

重载铁路绿色施工与生态修复技术集成应用探讨

邢丑安

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司 山西 忻州 034000

摘要: 重载铁路绿色施工与生态修复技术集成以“预防-控制-修复”为脉络,整合施工准备阶段的生态勘测、施工过程中的低扰动工艺及施工后期的生态修复措施。本文通过材料循环利用、能源高效配置、废弃物精准管控实现低碳减排;结合本地物种植被恢复、水土保持工程-生物复合防护、生物多样性保护策略实现生态功能修复,推动施工活动与生态环境和谐共生,支撑铁路行业绿色转型。

关键词: 重载铁路;绿色施工;生态修复技术集成

引言:重载铁路作为国家综合交通体系的重要组成,其建设常伴随生态扰动与资源消耗。随着可持续发展理念深化,兼顾重载运力与生态保护的平衡发展,如何在保障运输功能的同时降低生态影响成为关键课题。该技术集成通过技术融合与创新,实现施工全周期生态保护与功能修复,是推动铁路建设绿色转型的重要实践路径,对维护区域生态平衡具有现实意义。

1 重载铁路绿色施工与生态修复技术集成基础认知

重载铁路绿色施工与生态修复技术集成,是铁路建设领域践行可持续发展理念的重要实践路径。其核心在于通过技术融合与创新,实现施工过程对生态环境的最小干扰与生态功能的高效修复。(1)技术集成逻辑:该技术体系以“预防-控制-修复”为脉络,将施工准备阶段的生态勘测、施工过程中的低扰动工艺及施工后期的生态修复措施进行系统整合,例如在路基工程中采用生态边坡防护技术,既保障边坡稳定又促进植被恢复;在隧道工程中运用微爆破技术,减少对周边岩体的破坏,降低地质灾害风险。(2)生态修复策略:针对重载铁路施工造成的生态损伤,需采取“因地制宜”的修复策略;在植被恢复方面,优先选用本地物种进行绿化,构建稳定的植物群落;在水土保持方面,通过设置截水沟、排水沟等工程措施,结合植被恢复,形成完整的水土保持体系;在生物多样性保护方面,通过建设生态廊道、保留原生植被斑块等方式,为野生动物提供迁徙通道和栖息地。(3)技术创新方向:未来,重载铁路绿色施工与生态修复技术将向智能化、精准化方向发展,例如利用无人机、卫星遥感等技术进行施工区域的生态监测,实现施工过程的实时监控与动态调整;运用生物工程、生态材料等前沿技术,开发具有自修复功能的生态防护结构,提升生态修复的长期效果^[1]。通过上述技术集成与应用,重载铁路建设能够在保障运输功能的同时,实现与

生态环境的和谐共生,为铁路行业的绿色转型提供有力支撑。

2 重载铁路绿色施工核心技术体系搭建

2.1 施工环节低碳减排技术应用

重载铁路施工环节的低碳减排技术应用,聚焦于从源头减少资源消耗与污染物排放,推动施工过程向绿色化、集约化转型。(1)材料循环利用:推广使用再生骨料、工业废渣等替代传统建材,如利用建筑垃圾制备路基填料,既降低原材料开采需求,又减少废弃物堆存压力;同时,采用可降解的临时设施材料,如竹木模板、生物基防护网,减少施工结束后的材料清理负担。(2)能源高效配置:优化施工设备能耗管理,推广使用电动化、氢能源等清洁能源设备,替代传统燃油机械,例如在隧道掘进中采用电动盾构机,减少柴油消耗与尾气排放;在拌合站配置太阳能供电系统,为夜间施工提供清洁电力。(3)废弃物精准管控:建立施工废弃物分类收集与无害化处理体系,对混凝土废料、废旧钢材等实施资源化再利用;通过引入智能分拣设备,提高废弃物回收效率;采用微生物降解技术处理有机废弃物,避免土壤与水体污染。这些技术的集成应用,不仅降低了施工环节的碳排放强度,还提升了资源利用效率,为重载铁路的绿色建造提供了坚实的技术支撑。

2.2 施工场地生态防护技术实施

施工场地生态防护技术实施,需以生态优先为原则,构建从场地规划到施工全周期的防护网络,降低施工活动对场地原生生态的干扰强度。(1)边界生态隔离:在施工场地外围设置生态缓冲带,种植本地乔木、灌木组合的植被屏障,既阻隔施工扬尘、噪音向周边扩散,又为小型野生动物提供迁徙通道,维持场地内外生态连通性。(2)微地形塑造:根据场地自然坡度与水文特征,通过微地形调整优化排水路径,例如在低洼处构建生态洼

