

# 水利工程管理的现代化发展及方向分析

陈国强

新疆花城勘测设计研究有限责任公司 新疆 可克达拉 835900

**摘要：**本文聚焦水利工程管理现代化发展及方向。先阐述其内涵与特征，即以现代理念、技术、制度实现全流程管控，有智慧化等特征，如桃花江灌区经数字孪生技术改造，灌溉输水时间缩短、面积增加。接着从技术驱动路径分析，涵盖智慧、绿色低碳、应急管理技术，AI故障预警技术可提前72小时预测设备隐患且准确率高。再探讨制度与机制创新。最后提出发展方向，要构建智慧化管理体系等，结合淮河治理实践，为水利工程管理现代化提供指引。

**关键词：**水利工程管理；现代化发展；方向分析；数字孪生；智慧水利

引言：水，乃生命之源、发展之基，水利工程作为调控水资源的关键设施，其管理效能关乎国计民生。在时代飞速发展、科技日新月异的当下，传统水利工程管理模式已难以满足多元需求。探索水利工程管理的现代化发展路径与方向，成为保障水安全、推动水利事业高质量发展的必由之路。本文将深入剖析水利工程现代化管理的内涵、技术驱动、制度创新，并展望其未来发展方向。

## 1 水利工程现代化管理的内涵与特征

### 1.1 定义与核心目标

水利工程现代化管理是借助现代理念、技术及制度，对水利工程全流程系统管控的模式。其核心是整合资源、优化流程、提升效能，实现功能最大化与可持续运行。核心目标包括保障工程安全，如淮河干流控制站洪水预报误差控制在10%内；提升水资源配置效率，桃花江灌区蓄水减少但灌溉面积增加；强化生态保护，淠史杭灌区水质达标率提升；增强民生服务，济南卧虎山水库周边居民用水保障率达100%。该模式打破经验依赖，以数据驱动，提升管理科学性。

### 1.2 现代化特征

水利工程现代化管理有多维度特征。智慧化上，依托物联网构建监测网，如桃花江灌区部署智能设备实现“一键调度”；系统化方面，淮河治理构建数字孪生体系统筹防洪与生态；标准化体现为建立全流程标准，淠史杭灌区规范数据采集；绿色化突出生态优先，新疆某灌区提升植被覆盖率；协同化表现为多元参与，桃花江灌区联动机制缩短用水响应时间；动态适应性体现为技术迭代，如AI调度模型定期优化参数<sup>[1]</sup>。

## 2 水利工程现代化管理的技术驱动路径

### 2.1 智慧水利技术应用

智慧水利技术贯穿工程管理全流程，在监测环节，

部署水位、应力等多类型物联网设备，桃花江灌区大坝安装的雷达测位仪，使水位监测精度达±1厘米，数据每10秒更新一次。分析环节，大数据模型深度挖掘数据价值，淠史杭灌区构建的蓄水监测模型，可实时掌握1430处雨情站数据，未来10天来水预报准确率达90%。调控环节，数字孪生技术实现虚拟仿真，淮河数字孪生系统可模拟3种洪水工况，为调度提供科学依据。设备维护方面，济南“苍穹智维”系统通过振动传感器采集数据，AI算法提前72小时预测水泵故障，预警准确率95%以上，使非计划停机时间减少70%。设计层面，采用BIM+GIS融合技术，新疆某水库工程通过三维建模优化坝体结构，减少混凝土用量8%，缩短工期15天。

下表为典型智慧水利技术应用效果对比：

技术类型	传统模式	智慧化模式	提升效果
灌溉调度	人工闸门操作，耗时4小时	智能闸门远程控制，耗时2小时	效率提升50%
设备巡检	人工排查，每人日检2公里	无人机+AI识别，日检50公里	效率提升24倍
洪水预报	预见期1-2天，误差20%+	预见期3-7天，误差≤10%	精度提升50%

### 2.2 绿色低碳技术

绿色低碳技术有力推动着水利工程建设与生态环境的协同共进、和谐发展。在建设阶段，桃花江灌区积极采用模块化施工方式，极大地提升施工效率与质量。其中，混凝土预制构件的使用率高达70%，这一举措不仅减少现场施工的繁琐流程，还使得现场施工能耗降低30%，同时建筑垃圾排放量也大幅下降45%。不仅如此，为保护流域生态，同步建设3处鱼类通道，为鱼类洄游提供便利，使得流域内鲫鱼种群数量增长22%，有效维护生物多样性。运行阶段，新疆一处水利枢纽积极引入清洁能源，安装120套太阳能供电系统，为监测设备提供稳定动力。这一改变成效显著，年节约标准煤达18吨，减少碳

