

有色金属矿山节约资源能源与减排*

刘全民¹, 张洪国², 何发钰¹, 曾红¹

(1. 北京矿冶研究总院, 北京, 100044; 2. 中国有色金属工业协会, 北京, 100814)

摘要:我国有色金属工业快速发展的同时, 由于所采用的部分生产技术和设备相对落后, 造成了生产过程中能耗相对较高、污染物排放量相对较多, 对环境的影响比较严重, 制约了我国有色金属矿产业的可持续发展。因此, 开展有色金属矿山节约资源能源与减排势在必行。在分析我国有色金属矿山节约资源能源与减排现状的基础上, 提出了我国有色金属矿山节约资源能源与减排工作的主要内容、发展目标、应鼓励、限制、淘汰的技术、关键技术的发展方向以及政策措施建议。

关键词:有色金属; 矿山; 节能; 减排; 资源节约; 技术; 建议

中图分类号: F426.1; F426.32 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2009)01-0038-05

The Research On Resources & Energy - saving and Emission - reducing for the Mines of Nonferrous Metals

LIU Quan - min, ZHANG Hong - guo, HE Fa - yu, et al.

(Beijing General Research Institute of Mining & Metallurgy, Beijing 100044, China)

Abstract: With the rapid development of nonferrous metals industry, many technologies and equipments that we used was not advanced, and the energy consumption and pollutant emission were comparatively more in the production process. It had serious effect on the environment and restricted the sustainable development of the mining industry of nonferrous metals in our country. On the basis of the present situation analysis of energy and resources saving and emission reduction for the nonferrous metals mines in China, the paper brought forward the main contents, development goals, the technology encouraged, the technology restricted, the technology eliminated, the developing trend of key technologies, policy measures and suggestions.

Key words: nonferrous metals; mines; energy saving; emission reduction; saving resources; technology; proposes

1 我国有色金属矿山节约资源能源与减排的意义

随着世界经济的发展, 对有色金属的需求量不断增长, 矿产资源也日益趋于贫化和枯竭, 二次资源的回收及利用已成为当务之急, 从矿山二次资源中提取有价金属成分, 同时净化环境、减少污染已成为

目前迫切需要解决的问题。但是, 我国在有色金属工业快速发展的同时, 由于所采用的部分生产技术和生产设备相对落后, 造成生产过程中能耗相对较高、污染物排放量相对较多, 对环境的影响比较大, 制约了我国有色金属矿产业的可持续发展。在目前形势下开展有色金属矿山节约资源能源与减排, 其意义重大。

* 收稿日期: 2008-11-12

作者简介: 刘全民(1977-), 男, 北京市人, 工程师, 硕士, 主要从事科研管理方面的工作。

1.1 有色金属的节能是可持续发展的战略决策之一

能源在国民经济中占有非常重要的战略地位,我国能源供需矛盾尖锐。据统计,有色金属行业规模以上企业超过6 800家,能耗约占全国能源消费量的3.5%。技术、装备是矿产资源开发利用的最重要工具、手段和保证,直接影响到工艺技术的实施和矿产资源的开发利用水平。每年我国有超过10亿吨铁矿、有色金属矿必须通过采选冶装备进行加工处理,但我国采选冶技术装备总体水平落后,能耗高,特别是碎磨作业的能耗比国外高30%~50%,效率低30%~40%。因此,开展大型高效节能采选冶关键技术装备的研制是提高能源使用效率,实现有色行业节能的关键问题之一。

1.2 减少有色金属矿山废弃物的排放总量,可以改善生态环境,促进地区经济发展

近年来有色金属矿固体废弃物在废弃物中的比重逐年增加,这些固体废弃物的存在不仅占用了大量土地、浪费宝贵的矿产资源,而且严重污染着空气和环境。

固体废弃物所引发的重大环境和安全问题主要有:尾矿库溃坝、泥石流、滑坡、污染水体和土壤、固体废弃物中的放射性和重金属危害、粉尘污染等。尾矿库事故在世界93种事故、公害隐患中名列第18位,仅次于核爆炸、神经毒气、核辐射等灾害。在我国,从1962年到2006年的16次尾矿坝事故中,共造成360多人死亡,村庄、农田毁坏,江河污染严重。

