

水利工程运行维护成本控制与效益提升路径研究

封锐 曹恒 张岩

连云港市通榆河北延送水工程管理处 江苏 连云港 222000

摘要: 随着我国大量水利工程进入运行维护阶段,高昂的运维成本与有限财政投入之间的矛盾日益凸显,部分工程存在“重建设、轻管理”现象,导致运行效率低下、效益衰减甚至安全隐患频发。本文在系统梳理水利工程运行维护成本构成与影响因素的基础上,深入剖析当前运维管理中存在的主要问题,并结合国内外先进经验,从制度优化、技术赋能、机制创新和多元协同四个维度,提出一套系统化、可操作的成本控制与效益提升路径。研究表明,通过构建全生命周期运维管理体系、推进智慧水利建设、完善绩效考核与激励机制、探索多元化资金筹措模式,可有效降低运维成本、提升综合效益,为新时代水利工程高质量可持续发展提供理论支撑与实践指导。

关键词: 水利工程; 运行维护; 成本控制; 效益提升; 智慧水利; 全生命周期管理

引言

水利工程是保障国家水安全、支撑经济社会发展和维系生态系统健康的关键基础设施。改革开放以来,我国水利建设取得了举世瞩目的成就,建成了一大批水库、堤防、灌区、泵站、水闸等工程设施,初步形成了较为完善的防洪抗旱减灾体系和水资源配置格局。然而,随着时间推移,大量水利工程陆续进入运行维护期,其长期稳定高效运行面临严峻挑战。一方面,传统“重建轻管”的思维惯性导致运维投入不足、管理粗放,设备老化、设施损毁、功能退化等问题日益突出;另一方面,财政资金压力增大,单一依赖政府拨款的运维模式难以为继,亟需探索成本可控、效益显著的新型运维路径。在此背景下,如何科学控制运行维护成本、全面提升工程综合效益,已成为水利行业亟待解决的核心课题。

1 水利工程运行维护成本构成与影响因素分析

1.1 运行维护成本的主要构成

水利工程运行维护成本是为保障工程安全稳定高效运行产生的各项费用总和,涵盖直接与间接管理费用。人工成本占比重要,大型枢纽或偏远小型工程中,管理人员等工资、社保和培训费是持续性支出。日常运行会消耗大量材料与能源,如润滑油脂、电力等,单笔金额小但累积效应明显。设备检修与更新改造是周期性大额支出,受设备寿命和技术迭代影响大。为保工程安全,监测检测投入大,包括自动化系统维护等。管理与行政成本含办公经费、信息化维护等。此外,极端天气或突发事件下的应急抢险与灾后修复费用具突发性和高成本特点,虽非常规,但给整体运维预算带来潜在压力。

1.2 影响运行维护成本的关键因素

运行维护成本并非孤立存在,而是受到多重因素交织影响。首先,工程类型与规模直接决定了运维复杂度与资源需求,大型水库或跨流域调水工程因其系统集成度高、功能复合,运维成本远高于小型塘坝或单一功能渠道。其次,工程建设初期的质量与设计标准对后期运维具有深远影响,若前期施工粗糙、材料劣质或设计冗余不足,则极易导致早期劣化,大幅推高后续维护频率与费用。地理环境与气候条件同样不容忽视,高寒、高湿、强腐蚀或地震活跃区域会加速工程结构老化,而极端降雨或持续干旱则可能诱发突发性险情,增加应急支出^[1]。此外,管理水平与技术手段的先进程度直接关系到运维效率,依赖经验判断与人工巡检的传统模式难以实现精准预警,往往导致“小病拖成大病”,维修成本倍增。最后,管理体制是否顺畅、资金保障机制是否健全,从根本上制约着运维工作的可持续性。权责不清、多头管理或经费拨付滞后,都会削弱管理效能,使成本控制陷入被动。

2 当前水利工程运行维护管理存在的主要问题

2.1 “重建轻管”观念根深蒂固

长期以来,“重建设、轻管理”的思维在部分地区和单位中依然根深蒂固。许多地方政府和建设主体将工作重心集中于项目立项、资金争取和工程建设阶段,对工程建成后的长期运维缺乏系统规划和足够重视。这种倾向直接导致运维预算编制流于形式、人员配备严重不足、管理制度形同虚设。尤其在小型农田水利领域,部分工程建成后因无人管护而迅速荒废,不仅造成财政资金浪费,更削弱了农业生产的抗风险能力。这种短视行为反映出对水利工程全生命周期价值认知的缺失,亟需从理念层面加以扭转。

