www.viserdata.com

水电科技

月刊

HYDROELECTRIC SCIENCE & TECHNOLOGY

■ 主办单位：Viser Technology Pte.Ltd.　■ ISSN: 2630-5291(online)　2717-5383(print)

中国知网（CNKI）收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2024 10

第 7 卷　总第 46 期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

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

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

水电科技

Hydroelectric Science & Technology

2024年·第7卷·第10期（总第46期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

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

发行周期：月刊

出版时间：10月

数据库收录：中国知网收录期刊
RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

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

学术主编：余　亮

责任编辑：金　星

印　　制：北京建宏印刷有限公司

定　　价：SGD 20.00

目　录

CONTENTS

水利工程

水利工程施工中边坡开挖支护技术探究……罗鑫豪 1
中小型水利工程竣工验收中档案管理存在的问题及对策……成新勇 4
灌溉渠道混凝土衬砌渗漏的病因与防治研究…刘永刚 7
水利工程中病险水库加固工程技术的应用研究．徐梓皓 10
水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏的病因与防治研究……万　芊 13
长距离钢质输水管道管材和防腐设计分析…王　斌 16
水利水电施工过程中边坡开挖支护施工质量控制分析……杨　洁 19
水利工程关于灌区配水工程顶管的控制要点……何　军　何　倩 22
水利工程施工管理质量控制措施探索……石宝全 26
水利施工中混凝土裂缝的防治施工技术探讨．．王明玉 29
城市引水管网施工中信息化技术的集成与应用前景……罗　文 32
水利工程现代化发展常见问题及其对策浅谈．．周　锦 35
箱型砌块护岸在皖南山区的应用实践……鄢永辉　沈家法 38
水利施工中管道基础边坡开挖技术研究……黄相杰 42

防汛抗旱

探讨防洪河道管护模式与巡查措施……杨卫锋　谌　钊　詹文虎　缪　平　居　玮 45
水利工程在防汛抗旱中的作用及加强建设管理探讨……邓　瑞 49

节水灌溉

农田水利高效节水灌溉影响因素及应对措施分析……张发强 52

农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析..... 王莉莉 55

水电建设

水利水电工程中土石方施工技术分析..... 王雪婧 58
论水利水电工程基础处理施工技术探析..... 孟　欣 61

电力工程

电力行业 EPC 项目档案管理探讨..... 张　娜 64
电力储能系统安全技术与应用研究..... 黄逸斌 67
悬索光伏支架结构抗风设计方法初探..... 韩江明 70
基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术研究.... ..... 魏　强　童维占 74
基于 VMD-SHO-LSTM 模型的短期电力负荷预测研究..... ..... 冯洋洋　王　刚　朱信宜 77

电气工程

电气自动化技术在电力系统中的应用探析..... ..... 路鹏海　赵常顺 81
电气自动化工程中电子电工技术的应用探究.. 刘　畅 84
电气工程及其自动化的智能化技术应用研究.. 刘　欢 87

电气自动化与应用

继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理探究.... ..... 王子悦 90
PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用分析 .... 唐真真 93
配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响分析..... ..... 乔建恒 96
自动化装置在小型水电站中的应用与性能分析..... ..... 李　磊 99
电力系统自动化控制中的标准化智能技术应用探讨.... ..... 张耀巍 102

技术解决方案

智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用 ..... 宋　珂 105
水利建设中泵站水闸的施工技术研究..... 王建鑫 108
灯泡贯流式机组停机蠕动原因分析及处理... 唐　建 111
火电厂动力工程中的热能平衡与节能技术探讨..... ..... 张景红 114

运行维护

变电运维倒闸操作危险点及其防范分析..... 赵冠男 117
火电厂安全管理中存在的问题及对策..... ..... 吴　飞　施法治　武　洋　龙苍海　杨学敏 120
浅谈灌区水工闸门及启闭机养护与维修..... ..... 桑淑娟　陶　东　朱　珠 123
配电网运行管理中电力自动化系统的运用研究..... ..... 赵诚宇 126

水利工程施工中边坡开挖支护技术探究

罗鑫豪
江西省水投建设集团有限公司，江西 南昌 330000

[摘要]近年来，我国不断提升的经济实力为完善各类基础设施创造了条件，水利工程是一项关系国计民生的重点工程，在灾害应对、生活支持等方面具有重要作用。因此，必须切实保障水利工程的可靠性。要想不断提高水利工程建设效率，为我国基础设施水平的持续提升提供支撑，就必须在施工环节把好质量关、效率关。边坡的开挖支护直接影响到水利工程的基本质量与运转使用，因此在水利工程中必须重视边坡的开挖与支护工作，采取针对性的有效技术，保障水利工程施工的有序进行。文中立足于水利工程边坡开挖支护的实际，肯定了边坡开挖支护技术的重要价值，探寻水利工程边坡开挖支护的有效应用。
[关键词]水利工程施工；边坡开挖支护技术；技术研究
DOI：10.33142/hst.v7i10.13918　　中图分类号：TV551.4　　文献标识码：A

Exploration on Slope Excavation and Support Technology in Water Conservancy Engineering Construction

LUO Xinhao
Jiangxi Water Investment Construction Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: In recent years, Chinese continuously improving economic strength has created conditions for improving various types of infrastructure. Water conservancy engineering is a key project related to national economy and people's livelihood, and plays an important role in disaster response, life support, and other aspects. Therefore, it is necessary to effectively ensure the reliability of water conservancy projects. In order to continuously improve the efficiency of water conservancy engineering construction and provide support for the continuous improvement of Chinese infrastructure level, it is necessary to ensure quality and efficiency in the construction process. The excavation and support of slopes directly affect the basic quality and operation of hydraulic engineering. Therefore, it is necessary to pay attention to the excavation and support of slopes in hydraulic engineering, adopt targeted and effective technologies, and ensure the orderly progress of hydraulic engineering construction. The article is based on the practical application of slope excavation and support in hydraulic engineering, affirming the important value of slope excavation and support technology, and exploring the effective application of slope excavation and support in hydraulic engineering.
Keywords: water conservancy engineering construction; slope excavation and support technology; technical study

引言

随着城市化进程的不断加速和水利工程建设的持续推进，边坡开挖与支护技术在水利工程施工中的重要性日益凸显。在水利工程中，边坡开挖与支护技术扮演着关键的角色，它不仅直接关系到工程的安全稳定，还关系到环境保护和社会经济发展。边坡开挖与支护技术的研究旨在寻找有效的方法和措施，以应对边坡施工过程中可能出现的各种挑战和风险，确保工程的顺利进行和工程质量的高标准完成。同时，随着技术的不断创新和发展，新型的边坡开挖与支护技术不断涌现，为水利工程施工提供了更多的选择和可能性。然而，边坡开挖与支护技术研究中仍存在着许多问题和挑战。例如，不同地质条件下的适用性、施工成本与效益的平衡、施工过程中的安全风险等。因此，对边坡开挖与支护技术的深入研究和探索显得尤为重要。本文旨在对水利工程施工中边坡开挖与支护技术进行系统的研究与探讨，分析目前常见的技术方法和存在的问题，探索有效的解决方案和未来的发展趋势。通过对该领域的深入探究，将为水利工程施工的安全可靠性和工程质量的提升提供有益的参考和指导。

1 水利工程施工中边坡开挖支护技术的重要性

水利工程施工中，边坡开挖支护技术的重要性不言而喻。边坡是水利工程中常见的重要结构之一，其稳定性直接影响着工程的安全性和可靠性。在施工过程中，边坡开挖是不可避免的步骤，但边坡开挖会导致土体失稳，容易发生坍塌、滑坡等安全事故，严重影响工程进度和质量。因此，必须采取有效的支护技术来保证边坡的稳定性。边坡开挖支护技术的重要性体现在以下几个方面：首先，支护技术能够有效防止边坡失稳和坍塌。通过采取合适的支护措施，可以增加边坡的抗滑稳定性和抗坍塌能力，减少施工过程中的安全风险，保障施工人员和设备的安全。其次，支护技术有助于保护周边环境和资源。在水利工程施工中，往往会涉及到边坡附近的自然环境和人工设施，如河流、道路、建筑物等。采取有效的支护技术可以避免边坡失稳对周边环境和资源造成的损害和影响，保护生态环境和公共财产安全[1]。此外，支护技术还有助于提高施工效率和质量。通过合理设计和实施支护方案，可以有效地

控制边坡开挖过程中的土体位移和变形，减少施工过程中的变更和修复工作，提高工程施工的效率和质量，降低施工成本。因此，在水利工程施工中，必须高度重视边坡开挖支护技术的应用和研究，不断完善和提升支护技术水平，为工程的安全稳定和可持续发展作出贡献。

2 常见的水利工程施工中边坡开挖支护技术

水利工程施工中的边坡开挖支护技术对于保障工程安全和稳定性至关重要。在实际应用中，根据地质条件和工程要求，常见的支护技术包括土方开挖、边坡加固、防护措施等。据水利部发布的数据显示，针对不同地质情况，各种支护技术均有不同的应用范围和优劣势。例如，在软土地区，常采用土方开挖与边坡加固相结合的方式。而在岩石地质条件下，岩体钻孔爆破与锚杆支护技术更为常见。举例来说，在某水库大坝修建项目中，面对陡峭的边坡，工程团队采用了岩体钻孔爆破与锚杆支护技术。他们首先进行了精确的钻孔爆破，然后在岩体表面设置了大量的锚杆，并采用预应力技术进行加固。这些措施有效地增强了岩体的稳定性，确保了大坝边坡的安全施工。另外，根据水利工程领域的研究数据，对于复杂地质条件和高边坡的情况，常采用多种支护技术相结合的方式。比如，在山区水利工程施工中，经常采用悬臂爆破、加固网片、悬索索网等多项技术的综合应用，以应对地形陡峭、地质复杂等挑战。

3 水利工程施工中边坡稳定性影响因素分析

水利工程施工中边坡稳定性受多种因素的影响，这些因素的复杂交互作用决定了边坡的稳定性及其可能出现的问题。首先，自然因素是影响边坡稳定性的重要因素之一。包括地质构造、地层岩性、地下水位等因素都会对边坡的稳定性产生影响。例如，边坡所处的地质构造是否稳定、地层的岩性是否坚硬、地下水位是否过高都会对边坡的稳定性造成影响。地质灾害如地震、滑坡等也可能导致边坡发生破坏。其次，人为因素也是影响边坡稳定性的重要因素之一。水利工程施工过程中的设计、施工、监理等环节的质量直接影响边坡的稳定性。例如，不合理的施工方案、施工过程中的错误操作、监理不到位等都可能导致边坡稳定性问题的发生。此外，土层开挖与边坡支护缺乏协调性也是影响边坡稳定性的重要因素之一[2]。在水利工程施工中，常常需要进行土层开挖以便进行基础建设，而在开挖过程中边坡的支护不到位或与开挖进度不协调，可能导致边坡的失稳和坍塌。因此，土层开挖和边坡支护的协调性对于边坡稳定性至关重要。

4 水利工程边坡开挖与支护技术

4.1 边坡开挖施工流程

4.1.1 技术交底

在水利工程的边坡开挖与支护技术中，技术交底是确保施工顺利进行和工程质量安全的重要环节。技术交底旨在将工程设计方案和施工方案详细地向施工人员进行讲解和说明，以确保施工人员充分理解工程要求和操作流程，并严格按照要求进行施工。首先，在技术交底过程中，施工管理人员应当向施工人员详细介绍工程设计方案，包括边坡的设计参数、支护结构的设计方案等。同时，应当向施工人员说明施工方案，包括边坡开挖的起止点、开挖深度、施工周期等重要参数。这样有助于施工人员全面理解工程设计的要求和施工方案的操作流程。其次，在技术交底过程中，施工管理人员应当强调施工中的安全注意事项。施工人员应当具备良好的安全意识，严格遵守现场安全规定，正确使用个人防护装备，并且掌握应急处理措施，确保施工过程中不发生安全事故。此外，技术交底还应当明确工程的质量要求和验收标准。施工人员应当严格按照工程质量标准进行施工，确保施工质量达到设计要求，并且合格通过验收。最后，在技术交底过程中，施工管理人员应当强调环境保护要求。施工人员应当注意保护施工现场和周边环境，减少对土地、水资源和生态环境的影响，确保施工过程中不发生环境污染。

4.1.2 测量放线工序

在水利工程中，边坡开挖施工流程中的测量放线工序是非常关键的一步。该工序旨在确保边坡开挖施工的准确性、精确性和安全性。在进行实际的边坡开挖前，需要进行详细的测量和放线工作，以确定边坡的开挖位置、深度和形状，为后续的施工提供准确的参考依据。首先，测量放线工序需要进行现场勘测，确定边坡的具体位置和范围。通过使用各种测量仪器和工具，如全站仪、测距仪等，测量人员可以准确地确定边坡的位置、高程和坡度等重要参数。其次，测量放线工序需要根据设计要求和施工方案，制定详细的放线计划。这包括确定放线点的位置、间距和标记方法等，以确保放线的准确性和有效性。接下来，测量人员根据放线计划进行实际的放线工作。他们在边坡上设置放线点，并使用测量仪器进行测量，确定边坡的轮廓和形状。同时，他们还会在边坡上标记出开挖的边界线和限制线，以便施工人员根据标记进行开挖。最后，测量放线工序需要对测量结果进行检查和调整。测量人员会对测量数据进行比对和分析，确保测量结果的准确性和一致性[3]。如果发现测量数据有误或不符合要求，他们会及时进行调整和修正，以确保放线工作的准确性和可靠性。

4.1.3 开挖硐室、竖井

边坡开挖施工流程中，开挖硐室和竖井是至关重要的步骤，它们为后续施工提供了必要的支撑和通道。根据水利工程的实际情况，开挖硐室和竖井的过程需要经历几个关键阶段，包括方案设计、现场准备、施工作业和安全监测等。例如，在某高山水电站建设项目中，开挖硐室和竖井是项目启动的首要任务之一。在方案设计阶段，工程团队进行了详细的地质勘察和工程设计，以确定最佳的开挖位置和方法。根据设计要求，他们选择了合适的机械设备和施工工艺，在现场准备阶段组织了人员和物资，确保施工的顺利进行。随后，施工人员按照施工计划，采取逐步推进的方式，进行硐室和竖井的开挖作业。同时，他们严格执行安全规定，进行现场安全监测，及时发现和处理安全隐患，确保

施工安全。另一个案例是某水利隧道建设项目。在该项目中，开挖硐室和竖井也是施工的关键步骤之一。工程团队在方案设计阶段充分考虑了地质条件和施工要求，在现场准备阶段组织了施工队伍和设备，并制定了详细的施工计划。随后，施工人员按照计划进行了硐室和竖井的开挖作业，采用了合适的爆破、挖掘和支护技术，确保了施工的顺利进行。

4.1.4 槽挖施工

槽挖施工通常是指在边坡开挖过程中，按照设计要求和施工方案，在边坡表面开挖出一定宽度和深度的槽道，为边坡的稳定性和支护工作提供基础和条件。首先，槽挖施工的目的是准确地确定边坡的边界和限制线，为后续的支护工作提供准确的参考依据。通过槽挖施工，可以清晰地勘测和标定边坡的开挖范围和形状，确保施工的精准性和安全性。其次，槽挖施工需要根据设计要求和施工方案，选择合适的位置和尺寸进行开挖。施工人员应当根据实际情况和地质条件，在边坡表面进行精确的标定和放线工作，确定槽挖的位置、深度和宽度等关键参数。接下来，施工人员使用合适的机械设备和工具进行槽挖施工。通常情况下，他们可能会使用挖掘机、推土机等设备，根据设计要求逐步开挖出所需的槽道。在开挖过程中，施工人员需要注意保持槽道的平整和垂直度，确保槽道的尺寸和形状符合设计要求。在槽挖施工过程中，施工人员需要不断检查和监测工作现场的安全状况，确保施工人员的安全和设备的正常运行。他们可能会根据实际情况调整施工方案，并采取必要的安全措施，防止意外事件的发生。

4.2 边坡支护技术

4.2.1 浅层支护技术

浅层支护技术在水利工程中是一项重要的防护措施，用于保护边坡表面或浅层土体，防止坡面崩塌、滑坡等危险情况的发生，确保工程的稳定和安全。这些技术主要应用于边坡的浅层部分，通常采用简单、经济、易于施工的方法，下面将详细介绍几种常见的浅层支护技术。首先，土工格栅是一种常见的浅层支护技术。它由高强度的合成材料制成，如聚丙烯或聚酯纤维，具有良好的抗拉性能和抗侵蚀性能。土工格栅可以在边坡表面或坡脚处铺设，通过加固土体，防止土体的冲刷和滑动，提高边坡的稳定性。其次，挡土墙是另一种常用的浅层支护技术。挡土墙通常由混凝土、石材或钢筋等材料建造而成，用于固定坡面，防止坡面的坍塌和滑动。挡土墙可以根据实际需要进行不同形式的设计和施工，包括横向挡墙、纵向挡墙等，以满足不同边坡的支护需求。此外，护坡梯田也是一种常见的浅层支护技术[4]。护坡梯田通过在边坡表面建造梯田状的支护结构，将边坡分割成多个小坡面，降低坡面的坡度和坡高，减少坡面的自由滑动和坍塌的可能性。同时，护坡梯田还可以促进土壤的保水和植被的生长，增强边坡的稳定性和抗侵蚀能力。

4.2.2 深层支护技术

深层支护技术是在水利工程中应用广泛的一种支护方式，主要用于处理边坡深部或者边坡高度较大的情况。这些情况可能会因为土体的不稳定性或者施工工艺要求而需要额外的支护手段，深层支护技术就是为了应对这些挑战而设计的。一种常见的深层支护技术是土钉墙，它是通过在边坡深部预埋钢钉，并通过钢钉与土体形成摩擦力来提供支护。这种技术适用于土体较松散的情况，可以有效地提高边坡的稳定性。另一种常见的深层支护技术是挡墙，通常是建造混凝土或者钢筋混凝土的墙体，用以阻挡边坡的土体滑动或者坍塌，提供稳定的支撑。此外，深层支护技术还包括喷射混凝土、钢支撑、土钻桩等多种方法。这些技术可以根据边坡的具体情况和工程要求进行选择和组合，以确保边坡的稳定性和工程的安全进行。在应用深层支护技术时，需要对边坡的地质情况、施工环境和工程要求进行全面评估和分析，制定合理的支护方案。施工过程中，需要严格按照设计要求和施工规范进行操作，确保支护结构的稳固性和可靠性。同时，施工现场需要进行严密的监测和检查，及时发现和处理问题，确保施工的顺利进行和工程质量的安全完成。

5 结语

随着社会经济的不断发展和水利工程建设的日益增加，边坡开挖与支护技术在工程施工中的重要性日益突显。本文对水利工程施工中的边坡开挖与支护技术进行了全面的研究和探讨，旨在深入了解该领域的现状、挑战和发展趋势，为工程施工提供技术支持和指导。通过本文的分析，我们深刻认识到边坡开挖与支护技术在水利工程中的重要性和必要性。同时，我们也发现在该领域仍存在着许多问题和挑战，需要我们进一步深入研究和探讨。在未来的工作中，我们将继续致力于边坡开挖与支护技术的深入研究，不断提高技术水平，完善施工方案，确保工程的安全稳定和工程质量的提升。最后，我们希望通过我们的努力，能够为水利工程施工中边坡开挖与支护技术的发展和应用作出贡献，为我国水利工程建设的进步和发展做出积极的贡献。同时，也期待着更多的学者和工程师能够加入到这一领域的研究中，共同推动水利工程施工技术的不断创新和进步。

[参考文献]

[1]杨正平.边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J].石材,2023(12):90-92.
[2]张帆.水利工程施工中的边坡开挖支护技术分析[J].水上安全,2023(7):170-172.
[3]陈乃嘉,谢艾楠.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J].东北水利水电,2022,40(7):57-62.
[4]罗俊辉.水利工程施工中边坡开挖支护技术要点与运用[J].中国住宅设施,2021(11):47-48.

作者简介：罗鑫豪（1993.9—），男，毕业院校：江西理工大学应用科学学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：江西省水投建设集团有限公司，职务：技术员，职称级别：助理工程师。

中小型水利工程竣工验收中档案管理存在的问题及对策

成新勇
新疆维吾尔自治区塔里木河流域奴尔水利枢纽工程建设管理局，新疆 和田 848300

[摘要]中小型水利工程在竣工验收过程中，档案管理是确保工程质量和长期运行的重要保障。然而，在实际操作中，发现存在一些普遍的档案管理问题，需要及时加以解决和改进。文章探讨了中小型水利工程竣工验收中存在的档案管理问题及其原因，提出了相应的对策建议，旨在改善档案管理质量，确保工程和档案工作同步进行，为相关部门提供参考。

[关键词]中小型水利工程；竣工验收；档案管理；问题与对策
DOI：10.33142/hst.v7i10.13917　　中图分类号：TV51　　文献标识码：A

Problems and Countermeasures in Archive Management during Completion Acceptance of Small and Medium-sized Water Conservancy Projects

CHENG Xinyong
Xinjiang Tarim River Basin Nur Water Conservancy Hub Construction Engineering Management Bureau, Hotan, Xinjiang, 848300, China

Abstract: Archive management is an important guarantee for ensuring the quality and long-term operation of small and medium-sized water conservancy projects during the completion acceptance process. However, in practical operation, it has been found that there are some common archive management issues that need to be addressed and improved in a timely manner. The article explores the archive management problems and their causes in the completion acceptance of small and medium-sized water conservancy projects, and proposes corresponding countermeasures and suggestions, aiming to improve the quality of archive management, ensure the synchronization of engineering and archive work, and provide reference for departments.

Keywords: small and medium-sized water conservancy projects; completion acceptance; archive management; problems and countermeasures

引言

当前社会发展进程中，中小型水利工程在促进农村经济发展、改善农民生活条件以及保障生态环境等方面发挥着重要作用[1]。作为支撑这些工程建设的重要保障，档案管理在工程建设与竣工验收过程中显得尤为关键。然而，尽管中小型水利工程的建设日益重视，但在建设与竣工验收后的档案管理却面临着一系列严峻挑战。档案质量不达标直接影响了工程的后续管理和长期运行的有效性，移交不及时则延误了相关管理部门的监督审查工作，验收不规范更是导致了工程最终验收结果的不确定性，进而影响了相关工程的实施进度。因此，本文深入分析中小型水利工程竣工验收中存在的档案管理问题，并提出相应的对策建议，以期通过改进档案管理工作流程和制度机制，提高档案管理的规范性和有效性，最终确保中小型水利工程的高质量建设和长期稳定运行。

1 存在的问题

1.1 档案质量不达标

档案作为工程建设的重要依据和长期管理的基础，其质量直接关系到工程的安全性、运行效率和后续维护的可持续性[2]。然而，实际操作中往往出现档案质量不达标的情况，主要表现在以下几个方面：第一，在一些中小型水利工程中，由于管理人员对档案管理的重视程度不够，或者在项目实施过程中信息记录不及时、不全面，导致档案资料存在重要信息缺失的情况，不仅影响后续工程运行管理的决策依据，也可能在出现问题时无法有效定位和解决。第二，档案的组织结构不清晰，文件命名混乱，存档方式不规范，导致档案检索困难和信息获取效率低下。第三，档案保存的完整性和安全性问题。在一些中小型水利工程中，由于档案保存条件不达标或者管理制度不健全，档案资料可能面临遗失、损坏或者泄露的风险。第四，档案管理流程的不规范和档案管理人员的技能水平参差不齐。在一些项目中，缺乏专业的档案管理人员或者档案管理工作没有得到足够的重视和培训，导致档案管理工作中出现操作失误、流程混乱的情况。

1.2 档案移交不及时

在工程建设完成后，档案的及时移交对于监管部门的验收审批、工程的安全运行和长期维护具有至关重要的意义。然而，在实际操作中，由于多种原因的影响，档案移交工作往往面临诸多困难和延误[3]。首先，一些项目管理单位可能更关注工程建设的进度和质量，而对于档案管理工作的重要性认识不足。因此，档案资料的整理、编制和移交工作常常被忽视或者放在次要位置，导致竣工后档案

移交进度滞后，甚至有些工程建设环节的档案资料缺失，无法按时完成移交任务，导致工程竣工验收工作无法按时开展。其次，档案移交不及时还与相关管理部门的监督和协调机制不完善有关。在一些地方，由于政府部门对工程竣工后档案移交工作的监管力度不够或者监管措施不到位，导致施工单位或者项目管理单位在移交档案时缺乏紧迫感和主动性。最后，在一些地方或者项目中，由于档案管理经费不足或者人力资源紧张，导致档案移交工作无法优先安排或者得到必要的支持和保障，即使管理人员有意愿和动力推进档案移交工作，但因资源约束而难以有效落实。

1.3 档案验收不规范

档案作为工程建设的重要组成部分，其完整性、准确性和规范性对于工程的后续管理、运行和维护至关重要。其一，在不同地区或者不同工程项目中，对于档案验收的标准、要求和流程可能存在差异或者不清晰的情况。缺乏统一的验收标准和操作规范，使得验收工作容易受到主观因素的影响，导致同样的档案在不同验收人员或者不同时间点的验收结果可能存在差异，影响了验收结果的客观性和公正性。其二，在一些情况下，负责档案验收的人员可能缺乏足够的档案管理专业知识和技能，对档案内容的理解和评估不够准确和深入。其三，在一些项目中，由于缺乏第三方独立的监督机构或者专业的审查团队，使得档案验收工作往往缺乏独立性和客观性。项目管理单位或者建设单位可能倾向于控制验收过程或者结果，以符合自身利益或者避免责任，从而导致档案验收结果的真实性和公正性受到质疑。

2 原因分析

2.1 重视程度不够高

档案作为工程建设的重要依据和长期管理的基础，其质量和完整性直接关系到工程后续的运行效率、安全管理以及对环境的影响评估[4]。首先，档案管理在工程管理中的地位与作用未能得到充分理解和认可，导致管理人员在项目实施过程中往往将档案管理工作视为次要任务。在一些中小型水利工程项目中，管理人员普遍更加关注工程的进度、质量和成本控制，而对于档案管理工作的重要性认识不足。因此，在工程竣工阶段，档案资料的整理、编制和移交工作常常被忽视或者推迟，使得档案质量和完整性无法得到有效保障。其次，档案管理作为一门专业技术，涉及到文件管理、档案归档、检索系统等多个方面的技术要求。然而，在一些项目中，由于管理人员缺乏对档案管理技术和标准的深入理解，对于档案管理工作的操作方法和标准化要求认知不足，导致档案管理工作容易出现操作失误、流程混乱等问题，进而影响了档案管理工作的规范性和有效性。最后，由于对档案管理相关法律法规和政策的理解不足或者执行不到位，导致管理人员在档案管理工作中缺乏法律依据和监管指导，从而对档案管理工作的重要性和必要性认识不足。

2.2 监督检查不到位

第一，监督检查不到位导致档案资料的完整性和准确性受到影响。在中小型水利工程竣工验收过程中，监督检查的不到位意味着缺乏足够的第三方独立监督和审查，工程单位或者相关主管部门难以及时发现和纠正档案资料中的错误或者缺失。第二，监督检查不到位导致档案移交程序和要求执行不规范。档案的移交程序包括档案资料的整理、编制、归档和交接等多个环节，每个环节都需要严格按照规定进行操作和监督。然而，如果监督检查不到位，相关单位或者个人可能在档案移交过程中出现疏漏或者违规操作，从而影响了档案移交工作的规范性和有效性。第三，监督检查不到位导致档案管理责任主体不明确。在中小型水利工程竣工验收过程中，监督检查的不到位意味着相关主管部门或者监督机构未能有效履行档案管理的监督责任，导致责任主体模糊不清。档案管理涉及到多个环节和多个责任主体，包括工程建设单位、监理单位、设计单位、相关主管部门等，每个责任主体都有着不同的管理职责和监督义务。如果监督检查不到位，可能导致各责任主体在档案管理过程中推诿扯皮，最终影响了档案管理工作的整体效果和质量保障。

2.3 档案制度不健全

在工程建设完成后，档案的建立、管理和归档是确保工程质量、安全运行和长期管理的重要保障。首先，档案制度不健全意味缺乏明确的档案管理政策、流程和标准。在中小型水利工程竣工后，缺乏健全的档案制度会导致档案管理的混乱和不规范。如未能明确规定各类档案资料的收集、整理、归档和存档周期，未能建立完善的档案编号、索引和检索系统，以及未能规范档案移交和保存环节，导致档案遗漏、丢失或者混乱，影响工程后续的管理和使用效果。其次，档案制度不健全导致档案管理责任不清晰。在中小型水利工程竣工后，档案管理涉及多个主体，包括工程建设单位、设计单位、监理单位和相关主管部门等。若档案制度不健全，各责任主体可能对档案管理的具体职责和义务认识不一，或者存在推诿责任的情况。如，档案管理责任的界定不清晰可能导致各方在档案管理过程中互相推诿责任，最终影响档案管理工作的规范性和效果。

3 对策建议

3.1 加大宣传力度，提高档案意识

有效的宣传能够增强相关人员对档案重要性的认识，推动档案管理制度的落实，从而提升档案管理的规范性和有效性。第一，通过加大宣传力度，可以提升相关人员的档案意识和重视程度。中小型水利工程涉及多方利益相关者，包括工程建设单位、设计单位、监理单位、相关主管部门以及当地政府和社会公众。通过针对性的宣传活动，向他们普及档案管理的基本知识、法律法规要求以及档案

管理对工程长期运行和社会效益的重要性，从而激发他们对档案工作的积极性和责任感。第二，加大宣传力度有助于强化档案管理制度的执行力度。在中小型水利工程中，往往存在档案管理制度建立但执行不到位的情况。通过宣传档案管理的必要性和益处，可提高相关单位和个人遵守档案管理制度的意识和行动力度。第三，加大宣传力度可以促进档案管理技术和信息化手段的应用。随着信息技术的发展，档案管理已经逐步向数字化、智能化方向发展。通过宣传和推广先进的档案管理技术和信息化工具，可以帮助中小型水利工程管理单位提升档案管理的效率和质量。

3.2 健全管理制度，做到有章可循

完善的管理制度不仅能够规范档案管理的各个环节，还能够明确责任、提高效率，确保档案的完整性、安全性和可持续利用性。首先，健全管理制度需要建立明确的档案管理政策和流程，包括确定档案管理的基本原则、目标和战略，明确各个管理环节的职责和权限，以及规定档案管理的操作流程和标准。如，制定《中小型水利工程竣工档案管理办法》，明确档案的收集、整理、归档、保存和利用的具体步骤和标准，确保每一个环节都有具体的操作指南和标准化的操作要求，做到有章可循。其次，健全管理制度需要明确档案管理的责任主体和其职责。在中小型水利工程竣工后，涉及到档案管理的主体包括工程建设单位、设计单位、监理单位、相关主管部门以及档案管理部门等。通过明确各个主体的责任分工和协作机制，可以有效避免责任推诿和管理漏洞。最后，健全管理制度还需要建立档案管理的评估和监督机制。定期进行档案管理工作的评估和审查，可以发现问题、总结经验，及时调整和优化管理制度。

3.3 加强监督检查，确保验收质量

有效的监督检查体系能够及时发现和纠正工程建设过程中的问题和不足，确保工程达到设计要求并符合相关法规标准，从而保障工程的可持续发展和长期运行安全。一是建立健全的监督检查制度。确定监督检查的责任部门、具体人员和操作流程，明确监督检查的时间节点和频次，以及规定监督检查的内容和标准。二是加强监督检查需要注重建立多层次、全方位的监督检查网络。除了由主管部门组织的定期检查外，还应当鼓励工程建设单位和第三方监理单位参与监督检查工作。三是加强监督检查需要运用先进的技术手段和设备支持。信息技术在监督检查中的应用能够大大提升效率和准确性。如，采用无人机技术对工程施工现场进行定期航拍监测，实时了解工程进度和施工质量；利用传感器和监测设备对关键工程参数进行实时监测和数据采集，及时发现异常情况并进行调整和处理。

3.4 加强专职档案人员的培养，提升业务水平

专职档案人员应掌握档案管理的最新技术和工具，如电子档案管理系统、数字化存档技术等，以提高档案管理的效率和准确性。通过系统的培训和实际操作，他们能够熟练运用各种档案管理软件，实现档案信息的快速检索和安全保存，从而更好地支持水利工程竣工验收的相关工作。

加强实践经验的积累和交流是培养专职档案人员的关键环节。通过参与实际的竣工验收工作，专职档案人员能够深入了解各类档案记录的具体要求和实际操作技巧，掌握处理各种复杂情况的能力。此外，定期举办档案管理经验交流会议和培训班，邀请业内专家和资深档案管理人员分享经验和技巧，也是提升业务水平的有效途径。

水利工程单位可以通过设立档案管理岗位评聘制度、定期进行绩效评估和技能培训，为专职档案人员提供晋升和发展的机会，激发其工作动力和创造力。同时，提供良好的工作环境和福利待遇，增强其对工作的归属感和责任感，有助于稳定团队并持续提升档案管理工作的质量和效率。

4 结束语

在中小型水利工程建设中，加强竣工档案管理、健全管理制度、确保工程质量的监督检查，是提升整体工程质量和长期运行安全的关键对策。通过这些措施，不仅能够有效管理和保护工程的历史数据和资料，还能够规范管理流程、提升管理效率，确保工程建设达到设计标准和法规要求。在未来，将继续在工程建设和档案管理的各个环节中精益求精，为推动中小型水利工程领域的可持续发展贡献更大的力量。

[参考文献]

[1]王桂燕.关于建筑工程竣工验收中常见的档案管理问题及应对措施[J].中华建设,2022(11):36-38.
[2]徐敏.中小型水利工程竣工验收中档案管理存在的问题及对策[J].档案管理,2022(4):121-122.
[3]徐华.水利工程竣工验收中档案管理问题与对策[J].山东水利,2020(12):67-68.
[4]刘永庆.水利工程竣工验收中档案管理存在的问题与对策[J].智能城市,2020,6(18):85-86.

作者简介：成新勇（1985.10—），毕业院校：新疆农业大学，所学专业：农业水利工程，当前就职单位名称：新疆维吾尔自治区塔里木河流域奴尔水利枢纽工程建设管理局，就职单位职务：办公室（党建办）副主任，职称级别：工程师。

灌溉渠道混凝土衬砌渗漏的病因与防治研究

刘永刚
升升集团有限公司，宁夏 银川 750001

[摘要]渠道工程采用混凝土衬砌起着至关重要的作用，主要用于防止水流侵蚀土壤和保护渠道结构。然而，由于施工过程中的多种因素影响，衬砌渠道存在渗漏问题，严重影响了渠道的正常运行和工程寿命。文中探讨了灌溉渠道中混凝土衬砌渗漏的主要病因及相应防治措施，旨在提高渠道衬砌的密封性和耐久性，确保渠道的安全运行和长期稳定性。

[关键词]混凝土衬砌渠道；渗漏病因；防治措施
DOI：10.33142/hst.v7i10.13915　　中图分类号：TV315　　文献标识码：A

Research on the Causes and Prevention of Concrete Lining Leakage in Irrigation Channels

LIU Yonggang
Sheng Sheng Group Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract: The use of concrete lining in channel engineering plays a crucial role, mainly used to prevent water flow from eroding soil and protect channel structures. However, due to various factors during the construction process, there is a leakage problem in the lining channel, which seriously affects the normal operation and engineering life of the channel. The article explores the main causes and corresponding prevention measures of concrete lining leakage in irrigation channels, aiming to improve the sealing and durability of channel lining, ensure the safe operation and long-term stability of channels.

Keywords: concrete lined channel; causes of leakage; preventive measures

引言

天下黄河富宁夏，宁夏有十大引黄灌溉渠道全部采用混凝土衬砌，其主要作用是保护土壤和防止水流侵蚀。传统采用混凝土作为衬砌材料，其具有耐久性强、结构稳定的特点，能够长期保持渠道的功能和安全性。现代灌溉渠道中，渠道衬砌的质量问题不仅关乎工程的经济效益和资源利用效率，更直接影响到工程的安全性和持久性[1]。一旦发生渗漏，不仅会造成水资源的浪费，还会对周围田地、村庄、道路等造成非常严重的损害，甚至影响到下游水域的生态平衡和人身财产的安全。本文主要探讨灌溉渠道中混凝土衬砌渗漏的病因分析及防治对策，为实际渠道工程应用提供科学依据和技术支持，进一步推动渠道的安全良好运行。

1 衬砌防渗混凝土技术

混凝土衬砌技术是灌溉渠道中常用的一种保护结构，其主要作用是在渠道水利设施内壁上覆盖一层混凝土，以增强结构的耐久性和抗渗性。这种技术广泛应用于灌溉渠道、排水沟渠、水库、泄洪、蓄水池等工程中，有效地防止水流对土壤的侵蚀和渗漏问题，从而保证水资源的高效利用和工程的长期稳定运行。

混凝土衬砌质量和性能直接依赖于选用的材料和配合比。一般情况下，使用普通混凝土或高强混凝土作为衬砌材料，根据具体工程的要求确定水泥、砂、石料的配比及添加剂。水泥的品种和强度等级应根据设计要求选择，砂石料应具有良好的均匀性和密实性，以保证混凝土的均匀性和抗渗性能。

为确保混凝土衬砌的质量和性能，应严格执行质量控制措施和施工规范。包括定期对原材料进行检测和验收，监控混凝土的配合比例和振捣过程，以及进行衬砌层厚度和抗渗性能的检测等。只有通过科学的质量控制和规范施工，才能保证衬砌混凝土的长期使用性和安全性。

2 渠道中混凝土衬砌渗漏的病因

2.1 施工质量问题

灌溉渠道混凝土衬砌渗漏问题的主要病因是施工质量问题。施工质量不达标，可能导致渠道衬砌的结构不稳定和抗渗性能下降，从而影响渠道整体的安全性和持久性[2]。

模板安装是影响衬砌质量的关键因素。模板的平整度和强度直接影响到混凝土的浇筑质量，如果模板安装不到位、尺寸有问题或者存在跑模缺陷，会导致混凝土衬砌表面不平整以及出现裂缝，就会影响到衬砌混凝土的整体抗渗性能和强度。模板的材料选择和安装方法也需要符合设计要求，以确保衬砌层的平整度和强度。

混凝土的配合比例和搅拌质量是施工过程中必须严格控制的要点。混凝土水灰比、水泥、砂石料选用和配比直接决定了混凝土的密实性和抗渗性能。如果搅拌不均匀或者配合比不合理，会导致混凝土内部存在空隙及深度裂缝，使得水流易于渗透或侵蚀衬砌层，从而加剧渠道的渗漏问题。

不合理的浇筑方式或者振捣不足会导致混凝土的强度和抗渗性达不到设计标准，不能满足使用要求，影响衬砌的结构稳定性和抗渗性能。施工过程中，如果养护不到位或者时间不足，也会导致混凝土的强度和密实性不达标，从而影响到衬砌的整体质量和使用寿命。

2.2 模板施工质量问题

模板施工质量的好坏直接影响着混凝土衬砌层的平整度、结实性以及最终的抗渗性能。模板必须根据设计要求精确布置，确保渠道截面的几何尺寸和形状符合设计标准。如果模板安装不平整或者不稳固，将会导致混凝土衬砌的表面不平整或者出现变形，进而影响到渠道衬砌层的整体密实性和抗渗性能。模板材质选择和质量必须能够承受混凝土浇筑时的压力和振动，确保模板不会因为变形或者破损而影响到渠道混凝土衬砌质量。

在混凝土浇筑过程中，如果模板之间的接缝没有良好密封或者未采取适当的防漏措施，会导致浆体漏失，造成混凝土表面质量不均匀或者内部存在空洞，从而影响到衬砌的抗渗性能。特别是在水压较大的渠道中，这种问题可能会导致严重的渗漏现象，最后影响到整个渠道的安全运行和灌溉问题。

如果模板拆除过早、方法不当，就可能会导致混凝土表面损伤或者内部结构不完整，进而影响到渠道衬砌层的稳定性和抗渗性能。在拆模过程中，必须采取逐步、缓慢的方式，避免因为快速拆除导致模板对混凝土的损伤，从而确保衬砌层的质量和持久性。

2.3 原材料质量问题

混凝土的性能直接依赖于水泥、砂、石子等原材料的质量和配合比，任何一个环节都可能会导致衬砌层的抗渗性能下降，混凝土强度不达标，从而影响整体渠道的安全性和持久性。

水泥是混凝土中最主要的成分，其质量直接影响到混凝土的强度、耐久性、抗渗性。如果选用的水泥品种不符合设计要求或者强度等级较低，混凝土的抗压强度和抗渗性能就会大打折扣。水泥的存储和运输过程中，如果没有得到良好的保护，可能会受到吸湿、结块等问题影响，最终影响到混凝土的整体质量。

砂子和石子的选用和质量对混凝土的影响也非常显著。砂子的细度模数和石料颗粒大小分布直接影响到混凝土强度，如果选用的砂石料质量不合格或者掺杂有大量细粉、泥土等杂质，会导致混凝土的内部空隙增多，从而影响到衬砌层的抗渗性能和强度。如果砂石料的配比不合理或者在搅拌过程中混合不均，也会导致混凝土的坍落度和流动性下降，使得混凝土浇筑质量和渠道衬砌的整体性能受到较大影响。

掺合料和添加剂对混凝土的抗渗性能和稳定性也有重要影响。掺合料如粉煤灰、硅灰等可以改善混凝土的工作性能和耐久性，但如果选用不当或者添加量过多，就会影响到混凝土的强度和抗渗性能。添加剂如减水剂、缓凝剂等在混凝土施工中起到重要作用，但必须严格按照设计要求使用，否则可能会导致混凝土的抗渗性能下降或者出现不可预测的化学反应，影响到混凝土的整体质量和使用寿命。

2.4 混凝土搅拌、运输和浇筑过程中存在问题

混凝土搅拌过程中的水泥、砂子、石料和混合，如果搅拌不充分或者配合比例失调，会导致混凝土的坍落度不佳，或者混凝土中存在过多的空隙。这些问题会直接影响到混凝土的密实性和抗渗性能，使得渠道衬砌层容易发生渗漏现象。

混凝土的运输过程中，如果时间过长或者运输方式不当，可能会导致混凝土的分层或者过度震动，从而影响到混凝土的均匀性和密实性。特别是在远距离运输或者恶劣路况下，必须采取合适的措施，保证混凝土的均匀性和流动性，避免因为运输问题导致混凝土的质量下降。

混凝土浇筑过程中，必须保持连续性和均匀性，确保混凝土在模板内均匀分布并充分振捣，以排除内部的空气和减少空隙。如果浇筑不均匀或者振捣不充分，会导致混凝土的密实性不足，进而影响到渠道衬砌层的抗渗性能。混凝土浇筑后的养护工作也不可忽视，充分的养护可以帮助混凝土逐步达到设计强度和抗渗性能，减少早期龟裂和表面渗水现象的发生。如果养护不到位或者时间不足，可能会导致混凝土的强度和密实性不足，从而影响到衬砌层的整体质量和使用寿命。

3 灌溉渠道混凝土衬砌渗漏的防治措施

3.1 提高施工质量，加强地基处理

施工过程直接关系到混凝土衬砌层的密实性、均匀性和抗渗性能，必须确保施工过程中的每一个环节都符合设计要求和技术规范。首先，良好的地基处理可以有效避免地基沉降、侧漏等问题，从而保证混凝土衬砌层的稳定性和整体密封性。对于软弱地基，通常采用加固措施如加厚基底、加设加固筋等，以增强地基的承载能力和稳定性。其次，涉及到模板安装、混凝土配比、搅拌工艺、浇筑方法和养护措施等多个方面。模板安装必须精准、平整，以保证混凝土衬砌层的表面平整度和结实性；混凝土的配比和搅拌工艺必须按照设计要求进行，确保混凝土的坍落度、流动性和抗渗性能；浇筑过程中要保持连续性和均匀性，充分振捣混凝土以排除内部空隙和气泡；养护工作要及时、充分，确保混凝土逐步达到设计强度和抗渗性能。

3.2 做好模板施工

模板安装好坏直接影响到混凝土衬砌层的平整度、结实性和抗渗性能，因此必须严格按照设计要求和施工规范进行操作，并且严格校正模板几何尺寸、加固模板强度。

模板必须选用符合工程要求的优质材料，具有足够的强度和稳定性，能够承受混凝土浇筑过程中的振动和压力。

在安装过程中，必须保证模板的连接严密，不存在裂缝和变形，以确保混凝土衬砌层的表面平整和几何尺寸的精确度。任何模板安装不当或者存在缺陷都可能导致混凝土衬砌层的损坏，从而影响到渠道整体抗渗性。

在模板安装完成后，必须进行仔细的调整和校正，确保模板的表面平整度和几何形状与设计要求一致。特别是在复杂的渠道截面或者弯曲段，必须通过专业的调整工具和精确的测量方法来保证模板的准确性，避免因为模板形状不符合要求而导致混凝土衬砌层的缺陷和渗漏问题。

在混凝土浇筑过程中，模板接缝必须采取有效的密封措施，防止浆体漏失和水泥浆泡沫渗漏。常用的密封材料包括橡胶密封条、泥浆或者胶粘剂等，必须确保密封材料的质量和粘接效果，以保证混凝土衬砌层的整体密实性和抗渗性能。

3.3 严格把关混凝土原材料质量

混凝土的质量直接依赖于水泥、砂、石料等原材料质量，任何环节都可能导致衬砌层的抗渗性能下降，从而影响渠道工程整体的安全性和持久性。第一，水泥作为混凝土的主要胶凝材料，其质量对混凝土的强度和耐久性有着直接影响。因此，必须选择符合国家标准和工程要求的优质水泥。在选材过程中，要关注水泥的品牌、生产厂家、生产日期等信息，并通过专业的检测机构对水泥进行质量检验，确保其化学成分、颗粒大小、细度等指标符合设计要求，避免因水泥质量不良导致的混凝土抗压强度低、渗透性差等问题。第二，砂子和石子是混凝土中的骨料材料，应选择经过筛选、清洗并符合相关标准的砂、石料，确保其颗粒分布均匀、无泥土、粉末和有害物质的混合物，以免因骨料质量不良导致的混凝土孔隙率增加、抗渗性能降低等问题。第三，混凝土掺合料和添加剂的选择和使用也是影响混凝土质量的重要因素。掺合料如粉煤灰、硅灰等可以改善混凝土的工作性能和耐久性，但必须严格按照设计要求和施工规范添加，避免过量使用或者掺杂不合格的材料，以防止混凝土的抗渗性能受到影响。添加剂如减水剂、缓凝剂等在混凝土施工中起到重要作用，但必须选择优质产品并严格控制添加剂的用量，以确保混凝土的性能稳定和抗渗能力强。

3.4 做好混凝土浇筑、养护工作

做好混凝土浇筑和养护工作是防治混凝土衬砌渠道渗漏的关键措施。混凝土的浇筑和养护质量直接影响到衬砌层的密实性、强度和抗渗性能，必须严格按照设计要求和施工规范进行操作。

混凝土的浇筑过程中需要确保连续性和均匀性。浇筑前应对模板进行充分检查和准备，确保模板安装牢固、平整，无松动和缺陷。在混凝土浇筑过程中，应采用合适的工艺和设备，确保混凝土在模板内均匀分布，并尽量减少混凝土的振捣次数，以避免引入空隙和气泡。特别是在复杂截面和弯曲段的浇筑中，要根据实际情况采取适当的施工措施，保证混凝土的均匀性和流动性。

混凝土浇筑后的养护工作尤为重要。养护的目的是促进混凝土水化反应，提高其强度和密实性，减少龟裂和渗水现象的发生。养护措施应根据气候条件和混凝土特性合理选择，通常包括水湿养护、覆盖膜或草帘养护、喷水养护等方法。特别是在高温、干燥或风大的环境中，必须采取防止混凝土表面过早干裂的措施，保持混凝土表面的湿润状态，以确保混凝土充分水化和强度发展。

对于特殊情况的浇筑，应制定详细的施工方案和应急预案。在施工前应对可能出现的问题进行全面评估和预测，如温度变化、水质变化、气候条件等因素可能对混凝土质量和施工效果产生影响。在施工过程中，要根据实际情况及时调整施工方案，确保混凝土的浇筑质量和养护效果。

4 结束语

渠道混凝土衬砌渗漏问题一直是水利工程建设和运行中的重要挑战。本文主要探讨了渠道衬砌渗漏的主要病因及相应防治措施，针对这些问题，提出了一系列的防治对策，包括严格控制原材料质量、优化施工工艺、加强养护措施等。加强各个环节的管理，将有效提高混凝土衬砌渠道的密封性和耐久性，确保其长期稳定运行，减少水资源浪费，保护周围环境和人民财产受损害。

[参考文献]

[1]徐亚萍.灌溉渠道中混凝土衬砌渠道渗漏措施研究[J].水上安全,2024(6):79-81.
[2]李云鹏.灌溉渠道建设施工中混凝土衬砌渠道防渗漏技术的运用[J].工程建设与设计,2023(20):204-206.
[3]靳国平.灌溉渠道中混凝土衬砌渠道渗漏策略探析[J].建材发展导向,2023,21(16):102-104.
[4]焦永吉.农田灌溉渠道防渗施工技术的应用创新[J].科技与创新,2023(7):168-170.

作者简介：刘永刚（1982.12—），毕业院校：长安大学，所学专业：工程管理，当前就职单位：升升集团有限公司，职称级别：中级。

水利工程中病险水库加固工程技术的应用研究

徐梓皓
新疆交通建设集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水库作为重要的水利工程设施，其安全稳定性直接影响到周边地区的安全和经济发展。然而，随着水库年龄的增长和环境变化，部分水库存在病险问题，需要进行加固工程以保障其安全运行和功能发挥。文章探讨了在水利工程中病险水库进行加固工程技术的应用，通过分析当前水库加固的必要性和存在的问题，提出了提升加固技术水平的有效措施，旨在提升水库的安全稳定性和整体工程质量。

[关键词]病险水库；加固工程；技术应用；安全稳定性；施工管理
DOI：10.33142/hst.v7i10.13907　　中图分类号：TV543　　文献标识码：A

Research on the Application of Reinforcement Engineering Technology for Dangerous Reservoirs in Water Conservancy Engineering

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

Abstract: As an important hydraulic engineering facility, the safety and stability of reservoirs directly affect the safety and economic development of surrounding areas. However, with the aging of reservoirs and environmental changes, some reservoirs have dangerous problems and require reinforcement engineering to ensure their safe operation and functional performance. The article explores the application of reinforcement engineering technology for dangerous reservoirs in water conservancy projects. By analyzing the necessity and existing problems of reservoir reinforcement, effective measures to improve the level of reinforcement technology are proposed, aiming to enhance the safety and stability of reservoirs and overall engineering quality.

Keywords: dangerous reservoirs; reinforcement project; technology application; safety and stability; construction management

引言

在全球范围内，水资源的有效管理和利用对社会经济的可持续发展至关重要。作为水资源调控的重要载体，水利工程特别是水库在实现洪水控制、灌溉供水、发电等多方面发挥着重要作用[1]。然而，随着时间的推移和环境条件的变化，一些旧有水库面临着病险问题，不仅影响到水库本身的运行安全，也直接威胁到周边地区的生命财产安全，因此对这些水库进行加固显得尤为重要。

中国作为一个水资源相对匮乏的国家，早期大规模修建了许多水库来实现水资源的合理利用和洪水调控，但这些水库的年龄已逐渐增长，不少水库面临着结构老化、渗漏增加等问题，使得水库的安全性和功能性受到威胁，需要进行有效的加固措施以确保其长期稳定运行。本文探讨水利工程中针对病险水库进行加固工程技术的应用研究，具体包括加强前期调研和评估、加大资金投入，均衡配置资源料以及加强施工管理和质量监控等方面，以推动水利工程领域技术创新和管理模式的进步，为未来类似工程提供经验和指导。

1 水利工程对病险水库加固的必要性

1.1 水库结构安全性保障

随着时间的推移和环境条件的变化，许多旧有水库面临着结构老化、渗漏增加等问题，使得水库原有的安全性和稳定性受到威胁，进而需要通过科学有效的加固措施来加以解决和改善。首先，水库作为重要的水利工程设施，其主要功能包括洪水调控、灌溉供水、发电等，直接关系到当地甚至更广泛地区的社会经济发展和居民生活。一旦水库出现结构安全问题，可能导致溃坝事件，带来灾难性的洪水泛滥，对周边地区造成重大损失甚至危及人民生命安全。因此，保障水库结构的安全性不仅仅是技术问题，更是社会稳定和安全的重要保障。其次，水库结构安全性的保障还涉及到水库的长期使用和功能发挥。通过加固工程，可以修复和强化水库的各个部分，如坝体、溢洪道、泄洪设施等，确保其在面对不断变化的水文气象条件和地质环境时依然稳定可靠。这种保障不仅仅是为了防止突发的灾害性事件，还包括了对水库功能的长期维护和优化，延长其使用寿命，提高水资源的利用效率，从而实现更加可持续的水资源管理和利用。最后，水库结构安全性的保障也是保证水利工程投资的长期有效性和经济性的重要手段。水库加固工程虽然需要投入相当的资金和资源，但是通过保障结构的安全性，可以减少因灾害性事件带来的损失，避免因水库损坏而需要大规模重建的高成本支出。

1.2 延长水库使用寿命

延长水库使用寿命还直接关系到水资源的有效利用和经济效益。水库在洪水调控、灌溉农田、城市供水以及

发电等方面发挥着重要作用[2]。如果水库出现严重的结构问题或安全隐患，不仅会导致生产生活中断和经济损失，还可能带来生态环境的恶化和社会不稳定，通过加固工程，可以保障水库的安全性和稳定性，提高其长期的经济效益和社会效益，促进区域经济的持续发展和社会的稳定。另外，延长水库使用寿命还可以有效优化水资源管理和环境保护。随着城市化进程和经济发展的加快，对水资源的需求日益增长，如何有效管理和利用水资源成为社会发展的重要课题。通过对水库进行加固，可保障其在各种极端气候事件下的稳定性，提高水资源的调控能力和利用效率，为生态环境的保护和可持续发展提供重要支持。另外，在技术层面上，延长水库使用寿命需要综合运用工程结构设计、材料科学、地质勘察等多学科的知识和技术手段。通过科学的调研评估和工程设计，制定出适合水库具体情况的加固方案；选择耐久性和抗老化能力强的材料进行修复和增强；引入先进的施工技术和管理模式，确保加固工程的质量和效果。

1.3 保障水资源利用效率

通过提升水库的安全性和功能性，确保水库在洪水调控、灌溉供水、发电等方面的有效运用，从而最大化水资源的利用效率，促进经济社会可持续发展和生态环境的保护。其一，水库作为重要的水利工程设施，主要功能是调节水流，特别是在洪水期间的调控作用尤为显著。加固病险水库可以增强其抗洪能力，减轻洪水对下游地区的影响，保护生命和财产安全，通过科学的加固工程，可以提高水库的安全系数和抗灾能力，确保水库在极端天气事件中仍能稳定运行，为社会提供可靠的防洪保护。其二，加固病险水库也有助于提升水资源的灵活调控能力。在干旱或水资源短缺的情况下，水库的灌溉供水功能尤为重要。通过加固工程，可以修复和优化水库的水利设施，确保其在各种水文条件下都能够稳定供水，满足农业灌溉和城市生活用水的需求，不仅有助于提高农田灌溉的效率和水分利用率，还能保障城市的供水安全，促进农业生产和城市发展的可持续性。其三，水库在蓄水和释水过程中能够有效地调节水流，驱动水轮机发电。通过加固工程，可以提高水库的蓄水能力和水位控制能力，确保其在不同季节和天气条件下都能稳定供电，对于能源供应的稳定性和可持续性具有重要意义，有助于减少对传统能源的依赖，推动清洁能源的发展和利用。

2 水利工程病险水库加固技术存在问题不足

2.1 技术方案选择不合理或缺乏科学依据

进行病险水库加固工程时，技术方案选择不合理或缺乏科学依据直接影响到加固效果和工程质量[3]。第一，缺乏科学依据的技术方案可能无法有效解决水库现有的安全隐患和结构问题。每个水库的地质条件和工程结构各有特点，必须根据具体情况设计和选择加固方案，在缺乏充分地质勘察和工程评估的情况下进行施工，会造成加固效果不明显甚至适得其反的情况，无法真正提升水库的安全性和稳定性。第二，技术方案选择不合理会导致加固成本过高或者效果不佳。水利工程的加固涉及到大量的工程材料和人力资源投入，如果选择的技术方案过于复杂或不适合具体情况，可能会导致加固成本大幅增加。此外，如果加固效果不佳，可能需要反复修复和调整，增加维护成本和施工周期，影响工程的经济效益和社会效益。

2.2 施工过程管理不到位

施工过程管理的不到位会导致工程质量下降、安全风险增加，甚至影响整体工程的可持续性和长期效果。其一，施工过程管理的不到位会导致工程质量不达标。水利工程加固涉及复杂的工程结构和材料，施工过程中需要严格按照设计方案和技术规范进行操作。如果施工管理不到位，施工人员可能无法正确理解和执行设计方案，导致施工质量不稳定、工艺不规范或者材料选用不当，从而影响加固工程的实际效果和长期稳定性。其二，施工过程管理不到位可能会增加施工中的安全风险。水利工程施工通常涉及高空作业、大型机械操作等高风险环境，如果管理不到位，会导致工地事故的发生。其三，施工过程管理不到位还会导致工程进度延误和成本增加。有效的施工过程管理需要合理规划施工流程、优化资源配置、确保材料供应等，以保证施工进度的稳定和工程的经济性。如果管理不到位，出现施工队伍组织混乱、物资缺乏或浪费、工期延误等问题，从而增加工程的总成本并影响工程的投入产出比。

2.3 资金投入不足，资源配置不均

在水利工程中，特别是病险水库的加固工程中，资金投入不足和资源配置不均等问题是影响工程质量和效果的重要因素[4]。资金投入不足可能导致加固工程无法充分考虑到所有必要的技术和安全要求。水利工程的加固需要使用高质量的材料、先进的施工设备和技术，以及具备丰富经验的工程队伍。资金不足会选择低成本的解决方案，会影响加固的长期效果和工程的持续安全性。同时，资源配置不均可能会导致在一些工程阶段出现短缺，从而影响工程进度和效率。

3 提升水利工程病险水库的加固技术水平的措施

3.1 加强前期调研和评估，科学制定加固方案

前期调研和评估是确保加固工程顺利进行、达到预期效果的关键步骤。首先，通过详尽的现场勘察和结构检测，深入了解水库的历史使用情况、结构现状及存在的可能损伤或缺陷。这些数据为后续的加固方案设计提供了实际依据，有助于准确评估水库的结构强度、稳定性和安全性问题。在调研和评估过程中，还需充分考虑水库所处地区的地质和水文特征。地质条件对加固方案的选择至关重要，例如地质构造、岩性、地层稳定性等因素直接影响加固材料和技术的选择。同时，水文特征分析则有助于预测水库在不同水位和流量条件下的行为，为设计方案的合理性提

供支持。综合考虑地质和水文因素，可以有效避免因地制宜，科学选择加固方案，提高工程的适应性和持久性。

科学制定加固方案是实现成功加固的核心。基于前期调研和评估的数据，加固方案应根据实际情况量身定制，既考虑到结构的安全性和稳定性，又兼顾工程的经济性和可操作性。例如，对于存在局部损伤的水库，可以采用局部加固的方案，利用高强度材料修补和加固损坏部位；对于整体结构问题严重的水库，可能需要全面加固或者结构重建，确保整体工程安全可靠。

3.2 加强施工过程管理和质量监控

施工管理涉及项目组织、进度控制、资源配置、人员管理等方面。良好的施工管理体系需要建立清晰的施工组织结构和职责分工，明确各参与方的责任和任务。管理团队需要具备丰富的水利工程施工经验和专业知识，能够有效协调各方资源，保障施工的有序进行[5]。同时，质量监控是保证加固工程质量的关键环节。施工过程中，应建立科学、严格的质量监控体系，包括从材料选择、施工工艺到工程验收等各个环节的监测和检验。关键措施如下：

3.2.1 材料质量控制

选择符合标准要求的优质材料，确保材料的性能和稳定性。在采购和运输过程中，严格按照施工设计要求和供应商提供的质量证明书进行验收和管理，避免使用劣质材料影响工程质量。

3.2.2 施工工艺监控

制定详细的施工工艺流程和操作规范，确保施工过程中每个环节按照设计要求进行。定期组织施工技术交流和培训，提升施工人员的技术水平和质量意识，减少施工中可能出现的失误和质量问题。

3.2.3 现场监测与测试

实施严格的现场监测和测试计划，包括结构变形监测、材料强度检测、水质监测等，及时发现和解决施工过程中的问题和隐患。利用先进的检测设备和技术手段，确保监测数据的准确性和可靠性。

3.2.4 施工质量验收

按照相关标准和技术规范进行施工质量验收，确保每个加固部位和施工阶段都符合设计要求和安全标准。加强验收过程中的记录和数据归档，建立完善的施工档案，为工程的长期管理和维护提供依据。

3.3 加大资金投入，均衡配置资源

在水利工程中，特别是对于病险水库的加固，资金投入的充足与否直接影响到加固工程的质量、效果以及工程的长期稳定性。同时，资源的均衡配置也是确保工程各个环节能够顺利进行、效率最大化的重要因素。首先，加大资金投入是保障水利工程质量的基础。病险水库加固工程往往涉及到使用高强度材料、先进的施工技术和设备，以及对人力资源的高要求。充足的资金投入可以确保在选择材料和技术时不受成本限制，选择最适合工程需要的高质量材料，采用先进的施工工艺，从而保证工程的长期安全性和可靠性。此外，资金投入的增加还能够提升施工过程中的管理水平和监控手段，例如引入先进的监测设备和技术，加强对施工质量和工程进度的实时监测，及时发现和解决问题，确保工程按计划高效完成。其次，均衡配置资源是优化工程施工和管理的重要策略。水利工程加固涉及多个方面的资源配置，包括人力、物资、技术和管理等。通过合理的资源配置，可以确保每个施工环节都能得到充分的支持和保障，避免资源短缺或浪费，提高施工效率和质量稳定性。例如，在人力资源配置上，应根据施工难度和工期安排合理分配工程人员，确保施工现场的人员数量和技术水平符合工程要求。在物资方面，应提前做好材料供应计划，确保施工过程中材料的及时供应和质量控制。

4 结束语

提升水利工程病险水库的加固技术水平需要多方面的综合措施。加强前期调研和评估，科学制定加固方案，加强施工过程管理和质量监控，以及加大资金投入和均衡配置资源，是保障工程安全、提高工程质量的关键步骤。通过科学规划、严格执行和有效监控，确保病险水库加固工程顺利进行，达到预期的安全性、可靠性和持久性。

[参考文献]

[1]廖云.水利工程中病险水库加固工程技术研究[J].水上安全,2024(7):163-165.
[2]尚奇.水利工程中病险水库加固工程技术分析[J].水上安全,2024(6):160-162.
[3]卢常兴.水利工程中水库坝体护坡板加固施工技术[J].水上安全,2023(12):184-186.
[4]汤涌.水利工程中病险水库加固工程技术研究[J].科技创新与应用,2022,12(20):148-151.
[5]葛均启.水利工程病险水库的加固设计探讨[J].建筑技术开发,2020,47(7):9-10.

作者简介：徐梓皓（1985.6—），毕业院校：国家开放大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位名称：新疆交通建设集团股份有限公司，就职单位职务：科员，职称级别：中级工程师。

水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏的病因与防治研究

万 芊
江西省水投建设集团有限公司，江西 南昌 330000

[摘要]针对当前我国水利工程中混凝土衬砌渠道普遍存在的渗漏问题，本研究通过实地调研和理论分析相结合的方式，系统地探讨了混凝土衬砌渠道渗漏的主要病因以及相应的防治措施。研究发现，混凝土衬砌渠道渗漏的主要病因包括材料性质、施工质量、设计标准、运营维护等多个方面。其中，混凝土材料的微观缺陷、施工过程中的质量控制不严、设计阶段防渗标准的不合理以及运营过程中的疏忽维护等因素是造成渗漏的重要原因。基于此，论文从优化材料选择、完善设计标准、严格施工管理和加强运营维护四个方面提出了相应的防治策略。实践证明，通过对混凝土强度等级的提升、施工过程中质量控制措施的实施、设计阶段渗透性能的增强以及运营维护的规范化，可以有效减少混凝土衬砌渠道的渗漏问题。本研究旨在为水利工程的设计、施工和维护管理提供科学依据和技术支撑，以提高混凝土衬砌渠道的安全性和耐用性，从而延长其使用寿命，降低维护成本。

[关键词]水利工程；混凝土衬砌渠道；渗漏病因；防治措施；质量控制
DOI：10.33142/hst.v7i10.13906　　中图分类号：U29　　文献标识码：A

Research on the Causes and Prevention of Leakage in Concrete Lined Channels in Water Conservancy Engineering

WAN Qian
Jiangxi Water Investment Construction Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: In response to the common problem of leakage in concrete lined channels in water conservancy projects in China, this study systematically explores the main causes of leakage in concrete lined channels and corresponding prevention and control measures through a combination of field research and theoretical analysis. Research has found that the main causes of leakage in concrete lined channels include material properties, construction quality, design standards, operation and maintenance, and other aspects. Among them, micro defects in concrete materials, lax quality control during construction, unreasonable anti-seepage standards in the design phase, and negligence in maintenance during operation are important reasons for leakage. Based on this, the paper proposes corresponding prevention and control strategies from four aspects: optimizing material selection, improving design standards, strictly managing construction, and strengthening operation and maintenance. Practice has proven that by improving the strength grade of concrete, implementing quality control measures during construction, enhancing the permeability performance during the design phase, and standardizing operation and maintenance, the leakage problem of concrete lining channels can be effectively reduced. This study aims to provide scientific basis and technical support for the design, construction, and maintenance management of hydraulic engineering, in order to improve the safety and durability of concrete lined channels, which extending their service life and reducing maintenance costs.

Keywords: water conservancy engineering; concrete lined channel; cause of leakage; preventive measures; quality control

引言

混凝土衬砌渠道是很重要的水利工程。这些工程可以帮我们很好地利用水资源，但是随着时间的流逝，它们可能会出现漏水的问题，这会浪费水资源，并且可能还会带来一些危险。我们对这个问题做了很多研究，发现造成漏水的原因有很多，包括建材的品质、施工的质量、设计时候怎么考虑防水，以及如何保养这些渠道。我们提出了一些方法，既有理论上的也有实际操作的，可以帮助以后的工程做得更好。这样，我们就可以确保工程质量，让这些渠道用得更久，还能减少维修的费用。我们的研究对水资源的保护和合理使用很有帮助，也能给将来水利工程的改进提供一些思路。

1 混凝土衬砌渠道渗漏问题概述

1.1 水利工程与混凝土衬砌渠道的基本概念

水利工程是指为开发、利用、治理和保护水资源而修建的一系列工程设施，包括水库、大坝、引水渠道等[1]。其目的是调节和控制水资源的供需，提高防洪抗旱能力，改善和保护生态环境。水利工程对防洪减灾、农业灌溉、供水与环境保护等方面具有重要作用，是现代社会经济可持续发展的重要基础设施之一。

混凝土衬砌渠道是水利工程中常见的构筑物之一，主要用于水流的引导和输送。与传统的土质渠道相比，混凝土衬砌渠道具有抗冲刷能力强、渗漏率低、耐久性好等优点，可以有效减少水资源的损失，提高输水效率。混凝土衬砌渠道

通常由基础、衬砌层和防渗层等部分组成，通过使用混凝土材料对渠道表面进行衬砌，以提高渠道的稳定性和防渗性能。

尽管混凝土衬砌渠道在水利工程中表现出色，但其使用过程中的渗漏问题依然凸显。渗漏是指水从渠道内通过微细孔隙、裂缝等途径漏失的一种现象，不仅会导致水资源的浪费，还可能引起土壤侵蚀、结构破坏等一系列问题。混凝土衬砌渠道渗漏的发生，不仅影响水资源的有效利用率，也对渠道的结构安全和使用寿命产生不利影响。对混凝土衬砌渠道渗漏问题的深入研究显得尤为重要，旨在提高水利工程的整体效益和安全性。

在现代水利工程实践中，混凝土衬砌渠道的渗漏已成为亟待解决的关键技术问题。针对这一问题，亟需通过理论研究与工程实践相结合的方法，系统分析混凝土衬砌渠道渗漏的病因，提出行之有效的防治措施，以确保水利工程的长久稳定运行和高效管理。

1.2 混凝土衬砌渠道的渗漏现象及影响

混凝土衬砌渠道的渗漏现象在水利工程中普遍存在，其主要表现为渠道表面出现裂缝、孔洞、渗水斑点及湿痕等。这些现象不仅影响到混凝土结构的完整性，还会导致水资源的严重浪费和渠道输水效率的下降。渗漏现象通常伴随着混凝土材料劣化、钢筋锈蚀等问题，进一步削弱了渠道的承载能力和抗渗性能。渗漏还可能引发周边土壤的侵蚀和沉降，威胁到周边生态环境和基础设施的安全。如果不及时治理，渗漏问题还会加速渠道的老化，缩短其使用寿命，增加维护成本。从经济角度看，渗漏导致的水资源浪费和频繁维护不仅增加了运营成本，还会对当地社会经济造成负面影响[2]。从技术层面观察，渗漏现象的频发反映出当前渠道建设和管理过程中存在诸多问题。综合来看，混凝土衬砌渠道的渗漏现象严重影响了水利工程的整体性能和运行效益，也提出了亟需解决的技术难题。

1.3 渗漏问题的研究意义和必要性

混凝土衬砌渠道渗漏问题的研究具有重要的实际意义和必要性。混凝土衬砌渠道在水利工程中扮演着关键角色，其渗漏问题不仅影响水资源的有效利用，还会导致水土流失，危及周围生态环境和农业生产的稳定。渗漏导致的水资源浪费和渠道周边土壤的湿化，可能引发一系列工程安全问题，包括渠道本身的结构失稳和周边建筑物的地基沉降。渗漏现象还增大了运营维护成本，减少了渠道的使用寿命，影响整体工程的经济效益[3]。通过系统分析渗漏的病因并提出科学有效的防治措施，可以提升渠道的安全性和耐用性，确保水利工程的可持续运行。研究渗漏问题可为相关工程的设计、施工以及维护创造坚实的理论和技术基础，有助于实现水资源的高效管理和合理配置。

2 混凝土衬砌渠道渗漏的病因分析

2.1 混凝土材料性能对渗漏的影响

混凝土材料的性能在混凝土衬砌渠道渗漏问题中起着关键作用。混凝土材料的微观结构及其物理化学性质直接影响其渗透性。混凝土中的孔隙率和孔隙结构是决定渗漏的重要因素。孔隙率高、孔隙结构不均匀的混凝土容易形成贯通的渗漏通道，导致水分渗透加剧。特别是在水利工程中，长期的水流冲刷和水压作用会进一步加剧混凝土的孔隙劣化，增加渗漏风险。

混凝土材料的强度和耐久性与其抗渗性能密切相关。低强度的混凝土在外界荷载和环境作用下易发生裂缝，从而为渗漏提供通道。而耐久性差的混凝土在长期使用过程中会受到物理和化学侵蚀，如冻融循环、碳化和硫酸盐侵蚀等，导致材料劣化，进一步降低其抗渗性能。

混凝土材料的配合比和外加剂的选择也对其抗渗性能有重要影响。合理的水灰比和骨料级配能够优化混凝土的密实度，减少孔隙率，从而提高其抗渗性能。而适当使用减水剂、膨胀剂和防水剂等外加剂，可以进一步改善混凝土的密实性和抗裂性能，增强其抗渗能力。

混凝土材料的性能对混凝土衬砌渠道的渗漏问题具有显著影响。通过选择优质的原材料、优化混凝土配合比、严格控制生产工艺和合理使用外加剂，可以有效提高混凝土的抗渗性能，减少渗漏问题的发生。

2.2 施工质量对渗漏的影响

混凝土衬砌渠道在水利工程中的渗漏问题往往与施工质量密切相关。施工过程中的质量控制不严是导致混凝土衬砌渠道渗漏的重要原因之一。在混凝土施工过程中，原材料的选择、混凝土的配合比、浇筑和养护环节均可能影响最终的防渗效果。如果原材料质量不达标，例如水泥含量不够、骨料颗粒度不均匀或者含泥量过多，都会直接降低混凝土的致密性，从而增加渗漏风险[4]。

浇筑过程中，若未能按照操作规范进行振捣，混凝土内部容易产生空隙，使得水流通过这些孔隙渗入渠道。温度和湿度的控制不当也会导致混凝土收缩开裂。未能严格遵守施工管理规范，容易导致混凝土裂缝，从而形成渗漏通道。

施工人员的操作技能和责任心也对施工质量产生影响。施工过程中，若存在人为的疏忽和不当操作，难以保证衬砌混凝土的连续性和均匀性，因而容易产生薄弱点。施工现场的管理和监督力度不足，容易导致偷工减料等现象的发生，这些都为混凝土衬砌渠道的渗漏埋下隐患。

通过加强施工现场的管理和质量控制，规范操作流程，确保使用优质原材料，提升施工人员的专业技能和责任意识，可以有效减少因施工质量问题导致的混凝土衬砌渠道渗漏现象。施工环节的精细化管理对于提升混凝土衬砌渠道的整体质量起到至关重要的作用。

2.3 设计标准与运营维护对渗漏的影响

设计标准与运营维护对渗漏的影响是混凝土衬砌渠道渗漏问题中的关键因素之一。设计阶段防渗标准的不合理会导致渠道在使用过程中渗漏现象的频发，如防渗层厚度不足或渗透系数计算不准确，将直接影响渠道的整体性能。运营维护中疏忽管理和检查不足，同样对渗漏问题产

生重要影响。当渠道在长期运营过程中未能及时发现并修复微小裂缝、材料老化等问题，会造成渗漏问题的加剧，缩短渠道使用寿命，增加维护成本。完善设计标准和加强运营维护是预防混凝土衬砌渠道渗漏的重要措施。

3 混凝土衬砌渠道渗漏的防治策略及其效果

3.1 优化材料选择以减少渗漏

优化材料选择是减少混凝土衬砌渠道渗漏的关键环节之一。选择高质量的水泥、骨料和外加剂至关重要。对于水泥，应选用具有高早期强度和低水化热特性的水泥品种，以提高混凝土的密实度和强度，减少因水化热引起的裂缝。骨料方面，选择粒径适中、级配良好、表面洁净的骨料，可以有效改善混凝土的力学性能和抗渗性能。外加剂的使用应根据具体情况选择引气剂、减水剂等，以改善混凝土的工作性能和耐久性，增强其抗渗效果。

混凝土配合比的设计直接影响混凝土的质量和性能。通过优化混凝土的配合比，可以有效控制其孔隙率和连通性，减少水分渗透路径，从而提高抗渗性能。配置高强度等级的混凝土，既能够增加混凝土的抗压强度，又能够提升其抗裂性和耐久性，有助于延长混凝土衬砌渠道的使用寿命[5]。

在实际施工中，加强对混凝土原材料的检测和质量控制尤为重要。确保采购的原材料符合国家及行业标准，尤其是水泥和骨料的各项指标，应进行严格检查。应对混凝土拌合物的均匀性和和易性进行控制，保证混凝土在浇筑过程中不产生离析和泌水现象，从而确保其密实性和均匀性。

在具体应用时，液态防水材料等新型材料的引入也可以有效提高混凝土的抗渗性能。聚合物改性水泥浆、纳米材料等具有优异的防水性能和粘结能力，可在混凝土内部和表面形成致密的防水层，进一步减少渗漏风险。通过科学选材和合理搭配，混凝土衬砌渠道的抗渗性能可以得到显著提升，从而有效减少渗漏问题的发生。

3.2 完善设计标准与严格施工管理以防止渗漏

对于混凝土衬砌渠道渗漏问题，完善设计标准与严格施工管理是关键环节。设计阶段应注重优化防渗设计，例如，提高混凝土的抗渗等级，增加防渗层厚度，并合理设置排水系统，以防止水分积聚在衬砌渠道周围。设计上应考虑到可能的地质和环境变化，预留足够的安全裕度。

严格的施工管理是防止渗漏的另一重要手段。施工过程中应严控混凝土的配合比，确保原材料的质量符合设计要求。施工中应加强对混凝土搅拌、运输、浇筑及养护的全程监控，确保混凝土结构的密实性和整体性，避免微观缺陷的产生。尤其在混凝土浇筑时，要避免水灰比过大和施工缝处理不当等问题，以减少潜在的渗漏隐患。

施工现场的管理应严格遵循相关技术规范和标准化操作流程，确保施工质量。建设单位和监理单位应密切配合，定期进行质量检查和监测，发现问题及时处理。通过完善设计标准和严格施工管理，能够有效预防混凝土衬砌渠道的渗漏，提高工程的耐久性和稳定性。

3.3 加强运营维护以防止渗漏

在混凝土衬砌渠道的渗漏防治中，加强运营维护是关键环节。运营阶段的频繁检查与及时维护，可有效减少渗漏问题。定期检测混凝土的表面状况，及时发现并修复裂缝、空洞等微观缺陷，以防止水流侵蚀和渗漏扩散。运用现代监测技术，实时监控渠道的渗漏情况，及时采取相应措施。加强对渠道周边环境的维护，避免渠道外力损伤导致渗漏。培训管理人员，提高其专业技术水平，确保运营维护工作的科学性和规范化。通过系统的运营维护，可显著延长混凝土衬砌渠道的使用寿命，降低维护成本。

4 结束语

通过本研究的深入分析与系统探讨，我们揭示了水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏的主要病因，并提出了有效的防治措施。明确了材料性能、施工管理、设计标准和运营维护等多重因素对衬砌渠道渗透性能的影响，为减小和控制渗漏现象提供了具体可行的策略。本研究的成果已在实际水利工程项目中得到应用，优化材料选择、完善设计、严格施工管理和加强运营维护的防治策略证实了可以显著提高渠道的防渗性能。然而，研究也存在一定的局限性。例如，渠道渗漏影响因素众多，部分病因可能因地制宜，需在不同地区和不同具体工程条件下进行详细调查和分析，以便获得更全面的解决方案。此外，新型防渗材料和技术在大规模应用前仍需要进一步的完善和实验验证。未来的研究应从材料创新、设计优化、施工技术与管理、运营维护等角度出发，继续深化混凝土衬砌渠道防渗透性能研究。并且，结合现代信息技术，发展智能监测和预警系统，以更有效地预防和诊断渗漏问题。希望本研究的成果能为水利工程领域的科技进步和管理优化提供有益参考，并成为相关领域学者研究的良好起点。

[参考文献]

[1]袁改红刘永田.水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏措施探讨[J].信息周刊,2019,0(38):0082-0082.
[2]钱艳辉叶亚芳.水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏思考[J].中国建材科技,2019,28(1):49-50.
[3]李庆红.浅析水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏的防治[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2020(10):78-79.
[4]马智慧.水利工程中混凝土衬砌渠道渗漏措施[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2019(8):112-115.
[5]徐雅雯.谈水利工程现浇混凝土衬砌渠道防渗漏技术[J].中华建设,2020(5):0140-0141.

