

我国铜矿资源开发利用“三率”调查与评价*

冯安生^{1,2}, 李文军^{1,2}, 吕振福^{1,2}, 郭敏^{1,2}

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 河南 郑州 450006; 2. 国土资源部多金属矿评价与综合利用重点实验室, 河南 郑州 450006)

摘要:介绍了我国铜矿开采回采率、选矿回收率和综合利用率“三率”调查结果。我国铜矿资源以硫化矿为主, 年采出矿石量约 121 059.6 kt。大型矿山数量占全国总数的 7.60%, 采出矿石量占全国总量的 77.69%。我国铜矿资源开采回采率、选矿回收率、综合利用率分别为 92.45%、89.10%、62.70%, 全国铜矿废石平均利用率 0.49%, 尾矿利用率为 9.18%。

关键词:铜矿资源; 调查评价; 开采回采率; 选矿回收率; 综合利用率

中图分类号: F124.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2016)05-0011-05

DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2016.05.003

An Investigation on Mining Recovery, Processing Recovery and Comprehensive Recovery of Copper Mines in China

FENG Ansheng^{1,2}, LI Wenjun^{1,2}, LV Zhenfu^{1,2}, GUO Min^{1,2}

(1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China; 2. Key Laboratory of Evaluation and Multipurpose Utilization of Polymetallic Ore of Ministry of Land and Resources, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: The paper introduces results of a comprehensive investigation on copper mines all over China. Statistical data concerning mining recovery, processing recovery, comprehensive recovery were analyzed. Copper occurs mainly as sulphide, total output of ores was about 121 059.6 kt. Large scale copper mines were accounting for 7.60% in all in China and production capacity was accounting for 77.69%. Mining recovery was 92.45%, processing recovery 89.10%, comprehensive recovery 62.70%. 0.49% waste rock, also 9.18% tailings from mineral processing is reutilized.

Key words: copper resource; investigation; mining recovery; mineral processing recovery; comprehensive recovery

铜矿开发利用“三率”指标(开采回采率、选矿回收率和综合利用率)调查与评价是国土资源部 2012 年 6 月启动的全国重要矿产资源“三率”调查与评价工作的一部分。本次调查评价工作以 2011 年为调查基年, 调查评价对象为全国范围内 2009 ~

2011 年间正常生产的铜矿矿山企业(采矿权人)。如无特殊说明, 文中统计数据为 2011 年正常生产矿山数据。文章主要介绍了本次铜矿资源开发利用“三率”调查与评价成果。本次调查评价技术方法参见本刊 2016 年第 5 期《全国重要矿产资源开发利

* 收稿日期: 2016-06-03

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价项目(1212011220930); 国土资源公益行业科研项目专项(201211067)

作者简介: 冯安生(1964-), 男, 河南商丘人, 研究员, 博士, 所长, 主要研究方向为矿产资源综合利用。

用三率调查方法与程序》。

1 调查评价范围与矿山代表性

据国土资源部统计,2011年全国共有铜矿采矿权证853个^[1],其中,大型矿山20座,中型矿山51座,小型488座,小矿294座。

本次共调查了大、中、小型矿山609座^[2-3],其中,大型矿山27座,中型矿山47座,小型445座,小矿90座,包括了135%的大型矿山和92.16%中型矿山。调查覆盖面广,代表性强。

在609座被调查矿山中,正常生产矿山329座,其余矿山因技术或者矿权等原因停产整改。正常生产矿山中,大型矿山25座,中型矿山35座,小型232座,小矿37座。全部正常生产矿山年度采出矿石量121 059.6 kt。329座正常生产矿山分布在云南省(92座)、湖北省(31座)、安徽省(29座)、内蒙古(28)座、江西省(22座)等23个省区,江西省、内蒙古、云南省的铜矿保有储量位居前三。

调查正常生产矿山中大型矿山数量占比7.60%;采出矿石94 052.7 kt,占全国采出矿石量的76.99%,说明我国铜矿矿山规模集中度高。

2 调查评价结果与分析

2.1 资源储量及分布

本次调查的各省(市、区)铜矿2011年底保有储量分布见图1。2011年底全国保有储量(铜金属)为26 037.3 kt,其中江西省保有储量最多,占全国的20%以上,内蒙、云南、黑龙江也位居前列。2011年调查矿山累计查明储量(铜金属)为42 451.5 kt,当年消耗储量(铜金属)为1 301.4 kt。

