

# 水利工程管理现代化与精细化融合路径研究

史东祥 李广杰

开封黄河河务局兰考黄河河务局 河南 开封 475300

**摘要:**随着我国经济社会高质量发展和生态文明建设深入推进,传统粗放型水利工程管理模式已难以满足新时代对水资源高效利用、防洪减灾能力提升以及水生态安全保障的综合需求。水利工程管理亟需向现代化与精细化深度融合的方向转型。本文在系统梳理水利工程管理现代化与精细化内涵的基础上,分析当前我国水利工程管理中存在的主要问题,深入探讨二者融合的必要性及可行性,并从制度机制、技术支撑、人才建设、标准体系及运行模式等维度提出融合发展的具体路径。研究表明,通过构建“制度—技术—人才—标准—模式”五位一体的融合体系,可有效推动水利工程管理从经验驱动向数据驱动、从被动响应向主动预警、从分散管理向协同治理转变,全面提升水利工程全生命周期管理水平,为国家水安全战略提供坚实支撑。

**关键词:**水利工程;管理现代化;管理精细化;融合路径;智慧水利;数字孪生

## 引言

水利工程是保障国家水安全、支撑经济社会可持续发展的基础设施命脉。长期以来,我国水利工程建设取得了举世瞩目的成就,建成了一大批水库、堤防、灌区、泵站等重大水利工程,在防洪抗旱、供水灌溉、生态保护等方面发挥了不可替代的作用。然而,与工程建设的高速发展相比,工程管理相对滞后,普遍存在“重建设、轻管理”的倾向,管理方式粗放、信息化水平不高、运维效率低下等问题日益凸显。进入新发展阶段,国家对水资源管理提出了更高要求。《“十四五”水安全保障规划》明确提出要“推进水利工程标准化、规范化、智能化管理”,《关于推进水利工程标准化管理的指导意见》进一步强调以“标准化促精细化、以信息化促现代化”。在此背景下,推动水利工程管理现代化与精细化深度融合,不仅是提升工程运行效能、延长工程寿命、降低运维成本的现实需要,更是实现国家水治理体系和治理能力现代化的战略选择。

## 1 水利工程管理现代化与精细化的内涵辨析

### 1.1 水利工程管理现代化的内涵

水利工程管理现代化是指运用现代管理理念、先进科学技术和制度创新手段,对水利工程的规划、建设、运行、维护、调度、安全等全生命周期进行系统化、集成化、智能化管理的过程。其核心在于突破传统经验主义和行政主导的局限,转向以系统思维、风险意识和生态价值为导向的治理范式。在理念层面,现代化强调从单一工程安全向流域系统安全、从资源供给向服务保障、从工程本位向人水和谐的整体转变;在制度层面,要求建立权责清晰、流程规范、监督闭环的现代水利治

理架构;在技术层面,则依托物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术,实现感知—分析—决策—执行的闭环智能管理;在组织层面,倡导专业化分工与跨部门协同,推动管理组织由层级化向扁平化、网络化演进。因此,现代化并非单纯的技术升级,而是一场涵盖理念、制度、技术与组织的系统性变革。

### 1.2 水利工程管理精细化的内涵

水利工程管理精细化源于精益管理思想,强调在管理过程中注重细节、量化指标、流程优化和持续改进。其本质是以最小资源投入获取最大管理效能,通过将宏观目标分解为可操作、可测量、可追溯的微观任务,实现管理过程的可控与可预期。精细化管理要求管理者不仅关注“是否完成”,更关注“如何完成”“完成质量如何”以及“能否持续优化”。例如,在水库调度中,精细化不仅体现为按计划放水,更体现在对来水预测精度、闸门启闭时序、下游生态流量保障等环节的精准控制;在工程巡检中,不仅要求按时巡查,还需记录设备振动频率、渗漏量变化、混凝土碳化深度等量化参数,并建立历史趋势分析模型<sup>[1]</sup>。这种“精、准、细、严”的管理风格,使得每一项操作都有标准、每一个环节都有责任人、每一组数据都有用途,从而显著提升管理的科学性与可靠性。

### 1.3 现代化与精细化的关系

现代化与精细化并非并列或割裂的概念,而是互为前提、相互促进的有机整体。现代化为精细化提供了制度保障与技术平台,使原本依赖人工经验的精细操作得以通过自动化、智能化手段规模化复制;而精细化则为现代化落地提供了实施抓手与评价尺度,确保先进技术

不流于形式、制度设计不悬于空中。可以说，没有精细化的现代化容易陷入“高大上但不实用”的困境，而缺乏现代化支撑的精细化则难以突破人力与效率的瓶颈。唯有将二者深度融合，才能真正构建起既具前瞻性又具操作性的现代水利工程管理体系。