作者简介：万芊（1994.1—），女，汉，江西省水投建设集团有限公司，助理工程师。

长距离钢质输水管道管材和防腐设计分析

王 斌
新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国经济的蓬勃发展以及对水资源的日益增长需求，长距离钢质输水管道在供水系统中扮演着愈发重要的角色。文章专注于探讨长距离钢质输水管道的管材选择和防腐设计，重点关注材料性能、结构设计和涂层技术等方面。通过分析管道材料的强度、耐腐蚀性、延展性等特性，并优化结构设计以提高管道的抗压能力和稳定性。同时，采用先进的涂层技术进行防腐处理，有效延长管道的使用寿命并降低维护成本。这些措施有助于提升长距离输水管道的安全性、稳定性和持续运行能力，满足不断增长的供水需求。

[关键词]长距离输水管道；钢质管道；管材选择；防腐设计
DOI：10.33142/hst.v7i10.13900 中图分类号：TU991.36 文献标识码：A

Analysis of Pipe Materials and Anti-corrosion Design for Long-distance Steel Water Transmission Pipeline

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

Abstract: With the vigorous development of Chinese economy and the increasing demand for water resources, long-distance steel water pipelines play an increasingly important role in the water supply system. The article focuses on the selection of pipe materials and anti-corrosion design for long-distance steel water pipelines, with a particular emphasis on material properties, structural design, and coating technology. By analyzing the strength, corrosion resistance, ductility and other characteristics of pipeline materials, and optimizing structural design to improve the compressive strength and stability of pipelines. At the same time, advanced coating technology is used for anti-corrosion treatment, effectively extending the service life of the pipeline and reducing maintenance costs. These measures help improve the safety, stability, and continuous operation capacity of long-distance water pipelines, meeting the growing demand for water supply.

Keywords: long-distance water pipeline; steel pipeline; pipe selection; anti-corrosion design

引言

长距离钢质输水管道在解决我国水资源分布不均、提高供水效率方面具有不可替代的重要作用。钢材作为输水管道的主要材料，具有耐腐蚀、高强度、寿命长等优点，然而其表面容易受到腐蚀的影响，这可能会危及管道的安全运行。因此，在管道建设过程中，合理选择适宜的管材尤为关键，同时必须采取有效的防腐措施以延长管道的使用寿命。通过综合考虑管道所处环境、水质情况和运行条件等因素，针对性地设计防护措施，确保输水管道持续稳定、安全地运行。

1 长距离钢质输水管道管材选择

1.1 钢材种类

常用的钢质输水管材种类繁多，主要包括螺旋焊管、直缝焊管以及高频直缝焊管等多种选项。这些管材各自具备独特的性能特点和优势，为输水管道的建设提供了丰富的选择。螺旋焊管以其壁厚均匀、内壁光滑的特点而闻名。其制造工艺通过螺旋卷板焊接而成，保证了管材壁厚的一致性，同时内壁光滑，有利于减小水流阻力，提高输水效率。直缝焊管在尺寸精度和抗变形能力方面表现出色。直缝焊管的制造过程凭借高精度的焊接技术，确保了管材的尺寸精准度，有利于管道的准确连接和安装。此外，直缝焊管还具有较强的抗变形能力，能够在外部力量作用下保持管道的稳定性。高频直缝焊管由于其生产效率高、成本低而备受青睐。利用高频感应加热技术，高频直缝焊管的生产速度明显快于传统焊接方法，大大提升了生产效率[1]。同时，高频直缝焊管采用自动化生产设备，进一步降低了生产成本，使其成为经济实惠的选择。在选择适合的管材时，需要全面考虑输水距离、水深、压力等级等因素，并结合具体工程需求权衡各种管材的性能和成本。只有在综合考虑的基础上做出明智的选择，才能确保输水管道的建设达到最佳效果。不同类型的钢质输水管材各具特色，应根据具体情况灵活选择，以确保输水系统的可靠性、耐久性和经济性。只有在选择合适的管材并采取有效的管道设计和管理措施的前提下，我国水资源分布不均问题才能得到有效解决，供水效率才能得到显著提高。

1.2 材料性能

钢质输水管材作为重要的管道材料，在输水工程中扮演着关键的角色。其质量和性能直接关系到整个输水系统

的安全和稳定运行。在选择钢质输水管材时，必须要考虑其力学性能、耐腐蚀性能和加工性能等多方面因素。力学性能是钢质输水管材的基本要求之一。力学性能主要包括强度、硬度、韧性等指标。高强度和硬度可以确保管道在运输和安装过程中不易发生变形和破损，从而提高管道的使用寿命和稳定性。同时，良好的韧性可以增加管道的抗震性能，减少管道在外部冲击或振动下的损坏风险。耐腐蚀性能也是钢质输水管材必须具备的重要性能之一。耐腐蚀性能涉及到抗氧化、抗腐蚀等方面。在输水系统中，管道经常接触到水质和环境中的化学物质，如果管道缺乏良好的耐腐蚀性能，就容易出现腐蚀和老化等问题，从而缩短管道的使用寿命。因此，选择具有良好耐腐蚀性能的钢质输水管材非常重要，可以有效延长管道的使用寿命。加工性能也是评判钢质输水管材质量的重要标准之一。加工性能主要包括焊接性能、加工难易程度等方面。在输水工程中，输水管道经常需要进行焊接和加工操作，因此，管材必须具备良好的焊接性能，以确保焊接接头的质量和可靠性；同时，加工难易程度也会直接影响到管道加工的效率和成本。因此，选择具有良好加工性能的钢质输水管材可以更好地满足工程建设的需要，提高工程施工效率。钢质输水管材应具备良好的力学性能、耐腐蚀性能和加工性能，以确保管道系统的安全稳定运行。通过科学严谨的选材和质量控制，可以确保钢质输水管材具有优异的性能表现，满足输水系统对管道材料的需求，从而保障输水工程的可靠运行和持久发展。在今后的工程建设中，我们需要更加重视钢质输水管材的质量和选择，为输水系统的安全可靠提供保障[2]。

1.3 管材选择原则

在工程建设中，选择适合的长距离钢质输水管材是至关重要的一环。在进行选择时，我们应当遵循一系列原则以确保最终选定的管材能够满足工程需求并符合行业标准。安全性原则是选择长距离钢质输水管材时必须优先考虑的因素之一。管道作为输送介质的通道，在运输和使用过程中承受着巨大的压力和重量，因此管道的稳定性和安全性显得尤为重要。举例来说，考虑到地震频发地区的输水管道设计，必须注重管道的抗震性能，以确保在地震发生时管道不会受到严重破坏。经济性原则也是选择长距离钢质输水管材时需要考虑的因素之一。在进行选择时，需要综合考虑管道的成本、性能和使用寿命等方面。虽然高性能的管材可能会带来更高的购买成本，但从长远来看，具有较长使用寿命和稳定性能的管材能够降低维护和更换成本，从而实现经济效益的最大化。另外，环保性原则也是选择长距离钢质输水管材时不可忽视的一点。通过选择符合环保标准的管材，可以有效降低工程开采和施工对环境的影响，实现可持续发展的目标。例如，选择可回收的环保型管材可以为工程降低资源消耗，减少环境污染。除了以上提到的原则外，在选择长距离钢质输水管材时还应考虑到其适用性、耐磨性、抗腐蚀性以及施工便捷性等因素。适用性主要指管道材料是否符合工程的具体要求，包括管径大小、承压能力等；耐磨性和抗腐蚀性则直接关系到管道的使用寿命和稳定性；而施工便捷性则决定了工程施工周期和成本。因此，在选择长距离钢质输水管材时，需要综合考虑多个方面因素，确保最终选择的管材能够全面满足工程的需求。

2 长距离钢质输水管道的防腐设计

2.1 防腐材料选择

在处理钢制管道腐蚀挑战时，选择适宜的防腐介质至关重要。当前管道建设中，涉及多种防腐蚀介质，如涂装材料、玻璃纤维增强塑料（玻璃钢）以及各类塑料制品，以阻止或延缓金属的锈蚀过程。在选择防腐剂时，需全面权衡各类材料的特性与适用环境，以实现最佳的防腐性能和使用年限。作为一种常见的防腐蚀物质，涂料具有优异的抗腐蚀特性，并且施工过程简便，经济成本相对较低。然而，为了维持其防腐性能，需要对使用寿命相对较短的涂料进行定期检查与维护。在选择涂料作为防腐蚀介质时，必须细致评估管道所处的环境状况，诸如湿度、温度波动等因素，以保证其满足预期的防腐蚀性能。另外，玻璃钢与塑料作为防腐材料，展现出良好的耐腐蚀特性，有效地延长管道的使用期限。然而，与涂料相比，它们的成本较高，意味着在应用上需要更大的资金投入。在选择这两种材料时，必须全面评估工程项目预设的财务限制以及未来的持续费用，以确立最具成本效益方案。理性地选取适当的防腐蚀介质对具体工程项目至关重要。此过程需基于特定场景进行慎重选择，在评价管道系统时，除了关注其抗腐蚀能力和经济性，还必须探讨输送介质的特点、预期的使用期限以及操作环境等综合因素。全面评估各种因素可帮助选择最适宜的防腐材料，从而达成经济效率、安全以及可持续性发展的目标[3]。

2.2 防腐层设计

在开展管道防腐设计工作过程中，必须对管材种类、构造形式以及服役条件等诸因素进行全面的审视与评估。选择和安装防腐层受到诸多因素的直接作用，这是确保管道系统能够长期安全稳定运行的关键。在设计防腐层时，须对管道材质的特性有充分的认知。针对不同材质的管道，在设计防腐方案时，应考虑采用差异化的策略和材料，以保证其防腐效果能满足预定的标准。针对钢质管道，普遍采用的防腐措施涵盖了涂层、包覆以及阴极保护等类型；而对于由其他材料制成的管道，则需开发和应用特定的防腐方案。管路构造是一个不容忽视的关键要素，管道构造的特性在很大程度上决定了防腐层的施加难易程度及其成效。针对复杂的管道结构，为了达到全面的防腐效果，可能需要应用特殊的施工技术，或者增设额外的防腐涂层。管道结构特性的基础上，进行防腐设计时，必须拟定出最

适宜的防腐层方案。在管道应用的具体环境中，防腐层的规划布局是至关重要的考量因素之一。在多种使用条件下，各类材料可能遭受化学反应的侵蚀、机械作用的损耗以及温度变化的干扰，为此，必须挑选恰当的防腐蚀涂层材料及技术以应对这些挑战。在设计过程中，防腐层的厚度是一个关键因素。适当的防腐层厚度既保障了防腐功能，又未对管道的安装与维护造成干扰。在防腐设计的实践中，必须依据具体条件来决定最适宜的防腐层的厚度。综合思考涉及到材料的选取、构造的优化以及操作环境的适应性。为了确保管道系统的安全运行并延长其使用寿命，必须采用科学合理的设计方案，以保证防腐层能够发挥良好的防护作用。设计周密的防腐层可以显著减少管道腐蚀现象，进而降低维护费用，增强管道系统的稳定性和耐久性[4]。

2.3 防腐层施工

管道系统中的防腐层施工及其质量控制是对管道长效稳定运行至关重要的一环。良好的防腐措施不仅可以有效减少维护成本，还可以显著延长管道设备的使用寿命。因此，在施工过程中严格管理涂层的厚度及均匀性，合理选择涂层技术至关重要。例如，在一项新建城市燃气输送网络建设项目中，考虑到腐蚀是一个不可忽略的因素，施工团队首先明确了防腐设计方案，确定使用高性能环氧粉末涂层作为管道的主要防腐手段。该设计考虑了涂层厚度的统一控制，以及涂覆过程中的工艺参数优化，确保每层涂膜达到理想的厚度和均匀分布。针对涂装技术的选择，《ISO 国际标准化组织》中对各类管道防腐技术提供了具体推荐，如环氧煤沥青双层面涂层、环氧粉末涂装、聚乙烯胶带防腐、复合防腐层等，每一项技术各有侧重，适应不同环境下的腐蚀条件需求。此项目根据所选材料性能和管道服役条件，选择了环氧粉末涂层，并依据标准 ISO 21448《油气长距离输送管材——外部全覆盖型环氧涂料的防腐系统要求和试验方法》，进行涂装作业的全过程管理。

在涂覆工艺执行中，技术人员必须具备丰富的专业知识和实践经验，以确保管道整个周界面都被精确均匀地涂覆。为了防止涂层厚度误差，他们采用了精确的涂装量测量工具及质量控制系统，以确保每个区域达到规定的膜厚范围（通常根据管道材质和介质特性的综合评估设定，例如在腐蚀严重区增加涂层厚度）。在保证防腐效果同时，还需注重涂层外观的美观度与功能性。一个经典的例子是，采用先进的涂布技术实现高透明的玻璃涂层，在维持耐化学品腐蚀的前提下，使得管路内部情况易于监测与维护，同时也符合现代工业建筑对美观性的更高追求。在整个建筑工程周期内，施工现场的精细化管理尤为重要。通过实施严格的施工流程控制，如定时巡检、施工前的技能培训与测试、建立完善的沟通机制以及及时应对意外事件的预案，有效地保障了防腐层施工的高标准质量。例如，通过对施工过程中每一层涂膜厚度与外观进行实时记录和检测，及时发现并修正可能存在的质量问题，避免了因为涂层不均匀导致的局部防护性能下降[5]。最后，在实际施工期间的监控与检查方面采取严格规定。设立定期的安全与质量抽查制度，不仅提高了施工效率和准确度，还能够早期识别并及时改正可能出现的风险点，如过度打磨、不适当的干燥时间和环境条件变化引起的施工问题，确保最终产品达到预设的防腐性能标准，比如 ISO 标准中要求的防腐层最小寿命期。

3 结语

在确保长距离钢质输水管道安全运行方面，管材选择和防腐设计至关重要。优质的管材选择可以保证管道的稳定性和耐久性，而合理的防腐设计则能有效延长管道的使用寿命。未来，随着科技的不断进步和新材料的涌现，长距离钢质输水管道的设计和施工将迎来更大的改进，使其更加先进、更为安全和经济。通过持续的技术创新和全面的管道管理，预计未来的管道工程将呈现出更为可靠和可持续的发展趋势。

[参考文献]

[1]苏俊男.长距离输水管道防腐技术分析与研究[J].科技创新与生产力,2024,45(3):142-144.
[2]周雪杨,姜国徽,许国栋.超声波技术在长距离输水管道防腐工程中的应用[J].山东水利,2023(7):44-45.
[3]郑超.大口径钢质输水管道外防腐技术分析[J].全面腐蚀控制,2022,36(8):100-101.
[4]杨建中.长距离钢质输水管道管材和防腐设计分析[J].城镇供水,2022(1):33-38.
[5]胡勇,孙国强.钢质海底输水管道防腐方案及牺牲阳极保护设计[J].价值工程,2020,39(35):121-122.

作者简介：王斌（1989.1—），毕业院校：新疆农业大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位名称：新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，职务：职员，职称级别：中职。

水利水电施工过程中边坡开挖支护施工质量控制分析

杨 洁
新疆鸿源润泽建设工程有限公司，新疆 伊犁 835200

[摘要]在水利水电工程中，边坡开挖支护施工是处理山地、丘陵等复杂地形条件的关键基础工作。随着工程规模的扩大以及施工技术的不断进步，边坡开挖支护面临的挑战变得更加复杂。开挖作业直接影响边坡的土体结构和稳定性，若处理不当可能引发边坡变形、滑坡等问题，这不仅危及施工人员的安全，还可能导致工程质量隐患及经济损失。尽管以往积累了不少技术和管理经验，实际操作中仍会遇到土体不均匀、支护结构设计缺陷、排水系统失效等问题，这促使工程人员不断探索和改进施工方法，提高安全性和工程质量，同时减少成本和时间消耗。现代科技的进步为边坡开挖支护施工提供了新的解决方案，包括先进的监测技术、数据分析方法和施工工艺，如何将这些新技术有效应用于实际工程，并结合具体的地质与环境条件进行优化是亟待解决的问题。

[关键词]水利水电；边坡开挖支护；施工质量；质量控制
DOI：10.33142/hst.v7i10.13899 中图分类号：TU7 文献标识码：A

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

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

Abstract: In water conservancy and hydropower engineering, slope excavation and support construction is a key foundation work for dealing with complex terrain conditions such as mountains and hills. With the expansion of engineering scale and the continuous progress of construction technology, the challenges faced by slope excavation and support have become more complex. Excavation operations directly affect the soil structure and stability of slopes. If not handled properly, it may cause slope deformation, landslides, and other problems, which not only endanger the safety of construction personnel, but also may lead to engineering quality hazards and economic losses. Despite accumulating a lot of technical and management experience in the past, practical operations still encounter problems such as uneven soil, design defects in support structures, and failure of drainage systems. This prompts engineering personnel to continuously explore and improve construction methods, enhance safety and engineering quality, while reducing costs and time consumption. The advancement of modern technology has provided new solutions for slope excavation and support construction, including advanced monitoring techniques, data analysis methods, and construction processes. How to effectively apply these new technologies to practical engineering and optimize them based on specific geological and environmental conditions is an urgent problem to be solved.

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

引言

随着水利水电项目规模的扩大以及工程复杂性的增加，边坡稳定性问题引起了越来越多的关注。边坡开挖支护不仅关乎工程安全，还直接影响施工进度及成本控制，如何在施工阶段有效地管理边坡开挖支护质量，确保边坡的稳定性和施工安全，成为水利水电工程领域亟需解决的核心问题。本文将深入探讨边坡开挖支护施工中的质量控制要求，分析关键技术并提出相应的解决对策，期望为实际工程提供科学依据及技术支持。

1 水利水电施工过程中边坡开挖支护的基本原则

在水利水电施工过程中，确保边坡开挖支护的安全性和稳定性至关重要。设计边坡支护系统时，首先必须基于详尽的地质勘查和现场数据，包括对边坡的地质条件、土壤类型及其稳定性进行全面的分析，确定最适合的支护方法和技术参数。设计过程中，需考虑土体的抗剪强度、地下水位变化以及施工工艺对边坡的影响，支护结构的选择应依据具体的工程需求和现场条件进行。常见的支护方法包括土钉墙、锚杆支护和钢板桩，每种方法有特定的适用场景及优缺点，应根据实际情况进行合理选择[1]。施工阶段需要严格遵守设计方案，防止由于施工误差影响支护效果，同时必须对支护结构进行持续的监测，关注其变形和应力状态，确保其稳定性。在施工完成后，定期检查和维护支护结构也是必不可少的，这一过程有助于及时发现并解决潜在问题，从而确保边坡的长期稳定性。

2 边坡开挖支护施工的质量控制要求

2.1 施工前的质量控制

施工前进行全面的地质勘查和工程现场调查是确保边坡开挖支护质量的首要步骤，这一过程涵盖对边坡地质

结构、土壤类型、地下水位及其变化的详细评估，通过钻探取样和试验分析等方法获取精准的地质数据，为支护设计提供可靠依据，地质勘查报告应详细描述土体的力学性质及稳定性，为工程师选择适当的支护方案提供依据。设计过程中必须综合考虑边坡的具体条件，例如坡度、土壤强度及可能的水文变化等，这些因素对支护结构的稳定性和可靠性至关重要。设计方案确定后，还需进行技术审查和专家评估验证其合理性与可行性。支护结构所用的钢材、混凝土、锚杆等材料必须符合相关标准及技术要求，通过材料检验确认强度、耐久性等性能指标满足设计要求，避免因材料质量问题影响支护效果，对于特殊材料或新型支护技术应进行预制件或样板试验，以验证其实际性能。施工前需要制定详尽的施工组织设计，涵盖施工流程、工艺安排、设备选型及人员配置等内容，施工方案应明确每个施工阶段的方法与技术要求，并设立应急预案以应对可能的突发情况，施工组织设计必须经过专业人员的审查与批准确保科学性与实用性。

2.2 施工中的质量控制

在边坡开挖支护工程中，施工阶段的质量控制必须严格遵循设计方案和技术规范。施工团队需全面理解设计要求并依据图纸执行各项操作，确保所有支护结构的施工环节，包括土体处理和支护结构安装都符合规定的工艺和技术参数，这一过程有助于避免因操作不当而引发的质量问题。开挖与支护作业时应设置实时监测系统来跟踪边坡变形、位移及支护结构的受力状态，通过部署变形监测仪、位移计及应力传感器等仪器，能够实时获取施工区域的动态数据，并定期记录和分析这些数据，这种监测有助于及早发现潜在问题，如边坡的过度位移或支护结构的应力异常，从而可以及时调整施工方法或加强支护防止事故发生。所有使用的材料，如混凝土、钢筋和锚杆，必须符合设计标准及技术要求。例如，混凝土的强度、钢筋规格及锚杆的安装质量都需在施工中进行检验和记录[2]。混凝土浇筑应分层进行并确保充分振捣达到密实度要求；支护结构的连接部位需焊接牢固且无缺陷。对施工人员的技术培训及操作规范的监督也至关重要，这有助于确保施工质量达到标准，施工现场的管理与协调需要保持良好的环境，减少外部因素对施工质量的影响。项目经理和质量控制人员应定期巡查现场，确保施工活动符合质量标准并及时处理问题。记录每个施工阶段的情况、监测数据以及问题处理过程，为后续质量评估和问题追踪提供了可靠依据。

2.3 施工后的质量控制

施工完成后必须进行全面的质量检验，包括评估支护结构的整体稳定性、材料性能及施工工艺的执行情况。需对支护结构的连接点、锚固件及支撑系统进行详细检查，确保这些部分符合设计要求与技术规范，使用高精度的检测仪器，如全站仪和激光扫描仪，能够准确测量边坡的变形、位移及应力状态，确认支护结构在施工后的初期及其长期使用中的稳定性。施工后的维护与管理应制定并执行详细的维护计划，对支护结构进行定期检查，这包括监测支护结构的外观、结构变形及其周围环境。特别是支护结构的防护措施，如排水系统和土体加固措施也需要定期检查和维护，防止由于环境因素或设备老化引起的结构问题。维护工作涉及清理排水系统、检查防护设施的完好性，并及时修复发现的裂缝和变形。在施工后的使用过程中，需关注可能出现的变化，边坡在自然环境中会经历一段沉降和稳定期，此期间需要持续监测并记录数据变化，评估支护结构的实际表现。如果发现异常情况，例如沉降过快或位移增大应立即采取措施，例如加固支护结构、调整排水系统或增加支撑装置保障工程的长期安全性。所有检测报告、维护记录、变更记录及监测数据应系统整理并妥善保存，这些档案将为后续的工程管理及问题追踪提供重要参考，有助于评估工程质量并为未来类似工程的施工与管理提供经验借鉴。

3 边坡开挖支护施工质量控制的关键技术

3.1 土体稳定性分析

在边坡开挖支护施工中，土体稳定性分析主要用于确保支护结构在各种施工条件下的安全性与稳定性。进行稳定性分析的首要任务是评估土体在开挖及支护过程中可能出现的变形、滑移等不稳定现象，这一过程必须依赖准确的地质勘查数据。要开展有效的稳定性分析，必须首先收集详细的地质信息，包括土体的抗剪强度、内摩擦角以及凝聚力等关键参数。抗剪强度可由以下公式表示：

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi) \tag{1}$$

在这里，τ 代表抗剪强度，c为土体的凝聚力，σ 表示有效应力，而ϕ是内摩擦角。通过对这些参数的测定，能够为进一步分析提供必要的基础数据。在具体的稳定性分析过程中，常用的方法包括有限元法（FEM）和极限平衡法（LEM）。有限元法通过对边坡进行离散化处理，考虑土体的非均匀性及施工过程中的动态变化，从而实现详细的力学分析。如果土体的变形遵循线性弹性模型，其关系可由以下公式描述：

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \tag{2}$$

其中，σ 是应力，E为弹性模量，ε 为应变。这一模型有助于评估在不同荷载条件下边坡的响应情况。极限平衡法则主要通过滑移面的稳定性来进行评估，摩尔-库仑破坏准则经常被用来确定滑移面的稳定性，其计算公式如下：

$$\frac{c \cdot L + \sigma \cdot L \cdot \tan(\phi)}{W} \geq 1 \tag{3}$$

在公式中，L代表滑移面的长度，W为滑坡体的重量。此公式用于判断支护设计是否能够满足稳定性要求。进行土体稳定性分析时，环境因素的影响也需加以考虑。例如，地下水位的变化可能降低土体的强度增加滑坡风险，必须模拟不同水文条件下的土体行为，并评估排水系统的有效性，施工过程中引入的外部荷载，如机械设备的重压也需纳入分析范围确保土体的稳定性。稳定性分析的结果为支护设计提

供了科学依据。根据这些结果，工程师可以设计出符合要求的支护结构，选择合适的材料，并制定合理的施工工艺。

3.2 支护结构设计与选择

支护结构设计与选择在边坡开挖支护工程中占据核心地位，其质量直接关系到工程的整体稳定性与安全性，设计与选择过程中需综合考量土体性质、施工条件、支护需求以及经济因素等多个方面。支护结构设计需紧密结合土体的具体特性，根据地质勘查和稳定性分析的结果，工程师应选择最合适的支护方案。例如，土钉墙适合用于软土及中等强度的土体，可有效防止塌方并增强土体稳定；锚杆支护则适用于较大规模的边坡，为边坡提供强有力的支撑；钢板桩适合高水位或软弱土体，具有显著的抗拔力和承载能力[3]。设计师还需计算支护结构所承受的荷载，包括土体自重、施工设备重量及其他外部荷载，同时应预测支护结构在不同荷载条件下的变形情况，确保其在施工及长期使用过程中保持稳定。在选择支护结构时，应考虑施工场地的空间限制、施工设备可用性以及环境影响。例如，在狭小的施工区域内，可能需要采用结构紧凑且施工简便的支护方案；在高水位地区，则应选择具有良好防水性能的支护结构，经济性也是设计选择的关键因素之一，工程师应在保证安全和功能的基础上，选择经济合理的支护方案降低工程成本。设计时应预留维护通道，方便定期检查和维护支护结构，支护结构应具有一定的灵活性，以适应施工过程中可能出现的变更和调整需求。

3.3 施工工艺与方法

施工工艺的选定应建立在对边坡土体性质及支护设计要求的全面理解之上，常见的施工方法包括分层开挖、支护结构的安装及土体加固。分层开挖能有效控制开挖深度减少土体扰动，从而提高施工的安全性，每开挖一层后必须立即安装支护结构以防止塌方发生，支护结构的安装必须严格按照设计要求执行，确保位置、角度及固定方式符合规范标准。支护结构的施工方法则需根据具体支护类型进行调整。以土钉墙为例，施工步骤包括在边坡上钻孔、插入土钉及灌浆加固。钻孔深度和土钉布置必须符合设计要求且灌浆过程应充分避免产生空洞。对于锚杆支护，施工步骤涵盖钻孔、插入锚杆、灌注锚固剂以及锚杆张拉等，每一步骤均需严格控制确保锚杆的锚固强度及支撑效果，钢板桩支护则需先打入或压入桩体再进行桩间连接，形成一个连续的支护系统。施工工艺的优化还涉及到施工现场的管理与协调，现场应合理布置施工设备和材料确保施工的顺利进行。施工队伍应接受专业培训，掌握正确的操作方法及安全措施，在施工过程中需密切监测土体稳定性和支护结构的状态，并对突发问题进行及时调整。特别是在雨季或其他极端天气条件下应采取适当的防护措施，防水分增加对土体稳定性的影响。在施工过程中，应该尽量减少对环境的影响，例如采取喷淋降尘措施，减少施工噪音，同时加强安全管理，确保工人佩戴适当的防护装备，并严格遵守安全操作规程防止施工事故的发生。

4 边坡开挖支护施工中的常见问题与解决对策

支护结构的施工质量问题也是频繁出现的，主要由材料不符合标准或施工工艺不当造成，解决这一问题需要严格执行质量控制措施，包括在施工前对所有材料进行质量检测，并对施工过程中的关键环节实施严格监督，确保施工操作严格按照规范进行。排水系统失效在降雨或地下水位高的环境中尤为常见，设计和施工阶段必须确保排水系统能够有效地排除多余水分，防止土体软化或支护结构受到冲刷。设计时应考虑全面的排水方案，并在施工过程中定期检查和维护排水系统，以确保其畅通无阻。环境因素如降雨、地震等也会对施工产生影响，导致土体状态的变化或支护结构的损坏，应对这些挑战的策略包括制定应急预案并进行实时监测，根据环境变化及时调整施工计划和支护措施。施工人员的操作不当同样是一个重要问题，可能导致支护结构安装不规范或施工工艺出现错误[4]。为此应加强对施工人员的培训和现场操作监督，确保他们掌握必要的技术和安全规范，并及时纠正不规范操作，从而降低潜在的安全隐患。

5 结语

在水利水电施工领域边坡开挖支护工程的复杂性及挑战性要求我们在每个阶段都严格关注质量控制与技术应用，深入探讨边坡开挖支护施工的原则、质量控制要求及关键技术，使我们认识到科学设计和精细管理的关键作用。施工中可能出现的各种问题必须迅速识别并有效解决，这不仅需要先进的技术手段，也依赖于施工团队的专业技能与严谨态度，通过实施有效的监测和评估手段，可以确保施工过程中的各个环节都在预期范围内，及时发现并解决问题，从而保障工程的整体质量和安全。不断优化施工工艺与完善质量控制措施，将帮助边坡开挖支护工程更好地应对挑战，确保项目的成功实施。展望未来，我们应继续总结经验、吸取教训推动技术创新，致力于提高施工安全和工程质量，为水利水电项目的顺利推进及可持续发展奠定坚实的基础。

[参考文献]

[1]郝泽维.水利水电工程边坡开挖支护施工要点[J].中国电力企业管理,2024(3):94.
[2]王泰辉.高边坡开挖与支护施工技术应用[J].四川水力发电,2023,42(4):128-130.
[3]李敏.水利水电工程边坡开挖与支护施工技术研究[J].四川水泥,2023(8):143-145.
[4]肖敏,关晓琦.水利水电工程边坡开挖支护施工技术优化策略[J].陕西水利,2022(2):136-137.

作者简介：杨洁（1994.3—），毕业院校：新疆农业大学科学技术学院，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：新疆鸿源润泽建设工程有限公司，造价员，水利中级工程师、二级水利建造师。

水利工程关于灌区配水工程顶管的控制要点

何 军[1] 何 倩[2]
1.浙江省水利水电建筑监理有限公司，浙江 杭州 310020
2.浙江江能建设有限公司，浙江 杭州 310051

[摘要]依据《水利水电工程施工安全管理导则》(SL721—2015）及相关要求，本工程项目工作井基坑开挖深度已超5m、顶管施工工艺为暗挖工程，属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程，故按规定要求需要组织对该方案进行论证。顶管技术在水利工程建设施工过程中，一般很少遇见，值得大家学习及推广。灌区配水工程中的顶管技术是在地下进行管道铺设的方法，通过顶推设备将顶管从一端顶入不同地质中，以完成管道的安装，顶管技术适用于穿越河流、铁路、公路、山体等障碍物的管道工程。文章以衢州市柯城区寺桥水库灌区顶管工程为例，顶管施工工艺为泥水平衡法和混合式顶管机。分析了钢管顶管施工技术与难点克服，并就顶管施工的质控及安全施工提出了建议，期能够为相关施工提供借鉴经验。

[关键词]水利工程；管道工程；顶管技术；顶管质控
DOI：10.33142/hst.v7i10.13893 中图分类号：TU991 文献标识码：A

Key Points for Controlling Pipe Jacking in Irrigation Area Water Distribution Engineering in Hydraulic Engineering

HE Jun [1], HE Qian [2]
1. Zhejiang Water Resources and Hydropower Construction Supervision Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310020, China
2. Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: According to the "Guidelines for Construction Safety Management of Water Resources and Hydropower Engineering" (SL721—2015) and relevant requirements, the excavation depth of the working well foundation pit in this project has exceeded 5m, and the pipe jacking construction process is a hidden excavation project, which belongs to a sub item project with high risk exceeding a certain scale. Therefore, according to the regulations, it is necessary to organize a demonstration of this plan. Top pipe technology is rarely encountered in the construction process of water conservancy projects and is worth learning and promoting. The pipe jacking technology in irrigation water distribution projects is a method of laying pipelines underground. By using jacking equipment to push the pipe from one end into different geological formations, the installation of the pipeline is completed. Pipe jacking technology is suitable for pipeline projects that cross obstacles such as rivers, railways, highways, and mountains. The article takes the pipe jacking project of Siqiao Reservoir Irrigation Area in Kecheng District, Quzhou City as an example, and the construction process of the pipe jacking is the mud water balance method and the mixed pipe jacking machine. The article Analyzes the construction technology and difficulties of steel pipe jacking, and proposes suggestions for quality control and safe construction of jacking construction, hoping to provide reference experience for related construction.

Keywords: water conservancy engineering; pipeline engineering; top pipe technology; top pipe quality control

1 工程概况

衢州市柯城区寺桥水库灌区主要依托寺桥水库作为主要水源，结合片区内小型水库作为补充水源，利用数字化手段通过管网进行灌溉水资源综合调配，在提高灌溉水利用系数的同时实现水资源调度的智能化，打造节水型智慧灌区。灌区设计灌溉面积8.04万亩，工程规模为中型，工程等别为III等。

本工程有不同地质不同长度的顶管，线路总长约4km。顶管施工为本工程的技术难点重点，也是关键线路。

2 顶管工程前期施工

2.1 地质情况

首先详细了解顶管线路的地质情况。根据地勘报告，建设单位提供的可靠依据，进行分析，研究地质情况。整个线路有穿山体的地质，穿越公路的地质，穿江河的地质。有地下燃气管道等。地质有基岩，泥土，有砂砾卵石层，山体可能还有溶洞等不可预见的复杂地质情况。

2.2 机械的选型

机械的选型至关重要。本工程多为风化岩基，最大抗压强度不大 100MPa 进行设备的选型。机型为：日立ZX870LCH-5B破岩钩机。将液压岩石犁碎钩的钎杆压在岩石上，并保持一定压力后反复开动犁钩，将岩石犁碎。风化岩基大于100MMp要从新考虑设备型号。

2.3 开挖与支护

工作井按照设计位置桩号从上到下，开挖设计高程超

过 5m 为深基坑，施工单位编制开挖方案，进行专家论证方可施工开挖。工作井为 C30 钢筋混凝土，待强度达到设计要求方可施工。

2.4 工作井的钢管防护栏

立杆、横杆的固定应符合相关标准要求；密闭式安全网挂置在钢管防护栏杆的内侧。

2.5 排水及沉淀控制设计

排水是为防止局部渗水影响坑内施工作业，开挖线路布置合理的排水沟，坑底设置集水井，形成排水系统。必须保证基坑开挖过程中及开挖至基坑底板后不得有积水现象。沉淀池坑内明排水、集水井内抽取的地下水经过二级沉淀池的过滤、沉淀（设置汽车式废水沉淀池运出施工现场）。

3 顶管工程顶进施工

3.1 施工工序

顶进工作流程如下：安放机头→安装承接口钢环→安装连接电缆、油管、进出泥水管路、注浆管路→伸出顶镐活塞杆→顶进→缩回顶镐活塞杆→拆除承接口钢环→拆除机头管内电缆、油管、进出泥水管路、注浆管路→安放钢筋砼管继续再顶[2]。

3.2 施工测量

激光经纬仪发射激光束，将激光束发射到顶管机前面标靶上，显示出当前顶管机姿态。

3.3 顶管纠偏

顶管施工中，导向系统的核心是安装在工作井中的激光经纬仪，它发射的激光作为精确的基准点。随后，地面监控系统负责实时检测顶管机的运行姿态，并通过远程遥控系统进行精确的测量和纠偏操作。这一纠偏过程应当是一个持续的活动，贯穿于整个顶进施工的始终，旨在尽早发现并纠正偏位，以防止偏差进一步扩大。

在顶管机操作过程中，若遇到刀盘滚动偏差的问题，由于其独特的设计允许刀盘在两个方向上自由旋转，因此，通过反转刀盘的方向，可以迅速且有效地校正滚动偏差。这种设计不仅简化了操作流程，还显著提高了纠偏的效率。然而，当涉及到管道的横向或竖向偏差时，情况则有所不同。在这种情况下，必须依赖顶管机配备的纠偏油缸来进行精确调整。例如，如果机头出现下俯的现象，操作人员可以通过激活顶管机下方的两个纠偏油缸来实现纠正；同理，若机头表现出上仰的趋势，则应相应地激活顶管机上方的两个纠偏油缸。这种针对性的调整方法确保了管道铺设的精确性和稳定性，从而保障了整个工程的质量和安全。同样地，对于左右偏差，也可以通过相应地伸出顶管机左侧或右侧的两个纠偏油缸来进行纠偏。

在实际操作中，一旦检测到较大的偏差，操作人员应立即分析其发展趋势，并采取分次逐步纠正的策略，以避免一次性过度调整可能带来的风险。此外，顶管顶进过程中的偏差数据会实时显示在操作人员的显示器上，这使得操作人员能够根据电脑提供的数据及时调整纠偏措施，并确保所有操作都有详细的书面记录，以便于后续的检查和分析。

3.4 泥浆减阻

采用注浆技术，显著降低了管材与周围土壤之间的摩擦阻力，从而使顶管的推进距离增加 40%至 70%。依赖膨润土和水的混合物，同时辅以纯碱、纤维素 CMC 和缓凝剂等辅助材料，以达到最佳的润滑和减阻效果。

在制备泥浆浆液时，必须确保机械搅拌的均匀性，并将浆液储存在专门的储浆罐中。为了使膨润土颗粒充分吸水膨胀（吸水率在 2 小时内可达 430%），浆液需要在储浆罐中静置 3～4 小时后方可投入使用。注浆过程中的压力控制也是关键。注入管材与土壤之间的浆液压力应略高于地下水压力，通常设定在 0.02MPa～0.15MPa 之间，并随着注浆距离的增加而适当提高压力。

在实施注浆工艺时，首先，在工作井内安装止水墙洞口的止水圈，以防止浆液泄漏和地下水进入基坑。其次，在管材安装过程中，应在管节环间设置橡胶圈，并在接头后连续放置 2 至 3 节带孔管，然后间隔 3 节放置 1 节注浆孔管。此外，顶管注浆减阻的效果不仅取决于注浆质量，还与管道纠偏质量、土质特性以及注浆管的设计等因素密切相关，因此在施工过程中需要综合考虑这些因素。在注浆操作方面，首先需要计划好注浆量，泥浆的厚度应保持在管外径圆周 1 厘米左右，并根据实际情况按厚度的 1 至 2 倍进行考虑。注浆工作完成后，可以使用水泥与粉煤灰配比的浆液对触变泥浆进行置换，并在管线拆除后及时将注浆孔封严，以确保施工质量和安全。

3.5 顶管直接顶进的难点克服

在地下管道施工技术中，钢管直顶施工与混凝土顶管施工之间存在显著的技术差异。核心区别在于材料连接方式：钢管的接头采用焊接技术，形成刚性连接；而混凝土管的接头设计为柔性，允许一定程度的变形和调整。这种刚性与柔性的差异，赋予了钢管顶管施工独特的优势与挑战。如果能够在施工初期精确控制顶进方向，钢管顶管能够保持高度的方向一致性，从而确保整个顶进过程的顺利进行。这种一致性意味着一旦方向被正确设定，后续的顶进过程中管道不易发生大的偏差，从而提高了施工的精确度和效率。然而，这种刚性连接也带来了潜在的风险。如果顶进方向出现偏差，由于钢管的刚性特性，纠正这种偏差将变得非常困难。过度的纠正措施可能导致管道变形或接口脱开，严重时甚至可能导致整个管道报废。因此，施工过程中对方向控制的精确性要求极高。此外，钢管顶进的推力通常低于同口径的混凝土管。这主要归因于三个因素：首先，钢管与周围土壤的摩擦系数较小，减少了推进阻力；其次，钢管本身重量较轻，便于推动；最后，钢管

的直线性好，进一步降低了推进过程中的阻力。这些因素共同作用，使得钢管顶管在某些条件下成为一种更为高效和经济的选择。

为了尽量克服钢管顶进过程中的不利因素。第一，要把握好初始顶进的方向，顶进过程中通过操作台上的外表和激光监视仪，发觉偏差及时纠偏；其次，还要对洞口土壤进行注浆加固，防止掘进机出洞时洞口土壤塌方，而阻碍出洞成效。同时，假如是在长距离的钢管顶进中，为了使校正方向好一些，必须把机头后面三节管子的接口做成企口形柔性接口（即采纳 3 根与顶进钢管同径的 2m 长钢管，管前焊接已加工好的钢制插口，掘进机后面前 2 根管管尾焊接已加工好的钢制承口；掘进机后面第 3 根管管尾与顶进钢管焊接）。如此，在纠偏过程中，前三根管子会形成一个过渡的区域，从而会使整体性好的钢管有个较好的适应性。

顶时钢管的外防腐一样采纳环氧沥青涂料外防腐层构造，管口外防腐采纳冷缠或热缠防腐胶带进行防腐；在长距离砂砾土中顶进时，为防止防腐外表涂料因摩擦而遭到破坏，可采纳加大防腐层厚度或在钢管外用硅做外防腐。对需要管道内防腐的钢管，可视管内防腐的要求，采纳一般的涂刷工艺漆防腐或采纳 PVC 等作为内衬用来防腐。

管口焊接可采纳手工电弧焊进行焊接，或采纳氢弧焊打底，手工电弧焊进行堵充、罩面。管道焊接时，除必须保证焊缝焊接质量外，还必须保证管道的直顺、同轴。防止前后管子因焊接时不同轴而产生夹角，使顶进推力增大。同时，顶进管道在推力的作用下产生径向应力，而造成管口焊缝的破坏和因径向力的存在而增加了顶管显现偏差的因素。管道在进行焊接质量检验时，由于顶进钢管内钢制进排泥管道的存在，无法使用射线照相进行检验，可采纳超声波进行管口检验。

在钢管顶进时，为减少顶进管外壁与土层的摩擦力，降低顶进推力，减少地面沉降。可在掘进机的注浆口注入润滑材料。顶进所用钢管的壁厚除要考虑埋深、管径、腐蚀余量等因素外，还应考虑钢管所要承担的推力。

4 灌区配水工程顶管施工质控与安全管理要点及建议

4.1 安全管理要点及建议

施工前，对施工现场进行详细勘察，了解地质条件、地下管线分布等情况，制定详细的施工方案和安全技术措施。对施工人员进行安全教育和培训，确保他们了解施工中的安全风险和应对措施。确保顶管设备、辅助设备和安全设施完好有效，定期对设备进行维护和检查，及时发现并排除安全隐患。实时监控顶管推进过程中的地质变化、设备运行状态等。设置必要的安全监测点，穿公路的沉降监测、地下水位监测等。针对可能发生的紧急情况，定期组织应急演练，提高施工人员的应急处理能力。依据 2024 年水利安全生产风险管控“六项机制”进行安全严格管控。制定有针对性的应急预案，发生事件后，迅速按照应急预案进行应急救援。

（1）建立健全安全管理体系

明确项目负责人、安全管理人员、施工班组负责人以及每个施工人员的安全生产责任，确保每个层级都有明确的安全职责和任务，形成层层负责、人人有责的安全管理体系。制定详细的施工安全操作规程，包括顶管施工的各个环节，如设备操作、材料搬运、现场布置，制定应急预案和事故处理流程，确保在紧急情况下能够迅速有效地采取措施。定期进行安全检查，包括日常检查、周检、月检等，确保施工现场的安全状况始终处于监控之下，不定期进行专项安全检查，针对特定风险点或新出现的安全隐患进行深入检查。利用信息化手段，如安全管理软件、监控系统等，对施工现场的安全状况进行实时监控和数据分析，建立安全信息报告和反馈机制，确保安全信息的及时传递和处理。

（2）强化安全教育培训

根据施工人员的不同岗位和职责，制定针对性的培训计划，包括新员工入职培训、定期复训、特殊工种专项培训等。结合理论教学和实践操作，采用讲座、演示、模拟演练、案例分析等多种培训形式。培训内容应紧密结合顶管施工的实际操作，包括安全操作规程、设备使用维护、应急处理措施，强调安全意识的重要性，让施工人员充分认识到安全事故的严重后果。在施工现场设置安全教育提示牌，定期进行现场安全宣讲，利用班前会、安全例会等时机，强调安全注意事项，分享安全经验。

（3）安全文明施工

在工程项目启动之前，必须严格执行安全技术交底程序，确保安全生产责任制的全面建立和落实。

在进行顶管机及其重型设备的吊装拆除作业时，必须严格遵守安全操作规程。特别是在吊车接近工作井边坡行驶的情况下，应加强对地基稳定性的详细检查，以防止任何可能导致倾翻的事故发生。在顶进作业的实施过程中，施工人员必须佩戴安全带，洞口应由专人负责监控，确保安全。洞内照明应使用不超过 12 伏的低压灯具，而工作井和接收井内则应使用 24 伏的照明设备。每个作业班次都必须有合格的电工在场，确保电气安全。此外，应使用轴流式抽水泵在工作井的集水井内进行抽水，以保持井内无积水状态。在进行抽水作业时，施工作业人员应避免站立在积水区域内，并确保备有足够的水泵，以便在管内积水时能够迅速抽干。

在有限空间作业中，通风和有害气体检测是至关重要的。应利用鼓风机进行有效的通风，根据顶管线路的总长度计算所需的风量，确保空气能够顺畅地输送到管道内部，增强管内空气的流动和循环。工作挖掘面的工人应佩戴含

氧量探测仪，并定期检查该区域的含氧量，确保其不低于18%。管道外部应配备专职监护人员，密切监控入管作业人员的状态。超过一定长度的有限空间作业，必须考虑采用有害气体的检测仪器，进行有害气体的监测，确保安全。

4.2 质控管理要点及建议

对施工图纸和技术文件进行详细审查，确保施工方案的合理性和可行性。实施工序质量控制，对每个施工环节进行严格监控，确保每道工序的质量，对顶管施工的关键技术参数进行实时监测，如顶进力、顶进速度、管道偏移。对完成的顶管进行质量验收，包括管道的直线度、接口的密封性、管道的支撑和固定，对施工记录和质量检测报告进行归档，作为工程质量追溯的依据。

（1）加强现场施工质量监督

确定施工质量监督的具体目标，如确保管道安装精度、接口密封性、材料质量，依据相关规范和标准，制定明确的施工质量验收标准。从施工准备、材料进场、施工操作到竣工验收，对施工全过程进行监督，对关键工序和隐蔽工程进行重点监督，确保每个环节的质量，定期和不定期进行现场质量检查，及时发现和纠正质量问题。采用动态监督方式，对施工现场进行不间断地巡视和检查。

（2）建立健全质量管理体系

设定具体、可衡量的质量目标，如施工质量合格率。设立专门的质量管理部门或指定质量管理负责人，明确其职责和权限，建立跨部门的质量管理团队，确保质量管理工作得到有效执行。

根据国家和行业的相关标准，制定详细的质量管理程序和操作规程，包括施工前的准备、施工过程中的控制、施工后的验收等各个环节。鼓励持续改进，建立质量问题反馈和改进机制，对质量问题进行根本原因分析，制定改进措施，并跟踪实施效果。

5 顶管机头预见不可研判的处理措施

5.1 顶管机头进洞下沉措施

机头进洞时，为了机头顶进安全，不下沉，应采取以下措施：由于洞口存在平段，洞内段距离较长，在洞口平段内安装延伸导轨直至洞口，使顶管机在洞内仍然有导轨支托；用拉杆将管节、顶管机拉紧，依靠后续管节配重防止顶管机下沉。顶管机和其后的第一至第三节管节用拉杆连在一起，形成一个整体，顶管机和管节连在一起后增加了稳定性；利用主千斤顶向上纠正。只利用下面2～4只主千斤顶顶进，可产生明显的向上推力，修正顶管机向下的趋势；顶管轴线放线是保证顶管轴线正确的关键，放线准备好就能保证顶管机顺利出洞，满足施工质量需求，因此在出洞前，必须做好测量放样工作及复核工作。

5.2 顶管出洞技术措施

顶管机距离接收井约20～30m处，需对地面控制网、井下控制点，顶管机的姿态进行全面的测量复核，确保顶管机以良好的姿态出洞。

5.3 洞口封堵

顶管机出洞后，应用环形钢板及时封堵顶管与穿墙洞的间隙，同时通过管道内注浆孔向外压水泥浆填充。

5.4 顶管机头进洞不同地质的措施

泥土顶进过程中，遇见孤石及飘石，应采取措施，及时研判，更换合适的机头刀盘；了解山体地质，万一有溶洞，及时更改线路，防止机头掉进溶洞，造成重大经济损失，影响工期。

5.5 检测及观测措施

周边已建道路和管线为重点监测对象，顶管前收集原始资料（影像资料），一旦发生位移和沉降，须立即查明原因并采取有效的加固措施。各方协调，保证施工过程中监测点不被破坏。如遇报警，应减慢施工速度或停止挖土，施工单位应会同设计单位一起进行分析，并考虑采取相应的控制位移及沉降的措施后方可施工。

6 结语

水利工程灌区配水工程顶管施工技术与工艺涉及多个关键环节。首先依据工程的不同顶管直径，管材的要求，地质情况，岩石的抗压强度，选择合适的机械设备，设备选择失误，岩石强度较高，会造成无法进行掘进，影响工期，浪费资金，设备合理的选型至关重要。

在施工过程中，顶管施工技术要求精确控制顶进方向和深度，施工中还需考虑水位、土层稳定性等因素，采取相应的防护措施。施工完成后，进行必要的质量检测和环境影响评估，确保工程质量和安全。本文就衢州市柯城区寺桥水库灌区主要依托寺桥水库灌区工程中的顶管项目进行分析，主要集中阐述了施工工艺与难点解决，在文中也提出了一些质量安全建议，以期望能够为相关研究提供经验参照与借鉴。

[参考文献]

[1]尹俊文，寇学文，姬咪，等.泥水平衡顶管在大型引调水工程的应用[J].东北水利水电，2024，42(8)：53-72.
[2]王强，赵景平，牛晓明.城市排水系统建设的顶管施工技术研究[J].工程建设与设计，2024(14)：206-208.
[3]冯兴帅，李根胜，侯艳洪.浅析顶管施工技术在农田水利工程中的应用[J].农村科学实验，2024(11)：79-81.

作者简介：何军（1972—），男，浙江省水利水电建筑监理有限公司；何倩（1995—），女，浙江江能建设有限公司。

水利工程施工管理质量控制措施探索

石宝全
新疆交通建设集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水利工程的施工管理是确保工程项目顺利进行的关键环节。施工过程中的质控问题直接影响工程的质量和安全。因此，通过对水利工程施工现状进行深入分析，提出有效的管理控制措施至关重要。文章旨在借助创新的管理手段和科学技术，不断完善水利工程的施工质量控制体系，提升整个项目管理水平。通过实施可行的管理措施，将为水利工程项目带来更高效的运作和更优质的工程成果，为水利工程领域的发展注入新的动力和活力。

[关键词]水利工程；施工管理；质量控制；措施探索
DOI：10.33142/hst.v7i10.13903　　中图分类号：TV523　　文献标识码：A

Exploration on Quality Control Measures for Water Conservancy Engineering Construction Management

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

Abstract: Construction management of hydraulic engineering is a key link to ensure the smooth progress of engineering projects. The quality control issues during the construction process directly affect the quality and safety of the project. Therefore, it is crucial to conduct in-depth analysis of the current situation of water conservancy engineering construction and propose effective management and control measures. The article aims to continuously improve the construction quality control system of water conservancy projects and enhance the overall project management level through innovative management methods and scientific technology. By implementing feasible management measures, it will bring more efficient operation and higher quality engineering results to water conservancy projects, injecting new impetus and vitality into the development of the water conservancy engineering field.

Keywords: water conservancy engineering; construction management; quality control; exploration on measures

引言

水利工程作为维系生命、关乎民生的重要基础设施，其建设和管理质量至关重要，直接影响社会的稳定和经济的发展。然而，在当前的水利工程施工管理中，仍存在着一些质量问题亟需解决。为此，必须采取有效措施加以改善。通过深入剖析现有质控问题，制定切实可行的管理控制措施，旨在提升水利工程施工质量，确保工程安全可靠。借助先进管理手段和科学技术，不断完善施工质量控制体系，推动水利工程项目管理水平不断提升，为社会经济发展注入新的活力。

1 水利工程施工管理现状

目前在水利工程施工过程中普遍存在着一些主要问题，如施工质量监控不够严格、技术标准执行欠缺严谨、施工人员素质良莠不齐等困扰。这些问题的存在严重阻碍了水利工程质量的持续提升。为解决这些挑战，必须加强施工过程中的质量监管，建立健全的监控机制，严格执行技术标准，确保施工行为符合规范要求。同时，应加强对施工人员的培训和管理，提升其专业素养和责任意识，确保施工团队整体素质的提升。只有这样，才能有效提升水利工程的施工质量，推动相关工程进步发展[1]。

2 施工管理质量控制措施

2.1 建立完善的质量保证体系

在水利工程领域，构建科学、合理的质量保证体系至关重要。这一体系的建立需要从理论指导和实践经验相结合出发，确保有效运行并持续改进。首先，应根据工程特点和要求设立质量控制点，以明确各阶段的关键节点和重要环节，有针对性地进行监督和检查。同时，也要充分考虑参与方的责任和义务，明确各方在质量管理中的具体职责和任务，建立起协调配合的工作机制。科学的质量控制体系还需要依托相关标准和规范进行设计和建立。针对不同类型的水利工程项目，可以借鉴国家标准和行业规范，设定相应的质量指标和要求，作为质量保证的依据。同时，结合具体情况，还可以补充和完善相关的质量管理制度和流程，确保质量控制体系的完整性和可操作性。在实际执行中，需要强化质量管理的全过程性和全员参与性。除了专门的质量管理人员外，还应该让施工人员和相关技术人员都意识到自己在质量保证中的重要性，积极承担起各自的责任。通过培训和教育，提升他们的专业水平和质量意识，增强团队的整体执行能力和协作效率。及时、有效的信息反馈和问题处理也是质量保证体系中不可或缺的环

节。建立健全的异常情况处理机制，及时发现和解决质量问题，避免问题扩大化和影响整体工程质量。通过不断总结和经验积累，逐步完善质量保证体系，提高水利工程质量管理水平，确保工程质量、安全和可持续发展的目标得以实现。构建科学、合理的质量保证体系需要全方位考虑各要素的相互作用和协调，确保系统性和全面性，并伴随着工程实践不断完善和提升，为水利工程的持续发展奠定坚实的质量基础[2]。

2.2 加强施工过程监督

在水利工程建设过程中，通过现场巡视、检查和监督是确保施工质量的重要手段之一。这一工作需要密切结合设计图纸和施工规范，对施工现场进行全面而细致的检查，确保施工过程中各项工作严格按照规定进行。现场巡视是保障施工质量的重要环节之一。巡视过程中，专业人员应深入施工现场，对各个施工区域进行逐一检查，检验施工材料的质量和数量是否符合要求，工序是否按照指导文件执行，设备设施是否符合安全标准等。通过及时发现和解决问题，可以有效避免施工过程出现质量问题，保障工程的顺利进行。检查是确保施工质量的重要手段之一。检查工作应该具有针对性和全面性，不仅要关注细节问题，还要把握整体情况。根据设计图纸和施工规范要求，对施工过程进行逐步检验，保证每一个环节都符合标准，确保施工质量的全面可控。监督是提高工程质量的重要保障。监督工作需要与设计单位和监理单位紧密配合，确保施工过程中各项规定得到严格执行。监督人员应当及时发现并处理施工中存在的问题，监控施工进度和质量，保证工程按时完成、质量合格。通过现场巡视、检查和监督等手段，可以有效地保障水利工程建设过程中的施工质量，确保项目顺利进行并达到规定标准。只有加强现场管理，严格依照设计图纸和施工规范进行，才能最大限度地降低施工风险，提高工程质量，从而实现水利工程建设的可持续发展目标。

2.3 人员培训与技能提升

定期对施工人员进行技能和安全培训是确保工程施工过程顺利进行、质量达标的关键措施。技能培训旨在提高施工人员的专业能力，使其具备应对各种复杂施工任务的能力。通过持续不断地培训，施工人员可以不断学习新知识、掌握新技能，从而提升工作效率和质量。在技能培训中，施工人员可以学习到最新的建筑技术和施工方法，了解行业标准和规范，掌握安全操作技巧，提高解决问题的能力。通过系统、有针对性的培训，施工人员能够更好地适应施工现场的变化和挑战，保证施工过程的稳定推进。除了技能培训，安全培训也是至关重要的一部分。安全意识是施工人员必须具备的素质，只有保持高度的安全警惕性，才能有效预防事故的发生，保障施工人员的生命安全和身体健康。安全培训内容包括施工现场安全规范、紧急救援措施、危险品处理等，旨在增强施工人员的安全意识和自我保护能力。定期进行技能和安全培训有利于建立健全的施工队伍，提高整体作业水平和安全风险识别能力。培训不仅仅是为了满足法律法规的要求，更是为了保障项目施工的顺利进行和施工人员的身心健康。通过培训，施工人员可以提升个人综合素质，增强团队合作意识，提高工作效率和质量，为工程的成功竣工奠定坚实基础[3]。

2.4 引入先进施工技术和设备

在当今的建筑施工领域，利用现代化技术和设备已经成为提高施工效率和质量的必然选择。现代技术的应用不仅能够减少人为错误，还能够提升施工过程的数字化管理水平，实现精细化施工。通过引入先进的施工设备和智能化系统，施工现场的作业流程得以优化，工作效率得以大幅提升。一项关键的现代技术是建筑信息模型（BIM），它通过数字化建模的方式将建筑设计、施工和运营的全过程进行集成管理。借助 BIM 技术，施工团队可以在虚拟环境中对施工方案进行全面的模拟和优化，从而减少设计变更和工程延误的风险，确保施工质量和进度的有效控制。无人机技术在建筑施工中的应用也愈发广泛。无人机可以实现对施工现场的全方位监测和勘测，不仅能够快速获取大范围的施工数据，还可以通过高精度定位技术进行精准定位和三维建模，为施工作业提供可靠的数据支持，降低了人为错误和施工风险的可能性。除了 BIM 和无人机技术，智能施工设备的广泛应用也为提高施工效率和质量带来了巨大福利。例如，自动化施工机械设备能够实现一些重复性较强的作业任务，大大减轻了劳动强度，提高了作业效率；智能感知设备可以帮助施工人员及时识别隐患并采取措施，保证施工安全。利用现代化技术和设备是提升施工效率和质量的重要途径，建议施工企业不断跟随技术发展的步伐，积极引入先进技术，提升施工水平，确保工程施工的高质量完成。

2.5 强化供应链管理

在工程项目中，加强对原材料的检测和控制是确保工程质量稳定的关键举措。原材料的质量直接影响着最终工程成果的好坏，因此对原材料的严格管控至关重要。首先，通过建立完善的原材料检测体系，可以及时发现存在的质量问题，避免将问题材料用于施工而带来不良影响。对原材料进行全面、多方位的检测，可以确保所用材料符合行业标准和工程需求，提高工程质量的稳定性和可靠性。加强对原材料的检测和控制还能有效降低工程实施过程中的质量风险。在工程项目中，原材料质量问题可能导致工程质量下降、施工质量不稳定等情况，给工程进度和效果带来隐患。通过对原材料进行严格控制和检测，可以减少使用次品材料的可能性，提升工程完成质量，降低发生质量问题的风险，确保工程顺利实施和运行。加强对原材料的检测和控制也有助于提升工程项目的可持续发展性。合

理利用优质原材料，确保工程材料的质量和稳定性，不仅可以提升工程项目的整体品质，还可以延长工程设施的使用寿命，降低后期维护和修缮的成本，实现工程项目的可持续发展目标。加强对原材料的检测和控制还可以促进原材料市场的规范化和健康发展。严格按照行业标准和规范要求对原材料进行检测，有利于筛选出优质供应商，推动整个产业链向更高质量方向发展。同时，对原材料进行监管和控制，可以防止低劣材料非法流入市场，维护市场秩序，促进市场公平竞争，推动产业升级和转型。加强对原材料的检测和控制是确保工程质量稳定、安全可靠的有效手段。通过建立健全的管理机制和监督体系，对原材料进行全面检测和控制，可以有效降低工程质量风险，促进工程项目的可持续发展，推动产业的良性循环和健康发展。只有不断加强原材料的质量管控，才能确保工程项目顺利实施并取得良好的效果[4]。

3 质量控制措施的实施效果分析

在现代建筑领域，提高工程项目的整体品质已经成为业内广泛认可的核心目标。这促使众多建筑公司采纳了先进的质量控制方法，以确保工程从策划、设计到施工的每一个环节均能符合高标准和高质量规范要求。采取质量控制手段是提升施工管理水平的关键所在。这类措施包括设定并执行严格的工程标准与操作规范，对每个施工环节都进行详细的技术审核和实地巡查。这种严密的监管模式不仅能降低工程违规现象的发生，同时保证每一项工序都能高效准确完成，从而促进工程项目的稳健运行。通过引入质量管理体系，不仅能够增强施工管理的专业性，也显著提高了施工过程的效率及资源利用的合理性。

进一步建立全面的质量管理系统，旨在强化责任分配，实现流程化、系统化的管理。这样的管理体系使得每位参与者明确了自己的职责和义务，促进了管理透明度的提高，并通过优化流程设计来最大化效率提升，降低成本，提高收益。质量控制不仅仅是对已有工作的一次性审核检查。更为重要的是，通过对每一次施工中发现的问题进行全面分析，收集问题根源及解决过程中的经验教训，以促进持续改善。这种方式形成了“反馈—学习—提升”循环，使工程质量管理和施工水平在实践中逐步成熟和完善。在执行过程中遇到的问题及其有效解决方案构成了宝贵的项目知识库。这些实践经验可以为未来类似的工程项目提供参考，助力解决类似挑战时更得心应手，加速了技术创新和工艺革新。持续实施质量监控机制，则可以不断调整优化质量管理策略。这不仅仅是为了提升当下的工程项目效能，更是为公司的长期发展积累战略价值，为可持续增长和创新提供了动力。在施工管理过程中，通过采用精确的质量控制技术，不仅能提升施工管理的效率，同时也保证了工程的优质输出，促进了项目的目标达成，创造了经济效益的同时增强了社会价值[5]。

综上，通过实施高质量控制手段的工程项目的管理实践不仅是对建筑专业性的深度发掘，更是对现代企业管理体系的积极探索。它强调了技术革新，流程优化，责任清晰以及数据驱动的全面集成应用，从而推动了建筑行业的智能化、高效化和精细化发展路径，显著促进了工程项目质量和效益的全面提升，并对推动经济社会的进步发挥关键作用。

4 结语

水利工程施工管理质量控制是一项复杂的系统工程，需要综合多方面因素来实现。文章中所提出的措施固然重要，但仅为其中的一部分。实际上，在实施过程中还需要根据具体工程条件进行灵活调整和补充。除了加强监管和执行技术标准外，还应注重施工队伍的建设和管理，不断提升他们的专业技能和素质水平。此外，加强与相关部门和专家的沟通合作也至关重要，共同促进水利工程的质量管理水平不断提升。只有综合采取多种措施，才能有效实现水利工程施工质量的全面控制与提升。

[参考文献]

[1]张建宁.水利工程施工中的质量控制与管理措施[J].工程建设与设计,2024(6):218-220.
[2]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(2):148-149.
[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(6):1897-1898.
[4]陈麟.加强水利工程施工管理质量的控制措施探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(8):131-133.
[5]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(8):275-277.

作者简介：石宝全（1986.8—），毕业院校：新疆农业职业技术学院，所学专业：水利工程，当前就职单位名称：新疆交通建设集团股份有限公司，职务：项目经理，当前职称级别：中级。

水利施工中混凝土裂缝的防治施工技术探讨

王明玉
中泽源工程有限公司，宁夏 银川 750001

[摘要]在水利工程建设中，混凝土作为一种常见的建筑材料，被广泛应用于各类水利工程中。其优良的耐久性和防水性使得其成为首选材料。然而，随着时间的推移以及受到多种内在和外在因素的影响，水利工程中的混凝土构件很可能会出现裂纹，这将严重影响结构的安全性与可靠性，同时也会缩短工程的使用寿命和降低美观度。因此，对于混凝土裂缝的防治技术需进行深入研究，并采用有效的方法来解决这一问题，保障工程的长期稳定运行和安全性。

[关键词]水利施工；混凝土裂缝；防治施工技术；探讨策略
DOI：10.33142/hst.v7i10.13897 中图分类号：TV6 文献标识码：A

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

WANG Mingyu
Zhongzeyuan Engineering Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract: Concrete, as a common building material, is widely used in various water conservancy projects in water conservancy construction. Its excellent durability and waterproofness make it the preferred material. However, with the passage of time and the influence of various internal and external factors, concrete components in hydraulic engineering are likely to develop cracks, which will seriously affect the safety and reliability of the structure, as well as shorten the service life of the project and reduce its aesthetic appeal. Therefore, in-depth research is needed on the prevention and control technology of concrete cracks, and effective methods should be adopted to solve this problem, ensuring the long-term stable operation and safety of the project.

Keywords: water conservancy construction; concrete cracks; prevention and control construction technology; exploration strategies

引言

水利施工工程在我国的现代化建设过程中起到了举足轻重的作用。而在水利工程的建设中，混凝土作为一种主要的材料被广泛应用。然而，混凝土裂缝问题一直是水利施工中需要面对的挑战之一。混凝土裂缝不仅影响水利工程的外观质量，更可能引发安全隐患，影响工程的使用寿命和效益。因此，本文将探讨水利施工中混凝土裂缝的防治施工技术。

1 混凝土裂缝成因分析

混凝土裂缝的成因复杂多样，包括材料、设计、施工和环境等多方面因素。例如，水泥水化热、骨料收缩、干燥收缩等都可能导致混凝土产生裂缝。此外，施工过程中的操作不当、模板拆除过早等因素也可能引发裂缝的产生。因此，防治混凝土裂缝需要从多方面进行考虑和采取措施。

2 混凝土裂缝的防治施工技术

2.1 优化混凝土配合比设计

通过细致的配合比设计优化，可以有效降低混凝土的性能缺陷，对控制和减少裂缝的发生有着直接的影响。这种策略在确保工程稳定与耐久性的前提下尤为重要，它不仅仅是材料科学的创新体现，更是建筑工程实现高品质目标的核心技术保障。具体而言，在进行混凝土配合比设计时，我们首先要关注的主要组成部分为水泥、骨料、水以及必要的添加剂，通过精确的比例控制，不仅能使这些原材料充分发挥其各自的优势，还能在协同效应下创造出更加优异的整体表现[1]。水泥作为反应的核心，不仅关系到混凝土的初凝和终凝速度，还与其后期强度发展紧密关联；因此，需结合施工环境和结构特性的需要，选择合适的品种和等级，实现最佳的物理力学性能。骨料是混凝土中的骨架，对于提高混凝土的密度与承载能力起到关键作用，通过选用优质砂石料，并控制其颗粒级配与形态，能显著提升混凝土抵抗荷载和变形的能力。水在配合过程中不仅是反应介质，还是形成微观多孔网络的关键因素。适当控制水量，一方面可防止水分流失过快而影响胶凝材料的有效使用；另一方面，也应避免水分不足引发混凝土过于硬化而影响后续养护效果。

添加剂的选择不仅能调整混凝土的流动性，提升泵送性能，还能在一定程度上增强或改善其耐久性、工作性和减小应力裂缝的发生概率。例如，采用高效减水剂不仅能显著提高拌合物的抗压强度与减小水胶比，还能有效地限制混凝土裂缝的扩展，尤其是大体积混凝土在施工后更容易受到温度应力与干缩应力的影响。此外，通过适量加入防裂剂、引气剂或是其他特定功能添加剂，能在混凝土结构中建立更加稳固稳定的微观体系，提高其整体的防裂及抗渗能力。最终实现的混凝土配合比设计方案，必须经过

实验与现场检验确认的合理性和有效性。在实际操作中不断验证和调优，则能有效满足多样化的工程技术需求，推动建筑行业的高质量发展，延长结构的生命年限，并提升人们的居住舒适度与安全感受。

2.2 控制水泥水化热

选用合适的低水化热的水泥品种对于建筑工程而言至关重要。水化热主要来自水泥与周围环境进行化学反应过程中释放出来的热量，这种热量会在一定程度上导致水泥混凝土的膨胀，并产生一定的内部应力，尤其在浇筑后的短期内更为明显。若混凝土内部分散温度过大，则极易导致结构内的应力集中，并引发开裂现象，尤其是当内外部冷却不均匀导致较大温差时更是容易引发此类问题。考虑到这些可能影响建筑结构长期稳定和美观的因素，合理选择低水化热的水泥品种成为了一个重要决策过程。这类水泥表现出相对较慢水化反应特性，因此，在浇注成混凝土后会逐渐而不是瞬间释放大量的热，这显著减少了混凝土内应力积累的可能性。此外，低水化热混凝土还可以延长达到峰值热强度所需的周期，给予外部介质如水或空气更多时间去吸收并平衡内热量，从而避免了局部过热和随后的裂缝生成，提升了混凝土构件的使用寿命[2]。

为了选择适合工程需求的低水化热水泥品种，设计人员和建设方应选择一种能匹配特定工程使用需求的水泥。例如，在高温环境下施工或是对防热震有极高要求的特殊工程项目中，则更适合选择具备更显著抗热特性、低水化热释放能力的特殊水泥类型。在考虑不同施工季节和地区条件的影响下，选择合适的水泥产品以适应不同季节和地区的施工环境特点。例如，在冬季，低温环境下施工阶段建议选择更适合快速凝结的且热值低的水泥类型，而夏季施工时，为避免高湿环境增加的水蒸发速度对水泥水化速率的影响，则可侧重于低水化热特性的产品。通过专业机构或者实验室进行水泥材料的选择和验证，确保其长期的耐久性和稳定性。这不仅考量水泥的基本物理力学性能，还包括抗渗、抗压和抗氧化等方面的综合评估，以便构建更为可靠和持久的安全设施基础。

2.3 施工工艺控制

在建筑工程的每一个细节中，确保高质量的标准操作流程都是至关重要的环节。从混凝土开始，到混凝土结束，每一个步骤都需要精准无误地执行。从混凝土的调配出发，这不仅仅是材料比例和混合物配比的问题，还需要根据项目的具体需求精确地确定水泥强度、砂率以及集料类型与粒径等多个要素。接下来，混凝土浇筑是施工的关键环节之一，要求在平稳浇筑的基础上，严格把握分段连续性，避免分层或断层现象，确保整个混凝土块的一体性与密实性。浇筑过程中还应考虑使用振动棒等专业工具均匀地压实，使混凝土密实无孔洞、裂缝，减少水分与空隙率，提升混凝土结构的质量及性能。接着是振捣环节，这不仅仅是为了排除混凝土内部存在的空气泡，更是要使混凝土达到充分密实。恰当的操作手法，比如振捣间距和速度的控制，以及适当的时间把控，都是非常关键。过于激进的振捣可能会损害结构表面并导致钢筋暴露，反而得不偿失。因此，专业的工人和技术指导人员的紧密配合在此阶段尤为必要。紧接着就是养护，它是影响混凝土最终性能的又一重要因素。适当的养护方式可以确保混凝土内的温度保持稳定，预防因为快速降温而引发的大面积开裂，同时帮助提升混凝土的硬度及强度，增强其耐受环境的能力，从而确保结构长期的耐用性与稳固性。养护方式包括覆盖、浇水以及利用蒸汽等方法，根据不同的工程情况和地域环境，应制定个性化的养护方案。在实施上述步骤时，还需要根据工程的具体情况灵活运用，但不可忘记，遵循规范始终是最基本的要求。每一道工序，每个步骤都需要严格依据标准操作规程进行，不容出现任何偏离[3]。

2.4 早期保湿养护

混凝土是建筑工程的灵魂，确保混凝土浇筑之后的质量与稳定性能直接影响整体结构的安全可靠度与美观度。为此，在混凝土的浇筑完成后，必须及时开展细致而有效的后续处理与维护工作，其中包括了适时实施保湿养护以及准确控制模板拆卸的时间点这两项核心步骤。在混凝土初凝期结束后，通常会在混凝土表面铺设一层保湿保温毯或者覆盖一层聚乙烯薄膜进行覆盖保湿。这种方法能有效隔绝空气流通路径，防止外部空气与热辐射直接侵袭混凝土表面，减缓水分蒸发，维持良好的水分条件，促进水泥水化作用的均衡开展，并降低由于温差过大而导致混凝土表层收缩裂缝的风险。这一措施往往需要结合适当的喷雾水份或洒水技术以保持适宜湿润度，同时注意避免水份浸透深度过度深入，确保养护效果的同时避免不必要的水份损失。

关于模板拆卸时间，同样需根据混凝土实际的养护情况来决定。在通常情况下，需要等到混凝土强度到达预期标准才能开始拆除，这是因为过早的模板拆卸容易因为支撑不足而影响新浇筑混凝土结构的稳定性及形态完整性。混凝土达到强度需要一定的周期，这个时间周期受到多个因素的影响，如温度和养护方式等，一般情况下推荐依据专业规范或者工程指导文件提供的混凝土强度增长曲线来进行判断。在实际操作中，可以通过现场使用回弹仪等工具对已凝固混凝土表面进行局部测量以作为拆卸模板的决策依据。同时，在拆模前需要确保接缝与支护部位已妥善清理干净且无粘附现象出现。此外，模板在拆卸过程时，应当采用缓慢均匀的卸载力，减少对已形成的混凝土结构可能产生的振动影响，并且注意防止外在荷载导致混凝土表面形成裂纹或破坏，保证拆卸工作的平稳有序进行。在完成所有拆模工作后，还需进一步监测与评估浇筑混凝土的外观及内部质量，以确定最终验收标准是否已完全满

足设计要求，进而保障整个建筑工程的质量安全与后续使用的可靠性[4]。

2.5 后期监测与维护

水利工程是一项极其重要的基础建设活动，不仅关系到水的供给安全，还牵涉到生态环境的保持、农业灌溉的有效性以及防洪抗旱等社会经济发展的重要环节。因此，混凝土作为水利工程主体建筑的重要材料，需要进行定期的专业监测及维护。混凝土在经过多年的使用过程中可能会因外部条件的变化（如气候变化、盐碱入侵、地层移动）或内部因素导致产生裂缝。如果对这些细微变化不予关注和及时响应，可能引发一系列严重后果，如结构性能衰弱、水资源流失等问题。

在日常监控工作中，专业的检测团队将定期对大坝或桥梁的每一部分实施详尽检查。这一工作过程通常包括非破坏（比如超声波检测，可以感知混凝土深度范围内的结构完整性变化）和可视化巡检（人工肉眼观察可能存在的裂纹），以尽早发现问题。一旦在检查中发现裂缝，无论是微细还是可见的开裂，都必须立即记录，并按照预定程序上报和跟进专业评估[5]。

针对识别出的不同类型裂缝，相应的修复措施也需及时落实。轻微的表面裂缝可以通过涂抹树脂或粘合剂的方式封闭，以防雨水或渗透，进一步减缓裂缝发展的速度。对于内部裂隙较大的裂缝，则可能需要进行更为复杂的结构加固工作。此类情况通常采用灌浆技术进行，向裂缝填充高粘性的浆液以增强混凝土的密封性和稳定性，从而延缓其扩展趋势。此外，在特殊环境下，如高应力、腐蚀性的土壤或水域中的混凝土结构，可能需要定期添加保护剂，或实施防腐蚀和防侵蚀的特别维护，保障结构长期稳定运行，延长其使用寿命。维护水利工程，尤其是混凝土结构的完整性和安全性是一项复杂且持续的挑战，不仅要求专业严谨的技术支持，同时也强调跨部门合作的重要性。各相关单位之间的信息共享与协调配合，使得整体系统的效率最大化，共同致力于保障水利工程的持续高效安全运行。通过持续不断地投入在检测和维护中，确保水利工程能在未来的环境中发挥最大的效能，同时，保护并维护好我们珍贵的水资源和生态环境。

3 新技术在混凝土裂缝防治中的应用

随着科技的不断进步和创新，混凝土裂缝防治领域涌现出许多新技术和方法，为工程建设和基础设施的可靠性和持久性提供了更加全面和有效的解决方案。纳米技术作为一项前沿技术，具有改善混凝土微观结构的潜力，进而提高混凝土的抗裂性能。通过对混凝土内部微观结构的精细调控和改善，纳米技术能够赋予混凝土更为优越的物理特性，有效减缓裂缝的形成和扩展。除了纳米技术外，纤维增强技术也是当代混凝土裂缝防治领域的重要突破之一。通过向混凝土中引入纤维材料，可以有效增加混凝土的韧性和承载能力，从而在一定程度上抑制裂缝的发生和发展。同时，自愈合混凝土技术作为一项备受关注的创新技术，通过在混凝土中引入微生物、树脂或其他自愈合材料，实现对裂缝的自主修复，为混凝土裂缝的防治开辟了全新的局面。这些新技术的应用为混凝土裂缝的防治带来了新的途径和方法，在逐步推动混凝土工程材料的性能和质量提升的同时，也为工程建设和建筑领域的可持续发展和安全运行提供了重要支撑[6]。

4 结语

混凝土裂缝的防治是水利施工中的一项重要任务。通过优化配合比设计、控制水泥水化热、加强施工工艺控制、早期保湿养护以及后期监测与维护等措施，可以有效减少混凝土裂缝的产生。同时，积极引入新技术，提高混凝土的抗裂性能，为水利工程的顺利施工和长期使用提供保障。

[参考文献]

[1]李国强.水利工程施工中控制混凝土裂缝技术分析[J].珠江水运,2024(14):66-68.
[2]田种香.水利施工中混凝土裂缝的防治施工技术探讨[J].全面腐蚀控制,2024,38(7):138-141.
[3]王立群.水利工程施工中混凝土裂缝的防治措施[J].水上安全,2024(14):196-198.
[4]牛欣伟.农业水利工程施工中混凝土裂缝出现的原因及防治措施[J].农村科学实验,2024(9):97-99.
[5]张剑.水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术研究[J].工程与建设,2023,37(6):1775-1777.
[6]杨军.水利工程施工中混凝土裂缝防治策略探讨[J].大众标准化,2023(23):34-36.

