

露天煤矿边帮煤地下气化与生态修复协同开发模式探索

吴林

辽宁省集改建设工程有限公司 辽宁辽阳

【摘要】露天煤矿开采在满足能源需求的引发了诸多生态环境问题。边帮煤地下气化技术为煤炭清洁高效利用提供新途径，与生态修复协同开发意义重大。本文深入剖析边帮煤地下气化技术原理及生态修复方法，探讨两者协同开发模式，涵盖气化与复垦、植被恢复结合等，分析面临的挑战并提出应对策略。该研究为露天煤矿可持续发展提供新思路，助力实现能源开发与生态保护双赢。

【关键词】露天煤矿；边帮煤；地下气化；生态修复；协同开发

【收稿日期】2025年8月12日 **【出刊日期】**2025年9月17日 **【DOI】**10.12208/j.jccr.20250042

Exploration of collaborative development model for underground gasification of slope coal and ecological restoration in open-pit coal mines

Lin Wu

Liaoning Provincial Restructuring and Construction Engineering Co., Ltd., Liaoyang, Liaoning

【Abstract】 Open-pit coal mining has triggered numerous ecological and environmental issues in the process of meeting energy demands. Underground coal gasification technology for slope coal provides a new approach for clean and efficient coal utilization, and its collaborative development with ecological restoration is of great significance. This paper deeply analyzes the principles of underground coal gasification technology for slope coal and ecological restoration methods, explores the collaborative development model of the two, including the combination of gasification and reclamation, vegetation restoration, etc., analyzes the challenges faced, and proposes countermeasures. This research provides new ideas for the sustainable development of open-pit coal mines, helping to achieve a win-win situation for energy development and ecological protection.

【Keywords】 Open-pit coal mine; Slope coal; Underground gasification; Ecological restoration; Collaborative development

引言

随着能源需求增长，露天煤矿开采规模不断扩大。传统露天开采方式导致土地挖损、植被破坏、水土流失等生态问题，严重影响区域生态平衡与可持续发展。边帮煤作为露天煤矿开采的伴生产物，以往利用方式粗放，资源浪费严重。地下气化技术能将边帮煤转化为清洁燃气，实现煤炭高效利用。与此生态修复对于恢复矿区生态功能至关重要。探索两者协同开发模式，既能提高资源利用率，又能有效改善矿区生态环境，具有重要的现实意义与紧迫性。

1 边帮煤地下气化技术解析

边帮煤地下气化技术通过可控的燃烧与气化过程，将埋藏于地下的边帮煤转化为可燃气体，是煤炭清洁

高效利用的重要途径。该技术核心在于构建地下反应体系，通过精准调控实现煤炭定向转化。地下气化系统中，燃烧区作为能量源，煤炭与气化剂剧烈氧化释放热能，为后续反应供能；还原区利用高温促使二氧化碳和水蒸气与煤炭反应生成可燃气体；干馏区热解煤炭产生焦油和煤气；干燥区去除水分保障反应效率。

实现边帮煤地下气化需要多种技术手段的协同应用。定向钻进技术作为定位的核心，借助先进的测量仪器和导向系统，能够按照预定轨迹精准地钻入地下煤层，为气化通道的建立提供可靠保障。在实际操作中，通过实时监测钻孔轨迹，及时调整钻进参数，确保钻孔准确到达目标煤层位置^[1]。气化炉的构建是整个技术的关键环节，需要根据煤层的地质条件、厚度、倾角以及

气化工工艺要求,设计合适的气化炉类型。常见的U型、L型气化炉,通过优化炉体结构和布局,能够为气化反应创造良好的条件,提高气化效率和煤气质量。自动化监控技术则为气化过程装上了智慧大脑,通过在气化区域布置大量的传感器,实时监测温度、压力、气体成分等关键参数。

与传统煤炭开采利用方式相比,边帮煤地下气化具有显著的优势。传统煤炭开采需要进行大规模的挖掘和运输,不仅对地表造成严重扰动,破坏地表生态环境,还存在着瓦斯爆炸、顶板坍塌等安全隐患^[2]。而地下气化技术无需将煤炭开采到地面,极大地减少了对地表的破坏,有效降低了安全风险。地下气化产生的煤气经过净化处理后,可作为清洁燃料直接应用于工业生产和居民生活,替代传统的煤炭燃烧方式,显著减少了粉尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放。

