

绿色施工理念在青藏高原水利道路工程中的应用实践

李彦涛

中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 725029

摘要: 青藏高原生态环境脆弱,水利道路工程施工对环境的影响不容忽视。本文以金沙江上游昌波水电站1号桥及引道工程为依托,阐述了绿色施工理念在高原水利道路工程中的实践应用。从生态保护和资源节约角度,分析了地形地质和气候特征对绿色施工的约束,探讨了水土保持、植被保护、水资源保护、扬尘控制、噪声削减、废弃物处理等关键措施。实践表明,将绿色施工理念贯穿全过程,可有效降低施工对高原生态环境的扰动,实现工程建设和环境保护协调统一。

关键词: 绿色施工; 青藏高原; 水利道路工程; 环境保护; 水土保持; 可持续发展

引言: 青藏高原作为我国重要生态安全屏障,生态环境敏感脆弱。水利道路工程涉及土石方开挖和地表扰动,若管控不当将引发水土流失、植被退化等问题。金沙江上游昌波水电站1号桥及引道工程地处高原亚温带亚湿润气候区,河谷地形复杂,覆盖层深厚,生态环境脆弱。如何在工程建设中践行绿色施工理念,最大限度减少对环境的负面影响,成为工程实施的重要课题。本文结合工程实践,对绿色施工技术应用进行系统总结,为同类工程提供参考。

1 工程概况与绿色施工约束条件

1.1 工程基本情况

金沙江上游昌波水电站1号桥及引道工程位于坝址区下游1.3km处,大桥跨越金沙江,桥梁全长214.08m,桥跨布置为 $3 \times 40\text{m} + 2 \times 40\text{m}$ 简支T梁。上部结构采用预应力混凝土先简支后桥面连续T梁,下部结构为直径2.3m双柱墩及直径2.5m、1.8m钻孔灌注桩,桥台为重力式U形桥台。引道工程全长1558.271m,起于G215国道,终点接右岸大平台。工程区地处青藏高原东部,构造运动强烈,桥位覆盖层深厚,河床部位厚50~80m、阶地部位厚80~100m,以碎石土为主,承载力较低,桩基需穿越覆盖层进入稳定地层。

1.2 地形地质条件对绿色施工的约束

工程区河谷为不对称“V”形谷,两岸坡度约 40° ,左陡右缓,施工场地布置受限,开挖边坡稳定性差,易引发滑坡、崩塌。覆盖层以砂卵砾石、碎石土夹块石为主,结构松散至稍密,开挖需按1:1.25坡比放坡或支护。引道路基位于覆盖层内,承载力较低。区域发育多条断裂,与苏洼龙-王大龙-曾大同断裂相交,地质复杂,施工难度和环境风险增加。需严格控制开挖范围,加强边坡防护,避免地质灾害和水土流失^[1]。

1.3 气候水文条件对绿色施工的影响

工程区属高原亚温带亚湿润气候,夏季温和湿润,冬季干冷,年温差小、日温差大。年均气温 12.9°C ,极端最低 -11.7°C 。5~10月为雨季,年均降水497.0mm,雨季易发水土流失,旱季扬尘问题突出。风速较大,大风加剧扬尘扩散。地下水以基岩裂隙水和覆盖层孔隙水为主,补给来自降水、冰雪融水和河水,覆盖层透水性强,河水与地下水联系密切。金沙江洪水多发生在6~9月,历时约30天,洪水期增加水土流失风险和废水处置难度。绿色施工措施需兼顾雨季和旱季特点,实施动态调控。

2 绿色施工理念的核心内涵与实施体系

2.1 绿色施工的基本内涵

绿色绿色施工指在工程建设里,借助科学管理与技术进步,最大程度节约资源、减少对环境负面影响的施工活动。其核心涵盖节能、节地、节水、节材与环境保护。节能要优化组织、选高效设备;节地需合理规划、及时恢复土地;节水要提高用水效率、处理回用废水;节材要优化选用、提高利用率;环保要控制污染、保护生态。它是贯穿全过程、全要素的系统工程,需多维度综合施策以实现工程与环保协调统一。

2.2 青藏高原工程绿色施工的特殊要求

青藏高原生态环境高寒、脆弱、恢复慢,对绿色施工提出更高要求。高原植被生长期短、恢复困难,施工清除的植被需人工干预恢复;土壤层薄、有机质低,扰动后易沙化,需加强表土剥离保护;水系敏感,施工废水必须严格处理达标排放;野生动物栖息地保护需减少对动物迁徙影响;空气稀薄、自净能力弱,扬尘和废气影响更为持久。针对这些特点,必须采取更严格措施:植被保护方面,施工前剥离草皮妥善养护,施工后及时恢复;加强边坡防护和截排水设施;废水处理方面,建立完