目前,有色金属矿山每采出1 t矿石平均约产生1.25 t废石,废石年产生量高达1.06亿吨,建国以来累计量高达21.5亿吨。尾砂年产生量达7 780万吨,累计量约11亿吨,利用率仅为6%,占地约8 000 hm²。

有色金属矿山是排出固体废物最多的行业之一。在我国,由于受传统工艺和经营方式所限,把大量固体废物弃于地表,造成资源浪费,占用土地,污染环境。

1.3 减少有色金属工业大量废水的排放是行业发展的迫切需要

在矿山开采过程中需要大量生产用水,同时排

放大量废水。根据中国环境统计年报数据显示:2005年有色金属矿山采选工艺所造成的废水和重金属排放量分别为3.11亿m³和155.083 t,占我国工业废水和重金属排放总量的1.44%和15.51%。其中,多金属矿山选矿废水排放量约占有色金属选矿废水的30%。

在选矿过程中,目前普遍采用浮选的方法进行分离回收,平均处理每吨矿石需耗水4~10 m³,且在不同的分离作业中会加入不同的选矿药剂,多金属矿浮选厂最少需要添加6~8种无机和有机药剂,有的工艺流程则高达十多种,这些药剂一部分随精矿粉带走,尚有相当比例的残余药剂随着选矿废水最终进入尾矿库中储存。含有多种残余药剂的选矿废水如果直接返回磨矿作业(选厂主要用水作业),将严重影响选矿指标,有的甚至无法进行正常的生产。节能减排是对我国高污染行业的刚性任务,当前有色选矿行业废水回用率仅为76%,其中,多金属矿山选矿废水回用率仅30%~40%,距离行业标准85%的差距很大,同时相当一部分有色金属资源基地位于西部干旱、缺雨、生态脆弱地区,有的矿产资源位于我国各大水系源头,在资源开发过程中,对环境保护要求十分严格,尤其含有多种重金属离子和有机物的选矿废水既不允许渗入地下污染土壤,也不允许外排。目前,选矿废水问题已经给很多矿山造成巨大困扰,同时给矿区环境保护带来巨大压力。

2 有色金属矿山节约资源能源与减排的主要内容

2.1 高效节能的采矿、选矿新技术和新设备的研发及推广

推广应用大规模、高效率、经济、低贫损的开采新工艺、新技术,实现露天采矿工艺连续化和地下矿山强化开采。重点是露天矿开采联合运输技术、露天与地下联合开采综合技术、地下矿山机械化充填采矿法、大直径深孔采矿法、阶段自然崩落法和强制崩落法及与上述新工艺相配套的新设备。

针对我国有色行业高能耗的特点,开发高效节能大型选冶设备如浮选机、预选跳汰机、粉磨机,大型冶炼设备如大型萃取箱、加压釜和大型干法收尘设备,使我国有色行业总体技术水平达到国际先进

水平,部分达到国际领先水平。通过实现产业化和示范工程应用,实现降低能耗的目的,并在国内向全国推广应用。

2.2 有色金属选矿过程中高效、高选择性选矿药剂的研制、与选矿工艺流程匹配应用以及减少对环境的影响的研究

(1)高选择性绿色捕收剂的研制以及药剂性能对环境的影响的研究;

(2)高选择性绿色捕收剂与高效选矿流程结构匹配提高资源综合利用率的技术研究;

(3)减少尾矿排放和尾矿中化学药剂排放的技术研究。

2.3 有色金属行业选矿厂遗留尾矿及有色冶金工业废渣资源化利用

(1)堆存老尾矿回收处理的整套技术:一方面是针对其中的有价金属进行回收的工艺技术;另一方面是对老尾矿进行资源化处理,如老尾矿经过选矿加工等处理作为建材工业的原料,还有尾矿的复垦堆存,使其恢复植被。

