

两地石英岩矿的选矿提纯差异研究

刘孟浩¹, 管俊芳^{1,2}, 任子杰^{1,2}, 高惠民^{1,2}, 刘志¹, 唐腾望¹, 沈彦旭¹

1. 武汉理工大学资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430070;
2. 矿物资源加工与环境湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430070

中图分类号: TD973.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)02-0099-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.02.015

摘要 以成矿条件不同的甘肃(GS)和湖北(HB)两地的石英岩为研究对象, 采用相同选矿工艺进行提纯效果对比研究, 并通过 XRF、偏光显微镜等手段分析其原因。结果表明: (1)两种样品可经破碎—筛分—磨矿—磁选—酸浸的工艺流程分别可得到 SiO₂ 含量分别为 99.68%(GS)、99.65%(HB)和 Fe₂O₃ 含量分别为 58.62 μg/g(GS)、79.46 μg/g(HB)的石英精矿, 满足光伏玻璃用砂质量要求。(2)在磁选、浮选工艺流程中 HB 样的除铁率分别为 81.92%、17.41%, 优于 GS 试样的 75.61%、10.37%, 分析其原因是 HB 样相较于 GS 样原矿的含铁量更低, 游离铁较多, 且大量铁杂质赋存于绢云母化的长石与黏土矿物中, 这类铁杂质易通过磁选、浮选方法去除。(3)在酸浸工艺中最佳条件下, GS 样的除铁率为 86.74%, 优于 HB 样的 66.97%, 原因是 GS 试样的细粒级石英集合体含量较 HB 试样更多, 大量白云母(绢云母)等含铁杂质赋存在集合体裂隙中, 此类杂质通过酸浸工艺更易去除。

关键词 石英; 提纯; 浮选; 酸浸; 光伏玻璃

引言

石英(SiO₂)是国民经济中多个行业发展的重要原材料^[1-3]。在石英资源中, 石英岩矿资源因其矿床规模大、矿石储量多的优点占据重要的地位^[4]。但不同产地的石英岩矿矿物组成复杂, 需要根据不同矿石的性质来探究选矿工艺与流程。段树桐等^[5]选取湖北某地石英岩矿为研究对象, 原矿 SiO₂ 含量为 99.02%, Al₂O₃ 含量为 0.39%, Fe₂O₃ 含量为 0.20%, 经过“破碎—磨矿—分级—磁选—浮选”的提纯工艺流程处理, 获得的最终精砂中 SiO₂ 含量为 99.83%、Al₂O₃ 含量为 0.12%、Fe₂O₃ 含量为 0.0055%, 满足太阳能玻璃用石英原料的要求; 吴道等人^[6]对花脖湾石英岩矿采用浮选—酸浸等工艺提纯后, 石英精矿中 Al、Fe 和 K 三种杂质元素总含量低于 200×10⁻⁶, 在使用超声波酸浸后获得了高纯石英砂, 特别是粒级为 0.110~0.074 mm 的石英砂 9 种杂质元素总含量降低至 66.65×10⁻⁶, SiO₂ 含量从 99.00% 提升到了 99.99%。这说明针对不同产地成因的石英岩矿, 因矿制宜地选择选矿工艺是非常重要的。

本文以甘肃(GS)某石英岩矿和湖北(HB)某石英岩矿作为试验对象, 通过对比磨矿、磁选、浮选、酸浸

等效果的差异, 并用 XRF、偏光显微镜等方法对两种试样进行研究, 分析其原矿中杂质元素、脉石组成、粒度嵌布等方面的差异, 阐述这些差异在实际选矿提纯的过程中会造成的影响, 为石英岩矿的提纯开发提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 矿石性质

石英岩原矿取自甘肃与湖北两地, 两种矿样主要成分分析结果见表 1。

表 1 两种石英岩矿 XRF 的分析结果 /%
Table 1 Analysis results of oxide content of different quartzites

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃
GS试样	98.54	0.32	0.19	0.18	0.04	0.07	-	0.05
HB试样	97.58	1.37	0.22	0.13	0.07	0.04	0.03	0.03

成分	P ₂ O ₅	ZrO ₂	NiO	GeO ₂	SrO	Na ₂ O	烧失量
GS试样	0.04	0.01	-	-	-	0.07	0.53
HB试样	0.03	0.03	0.008	0.008	0.005	-	0.45

收稿日期: 2022-11-24

作者简介: 刘孟浩(1998—), 男, 河北保定人, 硕士研究生, 主要从事非金属矿选矿与矿物材料研究, E-mail: 1115181402@qq.com。

通信作者: 任子杰(1987—), 男, 山西孝义人, 博士, 副教授, 博导, 主要从事非金属矿选矿与矿物材料研究, E-mail: renzjiejie@whut.edu.cn。

