

新疆阿尔泰伟晶岩型高纯石英矿床地质特征及 4N8 级产品制备技术

张海啟^{1,2,3}, 谭秀民^{1,2,3}, 马亚梦^{1,2,3}, 陈丛林⁴, 张生辉⁴, 王利⁴, 刘磊^{1,2,3}, 朱黎宽^{1,2,3}, 郭理想^{1,2,3}, 张宏丽^{1,2,3}, 刘广学^{1,2,3}

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;
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;
4. 中国地质调查局, 北京 100037

中图分类号: P619.23³; TD973³.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2022)05-0001-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.05.001

摘要 我国高纯石英资源的国产化自主供给迫在眉睫。以新疆阿尔泰某地区伟晶岩为研究对象, 在类比国外典型高纯石英资源地质背景、岩石学、矿物学和地球化学特征的基础上, 对重点脉体开展高纯石英调查研究。这些伟晶岩型高纯石英脉体赋存于琼库尔地地震旦系一下寒武统喀纳斯岩群中, 矿石类型为白云母伟晶岩型, 其主要矿物组成为石英、钾长石、斜长石、白云母和少量黑云母。石英颗粒粒径介于 0.3~4 mm, 部分石英颗粒包裹于长石内部。石英颗粒中包含流体包裹体的非纯净颗粒含量较多, 颗粒内流体包裹体主要呈面状分布, 尺寸较小, 多在 10 μm 以下, 类型以富液相气液两相包裹体为主。依据矿石组成特征, 研发了矿物精细浮选分离除杂技术, 实现了石英矿物与其他中微细粒脉石矿物的高效分离。在此基础上, 采用杂质定向去除技术, 进一步去除石英矿物中晶间杂质和包裹体杂质, 成功制备了 SiO_2 纯度达到 99.998 3% 的 4N8 级高端高纯石英砂。该研究为我国伟晶岩型高纯石英资源的找矿突破指出了方向, 可有力地支撑服务我国战略性新兴产业关键资源材料的安全供给。

关键词 伟晶岩型; 高纯石英; 石英矿床; 4N8 级产品; 深度提纯; 阿尔泰

前言

高纯石英作为半导体、光纤、光伏、光学、电光源等产业不可或缺且无法替代的重要功能性材料, 是世界稀缺、我国短缺的战略性资源。我国是全球最大的高纯石英工业原料进口国, 每年进口 4N 级及以上高纯石英原料 14.45 万 t, 约占全球总进口量(20.54 万 t) 的 70%^[1], 4N8 级以上高端高纯石英原料主要依赖美国进口。因此, 加快高纯石英资源的国产化自主供给迫在眉睫。

近年来, 伟晶岩型石英资源以其规模大、杂质少、品质稳定、流体包裹体含量低等优点, 成为我国寻找高纯石英资源的新方向^[2-3]。我国新疆阿尔泰地区是世界闻名的花岗伟晶岩集中区, 在长 413 km、宽 20~60 km 的变质岩带内, 出露各类花岗伟晶岩脉数

万条, 形成十余个伟晶岩密集区^[4], 具有伟晶岩型高纯石英资源的禀赋条件。陈培荣等通过对比该区域与美国 Spruce Pine 地区花岗伟晶岩在地质背景、矿物学、岩石学和地球化学方面的特征差异, 认为阿尔泰地区具有寻找高纯石英的前景^[5-6]。

不同石英原料的提纯潜力受矿石的化学成分、嵌布粒度、脉石矿物、包裹体和晶格杂质等性质的影响^[7-9], 提纯后对各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不同, 总体要求是杂质元素的含量越低越好。高纯石英的提纯工艺主要包括物理提纯和化学深度提纯, 色选、磁选、浮选等物理分选几乎可以去除所有以单体形式存在的脉石矿物, 得到 SiO_2 含量为 99.3%~99.9% 的石英, 而要获得更高纯度的石英, 则需进行化学提纯。化学深度提纯主要包括酸(碱、盐)处理法和热处理法, 主要去除以包裹体形式

