

# 我国典型矿山环境污染类型及修复技术研究初探

温 静, 王 昊

中国自然资源航空物探遥感中心, 北京

收稿日期: 2022年3月11日; 录用日期: 2022年4月13日; 发布日期: 2022年4月20日

---

## 摘 要

矿产资源的开发利用加速了我国社会、经济的快速发展, 然而也带来了矿山环境破坏和污染。本文针对我国典型矿山环境污染现状, 总结了其污染类型, 对各种修复技术和措施进行了分析研究, 并提出了进一步思考。

## 关键词

矿山环境, 污染与修复

---

# A Preliminary Study on Environmental Pollution Types and Restoration Technology of Typical Mine in China

Jing Wen, Hao Wang

China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing

Received: Mar. 11<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 13<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 20<sup>th</sup>, 2022

---

## Abstract

The development and utilization of mineral resources has accelerated the rapid development of our country's society and economy, but it has also brought about environmental damage and pollution in mines. According to the current situation of environmental pollution in typical mines in China, this paper summarizes the types of pollution; various repair techniques and measures are analyzed and studied; and further thinking is put forward.

## Keywords

### Mine Environment, Pollution and Remediation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

近年来, 建筑业、制造业对矿产资源的需求日益增加, 然而矿山开发在为我国社会发展提供资源的同时, 也对生态环境和周围居民的生产生活造成了持续、恶劣的影响, 随着矿山开发规模的逐渐扩大、矿山开发种类与数量的不断增加, 矿山环境污染的危害程度也在不断加大[1]。近年我国各级相关职能部门逐渐认识到矿山环境污染所造成的危害及其所产生的直接经济损失, 多种环境污染治理手段也逐渐开始实施, 绿水青山就是金山银山的生态理念逐渐深入人心。

我国矿产资源丰富, 涉及矿种类型和开采手段多样, 在不同地区引发的矿山环境污染类型复杂。国内对矿山环境污染相关研究逐渐丰富, 实施的修复技术逐渐成熟。张琪等人分析了贵金属开采对生态环境、动植物生存、地下水水质等方面的影响以及污染控制的技术问题[2]; 饶东将矿山环境问题归纳总结为水资源污染、地表破坏、固体废物和大气污染几类[3]; 田磊等人总结了我国矿山水土环境污染多发性和复杂性的特点, 建议污染防治工作应区分不同类型矿山、不同地质环境条件、不同污染物特征、不同污染程度, 采取分类施策、系统修复、标本兼治的对策[4]; 刘荣波等人提出了矿山环境保护和治理的因地制宜、科学实用和经济适应性三原则, 并且针对采空区、地质灾害、尾矿废弃物、放射性矿山和土地复垦等方面提出了相应措施[5]; 耿盼瑶等人详细介绍了微生物-植物联合修复等相关技术的原理与研究进展[6]; 崔伟等人指出土地生态环境修复应结合实际情况, 灵活采取边坡治理、植被恢复、改良土壤基质等方式方法[7], 促进生态发展的可持续性。

本文在前人研究的基础上, 针对我国典型矿山, 总结了矿山环境污染类型以及各种修复技术的可行性。

## 2. 矿山环境污染类型

自 2006 年中国地质调查局部署开展“矿产资源开发遥感调查与监测”工作以来, 我国的矿产资源开发状况、矿山开发占地、矿山地质灾害等基本数据已得到掌握, 与此同时, 全国范围内矿山所造成的环境污染情况也逐渐调查清楚。

### 2.1. 按污染物类型划分

污染物种类有无机污染物和有机污染物, 与所开采矿种及使用的采矿、选矿工艺及化学试剂有直接关系。

无机污染物主要包括含铅、锌、铜、铬、镉、汞等金属元素有毒害作用的化合物, 含砷、硒等元素有毒害作用的化合物, 以及氰化物、氮氧化合物等无机物; 有机污染物主要有苯、甲苯、二甲苯、乙苯、多环芳香烃等有机物。