由表 1 可知,两种矿石中 SiO₂ 含量略有差异,GS 试样为 98.54%,HB 试样为 97.58%。杂质元素的种类和含量也存在差异:GS 试样的杂质主要为 Al₂O₃、K₂O、Fe₂O₃,含量分别为 0.32%、0.19%、0.18%;HB 试样中 Al₂O₃ 含量高达 1.37%、K₂O 含量 0.22%、Fe₂O₃ 0.13%、TiO₂ 含量 0.07%。这表明两种矿石中长石、云母等脉石矿物的含量不同。

1.2 试验药剂

硫酸,分析纯,国药试剂;氢氟酸,分析纯,国药试剂;草酸,分析纯,国药试剂;十二胺,分析纯,国药试剂;HK-1(长石捕收剂),市售;HK-2(长石捕收剂),市售。

1.3 仪器设备

试验仪器:三辊四筒球磨机,XMB-70 型,武汉探矿机械厂;周期式高梯度磁选机,SLon-100,赣州金环磁选设备有限公司;0.5 L 单槽浮选机,RK/FD II 型,武汉洛克粉磨设备制造有限公司;电热鼓风干燥箱,RK/DRX2,武汉洛克粉磨设备制造有限公司;恒温加热磁力搅拌器,DF-101S,上海力辰邦西仪器科技有限公司。

分析仪器:X 射线衍射分析仪,D8 Advance,德国布鲁克 AXS 公司;偏光显微镜,DMLP,德国徕卡;X 射线荧光光谱仪,Zetium,荷兰帕纳科分析仪器公司;电感耦合等离子体光谱仪,Prodigy 7,美国利曼-徕伯斯公司。

1.4 试验方法

两个产地的石英岩矿均采用同样的工艺处理,工艺流程见图 1。对破碎后的试样进行磨矿,选择-0.6+

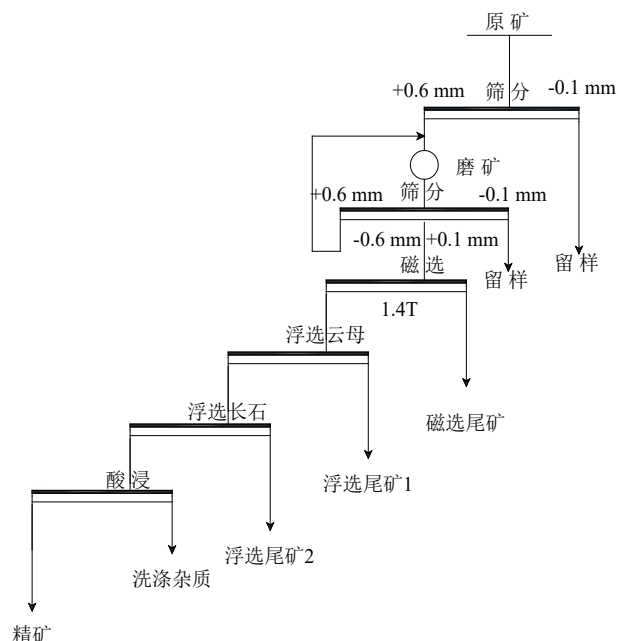


图 1 原则工艺流程
Fig. 1 Principle process flow sheet

0.1 mm 粒级经过磁选去除磁性矿物、浮选去除含铁的云母和长石等非磁性矿物,最后酸浸进一步降铁得到光伏玻璃用石英精矿。

2 结果与讨论

2.1 石英岩选矿流程中阶段效果对比

2.1.1 磨矿一筛分一磁选流程效果对比

磨矿条件:磨矿介质为 Φ=30 mm 的铁球,磨矿矿浆质量浓度 60%,磨矿后分级返回多次,磨矿时间为 2 min,直至+0.6 mm 粒级全部磨细,两种石英岩试样的磨矿产率如表 2 所示。

表 2 不同石英岩矿磨矿产率统计
Table 2 Different quartzites ball mill mineral rate statistics

粒级	破碎		磨矿		总计	
	-0.6+ 0.1 mm	-0.1 mm	-0.6+ 0.1 mm	-0.1 mm	-0.6+ 0.1 mm	-0.1 mm
GS 产率	17.58	5.36	63.93	13.13	81.51	18.49
HB产率	37.49	12.74	46.32	3.45	83.81	16.19

由表 2 可知,在相同的破碎条件下,HB 试样破碎后-0.6+0.1 mm 粒级产率为 37.49%,GS 试样 0.6+0.1 mm 粒级产率为 17.58%,揭示了二者石英的单体粒度有较大差异(详见 2.2.1 小节)。经过多次磨矿后两者-0.6+0.1 mm 粒级产率相近,HB 试样为 83.81%,GS 试样为 81.51%。