收稿日期: 2022-09-28

基金项目: 中国地质调查项目(DD20221698)

作者简介: 张海啟(1967—), 男, 山东费县人, 正高级工程师, 博士, 主要从事矿产地质调查和矿产资源综合利用研究工作。

通信作者: 马亚梦(1986—), 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。

存在于石英砂颗粒表面或镶嵌于颗粒中的杂质,以获得高纯石英砂。

作者在系统收集、整理已有资料的基础上,经过对比国外伟晶岩型高纯石英资源特征,选择新疆阿尔泰地区为重点研究区域。系统性开展了典型伟晶岩脉体调查和样品优选工作,基于样品的野外识别技术,进行了潜力样品的采样;通过工艺矿物学评价,查明了重点脉体的矿物组成和流体包裹体赋存特征;选择代表性潜力样品进行提纯技术研究,并判定区域高纯石英的可制备性。

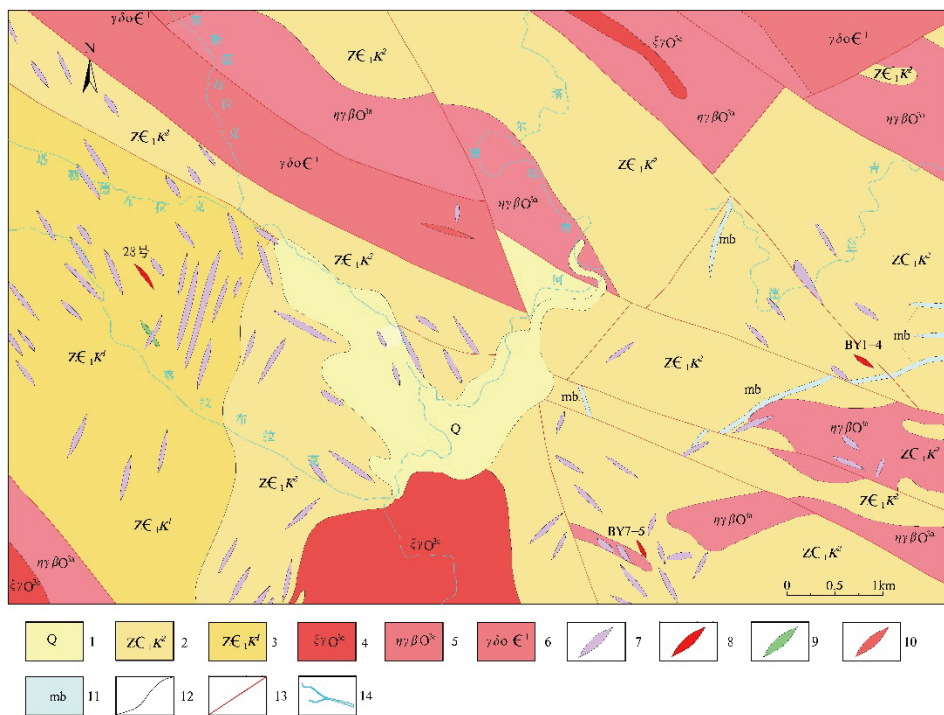
1 地质背景与矿床特征

1.1 地质背景

矿区位于新疆阿尔泰造山带琼库尔地体,北以阿巴宫-库尔提断裂为界,南以特斯巴汗断裂为界^[10]。

区内出露地层主要为震旦系-下寒武统喀纳斯岩群,为一套半深海相类复理石建造夹少量中性火山岩(图1)。该岩群岩石组合以黑云斜长变粒岩与黑云斜长片麻岩互层为特征。该岩群分为3个亚组,区内主要分布第一亚组和第二亚组。喀纳斯岩群第一亚组岩性为灰色(石榴硅线)黑云斜长变粒岩夹黑云石英片岩、含十字矽线黑云片岩、斜长角闪岩及少量浅粒岩等。第二亚组岩性为灰色黑云斜长变粒岩与黑云斜长片麻岩互层,夹黑云石英片岩及少量斜长角闪岩、浅粒岩、石英岩、大理岩、变质长石石英砂岩等。

