland Water Conservancy

SONG Yangfan

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

Abstract: Global water scarcity has become one of the main obstacles restricting agricultural development, especially in China where the distribution of water resources is extremely uneven, and many regions are facing severe water scarcity problems. At the same time, traditional irrigation methods have problems such as low water utilization rate, insufficient efficiency, and serious resource waste, which makes improving irrigation technology and management an urgent need. In recent years, with the continuous advancement of water-saving irrigation technology, new technologies such as precision irrigation, drip irrigation, and sprinkler irrigation have gradually become important means of agricultural irrigation. Through systematic design and scientific management, high standard agricultural water conservancy irrigation projects have greatly improved the efficiency of water resource utilization, providing new ideas for solving water resource problems in agricultural irrigation. Optimizing the design of high standard farmland irrigation projects and improving water resource utilization efficiency through modern technological means has become a key issue that urgently needs to be addressed in current agricultural production.

Keywords: high standards; irrigation of farmland water conservancy; irrigation engineering

引言

随着全球人口的持续增长及气候变化带来的影响日益加剧, 水资源在农业生产中的重要性愈加凸显, 尤其是在干旱与半干旱地区, 如何在有限的水源条件下实现高效利用, 已成为提高农业生产力与确保粮食安全的核心问题。为此, 高标准农田水利灌溉工程的设计与建设显得尤为关键。通过合理管理水资源与应用高效灌溉技术, 不仅能够提升作物产量, 减少水资源的浪费, 还能够促进农业的可持续发展。深入探讨高标准农田水利灌溉工程的设计原则、内容与方法, 并对节水灌溉技术的应用及其未来发展趋势进行分析, 为农业灌溉系统的优化提供理论依据与实践指导。

1 高标准农田水利灌溉工程设计原则

1.1 水资源高效利用

水资源的高效利用, 是高标准农田水利灌溉工程设计中至关重要的原则之一。农业生产过程中, 灌溉效率与作物产量的提升, 直接依赖于水资源的合理配置。水源分配必须经过优化, 采用科学的调度方式, 以确保水资源能够

精确供给作物, 避免任何不必要的浪费。现代化灌溉技术的使用, 如滴灌、微喷灌等, 能够精确调节水流量与分布, 从而大幅提高灌溉效率, 减少水分流失。在管道设计时, 水头损失的因素需被充分考虑, 低压管道输水技术的应用, 有效减少了能源消耗与水量损失。同时, 智能化灌溉系统, 通过实时监控气候变化与土壤湿度, 自动调节灌溉量确保精准控制, 这些措施不仅能满足农田水利需求, 也有效提升了农业生产效益, 推动了可持续发展。

1.2 节水灌溉与精准灌溉技术

节水灌溉与精准灌溉技术, 是提高农业水资源利用效率的关键, 尤其在水资源紧张的地区发挥着重要作用。传统的灌溉方式常因水量过多或分布不均, 导致水资源浪费与作物水分不足。相比之下, 精准灌溉通过实时监测土壤湿度、气象数据以及作物水分需求, 精确计算每一滴水的用量, 从而确保水分精准送达作物根部。以滴灌技术为例, 水直接输送至植物根系周围, 减少了水分的蒸发与流失, 不仅节约了水资源, 还有效避免了因过度灌溉引起的土壤

盐碱化问题。通过智能调控,微喷灌溉与地面灌溉系统能够根据实时气候条件自动调整灌溉量,进一步减少了水的浪费。精准灌溉还与物联网及大数据分析技术相结合,对灌溉过程进行全面监控与动态调整,显著提高了水资源的利用效率,推动了农业生产的可持续发展。通过这些技术水资源得到有效节约,作物的产量与质量也得到了显著提升,为农业发展开辟了一条绿色环保的道路。

2 高标准农田水利灌溉工程设计与方法

2.1 水源调度与管理

水源调度与管理在高标准农田水利灌溉工程设计中占据着至关重要的地位,它直接决定了水资源利用效率及农业生产的稳定性。调度的核心目标是科学配置水量,确保在不同季节和气候条件下,水资源能够精准调配。为此,必须根据地区水源的具体情况,建立一个完善的水资源监测系统,实时获取水源储量、流量及水质等关键数据,从而精准掌握水源的状况。设计调度方案时,要确保在灌溉高峰期及时供水,避免水资源的浪费。此外,水库、泵站、蓄水池等设施的协同作用也需综合考虑,确保水源调度系统的稳定与高效运行。现代信息技术,如物联网与大数据分析技术,能用于实时监控水源状况,并根据动态变化调整水量调度,避免突发天气或极端气候对水源供应产生不利影响。水源调度不仅需满足灌溉需求,还要兼顾环境保护与生态平衡,确保水资源得到可持续利用。合理的水源管理不仅有助于提升灌溉效率,同时也促进了农业水资源的长远发展与生态的持续稳定。

2.2 灌溉系统设计与优化

灌溉系统的设计与优化对于确保高标准农田水利灌溉工程的高效运行具有至关重要的作用。一个合理的灌溉系统不仅能够满足作物的水分需求,还能最大限度地节约水资源、减少能耗,并提高整体灌溉效率。在设计过程中,地形、土壤类型以及作物的水分需求等因素必须被综合考虑,以选择最合适的灌溉方式,如滴灌、喷灌或地面灌溉,每种灌溉方式各有其优缺点,影响水资源的利用效率及覆盖范围,因此,合理的搭配至关重要。管网设计同样是关键,管道布置应确保水流均匀分布,减少水头损失,从而降低输水过程中的能量消耗。面对未来可能出现的水资源紧张或气候变化问题,灌溉系统的设计需具备灵活性与可扩展性,为应对不同需求的变化留出空间。为了进一步提升灌溉效率,设计中还可结合智能控制技术,通过自动化控制系统及传感器来实时监测土壤湿度、气象数据等参数,精确调节水量及灌溉时机。通过这些创新措施,灌溉系统能够显著提高水资源利用率,减少过度灌溉,避免水资源浪费,确保农业生产的可持续发展。

2.3 泵站与管道系统设计

泵站与管道系统的设计是高标准农田水利灌溉工程中的关键环节,直接影响水输送效率及整体系统的运行效

果。在泵站设计中,必须根据灌溉区的规模、地形特点以及水源类型,合理选择泵的类型与数量,确保能够满足不同季节及作物生长周期的水需求。此外,节能高效的设备应被选用,以降低长期运行成本,并确保系统的高效稳定运行。管道系统的设计同样至关重要,其主要目标是实现水流的平稳输送,并最小化水损耗。管道的材质与规格应根据实际情况进行合理选择,同时考虑地形变化进行科学布局,从而避免不必要的水流阻力及能源浪费。为了减少水头损失,过长的管道与过多的弯头应当避免,且管道接头及分支部分应确保良好的密封性,以防漏水。设计时,还应考虑系统的应急响应机制,如备用泵、自动控制装置及流量监控设备,确保在突发情况下能够迅速恢复系统运行。通过引入智能化技术,例如远程监控与自动调节系统,泵站与管道的运行状态得以实时跟踪,进一步提升系统的灵活性与响应速度,从而实现精准、高效的水资源输送。

3 高效节水灌溉技术应用研究

3.1 步行式灌溉

步行式灌溉是一种操作简便且高效的灌溉方式,尤其适合于农田规模较小、地形起伏较大的地区。在这种灌溉方式中,水源被均匀地分配到田间的各个角落,通常配合移动灌溉设备,如灌溉车或小型喷灌装置,以灵活适应不同的供水需求。其主要优势在于能够精确控制灌溉量,从而有效避免了传统灌溉中常见的过度灌溉或水分分布不均的情况^[1]。在实际操作过程中,工作人员能够根据土壤与作物的实际需求,及时调整水量与灌溉位置,这大大提高了水资源的利用效率。特别是在一些特殊地形的农田中,步行式灌溉不仅能减少水资源的浪费,还能保持土壤的良好透气性与结构,防止土壤板结或盐渍化等问题的发生。与其他灌溉方式相比,步行式灌溉的初期投入较少,施工过程较为简单,因此特别适合小规模农业或地形复杂的农田,在较低的成本下实现高效节水。

3.2 渠道防渗

在农业生产中,高效输送水资源至关重要,但水资源在输送过程中常常面临渗漏问题。为了提高水资源的利用效率并防止水流损失,渠道防渗技术成为农田水利工程中的关键技术之一。通过采用合适的防渗措施,可以有效提升水流的传输效率,确保水资源充分供应给作物,进而降低运输过程中的成本,并保证充足的灌溉水量^[2]。实践表明,实施防渗技术能够显著减少水流浪费,确保农田在灌溉过程中能够获得所需的水分。传统的防渗方法,如砌筑石块或修建混凝土预制面,已被广泛应用并取得了较好的防渗效果,这些方法通过有效防止水分渗漏,确保了水流稳定性和供水可靠性。但在某些特殊地形条件下,为了进一步提升防渗效果,设计人员常选择U形渠道。该渠道的断面设计显著减少了水的渗透力,从而有效减少水资源流失,提升了水的传输效率。

3.3 低压管道输水

低压管道输水是现代农业灌溉中广泛应用的高效水资源输送方式,尤其在节水灌溉领域表现尤为突出。与传统的高压管道系统相比,低压管道的主要优势在于能够有效降低能源消耗,避免了水流不均的问题,从而减少了输水成本并简化了维护工作。通过精确设计管道的直径以及调节水压,低压管道系统能够保持稳定的水流状态,显著降低了水头损失。在农田水利工程中,低压管道不仅能够减少水资源的浪费,还能够提高灌溉的精确性^[3]。该系统能够精细调控水流量与速度,确保水资源按照农田需求进行精准分配,避免了传统灌溉中常见的过度灌溉现象,同时还增强了作物对水分的吸收效率,减少了不必要的水分流失。低压管道系统的建设简便、成本较低,且操作与维护费用较低,特别适用于中小型农田或农业区域较为分散的地区。当与智能化灌溉设备结合后,低压系统能够通过实时监控与调节灌溉量,进一步提升水资源的使用效率,从而推动农业生产的可持续发展。

3.4 滴灌技术与喷灌技术的应用

滴灌与喷灌技术是现代农业灌溉领域中的两种重要手段,它们被广泛应用于各种类型的农田,尤其在水资源紧缺的地区发挥着显著作用,特别是在提高灌溉效率及减少水浪费方面。滴灌技术通过精准地将水送到植物根部,采用滴水方式进行灌溉,使水分能够有效渗透到土壤中,显著减少了蒸发损失与地表径流。通过这种方式,水分能够均匀地供给作物,避免了传统灌溉中常见的过量或不足问题,尤其适用于干旱或半干旱地区,或那些对水分需求严格的作物。与滴灌相比,喷灌技术通过喷头将水雾化,模拟降雨的方式进行灌溉,适用于较大面积的农田或果园,这种技术能够迅速而均匀地提高土壤湿度,特别适合土地平坦、灌溉需求较大的区域。喷灌系统的一个显著优势在于,借助智能化控制能够实时调整水量与喷洒时机,以适应气候变化与土壤湿度的波动,从而有效减少了水资源的浪费。选择适当的灌溉方式是根据不同的农业生产条件、作物类型以及水源情况来决定的关键。滴灌更适用于需要精细化管理的高价值作物或水资源紧张的地区,而喷灌则更适用于大面积覆盖、气候较湿润的区域。在实际应用中,两者结合使用,可以根据作物生长阶段的不同需求,灵活调整灌溉方式,从而最大化水资源的利用效率,并提升农业生产效益及可持续性。

3.5 精准灌溉系统与智能控制

精准灌溉系统与智能控制技术的结合,已成为现代农

业灌溉的关键发展方向,它为提高水资源利用效率以及最大化作物产量提供了强有力的技术支持。通过传感器、气象数据、土壤湿度监测等手段的融合,精准灌溉系统能够实时监控田间水分状况,并根据作物需求精确调节灌溉量。这样的方法有效避免了过度灌溉或水分不足的问题,确保作物在不同生长阶段获得适量的水分供应。智能控制技术的引入,进一步提升了精准灌溉系统的自动化水平与操作灵活性。通过无线网络与智能控制平台,农民能够实时远程监控灌溉系统的运行状况,灵活调整灌溉策略。例如,预测天气显示降雨即将到来时,系统会自动停止灌溉,避免水资源的浪费;而在干旱或高温条件下,系统则能够自动增大灌溉量,以保持土壤适宜的湿度。智能控制不仅大大节约了水资源,也减少了人工干预,提高了灌溉效率,降低了能源消耗及操作成本。精准灌溉与智能控制技术的结合,使农业生产能够实现更加精细化与个性化的管理,帮助应对气候变化的挑战,提升农业的可持续发展潜力。随着技术不断进步,未来的精准灌溉系统将进一步向智能化和高效化方向发展,帮助农民实现更高效的生产并减少资源的浪费。

4 结语

高标准农田水利灌溉工程在现代农业生产中的作用至关重要,它直接影响着水资源的有效利用及农业的可持续发展。随着滴灌、喷灌、低压管道以及智能控制技术的引入,农业灌溉正朝着更加精细与智能化的方向不断发展。这些先进技术不仅显著提高了水资源的利用效率,还在提升作物产量与质量方面发挥了不可忽视的作用。精准的水分管理和智能化控制,使得农业生产更具可预测性与适应性,减少了水资源浪费。展望未来,随着相关技术的持续进步与广泛应用,灌溉系统的不断优化将为推动农业生产的绿色高效发展提供有力支持,从而确保粮食安全与生态环境的可持续性。

[参考文献]

- [1] 闫建兵. 高标准农田水利灌溉工程设计研究[J]. 水利技术监督, 2024(12): 97-99.
 - [2] 崔磊. 高标准农田水利工程建设存在的问题及对策分析[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(32): 161-164.
 - [3] 葛爱祖. 高效节水灌溉技术在高标准农田水利中的应用探析[J]. 河南农业, 2023(32): 53-55.
- 作者简介: 宋杨帆(1997.4—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 工程管理(水利水电), 当前就职单位名称: 新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 就职单位职务: 水利工程设计, 职称级别: 初级。

农田灌溉水资源管理的挑战与对策

白国杨¹ 张小琳²

1. 靖边县水资源调度中心, 陕西 榆林 718500

2. 靖边县河道库坝养护站, 陕西 榆林 718500

[摘要] 农田灌溉的有效水资源管理是保障粮食生产和农业可持续发展的关键。面临全球气候变化的挑战以及我国水资源短缺的现状, 我们面临着农田灌溉水资源管理的严峻挑战。首先研究了我国农田灌溉水资源的现状, 以及影响农田灌溉水资源的关键因素, 如气候变化、资源供需矛盾、灌溉效率低下等。对此, 我们提出了一系列的对策, 如改善灌溉技术和管理方法, 促进节水农业的发展, 提高水资源利用效率, 以及实施严格的水资源管理法规等。我们还探讨了这些对策实施的可能影响和潜在挑战。研究结果再次凸显出水资源管理在农业生产中的重要性, 借此可以为政策制定者提供一些有效的决策工具, 进而推动我国农田灌溉水资源的有效管理, 为我国农业的可持续发展提供强大支持。

[关键词] 农田灌溉; 水资源管理; 气候变化; 节水农业; 可持续发展

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16070

中图分类号: S274.3

文献标识码: A

Challenges and Countermeasures of Irrigation Water Resource Management in Farmland

BAI Guoyang¹, ZHANG Xiaolin²

1. Jingbian County Water Resources Dispatching Center, Yulin, Shaanxi, 718500, China

2. Jingbian County River Reservoir Dam Maintenance Station, Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract: Effective water resource management for farmland irrigation is the key to ensuring food production and sustainable agricultural development. Faced with the challenges of global climate change and the current situation of water scarcity in China, we are facing severe challenges in managing irrigation water resources for farmland. Firstly, the current situation of agricultural irrigation water resources in China was studied, as well as the key factors affecting agricultural irrigation water resources, such as climate change, resource supply and demand contradictions, and low irrigation efficiency. We have proposed a series of measures to address this, such as improving irrigation technology and management methods, promoting the development of water-saving agriculture, enhancing water resource utilization efficiency, and implementing strict water resource management regulations. We also discussed the potential impacts and challenges of implementing these measures. The research results once again highlight the importance of water resource management in agricultural production, which can provide effective decision-making tools for policy makers, promote the effective management of irrigation water resources in Chinese farmland, and provide strong support for the sustainable development of agriculture in China.

Keywords: irrigation of farmland; water resource management; climate change; water-saving agriculture; sustainable development

引言

全球变暖和气候变化的增强, 给全球的水资源带来了极大的压力和挑战, 尤其是对我国稀缺和分布不均的水资源来说更是如此。据统计, 我国农田灌溉用水占总用水的62%, 可见农田灌溉对我国农业生产, 特别是对我国粮食生产起着决定性作用。然而, 我国农田灌溉水资源管理的现状并不理想, 一直存在着诸如气候变化、资源供需矛盾以及灌溉效率低下等问题。在此背景下, 本文选取农田灌溉水资源管理这一重要主题, 力图通过对我国农田灌溉水资源管理挑战的研究, 提出一套有效解决方案, 以实现农业的可持续发展, 保障国家的粮食安全。

1 农田灌溉水资源现状

1.1 我国农田灌溉水资源的配置和使用情况

我国的农田灌溉水资源配置和使用情况存在显著的

地域差异以及资源不平衡问题^[1]。北方地区由于降水稀少, 水资源相对匮乏, 农田灌溉对地下水和地表水的依赖性较高, 部分地区甚至出现地下水的过度开采现象, 导致土地沉降和水质下降等环境问题。而南方地区虽然降水丰富, 但由于灌溉系统的复杂性和季节性降水不均, 仍然存在灌溉用水不足和利用效率低下的情况。全国范围内, 灌溉用水占农业用水的绝大部分, 水资源管理效率直接影响着农业生产力水平。据相关数据统计, 农业灌溉用水效率整体偏低, 老旧的灌溉基础设施和落后的灌溉技术使得水资源浪费严重。随着城镇化进程的加快和农田面积的不断缩减, 水资源的农业使用受到了进一步挤压, 迫切需要提高水资源利用效率和灌溉技术水平, 以确保农业生产的可持续性和粮食安全。

1.2 全球范围内农田灌溉水资源的管理现状及趋势

在全球范围内, 农田灌溉水资源的管理面临着越来越

复杂的挑战,并呈现出一些显著趋势。气候变化正在加剧水资源的稀缺性,影响各地区的降水模式和水资源供给,进而影响农田灌溉的稳定性。许多国家开始重视可持续用水政策,并且在现代灌溉技术的创新中投入大量资源,以提高灌溉效率和水资源利用率。发展节水农业成为全球趋势之一,通过应用精确灌溉技术和节水作物为农田管理提供了新的可能^[2]。水资源管理条例的健全和强化在多个国家已经付诸实施,以保障水资源的合理分配和使用。由于各国的经济发展水平和技术储备不同,推行这些政策和技术时仍面临多方面的挑战,包括资金不足和技术推广力度不够等问题。这些全球管理现状及趋势表明解决农田灌溉水资源管理的问题具有紧迫性和复杂性。

1.3 农田灌溉所面临的水资源短缺问题

农田灌溉面临的水资源短缺问题日益严重。随着人口的增长和工业发展的需求加剧,水资源的分配日趋紧张,导致可用于农业灌溉的水资源显著减少。过度抽取地下水和不合理的水资源管理进一步加剧了供水压力。气候变化带来的降水不确定性加剧水资源稀缺性,使得灌溉在季节性干旱期间尤为困难。这些问题对农业生产的可持续性构成了严峻挑战,需要寻求有效的管理对策。

2 影响农田灌溉水资源的关键因素

2.1 气候变化对农田灌溉的影响

气候变化对农田灌溉的影响是影响水资源管理的关键因素之一。全球气候变暖导致气温持续上升,加剧了水资源的蒸发损耗,使得原本稀缺的水资源更加紧张。气候变化引发的极端天气事件,如频繁的干旱、突然的暴雨等,极大地影响了农田水资源的稳定供给。干旱期的延长和降雨模式的不确定性,使得传统灌溉季节受到干扰,进而影响农作物的生长周期和产量分布。随着水循环的变化,河流、水库的水文特性也发生了变化,导致水资源供给的不稳定性增加。在一些地区,地下水过度开采以应对地表水资源短缺的现象愈发严重,加剧了地下水的枯竭。气候变化还影响土壤含水量和涵养水源的生态系统,进一步加剧农田灌溉的挑战。通过深入分析气候变化对水资源的多重影响,可以为制定有效的灌溉管理策略提供科学依据。

2.2 资源供需矛盾对农田灌溉的挑战

资源供需矛盾是影响农田灌溉水资源的重要因素之一^[3]。在我国,水资源分布不均,部分地区水资源紧缺,而农田灌溉用水需求持续增加,加剧了供需矛盾。尤其是在农业生产旺季,水资源的短缺导致灌溉用水难以保障,影响了农作物的产量与质量。随着人口的增长和工业化的进程,城市化导致生活与工业用水需求增加,进一步挤压了农业用水份额。这种资源供需的矛盾在一定程度上削弱了农业的可持续发展能力,也对国家粮食安全形成了潜在威胁。迫切需要调节水资源的配置效率,在满足基本生活用水需求的合理分配农业用水,以缓解供需矛盾的压力。

这对于保障农田灌溉水资源的可持续管理具有重要意义。

2.3 灌溉效率低下导致的问题

灌溉效率低下是农田灌溉水资源管理中的一个关键问题,其主要表现为水资源浪费和农业生产的成本增加。灌溉系统的设计不合理或维护不当,会导致水流分配不均,从而增加了灌溉过程中的水损失。过度灌溉和缺乏精确的水量控制导致土壤下渗和径流问题,使得作物吸收的水分远少于供应的水量,加剧了水资源浪费。低效率还影响作物的产量和质量,抑制了农业的发展潜力。解决灌溉效率低下的问题对提升水资源利用率至关重要,亟需现代化技术和精准管理的加入。

2.4 地下水超采对农田灌溉水资源的威胁

地下水超采是当前农田灌溉水资源管理中亟待解决的关键问题之一。在农业灌溉需求集中且地表水资源匮乏的地区,农民往往依赖地下水进行灌溉。然而,长期大规模的集中取用地下水,导致地下水位持续下降,形成了明显的“漏斗区”。这不仅使地下水资源难以自然补给,还可能引发地面沉降、水质恶化等连锁环境问题。地下水位的下降直接削弱了农田灌溉的可持续性,迫使农民进一步加大开采力度,形成恶性循环。此外,地下水超采还加剧了区域水资源的不平衡,使得原本依赖地下水的农田灌溉面临更大的不确定性。

3 农田灌溉水资源管理的对策

3.1 应对气候变化对农田灌溉影响的策略

针对气候变化对农田灌溉水资源带来的诸多挑战,需采取一系列针对性策略。一方面,加强气象监测与预警系统建设,提高对极端天气事件的预测精度,为灌溉计划的调整提供及时准确的信息支持。例如,在干旱期来临前,提前做好水资源储备和调配规划。另一方面,积极推广耐旱作物品种,通过农业科研培育出适应气候变化、水分利用效率高的作物,降低对灌溉水资源的依赖。同时,加强农田水利基础设施建设,如修建蓄水池、雨水收集系统等,增加水资源的储备能力,以应对气候变化导致的降水不确定性。此外,还应开展生态保护与修复工作,保护涵养水源的生态系统,提高土壤的保水能力,减少气候变化对土壤含水量的影响。

3.2 缓解资源供需矛盾的举措

为缓解农田灌溉水资源供需矛盾,需从多方面入手。首先,优化水资源配置,建立科学合理的水资源分配机制,根据不同地区的农业发展需求和水资源状况,合理分配水资源,确保农业用水得到保障。例如,采用水权交易制度,促进水资源的有效流转和合理利用。其次,加强水资源节约宣传教育,提高农民的节水意识,推广节水灌溉技术,如滴灌、喷灌等,减少农业用水浪费。此外,加大对农业水资源的投入,改善灌溉设施条件,提高灌溉水的利用效率。同时,统筹考虑生活、工业和农业用水需求,制定合

理的水资源开发利用规划,在保障基本生活用水的前提下,合理分配农业用水,实现水资源的可持续利用。

3.3 提升灌溉效率的方法

提高灌溉效率是解决农田灌溉水资源管理问题的关键。一方面,对现有灌溉系统进行改造升级,采用先进的灌溉技术和设备,如智能灌溉控制系统,根据土壤墒情、作物需水量等因素精确控制灌溉水量和灌溉时间,减少水资源浪费。另一方面,加强灌溉系统的维护管理,定期检查和维修灌溉设施,确保水流分配均匀,避免因设施故障导致的水损失。此外,开展农业水价综合改革,建立合理的水价形成机制,通过经济手段引导农民节约用水,提高水资源利用效率。同时,加强农业技术培训,提高农民的科学灌溉意识和技能,促进高效灌溉技术的推广应用。^[4]

3.4 治理地下水超采的措施

治理地下水超采需从多方面综合施策,其中“以水定产、以水定地”理念是关键指引。“以水定产”要求依据区域水资源承载能力,合理规划农业生产布局和规模。全面评估当地水资源状况,明确可利用水资源总量,据此确定适宜种植的作物种类和面积。对于水资源匮乏地区,应减少高耗水作物的种植,积极推广耐旱作物品种,调整种植结构,实现农业用水与水资源供给的平衡。“以水定地”则是根据水资源状况合理确定耕地开发规模和布局。避免盲目开垦耕地,特别是在水资源短缺区域,要严格控制新增耕地面积,防止因过度开发导致地下水超采加剧。

同时,要完善水资源管理制度,加强地下水开采监管,严厉打击非法超采行为。加大对节水灌溉技术的推广力度,提高水资源利用效率。此外,还应推进水权交易,促进水资源的合理流动和优化配置,引导农民节约用水,逐步实现地下水采补平衡,保障农田灌溉水资源的可持续利用。

4 水资源管理法规的实施

4.1 现有水资源管理法规的审视

现有水资源管理法规的审视是理解农田灌溉水资源管理现状的关键步骤。我国的水资源管理法规主要包括《中华人民共和国水法》《水污染防治法》以及各省市的地方性法规。这些法规规定了水资源开发、利用、节约和保护的基本原则,强调了统一管理与合理利用。法律框架也涉及高效用水、节水技术的推广,以及水资源费用的合理制定和征收。

然而,在法规具体实施过程中,暴露出诸多问题。一方面,对地下水资源的监管存在明显短板,难以有效遏制过度开采现象;另一方面,在水资源综合管理与污染防治方面,缺乏细致、可操作的具体措施,致使实施效果差异较大。此外,水资源管理部门与其他相关部门之间协调不畅,进一步削弱了法规的实施效力。深入剖析现有法规的执行情况,精准识别其中存在的问题与短板,对于实现水资源的可持续利用以及优化农业灌溉水管理意义重大。这

要求我们在水资源管理上做到精细化管理,涵盖开发、利用、保护等各个环节。这一审视过程为后续制定更具针对性的新法规以及提出切实可行的改进措施提供了宝贵的参依据^[5]。

4.2 提出新的更严格的水资源管理法规

为应对农田灌溉水资源管理中的挑战,亟需制定新的、更严格的水资源管理法规。这些法规应涵盖以下几个方面:对水资源的使用进行更加精准的监控,实施先进的水资源计量及监测技术,以随时掌握水资源使用情况;第二,明确水资源使用的优先次序,优先保障基本农业需求的兼顾生态保护;第三,加大对违规用水行为的处罚力度,确保法规的严肃性和威慑力;第四,鼓励各界广泛参与水资源管理,通过建立公众参与机制提高公众意识及参与度,以增强法规执行效果。这些措施旨在提高水资源利用效率,保障农业可持续发展。

4.3 法规实施的可能挑战与对策

水资源管理法规的实施面临诸多挑战,包括政策协调不足、地方执行力度差异和公众意识不足等问题。在政策协调方面,各级政府部门的政策目标可能存在冲突,导致法规实施不力。地方政府在执行法规时,可能由于资源限制或地方保护主义,执行力度不均。公众对水资源管理的认识不足,可能导致抵触情绪,影响法规的实际成效。针对这些问题,需要加强政府间的协调机制,确保政策一致性。提高公众意识和参与度,通过宣传和教育提升社会对于水资源管理重要性的认知。

5 农田灌溉水资源管理的可能影响

5.1 对农业生产的影响

农田灌溉水资源管理对农业生产具有深远影响。科学合理的水资源管理可以显著提高农作物产量和质量,通过优化灌溉技术,确保充足且及时的水分供应,有效缓解因气候变化带来的负面影响。从长远来看,积极的水资源管理能够降低干旱及其他极端天气对作物生长周期的威胁,稳定农业生产周期与收获期,减少因误时灌溉所导致的歉收现象。

在提高作物产量的水资源管理有助于提升农业用水的效率,减少水资源浪费,降低种植成本。这种成本节约不仅体现在水资源的使用上,同时也体现在减少农药和化肥使用以及降低土壤盐渍化等方面。农民通过实施高效水管理,不仅增加经济收益,还可以减轻资源过度使用带来的环境压力,实现农业的可持续发展。

水资源管理的有效性还取决于大面积推广和应用高新技术,这对农业生产结构的调整、产业升级也具有促进作用,有利于形成现代农业生产体系,提升农业的整体竞争力。

5.2 对环境保护的影响

农田灌溉水资源的有效管理对环境保护具有重要的

积极影响。有效的水资源管理能够减少水资源的不必要消耗,从而减轻对地表水和地下水资源的过度开采。通过先进的灌溉技术和设备,可以减少农业用水的浪费,减轻土壤侵蚀和盐碱化等环境问题的发生。合理的水资源调配,可以维持生态系统的稳定,保障湿地和水生生态系统的健康。科学的水资源管理还可降低农业活动中的化学物质和污染物进入水体的几率,改善水质,保护生物多样性,为生态可持续发展提供支持。有效的水资源管理,促进了环境与农业和谐共存的生态体系。

5.3 对社会经济的影响

农田灌溉水资源管理对社会经济的影响主要体现在几个方面。合理管理水资源能有效降低农业生产成本,提高农作物产量和质量,促进农业收入增长。水资源管理的优化也有助于减少农业对水资源的过度消耗,支持区域经济的可持续发展。健全的水资源管理体系能够吸引相关投资,推动农业技术创新和产业升级。水资源利用效率的提高带来的粮食安全保障是社会稳定的重要因素。面对全球气候变化和资源竞争加剧,这种影响显得尤为重要。

6 结束语

本研究全面审视了我国现行农田灌溉的水资源管理问题,并探讨了气候变化、资源供需矛盾、与低效灌溉等因素对其的影响。通过提出改革灌溉技术、管理方法、推广节水农业、提高水资源利用效率及执行严格的水资源法规等对策,对农田灌溉水资源管理提出新的思维和方法。

然而,这些改进措施的实施同样面临挑战,这需要政策制定者在工具选择和策略调整上投入更多的思考。研究再次引以为傲的凸显出水资源管理在农田灌溉中的重要性,我们希望能借此提供切实有效的决策参考,推动我国农田灌溉水资源的有效管理,并最终为我国农业可持续发展贡献应有的力量。

【参考文献】

- [1] 祁永. 农田灌溉节水措施分析[J]. 农村实用技术, 2023(5): 127-128.
 - [2] 马亚芬. 水资源管理与可持续发展[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)社会科学, 2023(11): 60-63.
 - [3] 耿同举. 基于 SIDD 的农田灌溉水资源高效利用策略研究[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(1): 25-27.
 - [4] 李燕萍. 农田灌溉节水改造技术探究[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(1): 142-144.
 - [5] 屈登惠. 农田灌溉泵站管理研究[J]. 新农业, 2022(17): 84-86.
- 作者简介: 白国杨, 男, 工作单位: 靖边县水资源调度中心, 毕业院校: 大连理工大学(本科)水利水电专业, 全日制毕业院校: 西安建筑科技大学华清学院(本科)建筑环境与设备工程专业; 张小琳, 女, 工作单位: 靖边县河道库坝养护站, 毕业院校: 大连理工大学(本科)水利水电专业, 全日制毕业院校: 咸阳师范学院(本科)英语专业。

乌玉尔台水库水源工程导流放空隧洞设计要点分析

姜兴培

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司, 新疆 哈密 839000

[摘要] 乌玉尔台水库水源工程的导流放空隧洞设计直接关系到水库的安全运行与调度效率, 其稳定性对于保障水资源调控和防洪泄洪具有重要意义。然而, 受复杂地质条件和高烈度地震环境的影响, 隧洞施工面临围岩稳定性差、易变形塌方等挑战, 给工程安全带来较大风险。为确保隧洞的稳定运行, 工程采用新奥法施工原理, 结合系统锚杆、钢筋网喷射混凝土及工字钢拱架等复合式支护体系, 并通过超前支护、回填灌浆及动态监测等措施, 强化施工安全管理。同时, 针对工程区地震烈度高的特点, 优化抗震设计, 提高隧洞抗震能力。通过科学合理的设计与施工措施, 本工程有效提升了隧洞结构的稳定性和耐久性, 为水库的安全运行提供了有力保障, 也为类似水利工程的建设与管理提供了重要的技术借鉴。

[关键词] 乌玉尔台水库; 导流放空隧洞; 支护设计; 抗震设计

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16071

中图分类号: TV651.3

文献标识码: A

Analysis of Design Points for Diversion and Emptying Tunnel of Wuyuertai Reservoir Water Source Project

JIANG Xingpei

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

Abstract: The design of the diversion and emptying tunnel of the Wuyuertai Reservoir water source project is directly related to the safe operation and scheduling efficiency of the reservoir. Its stability is of great significance for ensuring water resource regulation and flood control and discharge. However, due to the complex geological conditions and high-intensity earthquake environment, tunnel construction faces challenges such as poor stability of surrounding rock and susceptibility to deformation and collapse, posing significant risks to engineering safety. In order to ensure the stable operation of the tunnel, the project adopts the new Austrian method construction principle, combined with a composite support system such as system anchor rods, steel mesh shotcrete, and I-beam arches. Through advanced support, backfill grouting, and dynamic monitoring measures, construction safety management is strengthened. At the same time, in response to the high seismic intensity in the engineering area, optimize seismic design and improve the seismic resistance of tunnels. Through scientifically reasonable design and construction measures, this project has effectively improved the stability and durability of the tunnel structure, providing strong guarantees for the safe operation of the reservoir and important technical references for the construction and management of similar water conservancy projects.

Keywords: Wuyuertai Reservoir; diversion and emptying tunnel; support design; seismic design

1 隧洞建设条件

1.1 隧洞概况

乌玉尔台水库水源工程位于新疆伊犁州昭苏县境内, 其导流放水兼放空隧洞布置于坝址区域左岸, 隧洞进口布置在坝轴线上游 214m 处, 位于坝轴线下游左岸 453m 河道二级台地上, 导流放水兼放空隧洞由有压隧洞段、竖井控制段、无压隧洞段、出口消能防冲段组成, 放水方式采用在竖井控制段及有压明洞末端塔井中取水, 隧洞洞底埋管输水的布置形式。隧洞总长 634.8m, 其中: 有压隧洞段全长 233.8m; 无压隧洞段长 401.0m; 消能防冲段长 69.8m, 隧洞段断面采用城门洞形。

1.2 工程区地质条件

(1) 有压隧洞段 (D0+000-D0+233.8) 工程地质条件:

桩号 D0+000-D0+082 段处于左岸阶地上, 表层 1.5m 左右为腐植土, 岩性粉土, 灰黑色, 含大量植物根系, 下层为

第四系全新统层, 岩性为圆砾, 埋深 15.0~20.0m, 外水压力折减系数 $\beta_e=0.4-0.8$; 下伏基岩主要以新近系中统~上新统 (N1-2) 泥岩为主, 局部地段夹巨厚层、厚层状砾岩, 结构密实。强风化层厚 3~5m, 围岩类别 V 类, 弱风化层厚 5~8m, 根据室内岩石试验其饱和单轴抗压强度小于 5Mpa, 综合判定其围岩类别 V 类, 外水压力折减系数 $\beta_e=0.2-0.4$ 。桩号 D0+082-D0+233.8 段处于左岸岸坡上, 上层为第四系全新统风积 (Q_4^{col}) 的粉土层, 厚度 3.0~4.0m 左右, 其中表层 1.0~2.0m 为腐植土, 灰黑色, 含大量植物根系, 下伏基岩主要以新近系中统~上新统 (N_{1-2}) 泥岩为主, 局部地段夹巨厚层、厚层状砾岩, 结构密实。强风化层厚 3~5m, 围岩类别 V 类, 弱风化层厚 5~10m, 根据室内岩石试验其饱和单轴抗压强度小于 5Mpa, 综合判定其围岩类别 V 类, 外水压力折减系数 $\beta_e=0.2-0.4$ 。桩号 D0+000-D0+082 段基础主要坐落于圆砾层上, 地基承载力特征值 $f_{ak}=300\text{KPa}$, 但

根据现场动力触探试验成果,其修正后动探锤击数 5~10, 密实度较低为稍密状态,综合判定其围岩类别 V 类;桩号 D0+132-D0+303.8 段主要位于泥岩弱风化层上,根据室内岩石试验其饱和单轴抗压强度小于 5Mpa,综合判定其围岩类别 V 类,地基承载力特征值弱风化 $f_{ak}=400\sim 500\text{KPa}$,微风化~新鲜 $f_{ak}=500\sim 600\text{KPa}$,建议开挖边坡:粉土层:临时 1:1.50~1.75,永久 1:1.75~1:2.0(水上);1:2.0~1:2.5(水下);圆砾:临时 1:1.0~1.5,永久 1:1.5~1:1.75(水上);1:1.75~1:2.0(水下);泥岩:临时 1:0.75~1:1.0(强风化),1:0.5~1:0.75(弱风化)永久 1:1.0~1.25(强风化),1:0.75~1.0(弱风化),泥岩易风化,建议开挖完后立即进行喷锚支护。

(2) 无压隧洞段(D0+233.8-D0+634.8)、消能防冲段(D0+634.8-D0+704.6)工程地质条件:

该段处于左岸阶地上,表层 1.5~2.0m 左右为腐植土层,岩性粉土,灰黑色,含大量植物根系;下层为第四系全新统冲积层(Q_4^{al}),岩性为圆砾,埋深 3.5~12.8m 左右,下伏基岩主要以新近系中统~上新统(N_{1-2})泥岩为主,局部地段夹巨厚层、厚层状砾岩,结构密实。强风化层厚 3~5m,围岩类别 V 类,弱风化层厚 5~8m,根据室内岩石试验其岩体饱和单轴抗压强度小于 5Mpa,综合判定其围岩类别 V 类,外水压力折减系数 $\beta_e=0.2\sim 0.4$ 。桩号 D0+547.8-D0+678.6 段基础主要坐落于圆砾层上,地基

承载力特征值 $f_{ak}=300\text{KPa}$;桩号 D0+678.6-D0+704.6 段基础坐落于粉土层上,该层物理力学性质较差,建议将该层挖除,基础坐落于下层圆砾层上,或采用圆砾土换填处理。本段明挖深度 13.0m 左右,属土质边坡,稳定性较差,建议采用分级放坡开挖,建议开挖边坡:粉土层:临时 1:1.50~1.75,永久 1:1.75~1:2.0(水上);1:2.0~1:2.5(水下);圆砾:临时 1:1.0~1.5,永久 1:1.5~1:1.75(水上);1:1.75~1:2.0(水下);泥岩:临时 1:0.75~1:1.0(强风化),1:0.5~1:0.75(弱风化)永久 1:1.0~1.25(强风化),1:0.75~1.0(弱风化),泥岩易风化,开挖完后立即进行喷锚支护。

1.3 地震及区域稳定

工程区位于恰普恰勒山南坡,地理坐标:东经 $80^{\circ}54'28''$ — $80^{\circ}55'10''$,北纬 $43^{\circ}8'30''$ — $43^{\circ}10'15''$ 。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015),乌玉尔台水库工程区 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度为 0.30g,相应的地震基本烈度为 VIII 度,地震动反应谱特征周期 0.45s。工程场地区域构造稳定性较差,但库坝区构造不发育,具备建库坝的区域地质条件。

1.4 岩(土)体物理力学特征

参照坝址区岩石(体)物理力学试验成果,工程坝址区土体物理力学性质参数建议值见表 1,泥岩物理力学试验成果见表 2,泥岩物理力学性质参数建议值见表 3。

表 1 坝址区土体物理力学性质参数建议值表

地层年代	土的定名	天然密度		天然含水量	压缩模量	变形模量	抗剪强度(饱和)		承载力特征值	渗透系数	备注
		湿	干								
		ρ	ρ_d							k	
		g/cm^3	g/cm^3							cm/s	
Q_4^{col}	粉土	1.50	1.36	10.3	4.1		26.0	15.0	120	1.2×10^{-4}	(*) 代表引用经验值
Q_4^{al}	圆砾	2.12	2.04	3.9		40.0(*)	15.0	36.0	300	1.86×10^{-2}	

表 2 坝址区泥岩物理力学试验成果表

试样 编号	取样 深度 (m)	密度 g/cm³		自然吸 水率%	饱和吸 水率%	单轴抗压强度 (Mpa)		软化 系数	岩石单位 弹性抗力 系数 K ₀ Mpa/cm	泊松 比 μ	抗剪断				单轴压缩变形	
		天然	烘干			饱和	烘干				饱和		烘干		变形模量 (× 10³MPa)	弹性模量 (× 10³MPa)
											c' (Mpa)	f'	c' (Mpa)	f'		
CZK03	19-20	1.70	1.62	5.67	5.77	1.38	4.80	0.29	26.9	0.27	0.62	0.55	0.86	0.71	2.00	3.42
	22-23	1.68	1.65	10.13	10.76	0.67	2.49	0.27	24.6	0.26	0.66	0.52	0.77	0.68	2.21	3.10
CZK05	13-15	1.74	1.66	9.35	9.48	0.72	1.96	0.37	17.4	0.29	-	-	0.80	0.65	1.48	2.25
CZK06	37-38	1.75	1.57	10.36	12.46	1.03	3.67	0.28	29.2	0.28	0.24	0.53	0.68	0.67	2.56	3.74
	54-56	1.93	1.69	9.28	10.4	0.77	3.96	0.19	36.3	0.27	0.44	0.52	0.67	0.69	2.92	4.61
CZK07	12-14	1.76	1.54	8.74	11.5	0.55	1.34	0.41	-	-	-	-	0.65	0.62	1.43	2.84
组数		6	6	6	6	6	6	6	5	5	4	4	6	6	6	6
最大值		1.93	1.69	10.36	12.46	1.38	4.8	0.41	36.3	0.29	0.66	0.55	0.86	0.71	2.92	4.61
最小值		1.68	1.54	5.67	5.77	0.55	1.34	0.19	17.4	0.26	0.24	0.52	0.65	0.62	1.43	2.25
平均值		1.76	1.62	8.92	10.06	0.85	3.04	0.30	26.88	0.27	0.49	0.53	0.74	0.67	2.10	3.32

表 3 坝址区泥岩物理力学性质参数建议值表

岩性		密度 g/cm ³		自然 吸水 率%	饱和 吸水 率%	单轴抗压强度 (Mpa)		软化 系数	岩石单 位弹性 抗力系 数 K ₀ Mpa/cm	泊松比 μ	坚固性 系数 f	抗剪断				单轴压缩变形		备注
		天然	烘干			饱和	烘干					饱和		烘干		变形模 量 (× 10 ³ MPa)	弹性模 量 (× 10 ³ MPa)	
												c' (Mpa)	f'	c' (Mpa)	f'			
泥 岩	强 风 化	1.68	1.54	12.0	15.0	0.2 (*)	0.6 (*)	0.33	5.0	0.38 (*)	0.6 (*)	0.1 (*)	0.3 (*)	0.2 (*)	0.4 (*)	0.6 (*)	1.0 (*)	(*)代 表引用 经验值
	弱 风 化	1.76	1.62	8.92	10.0	0.4	1.2	0.33	10.0	0.27	2.0 (*)	0.4	0.5	0.7	0.6	1.0	1.5	

