

陡峭山体林地原貌恢复与综合利用研究

周升阳¹ 张代民²

1 山东省嘉祥县自然资源和规划局 2 山东省嘉祥县黄垓镇农业综合服务中心

DOI:10.12238/eep.v8i7.2765

[摘要] 山体作为陆地生态系统的核心载体,其原貌破坏不仅导致生态功能退化,还引发地质灾害风险。本文围绕山体原貌恢复的核心目标,从技术原理、关键技术路径、应用案例三个维度展开研究,重点分析地貌重塑、立体框架、空间利用、土壤重构、植被重建三大核心技术的实施要点,结合实际工程案例验证技术有效性,为受损山体的精准修复与原貌恢复提供技术参考。

[关键词] 山体修复; 林地恢复; 地貌重塑; 立体框架; 空间利用; 土壤重构; 植被重建

中图分类号: S15 **文献标识码:** A

Study on restoration and comprehensive utilization of steep mountain forest land

Shengyang Zhou¹ Daimin Zhang²

1 Natural Resources and Planning Bureau, Jiaxiang County, Shandong Province

2 Huanggai Town Agricultural Comprehensive Service Center, Jiaxiang County, Shandong Province

[Abstract] As the core component of terrestrial ecosystems, mountain restoration faces dual challenges: ecological degradation from structural damage and heightened geological disaster risks. This study investigates three technical dimensions—principles, methodologies, and case studies—to achieve landscape integrity. It systematically analyzes implementation strategies for three key technologies: geomorphological reshaping, three-dimensional framework design, and spatial utilization optimization. Through practical engineering examples, the research validates these techniques' effectiveness, providing actionable guidance for precise ecological rehabilitation of degraded mountains.

[Key words] mountain restoration; woodland regeneration; geomorphological reshaping; three-dimensional framework; spatial utilization; soil reconstruction; vegetation restoration

引言

山体原貌恢复不同于常规生态复绿,其核心是通过技术手段还原山体受损前的地貌形态、土壤结构与植被群落,实现生态功能、景观特征与地质稳定性的同步恢复。当前,矿产开采、工程建设、自然灾害等因素导致的山体破坏,呈现出“地貌破碎化、土壤贫瘠化、植被单一化、裸岩暴露化”等特征,传统修复技术存在“重绿化轻结构、重短期轻长效”的问题。因此,构建科学的山体原貌恢复技术体系,对修复区域生态平衡、保障人居安全具有重要现实意义^[1]。

1 山体原貌恢复技术原理与核心目标

1.1 技术原理

山体原貌恢复以“地质稳定性优先、生态原真性为核心”为原则,基于山体原始地貌数据(如坡度、海拔、地形起伏),通过工程技术与生态技术的融合,逐步还原山体自然形态与生态系统结构,最终实现“自然恢复—综合利用—长效稳定”的良性循环。

1.2 核心目标

地貌还原:恢复山体原始坡度、地形轮廓,消除人工破坏痕迹(如矿坑、边坡、堆积体);

土壤修复:重构与原始土壤理化性质一致的土壤剖面,恢复土壤保水保肥能力与生物活性;

植被复壮:重建以乡土物种为核心的原生植被群落,实现植被覆盖率与生物多样性的原貌回归;

地质稳定:消除滑坡、崩塌等地质灾害隐患,保障山体长期结构稳定;

综合利用:山体表面种植经济作物收益,山体内部开发利用,避免资源浪费。

2 山体原貌恢复关键技术

2.1 地貌重塑技术:还原山体自然形态

地貌重塑是山体原貌恢复的基础,需以山体原始地形数据(如历史地形图、遥感影像)为依据,通过工程措施调整受损山体的坡度、高程与轮廓,核心技术包括以下两类:

坡度与轮廓修复: 针对矿坑、路堑边坡等人工地貌, 采用立柱框架结构, 将山体坡度调整至自然坡度范围(岩质山体一般 15° – 35° , 土质山体一般 10° – 25°)。对露天矿坑深凹区域, 采用分层立柱框架结构, 填充土优先选用矿坑剥离的原始表土与岩屑, 对陡峭边坡, 通过台阶式削坡形成自然起伏的地形轮廓, 形成山体梯田地貌特征。

