

基于绿色理念的水利水电施工技术和管

刘少权 赵一飞

长江河湖建设有限公司 湖北 武汉 430021

【摘要】：本文聚焦基于绿色理念的水利水电施工技术与管

【关键词】：绿色理念；水利水电施工；低影响技术；生态保护；全过程监管

DOI:10.12417/2705-0998.25.16.069

引言

在水利水电工程建设与生态保护协同发展的背景下，绿色施工理念成为行业转型的核心方向。将生态保护融入施工全过程，不仅能减少工程对自然环境的扰动，更能通过技术创新与管理优化实现资源高效利用。从低影响施工技术的应用到全流程监管体系的构建，从节能材料的选用到生态效益的显现，绿色理念贯穿于工程建设的每个环节。这一实践既推动了水利水电行业的可持续发展，也为生态友好型工程建设提供了可借鉴的实践范式。

1 基于绿色理念水利水电施工的核心价值

1.1 推动生态环境保护与修复

推动生态环境保护与修复体现在施工全过程对自然生态系统的低干扰设计与实施中。在施工选址阶段，通过生态敏感区避让、地形地貌最小化改造等措施，减少对原生植被和动物栖息地的破坏。施工过程中采用生态型开挖方式，控制开挖范围与深度，避免大规模土方扰动引发水土流失。针对施工区域的水体保护，设置截排水沟、沉淀池等设施，防止施工废水直接进入河流湖泊，同时采用生物净化技术处理现场污水，降低对水生生态系统的影响^[1]。对于施工临时占地，实施动态植被恢复方案，在工程推进过程中同步开展植被补种与土壤改良，选用乡土植物品种维持区域生态多样性。

1.2 提升工程可持续发展能力

提升工程可持续发展能力，聚焦于工程全生命周期的稳定性与适应性双重进阶。以绿色理念统领施工，从结构设计的科学优化，到环保材料的精准选用，全方位削减运营阶段的维修频次与成本。就像坝体施工，引入耐久性卓越的环保建材，大幅延长工程使用寿命，从源头规避后期重建引发的资源浪费、生态扰动等连锁问题。绿色施工技术深度融入周边自然系统，构建生态缓冲带、精细优化水资源调度，强化工程对水文变迁、气候波动的适应力，有效削弱极端天气对工程安全的冲击。与此同时，借数字化监测技术，对施工质量与运行状态进行全时追踪，潜在隐患能被及时捕捉，针对性应对举措迅速落地。以此保障工程长期稳定释放防洪、发电、灌溉等综合效益，从根

源上杜绝因功能衰减产生的重复建设、资源冗余投入，为工程可持续发展筑牢坚实根基，让水利水电工程持续赋能生态与社会发展。

1.3 助力行业绿色转型升级

助力行业绿色转型升级体现在推动水利水电行业从传统施工模式向生态友好型模式的系统性转变。通过引入绿色施工理念，行业技术研发方向实现战略性调整，企业将年度研发投入的30%以上投向低污染、高节能技术攻关，催生了生态混凝土配比优化、智能节水设备研发、低影响开挖工艺等20余项新型技术成果，这些技术经10余个示范工程验证后形成可复制的标准化技术体系。施工企业运营模式同步革新，从单纯追求工程进度和成本控制，转向兼顾生态效益的综合管理模式，头部企业普遍建立绿色施工管理部门，配备持证生态监测人员和环保工程师，构建从项目策划、施工实施到竣工验收的全流程绿色管理机制。行业竞争格局随之重塑，具备绿色施工资质的企业在招投标中中标率提升40%以上，带动行业内形成重视环保、推崇绿色技术的发展氛围，推动整个行业加速向低碳化、环保化、可持续化方向迈进，实现发展质量与生态效益的协同提升。

2 基于绿色理念的水利水电创新施工技术

2.1 低影响土方开挖与填筑技术

施工前期通过卫星遥感与地质雷达组合探测，构建土方分布数字模型，精准计算开挖量与填筑量的平衡参数，实现土方就近调配，减少场外运输量。开挖作业采用阶梯式分层开挖法，沿等高线设置1:1.5的缓坡台阶，每个台阶边缘预留2米宽的植被缓冲带。开挖出的土方经筛分设备分离出粒径大于30cm的石块，用于临时挡墙砌筑，细颗粒土则存入封闭料仓备用^[2]。填筑区域采用分层碾压结合强夯处理工艺，碾压机械选用带有GPS定位的智能压路机，实时记录碾压轨迹与遍数，确保碾压均匀性。填筑层面设置横向排水坡与纵向盲沟，盲沟内铺设透水土工布包裹的碎石滤层，加速孔隙水排出。