作者简介：王明玉（1976.9—），毕业院校：东北大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：中泽源工程有限公司，职称级别：中级。

城市引水管网施工中信息化技术的集成与应用前景

罗 文
江西省水投建设集团有限公司，江西 南昌 330029

[摘要]城市引水工程是确保城市可持续发展的关键设施，其施工质量及效率直接影响到城市供水安全，进而影响到居民生活质量。为了提高城市引水管网的施工效率和保障质量，近年来信息化技术应用于施工中呈现出更大的潜力和前景。该研究以当前并行正在发展的信息化技术为依托，分析了其在城市引水管网施工中的集成与应用。主要考察了数字化管理系统、智能化施工机械、无人机巡查技术以及 BIM 技术等在引水管网施工中的应用现状与效果，对比了各项技术的优势与不足。研究发现，信息化技术显著提升了城市引水管网的施工效率和质量，并且极大地降低了施工风险。最后，文中对信息化技术在未来城市引水管网施工中的前景进行了探讨。随着技术的不断升级和更新，信息化施工有望进一步优化施工流程，提高施工精度和效率，为城市引水管网的可持续性发展起到关键的支撑作用。本研究为未来城市引水管网施工中的信息化技术应用提供了深入的洞见和实用的指引。

[关键词]城市引水管网；信息化技术；施工效率；无人机巡查技术；BIM 技术
DOI：10.33142/hst.v7i10.13883　　中图分类号：TU99　　文献标识码：A

Integration and Application Prospects of Information Technology in Urban Water Diversion Pipeline Construction

LUO Wen
Jiangxi Water Investment Construction Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330029, China

Abstract: Urban water diversion projects are key facilities to ensure sustainable urban development, and their construction quality and efficiency directly affect the safety of urban water supply, which in turn affects the quality of life of residents. In order to improve the construction efficiency and ensure the quality of urban water diversion pipelines, the application of information technology in construction has shown greater potential and prospects in recent years. This study is based on the currently developing information technology and analyzes its integration and application in the construction of urban water diversion pipelines. The main focus was on the application status and effectiveness of digital management systems, intelligent construction machinery, unmanned aerial vehicle inspection technology, and BIM technology in the construction of water diversion pipelines. The advantages and disadvantages of each technology were compared. Research has found that information technology has significantly improved the construction efficiency and quality of urban water diversion pipelines, and greatly reduced construction risks. Finally, the article discusses the prospects of information technology in the future construction of urban water diversion pipelines. With the continuous upgrading and updating of technology, information-based construction is expected to further optimize the construction process, improve construction accuracy and efficiency, and play a key supporting role in the sustainable development of urban water diversion pipelines. This study provides in-depth insights and practical guidance for the application of information technology in the construction of future urban water diversion pipelines.

Keywords: urban water diversion pipeline network; information technology; construction efficiency; unmanned aerial vehicle inspection technology; BIM technology

引言

城市引水管网作为城市基础设施建设中的重要组成部分，关系到城市的生态环境、可持续发展甚至居民的生活质量。如何保障其施工效率和质量，使其更好地服务于城市和居民，是当前面临的重要课题。随着信息化技术的发展，例如数字化管理系统、智能化施工机械、无人机巡查技术以及 BIM 技术等的应用，为提高城市引水管网的施工效率和保障质量提供了可能。然而，这些技术在具体应用和集成的过程中，还存在不少问题和挑战。近年来，信息化技术在众多行业领域得到广泛应用，使得工作效率大大提高，同时也优化了工作流程。在城市引水管网的施工中，信息化技术的应用也并不罕见。然而，目前我们还缺乏完整的理论框架和系统的研究，以指导这些技术如何更好地集成应用，以最大程度地提升施工效率和质量。本文以当前正在发展的各类信息化技术为研究对象，深入探讨了其在城市引水管网施工中的应用现状、优势与不足，并预测了未来的发展趋势。研究结论将为未来城市引水管网施工的信息化技术应用提供有价值的参考和启示。

1 城市引水工程的关键性和当前状况

1.1 城市引水工程背景介绍

城市引水工程是城市基础设施建设中的重要组成部分，担负着将水源地的水资源引入城市，确保城市居民生

活用水和工业用水的供给[1]。城市引水工程的历史可以追溯至早期的城市文明，但随着城市化进程的加快和人口的迅速增加，现代城市引水工程逐渐演变为一个复杂且规模庞大的系统[2]。在各类引水工程中，引水管网施工是关键环节之一，其建设质量直接决定了整个引水系统的效能。

现代城市引水工程通常包括取水、输水、储水和配水等多个环节，每一个环节都需要科学规划与精确施工。引水管网连不同的水处理设施、服务区域和终端用户，其设计和施工的复杂性要求高精度的施工技术和先进的管理手段，以确保供水系统在运行中的安全性和稳定性。由于城市地理条件复杂、地下空间利用多样化，管网施工面临的挑战也日益增多，如狭窄空间操作、高精度管道定位和埋设、城市道路交通干扰等问题，这些都对施工提出了更高要求。

面对这些挑战，信息化技术在引水管网施工中的引入与应用成为关键，以应对复杂的施工环境和提高施工效率。通过数字化管理系统可以实现对引水工程全过程的实时监控和数据分析，提高施工决策的科学性；智能化施工机械能够在复杂的作业条件下保障施工的精度和速度；无人机巡查技术提供了对管网施工现场的高效、高空视角监测手段；而BIM技术则通过三维建模和仿真模拟，为施工过程的规划和优化提供了直观的工具。这些信息化技术的融入，不仅提升了施工质量和效率，还显著降低了对城市环境和居民生活的影响，为现代城市可持续发展提供了坚实的保障。

1.2 城市引水工程的重要性

城市引水工程对于城市的日常生活和经济运行具有至关重要的作用。城市引水工程能够有效保障城市居民和各类用水需求，维持城市生活的正常运转。城市人口的急剧增长和经济的发展对水资源的需求不断增加，而稳健高效的引水系统则是确保这种需求得到满足的重要手段。

城市引水工程在促进城市经济发展的过程中起到了关键作用。工业、农业、服务业等各个领域的发展都离不开水资源的支撑，可靠的城市供水系统能够为各行各业提供稳定的水源保障，从而促进经济的繁荣。

城市引水工程对于城市环境保护和生态平衡的维护同样具有重要意义。通过科学合理的引水和用水，可以有效防止水资源的不合理利用和污染，维持城市生态环境的健康。

城市引水工程不仅关乎城市供水安全，更是推动城市可持续发展和提升居民生活质量的基础设施，其重要性不言而喻。

1.3 城市引水工程的当前施工状况

当前，城市引水工程施工面临诸多挑战，包括施工环境复杂、地下管线密集、工期要求紧迫等因素。传统施工方法在人力、物力消耗较大，施工质量和安全保障难以达到最佳状态。信息化技术的引入改善了这一现状，通过数字化管理系统、智能化施工机械等手段，施工过程中实现了数据的实时采集和分析，从而提高了施工效率和精度。信息化施工技术在实际应用中普及程度尚不均衡，部分地区和企业仍处于探索和初步应用阶段。

2 信息化技术在城市引水工程中的应用与集成

2.1 数字化管理系统与城市引水工程

数字化管理系统在城市引水工程中的应用，极大提升了施工过程的管理效率和精度。通过引入先进的数字化管理平台，施工项目能够实现从规划、设计、施工到运维的全周期数字化管理[3]。在施工阶段，数字化管理系统能够实时监控施工进度，确保项目按照预定的时间节点推进。该系统集成了施工质量监控模块，通过对各项施工环节的数据分析，及时发现和解决潜在问题。

数字化管理系统还有效改善了资源调配和成本控制。在引水工程中，材料和设备的合理调配对施工质量和效率至关重要。系统通过实时数据采集和分析，精准预测材料需求，优化设备和人力的调度，减少资源浪费，控制工程成本。对于大型引水工程，数字化管理系统提供了集成化的工作环境，促进了各部门之间的信息共享和协同工作，减少信息传递中的误差和延迟。

通过数字化管理系统，施工单位可以建立标准化的施工流程和质量检验规范，确保施工过程的每一关键环节均符合相关技术标准和规范。系统支持对施工现场的环境和安全进行全天候监控，对潜在的安全隐患进行预警，提高施工安全系数。在项目竣工后，数字化管理系统还能对整个工程进行数据归档和分析，提供详尽的施工报告，为后续的运维和管理提供数据支撑[4]。

总结而言，数字化管理系统在城市引水工程中的应用，不仅优化了施工流程，提升了施工效率和质量，更通过数据驱动的方式实现了精细化管理，为城市引水管网的长效、安全运行奠定了坚实的基础。

2.2 智能化施工机械在引水管网施工中的应用

智能化施工机械在城市引水管网施工中的应用显著提升了施工效率与质量。智能挖掘机和智能铺管机的引入使得施工过程更加精确，减少了人为操作误差。智能挖掘机具有自动定位和深度控制功能，能够在复杂的城市环境中稳健运行，有效避免对其他地下设施的损害。智能铺管机则通过精确的铺设功能和配备的自动化监测系统，实现了管道的高精度铺设，确保了管网系统的牢固性和密闭性。

基于传感器和实时数据分析技术的智能监控平台，实时监测施工机械的运行状态，数据的实时传输和处理提高了施工管理的响应速度，降低了停工风险。智能化施工机械的应用不仅节约了人力成本，还在一定程度上提高了施工现场的安全性。机器设备的自动化操作减少了施工人员在危险环境中的暴露机会，从而显著降低了安全事故的发生率[5]。

智能化施工机械的广泛应用推动了城市引水管网施工工艺的现代化，为引水工程的可持续发展提供了坚实基础。这些机械设备的开发与应用，展示了信息化技术在提升施工工艺和保障施工质量方面的巨大潜力。

2.3 无人机巡查技术与BIM技术在引水管网施工中的应用

无人机巡查技术在城市引水管网施工中应用广泛，能

够快速、高效地进行施工区域的监测和巡查，减少人工巡查的时间和人力成本，提升施工现场的安全性和管理水平。BIM 技术通过三维建模和信息集成，提供了全面的施工计划和进度管理工具，确保各施工环节的协调与统一，提高施工的精确度和质量。无人机与 BIM 技术的结合，实现了更精细和智能化的施工管理。

3 信息化技术对城市引水工程施工的影响及未来前景

3.1 信息化技术对城市引水工程施工效率和质量的影响

信息化技术在城市引水工程施工中对效率和质量的提升具有显著的影响。数字化管理系统通过实时监控和数据分析，实现了施工进度和资源配置的精细化管理，减少了信息的不对称和沟通成本，提高了决策的及时性和准确性。施工现场的信息采集和传输更加便捷，为问题的快速定位和解决提供了有力支持，确保了施工的连续性和流程的优化。

智能化施工机械的应用减少了人工操作的误差，提升了施工的精度。在复杂地形和环境下，智能化机械通过传感器和自动化控制系统实现了高效、安全的作业，既提高了工作效率，又确保了施工质量的稳定。智能化设备还能通过数据分析预测潜在的故障，预先进行维护，减少了停工时间。

无人机巡查技术在施工中的应用扩大了监控的覆盖面和细致程度。无人机可以进行高空拍摄和三维建模，提供了全方位的图像数据，帮助施工人员全面掌握现场情况。通过对现场数据的实时监控和分析，能够快速识别施工过程中可能出现的隐患，及时调整施工方案，从而大大提高了施工的安全性和质量。

BIM 技术通过三维模型的建立和信息的集成，全面提升了工程管理的科学性和系统性。BIM 技术使得引水管网的设计、施工和维护更加协调、有序，通过模拟仿真和参数化设计，提前识别施工中的潜在问题，优化施工方案。BIM 技术还能够对项目的各个阶段进行全过程监控，确保施工各环节的衔接和资源的最优配置，进一步提升施工效率和质量。

综合来看，信息化技术在城市引水工程施工中的应用，不仅提高了施工效率，保障了工程质量，还为实现安全、高效、可持续的城市供水系统提供了有力的技术支持。

3.2 信息化技术如何降低施工风险

信息化技术的应用在城市引水工程施工中显著降低了施工风险，主要体现在以下几个方面。数字化管理系统的引入，使得整个施工过程的信息流转更加高效透明，能及时发现潜在风险，进行迅速调整和预防。智能化施工机械利用传感器和自动控制技术，减少了人为操作误差，提高了施工精度和安全性，降低了机械故障和操作事故的可能性。

无人机巡查技术提供了高效的实时监控，能够迅速且准确地检测施工现场的异常情况，如地质变化、设备状态和环境风险等，从而及时进行预警和处理。BIM 技术则通过三维建模和数据整合，提供了施工全过程的可视化模拟和风险评估，有助于提前识别并规避潜在施工风险。BIM 技术还能优化施工方案，减少施工中的盲区和误差，提高安全性。

通过数字化管理系统、智能化施工机械、无人机巡查和 BIM 技术等信息化技术的集成与应用，城市引水工程施工的风险得到全面而有效的降低，为施工安全和质量保驾护航。

3.3 信息化技术在未来城市引水工程施工中的应用前景

信息化技术在未来城市引水工程施工中将持续优化施工流程，提升精度和效率。先进的数字化管理系统将进一步细化施工进度控制，智能化机械与自动化技术的结合将提高施工自动化程度，无人机巡查技术和 BIM 技术将全面提升监控和管理能力，确保施工质量及安全。信息化施工的发展为城市引水工程的可持续发展提供了重要支撑，助力实现智能化、精细化及高效化的施工目标。

4 结束语

全文对信息化技术用在城市引水管网施工中提供了详尽的分析，揭示了不同技术如数字化管理系统、智能化施工机械、无人机巡查技术以及 BIM 技术等的优劣势，并且对未来城市引水管网施工中的信息化技术的应用前景进行了深入的探讨。我们认为，信息化技术的应用，能有效提高城市引水管网施工的效率及质量，并且可以显著降低施工风险，对于城市引水管网的可持续性发展起到关键的支撑作用。然而，尽管信息化技术对施工的帮助显著，我们必须认识到，还有很多挑战等待我们去解决，例如如何进一步提高信息化技术的效率，如何解决新技术与常规作业方式的衔接等问题。这需要我们持续投入研发，进行更深入的实地应用研究。总的来说，未来信息化技术有巨大的发展潜力，我们期待随着技术的不断升级和更新，信息化技术将在未来引水管网施工中发挥更大作用。本研究的结果为此方向的研究人员提供了一定的参考和启示。希望我们的研究能对相关研究及实践产生积极的指导性影响。

[参考文献]

[1]尚立珍.城市污水管网建设顶管施工技术[J].水利水电快报,2021,42(1):36-39.
[2]盛东方,陈继平,周宇,等.城市供水管网信息化管理体系的构建及应用[J].给水排水,2021,47(1):96-102.
[3]郭佩昕,赵文娇.城市排水管网信息化管理平台的建设与应用[J].智能建筑与智慧城市,2023(9):176-178.
[4]朱立辉,胡琴.数字排水信息化技术在城市雨污水管网普查项目中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(6):154-157.
[5]郝晓婷.浅谈城市供水管网管理信息化方案[J].新商务周刊,2020(16):67-67.

作者简介：罗文（1982.4—），男，华中科技大学，土木工程，江西省水投建设集团有限公司，项目经理。

水利工程现代化发展常见问题及其对策浅谈

周 锦
江西省丰城市洪安工程建设咨询有限公司，江西 丰城 331100

[摘要]水利工程作为保障生态环境、促进行业发展和保障国家安全的重要基础设施，其现代化发展面临的问题与挑战日益凸显。文章以现代水利工程为背景，分析了其在现代化发展过程中的常见问题，主要包括工程建设中的人力和财力短缺，缺乏科学规划、管理体制和监管制度滞后，以及环境保护意识淡薄等问题。同时，文中进一步提出了针对这些问题的对策和建议，包括加大水利工程投资力度，完善相关法规制度，加强环境保护和生态修复，加强科技创新对水利工程的支持等。通过这些对策的实施，有助于推动我国水利工程现代化发展的步伐，实现水利工程与环境、社会、经济全面可持续发展的目标。
[关键词]水利工程；现代化发展；常见问题；对策建议；可持续发展
DOI：10.33142/hst.v7i10.13880　　中图分类号：TV4　　文献标识码：A

Brief Discussion on Common Problems and Countermeasures in the Modernization Development of Water Conservancy Engineering

ZHOU Jin
Jiangxi Fengcheng Hong'an Engineering Construction Consulting Co., Ltd., Fengcheng, Jiangxi, 331100, China

Abstract: As an important infrastructure for safeguarding the ecological environment, promoting industry development, and ensuring national security, water conservancy engineering is facing increasingly prominent problems and challenges in its modernization development. The article takes modern water conservancy engineering as the background and analyzes the common problems in its modernization development process, mainly including the shortage of manpower and financial resources in engineering construction, the lack of scientific planning, management system and regulatory system lag, and weak environmental protection awareness. At the same time, the article further proposes countermeasures and suggestions to address these issues, including increasing investment in water conservancy projects, improving relevant laws and regulations, strengthening environmental protection and ecological restoration, and enhancing technological innovation to support water conservancy projects. The implementation of these measures will help promote the modernization of Chinese water conservancy engineering and achieve the goal of comprehensive and sustainable development of water conservancy engineering, environment, society, and economy.
Keywords: water conservancy engineering; modernization development; common problems; countermeasures and suggestions; sustainable development

引言

水利工程，作为国家社会经济发展的基础设施，对于保障生态环境、促进区域经济发展、提高生活水平以及维护国家安全具有重大的作用。然而，在当下我国水利工程的现代化发展过程中，不仅面临着工程建设中的人力和财力短缺等诸多困难，更出现了缺乏科学规划、管理体制和监管制度滞后、环境保护意识淡薄等问题。如何科学、有效地解决这些问题，对我国水利工程的现代化发展具有重大影响。因此，本文将从不同角度出发，分析在水利工程现代化发展中存在的问题，并针对这些问题提出切实可行的对策和建议，以期能够为推动我国水利工程现代化发展提供参考。

1 水利工程现代化发展现状

1.1 全面评述水利工程现代化的意义和功能

随着社会经济的发展和自然环境的变化，水利工程的现代化发展在保障生态环境、促进经济增长和维护国家安全方面显得尤为重要[1]。在保障生态环境方面，现代化的水利工程通过科学设计和先进技术，能够有效控制水资源的时空分布，减缓水资源分配不均带来的生态压力，为生态修复和保护提供技术支持。

在促进经济发展的过程中，水利工程的现代化为农业灌溉、工业供水、城市供水等领域提供了可靠的水资源保障，提高了用水效率，降低了水资源浪费，从而推动相关产业的良性发展。水利工程还在防洪减灾中发挥了至关重要的作用，通过科学的水资源调度和管理，降低洪水等自然灾害对经济社会的影响。

在维护国家安全方面，水利工程的现代化是确保长远安全稳定的基石。现代化水利工程通过构建完善的水资源调度系统和防护系统，有效应对突发的水资源短缺或自然灾害，实现对水资源的科学、合理和高效利用。这不仅保障了国家的水资源安全，还支撑了国民经济的持续发展和人民生活的持续改善。

现代化水利工程在技术和管理水平上的不断提升，也

促进了工程建设与运维模式的转变。高效的工程管理体制和信息化管理手段，不仅提高了水利工程的运营效率和可靠性，还增强了对异常情况的快速响应能力。

水利工程的现代化发展在生态环境保护、促进经济增长和维护国家安全等方面具有全方位的重要意义和功能，为实现可持续发展目标提供了强有力的支持[2]。

1.2 概述全球及国内水利工程现代化的进程

全球和国内的水利工程现代化进程展现出显著的异同和发展特色。全球范围内，水利工程的现代化始于 20 世纪中叶，随着科技进步，许多国家逐步实现了从传统水利向现代水利的转型。欧美国家通过大量的国土整治和综合水资源管理，推动了大规模的水利工程建设，提高了防洪、灌溉和水资源调配效率。发达国家重视水利工程的科技含量，广泛运用了先进的信息化管理系统和绿色环保技术，实现了水利工程的高效、智能和可持续发展。

国内水利工程现代化起步相对较晚，但近几十年来取得了显著进展。从改革开放初期开始，中国的水利工程建设经历了几个重要阶段。早期主要注重大规模水库、堤坝及灌溉系统的建设，解决了粮食安全和防洪保安问题。进入 21 世纪后，随着经济社会的发展和对生态环境保护的重视，水利工程的现代化建设进入了新阶段。借助于信息化管理和先进监测技术，大型工程项目如三峡大坝和南水北调工程不仅在规模和技术上实现了重大突破，还在综合效益、环境保护与长效管理上取得了较大成果。

尽管取得了许多成功，国内水利工程在现代化过程中仍存在诸多挑战。例如，工程基础设施有待进一步完善，管理机制急需优化，科技创新的支持还不够全面。这些问题表明，国内水利工程现代化仍处于发展中阶段，需要继续借鉴全球先进经验，加强跨领域合作，以实现全面的现代化目标。

1.3 现代水利工程的特点与成效

现代水利工程具有显著的特点与成效。现代水利工程在设计和施工过程中日益重视科技创新的应用，通过引入先进的材料、设备和技术，极大提升了施工效率和工程质量。现代水利工程注重综合管理，既考虑到工程本身的建设和运行，又将环境保护与节能降耗纳入整体规划中，从而实现了资源的高效利用和生态环境的有效保护。这些特点与成效对于保障水资源安全和促进社会经济发展具有重要作用。

2 水利工程现代化发展中的常见问题分析

2.1 人力资源和资金配备不足的问题

在水利工程现代化发展的过程中，人力资源和资金配备不足是亟需解决的重要问题之一。工程建设和维护需要大量的专业人才和充足的资金支持，但当前这一领域却面临显著的资源短缺[3]。

在人力资源方面，水利工程专业人才供应不足，高素质技术人才相对紧缺。由于水利工程项目涉及范围广泛、技术复杂，对从业人员的专业知识和实际技能提出较高要求。现阶段我国水利工程领域高学历、高技能的人才在数量和质量上都无法完全满足需求。一方面，高等教育培养的水利专业毕业生数量有限，许多地区尤其是偏远地区更是面临专业人才流失严重的现象。另一方面，现有从业人员的培训和继续教育机制不够完备，使得工程技术人员难以紧跟现代化技术的发展步伐，存在知识更新滞后问题。

在资金配备方面，水利工程建设和维护的资金需求量巨大，目前的资金投入无法完全匹配项目需求。一方面，国家对水利工程的总体投入虽有所增长，但面对大规模的工程需求，资金依然显得捉襟见肘。地方政府在财政压力下，难以满足大规模水利工程的建设及维护需求，从而导致不少项目在初期规划和执行阶段因资金短缺而延误或中断[4]。另一方面，资金管理与使用效率不高，部分地区存在资金使用不透明、资金浪费和使用效益低下的情况，这进一步制约了水利工程现代化发展进程。

解决人力资源和资金配备不足的问题，需要从加强专业人才培养、优化继续教育和技术培训机制、扩大对水利工程的资金投入、提高资金管理和使用效率等多方面入手[5]。这一系列措施的实施，将有助于夯实水利工程现代化发展的基础，进而保障工程项目的高质量、高效益推进。

2.2 管理体制和监管制度的滞后问题

管理体制和监管制度的滞后问题在水利工程现代化发展过程中表现尤为突出。传统的管理体制通常强调工程建设的进度和经济效益，忽视了综合管理的必要性及其在现代化进程中的重要性。这种体制往往较为僵化，难以适应快速变化的社会需求和技术进步。监管制度的滞后导致工程质量和安全风险难以得到有效控制。现有的监管机制多依赖于事后审核和处罚，缺乏主动预防和实时监控的手段，无法及时发现和处理潜在问题。对于突发事件和重大技术变更，现行制度普遍存在反应缓慢、决策效率低下的问题，严重影响了现代化进程的效率和成果。

在具体实行过程中，地方和国家层面的协调与沟通也存在明显不足。各地对政策和制度的执行力度不一，导致部分地区水利工程现代化进展缓慢。监管人员的专业素质和技术水平参差不齐，也对有效监管形成障碍。尤其是在面对复杂且多变的现代化工程环境时，缺乏具备多领域知识的综合性人才，进一步制约了监管工作的科学性和有效性。

滞后和不完善的管理体制与监管制度已成为制约水利工程现代化发展的重要瓶颈，亟需进行全面的制度创新与改革。

2.3 环保意识淡薄与生态影响的问题

水利工程的现代化发展中，环保意识淡薄和生态影响问题尤为突出。建设过程中，往往忽视对周边生态环境的保护，导致水生动植物栖息地被破坏，生物多样性锐减。水利工程的实施常伴随水体污染问题，增加了水环境治理的难度。对于环境保护和生态修复的认知不足，导致了短期利益压倒长期可持续发展的局面。这不仅影响了生态平衡，也带来了社会和经济的负面效应，亟需高度重视并加以解决。

3 针对现代化水利工程常见问题的对策建议

3.1 加大水利工程资金投入与优化财力配置

在现代化水利工程的发展过程中，资金短缺和财力配置不当是制约其进步的主要问题之一。为解决这一问题，需要从多个角度入手，加大资金投入并优化财力配置。

政府应加大对水利工程的财政支持力度，设立专项基金，确保水利工程建设和维护的资金来源稳定和充足。通过加大财政预算投资和引导社会资本参与，可以有效缓解工程建设中的资金瓶颈问题。政策层面的支持和财政激励措施有助于吸引更多的社会资本和企业投资水利工程领域。

应建立健全合理的资金分配机制，优化资金使用效率。通过科学规划和项目筛选，确保资金投入到关键和急需的水利工程项目中。实行严格的资金监督管理制度，杜绝资金浪费和挪用现象，保障每一笔资金都能得以充分利用，最大程度地提高工程质量和效益。

合理配置人力资源和财力资源，综合考虑工程的实际需要和区域差异。对于人力资源短缺的问题，可以通过实施多层次的人才培训计划，提高专业人员的技术水平与管理能力，从而提高资金的使用效能和工程建设质量。

还可以探索多元化的融资渠道，利用公私合营（PPP）模式吸引社会资本投入，减轻政府财政压力，推进水利工程的多元融资，大力推进实施社会化运作模式，提高项目的融资能力与财务管理水平。

加强国际合作与交流也是优化财力配置的有效手段之一。与国际机构及发达国家在技术、资金、管理等方面进行深入合作，通过引进先进的技术和成功的管理经验，提高水利工程的整体效益与可持续发展水平。

通过加大水利工程的资金投入力度，优化财力配置，并加强资金使用的科学管理，可以有效解决水利工程现代化发展中的资金问题，从而推动水利工程现代化进程的顺利进行。

3.2 完善法规制度与加强管理和监管效能

为提升水利工程的现代化水平，亟需完善相关法规制度并增强管理和监管效能。现行法律法规存在一定的滞后性，应根据实际需求及时修订和更新，确保法规与水利工程现代化发展的步伐相一致。强化法律的执行力，设立专门的监督机构，确保所有水利项目依照法律法规进行。优化管理体制，建立科学、高效的管理模式，推进信息化、智能化管理手段的应用，提高各级管理人员的专业素养和执行力。

监管方面，亟需构建多层次的监管体系，涵盖事前审批、事中监控和事后评估等环节，确保每个环节均处于严格监管之下。引入第三方评估机制，加强透明度和公信力，使监管过程更加公开、公正。利用大数据、云计算等先进技术手段，实现对水利工程的全面监控和维护，及时发现和解决潜在问题，大幅提升监管效能。通过这些措施，有助于进一步推动水利工程的现代化发展，确保工程质量和安全，促进可持续发展目标的实现。

3.3 推进环境保护与生态修复，提高科技创新应用

为提升现代化水利工程的环保水平和生态修复效果，增强科技创新的应用至关重要。推动先进的环境监测技术，如遥感和无人机技术，以实时监控和评估水利工程对生态系统的影响。推广采用环境友好的施工方法，减少对自然环境的破坏，应用可再生能源，如太阳能和风能，降低水利工程运营的碳足迹。引进和培育高效的净水和污水处理技术，确保水质达标，保护水生态环境。在所有水利工程项目中，绿色基础设施建设应进行全生命周期评估，以实现经济、社会和环境效益的最大化。

4 结束语

本篇文章以现代水利工程为背景，详细分析了其现代化发展过程中的常见问题，并针对这些问题提出了一系列解决措施和策略。论文指出，工程建设中的人力和财力短缺，以及科学规划、管理体制和监管制度的停滞，环境保护意识淡薄等问题，都是阻碍水利工程现代化发展的主要因素。因此，加大水利工程投资力度、完善相关法规制度、加强环境保护和生态修复以及加强科技创新对水利工程的支持等，是解决以上问题的关键。同时，也需要认识到，虽然本论文对水利工程现代化发展的问题和对策进行了全面而深入的探讨，但是水利工程的现代化进程仍面临着更多的挑战和困难。这需要我国政府、企业和社会各领域加强协作，共同推动我国水利工程现代化进程，以便实现水利工程与环境、社会、经济全面可持续发展的目标。此外，对于水利工程现代化的研究还需要进一步细化和深化，包括如何更精细地规划和管理，如何有效地进行科技创新等方面。希望本文的研究不仅可以为当前的水利工程现代化提供参考，也能为未来的研究者提供研究思路和启示。

[参考文献]

[1]邢俊海.水利工程河道治理常见问题及其对策分析[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2021(7):136-137.
[2]赵广亚.分析水利工程河道治理常见问题及其对策[J].中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2021(6):110-112.
[3]苏生伟.浅谈水利工程管理的现代化发展[J].水电水利,2020,4(2):7-8.
[4]孙继光.浅谈水利工程河道治理常见问题及对策[J].中国科技期刊数据库 工业A,2020(4):211-214.
[5]徐胜彪.分析水利工程现代化发展管理[J].大科技,2020(36):80-81.

作者简介：周锦（1988.10—），大专：南昌工程学院，水利水电建筑工程专业，函授本科：南昌大学，工程管理专业。就职单位：江西省丰城市洪安工程建设咨询有限公司，工程师。

箱型砌块护岸在皖南山区的应用实践

鄢永辉[1] 沈家法[2]
1. 宁国市水利局，安徽 宁国 242300
2. 长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司，上海 202150

[摘要]传统河道的护坡和挡墙多是采用混凝土、水泥砂浆、块石类坚硬材料，虽然整个河道断面整齐划一，表面却封闭僵硬，隔绝了土壤与水体之间的物质交换，使原先寄居、生长在岸坡上的生物不能继续生存，生态系统的循环链断开，使土壤和水体中的生物失去了赖以生存的环境，原本生机勃勃的河道失去了生命力。箱型砌块护岸在保证河道安全、耐久的同时，兼顾了生态环境和景观效应，以达到一种水体和土体、水体和生物相互交融状态，不仅满足护岸的使用功能，更重要的是与周围环境相协调，通过生物与护岸结构相结合，减轻坡面的不稳定性和侵蚀。

[关键词]河道治理；箱型砌块；生态护岸
DOI：10.33142/hst.v7i10.13887 中图分类号：TV861 文献标识码：A

Application Practice of Box Shaped Block Revetment in the Mountainous Areas of Southern Anhui Province

YAN Yonghui[1], SHEN Jiafa[2]
1. Ningguo Water Resources Bureau, Ningguo, Anhui, 242300, China
2. Shanghai Branch, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Shanghai, 202150, China

Abstract: Traditional river slope protection and retaining walls are mostly made of hard materials such as concrete, cement mortar, and block stones. Although the entire river section is neat and uniform, the surface is closed and rigid, isolating the material exchange between soil and water, making it impossible for the organisms that originally lived and grew on the bank slope to continue to survive. The cycle chain of the ecosystem is broken, causing the organisms in the soil and water to lose their living environment, and the once vibrant river loses its vitality. Box type block revetment not only ensures the safety and durability of the river channel, but also takes into account the ecological environment and landscape effects, achieving a state of mutual integration between water and soil, water and organisms, which not only meets the functional requirements of revetment, but more importantly, it coordinates with the surrounding environment. By combining organisms with revetment structures, it reduces the instability and erosion of the slope surface.

Keywords: river management; box shaped block; ecological shoreline protection

引言

皖南山区地处长江中下游地区，气候上属于北亚热带季风亚湿润气候区，由于特殊的天目山及黄山山脉的自然地理因素，降雨强度大，雨量集中。本地区洪水主要由暴雨形成，洪水的季节特点、时空变化与本地区的暴雨相应。6～9 月份是当地洪水的多发期，洪水汇流迅速，具有涨落快、流速大、冲刷严重等特点，故皖南地区传统河道的护坡和挡墙多是采用坚固耐冲的块石、混凝土等建筑材料。由于石材供应普遍紧张，且单纯的砼堤防护岸过于封闭僵硬，无法与周边环境相融合，已不能满足当前“和美乡村”生态景观化建设的要求。为此，近年来皖南山区大力提倡以当地生产的箱型砌块护岸作为主要的堤防护岸形式。现以箱型砌块在安徽省宁国市的应用实践为例，说明箱型砌块与传统堤防护岸的相比的优缺点。

1 宁国地区河流基本情况

1.1 地形地貌

宁国市地处安徽省东南部丘陵山区，东连天目山脉，西接黄山山脉，连接皖浙两省七个县市，距沪、宁、杭三城市 170～300 公里，是皖南山区之咽喉，南北商旅通衢之要道。宁国市属皖东南山地丘陵区，市域地形地貌复杂，以丘陵山地为主，间有岗岚、河谷平原和盆地等，地貌组合分异明显，地形总体特征是南高北低，东西山川起伏。地势最高点为东南部龙王山，海拔 1587m。地势最低点为北部港口镇，海拔仅 40m。

1.2 地质概况

宁国市地层属于扬子地层区江南分区。从距今六七亿年的元古界震旦系到距今二三百万年的新生界第四系，各系地层均有出露。宁国地层中缺中、早泥盆世和早第三纪地层，以距今六至四亿年下古生界的寒武系、奥陶系、志留系地层出露最广，并大都沿北东向呈带状分布。全县出露地层，从南向北基本上是由老到新。从东向西，大致以西津河为界，河西主要是志留系地层，河东主要是震旦系、寒武系、奥陶系地层相间出露。全市以沉积岩分布最广，砂岩、粉砂岩、页岩最为常见，如图 1 所示。

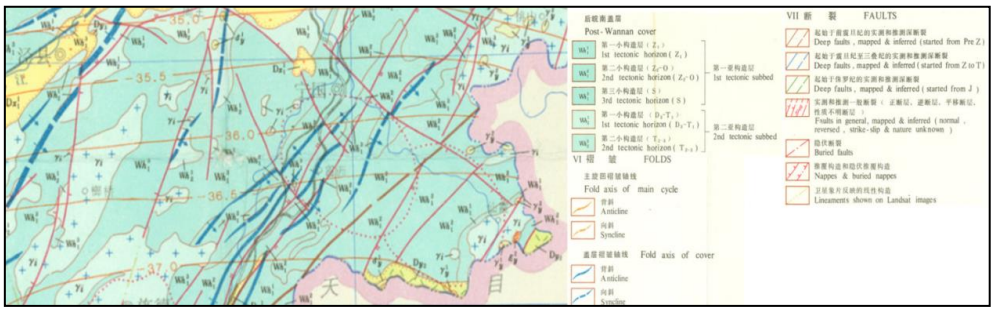

图 1　宁国市区域地质情况简图

图 3　部分箱型砌块产品样式图

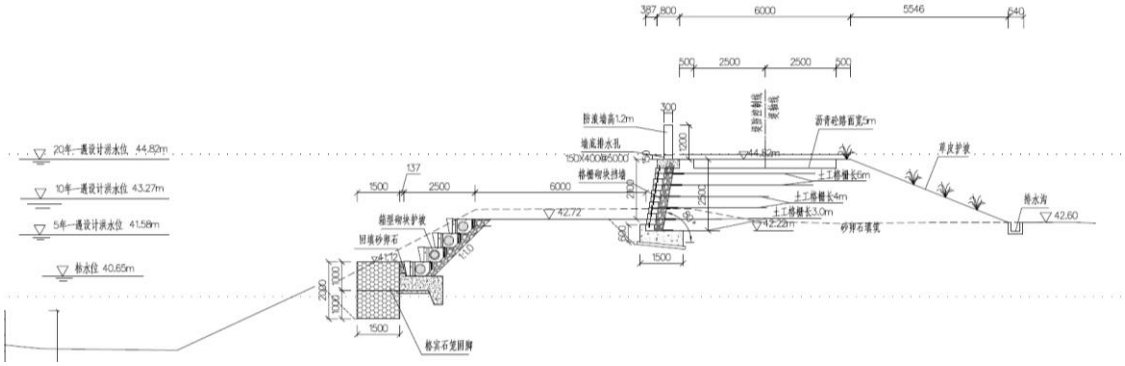

图 4　箱型砌块护坡结构图

1.3 主要河流水系

宁国市城区地处水阳江水系 3 条支流东津河、中津河和西津河相汇合的河谷盆地，四面群山环抱，自北向南逐渐升高；中有巫山岭隆起，海拔 85m，南部为丘陵岗地。宁国市地处皖南山区，受东南沿海暖湿气流内侵以及强台风的边缘影响，5～9 月多暴雨，加之境内地势南高北低，河流比降大、洪水陡涨陡落，导致山洪灾害频繁发生[1]。

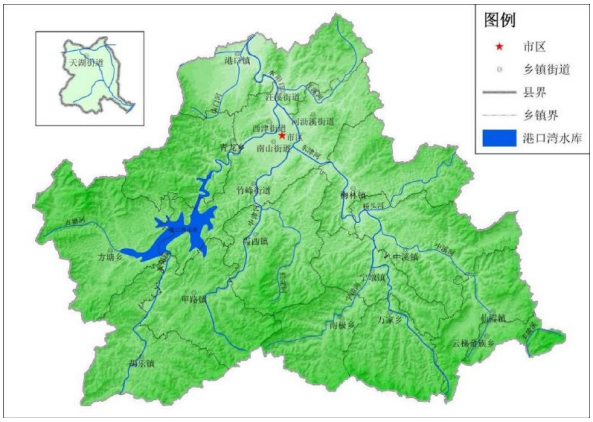

图 2　宁国市主要河流分布图

2 箱型砌块护岸

2.1 箱型砌块种类

箱型砌块是一种新型的砼生态护岸构件，由厂家在标准化车间批量生产，可直接运输至现场吊装安装，具有产品质量可靠、施工简单快速、适用范围广等特点。砌块形状可根据应用部位、功能作用、周边环境及景观需要选用是否封底、是否表面开口、是否表面圆弧形等不同形状。箱型砌块安装方式分为阶梯式、直立式和平铺式，其中阶梯式应用最广，砌块安装坡比可以根据现场岸坡的倾斜度来合理选用，可供选用的坡比有 1∶1、1∶0.5、1∶0.3 三种。箱型砌块规格有 2.0m×1.0m×0.5m（长×宽×高）、1.0m×1.0m×0.5m 、1.0m×0.45m×0.3m、2.0m×0.5m×0.5m、2.0m×0.65m×0.5m 等多种，如图 3 所示。

2.2 箱型砌块护岸结构型式

（1）箱型砌块护坡。设计护岸断面型式为现状道路以下采用格宾石笼护底+采用箱型砌块护坡，道路高程以上直立挡墙采用格栅砌块挡土墙。堤防内坡护面采用草皮护坡，如图 4 所示。

（2）箱型砌块护岸型式一。阶梯式箱型砌块挡墙护岸，

挡墙基础厚度为1.5m，本次设计格宾石笼为3层，每层厚0.5m，层宽2.0m，基础埋深1.5m，分三层布置，箱型混凝土砌块挡墙高2.0m，分四层，层高0.5m，宽2.0m，箱型混凝土砌块后设500mm砂砾石反滤料，反滤层与挡墙之间设土工布（400g/m^2）一层，土工布超出反滤层宽0.5m，如图5所示。

（3）箱型砌块护岸型式二。箱型砌块常水位以下砌块内填充块石、卵石（粒径5～15cm）形成鱼巢，常水位以上砌块内填充碎石土（以粒径10～20cm为骨架），并施以适当缓释肥料，种植灌木及绿化花草；砌块正立面有面积适中的开孔可形成蛙道及两栖生物爬行通道，而且砌块具有仿石效果；砌块背部应设置反滤层，为反滤土工布、100mm级配碎石、100mm瓜子片、100mm粗中砂。河底平铺碗状生态砖尺寸为1080mmx1080mmx500mm，强度为C25，由抗冻融良好的混凝土预制而成，如图6所示。

（4）箱型砌块护岸型式三。护岸常水位以下采用C20砼基础和M10浆砌石底座，C20砼基础埋深0.8m，基础底宽1.3m，浆砌石底座为梯形断面形式，高0.8m。常水位以上采用3层箱型砌块+平铺式生态护坡型式，砌块内填充卵块石，砌块背部设置反滤层，为反滤土工布、100mm级配碎石、100mm瓜子片、100mm粗中砂，如图7所示。

2.3 箱型砌块特点

（1）生态效果好。箱型砌块可有效与周围环境相协调，利用了自身的粗糙界面、蛙道以及大空腔，保证了鱼类、两栖类等生物的生存繁衍，为恢复生态平衡提供了支撑。箱体内可实现坡脚至坡顶依次种植一系列护坡植物，形成多层次生态防护，构成了完善的生态护坡系统，既能有效地控制土壤侵蚀流失，又能美化河岸景观，兼顾生态功能和景观功能。

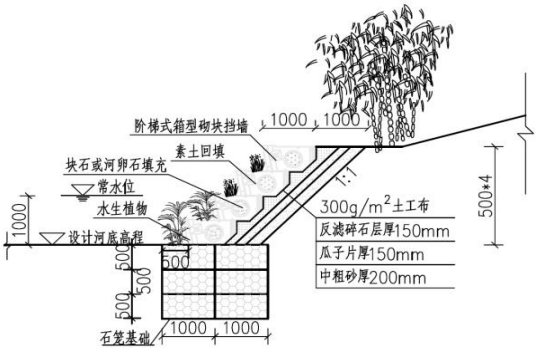

图5 箱型砌块护岸一结构图

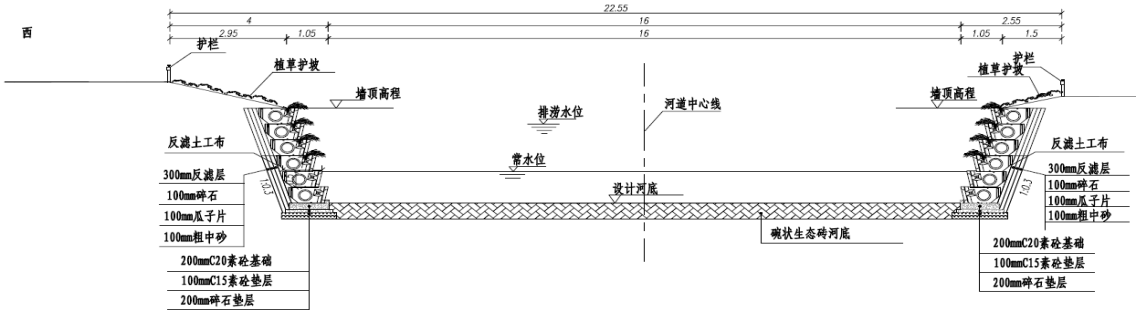

图6 箱型砌块护岸二结构图

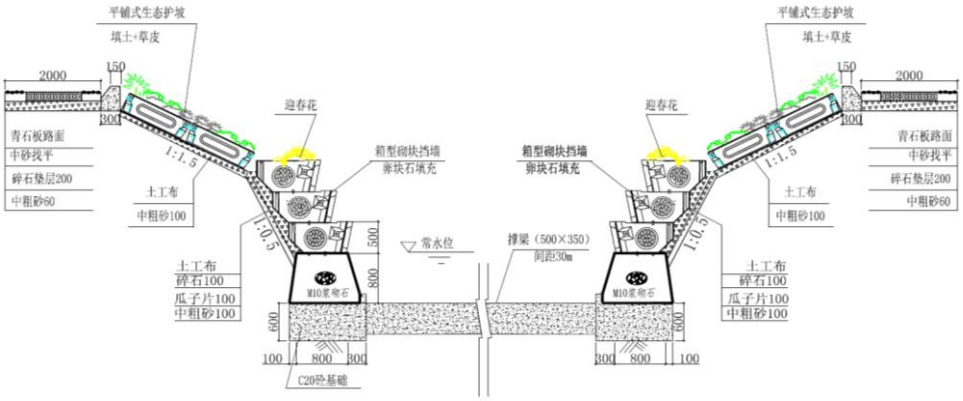

图7 箱型砌块护岸三结构图

（2）标准化生产。箱型砌块采用模块化设计，标准化模具生产。工厂预制，现场组装，有很好的产品一致性，为产品的标准化施工打好基础。整个施工外立面一致规整，误差微小。

（3）系统开放。箱型砌块在满足行洪排涝要求的基础上，保证岸坡的稳定，防止水土流水；同时可实现各生态要素间的生态交换，促进微生物的生长，让河水实现自我净化的功能，使河流的水质得到大幅改善。

（4）就地取材。箱型砌块内部为空箱结构，其内部回填材料可根据当地情况选择土料、碎石、卵石或块石等，既节约了投资又保持了现有河道生态。

3 箱型砌块护岸工程应用案例

3.1 水阳江中游防洪治理（宣城市）工程

本工程是2016年大洪水后，国家大力开展的灾后重建工作，是安徽省灾后重建的重点，工程总投资227312.00万元。其中水阳江宁国汪溪村段为宁国市近期重点开发建设区域，是流域防洪规划制定的水阳江中游综合治理方案的重要组成部分，对于提高和保障宁国市地区的防洪安全，有着十分关键的作用，同时综合了水生态、水景观的需求，为人们提供一个良好的休闲健身、亲近自然、回归自然的场所，保护了生态环境、改善了生活环境，体现了安全、生态、近水、亲水的理念，如图8所示。

图8 水阳江汪溪段岸坡治理后照片

3.2 宁国市东津河双河东堤和中溪段防洪堤工程

本工程是保护宁国市工农业生产和国民经济的持续稳定发展，尽快提高城区防洪能力，最大限度地减轻洪涝灾害损失，保障人民生命和财产安全的重要组成部分。通过中溪段防洪堤工程的实施，增强了河流防洪排涝能力，破坏的河道也恢复到水清岸绿，为当地居民提供了有效的安全保障[2]，如图9所示。

图9 宁国市中溪河岸坡治理后照片

3.3 小南河综合治理（人民路～东津河）项目

小南河沟渠治理全长2.6km，起点人民路，终点东津河，项目主要内容为河道疏浚、浆砌石挡墙恢复、两岸新建生态挡墙，项目总投资。工程实施助力了城市的绿色发展，彻底解决了长期困扰的黑臭河难题。全面提升了河流水质，增强了生态保护功能，构建了完整的护岸系统。从黑臭河到“绿丝带”，从“黑汤”变清水，让沉寂的河道焕发新的生机，如图10所示。

图10 宁国市小南河岸坡治理后照片

3.4 宁国市云山小流域水土保持综合治理工程

本工程为国家水土保持重点工程，具有水源型生态清洁型小流域建设特点，治理水土流失面积20km^2，项目总投资1000.74万元。工程建设任务主要为防治水土流失，涵养水源，维护水质，改善生态环境，减少泥沙和面源污染对下游的影响；改善农村生产条件和人居环境，促进农村经济社会发展，为生态旅游奠定良好基础，如图11所示。

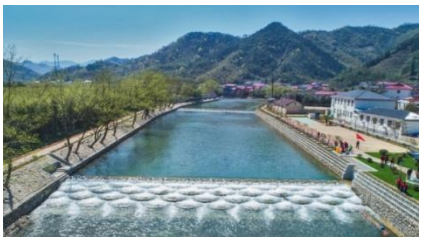

图1 宁国市云山小流域治理后照片

4 结束语

传统河道的护坡和挡墙多是采用混凝土、水泥砂浆、块石类坚硬材料，虽然整个河道断面整齐划一，表面却封闭僵硬，隔绝了土壤与水体之间的物质交换，使原先寄居、生长在岸坡上的生物不能继续生存，生态系统的循环链断开，使土壤和水体中的生物失去了赖以生存的环境，原本生机勃勃的河道失去了生命力。箱型砌块护岸在宁国市河道治理中的应用，既满足护岸结构上安全的要求，能维持岸坡稳定，防止冲刷破坏，避免岸坡坍塌，又建立良性的生态系统，由高大乔木，低矮灌木、花草、水草、鱼巢、动物沿滩地、迎水边坡、坡脚及近岸水体组成立体生态系统。

[参考文献]

[1]曲媛媛，王爱杰，何甜甜.浅谈河道生态护岸[J].水利科技与经济，2009(7)：619-620.

[2]马永波，费利霞.研究水利工程中河道生态护坡施工技术研究[J].河南科技，2019(10)：65-66.

作者简介：鄢永辉（1972.11—），女，汉族，毕业院校：河海大学，现就职单位：宁国市水利局；沈家法（1984.10—），男，汉族，毕业学校：郑州大学，现工作单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司。

水利施工中管道基础边坡开挖技术研究

黄相杰
新疆交通建设集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水利工程施工中，管道基础边坡的开挖技术是确保项目质量和安全的关键环节。文章旨在深入探讨水利施工中管道基础边坡开挖技术的最新发展和应用，通过分析不同地质条件下的开挖方法、边坡稳定性和环境保护措施，提出一套科学、高效、环保的开挖技术体系。研究结果将为水利工程建设者提供理论指导和实践参考，促进水利施工技术的持续进步。

[关键词]水利施工；管道基础；边坡开挖技术；地质条件；环境保护
DOI：10.33142/hst.v7i10.13902　　中图分类号：TV5　　文献标识码：A

Research on Excavation Technology of Pipeline Foundation Slope in Water Conservancy Construction

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

Abstract: In the construction of water conservancy projects, the excavation technology of pipeline foundation slopes is a key link to ensure project quality and safety. The article aims to explore in depth the latest developments and applications of pipeline foundation slope excavation technology in water conservancy construction. By analyzing excavation methods, slope stability, and environmental protection measures under different geological conditions, a scientific, efficient, and environmentally friendly excavation technology system is proposed. The research results will provide theoretical guidance and practical reference for hydraulic engineering builders, promoting the continuous progress of hydraulic construction technology.

Keywords: water conservancy construction; pipeline foundation; slope excavation technology; geological conditions; environmental protection

引言

在水利工程施工中，管道基础边坡开挖是至关重要的一环，它连接着水源与用户，对工程的成功实施具有关键性影响。随着水利工程建设规模的不断扩大，对边坡开挖技术的要求也变得越来越严格。本文将围绕地质勘察、开挖方法、边坡稳定分析以及环境保护措施等方面展开探讨，以期全面阐述水利工程施工中管道基础边坡开挖技术的重要性和复杂性。有效的边坡开挖技术不仅能够提升工程进度和质量，还能有效控制成本，确保工程顺利完工并达到预期效果。

1 水利施工中地质条件分析

在开展水利工程的建设现场，地质状况的繁杂与变化构成了施工过程中亟待重视的严峻考验，在进行管道基础边坡开挖之前，必须充分且详尽地进行地质勘察工作，以考虑岩土类型的多变性、地下水位的波动以及地层结构的复杂性带来的影响，施工安全稳定的根本保障，在于对施工区域地质特征的深刻把握，此基础上，才能精准选择适宜的开挖技术，并开展边坡稳定性的深入评估。针对软土层，实施分段挖掘并及时采取支护措施，是极为关键的策略，在软土地质条件下，沉降与变形问题较为常见，此类地质在进行开挖作业时，必须依据土层的稳定性等级，采取分阶段的开挖策略，同步进行的是，建立及时有效的支撑体系，用以避免边坡的滑动或坍塌现象，从而保障施工过程中的安全无虞及工程稳定性，针对硬质岩层的开采，可以探索运用机械化的挖掘技术。在硬岩地质条件下，利用机械设备进行高效开挖，不仅能提升工程质量，还能降低对周围环境的潜在影响，在实际操作中，应精心设计开挖技术和施工流程，保障工程的平稳进行，同时防止不安全事件及地质灾害的发生，详尽的地质勘察为水利工程施工提供了安全性保障，通过对地质条件的差异性分析，采取了针对性的施工策略，有效减少了施工过程中的风险，确保了工程质量的稳固与施工安全[1]。在建筑施工阶段，须依据地质调查所得数据，灵活变动施工计划，迅速应对突发状况，保障管道基础设施侧坡挖掘的流畅性，这为水利工程建设的顺利实施提供了坚实的支撑。

2 开挖方法与技术

2.1 机械开挖技术

在水利工程施工中，管道基础边坡开挖是连接水源与用户的至关重要环节。大部分情况下，采用挖掘机、推土机等专业设备进行开挖是一种高效且广泛适用的方法。这些机械设备能够迅速清理土壤和石块，加快施工进度，提高工作效率。然而，在施工过程中，我们也必须时刻注意到开挖活动对周围环境的潜在影响，尤其是保护周边植被和水源地。沉重的机械设备在操作时可能会引发土壤压实

或振动，增加周围地质环境的不稳定性，甚至导致边坡塌方或地裂等危险情况。因此，在进行边坡开挖工程时，必须谨慎考虑周围环境因素，采取有效措施减少对自然生态系统的干扰。而另一方面，对于地质条件复杂、环境敏感的区域，需要更为精细和谨慎的开挖方法。有些地区可能存在软弱土壤、岩石层或地下水位较高等情况，这就需要工程师们深入研究地质勘察报告，制定相应的开挖方案。针对软弱土壤，可以采用加固支护的方式来稳定边坡；对于岩石层，需要使用钻孔等技术进行破碎处理；而对于地下水位高的地区，则需要合理排水以防止施工过程中遇到涌水等问题。在边坡开挖施工中，边坡稳定性是一个至关重要的问题。当开挖深度较大、土壤松软、坡度陡峭时，边坡稳定性就显得尤为重要。工程师们需要通过地质勘察和工程地质分析，确定边坡的稳定性参数，并设计合适的支护结构或者加固措施，以确保边坡在施工和使用过程中不会发生滑坡或坍塌等危险情况。在边坡支护设计中，可以采用土石方支护、钢筋混凝土墙支护、挖土方向加固等方式，根据具体情况选择最适合的方案。除了以上所述，环境保护措施也是水利工程施工中边坡开挖工作的一大关注点。在进行开挖作业时，应尽量减少粉尘、废渣和废水的排放，减轻施工对周围环境的污染。可以通过安装喷水降尘设备、设置围挡隔离带、合理排放废水等方法来保护周围自然环境，确保生态平衡不受破坏。在施工完成后，还需进行边坡绿化和生态恢复工作，恢复施工前的自然景观，促进植被恢复生长，保护生物多样性[2]。

2.2 开挖技术

在工程施工中，针对硬岩层或特殊地质条件下的开挖工程，需要严格控制各项参数以确保工程稳定性和环境保护。在这种情况下，传统的挖掘机、推土机等设备可能无法胜任，需要采用更为专业、精细的技术和方法进行开挖作业。硬岩层通常具有高强度和较低的变形性质，对设备和工程要求较高，一旦开挖不慎可能引发塌方、坍塌等严重后果。因此，在对硬岩层进行开挖时，必须根据实际地质条件和工程要求，制定科学的方案并严格执行。针对硬岩层的物理性质和力学特征，工程师们需要全面了解地质勘察报告，确定硬岩岩性、裂缝分布、风化程度等参数，以便制定合理的开挖方案。在实际作业中，可以采用钻孔、液压劈裂器等专业工具进行岩石破碎，使其能够适应后续挖掘作业。通过控制参数、合理设置孔距和孔深，可以有效减少震动和噪音对周围环境和结构物的影响，保障开挖作业安全可靠。针对边坡稳定性问题，硬岩层的特殊地质条件往往需要额外关注。硬岩层存在的裂隙和节理在开挖过程中可能会扩展，导致原本稳定的边坡出现失稳或滑坡。因此，在开挖硬岩层时，应根据节理的分布和走向，选取合适的支护和加固措施，如锚杆支护、爆破加固等，增强边坡的稳定性，并及时监测边坡的变形情况，防止意外事故发生。在处理硬岩层地质条件时，还要考虑到环境保护的因素。硬岩开挖会产生大量碎石、尘埃和噪声污染，对周围生态环境和居民健康造成不利影响。因此，在施工过程中需要采取有效的降尘措施，如喷水降尘、覆盖防护等，减少扬尘的产生；选择低噪音设备，合理安排作业时间，尽量避免扰民；并严格遵守环保法规，对废弃物和废水进行科学处理和合规排放，确保施工过程不对环境造成长期影响。针对硬岩层或特殊地质条件下的开挖工程，在处理岩石性质、边坡稳定性和环境保护等方面都需要进行全面考虑和谨慎规划。只有科学制定施工方案、合理配置设备和严格执行操作规程，才能有效保障工程施工的顺利进行，最大程度减少对地质和环境的损害，确保工程质量和安全[3]。

2.3 人工开挖技术

当面对机械无法进入或对施工精度要求极高的区域时，人工施工是一种不可或缺的选择。尽管人工施工效率相较于机械施工来说较低，但在确保施工质量和准确性方面具有独特优势。人工施工往往需要借助工匠的技艺和经验，通过手工操作完成对精细部位的处理，确保每一个工序都能达到设计要求。在无法使用机械设备的特殊区域，人工施工的灵活性和针对性展现出了重要意义。工人们可以根据实际情况进行手工挖掘、打磨、拼装等操作，既能适应复杂环境的要求，又能充分考虑到施工过程中可能遇到的各种挑战。在这些情况下，人工施工呈现出一种匠人精神，注重细节、讲究技艺，确保每一个步骤都经过精心施工，力争做到完美无缺。对于那些对施工精度要求极高的项目而言，人工施工也是不可或缺的选择。在涉及到高精度加工、装配和调试的工程中，机械设备往往难以做到十分精准。在这种情况下，工匠们可以凭借丰富的经验和敏锐的观察力，通过精细的手工操作、仔细的检查来确保每一个零部件的精准度和质量。只有通过人工施工的精益求精，才能满足高精度项目对施工质量和准确性的苛刻要求。不过，人工施工并非一劳永逸的选择。在保证施工质量的同时，其效率的确存在一定局限性。人力资源成本高，时间消耗长，尤其是在大型工程项目中，依靠人工施工可能会导致工期延误和成本增加。因此，在实际施工过程中，需要综合考虑项目的特点、要求和实际情况，灵活运用机械和人工施工的结合，以达到最佳的施工效果。人工施工在面对机械无法进入或对精度要求极高的区域时具有独特的优势。通过工匠技艺和细致操作，人工施工能够确保施工质量和准确性，为项目的成功实施提供关键支持。然而，在选择施工方式时需要全面考虑项目需求和实际情况，合理平衡效率和质量，使施工过程更加顺利高效[4]。

3 边坡稳定性分析

管道基础边坡开挖技术中的边坡稳定性是一个至关重要的核心问题。有效地控制边坡稳定性，不仅关乎工程

的安全施工，更直接影响到工程的顺利进行和质量保障。为了确保施工过程中的安全性和稳定性，采用多种手段进行实时分析是非常必要的。数值模拟技术是一种常用且有效的方法，通过对边坡稳定性进行模拟计算，可以提前掌握边坡的变形和变化规律，及时发现潜在的风险因素。与此同时，现场监测也是必不可少的一环，借助各类传感器设备实时监测边坡的位移、应力等数据，及时发现异常情况，并采取相应措施进行处理，以确保施工安全。除了数值模拟和现场监测，调整支护措施也是保障边坡稳定性的关键步骤。根据地质条件的变化和开挖进度的推进，在边坡工程中及时调整支护方案是至关重要的。可以通过设置锚杆、喷射混凝土等方式，加固和支撑边坡结构，提高其整体的稳定性。在实际施工中，动态调整支护措施是一项需要高度注意和谨慎思考的工作，只有科学合理地调整支护方案，才能最大程度地提升边坡的稳定性水平。管道基础边坡开挖技术中的边坡稳定性问题需要多方面的注意和处理。通过数值模拟、现场监测及时分析边坡稳定性，再配合及时调整支护措施的方式，全面保障施工过程中的边坡稳定性，确保工程施工的安全顺利进行。在日常工作中，工程师和技术人员需要密切关注边坡稳定性的动态变化，根据实际情况灵活应对，以确保工程建设的顺利进行和较高的施工质量[5]。

4 环境保护措施

在水利施工中，环境保护是一项任何时候都不可忽视的重要方面。管道基础边坡开挖过程中，对生态环境的保护尤为关键。为了减少对周围环境的不良影响，必须采取一系列有效措施，以实现施工与生态的良好平衡。设置临时排水设施是非常必要的措施之一。在开挖过程中，可能会引起大量泥土和水的流失，直接影响到周围地区的水质和生物栖息条件。通过设置合理的临时排水设备，可以收集和处理这些污水，减少环境污染，保护当地水资源的清洁和可持续利用。采用低噪音施工设备也是环保施工的重要手段之一。高噪音对周围居民和野生动物都可能造成不良影响，因此选择低噪音设备进行施工可以有效降低环境噪声污染，提升施工区域的环境质量，保障生态系统的稳定。合理规划施工时间也是环保施工不可或缺的一环。避免在特殊生物繁衍季节或重要生态保护期进行施工，有助于最大限度降低对当地生物多样性的干扰。合理调整施工时间表，充分考虑生态系统的变化和需求，有利于保护水土资源和生物群落的平衡和健康发展。管道基础边坡开挖过程中的环境保护工作至关重要。通过设置临时排水设施、采用低噪音施工设备、合理规划施工时间等措施，可以最大程度地减少对生态环境的损害，促进水利施工与环境保护的有机结合，实现可持续发展的目标。在实际操作中，应当时刻关注环保标准的执行情况，积极探索环境友好型施工方法，为水利工程的健康发展和生态环境的改善贡献自己的力量。

5 结语

管道基础边坡开挖技术在水利施工中扮演着至关重要的角色，关乎工程质量、安全和环保。通过对地质条件、开挖方法、边坡稳定性以及环境保护措施的全面分析，可以为水利工程建设者提供必要的技术支持和指导。未来随着科技不断进步，开挖技术将迎来智能化和环保化的发展趋势，这将为水利事业注入新的活力，推动水利工程建设向更加高效、安全和可持续的方向发展。

[参考文献]

[1]赵建梅.边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J].水上安全,2024(13):179-181.
[2]柴伟福.水利工程中的管道基础高边坡开挖技术探究[J].四川建材,2023,49(4):81-82.
[3]赵象旭.水利施工中管道基础边坡开挖技术[J].建材发展导向,2022,20(24):132-134.
[4]李明林.农饮水利工程施工中的管道基础高边坡开挖技术[J].农村实用技术,2021(4):159-160.
[5]张俊霞.水利工程施工中管道基础高边坡开挖技术分析[J].农业科技与信息,2018(2):102-103.

作者简介：黄相杰（1993.1—），毕业院校：塔里木大学，所学专业：农业水利工程，当前就职单位名称：新疆交通建设集团股份有限公司，单位职务：机关工程管理部部长、项目经理（挂过和田市水利局副局长）。

探讨防洪河道管护模式与巡查措施

杨卫锋[1] 谌 钊[1] 詹文虎[1] 缪 平[2] 居 玮[1]
1. 高邮市水利综合服务中心，江苏 扬州 225600
2. 高邮市水利建设服务中心，江苏 扬州 225600

[摘要]在全球变暖背景下，极端天气事件频繁发生，洪涝灾害频发，洪涝灾害频繁发生，对河流进行有效的保护与巡查显得尤为重要。以政府为主导的传统河流管理模式，虽拥有强大的权力与资源配置，但因管理层级复杂、职责不明，往往造成实施效果不佳，特别是应对突发事件。另外，传统的人工巡检模式需要耗费大量的人力物力，且在极端气候环境下易出现漏检、漏检等问题，已不能适应现代化防汛工作的需要。为了应对这些问题，将现代信息技术引入到河道防洪安全管理工作中，并在此基础上发展出一套全新的治理模式。物联网技术、无人机巡查等技术的运用，大大提高了防汛抗旱工作的效率。比如，利用物联网技术对河流中的水位、流速等关键参数进行实时监测，及时发出警报，为管理者提供预警及紧急情况下的决策提供依据；而无人机巡逻，可以快速覆盖一大片水域，实现高清实时巡查，大幅提升发现率与反应速度。文章从传统与现代两种方式的优势与不足作了对比，并以实例与资料为基础，对信息化管理方法在实践中的作用进行了较为深入的论述。在此基础上，从政策、制度、公众参与三个方面提出了优化意见，以期提高骨干河道的综合管理水平。健全的法律、法规，保证了各部门之间的合作，标准化了信息技术的运用，为河道管理提供了可靠的制度保证；在此基础上，公众参与可以弥补管理、巡查工作的缺失，增强民众的灾害防范意识及自我保护能力，从而达到“全民参与”的防洪管理模式。总之，运用现代信息技术进行河道防汛安全管理，既可以提高巡查效率，又可以减少洪水造成的人员伤亡。在今后的工作中，随着政策、制度的健全、公众的参与等方面的不断加强，信息技术在河道治理中的应用将会更加突出，从而为我国的防灾减灾工作提供有力支撑。

[关键词]防洪；河道；管护模式；巡查措施
DOI：10.33142/hst.v7i10.13901 中图分类号：TV85 文献标识码：A

Exploration on the Management and Protection Mode of Flood Control River Channels and Inspection Measures

YANG Weifeng [1], CHEN Zhao [1], ZHAN Wenhu [1], MIAO Ping [2], JU Wei [1]
1. Gaoyou Water Conservancy Comprehensive Service Center, Yangzhou, Jiangsu, 225600, China
2. Gaoyou Water Conservancy Construction Service Center, Yangzhou, Jiangsu, 225600, China

Abstract: In the context of global warming, extreme weather events occur frequently, and floods and waterlogging disasters occur frequently. Effective protection and inspection of rivers are particularly important. The traditional river management model led by the government, although possessing strong power and resource allocation, often results in poor implementation effectiveness due to complex management levels and unclear responsibilities, especially in response to emergencies. In addition, the traditional manual inspection mode requires a large amount of manpower and material resources, and is prone to problems such as missed inspections in extreme weather environments, which can no longer meet the needs of modern flood prevention work. To address these issues, modern information technology is introduced into river flood control safety management, and a new governance model is developed based on this. The application of Internet of Things technology, unmanned aerial vehicle inspection and other technologies has greatly improved the efficiency of flood prevention and drought relief work. For example, using Internet of Things technology to monitor key parameters such as water level and flow velocity in rivers in real time, issuing timely alerts, and providing managers with warnings and decision-making basis in emergency situations; Drone patrols can quickly cover a large area of water, achieving high-definition real-time inspections, greatly improving detection rates and response speeds. The article compares the advantages and disadvantages of traditional and modern methods, and based on examples and materials, provides a more in-depth discussion on the role of information management methods in practice. On this basis, optimization suggestions were proposed from three aspects: policy, system, and public participation, in order to improve the comprehensive management level of backbone rivers. Sound laws and regulations ensure cooperation between departments, standardize the use of information technology, and provide reliable institutional guarantees for river management; On this basis, public participation can make up for the lack of management and inspection work, enhance the public's disaster prevention awareness and self-protection ability, and thus achieve a flood control management model of "universal participation". In short, using modern information technology for river flood prevention and safety management can not only improve inspection efficiency but also reduce casualties caused by floods. In future work, with the continuous strengthening of policies,

systems, and public participation, the application of information technology in river management will become more prominent, providing strong support for Chinese disaster prevention and reduction work.

Keywords: flood control; river channels; management and maintenance mode; inspection measures

引言

在全球变暖背景下，洪涝灾害已成为世界各国共同关注的重大问题。洪涝灾害不仅严重影响人们的生活，而且给城市基础设施、农业生产和生态环境带来极大的危害。为有效应对洪涝灾害，保障社会经济可持续发展，各国都在不断加大对江河的管理力度。防洪通道是城市防洪系统的关键环节，其管理工作的好坏，关系到流域和区域整体的防洪能力。但是，在快速城镇化和日益复杂的气候环境下，传统的防洪治理方式受到了前所未有的冲击。传统的河道管理模式是由政府主导牵头，通过大规模的人工巡查、定期的清污等手段来维护。但是，这一模式也有其局限性。比如，由于河流管理部门或层次众多，协调不到位，责任不清，造成了洪涝灾害快速发生时不能及时应对。另外，传统的人工巡检模式主要依靠人工进行，在河流面积大、天气恶劣的情况下，作业效率不高，存在漏检错检的风险，无法对隐患进行及时检测与处理。这些问题都是近年来频繁发生的洪涝灾害所暴露出来的，亟待改革与完善。随着科学技术的发展，河道及重点水域养护管理的信息化已日益成为破解传统养护方式的瓶颈。近年来，随着物联网、大数据、遥感、无人机巡查等技术的兴起，各地区的防洪安全管理正在向更加精准、高效和智能化的方向发展。比如，利用物联网技术对河道内的水位、流速等关键参数进行实时监测，并将其通过无线网络传送到指挥中心，从而实现全天候、全方位的河道监测。而无人机，可以在很短的时间内，对河面进行大范围的巡逻，还能将高清影像传送回来，让巡逻的效率更高，更能及时地发现问题。另外，利用大数据分析技术，可以使管理者更好地了解历史资料，以便对可能出现的风险进行预警和预防[1]。在此基础上，结合我国现有的防洪减灾治理模式，探索信息化治理在防洪减灾治理中的应用前景，并结合典型案例对其实施效果进行评价。在此基础上，进一步完善相关法律、法规，加强公众参与，为改善城市防洪安全管理提供参考。通过本项目的研究，以期为提高河道管理水平，降低洪水灾害风险，保障社会经济可持续发展提供科学依据。

1 防洪河道管理现状与挑战

在我国，以政府为主导的河流治理方式，其优点是权威、统一。但是，目前我国防汛抗旱救灾工作存在着多层次、职责划分不清等问题，致使抗洪抢险救灾工作在实施过程中的效能不高，特别是应对洪涝灾害时，基层往往会出现相对滞后的现象。另外，传统的河流管理方式主要依靠人工进行，其运行费用高，且在恶劣气象条件下，监测效果不佳，漏检风险大。如表 1 所示。

2 防洪河道管护模式分析

2.1 传统管护模式

传统上，以政府为主导，辅以一定数量的社会团体和企业共同参与的治理模式。该模型的优势是，政府能够对突发事件进行统筹调配，迅速有效地组织突发事件。但是，目前以政府为中心的单靠政府管理模式无法有效地解决大范围洪灾带来的资源浪费问题。

2.2 现代化管护模式

在信息化的背景下，河流管理信息化、智能化巡查等现代管理方式在全国范围内得到了广泛的应用。比如，一个省份在重要的江河中部署了“物联网”监控装置，通过无人机巡逻，极大地提高了河流管理和管理的效率。由于采用了这些现代工具，该省成功地防止了 2023 年的洪涝灾害。如表 2 所示。

3 巡查措施探讨

3.1 传统巡查方式

传统的河流巡河方式主要是依靠人工巡河，并进行定期的实地巡查。它的优点是：工作人员能够在现场快速地找到问题，并且能够迅速地进行处理。但是，在诸如洪涝等极端气候条件下，人工巡检既有风险又低效。在今年的洪灾中，某地堤防由于巡查员没有及时检测出大堤上出现的裂痕，致使几千亩耕地被淹，给当地带来了重大的经济损失。

表 1　防洪河道管理模式现状分析

管理模式	优势	劣势	应用区域
政府主导型	统一管理，权威性强	执行效率低，责任不明确	全国大部分地区
企业承包型	运营效率高，市场化运作	公共利益与企业利益间可能存在冲突	部分经济发达地区
社区参与型	公众参与度高，责任心强	缺乏专业技术支持，管理水平不稳定	城乡结合部

表 2　不同防洪河道管理模式的效益比较

管理模式	平均管理成本（万元/年）	洪灾发生次数（过去 5 年）	平均应急响应时间（小时）	覆盖区域（平方公里）
政府主导型	200	10	5	5000
企业承包型	150	8	4	3000
信息化管理模式	180	3	2	7000

3.2 现代化巡查手段

近几年，随着无人机、物联网等技术的不断发展，河流巡逻呈现出智能化的发展趋势。比如无人机巡逻，就可以在很短的时间内，将一条河流的情况记录下来，并且还可以携带高清摄像头，将河流的情况传递出去。另外，物联网传感器还可以对河道中的水位、流速等关键参数进行实时监控，一旦发现异常情况，可以及时发出预警[2]。通过上述方法的实施，可有效地提升巡检工作的覆盖面与效率。比如，某地区利用无人驾驶飞机巡逻和物联网监测，在 2023 年洪灾期间，就已经成功地避免了堤防坍塌的危险。

表 3　传统人工巡查与无人机巡查的效率对比

巡查方式	平均巡查覆盖面积（平方公里/小时）	问题发现率（%）	平均巡查成本（万元/次）
人工巡查	2.5	60	5
无人机巡查	10	90	3

4 案例分析

案例 1：城市智慧河道管理系统的应用

从 2021 年起，将物联网、水文数据分析、无人机巡查等技术相结合，应用于城市河道管理，实现了对城市主要河流的全面监测。这套系统的高效运行，使该市在近几年的洪涝季得以顺利度汛。监测结果显示，预警预警时间 48 小时，预警预警，紧急撤离可能受影响的居民，无人伤亡。

案例 2：某中小河流无人机巡查系统的应用

某中小河流传统的人工巡检方式效率低下，一旦发生洪灾，往往不能及时发现问题。自从无人机巡逻系统在 2022 年投入使用后，该部分河流的巡逻效率有了很大提高。在 2023 年，监测巡查出了洪水来临之前的 2 天内出现的一条河道裂缝，这使得当地政府得以迅速修复，从而避免了一次可能造成上百万经济损失的洪水。

表 4　智慧河道管理系统应用前后洪水损失对比

项目	2020 年（系统应用前）	2023 年（系统应用后）
洪水发生次数（次）	3	1
直接经济损失（万元）	5000	500
人员伤亡（人）	20	0

5 防洪河道管护与巡查措施的优化建议

5.1 引入更多信息化管理手段

面对日趋复杂的洪涝灾害，传统的手工巡查方式和以政府为主导的单一管理方式已经不能适应现代化防汛工作的需要。因此，如何将信息技术应用于河道治理中，是提高堤防工程管理水平的重要途径。物联网技术的运用，实现了对河流水位、流速、降雨等关键信息的实时监测，保证了管理者对河道态势的及时把握，并及时作出准确的预警与应急决策。同时，利用无人机进行巡逻，可以有效地解决传统的人工巡逻覆盖范围窄、效率低等问题。无人机可以在很短的时间内，对一条河流进行有效的监控，并将高清画面传输到河流上，从而实现全天候无死角的巡逻。比如，在省界河道建立了“智慧河流”，利用物联网传感技术与无人机巡逻技术，实现了对河流的全天候监测[3]。在 2023 年洪水期间，通过对监测结果的分析，结合无人机巡检等手段，对多个隐患进行了排查，从而避免了较大的损失。通过实例，说明了运用信息技术进行河道防洪安全管理的重要意义。

5.2 完善政策法规

虽然在技术方面，信息化管理方法已经有了长足的进步，但是要想完全普及、高效地运用，还需要相关的政策支撑与法律保障。当前，有关防洪、防汛、水利等领域的相关法律、法规还比较落后、不够完善。比如，在多部门合作的职责划分、信息共享机制的构建、应急预案的实施等问题上，还没有形成一套系统的、标准化的管理制度。所以，加强对河流的管理和管理，应该是优化河流管理和管理的首要任务。政府应该制定一套完善的河流管理法规，将各个层级的责任和责任划分清楚，以保证发生洪灾时各个部门之间的有效协作和快速反应[4]。在此基础上，还应该强化对物联网数据的法律效力、无人机巡查的规范化运用等方面的法律保障，为信息技术在防汛工作中的运用提供有力的法律支持。

5.3 加强公众参与

加强对堤防工程的管理，既要靠政府、行业组织，又要靠公众的参与，才能保证其正常运行。目前，大部分区域的公共参与程度不高，居民对河流的保护和防洪意识普遍缺乏，致使洪水发生后，很难做出有效的反应。因此，要加强对广大群众的防汛宣传，增强他们的防范意识，增强他们的自我保护能力。建议在各乡镇设立防汛工作组定期开展防汛演习、演练洪水时的紧急撤离与自救的同时，发动群众参与其中，让人民群众在洪水到来后能快速作出反应，将损失降到最低。另外，还可以通过手机软件等多种平台，让群众参与到河流的巡查报道中来，并将发现的问题向有关主管部门进行汇报，从而形成一种全民参与的河流治理模式。总之，通过加大信息化管理手段，健全政策法规，增强群众参与，可以使河道管理工作和巡查工作得到有效的提高[5]。通过以上研究，可以有效地提升各级防洪减灾能力，为今后的河道防洪减灾工作打下良好的基础。

6 结论

在当前背景下，各级河道管理模式在管理效率、信息共享、突发事件处置等方面的问题以及河流的管理与巡查已经成为维护流域及区域安全的重要课题。在此基础上，以物联网、大数据、无人机巡查等技术为手段，对提高防汛抗旱减灾能力、防灾减灾能力等具有重要意义。现代信

息技术的应用，使各级河道的管理和维护方式发生了巨大变化，也给巡堤工作带来了一场革命。通过实时监控、远程监控、精确分析等手段，实现了防汛决策的科学决策，迅速应对突发事件，有效减少洪涝灾害的损失。通过多项项目的实施，将极大地提升巡检的效率与准确性，降低对人员的依赖程度，尤其是在恶劣天气或交通不便的地区，无人机、遥感等具有重要的应用价值。但是，要得到更大范围的推广，还需要有健全的政策、法律和多部门合作机制作为支撑。应该对有关法律进行进一步的健全，确定各个部门、各级政府在河道治理中的责任划分，并对信息技术的运用进行标准化，保证新技术在法律和法规上的合理运用。而作为河道防洪系统的一个重要内容，公众参与也应引起足够的关注与推广。总体而言，通过堤防保护与巡查手段的优化，既是一种技术的提升，也是一种管理思路、一种社会组织形式的创新。随着信息技术的不断发展，通过引进更先进的管理手段，健全的政策法规，增强公众的参与，可以使河道管理工作得到更大的提高。在今后的工作中，我们要不断地开展各项优化措施，以更好地应对气候变化，保障人民群众的生命和财产安全，为我国社会经济的可持续发展打下坚实的基础。经过持续的摸索和实践，会出现一种更加智能、高效、全面的运行方式，为防灾减灾事业作出更大的贡献。

[参考文献]

[1]杨树森.探讨防洪河道管护模式与巡查措施[J].黑龙江水利科技,2018(4):2.
[2]武卫国.探讨防洪河道管护模式与巡查措施[J].产城:上半月,2019(2):1.
[3]张磊.某河道整治后在运行管理维护方面措施分析[J].甘肃科技,2021(2):37-41.
[4]马双双,彭玉熙.河长制推行下城市河道治理和管护分析[J].区域治理,2020(3):51.
[5]邱俊.基于农村河道的"以河护河"管护模式探究[J].黑龙江水利科技,2021,49(10):4.

