

# 我国硫铁矿资源开发利用“三率”调查与评价\*

冯安生<sup>1,2</sup>, 海东婧<sup>1,2</sup>, 吕振福<sup>1,2</sup>, 郭敏<sup>1,2</sup>

(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. 国家非金属矿资源综合利用工程技术研究中心, 河南 郑州 450006)

**摘要:**介绍了我国硫铁矿开采回采率、选矿回收率和综合利用率“三率”调查结果。我国硫铁矿资源以黄铁矿为主, 年采出矿石量 8 443.4 kt。大型矿山数量占全国总数的 5.00%, 采出矿石量占全国总量的 69.47%。我国硫铁矿资源开采回采率、选矿回收率、综合利用率分别为 89.59%、83.93%、71.79%, 我国硫铁矿尾矿利用率 10.24%。

**关键词:**硫铁矿; 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)05-0040-04

DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2016.05.010

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

FENG Ansheng<sup>1,2</sup>, HAI Dongjing<sup>1,2</sup>, LV Zhenfu<sup>1,2</sup>, GUO Min<sup>1,2</sup>

(1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China; 2. China National Engineering Research Center for Utilization of Industrial Minerals, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** The paper introduces results of a comprehensive investigation on pyrites resources in all over China. Statistical data concerning mining recovery, processing recovery, comprehensive recovery are analyzed. Pyrites resources occurs mainly as pyrite, total output of ores is about 8 443.4 kt. Large scale pyrites mines were accounting for 5.00% in all in China and production capacity was accounting for 69.47%. Mining recovery of pyrites is 89.59%, processing recovery 83.93%, comprehensive recovery 71.79%. The utilization rate of tailings are 7.25%.

**Key words:** pyrites resource; investigation; mining recovery; mineral processing recovery; comprehensive recovery

硫铁矿开发利用“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 年间正常生产的硫铁矿矿山企业(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硫铁矿资源开发利用“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: 2016-05-11

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价项目(1212011220930)

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年全国共有硫铁矿采矿权证280个<sup>[1]</sup>,其中,大型矿山10座,中型矿山6座,小型及以下264座。

本次共调查了大、中、小型矿山143座<sup>[2-3]</sup>,其中,大型矿山6座,中型矿山8座,小型及以下129座,包括了60%的大型矿山和133%中型矿山。调查覆盖面广,代表性强。

在143座被调查矿山中,正常生产矿山80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4座,中型矿山4座,小型71座,小型及以下72座。全部正常生产矿山年度采出矿石量8443.4 kt。80座正常生产矿山分布在广东省、安徽省、河南省、内蒙古和四川省等19个省(区)。

调查正常生产矿山中大型矿山数量占比5.00%,采出矿石5865.8 kt,占全国总量的69.47%,说明我国硫铁矿矿山规模集中度较高。

## 2 调查评价结果与分析

### 2.1 资源储量及分布

我国硫铁矿资源分布广泛,本次调查的80个矿山,2011年累计查明资源储量539879.17 kt,主要分布在广东省、安徽省、河南省、内蒙古和四川省,该5省(自治区)的硫铁矿查明资源储量占全国累计查明资源储量的80%以上。

2011年底调查矿山保有资源储量375546.22 kt,广东、安徽、河南、内蒙古和四川5省(自治区)保有资源储量分别占全国保有资源储量的38.28%、17.41%、11.28%、8.65%、5.27%。

我国硫铁矿石工业类型可分三大类,按储量由高到低依次为:黄铁矿、其他类型的硫铁矿石、磁黄铁矿,黄铁矿储量占我国硫铁矿储量的89.06%。

### 2.2 开采回采率

全国硫铁矿平均开采回采率89.59%,矿山设计采矿生产能力13182.5 kt/a,2011年实际采出矿石量8443.4 kt,消耗资源储量9051.6 kt,调查的80座矿山中,开采回采率高于平均值的矿山有19座,采出矿石量6168.5 kt;低于平均值的矿山有61座,采出矿石量2417.0 kt,平均开采回采率每提高