(2)从氰化尾渣中回收细粒有价金属的技术:通过选矿回收其中的超细粒级低含量的铅锌铜等硫化矿物。

(3)黄铁矿烧渣的再利用技术:化工领域制酸产生大量的黄铁矿烧渣,回收其中的有价金属铁和贵金属金元素,主要采用氰化等处理以及选矿处理回收铁和金。

(4)从铜冶炼炉渣中回收铜和铁的技术:回收铜主要采用选矿方法,回收铁要应用还原焙烧和选矿联合技术,涉及到还原焙烧过程中高效还原剂的开发应用以及相关设备的技术。

(5)选矿尾矿水和井下废水的综合处理及应用技术:一方面是废水的有效处理技术,另一方面是改变选矿工艺,使处理后的废水能直接回用,提高回水利用率,减少对环境的污染。

2.4 开展复杂矿物选别与富集技术研究

我国有色金属矿产资源存在品位低、复杂共生、氧化矿尚难利用等突出问题,这部分资源必将成为我国矿产开发的重要来源,但目前仍然缺少保障综合回收率的经济可行开发技术。为此,应从工艺、药剂、设备、自动化等方面立项研究大型矿产资源基地

的贫矿石选矿技术;高硫铜矿矿石的选矿关键技术;氧化铜矿、氧化铅锌矿高效选别与富集技术;一水硬铝石型铝土矿浮选新技术研究;电化学控制浮选关键装备及技术;高效浮选柱装备及浮选技术;共伴生金属的综合回收选别技术;新型无毒或少毒选矿药剂的绿色合成工艺及技术;选矿厂综合自动检测、分析、控制和优化技术等。实现矿产资源集约化开发和资源循环利用,攻克矿物的高效分离和富集关键技术,提高选矿回收率和资源综合利用率,加强水的循环利用率,重点进行高效低毒选矿药剂的应用,从矿产资源开发的源头减少对环境的影响。

2.5 工业用水循环利用技术

重点研究采、选废水处理与回用技术;氧化铝废水治理及利用技术;电解铝、炭素生产废水综合利用技术;废水污染的适时监测与预警技术;冶炼废水重金属污染物控制与治理技术。提高废水治理率、工业用水循环利用率,使工业废水达到或接近零排放。

3 有色金属矿山节约资源能源与减排的发展目标

有色金属矿山行业到2010年,矿产资源矿井回采率提高10个百分点,资源综合利用率达到35%左右,矿井水利用率达60%以上,矿山环境治理率达50%以上,全面推行矿山清洁生产,能源消耗水平比现在下降20%。到2020年大中型企业技术与装备达到国际先进水平;资源储量有较大增加;矿产资源利用率再提高5个百分点。主要有色金属单位产品能耗接近或达到世界先进水平;再生资源循环利用量提高到40%左右;硫的利用率和工业用水循环利用率分别达到95%或实现零排放。

4 实施节约资源能源与减排应鼓励、限制、淘汰的技术

4.1 有色金属矿山实施节约资源能源与减排应鼓励的技术

4.1.1 井下废石就地充填技术以及安全高效低成本充填采矿技术

废石是金属矿山的主要固体废弃物之一,据统计,2005年仅有色金属矿山的采掘废石量就达1.6亿吨,其中绝大部分直接地表排放。废石排放不仅造成了资源的浪费,而且也对矿山生态环境和人类

生存带来极大的危害。对于地下金属矿山而言,解决废石排放问题的最佳办法就是废石井下就地消纳,实现井下废石不出坑,从而彻底解决井下生产矿山的废石排放问题,并相应节约因提升和运输废石所产生的能源消耗。

4.1.2 溶浸采矿、无废开采和连续采矿技术

采矿工业在为国民经济建设提供原材料的同时也会扰动环境、破坏生态和浪费资源。资源开发利用引起的环境破坏和资源浪费已成为全球性的严峻问题。由于末端治理方案存在不彻底、不及时和成本高的弊端,无废开采方式及其工艺技术已成为国内外采矿的主要发展方向。

