

战略性非金属矿产

海滨石英砂矿物学研究——以海南文昌石英砂为例^{*}

王守敬¹, 邵伟华^{1,2}

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

中图分类号: P619.23+3 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2019)06-0058-04
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.06.009

摘要 以海南文昌石英砂为例,采用矿物解离度分析仪(MLA)分析,扫描电镜分析等方法对海滨石英砂型石英矿进行了详细的矿物学研究。分析结果显示海南文昌地区石英砂矿 SiO₂ 含量 98.63%,石英含量 98.25%,主要杂质矿物为金红石、锆石、黏土矿物等。矿石中约 75% 的金红石、锆石粒度粗,已单体解离,可通过选矿去除。其余的金红石、锆石粒度细,多与石英紧密共生,分离难度较大。矿石中黏土矿物多黏附在石英表面,大部分可通过擦洗去除,但很难除净。综合分析认为海滨石英砂矿中石英表面普遍黏附有黏土矿物等杂质,且不易除净,不适合做高纯石英砂原料。不同海滨石英砂矿床中微细粒金红石等杂质含量变化较大,造成各矿床的产品作为普通石英砂,其品质也有所差异。

关键词 矿物学;海滨石英砂;石英;金红石;黏土矿物

石英是一种常见矿物,在自然界中的分布十分广泛。目前能够作为工业应用的石英矿物资源有 7 种成因类型,它们是天然水晶、石英砂岩、石英岩、脉石英、粉石英、天然石英砂和花岗岩石英^[1]。

海滨天然石英砂资源多具有储量大、品位高、易开采等特征,是目前利用程度最高的石英资源类型之一^[2,3]。其 SiO₂ 含量一般大于 98%,加工后能够达到 99% 以上,可以满足水泥、玻璃、陶瓷等行业要求。部分石英资源甚至可以将铁含量降低到 100 ppm 以下,满足超白玻璃的生产要求。

本文将海南文昌石英砂资源为例,对其进行系统的矿物学研究,确定矿石中石英和主要杂质矿物的嵌布特征,推断其加工品位上限,对于指导该类型石英矿的开发具有重要意义。

1 样品化学和矿物组成

本次研究采取了海南文昌地区正在开采的石英砂代表性样品。通过化学多项分析和 MLA 分析确定了矿砂中的元素组成和矿物组成。分析结果见表 1、表 2。

表 1 原矿化学成分分析结果 /%

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
98.63	0.34	0.045	0.11	0.01	0.05	0.03	<0.01	0.74

注:检测单位:佛山市陶瓷研究所检测有限公司,检测方法:X 射线荧光光谱分析。

表 2 原矿矿物组成 /%

石英	高岭石	锆石	黄玉	金红石
98.25	1.29	0.16	0.03	0.12
磷灰石	钾长石	钛铁矿	黑云母	绿泥石
0	0.08	0.02	0.01	0.04

注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA 分析。

2 主要矿物嵌布特征

本地区石英砂矿胶结作用不明显,多为现代海砂,呈松散砂状。

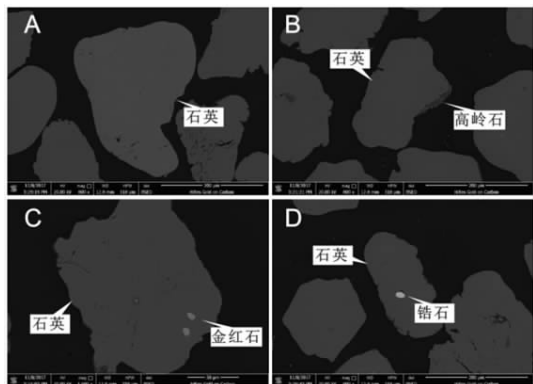
* 收稿日期:2018-08-15

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20190186)

作者简介:王守敬(1982-)男,陕西潼关人,硕士,高级工程师,从事矿产资源工艺矿物学研究工作。

2.1 石英

矿砂中石英多呈圆形、次圆形，磨圆度较好(图1A)，一般为石英单晶形成颗粒，呈松散砂状分布。其粒度主要分布在150~300 μm(表3)，颗粒表面多凹凸不平，多黏附有黏土矿物(图1B)。其颗粒内部多较纯净，部分颗粒中包裹微细粒的锆石、金红石等矿物(图1C,1D)。