作者简介：杨卫锋（1978.3—），男，南京航空航天大学土木工程，高邮市水利综合服务中心主任（水利工程中级职称）。

水利工程在防汛抗旱中的作用及加强建设管理探讨

邓 瑞
西华县水利局沙河修防段，河南 周口 466600

[摘要]水利基础设施项目在防灾减灾中承担着至关重要的作用。其顺利运作有助于增强地区抵御灾害风险能力。文章系统探讨了水利工程在防汛抗旱中的关键作用，涵盖防洪措施、旱季时水资源分配及水资源管理规划等领域。通过分析当前水利工程状况与遇到的挑战，指出了强化水工程管理的必行性。同时提出了配套的对策和建议，众多建议涵盖强化工程设施全面规划全局、提高建造品质、完善监管机制、利用高科技等。以提升水利工程设施在灾后时期的综合效能。本论文目的是为增强水利工程防洪抗灾能力给出理论依据和操作指南，为政策编制和工程执行提供参考。

[关键词]水利工程；防汛抗旱；建设管理；作业
DOI：10.33142/hst.v7i10.13889 中图分类号：TV87 文献标识码：A

The Role of Water Conservancy Engineering in Flood Control and Drought Relief and Discussion on Strengthening Construction Management

DENG Rui
Xihua County Water Resources Bureau Shahe Maintenance and Prevention Section, Zhoukou, He’nan, 466600, China

Abstract: Water conservancy infrastructure projects play a crucial role in disaster prevention and reduction. Its smooth operation helps enhance the region's ability to resist disaster risks. The article systematically explores the key role of water conservancy engineering in flood control and drought resistance, covering areas such as flood control measures, water resource allocation during the dry season, and water resource management planning. By analyzing the current situation and challenges faced by water conservancy projects, the necessity of strengthening water engineering management has been pointed out. At the same time, supporting measures and suggestions were proposed, including strengthening the overall planning of engineering facilities, improving construction quality, perfecting regulatory mechanisms, and utilizing high technology. In order to enhance the comprehensive efficiency of water conservancy engineering facilities in the post disaster period. The purpose of this paper is to provide theoretical basis and operational guidelines for enhancing the flood control and disaster resistance capabilities of water conservancy projects, so as to provide reference for policy formulation and project implementation.

Keywords: water conservancy engineering; flood prevention and drought resistance; construction management; task

引言

水资源治理项目作为自然灾害防控体系中的重要组成部分。在应对发生的极端气候事件中起到核心作用，我们的国家作为经常遭受灾害的国家，防汛抗旱工作的重要性愈加凸显。水利工程不仅涉及洪水控制和枯水期间的水资源分配，还包括水资源的管理和最佳配置。虽然近期水利工程建设取得了显著进展，但仍存在一些问题，例如规划布局滞后、工程品质不达标、管理机制存在不足等问题。因此，怎样提升水利工程管理环节，以增强其抗洪减灾全面能力，成为亟待解决的重要课题。本文旨在探讨水利工程在防汛抗旱中的作用及其建设管理问题，借助于剖析现在遭遇的挑战性问题，提出可行的解决策略，希望为相关部门和工程领域提供借鉴资料，同时希望通过本文的分析研究能够对相关人士具有一定的启迪作用。

1 水利工程在防汛抗旱中的作用

水资源管理体制在防洪和节水方面发挥着极其关键的作用，它的职责不仅包括对洪水的调控与限制，也涉及在旱季对水资源合理分配以及监管。在防汛方面，水利工程通过建立大坝、堤防、蓄水库等设施，有效地蓄积和排放洪水，防止河流溢出造成的洪涝灾害。灾害防控系统于紧要关头依靠实时的水文监测信息，准确计算并调整水流速率，从而水库设施于降雨集中期或水位上涨阶段迅速排放过剩水量，缓解下游的防洪负担[1]。

在这个过程中，水利工程堤坝建造拥有的条件直接保卫了城市乃至农田。预防洪水侵袭，降低灾损，除了防汛功能，水利工程在抗旱方面同样发挥着至关重要的作用。使用修建水库和传输系统，水务工程能够在干旱季节高效地储存、分配和利用有限的水资源，保证农业、城市及工业的用水需求得到满足。尤其是在严重旱情阶段，水利工程通过调度水资源，优先考虑民生基本需求和农作物的灌溉需求，为地区经济发展提供了关键支撑措施。与此同时，水利工程还在优化水资源配置、提高水资源利用效率方面起到积极作用。借助合适调控蓄水池和传输系统，水的开发使用工程可在平衡各种用水需求过程中，保持自然界的

长期良好平衡状况。在紧急应对措施与修复重建工作过程中，水管理系统的迅速应对能力和灾后修复重建架构有效减轻自然灾害带来的长期影响。据此分析，水资源治理项目在抗灾减灾方面的总体效果不仅仅是关键作用，更是社会经济可持续发展的重要保障。

2 当前水利工程建设管理现状

当前水利工程的建设与管理在应对防汛抗旱等重大自然灾害中具有重要意义，然而遭遇众多难题和挑战，从整体建设规划来看，部分水工项目在初步规划时期缺少持续性与战略性综合考虑，使得某些项目运作过程中不能有效施展项目功能。部分地区的水利建设规划落后，缺乏跟上当地经济发展步伐、适应人口增长和气候变化的趋势，使得工程规模要么偏小，要么布局不科学，削弱了防洪减灾的能力。在建筑工程质量上存在着一些瑕疵，一些建筑企业急于完成工程、压缩成本，导致工程质量不过关。尤其在一些管理盲区，偶尔出现工程质量把关不严，这些问题在面对极端天气事件时尤为凸显[2]。

管理体制和机制上的不完善也是水利工程建设和运行的薄弱环节。陈旧的控制方式较为刻板，缺少高效率的调整和配合体系，特别是在区域合作、资源分配和应急处理流程缺少一致的调和机制，制约了水利项目整体效益的实现。同时，资金投入不足也是制约水利工程发展的一个重要原因。信息技术的发展步伐缓慢，现阶段许多水利工程的管理和运作仍然依赖传统的人工操作和基于经验的方法，缺少现代数据分析技术和智能化管理，没有有效利用实时监控数据应用于科学决策的制定和有效的调度与安排。当前水利工程建设管理的现状存在多方面问题，这些问题不但妨碍了水利工程的顺畅运作，也限制了其在防汛抗旱中的实际成效，所以迫切需要从规划布局、施工监理、体制改革及技术创新等方面进行全面优化和改进。

3 加强水利工程建设管理的对策与建议

3.1 完善规划设计体系

优化水利基础设施分布规划是增强工程效率、面对防灾减灾严峻挑战核心所在。现阶段，若干水利工程某些环节在策划阶段就暴露出全面及长期缺陷，使得工程在面对极端气候条件时没有达到目标。要解决这一问题，需从宏观层面强化规划工作，兼顾地域经济增长、人口上升、自然环境变迁等因素，作出全方位的评价与前瞻，保证水利设施的规模与布局具备潜力，满足未来发展的需要。经常受到洪水灾害波及区域需要优先加强洪水调控和蓄水系统的规划方案，而极度水源匮乏区域需要着重强化区域间水资源分配机制和蓄水工程建设[3]。

完善计划治理机制同样必须利用更为高效的方法。例如运用数据解析、智能公式和地理信息系统（GIS）等技术工具，提高水文规划与设计专业技能和精确性。这种技术具备实现即时数据处理、气象预测模型及精准的水文预报，这使得工程项目的设计更为智能化，满足了多变复杂的自然环境需求。与此同时，设计阶段需要增进部门协作，整合各种资源，特别是横跨多地域及水系的水利建设课题，必须构建国家级与地方级的行政机构、各行业间建立有效的协调机制，保证水资源得到合理配置与监管。在领域范畴内，规划草案设计应当进一步清晰化和严格性，拟定适应各种地质条件的设计规范，保证水工项目拥有抵抗极端天气和自然灾害影响的能力，完善规划设计体系还应注重公众参与。听取相关利益群体的意见和建议，确保项目最大化的社会效益。在此过程中，公众的参与不仅能够提高工程公开度，并且能够提升对工程的信心度和帮助强度。

3.2 提升工程建设质量

提升水利工程的建设质量是确保工程发挥长期效益、防汛抗旱功能的核心要素。但是，当前水利建设行业，部分项目依旧存在质量问题，尤其是在工期紧张、资金有限条件下，工程质量往往受到冲击。所以，改进工程水平必须从严密的制度管理着手，制定和执行严格的建设规范和质量评判准则，保证各个环节都契合国家规定标准，特别关键环节的施工环节，必须执行精准匹配。与此同时，建筑材料的品质也影响着建筑工程总体的成效。要保障选用优良的建筑用品，必须避免省略步骤和使用劣等材料，以提高建设项目的耐久性和稳定度。

施工期间应加强监管强度，构建等级化质量管理的机制，行政机构、管理机构、施工队伍应携手负责监管任务，保证工程全过程都实施全面的质量控制。尤其是在隐藏阶段，必须进行全方位的监控，预防后续出现质量问题从而导致需要重新施工或扩大风险。另外，施工人员的施工能力直接关系到工程品质，因此，应当强化施工人员的训练，提高他们的技术能力，安全认知，保障施工期间各个环节都严格遵循标准程序。针对巨大繁杂的水利项目，需要使用先进的施工设备和监控系统，如自动化设备、智能化监控系统等，以提升施工质量和效率，进而减少人为错误发生的概率。提升建设质量，还需要重视后续的保养和管理监督[4]。

3.3 优化管理体制与机制

优化水利工程的管理体制与机制是提升其运行效率和应对防汛抗旱能力的重要保障。现阶段，水资源管理领域的主要矛盾表现在管理模式僵化、协同机制不灵活，造成资源分配的迟滞、决策效果不佳，特别是在自然灾害发生时，适应性和危机应对能力迫切的需要加强。需要寻找解决难题的方法，必须对管理体制进行革新，摒弃现有的组织架构及职能划分的局限性，建立更高效率、多元的管理体制。利用建立各个参与方的合作框架，水资源的管控、环境的保护、气象部门等相关机构需亲密合作，及时互通信息，保障规划水利项目、施工建造、运作与保养整个过程保证高效合作，提升项目的整体效益。与此同时，管理

体制需要更为敏捷、迎合不断变化的环境要求，据此分析，必须建立高效的决策机制，借助大量数据、高端计算技术等科技的手段，及时监控水文信息、气象数据等动态变化，运用精细的数据分析和现代化管理工具，确保应对突发事件时决策的科学性和时效性[5]。

建立明确的责任分工机制，保障各级管理者团队成员在各个环节各负其责，并强化评价体系，保障管理团队成员有能力全身心投入执行职责。面临防洪减灾类似的紧急状况，需要制定配套的应急计划，具体明确职责分工和应对策略，保障在灾害发生时，具备迅速作出反应的能力，降低损失。在资金管理方面，完善管理体制需要构建有效的监管机制，保障资金的合理分配。现阶段，一些地区关联到水资源的项目监管过程中，呈现有资金使用情况不透明、分配不合适等弊端，造成资金浪费问题。借助强化资金去向监管，确保资金用在实处，有利于提升工程质量和运营效果，水利工程设施涉及到广泛的民众权益，在项目执行监管阶段，需要实施方法促使民众参与监管环节和反馈流程，提升公开性和信任度[6]。

3.4 引入先进技术与创新手段

引入先进技术与创新手段是提升水利工程建设和管理水平的重要途径，也是增强抗洪救灾能力的关键举措。随着技术的飞速进步，水资源工程逐渐从过往的建造及运行维护方式向智能化和数据化领域转型，应用数据处理技术手段能够增强水利工程的管理及预防效能。通过搭建水源地、气候和地貌等多方面的即时数据收集网络，管理者们可以对洪灾、旱灾等灾情进行精确预报，并提前实施行动进行预防措施。这种基于数据分析的管理模式，使得水利工程的调度和决策更加科学高效，减少了突发灾难带来的风险。前沿技术在水资源管理领域发挥着越来越关键的作用，特别是在水资源的高效利用和安全管理方面，现代技术手段已经成为不可或缺的工具。通过在水工建筑物等关键位置部署监测设备，能够实现对水位、流速、结构完整性等重要指标的实时监测。这些设备通常安装在大坝、水库、河流、渠道等水利设施中，实时收集大量数据，并通过无线或有线传输系统，将数据传送至中央控制系统进行处理和分析。

监测设备能够对水位的变化进行即时监控，确保水库、河流在不同季节、天气条件下的安全运行。水位监测对防洪防涝具有重要意义，尤其是在汛期，通过实时掌握水位变化，管理部门可以提前做出决策，减少洪水对下游区域的威胁。与此同时，流速的监测对水资源的合理调配、灌溉系统的运行以及水电站的运作效率也至关重要。通过流速监测设备，可以精准掌握水流的流动状况，从而优化水资源的调度和利用效率。

人工智能技术的应用也为水利工程管理带来了创新性的突破。采用高精度计算方法加工与研究，管理系统能够自动制定最佳计划安排，改进水资源的使用和分配方式的运用与分配。在此过程中，人工智能技术同样能够应用于水电站项目风险鉴定，发现隐藏的安全风险，帮助管理者们预先制订优化或加强措施，预防意外事件发生。另外，增强现实（AR）技术和虚拟现实技术应用，同样为水利工程的规划及其设计配置给予了更加形象化的辅助工具。通过虚拟环境的模拟，设计师可以事先检验若干构建计划，衡量其适用性和成效，防止施工阶段发生严重结构问题，创新的无人机和卫星遥感技术拥有能力素质对众多水域地区和难以抵达的建设区域提供精确的监控职责和测量任务[7]。

4 结论

水资源治理工程在防灾减灾体系中发挥着至关重要的作用，充当着防洪功能、调节水资源应对极端气候变动关键基础设施。水利工程不仅为农业、工业及居民生活提供水源保障，还在公众生命财产安全，维护社会稳定方面发挥着不可替代的作用。未来，水利基础设施的搭建与管理仍在国家防灾减灾策略中承担着重要职责。依赖先进技术与科学管理方法，全面提升抗洪和抗旱的应急能力，确保水资源的合理利用和社会经济的可持续发展。

[参考文献]

[1]李娜.探析水利工程在防汛抗旱中的作用与对策[J].水上安全,2024(9):85-87.
[2]薛颖.水利工程在防汛抗旱中的作用及优化策略——以民勤县为例[J].农村经济与科技,2023,34(15):63-66.
[3]张海波.探讨农田水利工程在防汛抗旱中的作用[J].新农业,2023(8):101-102.
[4]罗广琴.水利工程在防汛抗旱中的作用及发展对策[J].农业科技与信息,2020(24):54-55.
[5]李爱芹.水利工程在防汛抗旱中的作用及优化策略[J].居业,2020(5):148-149.
[6]吴泽华.水利工程在防汛抗旱中的作用及优化策略[J].技术与市场,2020,27(1):222-224.
[7]郑立华.水利工程在防汛抗旱中的作用及优化策略[J].吉林农业,2019(23):70.

作者简介：邓瑞（1981.12—），女，毕业于漯河职业技术学院建筑工程专业，学历:大专，现就职于西华县水利局沙河修防段，职称级别:助理工程师。

农田水利高效节水灌溉影响因素及应对措施分析

张发强
新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830002

[摘要]农田水利节水灌溉对于保障水资源的有效利用至关紧要，特别是在水资源匮乏的地区。文章旨在探讨我国农田水利节水灌溉所面临的挑战及应对之策。透过比较不同地区的灌溉方式和管理模式，作者提出了一系列的节水灌溉优化建议，旨在提高水资源利用效率，推动农业的可持续发展。通过有效措施的实施，将有助于提升农田水利节水灌溉的效益，从而为农业生产提供更加可靠的水资源保障，促进农业经济的稳步增长。

[关键词]农田水利；节水灌溉；影响因素；应对措施
DOI：10.33142/hst.v7i10.13898　　中图分类号：S274　　文献标识码：A

Analysis of Influencing Factors and Countermeasures for Efficient and Water-saving Irrigation in Farmland Water Conservancy

ZHANG Faqiang
XPCC Surveying and Designing Institute Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

Abstract: Water conservation irrigation in farmland is crucial for ensuring the effective utilization of water resources, especially in areas with water scarcity. The article aims to explore the challenges and countermeasures faced by water-saving irrigation in Chinese agricultural water conservancy. By comparing irrigation methods and management models in different regions, the author proposes a series of water-saving irrigation optimization suggestions aimed at improving water resource utilization efficiency and promoting sustainable agricultural development. The implementation of effective measures will help improve the efficiency of water-saving irrigation in farmland, providing more reliable water resources guarantee for agricultural production and promoting steady growth of agricultural economy.

Keywords: farmland water conservancy; water-saving irrigation; influencing factors; response measures

引言

随着全球气候变化和人口增长，水资源短缺问题在干旱和半干旱地区变得尤为突出。高效节水灌溉对于提高农作物产量和质量至关重要，同时也是水资源管理中不可或缺的一环。深入分析农田水利高效节水灌溉的影响因素，并采取有效的对策，对于确保粮食安全和实现水资源的可持续利用具有至关重要的意义。通过科学合理的管理和技术创新，我们能够有效减少水资源浪费，提高灌溉效率，为农业生产的稳定发展和社会经济的可持续进步奠定坚实基础。

1 影响农田水利节水灌溉的关键因素

1.1 灌溉技术

采用洪水漫灌等传统的灌溉技术，其在水资源的有效使用上往往表现不佳，首先，过度的洪泛灌溉会导致水资源的极大浪费，其原因在于水量的控制不够精确，从而引致了地下水位的异常下降和灌溉量的不当增加，进而，如此方法可能导致土壤肥力耗损，继而波及农作物的增产及其发育过程，洪水侵袭导致的过度淹没，会进一步激发土壤中盐分和碱性物质的上升，进而对土壤的质量带来负面影响。为了提升水资源的利用效率，传统的灌溉模式必须被改革，而智能化的灌溉技术则应被引入，实际需水量是农作物生长之必需，而精准灌溉技术如滴灌、喷灌，则能依据这一需求进行相应调节，有效降低水资源的无效损耗，通过应用先进的遥感技术和智能化的控制系统，实现了对灌溉水量和频率等关键参数的精准管理，这不仅提升了灌溉的效率，而且对水资源的保护也起到了积极作用[1]。

1.2 水资源管理

水资源的合理管理和分配是保障农业生产、促进工业发展与支持城市生活正常运作的基石。节水灌溉作为其中的关键一环，依赖于高效配置与精细化管理。在实施节水灌溉时，需注重科学化分配水资源，以满足多样化的行业、部门及区域的需求，并有效避免供需失衡现象的出现。为了实现实时动态监测与优化区域水使用情况，建设完善的水利调配和监控体系势在必行。现代信息技术的发展提供了强大的数据支持和决策辅助工具，如通过智能灌溉系统的应用，能实现对灌溉用水的精准控制和高效分配；同时，依托水利物联网（Internet of Water Things，简称 IowT）技术构建的平台，可以收集整合多维度数据信息，实现从水源到终端用户的全过程监管和动态优化调整。为防止水资源被工业排放物或生活污染物的污染损害，加强水体保护和细致管理也是节水灌溉得以实现的重要条件。例如，新加坡自 20 世纪 60 年代开始推行“零污水政策”，通过

对水处理工艺进行改良升级，并采用高科技手段检测、预防和减少水资源的污染，成功实现了对城市废水的有效处理和再循环使用，极大地推动了该国农业的水资源管理水平。

1.3 土壤和气候条件

灌溉效率不仅受水资源分配与管理的影响，还受到土壤类型和气候条件等自然环境因素的显著作用，土壤的种类对水分的渗透与保持有直接影响，各类土壤对水分的保留和传导能力均有差异，为了提升灌溉的水分利用率，针对不同土壤类型，必须制订专项灌溉计划，保障水分能够渗透至作物的根部深处，气候状况对于灌溉的效率起着决定性的作用，是众多影响因子中的关键一环。气候的干湿程度及温度的波动，直接作用于土壤中水分的蒸散速率，以及作物对水分的摄取量，在干旱区域，为确保作物成长，必须通过提高灌溉频率及水量，以应对水分迅速蒸发所带来的挑战；在潮湿地区，必须精确管理灌溉的量，以防土壤过于湿润及引发作物疾病，鉴于土壤种类及气候环境的差异性，灌溉技术及其应用方式必须做出适配性调整与优化，针对砂质土壤的特性，采纳滴灌或喷灌的方法，旨在降低水分的散失；在面临高温和干旱挑战的区域，探索种植节水作物成为减少对水依赖的关键策略，为了促进农业的可持续性并减少环境负担，可通过考量和应用自然环境的要素来提升灌溉的效率[2]。

1.4 农民及农业政策

农业水资源管理领域中，农民对节水技术和相关政策的认识与支持程度，起到了至关重要的作用。节水不仅是保护有限水资源的有效途径，还能显著提升农业生产效率和农民的经济效益。实际上，许多成功的农业生产实践都证实了，当农民理解了节水科技的重要性和原理时，会主动采用节水设备和技术。在推动节水技术的应用上，教育和信息传递扮演着核心角色。例如，通过研讨会、培训班、线上课程和实用指导册等方式，可向农民传授各类节水方法和设备的工作原理，以及如何在实际生产中正确运用和维护这些工具。如引入滴灌或微喷灌溉系统，并教农民如何根据作物需水情况进行适时、精确供水，不仅减少了水资源的消耗，也有助于农作物更高效、更健康地成长。再比如采用土壤湿度传感器监测水分，实时调整浇水量，进一步节约灌溉资源的同时保证作物得到充足水分供应。除在中国农业节水领域的案例分析中，可以借鉴江苏省南京市的“农业节水模式示范推广计划”。该计划针对水稻、棉花等主要农作物品种，集成推广应用包括膜下滴灌、沟管灌溉、雨水收集及利用等节水技术。计划通过示范引导和技术培训，提高了农户节水意识，推动了新技术的快速接受与应用，结果显示在保障农业产量不降的情况下，单位亩均灌溉用水量大幅减少。这不仅是经济效益上的提升，更为当地乃至全国农业生产领域的可持续发展提供了有力支撑。

2 节水灌溉技术的分类及特点

2.1 微喷灌

滴灌系统是一种高效节水的灌溉方式，其优点众多。首先，它能够实现灌溉的均匀性，使得作物在生长过程中可以获得适量的水分，有助于提高产量和质量。相比于传统的洒水灌溉，滴灌系统还能够减少水资源的浪费，降低水分蒸发的损失。此外，滴灌系统在施肥方面也有优势，可以通过配合肥水一起灌溉，实现水肥同步，提高养分利用率。不仅如此，滴灌系统还能够减少土壤中的盐碱积累，有利于土壤长期的健康性。然而，要充分发挥滴灌系统的优势，需要较为完善的基础设施支持，包括管道、喷头、控制器等设备的安装和调试。同时，对于不同作物的需水量、灌溉时机等因素也需要进行科学合理的规划和调整。总的来说，滴灌系统作为一种现代化的灌溉手段，能够提升农业生产的效率和可持续性，但在实际运用中仍需要注意技术细节和管理问题[3]。

2.2 滴灌

滴灌系统作为一种高效的灌溉方式，在节水方面效果显著。通过滴头缓慢释放水滴到作物根部，减少了水分的蒸发和流失，提高了水资源利用率。相较于传统的洒水灌溉，滴灌系统不仅能够减少浪费，还能够实现更精确的灌溉，满足作物生长对水分的需求。此外，滴灌系统对土壤中盐碱的蓄积也有较好的抑制效果，有利于土壤的保持和改良。然而，要有效运用滴灌系统，需要较为先进的控制系统来监控和调节灌溉过程，确保每个作物都能得到合适的灌溉量。同时，滴灌系统的维护也十分关键，包括定期清洗滴头、检查管道是否漏水等工作，这些都需要投入一定的人力物力成本。为了确保滴灌系统的长期稳定运行，农民需要具备一定的技术知识和管理水平。

2.3 喷灌

喷灌技术作为一种常见的灌溉方式，在农业生产中具有较高的普及度。通过喷头将水以细小的雾状或雨状均匀洒在作物上，可以满足作物对水分的需求，同时减少浪费和水资源的流失。与传统的洒水灌溉相比，喷灌技术能够有效降低土壤风化和侵蚀的风险，有利于维持土壤的肥力和健康。此外，喷灌技术的节水效果也体现在能够根据具体作物的需求进行调控，避免了水分过量或不足对作物生长的不利影响。虽然喷灌技术在一定程度上实现了节水效果，但其仍需继续优化改进。例如，精准调节喷头的喷水量和喷洒范围，结合作物生长状况和土壤湿度进行智能灌溉管理，能够进一步提高灌溉效率并节约用水[4]。

2.4 沟灌与地表灌溉

传统灌溉方式的使用在许多情况下存在水资源利用效率低下的问题。传统的洪水灌溉方法往往存在过度淋溉和不均匀浇灌的情况，导致水分无法充分被作物吸收利用，造成浪费和水资源的大量流失。此外，在传统灌溉中，常

常存在着水土流失、土壤盐碱化等问题，严重影响了土壤的肥力和农作物的生长发育。与此同时，传统灌溉方式在管理上也存在一定的困难，往往需要较多的人力和物力投入，同时容易出现操作不当导致灌溉效果不佳的情况。面对传统灌溉方式存在的种种问题，人们应当积极推广和应用现代化、智能化的灌溉技术。例如，通过引入滴灌、喷灌等先进技术，可以更加精准地控制水量和灌溉时间，减少浪费，提高利用率，从而达到节水目的。

3 农田水利高效节水灌溉的应对措施分析

3.1 提升灌溉技术

在当前世界面临水资源短缺、生态环境保护以及气候变化等严峻挑战之际，高效节水的现代灌溉系统——如微喷灌和滴灌技术的重要性愈发突出。这类技术以其卓越的效能与环境友好特质，成为了现代农业发展不可或缺的一部分。从节水效果上看，相较于传统的灌溉方式如喷洒式和漫灌，微喷灌和滴灌的水分利用率可达 90%以上，大幅减少了水源的浪费，尤其适应于干旱缺水地区，如中国西部和北疆等地，通过应用滴灌系统在葡萄、苹果等果树和大葱作物上已经取得了显著成效。研究表明，在某地实施滴灌技术后，该地区的灌溉水效提升了 30%，同时实现了农作物生长环境的优化。此外，微喷灌和滴灌技术不仅能节省用水资源，还能显著提高农业生产效益。以美国为例，这个世界上少有的农业用水紧缺地区，凭借滴灌和微喷灌的广泛运用，在全球粮食产量与农业水资源高效管理方面领先世界，并且成功抵御了气候变化的挑战，保持了高产高效的农业输出，实现了水与农作物的精准配比，极大地提升了灌溉精度和作物生长的质量与密度。

3.2 加强水资源管理

在当前全球水资源日益紧张的形势下，优化水资源分配方案，实现灌溉水源的最优配置显得尤为重要。通过科学合理的规划和管理，可以最大程度地提高水资源利用效率，推动农业生产的可持续发展。水资源是农业生产不可或缺的重要组成部分，有效地实现灌溉水源的最优配置可以有效应对气候变化、减轻水资源短缺的压力，保障农作物的正常生长和高产。通过节约用水、改进灌溉技术、修复水土流失、发展水资源补给等手段，可以使农田获得适量的水源，保证作物生长需求。优化水资源分配方案需要各级政府、科研机构、企业和农民共同参与，形成合力。同时，还需加强政策支持、技术引导和资金投入，促进农业水资源管理的先进化和智能化，实现水资源的智能化调配和灵活配置[5]。

3.3 考虑自然因素的适应性

针对不同的土壤类型和气候条件制定合理的灌溉计划至关重要。不同的土壤类型会直接影响水分的渗透速度和保水能力，而气候条件的变化可能导致蒸发速度加快或减慢，从而影响到植物的生长和发育。在制定灌溉计划时，首先需要对土壤进行详细的分类和评估，以了解其渗透性和保水性，并且确定最适合的灌溉方式和频率。例如，在干旱地区或沙质土壤上，应采用滴灌或微喷灌等节水灌溉方式，以减少水分流失的情况。相反，在湿润气候或黏土土壤中，则可采用喷灌或地面灌溉来满足植物的需水量。通过充分了解土壤类型和气候条件对灌溉需求的影响，可以更有效地制定灌溉计划，确保植物能够获得适当的水分，有利于其生长和发育。

3.4 增强农民技术培训

增强农民对节水灌溉技术的认识和重视程度，是提高农业水资源利用效率的关键。为了实现这一目标，开展培训活动至关重要。通过培训，农民可以了解到各种节水灌溉技术的原理、优势和操作方法，从而提升其在实际生产中的应用效果。在培训过程中，可以向农民介绍滴灌、喷灌、地面灌溉等多种节水灌溉技术，并详细解释其在不同土壤类型和气候条件下的适用性和操作要点。同时，可以通过案例分析和现场演示向农民展示节水灌溉技术的实际效果，激发其学习的积极性和信心。

4 结语

在实现农业可持续发展的道路上，高效节水灌溉被视为关键路径之一。通过对影响灌溉效果的关键因素展开深入分析，并针对性地采取相应措施，可以有效提升水资源的利用效率。未来的工作中，需要在技术革新、政策支持、农民培训和资金投入等多方面形成良好合作，共同推动高效节水灌溉技术的不断完善与推广应用。只有这样，才能更好地满足不断增长的农业需求，保障粮食生产的稳定增长，同时确保水资源的可持续利用，促进农业的长期发展和社会的全面进步。

[参考文献]

[1]马瑞东.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].科技与创新,2024(12):176-178.
[2]李维民.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用要点[J].河北农机,2024(10):100-102.
[3]赵世存.农田水利高效节水灌溉影响因素及应对措施分析[J].棉花科学,2023,45(2):24-26.
[4]王发明.农田水利高效节水灌溉影响因素及应对措施分析[J].河南农业,2023(26):60-61.
[5]黄良渊.影响农田水利高效节水灌溉发展的因素及应对措施[J].农业科技与信息,2022(17):26-29.

作者简介：张发强（1990.10—），毕业院校：塔里木大学，所学专业：农业水利工程，当前就职单位：新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，职称级别：工程师。

农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析

王莉莉
中泽源工程有限公司，宁夏 银川 750001

[摘要]随着社会经济不断发展，人民生活水平不断提高，农业生产对水资源的需求日益增加。因此，更好地实现农田水利灌溉工程规划设计和提高灌溉技术水平显得尤为重要。科学合理地利用水资源，实现农田节水灌溉和提高农作物产量成为当前迫切需要解决的问题之一。在这个过程中，需要积极探索新的灌溉方式和技术手段，推动农业生产的绿色发展，确保粮食安全和农业可持续发展。

[关键词]农田水利；灌溉工程；规划设计；灌溉技术；分析探讨
DOI：10.33142/hst.v7i10.13896 中图分类号：S274 文献标识码：A

Planning and Design of Irrigation Projects for Agricultural Water Conservancy and Irrigation Technology Analysis

WANG Lili
Zhongzeyuan Engineering Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract: With the continuous development of the social economy and the improvement of people's living standards, the demand for water resources in agricultural production is increasing day by day. Therefore, it is particularly important to better realize the planning and design of agricultural water conservancy irrigation projects and improve the level of irrigation technology. Scientific and rational utilization of water resources, achieving water-saving irrigation in farmland, and increasing crop yields have become one of the urgent problems that need to be solved. In this process, it is necessary to actively explore new irrigation methods and technological means, promote the green development of agricultural production, ensure food security and sustainable agricultural development.

Keywords: farmland water conservancy; irrigation engineering; planning and design; irrigation technology; analysis and discussion

引言

在当今社会，农业生产的高效与可持续发展愈发受到关注。作为实现农业现代化的重要组成部分，农田水利灌溉工程的规划设计与灌溉技术的应用不仅直接关系到农作物的产量和质量，还对于保障国家粮食安全、优化水资源利用效率具有重要意义。本文将对农田水利灌溉工程的规划设计进行概述，并详细分析当前主流灌溉技术的特点及发展趋势。

1 农田水利灌溉工程设计的原则

农田水利灌溉工程设计需遵循科学合理、经济环保、易于管理和维护、节水高效等原则。设计前应全面考察土壤结构、气候条件、地势地貌以及水资源供应能力，通过合理的布局和系统规划，确定最优的灌溉方案，实现水资源的有效利用。

1.1 水量平衡分析

针对不同作物的需水特性和季节变化，我们需要进行准确的水分需求预测，以确保灌溉水量与作物生长的实际需求相匹配。首先，针对不同作物种类，我们需要深入研究其生长过程中对水分的需求特点，并针对不同生长阶段进行精细化的预测和调整。其次，针对季节变化的影响，我们需要考虑气温、降雨情况、蒸发量等因素对作物需水量的影响，从而制定合理的灌溉计划。在进行水分需求预测时，还需要结合土壤类型、土壤含水量、作物根系特性等因素，全面考虑作物的生长环境和生理特性。此外，还要充分利用现代技术手段，如遥感技术、传感器监测等，以实现对作物水分需求的精准监测和预测。只有通过全面、精准地预测作物的水分需求，才能实现对灌溉水量的精准控制，从而充分保障作物生长所需的水分，并最大限度地提高作物产量和质量[1]。

1.2 经济与环境效益

农业是世界许多地方社会经济活动的关键支柱之一，有效的灌溉系统对于维持作物生长并最终增加产量极为重要。在当今这个时代，我们需要寻求平衡点：确保灌溉效果卓越以满足农作物成长的需求，同时减少经济开销并减轻环境压力，特别是防止水体污染等生态危害。以下是通过综合考虑这些目标提出的一系列解决方案。为了达到这一点，采用精确灌溉系统（如滴灌或微喷灌）可以大大减少水和肥料的浪费。精确灌溉系统可以根据作物的实际需要精确地输送水分和养分，避免了普遍撒施或漫灌可能导致的水资源损失和环境污染。这种方法结合先进的传感器和数据分析技术，可以根据气象变化和土壤水分状况进行自动调整，确保农作物在最适合的时间获得最佳量的水分和养分，从而显著提高生产力，减少成本。

通过对雨水、污水、灌溉后未完全吸收的雨水或其他

排水系统中的水进行适当的过滤和清洁处理，我们可以实现水资源的最大化再利用。这样不仅能够显著减少对淡水资源的直接开采依赖，减少水资源的使用量，而且降低了新水供应的成本，进一步减轻了环境保护的压力。在节水灌溉的同时，选择和培育具有自然抗旱特性的植物品种同样是一种有效且可持续的策略。这些植物往往能更有效地利用水分和营养素，对抗极端天气变化的影响，减少灌溉需求，从而节约水费和提高农业生产效率。研究与种植业相结合，促进这些物种在当地生态系统的适应性，不仅可以降低灌溉开支，还可以促进当地生态系统的稳定性，增强生态系统服务提供[2]。

1.3 灵活性与稳定性并重

现代信息系统在设计之初便面临了复杂的技术环境和社会发展要求，其设计原则必须充分考虑灵活性、稳定性和持续性，这是为了确保系统能够在面对日新月异的技术趋势和不断变化的业务需求时保持竞争力和发展动力。在信息化时代下，企业不仅要面对外部竞争激烈的市场变化，还需灵活应对外部政策调整、用户行为变迁以及新技术的应用。灵活性不仅体现在技术架构的层次设计上，如微服务、容器技术的应用，以便快速部署新的应用和服务，也体现在系统的整体设计理念上，如采用 API 优先或平台化的构建理念，使不同模块和服务可以升级与迭代，而不会受到其他组件的影响。

系统的稳定性和持久性则关注如何确保在大规模运营环境下，系统的可靠、安全与效率不因外部冲击（如大规模并发访问、恶意攻击）而受影响。为了达成这一点，需要在设计时严格考量数据冗余、容错机制、负载均衡、安全防护措施等方面的布局。如通过构建分布式系统的容错性和自我修复能力，使用状态管理工具维护系统的一致性，或是依赖全面的安全管理体系确保数据传输与储存的安全。为了适应未来可能的需求变化和技术趋势，系统应当具备可演化能力，即能够在现有基础之上通过升级、重构甚至部分重建的方式适应未来需求。这就需要遵循一些现代软件工程的指导原则和设计模式，比如解耦系统架构、利用敏捷方法管理开发过程、持续集成和持续交付（CI/CD）的实践，以使得系统变得更为高效与可控[3]。

1.4 信息化与自动化融合

现代信息与控制技术正在以惊人的速度重构各个领域的工作方式，尤其在农业管理尤其是灌溉管理这一环节中的应用，正深刻地提升着整个行业的智能化水平，大幅优化了灌溉效率与节水性能，实现农业可持续发展的目标。从传统的依靠人工观测水情进行灌溉到现今采用基于物联网（IoT）和传感器监测系统的自动化精准灌溉，转变已然显著。借助分布在农田各处的环境传感器（如雨量计、湿度探头等），能够实时搜集和传递关于田间的天气信息、土壤含水量、植物健康状态等多种关键数据至云端数据库。与此同时，远程控制系统能够接收到这一系列的数据反馈，并基于特定的算法和模型，自动调节喷灌设备或水泵的启动、停止或运行时间，以此达到精准适时地进行灌溉的目标，避免由于人为疏忽或是天气突变等因素导致的浪费水分资源现象。大数据技术的引入则是上述变革的关键驱动之一。通过深度学习和机器学习算法，对收集到的历史灌溉资料、农田环境因素以及其他相关的农事记录进行全面数据分析。这样，不仅能够揭示出特定气候条件或作物生长状态下最优的灌溉策略，还能够预警未来的水资源风险和农作物成长瓶颈，为决策层提供更为精确的依据。举例而言，当系统发现近期的土壤干燥情况超出了某个预先设定的安全阈值，或者预测到了即将到来的降雨量过少，那么它就会展开自动调度灌溉行动或提前通知农作管理人员，采取补救措施。

2 灌溉技术的发展及其特点

当前农田灌溉主要技术有传统浇灌、喷灌、微灌和膜下滴灌四种，各具特色，在实际应用中选择适合的灌溉方式对于提高作物产量、节约水资源至关重要。

2.1 传统的浇灌法

灌溉是一项复杂的农业生产活动，直接关系着农作物的生命与丰收前景，特别是在全球农业生产的可持续发展中占据了重要一席。在探讨各类农业灌溉方法中所面临的问题时，滴灌作为一种常见且高效的节水技术，自然备受瞩目。不过，即便是滴灌系统，面对一些特殊应用场景时也存在一些挑战，尤其是在大面积覆盖、大风量或是风作用明显的环境中。滴灌是根据植物需求而非水流自身规律进行精准灌溉的一种技术。通常，这种方法能显著节约水资源，并保证每一滴水都能恰当地用于滋养作物的根部，而不是散失在空气中或是浪费到土地上。但是，在大面积的应用中，特别是那些受大范围、强烈的风向和风速影响的情形下，滴灌面临的困难则日益显现。这些环境条件会干扰水分的正常扩散与蒸发过程，从而对滴灌系统的效果带来不利影响。随着大范围风力的驱动，灌溉的水量可能因为过度蒸发或者被风吹远而无法充分滋润到预期的农作物区域，导致灌溉效率显著下降。此时，虽然理论上的节省水资源效益仍然吸引人，但实际上的实际消耗却有可能超出预料，因为大量宝贵的水资源被空气带走或者被风携带到非预期的地点[4]。

2.2 喷灌技术

针对较大面积的农田而言，一种高效的技术应运而生，即通过人工方式调节作物周围的环境湿度。这一方法不仅能有效减轻病虫害的发生，还能够显著提高农田的灌溉效率。相比传统的地面灌溉方式，这种先进的技术在节水方面拥有明显的优势，据统计，其节水比例可高达 30%至 50%之间。这项技术的出现为农田的管理带来了颠覆性的改变。传统的农田管理方式通常依赖于天然降水和地面灌溉，但这些方法往往无法满足作物的需水量。干旱和湿润交替的

气候条件更是给作物的生长带来了极大的不确定性，同时也会增加病虫害的风险。然而，通过人工调节周围环境湿度，农民可以更加精细地控制农田的水分状况，为作物提供一个更为稳定的生长环境。除了减轻病虫害的发生外，通过这种方式调节环境湿度还能提高灌溉效率。传统的地面灌溉存在许多浪费，如水分过量蒸发或渗漏，这不仅导致资源浪费，也增加了环境的负担。相比之下，人工调节环境湿度可以更加精确地控制水分的使用量，有效地减少了水资源的浪费，实现了更高效的灌溉。

2.3 微灌技术

通过管道系统中的滴头滴水于根部附近土壤是一种高效的灌溉方式，其独特优势在于避免了地表蒸发损失，尤其适合那些经济价值高且对环境条件敏感的作物。这种先进的灌溉方式相较于其他传统灌溉方式有着显著的优越性，能够节水 50%至 70%，并且可以实现精确调控土壤水分含量，为农业生产带来极大便利与效益。这种灌溉方式对那些水分需求较为集中、地势变化较大的作物田块尤其适用。通过将水流分散成细小的颗粒状喷洒到土壤表面或作物上方，能够在作物生长过程中为其提供局部的湿润环境，有助于提高作物品质与产量。这不仅保证了作物对水分的需求得到满足，同时也减少了土壤中水分的过量浪费，在一定程度上缓解了因水资源不足而导致的农业生产问题[5]。

2.4 膜下滴灌

集滴灌与覆膜种植技术于一体，无疑是一项革命性的发展，它不仅节省了宝贵的水资源，还具有出色的保温和保湿效果。这种技术的重大意义在于其能够在沙漠和干旱地区实现节水增产，有效缓解了这些地区长期面临的水资源紧缺问题，同时显著提高了作物对极端环境的适应性。通过将滴灌技术和覆膜种植技术相结合，不仅能够有效减少水分的蒸发损失，还可以为作物提供良好的生长环境。覆膜技术不仅可以减少土壤表面水分蒸发，还能够形成一个温暖潮湿的微气候，为作物的生长创造出更加理想的条件。同时，滴灌技术则能够精确地将适量的水滴输送到植物根部附近，为作物提供所需的水分，结合起来发挥的作用超乎想象。

这项技术的采用对当今的农业生产具有重要的意义，它不但可以提高作物的产量和品质，更能够显著降低农业生产所消耗的水资源，并且在保护环境的同时，也为沙漠和干旱地区的农业发展注入了新的活力。

3 灌溉技术创新趋势

结合当下先进的传感器技术与 GPS 定位系统，我们得以实现对灌溉系统的全程实时监控和准确调度，从而有效减少水资源的浪费，并大幅提升资源的利用效率。通过物联网技术和大数据分析手段的应用，我们将构建一个高度自动化的控制体系，能够根据不同时间、地点和植物生长阶段的具体需求，实现智能调整灌溉方案，确保作物获得恰到好处的水分供应，达到精准灌溉的目的。

借助这一智能控制体系，我们可以在不间断地监测和分析灌溉系统状态的基础上，及时做出灌溉计划的相应调整，以保证植物在各个生长阶段均获得最优的水分供应，从而提高作物的产量和品质，同时降低用水成本。此外，我们还可以采取雨水收集、废水处理再利用等可持续性措施，加强对水资源的整体管理，在农业生产中形成良性的水文循环系统，最大限度地提升水资源的利用效率，实现农业可持续发展的目标。这些先进技术和可持续性措施的综合应用，不仅在提升灌溉工作的科学性和高效性方面有着显著成效，也为农业生产带来了翻天覆地的变革[6]。

4 结语

综上所述，农田水利灌溉工程的设计与实施是多方面、跨学科的任务，它涉及工程技术、水资源管理、生态学原理等多个领域，其有效性的达成需要政府、科研机构、农业企业和农民共同努力。持续的技术创新与应用优化将推动这一领域的长远发展，为保障国家粮食安全和农业可持续发展提供强有力的支持。

[参考文献]

[1]刁择晖.农田水利灌溉工程规划设计及灌溉技术分析——以沈阳市某灌区的农业生产为例[J].农村科学实验,2024(6):91-93.
[2]陈生国.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术研究[J].农业灾害研究,2023,13(7):269-271.
[3]刘玲.水利工程规划设计与农田灌溉技术分析[J].四川农业科技,2021(11):87-88.
[4]王兴玉.农田水利工程规划设计与灌溉技术[J].农村实用技术,2021(3):175-176.
[5]储佳琨.新形势下农田水利工程规划与高效节水灌溉技术分析[J].中国科技投资,2021(7):147-157.
[6]刘进.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术研究[J].农业技术与装备,2021(1):77-78.

作者简介：王莉莉（1986.7—），毕业院校：宁夏大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：中泽源工程有限公司，职称级别：中级。

水利水电工程中土石方施工技术分析

王雪婧
升升集团有限公司，宁夏 银川 750000

[摘要]水利水电工程是我国基础设施建设的重要组成部分，对于保障国家能源安全和水资源合理利用具有重要意义。土石方施工是水利水电工程中关键的环节之一，其技术水平和效率直接影响到整个工程的进度和质量。文中通过对土石方施工技术的分析，探讨了其在水利水电工程中的应用，以期为我国水利水电工程的发展提供参考。

[关键词]水利水电工程；土石方施工；技术分析
DOI：10.33142/hst.v7i10.13916　　中图分类号：TV541　　文献标识码：A

Analysis of Earthwork and Stone Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering

WANG Xuejing
Sheng Sheng Group Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: Water conservancy and hydropower engineering is an important component of Chinese infrastructure construction, which is of great significance for ensuring national energy security and rational utilization of water resources. Earthwork construction is one of the key links in water conservancy and hydropower projects, and its technical level and efficiency directly affect the progress and quality of the entire project. Through the analysis of earthwork construction technology, this article explores its application in water conservancy and hydropower engineering, in order to provide reference for the development of water conservancy and hydropower engineering in China.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; earthwork construction; technical analysis

引言

随着我国水利水电事业的蓬勃发展，土石方施工技术得到了广泛关注和应用。土石方是水利水电工程建设施工作业比较常见的一种施工技术，也是水利水电工程建设的核心项目。所以文章重点以此为例，通过对土石方施工作业技术的讨论，进而针对存在问题提出合理化的解决措施，以确保水利水电工程建设的顺利开展。本文主要对水利水电工程中土石方施工技术进行分析，以期为我国水利水电事业的发展提供参考。

1 土石方施工技术概述

土石方施工技术是水利水电工程中的重要组成部分，涵盖土石方开挖、运输、压实和填筑等多个环节。土石方开挖是最基础的环节，其质量的好坏直接影响到整个工程的进展和质量。因此，在进行土石方开挖时，必须严格按照设计要求和施工规范进行，确保开挖的深度和宽度符合要求，同时也要保证开挖面的稳定性，防止因为开挖不当导致的塌方等安全事故[1]。

在土石方施工中，土石方的运输要求高效、安全、经济，确保施工进度和工程投资控制。因此，在运输过程中，必须合理规划运输路线，选用合适的运输设备，提高运输效率，降低运输成本。同时，也要注意运输过程中的安全，防止因为运输不当导致的交通事故和环境污染。在压实过程中，必须根据土石方的性质和施工要求，选择合适的压实方法和设备。同时，也要控制好压实过程中的压实度，确保土石方达到设计的密实度，从而保证工程的稳定性和使用寿命。填筑则是对开挖、运输和压实环节的补充，确保工程整体平衡。在填筑过程中，必须根据设计要求，合理选择填筑材料，控制填筑高度和速度，防止因为填筑不当导致的工程变形和破坏。

2 水利水电工程土石方施工技术应用时的注意要点

2.1 精准测量，降低成本

在水利水电工程中，土石方施工技术其质量的好坏直接影响到整个工程的安全、进度和投资效益。测量结果的准确性不仅能够确保施工进度与设计要求相符，还能有效避免因测量误差导致的返工，从而降低工程成本。

在施工前，需要对施工现场进行详细的测量，以便准确计算出土石方的数量，从而合理配置人力、物力资源。这样既能避免资源的浪费，又能提高施工效率。其次，精准测量有利于优化施工方案。通过精确的测量数据，施工方可以更好地了解施工现场的地质、地形情况，从而制定出更加合理的施工方案。例如，在施工过程中，可以通过测量数据判断施工现场的土质、地下水位等因素，有针对性地采取相应的施工措施，以确保施工的安全和顺利进行。

由于测量结果的准确性，可以避免因施工过程中出现偏差而导致的返工，从而节省了人力、物力成本。同时，通过精准测量，可以更好地控制施工质量，减少质量问题带来的经济损失。然而，要实现精准测量，需要依赖于先进的测量技术和设备，以及对测量人员的专业培训。在实际施工过程中，测量人员应严格按照规范操作，确保测量数据的真实、准确，同时测量数据应及时反馈给施工方，以便及时调整施工方案，确保施工的顺利进行。

2.2 水利水电工程施工质量的管理控制

施工方案的制定应充分考虑施工现场的具体情况，包括地形、地质、气候等因素，以确保施工方案的科学性和可行性。同时，施工方案还应根据工程进度和质量要求进行适时调整，以保证施工过程的顺利进行。土石方施工过程中，应重视施工质量的控制。这包括对施工材料的质量检验、施工设备的选择和维护、施工工艺的合理运用等方面。此外，施工过程中还应注意对周边环境的影响，采取有效措施减少施工过程中的噪音、扬尘等污染。此外，施工单位应建立健全安全管理制度，对施工人员进行安全教育，定期进行安全检查，确保施工现场的安全。对于施工单位而言，施工单位应建立健全质量管理体系，明确质量责任，加强对施工过程的监控，确保工程质量符合国家标准。最后，施工结束后，应对土石方工程进行验收。验收应严格按照国家标准进行，对工程质量进行全面评估，确保工程达到预期效果。

2.3 水利水电工程施工现场环境的保护

在施工过程中，土石方工程的质量和安全直接影响到整个工程的成功与否。首先，施工人员需要根据设计图纸和施工方案，进行详细的施工前准备，包括对施工区域的地形、地质、水文等情况进行全面调查和了解，以便制定出合理的施工方案。其次，土石方施工过程中的土石方开挖、运输、堆放、压实等环节都需要严格按照施工方案进行，确保施工过程中的安全和质量。同时，还要注意对施工区域的环境保护，减少施工对周边环境的影响。例如，可以通过设置排水系统、覆盖防尘网等措施，减少施工过程中的水土流失和扬尘污染，另外在土石方施工过程中，还需要加强对施工现场的监测和检查，及时发现并解决施工中的问题，确保施工进度和质量[2]。

施工现场的环境保护不仅关系到工程周边的自然环境和生态平衡，也关系到施工人员的工作环境和身体健康。首先，施工现场的环境保护需要从源头上进行控制，即在施工前对施工区域的环境进行评估和监测，了解施工区域的环境状况，制定出合理的环境保护方案。其次，施工现场的环境保护需要通过各种措施来实现，如设立专门的环保机构，加强对施工现场的监管和检查，确保施工过程中的环保措施得到有效执行。同时，还需要加强对施工现场的绿化和美化，提高施工现场的环境质量，为施工人员提供良好的工作环境。另外，施工现场的环境保护还需要施工人员的积极参与和配合，通过加强环保意识和培训，提高施工人员的环保意识和能力，使他们在施工过程中能够自觉地遵守环保规定，做到文明施工。

3 土石方施工技术在水利水电工程中的应用

3.1 土石方开挖技术

土石方施工技术在水利水电工程中的应用是至关重要的，关系到工程的质量和进度。

机械开挖是水利水电工程中最常用的土石方开挖方式。

（1）机械开挖的速度快，效率高，可以大大缩短工期，节省工程成本。其次，机械开挖的精度高，可以精确控制开挖尺寸和形状，为后续施工提供良好的基础。此外，机械开挖的安全性也很好，降低了施工人员的安全风险。然而，机械开挖也存在一定的局限性。一方面，机械开挖受限于地质条件，如地质复杂、地下水丰富等地质条件会严重影响机械开挖的效率和安全性。另一方面，机械开挖也受限于施工环境，如空间狭小、交通不便等施工环境会大大增加机械开挖的难度。

（2）爆破开挖。与机械开挖相比，爆破开挖在处理复杂地质条件方面具有明显优势。爆破开挖可以有效解决机械开挖难以触及的部位，如岩石的陡峭立面、隐蔽的裂缝等。爆破开挖的速度虽然不如机械开挖快，但其对复杂地质条件的适应性强，可以在短时间内完成大量土石方开挖任务，然而爆破开挖也存在一些问题[3]。首先，爆破开挖的安全性较差，一旦操作不当，会引发安全事故。其次，爆破开挖对环境的影响较大，可能会导致周边环境的震动、噪音污染，甚至可能影响到周边建筑物和设施的安全。

机械开挖和爆破开挖各有优缺点，应根据具体的工程地质条件和施工环境选择合适的土石方开挖方式。同时，在施工过程中，要充分考虑施工安全和对环境的影响，确保水利水电工程的质量和进度。

3.2 土石方运输技术

合理运输土石方，可以减少对环境的影响，降低工程成本，提高施工效率。在实际施工中，通常会采用多种运输方式，如公路运输、铁路运输和水路运输，根据实际情况选择最合适的运输方式。在水利水电工程施工中，采用运输技术，不仅可以提高施工效率，降低工程成本，还可以减少对环境的影响，保护生态环境，实现可持续发展。此外，施工人员应严格按照施工规程操作，确保施工安全。同时，还要注意施工过程中的环境保护，减少对生态环境的破坏。总的来说，土石方运输技术在水利水电工程中的应用，对于提高施工效率，降低工程成本，保护生态环境，实现可持续发展具有重要意义。

3.3 土石方压实技术

在众多压实方法中，振动压实、滚动压实和冲击压实各具特点，广泛应用于不同的施工场景。

首先，振动压实技术在细粒土和松散土层的压实中效果显著，通过振动设备的振动频率和振动力，有效地破坏

土颗粒之间的粘结力和表面张力，使得土颗粒重新排列并紧密结合，从而达到提高土体密实度的目的。振动压实不仅能够提高压实效果，而且具有较高的压实效率，特别适用于对施工进度有要求的工程。其次，滚动压实技术在中粗粒土和岩石的压实中具有独特的优势。这种压实方式利用压路机的自重和行驶产生的滚动压力，对土石材料进行持续的压缩，使得土石颗粒间的作用力增强，从而达到提高土石方密实度的效果。滚动压实具有压实速度快、稳定性好等特点，能够在保证压实质量的同时，提高施工进度。再者，冲击压实技术在特殊地质条件和紧急工程中，通过冲击设备产生的高速冲击力，对土石材料进行瞬间压缩，从而破坏土石颗粒间的结构，达到提高土石方密实度的目的。冲击压实施工速度快，适应性强，特别适用于施工条件复杂或时间紧迫的工程。

3.4 填筑技术

水平填筑、倾斜填筑和分层填筑是填筑技术的三大主要方法，各有特点和适用范围。水平填筑适用于地形平坦的地区，该方法具有施工方便、进度快等优点。施工过程中，填筑面与地面平行，填筑材料可直接从运输车辆上倾倒，然后用推土机进行平整。由于填筑面较大，施工人员可以同时进行多道工序，大大提高了施工效率。此外，水平填筑对地基的处理要求相对较低，一般情况下，只需对地基进行简单的压实处理即可。然而，水平填筑也存在一定的局限性，如填筑高度较大时，边坡稳定问题需要特别注意。

倾斜填筑适用于地形坡度较大的地区，可以有效利用地形，减少填方数量。倾斜填筑时，填筑面与地面形成一定角度，填筑材料从高处向低处倾倒，然后用推土机进行平整，倾斜填筑的优点在于可以节省填方材料，降低工程成本。但同时，这种方法对边坡稳定性的要求较高，需要采取一定的措施进行加固，以防止边坡坍塌。此外，倾斜填筑的施工进度相对较慢，对施工技术的要求也较高。

分层填筑是一种压实效果好、工程质量高的填筑方法。该方法将填筑材料分层填筑，每层厚度控制在一定范围内，然后用压路机进行压实。分层填筑的优点在于可以有效提高填筑材料的压实度，保证工程质量。同时，分层填筑对地基的处理要求较高，需要对地基进行充分的压实和处理。此外，分层填筑还具有施工进度相对较快的优点，有利于缩短工期。但分层填筑的缺点是填筑材料用量较大，工程成本相对较高。

总之，水平填筑、倾斜填筑和分层填筑各有优缺点，施工过程中应根据地形、地质条件及工程要求选择合适的填筑方法。在实际施工中，还可以根据需要将多种填筑方法相结合，以达到最佳施工效果。同时，填筑施工过程中，要注意边坡稳定、地基处理等关键问题，确保工程质量和安全。

3.5 平衡施工技术

水利水电工程是一项规模宏大的建设项目，其中包括了众多子工程。为了保障这些子工程的顺利开展，必须采用合适的土石方开挖技术。而在土石方项目的实际施工中，平衡施工技术的使用起着至关重要的作用。平衡施工技术的质量将直接影响到土石方开挖的平衡，因此，在实际的使用中，大多采用分段法以及网格法作为保证土石方平衡的主要措施。

在我国当前的水利水电工程项目施工中，土石坝工程的数量较多。随着我国水利水电工程规模的不断扩大，对平衡施工技术的需求也日益增长。因此，在平衡施工技术的选择上，必须以更加科学、合理的施工技术为主，从而全面提升土石坝的施工质量，满足水利水电工程项目的实际需求。分段法和网格法是两种常用的平衡施工技术。分段法是将整个土石方工程分成若干个段落，每个段落独立进行施工，以达到整体平衡的目的。这种方法的优点是可以灵活调整施工进度，但需要对每个段落的平衡进行精确计算[4]。网格法是将土石方工程划分为网格状，每个网格独立进行施工，以达到整体平衡的目的。这种方法的优点是可以精确控制每个网格的施工量，但需要对整个工程的网格划分进行精确设计。

在实际施工中，为了保证土石方工程的平衡，还需要注意以下几点。首先，要进行充分的现场调查和地质勘察，了解地质条件和地形地貌，为平衡施工技术的选择和施工方案的制定提供依据。其次，要进行科学的施工组织和调度，合理安排施工进度和人员设备，确保施工过程中的安全和效率。最后，要进行严格的质量控制和监测，对施工过程中的土石方开挖和堆放进行精确测量和监控，及时发现和解决问题，保证土石方工程的平衡和稳定。

4 结语

水利水电工程中土石方施工技术得到了广泛应用，现有技术已经相对成熟。但根据不同地质条件、施工环境和工程要求，需要灵活选择和组合土石方施工技术，以实现高效、安全、经济的施工目标。总而言之，我国水利水电工程土石方施工技术的不断 发展，为我国社会经济的进一步提升做出了积极引导作用。

[参考文献]

[1]唐伟.土石方开挖施工技术在水利水电工程中的应用分析[J].四川水泥,2023(6):169-171.
[2]段志伟,杨寿碧,何斌.水利水电工程土石方施工技术分析[J].科技创新与应用,2022,12(8):138-140.
[3]张福文.水利水电工程中土石方施工技术应用的有效性探究[J].现代物业(中旬刊),2020(5):160-161.
[4]乔晓鑫.水利水电工程中土石方施工技术探究[J].科技创新与应用,2019(19):167-168.

作者简介：王雪婧（1985.9—），毕业院校：宁夏大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：升升集团有限公司，职称级别：中级。

论水利水电工程基础处理施工技术探析

孟 欣
单县第一水利工程有限公司，山东 单县 274300

[摘要]水利水电工程中地基建设是确保工程稳定性和长期可靠性运作至关重要的一环。施工时期施工方法极为关键直接关乎水利工程品质经济回报，目的在于分析现今水利水电工程设施建造工艺的种类，涵盖地基加强方法、桩基建设技术、土壤优化技术等，并分析其适用情况及关键步骤，经过比对评价剖析各类底层加工技术方面评估。文中总结出相应的应用手段，旨在为水电工程建造基本操作给予理论依据操作指南。

[关键词]水利水电工程；基础处理；施工技术；地基加固；桩基；土体处理
DOI：10.33142/hst.v7i10.13881　　中图分类号：TV51　　文献标识码：A

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

MENG Xin
Shan County First Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Shan County, Shandong, 274300, China

Abstract: Foundation construction is a crucial part of ensuring the stability and long-term reliable operation of water conservancy and hydropower projects. The construction method during the construction period is extremely critical and directly related to the quality and economic return of water conservancy projects. The purpose is to analyze the types of construction techniques for current water conservancy and hydropower engineering facilities, including foundation strengthening methods, pile foundation construction techniques, soil optimization techniques, etc., and analyze their applicability and key steps. Through comparative evaluation and analysis, various bottom processing technologies are evaluated. The article summarizes the corresponding application methods, aiming to provide theoretical basis and operational guidelines for the basic operation of hydropower engineering construction.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; foundation treatment; construction technology; foundation reinforcement; pile foundation; soil treatment

引言

配合我国水利水电工程发展的不断进步，根本建设水平技术也在不断提高。施工底层加固技术方法不但关乎施工效率和成本，还直接影响工程的稳定性和持久性。在诸多地形状况及水资源情势中，谨慎挑选基础解决方案途径十分关键，资料将融入现今水电建设项目的现实需要，探讨施工基本技术的现状分析，研究其在施工阶段的运用发展方向。

1 水利水电工程基础处理技术

水利水电工程基础设施的根本性提升方法是保障建筑结构稳定性与使用周期重要组成部分，其根本目标是旨在借助改进基础设施来提高，提升其承载能力和抗变形属性，关键技术处理包括强化地基加固、桩基工程施工、土壤优化诸多环节。涉及，比如振动加固、注浆加固等地基处理技术，适应于各类地质状况，有助于显著增强地基承载能力，降低沉降量。而桩基结构施工技术则借助地下深处形成桩基，使载荷传导至更坚固的地层，有效处理了地表松散脆弱的土壤问题，特别是在水位偏高、土壤疏松的区域里，桩基建造尤为关键[1]。

土体处理技术包括地基换土、土壤固化等，适用于软土地区，通过改善土壤的物理和化学性质，增强其承载能力，提升地基稳定性。在修建设计及建设阶段，各种基础加强方法选用与运用须要综合考虑项目特定要求、地质状况和经费预算等多种因素。因此，整合应用多种方法技术，借助恰当合理建造技术，可以明显提升水电项目整体品质与稳定性。另外，伴随科技持续提升同发展速度，新型基础加工技术如自动化的监控技术管理方法技术上运用，更为显著提升了建造过程中的精确性和效率性。方法的有效应用，从而提高了水利施工的品质，同时也为维护人类生命与财产的安全、推动国家经济可持续增长与进步提供了稳固的支持，据此，攻关与开拓符合水利水电工程地基加固工程的施工方法，转变为崭新建筑施工关键研究领域。

2 主要基础处理施工技术

2.1 地基加固技术

地基加固技术在水利水电工程中扮演着极其重要的角色，其根本目的是提升地基的承载与稳固水平，从而确保工程结构的稳定与安全。伴着水利水电工程体积不断扩大和复杂性提升，传统的地基处理技术现已不再符合现今工程需求。所以，许多新式地基加强方法逐步涌现，地基加固技术的应用主要涵盖了振动加固、注浆处理、钢筋混

凝土加固、更换地基土等多种方法。利用振动沉桩法属于利用机械振动使桩体牢固深入土层方法，这种技术明显有效提高地基承载能力，同时降低建筑过程中对周边环境的损害，加强巩固方法则采用将水泥、填补物等注入土层中，填充地层的裂缝，因此增强地质的承载力和稳定性[2]。这项技术专门应用于用于松散土壤层和加强土壤层与岩石与土壤交界面的要求。加强水泥铁筋构造体应用于基层增加水泥层加固方式，增强承载力和耐压性，适合承载重型负荷建筑物部件，土壤改良就是去掉不好的土壤层，用好的填充土进行补充，以此来增强地基的承重能力和稳固性。施工阶段，依照地质状况及施工标准，时常须要合并使用各类地基强化手段，旨在实现优异的强化成效。与此同时，伴随建筑施工项目持续发展，地基加强措施也不断革新，例如利用智能化监控平台即时监管加强成效，保障施工品质与安全性能。因此，全面探究与利用根本提升技艺，将加快水利电力项目的顺利开展给予坚实支撑，同时推进技术领域进步奠定基础。

2.2 桩基施工技术

桩基建设方法是在水利水电工程中极其关键主要施工手段。大量用于维持巨型构筑物工程，保障稳固性和使用周期，借助桩体承担建筑或结构的重量送达较深且地质结构更稳固的地层，以此保障地基坚固可靠，避免地基下沉及偏移。在进行桩基工程施工时，一般的桩基种类包括预制的桩基、现场浇筑桩、桩锤打桩法等，各个桩基种类在应用时各自有特定的适用场景和优缺点[3]。预先制作的桩称为在制造场所于生产车间事先制作完成，之后运送至工地进行打桩作业，该技术优势体现在施工周期短、质量较为稳定，同时有能力达成快速完成掉众多桩基工程。但是，预定桩作业期间须要顾及周边环境因素项影响因素，防止由于振动引起周边建筑受损。同时，桩端规划和长度和规格须要依地质状况实施细致挑选，以此保障桩的承载力。混凝土桩通过现场钻孔后，利用注浆技术填充并硬化，以此构成基础结构，那样的基础设施建设方式灵活性很高，非常适合各类地质形态。特别是松软土质层和多孔性地层易发区域，钻孔桩工程需要严格监管混凝土的浇筑质量和施工各项参数，旨在防止桩体出现孔洞或裂痕。通常情况下，打桩作业包含钻孔、清孔、注入混凝土及保养多个环节，每个步骤需要周密计划和实施。

桩基础沉击技术是利用重物自由落体对桩体进行敲击，以此来达到推动桩基稳固进入土层。这种方法适用于硬质土层，能够明显地提高桩柱基础的承载能力。虽然锤击工艺桩基工程费用相对较低，但是对周边环境振动干扰显著，所以施工阶段前期必须开展全面环境影响的评价，桩基建设的核心技术展现于此精准挑选桩的类型、桩的高度、桩的直径大小及桩的数量级，依据工程的具体需求和地质状况编制科学的施工计划。与此同时，施工过程中应加强质量监管，适时实施检测及评价，保障桩基工程质量与稳定性能[4]。

为了提升桩基建设技艺水准，近几年，众多尖端的建造器械及技术手段应用于桩基工程领域，如自动化打桩机械、智能监控系统等，各类先进技能使用不但提升了建造速度，同时有能力同步检测建造过程中的各项指标，保证建造质量与安全保障。应用电子化工具，对桩基建设的施工过程执行信息解析与加工，将可用作未来施工指导关键的依据资料。桩基施工技术在水电站建设中起到了核心作用，优秀的设计和施工环节对于确保工程质量和建设安全尤为关键，伴随著著技术持续性提升，桩工建造技术的运用范畴也在不断扩充，将来可能会更广泛种类工程中展现更显著的功能。

2.3 土体处理技术

土地整合技术是水利工程项目地基加固增强关键环节，目的在于在达到增强地基支持力稳定度，保障工程的稳定性长期稳定。关键土地改良技术涵盖了增强地基稳定、替换泥土成分、进行土体注浆强化、实施深层搅拌融合以及进行化学固化处理等方面。配套技术的选用与运用需基于地质环境的特殊性、项目的具体需求以及施工场地的实际情况，进行详尽的评价。地基增强划分为频繁使用的土壤增强方法众多类型其中之一，核心思想得以实现施加于外部作用或添加辅助材料从而增强土壤的承重能力，广泛应用的增强方法包括固定填充法、充实加固技术、固定锚定技术等，加固注浆工艺应用针对性地地层灌入混凝土或化学浆液，令地层颗粒粘合，进而增强建筑物的稳定度和承载力。注浆方法适用范围覆盖众多地质形态，尤其是在疏松及不稳定土层中成效极为明显。另外，加强稳固技术采用土体之中安装支架，提升土体稳固性，普遍应用于斜坡加固工程、土体结构墙体等工程，土壤改良技术是将原有土壤移除，替代为更稳固的物质。该种手段经常应用于松散土壤或遭到污染的泥土治理阶段，替换之后物质种类或许含有小石子、沙子或各种具备出色的特点的物质，执行土地整治，能够明显地增强土壤的承载力和抗沉降能力。但是，土壤替换方法执行须要考虑建筑项目经济因素和实施可能性，防止对周围环境带来不良影响[5]。

精细融合混合技术是近几年迅猛进步的相似土壤固化技术手段，关键借助机器混合将硬化剂与现有土体搅拌，创造出独特的土体结构。这种方法同时提高了地面的承压能力和抗变形能力，还提升了其透水性和耐寒性。深度混合技术适用于多种地质结构的松散地层和潮湿区域，广泛应用于工程项目的地基加固、土体支撑结构以及增强地基等方面。土体强化方法主要涉及采用灌注加固材料来提升土壤的物理力学特性。众多的材料涵盖水泥基浆、有机溶剂、聚氨酯浆料等，灌浆技术同样地具备增强地基承重能力，并且有效管控地下水位线和降低土体渗透性，预防地

基下沉和坍塌等工程难题，注浆方法具备施工便捷、影响区域有限等优势，适宜应用于各类土层的治理。地层强化是采用对土壤加入药剂，让土壤在化学变化期间生成形成坚硬的质地化结构，化学强化技术方法特别适用应用于土壤中的有害成分治理和特定种类土壤固化处理过程[6]。

伴着科技领域发展，智能技术和自动化技术方法在土壤改善过程使用逐步提高，现代化的土壤改善机械搭载智能化的操控系统，具备即时检测土壤状况和工程进度各种指标，提升工程精准度与效率。土壤改良技术在水工建设领域中具有极其关键的角色，运用适宜运用多种土壤处理方法，能够显著增强基础层承载力稳定性能，因此确保工程安全与持续运行。伴着技术进步的持续推动，将来建筑工程技术工艺将在新型建筑材料、新型机械设备和创新工艺带动下，展现更加宽广发展潜力。

3 基础处理施工技术的应用策略

初步规划施工方法的运用技巧在水利水电工程环节扮演着关键角色作用，其目的在于是保证地基坚实与承载能力，以满足工程所需条件。根本处置方式的明确应依据细致的地质勘探和现场监测，通过对土壤本质特性、状况和地下水位状况细致地研究，工程人员能够精确判断进行地基处理的需求，选取适宜的建筑方法。另外，先进的地质勘查技术，如地质雷达探测技术、超声波检测技术和电磁探测技术等，有助于工程师们更加全面地掌握土壤结构层次状况和特性参数，因此故为保障地基处理技术应用确保坚实基础。在执行基础设施建设技术时，施工安排和项目管理非常关键。工作启动之际，应拟定细致的实施方案，具体界定每个工作阶段的完成准则与要求事项。施工阶段，项目负责人必须全面监督工程进度情况、施工质量及施工安全状况，保障所有工程任务依照预定计划顺畅执行[7]。

根本生产构建工艺的优化升级同样提升建筑品质极其重要因素。随着科技发展，许多先进物质和建筑工具逐步投入市场销售，如高强度加强物质、自动化建筑机器等，众多高端材料及先进设备的应用，不但提升了基础处理效率，还优化了处理成效。举例来说，采用先进材料实施注浆工艺，能够明显增强土壤密实度与稳定性，同时降低对生态环境的负面影响。另外，智能型装置的应用使得建筑工程进一步精准度和智能程度，减少了人为失误风险，增强了工程建设的安全性。在基础设施管理建造技艺阶段中，信息化手段的应用也极为重要步骤，采用构建数字化管控平台，建筑企业能够完成对施工过程全面监管管理调整，使用数字化手段，工程师能够立即获得施工现场各种信息，迅速识别并解决潜在难题，提升建设过程中的精确性安全性能。与此同时，数字化管理平台亦能够为即将到来的施工阶段供应数据支撑，构建完备流程管控，保障各个步骤顺畅进行。基础施工技术的应用方式应该以精确探测作为基础，以严格管理为支撑，以灵巧的技艺作为方法，以创新发展为动力，采用各类方法全面实施，有助于显著提高水利建筑项目建设质量和效率性，为工程长期稳定运行确保稳固保障措施。在未来的发展中，随着新技术的不断涌现，基础建设施工技术将迎来更宽广的应用市场，为水力电力工程的长期发展做出更大贡献[8]。

4 结语

综上所述，水利水电工程基础设施建设的施工技术探讨不仅关注技术实践的成效，更加注重了管理的重要性与人员素质的必要性。随着重大工程所需技术要求持续更新，基础建设施设建造技术将持续进步，以适应未来更为复杂的水利水电工程建设需求，为建设稳定性及安全给予坚实保护。

[参考文献]

[1]孙欣跃.水利水电工程基础处理施工技术探析[J].黑龙江水利科技,2024,52(8):72-74.
[2]李秉宏.水利水电工程基础处理施工技术的分析[J].水上安全,2024(12):46-48.
[3]陈胜森.防渗处理施工技术在水利水电工程中的应用[J].新农民,2024(4):40-42.
[4]张利静.水利水电工程基础处理施工技术研究[J].内蒙古水利,2024(1):36-37.
[5]卢志斌.水利水电工程施工中不良地基处理技术分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):80-82.
[6]刘安富.水利水电工程施工中有关不良地基处理技术[J].水利水电技术(中英文),2022,53(2):225-229.
[7]王久春.水利工程施工中软基基础处理技术分析[J].运输经理世界,2020(16):139-140.
[8]刘晓伟.浅析水利水电工程基础处理施工技术[J].居业,2021(8):77-78.

