

利用水力旋流器对广西典型钙基膨润土的湿法提纯研究

何秋芝¹, 秦 研², 莫 伟¹, 马少健¹, 莫秋凤¹

(1. 广西大学资源与冶金学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西大学行健文理学院, 广西 南宁 530004)

摘要: 利用水力旋流器对广西典型钙基膨润土进行湿法提纯试验研究, 主要探讨了给矿浓度、给矿压力和底流口直径对膨润土提纯效果的影响。研究表明, 给矿浓度、给矿压力及底流口直径三者间存在一定交互作用。该膨润土的最佳提纯条件为: 给矿浓度为 15%, 底流口直径为 6 mm, 给矿压力为 0.35 MPa; 膨润土经提纯处理后各项性能指标均获得相应提高, 其蒙脱石含量由 62.50% 提高到 80.03%, 阳离子交换量从 41.87 mmol/100 g 提高到 76.63 mmol/100 g, 胶质价从 46.50 mL/15 g 提高到 60.0 mL/15 g。

关键词: 膨润土; 水力旋流器; 提纯

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.06.012

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2017)06-0057-07

膨润土是一种以蒙脱石为主要成分的黏土矿物, 蒙脱石的特殊结构使其具有许多优异的物化性能而被应用到多个领域^[1-4]。我国膨润土资源丰富, 但天然产出的膨润土含有其他杂质矿物, 难以满足各应用领域中的纯度要求^[5-6]。由于天然产出的膨润土中蒙脱石含量大多在 50%~80% 左右, 在膨润土加工前需对其提纯除杂。目前, 膨润土的提纯方法主要分为干法提纯和湿法提纯两大类。干法提纯主要适用于膨润土中蒙脱石的含量高于 80% 的膨润土矿, 湿法提纯主要适用于蒙脱石含量在 30%~80% 的低品位膨润土。

广西具有丰富的膨润土矿产资源, 但由于含石英、长石、方解石等杂质而导致当地膨润土的质量普遍不高, 亟待通过提纯处理以提高其开发利用价值。鉴于水力旋流器作为一种分离提纯设备, 因其提纯工艺流程简单、生产效率高、可靠性高等诸多优点而被应用于矿物提纯处理中。本文以广西典型钙基膨润土为研究对象, 利用水力旋流器对其进行了湿法提纯试验研究, 主要探讨了给矿浓度、底流口直径和给矿压力等对提纯效果的影响, 以期能为当地膨润土的开发利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验原料

试验用膨润土采自广西宾阳膨润土矿区。该膨

润土原矿中蒙脱石含量较低, 仅为 62.5%。其主要化学成分、基本物化性能和粒度组成分别见表 1~3。

表 1 膨润土原矿的主要化学成分/%

Table 1 Chemical composition of bentonite sample

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Ti	P ₂ O ₅
58	18	8.6	8.6	3.1	1.5	0.9	0.7

表 2 膨润土原矿的基本物化性能

Table 2 Physicochemical properties of bentonite sample

蒙脱石含量/%	吸蓝量 (g·(100g) ⁻¹)	胶质价 ((15g) ⁻¹)	膨胀容/(mL·g ⁻¹)	阳离子交换容量 (mmol·(100g) ⁻¹)	pH 值	吸水率 (%)
62.50	27.63	46.50	<10	41.87	8.57	182

表 3 膨润土原矿的粒度组成

Table 3 Particles size distribution of bentonite sample

粒级/mm	+2	-2+1	-1+	-0.45+	-0.3+	-0.075
含量/%	0.61	1.28	6.66	11.77	23.88	55.80

1.2 主要药剂

亚甲基蓝 C₁₆H₁₈ClN₃S·3H₂O (指示剂); 焦磷酸钠 Na₄P₂O₇·10H₂O (分析纯); 盐酸 HCl (分析纯); 氧化镁 (轻质) MgO (分析纯)。

1.3 主要设备

水力旋流器 (威海市海王旋流器有限公司); 搅拌桶 (广西河池矿冶机械制造有限公司); 马尔文激光粒

收稿日期: 2016-07-13; 改回日期: 2016-08-14

基金项目: 广西自然科学基金项目 (2014GXNSFAA448343) 和广西科技攻关项目 (桂科攻 1348018-6)

