

Energy Efficiency Improvement and Control Strategy of High Head Irrigation District Pipeline Water Transfer System

Wenping Zhang

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The high-lift irrigation district pipeline water delivery system is a crucial component of modern irrigation engineering in water-scarce regions such as Xinjiang, and it is widely used in agricultural irrigation. However, as the system scale continues to expand and technical requirements increase, traditional water delivery methods have revealed numerous issues related to energy efficiency and cost control. In resource-limited areas like Xinjiang, improving the energy efficiency of irrigation district systems and reducing energy consumption has become an urgent issue that needs to be addressed. This paper analyzes the current status of the high-lift irrigation district pipeline water delivery system in Xinjiang and explores the technical pathways and management strategies for improving energy efficiency. The article focuses on the application of energy-saving equipment, the optimization design of pipeline systems, and the introduction of intelligent control technologies, further analyzing the implementation process and effectiveness evaluation of control strategies. The aim is to provide theoretical foundations and practical guidance for the efficient use of water resources and energy-saving emission reduction in Xinjiang's irrigation districts.

Keywords

High-lift irrigation district; pipeline water delivery system; energy efficiency improvement; control strategies; energy-saving technologies

高扬程灌区管道输水系统能效提升与调控策略

张文平

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

高扬程灌区管道输水系统是新疆等水资源匮乏地区现代灌溉工程的重要组成部分, 广泛应用于农业灌溉。然而, 随着系统规模的不断扩大和技术要求的提升, 传统的输水方式在能效和成本控制方面暴露出诸多问题。在新疆这样资源有限的地区, 如何提高灌区系统的能效, 减少能源消耗, 已成为亟待解决的难题。本文分析了新疆高扬程灌区管道输水系统的现状, 探讨了提升能效的技术路径与管理策略。文章重点介绍了节能设备的应用、管道系统优化设计以及智能化调控技术的引入, 进一步分析了调控策略的实施过程与效果评估, 旨在为新疆灌区水资源的高效利用和节能减排提供理论依据和实践指导。

关键词

高扬程灌区; 管道输水系统; 能效提升; 调控策略; 节能技术

1 引言

新疆作为中国西部的广阔干旱地区, 面临着水资源短缺和农业灌溉需求大的双重挑战。高扬程灌区管道输水系统在这里扮演着重要的角色, 保障了大面积农田的灌溉供应。然而, 随着区域内农业用水量的增加, 传统的管道输水方式暴露出高能耗、高成本等问题, 严重制约了灌区水资源的可持续利用。为此, 提高高扬程灌区管道输水系统的能效, 减少能源消耗和系统运行成本, 成为提升新疆农业灌溉效益

的关键。本文将从技术角度出发, 分析当前灌区水利设施的现状, 探讨节能设备的应用、管道系统的优化设计和智能化调控技术等手段如何协同作用, 实现能效的提升。同时, 本文还将介绍智能化管理和调控策略的实施及其效果评估, 旨在为新疆地区的灌区水资源管理提供实践经验与技术支持。

2 高扬程灌区管道输水系统的现状分析

2.1 高扬程灌区管道输水系统的概述

高扬程灌区管道输水系统是指用于将水从水源地通过管道输送至灌区的设施, 主要用于长距离、高扬程的灌溉作业。其核心功能是克服水源与灌溉区域之间的高差, 实现水资源的有效分配。随着现代农业对水资源需求的增加, 高扬

【作者简介】张文平(1992-), 男, 中国甘肃人, 硕士, 工程师, 从事水利设计研究。

程灌区的规模和复杂性逐渐提升,特别是在一些缺水地区,灌溉系统已成为重要的基础设施。该系统通过高扬程水泵和大流量管道有效输送水源,但在运行过程中,由于长距离和大压力输送,能耗较大,造成一定的资源浪费。

2.2 高扬程灌区管道输水的能效问题

高扬程灌区管道输水系统的能效问题主要体现在水泵和管道的能耗过高。由于长距离、高扬程输水系统对水泵和电力的依赖较大,系统能耗通常占据整体运营成本的大部分。水泵在长期运行中常常出现效率下降现象,管道系统的摩擦损失也较为严重。输水过程中,由于管道材质、设计及流量的变化,存在较大的能量损失。此外,系统运行调度不合理、负荷波动等因素,也会导致能效的进一步降低。解决这些问题,除了提高设备的能效外,还需要优化系统的整体设计与调控机制^[1]。