作者简介：孟欣（1993.2—），毕业院校：中国农业大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：单县第一水利工程有限公司，职务：项目经理，职称级别：工程师。

电力行业 EPC 项目档案管理探讨

张 娜
辽宁龙源新能源发展有限公司，辽宁 沈阳 110000

[摘要]在电力行业中，EPC（设计-采购-施工）项目通过整合设计、采购与施工环节，显著提高了项目管理的系统性与协调性。然而，这种项目模式的复杂性同时也对档案管理提出了更高的要求。关键文档，如设计图纸、合同文件、设备采购清单、施工日志和质量验收报告，必须全面记录项目的全过程。随着项目规模和复杂性的不断增加，传统的纸质档案管理方法逐渐暴露出其局限性。现代数字化档案管理系统的引入，成为应对这些挑战的有效途径。文中将探讨电力行业 EPC 项目中档案管理的现状、存在的问题及其改进措施，旨在通过优化档案管理，提升项目的整体管理水平，进一步增强项目的效率与成果。
[关键词]电力行业；EPC 项目；档案管理；问题分析；管理措施
DOI：10.33142/hst.v7i10.13888　　中图分类号：TM7　　文献标识码：A

Exploration on EPC Project Archive Management in the Power Industry

ZHANG Na
Liaoning Longyuan New Energy Development Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: In the power industry, EPC (Engineer-Procure-Construct) projects significantly improve the systematic and coordinated management of projects by integrating design, procurement, and construction processes. However, the complexity of this project model also poses higher requirements for archive management. Key documents such as design drawings, contract documents, equipment procurement lists, construction logs, and quality acceptance reports must comprehensively document the entire process of the project. With the continuous increase in project scale and complexity, traditional paper-based archive management methods are gradually exposing their limitations. The introduction of modern digital archive management systems has become an effective way to address these challenges. The article will explore the current situation, existing problems, and improvement measures of archive management in EPC projects in the power industry, aiming to optimize archive management, enhance the overall management level of the project, and further enhance the efficiency and results of the project.
Keywords: power industry; EPC projects; archive management; problem analysis; management measures

引言

在电力行业，EPC（设计-采购-施工）模式将设计、采购及施工环节整合为一个连续的管理链条，从而显著提高了项目的效率与协调性。对于这种模式，在项目的每个阶段，包括设计图纸、合同文件、设备采购清单、施工日志和质量验收报告等，必须进行全面且准确的记录。尽管《建筑工程文件归档规范》等行业标准明确了档案管理的流程，确保了文档的完整性、准确性及安全性，实际操作中却常常面临若干问题。档案更新的滞后问题频繁出现，档案保护设施的不足也时有发生。此外，档案管理人员的专业能力不足，档案整理的不规范以及档案材料的冗余现象，都显著影响了信息的及时获取与有效利用。这些问题不仅降低了项目管理的效率，还可能引发不必要的争议。信息技术的进步推动了数字化档案管理系统的应用，大幅提升了数据存取的效率与安全性。数字化技术的引入，优化了档案管理流程，加快了信息共享与检索的速度。深入探讨电力行业 EPC 项目档案管理中的现存问题及改进措施，对于提升项目管理水平至关重要。

1 电力行业 EPC 项目档案管理概述

在电力行业中，EPC（设计-采购-施工）总承包项目通过设计、采购与施工三大环节的整合，EPC 模式显著提升了项目管理的系统性与协调性。然而，对档案管理的要求也因此提高。这些项目档案，涵盖设计图纸、合同文件、设备采购清单、施工日志以及质量验收报告，需全面记录整个项目过程。信息透明度的提升和资料的及时归档与准确追溯，均依赖于有效的档案管理，进而增强了项目管理的规范性与科学性。

在 EPC 项目中，档案管理的复杂性不仅体现在文件种类繁多，还体现在动态更新的要求上。必须及时更新各阶段产生的文档，这对档案管理系统的实时性与准确性提出了严格要求。依据《建筑工程文件归档规范》等行业标准，详细制定了档案管理流程。通过这些标准的实施，档案管理的完整性与系统性得以保障，同时有效防止了技术信息与合同资料的泄露，确保了数据安全和信息保密。传统纸质档案正逐步被电子档案管理取代，随着信息化技术的发展。现代档案管理软件，通过数据库技术、云存储及网络传输手段，实现了自动化的档案管理。自动化手段使档案

的收集、整理、分类和归档过程得以高效完成。利用如：

$$E = \frac{A}{B + C}$$

（其中 A 和 B 为常数，C 为管理投入）的数学模型，可以评估档案管理方案对项目进度和成本的影响，从而提供优化建议。根据相关统计数据，数字化档案管理系统的实施将工作量减少约 30%，管理效率提高 20%以上。在电力行业 EPC 项目中，数字化档案平台的建立实现了档案数据的动态更新与实时共享，不仅提升了档案管理的准确性与安全性，还显著降低了人工操作中的错误率，从而提升了项目的整体运作效率。此外，数字化系统有效保障了档案的长期保存与后续检索。

2 档案管理在现代 EPC 项目中的重要性

在现代电力行业的 EPC（设计-采购-施工）总承包项目中，通过整合设计、采购与施工环节，EPC 模式极大地提升了项目管理的系统性与协调性。然而，这种复杂的项目结构对档案管理提出了更高的要求。项目档案，包括设计图纸、合同文件、设备采购清单、施工日志以及质量验收报告，需全面记录整个项目过程。只有有效的档案管理系统才能确保信息的透明性，使资料及时归档并准确追溯，从而提升项目管理的规范性与科学性。

设计阶段，设计图纸、设计说明书、技术标准等文件被及时、准确地归档，以便项目各方查阅。这些档案不仅反映了设计阶段的成果，也为后续施工与验收提供了基础数据。通过建立详尽的档案管理系统，某大型电力项目在施工阶段的设计变更减少了 20%，从而显著提高了施工效率。采购阶段的档案管理同样至关重要。大量的合同文件、采购清单及供应商资质等资料，其准确性直接影响项目推进。通过有效的档案管理，可以保证采购资料的真实性，减少因信息不全或错误引发的合同纠纷。引入数字化管理系统后，采购文件的归档与检索变得更加高效，采购周期缩短了 15%。施工阶段涵盖的档案管理，包括施工日志、进度报告及质量检验记录，必须详细记录每一环节，以便监督施工质量。这些档案为施工质量提供了追溯依据，也为项目后期的验收与维护工作提供了参考[1]。施工阶段档案管理的改进，质量问题发生率降低了 10%，从而显著提升了项目的整体质量水平。

在验收过程中，施工记录的汇总与检查必须准确无误，以确保项目符合合同要求及质量标准。验收档案，包括验收报告、检验记录、合格证书等，需被精确归档，以便后续审计与维护工作。通过建立完善的档案管理体系，验收过程中发现问题的概率提高，审计时间减少了 25%。

3 电力行业 EPC 项目档案管理中存在的问题

3.1 档案管理与项目建设不同步

在电力行业 EPC 项目中，档案管理经常滞后于项目建设的实际进度，各阶段如设计、采购、施工等，需及时更新档案以匹配项目进展。然而，实际情况却是档案的更新未能同步跟进，造成了档案信息与实际工作之间的不一致[2]。例如，设计阶段的变更未能及时记录在档案中，施工阶段的进展也未被及时归档。大型项目中，档案管理与建设不同步的问题尤为严重，这种信息不一致不仅造成了项目协调的困难，还引发了额外的管理争议。

3.2 档案保护设施不健全

电力行业 EPC 项目中尽管档案保护对于确保档案安全与完整至关重要，实际情况却是相关设施的投入严重不足。档案面临的风险包括环境因素、物理损坏及盗窃等。缺乏必要的温湿度控制以及防火防盗措施，使档案容易受到自然环境的影响而损坏。存储空间的设计与实际需求之间的差距，也使得档案的存储条件不符合要求。

3.3 档案管理人员的数量和专业度不足

电力行业 EPC 项目中，有效的档案管理需要足够数量的专业人员来负责整理、归档、检索及维护。然而，现有的档案管理人员数量常常不足，且其专业能力亦未达到预期。这种情况导致了工作负担过重，使得档案的准确性与完整性难以保证。同时，一些档案管理人员缺乏系统培训，对管理标准和流程了解不深。这种人员及能力的短缺严重限制了档案管理工作的有效进行。

3.4 档案的整理不够规范

在电力行业 EPC 项目中，档案整理应包括分类、编号、索引及存放等多个方面的规范要求。然而，实际操作中，档案整理经常存在不规范现象。例如，档案分类不明确，文件丢失频繁，以及档案索引的缺失。这些整理上的不足不仅使得档案检索变得困难，还增加了信息丢失的风险。规范性不足的整理工作影响了档案的使用效率及管理质量，降低了整体档案管理水平。

3.5 电力行业 EPC 项目档案材料确实现象严重

在电力行业 EPC 项目中，档案中存在大量重复材料、无效记录及过时文件。项目文件不断更新与变更过程中，部分档案未能及时清理和更新，结果是大量过时与冗余材料的积压。这种现象不仅占用了大量存储空间，还增加了档案管理的难度，使得有效信息的提取变得更加困难。确实问题影响了档案利用效率，并增加了管理成本，对项目后续审计及评估工作造成了困扰。

4 提高档案管理水平的有效措施

4.1 完善档案管理制度

档案管理制度的完善，是提升档案管理水平的基础，建立一个涵盖档案生命周期的科学管理制度，包括收集、整理、保存、利用及销毁等环节[3]。具体来说，详细的规程必须制定，例如档案分类标准、编号规则及存储要求，以保证操作的统一性与规范性。档案的分类和编号规则需明确规定，以确保每份档案能按统一标准处理。存储条件同样应在制度中明确规定，包括温湿度控制、防火防盗措施等，这些措施能够有效保障档案的长期安全。制度中还需包括对管理人员的培训与考核。系统培训的实施，可以

显著提升管理人员的专业能力，确保其掌握最新的管理知识与技能。考核的定期进行，有助于评估制度的执行效果，并及时发现与解决实施过程中出现的问题。同时，明确档案管理岗位的职责与权限，对于确保管理工作的高效运转具有关键作用。

4.2 建立管理体系

建立完善的档案管理体系，对于提升管理水平至关重要。一个全面的管理体系，应包含组织结构、管理流程、技术支持及监督机制等方面。组织结构中，档案管理部门的职能与职责需明确划分，以形成完整的管理链条。档案管理员、技术支持人员及数据分析师等岗位，应根据各自职责进行设置，以确保管理工作的顺畅进行。管理流程的制定，必须涵盖档案生命周期的每个环节，包括创建、收集、整理、存储、检索及销毁等。每个环节的操作标准应以高效性与规范性为基础，确保流程的明确。例如，存储环节的要求需包括存储位置、环境条件及访问权限等方面。引入档案管理系统，技术支持方面将大幅提高管理效率。系统应具备数据录入、检索、备份及恢复等功能，以支持日常管理工作。同时，有效的监督机制应建立，以确保管理流程的落实，及时识别并解决管理中的问题。

4.3 提升项目工程建设中档案管理人员的综合素质

档案管理人员综合素质的提升，是提高档案管理水平的关键。除了基础的档案管理技能外，广泛的专业知识、沟通能力及解决问题的能力同样必不可少。系统培训与教育，可以显著增强管理人员的专业知识，涵盖档案管理理论、相关法律法规及实际操作技能。定期培训有助于管理人员掌握最新的知识与技能，以应对日常工作的挑战。沟通能力的提升，亦显得尤为重要。在项目中，档案管理人员需要与设计人员、施工人员及其他管理人员进行有效沟通。良好的沟通，能够帮助明确项目需求，确保档案记录的准确性。同时，解决问题的能力也需具备，以应对档案管理中的各种突发问题，确保工作的顺利进行。鼓励管理人员参与行业交流活动，也是提升其综合素质的有效途径。学习行业的最新发展趋势与最佳实践，能够帮助管理人员不断提升自身的管理水平与职业素养。

4.4 加强整个项目工程的管控工作与部门沟通

对项目工程的管控及部门间沟通的加强，对于提升档案管理水平具有重要意义。全面的管控工作，包括项目进度、质量及成本等方面，应得到妥善实施。例如，通过定期的项目进度报告机制，能够确保各方对项目进展有清晰的了解。这种机制有助于及时发现档案管理中的问题，并采取相应的调整措施。部门间的有效沟通同样至关重要。在设计、采购、施工及管理等各个部门之间，需保持良好的沟通，以确保档案信息的准确传递。沟通不畅，可能导致信息遗漏或错误，从而影响档案的完整性与准确性。通过定期召开协调会议、建立信息共享平台等方式，能够改善沟通效果，提高部门间的协作效率，确保档案管理工作的顺利进行。信息系统的应用，也能显著提高沟通效率。利用信息系统，各部门可以实现数据的共享与实时更新，不仅减少了人工操作的错误，还提高了档案存取的速度，为项目的顺利实施提供了保障。

4.5 促进档案管理的数字化进程

推动档案管理的数字化进程，是提升管理水平的重要措施。数字化不仅能够提高档案管理的效率，还能改善档案的安全性与可用性。纸质档案转化为电子档案，显著节省物理存储空间，并降低存储成本。电子档案的创建、存储与管理，可以实现快速检索，提升档案的利用效率。引入档案管理系统，是实现数字化的关键步骤。现代档案管理系统应具备数据录入、检索、备份及恢复等功能，以支持档案管理的各个环节。系统能够自动分类与索引档案，简化人工操作，并具备权限管理功能，保障档案的安全性与保密性。建立完善的数据备份与恢复机制，能够防止数据丢失或损坏，确保档案的完整性[4]。随着技术的不断进步，档案管理系统的功能与性能也需随之提升。定期进行技术升级与维护，可以引入新技术与新功能，保持系统的先进性与可靠性。同时，管理人员应接受数字化培训，以适应新的管理工具与技术，确保数字化档案管理的有效实施。

5 结束语

电力行业 EPC 项目中的档案管理至关重要。本文深入分析了档案管理的现状，识别出了若干主要问题，包括档案管理与项目建设不同步、档案保护设施不足、管理人员数量与专业能力不足、档案整理不规范以及档案材料重复等，不仅影响了档案的准确性与完整性，还阻碍了信息的有效利用。为应对这些挑战，本文提出了若干改进措施，例如完善档案管理制度、建立科学管理体系、提升管理人员素质、加强项目管控与部门沟通以及推动档案管理数字化。展望未来，数字化档案管理将在电力行业 EPC 项目中发挥日益重要的作用，通过不断优化管理方法与技术手段，将能够显著提升档案管理水平，为项目的高效运作与成功实施提供坚实保障。

[参考文献]

[1]吕卫.水电工程项目设计档案管理研究[J].四川水力发电,2021,40(5):111-113.
[2]徐玲,王玲玲.探析总承包模式下风电工程项目文件过程管控——以某电力设计国企为例[J].机电兵船档案,2024(1):42-44.
[3]王文霞.电力行业工程总承包档案管理存在问题与策略[J].中国储运,2024(6):94-95.
[4]孙屿.新形势下电力工程建设档案管理研究[J].科技风,2024(24):151-153.

作者简介：张娜（1988.1—），毕业院校：东北电力大学，所学专业：电力系统及其自动化，当前就职单位：辽宁龙源新能源发展有限公司，职务：专职档案员，职称级别：中级。

电力储能系统安全技术与应用研究

黄逸斌
大唐贵州发电有限公司黔南分公司，贵州 黔南 550700

[摘要]储能系统不仅是推动电站发展的核心技术，还在实现“双碳”目标过程中发挥着重要作用。为了保证其电力储能系统的有效应用，必须高度重视其安全性，加强储能系统的安全管理和技术创新。因此，文章探究和分析电力储能系统安全技术与应用，以期为电力储能系统提供理论支持和实践指导。

[关键词]电力储能系统；安全技术；应用
DOI：10.33142/hst.v7i10.13891　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Research on Safety Technology and Application of Electric Energy Storage System

HUANG Yibin
Datang Guizhou Power Generation Co., Ltd. Qiannan Branch, Qiannan, Guizhou 550700

Abstract: Energy storage systems are not only the core technology driving the development of power plants, but also play an important role in achieving the "dual carbon" goal. In order to ensure the effective application of its power energy storage system, it is necessary to attach great importance to its safety, strengthen the safety management and technological innovation of the energy storage system. Therefore, this article explores and analyzes the safety technology and application of power energy storage systems, in order to provide theoretical support and practical guidance for power energy storage systems.

Keywords: electric energy storage system; safety technology; application

引言

在智能电网时代背景下，电力系统面临更高的需求和更复杂的管理挑战。目前，电力储能具备快速响应、双向调节、配置方式灵活、环境适应性强、建设周期短等特点和优势，其储能技术被广泛应用于发、输、配、用各个环节，其发挥着重要的作用。预计到 2050 年，中国能源生产和终端消费环节的新能源比重将超过 50%。这一趋势意味着对储能技术的需求将大幅增长。为了有效应对这一挑战，提升电力储能系统的安全性和可靠性显得尤为重要[1]。

1 储能电站的构成

储能电站的构成主要包括电池系统、变流器、配电设备等组件，通过合理的设计和布局可以实现多种功能。例如：昆山储能电站是一个规模较大的储能电站示范工程，其整体规模是 110.88/193.6 兆瓦时，电站主要可以细分为 4 个区，共有 88 台电池预制舱，单个舱的规模为 2.2 兆瓦时。该储能电站采用磷酸铁锂的电池方案，这种电池具有高安全性和长寿命等优点，适合用于储能系统。同时通过四回 35 千伏线路接入 220 千伏昆山变的 35 千伏侧，确保了储能系统与电网的有效连接。此外，在储能电站中升压室有开关柜、变压器、PCS 等配电设备，通过对储能系统的控制和管理，实现电网的紧急功率支撑、调峰、调频和无功支撑等多重功能，从而保障电力系统的稳定运行和优化性能。

2 储能组网型和构网型的技术特点

在当今能源领域中，储能系统的发展越来越受关注，其对实现能源供应的高效、可靠和可持续具有重要意义。

目前，储能系统中组网型被广泛应用，其主要是通过 DC-DC 变流器实现虚拟并联而非直接并联电池组，以提高系统的安全性。当单组电池发生故障时，系统能够快速切断该组电池，确保系统的稳定运行。而构网型储能系统是电压源型系统，能够自行设定并输出稳定的电压和频率，即使在没有电网的情况下也能独立运行。这也意味着在电网发生故障或没有外部电网支撑时，构网型储能系统仍能维持电力供应的稳定。因此具有重要的应用前景。然而由于技术问题、成本过高、标准缺失等多种因素，还未开展大规模的推广。两种储能技术的技术特点和优缺点比较情况见表 1。

3 储能电站中经常遇到的问题

3.1 电池方面

在电池方面遇到的问题主要分为两大类。一类是电池单体电压跳变和相邻单体电压的镜像，影响电池的充放电均衡性和安全性，降低电池的工作效率和寿命。另一类是电池管理系统故障，常见的问题包括电池自检失效、模块失效、BMU 丢失、温度异常等，使得电池管理系统无法正常监控和管理电池状态，增加了系统的风险，导致电池过压、过放等安全问题[2]。

3.2 系统方面

从系统层面来看，储能电站常常遇见三种问题。一是通信系统故障，系统和设备的通信不稳定或中断，导致系统无法及时获取实时数据或发送控制指令，从而影响系统的响应能力和整体性能。二是充放电转换效率低。受到一些因素的影响电池充电和放电过程中，能量转换的损耗较高，导致电

表 1 组网型和构网型技术的技术特点和优缺点比较

内容	组网型	构网型
电网同步技术	电池模组 DC-DC 控制器	功率同步环
呈现特性	电流源	电压源
运作模式	只可并网运行	离、并网均可运行
频率变化响应	响应慢	响应快
相位变化	可突变	不可突变
系统成本	0.8 元/Wh	1 元/Wh
电压扰动响应	响应慢	响应快
优点	降低对电池组规格的要求，兼容不同类型、品级、规格的电池，提高电池间的主动均衡性；降低单一电池组性能劣化或故障对其他电池模组影响，提高电池储能系统的稳定性和服役寿命。	提供同步电压电流，为电网提供虚拟惯性；可在极端环境下提供故障穿越、黑启动等功能。
缺点	维护复杂性增加；某些不兼容的电池仍会导致性能下降或故障。	成本较高；若多台并联可能会出现环流等问题。

能的浪费，增加运行成本，并且降低系统的整体性能和经济效益。三是，响应时间长。系统在面对负荷变化或故障时，做出反应的时间过长，使得系统无法及时调整或应对变化，从而影响电力调控的效果，导致电力供应的不稳定或其他问题。

3.3 其他方面

在其他方面也会对系统的运行稳定性和安全性造成影响。一是通信线路接触不良。系统中用于数据传输和监控的通信线路在连接处存在松动或接触不良的情况，导致数据信号无法正常传输。二是风道设计不合理。电池集装箱（或升压舱）内部风道结构设计存在缺陷或不足，导致风道流通不畅，无法有效降低内部温度，造成单个集装舱或者预制舱出现升温过快的情况。

4 电力储能系统安全设计

4.1 考虑内容和注意事项

首先，在电站级的系统设计中，考虑接入系统设计，包括符合电网接入规范的技术指标、保护装置和监控系统等，确保储能电站在接入电网时能够满足电网公司的要求，并且能够安全稳定地运行[3]。

其次，根据储能电站未来的功能需求，设计适配的通讯架构，涉及实时监控、远程控制、数据传输等功能，并需要考虑通讯网络的稳定性、实时性、安全性等方面的设计。通过合理设计通讯架构能够支持储能电站未来发挥的功能，如：智能调度、远程监控、故障诊断等，确保通讯系统能够满足电站运行的需要。

最后，在电力储能系统安全防护中，厂区布置和消防设计也是非常重要的。由于当前国内缺乏相关的标准，所以更多的电站采用舱体的气体消防和站区的水消防。虽然这两种消防可以提供一定的保护，但仍需要根据具体情况进行优化和完善，确保当发生火灾时能够迅速有效地进行扑救。

4.2 电池预制舱系统设计

4.2.1 电池类型

电池的制造过程需要严格的工艺控制和高度的精密度。从原材料的准备到成品的组装，每个环节都需要符合标准化的制造流程，以确保电池的质量和性能稳定。其性能表征由许多参数组成，如：容量、内阻、电压、充放电效率、循环寿命等等，这些参数相互影响，综合起来反映了电池的整体性能水平。因此，在电气储能项目中，需要根据电站的功能目标和运行环境来选择最合适的电池类型。

4.2.2 结构设计

在结构设计中，需要对预制舱的材料要求进行重点、全面地考虑，如：焊接要求、材料选型、防尘和防雨设计、预制舱承重设计、运输加固设计等。虽然某些细节看起来微不足道，但如果忽视它们，可能会导致严重的后果，影响整个电池预制舱的运行和安全。例如：灰尘和污垢可能会影响电池和其他设备的正常运行，因此采取有效的防尘设计可以延长设备的寿命。

4.2.3 电气设计

在电气设计中 PACK 设计时需要电池之间的一致性确保每个电池的性能参数（如电压、容量等）相对接近，避免因单个电池性能差异而影响整体系统性能。同时，还需要考虑电池插箱和电池簇之间以及与其他元件之间的绝缘良好，防止电气短路和其他安全问题的发生。在接地设计中，电池插箱和电池簇的接地应当具备连续性，有效防止电气设备因静电、雷击等问题而产生损坏或安全隐患。此外， 短路是电池系统中常见的风险之一，因此需要设计有效的短路保护机制，及时检测短路并采取措施避免进一步损害，确保系统的安全运行[4]。

4.2.4 热管理设计

在热管理设计中，通过对电池的热传导、导热和散热等特性进行仿真分析，可以得到电池工作时的温度场分布情况。根据仿真结果和热量分布情况，确定合适的出风口大小，以有效地排出电池产生的热量。同时，增加扰流板改变风道内气流的流动特性，提高换热效率，提高散热效果。另外，考虑整个风道的保温性能，使得电池在适宜温度范围中运行。

4.2.5 消防设计

在消防设计中，单一的消防措施无法覆盖所有风险。所以储能系统应坚持“预防为主、防消结合”的原则，综合考虑不同消防的特点，如：被动消防是通过建筑结构、材

料等降低火灾风险；气体消防是使用气体灭火系统，能够在火灾发生时快速释放灭火气体，迅速扑灭火势；细水雾消防是通过细水雾系统有效降低温度、抑制火势，适用于特定场景下的消防需求。同时，结合电站储系统选取消防，并制定一个全面的消防策略，确保消防系统的全面性和有效性。

4.2.6 保护策略

在保护策略中，利用 BMS 全面监测电池的状态，包括电压、电流、温度等参数，及时发现电池运行异常，并采取相应措施以防止潜在风险。同时借助 EMS 对整个站电气设备的信号进行接入，提高系统的运行效率。针对储能电站运行和安全上实施多层级保护。对于不同类型的故障，通过提前设定预警机制，及时发现并处理电池系统可能存在的问题，避免事故发生或扩大。

5 电力储能系统安全技术的应用实践

在上述储能电站介绍中，了解到昆山储能电站有 4 个分区，通过机控中心管理整个电站运行，并建设了 88 台电池预制舱用于电能储存，为提高安全性，电池预制舱之间设置了防火墙，采用气体消防与细水雾消防相结合的措施，确保在发生火灾时能够有效扑灭火势。在后期运维中，通过规范化的运维管理和标准方案确保对电站设备和系统的全面管理和维护，包括设备的定期检查、维护、清洁，以及对设备运行数据的监测和分析。同时开展对不同设备特性的针对性状态评价，并进行分类评估，以及时发现设备异常，预警可能的故障。此外，储能电站的运维依靠专业的团队，包括电气、机械、控制等方面的专业人员，他们具备丰富的经验和专业知识，能够及时应对设备运行中可能出现的各种问题。

6 电力储能系统安全技术与应用的提升措施

6.1 构建完善的储能标准体系，加强贯彻执行

在电力储能中应构建完善的标准体系，不仅要关注设备本身的技术规范，还要涉及设备的使用和管理等方面，确保系统在整个使用过程中的安全和可靠性。在制定储能标准体系过程中，需要综合考虑各个环节的技术要求，以及行业实践和国际经验，使得标准更加具备科学性和实用性。然而，制定标准并不意味着安全就能自动得到保障，还需要各级从业人员必须在日常工作中严格按照标准操作，才能有效保障储能系统的安全性。通过现场检查、设备检测等方式，及时发现是否有违反标准的行为，并纠正问题，从而降低事故风险。同时通过定期培训和教育活动，帮助员工深入了解标准的重要性和具体操作方法，提升他们的安全意识和技术能力，使他们能够更好地遵守标准，确保储能系统长期稳定可靠运行[1]。

6.2 制定规范的管理制度，加强安全管理

电力储能系统在运行中需要制定规范的管理制度，明确规则和程序，使得每个环节都有清晰的操作规范，同时明确分工相关人员的职责和任务。例如：在启停设备时，遵循严格的顺序和安全操作要求，并配有设备检查和维护手册，使得操作人员清楚设备情况，防止因不当操作引发事故。另外，加强安全管理，通过规范管理、及时维护和完善的应急预案，确保储能系统在运行中的安全性和稳定性。例如：储能电站需要为操作人员制定应急预案，比如在设备过热或发生短路时，操作人员该如何迅速判断问题、关闭设备以及启动紧急电源。同时定期开展消防演练和设备故障排查，提高人员应对突发事件的能力。

6.3 加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用

在电力储能系统中加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用具有重要意义。研究和应用新型材料，如：高性能电池材料、隔离材料等。通过利用先进的材料科学技术，开发出具有高能量密度、快速充放电特性和长寿命的电池材料，从而提高储能系统的整体性能。同时，还需要加强新技术的探索，利用智能监测技术，实现对储能系统各项参数和运行状态的实时监测和分析，及时发现问题、预警风险，并采取相应措施，确保系统稳定运行。

6.4 强化储能系统安全设计，加强消防安全

在储能系统的设计阶段加强安全性考虑，不仅要合理规划设备布局，考虑到设备之间的距离、通道设置等，确保设备运行时的安全性和便捷性。还需要根据设备的特性和安全要求，设置合理的安全距离，预防因设备故障或突发情况引发的安全风险，如短路、火灾等。此外，储能系统安全保障中消防安全是非常重要的一部分，建立完善的火灾报警系统，包括烟感应器、温度感应器等，能够及时发现火灾隐患，提高事故发现的及时性。并完善和定期检修各类消防设备，保障其在紧急情况下的可靠性和有效性，提高消防应对能力，减少损失和风险。

7 结语

综上所述，电力储能系统的安全技术具有重要的作用，不仅需要注意电站级的系统设计、通讯架构设计、安全防护等方面，还需要注重电池预制舱系统设计，有效提升电力储能系统的安全性和稳定性，保障系统运行的可靠性和持续性。在未来发展中需要构建完善的储能标准体系，加强贯彻执行，制定规范的管理制度，加强安全管理，加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用，强化储能系统安全设计，加强消防安全，进而促进行业的可持续发展。

[参考文献]

[1]李斌,刘斌,李超.新型电力系统下锂离子储能电站热安全管理技术综述[J].新型电力系统,2024,2(2):126-139.

[2]王枫,周斌,张辉.“双碳”背景下源网荷储协调互动助力新型电力系统建设[J].中国资源综合利用,2022,40(5):188-201.

[3]张智刚,康重庆.碳中和目标下构建新型电力系统的挑战与展望[J].中国电机工程学报,2022,42(8):2806-2819.

作者简介：黄逸斌（1996.1—），男，毕业院校：安顺学院，所学专业：环境工程，当前就职单位：大唐贵州发电有限公司黔南分公司，职务：电气主管，职称级别：助理工程师。

悬索光伏支架结构抗风设计方法初探

韩江明
中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着可再生能源的逐渐普及和应用，光伏发电作为清洁能源的代表之一，受到了越来越多的关注和青睐，悬索光伏支架作为光伏发电系统的重要组成部分，在支撑光伏组件的同时，承载着保障光伏系统安全稳定运行的重要责任。悬索光伏支架的抗风设计是保障支架在恶劣气候条件下稳定运行的关键环节之一。文中探讨悬索光伏支架结构抗风设计的方法与原理，深入分析风荷载特性、结构设计原理、材料科学原理以及工程实践经验，为提高光伏支架的抗风能力和稳定性提供有益参考。
[关键词]悬索光伏；支架结构；抗风设计
DOI：10.33142/hst.v7i10.13885　　中图分类号：TU393　　文献标识码：A

Preliminary Study on Wind resistant Design Method of Suspension Photovoltaic Support Structure

HAN Jiangming
PowerChina Hebei Electric Power Survey, design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the gradual popularization and application of renewable energy, photovoltaic power generation, as one of the representatives of clean energy, has received increasing attention and favor. As an important component of photovoltaic power generation systems, suspended photovoltaic brackets not only support photovoltaic modules, but also bear the important responsibility of ensuring the safe and stable operation of photovoltaic systems. The wind resistance design of suspension photovoltaic brackets is one of the key links to ensure the stable operation of the brackets under harsh weather conditions. The article explores the methods and principles of wind resistant design for suspension photovoltaic support structures, and conducts in-depth analysis of wind load characteristics, structural design principles, material science principles, and engineering practice experience, providing useful references for improving the wind resistance and stability of photovoltaic supports.
Keywords: suspension photovoltaic; support structure; wind resistant design

引言

光伏电站常常处于风能资源丰富的地区，强风环境对光伏支架的稳定性提出了严峻挑战，特别是在高海拔、沿海地区或风速较大的地方，风荷载可能对光伏支架造成严重影响，甚至导致结构破坏和光伏组件损坏，给光伏发电系统的安全运行带来不小风险。因此，针对光伏支架在强风环境下的抗风设计成为迫切需要解决的技术问题。

1 光伏支架结构概述

1.1 光伏支架的基本组成

光伏支架是支撑光伏组件的基础设施，其基本组成主要包括支架框架、支撑杆件和固定基础。支架框架是支架的主体结构，通常由铝合金或镀锌钢材料制成，具有良好的强度和耐腐蚀性能。支撑杆件负责支撑光伏组件，其设计需考虑支架的稳定性和承载能力，通常采用圆形或方形截面的钢管或铝合金材料制成。固定基础用于支撑整个支架系统，通常采用混凝土基础或地螺桩等形式，以确保支架在地面或建筑物上的稳固性。

1.2 光伏支架的主要类型

光伏支架根据安装位置和结构形式的不同，主要分为地面支架、屋顶支架和架空支架三种类型。地面支架适用于平地或山区等地形，通常采用钢构支架或混凝土基础固定，安装简便稳固。屋顶支架安装在建筑物屋顶上，可分为平面式和斜面式两种形式，通常使用轻型材料，并与建筑物结构紧密相连，节省空间且美观。架空支架安装在高架或悬挑结构上，适用于水面、荒漠等地区，可以充分利用空间并减少对地面的占用，结构简洁明快。

1.3 悬索光伏支架的特点与优势

1.3.1 结构简单稳定

悬索光伏支架采用悬挂式结构设计，将支撑杆件悬挂在主梁上，构成一个平衡稳固的支撑体系。相比于传统的地面支架或屋顶支架，悬索光伏支架在结构设计上更加简洁明了，无需复杂的地基或基础固定，悬索光伏支架采用少量的构件组装而成，结构简单清晰，易于安装和维护。支架整体结构紧凑，能够有效减少零部件的磨损和松动，降低了因构件老化而引起的维护成本[1]。由于其结构简洁、稳定可靠，无论是在平原、山区还是沙漠等复杂环境下，悬索光伏支架都能够稳定地支撑光伏组件，实现光伏发电系统的高效运行。

1.3.2 抗风能力强

悬索光伏支架强大的抗风能力源于其独特的结构设计和优良的材料选择。悬索光伏支架采用悬挂式结构设计，支撑杆件悬挂在主梁上，形成了一个相对稳定的悬挂体系，

能够有效地减少支架在风力作用下的受力情况，降低了支架结构的应力和变形，从而提高了支架的抗风能力。悬索光伏支架的材料通常采用高强度、耐腐蚀的铝合金或镀锌钢材料制造支架框架和支撑杆件，能够在恶劣的气候条件下保持稳定性和耐久性，从而保障了支架在强风环境下的安全运行。悬索光伏支架在设计过程中也充分考虑了风力荷载的影响，采取了合理的结构设计和加固措施。

1.3.3 环保节能

悬索光伏支架通常采用铝合金或镀锌钢等环保材料制造，这些材料具有良好的耐腐蚀性和可再生性，不会对环境造成污染，符合现代环保理念。光伏发电系统本身是一种清洁能源，不会排放污染物和温室气体，对环境无污染，具有较高的节能效益。支架的安装通常不需要破坏土地表面，减少了土地资源的消耗和生态环境的破坏；而且支架的运行过程中也不需要额外消耗能源，只需利用光能进行发电，无需消耗其他能源，降低了能源消耗和碳排放。

2 风荷载特性分析

2.1 风荷载的形成机理

风荷载的形成机理涉及大气运动和地表摩擦等多个因素。当地球某一区域受到不同程度的日照，地面气温升高，使得该区域的空气密度降低，形成低压区；而另一区域由于地表气温低，空气密度高，形成高压区。空气从高压区流向低压区，形成风。大气运动还受到地球自转、地形等因素的影响。地球自转会导致气流呈东北向偏转，形成常见的西风带等大气环流。地形因素也会影响风的流动，如山脉、河流、建筑物等都会使风产生变化，形成风的局部流场。地表摩擦是指风经过地表时受到地表阻力的影响而减弱。

2.2 风荷载的作用特点

风荷载在工程结构中具有多种作用特点，这些特点直接影响着结构的设计和安全性。受风速、风向、气压等因素的不断变化导致了风荷载的随机性，使得风荷载的作用难以准确预测。由于大气环流和地球自转等因素的影响，风场呈现出一定的周期性波动，使得风荷载具有周期性的变化特点。不同地区、不同高度以及不同建筑物表面的风速和风向可能存在差异，导致风荷载在结构表面产生不均匀的作用[2]。突发的强风、风暴等气象事件可能导致风荷载突然增大，对结构造成严重影响。

2.3 风荷载在悬索光伏支架中的影响分析

风荷载在悬索光伏支架中具有重要的影响，直接关系到支架的稳定性和安全性。风荷载会对支架结构产生压力和力矩，引起结构的应力和变形，特别是在强风环境下，风荷载的作用会加剧支架的受力情况，可能导致支架产生倾斜、变形或破坏，进而影响光伏组件的正常运行。风荷载的变化也会影响支架的动态响应，引起结构的振动和共振现象，风荷载还可能引起支架和地基之间的相互作用，增加了支架在地基上的承载压力，可能导致地基沉降或破坏，影响支架的稳定性和安全性。

3 悬索光伏支架结构设计原理

3.1 力学原理

力学原理是悬索光伏支架设计的基础，确保支架在外部荷载作用下保持稳定。在力学原理的指导下，进行支架的静力学分析，确定支架各部件的受力情况和力学特性，包括了支架各部件的承载能力、应力分布、变形情况等方面的分析，力学原理也涉及到支架的动力学分析，考虑支架在风载荷等外部扰动下的振动特性，以评估支架的动态响应和稳定性。

3.2 风工程学原理

风工程学原理在悬索光伏支架设计中具有关键作用，该原理通过对风场的特性进行分析，确定风荷载的大小、方向和分布规律，从而为支架结构的设计提供了重要依据。风工程学原理包括风洞试验、数值模拟和风场观测等方法，用以获取风荷载的实际数据，通过风洞试验，可以模拟不同风速和风向下的风场情况，获取风荷载的实测数据；数值模拟则利用计算流体力学（CFD）等方法，对风场进行数值模拟，预测风荷载的大小和分布情况；而风场观测则是通过实地观测和监测，获取风场的实际情况，验证数值模拟的结果。综合利用这些方法，可以准确地分析风荷载对支架的影响，为支架结构的设计提供科学依据。

3.3 结构优化原理

结构优化原理原理旨在通过合理优化支架的结构形式、材料选择、连接方式等方面，使支架在保证稳定性和安全性的前提下尽可能降低材料消耗、减轻结构重量、提高结构效率。结构优化原理的实施可以通过以下几个方面展现：首先，通过优化支架的结构形式，如增加支撑、加强连接等方式，提高支架的整体稳定性和承载能力；其次，在材料选择方面，选择强度高、耐腐蚀性好、轻质化的材料，如铝合金、镀锌钢等，以减轻支架的自重，降低材料消耗，并提高支架的抗风能力和耐久性；再者，在连接方式上，采用先进的连接技术，如焊接、螺栓连接等，确保支架各部件之间的连接牢固可靠，提高整体结构的稳定性；此外，还可以通过优化支架的布置方式、减少结构中的应力集中点等措施，进一步提高支架的抗风能力和安全性。

3.4 材料科学原理

材料科学原理主要指导支架材料的选择和应用，以确保支架具有良好的抗风性能、耐候性和耐久性。在选择支架材料时，需要考虑多个方面的因素，包括材料的机械性能、耐腐蚀性、轻质化特性、成本等。支架材料应具有良好的机械性能，包括足够的强度、刚度和韧性，以承受外部风荷载和光伏组件的重量，并保持结构稳定。常用的支架材料包括铝合金、镀锌钢等，这些材料具有较高的强度和刚度，能够满足支架在不同环境条件下的使用要求。支

架材料应具有良好的耐腐蚀性，能够抵御外界环境的腐蚀和侵蚀，保证支架长期稳定运行，特别是在海洋环境或强酸碱环境下，对材料的耐腐蚀性要求更高，需要选择耐腐蚀性能更好的材料。轻质化材料可以减轻支架的自重，降低结构的负载，从而提高支架的抗风能力和稳定性。在保证材料性能的前提下，应选择成本适中的材料，以确保支架的经济性和可持续性。

3.5 工程实践经验

工程实践经验在悬索光伏支架结构设计中至关重要，通过对历史工程案例的总结和分析，可以获取宝贵的设计、施工和运行经验，为当前的设计提供指导和参考。总结历史工程的成功经验和失败教训，可以发现各种设计方案的优缺点，为当前的设计提供借鉴和启示，还可以提供各种实用的设计原则和规范，帮助设计人员更好地进行设计决策。总结历史工程项目的施工实践，可以发现施工中容易出现的问题和解决方法，为当前工程的施工提供指导和参考。总结历史工程项目中采用的材料性能和抗风能力验证方法，可以为当前工程的材料选择和结构设计提供依据和参考。工程实践经验还可以提供各种实用的抗风技术和方法，帮助提高支架的抗风能力和稳定性。

4 悬索光伏支架结构抗风设计方法

4.1 确定设计参数

设计参数的选择直接影响支架的稳定性、抗风能力和整体性能。考虑支架的高度，根据光伏板的布置需求和地面条件确定支架的高度，通常高度越高，支架受到的风载荷越大。支架的跨度也是重要参数之一，跨度较大可以增加光伏板的布置密度，但也会增加支架的重量和受力情况。支架的倾角也需要合理确定，倾角不仅影响光伏板的日照接收效果，还会影响支架的受力情况和稳定性。支架的布置方式也需要考虑，可以选择单排、双排或多排等不同布置方式，根据具体场地条件和光伏组件布局要求确定最合适的布置方式。

4.2 材料选择

合适的材料能够保证支架具备良好的抗风能力、耐久性和稳定性。常用的材料包括铝合金和镀锌钢等，这些材料具有优良的机械性能和耐腐蚀性，能够在恶劣的环境条件下保持稳定性能。铝合金具有轻质、强度高、耐腐蚀等优点，适用于支架的结构件制造；而镀锌钢则具有良好的耐腐蚀性能和强度，适用于支架的连接件和地脚螺栓等部件制造。还可以根据具体的工程要求和环境条件选择其他材料，如不锈钢、碳纤维复合材料等。在进行材料选择时，需要综合考虑材料的性能、成本、可获得性以及适用环境等因素，确保选择的材料能够满足支架设计的要求，并具备良好的经济性和可持续性。

4.3 风载荷计算

在悬索光伏支架结构抗风设计中，进行风载荷计算是至关重要的一步。风载荷是指风对支架结构产生的压力和力矩，是支架稳定性设计的基础。风载荷的计算可以通过公式进行，常用的风载荷计算公式如下：

$$F = 0.5 \times C_d \times \rho \times A \times V^2$$

其中，F表示风载荷，C_d表示风载荷系数，ρ表示空气密度，A表示支架所受风的有效面积，V^2表示风速。

在实际计算中，需要根据具体的工程要求和环境条件确定风载荷系数和支架的有效面积，并结合当地的气象数据计算风速和空气密度。通过风载荷计算，可以为支架的结构设计和稳定性分析提供重要的依据，确保支架能够在各种气候条件下安全稳定地运行。

4.4 结构设计

合理的结构设计可以确保支架在各种外部风荷载作用下保持稳定性和安全性。合理设计支架的主体结构，包括支柱、横梁和连接件等部件，以确保支架在受到风载荷作用时能够保持结构的平衡和稳定。支架的结构设计应该充分考虑各部件之间的连接方式和受力分布，确保支架各部件之间的协调配合，使支架能够承受外部风荷载的作用[3]。优化支架的结构形式和材料选择，提高支架的抗风能力和稳定性。支架的结构设计应该考虑到风荷载作用下的结构变形和位移情况，通过合理设计支架的刚度和强度，减小支架的变形量，保证支架在外部风荷载作用下仍然能够保持稳定。合理设计支架的结构形式和连接方式，简化支架的安装和拆卸过程，还应考虑支架的维护保养情况，确保支架在使用过程中能够方便进行检修和维护，延长支架的使用寿命。

4.5 模拟分析

在悬索光伏支架结构抗风设计中，模拟分析是一项关键步骤，可以评估支架在不同风速和风向下的响应和稳定性，为设计提供科学依据。模拟分析可以通过有限元分析等数值方法，建立支架的数学模型，考虑各种外部载荷和边界条件，可以计算出支架各部件的应力、变形和位移等参数，评估支架的受力情况和结构稳定性。模拟支架在风载荷作用下的变形情况，可以评估支架的稳定性和变形程度，预测支架在不同风速下的响应情况，为设计提供参考。调整支架的结构参数和材料选择，提高支架的抗风能力和稳定性，优化支架的设计方案，提高支架的安全性和经济性。

4.6 安装施工

悬索光伏支架的安装施工是确保支架能够稳固地承载光伏组件并抵御外部风荷载的关键环节。施工前需要对支架的设计图纸进行仔细审查，施工人员应准备好所需的工具、设备和材料，并按照安全规范和操作流程进行施工。清理施工区域，确保地面平整，并根据支架的布置图进行基础的预埋和固定，支架的安装位置应符合设计要求，保证支架的稳定性和安全性。按照设计图纸和施工方案，逐步安装支架的主要部件，包括支柱、横梁和连接件等。

在安装过程中，需严格按照规范进行测量和校正，确保支架的水平和垂直度。根据设计要求，将支架的各个部件进行组装和连接，确保各部件之间的连接牢固可靠，支架整体结构稳定。完成支架的安装后，需进行调试和检查，检查支架的各个部件是否安装到位、连接是否牢固，还需对支架的稳定性和安全性进行检验，确保支架能够正常使用。

5 结语

悬索光伏支架结构抗风设计是光伏发电系统安全可靠运行的关键环节。探讨了光伏支架的基本组成、主要类型以及特点与优势，详细介绍了风荷载特性分析、结构设计原理、材料科学原理和工程实践经验等方面的内容。从确定设计参数到安装施工，每个步骤都承载着保障光伏系统稳定运行的重要使命。在悬索光伏支架结构抗风设计中，合理选择材料、科学计算风荷载、优化结构设计和严格施工操作是至关重要的。

[参考文献]

[1]郭志文.光伏跟踪系统支架梁结构多参数优化设计及避风控制策略研究[D].赣州:江西理工大学,2023.
[2]赵天怡.索支撑柔性光伏支架风致响应及放大系数取值研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2023.
[3]朱小军.悬索光伏支架结构计算方法及有限元分析研究[J].电力系统装备,2022(4):10.

作者简介：韩江明（1992.3—），男，汉族，毕业学校：石家庄铁道大学，现工作单位：中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司。

基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术研究

魏 强 童维占
国网江苏省电力公司徐州供电公司项目管理中心，江苏 徐州 221000

[摘要]电力系统作为国家基础设施的重要组成部分，其可靠性和安全性关系到整个社会的生产生活的正常运行。近年来，由于自然灾害频发、电网结构复杂多变等因素的影响，确保电力线路作业期间的安全性面临前所未有的压力。在此背景下，依托现代信息通信技术和自动化设备，发展基于数据采集的安全管控技术成为优化电力运营的关键路径。
[关键词]多数据采集；电力线路作业；安全管控技术；研究策略
DOI：10.33142/hst.v7i10.13882 中图分类号：TD67 文献标识码：A

Research on Safety Control Technology for Power Line Operations Based on Multi Data Collection

WEI Qiang, TONG Weizhan
Xuzhou Power Supply Company Project Management Center of State Grid Jiangsu Electric Power Company, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: As an important component of national infrastructure, the reliability and safety of the power system are related to the normal operation of the entire society's production and life. In recent years, due to the frequent occurrence of natural disasters and the complex and variable structure of the power grid, ensuring the safety of power line operations has faced unprecedented pressure. In this context, relying on modern information and communication technology and automation equipment, developing data collection based safety control technology has become a key path to optimizing power operations.
Keywords: multiple data collection; power line operation; safety control technology; research strategy

引言

电力线路作业的安全管控技术是电力行业的重要研究领域。随着科技的发展，数据采集技术为电力线路作业安全管控提供了新的方法和手段。本文将探讨基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术研究策略。

1 电力线路作业安全的重要性

电力线路作业作为一项重要的基础设施维护活动，其环境复杂多变，蕴含着众多安全隐患。工人们在高空、恶劣天气或夜间等条件下穿行，面临诸多潜在危险。例如，电力设备的高压特性使操作人员在作业时需格外小心，一丝不慎可能导致电击或触电事故。此外，现场可能存在障碍物，如树木、建筑物甚至是养护工具，增加了工人摔落或碰撞的风险。电力线路的维护和检修工作不仅需要专业技术，还须针对各种环境因素制定严格的安全标准和应急预案。为了降低事故发生的概率，企业应加强对员工的安全培训，提高他们对各种危险因素的认知与防范意识。定期举行安全演练，使员工能更熟练地应对突发情况，确保人身安全[1]。

2 多数据采集技术在电力线路作业安全管控中的应用

2.1 实时数据采集

为了提升电力线路作业的安全性，越来越多的技术被引入其中，其中之一是在作业现场安装传感器。这些传感器可以实时采集作业环境的各种数据，如温度、湿度、风速、风向、电压、电流等，从而提供关键的信息用于安全管控。通过监测温度和湿度，我们可以及时了解作业现场的气候情况。极端的高温或低温可能会影响工作人员的身体状况，因此及时采取必要的措施来保护工人的健康至关重要。此外，在潮湿的环境中工作可能会增加电击风险，因此监测湿度可以帮助工作人员做好防护措施。强风可能导致物体被吹落或工人失去平衡，增加了摔落的风险。了解风速和风向的变化可以让工作人员及早做出应对措施，避免危险发生。同时，监测电压和电流可以帮助提前发现线路故障或异常。如果电压或电流突然升高，可能表示存在短路或其他问题，需要及时进行维修和检修。通过实时监测这些数据，我们可以预防可能导致事故的故障，并及时采取措施，确保线路操作的安全性。

2.2 监控与预警

通过对采集到的数据进行分析，可以实时监控电力线路作业的安全状况。这种实时监控系统不仅提高了作业效率，还显著增强了安全防范能力。在作业现场，各种传感器持续监测着温度、湿度、风速和电流等关键参数，这些数据在后台系统中被快速处理，形成全面的环境评估。一旦系统检测到任何异常情况，比如温度突升、电流波动或风速过大，系统会立即触发预警机制。这种及时的响应是防止事故发生的重要环节。预警信息可以通过多种方式快

速传达给现场工作人员，包括手机短信、电子邮件或专用的监控终端。这使得作业人员在最短的时间内获得关键信息，能够迅速采取相应的措施，降低潜在风险。此外，系统的智能算法不仅限于监测当前状况，它还可以结合历史数据进行趋势分析。例如，如果某一地区的风速在过去几天内持续上升，系统能提前发出警报，提醒工作人员注意可能的危险。这样的预测能力进一步提升了电力作业的安全性，使得工作人员能够有备而来，避免由于单纯依赖经验而造成的疏忽[2]。

2.3 数据整合与分析

数据整合和分析在发现电力线路作业安全隐患方面扮演着重要角色。来自不同数据源的信息，如气象数据、设备运行数据和人员作业记录等，被整合到一个综合性系统中。通过对这些数据进行深入分析，可以发现潜在的安全隐患和风险因素。比如，结合气象数据和设备运行记录，系统可以分析出在某些特定气候条件下，电力设备容易出现故障或运行异常，从而提前预警并采取相应措施。同时，系统还能结合人员作业记录，分析出某些具体作业方式可能存在的安全隐患，比如操作不当或者超时作业等，从而及时纠正和改进作业流程。通过数据分析，系统可以给出针对性的改进措施。例如，对于频繁出现故障的设备，可以提出加强维护和检修频率，或者升级设备以提高耐用度。对于操作不当或超时作业的人员，可以进行培训和指导，规范其作业行为，降低事故风险。

3 基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术研究策略

3.1 建立完善的数据采集系统

在电力线路作业现场，我们可以充分利用各类传感器来实现多源数据的实时采集，以达到全面监测和掌握现场情况的目的。这些传感器包括但不限于温度传感器、湿度传感器、振动传感器和电流传感器等，它们可以全方位地监测电力设备和环境状态的变化。温度传感器可以实时采集电力设备运行时的温度信息，当温度异常升高时可以及时报警并采取预防措施，避免设备过热造成事故。湿度传感器则能够监测环境湿度的变化，当湿度超出安全范围时，也能够发出警报并采取防护措施，避免潮湿环境对设备的影响[3]。

振动传感器可以实时监测设备的振动情况，一旦发现异常振动，就可以及时检修或更换设备，避免由此带来的安全隐患。电流传感器能够实时采集电力线路的电流数据，监测线路是否存在过载或短路等问题，以便及时采取措施避免线路故障。通过这些传感器所采集到的数据，我们可以建立起一套完善的实时监测系统，能够全面了解电力线路作业现场的状态，及时发现潜在的危险因素，为安全生产提供有效的监控和保障。同时，这些数据的实时采集也为后续的数据分析和改进提供了充分的支持，使得我们能够以科学的方式进行安全管理和决策。

3.2 构建数据分析平台

在电力线路作业现场布置各类传感器实现了多源数据的实时采集后，接下来一个重要的步骤是建立数据分析平台，对这些采集到的数据进行存储、处理、分析和挖掘，以便及时发现潜在的安全隐患并采取相应的预防措施。建立稳健可靠的数据存储系统可以确保我们能够有效地保存所有的采集数据，包括原始数据和经过处理的数据。这样一来，即使在未来的某个时间点，我们也能够回溯到历史数据，进行对比分析和借鉴经验教训。通过数据处理，我们可以清洗数据、去除异常值、对数据进行归一化处理等，以保证数据的准确性和可靠性。这些预处理的工作为后续的数据分析奠定了坚实的基础。最终，通过建立这样一个数据分析平台，我们将能够更好地把握电力线路作业现场的实时状态，并以科学的手段发现存在的潜在危险，进而制定针对性的预防和改进措施，最大程度地保障作业人员的安全和设备的正常运行。因此，建立数据分析平台对于提高现场安全防护水平具有重要的意义。

3.3 研究先进的算法模型

在电力线路作业中，环境的复杂性和多变性对数据采集和分析提出了更高的要求。因此，研究和开发适应这一特定作业环境的算法模型，显得尤为重要。只有通过针对性的模型设计，才能有效提高数据处理的准确性，为安全管理提供可靠支持。这些算法模型需要充分考虑电力线路作业的特殊条件，包括气候变化、地形差异、设备运行状态等多种因素。这些环境变量不仅会影响传感器数据的准确性，还可能导致数据的波动与噪声。因此，开发过程中应结合环境因素建立相关性模型，以准确捕捉数据间的相互作用，降低外部干扰造成的误差。采用先进的机器学习和深度学习技术可以进一步增强算法的自适应能力。通过构建和训练合适的模型，使其能够从历史数据中不断学习和优化，提升预测的准确性。例如，利用分类算法识别潜在的故障类型，或通过回归算法预测设备的性能趋势。这种动态调整的机制将有效提升整体数据分析的精度[4]。

3.4 建立安全预警系统

随着电力线路作业的复杂性不断增加，确保作业安全显得尤为重要。基于数据分析结果建立电力线路作业安全预警系统，是提升安全管理效率的一种有效手段。此系统的核心在于实时监测和预警，使工作人员能够及时采取措施，避免潜在风险。利用先进的数据分析技术对这些实时数据进行处理和解析是系统的另一个核心部分。采用机器学习算法，对历史数据进行训练与挖掘，系统能识别出异常模式。例如，当某个指标超出预设的安全阈值时，系统将自动发出预警，提示作业人员采取适当措施。这种智能分析能够快速响应，将潜在威胁最小化。此外，为保证系统的用户友好性，设计直观的界面至关重要。通过图形化

展示关键指标和预警信息，操作者可以迅速理解当前的作业状态，从而做出及时反应。同时，系统还可提供故障分析报告，帮助工作人员更好地了解潜在问题的根源。最后，定期评估和优化预警系统，确保其适应新情况和新挑战，以保持高效的安全保障。这种持续改进的方式，将为电力线路作业提供一个可靠的安全预警机制，切实提高作业的安全性，降低事故发生率。实现实时预警，不仅能保护工作人员的生命安全，还能保障电力供应的稳定运行。

3.5 加强人员培训

为了确保电力线路作业人员的安全，强化他们的安全意识和技术水平变得尤为重要。通过针对性的培训，可以帮助他们熟悉相关技术，掌握必要的操作技巧，并提高应急处置能力。电力线路作业涉及复杂的电气知识和设备操作规程，因此，将相关理论知识系统地介绍给作业人员是培训的第一步。这些理论内容包括电流、电压、电阻等基础概念，以及电力设备的工作原理和安全操作规范。通过深入浅出地讲解和案例分析，能够帮助作业人员建立正确的操作思维，增强安全意识[5]。

通过模拟真实场景，让作业人员亲自操作各种设备和工具，熟悉不同性能和操作方法。例如，培训人员可以组织模拟演习，让作业人员在模拟的线路环境下进行故障排除和应急处理。这种实践训练能够帮助作业人员快速反应、正确判断，并采取相应的措施，提高他们的操作技术和应对能力。最后，在培训结束后，应开展相关考核和评估，以确保培训效果的落实和可持续发展。定期组织考试和绩效评估，对作业人员的技术水平和安全意识进行监测，及时发现问题并进行纠正。此外，与行业专家和相关机构合作，不断更新培训内容和方法，将培训与技术发展保持同步。

3.6 实施定期评估与反馈

为了确保电力线路作业的安全，定期评估安全状况并及时进行反馈是非常重要的环节。通过评估结果，可以了解当前存在的安全隐患和问题，并采取相应的措施加以改进和优化。评估范围包括作业人员的操作规范、安全装备的使用情况、现场环境的安全要求等多个方面。评估可以通过实地考察、文件审核、数据分析等方式进行，以获得客观、全面的评估结果。通过评估报告和会议讨论等形式，将评估结果向作业人员沟通，使其充分了解自身存在的问题。同时，向管理部门提供评估报告，以便他们了解整体的安全状态，找出问题所在，并制定相应的改进和优化策略。

基于评估结果，需要进行针对性的改进和优化。根据评估发现的问题，制定相应的安全改进计划，并明确改进目标和时间节点。例如，如果评估发现作业人员对某些设备操作规范不够熟悉，可以组织培训或制定标准操作程序，以提升其技术水平。如果评估发现现场环境存在隐患，可以加强现场管理和巡检频率，以确保安全要求得到满足。此外，还应建立有效的安全管控机制，实施安全策略并监督执行情况。安全策略应覆盖所有重要环节，包括人员培训、工作流程、设备管理等。通过建立健全的制度和规范，确保安全策略的有效落实，从而降低事故风险。定期的安全评估和改进工作不仅能够提升电力线路作业的安全性，也有助于提高工作效率和质量。通过持续改进和优化，电力线路作业可更好地适应不断变化的环境和需求，确保供电服务的可靠性和持续性。同时，它也体现了对作业人员安全的高度关注和对社会责任的承担[6]。

4 结语

基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术是一种有效的安全管理方法。通过实时数据采集、监控与预警、数据整合与分析等手段，可以大大提高电力线路作业的安全性。然而，该技术还需要进一步地研究和完善，特别是在算法模型、数据分析平台和安全预警系统等方面。希望通过本文的探讨，能为相关领域的研究者提供一些参考和启示。

[参考文献]

[1]李岩，王赟，李琪，等.基于数据采集的电力系统自动化巡检系统研究[J].自动化应用，2024，65(14)：39-41.
[2]臧帅.电力计量系统中的数据采集优化分析[J].电子技术，2024，53(5)：130-131.
[3]荆峰.基于多数据采集的电力线路作业安全管控技术研究[J].安全、健康和环境，2024，24(3)：41-47.
[4]孙煜华，刘超，张梦清.基于电力行业数据中心数据采集的自动化监控[J].电子设计工程，2023，31(12)：160-163.
[5]李小卓.基于无人机多传感器数据采集的电力线路安全巡检及智能诊断[J].电子制作，2020(2)：70-71.
[6]甘国建，廖中明，何伟.电力线路施工作业安全控制体会[J].中国战略新兴产业，2017(36)：156.

作者简介：魏强（1972.10—），毕业院校：华北电力大学（北京），所学专业：电力系电气技术专业，当前就职单位：国网江苏省电力公司徐州供电公司项目管理中心，职务：项目经理，职称级别：副高级工程师；童维占（1982.12—），徐州供电公司项目管理中心项目经理，三峡大学输电线路工程专业，副高级工程师。

基于 VMD-SHO-LSTM 模型的短期电力负荷预测研究

冯洋洋[1] 王 刚[2] 朱信宜[2]
1. 辽宁省能源研究会，辽宁 沈阳 110000
2. 沈阳工程学院，辽宁 沈阳 110136

[摘要]为电力公司更好地预测电力需求的变化，本文开发一套科学稳健的预测模型来进行准确的短期负荷预测，提高电力系统规划和运行管理。模型以变分模式分解（VMD）、海马优化器（SHO）和长期短期记忆（LSTM）的预测模型为组成，选取某市的历史数据为例对 VMD-SHO-LSTM 模型进行合理优化，并与 RBF、LSTM 和 SHO-LSTM 等其他模型进行参数比较得出最优方案，为提高电力系统负荷预测的准确性和稳定性提出新的预测方法。

[关键词]电力系统；长短期记忆；负荷预测
DOI：10.33142/hst.v7i10.13894 中图分类号：TM715 文献标识码：A

Research on Short term Power Load Forecasting Based on VMD-SHO-LSTM Model

FENG Yangyang[1], WANG Gang[2], ZHU Xinyi[2]
1. Liaoning Energy Research Society, Shenyang, Liaoning, 110000, China
2. Shenyang Institute of Engineering, Shenyang, Liaoning, 110136, China

Abstract: In order to better predict changes in electricity demand for power companies, this article develops a scientifically robust forecasting model for accurate short-term load forecasting, improving power system planning and operation management. The model consists of Variational Mode Decomposition (VMD), Sea-Horse Optimizer (SHO), and Long Short Term Memory (LSTM) prediction models. Taking historical data from a certain city as an example, the VMD-SHO-LSTM model is optimized and compared with other models such as RBF, LSTM, and SHO-LSTM to obtain the optimal solution. A new prediction method is proposed to improve the accuracy and stability of power system load forecasting.

Keywords: power system; long short term memory; load forecasting

引言

随着全国对电力供应需求的不断增加，负荷预测是电力系统规划和管理中的一个关键环节，它帮助电力公司更好地理解和预测电力需求的变化，从而制定相应的发电和输电计划。电力公司利用这些方法和数据，结合实时监控系统和先进的信息技术，来提高负荷预测的准确性。进行负荷预测的方法包括：使用历史数据来预测未来的趋势的时间序列分析法，分析不同变量对负荷的影响，建立数学模型的回归分析法，利用机器学习技术来识别复杂的非线性关系神经网络法和一种适用于数据不足时的灰色预测等。

本文提出了一种基于 VMD-SHO-LSTM 的预测方法，是一种结合了多种技术的综合预测模型，适用于电力负荷预测等场景。使用 VMD 对原始负荷数据进行分解，提取出主要的信号成分，并减少噪声。通过 AHA 算法对 LSTM 模型的参数进行优化，找到最佳的神经元数量和学习率，并将 VMD 分解后的数据输入到优化后的 LSTM 模型中进行预测。最后将预测结果进行重组，得到最终的负荷预测值。这种方法的优势在于综合利用了信号处理、优化算法和深度学习技术，能够更好地处理电力负荷数据的复杂性和非线性特征。通过分解信号并减少噪声，提取出主要的负荷变化趋势，提高预测的准确性。通过 AHA 算法优化 LSTM 模型参数，进一步提高模型的性能和泛化能力。实际运行过程中 VMD 和 LSTM 模型的选择和参数设置可能对预测结果产生影响，需要根据实际情况进行调整。算法的计算复杂度可能较高，需要考虑实际的计算资源和时间限制。模型在面对新的电力负荷数据时，需要进行更新和优化，以保持预测的准确性。

1 长短时记忆网络的原理和步骤

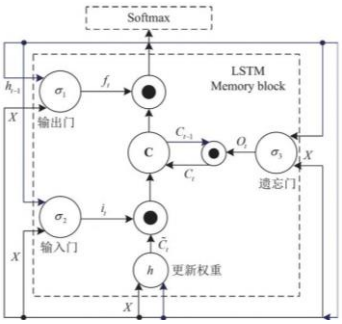

图 1 LSTM 内部结构原理图

长短时记忆网络的原理和步骤 LSTM 是在递归神经网络（recurrent neural networks, RNN）的基础上发展起来的，以解决 RNN 处理长序列时的梯度消失和梯度爆炸问题。与 RNN 相比，LSTM 内部包含输入门、遗忘门、输出

门、记忆单元以及信息传送单元，从而实现在处理时序问题过程中对关键的信息进行记忆与更新[1]。其结构如图 1 所示。

LSTM 神经网络的工作原理如下。遗忘门：决定 t-1 时刻细胞中信息的保留和遗忘。相关公式如式（1）所示。

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f) \tag{1}$$

式中：f_t 为遗忘门参数；σ 为 Sigmoid 函数；W_f 为遗忘门权重；h_{t-1} 为 t-1 时刻隐藏层输出信号；x_t 为输入信号；b_f 为遗忘门的偏置矩阵。

输入门：用于确定哪些新信息输入到记忆单元中以更新细胞状态。相关公式如式（2）—式（4）所示。

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \tag{2}$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C[h_{t-1}, x_t] + b_c) \tag{3}$$

$$C_t = f_t \times C_{t-1} + i \times \tilde{C}_t \tag{4}$$

式中：i_t 为输入门参数；W_i 为输入门权重；W_C 为 细胞状态权重；tanh 为双曲正切激活函数；b_i 为输入门的偏置矩阵；b_c 为记忆单元的偏置矩阵；$\tilde{C}_t$ 为记忆单元的输入状态；C_{t-1} 为 1t-时刻细胞状态；C_t 为当前细胞状态。

输出门：用于过滤记忆单元中的信息，并输出最需要的信息，以预测未来的值。相关公式如式（5）—式（6）所示。

$$O_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o \tag{5}$$

$$h_t = O_t \times \tanh(C_t) \tag{6}$$

式中：O_t 为输出门参数；W_o 为细胞状态权重；b_o 为输出门的偏执矩阵；h_t 为 t 时刻隐藏层输出信号。

在时间序列预测中经常使用的循环神经网络结构中哪些信息进入单元状态由输入门管理。遗忘门清楚地表明从单元状态中删除了哪些信息。来自单元状态的哪些数据被输出到下一个时间步长由输出门控制。通过使用这些门机制，从而在序列数据预测中取得了良好的效果[2]。

尽管 LSTM 更能处理序列数据，但它在短期电力负荷预测中可能存在重大缺陷，其中包括 LSTM 需要大量的数据来训练模型，且对数据质量要求较高，数据中的噪声和异常值可能会影响模型的预测准确性。模型的参数较多，包括隐藏层的神经元数量、学习率等，这些参数的选择对模型性能有显著影响，但找到最优参数组合往往需要大量的实验和时间。模型在训练过程中需要消耗大量的计算资源和时间，特别是当数据集较大或模型较复杂时，这可能会限制其在实时预测场景中的应用。在实际应用中，如果将所有特征都输入到 LSTM 中，不仅影响算法的运行速度，同时还会降低负荷预测的准确度。LSTM 可能在捕捉短期波动和突变方面存在局限，尤其是当电力负荷受到突发事件或非规律性因素影响时。为了克服这些缺陷，使用改进的 LSTM 模型结构来提高预测精度和效率[3]。

2 VMD-SHO-LSTM 模型构建

本文预测研究先对原始数据进行预处理，包括缺失值处理、异常值处理和数据归一化，输入原始数据，并使用 VMD 算法将其分解为多个模态分量。VMD 分解，使用变分模态分解（VMD）对时间序列数据进行分解，得到若干个固有模态函数（IMF）分量[4]。在 LSTM 模型中，使用 SHO 优化方法来计算隐藏层的最有效神经元数量和学习率。对 VMD 分解后的 IMF 分量，应用同步霍尔特-奥尔德罗伊德（SHO）方法进行特征提取。通过特征选择方法，筛选出与预测目标最相关的特征。应用 SHO 优化的 LSTM 预测模型预测 VMD 分解生成的模态分量[5]。将优化后的特征集输入到长短期记忆网络（LSTM）中进行训练。利用训练好的 LSTM 模型对新的输入数据进行预测，并将预测结果进行重构，得到最终的预测输出。图 2 显示了 VMD-SHO-LSTM 工作结构。

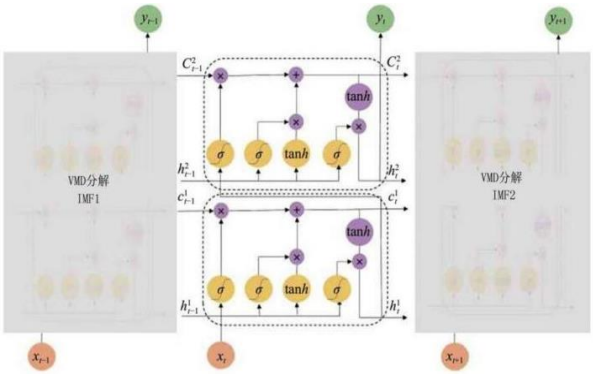

图 2 VMD-SHO-LSTM 结构图

2.1 变分模态分解

变分模态分解（VMD）方法代表了一种先进的自适应模态变分和信号处理方法。VMD 提供了一种非递归技术，允许将原始数据分解为许多模态分量。通过这个分解过程，VMD 有效地满足了一组约束，实现了精确和准确的信号分析：

$$\min_{\{u_k\},\{\omega_k\}} \left\{ \sum_k \left\| \partial_k \left[\left(\delta(t) + j/\pi t \right) * u_k(t) \right] e^{-j\omega_k t} \right\|_2^2 \right\} \tag{7}$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{K} u_k = f \tag{8}$$

其中：u_k 是分解后获得的第 k 个模态分量；ω_k 是所获得的模态分量的中心；$\delta(t)$ 是狄拉克分布和 $f(t)$ 原始加载顺序。

在方程（7）中引入二次惩罚因子 α 和拉格朗日乘数 λ，将约束问题转化为无约束问题求解。

$$L(\{u_k\},\{\omega_k\},\lambda) = \alpha \sum_k \left\| \partial_k \left[\left(\delta(t) + j/\pi t \right) * u_k(t) \right] e^{-j\omega_k t} \right\|_2^2 + \left\| f(t) - \sum_k u_k(t) \right\|_2^2 + \left\langle \lambda(t), f(t) - \sum_k u_k(t) \right\rangle \tag{9}$$

使用交替方向乘子、交替更新u_k^{n+1}，ω_k^{n+1}，和λ^{n+1}的方法求解方程（8）的变分问题，以找到拉开方程的“鞍点”。

$$\hat{u}_k^{n+1}(\omega) \leftarrow \frac{\hat{f}(\omega)-\sum_{i\neq k}\hat{u}_i(\omega)+\hat{\lambda}(\omega)/2}{1+2\alpha(\omega-\omega_k)^2} \tag{10}$$

$$\omega_k^{n+1} \leftarrow \frac{\int_0^\infty \omega\left|\hat{u}_k^{n+1}(\omega)\right|^2 d\omega}{\int_0^\infty \left|\hat{u}_k^{n+1}(\omega)\right|^2 d\omega} \tag{11}$$

$$\hat{\lambda}^{n+1}(\omega) \leftarrow \hat{\lambda}^{n}(\omega)+\gamma\left(\hat{f}(\omega)-\sum_k \hat{u}_k^{n+1}(\omega)\right) \tag{12}$$

2.2 海马优化算法

海马优化算法（SHO）是一种具有启发式的全局优化算法，可用于解决广泛的现实世界问题，包括机器学习、图像处理和其他领域的问题。它基于海马在自然界中的行为，模拟它们的运动、捕食和繁殖行为。SHO 分别模拟了前两个阶段的各种海马运动模式和捕食概率机制。海马有两种不同的运动方式：受海洋涡流影响的螺旋运动和受洋流和波浪影响的漂移。它以一定的概率模仿掠夺性策略捕获猎物的成功或失败。由于雄性怀孕的独特特征，SHO 在第三阶段繁殖后代，并保持父本的积极特征，这有助于确保种群多样性。海马优化过程的关键是位置的更新和修改。在位置更新过程中，通过考虑关于当前理想解、个体历史最优解和全局历史最优解的信息，使搜索更好的解变得更简单。

2.3 长期和短期记忆网络

在时间序列预测中经常使用的循环神经网络结构是 LSTM[14]。LSTM 引入了三种门机制——输入门、遗忘门和输出门。哪些信息进入单元状态由输入门管理。遗忘门清楚地表明从单元状态中删除了哪些信息。来自单元状态的哪些数据被输出到下一个时间步长由输出门控制。通过使用这些门机制，从而在序列数据预测中取得了良好的效果。

尽管 LSTM 更能处理序列数据，但它在短期电力负荷预测中可能存在重大缺陷：（1）尽管 LSTM 旨在处理序列数据中的长期依赖关系，但在某些情况下捕获长期依赖关系仍然存在问题，这可能会导致模型预测负载变化的准确性降低。（2）LSTM 模型有各种必要的超参数，它们的选择更加复杂。不合理的选择可能会导致模型结果不佳或缺乏通用性。因此，LSTM 模型需要进行调整，以提高其性能和负载预测精度。

2.4 VMD-SHO-LSTM 模型构建

VMD-SHO-LSTM 组合方法包括以下步骤：（1）输入原始数据，并使用 VMD 算法将其分解为多个模态分量。（2）在 LSTM 模型中，使用 SHO 优化方法来计算隐藏层的最有效神经元数量和学习率。（3）应用 SHO 优化的 LSTM 预测模型预测 VMD 分解生成的模态分量。（4）为了完成最终的预测结果，重建并合并每个模态分量的预测。

3 实例分析

本文共选取某市 3 个月真实负荷数据，2880 组监测间隔为 15 分钟的数据作为样本，每日 96 条，共计 2976 条负荷数据。所选数据波动在 VMD 分解的影响下逐渐稳定，残差分量显示了负载序列的长期变化规律，从而产生了更一致的整体变化趋势。分别预测每个局部特征会产生互不干扰，降低预测难度。

优化网络的学习率和隐层神经元数量分别为 159 和 0.0014，LSTM 模型使用 SHO 进行优化。SHO-LSTM 模型独立地应用于每个模态分量，并将得到的预测值相加以产生最终的预测值。将结果与 RBF、LSTM、SHO-LSTM 和真实值进行比较，每个模型的预测结果如图 3 所示。

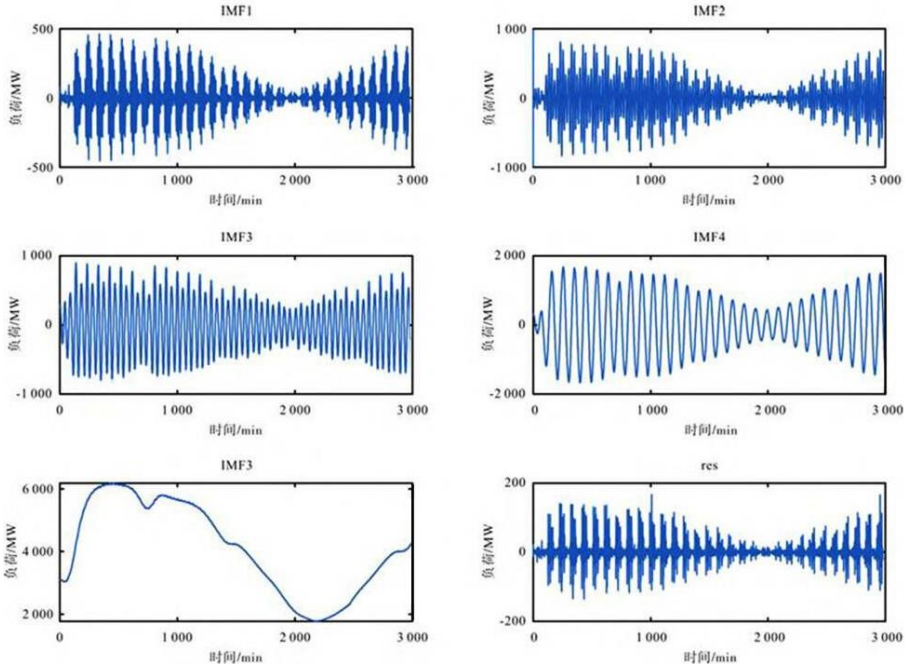

图 3 VMD 数据分解

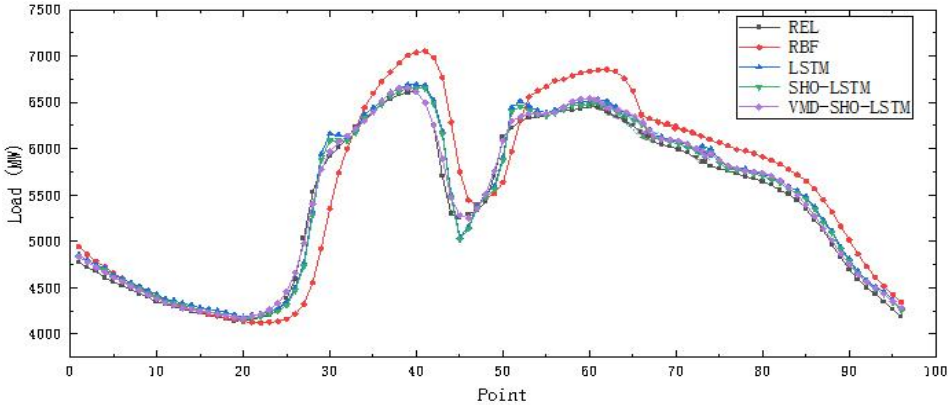

图 4 各模型预测结果

从每个模型预测的结果中明显看出，本研究中提供的负荷预测值更准确，更适合实际值。MAE、RMSE 和 MAPE 被用作评估指标，以检查所提出的模型预测结果的能力。各模型的评价指标结果如表 1 所示。

表 1 预测结果评估

模型	MAE(MW)	RMSE(MW)	MAPE(%)
RBF	306.984	402.7823	5.7342
LSTM	105.072	145.998	1.9814
SHO-LSTM	110.734	123.7298	1.6114
VMD-SHO-LSTM	72.541	69.8923	0.9007

从表中清楚地看出，RBF、LSTM、SHO-LSTM、VMD-SHO-LSTM 四组模型相比，VMD-SHO-LSTMVMD-SHO-LSTM 模型在各项指标的比较中效果最佳，误差最小，精度最高，预测值最接近实际值。与最大数值 RBF 模型相比，VMD-SHO-LSTM 模型在 MAE 和 RMSE 中均有下降，下降值为 234.443 兆瓦，332.89 兆瓦，在 MAPE 中降低了 4.8335%。

4 结论

本研究创建了一个基于 VMD SHO LSTM 的短期电力负荷预测模型，旨在解决当前的困难，例如复杂的原始负荷数据导致的预测精度差。总的来说，基于 VMD-SHO-LSTM 的负荷预测方法是一种综合利用多种技术的有效预测模型，提高负荷预测的准确性和稳定性。然而，在实际应用中还需考虑各种因素，实际应用中可能需要考虑算法的计算复杂度和实际运行效率，以及模型的泛化能力，根据实际情况进行调整和优化，提高了预测的准确性和鲁棒性。

基金项目：沈阳市科技计划项目（22-322-3-29）。

[参考文献]

[1]王延峰，曹育晗，孙军伟.基于多策略改进金豺算法优化 LSTM 的短期电力负荷预测[J].电力系统保护与控制，2024，52(14)：95-102.
[2]刘文杰，刘禾，王英男.基于完整自适应噪声集成经验模态分解的 LSTM-Attention 网络短期电力负荷预 测方法[J].电力建设，2022，43(2)：98-108.
[3]杨书强，王涛，檀晓林.基于长短期记忆的图像化 短期电力负荷预测方法[J]. 全球能源互联网，2023，6(3)：282-288.
[4]狄曙光，刘峰，孙建宇.基于改进 ABC 和 IDPC- MKELM 的短期电力负荷预测[J].智慧电力，2022，50(9)：74-81.
[5]张淑清，李君，姜安琦.基于 FPA-VMD 和 BiLSTM 神经网络的新型两阶段短期电力负荷预测[J].电网技术，2022，46(8)：3269-3279.

