

冈比亚石英砂矿无氟浮选提纯新工艺试验

刘渝燕,张会堂,洪飞

(山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013)

摘要:通过对冈比亚石英砂矿进行无氟提纯新工艺的选矿试验,掌握了其主要矿物组成及化学成分,确定了“筛分预处理—二段浮选”为该石英砂矿提纯的较佳工艺,认为 S-H-N 和 B-C-A 是石英与长石及含铁矿物分离的最佳无氟捕收剂和辅助捕收剂,经大范围多因素筛选、小范围析因的条件试验,最终确立了较佳的石英砂矿无氟提纯新工艺及选别指标。

关键词: 石英砂提纯; 无氟浮选; 冈比亚

中图分类号: TD973+.3; TD923+.13

文献标识码: A

石英砂是玻璃工业的主要硅质原料之一,也是铸造、耐火材料、化学工业的重要原料。高质量石英砂是近年来国际市场上较畅销的产品。石英砂矿的提纯,常用氢氟酸法浮选。其工艺具有操作稳定、指标可靠的特点,但氟离子对生态环境污染极大。随着选矿技术水平的不断提高和环境忧患意识的逐渐增强,近年来选矿工作者已着重研究并力争加以实施无氟浮选新工艺,这是今后石英选别与提纯的发展方向。笔者对冈比亚石英砂矿进行了无氟提纯新工艺的选矿试验研究,并确立了较佳的工艺流程及选别指标。

1 矿砂性质

1.1 石英砂化学成分

冈比亚石英砂化学成分见表 1。

表 1 冈比亚石英砂化学成分
Table 1 chemical compositions of quartz sand deposit in Gambia

元 素	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
含量(B %)	98.33	0.83	0.16	0.125	0.055
元 素	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	烧灼
含量(B %)	0.038	0.039	0.039	0.0015	0.29

1.2 石英砂矿物成分

冈比亚石英砂的主要矿物成分为石英、长石,其次为钛铁矿(其含量分别为 90.84%, 7.99%, 0.09%),另有少量的褐铁矿、白钛石、电气石、锆石、金红石、锐钛矿、角闪石及微量的粘土矿物蒙脱石等。

1.3 主要矿物特征

石英:多数为不规则状、棱角状晶体碎块或碎片,极少数为一向延长的颗粒。部分颗粒表面具有凹坑、凹痕、凹沟,1%左右的颗粒内部含有有色矿物的包裹体,另有微量石英颗粒因铁染、自蚀变,含有改色杂质等原因而呈浅黄、烟褐、浅玫瑰等色调。

长石:均为不规则棱角状或浑圆状颗粒。大部分颗粒的表面不洁净,或呈高岭土化。颜色为白色、灰白色、浅黄色、褐黄色、浅肉红色等。

钛铁矿:均为不规则粒状、板粒状、饼状颗粒,能看到六边形板状或菱面体标准晶形,颜色为黑色。颗粒表面大都有凹坑,凹坑中多有填充物。部分颗粒表面露有绛红、褐、黄、白灰色白钛石薄膜。

白钛石:大多数以薄膜形式覆着在钛铁矿等含钛矿物的表面,也有少部分完全呈钛铁矿假象。

1.4 石英矿砂粒度分布

冈比亚石英矿砂粒度分布见表 2。

表 2 冈比亚石英砂矿粒度分布

Table 2 Grain size distribution of quartz sand deposit in Gambia

粒 度 (mm)	产 率 (%)	化 学 成 分 (%)				分 布 率 (%)			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
+1	1.30	98.18	0.30	0.09	0.01	1.30	0.61	1.06	0.14
- 1 + 0.5	9.55	98.16	0.31	0.09	0.01	9.53	4.61	8.48	1.05
- 0.5 + 0.3	24.20	98.40	0.31	0.08	0.02	24.21	11.70	19.10	5.30
- 0.3 + 0.15	34.26	98.72	0.24	0.05	0.03	34.39	12.82	16.90	11.26
- 0.15 + 0.1	16.04	98.06	1.16	0.15	0.13	15.99	54.01	23.74	22.84
- 0.1 + 0.074	4.44	98.79	0.37	0.17	0.21	4.46	2.56	7.45	10.21
- 0.074	10.21	97.54	0.86	0.23	0.44	10.12	13.69	23.17	49.20
合计	100.00	98.36	0.64	0.10	0.09	100.00	100.00	100.00	100.00

