

## 我国低品位、难选冶矿产资源勘查和综合利用现状述评

王 岩,邢树文,张增杰,马玉波

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

**摘要:**中国是矿产资源大国,但近年来开发强度过大,后备资源不足,使得低品位、难选冶矿产逐渐成为开发重点。我国低品位、难选冶矿产勘查工作程度总体不高,且受技术条件复杂、装备落后及法律法规不规范的限制,综合利用效率低下,对资源的可持续发展构成了严重的挑战。建议加大我国低品位、难选冶矿产勘查力度,加强低品位、难选冶矿产选冶技术自主创新,建立资源节约与综合利用长效机制,形成完善的我国低品位、难选冶矿产资源节约与综合利用标准规范,实施全球战略,确保我国矿产资源的高效利用及可持续发展。

**关键词:**低品位;难选冶;矿产资源;综合利用

**中图分类号:**TD98 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2012)05-0007-04

我国资源储量丰富、种类齐全。但经过几千年的消耗,优质资源几近枯竭,加上近年我国对矿产资源的开发强度过大,综合利用率低以及地质勘查难度的不断增大,使得地质条件好、资源品位高、可选性强的矿产资源正逐渐减少<sup>[1]</sup>,矿产资源可持续供给能力下降,后备资源不足,而可选性差的低品位资源及受采选技术条件复杂限制的难选冶、难利用矿产已成为选矿技术研究的重点之一<sup>[2]</sup>。可见低品位、难选冶矿产已经成为我国矿产资源的重要后备,全面摸清低品位、难选冶矿产资源储量家底,提高选冶技术及综合利用水平,准确掌握我国低品位、难选冶矿产开发利用潜力及综合利用现状,是保障国内资源持续供应的关键基础。

### 1 我国低品位、难选冶矿产资源概况

我国矿产资源储量丰富、种类齐全,在已查明资源储量的159种矿产资源中,一些重要矿产往往是低品位和难选冶、难利用矿产。铁矿、铜矿、铝土矿、磷矿、锰矿等大宗矿产已经探明储量的矿床大多数是贫矿见表1,其资源勘查情况为:

(1)截至2008年底,我国已查明的铁矿资源储量为714.5亿t,保有资源储量为623.78亿t,铁矿平均品位为33.5%,比世界平均水平低11%以

上<sup>[3]</sup>,其中97.2%为贫矿<sup>[4]</sup>,品位大于48%可直接入炉冶炼的富矿保有储量仅占全部铁矿查明资源储量的1.6%,绝大多数铁矿品位在25%~40%之间,占我国铁矿查明资源储量的81.2%,易选冶的磁铁铁矿石仅占51%,矿石处理技术难度大,精矿成本较高,钒钛磁铁矿、含稀土铌铁矿、锡铁矿、硼铁矿等多组分共生矿占1/3,混合矿占3.5%。

(2)2008年底,累计查明铜矿资源储量为9949.7万t,保有资源储量为7709.56万t,铜矿平均品位仅为0.87%,不及世界主要生产贸易大国的铜矿石品位的1/3<sup>[5]</sup>,铜矿石品位大于1%的富铜矿仅占我国查明铜矿资源储量的30.5%,另外69.5%是低品位矿,目前国内许多开采品位降到0.5%~0.4%,个别大型露天矿山的边界品位为0.2%<sup>[6]</sup>。

(3)截至2008年底,累计查明铝土矿资源储量32.23亿t,保有资源储量30.31亿t,平均硅铝比(A/S)仅6.01,A/S>10仅占6.97%,98.4%的铝资源为一水型铝土矿,而三水型铝土矿资源储量仅占全国总储量的1.6%<sup>[7]</sup>,80%以上属中低品位矿石,贫多富少,且多为伴生矿产,开采难度大<sup>[8]</sup>。

(4)我国是世界磷矿资源大国,累计查明资源储量为190亿t,保有资源储量为177.62亿t,磷矿P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均品位仅16.95%,富矿少,且胶磷矿多,选

收稿日期:2011-12-26

基金项目:中国地质调查局地调项目资助(1212011220806)

作者简介:王岩(1983-),女,博士,助理研究员。

矿难度大。大、中型磷矿床多赋存于震旦纪、寒武纪和泥盆纪等古老地层中,岩石坚硬,开采困难,矿石品位极低,中、低品位磷矿约占资源总量的 92%<sup>[9]</sup>,需经过选冶才能被利用。

