

调水工程运行安全管理措施

王琳珂

中国南水北调集团中线有限公司河南分公司 河南 郑州 450000

摘要: 调水工程运行安全管理旨在确保工程安全、稳定、高效运行,保障供水安全。主要措施包括加强工程设施维护,定期检查、保养和维修;实施水质监测,确保水质达标;制定应急预案,提高应对突发事件能力;采用先进监控技术,实时监测工程运行状态;加强安全管理,明确安全责任,开展安全教育培训。这些措施共同构成调水工程运行安全管理的综合体系,以保障水资源合理利用和供水安全。

关键词: 调水工程; 运行安全; 管理措施

引言: 调水工程作为大型基础设施,对于缓解水资源分布不均具有重要意义。然而,由于其跨越性强、系统复杂、影响广泛等特点,运行安全管理面临诸多挑战。本文旨在探讨调水工程运行安全管理措施,通过分析风险评估、组织管理、日常维护保养、水质安全保障、应急处置能力提升及人员培训考核等方面的内容,提出有效的安全管理策略,以保障调水工程长期稳定运行,满足社会经济发展和民生需求。

1 调水工程运行安全管理概述

1.1 调水工程的基本概念

1.1.1 定义与特点

调水工程是通过人工修建的输水渠道、管道、泵站等设施,实现水资源跨区域、跨流域调配的大型基础设施工程,旨在缓解水资源分布不均引发的供需矛盾。其特点表现为跨越性强(涉及多行政区域)、系统复杂(融合水利、土建、自动化等多学科技术)、影响广泛(关联生态保护、经济发展和民生保障),且长期受自然环境(如地质灾害、气候变化)和人为活动(如工程老化、人为破坏)影响,安全风险具有隐蔽性和连锁性。

1.1.2 典型调水工程案例

南水北调工程是我国规模最大的调水工程,分为东线、中线和西线(规划中),东线利用京杭大运河及配套工程输水,中线从丹江口水库引水至华北地区,总干线长度超2800公里。该工程面临输水线路长、穿越复杂地形(如黄河隧洞)、沿线水质保护难度大等挑战,其安全管理模式为大型跨流域调水工程提供了重要参考。引滦入津工程则是解决天津水资源短缺的标志性工程,输水线路穿越燕山山脉,以隧洞和渠道为主,其在地质灾害防控和工程维护方面的经验具有典型性。

1.2 调水工程运行安全管理的内涵

1.2.1 安全管理的目标与原则

目标是保障工程长期稳定运行,杜绝重大安全事故,确保输水水量与水质达标,维护沿线生态环境平衡。管理原则包括预防优先(建立风险预警机制)、全程管控(覆盖工程设施、调度流程、周边环境)、责任明确(落实政府、运营单位、沿线区域的安全责任)、科学应对(依托技术手段提升应急处置能力)。

1.2.2 安全管理的主要任务与内容

主要任务包括设施安全维护(定期检修泵站、闸门、管道等关键设备)、运行状态监测(实时监控水位、流量、水质及工程结构变形)、风险防控(排查地质灾害、水质污染等隐患)、应急管理(制定事故应急预案并定期演练),以及协调沿线利益相关方,确保工程运行与区域发展相协调。

2 调水工程运行安全风险

2.1 风险评估的流程与方法

(1) 风险识别与分类。风险识别是评估的基础,通过现场勘查、历史数据复盘、专家论证等方式,全面排查工程运行中的潜在风险。按风险来源可分为自然灾害类(如洪水、地震、极端天气)、人为因素类(如操作失误、施工破坏、人为投毒)、设施设备类(如管道破裂、泵站故障、闸门失灵)、水质安全类(如水源污染、沿线排污、生态退化)等。通过建立风险清单,明确各类风险的影响范围和可能后果,为后续评估奠定基础。(2) 风险分析与评估模型。风险分析需结合定性与定量方法,定性分析通过专家打分、故障树分析(FTA)等梳理风险因果关系;定量分析则借助概率统计、数值模拟等手段,计算风险发生概率及损失程度。常用评估模型包括层次分析法(AHP)、模糊综合评价法、风险矩阵法等,例如利用风险矩阵将风险发生概率(高、中、低)与影响程度(严重、一般、轻微)组合,划分为“极高、高、中、低”四个等级,为风险管控优先级

