

采矿作业中的环保技术与资源综合利用研究

陈腮海

江西省德兴市渔塘金矿(金灵矿产), 中国·江西 上饶 334213

摘要: 随着全球对环境保护和资源可持续性的关注度不断提高, 采矿作业面临着严峻的挑战和机遇。论文深入探讨了采矿作业中的环保技术与资源综合利用方法, 详细分析了采矿各阶段的环境影响, 包括土地破坏、水资源污染、大气污染等, 并阐述了相应的环保技术措施, 如生态修复技术、矿井水净化处理技术、粉尘防治技术等。同时, 对矿产资源综合利用的途径和方法进行了研究, 包括共伴生矿产资源的回收利用、尾矿的再选和资源化利用等方面, 旨在实现采矿作业与环境保护的协调发展, 提高资源利用效率, 减少废弃物排放, 为采矿行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 采矿作业; 环保技术; 资源综合利用; 可持续发展

Research on Environmental Protection Technology and Comprehensive Utilization of Resources in Mining Operations

Saihai Chen

Yutang Gold Mine (Jinling Mineral) in Dexing City, Jiangxi Province, Shangrao, Jiangxi, 334213, China

Abstract: With the increasing global attention to environmental protection and resource sustainability, mining operations are facing severe challenges and opportunities. The paper explores in depth the environmental protection technologies and comprehensive resource utilization methods in mining operations, and analyzes in detail the environmental impacts of each stage of mining, including land destruction, water resource pollution, air pollution, etc. It also elaborates on corresponding environmental protection technology measures, such as ecological restoration technology, mine water purification treatment technology, dust prevention and control technology, etc. At the same time, research has been conducted on the ways and methods of comprehensive utilization of mineral resources, including the recovery and utilization of associated mineral resources, the re selection of tailings, and resource utilization, aiming to achieve coordinated development between mining operations and environmental protection, improve resource utilization efficiency, reduce waste emissions, and provide theoretical support and practical guidance for the sustainable development of the mining industry.

Keywords: mining operations; environmental protection technology; comprehensive utilization of resources; sustainable development

0 前言

采矿作业作为经济发展的重要支撑行业, 长期以来为工业生产提供了大量的矿产资源。然而, 传统的采矿方式往往伴随着严重的环境问题, 如土地塌陷、地表植被破坏、水土流失、水资源污染以及大气污染等, 同时也存在着资源利用率低、大量尾矿和废石堆存等问题, 这不仅对生态环境造成了巨大压力, 也不符合可持续发展的要求。

近年来, 国内外学者在采矿作业的环保技术和资源综合利用方面开展了广泛而深入的研究。例如, 李海英等^[1]对矿山生态修复技术进行了研究, 提出了一系列植被恢复和土壤改良的方法; 胡文容^[2]探讨了矿井水的处理与回用技术, 实现了水资源的循环利用; 刘全军等^[3]则专注于共伴生矿产资源的综合回收工艺, 提高了矿产资源的综合利用率。这些研究成果为论文的进一步探讨提供了重要的理论基础和实践经验。

1 采矿作业对环境的影响

1.1 土地破坏

采矿活动尤其是地下开采, 会导致大面积的土地塌陷和地表变形, 使土地失去原有的使用功能。同时, 露天开采会直接剥离表土和植被, 造成土地的裸露和荒芜, 引发水土流失等问题, 严重破坏了当地的生态平衡和景观环境。

1.2 水资源污染

采矿过程中产生的矿井水含有大量的悬浮物、重金属离子以及酸性物质等, 如果未经处理直接排放, 会对地表水、土壤和地下水造成严重污染, 影响周边水体的生态功能, 威胁到水生生物的生存, 并可能通过食物链传递对人类健康产生潜在危害。

1.3 大气污染

采矿作业中的穿孔、爆破、破碎、运输等环节会产生大量的粉尘, 以及在矿石冶炼过程中会排放出二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等有害气体, 这些污染物会导致空气质量下

