

文章编号: 0254 - 5357(2013)03 - 0469 - 05

磁铁矿中磁性物成分的测定及可选性评价

班俊生¹, 任金鑫¹, 刘桂珍¹, 臧苗苗¹, 杨莹雪¹, 王 焯²

(1. 河南省有色金属地质矿产局第二地质大队中心实验室, 河南 平顶山 467021;

2. 国土资源部郑州矿产资源监督检测中心, 河南 郑州 450012)

摘要: 对磁铁矿样品分别用磁选管和手工内磁选法进行磁选, 并对原矿样品和样品的磁性物中 TFe、P、S、 V_2O_5 、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgO、Sn、Cu、Pb、Zn 的含量进行测定。分析结果表明, 采用手工内磁选和磁选管对磁铁矿进行磁选所得的结果一致, 为了简便操作, 本文均采用手工内磁选法选出磁性物。A 矿区磁性铁 (mFe) 含量 (22.42%) 比 B 矿区 mFe 含量 (22.59%) 低, 但 A 矿区样品的磁性物中 TFe 含量 (磁铁精矿品位) 大于 66%, 比 B 矿区样品的磁性物中 TFe 含量 (小于 57%) 高, A 矿区的磁铁矿选矿效果明显好于 B 矿区, 说明对磁性物中 TFe 含量的测定能够更好地反映矿石的可选性。原矿样品中 P、S 的含量分别为 0.328%、0.271%, 而样品的磁性物中 P、S 的含量为 0.021%、 $<0.005\%$, 均达到铁矿石冶炼标准; 原矿样品中 V_2O_5 、 TiO_2 的含量分别为 0.156%、1.37%, 而样品的磁性物中 V_2O_5 、 TiO_2 含量分别为 0.823%、13.62%, 达到了铁矿石冶炼标准。原矿样品的 $(CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3)$ 值为 0.876, 为自熔性矿石, 而其磁性物的 $(CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3)$ 值为 0.453, 为酸性矿石。由此说明, 单纯测定原矿样品中的各成分尚不能对磁铁矿的可选性进行科学性评价, 只有进一步测定磁铁矿的磁性物中各成分的含量, 才能够对磁铁矿进行可靠的评价。本文通过对磁铁矿中磁性物成分的测定, 为磁铁矿的选冶性能提供了新的评价方法。

关键词: 磁铁矿; 手工内磁选; 磁性物; 铁; 成分分析; 可选性评价

中图分类号: P578.46; O614.811 **文献标识码:** A

近年来, 随着国内钢铁业的快速发展, 对铁矿石的需求越来越大, 铁矿石的价格一路走高, 这对我国的铁矿资源产生了重大影响: 一方面, 矿山的开采品位降低, 一些原来不具经济意义的已查明的铁矿资源变得可以开采利用; 另一方面, 一些过去不认为是铁矿的含磁铁矿岩石通过磁选成了可以开发利用的磁铁矿资源, 例如国内一些超贫极贫的磁铁矿资源均可通过磁选等手段进行综合利用^[1-3]。因此, 如何评价一个磁铁矿矿山的可选性及选矿后磁铁精矿的质量显得尤其重要。现有的 DZ/T 0200—2002《铁、锰、铬矿地质勘查规范》^[4] 和《超贫磁铁矿勘查技术规程 (暂行)》^[5] 中规定磁铁矿基本分析项目为全铁和磁性铁, 组合分析项目为伴生有益组分钒、钛, 有害组分磷、硫、锡、铜、铅、锌, 对磁铁矿样品组合后进行分析。一些磁铁矿的磁性铁 (mFe) 含量很高, 经选矿后其 mFe 含量却很难达到冶炼要求的品位; 还有一些磁铁矿虽然伴生的有益组分的含量不