提供依据^[1]。

2.2 调水工程运行中的常见风险

(1) 自然灾害风险。洪水可能冲毁渠道、淹没泵站,导致输水中断;地震易引发隧洞坍塌、管道断裂等结构破坏;极端低温可能造成管道冻裂,高温干旱则会加剧水源短缺。此外,暴雨引发的滑坡、泥石流等次生灾害,也会威胁沿线工程设施安全。(2) 人为因素风险。操作人员误操作可能导致泵站机组过载、闸门误关,影响输水效率;沿线工程施工(如钻探、开挖)可能破坏地下管道;个别人员的恶意破坏(如凿穿渠道、投放污染物)则直接威胁工程运行与水质安全。(3) 水质安全风险。水源地周边工业废水、生活污水违规排放可能导致原水超标;输水过程中渠道沿岸农业面源污染(如化肥、农药残留)易渗入水体;长期输水可能引发渠道内藻类滋生,影响水质稳定性。

2.3 风险应对与防控策略

(1) 风险预警与监测系统建立。构建“天地空”一体化监测网络,通过卫星遥感监测流域水文变化,布设地面传感器实时采集水位、流量、水质、结构应力等数据,利用无人机巡检排查沿线隐患。结合大数据分析平台,设置风险阈值,一旦监测数据超标,立即触发预警信息,推送至管理部门及沿线单位。(2) 应急预案制定与演练。针对各类高风险场景制定专项预案,明确应急组织机构、响应流程、处置措施及资源调配方案。定期开展实战演练,如模拟管道破裂抢修、水质污染应急处置等,提升应急队伍协同作战能力,确保事故发生后能快速响应、有效控制。(3) 风险防控技术与措施应用。在自然灾害高发区,采用加固渠道护岸、增设抗震支座、安装管道保温层等工程措施;针对人为风险,加强沿线安保巡逻,安装视频监控与入侵报警系统;水质防控方面,建立水源地保护区,推广生态沟渠净化技术,定期开展水质检测与渠道清淤。同时,运用BIM技术构建数字孪生系统,模拟风险场景并优化防控方案,提升风险管控的科学性^[2]。

3 调水工程运行安全管理措施

3.1 组织管理体系建设

(1) 管理机构设置与职责划分。构建“总部—区域分中心—现场站点”三级管理架构。总部设安全管理委员会,统筹工程整体安全战略、制度制定及重大风险决策;区域分中心按输水线路分段设立,负责辖区内安全巡查、隐患整改及跨部门协调;现场站点配备专职安全员,承担设备操作监护、实时数据记录及突发情况初报。明确各级机构在风险防控、应急响应、设备维护中

的权责,形成“横向到边、纵向到底”的管理网络。

(2) 安全管理责任制落实。实施“一岗双责”制度,将安全责任纳入各岗位工作职责。工程总指挥对全局安全负总责,分管领导按职责分工承担分管领域安全责任,一线员工对本岗位操作安全直接负责。通过签订《安全目标责任书》,细化责任清单,明确事故追责标准,对重大安全隐患整改不力、违规操作等行为实行责任倒查,确保责任层层传递、落实到人。(3) 跨区域联动机制建立。由工程主管部门牵头,联合沿线地方政府、水利、环保、公安、交通等部门成立联防联控领导小组,每季度召开联席会议,共享水质、水文、地质等监测数据。制定《跨区域突发事件协同处置办法》,明确事故发生时的指挥层级、资源调配流程及信息通报渠道,建立“信息互通、资源互济、责任共担”的联动模式,破解跨行政区域管理壁垒。

3.2 日常运行维护与保养

(1) 设备设施的日常巡查与保养。制定“日巡+周检+月评”巡查制度:日常巡查重点检查泵站机组运行声音、管道压力、闸门密封性能等,每日形成《巡查日志》;每周开展设备精密检测,包括电机绝缘电阻、阀门启闭精度、传感器数据校准等;每月组织专家对巡查结果进行综合评估,识别潜在故障趋势。对输水渠道、隧洞等土建结构,定期清理杂草、淤泥,检查衬砌层完整性,防止渗漏或坍塌。(2) 维护保养计划与执行。依据设备手册及运行年限,编制年度维护保养计划,按“轻重缓急”排序:对核心泵站、关键控制阀等实行“预防性保养”,提前更换易损部件;对次要辅助设备采用“状态保养”,根据监测数据安排维护。建立保养任务派单系统,明确责任人、完成时限及质量标准,通过GPS定位打卡确保保养到位,杜绝“走过场”现象^[3]。(3) 维修记录与档案管理。建立电子化“设备健康档案”,详细记录每次维修的时间、故障现象、处理方案、更换零件型号及验收结果,关联设备出厂参数、历次检测报告形成完整数据库。采用二维码标识技术,扫码即可查询设备全生命周期维修记录,为故障诊断提供数据支撑。档案实行“双人双锁”管理,定期备份防止数据丢失,保存期限不少于工程设计使用年限。