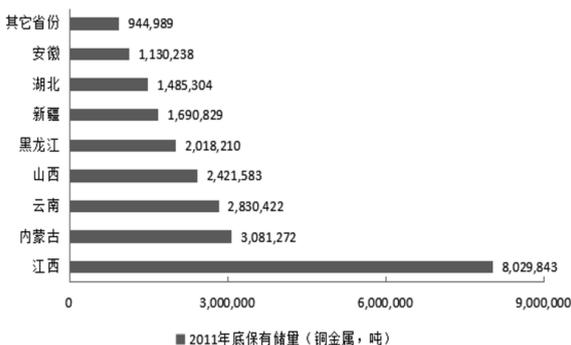


图1 2011年底各省(市、区)铜资源储量分布

我国铜矿资源以硫化铜为主,其次是混合铜矿石,

氧化铜矿石和其余类型铜矿石较少。调查的正常生产矿山中,硫化铜矿山占全国铜矿总数的68.79%,保有铜金属储量占全国的61.50%。

2.2 铜矿开发利用情况

2.2.1 采矿

调查2011年铜矿山设计采矿能力为136 152.5 kt,实际采矿量121 059.6 kt。其中江西、内蒙、云南、安徽、山西和黑龙江采出矿石量位居前列,2011年采出矿石量分别为4 623.3 kt、23 615.2 kt、13 508.6 kt、9 770.0 kt、2 240.6 kt和3 204.6 kt。2011年我国不同规模铜矿山采出矿石量见表1。

表1 2011年铜矿采出矿石量

规模	矿山/座	设计能力/(kt·a ⁻¹)	采出矿石量/kt
大型	25	99 823.0	94 052.7
中型	35	18 323.0	13 197.4
小型	232	16 695.5	13 441.2
小矿	37	1 311.0	368.3
合计	329	136 152.5	121 059.6

调查矿山中,大型矿山、中型矿山、小型矿山及小矿的矿山数量分别占全国总量的7.60%、10.64%、70.52%、11.25%,说明我国矿山数量以小型矿山为主;大型矿山、中型矿山、小型矿山及小矿的采出矿石量分别占全国总量的77.69%、10.90%、11.10%、0.30%,我国铜矿采出矿石量以大型矿山为主。

2.2.2 选矿

调查矿山共有选矿厂270座,设计生产能力160 892.9 kt/a,2011年实际入选矿石量165 823.5 kt。其中江西、内蒙、云南和安徽的入选矿石量较大,2011年入选矿石量分别为74 828.7 kt、17 255.6 kt、32 638.1 kt和11 234.2 kt。

从规模看(见表2),中小型选厂的数量虽然占绝对优势,占到89.63%,但入选矿石量仅占25.93%。相反,大型选厂的数量虽然仅占10.37%,但其入选矿石量占74.07%。

表2 不同规模铜矿选矿厂选矿概况

规模	选厂数/座	平均入选品位/%	设计能力/(kt·a ⁻¹)	入选矿石量/kt
大型	28	0.45	121 128.0	122 819.6
中型	59	0.78	28 431.8	21 568.2
小型	183	0.63	11 333.1	21 435.7
合计	270	0.48	160 892.9	165 823.5

2.3 开采回采率

2.3.1 开采回采率的区域分布特点

我国不同省(市、区)平均开采回采率见图 2 调查铜矿平均开采回采率为 92.45%。

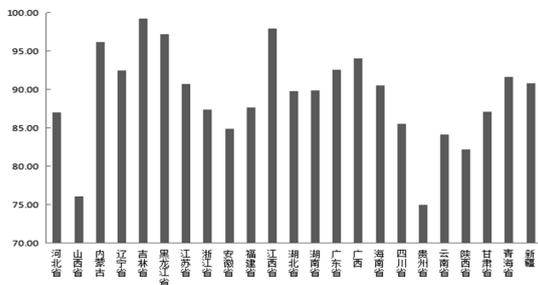


图 2 我国各地区铜矿开采回采率

吉林、江西、黑龙江、内蒙古、广西、广东、辽宁、青海、新疆、江苏和海南等 11 个地区的开采回采率大于 90%，湖南、湖北、福建、浙江、甘肃、河北、四川、安徽、云南等九个地区的开采回采率在 80% ~ 90% 之间，陕西、山西、贵州三省的平均开采回采率未达到 80%。