对磨矿后-0.6+0.1 mm 粒级进行磁选试验,磁选条件:矿浆流速为 1.0 cm/s,脉动频率为 200 r/min,磁场感应强度为 1.4 T,磁选段数为 3 段,结果如表 3。

表 3 不同石英岩矿磁选产物质量对比
Table 3 Comparison of quality of magnetic separation products of different quartzites

矿样种类	原矿 Fe ₂ O ₃ /(μg·g ⁻¹)	精矿 Fe ₂ O ₃ /(μg·g ⁻¹)	精矿 SiO ₂ /%
GS试样	1 813.06	442.23	99.21
HB试样	1 331.01	240.59	98.13

由表 3 可知,在相同磁选条件下,从 Fe₂O₃ 含量来看,HB 试样 Fe₂O₃ 含量由原矿中的 1 331.01 μg/g 降到 240.59 μg/g,除铁率达 81.92%。GS 试样 Fe₂O₃ 含量由原矿中的 1 813.06 μg/g 降到 442.23 μg/g,除铁率达 75.61%。说明磁选工艺中 HB 试样的除铁效果要优于 GS 试样。从 SiO₂ 含量来看,经过磁选后的 HB 试样与 GS 试样 SiO₂ 含量分别为 99.21% 与 98.13%,均有小幅度提升。

2.1.2 浮选结果对比

对磁选后的石英精矿,用浮选去除云母类和长石

类等脉石矿物^[6]。浮选条件为 1~3 段浮选使用十二胺作为捕收剂反浮选云母, pH=2.0~3.0, 捕收剂添加总量为 300 g/t, 调浆 2 min, 浮选时间 3 min; 4~6 段浮选使用 HK-1、HK-2 混合捕收剂反浮选长石, pH=1.5~2.0, 捕收剂添加总量各为 30 L/t, 调浆 2 min, 浮选时间 3 min。试验结果见表 4。

表 4 不同石英岩矿浮选产物质量对比

Table 4 Comparison of quality of flotation products of different quartzites

矿样种类	产物	产率/%	Fe ₂ O ₃ 含量/(μg·g ⁻¹)	SiO ₂ 含量/%
GS试样	精矿	91.48	396.35	99.44
	尾矿1(云母)	3.83		
	尾矿2(长石)	4.69		
	总计	100.00		
HB试样	精矿	92.42	198.71	99.29
	尾矿1(云母)	0.87		
	尾矿2(长石)	6.71		
	总计	100.00		

由表 4 可知, 经多段浮选后, 从尾矿产率分析, GS 试样浮选云母的产率为 3.83%, HB 试样为 0.87%; 浮选长石类矿物时, GS 试样产率为 4.69%, 而 HB 试样产率为 6.71%。从精矿 SiO₂ 含量分析, GS 试样 SiO₂ 含量为 99.44%, HB 试样的 SiO₂ 含量为 99.29%。GS 试样的 SiO₂ 含量提升了 0.23 个百分点, 而 HB 试样的 SiO₂ 含量提升了 1.16 个百分点, HB 试样提纯效果更为明显。经过浮选后 HB 试样的 Fe₂O₃ 含量为 198.71 μg/g, GS 试样为 396.35 μg/g, 二者除铁率分别为 17.41% 与 10.37%, 说明 HB 试样浮选除铁率略优于 GS 试样, 但差别不大。

2.1.3 酸浸效果对比

(1) 浮选提纯对酸浸除铁效果的影响

试验采用两种工艺进行对比: 一是磁选—浮选—酸浸提纯; 二是磁选—酸浸提纯。单一变量为是否在酸浸前使用浮选工艺提纯, 以此来探究浮选对酸浸除铁效果的影响。磁选与浮选试验条件同 2.1.1 和 2.1.2 小节, 两种工艺酸浸条件相同, 使用质量分数 10% 的草酸溶液, 固液比 1:1 进行酸浸。酸浸温度为 85 ℃, 酸浸时间 8 h^[7], 二者的试验结果如表 5。

由表 5 可知, 对 HB 试样两种酸浸工艺精矿的 Fe₂O₃ 含量分别为 122.81 μg/g 和 124.73 μg/g, 对 GS 试

表 5 不同石英岩矿酸浸精矿 Fe₂O₃ 含量 / (μg·g⁻¹)

Table 5 Fe₂O₃ content of different quartzites acid leaching concentrates

矿样种类	酸浸前	磁选—浮选—酸浸	酸浸前	磁选—酸浸
GS试样	396.35	114.31	442.23	112.99
HB试样	198.71	122.81	240.59	124.73