作者简介: 何秋芝 (1990-), 女, 在读硕士研究生, 研究矿产资源综合利用与环境保护。

通讯作者: 莫伟 (1978-), 女, 博士, 副教授, 研究矿产资源综合利用与环境保护、矿物材料。

度仪(英国马尔文公司);新型高分辨场发射扫描电镜(日本日立公司);X-ray 衍射仪(日本 Rigaku)。

1.4 试验方法

试验中采用直径为 50 mm 的水力旋流器,其溢流口直径为 15 mm,底流口直径分别为 4、6、8、10 mm。提纯过程为:将膨润土配制成一定浓度矿浆,并采用 1 mm 标准筛脱除大部分大颗粒杂质后,搅拌 1 h,使其充分分散,然后在一定给矿压力下对膨润土矿浆进行提纯处理。

1.5 表征方法

利用化学方法测定膨润土及其提纯土的物化性能,采用 X 射线粉末衍射仪测定两者的 XRD 图谱;利用扫描电镜观测两者的表现形貌,并利用马尔文激光粒度仪测定膨润土的粒度分布特征。

2 结果与分析

2.1 给矿浓度的影响

试验采用的水力旋流器固定直径为 50 mm,固定溢流口直径为 15 mm,在给矿压力为 0.2 MPa,底流口直径为 4 mm 的条件下,考察了给矿浓度对水力旋流器提纯膨润土效果的影响,结果见图 1~4。

分析图 1~4 可知,溢流中蒙脱石的含量是随着给矿浓度的增加先增大后减小,回收率、溢流产率以及溢流浓度均随着给矿浓度的增加总体呈上升趋势,这与耿丽萍等的研究结果一致^[7]。给矿浓度为 3% 时,溢流中蒙脱石含量不高,且溢流中蒙脱石的回收率、产率均较低,提纯效果并不明显。当给矿浓度为 10% 时,溢流中蒙脱石含量最高,为 74.66%;当给矿浓度为 20% 时,溢流中蒙脱石的回收率为 61.26%,达到最高值。相对给矿浓度为 3% 而言,当给矿浓度为 10%~20% 时,溢流中蒙脱石含量和回收率均获得明显提高。

