

水利电力 科学与技术

Water Conservancy and Electric Power
Science and Technology



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



编委 Editorial board member

付金泽 国网冀北电力有限公司唐山市丰润区供电分公司

Fu Jinze State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Tangshan Fengrun District
Power Supply Branch

张世元 景德镇市水利规划设计院

Zhang Shiyuan Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute

詹 丽 景德镇市水利规划设计院

Zhan Li Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute

李 岩 辽宁红沿河核电有限公司

Li Yan Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., LTD.

水利电力科学与技术

Water Conservancy and Electric Power
Science and Technology

第2卷 第3期 2024年3月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《水利电力科学与技术》编辑部

ISSN(O): 2995-438X

ISSN(P): 2995-4371

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

网址: <https://www.artdesignp.com>

本刊说明:

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

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



水利工程 | HYDRAULIC ENGINEERING

- | | | |
|-----|--|---|
| 005 | 信息化时代水利工程施工管理的质量控制策略
Quality Control Strategy of Water Engineering Construction Management
in Information Age | 赵楠
Zhao Nan |
| 008 | 城市供水系统的公众参与: 如何提高用户满意度和参与度
Public Participation in Urban Water Supply Systems:
How to Increase User Satisfaction and Participation | 曹微
Cao Wei |
| 011 | 水利工程中的水资源优化配置与管理
Optimal Allocation and Management of Water Resources
in Hydraulic Engineering | 宫书锋
Gong Shufeng |
| 014 | 水利工程中的河流治理策略与生态修复
River Management Strategy and Ecological Restoration
in Hydraulic Engineering | 魏照梁
Wei Zhaoliang |
| 017 | 平原地区水利建设存在的问题及对策研究
Research on the Problems and Countermeasures of Water Conservancy
Construction in Plain Area | 赵梅
Zhao Mei |
| 020 | 水利工程建设安全监管信息化应用研究
Research on Application of Information Technology in Safety Supervision
of Water Conservancy Project Construction | 张发清 ¹ , 刘念 ²
Zhang Faqing ¹ , Liu Nian ² |
| 023 | 现代化基层农田水利灌溉管理的有效路径分析
Analysis of Effective Path of Irrigation Management
of Modern Grassroots Farmland Water Conservancy | 杨兰
Yang Lan |
| 026 | 基层水管所运营管理措施研究
Study on Operation and Management Measures
of Grassroots Water Pipes | 郭凤莲
Guo Fenglian |
| 029 | 水利工程中的施工环保技术与
应用研究
Research on Construction Environmental Protection Technology and Application
in Hydraulic Engineering | 顾浩然 ¹ , 孙新 ² , 李毅 ¹ , 孙思 ² , 朱昊 ³
Gu Haoran ¹ , Sun Xin ² , Li Yi ¹ , Sun Si ² , Zhu Hao ³ |
| 032 | 水利工程施工中的质量控制与管理措施探讨
Discussion on Quality Control and Management Measures
in Water Conservancy Project Construction | 闫平安
Yan Pingan |
| 035 | 村级农田水利规划设计方案思考
Thinking on Village Level Farmland Water Conservancy
Planning and Design Scheme | 朱泽中, 刘健, 杨靖, 杨心, 戴亮
Zhu Zezhong, Liu Jian, Yang Jing, Yang Xin, Dai Liang |
| 038 | 施工过程中的质量控制与质量保障机制研究
Study on the Quality Control and Quality Assurance Mechanism
in the Construction Process | 李吉
Li Ji |
| 041 | 巨型水电厂设备国产化改造背景下运行值班存在的
问题和解决策略
Problems and Solutions of Operation Duty in the Context
of Localisation and Reconstruction of Equipment
in Super-Hydropower Stations | 董杰, 罗建生
Dong Jie, Luo Jiansheng |
| 044 | 基于“四水四定”的生态保护与高质量
发展协同机制研究
Research on Synergistic Mechanism between Ecological
Protection and High-Quality Development Based
on "Four Water and Four Determination" | 王乐, 陆阳, 李太云
Wang Le, Lu Yang, Li Taiyun |

047	农田水利泵站工程建设的规划设计与施工管理 Planning, Design and Construction Management of Farmland Water Conservancy Pump Station Project Construction	程会旗, 朱浩, 李秀萍, 杨靖, 赵扬搏 Cheng Huiqi, Zhu Hao, Li Xiuping, Yang Jing, Zhao Yangbo
050	平原地区水库围堤改造工程新筑北部围堤典型设计 Typical Design of New Northern Embankment in Reservoir Embankment Reconstruction Project in Plain Area	谢然 Xie Ran
053	河流堤防工程与防洪防汛关键技术研究 Study on River Levee Engineering and Key Technologies of Flood Control	廖建兵 Liao Jianbing
056	生态灌区的建设与评价研究 Research on the Construction and Evaluation of Ecological Irrigation District	付作光, 张思思 Fu Zuoguang, Zhang Sisi
059	水利工程项目管理中的进度控制与质量保障措施探讨 Discussion on Progress Control and Quality Assurance Measures in Water Conservancy Project Management	朱天久, 赵佳 Zhu Tianjiu, Zhao Jia
062	双线平行顶管穿越既有输水箱涵影响分析 Analysis of Influence of Double-Line Parallel Pipe Jacking Through Existing Water Delivery Tank Culvert	齐亚静 Qi Yajing
066	抽水蓄能电站大坝面板混凝土施工技术 Construction Technology of Dam Panel Concrete for Pumped Storage Power Station	范祥飞 Fan Xiangfei

电力工程 | POWER ENGINEERING

070	电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法 Suppression Methods of Electromagnetic Interference in Electronic Instruments	高金法 Gao Jinfa
073	电气工程中电力电子设备的热管理研究 Thermal Management of Power Electronic Equipment in Electrical Engineering	任心悦 Ren Xinyue
076	电化学水处理技术在化工企业实际应用 Application of Electrochemical Water Treatment Technology in Chemical Industry	庞翠翠, 李子龙, 周欢 Pang Cuicui, Li Zilong, Zhou Huan
079	基于高压试验的电力设备故障诊断方法探讨 Discussion on Fault Diagnosis Method of Power Equipment Based on High Voltage Test	张善忠 Zhang Zhuzhong
082	极寒地区空冷机组石灰石制浆系统常见故障及解决办法 Common faults and solutions of limestone slurry preparation system for air-cooled units in extremely cold regions	安健 An Jian
085	大型舰船电网电能质量治理研究现状与技术挑战 Research Status and Technical Challenges of Power Quality Management in Large Ship Power Grid	魏隆, 高富东, 覃海波, 曹海龙 Wei Long, Gao Fudong, Qin Haibo, Cao Hailong

新能源 | NEW ENERGY

088	火力发电系统中的能源转换效率优化研究 Optimization of Energy Conversion Efficiency in Thermal Power Generation System	蔡胜胜 Cai Shengsheng
091	新能源接入对电力系统电气特性的影响及应对策略 Influence of New Energy Access on Electrical Characteristics of Power System and Countermeasures	冉勇 Ran Yong
094	关于风电设备在线带电清洗作业的研究 Research on Online Live Cleaning Operation of Wind Power Equipment	史明亮, 贺彦伟, 明亮, 李万里, 傅永安 Shi Mingliang, He Yanwei, Ming Liang, Li Wanli, Fu Yong'an
097	新能源发电系统中储能系统的应用探究 Application of Energy Storage System in New Energy Generation System	梁晓军 Liang Xiaojun
100	电气自动化在新能源发电中的关键技术 The Key Technology of Electric Automation in New Energy Generation	王世运 Wang Shiyun
103	新能源发电技术在电力系统中的应用研究 Application of New Energy Generation Technology in Power System	吴军 Wu Jun
106	储能电站与风能发电协同优化运行策略 Energy Storage Power Station and Wind Power Generation Cooperative Optimization Operation Strategy	周宇 Zhou Yu
109	风力发电机组故障诊断与维护技术研究 Research on Fault Diagnosis and Maintenance Technology of Wind Turbine	霍东旭 Huo Dongxu

信息化时代水利工程施工管理的质量控制策略

赵楠

大连市水务集团水资源有限公司，辽宁 大连 116021

摘要： 本文探讨了在信息化时代背景下，如何有效实施水利工程施工管理的质量控制策略。通过分析信息化技术在水利工程施工管理中的应用，本文提出了一系列创新的质量控制方法，旨在提高施工效率和工程质量，确保水利工程的可持续发展。

关键词： 水利工程；施工管理；信息化时代；质量控制

Quality Control Strategy of Water Engineering Construction Management in Information Age

Zhao Nan

Dalian Water Resources Group Co., LTD. Dalian, Liaoning 116021

Abstract： This paper discusses how to effectively implement the quality control strategy of construction management of water conservancy projects under the background of information age. By analyzing the application of information technology in the construction management of water conservancy projects, this paper proposes a series of innovative quality control methods, aiming to improve the construction efficiency and engineering quality, and ensure the sustainable development of water conservancy projects.

Keywords： water conservancy project; construction management; information age; quality control

引言

随着信息技术的飞速发展，水利工程施工管理面临着前所未有的机遇与挑战。信息化不仅改变了施工管理的方式，也对质量控制提出了更高的要求。本文旨在探讨如何利用信息化手段优化水利工程施工管理的质量控制，以适应新时代的需求。

一、信息化时代对水利工程施工管理的影响

（一）信息化技术的应用现状

在信息化时代背景下，水利工程施工管理中信息化技术的应用已经取得了显著的进展。通过广泛采用计算机辅助设计（CAD）、地理信息系统（GIS）、建筑信息模型（BIM）等先进技术，水利工程的设计和规划变得更加精确和高效。这些技术的应用不仅提高了设计的准确性，还优化了资源配置，减少了材料浪费，降低了工程成本。此外，通过实时数据监控系统，施工现场的安全性和工程质量得到了有效提升。信息化技术的集成应用，使得施工管理从传统的纸质记录和人工监控转变为数字化、智能化的管理模式，极大地提高了施工管理的效率和质量。

（二）信息化对施工管理流程的优化

在信息化时代背景下，水利工程施工管理的质量控制策略必须与时俱进，充分利用信息技术带来的便利和优势，以确保工程质量和效率。信息化技术的应用使得施工管理流程更加透明和高效。通过建立统一的信息管理平台，所有施工相关的数据和信息

可以实时共享，管理者可以迅速获取施工现场的最新动态，及时调整管理策略。此外，信息系统能够自动收集和分析数据，为决策提供科学依据，减少人为错误和延误，提高管理效率。信息化技术促进了施工管理的标准化和规范化。通过引入先进的管理软件和工具，可以对施工流程进行精确控制，确保每一环节都符合既定的标准和规范。例如，使用BIM（建筑信息模型）技术可以对施工过程进行三维模拟，提前发现潜在的问题和冲突，优化施工方案，减少返工和浪费。

信息化技术增强了施工管理的协同性和灵活性。在信息平台的支持下，不同部门和团队可以实时沟通和协作，共同解决施工中遇到的问题。同时，信息系统能够快速响应外部环境的变化，如天气变化、材料供应波动等，及时调整施工计划，确保工程进度和质量。信息化技术提升了施工管理的安全性和可持续性。通过远程监控和智能分析，可以实时监测施工现场的安全状况，预防事故的发生。同时，信息系统能够帮助管理者评估施工对环境的影响，采取相应的环保措施，实现绿色施工。信息化技术对水利工程施工管理流程的优化具有重要意义。通过有效应用信息化

手段，可以显著提高施工管理的质量、效率和安全性，为水利工程的顺利完成提供有力保障。

二、水利工程施工管理中的质量控制现状

（一）传统质量控制方法的局限性

在信息化时代背景下，水利工程施工管理的质量控制面临着前所未有的挑战与机遇。传统质量控制方法虽然在历史长河中发挥了重要作用，但在当前技术迅猛发展的环境下，其局限性日益凸显。

传统质量控制方法依赖于人工检查和经验判断，这在一定程度上限制了质量控制的效率和准确性。人工检查往往受限于检查人员的专业水平和主观判断，难以做到全面和深入。此外，经验判断虽然宝贵，但在面对复杂多变的水利工程施工环境时，其适应性和前瞻性不足，容易导致质量控制措施的滞后。传统质量控制方法在数据收集和分析方面存在明显的不足。在信息化时代，数据是质量控制的重要基础。然而，传统方法在数据收集上往往依赖于手工记录，这种方式不仅效率低下，而且容易出现数据遗漏和错误。在数据分析方面，传统方法缺乏有效的数据处理工具和分析模型，难以从大量数据中提取有价值的信息，从而影响了质量控制决策的科学性和精准性。

传统质量控制方法在应对突发事件和动态变化方面显得力不从心。水利工程施工过程中，可能会遇到各种不可预见的情况，如天气变化、地质条件突变等。传统质量控制方法由于缺乏实时监控和快速响应机制，往往难以及时调整控制策略，这可能导致工程质量问题的发生。传统质量控制方法在资源配置和成本控制方面也存在局限。

（二）信息化技术在质量控制中的应用

信息化技术的快速发展为水利工程施工管理中的质量控制带来了革命性的变化。通过引入先进的信息化技术，如物联网、大数据分析、云计算等，可以实现对施工过程的实时监控和数据分析，从而提高质量控制的准确性和及时性。例如，利用物联网技术可以实时收集施工现场的各种数据，包括材料质量、施工进度、环境条件等，通过大数据分析可以快速识别质量问题的潜在风险，并及时采取措施进行干预。此外，云计算技术的应用使得数据存储和共享变得更加便捷，有助于形成统一的质量管理平台，实现跨部门、跨区域的质量信息共享和协同管理。

三、信息化时代下的质量控制策略

（一）数据驱动的质量管理

在信息化时代，数据成为了水利工程施工管理中的核心资源。通过建立完善的数据收集和分析体系，我们能够实现对工程质量的精准控制。首先，数据的全面性是关键。我们需要在工程的各个阶段，包括设计、采购、施工等，都建立起数据收集点。这些数据不仅包括传统的工程量、材料消耗等信息，还应涵盖施工过程中的环境变化、人员操作记录等细节。通过全面的数据收

集，我们能够更全面地了解工程进展和存在的问题。其次，数据的实时性也至关重要。在信息化时代，我们可以利用先进的传感器和网络技术，实现对工程现场的实时数据监测。这不仅可以及时发现施工过程中的异常情况，还能为我们提供第一手的决策依据。

最后，数据的分析与应用是提升工程质量的关键。通过运用大数据分析和人工智能技术，我们可以对收集到的数据进行深入挖掘和分析，找出影响工程质量的关键因素，并制定相应的改进措施。同时，数据还可以帮助我们预测工程风险，提前采取应对措施，确保工程的顺利进行。

（二）实时监控与反馈系统

实时监控与反馈系统是信息化时代水利工程施工管理质量控制的重要手段。通过该系统，我们可以实现对工程施工过程的全方位、无死角监控，确保工程质量始终处于受控状态。首先，实时监控系統能够实时采集工程现场的各种数据，包括施工进度、设备运行状态、人员操作等信息。这些数据可以通过传感器、摄像头等设备自动采集，并实时传输到监控中心。其次，反馈系统则能够根据实时监控到的数据，及时发现施工过程中的问题和隐患，并向相关人员发出预警。这可以帮助我们及时纠正施工中的错误做法，避免质量问题的发生。最后，实时监控与反馈系统还可以实现与其他信息化系统的集成，如BIM系统、项目管理系统等。这样可以实现信息的共享和协同工作，提高工程管理的效率和质量。

（三）智能分析与决策支持

在信息化时代，智能分析与决策支持已经成为水利工程施工管理中的重要工具。通过运用先进的人工智能技术，我们可以对工程施工过程进行智能化分析和决策支持，进一步提升工程质量。首先，智能分析可以帮助我们更准确地评估工程质量。通过对历史数据和实时数据的分析，我们可以建立起工程质量评价模型，对工程质量进行量化评估。这可以帮助我们更准确地了解工程质量的现状和发展趋势，为制定改进措施提供依据。其次，智能分析还可以帮助我们预测工程风险。通过对各种数据的深入挖掘和分析，我们可以发现潜在的风险因素，并及时采取应对措施。这可以帮助我们降低工程风险的发生概率，保障工程的顺利进行。最后，决策支持则可以帮助我们更加科学地制定工程方案。通过对各种方案的模拟和优化分析，我们可以找出最优的工程方案，并为实施该方案提供有力的支持。这可以帮助我们提高工程管理的效率和质量，确保工程的成功完成。

四、案例分析

（一）成功应用信息化质量控制的水利工程案例

随着信息技术的飞速发展，其在水利工程施工管理中的应用已成为提升工程质量的重要手段。以某大型水利枢纽工程为例，该工程在施工过程中全面引入了信息化管理系统，实现了对施工全过程的精细化管理。通过建立数字化施工平台，实现了施工数据的实时采集与分析。施工现场的各项数据，如混凝土浇筑温

度、钢筋布置情况、施工机械运行状态等，均通过传感器实时上传至中央数据库。管理人员可以随时通过终端设备查看这些数据，及时发现并解决施工中的质量问题。

利用 BIM（建筑信息模型）技术，对水利工程进行三维建模，实现了施工过程的可视化管理。BIM 模型不仅能够展示工程的物理结构，还能够模拟施工过程中的各种工况，预测可能出现的问题，从而提前制定应对措施，确保施工质量。

通过引入智能监控系统，对施工现场进行 24 小时不间断监控。该系统能够自动识别施工中的异常行为，如工人未佩戴安全帽、机械设备超负荷运行等，并及时发出警报，有效预防了安全事故的发生，保障了施工质量。通过上述信息化手段的应用，该水利枢纽工程在保证施工进度同时，显著提升了工程质量，为类似工程提供了可借鉴的经验。

（二）面临的挑战与解决方案

尽管信息化技术在水利工程质量控制中展现出巨大潜力，但在实际应用过程中仍面临诸多挑战。首先，信息化系统的建设和维护成本较高，对于资金有限的中小型水利工程而言，可能难以承受。其次，信息化技术的应用需要专业的技术人才，而当前水利行业普遍存在技术人才短缺的问题。此外，信息化系统的数据安全问题也不容忽视，一旦数据泄露或被篡改，将对工程质量造成严重影响。

政府和相关部门应加大对水利工程信息化建设的支持力度，通过财政补贴、税收优惠等措施，降低中小型水利工程引入信息化系统的经济门槛。加强水利行业技术人才的培养和引进，通过与高校、研究机构的合作，建立人才培养基地，为水利工程信息化提供人才保障。加强信息化系统的数据安全管理，建立健全的数据保护机制，采用加密技术、访问控制等手段，确保数据的安全性和完整性。信息化技术在水利工程施工管理中的应用，不仅能够提升工程质量，还能够提高管理效率。面对挑战，通过政府支持、人才培养和数据安全管理等措施，可以有效推动信息化技术在水利工程中的广泛应用。

五、未来趋势与展望

（一）技术创新对质量控制的影响

在信息化时代，技术创新已成为推动水利工程施工管理质量

控制进步的重要动力。随着大数据、云计算、物联网等现代信息技术的广泛应用，水利工程施工管理正逐步实现智能化、自动化和精细化。这些技术的应用不仅提高了施工效率，更重要的是，它们为质量控制提供了新的手段和方法。例如，通过实时监控系统，可以对施工现场的各项参数进行精确监控，及时发现问题并采取措施，从而确保工程质量。此外，虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术的应用，使得施工前的模拟和预演成为可能，有助于提前识别潜在的质量风险，优化施工方案。因此，技术创新是提升水利工程施工管理质量控制水平的关键，未来应继续加大技术研发和应用力度，以确保工程质量达到更高标准。

（二）持续改进与标准化

持续改进是质量管理的核心理念之一，它要求不断寻找和实施改进措施，以提高产品和服务的质量。在水利工程施工管理中，持续改进意味着要不断优化施工流程，提高施工效率，减少资源浪费，确保工程质量。这需要建立一个持续改进的机制，鼓励员工提出改进建议，并对有效建议给予奖励。同时，标准化是实现持续改进的重要手段。通过制定和实施严格的标准和规范，可以确保施工过程中的每一个环节都符合既定的质量要求。标准化还有助于提高施工的一致性和可预测性，减少因人为因素导致的质量波动。未来，水利工程施工管理应进一步加强标准化建设，完善相关标准和规范，同时，要注重标准的更新和升级，以适应技术进步和市场需求的变化。通过持续改进和标准化，可以有效提升水利工程施工管理的质量控制水平，确保工程的安全、高效和可持续发展。

六、结束语

信息化时代为水利工程施工管理的质量控制带来了新的机遇。通过有效整合和应用信息化技术，可以显著提升施工管理的效率和质量。未来，随着技术的不断进步和创新，水利工程的质量控制将更加智能化、精准化，为水利工程的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 刘美霞. 浅析信息化技术与水利工程施工管理的融合 [J]. 中国设备工程, 2022(20): 63-65.
- [2] 赵德运. 信息化时代水利工程施工管理的质量控制策略 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(06): 172-174.
- [3] 雷健. 信息化时代水利工程施工管理的质量控制策略 [J]. 计算机与网络, 2021, 47(19): 41.

城市供水系统的公众参与： 如何提高用户满意度和参与度

曹微

榆林高新区水务有限责任公司，陕西 榆林 719000

摘要： 本文详细讨论了城市供水系统的重要性和面临的挑战，并强调了公众参与在提升供水服务质量和效率中的关键作用。通过分析提高用户满意度和参与度的策略，以及公众参与在城市供水系统中的具体应用，文章提供了实用的建议和案例参考。最后，提出了政策建议和未来展望，强调了法律法规的完善、公众参与机制的建立、财政支持的增加以及管理模式的创新对城市供水系统可持续发展的重要性。

关键词： 城市供水系统；公众参与；用户满意度；服务质量；可持续发展；政策建议；未来展望

Public Participation in Urban Water Supply Systems: How to Increase User Satisfaction and Participation

Cao Wei

Yulin High-tech Zone Water Co., LTD. Yulin, Shaanxi 719000

Abstract： This paper discusses in detail the importance and challenges of urban water supply systems and highlights the key role of public participation in improving the quality and efficiency of water supply services. By analyzing the strategies to improve user satisfaction and participation, as well as the specific application of public participation in urban water supply systems, the paper provides practical suggestions and case references. Finally, the paper puts forward policy suggestions and future prospects, and emphasizes the importance of the improvement of laws and regulations, the establishment of public participation mechanism, the increase of financial support and the innovation of management model for the sustainable development of urban water supply system.

Keywords： urban water supply system; public participation; user satisfaction; service quality; sustainable development; policy advice; future outlook

引言

城市供水系统对居民生活质量和健康至关重要，对城市可持续发展具有深远影响。城市化进程加速，供水系统的稳定性和水质安全受到广泛关注。公众参与在城市供水系统中的作用不容忽视，它涉及在规划、建设、管理和监督中吸纳公众意见，提高系统透明度和公众信任，推动系统改进。提高用户满意度和参与度对于提升供水服务质量和效率，增强公众对供水系统的认同和责任感，促进社会和谐稳定至关重要。因此，探索提升用户满意度和参与度的策略对城市供水系统的发展极为重要。

一、城市供水系统概述

（一）供水系统的组成

城市供水系统是满足居民用水的重要基础设施，随着城市规模扩大，供水系统也不得不面对更大的运行压力，相关部门必须全面管控供水系统，为群众的用水安全负责。^[1]城市供水系统通常由水源、取水设施、净水处理设施、输水管道、配水管道、储水设施、泵站和用户用水设施等组成。这些组成部分协同工作，确保水资源从源头到用户的过程中保持安全和纯净。

（二）供水系统的运作原理

供水系统首先从水源（如河流、湖泊、地下水或雨水）取

水，通过取水设施如水泵、水闸等。取水后，水会经过净水处理设施进行净化，包括沉淀、过滤、消毒等步骤，以去除杂质和病原体。净化后的水通过输水管道被输送到各个区域，再通过配水管道分配到每个用户。在这个过程中，泵站用于提升水压，储水设施则用于储存和调节水压。

（三）供水系统面临的问题

城市供水系统在运行过程中面临着多种挑战，包括水源污染、老化的基础设施、水压不足、水资源短缺、能源消耗、水质标准变化、资金不足和管理不善等。这些问题需要通过技术创新、资产管理、法规制定和公众参与等多方面的努力来解决，以确保供水系统的可持续性和服务效率。

二、公众参与的理论与实践

（一）公众参与的定义与类型

公众参与是指在决策过程中，普通公众、利益相关者和受影响的群体能够提供信息、表达观点、交换意见，并参与到决策的各个环节中。^[2]公众参与的类型包括信息提供、咨询、参与、合作和授权等不同层次，从单向信息传递到双向沟通，再到共同决策。

（二）公众参与的理论基础

公众参与的理论基础包括民主理论、社会治理理论、沟通理论和社会学习理论等。这些理论强调公民权利、社会公正、透明度和责任性，认为公众参与能够提高决策的质量和可接受性，增强公众对决策的信任和承诺，促进社会的长期可持续发展。

（三）公众参与的实践案例

公众参与的实践案例遍布全球，涉及各个领域。例如，在新城镇规划中，通过社区会议、工作坊和在线调查等方式，让居民参与到规划设计和决策过程中。在环境保护方面，公众参与可以体现在环境影响评估中，通过公众咨询会、意见调查等方式收集公众意见。在城市供水系统中，公众参与可以通过水质监测、供水设施维护、水资源保护等活动，让用户和社区成员参与到供水服务和管理的各个环节中。^[3]

三、提高用户满意度的策略

为了显著提升城市供水系统的服务水平并增强用户的满意度，本文提出了一套全面的策略框架，涵盖了供水服务的优化、供水质量的提升、信息公开与沟通的加强，以及用户参与方式的创新。

在供水服务优化的层面，我们建议精简服务流程，减少用户在服务获取、设施维修和投诉处理等环节所耗费的时间和精力。通过技术革新和员工专业发展，服务的响应速度和处理能力将得到显著提升。同时，依据用户的个别需求和反馈，供水服务将更加个性化，以更好地迎合用户的独特需求。

在供水质量方面，关键在于强化水源保护措施和水质监测的频次，确保供水的品质达到卫生安全的标准。此外，定期对供水设施进行检修和维护，及时更换老化设备，以及采纳先进的净水技术和设备，都是提高水质的关键手段。^[4]

加强信息公开与沟通的举措包括提升供水系统管理的透明度，通过公开系统的运行数据、水质检测报告和管理政策。同时，通过多样化的宣传媒介、教育活动和社交媒体，普及节水意识和水质保护知识。建立有效的用户反馈机制，确保能够及时响应和解决用户的疑问与投诉。

创新用户参与方式涉及鼓励用户参与供水设施的维护、水质监测和节水推广等社区活动。利用移动应用程序和在线平台等数字工具，用户可以轻松获取信息、提出反馈并参与决策过程。与社区团体、教育机构和企业建立合作伙伴关系，共同推进供水系统的优化和管理。

四、提高公众参与度的途径

在宣传教育方面，通过广告、公共宣传和教育课程等手段，提高公众对供水系统重要性的认识。此外，定期举办世界水日、节水宣传周等活动，以提高公众对水资源的关注。在学校和社区开展水资源教育，旨在提升公众对供水系统的理解和参与能力。^[5]

建立激励机制，通过表彰节水先进个人、环保志愿者等方式，赋予公众责任感，激励其参与供水系统的保护和管理。提供优惠措施，如对积极参与节水活动的用户给予水费折扣或其他优惠政策。设立奖项，如节水技术创新奖、社区参与奖等，鼓励公众提出改进建议和参与实践。

开展社区共建活动，鼓励社区居民参与供水设施的维护、水质监测和节水管理。与社区组织、学校、企业等建立合作伙伴关系，共同推进供水系统的改善。定期举办供水设施开放日，让公众了解供水系统的运行和管理。

利用新媒体平台，通过微博、微信等社交平台发布供水信息，收集用户反馈。利用网络平台开展供水服务满意度调查，让公众在线投票选出改进措施。通过手机应用、官方网站等渠道，实时发布水质报告、停水通知等重要信息。

五、公众参与在城市供水系统中的应用

在水质监测与反馈环节，文章强调了居民在报告水质问题及参与水质抽样检测中的重要性。通过设立热线电话和在线平台，文章提倡建立一个有效的反馈机制，同时公开水质监测数据，以增强公众对水质状况的了解和透明度。

在供水设施的维护与管理方面，文章提倡居民参与供水设施的日常检查和简单维护工作，并建议建立公众监督机制，以保证供水设施的建设和维修过程的透明度。^[6]同时，文章还提倡组织志愿者参与供水设施的清洁和绿化工作，以提升设施的整体维护水平。

在水资源保护与节约方面，文章强调了节水教育的重要性，提倡开展节水宣传活动，教育公众珍惜水资源并减少浪费。同时，文章还建议在水资源规划和管理中吸纳公众意见，共同制定节水措施，并鼓励社区开展水资源保护项目，如雨水收集和废水利用等。

在应急管理与救援方面，文章提倡吸纳公众意见制定应急预案，以保证应急预案的可行性和有效性。同时，文章还建议组织公众参与应急演练，以提高公众在紧急情况下的自救互救能力。在紧急情况下，通过多种渠道及时向公众发布信息，确保信息的准确传达。

六、案例分析

杭州市的“五水共治”项目堪称典范。该项目不仅动员了广大市民共同参与到河道整治、水质监测和节水行动中来，还显著提高了公众对城市水环境管理的参与度和满意度。通过这一项

目,杭州市民对城市水环境的管理有了更深入的了解,同时也对城市水环境的质量提升起到了积极的推动作用。

与此同时,北京市某社区的水管维修志愿者计划也取得了显著的成效。该计划鼓励居民积极参与供水设施的维修和保养,从而提高了供水服务的效率和质量。居民们在参与的过程中,不仅提升了自己的技能,还增强了对社区公共设施的归属感和责任感。^[7]这种模式为其他城市和社区提供了宝贵的借鉴,展示了公众参与在城市水环境管理中的巨大潜力。

这两个案例都表明,公众参与是提升城市水环境管理效率和质量的关键。通过动员广大市民共同参与,不仅可以提高公众对城市水环境管理的认知和满意度,还可以增强公众对城市水环境的责任感和归属感。因此,未来我国在城市水环境管理中,应进一步推广和深化公众参与模式,让更多的市民参与到城市水环境管理中来,共同打造美好的城市生活环境。

具体来说,政府应制定和完善城市供水系统的法律法规,明确公众参与的权利和义务,并强化法律法规的执行力度,确保公众参与的合法性和有效性。同时,应建立健全的公众参与机制,包括设立专门的公众参与平台,如供水用户委员会,以增强公众参与的组织性,并制定公众参与的标准流程和操作指南,确保参与的规范性和持续性。^[8]此外,政府应增加财政投入,用于改善供水设施、提升水质和处理能力,并提供资金支持和技术援助,鼓励公众参与供水系统的改善和管理。

同时,创新城市供水系统管理模式,推广智能化管理系统,利用物联网、大数据等技术提高供水系统的管理效率,并引入第三方参与,如专业机构、非政府组织等,以提升供水服务的专业性和公正性。此外,应预测未来城市供水系统面临的挑战,如气候变化、人口增长等,并制定相应的应对策略。^[9]同时,探索新的公众参与模式,如公民科学、众包监测等,以适应不断变化的社会和技术环境,并强调可持续性原则,确保城市供水系统的长期健康运行和公众福祉。

七、政策建议与展望

强调了制定和完善城市供水系统的法律法规的重要性,旨在明确公众参与的权利和义务,并通过加大法律法规的执行力度,确保公众参与的合法性和有效性。

本文提出应建立健全的公众参与机制,包括设立专门的公众参与平台,如供水用户委员会,以增强公众参与的组织性,并制定公众参与的标准流程和操作指南,确保参与的规范性和持续性。

文章指出政府应增加财政投入,用于改善供水设施、提升水质和处理能力,并提供资金支持和技术援助,以鼓励公众参与供水系统的改善和管理。

创新城市供水系统管理模式,推广智能化管理系统,利用物联网、大数据等技术提高供水系统的管理效率,并引入第三方参与,如专业机构、非政府组织等,以提升供水服务的专业性和公正性。

未来城市供水系统面临的挑战,如气候变化、人口增长等,并制定了相应的应对策略。^[10]同时,文章还探索了新的公众参与模式,如公民科学、众包监测等,以适应不断变化的社会和技术环境,并强调了可持续性原则,确保城市供水系统的长期健康运行和公众福祉。

八、结束语

城市供水系统是维持现代城市生活的基本服务之一,其稳定运行和水质安全对公众健康和社会稳定至关重要。随着社会的发展和公众对生活质量要求的提高,公众参与成为提升供水服务质量和效率的关键因素。通过加强宣传教育、建立激励机制、开展社区共建活动和利用新媒体平台,可以有效提高公众的参与度和用户满意度。

本文通过概述城市供水系统、探讨公众参与的理论与实践、分析提高用户满意度和参与度的策略,以及公众参与在城市供水系统中的应用,为城市供水系统的管理者和决策者提供了全面的视角和实用的建议。同时,通过国内外案例的对比分析,揭示了公众参与的多样性和实效性,为其他城市供水系统提供了宝贵的经验。

展望未来,城市供水系统面临着诸多挑战,但也存在着无限的可能性。通过完善法律法规、建立健全公众参与机制、加大财政投入与支持、创新管理模式,以及适应未来发展趋势,城市供水系统将能够更好地服务于公众,实现可持续发展。

在此,期待所有利益相关者的共同努力,通过有效的公众参与,共同打造一个更加安全、高效、透明的城市供水系统,为城市的繁荣和居民的福祉做出贡献。

参考文献

- [1]余治琼.浅谈城市供水系统中的水质化验技术与质量控制[J].四川水利,2022,43(01):145-147.
- [2]李晓旭.供水管网在线监测及事故预警系统设计研究[J].地下水,2022,44(01):121-122.DOI:10.19807/j.cnki.DXS.2022-01-036.
- [3]李树苑.城市供水系统关键技术标准化研究[J].中国给水排水,2021,37(22):129-132.DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.22.024.
- [4]罗兴华.城市供水系统地震安全韧性规划对策浅谈[C]//中国城市规划学会,成都市人民政府.面向高质量发展的空间治理——2020中国城市规划年会论文集(01城市安全与防灾规划).中规院(北京)规划设计公司;,2021:8.DOI:10.26914/c.cnkihy.2021.029779.
- [5]蔡倩,安娜,王锋,等.城市供水系统风险评价与防范对策[J].净水技术,2021,40(07):29-34+99.DOI:10.15890/j.cnki.jsjs.2021.07.005.
- [6]王欣婷,春春霞,孔飞飞,等.淡化海水纳入城市供水系统的水质风险防控技术[J].海洋环境科学,2021,40(04):625-630.DOI:10.13634/j.cnki.mes.2021.04.020.
- [7]水专项研究助力供水系统关键材料设备产业化全链条多维度提升标准化水平[J].中国给水排水,2021,37(12):171-174.
- [8]石炼,周飞祥.城市供水系统风险识别与应急能力技术评估验证[J].给水排水,2021,57(06):9-15+23.DOI:10.13789/j.cnki.wwel.1964.2021.06.002.
- [9]吴玉贤.城市二次供水远程监控系统设计[D].内蒙古大学,2021.DOI:10.27224/d.cnki.gnmdu.2021.000360.
- [10]王俊佳,崔东亮.韧性城市视角下的城市供水系统评价体系研究[J].城镇供水,2021,(02):100-106+124.DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2021.02.020.

水利工程中的水资源优化配置与管理

宫书锋

山东省聊城市莘县水利局, 山东 聊城 252400

摘 要： 本文全面探讨了水资源优化配置与管理的理论基础，涵盖系统分析、配置理论、管理理论和可持续利用理论。进而，针对我国水利工程现状和配置需求，提出了一系列模型与方法，包括多目标规划、整数规划、神经网络等。最终，文章提出了水资源合理分配、节约保护、体制改革、产业结构调整 and 生态修复等策略，为我国水利工程的水资源优化提供了理论支持和实践指导。

关 键 词： 水资源优化配置；水资源管理；水利工程；多目标规划；可持续利用

Optimal Allocation and Management of Water Resources in Hydraulic Engineering

Gong Shufeng

Water Resources Bureau of Xinian County, Liaocheng, Shandong 252400

Abstract： This paper comprehensively discusses the theoretical basis of optimal allocation and management of water resources, including system analysis, allocation theory, management theory and sustainable utilization theory. Furthermore, a series of models and methods, including multi-objective programming, integer programming and neural network, are proposed according to the current situation and allocation requirements of water conservancy projects in China. At last, the paper puts forward the strategies of rational allocation, conservation and protection of water resources, system reform, adjustment of industrial structure and ecological restoration, which provide theoretical support and practical guidance for the optimization of water resources of water conservancy projects in our country.

Keywords： optimal allocation of water resources; water resources management; water conservancy project; multi-objective programming; sustainable utilization

引言

水资源是人类社会生存和发展的重要基础，对于农业生产、工业制造、生态环境和人民生活都具有重要意义。随着我国经济社会的快速发展，水资源的需求不断增长，而水资源的时空分布不均、开发利用程度不高等问题日益突出，水资源短缺已经成为制约我国社会经济发展的瓶颈。因此，如何实现水资源的优化配置与管理，提高水资源的利用效率，保障水资源的可持续利用，已成为当前亟待解决的重大课题。

一、水资源优化配置与管理的理论基础

本章节旨在为水资源优化配置与管理的研究提供坚实的理论支撑。通过对水资源系统分析的深入探讨，以及对水资源优化配置理论、水资源管理理论和水资源可持续利用理论的详细阐述，旨在构建一个全面的理论框架，以指导实际水资源管理实践，确保水资源的合理利用和长期可持续性。

（一）水资源系统分析

水资源系统分析是深入理解和有效解决水资源问题的关键。该分析涉及对水资源循环、供需关系以及水资源系统结构与功能的多层面探讨。实践中，它包括对水资源数量、质量、时空分布

特性及其与社会经济活动互动的全面考量。通过细致的系统分析，我们能够揭示水资源的制约因素和开发潜力，为资源配置优化提供坚实的数据支持。例如，通过对流域水资源的全面评价，我们能够界定水资源的承载能力和开发边界，从而规划出合理的分配方案。

（二）水资源优化配置理论

水资源优化配置是指在保障水资源供需平衡的基础上，通过科学合理地配置水资源，实现水资源的高效利用和最大化利益。在实践中，水资源优化配置依赖于多种技术手段，包括水文水资源评价、水资源调查监测、水资源模拟预测、水资源调度决策等方面的技术^[1]。这一理论强调在满足生态环境需求的基础上，通

过技术、经济、法律和管理等手段，实现水资源在农业、工业、生活和生态等各部门之间的合理分配。在实际应用中，这涉及建立数学模型和算法，如线性规划、动态规划等，以寻找最优或满意的水资源分配方案。例如，通过构建多目标优化模型，可以在保障农业灌溉的同时，兼顾城市供水和生态用水需求。

（三）水资源管理理论

水资源管理理论探讨的是如何通过高效的管理策略，确保水资源的持续利用。它涉及水资源的规划、组织、协调、控制及监督等多个环节。在具体实践中，该理论着重于制度创新和机制构建，如推行水权制度、普及节水与循环利用技术、构建水资源市场等。例如，通过建立流域层面的水资源管理协调机制，能够有效地调节上下游及左右岸之间的水资源冲突。

（四）水资源可持续利用理论

水资源可持续利用理论主张在满足当前世代需求的同时，保护后代满足自身需求的可能性。该理论倡导在水资源开发利用中，全面考虑生态环境的维护和社会经济的长远发展^[2]。实践中，这转化为制定和执行水资源保护政策，如流域综合整治、湿地保护、水源地维护等措施，以保障水资源的长期供应和生态系统的健全。例如，通过推行水资源功能分区，能够有效地维护水资源的自然属性和生态功能。

二、水利工程现状及水资源优化配置需求

本章节将深入剖析我国水利工程的现状，审视水资源开发利用的实际情况，并在此基础上，分析水资源优化配置的迫切需求。

（一）我国水利工程概况

我国水利工程拥有悠久的历史，历经长期发展，已构建起包括水库、堤防、灌区、水电站等在内的广泛水利基础设施体系。这些工程在防洪、抗旱、供水、发电等多个方面发挥了至关重要的作用，为我国的经济社会发展提供了坚实支撑。但是，随着人口增长和城市化步伐的加快，水资源需求持续增长，现有的水利工程正遭遇新的挑战，包括设施老化、运行效率不足以及生态环境影响等问题，这些问题日益成为关注的焦点^[3]。

（二）水资源开发利用现状

在水资源开发利用方面，我国已经取得了显著成就，但同时也暴露出一些问题。一是水资源开发利用程度不均衡，部分地区开发过度，导致生态环境恶化，而有些地区则因工程不足而水资源利用不足。二是水资源利用效率总体不高，农业灌溉用水效率较低，工业用水重复利用率有待提升。三是水资源污染问题严重，尤其是部分流域的水质污染，加剧了水资源的供需矛盾。

（三）水资源优化配置需求分析

针对当前水资源开发利用的现状，水资源优化配置的需求变得愈发紧迫。我们必须优化水资源的空间分布，借助跨流域调水、区域水资源联网等措施，减轻水资源分布不均的难题。提升水资源利用效率势在必行，依靠技术革新和体制改革，降低用水成本，推动水资源的节约使用。再者，建立水资源配置的长效机制

制至关重要，通过法律法规、市场机制等途径，实现水资源的合理分配和高效管理。最终，我们必须重视生态环境保护，确保水资源开发利用与生态环境保护的和谐共生，以实现水资源的可持续利用^[4]。

三、水资源优化配置模型与方法

水资源优化配置是一个复杂的问题，涉及多个目标和多种约束条件。本章节将介绍一系列先进的模型与方法，这些工具为水资源管理者提供了强大的技术支持，使得在众多竞争性需求中寻找最优或满意的资源配置方案成为可能。

（一）多目标规划模型

多目标规划模型是一种强大的决策支持工具，专为解决水资源配置中面临的多个相互竞争和冲突的目标而设计。该模型赋予决策者能力，在考虑经济效益最大化、社会公平保障以及生态环境保护等多重目标的基础上，探索并确定最优的资源配置策略。在实际应用中，多目标规划模型能够辅助决策者在农业灌溉、工业生产、居民生活用水等不同用水部门之间，实现水资源的合理均衡分配，确保各领域用水的需求得到有效满足，同时优化用水结构。此外，该模型还能够考虑到长期和短期目标之间的平衡，以及不同地区和利益相关者之间的利益协调。通过精确的数学算法和灵活的决策变量，多目标规划模型能够为水资源管理者提供一个全面的视角，以便在复杂的决策环境中做出科学、合理的水决策^[5]。

（二）整数规划模型

整数规划模型在水资源配置领域的应用，其核心优势体现在对离散决策变量进行精确而有效地处理。例如，在水库的运行规则设定、水闸的启闭时机等决策场景中，该模型要求决策变量必须为整数，从而在处理水资源管理中的非连续性决策问题时显示出其独特的有效性。整数规划模型确保了决策结果的可行性，避免了在实际操作中可能出现不切实际的中间状态。在更为复杂的决策场合，如决定是否建设新的水库或水处理设施，整数规划模型能够提供经过优化的决策方案。这些方案不仅考虑了投资成本、预期收益、环境影响等多元因素，而且还确保了决策结果符合实际情况，即决策变量为整数，不存在分数或小数的建设方案。

（三）神经网络模型

神经网络模型以其模拟人脑处理机制的能力，展现出处理复杂数据关系的非凡才能，尤其在水资源预测与管理领域，其优势尤为显著。通过对神经网络的精心训练，能够精准预测未来的水资源需求、水位波动等情况，为水资源的合理配置提供了科学依据^[6]。该模型的实际应用范围广泛，涵盖了水资源供需预测、洪水预警系统等多个方面，为我国水资源的可持续管理提供了强有力的技术支持。

（四）模糊数学模型

水资源系统通常充斥着众多不确定性和模糊性因素，而模糊数学模型正是应对这些挑战的有效工具。该模型运用模糊逻辑和模糊集理论，对水资源配置中的不确定性信息进行精确的量化分

析,从而使得决策过程更加贴近现实情况。特别是在评估水资源利用对生态环境影响时,模糊数学模型能够巧妙地处理那些难以用精确数值表达的生态指标,为科学决策提供了更为全面和合理的依据。

（五）粒子群优化算法

粒子群优化算法,作为一种依托群体智能的优化技术,借鉴了鸟群觅食的自然行为模式,以寻找问题域中的最优解决方案。在水资源配置领域,该算法被广泛应用于探寻水库调度、水质管理等方面的最佳策略。其显著优势在于算法结构简洁、收敛效率高,特别适用于解决水资源优化中的复杂问题,为水资源管理提供了高效且实用的优化工具^[7]。

（六）遗传算法

遗传算法,作为一种启发式的搜索技术,其灵感来源于生物进化理论中的自然选择和遗传原理。在水资源配置领域,遗传算法展现了其在大范围搜索空间中探寻最优解的强大能力,尤其擅长处理那些包含多个局部最优解的复杂问题。例如,在多水库系统的联合调度优化中,遗传算法能够有效地辅助决策者找到在满足众多约束条件下的最佳运行策略,确保水资源的高效利用与配置。

四、水资源优化配置与管理策略

水资源优化配置与管理不仅是一项技术性工作,更是一项涉及政策、经济、社会和生态多个层面的系统工程。本章节将从策略层面出发,探讨如何通过一系列切实可行的措施,实现水资源的合理分配、节约保护、管理体制变革、产业结构调整以及生态环境保护与修复,以期构建一个高效、公平、可持续的水资源管理体系。

（一）水资源合理分配策略

合理分配水资源是维护社会公平与效率的核心要务。我们必须构建一个以需求为导向的分配体系,深入考量不同区域和行业间水资源需求的差异性^[8]。通过立法手段明确水资源分配的准则和优先次序,确保基本生活用水和生态环境用水能够得到优先满足。借助经济手段,如改革水价体系,引导水资源流向效率更高、价值更大的用途,从而实现水资源的高效优化配置。

（二）水资源节约与保护策略

节约与保护水资源是缓解水资源紧张状况的关键途径。一方面,我们应当推广先进的节水技术与设施,以提升水资源的利用效率。例如,在农业领域推广滴灌技术,在工业领域推广循环水利用系统。另一方面,必须加强水资源保护工作,严格控制污染物的排放,确保水环境的质量安全。这包括实施流域的综合治理、强化水源地的保护措施等一系列重要举措。

（三）水资源管理体制变革

改革水资源管理体制是提高水资源管理效率的本质需求。这涉及完善水资源管理的法律规范体系,构建健全的水资源管理责任与绩效考核机制,推动水资源管理从分散化向集中化、从粗放型向精细化管理模式的转变^[9]。与此同时,积极探索建立水资源市场体系,利用市场机制推动水资源的合理分配与高效使用。

（四）产业结构调整与优化

调整和优化产业结构是降低水资源消耗、提升水资源利用效益的重要策略。我们应当积极倡导发展节水型产业,对高耗水、高污染的产业实施限制和淘汰,促使产业结构向低耗水、高附加值的方向发展。同时,需依据各地水资源状况,科学规划产业布局,防止水资源的过度开发和无谓浪费,确保水资源的高效与可持续利用^[10]。

（五）生态环境保护与修复

保护和修复生态环境是保障水资源可持续利用的根本。必须强化对生态用水的保障,保持河流、湖泊及湿地的生态功能完整性。同时,推进生态修复项目,如退耕还林还草、水土保持等措施,以改善水资源的自然循环状况,提升水资源的自我恢复能力。通过这一系列举措,旨在实现经济社会进步与生态环境保护的和谐共融。

五、结束语

水资源优化配置与管理对国计民生、生态文明和可持续发展具有重要意义。本文全面剖析了水利工程中的水资源配置与管理,从理论到实践,从模型方法到策略措施,进行了深入探讨。我们审视了水资源系统,提出了配置与管理策略,旨在为决策者、管理者和研究者提供参考,助力我国水资源管理体系改革与进步。

面对水资源问题的复杂性和动态性,我们知道研究之路无尽头。因此,我们倡导持续探索,适应社会经济发展和生态环境变化。我们呼吁社会各界共同提升水资源管理的科学性、法治性和智能化,守护珍贵水资源,共建美丽中国,实现人与自然的和谐共处。让我们携手并进,在水资源管理道路上持续探索,共创辉煌未来。

参考文献

- [1]王凯. 水利工程中的水资源优化配置与调度管理[C]//中国智慧工程研究会. 2024新技术与新方法学术研讨会论文集. 河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 2024:2. DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.007415.
- [2]任文颖, 黄斯妍, 杨柳, 等. 基于 WEAP 模型的河北省水资源供需分析[J]. 人民黄河, 2023, 45(S1):30-31.
- [3]姜秋香, 曹璐, 王子龙, 等. 基于 CVaR-TSP 的黑龙江城市水资源配置及风险管理[J]. 水利水电科技进展, 2022, 42(01):40-46.
- [4]尤龙凤. 基于水资源优化配置的太原市引黄供水工程规划研究[J]. 水利技术监督, 2023, (07):55-58.
- [5]韩淑敏. 平和县城及其周边乡镇水资源优化配置方案[J]. 水利科技, 2023, (01):14-17.
- [6]徐康, 李丽华, 景圆. 龙河口引水工程水资源优化配置研究[J]. 治淮, 2020, (11):22-24.
- [7]李建美. 红延河多目标水资源优化配置研究[D]. 宁夏大学, 2020.DOI:10.27257/d.cnki.gnxhc.2020.000070.
- [8]韩占峰, 周曰农, 安静泊. 我国调水工程概况及管理趋势浅析[J]. 中国水利, 2020, (21):5-7.
- [9]郑鹏. 优化资源配置强化节约用水不断推进水生态系统修复[N]. 延安日报, 2021-08-05(002).DOI:10.38231/n.cnki.nyabr.2021.001480.
- [10]赵伟, 张晓辉, 张文, 等. 河北省地表水开发利用现状及优化配置利用研究[J]. 水利规划与设计, 2021, (12):1-4+26.

水利工程中的河流治理策略与生态修复

魏照梁

山东省聊城市莘县水利局, 山东 聊城 252400

摘 要： 本文起始于对河流生态系统基本特性的全面描绘，建立了河流健康评价的指标体系，并对水利工程对河流生态系统的潜在影响进行了剖析。继而，文章深入探讨了水利工程中实施的河流治理策略，涉及治理的目标与原则，以及一系列技术体系，如河道形态调整、河岸带修复和河流生态流量保障等技术。进一步，本文详细论述了生态修复技术在水利工程中的应用，包括河岸植被恢复、河道生境改善和生态护坡等技术，并通过实证研究证实了这些技术的成效。篇末，文章从政策法规、管理体制和监督评估等多个维度，构建了一套全面的河流治理与生态修复政策与管理框架。研究表明，实施有效的河流治理与生态修复策略，有助于实现河流生态系统的健康可持续发展，为我国水利工程提供理论依据和实践指导。

关 键 词： 水利工程；河流治理；生态修复；河道整治；河岸防护；生态流量

River Management Strategy and Ecological Restoration in Hydraulic Engineering

Wei Zhaoliang

Water Resources Bureau of Xinxian County, Liaocheng, Shandong 252400

Abstract： This paper starts with a comprehensive description of the basic characteristics of river ecosystems, establishes the index system of river health assessment, and analyzes the potential impact of water conservancy projects on river ecosystems. Then, the paper deeply discusses the river management strategies implemented in water conservancy projects, involving the objectives and principles of governance, as well as a series of technical systems, such as river form adjustment, riparian zone restoration and river ecological flow assurance. Further, this paper discusses in detail the application of ecological restoration technology in water conservancy projects, including riverbank vegetation restoration, river habitat improvement and ecological slope protection technologies, and verifies the effectiveness of these technologies through empirical research. At the end of the article, the paper constructs a comprehensive policy and management framework for river governance and ecological restoration from multiple dimensions such as policies and regulations, management system, supervision and evaluation. The research shows that implementing effective strategies for river management and ecological restoration will contribute to the healthy and sustainable development of river ecosystems and provide theoretical basis and practice guidance for water conservancy projects in our country.

Keywords： water conservancy project; river management; ecological restoration; river regulation; river bank protection; ecological flow

引言

随着我国社会经济的快速发展，水资源需求不断增长，水资源短缺、水环境污染等问题日益严重，对水利工程提出了更高的要求。河流作为水资源的重要组成部分，承担着供水、发电、航运、生态等多种功能。然而，长期以来，受过度开发和污染等因素影响，我国许多河流出现了生态退化、功能减弱等问题。因此，如何在水利工程中实施有效的河流治理策略与生态修复，实现河流健康可持续发展，已成为当前水资源领域面临的重要课题。

一、河流治理与生态修复理论基础

在深入探讨河流治理与生态修复的具体策略之前，奠定扎实的理论基础是至关重要的第一步。以下部分将概述河流生态系统的基本特征，构建河流健康评价指标体系，并分析水利工程对

河流生态系统的影响，为后续的治理策略和修复技术提供科学依据。

（一）河流生态系统概述

河流生态系统是指在河流及其周边环境中，生物群落与非生物环境相互作用、相互依赖所形成的生态整体。作为一种动态

的、开放性的生态系统，河流生态系统在自然界中具有举足轻重的地位，为人类和其他生物提供了丰富的水资源、食物来源和栖息地。河流生态系统由非生物要素和生物组分共同构成，其中水资源作为核心，为生物提供生存环境，而河床和河岸结构则为生态系统提供物理支撑和栖息地；气候条件则通过地理位置、季节和流域面积等因素影响生态系统的动态。生物部分包括通过光合作用提供能量的生产者，以生产者为食的消费者，以及分解死亡生物体和有机物质以促进营养盐循环的分解者。该系统具有流动性带来的高效物质循环和能量流动，以及空间异质性导致的生态位分化等特点。此外，该系统还表现出稳定性与脆弱性并存的特点。其功能涵盖水资源供应、生物多样性保护、物质循环和能量流动、水质净化及洪水调蓄。然而，河流生态系统正面临水资源污染、河道变迁与破坏、生物入侵、水资源过度开发和气候变化等多重威胁，这些因素共同影响着其健康和可持续性。当前，河流环境保护在持续深化水污染防治工作的基础上，已加快拓展为生态系统的整体保护，因此科学合理地评价河流生态系统的健康状况已经成为近年流域河流管理的重要目标^[1]。

（二）河流健康评价指标体系

河流健康评价指标体系是一套全面的标准和方法，旨在综合评估河流生态系统的状况及其变化趋势，从而为河流的管理和保护提供科学依据。该体系涵盖了六大类指标，包括水质指标（涉及物理化学和有机污染物）、生物指标（涵盖生物多样性、指示物种和生物完整性指数）、生态流量指标（涵盖自然流量百分比、流量波动性和低流量）、栖息地指标（包括河岸带状况、河床结构和水生植被覆盖）、生态过程指标（涉及物质循环、能量流动和碳储量）以及社会经济指标（包括河流使用价值、人类活动影响和公众满意度）^[2]。这些指标共同构成了一个多维度、多层次的评价框架，有助于全面诊断河流健康状况，并为河流保护和管理的决策提供有力支持。

（三）水利工程对河流生态系统的影响

水利工程，如大坝、水库、渠道和水泵站等基础设施，为人类社会带来了巨大的福祉，然而，其对河流生态系统的广泛影响也不容忽视。这些影响包括改变水文循环、影响水质状况、转变生物栖息地、减少生物多样性、阻碍物质循环和能量流动，以及对生态过程的潜在干扰^[3]。鉴于此，在规划和实施水利工程的过程中，开展环境影响评估是不可或缺的环节。同时，我们应当采取生态补偿措施，并倡导生态友好的设计和运营策略，以寻求社会经济效益与生态保护之间的平衡，尽量减少对河流生态系统造成的负面影响，实现人与自然的和谐共生。

二、水利工程中河流治理策略分析

在掌握了河流治理与生态修复的理论知识之后，接下来的步骤是转向实际应用，探讨水利工程中实施的河流治理策略。以下部分将阐述河流治理的目标与原则，并详细探讨河流治理的技术体系，包括河道形态调整技术、河岸带修复技术和河流生态流量保障技术，旨在为水利工程中的河流治理提供科学合理的方

法论。

（一）河流治理目标与原则

河流治理是一项融合了工程与非工程手段的综合性管理艺术，其核心宗旨在于高效管理河流的水文循环、水质维护、生态系统及环境状况，以期达成河流资源的可持续利用与严格保护^[4]。治理的目标广泛而深远，包括保障水资源的稳定安全、维护与恢复水生态系统的健康、提升河流环境品质、预防和减轻水旱灾害的影响，以及推动经济社会的持续发展。

在河流治理的实践中，需要秉持一系列原则：生态优先，确保生态系统的完整性与自然属性；科学规划，依据自然规律与科学数据制定治理方案；综合治理，采取多措并举并举的方式，实现全方位管理^[5]；维护河流的连续性，保障水流畅通无阻；鼓励社会公众参与，凝聚共识与力量；依法治理，确保所有行动都在法治框架下进行；预防为主，通过前瞻性措施避免问题的发生；持续监测，确保治理效果的长久与稳定。这些原则共同作用，旨在确保治理活动既能维护生态系统的健康，又能合理利用河流资源，为经济社会的可持续发展提供坚实的支撑。

（二）河流治理技术体系

河流治理技术体系涵盖污染源控制、水质改善、生态修复等多个方面，旨在保护和恢复河流生态系统。此外，该体系还包括水资源管理、监测评估及法规管理等内容^[6]。包括点源和面源污染控制技术、物理化学生物方法水质净化、富营养化控制、河岸带与河床修复、水生植被恢复、水量调度与水资源优化配置、自动水质监测与生态遥感监测、法规制定与河长制管理，以及大数据、云计算、物联网等信息技术和微生物、植物修复等生物技术的应用，共同构成了一个综合性的技术体系，以实现河流治理的智能化和生态系统自然恢复。

三、水利工程中生态修复技术探讨

在水利工程中，生态修复技术扮演着至关重要的角色，它旨在恢复和提升河流生态系统的结构和功能。以下部分将探讨生态修复的目标与原则，并详细阐述生态修复技术体系，包括河岸植被恢复技术、河道生境改善技术、生态护坡技术，以及通过实证研究来验证这些技术的实际效果。

（一）生态修复目标与原则

生态修复的核心任务在于重建生态系统的和谐与活力，提升生物多样性^[7]，确保生态系统的安全，增强其提供的服务功能，并推动可持续发展。这一过程遵循一系列原则，包括尊重自然、整体考量、因地制宜、科学决策、持续监控、社会协同、预防为主、经济合理、依法治理和适应性管理。这些原则共同确保修复活动不仅遵循自然规律，而且充分考虑生态系统的整体性，采用适宜的技术和方法，动员社会各界的参与，预防新的破坏，并在法律法规的框架内，通过动态调整和成本效益分析，实现受损生态系统的有效恢复与长期稳定。

（二）生态修复技术体系

生态修复技术体系涵盖生态系统评估、修复规划、实施技

术、工程辅助、监测评估和管理技术等多个层面，旨在恢复受损生态系统。该体系包括生态状况调查、功能评价、污染评估等内容，用于评估生态系统状况并确定修复目标^[8]。修复方案设计需要考虑成本效益分析，并选择合适的实施技术，例如土壤、水体、植被修复和生物多样性保护等。此外，还需要辅助技术，例如生态护坡、固沙、拦截等，以及监测评估技术，例如遥感、地面调查等，以确保修复效果。管理技术强调适应性管理和长效管理，并积极应用新技术，例如生物技术、信息技术和材料科学，以推动生态修复的智能化和高效化。

四、河流治理与生态修复政策与管理体系

有效的河流治理与生态修复不仅依赖于先进的技术手段，更离不开完善的政策与管理体系。以下部分将探讨构建河流治理与生态修复政策与管理体系的重要性，并从政策法规、管理体制、监督评估等方面进行详细阐述，以期为河流的健康管理提供坚实的制度保障。

（一）政策法规与标准规范

河流治理与生态修复的政策与管理体系包括国家层面的水法、河道管理条例、环境保护法和野生动物保护法，以及地方性的水污染防治条例、河长制实施条例和生态补偿办法等法规政策。此外，政策指导文件如国务院关于生态文明建设的意见和体制改革总体方案，为河流治理提供指导。标准规范方面，涉及治理技术、环境质量、生态保护和监测评估等领域的具体标准^[9]。管理体系包括组织管理、政策执行和监督考核，通过领导小组、河长办公室等机构，以及立法、执法、司法协同，政策宣传与教育，确保政策法规的有效实施和治理效果的监督考核。

（二）管理体制与运行机制

河流治理与生态修复的管理体制与运行机制，构建了一个立体化的治理框架，涵盖了从纵向管理到横向协作，再到社会参与的全方位体系。这一框架旨在确保政策法规的精准落实和治理工程的稳步推进。

在纵向管理层面，从国家到地方的三级管理体系，肩负着政策制定、行动实施和监督管理的重任，形成了一个层级清晰、责任明确的治理链条。横向协作体系则如同一张紧密相连的网络，促进了不同的部门之间的联动合作和区域间的协同作战，共同推动治理目标的实现。

社会参与机制则为治理工作注入了公众智慧与力量，通过广泛的社会参与和监督，提升了治理的公开度和透明度，增强了公众对治理成果的认同感和满意度。

（三）监督与评估体系

监督与评估体系在河流治理与生态修复政策与管理体系中发挥着关键作用，它确保了治理与修复活动的效果、透明度和连续性。政府监督、社会监督和专业监督三者共同构建了一个全面的监督网络，而过程评估、效果评估和长期影响评估则形成了一个全面的评估体系^[10]。通过采用科学的评估标准、程序和反馈与整改机制，监督与评估体系能够及时发现和解决问题，推动治理与修复工作的持续优化，确保河流生态系统的健康和可持续发展，同时提升政府和社会公众的信任与满意度。

五、结束语

本研究揭示了河流治理与生态修复是一项综合性工程，它要求跨学科、跨领域、多技术手段的融合与协作。虽然本文在理论构建和实践探索方面取得了一定的成果，但仍有许多值得进一步研究和完善的地方。例如，如何更好地将生态修复技术本土化、如何提高河流治理与生态修复的效率和效果、如何构建更加科学合理的监督评估体系等。

展望未来，期待更多研究者聚焦于这些问题，持续拓展和深化河流治理与生态修复的理论与实践，为我国乃至全球水资源的可持续利用和生态环境保护贡献力量。同时，本研究旨在为决策者和实践者提供有价值的借鉴，共同促进水利工程与生态环境的和谐共处，迈向绿色发展和生态文明建设的宏伟目标。

参考文献

- [1] 曹飞凤, 王萍. 河流健康评价研究——以缙云县新建溪流域为例 [J]. 资源节约与环保, 2022, (11): 118–122. DOI: 10.16317/j.cnki.12-1377/x.2022.11.023.
- [2] 邱悦, 文晨, 戴菲. 基于生态系统服务评估的长江武汉段城市河流廊道蓝绿空间优化 [J]. 中国园林, 2023, 39(06): 88–94. DOI: 10.19775/j.cla.2023.06.0088.
- [3] 邵一奇, 严敏哲, 忻飞, 等. 城市特征河流水质提升及健康水生态系统构建——以常熟市枫泾河为例 [J]. 湿地科学与管理, 2023, 19(06): 25–29.
- [4] 李欣桐, 王远铭, 梁瑞峰, 等. 河流系统生态完整性评估的回顾与展望 [J]. 中国环境科学, 2024, 44(04): 2256–2272. DOI: 10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20231218.003.
- [5] 于晓秋, 董方慧. 河流水生态系统健康评价指标体系和评价方法研究 [C] // 中国水利学会. 2023中国水利学术大会论文集（第五分册）. 黄河水利委员会山东水文水资源局, 2023: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.088402.
- [6] 蔡晨茵, 赵立科, 徐慧, 等. 基于功能价值法的河流生态系统服务价值优化综合评估 [J]. 水电能源科学, 2023, 41(09): 44–47+35. DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20222401.
- [7] 钞磊, 马韬. 生态修复技术在改善河流生物多样性和生态系统中的应用 [C] // 河海大学, 珠江水利委员会珠江水利科学研究院, 中国疏浚协会, 广东省水利水电科学研究院, 广东省水利学会. 2023（第十一届）中国水生态大会论文集. 黄河水利委员会宁夏水文水资源局, 2023: 13. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.039418.
- [8] 高敏佳, 陈振锋, 张彦彦, 等. 基于鱼类完整性指数的上海黄浦江骨干人工河流水生态系统健康评价 [J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(01): 99–113.
- [9] 孙龙飞. 河流初级生态系统结构及功能对水流调节技术的响应研究 [D]. 华北水利水电大学, 2023. DOI: 10.27144/d.cnki.ghbsc.2023.000256.
- [10] 燕文明, 姚琦, 蔡永久, 等. 基于大型底栖动物功能摄食类群的太湖流域河流生态系统功能特征 [J]. 生态学杂志, 2024, 43(04): 982–992. DOI: 10.13292/j.1000-4890.202404.036.

平原地区水利建设存在的问题及对策研究

赵梅

兴化市海南水利站，江苏 泰州 225700

摘 要： 平原地区是农业生产的重要区域，水利建设在保障粮食安全和防洪抗旱中起着至关重要的作用。然而，由于地形特点和平原地区自身的水资源条件，水利建设在实际操作中面临诸多问题，包括水资源分布不均、灌溉系统老化、水质污染严重、洪涝灾害频发以及资金投入不足等。本文通过系统分析平原地区水利建设所存在的问题，提出了优化水资源配置、更新和维护灌溉系统、加强水质保护、完善防洪排涝体系和增加资金投入等应对策略，以期为平原地区未来的水利建设提供科学依据和参考，提升水资源利用效率，保障农业生产和居民生活的可持续发展。

关 键 词： 平原地区；水利建设；问题；对策

Research on the Problems and Countermeasures of Water Conservancy Construction in Plain Area

Zhao Mei

Hainan Water Resources Station, Xinghua City, Taizhou, Jiangsu 225700

Abstract： Plain area is an important area of agricultural production, and water conservancy construction plays a vital role in ensuring food security and flood control and drought relief. However, due to the characteristics of the terrain and the water resources in the plain area, the water conservancy construction is faced with many problems in the actual operation, including uneven distribution of water resources, aging irrigation system, serious water pollution, frequent flood disasters and insufficient capital investment. Through systematic analysis of the problems existing in water conservancy construction in the plain area, this paper puts forward countermeasures such as optimizing water resource allocation, updating and maintaining irrigation system, strengthening water quality protection, improving flood control and drainage system and increasing capital investment, so as to provide scientific basis and reference for future water conservancy construction in the plain area and improve water resource utilization efficiency. We will ensure the sustainable development of agricultural production and people's livelihood.

