

铁电气石磁选提纯试验研究^{*}刘玉林^{1,2}, 刘新海^{1,2}, 李一波^{1,2}, 谭琦^{1,2}

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所; 2. 国家非金属矿资源综合利用工程技术中心, 河南 郑州, 450006)

摘要: 针对我国广西、江西、内蒙古三地区的铁电气石、铁镁电气石开展了磁选提纯研究。研究表明, 通过强磁分选, 电气石的主要有用成分 B_2O_3 、 Fe_2O_3 的品位得到提高, 提高磁场感应强度, 能够得到较好的选矿技术指标。

关键词: 铁电气石; 铁镁电气石; 强磁分选; 磁感应强度; B_2O_3 品位; Fe_2O_3 品位

中图分类号: TD975⁺.9; TD924 文献标识码: B 文章编号: 1001-0076(2012)06-0028-04

Experimental Study on Purification of Iron Tourmaline by Magnetic Separation

LIU Yu-lin^{1,2}, LIU Xin-hai^{1,2}, LI Yi-bo^{1,2}, TAN Qi^{1,2}

(1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resource, CAGS; 2. Mineral Resource Comprehensive Engineering Research Center, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: This paper elaborates the experimental study on purification of iron tourmaline and iron dravite by magnetic separation from the Guangxi, Jiangxi, Inner Mongolia three area. Experimental investigation shows that the grade of B_2O_3 , Fe_2O_3 , which is the main useful components of tourmaline, have been improved by high intensity magnetic separation. The processing indexes could be improved by increasing the magnetic induction intensity.

Key words: iron tourmaline; iron dravite; high intensity magnetic separation; magnetic induction intensity

中国电气石资源较丰富, 潜在资源量多, 产地具有分布广、相对集中的特点。根据已发表的资料分析, 湘—赣—粤毗邻、广西、新疆、内蒙古、云南及西藏东部、陕西、山西中条山、黑龙江地区、辽宁—吉林等九个地区为中国电气石资源相对集中的地区。本试验主要针对广西、江西、内蒙古三个具有代表性的地区开展磁选提纯试验。

1 电气石成分结构

电气石是一种结构和成分都很复杂的含硼硅酸盐矿物, 直到上世纪五十年代对电气石晶体结构测

定以后才提出比较合理的化学组成。它的化学通式为: $XY_3Z_6Si_6O_{18}(BO_3)_3W_4$, 其中 X 的位置主要被 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 占据, 有时也会形成空位(此时可形成无碱电气石), 还可以被 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 H_3O^+ 占据; Y 的位置主要被 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Li^+ 所占据, 通常还会被 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Ti^{4+} 占据; Z 的位置主要被 Al^{3+} 占据, 也会被 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 V^{3+} 、 Ti^{3+} 、 Ti^{4+} 占据; W 的位置主要被 O^{2-} 、 OH^- 、 F^- 、 Cl^- 占据。在这个结构中, 硅氧四面体共角顶连

* 收稿日期: 2012-10-20; 修回日期: 2012-11-06

基金项目: 中国地质调查局地质调查工作项目“环境矿物材料制备与中间试验研究”(编号: 1212011120301) 支持

作者简介: 刘玉林(1983-) 男, 湖北黄冈人, 助理工程师, 硕士研究生, 主要从事非金属矿加工研究。

接成六方环(复三方环)。在某些情况下, Ti^{4+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 可以少量地置换硅氧四面体中的 Si。B 与 O 形成三角形配位体,目前还没有发现其它元素可以替代 B^[1~5]。

2 电气石的选矿提纯试验

2.1 试验样品的选择与制备

2.1.1 试验样品的选择

研究选用产出量大的非宝石级黑电气石为原料。本实验选取了不同产地、不同地质条件和成分差别比较大的电气石矿样作为本研究的样品。

不同产地电气石样品产状、成因等对比见表 1。

表 1 试验样品的产地、产状、成因

产地	广西	江西	内蒙古
表观	黑色针束状	黑色块状	黑灰色块状
密度	3.16 g/cm ³	3.20 g/cm ³	3.17 g/cm ³
成因	变质岩	花岗岩	变质岩
产状	针束状集合体含石英、钠长石包体	电气石岩镶嵌在石英和长石中	晶粒集合体与云母、石英等共生