排放48吨,为节能减排做出积极贡献。维护阶段,采用生态友好型防腐材料替代传统化学涂料,有效降低了对水质的污染,使水质COD指标下降15mg/L。设计层面,大力推广“海绵灌区”理念,溧史杭灌区修建了28座生态滞留池,大大提高雨水资源化利用率,提升至35%;渠道采用透水衬砌技术,增加地下水补给量12%。水资源循环方面,济南调水工程构建再生水利用系统,年处理回用尾水500万方,用于农田灌溉,实现水资源的循环利用<sup>[2]</sup>。

### 2.3 应急管理技术

应急管理技术构建起一套全方位、全链条的保障体系,为水利工程安全运行保驾护航。在监测预警环节,淮河综合预警系统充分发挥其强大功能,整合了水文、气象等多源数据,实现信息的精准分析与快速传递。2024年,该系统成功提前7天预报洪泽湖最高水位,且误差仅3厘米,为相关部门提前采取防范措施赢得了宝贵时间,避免在建工程损失超千万元。应急响应阶段,无人机成为重要的巡查工具,搭载高清摄像头和热成像仪,在桃花江灌区汛期巡查中大显身手。仅15分钟就完成5公里大坝排查,并发现裂缝隐患3处,较人工排查效率提升了10倍。同时,应急指挥平台实现了水利、应急、气象等6部门数据共享,资源调度时间从原来的2小时大幅缩短至30分钟,极大提高了应急响应速度。处置恢复阶段,采用速凝混凝土喷射技术对受损坝体进行快速加固,修复时间从传统工艺的72小时缩短至12小时,快速恢复工程功能;移动式水质净化设备可在灾后4小时内处理污染水体,使水质迅速达到灌溉标准。另外,在设计时还充分考虑应急需求,增设应急避难平台,如新疆一处水库在坝顶设置宽5米的应急通道,可同时容纳200人避险,为人员安全提供保障。

## 3 水利工程管理制与机制创新

### 3.1 全生命周期管理体系构建

全生命周期管理覆盖工程各阶段,规划阶段,桃花江灌区开展1:5000精度水文地质勘察,采集土壤、水质样本230组,生态评估识别敏感区域5处,据此优化渠道线路,减少耕地占用120亩。建设阶段,建立“材料-施工-验收”追溯体系,采用RFID芯片标记关键建材,实现质量问题可追溯,工程一次验收合格率从88%提升至98%。运行阶段,制定分级维护计划,对运行超15年的闸门每月检测,新设备每季度检测,设备完好率保持在97%以上。维护阶段,引入状态检修模式,通过传感器数据判断设备健康状况,溧史杭灌区水泵机组维护成本降低32%。退役阶段,新疆某老旧水库开展残值评估,回收钢

材800吨,同步实施生态修复,种植乡土植物1.2万株,使区域生态承载力提升40%。

### 3.2 市场化机制探索

市场化机制激发管理活力,投融资方面,溧史杭灌区采用PPP模式引入社会资本12亿元,占总投资的40%,政府与企业按6:4分担风险,合作期25年。运营管理方面,通过招标选取专业化运营企业,建立绩效评价体系,将灌溉保证率(权重40%)、服务满意度(权重30%)等指标与运营收益挂钩,企业管理费用降低25%,农户满意度从75分提升至92分。服务定价方面,建立“成本+利润+补贴”机制,桃花江灌区农业灌溉水价定为0.12元/立方米,其中财政补贴0.03元,既保障企业收益,又减轻农户负担。

### 3.3 政策与法规保障

政策法规构建多层次保障体系,国家层面修订《水利管理条例》,明确数字孪生系统建设要求,2025年前大中型灌区智慧化改造覆盖率需达60%。地方层面,湖南省出台《数字孪生灌区建设实施细则》,对达标项目给予投资额15%的补贴;新疆制定《小型水利工程管理办法》,明确农牧区工程管护责任。行业层面,建立智慧水利标准体系,涵盖数据采集(SL/T 803-2024)、系统建设(SL/T 793-2024)等12项标准<sup>[3]</sup>。监督方面,实行“双随机一公开”检查,2024年全国排查水利工程1.2万处,整改问题3200项。激励政策上,对桃花江灌区等示范项目给予500万元奖励,引导行业转型。