表 3 冈比亚石英砂样品制备的产品组成

Table 3 Product combination of quartz sand samples preparation in Gambia

产 品	产 率 (%)	化 学 成 分 (%)			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
粗砂	1.30	98.18	0.30	0.09	0.01
入选合格砂	84.05	98.43	0.63	0.09	0.04
细泥	14.65	97.92	0.71	0.21	0.37
合计	100.00	98.35	0.64	0.11	0.09

2 石英砂提纯试验研究方案的选择

冈比亚石英砂矿石英含量较高,其他矿物含量低、无回收价值。主要有害杂质为长石、钛铁矿及少量铁质。为了提高石英砂的利用价值,达到玻璃工业硅质原料一级品标准,应首先进行筛分预处理,获得粒度为 1~0.1mm 适宜于制造玻璃的石英砂;其后需要进行石英与长石及铁、钛矿物的分离。

通常石英与长石的分离主要方法是浮选;而石英与铁、钛矿物的分离一般有磁选和浮选两种方法。对冈比亚石英砂矿分别进行了加入磁选和全用浮选试验,由比较得知,两种选别方法对分选铁、钛矿物的效果相近,但后者工艺简单、成本低,遂最终选择“石英砂原矿—筛分预处理—浮选”作为本次石英提纯的试验研究方案。

3 石英砂矿无氟浮选提纯新工艺的选矿试验

3.1 石英砂筛分预处理

按玻璃工业原料的适宜粒度,对石英原矿进行筛分预处理,除去粒度大于 1mm 和小于 0.1mm 部分。矿砂加工流程见图 1,各产品组成见表 3。

3.2 石英砂提纯无氟浮选药剂的确定

石英与长石的分离过去是在酸性介质中,用氢氟酸作抑制剂抑制石英浮选长石,由于氟离子对环境危害极大,该法的使用已受到一定限制,取而代之的是无氟浮选。冈比亚石英砂矿的提纯工艺也立足于无氟浮选。

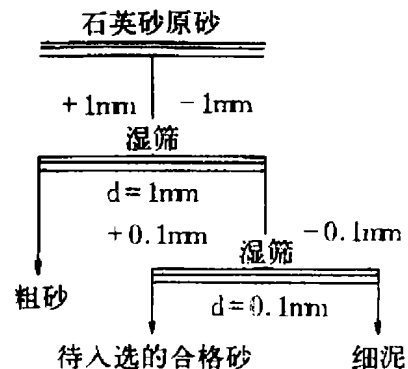


图 1 冈比亚石英砂矿砂加工流程图

Fig. 1 Flow chart of quartz sand fabrication in Gambia

根据各种长石捕收剂的不同浮选机理^[1],对十二烷基、氧化石蜡皂、环烷酸、石油磺酸钠、硬脂酸、软脂酸、月桂酸、油酸、油酸钠等浮选药剂进行了大量的探索性对比试验,认为 S·H·N 是无氟浮选长石选择性最佳的一种阴离子捕收剂,而 B·C·A 则是较佳的辅助捕收剂。其突出的特点是能浮选长石、也

能较好的浮选含铁、钛矿物,而且药剂价格便宜。

3.4 无氟浮选新工艺条件试验

选矿条件试验采用正交与析因相结合、大范围多因素筛选、小范围析因、较优条件验证的序贯试验设计。

使用 S·H·N 和 B·C·A 浮选长石(及含铁矿物,下同)第一次的药量不宜大。试验证明,长石的上浮数量不因捕收剂用量的增加而提高。导致这种现象的主要原因是矿浆中的细泥,因 S·H·N 特别是 B·C·A 在酸性介质中与矿物的作用主要是物理吸附,矿泥的出现会大量地消耗捕收剂。为保证长石浮选的顺利进行,并降低药剂用量,应采用第一次浮选加入较少药剂,浮出部分长石和矿泥,第二次浮选再加大药剂用量,将大部分长石浮选上来的二段浮选方式。

药剂组合条件试验是在多因素筛选和大量探索性试验基础上,在已选定的适宜范围内进行的。试验采用 $L^4(2^3)$ 正交设计,试验因素水平见表 4。浮选流程采用二段浮选(第二段试验条件采用硫酸用

量 250g/t, S·H·N 用量 150g/t, B·C·A 用量 250g/t)。

表 4 药剂条件试验因素水平 (g/t)

Table 4 Element level of medical condition experiment (g/t)

因素 水平	硫酸 A	捕 收 剂 B	
		S·H·N	B·C·A
1	1000	100	200
2	1500	150	300

通过对试验结果的数理统计与显著性分析,一段较佳条件组合为 A_2B_1 ,即硫酸用量 1500g/t, S·H·N 用量 100g/t, B·C·A 用量 200g/t。通过二段浮选,石英精矿 SiO_2 含量为 99.02%,作业回收率为 87.63%,达到了工业玻璃硅质原料 级品标准。

