

# 页岩掺入量对赤泥烧结砖的影响

吕常胜<sup>1</sup>, 王家伟<sup>1</sup>, 贾永真<sup>1</sup>, 刘华龙<sup>2</sup>, 李国旺<sup>1</sup>

(1. 贵州大学 材料与冶金学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 中电投贵州遵义产业发展有限公司务川氧化铝分公司, 贵州 遵义 563100)

**摘要:**赤泥烧结砖因赤泥使用量大、制砖成本低而成为研究的热点。利用联合法赤泥、页岩为主要原料制备烧结砖,研究了页岩掺入量对赤泥烧结砖性能和物相组成的影响。结果表明:页岩掺入量在18%~24%时效果较好,抗压强度在14MPa以上,吸水率在20%以下,无石灰爆裂,中等程度泛霜,主要有石英、钙铝黄长石、硅灰石等晶相,还有一些玻璃相。

**关键词:**赤泥;页岩;烧结砖

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2013.05.011

中图分类号:TD989,X758 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2013)05-0039-04

赤泥是铝土矿制取氧化铝后产生的废渣,排放量很大,每生产1t氧化铝排放赤泥1.5~2.0t,全世界每年约排放5000万t,我国氧化铝生产过程中每年排放的赤泥量超过600万t<sup>[1-3]</sup>。随着我国氧化铝产量的逐年增加和铝土矿原矿品位的逐渐降低,赤泥年产量还将不断增加,预计到2015年,我国赤泥累计堆存量将达到3.5亿t<sup>[4]</sup>。到目前为止,还没有可真正处理赤泥工业化的技术,因此很难在短时期内解决赤泥带来的潜在危害<sup>[5-10]</sup>。赤泥烧砖技术,具有赤泥消耗量大、制砖成本低、取代黏土等优点,能真正实现赤泥的无害化处理,使之成为高附加值产品。作者在前期研究基础上<sup>[11-12]</sup>,开展了页岩

掺入量对赤泥烧结砖性能影响的研究,为后续研究奠定基础。

## 1 试验

### 1.1 原料

试验所用的混联法赤泥取自贵州铝厂,颗粒较细,基本-0.15mm,密度为2.74g/cm<sup>3</sup>,pH=10,可塑性指数为16。硅矿取自清镇铁合金厂,球磨的粒度为0.2~0.3mm,密度为2.8g/cm<sup>3</sup>。页岩取自贵阳市五里冲,球磨的粒度为0.1~0.15mm,密度为3.2g/cm<sup>3</sup>,河沙取自淮海,颗粒比较大,约1~2mm。混联法赤泥、硅矿、页岩的主要化学成分见表1。

表1 混联法赤泥、硅矿、页岩的主要化学成分/%

Table 1 The chemical composition of combining red mud, silica and sale

项目	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Loss
混联法赤泥	23.24	23.72	9.90	18.25	3.29	1.89	3.68	1.87	14.16
硅矿	3.36	60.78	12.65	2.23	—	14.65	—	—	6.33
页岩	18.17	35.45	4.69	23.32	—	7.78	—	—	10.59

