

# 我国尾矿综合利用发展现状及前景

Current state of ore tailings reusing and its future development in China

孟跃辉<sup>1</sup>,倪文<sup>2</sup>,张玉燕<sup>2</sup>

(1.中国资源综合利用协会,北京 100082;2.北京科技大学,北京 100083)

**摘要:**介绍了我国尾矿综合利用的现状与发展前景,并从我国尾矿的基本性质、尾矿产生量、尾矿的利用率、利用途径和区域发展情况等方面分别进行了论述。基于目前我国尾矿综合利用的现状,探讨了我国尾矿综合利用的产业发展趋势和技术发展方向。

**关键词:**尾矿综合利用;工业固体废弃物;尾矿利用率;尾矿胶结充填

**Abstract:** The current state of ore tailings reusing and its future development was discussed. The basic aspects of ore tailings reusing in China including the characteristics of ore tailings, total amounts of output, utilization rates, ways of utilization and regional development was described. Based up on the current state of ore tailings reusing development, the future of industrial development and technology innovation in the field of ore tailings reusing was illustrated.

**Key words:** ore tailings reusing; industrial solid wastes; rate of ore tailings reusing; cemented backfilling of ore tailings

## 1 前言

随着我国经济快速发展,传统粗放型的增长方式使得我国资源短缺的矛盾越来越突出,环境压力越来越大。走中国特色新型工业化道路、大力发展循环经济、提高资源利用率,是解决资源、环境对经济发展制约的必经之路。

尾矿综合利用牵涉面大,既关系企业和行业生存与发展,又影响环境与安全,是社会关注的热点。尾矿已成为我国目前产出量最大、综合利用率最低的大宗固体废弃物之一,累积堆存100亿t以上,年产出量达到12亿t,占全世界尾矿产出量的50%以上。与粉煤灰、煤矸石等大宗工业固体废弃物相比,尾矿的综合利用技术更复杂、难度更大。目前,我国工业固体废弃物中煤矸石达到了62.5%,粉煤灰达到了67%,而尾矿的综合利用率只有13.3%,相比之下,尾矿的综合利用大大滞后于其它大宗工业固体废弃物。

## 2 尾矿的基本性质

尾矿是非煤矿企业选矿过程中排放的固体废弃物。我国尾矿来源按行业划分主要包括黑色金属尾矿、有色金属尾矿、稀贵金属尾矿和非金属尾矿。

黑色金属尾矿包括铁尾矿、锰尾矿和铬尾矿。大部分铁尾矿、锰尾矿和铬尾矿都含有可进一步提取的残余

文章编号:

1672-609X(2010)05-0004-06

中图分类号:X75

文献标识码:B

收稿日期:2010-10-14

作者简介:孟跃辉(1980-),男,硕士,工程师,中国资源综合利用协会信息咨询部主任,从事固体废弃物综合利用的技术研究工作。

铁、锰和铬,其余组份主要是硅酸盐类矿物。部分铁尾矿和锰尾矿还含有可提取的有色、稀有或稀土金属(如四川攀枝花的钒钛磁铁矿型尾矿和内蒙古白云鄂博的稀土多金属伴生型铁尾矿及锰三角地区的部分锰尾矿)。铬尾矿一般都属于铬的潜在污染源。有色金属尾矿主要包括铜尾矿、铅锌尾矿、镍尾矿、锡尾矿等。铝土矿尾矿由于以含有高岭石、地开石等粘土矿物为主,常与铝矾土矿尾矿一起被归为非金属矿尾矿。有色金属尾矿一般都含有残余的有色多金属,较多的含铁硫化矿物和大量的石英、长石、云母等氧化硅和硅酸盐类矿物。有色金属尾矿中的大部分残留有色金属对于周边的环境来说都是潜在的重金属污染源,由有色金属尾矿引起的砷、铅污染尤为严重。大部分有色金属尾矿由于含有较多的硫化物,也是酸性废水的潜在发生源,具有对环境构成酸污染的潜在危害。

