

新时代水利工程建设与水利工程管理

荆新宁

莒县青峰岭水库管理服务中心 山东 日照 276800

摘要:新时代水利工程建设与水利工程管理以生态优先、科技赋能为核心导向。工程建设呈现三大特征:仿自然设计修复水生态,如北京北运河构建“浅滩-深潭”生境;“防洪+文旅”复合开发提升综合效益;BIM+数字孪生技术实现全周期智能化管控。管理创新聚焦全生命周期管理、智慧化运维体系构建,并通过河湖长制、PPP模式优化及公众参与平台建设破解跨区域协同难题,推动水利工程向绿色化、数字化、可持续化方向深度转型。

关键词:新时代;水利工程建设;水利工程管理

引言:新时代背景下,水利工程建设与管理正面临生态保护需求升级、气候变化挑战加剧、数字技术深度融合等多重变革。传统“重建设、轻生态”的工程模式已难以满足可持续发展要求,亟需通过生态友好型设计、多功能复合开发及智能化技术赋能,推动水利工程向“人水和谐”转型。本文从工程建设特征、管理创新体系及优化策略三方面展开研究,旨在探索适应新发展理念的水利工程全周期管理模式,为行业转型升级提供理论支撑与实践路径。

1 新时代水利工程建设特征与挑战

1.1 工程建设新趋势

(1)生态友好型设计。突破传统“硬化、渠化”模式,以仿自然理念重构工程逻辑。如北京北运河在排水口构建“浅滩-深潭”生境,设置鱼巢、砾石岛等设施,为鱼类提供避难场所,同时通过植物护坡、水生植物搭配修复水体生态,实现水利功能与生物多样性保护的双赢。河北省明确要求工程需保持河湖自然形态,最大程度维护生态系统功能,成为生态设计的政策标杆。(2)多功能复合开发。推动工程从单一功能向“防洪+生态+文旅”综合体转型。宋庄蓄滞洪区二期采用“平急结合”模式,平时作为含潜流湿地的水景公园接待游客,汛期快速切换为防洪空间,实现1750亩荒地的生态与民生价值再造。此类开发既保障防洪安全,又拓展生态体验、科普教育等多元功能,提升工程综合效益。(3)数字化建造技术。以数字孪生为核心构建智慧体系。通过BIM+GIS技术构建工程三维模型,结合无人机、遥感卫星等设备形成“天空地水工”监测网络,如北运河军屯闸实现水位、闸门开度等参数的实时感知与精准调控,黄河调水调沙中无人机与卫星遥感协同获取河势数据,为调度决策提供支撑,推动工程建设与运维的数字化升级^[1]。

1.2 核心挑战

(1)生态红线约束下的工程选址难题。政策明确要求工程选址原则上不得占用自然保护区、生态红线等敏感区域,导致适宜建设空间大幅缩减。部分流域因核心功能区与生态敏感区重叠,需反复优化线路规避生态风险,既增加前期勘察成本,又可能延长项目周期,形成功能需求与生态保护的选址矛盾。(2)极端气候事件增加的工程安全风险。气候变化导致极端降雨等灾害频发,考验工程防御极限。越南北溪1号水电站因强降雨引发坝体破裂,且因缺乏图纸档案加剧应急处置难度,印证极端天气下工程安全的脆弱性。即便我国构建了测雨雷达、无人机等监测体系,仍需持续提升工程抗灾标准与应急响应能力。(3)资金投入与长期效益的平衡问题。数字化与生态化升级推高初始投入,如南水北调中线穿黄工程仅监测摄像头就达上万个,而生态维护、设备运维等长期成本需持续投入。部分项目因重建设轻运营,导致后期维护资金不足,难以发挥持久效益,如何建立“建设-运维-收益”的良性循环机制,成为破解资金困境的关键。

2 新时代水利工程管理创新体系构建

2.1 全生命周期管理理念

(1)规划阶段:基于水生态承载力的工程布局。摒弃“重建设、轻规划”的传统思维,将水生态承载力作为工程布局的核心依据。以长江流域某水利枢纽工程为例,规划前期通过构建水生态模型,模拟不同工程方案对流域水资源量、水生生物栖息地的影响,最终避开中华鲟产卵核心区,同时预留生态流量通道,实现工程功能与生态保护的协同。此外,部分地区还建立水生态承载力动态评估机制,每5年对已建工程周边环境进行复查,为后续工程优化调整提供数据支撑。(2)建设阶段:绿色施工与材料循环利用。推动施工环节向低碳、环保转型,从源头减少生态破坏。在黄河三角洲防洪工