样两种酸浸工艺精矿的 Fe₂O₃ 含量分别为 114.31 μg/g 和 112.99 μg/g。同样的酸浸条件下, GS 试样除铁率分别为 71.16% 和 74.45%; HB 试样除铁率为 38.20% 和 48.16%。试验结果说明不需要浮选提纯, 磁选精矿直接酸浸后两种矿石除铁率均较优, Fe₂O₃ 含量达到 120 μg/g 左右。同时 GS 试样除铁率大于 HB 试样, 说明 GS 试样中的 Fe₂O₃ 容易通过酸浸去除, 揭示 GS 试样 Fe 的赋存状态与 GB 试样存在差异。

(2) 混酸酸浸对酸浸结果的影响

根据表 5 的结果, 浮选提纯对酸浸结果影响不大, 因此混酸酸浸直接用磁选精矿进行除铁, 酸浸温度为 85 ℃, 时间为 8 h, 酸浸试验结果见表 6。

表 6 不同石英岩矿磁选—酸浸产物质量对比

Table 6 Comparison of quality of Magnetic separation -acid leaching products of different quartzites

酸浸工艺	GS试样	HB试样
10%草酸酸浸后 Fe ₂ O ₃ /(μg·g ⁻¹)	112.99	124.73
1%HF+10%草酸酸浸后 Fe ₂ O ₃ /(μg·g ⁻¹)	58.62	79.46
1%HF+10%草酸酸浸后精矿 SiO ₂ /%	99.68	99.65

由表 6 可知, 混酸对二者都有着良好的除铁效果, Fe₂O₃ 含量均降至 80 μg/g 以下, GS 试样的效果更优。混酸作用下 GS 试样的除铁率为 86.74%, HB 试样除铁率为 66.97%, 进一步揭示了两种矿石中 Fe 元素的赋存状态不同。经过混酸酸浸两种石英岩矿 SiO₂ 含量分别为 99.68% 和 99.65%, 达到光伏玻璃用砂质量要求。

2.2 不同石英岩选矿产物质量差异影响因素分析

2.2.1 嵌布粒度对比

对两种石英岩矿的薄片进行连续拍照观察, 通过测量、统计、计算分析不同矿石中石英颗粒粒径大小以及累积分布情况, 结果如表 7 所示。

由表 7 可知, GS 石英粒径在 0.1~0.4 mm 粒级占 79.1%, 有 10% 左右的粒径小于 0.1 mm。当矿石研磨到 0.1 mm 以下时, 石英单体解离度达 97.4% 左右; HB 石英粒径在 0.1~0.4 mm 占 74.38%, 有 26% 左右的粒径小于 0.1 mm。当矿石研磨到 0.1 mm 以下时, 石英单体解离度为 89% 左右。两种石英岩矿的解离粒度均偏细, 其中 HB 试样解离粒度相较于 GS 试样更细, 这解释了 2.1.1 小节中破碎后 HB 试样-0.6 mm 粒级产率更高的原因。且由于其较细的嵌布粒度, 使得在同样的粒度要求下, HB 试样较 GS 试样中石英更难实现单体解离。

2.2.2 矿物组成及特征对比

两种石英岩矿物组成及特征见图 2、图 3 和表 8、表 9。

表 7 不同石英岩矿石英颗粒粒度嵌布特征

Table 7 particle size dissemination characteristics of different quartzites

粒级/mm	GS颗粒数 占比/%	HB颗粒数 占比/%	GS颗粒数占比 累积/%	HB颗粒数占比 累积/%	GS分布率/%	HB分布率/%	GS累积分布率/%	HB累积分布率/%
+0.6	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.6+0.5	2.24	0	2.24	0	14.93	0	14.93	0
-0.5+0.4	5.97	0	8.21	0	19.91	0	34.84	0
-0.4+0.3	12.69	3.31	20.90	3.31	21.15	11.81	55.99	11.81
-0.3+0.2	32.84	14.88	53.74	18.19	27.37	26.57	83.36	38.38
-0.2+0.1	33.58	56.20	87.32	74.39	14.00	50.18	97.36	88.56
-0.1	12.68	25.61	100.00	100.00	2.64	11.44	100.00	100.00
总计	100.00	100.00	-	-	100.00	100.00	-	-

由表 7 可知, HB 试样石英的嵌布粒度要明显细于 GS 试样, 这与 2.1.1 小节中破碎筛分的结果一致。两种试样中的石英颗粒均可分为两类, 除颗粒较大的一类石英外, 还有一部分为细粒石英集合体。这类集合体的裂隙中常常含较多杂质, 且由于粒度细难以解离, 对提纯产生较大的影响。