A 石英磨圆度较高;B 石英表面黏附高岭石;C 石英包裹金红石;D 石英包裹锆石

图1 原矿石英背散射图像
Fig. 1 BES of quartz in ore

2.2 锆石和金红石

为了确定矿石中杂质的矿物种类，本次研究对其进行了电子探针能谱分析。分析结果(图2)显示其为锆石和金红石。矿砂中锆石和金红石多呈圆形、次圆形，磨圆度较好(图3A)，多已经单体解离(图3B)。仅有少量微细粒锆石和金红石被石英包裹(图1C, 2D)。矿石中锆石和金红石的原生粒度分布和单体解离度分析结果见表3、表4。

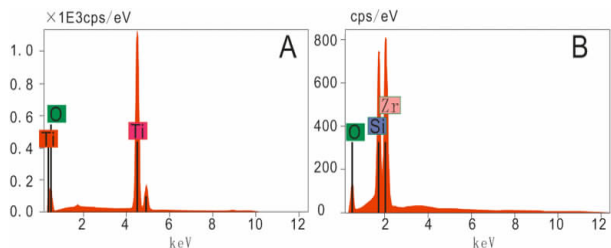
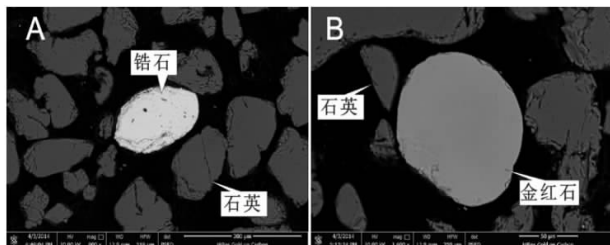


图2 金红石和锆石能谱谱图
Fig. 2 The spectra of spectrum about rutile and zircon

从分析结果可以看出，矿砂中大部分锆石和金红石粒度粗、单体解离度高，有利于石英的提纯，并可考虑对其综合利用。只是存在少量微细粒、被石英包裹的金红石和锆石，对石英提纯影响很大。

2.3 黏土矿物

矿砂中黏土矿物含量较高，其多黏附在石英颗粒表面(照片1B)。对其进行扫描电镜面分析显示，黏土矿物中铁含量较高(图4)，是矿砂中铁的主要赋存矿物。需要通过选矿除掉。



A 锆石磨圆度较高;B 金红石单体解离

图3 锆石和金红石显微照片
Fig. 3 Micrographs of zircon and rutile.

表3 锆石和金红石原生粒度分布特征 /%
Table 3 Dissemination size of zircon and rutile in the ore

粒度/μm	金红石	锆石	石英
500~1 000	0.00	0.00	0.09
300~500	0.00	0.00	3.24
150~300	0.00	0.00	55.5
75~150	36.32	42.15	18.8
38~75	56.21	51.14	6.54
20~38	6.37	4.72	1.09
16~20	0.42	0.4	0.08
10~16	0.42	1.08	0.19
5~10	0.2	0.46	0.02
-5	0.04	0.05	0.00

注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA分析。

表4 锆石和金红石单体解离度 /%
Table 4 Liberation of zircon and rutile in the ore

矿物种类	被包裹	<30%	30%~60%	60%~90%	单体解离
金红石	0.66	1.09	5.46	16.79	75.99
锆石	0.02	2.00	9.85	14.99	73.12

注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA分析。

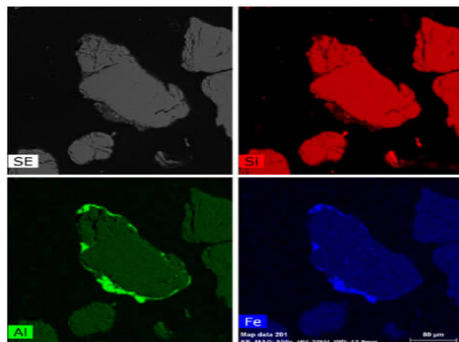


图4 石英颗粒能谱面分析结果
Fig. 4 SEM surface scan analysis result of quartz.

