

· 安全与环保 ·

尾矿综合利用与无尾矿山建设探讨^{*}

梅国栋^{1,2}

(1. 中国安全生产科学研究院; 2. 北京大学)

摘 要 在论述我国尾矿当前的堆存量、年产出量的基础上,详细阐明了尾矿大量堆存所带来的安全、环境、土地及资源等问题,进一步强调推进尾矿综合利用工作必要性,以及尾矿综合利用带来的安全、环境、经济、资源和社会效益。提出了对已有尾矿进行综合利用,将新建矿山建设为无尾矿山的尾矿综合利用与资源化思路。从加强尾矿综合利用数据统计及综合利用科技调研、政府政策和资金引导、支持技术研发和产业化、建立尾矿综合利用标准体系、加强舆论宣传和国内外技术交流等方面提出尾矿综合利用措施。

关键词 尾矿 综合利用 无尾矿山 资源化

Discuss on Comprehensive Utilization of Mining Tailings and Development of Pollution-Free Mines

Mei Guodong^{1,2}

(1. China Academy of Safety Science and Technology; 2. University of Science and Technology, Beijing)

Abstract Based on the current total amount and annual output capacity of tailings in China, such problems as risk, pollution, land occupation and resources waste, resulted from tailings stockpiling, are discussed in detail. The necessity of comprehensive utilization of mining tailings and benefit of safety, environment protection, economy, resource saving and social benefit are further emphasized on as well. Therefore, it proposed a new idea of comprehensively utilizing existing tailings and developing pollution-free mines. Some measures for comprehensive utilization, including enhancing the data statistics of tailing utilization, the guidance of policy and financial from government, supporting technology development and industrialization, the establishment of standards on comprehensive utilization, strengthening the propaganda and foreign technical exchange, are proposed.

Keywords Mining tailings, Comprehensive utilization, Pollution-free mines, Resource

我国矿产资源共伴生矿多,单一矿少;矿石成分复杂,难选矿、贫矿多,综合利用率很低,资源浪费严重。所有原矿在开采后都需要进入选矿厂经过破碎、磨矿和选别作业,之后将其中的一种或多种精矿产品选出,其余则以矿浆状态的尾矿排出。因此矿产资源在选矿过程中产生了大量尾矿。

我国现有尾矿库 12 655 座,尾矿积存总量超过 80 亿 t,其中金属尾矿占 90% 以上,2008 年,全国金属尾矿排量近 10 亿 t^[1]。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。与粉煤灰、煤矸石等固体废弃物相比,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综合利用率在 60% 左右,而金属尾矿的综合利用率平均不到 10%^[1,4],相比之下,尾矿的综合利用大大滞后于其它大宗固体废弃物。

随着经济的快速发展,市场对矿产品的需求将

大幅度增加,矿业开发规模也会随之加大,造成副产尾矿数量不断增加,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,这样需要消耗大量的人力、物力、财力,并占用大量的农田、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险,一旦发生事故,后果十分严重。因此,通过尾矿综合利用,对新建矿山进行无尾矿山设计,减少尾矿库数量和尾矿排放总量,具有十分重要的意义。

^{*} 中国安全生产科学研究院基本科研业务费专项项目(编号:2009JBKY04),“十一·五”国家科技支撑计划项目(编号:2008BAB29B06-03)。

梅国栋(1982—),男,中国安全生产科学研究院,北京大学,博士研究生,100012 北京市朝阳区北苑路 32 号甲 1 号楼安全大厦 909。

1 尾矿综合利用的必要性

1.1 尾矿库作为重大危险源,安全问题突出

尾矿在选矿过程中经受了破磨,体重减少,表面积较大,堆存时易流动和塌漏,尤其在雨季极易引起塌陷和滑坡,从而造成溃坝、坍塌等事故。而随着尾矿数量的不断增加,尾矿库坝体高度也随着增加,不安全隐患日益增大。据初步统计,全国目前“带病”运行的危库和险库 632 座,危险性较大的病库 1 466 座^[2]。

我国历史上曾发生多起尾矿库重特大事故,不仅给人民生命财产造成了重大损失,而且对周围环境安全构成了严重威胁,甚至影响了社会的安定。2001—2009 年,全国共发生 66 起尾矿库事故,其中发生死亡事故 14 起,死亡 356 人^[5],如 2008 年 9 月 8 日,山西省临汾市襄汾县新塔矿业有限公司尾矿库发生特大溃坝事故,造成 277 人死亡,4 人失踪,造成严重的人员伤亡、财产损失和恶劣的社会影响。

