

中小型水利水电工程的管理措施

周宇博

福建省永川水利水电勘测设计院有限公司湖北分公司 湖北 武汉 430040

摘要：中小型水利水电工程在区域水资源调配中作用关键，其管理需结合功能差异与全生命周期特性。本文围绕工程分类与特征，从前期规划、施工、运维及生态保护等环节提出针对性措施，强化技术与工艺创新、信息化融合及团队建设。通过制度、资源、监督三重保障体系，确保措施有效落地，推动工程向安全、经济、生态方向持续优化，为类似工程管理提供实践参考。

关键词：中小型水利水电工程；全生命周期管理；技术与工艺创新；可持续性

引言：中小型水利水电工程分布广泛，涉及灌溉、防洪、发电及供水等多种功能，是区域经济社会发展的重要支撑。然而，受规模限制，其抗风险能力较弱，管理难度较大。当前，工程管理中普遍存在规划不科学、施工粗放、运维滞后及生态保护不足等问题，制约了工程效益的充分发挥。因此，需系统梳理管理要点，构建全生命周期管理体系，以提升工程安全性、经济性与可持续性。

1 中小型水利水电工程管理基础框架

1.1 工程分类与核心特征

1.1.1 按功能分类

中小型水利水电工程功能差异显著。灌溉工程通过引水渠系、提水泵站及田间配水网络优化水资源时空分配，解决农业用水季节性短缺问题^[1]。防洪工程依托堤防加固、水库调蓄及分洪区建设构建防洪体系，降低洪涝灾害对人口密集区影响。发电工程利用水能资源建设径流式或蓄水式水电站，为区域电网提供清洁能源。供水工程通过取水枢纽、水处理设施及输配水管网满足城乡生活与工业用水需求，强调水质安全与供水稳定性。不同功能工程在设计标准、设备配置及效益评价上需差异化。

1.1.2 规模与结构特点

中小型工程规模以坝高、库容及装机容量为关键参数。水库工程坝高通常15米至30米，总库容100万立方米至1000万立方米，装机容量低于5000千瓦。坝体结构以土石坝、混凝土重力坝为主，前者适应就地取材需求，后者适用于地质复杂区域。输水建筑物多采用涵管或隧洞，金属结构设备以闸门、启闭机为主。相较于大型工程，中小型工程建设周期短、投资规模小，但抗风险能力依赖精细化维护，需通过定期检测与及时修复保障结构稳定。

1.1.3 区域分布与环境适应性要求

中小型工程分布需适应地理与气候差异。丘陵山区工程面临地形高差大、施工通道狭窄问题，需重点解决土石方平衡与边坡稳定；平原圩区工程需协调排水体系与防洪标准，避免内涝与外洪叠加；城市周边工程需兼顾供水安全与生态景观，减少对城市环境影响。环境适应性方面，工程选址避开生态敏感区，施工期落实水土保持措施，运行期建立生态流量保障机制。例如，北方工程强化抗冻设计，南方工程注重防渗处理，以适应区域气候特征。

1.2 管理目标与原则

1.2.1 安全性

安全性管理聚焦结构稳定与防洪能力。结构稳定要求坝体沉降变形监测数据符合安全范围，混凝土结构裂缝宽度达标，土石坝浸润线低于设计值。防洪能力需确保泄洪建筑物过流能力满足校核洪水位标准，闸门启闭设备运行可靠，应急预案完备。通过常态化安全评估与汛期值班巡查，及时消除结构隐患，保障工程本体及下游区域安全。

1.2.2 经济性

经济性管理强调全生命周期成本优化。建设阶段优先选用本地材料，优化施工组织设计以缩短工期；运行阶段实施预防性维护，减少突发故障损失，推广节能降耗技术；技术升级阶段引入智能监控系统提升效率。通过成本构成分析识别关键控制点，例如将设备维护成本占比控制在合理区间，确保投资效益最大化。

1.2.3 可持续性

可持续性管理要求生态保护与长期运行能力并重。生态保护方面，规划阶段开展环境影响评价，施工阶段控制扬尘与废水排放，运行阶段保障下游生态流量。长期运行能力建设包括完善老化病害防治体系，定期更