是很高, 但经过磁选后, 有益组分能够达到要求; 另有一些磁铁矿虽然有害组分的含量较高, 但经过磁选后, 有害组分也能够达到要求, 因此在地质找矿的实际工作中现有的这些规定已无法真实地反映一个磁铁矿矿山的可选性及选矿后磁铁精矿的质量, 有必要对磁性铁矿石的评价方法进行研究。

目前我国关于使用磁选管 (戴维斯管) 在实验室对磁铁矿中的磁性物进行磁选的国家标准还不完善, 虽然 GB/T 18711—2002《选煤用磁铁矿粉试验方法》中的磁性物含量测定^[6-7]的方法可供参考, 但此操作方法比较繁琐, 很难应用于大批量地质样品的分析实验。曾有人使用物相分析技术查明有害组分在铁矿石中的赋存状态^[8], 对矿石的可选性进行了评价, 还有采用磁选-浮选的方法, 寻求更有效的降硫、降磷方法, 用来评价磁铁矿的可选性^[9-10], 但通过分析磁性物及其组分来对磁铁矿矿床进行评价的方法鲜有报道。本文对一些矿区的多个磁铁矿样

收稿日期: 2012-07-20; 接受日期: 2012-11-05

作者简介: 班俊生, 高级工程师, 主要从事岩矿分析工作。E-mail: banjunsheng@163.com。

品分别用磁选管和手工内磁选法^[11]进行了磁选,对磁性物含量及其 TFe 含量、有害组分、有益组分和酸碱性按照 GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》^[12]分别进行测定,并对磁铁矿的可选性以及是否能够满足冶炼的要求进行了评价。

1 实验部分

1.1 仪器与主要试剂

XCGS-Φ50 型磁选管(上海索域试验设备有限公司);永久磁铁:外形呈圆柱状,长 10~12 cm,直径 2 cm,外面罩以封闭的玻璃管,隔玻璃管底部检测的磁场强度为 70 kA/m。

TAS-990 原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);T6-新世纪紫外可见光分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);CS-GD1 型碳硫光电滴定仪(洛阳市分析仪器厂)。

重铬酸钾标准溶液(0.016667 mol/L),二氧化钛标准溶液(1.00 mg/mL),钙标准溶液(0.35 mg/mL),镁标准溶液(0.30 mg/mL),碘酸钾标准溶液(0.001042 mol/L),磷标准溶液(5.0 μg/mL),铜标准溶液(0.10 mg/mL),铅标准溶液(0.10 mg/mL),锌标准溶液(0.10 mg/mL)。

1.2 实验方法

1.2.1 磁性物含量的测定

(1) 磁选管法测定磁性物的含量

称取 20 g(精确至 0.01 g)的 0.074 mm(200 目)磁铁矿粉置于 1000 mL 烧杯中,加入适量酒精和 500 mL 蒸馏水,搅拌,使其湿润和分散。将蒸馏水加入磁选玻璃管中,通电调整磁场强度为 70 kA/m。将试样倒入磁通管中,并要注意保持水位高度,倒完后将烧杯和漏斗中物料全部冲入玻璃管内,然后打开磁通管电源,洗涤磁铁矿粉。待磁通管内磁铁矿粉全部清洗干净,玻璃管内清晰不浑浊时,夹住尾矿管,同时停水、停电并接取磁性物。进行过滤,沉淀置于 105~110℃干燥箱内烘干,干燥后冷却至室温,称量,计算。称量后的磁性物样品留作其他分析项目使用。

(2) 手工内磁选法测定磁性物的含量

称取 10 g(精确至 0.01 g)的 0.074 mm(200 目)磁铁矿粉置于 250 mL 烧杯中,加 30 mL 水将样品湿润并摇散,用带有玻璃套的永久磁铁接近水面磁选,将永久磁铁吸住的磁性部分用水冲洗接入另一 250 mL 烧杯中,经过多次磁选直至没有磁性物为止,将得到的磁性部分再反复进行磁选,以除掉夹带