2.2 运维资金保障机制不健全

当前,水利工程运维资金主要依赖财政拨款,但这一机制存在明显短板。中央和地方财政虽对骨干公益性工程给予一定补助,但普遍存在“重骨干、轻末梢”的倾向,大量中小型工程尤其是农村水利设施长期处于“自生自灭”状态。同时,水价形成机制不合理,农业水价普遍偏低,工业与生活水价虽有所调整,但水费收入仍难以覆盖实际运维成本。市场化融资渠道尚未有效打通,社会资本因回报周期长、风险高而望而却步,导致运维资金缺口持续扩大,形成“有钱建、无钱管”的尴尬局面。

2.3 管理粗放,技术手段落后

多数水利工程仍沿用传统的人工巡检与经验管理模式,缺乏现代化技术支撑。巡检依赖人力徒步或车辆巡查,不仅效率低下,且易受主观因素影响,存在大量盲区与漏检风险。设备维护多采取“坏了再修”的被动策略,而非基于状态监测的预防性维护,导致故障率居高不下,维修成本攀升,甚至因突发停机影响供水或防洪调度^[2]。信息化水平整体偏低,数据孤岛现象严重,难以实现跨系统、跨部门的协同决策,制约了运维效能的整体提升。

2.4 绩效评价体系缺失

目前,水利工程运维领域普遍缺乏科学、量化的绩效评价体系。运维成效往往以“是否出事”作为唯一衡量标准,忽视了运行效率、资源节约、生态效益等多维指标。由于缺乏客观评估工具,财政资金使用效率难以衡量,管理单位“干好干坏一个样”,缺乏改进动力。这种激励约束机制的缺位,使得精细化管理难以落地,成本控制与效益提升缺乏制度保障。

2.5 专业人才短缺

基层水管单位普遍存在人员结构老化、技术力量薄弱的问题。一方面,年轻技术人才不愿扎根基层,导致知识断层;另一方面,现有人员培训不足,难以适应智能化、数字化运维的新要求。加之薪酬待遇偏低、职业发展通道狭窄,进一步加剧了人才流失。专业力量的匮乏,使得先进技术难以有效应用,管理创新举步维艰,成为制约运维水平提升的关键瓶颈。

3 国内外先进经验借鉴

3.1 国际经验

国际上,发达国家在水利工程运维管理方面积累了丰富的经验。美国垦务局(USBR)推行资产全生命周期管理(ALM),将工程从规划、设计到退役的全过程统筹考虑,通过BIM与GIS技术实现资产数字化,显著降低了

长期运维成本。荷兰在三角洲工程管理中采用风险导向维护策略,基于洪水风险模型动态调整维护优先级,实现了资源的最优配置。新加坡公用事业局(PUB)则实施“智慧水管理”战略,利用密集传感器网络与人工智能算法实时监控管网状态,运维响应速度提升50%以上,漏损率降至5%以下,展现了技术赋能的巨大潜力。

3.2 国内探索

我国部分地区也在积极探索创新路径。浙江省全面推进水利工程标准化管理,建立了涵盖岗位责任、操作规程、检查监测、维修养护和台账资料的“五项标准”,实现了管理流程化与责任明晰化。广东省在韩江高陂水利枢纽建设中,率先引入BIM+智慧工地平台,实现施工期与运维期数据无缝衔接,为后期智能运维奠定坚实基础。江苏省在灌区水价改革试点中,推行“基本水价+计量水价”的两部制模式,并将水费收入与运维绩效挂钩,有效激发了管理单位的积极性,为破解“以水养水”难题提供了有益尝试。

4 成本控制与效益提升的系统路径

4.1 制度优化:构建全生命周期运维管理体系

制度是治理的基石。要实现运维成本的有效控制,必须将管理视角从“建成后管护”前移至工程规划与设计阶段,真正践行全生命周期理念。在可行性研究和初步设计环节,应引入运维专家参与评审,充分评估后期运行维护的复杂性与成本构成,优先选用耐久性强、故障率低、维护便捷的材料、设备与工艺,并在结构设计中预留智能化监测与控制系统接口,避免因前期考虑不周导致后期“带病运行”。在此基础上,全面推行标准化管理,制定覆盖水库、水闸、泵站、灌区等不同类型工程的运维技术规程与操作手册,明确岗位职责边界、巡检路线频次、维护保养周期及应急处置流程,推动管理行为从经验依赖向规范执行转变^[3]。尤为重要的是,应加快建立分类分级的运维成本定额标准体系,结合区域差异、工程规模与功能属性,科学测算各类支出基准值,为财政预算编制、绩效目标设定和资金使用监管提供权威依据,从根本上解决“拍脑袋定预算、凭感觉控成本”的粗放问题。