由表 8 和表 9 可知, GS 试样中 Fe 主要赋存于赤

褐铁矿、绢云母、电气石、绿帘石中; HB 试样中 Fe 主要赋存于赤褐铁矿、绢云母、电气石、角闪石中, 这些矿物除绢云母外, 均为磁性矿物, 可以通过磁选的方式去除^[8-10], 故磁选对两种产地的石英岩除铁均较理想, 但 GS 试样本身 Fe 含量较高, 且游离铁所占比例不高, 导致其磁选效果略差于 HB 试样。

GS 试样中绢云母含量相比 HB 试样更高, 而 HB

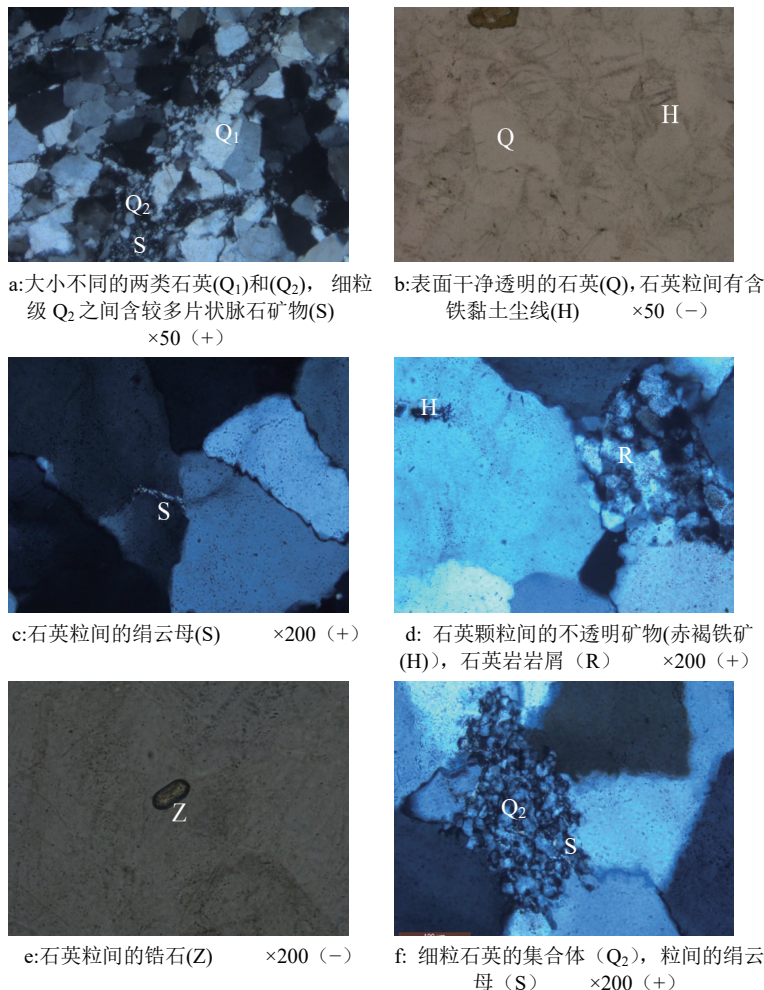


图 2 GS 试样的偏光显微镜照片((a)~(f))(Q—石英、H—赤褐铁矿、S—绢云母、Z—锆石、R—岩屑)
Fig. 2 Polarizing microscope photos of GS samples ((a)~(f))(Q—Quartz, H—Hematite, S—Sericite, Z—Zircon, R—Rock)