的非磁性物矿物,将选出的磁性物置于 105~110℃干燥箱内烘干,干燥后冷却至室温,称量,计算。称量后的磁性物样品留作其他分析项目使用。

1.2.2 地质样品及其磁性物中 TFe 含量与其他元素的测定

称取地质样品和经磁选后的磁性物样品,按照 GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》进行测定。

2 结果与讨论

2.1 磁性物含量及其全铁(TFe)含量的测定

使用磁选管在实验室对磁铁矿进行磁选操作方法比较繁琐,很难应用于大批量地质样品的分析实验中,而手工内磁选法由于操作简便,已被广泛应用于铁矿石中 mFe 的测定。为了验证手工内磁选法测定磁性物含量的可靠性,分取 A、B 两个矿区的多个磁铁矿样品,按照实验方法采用磁选管法和手工内磁选法对磁性物含量及其全铁(TFe)含量进行测定。从表 1 的比对结果中可以看出,磁选管法与手工内磁选法测定的磁性物含量及磁性物中 TFe 含量的结果是一致的,按照 DZ/T 0130.4—2006《地质矿产实验室测试质量管理规范》对两种方法测定的 TFe 进行了检查,全部合格。为了简便操作,在以后的实验中均采用手工内磁选法选出磁性物。

表 1 磁铁矿样品 TFe 及磁性物含量分析结果比对

Table 1 Comparison of analytical results of TFe in samples

样品编号	磁选管法 $w_B/\%$			手工内磁选法 $w_B/\%$		
	磁性物含量	磁性物中 TFe	样品 mFe	磁性物含量	磁性物中 TFe	样品 mFe
A 矿区 ZK1905-1	23.50	66.07	15.53	23.62	66.27	15.65
A 矿区 ZK1905-2	27.43	67.16	18.42	27.38	67.46	18.47
A 矿区 ZK1905-3	25.07	68.52	17.18	25.24	68.87	17.38
A 矿区 ZK1905-4	28.89	66.88	19.32	28.92	67.53	19.53
A 矿区 ZK1905-5	39.84	66.90	26.65	39.61	66.63	26.39
A 矿区 ZK1905-6	45.54	67.28	30.64	45.89	67.72	31.08
A 矿区 ZK1905-7	43.05	67.83	29.20	43.31	67.36	29.17
B 矿区 ZK705-1	35.63	56.34	20.07	35.78	56.27	20.13
B 矿区 ZK705-2	36.35	52.34	19.03	36.57	52.28	19.12
B 矿区 ZK705-3	44.51	51.45	22.90	44.68	51.29	22.92
B 矿区 ZK705-4	47.56	52.65	25.04	47.72	52.47	25.04
B 矿区 ZK705-5	46.32	56.87	26.34	46.48	56.67	26.34
B 矿区 ZK705-6	47.97	46.13	22.13	48.23	46.00	22.19

注:样品中 mFe 含量为根据磁性物含量及磁性物中 TFe 含量计算得出的结果。

从两个矿区的结果可以看出,虽然 B 矿区 mFe 含量的平均值(22.59%)比 A 矿区 mFe 的平均值(22.42%)高,但 A 矿区矿石磁选后磁性物中 TFe

含量(磁铁精矿品位)较高,均在66%以上,而B矿区矿石磁选后磁铁精矿品位较低,均在57%以下,这说明A矿区的磁铁矿选矿效果明显好于B矿区。

2.2 磁铁矿及其磁性物中P和S的测定

在铁矿石的冶炼中,P、S的含量是评价磁铁矿质量的重要指标。取两个矿区的磁铁矿样品及相应的采用手工内磁选法选出的磁性物样品,按照GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》对其P、S含量进行测定。从表2可以看出,虽然1[#]样品中P、S的含量分别为0.328%、0.271%,经过磁选后样品的磁性物中P、S的含量降为0.021%、<0.005%,均能够达到DZ/T 0200—2002《铁、锰、铬矿地质勘查规范》炼钢用铁矿石S<0.15%、P<0.15%的要求;2[#]样品中P、S的含量分别为0.428%、0.256%,但经过磁选后样品的磁性物中P、S的含量分别为0.183%、0.415%,没能达到规范要求。由此可见,只有进一步测定磁铁矿的磁性物中P、S的含量,才能够对磁铁矿中的P、S进行准确的评价。