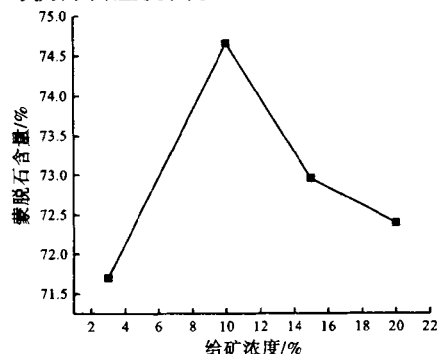


图 1 给矿浓度对蒙脱石含量的影响

Fig. 1 Effect of the feed concentration on montmorillonite content

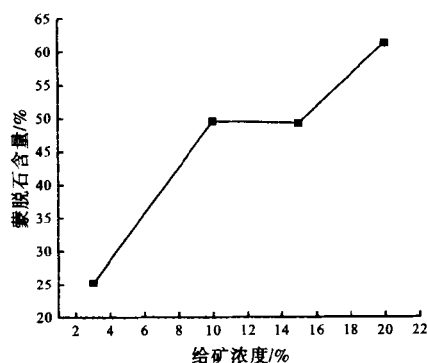


图 2 给矿浓度对蒙脱石回收率的影响

Fig. 2 Effect of the feed concentration on montmorillonite recovery

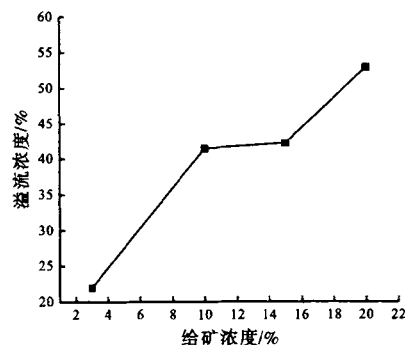


图 3 给矿浓度对溢流产率的影响

Fig. 3 Effect of the feed concentration on yield in overflow

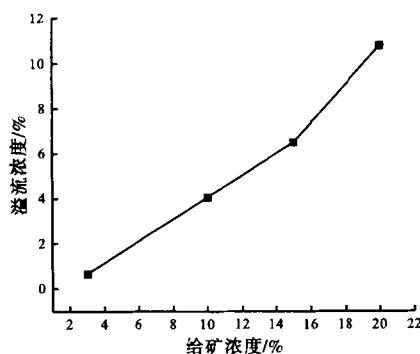


图 4 给矿浓度对溢流浓度的影响

Fig. 4 Effect of the feed concentration on concentration in overflow

2.2 底流口直径的影响

在给矿浓度 15%, 给矿压力 0.2 MPa 条件下。考察不同底流口直径对水力旋流器提纯膨润土效果的影响。结果见图 5~8。

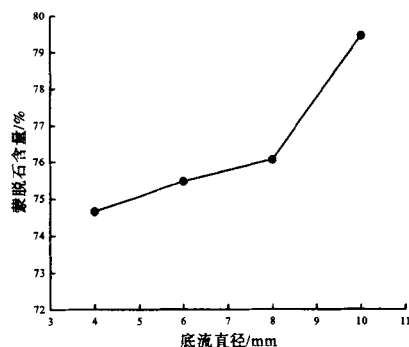


图5 底流直径对蒙脱石含量的影响
Fig. 5 Effect of the apex diameter on montmorillonite content

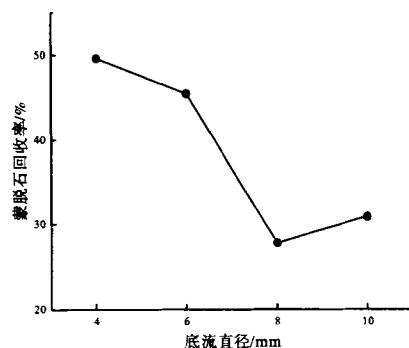


图6 底流直径对蒙脱石回收率的影响
Fig. 6 Effect of the apex diameter on montmorillonite recovery

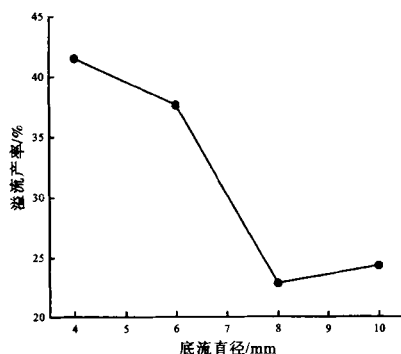


图7 底流直径对溢流产率的影响
Fig. 7 Effect of the apex diameter on yield in overflow

由图5、6可知,溢流中蒙脱石含量随底流口直径的增大呈上升趋势,而蒙脱石回收率则呈显著下降趋势。具体如当底流口直径由4 mm增大至8 mm时,溢流中蒙脱石含量缓慢增加;当底流口直径继续增加至10 mm时,溢流中蒙脱石含量达到最大值79.47%,但此时蒙脱石回收率基本降至最低。这是由于底流口直径对旋流器的分流比起着直接作用,随着底流口直径的增大,分流比增大,分离粒度也相应增大,使更多的物料颗粒进入底流中,因此蒙

脱石回收率降低。溢流产率随底流口直径的变化规律与溢流中蒙脱石的回收率随底流口直径的变化规律相似,溢流浓度随着底流的直径增大出现波动。综合分析可知,为确保溢流中蒙脱石的含量及回收率,利用水力旋流器对该钙基膨润土进行提纯处理时,较适宜的底流口直径为4~6 mm。