2 隧洞设计

2.1 开挖轮廓

隧洞开挖断面为城门洞形，开挖宽 3.7m，高 5.32m。其中直墙段高 4.15m，圆拱形段高 1.17m，圆弧段圆拱顶圆弧角度 120°，半径 2.04m；竖井开挖断面为矩形断面，井口锁口开挖宽 10.4m，长 16.6m（不含开挖预留变形量），井身开挖宽 6.4m，长 12.6m（不含开挖预留变形量），开挖轮廓预留变形量根据现场开挖后布置的位移及其变形速率监测结果确定。隧洞及竖井开挖严格按照“小药量、短进尺、强支护”的原则推进，及时整理总结分析变形监测数据，对开挖支护参数、开挖预留变形量进行动态调整。隧洞开挖轮廓尺寸见下图（不含开挖预留变形量）。

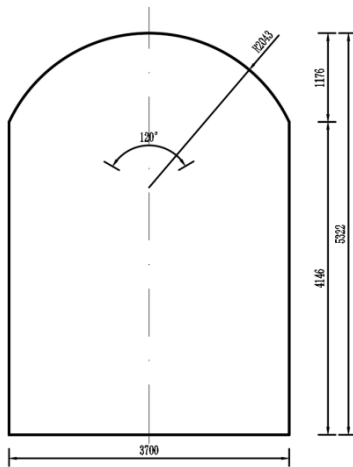


图 1 隧洞开挖轮廓

2.2 隧洞进出口设计

隧洞进口采用大开挖方式，开挖永久边坡为 1:2，开挖高度自下而上每隔 10m 设置一处宽 2m 的马道，进口开挖永久边坡与地面线交线处布置截水沟，截水沟采用梯形断面，内坡 1:1.5，底宽 0.5m，沟深 0.6m，采用 12cm 厚 C30F300W6 素混凝土板衬砌，每隔 3m 设 2cm 横缝一道，采用 M10 水泥砂浆填缝，隧洞进口洞顶以上至第一个马道位置，宽度为 7.5m 范围内布置 φ25 中空注浆锚杆，锚杆长 3.5m，钻孔深 3.0m，梅花形布置，间排距 1.5m，注浆

材料为水泥浆，注浆参数由现场注浆试验确定。

隧洞出口采用大开挖方式，开挖永久边坡为 1:1.5，开挖高度自下而上每隔 10m 设置一处宽 2m 的马道，出口开挖永久边坡与地面线交线处布置截水沟，截水沟采用梯形断面，内坡 1:1.5，底宽 0.5m，沟深 0.6m，采用 12cm 厚 C30F300W6 素混凝土板衬砌，每隔 3m 设 2cm 横缝一道，采用 M10 水泥砂浆填缝，隧洞出口洞顶以上至原地面线位置，宽度为 7.5m 范围内布置 φ25 中空注浆锚杆，锚杆长 3.5m，钻孔深 3.0m，梅花形布置，间排距 1.5m，注浆材料为水泥浆，注浆参数由现场注浆试验确定，隧洞出口永久边坡采用拱骨架护坡支护，拱形支骨架宽 0.7m，拱半径 1.5m，间距 2.91m，主骨架宽度 0.8m，间距 3m。拱骨架护坡采用现浇素混凝土结构，混凝土标号 C30F300W6。

洞身进出口工序，先对洞脸边坡进行加固，根据加固后的边坡情况确定初段管棚支护具体位置，在确定的导墙位置连支 3~4 榀钢拱架后支模，浇筑导墙，钻孔打入管棚，待管棚打入预定有效长度后进行灌浆封孔，待超前支护强度起来后再进行隧洞开挖。

2.3 隧洞支护设计

本工程洞身段及竖井围岩类别为 V 类，主要以砂卵石层、泥岩为主的软岩，地质条件相对复杂，洞身及竖井复合式衬砌应用新奥法原理进行设计和施工，以系统锚杆、钢筋网喷射混凝土、格栅采用工字型 16 号钢拱架为初期支护，模筑钢筋混凝土为二次支护，共同组成永久性承载结构；初次一次支护参数及衬砌设计支护参数通过工程类比和结构分析计算综合确定，后续一次支护参数根据现场开挖地质情况结合现场监控量测数据进行调整，通过对量测数据的分析和判断，对围岩一次支护体系的稳定状态进行监控和预测，并据此制定相应的施工措施，以确保洞室周边岩体的稳定以及支护结构的安全。

对于进口和出口进洞段砂卵石地层隧洞洞身复杂地质条件位置处采用超前支护措施，在隧洞开挖前进行支护，本工程采用的超前支护措施主要直径为 108mm、长度为 9m 钢管棚超前支护、注浆小导管直径为 40mm、长度为 3.5m 超前支护及超前自进式锁脚锚杆和自进式系统锚杆。在施

工图设计时,结合现场隧洞开挖后的地质情况,对V类泥岩地层我们对注浆小导管做了注浆实验,由于泥岩不透水性,泥岩不吃浆。如果强行对小导管注浆,反而会破坏泥岩开挖断面的稳定性,我们针对这种情况及时调整了设计施工图,对于密实性比较好不透水的泥岩地层隧洞开挖和超前支护设计采用了:自进式 $\Phi 25$ 长度3.5m超前锚杆,间距30cm;超前自进式 $\Phi 25$ 长度3.5m锁脚锚杆8根和自进式 $\Phi 25$ 长度3.5m系统锚杆间距1m,以上锚杆全部与工字型16号钢拱架连接为一体化。^[1]

3 灌浆设计

隧洞混凝土衬砌完需进行回填灌浆,应在衬砌混凝土达到70%设计强度后进行。洞身拱顶 120° 范围预留回填灌浆的孔,每排1~2孔梅花形布置,排距3.0m,预埋灌浆管应伸出洞衬混凝土外缘10cm,预埋管长70cm,灌浆采用纯压式灌浆法,分为两个次序进行灌浆,I序孔为低处孔,II序孔为高处孔(顶孔),低处孔灌浆时,高处孔可用于排气、排水,当高处孔排出浓浆(接近或等于注入浆液的水灰比)后,可将低处孔堵塞,改从高处孔灌浆,依此类推,直至结束。I序孔灌浆压力为0.2MPa,II序孔为0.3MPa,高处孔灌浆工程完成后,灌浆孔口必须封口,采用环氧砂浆抹平。

隧洞竖井段基础需固结灌浆,应在底板混凝土达到70%设计强度后进行。固结灌浆孔每排3孔,排距2m,预埋灌浆管伸出竖井底板外缘10cm,预埋管长2m,埋管孔径90mm,固结灌浆孔深6m灌浆采用纯压式分段灌浆法,灌浆材料为水泥浆,开灌浆液水灰比3,灌浆压力不宜大于0.3MPa,灌浆水灰比采用3、2、1、0.5四级,当灌浆段在最大设计压力下,注入率不大于1L/min后,屏浆30min,屏浆期间平均注入率不大于1L/min时,可结束灌浆。固结灌浆其余灌浆参数由灌浆试验确定,其余未尽事采用SLT62—2020《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》。^[2]

4 抗震设计

工程区地震基本烈度为VIII度,隧洞抗震设防类别为丁类,采取的主要抗震措施如下:

(1)隧洞采用钢筋混凝土结构,选用钢筋牌号为HRB400E。

(2)对于隧洞进口、出口洞脸2倍洞宽范围内边坡进行加固,加固方式为采用间排距1.5m的中空注浆锚杆进行加固,锚杆杆体直径为25mm,锚杆长3.5m,钻孔深1.5m。

(3)隧洞顶拱范围内进行回填灌浆,避免衬砌背后存在空洞。

5 施工监控量测

本工程洞身段及竖井围岩类别为V类,主要以砂卵砾石层、泥岩为主的软岩,地质条件相对复杂,支护结构应用新奥法原理采用复合式衬砌,要求施工单位在施工过程

中必须进行现场监控量测,及时掌握围岩在开挖过程中的动态和支护结构的稳定状态,提供有关隧洞施工的全面、系统信息资料,以便及时调整支护参数;通过对量测数据的分析和判断,对围岩一支护体系的稳定状态进行监控和预测,并据此制定相应的施工措施,以确保洞室周边岩体的稳定以及支护结构的安全。

本隧洞施工过程中必须进行的监控量测项目有洞口浅埋地段地表下沉观测、洞室周边位移变形监控量测以及日常观察与施工调查。

当隧洞埋置深度小于30m时属于浅埋隧洞,在这种情况下必须按要求进行地表变形观测,观测断面纵向间距约10~20m,每端洞口至少设置一个观测断面。

在进行洞室开挖施工过程中,必须进行洞室周边位移变形监控量测,每次掘进施工后应进行掌子面地质及支护状态的观察。洞室周边位移量测断面在纵向间距5~10m左右应设置一处。

在施工过程中,可以根据隧洞地质特点和结构形式,结合现场管理各方需要,选择一些特殊监控量测项目对隧洞进行深入研究,如:围岩内部位移量测、锚杆内力量测、钢支撑内力量测、喷射混凝土应力量测以及二次衬砌应力量测等。^[3]

6 建议施工安全预案

根据以往的经验教训,施工塌方是软岩隧洞施工中较常遇到的安全事故,也往往造成较大的人员和财产损失,在施工阶段,应做好相关的安全和救援预案。设计建议主要措施及救援预案如下:

(1)在靠近掌子面预留100m长壁厚12mm的DN800钢管作为隧洞塌方时被困人员的逃生通道;

(2)洞内应设置无线电话,采用不间断供电的照明;

(3)在掌子面附近准备食品、紧急医用物资及相关设备;

(4)洞外准备临时钢架、木材、钻机、抽水机具等设施;

(5)洞内作业时,每工班安排一个有丰富经验、责任心强的人员时常注意观察围岩的稳定变化情况,当隧洞出现险情并伴有塌方征兆时,首先由带班人员组织紧急撤离,不得因抢救设备物资而贻误人员撤离时机,撤离到安全地带后,安排专人防守洞口,禁止一切人员入内,迅速清点人数。如人员全部撤出,则切断风、水、电,立即向工地值班人员反映情况,再由项目部通知相关单位,并共同制定整治方案。如有人员未能安全撤离,或被封堵在工作面内,被封堵人员应采取自救措施:首先检查是否有人员受伤,如有受伤人员,要进行包扎和妥善安置,并借助预置直径0.8m钢管返回洞外。

清理塌方后,根据塌方情况决定治理措施:

(1)如坍塌体积较小,且坍塌范围内进行了喷锚,

或已架设好较为牢固的构件支撑,可由两端或一端先上后下的逐渐清除坍塌,随挖随喷射混凝土,并架设临时支撑支顶;

(2) 如坍塌体积较大,或地表已经下沉,或因坍塌体堵塞,无法进入坍塌范围进行支护时,则可注浆加固坍塌体,然后在坍塌体内进行开挖、衬砌。

7 施工注意事项

(1) 应加强施工期安全监测,监测围岩的位移计其变形速率,并进行必要的反馈分析,根据监测结果调整施工方法、开挖循环进尺、预留变形量大小和临时支护参数。

(2) 锚喷支护施工应严格按照《水利水电工程锚喷支护技术规范》(SL377)有关规定执行。

(3) 在隧洞施工过程中,作业人员必须严格按照《水利水电工程施工通用安全技术规程》(SL398)及《水利水电工程土建施工安全技术规程》(SL399)等规范进行文明施工。

(4) 施工安全风险提示:

a. 混凝土浇筑过程中,现场作业人员应遵守安全生产基本要求和各工种安全操作规程;

b. 超过 2m 的高处作业时,应符合高空作业的有关规定,作业临空面四周应采用可靠的防坠落防护措施;施工排架及爬梯必须设置栏杆,高处作业必须系好安全带,防止高空坠落;

c. 混凝土强度只有达到设计值要求时才允许拆模,模板拆除应均匀对称;

d. 开挖过程中,一旦发现裂痕、滑动等现象,应立即停止施工,将人员、设备尽快撤离工作面。

【参考文献】

[1] 胡本勇. 穿越岩溶清泉区浅埋隧洞支护衬砌设计方案研究[J]. 广西水利水电, 2025(1): 23-27.

[2] 杨启贵, 王汉辉, 张存慧. 城市深埋输水隧洞工程勘察设计关键技术研究[J]. 人民长江, 2024, 55(12): 168-175.

[3] 熊璐, 苏军. 龙官桥水库取水兼放空隧洞比选及结构设计[J]. 小水电, 2023(6): 51-54.

作者简介: 姜兴培(1966.7—), 毕业院校: 新疆八一农学院(现新疆农业大学), 所学专业: 水利水电工程建筑, 当前就职单位名称: 哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司, 就职单位职务: 总工程师, 职称级别: 高级工程师。

围堰变形监测实施研究

张建民

中交华南勘察测绘科技有限公司, 广东 广州 510220

[摘要]文中聚焦崖门出海航道二期工程(YMEQ3 合同段)的航道疏浚项目,以其中的围堰工程作为研究实例,系统性测试多种位移监测方法。通过对不同方法的比对分析,优化监测流程,大幅提升监测精度与效率。希望这些探索与实践成果,能够为后续类似围堰工程的监测工作,提供详实的监测数据支撑以及可借鉴的方法范式。

[关键词]变形监测;竖向位移;水平位移;深层水平位移

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16059

中图分类号: TV551

文献标识码: A

Research on the Implementation of Cofferdam Deformation Monitoring

ZHANG Jianmin

CCCC Southern China Surveying and Mapping Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510220, China

Abstract: This article focuses on the channel dredging project of the Yamen Sea Going Channel Phase II Project (YMEQ3 contract section), using the cofferdam project as a research example to systematically test various displacement monitoring methods. By comparing and analyzing different methods, optimizing the monitoring process, and significantly improving monitoring accuracy and efficiency. I hope that these exploration and practical achievements can provide detailed monitoring data support and reference methods for monitoring work similar to cofferdam projects in the future.

Keywords: deformation monitoring; vertical displacement; horizontal displacement; deep horizontal displacement

引言

在水利建设领域蓬勃发展的当下,围堰作为临时性水工建筑的核心组成部分,在设计、施工及运行阶段,监测技术的重要性愈发突出。近年来,大型、超大型水利项目不断涌现,工程规模持续扩大,这对观测精度提出了极为严苛的要求。

精确的变形监测,不仅是判断围堰工作性能、预警潜在风险的核心环节,更是守护水利工程安全的重要防线。一旦监测环节出现疏漏,微小的变形未被察觉,都可能在复杂的水流、压力作用下,演变成严重的安全事故,造成不可估量的损失。

因此,对围堰变形监测技术进行深入探究,既能够帮助我们掌握围堰的运行规律,及时发现隐患,还能带动整个行业的技术革新,为今后围堰工程的建设提供更科学、更精准的技术支撑,助力水利建设事业迈向新的高度。

1 工程概述

本次监测区域处于崖门出海航道二期工程航道疏浚工程(YMEQ3 合同段)项目新洲围纳泥区周边。新洲围纳泥区的西侧、南侧和北侧,借助已有的海堤或土堤当作挡水围堰;西堤北侧的两座水闸,作为纳泥区的水门排水通道,为防止水闸受到施工影响,在水闸内侧口门边缘修筑了339m长的保护围堰,并对其余水闸进行封堵,封堵总长度达76m。东侧则依托现状塘埂,向内修筑长度为4383m的围堰。整个纳泥区的纳泥面积为527.2万 m^2 。

依据《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497—2019

的相关规定,该工程基坑被划定为一安全等级。结合设计文件规划的17个监测断面,以及考虑到现场实际需求增设的7个监测断面,总计在4383m长的围堰上,合理设置了24个监测断面。这些监测断面之间的间距在100m至300m范围内,以便更全面、准确地监测围堰的状况。

2 监测内容

根据设计要求,对围堰表面水平位移、竖向位移、深层水平位移开展监测。施工期间监测频次为1d1次。依据设计文件竖向位移应小于15mm/d、水平位移应小于5mm/d、深层水平位移应小于5mm/d。

3 监测方法

为确保同一监测项目数据的准确性与连贯性,在开展监测作业时,应遵循以下规定:

(1) 统一观测方法与路线:每次监测均需采用一致的观测方法,并严格按照既定观测路线进行,杜绝因方法和路线差异导致的误差。

(2) 固定监测仪器设备:使用同一台监测仪器及配套设备开展监测。仪器的一致性,能减少不同设备间的系统误差,确保监测数据的稳定性。

(3) 稳定观测人员团队:安排固定的观测人员负责监测任务。因为固定的人员对仪器操作更熟悉,对观测流程更了解,可降低人为因素造成的误差。

(4) 维持环境条件一致:尽量在基本相同的环境和条件下进行监测工作,将外界环境对监测结果的影响降到最低限度^[1]。

3.1 表面水平位移监测方法

在水平位移监测领域,常用方法包含前方交会法、自由设站法、导线测量法、极坐标法、视准线法以及小角法。这些方法在不同场景下各有优劣,需依据实际监测环境合理选择。本次测区毗邻大面积水域,这种特殊的地理环境严重限制了工作基点的布设。视准线法和小角法,虽然理论上能提供较高的监测精度,但在长视准线条件下,弊端显著。随着视线距离的增加,照准误差会被放大,甚至可能导致照准困难,极大影响数据采集的准确性。

不仅如此,这两种方法自动化观测实现难度较大,外界环境因素对测量结果的干扰明显。此外,当位移标点的位移量超出系统最大偏距值时,便无法进行正常观测。因此,在大面积水域这类复杂测区,视准线法和小角法的使用存在较大的局限性,难以充分满足实际监测需求。^[2]综合考虑后决定采用极坐标法来测定位移量。具体测量方法如下:

在施工区域周边合理布设基准点与工作基点。为获取这些点的精确坐标,采用导线测量法进行实地观测,并通过内业数据处理与平差计算,确定每个点的坐标。同时,为确保工作基点的可靠性,需周期性开展稳定性检验工作。测量前,为降低仪器误差,需将全站仪提前拿出晾晒一段时间,使仪器温度与外界环境温度充分平衡。此外,在每一个测站测量之前,操作人员需准确输入实时的温度、气压数据。正式测量时,先将全站仪架设在选定的基准点上,严格做好对中及整平工作。随后,以工作基点作为后视进行定向操作,通过全站仪测定监测点与工作基点之间的角度、距离数据,从而计算出各监测点的坐标。为提高数据准确性,每个监测点需测量三次,并取平均值作为初始值。在后续的监测周期中,采用同样的测量方法,将各期测量数据与初始值进行对比,进而精确计算出监测点的水平位移变形量。

3.2 表面竖向位移监测方法

3.2.1 竖向位移监测方法确定

在竖向位移监测作业中,水准仪、连通管、全站仪等都是常用的测量仪器。本次监测的表面竖向位移监测点均位于围堰顶部,而工作基点则设置在施工区外的稳固区域。受围堰阻隔,使用普通水准测量方法难以实现监测点与工作基点的联测。综合考量测量精度和作业效率,最终确定采用附和水准路线与全站仪三角高程测量相结合的方案。

3.2.2 测量准备与实施

在测量工作开展前,需将测量仪器提前拿出晾晒,让仪器温度与外界环境温度达到平衡。对于水准仪,还要进行*i*角校验,校验合格后,按照国家三等水准测量规范施测。测量时,在工作基点和距离它最近的相邻监测点之间架设全站仪。当水准路线经过相应点位时,借助全站仪的三角高程测量功能测定这些点位的高程,并将测定的高程值当作已知数据,用于后续内业数据平差处理。每个监测点需重复测量三次,取平均值作为初始值。在后续各期监测中,沿用相同的测量方法。通过将各期测量所得数据与

初始值进行对比,精确计算出监测点的竖向位移变化量,以此实现对监测点竖向位移的有效监测。

3.3 深层水平位移监测方法

本次测斜监测中,测斜孔间距在100~300m之间,测斜管平均深度达24m。加之围堰下方车辆通行极为不便,为提升监测效率,决定使用两台测斜仪同步作业,分别从测区两端向中间推进,每台测斜仪负责固定的测斜孔,避免仪器间误差相互干扰。测量前,先将测斜仪探头的A+面朝向围堰外侧,平稳放入测斜管。放置一段时间,让测斜仪与测斜管温度达到平衡,待仪器读数稳定后,开始正式测量。测量时,利用测斜仪从测斜管底部自下而上进行数据采集,以0.5m为间距设置测点,测定不同深度的土体水平位移量。为消除仪器自身误差,每个测点都要按180°正反向各测量一次。对采集到的测斜数据,在进行数据计算时,取同一测点正反向测量结果的平均值,以此作为该测点土体水平位移的最终数据,确保测量数据的准确性。

4 监测成果分析

在围堰监测工作中,共布设24条监测断面。每个监测断面均设有1个竖向位移监测点,该监测点同时用于水平位移监测,此外还配置一条测斜管。经研究,本文选定整体最大变形断面XH3+000展开深入分析。此断面处于吹填管周边,且位于围堰长直边位置,独特的地理位置,使其在变形方面极具代表性,值得重点关注。

4.1 围堰表面水平位移

根据数据统计,该断面表面水平位移监测点累计变化量为109.2mm,是累计位移最大点,相对变化量最大值为1.9mm/d,表面水平位移整体呈现逐步向纳泥区外侧偏移的趋势,主要变化量发生在吹填施工期间。



图1 WY13水平位移变化量累计曲线

4.2 围堰表面竖向位移

数据统计结果显示,XH3+000断面表面竖向位移监测点累计变化量达-376mm,相对变化量最大值为-6mm,且在出现相对变化最大值的次日,该点相对变化值依旧较大。经分析,这一现象是由围堰施工造成的。当该区域围堰停

止施工后,相对位移变化量逐渐恢复至常规波动速率。整体来看,表面竖向位移观测点呈现出逐步下沉的趋势,且主要变化集中在吹填施工阶段。由此表明,吹填与围堰施工活动,对该断面竖向位移产生了显著影响。

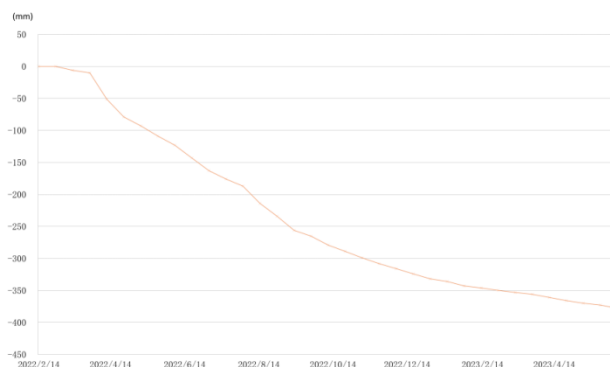


图2 CZ13 竖向位移变化量累计曲线

4.3 深层水平位移

数据统计表明,XH3+000 断面的累计变化量处于[100.07,108.97]mm 区间。就深层水平位移而言,最大变化值出现在测斜管管口附近。值得注意的是,尽管管口附近变化值相对突出,但整个断面深层水平位移变化态势平稳,所有数据均未超出控制值。

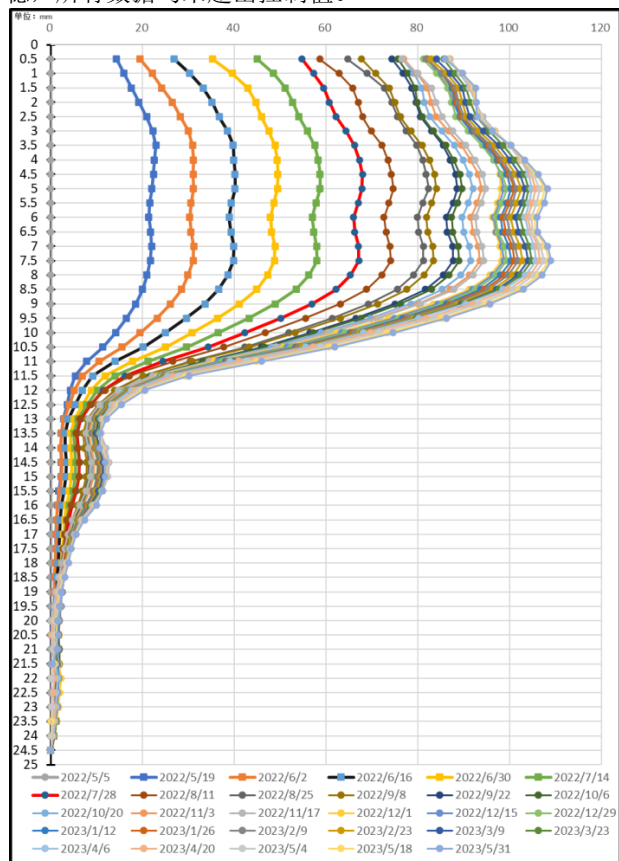


图3 CX13 深层水平位移变化量累计曲线

进一步分析发现,相对变化量最大值集中出现在吹填施工阶段。这主要是因为该测斜孔靠近吹填管头,受吹填作业的影响显著。不仅如此,相邻测斜孔的深层水平位移同样相对较大,进一步印证吹填作业对该区域土体深层水平位移具有广泛影响。

4.5 监测成果综合分析

通过对围堰各项位移监测数据的梳理分析可知,在水平位移方面,围堰表面监测点均表现出向纳泥区外侧位移的趋势,且所有监测点的位移变化值均在控制值范围之内。竖向位移上,围堰表面监测点无一例外呈现下沉趋势,各项变化值同样低于控制值。

深层水平位移监测结果显示,深层土体主要朝着纳泥区外侧倾斜。值得关注的是,深层水平位移的变化趋势与地表沉降基本吻合,在时间和空间维度上,二者存在紧密的关联性。鉴于此,在进行数据分析时,可将这两类数据综合考量,通过相互验证的方式,提高数据解读的准确性与可靠性,从而更全面地掌握围堰的变形特征^[3]。从总体来看监测断面 XH3+000 整体位移量最大,其次为临近的其他监测断面。

5 结语

(1) 施工与位移的关系及监测点保护

围堰位移变化和施工过程联系紧密。在围堰施工期间,施工区域周边的监测点,位移普遍较为明显。鉴于此,必须对监测数据展开细致分析,深入了解围堰的实际变形情况。另外,围堰施工期间作业环境复杂,监测点极易遭到损坏。因此,要强化对监测点的保护工作,一旦发现监测点损坏,需及时补充埋设,确保监测工作的连续性与完整性。

(2) 吹填施工对围堰稳定性的影响

吹填施工期间,围堰所承受的压力较大,整体位移量偏大。不过,随着吹填方量逐步减少,围堰所受外力减弱,其稳定性也随之增强,逐渐趋于稳定状态。

(3) 监测数据对施工的指导价值

在整个监测过程中,监测数据为施工决策提供了有力支持,对施工进度把控、工艺调整等方面起到了良好的指导作用,为围堰安全施工和顺利建设提供了重要保障。

【参考文献】

- [1]GB 50497-2019,建筑基坑工程监测技术标准[S].
- [2]王志明.几种水平位移监测方法的分析和比较[J].上海建设科技,2008(5):75-77.
- [3]方金文.基坑深层水平位移监测数据分析[J].城市勘测,2024(1):200-204.

作者简介:张建民(1992.8—),性别:男,学历:本科,毕业院校:华北水利水电大学,所学专业:测绘工程,目前职称:工程师。

深覆盖层地基中混凝土灌注桩入岩施工技术与质量控制研究

王晓亮

中国水电建设集团十五工程局有限公司, 陕西 西安 710016

[摘要]在水利水电工程建设面临深覆盖层地基处理难题的背景下,为提升混凝土灌注桩入岩施工质量,保障工程稳定性,以新疆霍尔古吐水电站为研究对象,剖析其施工工艺、技术难题应对策略及质量控制要点。通过现场实践、数据分析等方法,明确了各施工环节关键技术参数,有效解决施工难题,研究成果为同类工程提供技术借鉴,推动相关施工技术发展,对提高水利水电工程建设水平意义重大。

[关键词]深覆盖层地基;混凝土灌注桩;入岩施工技术;质量控制

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16063

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Quality Control of Concrete Grouting Pile Entering Rock in Deep Overcover Foundation

WANG Xiaoliang

15th Engineering Bureau Co., Ltd. of Sinohydro Group, Xi'an, Shaanxi, 710016, China

Abstract: Against the backdrop of the difficult problem of deep cover foundation treatment in water conservancy and hydropower engineering construction, in order to improve the quality of concrete pouring pile into rock construction and ensure project stability, this paper takes the Horgutu Hydropower Station in Xinjiang as the research object, analyzes its construction technology, technical difficulties response strategies, and quality control points. Through on-site practice, data analysis and other methods, the key technical parameters of each construction link have been clarified, effectively solving construction problems. The research results provide technical references for similar projects, promote the development of related construction technologies, and have significant implications for improving the level of water conservancy and hydropower engineering construction.

Keywords: deep cover layer foundation; concrete cast-in-place pile; rock construction technology; quality control

引言

随着水利水电工程不断向地质条件复杂区域拓展,深覆盖层地基上的混凝土灌注桩入岩施工面临诸多挑战。混凝土灌注桩入岩施工质量关乎工程安全与稳定,如何攻克技术难题、保障施工质量成为亟待解决的问题。本文聚焦此关键,以新疆霍尔古吐水电站工程为实例,深入探索相关施工技术与质量控制方法,为同类工程提供创新思路与实践参考,助力水利水电建设事业在复杂地质条件下稳健前行。

1 深覆盖层地基特性剖析

1.1 坝址区覆盖层物质组成分析

以新疆霍尔古吐水电站为例,坝址区河床覆盖层最大厚度达 47m 左右,一般厚度在 35~40m。其整体分选较差,无明显成层规律,主要以含漂石砂卵砾石为主。通过对钻孔资料的详细分析可知,局部漂卵石较为集中,且在上坝址 ZK08 和中坝址 ZK07 钻孔揭示有含砾中粗砂层,但其他钻孔砂层发育较少,这种物质组成使得在灌注桩入岩施工时,钻孔难度增加,对钻头的磨损较大,同时也影响着桩身与地基的结合效果,需要在施工中针对性地选择合适的钻进设备和工艺,以确保施工顺利进行及桩身质量。

1.2 覆盖层结构及分布特征研究

霍尔古吐水电站坝址区覆盖层结构复杂,砂层主要呈

透镜体状或窝状发育,分布面积较小且不连续,未贯穿坝基。从分布高程来看,上坝址 ZK08 钻孔含砾中粗砂层分布在 2050.69~2052.69m,厚约 2m;中坝址 ZK07 钻孔该砂层厚约 1m^[1]。这种结构及分布特征导致在灌注桩施工过程中,不同桩位的地质条件差异较大,增加了施工的不确定性,在入岩施工时,需根据覆盖层结构及分布特点,精准调整施工参数,如钻进速度、护壁措施等,以适应不同地质状况,保障桩身质量和承载能力,为工程的长期稳定运行奠定基础。

2 混凝土灌注桩入岩施工工艺详解

2.1 钻孔施工技术要点探究

以新疆霍尔古吐水电站工程实践为依据,钻孔设备选用上,可采用 DX215-9CN 旋挖钻机搭配徐工 240e 高压气动潜孔锤,利用其强大的钻进能力应对复杂地层。钻进过程中,精准控制钻孔垂直度是要点之一,需时刻关注潜孔锤钻头与桩位的垂直度,初钻时低速钻进并频繁复核钻杆垂直度,及时调整偏差。遇到特殊地层,如含漂石砂卵砾石层,要控制潜孔锤下沉速度,安排专人观察钻具下沉状态,一旦发现挤偏等异常,迅速分析原因并采取纠偏措施,引孔施工时利用空压机产生的高压空气作为清孔介质,及时清理孔口岩屑,确保钻孔环境良好,为后续工序创造有

利条件,保障钻孔施工的顺利推进与成孔质量。

2.2 钢筋笼制作与安装工艺解析

在新疆霍尔古吐水电站混凝土灌注桩施工中,钢筋笼于左岸 S3 料场的钢筋加工场制作,依据设计图纸,结合桩身钢筋笼设计长度、来料长度和搭接长度进行分段配料,保证钢筋锚固长度符合设计要求,且考虑吊装长度需求灵活调整分段实际长度。制作过程严格把控允许偏差,主筋间距偏差控制在 $\pm 1\text{cm}$,箍筋间距偏差 $\pm 2\text{cm}$,钢筋笼直径偏差 $\pm 1\text{cm}$,长度偏差 $\pm 10\text{cm}$ ^[2]。分段制作的钢筋笼,主筋接头采用焊接连接或套筒连接,确保连接质量。安装时,采用 10t 平板车将加工成型的钢筋笼转运至现场,由 25t 汽车吊或 50t 履带吊整体吊装入孔。吊装过程确保钢筋笼平稳、无变形,吊点位置精准,对准孔位轻放、慢放,避免碰撞孔壁。入孔后,牢固定位钢筋笼,控制标高误差不大于 5cm,并采取焊接定位钢筋、设置砂浆定位垫块等措施,保证钢筋笼保护层厚度,稳固钢筋笼平面位置,防止上浮和移位。

2.3 混凝土灌注施工流程及要点

在霍尔古吐水电站工程中,灌注桩采用 C30W6F200 混凝土,于 S3 料场拌合站集中拌制,确保和易性、坍落度等符合设计要求,通过 10m^3 混凝土罐车水平运输至现场。灌注前,先进行导管安装,选用直径 300mm 的快速卡口垂直提升导管,使用前进行组装编号、拉力和水密度试验,确保导管性能良好,下放至孔底 0.5m 处。灌注时,在导管内设置隔水球,用 8#铁丝悬挂在距孔内表面 0.5m 处,料斗内装满混凝土后剪断铁丝,使隔水球顺利下落。控制导管底部至孔底间距在 30cm~50cm,初灌先灌少量水泥砂浆,保证导管一次埋入混凝土灌注面以下不小于 1.0m。灌注过程连续进行,严格控制导管埋深在 2.0~5.0m,提升导管时速度均匀,严禁提出混凝土灌注面。混凝土进入钢筋骨架下端时,适当深埋导管并放慢灌注速度,控制最后一次灌注量,超灌高度保持在 0.8~1.0m,确保清除泛浆后桩顶混凝土强度达到设计标准。

3 入岩施工中关键技术问题应对

3.1 复杂地层钻进技术难题破解

新疆霍尔古吐水电站坝址区覆盖层以含漂石砂卵石为主,分选差,局部漂卵石集中,且存在透镜体状或窝状砂层,给钻进作业带来诸多难题,采用徐工 240e 潜孔锤搭配 DX215-9CN 旋挖钻机,借助潜孔锤的高频冲击能破碎坚硬的漂石和卵砾石,旋挖钻机则提供稳定的钻进动力和精准的定位控制。钻进时,因地层不均导致的钻头受力失衡问题突出。对此,可利用设备自带的水平调节系统,实时监测并调整钻机的水平度,确保钻头始终垂直于桩位,根据地层变化动态调整钻进参数,如在遇到漂石集中区域,适当降低钻进速度,增加冲击频率,使钻头能有效破碎漂石,避免钻孔偏斜,钻孔过程中的排渣也是关键。利用空

压机产生的高压空气,将破碎后的岩屑及时吹出孔外,为提高排渣效率,可在钻头上设置特殊的排渣通道,使岩屑更顺畅地排出,减少岩屑在孔底的堆积,降低重复破碎能耗,保障钻进效率与钻孔质量,确保在复杂地层中顺利完成入岩钻进任务。

3.2 防止桩身缺陷的技术措施

在混凝土原材料控制方面,严格把关 C30W6F200 混凝土的配合比,对水泥、砂、石等原材料进行严格检验,确保其质量符合标准。选用优质水泥,保证水泥的强度和稳定性;控制砂的含泥量和石的粒径,确保粗骨料最大粒径不大于导管内径的 1/6 和钢筋最小净距的 1/3 且小于 4cm,同时保证砂的含砂率在 40%~50%,以确保混凝土的和易性和流动性^[3]。准确测量孔底沉渣厚度,若沉渣量过大,在下钢筋笼前进行二次清孔,保证导管底端距孔底不超过 0.5m,且初灌量能使导管埋入混凝土灌注面以下不小于 1.0m。灌注过程中,防止导管堵塞和埋管事故。连续快速浇筑混凝土,控制好浇筑速度,避免混凝土在导管内停留时间过长而初凝。同时,依据混凝土供应速度、浇筑速度和孔内护壁泥浆状态,合理控制导管埋深在 2~6m。若混凝土和易性稍差,适当缩短灌注时间,防止导管被混凝土埋住、卡死,从而有效防止桩身出现断桩、夹渣等缺陷,保障桩身质量。

4 基于施工流程的质量控制要点

4.1 施工前质量控制关键环节把控

组织专业技术人员对《生态机组基础处理图》(HESC1-H4-6-01~02)等设计图纸进行全面细致审核,确保桩位、桩径、桩长及入岩深度等设计参数准确无误,同时检查设计是否充分考虑当地复杂地质条件,若发现问题及时与设计单位沟通解决。运用高精度测量仪器,如 GPS 测量系统,对现场坐标控制点和水准点进行精确校验,保证测量数据的准确性。依据校验后的控制点,采用全站仪按照“从整体到局部的原则”进行桩位测设,为保证桩心定位精准,在桩中心引出四个方位控制点,其引出直径大于钢护筒定位器底座,并做好标识和保护,防止施工过程中桩位发生偏差。对徐工 240e 潜孔锤、DX215-9CN 旋挖钻机等施工设备进行全面检查和调试,确保设备性能良好、运行稳定。对钢筋、混凝土等原材料进行严格检验,钢筋应具备质量证明文件,且按规定进行复验,检验其抗拉强度、屈服强度等指标是否符合设计要求;对 C30W6F200 混凝土,检查其配合比设计是否合理,原材料质量是否达标,确保施工前各项准备工作满足质量要求。

4.2 施工过程质量控制要点梳理

使用徐工 240e 潜孔锤钻进时,密切关注潜孔锤钻头与桩位垂直度,利用水平尺和垂直度监测仪器实时监测,初钻时低速钻进,定期复核钻杆垂直度,若发现偏差及时调整,确保钻孔垂直。控制钻进速度,在松散粉砂土和流

砂层中,适当放慢速度,防止坍孔;在遇到坚硬岩石时,根据岩石硬度合理调整冲击频率和钻进参数,提高钻进效率并保证成孔质量。在左岸 S3 料场的钢筋加工场,按照设计要求制作钢筋笼,控制主筋间距、箍筋间距、钢筋笼直径和长度的允许偏差在规定范围内,主筋接头采用焊接或套筒连接时,严格执行相关规范。钢筋笼运输至现场后,采用 50t 履带吊进行吊装,吊装过程中确保钢筋笼平稳无变形,对准孔位缓慢下放,避免碰撞孔壁^[4]。下放到位后,牢固定位钢筋笼,控制其标高误差不大于 5cm,通过在钢筋笼四周焊接定位钢筋、设置砂浆定位垫块等措施,保证钢筋笼保护层厚度和平面位置准确。灌注前,对 C30W6F200 混凝土的和易性、坍落度进行检查,确保符合设计要求,选用直径 300mm 的快速卡口垂直提升导管,使用前进行拉力和水密度试验,确保导管性能良好。灌注时,在导管内设置隔水球,控制导管底部至孔底间距在 30~50cm,初灌先灌少量水泥砂浆,保证导管一次埋入混凝土灌注面以下不小于 1.0m,灌注过程连续进行,控制导管埋深在 2~5m,严禁将导管提出混凝土灌注面,同时控制混凝土灌注速度和高度,确保桩身混凝土质量。

4.3 成桩后质量检测技术与标准

低应变动力法用于检测桩身完整性,通过在桩顶施加激振力,产生应力波沿桩身传播,根据应力波反射信号分析桩身是否存在缺陷,如断桩、缩径等。检测时,在桩顶布置多个传感器,接收反射信号,利用专业分析软件对信号进行处理和分析,判断桩身缺陷的位置和程度,单桩竖向承载力检测采用《建筑基桩自平衡静载试验技术规程》JGJ/T-2017 规定的试验方法,在桩身合适位置安装荷载箱,通过加载装置对荷载箱施加压力,使桩身产生向上和向下的位移,根据位移和荷载数据绘制荷载-位移曲线,进而确定单桩竖向承载力,试验过程严格按照规程操作,确保试验数据的准确性和可靠性。灌注桩桩位偏差应满足设计和规范要求,基础的中间桩桩位允许偏差不大于 15cm,边桩桩位允许偏差不大于 10cm;有效桩径偏差控制在 $\pm 5\text{cm}$;桩顶和桩底高程及有效长度符合设计规定;灌注桩的贯入度标准也需符合相应要求,对钻孔灌注桩每根均进行取样制模,每组 3 块,检验混凝土强度是否达到 C30W6F200 设计强度等级。

5 入岩施工技术优化策略探讨

5.1 施工设备选型与组合优化

徐工 240e 潜孔锤搭配 DX215-9CN 旋挖钻机是较为理想的组合。徐工 240e 潜孔锤凭借其强大的冲击能力,能够有效破碎含漂石砂卵石等坚硬地层,高频冲击可使钻头获得足够动能,实现高效钻进。而 DX215-9CN 旋挖钻机则提供稳定的操作平台和精准的定位控制,确保钻孔位置

准确。在钢筋笼吊运与混凝土灌注环节,50t 履带吊与混凝土罐车、导管的配合至关重要,50t 履带吊起吊能力强,能够平稳吊运钢筋笼,保证其在吊运过程中不变形,精准入孔。 12m^3 混凝土罐车负责将 C30W6F200 混凝土从拌合站运输至现场,与导管配合进行混凝土灌注,确保灌注过程连续稳定,避免因设备问题导致桩身质量缺陷,通过合理选型与组合设备,为施工顺利开展和桩身质量提升提供有力支持。

5.2 施工工艺参数调整与优化

在新疆霍尔古吐水电站施工过程中,钻进参数需根据不同地层条件精细调整,在含漂石砂卵石地层,徐工 240e 潜孔锤的冲击频率和钻进速度应科学匹配。冲击频率过高可能导致钻头过度磨损,过低则影响钻进效率,经试验确定适宜的冲击频率,同时控制钻进速度,防止因速度过快造成钻孔偏斜或坍孔^[5]。灌注速度过快易使混凝土产生离析,过慢则可能导致混凝土初凝,影响桩身质量,依据混凝土的和易性、坍落度以及现场施工条件,确定合理的灌注速度。导管埋深对桩身混凝土的密实度和连续性至关重要,一般控制在 2~5m,在混凝土进入钢筋骨架下端时,适当增加导管埋深并放慢灌注速度,防止钢筋笼上浮,通过对施工工艺参数的优化,确保混凝土灌注桩入岩施工质量达到最优。

6 结语

深覆盖层地基中混凝土灌注桩入岩施工技术与质量控制,对水利水电工程意义重大。以新疆霍尔古吐水电站为例,通过剖析地基特性,优化施工工艺、设备选型及参数,加强各环节质量控制,有效保障了施工质量,这些实践成果为同类工程提供了技术参考,推动混凝土灌注桩入岩施工技术在复杂地质条件下不断发展,助力水利水电工程建设迈向新高度,确保工程安全稳定运行。

[参考文献]

- [1] 李建学,王炜贵,张彩军,等.山地光伏工程混凝土灌注桩施工工艺及质量控制措施[J].工程建设与设计,2025(4):179-181.
- [2] 陈延鹏.水下浇筑混凝土旋挖灌注桩施工技术及其质量控制分析[J].散装水泥,2024(6):86-88.
- [3] 贾飞,孙海洋,杨志伟.粉质黏土夹砂地层中混凝土灌注桩施工质量控制技术[J].建筑机械,2023(10):45-49.
- [4] 付光胜.钢筋混凝土灌注桩施工技术及其质量控制探讨[J].建筑技术开发,2021,48(3):139-140.
- [5] 杨钊,徐丁.水下浇筑混凝土旋挖灌注桩施工技术及其质量控制研究[J].居业,2019(8):105-107.