3 石英产品分析

本次研究对该矿砂采用擦洗、脱泥等工艺获得的石英砂产品进行了化学分析、MLA分析、扫描电镜分析等。化学分析结果(表5)显示,其 SiO_2 含量为99.87%, Fe_2O_3 为0.0073%, TiO_2 为0.034%,达到超白玻璃用砂标准。

表5 石英产品化学分析结果 /%

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	烧失量
99.87	0.035	0.0073	0.034	0.005	0.001	0.004	0.002	0.03

注:检测单位:佛山市陶瓷研究所检测有限公司,检测方法:X射线荧光光谱分析。

MLA分析显示产品主要由石英组成,含少量的金红石等矿物(表6)。样品中金红石粒度极细,均小于 $30\ \mu\text{m}$ (图5A,表7),且多被其他矿物包裹(表8)。

表6 石英产品矿物组成 /%

石英	黄玉	高岭石	白云母	钠长石	钾长石	黑云母
99.54	0.23	0.07	0.06	0.05	0.02	0.01
石榴子石	金红石	锆石	方解石	褐铁矿	白云石	
0.01	微量	微量	微量	微量	微量	

注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA分析。

表7 石英产品中金红石嵌布粒度 /%

粒度	分布率	累计分布率	逆累计分布率
16~30	21.13	21.13	100
10~16	39.08	60.21	78.87
5~10	25.96	86.17	39.79
-5	13.83	100	13.83

注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA分析。

表8 金红石单体解离度 /%

矿物种类	被包裹	<30%	30%~60%	60%~90%	单体解离
金红石	79.98	20.02	0	0	0

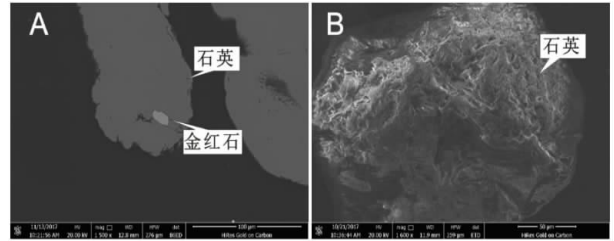
注:检测单位:中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,检测方法:MLA分析。

扫描电镜分析结果显示石英颗粒表面凹坑中还有少量的黏土矿物(图5B)。

4 讨论

根据以上分析,可以将石英砂中杂质分为粗粒单体杂质、细粒被包裹杂质和表面黏附杂质。其中粗粒单体杂质虽然含量较高,但是可以通过选矿方法除掉,对于石英产品品质影响不大。细粒被包裹杂质很

难和石英分离,虽然其含量较低,但是对石英产品品质影响很大。表面黏附的杂质,由于其和石英结合不是很紧密,大部分可以通过擦洗等方法除掉。不过还有少量黏土矿物分布在石英表面的凹坑和微裂隙中,常规擦洗很难除掉,对石英产品品质影响也很大。



A 石英包裹金红石; B 石英颗粒表面凹凸不平

图5 石英产品显微照片

Fig. 5 Micrographs of quartz in the product

从成因上看海滨石英砂是其源区的岩石遭受地表风化,通过水流的搬运,在海滨沉积而成。在水流搬运和海浪反复淘洗过程中,石英颗粒相互碰撞,必然导致其表面凹凸不平。在这个过程中,与石英伴生的长石等矿物风化形成的黏土矿物必然黏附在石英颗粒表面。因此,石英表面黏附的黏土矿物是该类型矿砂共有的一种杂质矿物赋存形式^[4]。鉴于这部分杂质很难通过选矿方法除尽,更不论石英晶格中的还可能有杂质元素^[5]以及石英中还包裹微细粒杂质矿物包裹体。因此海滨石英砂很难加工成 SiO_2 含量99.99%及以上的高纯石英产品。建议主要用于石英玻璃和超白石英玻璃原料。

