我国矿山尾矿资源综合利用现状及对策

赖才书，胡显智，宇富庭
（昆明理工大学国土资源工程学院，云南 昆明 650093）

摘要：我国矿山尾矿资源综合利用面临着严峻的形势，对可持续发展构成了严重的挑战。评述了我国矿山尾矿资源综合利用的现状及存在问题，针对尾矿的特点和分类，提出了尾矿资源综合利用几种有效方法，包括尾矿的二次回收，用作建筑材料、土壤改良剂及微量元素肥料、尾矿复垦植被、充填矿山采空区等。同时指出了矿山尾矿资源综合利用是实现可持续发展的有效途径，并提出了具体的对策和建议。

关键词：矿山尾矿；综合利用；可持续发展
中图分类号：TD926 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6532(2011)04-0011-04

引 言

矿产资源是人类生存和发展的重要物质基础之一。我国95%的能源和85%的原材料来自矿产资源。随着生产力的发展，科学技术水平的提高，人类利用矿产资源的种类，数量愈来愈广。到目前为止，全世界已发现的矿物有3300多种，其中有工业意义的1000多种，每年开采各矿产150亿t以上，包括废石在内则达1000亿t以上。以矿产品为原料的基础工业和相关加工工业产值约占全部工业产值的70%左右，由于矿产资源开发过程中丢弃的大量废石和尾矿所带来的环境污染，成为当今世界持续发展面临的最重要的问题之一。不论从全球还是从中国来看，矿产资源开发对社会经济和生态环境的意义都是十分重要的。矿产资源包括金属矿，非金属矿和能源矿三大类。这里重点讨论矿山尾矿的现状，综合利用和综合利用的途经。

1 我国矿山尾矿的现状和问题

1.1 我国矿山尾矿的现状

我国是世界矿业大国，固体矿产开发总规模居世界前列。2010年我国原煤产量约32亿t，占世界煤炭总产量的45%，中国原煤产量多年位居世界第一，铁矿石约10亿t。矿业和以矿产品为原料的加工工业年产值约占国民生产总值的35%。开发矿业，在获取有价值的矿产资源同时，带来了大量的矿山环境问题。除了众所周知的采选过程中废水废油污染土地、水体，废气污染大气环境外，突出的矿山环境问题是固体废物过多、矿山生态破坏和矿山地质环境问题。全国工业固体废物80%以上来自矿山，每年矿山产生尾矿6亿多t，矿山尾矿累计现已达到45亿t[1]。这些尾矿堆积不仅占用大量的土地，还对土壤和水源造成污染。特别是尾矿坝对下游的人民生命和财产造成了巨大的威胁。

矿山尾矿虽然是矿山的固体废弃物，但同时它又是一种有用的宝贵资源。可以说矿山尾矿具有双重性。发达国家已把无废料矿山作为矿业开发的目标之一，其目的不仅是追求经济效益的最大化，更重要的是提高资源的回收利用率，保护生态环境。而目前我国的矿山尾矿利用率很低，仅为3.2%。尾矿综合利用与治理是一项复杂的系统工程，必须通过多种途径，才能使数量巨大的尾矿得到根本治理。目前综合利用尾矿的途径有两种[2]。一是回收有用矿物，二是整体利用。从尾矿中回收有用矿物，虽然可以创造一定的经济效益，但消耗尾矿数量有限。冶金矿山尾矿中80%以上是非金属矿物，成分与许多建材、轻工、无机化工等非金属材料十分相近，只要掺加少量其他原料，进行适当调配，即可用做许多非金属材料的原料；既无需采矿、破碎、磨细等工艺，是一种已加工成细粒的不完备的复合矿物原料，又

收稿日期：2010-12-28； 改回日期：2011-02-20
基金项目：云南省教育厅科学研究基金项目研究生项目(2010JD61)
作者简介：赖才书(1982－)，男，硕士研究生，研究方向为化学分离与富集。