表2 磁铁矿中P和S分析结果

Table 2 Comparison of analytical results of P and S in samples

样品编号	w(P)/%		w(S)/%	
	原矿样品	样品的磁性物	原矿样品	样品的磁性物
磁铁矿 1 [#]	0.328	0.021	0.271	<0.005
磁铁矿 2 [#]	0.428	0.183	0.256	0.415

2.3 磁铁矿及其磁性物中V₂O₅和TiO₂测定

磁铁矿中V₂O₅、TiO₂是可综合利用的金属,为明确是否进行磁选提供依据,在地质找矿中均要对V、Ti进行测定。被本文取两个矿区的磁铁矿样品及相应的采用手工内磁选法选出的磁性物样品,按照GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》对其V₂O₅、TiO₂含量进行测定。从表3可以看出,3[#]样品中V₂O₅、TiO₂的含量分别为0.156%、1.37%,其磁性物中V₂O₅、TiO₂含量分别为0.823%、13.62%,达到了GB/T 25283—2010《矿产资源综合勘查评价规范》铁矿石伴生组分评价指标V₂O₅>0.15%、TiO₂>3%的要求。而4[#]样品中V₂O₅、TiO₂的含量分别为0.137%、1.26%,其磁性物中V₂O₅、TiO₂含量分别为0.009%、0.007%,证实4[#]样品为一般磁铁矿。由此可见,只有进一步测定磁铁矿的磁性物中V₂O₅、TiO₂的含量,才能够准确地判断磁铁矿是不是钒钛磁铁矿。

表3 磁铁矿中V₂O₅、TiO₂分析结果比对

Table 3 Comparison of analytical results of V₂O₅ and TiO₂ in samples

样品编号	w(V ₂ O ₅)/%		w(TiO ₂)/%	
	原矿样品	样品的磁性物	原矿样品	样品的磁性物
磁铁矿 3 [#]	0.156	0.823	1.37	13.62
磁铁矿 4 [#]	0.137	0.009	1.26	0.007

2.4 磁铁矿及其磁性物中SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO的测定

在高炉冶炼中,为促使脉石形成易于熔融的矿渣,需要碱性矿石和酸性矿石搭配使用。为查明矿石的酸碱性,要对SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO进行测量。取两个矿区的磁铁矿样品及相应的采用手工内磁选法选出的磁性物样品,按照GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》对其SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO含量进行测定。表4数据表明,磁铁矿样品的(CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃)值为0.876,为自熔性矿石,但经磁选后其磁性物的(CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃)值为0.453,为酸性矿石,冶炼时需配入适量的碱性熔剂或碱性矿石。

在实际冶炼生产中,冶炼原料通常为磁选后的磁铁精矿,因此,仅确定磁铁矿原矿石的酸碱性对于指导冶炼生产是远远不够的,还需要对冶炼原料即磁铁精矿的酸碱性进行测定。

表4 磁铁矿中SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO分析结果比对

Table 4 Comparison of analytical results of SiO₂, Al₂O₃, CaO and MgO in samples

元素	w _B /%	
	原矿样品	样品的磁性物
SiO ₂	15.87	4.08
Al ₂ O ₃	1.56	1.01
CaO	5.04	1.02
MgO	10.23	1.65

2.5 磁铁矿及其磁性物中Sn、Cu、Pb、Zn测定

炼铁用铁矿石中的Sn、Cu、Pb、Zn为有害元素,DZ/T 0200—2002《铁、锰、铬矿地质勘查规范》对其含量要求为Sn≤0.08%、Cu≤0.2%、Pb≤0.1%、Zn≤0.1%。取两个矿区的磁铁矿样品及相应的采用手工内磁选法选出的磁性物样品,按照GB/T 6730《铁矿石化学分析方法》对其Sn、Cu、Pb、Zn含量进行测定。从表5可以看出,磁铁矿样品中的Sn、Pb、Zn含量均超过炼铁用铁矿石对这些元素允许含量的要求,但该样品的磁性物中的Sn、Cu、Pb、Zn含量均能满足要求。

