

调水工程管理与维护分析

陈雪兵 刘 鹏

中国南水北调集团中线有限公司渠首分公司 河南 南阳 473000

摘要：调水工程作为解决水资源空间分布不均、保障区域供水安全的重要基础设施，其管理与维护水平直接影响工程效益发挥。当前，调水工程面临管理体系不健全、维护技术落后、人员专业素质不足等问题，制约工程可持续运行。通过完善管理体系、推进技术创新、加强人才队伍建设及强化资金保障等策略，可有效提升调水工程管理与维护效能，保障工程长期稳定运行，对优化水资源配置、促进区域经济社会发展具有重要意义。

关键词：调水工程；管理；维护

引言

随着全球水资源短缺问题日益严峻，调水工程在缓解区域水资源供需矛盾、推动生态环境改善中发挥着关键作用。然而，复杂的工程系统与多变的运行环境，使得调水工程管理与维护面临诸多挑战。本文针对当前调水工程管理体系不完善、维护技术滞后、人才资源匮乏等问题展开研究，通过分析现存问题，提出优化策略，旨在为提升调水工程管理维护水平、实现水资源高效利用提供理论与实践参考。

1 调水工程管理与维护概述

调水工程管理与维护是保障水资源合理配置与高效利用的核心环节，其核心目标在于通过科学化、系统化的管理手段，确保调水工程全生命周期的安全稳定运行。工程管理体系涵盖规划、设计、施工、验收及运营各阶段，需建立动态监测机制，对输水渠道、泵站、隧洞等关键设施进行实时数据采集与分析，及时发现并预警结构变形、渗漏、设备故障等潜在风险。日常维护工作需遵循预防性维护原则，制定分级养护标准，针对不同设施的运行工况制定差异化巡检方案。例如，混凝土结构需重点关注冻融循环、化学侵蚀等耐久性问题，金属构件需强化防腐处理与应力监测，机电设备需建立全生命周期健康档案，通过振动分析、油液检测等技术手段预测故障趋势。维护作业需严格执行安全操作规程，配置专业化的维修团队与应急抢险装备，确保突发事件响应时效性。技术革新是提升调水工程效能的关键驱动力。需构建智慧运维平台，集成BIM模型、物联网传感器、无人机巡检等数字化技术，实现工程状态的三维可视化呈现与智能诊断。通过大数据分析挖掘设施性能退化规律，优化维修决策模型，降低全寿命周期成本。应重视生态友好型维护技术的研究应用，如采用生态护坡技术减少水土流失，开发低能耗泵站系统降低碳足迹，

在保障工程安全的同时实现与自然环境的和谐共生。调水工程管理与维护需建立多方协同机制，整合设计单位、施工单位、运维企业等各方资源，形成技术共享、风险共担的合作模式。通过定期开展技术交流与联合应急演练，持续提升行业整体技术水平。随着气候变化与城市化进程的加速，调水工程将面临更复杂的运行环境，需持续加强技术创新与管理模式优化，为区域水安全提供坚实保障。

2 调水工程管理与维护的现存问题

2.1 管理体系不健全

调水工程作为庞大而复杂的系统工程，其管理体系的健全程度直接关乎工程的运行质量与寿命。当前，调水工程管理体系在诸多环节存在明显缺陷，难以满足工程全生命周期管理需求。从规划设计与运营阶段的衔接来看，二者缺乏有效沟通与协同，导致设计阶段的技术方案在实际运营中难以落地。例如，部分调水工程在设计时对输水渠道的流量变化考虑不足，实际运营中遭遇季节性用水高峰，渠道过流能力受限，影响水资源调配效率。在工程设施管理层面，缺乏统一规范的标准体系，不同区域、不同类型的调水工程管理要求存在差异，使得设施管理难以实现标准化、规范化。对于输水渠道、泵站等关键设施的管理流程缺乏系统性，各管理环节之间信息传递不畅，数据无法共享。以泵站设备管理为例，设备运行数据分散在不同部门，缺乏统一的整合与分析，无法及时发现设备潜在问题，延误维护时机，增加设备突发故障风险，进而影响整个调水工程的稳定运行。管理体系中还存在对工程设施全生命周期管理重视不足的问题。过度关注工程建设阶段，而在运营维护阶段投入的资源和精力相对较少。没有建立完善的设施档案管理系统，设施的历史运行数据、维修记录等信息不完整，导致在维护决策时缺乏充分的数据支持，

