

露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展研究

李 明

国家能源准能集团黑岱沟露天煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：本文聚焦露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展这一重要议题。首先阐述了露天矿山开采的现状及面临的环保挑战，强调了实现碳中和目标的紧迫性和重要性。接着深入分析了露天矿山绿色开采技术的内涵、主要类型及其在节能减排、生态保护等方面的积极作用。然后探讨了露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展的内在机制和实现路径，包括技术创新、政策引导、产业融合等方面。并对未来露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展的趋势进行了展望，旨在为推动露天矿山行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词：露天矿山；绿色开采技术；碳中和；协同发展

1 引言

露天矿山是全球经济发展的重要支撑，为多行业提供原材料。但传统开采模式带来粉尘、废气、废水污染，引发地质灾害，破坏生态与土地资源，还加剧温室气体排放。随着全球对气候变化关注度提升，碳中和成共同目标。露天矿山行业能源消耗大、排放多，其开采方式转型对实现碳中和至关重要。绿色开采技术是可持续发展模式，能减少环境破坏、提高资源利用率、降低能耗与排放。研究露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展，对行业可持续发展和全球应对气候变化意义重大。

2 露天矿山开采现状及面临的环保挑战

2.1 露天矿山开采现状

露天矿山开采是剥离矿体上土石、从地表挖矿的方法，与地下开采比，它生产能力强、效率高、成本低、安全好，故全球广泛应用。目前涵盖多种矿产资源，开采规模和深度持续增加。在我国，露天矿山开采地位重要，煤炭行业露天煤矿产量占比逐年升，金属与非金属露天矿山也快速发展^[1]。随着技术进步，开采设备大型化、自动化、智能化，大型电铲等应用提升开采能力，自动化与智能监测系统则提高了生产安全性和资源利用率。

2.2 露天矿山开采面临的环保挑战

露天矿山开采面临多重环保挑战。首先是大气污染，开采中的钻孔、爆破等环节产生大量扬尘，危害空气质量、人体健康及交通航空安全。同时，重型机械以柴油为燃料，排放的氮氧化物等污染物进一步加剧污染。其次是水污染，开采产生的废水含悬浮物、重金属等有害物质，直接排放会污染地表水和地下水。且开采破坏地表植被和土壤，加剧水土流失，泥沙和污染物被带入水体，恶化水质。再者是土壤污染与土地破坏，开采直接破坏土壤结构，导致肥力下降和土地退化。废

石、尾矿等随意堆放，释放有害物质污染土壤。此外，开采引发的地质灾害也破坏土地资源，影响可持续利用。最后是温室气体排放，开采、运输等环节消耗大量化石能源，产生大量二氧化碳。同时，矿山开采中甲烷泄漏问题严重，其温室效应是二氧化碳的20多倍，对全球气候变化产生负面影响。

3 露天矿山绿色开采技术分析

3.1 绿色开采技术的内涵

露天矿山绿色开采技术是指在矿产资源开发过程中，遵循可持续发展理念，运用先进的技术和工艺，最大限度地减少对环境的破坏和污染，实现资源的高效利用和生态环境的保护与修复的一种开采模式。绿色开采技术强调在开采过程中充分考虑环境因素，将环境保护贯穿于矿山规划、设计、开采、闭坑等全过程，实现经济效益、环境效益和社会效益的有机统一。

3.2 主要绿色开采技术类型

3.2.1 保水开采技术

保水开采技术是指在露天矿山开采过程中，采取有效措施保护地下水资源，减少矿坑水对地下水的破坏和污染，实现水资源的合理利用和保护。常见的保水开采技术包括留设防水矿柱、采用充填采矿法、建设地下水库等^[2]。留设防水矿柱可以在开采过程中形成一道天然屏障，阻止矿坑水与地下水的混合；充填采矿法通过向采空区充填废石、尾矿等材料，减少地表塌陷和地下水渗漏；地下水库则可以将矿坑水收集起来，经过处理后用于矿山生产和生活，实现水资源的循环利用。

3.2.2 充填开采技术

充填开采技术是指将矿山开采过程中产生的废石、尾矿等固体废弃物，经过加工处理后制成充填材料，回填到采空区的一种开采方法。充填开采技术不仅可以

有效处理矿山固体废弃物,减少土地占用和环境污染,还可以控制地表塌陷,保护地面建筑物和生态环境。同时,充填体还可以为后续开采提供支撑,提高开采安全性和资源回收率。根据充填材料的不同,充填开采技术可分为干式充填、水砂充填和胶结充填等多种类型。

