

绿色施工技术在水利工程中的应用研究

刀 健

普洱市水利水电勘测设计院有限公司 云南 普洱 665000

摘要：在水利工程建设中，绿色施工是实现工程与生态协同发展的关键路径，但传统施工模式资源消耗高、生态扰动大的问题突出，制约行业可持续发展。本文阐述绿色施工技术相关理论基础，从施工准备、主体施工到收尾阶段，系统分析BIM技术、生态多孔混凝土、建筑垃圾资源化等技术的应用路径，探讨多技术协同创新模式。并提出技术标准与管理机制双重保障措施，绿色施工可有效降低水利工程资源消耗与环境扰动，实现三大效益平衡，为水利工程可持续发展提供参考。

关键词：绿色施工技术；水利工程；应用研究

引言：水利工程作为国民经济基础设施，其建设常涉及水域周边敏感生态区域，易引发水土流失、水体污染等问题。传统施工模式重工程质量与进度，轻生态保护，已难以适应新时代可持续发展要求。绿色施工技术以全生命周期理念为核心，通过技术创新与管理优化实现环保与工程建设双赢，为水利工程生态化转型提供新路径。本文围绕绿色施工技术的理论基础、应用场景及保障措施展开研究，旨在为提升水利工程绿色施工水平、推动行业可持续发展提供理论与实践支撑。

1 绿色施工技术相关理论基础

1.1 绿色施工的内涵与原则

绿色施工是基于全生命周期理念的施工模式革新，其核心内涵在于实现工程建设与生态环境的协同共生，通过技术创新与管理优化，在满足工程功能与质量要求的前提下，最大限度降低资源消耗与环境扰动。它并非简单的环保措施叠加，而是将可持续发展理念贯穿于施工策划、实施到收尾的全过程，追求环境效益、经济效益与社会效益的动态平衡。绿色施工遵循四大核心原则：其一为系统性原则，强调施工各环节的统筹协调，从材料采购、工艺选择到现场管理形成闭环控制，避免单一环节的环保优化引发其他环节的资源浪费；其二为减量化原则，通过优化施工方案、采用高效设备等手段，减少能源、水资源及原材料的消耗量，降低建筑垃圾的产生量；其三为循环利用原则，推动施工废弃物的分类回收与再生利用，如将泥浆处理后用于便道填筑、短钢筋加工为保护层构件等，构建资源循环链；其四为人本原则，注重施工人员的健康保护与作业环境改善，通过粉尘控制、噪声降低等措施，实现工程建设与人员健康的和谐统一^[1]。

1.2 水利工程绿色施工的特点与要求

水利工程绿色施工具有显著的行业特殊性，其特点：一是生态关联性强，工程多位于江河湖库等水域周边，施工活动直接影响水体质量、水生生物栖息地及流域生态平衡，需重点关注水文情势变化与生态系统完整性保护。二是施工周期长、影响范围广，从坝体建设到航道整治，工程区域往往涉及陆地与水域交错地带，需兼顾陆生与水生生态保护的双重需求。针对这些特点，水利工程绿色施工提出三项核心要求：一是水文生态保护，需通过生态流量调控、分层取水设施建设等手段，保障下游水体的生态功能，满足水生生物的生存与繁殖需求；二是水土资源节约，严格执行表土剥离与专项存储制度，保护不可再生的表土资源，同时采用节水工艺与循环用水系统，提高水资源重复利用率；三是全过程污染控制，对施工扬尘、噪声、生产废水及固体废弃物进行系统性治理，如采用湿法作业降尘、噪声隔离技术、废水零排放处理系统等，确保施工对周边环境的扰动控制在生态承载范围内。此外，还需注重施工后的生态修复，通过植被重建、栖息地恢复等措施，促进工程区域生态系统的自我修复与可持续发展。

2 绿色施工技术在水利工程中的应用路径

2.1 水利工程施工准备阶段的绿色技术应用

施工准备阶段作为水利工程的前期基础，其绿色技术应用重点在于通过科学规划与资源预处理，从源头降低后续施工对环境的扰动。该阶段的核心技术路径围绕场地优化、资源循环与生态预判展开，为工程全周期绿色施工筑牢根基。（1）在场地规划与设计环节，建筑信息模型（BIM）技术的三维可视化与参数化分析功能得到深度应用。技术人员通过导入地形地貌、水文地质等基础数据，构建高精度工程场地数字模型，对临时办公区、材料堆场等设施布局，以及施工便道、物料运输