稀贵金属尾矿主要包括黄金尾矿、银尾矿、钨尾矿、钼尾矿、铋钽尾矿等。稀贵金属尾矿除了一般含有可以再提取的有价稀贵金属外,具有与有色金属尾矿相近范围的矿物组成,即尾矿的主要成分也是

石英、长石、云母等氧化硅或硅酸盐类矿物。部分稀贵金属尾矿中含有较多的方解石、萤石等非硅酸盐类矿物。部分稀贵金属尾矿由于具有较高的萤石含量,是氟的潜在污染源。非金属矿尾矿种类繁多,主要包括石灰石尾矿、大理石尾矿、高岭土尾矿、石英岩尾矿(又称玻璃尾矿)、花岗岩尾矿、石墨尾矿、滑石尾矿、石棉尾矿、硅藻土尾矿、膨润土尾矿、珍珠岩尾矿、蛭石尾矿、云母尾矿、铝矾土(铝土矿)尾矿等。非金属矿尾矿虽然种类繁多,但总量相对较少,堆存较为分散,因此不像金属矿尾矿那样受到关注。按尾矿所含的主要成分,非金属矿尾矿主要分为碳酸盐类(如石灰石尾矿、大理石尾矿)和硅酸盐(氧化硅)类(其它尾矿类型)。大部分非金属矿尾矿所含的原目标矿物都不具有再选的价值,而是整体利用或自然堆存。但近几年也出现了将石墨尾矿和高岭土尾矿再选的情况。由于大部分非金属矿尾矿不含高浓度的有毒有害物质,又属硅酸盐或碳酸盐类,在堆存过程中易于土壤化,再加上单库容一般较小的特点,因此非金属矿尾矿堆存带来的环境危害和安全风险相对较小。一些主要类型尾矿的化学成

表1 主要类型尾矿的化学成分

序号	尾矿类型	化学成分/%											
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	烧铁
1	鞍山式铁矿	73.3	4.07	11.60	0.16	4.22	3.04	0.41	0.95	0.25	0.19	0.14	2.18
2	岩浆型铁矿	37.2	10.35	19.16	7.94	8.50	11.10	1.60	0.10	0.56	0.03	0.24	2.74
3	火山型铁矿	34.9	7.42	29.51	0.64	3.68	8.51	2.15	0.37	12.46	4.58	0.13	5.52
4	矽卡岩型铁矿	33.1	4.67	12.22	0.16	7.39	23.00	1.44	0.40	1.88	0.09	0.08	13.5
5	矽卡岩型铜矿	47.5	8.04	8.57	0.55	4.71	19.80	0.55	2.10	1.55	0.10	0.65	6.46
6	矽卡岩型金矿	47.9	5.78	5.74	0.24	7.97	20.20	0.90	1.78		0.17	6.42	
7	斑岩型铜矿	65.3	12.13	5.98	0.84	2.34	3.35	0.60	4.62	1.10	0.28	0.17	2.83
8	斑岩型铜钼矿	72.2	11.19	1.86	0.38	1.14	2.33	2.14	4.65	2.07	0.11	0.03	2.34
9	斑岩型铜矿	62.0	17.89	4.48	0.74	1.71	1.48	0.13	4.88				5.94
10	岩浆型镍矿	36.8	3.64	13.83		26.90	4.30			1.65			11.3
11	细脉型钨锡矿	61.2	8.50	4.38	0.34	2.01	7.85	0.02	1.98	2.88	0.14	0.26	6.87
12	石英脉型稀有矿	81.1	8.79	1.73	0.12	0.01	0.12	0.21	3.62	0.16	0.02	0.02	
13	碱性岩型稀土矿	41.4	15.25	13.22	0.94	6.70	13.4	2.58	2.98				1.73

分如表1所示。

### 3 我国尾矿综合利用基本情况

我国现有尾矿库12 655座,其中三等以上大中型尾矿库为533座,占总数的4.2%,四、五等小型尾矿库12 122座,占总数的95.8%。截至到2009年底我国尾矿累积堆存量为100亿t。尾矿已成为我国目前产出量最大、堆存量最多的固体废弃物,已经引起严重的环境问题和存在巨大的安全隐患,成为我

