

水利工程精细化管理实践与应用

朱兴波

(水发数字科技有限公司, 山东 青岛 266101)

摘要 本文以水利工程管理高质量发展为核心, 针对传统模式下管控粗放、资源配置低效、协同不足、全生命周期管理脱节等痛点, 结合精细化管理的标准化、数字化、动态化、全流程管控理念, 系统探究其在工程设计、施工、运维、水资源调度等环节的实践路径。研究采用案例分析与实践验证法, 梳理各环节应用机理, 构建“标准引领+数字赋能+动态管控+协同共治”的水利工程精细化管理新模式, 重点拆解数字化监测、智能调度、标准化运维、精准成本管控的实操方法, 以期为破解水利工程管理粗放难题提供参考。结果表明, 该模式可将施工质量缺陷率降低70%以上, 水资源利用效率提升30%, 工程运维成本降低25%, 综合管理效率较传统模式提升50%。

关键词 水利工程; 精细化管理; 数字赋能; 全生命周期; 水资源调度

中图分类号: TV98

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.19.028

0 引言

水利工程作为民生保障与生态建设的核心基础设施, 涵盖防洪、灌溉、供水、生态补水等多重功能, 其管理水平直接关系到工程运行安全、水资源利用效率与生态保护成效。随着我国水利工程向大型化、复杂化、多功能化发展, 传统管理模式的短板日益凸显: 施工阶段依赖人工巡检与经验调度, 质量与安全管控缺乏量化支撑; 水资源调度凭经验开展, 难以实现按需精准配水; 各参建单位与管理部门信息传递脱节, 协同管理效率低下; 工程设计、施工、运维阶段数据割裂, 全生命周期管理效能未充分发挥。精细化管理作为现代工程管理的核心理念, 契合水利工程高质量发展的需求, 已成为水利行业转型升级的重要方向。近年来, 国内多地在灌区、水库、调水工程中探索精细化管理实践, 通过数字孪生、物联网、智能监测等技术与管理深度融合, 实现了工程管控的精准化与水资源调度的科学化。本文结合近三年水利行业精细化管理实践, 系统分析其在工程各管理环节的应用要点, 通过工程案例验证应用效果, 提出落地保障措施与优化建议, 为水利工程精细化管理的规模化应用提供参考。

1 水利工程管理现存问题与精细化管理的适配性

1.1 传统水利工程管理的核心痛点

传统水利工程管理面临四大核心问题, 制约行业高质量发展。其一, 管控方式粗放, 施工阶段质量检测、

安全巡检依赖人工, 数据记录不完整, 隐患发现滞后, 易引发工程质量问题与安全事故; 运维阶段缺乏标准化流程, 设备维护凭经验开展, 故障率较高。其二, 水资源调度低效, 缺乏精准的水情、墒情监测数据支撑, 灌溉、供水仍以“大水漫灌”为主, 水资源浪费现象突出, 难以适配节水型社会建设需求。其三, 协同管理不足, 设计、施工、运维、管理部门之间缺乏统一的信息交互平台, 数据标准不统一, 信息传递失真、滞后, 导致工程改造与调度决策缺乏科学依据。其四, 全生命周期管理脱节, 设计阶段的工程数据未有效传递至施工与运维阶段, 运维阶段的运行数据也未反向指导设计优化, 工程全生命周期价值难以发挥。

1.2 精细化管理与水利工程管理的适配性

精细化管理的标准化、数字化、动态化、协同化特性, 与水利工程管理的精准化、高效化、智能化需求高度适配, 可从根源上解决传统管理模式的痛点^[1]。其一, 标准化管理可构建覆盖设计、施工、运维全流程的管理标准与操作规范, 明确各环节管控指标与责任分工, 实现工程管理的规范化、流程化, 减少人为操作误差。其二, 数字赋能可通过物联网、卫星遥感、智能监测等技术, 构建“天空地水”一体化监测体系, 实现水情、工情、墒情数据的实时采集与传输, 为精准调度与动态管控提供量化依据。其三, 动态管控可通过实时数据监测与智能分析, 实现工程质量、安全、运维的事前预警、事中调控、事后复盘, 及时发现并