Keywords： plain area; water conservancy construction; question; counterplan

引言

平原地区因其广阔的土地和丰富的水资源，一直是我国农业生产的重镇，水利建设在其中扮演着关键角色。然而，随着农业生产规模的扩大和气候变化的影响，平原地区水利建设面临着一系列挑战。水资源分布不均、灌溉系统老化、水质污染严重、洪涝灾害频发以及资金投入不足等问题，不仅制约了农业的发展，还威胁着居民的生活质量。为此，亟须对这些问题进行深入分析，探索科学有效的解决方案。本文旨在全面探讨平原地区水利建设中存在的主要问题，并提出切实可行的对策，旨在为相关部门提供参考，推动平原地区水利建设的可持续发展，保障粮食安全和社会稳定。通过对水资源优化配置、灌溉系统的更新维护、水质保护措施、防洪排涝体系的完善以及资金投入的增加等方面进行详细探讨，力求为平原地区水利建设提供新的思路和实践指导。

一、平原地区水利建设存在的问题

（一）水资源分布不均

平原地区虽然总体上水资源较为丰富，但其分布却极为不均，导致水资源管理和利用面临巨大挑战。某些地区水源充沛，甚至出现过度开采、浪费现象，而另一些地区则因水资源匮乏而严重影响农业生产和居民生活。季节性变化和降水分布不均加剧

了这一问题，汛期大量水资源无法有效储存和利用，而旱季则面临严重的缺水状况^[1]。此外，随着城市化进程的加快和农业灌溉需求的增加，对水资源的争夺日益激烈，进一步加剧了水资源分配的不平衡。水资源的分布不均不仅影响农业产量，还对生态环境造成破坏，加剧了土壤盐碱化和水土流失问题。因此，解决平原地区水资源分布不均的问题迫在眉睫，需要通过科学的水资源调度和跨区域调配，建立健全的水资源管理体系，以实现水资源

作者简介：赵梅（1978.11-），女，汉族，江苏兴化，本科，中级职称。

的合理配置和高效利用,保障平原地区的可持续发展。

（二）灌溉系统老化

平原地区的灌溉系统大多建设于几十年前,经过长期使用,许多灌溉设施已经严重老化,无法满足现代农业生产的需求。这些老旧的灌溉系统存在管道老化、漏水严重、输水效率低下等问题,导致大量水资源在输送过程中流失,水资源利用率低。同时,传统灌溉方式缺乏科学管理,无法精准控制灌溉量,常常出现过度灌溉或灌溉不足的情况,影响作物生长和产量。由于缺乏资金和技术支持,许多灌溉系统无法进行及时的维修和升级,进一步加剧了灌溉系统的老化问题。这不仅浪费了宝贵的水资源,还增加了农民的用水成本,降低了农业生产效率。为了解决灌溉系统老化的问题,需要加大对灌溉设施的投资,采用先进的节水灌溉技术,如滴灌、喷灌等,提高灌溉系统的现代化水平^[2]。同时,加强灌溉管理,推广科学的灌溉方法,实现精准灌溉,确保水资源的高效利用,为农业的可持续发展提供保障。

（三）水质污染严重

平原地区水质污染严重是水利建设中面临的重大问题之一,对农业生产和居民生活构成了严重威胁。工业废水、农业废弃物及生活污水的大量排放,使得平原地区的地表水和地下水受到不同程度的污染。工业废水中含有大量的重金属、有机物和有毒化学物质,直接排入河流和湖泊,导致水体富营养化和水生生态系统的破坏。农业活动中大量使用的化肥和农药通过地表径流进入水体,造成氮磷超标,进一步加剧水体富营养化问题。生活污水未经处理直接排放,也对水质造成严重污染。缺乏有效的水质监测和管理机制,导致水质污染问题难以及时发现和解决^[3]。水质污染不仅影响了农业灌溉用水质量,导致作物减产甚至污染农产品,还对居民饮用水安全构成了威胁,可能引发各种健康问题。为应对水质污染问题,需要加强对工业和农业污染源的控制,推广清洁生产技术和绿色农业,加强污水处理设施建设,提高废水处理能力。建立健全水质监测和管理体系,实行严格的水质监控和管理措施,确保水环境的持续改善和水资源的可持续利用^[4]。

（四）洪涝灾害频发

平原地区由于地势平坦,排水不畅,洪涝灾害频发,成为水利建设中亟待解决的问题。每逢汛期,大量降水在短时间内集中涌入,导致河流水位迅速上涨,排水系统无法及时疏导,常常引发大范围的洪涝灾害。这些洪涝灾害不仅对农业生产造成毁灭性打击,淹没农田、损毁农作物,还对居民生活带来严重影响,破坏基础设施,导致交通中断、房屋倒塌,甚至威胁到人们的生命安全。洪水过后,积水长时间无法消退,容易引发次生灾害,如土壤盐碱化、病虫害泛滥等,进一步加剧灾害损失^[5]。频发的洪涝灾害也暴露出平原地区在防洪排涝工程方面的薄弱环节,如排水渠和蓄洪设施的不足、防洪堤坝的年久失修等。为有效应对洪涝灾害,需要加大防洪排涝工程建设力度,完善排水系统,增加蓄洪能力。同时,运用现代科技手段,加强对气象和水文信息的监测和预警,提前采取防范措施,减轻洪涝灾害带来的损失。还应推进生态修复工程,恢复河流和湿地的自然调蓄功能,提升平原地区的整体防洪抗灾能力。

（五）资金投入不足

平原地区的水利建设面临资金投入不足的问题,严重制约了工程的实施和设施的维护。水利工程是耗资巨大的基础设施项目,从规划设计到施工建设再到后期的管理和维护,每一个环节都需要大量的资金。然而,地方财政压力较大,特别是在经济相对欠发达的平原地区,政府在水利建设方面的预算常常捉襟见肘,导致项目推进缓慢,甚至被迫搁置。资金不足还影响到现有水利设施的维修和升级,许多老旧的灌溉系统和防洪排涝工程因缺乏必要的资金支持,无法进行及时的修缮和现代化改造,进一步降低了水资源的利用效率和防灾减灾能力。资金短缺也限制了新技术和先进设备的引进,阻碍了水利工程的科技进步和管理水平的提升^[6]。为了克服资金投入不足的问题,需要采取多种措施:一方面,政府应加大财政投入力度,设立专项基金支持水利建设;另一方面,积极探索多元化融资模式,引导社会资本和民间投资参与水利工程。同时,应加强项目管理,提高资金使用效率,确保每一分钱都能用在刀刃上,从而推动平原地区水利建设的可持续发展,保障农业生产和居民生活的长久安全。

二、平原地区水利建设的对策

（一）优化水资源配置

优化水资源配置是解决平原地区水资源分布不均问题的关键举措,旨在实现水资源的合理利用和高效管理。首先,需要通过科学的水资源调度机制,根据不同地区 and 不同时期的用水需求,合理分配水资源,确保农业生产、工业用水和居民生活用水的均衡供给。建立跨区域的水资源调配系统,将水资源丰富的区域的水引向缺水区域,缓解局部水资源短缺问题。其次,应加强水资源的储备能力,建设和完善蓄水工程,如水库、蓄水池等,在汛期储存多余的雨水,旱季时释放供水,平衡季节性水资源差异。此外,推广节水灌溉技术,如滴灌、喷灌和微灌,提高农业用水效率,减少浪费。政府应制定严格的水资源管理法规,控制和减少地下水的过度开采,保护地下水资源。同时,积极推进水资源信息化管理,利用大数据和智能化手段,实时监测和预测水资源变化,优化调度方案。通过多方面的综合措施,逐步实现水资源的优化配置,提高水资源利用效率,保障平原地区经济社会的可持续发展和生态环境的良性循环。

（二）更新和维护灌溉系统

更新和维护灌溉系统是提升平原地区农业生产效率和水资源利用率的重要环节。由于许多灌溉设施建设时间较早,设备老化、管道破损、漏水严重,导致灌溉效率低下,水资源浪费严重。因此,亟须对现有的灌溉系统进行全面更新和维护。首先,应对老旧的灌溉设施进行全面的检查和评估,制定详细的维修和升级计划,重点修复和更换破损的管道和设备。引入现代化的节水灌溉技术,如滴灌、微喷灌和智能灌溉系统,这些技术不仅可以显著提高水的利用效率,还能实现精准灌溉,减少水资源的浪费。还应加强灌溉系统的日常维护,建立健全的维护管理制度,定期检查和保养设备,及时发现和解决问题,确保灌溉系统

的正常运行。培训农业技术人员和农民，推广科学的灌溉管理方法，提高他们对新技术的掌握和应用能力^[7]。政府应加大资金投入，提供政策支持，鼓励社会资本参与灌溉系统的建设和维护，形成多元化的投入机制。通过这些措施，不仅可以有效提升灌溉系统的效率和可靠性，还能确保水资源的可持续利用，促进农业生产的稳步发展和农民收入的增加。

（三）完善防洪排涝体系

完善防洪排涝体系是提高平原地区抗洪能力和减轻灾害损失的关键措施。平原地区由于地势平坦，降水量集中，容易引发洪涝灾害，因此需要建设和维护一套全面而高效的防洪排涝体系。需完善防洪工程，包括修建和加固堤坝、堤防、挡水墙等基础设施，提高防洪能力，防止洪水溢堤。建立和优化排涝系统，如排水沟、排水管网和蓄洪池，确保雨水能迅速排出，减少积水对农业和居民生活的影响。对现有排涝设施进行升级改造，引入智能排涝系统，利用传感器和数据分析技术实时监测降水量和水位变化，自动调整排涝策略，提高排涝效率。加强水库和湿地的建设与管理，利用其自然调蓄功能，缓解洪水冲击。推广生态防洪措施，如植树造林和湿地保护，恢复自然水文环境，增强土地的自然蓄洪能力。建立健全的应急预案和灾后恢复机制，确保在洪涝灾害发生时，能够迅速组织救援和恢复工作，减少人员伤亡和财产损失^[8]。加大公众教育和防灾演练，增强居民的防灾意识和自救能力。通过这些综合措施，可以有效提高平原地区的防洪排涝能力，减少洪涝灾害对社会经济的影响，保障区域的安全和稳定。

（四）增加资金投入

增加资金投入是解决平原地区水利建设问题的核心环节，直接关系到水利工程的建设质量和运行效果。由于水利工程的规模大、涉及面广、技术要求高，往往需要大量资金支持。然而，许多平原地区由于财政压力大，往往难以满足这些资金需求，导致水利项目推进缓慢或陷入困境。为有效解决资金不足的问题，政

府应加大财政投入，设立专项资金用于水利工程的规划、建设和维护。同时，探索多元化融资模式，吸引社会资本和民间投资参与水利建设项目。例如，可以通过公私合营（PPP）模式，引入企业资金，分担建设和运营风险，提升资金使用效率^[9]。加快水利项目的投资审批流程，简化手续，降低项目融资成本。推广水利项目的融资创新工具，如绿色债券、专项基金等，为水利建设提供更多的资金来源。应加强对资金使用的监管和审计，确保每笔资金都用于实际需要的项目，防止资金浪费和腐败。提高项目管理水平，优化资金配置和使用，确保资金投入的最大效益。通过这些措施，能够有效缓解资金不足的困境，推动平原地区水利建设的顺利进行，提高水资源的利用效率，保障农业生产和居民生活的稳定^[10]。

三、结论

综上所述，平原地区水利建设在保障农业生产和防洪抗旱方面发挥着至关重要的作用，但目前仍面临诸多挑战，如水资源分布不均、灌溉系统老化、水质污染严重、洪涝灾害频发以及资金投入不足等问题。针对这些问题，本文提出了优化水资源配置、更新和维护灌溉系统、加强水质保护、完善防洪排涝体系和增加资金投入等对策。这些措施旨在通过科学规划和技术创新，提升水利工程的管理水平和运行效率，确保水资源的合理利用和高效配置。同时，需加强政府与社会各界的合作，推动水利建设的多元化投资，建立健全的水资源管理和应急响应机制。只有通过系统的解决方案和全面的实施，才能有效应对平原地区水利建设中面临的问题，保障农业生产的稳定性，提升居民生活质量，推动区域的可持续发展。本文的研究为未来水利建设提供了理论基础和实践指导，希望能够为相关政策制定者和工程实施者提供参考，促进平原地区水利建设的科学发展和长远规划。

参考文献

- [1] 赵进勇, 张晶, 董延军, 等. 河湖水系连通生态模型、规划方法和工程实践 [M]. 中国水利水电出版社: 202106.286.
- [2] 韩伟杰. 台州平原地区传统人居环境研究 [D]. 北京林业大学, 2019.
- [3] 宋晨. 平原地区农田水利规划的布局与工作重点 [J]. 黑龙江科技信息, 2017, (04):227.
- [4] 周亚歧. 平原地区调水工程施工防渗技术 [J]. 水科学与工程, 2016, (05):68-70.
- [5] 江锦祥. 对当前农田水利建设的思考及分析 [J]. 科技经济市场, 2009, (12):104-105.
- [6] 吕仲祥. 水利工程建设质量管理分析 [J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(10):77-78.
- [7] 董长欣. 农村水利工程施工管理问题及对策分析 [J]. 农民致富之友, 2015, (15):137.
- [8] 孟杰. 中小型水利工程建设进度及质量管理分析 [J]. 建筑技术开发, 2020, 47(03):97-98.
- [9] 石秋菊, 郭晓春. 黄泛平原区高标准农田建设模式探讨 [J]. 山东水利, 2022, (09):3-5.
- [10] 唐予晨. 江汉平原汉北垸田区景观研究 [D]. 北京林业大学, 2022.

水利工程建设安全监管信息化应用研究

张发清¹, 刘念²

1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000

2. 宿迁市水务工程建设管理中心, 江苏 宿迁 223800

摘 要 : 随着我国现代化社会的不断发展, 水利工程建设事业迎来了新的发展机遇。在我国, 水利工程呈现出规模大、周期长、建设难度高、安全风险系数大等特点。为保障水利工程建设事业的高效开展, 建筑施工企业需要充分发挥自身的专业性, 结合先进的信息化技术实行全过程、全员的安全监管工作。这主要是因为信息化技术可以助力安全监管人员实现对水利工程建设过程的全面监控, 在保障安全监管措施精确落实的同时提升工作效率, 进而实现安全生产目标。本文将以水利工程建设作为研究对象, 针对其安全监管信息化应用的相关内容展开探讨, 旨在充分发挥信息化技术的优势, 提升水利工程建设的安全监管水平。

关 键 词 : 水利工程; 安全监管人员; 安全监管; 信息化应用; 信息化技术

Research on Application of Information Technology in Safety Supervision of Water Conservancy Project Construction

Zhang Faqing¹, Liu Nian²

1. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu 210000

2. Suqian Water Engineering Construction Management Center, Suqian, Jiangsu 223800

Abstract : With the continuous development of China's modern society, the construction of water conservancy project ushered in a new development opportunity. In China, water conservancy projects are characterized by large scale, long cycle, high construction difficulty and high safety risk coefficient. In order to ensure the efficient development of water conservancy project construction, construction enterprises need to give full play to their own professionalism, combined with advanced information technology to implement the whole process of safety supervision. This is mainly because information technology can help safety regulators achieve comprehensive monitoring of the construction process of water conservancy projects, improve work efficiency while ensuring the accurate implementation of safety supervision measures, and thus achieve safety production goals. This paper will take the construction of water conservancy project as the research object, and discuss the relevant contents of the application of information technology in safety supervision, aiming to give full play to the advantages of information technology and improve the safety supervision level of water conservancy project construction.

Keywords : water conservancy project; safety supervision personnel; safety supervision; information application; information technology

引言

水利工程建设的管理模式随着时代的发展而发生了一定的变化^[1]。为适应现实情况下的需要, 建筑工程企业应当做好安全监管工作, 并在实践中引入先进的信息化技术, 不断推进水利工程建设的现代化转型。本文将对水利工程建设安全监管信息化应用展开进一步论述。

一、水利工程建设安全监管信息化应用的意义

(一) 有利于降低安全监管的成本

在传统的工作模式下, 建筑工程企业往往需要因安全监管而支出更多的成本或者费用, 从而减少利润。在信息化技术的支持

下, 这一局面得到了打破。通过信息化技术, 建筑工程企业可以有效压缩安全监管人员的数量, 并通过互联网等先进的科技工具实现对建设现场的实时监控^[2]。针对水利工程建设期间所遇见的安全问题, 安全监管人员可以在数据共享平台中获取到第一手资料, 并结合数据信息储备库的相关内容, 搜寻相应的解决方案,

并结合工程实际采取相关措施，以此降低因安全问题所带来的经济损失。由此可见，水利工程建设安全监管信息化应用有利于降低建筑工程企业的安全监管成本。

（二）有利于提升故障诊断工作的效率

若施工人员在施工期间未多加留意细节处理以及技术应用，将有可能导致安全隐患，引发安全事故。通过信息化技术，安全监管人员可以快速排查现有工作中的各种故障，在深入了解病害类型的同时采取相应措施，保障水利工程建设事业的持续开展^[3]。实践表明，信息化技术在地下水施工探测期间可以发挥较大作用。这主要是因为安全监管人员可以通过信息化技术观察地下水源的分布情况，集中处理各类安全隐患问题。总的来讲，信息化技术的应用对于提升故障诊断工作效率而言具有重要意义。

（三）有利于资源配置的优化

资源配置的优化可以有效提升水利工程建设安全监管的整体水平，因而需要得到高度的重视。建筑工程企业将信息化技术应用于水利工程建设的安全监管工作中，可以更为高效地采集各类数据信息，从而推进项目建设、施工技术应用的整体进展，达到资源配置优化的目标^[4]。这主要是因为水利工程建设事业所涉及的内容较多，且各个阶段的工序较为繁琐，所生成的各类数据信息会呈现相互交叉的特点。依照水利工程建设的安全管理目标，安全监管人员切实发挥自身的专业性，科学运用信息化技术，以便对各类数据信息进行全面、综合性的分析与判断，达成资源配置优化，提升安全监管整体水平的目标。

二、水利工程建设安全监管信息化应用的策略

在对相关文献资料进行查阅后，可以发现我国当前在水利工程建设的安全监管方面存在诸多不足，主要表现为部分安全监管人员缺乏对信息化技术的认识，或者是信息化技术应用不足等问题^[5]。在水利工程建设事业不断发展的背景下，建筑工程企业应当秉持创新与发展的意识，加强对信息化技术的研究与应用。接下来将提出几点有利于水利工程建设安全监管信息化应用的策略。

（一）搭建信息化安全监管平台

水利水电建设的安全监管工作较为重要，其所涉及的内容较多，往往需要安全监管人员投入十足的精力。然而，传统的工作模式较为落后，存在效率低、精确性低等问题。在信息化技术的支持下，建筑工程企业可以实现传统工作模式向现代化工作模式的转型，搭建信息化安全监管平台，为安全监管工作的高质量实施创设有利条件^[6]。在搭建信息化安全监管平台时，技术人员应当注重智能传感技术、物联网技术、云计算技术、人工智能技术以及大数据技术的综合性利用。随后，技术人员便需要确定信息化安全监管平台的功能。一般情况下，信息化安全监管平台应当具备信息监测、远程控制、智能分析以及调度决策等功能。通过该信息化安全监管平台，安全监管人员可以通过图形化的方式统计、展示设备在线率、监测点数量以及雨水情监测等信息，为后续的各项施工安排提供支持，确保水利工程建设的安全开展。为

此，建筑工程企业应当组建专门的技术团队，加大对信息化安全监管平台的研发力度，不断完善其功能。在信息化安全监管平台设计、实现完毕后，还需要组织技术人员对其功能进行检验，判断其是否满足水利工程建设安全监管工作的要求。需要注意的是，时代的飞速发展对水利工程建设安全监管工作提出的要求不断发生变化，这便需要信息化安全监管平台具备可扩展性，以便技术人员随时进行功能更新以及系统完善。

（二）优化网络中心安全管理工作

安全监管人员需要通过信息化技术实现对水利工程建设项目的全面分析与管理，以此项目建设始终处于相对安全、稳定的状态。具体来讲，安全监管人员应当持续优化网络中心安全管理工作，通过多种措施确保水利工程建设的安全实施。网络中心安全管理的优化主要体现在以下几方面：第一，安全监管人员应当加强账号管理。网络中心内具有大量关于水利工程建设期间所产生的数据信息，而这些数据信息的价值挖掘以及存储管理会直接影响到安全监管工作的实施^[7]。为此，安全监管人员应当基于精细化管理的理念，做好账号管理，避免账号外泄，以此保障水利工程项目建设的安全实施；第二，安全监管人员应当加强系统运行的平稳性与安全性，从不同角度发出，科学实施网络中心性能管控、故障诊断以及数据备份等工作。在实践中，安全监管人员既需要参考国家提出的工作标准，又需要参考水利工程项目建设的实际要求，只有这样才能让网络中心安全管理工作贴合目标；第三，建筑工程企业应当打通内部各个部门之间的壁垒，共同参与到网络中心安全管理的过程中。建筑工程企业应当利用互联网及时公布关于安全施工的相关内容，并制定相应的管理政策，形成明确的安全施工标准。在确定安全施工标准后，建筑工程企业便需要号召各个部门主动参与到水利工程建设安全监管工作中，及时指出实际建设过程中所发现的安全问题，并提交安全监管部门处理；第四，加强网络安全中心队伍的建设。对于网络中心安全管理工作而言，高素质的专业人员十分必要。建筑工程企业应当加强人才引进，切实保障网络安全中心人员的专业能力、综合素质满足水利工程建设的要求^[8]。

（三）提升安全监管队伍的信息素养

人力资源是保障水利工程建设安全实施的基础，也是保障施工质量的首要前提。为此，建筑工程企业在引入信息化技术的同时，还需要注重安全监管队伍的建设，通过多种途径提升安全监管队伍的信息素养。安全监管队伍信息素养的提升往往需要较长的时间，这便需要建筑工程企业坚定不移地拓宽人才培养渠道，丰富人才培养方式，创新人才培养内容^[9]。具体来讲，建筑工程企业需要落实好以下几项内容：第一，加强与安全监管人员的沟通，确定安全监管人员在知识储备方面的不足。在信息化应用的背景下，安全监管人员若存在知识短板，便会在信息化技术应用期间碰见诸多问题。针对这些问题，建筑工程企业应当展开与安全监管人员的面对面交流，判断安全监管人员在信息化技术应用方面的缺失。依据观察与分析结果，建筑工程企业可以针对性地设计人才培养内容，全面提升安全监管人员对信息化技术的认识；第二，采用线上、线下相结合的人才培养模式。在传统的人

人才培养模式中,建筑工程企业往往会过于重视线下培训。但这种人才培养模式会受到时间、空间等因素的制约,难以保障全体安全监管人员的参与。在信息化技术的支持下,建筑工程企业需要创新性地引入线上人才培养模式,远程培养安全监管人员。通过线上平台,参与培训的安全监管人员可以直观地感受到现代科技所带来的便利,进而形成对现代化信息技术的新认识。实行培训的线上讲师可以通过平台针对性地提升不同安全监管人员的信息素养,从而满足水利工程建设安全监管工作的需求^[10];第三,建筑工程企业应当加强人才引进。随着我国社会的不断发展,建筑行业对安全监管人员的需求也日益增加。为适应新时代的发展需求,建筑工程企业应当加强校园招聘、社会招聘的力度。在引进安全监管人员时,需要重点考察应聘者的专业能力、责任心、信息素养以及职业操守,确保其可以高效率地完成安全监管工作。

(四) 加强对现代化信息技术的应用

在水利工程建设的安全监管工作中,建筑工程企业可以应用的信息技术类型较为多元化。在实践中可以发现,遥感技术、卫星定位技术以及BIM技术的应用最为常见。基于实际需求,建筑工程企业有必要加强对上述现代化信息技术的应用,具体如下:

1. 加强遥感技术的应用

在水利工程建设的安全监管工作中,遥感技术的应用最为普遍。通常情况下,遥感技术会被应用于防洪抗旱等场合。安全监管人员可以通过遥感系统宏观监测灾区,并针对灾区的灾害情况进行合理预测,从而为救灾提供可靠的信息支持。在运用遥感技术时,安全监管人员应当综合性地考虑水利工程项目建设的有关要求,并将水利工程建设的相关信息导入遥感系统,实现数据信息资源的结合利用。在有条件的情况下,安全监管人员还应当将遥感系统上的数据信息转化为图像模型,再通过分析图像模型的方式确定水利工程建设的安全性。

2. 加强卫星定位技术的应用

卫星定位技术是水利工程建设技术体系的重要组成部分。在安全监管工作中,卫星定位技术发挥着不可替代的作用。卫星定位技术既可以被应用于日常的施工安全管理,又可以被应用于抗洪抢险中。安全监管人员应当充分发挥自身的专业性,在把握卫

星定位技术应用要点的同时将其落到实处,精确定位安全隐患,并采取相应的处理措施。值得一提的是,若想进一步发挥卫星定位技术的应用作用,安全监管人员还应当将GIS地理信息系统与卫星定位技术进行结合运用,这样可以更加快速地定位灾区,明确灾情,从而提升水利工程建设的水平。

3. 加强BIM技术的应用

BIM技术是一种多维模型信息集成技术,其作为现代化信息技术的结晶,可以有效助力建筑工程企业实现水利工程建设安全监管目标。具体来讲,安全监管人员需要将水利工程建设的数据信息导入三维模型制作软件,再生成相应的三维数字模型。通过该数字模型,安全监管人员可以直观地看到水利工程建设的全流程以及各个细节。除此之外,安全监管人员还可以通过BIM系统的模拟功能,提前发现水利工程建设各种安全隐患。针对所发现的安全隐患,安全监管人员需要及时上报给项目负责人,整改施工方案,优化施工技术以及流程,从而在根源上消除安全隐患。总的来讲,安全监管人员应当意识到BIM技术应用的必要性,并加强对其的研究。

三、结束语

随着我国社会经济的不断发展,水利工程在人民群众的日常生活中发挥着越来越关键的作用。水利工程不仅可以保障当地农业的经济发展,还可以有效实现防洪抗涝等功能,保障人民群众的安居乐业。因此,建筑工程企业应当将目光聚焦于先进的信息化技术,通过信息化应用的方式保障施工质量,提升施工安全水平。同时,建筑工程企业还需要为信息化技术的应用创设有利条件,并采取相应的措施。具体来讲,建筑工程企业需要落实好四点措施。第一,搭建信息化安全监管平台;第二,优化网络中心安全管理工作;第三,提升安全监管队伍的信息素养;第四,加强对遥感技术、卫星定位技术以及BIM技术的应用。本文通过对水利工程建设安全监管信息化应用展开探讨,为水利工程建设安全监管领域提供了一定的参考。

参考文献

- [1] 林艳燕, 安觅. 基于微服务架构的水利工程安全监管平台[J]. 水利技术监督, 2023, (11): 66-70+145.
- [2] 叶学哲. 水利工程建设管理的创新思路[J]. 价值工程, 2020, 39(34): 20-21.
- [3] 张业林, 杨国平. 浅析江苏省水利工程建设安全监管工作[J]. 治淮, 2013, (06): 15-17.
- [4] 张斌. 智慧水利工程建设管理实施路径研究[J]. 治淮, 2023, (06): 42-43.
- [5] 王筠丰. 水利工程施工管理信息化模型构建[J]. 中国新技术新产品, 2021, (18): 137-139. DOI: 10.13612/j.cnki.cntp.2021.18.044.
- [6] 赵淑杰. 水利工程质量监督机构工作思考[J]. 水利技术监督, 2020, (01): 8-10+23.
- [7] 张继永, 刘霞. 水利工程施工现场管理技术要点分析[J]. 水上安全, 2023, (15): 133-135.
- [8] 陈龙, 李亚鹏. 大藤峡水利枢纽安全管理中的信息化应用[J]. 中国水利, 2020, (04): 35-37.
- [9] 张德鑫, 高贵倩. 水利工程管理中的信息化技术应用[J]. 新城建科技, 2023, 32(24): 85-87.
- [10] 冯伟. 水利安全生产监督现状及对策[J]. 绿色科技, 2019, (18): 161-162. DOI: 10.16663/j.cnki.lskj.2019.18.059.

现代化基层农田水利灌溉管理的有效路径分析

杨兰

玛纳斯县广东地乡人民政府, 新疆 昌吉 832200

摘 要 : 本文简要分析了加强基层农田水利灌溉管理质量的重要性, 随后从五个角度提出了现代化基层农田水利灌溉管理的有效路径, 包括建立综合性灌溉管理体系、应用创新型节水灌溉措施、明确部门与人员管理职责、强化节水灌溉宣传工作、做好灌溉设备的维修养护。以期丰富该领域研究成果, 提高基层农田水利灌溉管理质量。

关 键 词 : 农田水利; 农田灌溉; 灌溉管理; 农业现代化

Analysis of Effective Path of Irrigation Management of Modern Grassroots Farmland Water Conservancy

Yang Lan

Manas county Guangdong Township people's government, Changji, Xinjiang 832200

Abstract : This paper briefly analyzes the importance of strengthening the quality of irrigation management of grass-roots farmland water conservancy, and then puts forward the effective path of modern irrigation management of grass-roots farmland water conservancy from five perspectives, including establishing comprehensive irrigation management system, applying innovative water-saving irrigation measures, clarifying the management responsibilities of departments and personnel, strengthening the publicity work of water-saving irrigation, and doing a good job in the maintenance and maintenance of irrigation equipment. In order to enrich the research results in this field and improve the quality of irrigation management of grassroots farmland water conservancy.

Keywords : farmland water conservancy; farmland irrigation; irrigation management; agricultural modernization

引言

近年来, 国家在农田水利建设方面投入了大量资源, 现代化灌溉技术和设施在各地逐步推广应用。然而, 现有的基层农田水利灌溉管理模式在实际运作中仍存在诸多问题, 不利于提高灌溉系统的运行效率, 也对农业生产的可持续性产生了一定影响。因此, 如何构建科学有效的管理路径, 优化现代化基层农田水利灌溉的管理模式, 提升灌溉系统的运行效率、改善水资源利用率, 具有重要的研究价值与研究意义。

一、加强基层农田水利灌溉管理质量的重要性

提高农业生产力。农田水利灌溉管理的质量直接影响到农作物的生长状况, 合理的灌溉方式以及先进的灌溉技术, 可确保农作物在生长的各个阶段获得充足的水分, 并在不浪费水资源的前提下, 最大化农田产出^[1]。

实现水资源可持续利用。加强基层灌溉管理, 应用精准灌溉技术, 可实现按需供水, 有助于规避地下水位下降、土壤盐碱化等问题, 提高水资源利用效率, 减少浪费。

应对气候变化。旱涝天气对粮食蔬果产量影响极大, 加强基层灌溉管理可更加灵活地应对气候变化带来的不确定性, 应对大

多数极端气候, 为粮食蔬果提供稳定生长环境。

保护生态环境。过度灌溉可能会导致土壤侵蚀、土地退化, 科学灌溉管理方式可以有效避免因灌溉不当导致的生态环境问题, 维护土壤健康, 保护生态系统的平衡。

促进农村经济发展。农业是农村经济的基础, 而水利灌溉又是农业的命脉。加强灌溉管理可提高农作物产量质量, 可以直接增加农民的收入, 促进农村经济的发展, 同时完善的灌溉设施和管理体系也可为农业机械化、现代化提供保障。

提高抗灾减灾能力。在干旱季节, 良好的水利灌溉管理方案可辅助调配水资源, 保障农作物的基本用水需求; 在洪涝灾害时, 合理的排水系统又能迅速排除积水, 减少农作物受灾程度。

二、现代化基层农田水利灌溉管理的有效路径

（一）建立综合性灌溉管理体系

建设信息化管理平台。构建基于物联网的水利灌溉信息化管理平台，使用传感器对灌溉区域内的水位、土壤湿度、天气状况、作物生长状态等关键参数进行实时监测，收集到的数据汇集到中央控制平台进行处理分析，预测未来的灌溉需求，并根据作物的不同生长阶段、土壤类型、天气预报等信息，动态调整灌溉计划。

应用智能灌溉系统。智能灌溉系统依托于先进的传感器和自动控制技术，能够根据实时监测数据自动调节灌溉水量，确保农作物在不同生长阶段的水分需求得到精准满足。应用过程中，配备智能控制器，在模糊控制、遗传算法、神经网络等先进算法加持下自动优化灌溉策略，适应不同环境条件和作物类型^[2]。与传统的灌溉方式相比，智能灌溉系统可显著减少水资源的浪费，避免土壤盐碱化、地下水位下降或作物减产等问题；智能灌溉系统还能够自动检测管道压力、阀门开闭状态、喷头的工作情况，一旦发现异常，系统可以立即进行调整，若发生严重异常，则发出警报，从而及时排除故障，保障灌溉的连续性。

构建分级管理监控机制。根据灌溉区域重要性，设置不同的管理层级，中央管理系统作为最高管理层，主要负责总体调度与数据分析，制定区域性的灌溉计划，并在信息化平台内对各区域的灌溉状况进行实时监控；区域管理单位负责具体的灌溉操作以及灌溉设备维护，为分级管理的落实层^[3]；为进一步强化监控能力，可应用遥感技术和无人机巡检技术辅助监控，其中遥感技术可获取大范围的灌溉区域数据，为宏观决策提供支持；无人机巡检则可以快速、低成本地对灌溉设施进行近距离检查，排除如管道泄漏、设备损坏等问题，避免灌溉中断、水资源浪费风险。

（二）应用创新型节水灌溉措施

强化土壤墒情检测管理。土壤墒情能够反映土壤水分情况，决定灌溉水量以及灌溉时机，在墒情监测过程中优先使用张力计、土壤水分探针、中子水分计等土壤水分传感器，实时了解土壤水分状况，根据墒情数据以及近日天气预报数据决定实际灌溉计划，在控制灌溉水量的同时，为调整灌溉策略提供基础，若用水量较高但墒情下降显著，则可使用滴灌或喷灌维持土壤墒情，同时也可根据不同区域的墒情制定差异化灌溉管理，例如墒情下降缓慢的农田使用管道输水以节约成本。

应用自动化灌溉控制系统，提高灌溉效率、减少灌溉用水量、降低人工劳动用量。在农田内安装智能灌溉控制器，实时接收土壤水分传感器、气象站数据，根据预设程序和实际监测数据自动开启或关闭灌溉系统；在田间安装土壤湿度传感器，监测不同深度的土壤墒情状况，并将实时墒情数据发送到灌溉控制器，根据土壤湿度阈值自动调整单次灌溉用水量、灌溉周期以及灌溉方式；建立智能化农田灌溉系统，使用智能手机或平板电脑远程访问灌溉控制终端，实时监测田间水分状况，调整灌溉模式，从而提高水资源利用率。

差异化选择灌溉技术。不同作物对水的需求量、频率和供水

方式的喜好各不相同，因此根据不同作物的生理特性和生长条件，应用差异性灌溉技术，能够有效提高灌溉效率，强化节水效果。农户需要了解不同作物在不同生长阶段的水分需求规律，以及不同作物的根系分布情况，例如谷物在拔节到灌浆期需要大量水分，蔬菜在全生长周期都需要保持较高的土壤湿度，果蔬需要深层供水，大部分蔬菜则更适宜表层供水；根据不同作物特征，选择不同的灌溉方式，针对蔬菜、果树、园艺作物等需准确控制水分供应量的作物使用滴灌，针对草坪、牧场、小麦、玉米等植株分布均匀密集的作物使用喷灌，针对苗床、特种蔬菜等需要精细水量控制的农作物使用微灌和微喷^[4]。此外，在制定灌溉技术时，也需要将土壤特性以及气候环境因素考量在内。

（三）明确部门与人员管理职责

一方面，加强组织架构设计与部门设置，将管理组织划分为中央管理部门、区域管理部门以及基层管理单位，其中中央管理部门承担战略性和全局性的决策职责，负责制定总体灌溉政策和策略，确定年度和季节性灌溉计划，并根据国家和地区的水资源政策，对整个灌溉系统进行宏观调控。具体职责包括制定水资源分配方案、确定灌溉优先级、监督重大水利工程的实施、管理水利资金的分配以及与其他政府部门的协调合作、整合各区域的数据进行大数据分析建模；区域管理部门负责具体执行中央管理部门的灌溉计划，主要职责包括制定区域性灌溉计划、管理和维护区域内的水利设施、监测水资源使用情况、协调各基层单位的灌溉活动以及处理突发事件、与农户和基层灌溉管理组织沟通传递计划要求、开展技术支持培训；基层管理单位直接负责农田灌溉具体操作，主要职责为按照上级部门的指示执行具体灌溉任务，管理和维护农田内渠道、泵站、管道等灌溉设施，监测农田水分状况、及时调整灌溉方案，记录灌溉数据、上报区域管理部门。

另一方面，做好职能划分与责任界定。其一，明确技术支持与设备管理职责，要求技术支持部门为灌溉系统的设计、安装、维护和升级提供技术支持；定期进行设备检查和维修，确保灌溉系统的正常运行；根据灌溉需求和水资源状况，提出技术改进建议；负责新技术和设备的引进和推广，以及相关的技术培训和指导。其二，明确数据管理与分析职责，由数据管理部门负责搭建维护数据管理平台；收集来自各级传感器、天气预报系统、作物生长模型等的实时数据，并进行数据清洗和预处理；利用大数据分析和人工智能技术，进行数据深度挖掘建模，预测未来的灌溉需求，优化灌溉方案；根据分析结果，向管理部门提供决策支持建议^[5]。其三，明确现场操作与监督职责，要求现场操作人员根据上级指示，执行开关阀门、启动水泵、调整喷灌系统等灌溉任务；实时监控灌溉设备的运行状态，及时发现和处理异常情况；记录现场操作数据，并按时上报；在灌溉过程中，定期巡查灌溉设施，确保无渗漏、堵塞或其他问题；协助技术支持人员进行设备的日常维护检修，监督人员则负责对现场操作的执行情况进行检查。

（四）强化节水灌溉宣传工作

开展多渠道宣传。在宣传节水灌溉的过程中，应充分利用多种传播媒介，选择广播、电视、报纸、宣传册等传统媒体，以及

微信、抖音等新兴社交媒体平台，开展宣传活动，其中传统媒体具有广泛的覆盖面，适用于老年农民群体的宣传，可在地方电台和电视台播放节水灌溉专题节目或公益广告，提升中老年农民对节水灌溉的认知度。新兴媒体则适合于中青年农民和农村青年群体，可使用微信公众平台推送节水灌溉的最新信息技术动态，配合短视频平台展示节水灌溉应用案例，提高宣传质量。也可利用村委会公告栏、村广播等实地宣传渠道，完成宣传闭环。

开展技术培训，普及节水灌溉知识。一方面，为提升农民的节水灌溉能力，可以定期在乡镇和村级组织节水灌溉技术培训班，培训内容应包括节水灌溉的基础理论、各种节水灌溉技术的应用、灌溉系统的操作维护，以及土壤水分管理技术。培训应采取理论与实践相结合的方式，帮助农民能够直观掌握技术要点；培训还应考虑到农民的文化水平差异，采取通俗易懂的教学方式，并为有需求的农民提供个性化指导。另一方面，在农村地区建设农业科技推广站和节水灌溉示范基地，作为节水灌溉技术的实地教学场所，农民可以在推广站与基地内接受专业技术人员指导，学习节水灌溉技术的实际应用方式；推广站可与农业科研机构 and 高等院校合作，引进最新节水灌溉技术。

加强示范推广、提供政策激励。一方面，在每个村或乡镇选取具有代表性的农户作为节水灌溉示范户，在示范户田地内实施节水灌溉系统，面向民众展示灌溉前后的产量和水资源利用效率的变化，以证明节水灌溉技术实际应用效果。示范户还可以作为宣传大使，向其他农民分享其节水灌溉的经验，以及使用节水灌溉技术后获得的收益，带动整个村镇参与节水灌溉技术应用，并转化为技术推广者，形成“以点带面”的推广方式，有效提高农民对节水灌溉技术的接受程度；另一方面，由地方政府配套出台激励政策，鼓励农民采用节水灌溉技术。为采用节水灌溉技术的农户提供财政补贴，降低农户安装节水灌溉系统的成本，并配套提供技术人员辅助维护；为农户提供免费的节水灌溉技术培训；设置节水灌溉设备减免、提供设施采购低息贷款，降低农民经济负担。

（五）做好灌溉设备的维修养护

对灌溉系统中的各类设备进行详细的分类管理。常见的灌溉

设备包括泵站、管道、阀门、喷灌设备、滴灌设备、控制器和传感器，不同类型的设备在使用环境、维护要求和故障处理方式上存在差异，因此需要针对不同设备制定相应的管理养护计划。例如，泵站和管道等关键设备需要更频繁的检查保养，而传感器和控制器则需要更精细的校准调试，由此实现有针对性地进行维修养护，避免“一刀切”的维护方式。

为灌溉设备建立台账，涵盖设备的型号、购买日期、安装位置、使用情况、维护记录和故障记录等关键信息，辅助追踪设备使用寿命，记录设备运行状态，配套建立电子档案系统，将设备信息数字化处理，便于快速查询、统计分析；在电子档案系统内集成维修管理系统，自动生成维护提醒和故障报告。

为了减少设备故障的发生，应制定科学的定期维护计划，按照设备运行周期和使用强度，定期对设备进行检查保养，如泵站和阀门应定期进行润滑、检查密封情况，管道应检查是否有渗漏或阻塞现象，传感器和控制器则应定期进行校准测试。定期维护计划应结合设备厂商建议以及设备实际使用情况进行调整，并纳入日常管理的范畴，以确保维护工作持续性。

实施预防性维护技术。综合应用振动分析、温度监测、润滑油分析和电气检测技术，安装传感器和远程监控系统，实时收集设备运行数据，配合大数据分析和人工智能算法，预测设备故障趋势，从而在故障发生前进行维修或更换，由此降低设备故障率，延长设备使用寿命。

三、结语

综上所述，加强基层农田水利灌溉管理质量可有效提高农业生产生产力，实现水资源持续利用，应对气候变化，保护生态环境，促进农村经济发展并提高抗灾减灾能力，具有极高的重要性，为加强基层农田水利灌溉管理质量，一要构建完善的灌溉管理体系，二要积极应用新型节水灌溉措施，三要加强组织架构、设置部门、明确职责，四要以多渠道、多方式开展面向村民的节水灌溉宣传，五要做好灌溉设备的维修养护。

参考文献

[1] 赵仓. 现代化基层农田水利灌溉管理的有效路径分析 [J]. 河北农机, 2023(023):88-90.
[2] 张峰. 新时代基层农田水利灌溉管理的有效措施探讨 [J]. 河南农业, 2023(26):57-59.
[3] 米娜瓦尔·艾拉. 基层农田水利灌溉管理存在的问题及完善对策 [J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(3):151-154.
[4] 作合热依·阿不列孜. 基层农田水利灌溉管理中的问题及对策分析 [J]. 水电水利, 2022, 6(1):13-15.
[5] 宗继飞. 基层农田水利灌溉管理中存在的问题及对策 [J]. 农家科技(下旬刊), 2021(9):157-158.

基层水管所运营管理措施研究

郭凤莲

玛纳斯县广东地乡人民政府, 新疆 昌吉 832200

摘 要 : 本文简要阐述了基层水管所做好运营管理的重要性, 随后对当前基层水管所运营管理面临的问题进行了分析, 最后从人员运营管理能力、运营制度规范、供水计量管理工作准确性、内部责任落实与监督四个角度, 提出基层水管所提高运营管理水平的可行措施, 以期丰富该领域研究成果, 强化基层水管所运营管理质量。

关 键 词 : 水管所; 水利管理; 运营管理

Study on Operation and Management Measures of Grassroots Water Pipes

Guo Fenglian

Manas county Guangdong Township people's government, Changji, Xinjiang 832200

Abstract : This paper briefly expounds the importance of grassroots water pipes doing a good job in operation management, then analyzes the current problems faced by grassroots water pipes in operation management, and finally proposes feasible measures to improve the operation management level of grassroots water pipes from four perspectives: personnel operation management ability, operation system specifications, accuracy of water supply measurement management, implementation and supervision of internal responsibilities. In order to enrich the research results in this field and strengthen the operation and management quality of grassroots water pipes.

Keywords : water management institute; water conservancy management; operation management

引言

基层水管所作为水资源管理与供水服务的基础单元, 承担着保障农业用水的重要职责, 运营管理水平直接关系到农业灌溉供水服务质量与效率, 为此探讨基层水管所运营管理措施, 具有较高的研究价值与研究意义。

一、基层水管所做好运营管理的重要性

(一) 提高水资源分配利用率

合理的水资源管理不仅能保障各个用水领域的需求, 还能避免水资源浪费, 若水资源分配不合理, 则会引发水资源过度使用、灌溉用水短缺等问题, 影响当地农业生产稳定性, 基层水管所做好运营管理, 可优化资源分配、提高水资源利用效率, 最大程度满足当地各区域农业用水需求, 保障水资源的可持续利用^[1]。

(二) 保障供水系统运行稳定性

基层水管所承担着确保供水系统安全稳定运行的关键任务, 供水系统中的任何故障, 都会直接影响到供水连续性乃至水质安全性, 进而对农业生产造成重大影响。基层水管所做好运营管理, 能够保障供水系统的正常运行, 在问题发生之前采取预防措施, 减少供水中断、水质污染等事故发生, 由此在提升供水系统稳定性的同时, 确保供水安全。

(三) 提高抗灾能力

良好运营管理可帮助基层水管所确保水库、堤坝、泵站设施

效能发挥水平, 提升设施抗灾能力, 有效应对洪水、干旱等极端天气, 配合科学预警应急预案, 在灾害发生时, 基层水管所可迅速采取相应措施, 最大限度减少灾害威胁, 确保地区安全稳定。

(四) 提高设备寿命

基层水利设施的维护管理水平决定了设施使用寿命, 水利设施投资巨大, 长期使用过程中, 必须做好运营管理工作, 定期进行设备检查、维护、保养, 定位潜在问题, 延长设备寿命、强化设备运行稳定性, 减少因设施老化或操作不当而导致的大规模维修更换成本, 减少当地经济负担^[2]。

(五) 解决运营成本

基层水管所引入信息化管理系统、自动化设备以及精细化调度, 可优化资源配置, 减少人力物力成本, 现代化的管理手段不仅能够提高运营效率, 还能提升供水系统的响应速度, 减少供水系统的故障率、事故率。节约的成本可以用于进一步提升管理水平、更新设备, 形成良性循环。同时, 更高效的运营管理模式, 也有助于提高基层水管所的管理能力, 为地方农业发展提供强有力的水资源保障。

二、当前基层水管所运营管理面临的问题

其一，随着水利工程和供水技术的不断更新，水管所的运营管理人员面临的技术要求逐渐提升，但部分员工的技术能力无法满足当下要求，限制了基层水管所运营管理高质量发展；同时部分基层水管所的专业技能培训体系不健全，培训覆盖面不广、针对性不足，亦无法有效帮助员工跟上技术发展的步伐。

其二，部分基层水管所内部制度科学性、可操作性不足，设计较为陈旧，在水资源调度、设备维护和财务管理等方面存在制度漏洞，监督反馈机制仍待进一步完善，也阻碍了水管所整体运营效率的提升。

其三，设备引进使用不匹配，尽管部分水管所引入了先进的农业灌溉水表和智能流量计，但设备安装、维护、使用缺乏统一标准，影响计量精度；数据管理与分析平台功能有待丰富，农业供水计量数据集中管理和多维度分析不充分，不利于农业用水分配、异常情况难以及时定位；计量管理流程复杂、人工干预较多，导致计量工作效率和准确性待提升。

最后，目前部分基层水管所岗位职责分工不明确，责任推诿现象时有发生，监督管理体系薄弱，缺乏内部监督机制，同时并未引入外部审计评估手段，由此导致责任落实难度大、管理制度执行效果不佳，也对基层水管所运营管理水平造成一定影响。

三、基层水管所提高运营管理水平的可行措施

（一）单位人员不断提高运营管理能力

基层水管所的员工在日常工作中面临着多样化的技术要求。随着社会和经济的发展，水利工程和供水系统的技术更新速度不断加快，传统的管理和操作方式逐渐被新技术所替代，现代化水利设施往往配备了高度自动化的控制系统，这需要操作人员具备一定的计算机操作和数据分析能力。此外，水质监测、设备维护、供水调度等环节都越来越依赖于精密仪器和信息化系统的支持，基层水管所员工不仅要熟悉基本的工程原理，还需要掌握技术操作技能。为此，水管所必须定期开展专业技能培训，帮助职工掌握新技术、新设备的使用方法。专业技能培训应包括多个层面的内容，既要覆盖基础知识的巩固，也要涉及新技术的学习应用。对于新入职的员工，水管所应提供系统的入职培训，帮助职工了解水利工程的基本原理、供水系统的运行机制以及水利设施的日常维护方法；对于已有一定工作经验的员工，则应重点加强信息化管理、自动化设备应用方面的技能提升，配合引入外部专家、参加专业培训班、开展内部技术交流，帮助员工了解行业前沿技术，学习利用新工具提高工作效率、强化管理水平^[3]；此外，水管所还应根据岗位职责的不同，制定有针对性的专业培训计划。水管所的运营管理涵盖水资源调度、供水系统维护、应急管理、设施建设与维护等多个领域，每个领域都有其特定的技术要求和操作标准，如水资源调度人员需要了解水资源的科学调度方法，掌握供水计划制定调整技巧；设备维护人员则需要掌握水泵、阀门、管道等设备的运行原理及常见故障的诊断与排除

方法。

重视实践操作能力的培养。理论知识的学习固然重要，但只有经过实践操作，员工才能将所学的知识转化为实际的操作技能。为此，水管所可以通过组织员工参与实际项目的建设与维护、开展技术竞赛或技能比武等方式，增强员工的实践经验和操作熟练度。如在新设备引入或新系统上线前，水管所可组织员工进行实地操作演练，让员工在实际操作中熟悉设备、系统的功能以及操作流程。

注重培训效果的评估反馈。以定期考核评估及时了解员工的学习进度，并根据实际需要调整培训计划、培训内容。如定期组织技术考核、模拟操作演练或专业技能考试，检验员工的技术掌握情况；建立培训效果的反馈机制，收集员工在培训过程中的意见，以不断优化培训方式内容，确保培训真正有效地提升员工的技术能力。

建立技术交流平台，促进员工分享知识、交流经验。定期组织技术交流会，让不同岗位的员工分享各自工作经验、操作技巧和解决问题的心得体会，有助于员工相互学习，取长补短，并在单位内部形成浓厚的学习氛围，激发员工持续提升自我技能的动力；与其他水利单位或专业机构的合作，组织员工参加行业内技术交流活动，开拓视野，学习先进的管理经验和科学技术方法，进一步提升单位整体技术水平。

（二）完善水管所内部的运营制度规范

制定科学合理的内部制度规范，覆盖水资源管理、供水系统维护、设备管理、财务管理和人力资源管理等水管所运营的各个方面；制定制度时，应基于国家和地方相关法律法规，结合水管所的实际运营特点，为制度赋予法律依据；在设计过程中，必须明确每个工作环节的职责分工、操作流程和考核标准，让每位员工了解自身责任、定位工作目标，在水资源调度、设备维护等关联性工作中，基层水管所需在制度内体现沟通协调机制，强化工作连贯性；制度设计必须兼具灵活性与适应性，可根据外部环境、内部管理需求的变化，适时调整修订^[4]。

做好制度执行监督，保证制度有效落实。设立监督部门，定期检查各部门工作流程以及制度执行情况，同时将监督工作与奖惩机制挂钩，严格执行制度的部门和个人应得到奖励，而违反制度或执行不力的则应受到相应惩罚。

优化运营流程、提高管理效率。水管所的工作流程涉及多个部门、多个环节，若管理流程繁琐或环节脱节，容易导致管理效率低下。因此有必要对现有的工作流程进行梳理优化，简化操作步骤，减少冗余审批环节，缩短工作周期。如设备维护流程可引入数字化管理系统，实现自动化设备检测、维修、报修，减少人工操作，规避延误；供水调度也可对水资源调配流程进行优化，提高调度响应速度；建立跨部门协作机制，推动信息共享，提升整体工作效率。

（三）强化供水计量管理工作的准确性

引入先进计量设备和技术。逐步引入、推广使用先进计量设备，如高精度农业灌溉水表和智能流量计，精确测量农田灌溉用水实际使用量，在大面积灌溉区域，采用智能流量计可以实现实

时监测和数据采集,基于无线传输技术,将实时数据传输至中央控制系统,监控区域内灌溉网络的用水情况;利用物联网技术,将各个灌溉区域的计量设备连接到统一管理平台,实现数据自动采集分析,有助于水管所精确掌握用水动态,优化灌溉计划,避免水资源浪费。

规范计量设备安装维护。计量设备的安装位置、安装高度及与灌溉管道的连接方式等都需符合技术标准;长期使用的计量设备,受水压变化、泥沙沉积等因素影响较大,需制定定期维护校准计划,保持最佳工况;在灌溉季节前,水管所应对所有计量设备进行全面检查维护,及时发现并更换故障设备。

加强数据管理分析。建立完善的供水计量数据管理平台,集中存储管理所有灌溉用水计量数据。平台不仅需要具备实时数据监控功能,还应支持多维度的数据分析,如对不同时段、不同灌溉区域的用水情况进行对比分析,帮助管理人员优化灌溉用水分配方案。此外,数据平台应具备异常数据自动预警功能,如当某一灌溉区域的用水量异常变化时,系统应自动生成警报,提醒管理人员检查是否存在管道漏水或非法用水等问题。

优化计量管理流程。水管所应简化计量数据采集处理流程,减少人为干预环节,应用自动化系统实现数据的自动采集、存储、分析,同时对新引入的智能计量设备,制定相应操作规范和使用手册,提高安装、使用、维护设备正确性。

(四) 加强水管所内部责任落实与监督

明确岗位职责分工。水管所运营管理涉及水资源调度、设备维护、财务管理、客户服务等多个环节,各环节都需要相关人员承担具体的工作职责。因此,水管所应制定详细的岗位职责说明书,避免责任模糊、推诿情况,如在供水调度环节,调度员需要确保供水量符合需求,及时应对突发情况,而设备维护人员则需负责供水设备的定期检查保养,确保设备运行正常^[4];明确各部门职责分工,建立详细的责任分解机制,将具体任务落实到每个岗位、每个员工。

设立专门的责任协调反馈机制。定期召开部门协调会、责任落实会等形式,让各部门沟通工作进展,实时掌握各岗位工作情况,及时调整人力资源配置,解决职责冲突;建立责任反馈制

度,要求员工定期汇报负责工作进展以及工作完成情况。

健全监督管理体系。在内部监督方面,设立独立监督部门、监督人员,负责日常监督工作,确保各项工作不打折扣地落实。监督人员的职责包括对各部门的日常工作流程进行检查,确保操作符合标准;对突发情况进行现场监督,确保应对措施及时有效;以及定期审查各部门的工作记录,发现潜在的管理漏洞或问题。为保证监督工作独立性,监督人员应与被监督部门保持适当的独立性,避免利益冲突,同时可以通过轮岗制度确保监督工作的公正性。外部监督方面,引入第三方审计或外部评估机构,对水管所的管理制度、责任落实情况进行全面评估,为管理层提供客观意见,辅助基层水管所发现内部监督中未能识别的问题。

建立严格考核奖惩机制。考核机制应覆盖各岗位、各部门的关键工作内容,并根据岗位职责制定相应考核指标,如对于设备维护人员,考核的重点应包括设备的完好率、故障处理的及时性和维护工作的规范性;而对于供水调度人员,则应考核供水调度的准确性、响应速度以及用水高峰期的应对能力。考核应基于定量与定性的双重标准,既要有明确的数据指标,也要有具体的工作质量评估;为确保考核公平合理,考核过程应透明公正,水管所可以在信息化系统内公开考核内容、考核标准以及考核结果,允许员工查询考核情况;对考核优秀的员工给予物质奖励和荣誉表彰,激励员工积极履行职责。对于未能按要求落实责任或工作表现欠佳的员工,则应采取通报批评、绩效扣减甚至岗位调整等惩罚方式,由此激发员工的工作积极性,落实内部责任。

四、结语

综上所述,基层水管所做好运营管理可提高水资源分配利用率,保障供水系统运行稳定性,提高抗灾能力,提高设备寿命,解决运营成本,具有较高重要性,考虑到当前部分基层水管所面临着人员能力、制度规范、计量管理、责任监督等维度的问题,基层水管所一要提高单位内人员的运营管理能力,二要完善水管所内部运营制度规范,三要强化供水计量管理工作的准确性,四要加强水管所内部责任落实与监督。

参考文献

- [1] 孟建兵. 新形势下基层水管所提高运营管理水平措施探究[J]. 科学与信息化, 2020(16):154.
- [2] 岳建斌. 浅议新形势下基层水管所提高运营管理水平措施[J]. 农业科技与信息, 2018(3):96-97.
- [3] 努尔山·海里沙. 基层水管单位水利工程运行与管理对策[J]. 水上安全, 2023(5):16-18.
- [4] 杨步天, 曹凌敏, 张宁. 新万福河济宁段基层水管单位管理探讨[J]. 山东水利, 2022(11):43-44.
- [5] 胡玉松. 基层水管单位管理思路的探讨[J]. 水能经济, 2018(1):359.

水利工程中的施工环保技术与应用研究

顾浩然¹, 孙新², 李毅¹, 孙思², 朱昊³

1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223000

2. 江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223000

3. 淮安市水利工程建设管理服务中心, 江苏 淮安 223000

摘要： 水利工程施工过程中，环保技术的应用对于减轻对环境的负面影响具有重要意义。通过分析施工环节中的污染源和环境风险，探讨了水利工程施工环保技术的主要措施，包括土壤及水体污染控制、噪音与粉尘管理、生态保护措施以及废弃物处理技术。采用新型环保材料和先进工艺，优化施工流程，有效降低了施工对生态系统的破坏。研究显示，综合应用这些环保技术能够显著改善施工现场的环境质量，促进水利工程的可持续发展。

关键词： 水利工程；环保技术；污染控制；生态保护；施工管理

Research on Construction Environmental Protection Technology and Application in Hydraulic Engineering

Gu Haoran¹, Sun Xin², Li Yi¹, Sun Si², Zhu Hao³

1. Huai'an Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd. Huai'an, Jiangsu 223000

2. Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd. Huai'an, Jiangsu 223000

3. Huai'an Water Conservancy Project Construction Management Service Center, Huai'an, Jiangsu 223000

Abstract： In the process of hydraulic engineering construction, the application of environmental protection technology is of great significance to reduce the negative impact on the environment. Through the analysis of pollution sources and environmental risks in the construction process, the main measures of environmental protection technology in the construction of water conservancy projects are discussed, including soil and water pollution control, noise and dust management, ecological protection measures and waste treatment technology. New environmental protection materials and advanced technology are adopted to optimize the construction process and effectively reduce the damage to the ecosystem. The research shows that the comprehensive application of these environmental protection technologies can significantly improve the environmental quality of construction sites and promote the sustainable development of water conservancy projects.

Keywords： water conservancy engineering; environmental protection technology; pollution control; ecological protection; construction management

引言

水利工程作为基础设施建设的重要组成部分，其施工过程中的环境保护问题引起了广泛关注。随着环保法规的日益严格，如何在保证工程进度和质量的同时，减少对自然环境的负面影响，成为业界面临的重要挑战。施工环节中的污染源控制、噪音与粉尘管理、生态保护等问题亟待解决。近年来，先进环保技术的应用为这一挑战提供了新的解决方案，推动了水利工程的绿色发展。探索这些技术的实际应用效果，将为实现可持续施工提供宝贵的经验和指导。

一、水利工程施工中的环境影响及主要污染源分析

1. 水利工程施工对环境的影响

水利工程施工过程中，常常会对周边环境产生显著影响。施工区域的开挖、土方作业以及施工机械的使用，都会对土壤、水体和空气造成不同程度的污染^[1]。首先，土壤的扰动和植被的清除会导致土壤侵蚀和流失，进而影响土地的生态平衡。土壤裸露后容易受到风力和水流的侵蚀，造成泥沙流失，影响水体的清洁度和生态环境^[2]。其次，施工过程中，尤其是在大规模土方作业

和物料搬运时，会产生大量的粉尘，这些粉尘不仅影响空气质量，还可能对周围居民的健康造成危害。最终，施工产生的噪音和振动也对周围环境及生物造成不良影响，特别是在靠近自然保护区或居民区的施工场地，噪音污染尤为显著。

2. 主要污染源及其影响

水利工程施工的主要污染源包括土壤污染、水体污染、空气污染和噪音污染。土壤污染主要来源于施工过程中使用的化学药品、燃料及废弃物。化学药品如混凝土添加剂、油漆和防腐剂，可能在施工过程中渗入土壤，导致土壤的污染和植物生长受阻^[3]。水体污染则主

要是由于施工活动中产生的污水、泥浆和沉淀物直接排放到水体中。这些污染物会改变水体的物理和化学性质,影响水生生物的生存环境。空气污染主要由施工机械排放的废气和施工现场的粉尘造成。废气中的氮氧化物、硫氧化物和颗粒物会对空气质量产生负面影响。噪音污染则来自于施工机械的运行、爆破作业和运输车辆的运转,可能对周围居民及动植物造成干扰和不适。如图1所示。

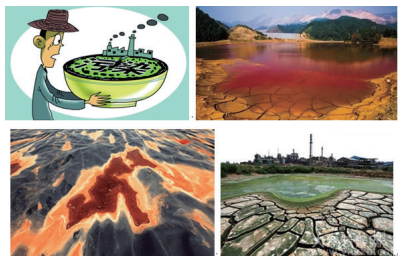


图1 水利工程施工的主要污染源

3. 环境影响的评估与管理措施

为减轻水利工程施工对环境的影响,需要进行全面的环境影响评估,并制定相应的管理措施。环境影响评估应包括对土壤、水体、空气和噪音等方面的监测与分析,以识别和评估潜在的环境风险。在此基础上,制定的管理措施包括:采用环保材料和低污染施工工艺,以减少对环境的负面影响;设置防护设施,如沉淀池和粉尘捕集装置,来控制污染物的排放;对施工废弃物进行分类和处理,尽可能减少对环境的负担;通过合理安排施工时间和施工方式,降低噪音和振动对周边环境的影响^[5]。

二、土壤和水体污染控制技术的应用与成效

1. 土壤污染控制技术

土壤污染控制技术的应用对于减轻水利工程施工对土壤环境的负面影响至关重要。在施工过程中,土壤污染主要由化学药品、燃料泄漏以及施工废弃物造成^[6]。为了有效控制土壤污染,常用的技术包括:

(1) 土壤封闭技术:通过在施工区域设置防渗膜或防护层,减少污染物的渗透和扩散。这种技术有效地隔离了污染源和土壤,防止了化学药品和油污的渗透,降低了土壤污染的风险。

(2) 土壤修复技术:对于已经污染的土壤,采用生物修复、物理化学修复等方法进行治理。生物修复技术利用微生物的代谢作用分解土壤中的污染物,适用于处理油类和重金属污染。物理化学修复包括热脱附、化学氧化等技术,能有效去除土壤中的有害物质。

(3) 废弃物管理:施工过程中产生的废弃物如废土、废料等应进行分类和妥善处理。通过建立废弃物储存和处理系统,减少废弃物对土壤的直接影响。

2. 水体污染控制技术

水体污染控制技术主要用于解决施工过程中对水体的污染问题。水体污染主要来自施工排放的污水、泥浆以及沉淀物。为了有效控制水体污染,应用了以下技术:

(1) 沉淀池技术:在施工现场设置沉淀池,用于收集和处理施工排放的污水和泥浆。沉淀池通过沉降和过滤作用去除水中的悬浮颗粒和泥沙,净化水体。经过处理的水可达标排放或回用,

减少了对自然水体的污染。

(2) 化学沉淀技术:在施工过程中,对排放的污水进行化学沉淀处理,通过加入絮凝剂和沉淀剂,使污水中的污染物聚集沉淀,形成沉渣。沉渣经过处理后可安全处置,处理后的水质得到显著改善。

(3) 污水处理设备:采用先进的污水处理设备,如膜过滤系统和活性污泥法,对施工排放的污水进行高效处理。这些设备能够有效去除水中的有机物、悬浮物和污染物,提高水质,减少对水体的影响。

3. 土壤和水体污染控制技术的成效

土壤和水体污染控制技术的有效应用在水利工程施工中取得了显著的成效。首先,土壤封闭技术和土壤修复技术的应用,成功地降低了施工过程中对土壤的污染,修复了部分受污染的土壤,提高了土壤质量。通过废弃物管理措施的实施,废弃物的处理和回收进一步减少了土壤的污染负荷^[4]。其次,水体污染控制技术的有效应用有效保护了水体环境。

三、噪音与粉尘管理技术在施工中的实施策略

1. 噪音管理技术的实施

(1) 噪音源控制:选择低噪音的施工设备和技术是减少施工噪音的有效方法。例如,使用低噪音的机械设备和工具,如静音型挖掘机和低噪声混凝土搅拌机,可以显著降低噪音排放。此外,定期维护和检查施工设备,确保其正常运转,也有助于减少机械产生的噪音。

(2) 噪音屏障:在施工现场周边设置噪音屏障,如隔音墙和隔音板,能够有效阻挡和吸收噪音,减少噪音传播到周围环境。这些噪音屏障应根据施工现场的具体情况进行设计和安装,以确保其有效性。

(3) 施工时间管理:合理安排施工时间,避免在夜间和早晨等噪音敏感时段进行高噪音作业,有助于降低对周边居民的影响。施工单位可以在施工计划中规定噪音控制措施,确保施工活动在规定的时段内进行,从而减轻噪音对环境的干扰。

2. 粉尘控制技术的应用

(1) 湿法作业:采用湿法作业技术,如在土方作业和物料搬运过程中喷洒水雾,可以有效抑制粉尘的产生。湿法作业通过增加空气中的湿度,降低了粉尘的悬浮和扩散,改善了施工现场的空气质量。

(2) 粉尘抑制剂:使用专门的粉尘抑制剂可以有效控制施工现场的粉尘。这些抑制剂通常含有黏附性物质,能够与粉尘颗粒结合,形成较大的颗粒,减少粉尘的飞扬。粉尘抑制剂应根据施工环境和粉尘类型选择,以确保其效果。

(3) 通风和排气系统:在封闭或半封闭的施工区域,安装高效的通风和排气系统,能够及时排除空气中的粉尘和有害气体。这些系统应配备高效的过滤装置,以确保排出的空气达到环保标准,从而减少粉尘对施工现场和周边环境的影响。

3. 综合管理与施工人员培训

(1) 建立管理制度:制定详细的噪音和粉尘管理制度,包括管理规范、操作流程和应急预案。通过建立健全的管理制度,确保所有施工活动符合环保要求,并定期进行检查和评估,及时发现和解决问题。

(2) 施工人员培训:对施工人员进行噪音和粉尘控制技术的培训,增强他们的环保意识和操作技能。培训内容应包括噪音和

粉尘的危害、控制技术的应用、设备的正确使用等，以确保施工人员能够熟练掌握并有效实施相关措施。

(3) 监督与反馈机制：建立监督与反馈机制，定期检查噪音和粉尘管理措施的执行情况，并收集施工人员和周边居民的反馈意见。通过监督和反馈，及时调整和改进管理措施，确保噪音和粉尘控制的持续有效性。

四、生态保护措施在水利工程施工中的实践与效果

1. 生态保护措施的实施策略

在水利工程施工中，生态保护措施的实施是确保施工活动对环境影响最小化的关键^[7]。常见的生态保护措施包括植被恢复、栖息地保护和生态隔离带的设立。植被恢复涉及在施工完成后对破坏的土地进行植树造林或草皮种植，恢复生态系统的功能。栖息地保护措施包括对施工区域内的动植物栖息地进行标识和保护，避免施工活动对这些区域造成进一步破坏。此外，设置生态隔离带，能够有效隔离施工区域与周边环境，减少施工对生态系统的干扰^[8]。

2. 生态保护措施的实施效果

生态保护措施的实施取得了显著的效果。植被恢复措施能够有效修复施工后裸露的土壤，改善土壤结构和肥力，促进生态系统的恢复。通过种植本地植物，不仅增强了土壤的稳定性，还提供了栖息环境，吸引了野生动物的回归。栖息地保护措施确保了施工过程中对重要生态区域的有效保护，防止了对特定物种栖息地的破坏，维护了生物多样性。生态隔离带的设置减少了施工对周边环境的干扰，保护了水体和土壤的质量。如表1所示。

表1 三大主要的生态保护措施

生态保护措施	实施策略	实施效果描述
植被恢复	施工完成后对破坏的土地进行植树造林或草皮种植	有效修复裸露土壤，改善土壤结构和肥力，促进生态系统恢复，增强土壤稳定性
栖息地保护	对施工区内的动植物栖息地进行标识和保护	保护重要生态区域，防止对特定物种栖息地的破坏，维护生物多样性
生态隔离带设立	设置隔离带以隔离施工区域与周边环境	减少施工对周边环境的干扰，保护水体和土壤质量

3. 持续改进与未来展望

尽管生态保护措施在水利工程施工中取得了积极效果，但仍需持续改进和完善^[9]。未来的工作重点包括加强对生态保护措施效果的长期监测与评估，确保其不同环境条件下的适应性和有效性。同时，随着施工技术的发展，应该不断引入新的生态保护技术和方法，例如智能化监测系统和生态修复新材料，以进一步提高保护效果^[10]。加强施工人员的环保培训，增强其生态保护意识，也是确保措施有效实施的重要环节。

五、废弃物处理技术及其在施工环保中的作用

1. 废弃物分类与管理技术

废弃物分类与管理是施工环保的重要基础。分类技术包括对

施工过程中产生的废弃物进行源头分类，将其分为可回收物、危险废物和普通废物。实施分类管理不仅有助于提高废弃物的处理效率，还能降低对环境的影响。通过建立分类收集点和明确的分类标准，可以确保各类废弃物得到适当的处理，从而减少对土壤和水体的污染。

2. 废弃物回收与再利用技术

废弃物回收与再利用技术在施工环保中发挥着重要作用。常用的回收技术包括建筑废料的再加工和材料的再利用。例如，混凝土和砖石废料可以通过破碎和筛分加工，转化为再生骨料用于新的建筑工程。此技术不仅减少了废弃物的处理量，还节约了原材料的使用，降低了资源的消耗。通过这些回收与再利用措施，施工现场的废弃物被有效减少，环境负担得到显著减轻。

3. 废弃物安全处置技术

废弃物安全处置技术用于处理无法回收或再利用的废弃物。常见的处置技术包括焚烧和填埋。焚烧技术可以高效地减少废弃物体积，并通过安装烟气处理设备，控制有害气体的排放。填埋技术则涉及将废弃物安全地填埋于指定的填埋场，通过设置防渗层和监测系统，防止废弃物对土壤和地下水的污染。

六、结语

废弃物处理技术在施工环保中发挥了关键作用。通过有效的废弃物分类与管理技术，可以将废弃物合理分流，减少对环境的影响。废弃物回收与再利用技术不仅减少了施工废弃物的产生，还节约了资源，实现了资源的循环利用。安全处置技术则确保了难处理废弃物的妥善处理，防止了环境污染。综合运用这些技术，能够显著提升施工现场的环保水平，为实现可持续施工和保护生态环境做出重要贡献。未来应继续优化这些技术，推动施工环保向更高标准发展。

参考文献

- [1] 谢丽丽. 浅析绿色施工技术在水利施工中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(02): 155-157.DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2019.02.053.
- [2] 崔江. 水利渠道中淤泥清除施工中环保技术的影响研究[A]. 中国智慧工程研究会. 2024新技术与新方法学术研讨会论文集[C]. 中国智慧工程研究会: 中国智慧工程研究会, 2024:2.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.007416.
- [3] 杨德念. 环保施工技术方法的应用及重要性[J]. 门窗, 2019(09):34+37.
- [4] 王振. 水利工程环保型施工技术浅谈[J]. 河南水利与南水北调, 2020, 49(10): 7+20.
- [5] 陈修同, 刘丹. 节能环保技术在水利工程建设中的应用分析[J]. 四川水泥, 2021(09):107-108.
- [6] 贵雪燕, 董晓莉. 节能环保技术在水利工程建设中的应用分析[J]. 低碳世界, 2021, 11(10):56-57.DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2021.10.028.
- [7][1] 蒋海霞. 探究节能环保技术与水利水电工程施工的有效结合[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(S2):205-209.DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2022.S2.043.
- [8] 徐文炳, 仇纯荣. 水利规划设计中的可持续性发展战略研究[J]. 珠江水运, 2020, (23):80-81.DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2020.23.038.
- [1] 黄志英. 农田水利工程施工对生态环境的影响及保护对策[J]. 清洗世界, 2023, 39(08):145-147.
- [10] 李强, 李晨. 水利工程环保型施工措施分析[J]. 工程建设和设计, 2018(24): 149-150.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2018.12.269.

