

浅谈调水工程管理与维护

朱森森 张煜坤

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：本文围绕调水工程管理与维护展开，阐述其核心内容，包括全生命周期管理、组织架构、运行调度及信息化管理等方面；分析运行维护技术要点，如水源地保护、输水系统维护等；探讨风险管理与应急处置策略；提出可持续发展路径，涵盖生态友好型技术、技术创新及公众参与等，为调水工程科学管理与长效运行提供参考。

关键词：调水工程；工程管理；运行维护；风险管理；可持续发展

引言：调水工程是缓解区域水资源供需矛盾的关键举措，对保障供水安全、促进经济社会可持续发展意义重大。然而，调水工程管理与维护面临诸多挑战，涉及复杂的工程技术、多变的运行环境及多元的利益主体。科学有效的管理与维护是确保工程长期稳定运行、发挥综合效益的核心，本文将深入探讨相关策略与实践。

1 调水工程管理的核心内容

1.1 全生命周期管理理念

全生命周期管理理念贯穿调水工程从规划到退役的完整历程，构成紧密衔接的闭环管理框架。规划环节全面考量区域水资源禀赋与长远需求，确立工程的规模边界与功能导向，为后续环节奠定基础^[1]。设计阶段聚焦技术方案的可行性与对生态环境的兼容性，通过多方案比选形成适配性强的蓝图，兼顾技术要求与生态保护。建设过程中严格把控施工质量与进度，确保工程实体与设计标准高度吻合，同步兼顾施工期间的生态保护，减少对周边环境的扰动。运行阶段通过持续监测与精细调控，维持系统高效稳定运转，平衡各方用水需求，保障水资源合理分配。退役环节制定系统性处置方案，涵盖设施拆除、材料回收与生态修复，实现工程生命周期的圆满收尾。动态调整与适应性管理是全生命周期管理的关键支撑，工程所处的自然环境、社会需求及技术条件始终变化，需通过常态化评估优化管理策略，使工程运行与外部环境保持协调，提升长期效益。

1.2 组织架构与职责分工

调水工程管理需构建政府、企业、社会多方协同的治理模式。政府层面承担政策制定、宏观协调与监督管理职责，通过制度设计明确工程管理的基本准则与边界，协调跨区域、跨部门利益关系，保障工程的公益属性。企业作为具体运营主体，负责工程的日常管理与维护，运用专业化手段落实各项运营措施，提升管理效率，保障工程稳定运行。社会力量通过监督、建言等方

式参与工程管理，形成多元主体共同参与的治理格局，增强管理的透明度与公信力。专业化管理团队的建设与能力提升是组织有效运转的核心。团队吸纳水利工程、信息技术、环境科学等多领域专业人才，通过系统培训与实践历练，提升对复杂问题的研判与处置能力，确保管理工作的专业性与前瞻性，为工程长期稳定运行提供人力支撑。

1.3 运行调度管理

水量分配与实时调度的平衡机制是运行调度管理的核心。综合分析水源的丰枯变化、各受水区的用水优先级及工程的输水能力，制定科学的水量分配方案。在保障城乡居民生活用水等基本需求的前提下，兼顾农业、工业及生态用水，实现水资源优化配置，提高利用效率。实时调度依托监测数据动态调整输水参数，灵活应对短期供需波动，通过精准调控输水流量与路径，避免水资源浪费与短缺，确保及时满足各受水区用水需求。应急调度预案的制定与演练是保障工程安全运行的重要防线，针对极端气候事件、设备突发故障、水质异常等风险场景，明确应急响应的启动条件、处置流程与资源调配方式。通过定期演练检验预案有效性，提升快速响应与协同处置能力，最大限度降低突发事件对工程运行的影响。

1.4 信息化与智能化管理

监测系统的布局与数据采集分析为管理决策提供数据支撑。在水源地、输水干线关键节点、分水口等区域科学布设监测设备，实时采集水位、流量、水质指标、设备运行状态等信息，通过专用传输网络将数据汇聚至管理平台，形成对工程运行状态的全面感知。借助数据挖掘与分析技术对采集的数据进行处理，识别运行中的异常模式与潜在隐患，为管理措施的制定提供依据。数字孪生技术在工程运维中具有广阔应用前景，通过构建与实体工程精准映射的虚拟模型，将实时监测数据与模

型仿真相结合,模拟不同工况下的工程运行状态,预测可能出现的问题与发展趋势。辅助优化调度策略与维护计划,推动管理方式从被动应对向主动预防转变,提升管理的精准度与前瞻性。