排水系统构建: 参照山体水文特征, 构建“截水沟+排水沟+渗沟”的立体排水网络。在山顶顶部设置截水沟, 拦截坡面径流, 填土避免出现泥土流; 在地形低洼处设置排水沟, 引导雨水顺势排出; 在土壤含水量较高区域设置渗沟, 填充碎石与土工布, 降低地下水位, 避免土壤软化导致的边坡失稳, 保障地貌形态长期稳定。

2.2 陡峭山体做溶洞关键技术

陡峭山体溶洞设计需平衡空间利用与山体稳定性, 关键技术包括:

断面形式优化: 优先采用曲墙式或马蹄形断面, 相比矩形断面, 能将山体压力更均匀地传递至支护结构, 减少应力集中。断面尺寸需结合山体岩体强度确定, 一般要求溶洞周边保留“安全岩柱”, 岩柱厚度不小于溶洞最大跨度的1.5倍(软岩地区需适当加大)。

支护体系设计: 初期支护: 采用“喷射混凝土+锚杆+钢拱架”组合, 喷射混凝土厚度10–15cm(C25–C30), 锚杆长度根据岩体破碎程度选择2–4m, 钢拱架间距0.8–1.2m, 快速封闭岩面、控制岩体变形。二次支护: 当初期支护变形稳定后(位移速率 $< 0.1\text{mm/d}$), 浇筑钢筋混凝土衬砌(厚度30–50cm, C30–C40), 形成永久承载结构, 适用于高应力、大跨度溶洞。特殊地段处理: 对破碎带、断层处, 采用“小导管注浆+格栅钢架”超前支护, 注浆材料选用水泥–水玻璃双液浆, 固化时间控制在30–60min, 提前加固围岩。

2.3 工程风险防控要点

坍塌风险: 开挖前核查地质勘察数据, 对疑似不稳定区域提前支护; 施工中若发现岩面有掉块、裂缝, 立即暂停作业, 补充锚杆或加密钢拱架。

涌水突泥风险: 储备应急排水设备(如大功率水泵、注浆机), 制定涌水应急预案, 确保突发涌水时能快速控制。

边坡失稳风险: 对山体表面进行清理(清除危石、浮土), 必要时设置主动防护网(SNS), 防止地表落石影响溶洞施工。

陡峭山体溶洞开发需以“地质为基、设计为纲、施工为要”, 通过全流程技术管控, 可有效解决山体稳定性难题, 为地下空间高效利用提供安全保障, 目前已广泛应用于山区公路隧道、水利输水隧洞等工程领域。

2.4 土壤重构技术: 恢复原始土壤功能

土壤是植被生长的基础, 土壤重构需以原始土壤剖面为模板, 修复土壤物理结构与化学性质, 核心技术包括:

土壤剖面还原: 采用“表土剥离—存储—回填”技术, 在修复前先剥离山体周边未受损区域的原始表土(厚度20–30cm), 单

独存储并覆盖遮阳网保湿; 修复区域完成地貌重塑后, 先回填底层砾石层(模拟原始土壤母质层), 再铺设中层壤土(调节颗粒组成), 最后覆盖原始表土, 还原“表土—心土—母质”的自然剖面结构。

土壤改良优化: 针对土壤贫瘠、酸化、重金属污染等问题, 采用针对性改良措施。对有机质含量低于1%的土壤, 添加腐熟秸秆、生物炭(施用量5–10t/hm²)提升肥力; 对pH值低于5.5的酸性土壤, 施用石灰(施用量1–2t/hm²)调节酸碱度; 对重金属污染土壤, 先采用电动修复技术降低污染物含量(去除率 $\geq 80\%$), 再进行剖面重构, 确保土壤理化性质与原始土壤一致。

2.5 植被重建技术: 回归原生植被群落

植被重建是山体原貌恢复的核心^[2], 需遵循“乡土物种优先、群落结构匹配”原则, 核心技术包括:

