

金属矿山尾矿 综合利用 与资源化

张锦瑞 王伟之 李富平 王爱东 编著



冶金工业出版社

金属矿山尾矿

综合利用与资源化

张锦瑞 王伟之 编著
李富平 王爱东

北 京

冶金工业出版社

2002

前 言

矿产资源开发在我国国民经济建设中起着十分重要的作用。随着人口增加和经济快速发展,我国对矿产资源的需求势必不断增加。金属矿产资源在工业上用量大,占有主要地位。在开发利用资源的同时,会产生一系列环境问题,其中尾矿就是一种重要的矿业固体废物,也是一种主要污染源。本书把尾矿作为二次资源,在搜集、整理、分析和研究有关资料的基础上,介绍了尾矿综合利用和资源化的新成果、新工艺和新方法。试图通过该书引起社会各界更加重视尾矿的综合利用,推动尾矿事业的发展。

参加本书编写工作的有河北理工学院张锦瑞(第一、四、六章)、河北理工学院王伟之(第二、五章)、河北理工学院李富平(第七、八章)、唐钢石人沟铁矿王爱东(第三章)。全书由张锦瑞负责统编和定稿。

本书是一本较系统、全面地介绍金属矿山尾矿综合利用的著作,也是作者对此领域进行探索的一种尝试。由于作者水平有限,书中不妥之处敬请同行专家和读者批评指正。

本书得以出版,感谢河北理工学院研究生部、教务处的的大力支持。

编著者

2002年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 尾矿的定义及分类	2
一、尾矿的定义	2
二、尾矿的分类	2
第二节 尾矿的成分	5
第三节 尾矿的污染现状	8
一、矿产资源浪费严重	8
二、堆存尾矿占用大量土地、堆存投资巨大	9
三、尾矿对自然生态环境的影响	10
第四节 尾矿综合利用的途径	11
一、国内外尾矿综合利用现状	11
二、我国尾矿综合利用存在的问题与对策	14
第二章 尾矿的处理方法	17
第一节 尾矿的堆存方式及其设施	17
一、尾矿库的选择与计算	18
二、尾矿坝及其他设施	26
三、尾矿库的维护管理	43
第二节 尾矿的输送系统	49
一、干式选矿厂尾矿	49
二、湿式选矿厂尾矿	50
第三章 尾矿水的净化与回水利用	51
第一节 尾矿水的净化	51
一、尾矿颗粒及悬浮物的处理	51

二、尾矿水的净化方法	51
第二节 回水再用	53
第四章 从尾矿中回收有用金属与矿物	56
第一节 铁尾矿的再选	57
一、铁尾矿的类型	57
二、铁尾矿中铁矿物的回收	58
三、铁尾矿中多种有用矿物的综合回收	74
第二节 有色金属尾矿的再选	80
一、铜尾矿的再选	80
二、铅锌尾矿的再选	88
三、钼尾矿的再选	94
四、锡尾矿的再选	97
五、钽铌尾矿的再选	100
六、钨尾矿的再选	100
第三节 金尾矿的再选	106
一、从金矿尾矿中回收铁	107
二、用炭浆法从金尾矿中回收金银	109
三、从金尾矿中回收硫	110
四、金尾矿堆浸	111
五、国外从尾矿中回收金	111
第五章 尾矿在建材工业中的应用	112
第一节 利用尾矿制砖	112
一、铁尾矿制砖	113
二、铅锌尾矿制砖	120
三、铜尾矿制砖	121
四、金尾矿制砖	122
五、钨尾矿制砖	126
第二节 利用尾矿生产水泥	127