1%可以多采出矿石858.6 kt。

#### 2.2.1 不同地区开采回采率

全国各省份硫铁矿开采情况见表2。调查矿山中2011年硫铁矿采出矿石量最大的四个省份分别为广东省、安徽省、四川省和内蒙古自治区,实际采矿能力分别为3197.7 kt、2168.0 kt、723.3 kt、680.6 kt,这四省的采出矿石量占全国的80.18%,这与这些省(区)的硫铁矿资源储量分布是一致的。

表2 不同地区硫铁矿资源开采情况

序号	省份	矿山数	设计采用生产能力/(kt·a <sup>-1</sup> )	实际采出矿石量/kt	开采回采率/%
1	河北省	3	410.0	243.0	86.50
2	内蒙古	2	2100.0	680.6	91.88
3	辽宁省	19	1126.5	382.8	85.79
4	吉林省	1	264.0	/	/
5	江苏省	1	400.0	122.1	86.35
6	浙江省	2	190.0	43.4	75.09
7	安徽省	6	2310.0	2168.0	91.08
8	福建省	5	515.0	180.3	83.43
9	江西省	1	120.0	9.7	98.00
10	河南省	2	620.0	251.2	80.60
11	湖北省	1	30.0	12.4	91.00
12	湖南省	1	250.0	180.0	70.10
13	广东省	1	3000.0	3197.7	94.75
14	广西	2	190.0	99.0	85.96
15	重庆市	1	90.0	1.5	86.67
16	四川省	22	1077.0	723.3	80.40
17	贵州省	4	230.0	93.0	76.93
18	云南省	4	160.0	9.7	87.38
19	陕西省	2	100.0	45.7	84.08
	合计	80	13182.5	8443.4	89.59

2011年全国硫铁矿平均开采回采率为89.59%,各地区平均开采回采率高于我国硫铁矿平均开采回采率的省份分别为江西省(98.00%)、广东省(94.75%)、内蒙古(91.88%)、安徽省(91.08%)。平均开采回采率最高的省份是江西省,为98.00%,该省仅有一处小型露天矿开采硫铁矿;广东省仅有一处大型露天开采硫铁矿,开采回采率较高。平均开采回采率最低的省份是湖南省,为70.10%。我国硫铁矿生产大省安徽省、内蒙古自治区平均开采回采率也较高。

#### 2.2.2 开采回采率与开采方式的关系

矿床开采方式可分为露天开采、地下开采和露天-地下联合开采三类。我国硫铁矿矿山开采回采率与开采方式的关系见表3。从中可以看出,我国

硫铁矿矿山以地下开采为主,地下开采的矿山73座,占调查正常生产矿山总数的91.25%。按不同开采方式,露天开采的矿山开采回采率平均为94.73%,地下开采回采率平均85%,露天-地下联合开采回采率平均90.41%。

表3 开采回采率与开采方式的关系

开采方式	矿山数量/座	设计生产能力		实际采出		平均开采回采率/%
		矿石量/kt	占比/%	矿石量/kt	占比/%	
露天开采	4	3 230.0	24.50	3 215.9	38.09	94.73
地下开采	73	7 902.5	59.95	3 205.5	37.96	85.00
联合开采	3	2 050.0	15.55	2 022.0	23.95	90.41
合计	80	13 182.5	100.00	8 443.4	100.00	89.59

调查的地下矿山76座,2011年正常生产矿山66座,采用空场法(包括全面法和房柱法)的24座,占36.36%;其次是留矿法20座,占30.30%;第三是崩落法(包括分段崩落法、分层崩落法、无底柱崩落法)11座,占16.67%。各采矿方法开采回采率情况见表4。不同采矿方法开采回采率统计结果差别不明显。