### 1.2 试验过程及条件

将原料按一定比例混合,混匀后加适量的水陈化1~2d。采用压制成型,成型压力为3MPa,湿坯含水率为20%~25%。成型后,在950℃保温1h后

随炉冷却,然后进行各项性能检测。试验流程见图1。

本次试验,以混联法赤泥为主要原料,加入量为50%,硅矿加入量14%,黏土加入量为6%,河沙作

骨料,页岩掺入量分别为 0、6%、12%、18%、24% 和 30%。

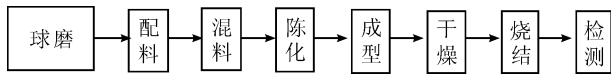


图 1 试验流程

Fig. 1 The test chart

## 2 结果与讨论

### 2.1 页岩掺入量对砖的抗压、抗折强度的影响

页岩掺入量对赤泥烧结砖抗压、抗折强度的影响趋势见图 2。

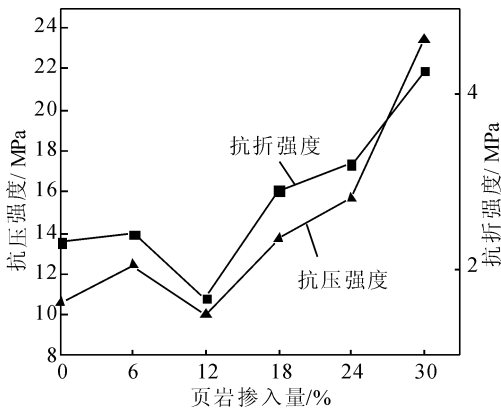


图 2 页岩掺入量对砖的抗压强度和抗折强度的影响

Fig. 2 The dosage of shale on compressive strength and break strength of bricks

抗压强度映砖的内部结构和生成物的硬度,是砖的主要检测指标之一。国标要求普通烧结砖的抗压强度必须在 10MPa 以上<sup>[13]</sup>。从图 2 可见,随页岩掺入量的增加,砖的抗压强大致呈增大趋势。但当页岩掺入量为 12% 时,它的抗压强度反而下降,其值最低,仅 10MPa。随着页岩掺入量的增加,砖的抗折强度大致呈增大趋势。同样在页岩掺入量为 12% 时,抗折强度也是最小的,仅为 1.7MPa。由此可知,页岩掺入量为 12% 的砖比较特别,但从总体来看,页岩能增大赤泥烧结砖的抗压强度和抗折强度。

### 2.2 页岩掺入量对砖的吸水率和饱和系数的影响

砖的吸水率主要与砖内部空隙度有关,一定程度上反映了砖内部结合的紧密程度,饱和系数反映了砖的抗风化性能。当吸水率较高时,说明其内部有较强吸水性的材料,或是被粘结得不够致密,当砖的饱和系数较高时,抗风化性能就较差。从试验配

方来看,随着页岩掺入量的增加,骨料(河沙)的加入量就减少,骨料在砖内部主要起支架作用,适量的骨料能使砖体内部被填充得更紧密。页岩掺入量对赤泥烧结砖吸水率和饱和系数的影响趋势见图 3。

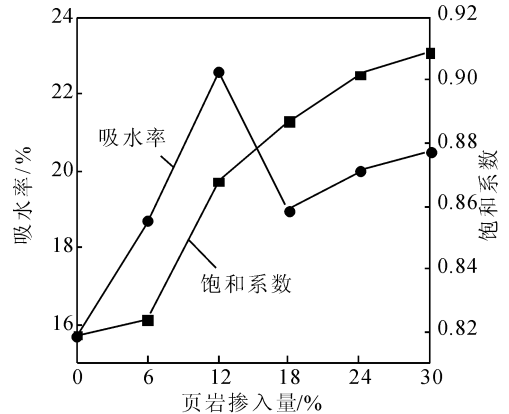


图 3 页岩掺入量对砖的吸水率和饱和系数的影响

Fig. 3 The dosage of shale on water absorption and saturation efficient of bricks

从图 3 可以看出,页岩掺入量从 0 到 12% 时,吸水率增幅较大;在 12% 到 18% 时,出现下降趋势;在 18% 到 30% 时,增幅较小。说明页岩掺入量在 0 ~ 12% 时,河沙的减少对吸水率的影响起主导作用;页岩掺入量在 18% ~ 30% 时,砖的内部被结合得较致密,吸水率的变化不大,增幅减小,这与他们的强度有大幅提高有关(见图 2)。从图 3 还可知,随着页岩掺入量的增加,饱和系数逐渐增大,当页岩掺入量小于 24% 时,饱和系数在 0.9 以内。

### 2.3 页岩掺入量对砖的体积密度的影响

页岩掺入量对赤泥烧结砖体积密度的影响趋势见图 4。

砖的体积密度主要反映了砖的轻重,较轻的砖具有降低运费,适合高层建筑使用和房顶装修等优点。页岩掺入量为 0 的砖的体积密度最高,为 1.41g/cm<sup>3</sup>,但低于普通黏土砖的体积密度(1.6 ~ 1.8g/cm<sup>3</sup>)<sup>[14]</sup>。从图 4 可知,当页岩加入量从 0 增加到 30% 时,河沙的加入量就逐渐减少,由于河沙颗粒较大,密度也相对较大,作骨料使用,所以河沙加入量的多少会很大程度的影响着砖的体积密度。当页岩掺入量在 0 ~ 12% 时,下降幅度较大;在 12% ~ 18% 时,出现上升趋势;在 18% ~ 30% 时,增幅较小。这说明页岩掺入量从 0 到 12% 变化时,河沙的减少对体积密度的影响起主导作用;在 18% 到 30%