程建设中,施工单位采用新型环保防渗膜替代传统黏土防渗层,减少土地开挖面积达30%;同时搭建建筑垃圾回收系统,将废弃混凝土破碎后重新加工为路基材料,循环利用率超80%。部分工程还引入“绿色施工评价体系”,从噪声控制、扬尘治理、水资源循环利用等6个维度进行实时监测,确保施工全过程符合生态环保要求。

(3)运营阶段:动态监测与适应性调整。建立“实时监测-数据分析-动态调整”的运营管理闭环。以三峡水利枢纽为例,通过布设千余个传感器,实时采集水位、流量、水质等200余项数据,借助大数据平台分析水流对坝体结构、下游河道的影响,当监测到下游河道泥沙淤积超出预警值时,及时调整泄洪方案,保障河道通航与生态安全。此外,针对气候变化带来的水文情势变化,部分工程还制定适应性调整预案,如遇极端干旱年份,自动启动应急补水机制,优先保障沿岸居民生活用水与农田灌溉需求。

2.2 智慧化管理体系

(1)物联网+大数据在工程运维中的应用。构建“空天地水”一体化监测网络,提升运维效率与精准度。在南水北调中线工程中,通过在渠道沿线安装物联网感知设备,实时监测渠道渗漏、边坡稳定性等情况,数据经5G网络传输至大数据中心,一旦发现渗漏点,系统可自动定位并推送维修指令,将故障处置时间从传统的24小时缩短至4小时。同时,大数据平台还能整合历年运维数据,分析设备故障规律,提前开展预防性维护,使设备故障率降低25%以上。(2)数字孪生技术模拟工程运行场景。打造与物理工程“同频共振”的数字孪生体,为管理决策提供可视化支撑。以广东某水库工程为例,通过数字孪生技术构建水库三维模型,模拟不同降雨强度、泄洪方案下水库水位变化、下游淹没范围,辅助管理人员制定科学的防洪调度计划。在台风季来临前,工作人员还可通过数字孪生系统开展应急演练,模拟台风过境时的工程应急处置流程,提升实战响应能力。目前,数字孪生技术已在全国10余个大型水利工程中推广应用,显著提升工程管理的智能化水平^[2]。(3)人工智能辅助决策系统开发。借助AI算法提升管理决策的科学性与前瞻性。在太湖流域水资源调度中,人工智能系统整合气象、水文、水质等多源数据,通过机器学习预测未来7天流域水资源供需情况,自动生成3套以上调度方案,并标注各方案的生态效益、经济效益评分,为管理人员提供决策参考。此外,AI系统还能识别水质异常数据,如当监测到某断面氨氮浓度突然升高时,快速追溯污染源头,助力应急处置效率提升50%。

2.3 制度与机制创新

(1)河湖长制与跨区域协同管理。以河湖长制为纽带,打破行政区划壁垒,解决跨区域水利管理难题。在淮河治理中,建立“省级总河长牵头、沿线市县河长联动”的协同机制,定期召开跨区域河长联席会议,统筹协调上下游、左右岸的防洪、治污工作。针对淮河支流污染问题,沿线省份联合制定统一的水质排放标准,建立跨区域水质监测数据共享平台,实现污染联防联控,使淮河干流Ⅲ类以上水质占比从2018年的65%提升至2023年的82%。(2)PPP模式在工程融资中的优化路径。创新PPP模式运作机制,破解水利工程资金短缺难题。在浙江某灌区改造工程中,采用“政府+社会资本+专业运营公司”的三方合作模式,政府负责政策支持与监管,社会资本承担工程建设投资,专业运营公司负责后期运维,通过约定水费收益分成与政府补贴相结合的回报机制,保障社会资本合理收益。此外,部分地区还建立PPP项目风险分担机制,对因自然灾害导致的工程损失,由政府与社会资本按7:3比例共同承担,降低社会资本投资风险,吸引更多市场主体参与水利工程建设^[3]。(3)公众参与平台建设。搭建多元化公众参与平台,提升水利管理的透明度与公信力。多地推出“智慧水利”APP,向公众实时公开工程建设进度、水质监测数据、水资源调度方案等信息,如江苏省“水利惠民”APP上线以来,累计公开信息超10万条,用户查询量突破500万人次。同时,APP还设置“问题反馈”板块,公众可拍摄上传河道污染、水利设施损坏等问题,系统自动流转至相关部门处置,并实时反馈处理进度,形成“公众监督-部门响应-结果公开”的良性互动,推动水利管理从“政府主导”向“社会共治”转变。