作者简介:王晓亮(1992—),男,汉族,大学本科,工程师,主要从事水利水电工程施工技术研究与应用。

智能电网中的电力设计技术分析

李 波

杭州汉邦电力工程设计有限公司, 浙江 杭州 311215

[摘要] 智能电网的设计与建设首先需重视电力设计技术, 该技术极大程度上左右了智能电网建设的质量及其运作的高效性。鉴此, 我国电能产业需不断加强对此项技术的探究与实践应用, 以推动智能电网项目的快速发展。这一策略将对推进国内电力产业的持续增长和经济的稳定发展起到关键性作用。本篇文章就智能电网的概念和设计元素, 以及电力设计技术在智能电网中的应用进行了阐述, 旨在为将来相关的研讨活动提供参考与灵感。

[关键词] 智能电网; 电力设计技术; 技术优化

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16079

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Analysis of Power Design Technology in Smart Grid

LI Bo

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

Abstract: The design and construction of smart grids first need to pay attention to power design technology, which greatly affects the quality of smart grid construction and the efficiency of its operation. In view of this, Chinese electric energy industry needs to continuously strengthen the exploration and practical application of this technology to promote the rapid development of smart grid projects. This strategy will play a crucial role in promoting the sustained growth of the domestic power industry and the stable development of the economy. This article elaborates on the concept and design elements of smart grid, as well as the application of power design technology in smart grid, aiming to provide reference and inspiration for future related research activities.

Keywords: smart grid; electric power design technology; technical optimization

引言

在 2025 年, 智能电网作为电力领域的关键技术, 对电力系统的运营与管理模式上提出了新发展方向。智能电网涵盖了众多构成要素, 例如: 数字化变电站、高效感应式配电系统及交互式用户接口等, 其展现出高水平的技术应用、生态友好性以及多平台适应能力, 将控制系统与信息技术巧妙融合。作为电力领域内的一个重大创新亮点, 其根本目标在于确保电网的自主可靠运行与数字化管理, 以便更精准地适应当前用户对电力的需求模式。与此同时, 在构建智能电网体系的过程中, 电力设计技术扮演了极其重要的角色, 对于智能电网的可靠运行与数字化及可扩展性有决定性的重要性。鉴于此, 深入探讨和研究电力设计技术显得至关重要, 此举可以提升电能行业的整体技术水准, 并且在推动智能电网的进步之际, 进一步促使整个电力产业朝着可持续的生态型发展目标前进。期望本文就电力设计技术的基础分析及建议, 能够为将来智能电网的演变提供一些有价值的参照。

1 智能电网中的电力设计技术要求

智能电网的设计必须达到以下要求: (1) 要实现智慧城市的高效运行, 电力的作用不容忽视。因此, 在智能电网的构建上, 首要考虑便是建立一套坚实的技术基础。这样的基础能够有效地抵御外部的干扰与攻击, 并且对各类可再生能源具有良好的兼容性, 确保系统稳定性得到充分

的保护。(2) 智能电网在日常运行过程中, 不可避免会遇到各种突发状况, 其设计宗旨便是依靠先进的自动感应与控制技术, 利用数据分析拥有提前判断事故的能力。当此类基础设施具备较为出色的自我修复功能时, 它应在潜在故障出现之际提前进行告警; 一旦故障真正发生, 亦能迅速实施隔离措施并主动进行恢复作业, 有效阻止广泛的供电中断情况。这样的自愈机制对维护电网的连续性和稳定性至关重要。(3) 有良好的交互能力。智能电网融合了通讯、信息技术和管理功能, 通过优化交互界面, 能够提升家庭和企业的用电效率, 并减少不必要的能耗, 确保电网运营的成本效益与高效率。同时, 良好的互动性可实时向消费者传达电价、用电量和电力相关的必要信息, 帮助用户合理规划电力使用。电力公司亦能即时掌握客户数据, 增强互动体验, 提升顾客满意度, 并扩展电力产业的附加值服务。

2 智能电网中的电力设计技术类型

2.1 即时信息的搜集与加工技艺

针对输送电量的电力网而论, 即时数据的搜集和加工技艺首先涉及到电量、功率因素、实功、频率、相位电压、相位电流等要素, 它通过对电流和电压的二次信号进行快速的模拟/数字转化, 在确保准确记录原始值的基础上, 还能够对故障电流进行追踪。进一步地, 基于电压和电流向量分析, 精确计算出对应的电能参数。智能化电网对于

数据存储、数据交换和保密性有了更为严格的要求;因此,智能化电力器械须有能力在电力中断时保持关键参数数据,对于要害信息或状态能迅速汇报,同时对短路障碍或其他问题应有快速响应及应对之能。见图1。

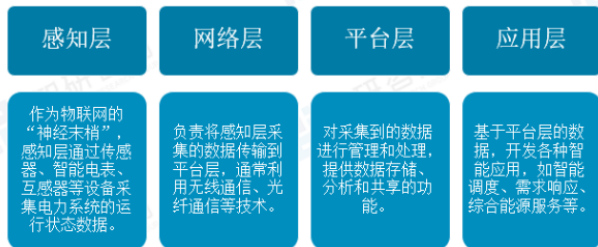


图1 中国泛在电力物联网主要结构

2.2 转化能源技艺

在众多自然能源当中,风力与太阳能跻身为全球应用最广泛,用于转变能源的首选。中国已开展大型的电网接入技术,并根据现行的增长势头,电力网络今后的发展重心预计将侧重于光电发电这类稳定性高、覆盖广泛的接入技艺。将我国的能源转化技艺与国际水平相对照,我们尚在起步阶段,尚需时日臻成熟,相关的工艺技术尚待深入探究与深化开拓。在我国智慧电网的构建过程中,能源转化技术主要针对可再生能源的有效利用,并着重推动联网技术的研究及应用提升,这促进了能源消耗和环境污染的最小化,最终实现了能源的节能高效使用,并朝着低碳经济的能源目标迈进。

2.3 高压直流输电系统

在如今使用的直流输电方式里,众多步骤仍沿用旧有的标准,但书籍传递依赖的是直流方式。这项技术通过控制器来完成换向或整流操作,轻型直流输电网络中,换流设备是由能够断开的电子部件构筑而成,这有助于提升输电的经济效益和系统稳定性,它适用于短途直流输电项目同时也适宜长途输电项目,如为偏远岛屿供蓄电等场合。在我国长距离电力输送领域,高压直流输电技术展现出了极为广泛的应用潜力,并持续朝向更大容量、更远输送距离的方向进展。

2.4 柔性交变输电技艺

柔性交变输电技艺主要用于将高清洁级别的能量植入到电力系统,这项技术是依托于通信科技、电力电子学、电气工程、微电子与微处理器技术等领域的合成成果,它可以对交流电传输实施灵巧的管理与调控。鉴于我国的智慧型电网在变电与传输环节所应对的电压极高,开展智慧型电网的构筑过程中,引入清洁的能源类别成为一项需求,并需要在此过程中保持能量的有效隔离。应用弹性交变输电技艺于智慧型电网的构建,能够将尖端的操控技能与电力系统设计有机结合,从而达到调整智慧型电网众多参数、管理系统运作、明显增强电力传输效能,并减少能量损耗,确保智慧型电网运作的更加平稳有序。

2.5 提高电能效率的先进技术

若要在智能电网中融入此类技术,先决条件是建立一套完备的电能质量分级与评价体系。此体系会对供电与用电界面的成本效益进行探究,并形成两大评价维度:技术水平与消费者经济性。这在构筑高质量、成本效益佳的智能电网方面扮演至关重要的角色。电力效能优化技术在智能电网里的实践,涉及单位电能质量控制技术、铁路供电平衡技术、自适应无功功率补偿技术、直流有功滤波技术及连续波调谐关键技术等多方面,这些技术的运用显著提升了电力品质,并削减了运营成本,因而在智能电网的设计与施工阶段具备极为广泛的使用潜力。

2.6 超导输电新技术

这项新技术基于超导材料的零电阻传热特质和其固有的正常态与超导态之间的转换属性而研发。超导输电技术的整合到智能电网系统中,带来了提升电网的稳定性、降低能源消耗、减轻构件重量、缩小设备体积和加快响应时间等多方面优势,因此预计在智能电网的多个领域都将展现出广阔的应用潜力。

2.7 快速的双向交流技术

该技术在智慧电网运行中扮演关键角色,其核心功能在于监测并评估电网的损害区域,以此确保电网拥有高效的自修复能力。应用这项技术可有效增强电网对电力安全进行监管的能力,同时,它也支持智慧电网的电力分配与调节工作。例如,在电力需求高峰时段,利用快速的双向交流技术,智慧电网可有效进行电能的分配和调配,大幅提升了电网的自动控制性能和运行的稳定水平。

3 智能电网中的电力设计技术优化

3.1 智能输配电设计

进行输配电设计需要融入智能技术与设备,目的是提高电网的电力输配送效率以及安全性,并能保证稳定输配送,确保各地区居民均可以满足用电需求。实现智能输配电设计需要针对目前电网的输电线路、变电站、配电线路等架构进行优化设计,引入先进技术,比如光纤通信、智能传感器及无人机巡检等,对输配电过程进行实时监控,及时识别和诊断出故障所在,第一时间处理,避免影响输配电工作的开展。同时,在上述过程中需要使用智能保护装置,与自动化控制技术紧密融合,提高输配电操作的自动化运营水平。而在线路上方面,积极引进智能配电自动化系统与分布式能源接入技术,实现线路的优化调度,根据各地区的电力需求,优化线路建设以及搭配,实现输配送工作的高效开展。设计人员需要关注输配送线路的设备选择、架构布置、风险评估、故障分析等,以实现电网系统的稳定运行。比如低压配电系统中选择双线路制运行方式,同时安排主线路与备用线路,如果主线路出现故障,智能调度与保护系统可以快速切换到备用线路,避免供电中断。这也是近年来工厂以及居住地区很少断电的原因之一。另

外,智能系统中也引入了智能保护技术,实现对关键架构和组件的实时监测与保护,如果出现短路、跳闸、损坏等,能够及时反映,有效预防和应对故障。

3.2 智能通信技术

首先是设计出符合智能电网需求的通信网络架构。需要综合考虑内部通信网络的拓扑结构、通信协议、信道分配等维度,保证架构应用时的实时性、可靠性、安全性。其次是结合电网运行环境以及需求合理选择通信技术与设备。这需要设计人员综合评估不同通信技术的作用原理、传输速率、传输距离限制等要素,以及实际性能、安全性、经济性等要素。再次是重视通信协议的设计。设计人员需要密切跟踪电网发展对此的实际需求,构建适应需求的协议,保证各个环节之间可以进行高效、全面、交互的信息交流工作。而这需要思考低压电网通信协议的层次结构、数据格式、传输速率、传输距离等因素。最后是信息安全保护措施的严格落实,避免出现信息泄露、篡改或阻断等安全风险,保障智能电网的通信安全。设计人员可以在设计时融入加密技术、认证机制、访问控制等先进技术,借助防火墙、安全密码等形式,保证信息输送的安全性,阻挡外界危险因素进入系统,从而确保电网的稳定运行。

3.3 发电与电力能源储存

智能电网电力设计技术应用时,对于电力生产以及储存也要加以重视。电网选择分布式发电与储能技术的应用,不仅可以提高发电效率,增加电能储存的便利性,也能减少能耗,并降低对周围环境的污染,减少能源过度开发问题。特别是风能、太阳能、潮汐能等清洁能源的使用,对能源领域的可持续发展是一大推动力。而智能电网进行电能的储存依靠的主要是电磁储能,在多个维度应用电力设计关键技术来实现。此外,电网运行需要思考不同地区的优势,选择合适的新能源使用,因为风能、太阳能虽然是清洁无污染、可再生,但在不同地区之间也存在能源强度

的差异性,合理考虑这一问题,既可以为发电提供支持,又能够改善环境。需要注意的是,这些新能源的发电与储存虽然优势突出,但也存在一定缺陷,比如供给稳定性不高,多数无法实现连续不断地能源供给,比如没有风力以及阳光照射时就无法提供风能和太阳能。智能电网进行电力设计技术的应用也需要考虑这一点,密切关注发电能力以及储能情况,积极应用先进技术的配合,与自然能源供应相互配合,实现更高效率、更加可靠和安全的电力供应。将智能电网与电力系统进行连接,可以突破距离上的限制,实现不同地区的紧密连接,稳定朝向目的地传输电能,而且也可以承载较大功率的电能输送。比如高温超导技术的合理应用不仅可以减少典礼输配送时的电能耗损,也能在一定程度上保护环境。

4 结语

智能电网表现出信息化、数字化、智能化、自动化等特点,对于提高电网运行效率,满足更多人的及时用电需求有较大的优势,同时也是未来电网建设和发展的必然趋势,电力设计技术是智能电网建设的重要手段,因此,针对电力设计技术在智能电网中应用的研究具有非常重要的现实意义。

[参考文献]

- [1]宛鑫.智能电网中的电力设计关键技术解析[J].电器工业,2023(4):80-82.
 - [2]陈江源.智能电网中的电力设计技术研究[J].企业科技与发展,2022(1):66-68.
 - [3]肖昱.智能电网中的电力设计关键技术[J].建材与装饰,2020(10):224-225.
- 作者简介:李波(1988.10—),男,籍贯:陕西咸阳,职称:中级职称,职务:变电二次主任,毕业时间:2011年6月,毕业院校:湖南水利水电职业技术学院,学历:大学专科,研究方向:电力系统自动化设计。

试论新能源与电力工程节能技术的应用

靳对来

信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司, 河北 石家庄 050011

[摘要]随着全球能源危机和环境问题的日益严重, 新能源的利用和电力工程的节能技术成为当今社会发展的重要议题。新能源作为一种绿色、可持续的能源形式, 在减缓气候变化、促进经济发展方面发挥着越来越重要的作用。电力工程的节能技术则是提高能源利用效率、降低能源消耗、减少环境污染的关键途径。文中首先介绍了新能源与电力工程节能技术的概念与发展背景, 随后探讨了新能源应用与电力工程节能技术的具体应用, 最后总结了其在未来发展中的潜力与挑战。

[关键词]新能源; 电力工程; 节能技术; 能源效率; 绿色发展

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16076

中图分类号: TM61

文献标识码: A

Trial Discussion on the Application of New Energy and Energy-saving Technologies in Power Engineering

JIN Duilai

Hebei Branch of the IT Electronics Eleventh Design and Research Institute Scientific and Technological Engineering Co., Ltd.,
Shijiazhuang, Hebei, 050011, China

Abstract: With the increasingly severe global energy crisis and environmental problems, the utilization of new energy and energy-saving technologies in power engineering have become important issues in today's social development. New energy, as a green and sustainable form of energy, plays an increasingly important role in mitigating climate change and promoting economic development. The energy-saving technology of power engineering is a key way to improve energy utilization efficiency, reduce energy consumption, and minimize environmental pollution. The article first introduces the concepts and development background of new energy and energy-saving technologies in power engineering, then explores the specific applications of new energy applications and energy-saving technologies in power engineering, and finally summarizes their potential and challenges in future development.

Keywords: new energy; electric power engineering; energy-saving technology; energy efficiency; green development

引言

随着全球人口的不断增长与经济的迅速发展, 能源消耗和环境污染问题日益突出, 传统化石能源的过度使用带来了严峻的能源危机与环境污染。为了应对这一挑战, 新能源(如太阳能、风能、水能等)逐渐成为能源发展的重要方向, 而电力工程节能技术作为提高能源利用效率的重要手段, 对缓解能源紧张局势, 推动绿色低碳发展具有重要意义。因此, 新能源的应用与电力工程节能技术的结合, 成为实现能源可持续发展的重要途径。

1 新能源的应用

1.1 太阳能的应用

以清洁、可再生能源这一角色出现的太阳能, 近时段广泛收获关注且在实际中得以应用, 经太阳能光伏发电系统转化太阳辐射变为电能, 在住宅、商业建筑、工业等多个范畴取得了明显成效, 若与传统模式的化石能源对比, 太阳能不会引致污染物与温室气体排放的结果出现, 作为一种展现极高环境友好程度的能源样式, 可切实降低温室效应及空气受污染程度。伴随光伏技术持续渐进式进步, 太阳能发电效率得到了相当大幅度的提高, 现代太阳能电池板的光电转换效率正不断向上攀升, 能在不长的时间里

吸纳更多的阳光并转变为电力。与此同时, 逐年下降之势在太阳能光伏发电系统制造成本上体现, 使其实质的经济价值获得极大的提升, 在部分光照资源充沛的区域, 太阳能发电现在有能力与传统的电力来源相抗衡, 同时摆脱了对政府补贴的依赖, 渐渐成为市场当中有竞争力的能源样式^[1]。

此外, 太阳能呈现出广泛分布的特征, 任何地区均可借助太阳光实现发电, 不受地理区域位置的局限, 尤其是针对处于远离电网境地的偏远地带, 太阳能给出了一个应对电力供应问题的有效途径, 伴随储能技术不断进步, 太阳能发电在白天可把多余的电能收集后储存起来, 为夜间的系统运行供电, 因而大幅度增进了系统的可靠程度与稳定性能。

1.2 风能的应用

风能以一种极为关键的可再生能源身份, 近几载得到了广泛普及与快速成长, 经由风力发电机把风能转变为电能的形式称作风力发电, 可看作一种环保且清洁的能源表现样式, 就化石燃料进行对照, 风能呈现既无污染物排放的状态, 而且具有来源极为充沛、分布相当广泛的特性, 显现出极大的拓展潜力, 风力发电的基本原理乃凭借风力推动风机叶片旋动, 利用把机械能转化为电能的原理, 于

是为工业生产进程、居民生活用电需求和电网的稳定供电提供可持续电力。

跟随技术的逐步革新,风力发电的应用范畴持续拓展,尤其海上风电的蓬勃兴起,极大地带动了风能利用效率的增长,鉴于海上风电所处的海域远离陆地,风速表现为稳定且风力较强的情形,因而体现出更高的发电效率与更庞大的能源潜力,和陆上风电对比起来,海上风电场的风力资源体现出更丰富特性,可做到更大规模的绿色电力给予。伴随技术趋向成熟以及成本逐步降低,海上风电项目已经具备实现商业化的可行基础。若干国家和地区相继开始投入海上风电场建设的投资中,以契合日益提高的绿色能源需求,广泛应用风能可有效降低对传统能源的依赖程度,实现碳排放的削减,引导全球能源结构走向转型,亦能为地方经济的进步带来新的增长动力。风电项目建设与运营所带来的成果之一是提供了大量就业机会,还对相关产业的发展起到推动作用。诸如风电设备制造、运输、装配等范畴,对于全球范围而言,风能的应用助力绿色经济崛起,成为实现可持续发展这一目标的关键动力源^[2]。

1.3 水能的应用

作为一种传统并被普遍应用的可再生能源水能,历经长久岁月在全球范围给电力生产提供了关键支撑力量,作为把水流动能转化为电能的过程这便是水力发电,大多凭借大江大河的水流发电,依靠水力发电站所配备的水轮机与发电机组,把水的潜在能源转变为稳定的电力输出情形,拥有较为稳定的电力供应能力属于水力发电特点,可对工业、商业、家庭等各种用电需求给予持续不断的能源支持,尤其在水资源丰沛的地带,水能成为一种十分理想的电力供应源头。

跟其他类型的传统能源比对,与其余传统能源相比较,水能呈现出明显的环保长处,在水力发电操作过程中不涉及燃烧动作,不会引起温室气体排放以及空气污染物的生成,由此它对生态环境的影响相对微弱,有利于缓解温室效应并降低空气污染程度。尤其是就部分大江大河的流域而言,借助水力发电可有效利用水资源,还可借助对水流的调节以及蓄水等举措,起到对水资源进行管控的效用,提高水资源的运用成效。在现代水力发电技术不断迈向新高度时,逐步实现了水能利用效率的提高,尤其就最近几年而言,近年来水力发电技术使设备性能发电效率提升及环境保护成效显著。例如采用抽水蓄能技术方式,不仅在平衡电力供应和需求方面成效显著,亦有能力调节电网的负荷水平,强化了电力系统整体的稳定性。同时对建设环节之中不少水电站,实施了严谨的环境保护举措,弱化了生态环境面临的负面干扰,诸如落实鱼道设计安排、实施生态流量保护规划。

2 电力工程节能技术的应用

2.1 电力系统优化与智能化

作为提升电力工程节能技术的重要方向是电力系统

的优化与智能化,伴随能源需求的递增以及环境保护要求的提高,现代化社会的需求已超出传统电力系统的满足范围,实现智能电网技术的引入操作,借助实时监控的数据分析以及自动调节等先进途径,能显著增强电力系统运行的效率水平。依靠对电力网络中各环节的精准监测与分析促使智能电网实现相关功能,完成对电力流动实时监控及优化调度工作。借助对负荷开展预测以及实施需求侧管理,可实现电力生产与消费的精准匹配,杜绝了能源无端浪费与非必要的负荷起伏。此外,智能电网可实时针对系统中的故障作出响应,自动实行恢复与调整行动,使电力系统的稳定性及安全性获得增强。凭借数据分析加上机器学习的算法,可把电力资源于最合适的时间、地点予以分配,实现了能源使用效率的提高,同时让运营成本实现有效下降,引领能源开启绿色低碳的发展模式^[3]。

2.2 高效发电技术

提升电力生产效率的关键途径中高效发电技术占据一席之地,在传统形式的燃煤发电流程里,由于转化过程当中很多能源以热量形式流失,引起能源利用的效率变得较低,为应对这一情形,通过采用高效燃气轮机技术以及超临界和超超临界发电技术能显著提高热效率。超临界发电技术借助提升蒸汽的压力与温度,实现热能转化效率的大幅度提升,以此达成单位电能制造所需的燃料消耗减少,实现了二氧化碳排放的降低。此外,混合动力发电系统(像是采用风能、太阳能等可再生能源结合的发电模式)能让多种能源实现互补,实现发电效率的进一步增长并降低对生态环境的影响。同时借助应用余热回收系统可有效回收发电过程中产生的热量,并把产生的热量转化为可供系统的使用能源,避免能源在系统中产生浪费。依靠这些技术被应用起来,推动电力生产的能源利用效率大幅提高,为实现节能减排目标提供了极具力度的支持。

2.3 输电与配电系统的节能技术

当处于电力输送的阶段,能量损耗不可避免地存在,尤其是在长距离进行电能输送的阶段,经常是电能损耗处于较为严重状态。为达成对这一损耗的削减,采用展现高效属性的输电材料,诸如超导材料与呈现低损耗的铝合金导线,能显著促进输电阶段内的能量传输成效。此外,实施优化输电网络结构、提升电压的等级以及调整输电线路配置的举措,可让电能传输阶段的损耗显著减少,进而提升系统整体运行效率。尤其是当处于长距离输电阶段时,采用具备高电压直流输电(HVDC)特性的技术,有利于减少线路能量损失且强化系统的可靠性。就配电系统这一范畴而言,伴随智能化配电网技术的应用电力分配达到了更高的精确水平,依靠智能设备开展电力流动的实时监控,可以及时探知系统里的负荷不平衡状况与故障发生位置,而后实施自动化的灵活调整,降低了因负荷分布不平衡造成的能源无谓浪费。此外,智能配电网还可实现电力实时

调度优化这一目标,保障各用户的用电需求得以合理达成,且减少了电力的无谓浪费,因而实现了整个配电网效率的增长^[4]。

3 新能源与电力工程节能技术的结合

3.1 互补性与协同效应

全新思路被新能源与电力工程节能技术的结合给予现代能源系统的优化,二者体现的互补性和协同效应可明显提高能源利用效率、降低能源消耗,且对减少环境污染的整体成效起关键作用。新能源似风能、太阳能、氢能这类的,依仗其体现出的绿色与可持续属性,现今成为促进全球能源转型深化的必要组分。作为提升电力系统运行效率关键手段的电力工程节能技术,采用对能源进行合理的调配与取用,有力地增进了传统能源及新能源的综合收益。伴随全球对气候变化以及环境污染问题重视程度的递增,可持续发展需求在逐步脱离传统化石能源的满足范畴。应用风电、太阳能等各类新能源,可大幅度削减温室气体的排放,还可减少对有限资源的依赖,为电力工程提供凸显环保意义的能源抉择。然而,发电过程中新能源呈现出波动性与间歇性特点,稳定供电与高效利用新能源成为电力系统所面临的挑战。

基于这一特定背景,应用电力工程节能技术对于当下意义重大。以优化电力系统运行方式为途径,节能技术能实现对能源消耗的降低,例如包含智能电网、储能技术、需求响应系统等要素的组合,促进电力传输和分配效率的提高,削减能源的无谓消耗。此外,电力工程节能技术还可借助提升设备运行效能以及增长设备使用时长,减轻能源在生产和传输阶段的损耗,以此为新能源的合理有效利用提供支持。两者结合起来不仅可优化电力系统运行状态,还可达成能源资源的极致化运用。采用对新能源发电、电力节能技术的合理安排与调控手段,能实现供需之间矛盾的平衡,从而让电力供应稳定与可靠的成效。通过这种协同效应可实现传统化石能源消耗的削减,降低电力生产运行阶段的碳排放,继而减少环境受污染的规模,给社会可持续发展赋予可靠的动力源^[5]。

3.2 电力储能技术的支持

新兴能源发电,尤其以风力发电及光伏电力生产,表现出鲜明的间歇性与不稳定性属性。这体现出其发电量会因天气、时间以及季节的变动而产生波动,难以达成连续稳定供应电力的要求,巨大挑战因这种波动性和不确定性降临到电力系统的稳定性与可靠性上。尤其是于用电需求高峰阶段,全网的需求或许无法被新能源发电满足,甚或

出现电力供应短缺情形,因此重要支撑技术——电力储能技术是解决此问题的依仗。

储能技术发挥核心作用是借助平衡新能源发电与电力需求的差距,实现电力供应的稳定维持。要是新能源发电量进入过剩阶段时,可由储能系统把多余的电能存储起来;要是新能源发电产出的电量不足时,储能设备能够把存储的电能及时释放掉,为电网达成稳定的电力输送。该类调节的本领,尤其是在风电、光伏发电存在波动与间歇特性的情形下,能极大增强电力系统整体的可靠水平,实现不同时间与负荷条件时电力需求的满足。此外,储能技术具有促进电力工程系统能源利用效率提高的作用,在电力负荷处于低水平阶段时实施电能储存。当电力需求达到高峰这个节点释放,储能系统可把电网对传统化石能源的依赖减少到最低程度,从而有效缩减能源消耗及成本规模。为应对负荷量达到的高峰阶段,电厂往往得开启备用状态的高成本电力设施,甚至于采用不可再生能源的发电机组^[6]。

4 结语

新能源与电力工程节能技术的结合是推动能源转型与绿色发展的关键举措。通过应用太阳能、风能、水能等新能源,并结合智能电网、节能发电技术和高效输电系统,能够有效提高电力系统的能源利用效率,减少能源消耗和环境污染。未来,随着技术的不断发展与创新,新能源与电力工程节能技术将继续发挥重要作用,推动全球能源结构的转型与可持续发展。

【参考文献】

- [1]刘航. 电力工程中绿色节能施工技术的应用[J]. 科技资讯, 2024, 22(24): 62-64.
- [2]黄平. 新能源与动电力工程节能技术的应用[J]. 汽车画刊, 2024(11): 14-16.
- [3]郭剑锋. 电力工程中绿色节能施工管理技术运用探究[J]. 电力设备管理, 2024(16): 232-234.
- [4]马玮. 绿色施工在电力工程项目管理中的应用与效益分析[J]. 流体测量与控制, 2024, 5(4): 88-90.
- [5]周品, 李茜, 薛冰, 魏经明. 电力工程绿色节能施工管理技术的应用分析[J]. 电站系统工程, 2023, 39(2): 71-72.
- [6]杨涛, 樊泽国, 王景炎. 能源与动力工程的节能技术概述[J]. 中国设备工程, 2021(2): 187-189.

作者简介: 靳对来(1986.5—), 毕业院校: 河北联合大学, 所学专业: 自动化, 当前就单位: 信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司, 职务: 副总工, 职称级别: 中级。

浅谈电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用

楚万强

青海水利水电集团冷湖风电有限公司, 青海 海西 816399

[摘要]现代电力系统面临负荷波动、设备老化及频繁故障等一系列挑战,传统的管理模式已无法满足当前的需求。电气工程自动化技术的应用,推动了电力系统从基础控制到智能化管理的全面转型。随着我国电力自动化的逐步发展,系统在故障诊断、调度优化及应急响应等方面的能力得到了显著提升,电力供应的稳定性与安全性有效地得到了增强。

[关键词]电气工程;自动化技术;电力系统

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16055

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Brief Discussion on Application of Electrical Engineering Automation Technology in Power System Operation

CHU Wanqiang

Lenghu Wind Power Co., Ltd. of Qinghai Water Resources and Hydropower Group, Haixi, Qinghai, 816399, China

Abstract: Modern power systems are facing a series of challenges such as load fluctuations, equipment aging, and frequent failures, and traditional management models are no longer able to meet current needs. The application of electrical engineering automation technology has promoted the comprehensive transformation of the power system from basic control to intelligent management. With the gradual development of power automation in China, the system's capabilities in fault diagnosis, scheduling optimization, and emergency response have been significantly improved, effectively enhancing the stability and safety of power supply.

Keywords: electrical engineering; automation technology; power system

引言

随着社会对电力需求的不断增长,传统电力系统已难以适应现代化对高效、安全及智能化运行的要求。电气工程自动化技术的引入,为提升电力系统的可靠性、稳定性及运行效率提供了有效的解决路径。通过应用这一技术,电力系统的各个环节得到了优化,从而保障了电力的高效传输与稳定供应。

1 电气工程自动化技术在电力系统中的应用特点

1.1 提高电力系统的可靠性

我国电力市场规模庞大,电力系统在社会生产、工业运作及人民日常生活中的重要性不言而喻。随着电气工程自动化技术的不断发展与推广,电力系统的各个环节,包括发电、配电、输电与变电,都得到了显著的改进。自动化技术的引入,使得各子系统之间的协同效率大幅提升,信息管理与控制机制变得更加高效,系统中的数据得以集中处理并实现实时监控。通过深度集成自动化技术,发电厂与变电站的运营变得更加精准与高效,有效避免了系统故障,减少了人为操作的错误,从而保障了系统的稳定运行。自动化技术还通过优化设备调度与管理,显著提高了电力系统的监控能力。尤其在面对突发状况时,系统能够迅速响应并进行自我调整,这种响应能力不仅有效避免了潜在损失,还大大增强了电力系统的可靠性,确保了其安全与稳定运行的基本要求。

1.2 简化运维与维护的便利性

电气工程自动化技术的引入,使得电力系统的运维管

理变得更加高效且便捷。传统上,电力设备的维护依赖人工巡检和定期检查,耗时且劳动强度大,且容易因人为疏忽而漏查问题。而自动化技术的应用通过远程监控、实时数据采集及智能分析,大大简化了这一过程。运维人员可通过集中控制平台,及时获取电力设备的运行状态,快速发现潜在故障或异常,从而避免了传统检查方式中因反应迟缓而带来的系统风险增加。借助自动化技术,设备的故障趋势能够提前被预测,基于数据分析结果,预防性维修或更换工作可以得以及时安排,从而避免了突发故障的发生,这种预测性维护模式不仅显著减少了设备的停机时间,还有效降低了维修成本。智能化管理系统的应用,使电力系统各个环节能够自主进行优化与调整,进一步减少了人工干预并提升了整体运维效率。在这种技术支持下,运维人员得以更加专注于关键任务,进而提高了工作效率,同时增强了电力系统的可靠性与安全性。

1.3 提升电力系统效率与灵活性

电气工程自动化技术的应用,大幅提升了电力系统的效率与灵活性。传统电力系统通常依赖于固定运作模式及人工调度,导致在面对快速变化的用电需求及外部环境时,缺乏足够的灵活性。通过精准的数据采集与智能分析,自动化技术能够实时监控系统的运行状态,并根据需求波动自动调整供电策略,从而实现电力流的最优调度,不仅响应速度得到了显著提升,自动化系统的引入也增强了电力系统处理突发事件的能力。举例而言,当负荷发生较大变

化时,自动化设备能够迅速调整电力分配,确保系统的稳定运行。与此同时,设备的高效运作使得能源浪费得以减少,并有效优化了电力传输过程中的损耗,提升了系统整体的运行效率。通过精确预测与调度,电力系统能够更加灵活地应对未来电力需求的增长及不确定性变化,从而确保能源的供给与使用更加高效与可靠。

2 电气工程自动化技术在电力系统中的主要应用领域

2.1 电网自动化与调度优化

电网自动化与调度优化是电气工程自动化技术在电力系统中的关键应用领域之一。传统的电网调度多依赖人工操作与经验判断,面对复杂的负荷波动及电力需求时,往往出现响应迟缓或资源配置不当的问题。随着电网自动化技术的引入,电力系统能够实现对电力流动的实时监控与调节,从而推动电网向智能化管理转型。借助先进的传感器与智能监控系统,自动化技术实时采集电网各环节的关键数据,如电压、频率与负荷等,这些数据随后被传输至中央控制系统,进行实时分析与处理。通过智能化的数据分析,调度中心能够精确预测电力需求的波动,并根据实际情况自动调整电力分配与调度策略,以确保电网运行的平稳性。在负荷高峰期或突发故障发生时,自动化系统能够迅速响应,优化电力资源分配,降低供电中断的风险,从而大幅提升电网的可靠性。此外,电网调度优化还通过引入先进的算法与模型,进一步增强了负荷预测、故障诊断及设备健康评估等功能,显著提升了电力系统的整体运行效率。自动化技术的应用使得电网在日常运行中更加稳定与高效,同时也为应对未来日益复杂的电力需求变化提供了坚实支持,确保电力供应的持续性与灵活性。

2.2 变电站自动化控制系统

变电站自动化控制系统作为电力系统的核心组成部分,其应用大大提高了电力传输效率与转换精度。传统的管理方式依赖人工巡检与操作,这不仅影响了工作效率,还带来了一定的安全隐患。相比之下,现代化的自动化控制系统通过结合智能设备与信息技术,能够实现设备的远程监控、实时数据采集及自动化控制,显著提升了变电站的运行效率与安全性。该系统集成了先进的测量与控制设备、传感器及智能终端,能够对变电站内部各类设备的运行状态进行实时监控,包括开关设备、变压器以及断路器等。通过实时数据的分析,自动化系统能够迅速识别潜在故障或异常,并根据预设的控制策略自动调整设备运行或进行故障隔离,从而确保系统的稳定运行。此外,系统具备自我恢复功能,在发生故障时,能够自动启用备用设备或调整运行模式,最大限度避免了人工干预可能引起的延误。得益于先进的通信技术,变电站操作人员能够在控制中心远程查看各变电站设备的状态,实时进行数据分析与决策,进而提高运维效率,减少人为操作中的失误与安全

隐患。

2.3 继电保护自动化系统

继电保护自动化系统在电力系统中的作用至关重要,是确保设备安全与系统稳定运行的关键技术之一。传统的继电保护依赖人工干预与固定设置,往往在故障发生时未能实现迅速有效的响应,难以满足电力系统迅速恢复的需求。而随着继电保护自动化系统的引入,借助智能技术与实时监控,电力系统的故障响应能力得到了显著提升。该自动化系统通过在电力设备中安装智能保护装置,实时监控电流、电压、频率等关键参数。在故障或异常情况发生时,系统能够迅速识别故障类型及位置,并自动执行相应的保护措施,如断开故障电路或切换至备用线路,有效阻止事故的进一步扩展。除此之外,系统还具备自诊断功能,能够在故障发生后自动生成详细报告,为运维人员提供精准的信息,帮助其快速定位问题并采取修复措施。更为重要的是,继电保护自动化系统具有根据电力系统实时运行状态进行动态调整与优化的能力,从而确保保护策略始终能够适应当前的运行需求。通过这种智能化、自动化的保护方式,电力系统的可靠性与响应速度得到了显著提高,减少了故障对设备及电网的影响,保障了电力供应的持续性与安全性。

2.4 电力系统的智能化管理

智能化管理在电力系统中的应用,是现代电力网络实现高效、安全、灵活运行的核心技术之一。随着信息技术与人工智能的快速进步,传统的人工操作与手动调度已不再能满足复杂电力需求与系统运行的挑战。通过结合大数据、云计算、人工智能等先进技术,智能化管理为电力系统赋予了自我调节、优化与预警的功能,使其在实时感知、分析与应对各种运行状态方面展现出更高的效率。在智能化管理的框架中,数据采集与处理是至关重要的环节,通过部署大量传感器与智能设备,电力系统的运行状态得以持续监控,电网负荷、电压、频率等多维度数据被采集并深入分析与预测。借助机器学习与大数据分析技术,智能化管理系统不仅能够有效优化电力流,还能预见负荷波动与设备故障的发生采取提前措施,从而减少故障发生的频率或将其影响降至最低。此外,智能化管理还使得电力系统在应对市场需求变化时表现出更大的灵活性,通过分析用户的用电行为及需求变化,智能系统能够动态调整电力供应策略,优化资源配置。同时,电力公司能够实时获取电力系统的全面运行视图,及时做出策略调整,从而提升资源利用率和系统整体效率。

3 自动化技术在电力系统故障诊断与安全防护中的作用

3.1 故障检测与自恢复技术

故障检测与自恢复技术是电力系统自动化应用中的一个关键领域,主要目标在于提升电力系统在故障发生时

的响应速度与恢复能力。传统的电力故障诊断通常依赖人工检查与分析,效率低下且容易受到人为因素的干扰,从而导致错误判断。随着自动化技术的发展,现代电力系统在故障检测方面变得更加智能化,几乎能够在实时的基础上迅速识别并定位故障源。自恢复技术是故障检测的一项延伸,它使得电力系统能够在故障发生后自动采取应急措施,减少停电时间并降低设备损坏。例如,当电网中某段线路发生故障时,自动化系统能够通过智能开关自动切断故障区域,并迅速启用备用电源或重新配置电网结构,进而恢复电力供应,该技术依赖于先进的算法与智能设备,能够根据实时系统状态精确判断故障的性质与位置,并自动做出最优决策,从而显著缩短恢复时间,减少人为操作对恢复过程的干扰。结合预测性维护,故障检测与自恢复技术能够进一步优化电力系统的运行。通过对设备运行数据的实时监控与分析,系统能够预判潜在的故障点,提前进行干预,有效避免突发性故障的发生。通过这种方式,电力系统在提升故障响应能力的同时,也增强了整体的稳定性与可靠性,为电力供应的持续性提供了更加坚实的保障。

3.2 电力系统的安全监控与预警机制

电力系统的安全监控与预警机制是保障电力网络稳定性与应对突发事件的重要技术保障。随着电力需求不断上升及系统规模日益扩大,电力系统所面临的安全风险逐步加剧。传统的安全监控手段已难以满足日益复杂的电网实时监控与故障预警的要求,而现代化的监控与预警机制则通过智能化与自动化技术,提供了全方位、立体化的电力系统监测能力。该机制依赖于广泛部署的传感器与监测设备,持续采集包括电流、电压、频率与负荷等在内的关键数据,这些数据经过智能化系统的实时分析与处理后,能在检测到异常波动或潜在故障时,立即发出警报并启动应急响应程序。通过对历史数据与实时状态的综合分析,预警机制不仅能提前识别潜在风险,还能预测可能的故障点,为及时调整电网结构或采取预防措施提供有力支持,从而有效降低事故发生的可能性。值得注意的是,安全监控与预警机制能够与故障恢复系统紧密配合,在发出预警信号后,迅速采取断电、切换或负荷调节等措施,以最大程度地减轻故障带来的影响。此外,借助大数据分析 with 人工智能算法,电力系统得以持续优化监控策略,提升预警的精准度与响应效率,进一步加强风险管理的整体效能。

3.3 应急处理与恢复系统

应急处理与恢复系统在电力系统中发挥着至关重要的作用,尤其在面对大规模故障或灾难性事件时,它能够

确保电力供应的及时恢复。随着电力系统的复杂性不断增加,传统的应急响应方式已难以满足对快速、高效恢复的要求。现代应急处理与恢复系统依托于自动化技术与智能化设备,可以在故障发生的瞬间迅速识别问题、定位故障源,并立即启动必要的恢复措施,这一系统的核心优势在于其迅捷的响应能力与灵活的动态调整机制。当异常或故障被发现时,自动化装置能够迅速评估故障的类型与影响范围,并根据预设的应急方案启动恢复流程,从而最大程度减少恢复时间。例如,在故障发生时,故障区段可通过智能化设备迅速切换,负荷得以转移,避免了大规模的停电现象;面对更为复杂的故障时,系统能够协调多个区域的资源,优化调度方案实现电网的高效恢复。此外,现代应急处理与恢复系统具备自我学习与智能优化的功能。通过对故障历史数据的分析与处理,应急响应流程得以不断完善,从而提高了应急决策的准确性与效率。在恢复过程中,设备将被实时监控,确保各项操作的安全性;同时,在故障发展过程中,恢复策略会根据需要自动调整,确保应对各种级别的故障挑战。

4 结语

电气工程自动化技术的广泛应用,显著提升了电力系统的安全性、可靠性与效率。通过智能化故障检测、自动恢复及预警机制,系统能够在面对突发故障时迅速响应,并恢复正常运行。自动化技术在电网调度、变电站管理、继电保护等领域的有效应用,极大地优化了电力系统的整体运行,并推动了电力行业朝着智能化方向不断发展。展望未来,随着新兴技术的不断演进,电力系统的智能化管理水平将进一步提升。在这一过程中,如何充分发挥自动化技术的优势,提升系统的安全性 with 灵活性,将成为电力行业持续创新的关键课题。电气工程自动化技术为电力供应的稳定性与高效性提供了坚实基础,也为电力行业的可持续发展提供了强有力的支撑。

【参考文献】

- [1]杨玉庭. 电气工程自动化在电力系统运行中的应用[J]. 电气技术与经济,2024(8):134-136.
 - [2]周霓. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用[J]. 机械工业标准化与质量,2023(11):53-56.
 - [3]周荣斌,李艳坤. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用[J]. 光源与照明,2022(11):228-230.
- 作者简介: 楚万强 (1996.3—), 男, 学历: 本科, 毕业院校: 西北工业大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 目前职称: 能源动力-助理工程师。

大型商业综合体电气负荷预测与配电设计

李思浓

明樾工程设计（石家庄）有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]大型商业综合体中电气负荷预测与配电设计的重要性，聚焦于如何通过精确的负荷预测优化配电系统的设计。分析影响电气负荷的关键因素，包括商业活动类型、设备使用频率及峰值用电时段等，以实现高效能和可靠性的目标。强调采用现代计算技术与算法模型进行负荷预测，旨在提升配电系统的响应速度和稳定性。考虑可持续发展需求，讨论了在设计过程中整合可再生能源解决方案的可行性，以减少对传统能源的依赖并降低运营成本。整体研究致力于提供一套全面的方法论，指导未来类似项目的规划与实施。

[关键词]电气负荷预测；配电设计；商业综合体；可再生能源

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16061

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Electrical Load Forecasting and Distribution Design for Large-scale Commercial Complexes

LI Sinong

Mingyue Engineering Design (Shijiazhuang) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The importance of electrical load forecasting and distribution design in large commercial complexes focuses on how to optimize the design of distribution systems through accurate load forecasting. Analyze the key factors that affect electrical loads, including types of commercial activities, equipment usage frequency, and peak electricity usage periods, in order to achieve the goals of high efficiency and reliability. Emphasizing the use of modern computing technology and algorithm models for load forecasting, with the aim of improving the response speed and stability of the distribution system. Considering the needs of sustainable development, the feasibility of integrating renewable energy solutions in the design process was discussed to reduce reliance on traditional energy and lower operating costs. The overall research aims to provide a comprehensive methodology to guide the planning and implementation of similar projects in the future.