万方数据

可以整体利用，比如制作成尾矿磷肥，微晶玻璃花岗岩、玻化砖、尾矿轻质砖、普通硅酸盐水泥等。

1.2 我国矿山尾矿的问题

随着现代工业化的迅速发展和对矿产品需求大幅度的增加，矿业开发规模随之加大，尾矿的排放、堆积量越来越大。而大量堆存的尾矿给矿业、环境及经济等造成不少的难题，对矿山及周围的生态环境带来了巨大的影响。目前，我国尾矿的综合利用率仅为7%左右，大量的尾矿只能长期堆放在尾矿库，有些边远地区的乡镇矿山选厂甚至直接将尾矿排放到大自然中。例如，陕西省的几十座铁矿山，只有1/10建有尾矿库，其他尾矿均排入河沟，漫积成灾，即使排放到尾矿库的尾矿，也对矿山周边地区环境造成了严重影响。尾矿在受到腐蚀时，以及尾矿中的可迁移元素发生化学迁移时，将会对大气和水土造成严重污染，并导致土壤退化，植被破坏甚至直接威胁到人畜的生命安全；未复垦的尾矿库表面的砂尘可被风吹到尾矿库周围，有时甚至形成矿尘暴，严重恶化了周边地区的生态环境；尾矿中的有害成分也对生态环境造成严重的危害。目前，我国因尾矿造成的直接污染面积已达百万亩，间接污染土地面积66.7余万公顷。

2 矿山尾矿综合利用的现状

2.1 尾矿的特点及分类

矿山尾矿是矿山采用各种手段从矿石中提取出有用物质后，废弃不用的一种物质。一般而言，化工、黑色金属矿山中，尾矿量要占矿石量的50%～80%；有色金属矿山中，尾矿量则要占到70%～95%；而在黄金、钼、钨、钽、铌等稀有金属矿山中尾矿量更是占到99%以上。由于各种选矿手段工艺的区别，因此形成了不同的尾矿。大部分尾矿是选厂经粗碎、细磨后，变成了相当于粘土、粉土的细颗粒物质，由水力输送进入尾矿库沉淀、堆存。根据各种矿山产生的尾矿，可以对尾矿进行几种不同的分类：一是从环境治理要求上分，可分为含有害物质的和基本不含有害物质的；二是从尾矿颗粒形态上分，可分为碎石（重选出的重介质）、砂（粗磨后的）、粉土、粘土（细磨后的）；三是从工程力学性质上分，可分为工程力学指标好、可用来堆坝作为坝体材料的和工程力学指标不好、不能堆坝的；四是从行业上分，可分为钢铁、有色金属、化工、建材等行业尾矿，每个行业的尾矿都有其一定的特殊性[3]。

2.2 尾矿的二次回收

尾矿中有价金属的二次回收是尾矿综合利用的一个重要方面。我国许多矿山，如内蒙古包头、四川攀枝花、湖北大冶、浙江东风萤石矿等一些矿山尾矿中都含有多种有价金属。如果对这些有价金属加以回收利用，必将带来可观的经济效益和良好的社会效益。我国矿产资源的一个重要特点是单一矿少，共伴生矿多。由于技术、设备及以往管理体制等原因，尾矿中含有的多种有价金属和矿物未得到完全回收。目前也只有为数不多的矿山回收利用尾矿中的有价组分。如甘肃白银公司从尾矿中回收铜、硫、金、银；金川公司从尾矿中进一步回收镍及铜、钴、银、硫、铂族等有价金属；山东三山岛金矿从尾矿中回收硫、铅；山东多家金矿从尾矿中回收石英及绢云母[4]。

2.3 用作建筑材料

我国利用尾矿作建筑材料的研究起于20世纪80年代[6-9]。目前，国内利用尾矿作混凝土骨料、铁路和公路的筑路碎石以及建筑用砂、砖的成功例子较多，如梅山铁矿、迁安铁矿等，其特点是利用量较大，但附加值较低。其次，可以利用尾矿制作烧结空心砌块，并可制作高档广场砖，成本低廉，市场效益良好。王金忠利用铁尾矿部分代替黏土研制了建筑用烧结砖，该砖比普通砖具有更高的强度和硬度，并且制作成本低，其前景极其可观。

