

水利水电工程施工中的绿色施工技术与应用实践

陈钦立

长江河湖建设有限公司 湖北 武汉 430010

摘要：本文聚焦水利水电工程施工中的绿色施工技术与应用实践，阐述了水利水电工程绿色施工的核心内涵与要求，包括定义、特征及与传统施工的差异；接着分析施工对水、大气、声、生态环境的影响；随后介绍生态保护与修复、资源节约与循环利用、污染控制、绿色施工装备与数字化等关键绿色施工技术；最后通过三峡水电站、永定河综合治理工程案例，展现绿色施工技术的实践成效，为水利水电工程绿色施工提供理论支撑与实践参考。

关键词：水利水电工程；绿色施工技术；应用实践

1 水利水电工程绿色施工的核心内涵与要求

1.1 绿色施工的定义与特征

水利水电工程绿色施工是一种贯穿工程全生命周期的先进施工模式，其核心在于以“生态优先、节约高效、低碳环保”为指导原则，通过科学的工程技术手段与精细化的管理措施，在确保工程功能与质量的前提下，最大限度减少对自然资源的消耗和环境生态的扰动，实现工程建设与生态环境保护的协同共进。

该模式的特征主要体现在三个方面：一是生态协调性，施工方案制定时需充分评估周边生态系统的敏感性与承载能力，避免对生物栖息地、自然景观及水文地质环境造成不可逆的破坏；二是资源循环性，严格遵循“减量化、再利用、资源化”原则，通过优化施工工艺、推广可再生材料、实施废水废料循环利用等措施，提升材料、能源与水资源的利用效率；三是全过程管控，从施工准备阶段的规划论证，到施工实施中的动态监测，再到收尾阶段的生态修复，均需建立完善的环境管理体系，确保施工行为始终符合环保法规与可持续发展要求。

1.2 绿色施工的核心要求

绿色施工的核心要求围绕“生态保护、资源节约、污染防控”三大维度展开。在生态保护方面，要求施工前开展生态敏感区调查，制定植被移植、野生动物保护专项方案；施工中减少土石方开挖量，优先采用生态友好型施工工艺；施工后及时开展植被恢复与生态修复，确保生态系统功能不退化。资源节约方面，明确节能、节水、节材、节地具体指标：施工能耗较传统工艺降低15%以上，水资源循环利用率不低于60%，建筑材料损耗率控制在5%以内，临时用地复垦率达到100%。污染防控方面，要求施工废水经处理后达标排放或循环利用，施工扬尘排放符合《大气污染物综合排放标准》，施工噪

声昼间不超过70dB、夜间不超过55dB，固体废弃物分类处理率达到100%。

1.3 绿色施工与传统施工的差异对比

绿色施工与传统施工在理念、方法与目标上存在显著差异。（1）理念层面，传统施工以“工程完工、成本控制”为核心，往往忽视环境影响；绿色施工则以“生态与工程协同”为导向，将环保要求融入施工全过程^[1]。

（2）方法层面，传统施工依赖经验化操作，多采用大开大挖、现场浇筑等粗放工艺；绿色施工则注重技术创新，推广模块化预制、数字化监测、生态护岸等先进技术，减少现场扰动。（3）目标层面，传统施工追求工程进度与经济效益最大化，易引发水土流失、植被破坏等问题；绿色施工则追求经济、社会、生态效益统一，实现“建一处工程、护一方生态”的目标。

2 水利水电工程施工对环境的影响分析

2.1 施工期水环境影响

水利水电工程施工对水环境的影响主要体现在水质污染与水文情势改变两方面。水质污染方面，土石方开挖产生的泥浆水、混凝土浇筑产生的碱性废水、机械维修产生的含油废水若未经处理直接排放，会导致水体悬浮物、pH值、石油类指标超标，影响水生生物生存环境。例如，混凝土养护废水pH值可达11-12，直接排放会破坏水体酸碱平衡。水文情势改变方面，施工围堰、导流洞建设会改变河道水流速度与流向，导致局部水域淤积或冲刷，影响鱼类洄游通道；施工期取水量过大，可能导致周边地下水水位下降，影响沿岸农田灌溉与居民饮水安全。另外，施工垃圾随意丢弃入水体，会造成水体富营养化，进一步恶化水环境质量。

