

南水北调工程中的水利设施安全与维护策略

刘 鹏 陈雪兵

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：我国水资源分布不均，南水北调工程应运而生，作为优化水资源配置、促进区域协调发展的战略性基础设施，它肩负着极为重要的使命。本文聚焦南水北调工程，对其中水利设施的安全与维护展开深入探讨。先概述南水北调工程水利设施，进而分析影响其安全的多方面因素，包括设施自身的设计施工缺陷、老化磨损，运行环境的自然影响与地质变化，以及人为的违规操作、破坏盗窃等。针对这些问题，提出日常巡检养护、定期维修更新、监测预警系统建设、应急管理体系构建等维护策略，旨在保障南水北调工程水利设施的安全稳定运行，为相关工程的设施管理提供参考。

关键词：南水北调工程；水利设施安全；维护策略

引言：南水北调工程作为我国战略性水利工程，对优化水资源配置、缓解北方地区缺水问题意义重大。其水利设施是工程正常运行的关键基础，关乎着水资源的顺利调配与输送。然而，在长期运行过程中，水利设施面临着诸多安全隐患。这些隐患不仅可能影响工程的正常供水，还可能对周边生态环境和人民生命财产安全造成威胁。因此，深入分析水利设施安全影响因素，并制定科学有效的维护策略，对于保障南水北调工程的可持续发展至关重要。

1 南水北调工程水利设施概述

南水北调工程作为我国一项宏伟的战略性水利项目，致力于改善水资源空间分布不均的现状，有效缓解北方地区水资源匮乏问题。其水利设施星罗棋布，分布于东、中、西三条调水线路。东线工程巧妙利用京杭大运河等既有河道，通过规模庞大的泵站群，逐级提升水位，将长江之水一路向北输送。泵站作为关键设施，源源不断地为水流提供动力，确保江水跨越地形落差，顺利抵达北方。沿线水闸则如同“水利交通警察”，精准控制流量、调节水位，维持输水线路的平稳运行。中线工程以丹江口水库为水源地，水沿着精心规划的渠道，自南向北自流至豫、冀、京、津等地。大型渡槽成为中线工程的标志性建筑，像沙河渡槽，高高架起，跨越山川河谷，让水流在空中畅行无阻。倒虹吸工程则采用独特的地下穿越方式，使不同水系安全交汇，保障了输水的连贯性与高效性。西线工程目前尚处于规划筹备阶段，其设想是从长江上游干支流引水注入黄河上游。由于工程面临高海拔、复杂地质等难题，预计将采用深埋长隧洞等特殊设施，克服地理阻碍，实现水资源的跨流域高效调配，为我国水资源均衡发展注入新活力^[1]。

2 南水北调工程中水利设施安全影响因素分析

2.1 设施自身因素

2.1.1 设计与施工缺陷

南水北调工程部分设施设计存在缺陷。早期受技术局限，对地理环境、极端工况估计不足，像地震带设施抗震标准低，遇强震易受损。施工时，部分团队为赶进度，未严守规范。混凝土振捣不密实，内部形成蜂窝麻面，降低强度；材料质量把控不严，使用不合格钢材，长期受应力作用，易出现裂缝、断裂，威胁设施安全。

2.1.2 设施老化与磨损

工程设施经多年运行，老化磨损严重。输水渠道受水流冲刷，弯道、陡坡处衬砌磨损，水流阻力增大，输水效率降低。干湿交替、冻融循环致衬砌裂缝、剥落。泵站叶轮、轴等部件，因机械摩擦与水流侵蚀，磨损加剧，影响泵水效率。金属结构设施遭水汽、酸碱侵蚀，表面锈蚀，强度下降，易脆性断裂，危及工程输水安全。

2.2 运行环境因素

2.2.1 设计与施工缺陷

在南水北调工程水利设施建设进程中，设计与施工环节存在一些缺陷，给设施安全埋下隐患。设计时，部分设施对复杂地理条件及长期运行的特殊工况考虑不周全。比如，某些穿越软土地基区域的输水管道，设计未充分预估地基沉降影响，致使管道易出现变形、破裂。施工期间，一些施工单位为赶工期，施工工艺未严格达标。像混凝土浇筑未振捣密实，内部形成空隙，降低了结构强度，削弱设施抵御水流冲击、外力作用的能力，严重威胁水利设施的安全运行。

2.2.2 设施老化与磨损

历经多年持续运转，南水北调水利设施普遍面临老

化与磨损难题。输水渠道长期受水流冲刷,尤其是弯道和陡坡部位,衬砌材料磨损严重,导致水流阻力增大,输水效率降低。而且,设施长期经受干湿交替、冻融循环,渠道衬砌出现裂缝、剥落现象。泵站设备的关键部件,如叶轮、轴等,在高速运转中不断遭受机械摩擦与水流侵蚀,磨损加剧,不仅影响泵水效率,还可能引发设备故障。金属结构设施因长期暴露在自然环境下,受水汽、酸碱物质侵蚀,表面锈蚀严重,强度逐渐下降,危及设施安全。