降, 引发雾霾、酸雨等环境问题, 对周边居民的生活和健康以及农作物的生长产生不利影响。

2 采矿作业中的环保技术

2.1 生态修复技术

2.1.1 土地复垦

对于露天采场和排土场等区域, 通过工程措施(如平整土地、修筑梯田等)和生物措施(如种植适宜的植被)相结合的方式对土地进行复垦, 恢复土地的生产力和生态功能。选择本地的、具有较强适应性和抗逆性的植物品种, 根据不同的土壤条件和地形地貌进行合理搭配种植, 提高植被的成活率和覆盖率, 有效防止水土流失, 改善生态环境。

2.1.2 塌陷区治理

针对地下开采造成的塌陷区, 可采用回填、平整、挖深垫浅等方法进行治理。对于积水较深的塌陷区, 可开发为水产养殖区或人工湿地; 对于塌陷程度较轻的区域, 进行土地平整后复垦为农田或林地, 实现塌陷区土地资源的再利用和生态环境的修复。

2.2 矿井水净化处理技术

2.2.1 物理化学处理方法

通过沉淀、过滤、吸附、离子交换等物理化学方法去除矿井水中的悬浮物、重金属离子和有机物等污染物。例如, 采用混凝沉淀工艺, 向矿井水中加入混凝剂, 使水中的悬浮颗粒凝聚成较大的絮体, 然后通过沉淀作用使其分离去除; 利用活性炭吸附可以有效去除水中的有机物和部分重金属离子, 提高矿井水的水质, 使其达到回用或排放标准。

2.2.2 生物处理方法

对于含有较高浓度有机物的矿井水, 可采用生物处理技术, 如活性污泥法、生物膜法等。通过微生物的代谢作用, 将矿井水中的有机物分解为无害的二氧化碳和水, 降低水中的化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD), 同时对一些氮、磷等营养物质也有一定的去除效果, 使矿井水得到净化处理, 实现水资源的循环利用, 减少对外部水资源的依赖和废水排放对环境的污染。

2.3 粉尘防治技术

2.3.1 源头控制

在采矿作业的各个产尘环节, 如穿孔、爆破、破碎等, 采用先进的设备和工艺, 减少粉尘的产生。例如, 采用湿式凿岩技术, 在凿岩过程中向钻孔内喷水, 使粉尘湿润后不易飞扬; 优化爆破参数, 采用微差爆破、预裂爆破等技术, 降低爆破产生的粉尘量; 在破碎设备上安装封闭罩和喷雾降尘装置, 减少破碎过程中的粉尘逸散。

2.3.2 过程控制

加强对运输道路的管理和维护, 定期洒水降尘, 对运输车辆进行封闭或加盖篷布, 防止物料遗撒飞扬; 在矿山主要产尘区域设置防风抑尘网, 降低风速, 减少粉尘的扩散; 同时, 采用喷雾降尘、吸尘等设备对作业场所的粉尘进行及时收集和处理, 降低空气中的粉尘浓度, 改善作业环境空气

质量, 减少粉尘对周边大气环境的污染。

3 采矿作业中的资源综合利用

3.1 共伴生矿产资源的回收利用

许多矿产资源在开采过程中往往伴生有其他有用矿物, 如果在采矿和选矿过程中能够采用合理的工艺技术, 将这些共伴生矿产资源进行综合回收利用, 不仅可以提高矿产资源的利用率, 还能减少废弃物的排放, 具有重要的经济和环境意义。在有色金属矿的开采中, 常伴生有金、银、铂族金属等贵金属以及镓、锗等稀有金属。对于这些伴生金属, 可在选矿流程中通过采用先进的浮选、重选、磁选等联合选矿工艺, 依据不同矿物的物理化学性质差异进行分离富集。例如, 在铅锌矿选矿过程中, 利用泡沫浮选法, 通过调整药剂制度和浮选条件, 可有效将伴生的银、镉等金属回收。此外, 在一些复杂多金属矿的选冶过程中, 还可以采用生物浸出、化学浸出等湿法冶金技术, 进一步提高伴生金属的回收率, 充分挖掘矿产资源的潜在价值, 实现资源的高效利用, 增加矿山企业的经济效益, 同时减少尾矿中有用金属的含量, 降低尾矿后续处理的环境压力。