源区岩石在水流搬运过程中,会产生明显的重力分异左右,重矿物先沉淀,轻矿物后沉淀。当石英中包裹粗粒重矿物时,其会早于其他石英颗粒沉淀,从而实现两者的分离。因此海滨石英砂中被包裹的微细粒杂质矿物一定很小,不足以使宿主石英颗粒与纯净石英颗粒分离。因此这部分杂质极难除掉。这部分杂质矿物的种类、含量与源区岩石性质密切相关。当源区岩石的石英中不含杂质时,这部分杂质矿物的含量就很低。反之亦反。因此海滨石英砂矿的品质主要与其中石英包裹的微细粒矿物(尤其是金红石等铁钛矿物)含量的多寡有关。

5 结论

(1)海南文昌地区石英砂矿 SiO_2 含量98.63%,石英含量98.25%,主要杂质矿物为金红石、锆石、黏土矿物等。矿石中75%左右的金红石、锆石粒度粗,已单体解离,有利于选矿除杂。其余的金红石、锆石粒

度细,多与石英紧密共生,对石英精矿品质影响很大。矿石中黏土矿物多黏附在石英表面,大部分可通过擦洗除掉,但石英表面凹坑中的黏土矿物很难除净,对石英精矿品质影响很大。

(2) 海滨石英砂矿中杂质主要有粗粒单体解离杂质、表面黏附杂质和微细粒包裹杂质。海滨石英砂矿中粗粒单体解离杂质对石英产品品质影响不大。海滨石英砂矿中石英表面普遍黏附有黏土矿物等杂质,且不易除净,因此该类型矿床不适合做高纯石英砂原料。

(3) 不同海滨石英砂矿中微细粒金红石等杂质含量变化较大,造成对各矿床石英砂产品的品质有所

差异,是海滨石英砂工艺矿物学研究的重点。

参考文献:

- [1] 汪灵,党陈萍,李彩侠. 中国高纯石英技术现状与发展前景[J],地学前缘,2014,21(5):267-273.
- [2] 贾德龙,张万益,陈丛林. 高纯石英全球资源现状与我国发展建议[J],矿产保护与利用,2019(5):112-117.
- [3] 李小黎,张其东,徐宏祥,等. 四川某石英矿选矿提纯试验研究[J],矿产保护与利用,2014(2):35-38.
- [4] 朱潇,蒋富清,冯旭光,等. 菲律宾海沉积物中石英的来源及其搬运方式[J],海洋与湖泊,2018,49(6):1190-1202.
- [5] 陈剑锋,张辉. 石英晶格中微量元素组成对成岩成矿作用的示踪意义[J],高校地质学报,2011,17(1):125-135.

Mineralogical Study about Seashore Quartz Sand Ore——a Case Study from the Seashore Quartz Sand Ore at Wenchang, Hainan Province

WANG Shoujing^{1,2}, SHAO Weihua^{1,2}

1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China;

2. China National Engineering Research Center for Utilization of Industrial Minerals, Zhengzhou 450006, China

Abstract: Taking the Seashore Quartz Sand Ore at Wenchang Hainan province as a case, the Mineral Liberation analyzer (MLA), scanning electron microscope (SEM), and other analysis was used to study the mineralogical characteristics of seashore quartz sand ore in this paper. The result shows that the ore's SiO₂ content is 98.63%, and the content of quartz is 98.25%. the others mineral are rutile, zircon, clay mineral, and so on. The 75% of rutile and zircon in ore are crude and liberated, which can be separated. While other are very fine, and encapsulated by quartz, which can't be separated. The clay minerals are adhered in the surface of quartz, and can't be separated completely. Comprehensive Analysis shows that in seashore quartz sand ore, there are clay minerals adhered in the surface of quartz, which can't be separated completely. So it can't be used to make high purity quartz sand. And the content of fine rutile and other minerals are imparity in different ore. So it makes the quality of products from different ore imparity.

Key words: mineralogical; seashore quartz sand ore; quartz; rutile; clay mineral

引用格式:王守敬,邵伟华. 海滨石英砂矿物学研究——以海南文昌石英砂为例[J]. 矿产保护与利用,2019,39(6):58-61.

Wang SJ and Shao WH. Mineralogical study about seashore quartz sand ore——a case study from the seashore quartz sand ore at wenchang, Hainan province[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(6):58-61.

官方网站:<http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail:kcbh@chinajournal.net.cn