2 调水工程运行维护技术要点

2.1 水源地保护与水质管理

生态修复与污染防控需结合水源地自然条件制定系统性措施。针对水源地周边生态系统,采取植被恢复、湿地建设等手段,增强其自我净化能力,减少水土流失对水体的影响。污染防控需划定保护范围,严格管控周边工业、农业及生活污染源,通过截污设施建设阻止污染物进入水体,建立污染溯源机制,快速定位并处理突发污染问题^[2]。水质动态监测与预警机制依托布设的监测站点,实时追踪水体中各项指标变化,涵盖酸碱度、溶解氧、污染物浓度等关键参数。监测数据通过传输网络实时汇聚至管理平台,经分析模型处理后识别异常波动,当指标接近临界值时自动触发预警,为及时采取干预措施提供依据,保障水源地水质长期稳定。

2.2 输水系统维护

渠道(管道)防渗、防腐蚀处理需根据材质与运行环境选择适配技术。对于土渠,可采用混凝土衬砌、膜料铺设等方式减少渗漏,定期清理渠道内的杂草与淤积物,维持输水能力。管道则需针对不同材质采取相应防腐措施,金属管道可通过内外涂层、阴极保护等技术延缓腐蚀,非金属管道需关注接口密封性能,避免因老化导致渗漏。闸门、泵站等关键设施定期检修注重预防性维护,按照设定周期对设备运行状态进行全面检查,包括机械部件的磨损程度、电气系统的运行参数、控制系统的响应灵敏度等。对发现的磨损、松动等问题及时修复,更换老化部件,进行润滑、清洁等保养操作,确保设备在启动与运行过程中稳定可靠,减少突发故障的发生。

2.3 工程结构安全保障

堤防、隧洞、渡槽等结构稳定性监测需布设全方位的监测网络,通过传感器采集结构的位移、沉降、应力等数据,实时掌握结构变形情况。监测频率根据结构重要性及运行阶段动态调整,重点区域加密监测点与监测频次。数据分析聚焦结构变化趋势,识别可能影响安全的潜在风险,为结构维护提供精准指向。地质灾害风险评估与防治需结合工程所处区域的地质条件,识别滑坡、崩塌、泥石流等潜在灾害类型,评估其发生概率与可能造成的影响。防治措施包括修建护坡、防洪堤等工程设施,改善地质环境,建立灾害巡查制度,在暴雨、地震等特殊时段加强排查,提前采取预警与避让措施,

降低地质灾害对工程结构的威胁。

2.4 机电设备与自动化系统维护

定期保养与故障排查需制定详细的维护计划,按照设备运行周期开展检查与保养工作。机电设备的保养涵盖电机、液压系统等核心部件的性能测试,轴承、密封件等易损部件的状态检查,以及冷却、润滑系统的功能验证。故障排查采用分段检测、逐级排查的方式,结合设备运行记录与监测数据,精准定位故障点,快速实施修复,减少停机时间。系统升级与兼容性优化需关注技术发展与实际需求变化,对自动化控制系统的硬件设备与软件程序进行更新,提升系统的运算能力与响应速度。注重不同系统间的数据交互与功能衔接,确保新增设备与原有系统兼容,避免因技术差异导致运行冲突,保障自动化系统整体协调高效运行。

3 调水工程风险管理与应急处置

3.1 风险识别与评估

调水工程面临的风险需从多维度进行系统梳理与分类。自然灾害方面,洪水可能冲击堤防、渠道引发溃堤或淤积,地震可能导致隧洞、泵站等结构开裂变形,极端干旱则会影响水源补给量。人为破坏涵盖恶意破坏输水设施、违规取水或排污等行为,直接威胁工程安全和水质安全。设备老化表现为管道腐蚀、闸门卡顿、电机效率下降等,随运行时间增加逐步加剧故障概率。风险等级划分需结合发生概率与影响程度,通过量化分析确定不同风险的严重程度,在此基础上进行优先级排序,将高概率高影响的风险列为重点管控对象,为资源投入与防控措施制定提供依据,确保风险管理更具针对性。针对季节性特征明显的风险,如汛期洪水、冬季冻融对渠道的影响,需制定专项评估机制,动态更新风险等级,强化重点时段的防控力度。

3.2 应急预案制定

针对突发事件需设计清晰的快速响应流程。针对可能发生的造成输水中断的突发事件,根据工程运行的实际情况,详细制定各项应对措施,确保在应对不同工况下发生的突发事件都能第一时间有效进行处置,将影响降到最低。同时,结合水质保护和防洪度汛等专项工作,制定对应的专项应急处置方案,确保在相关专业发生突发事件后,能够第一时间开展多部门协同处置相关工作,全力以赴将各类突发事件造成的不良后果降到最低,确保工程运行安全平稳、水质稳定达标。预案中需明确各环节的时间节点与责任主体,对信息传递、物资调配等关键环节制定标准化操作规范,确保响应过程高效有序。

