

现代化水利水电施工技术管理应用

宗桐冰 谭志辉 郑传奇

湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：现代化水利水电施工技术在提升工程效率、保障质量、增强安全及降低成本方面发挥着关键作用。关键技术涵盖GNSS、GIS、BIM、智能装备及生态友好型技术等。然而，当前技术管理应用存在管理体系不完善、资源配置不合理、质量控制不到位及安全管理存在漏洞等问题。为解决这些问题，需完善技术管理体系，明确管理职责；优化资源配置，强化人才与设备支撑；加强质量控制，严格验收标准；强化安全管理，提升应急能力；并推动技术创新，赋能智慧水利，以促进水利水电工程高质量发展。

关键词：现代化水利水电；施工技术管理；问题与策略

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对经济发展和社会稳定具有深远影响。随着科技的进步，现代化水利水电施工技术不断涌现，为工程高效、优质、安全、经济建设提供了有力支撑。然而，技术管理的应用仍面临诸多挑战，如管理体系不健全、资源配置失衡、质量控制与安全管理存在短板等。这些问题制约了水利水电工程的可持续发展。因此，深入探讨现代化水利水电施工技术管理应用，提出针对性策略，对于提升工程管理水平、推动智慧水利建设具有重要意义。

1 现代化水利水电施工技术管理重要性

1.1 提高施工效率

现代化水利水电施工技术管理借助先进的信息技术与科学规划手段，能对施工流程进行精准设计与优化。通过合理安排各施工环节顺序、调配资源，减少施工中的等待与闲置时间。例如利用项目管理软件，实时监控进度并动态调整计划，确保各工序紧密衔接。同时，先进施工设备与工艺的应用，大幅缩短了单项作业时间，使整体施工周期明显缩短，显著提高了施工效率，助力项目按时甚至提前交付使用。

1.2 保障施工质量

科学有效的施工技术管理是保障水利水电工程质量的关键。通过建立严格的质量管控体系，从原材料采购、检验，到施工工艺执行、工序验收等各环节，都进行细致规范与监督。借助先进检测技术与设备，能及时发现质量问题并采取措施整改。如采用无损检测技术对混凝土内部缺陷进行检测，确保结构安全。

1.3 增强施工安全

水利水电施工环境复杂，存在诸多安全风险。现代化施工技术管理注重安全预防与控制，通过制定完善的

安全管理制度与操作规程，加强安全教育培训，提高施工人员安全意识。利用安全监测技术，如对施工现场的边坡稳定、基坑支护等进行实时监测，及时发现安全隐患并预警。同时，配备先进的安全防护设备与应急救援设施，降低事故发生概率，确保施工人员生命安全，为工程顺利推进提供安全保障^[1]。

1.4 降低工程成本

合理的施工技术管理能够从多方面降低水利水电工程成本。在施工准备阶段，通过精准的工程预算与资源规划，避免资源浪费与过度采购。施工过程中，优化施工方案与工艺，提高材料利用率，减少返工与维修费用。例如采用新型模板技术，可多次周转使用，降低模板成本。此外，科学的进度管理可缩短工期，减少管理费用与设备闲置成本。

2 现代化水利水电施工关键技术

2.1 GNSS技术

GNSS（全球导航卫星系统）技术通过多卫星系统融合实现厘米级至毫米级高精度定位，支持水利工程全生命周期形变监测。其核心设备集成多频天线、低功耗处理器与多模通信模块，可同时接收GPS、北斗等系统信号，通过载波相位差分（RTK）与精密单点定位（PPP）混合算法消除误差，实现实时三维坐标解算。数据通过4G/北斗短报文双链路传输至云端平台，结合卡尔曼滤波算法平滑多路径效应干扰，生成位移-时间曲线与风险评估报告。该技术具备全天候监测能力，可部署于大坝坝体、边坡及地下洞室等关键部位，实时捕捉渗流、地震或温度变化引起的微小形变，为工程安全提供数据支撑。

2.2 GIS技术

GIS（地理信息系统）技术通过空间数据与属性信息的有机整合，构建水利工程三维可视化模型，支持施工

过程动态模拟与风险预测。其核心功能包括地形建模、水文分析及生态评价：通过数字高程模型（DEM）生成坝区地形，结合水文模块模拟洪水演进与库容变化；利用空间分析工具评估工程对水源涵养、土壤侵蚀等生态指标的影响，优化水库规模与水位设计。施工阶段，GIS可集成进度、质量与设备数据，生成三维施工面貌图，实时展示洞室开挖、混凝土浇筑等工序的空间逻辑关系，辅助管理人员优化资源配置。