物种筛选与配置: 通过实地调查确定山体原始植被的优势物种(如北方山体的油松、辽东栎, 南方山体的马尾松、樟树), 筛选耐旱、耐贫瘠、抗逆性强的乡土物种, 采用“乔—灌—草”立体配置模式。乔木层选择原生优势树种, 株行距根据原始林分密度确定(一般2m \times 3m–3m \times 4m); 灌木层选择伴生灌木(如紫穗槐、胡枝子), 填补乔木间隙; 草本层选择原生草本(如狗牙根、结缕草), 提升地表覆盖度, 模拟原始植被群落结构。

种植技术优化: 根据山体地形与土壤条件选择适宜的种植方式。平缓区域采用人工穴植, 穴深、穴径根据苗木规格确定(如乔木苗穴深50cm \times 50cm), 种植后浇足定根水; 陡峭边坡采用客土喷播技术, 将原始表土、种子、保水剂、有机肥按比例混合(重量比100:1:2:5), 通过高压喷枪喷附于坡面, 喷播厚度8–12cm, 确保种子与原始土壤紧密结合, 提升成活率。

2.6 溶洞公墓开发: 生态殡葬与空间利用的创新实践

在土地资源日益紧张、生态殡葬理念普及的背景下, 利用山体修复做成的溶洞做公墓成为平衡“安葬需求”与“生态保护”的创新方向。其核心是在保障溶洞结构安全的前提下, 通过科学规划实现逝者安息与自然环境的和谐共生, 同时利用了空间资源节约了墓地占有的地表资源, 可谓是利国利民的举措。

2.6.1 人工溶洞公墓开发的核心优势

相比传统公墓, 溶洞公墓在空间、生态、文化层面具备显著差异化价值:

节约土地资源: 无需大规模开挖地表, 直接利用地下空间, 单洞可规划数百至数千个安葬单元, 大幅降低对耕地、林地的占用, 尤其适合山区或土地稀缺地区。

减少生态扰动: 避免地表墓碑林立、硬化地面等工程对植被的破坏, 溶洞内部环境相对稳定, 后期维护仅需控制人员活动范围, 对地表生态系统影响极小。

具备文化适配性: 部分地区有“入土为安”“藏于自然”的丧葬文化传统, 溶洞的封闭性与自然属性可满足民众对“安息空间”的心理期待, 同时可结合地域文化打造特色纪念场景。

2.6.2 溶洞公墓开发的关键技术与规划要点

溶洞公墓开发需优先解决地质安全与功能适配两大核心问

题,全流程需遵循“勘察先行、安全优先、合理利用”的原则。

核心功能区划分:按“安葬-纪念-服务”逻辑分区,①安葬区:采用壁龛式安葬(沿溶洞岩壁开凿,减少地面占用),单个壁龛尺寸控制在30cm×20cm×40cm(适配骨灰盒),间距≥10cm,避免密集开凿影响岩壁稳定;②纪念区:在溶洞入口或开阔区域设置小型纪念台(材质选用环保石材,与岩壁风格统一),供家属缅怀;③服务区:在溶洞外配套简易服务用房(提供骨灰寄存、祭扫引导等基础服务),面积控制在50-100m²,避免过度建设。

配套设施设计:①照明:采用低功率LED灯(避免强光破坏溶洞环境),线路沿岩壁隐蔽铺设;②通风:若溶洞密封性强,需加装低噪音通风设备(如轴流风机),确保空气流通;③通道:地面铺设防滑地砖(坡度≤1:10,方便老人行走),宽度≥1.2m,预留应急通道(每50m设置1处,宽度≥1.5m)。

安葬方式优化:推广“生态安葬”,如骨灰盒选用可降解材质(如竹制、淀粉基材料),避免传统石材骨灰盒长期占用空间;禁止燃放鞭炮、焚烧纸钱,引导家属采用鲜花祭扫、电子缅怀等低碳方式。

