

# 中国矿山环境及尾矿资源化的研究展望

高俊杰, 周强

(中山大学地球科学系, 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275)

矿产资源的开发利用为中国社会主义经济的发展和建设事业做出了重要贡献, 同时也给我们的环境带来了巨大的挑战。在矿业生产方面, 中国的资源综合开发利用水平与先进国家相比还存在较大差距, 尤其表现在矿产资源开发所导致的环境问题。加强矿山环境保护不仅关系到矿山本身能否持续发展, 而且还关系到区域和全局能否持续发展(邹中华等, 1994; 王志宏等, 2005)。在矿产资源所导致的环境问题中, 尾矿的堆积既侵占了大量的土地还很容易引发二次污染。中国大量伴生矿的尾矿中, 有用组分价值大大超过了主矿产的价值, 这使得开发利用尾矿具有巨大的环境和经济双效益。因此, 尾矿资源化的研究及实践对推动矿山环境和尾矿资源综合利用方面都具有重要的意义。

## 1 矿山环境

矿山环境广义上是指与矿业开发活动相联系的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体, 主要包括一定范围内的矿产、土地、水、大气、海洋、森林、草原、野生生物、自然遗迹等。狭义上的矿山环境是指存在于矿山企业的矿区范围内的、在矿产资源勘查、开采、加工、运销到闭坑的过程中发生的并与之有关的包括矿产(含矿石、矿渣等)、土地、海洋、水、大气、声音、林木、草原、野生生物、地质遗迹、城乡建筑物等在内的各种自然因素的综合体。本文主要指狭义上的矿山环境, 从实践上看, 这一概括更具有现实性(刘欣, 1999)。

### 1.1 矿山开采对环境的危害

中国是世界上的矿业大国, 矿业经济在国民经济中占有重要的基础地位, 矿业开发在为社会经济发展提供巨大的物质基础的同时, 也带来大量的矿山地质环境问题。矿产开发大致可概括为以下几个阶段: 前期勘探—矿山建设—采矿—选矿—冶炼—产品。其中任何一个环节出问题, 都会对环境造成极大的危害。主要表现在以下几个方面(田冬梅等, 2005; 王秀明, 2008): ① 矿山开采中废气、粉尘、废渣排放, 造成大气污染和诱发酸雨; ② 矿产资源开采造成地面塌陷、边坡失稳, 诱发地质灾害; ③ 采矿使矿区水均衡遭受破坏, 矿坑排水或冶炼废水污染水资源和环境; ④ 尾矿的堆积侵占大量土地并易引发二次污染; ⑤ 机械噪声(运输、破、磨矿)、爆破噪声、钻探等噪声污染。

鉴于上述矿山环境问题的严重性, 下文将引入矿山环境影响评价(EIA)这一概念进一步剖析矿山环境问题。

### 1.2 矿山环境影响评价

不合理的矿山开发引发了严重的生态、环境问题, 而这些环境负面影响范围的大面积扩散还可能造成大面积的生态污染和环境蜕变, 故对环境质量状态进行定性和定量评述具有重要的意义。有必要对可能引起环境发生变化的人类行为从保护环境的角度进行定性和定量评定, 这被称为矿山环境影响评价(EIA)(陈新庚等, 1994)。

矿山环境影响评价主要是指通过环境调查与监测, 按照中国的环境质量指标和标准, 查清污染源, 确定污染区, 摸清矿区的环境现状, 为环境规划和整治提供有效方案, 为改善和提高环境质量, 解决现有的环境问题提供科学依据。但是目前中国对矿山开展的环境工作从严格意义上说大部分只是对矿山进行环境质量评价, 是对具体矿山及其周围环境现状进行描述和评定, 真正意义上的环境影响评价工作还比较少(庞春勇等, 2003)。矿山环境问题的核心内容是根据矿山资源与环境的特点, 进行矿山开发规划、设计及实行全程清洁生产, 矿山开发不但包括采、选、冶过程, 还必须将矿山勘探、矿山关闭及后续的土地利用纳入其中(宋书巧, 2003; 2004)。值得注意的是, 大力开展矿产资源特别是尾矿等二次资源的综合开发利用可以有有效的合理开发和充分利用资源, 既可提高了资源利用率又可从根本上治理矿山环境污染。

## 2 尾矿资源化

矿产资源是不可再生资源, 在其日渐枯竭的今天, 实现资源的综合利用尤其是尾矿等二次资源的综合利用已迫在眉睫。

### 2.1 尾矿的概念

矿石是多种组分的复合体, 除了可利用的有用组分之外, 还有大量暂时不能利用的伴生组份, 称为尾矿。随着选矿工艺的进步及材料科学的发展, 矿山固体废弃物中不可利用组分的回收和综合利用展现出了广阔的前景。尽管中国在矿产资源综