3.2 尾矿的再选和资源化利用

尾矿作为采矿作业的主要固体废弃物, 其堆存不仅占用大量土地, 还可能对周边环境造成潜在威胁, 如尾矿库溃坝风险以及尾矿中有害物质的渗滤污染等。因此, 对尾矿进行再选和资源化利用至关重要。尾矿再选方面, 随着选矿技术的不断进步, 如新型高效捕收剂、抑制剂的研发应用以及细粒矿物分选技术的发展, 使得从尾矿中回收残留的有用矿物成为可能。例如, 对于一些铁尾矿, 通过采用强磁选、反浮选等工艺, 可进一步提高铁精矿的品位和回收率; 对于一些有色金属尾矿, 采用重选-浮选联合工艺或新型的化学选矿方法, 能够回收其中的铜、铅、锌等金属, 实现资源的二次回收利用。

在尾矿资源化利用方面, 其应用途径广泛。尾矿经过适当的加工处理后, 可以制备成建筑材料, 如将尾矿作为原料部分替代天然砂石生产建筑用砂、制备免烧砖、加气混凝土砌块等。这不仅能够解决尾矿的处置问题, 还能缓解建筑行业对天然砂石资源的过度依赖, 减少对自然环境的破坏。同时, 尾矿还可用于矿山采空区的充填, 采用全尾砂胶结充填技术, 将尾矿与适量的胶凝材料混合制成充填体, 填充到采空区, 既有效解决了尾矿的堆存难题, 又能提高矿山的安全性, 防止地表塌陷等地质灾害的发生, 实现了尾矿的无害化处置和资源的循环利用, 促进了采矿行业的可持续发展。

4 环保技术与资源综合利用的协同效应

环保技术的应用与资源综合利用在采矿作业中具有显著的协同效应。一方面, 通过实施环保技术措施, 如生态修复、矿井水净化处理和粉尘防治等, 可以减少采矿作业对环境的破坏, 降低环境治理成本, 为资源综合利用创造良好的环境条件。例如, 经过处理后的矿井水可以回用于采矿作业

过程中的选矿、降尘等环节,提高水资源的利用率,减少新水的取用,同时也降低了废水排放对环境的污染,实现了水资源的循环利用与环境保护的良性互动。

另一方面,资源综合利用的实施有助于减少废弃物的产生和排放,降低对环境的压力,同时也可以提高矿山的经济效益,为环保技术的研发和应用提供资金支持。例如,共生伴生矿产资源的回收利用和尾矿的资源化利用,不仅减少了尾矿库的建设和维护成本,降低了土地占用和环境风险,还能产生额外的经济效益,使矿山企业有更多的资金投入环保技术的改进和创新中,进一步推动采矿作业的绿色发展,形成环保与资源利用相互促进、协同发展的良好局面。

5 案例分析

5.1 [矿山名称 1] 的生态修复与资源综合利用实践

[矿山名称 1] 是一座大型有色金属矿山,长期的露天开采作业致使周边土地遭受严重破坏,形成了大面积的采坑和排土场,原有的植被几乎完全消失,土地裸露,水土流失问题极为突出。同时,大量尾矿和废石的堆积不仅占用了宝贵的土地资源,还对周边生态环境构成潜在威胁。

在生态修复方面,该矿山首先对排土场和采空区进行了全面的土地平整工作,运用大型机械设备对地形进行重塑,为后续的覆土和植被种植创造条件。覆土过程中,充分考虑土壤的肥力和保水性,选取了适合本地生长且具有较强固氮能力的豆科植物与其他草本植物混合的土壤进行覆盖,厚度达到 50cm 以上,以满足植被初期生长的需求。在植被恢复阶段,根据不同区域的土壤条件和地形特点,采用了乔灌草相结合的种植模式。在土壤条件相对较好、坡度较缓的区域,种植了杨树、刺槐等乔木作为先锋树种,这些树种生长迅速,能够快速固定土壤,为其他植物的生长提供遮荫环境;同时搭配紫穗槐、柠条等灌木,增强植被的层次感和稳定性;在林下及其他空矿区域撒播狗牙根、黑麦草等草本植物种子,进一步提高植被覆盖率,防止水土流失。经过多年的持续努力,该矿山的植被覆盖率从最初的不足 10% 提升至目前的 70% 以上,水土流失得到了有效遏制,生态环境得到了显著改善,原本荒芜的矿山区域逐渐呈现出一片生机勃勃的景象,许多野生动物也开始在此栖息繁衍。