难以制定科学合理的维护计划,无法实现对工程设施的精细化管理,最终影响调水工程的长期稳定运行和经济效益^[1]。

2.2 维护技术落后

调水工程设施长期处于复杂多变的环境中,对维护技术提出了极高要求,但当前维护技术水平却难以适应工程实际需求。在检测技术方面,传统的人工巡检方式仍是主流,依靠人工目视检查和简单工具进行设施检测,效率低下且准确性难以保证。对于隐蔽工程,如地下输水管道、隧洞衬砌等,传统检测手段难以发现内部缺陷和潜在问题。例如,地下输水管道的渗漏问题,人工巡检往往只能在渗漏较为严重、地表出现明显水渍时才能发现,无法及时察觉微小渗漏,致使渗漏问题不断扩大,造成水资源浪费和工程结构安全隐患。维护技术的更新换代速度缓慢,难以跟上工程设施老化和运行环境变化的步伐。面对混凝土结构的耐久性问题,如冻融循环、化学侵蚀导致的结构劣化,缺乏先进有效的修复技术和材料。对于金属构件的防腐处理,多采用传统的涂装防腐方法,随着时间推移,涂层易剥落、老化,无法长期有效保护金属构件,增加金属构件的腐蚀风险,缩短其使用寿命。在机电设备维护方面,故障诊断技术相对落后,主要依赖人工经验判断设备故障,缺乏智能化、精准化的诊断手段,难以提前预测设备故障,导致设备维修不及时,影响调水工程的正常运行。维护技术的应用缺乏系统性和整体性。不同维护技术之间缺乏有效整合,无法形成协同效应。例如,在对输水渠道进行维护时,边坡防护技术与渠道防渗技术各自独立应用,没有充分考虑二者之间的相互影响和配合,导致维护效果不佳,无法从根本上解决渠道的安全稳定问题,限制了调水工程维护工作的质量和效率提升。

2.3 人员专业素质不足

调水工程管理与维护工作的顺利开展,离不开高素质的专业人员队伍,但目前人员专业素质现状不容乐观。从知识储备角度来看,部分从业人员对调水工程的专业知识掌握不够全面深入,缺乏对工程设施原理、运行规律的系统认知。在面对复杂的工程问题时,难以运用专业知识进行准确分析和有效解决。例如,在处理泵站设备异常振动问题时,由于不了解设备的机械结构和动力学原理,无法准确判断振动原因,盲目进行维修,不仅无法解决问题,还可能引发新的故障。在实践操作能力方面,部分人员缺乏实际工作经验,操作技能不熟练。对于新型设备和先进维护技术的应用,难以快速掌握和熟练操作。在使用智能检测仪器进行设施检测时,

由于操作不熟练,可能导致检测数据不准确,影响对工程设施状态的判断。在应急处理过程中,缺乏实战经验和应急处置能力,面对突发事件往往手足无措,无法迅速采取有效的应急措施,延误抢险时机,增加工程损失风险。人员的创新意识和学习能力也较为薄弱。调水工程领域技术发展迅速,新设备、新技术不断涌现,但部分人员习惯于传统的工作模式和方法,缺乏主动学习和创新意识,对新技术、新方法的接受和应用能力不足。不能及时将先进的技术和理念应用到实际工作中,导致调水工程管理与维护工作效率低下,难以适应行业发展的新要求,制约了调水工程整体运行水平的提升^[2]。

3 优化调水工程管理与维护的策略

3.1 完善管理体系

(1) 构建全生命周期管理架构,打通规划设计与运营维护的信息壁垒。在调水工程前期设计阶段,需引入运营团队参与方案论证,结合实际运行需求优化输水渠道、泵站等设施参数,避免因设计与实际脱节导致的资源浪费。通过建立工程设施数字孪生模型,将设计数据与运营监测数据动态关联,为后期维护决策提供精准依据,确保工程从建设到运维各环节无缝衔接。(2) 建立统一规范的设施管理标准体系,针对输水渠道、泵站、隧洞等不同类型设施制定标准化管理流程。整合分散在各部门的设备运行数据,搭建集中式信息管理平台,实现关键设施状态数据的实时共享与深度分析。通过数据挖掘技术识别设施性能衰退规律,构建基于风险评估的维护决策模型,科学规划检修周期与维护方案,提升设施管理的精细化水平。(3) 完善设施档案管理系统,全面记录工程设施的历史运行数据、维修记录及改造情况。采用区块链技术确保数据的真实性与不可篡改性,为设施健康评估提供完整数据链。结合大数据分析机器学习算法,预测设施故障趋势,制定差异化维护策略,实现从被动维修向主动预防的转变,保障调水工程长期稳定运行。