善收集处理系统实现达标回用;采取覆盖、洒水等综合措施;生态监测方面,建立环境监测体系及时处置问题。

2.3 绿色施工实施体系构建

项目构建了组织管理、技术支撑、过程控制三位一体的实施体系。组织管理层面,成立绿色施工领导小组,明确职责分工,制定管理制度和考核办法,将绿色施工目标分解到各施工班组。技术支撑层面,编制绿色施工专项方案,针对工程特点明确各环节技术措施,推广应用节材、节能、节水、环保新技术新材料。过程控制层面,建立绿色施工检查制度,定期对扬尘、噪声、废水排放、固废处置等进行检查监测,建立问题整改闭环机制^[2]。开展绿色施工培训,提高全员绿色施工意识,建立绿色施工档案记录措施实施情况,为持续改进提供依据。通过三位一体的实施体系,确保绿色施工理念贯穿于工程建设全过程,落实到每一个岗位。

3 生态环境保护关键技术措施

3.1 水土保持与边坡防护技术

工程区覆盖层深厚、边坡稳定性差,水土保持是绿色施工重中之重。施工前对全线水土流失风险评估,确定重点防护区域。开挖严格执行“先挡后弃”原则,在下游先修筑挡墙和截排水设施。边坡按设计坡比放坡,高大边坡采取分级开挖防护,临时边坡用彩条布覆盖防冲刷,永久边坡采用浆砌片石、三维植被网等防护形式。弃渣集中运往指定渣场,先修筑拦渣坝和截排水沟,分层堆放压实后复绿。施工便道两侧设排水沟和沉淀池,防止径流直排。雨季前全面检查维护排水系统,确保畅通。通过综合措施将水土流失控制在最低限度。

3.2 植被保护与恢复技术

高原植被恢复困难,保护原生植被是首要原则。施工前调查占地范围内植被,对珍稀植物采取移栽或就地保护。需清除的草皮采用机械剥离,厚度15~20cm,集中存放养护,保持活性,存放期不超过6个月。临时设施尽量利用既有场地,减少植被占用。施工中严格控制作业范围,防止机械越界碾压。施工后及时恢复植被,对路基边坡、弃渣场等区域采用撒播草籽、铺植草皮、栽种灌木等方式复绿,选用披碱草、老芒麦等本地草种提高成活率。复绿后加强养护管理,桥台锥坡等采用三维植被网防护,实现防护与绿化一体化。

3.3 水资源保护与废水处理技术

工程区紧邻金沙江,水资源保护事关下游用水安全。施工前编制水资源保护方案,实行雨污分流,设置雨水收集系统和废水收集系统。雨水经沉淀后用于场地洒水降尘。钻孔泥浆通过循环系统重复利用,废浆沉淀后运往渣

场。拌和站设三级沉淀池,冲洗废水沉淀后回用。车辆冲洗平台设沉淀池和隔油池,废水处理循环使用。生活营地建化粪池和污水处理设施,污水经处理后用于绿化。严禁废水直排金沙江^[3]。定期对金沙江及冲沟水质取样监测,掌握施工对水环境影响,通过全过程管控确保水质达标。

3.4 扬尘与噪声控制技术

扬尘和噪声是主要环境影响因子。扬尘控制方面,施工现场主要道路和作业区硬化处理,配备洒水车2台,干燥天气每天洒水不少于4次。细颗粒材料密闭存放,料场设置防风抑尘网并覆盖。土方开挖采用湿法作业,运输车辆加盖篷布,出入口设洗车平台。安装扬尘在线监测设备,超标时自动喷淋。噪声控制方面,合理规划施工时段,高噪声作业安排在日间,夜间停止打桩等高噪声施工。选用低噪声设备和工艺,对固定噪声源采取隔声措施,加强设备维护。居民区附近设置声屏障,定期开展噪声监测确保场界达标。

3.5 固体废弃物分类处置技术

固体废弃物管理遵循减量化、资源化、无害化原则。施工前编制管理计划,明确分类要求和处置去向。建筑垃圾分类收集,钢筋、模板等可回收物集中出售;混凝土块等无机废弃物用于回填或运往渣场;废机油等危险废物设专用容器收集,交有资质单位处置。生活垃圾设分类垃圾桶,委托环卫部门清运。钻渣沉淀脱水后运往渣场。弃渣场规范化管理,先修筑拦渣坝和截排水沟,分层堆放压实后覆土复绿。建立废弃物管理台账,记录产生量、处置方式和去向,实现可追溯,最大限度资源回收,降低环境影响。

4 资源节约关键技术措施

4.1 节材与材料循环利用技术

材料节约是绿色施工的重要内容,既减少资源消耗又降低废弃物产生。施工前应用BIM技术进行钢筋、模板等材料优化下料,减少切割损耗。钢筋加工采用数控设备提高精度,减少废料,短钢筋通过闪光对焊连接后继续使用,无法利用的集中回收。模板工程优先选用大块钢模板和定型模板,提高周转次数;木模板拆模后及时清理修补刷脱模剂便于再次使用,废旧模板回收用于临边防护等非承重构件。混凝土浇筑精确计算用量减少剩料,少量剩料用于预制小型构件或场地硬化。水泥袋、外加剂桶等包装材料由供应商回收利用。推广高性能混凝土和高强度钢筋,减少材料用量。建立材料管理台账,实行限额领料制度,加强过程考核,提高材料利用率。