新改造设备；培养专业技术人才队伍；健全制度标准体系。通过三重目标协同，推动工程向安全、经济、生态友好方向演进。

2 工程全生命周期管理措施

2.1 前期规划与设计阶段

在工程前期规划与设计阶段，需求分析与可行性研究是奠定项目科学性的基石。需系统开展区域水资源供需平衡测算，通过长期水文数据与用水需求模型，精准评估水资源承载能力，为工程功能定位提供量化依据。功能定位需结合区域发展需求，明确灌溉、防洪、发电或供水等核心目标，并以此论证工程规模合理性，避免过度建设或功能不足^[2]。设计优化需贯穿风险预控理念，通过地质勘察与水文分析精细化，识别潜在地质灾害风险，如断层分布、软土层厚度等，为结构安全设计提供详实参数。多方案比选应综合技术可行性、经济合理性及环境友好性，采用层次分析法或生命周期成本法，筛选最优方案。审批流程需严格遵循合规性管理要求，建立设计文件分级审查机制，确保各阶段成果符合行业标准与政策规范。跨部门协调是保障方案可行性的关键，需整合水利、环保、农业等部门意见，平衡水资源利用与生态保护需求，形成协同管理合力。

2.2 施工阶段管理

施工阶段管理需以动态施工计划编制为核心，结合雨季、汛期等季节性特征，优化工序衔接与资源调配。人力与设备配置需通过工效分析模型，实现需求预测与动态调整，避免资源闲置或短缺影响进度。质量管控需建立关键工序质量控制点体系，如基础处理阶段强化地基承载力检测，混凝土浇筑阶段控制温度裂缝风险，通过实时监测与过程验收确保质量达标。进度偏差预警机制应基于挣值分析法，对比计划进度与实际进度差异，及时触发调整措施，如增加资源投入或优化施工顺序。安全管理需构建危险源分级管控体系，针对高处作业、爆破施工等高风险环节，制定专项防护方案并强化现场监督。成本管理需实施动态监控，通过材料消耗台账与机械台班记录，分析成本偏差原因，采取限额领料或设备租赁优化等措施控制支出。

2.3 运行维护阶段管理

运行维护阶段需建立日常监测与调度协同机制，通过水位、流量、沉降等参数实时监测，结合气象预报与用水需求，动态优化调度方案，平衡灌溉、发电与生态用水需求。设备维护应推行预防性维护计划，依据设备运行周期与故障规律，制定闸门润滑、发电机检修等标准化作业流程，延长设备使用寿命。老旧设备淘汰需

建立技术经济评估模型，综合剩余寿命、维修成本与更新收益，确定淘汰标准与更新流程。病害防治需针对渗漏、裂缝、冲刷等常见问题，选择灌浆加固、锚固补强或表面防护等修复技术，修复方案需通过实验室试验验证材料适配性与施工可行性。

2.4 生态与环保管理

生态流量保障需基于生态需水计算模型，确定最小下泄流量并建立动态调整机制，通过闸门控制与流量监测，维护河流生态系统健康。生态监测应覆盖鱼类洄游、水质变化等指标，为流量调整提供科学依据^[3]。污染防治需分阶段实施，施工期通过扬尘覆盖、废水处理与固废分类处置，减少对周边环境的影响；运行期通过藻类防控与沉积物清理，维持水质稳定。水土保持需结合工程特点，采用植草护坡、挡土墙防护等生物与工程措施，优化排水系统设计，降低雨水冲刷导致的水土流失风险，实现工程建设与生态保护双赢。

3 专项管理措施强化

3.1 技术与工艺创新

核心技术应用是推动工程管理水平跃升的关键驱动力。新型筑坝材料研发方面，胶结砂砾石凭借就地取材便利性与力学性能优势，逐步替代传统筑坝材料，通过优化胶凝材料配比与压实工艺，显著提升坝体抗渗性与耐久性。智能化监测设备普及为工程安全提供实时保障，分布式传感器网络可实现坝体变形、渗流压力等参数的连续监测，无人机巡检系统则突破地形限制，对隐蔽工程缺陷进行高效识别。技术问题应急处理需构建快速响应机制，针对管涌、滑坡等突发险情，制定分级处置预案，明确险情识别标准与处置流程，确保在黄金时间内启动封堵、反滤等工程措施。应急物资储备管理需建立动态台账，依据风险等级与历史险情数据，确定物资种类与储备量，并通过区域联储联调机制，实现跨工程资源快速调配，提升整体应急保障能力。

3.2 信息化与智能化建设

管理平台搭建是信息化建设的核心载体，需围绕工程运行需求设计模块功能。运行数据模块集成水位、流量、设备状态等实时信息，为调度决策提供数据支撑；物资管理模块实现采购、库存、消耗全流程追踪，优化资源配置效率；人员考勤模块通过生物识别技术强化现场管理，确保人员履职到位。数据集成与共享需突破系统壁垒，通过标准化接口设计实现监测系统、办公系统与维护系统的数据互通，构建“一数一源”数据治理体系，避免信息孤岛与重复录入。智能化技术融合方面，BIM技术通过三维建模与碰撞检测，提前发现设计冲突