## 2 当前水利工程管理存在的主要问题

尽管近年来水利管理取得一定进展，但对照现代化与精细化的要求，仍存在诸多短板。首先，管理理念普遍滞后，部分基层管理单位仍停留在“看水守闸”的传统思维定式中，缺乏对工程全生命周期成本、老化风险、生态影响等现代管理要素的系统认知，导致预防性维护缺失、应急响应被动。其次，信息化建设呈现“两极分化”态势：大型骨干工程虽已开展智慧化试点，但大量中小型水库、山塘、灌区仍依赖纸质台账与人工巡检，数据采集碎片化、更新滞后，难以形成统一的数据资产，更无法支撑智能决策。再次，现行管理标准体系侧重于工程结构安全，对运行效率、能耗控制、服务质量、生态流量保障等精细化指标覆盖不足，且标准更新机制僵化，难以适应技术迭代与管理需求变化。此外，人才队伍结构性矛盾突出，基层管理人员年龄偏大、知识结构单一，既懂水利工程又掌握信息技术的复合型人才严重匮乏，制约了新技术应用与管理模式创新。最后，运维资金保障长期不足，财政投入重心偏向新建项目，运行维护经费常被压缩甚至挪用，导致设备老化失修、监测系统瘫痪，形成“小病拖大、大病难医”的恶性循环，严重影响工程安全与效益发挥。

## 3 现代化与精细化融合的必要性及可行性

面对日益复杂的水安全挑战，推动水利工程管理现代化与精细化融合已成为一项紧迫而必要的战略任务。一方面，全球气候变化加剧了极端降雨、干旱等水文事件的频次与强度，传统“凭经验、靠人力”的管理模式已难以应对突发险情，必须依靠精细化监测与现代化调度实现精准预警与快速响应；另一方面，我国水资源禀赋先天不足，人均水资源量仅为世界平均水平的四分之一，必须通过精细化配水、智能灌溉、管网漏损控制等手段，最大限度提升用水效率，支撑经济社会高质量发展<sup>[2]</sup>。更重要的是，国家水网建设、流域综合治理等重大战略的实施，要求水利工程从孤立节点转变为协同网络，这只有在统一标准、共享数据、智能联动的现代化精细化管理体系下才能实现。值得庆幸的是，融合发展的条件已日趋成熟。政策层面，《智慧水利建设规划》《数字孪生流域建设技术大纲》等文件为融合提供了顶层设计保障；技术层面，5G通信、北斗定位、

边缘计算、轻量化AI算法等技术的成本大幅下降，使得中小型水利工程也能承担起智能化改造；实践层面，浙江、江苏、广东等地已开展卓有成效的试点探索，积累了可复制、可推广的经验。这些因素共同构成了融合发展的坚实基础。

## 4 融合发展的路径构建

基于问题导向与目标导向，本文提出“五位一体”的融合路径体系，旨在系统性破解当前管理困境。

### 4.1 制度机制融合：构建协同高效的治理体系

制度是融合发展的根本保障。应加快修订《水库大坝安全管理条例》等法规，将精细化管理要求如数据采集频率、设备维护周期、生态流量保障等纳入法律框架，并制定《水利工程精细化管理导则》，明确各环节操作规范。同时，应深化管理体制变革，推行“管养分离+专业运营”模式，通过政府购买服务或PPP等方式引入专业化运维公司，使管理主体聚焦监督考核，作业主体专注技术服务，提升整体专业化水平。此外，必须建立以绩效为导向的考核激励机制，将工程安全率、供水保证率、生态达标率、单位能耗等精细化指标纳入河长制、最严格水资源管理制度等考核体系，实行奖优罚劣，形成“干好干坏不一样”的鲜明导向。

### 4.2 技术支撑融合：打造智慧水利数字底座

技术是融合发展的核心引擎。应依托省级或流域级水利云平台，整合BIM、GIS、IoT等多源数据，构建覆盖全域水利工程的“一张图、一个库、一平台”数字底座，打破信息孤岛。在此基础上，重点推进数字孪生技术在大型水库、重要堤防、骨干灌区的应用，通过高保真建模实现物理工程与虚拟模型的实时映射，支持洪水演进仿真、调度方案比选、风险隐患推演等高级应用<sup>[3]</sup>。对于数量庞大的中小型工程，则应推广低成本、低功耗的智能传感器与边缘计算节点，使其具备本地化数据处理与异常自动报警能力，降低对中心平台和通信网络的依赖，实现“广覆盖、低成本、高可靠”的智能感知。