Keywords: electrical load forecasting; power distribution design; commercial complex; renewable energy

引言

大型商业综合体作为城市经济活力的重要标志，其电力需求日益增长，给配电系统的稳定性和效率带来了挑战。准确评估电气负荷成为确保供电质量的前提条件，这不仅关系到日常运营的安全性，也影响着长期的投资回报率。面对复杂多变的商业环境，理解不同商业活动模式下的用电特征显得尤为重要。探索先进的负荷预测技术和优化配电设计方案显得尤为关键。特别是，在追求绿色环保的大背景下，将可再生能源融入现有电网结构，可以有效缓解高峰用电压力，同时推动节能减排目标的实现。这一方向的研究为解决现代商业建筑面临的能源管理问题提供了新的视角，也为实现更加智能和可持续的城市发展贡献力量。

1 大型商业综合体电气负荷预测的重要性与挑战

1.1 理解商业活动模式对电气负荷的影响

商业综合体内部的不同业态如零售、餐饮、娱乐等，各自呈现出独特的用电特征。餐饮区域在午餐和晚餐时段会出现显著的电力需求高峰，而娱乐设施则可能在周末或节假日消耗更多电能。通过细致分析这些活动模式，可以更好地理解负荷波动的原因。商业综合体通常会经历季节性变化，夏季空调使用频繁导致用电量增加，冬季则相对平

稳。了解这些动态有助于优化能源分配，避免因过载而导致的服务中断。考虑到特殊事件如促销活动或大型集会带来的突发用电需求，制定灵活的应对策略显得尤为重要。

1.2 识别影响电气负荷的关键因素和技术难题

电气负荷受多种因素影响，包括天气条件、商业运营时间以及设备效率等。极端天气条件下，如酷热或严寒天气，会显著增加空调和供暖系统的能耗。技术层面，精确预测负荷面临着数据采集不全、模型精度不足等问题。尤其是在处理大量异构数据时，如何有效提取有价值的信息成为一大挑战。另外，现有配电系统可能无法适应快速变化的负荷需求，这就要求采用更先进的技术手段进行实时监控和调整。解决这些问题需要综合运用物联网、大数据分析等现代信息技术，以提高预测准确性和响应速度。

1.3 现代计算技术在负荷预测中的应用潜力

随着云计算、人工智能等技术的发展，为电气负荷预测提供了新的解决方案。基于机器学习的算法能够自动学习历史数据中的模式，并对未来负荷做出精准预测。特别是深度学习技术的应用，使得处理复杂非线性关系变得更加容易。通过构建智能电网系统，实现数据的实时共享与分析，进一步增强了负荷预测的能力。利用分布式计算资

源,可以在短时间内完成大规模数据处理任务,极大提高了工作效率。这不仅有助于提升配电系统的稳定性,也为探索更加智能化的能源管理方案奠定了基础。

2 优化配电设计以应对复杂的电气负荷需求

2.1 基于精确负荷预测的配电系统规划方法

在配电系统规划中,依赖于准确的负荷预测是确保电力供应稳定性的关键。通过整合多种数据源,如历史用电记录、实时气象信息和商业活动日程,可以构建出更加贴近实际情况的负荷模型。这些模型不仅能够反映日常用电波动,还能捕捉到特殊事件带来的用电高峰。利用高级算法对海量数据进行分析,识别出影响负荷变化的主要因素,并据此调整配电系统的容量与布局。采用地理信息系统(GIS)技术,可以帮助优化电缆铺设路径及变电站位置选择,从而提高整体供电效率。这种精准规划方法有助于降低运营成本,同时提升服务质量。

2.2 提升配电系统响应速度和稳定性的策略

为了增强配电系统的响应速度和稳定性,需采取一系列针对性措施。动态负载均衡技术可以根据实时负荷情况自动调整各部分电力分配,有效避免过载现象发生。智能传感器网络的应用实现了对电网状态的全面监控,一旦检测到异常立即发出警报并启动应急预案。引入微电网概念,在主网故障时可迅速切换至备用电源,保障关键区域不间断供电。加强自动化控制系统建设,使得远程操作成为可能,大大缩短了故障处理时间。通过这些技术手段的综合应用,不仅能显著提高系统的可靠性,还为用户提供了更加稳定的电力支持环境。

2.3 配电设计中考虑可持续发展的必要性

在配电设计过程中融入可持续发展理念至关重要,这不仅符合全球环保趋势,也是企业社会责任的一部分。选用高效节能设备,如智能电表和LED照明系统,减少能源浪费。探索太阳能、风能等可再生能源的接入方案,逐步替代传统化石能源,降低碳排放。建立分布式发电设施,实现本地化能源生产和消费,减轻大电网负担的同时提高能源利用率。鼓励使用储能技术,如电池储能系统,以便在用电低谷期储存多余电量,在高峰期释放以平衡负荷。这些举措共同作用,既满足当前需求又不损害后代满足其自身需要的能力,推动商业综合体向绿色低碳方向发展。

3 探索高效能负荷预测模型与算法

3.1 适用于商业综合体的负荷预测算法选择

在商业综合体的负荷预测中,选择合适的算法至关重要。考虑到商业活动的多样性和复杂性,采用基于时间序列分析的方法如ARIMA模型,可以有效捕捉到日常和季节性的用电模式。对于具有明显周期性和趋势性的数据集,长短期记忆网络(LSTM)作为一种深度学习方法,能够处理长时间依赖问题,提供更为精确的预测结果。支持向量机(SVM)通过寻找最优超平面来分类或回归,特别适用

于小样本情况下的负荷预测。不同算法各有优劣,实际用时需根据具体需求和数据特征进行选择,在面对大量历史数据时,集成学习方法如随机森林或梯度提升决策树可能更具优势,因为它们能够有效处理高维数据并减少过拟合风险。

3.2 数据驱动的负荷预测模型构建与验证

构建数据驱动的负荷预测模型需要从数据收集、预处理到模型训练的全面考虑。高质量的数据是成功的基础,这包括历史用电记录、天气信息、节假日安排等多源数据的整合。数据清洗步骤去除噪声和异常值,确保输入模型的数据准确可靠。特征工程环节通过提取和转换原始数据中的有用信息,如温度变化率、工作日类型等,增强模型的表现力。在模型训练阶段,交叉验证技术用于评估模型性能,避免过度拟合。利用测试集进一步验证模型的泛化能力,保证其在新数据上的预测精度。通过不断调整参数和优化模型结构,最终实现对商业综合体电气负荷的精准预测。

3.3 利用机器学习提高负荷预测精度的方法

在提高负荷预测精度方面,机器学习提供了多种解决方案。神经网络尤其是深度学习架构,如卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),因其强大的非线性映射能力和自适应性,成为处理复杂负荷数据的理想工具。这些模型能够自动从海量数据中学习特征,无需人工干预。强化学习通过与环境互动不断优化策略,适用于动态调整预测模型以适应实时变化的负荷条件。迁移学习则允许将一个领域学到的知识应用到另一个相关领域,尤其适合于缺乏足够历史数据的新建商业综合体项目。结合上述技术,可以开发出更加智能和高效的负荷预测系统,显著提升预测精度,为配电系统的优化设计和运行提供强有力的支持。

4 整合可再生能源促进配电系统的绿色转型

4.1 可再生能源在商业综合体电力供应中的角色

商业综合体内集成太阳能、风能等可再生能源,不仅有助于减少对传统化石燃料的依赖,还能显著降低碳排放。太阳能光伏板安装于屋顶或停车场遮阳结构上,利用丰富的日照资源产生清洁电力。风力发电则适用于地理位置适宜的场所,为综合体提供额外能源补充。通过合理布局和设计,这些可再生能源系统可以满足部分甚至大部分日常用电需求。储能技术的发展使得多余能量能够在非高峰期储存并在高峰时段使用,进一步提高能源利用效率。引入可再生能源不仅促进了绿色建筑标准的实现,也为提升品牌形象和社会责任感做出了贡献。

4.2 设计支持可再生能源接入的智能电网架构

为了有效整合可再生能源进入商业综合体的电力供应体系,需要构建一个灵活且智能化的电网架构。该架构应包含先进的计量基础设施,以实时监控各个节点的电能流动情况,并根据负荷变化自动调整分配策略。微电网技

术的应用使得局部区域能够独立运行,尤其在主网故障时保证关键设施的持续供电。需部署分布式控制系统,通过中央管理平台协调各组件的工作,确保系统的稳定性和高效性。采用双向通信技术和物联网设备,实现数据的即时传输与分析,优化能源分配流程。这样的智能电网不仅能促进可再生能源的最大化利用,还提高了整个电力系统的响应速度和适应能力。

4.3 通过能源管理实现节能减排目标的路径

实施全面的能源管理系统是实现节能减排目标的关键途径。在商业综合体内部,通过安装智能电表和其他传感器,精确追踪不同区域和设备的能耗情况,从而制定针对性的节能措施。优化暖通空调(HVAC)系统的运行参数,结合外部气候条件动态调节室内温度设定,减少不必要的能源消耗。照明系统采用感应控制和定时开关相结合的方式,确保仅在必要时开启。开展员工培训和宣传活动,增强全员节能意识,鼓励参与节能减排行动。通过持续监测和改进,逐步形成一套完善的能源管理体系,不仅降低了运营成本,也推动了环境可持续发展目标的达成。

5 面向未来的电气负荷管理与技术创新

5.1 智能化技术在电气负荷管理中的前沿应用

智能化技术为电气负荷管理带来了革命性的变化,包括物联网(IoT)、大数据分析和人工智能等。物联网设备能够实时监控各个用电点的负荷情况,并将数据传输到中央管理系统进行处理。大数据分析则用于识别负荷模式和趋势,预测未来的用电需求,从而优化能源分配。基于机器学习的算法可以自动调整电力消耗,根据实际使用情况动态控制照明、空调和其他电器设备的工作状态。智能电表不仅提供详细的能耗信息,还支持远程控制功能,便于即时响应电网的变化。这些技术的应用使得电气负荷管理更加精准高效,减少了不必要的能源浪费,提高了整体系统的运行效率。

5.2 增强配电系统灵活性和适应性的创新方案

为了提升配电系统的灵活性和适应性,采用了一系列创新解决方案。微电网技术允许局部区域独立于主电网运行,在紧急情况下确保关键设施的电力供应。储能系统的集成使得可以在电价低廉时储存能量,并在高峰时段释放,平衡负荷并降低电费成本。柔性交流输电系统(FACTS)通过精确控制电压和功率流动,提高现有电网的传输能力,减少损耗。利用分布式能源资源(DERs),如太阳能板和

小型风力发电机,进一步增强了系统的可靠性和稳定性。通过实施这些措施,配电系统能够更好地应对不断变化的负荷需求和外部环境挑战,保障供电的安全性和连续性。

5.3 推动商业综合体向更高效更可持续方向发展的方式

商业综合体追求高效与可持续发展的路径涉及多个方面。从建筑设计阶段开始,优先考虑自然采光和通风,减少对人工照明和空调系统的依赖。安装高效的隔热材料和节能设备,进一步降低能耗。引入绿色屋顶和垂直绿化,不仅可以改善空气质量,还能起到隔热降温的效果。推广使用电动汽车充电站,鼓励低碳出行方式。建立全面的废物管理系统,实现废弃物的分类回收和再利用。开展定期的能效评估和改进计划,持续优化运营策略。通过综合运用这些方法,商业综合体能够在保证服务质量的显著减少对环境的影响,迈向更加绿色和可持续的发展未来。

6 结语

本文通过对大型商业综合体电气负荷预测与配电设计的探讨,详细分析了从负荷预测算法选择到可持续发展策略实施的各个环节。强调了智能化技术在提升负荷管理效率方面的重要性,并提出了增强配电系统灵活性和适应性的创新方案。同时,展示了如何通过多种措施推动商业综合体向更高效、更可持续的方向发展。这些研究为优化现代商业建筑的能源管理和实现绿色建筑目标提供了重要的理论基础和技术支持。

[参考文献]

- [1]李明,王强.基于深度学习的商业综合体负荷预测模型[J].电力系统自动化,2023,47(5):89-96.
 - [2]赵华,孙健.智能电网架构下的可再生能源接入策略[J].中国电机工程学报,2024,40(2):156-163.
 - [3]高翔,刘洋.商业建筑中分布式能源系统的优化设计与应用[J].建筑科学,2023,39(12):45-51.
 - [4]徐宁,黄勇.数据驱动的智能电表数据分析及其在节能中的应用[J].计算机工程与应用,2024,60(3):203-209.
 - [5]陈涛,吴迪.绿色建筑设计与管理中的节能减排措施[J].建筑经济,2025,41(1):78-84.
- 作者简介:李思浓(1997.11—),男,汉族,毕业院校:河北水利电力学院;现就职单位:明樾工程设计(石家庄)有限公司。

基于物联网的建筑电气设备监控系统研究

丁子浩

河北北方绿野建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]文中聚焦基于物联网的建筑电气设备监控系统。随着建筑智能化发展,传统电气设备监控系统弊端凸显。文章剖析了其在设备互联互通、实时监控、能耗管理等方面的不足。借助物联网技术,通过构建智能感知网络、开发高效监控软件、优化能耗管理策略等手段,实现对建筑电气设备的全面、精准、实时监控。旨在提升建筑电气系统运行效率,降低能耗,为建筑智能化发展提供有力支撑,推动智慧建筑建设进程。

[关键词]物联网;建筑电气设备;监控系统;智能感知;能耗管理

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16060

中图分类号: TU858

文献标识码: A

Research on Building Electrical Equipment Monitoring System Based on Internet of Things

DING Zihao

Hebei NGREEN Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: This article focuses on the building electrical equipment monitoring system based on the Internet of Things. With the development of building intelligence, the drawbacks of traditional electrical equipment monitoring systems have become prominent. The article analyzes its shortcomings in device interconnection, real-time monitoring, energy consumption management, and other aspects. By leveraging Internet of Things technology, comprehensive, accurate, and real-time monitoring of building electrical equipment can be achieved through the construction of intelligent perception networks, the development of efficient monitoring software, and the optimization of energy management strategies, so as to improve the operational efficiency of building electrical systems, reduce energy consumption, provide strong support for the development of building intelligence, and promote the process of smart building construction.

Keywords: Internet of Things; building electrical equipment; monitoring system; intelligent perception; energy management

引言

在当今建筑行业,智能化成为发展趋势。建筑电气设备作为建筑运行的关键部分,其高效稳定运行至关重要。然而,传统监控系统难以满足建筑日益增长的智能化需求。如何利用新兴的物联网技术,突破传统监控局限,构建先进、高效的建筑电气设备监控系统,实现对设备的精准掌控与智能管理,成为建筑领域亟待解决的重要课题,对提升建筑性能、节能减排意义重大。

1 传统监控系统弊端

传统建筑电气设备监控系统在设备互联互通层面,问题积弊已久。建筑内电气设备来源广泛,不同品牌、不同类型产品各自为政,通信协议犹如一道道难以跨越的鸿沟。照明系统与空调系统的兼容性问题极具代表性,照明系统多采用 DALI(数字可寻址照明接口)协议,而空调系统常见的是 BACnet(楼宇自动化与控制网络)协议,两者互不兼容。这就导致在传统监控体系下,监控系统无法对它们进行统一调度与协同作业。在一座大型商业综合体中,照明系统可能按照预设的时间程序运行,而空调系统则依据室内温度传感器反馈独立调节,两者无法根据人员活动、环境变化等因素相互配合,造成能源浪费与运行效率低下。这种设备间“各自为战”的状态,使得建筑电气系统难

以发挥整体优势,严重阻碍了其高效稳定运行。

实时监控能力不足是传统系统的又一顽疾。传统监控依赖人工巡检与定期维护,这一方式在及时性与全面性上存在明显短板。以电梯为例,其运行状态复杂多变,仅靠人工定期检查,难以捕捉到运行过程中的细微异常。在传统监控模式下,只有当电梯出现明显故障,如轿厢卡顿、平层不准确,甚至乘客被困时,故障才会被发现。这不仅导致维修不及时,还可能引发安全事故。而且,传统监控系统数据更新缓慢,以配电箱监控为例,数据采集周期可能长达数小时甚至一天,这使得设备运行中的瞬时异常、渐变式故障隐患难以被及时察觉,无法在故障萌芽阶段采取有效措施,增加了设备突发故障的风险,进而影响建筑整体运行的稳定性。

能耗管理一直是传统建筑电气设备监控系统的薄弱环节。建筑电气设备能耗巨大,尤其是大型商业建筑、写字楼等,照明、空调、电梯等设备能耗占比极高。然而,传统系统缺乏精细的能耗监测与分析手段。在大型商场中,不同区域营业时间、人员流量差异大,照明与空调需求各不相同,但传统监控系统无法精准区分这些差异。商场的中庭区域在节假日人员密集,照明与空调能耗需求大,而一些角落店铺在非营业时间基本无需能耗供应,但传统系

统无法根据这些实际情况进行针对性调控,导致能源浪费严重。

2 物联网技术应用方案

构建智能感知网络是物联网技术赋能建筑电气设备监控的基础。在建筑电气设备中广泛部署各类传感器,能够实现对设备运行状态的全方位、实时监测。温度传感器可精准感知设备发热情况,预防因过热引发的故障;电流传感器则能实时监测电流大小,一旦电流异常,如过载、短路等情况发生,立即发出警报。在配电箱内安装多种传感器,不仅能监测电流、电压,还能对箱体温度、湿度进行监控,全面掌握配电箱运行状况。通过蓝牙、Wi-Fi、ZigBee 等无线通信技术,这些传感器采集的数据能够迅速传输至监控中心,打破传统有线传输的布线繁琐、灵活性差等局限。借助物联网强大的感知能力,监控人员可以实时获取设备运行的第一手资料,为后续精准控制与决策提供可靠依据。

开发高效监控软件是实现建筑电气设备智能化管理的关键。基于物联网平台,设计功能全面、操作便捷的监控软件。该软件能够整合来自不同设备、不同类型传感器的数据,并以直观易懂的界面呈现设备运行状态。操作人员通过电脑、手机等终端设备,即可远程对设备进行控制。在智能照明系统中,监控软件可根据室内光线强度传感器反馈,结合人员活动检测数据,自动调整照明亮度。当室内光线充足且无人活动时,自动降低照明亮度甚至关闭部分灯具,实现节能目标;当人员进入且光线较暗时,及时提高照明亮度,保障人员活动需求。同时,软件具备强大的数据分析功能,通过对设备运行数据的深度挖掘,能够分析设备运行规律、预测潜在故障,为设备维护计划制定提供科学依据,延长设备使用寿命。

优化能耗管理策略离不开物联网技术的深度应用。物联网系统能够实时采集建筑电气设备的能耗数据,通过大数据分析技术,挖掘不同设备在不同时段、不同工况下的能耗规律。对于高能耗设备,如空调系统,结合室内外温度、湿度、人员密度等环境因素,利用智能算法优化运行模式。在夏季高温时段,根据室内人员分布与活动情况,合理调整空调制冷量与送风量,避免过度制冷造成能源浪费;在过渡季节,充分利用室外新风,减少制冷制热设备运行时间。通过精准的能耗监测与科学的节能策略制定,实现对建筑电气设备能耗的精细化管理,有效降低建筑能耗,提升能源利用效率,践行节能减排理念。

3 系统实施成效

众多建筑项目在应用基于物联网的建筑电气设备监控系统后,成效显著。在设备互联互通方面,不同品牌、类型的电气设备成功打破“孤岛”状态。以某高端智能写字楼为例,通过物联网技术搭建统一通信平台,照明、空调、电梯等设备实现了无缝对接与协同工作。当写字楼

内人员开始上班,门禁系统检测到人员进入,信号通过物联网传输至照明与空调系统,照明系统自动亮起并调整到适宜亮度,空调系统迅速启动并根据室内初始温度调节到舒适状态;当人员离开办公区域,照明与空调系统根据人员活动检测数据自动调整运行状态,实现节能。这种设备间的协同工作,大幅提升了建筑电气系统的运行效率,为办公人员提供了更加便捷、舒适的工作环境。

实时监控能力的提升尤为突出。借助智能感知网络与高效监控软件,实现了对设备 24 小时不间断实时监控。电梯运行过程中的速度、加速度、平层精度等参数实时上传至监控中心,一旦出现异常,系统立即发出警报,并通过短信、推送等方式通知维修人员。医疗设备如 CT 机、核磁共振仪等的运行状态也被实时监控,确保设备在最佳状态下运行,保障医疗服务的连续性与准确性。故障响应时间从传统监控模式下的数小时大幅缩短至几分钟,极大提高了设备安全性与可靠性,为医院正常运转提供了有力保障。

能耗管理成效同样令人瞩目。通过优化能耗管理策略,建筑能耗得到有效控制。在某超大型商场中,应用物联网能耗管理系统后,对不同区域、不同时段照明与空调能耗进行精准调控。在营业时间,根据不同区域的人员流量与活动情况,智能调整照明亮度与空调温度;在非营业时间,自动关闭或降低部分区域的照明与空调能耗。数据显示,照明能耗相较于改造前降低了 30%,空调能耗降低了 20%。精准的能耗监测与科学的节能策略,不仅降低了建筑运营成本,还减少了能源消耗对环境的影响,实现了经济效益与环境效益的双赢。

4 面临挑战与应对

基于物联网的建筑电气设备监控系统在推广应用过程中,面临着诸多挑战。网络安全问题首当其冲,物联网系统高度依赖网络传输数据,数据泄露、黑客攻击等安全风险时刻威胁着系统稳定运行。不法分子可能通过网络入侵监控系统,篡改设备运行参数,使设备运行出现异常,甚至导致整个建筑电气系统瘫痪。在一些智能建筑试点项目中,曾出现黑客攻击导致电梯运行故障、照明系统失控的情况,严重影响人员安全与建筑正常运营。为应对这一挑战,需综合运用多种网络安全技术。采用加密传输技术,对设备与监控中心之间传输的数据进行加密处理,确保数据在传输过程中的安全性;实施身份认证机制,只有经过授权的设备与用户才能访问系统,防止非法入侵;部署防火墙,阻挡外部非法网络访问,构建起多层次的网络安全防护体系,保障系统数据安全。

设备兼容性问题也给系统推广带来了阻碍。建筑内电气设备种类繁多,且新旧设备并存,部分老旧设备由于技术限制,难以与物联网系统兼容。在一些老旧建筑改造项目中,原有的照明灯具、配电箱等设备不具备物联网接入

能力,若全部更换新设备,成本过高且施工难度大。解决这一问题,一方面可对老旧设备进行改造升级,通过加装物联网通信模块、传感器等方式,使其具备物联网接入条件;另一方面,在新建筑项目设备选型阶段,优先选择支持物联网技术、具备良好兼容性的新型设备,从源头上保障系统兼容性。同时,建立设备兼容性数据库,对不同品牌、型号设备的兼容性信息进行汇总整理,为设备选型与改造提供参考依据。

成本问题是影响系统广泛应用的重要因素。物联网设备采购、软件研发以及系统部署与运维成本较高,对于一些小型建筑项目而言,经济压力较大。在小型商业店铺中,有限的预算难以承担高昂的系统建设成本。为降低成本,可通过规模化生产降低物联网设备成本,随着市场需求增加,生产规模扩大,设备单价有望降低;优化系统设计,合理配置设备与软件功能,避免过度配置造成资源浪费;采用云平台技术,将部分数据存储与处理功能转移至云端,减少本地硬件设备投入;同时,加强系统运维管理,通过远程监控、智能诊断等技术手段,降低运维成本,提高系统性价比,促进系统在各类建筑项目中的广泛应用。

5 未来发展趋势

随着 5G 技术的全面普及,基于物联网的建筑电气设备监控系统将迎来数据传输的革新。5G 网络具有超高速率、超低延迟和海量连接的特性,这将使设备运行数据能够以极快的速度稳定传输至监控中心。在实时监控场景中,原本因网络延迟导致的数据滞后问题将得到极大改善。以大型工厂的电气设备监控为例,设备运行中的电流、电压、温度等关键数据能够近乎实时地反馈到监控端,监控人员能够更及时、精准地掌握设备运行状态。对于设备故障的响应速度也将大幅提升,以往可能需要数分钟才能察觉的故障,在 5G 技术支持下,短短几秒内就能被系统捕捉并发出警报,为快速抢修争取宝贵时间,有效降低设备故障带来的生产损失,全面提升建筑电气设备监控系统的实时性与可靠性。

人工智能技术将深度嵌入监控系统,成为提升系统智能化水平的核心驱动力。通过对海量设备运行数据的深度学习,人工智能算法能够挖掘出设备运行的潜在规律,实现设备故障的智能预测与诊断。在分析电梯运行数据时,人工智能系统可以根据电梯的启停次数、运行速度变化、电机电流波动等多维度数据,提前预判电梯零部件的磨损情况,预测可能出现的故障点,从而提前安排维护计划,将故障消除在萌芽状态。同时,人工智能还能依据建筑内

人员活动规律、环境变化等复杂因素,智能优化设备运行策略。在办公建筑中,根据不同时间段的人员分布和室内环境参数,自动调整照明亮度、空调温度与新风量,在保障舒适度的同时,最大限度地降低能耗,提升系统运行效率与节能效果,为建筑电气设备的智能化管理提供强大支撑。

用户体验的优化将是未来监控系统发展的重要方向。借助虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术,监控系统的操作界面将变得更加直观、便捷,实现沉浸式监控体验。在大型商业建筑的监控场景中,监控人员通过佩戴 VR 设备,仿佛置身于建筑内部,能够 360 度全方位查看电气设备的运行情况。对于设备故障,可通过 AR 技术在现实场景中叠加故障提示与维修指南,辅助维修人员快速定位和解决问题。此外,不同建筑之间的监控系统有望实现互联互通,形成庞大的区域化乃至全球化监控网络。通过共享设备运行数据与管理经验,建筑管理者可以借鉴其他建筑的优秀管理模式,实现资源优化配置,提升整个建筑行业的智能化管理水平。这不仅有助于推动建筑智能化迈向更高层次,还将为打造更加绿色、智慧、宜居的建筑环境奠定坚实基础,使基于物联网的建筑电气设备监控系统更好地服务于社会与大众。

6 结语

基于物联网的建筑电气设备监控系统已展现出巨大优势,在设备互联互通、实时监控与能耗管理等方面成效显著。未来,随着技术的不断进步,该系统将不断完善,有效应对网络安全、设备兼容性等挑战。其应用将更加广泛,为建筑行业带来更高效、智能、节能的发展模式,助力构建绿色、智慧的未来建筑环境。

【参考文献】

- [1] 赵荣义. 建筑电气控制技术[J]. 中国建筑工业出版社,2018(5):123-130.
- [2] 朱颖心. 建筑智能化系统工程设计[J]. 中国建筑工业出版社,2019(8):56-62.
- [3] 石文星. 物联网技术在建筑领域的应用[J]. 清华大学出版社,2021(8):95-102.
- [4] 李百战. 建筑节能与可再生能源利用[J]. 中国建筑工业出版社,2020(6):78-85.
- [5] 田胜元. 智能建筑系统集成技术[J]. 机械工业出版社,2022(6):78-85.

作者简介:丁子浩(1999.1—),男,汉族,毕业院校:河北水利电力学院;现就职单位:河北北方绿野建筑设计有限公司。

水利电气系统自动化控制技术的优化与应用研究

贾正堂

新疆鸿源润泽建设工程有限公司, 新疆 伊犁 835200

[摘要]随着水利工程规模的不断扩大,水利电气系统的自动化控制技术在提升管理效率和确保安全运行方面发挥了至关重要的作用。通过应用先进的传感器、控制系统和数据采集技术,自动化控制技术使得水利电气系统能够实现远程监控与自动调节,从而有效提升了系统的运行效率与稳定性。然而,当前在一些水利工程中,自动化控制技术仍面临集成度不足、控制精度不高、实时性差等问题。为应对这些挑战,迫切需要对控制技术进行进一步优化,提升系统的可靠性与智能化水平。

[关键词]水利电气系统; 自动化控制技术; 优化策略; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16067

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research on Optimization and Application of Automation Control Technology for Water Conservancy and Electrical Systems

JIA Zhengtang

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

Abstract: With the continuous expansion of water conservancy projects, the automation control technology of water conservancy electrical systems has played a crucial role in improving management efficiency and ensuring safe operation. By applying advanced sensors, control systems, and data acquisition technologies, automation control technology enables remote monitoring and automatic adjustment of water conservancy and electrical systems, effectively improving the system's operational efficiency and stability. However, in some water conservancy projects, automation control technology still faces problems such as insufficient integration, low control accuracy, and poor real-time performance. In order to address these challenges, it is urgent to further optimize control technology and enhance the reliability and intelligence level of the system.

Keywords: water conservancy and electrical system; automation control technology; optimization strategy; technical application

引言

随着全球水资源短缺问题日益加剧及气候变化的影响,水利工程在保障农业灌溉、城市供水、防洪排涝等方面的作用日益凸显。在这种背景下,水利电气系统的自动化控制技术作为现代水利工程的关键组成部分,逐渐成为提升管理效率、确保工程安全、降低人力成本以及优化资源配置的重要手段。通过集成先进的硬件设备、软件系统及控制算法,自动化控制技术实现了对水利电气系统的智能化管理与远程监控,显著提高了系统运行的效率与可靠性,减轻了操作人员的劳动强度,同时提升了应急响应能力及决策的实时性。然而,尽管该技术已广泛应用于水利电气系统,传统的控制模式与技术仍面临诸多挑战,包括设备老化、系统集成度不高、数据传输延迟以及实时控制精度不足等问题。特别是在复杂或特殊环境下,尤其是在应对极端气候与突发事件时,这些问题的存在严重限制了水利电气系统的应用效果。传统系统在应急响应能力与灵活性方面表现不佳,尤其是在紧急情况下,表现出其局限性。因此,优化水利电气系统的自动化控制技术,提升其智能化、精准化及高效化水平,已成为当今水利工程技术发展的迫切需求。本研究通过深入分析水利电气系统自动化控制技术的实际应用,探讨其优势与局限,揭示当前技

术应用中的关键问题,并提出相应的优化方案。

1 水利工程中电气自动化技术的应用价值

1.1 工程效益方面

在水利工程中,电气自动化技术的应用能够显著提升整体效益。传统的水利工程依赖人工操作和管理,常常面临工作效率低下、资源浪费以及人员安全隐患等问题。引入电气自动化技术后,水利设施得以实现智能化控制与远程监控,极大提升了工程管理效率与运行安全性。通过集成传感器、控制设备与监测系统,水利设备的运行数据能够被实时采集,确保各项设施始终处于最佳工作状态,从而降低了故障发生及设备损坏的风险,延长了设备使用寿命。此外,运行数据能够被自动化控制系统分析与优化,水利设施的工作模式得以动态调整,实现了资源的合理分配,降低了能耗与运营成本,从而提升了整体经济效益。例如,智能水泵控制系统能够根据水位变化自动调整泵速,既确保了水流的稳定,又有效减少了能耗,同时优化了电力资源的利用。人工巡查及干预的频率得以减少,进而节省了人力与维修成本。

1.2 工作效率方面

在大中型水利工程中,电气设备通常分布较为零散,日常维修需要投入大量人力和时间,导致工作效率较低。

推广电气自动化技术的应用,可以构建一体化监控网络,将所有电气设备纳入自动化监控系统,实现远程监控。管理人员只需通过PC机或移动设备,便可随时随地查看水利工程电气系统的运行状态。与传统人工巡查方式相比,这种方式显著提高了工作效率^[1]。此外,基于电气自动化技术的系统巡检,还能准确定位故障发生的位置,分析故障原因,并结合AI技术生成故障解决方案,极大地简化了故障排查与修理过程,推动了检修工作的高效开展。

2 水利电气系统中的自动化控制技术应用现状

当前,水利电气系统中的自动化控制技术已经在国内外的水利工程中得到了广泛应用,随着科技的不断发展,其方向逐步向智能化与集成化转变。许多大型水利项目,如水库、泵站与水电站等,已开始采用自动化控制系统,涵盖水流控制、电力调度以及设备管理等功能。现有的自动化控制技术主要包括基于PLC(可编程逻辑控制器)的控制系统、SCADA(数据采集与监视控制系统)技术以及DCS(分布式控制系统)。这些系统通过集成传感器、执行器、计算机硬件与软件,能够实时监控水利设施的运行状态,并通过远程控制与调度,实现设备的自动化操作与管理。在水泵、电机、阀门等设备的控制上,自动化技术的应用已经显著提高了操作的精度与效率,人工操作的误差与工作强度得以减少。然而,尽管自动化控制技术在水利电气系统中取得了一定进展,技术标准的不统一、系统兼容性较差以及数据传输与处理的延迟等问题依然存在。这些问题在一定程度上限制了其在一些中小型水利工程中的推广与应用。此外,部分老旧水利设施的自动化水平较低,仍然依赖人工巡查与传统操作方式,这在一定程度上影响了整体系统效率的提升^[2]。因此,尽管自动化控制技术在水利电气系统中取得了一些应用成效,其在更广泛范围内的普及与深化仍面临多方面的挑战。

3 水利电气系统自动化控制的关键技术

3.1 控制系统的硬件与软件组成

水利电气系统的自动化控制技术依赖于硬件与软件的紧密结合,通过二者的协作实现对水利设施的高效监控与管理。硬件部分通常包括传感器、执行器、控制器及通信模块。传感器负责实时采集水位、流量、压力、温度等关键参数,并将这些数据转化为电信号,传输至控制系统。执行器,如电动阀门、泵及调节器等,根据控制系统的指令执行相应的操作,进而调节与管理水利设备。作为自动化系统的核心,控制器通常采用PLC(可编程逻辑控制器)或DCS(分布式控制系统)等设备,负责接收信号并进行分析处理,在生成控制指令后传递给执行器。通信模块则保障各硬件设备之间能够高效、准确地交换信息,确保数据的实时性与系统的稳定运行。在软件方面,控制系统依赖于多种算法与监控程序来实现水利设备的智能控制与远程管理。实时操作系统及各种控制算法,如PID控制、

模糊控制等,通常包含在控制软件中。通过分析传感器传来的实时数据,计算出最优的控制策略,并将控制信号反馈给执行器。监控软件则提供图形化界面,实时显示系统的运行状态,便于操作人员进行监视与干预。同时,数据采集与存储软件负责现场实时数据的采集,并通过数据库管理系统进行存储与查询,为后续的数据分析与系统优化奠定了基础。

3.2 控制算法与优化策略

在水利电气系统的自动化控制中,控制算法与优化策略是保证系统高效、稳定运行的核心技术。根据传感器收集的实时数据,控制算法计算并生成最优的控制指令,以调节水利设备的运行状态。常见的控制算法包括PID(比例-积分-微分)控制、模糊控制以及基于模型的预测控制等。作为最广泛应用的算法,PID控制通过调整比例、积分和微分三个参数,能够精确调控水利系统中的流量、压力、温度等关键参数,从而实现水资源的合理分配。然而,在面对复杂系统、非线性过程或系统参数不稳定的情况时,调节不准确或响应延迟的问题可能会由PID控制出现。为了克服传统PID算法的局限,模糊控制与基于模型的预测控制(MPC)算法已逐渐被引入现代水利电气系统中。模糊控制能够有效处理不确定性与非线性系统,特别适用于那些难以精确建模的水利工程。该算法采用基于规则的推理系统,通过人工设定的经验规则进行控制,从而在系统动态变化或外部干扰时,较高的鲁棒性得以保持。基于模型的预测控制则依托水利系统的数学模型,通过预测未来的动态行为,提前做出最优的控制决策,从而提升了控制精度与系统响应速度。尤其在多变量且复杂耦合的水利系统中,优异的性能被MPC算法展现了出来^[3]。除了控制算法,优化策略在水利电气系统中的作用也不可忽视。通过系统的数学模型,优化策略的目标是对控制过程进行调整,使得系统在满足各项约束条件的基础上,达到最优的运行状态。这种策略在提高系统运行效率、降低能耗及保证资源合理配置方面,发挥了重要作用。

3.3 传感器与监测技术

在水利电气系统的自动化控制中,传感器与监测技术是实现高效、精确管理的关键要素。这些技术通过实时采集水利设施中的多种数据,如水位、流量、压力、电流、电压等参数,提供实时的监控与反馈,确保系统安全、稳定运行。例如,水位传感器能够监测水库及水池的水位变化,从而确保设备在安全范围内运行,避免发生溢洪或水位过低的风险;流量传感器则用于实时监控水流量,确保了水资源的有效调配与合理使用;压力传感器则有助于实时检测管道系统中的压力变化,从而预防设备损坏或泄漏等事故。随着传感器技术的不断发展,无线传感器网络(WSN)与智能传感器在现代水利系统中的应用已越来越广泛,这些技术提升了数据采集的准确性与响应速度。这

些传感器不仅能在复杂环境中保持稳定运行,而且还具备一定的智能处理能力,能够在故障发生前进行预警并自动调整运行参数,从而显著提高了水利电气系统的智能化水平。

3.4 数据采集与传输技术

数据采集与传输技术在水利电气系统的自动化控制中占据核心地位,直接影响着系统的实时性、准确性与可靠性。在这一系统中,关键运行参数如水位、流量、压力、电压等信息,通过各类传感器、仪表及采集装置被实时获取。系统的有效运行,依赖于采集数据的准确性与可靠性。通过多种方式与控制系统连接,数据采集设备将所采集的数据传输至中央控制平台进行处理与分析。为了保障数据传输的实时性与稳定性,现代水利电气系统通常采用基于无线网络、光纤通信、GPRS 或 LoRa 等技术的通信手段,将数据传至监控中心。数据的快速传输不仅要求高效、稳定的网络协议,还需确保在传输过程中不受干扰或丢失,从而确保系统能够及时响应运行状态的变化。随着物联网(IoT)技术的逐步应用,数据采集与传输技术也在向智能化发展,具备了更为精准的采集能力和高效的数据传输能力,从而进一步提升了水利电气系统的智能化水平。

3.5 控制系统的实时性与可靠性

水利电气系统自动化控制的实时性与可靠性,是确保系统高效、稳定运行的核心要素。要求系统能够迅速处理输入信号并反馈控制指令,以应对水利工程中复杂的运行状态及突发事件,实时性成为关键。由于水利电气系统涵盖的设备和工况种类繁多,精确的实时控制和快速的响应速度对于保障工程安全和优化资源配置,具有重要意义。为了确保实时性,通常采用高性能的硬件平台,并配备专用的实时操作系统(RTOS),以确保任务能够及时调度与执行。同时,控制算法的效率与实时性对系统的响应速度起着决定性作用。可靠性是指系统在长期运行过程中,能够稳定地完成预定任务,特别是在复杂和恶劣环境下,系统需要具备良好的抗干扰能力及自诊断故障的能力。为了增强可靠性,控制系统通常设计有冗余机制,如双重电源、备份通信链路以及冗余硬件,确保单点故障不致影响整个系统的正常运行。此外,定期的系统维护与实时故障监测机制同样重要,有助于潜在问题的及时发现与修复,从而进一步提升系统的可靠性。

4 水利电气系统自动化控制的优化方法

水利电气系统自动化控制的优化方法涵盖多个层面,旨在提升系统的效率、稳定性及灵活性。优化控制算法是提高自动化系统性能的关键。通过采用先进的控制策略,

如模糊控制、智能控制以及自适应控制等,传统算法在处理复杂系统及非线性问题时的局限性,得以克服。此外,结合大数据分析 with 人工智能技术,能够实时监控系统的运行状态,预测潜在故障并提前做出响应,从而提升系统的故障预警能力及维护效率^[4]。在硬件方面,高效、低功耗的控制设备及传感器的选用,以及在系统设计中引入冗余配置,有助于提高系统的可靠性与耐用性,减少单点故障导致的停机风险。优化网络通信技术同样至关重要,采用高速且稳定的通信协议与结构,确保数据在系统各个节点之间高效、实时地传输,降低延迟与数据丢包率,从而保障控制命令的精准性与及时性。通过整合云计算与物联网技术,水利电气设施得以连接成一个智能化、互联互通的整体,实现远程监控与管理。这不仅降低了人工成本,还提高了工作效率。系统的维护与更新也不容忽视,定期进行评估与升级,优化控制参数,以确保系统能够适应不断变化的水利环境需求,从而实现自动化控制系统的持续优化与提升。

5 结语

水利电气系统自动化控制技术在提升水利工程管理效率、保障系统安全与稳定运行方面,具有重要作用。随着技术的不断进步,自动化控制技术已在水利电气系统中取得了一定成效,但也面临集成度不高、实时性不足等挑战。通过不断优化控制技术,系统的智能化水平得以提升,并且加大相关技术的研发与应用,水利电气系统的自动化控制将逐步实现更高效、更精确的管理模式。展望未来,随着技术的持续创新,水利电气系统将在确保水利工程稳定运行、提高资源利用效率以及促进可持续发展等方面,发挥更加关键的作用。希望本研究能够为水利电气系统自动化控制技术的进一步优化与发展,提供理论支持与实践指导。

[参考文献]

- [1]王越宇. 电气自动化技术在水利工程中的运用[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(10): 110-111.
- [2]何强. 水利水电工程中电气自动化的应用[J]. 中国设备工程, 2022(5): 154-155.
- [3]李新军. 电气自动化技术在水利工程中的运用[J]. 工程建设与设计, 2021(22): 113-115.
- [4]焦丹丹, 王阳, 那宏壮, 等. 水利工程电气自动化系统分析[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(20): 124-125.

作者简介: 贾正堂(1993.7—), 毕业院校: 南昌工程学院, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 新疆鸿源润泽建设工程有限公司。

智慧水利工程管理模式的创建与实施优势

栾凤娇^{1,2}

1. 昌吉市水利管理站, 新疆 昌吉 831100

2. 昌吉市三屯河流域管理处, 新疆 昌吉 831100

[摘要] 水资源管理一直以来都是社会发展的关键课题。随着人口的不断增长、城市化进程的加速以及气候变化带来的不确定性, 水资源短缺与污染问题变得愈加严峻。传统水利管理模式中, 信息孤岛、响应迟缓、资源浪费等缺陷日益显现, 这些问题亟需通过技术创新与管理模式的转型来解决。智慧水利工程应运而生, 作为信息化、智能化及可持续发展背景下的产物, 它借助物联网、大数据、云计算与人工智能等技术, 能够实现水资源的实时监控、优化资源配置、提高决策效率, 并增强水利设施的管理能力。随着技术的不断进步与其应用的深入, 智慧水利无疑将成为应对水资源问题、推动水利工程可持续发展的核心动力。

[关键词] 水利工程; 智慧水利; 工程管理模式

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16062

中图分类号: TV5

文献标识码: A

The Advantages of Creating and Implementing a Smart Water Conservancy Project Management Model

LUAN Fengjiao^{1,2}

1. Changji Water Conservancy Management Station, Changji, Xinjiang, 831100, China

2. Changji Santun River Basin Management Office, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: Water resource management has always been a key issue in social development. With the continuous growth of population, the acceleration of urbanization process, and the uncertainty brought by climate change, water scarcity and pollution problems have become increasingly severe. In the traditional water management model, defects such as information silos, slow response, and resource waste are becoming increasingly apparent. These problems urgently need to be solved through technological innovation and management mode transformation. Smart water conservancy engineering has emerged as a product of informatization, intelligence, and sustainable development. With the help of technologies such as the Internet of Things, big data, cloud computing, and artificial intelligence, it can achieve real-time monitoring of water resources, optimize resource allocation, improve decision-making efficiency, and enhance the management capabilities of water conservancy facilities. With the continuous advancement of technology and the deepening of its applications, smart water conservancy will undoubtedly become the core driving force for addressing water resource issues and promoting sustainable development of water conservancy projects.