2.2 施工期大气环境影响

施工期大气污染主要来源于扬尘与废气排放。扬尘污染是最主要的影响因素，土石方开挖、爆破作业、物

料运输、建筑垃圾堆放等环节会产生大量粉尘,其中PM10与PM2.5浓度可达到国家标准的3-5倍,不仅影响施工人员健康,还会通过大气扩散影响周边居民区空气质量;废气排放主要来自施工机械与运输车辆,柴油发动机燃烧产生的氮氧化物、碳氢化合物、颗粒物等污染物,会加剧区域大气污染。例如,一台大型挖掘机日均排放氮氧化物约5kg,相当于10辆家用轿车的排放量。此外,沥青摊铺过程中挥发的苯并芘等有害物质,具有潜在致癌风险,对周边大气环境构成威胁。

2.3 施工期声环境影响

施工期噪声主要来源于机械噪声、爆破噪声与交通噪声,具有强度大、随机性强的特点。机械噪声中,破碎机、振捣棒、空压机等设备噪声值可达90-110dB,远超《建筑施工场界环境噪声排放标准》要求;爆破作业瞬间噪声可超过130dB,会对周边居民造成听觉冲击,甚至引发耳鸣、听力下降等症状。交通噪声方面,运输砂石、混凝土的重型车辆在施工便道行驶时,噪声值可达75-85dB,若施工区域临近居民区、学校等敏感点,会严重影响居民正常生活与学生学习。长期暴露在高噪声环境中,还会导致施工人员出现失眠、焦虑等心理问题,影响工作效率与身体健康^[2]。

2.4 施工期生态环境影响

施工期对生态环境的影响最为直接且深远,主要表现为植被破坏、水土流失与生物多样性下降。植被破坏方面,施工场地平整、临时道路修建、料场开挖等会占用大量土地,导致原生植被被清除,区域绿化覆盖率降低。例如,某大型水电站施工期需清理植被面积约200公顷,其中部分为珍稀植物生长区。土石方开挖使地表土壤裸露,在降雨冲刷下易发生水土流失,不仅导致土壤肥力下降,还会使大量泥沙进入河道,造成河道淤积,影响水利工程防洪与发电功能。生物多样性下降方面,施工活动会破坏野生动物栖息地,干扰其繁殖与觅食行为,导致部分物种数量减少甚至消失;水生生物则因水质污染、水文情势改变,生存空间受到严重挤压。

3 水利水电工程施工中的关键绿色施工技术

3.1 生态保护与修复技术

生态保护与修复技术是水利水电工程绿色施工的核心,贯穿施工全过程。施工前的生态保护技术包括植被移植与物种保护,采用“原生植被就近移植”方案,对施工区域内的珍稀植物进行挂牌保护并移植至苗圃培育,待施工结束后回迁;对鱼类等水生生物,在施工前修建临时洄游通道或增殖放流站,保障其生存繁衍;施工中的生态防护技术主要有生态型支护与护岸工艺,如

采用格宾石笼、生态袋、植被混凝土等替代传统浆砌石护坡,格宾石笼内填充当地石料并种植草本植物,既增强边坡稳定性,又恢复植被覆盖。施工后的生态修复技术包括植被重建与土壤改良,选用狗牙根、紫花苜蓿等乡土物种进行植被恢复,采用有机肥改良施工迹地土壤,提高植被成活率;对河道施工区域,采用人工湿地技术净化水质,恢复水生生态系统功能。

3.2 资源节约与循环利用技术

资源节约与循环利用技术可有效降低施工资源消耗,实现绿色低碳施工。节能技术方面,推广变频电机、LED照明等节能设备,采用太阳能供电系统为施工现场临时用电提供能源,如在施工营地安装太阳能路灯,在拌合站设置太阳能热水供应系统,降低传统能源依赖;建立施工废水循环利用系统,将混凝土养护废水、车辆冲洗废水经沉淀、过滤、消毒处理后,用于扬尘防治、混凝土拌合等非饮用环节,水资源循环利用率可达65%以上。节材技术方面,推行模块化预制与材料循环利用,混凝土构件采用工厂预制、现场安装模式,减少现场浇筑材料损耗;施工模板选用铝合金模板替代传统木模板,周转次数从5-8次提升至50次以上;建筑垃圾经粉碎处理后,用于临时道路基层或混凝土骨料,实现“变废为宝”。

3.3 污染控制技术

污染控制技术旨在减少施工过程中的污染物排放,保护周边环境。废水处理技术采用“分级处理+分类回用”模式,施工区设置沉淀池、隔油池、一体化污水处理设备,泥浆水经沉淀池处理后回用,含油废水经隔油池处理后达标排放,生活污水经一体化设备处理后用于农田灌溉。扬尘控制技术采用“源头抑尘+过程降尘+末端除尘”组合方案,土石方开挖时采用湿法作业,爆破作业前洒水降尘,物料运输车辆加盖篷布并安装GPS定位系统,施工现场设置雾炮机、喷淋系统与围挡,扬尘浓度可降低70%以上^[3]。噪声控制技术包括低噪声设备选用、隔声屏障设置与施工时间管控,优先选用电动挖掘机、静音振捣棒等低噪声设备,在施工场界靠近敏感点处设置高度2-3m的隔声屏障,严禁夜间10点至次日6点进行高噪声作业。