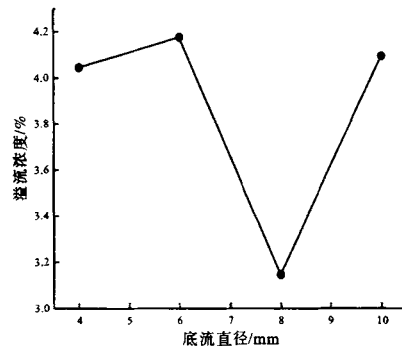


图8 底流直径对溢流浓度的影响
Fig. 8 Effect of the apex diameter on concentration in overflow

2.3 给矿压力的影响

2.3.1 给矿浓度为10%时给矿压力的影响

在给矿浓度为10%时,分别采用直径为4 mm、6 mm和8 mm的底流口,考察不同给矿压力对水力旋流器提纯膨润土效果的影响。结果见图9~12。

分析图9、10可知,当给矿浓度为10%时,不同底流口直径下,随着给矿压力的增大,溢流中蒙脱石的含量和回收率均呈上升趋势。这是由于离心过程中,随着给矿压力的增加,颗粒密度和粒度相较膨润土颗粒而言较大的脉石矿物获得更大的离心力,因而使得更多的脉石矿物移向器壁最终从底流口排出。综合考虑蒙脱石的含量和回收率等指标,认为在给矿浓度为10%,给矿压力为0.35 MPa的试验条件下,底流口直径为4 mm和6 mm时获得的分选指标较为理想。