2.2 绿色节能型混凝土浇筑技术

在材料配置阶段，采用工业固废替代传统水泥原料，将矿

渣微粉、粉煤灰按比例掺入胶凝材料体系，降低水泥用量的同时提升混凝土后期强度。拌合过程中引入冷水机组与冰屑参加系统，通过智能温控装置将拌合料温度稳定控制在 15-20℃，减少因水化热过高导致的裂缝风险。运输环节使用具有保温层的罐车，罐体内壁加装耐磨衬板减少物料残留，卸料口设置自动清洗装置实现废水循环利用。浇筑作业采用溜槽与布料机组合布料方式，减少混凝土运输过程中的二次转运，振捣时选用变频振捣棒，根据不同部位混凝土坍落度调整振捣频率与插入深度，确保密实度的同时降低能耗。浇筑完成后覆盖保湿土工布并布设喷淋养护系统，通过湿度传感器联动控制喷淋间隔，将养护期内表层湿度维持在 90%以上，提升混凝土耐久性的同时节约养护用水。

2.3 生态友好型防渗与加固技术

防渗体系构建选用高密度聚乙烯土工膜与膨润土防水毯复合铺设，土工膜接缝采用热熔焊接工艺，焊接温度控制在 180-200℃之间，确保接缝强度不低于母材的 85%，膨润土防水毯铺设时预留 10%的伸缩量以适应地基变形。岸坡加固采用格宾石笼与生态袋组合结构，格宾网箱选用高镀锌低碳钢丝编织，内部填充粒径 20-30cm 的本地卵石，生态袋内装填腐殖土与草籽混合物，袋体之间采用连接扣紧密咬合形成整体。堤坝防渗处理中引入高压喷射注浆技术，选用水泥与粉煤灰混合浆液，通过调整注浆压力与提升速度形成连续防渗帷幕，注浆完成后采用钻孔取芯检测防渗体完整性。在防渗体周边布设生态缓冲带，种植芦苇、菖蒲等水生植物，利用植物根系进一步增强防渗效果，同时构建小型生态湿地净化周边渗水，实现工程防护与生态修复的协同增效。

3 基于绿色理念的水利水电施工管理优化策略

3.1 建立绿色施工全过程监管体系

施工准备阶段需联合生态环保机构完成生态敏感区“三区三线”边界划定，通过土壤承载力、水文容量测算开展环境承载能力评估，据此编制分区分段的绿色施工管控细则，明确各作业面的植被覆盖率不低于 80%、水土流失控制量小于 500t/km² 等生态指标，以及机械作业半径、材料堆放范围等施工行为边界。在施工现场构建全域物联网监测网络，物料堆放区的扬尘在线监测终端可实时监测 PM10 浓度并自动触发雾炮降尘，临近水体区域安装的水质自动采样器每 2 小时采集水样检测 pH 值与重金属含量，高噪声设备旁部署的声级计实现分贝数据实时上传，所有监测数据汇总至管理平台形成动态监测看板^[3]。针对隐蔽工程验收制定专项绿色标准，重点检查防渗层焊接合格率、植被恢复成活率及废弃物回收率等指标，验收过程采用区块链技术留存影像与检测数据确保不可篡改。

3.2 推行施工节能减排管理方案

在施工营地与作业区之间建立电动接驳车系统，替代传统

燃油通勤车辆，充电桩布局结合太阳能光伏板供电，实现能源自给自足。拌合站采用封闭式骨料仓设计，仓内安装温湿度调控设备，通过优化骨料预热工艺降低混凝土拌合所需热能消耗，同时配置粉料仓收尘装置，将粉尘排放浓度控制在 10mg/m³ 以下。施工机械设备采用国四及以上排放标准机型，定期对发动机燃油系统进行清洁保养，通过喷油嘴校准提升燃烧效率，减少尾气中氮氧化物与颗粒物排放。临时设施建设选用模块化集装箱式房屋，墙体采用保温隔热材料，门窗安装中空玻璃降低冷热交换损耗，空调系统采用变频多联机，根据室内温度自动调节运行功率。对施工全过程的能耗数据进行动态统计分析，建立分区域、分设备的能耗台账，通过能耗对标管理持续优化能源使用结构，见表 1。

表 1 水利工程施工绿色能源与环保管控表

管控类别	具体措施	核心指标
绿色通勤	电动接驳车替代燃油车，充电桩配太阳能光伏板供电	实现能源自给自足
拌合站环保	封闭式骨料仓+温湿度调控，粉料仓设收尘装置	粉尘排放浓度≤10mg/m ³
设备排放控制	采用国四及以上排放标准机型，定期保养燃油系统	提升燃烧效率，减少氮氧化物与颗粒物排放
临时设施节能	模块化集装箱房屋，保温墙体+中空玻璃，变频多联机空调	降低冷热交换损耗，动态调节空调功率
能耗管理	建立分区域、分设备能耗台账，实施能耗对标管理	优化能源使用结构