一、钼铁尾矿用于生产水泥	128
二、铜、铅锌尾矿用于生产水泥	128
第三节 生产尾矿人造石	129
第四节 尾矿应用于陶瓷材料	130
第五节 尾矿生产新型玻璃材料	131
一、铁尾矿饰面玻璃	131
二、铜尾矿饰面玻璃	133
第六节 尾矿制取建筑微晶玻璃	134
一、钨尾矿制取微晶玻璃	134
二、铁尾矿制取微晶玻璃	136
三、铜尾矿制取微晶玻璃	138
第七节 生产其他建筑材料	140
一、生产加气混凝土	140
二、生产其他建筑材料	141
 第六章 尾矿在充填采矿法中的应用	142
第一节 概述	142
一、充填采矿技术发展简介	142
二、尾砂充填技术	144
三、充填材料	147
四、应用实例分析	148
五、尾矿充填采矿技术发展方向	151
第二节 全尾砂胶结充填技术	153
一、全尾砂胶结充填系统	155
二、国内外全尾砂胶结充填技术的应用现状	158
三、全尾砂胶结充填技术改进及发展方向	164
第三节 高水固结尾砂充填技术	167
一、高水固结充填采矿研究现状	167
二、高水固结充填采矿工艺	172
三、高水固结充填系统应用实例	178

第七章 尾矿土地复垦	189
第一节 概述	189
一、尾矿复垦特点	189
二、尾矿复垦利用方式	190
三、尾矿土地复垦的一般程式	191
第二节 尾矿复垦规划	191
一、尾矿复垦规划的意义	192
二、尾矿复垦规划的任务	193
三、尾矿复垦规划的原则	194
第三节 尾矿工程复垦	195
一、尾矿工程复垦基本要求	195
二、尾矿工程复垦技术	195
三、尾矿复垦实例	197
第四节 生物复垦	204
一、生物复垦的概念及任务	204
二、尾矿生物复垦技术	206
第五节 生态农业复垦技术	208
一、生态农业复垦概念	208
二、生态农业复垦基本原理	208
三、尾矿生态农业复垦实例	211
参考文献	216

第一章 绪 论

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、数量愈来愈多,利用范围愈来愈广。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,每年开采各种矿产 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。本书重点讨论金属矿山尾矿的综合利用问题,探讨尾矿综合利用的途径。

在工业上用量最大,对国民经济发展有重要意义的金属矿产主要有铁、锰、铜、铅、锌、铝、镍、钨、铬、锑、金、银等。以上矿石储量和开采量都很大,但因矿石的品位普遍较低,多数为贫矿,需要经过选矿加工后才能作为冶炼原料,所以就产生出大量的尾矿,如铁尾矿产出约占原矿石量的 60% 以上。随着经济发展对矿产品需求的大幅度增加,矿产资源开发规模随之加大,尾矿的产出量还会不断增加。为了管理好这些尾矿,就需要上尾矿工程,包括尾矿库的修筑、尾矿输送设备、输送管路的铺设以及平时的经营管理,这样需要耗费大量的人力、物力、财力,并要占用大量的农田、山地。随着尾矿量的增加,尾矿坝越堆越高,堆坝和管理工作量越来越大,越来越困难,细粒尾矿还会对大气、土壤和水资源产生严重污染。尾矿库还有发生事故的危險,一旦发生,后果十分严重。因

此,研究尾矿的利用途径,就是将这些尾矿变废为宝,化害为利,作为一种资源来对待,走出一条资源开发与环境保护相协调的矿业发展道路——“绿色矿业”之路。

近年来,国外非常重视尾矿的综合利用研究,如英国、前苏联、加拿大、美国等均投入大量的资金,研究尾矿的综合利用技术,并取得了明显的经济效益和社会效益。我国在金属矿山尾矿综合利用研究方面也取得了一定的进展和成绩。面临矿产资源今后严重短缺的形势,越来越多的人认识到尾矿利用具有经济意义、环境保护效益和矿产资源持续供给的作用。尾矿利用的重要性,现已得到普遍认同,并在“中国 21 世纪议程”第一批优先项目中列入。