3 新疆地区高扬程灌区管道输水系统能效提升的技术路径

3.1 节能设备与技术的应用

节能设备的应用是提高高扬程灌区管道输水系统能效的基础。采用高效水泵、变频调速技术及节能型管道材料,可以有效减少系统能耗。例如,现代高效水泵通过优化设计和材料选择,能够在相同的流量和扬程条件下,减少能源消耗,提升水泵的运行效率。同时,变频调速技术使得水泵能够根据实际需求自动调节转速,避免了在负荷波动时过度消耗能源。管道材料的优化,尤其是采用低摩擦系数的管道,可以减少水流中的摩擦损失,从而进一步降低能量浪费。通过引入这些节能设备和技术,能够显著提升系统的能效水平,降低能源成本。

3.2 管道输水系统优化设计

优化管道输水系统的设计是提升其能效的关键路径之一。合理的管道布局、合适的管道直径选择、流量调控和水流路径的优化,能够减少输水过程中的能量损失。对于长距离输水系统而言,管道的走向和分布直接影响到流体动力学特性,优化设计可以减少不必要的压力损失,提升整体输水效率。此外,管道的防渗漏措施也至关重要,避免漏水不仅可以减少水资源的浪费,还能降低泵站所需的输水功率,进一步提高能效。随着计算机模拟和流体力学的发展,通过仿真技术进行管道设计优化,能够实现系统的最佳配置,确保最大限度地提升输水效率。

3.3 智能化调控技术的应用

智能化调控技术的引入,能够通过实时监测、数据分析和自动化调节,提升高扬程灌区管道输水系统的运行效率。通过安装传感器、流量计和压力监测设备,可以实时收集系统的运行数据,反映出各个环节的能效状况。基于这些数据,智能控制系统可以分析水泵和管道的运行状态,及时调节泵站的工作模式,优化水流量和水压,避免过度或不足的输送。

智能化调控技术还可以实现对灌区内不同区域的水量需求的精确管理,避免水源的浪费。此外,结合物联网(IoT)技术,可实现远程监控和故障预警,提高系统的管理水平,确保灌溉需求与能源消耗的合理匹配,进一步提升整体能效^[2]。

4 高扬程灌区管道输水系统能效提升的管理策略

4.1 高效管理模式的构建

构建高效的管理模式是实现高扬程灌区管道输水系统能效提升的关键。在管理层面,通过引入现代化信息化技术,整合各类监控设备和传感器的数据,对系统的整体能效进行实时分析和优化调度。例如,采用基于云平台的实时数据采集系统,实时监测水泵、电力消耗、流量、压力等关键参数。利用大数据分析和机器学习算法对这些数据进行分析,识别出系统能效瓶颈,并生成精准的调度方案。根据实际情况,调整水泵转速、流量和管道压力,确保每个环节都能高效运行。数据分析技术可以在节能和运行成本上提供可行的优化建议。例如,通过分析历史数据,确定最佳的水泵使用周期和负载范围,从而在能耗上降低15%~20%。管理模式还要加强人员培训,提高操作人员对节能设备的熟悉度,确保系统长时间稳定运行。定期检查设备,减少故障发生频率,也能显著提升整体能效水平^[3]。

4.2 能效监控与数据分析

能效监控和数据分析是提升高扬程灌区管道输水系统能效的有效手段。通过部署传感器和智能计量设备,实时采集水泵的功率消耗、流量、压力、泵站运行状态等数据,结合大数据分析技术,可以实现对系统能效的全面监控。例如,通过对比每个泵站的实时功率消耗与理论功率消耗,计算出系统的实际能效,发现并及时解决能效降低的原因。在数据分析中,运用机器学习模型对历史数据进行分析,可以提前预警系统潜在的能效下降问题。此外,基于数据分析结果,可以优化调度策略,在不同的灌溉季节和水源条件下,动态调整系统运行。根据分析数据,系统的能效提升可达到10%~15%,且对水资源的利用效率有显著提高。通过精细化的数据管理和分析,可以减少系统的能量损失,并提高水泵的使用效率。

4.3 管理人员与操作人员的技能提升

管理人员和操作人员的技能提升对于高扬程灌区管道输水系统能效提升至关重要。首先,管理人员需掌握能源管理相关知识,尤其是在优化水泵运行和能源调度方面的知识。培训内容应包括智能控制技术、数据分析技术和设备故障预防等方面,提升其分析和决策能力。通过建立定期培训机制,确保管理人员熟悉最新的节能技术,并能利用数据分析平台对系统进行优化调度。操作人员应精通设备操作,特别是对智能控制系统和变频器的使用,确保操作过程中的每一步都能最大化提高设备运行效率。此外,操作人员应

了解各类节能设备的使用原理,能够进行日常维护和故障排除。根据实际应用情况,技能提升可使操作效率提高约10%~15%,减少人为错误,提高系统的整体能效。通过组织操作人员和管理人员的技能提升培训,实现技术的普及和提高,从而保障系统的高效运行。