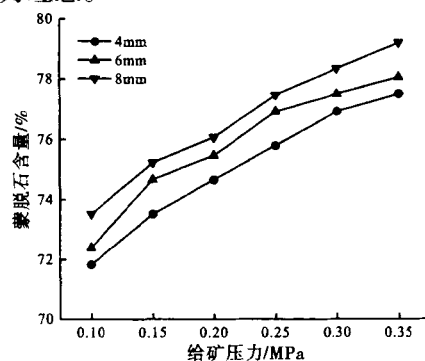


图9 给矿压力对蒙脱石含量的影响
Fig. 9 Effect of the feed pressure on montmorillonite content

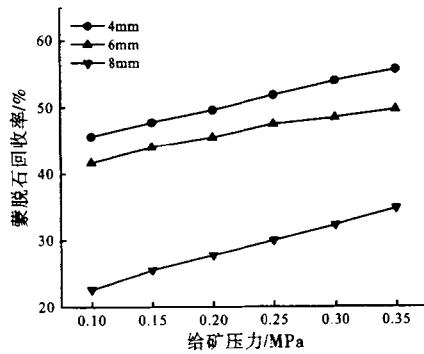


图 10 给矿压力对蒙脱石回收率的影响

Fig. 10 Effect of the feed pressure on montmorillonite recovery

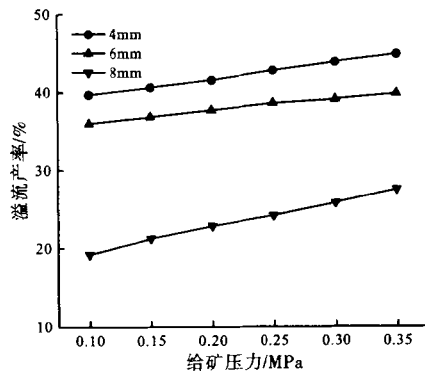


图 11 给矿压力对溢流产率的影响

Fig. 11 Effect of the feed pressure on yield in overflow

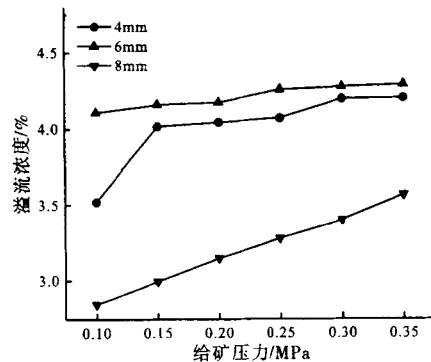


图 12 给矿压力对溢流浓度的影响

Fig. 12 Effect of the feed pressure on concentration in overflow

2.3.2 给矿浓度为 15% 时给矿压力的影响

在给矿浓度为 15% 时,分别采用直径为 4 mm、6 mm 和 8 mm 的底流口,考察给矿压力对水力旋流器提纯膨润土效果的影响。结果见图 13 ~ 16。

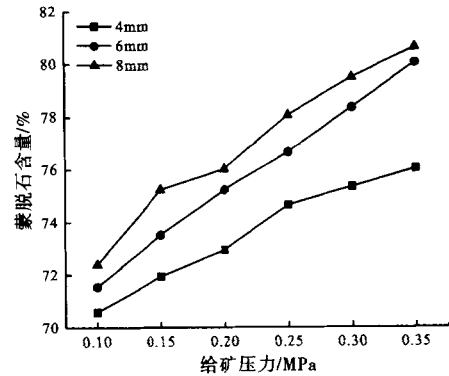


图 13 给矿压力对蒙脱石含量的影响

Fig. 13 Effect of the feed pressure on montmorillonite content

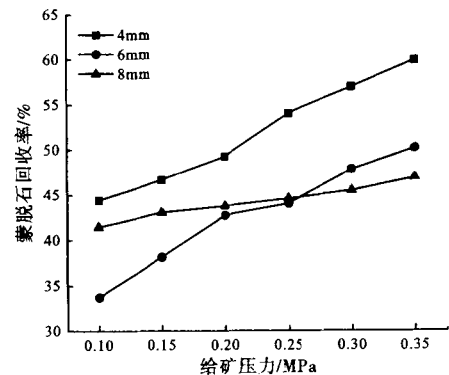


图 14 给矿压力对蒙脱石回收率的影响

Fig. 14 Effect of the feed pressure on montmorillonite recovery

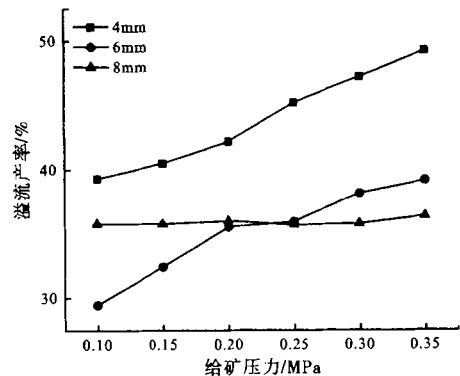


图 15 给矿压力对溢流产率的影响

Fig. 15 Effect of the feed pressure on yield in overflow

比较图 9 和图 13 可知,在给矿浓度为 10% 和 15% 时,溢流中蒙脱石含量均随给矿压力的增大呈上升趋势,且在任一给矿压力下,均有蒙脱石含量随底流口直径增大而增加的规律。由图 14 可知,采用不同直径的底流口,给矿压力对溢流中蒙脱石回收

率的影响程度不同。随着给矿压力的增加,4 mm、6 mm 底流口直径的溢流中蒙脱石回收率上升幅度高于 8 mm 底流口直径。综合考虑蒙脱石的含量和回收率等指标,当给矿浓度为 15%, 给矿压力为 0.35 MPa, 底流口直径为 6 mm 时获得的分选指标最好, 此时溢流中蒙脱石的含量为 80.03%, 溢流中蒙脱石的回收率为 50.16%。

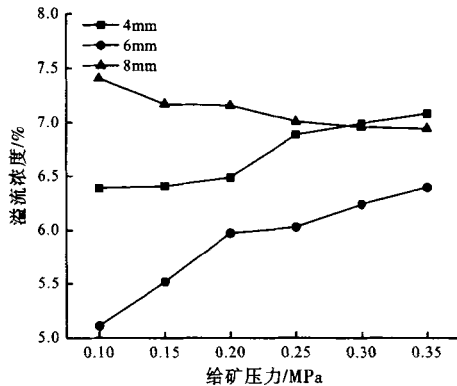


图 16 给矿压力对溢流浓度的影响
Fig. 16 Effect of the feed pressure on concentration in overflow

2.3.3 给矿浓度为 20% 时给矿压力的影响

在给矿浓度为 20% 时,分别采用直径为 4 mm、6 mm 和 8 mm 的底流口,考察不同给矿压力对水力旋流器提纯膨润土效果的影响。结果见图 17~20。

由图 17 可见,随着给矿压力的增加,溢流中蒙脱石含量均呈上升趋势,且在同一压力下,溢流中蒙脱石含量随底流口直径的增大而增加。由图 18 可知,采用直径为 4 mm 的底流口时,溢流中蒙脱石回收率随给矿压力的增大总体呈上升趋势;然而当底流口直径分别为 6 mm 和 8 mm 时,给矿压力对溢流中蒙脱石回收率影响均较小。