溶洞环境维护:定期清理溶洞内灰尘(避免使用化学清洁剂),监测岩壁是否有渗水、掉块等情况;安葬区周边可适度种植耐阴植物(如苔藓、蕨类),提升生态氛围,同时避免根系发达植物(防止破坏岩壁)。

2.6.3 溶洞公墓开发的挑战与应对建议

公众认知与接受度问题:部分民众可能对“地下安葬”存在心理顾虑,需通过宣传引导(如解读地质安全措施、生态价值)、试点示范(先打造小型样板区,展示实际效果),逐步转变观念。

政策与合规性问题:目前溶洞公墓尚无统一建设标准,需提前对接当地民政、自然资源、生态环境等部门,明确开发审批流程,确保项目符合《殡葬管理条例》及地方生态保护政策。

长期运维保障:建立“政府主导+专业机构运维”模式,政府负责监管地质安全与生态保护,委托专业殡葬服务机构负责日常管理(如设施维护、祭扫服务),避免后期因运维缺失导致安全隐患。

溶洞公墓开发是对“入土为安”传统理念的创新诠释,更是应对土地资源紧张的有效路径。其核心并非“改造自然”,而是“顺应自然”——在严格保障地质安全与生态保护的前提下,让逝者回归自然,同时为后代留存更多土地与生态资源,实现“生息与自然共生”的殡葬新形态。

3 应用案例:山东省嘉祥县山体原貌恢复工程

3.1 工程概况

该工程位于山东省嘉祥县,原为山体露天开采区,受损面积

7hm²,存在落差50m左右的山体陡壁、坡度60°-75°的陡峭边坡,山体为石灰岩,植被完全消失,原始山体为温带落叶阔叶林地貌,优势树种为油松、栎树等。

3.2 技术实施

地貌重塑:以2000年历史地形图为依据,采用分层填方将矿坑恢复至原始高程,削坡将边坡坡度调整为25°-30°,设置3m宽的台阶式平台,构建顶部截水沟(宽0.4m,深0.5m)与坡面排水沟(间距20m)。

土壤重构:剥离周边未受损区域的原始表土(厚度25cm),矿坑回填区域先铺设30cm厚砾石层,再铺设40cm厚壤土,最后覆盖原始表土,施用石灰调节pH值至6.5,添加生物炭(施用量8t/hm²)提升有机质含量至1.8%。

植被重建:选择油松(乔木)、紫穗槐(灌木)、结缕草(草本)为核心物种,乔木株行距3m×4m,灌木按2m×2m配置,草本采用客土喷播,喷播后覆盖无纺布保湿。

3.3 工程效果

工程实施3年后监测显示:山体地貌与原始轮廓吻合度达92%;土壤有机质含量稳定在1.6%-1.9%,保水能力提升60%;植被覆盖率达85%,油松成活率88%,形成“油松-紫穗槐-结缕草”的原生群落结构;边坡位移量小于5mm/年,无地质灾害发生,实现山体原貌与生态功能的同步恢复。

4 结论与展望

山体原貌恢复需以“还原自然、长效稳定”为核心,通过地貌重塑、土壤重构、植被重建的技术协同,才能实现从“人工修复”到“自然回归”的跨越。当前技术仍存在“原始数据获取难度大、长期监测体系不完善”等问题,未来需加强遥感技术与无人机测绘的融合应用,提升原始地貌数据精度;构建“土壤-植被-水文”一体化监测网络,为技术优化提供数据支撑,推动山体原貌恢复技术向精准化、长效化方向发展^[3]。

[参考文献]

[1]曹佳丽.裸露山体生态修复策略与实践研究[J].中国林业产业,2024,(11):98-99.

[2]吴和秋,赵龙,杨雨荷,等.基于固土的高陡岩质边坡植被重建技术应用现状与展望[J].中国水土保持科学(中英文),2025,23(04):12-22.

[3]马驰也.生态修复视角下破损山体景观规划设计研究[D].吉林农业大学,2024.

作者简介:

周升阳(1974--),男,汉族,山东嘉祥人,大学,职称:林业工程师,研究方向:林业。