3.2.3 联合开采技术

联合开采技术是指将两种或两种以上的开采方法有机结合,充分发挥各种开采方法的优势,提高开采效率和资源利用率,减少对环境的破坏。例如,将露天开采与地下开采相结合,在露天开采境界外或深部采用地下开采方法,实现资源的充分回收;将机械开采与水力开采相结合,利用水力冲采松散矿石,减少机械开采过程中的粉尘污染和能源消耗。

3.2.4 生态修复技术

生态修复技术是指在露天矿山开采结束后,对受损的生态环境进行修复和重建,恢复生态系统的功能和稳定性。生态修复技术包括土壤改良、植被恢复、景观重建等多个方面。土壤改良是通过添加有机肥料、微生物菌剂等措施,改善土壤结构和肥力,为植被恢复提供良好的土壤条件;植被恢复是选择适宜的植物品种进行种植,形成植被覆盖,防止水土流失和土壤侵蚀;景观重建则是根据矿山所在地的自然和文化特点,对矿山进行景观设计和改造,打造具有生态价值和旅游价值的景观区域。

3.3 绿色开采技术在节能减排和生态保护方面的作用

3.3.1 节能减排作用

绿色开采技术通过优化开采工艺、提高资源利用率和采用清洁能源等方式,能够有效降低露天矿山的能源消耗和温室气体排放。例如,保水开采技术可以减少矿坑水的排放和处理,降低水泵运行能耗;充填开采技术可以提高资源回收率,减少二次开采的能源消耗;联合开采技术可以根据矿石性质和开采条件选择最合适的开采方法,提高开采效率,降低能源消耗^[3]。此外,一些露天矿山还开始采用太阳能、风能等清洁能源,替代传统的化石能源,进一步减少温室气体排放。

3.3.2 生态保护作用

绿色开采技术注重对生态环境的保护和修复,能够有效减少露天矿山开采对土地、水、大气等环境要素的破坏。通过采用保水开采技术,可以保护地下水资源,维持生态系统的水分平衡;充填开采技术可以控制地表塌陷,保护地面建筑物和植被;生态修复技术可以对受损的生态环境进行修复和重建,恢复生态系统的功能和稳定性。例如,在一些废弃露天矿山生态修复项目中,

通过土壤改良和植被恢复,曾经荒芜的矿山变成了绿树成荫、花草繁茂的生态公园,不仅改善了当地生态环境,还为周边居民提供了休闲娱乐的场所。

4 露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展的内在机制与实现路径

4.1 协同发展的内在机制

4.1.1 目标一致性

露天矿山绿色开采技术和碳中和目标都具有可持续发展的内涵,都旨在实现经济发展与环境保护的协调共进。绿色开采技术通过减少对环境的破坏和污染,提高资源利用效率,为碳中和目标的实现提供了技术支撑;而碳中和目标的提出则为绿色开采技术的发展指明了方向,促使矿山企业更加注重节能减排和生态环境保护,推动绿色开采技术的不断创新和应用。

4.1.2 相互促进性

绿色开采技术的应用能够直接减少露天矿山的温室气体排放,降低碳排放强度,为实现碳中和目标做出贡献。例如,采用节能型的开采设备和工艺、推广清洁能源的使用、加强资源综合利用等绿色开采措施,都可以有效降低能源消耗和碳排放^[4]。同时,碳中和目标的实现也为绿色开采技术的发展提供了政策支持和市场动力。政府通过制定碳减排政策、建立碳交易市场等措施,引导矿山企业加大绿色开采技术的研发和应用投入,促进绿色开采技术的不断进步和推广。

4.1.3 系统整合性

露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展需要实现技术、政策、市场等多个方面的系统整合。在技术层面,要将绿色开采技术与节能减排技术、碳捕获与封存技术等有机结合,形成一套完整的低碳开采技术体系;在政策层面,政府要制定完善的法律法规和政策措施,加强对矿山企业节能减排和绿色开采的监管和引导;在市场层面,要建立健全碳交易市场和绿色金融体系,通过市场机制激励矿山企业积极参与绿色开采和碳减排行动。