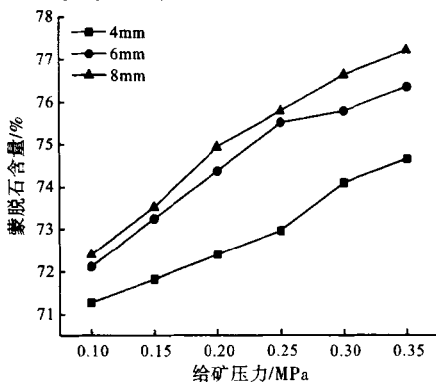


图 17 给矿压力对蒙脱石含量的影响
Fig. 17 Effect of the feed pressure on montmorillonite content

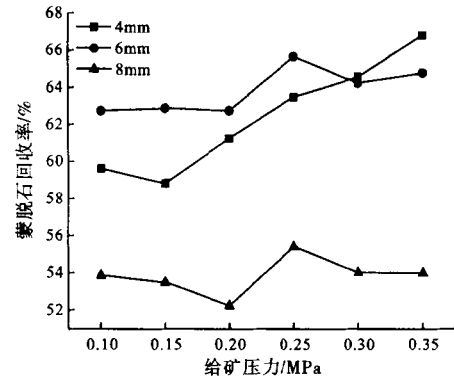


图 18 给矿压力对蒙脱石回收率的影响
Fig. 18 Effect of the feed pressure on montmorillonite recovery

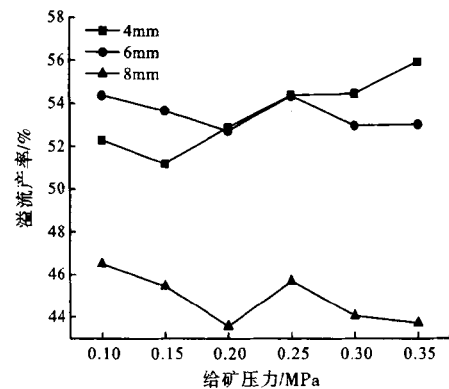


图 19 给矿压力对溢流产率的影响
Fig. 19 Effect of the feed pressure on yield in overflow

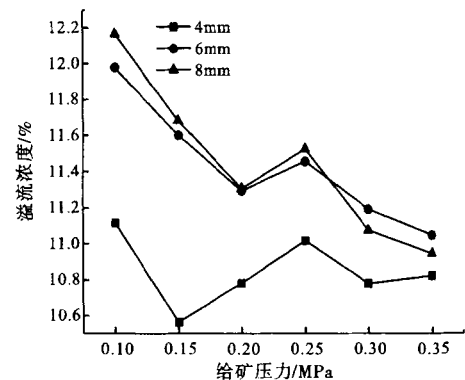


图 20 给矿压力对溢流浓度的影响
Fig. 20 Effect of the feed pressure on concentration in overflow

总之,在以上三种给矿浓度和不同底流口直径条件下,增大给矿压力在一定程度上利于提高溢流中蒙脱石含量和蒙脱石的回收率。这是由于随着给矿压力增大,给入物料的切向速度越大,颗粒受到的径向力也越大,致使更多细小颗粒被内旋流带入零

速包络面,由溢流口排出形成溢流产物。此外,给矿压力对水力旋流器提纯膨润土的影响规律略有不同,在曲线局部出现了波动现象,说明给矿浓度、底流口直径和给矿压力三者之间可能存在一定交互作用。

2.4 提纯膨润土的表征

2.4.1 提纯膨润土的物化性能

利用化学方法对最佳试验条件下所制备的提纯

表 5 提纯膨润土的基本物化性能

Table 5 Physicochemical properties of the purified bentonite sample

	蒙脱石含量/ %	吸蓝量/ ($\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$)	胶质价/ ($\text{mL} \cdot (15\text{g})^{-1}$)	膨胀容/ ($\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$)	阳离子交换容量/ ($\text{mmol} \cdot (100\text{g})^{-1}$)	pH 值	吸水率/ %
提纯土	80.03	35.37	60.0	<10	76.63	8.46	272