3.5 氢氟酸法浮选与无氟浮选的对比试验

在无氟浮选条件试验的基础上,进行了氢氟酸法浮选与无氟浮选的对比试验。试验流程采用二段浮选,试验结果见表 5。

表 5 氢氟酸法浮选与无氟浮选的对比试验结果

Table 5 Contrast results between flotation by idrofluote and flotation without fluorite

浮选方法	产品名称	产率 (%)	化学成分 (%)			作业回收率 (%)		
			SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2
氢氟酸法浮选	石英精矿	86.86	99.26	0.06	0.02	87.02	68.78	35.52
	含长石矿砂	13.14	97.61	0.18	0.24	12.98	31.22	64.48
	合计	100.00	—	—	—	100.00	100.00	100.00
无氟浮选	石英精矿	81.55	99.02	0.06	0.02	81.70	62.37	31.75
	含长石矿砂	18.45	97.80	0.16	0.19	18.30	37.63	68.25
	合计	100.00	—	—	—	100.00	100.00	100.00

试验结果表明:两种浮选方法都可以使石英砂矿得以提纯,获得高质量的石英精矿(SiO_2 含量均达到 99% 以上),同时降低铁、钛含量。这说明石英砂无氟浮选提纯工艺是成功的。

4 最终工艺流程及指标

通过石英砂矿无氟提纯新工艺的选矿试验研究,得到的最终试验指标见表 6;最终药剂条件及工艺流程见图 2。

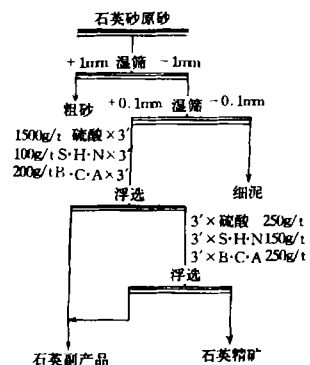


图 2 冈比亚石英砂矿最终试验流程图

Fig. 2 Flow chart showing terminal experiment of quartz sand deposit in Gambia

最终试验指标表明,石英精矿达到了玻璃硅质原料级品要求($\text{SiO}_2 > 99\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0.5\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0.05\%$, $\text{TiO}_2 < 0.05\%$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 0.001\%$),为优质硅质原料,可用于生产特种工业玻璃及磨光、钢化、优质平板、高级延压玻璃等。石英副产品达到了硅质

原料级品要求($\text{SiO}_2 > 96\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 < 2\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0.2\%$, $\text{TiO}_2 < 0.05\%$),可用于生产普通平板、延压、夹丝玻璃纤维等。

该工艺流程结构合理,药剂制度简单、成本低、污染小、指标可靠,应该有较好的工业利用前景。

表 6 冈比亚石英砂矿最终试验指标

Table 6 Terminal experiment quota of quartz sand deposit in Gambia

产品名称	产率 (%)	化学成分 (%)					回收率 (%)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2
石英精矿	73.55	99.03	0.26	0.04	0.02	0.0008	73.78	50.32	36.66	14.79
石英副产品	10.50	97.80	0.77	0.18	0.29	0.0018	10.40	21.28	23.55	30.60
粗砂	1.30	98.18	0.30	0.09	0.01	—	1.29	1.03	1.46	0.13
细泥	14.65	97.92	0.71	0.21	0.37	—	14.53	27.37	38.33	54.48
合计	100.00	—	—	—	—	—	100.00	100.00	100.00	100.00

参考文献:

- [1] 见百熙. 浮选药剂[M]. 北京:冶金工业出版社. 1985.

Laboratory Study on New Flotation Technology without Fluorite to Purify Quartz Sand Deposit in Gambia

LIU Yu - yan , ZHANG Hui - tang , HONG Fei

(Shandong Institute and laboratory of Geological Sciences , Shandong Jinan 250013 , China)

Abstract: Through laboratory study on new flotation technology without fluorite to purify quartz sand in Gambia , major mineral combinations and compositions are grasped , and pre - sizing - flotation in second step is determined to be a good technology in purifying this kind of quartz sand. S · H · N and B · C · A are regarded as best collector to separate quartz and feldspar from iron - bearing minerals. Through laboratory of multi - element flotation in large scope and analysis in small scope , good quartz sand flotation technology and flotation quota are determined finally.

Key words: Purification of quartz sand ; flotation without fluorite ; Gambia