2.1.2 试验样品的制备

广西、江西、内蒙古电气石原矿粒度为 0 ~ 200 mm。0 ~ 2 mm 试验样品的制备按图 1 分别进行。

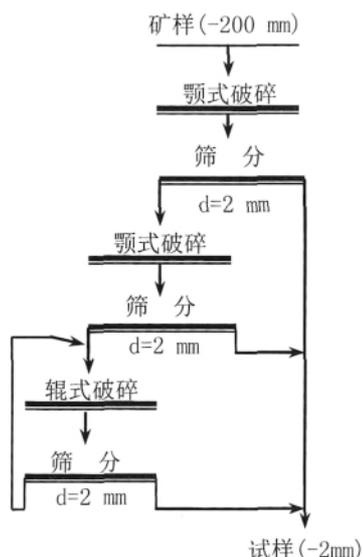


图 1 试验样品制备流程

2.2 原矿样品的化学分析

针对广西、江西和内蒙古三地的电气石做化学多样分析,多项分析结果见表 2。

表 2 电气石化学多项分析结果表明,广西、江西电气石为富铁电气石,内蒙古电气石为镁铁电气石,在常见的非宝石级电气石中具有一定的代表性。

表 2 电气石化学多项分析结果 /%

成份	广西	江西	内蒙古
SiO ₂	46.18	38.86	35.50
Al ₂ O ₃	26.41	30.41	24.67
Fe ₂ O ₃	14.93	14.30	8.51
FeO	6.85	3.48	3.83
TiO ₂	0.076	0.38	0.57
MgO	0.069	0.60	3.51
CaO	0.081	0.68	6.27
B ₂ O ₃	7.81	8.98	7.96
Na ₂ O	0.93	0.70	1.09
K ₂ O	0.066	0.20	0.11
Li ₂ O	0.011	0.012	0.0022
LOI	1.71	1.88	7.14
合计	98.273	96.927	95.3322

2.3 试验结果

2.3.1 广西电气石强磁选提纯试验

试验采用 GCG8/10 型干式感应辊磁选机,磁感应强度 0.15 ~ 2.0 T,入选物料粒度 -0.5 mm。

不同磁感应强度试验结果见表 3。

表 3 广西电气石磁选试验结果

试验编号	产品名称	产率 /%	品位 /%		回收率 /%		磁感应强度 /T
			B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
1	磁性	35.66	9.35	17.29	41.78	41.7	0.8
	非磁性	64.34	7.22	13.4	58.22	58.3	
	原矿	100	7.98	14.79	100	100	
2	磁性	65.68	9.53	16.86	76.96	76.32	1.2
	非磁性	34.32	5.46	10.01	23.04	23.68	
	原矿	100	8.13	14.51	100	100	
3	磁性	74.35	9.64	17.47	88.28	88.16	1.6
	非磁性	25.65	3.71	6.8	11.72	11.84	
	原矿	100	8.12	14.73	100	100	
4	磁性	80.9	9.2	17.27	95.87	95.68	2
	非磁性	19.1	1.68	3.3	4.13	4.32	
	原矿	100	7.76	14.6	100	100	

试验结果表明,磁感应强度对广西电气石磁选提纯影响非常明显。随着磁感应强度增加,磁性物产率从 35.66% 增加到 80.90%, B₂O₃ 的回收率从

41.78% 增加到 95.87% , Fe_2O_3 的回收率从 41.70% 增加到 95.68% 。在实际应用中,控制磁感应强度到 2 T 还存在一定技术困难,尽量选择较高的磁感应强度即可获得较好的选矿技术指标。 B_2O_3 和 Fe_2O_3 的回收率变化基本一致,也说明分选效果明显、稳定。 B_2O_3 和 Fe_2O_3 基本是电气石的有用成分,图 2 磁性物 X-衍射粉晶图谱和图 3 非磁性物 X-衍射粉晶图谱也说明这一点。