2.3 BIM技术

BIM（建筑信息模型）技术通过三维数字化模型整合设计、施工与运维信息，实现全生命周期协同管理。设计阶段，BIM可生成包含地形、结构、机电系统的多专业模型，通过碰撞检测功能提前发现管道冲突、钢筋间距不足等问题，减少设计变更；施工阶段，BIM模型关联进度计划与资源需求，模拟混凝土浇筑、设备安装等工序，优化施工顺序与工时分配；运维阶段，模型集成设备维护记录与监测数据，支持故障预测与寿命评估。其与GIS、物联网的融合，使管理人员可通过移动端实时查看工程状态，快速响应异常，提升决策效率。此外，BIM技术通过参数化设计降低材料浪费，结合成本模块实现动态预算控制，提升项目经济效益。

2.4 智能装备技术

智能装备技术通过自动化、物联网与AI算法提升施工精度与安全性。智能化掘进机配备高精度传感器与自适应控制系统，可根据地质条件实时调整钻进参数，实现隧道精准开挖；智能混凝土搅拌车通过自动化配料与输送系统，确保混凝土质量均匀性，减少人工干预误差；无人机巡检系统搭载高清摄像头与激光雷达，快速完成大面积地形测绘与质量检测，效率较人工提升10倍以上。施工管理平台集成设备运行数据、环境参数与人员定位信息，通过大数据分析预测设备故障，优化维护计划。此外，智能装备采用电动化与轻量化设计，降低能耗与碳排放，符合绿色施工要求。其与5G、数字孪生技术的结合，推动施工现场向“智慧工地”转型。

2.5 生态友好型技术

生态友好型技术通过仿生设计与绿色工艺最小化工程对环境的影响。生态护坡采用多孔混凝土或植被基材，为水生生物提供栖息空间，同时增强河岸抗冲刷能力；鱼类洄游通道设计模拟自然流态，通过螺旋坡道与休息池降低洄游阻力，提升物种通过率；可降解土工布在施工结束后自然分解，避免二次污染。施工阶段，采用高压喷射灌浆技术加固地基，减少水泥用量30%，降低碳排放；植被恢复选用本土物种，通过客土喷播与滴灌

系统提升成活率，快速恢复生态功能。此外，生态友好型技术结合环境监测数据，动态调整施工方案，例如避开鱼类繁殖期进行水下作业，平衡工程效益与生态保护需求，推动水利水电工程向可持续发展转型。

3 现代化水利水电施工技术管理应用存在的问题

3.1 技术管理体系不完善，管理职责划分模糊

当前水利水电施工技术管理体系存在结构性缺陷，缺乏顶层设计与统筹规划。各部门间技术管理流程衔接不畅，存在职责重叠或空白区域，导致技术决策与执行脱节。例如，设计、施工、监理单位的技术标准不统一，信息传递存在失真风险，影响技术方案的精准落地。同时，管理权限划分缺乏明确依据，易出现越权干预或推诿现象，削弱技术管理的权威性与效率，难以形成闭环管控机制^[2]。

3.2 资源配置不合理，技术人才短缺与设备落后并存

技术资源配置呈现结构性失衡：一方面，高端技术人才储备不足，复合型管理者（兼具水利专业与信息化技能）稀缺，导致新技术推广受阻；另一方面，基层技术人员培训体系不完善，技能更新滞后于技术迭代速度。设备层面，部分施工单位仍依赖传统机械，智能化装备渗透率低，且维护保养不足，故障率高。

3.3 质量控制不到位，验收标准执行不严

质量管控流程存在形式化倾向，部分环节缺乏量化指标与动态监测手段。例如，原材料检测频次不足，施工过程参数记录不完整，导致质量隐患难以及时发现。验收阶段，标准执行弹性空间大，部分单位为赶工期降低验收门槛，对关键指标（如混凝土强度、渗流控制）的抽检比例不足，甚至存在数据造假现象。