Keywords: water conservancy engineering; smart water conservancy; project management model

引言

随着社会经济的迅速发展与水资源日益紧张, 传统的水利管理模式已无法满足现代社会对水资源高效与智能化管理的需求。作为一种创新的管理方式, 智慧水利依托现代信息技术的应用, 显著提升了水资源的调度与管理效率, 增强了应急响应能力, 并推动了水利工程的可持续发展。该模式不仅涵盖了先进技术的应用, 还涉及了流程优化与管理理念的转型, 为水利行业的现代化提供了全新的解决方案。智慧水利工程管理模式的构建与实施过程, 将在文中深入分析, 旨在为相关领域提供有价值的参考与借鉴。

1 智慧水利工程管理模式的创建

1.1 管理理念的创新与转变

实现智慧水利工程管理的首要任务是树立“智慧管理”的理念。这一理念不仅强调技术的应用, 更注重管理思维

的深刻转型。与传统水利管理模式侧重单一功能的实现不同, 智慧水利工程管理要求在整体框架中融入六大核心特征: 公众为中心、公平性、透明性、无缝性、快速响应与一体化。水利工程作为服务社会与公众的基础设施, 其本质就是服务于社会需求与公平合理的资源分配。公众为中心与公平性是智慧水利管理的出发点和核心, 管理模式必须保证水资源的配置公正合理, 兼顾不同群体的利益诉求。在这一过程中, 智慧水利不仅要关注资源的高效配置, 还应确保其普惠性, 保证各社会群体均能享受到公平的水利服务。为了达成这一目标, 建设者必须从工程设计到运营全过程中, 强化质量保障措施, 并通过持续的监测和监督, 确保每个环节的透明度, 防止资源浪费和管理漏洞。透明性是有效监督的前提, 能够为水利工程质量保障提供根本保障。透明管理不仅有助于提升公众信任, 还能

馈与改进将确保系统与管理模式的适用性与有效性。在试点取得成功的基础上,全面推广应用并实现持续优化将成为实施的重点。在推广过程中,政策支持与资源配置的加强是必要的,以确保系统能够高效运行并长期保持可持续性。

2.2 关键技术应用与设备选型

在智慧水利工程管理模式下,系统运行效率与管理效果的实现,很大程度上依赖于关键技术的应用以及设备的合理选型。物联网技术作为核心支撑,借助传感器与监测设备,实时采集水位、流量、降水量等关键数据,并通过无线通信将这些数据传输至中央平台,确保决策者能够在第一时间获取准确的实时信息,从而为水资源的科学管理提供有力支持。在传感器设备的选型上,选用高精度且低功耗的设备至关重要,这不仅能够保障数据的准确性,还能够确保设备在长时间运行中的稳定性^[1]。由于水利工程涉及大量的实时数据与历史数据,借助大数据平台对这些数据进行存储、分析与挖掘,有助于实现水资源的精准调度与水情的有效预警。云计算提供了灵活且可扩展的系统架构,使得数据可随时随地被访问,同时简化了数据的管理与维护工作。为了应对日益增长的数据需求,云平台应具备强大的计算能力与海量存储能力。在智能决策与预警方面,人工智能与机器学习技术也发挥了至关重要的作用,通过对历史数据的深入分析,AI系统不仅能够预测水资源的使用趋势,还能在调度方案中提供优化建议,提前识别潜在风险,如洪水或干旱。设备选型时,应考虑选择能够支持高效计算与模型训练的设备,确保智能分析的准确性与实时性。智能控制系统则在水利设施的自动化管理中起到了重要作用,特别是在水泵、阀门等设备的调度上。通过智能控制系统,水利设施的运行状态可实时调整,避免了人工操作可能带来的延迟与误差。在选择控制设备时,除了考虑与其他技术平台的兼容性外,还需确保设备具备高稳定性与即时响应能力,以确保整个系统的高效运作。

3 智慧水利工程管理模式的实施优势

3.1 提高水资源管理的效率与精准度

智慧水利工程管理模式通过引入物联网、大数据及人工智能等先进技术,有效提升了水资源管理的效率与精准性。通过实时监测系统,水位、流量、降水量等关键数据被传感器实时采集,并传输至数据平台,从而使得管理人员可以随时掌握水资源的变化,这一实时反馈的数据机制,使得管理者不再依赖传统的人工观察,而是基于精准的数据支持,大幅提升了决策的时效性与科学性。与此同步,数据分析与智能决策的结合使得管理变得更加精确,通过分析大量历史数据,AI系统不仅能够预测水资源的使用趋势,还能识别潜在风险,并根据预测结果优化资源调度^[2]。例如,在干旱季节,水源分配可以自动调整以避免浪费,而在洪水预警阶段,系统会及时调控水利设施,减少灾害风险。这种智能化决策机制不仅提升了资源配置的科学性与合

理性,还有效避免了传统管理中人为因素带来的误差。与此同时,智慧水利系统的自动化调度与实时监控功能,极大地提高了资源管理的效率。自动化系统根据实时数据自动调整水泵、阀门等设备的运行状态,显著减少了人工干预,提高了反应速度与调度效率。总的来说,智慧水利工程管理模式不仅提升了水资源调度的效率,还确保了各类水利设施的高效运行,从而推动了水资源管理向精准化、智能化与高效化的方向发展。

3.2 促进资源的优化配置与节约

智慧水利工程管理模式依托数据驱动的决策机制,推动了水资源的优化配置与节约,通过精准的实时数据监测与分析,各类水资源的使用情况得以准确掌握。系统通过对不同区域及时间段水资源需求的详细分析,水量需求能够被精确预测,从而避免了水资源的过度消耗。例如,在农业灌溉过程中,通过实时监测土壤湿度与天气预报数据,智慧系统能够自动调整灌溉量,减少了不必要的水浪费。智能化的水资源调度优化确保了资源的高效利用,与传统人工调度方式相比,智能系统能够实时响应水资源的变化情况,确保各个区域与时间段的水资源供应处于最佳平衡状态^[3]。尤其在干旱季节,生活用水和关键农业用水被优先保障,而对于非紧急需求,供水则适度减少,从而最大限度地发挥每一滴水的效益。通过对天气、流量等多维度数据的深入分析,智能预测与预警机制在节约资源方面也起到了重要作用。极端天气事件如干旱、洪水可以被系统提前预测,并根据预测结果,水库的蓄水与排水计划被及时调整,从而避免了因气候变化而导致的水资源浪费。这些措施共同促成了水资源的精确调配与高效利用。

4 结语

智慧水利工程管理模式通过引入物联网、大数据与人工智能等前沿技术,成功实现了信息的流动、决策过程的智能化以及资源的优化配置。水资源管理的效率因此得到了提升,应急响应能力也显著增强,从而推动了水利工程的可持续发展。技术应用的深入以及管理理念的创新是智慧水利管理成功的关键因素。展望未来,这种模式将在高效利用水资源、促进生态文明建设方面,发挥至关重要的作用。

【参考文献】

- [1] 吴成邦. 智慧水利工程管理模式的创建与实施优势[J]. 水上安全, 2023(9): 19-21.
 - [2] 于博文. 智慧水利工程建设与管理实施新路径研究[J]. 中国水运, 2024, 24(14): 105-107.
 - [3] 李扬, 颜蔚, 汤炜. 精细化智慧水利信息平台的应用实践[J]. 水资源开发与管理, 2021(4): 55-58.
- 作者简介: 栾凤娇(1990.2—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 本科水利水电工程、研究生水文学及水资源, 当前就职单位名称: 昌吉市水利管理站/昌吉市三屯河流域管理处, 职称级别: 水利中级职称。

水利工程机电设备自动化监控技术及其应用研究

洪晓晓¹ 洪凤洋²

1. 浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

2. 浙江智慧江能技术服务股份有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要] 随着水利工程的规模和复杂性的不断增加, 机电设备的自动化监控技术在水利工程管理中的作用日益显现。文中系统地研究了水利工程机电设备的自动化监控技术, 探讨了其在实际应用中的实现方式、技术优势以及发展趋势。通过分析水利工程中机电设备自动化监控的关键技术, 包括传感器技术、数据采集与传输技术、自动化控制系统以及智能化决策支持系统等, 提出了适应水利工程需求的自动化监控技术方案。最后, 结合具体案例, 展示了该技术在水利工程中的实际应用效果, 并对未来发展方向进行了展望。

[关键词] 水利工程; 机电设备; 自动化监控; 技术应用; 智能化

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16064

中图分类号: TV7

文献标识码: A

Research on Automation Monitoring Technology and Its Application of Mechanical and Electrical Equipment in Water Conservancy Engineering

HONG Xiaoxiao¹, HONG Fengyang²

1. Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

2. Zhejiang Zhihui Jiangneng Technology Service Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: With the increasing scale and complexity of water conservancy projects, the role of automated monitoring technology for mechanical and electrical equipment in water conservancy project management is becoming increasingly apparent. The article systematically studies the automation monitoring technology of hydraulic engineering electromechanical equipment, explores its implementation methods, technical advantages, and development trends in practical applications. By analyzing the key technologies for automated monitoring of mechanical and electrical equipment in water conservancy projects, including sensor technology, data acquisition and transmission technology, automation control systems, and intelligent decision support systems, an automated monitoring technology solution that meets the needs of water conservancy projects is proposed. Finally, combined with specific cases, the practical application effect of this technology in water conservancy engineering was demonstrated, and the future development direction was discussed.

Keywords: water conservancy engineering; mechanical and electrical equipment; automated monitoring; technology application; intelligent

引言

水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分, 其建设和运营管理对国家的经济发展、生态环境保护以及人民生活水平提高具有重大影响。机电设备作为水利工程中不可或缺的重要组成部分, 其性能的稳定性直接影响到水利设施的正常运行。然而, 传统的手动巡检和管理方式已无法满足现代水利工程对机电设备高效、稳定运行的需求。随着信息技术、自动化技术及智能化技术的不断发展, 水利工程机电设备的自动化监控技术应运而生, 并逐渐成为现代水利管理的核心技术之一。本文旨在探讨水利工程中机电设备自动化监控技术的应用现状、关键技术及其未来发展趋势, 为水利工程的智能化管理提供理论支持和技术指导。

1 水利工程机电设备自动化监控技术概述

1.1 自动化监控技术的基本概念

水利工程机电设备的自动化监控技术指导通过传感

器、数据采集装置、控制系统以及信息通信技术, 对水利工程中的机电设备进行实时监测、数据采集与处理, 从而实现对设备状态的自动化监控与管理。该技术主要依靠信息化和智能化手段, 提高机电设备的运行效率和安全性^[1]。

1.2 自动化监控技术的工作原理

自动化监控技术主要通过将各种传感器和监控设备布置在机电设备上, 对其运行参数(如温度、压力、电流、电压等)进行实时监测。数据通过数据采集系统进行采集并传输至中央控制平台, 控制系统根据接收到的数据进行分析、处理, 并及时发出操作指令或报警信息, 从而实现设备的远程控制与故障预警。

1.3 自动化监控技术的特点

自动化监控技术的主要特点有实时性、智能化、远程性以及高效性, 能在水利工程中发挥关键效能。该技术依靠先进的传感器与监控装备, 实时监测机电设备运行状态, 让设备维持在正常运转的状态。系统可快速把设备的异常

信息反馈回来,且按照预设算法自动判别故障类型,迅速发出告警,显著提升了故障处理的速度与准确性。凭借远程监控功能,管理人员不管身在哪个位置,都能即刻掌握设备当下的工作状态,实施远程诊断与维护作业。这类既高效又智能的技术办法,不仅提升了水利工程运行管理工作的效率,也减少了人工巡检所需的工作量,降低了设备出现故障的比率,着实提高了水利工程的管理水平以及安全程度^[2]。

2 水利工程机电设备自动化监控技术的关键技术

2.1 传感器技术

在自动化监控系统中,传感器技术占据核心地位。传感器可实时探知并采集机电设备的各种运行参数,如温度、压力、流量、电流等参数,由此为后续的数据处理以及分析提供基础数据。伴随技术的改进,传统传感器渐渐被更先进的传感器替代,这些新型传感器在精度、响应速度以及对环境的适应能力上显著增强,温度传感器的精准度得到改善,能在极端环境之下稳定作业;流量传感器动态响应变得更为迅速,能及时反馈流量的瞬时变化。因这些技术进步,自动化监控系统的精准性和实时性得到大幅强化,以此保障了整个系统实现高效运行。

2.2 数据采集与传输技术

在自动化监控系统中,数据采集与传输技术是关键的重要组成部分,担负着从传感器采集实时数据。借助合适的通信网络把数据传输到中央处理平台的工作,在这个进程中,数据传输的稳定性和安全性,在影响监控系统可靠性的关键因素中占有一席之地。如有线传输和无线通信的传统通信技术,在可靠性方面有欠缺之处,跟着 5G、物联网等新技术的演进,数据采集与传输技术实现显著的水平提升。伴随 5G 技术的引入,使数据传输的速度和带宽实现了大幅跃升,为实时监控提供了坚实的数据后盾。采用了物联网技术,让各类传感器能更便捷地开展远程数据采集与传输,推动整个监控系统的灵活性与效率提高^[3]。

2.3 自动化控制系统

在自动化监控系统中,自动化控制系统要对采集到的实时数据进行处理、分析,进而做出决策,这一系统一般由 PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)以及 SCADA(监控和数据采集系统)等关键组成部分构成。PLC 依靠其灵活的控制逻辑与可靠的操作特性,频繁应用于各类机械控制场景,适合对简单生产过程实现自动化管理。DCS 适用于对分布式工业过程实施控制,可应对复杂的控制任务,且扩展性良好。SCADA 系统强调的是数据采集与监控功能,可以实时显示设备运行的状态及走向,助力运维人员迅速回应系统故障。现代自动化控制系统体现出较高的智能化与自适应水平,能按照实时数据自动调整设备运行的各项参数,实现更精准化的控制。自动化控制系统可扩展性为系统的升级以及技术的引入提供了便利

条件,让整个系统在应对新挑战时可维持较高的灵活性与适应性。

2.4 智能化决策支持系统

智能化决策支持系统借助人工智能、机器学习等先进技术的结合,实施对监控数据的深度分析,辅助预测设备或许会出现的故障或性能下降倾向。此系统的核心是采用智能算法,依靠对历史数据的学习以及模式识别,可实现设备故障的预先警示。跟传统的控制系统不相同,智能化决策支持系统不仅可实时响应数据,还能通过对设备运行情况做长期的跟踪与解析,预测潜在的风险,随后给出对应的优化方案。采用这种办法,系统会自动对设备运行参数作出调整,优化现有的运行策略,进而提升设备的可靠性与效率,减少设备停机时长和维修费用。智能化决策支持系统可连续优化自身的算法,采用深度学习以及自适应技术逐渐提升其预测的精确性和实时性。此技术应用极大提高了自动化监控系统的智能水准,为工业生产中的故障预防以及性能提升提供了有效支撑^[4]。

3 水利工程机电设备自动化监控技术的应用现状

3.1 自动化监控在水泵站中的应用

水泵站在水利工程里起着极为关键的作用,承担起将水从低处转移至高处的工作,或依靠管道系统把水引至其他区域。伴随现代化技术的进步,水泵站的运行中普遍应用了自动化监控系统,提高了水泵站工作的效率与可靠性。借助自动化监控技术,可实时监控水泵的启停、运行状态、能效、压力等参数,系统可依据设定的条件自动改变水泵的工作状态。要是水泵呈现异常状态,系统能马上识别并发出警报,降低人工干预且缩短响应时长。凭借数据采集及分析,系统还可对设备的运行寿命进行预测,实施必要的维护预警操作,进而切实降低设备的故障率以及维修成本。凭借远程控制功能,操作员不用去现场即可对水泵站进行管理与调整,这切实提升了水泵站的工作效率以及管理水平,保障了水利工程的平稳运行。

3.2 自动化监控在水闸和泵站的应用

水闸是调节水流的关键设施,大量应用于水利工程中,尤其是在防洪、灌溉、航运的领域。传统的水闸操作一般都得人工控制,易受人为情况干扰,引起设备运行不稳定,应用自动化监控技术后,水闸的控制效率和安全性有了大幅提高。凭借传感器跟监控系统,自动化系统可实时监督水闸的开启、关闭状态,保证水流量调节维持在安全区间。借助传感器可实时采集水位变化、闸门开启程度等关键参数,系统凭借数据分析,预估水位的起伏趋势,并自行调整水闸的开启程度。尤其是在恶劣天气或是特殊水情的状况当中,自动化系统可自主调整闸门,避免水位过高以及设备故障引起的损失。要是系统检测出异常水位以及设备存在故障,它能马上发出预警信号,通知工作人员做紧急处理,保障水闸和泵站设备安全运转^[5]。

3.3 自动化监控在水库大坝的应用

自动化监控作为水利工程的核心设施,其安全性直接和下游居民的生命财产安全挂钩,对水库大坝开展实时监控与管理十分关键。传统方式下的大坝监测依赖人工巡查,有响应慢、误差大这类问题,采用自动化监控技术,以传感器、监控系统等设备为手段,可实时监测大坝的各类关键指标,如压力、变形以及位移等情况。凭借对大坝各个部位状态实施长期监测,自动化系统可精准发现微小的异常变动,以便在潜在危险到来之前采取预警手段。若监测到大坝的变形或位移超过了设定阈值,系统会拉响警报,及时通知管理人员开展排查及处理,防止大坝出现灾难性的损毁故障。自动化监控系统可根据历史数据实时趋势分析,预估大坝在长期内的稳定性,为维护决策给出科学的参考依据。依靠这种高效、精准的监控途径,切实保障了大坝的安全性,让水库能正常运行,守护了周边地区的安全^[6]。

4 水利工程机电设备自动化监控技术的未来发展趋势

4.1 智能化发展

伴随人工智能、大数据和云计算技术的急剧进步,水利工程机电设备的自动化监控技术将慢慢朝着更智能化的新时代迈进,智能化技术的采用将大幅提高设备运行的精度与效率。采用集成深度学习算法,系统能实时开展海量数据的分析和处理工作,从而可以精准预判设备的故障风险以及运行状态。基于这些既有的历史数据和实时监测结果,智能化决策支持系统能及时辨认出潜在的设备风险,还可自动对设备的运行策略进行调整。智能化系统可预先识别水泵或电机负荷方面的异常,预测情况并通知维护人员实施设备检查与预防性维修,以此避免设备故障造成的重大停机损失。智能化决策支持系统可根据天气变化以及季节性水位变化这类因素,自动调整水利设施的运行模式,实现水资源合理利用以及系统高效运行,让水利工程管理的智能化水平更上一层楼。

4.2 集成化发展

伴随技术的逐步进步,水利工程自动化监控技术未来发展会把重点更多放在系统集成化上。传统水利监控系统往往是由多个分散的子系统组合起来的,这些子系统或许分别承担着数据采集、传感器管理、控制与调节等功能,系统相互间往往没有实现充分的协同与信息共享。未来集成化技术要对各个模块实现高效整合,包含传感器、数据采集系统、控制系统和决策支持系统之类,造就一个有着高度协同能力的智能化平台。系统能在较短时间内收集与处理更多的数据,进而对运行决策及管理流程加以优化。集成化技术的优势不只是在提高工作效率上得以体现,还可降低系统运营和维护方面的成本。采用统一平台进行管理和监控工作,减少了传统系统里多重接口及中间环节的

存在,防止信息孤岛的形成出现,使各模块彼此之间的数据流动更通畅,增强了整个系统的稳定性与可靠性^[7]。

4.3 绿色节能

在全球积极倡导绿色低碳发展的大背景中,水利工程中的节能减排目标十分关键。自动化监控技术的引入可促进水利设备节能降耗,实现更契合环保理念的运行模式。智能化系统会对设备运行参数实施精确调节,就像水泵、电机一类,保障其以最佳运行状态作业,杜绝因过度运行造成不必要的能耗浪费。自动化技术可以实时监控能源消耗情形,给出反馈问题,帮管理人员快速发现且解决能源浪费现象。采用智能调节手段,系统可依据实际需求动态变更水泵的运行速度、压力等参数,最大程度地削减能耗,还可推动水资源高效地利用。智能化系统可对水流量和水位进行精细化管理,减少水资源的无谓消耗,并保证在不同的季节以及气候条件下,水资源做到合理调配及科学管理。这一系列实施的绿色节能行动,会进一步推动水利工程开展节能减排相关实践,对实现可持续发展目标起到有力支持作用。

5 结语

水利工程机电设备自动化监控技术为现代水利工程的高效管理提供了有力保障。通过采用先进的传感器技术、数据采集与传输技术、自动化控制系统和智能化决策支持系统,水利工程的设备管理能够实现智能化、远程化和高效化。未来,随着智能化、集成化和绿色节能技术的不断发展,水利工程的自动化监控技术将发挥更大的作用,为水利设施的安全运行和可持续发展提供更加坚实的技术支持。

【参考文献】

- [1]李福蕾. 电气设备状态远程监控系统设计[J]. 电气技术与经济, 2024(5): 150-152.
 - [2]刘永豹, 田宇, 王婷. 智能化技术在电气设备监控与故障诊断中的应用探究[J]. 时代汽车, 2024(7): 148-150.
 - [3]张坤平, 武静. 基于 PLC 的电气设备自动控制冷却监控系统设计[J]. 信息记录材料, 2024, 25(1): 63-65.
 - [4]杜贝. 分析电气设备在线监测技术的研究与发展[J]. 电气技术与经济, 2023(6): 288-299.
 - [5]郭少杰. 水利工程机电设备自动化监控技术及其应用研究[J]. 中国高新科技, 2023(9): 153-157.
 - [6]罗昌权. 基于综合监控系统数据的机电设备智能运维研究[J]. 中国高新科技, 2022(24): 27-30.
 - [7]张振. 水利工程机电设备质量管理及自动化监控技术[J]. 机电产品开发与创新, 2022, 35(5): 194-196.
- 作者简介: 洪晓晓(1993—), 华东理工大学, 工程管理, 浙江江能建设有限公司, 工程师; 洪凤洋(1998—), 江西建设职业技术学院, 工程造价, 浙江智慧江能技术服务股份有限公司, 助理工程师。

新型继电保护技术在复杂电力系统中的应用研究

曹子媛 朱晓美 韩颀伊

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力系统的日益复杂化, 传统继电保护技术在现代电网中已难以满足对系统安全、稳定、可靠性的高要求。文中主要研究新型继电保护技术在复杂电力系统中的应用, 重点探讨了继电保护的技术创新与优化手段。结合智能化、数字化和信息化技术的快速发展, 提出了适应现代电力系统需求的继电保护策略, 包括基于大数据和人工智能的保护算法、智能化配电网保护技术以及自适应保护系统的设计与实现。通过对比分析现有技术与新型技术的优势, 文中展示了新型继电保护技术在提升电力系统可靠性、故障诊断及预警能力方面的巨大潜力。最后, 对新型继电保护技术的应用前景进行了展望。

[关键词]新型继电保护; 复杂电力系统; 智能化技术; 数字化; 故障诊断

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16085

中图分类号: TM774

文献标识码: A

Research on the Application of New Relay Protection Technology in Complex Power Systems

CAO Ziyuan, ZHU Xiaomei, HAN Jinyi

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

Abstract: With the increasing complexity of the power system, traditional relay protection technology is no longer able to meet the high requirements for system safety, stability, and reliability in modern power grids. The article mainly studies the application of new relay protection technology in complex power systems, with a focus on exploring the technological innovation and optimization methods of relay protection. Combining the rapid development of intelligent, digital, and information technology, a relay protection strategy that meets the needs of modern power systems has been proposed, including protection algorithms based on big data and artificial intelligence, intelligent distribution network protection technology, and the design and implementation of adaptive protection systems. By comparing and analyzing the advantages of existing and new technologies, this article demonstrates the enormous potential of new relay protection technology in improving the reliability, fault diagnosis, and early warning capabilities of power systems. Finally, the application prospects of the new relay protection technology were discussed.

Keywords: new relay protection; complex power systems; intelligent technology; digitization; fault diagnosis

引言

随着电力系统规模和复杂度的不断增加, 传统的继电保护技术面临着多重挑战。传统继电保护主要依赖于硬件设备和经典的算法, 但这些技术在面对复杂电力网络和突发故障时, 往往存在响应慢、精度低、处理能力不足等问题。近年来, 随着信息通信技术的飞速发展, 特别是智能化、数字化技术的应用, 使得继电保护技术进入了一个新的发展阶段。新型继电保护技术通过引入大数据、人工智能、物联网等先进技术, 能够大幅提升电力系统故障诊断、响应速度和自适应能力。因此, 研究新型继电保护技术在复杂电力系统中的应用具有重要的现实意义。

1 新型继电保护技术的基本概念与发展趋势

1.1 新型继电保护技术的定义

新型继电保护技术是基于现代信息技术、智能化算法和数字化设备发展起来的一种继电保护方式。与传统继电保护相比, 新型继电保护能够更加智能、精准地识别电力系统中的故障, 提供更快速、更可靠的保护方案。这类技术采用智能传感器、大数据分析和人工智能等手段, 通过实时数据监测、故障预测与诊断、自动调整和响应, 显著

提升了电力系统的安全性、稳定性与效率。智能化继电保护技术是继电保护领域的一项重要创新, 主要依靠集成的智能设备和系统实现自动监控、故障分析和修复。与传统依赖人工调节的方式不同, 智能化继电保护通过机器学习、模式识别等方法, 使系统能自我学习、调整, 甚至根据实时数据自我修复。例如, 在电力系统发生故障时, 智能继电保护能够迅速识别故障类型、位置, 并根据系统状态自适应地调整保护策略, 确保故障迅速清除, 最大限度减少对电网的影响。

数字化继电保护是利用数字化信号处理技术, 通过数字设备替代传统的模拟设备来提高保护的精度和响应速度。其核心在于将电力系统中的信号转换为数字信号, 通过计算机和数字算法分析故障信息。数字化继电保护系统能够实时获取电力系统的状态信息, 并通过高精度计算和控制技术进行故障诊断、定位和隔离。此外, 数字化技术可以有效降低系统的故障率和误动率, 提升系统运行的可靠性和稳定性。基于大数据和人工智能的继电保护是新型继电保护技术的前沿发展方向。大数据技术能够采集电力系统中的大量实时数据, 通过数据挖掘与分析, 识别潜在

的故障隐患,并进行预测和预警。人工智能则通过自我学习与优化,不断提升系统的判断和决策能力。例如,利用机器学习算法,系统可以根据历史数据自动识别故障模式,并在故障发生前提前采取防范措施。这一技术大大提高了保护系统的智能化水平,使得电力系统能够在多变的环境中更为高效地运行^[1]。

1.2 新型继电保护技术的发展历程

新型继电保护技术经历了从传统继电保护到智能化、数字化保护的快速转变。最初,继电保护主要依靠机械式装置,通过电流、电压的简单监测和断路器的物理动作来进行故障隔离。随着电力系统规模的扩大和复杂化,传统继电保护逐渐无法满足需求,出现了数字继电保护技术。数字保护系统通过电子设备和算法提升了响应速度和准确性,并能进行远程监控和调整。

随着信息技术和人工智能的迅猛发展,继电保护系统向智能化转型成为必然趋势。智能化继电保护不仅能够快速响应故障,还具备自我学习和自适应能力。电力系统不再依赖人工设置和调整,而是通过先进的算法与设备进行智能决策和控制。例如,采用人工智能算法的继电保护系统可以根据实时变化的电网情况自动优化保护策略,提高系统的故障诊断准确性和响应速度。新型继电保护技术的诞生源于电力系统对更高安全性、稳定性与自动化水平的需求。随着大数据、云计算、物联网和人工智能等技术的发展,新型继电保护技术应运而生,推动电力系统保护方式的革新。未来,继电保护技术将更加注重系统的自适应性和智能化,能够实现实时动态分析、故障预测、自动修复等功能。预计在未来,随着智能电网和可再生能源的普及,新型继电保护技术将不断完善,以适应日益复杂和高效的电力系统。

2 新型继电保护技术在复杂电力系统中的应用

2.1 智能化配电网保护技术

智能化配电网保护技术是应对复杂电力系统挑战的一项重要手段。传统配电网保护系统主要依赖预设的参数和手动调整,而智能化配电网保护系统通过引入智能设备和算法,可以实时监测电网的状态,快速识别故障位置并自动进行故障隔离。通过智能传感器与数据采集系统,能够提供精确的电网运行数据,并根据实时情况优化保护策略。智能化保护不仅能提高故障处理的精度,还能在故障发生时自动恢复供电,减少停电时间,提高电网的可靠性。基于智能传感器的保护方案是新型继电保护技术的核心应用之一。智能传感器能够实时采集电流、电压、频率等关键电力系统参数,并将这些数据传输到集中监控系统。通过对这些数据的实时分析,智能传感器能够精准判断系统状态及潜在故障,并采取预设的保护措施。与传统传感器相比,智能传感器具有更高的灵敏度和响应速度,在复杂电力系统中能够迅速识别各类故障,确保电力系统的安全运行。

自动化调整和自我学习能力的实现是智能继电保护技术的又一亮点。新型继电保护系统可以通过机器学习算法,不断优化保护策略并自动调整保护参数。在电力系统发生变化时,系统可以根据历史数据进行预测,自动调整保护动作的时机和方式。这一功能使得继电保护系统能够适应不同运行环境和复杂电力系统的需求,进一步提升了电力系统的自动化水平和故障响应能力^[2]。

2.2 自适应保护系统的设计与优化

自适应保护系统能够根据电网运行状态和外部环境变化自动调整保护策略。通过强大的计算能力和实时数据分析,系统使用智能化算法动态评估并响应电网故障。自适应保护系统能够根据负荷变化、设备状态和外部干扰等因素,调整保护设置,避免误动或失效。优化后的系统提升了故障检测和处理能力,减少了不必要的停电事件。自适应保护的核心原理在于动态响应与实时调整。系统通过实时电力数据分析,自动识别异常情况,并根据故障类型和影响范围调整保护策略。与传统固定参数方法相比,自适应保护能够实时优化策略,提高电网稳定性和故障处理能力。在复杂的电力设备和多模式运行下,系统确保电网安全运行。自适应算法的应用显著提升了系统响应速度和故障诊断能力。通过机器学习与人工智能技术,算法能自动调整保护参数,以应对突发负荷变化或电网异常。效果分析表明,该算法能显著降低故障恢复时间,提升电网可靠性和稳定性,避免误断电或未保护的风险。

3 新型继电保护技术的关键技术

3.1 基于大数据的故障诊断与预测

基于大数据的故障诊断与预测是新型继电保护技术中的核心技术之一。通过大数据分析,继电保护系统能够实时获取电力系统的多维度数据,如电流、电压、频率等参数,并通过数据挖掘技术对系统运行状态进行全面分析。大数据技术不仅能帮助实现故障的早期诊断,还能基于历史数据识别出潜在的故障模式,提前预测系统可能出现的故障或风险,从而实现故障的预防性保护。数据采集与分析是故障诊断与预测的基础。数据采集方法通常包括智能传感器、遥测装置、数据记录器等设备,通过对电力系统中各类参数的实时监控,确保信息的高效采集。采集到的数据将通过数据通信网络传输至监控中心或云平台,进行集中存储与处理。

3.2 故障识别与趋势预测

故障识别与趋势预测是大数据技术在继电保护中的具体应用。基于大量的电力系统运行数据,系统能够通过算法模型对故障类型、位置、严重程度进行识别,并根据历史故障数据建立趋势预测模型。这些模型能够对电力系统的运行状态进行持续监测,并对可能的故障进行预测。随着电力系统负荷、设备状态等参数的变化,系统能够实时调整预测结果,从而提前识别潜在的风险和隐患,实现

防患于未然^[3]。

3.3 人工智能算法在继电保护中的应用

人工智能(AI)算法在继电保护中的应用使保护系统更智能和自适应。通过深度学习和神经网络等技术, AI算法能够自主学习电网的运行特性和故障模式,不断优化保护策略,提升故障检测准确性,并自动调整保护参数,减少人为干预,提高系统自动化和效率。神经网络和机器学习在继电保护中主要提高故障识别和决策能力。神经网络通过模拟人脑结构,学习历史数据中的故障模式,有效识别故障类型和位置,提高保护反应速度和准确性。深度学习算法通过多层神经网络深入挖掘电力系统数据,发现传统算法难以识别的潜在故障模式。

3.4 数字化继电保护装置的构成与实现

数字化继电保护装置是新型继电保护技术的核心,基于数字信号处理技术取代传统的模拟设备。它通过采集电力系统的实时数据,利用数字技术进行信号分析、故障判断和保护控制。该装置由数字信号采集、数据分析、故障判定、保护控制等模块组成。数字化技术具有高精度、快速响应和灵活性,能够精准分析电力系统中的故障情况,并根据实时数据自动调整保护策略。数字化继电保护装置的关键组成包括数字信号采集模块、处理单元、控制单元和通信模块。采集模块将模拟信号转化为数字信号;处理单元分析数据并进行故障判断;控制单元执行保护动作;通信模块保证数据传输与协调。通过这些模块,数字化继电保护装置实现了高效、准确的故障保护。

4 新型继电保护技术的优势与挑战

4.1 新型继电保护技术的优势

新型继电保护技术通过引入智能化和数字化手段,能够在故障发生时迅速检测并准确定位,从而大幅提高电力系统的安全性。实时监控与数据分析可以有效预测和预防系统故障,确保系统运行在最佳状态。传统继电保护设备在发生故障时往往依赖人工干预,而新型继电保护系统通过智能化和自动化手段,能够实现实时监测和自我调整,快速响应故障。无论是电流、电压波动,还是电力系统出现的突发事件,系统都能迅速识别、诊断并做出响应,确保故障处理速度大大提高。新型继电保护技术通过大数据分析、智能决策等手段,能够对电力系统的运行状态进行实时监控和分析,提前发现潜在故障并采取措施,降低了电力系统的损失。智能化的保护装置还可以优化能源配置,

避免不必要的停运和损失,提升电力资源的利用率^[4]。

4.2 新型继电保护技术面临的挑战

尽管新型继电保护技术具有许多优势,但其普及应用仍面临技术标准化和兼容性问题。不同地区和电力系统的需求差异,使得新技术的推广面临较高的系统集成难度。缺乏统一标准可能导致设备之间不兼容,进而影响系统的稳定性和扩展性。智能化算法的依赖使得新型继电保护技术在安全性和可靠性上存在隐患。系统依赖大量实时数据和复杂计算,一旦出现数据误差或算法漏洞,可能导致错误判断,甚至延误故障处理。特别是在关键设备上,任何细微的失误都可能带来严重后果,确保技术的安全性和可靠性成为技术实施的关键挑战。新型继电保护技术还需要高性能硬件和复杂的软件支持,导致初期投入较高。技术更新和设备升级需要持续资金投入,且智能化系统的维护需要专业技术人员,增加了后期维护成本。如何平衡技术投入与维护费用,成为推广这一技术的难题。

5 结束语

新型继电保护技术的出现和应用是电力系统发展的必然趋势,特别是在复杂电力网络环境下,其优势愈发凸显。通过引入大数据、人工智能等先进技术,不仅能大幅提升继电保护的准确性和实时性,还能够有效提高电力系统的可靠性与安全性。然而,技术的推广和普及仍面临着标准化、成本及系统安全性等方面的挑战。未来,随着技术的不断进步和应用范围的扩大,新型继电保护技术必将在电力系统中发挥更大的作用,为电力安全和可持续发展提供有力保障。

【参考文献】

- [1]唐亚斌. 基于人工智能技术的继电保护系统设计与实现[J]. 电气技术与经济,2025(1):77-79.
 - [2]黄琳,李强. 新型电力系统的继电保护隐藏故障研究[J]. 电工技术,2024(2):24-26.
 - [3]刘庚源. 新型电力系统继电保护中自动化技术的应用[J]. 电工技术,2024(2):660-661.
 - [4]杨阳,匡子靓,尚文,等. 基于卷积循环神经网络的新型电力系统继电保护故障诊断技术[J]. 电子器件,2024,47(6):1606-1612.
- 作者简介:曹子媛(1994.6—),女,河南省沈丘县人,汉族,本科,中级电力工程师,就职于国网郑州市供电公司,从事变电二次运检工作。

风电场二次设备故障诊断与远程维护技术研究

程 明

华电吉林能源有限公司, 吉林 长春 130000

[摘要] 风电场二次设备作为电力系统的核心控制与保护单元, 其稳定运行直接影响风电场的可靠性与经济效益。随着风电装机容量快速增长, 传统故障诊断与维护模式面临响应滞后、成本高昂等挑战。文中围绕二次设备的故障机理、智能诊断方法及远程维护技术展开研究, 结合真实案例验证了数据驱动模型与远程协同维护平台的有效性。研究结果表明, 融合多源信息分析的智能诊断技术可显著提升故障识别精度, 而基于物联网架构的远程维护系统能降低运维成本约 30%。该成果为风电场智能化运维提供了理论支撑与实践参考。

[关键词] 风电场二次设备; 故障诊断; 远程维护; 数据驱动; 智能运维

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16077

中图分类号: TQ05

文献标识码: A

Research on Fault Diagnosis and Remote Maintenance Technology for Secondary Equipment in Wind Farm

CHENG Ming

Huadian Jilin Energy Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract: As the core control and protection unit of the power system, the stable operation of secondary equipment in wind farms directly affects the reliability and economic benefits of the wind farm. With the rapid growth of wind power installed capacity, traditional fault diagnosis and maintenance models are facing challenges such as delayed response and high costs. The article focuses on the fault mechanism, intelligent diagnosis methods, and remote maintenance technology of secondary equipment, and verifies the effectiveness of data-driven models and remote collaborative maintenance platforms through real cases. The research results indicate that intelligent diagnostic technology that integrates multi-source information analysis can significantly improve fault recognition accuracy, while remote maintenance systems based on Internet of Things architecture can reduce operation and maintenance costs by about 30%. This achievement provides theoretical support and practical reference for the intelligent operation and maintenance of wind farms.