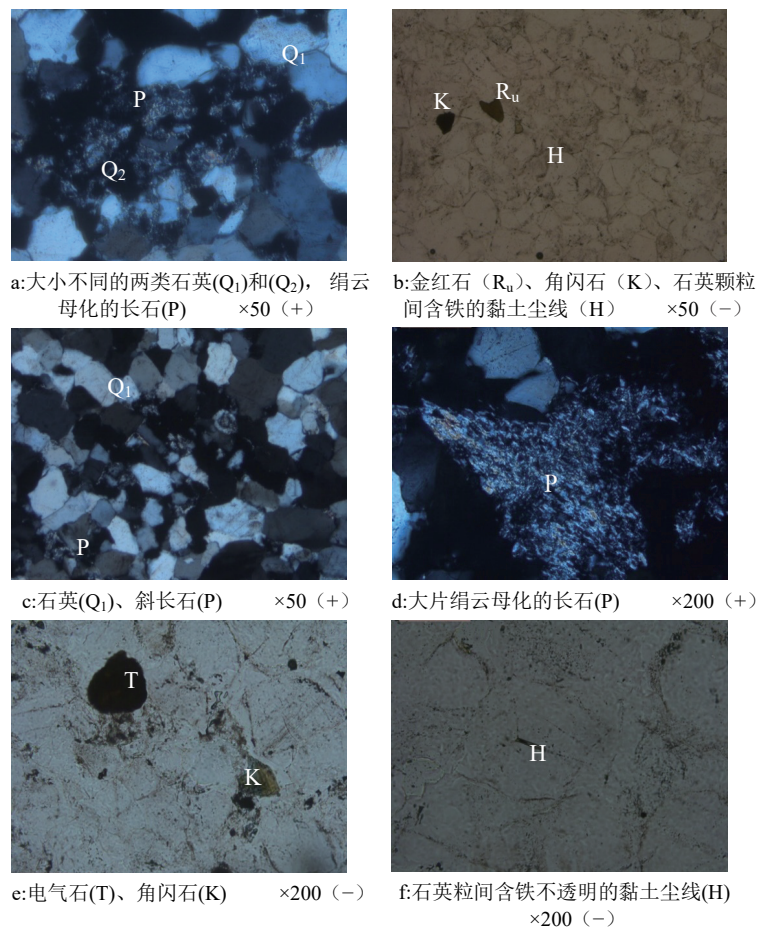


图 3 HB 试样的偏光显微镜照片((a)~(f))(Q—石英、H—赤褐铁矿、S—绢云母、Z—锆石、K—角闪石、P—长石、R_u—金红石)

Fig. 3 Polarizing microscope photos of HB samples ((a)~(d))(Q—Quartz, H—Hematite, S—sericite, Z—zircon, M—muscovite, K—amphibole, P—feldspar, R_u—Rutile)

试样中含有一部分长石与绢云母化的长石。这解释了为什么在浮选云母时 GS 试样的尾矿产率为 3.83%，高于 HB 试样的 0.87% 的尾矿产率；在浮选长石过程中 HB 试样的浮选尾矿产率为 6.71%，高于 GS 试样的 4.69%。由于 Al 赋存于长石中，而 HB 试样中长石含量很高，浮选时大量长石被浮出，所以 HB 试样 SiO₂ 含量提升明显。同时由于 HB 试样中石英颗粒表面更多沾染，夹杂着许多不透明含 Fe 的黏土尘线，以及含量 5% 左右的绢云母化的长石中赋存着较多 Fe 杂质，这些 Fe 可以通过浮选方法去除^[11]，使得 HB 试样浮选除铁率好于 GS 试样，这均与 2.1.2 小节中结果相吻合。但由于二者本身的嵌布粒度较细，且大量 Fe 赋存于细粒级石英集合体裂隙中，在 -0.6+0.1 mm 粒级内难以通过浮选方法去除，致使两产地的石英岩矿浮选除铁效果均不佳。

GS 试样中细粒级石英集合体更多，其裂隙间的杂质也更多，这解释了为什么经过酸浸后，GS 试样的除铁率要明显优于 HB 试样，在加入 HF 后更是如此，HF 溶解掉部分石英，让裂隙中的绢云母等杂质更好地暴露出来。从而通过浸出将其除掉^[12]。而浮选对酸

浸提纯效果并无影响是由于试样中存在的连生体在酸浸的过程中发生分离，能通过浮选选别的脉石矿物在酸浸时一样能很好地去除。

3 结论

(1) GS 试样与 HB 试样均可通过破碎—筛分—磨矿—磁选—酸浸的工艺流程分别得到 SiO₂ 含量 99.68%、99.65%，Fe₂O₃ 含量为 58.62 μg/g(GS)和 79.46 μg/g(HB)的石英精矿，满足光伏玻璃用砂标准。其中 GS 试样在磁选、浮选工艺流程中的除铁率分别为 75.61% 和 10.37%，差于 HB 试样的 81.92% 和 17.41%；在酸浸工艺中除铁效果优于 HB 试样，最佳条件下除铁率为 86.74%。

(2) 两种试样的主要杂质均为 Al、Fe、K、Ti 等，但含量有所差异，GS 试样原矿含铁量更高，说明两者脉石矿物的种类和含量不同。GS 试样中绢云母的含量更高，而 HB 试样中则有着大量绢云母化的长石，GS 试样中石英颗粒的表面较为干净，HB 试样则较多沾染，夹杂着更多不透明的含铁黏土尘线。总体来说 HB 试样中 Fe 含量更低，且易通过磁选、浮选等方法