与表 2 比较可知,膨润土原土经湿法提纯处理后,其蒙脱石含量由原来的 62.5% 提高至 80.03%,且胶质价、阳离子交换容量、吸水率等各指标均获得相应提高。

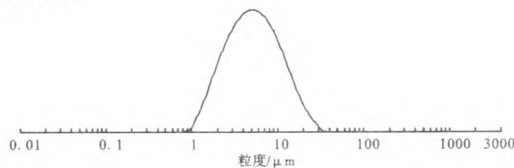


图 21 提纯膨润土的粒度分析

Fig. 20 Size analysis curve of the purified bentonite

由图 21 可知,提纯膨润土的粒度分布特征尺寸为: d_{10} 为 $2.043 \mu\text{m}$, d_{50} 为 $5.211 \mu\text{m}$, d_{90} 为 $13.506 \mu\text{m}$ 。与原土比较可知,提纯膨润土的颗粒粒度更细、且更均匀。

2.4.2 X 射线衍射分析结果

膨润土原土和提纯膨润土的 X 射线衍射分析结果见图 22。

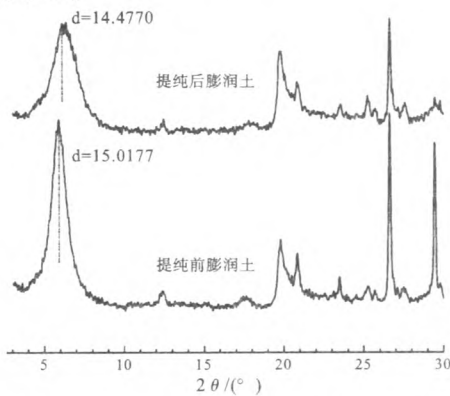


图 22 膨润土提纯前后的 X 射线衍射

Fig. 22 X ray pattern of bentonite before and after purification

由图 22 可知,提纯前后的膨润土在 2θ 为 $3 \sim$

膨润土进行分析,结果分别见表 4、5;利用马尔文激光粒度仪分析了提纯膨润土的分布粒度,结果见图 21。

表 4 提纯膨润土的主要化学成分/%

Table 4 Chemical composition of purified bentonite sample

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Ti	P_2O_5
62	19	8.4	3.6	3.3	1.4	1.0	0.5

25° 的范围内峰型和位置基本不变,但提纯膨润土中蒙脱石的 d_{001} 衍射峰略低于膨润土原土的蒙脱石 d_{001} 衍射峰,即提纯后蒙脱石的层间距略有减小。