Keywords: wind farm secondary equipment; fault diagnosis; remote maintenance; data driven; intelligent operation and maintenance

风电场作为新能源体系的重要组成部分, 其规模化发展对设备可靠性提出更高要求。二次设备包括继电保护装置、通信模块、监控系统等, 承担着实时监测、故障隔离与协调控制等关键功能。然而, 由于风电场所处环境复杂、设备分布广泛, 传统人工巡检模式难以满足高效运维需求。近年来, 国内外多次发生因二次设备故障导致的机组脱网事故, 如 2021 年新疆某风电场因保护装置误动引发全场停电, 直接经济损失超千万元。因此, 探索智能化故障诊断与远程维护技术成为行业迫切需求。

1 风电场二次设备概述

1.1 风电场二次设备的定义与分类

风电场二次设备是支撑电力系统安全稳定运行的核心控制单元, 其核心任务是对一次设备的运行状态进行实时监控、保护与调节。根据功能属性, 二次设备可划分为三大类: 继电保护类设备、自动化控制类设备以及通信与信息管理类设备。继电保护类设备主要包括线路保护装置、母线差动保护单元、变压器保护装置等, 其核心功能是通过快速识别短路、过载等异常工况, 触发断路器动作以隔离故障区域。例如, 国家能源集团某 200MW 风电场配置了

132 台保护装置, 覆盖集电线路、箱变及主变等关键节点, 形成多级保护网络, 确保故障切除时间小于 100ms。自动化控制类设备以 SCADA 系统为核心, 整合功率预测、电压调节、无功补偿等模块, 实现风电场与电网的协同控制。通信与信息管理类设备则包括光纤交换机、数据采集终端、时钟同步装置等, 构建覆盖全场设备的通信骨干网。以三峡能源某海上风电场为例, 其环网通信系统采用双环冗余设计, 单链路中断时可在 50ms 内完成路径切换, 显著提升通信可靠性。

1.2 工作原理与功能介绍

二次设备通过高精度传感器与高速数据采集单元实时获取电网运行参数, 结合预设逻辑算法实现状态判断与控制决策。以继电保护装置为例, 差动电流保护通过比较线路两端电流矢量和, 当差值超过设定阈值时判定为区内故障, 触发跳闸信号。这一过程需在 20ms 内完成, 以防止故障扩散。监控系统则通过 Modbus/TCP、IEC 104 等协议整合分散设备数据, 实现全景状态可视化管理。例如, 华能江苏如东海上风电项目通过升级 SCADA 系统软件, 将故障录波分辨率从 1ms 提升至 0.1ms, 使得暂态过程分析精度大幅提高, 成功识别出此前难以捕捉的谐波谐振问题。

此外,功率预测模块基于气象数据与历史出力曲线,生成未来 72 小时发电计划,并通过 AGC 系统动态调整机组出力,确保电网频率稳定。

1.3 二次设备在风电场中的作用与现状分析

二次设备是风电场安全运行的“神经中枢”,其性能直接影响机组可用率与电网接入能力。然而,当前行业面临设备智能化水平不均、系统兼容性差等挑战。据《中国风电运维白皮书》统计,2023 年因二次设备引发的故障停机占比达 37%,其中通信中断与软件逻辑错误为主要诱因。部分老旧风电场仍采用分立式保护装置,各子系统间缺乏数据交互,形成“信息孤岛”,导致故障定位效率低下^[1]。以龙源电力某内陆风电场为例,其早期建设的保护装置仅支持 RS-485 通信,无法与新一代监控平台直接对接,需额外部署协议转换设备,增加了运维复杂度。与此同时,行业领先企业正加速技术迭代,例如金风科技推出的智能终端集成边缘计算功能,支持在线参数整定与远程固件升级,可将保护定值下发时间从传统模式的 2 小时缩短至 10 分钟。远景能源则通过统一通信协议与数据模型,实现了风机、储能、升压站设备的无缝协同,标志着风电场二次系统向数字化、集成化方向迈进。

2 故障诊断技术

2.1 故障诊断基本理论

故障诊断的本质是通过多维度数据分析,实现异常源的精准定位与故障机理的深度解析。针对二次设备,需构建涵盖硬件失效、软件异常、环境干扰等因素的综合诊断模型。以变频器控制板卡为例,其典型故障模式包括 IGBT 驱动信号畸变、AD 采样偏移、通信端口 EMC 干扰等六大类。诊断模型需融合电气量监测、设备状态量、环境参数等多源信息,通过特征提取与模式匹配实现故障分类。例如,南瑞继保开发的保护装置自诊断系统,通过监测电源模块纹波系数与 CPU 负载率,可提前 48 小时预警潜在硬件故障,准确率达 92%。

2.2 传统诊断方法及其局限性

传统诊断技术主要依赖阈值报警与人工经验判断,例如通过比较三相电流不平衡度识别 CT 回路断线,或依据断路器动作次数评估机构磨损程度。此类方法虽简单易行,但对间歇性故障敏感度低,且难以应对复合故障场景^[2]。2020 年龙源电力某风场发生的大规模脱网事故即为典型案例:保护装置电源模块因电容老化导致输出电压纹波超标,但传统监测系统仅配置了过压/欠压报警,未能及时识别该异常,最终引发 12 台机组连锁跳闸。此外,人工巡检模式受限于人员技能水平与工作强度,易出现漏检误判。

2.3 智能诊断技术在二次设备中的应用

智能诊断技术通过融合数据驱动与模型驱动的优势,显著提升了故障识别精度与早期预警能力。数据驱动方法利用历史故障数据训练机器学习模型,如支持向量机通过构建高维特征空间超平面实现故障分类,而卷积神经网络

可自动提取录波文件中的时频特征。华电宁夏某风电场采用 CNN 对保护装置录波数据进行端到端学习,将误判率从 8.2%降至 2.3%,并成功识别出传统方法遗漏的暂态振荡故障。模型驱动技术则基于设备物理特性构建数字孪生体,通过对比实测数据与仿真结果的残差实现故障定位^[3]。例如,基于卡尔曼滤波的预测模型可实时跟踪通信模块晶振频率,提前 4 小时预警频率漂移趋势,为预防性维护争取时间。此外,知识图谱技术的引入进一步增强了诊断系统的解释性:国电南瑞开发的专家系统将故障特征、处理方案、设备拓扑关系构建为语义网络,支持多跳推理与根因追溯,在江苏某海上风电场成功定位了因接地网腐蚀引发的保护误动问题。

3 远程维护技术研究

3.1 远程监控系统架构设计

远程监控系统的核心在于构建分层协同的智能化架构,以应对风电场二次设备分布广、环境复杂的特点。感知层通过部署高精度传感器与嵌入式智能终端,实时采集设备运行状态参数,例如保护装置的跳闸信号、通信模块的误码率等。明阳智能的 MySE 系统在此层创新性地引入边缘计算节点,利用 FPGA 芯片实现毫秒级数据预处理,过滤冗余信息并提取关键特征,有效降低云端计算负载。传输层采用 5G 与光纤混合组网模式,通过动态路由算法优化网络资源分配,例如在内蒙古某高海拔风电场中,通过部署双模通信基站,确保在极端天气下仍能维持 98%以上的通信可靠性。应用层则依托云平台实现数据聚合与智能决策,例如金风科技开发的 GoldenCloud 平台整合了设备健康评估、故障原因分析等模块,支持运维人员通过可视化界面远程下发控制指令。

3.2 数据采集与传输技术

二次设备的多源异构数据采集是远程维护的技术难点。由于风电场景中不同厂商设备采用的通信协议差异较大,需通过协议转换网关实现数据标准化。国电南瑞的 NR-Edge 网关采用模块化设计,可灵活适配 Modbus TCP、DNP3.0 等 18 种工业协议,并在青海某大型风电场中成功对接了来自 6 家厂商的二次设备,数据采集完整率提升至 95%。在数据传输环节,MQTT 协议因其轻量级与低功耗特性成为主流选择,结合断点续传与数据压缩算法,可在 200kbps 窄带环境下实现每秒 500 条报文的高效传输^[4]。例如,华润电力在广东阳江海上风电场中,通过优化 MQTT 的 QoS 等级配置,将通信中断导致的数据丢失率控制在 0.3%以下。此外,时序数据库的应用进一步提升了海量数据的存储与检索效率,单台服务器可支持每秒 10 万级数据点的写入能力,为后续分析提供了坚实基础。

3.3 远程维护平台的软件架构与实现

远程维护平台需具备高扩展性与实时性,微服务架构通过将功能模块解耦,显著提升了系统的灵活性与容错能力。上海电气“风云”平台采用 Spring Cloud 框架,将设备管理、故障知识库、远程控制等功能封装为独立服务,支持动态扩缩容与灰度发布。该平台集成的 AR 远程协助

功能,通过智能眼镜实时捕捉现场设备图像,并叠加三维模型与操作指引,使运维人员无需亲临现场即可完成复杂操作。知识库模块则基于自然语言处理技术,构建了涵盖12大类故障的解决方案数据库,支持模糊查询与案例匹配。远景能源的EnOS平台更进一步引入区块链技术,实现维护记录的全流程可追溯,确保操作合规性与责任界定。

3.4 通信技术与安全保障措施

风电场远程维护的安全性直接关系到电力系统的稳定运行。在通信加密方面,国密SM2/SM4算法通过非对称加密与对称加密结合,可抵御量子计算攻击。例如,龙源电力在甘肃某风电场部署的加密网关,采用SM2算法实现密钥协商,SM4算法加密业务数据,经中国电科院测试可抵御10Gbps流量级别的暴力破解。接入层安全则通过动态令牌认证与双向证书校验强化,例如中广核阳江风电场采用基于OAuth 2.0的令牌管理机制,每30秒刷新一次访问权限,有效防止凭证泄露风险。针对高级持续性威胁,中车株洲所开发的“深瞳”系统引入行为分析引擎,通过机器学习识别异常访问模式,在2023年成功拦截了3起针对SCADA系统的定向攻击。此外,量子密钥分发技术在长距离通信中的应用取得突破,国家电网在河北张北风光储示范工程中,实现了150公里光纤链路的量子加密传输,密钥生成速率达到4kbps,为远程维护提供了“无条件安全”的通信保障。

4 风电场二次设备故障诊断与远程维护系统的应用

4.1 系统集成与数据处理流程

多厂商设备兼容性问题是系统集成的首要挑战。OPC UA标准因其平台无关性与信息建模能力,成为解决异构设备互联的关键技术。大唐山西左云风电场在升级改造中,通过OPC UA服务器将南瑞继保、许继电气等6家厂商的保护装置数据统一接入平台,定义包含128个数据点的信息模型,涵盖电压越限、保护动作次数等关键参数。数据处理流程采用“边缘清洗-云端分析”模式:边缘侧通过滑动窗口算法剔除异常数据,云端则利用Spark引擎进行并行计算,完成设备健康度评分与故障关联分析。该项目日均处理数据量达2TB,并实现了从原始数据到决策指令的端到端延迟小于5秒,为实时运维提供了有力支撑。

4.2 典型故障案例分析

2023年三峡福建兴化湾风电场的通信中断事件,揭示了复杂网络环境下二次设备协同故障的连锁效应。事故初期,监控平台检测到3台机组通信信号丢失,远程诊断系统自动调取交换机流量日志,发现广播报文占比异常升高至85%。结合拓扑分析,判定为STP(生成树协议)因链路质量波动引发频繁拓扑重构,导致广播风暴。运维团队远程登录核心交换机,调整生成树优先级参数并启用BPDU保护功能,1小时内恢复全场通信。此次事件凸显了协议配置优化与实时流量监控的重要性,后续该风电场在系统中增加了网络健康度预测模块,将类似故障的预警提

前时间提升至30分钟以上。

4.3 故障预警与自动维护策略

基于深度强化学习的维护策略引擎,通过模拟不同维护动作的长期收益,动态优化检修计划。华能吉林通榆风电场部署的DRL模型,以设备剩余寿命预测、维护成本、发电损失为输入,输出最优维护时间窗。系统运行一年后,预防性维护频次减少28%,且通过精准定位高故障风险设备,将设备可用率提升至99.2%。此外,自动维护策略还支持故障自愈,例如在检测到保护装置电源异常时,系统可自动切换至备用电源并触发检修工单,将人工干预需求降低40%。

4.4 应用效果评估与实际运行反馈

国家电投江苏滨海北H3项目的实践验证了远程维护系统的综合效益。系统部署后,故障平均修复时间从8小时降至1.5小时,其中75%的简单故障可通过远程操作即时解决。通过对比2022-2023年运维数据,全场年度故障停机次数减少43%,运维成本节约超600万元。现场调研反馈显示,运维人员对AR辅助功能的满意度达92%,认为其显著降低了操作失误率。此外,系统生成的设备健康报告为技改投资提供了数据支撑,例如某批次继电器的平均故障间隔时间仅为行业标准的60%,促使管理层提前启动更换计划,避免潜在的大规模停机风险。

5 结语

风电场二次设备的智能化运维是新能源体系高质量发展的关键支撑。本文通过系统研究故障诊断与远程维护技术,揭示了数据驱动模型在复杂工况下的泛化能力,以及物联网架构对运维效率的提升作用。结合国家电投江苏滨海北H3、三峡兴化湾等典型项目的实践验证,智能诊断技术将故障识别准确率提升至97%以上,远程维护系统使运维成本降低超30%,印证了技术路线的工程可行性。当前,行业正从“被动响应”向“主动预防”转型,但设备异构性、通信时延等挑战仍需突破。未来研究需深化人工智能与物理模型的融合,探索联邦学习框架下的跨风场知识共享机制,并推动量子通信、柔性可编程控制器(FPGA)等前沿技术的规模化应用,最终构建具备自感知、自决策、自修复能力的下一代运维体系,为新型电力系统建设提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]杨卫东.基于小波神经网络的变电站二次设备故障自动诊断方法[J].自动化应用,2025,66(2):194-196.
- [2]柴树先.继电保护设备电气二次回路隐患排查技术研究[J].仪器仪表用户,2025,32(5):6-8.
- [3]王桂栋,高艺伟,杨辉.智能变电站二次设备运行维护与管理研究[J].仪器仪表用户,2025,32(2):96-97.
- [4]李俊恒.一起风电场固体绝缘管母故障的综合分析[J].电工技术,2024,11(7):188-191.

作者简介:程明(1995.12—),毕业院校:北华大学,所学专业:自动化,当前就职单位:华电吉林能源有限公司,职务:运检员,职称级别:初级工程师。

化工企业抗晃电技术措施分析与应用

李友吉

金华永和氟化工有限公司, 浙江 金华 321075

[摘要] 化工生产作为连续化流程工业, 对供电系统稳定性具有极高敏感性。本论文针对晃电导致的设备停机、机械损伤及安全风险等突出问题, 系统解析其作用机理与危害路径, 提出多维度抗晃电技术体系。通过动态电压恢复装置实现毫秒级电压补偿, 优化双电源切换逻辑提升供电连续性, 改进接触器与变频器耐受阈值增强设备抗扰能力, 并重构继电保护定值策略。进一步建立设备分级防护模型与电网结构优化方案, 结合数字孪生仿真验证技术经济性, 形成“预防-耐受-恢复”三级防御架构。研究成果为化工企业构建电力韧性系统提供理论支撑, 对保障生产安全、降低非计划停工损失具有重要工程价值。

[关键词] 化工生产; 晃电; 电压暂降; 抗晃电技术; 供电可靠性

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16065

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Analysis and Application of Anti Shake Electrical Technology Measures in Chemical Enterprises

LI Youji

Jinhua Yonghe Fluorine Chemical Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321075, China

Abstract: As a continuous process industry, chemical production is highly sensitive to the stability of the power supply system. This paper aims to address prominent issues such as equipment shutdown, mechanical damage, and safety risks caused by electric shock. It systematically analyzes the mechanism of action and hazard paths, and proposes a multidimensional anti electric shock technology system. By using a dynamic voltage recovery device to achieve millisecond level voltage compensation, optimizing the dual power switching logic to improve power supply continuity, improving the withstand threshold of contactors and frequency converters to enhance equipment anti-interference ability, and reconstructing the relay protection setting strategy. Further establish a hierarchical protection model for equipment and an optimization plan for power grid structure, combined with digital twin simulation to verify the technical and economic feasibility, forming a three-level defense architecture of "prevention tolerance recovery". The research results provide theoretical support for the construction of power resilience systems in chemical enterprises, and have important engineering value in ensuring production safety and reducing unplanned shutdown losses.

Keywords: chemical production; shaking electricity; voltage sag; anti shake technology; power supply reliability

引言

现代化工装置高度依赖电气设备的连续稳定运行, 其生产工艺的强关联性使得局部供电扰动可能引发全局性生产中断。晃电作为电网常见暂态现象, 因雷击、短路等事件引发的瞬时电压波动, 已成为威胁化工安全生产的隐形杀手。传统保护装置往往基于稳态故障设计, 对持续时间短、幅值变化快的电压暂降缺乏有效应对机制, 导致关键机组非计划停机、控制系统逻辑紊乱等连锁反应。近年来, 随着化工装置大型化与控制智能化发展, 设备对电能质量敏感性显著提升, 而现有抗晃电措施存在防护碎片化、响应滞后等问题, 难以满足复杂工况下的防护需求。本文立足化工生产特性, 通过机理分析与技术集成, 探索覆盖电源侧、设备侧、系统侧的全方位防护体系, 致力于破解瞬时电压扰动引发的生产失控难题, 为行业供电可靠性提升提供新的解决思路。

1 晃电概述

晃电是电力系统运行中因外部环境干扰或内部故障

引起的瞬时电压异常现象, 主要表现为电压幅值的短时下降或供电中断。其成因复杂多样, 常见诱因包括雷击放电、输电线路短路故障、大容量负载突然投切以及电网设备操作过电压等。从时间尺度来看, 晃电事件持续时间通常介于 0.01 秒至数秒之间, 其中对化工生产影响最显著的是持续 0.1~30 个工频周波的中短时电压扰动。电压波动幅度可覆盖额定电压的 10%~90%, 严重时甚至出现完全断电。这种现象具有三个显著特征: 一是瞬时性, 虽然持续时间短暂, 但能量冲击可能引发设备保护装置误动作; 二是随机性, 受气象条件、设备状态等多因素影响, 其发生时间、频次及严重程度难以精准预判; 三是区域性, 故障影响范围与电网架构密切相关, 通常呈现以故障点为中心向外辐射的传播特性。这种电压暂态过程对连续生产的工业体系构成严重威胁, 尤其在电能质量敏感度高的化工领域更为突出。

2 晃电对化工生产企业的影响分析

2.1 电气设备停止运行

在电力系统稳定运行的情况下, 供电电压波动较小,

能够保证设备的正常运作。然而,一旦电网发生晃电现象,电压骤然降低,可能引发一系列设备故障^[1]。例如,低压进线断路器的低电压保护会动作跳闸,同时,软启动器、变频器等低压设备也可能因电压骤降而停止运行。此外,电动机的有功功率会随电压下降明显减弱,导致电动机控制电路中的接触器、继电器因电磁铁释放而断开,进而引发生产装置中的大量电动机停机,甚至导致整个装置停工,严重影响生产进度。

2.2 机械设备损坏

在化工生产过程中,晃电不仅可能导致设备跳闸,还可能对运行中的机组造成损坏。关键机组设备如汽轮机、高压锅炉给水泵、压缩机、增压机等,均对电压稳定性有较高要求。当电网电压波动剧烈时,这些设备可能因突发电力异常而遭受冲击,导致机组停运或出现机械损坏,从而影响整体生产的安全性和稳定性。

2.3 控制系统失效

现代化工装置高度依赖分布式控制系统、可编程逻辑控制器等自动化设备实现工艺管控。当发生晃电时,控制柜内电源模块的瞬时失电会造成以下连锁反应:首先,CPU模块供电中断导致控制程序异常终止,部分未配置掉电保持功能的寄存器数据丢失;其次,现场仪表信号传输出现中断或畸变,例如科氏力质量流量计的输出脉冲信号可能因电源扰动产生计数偏差;再次,气动调节阀的定位器因供电异常进入故障安全位置,打破原有工艺参数平衡。更严重的是,某些冗余架构不足的控制系統可能在电压恢复后陷入“死机”状态,需人工干预重启,极大延缓生产恢复进程。此类控制失效可能引发反应温度失控、物料配比错误等工艺事故。

2.4 次生安全风险

电压暂降引发的设备异常可能突破化工装置的安全防护边界。在聚合反应体系中,搅拌装置的突然停转会导致反应物料局部过热,若温度超过引发剂分解临界点,可能触发失控反应。蒸馏塔系统因再沸器热源中断产生的气液两相流逆转,可能造成塔板结构损伤。气体压缩机组非正常停机时,未及时泄放的高压气体可能通过逆止阀泄漏至上游管道,形成超压危险。此外,安全仪表系统若未配备独立于DCS的应急电源,其安全联锁功能可能在主电源晃电时失效,无法执行紧急切断、泄压等保护动作,大幅提升事故升级概率。这些次生风险的存在使得晃电不仅是电能质量问题,更直接关系到化工装置的本质安全水平。

3 抗晃电技术措施应用

3.1 动态电压恢复技术

动态电压恢复技术通过实时监测电网电压波形,在检测到电压暂降或中断时,利用储能单元快速注入补偿电压,维持负载侧供电连续性。其核心在于采用串联型拓扑结构,将补偿装置接入供电回路与敏感设备之间,通过逆变器生

成与系统缺失电压幅值相等、相位相反的补偿量,实现电压凹陷的精准修复^[2]。关键技术突破体现在故障检测与响应速度上,基于dq坐标变换的算法可快速分离电压正序分量,在半个工频周期内完成扰动识别与补偿指令生成。超级电容与飞轮储能系统的组合应用,既能满足毫秒级功率支撑需求,又可提供数秒级能量缓冲,特别适用于大型电动机、精密控制系统的保护。工程实践中,DVR需根据负载特性定制滤波电路参数,避免高频谐波对化工仪表造成二次干扰。在化工装置密集区域,DVR需与现有配电系统进行阻抗匹配设计,防止补偿过程中引发谐振现象。此外,多台DVR并联运行时需配置主从控制策略,通过CAN总线通信实现功率均衡分配,避免单机过载导致的整体失效风险。对于多电平逆变拓扑结构,需优化载波移相策略以降低开关损耗,同时采用冗余设计提升系统容错能力,确保极端工况下的持续稳定运行。

3.2 双电源快速切换系统

双电源快速切换系统的核心功能是在主供电电源发生晃电时,无缝切换至备用电源,最大限度减少供电中断时间。先进切换装置集成同期检测模块,通过实时比对两路电源的电压幅值、频率与相位角差异,在残压衰减至临界值前完成闭锁判断。残压闭锁策略可防止母线残压与备用电源电压叠加引发过电流,频差闭锁机制则避免不同步合闸造成的机械冲击。对于化工企业重要负荷,切换过程需控制在300毫秒以内,确保接触器保持线圈不致释放。实施过程中需特别注意备用电源的容量匹配与短路电流承受能力评估,防止切换后发生级联故障。针对石化装置中广泛存在的感性负载,切换装置需配置涌流抑制模块,采用预充电电阻或磁饱和电抗器限制合闸瞬间的励磁涌流。在具有多路备用电源的复杂系统中,应建立优先级切换逻辑,优先选择电压稳定性高、谐波含量低的电源路径。对于微电网并网系统,切换逻辑需与孤岛保护协同工作,通过频率斜率检测预判电网状态,实现并网模式的无缝过渡。

3.3 抗晃电接触器优化

传统接触器在电压跌落至65%额定值时即可能脱扣,通过改进电磁机构磁路设计与线圈绕制工艺,可将维持电压阈值降低至50%以下。新型抗晃电接触器采用双绕组结构,启动绕组与保持绕组独立配置,在吸合后自动切换至低功耗维持模式^[3]。集成式延时脱扣模块通过电子电路实现时间可调的保护逻辑,在检测到电压暂降时启动计时,仅在持续超限后才执行分断操作。此类改造可显著提升电动机控制回路的晃电耐受能力,避免因瞬时扰动导致的生产中断。实际应用中需配合热继电器参数调整,防止延时特性与过载保护发生冲突。对于存在机械振动或环境温湿度波动的现场,接触器需采用防震支架与密封设计,确保电磁机构动作可靠性。在化工腐蚀性环境中,触点材料应选用银镍合金或镀金工艺,降低接触电阻的同时增强抗硫

化能力。针对频繁操作的工况,可引入真空灭弧室技术替代传统空气触点,减少电弧侵蚀对接触器寿命的影响。

3.4 变频器耐受性提升

变频器抗晃电能力提升需从硬件加固与控制策略优化两方面着手。在直流母线侧并联大容量储能电容,可延长母线电压维持时间至3个工频周期以上,为控制单元争取故障响应时间。低电压穿越功能的实现依赖于改进的空间矢量调制算法,通过动态调整PWM输出模式,在电网电压跌落期间维持电机磁场定向控制。待机再启动功能通过预存运行参数,在电源恢复后自动执行转速追踪与平滑启动,避免直接重启造成的机械应力。对于多变频器并联系统,还需配置环流抑制电路,防止因个别单元失电导致的能量倒灌现象。在化工流程泵控制中,变频器需增加负载转矩观测器,实时估算机械负载变化量,动态优化电压补偿策略。针对高压变频器,应强化IGBT模块的散热设计,采用双面冷却技术与氮化铝陶瓷基板,确保功率器件在频繁电压波动下的长期可靠性。对于多电机协同驱动系统,需开发主从同步控制算法,通过总线通信实现转矩均衡分配,防止电压暂降引发的负载失衡。

3.5 电力系统保护优化

针对晃电特性的保护系统改造需重构传统继电保护逻辑。降低低电压保护动作阈值至65%额定电压以下,并设置0.5~1.5秒延时,可有效规避瞬时扰动引发的误动作。加装专用电压暂降监测装置,通过高精度采样芯片记录扰动事件的幅值、持续时间及波形畸变率,为故障溯源提供数据支撑。建立厂级电能质量数据库,结合SCADA系统实现历史事件的多维度分析,辅助制定预防性维护计划。保护定值整定需考虑与上级电网保护的协同配合,避免出现保护盲区或越级跳闸。在含有分布式能源的化工微电网中,需引入方向性保护元件,准确区分故障电流方向,防止新能源逆变器馈电造成的保护误动。对于接地故障频发的电缆网络,应配置零序电流方向保护与弧光保护双重机制,提升系统对间歇性接地故障的识别精度。在数字化变电站架构下,可部署基于IEC 61850标准的智能电子设备,通过GOOSE报文实现保护信号的快速传输与联动,将故障切除时间缩短至20毫秒以内。

4 抗晃电系统化实施策略

4.1 设备耐受等级分级管理

化工装置抗晃电防护需遵循差异化原则,依据设备故障后果严重性与工艺恢复成本实施分级管控。A级防护对象聚焦高温高压反应器、聚合釜搅拌系统等核心设备,采用动态电压恢复装置与不间断电源组成冗余供电架构,确保电压暂降期间关键工艺参数不超安全阈值。B级设备涵盖物料输送泵、循环风机等辅助单元,通过快速电源切换装置与抗晃电接触器的组合改造,在保证连续运行的前提下降低改造成本。C级负荷包含非生产性用电设备,配置

智能重启控制器实现电压恢复后的有序投切,避免集中启动造成的二次冲击。分级体系需配套动态评估机制,结合工艺升级定期调整防护等级,并通过HMI人机界面集成设备状态监测、能耗分析及故障预警功能,实现防护效能的实时可视化管控。

4.2 电网结构优化

电网拓扑优化是限制晃电传播范围的基础性措施。10kV配电系统采用双母线分段运行模式,通过母联开关的备自投逻辑实现故障区段快速隔离,将电压暂降影响控制在单段母线范围内。动态无功补偿装置的选型需匹配负载特性,静止无功发生器凭借全控型IGBT器件与瞬时响应优势,可在5毫秒内完成无功功率双向调节,有效平抑电压波动^[4]。针对变频器群组集中区域,设置独立供电母线并加装有源滤波器,抑制谐波对精密仪表的干扰。接地网改造采用网状拓扑结构,强化等电位连接与降阻处理,降低雷击过电压对DCS系统的传导风险。对于存在多电源接入的复杂系统,需优化潮流分布算法,防止电压暂降期间出现功率倒送现象。

4.3 全系统仿真验证

基于ETAP/EMTP仿真平台构建企业电网数字孪生模型,通过注入IEEE 1159标准定义的典型电压暂降波形,全面评估防护设备协同效能。暂态稳定性分析重点考察电动机群组再加速过程中的电压崩溃临界点,校验动态无功补偿装置的电压支撑强度。保护配合仿真需模拟母线短路、雷击过电压等多场景故障,优化断路器动作时序与保护定值配合关系,消除越级跳闸隐患。经济性评估模块引入全生命周期成本模型,量化对比不同防护方案的投资成本、运维费用及生产损失,结合蒙特卡洛法进行风险概率测算。仿真结果需通过现场扰动发生装置实验验证,利用录波数据反向修正模型参数,逐步提升仿真精度至工程实用水平。

5 结语

抗晃电技术体系的构建是化工企业实现本质安全的重要环节。本文提出的动态补偿、快速切换、设备耐受性提升等关键技术,通过多层级协同防护有效抑制了电压暂降的破坏性传导。实践表明,分级防护策略与电网结构优化的结合,既能针对性保障核心设备,又可实现整体防护成本可控。数字孪生技术的引入,为抗晃电方案的精准设计与动态优化提供了新范式。未来发展中,需重点关注宽禁带半导体器件、固态断路器等新型电力电子技术的工程化应用,同时深化人工智能在晃电预警与自适应保护领域的融合创新。建议行业完善抗晃电设计标准体系,加强设备制造商与用户的协同研发,推动防护技术从“被动补救”向“主动免疫”演进,为化工行业高质量发展构筑坚实的电力保障基石。

[参考文献]

[1] 彭小敏,陈元刚,高云.基于超级电容储能的动态电压

恢复器在解决化工企业晃电中的应用[Z].中国机电一体化技术应用协会.第七届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛入选论文集.重庆建峰化工股份有限公司;,2024:336-341.

[2]王兴亮.化工工程供电方案设计与关键技术研究[J].电工技术,2024(13):90-92.

[3]王小闯,代顺庆.丹佛斯变频器抗晃电功能在化工行业

的应用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):53-55.

[4]刘建中.化工厂供电系统抗晃电技术改造方案设计[J].设备管理与维修,2024(21):141-143.

作者简介:李友吉(1976.3—),男,毕业院校:浙江工业大学,所学专业:机电一体化,当前就职单位金华永和氟化工有限公司,职务:机动部副经理兼电仪班长,职称级别:工程师(高级技师)。

变电运维中的风险评估与应急响应机制研究

张爽 韩婷 史兆元

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力系统的不断发展, 变电站在电力供应中的地位日益重要。然而, 由于设备老化、自然灾害、人为因素等多种因素, 变电站的运维风险逐渐增大。文中通过分析变电运维过程中面临的主要风险, 结合风险评估方法, 提出了一种基于数据分析的风险评估框架, 并建立了应急响应机制。通过对典型案例的分析, 验证了所提出的评估与响应机制的有效性, 为变电运维中的风险管理提供了理论支持和实践指导。

[关键词]变电运维; 风险评估; 应急响应; 电力系统; 数据分析

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16086

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Research on Risk Assessment and Emergency Response Mechanism in Substation Operation and Maintenance

ZHANG Shuang, HAN Ting, SHI Zhaoyuan

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

Abstract: With the continuous development of the power system, the position of substations in power supply is becoming increasingly important. However, due to various factors such as equipment aging, natural disasters, and human factors, the operational risks of substations are gradually increasing. By analyzing the main risks faced in the process of substation operation and maintenance, and combining risk assessment methods, a data analysis based risk assessment framework is proposed, and an emergency response mechanism is established. Through the analysis of typical cases, the effectiveness of the proposed evaluation and response mechanism has been verified, providing theoretical support and practical guidance for risk management in substation operation and maintenance.

Keywords: substation operation and maintenance; risk assessment; emergency response; power system; data analysis

引言

变电站作为电力系统的核心环节之一, 承担着电能的变换与传输任务。然而, 随着电力负荷的不断增加, 变电运维中潜在的风险逐渐暴露, 如何评估这些风险并有效应对, 是当前电力运维领域亟待解决的问题。近年来, 随着智能化技术的引入, 风险评估方法得到了显著提升, 但在实践中仍面临着不少挑战。本文旨在通过对变电运维中风险因素的分析, 结合先进的应急响应技术, 探索一种更为科学、系统的风险评估与应急响应机制, 以提升变电站的安全性和可靠性。

1 风险评估理论与方法

1.1 风险评估概述

风险评估是对可能发生的潜在风险进行识别、分析和评估的过程, 目的是预测风险对系统、设备、人员等可能造成的影响, 并为风险控制和管理提供决策依据。它的重要性体现在通过科学的方法提前识别和分析风险, 有助于制定有效的预防和应对策略, 减少事故发生率和损失, 确保系统安全、可靠地运行^[1]。

随着科技的发展, 风险评估方法逐渐从传统的经验判断转向更加系统化和定量化的分析方法。早期的风险评估主要依赖人工判断和专家经验, 存在主观性较强的问题。近年来, 随着计算机技术和统计学方法的进步, 定量评估

方法逐渐成为主流, 如蒙特卡洛模拟、层次分析法(AHP)等, 这些方法可以更准确地量化风险, 提升评估结果的客观性与可操作性。

1.2 变电运维中的主要风险类型

电力设备故障是变电运维中最常见的风险类型, 包括设备过载、短路、绝缘老化等。设备故障可能引发电力中断、设备损坏甚至火灾等严重后果。自然灾害, 如雷击、洪水、地震等, 会对变电站的设备和设施造成极大破坏, 影响电力供应的稳定性和安全性。人为操作失误和管理漏洞也是变电站运行中的重要风险因素。操作人员的失误、管理制度不完善以及维护不及时, 都会导致设备故障甚至大规模事故。

1.3 风险评估方法

定性评估方法主要通过专家经验、直觉判断和问卷调查等方式对风险进行描述和分类。定量评估则通过数学模型和数据分析, 对风险进行数值化处理, 以量化风险的可能性和影响程度。模糊综合评判法和层次分析法(AHP)是常用的定性与定量结合的评估方法, 模糊综合评判法能处理不确定性较大的风险, AHP通过层次化的决策分析, 帮助评估和优先排序各类风险。随着大数据技术的应用, 数据驱动的风险评估方法逐渐受到关注。通过实时数据采集和分析, 可以实时监控变电站设备的健康状态, 预测潜

在故障并提前制定应对方案。这种方法提高了风险评估的准确性和效率。

2 变电运维中的风险分析

2.1 电气设备故障分析

变电站内的电气设备如变压器、开关设备等,常见的故障类型包括设备过载、短路、绝缘损坏、接触不良等。变压器故障通常表现为油温过高、绕组过热或故障引起的局部放电,可能导致设备失效或火灾。开关设备故障则多由于开关触点损坏、操作不当或电流过载引起的弧光现象,这些故障常常会导致电力中断或设备损坏。母线过电流、配电设备的接地故障以及保护装置的失效也是常见故障类型。这些故障如果没有及时排除,会对电力系统的稳定性和安全性产生严重影响,导致设备故障、人员伤亡及大规模停电等灾难性后果。设备故障的根本原因通常与设备老化、设计缺陷、制造质量以及运行维护管理的不足相关。设备老化是变电站中常见的故障原因,随着设备使用时间的增加,材料疲劳、绝缘损坏等问题逐渐显现。外部环境因素如气候条件、雷击等也会加速设备的老化和故障。运行中的过载、频繁的启停操作以及保护系统的失效也是引发设备故障的重要因素。设备运行环境的恶劣,特别是高温、高湿或粉尘较多的条件,会使得设备的耐用性下降,从而增加故障发生的概率。

2.2 环境与外部因素分析

自然灾害是影响变电站运行安全的重要外部因素。雷击是变电站最常见的自然灾害之一,雷击可能直接损坏变电站设备,或引发电网过电压,对电气设备造成毁灭性损害。此外,洪水、暴风雨、地震等自然灾害也可能破坏变电站的设施,造成设备损坏或导致操作失误,从而影响电力系统的稳定运行。洪水特别对变电站的基础设施如地下电缆、配电设备等构成严重威胁。暴风雨则可能导致电力线路的断裂,设备受损甚至人员伤亡。应对这些自然灾害的预防与快速响应成为提升变电运维风险管理的重要一环。人为因素是另一个重要的外部干扰因素。操作失误、维护不当、管理缺失等都会对变电设备的安全运行产生影响。特别是变电站工作人员在操作设备时的疏忽或错误判断,常常是导致设备损坏或故障发生的直接原因。此外,非工作人员的外部破坏行为如偷盗、破坏等也可能对变电站设备造成严重损害^[2]。

2.3 风险评估模型构建

基于数据的风险预测与评估是当前风险管理中的重要方法。通过实时监控变电设备的运行状态,结合历史数据、设备参数及环境因素,建立数据驱动的风险预测模型,可以对潜在的设备故障进行早期预警。例如,通过对设备的温度、振动、电流等参数的监测,能够预测设备的健康状况和可能的故障风险,从而提前采取维修或更换措施,降低设备故障率。风险评估模型的适用性分析需要考虑变

电站的实际运行情况、设备种类以及环境因素的变化。不同的变电站规模、设备配置以及工作环境会影响评估模型的选择和效果。因此,在模型构建时,需要根据具体的应用场景调整模型参数,并进行多次验证与优化,确保风险评估的准确性和可操作性。通过不断调整和测试,可以识别模型的不足之处,并通过优化算法来提高其性能和适应性。同时,模型需要具备一定的灵活性,以便应对不同突发事件的挑战,实现实时风险评估与动态应急响应,从而更好地支持决策者及时采取最有效的应对措施,降低风险损失。

3 应急响应机制构建

3.1 应急响应机制概述

应急响应是指在突发事件或危急情况下,迅速采取一系列行动来处理和控制事件的过程,其目的是将事件的负面影响降到最低,确保设备安全、人员安全及系统稳定运行。在变电运维中,应急响应机制主要是为应对设备故障、自然灾害或人为干扰等突发情况,确保电力系统的持续稳定运行。应急响应的目标是快速、有效地识别和评估突发风险,采取适当措施应对,并通过合理的资源配置和协调,减少事故带来的损失和影响。应急响应的主要内容包括事件预警、现场应急处置、事故调查与报告、恢复运行等几个环节。首先,在事件发生前,通过对潜在风险的预测和监测,提前发出预警信号,为应急响应的启动提供基础。其次,一旦发生突发事件,相关应急小组会迅速集结并赶赴现场进行处置,包括故障排查、设备隔离、事故修复等工作。事件处理完毕后,还需进行事故调查、恢复工作并总结经验,确保今后类似事件的防范。整个应急响应过程需要遵循统一的流程,确保各项工作高效协同、无缝衔接。

3.2 应急响应策略与措施

针对不同类型的风险,需要制定不同的应急预案。对于设备故障风险,预案应包括快速检修方案、替代设备的启用、备用电源的切换等措施。对于自然灾害(如雷击、洪水等),应急预案则包括设备保护措施提前部署、疏散与转移关键设施、通信与协调的保障等。针对人为因素导致的故障,应急预案应包括操作失误后的紧急恢复程序、对相关责任人员的即时调查及应对措施的落实。每个预案都应根据具体风险类型的特点和应急响应的时效性进行合理调整。在应急响应过程中,协调与调度机制是确保各项响应措施有效实施的关键。应急小组应当在事件发生后迅速建立指挥体系,明确责任分工和指挥流程。通过建立健全的沟通渠道,保证现场人员与指挥中心之间的信息畅通,确保各项应急措施能够及时传达并执行。同时,调度机制的核心是合理调配资源,包括人员、设备及物资,确保应急处置过程中各项任务得到优先支持和有效推进^[3]。

3.3 应急响应机制的优化与改进

随着信息化技术的发展,自动化与远程监控在应急响

应中的应用越来越重要。通过引入智能传感器、自动化控制系统和远程监控平台,可以实时监测设备的运行状态,提前识别潜在的风险,快速响应并采取适当措施。此外,远程监控还可以实时传输现场数据,为指挥人员提供准确的决策依据,避免因人为操作失误而延误应急响应的时效性。智能化系统不仅能够降低人为失误的风险,还能够设备出现故障或事故时,通过自动化程序进行初步处理,减少应急响应的反应时间,提高效率。

应急响应能力的提升需要通过定期的应急演练进行检验与改进。通过模拟各种突发事件,测试应急响应团队的协作能力和应急处置的效率,帮助团队发现问题并进行改进。演练不仅限于故障恢复,也应涵盖事故调查、人员疏散等环节。不断优化应急响应演练内容和方式,可以提升应急响应团队的实战能力,使得变电站能够在实际事件中快速、高效地处理各种风险与突发情况。应急演练要紧贴实际生产条件,注重全员参与,特别是对关键岗位人员的应急技能和决策能力进行强化训练。

实时应急响应能力的提升还要求加强数据分析能力,利用大数据和人工智能等技术进行实时决策支持,进一步提高响应速度和决策精度。通过分析历史数据和实时传输的现场信息,能够更准确地预测潜在风险并提前采取防范措施,从而有效降低事故发生的概率。

4 案例分析与实证研究

4.1 典型案例分析

在实际运维中,变电站故障时有发生,尤其是在极端天气或设备老化的情况下。以某地区变电站为例,该站在一次雷击过程中发生了严重的设备故障。雷击导致了变压器油温过高,开关设备损坏,进而引发了大规模停电。通过回顾该事件,发现该站在雷击发生前未能及时识别潜在的风险点,导致了设备在短时间内无法恢复运行,影响了整个电网的供电稳定性。

在此案例中,若能提前进行风险评估并建立完善的应急响应机制,可能会大大降低事故的发生率和影响范围。例如,通过对雷击高发区域的监测,及时发现风险并启动应急预案,可以有效避免设备故障和停电事件。该案例表明,风险评估和应急响应机制的有效结合至关重要。通过对雷击和设备老化等多重风险因素的综合评估,变电站可以提前做好充分准备。一旦出现故障,应急响应机制可以迅速启动,从设备隔离、损害评估到恢复供电的每个环节,都能确保故障得到快速处理,最大限度减少电力系统的影响^[4]。

4.2 风险评估与应急响应机制的验证

案例中风险评估模型的效果分析:在该案例中,采用的数据驱动的风险评估模型对变电站的设备健康状况进行了实时监控,并根据历史故障数据和环境因素进行风险预测。分析结果表明,风险评估模型能够有效识别潜在的故障点,提前预警了部分设备的风险。虽然雷击这一自然灾害难以完全预测,但通过模型的预测,变电站能够更好地评估设备在极端天气条件下的承受能力,进而优化设备的运维策略。在应急响应方面,变电站根据事件发生后启动了应急预案,迅速进行了设备隔离和损害评估,并组织了抢修队伍进行设备修复和供电恢复。通过评估应急响应措施的执行情况,发现整体响应速度较快,尤其是在设备隔离和故障定位方面,采取了远程监控和自动化设备进行辅助判断,有效减少了人员的现场干预时间。也发现了一些问题,比如在资源调度和信息共享方面的不足。应急响应过程中,由于部分信息传递不畅,导致设备修复的速度有所延误。因此,在今后的应急响应机制中,应加强协调与调度,确保信息流畅和资源调配的高效性。通过此次案例的验证,风险评估与应急响应机制得到了有效应用,且在一定程度上提升了变电站的应急响应能力,为未来类似事件的处理提供了宝贵的经验。

5 结束语

本文深入分析了变电运维中的风险评估与应急响应机制,构建了一套基于数据分析的风险评估框架,并提出了对应的应急响应策略。通过对典型案例的研究,验证了所提出方法的有效性,为电力运维中的风险管理提供了实践依据。未来,随着智能化与大数据技术的进一步发展,变电运维的风险评估与应急响应机制有望更为精准、快速地应对突发事件,提高变电站的运行安全性与可靠性。

【参考文献】

- [1]孔德鑫. 变电运维误操作事故的预控对策分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(10): 352-353.
 - [2]郭思琪. 电网变电运维工作风险与应对措施[J]. 光源与照明, 2024(9): 219-221.
 - [3]黄道品. 浅谈变电运维中的吊车作业现场风险与预控[J]. 农村电工, 2023, 31(7): 59.
 - [4]李建东. 简述变电运维中隐患风险问题与应对措施[J]. 山东工业技术, 2018(4): 173.
- 作者简介: 张爽(1994.7—), 女, 河南省泌阳县人, 汉族, 硕士研究生, 中级电力工程师, 就职于国网郑州供电公司, 从事变电运维工作。

生态可持续视角下的水利生产运行管理体系构建

王文婷

新疆维吾尔自治区塔里木河流域水旱灾害防御中心, 新疆 库尔勒 841000

[摘要] 水利工程作为人类社会重要的基础设施, 长期以来在促进经济发展、改善水资源管理和防灾减灾方面发挥着至关重要的作用。然而, 传统水利生产运行管理体系往往过于注重经济效益和生产效率, 忽视了对生态环境的保护, 导致水资源的过度开发、生态系统的破坏和生物多样性的减少。因此, 文章提出适应生态环境保护需求的水利生产运行管理体系构建路径, 推动水利工程的绿色发展, 为实现人与自然是和谐共生提供有效的理论支持和实践指导。

[关键词] 生态可持续; 水利生产; 运行管理; 管理体系; 体系构建

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16058

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Construction of Water Conservancy Production and Operation Management System from the Perspective of Ecological Sustainability

WANG Wenting

Tarim River Basin Flood and Drought Disaster Prevention Center, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract: Water conservancy engineering, as an important infrastructure of human society, has long played a crucial role in promoting economic development, improving water resource management, and disaster prevention and reduction. However, traditional water conservancy production and operation management systems often focus too much on economic benefits and production efficiency, neglecting the protection of the ecological environment, resulting in excessive development of water resources, destruction of ecosystems, and reduction of biodiversity. Therefore, the article proposes a path for constructing a water conservancy production and operation management system that adapts to the needs of ecological environment protection, promotes the green development of water conservancy projects, and provides effective theoretical support and practical guidance for achieving harmonious coexistence between humans and nature.