2.3 人为活动因素

2.3.1 违规施工与操作

在南水北调工程设施周边,违规施工现象屡见不鲜。部分施工团队缺乏对工程设施重要性的认知,为追求施工进度或节省成本,在未充分勘察与申报的情况下,于靠近输水管道、渠道等设施处贸然开展深挖、爆破等作业。例如,在距离输水管道不足安全距离的位置进行大型基坑开挖,施工震动与土体扰动极有可能导致管道破裂,造成严重漏水,中断输水进程。操作环节同样问题丛生,泵站工作人员若未按规范流程操作设备,频繁出现过载启动、带故障运行等情况,将加速设备关键部件的磨损,缩短设备使用寿命,增加设备突发故障的风险,给工程运行稳定性带来极大隐患。

2.3.2 人为破坏与盗窃

人为破坏和盗窃行为严重威胁着南水北调水利设施安全。一些不法分子受利益驱使,打起了工程设施的“歪主意”。他们盗割泵站、输电线路的电缆,致使设施供电中断,泵站停止运行,严重影响输水调度。输水渠道周边的防护栏、标识牌也常成为被破坏的对象,防护栏被破坏后,人员与牲畜易进入危险区域,可能对设施造成二次破坏;标识牌缺失则阻碍了日常巡检工作的顺利开展,巡查人员难以快速准确地定位设施位置与记录问题。更有甚者,在渠道附近违规取土,破坏渠道基础,削弱渠道结构强度,长时间作用下可能引发渠道坍塌,严重危及工程安全,给国家和人民造成巨大损失^[2]。

3 南水北调工程中水利设施维护策略

3.1 日常巡检与养护

3.1.1 巡检制度与流程

建立严谨的巡检制度是保障南水北调水利设施安全的关键。依据设施的分布特点与重要程度,科学划分巡检区域,为每个区域配备专业且经验丰富的巡检小组,明确各小组职责与任务范围。设定合理的巡检周期,对于核心设施,如泵站、大型渡槽等,坚持每日进行外观巡检,每周开展一次深度检查;普通输水渠道则按照实

际运行状况,灵活安排巡检频次。巡检流程严格标准化,巡检人员出发前,需领取详尽的任务清单,清单涵盖设施的各个检查部位、关键技术指标等内容。到达现场后,依照清单顺序,运用目视观察、仪器精准检测等手段,对设施进行全面细致的检查。认真记录设施运行的各项状况,包括是否存在裂缝、渗漏现象,设备有无异常声响等。一旦发现异常情况,立即上报,迅速启动后续处理流程,确保设施隐患能够在第一时间被察觉并得到妥善解决。

3.1.2 养护内容与方法

养护工作覆盖南水北调水利设施的各个方面。对于输水渠道,定期清理渠道内部的杂物与淤泥,以此保证水流的顺畅通行,每季度安排专业清淤设备进行一次全面清理。密切检查渠道衬砌情况,一旦发现裂缝、剥落等问题,及时采用与原衬砌材料相适配的修补材料进行修补,确保渠道结构稳固。泵站等设备的养护同样不容忽视。定期对机械部件进行润滑处理,严格按照设备使用手册的规定,按时更换润滑油,有效降低部件磨损程度。仔细检查电气系统,保证线路连接牢固,杜绝短路隐患,每月开展一次电气性能测试。针对金属结构设施,比如渡槽钢梁,定期进行防腐处理,涂刷优质防锈漆,每年对防腐涂层进行全面检查,及时修复受损部位,维持设施良好的运行状态,保障水利设施的安全稳定运行。

3.2 定期维修与更新

3.2.1 维修计划制定

维修计划的制定需建立在对水利设施全面了解的基础之上。首先,收集设施全生命周期的运行数据,包括故障发生时间、类型、频次,以及历次维修记录等,结合设施设计使用寿命,综合评估设施的健康状况。针对运行年限接近或超过设计寿命、频繁出现故障影响输水的设施,优先列入维修计划。按照设施重要程度和维修复杂程度,合理规划维修时间。比如,利用非输水高峰期对大型泵站进行全面深度检修,最大限度降低对供水的干扰。充分考量季节因素,像在冬季来临前完成对易受低温冰冻影响设施的维修工作。组建专业技术团队,实地勘察设施,制定涵盖维修项目、所需材料与工具、人员安排等内容的详细方案,精确估算维修成本,形成年度、季度、月度的分层级维修计划,并依据实际运行情况与突发状况,灵活动态调整,确保维修计划科学合理且切实可行。