2 露天煤矿生态修复的方法与要点

露天煤矿开采对生态环境造成的破坏是多维度、深层次的。大面积的土地挖损使得原有的地形地貌发生根本性改变,大量耕地、林地被破坏,土地丧失了原有的农业、林业生产功能,导致土地资源的严重浪费。开采过程中产生的大量废弃物,如煤矸石、尾矿等堆积在矿区周边,不仅占用大量土地,而且这些废弃物中的有害物质,如重金属、硫化物等,在雨水冲刷和渗透作用下,会进入土壤和水体,造成土壤污染和水体污染,威胁周边生态环境和居民健康。植被破坏是露天煤矿开采带来的另一大问题,地表植被被大面积清除,植被覆盖率急剧下降,破坏了生态系统的平衡,导致生物栖息地丧失,生物多样性锐减。

生态修复的主要目标是恢复矿区生态系统的结构和功能,使其重新具备自我调节和可持续发展的能力。土地复垦是生态修复的基础工作,通过一系列工程措施,对挖损和塌陷的土地进行平整和修复。在土地平整过程中,需要根据地形特点和排水要求,合理设计土地坡度和排水系统,确保降雨能够及时排出,避免积水对土地造成二次破坏。覆土环节则需要选择合适的土壤类型,并进行土壤改良,通过添加有机肥料、腐殖质等物质,提高土壤肥力,改善土壤结构,为植被生长创造良好的土壤条件。植被恢复是生态修复的关键环节,根据当地的气候、土壤等自然条件,科学选择适宜的植物种类进行种植^[3]。优先选用乡土植物,因为它们对当地环境具有较强的适应性,能够快速扎根生长,形成稳定的植被群落。注重植物的搭配,构建乔、灌、草相结合的立体植被结构,提高植被群落的稳定性和生态功能,

增强其对病虫害的抵抗力和环境变化的适应能力。

在露天煤矿生态修复过程中,有诸多因素会对修复效果产生重要影响。土壤质量是决定植被能否良好生长的关键因素,良好的土壤结构和充足的肥力是植被扎根和获取养分的基础。在土地复垦过程中,必须对土壤进行全面检测,了解土壤的酸碱度、养分含量、质地等指标,然后有针对性地进行改良。通过添加有机肥料、微生物菌剂等措施,改善土壤的理化性质,增加土壤的保水保肥能力,为植被生长提供适宜的土壤环境。气候条件对植被恢复有着直接的影响,干旱、寒冷、风沙等恶劣气候条件增加了植被种植和存活的难度^[4]。在选择植物种类和制定种植方案时,需要充分考虑当地的气候特点,选择耐旱、耐寒、抗风沙的植物品种,并采取相应的防护和灌溉措施,如搭建防风屏障、铺设滴灌系统等,提高植被的成活率。生物多样性保护也是生态修复的重要目标之一,丰富的生物多样性有助于增强生态系统的稳定性和自我修复能力。

3 边帮煤地下气化与生态修复协同模式构建

在边帮煤地下气化与生态修复协同开发模式中,地下气化与土地复垦的结合具有重要的实践意义。在项目规划阶段,需要对矿区土地进行科学合理的规划,综合考虑气化区域的分布、工艺流程以及土地的利用需求,确定土地复垦的顺序和方式。在地下气化过程中,产生的炉渣等废弃物经过适当处理后,可以作为土地复垦的填充材料。这些炉渣具有一定的强度和稳定性,能够填充挖损或塌陷的土地,恢复土地的地形地貌。利用炉渣进行土地复垦,既解决了废弃物排放带来的环境问题,又节省了土地复垦所需的材料成本,实现了资源的循环利用。

植被恢复与地下气化之间存在着相互促进的关系。在地下气化区域周边种植合适的植物,植物的根系能够深入土壤,起到固土护坡的作用,有效防止土壤滑坡和水土流失,保护气化设施的安全稳定运行^[5]。植被的蒸腾作用和光合作用能够调节区域小气候,增加空气湿度,降低风速,减少粉尘污染,为地下气化创造良好的外部环境。在气化区域周边种植高大乔木和低矮灌木相结合的植被带,乔木可以有效阻挡风沙,降低风速,灌木则能够截留雨水,减少地表径流,两者相互配合,形成一道生态防护屏障。

地下气化产生的能量在生态修复工程中具有广泛的应用前景。利用煤气发电是其中的重要途径之一,所产生的电力可以为矿区的灌溉系统、植被养护设备等提供动力支持。在干旱地区,通过将煤气转化为电能驱