表 8 两种石英岩矿物组成及特征

Table 8 Mineral composition and characteristics of different quartzites

矿石种类	GS石英岩 (图2照片a~f)	HB石英岩 (图3照片a~f)
石英	无色、粒状、颗粒大小比较均匀, 含量>98%。少量的石英颗粒内部含矿物包裹体。可分为两类: (1) 石英为他形粒状, (2) 糜棱岩化的细颗粒的石英。细粒石英的粒间有杂质矿物, 这类石英粒度小于0.1mm。大多定向分布或切割早期的石英	无色, 不规则的粒状, 石英含量>94%。绝大部分石英颗粒内部干净, 少量颗粒内部含矿物包裹体和流体包裹体, 分为两类: (1) 石英的粒径在0.1~0.4 mm; (2) 细粒级的石英组成的石英的集合体, 细粒级石英粒度小于0.1 mm。其中GS试样细粒石英集合体含量比HB试样高
白云母 (绢云母)	无色、片状、条状、针状, 常分布于石英颗粒间, 有的围绕石英颗粒分布。片径最大0.033 mm、最小0.005 mm、一般0.008~0.020 mm, 含量在1.5%左右	无色, 片状, 绢云母片径分布在0.005~0.010 mm, 一般在0.015 mm左右, 含量1%左右
金红石	红褐色、粒状, 分布于石英颗粒间。有的金红石为细粒的集合体, 少量的针状金红石, 呈包裹体分布于石英颗粒内, 含量<0.04%	红褐色、粒状, 分布于石英颗粒间, 含量<0.04%
赤褐铁矿或含铁黏土	不透明, 线状分布于石英的粒间, 或成薄膜状分布于石英颗粒表面。一般小于0.005 mm, 含量<0.04%	不透明, 成薄膜状分布于石英颗粒表面, 含量<0.05%
长石	不含长石	长石为浅褐色, 板状, 可见聚片双晶, 绢云母化明显。粒径最大0.358 mm、最小0.07 mm, 一般0.1~0.3 mm, 含量5%左右
锆石	微量可见	微量可见
电气石	微量可见	微量可见, 多于GS样
角闪石	微量可见	微量可见
绿帘石	微量可见	不含绿帘石

表 9 不同石英岩主要杂质赋存状态

Table 9 Major impurities occurrence state of different quartzites

杂质种类	赋存状态
Al	主要赋存于绢云母 (白云母)、电气石中; 其中HB试样还赋存于长石、角闪石中; GS试样赋存于绿帘石中
Mg	主要赋存于电气石、绢云母中
Fe	主要赋存于赤褐铁矿、绢云母、电气石中; 其中HB试样还赋存于角闪石中, GS试样赋存于绿帘石中
Ca	HB试样主要赋存于长石中; GS试样主要赋存于绿帘石中
Ti	主要赋存于金红石中
K	主要赋存于绢云母 (白云母) 中, 其中HB试样还赋存于长石中

去除。

(3) 两产地的石英岩中石英均分为干净透明的石英和细粒级石英集合体两类, 集合体裂隙中赋存着大量的含铁杂质。GS 试样整体石英嵌布粒度虽较 HB 试样更粗, 但细粒级石英集合体更多, 这类集合体裂隙中的含铁杂质需要用酸浸出的方法去除。

总之针对不同产地的石英岩, 根据其化学成分、嵌布粒度、矿物组成以及赋存状态等差别, 应因矿制宜地选择合适的选矿方法, 来达到资源利用的最大化。

参考文献:

[1] 汪灵. 石英的矿床工业类型与应用特点[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(6): 39-47.
WANG L. Industrial types and application characteristics of quartz ore deposits[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2019, 39(6): 39-47.

[2] 欧阳静, 陈广, 梁力行, 等. 石英矿物资源的提纯及在战略性新兴产业中的应用技术分析[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(6): 35-45.
OUYANG J, CHEN G, LIANG L X, et al. Quartz mineral purification and application technology in strategic emerging industries[J].

Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(6): 35-45.

[3] 刘治. 河源断裂带石英岩矿成矿地质特征[J]. 能源与环保, 2021, 43(7): 137-139.
LIU Z. Geological characteristics of quartzite mineralization in Heyuan Fault Zone[J]. China Energy and Environmental Protection, 2021, 43(7): 137-139.

[4] 段树桐, 李佩悦. 湖北某地石英岩矿制备太阳能玻璃原料的关键技术研究[J]. 建材世界, 2012, 33(5): 51-54.
DUAN S T, LI P Y. Key technology research of quartz materials for solar glass prepared by quartzite ore in Hubei[J]. The World of Building Materials, 2012, 33(5): 51-54.

[5] 吴道, 孙红娟, 彭同江, 等. 优质石英岩作为高纯石英原料的提纯试验研究[J]. 非金属矿, 2017, 40(1): 68-70+74.
WU X, SUN H J, PENG T J, et al. Experimental research on purification of high grade quartzite as high purity quartz raw material[J]. Non-Metallic Mines, 2017, 40(1): 68-70+74.