2.4 用作土壤改良剂及微量元素肥料

尾矿中往往含有Zn、Mn、Cu、Mo、V、B、Fe、P等微量元素，这些元素正是维持植物生长和发育的必需元素。“七五”期间，马鞍山矿山研究院在国内率先进行了利用磁化铁尾矿作为土壤改良剂的研究工作。用特定设计的磁化机对磁选厂铁尾矿进行磁化处理，生产出磁化尾矿，施入土壤。研究表明，磁化尾矿施入土壤后，可提高土壤的磁性，引起土壤中磁团粒结构的变化，尤其是导致土壤中铁磁性物质活化，使土壤的结构性、空隙度、透气性均得到改善。田间小区试验和大田示范试验表明，土壤中施入磁化尾矿后，农作物增产效果十分显著，早稻平均增产12.63%，中稻平均增产11.06%，大豆增产15.5%。“八五”期间，该院又将磁选厂铁尾矿与农用化肥按一定的比例混合，经过磁化、制粒等工序，制成了磁化复合肥，并在当涂太仓生态村建成一座年

万方数据

产1万t的磁化复合肥厂[9]。

2.5 利用尾矿复垦植被

我国矿山的土地复垦工作起步于20世纪60年代，在80年代后期至90年代进展较快。1988年11月，国务院颁布了《土地复垦规定》，规定了“谁破坏，谁复垦”的原则。这一规定的出台，引起了有关部门的重视，有力地促进了矿山土地复垦工作的步伐，并且在尾矿库的复垦植被方面也取得了较大的进展[9]。

2.6 充填矿山采空区

利用混凝土泵将浆状尾矿输送到井下进行采空区回填，分水砂充填和胶结充填，后者加入水泥或其他胶凝材料，使松散的尾矿凝聚成具有一定强度的整体。作充填料的尾矿，小于0.02mm的细泥含量要少，一般利用水力旋流器预先脱泥。凡口铅锌矿、焦家金矿等，利用尾矿作采空区充填料，获得了很到的效果，尾矿利用率分别达95%、50%以上。

3 矿山尾矿综合利用的对策及建议

3.1 进一步转变观念，努力提高尾矿综合利用意识

国家的相关部门应该明确尾矿综合利用在资源综合利用中的重要地位，矿山企业应该树立可持续循环发展经济的观点，要把尾矿综合利用作为实现矿业可持续发展的必要措施之一。

3.2 不断完善法律和政策体系，同时强化政策导向的作用

1986年我国颁布的《矿山资源法》已经很难满足现在矿山形势的要求，同时催生了出台：《资源综合利用法》和《再生资源综合利用法》二部法规的必要性，使尾矿综合利用工作能够真正的纳入到法制化轨道上来。这样就可在管理矿山尾矿中有法可依，依法治理矿山尾矿。建立矿山尾矿循环经济制度，依据一次资源和二次资源在价格上的不同和利益差异驱动等经济激励政策来盘活矿山尾矿的综合利用。

3.3 加强管理工作，坚持“减量化，无害化”原则，采用确实有效的措施，尽量减少尾矿的产生

尾矿综合利用是社会公益事业，应该建立一个专门的管理部门。对矿山尾矿进行宏观管理和微观管理二方面的同时还应加大同各部门的协同合作，把尾矿综合利用能够真正的纳入国家，行业发展规划和制定实施计划之中。

3.4 加强尾矿资源基础数据的调研和统计，增加资金对尾矿利用科技攻关力度的投入

通过调研排查摸清现有尾矿堆存的总量，年排出量，尾矿的种类、颜色、粒度组成，以及各种有用金属矿物和非金属矿物含量，有害成分的含量等，根据地域和尾矿类型的不同，从技术，经济上指出其合理利用的途径。为最终综合处理矿山尾矿提供基础数据和基本方法。

总之，矿山尾矿引起的环境污染和尾矿的综合治理利用，在世界范围内都是一个亟需解决的问题。特别是改革开放以来，我国经济的持续快速增长，对矿产资源需求量的不增加，这就导致了产生大量的矿山尾矿，急需解决。可喜的是我国矿山企业和科研单位在金属尾矿的主要利用途经方面已取得了不少科技成果和工作经验，以及国家在这方面的投入将不断的增加。在21世纪新的历史发展阶段，我国有限的资源将承载着超负荷的人口、环境压力，仅靠拼资源，粗放型的经济增长，是不可能持续的。因此发展循环经济，可持继发展，是矿区经济增长方式实现根本转变的有效途经。结合实际矿山尾矿综合利用的现状以及大量尾矿所带来的诸多环境问题，尾矿综合利用工作应当引起全社会的共同关注，特别是相关部门、矿山企业应高度重视，从政策，经济，法律、行政以及技术等方面采取切实有效的措施。

参考文献：

[1]国家发改委将制定政策鼓励尾矿综合利用[J]. 中国矿山工程，2006，(5)：56.