Keywords: ecological sustainability; water conservancy production; operation management; management system; system construction

引言

随着全球生态环境问题的日益严峻, 生态可持续发展已成为现代社会各领域发展的核心目标, 尤其在水利工程建设与管理中, 生态可持续性显得尤为重要。作为基础设施的关键组成部分, 水利工程不仅承担防洪、灌溉、发电等多重功能, 还对区域水资源配置、生态系统健康及社会可持续发展产生深远影响。然而, 传统的水利生产与运行管理体系过于侧重经济效益与生产效率, 生态环境保护及可持续性问题往往被忽视。水利工程在提供社会效益的同时, 也可能对自然水文循环、生态系统功能以及生物栖息地造成负面影响, 这些问题的存在不容忽视。为应对这些挑战, 水利生产运行管理体系中亟需引入生态可持续发展的视角。该视角要求在水资源利用、工程设计及运行过程中, 综合考虑生态环境的需求, 最大限度地减少水利工程对生态环境的不良影响, 从而实现水资源的高效利用与生态环境的和谐共生。通过这种方式, 不仅有助于确保水利工程的长期稳定运行, 还能够为水资源管理、生态保护及社会发展提供更加科学与切实可行的支持。为实现这一目标, 水利管理体系的框架设计、核心要素、功能规划与运行机制等方面的深入探索与创新是十分必要的, 这将

推动水利生产管理体系的优化与改进, 使其更好地适应生态可持续发展的要求。本文将从生态可持续发展的视角出发, 探讨水利生产运行管理体系的构建与优化路径, 提出与生态保护、资源利用效率及社会需求相协调的水利管理策略, 为水利工程的绿色发展提供理论依据与实践指导。

1 水利工程对生态环境的影响

1.1 水文循环的影响

水利工程, 特别是大坝和水库的建设, 改变了河流的自然水文循环。水库的形成通常伴随着大坝上游水位的上升, 而下游河流则可能面临断流现象。这种变化不仅干扰了河流的自然流动模式, 还可能导致下游河流沉积物的减少, 进而影响了河流的冲刷与侵蚀作用。此外, 由于水库的蓄水与放水模式与自然水文周期不同步, 下游河流的季节性变化也被削弱, 进而改变了河流生态系统的自然节律。

1.2 生物栖息地的破坏

水利工程, 特别是大坝、水库及引水渠等设施的建设与运行, 对生态环境, 尤其是生物栖息地的破坏, 具有深远的影响。大规模的水利建设常常显著改变水域及其周边环境的自然状态, 直接导致原生态系统的严重干扰。在水库蓄水过程中, 大面积土地被淹没, 而这些土地曾是多种

植物与动物的栖息地。随着水位的上升,原生植被及动物栖息地被淹没或改变,生物的栖息条件因此遭到严重破坏。许多物种因栖息地的丧失,无法适应新的环境,种群数量减少甚至灭绝的情况可能由此发生。水利设施的建设还会改变水流的速度与流向,天然的河流湍流被平稳的水面所取代。这一变化使水生生物的栖息环境发生了显著变化。鱼类、两栖类及其他水生生物的迁徙通道受到阻碍,它们的繁殖与觅食受到影响,尤其是那些依赖上游与下游之间迁徙的物种^[1]。大坝的存在使鱼类等水生生物的正常洄游受到进一步阻挡,种群更新的过程也因此受到影响,水域生态系统的结构被改变。与此同时,水库的运行模式及水位波动引发了生物栖息地的季节性变化,水位的上下波动影响了湿地植被的生长及物种的繁衍,进一步加剧了生态环境的破坏。

1.3 土壤结构的扰动

水利工程的建设与运行对土壤结构的影响是一个复杂的过程,通常会引发一系列生态变化。水库建设及水流调控显著改变了原有的水土保持条件。在水库蓄水的过程中,水位变化与水流的调节可能导致土壤长期处于过度饱和或干旱状态,从而改变土壤的物理特性。例如,在某些地区,过多的水分在水位上升时渗透到土壤中,降低了土壤的透气性,甚至可能导致水土流失或土壤侵蚀。水库运行时,水位的波动可能导致土壤在积水与干涸之间交替变化,周期性的水位波动使土壤表面结构发生改变,稳固的土壤层可能出现裂缝或松动,从而增加了土壤侵蚀的风险。水利工程建设过程中,施工活动对土壤的扰动也不容忽视。在开挖、填筑及堤坝建设过程中,原生土壤的大规模移除或扰动,破坏了土壤的自然结构,导致其水分保持能力和养分供应能力下降,进一步影响了周围植物的生长及生态系统的稳定性。此外,水利工程的建设还可能导致地下水位发生变化,改变了土壤水分的分布,影响土壤的水分渗透与保持能力,从而引发土壤盐碱化或酸化等不良现象。

1.4 局部气候的改变

水利工程,尤其是大规模水库建设和大坝调控,能够对局部气候产生显著影响,进而改变周围地区的气候条件。水库的存在以及水流的调节对区域蒸发量起着重要作用。由于水库表面积较大,水面与空气之间的蒸发作用得到了增强,从而导致局部空气湿度的提高,这可能进而影响降水模式。水体的蒸发不仅改变了水分循环,还可能引起降水量的波动,尤其是在水库上游或周边地区。此外,水库及大坝的建设改变了地面反射与热量交换的模式,进一步影响了局部的温度变化。水面与周围土地表面之间的热交换差异,使得水体具有了温度调节作用,从而使该区域的昼夜温差缩小,白天与夜间的温度波动减小,温暖且湿润的局部气候因此形成。大坝与水库的蓄水与放水方式,也可能影响周围风速、气流模式及空气质量。大规模水库的建设,通过改变局部气流的流动方向,可能对风速与风向产生影响,进而间接影响区域气候及气象现象,如雾霾或

风暴等。在干旱或半干旱地区,水利工程的调水与蓄水行为对降水分布有着显著作用,这可能加剧干旱期的气候变化,或影响水资源的有效利用。此外,水库的运行也可能影响局部的季节性气候变化,尤其是在气温与降水分布方面,从而改变该区域的季节性气候特征。

2 生态可持续视角下的水利生产运行管理体系构建

2.1 水利生产运行管理体系的框架

在生态可持续发展的视角下,水利生产运行管理体系的框架设计应兼顾生态环境保护与水利工程运行效率的平衡。该框架应以生态可持续性为核心,确保水利工程建设与运营不仅能够满足当前社会经济发展的需求,还能实现自然资源的可持续利用与生态环境的长效健康。整个体系可从三个主要层面进行构建:一是合理调度与使用水资源,确保水资源得到高效利用,避免过度开采或浪费,同时满足生态环境对水资源的基本需求;二是在水利工程的运行过程中,建立完善的环境监测与反馈机制,利用先进的监测技术与数据分析手段,实时跟踪水质、水量及生态环境的变化,为决策者提供科学依据;三是针对水利工程可能带来的负面影响,实施有效的生态修复与保护措施,采取水生植物种植、栖息地保护、泥沙治理等手段,最大限度地减少对生态系统的干扰。此外,管理体系还应包括法律法规的支持与政策保障,以确保生态可持续性目标的顺利实现。

2.2 生态可持续性原则与水利生产运行管理结合

在生态可持续发展的框架下,水利生产运行管理体系的构建应当紧密围绕生态可持续性原则,旨在实现水资源合理利用与生态环境有效保护之间的协调。生态可持续性原则强调尊重自然生态系统的固有规律,促进生态环境的长期健康与稳定。因此,水利工程的运行不仅应关注水资源的开发与短期经济效益,更应综合考虑生态系统的承载能力以及生物多样性的保护。具体而言,水利生产管理应注重水文生态循环的恢复与保护,避免人为干预所造成的水文失衡、生态破坏及环境退化。在水库的调度与运行过程中,应根据流域的生态需求进行动态调节,水位波动应合理控制,以确保水生物种和湿地植物能够获得充足的水源并适应良好的生长环境。此外,应避免因过度蓄水或过度放水而带来的生态失衡问题。在此基础上,水利生产运行体系应结合生态修复技术,推动生态恢复与可持续发展,尤其是在水库建设、灌溉管理及水质保护等方面,精准化的管理策略应得到实施。例如,水土保持、湿地恢复及生态流量保障等措施应采取,以减少水利工程对生态环境的负面影响^[2]。为确保这些目标的实现,现代监测技术、数据分析与环境评估工具必须得到充分应用,水利工程对生态环境的影响应实时监测,精细化的调度与管理应进行,从而有效保障生态环境的保护与恢复。

2.3 管理体系的核心要素与功能设计

在生态可持续发展视角下,水利生产运行管理体系的

核心要素与功能设计应平衡水资源的合理利用与生态环境的保护。水资源调度与分配机制,作为管理体系的核心要素之一,在确保水利工程生产效益的基础上,需严格考虑生态需求,保证生态流量的充足。此机制依赖于科学的水文模型与实时监控数据,以动态方式调整水资源的分配,避免过度抽取或水库蓄水过多所造成的生态环境损害。此外,监测与评估系统是管理体系中的另一个关键组成部分。该系统通过实时监控水质、水量以及生态环境状况,定期评估水利生产活动对环境的影响。借助此系统,潜在的生态风险,如水污染或地下水过度开采问题,可及时识别,从而为决策提供依据。信息化管理与智能化调度功能,亦在现代水利管理中占据越来越重要的地位。通过大数据、物联网及人工智能等先进技术,流域水资源状况能够被实时收集、分析并预测,水利设施的调度效率得以优化,从而提升水资源利用率,减少对生态系统的负面影响。同时,跨部门的协调与公众参与在管理体系中同样重要。水资源管理不应仅局限于水利部门,生态保护、农业、环境保护等多个领域的参与与协作,有助于实现各方利益的平衡,推动生态保护与经济发展的双赢局面。最后,生态补偿与修复机制应融入管理体系中,针对水利生产可能对生态造成的负面影响,合理的补偿措施应被采取,生态修复工程应被实施,以恢复受损的生态系统功能。

2.4 生态可持续视角下的水利生产效率评估

在生态可持续视角下评估水利生产效率时,传统的评价标准通常将重点放在经济效益与水资源的直接利用率上,而忽视了生态环境的长期稳定与可持续性。因此,新的评估体系需要综合考虑水资源的利用效率及生态环境的承载能力,确保水利生产活动在推动经济发展的同时,避免对生态系统造成不可逆转的负面影响。水利生产效率的评估应涵盖水资源的有效利用程度,衡量单位水资源投入所带来的经济与社会效益。然而,生态可持续性要求的评估不仅要关注短期水资源的利用效益,还必须考虑水质和水量的长期可持续性及其生态环境的健康状况。为此,评估体系应纳入生态效益指标,如保障生态流量、水体生物多样性的维持、湿地保护等,这些指标能够反映水利工程对生态功能保障的实际效果^[3]。此外,水利生产效率评估还应当考虑水利工程的适应性与弹性,特别是对极端气候变化的响应能力,评估其如何应对气候变化可能带来的水资源短缺或水质恶化的风险。为实现全面的评估目标,体系应采用综合评价方法,结合多指标决策分析法、生命周期评估等手段,通过定量与定性分析,全面评估水利生产的生态与经济效益。在此过程中,实时数据采集与监测技术将至关重要。

3 生态可持续视角下水利生产管理体系的优化与改进

在生态可持续的框架下,优化水利生产管理体系需从多个维度进行综合考虑,以确保水资源的合理利用与生态

环境的长期保护。水利管理体系应当更加注重生态保护与水资源管理之间的协同作用,强调生态环境保护与水利生产活动的协调与平衡。这要求在水利工程的设计与运行过程中,充分保障生态流量、保护水源地、恢复水生生物栖息地等方面的需求。同时,水利生产管理体系的优化应当引入更加精准与智能的水资源管理技术,运用现代信息技术、大数据分析及人工智能等手段,实时监控与精细调整水资源的分配、使用与调度,从而提高资源利用效率,减少浪费,且能有效应对气候变化带来的不确定性^[4]。此外,改进水利生产管理体系时,应重视水资源的全生命周期管理,涵盖从水源到使用,再到污染防治与水资源再生利用的各个环节,推动资源的循环利用与可持续发展。在政策层面,应强化法律法规的完善,促进生态保护与水资源管理的协调,推动政府、企业及公众的广泛合作,建立多方参与的管理模式。最终,经过优化的水利生产管理体系,不仅应提升水资源的使用效率,还需增强其适应性与韧性,确保水利系统能够在面临自然灾害、气候变化等不确定因素时,持续运行并有效保障生态环境与人类社会的共同利益。

4 结语

从生态可持续的视角来看,水利生产运行管理体系的构建不仅代表了对传统管理模式创新,更是响应了日益严峻的生态环境挑战。随着生态问题日益突显,水利工程的可持续发展已成为社会各界关注的核心议题。通过综合考虑生态保护、资源优化与环境恢复等因素,能够在保证水利工程高效运作的同时,该管理体系最大程度地减轻对生态环境的负面影响。尽管在实际应用中仍面临技术、政策支持等方面的挑战,但随着管理理念的不断进步与科技手段的不断发展,未来的水利管理体系将在促进社会与环境协调发展的过程中,发挥越来越重要的作用。因此,建设一个符合生态可持续要求的水利生产运行管理体系,已成为实现水资源高效利用与生态环境保护的关键路径。

[参考文献]

- [1]张连斌.基于生态可持续的水利工程施工技术应用与优化[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):199-201.
- [2]许明智,汪亦清,郝青芳.水利工程中的生态恢复与环境保护策略研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(10):138-140.
- [3]陈昊.水利工程建设中的生态环境设计方法[J].工程建设与设计,2024(6):72-74.
- [4]封海涛.水利工程建设与保护生态环境可持续发展探究[J].生态与资源,2024(4):41-43.

作者简介:王文婷(1992.1—),毕业院校:淮南师范学院,所学专业:公共事业管理,当前就职单位名称:新疆维吾尔自治区塔里木河流域水旱灾害防御中心,就职单位职务:新疆维吾尔自治区塔里木河流域水旱灾害防御中心干部,职称级别:中级。

智能技术在风能与太阳能发电安全管理中的应用探讨

刘曾建

华电（浙江）新能源有限公司，浙江 杭州 310000

[摘要] 风能与太阳能发电系统面临设备故障、环境变化等安全挑战，传统管理模式效率有限。物联网、大数据与人工智能技术通过实时监控、故障预警和远程控制，显著提升安全管理效能。智能技术在风能、太阳能发电安全管理中的应用现状，探讨其优势及数据安全、系统稳定性等挑战。

[关键词] 智能技术；风能与太阳能；安全管理；风险预警；远程控制

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16131

中图分类号: TN86

文献标识码: A

Exploration on the Application of Intelligent Technology in Safety Management of Wind and Solar Power Generation

LIU Zengjian

Huadian (Zhejiang) New Energy Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Wind and solar power generation systems face safety challenges such as equipment failures and environmental changes, and traditional management models have limited efficiency. The Internet of Things, big data, and artificial intelligence technologies significantly enhance security management efficiency through real-time monitoring, fault warning, and remote control. The current application status of intelligent technology in the safety management of wind and solar power generation, exploring its advantages and challenges such as data security and system stability.

Keywords: intelligent technology; wind and solar energy; safety management; risk warning; remote control

引言

全球清洁能源需求推动风能与太阳能发电装机量快速增长，但其设施多分布于恶劣环境（如荒漠、山区、湖泊海洋），面临强风、极端温度、地质灾害等风险。传统人工巡检存在效率低、响应慢等问题，难以满足实时安全需求。智能技术通过实时监测与数据分析，为设备状态评估、风险预警提供新路径，成为提升安全管理效能的必然选择。

1 风能与太阳能发电安全管理的现状分析

风能与太阳能发电，作为重要的可再生能源，近年来在全球范围内得到了广泛的应用与发展。由于其独特的技术特点与运行环境，这些系统在安全管理上面临着诸多挑战。风电机组长期暴露于强风、沙尘环境，机械部件易磨损。例如，某风电场因强风导致叶片损伤和齿轮箱维护不当，发电量下降 30%。光伏组件受高温、冰雹等影响，易出现热斑、功率衰减。某电站光伏板因组件老化导致年发电损失达 15%。传统的安全管理方式，主要依赖人工巡检和定期维护，不仅劳动强度大，而且难以及时发现潜在的安全隐患，定期维护则往往缺乏针对性，无法根据设备的实际运行状况进行灵活调整。此外，风能与太阳能发电设施的远程运维特点，使得现场管理面临着较大挑战，设备故障或安全事故发生时，响应和处理的速度通常较慢，进一步加剧了损失。为应对这些问题，风能与太阳能发电领域的安全管理正逐步向智能化转型。通过引入信息技术、物联网、大数据分析等手段，实现对设备运行状态的实时

监控、数据采集与分析，能够及时发现异常情况，准确识别潜在风险，并实现远程控制与自动化管理。这不仅提高了设备运行的安全性和稳定性，还延长了设备的使用寿命，提升了整体系统的工作效率。然而，智能化安全管理体系的建设与实施仍面临一些挑战，如数据隐私保护问题、设备间互操作性差、系统稳定性不足等。因此，如何更有效地利用智能技术进行风险监控与应急响应，成为当前风能与太阳能发电安全管理领域亟待解决的重要课题。

2 智能技术在风能发电安全管理中的应用

2.1 智能监控与风险预警

智能监控与远程管理在风能发电的安全管理中，占据着至关重要的地位。借助先进的信息技术，风电场的设备及运行状态能够被实时监控与远程操作，显著提高了风能发电的安全性与运行效率。传统的风能发电系统中，设备故障常常难以及时发现，人工巡检的频率有限，无法实现全天候对设备状态的监控。随着智能监控技术的不断进步，风电场部署温度、振动、声纹传感器和视频监控设备及环境监测设备，监测风机齿轮箱、叶片等核心部件状态。实时采集风力机组的关键数据，如风速、转速、温度、振动等指标。这些数据，通过无线网络传输至后台管理平台，经大数据分析 with 人工智能算法处理后，能够迅速识别设备运行中的异常状况，并提前预测潜在的故障风险，结合预警系统，及时通知运维人员进行干预，从而避免了设备故障引发的停机或安全事故。某风电场通过历史数据训练

AI 模型,提前预警油温异常,避免停机损失。远程管理的应用,使得风电场的运维工作更加高效且灵活。运维人员可通过移动设备或电脑,随时随地监控与操作风电机组,无需现场干预。这不仅提升了故障响应的速度,还有效减少了工作人员在恶劣环境下的现场作业时间,从而降低了由此带来的安全风险。智能监控与远程管理的结合,不仅显著提升了风能发电设备的安全性及稳定性^[1],还提高了运维效率,推动了风能发电行业朝着智能化、数字化方向的进一步发展。

2.2 智能安全装备的应用

在风能发电的安全管理中,智能视频监控装备与传感设备的应用,具有着至关重要的作用,尤其是在高空作业或环境条件复杂的情况下。传统的安全帽,主要提供物理防护,而随着智能技术的进步,智能安全帽融合了多种传感技术,使其能够实时监控作业人员的状况并收集相关数据。智能安全帽通常配备多个传感器,包括温度传感器、压力传感器、心率监测传感器及气体检测传感器等,这些传感器能够实时监测作业人员的生理状态、工作环境及潜在的安全隐患。例如,在风电场的高空作业中,智能安全帽可监测作业人员的体温与心率,当出现过度劳累或突发健康问题,警报能够提前发出,防止因健康问题引发的安全事故。此外,智能安全帽还具备定位功能,作业人员的位置可以被实时追踪,确保在紧急情况下能够迅速定位,并为救援提供准确的数据支持。监督管理人员可通过智能安全帽获取作业人员的第一视角,及时发现现场问题并进行语音提醒;布控球则可灵活部署在作业现场,补充固定监控设备的不足。实时视频通过 4G 或无线网络传送到监控终端,实现多个作业场景实施监控。在生产车辆配置在线管控平台系统,实现车辆及驾驶人员实时定位、超速、危险驾驶、酒驾预警。作业现场安装的各种环境监测设备,如风速、气压、温度及湿度传感器等,能够实时采集风电场环境变化的数据。当环境条件出现异常时,如风速过大或气象突变,传感器会即时发出警报,提醒作业人员及管理人员采取相应的安全措施。这种环境感知能力,使得安全管理不再仅仅依赖人工经验,而是建立在数据和科学分析的基础上,从而显著提升了风能发电现场的安全保障水平。作业现场安装的各种环境监测设备,如风速、气压、温度及湿度传感器等,能够实时采集风电场环境变化的数据。当环境条件出现异常时,如风速过大或气象突变,传感器会即时发出警报,提醒作业人员及管理人员采取相应的安全措施。这种环境感知能力,使得安全管理不再仅仅依赖人工经验,而是建立在数据和科学分析的基础上,从而显著提升了风能发电现场的安全保障水平。智能安全帽与传感设备的结合,不仅确保了作业人员的实时安全监控,还为风能发电企业提供了更加科学、有效的安全管理手段。

2.3 事故风险预警系统的应用

风电场的风险监控与预警系统,通过集成先进的智能

技术,如物联网、大数据分析与人工智能,显著增强了风电场的安全管理能力。该系统依托于布置在风电场内的传感器和监测设备,能够实时采集风机运行中的关键数据,如温度、振动、转速、压力等,并将这些数据传输至中央监控平台。经过实时分析与处理后,风机及其附属设备的运行状况得以准确识别,潜在的故障隐患也能及时发现。通过数据驱动的分析,系统能够基于设备的历史运行数据与环境变化趋势,预测可能发生的异常或故障,并发出预警信号。如通过部署振动、温度传感器,监测风机齿轮箱、叶片等核心部件状态,及时发出亚健康状态预警,定期发布评估报告。这一功能,帮助运维人员提前采取必要的防范措施,从而避免了事故的发生^[2]。此外,风电场的风险监控与预警系统,还整合了气象数据及外部环境监测,实时评估风速、风向、温度等因素对设备运行的影响,并据此动态调整风机的工作状态,确保其在安全范围内高效运转。例如,当风速超过设定安全阈值或气象条件发生剧烈变化时,风机停机保护机制会被触发,紧急调整叶片角度并偏航调整风机对风方向,从而避免了由于极端天气引发的设备损坏。通过视频监控和温感系统,快速识别风机火灾,消防系统自动响应联动,风机自动断电并启动灭火装置。

3 智能技术太阳能发电的安全管理

3.1 智能数据采集与分析

在太阳能发电的安全管理中,智能数据采集与分析,起着至关重要的作用。通过实时监测与精确分析系统数据,太阳能电站的安全性与高效运行得以确保。这项技术,借助传感器、物联网设备及先进的数据采集系统,持续采集电站各组件的运行数据,涵盖光照强度、温度、电压、电流等关键参数。数据通过无线网络传输至中央控制平台,进行集中处理与存储。利用大数据分析与人工智能算法,这些数据能够被深入挖掘与分析,以便及时发现潜在的安全隐患与设备故障。例如,系统能够检测到光伏组件的性能变化,及早识别因阴影、脏污或损坏引起的发电效率下降,甚至可能预测设备故障的发生。通过对数据趋势的分析,故障风险能够被预测,系统将在问题发生之前提醒运维人员进行检查与维护。此外,智能数据采集与分析还能够结合气象数据,对外部环境因素进行全面评估,比如高温或强风等天气状况对设备的影响,从而为电站的运行提供动态调整的策略,确保其在安全范围内持续高效运行。

3.2 智能巡检系统的应用

太阳能电站的智能巡检系统,通过集成先进的人工智能、物联网与机器人技术,显著提升了电站运行维护的效率与安全性。在电站各关键位置,传感器、无人机及自动化设备被安装,以实现光伏组件、逆变器、电池储能系统等设备的实时监控。无人机巡检,配备高分辨率相机与热成像设备,能够对光伏面板进行全方位扫描,及时发现污垢、裂纹、热斑或其他损伤,图像数据被传输至中央监控平台。通过图像识别技术,潜在问题得以自动分析并进行

分类处理,从而准确判断问题的严重程度,并生成维护报告。此外,智能巡检系统还整合了环境监测数据,如温度、湿度、风速等,能够评估外部环境对设备的影响,并据此优化巡检的频率与方法。与传统人工巡检相比,智能巡检显著降低了人工成本,提高了工作效率,并能够在恶劣环境条件下,如高温或高湿等,进行有效检测,从而保障了设备的长期稳定运行。通过数据分析与实时反馈,设备故障能够被及时发现并解决,智能巡检还为后续维修工作提供了准确依据,避免了因巡检不及时或不全面而带来的安全隐患。

3.3 应急响应优化

在太阳能发电系统中,风险预警与应急响应,作为确保电站安全高效运行的关键环节,尤其在极端天气、设备故障或其他突发事件发生时,显得尤为重要。通过收集与分析实时数据,智能技术能够精确预测风险并及时发出预警。例如,安装传感器与气象监测设备后,系统可以实时跟踪太阳能电站的运行状态、环境变化及设备健康状况。当异常数据被检测到时,如光伏组件过热、逆变器负载异常,或环境条件剧烈变化(如暴风雨、大雾等),智能系统会根据预设阈值触发预警,立即通知操作人员进行干预。进一步地,结合历史数据与气象预测,智能化风险预警系统,运用机器学习与大数据分析技术,能够提前识别潜在风险并发出警报,从而进行防范。例如,系统在高温天气下会自动调整电站的运行模式,以避免设备过热导致故障或损坏^[3]。在紧急情况下,智能应急响应系统可立即启动应急程序,如停机、调度备用设备或进行远程操作,同时将情况通知现场工作人员与管理人员,确保在最短时间内采取有效措施,减少事故发生的概率与损失。此外,数据共享与分析也可以帮助智能系统提供事后事故调查与处理的重要依据,进一步优化应急响应流程,提高安全管理水平。

4 智能技术的协同应用与潜力

智能技术在风能与太阳能发电安全管理中的协同应用,展示了多种技术融合的显著优势,能够有效提升这两种发电方式的整体安全性及管理效率。通过集成物联网、大数据、人工智能等智能化手段,风能与太阳能发电系统,能够共享实时数据与分析结果,从而构建一个统一、互联的管理平台。例如,风电场与太阳能电站的运行数据,可以通过智能平台进行实时监控,结合气象预测、设备状态与历史运行数据进行综合分析,提前识别潜在风险并制定应对策略。

协同应用的优势,在于当某一发电方式遭遇故障或极端天气时,系统能够自动调度其他能源来源进行智能切换和负荷调整,确保能源供应的稳定与安全。例如,当风速下降导致风电系统发电效率降低时,太阳能电站的发电负荷,可以通过提升进行补偿,从而保持电网负荷平衡^[4]。此外,协同平台还能够实现设备与人员的统一管理,通过地理信息系统(GIS)与远程监控技术,设备的运行状态、

人员的安全情况以及现场环境变化,能够实时追踪,确保及时进行安全预警与应急响应。

智能技术在新能源安全管理中,展现了巨大的潜力,能够显著提升能源生产的安全性、效率与可持续性。随着物联网、人工智能、大数据分析以及云计算等技术的迅速发展,新能源行业,正逐步向智能化、数字化转型,带来了前所未有的安全管理革新。智能传感器与监测系统,能够实时采集新能源设施的运行数据,包括温度、湿度、压力、振动等多种环境因素,及时识别潜在的安全隐患。经过实时分析后,这些数据能够通过预测性维护机制提前发现设备故障或异常,避免因设备问题引发的安全事故。此外,结合人工智能与大数据技术,风险评估与安全预警能够被精准地进行。通过对历史数据与实时信息的深度分析,系统能够预测在不同运行条件下可能出现的危险,并在出现潜在问题时,及时发出警报,指导操作人员采取有效的预防措施。智能平台还通过实现远程控制与自动化操作,提升现场管理的精准度与响应速度,并在紧急情况下,自动切换到备用系统,从而减少因人为操作失误引发的安全风险。在人员管理方面,智能技术同样起到至关重要的作用。例如,智能安全帽与穿戴设备,能够实时监测作业人员的生理状态与工作环境,确保人员始终处于安全范围内,如在西部高原地区,实施监测人员血氧浓度,预警高原反应等健康风险。

5 结语

智能技术在风能与太阳能发电安全管理中的应用,极大地增强了风险防控和应急响应能力,推动了安全管理模式的全面升级。通过实时数据监测、智能预警、远程管理等先进技术,新能源行业,在保障安全生产和提升运营效率方面,取得了显著进展。尽管如此,技术的实施,仍需进一步优化,特别是在数据安全、系统稳定性等关键领域。随着智能技术的持续发展与普及,未来新能源发电的安全管理,将变得更加精准高效,为行业的可持续发展,提供更加坚实的支撑。

【参考文献】

- [1] 杨森. 人工智能技术在风力发电领域的应用[J]. 光源与照明, 2024(11): 243-245.
 - [2] 李耀光. 人工智能技术在风力发电领域的运用[J]. 信息与电脑(理论版), 2021, 33(22): 159-161.
 - [3] 耿明丰. 人工智能在光伏组件缺陷检测中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(7): 406-407.
 - [4] 石勇. 智能技术与新能源[J]. 电气时代, 2010(6): 28-32.
- 作者简介: 刘曾建(1987.7—), 男, 毕业院校: 新疆农业大学, 学历: 本科, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 华电(浙江)新能源有限公司, 职务及所在职务的年限: 安全环保部, 安安全管理, 5年(2019年5月至今), 职称级别: 中级。

水力发电设备运行状态故障分析与检修

牟金祥

云南华电金沙江中游水电开发有限公司阿海发电分公司, 云南 丽江 674000

[摘要] 水力发电设备, 包括水轮机、发电机以及控制保护系统, 在长期运行过程中, 常常受到外部环境变化与内部磨损等因素的影响, 进而引发故障。随着智能技术的不断进步, 传统的检修方法也面临着新的挑战。通过引入智能维护系统, 实时监控得以实现, 并且潜在故障能够有效地预测, 从而提高故障处理的精度和响应速度。与此同时, 优化管理制度, 并提升检修人员的专业素养, 成为确保设备长期稳定运行的根本保障。

[关键词] 水力发电设备; 运行状态; 故障分析; 检修

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16053

中图分类号: TP2

文献标识码: A

Analysis and Maintenance of Operational Status Faults in Hydroelectric Power Generation Equipment

MU Jinxiang

Ahai Power Generation Branch of Yunnan Huadian Jinsha River Midstream Hydropower Development Co., Ltd., Lijiang, Yunnan, 674000, China

Abstract: Hydroelectric power generation equipment, including turbines, generators, and control and protection systems, are often affected by external environmental changes and internal wear and tear during long-term operation, leading to malfunctions. With the continuous advancement of intelligent technology, traditional maintenance methods are also facing new challenges. By introducing an intelligent maintenance system, real-time monitoring can be achieved, and potential faults can be effectively predicted, thereby improving the accuracy and response speed of fault handling. At the same time, optimizing management systems and enhancing the professional competence of maintenance personnel have become the fundamental guarantee for ensuring the long-term stable operation of equipment.

Keywords: hydroelectric power generation equipment; operating status; fault analysis; maintenance

引言

水力发电, 作为一种重要的清洁能源形式, 已在全球电力生产中得到了广泛应用。随着设备的长期运行, 逐渐暴露出了各类故障问题, 这些问题进而影响了设备的稳定性和工作效率。为了提高设备的可靠性和运行效率, 深入分析水力发电设备的故障类型及检修流程, 并确保故障能够及时且有效地得到处理, 显得尤为重要。

1 水力发电设备运行状态及常见故障分析

1.1 水轮机系统故障分析

水轮机作为水力发电系统中至关重要的动能转换设备, 其运行状态直接关系到机组的安全性和发电效率。在非高效率运行区环境下, 水轮机常见的故障包括振动异常、叶片损伤、转轮偏磨、水击现象以及密封失效等。振动异常, 通常源于转轮不平衡、水流扰动或轴系对中不精确等问题。如果未能及时处理, 轴承可能出现过热现象, 进而引发更为严重的系统性故障。叶片损伤, 往往是由于水中异物碰撞、水蚀或空蚀引起的, 尤其在水流沙质较高或水头波动较大的工况下, 叶片表面容易出现裂纹, 从而影响水流导向性能。转轮偏磨, 通常由导轴承磨损或导叶调节机构卡滞引发, 表现为运行噪声的增加以及能效的下降。

水击现象则通常发生在紧急停机或调节门快速关闭时, 这种瞬时冲击对蜗壳及导水机构造成的疲劳损伤是不可忽视的。密封失效作为一个容易被忽视的问题, 其引发的润滑油污染和冷却水泄漏, 若未得到及时处理, 可能演变成更为严重的故障。为了确保水轮机的安全稳定运行, 必须依靠在线监测系统, 结合定期的离线检测, 进行状态的持续跟踪。通过这一手段, 能够及时发现问题、提前预警, 并有效处理潜在的故障隐患。

1.2 发电机系统故障分析

发电机是水电站将机械能转换为电能的核心设备, 其运行状态直接关系到电力输出的稳定性与可靠性。常见的故障问题主要集中在定子绕组过热、转子接地、轴电流异常、绝缘老化以及冷却系统失效等方面。定子绕组过热, 通常由负载不均、冷却不足或绕组接触不良等因素引起。若温度持续升高, 绝缘材料可能会发生碳化, 从而引发匝间短路或甚至烧毁故障。转子接地问题, 通常与励磁系统不稳定、电刷磨损或绝缘退化相关, 可能导致励磁电流异常或磁场畸变, 严重时会影响机组的同步运行。轴电流故障往往出现在磁场不对称或接地不良的情况下, 电流通过轴向泄漏形成涡流, 进而损害轴承并缩短机械寿命。随着

发电机运行年限的增加,绝缘老化的风险也随之增大,尤其在电压冲击或潮湿环境下,可能会形成击穿通道,进而引发相间短路。冷却系统故障通常源于水泵故障、散热器堵塞或监控误差,导致温控失调,从而加剧局部过热问题,影响机组的正常运行。通过对这些常见故障的分析,能够及时识别潜在问题并采取有效的预防措施,从而确保发电机的稳定与高效运行。

1.3 控制与保护系统故障分析

控制与保护系统在水力发电设备中担任着“指挥调度”与“安全屏障”的关键角色,运行状态直接影响机组的响应精度及系统的安全性。常见的故障问题包括传感器故障、逻辑控制错误、继电保护误动作或拒动、通信中断以及系统软件故障等。传感器故障通常表现为信号漂移、失真或丢失,若关键参数如水头、电压、电流等的监测出现偏差,控制系统可能会误判运行状态,从而触发错误指令。逻辑控制错误多由自动控制策略设计不当或程序调试不充分所引起,这往往会导致启动异常、调节失灵或频繁误报警等问题。继电保护系统作为安全防线,其误动作或拒动作尤其严重,特别是在发生短路或过载等紧急情况下,无法有效切断或隔离故障,进而扩大故障的影响范围。通信系统的故障,特别是在多设备联动控制中,一旦出现通信中断,信息将失联,控制也将陷入瘫痪。此外,随着智能化系统的持续升级,系统软件的稳定性、抗干扰能力以及版本兼容性,已成为保障系统可靠性的关键因素。操作系统死机、程序错误或数据篡改,均可能导致控制系统失灵,甚至误跳闸。为了确保控制与保护系统的安全运行,除了加强硬件的维护与冗余配置外,定期更新软件系统、校验保护定值,以及通过仿真测试识别潜在的逻辑漏洞与联动异常,同样是至关重要的措施。

2 水力发电设备运行状态故障的检修流程

2.1 故障信息收集与分析

故障信息的收集与分析是水力发电设备状态检修中的首要环节,对后续判断的准确性与检修策略的制定具有直接影响。信息收集的过程不仅仅依赖人工巡检或经验性判断,而是通过多渠道、多维度的数据整合实现的,这些数据的来源包括在线监测系统的日志记录、SCADA 平台的历史运行数据、保护动作报告、设备的振动与温升曲线,以及运维人员的现场观察记录等。在汇总这些信息时,尤其需要关注异常变化的时间点、趋势走势以及其与运行负荷、环境条件变化之间的关联性。通过多角度的数据交叉验证,可以帮助还原故障发生的完整过程。在分析阶段,依据故障类型、表现特征与历史案例,趋势分析、因果溯源法、故障树分析(FTA)等方法应被运用,以深入探讨可能的诱因与故障传播路径。例如,当定子温度突然上升,但电流未异常时,冷却系统可能存在问题;若轴承振动频率与转速的整数倍匹配,可能表明转子不平衡。与此同时,

多个隐性故障的叠加效应亦需警惕,避免只关注表面现象而忽视潜在的根本问题。通过这种精准的分析方法,能够排除偶发因素,锁定核心问题,为后续的故障定位与检修决策提供可靠依据。

2.2 故障定位与设备状态评估

在完成故障信息的收集与初步分析后,准确定位故障及科学评估设备状态成为检修流程中的核心环节。故障定位不仅要求在保证速度的前提下具备足够的精度,还需要确保检修工作能够精准地识别问题的根源。常用的检测手段包括局部解体检查、红外热成像、超声波检测、振动频谱分析,以及绝缘电阻与泄漏电流测试等。借助这些技术,运维人员能够在不中断机组运行或仅进行局部停机的情况下,定位故障部件并评估其损坏程度。状态评估则更侧重于对设备整体运行能力的全面判断,通常从三个维度进行分析:首先,结构完整性,主要检测关键部件是否存在疲劳裂纹、腐蚀或磨损等损伤;其次,功能稳定性,关注设备是否能够继续履行预定的调节、保护或输出功能;最后,运行安全性,评估设备当前状态下是否潜藏失效风险。评估结果一般通过状态评分或风险等级划分来表达,为修复方案的制定与后续决策提供量化依据。值得强调的是,状态评估不仅仅局限于当前故障的处理,更应纳入设备全生命周期管理,作为预测性维护与更新改造的参考,从而实现从“修复已坏”向“防止故障发生”的转变。

2.3 检修策略制定与实施

在明确故障点并完成状态评估后,制定合理且可执行的检修策略成为确保水力发电设备恢复正常运行关键步骤。检修策略应根据故障类型、严重程度、影响范围、设备使用年限及运行负荷等因素来制定,同时结合现场实际条件,如物资保障、人员配备等,确定最适宜的处理方式。常见的检修策略包括紧急修复、局部更换、全面大修以及提前退役更新等。不同策略所涉及的施工工艺、工期安排以及风险管控措施必须经过精心设计与规划。在实施阶段,应确保所有检修措施严格遵循技术标准与操作规程,避免因操作不当而导致二次损伤。施工前,技术交底是必不可少的,确保工作任务与安全注意事项明确,并在需要时进行操作仿真或技术预演。在实际操作过程中,应对关键参数进行动态监测,根据实时情况随时调整工艺步骤,以确保故障得到彻底排除,设备恢复到可接受的性能水平。此外,对于拆卸下来的部件,要进行全面检测,优先更换易损或老化的部件,防止设备处于“带病运行”的状态。整个检修过程应有详细的记录,以便后期复盘与改进。完成检修后,设备调试与阶段性试运行必不可少,以验证修复效果,为设备最终恢复至正常工作状态打下坚实基础。

2.4 检修效果验证与复查

检修工作完成后,验证与复查是确保检修质量以及设备运行可靠性的关键环节。验证的主要任务是确认所有检

修项目已按照技术标准与要求执行完毕,所有更换或修复的部件能够正常运作,并且性能达到预定标准。此过程通常依赖多种测试手段,如负荷试验、性能恢复测试、振动监测以及升温测试等,以验证设备在不同工况下的稳定性,确保各项技术参数回归规定范围内。复查则侧重于对设备状态的全面评估,尤其是未完全更换的老化部件以及关键系统功能的恢复情况。此环节包括对设备长期运行稳定性的检查,通过定期监测、数据采集与历史数据对比,及时发现潜在风险或早期故障迹象^[1]。复查不仅验证了已完成修复工作的效果,还为未来的预防性维护及优化提供了宝贵的数据支持与经验反馈。通过验证与复查,能够及时识别修复过程中可能被忽视的细节问题,避免小故障逐渐引发更大范围的设备损坏,确保设备在重新投入运行后能够稳定高效地运行。同时,复查的结果为设备生命周期管理提供了重要依据,进一步提升了检修流程的执行力,并为持续改进提供了指导。

3 水力发电设备运行状态故障检修的保障措施

3.1 完善检修制度与管理规范

一个完善的检修制度与管理规范,是确保水力发电设备高效、安全运行的根本保障。从制度建设的角度出发,应该构建一个科学的检修管理框架,明确检修工作的目标、流程、责任以及操作标准,确保每个环节都能够按照规定执行。该制度应覆盖设备的整个生命周期,从日常维护、大修、重大故障修复,到设备退役的管理,每一阶段都应具备可追溯的记录和严格的审查机制。针对不同类型的设备及不同故障级别,应制定详细的检修方案,明确技术要求和标准,确保修复工作不仅能够解决现有问题,还能有效预防潜在故障的发生。在管理规范方面,应建立健全的责任分配与追溯制度,确保每项检修任务都有专人负责,并实施严格的质量控制与检查程序^[2]。定期开展检修培训和技能评估,确保检修人员掌握先进技术与工具,熟悉设备现状及常见的故障模式。检修工作还应结合设备的运行记录与监测数据,定期分析故障发生的原因与趋势,持续改进检修策略,从而提高管理的科学性与效率。通过对检修制度与管理规范的完善,不仅能够提高检修效率、减少误操作的发生,还能在设备出现故障之前采取预防性措施,从源头上减少故障发生的风险,保障设备在长期运行中的稳定性与安全性。

3.2 建立实时监控与响应机制

建立一套高效的实时监控与响应机制,对于确保水力发电设备在运行中的故障能够被快速识别并及时应对至

关重要。实时监控系統应全面覆盖发电机组的核心组件及关键参数,包括水轮机、发电机、电气系统和冷却系统等。通过智能化传感器和在线监测设备,温度、压力、振动、电流等关键数据能够实时采集,并传输至监控中心,从而为运维人员提供精准的设备运行状态,这些监测数据不仅有助于及时发现设备异常,还能够通过与历史数据的比对,预测潜在故障的发生,从而提前进行预警和处理^[3]。与此同时,响应机制的建立应确保在不同故障情境下,能够迅速采取相应的措施并制定应急预案。通过结合大数据分析 with 人工智能技术,智能故障诊断得以实现,实时判断故障的性质及其影响范围,并自动提出初步的处理方案。在此基础上,运维人员应根据具体故障情况,快速做出决策并执行修复措施。为了提升响应效率,远程监控与操作能力同样显得至关重要,这使得技术人员能够在故障发生的第一时间介入,避免因操作延迟而导致设备进一步损坏或生产停滞。通过建立实时监控与快速响应机制,故障发现的及时性得以显著提升,设备停机时间得以减少,维护成本得以降低,同时能够有效预防小故障演变为更为严重的设备停机事故,最终保障发电设备的稳定运行与安全性。

4 结语

水力发电设备的故障检修对系统的安全与稳定起着至关重要的作用。通过对核心设备,如水轮机、发电机以及控制保护系统的故障进行深入分析,能够为检修工作提供准确的方向和技术支持。在检修实施过程中,信息收集、故障定位、策略制定与效果验证是每个环节中的关键步骤。有效的检修制度、完善的实时监控机制以及专业的检修队伍,是确保检修质量的根本保障。智能化维护系统的引入,不仅提升了故障预警与处理的能力,还确保了设备运行的高效性和可靠性。随着技术的不断进步,未来,检修流程将被持续优化,以实现水力发电设备的长期稳定运行。

【参考文献】

- [1] 肖家翠. 水力发电设备运行状态故障分析与检修[J]. 技术与市场, 2022, 29(10): 191-192.
 - [2] 周松林. 水力发电设备的运行状态故障及检修技术[J]. 智能城市, 2020, 6(19): 159-160.
 - [3] 韦宏昊, 黄娜. 水力发电设备的运行状态故障检修分析[J]. 中国设备工程, 2023(21): 184-186.
- 作者简介: 牟金祥(1986.2—), 单位名称: 云南华电金沙江中游水电开发有限公司阿海发电分公司, 毕业学校和专业: 昆明理工大学, 电气工程及其自动化专业。

水利工程运行管理标准化建设对策

翟新峰

昌吉市水利管理站, 新疆 昌吉 831100

[摘要] 水利工程是国民经济的重要支柱, 对于保障粮食安全、防洪减灾、生态环境保护等方面具有不可替代的作用。为了提高水利工程的运行效率、减少灾害风险, 并推动其可持续发展, 开展水利工程运行管理标准化建设显得尤为重要。然而, 水利工程的复杂性和特殊性使得标准化建设面临诸多挑战。文章旨在探讨水利工程运行管理标准化建设的关键对策, 以期为该领域的研究和实践提供有价值的参考。

[关键词] 水利工程; 运行管理; 管理标准化; 对策

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16052

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Countermeasures for Standardization Construction of Water Conservancy Engineering Operation Management

ZHAI Xinfeng

Xinjiang Changji Water Conservancy Management Station, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: Water conservancy engineering is an important pillar of the national economy, playing an irreplaceable role in ensuring food security, flood control and disaster reduction, ecological environment protection, and other aspects. In order to improve the operational efficiency of water conservancy projects, reduce disaster risks, and promote their sustainable development, it is particularly important to carry out standardized construction of water conservancy project operation and management. However, the complexity and specificity of hydraulic engineering pose many challenges to standardized construction. The article aims to explore the key strategies for standardizing the operation and management of water conservancy projects, in order to provide valuable references for research and practice in this field.