国矿业经济和矿业城市可持续发展的瓶颈问题。

全国尾矿产生量2000~2009年统计结果如表2和图1所示。从表2和图1可以看出,2007~2009年连续3年产出量在10亿t以上,2009年产出11.92亿t,比上年增长8.4%。从表2还可以看出,黄金尾矿、铜尾矿、其它有色及稀贵金属尾矿以及非金属矿尾矿在2003年以前都呈缓慢增长趋势,而2004年以后呈较快增长的趋势,其中黄金尾矿2009年比2000年增

表2 2000~2009年尾矿产生量

种类	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	总计
铁尾矿量	1.37	1.32	1.41	1.59	1.89	2.57	3.58	4.31	4.92	5.36	28.32
黄金尾矿	0.98	1.01	1.05	1.11	1.18	1.24	1.33	1.50	1.57	1.74	12.73
铜尾矿	1.49	1.49	1.44	1.53	1.88	1.93	2.21	2.41	2.46	2.56	17.45
其它有色金属尾矿	0.65	0.65	0.63	0.67	0.82	0.85	0.97	1.06	1.08	1.12	7.65
非金属尾矿	0.42	0.46	0.51	0.60	0.68	0.74	0.87	0.95	0.97	1.14	7.34
合计	4.91	4.93	5.04	5.50	6.45	7.33	8.96	10.23	11.00	11.92	73.49

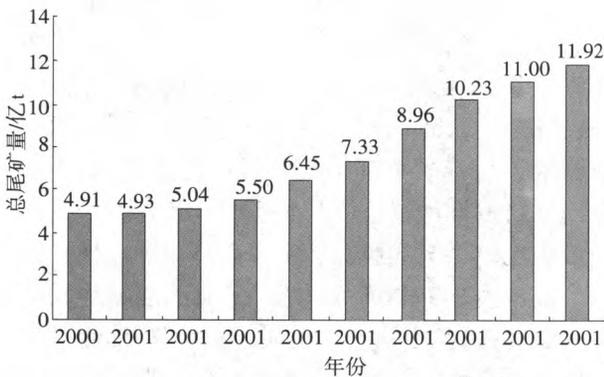


图1 2000~2009年尾矿产生量

长了77.6%,铜尾矿及其它有色稀贵金属尾矿增长了71.8%,非金属矿尾矿增长了171.4%。2009年我国产出尾矿接近12亿t,其中铁尾矿5.36亿t,铜尾矿2.56亿t,黄金尾矿1.74亿t,其他有色及稀贵金属尾矿1.12亿t,非金属矿尾矿1.14亿t。

图2给出了2009年我国各类尾矿产生量所占比例,从图2可以看出铁尾矿的产生量最大,占了45%;其次是铜尾矿,占2009年尾矿总产量的21%;黄金尾矿占15%,其它有色及稀贵金属尾矿占9%,非金属矿尾矿占10%。

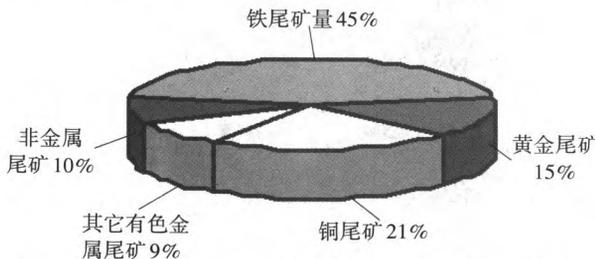


图2 2009年我国各类尾矿产生量所占比例示意图

### 4 我国尾矿综合利用主要渠道及效益

全国2009年利用尾矿总量为1.6亿t,综合利用率为13.3%。其中从尾矿中回收有色组分约470万t,占尾矿利用总量的3%,生产建筑材料利用尾矿约

5 800万t,占尾矿利用总量的33%,充填矿山采空区利用尾矿约1亿t,占尾矿利用总量的63%,其他利用<1%。2009年全国尾矿综合利用产值约300亿元,利润34亿元(不含充填)。