合利用方面取得了很大进展,并在尾矿中回收有用组分、尾矿制作建筑材料、磁化尾矿作土壤改良剂等方面已经取得了可喜成果,但是中国尾矿综合利用率仅为7%左右,远低于国外60%的利用率,和发达国家相比还存在较大的差距,大量的尾矿只能长期堆放在尾矿库(张崇森,2003)。

## 2.2 尾矿资源化的主要途径

由于中国伴生矿多,有的矿床中共(伴)生的有用组分价值大大超过了主矿的价值,再加之中国选矿回收率低,这些共(伴)生矿物和有价元素的很大部分进入了尾矿之中,开发利用尾矿具有很大的经济效益。在尾矿资源的综合利用方面,我们几十年来做了大量的工作,各地矿山也都进行了一些很有价值的实践尝试,目前国内外尾矿资源化的途径主要有以下几种(夏平等,2006;王红等,2009):

(1) 尽量做好尾矿资源有用组分的综合回收利用,采用先进技术和合理工艺对尾矿进行再选,最大限度地回收尾矿中的有用组分,进一步减少尾矿数量;

(2) 将尾矿用作矿山地下开采采空区的充填料;

(3) 用块、粗尾矿作混凝土骨料,利用细粒尾矿生产多种建筑制品,如制作微晶玻璃、水泥、加气混凝土、耐火材料、陶粒、混凝土集料等;

(4) 用尾砂作为修筑公路的路面材料、防滑材料以及海岸造田材料等;

(5) 在尾矿堆积场上覆土造田,种植农作物或植树造林;

(6) 做土壤改良剂及磁化复合肥。

此外,矿业尾矿中含有制备玻璃所需的CaO、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>等基本成分,可以制备各种性能的玻璃以及各种玻璃饰品。在这些玻璃中,微晶玻璃又称玻璃陶瓷或结晶化玻璃,是一种由基础玻璃控制晶化行为而制成的微晶体和玻璃相均匀分布的材料新型无机非金属材料,其兼有玻璃和陶瓷的机械强度高,耐腐蚀,耐热,耐磨,抗氧化性能好,电性能优良,膨胀系数可调,热稳定性好等优点,因而广泛用于电子、化工、军事、航天、核工业和建筑等领域(邓再德等,2001)。在中国,田英良等(2002)对主要成分为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,并含有一定量CaO、MgO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O的铁尾矿中添加适量的CaO、MgO,形成了CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系微晶玻璃;张先禹(1994)利用铁、铜尾矿并辅以适量小料制备出性能优于普通大理石、花岗岩装饰材料的黑色玻璃。在方法上,徐景春等(2003)实验证明了采用烧结法制备矿渣微晶玻璃的可行性,而张锦瑞等(2005)则确定了铁尾矿晶核剂的种类和用量,李智等(2007)对硫铁矿尾矿为主要原料并辅以适量的其他添加剂采用浇注法制备出主晶相为透辉石相的浅色矿渣微晶玻璃。

## 3 研究展望

在中国,尾矿资源化相关研究与实践面临了综合利用率低、高附加值产品少、缺乏市场竞争力、资金投入不足等问题,这在很大程度上归因于相关意识的缺乏(丁睿,2010)。对此,本文总结前人工作认为,加强尾矿整体开发利用和推进尾矿资源化的快速发展主要应该加强以下几方面的工作:

(1) 研发、投建一批有高附加值的产品和项目,形成以尾矿资源化为核心的环境保护产业,使企业投资获得利润,而且可依靠尾矿开发推动尾矿的综合利用,形成良性循环,使矿山成为综合资源基地。

(2) 通过工程示范,推动尾矿的利用。尾矿整体开发利用是一个系统工程,牵涉的行业和技术面广,因素多,必须通过示范矿山和示范工程积累经验和解决相关问题才能避免走弯路,减少投入,获得良好效益。

(3) 从财税和政策等方面给予支持。制定和落实相关政策,鼓励和支持企业开展技术攻关和技术改造;落实减免资源税费等优惠政策,引导和鼓励社会和企业资金投入尾矿资源开发。

## 4 结论

保护资源、保护环境是关系到中国矿业可持续发展的大事,为此,建立和完善矿产资源保护与综合开发利用、矿山环境保护与治理的有关政策、法律、法规体系,依靠科技进步改进矿山生产技术和生产条件,加强科学管理是最根本的保障。矿山可持续发展也必须注重发展的协调性。矿山发展虽然强调以本身经济发展为核心,以效益为中心,但同时必须充分发挥资源效益、客观评价生态环境效益以使综合效益达到最佳,只有这样,矿山的发展才是可持续的。此外,利用矿床学和矿床地球化学等地球科学理论详细研究矿山固体废弃物的岩石学、矿物学、地球化学特征,可以进一步查清废弃物中矿物、元素的分布、赋存状态及演化机理,这可以为进一步综合利用提供重要的科学依据。