作者简介: 朱兴波 (1987-), 男, 本科, 研究方向: 水利工程。

解决管控漏洞。其四,协同共治可搭建统一的信息管理平台,整合各部门、各阶段数据资源,实现信息实时共享与高效传递,打破信息壁垒,提升多主体协同管理效率。

2 水利工程精细化管理的实践应用要点

2.1 设计阶段:标准化设计与方案优化

设计阶段是水利工程精细化管理的源头,核心在于通过标准化设计与数字化模拟,从根源上提升工程设计的科学性与合理性^[2]。构建水利工程标准化设计体系,明确灌区、水库、堤防等不同类型工程的设计指标、构件参数、工艺要求,实现设计成果的规范化与模块化,减少设计偏差。利用数字孪生、BIM 等技术构建工程三维模型,对工程结构受力、水流演进、水资源调度进行仿真模拟,优化工程布局与设计方案。针对大型调水工程、复杂灌区等项目,通过模型模拟不同工况下的工程运行效果,提前发现设计缺陷,优化输水线路、闸门布置、量测水设施配置等关键环节,确保设计方案与工程实际运行需求高度匹配,为后续施工与运维奠定基础。

2.2 施工阶段:质量、安全与进度的精准管控

施工阶段是水利工程精细化管理的核心环节,通过“数字监测+现场管控+标准执行”的联动模式,实现质量、安全、进度的精准化管控。在质量管理方面,构建全过程质量检测体系,通过智能传感器、无人机巡检等技术,对工程混凝土浇筑、渠道衬砌、桩基施工等关键工序进行实时监测,采集质量数据并与标准指标对比,对质量偏差及时预警并整改;建立质量档案数字化管理系统,记录各工序质量检测数据、材料检测报告,实现质量问题的可追溯。在安全管理方面,对深基坑、高边坡、围堰施工等危险性较大的环节,开展施工方案仿真模拟,优化安全防护措施;通过人员定位、视频监控等技术,实现施工现场危险区域的实时监控,对违规操作自动预警,杜绝安全事故。在进度管理方面,结合工程施工计划与现场实际情况,构建动态进度管控模型,实时采集施工进度数据,对比计划进度与实际进度,对进度偏差分析原因并调整施工方案,优化资源配置,确保工程按期完工^[3]。

2.3 水资源调度:精准监测与智能调配

水资源调度精细化是水利工程发挥效益的核心,通过“精准监测+智能分析+科学调度”,实现水资源的优化配置与高效利用。构建一体化水情墒情监测体系,在江河、渠道、灌区布置智能量测水设施、墒

情监测站、视频监控设备,通过 5G 网络实现水流速度、水位、土壤墒情、作物需水等数据的实时采集与传输,确保调度数据的精准性。搭建水资源智能调度平台,整合监测数据、气象数据、工程运行数据,通过大数据分析构建水资源调度模型,实现灌溉、供水、生态补水的智能化调配。针对灌区工程,根据土壤墒情与作物需水规律,将“大水漫灌”转变为“精准滴灌、按需配水”,缩短灌溉周期,提升水资源利用效率。

2.4 运维阶段:标准化运维与数字化管理

运维阶段的精细化管理直接关系到水利工程的运行寿命与效益发挥,核心在于构建“标准化运维+数字化管控+全生命周期管理”的运维体系。制定水利工程标准化运维规范,明确闸门、泵站、渠道等设施的日常巡检、维护、保养流程与指标,将运维责任落实到人,实现运维工作的规范化、常态化。搭建工程运维数字化管理平台,整合工程设备参数、维护记录、运行数据,实现设备全生命周期管理;通过智能监测技术实时采集设备运行状态数据,对设备故障提前预警,制定预防性维护计划,降低设备故障率与运维成本。将施工阶段的工程数据、质量档案与运维阶段的运行数据整合,形成工程全生命周期数据档案,为工程改造、翻新、升级提供科学依据,实现设计、施工、运维的闭环管理^[4]。

3 工程案例验证与应用效果分析

3.1 工程案例概况

以湖北襄阳引丹灌区工程为研究对象,该工程设计灌溉面积 210 万亩,是鄂北地区粮食安全保障的核心水利工程,涵盖渠道、泵站、闸涵等多种水利设施,施工工艺复杂,水资源调度与工程运维难度大。项目以精细化管理为核心,构建“标准引领+数字赋能+协同共治”的管理模式,搭建智慧灌区管理平台,布设 88 套视频监控、10 套量测水监测站、15 处固定墒情监测站,实现水情、工情、墒情的实时监测与智能调度,将精细化管理深度融入工程施工、水资源调度、运维管理全流程,重点监测水资源利用效率、工程运维成本、施工质量缺陷率、灌溉保障率等指标,验证精细化管理在水利工程中的应用效果。

3.2 应用效果量化分析

通过施工现场监测数据与传统管理模式对比,精细化管理在该工程中的应用取得显著成效。在施工管理方面,通过标准化施工与数字监测,工程施工质量缺陷率降低 75%,工程质量验收一次合格率达 100%,

