

土木工程施工技术中存在的问题与创新

何元斌

宁夏宁苗生态建设集团股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16807

[摘要] 我国城市化进程加快,土木工程作为基础设施建设核心,其施工技术先进性与科学性关乎工程质量和可持续发展。但实际施工中,技术、管理、环境与资源利用等方面问题,制约了工程效率与生态效益提升。本文以《石嘴山市大武口区贺兰山东麓(旱生植物园片区)生态修复项目》为案例,梳理出土木工程施工技术中存在施工组织粗放、材料资源浪费、生态扰动大、信息化程度低、养护体系不健全等典型问题。结合国家“双碳”目标与生态文明建设战略,从绿色施工、智能建造等多维度提出技术创新路径,旨在为干旱半干旱地区生态修复类土木工程提供可复制推广的技术范式,推动其向高质量、低消耗、高韧性方向转型。

[关键词] 土木工程; 施工技术; 生态修复; 绿色施工; 智能建造; 技术创新

中图分类号: TU74 **文献标识码:** A

Problems and Innovations in Civil Engineering Construction Technology

Yuanbin He

Ningxia Ningmiao Ecological Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of urbanization in China, civil engineering, as the core of infrastructure construction, its advanced and scientific construction technology is crucial to project quality and sustainable development. However, in actual construction, problems in technology, management, environment, and resource utilization restrict the improvement of engineering efficiency and ecological benefits. Taking the "Ecological Restoration Project of Helan Mountain East Piedmont (Xerophytic Botanical Garden Area) in Dawukou District, Shizuishan City" as a case study, this paper identifies typical problems in civil engineering construction technology, including extensive construction organization, waste of materials and resources, significant ecological disturbance, low informatization level, and incomplete maintenance system. Combined with the national "dual carbon" goals and ecological civilization construction strategy, this paper proposes technological innovation paths from multiple dimensions such as green construction and intelligent construction. It aims to provide a replicable and promotable technical paradigm for ecological restoration civil engineering in arid and semi-arid areas, promoting its transformation towards high quality, low consumption, and high resilience.

[Key words] Civil Engineering; Construction Technology; Ecological Restoration; Green Construction; Intelligent Construction; Technological Innovation

引言

土木工程是支撑国家发展的基础性产业,涵盖多领域。近年来,生态修复类土木工程项目增多,施工技术呈现新特征。但传统土木工程施工模式在应对生态敏感区等特殊环境时,暴露诸多不适应性。以宁夏石嘴山市大武口区贺兰山东麓旱生植物园片区生态修复项目为例,该项目地处干旱半干旱过渡带,生态本底脆弱,虽以“生态修复”为目标,但施工技术层面仍存在土方调配不合理、灌溉依赖传统模式、铺装材料生态兼容性不足、对

原生植被扰动大等问题,影响工程效果,甚至造成二次生态破坏。因此,剖析土木工程施工技术共性问题,结合前沿科技与生态理念探索创新路径,是行业关键课题。本文将从问题、成因、对策三层面展开论述,提供理论与实践参考。

1 土木工程施工技术中存在的主要问题

1.1 施工组织粗放,缺乏精细化管理

在传统土木工程实践中,施工组织往往以“赶工期、保进度”为导向,忽视对生态敏感因子的动态监测与响应。以旱生植物园

表 1 旱生植物园项目施工材料使用与生态兼容性评估

材料类型	使用部位	使用面积/长度	生态兼容性评价	改进建议
混凝土道牙	园路边缘	11,292m	不透水、不可降解,与自然景观割裂	替换为再生塑料或本地石材道牙
碎石($\phi 20-80$)	作业道、停车位	33,715m ²	透水性好,但开采可能扰动地表	限定采石范围,施工后回填植被
沥青路面	主园路	2,340m ²	不透水、高温释放有害气体	改用透水沥青或生态透水混凝土
自然卵石	游步道、科普区边界	约2,400m ² +791m	就地取材,生态协调性高	保留并推广,建立卵石回收机制
钢材(大门、标识)	入口构筑物	2处	高隐含碳,耐久但非可再生	采用回收钢材,表面做仿木处理
木材(廊架、亭)	休闲设施	8处构筑物	可再生但需防腐处理,易腐朽	选用本地速生材或竹木复合材料

项目为例,其建设内容涵盖绿化、土建、基础设施、地形整治、电照、养护等多个子系统,但设计中未明确施工时序与生态窗口期的匹配关系。例如,贺兰山东麓春季风沙大、夏季高温干旱,若在3-4月集中进行大规模土方开挖与苗木栽植,极易导致新植苗木失水死亡,违背“适地适树”原则。此外,施工过程中缺乏对作业道、游步道、科普区等功能分区的动态协调管理^[1]。项目虽规划了30099m²作业道、2340m²沥青园路及多条卵石游步道,但未建立施工交通组织优化模型,可能导致机械碾压对已栽植区域造成二次破坏。这种“先破坏、后恢复”的粗放模式,不仅增加后期养护成本,也削弱生态修复的初衷。