路线进行多方案模拟推演,可精准压缩临时用地占用面积,同时避开植被密集区与土壤敏感带,最大限度减少对周边生态的扰动。土壤资源保护技术同步跟进,采用机械分层剥离工艺,将0.3~0.5米厚的表层耕作土与深层土分类堆放,表层土单独存入临时储土场并覆盖防尘网与保湿膜,既保留土壤有机质与微生物活性,又为后期堤岸绿化、复耕复绿储备优质基质^[2]。(2)材料与设备的绿色化选型是另一核心举措。材料准备中,优先采用低水化热水泥、粉煤灰掺合料等环保建材,利用建筑垃圾再生骨料制备混凝土预制构件,降低天然砂石开采量;施工机械选用标准排放设备,配备降噪罩与尾气催化净化装置,使施工区域噪声控制在70分贝以内。临时供电系统引入分布式光伏组件与锂电池储能系统,结合智能微电网调控技术,为场地平整、设备调试等前期工作提供稳定电力,可再生能源利用率达30%,显著降低对传统电网的依赖。

2.2 水利工程主体施工阶段的绿色技术应用

主体施工阶段是水利工程建设的核心环节,其绿色技术应用聚焦于施工工艺革新、资源高效利用与污染实时监控,通过多技术协同实现工程建设与生态保护的动态平衡。(1)在水资源节约与循环利用方面,创新技术体系已形成规模化应用。改性聚乙烯复合材料(MCPE)防水防腐衬片在渠道与蓄水池施工中表现突出,渗透性极低,显著减少输水过程中的水资源浪费,同时提升渠道的抗腐蚀能力与使用寿命。施工现场则建立三级沉淀池与人工湿地组成的污水处理系统,施工废水经物理沉淀、生物降解等多重净化后,可100%循环用于场地降尘和绿化灌溉,实现水资源的闭环利用^[3]。(2)生态防护与污染控制技术同步推进,针对施工扬尘问题,采用“立体防护+智能管控”模式,通过全场覆盖绿色防护网、设置围挡喷雾装置与智能喷淋系统,结合洒水车动态巡查,可将施工现场PM_{2.5}浓度始终控制在优良水平,目测扬尘高度小于0.5m。水土流失治理则创新采用“即时修复、动态绿化”技术,在裸露边坡区域应用草籽喷播+生态纤维覆盖、生态袋防护等工艺,使水土流失量显著减少80%以上,同时快速恢复施工区域的植被覆盖。(3)结构施工工艺的绿色化升级同样成效显著,生态多孔混凝土在护岸工程中得到广泛应用,其15~25%的孔隙率不仅能实现1~5mm/s的透水系数,补充地下水循环,还能降低地表温度2~3℃,缓解区域热岛效应。在混凝土浇筑环节,透水模板布技术的应用可减少表层气泡,提升混凝土强度,同时降低水泥用量,减少碳排放。装配式施工技术则通过构件工厂预制、现场拼装的方式,大幅

缩短现场作业时间,减少施工废弃物产生量。

2.3 水利工程收尾阶段的绿色技术应用

收尾阶段的绿色技术应用以生态修复、资源回收与长效监测为核心,旨在消除施工痕迹,恢复区域生态功能,确保水利工程与周边自然环境的和谐共生。(1)生态修复工程呈现系统化、精细化特点。土壤重构技术将前期储存的表层土重新铺设于工程影响区域,结合本地耐旱、速生草种的喷播,可使项目区绿化覆盖率大幅提升,快速重建地表植被系统。对于水域生态,通过构建生物迁徙廊道、种植水生植物等措施,恢复水体的生态净化能力,改善水生生物栖息地环境。在硬质边坡区域,采用生态袋与植生混凝土结合的方式,既保证边坡稳定性,又为植被生长提供载体,实现工程防护与生态修复的一体化。(2)建筑垃圾的资源化利用是收尾阶段的另一重点。通过“四分法”分类管理体系,对混凝土块、钢筋下脚料、废旧模板等进行分类回收与加工,建筑垃圾回收利用率可达85%以上。其中,废旧混凝土块经破碎筛分后可作为再生骨料用于道路基层或临时设施建设;钢筋下脚料则通过熔融重铸重新制成小型构件;废旧模板经修复处理后可二次利用,有效减少固体废弃物的填埋量,降低资源浪费^[4]。(3)长效监测技术为工程后期生态维护提供数据支撑。采用物联网技术构建涵盖水质、土壤、植被、噪声等多参数的监测网络,实时采集环境数据并通过云端平台进行分析,及时发现并处理可能出现的生态问题。例如,通过水质传感器实时监测水体pH值、溶解氧含量等指标,确保工程运行对周边水域环境无不良影响;利用植被生长监测相机,跟踪修复区域植被覆盖率与物种多样性变化,为后续生态优化提供依据。