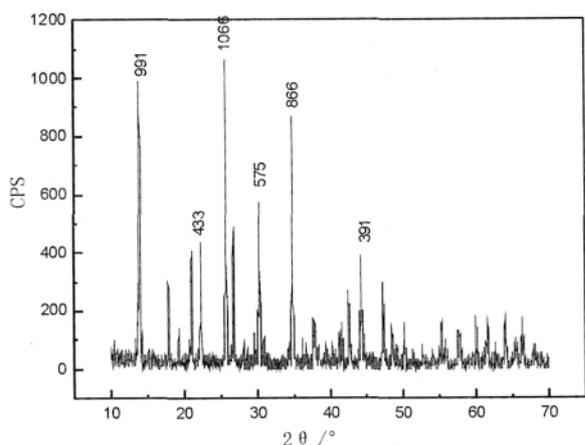


图 2 广西电气石强磁选磁性物 X-衍射粉晶图谱

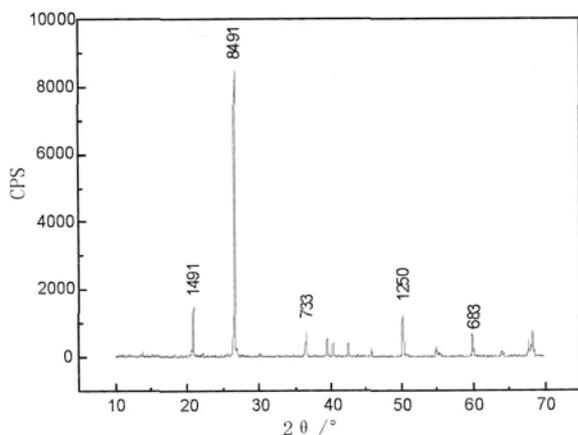


图 3 广西电气石强磁选非磁性物 X-衍射粉晶图谱

2.3.2 江西电气石强磁选提纯试验

试验方法及工艺流程同广西电气石强磁选提纯试验。不同磁感应强度试验结果见表 4;磁性物、非磁性物 X-衍射粉晶图谱见图 4 和图 5。

试验结果表明:磁感应强度对江西电气石磁选提纯影响非常明显。随着磁感应强度增加,磁性物产率从 24.41% 增加到 87.87% , B_2O_3 的回收率从 23.62% 增加到 92.07% , Fe_2O_3 的回收率从 22.86% 增加到 91.94% 。江西电气石强磁选提纯试验现

象、不同磁感应强度试验结果表明,磁性物、非磁性物 X-衍射粉晶结果与广西电气石强磁选提纯试验基本相同。

表 4 江西电气石磁选试验结果

试验编号	产品名称	产率 /%	品位 /%		回收率 /%		磁感应强度 /T
			B_2O_3	Fe_2O_3	B_2O_3	Fe_2O_3	
1	磁性	24.41	7.7	12.3	23.62	22.86	0.8
	非磁性	75.59	8.04	13.4	76.38	77.14	
	原矿	100	7.96	13.13	100	100	
2	磁性	62.64	8.31	13.47	65.56	65.23	1.2
	非磁性	37.36	7.32	12.02	34.44	34.77	
	原矿	100	7.94	12.93	100	100	
3	磁性	77.04	8.28	13.42	80.97	80.71	1.6
	非磁性	22.96	6.53	10.76	19.03	19.29	
	原矿	100	7.88	12.81	100	100	
4	磁性	87.87	8.38	13.72	92.07	91.94	2
	非磁性	12.13	5.23	8.71	7.93	8.06	
	原矿	100	8	13.11	100	100	

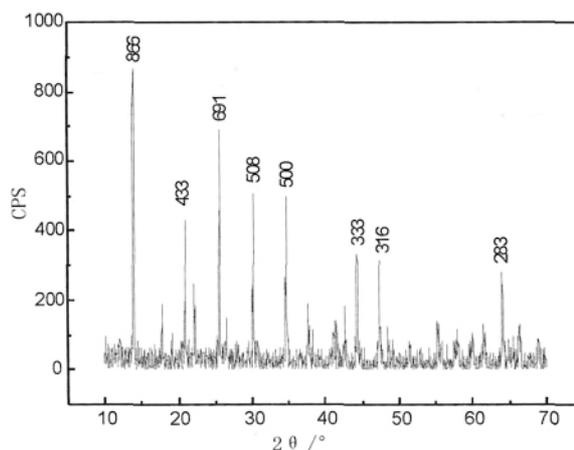


图 4 江西电气石强磁选磁性物 X-衍射粉晶图谱

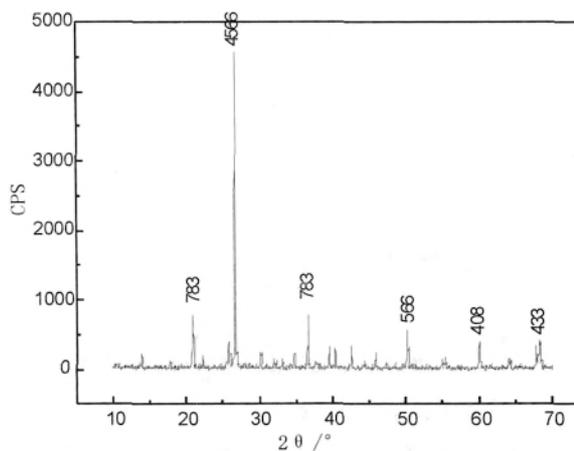


图 5 江西电气石强磁选非磁性物 X-衍射粉晶图谱

2.3.3 内蒙古电气石强磁选提纯试验

试验方法及工艺流程同广西电气石强磁选提纯试验。不同磁感应强度试验结果见表 5。磁性物、非磁性物 X-衍射粉晶图谱见图 6 和图 7。

表 5 内蒙古电气石磁选试验结果

试验 编号	产品 名称	产率 /%	品位/%		回收率/%		磁感应 强度/T
			B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
1	磁性	48.23	7.66	8.81	42.54	51.21	0.8
	非磁性	51.77	9.64	7.82	57.46	48.79	
	原矿	100	8.68	8.3	100	100	
2	磁性	64.43	8.39	8.71	66.37	69.57	1.2
	非磁性	35.57	7.7	6.9	33.63	30.43	
	原矿	100	8.15	8.07	100	100	
3	磁性	72.16	8.77	8.76	76.95	77.93	1.6
	非磁性	27.84	6.81	6.43	23.05	22.07	
	原矿	100	8.22	8.11	100	100	
4	磁性	81.58	9.08	8.75	86.29	86.59	2
	非磁性	18.42	6.39	6	13.71	13.41	
	原矿	100	8.58	8.24	100	100	