4.2 技术赋能:加快智慧水利建设

技术进步是破解运维困局的关键引擎。当前,物联网、大数据、人工智能、数字孪生等新一代信息技术正深刻重塑基础设施运维模式。水利工程应主动拥抱这一变革,加快构建“空一天一地”一体化智能感知网络。通过部署高精度传感器、视频监控、无人机与卫星遥感等多源设备,实现对大坝变形、渗流压力、水质变化、

设备状态等关键参数的实时、连续、全域监测。在此数据底座之上,开发集数据融合、风险识别、智能诊断与决策支持于一体的智慧运维平台。该平台应具备基于机器学习的故障预测能力,例如通过对电机振动、电流波形的历史数据分析,提前数日预警潜在故障;同时可结合气象预报与水文模型,动态优化调度方案与维护计划^[4]。长远来看,应积极推进数字孪生流域建设,为每座重要水利工程构建高保真虚拟映射体,支持在数字空间中模拟极端工况、测试应急预案、评估改造效果,从而大幅降低物理世界的试错成本与运行风险,实现从“被动响应”到“主动预控”的根本转变。

4.3 机制创新:完善绩效导向的激励约束机制

制度与技术若缺乏有效的激励相容机制,其效能将大打折扣。当前运维管理的最大症结在于“干好干坏一个样”,亟需建立以绩效为核心的闭环管理机制。首先,应构建科学、多维、量化的绩效评价指标体系,不仅关注工程安全运行率、设备完好率等传统指标,还应纳入供水保障率、灌溉水利用系数、生态流量达标率、碳排放强度等反映综合效益的新维度。其次,推动财政补助方式改革,全面实施“以效定补”“奖优罚劣”政策,将运维资金分配与绩效考核结果直接挂钩,对管理精细、效益突出的单位给予增量奖励,对履职不力、隐患频发的予以扣减甚至问责。与此同时,深化水价形成机制改革,在保障基本民生用水的前提下,合理提高非农业用水价格,探索农业用水阶梯水价与精准补贴相结合的模式;鼓励开展水权交易与生态补偿,使工程管理者能够从水资源优化配置和生态服务供给中获得合理回报,逐步构建“谁受益、谁付费,谁高效、谁获益”的良性循环机制。

4.4 多元协同:拓展资金与人才保障渠道

可持续的运维离不开稳定多元的要素支撑。在资金方面,应打破政府单一投入格局,分类施策:对具有稳定现金流的城市供水、水电等经营性工程,积极推广政府和社会资本合作(PPP)模式,或探索发行水利基础设施公募REITs,盘活存量资产;对防洪、生态补水等纯公

益性工程,则建议设立中央引导、地方配套、受益主体参与的水利工程运维专项基金,重点支持小型病险工程除险加固与日常管护。在人才方面,既要“引得进”,也要“留得住”。可通过定向培养、基层服务计划等方式吸引高校毕业生投身水利一线;同时改善基层待遇,畅通职称晋升通道,实施“水利工匠”评选与技能津贴制度。此外,可借鉴城市物业管理经验,在中小型工程中推行“物业化托管”模式,由专业化公司提供标准化、集约化运维服务,既降低管理成本,又提升服务质量,实现专业事由专业人干的现代治理目标。

5 结语

水利工程运行维护成本控制与效益提升是一项复杂的系统工程,需摒弃碎片化思维,转向制度、技术、机制、协同多维联动的综合治理路径。未来,随着数字中国战略深入实施和“双碳”目标推进,水利工程运维将呈现智能化深度渗透、绿色低碳转型与价值多元化拓展三大趋势。建议国家层面加快出台《水利工程运行维护条例》,完善法规保障;加大智慧水利财政投入,设立国家级示范项目;推动跨部门数据共享与业务协同,真正实现“让每一分运维投入都产生最大效益”,为国家水网建设和水安全保障提供坚实支撑。

参考文献

- [1]芮京兰.水利工程运行维护人工成本管控研究[C]//中国水利学会,西安理工大学.2024中国水利学术大会论文集(第七分册).中国南水北调集团中线有限公司,2024:374-379.
- [2]吴云飞,侯高升.水利工程建设与管理的现代化与精细化分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(30):202-204.
- [3]唐庆红,谢珍贞.以水利工程技术创新提高水利管理能力分析[J].价值工程,2025,44(34):152-155.
- [4]季燕.水利工程运行管理中远程监控技术的有效应用[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(二).苏州市吴中区排水管理处,2025:60-61.