第一节 尾矿的定义及分类

一、尾矿的定义

尾矿,就是选矿厂在特定经济技术条件下,将矿石磨细、选取“有用组分”后所排放的废弃物,也就是矿石经选别出精矿后剩余的固体废料。一般是由选矿厂排放的尾矿矿浆经自然脱水后所形成的固体矿业废料,是固体工业废料的主要组成部分,其中含有一定数量的有用金属和矿物,可视为一种“复合”的硅酸盐、碳酸盐等矿物材料,并具有粒度细、数量大、成本低、可利用性大的特点。通常尾矿作为固体废料排入河沟或抛置于矿山附近筑有堤坝的尾矿库中,因此,尾矿是矿业开发、特别是金属矿业开发造成环境污染的重要来源;同时,因受选矿技术水平、生产设备的制约,也是矿业开发造成资源损失的常见途径。换言之,尾矿具有二次资源与环境污染双重特性。

二、尾矿的分类

(一) 尾矿的选矿工艺类型

不同种类和不同结构构造的矿石,需要不同的选矿工艺流程,

而不同的选矿工艺流程所产生的尾矿,在工艺性质上,尤其在颗粒形态和颗粒级配上,往往存在一定的差异,因此按照选矿工艺流程,尾矿可分为如下类型:

(1) 手选尾矿。因为手选主要适合于结构致密、品位高、与脉石界限明显的金属或非金属矿石,因此,尾矿一般呈大块的废石状。根据对原矿石的加工程度不同,又可进一步分为矿块状尾矿和碎石状尾矿,前者粒度差别较大,但多在 100~500mm 之间,后者多在 20~100mm 之间。

(2) 重选尾矿。因为重选是利用有用矿物与脉石矿物的密度差和粒度差选别矿石,一般采用多段磨矿工艺,致使尾矿的粒度组成范围比较宽。分别存放时,可得到单粒级尾矿,混合贮存时,可得到符合一定级配要求的连续粒级尾矿。按照作用原理及选矿机械的类型不同,可进一步分为跳汰选矿尾矿、重介质选矿尾矿、摇床选矿尾矿、溜槽选矿尾矿等,其中,前两种尾矿粒级较粗,一般大于 2mm;后两种尾矿粒级较细,一般小于 2mm。

(3) 磁选尾矿。磁选主要用于选别磁性较强的铁锰矿石,尾矿一般为含有一定量铁质的造岩矿物,粒度范围比较宽,一般从 0.05 到 0.5mm 不等。

(4) 浮选尾矿。浮选是有色金属矿产的最常用的选矿方法,其尾矿的典型特点是粒级较细,通常在 0.5~0.05mm 之间,且小于 0.074mm 的细粒级占绝大部分。

(5) 化学选矿尾矿。由于化学药液在浸出有用元素的同时,也对尾矿颗粒产生一定程度的腐蚀或改变其表面状态,一般能提高其反应活性。

(6) 电选及光电选尾矿。目前这种选矿方法用的较少,通常用于分选砂矿床或尾矿中的贵重矿物,尾矿粒度一般小于 1mm。

(二) 尾矿的岩石化学类型

按照尾矿中主要组成矿物的组合搭配情况,可将尾矿分为如下 8 种岩石化学类型:

(1) 镁铁硅酸盐型尾矿。该类尾矿的主要组成矿物为

$\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ - $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ 系列橄榄石和 $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ - $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 系列辉石,以及它们的含水蚀变矿物:蛇纹石、硅镁石、滑石、镁铁闪石、绿泥石等。一般产于超基性和一些偏基性岩浆岩、火山岩、镁铁质变质岩、镁矽卡岩中的矿石,常形成此类尾矿。在外生矿床中,富镁矿物集中时,可形成蒙脱石、凹凸棒石、海泡石型尾矿。其化学组成特点为富镁、富铁、贫钙、贫铝,且一般镁大于铁,无石英。