1.2 尾矿严重污染环境

有些选矿过程需加入一些药剂,尾矿中就会残留一定量的药剂。而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;尾矿流入水系或排入溪河湖泊,不仅毒害水生生物,而且会造成其它灾害,有时甚至涉及相当长的河流沿线。

1.3 堆积尾矿占用大量土地

目前,尾矿综合利用率不到 10%,绝大部分的尾矿只有堆存,占用大量土地,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。

据统计,截至 2005 年,我国尾矿堆放占用土地达 87 万 hm^2 (1 300 多万亩)^[1],随着老的尾矿库闭库,新的尾矿库不断增加,必将占用更多的土地。即使占用的土地目前尚未耕种或暂时不宜耕种,但毕竟减少了今后开垦耕种的后备土地资源,对于我国这样一个人口众多、人均耕地面积积极小的农业大国显然是严重的威胁,给社会造成的压力和难题也将是永久的。

1.4 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,因此浪费尾矿中的有用组分数量是相当客观的。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,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,其结果必然是造成资源的严重浪费。特别是老尾矿,由于受当时条件的限制,损失于尾矿中的有用组分会更大一些。如云锡尾矿数量已达 1 亿 t 以上,其中平均含锡 0.15%,损失的金属大约 20 万 t^[6];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^[7]。

1.5 尾矿给企业带来了沉重的经济负担

一些企业的尾矿库已快到服务年限,有的还超期服役。随着尾矿量不断增加,建立新的尾矿库已势在必行,这需要占用大量的农林用地。1 个年产 200 万 t 铁精矿的选矿厂,建 1 座尾矿库需占地 53.3 ~ 66.7 hm^2 (800 ~ 1 000 亩),也只能维持 10 ~ 15 年生产之用。由于征地费用越来越高,导致尾矿库的基建投资占整个采选企业费用的比例越来越大,且尾矿库的维护和维修也需消耗大量的资金。如梅山铁矿二期尾矿库仅征地就花了数千万元。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 12 655 座尾矿库,每年的营运费用高达千亿元之多^[8]。

2 尾矿综合利用的重大意义

对尾矿进行综合利用与资源化开发,就是将这些尾矿变废为宝,化害为利,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,使之成为经济、实用的新矿产资源,不但可使原来资源枯竭或资源不足的矿山重新成为新资源基地恢复或扩展生产,充分利用不可再生的矿产资源和原有的矿山设施,发挥矿山潜力,使国家、企业不必大量投资基本建设就获得大量已加工成细颗粒原料的矿产,而且可以容纳大批人员就业,繁荣矿业和矿山城镇,解决环境污染,改善生态环境和整治国土,具有巨大经济、资源、安全、环境和社会效益。

2.1 安全效益

通过尾矿综合利用和资源化,实现无尾排放和无尾矿山,可从根本上消除因尾矿库带来的溃坝、漫

顶、泄漏等重大事故,保护人民生命财产安全。同时,利用尾矿充填空区,可减少因矿山开采而诱发的地面崩塌、滑坡、塌陷等地质灾害。资料表明^[9],我国采用空场法开采的有色金属地下矿山所占比例在 40% 以上,井下留有大量的采空区没有及时处理,采空区已成为矿山安全生产的主要安全隐患。据不完全统计,因采矿破坏的土地面积达 $1.4 \text{ 万 km}^2 \sim 2.0 \text{ 万 km}^2$,并以每年 200 km^2 的速度增加;因采矿引起的塌陷面积达 $1\,150 \text{ km}^2$,发生采矿塌陷灾害的矿业城市有 30 多个,每年因采矿地面塌陷造成的损失达 4 亿元以上。因此,对采空区的处理已成为一项非常重要的、迫切的工作。

2.2 环境效益

减少尾矿库数量,就可减少尾矿库事故发生总量,从而可避免因尾矿库溃坝、泄漏、漫顶等引起的环境污染事故,保护生态环境安全。同时,尾矿中的氯化物、氰化物、硫化物等成分及残留的选矿药剂等有毒有害药剂会氧化分解产生有害气体和大风天气下的扬尘,也会对大气环境造成污染,而开发利用尾矿资源,减少了尾矿的排放与堆存量,可减少有害成分,清除环境污染隐患。