3.4 绿色施工装备与数字化技术

绿色施工装备与数字化技术的应用,可提升施工效率与环保管控水平。绿色施工装备方面,推广电动工程机械、环保型拌合站等,电动挖掘机零排放、低噪声,较传统柴油挖掘机能耗降低30%;环保型拌合站配备粉尘收集与废水回收系统,粉尘排放浓度控制在10mg/m³以

下。基于BIM技术构建三维施工模型，优化施工方案，减少返工与材料浪费；采用无人机航测与遥感技术监测施工区域植被覆盖与水土流失情况，实时掌握生态环境变化；通过物联网技术搭建“环境监测云平台”，对施工区空气质量、水质、噪声等指标进行24小时在线监测，数据超标时自动报警，实现污染风险精准防控。此外，引入智慧工地管理系统，对施工人员、设备、物料进行智能化调度，提高施工组织效率，降低能源消耗。

4 水利水电工程绿色施工的应用实践案例

4.1 案例一：三峡水电站施工中的绿色施工实践

三峡水电站位于湖北省宜昌市，是全球最大的水利枢纽工程，施工期面临生态保护、污染控制等多重挑战。工程建设中，采用了一系列绿色施工技术，取得显著成效。（1）在生态保护方面，针对中华鲟等珍稀水生生物，修建了仿自然鱼道与增殖放流站，累计增殖放流中华鲟超过500万尾；施工区周边200公顷原生植被采用“移植保护+回迁重建”模式，植被恢复率达到92%。资源循环利用方面，建立了全国最大的施工废水循环系统，日处理废水能力达2万吨，年节约用水300万立方米；混凝土施工采用工厂预制与现场浇筑结合模式，材料损耗率控制在3%以内，较传统工艺降低40%。（2）污染控制方面，施工现场布置了200余台雾炮机与喷淋系统，安装15套扬尘在线监测设备，施工期扬尘浓度稳定控制在国家标准以内；设置12座污水处理站，废水处理达标率100%。通过绿色施工技术应用，三峡水电站施工期水土流失量较设计值减少65%，生态环境影响降至最低，成为大型水利水电工程绿色施工的典范^[4]。

4.2 案例二：永定河综合治理与生态修复工程（北京段）绿色施工实践

永定河综合治理与生态修复工程北京段涉及河道疏浚、堤防加固、生态护岸等施工内容，工程沿线多为居民区与生态敏感区，绿色施工要求极高。施工中，重点应用了生态修复与污染控制技术，实现工程建设与生态保护协同推进。（1）生态修复方面，河道护岸采用“格

宾石笼+水生植物”生态护岸工艺，铺设格宾石笼12万立方米，种植芦苇、菖蒲等水生植物50万平方米，构建滨水生态缓冲带；施工迹地选用刺槐、杨树等乡土树种进行植被恢复，绿化面积达80公顷。资源节约方面，疏浚工程产生的150万立方米淤泥经无害化处理后，用于河道两岸土地平整与植被种植，实现淤泥零外运；施工现场采用太阳能供电系统，安装太阳能板2000平方米，年节约电能30万千瓦时。（2）污染控制方面，施工区设置移动污水处理设备6台，生活污水与施工废水处理全部用于扬尘防治；物料运输采用电动渣土车20辆，减少废气排放；在临近居民区路段设置高度3m的隔声屏障，噪声值控制在55dB以下。工程完工后，永定河北京段河道水质从劣V类提升至Ⅳ类，沿岸植被覆盖率从35%提升至70%，重现了“卢沟晓月”的生态景观，为城市河道治理绿色施工提供了宝贵经验。

结束语

水利水电工程绿色施工是时代发展的必然要求，对生态保护与可持续发展意义重大。通过本文研究可知，生态保护与修复、资源循环利用、污染防控等绿色施工技术，能有效降低施工对环境的负面影响。三峡水电站、永定河工程成功案例表明，科学应用绿色施工技术可实现工程建设与生态保护的双赢。未来，应持续创新绿色施工技术，加强推广应用，推动水利水电工程绿色施工水平不断提升，助力生态文明建设。

参考文献

- [1]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.
- [2]施黎泉.水利工程中的河道生态护坡施工技术探讨[J].珠江水运, 2024(19): 73-75.
- [3]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.
- [4]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.