[2]雷力，周兴龙，等. 我国矿山尾矿资源综合利用现状与思考[J]. 矿业快报，2008，(9)：6-8.

[3]朱家骥. 我国铁矿选矿技术[M]. 北京：冶金工业出版社，1994：13-17.

[4]张淑会，薛向欣，刘然，等. 尾矿综合利用现状及其展望[J]. 矿冶工程，2005，(6)：45-47.

[5]张淑会，薛向欣，金在峰. 我国铁尾矿的资源现状及其综合利用[J]. 材料与冶金学报，2004，3(4)：241-245.

[6]颜学军. 矿山尾矿资源的综合利用和环境保护[J]. 稀有金属与硬质合金，2005，33(3)：23-25.

[7]陈家珑. 尾矿利用与建筑用砂[J]. 金属矿山，2005，(1)：71-75.

[8]袁剑雄，刘维平. 国内铁尾矿在建筑材料中的应用现状及发展前景[J]. 中国非金属工业导刊，2005，(4)：7-9.

[9]金家康. 浅谈铁尾矿综合利用的现状和问题[J]. 山西建筑，2008，(5)：26-27.

万方数据

科学研究

海南万宁海滨砂矿选矿试验研究

龙运波，张裕书，周满赓，李潇雨
（中国地质科学院矿产综合利用研究所，四川 成都 610041）

摘要：通过对我国海南万宁海滨砂矿进行矿石性质和可选性研究，查明了该矿石的化学成分、矿物和粒度组成及矿石的可选性。研究结果表明，采用分级－磨矿－强磁选－摇床重选工艺流程，可获得 TiO_2 品位49.12%，回收率为80.00%的钛精矿，为该类型砂矿的综合回收利用提供了技术依据。

关键词：海滨砂矿；钛铁矿；强磁选；重选；包裹体
中图分类号：TD951 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6532(2011)04-0014-04

前 言

我国的海滨砂矿主要分布于海南，广东，福建及山东一带，我国东南一带漫长的海岸线和广泛的大陆架，其储量丰富的海滨砂矿和海底矿产是我国宝贵的矿产资源，已探明最具工业价值的矿种以金属矿产中的钛铁矿、金红石、磁铁矿、钛磁铁矿；有色金属矿产中的锡石；稀有、稀土矿产中的锆石、独居石、磷钇矿、铌钽铁矿；贵金属矿产中的金、铂；非金属和宝石矿产中的石英砂、砾石、贝壳、金刚石和琥珀等储量较多，因此研究开发海滨砂矿的高效分选技术，具有十分重要的意义[1]。

1 矿石性质

1.1 化学多项分析

试验矿样为海南万宁某地的海滨砂矿，化学多项分析结果见表1。

从表1可看出，原矿化学性质复杂，除含有大量

表1 原矿化学多项分析结果/%

TiO_2	TFe	FeO	SiO_2	CaO	MgO	P_2O_5	Al_2O_3	ZrO_2	HfO_2	ThO_2	CeO_2	TREO
8.53	16.50	6.22	35.44	0.053	0.17	0.61	18.23	0.073	<0.005	<0.005	<0.01	<0.01

Comprehensive Utilization Status and Countermeasure of Mine Tailing

LAI Cai-shu, HU Xian-zhi, ZI Fu-ting
(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: Comprehensive utilization of mine tailing in our country meets serious challenge, which threats our country's sustainable development. Aimed at this situation, this paper stated the comprehensive utilization status and problems and analyzed its properties and types. At the same time, some effective methods including secondary recovery, using as building materials, soil amendment, trace element fertilizer, reclamation plants and filling mined-out area were offered. Also, it pointed out comprehensive utilization of mine tailing is an effective way to achieve sustainable development and put forward concrete countermeasures and suggestions.

Key words: Mine tailing; Comprehensive utilization; Sustainable development

收稿日期：2011-06-13
作者简介：龙运波(1977－)，男，工程师，主要从事矿物加工与资源综合利用研究工作。

万方数据