2.3 经济效益

我国矿山尾矿主要矿物成分由硅酸盐、铝硅酸盐、碳酸盐矿物和微量金属矿物组成,化学成分以 SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O 为主,是建筑、陶瓷、玻璃工业的重要矿物原料,整体利用有着重要的经济价值和发展前景。例如,上海梅山铁矿目前年产干尾矿 50 万 t,作为填塘、铺路和建筑石材等出售,尾矿再利用实施后,经济效益十分明显,金属回收部分实现效益 280 万元/a,尾矿综合利用项目效益 1 095 万元/a。若按此推算,全国 80 亿 t 尾矿再利用 20%,经济效益相当可观^[5]。

2.4 资源效益

尾矿中大都含有各种有色、黑色、稀贵、稀土和非金属矿物等有价值组分,因此我国矿山尾矿中的资源潜力巨大。全国重点铁矿选矿厂的技术经济指标显示,铁矿尾矿中平均铁品位为 10%,在堆存的 43 亿 t 铁矿尾矿中,至少含有 4.3 亿 t 铁。按全国铁精矿平均品位 63.25% 折算,相当于 6.8 亿吨 t 铁精矿。按国土资源部《矿产资源储量规模划分标准》,铁矿尾矿中蕴藏的铁金属量相当于 13 座大型(矿石储量 $\geq 1 \text{ 亿 t}$)贫铁矿(按我国铁矿石平均品位 32% 折算为矿石),在 4 亿 t 金矿尾矿中,蕴藏金储

量 116.1 t,相当于 5 座大型金矿。当前,我国处在工业化、城市化加速发展阶段,矿产资源消耗量大,对外依存度较高,合理开发利用尾矿资源,是一种很好的资源保障来源。

2.5 社会效益

首先,从尾矿中回收有价金属和矿物,投资少,见效快,可解决部分职工再就业问题。另外,如何提高矿产资源的利用率是实现矿产资源可持续发展的一个关键问题,合理开发利用尾矿资源能最大限度提高矿产资源的利用率,可以节省大量的矿产资源以备后人发展使用。

3 尾矿综合利用途经与无尾矿山建设思路

对有条件的、技术成熟的、经济合理的现有尾矿实行综合利用;新建矿山在技术可行、经济合理的条件下实行无尾矿山设计。

3.1 尾矿综合利用途经

对已经堆积的尾矿实行综合利用,建议技术路线如图 1 所示。

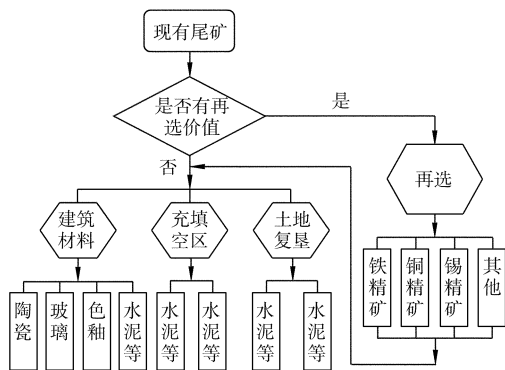


图 1 现有尾矿综合利用与资源化示意

(1) 若尾矿中含有用金属矿物或非金属矿物,且技术可行,经济合理,则将其作为二次资源再选,回收有用矿物。例如,黑色或有色金属矿山可考虑对过去的尾矿再次采、选以回收其中的有价金属及有用组分,如铁矿、铜矿、锡矿、铅锌矿等矿的尾矿再选,继续回收铁精矿、铜精矿、锡精矿、铅锌精矿或其它矿物精矿。

(2) 若尾矿为高硅($\text{SiO}_2 > 60\%$)、高铁($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 15\%$)或含多种金属的尾矿,且有销售市场,则可用作建筑材料、陶瓷、玻璃、微晶玻璃花岗岩、色瓷、色釉、水泥配料及新型材料等原料。

(3) 对于无较大回收再选经济价值、无法用于做建材或是没有合理的市场的尾矿,可用作井下充填料或填坑铺路。

(4) 无法再利用的,实施闭库,并进行复垦。

3.2 无尾矿山建设

新建矿山实现无尾排放,其基本思路是:先分离出尾矿中粗中粒级物料,用其代替碎石、黄沙作为建筑骨料使用;对余下的细粒尾矿进行再选,综合回收尾矿中的有价值金属、非金属成分,再对剩余部分固化处理,生产出不同档次的建筑材料或固化块体充填采空区或尾矿土地复垦。技术路线如图 2 所示。