水利工程施工中的质量控制与管理措施探讨

闫平安

鄄城县李进士堂镇农业综合服务中心，山东 菏泽 274600

摘 要： 随着水利工程在水资源调配、防洪减灾等方面的重要性日益凸显，施工中的质量控制与管理成为关键。本文深入探讨了水利工程施工中的质量控制与管理问题。首先分析了影响水利工程施工质量的多种因素，包括施工材料、施工技术、人员素质等。接着阐述了质量控制的要点，如施工前的规划设计、施工过程中的监控检测以及竣工验收环节的严格把关。同时，强调了管理措施的重要性，包括建立完善的质量管理体系、加强人员培训与管理、落实责任制度等。通过对实际案例的研究，总结了成功经验和存在的不足，提出了针对性的改进建议，以提升水利工程施工质量，保障工程的安全稳定运行。

关 键 词： 水利工程；施工质量；控制要点；管理措施；影响因素

Discussion on Quality Control and Management Measures in Water Conservancy Project Construction

Yan Pingan

Juancheng County Li Jinshi Tang Town agricultural comprehensive service center, Heze, Shandong 274600

Abstract： With the increasing importance of water conservancy projects in water resources allocation, flood control and disaster reduction and other aspects, the quality control and management in construction have become the key. This paper deeply discusses the quality control and management problems in the construction of water conservancy projects. Firstly, we analyze various factors affecting the construction quality of water conservancy project, including construction materials, construction technology and personnel quality. Then elaborated the main points of quality control, such as the planning and design before the construction, the monitoring and testing in the construction process, and the strict control of the completion acceptance link. At the same time, the importance of management measures is emphasized, including the establishment of a perfect quality management system, strengthening personnel training and management, and implementing the responsibility system. Through the study of the actual cases, the successful experience and the existing deficiencies are summarized, and the targeted improvement suggestions are put forward, so as to improve the construction quality of the water conservancy project and ensure the safe and stable operation of the project.

Keywords： water conservancy project; construction quality; control points; management measures; influencing factors

引言

水利工程作为关乎国计民生的重要基础设施，对于水资源的合理调配、防洪减灾以及农业灌溉等方面发挥着举足轻重的作用。然而，在水利工程施工过程中，由于其复杂性、长期性和环境影响等因素，质量问题不容忽视。质量的优劣直接关系到工程的安全性、稳定性和使用寿命，也影响着周边地区的生态环境和社会经济发展^[1]。因此，深入探讨水利工程施工中的质量控制与管理措施具有极其重要的现实意义。通过科学有效的质量控制与管理，能够确保水利工程顺利完工，并充分发挥其预期效益。

一、水利工程施工质量的影响因素

（一）人员因素

施工人员的专业技能和素质直接影响工程质量。若施工人员缺乏必要的专业知识和经验，可能导致施工操作不规范，影响工程结构的稳定性和安全性。管理人员的决策和组织能力也不容忽

视。若管理不善，如施工计划不合理、资源调配不当，会延误工期，影响施工质量。同时，质量监管人员的责任心和严谨程度关乎质量把控的效果。监管不力可能使施工中的质量问题无法及时发现和纠正。此外，团队的协作精神和沟通能力也会影响施工质量。各部门人员之间沟通不畅、协作不顺，容易出现工作衔接问题，从而给水利工程施工质量带来隐患。

（二）材料与设备因素

优质的材料是工程质量的基础保障。若材料质量不达标，如水泥强度不足、钢材性能欠佳，会直接削弱工程结构的稳定性和耐久性。施工设备的性能和状况同样至关重要。先进且性能良好的设备能够提高施工效率和精度。例如，精准的测量设备有助于确保工程的尺寸和位置准确无误；高效的挖掘和运输设备能加快施工进度，保证施工的连续性^[2]。然而，若设备老化、故障频发，不仅影响施工进度，还可能导致施工质量波动。例如，混凝土搅拌设备故障可能造成混凝土配比不均，影响其强度和抗渗性。因此，严格把控材料质量，定期维护和更新施工设备，对保障水利工程施工质量意义重大。

（三）技术与工艺因素

先进且合适的施工技术是保证工程质量的基础。例如，精确的测量技术能确保工程位置和尺寸的准确性；高效的混凝土浇筑技术可提升结构的稳定性和耐久性。施工工艺的合理性也不容忽视。良好的工艺流程规划能够优化资源配置，提高施工效率，减少因工序混乱导致的质量问题。如土方开挖工艺，若控制不当，可能造成边坡失稳，影响整体结构安全。同时，新技术、新工艺的应用需要严格的质量把控。若未能熟练掌握，可能引发施工偏差。此外，不同的技术与工艺对环境条件有特定要求，若忽视这些，如在恶劣天气条件下强行施工，质量必然难以保证^[3]。因此，技术与工艺因素直接决定着水利工程施工质量的优劣。

（四）环境因素

气候条件是关键因素之一，恶劣的天气如暴雨、狂风、严寒等，可能导致施工进度延误、施工材料受损，影响施工的连续性和稳定性。地质环境也不容忽视，复杂的地质结构可能增加基础处理的难度，如遇到软土地基、滑坡地段等，若处理不当会引发工程结构的不均匀沉降和变形。水文条件同样重要，河流的水位、流速、流量变化会影响施工的安全性和难度，如洪水期施工，可能面临水淹工地、设备损坏等风险。此外，施工现场的周边环境，如周边建筑物、交通状况等，也会对施工组织和材料运输产生影响，间接影响施工质量^[4]。综上，充分考虑和应对环境因素是保障水利工程施工质量的重要前提。

二、水利工程施工质量控制的要点与目标

（一）质量控制的要点分析

首先，施工前的规划与设计质量要严格把控。确保设计方案科学合理，符合工程实际需求和相关标准规范，充分考虑地质、水文等自然条件，避免设计缺陷影响后续施工质量。其次，原材料和构配件的质量是基础。严格检验和筛选采购的材料，防止劣质材料进入施工现场，从源头保障工程质量^[5]。再者，施工过程中的工艺和技术应用要规范。例如，土石方工程的开挖与填筑、混凝土的浇筑与养护等关键工序，必须遵循标准流程和技术要求，确保施工操作的准确性和规范性。另外，施工人员的素质 and 技能水平也不容忽视。加强培训和管理，使施工人员熟悉施工规范和质量标准，具备良好的职业素养和责任心。监测与检验工作

要贯穿始终。定期对工程质量进行检测，及时发现和解决质量问题，对关键部位和隐蔽工程更要重点监控。最后，环境因素的影响也需考虑。根据天气、温度等环境变化，合理调整施工计划和措施，以减少环境对施工质量的不利影响。综上所述，把控好这些要点，才能有效提升水利工程施工质量。

（二）质量控制的主要目标设定

水利工程施工质量控制的主要目标在于确保工程的安全性、可靠性、耐久性和功能性得以充分实现^[6]。首先，安全性目标至关重要。水利工程多涉及蓄水、泄水等操作，必须保证在各种工况下，如洪水、地震等极端条件，结构稳固，不会出现垮塌、渗漏等危及人民生命财产安全的问题。其次，可靠性目标要求工程能够长期稳定运行。设备的正常运转、建筑结构的完整性等都应得到保障，减少故障和维修的频率，降低运营成本。耐久性目标旨在使水利工程能够抵御长期的自然侵蚀和人为使用带来的损耗。选用优质的建筑材料，采用合理的施工工艺，确保工程在设计使用年限内保持良好的性能。功能性目标则强调工程应满足预定的功能需求。例如，水库要具备有效的蓄水和调节水位能力，灌溉渠道要保证顺畅的输水功能，水电站要稳定发电等。总之，水利工程施工质量控制的主要目标是通过严格的管理和技术手段，使工程在安全性、可靠性、耐久性和功能性方面达到高标准，为社会提供持久、稳定、有效的水利服务，促进经济发展和保障民生福祉。

三、水利工程施工质量管理的体系与制度

（一）质量管理体系的构建

首先，要明确质量目标和质量方针。质量目标应具体、可衡量，符合工程的实际需求和预期效果。质量方针则为整个施工过程中的质量工作提供指导原则和方向。其次，建立完善的组织机构。设立质量管理部门，明确各部门和岗位的质量职责，确保责任落实到人。同时，加强各部门之间的沟通与协作，形成高效的质量管理团队。再者，制定严格的质量管理制度和流程。包括施工前的质量策划、施工过程中的质量控制、质量检验与验收等环节。对施工材料、设备、工艺等进行严格把关，确保符合质量标准。此外，加强人员培训和教育。增强施工人员的质量意识和技能水平，使其熟悉质量管理的要求和方法，能够自觉遵守质量规定。最后，建立有效的质量监督和评估机制。定期对质量管理体系的运行情况进行检查 and 评估，及时发现问题并采取纠正措施，不断完善质量管理体系，以适应水利工程施工的不断变化和发展^[7]。

（二）质量管理制度的完善

首先，应建立健全质量责任制度，明确从项目负责人到一线施工人员的质量职责，将质量责任层层分解、落实到人，形成全员参与、全过程管理的质量控制格局^[8]。加强施工过程的质量监控。设立专门的质量监督部门，配备专业的质量管理人员，对施工中的各个环节进行定期检查和不定期抽查。同时，完善质量检测手段和方法，采用先进的检测设备和技术，提高质量检测的准确性和可靠性。完善质量管理制度和标准。根据国家相关法律法规

规和行业标准，结合工程实际情况，制定详细、科学的质量管理规章制度和施工质量标准，使施工过程有章可循、有标可依^[9]。加强对施工人员的培训和教育。增强施工人员的质量意识和技术水平，使其熟悉施工工艺和质量要求，严格按照规范操作，确保施工质量。建立质量奖惩机制。对质量控制工作表现出色的单位和个人给予表彰和奖励，对出现质量问题的单位和个人进行严肃处理，以激励施工人员积极参与质量管理工作。此外，还应注重与相关部门和单位的沟通协调，及时解决施工中出现的质量问题，共同推进水利工程施工质量管理体系的不断完善。

四、水利工程施工质量控制的方法与技术

（一）施工前的质量预控方法

首先，应进行详尽的勘察与设计工作。组织专业的勘察团队对施工区域的地质、水文等条件进行全面勘察，为设计提供准确数据。精心设计施工方案，充分考虑工程特点、施工难度和质量要求，确保方案的科学性和可行性。其次，严格审查施工图纸。召集相关专家和技术人员，对图纸进行细致审查，及时发现并纠正潜在的设计缺陷和错误，避免施工中的不必要变更。再者，选择优质的施工材料和设备。建立严格的材料采购和检验制度，确保材料质量符合标准。对施工设备进行全面检查和调试，保证其性能稳定、运行良好。此外，组建高素质的施工团队。通过严格的招聘和培训，使施工人员具备扎实的专业知识和丰富的实践经验，能够熟练掌握施工工艺和技术要求。最后，制定完善的质量管理制度和应急预案。明确各部门和人员的质量责任，加强质量监督和考核。同时，针对可能出现的质量问题，提前制定应急预案，以便在问题发生时能够迅速有效地解决，确保水利工程施工前的各项准备工作充分、有效，为后续施工质量打下坚实基础。

（二）施工中的质量监控技术

首先是测量技术，通过精准的测量仪器和手段，对工程的地形、位置、高程等进行准确测定，为施工提供可靠的数据基础。其次，材料检测技术不可或缺。对各类原材料，如水泥、钢材、砂石等进行严格的质量检测，确保其符合工程设计要求，从源头上把控质量。施工过程中的旁站监督也是重要方法之一。监理人员现场旁站，实时监督施工操作是否规范，及时发现并纠正不规范行为。无损检测技术在质量监控中发挥着重要作用，如超声波

检测、射线检测等，能在不破坏结构的情况下检测工程内部的质量状况^[10]。此外，信息化监控技术逐渐普及。利用传感器、监控系统等，实时采集和传输施工数据，实现对工程质量的远程、动态监控。最后，定期的质量抽检是保障质量的有效手段。按照一定比例和频率对已完成的工程部位进行抽样检测，确保整体质量达标。综合运用这些质量监控方法与技术，能够有效地保障水利工程施工质量，使其达到预期的设计标准和功能要求。

（三）施工后的质量验收方法

验收方法首先包括外观检查，通过直接观察对工程的表面状况、结构完整性进行初步评估，查看是否存在裂缝、变形、渗漏等明显缺陷。其次是测量检验，运用精密的测量工具对工程的几何尺寸、高程、平整度等进行准确测量，以验证是否符合设计要求。材料检测也是重要一环，对使用的原材料、构配件进行抽样检测，确保其质量达标。在技术方面，无损检测技术如超声波检测、射线检测等，能够在不破坏工程结构的前提下，探测内部缺陷。地质雷达技术可用于检测地下结构的情况。同时，信息化管理技术的应用也日益重要，通过建立质量验收数据库，对各项检测数据进行收集、整理和分析，实现验收过程的可追溯和科学化管理。此外，还需组织专业的验收团队，包括工程技术人员、质量监督人员等，按照相关标准和规范，严格执行验收程序，确保水利工程质量经得起考验，为水利事业的安全稳定运行提供有力保障。

五、结论

在水利工程施工中，质量控制与管理至关重要。通过本次研究，我们明确了完善的质量控制体系和科学的管理措施是保障水利工程质量的关键。施工前的精心规划、严格的材料和设备检验，施工中的工艺把控、人员培训与监督，以及施工后的验收和评估，每个环节都不可或缺。有效的质量控制能够预防和减少质量问题的出现，降低工程成本，提高工程效益。科学的管理措施则能确保各项工作有序进行，协调各方资源，保障施工进度和质量目标的达成。然而，质量控制与管理是一个持续的过程，需要不断适应新技术、新要求。未来，应进一步加强信息化技术的应用，提高质量控制和管理的效率和精度，为水利工程建设的高质量发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 张健. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理 [J]. 水上安全, 2023, (05): 173-175.
- [2] 伍仪保. 水利工程施工质量控制及管理措施 [J]. 云南水力发电, 2022, 38(08): 275-277.
- [3] 孔雷, 赵群群, 陈雪梅. 探究水利工程施工管理特点及质量控制措施 [J]. 工程与建设, 2023, 37(06): 1897-1898+1901.
- [4] 李明, 刘其勇. 水利工程施工管理质量控制措施探索 [J]. 人民黄河, 2023, 45(S2): 148-149+151.
- [5] 汪海涛, 崔立柱. 浅析水利工程施工中的安全管理和质量控制 [J]. 治淮, 2022, (09): 87-88.
- [6] 刘寿辉. 探析水利工程施工中的安全管理与质量控制 [J]. 水上安全, 2023, (13): 158-160.
- [7] 宋增祥. 新时代水利工程施工管理中的质量控制——评《水利工程施工与项目管理》[J]. 人民黄河, 2023, 45(07): 168.
- [8] 朱全海. 水利工程施工中的成本及质量控制辨析——评《水利工程施工与项目管理》[J]. 人民黄河, 2023, 45(04): 166.
- [9] 马涛. 试论水利工程施工中的安全管理及质量控制 [J]. 四川建材, 2022, 48(06): 223-224.
- [10] 胡伊玲. 探讨某地水利工程施工管理中的安全质量控制 [J]. 石河子科技, 2022, (06): 52-53.

村级农田水利规划设计方案思考

朱泽中, 刘健, 杨靖, 杨心, 戴亮
扬州市勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225100

摘 要： 随着农田水利工程事业的快速发展, 村级农田水利规划迎来崭新局面, 如何立足村级农田水利实际需求, 创新农田水利规划设计路径, 备受业内关注。基于此, 本文首先介绍了村级农田水利规划的现实意义, 分析了村级农田水利规划的实施原则。在探讨村级农田水利发展面临主要问题的基础上, 结合相关实践经验, 分别从土地集约利用、农田排灌系统与河道整治等多个方面, 探讨了村级农田水利规划设计的优化路径, 阐述了个人对此的几点认知。

关 键 词： 农田水利; 项目建设; 规划设计; 优化分析

Thinking on Village Level Farmland Water Conservancy Planning and Design Scheme

Zhu Zezhong, Liu Jian, Yang Jing, Yang Xin, Dai Liang
Yangzhou City Survey, Design and Research Institute Co., LTD. Yangzhou, Jiangsu 225100

Abstract： With the rapid development of irrigation and water conservancy projects, the village-level irrigation and water conservancy planning has ushered in a new situation. How to base on the actual needs of the village-level irrigation and water conservancy and innovate the planning and design path of irrigation and water conservancy has attracted much attention in the industry. Based on this, this paper first introduces the practical significance of village level irrigation planning and analyzes the implementation principles of village level irrigation planning. On the basis of discussing the main problems facing the development of village-level irrigation and water conservancy, combined with relevant practical experience, the optimization path of village-level irrigation and water conservancy planning and design is discussed from many aspects such as land intensive utilization, farmland drainage and irrigation system and river regulation, and several personal cognition is expounded.

Keywords： irrigation and water conservancy; project construction; planning and design; optimization analysis

引言

当今社会, 农田水利事业发展势头迅猛, 村级农田水利规划设计面临更高专业技术要求。当前形势下, 技术人员理应围绕村级农田水利基本需求, 宏观审视农田水利规划设计的核心方法要求, 精准把握农田水利规划设计的关键路径, 综合施策, 全面保障村级农田水利规划设计成效^[1]。

一、村级农田水利规划的现实意义

村级农田水利工程在现代农业生产中始终扮演着不可替代的关键角色, 对于保障粮食安全, 增强区域抗旱洪涝灾害能力, 保障经济社会可持续发展等具有重要现实作用。近年来, 国家相关部门高度重视村级农田水利规划设计理念的优化创新, 在农田水利基础结构构造, 规划设计成效评价等方面制定并实施了诸多宏观行业规范, 为新时期村级农田水利规划设计提供了重要基础遵循。同时, 广大工程设计单位同样在村级农田水利规划中新技术、新材料与新工艺的应用方面进行了诸多有益探索与总结, 有效克服了村级农田水利工程“分布范围广、数量多、规模小”等

特点形成的弊端, 全面提高了水利工程整体效益^[2]。尽管如此, 受限于诸多主客观要素, 当前村级农田水利规划设计水平尚有较大提升空间, 规划设计方法对气候条件和水文条件的处理方式有待进一步增强, 理应立足区域农业生产实际需求, 转变方式, 提高农田水利规划设计整体水平。

二、村级农田水利规划的实施原则

(一) 以人为本, 人与自然和谐相处

农田水利工程的价值效用需要通过服务农业生产来实现, 这要求农田水利工程设计应遵循以人为本、造福于民的原则, 在有

作者简介: 朱泽中 (1991.12-), 男, 汉族, 江苏扬州, 扬州市勘测设计研究院有限公司, 工程师, 本科, 研究方向: 水利工程设计。

限范围内实现其整体价值最大化。将农田水利规划与现代农业发展结合起来,以满足区域农业种植为基本要求,有效实现水资源在局部空间范围内的调控配置,有序提升农田水利工程向可持续利用方向转变。村级农田水利规划设计的过程同时也是对各类水利要素进行优化布局的过程,需要尊重经济规律,坚持人与自然和谐共生。

(二) 因地制宜,量力而行

我国地域辽阔,不同地域在自然气候、地理地形、农业基础等方面存在明显差异,与之对应的村级农田水利规划同样应体现出因地制宜的基本特点,即根据本地区客观条件,充分合理利用有限的有利条件,降低后期建设与管理难度。依托于科学合理的农田水利规划设计方法,整个规划设计过程应坚持民办公助的要求,准确把握各类要素的分布配置要求,保持农田水利各项要素的相关性,最大限度上排除各类潜在扰动因素影响,做到集中连片、重点突出^[3-4]。

(三) 规划、建设、管理同步

村级农田水利规划设计的过程是一个连续化与协同化的过程,需要按照工程运行机制的基本要求,保持工程规划、建设与管理同步性,在规划设计中建立产权归属明确、符合村级农田水利工程特点的综合机制。村级农田水利规划的特殊性较强,规划设计各环节之间存在密切关联,应以优先解决群众生存、生产、生活中的最迫切问题为基本导向,确保最终规划成果符合本地区实际、符合村级农田水利工程运行需求。

三、村级农田水利发展面临的主要问题

(一) 骨干工程短缺,调蓄能力较低

骨干工程在现代村级农田水利工程体系中发挥着重要作用,村级农田水利规划设计应在充分利用骨干工程的同时,对原有骨干工程进行升级改造。纵观当前村级农田水利规划设计实际,普遍存在骨干工程短缺,既有骨干工程无法满足农业生产需求等共性问题,尤其在工程性缺水状态下,骨干工程的限制性作用更为突出。以我国南方某县为例,尽管全县建设完成了多处水库,但均以小型水库为主,大中型水库的覆盖范围相对不足,在水资源调蓄方面的短板问题突出,供水能力长期停留在低下状态,与当前高标准、快节奏的农业生产事业发展趋向不相契合^[5]。

(二) 工程分布不均,人均占用量低

在当前技术条件下,影响村级农田水利规划成效的因素多种多样,不同因素在规划体系中所占权重各不相同,其中以自然条件和地形条件为最。从当前现状来看,由于农田水利规划设计长期缺乏前瞻性和系统性,短期规划和长期规划衔接不足,导致部分地区水利工程分布不均,人均占有量较低。在农田水利规划设计中,缺乏对本地区客观实际情况的调研分析,系统性与可持续性的规划设计理念融合渗透不足,久而久之造成农田水利工程在区域范围内的分布欠合理状况。科学先进的规划设计理念应用不足,与后期水利工程管理体系相背离。

(三) 库、塘配套不齐,设计标准偏低

村级农田水利工程所覆盖的要素种类较多,既需要根据区域农业种植要求配齐水库和坑塘,又需在农田排灌系统与田间道路规划等方面作出有效衔接。实践表明,部分地区尽管完成水利工程配套数量较高,但由于规划设计标准偏低,时常出现工程渗漏状况,输水损失相对较大,以土渠为代表的传统村级农田水利工程更是综合效益低下。部分农田水利工程经过溪涧、悬崖或峭壁,优势地形条件难以转化为设计优势,使农业生产水资源的利用程度大幅降低。受限于此,村级农田水利工程质量差,可持续性不足,影响后期农业生产稳定性^[6-7]。

(四) 对信息化的规划设计方法运用不足

现代信息化技术的发展与创新运用,为新时期村级农田水利规划设计提供了更为灵活多变的工具载体,使传统技术条件下难以实现的高效化规划设计成效更具实现可能。现状表明,由于对村级农田水利规划的分散性较强,设计人员未能在合理条件下充分运用信息化技术方法开展规划设计,所选择的水利工程规划设计参数存在较大偏差,设计过程中的仿真模拟更是无法实现,势必难以确保水利工程的最终规划设计效果。随着时间的延长,村级农田水利工程中的病险工程增多,蓄洪能力下降趋势明显,难以为村级农业生产提供稳定的灌溉水源保证。

四、村级农田水利规划设计的优化路径探讨

(一) 土地集约利用规划设计

根据村级农田水利工程的未来发展需求,在土地集约利用方面进行格田平整规划设计,在分析格田平整中土壤剥离状况和土壤改良需求的基础上,准确校核计算格田尺寸,且需满足农业机械生产的实际需要。合理划定地头线、地边线和工作区段,将整个耕作区作为基本单位,在格田与格田之间采用斗渠和田埂隔开,保持机械耕作效率与格田尺寸的衔接关系。在塘堰规划设计方面,则应把握农田水利工程在储水方面的现实需求,利用塘堰生态需水量、塘堰水面蒸发量和塘堰水深等参数校核计算塘堰最小需水量,使之满足农田水利工程系统内正常生态结构需求。优化配置塘堰水生植物,选择符合本地区自然气候条件的本土植物,构造形成塘堰生态效应^[8]。

(二) 农田排灌系统规划设计

灌溉工程是村级农田水利工程的关键构成部分,对于合理调蓄灌溉水资源用量,提高水资源利用率等具有重要作用。在当前技术条件下,农田排灌系统设计方法多种多样,不同设计方法在灌溉形式、输水量调整与水损耗数量等方面存在明显差异,应结合村级农业生产要求,予以灵活选择。以小型机电灌区灌溉形式为例,可灵活采用土渠输水设计方法,布设相应的混凝土衬砌渠道,为村级农业生产中的道路交叉及机械下田等提供便利。准确校核土渠输水、混凝土渠道输水和低压管道输水方式的各项工程量参数,优化管道规划布置形式,充分利用地形高差,降低水动力能耗。在管道管径选择方面,则应注重管道系统年运行费用和管网流量的匹配性。

（三）河道整治规划设计

1.生态河道人工湿地设计

在不同地域与不同自然环境条件下，生态河道人工湿地设计的目标要求同样不同，可根据可持续发展理念导向，因地制宜地选择最为适宜的生态补水模式，为生态河道湿地生境系统构造提供基础水体保障。一方面，可采用远期和近期相结合的方式选择水源，充分利用河道湿地区域范围内的可用水源，保障湿地生态环境基本用水需求，并充分利用周边区域应急水源地进行适度补水。另一方面，采用合理补水方式，比如持续补水或分区段补水等，恢复河道湿地蓄水功能，维持区域范围内的合理水位线，使生物生长繁衍处于良好生境系统之中。针对自然降水时空分配不均等状况，调整补水峰值期和谷值期。

2.生态河道断面及护坡设计

部分季节地区的农田种植用水周期性强，其特定周期范围内的用水需求变化明显，为满足村级农业生产需求，可采用复式断面结构，而对于在人口集聚地的水利工程而言，则可采用梯形断面设计形式或矩形断面设计形式。注重洪水期调洪要求，提高水利工程设计的亲水性，充分利用缓坡断面而形成的空间条件，允许洪水期部分洪水漫滩。考虑河道断面与村级农田水利景观的结合，疏浚河道水体，营造安全舒适的亲水型水利景观，增强水利工程生态效益。采用具有通透性属性的材料，有效保持护岸范围内水体、土体和气体的通透性，为动植物生长生息提供稳定外部环境。采用木桩、卵石等天然材料构造生态驳岸，提高水体生物净化功能，保持河畔生物赖以生存的环境基础，使河畔陆地植被能够拥有更大生长空间^[9]。

（四）田间道路规划布局

田间道路系统规划成效的优劣关乎农田水利规划设计的总体成效，更关乎村级田间劳作的生产效率。首先，应全面把握田间道路对农田水利工程局部小气候环境的影响，采取有效规划措施

在道路两侧栽种树木，发挥其防止土壤风蚀作用，降低污染物和病虫害传播。其次，利用既有地形地貌、地质条件、水文条件等，融合生态景观学的方法原理要求，对道路曲度、宽度、密度和空间结构等要素进行优化设计，避免因田间道路设计对既有环境造成的损伤影响。再次，针对田间道路的干道、支道和生产道路等道路分级差异，结合行车情况，校核相应路面宽度和高出地面高度等参数，并分类选择泥结碎石地基、土料地基或混凝土地基等。

（五）农田防护林规划设计

农田防护林与农田水利工程相辅相成，共同构造形成涵养水源、固碳制氧、阻滞风沙的有机体。对此，可有效利用既有农田防护林资源，在林带结构、林带方向、林带间距等方面进行合理设计，合理选择与搭配符合本地区实际的树种类型。根据地区气候条件，规划区设计防护林带，将村级农田防护作为主要目标对象，突出美化与绿化的衔接，适时进行种树造林，提高覆盖率^[10]。将用材林与经济林相结合、常绿树与落叶树相结合，为树木提供充足水源支持，构建形成农田林网，对农田水利工程起到有效辅助作用，确保农田林网在村级农业生产中的应用成效。

五、结语

综上所述，受地理条件、规划方式与综合布局等要素影响，当前村级农田水利规划设计中依然存在诸多短板与不足，制约着其整体价值与成效的持续优化提升。因此，技术人员应摒弃传统陈旧规划设计理念制约，建立健全基于全要素的农田水利规划设计框架流程，在微观范围内提高农田水利工程土地集约利用水平，保持农田排灌系统与河道系统的有效衔接，为全面优化提升村级农田水利规划设计成效奠定基础，为促进现代农业事业迈向更高发展层次贡献力量。

参考文献

- [1] 蒙亚红. 农田水利灌溉工程的规划设计 [J]. 中国高新技术企业, 2010,(19):83-84.DOI:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2010.19.035.
- [2] 张雪, 张松露. 新时期农田水利工程灌溉规划设计分析 [J]. 安徽农学通报, 2023,29(02):139-142.DOI:10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2023.02.013.
- [3] 庞国. 农田水利工程灌溉规划设计研究 [J]. 黑龙江科技信息, 2016,(17):174.
- [4] 陈雪莲. 关于农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术的探讨 [J]. 农业与技术, 2015,35(22):59.
- [5] 史静静. 村级农田水利规划设计方案研究 [D]. 扬州大学, 2013.
- [6] 刘富丽. 农田水利规划中的多功能设计实现方式研究 [J]. 产业与科技论坛, 2011,10(01):81-82.
- [7] 崔久丽. 农田水利工程规划设计存在的问题及改善对策 [J]. 中国设备工程, 2023,(12):229-231.
- [8] 宫玉焕. 关于对农田水利工程灌溉规划设计的分析 [J]. 黑龙江水利科技, 2013,41(06):137-139.DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2013.06.035.
- [9] 董长青. 新时期小型农田水利工程设计相关问题的分析 [J]. 科技展望, 2014,(11):17.
- [10] 郭萍. 农田水利灌溉工程的规划设计 [J]. 中国新技术新产品, 2011,(07):232-233.DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2011.07.121.

施工过程中的质量控制与质量保障机制研究

李吉

贵州水利实业有限公司, 贵州 贵阳 550002

摘 要： 随着建筑行业的不断发展，施工过程中的质量问题日益受到关注。本文通过对施工过程中的质量控制与质量保障机制进行深入研究，分析了影响施工质量的因素，提出了有效的质量控制措施和完善的质量保障机制。旨在提高施工质量，确保工程的安全可靠，为建筑行业的可持续发展提供参考。

关 键 词： 施工过程；质量控制；质量保障机制；建筑工程

Study on the Quality Control and Quality Assurance Mechanism in the Construction Process

Li Ji

Guizhou Water Conservancy Industry Co., Ltd. Guiyang, Guizhou 550002

Abstract： With the continuous development of the construction industry, the quality problems in the construction process are increasingly concerned. Through the thorough study of the quality control and quality assurance mechanism in the construction process, this paper analyzes the factors affecting the construction quality, and puts forward the effective quality control measures and the perfect quality assurance mechanism. It aims to improve the construction quality, ensure the safety and reliability of the project, and provide reference for the sustainable development of the construction industry.

Keywords： construction process; quality control; quality assurance mechanism; construction engineering

引言

在当今社会，建筑工程的质量不仅关系到人民的生命财产安全，也影响着建筑企业的生存与发展。随着建筑行业的快速发展，施工过程中的质量控制与质量保障机制显得尤为重要。只有加强质量控制，构建完善的质量保障机制，才能确保建筑工程的质量，实现建筑行业的可持续发展。

一、质量控制与质量保障机制对施工的重要意义

质量控制与质量保障机制是施工过程中的关键环节。首先，它能够确保工程符合设计要求和相关标准，提高工程的安全性和可靠性。其次，通过有效的质量控制和保障，可以降低工程成本，提高经济效益。

（二）提高工程经济效益

质量控制可以降低工程的维修成本和返工率，提高工程的经济效益。如果施工质量不过关，后期可能需要进行大量的维修和返工，不仅增加了成本，还会延误工期。相反，高质量的施工可以减少后期的维护费用，提高工程的使用寿命。

（三）提升企业竞争力

在激烈的市场竞争中，企业的核心竞争力在于产品质量。对于建筑企业来说，高质量的工程是赢得市场份额的关键。通过加强施工过程中的质量控制，企业可以提高工程质量，树立良好的品牌形象，提升企业的竞争力^[1]。

二、施工过程中质量控制的重要性

（一）保证工程安全可靠

施工过程中的质量控制是保证工程安全可靠的重要手段。只有确保施工质量，才能避免工程在使用过程中出现安全隐患，保障人民的生命财产安全。例如，在建筑结构施工中，严格控制混凝土的强度和钢筋的质量，能够确保建筑物的稳定性和抗震性能。

三、影响施工质量的因素分析

（一）人为因素

施工人员的技术水平和责任心对施工质量起着至关重要的作用。

作者简介：李吉（1997.05-），女，布依族，贵州贵阳人，本科，助理工程师，研究方向：水利电力科学与技术。

用。技术水平高的施工人员能够准确理解施工图纸和技术规范，熟练操作施工设备，从而确保施工质量。而责任心强的施工人员会严格按照施工要求进行操作，不放过任何一个质量隐患。如果施工人员技术不熟练，可能会在施工过程中出现错误，影响工程的整体质量。

（二）材料因素

建筑材料的质量标准直接决定了施工质量的高低。符合质量标准的建筑材料能够保证工程的结构安全和使用功能。例如，对于钢筋混凝土结构，钢筋的强度和混凝土的配合比必须符合设计要求，否则会影响建筑物的承载能力。在材料采购、检验与储存环节，也需要严格把控。采购时，应选择信誉良好、质量可靠的供应商，确保材料的质量稳定。材料进场后，要进行严格的检验，包括外观检查、抽样检测等，防止不合格材料进入施工现场。

（三）机械设备因素

施工设备的性能与维护对施工质量有着重要影响。性能良好的施工设备能够提高施工效率，保证施工质量。例如，高精度的测量仪器能够确保施工测量的准确性，从而保证工程的位置和尺寸符合设计要求。同时，施工设备的维护也非常重要。定期对设备进行维护保养，可以延长设备的使用寿命，保证设备的性能稳定。设备选型对施工质量的影响也不容忽视。不同的工程需要不同类型的施工设备，应根据工程的特点和要求选择合适的设备型号。如果设备选型不当，可能会影响施工进度和质量^[2]。

四、施工过程中的质量控制措施

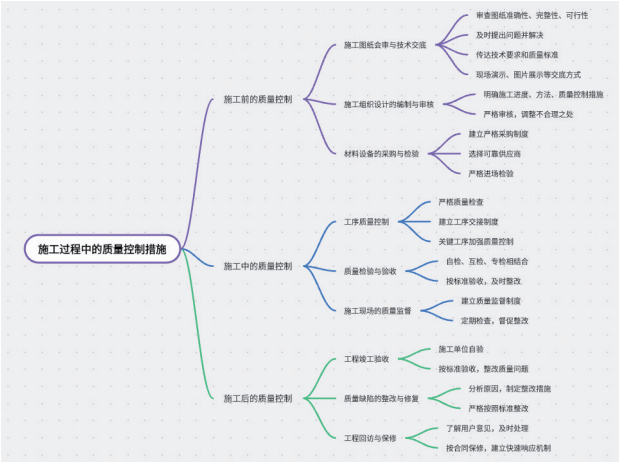


图1 施工过程中的质量控制措施

（一）施工前的质量控制

施工图纸会审与技术交底是施工前质量控制的重要环节（如图1）。施工图纸会审时，各专业人员应仔细审查图纸的准确性、完整性和可行性。对图纸中存在的问题及时提出并与设计单位沟通解决，确保施工图纸符合工程实际需求。技术交底则要将施工的技术要求和质量标准详细传达给施工人员，让他们明确施工的重点和难点，掌握正确的施工方法。例如，对于复杂的结构部位，技术人员应通过现场演示、图片展示等方式进行交底，使施

工人员真正理解施工要求，为后续施工奠定坚实基础。施工组织设计的编制与审核要全面考虑工程的特点和实际情况。编制时应明确施工进度计划、施工方法、质量控制措施等内容，确保施工过程有条不紊地进行。审核过程要严格把关，对不合理的地方及时进行调整和完善。在材料设备的采购与检验方面，要建立严格的采购制度，选择信誉良好、质量可靠的供应商。材料设备进场时，要进行严格的检验，包括外观检查、性能测试等，确保其质量符合要求，从源头上保证施工质量。

（二）施工中的质量控制

工序质量控制是施工过程中的关键环节。每道工序完成后，都应进行严格的质量检查，确保符合质量要求后才能进行下一道工序。建立工序交接制度，明确交接双方的质量责任，避免出现质量问题互相推诿的情况。对于关键工序，要加大质量控制力度，安排经验丰富的技术人员进行现场指导和监督。质量检验与验收要贯穿施工全过程。自检、互检和专检相结合，确保质量检验的全面性和准确性。自检是施工人员对自己完成的工作进行检查，互检是施工人员之间相互检查，专检则由专业质量检验人员进行。验收要按照相关标准进行，对不符合要求的部分及时整改。施工现场的质量监督至关重要。建立健全质量监督制度，明确监督人员的职责和权限。质量监督人员要定期对施工现场进行检查，包括施工工艺的执行情况、材料设备的使用情况等。发现质量问题及时督促整改，对整改情况进行跟踪检查，确保问题得到彻底解决。

（三）施工后的质量控制

工程竣工验收是对整个工程质量的全面检查。验收前，施工单位应进行自验，确保工程质量符合要求后向建设单位提出验收申请。竣工验收要按照相关标准进行，包括对工程实体质量、技术资料等方面的检查。对于发现的质量问题，要及时进行整改，直至符合要求为止。质量缺陷的整改与修复要及时、彻底。对在竣工验收中发现的质量缺陷，要分析原因，制定针对性的整改措施。整改过程要严格按照标准进行，确保质量缺陷得到有效解决。工程回访与保修是施工单位对用户负责的体现。工程竣工后，要进行工程回访，了解用户对工程质量的意见和建议。对于用户提出的问题，要及时进行处理^[3]。

五、施工过程中的质量保障机制构建

（一）建立健全质量管理体系

建立健全质量管理体系是确保施工质量的重要保障，其意义重大。质量管理体系应涵盖质量方针、质量目标、质量手册、程序文件等多方面内容。质量方针明确了企业在质量方面的总体方向和承诺，为各项质量活动提供指导。质量目标则具体量化了质量要求，使质量控制有了明确的努力方向。质量手册详细阐述了企业的质量管理体系架构、职责和流程，是质量管理的纲领性文件。程序文件则进一步规范了各项质量活动的具体操作步骤。通过建立这样一套完善的质量管理体系，能够明确各部门和人员的质量职责，避免职责不清导致的质量问题。同时，规范质量管理

流程,使每一个环节都有章可循,确保施工质量得到有效控制,为建筑工程的顺利进行奠定坚实基础^[4]。

（二）加强质量教育培训

1.对施工人员的培训内容与方式

对施工人员的质量教育培训至关重要。培训内容应包括质量法律法规,让施工人员明确质量责任和法律后果,增强其质量意识的同时也使其行为有法可依。质量标准的培训能确保施工人员准确把握施工要求,避免因标准不清而出现质量偏差。施工工艺的培训则有助于施工人员掌握先进、合理的施工方法,提高施工质量和效率。在培训方式上,可以采用集中培训,将施工人员组织起来,进行系统的理论学习^[5]。

2.增强全员质量意识

增强全员质量意识是质量管理的重要环节。可以通过开展质量月活动,集中宣传质量的重要性,组织各种质量竞赛、讲座等,营造浓厚的质量氛围。质量知识竞赛能够激发员工学习质量知识的积极性,通过竞争的方式促使员工主动掌握质量标准和要求^[6]。还可以通过树立质量榜样,对在质量方面表现突出的个人和团队进行表彰,激励其他员工向他们学习。全员质量意识的提高,能够让每一个人都认识到质量的重要性,从自身做起,严格把控每一个环节的质量,形成人人关心质量、人人重视质量的良好局面,为建筑工程质量的提升提供坚实的思想保障。

（三）完善质量监督机制

1.内部监督与外部监督相结合

完善质量监督机制需要内部监督与外部监督相结合。内部监督是企业自我约束的重要手段,通过建立内部质量监督部门,制定严格的监督制度,对施工过程进行全方位的监督。内部监督人员熟悉企业的施工流程和质量标准,能够及时发现问题并督促整改^[7]。同时,积极引入外部监督,如政府监督部门的定期检查和随机抽查,能够确保施工质量符合国家法律法规和行业标准。社会监督也是外部监督的重要组成部分,通过公开工程信息,接受

公众的监督和举报,能够增强企业的质量责任感。内部监督与外部监督相结合,形成多方位的监督网络,确保施工质量得到有效控制^[8]。

2.质量监督的方法与手段

不断完善质量监督的方法和手段是提高质量监督效率和准确性的关键。可以采用信息化技术,建立质量监督管理系统,实现对施工过程的实时监控。通过在施工现场安装摄像头、传感器等设备,将施工数据实时传输到管理系统中,监督人员可以随时了解施工进度和质量情况,及时发现问题并采取措施。同时,采用先进的检测设备和技术,如无损检测技术,能够更加准确地检测工程质量,提高质量监督的科学性和可靠性^[9]。

（四）推行质量激励机制

推行质量激励机制,奖励优质工程和优秀施工人员具有重要意义。对于优质工程,可以给予物质奖励,如颁发奖金、荣誉证书等,同时在行业内进行宣传和推广,提高企业的知名度和美誉度。对于优秀施工人员,可以给予晋升机会、奖金、表彰等奖励,激励他们继续发挥模范带头作用。奖励优质工程和优秀施工人员,能够激发施工人员的积极性和创造性,促使他们更加注重施工质量,努力打造优质工程。同时,也能够在企业内部形成良好的竞争氛围,推动企业整体质量水平的提升^[10]。

六、结语

施工过程中的质量控制与质量保障机制是确保建筑工程质量的关键。通过对影响施工质量的因素进行分析,提出有效的质量控制措施和完善的质量保障机制,可以提高施工质量,确保工程的安全可靠,为建筑行业的可持续发展提供参考。在实际施工过程中,建筑企业要高度重视质量控制与质量保障机制的建设,不断加强质量管理,提高工程质量水平。

参考文献

[1] 刘怡. 浅谈施工过程中的质量成本控制与保障 [J]. 当代会计, 2019,(10):42-43.
[2] 高宇. 加强住宅建筑工程项目质量控制的探讨 [J]. 居舍, 2023,(15):139-142.
[3] 姚全德. 建筑装饰装修工程施工质量控制策略探讨 [J]. 中国住宅设施, 2023,(08):120-122.
[4] 张健. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理 [J]. 水上安全, 2023,(05):173-175.
[5] 赵世洋. 水利施工安全管理与质量控制 [J]. 现代工程项目管理, 2023,2(13).
[6] 陈露. 水利施工管理中的质量控制与质量保证措施分析 [J]. 砖瓦世界, 2024(1):208-210.
[7] 李鹏. 水利工程施工过程中的质量控制相关问题研究 [J]. 低碳世界, 2017(6):94-95.
[8] 石晓燕. 试述水利工程施工过程中的质量控制 [J]. 城市建设理论研究(电子版),2015(9):1789-1790.
[9] 张峰. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理 [J]. 建材与装饰, 2019,(26):295-296.
[10] 田银霞. 农田水利施工过程中的质量控制分析 [J]. 中国设备工程, 2022(9):249-251.

巨型水电厂设备国产化改造背景下运行值班存在的问题和解决策略

董杰，罗建生

华能澜沧江水电股份有限公司糯扎渡水电厂，云南 普洱 665005

摘 要： 设备国产化改造早已不是新鲜的词语，也是当今社会各行业必须完成的时代使命。巨型水电厂作为社会电力能源的重要骨干电源点，电厂的运行值班人员在设备国产化改造过程中和改造完成后的使用中会面临诸多不可预见的问题和严峻的挑战，这些挑战一方面能够暴露出诸多急需解决的问题；另一方面会给水电厂的平稳运行造成不利影响，甚至酿成事故。本文将浅析巨型水电厂设备国产化改造背景下运行值班存在的问题和解决策略，为促进水电厂的平稳运行、提升运行队伍的管理水平提出一些建议。

关 键 词： 国产化；运行值班；问题；解决策略

Problems and Solutions of Operation Duty in the Context of Localisation and Reconstruction of Equipment in Super-Hydropower Stations

Dong Jie, Luo Jiansheng

Huaneng Lancang River Hydropower Co., Ltd. Nuozhadu Power Plant, Puer, Yunnan 665005

Abstract： The localization of equipment is no longer a new term, and it is also a critical mission that all industries must accomplish in today's society. As a vital power source for supplying society with electricity, the operation of large hydroelectric power stations faces many unforeseen problems and challenges during the process of equipment localization and in its use after the renovation is complete. These problems and challenges not only directly expose issues that need to be urgently resolved; but also, if not resolved in time, will affect the smooth running of the station and even lead to serious accidents. This paper will focus on the problems and solutions of on-duty operation in the context of the localization and transformation of equipment for large hydroelectric power stations. It puts forward some recommendations to promote the stable operation of hydroelectric power stations and improve the administrative capabilities of the operation team.

Keywords： localisation; operation duty; problems; solution strategies

前言

水电厂运行值班人员作为水电厂安全生产全天候的守护者，不仅承担着生产现场的倒闸操作、设备定期切换和安全巡视等日常工作。还扮演着设备的医生角色^[1]，既要对设备进行“望闻问切”似的体检，还需在生产现场出现事故时对设备进行“急救”，在电厂和电网运行管理工作中有着上下承接、举足轻重的地位。随之工业化程度的不断提高和人民生活水平的持续改善，用电侧需求增长出现明显加快的趋势，致使近年社会能源缺口逐渐增大。在国家大力支持生产企业设备设施国产化改造的大背景下，一系列新设备的投运，都对电厂的运行值班工作提出了更高的要求。通过对系统内通报的与运行相关的各起不安全事件分析总结可以看出：制度的不健全、人员技术技能水平不过关和对规章制度的不重视是事故的重要诱因之一。因此，如何提高水电厂运行值班的可靠性，提高运行队伍的管理水平已是亟需解决的问题。

一、水电厂运行值班存在的问题

（一）运行值班管理制度不完善

不完善的运行值班制度是当前水电厂安全管理工作^[2]的一大顽疾。制度最大的作用就是用最低的成本管理更多的人，管理制

度的不完善甚至缺失极易催生运行值班人员安全意识淡薄、缺乏职业素养和责任意识不足，甚至酿成事故等一系列的问题。主要表现在4个方面：1）值班内容不明确，重要工作把控不严谨，风险较大的工作风险辨识不到位，未制定详细的安全风险分级管控机制，事故预想不全面，适用性不强，应急管理制度不全面，

作者简介：董杰（1990.09—），男，云南玉溪人，本科，工程师，长期从事水电站设备运行及水电调速器设备维护检修工作。

罗建生（1989.11—），男，云南丽江人，傈僳族，本科，工程师，长期从事水电站设备运行及水电励磁设备维护检修工作。

导致运行值班人员不清楚什么时候应该做什么,面对特定的情况不知道怎么做。2)水电厂运行监盘是一个很耗费人员精力的工作,成千上万的监控信号均需值班员进行监视,加之设备国产化后新设备带来的一系列新问题、新状况。运行值班员不能做到分清主次,有的放矢。长时间的监盘也容易给运行值班员带来生理和心理上的疲劳,导致注意力不集中,防范意识降低,值班效率低下。3)生产责任制落实不到位,岗位职责不清晰,面对繁重的生产任务,“等靠要”情况普遍,甚至推诿扯皮,导致工作进度滞后,工作质量不佳,给设备留下隐患。4)交接班质量不高,运行值班是需要24小时值守的,虽然当下水电厂都在大力推进“无人值班”模式,但实际上更确切的是“无人值班,少人值守”模式,传统意义的值班人员的一部分职责是值守人员担任。工作交接不清楚,甚至有疏漏,轻则造成运行工作效率低下,重则留下隐患酿成事故。

(二) 运行值班人员技能不过关

运行值班人员的技术技能水平不过关同样是影响水电厂安全稳定运行的一大问题。主要体现在3个方面:1)水电厂由很多系统和设备组成,各系统设备的控制原理、组成形式、技术性能、运行要求等都有着明显差异,若运行值班员对设备图纸、技术参数等基本数据掌握程度不足,无法准确判断运行设备的实时状态,从而发现异常或者出现故障无法及时干预和处置^[3]。2)技术技能和安全技能培训不到位,培训过程流于形式,或是培训深度不够。不熟悉设备设施、安全工器具、安全防护用品及应急救援设备的使用方法和注意事项,缺乏系统性的学习,面对常规操作都难做到心中有数,成竹在胸,何况一些风险系数较高的重大操作需要值班人员对设备系统熟练掌握。3)自主能动性不足,机械式的重复日常工作,对新设备新技术的学习缺乏热情,求知欲寡淡,知识储备的欠缺,习惯利用惯性思维应付运行工作中的“常规动作”,极易造成误操作的情况,影响设备的可靠性和稳定性,甚至危及人身、设备的安全。

(三) 缺乏责任心,执行力不够

作为生产核心的“掌舵手”,运行值班员个人的责任心缺失和执行力的低下将严重影响设备的安全和企业的效益,主要问题体现在3个方面:1)对于上级调度和领导布置的工作任务敷衍了事,缺乏敬业精神,或者由于自身技能技术水平不足,对工作的理解程度不够,导致工作完成度和完成质量差,返工情况层出不穷,浪费大量的时间和精力。2)设备巡视工作疏忽大意,无法及时发现设备的隐患和隐蔽缺陷,导致设备长时间带病运行。譬如一些微小的“跑冒滴漏”若无法及时发现都是引发事故的“蚁穴”。3)监盘工作流于形式,未将所有设备画面覆盖,不关注设备运行趋势,对当前电厂的运行方式和设备状况不了解,甚至值班期间做与工作无关的事情,玩忽职守,致使设备脱离监控。

(四) 工作缺乏沟通,信息传递失真

运行值班作为电厂安全生产的中枢,现场工作的“领头羊”,如果不能有效统筹安排现场工作,合理调整运行方式,对内对外无法建立良好高效的沟通渠道,会对电厂安全生产工作埋下隐患,甚至导致现场工作混乱,严重影响生产工作的有序开展。主

要问题体现在3个方面:1)运行值班与检修、维护班组业务沟通不畅。很多时候现场会有很多工作同时开展,当多个工作面同时存在配合需求,而且单个工作面的工作负责人也只会负责他的“一亩三分地”,缺乏全局意识和大局观,如果值班人员不能整合工作信息和合理安排运行操作,就会存在同一项操作反复执行,或者安排操作任务缺乏统筹性,造成运行工作效率低下,影响现场工作高效开展。2)与调度开展业务沟通时发生信息接收失真的情况。将操作预令当成操作指令来执行,调度指令理解错误或理解不到位导致指令执行不及时,甚至造成误操作的情况。(3)值班负责人与值班员工作沟通不畅,信息传达错误或者不及时,同一信息理解出现偏差,都会影响值班效率,给运行工作埋下安全隐患。

二、水电厂运行值班存在问题的解决策略

(一) 完善运行值班制度、细化运行值班准则

完善运行值班制度和建立科学的运行值班准则是解决运行工作安全管理问题的前提和保障,在建立制度和制定标准时主要应该从以下5个方面进行:1)制定运行工作管理标准,详细列出值班期间值班人员必须做的事项和频次,譬如曲线查询、光字核对、信号监视、异常情况汇报和当值的各项生产工作记录等。细化各项工作评价方法,抓细节抓质量,从根本上提升运行值班质量。2)制定完善的设备维护管理标准,编写定期工作事项清单和重点工作事项清单,坚持“小缺陷不过夜、大缺陷不过天”的消缺时长制度并形成消缺记录台账,从发现缺陷到得出缺陷报告形成闭环管理并不断完善^[4],提高设备维护消缺质量。3)强化运行数据的分析与处理。建立“日分析(班组级)、周分析(部门级)、月分析(厂级)”的深度运行分析机制,充分利用工业互联网、运行分析系统等新兴手段,以设备主要运行参数趋势分析为核心指导运维人员准确掌握设备状态,制定后续工作计划。4)刚性执行“两票三制”制度^[5],制定详细的两票办理流程,强化两票办理流程过程监督,发现问题严肃考核。签订员工绩效目标责任书,明确岗位职责,让每名员工清楚自身职责所在,用制度指导行为,让行为反推制度适用性,从而不断完善规章制度全面性。建立员工安全信用评价机制,直观体现员工工作质量,记录暴露出来的问题,从而提升员工工作能力。5)制定工作预约机制^[6],原则上所有工作需按照计划预约开展,限定工作预约时间,运行值班人员结合工作紧急程度及预约先后顺序进行统筹安排,是否预约成功最终以运行值班员通知为准。只有在制度上不断探索,推陈出新,才能打造出一支标准强安全,全员懂安全,全员抓安全的良好安全文化氛围。

(二) 固基强本、狠抓教育培训

切实做好安全与技术培训工作能有效解决值班过程中容易暴露的细节问题,是提升水电厂运行值班质量的重要举措。可以从以下5个方面进行。1)对照年度工作计划制定科学合理的长期教育培训计划,根据时政要求灵活组织短期培训活动。培训活动切勿拘泥于形式单一的实操或者单一的理论学习。应理论与实践

相结合，组织覆盖水电厂各技术专业的技术技能比武，定期开展周、月、季度测试，通过形式多样的教育培训活动对《电力安全工作规程》《两票管理办法》《电厂安全生产管理体系》等规章制度进行全面、详细、深入的分析与讲解。2) 加强值班人员对《安全生产法》《生产安全事故报告和调查处理条例》等国家、行业相关法律法规、规章制度的了解，采取线上线下培训相结合的方式，让已经过验证的切实有效的工作模式和管理理念得到良好的推广，结合系统内通报的与水电厂运行值班有关的事故案例定期组织安全学习活动，谈感受、找差距、加强警示教育效果^[7]，强化值班人员对水电厂运行值班安全细节重要性的认识，促使值班人员自觉遵守相关规章制度。3) 充分发挥“传帮带”和《员工安全信用评价准则》的作用，有效带动值班人员对安全技能与专业技术培训工作的热情，激发值班人员的主观能动性，让“我要安全、我会安全”理念生根发芽。4) 针对国产化改造后的系统设备，还应该加强设备改造流程闭环：方案的编写和审核、过程的实施和质量监督、相关操作规程和应知应会的更新等。与厂家建立良好的沟通机制，邀请专家现场教学，制定专门的培训计划，切实做好新设备投运前的培训工作。5) 根据当前生产工作面临的难点、重点，坚持开展“每日一题，每周一练习，每月一测试”活动，以灵活多变的出题形式，掌握员工对相关知识的掌握程度，从而为后续的培训提供可靠参考。只有在教育培训方式上不断地推陈出新，与时俱进，才能在企业内形成和谐上进的学习氛围和环境。

（三）强调以人为本、注重人文关怀

所有的管理工作最后的落脚点都在人身上，都要靠人去实现。强调以人为本、注重人文关怀^[8]，加强员工思想教育建设，在解决水电厂运行值班中发现或者规避还未被发现的问题有着事半功倍的作用。可以从以下4个方面入手：1) 建立合理的奖惩制度，将值班员的薪酬与其工作情况联系起来，尽可能做到奖赏分

明、有理有据、公开透明，使每个值班员切身地感受到个人的付出和努力带来的反馈，同时对自身存在的不足也有着清晰的认识并清楚改进的方向^[9]。2) 在日常工作安排时，秉承人尽其才的原则，结合个人性格优势和兴趣爱好，优化工作安排的运行操作人员搭配，充分挖掘人力资源优势以规避运行风险，促进工作效率和质量。3) 加强与运行值班人员的沟通交流，充分了解他们的实际需求并努力创造有利条件为其分忧解难，激发他们的归属感和工作热情，以此来提升值班工作的质量和效率。4) 组织开展各类文化、艺术及体育活动，如文艺晚会、书法摄影展、职工运动会等，丰富职工的业余生活，增强职工的凝聚力，也有助于提高职工的文化素养和身体素质。定期组织开展各类劳动竞赛和技能提升活动，如岗位练兵、技术技能比武^[10]等，激发职工的劳动热情和工作积极性，提高职工的业务能力和技能水平。总之，开展形式多样的工会活动不仅能让职工在轻松的氛围中增强彼此之间的交流和沟通，还能提高团队的凝聚力和战斗力，促进企业的发展和进步。

三、结语

水电厂的运行值班工作是一个“大而全”的工作，虽不涉及艰深的技术，但也经常遇到操作对象为带电带压设备，操作复杂，风险高等情况。或者上级调度临时下发的运行工作要求，都对值班员的业务水平和综合素质有着严格的要求^[11]。面对水电厂设备国产化后运行值班暴露出来的一系列问题，我们需要从问题出发，通过不断完善相关规章制度，提高管理水平，强化节能技术培训以及注重人文关怀等举措。让每一位运行值班员都能在日常工作中遵章守制，严勤细实，敢作善为，不断提升水电厂运行工作的安全性、可靠性和稳定性。

参考文献

- [1] 刘强，杨自聪，肖启露. 水电站运行值班工作存在的细节问题与解决策略[J]. 四川水力发电，2019,38(01): 125-127.
- [2] 王新波. 水电厂安全运行值班工作探究[J]. 中国新技术新产品，2019 NO.12(上): 144-145.
- [3] 梁加骏. 水电站发电运行值班工作的细节问题与解决策略[J]. 电力设备管理，2019(01): 71-72.
- [4] 段鹏，龙哲君，刘先科. 零缺陷管理在水电站安全管理中的应用[J]. 电力安全技术，2023(01): 19-22.
- [5] 周滨. 探讨水电站发电运行管理工作存在问题与解决策略[J]. 科技风，2018(22): 199.
- [6] 江诗哄，于伟，李志强. 水电厂生产运行专项工作组值班模式创新实践[J]. 水电站机电技术，2021(11): 105-108.
- [7] 王攀登. 浅析水电厂运行工作的安全生产[J]. 科技资讯，2017(05): 74-75.
- [8] 施勇军，王瑶琨. 水电厂发电运行值班工作的细节问题与解决策略[J]. 科技风，2015(5): 170.
- [9] 陈永兴. 水电站发电运行值班工作的细节问题与解决策略[J]. 低碳世界，2018(1): 84-85.
- [10] 李晓景. 水电站基层工会的实践与思考[J]. 民营科技，2016(12): 219-220.
- [11] 邓卓栋. 浅谈水电站运行值班工作的重要性[J]. 水电站机电技术. 2023, 46(04): 113-115.

基于“四水四定”的生态保护与高质量发展协同机制研究

王乐, 陆阳, 李太云

宁夏回族自治区水利科学研究院, 宁夏 银川 750021

摘 要 : 海原县位于宁夏回族自治区中部干旱带, 水资源短缺且时空分布不均, 制约着当地经济社会发展。本文基于“四水四定”原则, 分析了海原县水资源现状与存在问题, 构建了以水定人、以水定城、以水定地、以水定产的管控方案, 并探讨了水资源优化配置保障体系和风险防控措施。研究表明, 通过合理调配水资源, 控制人口规模, 优化产业结构, 推广节水技术, 加强水资源管理, 可以有效缓解海原县水资源供需矛盾, 实现生态保护与高质量发展的协同发展。

关 键 词 : 海原县; 四水四定; 管控方案; 生态保护; 高质量发展

Research on Synergistic Mechanism between Ecological Protection and High-Quality Development Based on “Four Water and Four Determination”

Wang Le, Lu Yang, Li Taiyun

Water Conservancy Research Institute of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract : Haiyuan County is located in the central arid zone of Ningxia Hui Autonomous Region. The shortage and uneven distribution of water resources restrict the local economic and social development. Based on the principle of “Four Water and Four Determination”, this paper analyzes the current situation and existing problems of water resources in Haiyuan County, constructs a control scheme that determines people, cities, land and production based on water, and discusses the guarantee system of optimal allocation of water resources and risk prevention and control measures. The research shows that by rationally allocating water resources, controlling population size, optimizing industrial structure, promoting water-saving technology and strengthening water resources management, the contradiction between supply and demand of water resources in Haiyuan County can be effectively alleviated, and the coordinated development of ecological protection and high-quality development can be realized.