(2) 钙铝硅酸盐型尾矿。该类尾矿的主要组成矿物为 $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ - $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 系列辉石、 $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$ - $\text{Ca}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$ 系列闪石、中基性斜长石,以及它们的蚀变、变质矿物:石榴子石、绿帘石、阳起石、绿泥石、绢云母等。一般产于中基性岩浆岩、火山岩、区域变质岩、钙矽卡岩中的矿石,常形成此类尾矿。与镁铁硅酸盐型尾矿相比,其化学组成特点是:钙、铝进入硅酸盐晶格,含量增高;铁、镁含量降低,石英含量较小。

(3) 长英岩型尾矿。该类尾矿主要由钾长石、酸性斜长石、石英及其它们的蚀变矿物:白云母、绢云母、绿泥石、高岭石、方解石等构成。产于花岗岩自变型矿床、花岗伟晶岩矿床、与酸性侵入岩和次火山岩有关的高、中、低温热液矿床、酸性火山岩和火山凝灰岩自蚀变型矿床、酸性岩和长石砂岩变质岩型矿床、风化残积型矿床、石英砂及硅质页岩型沉积矿床的矿石,常形成此类尾矿。它们在化学组成上具有高硅、中铝、贫钙、富碱的特点。

(4) 碱性硅酸盐型尾矿。这类尾矿在矿物成分上以碱性硅酸盐矿物(如碱性长石、似长石、碱性辉石、碱性角闪石、云母)及它们的蚀变、变质矿物(如绢云母、方钠石、方沸石等)为主。产于碱性岩中的稀有、稀土元素矿床,可产生这类尾矿。根据尾矿中的 SiO_2 含量,可分为:碱性超基性岩型、碱性基性岩型、碱性酸性岩型三个亚类,其中,第三亚类分布较广。在化学组成上,这类尾矿以富碱、贫硅、无石英为特征。

(5) 高铝硅酸盐型尾矿。这类尾矿的主要组成成分为云母类、黏土类、蜡石类等层状硅酸盐矿物,并常含有石英。常见于某

些蚀变火山凝灰岩型、沉积页岩型以及它们的风化、变质型矿床的矿石中。化学成分上,表现为富铝、富硅,贫钙、镁,有时钾、钠含量较高。

(6) 高钙硅酸型尾矿。这类尾矿主要矿物成分为透辉石、透闪石、硅灰石、钙铝榴石、绿帘石、绿泥石、阳起石等无水或含水的硅酸钙岩。多分布于各种钙矽卡岩型矿床和一些区域变质矿床。化学成分上表现为高钙、低碱, SiO_2 一般不饱和,铝含量一般较低的特点。

(7) 硅质岩型尾矿。这类尾矿的主要矿物成分为石英及其二氧化硅变体。包括石英岩、脉石英、石英砂岩、硅质页岩、石英砂、硅藻土以及二氧化碳含量较高的其他矿物和岩石。自然界中,这类矿物广泛分布于伟晶岩型、火山沉积-变质型、各种高、中、低温热液型、层控砂(页)岩型以及砂矿床型的矿石中。 SiO_2 含量一般在90%以上,其他元素含量一般不足10%。

(8) 碳酸盐型尾矿。这类尾矿中,碳酸盐矿物占绝对多数,主要为方解石或白云石。常见于化学或生物-化学沉积岩型矿石中。在一些充填于碳酸盐岩层位中的脉状矿体中,也常将碳酸盐质围岩与矿石一道采出,构成此类尾矿。

第二节 尾矿的成分

尾矿的成分包括化学成分与矿物成分,无论何种类型的尾矿,其主要组成元素,不外乎O、Si、Ti、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K、P等几种,但它们在不同类型的尾矿中,其含量差别很大,且具有不同的结晶化学行为。尾矿的化学成分常用全分析结果表示。

尾矿的矿物成分,一般以各种矿物的质量分数表示,但由于岩矿鉴定多在显微镜下进行,不便于称量,因此,有时也采用镜下统计矿物颗粒数目的办法,间接地推算各矿物的大致含量。