4.2 协同发展的实现路径

4.2.1 技术创新路径

技术创新是实现露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展的关键。矿山企业应加大研发投入,加强与科研机构和高校的合作,开展绿色开采技术和碳减排技术的联合攻关。重点研发高效节能的开采设备和工艺、低碳环保的选矿技术、资源综合利用技术以及碳捕获与封存技术等。同时,要积极推广应用数字化、智能化开采技术,实现开采过程的精准控制和优化管理,提高生产效率和资源利用率,降低能源消耗和碳排放^[5]。例如,利用

大数据、人工智能等技术对开采过程进行实时监测和分析,及时发现和解决能源浪费和碳排放过高的问题;采用无人驾驶矿车、智能钻机等设备,提高开采作业的自动化水平,减少人工操作和能源消耗。

4.2.2 政策引导路径

政府应制定完善的政策法规,引导和推动露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展。一方面,要加强对矿山企业节能减排和绿色开采的监管,建立健全碳排放核算和监测体系,严格执行碳排放总量控制和配额管理制度,对超标排放的企业依法进行处罚。另一方面,要出台一系列激励政策,鼓励矿山企业采用绿色开采技术和开展碳减排行动。例如,给予采用绿色开采技术的企业税收优惠、财政补贴和低息贷款等支持;对在碳减排方面表现突出的企业进行表彰和奖励,提高企业参与绿色开采和碳减排的积极性^[6]。此外,政府还应加强政策协调和统筹规划,将露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展纳入国家和地方经济社会发展规划和生态环境保护规划,确保各项政策措施的有效实施。

4.2.3 产业融合路径

推动露天矿山行业与其他相关产业的融合发展,是实现绿色开采技术与碳中和协同发展的重要途径。例如,加强露天矿山与新能源产业的融合,充分利用矿山丰富的土地资源和闲置空间,发展太阳能、风能等新能源项目,为矿山生产提供清洁能源,减少对传统化石能源的依赖;促进露天矿山与环保产业的融合,引入先进的环保技术和设备,加强对矿山废水、废气和废渣的处理和综合利用,实现污染物的达标排放和资源化利用;加强露天矿山与建材、化工等产业的融合,将矿山开采产生的废石、尾矿等固体废弃物作为原材料,生产建筑材料、化工产品等,提高资源综合利用率,减少固体废弃物的排放。

4.2.4 国际合作路径

气候变化是全球性问题,实现碳中和目标需要各国

共同努力。露天矿山行业应加强国际合作与交流,积极参与国际碳减排行动和绿色开采技术合作。一方面,要引进国外先进的绿色开采技术和碳减排经验,结合我国露天矿山的实际情况进行消化吸收和再创新,提高我国露天矿山行业的绿色发展水平;另一方面,要将我国在露天矿山绿色开采技术和碳减排方面取得的成果进行推广应用,为全球应对气候变化做出贡献。同时,要加强与国际组织和金融机构的合作,争取国际资金和技术支持,共同推动露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展。

结语

露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展是露天矿山行业实现可持续发展的必然选择。通过技术创新、政策引导、产业融合和国际合作等多种途径,推动露天矿山绿色开采技术与碳中和的协同发展,不仅能够实现露天矿山行业的节能减排和生态环境保护目标,还能为全球应对气候变化做出积极贡献。在未来的发展中,我们应充分认识到露天矿山绿色开采技术与碳中和协同发展的重要性和紧迫性,加强研究和实践,不断探索创新,推动露天矿山行业向绿色、低碳、可持续的方向发展。

参考文献

- [1]孙浩.绿色矿山建设背景下的露天矿山开采工艺研究[J].工程机械与维修,2024,(01):159-161.
- [2]张文瑞.煤矿电铲改造与远程控制研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(24):166-168.
- [3]陈一凡.露天矿山绿色开采工艺的应用与发展[J].中国金属通报,2021,(07):3-4.
- [4]李俊超.绿色矿山建设背景下的露天矿山开采工艺研究[J].现代矿业,2023,39(03):73-76+80.
- [5]常建国,王韬.黑岱沟露天煤矿绿色矿山建设具体实践[J].中国煤炭,2023,49(S1):84-87.
- [6]王忠鑫,赵明,赵丹丹,等.露天煤矿绿色矿山建设支撑保障体系[J].露天采矿技术,2021,36(03):1-7.