Keywords : Haiyuan county; Four Water and Four Determination; control plan; ecological protection; high-quality development

引言

宁夏回族自治区中部干旱带的海原县, 地处黄土高原西北部, 属黄河中游, 气候干旱少雨, 水资源匮乏且时空分布不均, 严重制约着当地经济社会发展。随着人口增长、城市化进程加快和产业结构调整, 海原县水资源供需矛盾日益突出, 生态环境也面临严峻挑战。为了实现海原县可持续发展, 必须探索科学的水资源管理策略, 统筹兼顾经济发展、社会进步和生态保护, 构建人与自然和谐共生的现代化发展模式。基于此, 本文将深入分析海原县水资源现状与问题, 构建“四水四定”管控方案, 并探讨水资源优化配置保障体系和风险防控措施, 以期海原县水资源可持续利用提供理论指导和实践参考。

一、海原县水资源现状与问题分析

(一) 海原县水资源概况

宁夏回族自治区因黄河而生, 因黄河而兴, 干旱缺水、水资源紧缺是基本区情, 水资源保护管理责任大、任务重^[1]。位于黄土高原西北部的海原县, 地形多变, 以六盘山余脉为界, 呈现西南高、东北低的地势。县域内黄土丘陵占主导, 易发生水土流失和自然灾害。水资源分布不均, 总量7800万立方米, 地表水和地

下水分别占6670万立方米和5830万立方米, 主要集中于清水河流域。虽属水资源丰富区, 但降水季节性明显, 导致年内分配不均, 年际变化大。气候变化和人类活动使水资源量下降, 对可持续利用构成挑战。

(二) 海原县水资源开发利用现状

海原县拥有49座中小型水库, 总库容55.4亿立方米, 设计灌溉面积6.58万亩, 但因来水偏枯, 蓄水不足, 多数水库转为常年拦蓄。县内1460眼机井中, 1333眼用于农业灌溉, 控制面积17.4

万亩，实际灌溉12.3万亩。过度开采导致井水逐年减少，地下水位持续下降。灌区主要位于西河、苋麻河和清水河谷，实际灌溉53万亩。其中清水河谷主要为扬黄灌区，以黄河水、机井联合灌区，扬黄灌区灌溉面积26.8万亩，其中：固海灌溉面积12.33万亩，固扩灌溉面积14.47万亩。西河流域现有西河中型灌区（分西安镇片区和关桥片区）、树台灌区、史店灌区、贾塘6个较大灌区，面积21.99万亩，灌区基本为库坝、机井联合灌区。苋麻河流域现有郑旗、曹洼灌区，为水库、机井联合灌区，实灌面积33477亩。杨明河流域为李俊灌区，为水库、机井联合灌区，实灌面积8605亩。城市供水原依赖闵家塘水源地，现由清水河城乡供水工程替代，农村则通过52处人饮工程实现供水网全覆盖。

（三）海原县水资源利用存在问题

海原县面临水资源有限且分布不均的挑战，用水需求不断增长导致供需矛盾加剧。农业灌溉用水占比过高，限制了水资源高效利用和经济发展。水资源管理机制不完善，监管和节水制度需加强，市场配置水资源的潜力未充分利用。再生水回用和地下水水价改革不足，未能有效促进节水。这些问题需采取综合措施解决。

二、基于“四水四定”的管控方案

（一）“四水四定”管控方案概述

近年来，随着南水北调东、中线一期工程通水并发挥效益，黄河“八七”分水方案调整的呼声日益高涨，而“四水四定”原则是水量分配方案调整的重要前提条件^[2]。本方案的目标就是遵循“四水四定”原则，进一步说，就是要切实把水资源作为最大刚性约束，在规划编制、政策制定、生产力布局中坚持节水优先，加快开展黄河流域水资源承载力综合评估，严守水资源开发利用上限^[3]。先是强调整节水优先，致力于发展节水型产业和社会，提升水资源利用效率。之后注重空间均衡，通过合理规划水资源配置，确保区域水资源的均衡发展。在此基础上，坚持以水定需，依据水资源承载能力来确定经济社会发展的用水需求。同时，强调量水而行，严格按照水资源条件安排生产和生活用水，保障水资源安全。为了量化这些目标，构建了以下指标体系：严格控制用水总量，确保不超过“十四五”用水权管控指标；提高用水效率，包括提升农业灌溉水的有效利用系数和降低万元GDP用水量；基于水资源承载力，确定合理的城镇和农村人口规模；同样以水资源承载力为依据，确定合理的城市建成区规模；最终，优化产业结构，发展节水型产业，以适应水资源的承载力。通过采取节水灌溉技术、推行水资源管理政策、加强生态保护措施等措施，成功提高了水资源利用效率，缓解了水资源短缺问题，促进了经济发展和生态环境保护^[4]。

（二）以水定人

为确保海原县人口规模与水资源承载力相匹配，我们将预测2025年和2035年的人口规模，并采取相应的人口管控措施。预测将基于水资源承载能力，确保人口规模在其范围内。具体措施包括推进城乡一体化发展，引导农村人口有序向城镇转移，以优化

人口分布；同时，加强人口管理，控制人口过快增长，以实现人口与水资源的平衡发展。

（三）以水定城

为保障海原县城市规模与水资源承载力相适应，预测2025年和2035年的城市将建成区面积，确保其处于水资源承载力的范围内。在此基础上，将推进城市建设规划，包括加强城市基础设施建设，提升城市供水能力，以支持城市的健康发展。同时，将优化城市空间布局，推动节水型城市的建设，以实现城市发展与水资源保护的和谐共生。

（四）以水定地

为合理利用水资源，海原县将实施灌溉面积管控，确保灌溉面积在“十四五”用水权管控指标范围内，并逐步实现减少。同时，将调整种植结构，优先发展节水型和高附加值作物，以提升农业的经济效益和水资源的使用价值。海原县坚持“严控总量、科学配量、定额管理”原则，印发《海原县用水确权成果报告》，核定农业确权对象，确权灌溉面积35.73万亩，确权水量7061.35万立方米^[5]。此外，将大力推广高效节水灌溉技术，提高灌溉水的利用效率，从而在保障农业产出的同时，实现水资源的节约和可持续利用。

（五）以水定产

海原县将着力优化产业结构，重点发展节水型和高附加值产业，以提升产业的水资源利用效率和经济价值。同时，将推进工业企业的节水改造，提高工业用水的效率，减少水资源消耗。此外，为了促进生态环境的持续改善，将培育和发展生态产业，确保生态环境用水的有效供给。

三、水资源管理协同机制与风险防控

（一）组织与资金保障

海原县水资源管理面临多重挑战，如管理职能分散、缺乏协调、专业人才短缺、技术待提升和资金投入不足。针对这些问题，建议采取以下措施：一是构建完善组织架构，成立领导小组统筹水资源管理，并在水利部门内设专门科室，负责规划、管理和监测，建立部门间联动。二是加强人才建设，培养引进专业人才，提升员工技能。三是多元化筹资，增加财政投入，争取政策资金，吸引社会资本参与水保护项目。四是建立资金监管体系，确保资金使用的规范性和效益。

这些措施的实施，不仅能够有效解决海原县水资源管理中的现实问题，而且对于整个黄河流域的水资源配置具有重要的示范意义。作为一项关乎流域生态安全、经济安全、社会安全，涉及政府、企业、公众利益的复杂性、跨域性议题，黄河流域水资源配置必须遵循生态优先、协同推进的原则指引，依靠法治思维、法治方式稳步实施^[6]。

（二）政策法规建设

海原县水资源管理面临法规不完善、制度不健全、监管不足和税制改革滞后等问题。为解决这些问题，建议：一是完善法律法规，明确责任义务，建立水权制度，推进水资源税制改革。例

如,宁夏回族自治区第十二届人民代表大会常务委员会第三十七次会议决定,批准《银川市水资源管理条例》^[7]。二是健全管理制度,强化取水许可和监测网络,提升管理能力。三是加强执法监管,提高执法能力,严惩违法行为。这些措施将助力构建更完善的水资源管理体系。

(三) 体制与机制改革

海原县水资源管理面临体制分割、协调不足、机制不完善和应对极端气候能力弱等问题。针对这些问题,建议采取以下措施:一是改革水资源管理体制,建立联席会议制度,促进部门间沟通。二是完善管理机制,确立责任制度,建立节约激励和风险预警机制,提升极端气候应对能力。三是加强风险防控,建立应急响应机制,提高应对突发事件能力,并推广节水技术,建设节水型社会,提升全民节水意识。

四、案例分析

(一) 海原县水资源优化配置案例

近年来,海原县坚决贯彻落实“四水四定”要求,聚焦用水权改革“节水增效”目标,落实最严格的水资源管理制度,坚持水资源精准化计量、科学化论证、系统化监控、常态化管理,切实提升水资源管理水平,让群众用上“明白水”^[8]。为应对海原县水资源现状,要有效加快非常规水资源开发利用,推进雨洪水、中水等非常规水的利用,补充有限的常规水资源^[9]。基于此,建

立了GWAS配置模型,对不同水源的供水能力和行业需求进行匹配,以达成交付平衡。模型输出五种配置方案,经比较推荐方案五,其核心措施为增建地表水拦蓄工程,开发地下微咸水,以及调整产业结构减少农业用水。同时,实施“四水四定”管控,依据水资源承载力确定人口、城镇、用地和产业发展,以构建科学、合理的水资源管理体系。

(二) “四水四定”管控方案实施效果

提高水资源利用效率是缓解供需矛盾的核心,通过优化用水结构和推广节水技术,可高效利用有限水资源。合理配置生态用水对保护河道生态环境至关重要,这不仅促进了人与自然的和谐共生,也支撑了经济社会的可持续发展。优化产业结构,推动经济转型,有助于实现经济社会持续发展,保障居民和生态用水需求,提升生活水平,促进社会稳定^[10]。这一系列措施共同构成了一个全面、协调、可持续的水资源管理策略。

五、结束语

海原县的水资源优化配置为干旱地区提供了借鉴。通过科学规划和有效管理,该县实现了水资源的可持续利用,推动了经济社会发展,并验证了“四水四定”方案的有效性。为持续发展,海原县需继续提升水资源配置,重视技术创新,推广节水措施,并完善监测预警系统。加强国际合作,借鉴国际经验,提升公众节水意识,促进社会共同参与,是未来的关键任务。

参考文献

- [1]孟砚岷.宁夏:全域落实“四水四定”[N].中国水利报,2023-06-30(004).DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2023.001616.
- [2]陈思.坚决落实“四水四定”用好管好水资源[N].中国水利报,2021-11-18(005).DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2021.001907.
- [3]全方位贯彻“四水四定”原则[N].中国水利报,2021-11-02(001).DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2021.001687.
- [4]曹知真,张瑞峰.水资源节约集约利用在宁夏和内蒙古河套灌区的应用[C]//河海大学,甘肃省水利学会.2023中国水资源高效利用与节水技术论坛论文集.黄河水利委员会宁夏水文水资源局;,2023:7.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.032419.
- [5]杨成.宁夏海原县落实“四水四定”推进节水增效[N].中国水利报,2023-07-18(004).DOI:10.28136/n.cnki.ncslb.2023.001888.
- [6]杨雪.黄河流域水资源配置协同保障机制研究[D].兰州理工大学,2023.DOI:10.27206/d.cnki.ggsgu.2023.000044.
- [7]宁夏回族自治区人民代表大会常务委员会关于批准《银川市水资源管理条例》的决定[N].宁夏日报,2022-11-05(003).DOI:10.28607/n.cnki.nnxrb.2022.004114.
- [8]田进栋.海原县多措并举提升水资源管理水平[N].中卫日报,2023-08-29(003).DOI:10.38338/n.cnki.nzwr.2023.001178.
- [9]姚孟.海原县水资源管理现状及解决对策[J].山西农经,2016,(15):20.DOI:10.16675/j.cnki.cn14-1065/t.2016.15.014.
- [10]陈岩,赵琰鑫,赵越,等.黄河流域“四水四定”推动高质量发展的实现路径[J].环境保护,2022,50(14):32-35.DOI:10.14026/j.cnki.0253-9705.2022.14.004.

农田水利泵站工程建设的规划设计与施工管理

程会旗, 朱浩, 李秀萍, 杨靖, 赵扬博
扬州市江都区农村环境整治指导中心, 江苏 扬州 225000

摘 要 : 随着现代农业的快速发展, 农田水利泵站工程建设进入新时期, 对相应的规划设计与施工管理模式提出了更高要求, 有必要分析探索行之有效的方法举措, 提高工程效益。基于此, 本文首先介绍了农田水利泵站工程建设现状, 分析了农田水利泵站工程建设的规划设计要点, 并从土方开挖与填筑等环节提出了农田水利泵站工程施工管理举措。最后, 结合相关实际经验, 就农田水利泵站设计中远程控制结构的应用进行了简要研究。

关 键 词 : 水利泵站; 规划设计; 施工管理; 优化路径

Planning, Design and Construction Management of Farmland Water Conservancy Pump Station Project Construction

Cheng Huiqi, Zhu Hao, Li Xiuping, Yang Jing, Zhao Yangbo
Yangzhou City Jiangdu District rural environment remediation guidance Center, Yangzhou, Jiangsu 225000

Abstract : With the rapid development of modern agriculture, the construction of irrigation and water conservancy pump station has entered a new period, which puts forward higher requirements for the corresponding planning, design and construction management mode. It is necessary to analyze and explore effective methods and measures to improve the project efficiency. Based on this, this paper first introduces the construction situation of irrigation pump station, analyzes the planning and design points of the construction, and puts forward the construction management measures of irrigation pumping station from the links of earthwork excavation and filling. Finally, the application of remote control structure is briefly studied.

Keywords : water conservancy pumping station; planning and design; construction management; path optimization

引言

农田水利泵站工程是现代农业发展进步的关键载体, 在提高农田灌溉用水效率, 促进农业用水均衡化和高效化等方面扮演着不可替代的关键角色。当前形势下, 技术人员应精准把握农田水利泵站工程规划设计的核心要点, 宏观审视工程施工管理的关键步骤方法, 综合施策, 全面提高农田水利泵站工程建设质效。

一、农田水利泵站工程建设现状

近年来, 国家相关部门高度重视农田水利泵站工程建设事业的发展, 在水利泵站工程规划设计标准化、施工作业管理流程化等方面制定并实施了诸多行业技术规范, 为新时期全面有效提升农田水利泵站工程价值效益提供了重要基础遵循^[1-2]。同时, 广大工程技术人员同样在整合农田水利泵站工程项目资源, 丰富规划设计理念与施工作业理念等方面进行了诸多有益探索与总结, 极大程度上改善了现代农业生产环境, 同时融合渗透了绿色发展理念, 成效显著。尽管如此, 受限于诸多主客观要素, 当前农田水利泵站工程规划设计水平尚有较大提升空间, 施工管理策略的针

对性有待进一步增强, 亟需围绕农业生产现代化发展导向, 严格执行相关专业技术规范, 确保农田水利泵站工程建设成效。

二、农田水利泵站工程建设的规划设计

(一) 农田水利泵站工程的设计原则

农田水利泵站工程规划设计的过程同时也是对相对分散的工程要素进行高度整合与布局的过程, 需要围绕区域性农业经济发展需求, 采用多元化的规划设计方法准确确定水利泵站工程规模。对区域农业生产用水需求进行前期调研, 准确获取包括水源分布、水文条件与水流量等参数, 为混流泵、离心泵和轴流泵等不同水泵形

式的选取提供基础有效参考,确保水利泵站工程的整体适用性。根据水源水流流向、稳定性及灌溉面积等基本条件,设计农田水利泵站工程的高程参数,确保防洪符合实际要求,持续优化农业灌溉结构,改善农业生产环境,并对后期水利泵站工程可能出现的状况做好事先防护。纵观以往农田水利泵站工程规划设计实际,普遍存在其整体功能性不足的共性问题,水源调蓄、防旱抗涝、农业灌溉等多项功能难以同时实现,影响其整体效益。因此,应针对区域性农业用水难等状况,充分考虑泵站工程运行的平稳性,合理推算各项技术指标,形成最优设计方案^[3]。

（二）农田水利泵站工程的设计要点

在当前技术条件下,农田水利泵站规格的确定需要以扬程参数为依据,泵机数量则需结合水流量等参数予以确定。通常而言,水利泵站扬程在10m以内时,可选择轴流泵;扬程在10—15m时,可选择混流泵;而扬程超出15m时,则宜选用离心泵。根据水利泵站工程成本预期和后期维护管理要求,优化选择干式泵房或湿式泵房。现代软件技术与模拟技术的创新发展,为新时期农田水利泵站工程设计提供了更为灵活多变的工具载体,使传统技术条件下难以取得的高效化、可视化与系统化规划设计成效更具实现可能。因此,技术人员可灵活运用设计软件,对农田水利泵站工程的各项技术参数进行集中整合,提高机组性能稳定性,科学有效进行机房通风、采光及排水设计,并尽可能降低水利泵站工程建设成本。在泵室设计方面,应根据农业生产及区域用水需求,以泵站规模为基础,确定埋深深度,以满足实际生产为基础标准。注重优化农田水利泵站工程布局结构,根据历史水位变化规律科学设计自流管结构,并根据汽蚀余量、水量损失、安全余量等数据确定水泵安装方式。

（三）农田水利泵站工程的注意事项

农田水利泵站工程建设完成后,通常会在诸多内外部影响因素的作用下出现多种不良问题,比如管道锈蚀腐蚀、蓄水池结构病害等,需要及时采取科学有效的维修与养护方法,降低各类问题的出现几率,以免影响其实际价值。因此,在规划设计环节应充分考虑水利泵站工程可能出现的腐蚀状况,采用具有良好防腐性能的泵站材料,防止出现漏水或渗水等不良状况,延长泵站管道使用寿命。以农田水利泵站工程的混凝土结构为例,为防止后期混凝土出现各类病害问题,可采用抗渗透涂料等材料,并合理控制混凝土结构强度,避免后期腐蚀问题的出现。就湿式泵房结构而言,其通常配置性能稳定的立式水泵,在规划设计中既应合理控制井筒厚度,又需设置水泵梁,保持井筒与周边构筑物的距离,防止水泵运行受到影响^[4]。根据农田水利泵站后期运行强度,在指定位置设计相应的润滑系统,最大限度上降低水流中的泥沙对循环泵或管道的磨损影响,或选择不锈钢耐磨设备等,以优化水泵使用效果。

三、农田水利泵站工程建设的施工管理

（一）土方开挖与填筑

农田水利泵站工程施工前,需对施工作业范围内的地质条件

进行详细勘察,掌握开挖作业基坑条件,采取有效支护技术措施,防止出现边坡塌方等不良状况,将基坑边坡比等保持在技术允许范围内。针对农田水利泵站上游和下游的施工差异,制定详细可行的基坑开挖作业方案,明确每项作业环节与步骤的具体要求,并将弃土和回填土进行分类堆放。配置性能稳定的专业施工机械设备,采用机械开挖与人工开挖相结合的作业方法,保证泵站工程开挖质量与效率。在填筑中,通常应根据填筑部位的不同,灵活采用最为适宜的压实方法,通过逐层压实作业,确保压实度和压实后的干密度^[5-6]。

（二）模板安装

为提高农田水利泵站工程整体构造效果,模板安装作业可采用组合钢模板,充分发挥其理想的刚度条件平整度条件,改善施工作业效果。根据水利泵站工程整体结构要求,选择质量稳定、刚度良好且外表面光滑的新模板,其表面不宜存在附着物,以免影响混凝土附着效果。对照施工图纸,将模板安装在合理位置,不得存在较大安装偏差,并视现场具体施工环境,在模板表面涂抹隔离剂,以便于脱模。利用稳固性较好的支撑模板进行支撑,将其与支撑杆之间的夹角控制在45°以内^[7]。严格控制模板尺寸、标高和位置,整个拼装过程不得形成错台、缝隙或松动等状况。

（三）钢筋工程

为提高农田水利泵站工程施工效益,需根据施工图纸等技术资料,准确核算钢筋材料用量,提前进行下料,减少因用量核算偏差而造成的钢筋材料浪费。将下料完成的钢筋按照既定路线运送至施工工程部位。在钢筋绑扎环节,通常应进行准确定位,保持钢筋平直度和竖直度,网片之间的尺寸不得存在较大偏差,防止泵站结构失稳失衡。采用弯制工字型钢筋对上下两层钢筋网片进行有效支撑,以电焊方式进行焊接处理。对于直径参数在14mm以内的钢筋,可在现场采用搭接焊的处理方法。提高钢筋作业人员操作技能,强化施工质量意识,杜绝施工质量隐患,延长水利泵站使用寿命。

（四）止水、防水工程

止水施工成效的优劣关乎农田水利泵站工程建设的整体质量,应在施工过程中严格执行相关技术规范,满足高标准的水利泵站止水效果。对此,在止水施工时,应将止水固定在已安装完成的模板中,采用小木板进行固定支撑,确保后续混凝土浇筑环节不会出现偏移或张裂等状况。对于需要进行止水搭接的施工情形,则可按照专业技术要求,将止水搭接控制在20cm以上,并通过咬接或搭接方式进行处理。为强化水利泵站工程施工中的防渗效果,可对搭接面采用氯丁橡胶黏结法,使夹紧止水能够满足加压强度要求。预留伸缩缝,做好施工成果保护,使其与砼紧密结合。

（五）混凝土工程施工

根据农田水利泵站工程设计要求,选择性能参数达标的混凝土原材料,按照既定比例进行充分拌和,保持其混凝土不会出现离析、初凝或泥浆流失等问题。对于拌和完成的混凝土,可在严格取样的同时,进行专业化试验检测,根据其试验样品强度确定

其在工程中的适用性，防止工程施工缺陷。在混凝土浇筑中，应严格控制浇筑速度，不得浇筑过快或过慢，以免影响混凝土凝固进程。按照施工规范要求，将混凝土倾落高度保持在2m以内，并借助串筒等工具进行施工。采用分段分层施工作业方法，跟进做好振捣施工，保持有效振捣强度，防止出现孔道或插筋等现象，同时及时做好施工成果养护。

（六）机电设备安装施工

机电设备是保障农田水利工程正常高效稳定运行的关键所在，在施工前应全面掌握安装技术方案和土建设计规范等，对不同类型的机电设备安装位置进行详细了解，形成行之有效的施工控制措施，做好安装施工的科学管理。对于重量相对较大的机电设备，需使用起重设备进行吊装作业，保证吊装过程平衡稳定。以主水泵为例，应严格掌握其基础中心线和安装基线等技术参数，合理调整参数偏差，对地脚螺栓进行清孔后，将其稳固地安放于指定位置。在泵房车间闸阀安装中，则需做好必要防腐处理，准确安装进出水管道，提高不同设备间的匹配效果^[8-9]。

四、农田水利泵站设计中远程控制结构的应用研究

（一）泵站远程控制系统组成及网络结构

从以往农田水利泵站工程建设实际来看，时常存在因控制技术运用不当而影响泵站效能的现实问题，难以持续有效满足农业生产用水需求。对此，可采用泵站远程控制系统，利用其分布广、多变量强、协同效果好等优势特点，保持对泵站运行过程的全过程调控，以提高农田水利泵站对农业生产的满足性。泵站远程控制系统主要由中心服务器、远端用户、泵站工控机和路由器等要素构成，可按照远程控制指令信息，实现对泵站运行的多目标控制。泵站远程控制系统的网络结构采用交互式网络结构方式，数据交互均按照既定网络通信协议进行传输。

（二）水利泵站远程控制系统的构建与运行

水利泵站远程控制系统的构建需主要配置信号输入模块和信

号输出模块，分别承担相应的指令处理任务。在信号输入接口方面，可采用性能稳定的水位测量仪，在农田水利泵站的指定区域配置水位感应监测装置，利用该装置监测作用，随时有效采集泵站水文信息，并将监测信号转换为可被远程控制系统识别的数据信号。通过超声波水位变送器现场调校处理，剔除存在明显偏差的畸变数据信息，以此保证水利泵站远程控制系统响应的及时性和准确性。采用分层控制模型，构造控制设备模块，将不同类型的泵站设备进行动态协同关联^[10]。

（三）水利泵站综合最优控制

农田水利泵站远程控制系统的应用价值在于保持周期性范围内的泵站综合状态最优，提高单位能源利用率，减少不必要的能源损耗。对此，可在系统控制单元内设置系统水泵机组的最优运行水位，根据单级泵站改型分段变频控制的实际要求，设定有效的约束条件，将水利泵站机泵泵水扬程控制在最优运行状态下，并根据农业生产用水变化状态，对后续一段时期的用水需求进行准确预测。针对农田水利泵站机电设备隐患故障，远程控制系统同样可进行自动故障诊断与监控，以连续性的方式关联数据图像，识别异常信息，启动自诊断与处理功能。

五、结语

综上所述，受设计方法、基础结构与施工过程等要素影响，当前农田水利泵站工程规划设计中依然存在诸多短板与不足，制约着其整体价值的有序实现。因此，技术人员应摒弃传统陈旧的规划设计理念束缚，建立健全基于全要素的农田水利泵站工程建设与施工框架体系，在土方开挖、模板工程与止水工程方面创新施工作业方法，积极有效运用远程控制结构等先进载体，为全面提高农田水利泵站工程建设成效奠定基础，为促进现代农业事业迈向更高发展层次贡献力量。

参考文献

[1] 万争, 洪岱. 基于物联网和大数据的水利泵站故障诊断解决方案 [J]. 通信与信息技术, 2023, (03): 85-88.

[2] 陈怀银. 浅谈农田水利泵站工程建设的规划设计与施工管理 [J]. 新农业, 2022, (04): 94.

[3] 江敏敏, 蔡新, 郭兴文, 等. 泵站施工期温控防裂敏感性分析研究 [J]. 水利水电技术, 2020, 51(02): 105-112.DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2020.02.012.

[4] 王恭兴, 廖彬秀. 基于 BIM 模型的水利泵站工程施工风险智能化预测方法 [J]. 水利科技与经济, 2022, 28 (09) : 66-69+99.

[5] 马芳. 探析建设小型农田水利工程规划设计及施工需注意的问题 [J]. 农技服务, 2016, 33(16): 135.

[6] 贾富生. 浅析施工规划设计在水利水电工程建设管理中的作用 [J]. 施工组织设计, 2004, (00): 93-96.

[7] 朱松松. 基于 BIM 技术的泵站工程安全监测系统开发与应用研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2018, 8(02): 57-59.DOI:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2018.02.24.

[8] 张丽艳. 论小型农田水利工程建设存在的问题 [J]. 才智, 2011, (25): 343.

[9] 吴昌成, 朱士旭, 刘迎春, 等. 加强小型农田水利工程建设思考 [J]. 江苏水利, 2010, (01): 44+46.DOI:10.16310/j.cnki.jssl.2010.01.022.

[10] 李志钢. 城市雨水泵站设计流量相关问题探索——以株洲市排水防涝规划为例 [J]. 低碳世界, 2022, (13) : 29-30.

平原地区水库围堤改造工程新筑北部围堤典型设计

谢然

天津市水务规划勘测设计有限公司, 天津 300204

摘 要： 本文概述了位于天津市西青区东南部的某平原地区水库北部围堤的改造工程。工程涉及新建一条全长4.733公里的北部围堤，以加固防洪体系、恢复调蓄功能，并防止水土流失。设计原则强调了工程安全性、经济合理性、环境保护和施工便利性。通过 AutoBank7.7 软件进行的抗滑稳定计算显示，新筑围堤在多种工况下的安全系数均符合规范要求，证明了设计的合理性与可靠性。该工程旨在保障水库安全运行和区域经济可持续发展。

关 键 词： 平原地区水库；北部围堤改造；防洪体系；抗滑稳定计算；AutoBank7.7 软件

Typical Design of New Northern Embankment in Reservoir Embankment Reconstruction Project in Plain Area

Xie Ran

Tianjin Water Planning Survey and Design Co., Ltd. Tianjin 300204

Abstract： This paper summarizes the reconstruction project of the north embankment of a reservoir in a plain area located in the southeast of Xiqing District, Tianjin. The project involves the construction of a 4.733 km long northern embankment to strengthen the flood control system, restore the storage function and prevent soil erosion. The design principles emphasize engineering safety, economic rationality, environmental protection and construction convenience. The calculation of anti-sliding stability by AutoBank7.7 software shows that the safety factors of the newly built embankment meet the requirements of the specification under various working conditions, which proves the rationality and reliability of the design. The project aims to ensure the safe operation of the reservoir and the sustainable development of regional economy.

Keywords： reservoir in plain area; reconstruction of the northern embankment; flood control system; anti-sliding stability calculation; AutoBank7.7 software

引言

某平原地区水库是一座集防洪、灌溉、养殖等多种功能的水利工程。历经岁月洗礼，这座水库在保障区域水资源供应、促进农业发展等方面发挥了重要作用。然而，随着社会经济的快速发展，原有设计已难以满足当前的需求。为了进一步提升水库的防洪能力，确保下游广大人民群众的生命财产安全，决定对水库的围堤进行升级改造。本次改造工程的核心任务是新建北部围堤，以增强水库的防洪体系。

此次改造工程，将严格按照现代水利工程设计标准进行，新筑的北部围堤将采用先进的技术和材料，确保工程质量。改造后的水库将更好地发挥其防洪、灌溉、养殖等多重功能，为地区经济社会发展提供坚实的水利保障。同时，这也是贯彻落实以人为本、生命至上原则的具体体现，展现了我国在水利建设方面的决心和担当。

一、工程概况

位于天津市西青区东南部的某平原地区水库，总库容3360万 m^3 ，水库工程等别为Ⅲ等，工程规模为中型，设计洪水标准为20年一遇，校核洪水标准为100年一遇，水库合理使用年限为50年。水库承担着多项重要任务，包括蓄水代排、除涝减灾、水产养殖、综合利用以及农业灌溉等，为区域经济发展和生态保护提供了有力支撑。

水库内的北岛地块由于国有土地使用权已经出让，且地面高程高于水库的最高蓄水位，因此失去了原有的调蓄功能。更为严

峻的是，北岛地块的堤埝临水侧缺乏必要的防护措施，长期受到雨水和波浪的淘刷，导致水土流失问题日益严重。这些问题不仅影响了水库的正常运行，也对周边环境安全构成了潜在威胁^[1]。

鉴于此，对水库北部围堤进行改造已势在必行。改造工程的核心内容是新建一条北部围堤，该围堤全长为4.733公里，起点桩号7+750，终点桩号12+483。这一改造项目旨在加固水库的防洪体系，恢复并提升其调蓄功能，同时防止水土流失，确保水库的长久稳定和周边地区的安全。通过这一综合性的改造工程，将进一步提升水库的综合效益，为区域经济的持续发展和生态环境的保护提供坚实保障^[2]。水库围堤改造工程示意图如图1所示。

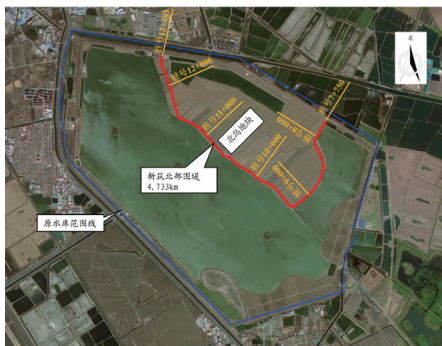


图1 水库围堤改造工程示意图

二、新筑北部围堤典型断面设计

新筑北部围堤堤线布置在生态红线和生态黄线之间，其设计充分体现了对环境保护的尊重与重视。围堤的绿化平台迎水侧坡肩与水库的生态红线保持一致，高程定为4.70米，这不仅有助于维护生态平衡，也与水库周边绿化相协调^[3]。设计的堤顶高程为5.50米，宽度10.00米，提供了充足的空间用于交通和日常维护。堤顶上铺设了7.00米宽的沥青道路，两侧各有1.50米宽的路肩，确保了行车的安全与舒适。路肩宽度适宜堤顶行道树布置。

护岸的坡度应根据具体情况进行合理控制，一般均匀坡度可在1:2到1:3之间选择，以防止水流冲刷和滑坡。此外，还需要设置出水口、分流堰等设施，以缓解水流的冲刷压力，提高护岸的安全性和可靠性^[4]。可以在4.70米高程处，设置一处3.00米宽的绿化平台，坡底的高程为0.50米，绿化平台以下采用格宾护坡和护脚。这种结构应用于河岸护坡的结构加固，可以提高河岸护坡可靠性，实现对结构进行加固的重要目的^[5]。

背水坡同样采用了1:3.0的坡比，并在高程4.10米处设置了一处2.00米宽的平台，为水库的日常管理和应急响应提供了便利。本文提供的新筑北部围堤典型设计断面，经过精心规划和计算，确保了其功能性与美观性的和谐统一。

利用 AutoBank7.7 软件（由河海大学工程力学研究所开发）对新筑北部围堤的典型设计断面进行了堤坡抗滑稳定计算。计算结果表明，在各种工况下，典型设计断面的堤坡抗滑稳定安全系数均符合规范要求，这充分证明了围堤堤身的稳定性。因此，可以得出结论，该典型断面的设计是合理且可靠的，能够有效保障水库的安全运行和周边生态环境的和谐共生。新筑北部围堤典型断面图如图2所示。

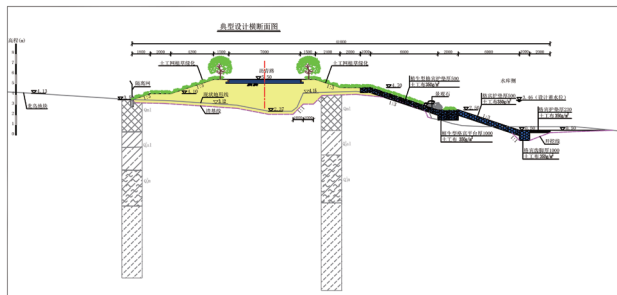


图2 新筑北部围堤典型断面设计图

三、设计原则

新筑北部围堤的设计工作秉持一系列关键原则，旨在保障项目的全方位成功和持久效益。安全性作为设计的根本，确保围堤在防洪方面具备足够的抵御能力，稳固性在各种水文条件下均能得到保障，从而确保周边居民生命财产安全。

在经济维度上，设计的合理性被置于首位。通过精确设计和资源的高效配置，工程成本得到有效控制，同时确保投资回报率达到最优。环境保护在设计理念中占据重要地位，施工过程中将实施积极的环境保护措施，力求将对周围生态系统的干扰降至最低，维护生态平衡，推动工程与自然环境的和谐共处。

设计的实际可操作性亦受到高度重视，确保方案在实施过程中简便、高效，充分考虑到施工的具体条件，避免引入不必要的复杂因素，确保工程进度顺利推进。此外，设计中还特别关注了工程的长远维护和运营效率，以降低长期成本，延长工程使用寿命。整体设计充分考虑了工程的安全性能、经济合理性、环境保护和施工可行性，力求在满足现代水利基础设施需求的同时，也体现出对科学性和专业性标准的严格遵循，为区域可持续发展贡献力量。

四、抗滑稳定计算

依据《碾压式土石坝设计规范》（SL274-2020）的规定，在进行土石坝边坡抗滑稳定计算时，若采用考虑条块间作用力的方法，对于3级坝，其边坡抗滑稳定安全系数的允许值如下：正常运用条件下为1.30，非常运用条件Ⅰ下为1.20，非常运用条件Ⅱ下为1.15^[6]。针对新筑北部围堤的抗滑稳定计算，将其分为正常运用条件和非常运用条件两大类，以确保设计的严谨性和安全性。

在正常运用条件下，考虑了以下两种情况：①稳定渗流期：此时期上游的设计蓄水位为3.46米，而下游水位则取现状地下水位。在这一条件下，计算上、下游坝坡的抗滑稳定性。②库水位降落期：在这一阶段，库水位将从设计蓄水位（3.46米）均匀下降至死水位（-0.03米），整个过程持续15天，并重点关注这一过程中上游坝坡的抗滑稳定性。

在非常运用条件下，又细分为两个子条件：①非常运用条件Ⅰ，即施工期（包括竣工期）：在此期间，堤身均匀上升，且上下游均无水。我们将对上、下游坝坡的抗滑稳定性进行计算^[7]。②非常运用条件Ⅱ，即上游蓄水常水位为2.50米，下游水位仍取现状地下水位，同时遭遇Ⅶ度地震的影响。在此极端条件下，我们将评估上、下游坝坡的抗滑稳定性。计算内容涵盖了以下几个方面：①施工期间的上、下游坝坡稳定性。②稳定渗流期间的上、下游坝坡稳定性。③库水位降落期间的上游坝坡稳定性。④在正常运用条件下遭遇地震时，上、下游坝坡的稳定性^[8]。

通过这些细致的计算和分析，旨在确保新筑北部围堤在各种可能遭遇的工况下均能保持稳定，从而保障水库的安全运行和周边地区的安全。边坡稳定计算成果见表1。

表1 新筑北部围堤典型断面抗滑稳定计算成果表

工况		位置	最小安全系数	允许安全系数
正常运用条件	稳定渗流期	临水坡	2.66	1.30
		背水坡	5.10	1.30
	水位降落期	临水坡	1.86	1.30
非常运用条件Ⅰ	施工期	临水坡	1.25	1.20
		背水坡	4.08	1.20
非常运用条件Ⅱ	正常运用+7度地震	临水坡	1.92	1.15
		背水坡	3.49	1.15

从计算结果可以看出，在各种工况下，现状围堤堤坡的抗滑稳定安全系数均满足规范要求，说明围堤堤身是稳定的。新筑北部围堤典型断面滑弧位置见图3。

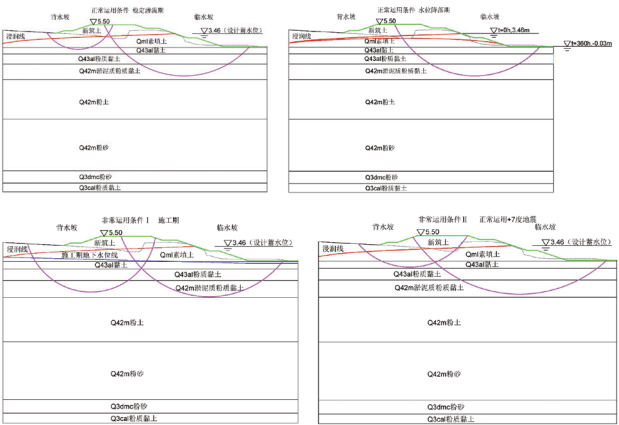


图3 新筑北部围堤典型断面滑弧位置图

五、结论及建议

通过对平原地区水库北部围堤的改造工程设计及其抗滑稳定计算，得出结论，新筑北部围堤的设计充分体现了工程安全性、经济合理性、环境保护和施工便利性原则，确保了项目的全面成功与长期效益。典型设计断面的堤坡抗滑稳定安全系数在正常运用条件和非常运用条件下均符合《碾压式土石坝设计规范》的要求，显示了围堤堤身的良好稳定性^[9]。该设计不仅确保了围堤在各种工况下的稳定性，有效提升了水库的防洪能力和调蓄功能，同时也保护了周边生态环境。

施工过程中，必须严格遵循设计图纸和规范要求，确保每一施工环节均符合既定标准。同时，加强对施工现场周边环境的监测和保护措施，减少施工活动对生态系统的负面影响。围堤建设完成后，应建立定期维护和检查制度，以保障其长期稳定运行。鉴于气候变化可能导致极端天气事件频发，未来的运营管理需加强对水库水位和围堤状况的实时监控，以便在出现异常情况时能够迅速采取有效应对措施，确保水库安全^[10]。进一步，建议开展水库生态环境的专项研究，并实施生态修复措施，以促进水库生态系统的健康和持续改善。

通过上述措施，可以确保水库的安全运行，同时促进区域经济的可持续发展。此外，建议建立跨学科的研究团队，结合例如智慧水务的知识，为水库围堤的设计、施工、运营和管理提供全方位的科学支持。

参考文献

[1]王琛. 基于平原水库渗漏的水量计算分析和模拟 [D]. 济南大学, 2021.DOI:10.27166/d.cnki.gsdec.2021.000641.

[2]王伟, 宋五朋. Autobank在堤防渗流稳定分析中的应用 [J]. 河南水利与南水北调, 2021(10):76-78.

[3]王桂智, 杨庆庆, 蒋文志, 等. 基于 Autobank的荆方泵站上游围堰渗流稳定分析 [J]. 水利技术监督, 2019,(03):44-47.

[4]傅美龄. 水利工程河道堤防护岸施工技术分析 [J]. 水上安全, 2023,(12):193-195.

[5]潘玉坤. 格宾石笼在某泄洪河道治理中的应用 [J]. 河南水利与南水北调, 2022,51(11):51-52+61.

[6]刘妍妍, 云斌. Midas/GTS在边坡稳定计算中的应用 [J]. 内蒙古水利, 2021(04):73-74.

[7]王华, 刘会琦. 绿堰滩水库大坝除险加固抗滑稳定与应力计算 [J]. 陕西水利, 2023,(09):178-180.DOI:10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2023.09.073.

[8]陈涛. 某水库重力坝坝基结构面勘察及评价 [J]. 红水河, 2023,42(04):101-105.

[9]朱强. 基于 Auto bank的某水库大坝坝坡稳定性分析 [J]. 水电与新能源, 2023,37(07):51-53+57.DOI:10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2023.07.013.

[10]王航. 基于 AutoBank的某均质土坝坝坡稳定性分析 [J]. 东北水利水电, 2023,41(07):60-62+72.DOI:10.14124/j.cnki.dbslsd22-1097.2023.07.017.

河流堤防工程与防洪防汛关键技术研究

廖建兵

鄂州市河道堤防保护中心, 湖北 鄂州 436000

摘 要 : 本章概述了河流堤防工程与防洪防汛技术的融合发展, 强调了融合发展的必要性、路径及其前景。指出融合发展是应对复杂洪水挑战、提高资源利用效率和促进可持续发展的必然选择。提出了通过技术创新驱动、规划设计融合、管理模式创新和政策法规保障等路径实现融合发展。展望了智能化、生态化和综合化的发展前景, 认为这将推动防洪防汛工作向更高层次发展, 为保护人民生命财产安全提供更加坚实的保障。

关 键 词 : 河流堤防工程; 防洪防汛技术; 融合发展; 智能化; 生态化

Study on River Levee Engineering and Key Technologies of Flood Control

Liao Jianbing

Ezhou River Levee Protection Center, Ezhou, Hubei 436000

Abstract : This chapter summarizes the integrated development of river levee engineering and flood control technology, and emphasizes the necessity, path and prospect of integrated development. It is pointed out that integrated development is an inevitable choice to cope with complex flood challenges, improve resource utilization efficiency and promote sustainable development. It is proposed to realize integrated development through technological innovation driving, planning and design integration, management model innovation and policy and regulation guarantee. The prospect of intelligent, ecological and integrated development is looked forward, and it is believed that this will promote the flood control work to a higher level and provide a more solid guarantee for the protection of people's life and property safety.

Keywords : river levee engineering; flood control technology; integrated development; intelligent; ecologization

引言

我国位于亚洲东部, 地形多变, 气候复杂, 洪涝灾害频发, 影响广泛。在全球气候变化和极端天气增多背景下, 洪水对人民生命财产和社会经济的威胁日益严重。因此, 加强河流堤防建设与防洪技术研究应用, 是我国防洪减灾的核心任务。传统堤防建设与管理难以满足当前防洪需求, 故融合先进技术, 提升防洪能力, 已成为当务之急。

一、河流堤防工程概述

河流堤防工程在我国防洪体系中占据着举足轻重的地位, 它不仅是国家安全的重要基石, 更是守护人民生命财产安全的坚实屏障, 同时也对促进经济社会稳定发展起着关键作用。

(一) 河流堤防工程定义

河流堤防工程是指在河流两侧或一侧修筑的, 用于抵御洪水、保障沿岸居民生命财产安全及农田不受洪水侵袭的工程设施。其主要功能是调节河道行洪能力, 确保洪水安全下泄, 降低洪水对沿岸地区的危害。河道堤防护岸工程必须根据河水特征、河床地质结构、岸坡冲刷及建筑材料等多方面因素选择不同的工程措施和防护型式, 以应对洪水淘刷和地基沉降变形等复杂破坏, 同时考虑对河道冲淤、河床演变以及流域水土环境的影响变化^[1]。

(二) 河流堤防工程分类

河流堤防工程分类河流堤防工程的分类方式多种多样, 根据建筑材料的不同, 可以将其分为土堤、石堤、土石混合堤、混凝土堤等, 每种材料构成的堤防都有其独特的特点和适用环境。进一步, 按照功能来区分, 堤防工程又可以分为行洪堤、防洪堤、防浪堤等, 这些不同区域的堤防工程因面临的水文地质条件差异, 其设计和施工要求也各有侧重, 形成了多样化的堤防工程体系。

(三) 河流堤防工程现状及发展趋势

近年来, 我国河流堤防工程建设取得了显著成果, 防洪能力不断提高, 但受全球气候变化和极端天气事件增多的影响, 仍面临诸多挑战。目前, 堤防工程老化、破损现象严重, 部分堤防存在安全隐患, 且部分地区堤防标准偏低, 难以抵御特大洪水。面对这些问题, 未来的发展趋势将是提高设计标准, 加强新材料、

新技术的研发与应用,以提高堤防工程质量和安全性^[2];注重生态环保,推动绿色堤防建设,实现人与自然和谐共生;完善法律法规,建立健全河流堤防工程管理体系,提高管理水平;以及加强监测预警系统建设,提高应急响应能力,确保堤防工程的安全运行。

二、防洪防汛关键技术概述

防洪防汛工作是我国维护国家水安全、保障人民群众生命财产安全的一项关键性举措。它不仅关乎国家的长治久安,更是对人民群众福祉的深切关怀。

(一) 防洪防汛基本概念

防洪防汛是一项综合性的灾害管理活动,其目的在于通过一系列工程与非工程手段,有效预防和减轻洪水灾害对人类社会及自然环境的潜在威胁。防洪措施主要集中于利用土木工程技巧,如筑堤、河道疏浚和整治,以阻挡或合理引导洪水流向,减少其对周边地区的冲击^[3]。而防汛工作则涵盖了水灾发生前后的全面应对策略,包括但不限于实时监测、早期预警、水资源调度,以及紧急抢险和救援行动,旨在最大限度地降低洪水带来的损失,确保人民生命财产安全。

(二) 防洪防汛技术分类

在防洪防汛工作中,工程技术如堤防、水库、河道整治和蓄滞洪区工程等,扮演着提高河道行洪能力和降低洪水灾害风险的关键角色^[4]。与此同时,非工程技术如洪水预报与预警、洪水风险管理、防洪调度和抢险救援技术等,则通过信息化和智能化手段,显著提升了防洪防汛的效率和效果。此外,生态技术的应用,如生态堤防、湿地保护和植被恢复等,强调在防洪防汛过程中保护生态环境,力求实现防洪与生态保护的协调发展^[5]。

(三) 防洪防汛技术现状及发展趋势

当前,我国在防洪防汛领域已取得显著成就,建成了一批重要的防洪工程,如三峡工程、黄河小浪底水利枢纽等,大幅提升了防洪能力;同时,建立了较为完善的洪水预报预警系统,防洪调度和抢险救援能力也在不断提高。尽管如此,生态技术在注重生态堤防和绿色基础设施建设的同时,仍面临诸多挑战。展望未来,工程技术将更加智能化、绿色化,利用新型材料、无人机监测、3D打印技术等提升工程质量与效率;非工程技术将朝着信息化、智能化发展,借助大数据、云计算、人工智能等技术提高洪水预报预警的准确性和时效性;生态技术将更加重视生态系统的自然修复能力和生物多样性保护,促进防洪工程与生态环境的和谐共生。

三、河流堤防工程设计与施工技术

河流堤防工程的设计与施工技术,是确保工程结构稳固、防洪效果显著的关键所在^[6]。这一技术的精湛与否,直接关系到沿河两岸居民的生命财产安全以及生态环境的稳定。

(一) 堤防工程设计原则

在河流堤防工程的设计构思中,安全性被视为核心原则,确

保工程在其预期寿命内稳固可靠,能够有效抵御预期的洪水威胁。可靠性同样至关重要,设计的工程结构必须具备足够的稳定性和持久性,以承受极端情况的考验。同时,经济合理性原则要求在确保工程安全与可靠的基础上,实现资金投入和运维成本的最优化。环境友好原则也必须得到重视,设计时需充分考虑对自然生态的影响,并采取有效措施减轻对河流生态系统的负面影响。此外,社会适应原则提醒我们,堤防工程的设计应与当地的社会经济发展相契合,平衡防洪功能与城市美观、土地利用等多元需求,以实现社会、经济和环境效益的和谐统一^[7]。

(二) 堤防工程结构设计

在河流堤防工程的设计过程中,必须综合考虑地形地质条件、水流特性和材料资源的具体情况,以选定适宜的堤型,包括土堤、石堤或混凝土堤等。在此基础上,堤身的设计至关重要,涉及堤顶高程的确定、堤身断面尺寸的规划以及边坡稳定性的精确计算,这些都是保障堤防在各种条件下稳固的必要条件。防渗设计同样关键,利用垂直防渗墙、土工膜等先进材料和工艺,有效避免洪水渗透带来的损害。同时,排水系统的设计也需细致入微,通过合理布置排水沟、反滤层等设施,降低堤内积水对堤防稳定性的不利影响。

(三) 堤防工程施工技术

在河流堤防工程的施工过程中,基础处理是首要任务,涉及对不良地基的加固,如换填、预压、灌浆等方法,以保障堤防基础的稳定性。紧接着,堤身填筑环节采用分层填筑和碾压等技术,确保填筑材料的密实度和均匀性。防渗结构的施工也至关重要,需严格按照设计要求进行,包括防渗墙、土工膜等,以保证防渗效果达到预期^[8]。此外,施工质量控制贯穿整个工程,通过现场检测、监控量测等手段,确保施工的每一步都符合设计要求和规范,从而保障工程的整体质量。

(四) 堤防工程管理与维护

在河流堤防工程的全生命周期管理中,建立健全的工程管理体系是关键,涵盖施工管理、质量管理和安全管理等多个方面,以确保工程的顺利实施。同时,工程维护也不可或缺,通过制定定期检查和计划,能够及时发现并处理堤防工程的隐患和缺陷。应急管理同样重要,通过制定防洪应急预案,提升应对突发洪水事件的能力,保障堤防工程的安全。此外,信息管理的现代化也不容忽视,利用GIS、BIM等先进信息技术对堤防工程进行信息化管理,从而有效提升管理的效率和水平^[9]。

四、防洪防汛关键技术研究

防洪防汛关键技术的创新与发展,不仅是提升我国防洪减灾能力的核心动力,更是守护人民群众生命财产安全的重要防线。

(一) 洪水预报与预警技术

洪水预报与预警技术,通过精心收集与分析水文、气象数据,精准预测洪水的发生时间、地点及规模,并迅速发布预警信息,为防洪决策提供了坚实的科学支撑。目前,这一技术正迈向更高精度、更短预报时效和更多模型集成的先进水平,涵盖了卫

星遥感、雷达监测、数值模拟等尖端技术的综合应用，不断推动防洪防汛工作的现代化进程。

（二）河道整治技术

河道整治技术的核心目标是通过疏浚、护岸、裁弯取直等工程措施，恢复并提升河道的自然行洪能力，有效防止洪水泛滥。在现代化的河道整治实践中，更加重视生态保护的理念，采纳生态护坡、保持自然弯曲的河道设计等技术，致力于实现人与自然的和谐共生，保护和美化河流生态环境。

（三）城市防洪排涝技术

城市防洪排涝技术专注于解决城市区域的雨水收集、排放和调蓄问题，通过构建高效的雨水收集系统、现代化的排涝泵站和多功能调蓄池等基础设施，显著提升城市的排水防涝能力。技术发展的焦点集中在海绵城市的理念推广、智能化排水系统的创新，以及将防洪设施与城市景观融合设计的策略，旨在构建一个既能应对极端天气挑战，又能美化城市环境的高效防洪排涝体系^[10]。

（四）生态防洪技术

生态防洪技术倡导在防洪工程的建设中融入生态保护的理念，通过构建生态堤岸、恢复湿地、种植植被缓冲带等措施，不仅有效维护了河流生态系统的完整性和生物多样性，同时也增强了防洪减灾的功能。这一技术充分重视生态系统的自我修复与调节能力，为推动防洪工程与自然环境和谐共生，实现可持续发展目标，提供了一条重要的实践路径。

（五）抗旱应急技术

抗旱应急技术涵盖了水源开发、节水技术、水资源合理调配和应急供水等一系列措施，其核心目标是有效应对干旱灾害，确保居民生活用水和农业生产的稳定。伴随着水资源管理技术的不断进步，抗旱应急技术正在向智能化、高效化方向快速演进。例如，通过遥感技术精准监测土壤水分状况，以及推广先进的节水灌溉技术，这些创新举措大幅提升了抗旱减灾的能力，为水资源的可持续利用提供了坚实的技术支撑。

五、河流堤防工程与防洪防汛技术的融合发展

随着科技的飞速进步和社会的持续发展，河流堤防工程与防

洪防汛技术的深度融合已成为提高防洪减灾能力的关键途径。

（一）融合发展必要性

面对气候变化引发的极端天气频发，传统的单一防洪策略已无法满足复杂多变的洪水防控需求，因此，采取融合发展的策略势在必行。技术融合的应用，不仅有助于我们更高效地调配资源，提升防洪工程的整体效益，确保经济、社会与生态效益的协同增长，而且推动了防洪防汛设施与自然环境的和谐共处。

（二）融合发展路径

依托现代信息技术和新材料技术，防洪防汛技术正迎来创新发展，如智能监测系统和生态护坡材料的广泛应用。在河流堤防工程设计阶段，综合考量防洪、生态、景观等多种需求，推动多目标一体化设计。同时，创新管理模式，建立跨部门、跨区域的协同管理机制，实现信息共享与资源共用，从而提升管理效率与水平。

（三）融合发展前景

随着大数据、云计算、物联网等技术的持续成熟，防洪防汛工作正逐步迈入智能化新纪元，实现实时监控、精确预警与自动化调度。生态防洪的理念正逐步深入人心，绿色堤防与生态护岸的建设将成为新的趋势，促进人类与自然的和谐共生。此外，河流堤防工程将与城市排水系统、海绵城市建设紧密结合，形成一套综合性的防洪排涝体系，以应对复杂多变的水文挑战。

六、结束语

总的来说，河流堤防工程与防洪防汛技术的融合，不仅显著提升了我国防洪减灾的科技实力，同时也为生态文明建设、确保民众生命财产安全以及社会经济稳定发展奠定了坚实的基础。展望未来，坚信通过持续的技术创新与管理提升，我国的河流堤防工程及防洪防汛体系将日臻完善，为营造和谐美丽的社会生态环境，推动可持续发展目标实现，发挥更加积极的作用。

参考文献

[1] 蔡峰. 新疆平原区河流堤防护岸工程防冲型式实践与研究 [J]. 水利规划与设计, 2022, (01): 95-100.
[2] 叶万超. 中小河流河道堤防施工渗透系数确定方法的探讨 [J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(05): 106-108.DOI: 10.14122/j.cnki.hskj.2021.05.034.
[3] 卢锦城. 山区河流的堤防工程设计研究 [J]. 水利科学与寒区工程, 2021, 4(02): 124-126.
[4] 孙彦彪. 基于物理模型的中小河流河道堤防工程地质参数试验分析 [J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(05): 29-31.DOI: 10.14122/j.cnki.hskj.2021.05.009.
[5] 顾威. 山区河流堤防工程导流设计 [J]. 城市道桥与防洪, 2022, (06): 131-134+18-19.DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.06.035.
[6] 曾曦, 朱丹丹, 范鸿杰. 山区型河流生态堤防设计——以西昌麻柳河为例 [J]. 智能城市, 2020, 6(22): 7-9.DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2020.22.003.
[7] 彭慧荣. 河流冲刷深度对堤防结构的影响研究 [J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(09): 29-33.DOI: 10.14122/j.cnki.hskj.2020.09.008.
[8] 张伟超. 鸡西市防御洪水的现状、存在问题及建议 [J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(08): 156-158.DOI: 10.14122/j.cnki.hskj.2020.08.051.
[9] 周光棒. 关于河道堤防除险加固工程的安全管理 [J]. 长江技术经济, 2020, 4(S1): 33-35.DOI: 10.19679/j.cnki.cjjsj.2020.0515.
[10] 王祖浩. 庄河市中小河流综合整治工程研究 [D]. 沈阳农业大学, 2020.DOI: 10.27327/d.cnki.gshnu.2020.000442.

生态灌区的建设与评价研究

付作光, 张思思

武汉中能华源设计咨询有限公司, 湖北 武汉 430070

摘 要：生态灌区是兼顾生态资源保护与农业发展需求的新型灌区形态，具有现代性、协调性与可持续性的特征。生态灌区建设应以生态资源优先、节水优先、科技创新及现代化管理为基础原则；以保护和改善生态系统、优化供水调水模式、建立农产可持续化为根本任务。为保证综合评价结果客观准确，生态灌区应构建完善的评价指标系统与等级标准，并采用先进的评价方法。生态灌区评价是一套完整的数理过程，应先对指标系统中的各个元素，按照与被评价对象的关联程度与重要性分层分级，后综合考虑并量化各个层级的影响。

关 键 词：生态灌区；生态资源保护；可持续化；评价指标系统

Research on the Construction and Evaluation of Ecological Irrigation District

Fu Zuoguang, Zhang Sisi

Wuhan ZhongNengHuaYuan Design Consulting Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430070

Abstract： Ecological irrigation district is a new type of irrigation district that balances protection of ecological resource and agricultural development demand and has the features of modernity, harmonicity and sustainability. The ecological irrigation district should be constructed based upon ecological resource limitation, water conservation, scientific innovation as well as modern management; whereas protecting and improving ecological system, optimizing patterns of water supply and diversion, and establishing sustainability of agricultural production are all the fundamental tasks of it. In order to guarantee the objectivity and accuracy of the integrated results, a thorough evaluation index system and its grade standard are necessarily built with the progressive evaluation method. The evaluation of ecological irrigation district is exactly a whole mathematical process that the elements in the index system should be separately layered according to their relevance and importance to the object first, then the impact of each layer should be comprehensively considered and quantified.

Keywords： ecological irrigation district; protection of ecological resource; agricultural development; sustainability; evaluation index system

引言

生态灌区对提升我国农作物产能、加快农业经济现代化进程具有重要意义。本文进一步明确生态灌区的定义与基本特征；梳理生态灌区建设的原则与基本任务；分析生态灌区的评价指标系统及等级标准，罗列常用的评价方法，为合理化建设提供参考依据。

一、生态灌区的定义与特征

（一）生态灌区的定义

生态灌区是紧密贴合国家发展要求的一种兼备合理化、高效化、经济化的新型灌区形态^[1]，通过建立先进的生态经济构架，采用先进的水利与农灌技术，协调统一生态资源保护与农业发展需求，构建出比传统灌区具备更高农产能力且保障人、自然、社会经济三者结合的可持续发展的现代化灌区^[2]。

（二）生态灌区的基本特征

生态灌区是传统灌区的继承和发展，它既维护自然生态系统所蕴含的自然资源的阈限，有具备当代灌区较高的农业生产力，

达到生态保护与农业经济发展需求平衡、互补与协调统一的要求，实现生态与经济共赢的目标。生态灌区是现代化灌区协调发展的必然产物。

（1）生态灌区现代性特征是指以先进的科学理论为基础建设、发展与管理灌区，调和统一生态保护与经济发展需求，既实现对生态环境的保护，又能提高水资源利用效率，提高农产经济，达到可持续发展的条件与能力。总而言之，生态灌区现代化是社会与经济体系现代化在灌区单元的综合表现，具有以人为本、科技创新、节水高效、环境友好及安全可靠的特点。

（2）生态灌区协调性特征是指同时遵循自然规律与经济发展规律，洞察并调和生态灌区中经济发展与生态保护之间的矛盾，促

作者简介：

付作光（1985.11-），男，湖北武汉，汉族，工学博士研究生，工程师，研究方向：水利水电工程。

张思思（1995.04-），女，湖北应城，汉族，工学硕士研究生，工程师，研究方向：生态水利工程。

进人、自然与社会的融洽，获得生态、自然保护与社会、经济发展的平衡与统一的能力。协调性是生态灌区可持续发展的重要保证。

(3) 生态灌区的发展性是指与时俱进，实时调整灌区发展的方向，优化灌区建设与管理的方式方法，使之与当下国情、国民需求紧密相连。

二、生态灌区建设的原则与基本任务

(一) 生态灌区的建设原则

生态灌区担负着生态保护、水资源调配与农产经济发展的多重任务，生态灌区建设与管理的核心即同时遵守自然生态系统规律和社会经济系统规律，加强生态环境治理保护与生态文明建设，调和并改善人与自然，生态与社会的复杂关系。生态灌区建设的基本原则可归纳如下：

(1) 生态资源有限观原则。我国具有生态资源分布不均、水旱灾害两极分化的基本特征，水资源调配与生态治理是长期国策。生态灌区建设要从基本国情出发，充分利用灌区内现有的自然资源并建立先进的运营管理模式，优化资源的整合、分配与调用方式，力求丰富生态资源的利用方式，提高利用效率。

(2) 节水优先原则^[3]。以水资源有限观为基础，加强水资源论证工作，严格论证水资源开发与利用的合理性与可行性，坚持供水总量控制、准确使用，保持水资源量的供需平衡；灌区内重要的供、排水工程应进行节水评价工作，保证供水、用水设施的合理性与先进性，将节水理念贯穿至整个灌区建设和民生发展的全过程之中，使得生态灌区的空间结构与农产布局按照水资源节约与高效利用的要求进行建设。

(3) 科技创新原则^[4]。生态灌区有别于传统的灌区，核心理念既强调对现有生态资源的保护与可持续利用，又保证具备传统灌区农产高效的基本能力。需要在传统灌区建设方式的基础上，融入更为先进的科学理论与技术，开创出一套符合生态灌区建设的新模式、新方法。这种方法具备融合、统一灌区生态特征、资源保护要求与农业产量提高的经济需求，促进灌区智慧化、多样化的可持续发展。

(4) 现代化管理原则^[5]。数字灌区是生态灌区建设的有效手段，通过对地理地貌、自然资源、生态环境、人文景观、国民经济等各方面的海量数据进行自动获取与存储、动态监测与管理并快捷准确的传输，构建覆盖全流域或全灌区的一体化数字集成平台，用于资源的管理与调配。

(二) 生态灌区建设的基本任务

生态灌区建设的重要体现，既要将生态保护与生态可持续利用、发展摆在首位，重视灌区内生态资源的分布特征，制定因地制宜、因地制宜的生态保护措施，改善生态资源利用与补给的循环过程，是指良性发展、可持续性发展；又要继承传统灌区的基本农产功能，即基于区域现有水资源总量与分布情况，科学建设、运营和管理区域内水利与农灌工程，以求合理利用与合理调配水资源量，满足农产的必要用水，保障农业经济的高效稳定。生态灌区建设的基本任务为^[6]：

(1) 保护和改善生态系统，维护生态发展的多样性与持续性。生态灌区的重要任务之一是保护现有生态资源，解决生态环

境中的关键问题，改善生态循环机制，使生态资源的利用与再造获得良好的平衡与互补。如补偿生态用水量、修建生态林、建造人工湖泊与湿地、优化动植物栖息环境等均均为行之有效的措施。

(2) 优化供水调水模式。生态灌区的重要任务之一是保障生态与农业经济发展过程中的供水、调水方式的合理性与持续性，并维护、管理与经营生态水保护、补偿与经济发展需水的动态平衡，保障灌区供应农业、牧业、渔业等生产过程中持续、稳定的供水条件。论证灌区内供水需水平衡条件、引用生态水量、保障灌区内水盐平衡与水土资源平衡、新建提水供水工程、优化供水排水渠道等都是切实可行的措施。

(3) 建立农产可持续化^[7]。生态灌区的重要任务之一是持续为农业经济服务，继承并发展传统灌区高产高效的特点。生态灌区以协调并统一生态保护与农业经济发展为核心，获取优良的生态资源与生产要求的供应补给方式，建立农业生产过程的可持续化。加大水资源与水质条件评价力度，建立准确、全面的水生态资源分区，为不同类型的水体调用方式提供参考；加强土壤改良关键技术的创新与利用，提高土壤培植效率，增加单位产能等方法均需努力实践。

(4) 发展生态旅游行业。生态灌区内自然资源丰富，特色鲜明。生态灌区的重要任务之一是以水生态为依托，将山丘、湖泊、绿地、温泉等各类自然景点进行布局联络，建造自然景观^[8]。

三、生态灌区的评价指标系统

生态灌区是一个包涵生态资源、人与自然关系、社会与经济发展要求的多重规律的复杂的综合系统，生态灌区评价应率先考虑规律之间矛盾程度与协调互补的能力；而后是基本功能的完整性，即生态资源保护与农业经济发展的兼顾性。生态灌区评价过程是一种多目标组合、分层分级与优化的综合性过程，是一个复杂的数理过程。生态经济学理论是生态灌区评价的理论基础，强调同时掌握生态系统规律与经济发展规律并重视资源生产率，力求自然系统保护与社会经济发展的协调统一。生态经济学能为生态灌区现代化建设这一长期、艰巨的任务提供丰富的理论视角和研究工具。生态灌区评价包括指标系统的构建、等级标准的确立、综合评价的数值过程三部分，评价结论应综合反映灌区的生态条件、经济生产、管理模式等诸多方面的发展水平。

(一) 生态灌区评价指标系统的构建

生态灌区是一套复杂的体系，单一的观测指标不足以准确评价全部性能。生态灌区评价是全面性、综合性的工作，需要一套完整的指标系统，融合并协调多种不同类型的指标，使它们各司其职，相互补充。评价指标系统具有复杂性、多样性及典型性的特点，受到区域环境状况、灌区现有资源条件及建设发展方向的综合影响。根据生态灌区的定义与内涵，参考国内建设经验，本文建议生态灌区的评价指标系统^[9]至少涵盖以下四个方面，即灌区生态资源条件、灌区水利与农灌工程、灌区经济发展能力（潜力）与灌区现代化管理程度。

(1) 生态资源条件是指灌区内现有的生态资源与水文水利条件，可包含降雨量、水域覆盖面积、动植物物种、土壤水资源量、土地利用效率、地表水水质、地下水水质、土地侵蚀率等指标。

(2) 水利与农灌工程是灌区功能实施与发展的基础，常见的

工程类型有防洪工程、排涝工程、灌溉节水工程、提水引水工程等,如防洪标准达标率、灌溉保证率、有效灌溉面积率、计量设施使用比例、灌溉水重复利用率、渠系建筑损毁率、渠道设计流量达标率等指标或可使用。

(3) 社会经济发展能力(潜力)是指灌区农业经济发展的效率与能力(潜力),是生态灌区内涵的重要体现,既包含农业产值增长率,又体现资源利用节约率。农灌新技术应用率、农业总产值提高量、亩均粮食产量提高率,或是亩均用水量下降率、节水效益实现率、灌溉时间缩短率、生态节水意识加强率等指标均具有典型性。

(4) 现代化管理程度是生态灌区可持续发展的基础,是生态灌区建设目的的重要保障,可用专业管理人员出勤率、管理经费落实率、工程养护维修经费落实率、管理水平先进性、管理业务落实率、管理纪要更新率等指标判别。

进入评价系统的各个指标具有独立的物理含义,量纲和量级往往不同,需标准化处理后使用。常用的数学处理方法有归一化方法、功效系数法、标准差方法等。指标系统的优化是指按照对被评价对象的影响程度,将现有指标进行排序与筛选,突出重要的、典型的指标,同时简化次要的、影响小的指标,力求以针对性强的指标全面地反馈生态灌区状况。本文建议一种简单易用的方法,即均方差法执行优化过程,设生态灌区中 n 个被评价对象 $s_i(i=1\sim n)$ 可被 m 个指标 $x_j(j=1\sim m)$ 的观测值 x_{ij} 表征,构建 x_j 的均方差(数组) $\{r_j\}$,即

$$r_j = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, (j=1,2,3,\dots,m)$$

r_j 越小即表示 x_j 对被评价对象 s_i 影响越小,可设定阈值 r^* ,若 $r_j \leq r^*$ 成立则 x_j 的影响程度可忽略不计。

(二) 生态灌区评价指标系统的等级标准

为保障生态灌区评价结果的真实与客观,评价指标系统应配备相应的等级标准,等级标准的确定应遵从下述五个原则:

- (1) 能够保障灌区的生态服务功能不被侵害。
- (2) 能够反馈灌区的建设水平,并有利于后续发展。
- (3) 能够维护灌区生态资源、环境资源的保护与经济生产力发展的平衡。
- (4) 能够采用数学模型分析统计与量化计算。
- (5) 能够预测可持续性的发展成果,应高于现状条件,具备先进性。

生态灌区评价指标系统的等级标准可来源于国家、行业和地方规定的标准,如农田灌溉相关标准、水土流失防治标准、水资源管理标准、土地开发利用标准等;可来源于国家、地方制定的发展计划或是经科学研究确定的标准。

四、生态灌区的评价方法

生态灌区的评价过程是一套完整的数值分析过程,即采用先进的数学理论,实用的数值分析方法对评价系统中的各个指标,按照与被评价对象的关联与重要性(权重)进行分层分级,后综合考虑并量化各个层级对整体的影响。

近年来,诸多学者提出了很多行之有效的数值方法,如熵权法、主成分分析法、灰色关联法、层次分析法^[10]等方法,其中以层次分析法运用最广泛,效果也较好。层次分析法(AHP)于20世纪70年代提出,是一种多目标决策分析方法,用于判定指标体系中各个元素的权重,并计算权重系数,提供评价指标分层分级的数值依据。层次分析法的优点为实用性强,即能够处理多种较为复杂的多数据问题,并且没有太多的数学条件限制,易于执行。此方法已广泛地应用于地理信息化、生态系统、水资源、农业灌溉等领域。利用层次分析法进行生态灌区评价的思路即为确定被评价对象与评价指标系统(标准),分析指标系统的数学特征并按照权重进行分层分级(形成结构树),从而建立起多层综合评价结构。评价完成后,按照综合得分的高低排序,可将评价结果分为六级,即生态型($\geq I$)灌区、生态优化型(I-II)灌区、生态改良型(II-III)灌区、生态一般型(III-IV)灌区、生态退化型(IV-V)灌区与生态恶化型($\leq V$)灌区,综合体现灌区建设水平的区分。

上述数值方法均是单一的评价方法,各有侧重,且对于不同的被评价对象或采用不同的指标系统,评价结果会有所不同。为提高评价方法的客观性,有学者亦提出动态组合评价方法,其核心理念即是融合各种单一方法的评价成果,平衡各个成果之间的偏差,实现各个成果的动态组合,使综合评价成果更为客观合理。此种方法目前仍在丰富完善过程中。

五、结语

综上所述,生态灌区是维护自然规律,重视资源保护与合理化利用,兼顾农业生产高效性,达到生态与经济协调统一的现代性、协调性与发展性的新型灌区形态。生态灌区建设应遵从生态资源有限观、节水优先、科学创新及现代化管理的基本原则;应以保护和改善生态系统、优化供水调水机制、建立农产可持续化模式为根本任务。生态灌区评价指标系统与等级标准是评估灌区建设水平,调整灌区发展方向,优化灌区运营管理策略的重要保障,需要先进的理论基础与数学方法作为支撑。

参考文献

- [1] 万通. 现代化生态灌区建设的实践与思考[J]. 水利技术监督, 2023(8): 64-67.
- [2] 赵龙基, 孙岩. 现代生态灌区建设的思考[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(1): 2.
- [3] 尹琦. 浅析节水型生态灌区的建设[J]. 农业科技与信息, 2021(10): 2.
- [4] 邓铭江, 陶汪海, 王全九, 等. 西北现代生态灌区建设理论与技术保障体系构建[J]. 农业机械学报, 2022, 53(8): 1-13.
- [5] 徐小飞, 张新和, 黄永奇. 广东省生态灌区建设思路探讨[J]. 广东水利水电, 2023(2): 89-92.
- [6] 任博. 绿色发展理念下生态灌区建设途径与思路研究[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(2): 8-9.
- [7] 安军. 农田生态灌区建设和技术保障研究[J]. 农业开发与装备, 2023(6): 89-91.
- [8] 柳小恒, 李修磊, 陈崇德. 漳河水库节水型生态灌区建设与发展对策研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(4): 55-57.
- [9] 徐新华, 董洁, 彭致功, 等. 贺兰生态灌区健康指标筛选及评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2020, 56(6): 1069-1073.
- [10] 朱洁, 刘学军, 蒋佳莉. 基于FAHP法的宁夏现代化生态灌区健康评价体系研究与实证[J]. 节水灌溉, 2023(11): 121-129.