3.2 推进技术创新与应用

(1) 构建智能化检测与监测体系,突破传统人工巡检的局限性。部署分布式光纤传感、声呐探测等先进技术,实现对地下输水管道、隧洞衬砌等隐蔽工程的实时监测,精准定位微小渗漏、结构裂缝等隐患。利用无人机搭载高分辨率成像设备,定期对输水渠道、跨流域管线进行三维建模,通过图像识别技术自动分析设施表面缺陷,提升检测效率与准确性。(2) 研发新型维护材料与工艺,应对复杂环境下的设施耐久性问题。针对混凝土结构冻融循环、化学侵蚀等难题,推广纳米复合涂层、自愈混凝土

等新材料应用,增强结构抗腐蚀能力;在金属构件防腐领域,采用热喷涂陶瓷涂层、缓蚀剂渗透处理等技术,延长构件使用寿命。开发模块化机电设备维护系统,集成振动分析、油液光谱检测等智能诊断技术,实现设备故障的早期预警与精准维修。(3)整合多技术协同应用方案,提升维护工作的系统性与整体性。在输水渠道维护上,结合生态护坡技术与防渗膜铺设工艺,以植被根系加固边坡、防渗材料防渗漏,构建立体防护体系。泵站系统则优化水力模型与电机能效匹配,运用智能变频控能,开发远程监控与故障自愈功能,实现智能化维护升级,全面提升调水工程运行效能^[3]。

3.3 加强人才队伍建设

(1)系统提升人员专业知识储备,建立工程设施原理与运行规律的深度培训机制。针对泵站设备、输水系统等核心领域,开展理论与实践相结合的专题培训,通过模拟仿真平台让技术人员掌握设备动力学特性与流体力学原理。定期组织案例研讨与技术交流,强化对复杂工程问题的分析能力,确保从业人员能够运用专业知识准确诊断和解决实际问题。(2)强化实践操作能力培养,搭建实训平台与现场实操相结合的培训体系。针对新型智能检测仪器、自动化维护设备,制定标准化操作手册并开展实操考核,确保技术人员熟练掌握设备使用方法。建立师徒传承机制,由经验丰富的工程师带领新人参与工程维护项目,通过实战积累经验,提升应急处理与故障排除能力,保障突发事件下的快速响应与有效处置。(3)激发人员创新意识与学习动力,营造技术创新的良好氛围。鼓励技术人员参与行业前沿技术研究,设立创新奖励基金支持新技术、新方法的应用实践。组织技术沙龙与创新成果展示活动,促进知识共享与技术交流。建立持续学习机制,定期推送行业技术动态与先进案例,引导从业人员主动学习新技术、新设备,推动调水工程管理与维护工作的技术革新。

3.4 强化资金保障与资源整合

(1)优化资金配置模式,建立多元化资金筹措机制。通过工程运营收益反哺维护投入,同时引入社会资

本参与调水工程运维项目,采用PPP模式盘活存量资产。结合工程设施维护需求与成本分析,制定科学的资金预算方案,确保资金优先投入到关键设施的检测、维修与技术升级中,保障维护工作的持续性与有效性。(2)整合内外部资源,构建协同高效的运维生态。联合设备供应商、科研机构等外部力量,建立技术合作联盟,共享设备研发数据与维护经验。内部统筹调配人力、物资资源,建立区域化应急物资储备中心,实现抢险设备与耗材的快速调度。通过资源整合与共享,降低维护成本,提升应对突发事件的资源保障能力。(3)建立成本管控与效益评估体系,提升资金使用效率。运用全生命周期成本分析方法,对维护项目进行经济性评估,优化维修方案与资源投入。引入数字化管理工具,实时监控维护成本支出,通过数据分析识别资源浪费环节并及时调整策略。定期开展维护效益评估,量化工程设施可靠性提升、水资源节约等指标,为后续资金配置提供决策依据,实现调水工程运维的可持续发展^[4]。

结语

综上所述,调水工程管理与维护是一项系统工程,需从管理、技术、人才、资金等多维度协同发力。通过完善管理体系、创新维护技术、培育专业人才、整合资源,可显著提升工程运行质量与效率。未来,应持续关注调水工程运行新需求,紧跟科技发展趋势,探索智能化、精细化管理模式,推动调水工程管理与维护工作迈向更高水平,为水资源可持续利用筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]王琛.胶东地区引黄调水工程明渠管理与维护[J].山东水利,2020(2):55-56.
- [2]田君芮,丁继勇,万雪纯.国内外重大跨流域调水工程管理模式研究[J].中国水利,2022(6):49-52.
- [3]孙博.基于河长制的胶东调水工程管理优化对策[J].山东水利,2020(5):40-42.
- [4]张仁政.调水工程标准化管理长效机制建设分析[J].水上安全,2024(10):43-45.