表4 不同采矿方法硫铁矿开采回采率

开采方式	采矿方法	采出矿石量/kt	平均开采回采率/%
地下开采	空场采矿法	784.9	82.74
	留矿采矿法	1 440.8	89.50
	崩落采矿法	793.0	82.06
	充填采矿法	1 310.4	91.10
	其他	898.4	90.35
露天开采		3 207.4	94.73

调查的4座露天矿山2011年3座矿山正常生产,开采回采率最高98%,最低86%,平均值94.73%。露天开采的平均回采率明显高于联合开采和地下平均开采回采率,说明地下矿相对开采条件复杂,开采难度较大。

### 2.2.3 开采回采率与矿山生产建设规模的关系

按矿山生产建设规模划分,调查大、中、小型萤石矿山及小矿开采规模及开采回采率情况见表5。

表5 不同矿山生产建设规模硫铁矿资源采矿情况

矿山生产建设规模	生产矿山数/座	设计采矿生产能力/(kt·a <sup>-1</sup> )	实际采出矿石量/t	平均开采回采率/%
大型	4	6 799.5	5 865.8	93.10
中型	4	1 500.2	436.9	83.69
小型及以下	72	4 882.8	2 140.7	81.82
合计	80	13 182.5	8 443.4	89.59

从表5可以看出,小型及以下硫铁矿矿山数量占比90%,实际采出矿石量占比25.35%;大型硫铁矿矿山数量占比仅为5%,而实际采出矿石量占69.47%。大型矿山数量虽较少,但实际采出矿石量远超过其他类型矿山,说明我国硫铁矿矿山已进入以大型矿山为主的时代。

大型矿山平均开采回采率较高,平均为93.10%,高于中、小型矿山开采回采率,而小型及以下平均开采回采率仅为81.82%,低于全国平均开采回采率7.77个百分点,主要原因在于大型矿山企业管理相对规范,开采技术、装备水平相对较高,资源节约与综合利用意识较强。

## 2.3 选矿回收率

调查硫铁矿矿山中,全国共有选矿厂38座,其中正常生产的有32座。2011年设计选矿生产能力10 265.0 kt,实际入选矿石量7 095.0 kt,平均入选原矿品位24.05%,平均选矿回收率83.93%。

### 2.3.1 选矿回收率与选厂规模的关系

选矿回收率与选厂规模的关系见表6。

表6 选矿回收率与选厂规模的关系

类别	处理能力/(kt·a <sup>-1</sup> )	数量/个	生产能力合计/(kt·a <sup>-1</sup> )		选矿回收率/%
			设计值	实际值	
大型	>1 000	2	3 000.0	3 044.2	83.71
中型	200~1 000	13	5 280.0	2 834.1	91.14
小型	<200	23	1 985.0	1 216.7	70.05
合计		38	10 265.0	7 095.0	83.93

由表6可知,调查的38家选厂中,大型选厂仅2座,中型选厂13座,大部分为小型选厂。我国硫铁矿开采、选矿能力匹配,现有选矿厂可以满足硫铁矿开采加工需求。

硫铁矿不同规模选矿厂中,中型选矿厂平均选矿回收率最高,为91.14%;大型次之,平均选矿回收率83.71%;小型最低,平均选矿回收率70.05%。大型选矿厂的硫铁矿权重最大的是云浮硫铁矿,而云浮硫铁矿矿石工业类型属较难选的类型,故其选矿回收率不高。小型选矿厂选矿回收率低的原因是,大多管理粗放,并且四川省采煤系沉积硫铁矿的选矿厂多采用重选工艺,而重选工艺选矿回收率较低。

### 2.3.2 选矿回收率与不同选矿方法的关系

本次调查的硫铁矿选厂主流的为浮选工艺,有22家,其余为重选和磁选工艺。这三种工艺对应的

平均选矿回收率分别为 89.95%、70.44%、75.00%。浮选工艺指标明显优于其他工艺。

### 2.4 综合利用率

我国硫铁矿床中伴生有 11 种共伴生组分,除煤炭、钼和泥炭外其它 8 种均有利用。其中数量排名前五位的依次为铁矿、高岭土、锌矿、铜矿和铅矿,各伴生矿产资源的储量见表 7。