3.2.2 设备更新与改造

随着科技进步与工程运行需求的变化,设备更新改

造刻不容缓。持续监测设备性能指标,对于那些能耗高、输水效率低的老旧设备,如早期型号的泵站水泵,及时更新为新型高效节能设备,显著提升输水能力,降低长期运行成本。针对部分设施存在的功能短板,开展针对性改造。根据新的安全规范与环保要求,对现有设施进行升级。如加固渡槽结构,增强其抗震能力;优化排水系统,提升应对极端降雨的能力。通过有计划、有重点的设备更新与改造,持续提升南水北调水利设施的运行水平与安全保障能力。

3.3 监测预警系统建设

3.3.1 监测技术与设备应用

在南水北调水利设施监测中,多种先进技术与设备协同发力。利用卫星遥感技术,可大面积、周期性地监测输水渠道周边地形变化、植被覆盖情况,及时发现可能影响设施安全的滑坡、地面沉降迹象。地理信息系统(GIS)则用于整合各类空间数据,构建水利设施数字化模型,直观展示设施位置、运行状态等信息,便于管理决策。在设施关键部位,布置光纤传感器,精准感知结构应变、温度变化,其灵敏度高、抗干扰能力强,能第一时间捕捉到细微异常。此外,高清摄像头搭配图像识别技术,对泵站、渠道等进行24小时视频监控,自动识别设备运行状况、人员活动,一旦发现违规操作、设施损坏等异常,即刻发出警报,全方位保障设施运行状态尽在掌握。

3.3.2 预警指标与阈值设定

科学设定预警指标与阈值是监测预警系统发挥实效的关键。依据设施设计参数、历史运行数据以及行业安全标准,确定关键预警指标。对于输水渠道,水位变化速率、渗漏量是重要指标;泵站设备则关注电机温度、振动幅度等。通过大量数据统计分析与模拟实验,结合专家经验,设定合理阈值。如渠道水位在短时间内上升或下降超过一定幅度,渗漏量超出正常范围,即触发预警;泵站电机温度高于安全阈值、振动幅度异常增大,系统立即发出警报。针对不同等级预警,制定相应响应预案,从日常巡查加强到紧急维修准备,确保在设施出现安全隐患时,能依据预警及时采取恰当措施,将风险控制在萌芽状态,保障南水北调工程安全稳定运行。

3.4 应急管理体系构建

3.4.1 应急预案制定

应急预案制定需全方位考量各类可能危及南水北调水利设施的突发状况。针对自然灾害,如洪水、地震,

预案应明确洪水来临时的水位管控措施,包括提前泄洪、启用备用排水通道等;地震发生后,如何快速评估设施受损情况,组织抢险队伍对关键设施进行紧急加固与抢修。面对人为破坏、设备故障等情况,要规划设备故障时的备用设备启动流程,确保输水不中断;针对人为破坏事件,明确安保力量调配、现场封锁与证据收集流程。细化各部门职责,水利部门负责设施抢修技术指导,交通部门保障抢险物资运输顺畅,医疗部门随时待命应对可能的人员伤亡,形成一套条理清晰、责任明确、具有高度可操作性的应急预案,为应对紧急情况提供行动指南。

3.4.2 应急演练与培训

应急演练与培训是提升应急处置能力的关键环节。定期组织综合应急演练,模拟洪水漫灌泵站、渠道突发坍塌等场景,让各部门协同参与,检验应急预案的合理性与可行性。演练过程中,泵站操作人员实操备用设备启动,抢险队伍迅速搭建临时防护设施,物资调配小组及时运送沙袋、抢修工具等物资,通过实战演练磨合各部门工作流程,提升协同作战能力。对应急人员开展专业培训,邀请水利专家讲解设施抢修技术要点,安全专家传授应急救援安全知识,提升人员应急处置技能。进行案例分析培训,复盘过往水利设施应急事件,总结经验教训,持续优化应急管理体系,确保在真实紧急情况下,相关人员能够迅速、有序、高效地开展应急工作^[1]。

结束语

南水北调工程作为我国水利领域的关键项目,其水利设施安全至关重要。通过对设施自身、运行环境及人为活动等多方面影响因素的剖析,我们明确了各类潜在风险。从日常巡检养护到定期维修更新,从监测预警系统搭建到应急管理体系构建,一系列维护策略的实施为设施安全运行保驾护航。

参考文献

- [1]韩沙桐,章睿.南水北调东线一期北延应急供水工程水闸建筑物消防安全浅析[J].水利水电工程设计,2023,42(3):22-24.
- [2]王彤彤,王文丰,陆旭.关于穿跨邻接南水北调中线干线工程项目监管工作的思考[J].四川水利,2021,42(5):167-169,172.
- [3]卢涛.南水北调工程南乐段治理工程刍议[J].河南水利与南水北调,2021,50(4):34-35.