## 4 水利工程管理现代化的发展方向构建

### 4.1 构建智慧化管理体系

智慧化管理体系以技术深度融合为核心驱动力,在感知层不断拓展物联网的覆盖范围。以淮河流域为例,大规模部署了5000余套各类传感器,精心构建起空地一体化的监测网络,实现了对水位、流量等12项关键指标的全面、实时监测。数据层则致力于建立省级水利数据共享平台,整合水文、气象等23类海量数据,并制定统一、严格的数据标准,像水位数据精度要求 $\leq 1$ 厘米,传输延迟控制在 $\leq 5$ 秒,有效打破了长期以来存在的“数据孤岛”现象。应用层开发出三大核心系统,智慧调度系统依据精准数据实现灌溉用水的科学精准配置,桃花江灌区应用后灌溉水利用系数从0.58提升至0.72;智能维护系统借助AI算法生成科学合理的设备维护计划,溧史杭灌区水泵机组维护成本因此降低32%;应急指挥系统能在突发事件发生时实现“分钟级”快速响应,淮河防汛应急调度效率提升80%。设计层面,积极推广数字孪生全流程应用,从规划建模到运行仿真,全方

位实现工程全生命周期的数字化管控。保障层则着重加强网络安全防护,采用先进的数据加密技术和严格的访问权限管控,确保水利数据安全无虞。

#### 4.2 完善协同化管理机制

协同化管理机制致力于打破多重管理壁垒,实现高效协同运作。横向协同方面,建立起水利、发改、财政、生态环境等多部门会商制度,以淮河防汛指挥部为例,每月定期召开协调会,2024年成功解决跨部门问题46项,其中联合生态环境部门制定的“洪水期水质保障方案”,使淮河干流COD浓度控制在20mg/L以内。纵向协同明确划分中央与地方的权责,中央负责大型水利工程的规划布局,地方承担日常管理维护工作。桃花江灌区建立“总局-管理所-村站”三级联动机制,通过“村站收集诉求、管理所制定方案、总局统筹调度”的流程,指令传达效率大幅提升80%,农户用水问题解决周期从3天缩短至1天。社会协同搭建起公众参与平台,开发“智慧水利”APP,桃花江灌区农户可便捷在线申请用水、反馈问题,平台响应率高达100%;同时与河海大学合作建立技术支撑基地,为灌区提供数字孪生模型优化服务。构建“政府主导、企业运营、社会参与”的多元管理模式,淠史杭灌区由政府监管、北控水务负责运营,农户成立用水合作社参与监督,管理效能显著提升40%,灌溉保证率从85%提升至98%。

#### 4.3 打造绿色化管理范式

绿色化管理范式贯穿水利工程管理全流程。规划设计阶段,开展生态专项评价,优先生态友好方案。如桃花江灌区渠道规划绕行生态敏感区,减少植被破坏;坝体设计采用复合结构,兼顾安全与生态,周边植被覆盖率高。运行调度阶段,保障生态基流,淮河干流保障率高;水利与渔业部门联合,依四大家鱼产卵期调整泄流,使其繁殖量增长。维护阶段推广环保技术,淠史杭灌区用生物防治减少农药使用,建设生态廊道,增加鸟

类种类。建立绿色评价体系,将关键生态指标纳入考核,权重不低于30%,新疆伊犁河谷灌区获省级水利绿色示范工程称号,推动水利工程向生态友好转型<sup>[4]</sup>。

#### 4.4 构建普惠化管理格局

普惠化管理以民生为核心。区域覆盖上,加大对农村及偏远地区投入,新疆改造南疆小型灌区,提升灌溉保证率,组建维护队伍。群体保障方面,制定差异化政策,桃花江灌区农业水价低于工业,济南实行阶梯水价并减免困难群众水费。服务提升上,推行“线上+线下”模式,淠史杭灌区农户通过APP申请用水,办理时间缩短,设立便民服务点。此外,开展水利知识宣传,组织“节水进农户”活动,覆盖多省村庄,农户节水意识提升,用水量降低,逐步构建全民共享的水利服务体系。

#### 结束语

水利工程管理现代化是保障水安全、服务民生的关键。从桃花江灌区的智能调度到淮河的精准防洪,实践已证明技术赋能与制度创新的显著成效。当前,智慧化、绿色化转型已进入攻坚期,未来需持续构建全流程智慧体系,依托数字孪生与AI技术提升效能;完善多元协同机制,凝聚管理合力;坚守生态底线,打造绿色工程;聚焦民生需求,推动成果普惠。各方需携手推进技术迭代、机制完善与模式创新,让水利工程既保安全、又惠民生,为经济社会可持续发展筑牢水利根基。

#### 参考文献

- [1]张钰.水利工程管理的现代化发展及方向探究[J].建筑与施工,2024,3(23):200-201.
- [2]钟洋.水利工程管理的现代化发展及方向[J].现代装饰,2022(26):172-174.
- [3]黄汉钦.农村水利工程管理中存在的问题及改进方向[J].水上安全,2024(15):136-138.
- [4]滕富荣.现代化水利工程管理现状及改进建议[J].农业机械,2022(1):74-76.