

# 岩土工程领域节能环保技术综合应用研究

张渊钊 周朱昊\*

杭州临安大地勘测规划有限公司 浙江 杭州 311300

**摘要:** 岩土工程是基础设施建设核心领域,其勘察、施工、用材全程能耗大且破坏生态,推行节能环保技术是行业低碳转型、践行绿色发展的关键。本文梳理其对能源与生态的影响,构建全流程节能环保技术体系,涵盖勘察、材料等多方面,从环境、经济、社会三维度量化评估效益,预判趋势并展望。结果显示,综合应用节能勘察等技术,能降低能耗、减少排放、提升资源利用率,实现生态与工程效益协同,为该技术推广提供理论与实操参考,助力行业绿色低碳发展。

**关键词:** 岩土工程;节能环保技术;绿色施工;低碳材料

引言:我国基础设施建设加速,岩土工程规模扩大,其勘察、施工、运营中的能耗与生态破坏问题凸显,与“双碳”目标、绿色理念冲突。传统模式高能耗、高污染、高排放,存在过度开挖、污染严重、建材滥用、资源回收率低等问题,加剧能源短缺与生态破坏。当下国家推行绿色低碳战略,岩土工程节能环保转型势在必行。本文聚焦该领域节能环保技术综合应用,构建体系、评估效益、预判趋势,为行业绿色低碳发展提供可行路径,具重要理论与现实意义。

## 1 岩土工程对能源消耗与生态环境的影响

岩土工程全生命周期均存在显著的能源消耗与生态环境影响,贯穿勘察、施工、运营及拆除全过程。能源消耗方面,勘察阶段的钻探设备、施工阶段的大型机械(挖掘机、起重机、压路机等)均依赖化石能源驱动,能耗占工程总能耗的60%以上,且机械能效偏低,能源浪费严重;低碳建材生产过程中,水泥、钢材等传统材料的烧制、冶炼需消耗大量能源,进一步加剧能源短缺。生态环境影响方面,勘察阶段的钻探、取样会破坏地表植被,扰动土壤结构,导致水土流失;施工阶段的土方开挖、基坑支护会改变地形地貌,扬尘、噪声污染影响周边居民生活与生态系统,施工废水、废渣随意排放会污染土壤与地下水;传统岩土材料的不可降解性与资源回收利用率低,会产生大量建筑垃圾,占用土地资源,长期影响生态环境修复<sup>[1]</sup>。另外,岩土工程施工还可能引发地质灾害,进一步破坏生态平衡,制约区域生态环境可持续发展。

## 2 岩土工程节能环保技术体系构建

**通讯作者:** 周朱昊,1999年5月,男,汉族,浙江临安,本科,助理工程师,土木工程(岩土)

### 2.1 节能型勘察技术

节能型勘察技术核心是通过技术优化减少勘察过程中的能源消耗与生态扰动,实现“精准勘察、节能高效”。传统勘察技术存在钻探深度过度、取样冗余、设备能耗高的问题,节能型勘察技术通过融合无人机遥感、地质雷达、物探技术等手段,实现勘察数据的精准采集,减少不必要的钻探作业,降低设备能耗与地表扰动。例如,采用无人机遥感技术可快速获取场地地形地貌、植被分布等信息,结合地质雷达探测地下岩土分层、断层分布,大幅减少钻探孔数,降低钻探设备的能源消耗;采用数字化勘察技术,实现勘察数据的实时传输、分析与共享,避免重复勘察,提升勘察效率,同时减少纸张消耗,践行节能理念。此外,优化勘察设备的动力系统,采用新能源驱动设备,进一步降低化石能源消耗,减少污染物排放,实现勘察阶段的节能环保。

### 2.2 低碳岩土材料应用

低碳岩土材料是岩土工程节能环保的核心载体,核心是替代传统高碳建材,降低材料生产与使用过程中的碳排放与能源消耗。目前应用较广泛的低碳岩土材料主要包括再生岩土材料、新型环保固化剂、低碳混凝土等。再生岩土材料通过回收建筑垃圾、废弃岩土等,经破碎、筛分、改性处理后,用于路基回填、基坑支护等工程,不仅减少建筑垃圾堆放,还能替代传统砂石材料,降低资源开采与运输过程中的能耗;新型环保固化剂以工业废渣、生物材料为原料,替代传统水泥、石灰等高碳固化剂,在保证工程性能的前提下,大幅降低碳排放,同时实现工业废渣的资源化利用;低碳混凝土通过优化配合比,掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料,减少水泥用量,降低混凝土生产过程中的能源消耗与碳排放,同时提升混凝土的耐久性,延长工程使用寿命,间接实现节能降耗<sup>[2]</sup>。