(5) 我国锰矿矿石查明资源储量 10.22 亿 t,大部分已处于开发利用状态,其中保有资源储量 8.47 亿 t。锰矿平均品位仅 22%<sup>[5]</sup>,还不及世界商品矿石工业标准(48%)的一半,品位大于 30% 的富锰矿石查明储量仅 4297 万 t(占 6%)。锰银氧化矿是一种公认的难选冶矿石,其中银金属总探明资源储量已达数千吨,由于锰银分离一直没有找到合理的工艺,我国的这类银矿石未得到有效的开发和利用。

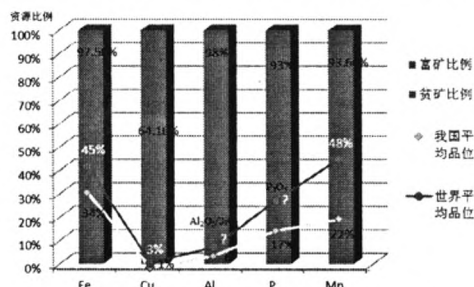


图1 我国铁、铜、铝等矿产资源贫富比例及品位

Fig.1 The proportion of poor to rich and grade of iron, copper, aluminum and other mineral resources in China

## 2 我国低品位、难选冶矿产资源勘查和综合利用现状

目前,我国已探明矿产资源储量仅次于美国和前苏联,居世界第3位。2011年11月国土资源部发布的《中国矿产资源报告(2011)》显示,我国铁、铜、铝等13类重要矿产资源的贫富状况见图1,总体查明率<sup>[10]</sup>见图2,待查明矿产资源仍有巨大潜力。同时找矿勘查技术和分析测试技术的进步,近年在内蒙古、辽宁、河北等地不断有地质找矿重大突破,显示我国的低品位、难选冶矿产资源具有巨大的找矿及利用潜力。我国复杂共伴生矿多,选冶难度大,综合利用效率低。我国已探明矿产储量中,共、伴生矿床占80%左右,全国25%的铁矿、40%金矿、80%有色金属矿及大多数煤矿都有共、伴生矿产。难选矿多、易选矿少,使得我国矿产资源开发和综合利用难度较大、成本较高、效率较低。如鄂西高磷铁矿,已查明资源储量超过30亿t,远景储量在百亿t以上,但铁、磷分离困难;我国菱铁矿资源储量居世

界前列,已探明资源储量约18.34亿t,但菱铁矿的理论铁品位较低,且常与Mg、Ca、Mn呈类质同象共生,因此采用物理选矿方法很难将铁精矿品位达到45%以上;东北多宝山铜铅矿是一个特大型、低品位斑岩型铜铅矿床,该矿床已探明铜金属量为237万t,由于矿体中铜铅品位较低,至今尚未解决选冶技术问题;我国铝土矿利用率为23%,98%以上是加工能耗很大的一水硬铝石型资源,如山西保德的高铁铝土矿,一水硬铝石含量60%~80%,目前尚未得到有效利用;我国北方的低品位磷矿储量巨大,但杂质元素较多,现有技术条件下,难以综合利用。

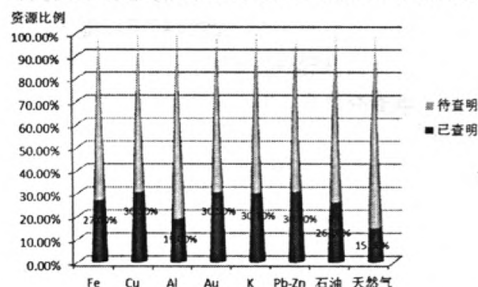


图2 我国铁、铜、铝等矿产资源查明率

Fig.2 The ascertainment rate of iron, copper, aluminum and other mineral resources in China

## 3 存在问题

### 3.1 我国低品位、难选冶矿产勘查工作程度不高,对资源家底掌握不全面

我国矿产勘查工作程度总体上不高,尤其是低品位、难选冶矿产资源勘查工作还没有到位,勘查投入严重不足,资源家底掌握不全面。东部地区矿产勘查投资力度大,勘查程度较高,但找矿难度大;西部地区、老矿山深部及外围区资源丰富,但自然条件差,生态环境脆弱,地质调查评价工作程度相对较低,需要大的地勘投入,提高工作强度。据估计,目前由于矿产资源短缺,导致能源、钢铁、化工、有色等原料不足,全国约有1/4的生产能力得不到发挥,为此国家每年损失超过1000亿元。