我国铁尾矿主要产在辽宁、河北、安徽、湖北、四川、内蒙等省区,其中2009年河北和辽宁两省产出铁尾矿为3亿t,占铁尾矿总量的50%以上。我国黄金尾矿主要产于山东、河南、陕西、黑龙江、内蒙古、新疆等省区,占全国总产量的80%以上。我国铜尾矿和其他有色、稀有金属尾矿主要产于江西、湖南、云南、广西、湖北、贵州、四川、新疆、西藏、内蒙古等省区,占全国有色和稀有金属尾矿总量的70%以上。我国非金属矿尾矿中,石灰石尾矿占总量的50%以上,其余非金属矿尾矿产量较小。因此我国非金属矿尾矿主要和我国的水泥集中产区紧密相关。其中河北、山东、安徽、辽宁、吉林、黑龙江、广东、江西、湖南、湖北、浙江、江苏、福建等省区所产非金属矿尾矿占全国的70%以上。

全国利用尾矿及废石生产建筑材料最好的的是北京市,2009年生产混凝土等建筑材料共利用尾矿及废石2 925万t,占全国尾矿及废石生产建材总用量的33.9%。全国利用尾矿进行胶结充填采矿最好的是山东省。2009年全省共产生尾矿约6 000万t,其中胶结充填采矿利用尾矿2 000万t以上,占全省尾矿总产生量的33.3%,占全国尾矿充填采空区利用总量的20%。

### 5 我国尾矿综合利用存在的问题

(1)我国尾矿产生量巨大,利用率低。我国目前累积堆存尾矿100亿t以上,年产出量达到了12亿t,占全国大宗工业固体废弃物年产生总量的45.8%,占全世界尾矿产出量的50%以上,而尾矿的综合利用率只有13.3%,绝大多数尾矿尚未被综合利用。随着我国矿产资源开采力度的不断加大,尾矿排出

量会每年不断递增,加快尾矿的综合利用已迫在眉睫。尾矿大量堆存的结果不仅造成了有限的土地资源的巨大浪费,而且带来了严重的环境和安全问题。尾矿所含的重金属离子,甚至砷、汞等污染物质,以及矿石选矿过程中加入的各种化学药剂,部分会随尾矿水流入附近河流或渗入地下,严重污染河流及地下水源,自然干涸后的尾砂,遇大风被吹到周边地区,对环境造成危害;很多尾矿库超期或超负荷使用,甚至人为违规操作,使尾矿库存在极大安全隐患,对周边地区人民财产和生命安全造成严重威胁。建国以来,我国多次发生过尾矿库溃坝事故,造成大量人员伤亡。2008年“9.8”山西襄汾新塔矿业有限公司尾矿库溃坝,造成非常严重后果。因此,立足于矿产和土地资源节约型、环境友好型社会的建设目标,必须提高尾矿资源的综合利用水平。

(2)提高尾矿资源的综合利用水平迫切需要科技支撑。在技术方面,国家在尾矿综合利用的前瞻性技术开发方面投入不足,企业缺少投资开发尾矿综合利用重大关键技术的动力和积极性,导致大多数尾矿综合利用工艺只停留在简单易行的技术上,缺乏能够使尾矿高效利用和大宗高值利用的原创性技术研发。因此提高我国尾矿资源的综合利用水平迫切需要先进的科技手段予以支撑,依托重点和骨干企业,开展尾矿综合利用关键技术和装备的研究,突破综合利用过程中的技术瓶颈,提高综合利用过程中的决策水平和技术管理水平,从而全面提升尾矿资源的综合利用水平。

(3)基础工作薄弱,缺乏数据支撑。在我国经济发展统计体系中还没有关于资源综合利用的基础数据统计,更没有关于尾矿综合利用的数据统计。不利于提出科学的政策措施,更不利于根据实际情况对政策措施做出实时调整。已经进行的少量统计工作,统计数据不完整、方法不统一,基础数据匮乏,信息交流不畅,难以作为宏观调控的基础材料。如有色金属尾矿种类多,共伴生情况复杂,目前对该领域的尾矿的资源综合利用数据统计不足,不能针对实际情况,提出有效的利用和处理方法。因此,迫切需要建立基础数据收集和统计体系,对我国尾矿综合利用整体情况进行全面的摸底、收集、分类和整理,最终确立尾矿资源评价标准、产品技术标准、产品检测和认证体系。