区内侵入岩发育,呈岩基状产出,主要有早寒武世变质中细粒英云闪长岩,晚奥陶世变质中细粒黑云母二长花岗岩和正长花岗岩等。早寒武世变质中细粒英云闪长岩呈岩株、岩枝状产出,被晚奥陶世混源序列岩体侵入。变质中细粒英云闪长岩与喀纳斯群的接触带上可见矽卡岩化、褐铁矿化、大理岩化等蚀变现象。



1—第四系冲洪积物; 2—喀纳斯岩群第二亚组; 3—喀纳斯岩群第一亚组; 4—正长花岗岩; 5—黑云母二长花岗岩; 6—英云闪长岩; 7—伟晶岩脉; 8—矿体; 9—辉长岩脉; 10—正长花岗岩脉; 11—大理岩; 12—地质界线; 13—断层; 14—河流

图1 阿尔泰某伟晶岩型高纯石英矿区地质简图

Fig. 1 Geological map of pegmatite-type high-purity quartz deposit in Altai

区内伟晶岩脉广泛分布,脉体多数呈北西向展布,少量呈北东向。脉体规模不等,宽2~140 m、长100~1 600 m。伟晶岩脉体结构简单,一般无明显的伟晶岩结构分带,伟晶岩矿物成分主要为钠长石、钾长石、石英、白云母、黑云母、石榴子石等。区域伟晶岩脉的形成时代为晚二叠世-早三叠世,与区域侵入岩无成

因联系,是地壳物质小部分熔融的产物^[11]。

区内伟晶岩分布受北西向断裂及其次级断裂控制。较大规模的断裂有克什坎拜萨依断裂、塔尔拉乌断裂和赛肯布拉克沟断裂等。

区内无稀有金属矿点,矿产主要有铜、砂金、白云母、石灰岩、芒硝、岩盐、石膏等矿产。

1.2 矿体及矿石特征

矿体为灰白色白云母钠长伟晶岩,长约120 m、宽14~25 m,走向北西—南东向。矿体赋存于震旦系—下寒武统喀纳斯岩群中,矿体无明显伟晶岩结构分带,矿物组成主要为钾长石、斜长石、石英、白云母,少量黑云母、石榴子石。钾长石呈浅肉红色,半自形粒状,粒径0.1~2 cm;斜长石呈浅灰白色,半自形板状,粒径0.2~3 cm;石英呈无色透明,他形粒状,粒径多为0.2~1.5 cm;白云母呈白色,片状,片径0.5~6 cm;黑云母呈黑色片状、厚层状,片径(1~5) mm×(2~10) mm;局部含少量石榴子石,呈浅褐红色,粒状,粒径1~5 mm。

2 样品采集、筛选及测试方法

在全面梳理区域伟晶岩岩脉分布、规模、类型等特征和初步建立的高纯石英野外识别标志基础上,通过一般性面上路线调查研究,采集区内代表性样品;利用石英矿物透明度、交代关系和风化程度的差异,通过便携电子显微照相技术对高纯石英样品快速野外初步筛选,选择代表性样品开展工艺矿物学研究,查明主要矿物的嵌布特性,精准获取代表性矿物特征。最后,筛选潜力样品进行深度提纯研究。

工艺矿物学研究利用 ZEISS Axioskop 40 光学显微镜对样品薄片进行观察鉴定,查明样品中的矿物种类、相对含量、结构构造及嵌布特征;采用 Olympus

SZ61 双目体视显微镜人工挑选石英单矿物,制备油浸片,在 ZEISS Axioskop 40 光学显微镜下观察石英矿物颗粒中的流体包裹体发育情况,查明流体包裹体的空间分布特征、尺寸及类型。

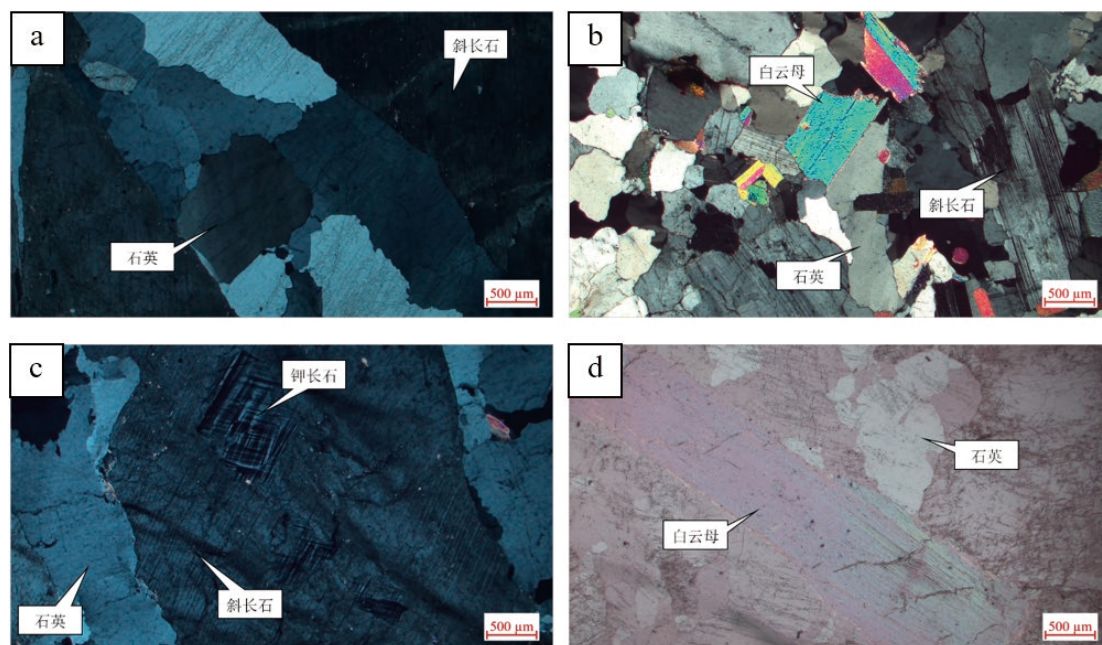
高纯石英产品选冶流程样品采用电感耦合等离子体发射光谱法进行杂质元素含量测定:即称取1.000 0~2.000 0 g在105~110℃温度下烘干的高纯石英选冶流程样品于30 mL聚四氟乙烯烧杯中,采用氢氟酸-硝酸-多元醇溶解体系于高温电热板上加热冒烟,赶尽酸试剂;取下冷却后加入少许水及1 mL硝酸,置于电热板上煮沸后取下,将样品溶液转移入50 mL全氟聚丙烯容量瓶,定容、摇匀。采用电感耦合等离子体发射光谱,在选定的仪器条件下测定待测Al、Ca、Fe、K、Mg、Na、Ti、B、Cr、Cu、Li、Mn、Ni、P及Zr等15项杂质元素。

3 工艺矿物学研究

3.1 矿物组成及嵌布特征

新疆阿尔泰伟晶岩型石英的主要矿物组成为石英(20%~25%)、斜长石(55%~60%)、钾长石(5%~10%)和白云母(1%~5%),此外还可见少量黑云母等。

石英单偏光下无色透明,部分颗粒内部裂纹发育;正交偏光下可见其呈他形粒状,多呈集合体形式产出,普遍可见波状消光(图2a),粒径总体介于0.3~4 mm。



a.石英可见波状消光,正交偏光;b.斜长石发育聚片双晶,白云母可见二级鲜艳干涉色,正交偏光;c.斜长石发育聚片双晶,局部发生绢云母化,颗粒内部包裹细小的钾长石,钾长石发育格子状双晶,正交偏光;d.白云母呈自形片状,多色性明显,单偏光

图2 样品显微特征

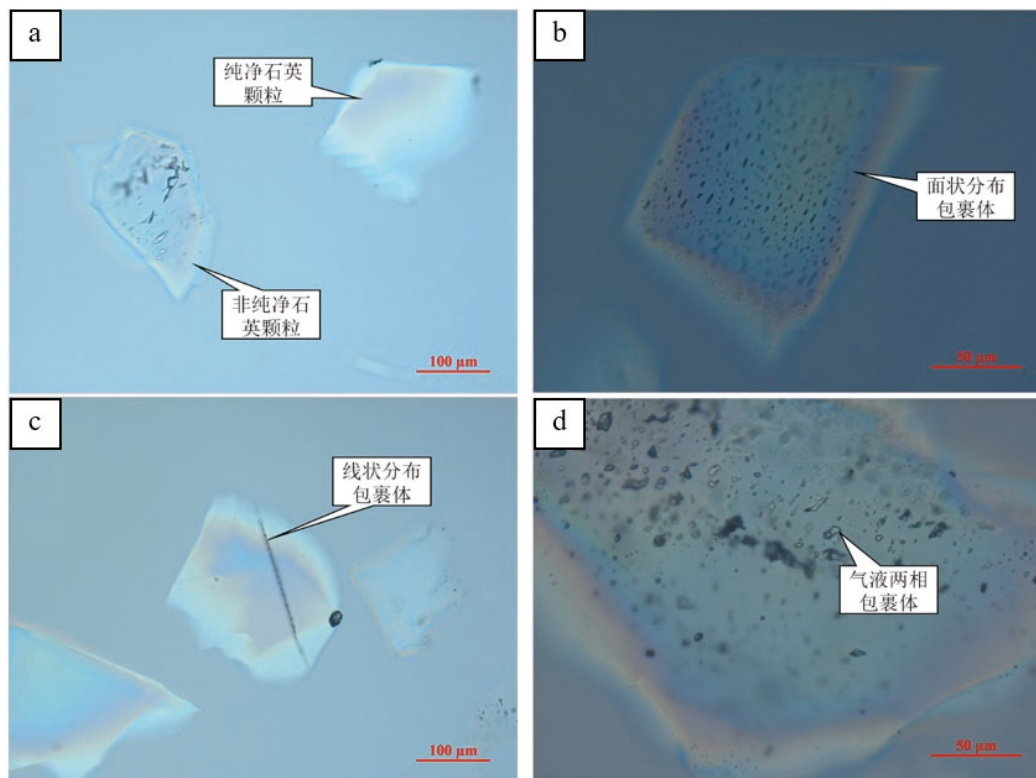
a. wavelike extinction in quartz, cross-polarized light; b. polysynthetic twins in plagioclase, the second bright interference color in muscovite, cross-polarized light; c. polysynthetic twin, sericitization, the small potassium feldspar in plagioclase, lattice twins in potassium feldspar, cross-polarized light; d. obvious polychroism in muscovite, plane-polarised light.

Fig. 2 Photomicrograph of samples

斜长石正交偏光下可见其呈半自形~他形板状结构,普遍发育聚片双晶(图 2b),部分颗粒内部包裹有细小的钾长石,局部可见其发生绢云母化(图 2c),粒径最大约 7 mm。钾长石正交偏光下可见其呈半自形~他形结构,普遍可见格子状双晶(图 2c),部分颗粒内部可见包裹有细小的石英颗粒,局部可见其发生绢云母化,粒径最大约 8 mm。白云母单偏光下呈无色或浅蓝色,多色性明显(图 2d),闪突起明显,片状晶形,一组极完全解理;正交偏光下可见二级鲜艳干涉色,近平行消光,多分布于石英和长石粒间,片径最大约 6 mm。黑云母单偏光下呈深褐色,吸收性明显,正中突起,片状晶形,一组极完全解理;正交偏光下近平行消光,片径普遍较小。