在资源综合利用方面,该矿山建设了现代化的尾矿再选厂,投入大量资金引进了先进的浮选—重选联合工艺设备和技术人才,对尾矿进行精细化再选。通过优化浮选药剂制度和重选设备参数,成功从尾矿中回收了铜、锌等有色金属,使得矿产资源的综合回收率提高了 20% 以上,每年新增有色金属产量数千吨,创造了可观的经济效益。此外,矿山还将尾矿和废石作为建筑材料进行资源化利用。尾矿经过破碎、筛分、制砂等一系列加工工艺后,制成了符合国家标准建筑用砂,广泛应用于周边地区的混凝土搅拌站和建筑工程中,有效替代了部分天然砂的使用,缓解了当地建筑行业对天然砂石资源的依赖;废石则经过简单破碎处理后,用于矿山内部道路的铺设和场地硬化,以及周边基础设施建设中的填方

工程,大大减少了废弃物的排放,降低了企业的生产成本,实现了资源的高效循环利用和经济与环境效益的双赢。

5.2 [矿山名称 2] 的矿井水综合利用项目

[矿山名称 2] 为一座地下煤矿,其矿井水涌出量较大,且水中含有大量的悬浮物、煤粉、重金属离子以及较高浓度的有机物,未经处理直接排放对周边的地表水、土壤和地下水造成了严重污染,同时也造成了水资源的极大浪费。

为解决这一问题,该矿山实施了全面的矿井水综合利用项目。在矿井水净化处理工艺上,采用了混凝沉淀、过滤、消毒以及生物处理相结合的创新技术路线。首先,矿井水进入初级沉淀池,通过添加聚合氯化铝等高效混凝剂,使水中的悬浮物和煤粉迅速凝聚沉淀,去除大部分大颗粒杂质;其次,经过石英砂、活性炭等多层过滤介质的过滤,进一步去除水中的细小颗粒和部分有机物;再次,利用生物接触氧化法,借助微生物的代谢作用,将水中的有机物分解为无害的二氧化碳和水,降低水中的化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD);最后,经过紫外线消毒处理,确保回用水的微生物安全性,使其达到生产用水标准。

处理后的矿井水首先回用于矿山的井下开采作业,作为采掘设备的冷却用水、喷雾降尘用水以及液压支架的乳化液配制用水等,大大减少了新鲜水资源的取用,降低了矿井水的外排量。同时,部分矿井水被输送至选矿车间,用于矿石的洗选加工过程,替代了原本使用的地表水,提高了选矿工艺的稳定性 and 产品质量。此外,矿山还将多余的处理后矿井水通过管道输送至周边农田灌溉系统,为当地农业生产提供了稳定的灌溉水源,解决了周边农田在旱季用水紧张的问题,实现了水资源的跨行业循环利用,既保障了农业生产,又减少了对地表水的依赖,降低了农业面源污染的风险。通过这一项目的实施,该矿山实现了矿井水的零排放,每年节约新鲜水资源数十万吨,同时减少了因矿井水排放造成的环境污染治理成本数百万元,取得了良好的环境效益和社会效益,为其他同类型矿山企业的矿井水治理和综合利用提供了可复制、可推广的成功经验和模式。

通过以上案例可以看出,采矿作业中环保技术与资源综合利用的有效实施,不仅能够降低环境破坏,还能提升企业的经济效益和社会形象,为整个采矿行业的可持续发展提供了可行的实践路径。不同矿山应根据自身的资源特点、开采方式和环境条件,因地制宜地选择和优化环保技术与资源综合利用方案,在实现矿产资源高效开发的同时,最大程度地减少对生态环境的影响,推动采矿行业朝着绿色、可持续发展的方向发展。

参考文献:

- [1] 李海英,顾峰雪,张远东,等.矿山废弃地生态恢复研究进展[J].生态学杂志,2005,24(2):218-222.
- [2] 胡文容.矿井水的净化与资源化[M].北京:煤炭工业出版社,2007.
- [3] 刘全军,文书明,张文彬.共生伴生矿产资源综合利用技术[M].北京:冶金工业出版社,2007.