3 新时代水利工程管理优化策略

3.1 政策建议

(1)完善生态补偿机制与工程环评标准。针对水利工程建设运营中的生态影响,需构建差异化生态补偿机制。可按工程对流域生态系统的影响程度,划分补偿等级,如对跨流域调水工程,由受益地区向水源地支付生态补偿资金,用于水源地植被修复、水质维护。同时,升级工程环评标准,将“生态流量保障”“生物多样性保护”等指标纳入硬性考核,要求工程环评报告需包含长期生态监测方案,避免“重审批、轻监管”。例如,在西南地区水电站建设中,明确要求预留鱼类洄游通道,并将通道运行效果纳入环评验收指标,未达标不得投产。(2)推动水利行业标准与智慧化规范制定。加快修订滞后的水利行业标准,填补智慧化管理领域的规

范空白。在工程建设方面,制定绿色施工标准,明确建筑垃圾循环利用率、施工扬尘控制等量化指标;在智慧化管理方面,出台物联网设备选型、数字孪生模型构建等技术规范,统一数据接口与传输标准,避免“信息孤岛”。例如,针对水利大数据应用,可制定《水利数据共享管理规范》,明确数据采集范围、共享权限及安全保障要求,确保国家水利大数据共享平台高效运转。

3.2 技术路径

(1) 研发低碳施工技术与新材料。聚焦工程建设中的高耗能环节,加大低碳技术研发力度。在土方工程中,推广模块化施工技术,减少现场浇筑作业,降低能耗;在防渗工程中,研发环保型防渗材料,如可降解土工膜,替代传统不可降解材料,减少环境污染。同时,推动建筑垃圾资源化利用技术升级,研发混凝土再生骨料强化技术,提升再生骨料强度,扩大其在路基、护坡等工程中的应用范围。例如,某水利工程通过使用再生骨料混凝土,使建筑垃圾利用率从80%提升至95%,减少碳排放约15%。(2) 建设国家水利大数据共享平台。整合全国水利系统的数据资源,构建国家级水利大数据共享平台。平台需涵盖水文监测、工程建设、水质状况等多维度数据,实现跨部门、跨区域数据实时共享。例如,将长江流域水文站、黄河防洪工程监测数据、南水北调工程运行数据纳入平台,地方水利部门可通过平台获取跨区域数据,辅助流域协同调度;科研机构可利用平台数据开展水利科研,推动技术创新。同时,平台需配备数据安全防护系统,采用加密传输、权限管理等技术,保障数据安全。

3.3 人才培养

(1) 复合型管理人才培养。构建“工程+生态+IT”的复合型人才培养体系。在高校水利专业中,增设“生态水利”“水利信息化”等课程,开展跨学科教学,如让水利工程专业学生选修生态学、大数据分析等课程;在企业层面,推行“导师制”,由经验丰富的复合型人才带领新人参与跨领域项目,如让青年工程师参与数字

孪生水利工程建设,提升其生态评估与IT应用能力。此外,定期举办复合型人才培养班,邀请生态、IT领域专家授课,培养一批既懂工程建设,又精通生态保护与智慧化管理的人才^[4]。(2) 基层管理人员数字化技能培训。针对基层水利管理人员数字化技能薄弱的问题,开展针对性培训。制定分层培训计划,对县级及以下水利部门管理人员,重点培训物联网设备操作、智慧水利APP使用等基础技能;对市级水利部门管理人员,增加大数据分析、应急调度系统操作等进阶内容。培训可采用“线上+线下”结合模式,线上通过水利部门专属学习平台提供视频课程,线下组织实操演练,如让基层人员实地操作无人机巡检、水质监测设备。例如,某省水利厅每年开展基层管理人员数字化技能竞赛,以赛促学,提升基层人员数字化应用能力,推动智慧化管理在基层落地。

结束语

新时代水利工程建设与管理已迈入生态优先、智慧引领的转型关键期。从仿自然设计的生态修复实践,到数字孪生驱动的智慧运维,再到河湖长制与公众参与的协同共治,行业正通过技术创新与制度革新破解发展难题。未来需持续完善生态补偿机制、深化智慧化标准建设、强化复合型人才培养,推动工程建设与生态保护深度耦合,构建“建-管-养”一体化长效机制,为保障水安全、修复水生态、激活水经济提供可持续的现代水利解决方案。

参考文献

- [1]王卓甫,丁继勇,张兆波,翟武娟.新时代优化水利工程建设程序构想[J].中国水利,2022,(04):45-46.
- [2]李新军.水利发电工程建设与管理的有效措施探讨[J].科技风,2022,(07):80-82.
- [3]周磊.探析新时代水利工程精细化管理[J].城市住宅,2021,(09):93-94.
- [4]张珊珊.新时代水利工程管理及养护探索[J].城市住宅,2021,(11):133-134.