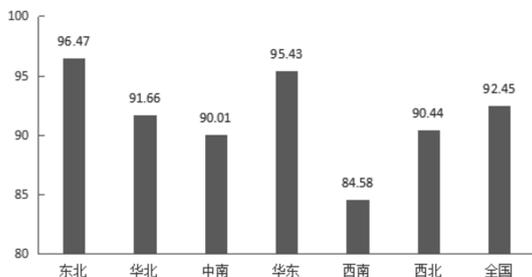


图 3 不同区域的开采回采率

不同区域平均开采回采率见图 3。铜矿的主产区在华东,该地区铜矿开发利用水平较高,回采率为 95.43%。而华东地区铜矿的主产区在江西德兴铜矿,德兴铜矿采选水平较高,实际开采回采率达到 99.09%。东北地区(辽宁吉林、黑龙江)平均回采率最高,为 96.47%。该地区的产能主要在黑龙江多宝山铜矿,该矿山是一个露天开采的大型矿山,采矿方法为分区分期采矿法,实际开采回采率为 97.20%。西南地区(云南、贵州、西藏)的平均回采率较低,为 84.58%。

2.3.2 开采回采率与不同生产建设规模的关系

不同生产建设规模铜矿开采回采率见表 3。

大、中、小型及小矿山的平均开采回采率分别为 94.28%、89.02%、85.14% 和 83.71%。大型矿山的开采回采率明显高于中小型矿山。大型矿山以露天开采和联合开采为主,共有 14 家;中小型矿山均以地下开采为主,中小型矿山中露天开采矿山和联合开采矿山合计有 33 家。

表 3 不同生产建设规模铜矿开采回采率

规模	矿山 /座	设计能力 /($kt \cdot a^{-1}$)	采出矿石量/kt	平均回采率/%
大型	25	99 823.0	94 052.7	94.28
中型	35	18 323.0	13 197.4	89.02
小型	232	16 695.5	13 441.2	85.14
小矿	37	1 311.0	368.3	83.71
合计	329	136 152.5	121 059.6	92.45

全国采出矿石量最大的前 3 座矿山(德兴铜矿、乌努格吐山铜矿、德兴铜矿富家坞矿区),全部为露天开采,2011 年合计采出矿石量 54 290 kt,占大型矿山采出矿石量的 60%,开采回采率分别为 99.10%、98.90%、98.01%。

2.3.3 开采回采率与不同开采方式的关系

开采回采率与不同开采方式的关系见表 4。

表 4 开采回采率与不同开采方式的关系

开采方式	矿山 /座	设计能力 ($kt \cdot a^{-1}$)	采出矿石量/kt	平均回采率/%
露天开采	26	70 725.0	71 246.0	97.68
地下开采	281	55 289.5	41 765.7	84.95
联合开采	22	10 138.0	8 047.9	90.89
合计	329	136 152.5	121 059.6	92.45

从表 4 可以看出,露天开采矿山的平均开采回采率高于联合开采矿山,而地下开采矿山最低,露天开采矿山采出矿石量主要分布在大型矿山。

2.3.4 开采回采率与不同采矿方法的关系

不同采矿方法铜矿开采回采率见表 5。

表 5 不同采矿方法铜矿开采回采率

采矿方法	使用数量/处	平均回采率/%	
地下开采	空场采矿法	204	86.27
	充填采矿法	40	90.28
	崩落采矿法	45	79.38
	其他地下采矿法	20	90.64
露天开采	组合台阶采矿法	28	97.69
	分区分期采矿法	3	97.32
	横采掘带采矿法	1	93.00
	单斗挖掘机采矿法	1	96.00

铜矿以空场采矿法为主,开采回采率为 86.27%;地下开采矿山中充填采矿法开采回采率较高,为 90.28%;露天开采矿山中组合台阶采矿法开采回采率最高,为 97.69%。

2.4 选矿回收率

调查铜矿选矿厂入选矿石量 165 823.5 kt,入选原矿品位 0.48%,平均选矿回收率 89.10%。

2.4.1 选矿回收率的区域分布特点

各省(市、区)铜选厂平均选矿回收率见图 4。

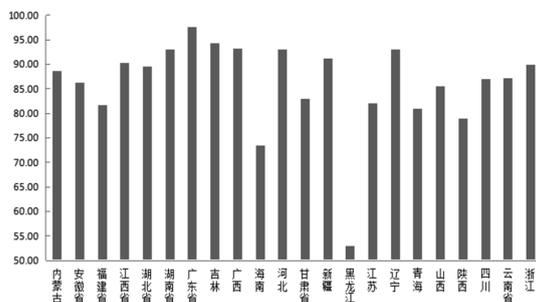


图 4 各地区铜选厂选矿回收率

内蒙古自治区、云南省、安徽省、江西省的回收率平均值较高,均达到 85% 以上。高于平均回收率的矿山数为 92 座,入选矿石量为 112 206.1 kt;低于平均回收率的矿山数为 178 座,入选矿石量为 53 617.4 kt。