水利工程项目管理中的进度控制与质量保障措施探讨

朱天久, 赵佳

江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223001

摘 要： 在水利工程项目管理中，进度控制与质量保障是确保项目顺利实施的关键因素。有效的进度控制可以通过科学的计划、合理的资源配置和动态监控来实现，以应对各种不确定因素带来的影响。同时，质量保障措施包括完善的质量管理体系、严格的施工标准和定期的质量检查，确保工程满足设计要求与使用功能。通过将进度控制与质量保障相结合，能够提升项目的整体效益与可持续发展能力，为水利工程的成功实施提供有力支持。

关 键 词： 水利工程；项目管理；进度控制；质量保障；施工标准

Discussion on Progress Control and Quality Assurance Measures in Water Conservancy Project Management

Zhu Tianjiu, Zhao Jia

Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd. Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract： In water conservancy project management, schedule control and quality assurance are the key factors to ensure the smooth implementation of the project. Effective schedule control can be achieved through scientific planning, rational resource allocation and dynamic monitoring to cope with the impact of various uncertainties. At the same time, quality assurance measures include perfect quality management system, strict construction standards and regular quality inspection to ensure that the project meets the design requirements and use functions. By combining progress control with quality assurance, the overall benefit and sustainable development ability of the project can be improved, and strong support can be provided for the successful implementation of water conservancy projects.

Keywords： water conservancy project; project management; schedule control; quality assurance; construction standard

引言

水利工程作为国民经济的重要基础设施，其建设质量和进度直接关系到社会发展和生态环境的可持续性。在复杂多变的项目管理过程中，如何有效控制工程进度并确保工程质量，已成为业界关注的焦点。进度控制不仅涉及时间管理，还与资源配置和风险应对密切相关；而质量保障则是实现工程预期功能的基础。探讨这两者的有效结合，不仅能提升项目的整体效益，更为未来的水利工程提供了可行的管理思路和实践经验。

一、水利工程项目管理的重要性与挑战

水利工程项目管理在现代社会中发挥着不可或缺的作用，直接影响着国家经济发展和民生福祉。随着城市化进程的加速和气候变化的挑战，水利工程面临的任务愈加繁重。这些项目不仅涉及复杂的技术要求和严格的安全标准，还必须满足日益增长的社会需求与生态保护的要求^[1]。因此，水利工程项目管理的重要性体现在其对资源合理配置、工程进度控制和项目质量保障的综合管理能力。有效的项目管理能够确保工程在预算范围内按时完成，并在施工过程中降低风险，最大程度地减少对环境的影响，为社会的可持续发展奠定基础。

然而，水利工程项目管理也面临诸多挑战。首先，项目通常

涉及多个部门和利益相关者，协调各方的利益和期望成为一项复杂的任务。不同的利益诉求可能导致项目决策的延误，甚至影响工程的进度和质量。此外，水利工程常常在自然环境中进行，地形复杂、气候多变，使得施工过程中的风险和不确定性增加。例如，突发的自然灾害可能导致施工中断，进而影响整体工期的安排。其次，技术进步带来的新材料和新工艺的应用也对项目管理提出了更高的要求。项目管理者需要及时掌握最新的技术动态，评估其在工程中的适用性和经济性，以确保项目实施的科学性和有效性。

面对这些挑战，水利工程项目管理亟须创新思维与高效的管理机制。利用现代信息技术，如大数据分析、物联网和云计算等，可以实现对项目各环节的实时监控和数据分析，帮助管理者

及时作出决策。通过建立科学的风险评估与应对机制，可以有效识别潜在风险并制定相应的应对策略。此外，加强对项目参与人员的培训与协作，提升团队的整体素质和应变能力，也是应对项目管理挑战的有效途径。只有在项目管理中不断探索与创新，才能够更好地适应水利工程面临的新形势与新任务，实现工程的高效、安全和可持续发展。

二、进度控制的关键策略与实施方法

在水利工程项目管理中，进度控制是确保工程按时完成、资源合理利用的重要环节。有效的进度控制不仅能够降低项目成本，还能提高整体项目的效率和质量。首先，制定科学合理的进度计划是进度控制的首要步骤。项目管理团队需基于工程的实际情况，考虑各项工程的相互依赖关系、资源配置和施工条件，编制详细的进度计划。通过使用项目管理软件，如甘特图和网络图，能够清晰地展示各项任务的时间安排与进度。此外，采用里程碑法将项目划分为多个阶段，使管理者能够定期检查和评估进度，及时发现潜在问题并进行调整。这一系列措施确保了项目进度的可控性和透明性，为后续的进度管理打下良好基础^[2]。

在进度控制的实施过程中，动态监控与反馈机制同样不可或缺。项目管理团队应定期召开进度评估会议，对照进度计划评估实际进展，并与各个施工单位进行沟通与协调。通过及时收集和分析施工数据，可以判断项目的实际进度与计划进度之间的差异，确保所有参与者都能够迅速响应并采取适当的纠正措施。此外，利用现代信息技术进行实时监控，借助传感器、无人机等工具收集现场数据，提升了数据获取的准确性和实时性。通过建立有效的反馈机制，能够形成一个闭环管理体系，不断优化进度控制策略，使项目管理更具灵活性和适应性。

进度控制还需要考虑外部环境的变化及其对项目的影响。水利工程项目通常受到气候、地质等多种外部因素的制约，这些因素可能导致工程进度的延误。因此，在进度控制中，项目管理团队应建立风险预警机制，定期评估外部环境变化对工程进度的影响。通过制定应急预案，管理团队能够在面临突发情况时迅速作出反应，调整工程计划以应对不可预见的风险。此外，强化与地方政府、社区及其他利益相关者的沟通与协调，积极寻求支持和资源共享，有助于营造良好的外部环境，确保项目顺利推进。因此，通过科学的计划、动态监控和有效应对外部挑战，进度控制将成为水利工程项目管理中实现高效、可持续发展的关键策略。

三、质量保障体系的构建与执行

在水利工程项目管理中，构建一个完善的质量保障体系是确保工程质量和安全的基石。质量保障体系不仅涵盖了工程设计、施工和验收等各个环节，还涉及项目全生命周期的管理。首先，质量保障体系的构建需要明确各项工程标准和规范，包括国家和地方的行业标准、技术要求及施工规程。这些标准是项目实施的基础，确保施工过程中的各项活动符合既定的质量要求。此外，

项目管理团队应结合具体工程特点，制定切实可行的质量管理计划，明确质量控制的责任分工、程序和方法。通过开展项目启动前的质量策划^[3]，确立质量目标和关键质量控制点，确保所有参与者都能在同一标准下执行，从而形成全员参与的质量管理氛围。

在质量保障体系的实施过程中，严格的监督与检查机制是不可或缺的。项目管理团队需定期开展质量审核和评估，检查施工单位和相关人员的质量管理执行情况。这可以通过现场抽查、定期检验和第三方评估等方式进行。引入先进的监测技术，例如在线监测系统和无人机巡检，不仅提高了质量检查的效率和准确性，也有助于及时发现潜在的质量问题。此外，建立完善的质量信息反馈机制，确保施工过程中发现的质量缺陷能够及时上报和处理。质量管理团队应针对问题进行深入分析，采取纠正措施，避免同类问题的重复发生。同时，鼓励施工人员和管理人员之间的相互沟通，形成良好的工作氛围，使得质量管理的执行成为每个人的自觉行动。

质量保障体系的有效执行还需要培训与文化建设的支持。针对不同岗位的人员，项目管理团队应定期组织质量管理培训，提升员工的质量意识和技能水平。通过案例分析和实操演练，增强员工对质量标准和管理方法的理解与应用。此外，营造良好的质量文化氛围，鼓励员工提出质量改进建议，及时表彰和奖励优秀的质量管理实践。这种文化的建立不仅有助于提升团队的凝聚力，还能有效激发员工的工作积极性和责任感。在实际操作中，项目管理团队应定期召开质量总结会议，分享经验与教训，促进不同项目之间的质量管理交流与学习。通过不断总结与反思，持续优化质量保障体系，使之更具适应性和前瞻性，以应对水利工程项目日益复杂的质量管理需求。

综合来看，水利工程项目中的质量保障体系是一项系统工程，涉及标准制定、监督检查、培训文化等多个方面。通过科学构建和有效执行质量保障体系，能够在保证工程安全、满足用户需求的同时，实现项目的高效管理和可持续发展。这不仅是对工程质量的承诺，也是对社会、环境和经济责任的体现，进而推动整个行业的健康发展和进步。

四、进度与质量的协调关系分析

在水利工程项目管理中，进度与质量的协调关系至关重要，二者的相互影响直接决定了项目的成功与否。进度控制的核心在于确保项目按照既定的时间表顺利推进，而质量保障则关注于确保工程的安全性、耐用性和满足使用功能。当项目管理者过于强调进度时，可能会导致对施工质量的忽视，从而引发质量问题，甚至造成安全隐患^[4]。这种情况下，虽然工程按时完成，但从长期来看，因质量缺陷导致的返工和维护成本将远高于初期的投资。

协调进度与质量的关系需要项目管理者在决策时充分考虑两者的相互作用。在制定项目计划时，应综合考虑进度与质量的目标，将其融入项目的整体管理体系中。例如，在编制进度计划时，管理者应预留出足够的时间进行质量检查和验收，以确保施

工质量符合标准。此外，项目管理团队可以通过实施分阶段验收的方式，在不同阶段对工程质量进行评估，从而及时发现问题并进行调整。这种方法不仅可以有效控制项目进度，也能在质量保障上形成良好的反馈机制，确保每个施工环节都得到充分的检查与验证。

为了实现进度与质量的协调，项目管理者还需借助现代信息技术来优化管理流程。例如，通过实施实时监控系統，可以随时获取工程进度和质量数据，帮助管理者做出及时的调整。同时，利用大数据分析技术，可以对项目的历史数据进行分析，识别影响进度和质量的关键因素，从而为制定更加科学的管理策略提供依据。此外，加强团队沟通与协作，提升全体人员的质量意识和进度意识，也是实现协调的重要手段。通过建立开放的沟通渠道，让项目团队各成员能够随时反馈进度和质量情况，形成协同工作机制，从而有效促进进度与质量的双重目标的实现。只有将进度与质量视为一体，在实践中不断探索和调整，才能确保水利工程项目的成功实施。

五、案例研究：成功的水利工程项目管理实践

在中国的水利工程领域，南水北调工程是一个典型的成功案例，展示了如何有效地进行项目管理以实现进度与质量的双重目标。该工程旨在将长江水系的水资源引入缺水的北方地区，工程涉及多个省市，建设规模庞大。为了确保项目的顺利推进，管理团队在初期就制定了详细的进度计划和严格的质量标准。通过采用现代化的项目管理软件，实时监控各施工段的进展，并定期对施工质量进行抽检和评估，确保工程能够按时完成并满足设计标准。这一系列管理措施有效协调了各参与方的资源与任务，使得南水北调工程能够在预定时间内完成首期任务，为后续的工程建设打下了坚实基础^[5]。

另一个成功的案例是黄河小浪底水利枢纽工程。该工程不仅是防洪、发电、灌溉的重要设施，同时也承担着生态保护的责任。在项目实施过程中，管理团队注重进度与质量的协调，设定

了明确的质量目标和时间节点。在施工阶段，通过实施分段施工和逐步验收的方式，确保每一个施工环节都符合质量标准。同时，项目管理者引入了第三方质量检测机构，确保施工质量的公正性和客观性。这种做法有效地提升了施工队伍的质量意识，同时也为项目的顺利推进提供了保障。最终，黄河小浪底工程如期投入使用，为周边地区的经济发展和水资源管理提供了重要支持。

浙江省的乌溪江水电站项目也是水利工程成功管理的一个优秀示范。该项目不仅着眼于电力生产，还兼顾了水资源的合理利用和生态环境的保护。为了实现项目的可持续发展，管理团队在进度控制上采取了灵活的策略，通过细化施工计划、优化资源配置，确保各施工环节能够顺利衔接。此外，在质量管理方面，项目组加强了与科研机构的合作，利用先进的技术手段进行实时监控和质量分析，确保工程的各个阶段都能符合国家标准。乌溪江水电站的成功建设，不仅提升了当地的电力供应能力，也为未来的水利工程管理提供了宝贵的经验和参考。

通过以上案例，可以看出成功的水利工程项目管理实践在于科学的计划、严谨的质量控制和灵活的应变能力。这些实践为其他水利工程项目管理提供了重要的借鉴，展现了在复杂环境中如何实现项目目标的有效策略。

六、结语

在水利工程项目管理中，进度与质量的协调至关重要，直接影响工程的成功与可持续发展。通过南水北调、黄河小浪底水利枢纽以及乌溪江水电站等成功案例，可以看出，科学的项目规划、严格的质量控制和灵活的应变策略是实现项目目标的关键。借助现代信息技术和有效的沟通机制，管理团队能够实时监控项目进展，确保施工质量。这些实践经验为未来的水利工程管理提供了宝贵的参考，推动行业的不断创新与发展，从而更好地服务于社会经济和生态环境的可持续发展。

参考文献

- [1] 孟锦龄, 曹海涛. 工程项目管理中进度控制和质量控制的一点认识 [J]. 黑龙江科技信息, 2008(15):204.
- [2] 岳宜深. 浅谈工程项目管理过程中的进度控制、质量控制、成本控制 [J]. 四川建材, 2010, 36(02): 238+240.
- [3] 许波. 浅论工程项目管理中的质量与进度控制 [J]. 科技风, 2013(12):266.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.2013.12.226.
- [4] 张仁宝, 武华宝, 刘敬爱. 水利工程项目管理的动态控制及应用研究 [J]. 绿色环保建材, 2018(05):226-227.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2018.05.208.
- [5] 邹成龙. 水利工程项目管理问题分析与对策研究 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(16): 185-186.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2021.16.086.

双线平行顶管穿越既有输水箱涵影响分析

齐亚静

天津市水务规划勘测设计有限公司, 天津 300204

摘 要： 在实施大口径顶管穿越既有输水箱涵的复杂工程中，施工活动对输水箱涵的影响是不可避免的问题。本研究运用 Midas GTS NX 岩土有限元分析软件，对某双回 220 千伏线路工程中采用双线平行顶管技术穿越既有输水箱涵的施工阶段进行了数值模拟分析。通过建模来评估顶管施工对输水箱涵的潜在影响。本研究旨在为类似穿越工程方案的决策提供科学依据，确保电力线路安全与地下设施稳定的同时，促进施工技术的优化与风险管理。

关 键 词： 顶管穿越；输水箱涵；Midas GTS NX；影响分析

Analysis of Influence of Double-Line Parallel Pipe Jacking Through Existing Water Delivery Tank Culvert

Qi Yajing

Tianjin Water Planning Survey and Design Co., Ltd. Tianjin 300204

Abstract： In the implementation of large diameter pipe jacking through the complex project of existing water delivery tank culvert, the impact of construction activities on the water delivery tank culvert is an inevitable problem. In this paper, Midas GTS NX geotechnical finite element analysis software is used to simulate and analyze the construction phase of a double-loop 220 kV line project that uses double-line parallel pipe jacking technology to cross the existing water delivery tank culvert. Modeling was used to evaluate the potential impact of pipe jacking construction on the water delivery tank culvert. The purpose of this study is to provide scientific basis for the decision-making of similar crossing engineering schemes, to ensure the safety of power lines and the stability of underground facilities, and to promote the optimization of construction technology and risk management.

Keywords： pipe jacking through; water delivery tank culvert; Midas Gts NX; impact analysis

一、计算模型

在某 220 千伏双回输电线路工程中，为安全穿越一重要输水箱涵，特采用顶管施工技术。该顶管工程以垂直交叉的方式（交叉角度为 90 度）穿越箱涵，两根顶管中心间距为 15 米，从相邻两节箱涵间隙中穿过。顶管材料选用 C50 预制混凝土，P10 抗渗等级，每节管长度为 2.5 米，内径为 3.5 米，管壁厚度 320mm，确保了结构的稳定性和耐久性。

此次顶管施工位于粉土层，顶部距离箱涵结构底部 13.85 米，距离地面 21.75 米。交叉位置的箱涵为 3 孔 4.4m × 4.4m 的输水箱涵，总宽度为 15.20 米，高度为 5.60 米，箱涵埋设于地下。现场实测数据显示，箱涵顶高程为 6.57 米，地面高程为 8.87 米，箱涵顶部距离地面仅 2.3 米。

为了准确模拟顶管施工过程中对输水箱涵的影响，本文运用了 Midas GTS NX 岩土有限元分析软件，构建三维应变有限元数值模型^[1]。模型在水平 X 方向上取顶管顶进长度 120 米，垂直 Y 方向上取 10 节整箱涵长度 150 米，竖直 Z 方向上则取至已知地层深度 60 米。在模型底部施加水平和竖直方向的位移约束，两侧则控制轴向位移，而地表则设置为自由边界，以贴近实际工程状况。

土体本构模型采用莫尔-库伦模型，该模型为非线性力学本构^[2]。箱涵、顶管及注浆体则按照弹性材料进行处理，以简化计算并突出主要分析目标^[3]。地下水位按照埋深 14.5 米进行计算，以确

保模型分析的准确性。通过有限元模型及网格划分，探讨顶管施工对输水箱涵结构稳定性的影响，为工程安全提供有力保障。

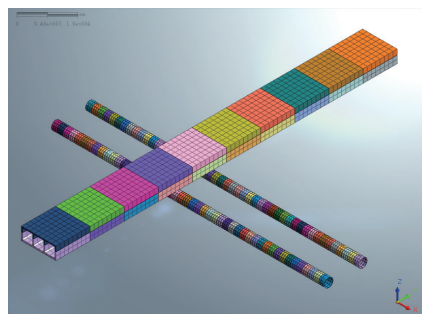


图1 数值计算模型及输水箱涵与顶管相对位置关系

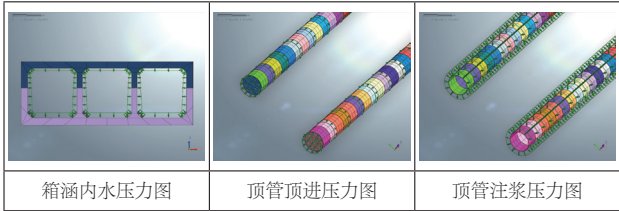
二、顶管施工阶段

在箱涵沉降达到稳定状态后，针对原状地面进行了细致的模拟分析^[4]。首先，施加了土层及箱涵自重的荷载，同时考虑了箱涵内部的水压力。考虑到顶管施工前，箱涵与周围土体之间已形成相对稳定的平衡状态，因此在模型中，将施工阶段由自重引起的位移归零，以确保分析结果的准确性。

接着，按照预定的步骤执行模拟施工。首先激活顶管顶进的壓力，随后钝化顶管内开挖的土体，紧接着激活顶管本身，并施加注浆压力。这一系列操作精确模拟了顶管施工的实际流程^[5]。

对左侧顶管和右侧顶管依次进行顶进操作，每一步均严格遵循工程实际和施工顺序，以确保模拟结果的可靠性与实用性。

该分析流程不仅深入揭示了顶管施工的力学行为，而且通过精细化的模拟步骤，展现了工程实践中对施工顺序和力学响应的精确掌控^[6]。通过此类模拟，能够有效预测和评估顶管施工对既有箱涵结构及其周围土体稳定性的影响，为工程的安全施工和风险管理提供了坚实的技术支撑^[7]。



三、计算结果分析

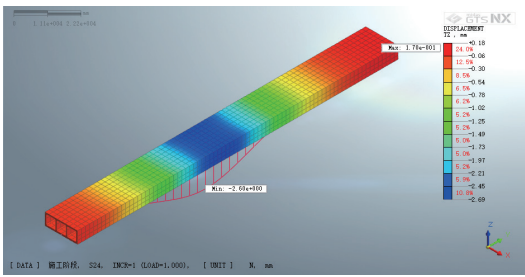


图2 单管顶进后箱涵通水方向底板底竖向沉降位移云图

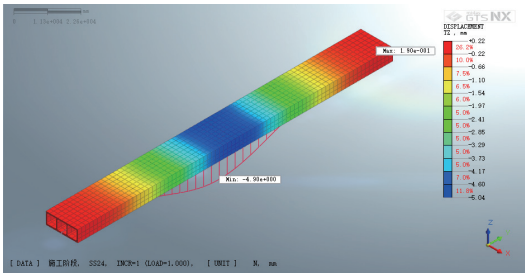


图3 双管顶进后箱涵通水方向底板底竖向沉降位移云图

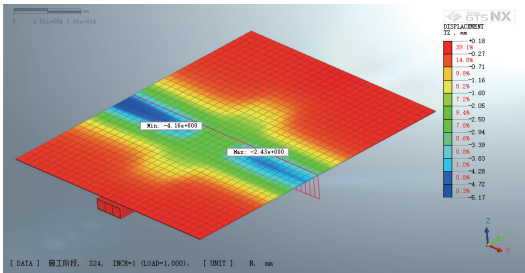


图4 单管顶管顶进方向地面竖向沉降位移云图

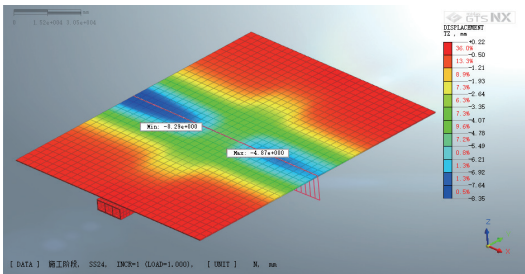
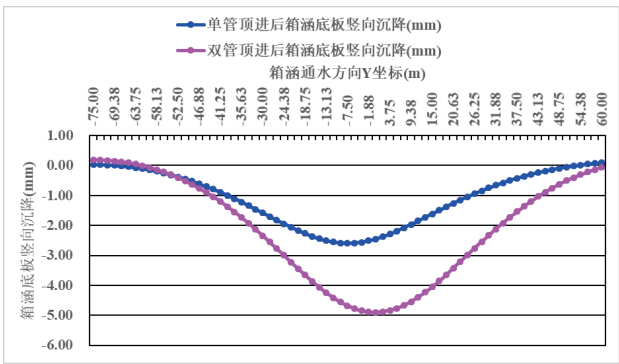
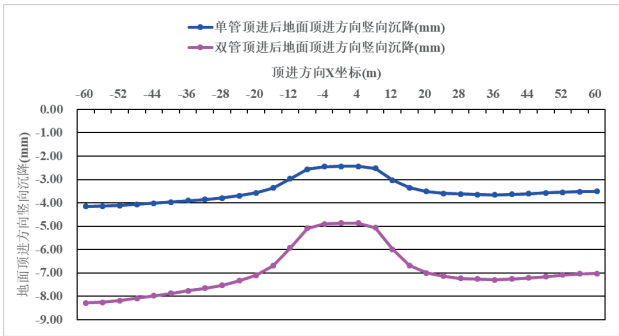


图5 双管顶管顶进方向地面竖向沉降位移云图



图表1 箱涵通水方向底板底竖向沉降位移图表



图表2 顶管顶进方向地面竖向沉降位移图表

表3 相邻箱涵结构缝沉降统计表

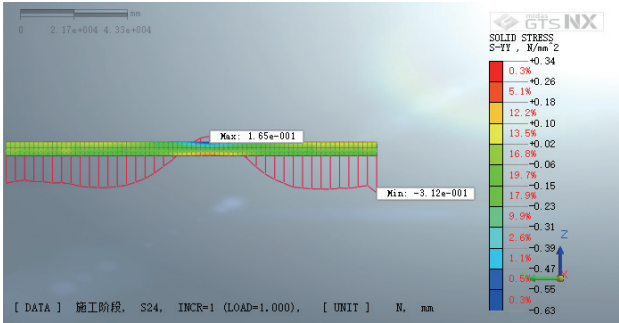
施工阶段	单管顶进后箱涵底板底竖向沉降 (mm)	结构缝处沉降差 (mm)	双管顶进后箱涵底板底竖向沉降 (mm)	结构缝处沉降差 (mm)
第一段箱涵两端竖向位移	0.03	0.04	0.19	0.06
	-0.11		-0.01	
第二段箱涵两端竖向位移	-0.15	0.09	-0.07	0.14
	-0.61		-0.76	
第三段箱涵两端竖向位移	-0.70	0.12	-0.90	0.21
	-1.46		-2.13	
第四段箱涵两端竖向位移	-1.58	0.08	-2.34	0.20
	-2.36		-3.87	
第五段箱涵两端竖向位移	-2.44	0.06	-4.06	-0.01
	-2.51		-4.88	
第六段箱涵两端竖向位移	-2.45	0.12	-4.90	0.18
	-1.73		-4.23	
第七段箱涵两端竖向位移	-1.61	0.09	-4.05	0.21
	-0.84		-2.55	
第八段箱涵两端竖向位移	-0.75	0.05	-2.33	0.15
	-0.24		-1.04	
第九段箱涵两端竖向位移	-0.18	0.02	-0.89	0.07
	0.07		-0.13	
第十段箱涵两端竖向位移	0.09		-0.07	
	0.17		0.19	

根据有限元分析的计算结果，可以得出以下结论：在单管顶进施工过程中，箱涵通水方向上的底板底部所引起的最大竖向沉降为2.60毫米，而双管顶进施工则导致最大竖向沉降增至4.90毫

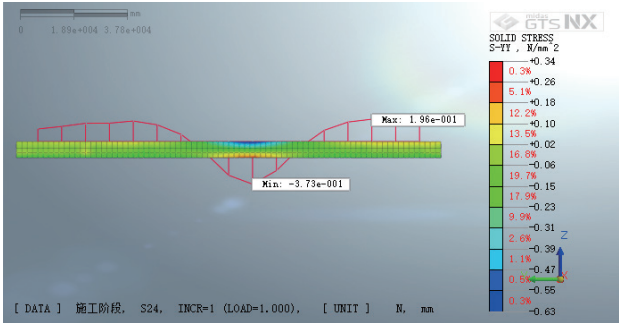
米。这表明双管施工对箱涵结构的影响更为显著。同时,相邻箱涵结构缝之间的沉降差最大为0.21毫米,这一数据反映了箱涵结构的整体稳定性和接缝处的变形协调性。

在地面顶进方向上,单管顶进施工引起的最大竖向沉降为4.16毫米,而双管顶进施工则将这—沉降值提高至8.29毫米。这一结果揭示了顶管施工对地表沉降的显著影响,尤其是在双管施工条件下,地表沉降的增幅更为明显。

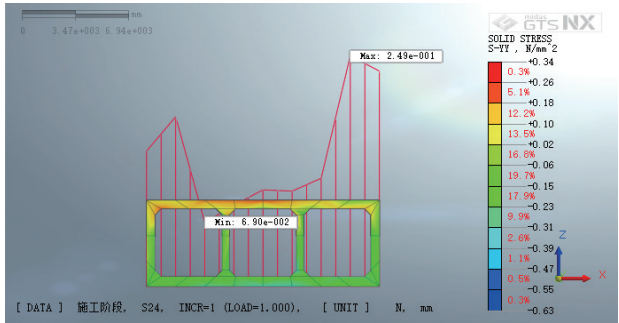
这些数据不仅提供了顶管施工对箱涵及地表沉降影响的量化指标,而且也体现了在复杂地质条件下,采用精细化数值模拟方法对预测和评估施工影响的重要性^[9]。



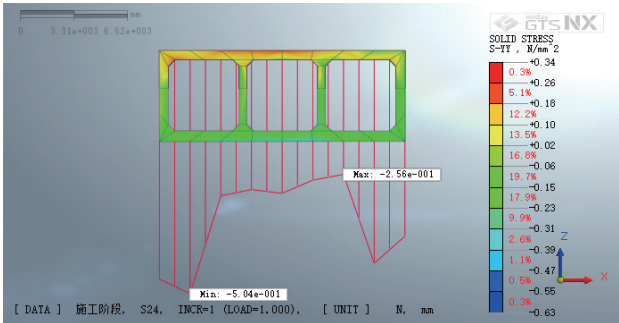
单管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵纵向底板底部应力线上图)



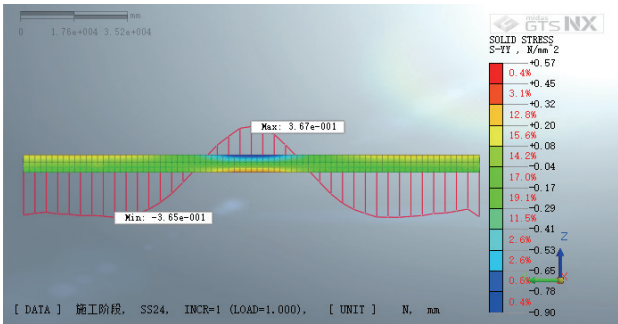
单管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵纵向顶板顶部应力线上图)



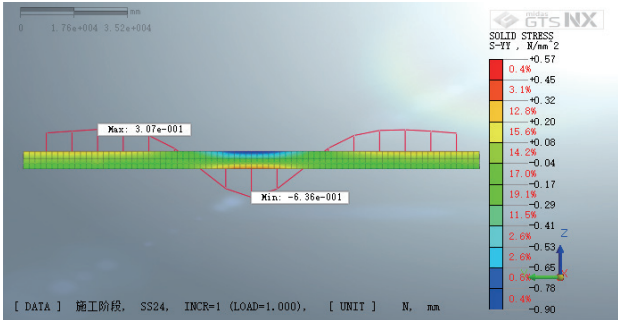
单管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵横向底板底部应力线上图)



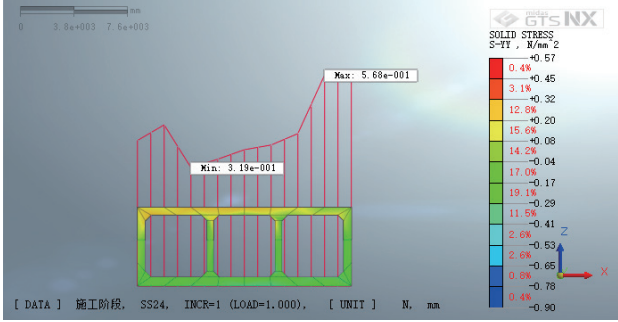
单管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵横向顶板顶部应力线上图)



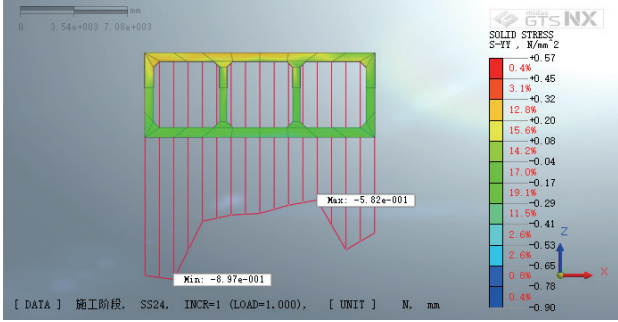
双管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵纵向底板底部应力线上图)



双管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵纵向顶板顶部应力线上图)



双管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵横向底板底部应力线上图)



双管顶进后箱涵纵向应力云图(箱涵横向顶板顶部应力线上图)

通过分析单管顶进后的箱涵纵向应力云图,我们可以观察到应力分布的变化^[9]。在顶管穿越的箱涵节段,纵向底板底部出现了最大拉应力,其值为0.165MPa,而顶板顶部则承受了最大压应力,达到0.373MPa。在横向应力分布上,底板底部的最大拉应力为0.249MPa,顶板顶部的最大压应力则为0.504MPa。

当双管顶进完成后,箱涵纵向应力云图显示了更为显著的应力变化^[10]。在顶管穿越的箱涵节段,底板底部的最大拉应力增至0.367MPa,顶板顶部的最大压应力则达到0.636MPa。在横向应力分布上,底板底部的最大拉应力为0.568MPa,顶板顶部的最大压应力更是达到了0.897MPa。

值得注意的是,上述所有应力数值均未超过 C30 混凝土的抗拉强度设计值,即 1.43MPa。这一结果表明,在顶管施工过程中,虽然箱涵结构的应力状态发生了显著变化,但结构的安全性仍然得到了保证,混凝土材料的设计强度足以抵抗施工引起的应力。

四、结束语

利用 Midas GTS NX 岩土有限元分析软件构建了三维立体应

变有限元数值模型,以模拟顶管顶进过程,并评估其对输水箱涵的影响,旨在为同类型工程提供借鉴。鉴于顶管施工技术要求严格,数值模拟基于理想的施工状态进行,因此,在顶管顶进过程中对输水箱涵的实际影响需通过加强施工期间的安全监测来进一步验证。同时,需进行实时分析,并根据监测数据及时调整施工策略,以最大限度地减少对现有输水箱涵的潜在不利影响,确保工程的安全与稳定。

参考文献

[1]王海礼,周国群. 平行顶管穿堤施工三维数值模拟及工程案例对比分析 [J]. 浙江水利科技, 2021, 49(05):29-32.DOI:10.13641/j.cnki.33-1162/tv.2021.05.006.

[2]齐亚静. 城市道路桥梁跨越输水箱涵模拟分析 [J]. 河北水利, 2021, (09):10-11.

[3]郭勤,臧振涛,衡阳,等. 顶管穿越河道工程对地层沉降影响分析 [J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(03):30-32+92.DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2022.03.010.

[4]芮勇勤,袁健玮,范文举,等. 双线隧道施工过程中地层变形控制数值分析 [J]. 公路, 2023, 68(06):455-462.

[5]陈南,赵庆山. 钢筋混凝土输水箱涵渗漏原因分析及封堵技术 [J]. 河北水利, 2023, (10):41-42.

[6]邢晓婷,姚广亮. 双线盾构隧道下穿输水箱涵安全性影响的有限元分析 [J]. 吉林水利, 2023, (02):12-15.DOI:10.15920/j.cnki.22-1179/tv.2023.02.002.

[7]郝仕阳. 基于遗传算法和 BIM 的输水箱涵施工进度优化 [D]. 河北农业大学, 2022.DOI:10.27109/d.cnki.ghbnu.2022.000846.

[8]刘佳,王玲玲. 顶管穿越施工对天津干线地下输水箱涵的影响分析 [C] //中国水利学会. 2022 中国水利学术大会论文集 (第三分册).中水东北勘测设计研究有限责任公司;中国南水北调集团中线有限公司天津分公司; ,2022:6.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.059452.

[9]周八军. 西安黑河输水箱涵杏树沟渠道渡槽伸缩缝处理工程施工技术探讨 [J]. 工程与建设, 2022, 36(05):1495-1498.

[10]董丹丹,李成,毕京龙,等. 南水北调天津干线有压输水箱涵实际糙率研究 [J]. 水利水电工程设计, 2022, 41(03):14-17.

抽水蓄能电站大坝面板混凝土施工技术

范祥飞

中国水利水电第十二工程局有限公司, 浙江 杭州 310030

摘 要 : 近年来, 面板堆石坝已成为坝工界较为主流的坝体, 为提高混凝土面板施工技术水平, 保证混凝土面板施工质量, 本文综合面板堆石坝大量实践经验, 以某抽水蓄能电站上下库大坝为例, 重点针对滑模系统、混凝土浇筑及养护、止水施工等关键技术环节, 介绍了堆石坝面板混凝土的先进施工经验, 为类似工程提供了有益的参考。

关 键 词 : 抽水蓄能; 面板堆石坝; 面板混凝土; 滑模系统; 止水施工

Construction Technology of Dam Panel Concrete for Pumped Storage Power Station

Fan Xiangfei

China Water Resources and Hydropower 12th Engineering Bureau Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 310030

Abstract : In recent years, faced rockfill dam has become a more mainstream dam in the dam industry. In order to improve the technical level of concrete panel construction and ensure the construction quality of concrete panel, this paper combines a lot of practical experience of faced rockfill dam and takes the upper and lower reservoir dam of a pumped storage power station as an example, focusing on key technical links such as sliding form system, concrete pouring and maintenance, and water sealing construction. This paper introduces the advanced construction experience of rockfill dam faceplate concrete, which provides useful reference for similar projects.

Keywords : pumped storage; face rockfill dam; panel concrete; sliding mode system; water sealing construction

一、工程概况

某抽水蓄能电站上下库大坝坝型为钢筋混凝土面板堆石坝, 面板混凝土采用滑模施工工艺。上库大坝面板混凝土共分29块, 其中除左右两端三角块外, 其余块宽度均为12.0m。单块最长面板斜长约152.46m, 平均斜长为102.28m。下水库大坝面板混凝土共分28块, 其中除左右两端三角块外, 其余块宽度均为12.0m。单块最长面板斜长约129.38m, 平均斜长为87.53m。

二、施工布置

(一) 施工设施布置

上下库大坝混凝土面板施工各安排2套滑模用于施工, 其中1套用于轮流备仓。面板混凝土施工时, 在大坝坝顶设置施工平台, 作为混凝土卸料、供料及卷扬机提升系统布置平台。每台滑模均由2台10t卷扬机牵引, 同时布置4台5t卷扬机用于牵引2台钢筋运输台车和2台木工运输台车。同时配置1台25t汽车吊移动滑模、施工台车和卷扬机等, 卷扬机牵引系统随面板混凝土施工需要进行移动。

(二) 施工供水布置

施工用水主要为混凝土浇筑部位的缝面冲洗和混凝土养护用水。采用DN100主水管从水池接引至坝顶, 并沿坝顶上游侧通长布置, 布置位置以不影响卷扬机布置和面板上口模板架立为准。

面板顶部及中部布置PVC花管, 并布置引水管与坝顶的主水管连通, 水管在坝顶作业平台上按面板分块留置控制阀门, 每块可单独控制, 形成面板洒水养护系统。

(三) 施工供电布置

施工用电主要为提升卷扬机、混凝土振捣、钢筋焊接、照明和其他辅助作业。就近从变压器接入, 并在各工作面配置独立配电箱, 同时备用一台150KW柴油发电机作为应急备用电源。

(四) 施工道路布置

面板混凝土施工道路的任务为施工机械的进场、材料和混凝土的运输等, 主要利用坝顶平台、进场公路和至业主营地公路。

(五) 混凝土拌和系统

本工程面板混凝土量大、工期紧, 为保证面板混凝土的施工进度和质量, 在上库坝顶布置一套面板混凝土生产系统用于上水库面板混凝土施工。下水库面板利用下水库混凝土生产系统。

三、施工程序

上下库大坝面板混凝土在大坝整体填筑完成并满足坝体沉降期、沉降速率要求后进行。面板采用无轨滑模施工工艺, 从中间块向两侧推进, 分两序跳仓浇筑。每块面板均采用无轨滑模连续浇筑完成, 单块面板混凝土施工完成后跳仓进行下一块面板施工。面板混凝土施工过程如图1所示。



图1 面板混凝土施工示意图

四、施工方法

（一）坡面修整

面板混凝土施工前需先进行平整度检查，其偏差不得大于面板设计线50mm，用缓坡衔接超欠填位置。

对坡面超填的部位，进行人工修整，将吊线以上的垫层料进行剔除；对坡面欠填的部位，由自卸车运料至坝顶，在坝顶布置下料斗，连接溜槽，通过溜槽下料进行欠填部位的修补施工。修整后的坡面要平整，不合格的部位要进行细修。

（二）砂浆垫层施工

面板张性缝、压性缝底部布置有水泥砂浆垫层。水泥砂浆垫层施工分挖槽法、贴层法两种方法。对砂浆垫层面高于设计线的采用挖槽法施工，对砂浆垫层面低于设计线的采用贴层法施工。送料小车运输水泥砂浆至施工作业面，人工入仓并摊铺回填，砂浆铺设时，斜坡段自下而上铺设，确保砂浆密实。回填后用橡皮锤或木锤人工夯实，夯实后人工采用抹子抹平，砂浆垫层表面平整度符合设计和规范相关要求。

对高于设计面的砂浆面进行表面凿平处理，并用砂浆表面抹平；如低于设计面的部位，则采用砂浆补平。

（三）测量放样

坡面验收合格及砂浆垫层施工完成后，根据设计图纸使用全站仪在垫层坡面上放出面板垂直缝的中心线，在坡面上放出面板浇筑的顶面高程线，并使用喷漆、钢筋头进行标示。

（四）钢筋制安

钢筋加工及安装之前，要对钢筋表面进行检查清理，确保表面洁净。钢筋连接均采用焊接，钢筋间排距和位置按照设计图纸执行。

单块面板钢筋绑扎前，先在坡面上打设架立筋，架立筋规格及间排距按设计图纸要求执行。架立筋架设一段后，在架立筋处绑扎底部横向主筋（作为横向架立筋），再绑扎底层纵向钢筋、底部横向钢筋，然后在横向主筋底部安装板凳筋，再进行支撑筋的绑扎，最后进行面层横向钢筋、纵向钢筋绑扎。

（五）止水铜片制作和安装

止水铜片采用的卷材经专用止水加工成型机现场加工成型，加工成型机的出料口正对面板垂直缝方向，出料的方向和面板坡度保持一致，并根据止水片需要的长度连续整体加工。

止水铜片之间的衔接按照设计要求进行搭接焊接，并保证搭接长度 $\geq 20\text{mm}$ 。焊接完成后逐个进行外观和渗透质量检查，确保焊接接头表面光滑，不渗水，无孔洞、裂隙等缺陷。



图2 止水铜片加工图



在安装止水铜片前，先塞入氯丁橡胶棒，并在鼻腔内填塞泡

沫塑料，防止水泥浆液进入腔内。并注意在混凝土施工过程中，始终保持止水铜片的中间鼻槽不变形、不移位。加工成型机具及现场情况见图2。

（六）模板设计与安装

面板侧模采用组合钢模板，模板高度根据渐变厚度确定不同组合，施工时根据面板厚度进行拼装。在侧模底部放置方木，用来调整侧模的高度和坡度，并在方木的下缘内侧预留槽口，作为侧模与面板垂直缝止水铜片之间的安装槽口。

侧模之间采用螺栓进行连接，螺栓需配带垫片。侧模拼装完成后，内侧采用面板钢筋接钢筋头作为侧模的支撑，间距1.0m，排距按照面板厚度确定。外侧采用蝴蝶扣进行拉紧固定，拉筋间距1.5m，排距按照面板厚度确定。

面板垂直缝“V”型槽采用木模板，每节长度控制在2~3m间，依照设计尺寸做成倒角。先浇块施工时按设计位置固定于侧模板上，后浇块施工时按设计位置固定于先浇块混凝土上。

（七）滑模装置安装就位

面板采用无轨滑模工艺施工，滑模安装在侧模或先浇块的混凝土表面上，并设有工作平台、抹面平台、防雨遮阳棚，以及表面修整平台，作为行走和支承结构，在坝顶作业平台布置2台双筒的卷扬机进行牵引，使用配重块配合锚固钢筋进行固定。

卷扬机系统就位后，将面板滑模、抹面平台等用人工配合25T汽车吊吊装到侧模或先浇块上，再由布置在坝顶作业平台前沿的卷扬机溜放到面板下方。面板滑模系统及卷扬机平面、立面布置分别见图3及图4。

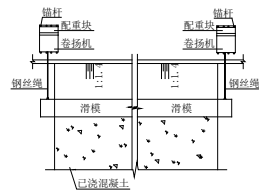


图3 面板滑模及卷扬机平面布置示意图

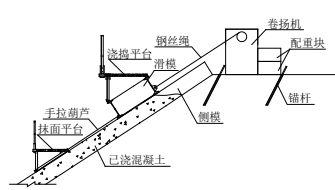


图4 面板滑模及卷扬机立面布置示意图

（八）溜槽安装

面板混凝土的入仓方式采用溜槽进行输送，在每块面板上设置2套溜槽。溜槽使用轻型、耐磨、光洁、高强度的材料进行制作，保证连接严密，不发生漏浆，采用柔性材料对溜槽顶部进行遮蔽。顶部上接坝面集料斗，下至仓内，另外要注意溜槽出口与仓面的距离 $\leq 1.5\text{m}$ 。

溜槽放置在待浇块的面板钢筋网上，在每节溜槽的上口左右两侧各设一个挂钩，下口左右两侧各设置一个吊环，溜槽安装时上、下两节溜槽进行套接。为防止溜槽扣脱开，溜槽两侧采用钢丝绳联系在一起，并将钢丝绳间隔两段固定在钢筋网上。

溜槽末端部设一套布料机构，布料机构见图5。

（九）面板混凝土浇筑

面板混凝土通过设置在坝顶的集料斗进入坡面溜槽，经溜槽输送入仓，由上库面板混凝土系统和下库混凝土拌和站进行集中拌制，并由自卸车运至坝顶施工平台。

混凝土在由溜槽入仓之前，先倒入适量同标号的砂浆对溜槽进行润滑。卸料时安排专人沿溜槽对溜槽里的混凝土进行疏通及

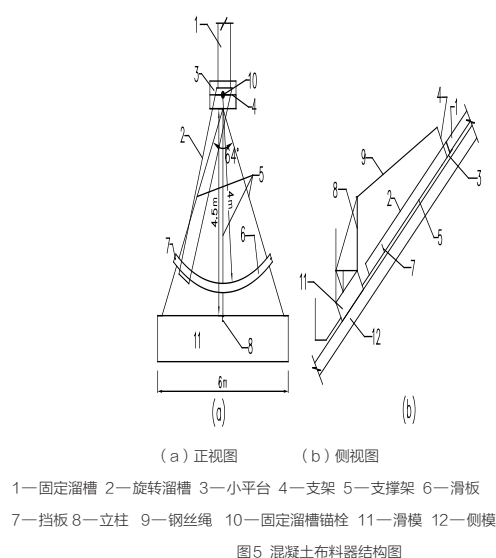


图5 混凝土布料器结构图

处理,防止混凝土离析。

在止水片周围用人工布料做好混凝土离析的防范工作,控制混凝土铺面宽度在2米以内。入仓的坍落度严控在3 ~ 7cm之间。面板混凝土必须保证分层浇筑,且层厚控制在25cm ~ 30cm区间。保证仓内铺料均匀,不出现混凝土堆积的情况。

混凝土采用插入式振捣器振捣密实,保证全仓面摊平后才能振捣,严禁将振捣器插入模板下振捣。垂直缝、周边缝部位加强振捣,避免漏振、欠振,使止水周围的混凝土充填、振捣密实。

(十) 滑模运行

滑模由布置在坝顶前沿的两台10t卷扬式牵引,在运行过程中必须确保面板的两侧侧模顶面平整、光洁,运行区间无障碍物阻挡。滑模向上滑升过程中,采用安全绳将滑模架与上部钢筋网临时固定,避免滑模架运行中发生故障下滑。

滑模的按20cm左右的上滑距离进行控制,每次滑升间隔不宜超过30分钟,且在滑升前要保证模体前30cm范围内有混凝土,滑模的平均滑升速度为1.5 ~ 2.5m/h,根据混凝土出模情况,适当控制滑模提升速度。滑模施工时,安排专人对滑模系统及模板进行运行检查和变形检测,发现问题、及时整改,确保现场施工安全。

(十一) 抹面

采用人工拉动手拉葫芦的方式,使抹面平台上下移动,以进行抹面作业,并在混凝土初凝前,及时进行二次压平抹光。等到混凝土出模后,应及时做好混凝土的保湿、保温和防风工作,及时覆盖塑料薄膜,以减少不同日照变幅和昼夜温差引起的温度应力。

(十二) 拆模

混凝土强度达到设计要求强度时,在拆模不破坏混凝土边角的情况下,才能进行侧模拆除工作。拆模要使用专用工具,避免模板和混凝土的棱角被破坏。拆模后对露出的止水片要及时保护。

拆除的模板由木工运输台车提升至坝顶施工平台,集中存放。及时清理模板污物、进行脱模剂涂刷,并将模板放置整齐,避免出现挤压变形的情况。

(十三) 混凝土养护

混凝土出模后,在滑模后部覆盖塑料薄膜,以减少因日照变幅不同、昼夜温差大而产生的温度应力,防止干缩性裂缝的发生。

在混凝土终凝后要及时进行养护。当整块面板混凝土未全部浇筑完成时,可采用人工洒水养护,待面板整块浇筑完成后及时铺设养护毯、并进行洒水保湿。混凝土养护设专人负责,养护期内始终保持养护毯处于湿润状态,并依据温度、湿度条件调整水流参数。当水库蓄水至设计水位时,完成养护。

(十四) 表面止水施工

1. 缝面清理

对待粘贴止水材料的混凝土表面使用钢丝刷进行清理,对油渍、灰浆皮及杂物进行清理,另外针对浮土和浮水,可使用棉纱或毛刷进行清除,必须保证接缝混凝土表面平整且密实,确保不出现错台及凹凸体的情况,且要避免产生绕渗问题,不能出现露筋、蜂窝麻面、起皮等缺陷,如有缺陷应先凿除再处理。

2. 垂直缝机械施工

填塞柔性填料的V型槽预留在接缝顶部,其外形尺寸要符合设计要求,同时保证混凝土表面密实平整。“V”型槽和缝面两侧SR填筑范围以内的面板不平整部位,使用角向磨光机进行打平,缝面存在掉块及缺角情况时,对其进行凿毛后补平。

基础面清理干净后,按不同的分缝填料区域测量放点,并弹线标识设计的表面止水边线,验收合格后立即施工下一道工序。

台车下行:首先将牵引台车就位于工作面,然后依次将施工台车和送料车吊放在坝面上。施工台车跨缝下行,下行过程中,台车上工人完成以下工序操作。

(1) 基础面处理

先用钢丝刷、扁铲和砂轮除去盖板边缘两侧10cm范围内的混凝土表面浮渣及污渍,再用台车上的风枪将其清洗干净。

(2) 铺设橡胶棒

橡胶棒卷盘就位于施工台车的卷轴上,台车下行时同步释放卷轴上的橡胶棒;在V型槽底部安装橡胶棒并拉直,使得棒壁与接缝壁嵌紧,且棒轴心与缝中心线保持一致。台车料斗中存放多卷橡胶棒备用。

(3) 涂刷底胶

待粘贴部位在完成表面处理过后,再进行底胶的涂刷。涂刷时应保证均匀,不得涂刷过厚。

(4) 台车上行

当施工台车跨缝下行至底部后,用送料车将盖板和塑性填料送至台车料斗中,将盖板卷盘就位于台车的卷轴上,台车上行完成塑性填料的嵌填施工。

(5) 铺设盖板及嵌填塑性填料

用填料成型控制器卡压在盖板上部,使盖板与混凝土表面间形成空腔,启动塑性填料挤出机将填料注入空腔内。台车沿板间缝由上至下连续行进,同时释放盖板就位。

(6) 坝顶垂直缝施工

当施工台车行进至接近坝顶时,利用随车吊搭建凌空轨道,

使施工台车沿轨道上行,将垂直缝止水连续施工到防浪墙根部,整条缝一次完成。止水机械化施工见图6,填料挤出成型见图7。

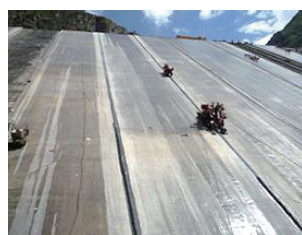


图6 止水机械化施工



图7 填料挤出成型

(7) 安装扁钢和膨胀螺栓

保护盖片和塑性填料就位后,人工安装扁钢和膨胀螺栓。当台车施工强度不高时,可利用送料车沿坝面运送扁钢和螺栓,工人站在施工台车上安装扁钢和螺栓,以提高安装效率。

(8) 转移工作面

当完成一条垂直缝的表止水施工后,利用牵引台车上的吊机将施工台车和送料车吊放在车厢内,并将剩余施工材料装上车厢。牵引台车行驶至下一垂直缝工作面继续施工。

3. 周边缝施工方法

(1) 缝面清理

周边缝缝面清理方法与垂直缝缝面处理方法相同。

(2) SR 填料施工

当有霜、露、雪或雨天时,不进行嵌缝填料施工。

SR 填料按工艺要求由下向上进行,按照先缝里后缝外的顺序分层填塞填料,并捶击密实,并尽量减少接头数量。

将 SR 材料搓成小条并揪捏成薄饼状,SR 材料找平层控制在 5 ~ 10mm 厚,从缝中间向两边揪贴到螺栓处,保持与接触面粘结紧密,并挤压密实,再在“V”型槽底部安装橡胶棒,并用木棍小心挤压,保证棒壁与接缝壁嵌紧,使之与 SR 填料黏结在一起,

橡胶棒若断开,可在端部削成一定的斜度胶接。随后在缝槽内堆填 SR 材料,要保证表面光滑并符合设计规定形状,在刮填过程中要适当加压,以驱赶气泡,避免出现空洞和通缝,同时使嵌缝材料充分地挤进到混凝土预留槽缝中。

分层嵌填时,每层的接头均匀错开并互相搭接,接头部位采用坡形接头连接,并注意嵌填过程中的排气。

(3) 钻孔及固定螺栓

面层安装完成后,采用不锈钢扁钢和不锈钢固定螺栓将面层固定紧密。铺好盖片后,将符合设计要求间距打孔后的扁钢安放在面层上定位,用电锤直接在不锈钢扁钢上的孔位向面板混凝土内钻孔,钻孔完成后用水和湿毛巾将表面钻屑清理干净,接缝处清理干净晾干之后放入膨胀螺栓拧紧紧固。

(4) 封边剂封边

对于要涂封边剂的面层表面和混凝土面,用钢丝刷、棉纱等清除干净后,将封边剂按使用比例搅拌均匀,注意一次配料重量不能超过。

将拌制好的封边剂用油灰刀涂在防渗面层的边缝位置,涂刷过程中要保证倒角平滑、无棱角、无漏涂,封边密实均匀。涂刷完成后不得踩踏和碰触,让封边剂自然表干。

五、结语

面板堆石坝是水利工程中重要的防渗和支撑结构,因此面板混凝土的施工质量对工程整体质量的重要性不言而喻。结合本工程实践表明,合理的工序衔接、先进的施工工艺、高效的技术保障措施以及严格的质量控制体系是确保面板混凝土施工质量的关键。

参考文献

- [1] 刘海友. 巴贡水电站混凝土面板表面止水的设计与施工 [J]. 四川水力发电, 2008 年 6 期.
- [2] 王飞. 混凝土面板堆石坝施工质量控制 [J]. 科技信息, 2011 年 5 期.
- [3] 李亚军. 堆石坝面板接缝止水机械化施工技术研究 [J]. 中国标准化, 2019 年 12 期.
- [4] 李栖鹏. 面板混凝土止水系统施工工艺 [J]. 价值工程, 2022 年 19 期.
- [5] 石四存. 公伯峡面板堆石坝止水设计与机械化施工 [J]. 水力发电, 2004 年 8 期.
- [6] 胡永平. 三板溪堆石高坝面板局部受损成因初析及修复施工简介 [J]. 大坝与安全, 2009 年 3 期.
- [7] 张运花. 混凝土面板裂缝成因分析及处理 [J]. 四川水力发电, 2017 年 6 期.
- [8] 李宏伟. 混凝土面板堆石坝面板张性缝、压性缝表层止水施工工艺研究 [J]. 科技信息, 2008 年 26 期.
- [9] 吴政连. 酒南水电站混凝土面板堆石坝接缝止水设计与施工 [J]. 云南水力发电, 2009 年 S1 期.
- [10] 刘丽娟. 浅谈大坝面板混凝土滑模系统的设计、制作与使用 [J]. 四川水力发电, 2017 年 4 期.

电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法

高金法

山西省检验检测中心, 山西 太原 030000

摘 要 : 伴随社会的不断发展以及科技技术水平的提升, 电子产品应用更加广泛, 生活中电磁会对电子产品产生一定的干扰和影响, 为此对于电磁对于电子仪器仪表的干扰进行抑制, 是我们必须解决好的技术问题, 因此在电子仪器仪表生产时, 需要对电磁部分进行有效抑制, 并且对基本机理进行分析, 同时予以有效的抑制方法, 保证电子仪器仪表工作无异常。

关 键 词 : 电子仪器仪表; 电磁干扰; 抑制方法

Suppression Methods of Electromagnetic Interference in Electronic Instruments

Gao Jinfa

Shanxi Inspection and Testing Center, Taiyuan, Shanxi 030000

Abstract : With the continuous development of society and the improvement of the level of science and technology, electronic products are more widely used, and electromagnetic will have a certain interference and influence on electronic products in life. Therefore, we must solve a good technical problem for the suppression of electromagnetic interference on electronic instruments and meters. Therefore, in the production of electronic instruments and meters, it is necessary to effectively inhibit the electromagnetic part. And the basic mechanism is analyzed, and the effective suppression method is given to ensure that the electronic instrument works without abnormality.

Keywords : electronic instrument; electromagnetic interference; suppression method

在现代发展中电子仪器仪表极易受到电磁干扰, 干扰现象会使电子仪器仪表计量读数不准, 或者出现失灵等, 对工作效率以及质量产生严重影响, 从而影响生产生活正常进行。因此需要全面分析电磁干扰的机理, 将电子仪器仪表电磁兼容性进行提升, 以此对电磁干扰目的进行抑制, 有助于将电子仪器仪表应用范围进行扩大, 为生活正常进行提供便利。

一、常见的电子仪器仪表

(一) 模拟示波器

模拟示波器在应用工程中其工作原理为电信号的运输以及处理, 从而将波形信号进行呈现, 协助工作人员正确测量。模拟示波器通过独特的信号显示方法, 工作人员可以清楚的观察到电信号的变化, 对电量参数进行测量时, 和传感器联合应用将应用范围拓宽, 并且在工作过程中电信号通过垂直放大, 而后传输到示波管和水平系统中, 水平系统有关电路和波动进行同步传输, 将信息化转变为电能, 并在显示屏上呈现波形^[1]。除此之外, 部分型号会在垂直系统中进行传输。通过垂直衰减后进行放大以及显示设备处理, 从而呈现出工作人员所需的有效信息。

(二) 数字万能表

数字万能表作为功能强大的电子测量工具, 可对多种物理数据进行测量, 如电阻、交流电压、直流电压等, 其组成包含转换器、电子计算器、数字显示屏等, 核心工作原理则是在转换器工作。在进行测量时被测试的物体电压值经骨控制电路进

入积分器, 将电压数值提升, 并且对电路开关开启进行控制, 电流形成的脉冲能量进入电子计算器进行处理后, 由数字显示屏显示当前数值。为了保证测量结果的正确性, 工作人员一般会采用特定的电压计算公式计算, 使得数字万能表在实际应用中可以提升灵活性以及正确性, 以此对各种测量需求进行满足。

(三) 交流毫伏表

交流毫伏表属于一种测量交流电压的精密仪器, 广泛应用于电力网络、电工和电子实验中, 在进行测量时交流毫伏表通过插头接入待测插座, 而其中的交流电压进入输入放大器后初步放大, 然后经过前置放大器、电子衰减器和主放大器进行放大, 保证电压信号的强度足够以供后续处理。放大后的电压信号会进入至滤波器等设备中, 电流信号因此转变为电信号, 在交流毫伏表显示屏上呈现, 工作人员可以按照显示屏中的交流电压数值进行后续工作。在整个测量中放大器具有一定的作用, 可以将电压信号进行放大, 并且制约电流, 保证交流毫伏表的稳定性, 从而确保测量结果的正确性。

二、电磁干扰

（一）干扰源

无线通讯系统中导航系统、瞬间开关、电晕放电以及雷电等均属于干扰源，并且在一定程度上会对无线电信号的接收以及电子仪器仪表的正常工作产生影响。电源开关在瞬间断开或者连接过程中出现的电压以及电流属于典型干扰源，瞬间变化会在电源线路中出现杂散的电磁场，从而产生电磁干扰，当交流电压在放大器中传送至控制电路中，同时在电磁系的作用下移动测量指针后，如果电流较大对电磁产生影响，并形成电磁脉冲，对电流正常流动产生影响^[2]。为了将干扰源产生的影响减少，工程师一般会增加滤波电路等措施，并且将电源设计进行优化，以此减少干扰，将电子仪器仪表性能提升。

（二）干扰的传递途径

当干扰信号波长较小时，主要通过辐射场的形式存在，可能通过漏电和耦合的形式进入被干扰对象的线路和设备中；当干扰信号波长较长时，干扰信号可能表现为似稳场，通过感应和直线传导的方式进入线路和设备。在电子仪器仪表运作过程中产生的信号电波和电磁波会形成电磁场，如果有干扰源出现会迅速在电磁场中传播，可能对其他设备或系统造成干扰。因此需要合理布局设备，避免设备间过于接近或相互干扰，并且可以采用屏蔽技术，通过金属屏蔽罩或屏蔽层来减少电磁波的辐射和传播。与此同时还可以采用滤波技术，通过滤波器来抑制干扰信号的传播，对设备的接地和绝缘措施要得当，确保设备正常运行。

（三）对电子仪器仪表的危害

伴随科学技术的完善发展，仪器仪表逐渐迈向精密电子仪器发展，因此在检测过程中要求也有所提升，电磁干扰不仅可能导致医疗设备的检测结果与事实存在偏差，影响医疗工作的准确性和效率，还可能在导航系统中引发定位不准确、路径规划错误等问题。在设备设计和制造过程中，应选择抗干扰性能强的材料和器件，对电路设计和布局进行优化，从而减少电磁干扰的产生和传播。并且在设备使用过程中，可以选择电磁屏蔽、滤波、接地等措施，降低外界电磁干扰对设备的影响，对于敏感设备可以定期进行维护和校准，确保其准确性和可靠性。

三、电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法

（一）通过屏蔽降低电磁干扰

采用屏蔽方法可以有效避免电磁干扰，磁场屏蔽主要是低频磁场下电磁干扰，通过铁磁材料制作屏蔽结构，对磁场对于电子仪器干扰进行阻断，通过相关材料制作线圈，将漏磁现象减少，进而将磁场对敏感仪器的干扰减少。此外进行电磁屏蔽时主要是对高频磁场下的电磁干扰，选择导电性能良好的电阻材料在制作屏蔽设备时，与电磁波和金属接触时，电磁波会被吸收或反射，从而有效地降低电磁能量对电子仪器的影响^[3]。对于静电屏蔽是通过空腔导体对外部电场对于电子仪器进行隔绝，按照空腔导体接地情况分为外屏蔽和内屏蔽，外屏蔽则是空腔导体未接地时的

方式，而内屏蔽为空腔导体接地过程中的方式。

（二）经过独立布线降低电磁干扰

独立敷设信号属于一种有效的抗干扰措施，对于复杂的工业环境而言，专业布线会出现电磁干扰，降低信号质量，为此可以将信号导线与其他专业电缆分开敷设，将此种干扰现象降低，保证信号的传输稳定性以及正确性。同时对于恶劣的工程环境而言，电缆容易出现受损或者老化，从而对电子仪器仪表信号形成影响，应定期检查且更换损坏或老化的电缆，确保信号传输的质量，将整个系统安全性以及可靠性提升。应在设计工厂阶段考虑上述问题，经过合理规划可以避免电磁干扰以及电缆损坏，布线过程中可以选择高质量的电缆和合适的敷设方式，建立维护制度，减少电磁干扰，保证性能。

（三）抑制耦合路径传输

在电气仪器仪表中虽然金属物质和空间场这两种传播媒介无法消除，但可以采取附加措施来减少电波传输的干扰。屏蔽技术作为一种隔离和消减辐射干扰的方法广泛应用，并且按照不同的需求可以分为静电屏蔽、电磁屏蔽和电磁屏蔽。静电屏蔽则广泛应用于直流电压、交流电流、电阻值等，对于金属导线在静电作用下的控制有效隔离电磁干扰，接地时金属导线中的电磁能够被转移到大地中，进而将干扰减少。磁屏蔽则是采用性能强的材料来吸收或损耗电磁场，主要适用于低频的干扰电波，因此此类在传播过程中会受到磁屏蔽材料的阻碍，将其传播减少。电磁屏蔽则是通过低电阻的金属材料制成，能够吸收和腐蚀电磁场，降低电磁场传播的干扰电波，并且能够对干扰电波通过空间场传播进行有效阻止，确保电气仪器正常工作。因此在应用过程中需要按照电子仪器仪表需求选择合适的方式，达到良好的抑制效果。

（四）通过接地来减少电磁干扰

接地设计通过电流有效地引入大地，电磁产生时需要可以将其影响降到最低，但是不可能完全忽视，因此在设计地线时，交流电源与直流电源由于工作特性不同，混合应用会增加电磁干扰，为此需要对电源地进行保护。并且还需要分离模板电路与数字电路的电源地，模板电路通常对电源的纹波和噪声具有一定的敏感性，同时数字电路则对电源的电压稳定性要求较高，为此将其电源地分离可以提高电路的稳定性。电磁干扰抑制方法可以帮助电子仪器仪表性能进行提升，并且还可以促进电磁兼容技术的完善发展，进而提升我国电子产品及电器行业的质量。

（五）抑制敏感接收器

敏感接收器是一种接收电波的装置，对于电气仪器仪表而言可以接收，并且会因为干扰电磁产生影响，干扰电磁波不能直接消除后，需要通过转移或者抑制等方法将其影响减少。在电子仪器仪表上安装接地设备或装置，通过接地线产生的干扰电磁波导入大地，以减少电磁干扰对仪器仪表的影响，接地过程中需要保证零电位和零电阻状态，以此有效吸引或者消除干扰电磁波，并非产生排斥；选择接电线的过程中需要考虑传输性能较高的材料，以此减少电磁波传输到大地的时间，将接地效率提升。应用接地设备过程中需要注意干扰电波在接地设备中出现的回路，此段回路可能会增加干扰，为此应通过有效措施进行消除。除此之

外,还需要定期维护以及检查接地设备,保证工作状态良好。而抑制电子仪器仪表中的电磁干扰是为了保证仪器仪表能够准确地测量电流、信号等数值,同时促进了电磁兼容技术的发展和完善,使得我国的电子产品和电器能够在广泛的范围中应用,并且将其质量提升。而分析对电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法的研究,在一定程度上可以提高仪器仪表的性能,在正常工作中不受内外电磁干扰的影响。

(六) 经滤波降低电磁干扰

滤波降低电磁干扰则是采用低通滤波器,经电源线和信号线传导的敏感电子设备,采用滤波器进行滤波处理能够减少复杂且混乱的干扰电波。而低通滤波器主要作用则是从电磁干扰源出发,抑制干扰信号,在设计电磁兼容系统过程中,需要对额定电压、漏电流、额定电流、绝缘电阻、电阻抗性、频率和损耗等进行充分考虑,保证在应用过程中可以充分发挥自身的性能^[9]。而同轴吸收滤波器作为常用的低通滤波器类型,可以在电源线进出的钢管中放置吸收介质,以此进行工作,将电磁能量转化为热能进行消耗,以此实现干扰的目的。与此同时参数元件滤波器也属于一种常见的低通滤波器,组成包含电感线圈和电容器,此款滤波器在3000MHz内的频率均可以对电磁干扰进行抑制。

四、电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法应用

(一) CAN总线电磁干扰抑制

CAN总线属于国际标准现场总线,具有一定的可靠性,并且在工业、汽车和铁路方面均广泛应用,主竞争式总线对于广播通道支持以及主站运行方面具有一定的优势,并且在列车通信以及制动场景中CAN总线具有良好的适用性。伴随电子电气设备的应用,设备间电磁干扰问题日益增多,国内和国外一般会选择电磁干扰抑制器进行处理,而其中的关键元件包含瞬态电压抑制二极管、气体放电管和氧化锌压敏电阻,可以保证设备的正常运行,在未出现电磁干扰的过程中呈现高电阻,对电路运行未产生

影响,电磁干扰出现后会降低电阻,进而对干扰进行抑制。实际应用过程中不仅仅需要选择合适的电磁干扰抑制器,还需要注意CAN总线和干扰源的布局,CAN总线选择带有屏蔽层的电缆,保证CAN总线和干扰源相距0.5m以上,进而将干扰影响降低,减少地线回路中可能出现的噪声,保证系统稳定运行,并且可以将CAN中线以及关键部件在原理干扰源的位置进行部件,将潜在的干扰风险减少。

(二) 485/422通讯电磁干扰抑制

对于485/422通信内部电磁感应现象,应选择屏蔽功能的导线、电缆及双绞线,以物理手段将电磁干扰源与信号通道隔离,降低电磁干扰所产生的影响。与此同时应选择光纤传输法,此方法存在较高的抗干扰能力,不会因为电磁干扰产生影响,为此在信号通道上应选择光线传输,而后需要将设备进行隔离,以此提升数据的安全性。选择合适的屏蔽方法能够对电磁干扰情况进行抑制,将信号辐射度降低,从而减少对于干扰影响,如果附近出现高频信号,可以使用高频滤波器或者电磁屏蔽网来减弱其影响,并选择导磁率较高的材料以此减少电磁干扰,将设备的稳定性提升,合理的布局和接地可以减少电磁干扰的耦合路径,加强设备的抗干扰能力。

五、结语

对于电子仪器仪表电磁干扰抑制而言,需要和设备的设计特点以及环境结合,选择有效的抑制方法,并且在应用过程中还需要各种方法配合,以此提升抑制效果。在此过程中可以选择屏蔽技术,将电磁场限制在空间方位中,避免传播以及扩散,同时在布线过程中需要对线路的走向和距离进行注意,同时观察线路的绝缘和屏蔽,保证电磁干扰可以达到最小化。在此基础上还需要合理设计接地,减少对于设备的影响,在选择以及安装过程中需要按照相关标准保证其安全性。滤波器的应用能够滤除高频噪声和干扰信号,将设备抗干扰能力提升。

参考文献

- [1] 武海波,李彪. 电子仪器仪表中电磁干扰的抑制的方法[J]. 电子测试, 2022,36(18):99-100+92.
- [2] 林敏鑫. 电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法探析[J]. 中国设备工程, 2022(16):104-106.
- [3] 宋晗. 电子仪器仪表中电磁干扰的抑制方法研究[J]. 中国设备工程, 2021(14):147-148.
- [4] 樊星. 基于虚拟仪器的工程车电子控制单元CAN总线检测技术研究[D]. 宁夏大学, 2022.
- [5] 林丹源. 电子仪器仪表受到电磁干扰的处理方法略谈[J]. 电子元器件与信息技术, 2020,4(12):75-76.