表5 磁铁矿中 Sn、Cu、Pb、Zn 分析结果比对

Table 5 Comparison of analytical results of Sn, Cu, Pb and Zn in samples

元素	$w_B/\%$	
	原矿样品	样品的磁性物
Sn	0.132	0.062
Cu	0.193	0.083
Pb	0.137	0.078
Zn	0.403	0.071

3 结语

本文应用手工内磁选法对磁铁矿进行磁选,并对磁铁矿及其磁性物含量进行测定,方法简便可靠,可应用于大批量地质样品分析过程中。通过对磁铁矿及其磁性物中的有害元素 P、S、Sn、Cu、Pb、Zn,可综合利用的金属元素 V_2O_5 、 TiO_2 , 以及 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 进行了测定,原矿样品的一些指标虽没有达到冶炼标准,但经过磁选后完全能够满足要求。本文对铁矿石及其磁性物成分的测定,为磁铁矿的可选性以及是否能够满足冶炼的要求提供了新的评价方法。到目前为止,本实验室采用此方法已分析上千件样品,为地质勘查报告提供了大量有价值的信息,深受客户好评,值得应用推广。

4 参考文献

- [1] 李厚民,王瑞江,肖克炎,张晓华,刘亚玲,孙莉. 中国超贫磁铁矿资源的特征、利用现状及勘查开发建议——以河北和辽宁的超贫磁铁矿资源为例[J]. 地质通报,2009,28(1): 85-90.
- [2] 孙炳泉. 超贫磁铁矿资源化利用技术现状及发展趋势[J]. 金属矿山,2009,6(1): 9-12.
- [3] 王世军. 承德超贫磁铁矿的开发与评价[J]. 资源与产业,2004,6(5): 16-18.
- [4] DZ/T 0200—2002,铁、锰、铬矿地质勘查规范[S].
- [5] 祁向雷. 超贫磁铁矿勘查技术规程(暂行)[M]. 北京:地质出版社,2005.
- [6] GB/T 18711—2002,选煤用磁铁矿粉试验方法[S].
- [7] 张皓,李勇. 磁性物含量测定中常见问题及解决方法[J]. 选煤技术,2008(5): 32-33.
- [8] 赵鹏. 相态分析与地质找矿(第二版)[M]. 北京:地质出版社,2008: 351-352.
- [9] 曲亮亮,周平. 云南罗茨铁矿降硫降磷选矿试验研究[J]. 矿产保护与利用,2010(6): 33-36.
- [10] 谢美芳,文书明,郑海雷,陈宇. 钒钛磁铁矿精矿提铁降硫工艺试验研究[J]. 金属矿山,2010,7(4): 44-46.
- [11] 岩石矿物分析编委会. 岩石矿物分析(第四版 第二分册)[M]. 北京:地质出版社,2011: 738-739.
- [12] GB/T 6730,铁矿石化学分析方法[S].

Determination of the Magnetic Material Composition in Magnetite Ore and Processability Evaluation

BAN Jun-sheng¹, REN Jin-xin¹, LIU Gui-zhen¹, ZANG Miao-miao¹, YANG Ying-xue¹, WANG Ye²

(1. Central Laboratory of The Second Geological Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals

Geological and Mineral Resources Bureau, Pingdingshan 467021, China;

2. Zhengzhou Supervision and Inspection Center of Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Zhengzhou 450012, China)