(4)对尾矿综合利用重要性的认识不够。很多

的管理部门和相关企业对尾矿综合利用的重要性和紧迫性认识不足,地区间、行业间、企业间尾矿综合利用的发展不平衡。在经济发展比较落后的地区和一些民营企业,浪费资源、污染环境的现象仍很严重。由于我国长期以来对矿业的粗放式经营,矿山企业盲目开采,过分关注主矿产品的价值,而忽视其共伴生组分,缺乏综合利用的意识。一方面,我国45种主要矿产资源人均占有量不足世界人均水平的一半,石油、天然气、煤炭、铁矿石、铜和铝等重要矿产资源人均储量,分别相当于世界人均水平的11%、4.5%、79%、42%、18%和7.3%。到2020年,我国重要金属和非金属矿产资源可供储量的保障程度,除稀土等有限资源保障程度为100%外,其余均大幅度下降,其中铁矿石为35%、铜为27.4%、铝土矿为27.1%、铅为33.7%、锌为38.2%、金为8.1%。可采年限石灰石为30年、磷为20年、硫不到10年,钾盐现在已经处于严重供不应求状态。另一方面,在矿产资源供需形势严峻的情况下,我国的矿产资源浪费明显,综合利用率很低。许多地方主管部门的主管干部还不知道什么是尾矿,更不知道尾矿综合利用具有巨大价值,大多数主管干部没有到过尾矿库。

(5)政策法规不够完善,现有政策支持力度不够。我国在资源综合利用方面虽然已经出台了一些税收优惠和鼓励政策,但由于尾矿资源品位低,与原矿采选相比,利用的成本高,经济效益差,且其综合利用的技术更为复杂,而现有资源综合利用的政策缺乏针对性,支持力度不够,企业利用尾矿的积极性不高。尾矿综合利用还没有作为一项重大的技术经济政策纳入法制管理的轨道,许多工作还无法可依,有关政策也还没有完全理顺。虽然国家发布了一系列鼓励企业开展尾矿综合利用的规范性文件,但现有政策的连续性及政策的支持力度还不能适应形势发展的需要。一些资源性产品的价格形成机制还不能充分反映资源稀缺程度、环境损害成本和供求关系;“污染者付费”的原则没有很好落实;部分地区还存在政策落实难、执行中有偏差等问题。相关政策体系和法律规范还不完整,经济激励力度较弱,还没有形成尾矿综合利用的长效激励机制。

## 6 我国尾矿综合利用的前景

### 6.1 尾矿综合利用的潜在价值

我国累积堆存和正在产出的尾矿具有巨大的潜

在利用价值。例如我国铁矿尾矿的铁品位平均为12%,有的甚至高达27%。以当前可选铁尾矿总堆存量45亿t计算,尾矿中相当于存有5.4亿t铁。在我国目前堆存的黄金尾矿中,以可选尾矿5亿t计算,其中尚含有黄金300t以上。目前我国共(伴)生组分综合回收率在40%~70%的国有矿山企业不足40%,我国国有矿山完全没有进行综合利用的占45%,全国20多万个非国有中小型矿山基本上没有进行综合利用。尾矿中的非金属矿物不但存量巨大,而且有些已经具备高附加值应用的潜在特性。随着技术的进步,其潜在价值将远远超过金属元素的价值。以尾矿作为充填骨料的胶结充填采矿法将是我国“十·二五”期间大力发展的采矿技术,与崩落法及其他传统采矿技术相比,可提高回采率30%左右,具有巨大的资源效益。在严格的环境评估前提下,因地制宜推广尾矿农用技术,将取得巨大的生态环境效益和经济效益。