2.4.3 扫描电镜分析结果

膨润土原土和提纯膨润土的电镜扫描结果见图 23。

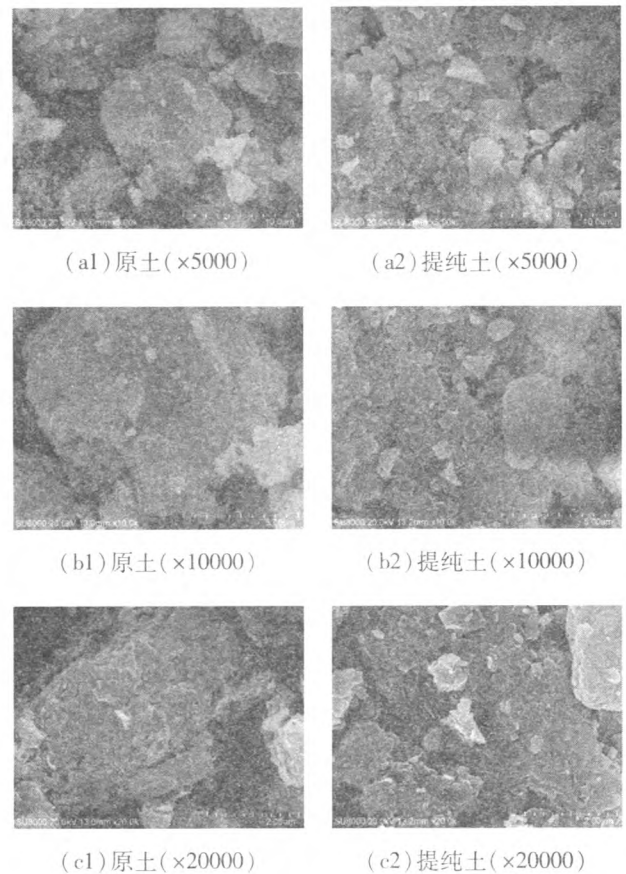


图 23 膨润土及提纯膨润土的扫描电镜

Fig. 23 SEM pictures of bentonite and purified bentonite

由图 23 可以看出,高分辨倍数下膨润土原土颗

粒呈鳞片状堆积,颗粒堆积相对紧密;提纯膨润土的颗粒仍以鳞片状为主,但颗粒间裂隙较多,结构较松散,这主要是由于经过提纯后,除去了部分杂质矿物,疏通了孔道。而且提纯过程中膨润土的片层结构发生剥离,变成更微细的颗粒,在显微镜下可观察到提纯土的颗粒更细和均匀,这和前述的粒度测试结果相一致。

3 结 论

本文以广西典型钙基膨润土为原料,利用水力旋流器对其进行提纯处理,试验结果表明,给矿浓度、给矿压力和底流口直径等参数对其提纯效果具有一定的影响。

(1)给矿浓度、底流口直径和给矿压力三者之间存在交互作用;

(2)利用水力旋流器提纯膨润土的较佳工艺条件为:给矿浓度为15%,底流口直径为6 mm,给矿压力为0.35 MPa。较优条件下溢流中蒙脱石的含量为80.03%,其相应回收率为50.16%。

(3)经物化性能测试、扫描电镜分析和X射线衍射分析可知,相对膨润土原土而言,提纯膨润土的物化性能获得明显提高;提纯土的颗粒更微细、更均匀,颗粒间较松散;蒙脱石层间距略有减小,杂质矿物则明显减少。

参考文献:

- [1]鞠建英,申东铨.膨润土在工程中的开发与应用[M].北京:中国建材工业出版社,2003.
- [2]姜桂兰,张培萍.膨润土加工与应用[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3]建晓,林涛,殷学风.膨润土在环境方面的应用前景[J].湖北造纸,2013,50(2):41-44.
- [4]陈文娟.改性膨润土对水中有机污染物和重金属的吸附研究[D].南昌:东华理工大学,2013.1-30.
- [5]黎铨海,黄祖强,潘柳萍,等.宁明膨润土湿法提纯工艺研究[J].化工矿物与加工,2000(11):5-8.
- [6]刘晓东,吕宪俊,邱俊.莱西膨润土选矿扩大试验研究[J].化工矿物与加工,2006(8):18-21.
- [7]耿丽萍,杨荣,周静伟.进口浓度对水力旋流器颗粒分级的影响[J].工程热物理学报,2006,27(4):625-627.

Study on Wet-way Purification of Guangxi Typical Ca-bentonite by Hydrocyclone

He Qiuzhi¹, Qin Yan², Mo Wei¹, Ma Shaojian¹, Mo Qiufeng¹

(1. College of Resources and Metallurgy, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China;

2. Xing Jian College of Science and Liberal Arts, Guangxi University, Nanning, Guangxi, China)

Abstract: In this paper, the typical Ca-bentonite of Guangxi was purified by using hydrocyclone, the influence of feed concentration, feed pressure and apex diameter on the purification of bentonite has been studied. The results showed that there was interaction among feed concentration, feed pressure and apex diameter. In this experiment, the optimum conditions for purifying the Ca-bentonite were as that feed concentration, apex diameter and feed pressure were 15%, 6mm and 0.35 MPa respectively. The performance indexes of bentonite had been improved after purified such as that the content of montmorillonite was increased from 62.50% to 80.03%, the cation exchange capacity was increased from 41.87 mmol/100 g to 76.63 mmol/100 g and the colloid index was increased from 46.50 mL/15 g to 60.0 mL/15 g.

Keywords: Bentonite; Hydrocyclone; Purification