根据我国一些典型金属和非金属矿山的资料统计,各类型尾矿化学成分和矿物组成范围见表1-1。

表 1-1 尾矿的化学成分和矿物组成范围一览表

尾矿 类型	矿 物 组 成	质量分数 /%	主要化学成分/%							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
镁铁硅 酸盐型	镁铁橄榄石	25~75	30.0	0.5	0.5	0.5	25.0	0.3	0.02	0.01
	(蛇纹石)		至	至	至	至	至	至	至	至
	辉石(绿泥石)	25~75	45.0	4.0	5.0	8.0	45.0	4.5	0.5	0.3
	斜长石(绢云母)	≤15								
钙铝硅 酸盐型	橄榄石(蛇纹石)	0~10	45.0	12.0	2.5	2.0	4.0	8.0	1.50	1.0
	辉石(绿泥石)	25~50	至	至	至	至	至	至	至	至
	斜长石(绢云母)	40~70	65.0	18.0	5.0	9.0	8.0	15.0	3.50	2.5
	角闪石(绿帘石)	15~30								
长英 岩型	石英	15~35	65.0	12.0	0.5	1.5	0.5	0.5	3.5	2.5
	钾长石(绢云母)	15~30	至	至	至	至	至	至	至	至
	碱斜长石(绢云母)	25~40	80.0	18.0	2.5	2.5	1.5	4.5	5.0	5.5
	铁镁矿物(绿泥石)	5~15								
碱性硅 酸盐型	霞石(沸石)	15~25	50.0	12.0	1.5	0.5	0.1	0.5	5.0	5.0
	钾长石(绢云母)	30~60	至	至	至	至	至	至	至	至
	钠长石(方沸石)	15~30	60.0	23.0	6.0	5.0	3.5	4.0	12.0	10.0
	碱性暗色矿物	5~10								
高铝硅 酸盐型	高岭土石类黏土 矿物	≥75								
	石英或方解石等	≤25	45.0	30.0	2.0	0.1	0.05	2.0	0.2	0.5
	非黏土矿物		至	至	至	至	至	至	至	至
	少量有机质、硫 化物		65.0	40.0	8.0	1.0	0.5	5.0	1.5	2.0
高钙硅 酸盐型	大理石(硅灰石)	10~30	35.0	5.0	3.0	2.0	5.0	20.0	0.5	0.5
	透辉石(绿帘石)	20~45	至	至	至	至	至	至	至	至
	石榴子石(绿帘 石、绿泥石等)	30~45	55.0	12.0	5.0	15.0	8.5	30.0	1.5	2.5

续表 1-1

尾矿 类型	矿物组成	质量分数 /%	主要化学成分/%							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
硅质 岩型	石英 非石英矿物	≥75	80.0	2.0	1.0	0.2	0.02	2.0	0.01	0.05
		≤25	至 90.0	至 3.0	至 4.0	至 0.5	至 0.2	至 5.0	至 0.1	至 0.5
钙质碳 酸盐型	方解石	≥75	3.0	2.0	0.2	0.1	1.0	45.0	0.01	0.02
	石英及黏土矿物	5~25	至	至	至	至	至	至	至	至
	白云石	≤5	8.0	6.0	2.0	0.5	3.5	52.0	0.2	0.5
镁质碳 酸盐型	白云石	≥75	1.0	0.5	0.1	0	17.0	26.0		
	方解石	10~25	至	至	至	至	至	至	微量	微量
	黏土矿物	3~5	5.0	2.0	3.0	0.5	24.0	35.0		