1.2 材料资源浪费严重,循环利用率低

尽管项目强调“节约型植物园”理念,但在材料选用与施工工艺上仍存在资源浪费现象。例如,铺装工程大量采用碎石、卵石、混凝土道牙等材料,其中碎石用量达3616m²(停车位)+30099m²(作业道),总计超3.3万平方米。这些材料虽就地取材于园内自然石,但未建立“采-用-回”闭环系统,施工剩余料未明确回收路径,易造成场地堆积或外运污染。更值得关注的是,项目中管理房外立面改造、廊架、茅草亭等构筑物采用木材、钢材等高碳材料,未充分评估其全生命周期碳排放。在“双碳”背景下,此类材料若未经碳足迹核算即大规模使用,将与生态修复的低碳目标相悖。同时,混凝土道牙(11292米)的使用虽满足功能需求,但其不可降解性与生态景观的融合度较低,缺乏对透水、透气、可降解生态材料的探索。

1.3 生态扰动大,修复与施工矛盾突出

生态修复类工程的核心在于“最小干预、最大恢复”,但实际施工中常因技术手段落后导致生态扰动加剧。旱生植物园项目虽强调“大范围保留现状地形”,但土方工程量仍高达60000立方米,涉及场地平整、垃圾外运、回填等作业。若未采用精准测绘与BIM(建筑信息模型)技术进行土方平衡模拟,极易造成过度开挖或填埋,破坏原有微地形与土壤结构。此外,项目区域内已存在50余种乡土苗木,如沙枣、山杏、紫花醉鱼木等,具有较强抗逆性。然而,施工过程中若未划定“生态保护区”或设置临时围挡,重型机械作业可能碾压根系、改变土壤通气性,导致原有植被衰退。这种“修复性破坏”现象在干旱区尤为致命,因生态系统恢复周期长、自我修复能力弱。

1.4 信息化与智能化水平不足

当前土木工程施工仍以经验驱动为主,缺乏数据支撑与智

能决策系统。旱生植物园项目虽提及“灌溉管网已检修并实现全园覆盖”,但未引入智能灌溉控制系统。在年蒸发量远大于降水量的背景下,若仍采用定时、定流量的传统灌溉模式,将造成水资源极大浪费。据测算,宁夏农业灌溉水利用系数仅为0.55左右,若生态修复工程沿用粗放灌溉,年耗水量将显著增加。同时,项目未部署施工过程监测系统^[2]。例如,对土壤含水率、苗木成活率、微气候等关键指标缺乏实时感知设备,无法动态调整养护策略。这种“盲区式”管理导致成活率依赖后期补救(设计要求成活率 $\geq 90\%$),而非过程控制,违背“预防优于补救”的生态工程逻辑。

1.5 养护体系与施工脱节,长效性不足

土木工程常将“施工期”与“养护期”割裂处理。旱生植物园项目虽明确“养护期3年(2022-2024年)”,但设计中未将养护技术标准前置至施工阶段。例如,苗木栽植深度、根系处理、覆土压实度等关键参数若未按养护需求精准控制,将直接影响后期存活。更严重的是,养护资金与责任主体未与施工合同有效绑定。项目总投资1970.70万元中,养护费用未单独列支,易导致施工单位“重建设、轻管护”。在干旱区,前三年是植被定植关键期,若缺乏专业养护队伍与科学抚育措施(如修枝、病虫害防治、水分调控),即便初期成活率达标,长期保存率仍可能大幅下降。

2 土木工程施工技术创新路径

针对上述问题,结合国家政策导向与技术发展趋势,本文提出以下五项创新路径:

2.1 推行绿色施工技术,实现资源节约与环境友好

绿色施工是解决资源浪费与生态扰动的核心手段。在旱生植物园类项目中,应全面贯彻《绿色施工导则》要求,实施“四节一环保”(节能、节地、节水、节材和环境保护)。^①生态材料替代:推广透水铺装、再生骨料、生物基复合材料。例如,将混凝土道牙替换为再生塑料或竹木复合道牙;停车位碎石层下增设透水土工布,增强雨水下渗;廊架、坐凳采用本地速生木材或回收钢材,降低隐含碳。^②土方精准平衡:利用无人机航测与GIS(地理信息系统)建立三维地形模型,通过土方优化算法实现“挖填平衡”,减少外运量。项目60000m³土方中,可设定“零外运”目标,将开挖土用于微地形塑造或苗木改良。^③水资源循环利用:整合现有两口深水井与中水回用系统。石嘴山市提出“中水回用率达80%以上”,项目可建设小型人工湿地处理生活污水,用于非关键区域灌溉,减少地下水依赖。