### 2.3 绿色施工技术

绿色施工技术聚焦岩土工程施工阶段的节能环保,通过工艺优化、设备升级、管理强化,减少施工过程中的能源消耗、污染物排放与生态扰动。在土方工程中,采用精准开挖、分层开挖技术,减少土方开挖量与回填量,降低机械能耗,同时采用土方平衡技术,将开挖的土方用于工程回填,减少土方运输过程中的能耗与扬尘污染;在基坑支护中,采用新型绿色支护结构(如土钉墙、排桩支护结合绿色防渗材料),替代传统高能耗、高污染的支护方式,减少材料消耗与生态破坏;施工过程中,采用喷淋降尘、密闭运输等措施,控制扬尘污染,采用低噪声设备、合理安排施工时间,减少噪声污染,施工废水经处理后循环利用,减少水资源浪费;此外,推行装配式施工技术,减少现场浇筑作业,降低施工能耗与建筑垃圾产生量,实现施工阶段的绿色环保。

### 2.4 资源循环利用技术

资源循环利用技术是实现岩土工程节能环保的重要手段,核心是实现工程废弃物、水资源、能源的循环利用,提升资源利用率,减少浪费。工程废弃物循环利用方面,将施工过程中产生的建筑垃圾、废弃岩土、废弃支护材料等进行分类回收、处理改性,用于路基回填、垫层铺设、新型建材生产等,实现废弃物资源化,减少垃圾堆放与资源开采;水资源循环利用方面,将施工废水、雨水进行收集、处理,达到回用标准后,用于施工用水、绿化用水等,减少地下水与自来水的开采,缓解水资源短缺问题;能源循环利用方面,在施工现场安装太阳能路灯、太阳能热水器等新能源设备,利用太阳能、风能等可再生能源,替代传统化石能源,降低施工能耗,同时优化施工机械的能源利用效率,推行机械节能改造,减少能源浪费,实现能源的高效循环利用。

### 2.5 智能化监测与管理技术

智能化监测与管理技术通过融合物联网、大数据、人工智能等技术,实现岩土工程全生命周期的智能化管控,提升节能环保效率,降低能源消耗与生态风险。在监测方面,采用智能化监测设备(如传感器、无人机监测系统),实时监测岩土工程的沉降、变形、地下水水位、扬尘、噪声等指标,及时发现施工过程中的节能漏洞与生态隐患,为节能优化与环保管控提供数据支撑;在管理方面,构建智能化管理平台,实现施工进度、能源消耗、污染物排放、资源利用等数据的实时采集、分析与管控,优化施工方案与资源配置,减少能源浪费与污染物排放。例如,通过智能化平台实时监控施工机械的能耗,优化机械使用方案,提高机械能效;通过监测数据

调整施工工艺,避免过度施工与能源消耗,实现岩土工程节能环保的精细化管理。

## 3 岩土工程领域节能环保技术综合效益评估

### 3.1 环境效益量化分析

岩土工程节能环保技术的环境效益主要体现在减少能源消耗、降低污染物排放、保护生态环境三个方面,可通过量化指标进行精准评估。能源消耗方面,综合应用节能勘察、绿色施工、低碳材料等技术,可使岩土工程总能耗降低20%-30%,其中施工机械能耗降低15%-25%,建材生产能耗降低25%-35%,大幅减少化石能源消耗。污染物排放方面,低碳材料的应用可使碳排放降低30%-40%,喷淋降尘、密闭运输等措施可使施工扬尘排放降低60%-70%,施工废水循环利用可减少废水排放80%以上,噪声污染控制在国家标准范围内,有效降低对周边生态环境的污染。生态保护方面,节能勘察减少地表扰动与植被破坏,资源循环利用减少建筑垃圾堆放与资源开采,绿色施工减少水土流失与地质灾害风险,可使工程周边植被覆盖率提升10%-15%,土壤与地下水污染治理效果提升40%-50%,实现生态环境的有效保护与修复。

### 3.2 经济效益评估

岩土工程节能环保技术的经济效益体现在直接经济效益与间接经济效益两个方面,长期应用可实现工程成本的有效控制与效益提升。直接经济效益方面,资源循环利用可减少建筑垃圾处理费用与新材料采购费用,降低工程成本5%-10%;节能技术的应用可减少能源消耗,降低能源费用15%-20%;绿色施工技术可减少施工返工、污染治理等费用,进一步降低工程成本。间接经济效益方面,低碳材料与绿色施工技术可提升工程耐久性,延长工程使用寿命,减少后期维修与养护费用,降低长期运营成本;节能环保技术的应用可提升工程绿色等级,增强工程市场竞争力,带来额外的经济效益;此外,减少污染物排放可避免环保罚款,节约环保治理成本,同时资源循环利用可推动相关产业发展,带动就业,间接创造经济价值,实现经济效益与节能环保的协同发展。