不同区域铜选厂的平均选矿回收率见图 5。

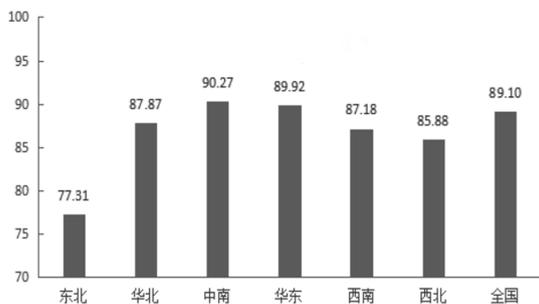


图 5 不同区域选矿回收率

主产区华东地区选矿回收率较高,为 89.92%,该地区铜矿主要分布在江西德兴铜矿,德兴铜矿技术先进,选矿指标较好。东北地区(辽宁、吉林、黑龙江)的平均回收率较低,为 77.31%,主要是因为黑龙江的选矿量占该地区的 69.54%,黑龙江仅有的 1 家矿山—多宝山铜钼矿矿石类型为氧化矿,采用湿法堆浸工艺,回收率仅为 53%。西南地区的选

矿回收率也较低,其中青海 8 座选厂有 6 座为小型,甘肃省也仅有 1 座大型选厂,一些小型非正规矿山选矿方法大多为直接浮选法,个别也采用摇床重选,部分矿山选厂选矿设备采用正规选厂淘汰下来的落后、陈旧设备。

24.2 选矿回收率与选厂规模的关系

不同规模铜选厂的平均选矿回收率见表 6。中小型选厂的数量虽然占绝对优势,占到 89.63%,但其实际生产能力较低,入选矿石量仅占 25.93%。相反,大型选厂数量虽然仅占 10.37%,但其实际生产能力较高,入选矿石量占 74.07%。

表 6 不同规模铜矿选厂选矿概况

规模	选厂数 /座	平均入选 品位/%	设计能力 /($\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$)	入选矿石 量/kt	平均回收 率/%
大型	28	0.45	121 128.0	122 819.6	89.53
中型	59	0.78	28 431.8	21 568.2	86.26
小型	183	0.63	11 333.1	21 435.7	88.09
合计	270	0.48	160 892.9	165 823.5	89.10

大型选厂中有 18 座处理的矿石为硫化铜,其中 13 座选厂选矿回收率高于 89.53%,主要是德兴铜矿选厂、大红山铜矿选厂、获各琦铜多金属矿选厂、阿舍勒铜矿选厂等,这些矿山多数开发较早,技术先进。回收率低于 89.53% 的大型选厂中,多宝山铜矿和白银集团小铁山矿回收率较低,未达到 60%,因多宝山铜矿采用湿法冶炼,而小铁山矿综合回收元素较多,除铜精矿外,选矿流程中还产出铅锌精矿和硫精矿,损失了铜精矿回收率。

2.4.3 选矿回收率与矿石工业类型的关系

选矿回收率与矿石工业类型的关系见表 7。

表 7 选矿回收率与矿石工业类型的关系

矿石 类型	选厂数 /座	平均入选 品位/%	设计能力 /($\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$)	入选矿石 量/kt	平均回收 率/%
硫化铜	192	0.47	132 051.4	139 700.3	89.49
氧化铜	23	1.13	1 190.0	509.1	73.13
混合铜	47	0.80	15 886.5	13 546.0	84.88
其它	8	0.45	11 765.0	12 068.1	87.86
合计	270	0.48	160 892.9	165 823.5	89.10

按矿石工业类型排序,选矿回收率从高到低依次为硫化铜矿石、其他类型铜矿石、混合型铜矿石和氧化铜矿石,氧化铜矿石入选品位较高而选矿回收率较低。

2.4.4 选矿回收率与选矿方法的关系

铜矿选矿以单一浮选为主。采用单一浮选工艺的选厂有229座平均选矿回收率88.53%;采用湿法浸出的选厂有9座平均选矿回收率61.83%;采用选冶联合工艺的选厂有5座,平均选矿回收率61.73%;采用重-浮-磁联合选矿工艺的选厂有6座,平均选矿回收率86.99%。

2.5 综合利用率

依据行业标准《矿产资源综合利用技术指标及其计算方法》(DZ/T0272-2015),计算矿产资源新“三率”指标^[4-6],得出调查铜矿山的共伴生综合利用率为53.60%,平均矿产资源综合利用率为62.70%。