### 3.2 设备落后,技术开发能力低,综合利用效率低

和西方发达国家相比,我国仍正处于工业化进程中,长期受投资、设备、技术等条件的限制,在矿产资源的开采、冶炼等过程中,难以实现高纯度提取矿石中的有益物质,深加工产品少,工人劳动效率低。我国共、伴生矿产资源的综合利用率不足20%,矿

产资源的平均总回收率只有30%,比发达国家低约10%-20%<sup>[11]</sup>;工业废渣综合利用率仅为29%左右<sup>[12]</sup>,全国煤炭总回收率约为32%,铜矿平均回收率约为50%,钨矿平均回收率约为28%。

### 3.3 我国低品位、难选冶矿产资源利用缺乏可行的规范标准

低品位、难选冶矿产资源综合利用是技术性很强的工作,对各种矿石中共、伴生组分的可利用性缺乏科学的判定标准,会使矿山企业的综合利用工作具有盲目性,也不利于政府相关管理部门有针对性的科学化、规范化管理。目前我们恰恰缺乏这样科学的规范标准,严重影响了我国低品位、难选冶矿产综合利用工作的健康发展。同时,由于世界经济逐步复苏,矿产品需求强劲增长,有色金属价格飙升,引起矿业权市场高温不退,不少低品位、难选冶矿,在技术条件根本不具备的情况下,盲目炒作、开发,长期存在的采富弃贫、采易弃难、忽视综合利用等浪费矿产资源的现象更加严重<sup>[13]</sup>。

## 4 建 议

### 4.1 适度加强我国低品位、难选冶矿产勘查工作和综合评价

适度加大我国低品位、难选冶矿产资源勘查和综合评价力度,合理部署勘查工作,从国民经济长期持续发展和祖国建设长远利益来看待资源勘探和勘探投入,有针对性地对当前及今后一定时期内的紧缺矿产资源部署具体的矿产勘查战略。勘查必须点面结合,重视基础地质研究工作,密切结合低品位、难选冶矿产的地质条件和矿床特点,全面考察其综合经济价值,合理制定综合开发利用的工业指标,提高勘查评价效果,全面掌握我国低品位、难选冶矿产资源家底。

### 4.2 重点加强开发技术攻关,提高矿产资源综合利用效率

国家在保证公益性、基础性地质调查工作投资的基础上,组织相关科研院所、工业部门、矿山企业进行科研项目攻关,要加大投入,提升装备技术水平,依靠科技进步,采用先进工艺技术,加强自主创新,重视资源开发重大技术措施的研究,加强低品位、复杂难处理矿产高效选冶技术创新研究,提高中低品位矿、复杂难选冶矿的回收率<sup>[13]</sup>,提高资源节约集约利用,带动矿产资源的保护,提高资源的利用

效率。要积极实施《我国国民经济和社会发展“十二五”规划纲要》提出的节约优先战略,加强物化探、遥感、检测等地质矿产勘查的新技术、新方法,开展我国低品位、难选冶矿产资源选冶半工业试验和工业试验研究,以及产业化示范工程建设,低成本将成熟技术转让推广到企业,最终实现我国低品位、难选冶矿产资源的高效利用。

### 4.3 完善我国低品位、难选冶矿产资源利用的规范标准

依据《矿产资源节约与综合利用“十二五”规划》的相关政策,为全面提高矿产资源高效开发和节约利用水平,应该加紧制定关于我国低品位、难选冶矿产资源的勘查、利用、开发、保护、进出口等方面的法律法规,以及对各种矿石中共、伴生组分的可利用性的判定标准,建立资源节约与综合利用长效机制,形成完善的我国低品位、难选冶矿产资源节约与综合利用标准规范。将开源与节流并重,重视二次资源的综合利用,做到以法制矿,对能源消耗高、污染重的产品和服务给予重税,强制实施高耗能产品淘汰的政策;加大对研究制定能源节约与资源综合利用技术改造项目的支持,并在贷款方面给予优惠的政策。