[6] 肖亚雄, 冯其明. 弱酸性介质中长石和石英的浮选分离研究[J]. 矿产综合利用, 2017(4): 49-52.
XIAO Y X, FENG Q M. Flotation separation of feldspar from quartz under weak acidity medium[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017(4): 49-52.

[7] 王华庆, 张树光, 李江山. 石英砂永磁强磁选-酸浸提纯试验研究[J].

- 非金属矿, 2015, 38(3): 52–54.
WANG H Q, ZHANG S G, LI J S. Experimental research on silica sand purification by permanent strong magnetic separation and acid leaching[J]. Non-Metallic Mines, 2015, 38(3): 52–54.
- [8] 贺贤举, 管俊芳, 陈志强, 等. 安徽某地石英矿的工艺矿物学研究[J]. 硅酸盐通报, 2018, 37(8): 2543–2547+2554.
HE X J, GUAN J F, CHEN Z Q, et al. Study on process mineralogy of quartz ore in Anhui Province[J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2018, 37(8): 2543–2547+2554.
- [9] 杨凡燕, 李黎明, 李科, 等. 宁夏贺兰山石英砂岩工艺矿物学研究[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2020(1): 13–16.
YANG F Y, LI L M, LI K, et al. Study on process mineralogy of quartz sandstone in Helan Mountain of Ningxia[J]. China Non-Metallic Minerals Industry, 2020(1): 13–16.
- [10] 陆玉, 邵辉, 王康, 等. 河北某石英矿工艺矿物学与提纯研究[J]. 非金属矿, 2021, 44(6): 56–58.
LU Y, SHAO H, WANG K, et al. Process mineralogy and purification of a quartz ore in Hebei Province[J]. Non-Metallic Mines, 2021, 44(6): 56–58.
- [11] 李爱民. 我国石英与长石浮选分离的研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(6): 27–34.
LI A M. Research progress in flotation separation of quartz and feldspar in China[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(6): 27–34.
- [12] 莫非, 孙春宝, 邹安华, 等. 四川某石英砂除铁降钛提纯新工艺研究[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(2): 139–143.
MO F, SUN C B, ZOU A H, et al. Study on a new purification process of quartz sand in Sichuan Province by removing iron and titanium[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(2): 139–143.

Beneficiation Difference of Quartzite Mines in Two Places

LIU Menghao¹, GUAN Junfang^{1,2}, REN Zijie^{1,2}, GAO Huimin^{1,2}, LIU Zhi¹, TANG Tengwang¹, SHEN Yanxu¹

1. School of Resources and Environment Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, Hubei, China;

2. Hubei Key Laboratory of Mineral Resources Processing and Environment, Wuhan 430070, Hubei, China

Abstract: The quartz from Gansu (GS) and Hubei (HB), which were generated in different ore-forming conditions, were used for the comparative purification research by the same beneficiation process. The reasons for the different purification results were analyzed by XRF and Polarized Light Microscopy. The results showed that: (1) The products with SiO₂ content of 99.68%(GS), 99.65% (HB) and Fe₂O₃ content of 58.62 μg/g (GS) and 79.46 μg/g(HB) could be obtained respectively by crush–screen–grinding–magnetic separation–acid leaching process for the two samples, which could be used for photovoltaic glass production. (2) The iron removal rates of HB sample in the magnetic separation and flotation processes were 81.92% and 17.41% respectively, which were better than those of GS samples at 75.61% and 10.37%. Because the iron content of HB sample was lower than that of GS sample. What's more, for the HB sample, it had more free iron, and a larger amount of iron impurities were stored in sericite feldspar and clay minerals, which were easily removed by magnetic separation and flotation. (3) The iron removal rate of GS sample under the best acid leaching condition was 86.74%, which was better than 66.97% of HB sample. The reason was that the fine–grained quartz population in GS sample contain was bigger than that in HB sample, and a large number of iron–containing impurities such as white muscovite and sericite were endowed in the population fractures, which were more easily removed by the acid leaching process.

Keywords: quartz; purification; flotation; acid leaching; photovoltaic glass

引用格式: 刘孟浩, 管俊芳, 任子杰, 高惠民, 刘志, 唐腾望, 沈彦旭. 两地石英岩矿的选矿提纯差异研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(2): 99–105.

LIU Menghao, GUAN Junfang, REN Zijie, GAO Huimin, LIU Zhi, TANG Tengwang, SHEN Yanxu. Beneficiation difference of quartzite mines in two places[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(2): 99–105.