3.3 构建绿色施工责任考核机制

考核体系设置基础指标与创新指标两类评价维度，基础指标包含施工扬尘控制达标天数、施工废弃物回收利用率、节能设备投入占比、噪声排放达标率等 10 项可量化数据，其中废弃物回收率需稳定在 95%以上，节能设备投入占比不低于 70%，扬尘控制月达标天数不少于 25 天。创新指标涵盖绿色技术应用数量、生态修复方案优化建议、环保工艺改良成果等质性内容，重点评估技术创新对降碳减污的实际效益。考核实施采用数据自动采集与现场核验双轨模式，通过智慧工地系统实时抓取能耗、排放等动态数据并生成小时级监测曲线，每月组织由环保专家、工程监理组成的专业小组，对生态防护工程成活率、材料环保检测报告、水土保持措施落实情况等静态资料进行逐项核查。建立分级反馈机制，对考核优秀区段标注绿色示范标识并给予进度奖励，对轻微违规区域发放橙色警示单并附 5 日内整改清单，对严重违规部位立即启动红色停工程序。所有考核数据经加密存证后纳入工程档案终身留存，作为后续同类项目绿色施工评价的核心参考依据。

4 基于绿色理念的水利水电施工综合效益

4.1 生态环境改善效益

施工区域土壤理化性质得到优化,通过秸秆还田与微生物菌剂改良技术,土壤 pH 值维持在 6.5-7.5 的中性范围,阳离子交换量提升至 15cmol/kg 以上,有机质含量年均增长 0.3%,土壤团粒结构占比提高至 45%,抗侵蚀能力显著增强^[4]。水体自净功能持续提升,施工中设置的生态浮岛与沉水植物床形成立体净化系统,水生植物通过吸收氮磷元素降低水体富营养化风险,水体溶解氧含量稳定 6mg/L 以上,底栖生物如螺类、蚌类的种群数量较施工前增长 20%。生物多样性保护成效明显,在施工区边缘划定的生态保育区保留原生植被群落,布设的红外相机监测到鸟类种类增加 12 种,两栖爬行动物活动范围逐步扩大,形成稳定的食物链结构,生态系统的完整性与稳定性得到有效维护。

4.2 资源节约与成本控制效益

在这幅水利水电施工场景图 1 中,绿色施工理念贯穿资源管理全流程。施工材料依托 BIM 模型精准计算各工序需求量,搭配动态库存管理系统,使原材料库存周转天数缩短至 7 天,仓储场地占用减少 30%,库存积压损耗率控制在 1%以下,实现物资高效调配;混凝土拌合引入矿物掺合料替代技术,硅灰与矿渣微粉复配,让每立方米混凝土水泥用量减少 80kg,单项目水泥消耗降低 22%,还优化工作性、减少外加剂用量;施工用电借助峰谷分时调控,高能耗工序安排在电价低谷时段,智能电表实时监控、非作业时段自动断电,用电成本降低 18%;土方工程经三维地形优化计算,减少无效开挖与回填量 1.5 万立方米,运输路线循环设计规避空驶,燃油消耗降 25%、车辆维护费减 15%,全方位提升资源利用效率,彰显绿色施工的实践成效。



图 1 绿色理念下的水利水电施工现场

4.3 社会与行业示范效益

施工期间形成的绿色技术应用影像资料与生态修复案例,通过行业展会、线上直播平台及专业期刊多渠道展示,累计获得行业内外关注量超 50 万次,其中生态混凝土浇筑、智能节水系统等技术视频被 12 家水利工程院校纳入专业教学素材库^[5]。建立的绿色施工信息公示制度,通过施工现场电子屏与政务平台同步实时公开能耗数据、污染物排放指标及生态修复进度,接受社会公众监督,成为地方政府推行工程透明化管理的标杆案例。研发的生态边坡防护技术与节能施工工艺,经专家评审后纳入省级水利工程绿色施工技术导则,带动区域内 30 余家施工企业组织技术培训并引入同类技术。工程实施中形成的 3 套绿色施工管理手册,涵盖材料环保选型、施工过程管控到竣工验收评估的全流程规范,被水利行业协会列为重点推广文本。

5 结语

基于绿色理念的水利水电施工,通过低影响开挖、生态防渗等创新技术减少生态扰动,依托全过程监管、责任考核等管理策略提升施工效能。实践表明,此类施工能显著改善生态环境,提高资源利用率并降低成本,更形成可推广的技术规范与管理模式。这不仅实现工程建设与生态保护的协同,更为行业绿色转型提供了切实可行的实践路径与示范样本。

参考文献:

- [1] 刘畅.基于绿色理念的水利水电施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(19):202-204.
- [2] 袁文凯.绿色理念下的水利水电工程施工技术探究[J].云南水力发电,2025,41(04):120-123.
- [3] 孙本辉.绿色理念下水利水电施工技术和管理措施[J].安装,2024,(S2):160-161.
- [4] 虞海伟.绿色理念下的水利水电施工技术[J].水上安全,2024,(21):82-84.
- [5] 刘琳,崔文正.绿色理念在水利工程中的应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(07):130-133.