电气工程中电力电子设备的热管理研究

任心悦

西南石油大学, 四川 南充 637000

摘 要： 本文全面介绍了电力电子设备与热管理技术的基础知识，分析了电力电子设备的热故障类型、诊断方法及预防措施，探讨了电力电子设备的热设计方法，并研究了热管理材料的性能及其应用。文章还展望了电力电子设备热管理技术的发展趋势，包括高效散热技术、智能热管理技术和节能环保型热管理技术。通过本文的研究，旨在为电力电子设备的热管理提供理论指导和实践参考。

关 键 词： 电力电子设备；热管理技术；热故障分析；热设计；热管理材料

Thermal Management of Power Electronic Equipment in Electrical Engineering

Ren Xinyue

Southwest Petroleum University, Nanchong, Sichuan 637000

Abstract： This paper comprehensively introduces the basic knowledge of power electronic equipment and thermal management technology, analyzes the types of thermal faults of power electronic equipment, diagnosis methods and preventive measures, discusses the thermal design methods of power electronic equipment, and studies the performance and application of thermal management materials. This paper also looks forward to the development trend of thermal management technology of power electronic equipment, including efficient heat dissipation technology, intelligent thermal management technology and energy saving and environmental protection thermal management technology. This paper aims to provide theoretical guidance and practical reference for thermal management of power electronic equipment.

Keywords： power electronic equipment; thermal management technology; thermal fault analysis; thermal design; thermal management material

引言

随着科技的不断进步和电力电子技术的广泛应用，电力电子设备已成为现代工业、交通运输、家用电器等领域不可或缺的核心组成部分。然而，电力电子设备在运行过程中会产生大量的热量，过热问题不仅影响设备的性能和稳定性，甚至可能导致设备故障和寿命缩短。因此，电力电子设备的热管理技术研究具有重要的现实意义和应用价值。

一、电力电子设备与热管理技术基础

随着基础器件材料、加工工艺以及系统集成的巨大技术进步，电子装备正在向高密度、小型化、多功能、高可靠方向发展，热管理问题已经成为制约电子装备性能和可靠性提高的重要瓶颈之一^[1]。

（一）电力电子设备的基本原理与分类

电力设备的工作原理基于半导体器件，通过晶闸管、IGBT等功率半导体器件的开关特性，实现电能的高效转换和控制。这些设备能够对电流和电压进行调制，执行整流、逆变、变频、调压等功能，涉及复杂的电子流动和能量转换，要求在高压、大电流环境下稳定运行。电力设备的主要类型包括整流器、逆变器、变频器和斩波器，它们各自负责电能的不同转换和控制任务，如整流器将交流电转换为直流电，逆变器则相反，变频器调节电机转速，斩波器调节电压。这些设备以高效率、高可靠性和

灵活的电能控制能力而著称，但同时也面临热管理方面的挑战。

（二）电力设备的发展趋势与热管理挑战

电力设备的技术进步与市场需求正随着功率密度的提高、模块化设计和智能化控制等技术革新而不断发展。市场对高性能、紧凑型电力设备的需求日益增长，特别是在电动汽车、可再生能源发电和智能电网等领域的应用。与此同时，热管理在电力设备的发展中扮演着至关重要的角色，随着设备功率密度的提升，散热问题变得更为关键。有效的热管理不仅确保设备在规定温度范围内稳定运行，还能延长设备的使用寿命并降低故障率。

（三）热管理技术原理在电力设备中的应用

热传导是热量通过固体材料传递的过程。在电力设备中，散热器、热沉等组件通过高热导材料将热量从热源传导至散热表面。选择合适的导热材料和优化传热路径是提高热传导效率的关键。然而大部分元件能正常工作的温度范围为40-45℃，电

子设备内部工作温度的升高可能导致其可靠性和寿命周期降低，严重时甚至会失效，过热成为电子设备故障的主要原因，为影响电子工业发展的三大问题之一^[2]。

热对流和热辐射是电力电子设备中关键的散热原理。热对流涉及流体（液体或气体）移动时携带热量的过程，风扇、散热片和液体冷却系统等通过对流作用将热量从设备表面移除，合理设计这些对流系统对于提升散热效率至关重要。另一方面，热辐射是物体表面以电磁波形式发射热能的过程，在电力电子设备中，采用高发射率材料和表面处理技术可以增强设备向外界环境的热辐射能力，进而辅助散热过程。这些原理的应用对于维持设备在高效、稳定的工作温度范围内发挥着重要作用。

二、电力电子设备热故障分析

电力电子设备在运行过程中，由于热效应的影响，可能会出现各种热故障，这些故障直接关系到设备的性能和寿命。

（一）热故障类型及原因

热故障是电力电子设备运行中常见的问题，它们主要分为过热故障、热循环故障和热冲击故障。过热故障发生在设备温度超出设计工作温度范围时，热循环故障则是由于设备经历温度循环变化导致材料疲劳或性能退化，而热冲击故障是由温度快速变化引起的材料应力裂纹或焊点脱落。这些热故障的原因多种多样，包括设计不合理、散热不足、环境温度过高、设备负载过大、材料老化和制造缺陷等^[3]。散热设计不足可能导致热积累，而材料老化则可能降低热传导效率，这些因素都可能导致热故障的发生。

（二）热故障诊断方法

在电力电子设备的热管理中，诊断热故障的方法包括温度监测法、红外热成像技术和电气参数分析法。温度监测法通过安装温度传感器实时监测设备关键部件的温度，并在温度超出预设阈值时发出警报。这种方法直观且易于实现，但需要精确的传感器和合理的监测点布局。红外热成像技术利用红外热成像相机捕捉设备表面的温度分布，可以非接触地识别热点和潜在的热故障区域，适用于复杂或不便接触的设备。电气参数分析法则通过分析设备的电气参数变化，如电阻、电流和功率因数，来间接判断设备是否存在热故障，这种方法需要专业知识和技术支持。

（三）热故障预防措施

1. 优化热设计

在设备设计阶段，必须充分考虑热效应。通过热仿真分析，可以预测设备在实际运行中的温度分布，从而优化散热路径和材料选择。这包括选择高导热性的材料，以及设计合理的散热结构，以确保设备在高温环境下也能保持良好的热特性^[4]。

2. 提高散热效率

为了提高散热效率，可以采用高效的散热材料和技术，如热管、液冷系统等。这些技术能够增加散热面积，提高散热速度，从而减少热积累，确保设备在高温环境下的稳定运行。

3. 定期维护和检查

定期对设备进行维护和检查是确保热管理系统有效运行的重

要步骤。这包括清洁散热器、风扇等散热部件，以确保它们正常工作，并及时发现并处理潜在的热隐患，避免热故障的发生。

4. 实施热管理系统

建立热管理系统，实时监控设备温度，并根据不同的工作环境和负载条件自动调节散热措施。这种系统能够根据实际运行情况调整散热策略，以实现最佳的散热效果，从而确保设备在各种工作条件下都能稳定运行^[5]。

三、电力电子设备热设计方法

热设计是电力电子设备可靠性的关键所在，它涉及如何有效地管理设备在运行过程中产生的热量。

（一）热设计原则

在电力电子设备的热设计中，需要平衡散热与传热，确保两者速率相匹配，以避免局部过热现象。这要求在设计阶段综合考虑热源分布、散热路径和散热方式的整体协调。此外，材料的选择和优化也是热设计的关键环节，需要选择合适的导热、散热材料，并考虑材料的热膨胀系数、机械强度和成本效益。在有限的空间内，合理布局热源与散热元件，采用模块化设计，可以简化维护和升级过程。同时，需要考虑设备可能面临的各种环境条件，如温度、湿度、灰尘等，以确保热设计在不同环境下都能有效工作。这些原则和考虑因素的综合应用将有助于实现高效的热管理，确保电力电子设备在各种工作条件下都能稳定运行。

（二）热设计流程

在电力电子设备的热设计过程中，需要遵循一系列步骤来确保热管理的有效性。这些步骤包括：

1. 确定热设计目标

根据设备的工作环境、性能要求和可靠性标准，设定合理的温度范围和热设计目标。这些目标将指导后续的设计和测试过程，确保设备在设计寿命内保持稳定的性能^[6]。

2. 热源分析与模拟

识别主要热源，进行热源分析，并利用热仿真软件对设备的热流场进行模拟，预测热分布情况。这有助于理解设备内部的热分布，并为散热方案的设计提供依据。

3. 散热方案设计

基于热源分析和模拟结果，设计散热方案，包括散热器尺寸、风扇选型、散热材料布局等。这一步骤涉及对散热器的设计和选择，以及散热路径的优化，以确保设备能够有效地散热。

4. 实验验证与优化

通过实验验证热设计的有效性，并根据测试结果对设计方案进行优化调整。实验验证可以提供实际运行数据，帮助识别设计中的不足之处，并据此进行改进。

四、电力电子设备热管理材料研究

在电力电子设备的热管理中，材料的选择至关重要。它直接影响到设备的散热效率、可靠性和使用寿命。

（一）传统热管理材料

1. 金属导热材料

金属如铜和铝因其良好的导热性能而被广泛应用于电力电子设备的热管理。这些材料在散热器、热沉等部件中发挥着关键作用，能够有效地将热量从热源传导至散热表面^[7]。然而，金属的重量和有限的导热能力限制了它们在某些高性能要求场合的应用，尤其是在需要轻量化设计的场合。

2. 热界面材料

热界面材料，如导热硅脂和相变材料，用于填充和改善热源与散热器之间的接触面，减少热阻，提升传热效率。这些材料能够填补微小的间隙，改善接触面的热传导性能，从而提高整体的散热效率。热界面材料的选择和应用对于电力电子设备的性能和寿命有着重要影响。

（二）新型热管理材料

在电力电子设备的热管理领域，新型热管理材料的应用正在推动技术的发展。以下是两种新兴的热管理材料及其在电力电子设备中的应用：

1. 高导热复合材料

随着材料科学的发展，高导热复合材料如碳纳米管、石墨烯等，因其超高导热性能和轻质特性，成为热管理领域的新宠。这些材料在提升散热效率和减轻设备重量方面显示出巨大潜力。在电力电子设备中，这些材料可以用于散热器、热沉等部件，以提高设备的散热性能，减少热积累，从而保证设备的稳定运行^[8]。

2. 热电材料

热电材料能够实现热能和电能直接转换，用于制冷或发电。在电力电子设备中，热电材料可用于局部冷却，提高热管理效率。热电材料的应用可以实现设备的热能回收和利用，降低能源消耗，同时提高设备的能效比，为电力电子设备的热管理提供新的解决方案。

通过这些新型热管理材料的应用，可以有效提升电力电子设备的散热性能，延长设备的使用寿命，降低故障率，从而推动电力电子技术的发展。

五、电力电子设备热管理技术发展趋势

随着电力电子技术的飞速发展，热管理技术也在不断革新。本节将探讨电力电子设备热管理技术的未来发展趋势，重点关注高效散热技术、智能热管理技术以及节能环保型热管理技术，旨在为行业的发展提供前瞻性的视角。

（一）高效散热技术

未来散热技术将集成高性能散热材料、创新散热结构设计和多相流动散热技术，以应对日益增长的散热需求。石墨烯、碳纳米管等高性能散热材料的应用，将大幅提升设备的散热能力。同时，微通道散热、翅片式散热等先进结构设计将进一步优化散热效果。此外，液态金属、纳米流体等新型散热介质的应用，将为散热技术带来革命性的变革，实现更高效、更环保的散热解决方案^[9]。

（二）智能热管理技术

自适应热管理系统的集成，使得设备能够通过传感器、微处

理器和执行机构的协同工作，实时监测环境温度和设备状态，并自动调整散热措施，确保设备在不同工作负荷和环境条件下都能维持最佳的工作温度。这种系统的智能化和自动化程度高，大大提高了设备的可靠性和效率。数据驱动的热管理优化则利用了大数据和机器学习技术，通过收集和分析设备运行中的热数据，可以预测设备的热行为，优化热管理策略，从而预防热故障的发生。这种方法使得热管理更加精准和高效，有助于延长设备寿命并降低维护成本。智能材料在热管理中的应用，如相变材料和形状记忆合金，为热管理提供了创新的解决方案。这些材料能够响应温度变化，自动改变其物理性质，如导热系数、形状等，从而实现动态的热控制和调节^[10]。

（三）节能环保型热管理技术

电力电子设备热管理技术的发展趋势体现在余热回收利用、低能耗散热技术以及环保型散热材料的研究和应用上，这些创新不仅提升了散热效率，还增强了设备的智能化和环境友好性。通过将余热转化为有用能源，开发低能耗散热方法，以及采用环保材料，热管理技术正朝着减少能源消耗、降低环境污染和实现可持续发展的方向迈进。

六、结束语

随着电力电子设备在各行各业的广泛应用，热管理技术的创新和发展已成为推动行业进步的关键因素。本文从电力电子设备的基本原理与热管理技术基础出发，分析了热故障的成因与预防措施，探讨了热设计的方法与实例，研究了热管理材料的性能与应用，并展望了热管理技术的发展趋势。我们相信，通过不断的技术革新和材料研发，电力电子设备的热管理将更加高效、智能和环保，为我国电子科技的发展奠定坚实基础。^[10]

参考文献

- [1]倪燕, 吕倩, 张生现, 等. 电子装备热管理标准融合研究[J]. 标准科学, 2022,(09):30-36+56.
- [2]江梦倩. 便携式电子设备的散热拓扑优化[D]. 山东大学, 2022.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2022.005223.
- [3]陈明. 探讨施工现场的建筑机械电子设备安全管理与调配[J]. 居业, 2023,(11):177-179.
- [4]李程林. 面向数字网络设备电子芯片的热管理系统研究[D]. 北京化工大学, 2023. DOI:10.26939/d.cnki.gbhgu.2023.000301.
- [5]安志杰. 医院医疗电子设备管理与维护[J]. 电子元器件与信息技术, 2022,6(06):192-195.DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2022.6.047.
- [6]GB/T 40815.5-2022, 电气和电子设备机械结构符合英制系列和公制系列机柜的热管理第5部分: 户内机柜的冷却性能评估[S].
- [7]刘晗月, 韩东. 用于电子设备热管理的相变热沉实验研究[J]. 节能技术, 2021,39(06):542-546.
- [8]王芳. 电子设备控制与管理系统的设计和实现分析[J]. 信息记录材料, 2021,22(09):159-160.DOI:10.16009/j.cnki.cn13-1295/tq.2021.09.074.
- [9]董庆丰. 医疗器械电子设备维修中存在的问题与管理措施[J]. 中国科技投资, 2021,(20):135-136.
- [10]王芳. 电子设备故障预测与健康管理技术发展新动态[J]. 电子元器件与信息技术, 2021,5(06):49-50.DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2021.6.022.

电化学水处理技术在化工企业实际应用

庞翠翠, 李子龙, 周欢

中化工程沧州冷却技术有限公司, 河北 沧州 061000

摘 要 : 电化学水处理技术作为现代化工企业提升水处理效率的关键技术之一, 其应用逐渐受到重视。本文探讨了电化学水处理技术在化工企业水处理中的实际应用, 包括设备的工作原理、处理效果及其在化工企业中的实际应用案例。研究表明, 电化学技术能够有效去除水中的污染物, 减少传统水处理方法所需的化学药剂, 降低运营成本, 并且对处理过程中产生的废物进行有效管理。然而, 设备的应用也面临诸如能耗高、维护复杂等挑战。本文结合实际案例分析了电化学水处理技术在化工企业的应用效果, 并提出了优化建议, 以期对相关领域的研究和实践提供参考。

关 键 词 : 电化学; 水处理; 化工企业; 应用效果; 设备优化

Application of Electrochemical Water Treatment Technology in Chemical Industry

Pang Cuicui, Li Zilong, Zhou Huan

Sinochem Cangzhou Cooling Technology Co., Ltd. Cangzhou, Hebei 061000

Abstract : Electrochemical water treatment technology is one of the key technologies to improve the efficiency of water treatment in modern chemical enterprises, and its application has gradually received attention. This paper discusses the practical application of electrochemical water treatment technology in chemical enterprises, including the working principle of equipment, treatment effect and practical application cases in chemical enterprises. Studies have shown that electrochemical technology can effectively remove contaminants from water, reduce the chemicals required by traditional water treatment methods, reduce operating costs, and effectively manage the waste generated during treatment. However, the application of the equipment also faces challenges such as high energy consumption and complex maintenance. This paper analyzes the application effect of electrochemical water treatment technology in chemical enterprises, and puts forward optimization suggestions, in order to provide reference for the research and practice in related fields.

Keywords : electrochemistry; water treatment; chemical enterprises; application effect; equipment optimization

引言

随着环保要求的不断提高和水资源的日益紧张, 化工企业面临着日益严峻的水处理挑战。传统的水处理方法在效率、成本和环境友好性方面存在不少问题。电化学技术, 以其高效、环保的特点, 逐渐成为解决这些难题的有效途径。电化学水处理技术通过电化学反应去除水中污染物, 不仅可以降低处理成本, 还能减少对化学药剂的依赖。然而, 这种技术在实际应用中也面临一些挑战, 如设备运行成本和维护复杂度等。因此, 深入探讨电化学技术在化工企业水处理中的实际应用, 不仅有助于提升处理效果, 也为未来的技术改进提供了宝贵的经验。通过具体案例的分析, 可以更好地理解电化学技术的优势与不足, 为化工企业优化水处理方案提供科学依据。

一、电化学水处理技术的基本原理与设备结构

电化学水处理技术利用电化学反应原理进行水质净化, 其核心在于通过电流驱动化学反应, 以去除水中的污染物。该技术的设备结构通常包括电极系统、电解槽、阴极和阳极。电解槽内配有阴极和阳极, 电极间施加电压产生电场, 促使水中的离子进行氧化还原反应。这些反应能够有效分解水中的有害物质, 如氯化物、重金属离子及有机污染物, 进而达到水质净化的目的。

在电化学处理过程中, 阳极氧化反应生成的氧气与水中的污

染物发生化学反应, 形成可溶解或沉淀的副产物, 而阴极还原反应则有助于去除水中的氢离子和金属离子, 从而降低水的酸度和硬度。电化学设备通常采用高导电性材料制造电极, 以保证反应的高效进行^[1]。电解槽的设计则需考虑电流分布均匀性和电极间的间距, 以实现最佳的处理效果。

该技术的一个显著特点是处理过程中无需添加大量化学药剂, 这不仅减少了化学药剂的使用成本, 还降低了处理过程中的二次污染风险。设备的运行过程能够有效去除水中的污染物, 同时实现节能环保的目标。为了提高设备的处理能力和稳定性, 现

代电化学水处理设备还集成了先进的控制系统，能够实时监测水质变化并自动调整电解参数，以适应不同水质条件下的处理需求。电化学水处理技术的关键在于其高效的电化学反应和优化的设备结构，这使其在处理化工企业循环冷却水中的高浓度污染物和复杂废物时展现出显著的优势。

二、电化学技术在化工企业水处理中的应用现状

电化学技术在化工企业循环冷却水处理中的应用已经显著提高了处理效率和水质。许多化工企业面临的主要挑战包括高浓度有机污染物、重金属离子和难降解的废水，而传统的水处理方法往往在处理这些复杂水质方面存在局限。电化学水处理技术通过电解反应，可以有效地去除这些污染物，展示出较强的处理能力。

在化工企业中，电化学技术的应用主要集中在废水中重金属离子的去除、有机污染物的降解以及回用水质的提升。对于含有重金属离子的废水，电化学技术通过电极反应将金属离子还原成可沉淀的形式，或直接转化为低毒性物质，从而达到去除重金属的效果^[2]。在处理有机污染物时，电化学技术能够通过电氧化反应将有机物氧化为较简单的无害物质，甚至实现矿化，极大地提升了废水处理的效率。

电化学技术在实际应用中的效果也得到了显著验证。在某些化工企业，电化学水处理设备已成功应用于生产废水的处理，显著提高了废水处理水质回用率。同时，这些设备的运行过程中产生的少量废物通常可以通过进一步处理或回收，避免了传统处理方法中常见的二次污染问题。电化学水处理技术在减少化学药剂使用方面具有显著优势，这降低了处理过程中的化学品相关成本和二次污染风险。然而，尽管这种技术在操作成本上可能较传统方法有所减少，它在实际应用中仍面临一些挑战。特别是设备的高能耗和维护难度，这两个问题是目前限制其更广泛应用的主要因素^[3]。高能耗主要来源于电解过程中大量电能的需求，尤其是在处理高浓度污染物时更为明显。同时，电化学设备的长期运行可能导致电极材料的快速磨损和结垢，增加了设备的维护频率和复杂性。这些因素共同影响了电化学水处理技术的经济性和实用性。为了克服这些困难，持续的技术改进和优化正不断推进，包括提高电极材料的导电性、优化电解槽的设计，以及改进电化学反应的效率等措施。这些进展有助于进一步提升电化学技术在化工企业水处理中的应用效果。

三、电化学水处理设备的能耗与维护问题

电化学水处理设备在实际应用过程中面临着显著的能耗和维护问题，这些挑战直接影响了其经济效益和操作可行性。电化学处理技术虽然在去除水中污染物方面展现出优越性，但其高能耗特性成为了制约其广泛应用的主要瓶颈。在电解反应中，电流的传导和电极间的反应需要大量的电能，这导致设备在运行过程中消耗大量电力。特别是在处理高浓度污染物时，电解反应所需的电能显著增加，进一步提升了运营成本。此外，电化学设备的电

极材料通常需要承受强电流和腐蚀环境，这也导致了电极材料的消耗加快，从而进一步增加了运行费用。

与高能耗问题紧密相关的是设备的维护难度^[4]。电化学水处理设备的电极在长期运行过程中会遭受极化、腐蚀和结垢等问题，这些因素不仅影响处理效果，还增加了设备的维护频率。电极的腐蚀和结垢现象可能导致反应效率下降，从而需要定期更换或清洁电极。这些维护工作不仅增加了劳动力成本，还对设备的正常运行产生了影响。特别是在大规模的工业应用中，电极的频繁更换和设备的维护管理是一个不可忽视的成本问题。

此外，电化学处理后的水质对化工企业的管道和换热器等设备具有直接影响^[5]。电化学反应可能改变水的化学成分，从而加速设备的腐蚀过程或导致结垢问题。因此，除了优化水处理效果外，还需考虑其对设备维护的长期影响，通过改进材料选择和设备设计来降低这些负面影响。这些因素均需纳入电化学设备设计与维护策略中，以确保整体系统的效率与持久性。

四、提升电化学设备性能与降低运行成本

提升电化学设备性能与降低运行成本涉及多个方面的优化策略。为了有效提升电化学水处理设备的性能，首先，材料科技的进步提供了新的解决方案。选用耐腐蚀性更强且导电性能优异的电极材料是提高设备长期稳定性和处理效率的关键。例如，采用铂涂层或高耐腐蚀合金材料制成的电极，可以显著延长电极的使用寿命，同时减少电极更换的频率。与此同时，新型电极材料还能降低电化学反应的过电位，从而减少所需的电能，降低能耗。为了减轻电化学水处理技术对化工企业管道和换热器的潜在负面影响，设计阶段需考虑使用抗腐蚀和抗结垢材料来延长设备的使用寿命^[6]。此外，采用先进的监测系统能够实时检测并预防电极和设备的过度磨损，从而降低长期运行中的维护需求和成本。

在设备设计方面，通过优化电解槽的结构可以有效提升处理效率。改进电解槽的流体动力学设计，使得电解槽内部流体流动更加均匀，能够提高电极反应的接触效率，减少局部浓度极化现象。特别是采用多层电极配置和流动优化设计，可以实现电解液的均匀分布和有效反应，从而提升整体处理效果并降低能耗。智能化控制系统的引入也是提升设备性能的重要手段。通过实时监控电解过程中的电流、电压和水质参数，智能控制系统能够根据实际需求调整电解条件，实现最佳的运行状态。这种精细化管理能够提高反应效率，减少电力消耗，同时优化处理过程。

降低运行成本的一个关键策略是优化能源使用。采用节能型电源和高效的电解反应控制技术可以减少电化学过程中的能源消耗。例如，使用高效电源设备和优化电流波形，可以提高电能的利用效率。此外，通过引入废热回收系统，将电解过程中的余热进行回收和再利用，也能有效降低能源消耗。在电化学水处理设备的维护方面，采用自清洁功能和延长维护周期的设计，可以减少维护频率和成本。例如，自清洁电极的开发能够自动去除电极表面的结垢和污染，减少人工清洗的需要，从而降低维护工作量和相关成本^[7]。

在实际应用中，合理配置化学药剂和优化药剂使用策略也能

进一步降低运行成本。通过精准的药剂投加控制，能够减少药剂的浪费，并提高处理效果。结合先进的水质分析技术和反馈控制系统，可以实现对药剂投加量的实时调整，从而提高经济效益。

五、电化学水处理设备在化工企业的应用效果

电化学水处理设备在化工企业的应用效果已经通过多个案例得到了验证。例如，在某化肥生产企业的废水处理过程中，采用了电化学水处理设备来应对高浓度氨氮和重金属离子的去除需求。通过电化学反应，这些设备能够有效分解氨氮，降低其浓度，同时通过电还原反应将水中的重金属离子转化为可沉淀的形式，显著提高了废水的处理效果^[8]。该企业在引入电化学处理设备后，不仅达到了环保排放标准，还实现了废水的回用，降低了水资源消耗和处理成本。

另一个案例涉及某石化企业的循环冷却水系统。在这一系统中，循环冷却水经常受到油类、固体颗粒和微生物的污染。通过安装电化学水处理设备，该企业实现了对冷却水中油类和固体颗粒的去除。电化学技术通过电解和电絮凝反应，有效地聚集并去除油类物质，同时通过电化学杀菌作用减少了微生物的滋生。这种处理方法不仅提高了冷却水的质量，还延长了冷却系统的使用寿命，降低了系统的维护频率和费用。

在某制药企业的应用案例中，电化学技术被用于处理含有复杂有机污染物的废水^[9]。该企业面临的问题是传统化学处理方法难以有效降解这些复杂有机物。电化学水处理设备通过电氧化反应将有机物转化为较简单的无害物质，大幅度提高了废水的处理效果。实际应用中，该设备不仅提高了水质，满足了排放标准，还显著降低了处理过程中的化学药剂用量，减少了二次污染风险。在提升废水处理效率的同时，经过优化的电化学设备也显示出对生产系统设备保护的额外好处，如减少了换热器和管道的腐蚀和结垢，延长了设备的运行周期，减少了维护和更换成本。

六、综合评价与未来方向：电化学技术的实践与改进

电化学技术在水处理领域的实践展示了其显著的优势和应用潜力，但同时也揭示了其发展中存在的挑战。通过综合评价电化学技术的应用效果，可以看出其在废水处理中的高效性和环保性已得到广泛认可。该技术凭借其无需大量化学药剂的特点，显著减少了化学药剂的使用和废物产生，从而在降低二次污染方面表现出色。在处理复杂废水、去除重金属离子和降解有机污染物方面，电化学技术展现了良好的处理能力和稳定性，已成为许多化工企业优化水处理方案的优选。

尽管电化学技术具有诸多优势，但在实践中仍面临一些亟须改进的问题。能耗高是电化学处理技术的一大挑战^[10]。在电解过程中，尤其是处理高浓度污染物时，电化学设备需消耗大量电能。这不仅增加了运营成本，还对能源消耗提出了更高的要求。解决这一问题的关键在于研发更高效的电解设备和电极材料，以降低能耗并提升能效。采用新型高导电性材料和优化电解槽设

计，可以显著减少电能的需求，同时提高反应效率。未来的研究应更加关注电化学水处理技术在降低能耗和优化设备维护方面的创新。例如，开发新的低能耗电解系统和高耐久性电极材料，以应对长时间运行中的腐蚀和结垢问题。此外，整合智能化监测技术不仅可以优化操作过程，还可以通过预测性维护减少设备故障，从而降低总体运行成本。

设备的维护难度也是电化学技术应用中的一大问题。长期运行过程中，电极材料易遭受腐蚀和结垢，影响设备的处理效果和稳定性。为了应对这一挑战，研发耐腐蚀、抗结垢的电极材料成为重要方向。设计自清洁功能和改进维护策略，也能有效减少维护频率和相关成本。智能化控制系统的引入，通过实时监测和自动调整，能够优化设备的运行状态，减少人工干预，提高设备的可靠性和维护便捷性。

技术的集成化和模块化设计将成为发展趋势。通过将电化学处理与其他水处理技术，如膜分离技术或生物处理技术，进行集成，可以实现更高效的综合处理方案。智能化和数字化的进步将推动电化学水处理技术的优化。实时数据分析和预测技术的应用，能够精确调节处理过程，提高水质控制的精度和稳定性。对电化学技术的未来发展还应关注可持续性和资源回收。开发低能耗、高效能的电化学技术，同时结合废热回收和资源再利用，能够有效减少环境影响和运营成本。

七、结语

电化学水处理技术在化工企业中应用的成效显著，其高效去除水中污染物、减少化学药剂使用以及环保的优势已得到广泛验证。尽管高能耗和维护难度仍是应用中的主要挑战，但通过优化电极材料、改进设备设计以及引入智能化控制系统，这些问题正在逐步得到解决。未来，电化学技术的研究将更加注重降低能耗、提高设备稳定性及推动技术的智能化与集成化。这些改进不仅能提升电化学水处理的整体性能，还将进一步降低运营成本，使其在化工企业中发挥更加重要的作用。持续的技术创新与实践应用将为电化学技术的广泛应用奠定坚实的基础，为环保和资源管理提供更加有效的解决方案。

参考文献

- [1] 张伟. 电化学水处理技术的研究进展[J]. 环境科学与技术, 2022, 45(8): 95-101.
- [2] 李丽娜. 电化学技术在工业废水处理中的应用分析[J]. 化工设计通讯, 2021, 39(4): 72-77.
- [3] 王磊. 电化学技术优化及应用现状[J]. 水处理技术, 2023, 49(3): 50-56.
- [4] 刘海洋. 基于电化学反应的废水处理设备研究[J]. 现代化工, 2022, 43(6): 88-93.
- [5] 陈静. 电化学循环水处理设备的性能评估[J]. 化学工程, 2022, 40(12): 112-119.
- [6] 赵刚. 电化学处理技术的节能策略与应用[J]. 环境工程, 2021, 46(7): 101-107.
- [7] 卞广涛, 刘信刚, 李娜. 关于化工安全生产中电化学水处理技术的应用分析[J]. 山西化工. 2023, 43(7).
- [8] 张萌. 化工废水处理技术研究及应用现状[J]. 环境保护与循环经济. 2023, 43(8).
- [9] 张文平. 电化学高级氧化技术在工业废水处理中的应用分析[J]. 皮革制作与环保科技. 2023, 4(12).
- [10] 牛晓薇. 水处理过程中电化学技术的应用[J]. 化学工程与装备. 2023, (7).

基于高压试验的电力设备故障诊断方法探讨

张著忠

贵州西电电力股份有限公司黔北电厂，贵州 毕节 551800

摘 要： 本研究全面探讨了基于高压试验的电力设备故障诊断技术。本文先详细介绍了高压试验的基本原理及其执行步骤，涵盖了高压试验的类型、核心原理及关键技术。随后，深入分析了电力设备故障诊断的理论基础，包括故障类型识别、诊断方法的选择以及技术发展趋势。进一步，文中评估了高压试验在电力设备故障诊断中的应用价值及其局限性，并探讨了与其他诊断技术的融合策略。基于此，提出了一套基于高压试验的故障诊断方法，涉及故障诊断流程设计、高压试验信号的处理与分析、特征提取与分析，以及故障诊断算法的开发。算法研究不仅包括传统方法，也涉及智能诊断算法，并对算法性能进行了评估与优化。本研究为电力设备故障诊断领域提供了创新视角，对于增强电力设备的运行可靠性和电力系统的安全稳定运行具有显著意义。

关 键 词： 高压试验；电力设备；故障诊断；信号处理；特征提取

Discussion on Fault Diagnosis Method of Power Equipment Based on High Voltage Test

Zhang Zhuzhong

Guizhou Xidan Power Co., LTD. Qianbei Power Plant, Bijie, Guizhou 551800

Abstract： In this study, the fault diagnosis technology of power equipment based on high voltage test is comprehensively discussed. In this paper, the basic principle and implementation steps of high pressure test are introduced in detail, including the types, core principles and key technologies of high pressure test. Then, the theoretical basis of power equipment fault diagnosis is deeply analyzed, including fault type identification, diagnosis method selection and technology development trend. Furthermore, the application value and limitation of high voltage test in power equipment fault diagnosis are evaluated, and the fusion strategy with other diagnostic techniques is discussed. Based on this, a set of fault diagnosis method based on high voltage test is proposed, which involves fault diagnosis flow design, high voltage test signal processing and analysis, feature extraction and analysis, and fault diagnosis algorithm development. The algorithm research includes not only the traditional method, but also the intelligent diagnosis algorithm, and the performance of the algorithm is evaluated and optimized. This research provides an innovative perspective for the field of power equipment fault diagnosis, and has significant significance for enhancing the operational reliability of power equipment and the safe and stable operation of power system.

Keywords： high pressure test; electric power equipment; fault diagnosis; signal processing; feature extraction

引言

随着我国经济的快速发展，电力系统在国民经济发展中的地位日益重要。电力设备作为电力系统的核心组成部分，其安全稳定运行对保障电力供应具有重要意义。然而，由于电力设备长期运行在高压、大电流等复杂环境中，设备故障频发，给电力系统的安全稳定运行带来严重威胁。

高压试验是检测电力设备绝缘性能和发现潜在故障的重要手段。通过对电力设备进行高压试验，可以有效地发现设备在运行过程中可能出现的故障隐患，为设备维护和故障处理提供依据。然而，传统的高压试验方法在故障诊断方面存在一定的局限性，如诊断精度不高、抗干扰能力差等问题。因此，研究基于高压试验的电力设备故障诊断方法，提高故障诊断的准确性和实时性，具有重要的理论意义和实际价值。

一、高压试验与电力设备故障诊断理论

在电力系统的运行和维护中，高压试验和电力设备故障诊断

是两个至关重要的领域。高压试验确保了电力设备在高压环境下的可靠性与安全性，而电力设备故障诊断则保障了设备在运行过程中的稳定性和效率。以下是这两个领域的基本理论和方法。

（一）高压试验原理与方法

高压试验按照不同的测试目的和对象，可以分为绝缘试验和性能试验两大类。绝缘试验主要包括绝缘电阻测试、介质损耗角正切测试和局部放电测试等，而性能试验则包括耐压测试、漏电流测试和短路阻抗测试等。

高压试验的基本原理是利用高电压对电力设备的绝缘性能进行考验，以检测其是否能够承受正常工作电压或故障时的过电压。通过对设备施加高于其额定工作电压的试验电压，观察设备在规定时间内是否出现击穿现象，从而判断其绝缘状态。

常用的高压试验方法包括交流高压、直流高压和谐波高压等。其中，交流高压试验是最常用的一种方法，其测试电压可以高达数百千伏。在进行高压试验时，需要使用专门的高压试验设备，如高压发生器、高压变压器、高压绝缘子和高压电缆等^[1]。高压试验的关键技术包括高电压发生技术、电压测量技术、绝缘状态监测技术和试验数据分析技术。其中，高电压发生技术要求试验设备能够稳定、准确地产生所需的高电压；电压测量技术则要求测量仪器具有较高的精度和稳定性；绝缘状态检测技术通过监测设备的局部放电、介质损耗等参数来评估绝缘状况；试验数据分析技术则通过对试验数据的处理和分析，为设备的安全评估提供依据。

（二）电力设备故障诊断理论

电力设备的故障类型繁多，主要包括绝缘故障、导电回路故障、机械故障和控制系统故障等。绝缘故障如绝缘老化、击穿等；导电回路故障如接触不良、短路等；机械故障如轴承磨损、振动异常等；控制系统故障如保护装置误动、控制信号丢失等^[2]。

电力设备故障诊断方法主要包括信号处理方法、模型分析法、人工智能方法和专家系统等。信号处理方法通过对设备运行中的信号进行滤波、时频分析等处理，提取故障特征；模型分析法基于设备的工作原理和数学模型，通过比较实际运行参数与模型预测参数的差异来诊断故障；人工智能方法如神经网络、支持向量机等，通过学习正常和故障状态下的数据特征来实现故障诊断^[3]；专家系统则模拟人类专家的判断逻辑，对设备状态进行评估。

随着传感器技术、数据处理技术和人工智能技术的不断发展，电力设备故障诊断技术呈现出以下发展趋势：一是向智能化、自动化方向发展，减少对人工经验的依赖；二是向在线监测和远程诊断方向发展，提高诊断效率和实时性；三是向综合诊断和预诊断方向发展，实现对设备状态的全面评估和故障预警。

二、高压试验在电力设备故障诊断中的应用

高压试验不仅是确保电力设备安全运行的重要手段，而且在电力设备故障诊断中也扮演着关键角色。以下将探讨高压试验在故障诊断中的应用及其重要性，同时分析其局限性，并探讨如何将其与其他故障诊断方法相结合。

（一）高压试验在电力设备故障诊断中的作用

高压试验作为一种精细的检测手段，能够对电力设备的绝缘状态进行精确评估，有效揭示出潜在的绝缘缺陷，包括局部放电

现象、绝缘材料的老化等。这些细微的缺陷通常是设备故障的早期信号，它们的存在预示着设备可能出现的功能性下降或失效^[4]。高压试验所提供的数据和结果，为故障诊断提供了直接且可靠的参考，使得运维人员能够及时发现并预防潜在的故障问题，从而有效避免了设备在运行过程中可能遭遇的突发性故障，确保了电力系统的连续性和稳定性。

此外，定期执行高压试验，不仅能够对设备的绝缘状况进行持续监控，而且为电力系统的预防性维护策略提供了科学依据。这种主动的维护方式大大降低了系统因故障而导致的停机风险，提高了电力供应的整体安全性和可靠性。通过高压试验的长期监控，运维团队可以更加精准地把握设备的健康状态，制定出更为合理和高效的维护计划，从而在保障电力系统稳定运行的同时，也延长了设备的使用寿命，优化了电力企业的运营效益。

（二）高压试验在电力设备故障诊断中的局限性

在充分认识高压试验重要性的同时，其局限性同样需要引起重视。高压试验的实施前提是电力系统需暂时停止供电，此举不仅中断了电力供应的连续性，而且可能对依赖于稳定电源的工业生产及居民生活带来显著干扰。此外，尤其是进行破坏性水压试验时，可能会对受试设备造成不可逆的损伤，这不仅引发经济损失，还可能影响设备的长期运行可靠性。

更为重要的是，高压试验的检测能力主要局限于与电压相关的绝缘故障，而对于电力设备可能出现的机械磨损、结构疲劳、控制系统故障等其他多样化的故障模式，高压试验并不具备有效的检测能力^[5]。因此，在依赖于高压试验进行故障诊断的过程中，必须清醒地认识到这些局限性，并考虑整合其他诊断技术，以实现电力设备状态的全面评估，从而确保诊断结果的准确性和全面性。

（三）高压试验与其他故障诊断方法的结合

为了弥补高压试验在电力设备故障诊断中的局限性，采取一种综合性的策略，即将其与多种故障诊断技术相融合，显得尤为必要且有效。例如，将高压试验与先进的信号处理技术相结合，通过对试验中收集的信号数据进行深入分析，能够更为精确地辨识出故障的特定特征^[6]。此外，引入人工智能技术，包括神经网络和机器学习算法，可以显著提升故障诊断的精确度和效率，从而在复杂的数据中挖掘出故障的深层次信息。

更进一步，通过将高压试验数据与设备的运行数据、维护历史等多源信息进行整合，可以构建出一个全面性的设备状态评估体系，为故障的预测和预防提供强有力的支持。这种多技术融合的方法，不仅极大提升了故障诊断的准确性，还实现了对设备状态的实时监控和智能化分析，为电力系统的稳定运行和智能化管理奠定了坚实的基础^[7]。采用这种全方位、多层次的技术融合策略，不仅确保了电力设备的安全可靠性，同时也显著提升了故障诊断的整体性能及其实用性。

三、基于高压试验的电力设备故障诊断方法

高压试验作为一种有效的电力设备状态检测手段，其在故障

诊断领域的应用日益深入。以下将详细介绍基于高压试验的电力设备故障诊断方法，包括故障诊断的流程设计、高压试验信号的处理与分析，以及故障诊断算法的研究。

（一）故障诊断流程设计

故障诊断流程的设计对于保障诊断的准确性与效率至关重要。在实施高压试验的过程中，必须将电力系统置于停机状态，以确保测试的安全执行，这一措施虽然不可避免地影响了电力供应的连续性，但却是保障人员安全和设备完整性的必要条件。特别在进行破坏性高压试验时，需警惕其对设备的潜在损害，这种测试可能会对设备造成不同程度的物理损伤。在顺利完成信号采集之后，随即进入信号预处理和特征提取阶段，这一步骤对于提炼出能够反映设备状态的关键信息至关重要^[8]。紧接着，利用先进的故障诊断算法对所提取的特征进行细致分析，这一过程是得出精确诊断结果的关键。依据这些精确的诊断结果，可以进一步制定出针对性强、效果显著的维修或更换策略，为电力设备的可靠运行和维护提供科学指导。

（二）高压试验信号处理与分析

信号预处理是信号分析不可或缺的初步阶段，它包括了滤波、去噪、归一化和时域变换等关键步骤。滤波环节致力于消除信号中的高频噪声和低频干扰，以保障信号的清晰度；去噪过程则通过算法有效抑制信号内的随机噪声，从而提高信号的整体质量；归一化处理统一了信号的度量标准，为后续的一致性分析奠定了基础；时域变换则将信号转换到适宜的时域形式，以便于特征的精确提取。

然而，信号预处理过程中也存在一定的局限性^[9]。滤波操作虽然能够清除噪声，但若滤波器设计不当，可能会损失信号中的有用信息；去噪算法在抑制噪声的同时，也可能平滑掉信号中的某些细节特征；归一化处理虽然便于分析，但若处理不当，可能会导致信号特征的扭曲；时域变换虽然有助于特征提取，但对于非平稳信号，传统的时域变换可能无法有效捕捉其动态特性。

信号特征提取是从预处理后的信号中提取出表征设备状态的参数，这些特征包括时域特征（如均值、方差、波形因子等）、频域特征（如频谱、功率谱等）以及时频域特征（如短时傅里叶变换、小波变换等）。特征提取的准确性直接影响到故障诊断的精确度，但这一过程可能受到预处理效果的制约。

信号特征分析是对提取出的特征进行深入分析，以识别故障的迹象。通过对比正常状态下的特征参数，分析故障特征的变化

趋势和模式，为故障诊断提供了可靠的依据。然而，特征分析的准确性同样受限于特征提取的质量，以及分析算法的适用性和有效性。因此，在信号预处理和特征提取的过程中，必须谨慎处理，以确保故障诊断的准确性。

（三）故障诊断算法研究

在故障诊断技术的应用中，传统算法虽然具有一定的实用性，但也暴露出一些局限性。统计方法虽然能够通过特征参数的统计分析来揭示故障，但其对数据分布的假设和敏感性可能导致在某些复杂情况下的诊断效果不佳。模式识别方法通过训练学习正常与故障状态下的特征模式，但这种方法可能受到训练数据集的局限性和过拟合问题的影响^[10]。基于模型的诊断方法依赖于设备的数学模型，然而，模型的准确性、复杂性和计算成本可能会成为实际应用的瓶颈。

智能故障诊断算法，如神经网络、支持向量机、聚类分析和深度学习等，虽然模拟人脑的学习和判断机制，能够处理复杂的非线性问题，但其黑箱特性可能导致诊断结果的可解释性不足。此外，这些算法的训练过程可能需要大量的数据和时间，且容易受到数据不平衡和噪声的影响。

算法性能评估虽然关键，但评估指标如准确性、实时性、鲁棒性等可能难以全面反映算法在实际应用中的表现。优化算法的过程中，调整参数、改进算法结构或融合多种算法虽然能够提升故障诊断的整体性能，但也增加了算法的复杂性和维护难度。持续的评价和优化流程虽然有助于确保故障诊断系统的高效性和稳定性，但也需要大量的资源和专业知识，这在实际应用中可能构成挑战。

四、结束语

总结而言，本文针对基于高压试验的电力设备故障诊断方法进行了深入探讨。通过对高压试验信号的处理与分析，提取敏感特征，并研究适用于高压试验信号的故障诊断算法，为电力设备故障诊断提供了一种有效的手段。虽然本文在故障诊断方法研究方面取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。展望未来，随着信号处理技术、人工智能理论及相关领域的发展，基于高压试验的电力设备故障诊断方法将不断完善，为我国电力系统的安全稳定运行提供有力保障。在此基础上，希望本文的研究成果能为相关领域的研究者和工程技术人员提供一定的参考和启示。

参考文献

- [1] 罗恒, 李晓梅, 孔继蕾, 等. 电力变压器高压试验技术及故障处理方法研究 [J]. 云南电力技术, 2023, 51(05): 43-45.
- [2] 全宏莲. 电力变压器高压试验和故障处理分析 [J]. 光源与照明, 2023, (05): 162-164.
- [3] 李钢, 刘海波. 电力变压器高压试验及其故障处理分析 [J]. 内蒙古科技与经济, 2022, (24): 76-78.
- [4] 沈象志. 电力变压器高压试验技术及故障处理 [J]. 电力设备管理, 2020, (06): 55-56.
- [5] 韩西坪. 探究电力变压器高压试验技术及故障处理 [J]. 电气开关, 2022, 60(01): 99-101+105.
- [6] 刘思杰, 张冠男. 电力变压器高压试验及其故障处理分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(08): 209-211.DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2021.08.86.
- [7] 杨宇豪, 李泉. 电力变压器的高压试验与故障处理 [J]. 光源与照明, 2021, (05): 86-87.
- [8] 施豪. 电力变压器高压试验及其故障处理分析 [J]. 门窗, 2019, (18): 199+202.
- [9] 董伟. 探析电力变压器高压试验技术及故障处理措施 [J]. 电力设备管理, 2021, (01): 180-181.
- [10] 夏峰岭. 电力变压器高压试验技术及故障处理 [J]. 湖北农机化, 2020, (17): 131-132.

极寒地区空冷机组石灰石制浆系统常见故障及解决办法

安健

国能内蒙古呼伦贝尔发电有限公司，内蒙古 呼伦贝尔 021025

摘 要： 本文主要介绍了极寒地区空冷机组石灰石制浆系统的概述、常见故障及解决办法。先是阐述了系统的组成、工作原理、运行特点以及影响稳定运行的因素。之后列举了系统在极寒环境下常见的故障，包括石灰石振动给料机堵塞、称重皮带给料机故障、石灰石浆液泵故障、湿式球磨机不出力等问题。接下来，对各类故障的原因进行了深入分析，并提出了相应的解决办法和预防措施。

关 键 词： 极寒地区；空冷机组；石灰石制浆系统；故障；解决办法

Common faults and solutions of limestone slurry preparation system for air-cooled units in extremely cold regions

An Jian

China Energy Inner Mongolia Hulunbeir Power Generation Co., Ltd. Hulunbeir, Inner Mongolia 021025

Abstract： This article mainly introduces the overview, common faults, and solutions of limestone slurry preparation system for air-cooled units in extremely cold regions. Firstly, the composition, working principle, operational characteristics, and factors affecting stable operation of the system were explained. Afterwards, common faults of the system in extremely cold environments were listed, including blockage of the limestone vibrating feeder, failure of the weighing belt feeder, failure of the limestone slurry pump, and non output of the wet ball mill. Next, a thorough analysis was conducted on the causes of various malfunctions, and corresponding solutions and preventive measures were proposed.

Keywords： extremely cold regions; air cooling unit; limestone pulping system; fault; terms of settlement

引言

随着我国能源结构的调整和环保要求的提高，空冷机组在电力、化工等行业的应用越来越广泛。尤其在极寒地区，空冷机组具有明显的优势，能有效适应低温、干燥的环境。然而，极寒地区的特殊气候条件对空冷机组石灰石制浆系统的稳定运行带来了诸多挑战。本文旨在探讨极寒地区空冷机组石灰石制浆系统的常见故障及其解决办法，为现场维护人员提供参考，确保机组安全、高效运行。

一、极寒地区空冷机组石灰石制浆系统概述

在我国北疆的呼伦贝尔，温度常常低至冰点以下，风速强劲，且冰雪覆盖，为工业活动带来了前所未有的挑战。在这片极端寒冷的环境中，空冷机组的石灰石制浆系统不仅肩负着环境保护的重要使命，而且在提升能源利用效率方面扮演着至关重要的角色。

在呼伦贝尔这样的极寒地带，石灰石制浆系统的稳定运行显得尤为关键。因为它为电厂的脱硫工艺提供必要的化学物质，直接关系到电厂的环保排放标准和能源利用效率。然而，由于呼伦贝尔地区极端的气候条件，这些系统在运行过程中可能遇到石灰石振动给料机堵塞、称重皮带给料机故障、石灰石浆液泵故障、湿式球磨机不出力等问题，给工业生产带来了诸多挑战。

（一）系统组成及工作原理

石灰石制浆系统是工业脱硫工艺中的关键组成部分，由一系

列精心设计的功能单元构成。该系统包括石灰石的储存与输送模块、浆液制备单元、浆液储存与输送系统，以及一套先进的过程控制系统。

在系统启动阶段，精选的石灰石颗粒通过输送皮带被送入湿式球磨机。在此，颗粒与水按照精确的比例混合并进行研磨，从而生成均匀细腻的浆料。研磨操作结束后，混合浆料从磨机出口自然溢流至再循环箱，为后续处理步骤做准备。随后，磨机再循环泵将混合浆料送入石灰石浆液旋流器，以实现有效的颗粒分选。为确保旋流器分离效率，浆液的密度和压力必须维持在预定范围内。通过闭环控制系统精确调节流向浆液罐的工艺水流量，从而确保浆料密度的稳定性。分选过程中，底流部分被重新送回球磨机进行进一步研磨，而溢流部分则顺利进入石灰石浆液储存箱^[1]。在工艺流程的终端阶段，经过精确配制的石灰石浆料通过吸收塔供浆泵的作用，被输送到吸收塔，为脱硫反应提供了关键的原料。

（二）系统运行特点

在地球的极端寒冷地带，石灰石制浆系统的操作与维护面临着严峻的挑战，导致整体效率受到严重影响。极低的气温条件使得设备启动困难重重，浆料易于沉淀，管道阻塞问题频发，同时，维护工作不仅任务繁重，还伴随着显著的经济成本。为了克服这些难题，必须实施一系列专业化的设计方案和管理策略。

在系统设计方面，应着重提升保温性能，采纳高效的伴热方式，确保浆料在低温环境中的流动性，防止浆料冻结。此外，应选用适应低温环境的材料和设备，以提升系统的耐寒性，减少故障发生的风险。同时，需制定一套严格而科学的维护保养程序，定期对管道和设备进行彻底的清理与检查，以防止管道阻塞和设备损坏。

（三）影响系统稳定运行的因素

在极寒地区的特定环境下，石灰石制浆系统的稳定运作面临着一系列挑战。外部环境的低温是首要考虑的因素，它可能导致设备和浆液的冻结，从而影响整个系统的流畅性^[2]。再者，如果保温措施不够完善，热量的流失将会加剧，这不仅会增加能耗，还可能影响浆液的质量。操作人员的经验和技能同样也是不可忽视的因素。在极寒条件下，缺乏经验的操作者可能无法有效应对突发情况，这可能会对系统的连续运行造成影响。

二、常见故障与原因分析

故障的发生往往不是偶然，而是多种因素交织作用的结果。在极寒地区空冷机组石灰石制浆系统中，这种交织作用尤为明显。

（一）石灰石振动给料机堵塞

在极端寒冷的气候环境中，石灰石物料倾向于因低温而出现结块现象，这一状况常常导致振动给料机的喂送通道发生阻塞。具体表现在给料机的给料量监测信号骤降至零，同时石灰石料仓的料位显示停滞不变。针对此问题，必须迅速执行停机程序，并对给料机进行彻底的清堵作业^[3]。此外，还需适当提升石灰石料仓的补料速率，以保障给料机能重新进入稳定的工作状态。

（二）称重皮带给料机故障

在极端的低温环境中，物料冻结的问题尤为突出，频繁导致落料口出现物料堆积，从而严重影响称重皮带给料机的正常功能。此外，皮带裙边的磨损不仅会引起物料的泄露，还可能造成机械部件的卡涩，最终激活设备的安全保护系统，导致设备跳闸停机。为了有效应对这些挑战，必须建立起一套严谨的定期检查和维修流程，确保皮带裙边的完好无损，并且及时清除落料口的冻结物料，以保障设备运行的连续性和工艺流程的稳定性。这些预防性措施是确保生产效率和维护设备性能的关键所在。

（三）石灰石浆液泵故障

在低温作业环境中，石灰石浆液泵的运行效能极易遭受挑战，其故障往往与浆液的凝固现象或泵内部元件因气温下降而出现的损伤密切相关。为了预防这些问题的发生，必须实施一系列全面的预防策略。这包括对泵体采取高效的保温措施，以抵御寒

冷气候的影响，以及定期对泵的内部结构进行精密的检查与维护工作^[4]。这些综合性的措施对于保障泵在严寒条件下的稳定运行和持久作业能力至关重要，从而确保整个生产流程的连续性和效率。

（四）湿式球磨机不出力

在严寒的工作条件下，湿式球磨机的钢球磨损速度可能会急剧上升，这种现象会引起钢球尺寸分布的失衡，进而对磨机的研磨效率和物料处理能力产生不利影响。为了保持球磨机处于最佳运行状态，定期的磨损监测变得尤为关键，同时需要根据磨损的具体情况，及时进行钢球的补充和更换工作。这种精细的维护策略对于保障球磨机在低温环境中维持高效运转具有决定性意义，它是确保生产流程顺畅和提升整体作业性能的关键所在。

（五）设备启动困难

在低温环境下，设备所依赖的润滑油会出现明显的黏度增加现象。这种物理性质的改变，会导致设备启动时电机承受的负荷急剧增加，进而可能引起设备启动困难，甚至出现启动失败的情况^[5]。为了有效预防这一情况，强烈推荐使用专为低温环境设计的润滑油，这些润滑油能够在低温下保持良好的流动性。此外，在设备启动之前，必须执行彻底的预热程序，以确保润滑油的流动性达到最佳状态，从而减轻电机的启动负荷，确保设备能够平稳、顺畅地启动并持续运行。

（六）管道磨损泄露

在持续浆液冲刷的影响下，管道内衬的橡胶材料易遭受磨损，这一状况可能引发管道泄漏的风险，威胁到整个系统的稳定运行。为了有效预防这一潜在问题，必须对管道系统执行定期的细致检查，以准确评估衬胶材料的磨损状况。针对那些磨损程度较为严重的衬胶部分，应采取及时的更换措施，以保障管道系统的完整性和运行安全性，确保其在操作过程中的密封性能不受损害。这种预防性的维护策略对于维持管道长期的稳定运行具有至关重要的意义，它是确保生产流程无间断和设备可靠性的关键所在。

（七）浆液浓度不稳定

在极端寒冷的环境中，石灰石制浆工艺面临着一个普遍且难以克服的挑战——浆液浓度的波动。这一问题的产生主要由以下因素引起：低温环境降低了石灰石的溶解度，从而影响了浆液的制备过程和浓度的精确控制；环境温度的波动导致浆液中颗粒的稳定性下降，进一步增加了浓度控制的复杂性；同时，低温还可能对测量控制设备的准确性造成影响，使得浆液浓度的监控和调整难以达到预期精度。除此之外，水质的变动，如硬度和pH值的波动，也会对浆液的制备产生不利影响^[6]。如果操作人员不能及时对温度变化和浆液特性进行调整应对，将会加剧浓度控制的不稳定性，这不仅会降低脱硫效率，还可能对环保效果产生负面影响。因此，确保在极寒条件下对浆液浓度进行有效管理，是提高脱硫工艺性能和环境保护效果的关键。

（八）管道堵塞

在极端低温条件下，浆液系统的管道堵塞问题频发，主要归因于水份的结冰现象，进而导致流体传输中断。除此之外，管道

内部的杂质沉积、流体流速减慢、系统设计不足以及维护操作的疏忽也是造成管道流通障碍的关键因素。低温环境下，水份结冰不仅增加了流体流动的阻力，而且不当的系统设计会削弱流体的动力特性，缺乏定期清洗则会导致杂质的累积。管道的堵塞不仅会严重影响物质的输送效率，还可能引发系统压力的异常波动，从而增大操作过程中的安全风险。

（九）保温措施不到位

在极端低温环境中，有效的保温策略对于维持工业设备运行至关重要。保温措施的缺陷会导致设备表面温度骤降，进而引起浆料凝固、机械结构损伤以及能源消耗的异常增加。此类问题通常源于保温材料性能不符合低温要求、安装工艺不规范、定期维护更新滞后等因素。保温效果的不足不仅对系统的连续稳定运行构成威胁，同时也会对运营成本效益产生不利影响^[7]。具体而言，保温措施的专业性问题可能包括：选用保温材料的热阻值不适宜极端气候条件、保温层的施工质量不符合行业标准和规范、日常维护工作的忽视导致保温层完整性受损，以及预算约束造成保温系统投资不足，这些综合因素共同降低了保温系统的效能。

三、解决办法及预防措施

面对各种故障，主动探寻并实施有效的解决方案，无疑是确保设备持续稳定运行的核心所在。这不仅体现了对设备维护的高度专业性和责任感，也是保障生产流程顺畅、防止经济损失的重要措施。以下是对极寒地区空冷机组石灰石制浆系统常见故障的解决办法及预防措施的深入探讨。

（一）常见故障的解决办法

同时，极寒地区的一系列生产难题也需相应对策。针对上述故障应对浆液浓度不稳定的问题，可以通过安装温度控制系统、使用高质量水源、定期校准测量仪器，以及加强操作人员培训来改善。管道堵塞可通过优化浆液制备、定期清洗管道、改进管道

设计，以及在易堵塞部位安装加热装置来解决。此外，保温措施不到位的问题，可以通过选用适合极寒地区的保温材料、加强施工质量管理、定期检查和维护保温层，以及增加预算来改善^[8]。通过这些综合措施，不仅能够确保生产效率，还能保障产品质量，从而在极寒环境中保持生产的连续性和稳定性。

（二）故障预防措施

为了确保极寒环境下生产系统的稳健运行，预防故障的发生，我们提出以下几项关键措施：

第一，应定期对系统全面的隐患排查，这不仅仅是一种例行的维护，而是一次深入的诊断，旨在及时发现那些隐藏在表面之下的潜在问题，从而在它们演变成严重故障之前将其扼杀在摇篮之中。第二，建立健全的维护和保养制度是至关重要的^[9]。这意味着要制定一套详尽的维护计划，并确保每一项维护工作都得到严格执行，以此来保证设备各部件的完好无损，延长其使用寿命，并始终保持设备的最佳性能。第三，加强员工的技能培训。通过定期的专业培训，员工不仅能够深入了解极寒环境下设备的运行特性，还能掌握必要的应急处理技巧，提高他们在面对复杂情况时的判断力和操作能力。第四，制定一套周密的应急预案是必不可少的^[10]。这样的计划能够在突发事件发生时，提供一套清晰的行动指南，帮助团队迅速而有效地应对，从而最小化故障带来的影响，确保生产过程的不间断和安全。

四、结束语

极寒地区的空冷机组石灰石制浆系统运行面临着独特的挑战，但通过深入理解系统特性、准确识别常见故障、科学分析故障原因以及采取有效的解决办法和预防措施，我们能够确保系统在恶劣环境下的稳定运行。本文旨在为相关领域的工程师、技术人员和运维团队提供实用的参考和指导，希望能够帮助他们在实际工作中更好地应对极寒环境带来的挑战。

参考文献

- [1] 李奕颖. 脱硫石灰石制浆系统优化策略研究及应用 [D]. 华北电力大学, 2020. DOI: 10.27139/d.cnki.ghbdu.2020.000463.
- [2] 罗付忠, 孙福胜. 石灰石制浆系统的优化运行调整 [J]. 广西电力, 2016, 39(1): 70-72. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8380.2016.01.019.
- [3] 何伟, 危凤鑫, 邓保建. 火电厂湿法脱硫石灰石制浆系统优化改造 [J]. 内蒙古电力技术, 2016, 34(2): 53-55. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6218.2016.02.013.
- [4] 杨楚才. 湿式球磨机石灰石制浆系统的运行调整及问题探讨 [J]. 科技创业家, 2013(16): 49-49, 51.
- [5] 周铁臣. 火电厂湿法脱硫石灰石制浆系统优化改造 [J]. 百科论坛电子杂志, 2018(23): 330-331.
- [6] 罗小平. 火电厂湿法脱硫石灰石制浆系统优化改造探讨 [J]. 环球市场, 2019(25): 178.
- [7] 张建国. 脱硫石灰石制浆系统漏粉故障分析及应对措施 [J]. 华东科技 (综合), 2019(8): 0369.
- [8] 张园林, 王培毅, 何军, 等. 某火电厂不同石灰石制浆系统综合性能对比分析 [J]. 节能, 2020, 39(4): 21-23. DOI: 10.3969/j.issn.1004-7948.2020.04.006.
- [9] 内蒙古上都发电有限责任公司. 一种脱硫石灰石制浆系统 : CN202211291776.4 [P]. 2023-01-31.
- [10] 北方联合电力有限责任公司达拉特旗发电分公司. 石灰石制浆系统 : CN202023288012.9 [P]. 2021-12-10.