作者简介：冯洋洋（1991.4—），毕业于沈阳农业大学，农业生物环境与能源工程专业，就职于辽宁省能源研究会，能源和碳排放管理师。

电气自动化技术在电力系统中的应用探析

路鹏海[1] 赵常顺[2]
1. 中国水利水电第十一工程局安装分局实验室，山西 朔州 036900
2. 中煤新集能源股份有限公司，山西 朔州 036000

[摘要]电力系统是现代社会的关键基础设施，其稳定运行对经济发展和人民生活质量至关重要。传统电力系统依赖大量人力操作和管理，存在效率低、出错率高、响应慢等问题。随着电气自动化技术的发展，这些问题得到了有效解决。电气自动化技术包括可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）、监控和数据采集系统（SCADA）等先进的控制、监测和管理手段，通过这些技术，电力系统实现了自动监测、远程控制和智能管理，大幅提升了运行效率和安全性。在发电、输电、配电等环节，电气自动化技术广泛应用。发电系统的自动化技术优化了发电过程，提高了效率；输电系统的自动化技术实现了实时监控和故障诊断，保障了线路安全；配电系统的自动化技术提升了网络灵活性和可靠性，减少了停电时间和损失。电气自动化技术为电力行业的现代化和智能化发展提供了强有力的技术支持，也为实现绿色、低碳、高效的能源目标奠定了基础。
[关键词]电气自动化技术；电力系统；应用价值
DOI：10.33142/hst.v7i10.13909 中图分类号：TS211 文献标识码：A

Exploration on the Application of Electrical Automation Technology in the Power System

LU Penghai [1], ZHAO Changshun [2]
1. Laboratory of Installation Branch, Sinohydro Bureau 11, Shuozhou, Shanxi, 036900, China
2. China Coal Xinji Energy Co., Ltd., Shuozhou, Shanxi, 036000, China

Abstract: The power system is a key infrastructure in modern society, and its stable operation is crucial for economic development and people's quality of life. The traditional power system relies heavily on manual operation and management, and has problems such as low efficiency, high error rate, and slow response. With the development of electrical automation technology, these problems have been effectively solved. Electrical automation technology includes advanced control, monitoring, and management methods such as programmable logic controllers (PLC), distributed control systems (DCS), and monitoring and data acquisition systems (SCADA). Through these technologies, power systems achieve automatic monitoring, remote control, and intelligent management, greatly improving operational efficiency and safety. Electrical automation technology is widely used in power generation, transmission, and distribution. The automation technology of the power generation system optimizes the power generation process and improves efficiency; The automation technology of the transmission system enables real-time monitoring and fault diagnosis, ensuring the safety of the transmission lines; The automation technology of the distribution system has improved network flexibility and reliability, reducing power outage time and losses. Electrical automation technology provides strong technical support for the modernization and intelligent development of the power industry, and lays the foundation for achieving green, low-carbon, and efficient energy goals.
Keywords: electrical automation technology; power system; application value

引言

随着社会经济的快速发展和现代化进程的加快，电力需求持续增长，电力系统的稳定性和可靠性显得尤为重要。电气自动化技术作为电力系统发展的重要推动力，不仅提升了系统的效率和服务质量，还在优化资源配置、减少人为操作失误等方面发挥了重要作用。本文将探讨电气自动化技术在电力系统中的应用价值、具体应用、技术演进以及优化途径，以期为相关领域的研究和实践提供参考。

1 电气自动化技术在电力系统中的应用价值

1.1 提高系统效率与可靠性

电气自动化技术显著提高了电力系统的效率与可靠性。首先，通过实时监测和自动化控制系统，能够精确调节电力设备的运行状态，从而优化电力生产和分配减少能源浪费[1]。例如，自动化系统可以实时检测负荷变化并调整发电机组的输出确保电力供需的平衡，提升系统的整体效率。其次，电气自动化技术增强了系统的可靠性，智能保护装置可以实时监测电力系统的各项指标，一旦检测到异常系统能够迅速采取措施，如自动隔离故障区域或调整设备运行，防止故障扩大。这种自动化的故障检测与恢复机制，不仅减少了人为操作的错误，还显著缩短了系统的停机时间，提升了电力系统的稳定性和可靠性。

1.2 提高电力系统服务质量

电气自动化技术显著提升了电力系统的服务质量。首先，自动化系统通过精准的负荷预测和需求响应机制，确保电力供应的稳定性与可靠性，减少了电力中断和电压波动带来的影响，这种精准控制和实时调整使用户能够获得

更加稳定和可靠的电力服务，提升了用户的用电体验。其次，自动化技术支持智能电网的发展，使电力系统能够根据实际需求动态调整电力分配，通过智能计量和数据分析，系统可以实时监控电力使用情况并进行有效的负荷管理，从而优化资源配置减少电力浪费，并提供个性化的电力服务。此外，自动化技术还提高了故障响应速度，智能监控系统能够快速检测并定位故障，自动化修复和恢复机制减少了停电时间，提升了电力服务的响应效率和质量。

1.3 优化资源配置

电气自动化技术在优化资源配置方面发挥了重要作用，通过集成先进的监测和控制系统，自动化技术能够实时收集和分析电力系统中的各种数据，从而精准评估电力需求与供应状态，这种数据驱动的方法使得电力公司能够有效调度发电资源减少了能源浪费，并提升了资源的利用效率。自动化技术还支持智能调度和负荷管理，通过动态调整发电机组的输出和电网的运行状态，确保电力资源在不同时间段和地理位置的最佳分配，这不仅减少了对备用电源的依赖，还优化了发电和配电过程中的成本效益。此外，电气自动化系统可以对电力设备进行预测性维护，提前识别潜在故障，从而减少突发故障对资源配置的影响，这种预见性维护降低了设备故障的频率和停机时间，提高了资源的整体使用效率。

2 电气自动化技术在电力系统中的应用

2.1 发电系统中的电气自动化技术

在发电系统中，电气自动化技术的应用显著提高了运行效率和安全性，通过先进的自动化控制系统，发电厂能够实现对发电设备的实时监控和精确调节。自动化技术使得发电机组的启停、负荷调整和故障处理更加高效，降低了人为操作的复杂性和错误率。自动化系统通过集成的数据采集和分析功能，可以实时监控发电设备的运行状态及时调整发电参数，以优化燃料使用和减少排放。同时，智能控制系统能够预测设备维护需求，实施预防性维护防止设备故障对发电过程造成影响。此外，电气自动化技术还支持智能负荷调度，确保发电机组能够根据电力需求的变化进行灵活调整，这种动态调度能力不仅提升了发电系统的响应速度，还增强了系统的稳定性和可靠性。

2.2 输电系统中的电气自动化技术

在输电系统中，电气自动化技术的应用显著提升了电力传输的可靠性和效率。自动化控制系统能够实时监控输电线路的状态，包括电流、电压和温度等关键参数，通过数据分析预测可能的故障，并采取预防措施。这样可以减少设备故障导致的停电时间，确保电力供应的连续性。自动化技术还支持智能化的负荷管理和线路优化，能够根据实时负荷情况自动调整输电网络的运行模式，这种动态调整能力不仅平衡了电力负荷，还降低了传输损耗，提高了电网的整体效率。此外，自动化系统通过先进的远程监控和控制技术，使操作人员能够在中心控制室实时调节电网设备，远程处理故障和进行维护，这种高效的操作方式不仅减少了现场操作的频率，还提升了响应速度和问题处理效率。

2.3 配电系统中的电气自动化技术

在配电系统中，电气自动化技术大幅提升了电力分配的灵活性和管理水平。自动化技术使得配电网络能够实时监控和调节电力流向，确保电力能够高效且准确地分配到各个用户，通过智能配电系统，操作人员可以实时了解电网的运行状态，并快速响应负荷变化或故障情况。自动化系统中的智能开关和断路器能够根据实时数据自动切换电路优化电力分配，并在发生故障时迅速隔离问题区域，从而减少了停电范围和时间，这种高效的故障隔离和恢复能力显著提升了配电系统的可靠性和服务质量。此外，电气自动化技术还支持负荷预测和需求响应，通过分析历史用电数据和实时监测，自动化系统可以预测负荷需求并调整电力供应，以平衡负荷和优化资源配置，降低了电力浪费和成本。

3 电气自动化技术在电力系统中的演进

3.1 控制方式的创新与演变

控制方式的创新与演变在电气自动化技术的发展中扮演了重要角色。从早期的开关和继电器控制到现代的数字化和智能控制系统，控制方式的变化极大地提升了系统的性能和灵活性。早期的控制系统主要依赖于机械开关和继电器，这些传统方法虽然可靠但缺乏灵活性和智能化。随着技术的进步，电子控制技术逐渐取代了这些传统方式，数字控制系统通过编程和自动化算法，实现了对电力设备的精确调节和复杂操作，大幅提高了控制的准确性和响应速度。近年来，随着物联网和人工智能技术的发展，控制方式进一步向智能化和自适应方向演变。智能控制系统不仅能够实时监测设备状态，还可以通过机器学习算法优化控制策略，自主调整设备运行以适应不断变化的负荷需求。这种智能化的控制方式增强了系统的自我优化能力，显著提升了能源利用效率和系统的可靠性。

3.2 单片机、集成电路与工业控制计算机的应用进展

单片机、集成电路（IC）和工业控制计算机的应用进展在电气自动化技术中起到了关键作用，这些技术的不断发展不仅提升了系统的性能和功能，还推动了电气自动化的智能化和精细化。单片机作为一种集成度高、功能全面的微控制器，广泛应用于各类自动化设备中，它的进步使得设备能够实现更复杂的控制逻辑和实时数据处理，同时降低了系统的成本和体积。现代单片机的高性能和低功耗特性，使其在实时控制和数据采集方面表现出色，为各种工业应用提供了强大的支持。集成电路技术的发展进一步推动了自动化系统的精密化，集成电路能够在一个芯片上实现多种功能，大幅提高了电路的稳定性和可靠性。尤其是在信号处理和数据传输方面，先进的集成电路使得系统能够更快速、更准确地处理大量信息，提升了整体系统的响应速度和性能。工业控制计算机的进步则为电气自动化

系统带来了更高的计算能力和控制灵活性，现代工业控制计算机具有强大的数据处理能力和开放的编程平台，可以支持复杂的控制算法和大规模的数据分析。这些计算机系统的应用使得自动化过程更加智能化，能够处理更复杂的控制任务，并实现更高水平的系统集成和优化。

4 电气工程自动化技术在电力系统中应用的优化途径

4.1 引入人工智能和大数据分析技术

引入人工智能（AI）和大数据分析技术，是优化电气工程自动化技术应用的关键途径，通过融合 AI 和大数据，这些技术能够显著提升电力系统的智能化水平和运营效率[2]。人工智能技术通过机器学习和深度学习算法，能够从海量的电力系统数据中提取有价值的信息，这使得系统能够自动识别和预测设备故障、负荷变化以及其他运行异常，提前采取预防措施。AI 驱动的智能诊断和优化系统不仅提高了故障处理的准确性和响应速度，还帮助系统实现了自我优化和智能决策。同时，大数据分析技术通过对电力系统中生成的海量数据进行综合分析，揭示出潜在的运行趋势和模式，这种数据驱动的方法可以优化电力调度、负荷管理和能效提升。例如，通过分析历史用电数据，系统可以更准确地预测负荷需求，从而优化电力供应，减少能耗和运营成本。结合 AI 和大数据分析，电力系统能够实现实时监控、动态调整和智能控制，大幅提高了系统的稳定性和运行效率。这种智能化的优化路径不仅提升了电力系统的管理水平，还推动了电力工程的数字化转型，为未来的电力系统提供了更加高效、灵活的解决方案。

4.2 完善监控和通信系统

完善监控和通信系统是提升电气工程自动化技术应用效果的核心，通过构建高效的监控系统，电力设施可以实现全面的实时数据采集和分析，从而增强对设备状态和运行环境的洞察力。这种系统能够实时跟踪关键指标，如电流、电压和温度，及时发现潜在的故障和异常，提高了系统的可靠性和响应速度。通信系统的优化同样至关重要，现代电力系统需要稳定、快速的数据传输网络，以确保各个监控节点和控制中心之间的信息流畅传递，采用高带宽的光纤通信和先进的无线技术，可以大幅提高数据传输的速度和准确性，减少因通信延迟或中断带来的风险。此外，完善的监控和通信系统还支持远程控制和管理，操作人员可以通过集中的控制平台，实时监控系统运行状态，进行远程调整和故障诊断。

4.3 提高算法和模型的准确性

提高算法和模型的准确性是优化电气工程自动化技术的关键，精确的算法和模型能够显著提升系统的决策质量和操作效率。首先，通过采用先进的算法，如深度学习和优化算法，可以更准确地处理复杂的数据集，从而提高预测和分析的精度。例如，在负荷预测中，优化的算法能够更好地捕捉负荷变化的趋势，减少预测误差确保电力供应的稳定性[3]。此外，模型的准确性也依赖于高质量的数据输入和不断的模型更新，通过集成实时数据和历史数据，系统可以不断调整和优化模型参数，提高模型对不同操作条件的适应能力，定期的模型校准和验证，确保模型在实际应用中的有效性和可靠性。提高算法和模型的准确性还能够增强系统的智能控制能力。例如，在电网故障诊断中，精确的算法可以快速识别故障点并采取适当的修复措施，减少停电时间和损失。

4.4 加强人员培训和管理

加强人员培训和管理是优化电气工程自动化技术应用的关键步骤。随着技术的不断进步，电力系统的复杂性和智能化程度也在提升，这对操作和维护人员的技能提出了更高的要求，通过系统化的培训，员工可以掌握最新的技术知识和操作技能，确保他们能够高效、安全地管理和维护自动化设备。培训内容应包括理论知识和实践操作，涵盖新技术、新设备的使用方法以及故障排除技巧。同时，定期的技能考核和认证可以帮助评估员工的能力水平，及时发现培训需求，保证员工始终具备应对各种技术挑战的能力。管理方面，建立完善的人员管理体系也是至关重要的，这包括明确岗位职责制定详细的操作规程和应急预案，确保每个环节都有专人负责。同时，通过绩效考核和激励机制，激发员工的工作积极性和责任感，提高整体团队的协作效率。

5 结语

电气自动化技术在电力系统中的应用，大幅提升了系统的效率、可靠性和服务质量，同时优化了资源配置。通过在发电、输电和配电系统中的创新应用，这些技术推动了电力系统的现代化和智能化。技术的不断进步，如引入人工智能和大数据分析、完善的监控与通信系统、优化的算法和模型，进一步增强了电力系统的运行效率和管理水平。未来，加强人员培训和管理将确保技术的有效实施和持续优化。电气自动化技术的应用不仅推动了电力系统的进步，也为电力行业的可持续发展提供了坚实的技术支持。

[参考文献]

[1]陈鹏飞.电力系统运行中电气自动化技术的应用研究[J].电气技术与经济,2024(5):121-123.
[2]胡港国.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].自动化应用,2023,64(2):125-127.
[3]李爱红,苏兆路.电气自动化技术在电力系统中的运用研究[J].电气技术与经济,2023(2):48-50.

作者简介：路鹏海（1995.6—），单位名称：中国水利水电第十一工程局安装分局实验室，毕业学校和专业：运城学院电气工程及其自动化；赵常顺（1989.4—），单位名称：中煤新集能源股份有限公司，毕业院校及专业：山西大同大学自动化专业。

电气自动化工程中电子电工技术的应用探究

刘 畅
神州城轨技术有限公司，天津 300480

[摘要]电气自动化工程的发展始于对生产过程的优化需求，随着科技进步，自动化技术逐渐渗透到各个行业。电子电工技术的发展为电气自动化工程注入了新的活力，集成电路、微处理器和先进的传感器技术，使自动化系统的控制更加精确且功能更加强大，这些技术的进步不仅提高了生产效率，也降低了操作和维护成本。同时，随着能源需求的增长和环保要求的提高，电气自动化工程中的电子电工技术面临新的挑战。如何在保证系统可靠性的前提下，提升能源利用效率，减少环境影响，成为了行业发展的关键课题。电子电工技术通过引入智能化控制、实时监测和优化管理，为解决这些问题提供了有效的解决方案，这些技术的应用推动了电气自动化工程向更加高效、智能和环保的方向不断演进。

[关键词]电气自动化；电子电工技术；应用
DOI：10.33142/hst.v7i10.13904　　中图分类号：TN0　　文献标识码：A

Exploration on the Application of Electronic and Electrical Technology in Electrical Automation Engineering

LIU Chang
Shenzhou Urban Rail Transit Technology Co., Ltd., Tianjin, 300480, China

Abstract: The development of electrical automation engineering began with the demand for optimizing the production process. With the advancement of technology, automation technology has gradually penetrated into various industries. The development of electronic and electrical technology has injected new vitality into electrical automation engineering. Integrated circuits, microprocessors, and advanced sensor technologies have made the control of automation systems more precise and powerful. These technological advancements not only improve production efficiency but also reduce operating and maintenance costs. At the same time, with the growth of energy demand and the improvement of environmental protection requirements, electronic and electrical technology in electrical automation engineering is facing new challenges. How to improve energy efficiency and reduce environmental impact while ensuring system reliability has become a key issue in the development of the industry. Electronic and electrical technology provides effective solutions to these problems by introducing intelligent control, real-time monitoring, and optimized management. The application of these technologies promotes the continuous evolution of electrical automation engineering towards greater efficiency, intelligence, and environmental protection.

Keywords: electrical automation; electronic and electrical technology; application

引言

在现代工业和能源管理领域，电气自动化工程与电子电工技术的应用已经成为推动技术进步和经济发展的重要力量。电气自动化工程通过智能化的控制系统和高效的电力管理，极大地提升了生产效率和系统稳定性，而电子电工技术作为电气自动化工程的核心，提供了必要的技术支持，促进了自动化设备的集成、优化和智能化，不仅在提高操作精度和效率方面发挥了重要作用，还为可持续发展和环保目标的实现提供了坚实的基础。

1 电子电工技术的特点

电子电工技术具有几个显著的特点。首先是集成化和高效化，通过将多个功能模块集成到单一设备中，减小体积同时提高了系统的可靠性，这种集成化设计不仅减少了系统中的连接点，还优化了性能和降低了生产成本。高效化方面，电子电工技术不断推动能效的提升，采用高效电源和改进设计显著减少能源损耗，进而提升了整体能源利用率。另一个重要特点是智能化和自动化，智能化使系统能够通过人工智能和数据分析实时调整控制策略，适应不同的工作条件。自动化则通过集成先进的传感器和控制器减少了人工干预，提升了操作的精确性和效率。

这些特点使得电子电工技术在各个领域的应用变得更加高效、可靠和智能，为现代技术的发展提供了强有力的支持。

2 电子电工技术在电气自动化中的作用

2.1 优化系统资源配置

优化系统资源配置是电子电工技术在电气自动化中的重要作用，通过精确管理和调度资源提升系统效率和性能。电子电工技术利用先进的控制算法和数据分析，实现对资源的实时监测与智能调度。例如，集成传感器和监控系统实时获取设备运行状态和能耗数据，传输至中央控制

系统，经智能算法分析后为设备运行和维护提供决策支持，从而动态调整设备工作模式减少资源浪费。此外，电子电工技术通过高效的控制系统和自动化技术，优化电气设备运行。例如，智能电网技术根据实时负荷需求调整电力分配，避免资源过度消耗。变频驱动器和节能电机根据实际负荷自动调整运行速度，进一步提高能源效率减少浪费。在生产领域，电子电工技术优化了自动化生产线控制，合理调度生产资源提升效率。自动化系统精准控制生产过程中的每一环节，减少停机时间和操作错误，确保资源的高效利用。

2.2 提升系统稳定性与可靠性

提升系统稳定性与可靠性是电子电工技术在电气自动化中的关键作用之一，直接影响系统的长期运行和性能保障，稳定性和可靠性至关重要，决定了系统的正常运作和故障处理能力[2]。首先，先进的监测和诊断技术可实时检测系统状态，提前发现潜在问题。传感器和数据采集系统连续监测关键参数（如电流、电压、温度），并将数据反馈至中央控制系统，通过数据分析及时识别异常并采取预防措施避免故障[1]。其次，电子电工技术通过冗余设计和故障容错机制增强系统可靠性。例如，在关键组件上配置备用系统，如双重电源和备份控制器，即使主要系统故障备用系统也能迅速接管，确保系统正常运行。自动化控制系统还集成了故障检测和隔离功能，当部分系统出现问题时自动切换到备用方案，确保其他部分不受影响。智能化控制系统进一步提升了系统稳定性，通过自适应调整系统参数，确保系统在不同负荷和环境条件下稳定运行，减少外部变化导致的波动。此外，高标准的电气设计和施工规范、严格的设备选型与布局，以及定期维护管理，都大幅提高了系统的可靠性，确保设备在各种工作条件下稳定运行，防止潜在问题积累。

2.3 实现系统的智能化控制

智能化控制是电子电工技术在电气自动化中的核心应用，通过先进的控制理论和技术，系统实现了自动调节、优化运行和自主决策。基于人工智能（AI）、机器学习和数据分析，智能化控制系统具备学习和适应能力，不再依赖预设规则，而是通过实时数据分析和学习算法，根据实际运行状态和环境变化自动调整控制策略确保最优性能。智能化控制系统集成复杂算法和模型，能够模拟、预测系统行为。例如，机器学习算法分析历史数据，识别模式与趋势预测未来需求和负荷，使系统提前调整资源分配和设备状态，避免过载或性能下降。此外，智能化控制系统利用实时反馈机制自我调整，传感器监测关键参数（如电流、电压、温度），数据传输到中央处理单元后，智能算法进行分析并调整控制信号，从而适应不断变化的操作条件提升效率和稳定性。智能化控制还支持远程监控和操作，操作人员可以通过网络远程查看系统状态、调整参数和进行维护，提升管理便利性与响应速度。

2.4 提高能源利用率

提高能源利用率是电子电工技术在电气自动化中的重要功能，通过优化技术和设计，最大限度地减少能源浪费。高效电力电子设备如变频器和电源管理系统能够根据实际负荷动态调整设备运行状态，避免传统电机恒速运行的浪费。智能控制系统利用实时监控和数据分析，精准控制电力分配，例如，智能建筑管理系统（BMS）根据实际需求动态调节照明、空调等设备，显著提高能源利用效率。此外，能量回收技术也发挥着关键作用，如再生制动技术将电动机刹车产生的动能转化为电能，反馈到电网或储能系统，提升整体能效并减少对外部能源的依赖。能源管理系统（EMS）通过数据采集、分析和控制功能，识别低效环节并自动调整策略，实现节能目标。EMS 还通过长期数据分析预测未来需求，帮助制定更有效的能源管理计划。

2.5 降低系统运行成本

降低系统运行成本是电子电工技术在电气自动化中的重要作用之一，通过优化设计和提升效率，系统能够显著减少运营费用。高效电力电子设备和变频器降低能源消耗，减少能源支出和环境影响。智能控制系统通过动态调整设备运行状态避免能源浪费，进一步降低成本。自动化系统精确控制生产过程，减少人为错误和设备故障，提升生产效率并降低损失。此外，集成的监测和诊断功能实现预防性维护，减少突发故障和紧急维修需求，延长设备寿命并降低维护费用。智能化控制还通过优化资源配置，如智能照明和空调系统的自动调节，减少资源浪费从而有效降低运营成本。

3 电子电工技术在电气自动化工程中的应用

3.1 在发电系统中的应用

电子电工技术在发电系统中的应用发挥了关键作用，通过优化发电过程、提高效率和增强系统可靠性，为能源生产提供了先进的解决方案。首先，发电机控制系统利用先进的电子技术实现精确的发电机组调节，通过可编程逻辑控制器（PLC）和自动化控制系统，发电机能够根据负荷需求自动调整输出功率，这种动态调节能力不仅提高了发电效率，还确保了发电机组在不同运行条件下的稳定性。现代发电机控制系统通常集成了实时监控功能，能够对发电机的运行状态进行全面的监测及时调整运行参数，防止过载和故障。功率转换技术在发电系统中同样重要，高效的电力电子装置，如逆变器和整流器负责将发电机产生的交流电（AC）转换为稳定的直流电（DC），或者将直流电转换为交流电以便输送和分配，这些转换器采用先进的电力半导体技术，提高了转换效率减少了能量损耗，并确保电力质量符合电网标准[3]。特别是在可再生能源发电系统中，如太阳能和风能发电，高效的功率转换技术能够最大限度地利用不稳定的能源来源，提高整体发电效率。电子电工技术还在发电系统的监测与保护中发挥了重要作用，

实时监测系统通过传感器和数据采集装置，持续跟踪发电设备的运行状态和环境参数，这些数据被传输至中央控制系统，通过数据分析和处理，系统能够及时识别异常情况，如设备故障或性能下降，保护系统则利用先进的保护继电器和故障检测技术，快速响应电气故障自动切断故障区域，防止对整个发电系统的影响，自动化保护措施显著提升了系统的安全性和可靠性，减少了停机时间和维护成本。在发电系统的远程监控与控制方面，电子电工技术也发挥了关键作用，通过互联网和通信技术，操作人员可以远程访问发电系统的实时数据，进行监控、调整和维护，使发电系统能够在任何地点进行管理，提升了系统的灵活性和响应速度。

3.2 在输电系统中的应用

电子电工技术在输电系统中的应用至关重要，它确保了电力从发电站有效、安全地输送到用户端，并提高了系统的稳定性和效率，在输电系统中，电子电工技术主要应用于电压调节、功率控制、线路监测以及故障检测和隔离。首先，电压调节技术通过先进的电力电子设备，如自动电压调节器（AVR）和静态无功补偿器（SVC），确保输电线路上的电压保持在稳定范围内，电压调节器能够实时调整发电机的输出电压，以补偿输电过程中的电压降落，保持电力供应的稳定性。无功补偿器则通过动态调整无功功率减少电力损耗，优化输电系统的功率因数，提升系统的运行效率。现代输电系统采用先进的功率控制设备，如动态线损补偿系统（D-STATCOM）和高温超导电缆来优化功率传输，动态线损补偿系统可以实时调节输电线路的功率流补偿线路损耗，减少功率流失，高温超导电缆具有极低的电阻特性，能够提高输电容量减少能量损耗，提高电力传输效率[3]。电子电工技术还广泛应用于输电线路的实时监测和数据采集，通过在输电线路上安装传感器和数据采集装置，系统能够实时监测电流、电压、温度和其他关键参数，这些数据被传输到中央监控系统，通过数据分析和处理，系统能够及时识别潜在的安全隐患，如过载或设备故障，从而进行预警和调整，实时监测不仅提高了输电系统的运行安全性，还支持了智能电网的建设，优化了电力调度和管理。在故障检测和隔离方面，电子电工技术提供了先进的解决方案，自动化故障检测系统通过继电器和保护装置，能够迅速识别输电线路中的故障自动切断故障区段，防止故障扩展到其他部分，这种快速响应能力减少了系统停机时间降低了维护成本，并提高了电力系统的整体可靠性。

3.3 在配电系统中的应用

电子电工技术在配电系统中的应用具有决定性作用，确保了电力的高效分配和稳定供应，同时提升了系统的智能化和可靠性，在配电系统中，电子电工技术主要涉及配电自动化、负荷管理、设备监测以及故障诊断与修复。首先，配电自动化技术通过引入智能配电网系统（Smart Grid）和自动化设备，实现了对配电过程的实时监控和控制，智能配电网利用传感器、通信技术和控制系统，实现了配电网络的智能化管理，这些系统能够自动调节配电线路的电流分配，优化负荷平衡，提高系统的运行效率，通过实时数据采集和分析，智能配电网能够快速响应负荷变化，确保电力供应的稳定性。电子电工技术通过先进的负荷管理系统（LMS），能够实时监控和调节配电网络中的负荷分配，这些系统利用智能计量设备和数据分析工具，实时跟踪每个用户的用电情况，并根据实时数据调整负荷分配避免过载和减少能源浪费，负荷管理系统还能够根据预测数据优化电力供应策略平衡负荷波动，提高整体系统的经济性和可靠性。设备监测和维护通过安装在关键设备上的传感器，系统能够实时监测设备的运行状态，包括电流、电压、温度和振动等参数，这些数据被传输至中央控制系统，通过数据分析和模式识别，能够及时发现设备潜在的故障或性能下降问题，实时监测不仅提高了设备维护的及时性还支持了预防性维护策略，减少了突发故障的发生，降低了维护成本。故障诊断与修复技术在配电系统中同样至关重要，电子电工技术通过集成的故障检测和定位系统，能够迅速识别和定位配电网络中的故障点，这些系统利用智能传感器和数据分析工具实时跟踪故障信息，自动触发故障隔离和修复措施。自动化断路器和重合闸技术能够在检测到故障时迅速切断故障区域，并在故障排除后自动恢复供电，从而减少了停电时间，提升了电力系统的可靠性。

4 结语

电子电工技术在电气自动化工程中的应用极大地推动了行业的发展，通过精确的控制和高效的管理，不仅提升了系统的稳定性和可靠性，还显著优化了资源配置和能源利用。发电、输电和配电系统中的技术创新，进一步增强了电力系统的效率，并降低了运营成本。展望未来，随着科技的不断进步，电子电工技术将在电气自动化领域中继续发挥关键作用，引领行业向更智能、更高效的方向发展。

[参考文献]

[1]李旋旋.电子电工技术在电力系统的应用[J].电子技术与软件工程,2021(2):216-217.
[2]杨玉庭.论电气工程自动化技术在电气工程中的应用[J].全面腐蚀控制,2024,38(4):72-74.
[3]郑兰.电气自动化工程中电子电工技术的应用探究[J].大众标准化,2024(10):154-156.

作者简介：刘畅（1999.3—），单位名称：神州城轨技术有限公司，毕业学校和专业：天津交通职业学院 城市轨道交通车辆技术。

电气工程及其自动化的智能化技术应用研究

刘 欢
河北天艺建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]电气工程及其自动化系统涵盖了电力的生成、传输、分配及控制等多个环节。传统的电气工程系统多依赖于人工操作和预设的控制逻辑，存在一定的局限性，如响应速度慢、控制精度低和维护难度大。随着工业化进程的加快和电力需求的不断增长，传统系统难以满足现代电力系统对高效、安全和稳定的要求。近年来，智能化技术的迅猛发展为电气工程及其自动化带来了新的机遇。这些技术包括物联网、大数据分析、人工智能和机器学习等，能够通过实时数据采集、智能分析和自动化控制，显著提高系统的运行效率和管理水平。例如，智能电网的引入使电力系统能够更好地应对负荷波动和设备故障，提高了电力供应的可靠性和稳定性。同时，智能化故障诊断与维护技术减少了设备停机时间，降低了维护成本。基于此，对智能化技术在电气工程及其自动化领域应用的研究显得尤为重要。通过系统化的研究和实践应用，可以进一步挖掘智能化技术的潜力，优化电气工程系统的设计与管理，提高电力系统的整体性能和经济性。这不仅符合现代化电力系统发展的趋势，也为推动电气工程及其自动化领域的技术创新和进步提供了坚实的基础。

[关键词]电气工程；自动化；智能化技术
DOI：10.33142/hst.v7i10.13884　　中图分类号：TS9　　文献标识码：A

Application Research on Intelligent Technology in Electrical Engineering and Its Automation

LIU Huan
Hebei Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Electrical engineering and its automation systems cover multiple aspects such as power generation, transmission, distribution, and control. Traditional electrical engineering systems rely heavily on manual operation and pre-set control logic, which have certain limitations such as slow response speed, low control accuracy, and difficult maintenance. With the acceleration of industrialization and the continuous growth of electricity demand, traditional systems are unable to meet the requirements of modern power systems for efficiency, safety, and stability. In recent years, the rapid development of intelligent technology has brought new opportunities for electrical engineering and its automation. These technologies include the Internet of Things, big data analysis, artificial intelligence, and machine learning, which can significantly improve the operational efficiency and management level of the system through real-time data collection, intelligent analysis, and automated control. For example, the introduction of smart grids enables the power system to better cope with load fluctuations and equipment failures, improving the reliability and stability of power supply. Meanwhile, intelligent fault diagnosis and maintenance technology reduces equipment downtime and lowers maintenance costs. Based on this, research on the application of intelligent technology in the field of electrical engineering and automation is particularly important. Through systematic research and practical application, the potential of intelligent technology can be further explored, the design and management of electrical engineering systems can be optimized, and the overall performance and economy of the power system can be improved, which not only conforms to the trend of modern power system development, but also provides a solid foundation for promoting technological innovation and progress in the field of electrical engineering and automation.

Keywords: electrical engineering; automation; intelligent technology

引言

在当今社会，随着科技的飞速发展和信息化进程的加快，电气工程及其自动化领域正迎来深刻变革。智能化技术的引入，标志着传统电气工程向更高效、更智能化的方向迈进。这些技术不仅提升了系统的自动化水平，还带来了控制精度和设计科学性的显著提高。智能化电气系统通过实时数据分析、自适应控制和智能决策，正逐步改变着电力系统的运行模式和管理方式，为电力工程的未来发展奠定了坚实基础。

1 智能化技术的特点

智能化技术是现代科技的重要组成部分，核心在于通过集成先进的信息处理和控制技术，提升系统的自适应性和智能决策能力。首先，智能化技术具备高度的自学习能力，这使得系统能够通过不断的数据分析和反馈优化其功能。例如，机器学习算法能够自动识别模式并从经验中学习，从而不断改进系统的性能。其次，智能化技术强调实时响应和动态调整，通过传感器和数据采集技术，系统可以实时监控环境变化并做出迅速反应。这种即时性在自动化控制和故障预警中尤为关键。此外，智能化技术的系统集成性强，它将多种技术手段，如物联网、人工智能和大数据分析有机结合，形成一个高效的智能网络。这种集成

不仅提高了系统的操作效率，还增强了其灵活性和扩展性。最后，智能化技术还具备较高的智能决策能力，通过对大量数据的深入分析，系统可以生成精准的预测和优化建议，从而支持复杂决策过程的自动化。

2 电气工程及其自动化的智能技术应用优势

2.1 控制性能提高

智能技术的引入显著提升了电气工程及其自动化系统的控制性能。首先，智能控制系统通过先进的算法和实时数据处理，增强了系统的响应速度和准确性。传统控制系统往往依赖于预设的控制规则和简单的反馈机制，而智能控制系统利用机器学习和自适应算法，能够实时调整控制策略以应对动态环境变化，从而实现更为精确的控制。其次，智能技术提高了系统的稳定性和鲁棒性。通过实时监控和预测分析，系统能够迅速识别潜在问题并自动进行调整，避免了传统控制系统中可能出现的故障和不稳定性。例如，智能电网系统能够实时监控电力负荷并动态调节电力分配，以防止电网过载或短路。再者，智能控制系统的集成能力进一步提升了整体控制性能。系统通过集成各种传感器和执行器，实现对电气设备的全方位监控和管理，增强了系统的整体协调性和效率。

2.2 增强应用精度

智能技术在电气工程及其自动化领域中显著增强了应用精度。首先，通过高级数据采集与处理技术，智能系统能够实现对环境变量的精确监控。高精度传感器和实时数据处理算法结合，使得系统能够准确测量电流、电压、温度等关键参数，并对其进行精细调节。例如，在智能配电系统中，通过精确的数据采集和分析，可以实现对电力负荷的细致调控，避免了传统系统中由于数据误差导致的电力浪费和设备过载。其次，智能化技术的应用增强了控制操作的准确性。智能控制算法，如自适应控制和预测控制能够根据实时数据动态调整控制策略，从而实现更加精确的操作。举例来说，智能 HVAC（暖通空调）系统通过精准的温度传感和智能调节，能够在保持舒适环境的同时显著提高能效减少能源消耗。此外，智能技术还通过精确建模和仿真技术提升了系统设计的准确性。通过建立复杂的系统模型并进行详细的仿真分析，工程师可以在设计阶段预测系统的实际表现，从而优化设计方案，避免了实际应用中的误差和调整。

2.3 提高系统设计科学性

智能技术的引入极大地提高了电气工程及其自动化系统设计的科学性。首先，智能化设计工具和技术使得系统建模和仿真变得更加精确和高效，通过集成先进的计算能力和数据分析技术，设计师能够创建详细的系统模型并进行深入的仿真分析。这种模拟不仅涵盖了系统的运行性能，还能预见潜在的设计问题，从而在实际构建之前进行优化调整。例如，使用计算流体动力学（CFD）和有限元分析（FEA）技术，可以精确预测电气设备在各种工况下的表现，从而提高设计的准确性。其次，智能设计系统可以实现自动化的优化过程，通过机器学习算法和优化技术，系统设计可以在不同的设计方案中进行智能选择快速找到最优解。这种自动化优化减少了人为设计误差并加快了设计周期，提高了设计效率。例如，智能化设计平台可以根据实时数据和历史经验自动调整设计参数，从而实现更加合理和科学的系统配置[1]。此外，智能技术还推动了系统设计的集成化，使得各个子系统之间的协调更加紧密，通过智能化的系统集成，设计师可以更全面地考虑系统的整体性能和相互作用，从而提高系统设计的整体科学性和一致性。例如，智能电网设计不仅考虑电力传输的效率，还整合了负荷预测、需求响应等多个因素，实现了更为科学的设计方案。

3 电气工程及其自动化的智能化技术的应用

3.1 故障诊断与维护技术

在电气工程及其自动化领域，智能化故障诊断与维护技术正在迅速改变传统的运维模式，这些技术通过集成先进的传感器、数据分析和人工智能，显著提升了系统的故障检测与维护效率。首先，智能故障诊断技术依赖于实时数据采集与分析，通过部署高精度传感器，系统可以持续监控电气设备的各项运行参数，如电压、电流、温度和振动等，这些数据通过数据采集系统传输至中央处理单元进行实时分析[2]。利用机器学习算法，系统能够从历史数据中学习，识别正常与异常模式，从而实现对故障的早期预警。例如，当系统检测到某个电机的振动模式异常时，智能诊断系统会发出警报，并提供可能的故障原因和解决建议。其次，智能技术还提高了故障定位的准确性。传统的故障诊断通常依赖于人工检查和试错方法，而智能故障诊断系统通过综合分析多个数据源，能够精确地定位故障发生的具体位置。这种技术不仅缩短了故障排查的时间，还减少了误诊的可能性。例如，智能电网系统能够通过分析电流和电压的波动，迅速识别出电力线路中的故障点，并指导运维人员进行针对性的修复。维护策略方面，智能化技术引入了预测性维护（Predictive Maintenance）概念，通过对设备运行数据的持续监测和分析，系统能够预测设备可能出现的故障，并在故障发生之前进行维护。这种方法基于设备的健康状态数据进行维护决策，避免了传统的定期维护和完全依赖于故障发生后的修复，极大地提高了设备的可靠性和使用寿命。例如，通过分析电气设备的温度和负荷数据，系统可以预测到设备的绝缘材料可能会在未来某个时间点失效，从而提前进行更换防止突然停机。

3.2 智能化电气自动化控制

智能化电气自动化控制系统正在革新传统的电气控制方式，通过引入先进的技术手段，如人工智能、物联网和大数据分析，实现了更加高效、精确和自适应的控制策略。首先，智能化控制系统的核心优势在于其高效的实时响应能力，传统的电气自动化控制系统依赖于预设的控制程序和固定的规则，而智能控制系统则通过实时数据采集和分析实现动态调整。系统内置的智能算法能够根据传感

器数据的变化，即时调整控制策略优化设备运行状态。例如，在智能楼宇管理系统中，环境传感器不断监测室内温度、湿度和光照强度，系统根据这些实时数据自动调整空调、照明和通风设备，以保持最佳的室内环境。其次，智能化电气自动化控制系统通过集成先进的机器学习和数据分析技术，能够实现更加精确的控制。通过分析历史数据和当前运行数据，系统能够识别出最优的控制参数，并不断优化控制策略。这种自学习能力使得系统能够在不断变化的操作环境中保持高效。例如，智能电网系统利用数据分析预测电力需求波动，并动态调整发电和配电策略，从而实现能源的高效利用和负荷均衡。此外，智能化控制系统还具备强大的自诊断和自修复功能，在系统运行过程中，智能算法能够实时监控设备状态并检测异常情况，一旦发现问题系统会自动采取纠正措施或发出警报，指导运维人员进行修复。这种功能极大地提高了系统的可靠性和自动化水平。例如，智能变电站可以自动检测电力设备的运行异常，如过热或负荷超标，并通过调整控制参数或切换备用设备来维持正常运行，从而减少了人工干预和设备故障带来的风险。

3.3 自动化设计技术的应用

自动化设计技术在电气工程及其自动化领域的应用，极大地提高了设计效率、精度和系统集成度。通过整合先进的计算工具、智能算法和仿真技术，这些技术使得设计过程变得更加科学化和系统化。首先，自动化设计技术通过集成计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助工程（CAE）工具，实现了设计过程的高效化和精细化。设计师可以利用这些工具进行精确的电气系统建模和分析，从而在设计阶段即发现潜在问题。例如，使用电力系统分析软件可以模拟电网的运行情况，预测负荷变化对系统的影响，进而优化电力分配方案。其次，自动化设计技术引入了智能优化算法，能够在多种设计方案中进行快速选择和优化。这些算法基于历史数据和实时反馈对设计参数进行智能调整，以寻找最佳设计方案。例如，在配电网设计中，优化算法可以分析不同配置对电力损耗和系统稳定性的影响，并自动推荐最优的设计配置，从而提高系统的整体效率和经济性。此外，自动化设计技术还通过虚拟仿真和数字双胞胎（Digital Twin）技术，提升了设计的准确性和可靠性。数字双胞胎技术通过创建系统的虚拟模型，并在实际运行中进行实时监控和分析，使设计师可以对设计进行动态调整和优化。这种技术使得在实际建造之前，可以通过虚拟仿真对设计进行全面评估，减少了由于设计缺陷带来的实际问题。例如，在智能建筑设计中，数字双胞胎技术可以模拟建筑的能源消耗、环境影响等因素，从而优化建筑设计以实现更高的能效和舒适度。

3.4 智能电网调度与管理

智能电网调度与管理技术通过集成先进的信息通信技术、数据分析和自动化控制，显著提高了电力系统的运行效率和可靠性。这些技术不仅优化了电力的生成、传输和分配，还增强了系统的灵活性和响应能力。首先，智能电网调度利用实时数据采集和分析，实现了对电网运行状态的精准监控和动态调度，通过部署大量的传感器和监测设备，智能电网系统能够实时采集电流、电压、负荷和设备状态等关键数据[3]。这些数据通过高级数据分析技术进行处理，帮助调度中心实时了解电网的运行状况，并做出迅速的调度决策。例如，当系统检测到某一区域的负荷需求突然增加时，智能调度系统能够自动调整电力分配，确保电力供应的稳定性和可靠性。其次，智能电网调度技术引入了先进的预测和优化算法，提升了电力系统的调度精度和经济性，通过对历史数据和实时数据的综合分析，系统能够预测电力需求的波动，并提前进行电力生成和调度规划。这种预测能力使得电网能够在需求高峰期或设备故障时，及时调整电力来源和分配方案。例如，智能电网可以在用电高峰期间自动调节发电机组的输出，减少电力供应的不平衡，并通过需求响应管理系统激励用户调整用电行为，从而优化整体电力供应。此外，智能电网管理系统还具备故障检测和恢复能力，利用数据分析和自诊断技术，系统能够快速检测电网中的故障并定位故障点，自动执行修复措施或切换到备用设备，从而最小化故障对电力供应的影响。例如，智能电网系统可以在发生线路故障时自动隔离故障区域，并迅速调配备用电源，确保电力供应的连续性和稳定性。

4 结语

智能化技术的快速发展和应用，正在深刻改变电气工程及其自动化领域的面貌。从故障诊断与维护到自动化设计，再到智能电网调度与管理，这些技术的引入不仅提升了系统的操作效率和运行可靠性，也显著优化了资源配置和管理策略。通过精确的数据分析、自适应控制和实时监控，智能化技术使得电气系统在应对复杂环境和动态需求时，展现出更高的灵活性和稳定性。展望未来，随着技术的不断进步和应用的深入，智能化技术将在电气工程及其自动化领域发挥越来越重要的作用，推动行业向更高效、更智能的方向发展。

[参考文献]

[1]于隆,高树祥.建筑电气工程及其自动化、智能化技术研究[J].房地产世界,2022(8):90-92.
[2]王培杰.电气工程自动化的智能化技术应用[J].内燃机与配件,2021(17):171-172.
[3]汪晶晶,储百坤.电气工程及其自动化的智能化技术应用探析[J].中国水运,2023(6):95-98.

作者简介：刘欢（1993.12—），女，汉族，毕业学校：石家庄铁道大学，现工作单位：河北天艺建筑设计有限公司。

继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理探究

王子悦
国网河南省电力公司中牟县供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]随着社会对电力供应可靠性和效率的不断要求提升，现代配电网不仅需要具备高度的自动化和智能化水平，还需保证在发生故障时能够快速、精确地定位、隔离并恢复电力供应。继电保护系统作为电网的安全防护机制，与配电自动化系统的紧密配合，成为实现这一目标的重要手段。文中探讨了继电保护与配电自动化系统在配电网故障处理中的关键角色及其配合原则和具体措施，有效应对现代配电网的故障处理挑战，为电力系统的稳定运行和电力供应的可靠性提供理论支持和实际指导。
[关键词]继电保护；配电自动化；配电网；故障处理
DOI：10.33142/hst.v7i10.13913　　中图分类号：TM7　　文献标识码：A

Exploration on Fault Handling in Distribution Networks through the Coordination of Relay Protection and Distribution Automation

WANG Ziyue
Zhongmu County Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: With the increasing demand for reliability and efficiency of power supply in society, modern distribution networks not only need to have a high level of automation and intelligence, but also need to ensure that they can quickly and accurately locate, isolate, and restore power supply in the event of a fault. The relay protection system, as a safety protection mechanism for the power grid, closely cooperates with the distribution automation system and becomes an important means to achieve this goal. The article explores the key roles, coordination principles, and specific measures of relay protection and distribution automation systems in fault handling of distribution networks, effectively addressing the challenges of modern distribution network fault handling and providing theoretical support and practical guidance for the stable operation of power systems and the reliability of power supply.
Keywords: relay protection; distribution automation; distribution network; fault handling

引言

随着电力需求的增长和电网结构的复杂化，传统的人工运维方式已经无法满足现代电力系统对安全性、稳定性和效率的要求[1]。传统的继电保护系统虽然在一定程度上可以保护电网设备免受损坏，但其仍然存在反应速度慢、准确性不高等问题，尤其是在大规模配电网中，难以及时有效地对故障进行快速定位和恢复。同时，传统的人工运维模式不仅成本高昂，而且容易受到人为因素和操作误差的影响，限制了电网的整体运行效率和可靠性。为应对这些挑战，配电自动化技术的发展成为了解决方案。配电自动化系统通过智能化装置、传感器和数据分析技术，实现了对配电网状态的实时监测、故障快速检测和定位、自动化切换以及故障恢复等功能，不仅提高了故障处理的速度和准确性，还优化了电网的运行效率，降低了运维成本，从而显著提升了电网的整体可靠性和稳定性。然而，单独依靠配电自动化技术仍然不足以完全应对复杂多变的配电网环境和各种故障情况。继电保护系统作为电力系统的安全防护机制，与配电自动化技术的结合应运而生。继电保护系统能够在电网发生故障时快速响应并保护关键设备，配合配电自动化系统实现故障隔离、快速恢复和稳定供电，从而全面提升了电网的可靠性和响应能力。本文探索和分析继电保护与配电自动化技术在配电网故障处理中的原则与措施，为提升电力系统的安全性、稳定性和经济性提供理论指导和实际操作建议。

1 继电保护与配电自动化配合原则

1.1 可靠性

可靠性指的是系统在面对各种异常情况和故障时，能够始终保持其安全性和稳定性，确保电力系统能够持续、高效地运行，从而保障用户的电力供应和电网设备的安全。继电保护系统作为电力系统的重要组成部分，其主要功能是在电网发生故障时迅速检测、定位并保护受影响的设备或线路，防止故障扩展和设备损坏，同时保障电网的安全运行[2]。继电保护系统通过使用各种传感器、保护装置和电子控制单元，能够在毫秒级别内对电网的状态进行监测和响应，确保在故障发生时能够快速、精确地切断电路，并指导运行人员采取必要的修复措施。配电自动化系统则通过智能化开关装置、远程监控和控制系统，实现对电网的自动化管理和运行优化。配电自动化系统能够自动检测电网的状态变化，快速切换电源路径，减少人为操作的时间和错误，提高了电网的运行效率和稳定性。通过与继电保护系统的紧密配合，配电自动化系统能够在故障发生时快速执行相应的切换和恢复措施，最大限度地减少了停电

时间，保证了电力供应的连续性和稳定性。

保证继电保护与配电自动化系统配合运行的可靠性，需要从多个方面进行考量和优化。首先是系统的设计和工程实施阶段，需要充分考虑电网结构的复杂性和运行环境的多样性，确保继电保护装置的设置和参数调整与实际电网的特点相匹配。其次是系统的运行和维护阶段，需要建立完善的监测和检修制度，定期对继电保护装置进行检测和校准，确保其响应速度和准确性符合要求。此外，还需要进行系统的备份和应急预案制定，确保在系统故障或意外事件发生时，能够迅速采取措施恢复正常运行。

1.2 运转经济

配电系统的运转经济性是指在保证电网安全可靠的前提下，通过合理的技术配置和运行管理，最大程度地降低系统运行成本，提高资源利用效率，实现经济效益的最大化。继电保护与配电自动化系统在提升运转经济性方面发挥着重要作用，其关键在于优化电网运行管理、降低运维成本、提高电能利用效率和减少停电损失[3]。首先，继电保护系统作为电力系统的安全防护机制，其主要任务是在电网发生故障时迅速响应，准确判断故障位置并快速切除受影响的部分，以避免故障扩展并最大限度地保护设备。这种迅速响应不仅有助于减少设备损坏和维修成本，还能够降低由于故障引发的停电损失，从而提高电网的经济运行效率。通过精确的故障定位和快速的切除措施，继电保护系统有效减少了故障对电网正常运行的影响，保障了供电的稳定性，同时降低了系统因故障带来的维修成本和人工干预成本。其次，配电自动化系统通过自动化开关、智能控制和远程监控技术，实现对电网的智能化管理和优化运行。配电自动化系统能够根据电网负荷变化和故障情况，自动进行电源切换、线路切除和电能分配，从而最大限度地提高电网运行的效率和灵活性。例如，在负载较低时自动合并供电回路，以减少电网的能耗和损耗，降低运行成本；在负载过载或故障时，自动切断受影响的部分，以保护设备并减少故障扩展的可能性，进一步提高电网的运行稳定性和安全性。最后，运转经济性的提升还体现在配电系统的整体优化管理上。通过引入先进的能效评估技术和电网运行监控系统，可以实时监测电网的运行状态和能耗情况，精确评估电力设备的工作效率和资源利用效率。通过数据分析和运行优化，可以识别出潜在的能效改进和成本节约机会，进一步降低电力生产和配送的成本，提高整体的经济效益。

1.3 保证提供电力准则

保证提供电力的准则意味着系统必须确保电力供应的连续性、稳定性和质量，以满足用户的电力需求，无论是日常运行还是在面对突发事件时。一方面，继电保护系统作为电力系统的安全保障机制，其主要任务是在电网发生故障或异常情况时迅速检测、定位并切除受影响的电路或设备。这种快速响应至关重要，因为它能够防止故障扩大并导致更大范围的停电，从而保证了电力供应的连续性。继电保护系统通过使用各种传感器、监控装置和响应机制，能够在毫秒级别内对电网的状态进行评估和响应，保障电力系统在面对故障时能够快速恢复正常运行

另一方面，保证提供电力的准则还包括对电力质量的保障。电力质量涉及电压稳定性、频率精度、波动和谐波等参数的控制，这些参数直接影响到用户设备的稳定运行和电力使用的效率。继电保护系统通过快速切除故障线路或设备，可以防止电力质量因故障而下降，保证电网供电的稳定性和可靠性。配电自动化系统则通过精确控制电压、频率和谐波的生成，保障电网供电在符合国家标准的范围内，进一步提升电力质量，满足用户对高质量电力的需求。

2 继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理措施

2.1 两级级差自动化配合与保护措施

两级级差自动化配合与保护措施旨在通过分层次、多级别的保护措施，确保在电力系统发生故障时能够快速、精确地定位问题并采取适当的措施，以最大限度地减少故障对整个电网运行的影响，提高电网的可靠性和稳定性[4]。

两级级差保护系统通常由主保护和备用保护两级构成。主保护负责对电网各个部分进行连续监测和故障检测，一旦检测到异常情况（如短路、过载等），立即发出信号并启动相应的保护动作。这种保护动作可以包括自动切断故障部分的电源供应，防止故障扩展或造成更大的影响。主保护通常是电网保护的第一道防线，其设计目标是在最短的时间内精确地定位故障位置，以便后续的保护措施能够有针对性地进行响应。备用保护作为第二级保护，其主要作用是在主保护失效或无法正常工作时，立即接管保护功能，继续对电网进行监测和故障定位。备用保护系统通常具备更高的容错能力和自动切换功能，以确保即使在主保护系统出现问题时，电网仍能保持基本的保护水平和运行稳定性。这种双重保护机制有效地提升了电网的可靠性和抗干扰能力，使得即使在复杂的电网环境中，也能快速应对各种突发情况。另外，配电自动化系统还能通过实时数据分析和故障诊断，帮助运维人员快速定位故障原因，并采取适当的修复措施。这种智能化的管理方式不仅提高了故障处理的速度和准确性，还能够有效预防因故障而引发的二次事故或损失，保障电网供电的安全性和连续性。

2.2 多级级差自动化配合与保护措施

多级级差自动化配合与保护措施在配电网故障处理中是一种更加复杂和高效的设计方案。这种系统结构通过在电力系统中引入多级保护层次，不仅提升了故障定位和处理的准确性，还增强了系统的抗干扰能力和安全性，从而确保电力供应的持续稳定。

多级级差保护系统通常由三级或以上的保护层次构

成，每一级保护系统负责监测和保护电网的不同部分。第一级保护通常是最接近故障点的保护层次，其主要任务是在发生故障时尽快检测并采取保护措施，以防止故障扩展和更大范围的影响。第二级保护在第一级保护动作失败或未能完全解决问题时介入，继续进行故障定位和保护动作。第三级保护则作为最后一道防线，其通常设计为全局的保护方案，可以覆盖整个电网，以应对复杂和严重的故障情况。同时，多级级差保护系统的关键在于层层递进的保护逻辑和响应速度。每一级保护系统都配备了独立的监测装置、传感器和响应机制，可以在毫秒级别内响应电网状态的变化，并迅速传递信息到下一级保护系统，以便继续进行故障处理和电网恢复。这种多级保护的设计不仅提高了故障定位的精确性，还增强了系统对不同类型和规模故障的应对能力，有效减少了电网停电时间和范围，保证了电力供应的可靠性和稳定性。此外，配电自动化系统通过集成多级级差保护系统，能够实时监测电网的状态变化，并基于预设的逻辑和算法进行自动判断和操作，如系统可根据不同级别的保护动作信号，自动选择最合适的故障处理方案，通过智能开关设备和远程控制技术，快速切除故障区域并重新配置电力供应路径，以最小化停电影响并恢复未受影响区域的正常供电。

2.3 集中处理措施

集中处理措施旨在通过集成管理和智能化决策，提高电网故障处理的效率和精度，通过集中监控和控制电网各个节点，实现故障信息的快速传输、准确判断和有效处理，从而最大限度地减少故障对电力供应的影响，保证电网的可靠运行[5]。其一，集中处理措施依赖于高效的数据通信和信息集成平台。配电网中的继电保护和配电自动化系统通过网络互联，将电网各个节点的状态数据实时传输到中心控制中心或监控平台。这些数据包括电压、电流、频率等实时参数，以及设备的运行状态和故障报警信息。中心控制系统通过集中处理这些信息，能够迅速分析电网的整体运行状况，实现对电力系统的全面监控和管理。其二，集中处理措施通过智能化算法和决策支持系统，实现对电网故障的智能分析和快速响应。一旦监测到电网中的异常情况或故障事件，中心控制系统可以立即发出警报，并启动预设的故障处理方案。其三，集中处理措施强调了故障诊断和数据分析的重要性。中心控制系统不仅能够实时处理故障数据，还能够记录和存储历史数据，为后续的故障分析和系统优化提供支持。通过对历史数据的分析，系统可以识别出电网运行中的潜在问题和改进机会，进一步提高电网的稳定性和运行效率。此外，中心控制系统还支持对电力设备的远程诊断和维护，帮助运维人员快速定位和修复故障，减少因故障而造成的停电时间和生产损失。其四，集中处理措施在提升电网故障处理效率的同时，也增强了电网的整体安全性和可靠性。通过集中的监控和智能化决策，系统能够迅速适应复杂和变化的电网环境，有效应对不同类型和规模的故障事件。这种综合性的故障处理方案不仅提升了电力系统的应急响应能力，还为电网的可持续发展和智能化改造提供了重要支持。

3 结束语

继电保护与配电自动化的配合在现代电力系统中扮演着关键角色，其有效的故障处理措施保证了电网的稳定运行和持续供电。无论是两级级差自动化还是多级级差自动化，以及集中处理措施，这些系统设计不仅提升了故障响应速度和精度，还大幅减少了因故障而造成的停电时间和范围。随着技术的进步和智能化管理的推动，电力系统的可靠性和安全性得到了显著提升，为社会各界提供了可靠的电力支持。

[参考文献]

[1]庞勇.探析继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理[J].城市建设理论研究(电子版),2024(12):13-15.
[2]周凌峰.继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理[J].现代工业经济和信息化,2023,13(3):266-267.
[3]杨杨,李颖敏.继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理[J].现代工业经济和信息化,2022,12(12):312-313.
[4]徐攀峰,郝兴宏,刘相利.基于继电保护与配电自动化的配电网故障处理分析[J].大众用电,2022,37(12):36-37.
[5]郭旋,蒋李蒙,陈磊.基于继电保护与配电自动化配合的配电网故障处理[J].光源与照明,2022(7):189-191.

作者简介：王子悦（1996.1—），女，河南省商丘人，回族，本科学历，助理工程师，就职于国网河南省中牟县供电公司，从事配电运检、电力调度控制中心继电保护整定管理工作。

PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用分析

唐真真
石横特钢集团有限公司，山东 泰安 271612

[摘要]随着工业自动化程度的提升，电气仪表在工业生产中的作用愈加重要。PLC 技术作为一种先进的控制技术，能够有效地提升电气仪表的自动化水平，提高生产效率，保障生产安全，降低故障率。文章探讨了 PLC 技术的高处理效率、强安全性和可靠性以及抗干扰能力，讨论了电气仪表如何利用 PLC 进行控制，分析了 PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用。

[关键词]PLC 技术；电气仪表；自动化控制
DOI：10.33142/hst.v7i10.13914　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Application Analysis of PLC Technology in Electrical Instrument Automation Control

TANG Zhenzhen
Shiheng Special Steel Group Co., Ltd., Tai'an, Shandong, 271612, China

Abstract: With the improvement of industrial automation, the role of electrical instruments in industrial production has become increasingly important. PLC technology, as an advanced control technology, can effectively improve the automation level of electrical instruments, enhance production efficiency, ensure production safety, and reduce failure rates. The article explores the high processing efficiency, strong safety and reliability, and anti-interference ability of PLC technology, discusses how electrical instruments can be controlled using PLC, and analyzes the application of PLC technology in electrical instrument automation control.

Keywords: PLC technology; electrical instruments; automation control

引言

传统的电气仪表控制方式存在着操作复杂、反应速度慢、故障排查困难等问题，难以满足现代工业对生产效率和质量的高要求。在这样的背景下，PLC 技术的引入为解决这些问题提供了有效的技术手段[1]。PLC 作为一种灵活、可编程的控制器，能够根据预设的逻辑程序和控制算法对电气仪表进行精确控制和管理。相较于传统的控制方式，PLC 系统具有处理速度快、响应时间短、可靠性高、抗干扰能力强等优势，能够有效提升电气仪表的自动化水平，优化生产流程，降低生产成本，提高生产效率和产品质量。本文深入探讨 PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用及其优势，分析其对工业生产过程的改善和优化。

1 PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用优势

1.1 处理效率高

PLC（可编程逻辑控制器）技术在电气仪表自动化控制中的高处理效率是其显著优势，深受工业界青睐[2]。首先，PLC 系统通过其精密设计和优化的硬件架构确保了高效的数据处理能力。PLC 通常由 CPU、I/O 模块、存储器等核心部件组成，这些部件协同工作，能够快速、准确地处理来自各类传感器和执行器的输入信号，并根据预设的逻辑程序进行实时控制和响应。其次，PLC 软件的特点使得其在编程和逻辑控制方面具备高度的灵活性和效率。PLC 通常支持多种编程语言，如经典的梯形图（Ladder Diagram）、结构化文本（Structured Text）、功能块图（Function Block Diagram）等，工程师可以根据具体的控制需求选择合适的编程方式。这些编程语言不仅直观易懂，而且能够通过简单的逻辑结构实现复杂的控制逻辑，有效地优化程序执行效率。此外，PLC 的多任务处理能力使其能够同时执行多个控制任务，如监测多个传感器信号、控制多个执行器动作，而不会因任务复杂度增加而影响处理效率。

1.2 安全性、可靠性强

PLC 系统通过其设计精良的硬件架构和严谨的软件逻辑，确保了在工业环境中的高安全性[3]。工业生产现场常面临高温、高压、振动等恶劣条件，而 PLC 的硬件组件通常具备良好的抗干扰能力和耐用性，能够稳定地运行并抵御外界环境的干扰。此外，PLC 系统常备有多重安全保护措施，如电路保护、过载保护、过热保护等，有效预防因外界干扰或系统自身故障导致的安全问题，保障生产现场及人员的安全。同时，PLC 的软件编程采用稳定成熟的逻辑控制语言，如梯形图（Ladder Diagram）或结构化文本（Structured Text），这些语言经过多年发展和应用，已被广泛验证和优化，能够准确、可靠地实现各种复杂的控制任务。PLC 系统内部的自我诊断功能和错误处理机制进一步增强了其可靠性，能够及时检测并处理可能出现的软件错误或逻辑问题，保证控制系统的稳定运行。另外，PLC 技术在数据处理和通信方面也对系统的安全性和可靠性有着积极的促进作用。现代 PLC 系统通常支持多种通

信协议和网络接口，能够与其他设备、传感器及监控系统实现高效的数据交换和共享。通过安全加密和数据完整性验证等技术手段，PLC 系统确保数据的安全传输和存储，防止信息被恶意篡改或窃取，进一步保障了生产系统的安全运行。

1.3 具有一定的抗干扰能力

PLC（可编程逻辑控制器）技术在电气仪表自动化控制中展现出显著的抗干扰能力，这一特性对于工业环境中常见的电磁干扰、温度波动、电力波动等问题尤为重要。首先，PLC 系统设计考虑到工业场所的恶劣环境，通常采用抗干扰能力强的硬件组件，不仅能够抵御电磁辐射和电磁干扰，还能在变化多端的温度和湿度条件下稳定工作。如 PLC 的中央处理单元（CPU）和输入/输出模块（I/O 模块）通常采用工业级的设计标准，具备较高的电磁兼容性（EMC），能够有效隔离和抑制外部干扰信号，确保信号传输的稳定性和可靠性，使得 PLC 系统能够在噪声较大的工业环境中，如工厂生产线或自动化生产设备，依然保持精准的控制和数据处理能力。其次，通常情况下，PLC 的控制逻辑采用梯形图（Ladder Diagram）或结构化文本（Structured Text）等成熟的逻辑编程语言。这些语言在设计时考虑了对误码率低、抗干扰能力强的要求，通过适当的编程结构和算法优化，有效减少了程序在高噪声环境下的错误触发和逻辑混乱的可能性。此外，PLC 系统内部通常具备的故障检测和自我诊断功能，能够及时识别并处理由于干扰导致的错误信号或数据异常，保证控制系统的稳定性和可靠性。

2 电气仪表使用 PLC 的控制方法

2.1 设计参数

电气仪表中使用 PLC 进行控制涉及多方面的设计参数，这些参数的精确确定和合理配置对于确保系统运行的稳定性、安全性和效率至关重要。第一，设计参数包括输入输出（I/O）配置，涵盖了确定 PLC 系统将控制的各种传感器、执行器、开关以及其他外部设备的类型和数量。在设计阶段，工程师们必须仔细分析系统需要监控和控制的各种信号和数据点，选择适当的数字输入（DI）和数字输出（DO）、模拟输入（AI）和模拟输出（AO）模块，确保能够满足系统的所有功能需求[4]。第二，设计参数还包括 PLC 的中央处理单元（CPU）选择和配置。CPU 的选择直接影响了系统的运行速度、处理能力和响应时间。根据应用的需求，工程师们需要评估不同 CPU 的计算能力、内存容量和支持的通信协议等特性，以确保 PLC 能够在实时控制和数据处理方面表现出色。在某些高要求的应用中，需要多核 CPU 或特定的实时操作系统来处理复杂的逻辑和算法，如 PID 控制、运动控制或者安全系统的实时监测。第三，设计参数涉及到 PLC 的程序设计和逻辑编程。工程师们需要使用 PLC 编程软件，如基于梯形图的编程语言（Ladder Diagram）、结构化文本（Structured Text）或功能块图（Function Block Diagram），编写系统的控制逻辑。在这一过程中，设计参数不仅包括业务逻辑的确立，还包括错误处理、安全逻辑和故障恢复策略的设计。

2.2 完善技术标准

完善的技术标准不仅确保系统设计和实施的规范性，还能提高系统的可靠性、安全性和可维护性。其一，技术标准在 PLC 系统设计阶段起到指导和规范作用，包括确定硬件设备的选择和配置，如确保 PLC 控制器、I/O 模块、传感器和执行器的选用符合工业标准和应用需求。标准化的硬件配置能够保证系统的互操作性，使得不同厂商的设备能够有效地集成和协同工作，从而降低系统集成的复杂性和成本。其二，技术标准涵盖了 PLC 编程和逻辑设计的规范。这些规范不仅包括编程语言的选择（如梯形图、结构化文本、功能块图等），还包括编程风格、命名规则、注释要求等方面。规范化的编程风格和命名约定有助于提高程序的可读性和维护性，减少开发过程中的错误和逻辑混乱，从而提升系统的稳定性和运行效率[5]。其三，技术标准还涉及系统的安全设计和防护措施。在工业自动化环境中，PLC 系统常承担关键的控制和监测任务，必须具备高度的安全性和防护能力，以防止潜在的攻击或误操作对生产过程和人员安全造成影响。技术标准规定了系统的安全性能要求、访问控制机制、数据加密和备份策略等，确保 PLC 系统能够在安全和稳定的环境中运行。

2.3 开展 PLC 控制

开展 PLC 控制是指在电气仪表自动化系统中实际应用和操作 PLC 技术，以达到精确控制和高效运作的目的。首先，工程师们需要与系统最终用户和相关利益相关者密切合作，深入了解和分析自动化控制的具体需求和功能要求，包括确定控制的输入输出设备（I/O）、控制逻辑、运行模式以及安全性和可靠性要求。通过系统需求分析，工程团队可以确立 PLC 控制系统的整体设计目标，并为后续的硬件选型、软件开发和系统集成提供指导和依据。其次，开展 PLC 控制涉及到硬件和软件的选择与设计。在硬件方面，工程师们需要根据系统需求和环境特点选择合适的 PLC 控制器、I/O 模块、通信设备以及其他外围设备。这些硬件设备的选择应考虑到其耐用性、抗干扰能力、数据处理能力和扩展性，以确保能够满足长期运行的要求。在软件方面，工程师们需根据控制逻辑的复杂性和实时性要求选择适当的编程语言和开发工具，如梯形图、结构化文本或功能块图等。同时，必须进行详细的软件设计，包括编写逻辑控制程序、定义数据处理和故障处理流程，以保证系统的稳定性和安全性。最后，开展 PLC 控制需要进行系统的运行监控和性能评估。一旦系统投入运行，工程师们需要持续监控 PLC 系统的运行状态和性能指标，及时发现并解决潜在问题，确保系统长期稳定运行。定期进行性能评估和优化，可以进一步提升系统的效率和响应能力，

满足不断变化的生产需求和技术挑战。

3 PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用

3.1 基于 PLC 技术的开关量控制

开关量控制是指通过 PLC 控制器对数字信号进行处理和响应，从而实现对各种开关设备、传感器和执行器的精确控制和监测。第一，PLC 作为一个高度灵活和可编程的控制器，能够根据预设的逻辑条件实时监测和处理来自各类传感器和开关设备的数字信号。第二，基于 PLC 的开关量控制还能够提供高度的灵活性和可扩展性。工业生产环境中，生产线常常需要根据市场需求和生产计划进行频繁调整和改变。PLC 系统通过灵活的编程和配置，可以快速适应不同的工作模式和生产要求，而无需进行大规模的硬件更换或重大系统改造，不仅提高了生产线的响应速度和适应能力，还减少了生产过程中的停机时间和生产成本。第三，基于 PLC 技术的开关量控制有助于提升生产系统的可靠性和安全性。传统的手动控制往往存在操作错误和人为干扰的风险，而 PLC 系统通过自动化控制和监测，可以减少人为错误的发生，并确保生产过程的稳定性和一致性。

3.2 PLC 技术中的闭环控制

闭环控制系统由传感器、PLC 控制器和执行器组成，其核心在于通过持续监测和比较实际输出与期望值之间的差异，动态调整控制输出以使系统保持在期望的状态或工作点上。一方面，闭环控制的基本原理是实时反馈。传感器通过检测和采集各种物理量或过程参数（如温度、压力、流量等），将这些数据传输给 PLC 控制器。PLC 控制器根据预设的控制算法和逻辑进行处理和分析，然后生成相应的控制信号送至执行器，执行器根据控制信号调整输出，影响控制对象的状态或行为。这种实时反馈机制使得闭环控制系统能够动态响应外部环境变化和内部扰动，保持系统稳定运行。另一方面，闭环控制系统具有优良的稳定性和精度。通过持续监测和调节，闭环控制能够有效抑制外部干扰和内部变化对系统的影响，确保系统输出始终接近设定的目标值或工作点。这种稳定性和精度对于许多工业应用至关重要，如化工生产中的精确配料、汽车制造中的精确控制零件加工等，都依赖于闭环控制系统来保证产品质量和生产效率。

3.3 系统控制和远程通信控制中的 PLC 技术的有效使用

系统控制涵盖了对复杂工业过程中各种设备和系统的集成和协调，而远程通信控制则允许远程监控和操作，两者结合起来，PLC 技术能够实现高效、安全和可靠的自动化管理。一是 PLC 在系统控制中的有效使用体现在其能够集成多种设备和传感器，统一管理和调度不同设备的操作。通过 PLC 控制器，可以连接和控制包括传感器、执行器、电机、阀门等多种设备，实现它们之间的协同工作二是 PLC 在远程通信控制中的应用则使得操作人员可以通过网络远程监控和管理设备和系统。现代工业中，许多生产设施分布在不同的地理位置，甚至全球范围内，而远程通信技术（如互联网、局域网、无线通信等）结合 PLC 技术，使得操作人员可以远程访问 PLC 控制系统，并实时获取设备运行状态、调整控制参数、进行故障诊断和远程维护，提升了生产效率，快速响应设备异常或故障，减少生产停机时间，从而降低生产成本并提高设备利用率。三是 PLC 技术在远程通信控制中的灵活性和可扩展性也值得强调。随着工业自动化的发展和生产需求的变化，PLC 系统可以根据需要进行扩展和升级，支持更多设备的接入和更复杂的控制逻辑，使得 PLC 技术能够适应不同行业和不同规模的生产环境为企业提供定制化的自动化解决方案，增强其竞争力和生产效率。

4 结束语

在电气仪表自动化控制领域，PLC 技术作为核心控制手段展现了其卓越的功能和广泛的应用前景。随着技术的不断进步和应用范围的扩展，PLC 系统在自动化控制中的作用将愈加重要，为企业提升生产效率、降低运营成本，同时也促进了工业智能化的发展。未来，随着工业 4.0 等新技术的融合，PLC 技术将继续演化，为全球工业界带来更多创新和应用可能，推动工业自动化迈向更加智能和可持续的方向。

[参考文献]

[1]季鹏飞.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用分析[J].中国信息化,2024(4):62-63.
[2]何添.PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用研究[J].家电维修,2024(3):110-112.
[3]王彦博.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用分析[J].电气技术与经济,2024(1):313-315.
[4]冯军.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用分析[J].造纸装备及材料,2023,52(11):79-81.
[5]安佳琪.PLC 技术在电气仪表自动化控制中的应用[J].电子元器件与信息技术,2023(6):72-75.

作者简介：唐真真（1986.12—），女，汉族，籍贯山东省德州市，现职称为工程技术工程师，2008 年 7 月毕业于辽宁科技学院，生产过程自动化专业，最高学历为本科，现主要从事的工作或研究的方向：装备运行基础管理及流程优化。

配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响分析

乔建恒
国网河南省电力公司巩义市供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]随着社会经济的不断进步，电力系统在满足日益增长的需求方面扮演着至关重要的角色。为了应对供电可靠性的持续挑战，配网自动化技术应运而生，成为提升配电网运行效率和稳定性的得力工具。其引入不仅可以有效降低故障发生的概率，还能最大程度减少故障期间的停电时间，从而保障用户用电的连续性和稳定性。通过深入梳理配电自动化技术的优势和作用机制，我们能更清晰地洞察其对提高供电可靠性所产生的深远影响，为电力系统的可持续发展打下坚实基础。

[关键词]配电网；自动化技术；供电可靠性
DOI：10.33142/hst.v7i10.13905　　中图分类号：TM7　　文献标识码：A

Analysis of the Impact of Distribution Network Automation Technology on the Reliability of Power Supply in Distribution Networks

QIAO Jianheng
Gongyi Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: With the continuous progress of the social economy, the power system plays a crucial role in meeting the growing demand. In order to address the ongoing challenges of power supply reliability, distribution network automation technology has emerged as a powerful tool for improving the operational efficiency and stability of distribution networks. Its introduction can not only effectively reduce the probability of faults occurring, but also minimize the power outage time during faults, thereby ensuring the continuity and stability of users' electricity consumption. By thoroughly examining the advantages and mechanisms of distribution automation technology, we can gain a clearer understanding of its profound impact on improving power supply reliability, laying a solid foundation for the sustainable development of the power system.