3.3 应急演练与能力建设

定期组织多部门联合演练是检验预案可行性的有效方式。演练需模拟不同类型的突发事件，涵盖信息上报、部门协同、现场处置等全流程，通过实战化操作发现预案中的衔接漏洞与流程缺陷，进而优化完善^[3]。技术人员应急处置技能的提升需通过专项培训实现，包括设备抢修、水质检测、风险研判等专业技能训练，结合案例分析掌握各类事故的处置要点，同时配备先进的应急装备，提升现场响应速度与处置效率，确保在事故发生时能快速有序开展救援工作，最大限度降低损失。演练后需形成详细评估报告，总结经验教训并纳入预案修订内容，同步建立技能考核机制，定期检验技术人员的应急处置能力，形成持续改进的良性循环。

4 调水工程可持续发展策略

4.1 生态友好型维护技术

生态友好型维护技术强调在工程维护过程中最小化对周边生态环境的干扰。维护作业需避开动植物生长繁殖的关键时期，采用低噪音、低污染的施工设备，减少对土壤结构与水体环境的破坏。植被恢复环节优先选用本地物种，避免外来物种入侵破坏原有生态平衡，通过自然修复与人工辅助相结合的方式，促进工程周边生态系统自我调节能力的恢复。推广绿色材料与节能设备是生态友好型技术的重要组成部分，管道、衬砌等建材选用可降解或可回收的环保材料，降低长期使用对环境的累积影响。泵站、闸门等设备采用高效节能型号，通过优化运行参数减少能源消耗，配套清洁能源供电系统，降低对传统能源的依赖，实现工程维护与生态保护的协调发展。在渠道沿线规划生态缓冲带，种植具有水土保持功能的植被，既能减少水土流失，又能为小型野生动物提供栖息空间，进一步增强工程与周边生态系统的相容性。

4.2 技术创新与智能化应用

大数据与物联网技术的融合为工程监测提供全方位支撑。在输水干线、水源地等关键区域布设物联网感知设备，实时采集水位、流量、水质等数据，通过大数据平台进行整合分析，识别工程运行中的潜在风险与优化空间。数据处理结果为维护计划制定与调度方案调整提供科学依据，提升工程管理的精准度。无人机巡检与机器人维修技术的探索拓展了维护作业的边界，无人机搭

载高清摄像头与传感器，可快速完成长距离渠道、复杂地形区域的巡检任务，及时发现结构裂缝、植被淤积等问题。管道机器人能深入地下管道内部，进行腐蚀检测与小型修复作业，减少传统开挖式维修对地面生态与交通的影响，提高维护效率与安全性，推动工程管理向智能化、精细化转型。开发智能决策系统，将历史数据与实时监测信息相结合，自动生成风险预警与应对建议，辅助管理人员快速做出科学决策，缩短问题响应时间。

4.3 公众参与与社会监督

建立信息公开与反馈渠道是保障公众知情权与参与权的基础。通过官方平台定期发布工程运行数据、维护计划、水质监测结果等信息，确保公众了解工程运行状态。设置线上线下反馈渠道，收集公众对工程管理的意见与建议，对合理诉求及时回应并纳入改进措施，形成良性互动机制。鼓励沿线居民参与水源保护与工程监督，通过宣传教育提升沿线居民的节水护水意识，引导居民参与水源地周边环境巡查、渠道垃圾清理等志愿活动。畅通监督举报渠道，鼓励居民对违规排污、破坏设施等行为进行举报，形成全社会共同守护工程安全与生态环境的氛围，为工程可持续发展提供广泛的社会支撑。开展校园与社区科普活动，通过实地参观、案例讲解等形式普及调水工程知识，增强公众对工程重要性的认知，激发主动参与保护的意识。

结束语

调水工程管理与维护是一项长期且复杂的系统工程，关乎国计民生与生态安全。通过全生命周期管理、优化组织架构、强化运行调度与信息化应用，可提升管理效能；运用先进维护技术、完善风险应急体系，能保障工程安全；推行生态友好型策略、鼓励技术创新与公众参与，可促进可持续发展。多方协同共进，方能实现调水工程综合效益最大化。

参考文献

- [1]田艳龙,罗国梅,李慧,等.数字孪生在河北引调水工程管理中的应用[J].海河水利,2024(6):106-111.
- [2]车进福.调水工程泵站运行管理探讨[J].水上安全,2023(4):146-148.
- [3]邵翔宇.大型调水工程项目管理风险及其控制策略研究[J].模型世界,2025(8):171-173.