## 参考文献:

- [1] 刘晓明,陈强,汪建,等.低品位铁矿资源利用技术的发展与实践[J].矿业工程,2009,7(1):25-28.
- [2] 安士杰.电化学控制浮选在乌拉嘎金矿生产中的应用[J].黄金,2011,11:36-39.
- [3] 詹朝阳,崔彬,欧阳瑜华.论我国铁矿资源的进口依赖形势[J].中国国土资源经济,2004,17(1):16-45.
- [4] 许元清,耿新宇.梅山铁矿低品位铁矿石资源开发利用探讨[J].矿业快报,2007,464(12):46-48.
- [5] 任忠宝,吴庆云.新世纪我国矿产资源形势研判[J].中国矿业,2011,20(2):10-13.
- [6] 金鸣.我国低品位铜矿石选矿技术的进展[J].矿业快报,2008,475(11):5-25.
- [7] 王志光.我国铝矿业资源现状与可持续发展[J].中国矿业,2002,22(5):28-30.
- [8] 张修志,付俊卫,李培亮.利用国外铝矿资源的对策研究[J].矿业工程,2003,1(5):9-12.
- [9] 戴新宇,于克旭,李红玲.北方某低品位磷矿选矿试验[J].武汉工程大学学报,2011,33(3):56-58.
- [10] 中国矿产资源报告(2011).
- [11] 雷力,周兴龙,李家毓,等.我国矿山尾矿资源综合利用

- 现状与思考[J]. 矿业快报, 2008, 473(9): 4-8.
- [12] 赖才书, 胡显智, 字富庭. 我国矿山尾矿资源综合利用现状与对策[J]. 矿产综合利用, 2011(4): 11-14.
- [13] 李鹏. 中国矿产资源利用的创新问题[J]. 地质与勘探, 2001, 37(4): 36-38.

## Exploration Evaluation and Comprehensive Utilization Situation Review of Low-grade and Refractory Mineral Resources in China

WANG Yan, XING Shu-wen, ZHANG Zeng-jie, MA Yu-bo

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, China)

**Abstract:** China is a great country with rich mineral resources. But in recent years, the exploitation intensity is so large that it to make the reserve resources scarce. Low-grade and refractory mineral resources become the key of exploitation. The low-grade and refractory mineral exploration level was not high as a whole. Comprehensive utilization efficiency is low not only affected by complex technical conditions and poor equipments, but also by irregular laws and regulations, which makes the sustainable development of resources meet serious challenges. Efforts should be given to the low-grade and refractory mineral resources exploration and self-renovation in smelting technology. At the same time, long-term mechanisms about resources economy and comprehensive utilization should be established and standards about low-grade and refractory mineral resources economy and comprehensive utilization should be perfected to implement the global strategy, ensuring the efficient mineral resources utilization and sustainable development.

**Key words:** Low-grade; Refractory; Mineral resources; Comprehensive utilization

(上接 6 页)

- 废水及铬资源化研究[J]. 中国环境科学, 2009, 29(12): 1260-1265.
- [23] 柴立元, 王云燕, 王庆伟. 用 CH-1 菌从铬渣中选择性回收铬[J]. 中国有色金属学报, 2008, 18(专辑 1): 367-371.
- [24] 张忠诚, 王信东. 利用铬渣制备铬酸铅的研究[J]. 山东工业大学学报, 2001, 31(6): 554-557.
- [25] 郑敏, 李先荣, 等. 氯化焙烧法回收铬渣中的铬[J]. 化工环保, 2010, 30(3): 242-245.

## Research Progress of Separation and Recovery of Chromium from Chromite Ore Processing Residue

LI Chen-jun, LEI Guo-yuan

(Hubei Key Laboratory for Efficient Utilization and Agglomeration of Metallurgic Mineral Resources, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hunan, China)

**Abstract:** Chromite ore processing residue (COPR) is the heavy metal hazardous waste, but also is the important chromium-containing secondary resource. Presently the treatment way for the chromite processing residue has the characteristics that the detoxification is unthorough, the cost is relatively high and it is easy to bring secondary pollution to the environments. The ideal approach is that the part of chromite which may be into the environment is completely separated. Meanwhile, it can be recovered in the form of Cr products. Therefore, it is significant to solve the problems of complete detoxification and resource utilization of COPR by separating and recovering chromium from COPR effectively. On the basis of the analysis of the phase and chemical composition, the wet and dry methods used to separate and recover chromium were summarized and the wet separation method was emphasized, whose treatment way was stated. Meanwhile, the comparative analysis of different leaching methods and recovering way was carried on. Finally, it was summarized that the methods of leaching-microorganism and chloridizing roasting have good treatment effects and economical benefits with the expectation to provide technology and methodology references to solve the problem of COPR contamination and chromite resource shortage.

**Key words:** Chromite ore processing residue; Cr(VI); Leaching; Chromium recovery