## 6.2 尾矿综合利用的前景

尾矿综合利用的发展受国内外资源形势、经济形势、相关领域的技术进步以及政策、法律和社会意识形态等多因素的影响。以铁尾矿再选铁为例,在2000年以前,由于我国钢铁需求量较长时间处于低迷状态,国产铁精矿和进口铁矿石的价格也长期处于低迷状态,铁尾矿再选无利可图,国内矿山企业基本上不从事大规模的铁尾矿再选的生产活动。在2007年前后,由于我国经济建设对钢铁的需求迅猛增加,导致国内外铁矿石的价格上涨了2~5倍。在这种背景下,国内几乎所有的铁矿山企业都以不同规模开展了铁尾矿再选的生产活动或技术研究。金、银矿山和大多数有色、稀有金属矿山的尾矿再选都经历了与铁尾矿类似的过程。由于尾矿再选产业的发展也极大地促进了技术的进步,使尾矿再选的工艺和设备不断完善,成本不断降低,反过来又进一步促进了可选尾矿资源的迅速扩大。因此可以预测,到“十二·五”末我国尾矿再选产业的规模将持续快速增长,经济规模将比现在增加1倍以上。

尾矿综合利用的另一个快速发展方向是与胶结充填采矿法相配套的尾矿回填采空区技术。其真正的经济驱动力也是各类矿产品,特别是金属矿产品价格长期攀高。对于铁矿地下开采而言,胶结充填采矿法要比传统的崩落法等成本增加10%~50%。然而胶结充填采矿法可以将原来不能开采的

村镇下、水体下和重要交通干线下的矿石开采出来。对于一般情况下的地下采矿,胶结充填采矿法要比传统的采矿方法提高约为30%的回采率。当矿产品的价格攀升超出胶结充填采矿法相对于传统采矿方法的成本增加部分时,企业就有了利益驱动。随着胶结充填采矿技术的大规模应用,相关的技术也日趋成熟。低成本、高效率的新技术不断被开发出来,又进一步促进了尾矿回填矿井的规模发展。因此可以预测,到“十二·五”末,尾矿回填矿井的总量将比现在增加2~3倍。

在尾矿整体利用生产建材方面,由于目前产品附加值低,受运距限制的瓶颈问题还一直没有解决。因此在过去的几十年当中,在可以大宗利用尾矿的高附加值建材方面一直没有大的产业化突破,但已经出现一些有希望的实验室技术和中试技术。因此可以预测“十二·五”期间将是尾矿大宗利用生产高附加值建材在产业化技术方面大范围取得突破的时期,但大规模推广的时期要到2015年以后的“十三·五”期间。尾矿综合利用的第三个重要驱动因素是新建尾矿库成本越来越高,征地越来越困难。例如在我国东部地区一些地下金属矿山的开采完全是在基本农田下或村镇、水体、重要交通干线下进行的,在矿山建设的可行性论证和设计中就不可能考虑征到土地去建设尾矿库,因此必须权衡尾矿全部利用(包括回填采空区)和矿产开发整体利润的平衡才得以开工建设。这也迫使企业在回填采空区和尾矿整体利用生产建材及其它利用技术的开发和产业化方面投入更多的资金,因此也相应地推动了尾矿综合利用的技术进步和产业发展。

近年来国家在鼓动尾矿综合利用的政策方面力度不断加大,绿色矿山、低碳经济、可持续发展的理念不断深入人心,已经形成一种不可阻挡的社会文化潮流。因此可以预测,未来5~10年我国尾矿综合利用的产业将比现在的规模增加3~5倍,尾矿综合利用率将有大幅度提高。

## 7 尾矿综合利用技术的发展方向

(1)尾矿库安全高效开采关键技术及装备。将在尾矿库开采技术条件分析评价,尾矿库回采的安全与环境风险分析,尾矿库安全高效回采技术及装备,尾矿库开采过程安全与环境监测系统等方面形成完整的技术体系,形成具有我国特色的尾矿资源安全高效开采的系统配套技术,为我国该类资源的

开采提供有效的技术支持。所形成的系列技术成果,将解决目前尾矿库开采过程中遇到的难题,降低开采过程中的灾害事故及经济风险,为我国尾矿资源大规模开采奠定技术基础,创造显著的经济和社会效益。