5 高扬程灌区管道输水系统调控策略

5.1 调控策略的基本原理

高扬程灌区管道输水系统的调控策略的基本原理是通过实时监控、数据分析和智能化调度,实现对水泵和管道运行的精确控制,达到节能和优化水资源分配的目标。调控策略通过采集实时数据,利用传感器、流量计、压力计等设备对水泵、管道和阀门等关键设备进行全面监控。基于数据分析结果,智能控制系统对系统进行优化调度,在保证水资源供应的同时,避免能源浪费。例如,当系统负荷较轻时,调节水泵转速,避免无谓的电力消耗;而在水源供应充足时,合理调节流量,避免水源的过度浪费。调控策略的实施,能够提高系统的能效,通常能减少10%~20%的能源消耗,同时提升水资源利用率。通过精确的能效调控,系统运行能够更加稳定和高效。

5.2 调控策略的实施步骤

调控策略的实施步骤包括数据采集、智能分析、调度执行和效果评估四个关键环节。首先,实时采集系统的运行数据,包括水泵的功率消耗、流量、压力、管道状态等,所有数据通过传感器和监控系统上传至中央控制系统。其次,运用大数据和机器学习算法对这些数据进行智能分析,识别出系统运行中的潜在问题,并根据分析结果生成优化的调度方案。在调度执行阶段,智能控制系统会根据需求自动调节水泵和管道的工作状态,例如调整水泵的转速、流量或开关阀门等,确保系统的能效最大化。最后,通过实时反馈机制,监控调度效果,并根据反馈结果进一步调整调控策略。实施后的调控效果通常能提高能效10%~15%,并能根据季节性和水源变化动态优化调度方案^[4]。

5.3 调控效果评估与反馈机制

调控效果评估与反馈机制是确保调控策略有效性的关键环节。通过对系统各项运行指标的持续监测,评估调控策略对系统能效的影响。评估指标包括能效提升比例、系统稳定性、能源消耗减少量等。例如,通过监测各水泵的实际功

率与理论功率的差距,可以直观了解调控策略对能效的提升效果。同时,结合实时数据反馈,对调控效果进行及时修正,确保系统始终保持在最佳运行状态。通过建立闭环反馈机制,在调控策略实施后的实时数据中获取反馈,快速响应系统变化,进行策略调整。这种反馈机制不仅能够优化现有策略,还能为后续的调整提供数据支持。基于反馈的实时调整,使得能效提升达到15%~20%。

6 结语

通过对高扬程灌区管道输水系统能效提升与调控策略的分析,可以看出,提升能效不仅需要先进技术的支持,还需科学的管理模式和精细的操作执行。节能设备、管道系统优化、智能化调控等技术的应用,为提高系统效率提供了有力保障。同时,系统的有效管理和数据分析也为精确调度提供了理论依据,确保了节能与水资源高效利用的双重目标。通过提升管理人员和操作人员的技能,进一步促进了技术的实际应用,为灌区系统的持续优化奠定了基础。然而,在实际实施过程中,仍面临一定的挑战,特别是在资金投入与技术更新方面。未来,应继续加强技术创新与管理优化,推动智能化系统的广泛应用,进一步提高灌区管道输水系统的综合效益,促进节能减排和可持续发展。

参考文献

- [1] 徐存东.高扬程灌区水土环境时空演变规律研究[M].中国水利水电出版社:202411.
- [2] 姚学竹,刘延惠,柴宗文,余有霞,曾丽媛,卢洁春.玉米减穴增株技术在引黄高扬程灌区的应用效果[J].现代农业科技,2024,(04):12-15.
- [3] 宋增芳,程玉菲,王军德,周怀兵,李莉,沈国云,李宁.甘肃省水利科学研究院,基于耦合模型的高扬程引黄灌区水循环特征研究[Z].项目立项编号:20JR5RA127.鉴定单位:甘肃省科学技术厅.鉴定日期:2023-06-26.
- [4] 何洋,董雪旺,曾树人,彭维恩,吴应德,陈金,王兆国,马柏青,包春辉,韩伟,李峰生,胡伟勇,李军伟,郝相永,闫沛鑫,王景萱,缪中玉,韩晓娟,李建斌,闫宏福,张涛,李德金,高志德,车延琛,武昱翰,张林虎.甘肃省景泰川电力提灌水资源利用中心,兰州兰泵有限公司.引黄灌区高扬程大流量离心泵高效叶轮研究与应用[Z].项目立项编号:甘水建管发(2021)71号.鉴定单位:甘肃省水利厅.鉴定日期:2022-08-21.