Keywords: distribution network; automation technology; power supply reliability

引言

配电网作为电力系统的末端环节，其稳定性和安全性直接影响到用户用电的质量和可靠性。随着城市化进程加速推进和用户需求日益多元化，传统配电网已逐渐显现出难以有效满足高效、安全、节能要求的局限性。在这一背景下，配网自动化技术应运而生，旨在利用现代信息技术实现配电网的智能化管理，增强电网的自我调节和应急处理能力，以提升供电的可靠性和稳定性。该技术的引入将为电力系统注入新的活力，推动智能电网的建设，为广大用户提供更可靠、更持续的用电体验。

1 配网自动化技术概述

1.1 基本概念

配网自动化技术是一项利用先进的计算机、通信和控制技术，旨在实现对配电网各个设备状态的实时监控、数据采集与处理，以及故障诊断与处理等功能的高效系统。通过这项技术的应用，配电网运营方能够更加全面地了解整个配电系统的运行状况，迅速捕捉到任何异常或故障，并及时采取有效的措施进行修复，从而提高整个配电网的运行效率和可靠性。具体而言，配网自动化技术在监控方面能够实现对各种设备的状态、负载情况、电流电压等数据的实时监测和记录，并能够将这些数据传输至中心控制中心进行分析和处理[1]。同时，在数据采集与处理方面，配网自动化系统能够快速准确地收集和整合各类数据信息，为后续的运行决策提供有力支持。配网自动化技术还具备强大的故障诊断与处理能力，能够通过先进的算法和模型对系统出现的故障进行准确快速的定位和诊断，并及时采取相应的措施进行处理，最大限度地减少故障对系统运行造成的影响。这种智能化的故障处理方式大大提高了配电网的可靠性和稳定性。

1.2 主要技术

1.2.1 数据实时采集系统——远程监控的核心引擎

这一系统承担着配电网健康监测的主要角色，它持续捕获、记录网络运行的各项关键指标，确保运维人员能及时掌握网络状态，防患于未然。

1.2.2 多功能现场监测利器——智能终端的智能触角

配备有智能电表、在线电流电压传感器等智能装置的故障指示器等，不仅能在事故发生后快速定位故障区域，还具备自我调节的功能，助力电网高效运作。

1.2.3 全球信息网脉络搭建——通信科技的赋能

综合运用高速稳定的有线与灵活便捷的无线通信技术，构筑一张覆盖全面的数据传输高速路，确保实时、准确的信息传递，为决策执行提供即时响应基础。

1.2.4 数据智能解读平台——驱动决策的洞察之眼

结合大数据挖掘与机器学习等人工智能工具，深入分析海量电网运营数据，从中提炼出关键趋势与模式，支撑管理者做出基于数据驱动的科学决策，优化资源分配与系统升级计划。

2 配网自动化技术对供电可靠性的影响

2.1 减少故障率

作为一种尖端技术手段，配网自动化技术通过实时跟踪配电网的操作状况，有效实现对潜在故障的预判及警示，该预先警示的机制显著降低了配电网发生故障的概率，从而为确保其安全与稳定地运行构筑了坚实的防线，在配电网运行过程中，设备和系统持续运作并相互作用，一旦任何部分出现故障或异常，都可能引发整个系统的瘫痪，实时监控电网的运行状况，配网自动化技术能够辨识并预警可能出现的故障征兆，运维人员可以借助此预警功能，预先洞察潜在风险，随即实施相应干预措施，有效预防事故发生，确保电网运行的安全与稳定[2]。

2.2 快速故障定位与恢复

在电力领域，技术手段对于快速准确地识别系统故障点至为重要，技术应用于精确定位设备故障，快捷识别问题所在，进而有效缩短故障修理周期，并优化修复流程的速度，运维专业人员通过精准定位技术，确立电力设备故障的具体位置，从而能够针对性地采纳针对性的修复方案，此过程旨在规避修复工作的延时，并力求将电力供应系统因故障遭受的损害降至最低。将配网自动化技术与前沿的故障定位技术相结合，能够达成迅速且精确的故障识别目的，在电网出现异常时，借助于数据的监测与分析，以及故障诊断程序，可以准确地定位故障位置，从而为故障后续的处理提供了关键性的数据支持，采用这种精准且高效的故障定位技术，显著提高了电网运维工作人员在紧急抢修中的作业效率，进而缩减了故障处理的时长，极大减轻了电网在故障期间所承受的影响。自动化控制技术与配网自动化技术相结合，能够促动电力供应的迅速复原，在故障位置被准确识别之后，系统随即激活预设的自动化控制程序，迅速对受干扰的区域执行电力补给，以实现恢复，利用先进的自动化控制技术，能够在极短时间内实现电源的切换与恢复，从而确保用户电力需求的持续满足，这种技术有效地缩短了故障引发的停电时长，显著提升了电网系统的可靠性与稳定性[3]。

2.3 提高系统运行效率

在现代电力系统的架构中，配电网扮演着不可或缺的角色，通过自动化管理策略的采纳，对电网的运行模式进行优化处理成为可能，自动化系统能够实时根据电力网络的负载状况调整供电方案，有效地实施电力资源的优化配置，防止无效负载或过载的发生，进而提升整个电力供应的效率，自动化管理涉及到配电网的多个方面，其中包括智能计量和远程监控，还涵盖了智能配电设备等。智能计量技术的应用，使得对电能消耗的准确监控成为可能，从而为电网管理人士提供了必要的数据支撑，这有助于他们深入理解电力消费的现状，并据此进行有效的调整与优化，利用远程监控系统，可以对电网相关设备的运行状态进行实时跟踪与检查，一旦发现异常，便能即刻采取相应措施，以确保电网运行的稳定性不受影响，智能配电设备能灵活地对电网信号做出响应，根据需要进行智能调节，有效降低能耗，从而提高供电效率，配电网的运行，借助自动化管理手段，得以实现智能化与高效化的全面提升，电网系统依据实时负荷和电力需求，自动调整供电策略，以降低非必需的能量损耗，并增强能源的运用效率，通过实施自动化管理，得以在远程实现电网设备的控制与维护，从而提高了电网运行的便捷性与可靠性，缩减了故障处理所需时间，确保了用户的用电质量和供电安全。

2.4 支持用户侧管理

在电力领域，自动化技术的运用已成为确保高效供电和可靠供电的关键方法，借助自动化技术，可以对用电需求进行更精确的控制，进而优化需求侧的管理，智能化的需求侧管理涉及对终端用户电力使用的调整与优化，目的是缓解电网在高峰期的压力，并促进电力资源在整个系统中的高效分布与运用，在需求管理方面，自动化技术起到了极为关键的作用，利用先进的智能电表和集成化的智能家居系统，可以对消费者的电力消耗模式进行实时监控与管理。智能电表能够捕捉并记录用户实时电力消耗状况，这些数据对电力机构而言至关重要，因为它们有助于电力机构深入了解客户的用电模式及其用电属性，用户根据其个性化需求和生活模式，可利用智能家居设备来实现家电的智能化管理，这样，就能防止多件家电同时启动导致的电力峰值负荷，进而有效减少电网运行的风险，实施需求侧管理能够让电力系统更具备灵活性，有效应对高峰时段的电力需求挑战。利用自动化技术，根据时间差异与用户需求的变化，对电力资源进行智能化分配，从而减轻系统负荷的波动，并提升供电的稳定性，需求侧管理通过电力消费定制化策略，促进用户在电力低谷时段提升能源使用效率，进而平衡供需，减少能源无效消耗，优化系统整体运作效能，在电力领域的发展蓝图中，对需求侧的管理将逐渐成为关键职能，自动化技术的利用使得电力系统更善于适应用户需求的多样化和个性化，进而满足不同用户群体的电力使用需求，电力资源的配置也因此变得更为合理和高效。实施需求侧管理策略，有助于减轻电网负担，减少系统运行风险，并增强供电可靠性与稳定性，从而为用户带来更安全、便捷且高效的用电体验[4]。

3 实施案例分析

以某地区的配电网智能化改造项目为研究对象，探讨了在引入配网自动化技术后对供电可靠性的提高情况。该

项目作为配电网现代化建设的一个重要实践案例，展示了当下电力行业推动智能化革新的积极努力。通过智能化改造项目，配电网得以实现系统运行数据的精准监控、故障诊断和快速响应，从而有效提升了供电系统的故障处理效率和抗干扰能力。自动化技术的运用不仅简化了人工操作流程，降低了运维成本，更为供电网络带来了更高水平的运行智能化和自适应性。新一代智能化设备的应用也大幅提高了供电系统的安全性和稳定性，有效应对了日益增长的电力需求压力。随着科技发展的日新月异，配电网智能化改造也在不断演进和完善，将为未来电力系统的可持续发展奠定坚实基础。

3.1 项目背景

在探讨某地区配电网智能化改造项目前，有必要对该地区配电网改革前的供电可靠性进行深入分析。在旧有配电网结构下，供电可靠性存在诸多问题，主要表现在系统运行数据监控不精准、故障诊断和处理速度较慢等方面。这种情况导致了供电系统在面临异常情况时反应迟缓，故障恢复时间较长，供电可靠性遭受到挑战。传统人工操作方式存在误差率高、响应速度慢等弊端，增加了供电网络运维的困难度和工作量。在电力需求不断增长的情况下，旧有配电网结构已逐渐显现出无法满足日益增长的用电需求的局限性，供电系统稳定性和安全性也面临着日益加剧的压力。

3.2 技术实施方案

在进行配网自动化改造时，关键技术与设备的选择至关重要。首先，智能终端设备的部署是配网自动化的核心之一，通过在配电设备中嵌入传感器、执行器等智能装置，实现对设备状态、数据信息的采集、传输和监控。其次，基于物联网技术的数据传输通道构建是实施配网自动化的关键技术之一，它可以实现设备之间的实时数据交换和信息共享，提高系统运行效率。人工智能技术的应用也助力于配网自动化的实施，通过智能算法对供电系统数据进行分析和处理，实现异常检测、故障诊断与修复的智能化，提升供电系统的可靠性和安全性。同时，配网自动化的技术实施方案制定至关重要，需要充分考虑供电网络的特点和需求，结合先进技术提出合理方案，确保改造工程的顺利进行[5]。

3.3 实施效果

在评估配网自动化项目实施效果时，关键的供电可靠性指标是至关重要的。通过对比实施前后的数据变化，我们可以清晰地观察项目的影响。一项常用的指标是平均停电时间，即衡量用户平均每年停电的总时长。在实施配网自动化后，该指标往往会显著下降，用户遭遇停电的频率明显减少。另一个重要的指标是故障响应时间，即系统在出现故障后的处理速度。配网自动化技术的引入可以提高系统对故障的快速识别和定位能力，从而显著缩短了故障响应时间，加快了故障修复的进程。这些数据变化不仅可以直观反映出项目实施的成效，也为项目的价值和效益提供了客观依据。举例来说，某城市在配网自动化项目实施前，平均停电时间为每户每年 30 小时，故障响应时间为 2 小时；而在项目实施后，平均停电时间降至 15 小时，故障响应时间缩短至 1 小时。这些数据的改善不仅提升了供电系统的可靠性和稳定性，也直接影响到用户的用电体验和生活质量的提升。综上所述，配网自动化项目实施后的效果通过数据和实例展示，清晰呈现出技术创新带来的积极变化。

4 结束语

配网自动化技术的广泛应用对增强配电网供电的稳定性和可靠性起着至关重要的作用，不仅提升了电力系统的整体智能水平，还促进了其现代化发展。随着科技不断进步和社会需求不断变化，配网自动化技术拥有更为广阔的发展前景。未来，随着数字化技术、人工智能等领域的不断突破，配网自动化将迎来全新的发展机遇，应用范围将更加广泛。这将为电力行业带来更高效、安全、可持续的能源分配体系，实现更加智能化和便捷的配电网络运营管理。

[参考文献]

[1]郭淳.配电网自动化技术对供电可靠性的影响分析[J].集成电路应用,2023,40(8):310-311.
[2]居剑文.简析配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响[J].农村经济与科技,2020,31(18):299-300.
[3]李珍珍.配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响[J].东方企业文化,2019(1):221.
[4]朱炜.配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响[J].通信电源技术,2019,36(5):285-286.
[5]杨柳,刘超,丁应平,游振华.两种配网自动化模式对配电网供电可靠性的影响分析[J].自动化与仪器仪表,2018(7):15-17.

作者简介：乔建恒（1996.11—），男，河南省郑州人，汉族，本科学历，助理工程师，就职于国网河南省电力公司巩义市供电公司，从事国网巩义市供电公司配网运维工作。

自动化装置在小型水电站中的应用与性能分析

李 磊
渝能（集团）有限责任公司，重庆 400000

[摘要]针对目前国内小型水电站普遍存在的设备陈旧、技术落后和运行安全性差的问题，自动化装置的引入显得尤为重要。通过对自动化装置的应用及其性能进行分析，本研究表明，这些装置在提高运行效率、改善设备状态和增强安全性方面具有显著效果。自动化技术能够有效减少人为操作错误，优化资源利用，降低运营成本，并提升系统的稳定性。尽管自动化技术带来了诸多好处，但也面临设备投资高、技术适配性差和操作维护难度大的挑战。因此，需要在技术研发、系统集成及培训方面继续努力，并推动政策支持。随着技术的进步和经验的积累，自动化装置将在小型水电站中发挥更大的作用，推动行业向智能化、高效化发展，为国家的能源安全和环境保护作出贡献。

[关键词]自动化装置；小型水电站；应用；性能分析
DOI：10.33142/hst.v7i10.13890　　中图分类号：TV5　　文献标识码：A

Application and Performance Analysis of Automation Devices in Small Hydropower Stations

LI Lei
Yuneng (Group) Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: In response to the common problems of outdated equipment, outdated technology, and poor operational safety in small hydropower stations in China, the introduction of automation devices is particularly important. Through the analysis of the application and performance of automation devices, this study shows that these devices have significant effects in improving operational efficiency, improving equipment status, and enhancing safety. Automation technology can effectively reduce human operational errors, optimize resource utilization, reduce operating costs, and enhance system stability. Although automation technology has brought many benefits, it also faces challenges such as high equipment investment, poor technical adaptability, and difficult operation and maintenance. Therefore, it is necessary to continue efforts in technology research and development, system integration, and training, and promote policy support. With the advancement of technology and the accumulation of experience, automation devices will play a greater role in small hydropower stations, promoting the industry's development towards intelligence and efficiency, and contributing to the country's energy security and environmental protection.

Keywords: automation equipment; small hydropower stations; application; performance analysis

引言

在全球能源需求不断上升及环保要求逐步严格的背景下，小型水电站作为一种可再生能源解决方案，逐渐获得广泛关注。相比传统的大型水电项目，小型水电站凭借其较短的建设周期、较小的环境影响及较强的适应性，已成为中小型水力资源开发的优选方案。虽然小型水电站在节能减排及区域电力供应中扮演了重要角色，其运行的高效性与稳定性依然面临诸多挑战。自动化装置的应用，尤其显得至关重要，用以提升运行效率、优化资源配置并降低维护成本。引入自动化技术，使得水电站的监控、控制及管理变得更为智能化和精确。实时监控发电机组、闸门、泄洪系统等关键设备，并进行远程控制，自动化装置能够显著提升系统的安全性与可靠性。此外，通过减少对人工干预的需求，降低人为错误的发生率，并在突发情况下提供迅速响应，这项技术有效地提升了整体管理水平。本文将探讨自动化装置在小型水电站中的实际应用现状，深入分析其对运行效率、维护管理及性能提升的影响，通过对自动化装置进行性能测试与评估，将识别其实际应用中的优势与不足，并提出改进策略及未来的发展方向，期望通过深入研究，为小型水电站的高效运营与智能化管理提供科学依据及实践指导。

1 水电站中自动化装置的类型与功能

在水电站的复杂系统中，自动装置的重要性不可忽视，它们通过精确的协调与控制，保障了电站的高效、稳定与安全运行。实时监控和调整核心参数的任务，由自动控制系统承担，这包括水库水位、流量以及发电负荷等。依照设定的控制策略，水轮机的开度及发电机的运行状态被自动调整，从而实现对电网负荷变化的快速响应。通常由传感器、执行器和中央控制单元组成的系统，通过精密的算法和控制逻辑，确保电站在不同工况下能保持最佳的运行效率。发电机组中，自动调节装置同样扮演了关键角色，这些装置依据电网的频率和电压需求，自动调整发电机的输出功率和电流，以维持电网的稳定性。自动电压调节器（AVR）和自动功率调节装置（APC）是常见的装置，其功

能在于实时调节发电机的励磁电流及输出负荷，以确保电力系统频率和电压波动保持在允许范围内。设备保护方面，自动启停装置能够在检测到故障或异常时，启动停机程序或重新启动程序，从而降低设备损坏的风险，并防止系统故障的进一步恶化[1]。在电气设备的运行状态监测中，自动化保护装置能够自动激活保护机制，如断路器跳闸或报警，当发生过载、短路、过电流等异常情况时，以隔离故障区域，保障设备及系统的安全。远程监控系统集成了传感器、数据采集单元及通信模块，实时数据被传输至控制中心，使操作人员能够在远程进行系统状态监控、故障诊断及指令下达，显著提升了水电站的效率与安全性，得益于这些自动装置的协调运行。

2 自动化装置的应用分析

2.1 自动化控制系统的设计与实施

自动化控制系统的设计与实施对于小型水电站的运行至关重要，其核心在于提升操作自动化水平及整体系统效率。设计阶段，深入分析水电站的运行需求，包括电力需求、设备配置、工艺流程及环境条件，是必要的，以制定适当的控制系统架构。通常，自动化控制系统选用的组件包括可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）及监控与数据采集系统（SCADA），这些组件共同构成一个集成化的控制平台。系统的安装与调试，在实施过程中，必须严格按照设计方案进行，以确保所有硬件与软件组件能够协同工作，满足实时监控与调节的需求。通过传感器、执行器及控制器的部署，各类数据如水位、流量及压力，自动化控制系统能够实时采集，并将这些数据传输至中央控制系统进行分析处理。利用控制算法，系统能够自动调整设备状态，如水轮机的转速及发电机的负荷，从而优化能效并确保系统在安全范围内的稳定运行，实施阶段，详细的测试与验证必须进行，以确保系统的稳定性、准确性及可靠性，此外，操作员的培训也是必不可少的，以保证他们能够熟练操作与维护控制系统。

2.2 自动化装置对小型水电站运行效率的提升

自动化装置在提升小型水电站的运行效率中扮演了关键角色。通过整合先进的自动化技术，水电站得以实现实时监控与精准控制，显著提升了运行效率，这些装置具备自动调节水轮机转速、发电机负荷及其他关键设备运行状态的能力，使其能够应对水流与电力需求的变化，进而优化发电效能。包括传感器、控制器及数据采集系统等组件，构成了这些装置的核心部分，协同作用以提高系统的响应速度与调整精度。实时数据的采集与处理，使得自动化系统能够迅速识别并应对潜在的运行问题，减少了对人工干预的依赖，并降低了故障发生的频率。设备运行的稳定性，确保了自动化装置始终处于最佳状态下，这不仅减少了能量的浪费，也提升了电力输出的稳定性。再者，自动化技术还有效整合了电站各部分的操作，通过智能调度系统优化整体运行，提升了设备的利用率并降低了维护成本，通过应用自动化装置，水电站的生产效率得以提升，其经济性与可靠性也得到了改善，从而实现了资源的优化配置与长期稳定的电力供应。

2.3 自动化装置对维护与管理的影响

自动化装置对小型水电站的维护与管理产生了显著改善，主要体现在操作效率的提升和维护成本的降低上。通过引入自动化技术，水电站得以实时监控设备运行状态，并自动检测潜在故障，及时发出预警。此举显著减少了设备故障发生的频率。应用先进的传感器、数据采集系统及智能分析软件，使得设备性能参数可以被持续跟踪，运行数据能够及时记录与分析，从而提供了精确的维护决策依据。具备的故障诊断功能，使自动化系统能够帮助管理人员迅速定位问题，避免了传统检修中对设备的盲目检查，优化了维护流程[2]。通过远程监控与控制功能，维护人员不再需要频繁到现场进行设备状态检查与系统调整，这不仅节省了人力资源，也降低了现场操作引发的安全风险，此外，提供的详尽历史数据，借助自动化装置的数据记录功能，有助于分析设备的使用寿命与维修周期，从而推动了预防性维护的实施。

3 自动化装置的性能分析

3.1 性能评价指标

在自动化装置的性能分析中，评估效果与效率的关键在于性能评价指标。这些指标通常包括设备的可靠性、精确度、响应时间、处理能力以及维护需求。由故障率及运行稳定性来衡量设备的可靠性，平均无故障时间（MTBF）常被用作表示标准。精确度指标则关注于设备在任务执行中的误差范围，直接影响系统的整体性能及输出质量。响应时间是评估设备对输入信号或指令反应速度的指标，其重要性体现在对系统实时控制能力及操作流畅性的影响。处理能力衡量了设备在处理复杂任务和数据时的效率，通常以每秒处理的任务数量或数据量来表示，维护需求则涵盖了设备的故障率、维护频率以及维护成本，这些因素对设备长期运营成本及维护管理的复杂度产生影响。

3.2 性能测试方法与结果

在自动化装置的性能分析中，至关重要的是性能测试方法及结果的获取。为了全面评估自动化装置在不同条件下的表现，多种测试方法被应用，功能测试的目的在于验证装置是否能够按照设计要求完成任务，通过模拟实际工作环境来检查功能的正常运作。稳定性测试则对装置进行长时间连续运行的评估，确保其能够维持稳定的性能，并验证其可靠性及一致性。测量装置对输入信号的反应速度是响应时间测试的主要内容，这对于实时控制应用尤为关键，以保证装置能够迅速响应并执行指令。负载测试则涉及在最大负载条件下对装置的表现进行评估，以确定其在高负荷情况下的处理能力及稳定性。通常，测试结果以数

据报告的形式呈现，其中详细记录了各项测试指标的具体数值，如响应时间、处理能力、故障率及精度误差。这些数据揭示了装置在实际运行中的优势与不足，为后续的性能优化提供了重要依据。

3.3 性能提升的策略与措施

在提升自动化装置性能的过程中，实施一系列策略与措施显得至关重要。优化系统设计，作为性能提升的基础，涉及硬件配置与软件算法的改进。通过采用性能更高的处理器、传感器及执行器，装置的处理速度与精度得以显著提高。同时，系统效率的进一步提升也由软件算法的改进所推动。例如，精确的控制算法与先进的信号处理技术的采用，使得自动化装置的响应速度与稳定性得到增强。此外，系统的定期维护与升级不可忽视。随着使用时间的增加，自动化装置的性能常常受到磨损与老化的影响。定期检查与更换关键组件，如传感器与驱动器，能维持系统的最佳性能。同时，通过软件的更新与升级，可以修复已知的漏洞与缺陷，从而提升系统的功能与安全性。加强系统的测试与监控也被认为是提高性能的有效措施。实施实时监控系统，使装置的运行状态得以持续跟踪，潜在问题能被及时发现与处理。定期进行性能测试，有助于识别系统的实际表现与潜在瓶颈，并据此调整与优化系统配置[3]。操作人员的培训，作为性能提升的重要策略，通过确保操作人员掌握最新的操作技巧与维护知识，能有效减少人为操作错误，从而提高系统的整体运行效率，系统的培训计划与技术支持，提升操作人员对自动化装置的理解与使用能力，促进设备性能的进一步提升。

4 自动化装置的挑战与发展方向

在现代工业与能源领域，自动化装置扮演着至关重要的角色。然而，诸多挑战在其应用过程中也随之而来。技术的不断进步，对自动化装置提出了更高的要求。随着工业环境及生产过程日益复杂，必须具备更强的灵活性与适应能力的自动化系统应运而生。这一需求促使了更加先进技术解决方案的开发，旨在实现更精准且高效的控制。与此同时，智能化与网络化的趋势使得自动化装置的安全性问题愈发突出。由于系统与互联网的紧密连接，网络安全威胁和数据隐私问题成为亟待解决的挑战，不断改进安全防护措施及技术手段，是保护自动化系统免受网络攻击和数据泄露的关键。成本问题同样是自动化装置面临的重要挑战。高性能自动化设备和系统，往往伴随着较高的初始投资及维护费用，对中小型企业尤为沉重。因此，当前发展的关键问题在于如何在降低成本的同时保持系统的性能与可靠性。未来的发展方向涵盖多个方面，将人工智能与机器学习技术融入自动化装置，将使其更加智能化[4]。通过自适应算法与数据驱动的决策支持，系统的自动化水平与灵活性将得以提升，边缘计算技术的进步，将有助于减少数据处理的延迟，从而提高系统的实时响应能力。与此同时，绿色环保技术的应用，将推动自动化装置向节能与低排放方向发展，以满足可持续发展的需求，物联网技术的普及，亦将使未来的自动化装置更加注重设备间的互联互通，形成智能化的系统网络，从而实现更高效的生产与管理。

5 结语

本文对自动化装置在小型水电站中的应用与性能进行了深入分析，显著揭示了其在提升运行效率、保障设备稳定性及增强安全性方面的优势。通过自动化技术的应用，操作流程得以优化，人为错误得以减少，从而显著提升了水电站的整体运行效率。与此同时，维护成本的降低与系统可靠性的增强也成为了自动化技术的显著贡献。然而，初期投资高、技术适配问题以及操作维护挑战的引入，也随自动化系统而来，这要求在设备选择、系统集成及人员培训等方面进行持续改进。展望未来，小型水电站应不断关注自动化技术的发展，逐步推广先进设备的应用，旨在实现更高效、更安全的运行，此外，相关政策及技术支持的同步跟进，同样不可忽视，以促进自动化装置的广泛应用。通过不断进行技术创新与实践经验的积累，自动化装置将在推动小型水电站现代化及提升其运营水平方面，扮演着越来越重要的角色，为小型水电站的可持续发展奠定了坚实的基础。

[参考文献]

[1]周灵桂.PLC 在小型水电站自动化控制中的应用设计分析[J].小水电,2023(5):59-62.
[2]姜维军.小型水电站自动化运行和维护的可行性研究[J].水电站机电技术,2021,44(4):101-104.
[3]何鎏.小型水电站综合自动化系统设计研究[J].水电站机电技术,2020,43(11):12-13.
[4]董海.小型水电站综合自动化系统设计[D].河北:河北科技大学,2017.

作者简介：李磊（1996.4—），男，毕业于重庆理工大学，电气工程及其自动化专业，现就职于渝能（集团）有限责任公司，电气二次主管，助理工程师／高级工。

电力系统自动化控制中的标准化智能技术应用探讨

张耀巍
克拉玛依市三达有限责任公司，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]近年来，全球对清洁能源的需求持续上升，推动了电力行业向低碳与智能化的发展。传统电力系统面临着诸多问题，例如设备老化、资源配置不合理及运行效率低下。同时，电力市场的竞争愈加激烈，各类新技术的应用也对传统管理模式提出了更高的要求。标准化智能技术以其系统化和模块化的特点，为应对这些问题提供了新的思路。智能电力系统不仅优化了电力资源的配置，还增强了系统的灵活性与应变能力，通过有效的数据采集与分析，电力设备能够被实时监测并进行故障诊断，从而降低系统运行风险。在政策推动与技术成熟的双重作用下，智能电力系统已经被视为当前可行的发展路径，而不仅仅是未来的愿景。鉴于此，探讨标准化智能技术在电力系统中的应用，具有重要的理论意义与实践价值，通过深入分析这些技术的优势与实施策略，有效的指导与支持将为电力行业的可持续发展提供助力。

[关键词]电力自动化；智能技术；控制系统；标准化
DOI：10.33142/hst.v7i10.13886　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Discussion on the Application of Standardized Intelligent Technology in Power System Automation Control

ZHANG Yaowei
Xinjiang Karamay Sanda Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: In recent years, the global demand for clean energy has continued to rise, driving the power industry towards low-carbon and intelligent development. The traditional power system faces many problems, such as equipment aging, unreasonable resource allocation, and low operational efficiency. At the same time, the competition in the electricity market is becoming increasingly fierce, and the application of various new technologies has put forward higher requirements for traditional management models. Standardized intelligent technology, with its systematic and modular characteristics, provides new ideas for addressing these issues. The intelligent power system not only optimizes the allocation of power resources, but also enhances the flexibility and adaptability of the system. Through effective data collection and analysis, power equipment can be monitored in real time and fault diagnosis can be carried out, thereby reducing system operational risks. Under the dual influence of policy promotion and technological maturity, intelligent power systems have been seen as a feasible development path for the present, rather than just a vision for the future. In view of this, exploring the application of standardized intelligent technology in the power system has important theoretical significance and practical value. Through in-depth analysis of the advantages and implementation strategies of these technologies, effective guidance and support will provide assistance for the sustainable development of the power industry.

Keywords: power automation; intelligent technology; control system; standardization

引言

在全球能源转型的情况下，电力系统正经历着深刻的变革。随着信息技术、人工智能及物联网等新兴技术的快速发展，电力行业迫切需要实现自动化与智能化，以提升运营效率、确保系统安全，并有效应对可再生能源比例日益增加所带来的挑战。标准化智能技术的引入，为电力系统的高效管理与运营提供了强有力的技术支持，将探讨这些技术在电力系统中的具体应用及其带来的优势，以期为电力行业的智能化转型提供参考。

1 标准化智能技术的定义与特点

在电力系统中，标准化智能技术是一系列通过统一标准与规范，运用智能手段实现自动化控制与管理的技术，涵盖了数据采集、分析处理、设备监测及决策支持等多个功能，标准化的实施不仅使系统的可靠性与一致性得以提高，更显著增强了各个环节之间的协同作用。灵活性与适应性正是该技术的核心特点，灵活性使得在统一标准下各种设备与系统能够有效整合，促进了信息的实时共享与交互。而适应性则表现在标准化智能技术能够迅速调整策略，以应对不同电力需求及环境条件的变化。此外，具备可扩展性的标准化智能技术，便于新技术或新设备的后续接入，从而为电力系统的可持续发展奠定了坚实的基础。

2 标准化智能技术在电力系统中的优势

2.1 提高系统稳定性与安全性

在电力系统中，标准化智能技术的应用显著增强了系统的稳定性与安全性。统一标准的实施使各设备与组件之间的协调变得更加顺畅，从而有效减少了因设备不兼容或

信息传递不畅而引发的故障风险。智能技术的引入提高了实时监测与数据分析的效率，使潜在的异常情况能够及时被识别，从而采取相应的预防措施避免故障的扩散。结合智能算法与自动化控制手段，系统在突发事件中的响应能力得到了增强。例如，当电力负荷骤增或设备出现故障时，运行策略能够迅速调整，确保电力供应的连续性与稳定性，这种快速反应能力降低了停电风险，有效保障了用户的用电安全。标准化智能技术还加强了对设备运行状态的监控与维护，通过定期进行数据分析与故障诊断，维护人员能够准确把握设备的健康状况，及时进行维护与更换，避免因设备老化或故障而导致的安全隐患，这种主动管理的方式确保了在不同条件下电力系统的稳定运行。

2.2 优化电力资源配置

在电力系统中，标准化智能技术的应用显著提升了电力资源配置的效率，通过借助统一的标准与规范，系统实现了高效的数据共享与整合，为决策者提供了更加精准的实时数据支持，智能算法的分析使电力需求预测的准确性得到显著提升，从而有效减少了资源浪费的现象。在电力调度环节，实时负荷变化的监测能够促使智能技术动态调整发电机组的运行状态，确保各类发电资源得到最佳利用，这种智能化调度策略不仅提高了发电效率也有效降低了运营成本，保障了电力供应的经济性与稳定性。尤其是在可再生能源发电比例逐渐上升的情况下，标准化智能技术通过整合风能与太阳能等多种能源形式，优化了传统与新兴能源的组合，增强了系统的灵活性与适应性。标准化智能技术推动了电力市场的健康发展，透明的数据与信息使用户能够更加便利地参与电力交易，进而促进资源的优化配置。市场化的运行模式提升了资源利用效率，进一步促进了电力行业的可持续发展。在电力资源配置方面，标准化智能技术的优势持续推动着电力系统向更加高效与绿色的方向迈进。

2.3 实现电网智能化管理

标准化智能技术的引入使电网管理实现了前所未有的智能化，这种管理方式不仅体现在自动化设备的应用上，更在于数据的全面整合与深入分析，通过对电网运行状态的实时监测，系统能够迅速捕捉电流、电压及频率等关键参数的变化并及时作出响应，这种高度的实时性确保了电网在不同负荷条件下的稳定运行。智能化管理的显著特点在于其基于大数据分析，能够深入理解用户的用电行为，从而实现个性化服务，不仅提升了电力分配效率还改善了用户的用电体验。例如，系统能够根据历史用电数据，智能推荐最佳用电时间帮助用户降低电费支出。故障检测与应急响应的能力也因智能化管理而得到强化，当系统发生异常时，智能算法能迅速定位问题源，并自动生成应急处理方案从而减少人工干预，这种自动化的故障管理显著提高了电网的安全性与可靠性，确保了供电的连续性。

3 标准化智能技术在电力系统自动化中的应用

3.1 智能调度系统

智能调度系统在电力系统自动化中占据着至关重要的地位，借助先进的计算技术与数据分析手段，电力调度的效率与精确性得到了显著提升，该系统的核心在于实时监测与分析电力需求、发电能力以及网络负荷等多重因素，从而实现资源配置的动态调整与优化。数据采集与分析作为智能调度系统的基础，通过在各发电厂与变电站安装传感器，系统能够实时获取运行数据，经过处理的数据为未来电力需求趋势的预测提供了重要依据，这种预测能力使调度员在高峰时段或突发事件来临之前能够及时采取准备措施，确保电力供应的可靠性。此外，智能调度系统具有自动化决策的能力，当某一区域的用电需求突然上升时，备用发电机组会被迅速调动，或者电力将从其他区域进行调配满足需求，这种快速反应的能力显著减少了人工干预所需的时间，提升了对突发事件的应对效率。除了即时调度，智能调度系统还通过优化算法持续分析各类发电机组的运行状态，确定最佳发电组合，此过程不仅有助于降低发电成本还能有效减少环境污染，可再生能源被优先启用，风能与太阳能的充分利用实现了绿色调度。

3.2 智能变电站

智能变电站作为电力系统自动化中的关键环节，通过先进技术与设备的集成实现了变电站的智能管理与高效运作。与传统变电站相比，智能变电站在设备监控、数据处理与故障检测等方面展现出显著优势，进而提升了电力输配的可靠性与灵活性。众多传感器与监控设备的配备，使智能变电站能够实时跟踪设备状态、气候条件及负载情况，这些信息经过集中控制系统进行分析，使操作员能够及时掌握设备的运行健康状况，进而在问题出现之前进行预警与维护。例如，当某设备的温度超过设定阈值时，系统会自动发出警报提醒维护人员进行处理，以防故障的发生。数字化技术的应用进一步优化了通信与数据传输，通过高速数据网络，变电站内的设备与中央控制室实现了无缝连接，这种快速的数据传输不仅提升了响应时间，还使设备之间的协调工作变得更加流畅。高效的通信系统支持迅速的决策制定与执行，从而确保了电力供应的稳定性。自动化控制功能也是智能变电站的重要特点。根据实时数据，系统能够自动调节变压器的运行状态优化电压水平，满足不同用户的需求，这种智能调节方式显著提升了电能质量，降低了能源损耗，促进了电力的高效利用。在安全管理方面智能变电站同样表现出色，通过智能监控与报警系统，潜在的安全隐患得以迅速识别与处理，确保设备与操作人员的安全，这些创新技术的应用不仅提升了变电站的运行效率，也为电力系统的可持续发展奠定了坚实基础。

3.3 智能电网控制与管理

智能电网控制与管理构成现代电力系统的核心，通过

信息技术与智能设备的融合实现电力生产、传输与消费的全面优化，不仅提升了电力资源的利用效率还增强了电网的灵活性与适应性，确保了电力供应的安全与稳定。通过实时数据采集与分析，智能电网为电力调度提供了坚实支持，部署在各关键节点的传感器能够实时监测电流、电压及频率等重要参数，并将数据传送至中央控制系统，这种实时性使电网运营者能够迅速获取运行状态，从而及时进行调整与优化。例如，在电力需求高峰期间，负载情况会被自动分析，系统动态调整发电策略以确保电力的稳定供应[1]。自愈能力为智能电网的一大亮点，在故障发生时问题能够被系统自动识别，迅速切换至备用线路或发电机组从而确保供电的连续性，这种快速反应不仅减少了停电时间也降低了对用户的影响，提升了整体电网的可靠性。智能电网还促进了可再生能源的有效接入与管理，随着风能、太阳能等可再生能源比例的增加，传统电网面临灵活性不足的问题，通过先进的控制算法，智能电网能够智能调度各种能源来源优化发电组合，确保电网在不同负载条件下的平衡，这种智能调度不仅提高了电网的整体运行效率，也推动了绿色能源的广泛应用。在用户参与与互动方面，智能电网同样表现出色。借助智能计量设备，用户能够实时了解自己的用电情况，并根据实时电价灵活调节用电行为，这种互动模式不仅增强了用户的节能意识，还促进了电力市场的透明化与高效化。

4 标准化智能技术的实施策略

4.1 制定标准化规范

标准化规范的制定成为推动智能技术在电力系统中有效应用的基础环节，随着技术的不断进步，各类智能设备与解决方案层出不穷，统一的标准规范能有效确保不同设备与系统之间的兼容性及互操作性，从而提升整体系统的效率与安全性。在制定标准化规范时，充分考虑技术发展的趋势与实际应用需求是必要的，此过程应结合行业内最佳实践吸纳各方专家的意见，确保规范既具前瞻性又能有效应对当前技术挑战。以智能变电站的设计为例，设备接口、数据传输协议及安全防护措施等具体要求需被明确，以防止因标准不一而造成的系统集成问题。规范的制定还需具备灵活性，适应技术的快速迭代与更新[2]。在数字化与智能化进程加速的背景下，行业技术不断发展，规范的更新与完善显得尤为重要，通过定期评估与修订现有标准，能够确保其始终与最新技术保持一致，进而推动电力系统的持续优化。实施标准化规范需要全行业的共同参与与协作，相关政府机构、行业协会与企业应积极合作，推动标准的宣传与培训，提高行业从业人员对标准化的认知与应用能力，这种协同努力能够加速规范的推广与实施，同时在行业内形成良好的标准化氛围，提升整体技术水平。建立标准化规范还为后续评估与认证提供了依据，通过设定明确的标准，能够有效评估设备与技术的性能及合规性，从而提高市场透明度促进公平竞争，确保用户在选择智能技术时的信心与安全感。

4.2 技术集成与协同工作

电力系统智能化的关键策略在于技术集成与协同工作，这一过程强调不同技术、设备与系统之间的有效配合，提升整体运行效率与可靠性。面对智能技术的快速发展，实现技术间的无缝对接与高效协作已成为亟待解决的核心问题。关键在于合理设计系统架构，技术集成得以实现，通过构建统一的技术平台，各类设备、应用与数据源能够实现有效整合。例如，在智能电网的实施中，将智能计量、需求响应、负荷预测等多项技术整合在同一平台上，信息的实时共享与协同控制得以实现，从而提高调度的准确性与灵活性[3]。协同工作则需要跨部门及跨专业的合作，电力系统的智能化涵盖了信息技术、自动化控制、数据分析等多个领域的知识，在实际应用中，相关团队必须紧密协作共同开发解决方案。以智能变电站的建设为例，设备制造商、软件开发商及运营维护团队的紧密配合，能够缩短项目周期，确保系统的稳定性与安全性。现代通信技术的应用，使实时数据传输与远程监控成为可能，这一技术的实施提高了各个环节之间的协调效率，借助云计算与物联网，设备状态与运行数据随时能够被管理人员获取，从而实现快速决策与远程控制，这种实时互动机制显著提升了系统的反应能力与灵活性。随着新技术的不断涌现，现有系统可能需要升级与调整。因此，应保持开放的心态积极探索与引入新技术，以适应不断变化的市场环境与用户需求。

5 结语

标准化智能技术在电力系统自动化中的应用，显著推动了行业的智能转型，提升了整体运行效率与安全性。通过智能调度、智能变电站以及电力设备监测等技术的整合，更强的智能能力在电力系统中得以展现。关键在于技术的集成与协同工作，这些进步得以实现。展望未来，电力行业需不断探索与创新，标准化规范的完善与技术融合的强化，必将为可持续发展奠定坚实基础，构建更加高效、绿色的能源未来。

[参考文献]

[1]胡亭.电力系统自动化控制中的标准化智能技术应用探讨[J].科技资讯,2024,22(15):66-68.
[2]李俊平.电力系统自动化控制中的标准化智能技术应用探讨[J].大众标准化,2023(21):137-139.
[3]于宝林.电力系统智能技术在自动化中的应用探讨[J].电器工业,2022(8):73-75.

作者简介：张耀巍（1984.10—），毕业院校：华南理工，所学专业：电力系统及其自动化，当前就职名称：克拉玛依市三达有限责任公司，就职单位职务：副总经理，职称级别：中级职称。

智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用

宋 珂
国网河南省电力公司荥阳市供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]随着全球电力需求的不断增长和电力市场竞争的加剧，电力系统的现代化和智能化已经成为提升能源效率和服务质量的关键路径。在这一背景下，智能断路器远程控制技术作为电力系统智能化的重要组成部分，正逐步引起广泛关注和应用。文中探讨智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用，通过分析其技术原理及具体应用策略，为电力企业在竞争激烈的市场中提供有效的解决方案。

[关键词]智能断路器；远程控制技术；电力营销
DOI：10.33142/hst.v7i10.13908 中图分类号：TM561 文献标识码：A

Optimization Application of Intelligent Circuit Breaker Remote Control Technology in Power Marketing System

SONG Ke
Xingyang Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: With the continuous growth of global electricity demand and the intensification of competition in the electricity market, the modernization and intelligence of the power system have become the key path to improving energy efficiency and service quality. In this context, remote control technology for intelligent circuit breakers, as an important component of power system intelligence, is gradually attracting widespread attention and application. The article explores the optimized application of intelligent circuit breaker remote control technology in the power marketing system. By analyzing its technical principles and specific application strategies, it provides effective solutions for power enterprises in the fiercely competitive market.

Keywords: intelligent circuit breaker; remote control technology; electricity marketing

引言

随着信息技术的飞速发展，电力系统的运行和管理面临着新的挑战和机遇。传统的电力系统面临诸如供需不平衡、能源浪费、安全隐患等问题，这些问题不仅影响了电力企业的经济效益，也直接影响到用户的用电体验和生活质量[1]。为了解决这些问题，智能电网的概念应运而生，旨在通过引入先进的信息通信技术和智能设备，实现电力系统的高效、安全、可靠运行。智能断路器作为智能电网的重要组成部分，通过集成物联网技术和云计算技术，实现了对电力系统中断路器状态的实时监控和远程控制。与传统断路器相比，智能断路器具备了远程故障诊断、智能负荷管理、动态调控等功能，不仅能够提升电力系统的响应速度和故障处理效率，还能够优化用电管理，满足不同用户的个性化需求，实现电力资源的高效利用。本文通过对智能断路器远程控制技术在电力营销系统中优化应用的深入研究，将有助于推动电力行业向智能化、高效化和可持续发展的方向迈进，同时也将为实现能源安全、环境保护和社会经济发展提供重要支持。

1 智能断路器远程控制技术概述

智能断路器远程控制技术是指利用先进的信息通信技术，将传统电力系统中的断路器升级为能够实现远程监控、远程操作和智能化管理的设备。传统断路器主要用于电路的开闭操作和电力系统的保护，其功能局限于简单的电流过载保护和手动操作。而智能断路器则通过集成物联网、云计算及其他先进技术，实现了对电力设备状态的实时感知、数据传输和远程控制，从而在提升电力系统智能化水平、改善运行效率和服务质量方面发挥了重要作用。

智能断路器远程控制技术的核心包括以下几个方面：

1.1 传感器和数据采集

智能断路器内置多种传感器，可以实时监测电流、电压、温度等电力参数的变化。这些传感器将采集的数据通过内部处理单元处理，并将处理后的数据传输至云端或本地服务器。

1.2 物联网连接

利用物联网技术，智能断路器能够通过无线网络（如Wi-Fi、蜂窝网络）与云端平台进行数据交互。这种连接方式使得断路器可以随时随地传输数据，实现远程监控和控制。

1.3 远程控制功能

用户可以通过手机应用或者电脑平台实时监测和操作智能断路器。例如，可以远程开关断路器、查询设备状态、设定定时任务等，极大地提升了设备的操作便利性和管理效率。

1.4 云计算和数据分析

智能断路器将采集的大量数据上传至云端服务器，通

过云计算平台进行数据分析和处理。这些分析结果可以用于故障预测、负荷优化、能耗分析等，帮助电力系统实现更加智能化的运行和管理。

1.5 安全性与隐私保护

在数据传输和处理过程中，智能断路器通过加密技术保障数据的安全性，防止数据被非法获取或篡改，同时也考虑用户隐私保护的需求。智能断路器远程控制技术的应用不仅限于传统的电力系统中，还涵盖了智能家居、工业自动化和智慧城市等多个领域。通过其在电力系统中的应用，智能断路器不仅提升了电力设备的智能化水平，还为电力企业提供了更精准的运维管理手段，为用户提供了更可靠和便捷的用电体验。

2 智能断路器远程控制技术应用

2.1 物联网和云计算在智能断路器中的应用

物联网作为连接各种物理设备和系统的技术基础，为智能断路器提供了数据传输和信息交换的平台。智能断路器通过内置的传感器，如电流传感器、电压传感器和温度传感器，能够实时监测电力系统的运行状态和环境条件。这些传感器采集的数据通过物联网连接，传输至云端服务器进行处理和存储。第一，实时数据采集与监控。智能断路器通过物联网技术能够实时采集电力系统中的各种数据，包括电流、电压、功率因数等关键参数，不仅帮助实现电力系统的实时监控，还为后续的数据分析和决策提供了基础。第二，远程操作与控制。物联网连接使得智能断路器可以实现远程操作和控制。用户可以通过手机应用或者电脑终端远程监视和操作断路器，包括实时开关操作、设定定时任务、查询设备状态等，极大地提升了设备的灵活性和管理效率，减少了对现场人员的依赖。第三，故障预警与维护优化。物联网连接使得智能断路器能够实现故障预警和远程诊断。一旦检测到异常情况，如电流过载或者设备故障，系统会自动发送警报信息至云端平台和相关人员，实现及时响应和远程维护，减少因故障带来的停电风险。

同时，云计算技术为智能断路器的数据处理、存储和分析提供了高效且可扩展的平台。智能断路器通过将采集的数据上传至云端服务器，可以实现大数据分析、机器学习算法应用以及数据可视化，为电力系统管理和优化提供智能决策支持。云计算技术提供了大规模数据存储的能力，能够承载来自多个智能断路器的海量数据。这些数据被安全地存储在云端，不仅节省了本地存储成本，还确保了数据的备份和可靠性，并通过云端数据分析平台，智能断路器能够利用机器学习和数据挖掘技术，对历史数据进行深入分析，从中发现潜在的用电模式、趋势和异常情况。这些分析结果可以帮助电力企业进行负荷预测、能源效率优化以及设备维护计划的制定。

2.2 远程控制系统架构与设计

智能断路器远程控制系统的设计与架构是确保其高效运行和可靠性的关键。其系统架构涵盖了从设备端到云端的多层次组件和技术集成，以实现远程监控、操作和数据管理的功能[2]。其一，设备端硬件与传感器。智能断路器的设备端包括电路板、控制单元和各种传感器。传感器如电流传感器、电压传感器和温度传感器负责实时监测电力系统的运行参数和环境条件，设备端的硬件需要具备稳定性和高度精准度，以确保数据的准确采集和可靠传输。其二，通信模块与协议。为了实现设备与云端的数据传输，智能断路器配备了通信模块，支持多种通信协议如 Wi-Fi、蜂窝网络（如 4G/5G）、以太网等。这些通信模块负责将采集到的数据通过安全的通信通道传输至云端服务器，确保数据的安全性和完整性。其三，云端平台与服务。在云端，智能断路器的数据被集中存储和管理。云端平台提供了数据存储、处理和分析的能力，利用云计算技术实现大数据的快速处理和分析。通过云端服务，用户可以实时监控设备状态、执行远程操作和获取实时报警信息，从而实现对电力系统的远程管理和控制。其四，安全性与数据保护。在整个系统架构中，安全性是至关重要的考虑因素。智能断路器的远程控制系统采用了多层次的安全防护措施，包括数据加密、访问控制、身份验证等技术手段，以保障数据的安全性和用户隐私的保护。

3 智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用策略

3.1 构建完善的远程监控体系

在电力营销系统中，智能断路器远程控制技术的优化应用策略主要包括构建完善的远程监控体系，以实现对电力系统运行状态的实时监测、管理和优化，不仅能够提升电力系统的效率和可靠性，还能够为电力企业带来更高的运营效益和用户满意度。一是实时数据采集与监测。智能断路器通过内置的传感器实时监测电力系统的各项参数，如电流、电压、功率因数等。这些数据通过物联网技术传输至云端服务器，并通过云计算平台进行处理和存储。实时数据的采集和监测为电力企业提供了关键的运行状态信息，有助于及时发现和解决潜在问题，提升供电可靠性；二是远程操作与控制功能。远程监控体系通过智能断路器的远程控制功能，允许运维人员或管理人员远程对电力系统进行操作和控制。这包括远程开关操作、设定定时任务、调整设备参数等，通过远程操作，可有效降低现场操作成本和安全风险，提高运维效率和灵活性。三是异常监测与预警机制。远程监控体系还包括异常监测和预警机制。智能断路器能够自动检测电力系统中的异常情况，如电流过载、电压波动或设备故障。一旦检测到异常，系统会立即发出警报通知相关人员或运维团队，以便及时采取措施避免或减少停电风险，保障电力供应的稳定性；四是数据分析与决策支持。远程监控体系利用云计算技术对大量数据进行分析和挖掘，提供数据可视化和报表分析功能。通过

分析历史数据和实时数据趋势，电力企业可以优化负荷管理、预测用电需求、制定设备维护计划等决策，从而提升电力系统的运行效率和能源利用率。

3.2 优化客户服务

智能断路器远程控制技术在电力营销系统中优化客户服务的策略，主要集中在提升用户体验、增强服务响应能力和优化服务质量三个方面[3]。首先，通过智能断路器远程控制技术，电力企业能够实现对客户的更加个性化和精准化服务。通过远程监控系统，企业可以实时了解客户的用电情况、用电习惯以及潜在的电力需求变化，有助于电力企业更好地理解客户需求，从而制定更加个性化的服务策略。其次，智能断路器远程控制技术能够显著提升服务的响应速度和效率。传统上，客户遇到电力故障或问题时，通常需要等待现场人员前来处理，而这可能造成不便和延误。而有了远程控制技术，运维人员可以迅速通过远程监控系统识别故障位置和类型，甚至可以远程诊断和解决问题，无需现场介入，这种即时响应和解决方案大大提升了服务的效率，缩短了故障处理时间，从而增强了客户的满意度和信任度。最后，智能断路器远程控制技术还能够优化服务质量，通过提供更加稳定和可靠的电力供应。远程监控系统能够实时监测电力系统的运行状态和设备健康状况，预测潜在的故障风险，并及时采取预防性维护措施，从而降低停电风险和供电中断的可能性。这不仅提升了电力供应的稳定性，也保障了客户持续、高质量的用电体验。

3.3 加强用电管理

智能断路器远程控制技术在电力营销系统中加强用电管理的策略，着重于提升能源效率、优化供需匹配以及促进可持续发展。第一，通过智能断路器远程控制技术，电力企业能够实时监测客户的用电情况和能耗模式。这种监测不仅仅限于总体用电量，还可以分析客户的用电习惯、高峰期和低谷期用电情况等。基于这些数据，电力企业可以制定针对性的节能建议和用电优化方案，帮助客户合理调整用电行为，降低能耗成本，提升能源利用效率。第二，智能断路器远程控制技术支持电力企业实施动态电价和差时电价策略。通过远程控制系统，电力企业可以根据实时电网负荷情况和能源市场价格制定不同时间段的电价政策。客户可以根据这些差时电价策略灵活调整用电行为，选择在电价低谷时段进行高耗电活动，如充电、热水器加热等，从而降低用电成本。这种供需匹配的优化能力不仅能够满足客户的用电需求，还可以平衡电网负荷，提升电力系统的稳定性和可靠性。第三，智能断路器远程控制技术有助于推广可再生能源的有效利用和管理。随着可再生能源如风能和太阳能的增加，电力系统面临着波动性和不可预测性挑战。通过远程监控和控制技术，电力企业可以实时调整分布式能源的接入和输出，优化电力系统运行，最大化可再生能源的利用率。第四，智能断路器远程控制技术还能提升电力企业对用电行为的数据分析和预测能力。通过大数据分析和人工智能算法，电力企业可以深入理解客户的用电模式和趋势，预测未来的用电需求，提前调配资源和能源供应，避免能源浪费和不必要的成本支出，不仅有助于企业提升运营效率，还能为客户提供更加可靠和稳定的用电体验。

4 结束语

智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用策略，不仅提升了电力企业的管理效率和服务水平，也为客户提供了更为智能和便捷的用电体验。通过建立完善的远程监控体系，电力企业能够实现对电力系统的实时监测和远程控制，有效预防和解决潜在问题，保障电力供应的稳定性和可靠性。同时，优化客户服务和加强用电管理策略，使得电力企业能够更加灵活地响应客户需求，提供个性化的电力解决方案，从而提高客户满意度和忠诚度。未来，随着技术的不断创新和应用场景的扩展，智能断路器远程控制技术将继续发挥重要作用，为电力行业的可持续发展和能源安全保障贡献力量。

[参考文献]

[1]徐唐福.智能断路器远程控制技术在电力系统中的应用策略分析[J].通讯世界,2024,31(6):115-117.
[2]张昱,何春林.智能配电网技术在配电网运行中的应用与研究[J].电工技术,2023(1):143-145.
[3]魏军彦.智能断路器远程控制技术在电力营销系统中的优化应用[J].农村电气化,2022(12):34-37.

作者简介：宋珂（1997.6—），男，河南荥阳人，汉族，本科学历，助理工程师，就职于国网河南省电力公司荥阳市供电公司，从事供电所管理、配电运检、电力营销工作。

水利建设中泵站水闸的施工技术研究

王建鑫
河北润尔水利工程有限公司，河北 承德 067000

[摘要]本论文旨在探讨水利建设中泵站水闸的施工技术，重点研究泵站水闸在现代水利工程中的作用及其施工过程中的关键技术。分析表明，在水利设施的施工过程中，泵站水闸扮演着关键角色，对水流的控制及其设施的顺畅运作具有决定性的影响。文中结合实际工程项目案例，深入剖析了泵站水闸的构建法则、施工流程、常见的施工难题以及相应的解决策略，经过对多种施工技术的对照分析，制定了一系列增进施工质量与效率的措施。

[关键词]泵站水闸；施工技术；水利建设
DOI：10.33142/hst.v7i10.13895　　中图分类号：TV5　　文献标识码：A

Research on Construction Technology of Pump Station Sluice in Water Conservancy Construction

WANG Jianxin
Hebei Run’er Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Chengde, Hebei, 067000, China

Abstract: This paper aims to explore the construction technology of pump station gates in water conservancy construction, with a focus on the role of pump station gates in modern water conservancy engineering and the key technologies in the construction process. Analysis shows that in the construction process of water conservancy facilities, pump station gates play a key role and have a decisive impact on the control of water flow and the smooth operation of facilities. The article combines practical engineering project cases to deeply analyze the construction rules, construction processes, common construction difficulties, and corresponding solutions of pump station water gates. After comparing and analyzing various construction techniques, a series of measures to improve construction quality and efficiency have been formulated.

Keywords: pump station water gate; construction technology; water conservancy construction

引言

随着水利项目规模不断扩大及复杂性提升，泵站和水闸的建设技术遭遇诸多前所未有的挑战。水利工程领域内，对泵站和水闸的构造进行了精心设计及施工，这要求施工精度必须提升，施工周期须缩短，同时确保建筑结构的稳定性能在长时间内不受影响，对泵站水闸的建设技术进行探讨，有利于提高建设品质，同时为其他相似工程项目累积了重要的技术经验和支持。本文着手于施工技术视角，对泵站水闸施工中的关键技术及常见问题进行探讨，并参照实际工程案例，推出改良策略，旨在推进水利工程领域施工技术的进步与发展。

1 泵站水闸的基本概念与作用

在水利工程项目中，泵站水闸扮演着至关重要的角色，它主要承担着对水流的精准控制以及水位的精细调节职能。水利设施中，泵站连同水闸，共同担当水体管理体系中的关键角色，完成对水资源的集中抽取与排放任务。作为河道、运河及排水系统中水体控制的关键设备，水闸承担着调节流量与维持水位平衡的基本作用，以确保相关水利设施的有效运转和安全。水闸是由闸门、水闸阀和闸板等构成的设施，它们根据各自适应的水利需求和环境条件，被区分为不同的种类，泵站水闸能够对水流进行精确调控，同时起到防止洪水灾害、确保农业灌溉和提升水资源利用效率等多重作用。在泵站水闸的设计过程中，需要兼顾流量调控、结构承载能力以及防腐蚀特性等多方面的要素，以此确保其在长期运行中保持可靠的性能与稳固的结构[1]。

2 泵站水闸的施工技术概述

施工泵站水闸的过程中，通常以地基处理及基础结构的构建作为着手点，水闸的稳定性维护，依赖于地基的加固处理，这通常涉及多种技术手段，如地基换填、灌浆等，以适应各种土质和地下水状况带来的挑战。施工过程涉及对基础结构的打造，包含开挖、浇筑混凝土以及钢筋的布局，这些步骤须遵循详细设计方案，保障结构的承载力和持久稳固性。为了确保水流的有效管控与安全性，必须在高精度范围内完成水闸门体的组装作业，针对水利设施，存在两种主流的装配技术，分别为提升安装法和滑动安装法。小型水工建筑物通常采用提升安装法，而其规模较大的同类建筑则更适合采用滑动安装技术。在构建封闭体系的过程中，关键在于挑选及安装适宜的封堵材质，例如橡胶、聚氨酯等，这些材质必须能够承受化学腐蚀与物理磨损，从而确保水闸的封闭效果[2]。

为了防止水分侵入，通常运用高强度的防水混凝土或者防水涂料进行处理；而针对地下水问题，则需采取措施排除地下水并控制其渗透。在建筑作业的实施阶段，大量的实验与评估是必不可少的，这涵盖了对建筑材料的质量

控制、对结构承载力的精准测量，以及对水闸运作效能的细致考核。通过实施这些试验和检测，我们能够有效地辨别出施工过程中所存在的问题，并在问题出现之前采取相应的调整与修复措施。在进行泵站水闸的建设作业时，需纳入水位波动、气候状况及邻近环境的因素进行综合考量，诸多要素可对工程进度及其品质带来影响，故须制订周详的建筑施工方案与应急对策，旨在应对潜在的突发状况。现代建筑行业采纳了众多前沿技术，如自动化施工机械、三维建模与监控系统，这些创新手段显著增强了施工的精确性与效率，同时降低了操作失误的可能性。科技进步带动了新的施工技术和设备的涌现，这些创新被广泛应用于泵站水闸等水利工程的建造，从而确保了高效的建设过程。

3 泵站水闸施工中的常见问题与解决方案

在建筑施工的期间，经常遭遇的一个主要挑战是地基的均匀性和稳定性不足，地基问题可能源于土壤质量的缺陷、地下水位的变化，或施工期间对地基处理的失误。针对此问题，运用科学的地基处理技术，例如地基加固、深层搅拌或换填处理，同时进行详尽的地质勘查及动态监测，以保障地基的稳定性与承载力。门体安装的精确度直接影响到水闸运作的可靠性，门体在垂直和水平方向上不满足设计规范，同时其与闸槽间的间隙呈现出不规则状态，水闸的密封性能不佳，这些问题会对水流控制的效果产生影响。为了解决这些问题，必须运用高精度的测量和安装技术，例如激光对准及精密定位，同时，在安装过程中进行反复的检测与调整，以此确保门体安装的精确度[3]。

在建筑施工的各个阶段，可能会遭遇水密性和防止水渗透的处理不足的难题，不当的防水材料选择、不符合标准的施工工艺，以及不受控的施工环境，通常是引发这些问题的关键原因。在处理此类防水难题时，选用恰当的防水建材，例如防水混凝土或涂料，同时，必须保证施工环节严格遵循既定规范。泵站水闸施工质量受环境因素显著影响，气候状况、周边生态以及水位波动，这些因素均能对建筑作业带来影响。在建筑作业期间，遭遇剧烈的降水可能会在工地造成积水现象，进而对工程进度及施工质量带来负面影响。面对此等难题，科学对策及实效性管理手段不可或缺，诸如尖端建造技术的融入、材料的精心挑选、严格质量控制与保养程序，以及周密的工程建设方案与应急响应计划的制订。

4 提高泵站水闸施工质量和效率的策略

4.1 施工质量控制措施

在进行施工质量控制的过程中，设计阶段是关键环节，该阶段的任务是对设计方案进行详尽评估和严格审核，目的是确保方案的技术准确性与适宜性。施工的流畅性受设计方案详尽程度的直接作用，故在设计的初始阶段，施工条件、材料的选用以及技术要求等元素需被全面考虑。在施工启动之前，必须编制周密的施工方案与质量监管计划，同时确立施工规范、加工流程以及质量检测的具体标准，这些步骤是确保工程质量的根本前提。在建筑施工的各个阶段，确保工程品质的关键在于精细地监管施工的技术流程，施工过程中，对地基的处理直接决定了工程质量的控制效果，水闸结构的长期性能依赖地基稳定性，故必须通过加固和换填等科学方法对地基进行处理。此外，还需对地基进行彻底勘查与持续监测，以验证其是否达到设计规范的要求，在建筑项目的初期阶段，依据详尽的设计方案，对混凝土进行浇筑作业，并对钢筋进行精准配置，以此来保障基础部分的坚固与稳定。在混凝土工程中，恰当的配比、精细的浇筑技术以及周密的养护步骤是必须严格监管的环节，以确保避免裂缝产生及强度不符合要求等问题的发生[4]。

在进行水闸主要部分的建造时，准确安装其门体是确保整个施工品质的关键步骤。在安装门体的过程中，必须运用如激光对准器和水平仪等精确测量技术，以确保其垂直度和平衡度达到设计所规定的标准。在建筑施工阶段，必须严格执行质量控制标准，这涵盖了对建筑材料的质量评定、结构件的承压能力验证，以及功能实现的性能测验，这一过程对于及时揭示并处理可能出现的问题至关重要。施工质量控制涵盖了施工环境管理的一部分，同时，也对施工环境的管理提出了要求，施工现场所面临的气候变化与地下水位波动等环境要素的变动，可能会对其建设质量带来影响。为了保持施工环境的稳定性，必须制订一系列周全的环境管理策略，包括但不限于建立临时性的排水设施、实施雨天防潮方案，以及对施工场地的湿度进行实时监控和管理。在建筑活动过程中，对工地状态进行周期性评估，针对可能的环境问题，迅速实施纠正方案，以规避环境要素影响工程品质。

在施工活动的各个阶段，对质量的监控要求必须通过人员的严格监督与管理来实现，专业培训是施工人员必须完成的课程，以便其精通施工的技术细节和质量标准，保障其施工行为符合规范，技术精准。在建筑工地，必须部署专职人员监控工程质量，这些监督者将负责审查施工全程，以保障所遵循的施工技术和规范得到准确执行。工程完工之后，全面审核与评定是必不可少的步骤，用以确认水闸的运作功能与技术性能是否满足最初的设计标准。施工质量控制措施包括设计阶段的科学论证、施工工艺的严格把控、环境管理以及人员培训等多个方面的全面监管，为泵站水闸的建设制定周密的建设方案，坚持质量规范，进行严格的质量筛查和管理活动，同时对施工环境与作业人员进行有效管理，以此来保障水闸施工的优良质量，确保其能够实现长期的稳定运行[5]。

4.2 提高施工效率的方法

在泵站水闸建设项目的实施过程中，提高施工效率对于项目按时完工并满足既定质量要求起到了决定性的作用。施工效率的提升，依赖于科学合理的施工计划制定，

这是其坚实的基础，在项目的初始阶段，需要编制一份全面的施工方案，这份方案应详细列出施工的进度安排、所需资源的分配以及各个关键环节的具体时间点。在建筑项目实施过程中，工程量的评估、施工工艺的选择以及现场条件的适应性分析，对施工计划的制定至关重要。明确各施工阶段的任务指向和时间节点，能够有效预防因计划制定不充分引起的施工延期现象。施工技术的现代化，比如预制构件的应用、自动化施工机械的运用以及信息化管理系统的实施，有效地缩短了施工周期，同时提升了施工的精确度。利用预先制造的建筑构件，能够显著降低现场混凝土浇筑的劳动量，进而提高建筑施工的速度；利用先进的自动化施工机械，能够提升建筑施工过程的效率和精确度；借助信息技术构建的管理系统，能够对施工过程的进度实行即时跟踪，进而对施工方案作出即时调整，并对资源分配进行优化。借助先进技术和设备的引入，施工效率得到显著提升，同时显著降低了人为的误差和工程周期，对于建筑工地的劳动人员，进行系统的培训和严格的管理，是确保工程质量和进度的重要环节。系统地对从事施工活动的人员进行训练，使其掌握必要的工艺流程与严格的标准规范，此举将显著提高施工作业的效率。在建筑工地，须有明确的职责分配，以保障各项施工活动得以高效进行，防止劳动与资源的无效重复使用。在建设场所，构建一套高效率的讯息交流框架，对即时处理施工阶段所衍生的各种难题至关重要，此举有助于确保施工活动的持续性和高效率运转[6]。

在建筑施工过程中，通过选取高品质的建筑材料以及合理分配资源，能够有效降低问题发生的概率和资源的浪费现象。在建筑施工之前，必须对所需原材料进行周密安排，保障其供应在施工期间既定时又充足，防止因资源缺乏导致工程进度中断，定期对施工所用的机械和器具进行维护与审查，保持其运行的稳定性，此举能显著提升施工作业的效率，同时避免因机械故障导致的施工进度的拖延。在建筑施工的各个阶段，对施工质量的严格把控与对工程进度的持续监督，对提升施工效率起到了决定性的作用，建立一个全面的质量监控机制，以此保障建设过程中的质量符合既定规范，进而减少因施工缺陷引发的返工，最终提升工程进度。对施工流程的进度实行周期性审视与评价，迅速识别并处理施工期间出现的难题，这样可以有力避免工期的延误，并确保施工过程的高效率。项目管理者借助信息技术手段，通过软件和工具对施工进程进行实时监控，进而对施工方案进行持续优化，有效提升作业效率，提升建筑施工的效率，涉及制定精确的施工方案、运用尖端技术和设备、改善施工队伍的组织与治理、有效地管理建筑材料与资源，以及实施质量与进度的严格控制。这些手段的全面运用，能大幅提升水利设施建造过程中的作业效率，从而确保依照预定时间节点顺利完成工程，并满足既定的品质要求[7]。

5 结束语

针对泵站水闸的建设，从基础设计着手，深入探讨施工技术，并涵盖质量控制与效率提升的全方位研究。采用科学的建设工艺、前沿技术以及高效的管理策略，能够显著增强泵站水闸建设项目在实践操作中的稳定性和功效。

[参考文献]

[1]卢超.水闸泵站的施工质量管理与技术运用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(34):196-198.
[2]王龙.基于管井井点降水的水闸泵站基坑施工技术研究[J].东北水利水电,2023,41(3):12-14.
[3]陈建才.水利堤段工程中泵站水闸围堰施工技术研究[J].江西建材,2023(2):247-249.
[4]李晓作.水利工程中水闸泵站的施工质量管理与技术运用[J].珠江水运,2022(24):47-49.
[5]朱巍.探讨水利建设中泵站水闸的施工质量管理与技术运用[J].居舍,2020(14):163.
[6]杨柳,柯贤婷.水利建设中泵站水闸的施工质量管理与技术运用[J].城市建设理论研究(电子版),2019(20):49.
[7]叶澍华.水利建设中泵站水闸的施工质量管理与技术运用[J].珠江水运,2019(9):80-81.

作者简介：王建鑫（1996.3—），男，河北省承德市承德县人，汉族，大专学历，就职于河北润尔水利工程有限公司，从事水利水电工程相关工作。

灯泡贯流式机组停机蠕动原因分析及处理

唐 建
四川华电宝珠寺水力发电厂，四川 广元 628000

[摘要]随着我国水电资源的不断开发，灯泡贯流式机组作为一种低水头、大流量的水轮发电机组，在水电建设中占据着重要地位。由于其独特的结构设计和运行特性，灯泡贯流式机组在运行过程中可能会出现停机蠕动现象。停机蠕动是指在机组停机过程中，由于各种原因导致的机组转子在水轮机内部缓慢转动，这种现象对机组的正常运行和设备安全构成了潜在威胁。文中旨在探讨灯泡贯流式机组停机蠕动现象的成因、危害及其防治措施。

[关键词]灯泡贯流式机组；停机蠕动；分析
DOI：10.33142/hst.v7i10.13892　　中图分类号：TM312.　　文献标识码：A

Analysis and Treatment of the Reasons for the Shutdown Creep of the Bulb Through Flow unit

TANG Jian
Sichuan Huadian Baozhusi Hydroelectric Power Plant, Guangyuan, Sichuan, 628000, China

Abstract: With the continuous development of hydropower resources in China, bulb tubular units, as a low head and high flow hydroelectric generator unit, play an important role in hydropower construction. Due to its unique structural design and operational characteristics, bulb through flow units may experience shutdown creep during operation. Shutdown creep refers to the slow rotation of the unit rotor inside the turbine due to various reasons during the shutdown process, which poses a potential threat to the normal operation of the unit and equipment safety. The purpose of this article is to explore the causes, hazards, and prevention measures of the creeping phenomenon during the shutdown of bulb through flow units.

Keywords: bulb through flow unit; shutdown creep; analysis

1 工程概述

紫兰坝电站位于四川省广元市白龙江下游，紫兰坝电站整体结构为灯泡贯流式机组，装机容量 34MW×3。水轮机型号为 GZ（836）-WP-535，转轮叶片数 4 片，最大水头 19.9m，额定水头 15.4m，最小水头 8.1m。导水机构由奥地利维奥公司设计，该机构主要分活动导叶、内外导水环、拐臂、弹簧式安全连杆、硬直连杆、控制环、接力器、重锤等。其中接力器采用直缸摇摆式接力器，接力器直径为 350mm，接力器行程 1159mm，在接力器的关闭段设有慢关闭装置。接力器前缸盖耳柄与控制环用柱销连接，接力器后缸盖铰联板与接力器底座通过柱销连接。

2 问题引出

2022 年 11 月紫站 2 号机组在季节性检修完毕后进行启运试验过程中出现以下现象：上位机发出停机指令后，导叶桨叶在协联状态下均已全关，机组转速降至额定转速 25%制动风闸投入，机组耗时 65 秒转速完全降至零，制动风闸继续保持 10-15s 后退出复归，机组主轴出现缓慢转动现象，上位机水机保护屏报 1#、3#导叶剪断销剪短，现地检查 1#、3#弹簧连杆存在压缩现象。贯流式机组在停机过程中，如果出现蠕动现象，可能会对机组产生以下危害：

（1）机组振动：蠕动会导致机组在停机后仍然存在一定的转动，这可能会引起机组的振动，长期下去可能会对机组的结构稳定性造成影响。

（2）轴承磨损：由于机组在停机后仍然转动，轴承等部件会继续承受负荷，这可能会加速轴承的磨损，缩短机组的使用寿命。

（3）导水机构损坏：如果导水机构未能完全关闭，水流的持续作用可能会对导水机构造成冲击，导致其损坏。

（4）水力损失：蠕动现象会导致水力资源的浪费，因为水流仍然在推动机组转动，但机组并未产生有效的电能输出。

为了减少这些危害，在机组检修过程中需要对机组蠕动原因进行全面分析进而从引起机组蠕动的原因入手解决蠕动。

3 原因分析

（1）将机组进水口检修门、尾水检修门落至全关后，流道积水排尽，LCU 水机保护剪断销剪短信号消失，全行程动作开关导叶剪断销信号未见报警，流道检查正下方处 7#、8#、9#导叶进水边有波浪型变形，全关后测量导叶间隙数据如表 1 所示。

根据实测数据未见导叶间隙异常。

（2）导叶全关后在左右侧接力器缸架设百分表测量接力器压紧行程其中左侧接力器压紧行程 1.56mm，右侧接力器压紧行程 0.78mm，两侧接力器压紧行程未超过 1mm，符合规程要求。

表 1　2 号机组导叶间隙测量

导叶端面间隙（0.01mm）					导叶立面间隙（0.01mm）			
编号	内配水环侧		外配水环侧		编号	上	中	下
	出水边	进水边	出水边	进水边				
1	35	45	75	75	1-2	0	0	0
2	65	55	75	60	2-3	0	0	0
3	45	30	55	60	3-4	0	0	0
4	30	30	40	45	4-5	0	0	0
5	25	30	40	40	5-6	0	0	0
6	40	30	55	50	6-7	0	0	15（10cm）
7	30	25	45	40	7-8	0	15（10cm）	0
8	35	40	50	50	8-9	0	0	10（10cm）
9	25	30	35	35	9-10	0	0	0
10	30	30	40	40	10-11	0	0	0
11	30	20	55	55	11-12	0	0	0
12	25	25	35	35	12-13	0	0	0
13	35	30	40	35	13-14	0	0	0
14	25	25	35	25	14-15	0	0	0
15	30	30	40	55	15-16	0	0	0
16	30	30	35	40	16-1	0	0	0

（3）机组停机状态下检查高压油顶起装置，高压油顶起装置出口压力 8Mpa，管型座竖井处组合轴承顶起进油压力 7.5Mpa，水导轴承顶起进油压力 8Mpa，水导处主轴顶起高度 0.08mm，组合轴承处顶起高度 0.08mm，高压油顶起装置投入大轴顶起高度一致符合要求，高压油顶起装置退出后水导、组合轴承处百分表回零，高压油顶起装置工作正常。

（4）上位机开关导叶，分别在 25%、50%、75%、100%开度处检查电气开度与导叶实际开度一致，排除电气开度与接力器开度不一致原因。

（5）调速系控制方式切换至机手动，检查导叶接力器偏关，排除调速器故障原因。

（6）用力矩扳手检查导水机构拐臂与导叶主轴膨胀套螺栓紧固无松动，拐臂与导叶之间力矩传递可靠。紫兰坝电站导水机构拐臂与导叶小轴采用铜套涨套的形式配合，通过涨套内六角螺栓提供预紧力，如果出现内六角螺栓松动可能导致导水机构拐臂与导叶小轴之间出现较大水流阻力的时候产生打滑现象引起机组导叶关闭不严。

（7）导水机构连杆由 8 个弹簧安全连杆与 8 个硬直连杆组成，检查 1-16#连杆，发现连杆长度不一，其中 4#、6#、12#硬直连杆长度最长。

（8）由于机组充水运行过程中导水机构 1#、3#连杆上位机报剪断销剪断信号为检查充水前后配合工况变化情况，故拆除 1#、3#导叶连杆拐臂，检查 1#、3#套筒上轴套径向间隙配合情况。检查 1#、3#导水机构套筒上轴套配合间隙均在设计间隙内，不存在充水后轴套吸水膨胀抱死且轴套径向间隙均匀不存在偏磨现象。

根据上面检查情况结合 2 号机组季节性检修导叶间隙调整工艺初步确定停机蠕动原因：在季节性检修调整导叶立面间隙过程中，因局部导叶进水边存在波浪形磨损，为将间隙调整至合格范围，在导叶全关状态下通过调整硬直连杆长度将导叶间隙调整至零导致部分导叶受力过大，进而导致机组充水后导叶圆周发生变化，导叶间隙随之变化，间接引起部分弹簧连杆压缩 LCU 水机保护屏发出剪断销剪断报警。

4 优化导叶立面间隙调整工艺

根据分析结果为彻底解决机组停机蠕动现象，导叶间隙调整工艺需进行优化，优化过程如下。

（1）机组导水机构控制环在全关位置时右侧接力器活塞缸处于收缩至最短状态，左侧接力器活塞缸处于伸至最长状态。在导水机构控制环保持在导叶全关状态下通过 5 吨手拉葫芦将控制环位置牢固固定，防止控制环往开方向移动。逆时针旋转右侧接力器活塞杆使活塞杆底部与接力器缸底部抵死无间隙，顺时针旋转左侧接力器活塞杆使活塞杆底部与接力器上端盖抵死无间隙。

（2）将机组导水机构控制环与重锤连接销钉松开取下，使控制环仅仅受左右侧接力器约束。利用桥机副钩悬挂长度 12m 直径 24 的钢丝绳中间对折 4 股与重锤叉头连接，注意悬挂钢丝绳应错开重锤叉头圆柱销防止影响叉头圆柱销取出。取出圆柱销前可以在圆柱销前后端喷洒松动

润滑剂改善叉头圆柱销与控制环配合减小两者之间阻力，然后利用锤击法使用铜棒大锤沿叉头圆柱销安装相反的方向锤击圆柱销使圆柱销与控制环脱离，在取圆柱销的过程中应时刻留意圆柱销与控制环之间间隙，发现圆柱销卡涩应调整桥机钢丝绳承重重量。重锤与控制环脱离后，将重锤吊出放至安装间。

（3）取下用于限制控制环动作的 5 吨手拉葫芦，将 5 吨手拉葫芦重新悬挂吊点并通过该手拉葫芦将控制环往开方向动作，此时流道内监视导叶间隙拉开至 1cm 左右停止，将控制环与导水机构点焊牢固，防止控制环位置发生变化。

（4）将弹簧连杆、硬质连杆叉头锁紧背帽拧松，流道内在间隙调整导叶处及相邻导叶处架设百分表监视导叶位移动作情况，沿顺时针方向调整导叶间隙直至所有间隙调整至零。

（5）导叶间隙调整完毕后精确测量弹簧连杆、硬质连杆与控制环拐臂连接偏心销中心距离，确定各连杆长度，如表所示。

表 2　2 号机组连杆偏心销中心距离（mm）

序号		序号	
1#	955	9#	954
2#	953	10#	953
3#	954	11#	955
4#	958	12#	959
5#	955	13#	955
6#	959	14#	953
7#	955	15#	955
8#	956	16#	952

（6）根据设计图纸连杆偏心销中心距离为 955mm，为此将超标弹簧连杆、硬质连杆长度进行修整。以 6#硬质连杆为例进行调整。在 7#、5#导叶处架设百分表监视 6 号导叶受力情况，然后再后流道内配水环导叶进水边焊接挡块并用千斤顶将 6#导叶抵死至 5#、7#百分表微动 0.01mm。因拐臂与导叶轴颈之间通过膨胀环传递力矩，为此需将 6#导叶膨胀环拆卸取出，然后调整硬直连杆长度至设计长度并锁紧硬质连杆叉头背帽，防止连杆长度发生变化。按照拆卸步骤回装膨胀套并用力矩扳手按照设计力矩进行紧固，以同样的方法调整其他连杆。

（7）刨除控制环与导水机构的临时焊点，调整左右侧接力器压紧行程，其中接力器活塞杆螺纹螺距 4mm，右侧接力器顺时针旋转接力器活塞杆 1 圈，左侧接力器逆时针旋转接力器活塞杆 1 圈。

（8）将重锤与控制环连接可靠后，在接力器无压的情况下重锤会将控制环往关闭方向旋转，控制环禁止后检查重锤应处于自由状态，防止重锤在基坑内触底。

（9）调速系统减压至额定后手动全行程动作导叶，检查导叶无异响，在 25%、50%、75%导叶开度检查导叶开口一致，全行程动作过程中上位机剪断销信号未报警。

6 取得成效

紫兰坝电站 2 号机组导叶间隙调整完毕后重新进行启运试验，调速器切机手动打开导叶，导叶开度指示正常上位机水机保护屏未见剪断销信号报警，机组转速升至额定后检查导水机构弹簧连杆、硬质连杆长度一致，手动关机流程关闭导叶未见异响，机组转速降至额定转速 25%制动风闸投入，35 秒后机组转速降至零，制动风闸投入 10～15s，风闸复归，导轴承处检查主轴无转动现象，机组停机蠕动现象消失。

7 结语

通过 2 号机组停机蠕动处理结果来看初步达到了预期效果。更重要的是为今后 1 号、3 号机组类似问题积累了经验。为了确保机组不再出现类似故障我们在今后的工作中还要做好以下措施：

（1）在机组停机过程中定时检查测量导水机构弹簧连杆、硬质连杆长度，对比修前测量数据，及时发现变化趋势掌握机组运行规律。

（2）对于长时间运行的贯流式机组导叶型线在检修过程中应重点关注，变形严重应及时组织返厂修复。

[参考文献]

[1]张诚.陈国庆.水电厂检修技能丛书水轮发电机组检修[J].中国电力出版社,2012(4):67.
[2]中华人民共和国国家标准.水轮发电机组安装技术规范 GBT8564-2003[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2003:1-2.
[3]田树棠.贯流式水轮发电机组及其选择方法[M].北京:中国电力出版社,2000.
[4]郑建锋,朱水丰.高水头混流式机组蠕动的原因分析与处理[M].上海:电力安全技术,2011.