Keywords: water conservancy engineering; operation management; standardization of management; countermeasures

引言

随着经济的不断发展与社会的进步, 水利工程在保障人们的生活用水、促进农业灌溉、调节水资源分配以及防洪减灾等方面, 发挥了越来越重要的作用。尤其是在新疆这样地理环境复杂、气候极端的地区, 水资源的合理配置与高效利用显得尤为关键。然而, 随着水利工程规模的不断扩大及管理要求的日益提升, 面临的环境和技术挑战愈加复杂。水利工程的运行管理迫切需要实现标准化和科学化, 只有这样, 才能更好地应对这些挑战。通过推进水利工程运行管理的标准化建设, 管理效率能够有效提高, 工程的安全稳定运行得以确保, 水资源的利用率也将得以提升, 浪费得到减少, 管理流程得以优化, 从而增强了应对突发事件的能力。对于新疆水利工程的可持续发展, 这一过程具有深远的现实意义。本文将深入分析新疆地区水利工程运行管理的现状与面临的挑战, 并提出针对性的标准化建设对策, 旨在为该地区水利工程的科学管理提供理论支持与实践指导。

1 水利工程运行管理标准化建设的意义

1.1 保障水利工程安全稳定运行

水利工程的运行管理标准化建设, 在确保其安全稳定运行方面, 具有至关重要的基础性作用。作为承担防洪减灾、农田灌溉、城市供水及水力发电等多项重要功能的基

础设施, 水利工程的正常运行, 直接影响着社会经济的可持续发展以及人民群众的生命财产安全。然而, 在部分地区, 仍面临着制度不健全、职责不明确、管理手段滞后等问题, 水利工程的管理体系。因此, 在实际运行过程中, 存在一定的安全隐患。推动标准化建设, 有助于完善统一的管理制度、运行规范及技术标准, 明确各环节的操作流程、管理要求与责任分配, 从而增强管理的系统性与科学性。标准化管理, 不仅能够实现对工程设施运行状态的实时监控与动态维护, 还能提升故障诊断与应急响应的效率, 减少人为失误及运行风险, 进而有效避免由于设备老化、调度失误或极端天气等因素引发的安全事故。

1.2 提高水资源综合利用效率

水利工程负责区域内的水资源调配, 以确保满足生产和生活的用水需求。例如, 若相关部门未加强水利工程的运行管理, 可能会因结构失稳等原因影响水资源调配, 进而导致局部缺水或洪水等问题。然而, 通过推进运行管理的标准化建设, 可以最大程度地保障水利工程在跨区域调水、水库调节、洪水预警和水质监测等方面的有效性, 从而实现水资源的合理利用与保护^[1]。此外, 在标准化建设过程中, 有关人员应致力于研究和应用高效节水技术, 以促进水资源的循环利用, 减少浪费。

1.3 促进水利事业的可持续发展

水利工程运行管理的标准化建设,是推动水利事业可持续发展的关键保障。随着社会经济的不断进步及生态文明建设的深入推进,水资源的可持续利用,已成为国家战略的重要组成部分。作为水资源开发、利用、配置及保护的核心载体,水利工程的运行管理水平,对水利事业的质量和效率,具有直接影响。通过推进标准化建设,运行管理的各个环节可以进行系统规范,资源配置得以优化,水资源的使用效率提高,浪费与损耗减少,从而为水利工程的绿色、循环、低碳运行,奠定坚实基础。标准化,不仅能够统一管理标准与技术规范,推动管理模式的科学化与制度化,还能增强运行管理的透明度和可追溯性,从而提升公众对水利事业的认同感与参与度。此外,标准化管理的实施,有助于新技术、新设备及新材料的推广应用,推动信息化与智能化水平的提升,为水资源的科学调度、生态保护与高效利用,提供技术支撑。

2 新疆地区推进标准化建设的主要问题分析

2.1 地域环境与水资源特点带来的特殊性

新疆地区推进水利工程运行管理标准化建设,面临着地域环境与水资源的特殊性带来的显著制约因素。该地区位于中国西北内陆,地势复杂,整体呈现“三山夹两盆”的地貌特征。气候干旱少雨、蒸发强烈,水资源的时空分布极为不均衡。大多数水资源集中在天山、昆仑山等山区,主要来自冰川融水与降水补给,而人口密集、经济活动集中的区域,则多位于绿洲和平原地带,形成了典型的“水源在山,需水在地”矛盾。与此同时,水资源,主要来源于内陆河流,外流河极为稀少,部分河流为季节性径流,水量不稳定,年际变化较大,给水资源的调蓄与利用,带来了较高的难度。在这样的自然条件下,水利工程的运行管理,需应对极端气候的频发、河道水量的剧烈波动、调水线路的长距离和输水系统的复杂性等挑战。这些自然因素的不确定性与多变性,显著增加了标准化运行管理的复杂度与适应性难度。此外,新疆幅员辽阔,水利工程分布广泛,各地区差异明显,导致在管理制度、工程类型及运行模式等方面,存在较大差异,难以形成一个统一、协调、科学的标准化管理体系。

2.2 管理制度不完善问题

在新疆地区推进水利工程运行管理标准化建设的过程中,管理制度的不完善,成为了制约高效推进的重要因素之一。由于历史发展背景、区域经济差异以及政策执行力度不同,水利工程的运行管理,在制度建设方面,存在一定的滞后现象。具体表现为管理职责划分不明确、权责体系不健全,以及制度执行缺乏统一标准等问题。在一些地区,水利工程的运行维护、调度管理、日常巡检与隐患排查等工作,缺乏系统化的管理流程与规范性文件,导致许多操作依赖经验,管理上存在较大的随意性。此外,不同层级水利管理部门之间,甚至水利与相关行业部门之间,缺乏有效的制度衔接与协调机制,信息共享渠道不畅,协

同工作效率低下,容易导致调度冲突、资源浪费以及监管盲区^[2]。在资金投入、设施维护及应急管理等方面,也存在着制度支持不足、流程不规范与监督机制不完善的现象,这些问题,影响了水利工程运行的规范性与科学性。

2.3 技术手段与设备落后问题

在新疆地区推进水利工程运行管理标准化建设时,技术手段与设备的落后问题,显著制约了管理效率及工程的安全运行。由于一些水利工程的建设时间较为久远,受到当时技术水平与资金投入的制约,许多工程配备的监测、控制与通讯设备,已出现老化、故障频发以及功能滞后的情况,无法满足当前精细化与智能化管理的需求。同时,在一些中小型水利工程及偏远地区,自动化与信息化水平较低,仍依赖传统的人工巡查与手动操作,这不仅导致工作效率低下,还使得数据采集滞后,信息传递出现延迟,严重影响了对工程运行状态的实时监控与风险预警。更重要的是,遥感监测、物联网、水利大数据、云计算等先进技术,在新疆地区的推广应用,仍然不够充分,相关基础设施建设,相对滞后。这些因素,导致在运行管理过程中,数据的采集、处理与分析能力受到限制,无法为科学调度与精准管理提供足够的支持。

2.4 人员素质与培训机制不足

在新疆地区推进水利工程运行管理标准化建设过程中,人员素质与培训机制不足,成为亟待解决的关键问题。水利工程的有效运行管理,需要依靠高素质的专业技术人才与管理人才。然而,在一些地区,特别是偏远和农村地区的水利系统,人员配备不足且专业技能相对较弱。许多从事水利工程管理工作的人员,未能接受系统的职业培训,缺乏持续的知识更新,这导致了他们在实际工作中,存在技能滞后、应变能力不足等问题。尤其在新技术、新设备和新管理模式迅速发展的背景下,现有人员的技术水平与管理能力,无法满足水利工程日益复杂化与精细化的运行需求。更为突出的是,水利部门内部,缺乏完善的培训机制,许多基层管理人员与技术人员,未能得到高质量、定期的专业培训,导致他们对最新的管理标准、技术手段以及相关政策法规的掌握不充分,进而影响了水利工程运行管理标准化建设的顺利实施。

3 新疆水利工程运行管理标准化建设对策

3.1 完善标准体系建设

新疆水利工程运行管理标准化建设的首要措施,是完善标准体系建设。随着水利工程规模的持续扩大及管理需求的日益复杂,现有的管理标准与技术规范,已无法完全满足新的运营管理需求。为了应对这一挑战,需要从顶层设计入手,结合新疆的地域特点与水资源实际情况,制定一套科学、系统且适用的管理标准体系。该体系,应覆盖水利工程各类设施的设计、建设、运行、维护等各个环节,并根据不同类型的水利工程与区域特点,制定具体的管理标准与操作规程。同时,应注重标准的动态更新与优化,随着技术进步与管理经验积累,标准内容将不断完善,确保其具

备前瞻性与适应性。在标准制定过程中,专家意见应广泛征求,特殊因素,如新疆地区的气候、地理及水资源分布,应充分考虑,以确保标准体系具备较强的针对性与可操作性。此外,标准化建设,还应加强现有管理模式与技术手段的整合,推动信息化、智能化技术在水利工程中的应用。

3.2 推进信息化与智能化管理手段应用

推动信息化与智能化管理手段的应用,是提升新疆水利工程运行管理标准化水平的关键举措。随着信息技术及智能化设备的飞速发展,水利工程管理,逐步迈入数字化与智能化时代。引入信息化管理手段后,水利工程施工与运行状态的实时监控与数据采集,变得可行,为科学调度与决策提供了精准的基础数据。例如,借助物联网技术,水库、泵站、灌溉系统等设备与监测系统,可以联动,实时采集运行参数,及时发现潜在风险与故障隐患。智能化技术,如大数据分析、人工智能及机器学习算法,已可应用于水资源合理调度、供水计划优化及灌溉效率提升等方面,从而有效提升资源利用率,减少浪费。通过建立集中的水利信息平台,不同区域、部门之间的数据共享与信息互通,能够实现,促进跨部门协作,进一步增强整体管理效率^[3]。同时,智能化预警系统的构建,可以基于历史数据及实时监控信息,预测洪水、干旱等极端事件的发生,并自动启动应急响应措施,从而有效减轻突发事件对水利工程安全的影响。

3.3 建立健全管理制度与监督机制

健全管理制度与建立有效监督机制,是推动新疆水利工程运行管理标准化建设的重要举措之一。尽管在水利工程管理方面,已作出一定努力,但整体来看,管理制度仍存在不完善及执行不到位的问题。因此,必须从制度层面着手,制定一套符合新疆实际情况的管理规章,明确不同类型水利工程的责任主体、操作流程、运行规范以及应急响应机制,以确保每项管理工作都能够落实到位。同时,构建完善的监督机制,也至关重要。通过加强日常监督、定期审计及评估等手段,制度的贯彻落实以及运行质量的持续改进,能够有效确保。监督机制,不仅能及时发现管理中的问题和不足,还能增强责任追究力度,防止失职或渎职现象的发生,确保水利工程在长期运行中的高效、安全与稳定。此外,监督机制,还应强调信息公开与透明,举报和投诉渠道的建立,应鼓励社会各界及公众参与监督,从而形成广泛的社会监督体系。

3.4 强化人员培训与能力提升

加强人员培训与提升能力,是推进新疆水利工程运行管理标准化建设的关键措施之一。水利工程的有效管理与运营,依赖于高水平的技术与管理人才。然而,当前新疆部分地区的水利工程管理人员,在技术能力、管理经验以及应急处置能力方面,仍显不足。因此,提升水利工程相关人员的专业素质和综合能力,是确保水利工程长期安全、稳定、高效运行的根本保障。培训内容,应涵盖水利工程的管理、设备维护、信息化技术应用以及应急管理等方面,特别需要关注新技术、新设备的应用培训,如智能化监控系统

统、大数据分析和人工智能等,帮助管理人员跟上技术发展的步伐。培训,还应结合实际需求,注重理论与实践的结合,通过案例分析和实际操作等形式,提高管理人员的操作能力与应急响应水平。为确保人员的技能得到持续提升,应建立常态化的培训机制,通过定期技术交流、岗位技能提升及外部培训等多渠道方式,保证培训内容的持续更新与升级。

3.5 加强跨部门协同与政策支持

强化跨部门协作与政策支持,是推进新疆水利工程运行管理标准化建设的关键措施。新疆的水利工程管理,涉及多个部门,包括水利、农业、环保、财政等职能部门,还需要地方政府及企业等多个方面的协同合作。若各部门之间缺乏有效沟通与协调,信息孤立、职责重叠或管理空白,往往会导致,从而影响水利工程的整体运行效率与管理效果。因此,推动跨部门协同合作,建立完善的信息共享平台及协作机制,是提高管理效率、确保水利工程安全稳定运行的重要保障。必须能够在工程运行管理过程中,相关部门及时共享数据、资源,统一工作流程和标准^[4]。与此同时,政策支持,对水利工程管理标准化建设也至关重要。政府应加强政策引导与资金支持,完善相关法律法规与管理规范,为标准化建设提供有力的制度和资金保障。政策的支持,能不仅激励各部门积极推进水利工程标准化,还能加速先进技术的推广应用与水利基础设施的不断升级,为水利事业的可持续发展提供坚实的支撑。

4 结语

水利工程运行管理标准化建设,在提升管理水平、确保工程安全稳定运行、优化水资源配置及推动可持续发展方面,具有至关重要的作用。尤其是在新疆地区,面对复杂的自然条件与水资源短缺的挑战,标准化建设的推进,不仅是应对当前困难的必然举措,更是实现水利工程可持续发展与生态保护的核心路径。通过健全管理制度、推动技术创新、提升人员素质以及促进部门间的协作,水利工程的运行效率与管理质量,可以显著提升。随着标准化建设的深入实施,水利工程将发挥越来越重要的作用,保障水资源安全、促进经济发展及改善生态环境等方面,为新疆及全国水利事业的可持续发展奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1]夏天. 水利工程运行管理标准化建设对策[J]. 大众标准化, 2025(5): 126-128.
 - [2]马丽红. 水利工程运行管理标准化建设对策[J]. 大众标准化, 2025(5): 74-76.
 - [3]高松伟. 水利工程运行管理标准化建设存在的问题及对策[J]. 农村科学实验, 2024(10): 100-102.
 - [4]崔迎华, 李晓明. 新时期水利工程运行管理标准化建设策略探究[J]. 中国住宅设施, 2024(1): 41-43.
- 作者简介: 翟新峰(1976.9—), 男, 工程硕士, 高级工程师, 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 水利工程, 当前就职单位名称: 昌吉市水利管理站。

智能化继电保护技术在电力变电站中的应用研究

张程莉 李艺昆 朱建伟 李玉倩

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力系统的智能化发展,智能化继电保护技术已成为提升变电站自动化水平和保障电网安全的重要手段。文中针对智能化继电保护技术在电力变电站中的应用进行了研究,分析了其在设备保护、故障诊断、系统自动化以及运维管理中的作用。通过对实际应用案例的分析,提出了运维人员如何快速查看设备状态、判断故障并实施有效的巡视和维护策略。最后,文中探讨了智能化继电保护技术面临的挑战与未来发展趋势。

[关键词]智能化继电保护技术; 电力变电站; 故障诊断; 自动化控制; 系统安全

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16084

中图分类号: TM774

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Relay Protection Technology in Power Substations

ZHANG Chengli, LI Yikun, ZHU Jianwei, LI Yuqian

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

Abstract: With the intelligent development of the power system, intelligent relay protection technology has become an important means to improve the automation level of substations and ensure the safety of the power grid. The article focuses on the application of intelligent relay protection technology in power substations, analyzing its role in equipment protection, fault diagnosis, system automation, and operation and maintenance management. Through the analysis of practical application cases, it is proposed how operation and maintenance personnel can quickly view equipment status, diagnose faults, and implement effective inspection and maintenance strategies. Finally, the article discusses the challenges and future development trends faced by intelligent relay protection technology.

Keywords: intelligent relay protection technology; power substation; fault diagnosis; automation control; system safety

引言

随着电力系统规模的不断扩大和复杂化,传统的继电保护技术面临着设备多、故障类型繁杂等挑战,难以满足现代电力变电站对安全性和可靠性的高要求。智能化继电保护技术的应用,利用先进的信息处理与通信技术,能够实现对变电站设备的精准监测与高效故障诊断,不仅提升了电力系统的稳定性,还大大降低了事故发生风险。探索智能化继电保护技术在变电站中的应用,不仅具有重要的理论价值,更是推动电力系统智能化发展的关键。

1 智能化继电保护技术的概述与发展趋势

随着电力系统的不断发展与智能化需求的提升,智能化继电保护技术逐渐成为现代电力变电站的核心组成部分。该技术通过智能化手段优化继电保护系统的功能,提升电力系统的安全性和可靠性。

1.1 智能化继电保护技术的定义与基本原理

智能化继电保护技术是将传统继电保护与信息技术、通信技术相结合的一项创新性技术。其核心目标是通过智能算法实现对变电站设备的实时监控、故障检测和精确定位。与传统继电保护相比,智能化继电保护不仅具备自动化故障检测和诊断的能力,还能通过自学习、数据分析等方式提升保护装置的响应速度与准确性。其基本原理包括数据采集、分析处理、控制反馈等多个环节,确保电力系统在发生故障时能够迅速做出反应,避免设备损坏与系统停运。

1.2 智能化继电保护技术的优势

智能化继电保护技术相较于传统继电保护具有显著的优势。首先,智能化继电保护能够实现远程监控与实时诊断,及时发现潜在的设备隐患,减少人为干预。其次,其快速故障定位和隔离能力能显著提高电力系统的恢复速度,减少因故障导致的电力供应中断时间。此外,该技术还能通过大数据分析,提供更加精准的设备运行状态和故障预测,进一步提升变电站的安全性与稳定性。总的来说,智能化继电保护通过提高系统的自动化程度,使得电力变电站的运行更加高效、可靠。

1.3 智能化继电保护技术的发展趋势

随着科技的进步,智能化继电保护技术也在不断发展。未来,随着物联网、人工智能、大数据等技术的深度融合,智能化继电保护将更加智能化和自动化。首先,保护装置将更加精准,能够根据不同故障类型和设备状态,做出更为细致和高效的应对措施。其次,随着通信技术的进步,智能化继电保护将实现更高效的跨区域协同,形成智能化的电力保护网络。最后,随着云计算技术的发展,智能继电保护将具备更强大的数据处理与存储能力,进一步提升电力系统的监控和管理水平^[1]。

2 智能化继电保护在电力变电站中的应用

2.1 智能化继电保护在故障诊断中的作用

智能化继电保护技术在电力变电站中的故障诊断功

能至关重要。传统继电保护系统在发生故障时,主要依赖人工分析和故障判断,效率较低且易出错。而智能化继电保护系统通过内置高级算法和大数据分析,能够实时监控电网运行状态,自动识别电力设备的故障类型。具体来说,智能继电保护系统可以通过采集变电站各类设备(如变压器、断路器、线路等)的电流、电压、频率等参数,分析这些数据变化,迅速定位故障发生的位置、性质及其原因。例如,当电力系统出现短路或过载等故障时,系统能够通过实时数据分析确定故障点,并及时发出警报,为运维人员提供直观的故障信息,从而大大提高故障处理的速度和准确性,减少电力系统停运时间。

2.2 智能化继电保护在设备监控中的应用

智能化继电保护系统不仅能够进行故障诊断,还能实时监控变电站各类设备的运行状态。设备监控是智能化继电保护技术的重要功能之一,它通过对设备的实时数据采集和分析,帮助运维人员了解设备的健康状况和运行参数。在电力变电站中,设备的故障往往与设备老化、维护不当等因素有关。智能化继电保护系统通过建立设备的运行历史数据库,能够对设备进行趋势预测和故障预警。例如,通过对变压器、断路器、母线等关键设备的温度、电压、电流等参数的监测,系统可以检测到设备出现异常波动的趋势,并及时发出预警信号,提醒运维人员提前进行维护和检修,避免设备发生严重故障,保障电力系统的稳定运行^[2]。此外,智能化继电保护还可以对设备的运行情况进行远程监控,减少了人工巡检的次数,提高了运维效率。

2.3 系统自动化与故障快速隔离

智能化继电保护系统的另一大优势在于其高度的自动化和故障快速隔离功能。当电力变电站发生故障时,传统继电保护依赖人工操作进行系统恢复,恢复速度慢且容易受到人为因素的影响。而智能化继电保护系统能够根据系统故障类型自动启动保护装置,迅速进行故障隔离,确保电力系统其余部分的正常运行。例如,在发生短路故障时,智能化继电保护系统能够根据故障的位置和性质,迅速切断故障线路或设备,避免故障波及其他设备或线路,减少故障范围,确保电力系统的稳定性。此外,系统还能够自动恢复正常状态,当故障消除后,自动投入备用电源或重启设备,极大缩短了系统恢复的时间,提升了变电站的自动化水平和整体安全性。运维人员在系统自动化的帮助下,可以集中精力处理更复杂的问题,提高工作效率。

通过上述应用,智能化继电保护技术显著提高了电力变电站的自动化、可靠性和故障响应速度,为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。

3 运维人员的操作与故障判断

3.1 运维人员在智能化继电保护系统中的角色

在智能化继电保护系统中,运维人员扮演着至关重要的角色。他们不仅是系统的日常操作管理者,也是故障排

查与处理的核心力量。智能化继电保护系统的优势在于其自动化和远程监控功能,但运维人员仍需对系统运行进行监控与干预,确保设备在任何情况下都能正常运行。具体来说,运维人员需要根据智能化系统提供的实时数据和报警信息,对设备状态进行分析,识别潜在故障风险,并及时采取措施进行预防或修复。此外,运维人员还需要定期进行系统校验与维护,确保继电保护设备和监控系统的稳定性与可靠性。

3.2 如何通过智能化继电保护系统快速判断故障类型

智能化继电保护系统通过实时采集设备的运行数据,提供了清晰、直观的故障诊断信息,帮助运维人员快速判断故障类型。当发生故障时,系统通常会发出故障报警,并通过故障定位功能确定故障发生的设备或线路位置。运维人员可以通过智能化保护系统的监控平台,查看故障事件的详细数据,如电流、电压波动、频率变化等,这些数据可以帮助他们判断故障的性质(如短路、接地、过载等)。此外,系统还可以提供实时波形图和设备状态变化,进一步支持故障分析。运维人员通过这些信息,不仅可以准确判断故障类型,还可以迅速识别可能的故障原因,并及时采取相应的处理措施,从而提高故障响应效率。

3.3 运维人员巡检与设备维护的注意事项

虽然智能化继电保护系统具有自动监控和故障诊断功能,但设备的定期巡检和维护仍然是保障变电站安全运行的关键工作。运维人员在进行巡检时,除了依赖系统提供的监控数据外,还应注意设备的外观检查和物理状态的评估。常见的巡检内容包括检查设备是否存在过热、泄漏或积尘等问题;检查继电保护设备的电池和接线是否稳固^[3];检查开关设备的运行状态,确保其开关操作灵活可靠;以及检查控制室和变电站内部的环境条件,如温湿度是否符合设备要求。此外,运维人员还需要定期进行继电保护装置的功能测试和校验,确保系统的准确性和灵敏度,避免因设备老化或故障导致的保护失效。

3.4 故障处理流程与智能化工具的使用

智能化继电保护系统提供了一整套高效的故障处理流程,帮助运维人员快速应对故障事件。故障发生后,系统会根据预设的算法自动判别故障类型,并给出故障定位信息,运维人员可根据这一信息迅速采取措施。通常,运维人员首先需要通过系统界面获取实时故障报警和故障日志,分析相关数据,以确定故障原因。对于简单故障,智能化系统可自动完成隔离并恢复系统,运维人员只需确认故障排除;对于较为复杂的故障,运维人员可借助智能化工具进行深度分析,如波形记录、参数诊断等。智能化工具还能够为运维人员提供故障模式识别和历史数据对比,从而帮助判断是否为设备老化或长期故障积累引起的。通过这些工具,运维人员可以在较短的时间内解决故障问题,避免了传统人工判断所带来的延误。

智能化继电保护系统不仅提高了故障诊断和处理的自动化水平,也使运维人员的工作更为高效与精准。运维人员通过系统提供的实时数据与智能工具,能够快速判断故障类型、采取有效处理措施,并定期进行设备维护,确保电力变电站的稳定运行。

4 智能化继电保护在电力变电站中的实际应用案例

智能化继电保护技术已在多个电力变电站得到了成功应用,通过其先进的故障诊断与快速响应能力,显著提高了电力系统的安全性和稳定性。以下是国内的一些实际应用案例。

4.1 南方电网某变电站智能化保护系统的应用

在南方电网某变电站的智能化继电保护系统应用中,变电站引入了基于 IEC61850 标准的智能继电保护装置,完成了对站内所有设备的智能监控与保护。该系统实现了对变电站内部电气设备的实时数据采集和故障自动诊断。当变电站设备出现异常时,智能保护系统能够迅速识别故障类型并精确定位故障源,自动执行断路操作,避免了传统继电保护系统中人工干预的延迟和误判。在系统应用初期,变电站出现的故障平均恢复时间较传统保护系统缩短了 50%,提升了设备的稳定性和供电可靠性^[4]。

4.2 华北电力公司智能化继电保护在风电场中的应用

华北电力公司在其风电场项目中成功应用了智能化继电保护技术。由于风电场通常存在负荷波动较大、电网接入复杂等特点,传统继电保护系统在处理突发故障时往往存在响应不及时或保护不完全的情况。针对这一问题,华北电力公司引入了基于智能化算法的继电保护装置。系统通过实时监测风电场各个风机的运行状态,并结合电网的负荷变化情况,智能调整保护策略。通过动态评估风机的工作状态,系统能在发生故障时精准判断故障区域和原因,并实施分区断电,从而减少了因全局保护导致的电力系统中断,保障了风电场和电网的稳定运行。实际应用表明,智能化继电保护系统在风电场的故障处理上提升了 60%的效率。

4.3 上海电力变电站智能保护系统升级改造项目

上海市某大型电力变电站为提升系统可靠性和运行效率,开展了智能化继电保护系统的升级改造项目。在此

项目中,变电站引入了基于大数据分析云计算技术的智能保护装置,集成了多种先进的智能算法,能够对变电站设备进行全天候的智能监控。尤其是在电力系统负荷变化较大的时段,系统能够根据实时数据动态调整保护设定,提前识别潜在故障点,并及时进行预警。该系统还具有远程诊断和自恢复能力,当出现部分设备故障时,系统能够在不中断全站运行的情况下,将故障隔离,避免了大规模的电力中断。通过这项技术升级,上海电力变电站不仅提高了故障响应速度,减少了人为误操作,还大幅降低了设备维护成本,系统可靠性提高了 40%^[5]。

这些案例展示了智能化继电保护技术在不同类型电力变电站中的应用效果,充分证明了该技术在提升电力系统安全性、稳定性和运行效率方面的巨大潜力。

5 结束语

智能化继电保护技术的应用为电力变电站的运行带来了显著的改进,提升了故障诊断能力、响应速度和系统可靠性。通过与人工智能、大数据等先进技术的融合,智能化继电保护系统展现出巨大的发展潜力。未来,随着技术的不断进步,智能化保护系统将更加强大,具备自适应、远程监控和故障预测等功能,为电力系统的安全与高效运行提供坚实保障。电力行业将在智能化技术的推动下,迈向更加智能、稳定的新时代。

[参考文献]

- [1]成晓赫,张峻源.智能化技术在电力系统继电保护中的应用[J].现代工业经济和信息化,2024,14(4):124-125.
- [2]张安乐.智能化电力系统继电保护技术的应用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(17):4-6.
- [3]杜泽鸿.电力系统中智能变电站继电保护技术分析[J].智能建筑与智慧城市,2024(9):153-155.
- [4]刘红亮,魏胜孟.智能化背景下电力系统继电保护技术的应用探究[J].科技资讯,2024,22(22):68-70.
- [5]宋韬.基于智能化技术的电力系统继电保护方法研究与应用[J].自动化博览,2024,41(12):66-68.

作者简介:张程莉(1993.10—),女,河南省南阳市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事变电运维技术工作。

数字化背景下电力物资集约化采购管理研究

徐 任

四川宏业电力集团金堂分公司, 四川 成都 610000

[摘要]在数字化转型加速推进的背景下,电力企业的物资采购管理模式正发生深刻变革。集约化采购作为提高资源配置效率、降低采购成本的重要手段,正在数字技术的支持下实现优化与升级。文中围绕电力物资采购中存在的实际问题,探讨大数据、人工智能等数字技术在集约化采购中的应用路径,分析数字化采购平台建设、流程再造与风险控制策略,为提升采购管理智能化水平提供技术支撑与实践思路。

[关键词]电力物资;集约化采购;数字化管理;采购优化;风险控制

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16066

中图分类号: F426

文献标识码: A

Research on Intensive Procurement Management of Electric Power Materials under the Digital Background

XU Ren

Jintang Branch of Sichuan Hongye Electric Power Group, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: Against the backdrop of accelerated digital transformation, the material procurement management mode of power enterprises is undergoing profound changes. Intensive procurement, as an important means to improve resource allocation efficiency and reduce procurement costs, is being optimized and upgraded with the support of digital technology. The article focuses on the practical problems in the procurement of power materials, explores the application paths of digital technologies such as big data and artificial intelligence in intensive procurement, analyzes the construction of digital procurement platforms, process reengineering, and risk control strategies, and provides technical support and practical ideas for improving the intelligence level of procurement management.

Keywords: electric power materials; intensive procurement; digital management; procurement optimization; risk management

引言

随着电力企业规模扩大和运营成本压力加剧,传统分散式采购模式已难以满足高效运营需求。数字化技术的发展为实现集约化采购提供了技术支撑与数据基础。本文旨在分析当前电力物资采购管理存在的问题,探索数字化条件下集约化采购的可行路径,推动采购体系智能化、系统化转型。

1 数字化转型对电力物资采购的驱动作用

1.1 数字化趋势下电力行业的采购需求变化

随着能源结构的调整 and 智能电网的建设步伐加快,电力行业的运营模式正逐步向数字化、信息化、智能化方向转型。这一转型不仅改变了电力生产、输送和服务模式,也深刻影响了电力物资的采购管理需求。一方面,企业对物资采购的响应速度、精准性和协同性提出了更高要求;另一方面,传统的分散式、人工化采购管理方式难以满足大规模集中采购、跨区域物资调配和高频次需求响应的实际需要。同时,采购需求也呈现出数据驱动、实时动态、多元协同等新特征。例如,设备升级换代加快、运维周期缩短,促使物资需求变得更加复杂和多变;对采购环节的透明度、可追溯性要求也日益增强。为了适应这些变化,电力企业迫切需要构建以数字技术

为支撑的集约化采购体系,实现从“被动采购”向“主动预测采购”转型。

1.2 信息技术赋能采购流程再造

信息技术的广泛应用为电力企业采购流程的再造与优化提供了有力工具。特别是企业资源计划系统(ERP)、供应链管理系统(SCM)和采购管理平台的融合应用,使得采购活动可实现全过程数字化管控。通过信息化平台,采购各环节如计划制定、供应商选择、招标投标、合同签订、物流管理等均可实现线上协同操作,有效提高了工作效率和操作规范性。此外,物联网(IoT)和云计算等技术的引入,使得采购信息能够跨系统、跨地域实时共享,提升了采购需求的响应速度与资源的调度能力。对于库存物资的动态监控、合同执行的进度追踪、供应商履约的实时反馈,都可以通过集成的信息系统实现自动化处理,大大减少了人为干预和信息失真带来的风险,从而推动采购流程从传统线性模式向智能闭环管理模式演进^[1]。

1.3 数据驱动的决策支持机制建设

在数字化采购环境中,数据已成为最核心的战略资源。通过对历史采购数据、市场行情数据、供应商履约数据等多维度信息的整合分析,可以为企业的采购决策提供有力

支撑。例如,通过大数据挖掘技术,可以建立物资需求预测模型、供应风险预警机制和价格趋势分析系统,帮助企业在采购策略制定中更加科学、前瞻。人工智能(AI)与机器学习算法的引入,使得采购管理决策逐步从经验驱动向模型驱动转变。在多供应商、多品类、多项目并行的复杂采购环境中,算法可以基于历史绩效和当前市场变量,自动推荐最优的采购方案或供应商选择路径,从而提高采购决策的效率与准确率。同时,智能算法还能持续学习采购行为和结果,不断优化规则体系,推动采购管理朝着更智能、更精细的方向发展。综上所述,数字化转型为电力物资采购管理注入了强劲动能。从需求变化到流程重塑,再到决策机制升级,数字技术正系统性地重构电力企业的采购模式,为实现集约化、高效化、智能化管理提供了坚实基础。

2 电力物资集约化采购的现状与问题

2.1 集约化采购的实施基础与发展现状

随着电力行业市场化改革的推进,集约化采购作为提升资源配置效率、降低成本和增强供应链协同能力的重要手段,在电力企业中得到了广泛关注。尤其是在大型电网企业和综合能源集团中,已初步建立了以总部统筹、区域协同、系统管理为核心的集约化采购体系。一些企业通过统一采购平台、集中招标机制和标准化物资目录,有效实现了采购环节的集中控制与资源整合。目前,部分企业已在试点范围内实现了“统一采购计划、统一招标采购、统一供应链管理”的三统一模式,并结合信息系统推进采购数据集中管理。这些实践为进一步推广集约化模式奠定了基础。同时,政府监管部门也出台了相关政策,鼓励电力企业规范采购流程、加强采购透明度,推动采购向集中、高效、公开、公平方向发展^[2]。

2.2 存在的主要问题:标准不统一、信息孤岛

尽管集约化采购取得了一定成效,但在推进过程中仍面临诸多瓶颈。其中最突出的一个问题是采购标准体系不统一。由于各区域公司、下属单位在实际运营中存在设备类型差异、技术要求不同等问题,导致对物资的品类定义、技术参数、质检标准等缺乏统一规范,影响了集中采购的实施效果。此外,在某些企业内部,物资编码体系混乱、重复采购和型号不兼容的现象仍然存在,造成采购效率低下与资源浪费。另一个制约因素是信息孤岛现象严重。虽然许多企业已建立了独立的信息管理平台,但各系统间缺乏有效的数据对接和共享机制,造成信息传递不畅、数据重复录入、数据分析结果片面等问题。这种信息割裂的现状不仅影响采购流程的协同性,还制约了采购数据的分析利用,难以实现从全局角度优化采购决策与资源调度,削弱了集约化采购的整体效益。

2.3 传统采购流程对集约化管理的制约因素

传统的电力物资采购流程多以人工管理、线下审批为主,流程复杂、层级众多,导致采购响应周期长、审批效率低,难以适应当前高频次、多批量、实时化的采购需求。在这种模式下,采购部门往往过度依赖人工经验和部门间协商,缺乏系统的流程设计与自动化控制,无法对物资采购的全过程进行有效监控和动态调整。此外,传统采购在供应商管理方面也存在弊端。一些企业缺乏统一的供应商评估与准入机制,供应商资源分散,重复选择和低效合作现象较为常见,难以建立起高质量、稳定的供应链合作关系。再加之缺乏实时库存数据支持和市场动态分析机制,采购人员在物资种类选择与数量控制上容易产生偏差,造成库存积压或物资短缺,进一步加大了集约化推进的难度。综上所述,当前电力物资集约化采购虽具备一定实施基础,但仍受限于标准化体系不健全、信息系统割裂以及传统流程机制的束缚。只有在技术手段和管理机制双重优化的基础上,才能真正实现集约化采购的规模效应与管理价值。

3 数字技术在集约化采购中的应用策略

3.1 建设统一的数字采购平台

统一的数字采购平台是实现集约化采购的技术核心。通过建立覆盖集团总部与各子公司的采购信息系统,能够有效整合采购计划、物资需求、合同执行、物流配送等各类信息,实现采购流程的透明化与集成化。该平台应具备在线招标、供应商管理、电子合同、智能审批等模块,支持端到端的全流程操作^[3]。目前,部分电力企业已构建初步的数字化平台。如表1所示:

表1 为某省电网公司数字采购平台上线前后的对比效果

指标项	平台上线前	平台上线后	提升幅度
采购周期(平均)	18天	9天	↓50%
平均采购单价(变压器类)	100万元	95万元	↓5%
重复采购率	12%	3%	↓75%
人工处理流程节点	8个	3个	↓62.5%

通过平台整合,有效减少了人工干预、降低了重复采购和冗余库存,同时提升了协同响应能力,为集约化采购提供了技术支撑与数据保障。

3.2 引入智能分析与预测算法优化决策

大数据与人工智能技术的融合应用,是提升采购管理智能水平的关键。企业可通过历史采购数据、物资使用频次、供应商履约能力等多维数据建模,构建物资需求预测、价格趋势分析、供应风险识别等算法模型,辅助采购人员制定科学、高效的采购计划。例如,结合机器学习算法,可以对物资的消耗量进行时间序列预测,实现“预测式采购”,避免因盲目囤货或临时加单造成的资

源浪费。同时,通过采购价格与招标数据的相关性分析,还可识别价格异常波动,提前做出预警处理,减少资金损失。进一步地,智能推荐系统可根据项目属性、技术规范与历史数据,自动匹配最优供应商与采购策略,提高决策效率。数据显示,在应用预测模型后,某电力企业采购计划准确率从原来的约 72% 提升至 91% 以上,极大改善了采购资源的配置精准度。

3.3 推行全流程数字化监控与协同机制

在集约化采购的场景中,各环节的协同效率对整体运营影响显著。推行全流程数字化监控,能够实现对采购全过程的实时追踪和动态管理。通过建立采购监控仪表盘,管理人员可随时掌握采购进度、合同执行、物流发运及供应风险等关键节点。通过与 ERP、仓储管理系统(WMS)、财务系统的深度集成,实现数据的实时共享与自动触发,可打破原有的信息孤岛,提升协同效率。例如,项目提交采购申请后,系统可自动联动库存比对、供应商匹配与预算审核,缩短审批链条,提高响应速度。协同机制的完善也依赖于供应商端的系统接入。建设供应商协同平台,实现订单处理、交货确认、电子发票上传等操作在线完成,有助于打造开放、高效、互信的供应生态。数据显示,在部署协同系统后,供应商平均响应周期从 7 天缩短至 2.5 天,有效提升了整体供应链的响应与弹性。综上所述,数字技术的深度嵌入不仅提升了集约化采购的执行效率和管理水平,也为电力企业构建灵活、高效、智能的采购生态提供了坚实基础。

4 电力物资采购风险控制与管理提升路径

4.1 数据安全与系统稳定性的保障措施

在推动采购数字化、平台化过程中,数据安全和系统稳定性是风险控制的基础保障。电力企业在采购系统中涉及大量敏感数据,包括供应商报价、合同条款、物资参数、交易记录等,若被篡改或泄露,将对企业声誉、经营和合规带来极大风险。为此,企业需加强采购平台的多层次安全防护体系建设,包括:用户权限分级控制、数据传输加密、操作日志追踪、异常行为识别、灾难恢复机制等^[4]。同时,引入第三方安全审计机制,定期检测系统漏洞与数据异常访问,提升平台抗攻击能力。如表 2 所示:

表 2 某电力企业近三年平台安全运行数据统计

年度	安全事件数量	系统宕机时长 (小时)	平均响应修复时间 (分钟)
2021 年	17 件	6.5 小时	48 分钟
2022 年	9 件	3 小时	32 分钟
2023 年	3 件	1 小时	15 分钟

从数据可见,通过安全架构优化与预警机制完善,采购系统的稳定性和恢复能力得到显著提升,有效降低了采购中断风险。

4.2 供应商评价与准入机制优化

供应商管理是采购风险控制的重要一环,尤其在集约化采购模式下,供应商的稳定性、合规性和响应能力直接影响整个供应链的可靠性。当前许多企业存在供应商准入门槛低、评价标准不明确、退出机制不健全等问题,易引发质量问题、交货延迟、商业合谋等采购风险。为优化供应商管理体系,企业应建立多维度评价模型,综合考量价格、质量、履约记录、服务能力、信用等级等因素,定期开展综合打分与分级分类管理。同时引入动态准入机制,对不合格或违约行为建立黑名单或限制参与机制,确保优质供应商资源优先配置。如表 3 所示:

表 3 某企业推行新型供应商评价体系一年后的数据

指标	评价体系实施前	评价体系实施后	变化幅度
合同履约率	92%	98%	↑ 6%
延迟交货事件	28 起	8 起	↓ 71%
投诉处理满意度	83%	95%	↑ 12%

可见,通过评价体系的规范化与准入机制的优化,显著提升了采购合作的质量与效率,降低了系统性风险发生概率。

4.3 制定应急响应机制提升采购弹性

在复杂多变的外部环境下,诸如自然灾害、原材料涨价、国际贸易限制等突发事件频发,给电力物资采购带来了极大的不确定性和冲击。为保障采购链条稳定运转,构建高弹性的应急响应机制已成为管理提升的关键方向。企业可通过设立应急物资储备库、建立关键物资二级供应商备选库、签订灵活交货条款等方式增强供应链抗压能力。同时,引入“场景演练+实时预警”的机制,确保在突发事件发生时,能迅速启动应急流程,减少损失与停工时间。数据显示,在某电力集团引入应急响应机制后的一年内,应急采购平均响应时间从 96 小时缩短至 24 小时,关键物资交付成功率由 85% 提升至 97%。这种管理弹性显著增强了企业面对突发风险的应对能力,也提升了对外服务的连续性与稳定性。综上,通过强化系统安全、优化供应商机制与构建应急体系,电力企业在集约化采购中不仅实现了效率提升,也有效建立了覆盖采购全链条的风险防控体系。

5 结束语

电力物资采购管理的数字化集约化转型,是推动企业降本增效、提升资源配置效率和管理水平的重要举措。当前,随着大数据、人工智能、物联网等新一代信息技术的广泛应用,采购管理正在从传统的人工操作和分散执行,向集成化、智能化、平台化方向演进。通过构建统一的数字采购平台,打通信息孤岛,实现跨部门、跨层级的高效协同,不仅显著提升了采购流程的透明度和执行效率,也

为风险防控提供了有力支撑。同时,集约化管理模式有助于增强企业对供应链的控制力,提升物资保障的响应速度和精准性。

[参考文献]

- [1] 胡海洋. 电力企业数字化物资管理实践研究[J]. 销售与管理, 2025(2): 21-23.
- [2] 武雅桐, 史志峰, 张慧萍, 等. 数智背景下电力公司物资数字化管理模式研究[J]. 办公自动化, 2024, 29(17): 12-14.
- [3] 王金灿. 数字化背景下 S 公司物资采购业务流程优化研究[D]. 济南: 山东财经大学, 2024.
- [4] 杨卓航. 数字化背景下 H 电力公司资金管理优化研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2023.

作者简介: 徐任(1990.6—), 男, 四川省成都市, 苗族, 本科, 初级工, 就职于四川宏业电力集团金堂分公司, 从事综合部物资班物资采购工作。

征 稿

Call for Papers

《水电科技》由新加坡Viser Technology Pte. Ltd. 主办, ISSN: 2717-5383 (印刷)。
本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载, 中国知网等国内权威数据库收录。

期刊内容以全球水电工程的勘测、设计、施工、运行管理和科学研究等方面的技术经验为主, 同时也报道水电领域的各项先进技术。目前, 本刊发行遍及全球各地, 是水电科技刊物中影响范围较大、发行量稳定的综合刊物, 是水电从业人员“了解世界”的窗口, 也是科研技术人员进行学术交流的平台。

《水电科技》期刊主要栏目有:

水利工程、水文水资源、水土保持、防汛抗旱、节水灌溉、勘测规划、能源动力工程、水电建设、电力工程、电气工程、自动化技术与应用、运行维护、技术解决方案、综合研究等。

鼓励水电工程建设各领域的专业技术人员和管理人员以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜)、正文、参考文献。(附个人简历、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

官方网站

www.viserdata.com