大型舰船电网电能质量治理研究现状与技术挑战

魏隆, 高富东, 覃海波, 曹海龙
青岛航空技术学院, 山东 青岛 266041

摘 要 : 大型舰船电网的电能质量是舰船上各系统、设备稳定运行的核心要素之一, 稳定高品质的电能供给对舰船各系统的运行影响深刻。基于此, 本文对大型舰船电网电能质量的研究现状及技术挑战进行了总结与分析。首先, 对电能质量治理技术手段和管理措施进行了简要阐述; 其次, 考虑到新技术及舰船电网的应用场景, 对舰船电网电能质量带来的挑战进行了分类, 包括电能质量的有效检测、高效的能量管理系统以及新能源接入的新问题, 对以上问题的解决方法进行介绍; 然后, 根据现在研究热点总结了大型舰船电网电能质量治理未来的发展趋势; 最后, 对舰船电网电能质量的治理进行了展望。

关 键 词 : 舰船电网; 电能质量; 治理方法; 技术挑战

Research Status and Technical Challenges of Power Quality Management in Large Ship Power Grid

Wei Long, Gao Fudong, Qin Haibo, Cao Hailong
Qingdao Institute of Aeronautical Technology, Qingdao, Shandong 266041

Abstract : The power quality of the power grid of large ships is one of the core elements of the stable operation of the ship's systems and equipment, and the stable and high-quality power supply has a profound impact on the operation of the ship's systems. Based on this, this paper summarizes and analyzes the research status and technical challenges of power quality in the power grid of large ships. Firstly, the technical means and management measures of power quality management are briefly described. Secondly, considering the application scenarios of new technologies and ship power grid, the challenges brought by ship power grid power quality are classified, including effective detection of power quality, efficient energy management system and new energy access problems, and the solutions to the above problems are introduced. Then, according to the current research hotspots, the future development trend of power quality governance of large ship power grid is summarized. Finally, the governance of power quality in ship grid is prospected.

Keywords : ship power network; power quality; governance methods; technical challenge

引言

大型舰船电网是舰船系统中至关重要的组成部分, 它负责为舰船上的动力系统、甲板机械系统、导航设备、通信设备、生命支持系统等设备提供稳定、可靠的电力供应, 这些设备往往对电能质量要求极高。电能质量问题主要包括电压、频率、波形的稳定性以及谐波、无功功率等指标^[1,2]。大型舰船电网的电能质量问题由来已久, 由电能质量问题引起的事故也不断发生, 随着大量非线性负载、脉冲式负载设备在大型舰船的应用电能质量问题愈发严重, 不仅会导致舰船设备故障、事故发生, 对舰船和船员安全构成威胁, 还会影响设备的工作效率、增加能源消耗、降低设备寿命、增加维护成本^[3,4]。

对电能质量问题治理的研究不仅可以提高舰船的安全性、提高设备工作效率, 还可以推动电力电子技术和智能控制技术的发展, 提高舰船电网的管理水平。通过对电能质量治理方法的研究和总结, 可以为大型舰船电网的实际应用提供指导和参考。本文结合舰船电网电能质量治理现状和治理措施, 总结电能质量治理面临的挑战和发展趋势, 最后对未来研究重点进行展望。

一、电能质量治理的技术分析

在民用供配电网中, 电能质量问题也尤为突出, 传统治理措施集中在谐波治理和无功功率补偿方面; 由于舰船电网容量的有限性, 为应对符合的阶跃性突变, 舰船电能存储系统 (BESS) 技

术越显得重要。

(一) 典型电能质量治理方法的比较

电能质量治理的研究进展表明, 对于大型舰船电网而言, 谐波管理和无功补偿的策略仍是目前电能质量治理的关键领域, 尽管存在挑战, 但通过优化的设备配置和先进的控制策略, 可以显

著提高舰船电网的电能质量，保障舰船电网的安全和效率运行。

（二）舰船电能存储系统技术

舰船电网的电能存储系统是当前解决大型舰船电网电能质量的研究热点之一，研究表明，BESS能够提供短期和长期的辅助服务，如电压控制、频率调节和黑启动，对于缓解分布式电网中的电能质量问题至关重要，文献在这方面均有研究^[5-9]。

文献[5]对基于DC变换器的船舶微电网储能系统进行优化研究，文中在硬件方面提出一种新型DC-DC变换器装置主电路图，设计新型铅酸蓄电池，对超级电容器进行改良设计；在系统控制软件方面利用超级电容器对发电盈余约束进行调整，并且在船舶的启动加速阶段、恶劣海况下、平稳期采取不同的功率分配方法。通过仿真分析，证明所提理论提高了微电网储能系统的直流母线电压输出。文献[6]提到DC/DC变换器在电能变换中的作用，并提出在船舶微电网储能系统中的应用设想，实现风能太阳能等清洁能源、车载储能单元和舰船微电网的协调运行，满足船舶的用电需求。文献[7]提出一种基于电力电子变压器的舰船中压直流系统储能装置，以应对电力电子器件引起的谐波电流、系统功率冲击和系统供电的可持续性问题。文献[8]提出一种基于混合储能的船舶电力系统模型，以解决船舶航行时因复杂海况造成的电力推进系统直流母线电压波动问题。针对船舶微电网中暂态电压与频率的波动问题，文献[9]提出一种适用于超级电容储能系统的全功率补偿技术。该全功率补偿技术可对有功功率和无功功率进行独立控制，利用超级电容储能系统提供无功功率补偿可以提高电压的稳定性，提升功率因数，提高动态和静态特性；有功功率补偿技术根据系统状态（负载阶跃变化或稳定状态）控制超级电容储能系统和主汽轮机组的介入程度，保证对各种工况的精确精测和响应。仿真证明该全功率补偿技术通过补偿船舶微电网中的功率不平衡性，来提高电网的可靠性和安全性。

二、电能质量治理措施

对于电能质量的治理，除了运用有源滤波器、功率补偿器件等治理技术手段之外，还需要从治理措施上进行研究，尤其像舰船电网这种空间布局有限的情景，需要在设计之初对电气设备进行合理规划，在运行过程中也要实时监控以保证更好的电能质量。

（一）静态措施

电能质量治理的静态措施体现在舰船电网系统的设计之初，从电网系统的架构上为治理电能质量进行积极改进，主要有以下两种措施：（1）设计之初，研究增加冗余线路、使用高质量的电气设备和材料以及设计更有效的电网布局来优化电网的设计以提高电能质量；（2）优化设备布局和参数设置，分析变压器、发电机和电容器等不同设备在电网中的最佳布局，以及如何设置设备参数以最大化电能质量。

（二）动态措施

电能质量治理的动态措施体现在舰船电网的运行过程，在电网运行的全过程中对电能质量进行监控和治理，主要有以下措

施：（1）实时电能质量监测与控制系统能够实现持续跟踪电网的电能质量状态，并在发现问题时立即采取措施；（2）自适应滤波器的应用可以根据舰船电网运行工况动态调整以消除谐波和其他电能质量问题。（3）电力电子设备的应用已经成为电能质量治理的研究热点，多元电力电子器件有助于调控资源综合利用、更加高效的电能质量治理，以经济性最优方式提供高品质电力^[10]。

（三）管理与策略措施

电能质量的管理与策略措施体现在管理体系和动态响应方面，从政策、标准和策略等方面为电能质量提供保障，主要有以下措施：（1）电能质量管理体系：建立一个全面的电能质量管理体系，包括政策、规程、标准和监管机制，以确保电能质量符合既定要求；（2）故障预防和响应策略：制定预防措施和快速响应机制，以减少电能质量问题的发生和影响，包括定期维护、预测性分析和紧急响应计划。

三、面临的技术挑战

大型舰船电网电能质量治理面临的技术挑战主要有电能质量检测、开发高效的能量管理系统以及整合可再生能源带来的问题等。

（一）电能质量的有效检测

文献[11]设计一种DSP+ARM双核系统的电能质量检测装置，集成DSP和ARM的优势，具有高性价比、检测准确等特点，在其他领域也有很高的可移植性应用价值；文献[12]设计了一种以DSP器件为核心，集成嵌入式Linux系统，以小波变换分析理论作为支撑的电能质量在线检测装置，对于各种电能质量问题给出检测方法；文献[13]针对分布式发电设计了一种基于ATT7022E和STM32F103ZE芯片的分布式发电电能质量在线监测装置，在采集基础的电能质量参数外，有利于解决谐波频率扩大、低电压穿越、电压暂降频次提高等新电能质量问题，具有传输性能好、实时性高、采集容量大、造价低、便于携带、可多点多位测量的优点。

为提高噪声环境下暂态扰动检测的准确性，文献[14]提出一种扰动检测算法，解决了传统检测方法在参数设置方面的缺陷、对过零时刻扰动和抗噪性方面均有较好效果、算法移植性较强且操作友好；考虑到同步向量测量数据和使用电能质量测量装置对谐波状态估计的不足，文献[15]基于非同步谐波监测数据，提出鲁棒动态谐波状态估计方法，不仅能够反映出统计周期内系统谐波运行状态的不确定性，且有效降低了区间谐波状态估计量的保守性。文献[16]以安装代价、可观测性和定位为目标函数，设计了一种改进启发式搜索算法，为解决电能质量监控数量及安装位置提供了一种新的方法。

以上文章分别在检测装置、检测算法以及人工智能算法的应用等方面对电能质量检测进行了相关研究，另外部分专家学者对于利用AI来预测和识别电能质量问题、提高故障诊断的准确性和效率的研究也在进行中。

（二）高效的能量管理系统

高效的能量管理系统能够确保电力供应的稳定性和效率、能

够进行预测诊断故障并且提高能源管理的灵活性和可靠性，也是研究热点之一。从PMS系统、舰船智能电网技术、舰船微电网技术等方面对电能质量治理进行了研究，这些系统相互协作，形成了一个复杂的能量管理生态，旨在提高舰船电网的能源效率和可靠性，确保电能质量。为了应对挑战，未来的发展趋势可能包括增强系统的智能化、自动化程度，以及更多地利用可再生能源和储能技术。

（三）应对新能源接入的新问题

海洋上含有丰富的可再生能源（如太阳能和风能），但是整合可再生能源到大型舰船电网中给电能质量的治理带来多项挑战，主要是由于可再生能源的间歇性和可变性引起。能量存储系统（ESS，如电池储能系统）对于平衡可再生能源的不稳定供应至关重要，它们可以发挥蓄水池的作用，存储过剩的能量并在需求高峰期释放从而减少由于可再生能源产出波动引起的电能质量问题。文献[17]中介绍的在滚装船上应用的太阳能光伏系统应用了锂离子蓄电池组作为储能系统，带有储能系统的舰船，其负荷工况不再受限于光伏系统的工作状态，并且储能系统为电能质量治理提供了隔离墙的作用；根据文献[18]介绍舰船储能技术主要有蓄电池储能、超级电容器储能、超导磁储能、飞轮储能等等，并且新型材料的应用也推动了飞轮储能、蓄电池储能的发展。以上不仅能提升电能质量和整个电网的运行安全性，还能提高能源的使用效率和可持续性。

四、发展趋势

随着新技术新材料的发展，舰船电网电能质量治理的研究越

来越趋向于以下方面。

（1）利用新型材料和技术研发的智能传感器可以提供更精准和实时的电网监测数据，这些数据对于实时诊断电能质量问题、预测电网性能和制定优化策略至关重要；

（2）使用新一代半导体材料（如碳化硅 SiC、氮化镓 GaN）研发的电力电子设备可以在更高的温度、电压和电流下工作，提高了能量转换的效率和可靠性。这些设备能更有效地控制和管理电能流动，降低能量损失；

（3）智能电网技术的应用使得电能质量管理体系能够高度集成和自动化，提高了能量使用的效率和可靠性。通过实时监控和分析电网的运行状况，智能电网可以自动调整负载和发电，优化电能使用，并预防潜在的电能质量问题；

（4）高效的能量管理系统促进了可再生能源资源的更有效管理和整合，如风能和太阳能。通过智能调度和管理，可以最大化这些能源的利用，同时保持电能质量的稳定。

五、总结

大型舰船电网电能质量问题的治理关系到舰船的安全性、经济性及设备寿命，是大型舰船电网关键技术之一。本文针对大型舰船电网电能质量治理进行了介绍，主要包括电能质量治理的技术分析、电能质量治理措施、电能质量治理的挑战及发展趋势。

参考文献

[1] 寿海明, 冀路明, 回志澎, 等. 船舶电力系统的电能质量问题[J]. 船电技术, 2006, 26(6): 19-21.
[2] 宋艳琼. 电力推进船舶电能质量改善方案研究[J]. 广州航海学院学报, 2016, 24(2): 7-10.
[3] 丁长健, 王乐, 程武, 等. 电力推进船舶的电能质量探讨[J]. 机电设备, 2018(2): 31-35.
[4] 陈忠, 彭竞梨, 王建平, 等. 电力推进船舶交流电网模拟与仿真[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(3): 164-172.
[5] 程倩. 基于DC变换器的船舶微电网储能系统优化研究[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(11A): 79-81.
[6] 贾卫华, 莫小勇, 郭家富, 等. DC/DC变换器在船舶微电网储能系统的应用[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(10A): 70-72.
[7] 莫染, 李红波, 陈涛, 等. 基于电力电子变压器的舰船中压直流系统储能装置[J]. 大功率变流技术, 2017(4): 41-44.
[8] 兰海, 赫彬, 程鹏, 等. 基于混合储能的船舶电力推进系统模糊PI控制策略[J]. 船舶工程, 2019, 41(1): 58-62, 98.
[9] 刘俊杰, 龙昊天, 邓康宁, 等. 超级电容储能系统在船舶微电网中的全功率补偿技术[J]. 浙江电力, 2019, 38(5): 36-42.
[10] 刘文龙, 吕志鹏, 刘海涛, 等. 电力电子化配电台区形态发展以及运行控制技术综述[J]. 中国电机工程学报, 2023, 43(13): 4899-4921.
[11] 佟为明, 佟春天, 陈培友, 等. 基于DSP+ARM双核系统的电能质量检测装置设计[J]. 电测与仪表, 2019, 56(18): 99-106.
[12] 苏晓东. 基于嵌入式Linux的电能质量在线检测研究[J]. 电测与仪表, 2009, 46(523): 32-37.
[13] 张倩, 张延迟, 李鹏飞, 等. 分布式发电电能质量在线监测装置设计[J]. 分布式能源, 2019, 4(2): 67-72.
[14] 王燕, 李群湛, 周福林, 等. 一种暂态电能质量扰动检测的新方法[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(24): 7121-7132.
[15] 林洪洲, 邵振国, 陈飞雄, 等. 采用区间型非同步监测数据的鲁棒动态谐波状态估计[J]. 电网技术, 2023, 47(4): 1701-1708.
[16] 龙善. 基于改进启发式搜索算法的智能电网电能质量监控[J]. 研究与设计, 2022, 38(6): 161-163.
[17] 孙王伟, 严新平, 袁成清, 等. 离网型太阳能光伏系统在内河滚装船上的应用[J]. 船舶工程, 2016, 38(6): 22-26.
[18] 郑晓, 余帆, 等. 舰船大容量电能储存技术现状与展望[J]. 船电技术, 2022, 42(10): 169-172.

火力发电系统中的能源转换效率优化研究

蔡胜胜

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司，贵州 遵义 563108

摘 要： 本文探讨了火力发电系统中能源转换效率的优化，包括基本原理、系统组成和影响因素。研究强调了效率提升的重要性，并介绍了优化的理论基础和方法。通过仿真分析，识别了主要能源损失点，并提出了一系列优化措施。结果显示这些措施可显著提升效率，减少能源浪费，对环境影响和经济效益均有积极影响。文章还指出，实际应用需根据具体情况调整。未来研究将聚焦于理解能源损失机理、集成优化及新技术应用。本研究为火力发电行业的节能减排和可持续发展提供了重要参考，对提升能源转换效率具有重要意义。

关 键 词： 火力发电系统；能源转换效率；优化；热力循环；燃烧技术

Optimization of Energy Conversion Efficiency in Thermal Power Generation System

Cai Shengsheng

Yaxi Power Generation Operation Branch, Guizhou Xidian Electric Power Co., Ltd. Zunyi, Guizhou 563108

Abstract： This paper discusses the optimization of energy conversion efficiency in thermal power generation system, including the basic principle, system composition and influencing factors. This paper emphasizes the importance of efficiency improvement and introduces the theoretical basis and method of optimization. Through simulation analysis, the main energy loss points are identified and a series of optimization measures are put forward. The results show that these measures can significantly improve efficiency, reduce energy waste, and have a positive impact on the environment and economic efficiency. The article also points out that the actual application needs to be adjusted according to the specific situation. Future research will focus on understanding energy loss mechanisms, integrated optimization and application of new technologies. This study provides an important reference for energy conservation, emission reduction and sustainable development of thermal power generation industry, and is of great significance for improving energy conversion efficiency.

Keywords： thermal power generation system; energy conversion efficiency; optimization; thermal cycle; combustion technology

引言

随着全球经济的快速发展，能源需求持续增长，同时，环境保护和可持续发展的理念也日益深入人心。在这一背景下，火力发电系统作为全球最主要的电力生产方式之一，其能源转换效率的优化显得尤为重要。在过去的几十年里，随着科技的进步和能源转换技术的不断创新，火力发电系统的能源转换效率已经得到了显著提升。此外，流化床燃烧技术、烟气脱硝和脱硫技术的普及，不仅减少了污染物的排放，也在一定程度上提高了能源的利用效率。然而，尽管取得了一定的进展，火力发电系统的能源转换效率优化仍然面临着一系列挑战。这些挑战包括燃烧效率的提高、热力循环的设计和运行参数的优化、设备和材料的性能的提升，以及系统的整体热损失的减少等。为了应对这些挑战，需要综合应用热力学原理、先进的材料和技术，以及有效的管理和操作策略，以实现火力发电系统能源转换效率的显著提高，为可持续发展做出贡献。

一、火力发电系统概述

（一）火力发电原理

火力发电通过燃烧化石燃料产生热能，将水转化为蒸汽驱动汽轮机，进而带动发电机产生电能。现代技术提高了锅炉压力和温度，提高了热效率。汽轮机产生的蒸汽在冷凝器中冷凝成水，形成闭合循环。为了提高整体热效率，通常采用回热系统。燃料

与空气混合燃烧，产生高温燃气，提升锅炉内的水和水蒸气温度及压力，推动汽轮机主转轴，使发电机发电供入系统；使用过的蒸汽则送至冷凝器，由冷却循环水将其冷却成水，再送至锅炉重复使用。^[1]

（二）火力发电系统组成

火力发电系统通过一系列相互关联的组件和子系统将燃料的化学能转化为电能^[2]。核心的锅炉设备负责将水加热成蒸汽，利

用燃料燃烧产生的高温烟气传递热能。现代技术多采用超临界或超超临界锅炉以提高热效率。蒸汽随后进入汽轮机，转化为机械能，再由发电机转换为电能。电能经过变压器升压后，输送至电网。冷凝器则负责冷凝蒸汽，完成热力循环。环保设施如除尘器、脱硫脱硝设备减少污染物排放。此外，控制和辅助设备确保系统的稳定运行和维护，提高效率 and 可靠性^[3]。

（三）火力发电能源转换效率影响因素

火力发电能源转换效率是一个关键的性能指标，它衡量了从燃料化学能到电能转换过程中的能源利用效率。这一效率受到燃烧效率、热力循环参数、设备材料性能、系统热损失以及外部环境因素的影响。为了提高能源转换效率，需要优化燃烧过程，如改进燃烧器设计和精确控制燃料与空气的比例；优化热力循环设计，如采用再热循环和回热循环；选择高效率的设备和优质材料；减少系统热损失，如改进绝热材料和回收利用废热；并考虑外部环境因素，如温度、湿度和海拔^[4]。通过这些措施，可以显著提高火力发电系统的能源转换效率，实现更高效、清洁和可持续发展的能源利用。

二、能源转换效率优化理论

（一）能源转换效率定义及计算方法

能源转换效率是衡量火力发电系统能效的关键指标，它反映了从燃料化学能到电能的转换效率。这一效率的计算基于能量守恒定律，通过比较发电过程中产生的电能与燃料燃烧释放的化学能之比来评估。计算公式为： $\eta = (\text{输出功率} / \text{输入的化学能}) \times 100\%$ ，其中输出功率是发电机产生的电能，输入的化学能是燃料的燃烧热值与消耗燃料的质量之乘积^[5]。在实际操作中，考虑到测量误差、运行条件、负荷率等因素，需要对计算结果进行修正和校准，以获得更准确的评估。此外，系统的运行条件、负荷率、燃料质量、设备老化等因素也会影响能源转换效率。

（二）能源转换效率优化原理

能源转换效率优化是一个复杂的过程，旨在通过减少不可逆损失来提高系统热效率，实现更高的能源转换效率。这个过程基于热力学的基本原理，包括能量守恒定律和能量品质与熵的关系。为了提高能源转换效率，必须深入理解系统内部能量转换和传递的过程，并采取措施减少能量损失。燃烧过程优化通过改进燃烧技术和精确控制燃料与空气比例提高效率。热力循环优化包括采用先进的热力循环设计减少热损失^[6]。设备和材料的性能提升以及采用先进的控制和监测技术也有助于减少能量损失。此外，通过改善设备和系统的维护，减少摩擦和磨损，提高设备和系统的运行效率，也是提高能源转换效率的重要措施。通过综合应用热力学原理、先进的材料和技术，以及有效地管理和操作策略，可以实现能源转换效率的显著提高，为可持续发展做出贡献。

（三）能源转换效率优化方法

能源转换效率优化方法涉及火力发电系统的整个过程，旨在减少能源损失，提高整体能源转换效率。这包括优化燃烧效率、

热力循环、减少热损失，并采用先进材料和技术。优化燃烧效率包括改进燃烧器设计、精确控制燃料与空气比例、提高燃料细度。优化热力循环涉及采用超临界锅炉技术、再热循环和回热循环。减少热损失可通过使用优质绝热材料、优化系统设计、实施热电联产或热回收系统。采用先进材料和技术，如高效率设备、控制系统和监测技术，以及定期维护和检修，有助于提高能源转换效率。

三、火力发电系统能源转换效率仿真分析

（一）仿真模型建立

火力发电系统能源转换效率仿真分析采用计算机模拟技术进行虚拟实验，以评估和优化系统效率。这一过程的基础和关键步骤是建立仿真模型，这需要收集系统的详细数据和参数，包括主要设备的设计和运行参数、燃料性质以及环境条件。在仿真模型中，通过使用质量守恒、能量守恒和动量守恒方程来描述系统中的能量和物质转换过程，并通过数值方法求解这些非线性方程。为了确保模型的准确性，需要考虑各种运行条件下的变化，并进行验证和校准，通过与实际运行数据或实验数据的比较来完成。通过这种方式，可以模拟和预测系统在不同运行条件下的性能表现，从而为火力发电系统的能源转换效率优化提供科学依据。

（二）仿真参数设置

仿真参数设置是火力发电系统能源转换效率仿真分析的核心环节，其准确性和可靠性直接影响到仿真结果。这一过程涉及锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的运行参数，以及燃料性质和环境条件等外部因素。参数设置需依据设计文件、运行记录和实验测试等数据，以确保仿真模型精确反映实际运行状态。锅炉参数如燃烧热值、效率等，汽轮机参数如进口温度、排汽温度等，发电机参数如效率、功率因数等，均需细致设定^[7]。同时，环境条件如温度、湿度、海拔等对系统性能的影响亦需纳入考量。此外，系统运行的动态性和不确定性，如负荷变化、燃料切换、设备老化等，亦需在仿真模型中得到充分体现。通过这些细致的参数设置，仿真模型能够为火力发电系统的能源转换效率优化提供科学依据。

（三）仿真结果分析

仿真结果分析是火力发电系统能源转换效率仿真分析的最终关键步骤，它确保数据的真实可靠，深入评估系统性能，发现问题，并为优化提供科学依据。这一过程包括对仿真结果的初步检验、整体和子系统性能分析、关键参数和变量的识别，以及采用敏感性分析和优化算法等先进工具和方法。通过对比仿真结果与实际运行数据，验证仿真模型的准确性和可靠性，为工程设计和运行提供指导，确保仿真分析的有效性和适用性。

四、火力发电系统能源转换效率优化实践

（一）燃料选择与质量控制

火力发电系统能源转换效率优化实践中的燃料选择与质量控

制至关重要，选择高热值、低污染燃料能提高效率和环保性。为确保燃料质量，发电企业需严格控制燃料的采购、储存、运输和使用过程，并通过抽样检测、化学分析等方法进行质量监测。优化燃料混合比例和燃烧方式，采用先进的燃烧技术和设备，以及考虑燃料供应稳定性、价格波动等因素，均有助于提高燃烧效率和减少污染物排放^[9]。发电企业需综合考虑燃料的经济性、可靠性和环保性，以确保长期稳定运行和可持续发展。通过这些措施，可以提高燃烧效率和发电系统的整体性能，减少能源消耗和环境污染，实现更可持续的能源发展。

（二）燃烧过程优化

燃烧过程优化是火力发电系统能源转换效率提高的关键环节，涉及多个方面的调整和改进。优化燃烧器设计和精确控制燃料与空气比例是基础，以提高燃料的混合效果和燃烧效率^[9]。监测燃烧过程并采用先进技术，如富氧燃烧和煤气化，可以进一步提高效率和减少污染物排放。整体优化包括燃料供应系统、燃烧室设计和传热效率，以实现燃烧过程的整体优化，从而提高能源转换效率。通过这些措施，可以显著提升燃烧效率，减少能源消耗和环境污染，实现更高效的能源转换。

（三）热力系统优化

火力发电系统能源转换效率优化实践中的热力系统优化，旨在提高锅炉和汽轮机的热效率，减少能量损失，实现更高效的能源转换。这包括锅炉优化、汽轮机优化、发电机优化、热力循环优化以及热力系统整体优化。通过提高锅炉温度和压力、采用超临界或超超临界技术、优化设计参数等，以及提高汽轮机进口温度和压力、优化叶片设计等，可以显著提高锅炉和汽轮机的热效率。同时，通过优化发电机的效率和运行参数，以及采用再热循环、回热循环等热力循环优化措施，可以进一步提高能源转换效率。此外，从整体角度优化热力系统的运行参数、改进设计和运行方式等，可以实现热力系统整体优化，从而提高能源转换效

率。通过这些综合措施，可以显著提高能源转换效率，减少能源浪费，实现更可持续的能源发展。

（四）减少能量损失措施

火力发电系统能源转换效率优化实践中的减少能量损失措施，旨在提高能源利用效率，降低能源消耗和环境污染。这些措施涉及锅炉、汽轮机、发电机、冷凝器等各个环节，以及系统的运行和维护^[10]。具体措施包括优化锅炉和冷凝器的设计和运行参数，减少热损失；通过优化汽轮机和发电机的叶片设计、运行参数，提高效率；定期检查和维护设备，及时发现和解决问题；实施热电联产或热回收系统，充分利用废热；以及采用先进的控制系统，实现实时监控和优化运行。通过这些措施，可以显著提高能源利用效率，降低能源消耗和环境污染，实现更可持续的能源发展。

五、结束语

本论文对火力发电系统中的能源转换效率优化进行了研究。通过分析火力发电系统的能源转换过程，发现了影响能源转换效率的主要因素，并提出了相应的优化措施。同时，通过对火力发电系统各环节的深入研究，为火力发电行业的能源转换效率优化提供了理论支持和实践指导。

然而，本论文仍存在一定的局限性。研究过程中仅针对某一特定型号的火力发电系统进行了实验分析，未能涵盖所有类型的火力发电系统。由于实验条件限制，部分优化措施在实际应用中可能存在一定的局限性。

总之，本论文对火力发电系统中的能源转换效率优化进行了深入研究，取得了一定的研究成果。希望通过后续研究的不断推进，为火力发电行业的可持续发展和技术进步贡献力量。

参考文献

[1]赵万帅. 火力发电节能研究 [J]. 中国高新技术企业, 2016,(10):80-81.DOI:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2016.10.039.

[2]姜志俊. 探讨火力发电厂变压器的安装与调试技术 [J]. 科技信息, 2017(5):195,197.

[3]任玉珑. 面向协调发展的火电行业效率综合评价 [J]. 华东经济管理, 2011,(4).

[4]刘丽珍. 火电行业清洁生产评价与体会 [J]. 能源环境保护, 2011,(1).

[5]路路. 电力行业低碳减排对策的研究进展 [J]. 环境科学与技术, 2010,(S2).

[6]张瀚升. 火力发电机组停炉保护 [J]. 中国新技术新产品, 2016,(18):76-77.DOI:10.13612/j.cnki.entropy.2016.18.050.

[7]田艳松. 智慧消防在火力发电技术中的应用研究 [J]. 消防界(电子版),2023,9(09):44-46.DOI:10.16859/j.cnki.cn12-9204/tu.2023.09.024.

[8]任磊磊. 火力发电企业有限空间作业安全管理 [J]. 电器工业, 2022,(07):53-57.

[9]桑强. 火力发电中热能动力装置的维护及检测分析 [J]. 中国设备工程, 2022,(06):59-60.

[10]王竞懿. 火电厂热能动力系统优化与节能改造研究 [J]. 河南科技, 2020,39(26):142-144.

新能源接入对电力系统电气特性的影响及应对策略

冉勇

贵州西能电力建设有限公司鸭溪储能电站, 贵州 遵义 563000

摘要： 随着新能源的快速发展，储能技术在电力系统中的应用日益受到关注。

本文综合论述了新能源储能技术的相关内容，具体包括储能技术的分类、特性及其在新能源接入中的关键作用，并探讨了其对我国新能源发展的重要影响。紧接着，深入分析了新能源接入对电力系统电气特性的影响，涉及新能源并网方式、储能接入结构，以及系统电压、频率、暂态稳定性和短路电流等方面的变化情况。在此基础上，本文进一步探讨了储能技术在新能源接入电力系统中的多元化应用，包括但不限于调峰能力分析、调频应用、增强电压稳定性以及提升系统抗扰动能力等方面。文章结尾部分，对储能系统的优化配置与控制策略进行了详细研究，涵盖了容量配置方法、功率分配策略、运行控制策略以及与新能源的协同控制机制。

关键词： 储能系统；新能源接入；电力系统电气特性；调峰能力；调频应用

Influence of New Energy Access on Electrical Characteristics of Power System and Countermeasures

Ran Yong

Yanxi Energy Storage Power Station, Guizhou Xineng Electric Power Construction Co., Ltd. Zunyi, Guizhou 563000

Abstract： With the rapid development of new energy, the application of energy storage technology in power systems has attracted increasing attention.

This paper comprehensively discusses the relevant contents of new energy storage technology, including the classification, characteristics and key role of energy storage technology in new energy access, and discusses its important influence on the development of new energy in China. Then, the impact of new energy access on the electrical characteristics of the power system is deeply analyzed, involving the grid-connected mode of new energy, the energy storage access structure, and the changes in system voltage, frequency, transient stability and short circuit current. On this basis, this paper further discusses the diversified applications of energy storage technology in new energy access power systems, including but not limited to peak load capacity analysis, frequency modulation applications, enhancing voltage stability and improving system anti-disturbance ability. At the end of the paper, the optimal configuration and control strategy of the energy storage system are studied in detail, including capacity allocation method, power distribution strategy, operation control strategy and collaborative control mechanism with new energy.

Keywords： energy storage system; new energy access; electrical characteristics of power system; peak load capacity; frequency modulation application

引言

随着全球能源危机和环境问题的日益严重，新能源的开发和利用成为各国实现能源结构优化和可持续发展的关键途径。我国政府高度重视新能源产业发展，积极推动风能、太阳能等可再生能源的广泛应用。然而，新能源的间歇性、波动性和不确定性等特点，给电力系统的安全稳定运行带来了诸多挑战。在此背景下，新能源储能技术作为一种有效的解决方案，逐渐成为研究热点。

新能源储能技术具有调峰、调频、改善电能质量等功能，对于促进新能源的高比例接入和电力系统的安全稳定运行具有重要意义。本文围绕新能源接入对电力系统电气特性的影响及应对策略，重点关注储能技术在其中的作用，旨在为我国新能源发展和电力系统运行提供理论依据和实践指导。

一、新能源储能概述

随着能源结构的转型和清洁能源需求的不断增长，新能源储能技术作为支撑新能源发展的关键环节，受到了广泛关注。以下

将从储能技术的分类及特点、在新能源接入中的应用，以及对我国新能源发展的作用三个方面进行详细阐述。

（一）储能技术分类及特点

储能技术种类繁多，主要包括物理储能（如抽水蓄能、压缩

空气储能)、化学储能(如锂离子电池、铅酸电池)和电磁储能(如超级电容器、飞轮储能)等。

例如压缩空气储能主要是运用分子内力进行相应的发电,当负荷处于低谷时期利用空气压缩的方法将其科学地储存在相关的容器当中。当用电高峰时期能够及时合理地将空气进行释放,进而能够顺利驱动涡轮机进行运行,保障其可以符合发电要求^[1]。这些技术各具特点,如物理储能具有大规模、长周期存储能力,化学储能则具有响应速度快、安装灵活等优点,而电磁储能则以其高功率密度和长寿命周期著称。

(二) 储能系统在新能源接入中的应用

储能系统在新能源接入中的应用主要体现在以下几个方面:一是平抑新能源出力的波动性,提高电力系统的稳定性和可靠性;二是实现新能源发电的调峰填谷,提高电网的调度灵活性;三是为电网提供备用支持,增强系统的抗扰动能力;四是通过能量时移,提高新能源发电的经济性。

(三) 储能对我国新能源发展的作用

储能技术对我国新能源发展的作用不可小觑。储能技术为新能源的广泛接入提供了关键的技术支撑,有效解决了新能源并网过程中遇到的技术挑战。此外,储能技术的应用显著促进了新能源的利用率,通过减少弃风弃光现象,大幅提升了能源转化效率^[2]。最终,储能技术的持续发展催生了新能源产业链的优化与升级,为我国新能源产业的稳定与长期发展注入了强劲动力。

二、新能源接入对电力系统电气特性的影响

新能源的广泛接入,虽然为电力系统的可持续发展注入了活力,但同时也给系统的电气特性带来了诸多挑战。以下将从新能源并网方式及储能接入结构、对系统电压的影响、对系统频率的影响、对系统暂态稳定性的影响,以及对系统短路电流的影响五个方面,详细探讨新能源接入对电力系统电气特性的影响。

(一) 新能源并网方式及储能接入结构

新能源并网主要有直接并网和储能并网两种模式。直接并网因其简便性而被广泛采用,但新能源出力波动可能导致电网频率和电压不稳。储能并网则通过储能装置的调节功能,有效平滑出力波动,提高电网运行质量。在储能接入设计上,集中式与分布式储能各具优势,对电网稳定性与响应速度影响显著。集中式储能以其大容量为电网提供强有力支持,尤其在应对大规模新能源并网时效果显著;分布式储能则凭借灵活性与分散性,在局部区域迅速响应,提升电能质量与系统抗扰能力^[3]。

(二) 新能源接入对系统电压的影响

新能源接入对电力系统电压稳定性造成挑战,易引发电压波动和偏差。负荷高峰期,新能源出力波动可能导致电压下降,加大电网调压压力;负荷低谷期,发电过剩则引起电压上升。这些波动威胁电网设备运行,缩短设备寿命,影响用户电能质量,如照明闪烁、电机效率下降、电子设备故障。因此,维持电压稳定对电网健康和用户用电至关重要。系统运营商需采取措施,如优化新能源预测、调整调度策略、提升调压能力,以应对新能源并

网电压波动。

(三) 新能源接入对系统频率的影响

新能源发电的间歇性和不确定性给电力系统频率稳定性带来挑战。出力骤减时,有功功率失衡导致频率上升,危及发电机运行及电网稳定性;出力过剩则引起频率下降,同样威胁系统稳定。频率波动对发电机转速控制及电网同步设备提出严格要求,影响系统动态稳定性和电能质量^[4]。维持频率稳定对电网安全至关重要。运营商需提升新能源预测精度、优化调度、增强调频资源及实施频率控制措施,保障系统稳定与供电连续性。

(四) 新能源接入对系统暂态稳定性的影响

新能源接入对电力系统暂态稳定性造成影响,尤其在故障情况下,其动态响应与传统火电差异显著,可能削弱系统恢复能力。快速脱网或减载行为加剧暂态功率不平衡,降低稳定性^[5]。因此,接入时需考量其对暂态稳定性的影响,实施措施如优化新能源控制策略、提升快速调频能力、增强故障应对的有功无功支撑及有效故障处理方案,以确保系统稳定性,保障供电可靠性与电网安全。

(五) 新能源接入对系统短路电流的影响

新能源接入影响电力系统短路电流水平,须在系统设计与运行中细致考量。新能源设备并入可能提升短路电流,增加电网设备负担。同时,储能系统接入改变短路电流分布,影响保护装置配置。储能系统快速响应提供电流补偿,减轻设备负担,但可能导致电流分布不均,对保护装置的灵敏度和选择性提出新要求。

三、储能技术在新能源接入电力系统中的应用

储能技术作为新能源接入电力系统的重要支撑,其应用范围广泛,发挥着不可替代的作用。以下将重点分析储能系统在调峰、调频、改善电压稳定性以及提高系统抗扰动能力等方面的应用,以揭示其在新能源电力系统中的关键角色。

(一) 储能系统调峰能力分析

储能系统在调峰方面的能力主要体现在以下几个方面:储能系统在电力需求低谷时能够有效储存过剩的新能源电力,避免资源浪费。同时,在电力需求高峰期,储能系统释放所储存的电能,以迎合电网的峰值需求,进而实现供需平衡,显著提升电网的运行效率^[6]。此外,储能系统的快速响应能力使其能够有效地参与电网的二次调峰,进一步优化电力系统的负荷曲线。

(二) 储能系统调频应用

储能系统凭借其独特的快速响应特性,能够实时调节电力系统频率,确保其在规定的工作范围内稳定运行。当系统频率出现波动,不论是因负荷的突然增加还是减少,储能系统都能迅速介入,通过吸收多余的能量或释放储备的电能,以平衡供需关系,从而有效地稳定频率。这种调频能力不仅提升了电力系统的动态响应性能,而且减轻了传统调频资源的工作压力,提高了电力系统的运行效率和可靠性^[7]。储能系统的调频应用,是现代电力系统优化控制策略的重要组成部分,对于促进可再生能源的融合、提升电网智能化水平具有重要意义。

（三）储能系统改善电压稳定性

储能系统通过调节充放电功率，能够在电力系统电压波动时提供有效支撑。在电压下降时，储能系统可以快速放电，提供额外的无功功率支持，从而提升系统电压；相反，在电压上升时，储能系统可以吸收多余的电能，降低系统的电压水平。这种灵活的电压调节能力，对于改善新能源接入后的电压稳定性具有重要意义。

（四）储能系统提高系统抗扰能力

储能系统在提高电力系统抗扰能力方面发挥着关键作用。在面对系统故障或外部扰动时，储能系统可以迅速响应，提供必要的有功和无功支持，帮助系统恢复正常运行^[8]。这种能力不仅能够减少系统故障的影响范围和持续时间，还能够提高电力系统的可靠性和韧性。

四、储能系统优化配置与控制策略

为了充分发挥储能系统在新能源接入电力系统中的重要作用，需要对储能系统进行合理的优化配置和精确的控制策略设计。以下将从储能系统容量配置方法、功率分配策略、运行控制策略以及与新能源协调控制四个方面，详细探讨储能系统的优化配置与控制策略。

（一）储能系统容量配置方法

储能系统容量的合理配置对其高效运行至关重要，涉及多个精细步骤：初始阶段，基于电力需求和新能源特性分析，明确储能系统的功能定位；继而，考虑系统负荷变化、新能源出力波动及电网调度需求，进行储能系统容量需求的精确评估；最终，借助技术经济分析，实现储能系统容量配置的最优化，以均衡投资成本与运行效益^[9]。此过程需专业知识、精确模型及对市场、政策和趋势的综合考量，确保储能系统长期稳定与经济性。

（二）储能系统功率分配策略

储能系统功率分配策略对其性能和寿命至关重要。确保策略合理性的关键在于：一是依据储能系统实时状态（如SOC、SOH）进行功率分配，以优化资源利用；二是根据电力系统需求动态调整充放电功率，保障运行稳定与效率；三是通过优化充放

电循环，减少深度放电和过度充电，延长寿命，降低维护成本。高效功率分配策略能提升储能运行效能，确保可靠性，最大化成本效益。

（三）储能系统运行控制策略

储能系统的运行控制策略是保障其安全性与高效运行的关键。该策略需涵盖以下要点：初始阶段，保障储能系统在预设的工作参数内稳定运行，避免运行偏差；进一步，应用先进的预测控制和反馈控制技术，增强储能系统对电力系统动态响应的敏捷性和控制准确性^[10]；此外，编制全面的应急预案，确保在极端情况下储能系统可安全停机或快速转换至备用模式，以维护系统的整体安全性和可靠性。通过这些综合性的控制策略，可以最大限度地发挥储能系统的性能，同时降低运行风险。

（四）储能系统与新能源协调控制

储能与新能源的协同控制对提升电力系统性能至关重要。策略应集成以下要素：预先根据新能源预测调整储能充放电，优化能量管理；建立储能与新能源发电的实时通信与控制，确保运行协同；精细化调度储能，提高新能源利用率，减少弃电，提升系统效率。此策略实施有助于稳定接入新能源，促进电力系统可靠运行与可持续发展。

五、结束语

全文探讨了新能源接入电力系统的必要性与挑战，储能技术在应对这些挑战中的重要地位，以及储能系统的优化配置与控制策略本文的研究成果为新能源接入电力系统领域提供了理论依据和实践指导，对于推动我国新能源事业的发展、保障电力系统安全稳定运行具有重要意义。

尽管本文取得了一定的研究成果，但仍存在局限性，例如未充分考虑多种新能源及储能设备之间的相互作用，以及不同运行场景下的影响。展望未来，新能源接入电力系统的研究将更加深入，涉及更多领域和层面的探讨，以期为我国新能源事业的持续发展提供更加全面的支持。总之，本文的研究成果为新能源接入电力系统领域的发展奠定了基础，有望为相关领域的研究和实践提供参考。

参考文献

- [1]王哲. 储能技术在新能源电力系统中的应用[J]. 光源与照明, 2024,(01):237-239.
- [2]王周毅. 新能源发电技术在电力系统中的应用[J]. 电子技术, 2023,52(12):88-89.
- [3]谭勇林. 新能源发电技术在电力系统中的应用[J]. 光源与照明, 2022,(12):240-242.
- [4]薛福, 马晓明, 游焰军. 储能技术类型及其应用发展综述[J]. 综合智慧能源, 2023,45(09):48-58.
- [5]许传博, 刘建国. 氢储能在我国新型电力系统中的应用价值、挑战及展望[J]. 中国工程科学, 2022,24(03):89-99.
- [6]宋智勇. 风力发电系统中储能技术的应用分析[J]. 电气时代, 2023,(08):44-46.
- [7]沈通. 考虑配电网分布式电源可靠性的储能技术应用研究[D]. 山东大学, 2018.
- [8]许嘉雯. 储能技术在新能源发电技术中的应用研究[J]. 应用能源技术, 2023,(12):41-45.
- [9]吕志敏. 自动控制与储能技术在智能微电网中的应用[J]. 储能科学与技术, 2023,12(11):3581-3582.
- [10]朱正印, 刁智伟, 毕素玲, 等. 新能源电力系统中储能技术的应用探究[J]. 电工技术, 2023,(S1):253-255.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2023.25.088.

关于风电设备在线带电清洗作业的研究

史明亮, 贺彦伟, 明亮, 李万里, 傅永安
国华(哈密)新能源有限公司, 新疆 哈密 839000

摘 要 : 风力发电机在运行过程中会受到灰尘、雨水、杂质等影响, 导致风叶表面附着有大量灰尘, 影响风力发电机的正常工作。风力发电机是风力发电系统中的重要组成部分, 运行性能直接影响整个发电系统的正常工作。本文深入研究了风电设备在线带电清洗作业的技术原理、作业流程、关键技术、安全风险控制及当前存在的问题, 并提出了相应的改进建议。本研究对于提高风电设备清洗效率和清洁度、保障设备安全运行、促进风电行业可持续发展具有重要意义。

关 键 词 : 风电设备; 在线带电清洗; 作业安全; 清洗技术

Research on Online Live Cleaning Operation of Wind Power Equipment

Shi Mingliang, He Yanwei, Ming Liang, Li Wanli, Fu Yong'an
Guohua (Hami) New Energy Co., Ltd. Hami, Xinjiang 839000

Abstract : Wind turbines are affected by dust, rainwater, impurities, and other factors during operation, resulting in a large amount of dust adhering to the surface of the wind blades, which affects the normal operation of the wind turbine. Wind turbines are an important component of wind power generation systems, and their operational performance directly affects the normal operation of the entire power generation system. This article delves into the technical principles, operational processes, key technologies, safety risk control, and current issues of online live cleaning of wind power equipment, and proposes corresponding improvement suggestions. This study is of great significance for improving the cleaning efficiency and cleanliness of wind power equipment, ensuring the safe operation of equipment, and promoting the sustainable development of the wind power industry.

Keywords : wind power equipment; online live cleaning; homework safety; cleaning technology

引言

随着全球能源结构的转型和可持续发展战略的深入实施, 风电作为清洁、可再生的能源形式, 其发展速度迅猛, 已成为全球能源供应体系中的重要组成部分。然而, 风电设备在运行过程中, 不可避免地会受到环境因素的影响, 导致设备表面积累大量污垢和污染物, 这不仅降低了设备的发电效率, 还可能对设备的正常运行造成安全隐患。因此, 定期对风电设备进行清洗维护, 保持其清洁状态, 是确保风电场高效、稳定运行的关键环节。

传统的风电设备清洗方式多为离线清洗, 需要停机后进行人工清洗或机械清洗。这种方式存在诸多弊端, 停机清洗会导致风电场发电量减少, 造成经济损失; 人工清洗成本高、劳动强度大, 清洗效果难以保证^[1]。因此, 探索一种高效、安全、经济的风电设备清洗方式显得尤为重要。在线带电清洗技术正是在这一背景下应运而生。本文旨在深入研究风电设备在线带电清洗作业, 探讨在线带电清洗技术在风电设备清洗中的应用效果及优势, 为风电行业提供一种新的、高效的清洗解决方案。本文希望通过对风电设备在线带电清洗作业的全面研究, 为推动风电行业的可持续发展贡献一份力量。

一、风电设备在线带电清洗技术概述

(一) 技术原理

风电设备在线带电清洗技术, 是指在风电设备正常运行、带电状态下进行的清洗作业。技术原理主要基于特定的清洗剂和清洗工艺, 这些清洗剂需具备高绝缘性、低腐蚀性、良好的溶解和分散能力, 以及在电场作用下保持稳定性的特性。在清洗过程中, 清洗剂通过特定的喷洒装置均匀覆盖在设备表面, 利用清洗剂对污垢的溶解、乳化、剥离等作用, 将设备表面的污物、油

脂、盐渍等有效去除^[2]。通过控制清洗剂的参数, 确保清洗过程对设备本身的电气性能和机械性能不造成损害。在线带电清洗技术的另一个关键要素是电场保护。由于风电设备在运行过程中会产生高压电场, 清洗作业必须在保证人员安全的前提下进行。通过采用绝缘性能良好的清洗工具、穿戴专业的防护装备、设置安全隔离区域等措施来实现。

(二) 技术特点与优势

风电设备在线带电清洗技术相较于传统离线清洗方式, 具有显著的技术特点和优势。该技术实现了清洗作业与设备运行的同

步进行，避免了因停机清洗而造成的发电量损失和经济损失。在线清洗能够更彻底地清除设备表面的顽固污垢，提高清洗效果，延长设备使用寿命。该技术采用自动化或半自动化的清洗设备，降低了人工劳动强度，提高了清洗效率。通过精准控制清洗剂的用量和浓度，减少了化学品的浪费和环境污染，符合绿色发展的要求。

风电设备在线带电清洗技术的优势主要体现在：经济效益显著，减少了因停机清洗带来的发电损失。清洗效果好，能够彻底清除设备表面的污垢，提高发电效率。安全性高，通过严格的电场保护措施和实时监测技术，确保清洗作业的安全进行。环保节能，采用低腐蚀性、易降解的清洗剂，减少了对环境的污染。灵活性强，能够适应不同型号、不同运行状态的风电设备的清洗需求。

二、风电设备在线带电清洗作业流程与关键技术

（一）作业前准备

在进行风电设备在线带电清洗作业之前，充分的准备工作是确保作业顺利进行和保障安全的关键。首先，需要对风电设备的运行状态进行全面评估，确定清洗作业的安全性和可行性。根据设备的具体型号、结构和污染程度，制定详细的清洗方案。其次，清洗剂的选择是作业前准备的重要环节。清洗剂需具备高绝缘性、低腐蚀性、良好的溶解和分散能力，以及适合在电场中使用的稳定性；还需考虑清洗剂的环保性，确保在使用过程中不会对环境及设备造成二次污染。此外，作业前还需准备高压清洗机、喷枪、防护服、绝缘手套、安全帽等必要的清洗设备和工具，这些设备和工具需经过严格的安全检查，确保其绝缘性能和机械性能符合使用要求^[3]。最后，作业前需对清洗作业人员进行专业培训和安全教育。培训内容应包括清洗剂的性能特点、使用方法和注意事项，清洗设备的操作和维护知识，以及电场保护和应急处理措施等。通过培训，使清洗作业人员熟悉作业流程和安全规范，增强安全意识和应急处理能力。

（二）清洗作业实施

在作业前准备充分的基础上，可以开始风电设备在线带电清洗作业的实施。清洗作业的实施应严格按照清洗方案进行，遵循“先易后难、先上后下、先外后内”的原则。首先，使用软毛刷、吸尘器等工具对设备表面进行初步清理，去除大块污垢和杂物，避免使用金属工具刮擦设备表面损坏绝缘层。然后，根据清洗方案，将清洗剂按照一定比例稀释后，通过高压清洗机或喷枪均匀喷洒在设备表面。在喷洒过程中，注意控制喷洒压力和角度，避免清洗剂溅入设备内部或对人体造成伤害。喷洒清洗剂后，等待一段时间让清洗剂充分渗透和溶解污垢。在等待过程中，密切关注设备的运行状态和电场变化情况，确保清洗作业不会对设备的安全运行造成影响^[4]。最后，使用高压清洗机或清水对设备表面进行冲洗，将溶解后的污垢和清洗剂彻底清除。在冲洗过程中，注意冲洗水的流向和速度控制，避免冲洗水溅入设备内部或对人体造成伤害。冲洗完成后，使用干净的布或纸巾将设备表面擦

干，避免水分残留导致设备腐蚀或短路。

（三）关键技术探讨

在风电设备在线带电清洗作业中，关键技术包括清洗剂的选择与配比、清洗工艺的设计与优化、电场保护技术的应用等，清洗剂的选择与配比是影响清洗效果和安全性的的重要因素。选择合适的清洗剂并合理配比可以确保清洗剂在电场中保持稳定性和绝缘性，同时具有良好的溶解和分散能力。清洗工艺的设计与优化也是提高清洗效率和效果的关键。通过优化清洗工艺参数如喷洒压力、喷洒角度、等待时间等可以进一步提高清洗效果并减少清洗时间和成本。电场保护技术则是保障清洗作业安全进行的重要保障措施之一。通过采用绝缘性能良好的清洗设备和工具、设置安全隔离区域等措施可以有效降低电场对清洗作业人员和设备的影响确保清洗作业的安全进行。

三、风电设备在线带电清洗的安全与风险控制

（一）安全风险识别

安全风险识别作为风电设备在线带电清洗作业安全管理的首要环节，要求在作业前详尽梳理并评估所有潜在风险。这些风险涵盖电击风险，即作业人员未采取充分绝缘措施时可能因设备高压电场而遭受电击；坠落风险，源于风电设备高处作业环境的特殊性，增加了高空坠落的风险；化学危害，清洗剂中的腐蚀性或刺激性成分可能对作业人员的皮肤和眼睛构成直接威胁；机械伤害，操作不当的清洗设备和工具可能导致的意外伤害；以及环境风险，包括作业过程对环境的潜在污染及恶劣天气对作业安全性的不利影响。全面识别并评估这些风险，是确保风电设备在线带电清洗作业安全进行的重要前提。

（二）安全管理体系构建

为确保风电设备在线带电清洗作业的安全进行，需构建一套全面的安全管理体系。该体系应涵盖安全规章制度的建立，明确操作规程、应急预案及安全职责；加强安全培训，提升作业人员的安全意识和操作技能；提供符合标准的个人防护装备，如绝缘服、手套、安全帽及防护眼镜，以保障作业人员人身安全；强化设备安全管理，通过定期检查与维护保养，确保清洗设备处于最佳工作状态与绝缘性能；在作业现场设置安全警示标志和隔离区域，禁止非作业人员进入作业区域。同时加大现场巡查和监控力度，及时发现并处理安全隐患。

（三）风险控制策略

在识别安全风险并构建安全管理体系的基础上，需要制定有效的风险控制策略以进一步降低风险。采用先进的清洗技术和设备降低作业难度和风险。例如使用自动化清洗设备减少人工操作风险；选用低腐蚀性、环保型清洗剂减少化学危害等。通过加强安全管理、完善安全规章制度等措施提高管理水平降低管理风险。例如建立严格的安全检查制度确保作业前对设备、工具和个人防护装备进行全面检查；建立安全隐患排查机制及时发现并处理潜在的安全隐患等。制定详细的应急预案并定期组织演练提高应急响应能力。在发生紧急情况时能够迅速启动应急预案采取有

效措施控制事态发展减少损失和影响^[6]。

四、存在问题与改进建议

（一）问题分析

1. 技术标准化不足

目前，风电设备在线带电清洗技术尚未形成统一的技术标准和规范。不同厂家、不同型号的设备在清洗过程中可能需要采用不同的清洗剂、清洗工艺和清洗设备，这增加了清洗作业的复杂性和不确定性。

2. 清洗剂选择困难

清洗剂的选择是清洗作业中的关键环节。市场上清洗剂种类繁多，性能各异，不同清洗剂对设备材质、绝缘性能的影响也不尽相同。在选择清洗剂时，需综合考虑清洗效果、腐蚀性、环保性等多种因素，这给清洗作业带来了一定的困难^[5]。

3. 安全风险较高

风电设备在线带电清洗作业涉及高压电场和复杂的机械结构，安全风险较高。如果作业人员缺乏必要的安全知识和技能，或安全管理体系不完善，可能导致电击、坠落、化学危害等安全事故的发生。

4. 清洗效果评估困难

清洗效果的评估是判断清洗作业是否成功的重要标准。由于风电设备结构复杂、表面积大且分布广泛，难以对清洗效果进行全面、准确的评估。不同清洗剂、不同清洗工艺对清洗效果的影响也存在差异，这进一步增加了评估的难度。^[7]

（二）改进建议

1. 加强技术标准化建设

推动风电设备在线带电清洗技术的标准化进程，制定统一的技术标准和规范。通过标准化建设，明确清洗作业的技术要求、操作流程和安全规范，提高清洗作业的规范性和可操作性。加强与国际先进技术的交流与合作，引进和消化国际先进技术成果，

提升我国风电设备在线带电清洗技术的整体水平。^[8]

2. 优化清洗剂选择

加强对清洗剂的研究和开发工作，开发出性能优良、环保型、适用范围广的清洗剂。在选择清洗剂时，综合考虑清洗效果、腐蚀性、环保性等因素，根据设备材质、绝缘性能等具体情况进行选择。建立清洗剂性能评价体系和数据库，为清洗剂的选择提供科学依据。

3. 完善安全管理体系

建立健全风电设备在线带电清洗作业的安全管理体系，明确安全管理职责和操作流程。加强作业人员的安全教育和培训工作，提高安全意识和操作技能水平。建立安全隐患排查机制和安全风险评估体系，及时发现并处理潜在的安全隐患。加大现场安全管理力度，确保作业现场的安全有序。^[9]

4. 建立清洗效果评估体系

建立科学、合理的清洗效果评估体系和方法，对清洗效果进行全面、准确的评估。评估体系应包括清洗前后的对比测试、清洗效果的量化指标和评估标准等内容。通过评估体系的建立和实施，及时发现清洗作业中存在的问题和不足。^[10]

五、结语

通过深入探讨，不仅加深了对风电设备在线带电清洗技术的理解，也为该技术的进一步优化和发展提供了有益的思路。我们需要不断加强技术研发和创新，提高清洗效率和效果，降低作业成本和安全风险。我们还需要加强行业标准的制定和推广，促进技术的规范化和标准化发展。加强人才培养和团队建设也是推动该技术发展的关键。总之，风电设备在线带电清洗技术的研究与应用是一个系统工程，需要政府、企业、科研机构等多方面的共同努力。随着技术的不断成熟和完善，风电设备在线带电清洗技术将在风电运维领域发挥更加重要的作用，为风电产业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 李景洲. 风电塔筒清洗机器人设计与研究 [D]. 燕山大学, 2021.
- [2] 李玉军. 风力发电机组塔筒清洗机器人的设计与研究 [D]. 兰州理工大学, 2022.D01:10.27206/d.cnki.ggsgu.2022.001131.
- [3] 刘学来. 基于深度学习的电力设备故障诊断及系统开发 [D]. 华北电力大学 (北京), 2023.
- [4] 姚鹏, 刘洪冰, 郭志杰, 等. 风电机组变桨轴承在线清洗检查工艺 [C] // 中国农业机械工业协会风力机械分会. 第九届中国风电后市场交流合作大会论文集. 清华大学天津高端装备研究院洛阳先进制造产业研发基地; 中能智能 (北京) 能源科技有限公司, 2022: 4.
- [5] 朱俊秋. 浅析风电齿轮箱零件清洁度控制与量化检测 [J]. 中国设备工程, 2021, (19): 177-179.
- [6] 杨晓乐. 服务器带电清洗作业的应用分析 [C] // 中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集 (上册). (国华 (赤城) 风电有限公司) 河北省张家口市赤城县云州乡虎龙沟村冰峰风电场, 2023: 3.
- [7] 郭海良, 高江鹏, 汪鹏飞, 等. 变电设备带电化学清洗技术应用 [J]. 清洗世界, 2018, 34(10): 8-12+18.
- [8] 张凯. 带电作业关键技术研究进展及其前景发展 [J]. 工程技术研究, 2019, 4(14): 247-248.
- [9] 黄德明. 浅谈带电化学清洗技术在高压电力设备中的运用 [J]. 福建建材, 2021, (01): 102-103+116.
- [10] 郭文东, 马奎, 车靖阳. 大数据分析的电力设备运行安全性综合评估 [J]. 信息技术, 2021, (04): 159-163+169.

新能源发电系统中储能系统的应用探究

梁晓军

中电投陵川新能源发电有限责任公司, 山西 晋城 048300

摘 要： 储能系统可以被理解为有效存储各类能量的综合性系统。在新能源发电系统中，储能系统起到了至关重要的影响，会直接关联于整个发电系统的运行状态。但值得注意的是，储能系统在我国的发展时间相对较短，尤其是与新能源发电有关的储能系统整体并未建立完善储能机制，一定程度上制约了系统本身作用的充分体现。为此，需聚焦新能源发电系统角度，对储能系统的应用价值及应用形式加以深层次分析探索。

关 键 词： 新能源发电；发电系统；储能系统

Application of Energy Storage System in New Energy Generation System

Liang Xiaojun

CLP Investment Lingchuan New Energy Power Generation Co., Ltd. Jincheng, Shanxi 048300

Abstract： energy storage system can be understood as an integrated system to store all kinds of energy effectively. In the new energy generation system, energy storage system plays a vital role, which is directly related to the operation of the whole power generation system. But it is worth noting that the energy storage system in our country has a relatively short development time, especially the energy storage system related to new energy generation has not established a perfect energy storage mechanism as a whole, to some extent, it restricts the full embodiment of the system itself. Therefore, it is necessary to focus on the perspective of new energy generation system, and to explore the application value and application form of energy storage system.