作者简介：唐建（1989.12—），毕业院校：宁夏理工学院，热能与动力工程，当前就职单位：宝珠寺水力发电厂，职务：无，职称级别：工程师。

火电厂动力工程中的热能平衡与节能技术探讨

张景红
华电轻型燃机服务有限公司，上海 201108

[摘要]为了提高火力发电厂的热工与电力技术水平，必须对其工作机理有一个全面的认识。火力发电厂以煤为主要原材料，在煤的燃烧中将热量转换为机械能，利用其动力将其转换成电力，在这个过程中一些能源会因散热而损耗。在充分认识火力发电厂的工作机理的基础上，采用优化的方法对其进行优化，以达到更好的效果。由于温室效应的不断累积，导致了对气候变化的再认知，同时由于产业环境的恶化而导致的能耗问题也日趋严重，因此需要改进自己的制造工艺。

[关键词]火电厂动力工程；热能平衡；节能技术
DOI：10.33142/hst.v7i10.13879　　中图分类号：TM621　　文献标识码：A

Exploration on Thermal Energy Balance and Energy-saving Technologies in Power Engineering of Thermal Power Plants

ZHANG Jinghong
Huadian Light Gas Turbine Service Co., Ltd., Shanghai, 201108, China

Abstract: In order to improve the thermal and electrical technology level of thermal power plants, it is necessary to have a comprehensive understanding of their working mechanisms. Thermal power plants use coal as the main raw material, which converts heat into mechanical energy during coal combustion and uses its power to convert it into electricity. During this process, some energy is lost due to heat dissipation. On the basis of fully understanding the working mechanism of thermal power plants, optimization methods are adopted to achieve better results. Due to the continuous accumulation of greenhouse effect, there is a renewed awareness of climate change, and the energy consumption problem caused by the deterioration of industrial environment is becoming increasingly serious, so it is necessary to improve our manufacturing process.

Keywords: power engineering of thermal power plants; thermal energy balance; energy-saving technology

引言

在全球能源危机加剧与环境保护压力日益增大的背景下，作为传统能源主要生产者的火电厂，正面临着重大的转型挑战与发展机遇。火电厂的运行效率与环境影响不仅决定着资源的有效利用，而且关系到生态的持续发展。因此，提升火电厂的热能平衡水平与节能技术，成为行业亟需解决的关键问题。热能平衡涵盖了热能的生成、传输及利用效率，涉及锅炉、汽轮机、冷却系统等设备的综合运行状况。通过对热能平衡的深入研究，能够精准识别出系统中存在的能量浪费环节，从而为节能技术的优化提供科学支持。节能技术的开发与应用，不仅能够降低火电厂的运营成本，提高发电效率，还将在减少温室气体排放与推动清洁生产方面，发挥关键作用。围绕火电厂动力工程中的热能平衡与节能技术进行全面探讨，不仅有助于提升行业竞争力，更是实现国家能源结构优化和可持续发展目标的必要途径。在这一背景下，本文将对火电厂热能平衡现状、能量浪费的主要原因、核心节能技术及其发展趋势展开详细分析，为火电行业在节能减排方面，提供参考与借鉴。

1 热能平衡与节能技术在火电厂中的重要性

在火电厂中，热能平衡与节能技术发挥着至关重要的作用，因为它们直接影响着能源利用的效率、环境的保护以及经济效益的提升。作为一个高能耗行业，火电厂在燃料燃烧与热能传递过程中，产生大量的能量损失是不可避免的。如果热能平衡无法得到有效管理，不仅会导致资源浪费，而且还将加剧污染物排放，进一步增加环境负担。通过合理的热能平衡管理，能够显著减少能量损耗，提升系统的整体运行效能。同时，通过引入节能技术，热力系统设计的改进、设备性能的优化以及余热的回收等方式，都能够进一步降低能源消耗。这些措施不仅有助于减少燃料的使用与运营开支，还能在节能减排政策的推动下，使企业在能源结构转型中获得竞争优势。在火电厂的可持续发展过程中，热能平衡与节能技术的深入研究与应用，已成为提升能源效率与减轻环境影响的关键路径。

2 火电厂热能浪费的主要原因分析

2.1 热力系统设计不合理

火电厂热能浪费的一个重要原因在于热力系统设计的不合理。在系统设计阶段，若未能充分考虑热能利用的效率与传输性能，整个生产过程中的热能损失将显著增加。例如，若管道布局设计不当，热量在长距离输送或高温条件下容易大量散失，散热问题尤为严重[1]。此外，换热设备若设计不佳，也将导致热交换效率低下，使得高温烟气

和余热资源无法得到充分回收和再利用，从而进一步提高系统的能源消耗。

2.2 设备运行效率低下

设备运行效率低下，是导致火电厂热能浪费的一个显著原因，直接影响着热能的利用效率。在火电厂的运行中，若核心设备如锅炉、汽轮机和冷凝器长期处于低效状态，热能将无法充分转化为机械能或电能。例如，当锅炉的燃烧效率偏低时，燃料未能完全燃烧，产生大量废气与未燃尽的碳粒，致使燃料热值未得到充分释放。若汽轮机的运行效率不足，热能则无法有效转化为机械能，排气温度随之升高，冷却系统的负荷因此加大。此外，冷凝器效率的下降也将影响汽轮机的真空度，导致蒸汽循环中的热能利用效率降低。设备维护的不力、运行条件的不合理以及超负荷运转，都会加剧设备的磨损与老化，进一步降低整个系统的热能转化效率。

2.3 热能回收系统不足

火电厂热能浪费的一个突出问题在于热能回收系统的缺乏，致使大量余热未能得到有效利用。在火电厂的运行中，锅炉排烟、汽轮机排汽以及冷凝器冷却水等产生了大量余热，然而，若没有高效的热能回收设备，这些宝贵的能源便会被直接排放至大气或水体，从而造成巨大的能量损失。例如，高温排烟若未配备烟气余热回收装置，将无法用于加热给水或空气预热，导致系统整体热效率显著下降。此外，蒸汽冷凝时释放的潜热常被忽视，若未安装有效的回收设备，这部分热能将白白流失。回收系统的不足，不仅增加了火电厂的燃料消耗，也带来了更严重的环境污染，导致温室气体排放和废热水排放的增加，从而加剧生态问题。

2.4 其他影响因素

火电厂的热能浪费还受到其他因素的影响，这些因素在一定程度上加剧了能源利用效率的降低和环境负担的增加。人员操作水平的不足、维护管理的缺陷以及工艺流程的不完善，都可能对系统产生不利影响。例如，若操作人员对设备运行参数或工况的调整不当，系统容易偏离最佳状态，从而提高能耗。设备维护和检修的不及时，可能导致设备的老化或故障增多，降低运行效率并增加热能损失。此外，工艺流程设计的不合理，亦可能构成一个潜在问题，如冷却水系统中的散热不足，可能因冷却塔或冷凝器设计不当而导致热能未能有效散发。外部环境因素同样不可忽视，季节性气温变化或水源条件的波动，都可能对热能平衡和系统效率产生影响。尽管单一因素的影响或许较小，但在长期运行中，多个问题的叠加将显著提升火电厂的整体能耗，进而影响运营成本和环境效益。

3 火电厂中的主要节能技术

3.1 热力系统优化

热力系统的优化是提升火电厂能源利用效率的核心手段之一。通过对整个热力循环过程进行详细分析与调整，热能浪费得以有效减少，系统整体性能也随之提高。首先，需对热力系统的各组成部分进行全面研究，包括锅炉、汽轮机、冷凝器和管道系统等，以明确每个环节中可能存在的热能损失。例如，采用先进的控制技术与数据监测手段，能够实时跟踪设备运行状态，确保系统维持在最优状态，并及时修正运行参数[2]。锅炉的燃烧过程可以通过应用高效燃烧技术及合理的燃料调配来提升效率，从而减少未燃尽物质的排放。同时，热交换设备的设计优化也显得尤为重要，增加换热面积并采用更高效的换热材料与结构，将有助于提高热能传递效率并降低热能损失。循环水系统的优化亦为关键环节之一，采用变频泵与改进冷却塔设计，将显著提高水的循环利用率，进一步降低能耗。

3.2 热能回收与利用技术

火电厂中热能回收与利用技术的关键性作用在于，它能够有效捕捉并利用生产过程中产生的余热，从而大幅提升能源利用效率并减少资源浪费。烟气余热回收技术是一项常见的应用，其通过在烟气排放系统中引入热交换装置，将高温烟气中的热量用于预热锅炉给水或加热燃料，进而减少燃料消耗。与此同时，余热发电技术的广泛应用也正在增加，通过利用排放烟气和冷凝水中的余热驱动蒸汽汽轮机发电，热能得以再转化，从而为电厂提供额外电力。此外，冷却水中的热量也可通过热水回收系统得以回收，并再次利用于生产或供热需求，实现热能的多重利用。智能化监测系统的配合则为这一过程提供了更高效的管理，通过实时数据分析与反馈，回收过程得以持续优化，确保系统在各种工况下始终高效运行。

3.3 高效燃烧技术

高效燃烧技术在火电厂中发挥着关键作用，通过优化燃烧过程，有效提升燃料利用率并减少污染物排放。其核心在于优化燃料与空气的混合，以确保燃料在锅炉内以最佳状态燃烧，从而减少未燃尽物质与烟气中的有害物质。采用先进的燃烧控制系统和精准的空气配比技术，可以实时监控并调节燃烧过程，确保燃烧在最佳温度与压力下进行，热效率得以显著提升。此外，低氮燃烧器与分级燃烧技术的应用，能够有效减少氮氧化物（NOx）的生成，环境压力得以缓解。进一步提升燃烧效率的手段还包括使用优质燃料或加入助燃剂，这不仅能加速燃烧反应，还能增强燃烧的稳定性。同时，通过升级设备、引入新型燃烧器及优化炉内结构，火电厂得以增强燃烧室的热效率和燃料适应能力。

3.4 余热发电技术

余热发电技术在火电厂中的应用被视为一种高效的节能减排措施，其目的是将生产过程中产生的余热回收并转化为电能，从而提升能源利用效率。这项技术主要依托于锅炉、汽轮机以及冷凝器等设备所排放的高温烟气和蒸

汽，通过热回收装置得以利用。在实际操作中，余热发电系统通常利用热交换器将废气或冷凝水中的热量传递给工质，使其蒸发后驱动蒸汽汽轮机产生电能。这种方式不仅减少了外部燃料的消耗，降低了运行成本，还有效地减少了温室气体和其他污染物的排放，从而助推火电厂实现环保目标[3]。为进一步提高余热发电效率，许多火电厂已引入组合循环系统，将燃气轮机与蒸汽轮机结合使用，以最大程度回收利用可用热能。随着技术的不断革新，智能监控系统的引入使得余热发电的运行变得更加灵活，能够根据工况实时调整，从而提高系统的响应速度与稳定性。

3.5 烟气余热回收技术

被视为提升能源利用效率的关键措施，烟气余热回收技术在火电厂中扮演着重要角色。其主要目的在于通过回收锅炉排放的高温烟气中的热量，转化为可再利用的能源。核心在于热交换器的安装，该设备通常设置在烟气排放管道中，有效地捕捉并回收烟气中的余热。在此过程中，热交换器将烟气所携带的热量传递给锅炉给水或空气预热系统，所需的燃料热量输入因此降低，进而提升了锅炉整体的燃烧效率。烟气余热回收技术不仅能够有效降低锅炉的排烟温度，热能浪费得以减少，还能够降低温室气体及其他有害物质的排放，为火电厂的环保目标贡献力量。随着科技的不断发展，采用高效热交换材料及先进设计理念，烟气余热回收的效率也可进一步提升，从而增强系统的热传递能力。

3.6 其他节能技术（如优化水汽系统、空气预热器等）

在火电厂中，至关重要的作用不仅体现在主要节能技术上，水汽系统的优化以及空气预热器的使用也发挥着重要作用。通过这些技术的应用，系统整体效率得以提升，热能损失与运营成本进一步减少。优化水汽系统的重点在于循环效率的提高，通过精准控制水流和蒸汽流动的参数，理想状态得以确保。通过改进泵的配置与运行策略、减少管道中的能量损失以及增强换热效率等措施，能耗得以降低，系统的响应速度亦显著提升。尤为重要的是空气预热器的应用。该设备通过利用锅炉排放的烟气余热，对进入锅炉的空气进行预热，燃烧效率因此显著提升。进入锅炉的预热空气能够减少燃料消耗，达成更高的热效率与更低的排放。除此之外，火电厂还可采取其他节能手段，如智能控制系统的引入、调节阀配置的优化以及多级节能装置的安装，所有这些措施均有助于提升热能利用率与增强系统的稳定性。

4 火电厂热能平衡与节能技术的发展趋势

在火电厂热能平衡与节能技术的进展中，尤为关键的是新型节能技术的研发与应用。随着全球对环境保护与可持续发展的关注加剧，转型的压力与机遇面临着火电行业。新型节能技术，如智能能源管理系统、低氮燃烧技术、碳捕集与储存（CCS）技术，以及高效余热回收装置，正在不断被研发并投入使用。这些技术不仅有效提高了能源利用效率，还显著降低了排放，减少了对环境的负面影响。

此外，在实现可持续发展的过程中，火电厂的节能需求日益增长。通过优化运行参数、改进设备配置及提升管理水平，火电厂能够在保持发电能力的基础上，达到更高的节能效果，进而应对日益严格的环保法规与市场竞争。同时，政策支持在推动火电厂技术创新方面的重要作用发挥着[4]。政府推出的各项环保政策、节能法规与经济激励措施，为火电厂的引入新技术创造了有利条件。这些政策不仅促进了资金投入与技术研发，还推动了企业间的合作与信息共享，良好的产业生态因此得以形成。展望未来，随着各项节能技术的逐步成熟及其应用的广泛推广，火电厂将不断适应市场与政策的变化，迈向可持续发展的道路，为全球能源转型作出贡献。

5 结语

在火电厂动力工程中，热能平衡与节能技术的探讨对于提升企业竞争力和推动环保非常重要。通过优化热力系统，火电厂能够有效降低能源损耗，提高效率，实现经济与环保的双赢。先进的燃烧技术、余热回收系统和智能控制系统为节能减排提供了支持。未来，火电厂应继续关注新技术的应用，加强热能管理，确保在满足发电需求的同时减少对环境的影响。只有不断创新，火电厂才能在竞争中保持优势，实现可持续发展。因此，管理层需要重视节能技术，鼓励员工参与，推动绿色转型与升级。这不仅提升了火电厂的经济效益，也为环境保护作出贡献。

[参考文献]

[1]胡祥兴.火电厂热能动力工程中的节能技术分析[J].中国设备工程,2023(19):242-244.
[2]刘艳.热能与动力工程在热电厂中的应用[J].石河子科技,2023(2):38-40.
[3]王鑫华.火电厂中热能与动力工程的改进方向[J].科技创新与应用,2021,11(15):129-131.
[4]井飞.火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2019(7):195-196.

作者简介：张景红（1968.12—），男，毕业院校原始学历（北京高等电力专科学校），专科，后续（四川大学）研究生，所学专业：热动专业，当前就职单位，华电轻型燃机服务有限公司，职务：总工程师，职称级别：工程师。

变电运维倒闸操作危险点及其防范分析

赵冠男
国网河南省电力公司郑州供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]文中针对变电站倒闸操作中存在的安全隐患，对倒闸操作的危险点进行了分析，并提出了相应的防范措施。通过对倒闸操作过程的详细剖析，为变电运维人员提供了安全保障，提高了倒闸操作的安全性。
[关键词]倒闸操作；危险点；防范措施；变电运维
DOI：10.33142/hst.v7i10.13912　　中图分类号：TM73　　文献标识码：A

Dangerous Points and Prevention Analysis of Switching Operation in Substation Maintenance and Operation

ZHAO Guannan
Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: This article analyzes the safety hazards in the switching operation of substations, identifies the dangerous points of the switching operation, and proposes corresponding preventive measures. Through a detailed analysis of the switching operation process, safety guarantees have been provided for substation operation and maintenance personnel, improving the safety of switching operations.
Keywords: switching operation; dangerous points; preventive measures; substation maintenance

引言

倒闸操作是变电站运行中常见的一种操作方式，其目的是保证电力系统的安全稳定运行。然而，在实际操作过程中，倒闸操作存在一定的安全隐患，若操作不当，可能导致设备损坏、人身伤害等事故。因此，对倒闸操作的危险点进行深入分析，并提出有效的防范措施，对提高变电运维人员的安全意识和工作水平具有重要意义。

1 变电运维倒闸操作的重要性

变电运维倒闸操作是电力系统中一项至关重要的任务，其对于确保电网安全稳定运行具有举足轻重的作用。在变电站中，倒闸操作是运维人员日常工作中重要的一部分。

1.1 倒闸操作的定义及意义

倒闸操作是指在电力系统中，通过对断路器、隔离开关等设备的操作，实现对电网运行方式的改变。其主要目的是为了保证电力系统正常运行，防止设备损坏，降低故障风险。倒闸操作涉及到电网的安全、稳定、经济运行，因此具有极其重要的意义。

1.2 倒闸操作的流程

倒闸操作一般分为准备、执行和结束三个阶段。在准备阶段，运维人员需要了解现场设备情况，查阅相关资料，制定操作方案。在执行阶段，运维人员按照操作方案，逐一对设备进行操作，同时密切观察设备运行情况，确保操作安全。在结束阶段，运维人员对操作过程进行总结，记录操作情况，为今后的工作提供参考。

1.3 倒闸操作的注意事项

在进行倒闸操作时，运维人员应严格遵守操作规程，确保操作安全。具体包括以下几点。一是要充分了解设备运行状况，避免因操作不当导致设备损坏；二是要严格按照操作方案进行操作，不得擅自更改操作步骤；三是要密切观察设备运行情况，发现异常情况立即采取措施予以处理；四是要加强操作过程中的沟通与协作，确保操作顺利进行。此外，倒闸操作是一项专业性较强的工作，要求运维人员具备较高的业务水平和责任心[1]。运维人员应熟练掌握倒闸操作规程，不断提高操作技能，确保倒闸操作的安全、稳定、高效进行。同时，运维人员要时刻保持警惕，对电力系统运行中的安全隐患保持高度敏感，确保电网安全稳定运行。

2 变电运维倒闸操作危险点分析

2.1 电源误操作

在倒闸操作过程中，如果运维人员未能正确判断电源位置，误将带电设备视为断电设备，可能会导致电源未断开的情况下进行操作，从而引发触电事故。因此，运维人员在进行倒闸操作前，应仔细核对设备状态，确保电源已彻底断开。

2.2 设备故障

在实际操作过程中，设备可能存在潜在的缺陷或故障，如绝缘老化、接头松动等。如果运维人员在倒闸操作过程中未能及时发现并处理这些问题，可能导致设备损坏，甚至引发火灾等事故[2]。因此，运维人员在操作前应全面检查设备状况，确保设备安全可靠。

2.3 操作环境差

在潮湿、雨雪等恶劣天气条件下，设备的绝缘性能可能降低，增加了触电事故的风险。同时，操作环境中的灰尘、杂物等也可能影响设备的正常运行。因此，运维人员在进行倒闸操作时，应确保操作环境清洁、干燥，并根据

天气条件采取相应的防护措施。

2.4 操作人员的安全意识不足和操作技能不熟练

在进行倒闸操作时，运维人员应严格按照操作规程进行，避免因操作不当导致的事故发生。此外，运维人员应定期进行安全培训，提高安全意识，加强操作技能，以确保倒闸操作的安全性。

综上所述，变电运维倒闸操作过程中存在诸多危险点，运维人员应充分认识到危险点，并采取相应的预防措施，确保操作过程的安全可靠。通过提高安全意识、加强操作技能培训、全面检查设备状况以及注意操作环境等因素，可以降低倒闸操作中的安全风险，保障运维人员的人身安全和设备的正常运行。

3 变电运维中倒闸故障的原因

3.1 线路维护不到位引起的倒闸故障

线路维护是确保电力系统正常运行的关键环节，维护不到位容易导致设备老化、绝缘性能下降、导线截面减小等一系列问题，进而引发倒闸故障。首先，设备老化是线路维护不到位的主要原因。长时间运行在高温、高压等恶劣环境下，设备的绝缘性能会逐渐下降，容易发生闪络、击穿等故障，从而导致倒闸。此外，绝缘子的污染、金具的锈蚀、导线的磨损等也是导致设备老化的主要因素，而这些问题的出现往往与维护不到位有关。其次，线路维护不到位容易导致导线截面减小。长时间运行在高温、高负荷等条件下，导线的截面积会逐渐减小，导致线路的承载能力下降。当线路负载超过其承载能力时，导线容易发生过热，进而引发倒闸故障。此外，导线的截面减小还会导致线路的电阻增大，增加线路损耗，进一步影响电网的稳定运行。另外，线路维护不到位还可能导致绝缘性能下降。维护不到位会导致绝缘子表面污秽、金具连接不良等问题，这些问题都会影响线路的绝缘性能。当绝缘性能下降到一定程度时，线路容易发生闪络、击穿等故障，从而引发倒闸。

3.2 开关问题引起倒闸故障

变电运维中，倒闸故障是一种常见的故障现象，其产生的原因有很多，如开关问题、操作失误等问题引起倒闸故障的原因进行详细分析，为变电运维工作人员提供参考和指导。

3.2.1 开关选型不合理

在变电运维中，开关设备的选型至关重要。若开关选型不合理，则可能导致开关在运行过程中无法承受额定电流，进而引发倒闸故障。例如，当开关的额定电流小于实际运行电流时，开关在长时间运行后可能会出现发热、老化等问题，从而导致倒闸故障。

3.2.2 开关设备质量参差不齐

由于市场竞争激烈，部分开关设备生产厂家为了降低成本，采用了低质量的材料和工艺，导致开关设备性能不稳定，容易发生故障。此外，开关设备的组装和调试过程也可能存在问题，如接触不良、绝缘性能下降等，这些都可能引发倒闸故障。

3.2.3 开关设备维护不当

开关设备在长时间运行过程中，需要定期进行维护和检修，以确保其正常运行。然而，在实际运维过程中，部分工作人员可能存在维护不到位的情况，如未及时清理开关设备表面的灰尘和污垢，未定期检查和更换损坏的零部件等。这些因素都可能导致开关设备性能下降，从而引发倒闸故障[3]。

3.2.4 开关设备操作失误

在变电运维过程中，操作人员需要严格按照操作规程进行操作，以确保设备安全运行。然而，由于操作人员对设备熟悉度不高、操作技能不熟练等原因，可能导致操作失误，进而引发倒闸故障。

4 变电运维倒闸操作有误的防治措施

4.1 严格执行标准倒闸操作程序

在变电运维工作中，倒闸操作直接关系到系统的安全稳定运行。操作不当可能会引发事故，因此严格执行标准倒闸操作程序是确保电力系统正常运行的关键。

首先，操作人员应提前对操作任务进行详细了解，明确操作目的、操作步骤以及可能遇到的问题和解决方案。同时，操作人员需要对设备的状态进行全面检查，包括设备的运行状态、保护装置的功能状态等，确保设备满足倒闸操作的条件。此外，操作人员还应充分了解天气情况，避免在恶劣天气条件下进行倒闸操作。

操作过程中的每一个步骤都必须严格按照标准程序执行。首先是操作前的安全措施，操作人员应穿戴好个人防护装备，如绝缘手套、绝缘靴等。然后是操作过程中的通信联络，操作人员之间要保持密切沟通，确保信息传递准确无误。在操作过程中，操作人员应时刻关注设备的状态变化，如发现异常情况，应立即停止操作，并及时报告给上级。

操作完成后，要对操作结果进行详细检查。首先，要检查设备是否恢复到正常运行状态，各项参数是否符合要求。其次，要检查操作记录，确保操作过程中的一切信息都有详细记录，以备后续查阅。最后，要对操作过程中出现的问题进行总结，分析原因，制定改进措施，为今后的操作提供借鉴。在实际操作中，可能会遇到各种意想不到的问题，要求操作人员具备丰富的理论知识和实践经验，能够迅速判断问题并采取有效措施。此外，操作人员还要具备良好的心理素质，面对突发状况时能够保持冷静，做出正确判断。综上所述，严格执行标准倒闸操作程序是确保变电运维安全的关键，操作人员应从操作前的准备工作、操作过程的安全措施、操作完成后的检查总结等方面，全面提高倒闸操作的质量和效果。

4.2 进行危险点控制教育工作

变电运维倒闸操作是电力系统运行中常见的一种操作，其操作不当可能会对电力系统造成不良影响，甚至可

能引发电力系统事故。因此，在变电运维倒闸操作中，需要采取一系列的防治措施，以进行危险点控制教育工作。

对于操作人员，需要进行专业培训，以提高其操作技能和安全意识。操作人员需要了解倒闸操作的流程和注意事项，掌握正确的操作方法和操作技巧，能够正确地处理操作中出现的问题。此外，操作人员还需要了解倒闸操作的危险点和可能出现的风险，以便在操作中能够及时采取措施进行防范和应对。在操作过程中，需要制定详细的操作计划和应急预案，以确保操作的安全和顺利进行。操作计划需要明确操作流程、操作人员、操作时间、操作工具等内容，以便操作人员能够按照计划进行操作。应急预案需要针对可能出现的危险点进行制定，以便在危险点出现时能够及时采取措施进行应对和处理。

需要对操作过程进行监督和检查以确保操作的安全和正确性。监督人员需要对操作人员进行监督和指导，确保其按照操作计划进行操作，及时发现和纠正操作中的错误。检查人员需要对操作过程进行检查和评估，及时发现和处理操作中的问题，确保操作的安全和正确性。

4.3 制定特殊时期的事故预案

反事故演习是一种模拟事故发生并处理的过程，旨在提高应对突发事故的能力和效率。在变电运维工作中，应根据实际工作需求，制定一系列应急处理预案和防范措施，以应对各种可能发生的事故，如重特大人身事故、电网大面积停电、变电站全停、电力设施大范围受损、重特大火灾事故、重特大洪涝、地震等自然灾害，以及对社会有重大影响的突发性公共事件。

制定应急处理预案和防范措施是预防事故发生和扩大，保障电力系统安全稳定运行的重要手段。通过反事故演习，可以对预案进行检验和优化，提高运维人员的应急处理能力，确保在事故发生时能够迅速、准确、有效地进行处理。同时，反事故演习还有助于增强员工的自我保护意识，提高他们对事故的敏感性和应对自信心，降低事故发生的概率。在反事故演习中，应充分考虑各种事故类型的特点和处理方法。例如，在应对电网大面积停电事故时，应立即启动应急预案，组织人员对故障进行排查，同时加强电网运行监控，确保事故处理过程中的电网安全稳定。在处理变电站全停事故时，应迅速确定停电原因，采取相应的措施，如启动备用电源、调整运行方式等，尽快恢复变电站的正常运行。在应对电力设施大范围受损、重特大火灾事故、重特大洪涝、地震等自然灾害时，应立即启动相应的应急预案，组织人员开展救援工作，同时加强事故现场的管控，确保救援工作的顺利进行[4]。对于对社会有重大影响的突发性公共事件，应迅速启动应急预案，协调各方力量，确保事故处理的及时性和有效性。

总之，反事故演习是提高变电运维单位应对突发事故能力的重要手段。通过制定应急处理预案和防范措施，并进行反复的演习和培训，可以提高员工的快速事故反应能力，防止事故的发生和扩大，保障电力系统的安全稳定运行。同时，反事故演习还有助于提高员工的自我保护意识，增强员工对事故的处理信心，为电力系统的安全发展奠定基础。

4.4 增强运维人员素质提高危险点分析与预控能力

在电力行业中，运行值班人员是保障电力系统安全稳定运行的关键。他们需要掌握丰富的理论知识和熟练的操作技能，才能在面临各种突发事件时，迅速做出正确的判断和处理，防止事故的发生。因此，变维管理者需要根据实际需要，制定科学的培训措施，充分利用当前具备的技术条件，坚持认真培训以及开展各种岗位的资格考试，以提高运行值班人员整体素质，防止人员误操作。

业务培训应当注重实用性，贴近实际结合现场。可以通过对实际发生的问题进行专题讲解，也可以示范操作，从而规范化值班员的生产操作行为。此外，培训方式也应当多样化，既可以采用传统的课堂教学，也可以利用现代化的信息技术，如在线学习、虚拟现实等，以提高培训的效果。同时，企业应当建立健全的激励机制，鼓励运行值班人员进行自我学习和提升。可以通过设立奖学金、晋升职称等方式，激发他们学习的积极性和主动性。此外，企业还应当定期组织技能竞赛，以提高运行值班人员的学习热情，促进他们在比赛中相互学习、共同进步。在实际工作中，运行值班人员还需要不断地积累经验，通过实践锻炼自己的应急处理能力。企业可以设立模拟训练装置，让运行值班人员在模拟环境中进行操作，以提高他们在实际工作中对危险点的控制能力。

5 结束语

倒闸操作是变电站运行中重要的环节，为确保倒闸操作的安全性，本文对倒闸操作的危险点进行了分析，并提出相应的防范措施。通过加强操作人员培训、完善倒闸操作规程、设备维护与检查以及优化现场环境等措施，以有效降低倒闸操作过程中的安全风险，为变电运维人员提供安全保障。在今后的工作中，应继续关注倒闸操作的安全问题，不断完善相关措施，提高倒闸操作的安全水平。

[参考文献]

[1]张宜杰.变电运维倒闸操作危险性分析[J].光源与照明,2024(2):201-203.
[2]张桂华.关于变电运维倒闸操作的危险性策略分析[J].模具制造,2023,23(12):292-294.
[3]康文姣.关于变电运维倒闸操作的危险性策略分析[J].智慧中国,2023(4):92-93.
[4]黄家豪,包威,阳祎,李星.基于500 kV变电站倒闸操作风险管控工具的变电运维员工培训体系设计[J].机电信息,2020(11):122-123.

作者简介：赵冠男（1994.6—），男，河南省镇平县人，汉族，研究生学历，中级电力工程师，就职于国网河南省郑州供电公司，从事变电运维工作。

火电厂安全管理中存在的问题及对策

吴 飞 施法治 武 洋 龙苍海 杨学敏
华能湖南岳阳发电有限责任公司，湖南 岳阳 414000

[摘要]火电厂的安全管理问题并非新鲜事物，但随着火电厂规模的扩大、设备技术的更新以及生产环境的变化，安全管理面临的挑战也日益增加。近年来，火电厂发生的各类安全事故频频引起社会关注，这些事故不仅造成了经济损失，还对员工的安全和健康构成了严重威胁。造成这些事故的原因多种多样，包括设备故障、操作失误、人员管理不善以及环境因素等。同时，传统的安全管理制度在应对现代化火电厂复杂生产环境时，往往显得不够完善。为了适应新的发展需求，提高安全管理水平，火电厂需要不断探索和优化安全管理策略，通过系统分析现存问题并制定有效的对策，才能确保火电厂在安全、高效的轨道上稳定运行。

[关键词]火电厂；安全管理；问题；对策
DOI：10.33142/hst.v7i10.13910 中图分类号：TM621 文献标识码：A

Problems and Countermeasures in Safety Management of Thermal Power Plants

WU Fei, SHI Fazhi, WU Yang, LONG Canghai, YANG Xuemin
Huaneng Hunan Yueyang Power Generation Co., Ltd., Yueyang, Hunan, 414000, China

Abstract: Safety management issues in thermal power plants are not new, but with the expansion of thermal power plant scale, updates in equipment technology, and changes in production environment, the challenges faced by safety management are also increasing. In recent years, various safety accidents that occur in thermal power plants have frequently attracted social attention. These accidents not only cause economic losses, but also pose a serious threat to the safety and health of employees. There are various reasons for these accidents, including equipment failures, operational errors, poor personnel management, and environmental factors. Meanwhile, traditional safety management systems often appear inadequate in dealing with the complex production environment of modern thermal power plants. In order to adapt to new development needs and improve safety management level, thermal power plants need to continuously explore and optimize safety management strategies. By systematically analyzing existing problems and formulating effective countermeasures, they can ensure the stable operation of thermal power plants on a safe and efficient track.

Keywords: thermal power plants; safety management; problems; countermeasures

引言

火电厂作为电力系统的重要组成部分，承担着保障国家能源供应和支持经济发展的重任。火电厂的生产过程涉及高温、高压等极端条件，设备运行复杂，安全管理的挑战极大。有效的安全管理不仅关系到厂区设备的正常运转，还直接影响到员工的生命安全和周边环境的保护。随着技术的发展和安全管理理念的进步，火电厂面临着越来越高的安全管理要求，如何在复杂的生产环境中保持高效、安全的运营，是每个火电厂必须面对的重要课题。

1 火电厂安全管理的重要性

火电厂作为国家能源供应的关键基础设施，安全管理的重要性不可忽视。火电厂运营涉及高温、高压及各种复杂设备，安全管理的好坏直接影响着员工的生命安全、设备的正常运行和环境保护等多个方面。首先，火电厂的安全管理对员工的生命安全和身体健康至关重要，在火电厂高温、高压及重型机械设备的使用使得操作环境充满潜在风险，无论是设备故障还是操作失误，都可能导致严重的安全事故，对员工的生命安全构成威胁，良好的安全管理通过系统的风险评估、规范的操作流程和有效的应急预案，能够预防和减少事故的发生，从而保护员工的安全和健康。其次，安全管理对生产稳定性和经济效益有着直接的影响，设备的频繁故障或停机不仅增加了维修成本，还会影响生产的连续性和效率。有效的安全管理可以降低设备故障率减少停机时间，提高生产效率从而减少经济损失。此外，稳定的生产环境还帮助火电厂在市场上保持竞争力，确保经济效益的持续增长[1]。再者，火电厂的安全管理也涉及环境保护和社会责任，火电厂在运行过程中会产生一定的环境污染，严格的安全管理可以有效控制排放，减少对周围环境的影响。同时，企业履行社会责任也是现代企业运营的必然要求，通过实施有效的安全管理措施，火电厂不仅能减少环境污染，还能提高公众对企业的信任度和满意度推动企业的可持续发展。

2 火电厂安全事故原因

2.1 设备故障

设备故障是火电厂安全事故的主要原因之一，火电厂的设备多为高温高压环境下运行，如锅炉、汽轮机和发电

机等，这些设备在长时间运转过程中容易出现各种故障，常见的设备故障包括机械部件磨损、腐蚀和裂纹等，这些问题可能导致设备性能下降甚至发生严重的故障。设备故障的原因多种多样，包括设计缺陷、制造质量问题、维护不当和操作不规范等，设备的老化和长期的负荷波动也可能加剧故障发生的频率。因此，及时的设备检修和维护、定期的状态监测以及优化设备运行管理是防止设备故障并保障火电厂安全运行的关键措施。

2.2 操作失误

操作失误在火电厂安全事故中扮演着重要角色。由于火电厂设备复杂且操作要求严格，任何操作上的不当都可能引发严重事故。例如，操作人员可能因操作不当而导致设备超负荷运行、参数设定错误或应急处理不及时，这些失误通常源于操作人员对设备和系统的不熟悉、培训不足或在高压力环境下的疏忽。操作失误不仅可能导致设备损坏，还可能引发安全隐患，如火灾或爆炸。因此，加强操作人员的培训、制定详细的操作规程和实施严格的操作规范，是降低操作失误率、确保火电厂安全的重要措施。

2.3 人员管理问题

人员管理问题是火电厂安全事故的另一个重要因素，有效的人员管理涉及到从招聘、培训到日常管理的各个环节。员工的安全意识不足、技能水平不够、职责不明确等问题，可能导致操作失误和安全隐患。例如，缺乏系统培训的员工可能不了解设备操作的规范或应急处理程序，从而增加事故发生的风险。同时，人员流动频繁或岗位调整频繁，也可能造成经验丰富的员工缺失和新员工的不适应。因此，建立健全的人员管理体系，实施有效的培训计划，明确岗位职责，并定期评估员工表现，是确保火电厂安全运行的重要保障。

2.4 环境因素

环境因素对火电厂的安全运营也有着显著影响，火电厂通常面临的环境挑战包括极端天气、地质条件和环境污染等。例如，暴雨、雷电等极端天气可能导致设备受损或电力系统中断；不稳定的地质条件可能引发地基沉降或滑坡，影响厂区安全。此外，环境污染问题，如空气和水质污染也可能对设备的长期稳定性产生不利影响。为了有效应对这些环境因素，火电厂需要采取相应的预防措施，如加固基础设施、安装防护设备、建立环境监测系统，并制定应急预案以应对突发环境变化。这些措施有助于降低环境因素对火电厂安全的影响，保障其稳定运营。

3 火电厂安全管理中存在的不足

3.1 人员安全意识不足

人员安全意识不足是火电厂安全管理中的一个突出问题，尽管火电厂的运营涉及复杂的设备和高风险的操作环境，但一些员工对潜在的安全隐患和操作风险认识不足，导致安全管理执行不到位。安全意识不足主要体现在以下几个方面：首先，员工对安全规程和操作程序的熟悉程度不足，可能在面对紧急情况时缺乏正确的应对措施。其次，部分员工对日常操作中可能出现的风险和隐患缺乏足够的重视，导致忽视安全操作规范，甚至在非正式情况下存在违规行为。此外，员工在接受安全培训时可能对培训内容的实际应用理解不深，从而无法有效将培训知识应用于实际工作中。这种安全意识的缺乏，不仅增加了事故发生的风险，还可能导致对事故后果的评估和处理不够迅速和有效。

3.2 操作人员技能水平不高

操作人员技能水平不高是火电厂安全管理中的一个关键问题。火电厂的设备操作复杂且要求严格，操作人员需要具备深厚的技术知识和熟练的操作技能，部分操作人员的技能水平却无法满足这些要求，导致操作不规范或不准确[2]。首先，操作人员可能缺乏对设备工作原理的深入理解，无法有效识别和处理设备运行中的异常情况。其次，实际操作经验不足可能导致在面对复杂或突发问题时反应迟缓，无法快速做出正确的决策，这种技能水平的不足，往往表现为设备操作中的失误、维护工作的不到位以及对安全操作规程的不遵守，进而增加了设备故障和安全事故的风险。此外，新员工或岗位调整频繁的情况也加剧了技能水平不均的问题，因为这些员工可能尚未完全适应岗位要求。因此，操作人员技能水平的不足不仅影响了火电厂的安全运营，也制约了生产效率的提升。

3.3 设备检修维护不到位

设备检修维护不到位是火电厂安全管理中的一个突出问题，火电厂的设备长期处于高温高压的工作环境中，设备的可靠性直接关系到安全生产，设备检修和维护工作的不到位，往往导致设备运行不稳定增加了故障发生的可能性。首先，检修计划的执行不严格或检修周期不合理，导致设备老化和潜在故障未能及时发现和处理。其次，维护工作中可能存在细节遗漏或标准不统一的情况，例如对设备关键部件的检查不够全面，或者对检修记录的管理不够规范，这种检修维护不到位的状况，不仅降低了设备的运行效率，还可能导致设备故障的连锁反应，影响整个火电厂的安全运营。此外，设备的预防性维护不足，使得设备在故障发生时无法得到及时的修复，进一步加剧了设备损坏的风险。因此，设备检修和维护的不足，直接威胁到火电厂的安全和稳定性。

3.4 安全管理制度不完善

安全管理制度不完善是火电厂安全管理中一个严重的问题，火电厂的安全管理依赖于系统化的规章制度来规范操作行为、确保安全措施的落实。制度不完善通常表现为以下几个方面：首先，现有的安全管理制度可能存在缺陷或盲点，未能涵盖所有可能的风险点或应急处理程序，导致在实际操作中无法有效指导员工。其次，安全制度的

执行力度不足，可能存在制度规定与实际操作脱节的现象，员工对制度的遵守程度不高。再者，安全管理制度的更新不及时，未能跟上新技术、新设备和新工艺的变化，导致制度无法适应现代火电厂的实际需求。此外，制度的制定和实施过程中缺乏有效的监督和评估机制，使得问题和隐患难以及时发现和纠正。安全管理制度的不完善，导致火电厂在面对潜在安全风险时，缺乏系统性和有效性的应对措施，从而增加了事故发生的可能性。

4 提高火电厂安全管理效果的对策

4.1 增强安全意识

增强安全意识是提高火电厂安全管理效果的核心对策之一。火电厂的安全管理需要全体员工对潜在风险有清晰的认识，并能够自觉遵守安全规程。首先，系统化的安全培训应定期进行，确保员工深入了解操作风险、应急处理程序以及最新的安全规范，培训内容应包括实际操作中的风险识别、事故案例分析和紧急应对措施，使员工能够将理论知识转化为实际操作中的警觉性。其次，强化安全文化建设，营造一个全员参与的安全氛围，通过安全宣传、奖惩机制和定期安全会议等手段，激励员工自觉提高安全意识。有效的安全文化能够促使员工在日常工作中主动识别和报告安全隐患，从而降低事故发生的风险。此外，领导层应以身作则，展示对安全管理的重视，通过设立明确的安全目标和监督机制，确保安全意识的普及和贯彻落实。

4.2 提升操作人员技能

提升操作人员技能是确保火电厂安全管理效果的重要措施之一。操作人员的技能水平直接影响到设备的安全运行和应急处理能力，因此必须采取系统化的提升措施[3]。首先，制定并实施全面的培训计划，涵盖设备操作、维护保养和故障排除等方面的内容，培训应结合理论与实践，通过模拟操作、现场指导和技术讲座等形式，提高操作人员的实际操作能力和问题解决能力。其次，建立技能评估和认证机制，定期对操作人员进行技能考核和认证，确保掌握必要的操作技能和知识，技能评估不仅可以识别员工的技术短板，还能针对性地提供进一步培训或技能提升。再者，鼓励操作人员参与技术交流和行业培训，了解最新的技术发展和操作方法，通过不断学习和实践，保持技术水平的持续提升。此外，优化工作流程和标准操作程序减少人为错误的发生，确保操作人员在安全的框架下进行工作。

4.3 加强设备维修保养

加强设备维修保养是保障火电厂安全稳定运行的关键措施之一。设备在高温高压的环境下长期运行，难免会出现磨损和老化，因此必须采取系统的维修保养策略。首先，制定详细的维修保养计划，明确各类设备的检修周期、维护内容和负责人，确保每项工作按时按标准执行。其次，实施预防性维护和预测性维护措施，通过定期检查和状态监测提前发现潜在故障并进行处理，避免设备故障的突然发生。维修保养过程中，应严格遵循操作规程和技术标准，确保每次检修都能彻底解决设备问题并恢复其最佳性能。此外，加强对维修人员的培训，提高专业技能和故障诊断能力，使其能够更准确地判断设备状态并进行有效维护。还需建立设备维护记录系统，详细记录每次检修和保养的内容、时间和效果，以便后续追踪和分析。

4.4 健全安全管理制度

健全安全管理制度是提升火电厂安全管理水平的基础工作。一个完善的安全管理制度应涵盖从风险识别、规范操作到事故处理的各个环节。首先，制定全面的安全管理规章制度，明确各项安全操作规范、应急响应程序及责任分工，确保所有员工清楚自己的安全职责和操作要求。其次，建立动态更新机制，定期审查和修订安全管理制度，结合新技术、新设备以及行业标准的变化，保持制度的时效性和适用性。此外，强化安全管理制度的执行力度，建立严格的监督和检查机制，确保制度落实到位，并对违反制度的行为进行有效的处罚。还应完善事故报告和调查程序，确保每起安全事故都能得到及时报告、深入分析和整改，从而持续改进安全管理。通过这些措施，能够构建一个系统化、科学化的安全管理体系，增强火电厂的整体安全保障能力。

5 结语

火电厂的安全管理是确保稳定、高效运行的核心环节，通过深入分析安全事故原因、识别存在的问题，并采取有效的对策，如增强安全意识、提升操作人员技能、加强设备维修保养和健全安全管理制度，可以显著提高火电厂的安全管理水平。每一项措施的实施都需要全体员工的共同努力和管理层的坚定支持，只有在完善的制度保障和持续的改进措施下，才能最大程度地减少安全隐患，保障火电厂的安全稳定运行。面对日益复杂的生产环境和不断变化的技术要求，我们应不断审视和优化安全管理策略，以应对未来可能出现的挑战，推动火电厂的安全管理工作向更高水平迈进。

[参考文献]

[1]赵华，魏辉，崔永，等.火电厂安全管理中存在的问题及对策[J].化工管理，2021(19)：120-121.
[2]韩威.火电厂安全风险的精细化管理[J].中国设备工程，2022(21)：65-67.
[3]江汉清.火电厂电气运行的安全管理路径探索[J].中国设备工程，2022(9)：87-89.

作者简介：吴飞（1986.7—），男，毕业院校：湖南理工学院；所学专业：工商管理，当前就职单位：华能湖南岳阳发电有限责任公司，职务：值长，职称级别：工程师。

浅谈灌区水工闸门及启闭机养护与维修

桑淑娟 陶 东 朱 珠
宁夏回族自治区唐徕渠管理处，宁夏 银川 750001

[摘要]灌区水工闸门及启闭机的养护与维修是水利工程管理中的重要环节，有效的养护和维修能提高设备的运行效率，延长设备的使用寿命，保障灌区水利系统的正常运转。水工闸门作为控制水流的重要设备，其维护包括门叶的防锈和防变形、门槽的清理及支撑机构的润滑等。启闭机则负责驱动闸门的开启和关闭，需定期检查和维护其机体、操作设备和润滑系统。文章系统分析了水工闸门和平板闸门及弧形闸门的工作条件及其维修方法，重点讨论了闸门的清理、防锈、结构修复及启闭机的润滑和维护策略。通过科学管理和定期检修，能够有效防止设备故障，提高设备的运行安全性和可靠性。定期记录和管理养护资料也是确保设备长期稳定运行的重要措施。

[关键词]灌区；闸门；启闭机；养护
DOI：10.33142/hst.v7i10.13919 中图分类号：TV52 文献标识码：A

Brief Discussion on the Maintenance and Repair of Hydraulic Gates and Gate Hoist in Irrigation Areas

SANG Shujuan, TAO Dong, ZHU Zhu
Ningxia Hui Autonomous Region Tanglaiqu Management Office, Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract: The maintenance and repair of hydraulic gates and hoists in irrigation areas is an important part of water conservancy project management. Effective maintenance and repair can improve the operational efficiency of equipment, extend its service life, and ensure the normal operation of irrigation water conservancy systems. As an important equipment for controlling water flow, the maintenance of hydraulic gates includes rust and deformation prevention of gate leaves, cleaning of gate slots, and lubrication of supporting mechanisms. Gate hoist is responsible for driving the opening and closing of the gate, and its body, operating equipment, and lubrication system need to be regularly inspected and maintained. The article systematically analyzes the working conditions and maintenance methods of hydraulic gates, flat gates, and radial gates, with a focus on the cleaning, rust prevention, structural repair, and lubrication and maintenance strategies of the gates. Through scientific management and regular maintenance, equipment failures can be effectively prevented, and the operational safety and reliability of equipment can be improved. Regularly recording and managing maintenance data is also an important measure to ensure the long-term stable operation of equipment.

Keywords: irrigation areas sluice gate; gate hoist; maintenance

引言

在水利工程中，水工闸门是控制水流、调节水位的核心设备，关系到水资源的有效利用和灌区的水量调配。同时，启闭机作为水工闸门的驱动装置，负责闸门的开启和关闭，是实现水流控制的关键设备。水工闸门和启闭机在水利工程的运行中发挥着至关重要的作用，对水利设施的正常运转具有直接影响[1]。因此，对这些设备的定期养护和维修是保障其长期安全运行的重要任务。目前，在宁夏引黄灌区，干渠上设置了 330 座水闸，以及 4840 座干渠直开斗口。面对如此规模的设备数量，闸门及启闭机的养护维修工作不仅关系到灌区渠道水量的及时调配，还直接影响到农田的适时灌溉。随着使用年限的增加和环境条件的变化，水工闸门和启闭机会出现不同程度的磨损和老化。因此，建立科学的养护和维修体系，延长设备的使用寿命，提高设备的工作效率，保障水利工程的长期稳定运行势在必行。

1 常用水工闸门和启闭机的工作条件

灌区常用的水工闸门主要是平板闸门和弧形闸门。水工闸门的运行要求是安全可靠、启闭灵活。如果开启不灵，就会造成闸上水位急剧雍高，影响正常的水量调节，严重的还会造成渠堤漫顶失事；如果闸门关闭不严，就会造成水量浪费损失，甚至还会造成下游的灾害损失。

1.1 平板水工闸门

平板闸门是灌区最常用的一种闸门形式。根据闸门门叶和门槽间的摩擦性质，又可分为滑动闸门和滚动闸门。

滑动闸门的门叶直接与门槽接触，启闭时要克服两接触面上的滑动摩擦阻力。为了减少摩擦阻力，常用的摩擦面材料有金属、胶木滑道、釉面瓷砖、水磨石和磨光混凝土等。滑动平板闸门适用于中、低水头，门跨一般较小。门叶材料有钢、钢木、木与铸铁、钢筋混凝土和钢丝网水泥等几种。滚动平板闸门是门叶与门槽之间设置一些滚轮后，就形成滚动平板闸门。滚动平板闸门可在任何水头下正常运用。门叶多用钢或钢筋混凝土做成，适用大中型水闸和承受较高水头水闸。

1.2 弧形水工闸门

弧形水工闸门用于各种水头和孔口尺寸的水利工程

设备，以其高强度和优良的耐腐蚀性，适用于高水头和较大流量的场合，能承受较大的水流冲击力。钢木结构则结合了钢材和木材的优点，适用于中等水头的应用，具有较好的性价比。钢筋混凝土结构则在承受大水头和高流量的条件下表现出良好的稳定性，适用于大型水工设施。弧形水工闸门在设计时不仅需要考虑材料的选择，还需要精确计算水头、流量及其对门叶的影响。此外，弧形闸门在开启和关闭过程中，因其设计的曲线形状可以实现平稳的运动，减少机械磨损，延长设备的使用寿命。

1.3 启闭机

启闭机是提升闸门的动力机械。常见的有螺杆式、卷扬式和液压式三种，目前灌区普遍采用螺杆式、卷扬式两种。选择启闭机形式应考虑闸门形式、尺寸、和启闭力以及孔口数量等因素。选择启闭机的起重量一般应等于或大于闸门计算的启闭力。螺杆式启闭机特点是结构简单、经久耐用，价格低廉，适用于小孔口、低水头。工作时承受拉力和压力，螺杆本身除应具有足够的强度和刚度外，较长的螺杆应设导向轴承缩短无支长度，以防扭曲变形。

卷扬式启闭机则适用闸门孔口尺寸较大，门重及启闭力较大的水闸。由于钢丝绳牵引的卷扬式启闭机可改变滑轮组数及绕绳方法来适应不同的门重及启闭力，故在灌区应用极为广泛。卷扬式启闭机钢丝绳只能承受拉力，故不适用于施加闭门力才能落闸的深孔闸门。钢丝绳水下部分很容易锈蚀，水上部分又因油脂易吸灰尘。为减轻养护和修理工作量和延长使用寿命，可采用分节拉杆代替部分钢丝绳，并采用护罩保护滑轮。

2 水工闸门的养护与维修

水工闸门及启闭机的养护与维修是确保动力系统的正常运行、传动系统状态良好、润滑系统和制动系统可靠、操作系统灵活、结构稳定、启闭自如、支撑系统坚固、埋件耐久、分水无漏以及保持设备清洁和防锈的重要前提。

2.1 水工闸门的一般养护

2.1.1 清理闸门杂物

水工闸门及其周边区域常常有杂草、落叶、塑料、生活垃圾等，不仅影响闸门的区域环境，还可能阻塞闸门的启闭区域，导致其无法正常运作。定期对闸门及门槽区域进行清理至关重要。在浅水区域，使用木杆摸探，利用人工或水力手段清理杂物；在深水区域，则需要定期进行潜水检查与清理，以确保闸门正常功能。

2.1.2 门叶养护

门叶是闸门的核心部分，要保持其完整，防止生锈、变形或者是断裂等情况的发生。为防止门叶发生变形、杆件弯曲、断裂、焊缝开裂或气蚀等问题，要做好防振和抗振措施，增强闸门的结构刚度，修正气蚀区域的边界形状，调整引水结构表面的不平整度，改变闸门底缘形式，使水流线贴合边界，从而避免负压和流体分离现象。对于已经出现气蚀的部位，及时使用耐蚀材料进行修复和加固，恢复其正常功能。

2.1.3 支撑行走机构养护

支撑行走机构是闸门升降的关键部件，要定期检查、清理和加注润滑油，确保其灵活转动，避免锈蚀和卡死。

2.1.4 止水装置养护

止水装置，也称为水封，要定期清理止水装置上的杂草、冰凌或其他障碍物，并检查和更换松动或锈蚀的螺栓，止水装置的表面应保持光滑平整，以防橡胶止水老化。木质止水需要进行防腐处理，而金属止水则应进行防锈处理，以确保其长期有效地发挥作用。

2.1.5 门槽及预埋件养护

门槽是闸门启闭的轨道，对门槽及其轮轨道的摩擦面进行润滑保护，预埋件应涂防锈漆。及时清理门槽内的泥土、灰尘和垃圾，发现预埋件出现松动、脱落、变形、锈蚀或气蚀现象时，应进行加固处理，确保设备的正常功能。

2.2 闸门金属结构的养护与防锈

金属结构在长期的干湿交替、高速水流冲刷、日晒夜露等环境影响下，容易出现锈蚀。对闸门、启闭机、预埋件等金属结构的防锈处理主要包括以下几种方法：①涂料保护：涂料保护是一种常用的方法，现代油漆多采用合成树脂和有机溶剂，相较于传统的植物油和天然漆具有更好的耐腐蚀性。涂料应均匀涂覆，漆膜附着牢固，要求厚度达到200μm。涂料的使用量可以通过单位面积的耗漆量来控制。以红丹底漆为例，其一般耗漆量为0.20～0.25kg/(道·m²)；铝粒沥青漆的耗漆量为0.1～0.14kg/(道·m²)。②镀层保护：镀层保护通过在钢材表面镀铝、锌、铬、镍等防锈材料来实现。镀锌和电镀适用于闸门零件，而喷镀适用于较大尺寸的门叶或结构物。镀层形成的保护膜可以有效阻止金属与外界环境的直接接触，从而减缓锈蚀的进程[2]。③电化学保护：电化学保护通过外加电流的阴极保护法进行，一般情况下会与涂料防护结合使用。该方法通过设置电位差，使电位较低的金属成为阴极，从而起到保护金属的作用。

2.3 水工钢丝网混凝土结构的养护与维修

钢丝网混凝土重量轻、造价低、便于预制、弹性好、强度高、抗渗性和抗振性能优良，广泛应用于闸门、渡槽和压力水管等结构。

2.3.1 表面涂防腐材料

对钢丝网混凝土结构的表面涂覆防腐材料，如环氧沥青、聚苯乙烯、环氧煤焦油和环氧水泥砂浆等，阻止水分和化学物质的渗透，保护混凝土结构免受侵蚀，增强其抗渗性和耐久性。

2.3.2 裂缝补修

对于已经出现的表面裂缝，可以进行涂刷保护涂料；对于较深的裂缝，要凿槽后使用不低于400号的膨胀水泥砂浆进行嵌补[3]。处理裂缝时，要确保填充材料与原结构良好粘结，以防止裂缝再度扩展。

2.3.3 钢筋修补

损坏的钢筋和钢丝网要进行凿毛和清洗，锈蚀部分要切割掉，并焊接新的钢网。然后，使用 400 号以上砂浆进行修补，砂浆初凝后要反复压光抹平，确保新老砂浆的良好粘结。修补的位置要精心养护，预防干缩裂缝的出现。

2.4 闸门木结构的防腐防蛀

木材由于其轻质、柔软和易加工的特点，常用于闸门的底部止水构件。对木材进行干燥处理，降低木材的含水率，防止腐朽和霉菌的生长。也可以涂刷或浸泡防腐剂，毒杀木材中的微生物和菌类，从而起到防腐保护作用。常用的防腐剂包括亚砷酸（砒霜）、氟化钠、五氯化酸钠、苯基苯酚钠等。还可以使用油性调和漆、学桐油、沥青和水罗松等涂料隔绝木材与外界的接触，防止木材受潮和腐蚀，提高木材的耐用性[4]。并且要对木材用亚砷酸（砒霜）、氟化钠、五氯化酸钠、苯基苯酚钠和硫酸铜等药剂惊醒涂刷或浸泡，防治白蚁和蛀木水虱等虫害。

3 启闭机养护与维修

启闭机作为水工闸门的重要动力设备，对启闭机的有效养护与维修不仅可以延长其使用寿命，还能保证其在各种工况下的正常运转。

3.1 机体养护与维修

启闭机的机体部分应保持清洁，机体表面的灰尘和杂质需要定期清理，以防止其对设备造成影响。特别是在多尘环境下，应增加清洁频率。内部组件也要定期检查，防止因长期使用导致的锈蚀。锈蚀会导致部件表面摩擦增加，影响启闭机的性能和寿命。润滑油能够减少摩擦，降低部件的磨损，并保持轴承的顺畅运转。润滑油的量和质量需保持在规定范围内。应根据设备运行时间和工作环境的不同，选择合适的润滑油并进行更换。使用不符合要求的润滑油可能导致润滑不充分，从而引起设备损坏。绝缘材料的老化或受潮会导致电机短路或漏电[5]。因此，定期检查电机的绝缘情况，尤其是在潮湿环境下，能够防止绝缘失效问题的发生。应确保绝缘层完好无损，必要时进行绝缘测试，以确保电机的安全运行。

3.2 操作设备养护

启闭机的操作设备直接影响到设备的运行状态，需定期检查、紧固和调整。限位开关用于控制启闭机的运行范围，防止其过度启闭。定期检查限位开关的工作状态，确保其反应灵敏且功能正常。如果发现限位开关出现故障，应及时处理，避免对设备的其他部分造成损害。保险丝应符合设备的额定规格，严禁使用电阻率不符合要求的金属丝进行替换。使用不合规格的保险丝可能导致电流过载，影响设备安全运行，甚至引发设备损坏或火灾。

3.3 启闭机和钢丝绳的养护

钢丝绳是启闭机中的重要部件，对钢丝绳的定期检查、清理和润滑至关重要。钢丝绳的断丝、变形或锈蚀等问题需要及时处理，以确保启闭机的正常运作。钢丝绳要定期检查磨损、断裂和腐蚀情况，及时处理出现的各种问题。润滑钢丝绳时，需使用专用的润滑剂，确保润滑均匀。良好的润滑可以减少钢丝绳的摩擦，防止其过早磨损。定期检查润滑效果，根据需要补充润滑剂，以保持钢丝绳的良好状态。

3.4 润滑系统的维护

润滑系统是启闭机正常运转的基础，能够减少各部件之间的摩擦，降低磨损。润滑油的选用应符合设备要求，不同的设备和工作环境对润滑油的性能要求不同。应根据启闭机的运行情况和环境条件，选择适当的润滑油，并按照制造商的建议进行更换。润滑油质量不佳或润滑不充分会导致部件磨损加剧，影响设备的工作效率。检查润滑油的量应确保其在正常范围内[6]。润滑油量不足会导致润滑不充分，从而增加磨损和故障风险。定期检查润滑油的质量，发现油质变差时应及时更换。润滑油的污染或老化会影响其润滑效果，因此必须进行定期更换。

4 结语

通过对水工闸门的各个关键部分，如门叶、支撑行走机构、止水装置等的养护方法进行系统分析，明确了清理、润滑、修复和防腐等措施对延长设备使用寿命及保持其性能的关键作用。良好的养护与维修不仅能有效预防设备故障，还能显著提升设备的工作效率和安全性。各类设备在长期使用过程中必然会面临不同的磨损和损坏问题，及时的维护措施能够确保其在各种工作环境下稳定运行。随着技术的不断进步，今后应结合新技术和新材料，持续优化养护与维修方法，进一步提升水工闸门及启闭机的运行效率和可靠性。

[参考文献]

[1]李翔.新疆玛河灌区水工闸门启闭机故障的诊断与维护[J].内蒙古水利,2023(12):68-69.
[2]孔东玺，张卫红，宋林林.灌区水工闸门及启闭机养护与维修[J].水利天地,2008(12):40-41.
[3]徐凯，姜君，张俊嵩.水工闸门及启闭机养护与维修方法初探[J].科技风,2019(26):1.
[4]孔令敏，马振斌.水工闸门及启闭机养护与维修研究[J].工程技术研究,2021,6(1):243-244.
[5]蔡丽娟,王江,段小勇.浅谈都江堰人民渠第二管理处灌区涉水建设项目管理[J].四川水利,2022,43(6):155-157.
[6]佚名.灌区引库塘田作物供需水全过程嵌套模拟与双侧精准调控技术[J].江淮水利科技,2022(1):2.

作者简介：桑淑娟（1980.11—），毕业院校：宁夏大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：宁夏唐徕渠管理处，职称级别：中级。

配电网运行管理中电力自动化系统的运用研究

赵诚宇
国网河南省电力公司中牟县供电公司，河南 郑州 450000

[摘要]随着电力需求的增长和技术的进步，配电网的运行管理变得越来越复杂。传统的手动管理已经不能满足高效、安全和可靠的要求，电力自动化技术的引入为配电网管理带来了新的机会。文中探讨了电力自动化技术在配电网运行管理中的应用和优势，分析了运用电力自动化技术的原则，并详细阐述了实时监测与数据采集、远程控制与操作以及数据共享在配电网管理中的具体应用，以提升用电的安全性和可持续性。

[关键词]配电网；运行管理；电力自动化
DOI：10.33142/hst.v7i10.13911　　中图分类号：TM761　　文献标识码：A

Research on Application of Power Automation System in Distribution Network Operation Management

ZHAO Chengyu
Zhongmu County Power Supply Company of State Grid He’nan Electric Power Company, Zhengzhou, He’nan, 450000, China

Abstract: With the growth of electricity demand and technological progress, the operation and management of distribution networks have become increasingly complex. Traditional manual management can no longer meet the requirements of efficiency, safety, and reliability. The introduction of power automation technology has brought new opportunities for distribution network management. The article explores the application and advantages of power automation technology in the operation and management of distribution networks, analyzes the principles of using power automation technology, and elaborates on the specific applications of real-time monitoring and data acquisition, remote control and operation, and data sharing in distribution network management to enhance the safety and sustainability of electricity consumption.

Keywords: distribution network; operation management; power automation

引言

在当今的电力系统管理中，电力自动化技术的运用已成为提升电网运行效率和可靠性的关键。配电网作为电力系统的重要组成部分，其性能直接影响着电力的供应质量和经济效益。随着城市化速度的加快和工业化水平的提升，传统的配电网面临越来越多的挑战，包括需求增长的压力、老化的基础设施，以及越来越复杂的电网管理需求，这些挑战要求配电网不仅要高效运行，还要具备快速响应故障和自我恢复的能力[1]。

电力自动化系统通过集成先进的信息技术和自动控制技术，为配电网的监控、控制和优化提供了强有力的技术支持。这些系统能够实现实时数据采集、状态监测、故障诊断和远程控制等功能，极大提升了配电网的智能化水平和操作便捷性。因此，研究电力自动化系统在配电网中的应用，不仅是技术进步的需要，也是实现可持续发展和保障能源安全的重要途径。

1 配电网运行管理中应用电力自动化技术的优势

1.1 提高管理效率

应用电力自动化技术在配电网运行管理中显著提升了管理效率，这一优势主要体现在自动化系统能够实现对配电网的全面实时监控与控制。通过安装多种智能传感器和远程控制设备，电力自动化系统能够持续收集电网运行的各种数据，如电压、电流、功率和频率等信息。这些数据被实时传输至中央控制室，通过先进的数据分析软件进行处理和分析，使得运维人员能够及时了解电网的运行状态，并迅速响应各类变化和异常情况。

电力自动化技术通过实施高度集成的管理系统，极大地减少了人为操作的需求，减轻了工作人员的负担，提高了操作的准确性和响应速度。例如，自动化系统可以在检测到电网故障时，迅速进行故障定位和隔离，同时自动重配电网负荷，确保电网的稳定运行。这不仅缩短了故障处理时间，也大大降低了因故障扩展可能带来的损失。

电力自动化技术通过优化信息流和工作流，实现了更高效的电网监控和管理，显著提高了配电网的管理效率，为电网的稳定运行和可持续发展提供了强有力的技术支持。这种技术的应用不仅提高了能源利用效率，还为用户提供了更为可靠和高质量的电力供应。

1.2 降低运维成本

在配电网运行管理中应用电力自动化技术能有效降低运维成本。首先，通过自动化的监控系统，可以实时监测电网的运行状态，提前发现潜在的故障和异常，从而实现预防性维护。这种预防性维护策略减少了突发故障的发

生频率，降低了紧急维修的成本和对电网运行的潜在影响。其次，电力自动化技术通过集成的数据分析和管理工具，能够优化设备的使用寿命和性能，延长设备的维护周期，减少了频繁更换或维修设备所需的成本。自动化系统还可以优化能源分配和消耗，通过提高能源使用效率，进一步降低能源成本。最后，电力自动化系统减少了对人工操作的依赖，通过自动化控制减少了人力资源投入。自动化的故障诊断和处理机制不仅提高了处理速度，也减少了由人为操作错误可能导致的额外成本。

总而言之，电力自动化技术的应用通过提高故障处理效率、延长设备使用寿命、优化能源管理以及减少人工依赖等多个方面，显著降低了配电网的运维成本。这不仅提升了电网的经济效益，也增强了电网系统的整体可靠性和经济性，为电力公司创造了更大的经济价值[2]。

1.3 快速处理故障

在配电网运行管理中，应用电力自动化技术显著提升了对故障的快速处理能力。这种技术通过高度集成的监控和诊断系统，使得电网运营商能够在第一时间内检测到系统中的任何异常或故障。自动化系统具备实时数据分析功能，能够迅速识别问题根源并自动触发相应的响应措施，如隔离故障区域、重新配置网络以维持供电或启动备用系统。

电力自动化技术还能通过先进的通信技术实现故障信息的快速传递，确保相关维修团队和设备能在最短时间内得到通知和调度。这种快速相应减少了电网故障的持续时间和影响范围，大大提升了电网的恢复速度和服务可靠性。自动化技术中的故障处理算法和决策支持系统进一步增强了故障处理的效率和准确性。通过自学习和数据驱动的分析，这些系统能够预测和识别潜在故障模式，从而在故障发生前采取预防措施，或在故障发生时立即采用最优处理策略。

2 配电网运行管理中运用电力自动化技术的原则

2.1 安全性原则

安全性是电力系统中最为重要的考量，特别是在自动化技术的应用中。安全性原则要求设计和运行的所有自动化系统必须能够保障人员和设备的安全，预防任何可能导致安全事故的风险。在配电网中，这意味着自动化系统必须能够在检测到任何潜在危险时，迅速采取措施，如自动断开电源、隔离故障部分，以防止事故的扩散。安全性原则也强调需要对所有的自动化设备和控制系统进行定期的维护和测试，确保其在关键时刻能够可靠地执行安全操作。

2.2 实事求是原则

实事求是原则要求配电网的运行和管理基于准确的数据和实际情况进行决策。这意味着所有操作必须基于实时收集的准确数据和系统分析结果。电力自动化技术通过各种传感器和监控设备实时监控配电网络的状态，确保所获得的数据反映了网络的真实运行状况。此外，此原则还要求技术人员对自动化系统进行适当的配置和定期校准，确保数据的准确性和系统的响应都符合实际工作需求。

2.3 实时性和准确性原则

实时性和准确性是电力自动化技术中的两个不可或缺的方面，尤其是在配电网的管理和运营中。实时性原则要求系统能够在变化发生时立即检测和响应。这一点对于维持电网稳定和应对突发事件尤为关键。例如，一旦检测到供电线路发生故障，自动化系统需要能够在毫秒级别内做出反应，实施必要的隔离和重配措施，以避免故障扩散和可能的供电中断。

准确性原则则要求所有监控、控制和自动化决策都必须基于高精度的数据。这不仅涉及到传感器和数据采集设备的精确性，也涉及到数据处理和分析算法的准确性。配电网中的自动化系统必须能够精确解读复杂的数据，准确执行控制指令，确保每一个操作都是基于可靠和精确的信息进行的。

这些原则在实际应用中相辅相成，共同确保了电力自动化技术能够提升配电网的效率和可靠性，同时保障系统的安全运行。通过实施这些原则，可以最大限度地发挥自动化技术的优势，提高电网的响应速度和处理能力，确保电力供应的稳定性和安全性。

3 电力自动化系统在配电网运行管理中的具体应用

3.1 实时监测与数据采集

电力自动化系统在配电网运行管理中的一个核心应用是实时监测与数据采集。这一功能的实施对于确保电网的稳定性、高效性和安全性至关重要。通过部署先进的传感器和数据采集技术，配电网能够实时地监测各种电气参数，包括电压、电流、频率以及功率等。这些数据不仅有助于实时了解电网的运行状态，而且对于故障诊断、预防维护和能效管理等方面都具有重要作用[3]。

具体来说，实时监测系统通常由大量的智能电子设备（IEDs），如智能电表、保护继电器和故障指示器组成。这些设备能够在没有人工干预的情况下自动收集数据，并通过通信网络将数据传输回中央控制系统。例如，智能电表不仅能记录消费者的用电量，还能实时监控电压和电流的质量，从而帮助运营商识别供电质量问题或非技术性损失，如电力盗窃。

实时数据采集系统的另一个关键组成部分是高级测量设备，如相量测量单位（PMUs），它们能提供关于电网状态的高精度、高频率的同步数据。PMUs 的数据对于实现更复杂的网格管理策略，如实时功率平衡、频率控制和自动化恢复系统，提供了技术支持。这些数据被集成到高级分布式自动化系统中，可以用于优化配电网的运行，降低运维成本，并提高服务的可靠性和效率。

为了更有效地利用这些实时数据，电力系统运营商还

可采用高级的数据管理系统，如数据仓库和实时数据处理框架。这些系统能够存储大量的历史数据，支持复杂的数据分析，如趋势分析、预测模型和异常检测。通过这些分析，运营商不仅可以优化当前的运行策略，还可以进行未来的规划和预测，以应对可能的挑战和需求变化。

3.2 远程控制与操作

在电力自动化系统中，远程控制与操作是实现配电网高效运行管理的关键技术。这种技术使电网运营商能够在控制中心远程操控配电网络的各个组成部分，如断路器、开关以及调压设备等，从而实现对电网的优化控制和快速故障响应。远程控制系统的应用极大地提高了电网的灵活性和响应速度，减少了现场操作的需求和相关风险，同时也降低了维护成本和操作复杂性。

在配电自动化系统中，远程控制通常通过高度安全的通信协议与网络实现。运营商通过这些通信网络向场端设备发送控制命令，并接收设备状态信息及操作反馈。例如，使用 SCADA（监控与数据采集系统）平台，运营商可以在控制中心的界面上实时查看整个电网的运行状态，并执行所需的控制操作，如远程合闸或分闸，调整负荷分配等。

随着智能电网技术的发展，远程控制系统也越来越集成先进的自动化功能，如故障检测、隔离与系统恢复（FLISR）策略。当系统检测到线路故障时，远程控制系统可以自动隔离故障区段，并重新配置网络，以维持系统的其余部分稳定运行。这种快速响应不仅减少了电力中断的影响，还增强了电网的可靠性和弹性。现代远程控制技术还包括对配电网络进行优化调度的功能。通过集成算法和实时数据分析，系统能够预测电网的负荷变化，并相应地调整设备运行状态，以优化能源分配和消耗。例如，通过远程动态调整变压器的分接头位置，可以根据实际负荷需求优化电压水平，从而提高能效并减少能源损失。

安全性是远程控制系统中的一个重要考虑因素。因为系统的开放性和网络连接性可能使电网面临网络攻击的风险。因此，采用了多种安全措施，包括加密通信、双因素认证和持续的系统监控等，来保护系统免受外部威胁。

远程控制与操作技术是电力自动化系统中不可或缺的一部分，它通过实现快速、安全的控制指令传递和执行，极大地增强了配电网络的运行效率和可靠性。

3.3 数据共享

在配电网运行管理中，数据共享对于实现高效、智能化的电网管理具有至关重要的作用。数据共享能够整合并优化来自发电、输电、配电以及消费端的信息流，实现数据在各个运营层级之间的无缝对接。这种广泛的数据整合不仅提高了运营效率，还极大增强了电网的可靠性和经济性。通过部署智能电表和传感器等终端设备，系统能实时收集电网的各种运行数据，如电流、电压、功率因数及负荷情况等。这些数据通过高速通信网络传输至数据中心，实现数据的即时更新和存储。此外，数据共享平台支持多种数据格式和通信协议，确保了不同设备和系统之间的兼容性和互操作性。

数据共享的另一个关键应用是支持配电网的实时监控和动态管理。通过集中的数据中心，运营人员可以实时查看整个电网的运行状态，及时发现系统中的异常或故障，迅速响应以避免潜在的供电中断。例如，通过分析数据共享中心的负荷预测信息，调度员可以优化电网的负荷分配，提高供电的稳定性和经济性。系统可以自动分析收集到的数据，利用机器学习算法预测设备的故障趋势，实现预防性维护。这不仅减少了突发故障的频率，也显著降低了维护成本。同时，通过对历史数据的深入挖掘和分析，运营人员可以优化配电策略，提升电网的整体运行效率[4]。

配电网中的数据共享为研发新技术、新业务模式提供了丰富的数据资源。企业和研究机构可以基于共享的数据开发新的服务和解决方案，如需求响应、分布式发电和电动汽车的充电网络等，这些都是现代电网服务创新的重要组成部分。

数据共享在配电网运行管理中的应用是多方面的，从实时监控、故障诊断、维护优化到技术创新，数据共享都发挥着核心作用。通过实现数据的高效整合和智能应用，电力自动化系统能够提升电网的运行效率和可靠性，同时为未来的智能电网技术和服务创新提供支撑。

4 结束语

电力自动化技术在配电网运行管理中的广泛应用为提升配电系统的安全性、可靠性和经济性提供了重要支持。随着技术的不断进步和应用经验的积累，电力自动化系统将在未来发挥越来越重要的作用，推动配电网向智能化、高效化的方向发展。

[参考文献]

[1]王华宾.电力自动化系统在配电网运行管理中应用探究[J].电气技术与经济,2024(6):95-96.
[2]唐小东,蒋鹏虎,解浩.配电网运行管理中电力自动化系统技术的应用探究[J].中国科技投资,2024(15):148-150.
[3]姚远,蔡晓峰.配电网运行管理中电力自动化技术应用分析[J].仪器仪表用户,2024,31(3):83-85.
[4]朱振华,杨雷.电力自动化系统技术在配电网运行管理中的应用[J].仪器仪表用户,2024,31(2):92-94.

作者简介：赵诚宇（1996.5—），男，河南省三门峡人，汉族，本科学历，助理工程师，就职于国网河南省中牟供电公司，从事官渡供电所配电副所长工作。

征稿

Call for Papers

《Hydroelectric Science & Tecnology》即《水电科技》由新加坡Viser Technology Pte. Ltd.主办，ISSN：2630-5291。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源（Open Access）期刊，出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载，中国知网等国内权威数据库收录。

期刊内容以全球水电工程的勘测、设计、施工、运行管理和科学研究等方面的技术经验为主，同时也报道水电领域的各项先进技术。目前，本刊发行遍及全球各地，是水电科技刊物中影响范围较大、发行量稳定的综合刊物，是水电从业人员“了解世界”的窗口，也是科研技术人员进行学术交流的平台。

《水电科技》期刊主要栏目有：

水利工程、水文水资源、水土保持、防汛抗旱、节水灌溉、勘测规划、能源动力工程、水电建设、电力工程、电气工程、自动化技术与应用、运行维护、技术解决方案、综合研究等。

鼓励水电工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

（1）论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

（2）论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

（3）论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址
111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,
Singapore 179098

官方网站
www.viserdata.com

ISSN 2717-5383