### 4.3 人才建设融合：培育复合型管理队伍

人才是融合发展的关键支撑。当前亟需实施“水利+IT”交叉培训计划，联合高校、科研院所和科技企业，对现有管理人员开展数据素养、智能设备操作、系统运维等专项培训，提升其数字技能。在大型工程可试点设立“精细化管理首席工程师”岗位，统筹技术标准制定、系统部署与日常运维，发挥技术引领作用。同时，应推动基层岗位操作标准化，编制《水利工程精细化操作手册》，将巡检路线、记录格式、报告模板等固化为标准动作，通过“傻瓜式”操作降低人为误差，确保精

细化要求在末端有效落地。

#### 4.4 标准体系融合：建立全要素管理规范

标准是融合发展的尺度依据。应构建“三级四维”的标准框架：“三级”指国家、流域、工程三个管理层级，确保标准既有统一性又有适应性；“四维”涵盖安全、效率、生态、服务四大管理维度，全面反映现代水利工程的多元价值。在此框架下，可推行“清单化+二维码”管理模式，为每台设备、每段堤防生成唯一身份二维码，扫码即可调取其全生命周期档案，包括设计参数、维修记录、检测报告、责任人信息等，实现“一物一码、全程可溯”，大幅提升管理透明度与追溯效率。

#### 4.5 运行模式融合：创新全生命周期管理

运行模式是融合发展的实践载体。应将精细化理念前移至工程设计阶段，在初步设计中即预留传感器安装位置、设置标准化数据接口、规划智能控制系统，避免后期“打补丁”式改造。在运行维护阶段，应强化预防性维护，基于设备运行数据构建健康度评估模型，通过机器学习预测故障概率，变“坏了再修”为“该修就修”，显著延长设备寿命、降低突发故障风险<sup>[4]</sup>。此外，可探索“保险+服务”新模式，引入水利工程保险机制，保险公司为降低赔付风险，将主动参与日常巡检与风险评估，形成政府监管、专业运维、市场监督三方协同的治理合力。

### 5 案例分析：浙江省水利工程标准化管理实践

浙江省自2016年起全面推进水利工程标准化管理，率先实现全省1.3万余座水利工程“工程有人管、资金有保障、制度有落实、责任有追究”，为现代化与精细化融合提供了生动范例。该省首先从制度入手，出台《浙江省水利工程标准化管理验收办法》，系统规定了工程管理的9大类128项具体标准，涵盖人员配备、经费保障、操作规程、应急管理等方面，为精细化提供了明确依据。其次，依托“浙水安澜”APP，实现了巡查打卡、问题上报、任务派发、整改反馈的全流程线上闭

环管理，大幅提升了管理效率与透明度。在资金保障方面，省级财政每年安排专项资金，按工程类别和规模给予定额补助，确保“有钱办事”。更重要的是，将标准化管理成效纳入河长制和最严格水资源管理制度考核，与地方领导干部政绩挂钩，形成了强有力的倒逼机制。截至2024年，浙江水利工程安全事故率下降60%，运维成本平均降低15%，群众满意度显著提升，充分验证了融合路径的可行性与优越性。

### 6 结语

水利工程管理现代化与精细化融合是破解当前管理困境、服务国家战略的必由之路。本文研究表明，融合不是简单叠加，而是系统重构，需从制度、技术、人才、标准、模式五个维度协同发力，构建有机统一的管理体系。未来，随着人工智能大模型、量子传感、区块链等前沿技术的发展，水利工程管理将向更高阶的“自主智能管理”演进。建议下一步重点开展以下工作：加快数字孪生流域建设，实现从单工程到流域系统的整体智治；推动管理标准国际化，参与全球水治理规则制定；探索碳汇水利工程管理，将碳排放纳入精细化考核指标；加强跨部门数据共享，打通水利与气象、应急、农业等部门壁垒。唯有持续深化融合创新，方能真正实现“让每滴水都发挥最大效益，让每座工程都安全高效运行”的治理目标，为美丽中国建设和中华民族永续发展筑牢水安全基石。

### 参考文献

- [1]陈琳.水利工程管理现代化与精细化建设路径探究[J].工程建设与设计,2024,(16):239-242.
- [2]张键,唐雨竹.北京地区水利工程管理现代化与精细化建设路径研究[J].水利技术监督,2024,(07):102-105.
- [3]潘俞静.水利工程管理现代化与精细化分析[J].河南水利与南水北调,2024,53(07):86-87.
- [4]林立.探讨水利工程建设管理现代化与精细化建设的思考分析[J].陕西水利,2022,(09):177-178.