3.3 水质安全保障措施

(1) 水质监测体系构建。构建“水源地—输水干线—分水口”三级监测网络:水源地安装自动监测站,实时监测COD、氨氮等28项指标;干线每5公里设一个监测点,配备流动检测车每周开展突击抽检;分水口设置在线监测仪,数据同步传输至监管平台。引入生物监

测技术,投放斑马鱼等指示生物,通过其生存状态预警潜在毒性污染,弥补理化监测的局限性。(2)水质风险防控与应急处理。在输水渠道两侧设置200米生态防护带,严禁农业种植、工业排污;在穿越城镇段建设防渗渠,防止地下水污染或外渗。制定《水质污染应急处置预案》,明确“切断污染源—稀释净化—改道输水”三步处置流程,储备粉末活性炭、应急净水设备等物资,确保30分钟内启动应急响应,4小时内控制污染扩散。

(3)水源地保护与生态补偿机制。划定水源地一级保护区,实施移民搬迁、退耕禁牧,安装围网及视频监控;二级保护区限制工业、旅游等开发活动,建设湿地净化系统。建立跨区域生态补偿基金,按输水水量及水质达标情况,由受水区向水源地转移支付补偿资金,用于水源地生态修复、污水处理设施建设及居民生活保障,平衡保护与发展利益。

3.4 应急处置能力提升

(1)应急物资与设备储备。按“就近调配、满足3天抢险需求”标准,在沿线每50公里设应急物资库,储备抢险水泵、管道快速连接器、应急照明设备等物资,以及无人机、水下机器人等探测设备。建立物资智能管理系统,实时监控库存数量,低于阈值自动预警补货,定期开展物资性能检测,确保关键时刻“拿得出、用得上”。(2)应急响应流程优化。将应急响应分为四级(Ⅳ级至Ⅰ级),明确各级响应的启动条件、指挥层级及处置措施。开发应急指挥平台,整合监测数据、地理信息、物资库存等信息,通过大数据分析生成最优处置方案。实行“首接负责制”,任何单位或个人发现险情,可直接通过应急热线或APP上报,平台自动定位并推送至最近抢险队伍,缩短响应时间。(3)跨部门联合演练与协调。每半年组织一次多部门联合演练,模拟地震导致管道破裂、化工泄漏污染水源等复杂场景,检验公安交通管制、环保污染拦截、水利工程抢修等协同能力。演练前制定详细方案,明确各部门角色分工;演练中采用“双盲”模式,不提前告知险情细节;演练后组织专家评估,形成《问题整改清单》,限期落实改进措施,提升实战处置能力^[4]。

3.5 人员培训与考核

(1)员工安全教育与技能培训。新入职员工必须参加为期1个月的安全培训,通过理论考试(80分及格)及实操考核后方可上岗;在职员工每月开展2次安全学习,内容包括典型事故案例、新设备操作规范等,采用VR技术模拟险情处置,提升应急操作熟练度。建立培训档案,记录培训内容、时长及考核结果,作为岗位调整依据。(2)特种作业人员持证上岗管理。对泵站操作工、起重机械司机等特种作业人员,实行“先考证、后上岗”,证书需经工程主管部门复审备案。建立特种作业人员动态台账,跟踪证书有效期,提前3个月提醒复审,对逾期未复审者暂停作业资格。每季度组织技能比武,考核实际操作能力,对连续两次不合格者调离特种作业岗位。(3)绩效考核与激励机制建立。将安全管理纳入绩效考核体系,权重不低于40%,考核指标包括隐患排查数量、整改完成率、演练参与度等。设立“安全标兵”“隐患排查能手”等荣誉,给予物质奖励及晋升优先;对发生责任事故、违规操作的个人及班组,扣减绩效奖金并通报批评,情节严重者追究法律责任,形成“人人重安全、人人管安全”的良好氛围。

结束语

调水工程运行安全管理是一个系统工程,需要综合运用多种措施,从风险评估到日常管理,再到应急处置,每一个环节都至关重要。通过构建完善的安全管理体系,加强科技创新与应用,我们能够更有效地应对各种潜在风险,确保调水工程的安全稳定运行。未来,随着技术的不断进步和管理水平的持续提升,我们将有信心将调水工程运行安全管理推向更高水平,为保障国家水安全和可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]高文广,聂仁强.浅谈调水工程运行安全管理措施[J].山东水利,2020,(04):55-56.
- [2]段政.调水工程调度运行过程风险分析及对策[J].科技资讯,2023,21(01):94-95.
- [3]丁峰,梁栋,刘妍妍.长距离输水工程安全管理模式探讨[J].水电站机电技术,2021,44(05):107-108.
- [4]李丹.千岛湖配水工程安全管理措施[J].河南水利与南水北调,2020,49(03):66-67.