3.4 安全管理存在漏洞，应急能力不足

安全管理制度覆盖不全，对新兴技术（如智能装备、无人机巡检）的风险评估滞后，安全操作规程未及时更新。现场监管依赖人工巡查，难以实现对高危作业（如爆破、深基坑）的实时监控。应急预案缺乏针对性演练，应急资源（如救援设备、物资储备）配置不足，且跨部门协同机制不健全。此外，安全培训内容与实际风险脱节，从业人员安全意识薄弱，违规操作现象频发，导致事故响应效率低下，次生灾害风险增加。

4 现代化水利水电施工技术管理应用的相关策略

4.1 完善技术管理体系，明确管理职责

构建覆盖全生命周期的技术管理体系，需从顶层设计入手，制定统一的技术标准与管理规范，确保设计、施工、监理等环节标准衔接。通过流程再造优化技术决策链条，明确各部门在技术方案审核、变更管理、风险

评估中的权责边界，避免职责交叉或空白。引入数字化管理平台，实现技术文档的实时共享与审批流程的透明化，提升管理效率。同时，建立技术管理责任制，将管理成效与绩效考核挂钩，强化责任追溯机制，确保技术决策的科学性与执行的有效性。

4.2 优化资源配置，强化人才与设备支撑

针对技术人才短缺问题，需构建“产学研用”一体化培养模式，加强高校与企业的合作，定向培养复合型技术人才，同时完善在职人员继续教育体系，定期组织新技术培训与技能认证。建立人才激励机制，通过薪酬倾斜、职业晋升通道等措施吸引高端人才。设备层面，加大智能化装备投入，制定设备更新计划，逐步淘汰落后机械，提升施工自动化水平。建立设备全生命周期管理系统，实现采购、使用、维护的数字化跟踪，优化设备调配效率。

4.3 加强质量控制，严格验收标准

完善质量控制体系需从源头抓起，建立原材料全链条追溯机制，强化进场检验与过程抽检，确保材料质量符合标准。施工过程中，引入智能化监测设备，实时采集混凝土浇筑、土方压实等关键参数，通过数据分析预警质量偏差。制定分级验收制度，明确隐蔽工程、分部工程、单位工程的验收标准与流程，增加第三方检测机构参与比例，确保验收结果客观公正。建立质量黑名单制度，对违规企业实施市场禁入，形成有效震慑。

4.4 强化安全管理，提升应急能力

安全管理需构建“预防-监测-响应-恢复”全流程机制。利用物联网技术对高危作业（如爆破、深基坑）进行实时监控，通过传感器采集环境数据，结合AI算法预测风险，提前采取防范措施。完善安全培训体系，采用VR模拟、案例教学等方式提升从业人员安全意识与应急技能。制定分级应急预案，明确不同风险等级下的响应流程与资源调配方案，定期组织跨部门联合演练，检验

预案可行性。建立应急物资储备库，配备无人机、智能救援设备等先进装备，提升事故处置效率。

4.5 推动技术创新，赋能智慧水利

技术创新需聚焦智能化、绿色化方向，加大在BIM、GIS、数字孪生等领域的研发投入，构建工程全要素数字化模型，实现设计、施工、运维的协同优化。推广生态友好型技术，如仿生护坡、鱼类友好型水轮机等，降低工程对生态的影响。建立技术创新激励机制，对取得突破的团队给予资金奖励与政策支持，激发创新活力。加强与科研院所的合作，共建实验室或技术中心，加速科技成果转化。同时，推动技术标准国际化，参与制定国际水利技术规范，提升中国水利技术的全球影响力^[3]。

结束语

现代化水利水电施工技术管理的深度应用，标志着行业从传统经验驱动向数据智能驱动的跨越式发展。通过GNSS、BIM、智能装备等技术的集成创新，施工精度、效率与安全性显著提升，而生态友好型技术的推广更彰显了人与自然和谐共生的理念。然而，技术迭代需与管理体系同步升级，需持续完善标准规范、强化人才培育、优化资源配置，以破解技术应用“最后一公里”难题。未来，随着数字孪生、人工智能等前沿技术的融合，水利水电工程将迈向全生命周期智慧化管理新阶段，为全球水资源治理与可持续发展提供中国方案，书写绿色基建的新篇章。

参考文献

- [1]寇燕燕.现代化水利水电施工技术管理应用研究[J].农业科技与信息,2022(02):91-93.
- [2]陈晓华.浅谈现代化水利水电施工技术管理应用[J].陕西水利,2021(03):230+236.
- [3]黄杰锋.现代化水利工程建筑施工技术难点及对策[J].工程技术研究,2020,5(15):111-112.