动灌溉水泵，能够为植被提供充足的水分，保障植被的正常生长和发育^[6]。煤气燃烧产生的热能也具有重要的利用价值，可以用于温室大棚供暖，在寒冷的冬季为种植的植物提供适宜的温度条件，促进植物的生长和繁殖，提高植被的成活率和生长速度。

4 协同开发面临的挑战及应对策略

在技术层面，边帮煤地下气化技术和生态修复技术均亟待完善创新。针对边帮煤地下气化中煤气成分与热值不稳的难题，需强化煤层地质精细探测，借助三维地震勘探、瞬变电磁法等技术获取煤层参数，为工艺设计提供数据；同时研发智能化控制技术，通过传感器实时监测气化参数，利用大数据与AI算法动态优化操作，提升煤气质与利用效率。生态修复方面，现有植被恢复技术在矿区适应性差，应加快选育耐旱、耐贫瘠、抗污染的适生植物品种，并探索无土栽培、立体绿化等新技术的应用，创新修复模式以提高成效。

经济方面，边帮煤地下气化与生态修复协同开发项目面临着初期投资大、回报周期长的问题，这在很大程度上影响了企业参与的积极性。为解决这一问题，政府应发挥引导和支持作用，出台相关优惠政策，如税收减免、财政补贴等，降低企业的投资成本，提高项目的经济效益。设立专项扶持资金，对开展协同开发项目的企业给予资金支持，缓解企业的资金压力。鼓励金融机构提供低息贷款，为企业提供融资便利^[7]。企业自身也需要加强成本管理，通过优化项目设计和施工方案，采用先进的技术和设备，提高施工效率，降低建设和运营成本。加强技术创新，提高资源利用率和产品附加值，开发多元化的产品和服务，拓展市场渠道，缩短回报周期，增强项目的经济可行性和竞争力。

在政策法规方面，目前相关政策法规不够完善，在项目审批、资源权属、生态补偿等方面存在模糊之处，给协同开发项目的推进带来了阻碍。政府需要加快制定和完善相关政策法规，明确项目审批流程和标准，简化审批手续，提高审批效率，为企业提供便捷的服务。清晰界定边帮煤地下气化与生态修复项目的资源权属，保障企业的合法权益，避免因权属不清引发的纠纷。建立合理的生态补偿机制，根据矿区生态破坏程度和修复成本，科学确定生态补偿标准，促使企业积极主动地开展生态修复工作^[8]。加强对政策法规的宣传和解读，通过举办培训班、研讨会等形式，提高企业对政策的知

晓度和理解程度，确保政策法规能够得到有效实施，为协同开发项目营造良好的政策环境。

5 结语

露天煤矿边帮煤地下气化与生态修复协同开发模式，为露天煤矿可持续发展开辟了新路径。通过技术创新与优化，完善地下气化和生态修复技术体系，能提升协同开发的效率与质量。在经济政策支持下，降低投资风险，提高企业参与积极性。健全政策法规，为协同开发提供坚实保障。未来，随着技术的不断进步和政策的持续完善，该协同开发模式有望在更多露天煤矿推广应用，实现能源开发与生态环境保护的和谐共生，推动煤炭行业向绿色、可持续方向转型发展，为建设美丽中国贡献力量。

参考文献

- [1] 孙宽,祁逸帆. 平朔东露天煤矿无人卡车堆排排土工艺研究[J].露天采矿技术,2025,40(04):25-28.
- [2] 徐玉龙. 露天煤矿边坡监测发展现状及发展趋势[J].露天采矿技术,2025,40(04):34-38.
- [3] 李晓勇.双碳背景下我国露天煤矿新能源运输技术发展研究[J].露天采矿技术,2025,40(04):39-42.
- [4] 苏迁军. 大型露天煤矿排土桥运输工艺研究[J].露天采矿技术,2025,40(04):29-33.
- [5] 徐静波,朱光新,任小舟,等. 基于GIS的露天煤矿开发对毗邻风景名胜区景观影响研究[J].露天采矿技术,2025,40(04):43-49.
- [6] 李凯旋,刘俊伟,王智博,等. 基于 Sentinel-2 影像和 BenchSegNet 模型的露天煤矿台阶提取[J/OL].自然资源遥感,1-8[2025-08-02].
- [7] 张得恩,李胜昌,周小果,等. 露天煤矿采空区周边土壤重金属污染特征及风险评价研究[J/OL].有色金属(矿山部分),1-9[2025-08-02].
- [8] 罗霄,杨召友,王刘文,等. 贵州山区露天煤矿地质灾害危险性评估及防治措施建议[J].资源信息与工程,2025,40(04): 90-93.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS