石英矿物资源的分离提纯及材料化应用

# 某矿区高纯石英化学深度提纯技术研究

马亚梦1,23,张海战1,23,谭秀民1,23,刘广学1,23,伊跃军1,23,刘磊1,23

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 450003;

3. 自然资源部高纯石英资源开发利用工程技术创新中心,河南郑州 450006

中图分类号:TD973<sup>\*</sup>.3 文献标识码:A 文章编号:1001-0076(2022)05-0022-06 DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.05.004

**摘要** 高纯石英具有耐高温、耐腐蚀、低热膨胀性、高度绝缘性和透光性等优异的物理化学性质,是诸多尖端领域的关键性基础材料。以河南某脉石英经物理提纯后的石英砂精矿为研究对象,开展了化学深度提纯试验研究,并考察了浸出前处理工艺对浸出效果的影响;基于不同用途对高纯石英粒度要求的差异,进一步探讨了石英粒度对化学提纯的影响。研究结果表明,在HF-HCl-HNO<sub>3</sub> 混酸体系中,浸出剂与石英液固比 3 : 1、浸出时间 6 h、浸出温度 60 ℃ 的条件下,得到了最好的浸出效果,高纯石英中杂质总量从 400.67 µg/g 降低至 248.87 µg/g,高纯石英纯度达 99.975%;试验确定了磨矿分级一色选一重选一磁选一浮选一煅烧一水淬一化学浸出工艺为该脉石英矿的最佳处理工艺;-0.42 mm 和-0.25 mm 石英砂精矿浸出后,平均粒径分别减少 0.09 mm 和 0.05 mm。高纯石英砂粒度越细,提纯效果越好,化学提纯前后粒度的分析能够有效地为前期磨矿提供指导性意义;由于矿物本身存在缺陷,其中的气液包裹体较多且存在于矿物晶格中的 Al、Ti杂质元素含量较高,该矿仅适合用于制备低端高纯石英砂,制备高端高纯石英砂需需寻找低气液包裹体和晶格杂质的高纯石英资源。

关键词 高纯石英;化学提纯;混合酸浸;脉石英

## 前言

高纯石英砂指 SiO<sub>2</sub> 含量大于 99.9% 的石英砂, 具 有耐高温、耐腐蚀、低热膨胀性、高度绝缘性和透光 性等优异的物理化学性质<sup>[13]</sup>。随着战略新兴产业的 兴起和发展, 高纯石英被广泛应用于光纤通信、太阳 能光伏、航空航天、电子及半导体等现代高新技术产 业<sup>[4]</sup>, 是新一代信息技术、新能源、节能环保等九大战 略性新兴产业的关键基础材料。

不同石英原料的矿石性质差异较大,提纯潜力受 矿石的化学成分、嵌布粒度特征、脉石矿物、包裹体 和晶格杂质等性质的影响<sup>[57]</sup>,提纯后各分项杂质元素 的含量要求根据所制备的高纯石英制品用途不同而 各异,总体趋势是杂质元素的含量越低越好。石英中 主要的杂质元素有 Al、Fe、Ca、Mg、Li、Na、K、Ti、B、 H等,按赋存状态可分为孔隙矿物类杂质、流体包裹 体类杂质、类质同象类杂质<sup>[8-11]</sup>。高纯石英的提纯过程 具有原矿性质影响大、产品纯度和粒度要求高和提纯 过程易受污染的特点<sup>[11]</sup>,其提纯工艺主要分为物理提 纯和化学深度提纯,色选、磁选、浮选等物理分选可 去除几乎所有以单体形式存在的矿物杂质,但并不能 去除制约制备高纯石英产品的流体包裹体和晶格杂 质两个关键性因素,因此,制备高纯石英必须进行化 学深度提纯。

化学深度提纯中最核心的工艺是酸/碱浸出,而 酸/碱浸出中以氢氟酸为主浸剂酸的混合酸浸应用最 为广泛。本文选择河南某脉石英经物理提纯后的石 英砂精矿为研究对象,通过电镜、化学分析等手段,进 行了化学深度提纯试验研究,深入分析高纯石英化学 深度提纯工艺,为高纯石英中杂质矿物、元素的脱除 提供了研究基础,以期为我国高纯石英提纯技术提供 指导性建议。

## 1 试验部分

#### 1.1 试验原料

本次试验采用的原料为河南某脉石英矿经过不

收稿日期:2022-08-12

基金项目:中国地质调查项目(DD20221698)

作者简介:马亚梦(1986一),女,河南郑州人,助理研究员,硕士,主要从事矿产资源综合利用研究工作。

通信作者:刘广学(1976一),男,河北衡水人,高级工程师,从事矿产资源综合利用研究工作。

同物理分选的石英精矿。磨矿细度为-0.42 mm, 原料 1为重选--磁选--浮选获得的石英精矿, 原料 2 为色 选--重选--磁选--浮选获得的石英精矿, 原料 3 为重 选--磁选--煅烧水淬--浮选获得的石英精矿, 原料 4

表 1 试验原料 SiO<sub>2</sub> 含量和主要杂质元素含量 Table 1 SiO<sub>2</sub> content and main impurity element content of test raw materials

臣利	SiO <sub>2</sub>	Al	Са	Fe	K	Mg	Na	Ti	Li	杂质总量
尽 种	/%	/(µg·g <sup>-1</sup> )	$/(\mu g \cdot g^{-1})$	$/(\mu g \cdot g^{-1})$	/(µg·g <sup>-1</sup> )	/(µg·g <sup>-1</sup> )	/(µg·g <sup>-1</sup> )	$/(\mu g \cdot g^{-1})$	/(µg·g <sup>-1</sup> )	/(µg·g <sup>-1</sup> )
1	99.95	219.74	42.47	23.78	9.43	9.51	41.34	60.96	27.40	434.63
2	99.95	200.73	57.53	17.12	4.72	16.87	45.71	43.01	16.93	402.62
3	99.96	198.08	10.33	11.56	5.59	4.00	42.68	28.70	22.31	323.25
4	99.96	198.52	7.40	6.88	4.18	2.22	31.48	30.02	22.60	303.30
5	99.95	218.52	28.40	17.88	10.18	12.59	48.48	41.02	23.60	400.67

采用偏光显微镜片对处理前的石英原矿薄片进行了观测(见图1),部分石英颗粒呈透明状,包裹体较少,位于晶体与晶体间隙中;另有部分石英颗粒包裹

体含量较多,分布集中,呈群状分布,晶片呈浑浊,不 利于杂质的去除。

为色选---重选---磁选----煅烧水淬---浮选获得的石英

精矿。原料5磨矿细度为-0.25mm,原料5为色选--

重选一磁选一煅烧水淬一浮选获得的石英精矿。不

同石英精矿的化学分析结果如表1所示。



图1 原矿显微镜薄片

Fig. 1 Microscopic thin section of raw ore

鉴于高纯石英砂的主要杂质为长石、云母等硅酸盐矿物<sup>[12]</sup>,在开展高纯石英化学提纯前,针对浮选所得 长石、云母(主要成分检测结果如表2所示)开展初步 的试验研究,对比研究不同类型浸出剂对高纯石英中 特定组分的脱除效果,形成有效去除目标杂质的提纯 工艺。

表 2 钾长石、锂云母主要成分检测结果 /% Table 2 Test results of main components of potassium feldspar and lepidolite

名称	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$K_2O$	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
锂云母	19.48	0.42	6.26	2.7	61.9
钾长石	14.55	0.13	9.76	2.05	73.52

## 1.2 试验仪器与设备

化学分析利用中国地质科学院郑州矿产综合利

用研究所 ICP-MS 电感耦合等离子体质谱仪,包裹体特征利用 PL-180 偏光显微镜,样品粒度利用 MASTER-SIZER 2000 激光粒度仪进行分析测试。

## 2 结果与讨论

#### 2.1 浸出条件试验

#### 2.1.1 浸出剂种类的确定

选取浮选所得长石、云母开展浸出剂的选择研究, 对比不同类型浸出剂对高纯石英中长石和云母特定 组分脱除效果。

保持试验温度 80 ℃、浸出时间 4 h、搅拌速度 300 r/min、酸浓度 3 mol/L 的条件下,分别利用 HF、HCl、HNO,以及 HF-HCl-HNO, 混酸对比研究不同类

型浸出剂对高纯石英中特定组分(长石、云母)的脱除 效果,其去除率如图 2、图 3 所示。



图 2 不同类型浸出剂对长石的脱除效果 Fig. 2 Removal effects of different types of leaching agents on feldspar



图 3 不同失望反击剂对乙母的成体效未 Fig. 3 Removal effects of different types of leaching agents on mica

试验结果表明,HF、HCl、HNO,以及 HF-HCl-HNO, 混酸体系均对云母的浸出效果优于长石。这是 由于长石是由4个硅氧四面体结构组成环形链,拥有 致密的架状晶体结构,故浸出相对较难;而云母是单 斜晶系,结晶结构是两层硅氧四面体夹着一层铝氧八 面体构成的复式硅氧层,属层状结构,晶体强度要低 于长石。

通过 HF、HCl、HNO<sub>3</sub> 以及 HF-HCl-HNO<sub>3</sub> 混酸体 系的对比研究(图 2、图 3), 混酸体系对长石和云母的 浸出效果均最好。其中 HF-HCl-HNO<sub>3</sub> 混酸体系对云 母矿物中 Fe 的去除率最高, 达 94%; 其次 K 的去除率 达 82%; Al 的去除率为 68%, Na 的去除率最低为 35%。 故本试验采用混酸体系从石英砂精矿中脱除酸溶性 杂质组分。

## 2.1.2 浸出条件的确定

酸浸能够去除溶于酸的金属氧化物和部分硅酸盐矿物(长石、云母等)以及矿中易溶的 Al、Fe 等微量杂质。通过酸浸,在石英颗粒表面的 Me-O键(Me 表示金属元素)、石英晶格表面亲水的 Si-O键、以 及焙烧—水淬形成的裂缝处新鲜断面等活性位点,能 迅速吸附-OH 形成活性位点,从而吸附大量混合酸 中 HF 分子、H<sup>\*</sup>,并发生化学反应,置换金属离子裂解 Me-O键,使石英表面杂质得以去除。试验采用原 料 5 分别对影响化学浸出的三个主要因素液固比(酸 溶液质量/石英精矿质量)、浸出时间和温度进行试验。

(1)液固比

保持试验温度 80℃、浸出时间 4 h、搅拌速度 300 r/min 的条件下,研究不同液固比对化学浸出的影 响,浸出后 Al、Ca、Fe、K、Mg、Na、Ti 及 Li 杂质元素 的总量如图 4 所示。



图 4 液固比对杂质元素的脱除效果 Fig. 4 Removal effect of liquid-solid ratio on impurity elements

在试验操作过程中,液固比为1:1、2:1时,液 体不能完全浸透物料,呈现糊状,反应不能完全进行, 试验过程中,液固比为1:1时,长时间的搅拌导致液 体挥发,聚四氟乙烯搅拌转子出现磨损;液固比≥ 3:1时,粉料与液体能够完全混合、浸润,反应充分 完全,除杂效果好。试验结果表明,液固比≥3:1之 后,液固比的增加对化学浸出的影响趋于平缓,故选 取3:1作为化学浸出的最终液固比。

(2)浸出时间

保持试验温度 80 ℃、液固比 3:1、搅拌速度 300 r/min 的条件下,研究不同浸出时间对化学浸出的 影响,浸出后 Al、Ca、Fe、K、Mg、Na、Ti 及 Li 杂质元 素的总量如图 5 所示。

试验结果表明:随着化学浸出时间的增加,杂质含量逐渐减少,浸出效果越好。在0~6h时,杂质总量减少较多,浸出效果显著;6~8h后,杂质含量虽有减少,但是减少效果趋于平缓,故选取6h作为化学浸出的最终浸出时间。

(3)温度



图 5 浸出时间对杂质元素的脱除效果 Fig. 5 The removal effect of leaching time on impurity elements

保持试验浸出时间 8 h、液固比 3:1、搅拌速度 300 r/min 的条件下,研究不同浸出温度比对化学浸出 的影响,浸出后 Al、Ca、Fe、K、Mg、Na、Ti 及 Li 杂质 元素的总量如图 6 所示。

试验结果表明,随着温度的升高,杂质总量逐渐 降低。在 0~60 ℃,浸出杂质总量减少较多,浸出 效果显著;60~80 ℃,杂质含量所有减少,但是减少效 果趋于平缓,故选取 60 ℃ 作为化学浸出的最终浸出 温度。

最终,浸出的最佳工艺条件为HF-HCl-HNO,混酸体系,液固比3:1,浸出时间6h、浸出温度60℃,此工艺条件下获得高纯石英杂质含量如表3所示。

化学提纯能够有效地降低高纯石英砂中的杂质 元素,但由于Ti含量较高,Ti在高纯石英资源中一般 以金红石、锐钛矿存在,Ti-O键键能(12058 kJ/mol) 与Si-O键键能(10312~13146 kJ/mol)接近<sup>[13-15]</sup>,在化 学深度提纯阶段,基本上不能够去除;同时气液包裹 体含量较多,部分Al元素存在于晶格当中,这部分杂



Table 4 Influence of flotation process on removal of main impurity elements



图6 温度对杂质元素的脱除效果

Fig. 6 Removal effect of temperature on impurity elements

质不易去除,需进一步采用高温高压、氯化焙烧等进 行试验研究。

**表 3** 最佳工艺条件下高纯石英杂质含量 /(μg·g<sup>-1</sup>) **Table 3** Influence of flotation process on removal of main impurity elements

杂质元素	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti	Li	总量
含量	147.68	5.66	5.11	1.18	0.84	22.34	45.5	20.56	248.87

### 2.2 浸出前处理工艺对浸出效果的影响

原石英砂一般经过磨矿、重选、磁选、浮选、浸 出等联合工艺获得高纯石英,浸出前的处理工艺对浸 出效果的影响较大,因此为了获得最佳的浸出效果, 试验中保持最优化学提纯工艺条件相同:HF-HCl-HNO<sub>3</sub> 混酸体系、液固比 3:1、浸出时间 6 h、浸出温 度 60 ℃,对原料 1~4 进行化学浸出,研究色选、煅烧 水淬对后续化学提纯的影响,试验结果见表 4。

 $/(\mu g \cdot g^{-1})$ 

		-								_
杂质元素	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti	Li	总量	
原料1	164.39	7.43	3.27	1.31	2.05	29.33	49.75	22.24	279.77	
原料2	164.72	6.8	4.61	1.1	0.89	23.79	51.19	22.12	275.22	
原料3	150.40	7.35	6.39	1.48	2.12	28.72	45.85	21.39	263.70	
原料4	147.68	5.66	5.11	1.18	0.84	22.34	45.5	20.56	248.87	

试验结果表明,增加色选和煅烧水淬工艺后再化 学浸出,高纯石英中的杂质含量均有所降低,其中增 加煅烧水淬工艺对高纯石英中杂质的去除效果要优 于色选。这种现象产生的原因,有可能是因为通过煅 烧使石英晶体表面创造晶体缺陷和高能区并使气液 包裹体气化膨胀,再利用水淬使膨胀的气液包裹体瞬 时爆裂,颗粒表面产生大量裂纹和蚀坑,使得填隙类 金属杂质暴露,从而增加杂质与酸接触的概率,提高 杂质去除率。同时,高温煅烧过程能除掉某些挥发性 杂质以及精矿中残留的浮选剂。色选是根据物料光 学特性的差异,将石英矿物中异色颗粒分拣出来,有助 于高纯石英砂的进一步提纯。因此,针对该脉石英矿, 本文最终确定的最佳工艺为磨矿分级一色选一重选一 磁选—浮选—煅烧水淬—化学浸出全流程深度提纯。

## 2.3 粒度对浸出的影响

粒度和粒度分布是直接影响高纯石英砂均衡熔 化的重要因素和降低石英玻璃缺陷的物料控制指 标<sup>116]</sup>。不同用途的高纯石英砂对石英粒度有不同的要 求<sup>117]</sup>:连熔石英,主要粒径范围 0.12~0.27 mm;太阳能 电弧坩埚,主要粒径范围 0.11~0.25 mm;气炼石英砣, 主要粒径范围 0.096~0.18 mm。在提纯过程中,经物

表 5 石英精矿和化学提纯后石英砂的粒度分析

Table 5 Particle size analysis of quartz concentrate and chemically purified quartz sand

批次	磨矿 粒度/mm	磨矿     石英精矿       磨矿     粒度/mm					经化4 石英	化学提纯后		
		<i>d</i> (0.1)	<i>d</i> (0.5)	<i>d</i> (0.9)	平均粒径	<i>d</i> (0.1)	d(0.5)	d(0.9)	平均粒径	- 示页百重/(µg·g )
1	-0.42	0.11	0.26	0.42	0.30	0.10	0.19	0.34	0.21	270.54
2	-0.25	0.10	0.18	0.25	0.20	0.09	0.14	0.19	0.15	248.87

试验结果表明,经化学提纯后,石英粒径变细,磨 矿粒度-0.42 mm时,平均粒径减少0.09 mm,磨矿粒度 -0.25 mm时,平均粒径减少0.05 mm。磨矿粒度为 -0.42 mm时,提纯后高纯石英粒度适合用于连熔石英 和太阳能电弧坩埚;磨矿粒度为-0.25 mm时,提纯后 高纯石英粒度适合用于气炼石英砣。

在最佳浸出工艺条件下,分别对磨矿粒度为-0.42 mm和-0.25 mm的原料进行全流程提纯工艺,最终得到的高纯石英含量分别为99.972%和99.975%。

## 3 结论

(1)通过浸出条件试验,形成了有效降低杂质的 化学深度提纯优化工艺,最佳工艺条件为 HF-HCl-HNO<sub>3</sub> 混酸体系、液固比 3:1、浸出时间 6 h、浸出温 度 60℃,最佳工艺条件下高纯石英杂质含量 248.87 µg/g。

(2)化学深度提纯前处理工艺色选和煅烧水淬均 能够有效地降低杂质总量,其中煅烧水淬对杂质的去 除效果要优于色选,最终形成了磨矿分级—色选—重 选—磁选—浮选—煅烧—水淬—浸出的全流程优化 提纯工艺,该工艺流程简单,易于操作。

(3)不同用途的高纯石英砂对石英粒度有不同的 要求,化学提纯前后石英粒度平均减少0.05~0.09 mm, 高纯石英砂粒度越细,提纯效果越好,在最佳浸出条 件下,磨矿粒度为-0.42 mm 和-0.25 mm 的原料,经全 流程提纯工艺,高纯石英含量分别为99.972%和 99.975%。化学提纯前后粒度的分析能够有效地为前 期磨矿提供指导性意义。

(4)矿物本身存在缺陷,其气液包裹体较多且存 在于晶格中的 Al、Ti杂质元素含量较高,杂质相对较 难去除,制约了该矿物在化学深度提纯阶段的进一步 提纯,该矿物仅适合用于制备低端高纯石英砂,下一 步需寻找低气液包裹体和晶格杂质的高纯石英资源。

#### 参考文献:

[1] HAUS R, PRINZ S, PRIESS C. Assessment of high purity quartz resources [M]. 2012: 29-51.

理分选和化学提纯后高纯石英的粒度是变化的,因此

粒度的石英精矿(原料4和原料5),保持化学提纯工

艺条件相同: HF-HCl-HNO3 混酸体系、液固比3:1、

浸出时间6h、浸出温度60℃,研究化学深度提纯前

后石英砂的粒度变化,为磨矿提供理论支撑。石英精

矿和化学提纯后石英砂的粒度分析如表5所示。

利用不同磨矿细度、相同处理工艺获得两个不同

对比研究试验过程中粒度的变化是十分必要的。

[2] 申士富.高纯石英砂研究与生产现状[J].中国非金属矿工业导刊, 2006(5):13-16.

SHEN S F. Research and production status of high purity quartz sand[J]. China Nonmetallic Mineral Industry Journal, 2006(5): 13–16.

- [3] 汪灵, 党陈萍, 李彩侠, 等. 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.
   WANG L, DANG C P, LI C M, et al. Current status and development prospects of high-purity quartz technology in China[J]. Geological Foreground, 2014, 21(5): 267-273.
- [4] PLATIAS S, VATALIS K I, CHARALABIDIS G. Innovative Processing Techniques for the Production of a Critical Raw Material the High Purity Quartz[J]. Procedia Economics and Finance, 2013, 5: 597–604.
- [5] 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 of deposits and application characteristics of quartz[J]. Mineral Conservation and Utilization, 2019, 39(6): 39-47.
- [6] 王九一. 全球高纯石英原料矿的资源分布与开发现状[J]. 岩石矿 物学杂志, 2021, 40(1): 131-141.
   WANG J Y. Global resource distribution and development status of high purity quartz raw material ores[J]. Journal of Petrographic Mineralogy, 2021, 40(1): 131-141.
- [7] 焦丽香. 我国脉石英资源开发利用现状及供需分析[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2019(2): 11-14.
   JIAO L X. Analysis of the current situation and supply and demand of China's vein quartz resources development and utilization[J]. China Nonmetallic Mining Industry Journal, 2019(2): 11-14.
- [8] 田金星. 高纯石英砂的提纯工艺研究[J]. 中国矿业, 1999(3): 59-62.
   TIAN J X. Research on the purification process of high purity quartz sand[J]. China Mining Industry, 1999(3): 59-62.
- [9] 牛福生, 倪文. 高纯石英砂选矿提纯试验研究[J]. 中国矿业, 2004, 13(6): 57-59.

NIU F S, NI W. Experimental study on purification of high purity quartz sand beneficiation [J]. China Mining, 2004, 13(6): 57–59.

[10] 李肖, 徐彪, 胡敏捷, 等. 本溪某铁尾矿制备高纯石英砂试验[J].

现代矿业, 2018, 34(4): 106-108+114.

LI X, XU B, HU M J, CHEN X N. Experiment on the preparation of high-purity quartz sand from an iron tailings in Benxi[J]. Modern Mining, 2018, 34(4): 106–108+114.

[11] 周永恒.高纯度石英的酸浸实验研究[J].矿物岩石,2005(3): 23-26.

ZHOU Y H. Experimental study on the acid leaching of high-purity quartz[J]. Mineral Rocks, 2005(3): 23-26.

- [12] 刘泽伟, 邹玄, 赵阳, 等. 某石英砂矿制取高纯石英工艺研究[J].
   矿产综合利用, 2020(4): 111-115.
   LIU Z W, ZOU X, ZHAO Y, LI L Y. Study on the process of high purity quartz production from a quartz sand mine[J]. Mineral Comprehensive Utilization, 2020(4): 111-115.
- [13] DALMARTELLO E, BERNARDIS S, LARSEN R B, et al. Electrical fragmentation as anovel route for there finement of quartz raw materials for trace mineral impurities[J]. Powder Technology, 2012, 224: 209–216.