地,增强雨水滞留能力;在坡面设计梯田式种植槽,结合植被恢复实现水土保持与景观美化双重效果。(3)生物栖息地营造:在场地内预留小型生态斑块,保留原生树木、灌丛及枯木等生物栖息要素,为昆虫、鸟类等提供觅食、筑巢场所;同时,通过种植蜜源植物、设置人工鸟巢等措施,提升场地生物多样性^[2]。这些技术的实施,不仅减少了施工对场地生态的直接破坏,更通过生态功能的恢复与提升,实现了施工场地从“生态干扰源”向“生态友好型空间”的转变,为重载铁路绿色施工提供了可复制的生态防护范式。

2.3 施工资源循环利用技术优化

资源循环利用技术优化需以提升全链条效率为核心,构建从材料获取到废弃物处置的闭环体系,推动施工活动向“零废弃”目标迈进。(1)动态调配机制:建立施工材料需求预测模型,结合工程进度实时调整材料采购与分配策略,例如通过物联网传感器监测混凝土用量,实现精准配送,避免现场堆存浪费;对钢材、木材等大宗材料实施“共享池”管理,跨工区调配余料,减少重复采购。(2)模块化设计应用:推广可拆卸、可重组的模块化施工构件,如装配式挡墙、预制排水沟等;此类构件在施工结束后可拆解重组,用于其他工程或临时设施搭建,延长材料使用寿命,降低全生命周期成本。(3)生态化处置路径:针对无法直接再利用的废弃物,开发生态友好型处置技术,例如将废弃沥青混合料通过热再生技术处理,重新用于路面铺装;对废旧轮胎进行破碎改性,制成橡胶颗粒用于减震垫层或运动场地铺设,实现废弃物的高值化利用。通过这些技术优化,施工资源循环利用从单一环节的“末端治理”转向全过程的“源头减量-过程控制-末端再生”协同管理,为重载铁路绿色施工提供了更具操作性的资源保障方案。

2.4 绿色施工全流程技术管控

绿色施工全流程技术管控需构建覆盖规划、实施、评估的全周期管理体系,确保绿色技术措施在各环节无缝衔接。(1)全周期规划:在项目初期结合工程特性与生态本底,制定绿色施工专项方案;方案需明确施工场地布局、材料使用标准、废弃物处理路径等关键指标,并细化到路基、桥梁、隧道等分项工程,形成量化的管控清单。(2)动态监测与调整:施工过程中引入智能监测设备,实时采集能耗、扬尘、噪音等数据,通过数据分析平台动态评估施工活动的环境影响,例如当扬尘浓度超标时,自动触发喷淋系统调整作业时间或增加防护措施,实现施工过程的精准调控。(3)绩效评估与反馈:施工结束后开展绿色施工绩效评估,从资源节约、环境

友好、生态修复三个维度综合评价实施效果;评估结果形成反馈报告,用于优化后续项目的绿色施工方案,形成“规划-实施-评估-优化”的闭环管理机制^[3]。通过全流程技术管控,绿色施工从被动响应转向主动管理,实现了施工活动与生态环境的动态平衡,为重载铁路的绿色建造提供了可复制、可推广的全周期管理范式。

3 重载铁路生态修复技术集成与落地应用

3.1 沿线生态修复基础技术选型

沿线生态修复基础技术选型需结合区域生态特征与工程影响范围,筛选适配性强的修复技术组合,实现生态功能与工程安全的双重保障。(1)植被恢复技术:优先选择本地物种进行植被重建,如耐旱、耐贫瘠的草本植物与灌木组合;此类植物群落既能快速覆盖裸露地表,减少水土流失,又能与原生生态系统兼容,避免外来物种入侵风险,提升生态修复的长期稳定性。(2)水土保持措施:根据地形坡度与降雨特征,采用工程与生物措施结合的方式,例如在坡面设置石笼护坡、植生袋等结构,增强边坡稳定性;结合植被恢复实现水土保持与景观美化双重效果,形成“工程防护+生态修复”的协同体系。(3)生物多样性保护:通过生态廊道建设、原生植被斑块保留等措施,为野生动物提供迁徙通道与栖息地,例如在铁路沿线预留小型生态斑块,种植蜜源植物吸引传粉昆虫,或设置人工鸟巢为鸟类提供筑巢场所,提升区域生物多样性。这些技术的综合应用,实现了生态修复从单一功能向多维度生态效益的转变,为重载铁路沿线生态修复提供了科学的技术选型依据,推动生态修复从“被动恢复”向“主动提升”转型。