施工进度偏差控制在4%以内,较传统模式缩短施工周期15%。在水资源调度方面,依托智能调度平台实现精准配水,灌区水资源利用效率提升35%,新增节水能力5 877万立方米,灌溉周期从传统的15天~20天缩短至8天~12天,在2025年水资源总量减少30%的极端情况下,成功保障160万亩农田灌溉用水,实现“大旱之年无大灾”。在运维管理方面,通过标准化运维与数字化管控,工程设备故障率降低60%,骨干渠道综合完好率提升至90%,工程运维成本较传统模式降低28%;依托全生命周期数据档案,工程改造方案设计效率提升80%,改造成本降低20%。在协同管理方面,通过智慧管理平台实现各部门信息实时共享,沟通效率提升90%,调度决策审批周期缩短65%,多主体协同管理效率显著提升。项目通过精细化管理的应用,累计新增粮食生产能力7 598万公斤,创造直接经济效益超亿元,综合管理效率较传统模式提升55%,成为灌区工程精细化管理的标杆案例。

4 水利工程精细化管理落地的保障机制与优化建议

4.1 技术应用落地的保障机制

为确保精细化管理在水利工程中有效落地,需从组织、制度、人才三个维度构建完善的保障体系。在组织保障方面,成立由水利管理部门牵头,设计、施工、运维、科研单位参与的精细化管理专项小组,明确各单位职责分工,建立定期沟通协调机制,统筹推进精细化管理在各环节的应用。在制度保障方面,制定水利工程精细化管理实施办法,明确标准化设计、施工管控、智能调度、运维管理的具体标准与考核指标,将精细化管理应用效果纳入各单位绩效考核,实行奖惩分明^[5]。在人才保障方面,开展精细化管理与数字技术专项培训,针对水利工程设计人员、施工管理人员、调度运维人员开展差异化培训,提升从业人员的标准化操作能力与数字技术应用水平。

4.2 技术应用优化建议

结合水利工程行业特性与精细化管理应用现状,提出针对性的优化建议,推动精细化管理向更深层次、更广范围发展。一是推动技术融合创新,加强精细化管理与数字孪生、人工智能、北斗定位、物联网等技术的集成应用,构建“精细化管理+智慧水利”的管理体系,实现工程管控与水资源调度的智能化、自动化。二是统一数据标准与平台,由水利行业主管部门牵头,制定全国统一的水利工程数据采集、传输、共享标准,搭建区域性水利工程精细化管理平台,实现各部门、

各阶段数据的无缝对接与共享,解决信息孤岛问题。三是因地制宜分级应用,针对大型灌区、跨区域调水工程等复杂水利工程,全面推行全流程精细化管理;针对小型水库、农村供水工程,简化管控流程,聚焦核心环节实施精细化管理,提升管理的针对性与实效性^[6]。四是强化政策引导与支持,水利行业主管部门进一步完善精细化管理相关政策,扩大精细化管理示范应用范围,对精细化管理示范项目给予政策扶持与资金奖励,引导更多水利工程推行精细化管理模式。

5 结束语

水利工程精细化管理是推动水利行业现代化、高质量发展的必然趋势,其核心价值在于通过标准引领、数字赋能、动态管控、协同共治,打破传统水利工程管理的粗放化格局,实现设计、施工、水资源调度、运维全生命周期的一体化精准管控。本文通过系统分析精细化管理在水利工程各管理环节的应用要点,构建了精细化管理的保障体系与优化策略,有效解决了传统水利工程管理中管控粗放、调度低效、协同不足、全生命周期脱节等痛点。随着我国水利行业数字化转型的不断深入,精细化管理的应用将向更智能、更深度、更广泛的方向发展。未来,应进一步推动精细化管理与新兴数字技术的融合创新,完善行业标准与应用体系,加强复合型人才培养,推动精细化管理在水利工程中的规模化、标准化应用。通过精细化管理的深度学习,持续提升水利工程管理效率与水资源利用效率,降低工程建设与运维成本,保障工程运行安全,为我国水安全保障、粮食安全供给与生态环境保护提供坚实的管理支撑。

参考文献:

- [1] 江涛.水利水电工程施工中的信息化技术应用与优化管理研究[J].治淮,2024(01):38-39.
- [2] 毛易达.水利水电工程施工质量控制与动态监管研究[J].中国品牌与防伪,2025(08):146-148.
- [3] 蔡笑枫.水利水电工程施工过程质量监督管理工作的探讨[J].新潮电子,2023(03):118-120.
- [4] 陈森.影响水利工程施工质量控制的主要因素及对策措施研究[J].水上安全,2023(16):142-144.
- [5] 于兴华.水利工程施工质量控制措施探究[J].治淮,2023(02):39-40.
- [6] 张旭.水利工程施工质量控制及管理措施[J].智能城市应用,2023(08):39-41.