- [14] KOVALCHUK B M, KHARLOV A V, VIZIR V A, et al. High-voltage pulsed generator for dynamic fragmentation of rocks[J]. Review of Scientific Instruments, 2010, 81(10): 103506–103506-7.
- [15] KLINE W E, FOGLER H S. Dissolution of silicate minerals by hydrofluoric acid[J]. Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, 1981, 20(2): 155–161.
- [16] 石斌,刘岫峰,张佩聪,等.高纯石英砂粒度分析与粒度评价体系研究[J].矿物岩石,2013,33(1):16-21.
  SHI B, LIU X F, ZHANG P C, LI J F, DENG M, YANG L. Research on particle size analysis and particle size evaluation system of high purity quartz sand[J]. Mineral Rocks, 2013, 33(1): 16-21.
- [17] 胡修权,李桂玲,等. 石英玻璃用原料硅石粉体的晶形及粒度分 布控制[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2007(4): 41-43.
  HU X Q, LI G L, SUN M, CAO H H. Control of crystal shape and particle size distribution of silica powder as raw material for quartz glass[J]. China Journal of Nonmetallic Mining Industry, 2007(4): 41-43.

## **Research on Chemical Deep Purification Technology of High-purity Quartz in a Mining Area**

MA Yameng<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Haiqi<sup>1,2,3</sup>, TAN Xiumin<sup>1,2,3</sup>, LIU Guangxue<sup>1,2,3</sup>, YI Yuejun<sup>1,2,3</sup>, LIU Lei<sup>1,2,3</sup>

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

2. National Engineering Center for Multipurpose Utilization of Non-Metallic Mineral Resources, Zhengzhou 450006, Henan, China;

3. Engineering Technology Innovation Center for Development and Utilization of High Purity Quartz, Ministry of Natural Resources, Zhengzhou 450006, China

**Abstract:** High-purity quartz has excellent physicochemical properties such as high temperature resistance, corrosion resistance, low thermal expansion, high insulation and light transmission, and is a key basic material for many cutting-edge fields. The experimental study of chemical depth purification was carried out on quartz sand concentrate after physical purification of a vein quartz in Henan Province, and the effect of leaching pretreatment process on the leaching effect was investigated; based on the difference of particle size requirements of high-purity quartz for different applications, the effect of chemical purification on quartz particle size was further explored. The results showed that under the optimal leaching conditions of HF-HCI- HNO<sub>3</sub> mixed acid system, liquid-solid ratio of 3 : 1, leaching time of 6h and leaching temperature of 60 °C, the impurity content in high-purity quartz was reduced from 359.67 µg/g to 248.87 µg/g, and the purity of high-purity quartz reached 99.975%; the grinding classification-reconcentration-magnetic separation-flotation-calcination-water quenching-leaching process was determined The finer the particle size of high-purity quartz sand, the better the purification effect, and the analysis of the particle size before and after chemical purification can effectively provide guidance for the pre-grinding; due to the defects of the mineral itself, its gas-liquid inclusions are more and exist in the lattice. The mineral is only suitable for the preparation of low end high purity quartz sand due to the defects of the mineral, which has more gas-liquid inclusions and high content of Al and Ti impurities in the lattice.

Keywords: high-purity quartz; chemical purification; mixed acid leaching; vein quartz

引用格式:马亚梦,张海啟,谭秀民,刘广学,伊跃军,刘磊.某矿区高纯石英化学深度提纯技术研究[J].矿产保护与利用,2022,42(5):22-27. MA Yameng, ZHANG Haiqi, TAN Xiumin, LIU Guangxue, YI Yuejun, LIU Lei. Research on chemical deep purification technology of high-purity quartz in a mining area[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(5): 22-27.

投稿网址: http://hcbh.cbpt.cnki.net

E-mail: kcbh@chinajoumal.net.cn