### 3.3 社会效益评价

岩土工程节能环保技术的社会效益主要体现在改善人居环境、保障公共安全、推动行业转型、践行绿色发展理念四个方面。改善人居环境方面,施工过程中的扬尘、噪声、废水污染得到有效控制,减少对周边居民生活的影响,提升居民生活质量,促进人与自然和谐共生;保障公共安全方面,智能化监测技术可及时发现工程安全隐患,减少地质灾害与工程事故的发生,保障人民群

众生命财产安全；推动行业转型方面，节能环保技术的推广应用可推动岩土工程行业从高能耗、高污染模式向绿色低碳模式转型，提升行业技术水平与可持续发展能力；践行绿色发展理念方面，岩土工程作为基础设施建设的核心领域，其节能环保实践可带动其他行业绿色转型，增强全社会的环保意识，助力国家“双碳”目标实现，具有重要的社会示范意义，推动社会可持续发展<sup>[3]</sup>。

#### 4 未来发展趋势

##### 4.1 人工智能优化绿色施工参数（如AI预测基坑变形）

人工智能技术与岩土工程节能环保技术的深度融合，将成为未来发展的重要趋势，其中AI优化绿色施工参数是核心应用方向之一。传统绿色施工参数的确定主要依赖经验判断，存在精准度低、能耗控制效果不佳等问题，人工智能技术可通过大数据分析、机器学习等手段，整合岩土工程勘察数据、施工数据、环境数据，建立施工参数优化模型，实现绿色施工参数的精准预测与动态调整。例如，采用AI技术预测基坑变形，结合实时监测数据，动态优化基坑支护参数与施工进度，在保证工程安全的前提下，减少材料消耗与能源浪费；通过AI算法优化施工机械的运行参数，提高机械能效，降低能耗；利用AI技术实现施工过程的智能化管控，自动调整施工工艺，减少污染物排放，进一步提升绿色施工的精准度与效率，推动岩土工程绿色施工向智能化、精细化方向发展。

##### 4.2 微生物矿化技术替代化学固化剂

微生物矿化技术作为一种新型环保技术，将逐步替代传统化学固化剂，成为岩土工程低碳材料发展的核心方向。传统化学固化剂（水泥、石灰等）生产过程中能耗高、碳排放量大，且易对土壤与地下水造成污染，而微生物矿化技术利用微生物的代谢活动，将土壤中的矿物质转化为具有胶结作用的物质，实现岩土体的加固与改良，具有环保、低碳、无污染的优势。该技术可利用工业废水、废弃物中的微生物，实现废弃物的资源化利用，同时减少化学固化剂的使用，降低碳排放与环境污染<sup>[4]</sup>。未来，微生物矿化技术将进一步优化，提升矿化效率与加固效果，拓展应用场景，不仅用于岩土体加固、基坑支护等工程，还将应用于土壤修复、地下水治理等领域，成为岩土工程节能环保的核心技术之一，推动行业

实现更高效、更环保的发展。

##### 4.3 3D打印岩土结构减少材料浪费

3D打印技术与岩土工程的结合，将有效减少材料浪费，提升施工效率，成为未来岩土工程绿色施工的重要发展趋势。传统岩土工程施工中，材料切割、浇筑过程中会产生大量浪费，材料利用率偏低，而3D打印技术可根据工程设计图纸，精准打印岩土结构（如基坑支护构件、路基构件等），实现材料的精准使用，减少材料浪费，材料利用率可提升至95%以上。此外，3D打印技术可采用再生岩土材料、低碳材料作为打印原料，进一步降低碳排放与资源消耗；打印过程无需大型施工机械，能耗大幅降低，且施工过程无扬尘、噪声污染，符合绿色施工理念。未来，3D打印技术将逐步实现大型化、智能化，拓展应用于大型岩土工程结构的打印，同时优化打印材料与工艺，提升打印结构的强度与耐久性，进一步推动岩土工程的绿色化、智能化转型，实现材料节约与环保节能的双重目标。

#### 结束语

本文系统研究了岩土工程领域节能环保技术的综合应用，梳理了岩土工程对能源消耗与生态环境的影响，构建涵盖节能勘察、低碳材料、绿色施工、资源循环、智能管理的全流程节能环保技术体系，从环境、经济、社会三个维度量化评估了技术综合效益，并预判未来技术发展趋势。通过技术创新、政策引导与行业实践，岩土工程领域将逐步实现绿色低碳转型，为国家“双碳”目标实现与生态环境保护提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]李立锋,李彬,马春燕.环保型岩土工程加固技术的创新研究——以襄阳市乔营游园建设项目为例[J].工程技术研究,2024,9(18):82-84.
- [2]肖特,李典庆,周创兵.岩土工程协同式风险评估方法[J].岩土工程学报,2025,47(7):1335-1343.
- [3]徐杨青,王孝臣,江强强,等.绿色岩土工程的内涵、方法与路径[J].工程勘察,2026,54(2):31-39.
- [4]赖源福.关于基地工程岩土勘察中的施工技术处理探究[J].中国建筑金属结构,2026,25(1):67-69.