2.4 绿色施工技术的协同创新与效能提升

绿色施工技术的应用并非单一技术的孤立实施,而是通过多技术协同形成复合体系,实现效能的叠加提升。(1)在能源利用方面,将光伏供电系统与物联网能耗管控平台结合,可实时监控施工区域各设备的能源消耗情况,通过智能调度使太阳能供电占比提升,显著降低传统能源消耗。在施工效率优化上,BIM技术与无人机巡检技术的融合,可实现施工进度与质量的实时跟踪,减少因设计变更或施工偏差导致的资源浪费,从而提升施工效率。(2)材料创新与工艺改进的协同同样重要。例如,在混凝土施工中,将硅灰掺量控制在8~12%并配合聚羧酸系减水剂,可在降低水泥用量15~20%的同时,使混凝土28天抗压强度提升20~30%,实现强度与环保性能的双重提升。这种协同创新模式不仅降低了工程的资源

消耗,还提升了结构的耐久性,减少后期维护成本。

3 绿色施工技术在水利工程中应用的保障措施

3.1 技术标准保障

技术标准是绿色施工技术在水利工程中规范应用的核心支撑,需构建覆盖全流程的标准化体系。(1)应先明确技术选用标准,结合水利工程的生态特性与施工需求,制定绿色技术筛选指标,涵盖资源利用效率、生态影响程度、能耗控制水平等关键维度,确保选用的技术既符合工程质量要求,又能实现环保目标。例如在施工材料选择上,需建立绿色建材的性能评估标准,对材料的可回收性、低碳排放量、环境友好性等进行量化规定,避免因材料选用不当引发生态问题^[5]。(2)要完善施工过程技术规范,针对不同绿色施工技术的应用场景制定详细操作流程。如生态护坡技术施工中,需明确植被选型、种植间距、养护周期等技术参数;在节水灌溉技术应用时,要规范管道铺设标准、水量控制精度等操作要点。(3)还应建立技术效果评估标准,通过设定土壤肥力恢复率、水资源循环利用率、噪声控制达标率等量化指标,对绿色施工技术的应用成效进行动态监测与评价,为技术优化调整提供依据。技术标准的制定需要结合工程实际不断更新迭代,吸纳行业内先进技术成果与实践经验,确保其科学性和适用性。

3.2 管理机制保障

健全的管理机制是绿色施工技术有效落地的重要保障,需从组织、流程、监督等多方面构建协同管理体系。(1)在组织管理层面,应成立专门的绿色施工管理小组,明确各岗位人员的职责分工,形成“技术负责人统筹、专业工程师执行、施工人员落实”的三级管理架构,确保绿色施工技术的应用在每个环节都有专人负责。加强人员培训管理,定期开展绿色施工技术培训与考核,提升施工人员对技术要点的掌握程度和环保意识,避免因操作不当导致技术应用效果打折扣。(2)过

程管控机制也至关重要,需将绿色施工要求融入工程全生命周期管理。在施工策划阶段,将绿色技术应用纳入施工方案编制内容,进行专项论证;施工过程中,通过建立台账对绿色技术应用情况进行详细记录,包括材料使用量、能耗数据、生态监测结果等;竣工阶段,将绿色施工成效作为工程验收的重要内容。建立内部监督与激励机制,成立监督小组对施工过程进行常态化检查,对严格执行绿色施工要求、技术应用成效显著的班组或个人给予奖励,对违规操作行为及时制止并整改,形成“正向激励+反向约束”的管理模式,推动绿色施工技术在水利工程中持续落地应用。

结束语:水利工程绿色施工是践行可持续发展理念的重要举措,其核心在于通过技术与管理的双重革新,实现工程建设与生态保护的动态平衡。本文研究表明,绿色施工技术在水利工程各阶段的科学应用,可显著降低资源消耗与环境扰动。但技术落地仍需完善的标准体系与健全的管理机制作为保障。未来,需进一步推动绿色施工技术的协同创新,加强技术研发与实践推广力度。相信随着绿色施工理念的深入与技术的成熟,将为水利工程高质量发展注入动力,助力实现生态保护与工程建设的和谐统一。

参考文献

- [1]王庆.绿色施工技术在水利水电项目中的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(14):121-124.
- [2]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(7):130-133.
- [3]解玲.浅谈如何在水利施工中推广绿色施工技术[J].地下水,2023,45(05):320-321.
- [4]曾凡妮.绿色理念下水利水电施工技术和管理措施探究[J].科技与创新,2025(12):123-126.
- [5]张俊峰,蔚荣.绿色发展理念下的水利水电工程施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(03):226-228.