原地溶浸采矿工艺和露天与地下联合开采内部排废工艺可以显著减少废石的产出和排放。这两方面的技术已在有色矿山取得进展。

随着地下矿山开采规模的不断扩大,开采深度的不断增加,会带来一系列的技术难题。连续开采技术是解决这些难题的有效途径之一。它对有色金属矿山向开采纵深化、规模大型化、设备机械化、操作自动化、生产连续化、管理现代化方向发展具有重大意义。

4.1.3 多碎少磨、设备大型化高效化、水平衡和精矿管道输送选矿工艺技术

选矿厂是有色金属矿山主要高能耗单元之一,实践证明,多碎少磨、设备大型化高效化、水平衡和精矿管道输送等工艺技术节能降耗明显。因此需要开发高效节能粉磨技术装备、大型高效节能选矿设备、大型节能冶炼设备、循环流态化沸腾床、大型干法收尘设备等装备的研制。

4.1.4 高效、环保的选矿新技术

主要包括矿物表面特性表征与药剂分子结构设计;复杂矿高效分离提取新技术,包括电化学控制浮选原理与技术、复合力场分选技术与装备、超导磁分离技术与装备等;新型高选择性绿色选矿药剂与高效工艺流程的匹配技术;复杂有色金属矿产资源的综合回收技术等。

4.1.5 选矿废水分质处理分质循环利用的技术

突破选矿工业废水处理、分质回用等关键技术,开发出适合不同选矿工艺特点的废水处理回用集成技术和相关配套设备,在行业中进行推广,如果回用

率从目前的75%提高到90%,那么每年将有近1.2亿 m^3 的水得以再利用,可大大节省水资源,为实现行业节能减排目标提供技术支撑。

4.2 有色金属矿山实施节约资源能源与减排应限制的技术

4.2.1 普通电耙采矿技术

普通电耙采矿效率低、能耗高,应尽量采用铲运机出矿方案。

4.2.2 钢棒磨矿技术

钢棒磨矿不仅能耗高、成本高,产生的噪音也大,应该尽可能应用自磨/半自磨技术。

4.2.3 采用大量石灰抑硫浮铜的铜硫分离技术

在铜硫矿石浮选分离过程中,往往需要应用大量的石灰抑制黄铁矿的上浮,同时也需要大量的浮选药剂与之相匹配,才能够实现铜硫矿石的有效分离,但是这样做的后果一方面会造成大量的浮选药剂随着选矿的尾矿和废水进入尾矿坝等,形成浪费;另一方面也会对环境产生较大的影响;同时还影响伴生金等贵金属的回收。因此,应该积极开发新型的、高选择性的选矿药剂以及与之相配套的高效选矿工艺。

4.2.4 采用大量硫化钠的抑铜浮钼的铜钼分离技术

在含有铜钼等的有色金属矿山,一般均采用铜钼混合浮选然后利用硫化钠抑铜浮钼的铜钼分离技术。该技术相对而言虽然具有较简单等特点,但是在铜钼分离过程中,硫化钠的用量往往需要高达50~60 kg/t,甚至上百千克。也给环境造成较大的影响。

4.2.5 一段磨选技术

我国许多矿产资源复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大,一段磨选很难达到多金属全部解体分离,满足分选的要求,实现资源的综合回收,且造成磨矿能耗大幅度提高。应优先采用阶段磨阶段选技术。

4.2.6 限制采用小型设备

小型设备造成工艺流程过长,数量多,能耗高,且有价资源流失。在条件允许的情况下,尽量使用

大型设备。

4.3 有色金属矿山实施节约资源能源与减排淘汰的技术

- (1) 单一压入或抽出式通风系统;
- (2) 地下矿山干式混凝土喷射技术;
- (3) 高能耗矿岩提升、运输工艺技术;
- (4) 铜铅分离过程中使用重铬酸盐或氰化物等剧毒药剂的分离技术;