2.2 融合智能建造技术,提升施工精准度与效率

智能建造是破解粗放管理的关键。应构建“感知-分析-决策-执行”闭环系统。①BIM+GIS协同设计:将设计图纸转化为BIM模型,叠加土壤类型、植被分布、水文数据等GIS图层,模拟施工对生态的影响。例如,划定“禁止机械进入区”,优化作业道走向,避开古树名木或珍稀植物群落。②智能灌溉系统:部署土壤湿度传感器、气象站,结合物联网平台实现按需灌溉。系统可根据蒸发量、降雨预报自动调整灌溉计划,节水率可达30%以上。同时,对滴灌、微喷等高效节水技术进行适配性改造,适应旱生植物根系分布特征。③无人化施工装备:在地形整治阶段引入小型遥控挖掘机、植保无人机等设备,减少人员踩踏与机械碾压。无人机还可用于苗木成活率航拍评估,替代人工巡查,提升效率。

2.3 构建生态修复导向的施工工艺体系

将生态修复理念内嵌于施工全流程,实现“施工即修复”。

①微扰动施工法:采用“跳岛式”作业模式,分区块施工,保留生态廊道。例如,在连翘园、沙柳园等片区设置临时生态通道,保障动物迁徙与种子传播。②乡土植物工厂化育苗:针对云杉等生长缓慢树种,改用容器苗或带土球大苗,提高移栽成活率。同时,建立“乡土植物基因库”,确保补植树种与原生群落遗传一致性^[3]。③土壤生物修复技术:在土方回填前,掺入有机质、菌根真菌、固氮菌等,改善淡灰钙土肥力。项目可试点“土壤活化剂”应用,缩短土壤熟化周期。

2.4 发展模块化与预制化技术,缩短现场作业时间

模块化施工可大幅减少现场扰动。旱生植物园中的廊架、茅草亭、简介牌等设施,可采用工厂预制、现场组装模式。①标准化构件设计:将坐凳、垃圾桶、指示牌等公共服务设施设计为标准化模块,批量生产,降低成本。例如,坐凳采用预制混凝土基座+本地石材面板,兼顾耐久性与地域特色。②装配式灌溉系统:将滴灌带、阀门、控制器集成于预制管廊中,现场只需对接接口,避免开挖破坏。此技术已在宁夏葡萄园灌溉中成功应用,可移植至生态修复项目。

2.5 建立全生命周期数字孪生平台

数字孪生是实现施工-养护一体化的核心载体。应构建覆盖“设计-施工-运维”全周期的数字平台。①施工过程数字映射:通过激光扫描、倾斜摄影等技术,实时更新场地BIM模型,记录每棵苗木的坐标、品种、栽植时间、责任人等信息。②养护智能

预警:平台集成AI算法,对传感器数据进行分析,当土壤含水率低于阈值或叶片出现萎蔫特征时,自动推送养护工单^[4]。③公众参与模块:开发小程序,游客可扫码了解植物知识、上报病虫害,形成“共建共治共享”生态治理格局。

3 案例应用:旱生植物园项目的创新实践建议

基于上述路径,对石嘴山旱生植物园项目提出具体优化建议:①施工时序优化:将大规模土方工程安排在10-11月(秋季),避开春季风沙与夏季高温;苗木栽植集中在3月下旬至4月上旬,利用土壤解冻后短暂湿润期。②材料循环系统:设立“施工废料回收站”,将修剪树枝用于木栅栏(1415米)制作;碎石余料用于景石矮墙(20.6米)填充,实现“零废弃”。③智能灌溉试点:在胡杨林、枣园等核心片区部署智能灌溉系统,作为示范点,后期逐步推广至全园。④养护责任绑定:在施工合同中明确“3年养护期内成活率低于90%则扣减工程款”,倒逼施工单位重视栽植质量。⑤数字孪生平台建设:委托第三方开发轻量化管理平台,整合现有灌溉、照明、安防系统,实现“一屏统管”。

4 结语

土木工程施工技术正面临从“规模扩张”向“质量提升”、从“资源消耗”向“生态友好”、从“经验驱动”向“数据智能”的深刻转型。在生态修复类项目中,施工不仅是工程建设过程,更是生态重建过程。必须摒弃传统粗放模式,以系统思维整合绿色、智能、生态、数字等创新技术,构建“低扰动、高效率、可持续”的新型施工体系。石嘴山旱生植物园项目作为贺兰山东麓生态屏障的重要节点,其施工技术创新不仅关乎项目成败,更对西北干旱区生态修复工程具有示范意义。未来,应进一步加强政产学研协同,推动施工技术标准升级,将“生态优先、节约集约”理念真正落实到每一寸土地、每一株苗木、每一滴水中,为建设人与自然和谐共生的现代化提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]祁永芳,白波.土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J].中国住宅设施,2025,(07):200-202.
- [2]李惠.土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(14):191-193.
- [3]杨发强.土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(13):217-219.
- [4]钟水兵.土木工程施工技术中存在的问题与创新[J].建设科技,2023,(18):104-106.