### 2.2. 按污染对象划分

根据我国矿山分布位置、开采矿种及开采方式, 矿山环境污染主要有土壤污染、水体污染、大气污

染和噪音污染[8]。其中土壤污染和水体污染危害范围广、持续时间较长、修复困难。

土壤污染主要来源于三个方面。一是含有金属、重金属和其他有毒害作用元素的矿物经矿山开发由地下暴露于空气中,经空气与雨水的化学物理作用使金属、重金属元素及形成的新化合物类型,经雨水冲刷、粉尘作用带至周围土壤,以及污染地表水后污染地表水周围土壤;二是采矿、选矿过程中所使用的化学试剂对周围土壤造成的污染;三是固体废弃物、尾矿库及矿产资源在运输过程中遗落,从而对土壤造成污染[9]。

水体污染来源于两个主要方面。一是金属、重金属矿物原本埋藏于地下经矿山开发暴露于空气中,而选矿池及废弃堆积物中的矿物及采矿选矿所使用化学试剂经雨水、河流冲刷进入地表和地下水系统,导致水循环系统内原有元素比例失衡;二是靠近河流,以非金属矿山为主的矿山开发造成的粉尘、固态、液态排放物进入河流,阻塞河道,同时经过河流运输作用,向下游传播,进而影响大面积水域。

大气污染主要是由于矿山开发过程中,地表土壤剥离、矿物开采与运输过程、燃烧等导致粉尘或有毒气体悬浮于空气中;噪音污染主要来自于矿山开采机械业及矿产资源运输工具作业时所产生的噪音。大气和噪音污染的地域与矿山作业时间的局限特征较强,同时受到气候等因素影响,在矿山停采后往往能够自行修复或停止。

由于受到多方面因素的影响,矿山环境污染往往存在多样性和复杂性,例如受开采、选矿方式和矿种的影响某一矿山可能同时存在无机污染和有机污染;受地理位置、地质条件以及污染物传播特征的影响可能同时存在土壤、水体和大气综合污染等。

### 3. 矿山环境污染修复技术

根据修复位置可分为原位修复和非原位修复。原位修复即在受污染的地方直接对土壤和水资源实施修复手段,相反非原位修复即将受污染的土壤和水资源移到其他地方然后再对其进行修复[10]。我国污染相对严重的金属、能源、稀土矿等矿山往往规模较大、地理位置相对复杂,受污染的土壤和水资源量巨大,交通往返运输、储存处理场所等需耗费大量的人力、物力和财力资源,因此针对我国矿山环境污染特点,应考虑以原位修复技术为主。

#### 3.1. 矿山土壤污染修复技术

目前土壤污染修复技术较成熟、应用性较强的方法主要有物理、化学、植物、生物和联合修复技术四类。

1) 物理修复是通过物理过程将污染物从土壤中去或分离的技术。物理修复主要针对的是有机污染物,因此可以用于针对油气矿山的土壤污染修复。主要包括热脱附技术和蒸气浸提技术。

2) 化学修复即通过化学作用改变污染物的化学状态,从而降低其毒害性或从土壤中分离出来。土壤的化学修复技术手段多样且相对成熟:固化/稳定化技术、淋洗技术可用于矿山金属、重金属污染;氧化还原技术可用于油气矿山的有机物污染;电动力学修复既可用于金属和重金属污染又可用于有机物污染。

3) 生物修复即利用植物或微生物对污染物进行吸收、控制、降解等作用。可用于金属、重金属、有机物等污染物。

4) 联合修复即结合两种或两种以上的修复方法对一种或多种类型的污染物进行修复。其优点是可以提高对某一污染物的修复效率,也可以增加修复对象的种类[11]。

#### 3.2. 矿山水系统污染修复技术

水系统分为地表水和地下水系统,地表水环境污染物特征相对明显,修复手段的实施相对便捷,主

要可以通过引水稀释、过滤、隔离等手段进行修复。而地下水资源位置隐蔽, 修复时还需考虑地表水与地下水间以及流过程中土壤污染治理, 因此修复手段相对复杂, 主要分为物理、化学、生物和可渗透反应墙修复技术四类。