表 7 硫铁矿共伴生矿产资源储量统计

编号	矿产名称	统计对象及单位	资源储量		
			累计查明	2011 年消耗	2011 年保有
1	高岭土	矿石/kt	3 010.00	/	3 010.00
2	金矿	伴生金(Au/kg)	10 913.79	91.51	8 407.92
		岩金(Au/kg)	279.83	1.32	250.16
3	煤炭	kt	505.10	10.20	478.90
4	钼矿	Mo/t	852.00	/	852.00
5	泥炭	矿石/kt	90.00	13.80	76.40
6	铅矿	Pb/t	92 848.68	591.52	89 501.83
7	铁矿	矿石/kt	18 967.34	594.32	11 482.58
8	铜矿	伴生铜(Cu/t)	150 075.93	46 210.75	118 565.57
		非伴生铜(Cu/t)	865 927.00	6014.59	685 439.00
9	钨矿	伴生矿(WO <sub>3</sub> /t)	12 551.00	8.51	1 441.00
		矿石/kt	7 681.10	55.20	686.19
10	锌矿	Zn/t	1 835 499.72	12 857.53	965 173.92
11	银矿	伴生银(Ag/t)	2 224.92	30.82	1 637.25
		非伴生银(Ag/t)	930.86	/	930.86

硫铁矿矿石共伴生矿产中大部分都进行回收利用(表 8),但选矿回收率差别较大,选矿回收率最高的是高岭土,平均达到 90%。铅矿、铜矿、锌矿等矿选矿回收率也较高。

表 8 硫铁矿共伴生矿产资源利用情况

矿产名称	含有该矿产的矿数/处	已利用的矿数/处	回收率/%			回收利用组分量/t
			最高	最低	平均	
高岭土	8	8	90.00	90.00	90.00	68 922.00
铅矿	7	2	83.00	69.00	71.43	193.52
铁矿	8	3	72.00	23.27	65.52	279 971.50
铜矿	10	6	84.60	50.52	66.51	10 989.56
钨矿	1	1	60.00	60.00	60.00	60.48
锌矿	10	6	90.00	60.00	69.24	37 094.46
金矿	5	3	65.00	49.50	59.90	6 446.28 <sup>*</sup>
银矿	4	3	85.00	60.00	62.95	563 124.52 <sup>*</sup>

“\*”单位为 kg。

其计算方法》(DZ/T0272-2015),计算矿产资源新“三率”指标<sup>[4-6]</sup>,得出我国硫铁矿矿山平均综合利用率 71.79%,硫铁矿共伴生矿产资源综合利用率为 57.95%。

#### 2.4.3 尾矿利用率

截至 2011 年底,2011 年共产生尾矿 2 977 kt,利用 304.9 kt,尾矿利用率为 10.24%。32 座选厂中有 9 家开展尾矿利用,占选厂总数的 28.13%。大多数选矿厂尾矿没有得到利用,尾矿利用率较低。

### 3 结论

(1) 当年全部 80 座正常生产硫铁矿矿山年度采出矿石量 8 443.4 kt。其中,大型矿山数量占比 5.00%,大型矿山采出矿石 5 865.8 kt,占全国采出矿石量的 69.47%。

(2) 硫铁矿矿山平均开采回采率 89.59%。露天开采的矿山开采回采率平均为 94.73%,地下开采回采率平均 85%,露天-地下联合开采回采率平均 90.41%。

(3) 我国硫铁矿平均选矿回收率 83.93%,主要以浮选工艺为主。

(4) 我国硫铁矿资源共伴生综合利用率为 57.95%,综合利用率 71.79%,我国硫铁矿尾矿利用率 10.24%。

#### 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.

依据行业标准《矿产资源综合利用技术指标及