变化时,砖内部被结合得更致密,体积密度变化不大,仅有小幅升高,这与他们的强度有大幅提高相一致(见图2)。

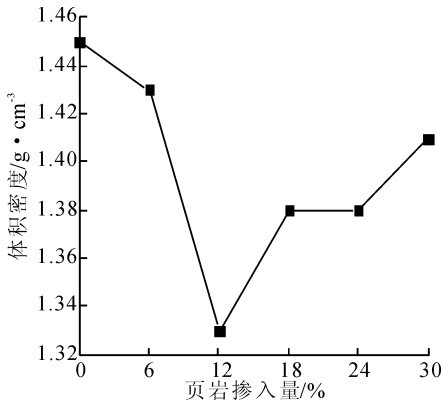


图4 页岩掺入量对砖的体积密度的影响

Fig.4 The dosage of shale on bulk density of bricks

### 2.3 页岩掺入量对砖的石灰爆裂及泛霜的影响

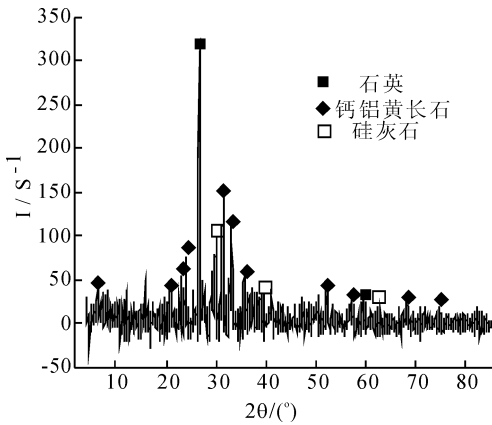
石灰爆裂主要是由砖中剩余的 CaO 在潮湿条件下,吸收空气中的水分,生成 Ca(OH)<sub>2</sub> 结晶体,体积膨大引起的。泛霜主要是由烧制砖中可溶性盐的析出造成的。页岩掺入量为 0、6%、12%、18%、24% 和 30% 的砖均无裂纹、掉角等现象,故无石灰

爆裂发生。页岩掺入量为 0、6%、12%、18%、24% 和 30% 的六个砖样都有霜膜,页岩掺入量为 12% 到 30% 的砖的表面稍有霜层,掺入量为 18% 和 24% 的稍轻,掺入量为 0 和 6% 的最轻。根据国标 GB/T 2542-2003 判断,页岩掺入量为 18% 和 24% 的属于中等程度泛霜。

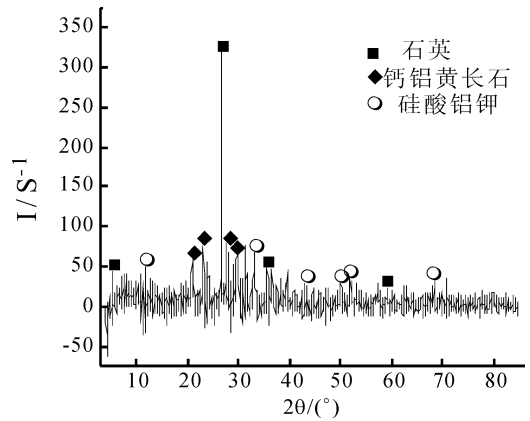
### 2.4 烧制砖的物相分析

页岩掺入量为 0 的砖、掺入量为 12% 的砖和掺入量为 30% 的砖,他们的衍射图谱见图 5。

从 XRD 图谱可知,这三个不同页岩掺入量的 XRD 图谱中均有毛刺,且毛刺程度相当,说明这些砖均有玻璃相生成,且生成的玻璃相含量应该差不多。玻璃相能形成网状结构,使砖被粘结得更加致密,增大砖的强度<sup>[15]</sup>。这三个砖样中都有石英晶相,并且石英的衍射强度是最高的。页岩掺入量为 0 的砖,其石英衍射峰强度为 325S<sup>-1</sup>;页岩掺入量为 12% 的砖,其石英衍射峰强度为 321S<sup>-1</sup>;页岩掺入量为 30% 的砖,其石英衍射峰强度为 171S<sup>-1</sup>。页岩掺入量为 0 的砖与页岩掺入量为 12% 的砖相比,他们的石英衍射峰强度基本无变化,其他矿物晶相的种类和衍射强度也都差不多。



a、页岩掺入量为 0%



b、页岩掺入量为 12%

图5 不同页岩掺入量的砖的图谱

所以这两个砖的抗压强度和抗折强度应该变化不大,这与图2反映的情况相吻合;页岩掺入量为 0 的砖与页岩掺入量为 30% 的砖相比,它们的石英晶相衍射峰强度变化较大,另外后者的稳定晶相种类有四种,比前者多一种。从衍射峰强度来看,后者矿物晶相的衍射强度明显比前者要高,这说明随着页

岩掺入量的增加, SiO<sub>2</sub>、CaO 更多的与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O 等反应生成更多的矿物晶相。这与图2中页岩掺入量为 30% 时都是最高的相一致。在这些 XRD 图中无 CaO 晶相存在,砖无石灰爆裂发生相一致,也无明显的可溶性盐存在,其轻微程度泛霜相一致。