另据资料介绍,我国几种典型金属矿床尾矿的化学成分见表 1-2。

表 1-2 我国几种典型矿床尾矿的化学成分

尾矿类型	化学成分/%											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO	烧失
鞍山式铁矿	73.27	4.07	11.60	0.16	4.22	3.04	0.41	0.95	0.25	0.19	0.14	2.18
岩浆型铁矿	37.17	10.35	19.16	7.94	8.50	11.11	1.60	0.10	0.56	0.03	0.24	2.74
火山型铁矿	34.86	7.42	29.51	0.64	3.68	8.51	2.15	0.37	12.46	4.58	0.13	5.52
矽卡岩型铁矿	33.07	4.67	12.22	0.16	7.39	23.04	1.44	0.40	1.88	0.09	0.08	13.47
矽卡岩型铁矿	35.66	5.06	16.55	—	6.79	23.95	0.65	0.47	7.18	—	—	6.54
矽卡岩型铜矿	47.51	8.04	8.57	0.55	4.71	19.77	0.55	2.10	1.55	0.10	0.65	6.46
矽卡岩型金矿	47.94	5.78	5.74	0.24	7.97	20.22	0.90	1.78		0.17	6.42	—
斑岩型铜矿	65.29	12.13	5.98	0.84	2.34	3.35	0.60	4.62	1.10	0.28	0.17	2.83
斑岩型铜钼矿	72.21	11.19	1.86	0.38	1.14	2.33	2.14	4.65	2.07	0.11	0.03	2.34
斑岩型铜矿	61.99	17.89	4.48	0.74	1.71	1.48	0.13	4.88	—	—	—	5.94

续表 1-2

尾矿类型	化学成分/%											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO	烧失
岩浆型镍矿	36.79	3.64	13.83	—	26.91	4.30	—	—	1.65	—	—	11.30
细脉型钨锡矿	61.15	8.50	4.38	0.34	2.01	7.85	0.02	1.98	2.88	0.14	0.26	6.87
石英脉型稀有矿	81.13	8.79	1.73	0.12	0.01	0.12	0.21	3.62	0.16	0.02	0.02	
长石石英矿	85.86	6.40	0.80	—	0.34	1.38	1.01	2.26	—	—	—	
碱性岩型稀土矿	41.39	15.25	13.22	0.94	6.70	13.44	2.58	2.98	—	—	—	1.73

第三节 尾矿的污染现状

随着现代工业化生产的迅速发展和新开矿山数量的陆续增加,尾矿的排放、堆积量也越来越大。目前,仅我国在国民经济中运转的矿物原料约 50 亿 t。世界各国每年采出的金属矿、非金属矿、煤、黏土等在 100 亿 t 以上,排出的废石及尾矿量约 50 亿 t。以有色金属矿山累计堆存的尾矿为例,美国达到 80 亿 t,前苏联为 41 亿 m³。在我国,全国现有大大小小的尾矿库 400 多个,全部金属矿山堆存的尾矿则达到 50 亿 t 以上,而且以每年产出 5 亿 t 尾矿的速度增加。目前我国铁矿山年排出尾矿量约 1.3 亿 t,有色矿山年排出尾矿量约 1.4 亿 t,黄金矿山每年排出的尾矿量达 2450 万 t。而且随着经济的发展,对矿产品需求大幅度增加,矿业开发规模随之加大,产生的选矿尾矿数量将不断增加;加之许多可利用的金属矿品位日益降低,为了满足矿产品日益增长的需求,选矿规模越来越大,因此产生的选矿尾矿数量也将大量增加,而大量堆存的尾矿,给矿业、环境及经济等造成不少的难题。

一、矿产资源浪费严重

由于尾矿中不仅含有可再选的金属矿和非金属矿等有用组分,而且就是不可再选的最终尾矿也有不少用途,因此浪费于尾矿中的有用组分数量是相当可观的。在我国由于大多数矿山的矿石

品位低,大多呈多组分共(伴)生,矿物嵌布粒度细,再加上我国选矿设备陈旧、老化现象普遍,自动化水平低、管理水平不高、选矿回收率低,其结果是必然造成资源的严重浪费。特别是老尾矿,由于受到当时条件的限制,损失于尾矿中的有用组分会更大一些。例如云锡老尾矿数量已达1亿t以上,其中平均含锡为0.15%,损失的金属锡达20万t以上;吉林夹皮沟金矿,老矿区金矿尾矿存量约30万t,含金品位约0.4~0.6g/t(新尾矿库)、1~1.5g/t(老尾矿库),损失的金的金属量约1.6t、钼280t、银2t、铅500t;陕西双王金矿,选金尾矿中含有纯度很高的钠长石,储量达数亿t,成为仅次于湖南衡山的第二大钠长石基地,若加工成半成品钠长石粉,其价值就高达200亿元,如只作为金矿回收金时,尾矿中就浪费了相当可观的重要的非金属矿资源钠长石。