与施工难点,减少变更成本;大数据分析依托历史运行数据与机器学习算法,实现设备故障预测与调度方案优化,推动管理从被动响应向主动预防转变。数字化能力提升需双管齐下,一方面开展系统操作与数据分析专项培训,提升管理人员数字素养;另一方面完善网络安全防护体系,通过数据加密、访问控制与定期渗透测试,筑牢信息安全防线。

3.3 人员与团队管理

岗位配置与培训是团队效能发挥的基础保障。关键岗位资质管理需建立标准化认证体系,安全员需通过安全生产知识考核与应急处置能力评估,设备操作员需取得特种作业操作证并定期复审,确保人员能力与岗位需求匹配。技能培训内容需紧跟技术发展趋势,除传统工艺操作外,增加新型材料应用、智能化设备维护等课程,并通过实操演练强化培训效果。绩效考核与激励是激发团队活力的关键手段,考核指标设计需兼顾结果导向与过程管理,工作质量指标涵盖任务完成度与成果合规性,效率指标聚焦资源利用率与工期控制,创新性指标鼓励技术改进与管理优化。奖惩机制实施需注重公平性与及时性,对表现优异者给予物质奖励与晋升机会,对未达标者开展帮扶改进,形成“比学赶超”的良好氛围^[4]。通过岗位、培训、考核三位一体管理,打造一支技术精湛、结构合理、富有创新精神的工程团队。

4 管理措施实施保障

4.1 制度保障

制度体系构建是管理措施落地的基础支撑。内部管理制度需覆盖工程全生命周期,巡查制度应明确检查频次、内容与责任主体,通过日常巡查与专项检查结合,及时发现设备老化、结构损伤等隐患;维护制度需细化预防性维护与修复性维护流程,依据设备运行周期与故障规律制定维护计划,延长使用寿命;应急制度需针对自然灾害、事故灾难等场景,编制应急预案并定期演练,确保突发情况下快速响应与有效处置。外部协作机制需突破组织边界,与政府部门建立政策对接与审批绿色通道,加速项目落地;与社区构建沟通反馈渠道,通过公众参与机制平衡工程建设与民生需求;与科研机构开展技术合作,引入前沿监测技术与分析模型,提升管理科学化水平。通过内外制度协同,形成覆盖责任划分、流程规范与资源整合的完整管理体系。

4.2 资源保障

资源保障是管理措施持续运行的核心支撑。资金分配需遵循战略导向原则,安全投入作为优先级事项,确

保隐患治理与应急能力建设资金充足;生态投入需满足环保合规要求,支持污染防控与生态修复项目;技术升级投入需聚焦智能化监测、数据分析等关键领域,推动管理效能提升。物资储备与管理需建立动态平衡机制,备品备件储备依据设备故障率与维修周期确定,采用ABC分类法优化库存结构,避免积压与短缺;应急物资储备需结合风险评估结果,储备砂石料、抢险设备等物资,并建立区域联储机制,实现跨工程资源调配。通过资金与物资的精准配置,为管理措施实施提供坚实物质基础。

4.3 监督与改进

监督与改进是管理措施持续优化的关键环节。定期管理评审需以目标为导向,通过数据对比与现场核查,评估管理措施在质量、安全、效率等方面的达成度,识别偏差原因并制定整改计划,形成“计划-执行-检查-改进”闭环。持续改进机制需强化经验反馈,建立问题台账与改进案例库,将典型问题处理经验转化为标准化流程;通过流程优化工具如ECRS分析法,消除冗余环节,提升管理效率。同时,引入第三方评估机构开展独立审查,提供客观改进建议,推动管理措施向更高水平迭代^[5]。通过监督与改进的双向驱动,确保管理措施始终适应工程发展需求与环境变化挑战。

结束语

中小型水利水电工程管理需以全生命周期为主线,通过精细化规划、动态化施工、智能化运维及生态化保护形成闭环体系。技术层面,新型材料与智能设备的应用显著提升工程安全性与运行效率;管理层面,信息化平台与数据驱动的决策模式推动管理向主动预防转型;团队层面,专业化人才与科学考核机制为措施落地提供人力保障。三者协同发力,辅以制度、资源与监督的持续优化,可实现工程效益最大化与可持续发展目标。

参考文献

- [1]李雪娇.中小型水利水电工程管理措施[J].建材与装饰,2026,22(4):151-153.
- [2]徐敏.中小型水利工程竣工验收中档案管理存在的问题及对策[J].档案管理,2022(4):121-122.
- [3]张骞文,李青.水利工程中小型水库除险加固设计研究[J].水上安全,2025(13):13-15.
- [4]谢伟满.浅谈水利水电工程中的水库加固施工管理[J].建筑工程技术与设计,2021(11):1618.
- [5]林浩祥.中小型水闸管理工作存在的问题及应对措施[J].建筑工程技术与设计,2021(33):2158-2159.