1) 物理修复是通过物理过程将污染物从地表水或地下水中稀释、分离或释放出来的技术。包括地下水曝气法和电动修复法。

2) 化学修复是利用氧化还原试剂与土壤及地下水中污染物发生反应从而达到净化效果。主要使用试剂有二氧化氯、高锰酸钾和臭氧等。二氧化氯可以氧化地下水中的有机污染物, 高锰酸钾可以用于氧化地下水及周围土壤中的氯化物和硫化物, 臭氧尤其以气态形式进入受污染区域氧化多环类有机物及柴油、汽油等污染物。

3) 生物修复是一种通过微生物的吸收、吸附、降解等作用净化土壤及地下水中污染物的修复技术。包括本土微生物和人工培育微生物。

4) 可渗透反应墙(Permeable Reactive Barrier, PRB)指在地下安装活性材料墙体以便拦截污染物羽状体, 使其通过反应介质后, 将污染物转化为环境可接受的另一种形式, 从而实现使污染物浓度达到环境标准的目标(USEPA1998 发行的《污染物修复的 PRB 技术》)。PRB 根据污染物种类和选取介质的不同可对土壤和地下水进行物理、化学和生物修复。

#### 4. 我国矿山环境污染修复现状及进一步思考

通过近十年的矿山遥感调查监测发现, 我国矿山环境治理多以修复地貌和地灾防治为主, 实施环境污染修复的地方相对较少, 有些地方进行了一定程度的修复, 但是多数都因为方法不当、程度不够、资金短缺等原因收效甚微。目前针对各种污染物、污染源、不同污染途径的环境治理修复技术相对成熟, 因此环境污染修复在我国矿山的推广应用除了要考虑修复手段的技术性以外, 还要考虑以下几点:

1) 确认修复的必要性和修复程度。是否采取修复措施, 不仅要考虑污染物在土壤和水体中含量是否超标, 还应考虑该污染物含量是否对当地居民和生态环境造成了(潜在)负面影响, 负面影响程度如何, 进而确定是否需要进行环境修复以及修复程度。

2) 确定实施环境修复的责任主体。根据“谁开发, 谁保护, 谁污染, 谁治理”的原则, 实施环境修复手段的主体需要明确, 但在现实中, 历史遗留废弃矿山、违法矿山的责任主体缺失, 如均为当地相关政府部门承担环境修复费用, 会加剧地方财政经费压力。

3) 评估修复成效。由于矿山环境污染的多样性和复杂性, 应结合未来用地规划, 在低成本、高成效的原则上最大限度制定环境修复方案, 并建立与之相对应的修复成效评价机制。

#### 参考文献

- [1] 王昊, 杨金中, 安娜, 等. 矿山环境危害之浅见[J]. 华北自然资源, 2019(1): 105-108.
- [2] 张琪, 冯立新. 矿山环境及污染物的治理分析[J]. 中国化工贸易, 2019, 11(14): 151.
- [3] 饶东. 矿山环境及污染物的治理研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(6): 2576.
- [4] 田磊, 裴圣良, 张进德. 矿山水土污染与防治对策研究[J]. 水文地质工程地质, 2021, 48(2): 157-163.
- [5] 刘荣波, 张平. 矿山环境及污染物的治理分析[J]. 智慧中国 2020(9): 7-88.
- [6] 耿盼瑶, 秦绪明, 刘一帆. 生物修复技术在矿山重金属污染修复中的应用与展望[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(12): 102-105.
- [7] 崔伟, 刘苗. 矿山生态环境的污染和生态修复[J]. 资源节约与环保, 2021(2): 38-39.
- [8] 岳媛. 大型金属矿山环境污染及防治研究[J]. 华东科技(综合), 2019(7): 359+367.
- [9] 张昊. 矿山土地污染现状及修复技术进展[J]. 华北自然资源, 2021(5): 97-98+101.

- [10] 王俊亮, 兰善治. 矿山污染场地的地质环境综合治理方法[J]. 世界有色金属, 2019(18): 258+261.
- [11] 范文哲, 王玮, 吴少旭, 等. 铀矿山污染土壤的分布特征和植物修复研究评述[J]. 世界核地质科学, 2021, 38(3): 394-401.