目前,我国有色金属矿山的采选综合回收率只有33%,可见有色金属在尾矿中流失的严重性。就铁矿山而言,年排出尾矿量1.3亿t,平均含铁11%,相当于有1410万t的金属铁损失于尾矿中,1997年全国黄金矿山金的总回收率为86.46%,约有18~20t金存在于尾矿中。

二、堆存尾矿占用大量土地、堆存投资巨大

目前,除了少部分尾矿得到应用外,相当数量的尾矿只有堆存,占用土地数量可观,而且随着尾矿数量增加而利用量不大的状况仍然继续,占用土地数量必将继续扩大。据粗略统计,我国2000年尾矿废石破坏土地和堆存占地达到1.87~2.47万km²,且每年以300~400km²的速度增加,其中包括大量的农用、林用土地。即使占用的土地目前尚未耕种或暂不宜耕种,但毕竟减少了今后开垦耕种的后备土地资源,对我国这样一个人口众多、人均耕地面积很少的农业大国显然是严重的威胁,给社会造成的压力和难题将是久远的。

另外,修建、维护和维修尾矿库及因建尾矿库征地所需的费用也是相当可观的。尾矿处理设施是结构复杂、投资巨大的综合水

工构筑物,其基建投资占整个采选企业费用的 5%~40%;尾矿库的维护和维修更要消耗大量的资金。据统计,我国冶金矿山每吨尾矿需尾矿库基建投资 1~3 元,生产经营管理费用 3~5 元。全国现有的 400 多个尾矿库,每年的营运费用就达 7.5 亿元。

三、尾矿对自然生态环境的影响

尾矿对自然生态环境的影响具体表现在:

(1) 尾矿在选矿过程中经受了破磨,体重减小,表面积较大,堆存时易流动和塌漏,造成植被破坏和伤人事故,尤其在雨季极易引起塌陷和滑坡。而随着尾矿数量的不断增加,尾矿库坝体高度也随之增加,安全隐患日益增大。我国已发生过大小事故数十次,其中 7 次造成人身伤亡,死亡人数近 300 人。最严重的一次是云锡大谷都尾矿库溃坝事故,368 万 t 尾矿和泥浆像泥石流一样向下游倾泻,淹埋万亩农田和村庄,伤亡近 200 人,导致选矿厂停产 3 年之久。而在气候干旱、风大的季节和地区,尾矿粉尘在大风推动下飞扬至尾矿坝周围地区,造成土壤污染,土地退化,甚至使周围居民致病。

(2) 尾矿成分及残留选矿药剂对生态环境的破坏严重,尤其是含重金属的尾矿,其中的硫化物产生酸性水进一步淋浸重金属,其流失将对整个生态环境造成危害。残留于尾矿中的氯化物、氰化物、硫化物、松油、絮凝剂、表面活性剂等有毒有害药剂,在尾矿长期堆存时会受空气、水分、阳光作用和自身相互作用,产生有害气体或酸性水,加剧尾矿中重金属的流失,流入耕地后,破坏农作物生长或使农作物受污染;流入水系则又会使地面水体和地下水源受到污染,毒害水生生物;尾矿流入或排入溪河湖泊,不仅毒害水生生物,而且会造成其他灾害,有时甚至涉及相当长的河流沿线。目前,我国因尾矿造成的直接污染土地面积已达百万亩,间接污染土地面积 1000 余万亩。

大量尾矿已成为制约矿业持续发展,危及矿区及周边生态环境的重要因素。纵观发展矿业所遇到的严峻挑战,在矿石日趋贫