4.2 水资源循环利用技术

工程区水资源相对匮乏,节约用水和保护水资源同等重要。施工用水优先利用处理后的废水和收集的雨水。拌和站设置雨水收集池,屋面雨水储存后用于混凝土拌和和场地清洗。冲洗废水经沉淀、隔油处理后回用于车辆冲洗和洒水降尘。钻孔灌注桩采用泥浆循环系统,泥浆经沉淀净化后重复使用,减少新鲜水补充和废浆排放。生活营地收集屋面雨水储存于蓄水池,用于绿化浇灌。推广使用节水器具,安装节水型水龙头和冲洗设备^[4]。建立用水计量体系,对办公区、生活区、施工区分区计量考核,发现异常及时排查。加强用水设备维护,杜绝跑冒滴漏,最大限度提高水资源利用效率,减少新鲜水取用量。

4.3 能源节约与碳排放控制

能源消耗是施工碳排放的主要来源,节能降碳是绿色施工的核心目标。通过优化施工工序、减少设备空转与重复运输,选用变频空压机、节能变压器等高效设备并淘汰高能耗装备,合理安排施工时间错峰用电,加强设备维保降低能耗。

现场照明采用LED节能灯并分区控制,办公生活区严格执行空调温度标准,推广太阳能等清洁能源。施工机械与运输车辆定期尾气检测,优化运输路线减少空驶。建立能耗台账,加强统计分析与整改,通过全过程节能管理,有效降低施工碳排放强度。

5 绿色施工保障体系与实施效果

5.1 绿色施工组织管理与制度建设

项目成立以项目经理为组长的绿色施工领导小组,负责目标制定、方案审批和监督检查,下设办公室负责日常协调。制定《绿色施工管理制度》等规章,明确各岗位职责。将绿色施工目标分解到班组,签订责任书纳入月度考核。建立绿色施工例会制度,每月召开专题会议总结部署任务。开展绿色施工培训,对新进场人员进行交底,提高全员环保意识。设立绿色施工公示牌,公开目标和措施接受社会监督。通过组织保障和制度建设,使绿色施工理念融入日常管理。

5.2 过程监测与持续改进机制

项目建立环境监测计划,明确监测点位、频次和指标。扬尘方面,在施工现场和居民区设置在线监测设备,

实时监控PM10、PM2.5浓度。噪声方面,每周对场界监测,重点监测夜间时段。水质方面,每月对金沙江及冲沟取样检测pH、SS、COD等指标。水土保持方面,雨季每月巡查边坡和弃渣场。建立监测数据档案定期分析,发现问题及时下达整改通知,明确责任人和时限,完成后复查形成闭环。定期开展绿色施工评价查找不足,通过PDCA循环持续改进。

5.3 绿色施工实施效果分析

项目通过绿色施工实践取得良好效益。水土保持方面,未发生明显水土流失,弃渣场复绿率95%以上。植被保护方面,剥离草皮保存完好,复绿区域植被覆盖度85%以上。水资源保护方面,施工废水全部处理回用,水质监测达标。扬尘控制方面,场界PM10日均值低于80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,优于标准。噪声控制方面,场界昼间低于70dB、夜间低于55dB,无扰民投诉。废弃物处置方面,建筑垃圾分类回收率30%,危险废物处置率100%。资源节约方面,钢材节约5%,木材节约8%,用水量节约15%,用电量节约10%。绿色施工保护了生态环境,树立了企业良好形象。

结束语

绿色施工是工程建设与生态环境协调发展的必然选择,在青藏高原生态敏感区域尤为重要。昌波水电站1号桥工程的实践表明,将绿色施工理念贯穿工程全过程,通过水土保持、植被保护、水资源保护、扬尘控制、废弃物处置和资源节约等综合措施,可有效降低施工对环境的负面影响,实现工程建设和环境保护双赢。绿色施工是动态改进过程,需要持续完善技术体系和管理机制,推动工程建设向更加绿色、低碳、可持续的方向发展。

参考文献

- [1]冯少华,张妮妮.坝后坡绿色生态防护施工技术研究[J].水利水电施工,2025(1):65-69.
- [2]赵素云,杨德生.水利工程施工道路的防护与排水质量控制研究[J].现代工程科技,2024,3(18):29-32.
- [3]叶文坤,欧泽锋.复杂地形区域水利工程进场道路和桥隧方案设计研究[J].广东水利水电,2023(10):102-105.
- [4]罗坤,马力,徐琴,等.车辙深度对水利枢纽永久道路沥青路面高温稳定性的影响[J].河南科学,2022,40(1):59-65.