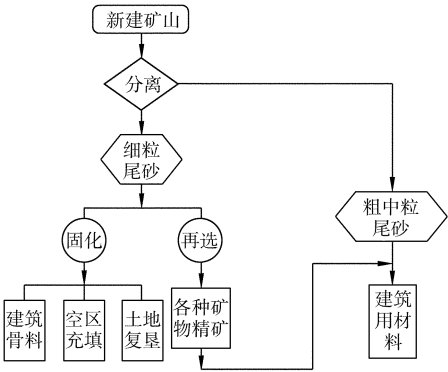


图 2 新建矿山无尾排放设计

4 尾矿综合利用建议

尾矿综合利用,变废为宝,既保护了国家的资源,又防止事故,同时又净化了环境。因此,尾矿综合利用应当进一步引起各有关部门的高度重视,同时采取切实可行的措施推动尾矿综合利用在全国推广。

(1)开展统计调查工作,加强尾矿综合利用统计与综合利用技术水平调研工作。建立尾矿资源综合利用,信息网络平台,逐步建立起尾矿的数据收集、整理和统计体系,建立尾矿排放、贮存及资源综合利用状况公报制度。

(2)加强政府的政策引导和资金支持。加强中央和地方财政对尾矿综合利用支持力度,继续加大尾矿综合利用税收优惠政策。将符合标准的尾矿综合利用产品纳入环境标志产品政府采购清单,拉动尾矿综合利用产品的消费市场。

(3)加大尾矿综合利用科技攻关投入力度。为了鼓励对尾矿资源的开发再利用,国家应制定鼓励开展尾矿综合利用科学技术的研究工作,通过建立

尾矿综合利用示范工程,研究尾矿综合利用新技术和拓宽尾矿综合利用途径;对开展无废或少废生产工艺研究取得的重大成果给予奖励,并积极予以扶持;对于重要尾矿综合利用工程项目,应给予资金和优惠贷款政策上的支持。

(4)加强宣传,提高尾矿综合利用意识。国家有关部门应确定尾矿综合利用在资源综合利用中的重要地位,要运用各种手段和形式,加强尾矿综合利用的宣传教育,使全社会真正认识到尾矿综合利用对节约资源、保护环境、消除事故隐患、提高矿山经济效益、促进经济增长方式的转变,实现合理配置资源和可持续发展,有着重要的意义。矿山企业应当树立长远观念,要把尾矿综合利用作为实现矿业可持续发展的必要措施。

(5)加大国内外交流力度。加强国内外交流与合作,引进和吸纳国外先进经验和适用技术,建立尾矿综合利用方面的技术和经验交流推广机制,促进尾矿综合利用产业良性循环,提升尾矿资源综合利用水平。

参 考 文 献

[1] 金属尾矿综合利用专项规划(2010—2015 年)[EB/OL]. [2010-07-10]. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n12843926/13158991.html>.
[2] 王云海. 尾矿库在线监测技术[J]. 劳动保护,2010(1):112-113.
[3] 赵瑞敏. 我国铁尾矿综合利用[J]. 金属矿山,2009(7):158-163.
[4] 黄兰椿,周永章,付善明,等. 大宝山多金属矿硫化矿尾矿综合利用途径研究[J]. 金属矿山,2009(7):164-168.
[5] 梅国栋,王云海. 我国尾矿库事故统计分析与对策研究[J]. 中国安全生产科学技术,2010,6(3):211-213.
[6] 杨国华,郭建文,王建华. 尾矿综合利用现状调查及其意义[J]. 矿业工程,2010,8(1):55-57.
[7] 张锦瑞,王伟之,等. 金属矿山尾矿综合利用与资源化[M]. 北京:冶金工业出版社,2008.
[8] 徐凤平,周兴龙,胡天喜. 国内尾矿资源综合利用的现状与建议[J]. 矿业快报,2007.455(3):4-6.
[9] 吴德礼,朱申红,王 铮. 国内外矿山尾矿综合利用现状与思考[J]. 青岛建筑工程学院学报,2001,22(4):84-91.

(收稿日期 2010-08-12)

· 信息苑 · 玉溪矿业大红山铜矿采矿工程通过发改委核准

2010 年 8 月,国家发展改革委核准了玉溪矿业有限公司大红山铜矿西部矿段采矿工程项目申请报告。项目建设地点位于云南省玉溪市新平县戛洒镇,设计井下日采矿 6 000 t,年产品位 25% 的铜精

矿 4.25 万 t(含铜金属 1.063 万 t)。主要建设内容包括地下采矿、充填站、废石场及地表公辅设施等。

(中国有色网 2010-09-29)