Abstract: Magnetite samples were magnetically separated with a magnetic tube and artificial magnetic separation. The contents of TFe, P, S, V_2O_5 , TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Sn, Cu, Pb and Zn in the magnetite samples were determined. The results of the two separation methods were consistent. Consequently, artificial magnetic separation in subsequent experiments was chosen in order to simplify the process. The average content of mFe in mining area A (22.42%) was lower than that in mining area B (22.59%), but the content of TFe in the magnetic material of mining area A magnetite samples (>66%) was higher than that in mining area B (<57%). The results indicate that the effect of mineral processing of mining area A is much better than that of mining area B since the content of TFe in magnetic material can better reflect processability. The contents of P and S were 0.328% and 0.271% in the magnetite ore samples, 0.021% and <0.005% in the magnetic material, which met the

requirements of the iron ore smelting standards as $P < 0.15\%$ and $S < 0.15\%$ in the magnetite. The contents of V_2O_5 and TiO_2 were 0.156% and 1.37% in the magnetite ore samples, 0.823% and 13.62% in the magnetic material, which meet the requirements of the iron ore smelting standards as $V_2O_5 > 0.15\%$ and $TiO_2 > 3\%$ in the magnetite. The magnetite with a $(CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3)$ ratio of 0.876 is the self-fluxing ore, but the magnetic material of this magnetite with a $(CaO + MgO)/(SiO_2 + Al_2O_3)$ ratio of 0.453 is acid ore. This indicates that the evaluation of the magnetite does not depend on the contents of each component in the ore sample, but rather depends on the contents of each component in the magnetic material of the magnetite. Through the determination of magnetic materials in magnetite ore, a new evaluation method for magnetic separation and smelting has been determined.

Key words: magnetite; artificial magnetic separation; magnetic material; iron; component analysis; processability evaluation

第十届全国 X 射线光谱学术报告会通知

为促进我国 X 射线光谱分析学术交流,展示国内在该领域研究和应用的最新进展,推动现代分析测试技术的发展。定于 2013 年 7 月 31 日至 8 月 5 日在四川成都举办第十届全国 X 射线光谱学术报告会。会议由中国地质学会、中国硅酸盐学会和中国光谱学会主办,中国科学院上海应用物理研究所承办,岩矿测试技术专业委员会及中国科学院上海硅酸盐研究所协办。

大会将邀请国内外著名学者作大会特邀报告,热忱欢迎广大从事 X 射线光谱分析及相关领域工作的人员踊跃投稿和积极参加会议,并欢迎国内外厂商到会做报告、展示产品等。会议有关事项通知如下。

一、征文内容

(1) X 射线光谱分析新理论、新方法、新技术及其应用等

(2) 相关仪器、软件的开发及应用等

会议除出版会议论文集外,《岩矿测试》将择优发表相关论文。

二、会议时间和地点

(1) 时间: 2013 年 7 月 31 日报到, 8 月 1 日 ~ 2 日会议, 8 月 3 日 ~ 5 日会后地质考察(自愿)。

(2) 地点: 四川成都市

三、会议论文及摘要

凡欲在论文摘要文集上发表论文摘要者,请于 2013 年 7 月 1 日前用电子邮件方式给联系人邮箱寄一份摘要,中英文不限,篇幅为 A4 纸 1 ~ 2 页,保存为 Word 文档格式。

联系人: 郑 怡 (邮箱: zhengyi@sinap.ac.cn) 或 张丽丽 (邮箱: zhanglili@sinap.ac.cn)

地 址: 上海市浦东新区张衡路 239 号, 中国科学院上海应用物理研究所上海光源 (邮编 201204)

四、会务组秘书

李丽娜: 13918120513 程苏畅: 1366167637

郑 怡: 15921366939 张丽丽: 13636633940

五、注意事项

1. 附件 1 为通知回执, 请务必于 2013 年 6 月 1 日前电子邮件寄至会务联系人。

2. 其他未尽事宜将于第二轮通知公告。

中国地质学会
中国硅酸盐学会
中国光谱学会
岩矿测试技术专业委员会(代章)
2013 年 5 月 2 日