(5) 能耗高、生产效率低、污染严重、技术水平落后的装备:传统的颚式破碎机、小规格弹簧圆锥破碎机、落后的分级设备如 A 型、XZF 型、SF 型浮选机;小筒径磁选机;真空内滤、外滤筒式过滤机;带式过滤机等。

5 有色金属矿山节约资源能源与减排关键技术的发展方向

(1) 开展数字矿山建设,提升有色金属矿山的管理水平。数字矿山的建设,可以对开采中的矿产资源进行适时控制,保证矿产资源的回收。

(2) 开展有色金属矿产资源高效采矿、选矿技术研究,降低设备、能源等的消耗。重点研究高效节能的采矿、选矿新技术和新设备,高效预选设备,高效节能新型破磨与分级设备,以及固液分离新技术与设备。

(3) 开展尾矿与废石合理利用与处置技术研

究,实现废弃资源的循环利用。有色金属矿山尾矿与废石本着“尾矿再选提取有用组分,去除潜在污染,尾矿与废石回填或生产建筑材料,建设人造景观和复垦”思路。

(4) 大力研究开发行业清洁生产技术、装备以及技术集成创新;对“三废”实行减量化,从源头削减固体废弃物、废水、废气的产生量和排放量,加快“三废”治理、资源化的步伐;加强循环经济共性技术研究,提高烟气中 SO₂ 的利用率,工业用水循环利用率。

6 有色金属矿山节约资源能源与减排的政策措施建议

- (1) 政府的引导与强力推进。
- (2) 提高市场准入门槛,加大执法力度,强化标准的制定与实施。
- (3) 依靠科技进步,开发和应用新的节能减排技术。

参考文献:

- [1] 有色金属工业节能减排科技支撑战略研究。
- [2] 金属矿选冶污染物减排及资源化利用关键技术研究项目建议书。
- [3] 有色金属行业节能减排科技工作进展。
- [4] 有色金属工业“十一五”科技发展计划。

有色金属行业矿山重点节能技术

矿山重点采用大型、高效节能设备,提高采矿、选矿效率;铜熔炼采用先进的富氧闪速及富氧熔池熔炼工艺,替代反射炉、鼓风炉和电炉等传统工艺,提高熔炼强度;氧化铝发展选拜耳法等技术,逐步淘汰直接加热熔出技术;电解铝生产采用大型预焙电解槽,限期淘汰自焙电解槽,逐步淘汰小预焙槽;铅熔炼生产采用氧气底吹炼铅新工艺及其它氧气直接炼铅技术,改造烧结鼓风炉工艺,淘汰土法炼铅;锌冶炼生产发展新型湿法工艺,淘汰土法炼锌。

(1) 新建矿山优先采用露天开采。大中型露天采矿设备应逐步大型化、配套化。边坡稳定,岩石坚硬,应尽量采用陡帮开采;深凹露天矿,宜采用汽车-胶带联合运输方案。

(2) 坑内采矿应研制和采用先进、节能的电动、液压、内燃、无轨采矿设备,逐步代替风动设备。尽量利用采出的废石充填采空区,减少废石外运耗能。

(3) 优化矿井设计方案。在通风、排水、压风设计时,应根据自然条件,充分利用自然风流,自流排水,采用高效节能

风机、水泵和空压机。

矿井提升,箕斗提升宜采用双箕斗式;提升深度大的大、中型矿山,优先采用多绳箕斗提升,并采用先进的自动控制装置。

(4) 选矿要提高精矿品位,采用先进、节能选矿技术和设备对贫化率较高的矿石,应预选抛废。对复杂的多金属矿及难选的氧化矿,因地制宜地采用各种先进的选矿复合流程或选冶联合流程。

发展多碎少磨工艺;开发强力破碎及超细碎机;磨浮设备要大型化、高效化;精矿脱水要引进高效、节能、保护环境的浓缩、过滤设备,推广陶瓷过滤机;尾矿采用高浓度排放,淘汰低浓度多段排放工艺;有条件的选厂发展磨浮自动控制和仪表监测技术。

摘自国家发展改革委员会 2007 年 6 月 22 日《九个耗能行业重点节能技术概要》