3.2 植被生态重建技术整合应用

植被生态重建技术整合需立足生态本底条件,结合重载铁路运维需求优化植被重建技术体系,通过多维度技术协同实现生态系统功能提升与长期稳定。(1)物种选择优化:依据区域气候与土壤特性筛选本土优势物种,如耐旱灌木与固氮草本组合;此类植物群落既能快速形成地表覆盖,减少水土流失,又能通过物种间互作提升生态稳定性,避免单一物种退化风险。(2)工程辅助措施:结合地形特征采用微地形改造技术,如低洼处构建生态洼地增强雨水滞留,坡面设置梯田式种植槽优化水土保持;工程措施与生物措施协同,形成“工程支撑+生态覆盖”的复合修复结构。(3)养护策略动态调整:建立植被生长周期监测机制,通过定期巡查与无人机遥感评估植被覆盖度、物种多样性等指标;根据监测结果调整养护策略,如干早期增设滴灌系统,生长旺季实施适度修剪,促进植被群落向成熟阶段演替^[4]。通过技术整合

应用,植被生态重建从“快速覆盖”转向“功能提升”,不仅实现了地表生态的短期恢复,更推动了生态系统长期自我维持能力的构建,为重载铁路沿线生态修复提供了可持续的技术路径。

3.3 水土生态稳固技术协同集成

水土生态稳固需通过多技术协同实现工程防护与生态功能的双重提升,构建适应重载铁路沿线复杂地形的水土保持体系。(1)工程-生物复合防护:采用石笼护坡与植生袋组合技术,石笼结构提供初期稳定支撑,植生袋内填充本土植物种子与营养土,促进植被自然生长,形成“工程骨架+生态覆盖”的双重防护层,有效减少水土流失。(2)根系固土强化:选用深根系草本植物如苜蓿、黑麦草,其发达根系可穿透土壤浅层,形成立体网络结构,增强土壤抗剪强度与抗冲刷能力;同时,搭配浅根系灌木如紫穗槐,形成多层植被群落,提升整体固土效果。(3)水文动态调控:布设土壤湿度传感器与径流监测装置,实时采集数据并分析水土流失风险;当监测到土壤湿度异常或径流量增大时,自动触发喷灌系统调整养护策略,如增加植被覆盖密度或增设临时拦挡设施,实现水土保持的动态精准管理。通过上述技术协同集成,水土生态稳固从被动防护转向主动功能提升,不仅保障了铁路工程安全,更促进了沿线生态系统的自我修复与长期稳定,为重载铁路绿色施工提供了可持续的水土保持技术支持。

3.4 修复技术长效运维体系构建

修复技术的长效运维需建立持续性的管理机制,确保生态修复效果的长期稳定,为重载铁路沿线生态系统提供持久保障。(1)动态监测网络:构建覆盖全线的生态监测站点网络,配备土壤湿度传感器、植被生长监测仪等设备,实时采集植被覆盖度、土壤侵蚀量、生物多样性等关键指标,形成全面的生态健康档案,为运维决策提供科学依据。(2)维护响应机制:根据监测数据制

定分级维护策略,针对不同区域、不同问题采取针对性措施,例如对植被退化区域实施补植、施肥;对水土流失风险区域增设拦挡设施或调整排水系统,确保生态修复区域持续健康发展。(3)技术迭代更新:建立技术评估与更新机制,定期评估现有修复技术的适用性,结合科研进展引入新技术、新材料,例如采用生物降解材料替代传统护坡结构,或引入智能灌溉系统提升养护效率,推动运维技术向智能化、精准化方向发展^[5]。通过上述措施,修复技术长效运维体系实现了从被动维护向主动优化的转变,不仅保障了生态修复效果的长期稳定,更促进了沿线生态系统的自我修复能力提升,为重载铁路绿色施工提供了可持续的运维保障,推动生态修复从短期工程向长期生态服务功能转变。

结束语:未来,随着智能化监测技术如无人机巡检、卫星遥感实时监控的普及,结合生物工程基因编辑改良植物抗逆性、微生物菌剂促进土壤修复等前沿科技的应用,重载铁路绿色施工与生态修复技术集成将实现从数据驱动到智能决策的跨越。通过精准识别生态敏感区、动态调整施工策略、长效维护生态功能,推动铁路建设与自然环境深度融合,为全球交通基础设施绿色转型提供中国方案与可持续范例。

参考文献:

- [1]甄云飞.重载铁路接触网故障分析及防护措施[J].设备管理与维修,2022(24):54-55.
- [2]王宏伟,张伟.重载铁路桥梁基础加固设计与施工关键技术研究[J].土木工程与管理学报,2022,15(1):74-79.
- [3]汤进.新时期某重载铁路路堑穿越大型滑坡体施工技术应用[J].科技资讯,2024,22(11):153-155.
- [4]李华.铁路重载货车节能技术创新与应用[J].交通运输工程,2021,35(2):45-56.
- [5]田雷,张亮,孙玉明,等.我国重载铁路技术规章管理现状及问题初探[J].铁道货运,2024,42(08):57-61.