Keywords： new energy generation; power generation system; energy storage system

前言

近些年，随着社会的不断发展及新能源技术的不断更新，整合新能源技术，逐渐成为当代电力企业发展的重要方向。在新能源发电系统中，储能技术储能系统的合理运用建设，有助于新能源发电资源价值的充分体现，切实提高电网运行安全性及稳定性。更重要的是，该项任务的稳步开展，有助于满足国家所提出的环保节能要求，促进电力产业与生态环境和谐发展。基于此，本文将选择新能源发电系统中的储能系统为研究对象，深入探索该系统的应用价值及应用形式。

一、新能源发电系统中储能系统的应用价值

新能源发电系统运行中储能系统起到了不容忽视的影响，其整体的应用价值主要体现在两方面。

一方面，可充分发挥能源的应用价值，维持能量稳定性，避免资源浪费。例如，较为常见的太阳能发电系统通常是以光伏发电原理作为根本支撑，该系统运行期间可顺利转化太阳直射形成的光能，将其转化为电能，用于一般性用电活动，如冷水加热、夜间照明^[1]。基于原理角度分析来看，在太阳能发电系统运行期间，即便不采取光电转化技术，只依靠太阳直射产生的能量，也可达到冷水加热的效果。但往往当太阳西下、夜晚来临时，能量就会消散。而光伏发电系统的存在可实现太阳能的有效储存，大

大提高能源转化效率。在各类太阳能水箱设施的辅助下，能量的内外交换也会得到有效控制，进而降低热能消散速度，避免能量的过分流散，进而规避能源浪费。

另一方面，可切实提高系统的功能优势。在新能源发电系统运行期间，储能系统的存在可对整个系统的功能体系框架形成改善，包括但不限于基本储能、补偿能力、节能及用电稳定性^[2]。例如，在常规作业模式下，电网运行期间往往需要向各地输送高于实际需求的电能。若非如此，极易引发供电中断风险，影响到社会及大众的用电体验。而在将常规电网与新能源发电系统相互整合，架构并网运行体制时，工作人员可在新能源发电系统中加设具有补偿能力的储能系统。以大型蓄电池为模块核心，实现提高供电稳定性的要求。如此一来，在电网运行期间，若其能够提

作者简介：梁晓军（1986.03—）男，汉族，山西省朔州市右玉县，本科，工程师。研究方向：新能源发电与并网。单位：中电投陵川新能源发电有限责任公司，单位所在地：山西省晋城市陵川县（邮编：048300）。

供稳定且充足的电能，新能源发电系统中因储能系统而集成的能量可自动存储于储能系统中；若其无法提供稳定且充足的电能，在并网运行的状态下，新能源发电系统会自动释放出存储于储能系统中的闲置电能，实现及时补偿，稳定电网系统的作业状态^[3]。

二、新能源发电系统中储能系统的应用形式

（一）物理储能

新能源发电系统中物理储能技术可划分为三类，分别为压缩空气储能、抽水储能以及飞轮储能。

首先，压缩空气储能系统的运用原理在于以分子内力为支撑，通过对其加以运用的方式，实现发电。当负荷相对偏低处在较稳定的低谷阶段时，还可以采取压缩空气的方式，有效转移形成的电力，将其存储于专业容器中；当负荷相对偏高或整体用电量达到高峰时，存储的电量以及被压缩的空气可以得到最大限度的释放，以提供电量尽量稳定电能基础，以释放空气驱动涡轮机运行^[4]。在新能源发电系统中，压缩空气储能系统的应用优势相对较明显，可有效延长系统运行时间，形成的能量储存容量相对较大。

其次，在物理储能领域，抽水储能的明显优势集中在规模较大，但对客观条件有较严格的要求。例如，在系统周边需建构完备的水库设施。当处在用电低谷期，需持续性开启相关设备进行水资源抽取，并有效存储下游水库资源。必要时，须将其传输至上游水库。当处在用电高峰期，则需要合理调整各设备的运行状态，使之满足发电机功能要求。该系统技术在当下的社会环境中具有较高的应用价值。一方面，其整体成本相对偏低；另一方面，操作比较简单。但该技术整体的转化率要明显低于压缩空气储能技术，仅能达到70%左右。此外，因水文因素、自然因素的影响，在利用抽水储能技术进行新能源发电时，需合理选择厂区地址与工作人员。

最后，飞轮储能在当前的新能源发电领域也受到了越来越高的关注，整体容量转化率可维持在80%左右。飞轮储能技术应用中需科学借助发动机设备，以电机功能促使飞轮高速运转进而达到储能要求。此外，在需要提供新能源电力时，处在高速运转下的飞轮也能够发挥发电机的功能优势，并间接转化动能能量，使之释放至外界负载。该类技术手段的投入成本也相对偏低，不会受到过多外部因素的影响。

（二）控制储能

新能源发电系统中，储能系统的结构复杂性相对较高，且会形成多种不同的运行模式。若无法提高控制精度，或所设定的控制策略并不精准，极易在后期系统运行中产生不可控风险，引发储能单元损毁问题，甚至会对整个电力系统及外部电网造成难以补救的冲击影响。为此，在新能源发电系统中，工作人员需将重点集中在储能控制方面，以建立控制储能系统的方式，精准管理超级电容器及蓄电池。在此基础上，加强对各类客观因素的管理分析。如储能方式、储能结构、充放电需求等，生成完备的储能

控制方案。

以较为常见的蓄电池控制为例。在控制储能时，工作人员可以选择电池荷载状态的初始值、最小允许值与最大允许值作为主要依据，以此为根本，合理调配切换控制模式。在新能源发电系统及储能系统运行期间，当蓄电池的初始值小于最小允许值，且实际功率大于0时，蓄电池应停止放电；当蓄电池初始值处在最小允许值及最大允许值之间，且实际功率大于0时，蓄电池保持继续放电状态；当蓄电池的初始值储存在最小允许值及最大允许值之间，但实际功率低于零时，蓄电池保持继续充电状态；当蓄电池初始值超出最大允许值范围，且实际功率低于0时，蓄电池自动结束充电^[5]。除此之外，在新能源发电系统中，储能系统的运行环境相对较为复杂，有诸多干扰源会对其运行状态造成威胁，进而引发信号失真问题。对此，工作人员需建立完善的反馈机制与确认机制，在控制储能系统模式切换后，可自动向系统后台、管控人员发送反馈^[6]。若工作人员未在标准时间内获得信号，或所接收的反馈信号内容有误，系统也会自动发出提醒，以便于工作人员及时赶往现场，进行故障诊断及处理。

（三）共享储能

当前，搭建完善的储能子系统已成为新能源发电系统创新发展的重要形式。在储能子系统的辅助下，诸多新能源发电系统中所配置的储能容量都会存在安全冗余，而这一条件的存在可支持整个系统更加稳定地应对处理突发情况，防止功率突变引发系统运行稳定性风险^[7]。但这一方式也会引发资源消耗，致使部分储能容量长期处在闲置状态。加之地理条件、项目规模的局限，部分新能源发电项目并未建立完备的储能系统框架。为此，可在新能源发电系统中研发共享储能系统，实现场站之间储能资源的共享流通，脱离传统新能源发电系统运行期间形成的储能壁垒。既能够满足各场站的储能需求，也可切实提高资源利用率。但在该模式推广应用期间，需做好两方面的工作。

一是结构规划。通常情况下，共享储能体系中需包含两部分。其一，公共电网；其二，新能源场站。在发展建立共享储能系统时，需充分发挥新能源场站的基础作用，使之配备完备储能单元，并加强与其他新能源场站及公共电网间的关联紧密性，构建稳定能量流传输通道。在共享储能框架下，新能源场站及公共电网所扮演的角色出现了变化。前者主要承担提供能源消费能源的责任，而后者主要承担调配能源的责任^[8]；二是供需匹配。当前随着新能源发电系统推广范围的不断扩大，与之相关的场站规模场站数量也在不断提升，储能资源调配的难度也在逐步攀升。为此，应充分发挥共享储能技术的作用，能够建立完整智能模型，有效收集当地气象信息、系统历史运行信息、设施设备故障维修案例，对未来一定时间段内系统的输出功率加以预测，进而及时调配场站需要的储能容量，生成合适调配方案。

（四）电磁储能

电子储能系统可被划分为两类，一是超导磁储能系统，二是超级电容器储能系统。

超导磁储能系统的转化能力相对偏高，可达到90%的标准。并且，该系统的合理运用，有助于新能源电力从业人员切实提高

绕组电流的稳定性,可保障其在新能源发电系统运行期间不会产生过于明显的变化,控制电能的过多消耗或损失。但该系统的使用范围相对较广,且随着使用规模的不断扩大,超导线圈因需保持较稳定的低温液体状态,所以在此方面形成的成本也在逐步攀升^[9]。该系统的主要优势体现在响应较快,且污染影响力相对偏低,甚至可忽略不计。并且,超导存储材料对于强化发动机输出性能也会起到一定的积极影响。因此,在实际工作中,工作人员可根据现场的实际情况及企业实际条件,酌情选择、合理利用。

超级电容器储能系统的特征体现在两方面,一是电容储能,二是电池储能。该储能系统的原理在于以双电层为基础,以超级电容器储能工艺为关键,实现储存能量的应用。借助该系统,在新能源发电系统运行期间,可辅助工作人员切实提高放电流程稳定性及可逆性。超级电容器储能系统的安全性相对较高,且温度阈值比较宽,甚至可满足群众对于普通电容器的使用要求^[10]。在新能源发电系统中,工作人员可尝试将该系统与蓄电池技术相互整合,以辅助蓄电池放电效能、充电效能得以有效增强。因此,在具体工作中,工作人员需对该技术的应用优势加以深层次分析,把握该系统与其他技术的融合关键点,在有效结合下,达到1+1>2的成效,大幅提升新能源发电系统运行效益。

（五）电化储能

电化学储能系统可划分为三类,分别为磷酸铁锂电池储能系统、三元锂离子电池储能系统及锂金属电池储能系统。

首先,磷酸铁锂电池的优势相对较明显,整体体积相对较小,且安全性、化学稳定性相对较高。但相较于其他电池技术,该技术的缺陷也比较明显。相比于三元锂离子电池及锂金属电池,磷酸铁锂电池的使用成本较高,且难以在高温条件下保持稳

定状态。因此,在新能源发电系统中,通常会以铅酸电池为主要电力资源,以支持储能系统的稳定运行。

其次,三元锂离子电池的容量较大,电压偏高,整体工作电压可稳定在3.6V以上。在新能源发电系统运行期间,可为其提供稳定的能量补给。此外,三元锂离子电池的充电特性放电特性相对较稳定,循环次数及电池功率密度相对较高。在该类电池材料中包含丰富的金属材料与碳材料。虽然这些材料成本偏高,但基于该技术形成的储能系统运行效益及效率也相对偏高。

最后,锂金属电池的原理体现在以锂金属为负极,在加入有机电解液条件的基础上,所形成的电池系统。相比于传统锂离子电池,锂金属电池的能量密度更高,且在串联状态下,可实现建构超大型储能系统的目标。近年来,随着新能源发电系统的不断建构,整体规模的不断扩大,锂金属电池为核心的电化学储能系统应用价值也在不断提高。新能源发电系统运行期间,锂金属电池可实现快速充电、持续使用的服务,极大增强发电系统运行综合效益。

三、结论

综上所述,在新能源发电系统中,储能系统的应用价值比较丰富。一方面,可实现电能资源的保护,避免能源浪费;另一方面,可加强新能源发电系统的功能价值。结合文本分析来看,在新能源发电系统中,储能系统的应用形式并不单一。为此,相关领域从业者需对相关专业内容加以深层次探究,能够根据具体的新能源发电系统应用要求,选择合适的储能系统架构,充分体现其应用优势,促进新能源发电系统稳定运行。

参考文献

[1]丁志康,王维俊,米红菊,等. 新能源发电系统中储能技术现状与分析 [J]. 当代化工, 2020, 49 (07): 1519-1522.
[2]陈海东,蒙飞,王庆,等. 储能系统和新能源发电装机容量对电力系统性能的影响 [J]. 储能科学与技术, 2023, 12 (02): 477-485.
[3]靳一奇. 储能参与含新能源发电系统调峰配置方式综述 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (02): 220-222.
[4]马继磊. 浅谈新能源发电系统中储能系统的应用分析 [J]. 中国设备工程, 2021, (12): 96-97.
[5]朱耿峰. 储能系统提高新能源发电接入电网能力研究 [J]. 信息系统工程, 2021, (07): 25-26.
[6]闫群民,董新洲,穆佳豪,等. 基于改进多目标粒子群算法的有源配电网储能优化配置 [J]. 电力系统保护与控制, 2022, 50(10): 11-19.DOI:10.19783/j.cnki.pspc.211106.
[7]万宏,储继礼,谢国华. 新能源发电系统中储能系统的应用研究 [J]. 科技资讯, 2023, 21(23): 187-189.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2311-5042-5371.
[8]陈海东,蒙飞,王庆,等. 储能系统和新能源发电装机容量对电力系统性能的影响 [J]. 储能科学与技术, 2023, 12(02): 477-485.DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2022.0439.
[9]郑华,赵志强,刘斯伟,等. 适应新型电力系统快速频率支撑需求的混合型储能系统动态建模及其控制策略分析 [J]. 电力建设, 2022, 43(08): 13-21.
[10]郝晓明,陈燕龙,孔锋超. 高比例新能源发电系统储能需求优化方案 [J]. 光源与照明, 2021, (06): 93-94.

电气自动化在新能源发电中的关键技术

王世运

华润新能源（大同阳高）风能有限公司，山西 大同 038100

摘 要： 电气自动化技术在新能源发电领域中扮演着非常重要的角色，其不但提高了能源的转换效率，而且还优化了运行管理，提高了整个系统的可靠性。随着全球能源结构的升级转型，新能源，如风能、太阳能等的开发利用变得越来越重要。电气自动化技术通过实施智能监控和控制，可以确保新能源发电装置保持更加高效安全地运行，实现最大化能源数据。另外，电气自动化技术还能通过应用先进的数据采集和分析方法，可以动态监测新能源系统的运行状况，这样不仅有助于提高发电效率，及时发现并处理潜在的问题与风险，还能有效规避可能发生的故障和停机时间，进一步提高新能源系统运行的稳定性和可靠性。本文主要探讨电气自动化在新能源发电中的关键技术，旨在提高新能源的发电效率，降低运营成本，为新能源发电的可持续发展提供强有力的技术支持，促进全球能源升级转型。

关 键 词： 电气自动化；新能源；发电；关键技术

The Key Technology of Electric Automation in New Energy Generation

Wang Shiyun

China resources new energy (Datong Yanggao) Wind Energy Co., Ltd. Datong, Shanxi 038100

Abstract： Electrical automation plays a very important role in the field of new energy generation, which not only improves the energy conversion efficiency, but also optimizes the Operation Management and improves the reliability of the whole system. With the upgrading and transformation of the global energy structure, the development and utilization of new energy sources, such as wind energy and solar energy, become more and more important. By implementing intelligent monitoring and control, electrical automation can ensure that neps are kept running more efficiently and safely to maximize energy data. In addition, the electrical automation can dynamically monitor the operation of new energy systems by using advanced data collection and analysis methods, which will not only help to improve the efficiency of electricity generation, but also, it can find and deal with the potential problems and risks in time, avoid the possible failure and downtime effectively, and improve the stability and reliability of the new energy system. This paper mainly discusses the key technology of electric automation in new energy power generation, aiming at improving the efficiency of new energy generation, reducing the operation cost, and providing strong technical support for the sustainable development of new energy generation, promoting global energy upgrading and transformation.

Keywords： electric automation; new energy; power generation; key technology

新形势下，电气自动化技术因为自身独有的优势，成为新能源发电领域中非常重要的构成部分。新能源发电领域中使用电气自动化技术时，其通过利用智能监控、实时数据分析和系统协同控制，确保了新能源系统运行的可靠性。本文深入研究电气自动化在新能源发电中的关键技术，包含智能监控系统的设计与实现，实时数据分析技术的应用、系统协同控制策略的优化。通过合理采用这些技术，可以使新能源发电系统实现精准控制和优化管理，切实提高能源的转换效率，减少能源的消耗量，降低生态环境污染。同时，电气自动化技术还能全方位提高新能源发电系统运行的可靠性，保证其在各种环境和条件下仍然能保持稳定安全运行。因此，这就需要相关科研人员深入研究电气自动化在新能源发电中的关键技术，这对促进能源产业的绿色转型和高质量发展有重要意义。

一、电气自动化技术在光伏发电中的应用

电气自动化技术在光伏发电领域中的有效应用，不但能大幅提高发电效率和系统稳定性，而且还能为整个能源行业的可持续发展提供助力^[1]。通过集成先进的控制系统和智能化设备，电气自动化技术使光伏发电系统实现了全面优化。在大规模光伏发电

站中，成千上万的光伏组件需要实行精确地管理和控制，只有这样，才能确保在各种天气和光照条件下都能保持高效运行^[2]。电气自动化技术凭借智能监测系统，还能实时跟踪每个组件的性能，及时优化调整其工作状态，保证整个发电系统自始至终保持最佳运行效率^[3]。同时，电气自动化技术通过利用远程监控和控制系统，可以实时监控发电设备，管理人员不再会受到地理位置

作者简介：王世运（1988.11-），男，汉族，山西省大同市平城区，本科，工程师。研究方向：新能源发电与并网。

制约，只需通过网络平台便能全面监控光伏组件的性能、逆变器的运行状况、电网连接情况，这种远程监控方式不仅提高了运维效率，还能迅速识别问题并解决，减少了意外停机的时间，确保了发电系统的连续性和可靠性。另外，电气自动化技术还可以通过数据分析和预测维护，提前发现设备运行过程中的潜在故障和性能下降趋势，以便于提出有效的预防应急措施，尽量避免各种损失。这种智能化的维护策略不光减少了维护成本，也延长了设备的使用年限，进一步提高了光伏发电的经济效益^[3]。

从实用角度来讲，电气自动化技术在光伏发电领域的应用，除了提高了发电效率外，还为整个系统的智能化管理提供了有利条件。通过采用先进的传感器和数据采集系统，电气自动化技术可以实时监测光伏发电系统的运行状态，包含电压、电流、温度等关键参数^[6]。这些数据可以实时传递至中央控制系统，经过复杂的算法处理后，系统可以自动调整各个组件的工作状态，适应不断变化的环境条件。以光照强度变化为例，系统还能自动调整光伏板角度，捕捉最大量的阳光；当天气聚变时，如遇到多云或阴雨天气，系统则能根据预测模型和实时数据，优化调整储能设备的充放电策略，使发电和用电保持平衡的状态。另外，电气自动化技术还能通过故障诊断和预防性维护功能，降低设备运行过程中发生故障的概率，延长系统的使用年限，进一步减少系统运行的维护成本^[4]。智能化的控制系统还能通过与电网的智能互动，根据电网负荷的实际情况，自动调节光伏发电的输出功率，使电网保持安全稳定地运行，这种互动提升了光伏发电的利用率，增强了电网的灵活性和可靠性。随着物联网技术、大数据分析技术、人工智能等技术的有效融合，电气自动化技术在光伏发电中的应用必定会更加深入与广泛。未来，势必会有更加智能化、自适应的光伏发电系统，其能实现自我优化调整、自行修复，为人们提供更加清洁、高效、稳定的能源供应。

二、电气自动化技术在地热能源开发中的应用

（一）远程监控

关于电气自动化在地热能源开发中的应用涉及了多个方面，其中远程监测技术的应用是不容小觑的^[5]。随着科学技术的不断发展与进步，地热能源开发已经不再仅限于传统的开采方式，而是通过采取智能化、自动化的手段，实现地热能源的高效利用和优化管理。在电气自动化技术中，远程监测系统是非常重要的构成部分，其能对地热能源开发过程中的各项关键参数实施动态监控，如地热井口温度、热转换器、地热水流量、压力等，这些数据关乎着地热能源的稳定输出。通过在地热进口和热转换站规范正确地安装传感器，则能使远程监控系统将实时采集的数据通过无线或有线网络传递至中央控制系统^[6]。在控制室内，只需使用专业的软件系统分析和处理这些数据，一旦发现有异常情况，系统则会立即发出对应的警报，并提出建设性的处理建议，这种实时监控不但有助于技术人员及时发现潜在的问题与隐患并解决，而且还能通过数据分析精准预测设备的维护周期。同时，电气自动化技术还包含了智能控制系统，其能根据实时数据自动

调节地热能源开发过程中的各项环节，如优化调整热转换器的运行状态、准确调节地热水的循环流量等，达到有限能源高效利用的目的，更为关键的是，智能控制系统还能与天气预报、电网负荷等外部信息相结合，使能源实现智能化调节和最优配置。

（二）自动化保护与安全措施

电气自动化技术在地热能源开发中的应用并非某个方面，而是包含了多个方面，其提高了地热能源开发的整体效率和安全性，还提高了地热能源供应的稳定性。其中，自动化保护技术在地热能源系统中扮演着非常重要的角色，地热能源系统包含了复杂的热转换器、泵、其他重要设备，这些设备在具体运行过程中有可能遇到各种各样的问题，如温度、压力等异常情况，或是设备故障与安全隐患^[7]。自动化保护系统可以实时监测这些设备的实际运行状况，通过对设备实行自动监测和控制，如果系统运行过程中出现了异常情况，自动化保护系统则能在第一时间做出相应反应，自动执行预先设置的保护程序，采取相适应的保护措施，如优化调整设备的运行参数、切断电源、启动备用系统等，防止设备损坏或系统崩溃，这种自动化保护提高了系统运行过程中的安全性，减少了人为操作错误带来的各种风险，保证地热能源始终保持稳定安全的供应。地热能源开发与利用过程中使用电气自动化技术时，运维人员不可忽视发散监控设备的应用，究其原因，是因为地热井在运行过程中极有可能遇到各种问题和潜在风险，如地热液体发散、压力异常等，这些很有可能对系统造成一定程度上损坏，甚至引发不可估量的安全事故。而通过规范有效地采用电气自动化技术，则能最优配置发散监控设备，对地热井进行动态监测，这些监控设备涵盖了压力传感器、流量计、温度传感器等，其能实时监测地热井口的运行参数，并将参数准确无误地传递至中央控制系统。一旦监控系统发现存在异常情况，如地热液体发散、压力异常等，系统可以自动采取对应的措施，如减缓地热液体的抽取速度、调节注入量或紧急停机，以此来最大限度减少潜在风险。同时，通过长期的参数积累和综合分析，还能精准预测和评估地热井的运行状况，为地热能源的可持续开发提供科学可控的支持依据^[8]。

三、电气自动化在风能开发中的应用

电气自动化技术在新能源发电开发领域中的应用，对于发电厂发散监控系统需要给予高度重视，该系统是通过利用一系列传感器、监测设备、先进的数据采集数据，实时监测发电厂的废气排放，将这些传感器和监测设备优化布置在发电厂的关键排放点，保证其能全面覆盖并精准捕捉废气排放的每个细节，通过对数据实行实时收集和分析，监控设备则能精准测量废弃物中的各种污染物的浓度，如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等，然后将这些数据及时准确传递至中央控制系统，经过系统化处理后，系统则能快速判断废气排放是否与国家环保标准要求相符^[9]。一旦检测到污染物中的废弃物含量超标，系统则会自动触发对应的警报系统，还有可能与发电厂的控制系统的相连，则能自动调节发电设备的各项运行参数，将污染物的排放量把控在最低范围内。另

外,发电厂监控系统还具有数据记录和报告功能,所以可以生成全面详细的排放报告,供环保部门和发电厂管理层全面审查,这些报告既能证明发电厂的环保符合规范标准,也能为未来的环保措施优化改进提供有益参考。

(一) 实时监测与报警

在风能开发领域中,电气自动化技术发挥着举足轻重的作用,主要体现在实现了实时监测和报警的功能^[10]。随着可再生能源的重要作用日益突显,风能作为一种清洁、高效、取之不尽用之不竭的新能源,其开发和利用受到了全球的广泛关注。为了确保风力涡轮机保持高效和安全地运行,电气自动化技术的应用显得至关重要。通过在风力涡轮机上规范正确地安装各类传感器,这些传感器可以实时监测风速、转速、温度、湿度等重要参数,这些数据可以为评估风力涡轮机的运行状态提供重要参考。传感器通过高速的数据传输网络,将采集的信息及时准确传递至中央监测系统,则能使运维人员及时掌握风力涡轮机的运行状况,如当监测系统检测到风速瞬间增大到超过限定安全阈值,或者风力涡轮机的转速出现异常情况时,系统则能立即启动报警机制,协助运维人员及时发现潜在的故障和隐患,以及提出有效的应对措施,防止可能的事故和损失。

(二) 数据记录与分析

对于电气自动化技术在风能系统中的应用,不但可以控制和调节风力涡轮机的运行状况,而且还扩展到了对大量数据的准确记录和系统分析,有利于优化调整风能系统。通过采用先进的传感器和数据采集系统,可以实时全面准确地记录风力涡轮的性能,这些数据包含了发电量、转速曲线、温度曲线等核心指标,这部分数据通过专业软件进行综合分析,可以为运维人员提供相

应的参考依据。例如,当天的发电量为3500(kW·h),这个数据反映了风能系统的能量产出效率。转速曲线展示了风力涡轮机在过去24小时内的转速变化趋势,这有利于分析风力涡轮机的运行状况和效率。温度曲线展示了发电机温度和环境温度的对比,有利于评估设备的热效率和预热过热的问题。

另外,故障记录功能可以记录过去7天内的故障事件和处理情况,可以为故障预防和系统维护提供非常重要的参考依据。通过采取实时监测和报警系统,电气自动化技术可以使风能系统出现异常情况后立即做出必要的响应,减少停机时间,提高系统的可靠性和安全性。数据分析功能有利于进一步提高系统的智能化水平,可以使运维人员根据历史数据和趋势预测潜在的故障和风险,提前制定科学和可行的应对措施,防止不必要的损失。同时,通过优化风能系统的性能,既能提高风能系统的发电效率,也能减少风能系统的运维成本,提高风能资源的利用率,促进风能资源的可持续发展。

四、结语

在新能源发电领域中,通过有效使用电气自动化技术,既有助于促进可持续能源的可持续发展,也有助于提高新能源系统的效能。通过利用智能监控、数据、协同控制,电气自动化能为新能源系统提供安全性、稳定性、高效性的运行环境。从某种意义上讲,规范正确地使用关键技术,可以最大限度提高新能源系统的可靠性和灵活性,尽可能释放清洁能源的潜力,促进国民经济的可持续发展。

参考文献

- [1] 熊泽豪. 30MW 光伏并网发电系统设计 [D]. 湖南: 湖南科技大学, 2018.
- [2] 蔡城. 电气自动化在太阳能光伏发电中的应用研究 [J]. 光源与照明, 2023(7):144-146.
- [3] 马成俊. 发电厂电气自动化监控系统的设计研究 [J]. 模型世界, 2022(34):13-15.
- [4] 迟博, 车清宇. 电气自动化技术在电力工业工程中的应用 [J]. 自动化应用, 2023, 64(S2):150-152.
- [5] 刘益廷. 新能源开发中的电气自动化环保技术分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(11):70-72.
- [6] 潘林辉. 新能源开发中的电气工程自动化节能环保技术 [J]. 中国高新科技, 2020, (12):94-95.DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2020.12.35.
- [7] 白晓帅, 李伟. 新能源开发中电气工程自动化节能环保措施应用 [J]. 中国高新科技, 2022, (17):40-41+44.
- [8] 朱占文, 周超群, 连庆. 新能源开发中电气工程自动化节能环保措施应用 [J]. 建筑发展, 2023, 7(4):58-60. DOI:10.12238/bd.v7i4.4079.
- [9] 徐策, 张汉蒙. 新能源开发中电气工程自动化节能环保措施应用分析 [J]. 文渊 (小学版), 2023(12):677-679.
- [10] 杨清月. 新能源背景下电气自动化专业结构调整方略 [J]. 科协论坛 (下半月), 2013(8):64-64, 65.

新能源发电技术在电力系统中的应用研究

吴军

中电投陵川新能源发电有限责任公司，山西 晋城 048300

摘 要： 本文研究的主要目的是为了满足不同我国工业进程的不断迅速发展，对能源需求量日益增加的需求，提高现有能源的利用率，降低环境污染，促进国家低碳绿色经济的可持续发展，以充分发挥新能源发电技术的优势。因此，本文主要围绕如何实现能源最大化利用，分析新能源发电技术的优势，探讨新能源发电技术在电力系统中的实践应用，以期给相关工作人员提供一些参考。

关 键 词： 新能源；发电技术；电力系统；应用

Application of New Energy Generation Technology in Power System

Wu Jun

CLP Investment Lingchuan New Energy Power Generation Co., Ltd. Jincheng, Shanxi 048300

Abstract： The main purpose of this paper is to meet the rapid development of China's industrial process, the increasing demand for energy, improve the utilization of existing energy, reduce environmental pollution, promote the sustainable development of low-carbon green economy in the country, so as to give full play to the advantages of new energy power generation technology. Therefore, this paper mainly focuses on how to achieve the maximum use of energy, analysis of the advantages of new energy generation technology, new energy generation technology in the power system to explore the practical application, in order to provide some reference to the relevant staff.

Keywords： new energy; power generation technology; power system; application

随着我国改革进程的不断推进和深化，工业领域的可持续发展促进了社会经济的迅速增长，提高了广大群众对高质量生活生产的用电需求，电能消耗量因此呈现出与日俱增的趋势。针对这项挑战，优化升级电力系统结构，确保其高效性、安全性、稳定性，以及新能源发电技术的研发与利用迫在眉睫。鉴于传统化石能源的局限性和使用过程中不可避免的生态环境污染问题，这与国家提出的绿色低碳循环经济发展理念背道而驰。为了实现社会经济的可持续发展和生态环境保护的双赢目标，加大新能源发电技术的研发和利用力度显得尤为重要，这就要求相关企业和科研人员必须积极探索，采取高效、可行的创新策略，全面开展风能发电技术、太阳能发电技术、光伏发电技术、生物质发电技术等研发工作，实现与传统能源发电的有效互补和逐步替代，以提高新能源的发电效率、降低成本，这对促进电力领域的可持续发展有重要意义。

一、新能源发电技术的优势

（一）降低污染

随着全球气候变化问题愈演愈烈，新能源的开发和利用已然成为各国能源战略中不可或缺的部分，不仅有太阳能、风能、地热能、生物质能的开发与利用，还有热能、海洋能，以及其他形式新能源的开发和利用，这些新能源的共同优势在于可再生，可以为人类提供源源不断的能源供应^[1]。新能源发电技术的不断发展与进步，新能源的应用范围也有了明显扩大，如太阳能既能用于发电，也能应用于家庭和工业的热水系统；风能技术的升级显著提高了风力发电机的效率和可靠性；热能和生物质能技术的优化，提升了热电联产和生物质燃料的有效性和环保性。总而言之，新能源的全面推广与应用不但有利于减少温室气体排放量，而且还能确保能源结构更加多元化，降低对传统化石燃料的依

赖，保障能源安全和降低生态环境污染的同时，减少因为能源供应不稳定造成的经济风险。

（二）降低成本投入

新形势背景下，新能源发电技术呈现出飞跃的发展趋势，其在实际应用中的不断优化升级，如太阳能发电技术、风能发电技术、地热能发电技术、海洋能发电技术、生物质能发电技术等，这些新能源发电技术的创新和规模化应用，不仅减少了发电成本，还提高了能源利用率。从长远发展角度来讲，新能源发电技术的广泛推广与应用，除了可以减少对传统化石能源（煤炭、石油等）的依赖，提高能源利用率和降低生态环境污染外，还能促进电力行业的绿色升级转型，为国民经济的可持续发展提供助力。

（三）实现多能源互补

新能源发电技术在电力系统中的应用，可以实现多种能源之

作者简介：吴军（1987.04-），男，汉族，山西省长治市潞州区，本科，工程师。研究方向：新能源发电与并网。

间的互补,使供电网络相互协调,提高电力系统的运行效率。通过有效使用太阳能、海洋能、风能等多种可再生能源,可以达到多种能源互补的效果^[2]。为了确保这些可再生能源的可靠性和稳定性,电力企业则要对其进行准确的预测和评估,防止因为新能源的不稳定性对电力系统运行的安全性和稳定性造成负面影响。同时,在具体运行过程中,电力企业还应利用先进的控制系统实时监控新能源发电系统的运行状况,这些系统可以提供实时数据和分析,以便于更好地掌握新能源发电系统的动态变化。另外,电力企业需要结合整个电力系统的运行状况,合理安排电价,实现电能的科学供应,确保电力系统保持高效、稳定地运行^[1]。

二、新能源发电技术在电力系统中的实践应用

(一) 风电技术

在新能源发电领域,风力发电技术扮演着非常重要的角色。相较于其他新能源形式,风能有着其无法媲美的优势,主要表现在风能获取比较容易,储存潜力相对较大。在电力系统中合理使用风电技术,则能将风能通过发电设备转换为机械能,然后再将机械能转换为电能,该类风电技术除了能减轻传统发电方式的负担,减少电力系统在能源转换过程中的能源损耗外,还能大幅提高风能的利用效率,充分展示优越的低碳效益。通过风力发电,不仅能达到电力生产的环保效果,还能从源头上解决传统发电方式引发的生态环境污染,满足社会发展对电力资源的与日俱增需求^[3]。

通过分解风能发电装置后,则能了解其主要构成部分,包含风能发电机、塔筒、风轮3个部分。其中,风能发电机作为核心设备,主要责任是将机械能转换为电能,其装机容量的大小与风机桨的长度成正相关。从当前情况来看,在我国电力系统运营过程中,使用最多和最广泛的是中型和小型发电机。塔筒作为风能发电装置的支撑结构,在进行高度设定时则要重点考虑风轮直径,以此来保证风能的高效储存和风力的均匀性及强度。一般情况下,需要将塔筒的高度设定在6—20米之间。风轮的主要责任是将风能转换为机械能,其构成包含了变桨系统和叶片两个部分。为了确保风轮的性能达到最佳状态,不但叶片要使用轻质、高强度的复合材料制成,而且还要将形状设置为“S”形或螺旋桨状。

鉴于叶片应用过程中长期暴露在自然条件下,比较容易受到诸多外界因素的影响,如冰霜覆盖、侵蚀等,造成叶片出现各种各样的裂纹,危及风机运行的安全性和稳定性^[4]。因此,在电力系统中使用风电技术时,则要重视叶片的防护工作。关于风电技术的应用主要集中在西北和沿海地区,在整个发电过程可以实现无污染、零排放的目标,并且根据实际需求合理选择风机的规模。作为一种分布式能源,家庭用户可以通过规范安装小型风力发电机来满足自身的电力需求,且加大生态环境保护的力度。然而,该项技术在具体应用过程中,对大气运动有着很强的依赖性,而大气运动自身既容易受到诸多因素的影响,又存在较多的不确定性,一旦在电力系统中盲目接入过量的风力发电机,势必对整个电网的运行效果造成不利影响,甚至引发不可估量的安全

风险^[2]。

(二) 光伏发电技术

光伏发电技术基于光电效应原理,在电力系统中得到了广泛应用,该项技术是通过利用特定电磁波照射至某些特殊材料时,材料内部的分子则会被激发和释放电子,这些电子在向特定方向移动的过程中产生电流^[5]。在许多光电效应半导体中,往往存在PN结构,与自由电子和空穴一一对应。在太阳光照射下,PN两侧则会产生相应电势差,该电势差可以使电子朝着新形成的空穴移动,然后完成光伏发电过程,将太阳能转换为电能。光伏发电系统并非某项零件组成,而是由多种不同零部件组成的,如太阳能电池、控制器、逆变器、光伏板阵列等。相较于风电技术,太阳能的稳定性和便捷性更为优越,所以成为当前电力系统中应用最广泛的能源之一。然而,光伏发电技术虽然具有无污染的优点,但是传统电池片的转换率相对较低,即便安装在日照时间较长的高纬度地区,仍然无法充分保证发电的稳定性。鉴于太阳能电池片制造过程中有可能引发一系列问题,如生态环境污染、发电不稳定、转换效率等,我国光伏发电技术仍然有很大的发展潜力。

在光伏发电系统中,电池组是不可忽视的部分,在确认其类型时应重点考虑转换效率和成本效益等,只有这样,才能确保类型选择的科学性^[6]。化合物薄膜电池在具体应用过程中存在较多挑战有待克服,如生态环境污染、健康风险等问题。硅基薄膜电池使用过程中存在光电转换效率低的局限性;聚光光伏电池虽然转换效率比较高,但是经济成本比较高,并且还需要完善和优化配置额外系统,如运行散热系统、聚光系统等;晶硅电池的应用涵盖了单晶和多晶两种,在不同情况下其应用效果的差异较大;半导体光膜电池的应用技术尚未成熟。在光电系统运行过程中,需要按照实际的运行需求和运行状况,选择最合适的电池组。为了进一步提高光伏发电系统的直流转换效率,选择逆变器时,既要确保其监控和保护等基本功能的完整性,也要确保其可以承受交直流电压,同时选择集散式、组串式、集中式的结构类型。光伏系统中的光伏阵列作为直接接收光能的装置,通常有三种结构设计模式,分别为双轴跟踪、单轴跟踪、固定式,提高了整个光伏发电系统的发电效率^[7]。其中,固定式光伏阵列在应用中作为基础模式,相较于单轴跟踪、双轴跟踪,其发电效率比较低,其他两者的发电效率可以提升20%、30%^[8]。

(三) 地热发电技术

地热发电技术是一种将地热资源转换为电能的技术,其主要有3种类型,具体取决于所用的媒介。其一,背压发电技术时常应用于干蒸汽田,其要求干蒸汽田必须具有相对较高的温度和压力,该项技术的转换工作思路是首先引导出汽田中的干蒸汽,其次清除其中含有的杂质,最后利用汽轮发电机产生所需的电能。其二,凝汽发电技术经常应用于地热蒸汽,其工作思路与背压发电极其相似,其特点在于发电过程中需要使用凝汽器。地热蒸汽经过凝汽器的净化和分类处理后,可以使清除杂质后凝结气体进入汽轮发电机,借助汽轮发电机转换为电能,而无法凝结气体则会被留在凝汽器中,协助凝汽器形成真空状态,切实提高发电效

率。其三，闪蒸汽技术主要被应用于地热水，其工作流程是将一定量的地热水通过采用合适的方式引入闪蒸汽器进行降压和闪蒸处理，这种技术与前两种技术的相似点在于都是利用蒸汽实现发电^[8]。另外，闪蒸发电技术还能与凝气发电技术进行结合使用，可以将闪蒸汽排出的部分蒸汽进入混合式凝汽器中，凝结成水后进行分流，其中一部分进入冷却塔，另外一部分进入闪蒸汽分离器进行二次加工，或者返回地下。

相较于风能发电技术和太阳能发电技术，地热发电技术作为一种可调节的发电资源，可以为深度脱碳提供补充，并通过利用其调度性和可靠性的优势，则能助力应对现代社会能源安全的局限性。当前，地热项目已经提出了新的商业模式，如企业全天候采购清洁电力、矿产和地热资源的联合开采、可调度购电协议等。增强型地热系统作为一种尚在开发的新技术，在具体应用过程中除了能减少项目成本和风险外，还能进一步拓展其潜在市场总量。基于单位电力成本的平准化视角来看，预计到2030年，增强型地热系统工厂有可能在电力系统的发展中超越化石燃料发电厂，占据更为显著的优势地位^[9]。

（四）生物质发电技术

生物质能作为唯一一种碳源的新能源，是全球四大能源之一的关键构成部分，其在新能源系统研究和发展过程中占据着至关重要的地位。在电力系统领域，优化生物质发电技术的有效应用，既能提高生物质能的开发和利用效率，也能提高自然生态环境的保护效果，并且充分发挥其在生态环境保护中的优势。采用生物质能发电技术时有两个阶段：分别为将生物质能转换为可燃气体、通过生物质燃烧实现发电。该技术在具体应用中具有诸多优势，如分布广泛、环境污染小等，保护了生态环境、高效利用

了生态资源^[5]。生物质能发电系统的构成零部件包含了燃气净化器、汽化炉、内燃机、发电机等，选用与生物质原料类型相适宜的加工处理方法，将经过处理后的生物质材料投放在设备中，发电系统则能立即完成发电过程^[10]。相较于传统的火力发电技术，生物质发电技术在电力系统中的应用有其无法匹敌的优势，如清洁性、可靠性、效率更高。在生物质材料投放置设备后的燃烧环节，可能会出现两种不同的现象，分别为完全燃烧、不完全燃烧。在完全燃烧状态下，生物质发电系统运行涵盖了汽化炉、净化装置、冷却装置、内燃机发电等基本环节和流程；在不完全燃烧状态下，首先是通过汽化炉实现生物质的燃烧，其次通过冷却装置实现气态气体的冷却，最后通过净化装置实现净化和发电。作为农业大国，我国拥有丰富的生物质能资源，不但解决了我国当前生物质燃用的难题，而且还充分发挥生物质发电技术的各项优势，如低污染、高效性等，为我国实现“双碳”目标提供了强有力支持。通过全面高效地利用我国每年产生的大量农副产品残留物和广大群众生活生产的大量生活垃圾，有助于促进自然和社会经济的和谐发展。

三、结论

电力领域发展过程中，太阳能、光伏、风能等新能源发电技术扮演着非常重要的角色。相较于传统的发电方式，新能源发电技术有诸多无法媲美的优势，如环保性、可再生性、循环利用性等，不但缓解了电力系统建设和行业发展的能源压力，而且还有效规避了传统电力行业发展模式造成的生态环境污染问题，进而推动了电力行业的可持续且蓬勃发展。

参考文献

[1] 周喜. 新能源发电在电力系统中的应用研究 [J]. 电气技术与经济, 2023, (06): 180-182.
[2] 郑玉平, 吕鹏飞, 李斌, 等. 新型电力系统继电保护面临的问题与解决思路 [J]. 电力系统自动化. 2023, 47(22).DOI: 10.7500/AEPS20230121001.
[3] 温全. 新能源并网发电系统的关键技术和发展趋势 [J]. 科学与财富, 2022, 14(4): 7-9. DOI: 10.12293/j.issn.1671-2226.2022.04.003.
[4] 王周毅. 新能源发电技术在电力系统中的应用 [J]. 电子技术, 2023, 52(12): 88-89.
[5] 蒋科. 电力工程中新能源发电技术的发展与应用 [J]. 数字化用户, 2023(48): 151-152.
[6] 邵勇. 新能源发电技术在电力系统中的应用效果浅谈 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2018, (07): 4.DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201807004.
[7] 陈俊. 新能源发电技术在电力系统中的应用 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 231-233.
[8] 罗宇强. 新能源发电系统控制技术研究 [J]. 科技创新与应用, 2024, 14(01): 34-38.
[9] 许嘉雯. 储能技术在新新能源发电技术中的应用研究 [J]. 应用能源技术, 2023, (12): 41-45.
[10] 冉小庆. 新型电力系统中新能源的应用以及实践探讨 [J]. 电气技术与经济, 2023, (06): 92-94.

储能电站与风能发电协同优化运行策略

周宇

大唐甘肃发电有限公司河西分公司玉门运维中心, 甘肃 酒泉 735211

摘 要 : 本文对储能电站与风能发电的协同优化运行策略进行了深入探讨。首先, 介绍了储能电站的定义、分类、发展现状及趋势, 以及风能发电的原理、类型、发展现状及趋势。接着, 分析了储能电站与风能发电之间的互补特性, 并构建了一个协同优化运行的策略框架。在此基础上, 详细阐述了储能电站与风能发电的运行模型, 并提出了实施建议, 包括政策支持与激励机制、技术创新与产业协同、示范项目推广与人才培养等。通过本研究, 旨在为储能电站与风能发电的协同运行提供理论支撑和实践指导, 促进可再生能源的高效利用和电力系统的可持续发展。

关 键 词 : 储能电站; 风能发电; 协同优化运行; 互补特性; 实施建议

Energy Storage Power Station and Wind Power Generation Cooperative Optimization Operation Strategy

Zhou Yu

Yumen Operation and Maintenance Center, Hexi Branch, Datang Gansu Power Generation Co., Ltd. Jiuquan, Gansu 735211

Abstract : In this paper, the cooperative optimization operation strategy of energy storage power station and wind power generation is deeply discussed. Firstly, the definition, classification, development status and trend of energy storage power station are introduced, as well as the principle, type, development status and trend of wind power generation. Then, the complementary characteristics between energy storage power station and wind power generation are analyzed, and a strategic framework of cooperative optimization operation is constructed. On this basis, the operation model of energy storage power station and wind power generation is elaborated, and the implementation suggestions are put forward, including policy support and incentive mechanism, technological innovation and industrial collaboration, demonstration project promotion and talent training. Through this research, the purpose is to provide theoretical support and practical guidance for the cooperative operation of energy storage power station and wind power generation, and promote the efficient use of renewable energy and the sustainable development of power system.

Keywords : energy storage power station; wind power generation; cooperative optimization operation; complementary characteristics; implementation suggestion

引言

随着全球能源需求的增长和环境挑战的加剧, 可再生能源特别是储能电站和风能发电成为能源转型的关键。储能电站通过储存和释放电能, 平衡供需, 提升电网效率, 支持可再生能源的融合。风能发电虽清洁可再生, 但其波动性对电网稳定构成挑战。储能电站与之协同运行, 不仅能提高系统效率, 也促进可再生能源的利用。本章将探讨储能电站与风能发电的协同优化策略, 为电力系统可持续发展提供新思路。

一、储能电站概述

随着可再生能源的迅速发展和电力系统对灵活性的需求日益增长, 储能电站作为电力系统的重要组成部分, 正逐渐成为能源领域的焦点。而储能电站容量需要结合用电功率、使用时间决定, 如果不考虑用电功率、用电时间, 储能电站的容量可随意确定, 不过需要注意一定要匹配相应的电压^[1]。

(一) 储能电站的定义及分类

储能电站, 作为一种能够平衡电力供需、提高电网运行效率

的电站, 其主要功能是通过不同方式储存电能并在需要时释放。根据储存能量的形式, 储能电站可分为物理储能、化学储能、电磁储能和相变储能等类型; 而按照储存介质的不同, 又可分为电池储能、飞轮储能、超级电容器储能、抽水蓄能等。此外, 根据应用规模, 储能电站还可以分为大规模储能电站、分布式储能电站和用户侧储能电站, 为可再生能源的接入和消纳提供全方位的解决方案。

(二) 储能电站的发展现状及趋势

近年来, 储能技术已从实验和小规模示范阶段, 跃升至大容

量、大系统的商业应用新阶段。据中关村储能产业技术联盟统计，2018年底，全球新增电化学储能项目主要分布于39个国家，其中装机规模前十的国家占总增量的95.8%。中国国内储能项目累计装机规模达31.3 GW，同比增长8.3%，占全球市场的17.3%。电网侧储能规划超过1.4 GW，成为中国储能市场的热点领域^[2]。展望未来，随着技术成熟，储能电站将更加多样化，应用场景将更加丰富，与可再生能源的结合将更加紧密，推动能源结构转型，同时储能电站的市场化运营机制将逐步完善，促进储能产业的健康发展。

（三）储能电站的关键技术

储能电站的关键技术是其核心，这些技术决定了电站的性能、成本 and 安全性。在储能材料与器件方面，通过研究和开发高性能材料，提高了储能密度和循环寿命，同时优化了器件结构设计，增强了系统的稳定性和可靠性。在储能系统控制与优化方面，先进的控制策略和优化算法的应用，实现了电站的高效运行和精准调度，提升了能量管理水平和经济效益。而在安全与环保方面，研究并实施了储能电站的安全监控技术，确保了系统的长期稳定运行，并探索了环境友好型设计，以降低对环境的影响。

二、风能发电概述

随着经济的发展，环境问题引起了越来越多的关注，风能作为清洁能源之一被大量地研究和利用^[3]，其开发利用对于推动能源结构转型和实现可持续发展具有重要意义。风能发电技术经过多年的发展，已成为全球可再生能源领域的重要组成部分。

（一）风能发电原理及类型

风能发电是利用风力驱动风轮旋转，将动能转换为电能的过程，其基本原理包括风力作用在风轮叶片上产生旋转力矩，以及风轮旋转驱动发电机通过电磁感应原理实现机械能到电能的转换。风能发电的类型多样，根据风轮的布置方式，可以分为水平轴和垂直轴风力发电机；根据安装地点，可以分为陆地和海上风力发电；而按照规模大小，则可分为大型、中型和小型风力发电机组。

（二）风能发电的发展现状及趋势

风能发电在全球范围内快速发展，技术成熟度和经济性的不断提升使其成为可再生能源领域的亮点。目前，风能发电装机容量持续增长，已经成为继水电、核电之后的第三大电力来源，技术进步使得风能发电机组单机容量不断增大，效率也在提高^[4]，同时各国政府的立法和政策支持推动了市场的扩张。展望未来，海上风能开发将成为发展重点，风能发电将与储能、电网等技术深度融合，提高电力系统的灵活性和可靠性，而成本的持续降低将使风能发电在能源市场上更具竞争力。

（三）风能发电的关键技术

风能发电的可持续发展依赖于其关键技术，其中风轮叶片设计是关键之一，通过优化叶片形状和结构来提高风能捕获效率并降低噪声，同时开发新型材料以增强叶片的强度和耐久性。发电机电技术也至关重要，研究高效发电机设计以提升能量转换效率，

并探索发电机与风轮的匹配技术，确保系统稳定运行。此外，控制与并网技术同样关键，开发先进控制策略以实现风能发电机组的高效运行，以及研究并网技术，确保风能发电系统与电网的兼容性和稳定性。

三、储能电站与风能发电协同优化运行策略

在能源转型的浪潮中，储能电站与风能发电的协同优化运行，不仅能够提升电力系统的运行效率，还能有效促进可再生能源的消纳。

（一）协同优化运行的基本原理

协同优化运行是一种创新性的策略和技术手段，旨在通过整合储能电站和风能发电的优势，实现两者的高效协同工作。其核心在于利用储能系统的调节能力，有效平滑风能发电的波动性，从而确保电力供应的平稳与可靠。具体实施策略包括在风能发电的高峰期^[5]，通过储能电站储存多余的电能，而在低峰期或无风时段，则释放储存的电能，以此实现对电网负荷的调峰填谷，有效平衡电力供需。

此外，储能电站还为风能发电提供了必要的系统支撑，如频率调节和电压控制，这些功能有助于增强电网的运行稳定性和可靠性。通过这些措施，协同优化运行不仅提高了风能发电的利用率，还确保了电网的稳定运行，为可再生能源的大规模接入和消纳提供了有力保障。

（二）储能电站与风能发电的互补特性分析

储能电站与风能发电之间的互补特性构成了协同优化运行策略的基础。风能发电的季节性和日周期性特征与储能电站跨越时间限制的能力相结合，实现了能量的长期储存和利用，从而在时间上形成互补。在风能发电的高峰期，储能电站可以储存多余的电能，而在低峰期或无风时段，则释放储存的电能，以此实现对电网负荷的调峰填谷，有效平衡电力供需。

同时，风能发电的输出波动性较大，而储能电站能够提供稳定的能量输出，两者的结合显著提高了电力系统的能量利用率，展现了能量上的互补。储能电站不仅储存能量^[6]，还能提供调频、备用电源等多种电网服务，与风能发电在功能上形成互补，共同提升了电力系统的稳定性和可靠性。通过这些措施，协同优化运行不仅提高了风能发电的利用率，还确保了电网的稳定运行，为可再生能源的大规模接入和消纳提供了有力保障。

（三）协同优化运行策略框架

为确保储能电站与风能发电的高效协同，构建一个实用的协同优化运行策略框架至关重要。该框架需确立优化目标，建立数学模型，制定综合策略，实施与监控，并评估与优化。具体而言，目标应包括提升可再生能源利用率、降低运行成本、增强系统稳定性。数学模型需基于实际运行情况，涵盖能量流动、设备特性和电网需求。综合策略应包括能量管理、调度优化和市场参与，以协调能量流动并确保系统稳定运行和高效利用。实施与监控过程中，通过实时监控和调整，确保策略有效执行^[7]。最终，定期评估运行效果，根据反馈对策略进行优化和调整，以持续改

进策略，推动能源转型和可持续发展。

四、储能电站与风能发电协同优化运行模型

在能源互联网的宏伟蓝图中，储能电站与风能发电的协同优化运行模型，犹如交响乐的总谱，精准地指挥着各个乐器的和谐共鸣。这一模型不仅展现了技术创新的深度，也彰显了产业协同的广度，为可再生能源的充分利用和能源结构的转型提供了强有力的支撑。

（一）储能电站运行模型

储能电站的运行模型是实现协同优化策略的基础，它涵盖了储能单元的数学描述，包括电池组、飞轮、超级电容器等，这些描述详细展示了能量存储与释放的动态过程。此外，模型还包括模拟控制系统，涉及充电/放电策略、状态监测和故障诊断等关键环节。同时，经济性分析模型对运行成本、收益和投资回报率进行评估，为经济决策提供有力支持。

（二）风能发电运行模型

风能发电的运行模型是对风力发电特性的数学抽象，它在协同优化运行策略中扮演着关键角色。该模型包括风速预测模型，利用历史数据和气象信息来估算风能资源的可用性；风力发电机组模型，详细描述了机组的工作原理和输出特性，如功率曲线和效率曲线；以及电网接口模型，它模拟了风能发电系统与电网的连接，涵盖了并网控制和电能质量分析等方面^[8]。

（三）协同优化运行模型构建

构建协同优化运行模型是将储能电站与风能发电的运行模型有效融合，实现两者优势互补的核心环节。这一过程涉及定义目标函数，明确最小化总成本、最大化系统效益、提升供电可靠性等关键目标；设定约束条件，涵盖储能电站和风能发电的技术限制、电网运行规则、市场机制等；选取适当的优化算法，如线性规划、整数规划、遗传算法等，以解决协同优化问题；并通过实际运行数据对模型进行验证和调整，确保其精确度和实用性。

五、储能电站与风能发电协同优化运行策略实施建议

在深入探讨储能电站与风能发电协同优化运行的理论基础和数学模型之后，如何将这些抽象概念转化为实际操作，实现理论与实践的有效对接，成了一个迫切需要解决的问题。

参考文献

- [1] 郑阳光. 探讨风电与光伏的储能电站运维管理 [J]. 冶金管理, 2022, (07):109-111.
- [2] 卢成志, 高林涛, 李忆. 规模化储能能在风、光伏发电项目中的应用探索 [J]. 黑龙江电力, 2020, 42(03):229-235.DOI:10.13625/j.cnki.hljep.2020.03.009.
- [3] 马建华, 韩献科, 钱康, 等. 风力发电机组电站系统仿真软件开发与应用 [J]. 上海电力大学学报, 2022, 38(03):287-293+302.
- [4] 吴敏, 陈永清, 杨家国, 等. 特殊环境下风光油储应急电源系统技术研究 [J]. 移动电源与车辆, 2023, 54(01):22-26+30.
- [5] 张磊, 郭语, 石嘉豪, 等. 风火储一体化电站功率特性研究 [J]. 动力工程学报, 2022, 42(06):568-574+581.DOI:10.19805/j.cnki.jcspe.2022.06.011.
- [6] 许潇. 计及储能的混合可再生能源系统规划与运行研究 [D]. 电子科技大学, 2021.DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.005072.
- [7] 唐芳纯. 储能在新能源中的应用分析 [J]. 电子世界, 2021, (10):25-26.DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2021.10.012.
- [8] 陈德秋, 刘凯. 光热电站热能储存最优分配研究 [J]. 电子世界, 2020, (19):70-71.DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2020.19.031.
- [9] 樊增瑞. 城市风光储能系统的构建及运营策略研究 [D]. 重庆大学, 2020.DOI:10.27670/d.cnki.gcqdu.2020.004249.
- [10] 罗宇强, 谢锡锋. 一种含风光储能协调运行控制装置设计 [J]. 装备制造技术, 2020, (02):28-32.

（一）政策支持与激励机制

政策的力量犹如春日的暖风，为新兴技术的成长提供了不可或缺的培养环境。为了促进储能电站和风能发电项目的蓬勃发展，建议实施一系列优惠政策，包括税收减免和电价补贴，以减轻企业的运营负担。此外，应当建立有效的市场化激励机制，激励储能电站积极参与调峰调频等辅助服务，增强其市场竞争力。同时，完善相关法律法规体系，为储能电站和风能发电确立明确的市场地位和运营准则，保障整个行业的持续健康发展^[9]。

（二）技术创新与产业协同

技术创新是驱动行业发展的永恒动力，而产业协同则助力实现资源的最优配置。为此，建议积极推动技术研发的深化，激励企业、高等教育机构和科研院所联手进行储能材料与器件、控制策略等关键技术的创新研究；促进产业链上下游企业之间的协同合作，特别是在储能电站与风能发电领域，以实现资源的共享与优势的互补；同时，主动引进并消化国际尖端技术，从而提升我国在储能电站与风能发电领域的技术实力。

（三）示范项目推广与人才培养

推动示范项目的广泛传播和培育专业人才，对于行业的持续发展具有至关重要的意义。建议在关键区域和领域实施储能电站与风能发电协同优化运行的示范项目，通过实际运行成果来彰显其潜在优势，为行业发展树立典范。同时，强化高校及职业培训机构在储能技术和风能发电领域的专业教育，培养出既精通技术又具备管理能力的复合型专业人才，为行业注入新的活力^[10]。此外，定期举办国内外技术研讨会，促进技术知识的交流与合作，从而全面提升行业的技术能力。

六、结束语

在能源转型的澎湃浪潮中，储能电站与风能发电的协同优化运行，不仅是技术革新的成果，更是推动可持续发展的核心动力。深入探讨这两者的结合，我们不仅目睹了它们协同运行的巨大潜力，也深刻理解了实现这一目标所面临的诸多挑战。展望未来，储能电站与风能发电的协同优化运行必将成为能源领域的显著发展趋势。为了实现这一宏伟愿景，我们依赖政策制定者的智慧与远见，技术创新者的勇气与坚韧，以及每一位从业者的辛勤付出与不懈努力。众志成城，我们将共同推动这一能源转型的新时代。

风力发电机组故障诊断与维护技术研究

霍东旭

华能新能源股份有限公司蒙东分公司，内蒙古 通辽 028000

摘 要： 本研究系统性地深入探讨了风力发电机组故障诊断与维护技术，详尽分析了机组结构及其运作机制，为故障诊断和维护奠定了坚实的理论基础。研究重点在于运用先进的信号处理和人工智能技术，包括时频分析、高频共振、模态识别以及机器学习等，显著提高了故障识别的精确度和智能化水平。通过精心设计的故障特征提取与模型优化策略，大幅提升了诊断的效率和准确性。此外，本研究综合分析了预防性维护和智能维护技术，并对维护效果进行了评估，确保了风力发电机组的稳定运行，为风电行业的持续技术创新和可持续发展贡献了关键的技术力量。

关 键 词： 风力发电机组；故障诊断；维护技术；信号处理；人工智能

Research on Fault Diagnosis and Maintenance Technology of Wind Turbine

Huo Dongxu

Mengdong Branch of Huaneng New Energy Co., Ltd. Tongliao, Inner Mongolia 028000

Abstract： This study systematically and deeply discusses the fault diagnosis and maintenance technology of wind turbine, analyzes the structure and operation mechanism of wind turbine in detail, and lays a solid theoretical foundation for fault diagnosis and maintenance. The research focuses on the use of advanced signal processing and artificial intelligence technologies, including time-frequency analysis, high-frequency resonance, mode recognition and machine learning, which significantly improve the accuracy and intelligence of fault identification. Through carefully designed fault feature extraction and model optimization strategy, the efficiency and accuracy of diagnosis are greatly improved. In addition, this study comprehensively analyzes the preventive maintenance and intelligent maintenance technology, and evaluates the maintenance effect, ensuring the stable operation of wind turbines, and contributing key technical strength to the continuous technological innovation and sustainable development of the wind power industry.

Keywords： wind turbine; fault diagnosis; maintenance technology; signal processing; artificial intelligence

引言

随着全球能源结构的转型和可再生能源需求的不断增长，风力发电作为一种清洁、可再生的能源形式，受到了世界各国的广泛关注。风力发电机组作为风力发电的核心设备，其运行状态直接关系到发电效率和电力系统的稳定性。然而，由于风电机组工作环境恶劣、结构复杂，故障频发成为制约风力发电行业发展的关键因素。因此，开展风力发电机组故障诊断与维护技术研究，对于提高风电机组运行可靠性、降低运维成本具有重要意义。

一、风力发电机组故障诊断与维护技术理论基础

在深入探讨风力发电机组故障诊断与维护技术的应用之前，须确保对其理论基础有坚实的理解和掌握。以下部分将详细阐述风力发电机组的结构特性、工作机理，以及故障诊断与维护的基本概念和方法。

（一）风力发电机组结构及工作原理

风力发电机组主要是由机舱、叶轮、塔架、基础 4 个部分共同组成。现如今各大主机厂家主要生产的均为大兆瓦机组，主流的机组根据结构，可以分为双馈型、半直驱型、直驱型。叶轮是

传递风能的关键部件，由叶片、轮毂及变桨控制系统构成^[1]。每个部分均经过精心设计，旨在最大化风能捕获和电能输出。塔架作为支撑，确保了机组的稳定性；机舱内的叶轮，灵感来源于自然叶片，通过传动系统调节转速，与发电机协同工作，将风能转化为电能；而控制系统则如神经中枢般，实时监控并调整机组状态，保障了机组在多变风速下的高效与安全运行，体现了现代工程技术对可再生能源利用的精湛追求。

（二）故障诊断方法概述

风力发电机组故障诊断是一项跨学科的技术挑战，涉及信号处理、模式识别、人工智能等领域，旨在通过数据采集、特征提

取、故障模式识别和决策支持等步骤，实时监测并识别潜在故障，保障机组安全高效运行^[2]。传感器捕获的转速、温度、振动等物理参数，经预处理后提取关键特征，通过专家系统、机器学习等模型进行状态分类，最终由决策支持系统提供精准的故障定位与维修建议，展现了工程师在保障风力发电机组稳定运行中的深厚专业素养和创新能力。

（三）维护技术概述

风力发电机组维护技术是一项综合性的工程实践，融合了机械、电子、自动化和信息技术，旨在通过预防性、预测性和故障后维护策略，实现机组的高效、稳定运行^[3]。维护工作涉及精密监测、数据分析、及时干预，以预防磨损、腐蚀等导致的故障，保障组件性能。预测性维护利用振动分析、油液检测等技术，结合数据挖掘和机器学习，提前识别潜在问题，提高维护效率。故障诊断与修复则要求维护团队具备快速响应和精准定位能力，运用专业知识恢复机组正常运行。整体上，维护技术体现了对设备、资源、环境和安全的全面考量，是对可持续发展和绿色能源理念深刻理解下的技术实践。

（四）风力发电机组故障诊断与维护技术面临的挑战

风力发电机组故障诊断与维护技术，在推进绿色能源发展方面起着关键作用，但面临诸多挑战：恶劣环境对设备可靠性和维护作业的高要求，复杂系统结构对故障诊断精确性和鲁棒性的挑战，海量数据处理的难度，非线性、不确定性运行状态对预测性维护技术的考验，以及人力资源、专业技术限制和经济性考量。这些挑战促使相关技术创新不断，推动故障诊断与维护技术的深度和广度持续扩展。

二、风力发电机组故障诊断关键技术

在风力发电机组故障诊断领域，关键技术的深入研究是实现精准诊断和高效维护的核心。以下内容将详细探讨信号处理技术、人工智能诊断方法、故障特征提取与选择，以及故障诊断模型的建立与优化，旨在为风力发电机组故障诊断提供先进的技术路径。

（一）信号处理技术

在风力发电机组故障诊断领域，信号处理技术扮演着至关重要的角色，它通过解析设备运行中产生的信号，揭示潜在的故障信息^[4]。时频分析作为一种有效的信号处理手段，能够同时考虑信号在时域和频域的特性，通过将一维信号映射到二维时频平面，清晰地展示信号频率成分随时间的变化情况，从而为识别故障特征提供强有力的工具。高频共振技术则利用高频激励和共振响应来增强故障信号的检测能力，特别是在处理微弱故障信号时，能够显著提高故障诊断的灵敏度。而模态参数识别技术，则通过对系统动态特性的分析，识别出结构的自然频率、阻尼比等模态参数，这些参数的变化往往与设备故障状态密切相关，为故障诊断提供了重要的参考依据。

（二）人工智能诊断方法

在风力发电机组故障诊断的现代化进程中，人工智能诊断方

法的应用无疑代表了技术发展的前沿。机器学习作为一种使计算机能够从数据中学习的算法，通过构建模型对故障数据进行模式识别和预测，极大地提高了故障诊断的自动化和智能化水平^[5]。深度学习，作为机器学习的一个分支，通过其特有的神经网络结构，能够处理更为复杂的数据模式，其在特征学习方面的深度和广度，为识别隐蔽和微妙的故障特征提供了可能，从而在故障诊断的精确度上实现了质的飞跃。支持向量机则是一种基于统计学习理论的分类与回归分析方法，它通过寻找最优边界，将不同类别的数据有效分开，其强大的泛化能力和在处理高维数据时的优异表现，使其在风力发电机组故障诊断领域占有一席之地。这些人工智能诊断方法的融合与应用，不仅体现了故障诊断技术的创新性和先进性，也为风力发电机组的安全、高效运行提供了强有力的技术支持。

（三）故障特征提取与选择

在风力发电机组故障诊断的过程中，故障特征的提取与选择是决定诊断效果的关键环节。特征提取方法的核心在于从原始信号中提取出能够反映设备健康状况的信息，这些信息往往隐藏在复杂的信号中，需要通过一系列数学变换和信号处理技术来揭示^[6]。常用的特征提取方法包括时域统计分析、频域分析、小波变换、希尔伯特-黄变换等，它们各自针对信号的不同特性，提取出诸如均值、方差、频率成分、能量谱等具有诊断价值的特征。特征选择策略则是在提取出的众多特征中，筛选出对故障分类最有贡献的一组特征子集，以降低特征维度，提高诊断效率，减少计算复杂度。特征选择策略包括过滤式、包裹式和嵌入式等方法，它们通过相关性分析、信息增益、最小冗余最大相关性等准则，实现对特征的有效筛选。故障特征提取与选择的过程，不仅体现了诊断技术的高度专业性和精确性，也是故障诊断从理论走向实践的重要桥梁，对于提升风力发电机组故障诊断系统的性能和实用性具有不可替代的作用。

（四）故障诊断模型建立与优化

在风力发电机组故障诊断技术的深度开发中，故障诊断模型的建立与优化是确保诊断准确性、实时性和可靠性的核心所在^[7]。模型建立方法涉及从数据驱动到物理模型的多维度构建，其中数据驱动模型通过学习历史故障数据，构建出能够映射输入信号与故障状态之间复杂关系的数学模型，如神经网络、支持向量机等。而物理模型则基于设备的工作原理和故障机理，通过仿真和参数化手段，构建出能够描述设备正常与异常状态下的行为模型。这些模型的建立，不仅需要设备特性有深入的理解，还需要对诊断算法有精湛的掌握。

模型优化策略则是在模型建立的基础上，通过一系列算法和技巧来提升模型的性能。这包括但不限于参数调优、结构改进、正则化处理、交叉验证等手段^[8]。参数调优旨在寻找模型参数的最优组合，以最大化模型的诊断能力；结构改进则关注于模型的架构设计，如神经网络的层数、节点数等，以适应不同的诊断需求；正则化处理则用于防止模型过拟合，确保模型具有良好的泛化能力；交叉验证则通过不同的数据划分方法，评估模型的稳定性和准确性。模型优化策略的研究和应用，不仅体现了故障诊断

技术的精细化和智能化，也为风力发电机组的安全运行提供了坚实的理论基础和技术支撑。

三、风力发电机组维护技术研究

风力发电机组的维护技术是确保其长期稳定运行的关键因素，对于降低故障率、延长使用寿命具有重要意义。本部分将深入探讨预防性维护策略、智能化维护技术，以及维护实施与效果评估的全过程，旨在构建一套科学、高效的维护体系。

（一）预防性维护策略

风力发电机组的维护技术，尤其是预防性维护策略，对于保障机组持续稳定运行和降低运营成本至关重要。该策略的核心在于维护周期优化和维护资源配置，旨在通过科学方法确定最佳维护时机，平衡成本与性能^[9]。通过对机组运行数据的深度分析，结合可靠性理论和成本评估，利用条件监测和故障预测技术，实现维护活动的最优化，避免不适当的维护行为，确保机组性能最大化及寿命延长。同时，维护资源配置的优化涉及合理分配人力、物力、财力资源，改进维护流程，更新技术工具，以及维护团队的培训与管理，以提升维护效率。预防性维护的研究与应用，展现了维护技术的专业性和前瞻性，为风电行业的持续发展提供了坚实的技术支撑。

（二）智能化维护技术

智能化维护技术代表了风力发电机组维护领域的先进趋势，它融合了信息技术、人工智能和机械工程等多学科精华，提供了高效且智能的维护方案。该技术以专家系统、自适应维护策略和数据驱动的维护决策为支柱，形成了一个反应灵敏、适应性强的维护体系。专家系统通过模拟人类专家的判断逻辑，利用知识库和推理机进行智能诊断和建议，提升了维护的精确度和效率。自适应维护策略则通过实时监测和预测模型，动态调整维护计划，确保维护活动与机组状态同步。数据驱动的维护决策基于大数据

分析，从海量数据中提炼信息，指导维护决策，其客观性和准确性显著提高了维护的预见性和经济性^[10]。整体而言，智能化维护技术的应用，不仅体现了维护技术的专业深度，也为风力发电机组的高效运行和行业可持续发展注入了新的动力。

（三）维护实施与效果评估

在风力发电机组维护技术的应用中，维护实施与效果评估环节对于保障维护活动的有效性和推动持续改进至关重要。该环节以维护流程设计、维护效果评价指标体系构建和评估方法的应用为核心，展现了维护工作的专业性和系统性。维护流程设计统筹考虑机组特性、资源、安全标准和环境因素，确保维护作业的有序与高效，通过精细化设计提升标准化水平。维护效果评价指标体系则全面反映维护成效，结合传统与可持续发展指标，保障评价的全面性和准确性。维护效果评估方法通过定性与定量分析，深入评估维护活动的实际效果，运用多种分析工具为维护策略的优化提供数据支撑。总体而言，这一过程的专业性和系统性，为风力发电机组维护技术的提升和行业的发展提供了坚实的保障。

四、结束语

风力发电机组故障诊断与维护技术研究仍存在一定的局限性。在故障诊断方面，如何进一步提高诊断精度、实时性和自适应能力是未来研究的重点；在维护技术方面，如何实现预防性维护、智能化维护和数据驱动维护的有机结合，以降低维护成本、提高维护效率，仍需进一步探讨。

展望未来，风力发电机组故障诊断与维护技术研究将朝着以下几个方向发展：一是故障诊断算法将更加注重实时性、自适应性和鲁棒性；二是大数据、云计算和物联网等技术在故障诊断与维护中的应用将更加广泛；三是跨学科研究将不断深入，如将力学、材料学、控制理论等与故障诊断与维护技术相结合，以期为风力发电机组的安全、高效运行提供更为全面的技术保障。

参考文献

- [1] 谭周锋. 风力发电机组状态监测和故障诊断 [C] // 中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集（上册）. 华润风电（雷州）有限公司、广东省湛江雷州市龙门镇南兴风电场；, 2023: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.049649.
- [2] 姜金平. 风力发电机基础混凝土结构裂缝控制研究 [J]. 散装水泥, 2023, (05): 134–136+139.
- [3] 范贵华, 黄文君, 赵红飞. 风力发电机组液压系统常见问题与维护策略 [J]. 河南科技, 2023, 42(20): 49–52. DOI: 10.19968/j.cnki.hnkj.1003–5168.2023.20.009.
- [4] 吴忠强, 侯林成. 基于 Hamilton 多智能体系统的风力发电机组协同控制 [J]. 电机与控制学报, 2023, 27(10): 193–202. DOI: 10.15938/j.emc.2023.10.019.
- [5] 夏国俊, 刘勇, 李晓叶, 等. 风力发电机组主机架结构仿真优化方法 [J]. 能源工程, 2023, 43(04): 10–17. DOI: 10.16189/j.nygc.2023.04.002.
- [6] 曹宏宇. 漂浮式海上风力发电机组故障诊断方法 [J]. 光源与照明, 2023, (07): 99–101.
- [7] 贾益军, 胡建新. 风力发电机组叶片维修及预防方法初探 [J]. 大众用电, 2023, 38(07): 51–53.
- [8] 于娟, 邱利莎. 风力发电控制专利技术 [J]. 中国科技信息, 2023, (14): 17–21.
- [9] 程丽敏, 王铁志, 吴剑剑, 等. 风力发电机组主体结构有限元分析与探究 [J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 338–342. DOI: 10.19701/j.jzjg.23S1711.
- [10] 张新宇. 风力发电机组基础质量检测与运行风险评价研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2023. DOI: 10.27334/d.cnki.gstdy.2023.000708.