铜矿共伴生矿产及储量见表8。铜矿共伴生资源中,锌、铅、钼、金、钨、锡、钴的储量较大。

表8 铜矿共伴生矿产资源储量统计

矿产名称	单位	资源储量		
		累计查明	2011年消耗	2011年保有
铋矿	Bi/t	5 525.74	288.00	1 457.36
钴矿	Co/t	291 888.67	2 855.66	63 206.95
硅灰石	矿石/kt	1 539.00	8.50	1 031.00
金矿	Au/kg	1 040 176.15	19 803.09	557 028.67
硫铁矿	S/kt	13 115 901.09	114 918.20	54 309.89
钼矿	Mo/t	1 260 913.06	16 017.13	711 569.56
镍矿	Ni/t	19 428.75	199.30	17 829.79
铅矿	Pb/t	1 635 933.80	40 286.43	1 438 973.11
铁矿	矿石/kt	268 689.17	5 562.22	133 601.96
铜矿	Cu/t	97 25700	439.17	14 045.56
钨矿	WO ₃ /t	100 96167	4 013.65	79 476.17
锡矿	Sn/t	92 448.32	13 851.37	70 414.01
锌矿	Zn/t	4 103 816.63	135 963.78	2 839 732.06
银矿	Ag/t	2 190 483.99	34 847.06	19 081.14
自然硫	S/kt	453 968.00	10.28	187.70

铜矿共伴生矿产的利用情况见表9。矿山含有铋矿、钴矿、硅灰石、金矿等14种共伴生矿产,除硅灰石以外其他13种伴生矿产都有利用。其中镍矿、钨矿和锌矿的选矿回收率较高,分别为88.12%、80.76%和78.28%,而铁矿、硫铁矿和自然硫的利用量最大。而铅和钼的选矿回收率较低,仅为42.57%和54.78%。

当年调查铜矿山的尾矿排放量155 685 kt,尾矿利用率为9.18%,除尾矿再选以外,主要用于建材和充填。全国铜矿废石平均利用率0.49%。

3 结语

(1) 当年全部329座正常生产铜矿矿山年度采

出矿石量121 059.6 kt。其中,大型矿山数量占比7.60%,大型矿山采出矿石量94 052.7 kt,占全国采出矿石量的77.69%。

表9 铜矿共伴生矿产资源利用情况统计

序号	矿产名称	含有矿山数/处	已利用矿山数/处	年利用组分量/t	平均回收率/%
1	铋矿	2	2	-	-
2	钴矿	7	6	289.37	41.20
3	硅灰石	1	0	0.00	0.00
4	金矿	54	46	178 758.67	64.23
5	硫铁矿	30	27	1 621 114.69	44.19
6	钼矿	29	22	13 217.99	54.78
7	镍矿	3	2	146.91	88.12
8	铅矿	15	12	28 018.39	42.57
9	铁矿	30	27	1 970 724.21	38.08
10	钨矿	22	22	13 237.75	80.76
11	锡矿	13	13	822.65	48.57
12	锌矿	33	31	148 706.07	78.28
13	银矿	62	55	2 302 681.31	55.16
14	自然硫	14	10	282 211.26	25.20

(2) 我国铜矿矿山平均开采回采率92.45%。露天开采的开采回采率平均为97.68%,地下开采的开采回采率平均为84.95%,联合开采的开采回采率平均为90.89%。

(3) 我国铜矿选矿平均选矿回收率89.10%,以浮选工艺为主。

(4) 我国铜矿资源共伴生综合利用率为53.60%,综合利用率62.70%,全国铜矿废石平均利用率0.49%,尾矿利用率为9.18%。

参考文献:

- [1] 国土资源部矿产开发管理司,国土资源信息中心.《二〇一一年全国非油气矿产资源开发利用统计年报》[R].北京,2012.
- [2] 冯安生,许大纯,吕振福,等.全国重要矿山“三率”综合调查与评价[R].郑州:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,2015.
- [3] 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所.全国重要矿山“三率”调查与评价数据库[DB/MT].郑州,2015.
- [4] 吕振福,冯安生.矿产资源综合利用率计算方法探讨[J].矿产保护与利用,2013(6):4-8.
- [5] 吕振福,冯安生.几种矿产资源综合利用率计算方法的探讨[J].矿产保护与利用,2014(2):6-8.
- [6] 冯安生,许大纯.矿产资源新“三率”指标研究[J].矿产保护与利用,2012(4):4-7.