(2)铁尾矿中有价组分高效分选关键技术及装备。将在铁尾矿再磨再选过程中低能耗单体解离控制技术和磁性物高效回收技术,深度还原过程中硅酸铁还原和抑制硅酸铁生成控制技术,铁尾矿高效浮选药剂合成及应用技术,铁尾矿多种伴生组分综合回收分质利用技术等方面取得突破,并形成包括尾矿中磁性铁矿物的高效分离技术及装备,铁尾矿低能耗再磨再选工业试验技术及装备,高铁难选铁尾矿高效联选、深度还原再选、闪速焙烧再选工业化技术及装备,铁尾矿选矿新药剂合成,钒钛磁铁矿型尾矿多元素综合回收新技术,硼铁矿尾矿选别工艺,多金属伴生铁尾矿多种有用组分综合收技术等技术在内的技术体系。

(3)有色金属尾矿中有价组分综合利用关键技术及装备。将在铅锌尾矿高效再选及流程节能减排关键技术,钼尾矿中多种有价组分综合回收关键技术,生物法综合回收有色多金属尾矿中的有价元素关键技术,有色金属尾矿综合回收有用组分的选矿药剂及装备,铈、钽尾矿综合利用和清洁化处理技术,氰化尾渣中有价元素综合回收技术等方面取得突破。将解决我国钼尾矿、铅锌尾矿、铈钽尾矿和氰化渣的清洁化综合利用的瓶颈问题,为这些尾矿的综合利用提供关键集成技术,研究成果将对提高有

色金属矿产资源的综合利用率和环境保护产生积极影响。

(4)尾矿综合利用生产建筑材料及关键设备。将在富硅尾矿生产超高强混凝土关键技术,尾矿生产微晶玻璃关键技术,大规模利用尾矿低成本生产建筑材料的工艺技术,尾矿生产加气混凝土关键技术,尾矿在高速铁路工程中应用关键技术等方面取得突破。这些技术的产业化可具有针对性的自主知识产权技术体系,形成一批尾矿掺入比例大、低耗能和无二次污染的技术和考虑区域产业结构的合理性与市场需求,因地制宜,符合具体尾矿特征、适应当地条件的高效的尾矿综合利用技术,调动市场主体开展尾矿综合利用的积极性,激发企业开展尾矿综合利用的内在源动力。克服以往所开发的尾矿建材产品受运距限制而使产地与市场脱节的弊端。对于提高矿山的资源利用效率、保护环境、推动矿区经济可持续健康发展具有重要意义。

(5)尾矿高效充填关键技术。在尾矿胶结充填用低成本高效新型胶凝材料大规模生产技术,高浓度充填料浆高效制备关键技术,高浓度尾矿充填料浆大泵量高效输送技术,膏体尾矿干式堆存技术,尾矿高浓度充填自动化控制与决策关键技术,高浓度尾矿胶结充填采矿成套装备关键技术等方面取得突破,将有效提高尾矿充填浓度及充填效率、大幅度降低充填成本,可替代占主导地位的国外进口膏体泵压充填工艺,改变我国现有传统的低浓度水力充填落后的局面,使充填采矿法逐步发展成为高效率的采矿方法。

(上接第3页)

件。环管试验是一项耗资费时的工作,不是所有矿山都有条件进行,目前已经开发出利用计算机仿真取代环管试验的软件,是充填设计的一大进步。

20世纪90年代初,借鉴英国煤矿沿空留巷巷旁支护的经验,研制成功高水速凝固化充填材料,并在一些矿山特别是煤矿试验、使用,在充填领域独树一帜。惟因材料价格偏高,后期强度有时不够稳定,大

量推广应用尚有一定困难,但在某些特定情况下,如充填接顶、局部快速维护等具有独特的作用。

### 3 结论

我国从20世纪60年代中期以来,许多高校、设计、科研、生产单位为胶结充填工艺的迅速发展进行了大量的技术创新,从总体上讲在国际上处于较先进的水平。本文只择其要者加以简述,反映概貌。