### 3 结 论

(1) 页岩的主要成分  $\text{SiO}_2$  和  $\text{CaO}$ , 在高温条件下参与更多的反应生成钙铝黄长石、铝硅酸钾、硅灰石和霞石等晶相, 有助于赤泥烧结砖强度的提高。当掺入量从 0 增大到 30% 时, 砖的抗压强度由 10.6MPa 提高到 23.4MPa, 抗折强度由 2.6MPa 提高到 4.9MPa。

(2) 页岩掺入量在 18% ~ 24% 时较为合宜, 抗压强度在 14MPa 以上, 抗折强度在 2.9MPa 以上, 砖的吸水率在 20% 以下, 饱和系数 0.90 以下, 体积密度为  $1.38\text{g}/\text{cm}^3$ , 无石灰爆裂, 中等程度泛霜, 各项性能都满足国标要求。

### 参考文献:

- [1] 李振峰. 氧化铝赤泥堆场渗滤液污染的评价与防治[J]. 工业安全与环保, 2002, 28(8): 37-38.
- [2] 石磊. 赤泥的综合利用及其环保功能[J]. 中国资源综合利用, 2007, 25(9): 14-16.
- [3] 何伯泉, 周国华, 薛玉兰. 赤泥在环境保护中的应用[J]. 轻金属, 2001(2): 24-25.
- [4] 工信部联合[2010]401号. 工业和信息化部 科学技术部关于印发《赤泥综合利用指导意见》的通知[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zw/gk/2010-11/26/content\\_1753919.htm](http://www.gov.cn/zw/gk/2010-11/26/content_1753919.htm), 2010-11-26.
- [5] Anna F Bertocci, Marcello Ghiani, Roberto Peretti, et al. Red mud and fly ash for remediation of mine sites contaminated with As, Cd, Cu, Pb and Zn[J]. Journal of Hazardous Materials, 2006, (134): 112-119.

- [6] Njlza Justiz Smith, Vernon E Buchallan, Gosett Oliver. The potential application of red mud in the production of castings[J]. Materials Science and Engineering, 2006(42): 250-253.
- [7] 李朝祥. 从平果铝赤泥中回收铁半工业性试验取得成功[J]. 矿冶工程, 2000(1): 52-53.
- [8] 罗道成, 刘俊峰, 易平贵. 氧化铝厂赤泥综合利用的新工艺[J]. 中国矿业, 2002, 11(5): 50-53.
- [9] E. Ercagıt, R. Apak. Furnace smelting and extractive metallurgy of red mud; recovery of  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and pig iron[J]. Chem. Technol. Biotechnol, 1997(70): 241-246.
- [10] Mishra B. S, Stedje A. Recovery of Value added products from red mud. J. Minerals and Metallurgical Processing v 19 n 2 May 2002. Society for Mining, Metallurgy and Exploration: 87-89.
- [11] C. S. Lv, J. W. Wang and P. Y. Zhao, 2013. Effect of Red Mud Content on the Property of Sintered Brick[C]. 2nd International Conference on Energy and Environmental Protection(ICEEP 2013), 20-21 April, 2013, Guilin, China. Accepted.
- [12] J. W. Wang, C. S. Lv and P. Y. Zhao, 2013. The Thermodynamics Analysis of Sintered Brick with Red mud[C]. 2nd International Conference on Energy and Environmental Protection(ICEEP 2013), 20-21 April, 2013, Guilin, China. Accepted.
- [13] GB5101—2003, 国家烧结普通砖标准[S].
- [14] 赵镇魁. 烧结砖瓦生产技术 350 问[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2010.
- [15] 贺深阳, 蒋述兴. 烧结温度对赤泥烧结砖的影响[J]. 砖瓦世界, 2007(9): 35-36.

## Effect of Dosage of Shale on the Sintered Red Mud Brick

LV Chang-sheng<sup>1</sup>, WANG Jia-wei<sup>1</sup>, JIA Yong-zhen<sup>1</sup>, LIU Hua-long<sup>2</sup>, LI Guo-wang<sup>1</sup>

(1. Guizhou University, College of Materials and Metallurgy, Guiyang, Guizhou, China;

2. CPI Guizhou Zunyi Industrial Development Co., Ltd., Wuchuan alumina plant branch, Zunyi, Guizhou, China)

**Abstract:** The research on sintered red mud brick is the hot spot because of the large amount of red mud and the lower treatment cost. The sintered brick was prepared with combining red mud and sale as the main raw material. The effect of shale content on the properties and phase of sintered red mud brick were studied in this paper. The results showed that when the shale content among 18% ~ 24% was better, the compressive strength was above 14Mpa, and the water absorption was below 20%, there was no lime burst and medium degree of efflorescence. There were some main phases, such as quartz, gehlenite, wollastonite, as well as some glass phase in these bricks.

**Key words:** Red mud; Shale; Sintered brick