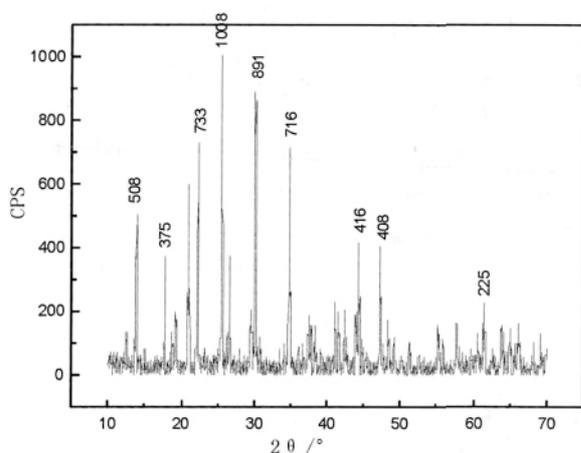


图 6 内蒙古电气石强磁选磁性物 X-衍射粉晶图谱

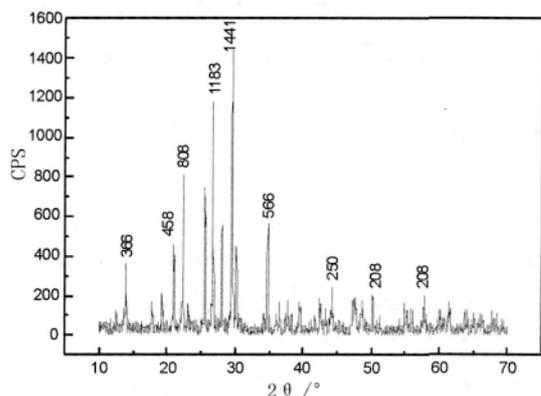


图 7 内蒙古电气石强磁选非磁性物 X-衍射粉晶图谱

试验结果表明:随着磁感应强度增加,磁性物产率增加, B₂O₃ 的回收率明显增高, Fe₂O₃ 的回收率也相应增高。内蒙古电气石强磁选磁性产品颜色相对较浅,产品 X-衍射粉晶图谱与广西、江西略有不同,主要是因为内蒙古电气石为镁铁电气石,还含有少量粘土矿物。

3 结论

(1) 广西、江西、内蒙古电气石磁选效果显著,磁感应强度大于 1.6 T 时,磁性产品电气石呈黑色、砂状、玻璃光泽,非常纯净,磁性物 X-衍射粉晶半定量分析也表明,磁性产品电气石矿物含量至少在 90% 以上。

(2) 对广西、江西、内蒙古电气石磁选试验(GCG8/10 型干式感应辊磁选机)还进行了感应辊转速、给矿量条件试验,结果表明,影响均不明显。

(3) 在 TYCX100 型干式强磁选机(磁感应强度 1.2~2.0 T,入料粒度 -2 mm)上进行了广西、江西、内蒙古电气石强磁选提纯试验,试验结果同 GCG8/10 型干式感应辊磁选机基本一致,磁感应强度越高,磁性产品中电气石矿物含量越高。

(4) 在 DC600-II 型强磁选机(磁感应强度 0.8~1.60 T,入料粒度 -0.7 mm)上进行了广西、江西、内蒙古电气石湿法强磁选提纯试验,试验结果同 GCG8/10 型干式感应辊磁选机基本一致,磁感应强度越高,磁性产品中电气石矿物含量越高。

参考文献:

- [1] 刘志国. 热处理对电气石粉体表面自由能的影响研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2007.
- [2] 宋羽, 韩炜, 陈敬中. 新疆镁电气石的纳米结构表征技术[J]. 矿产保护与利用, 2005(3): 20-24.
- [3] 任萍. 具有压电性和热释电性的 PVDF 纤维的研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2000.
- [4] 杨如增, 杨满珍, 廖宗廷, 等. 天然黑色电气石红外辐射特性研究[J]. 同济大学学报, 2002, 30(2): 183-188.
- [5] 张志湘, 冯安生, 郭珍旭. 电气石的自发极化效应在环境与健康领域的应用[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2003(1): 47-49.