3.2 样品流体包裹体特征

利用光学显微镜观察发现石英颗粒可分为纯净颗粒和非纯净颗粒,其中纯净颗粒几乎不含流体包裹体和矿物包裹体等杂质,而非纯净的石英颗粒中主要包含流体包裹体(图 3a)。石英矿物中含有流体包裹体的非纯净颗粒含量相对较多。流体包裹体主要有呈面状分布(图 3b)和呈线状分布(图 3c)两类,两类包裹体的尺寸均较小,多数在 10 μm 以下,仅有个别面状分布的包裹体尺寸大于 10 μm 。类型多为富液相气液两相包裹体(见图 3d),此外还可见纯液相包裹体。线状分布包裹体尺寸普遍很小,不易分辨其包裹体类型^[12]。



a.几乎不含流体包裹体的纯净石英颗粒和包含流体包裹体的非纯净石英颗粒;b.呈面状发育的流体包裹体;c.呈线状发育的流体包裹体;d.富液相气液两相包裹体

图 3 石英中包裹体特征

a.pure quartz particles containing almost no fluid inclusions and impure quartz particles containing fluid inclusions; b.inclusions with the facial distribution; c.inclusions with the linear distribution; d.liquid rich gas-liquid two-phase inclusions.

Fig. 3 Characteristics of inclusions in quartz

4 4N8 级产品制备

4.1 试验方法

以往工作中,作者团队基于大量不同杂质类型、不同杂质含量的伟晶岩型石英高纯化评价,提出了包括矿石预处理、选矿深度除杂及化学深度提纯三个阶段的高纯石英深度提纯技术(图 4)。工艺矿物学研究

表明,矿石中含有较多的白云母,石英非纯净颗粒含量较多,流体包裹体较多。依据区域矿石特征,作者团队在前期提纯技术的基础上,进一步优化了高纯石英产品制备技术。

矿石预处理工艺流程为“选择性破碎—精细分级—粗粒预选”,使大块矿石沿不同矿物的结晶面进行解离并将合格粒级及时分离,防止过粉碎,实现了石英矿物的预富集,同时综合利用了长石、云母等矿物。

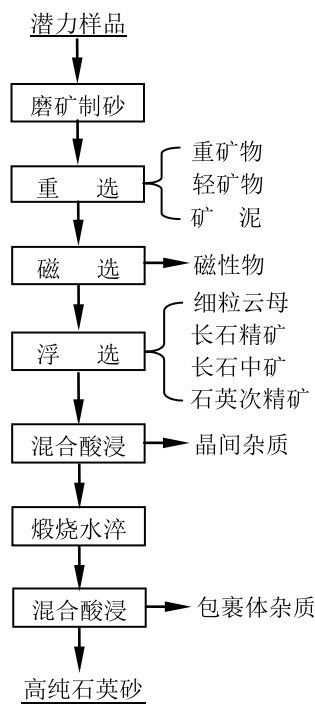


图 4 高纯石英深度提纯技术原则流程
Fig. 4 Principle process of high-purity quartz deep purification technology

选矿深度除杂工艺流程为“磨矿制砂—重选—磁选—浮选”,该工艺由绿色高效的物理选矿方法组成,可快速精准地完成伟晶岩型石英的选矿提纯,去除几乎全部单体解离的脉石矿物和绝大部分贫连生体。首先采用阶段棒磨配合泰勒标准筛完成磨矿制砂,按照一般高纯砂粒度要求控制分级粒度-0.425 mm;通过摇床重选获得摇重产品(赤褐铁矿、石榴子石、

电气石等)、摇中产品(石英)、摇轻产品(片状白云母)和矿泥产品;磁选采用周期式脉动高梯度磁选机完成,可最大限度地去除包括连生体在内的黑云母、破磨过程次生铁及细粒赤铁矿、褐铁矿等弱磁性杂质矿物;浮选采用 XFD_N型系列实验室单槽浮选机进行,主要分为云母浮选和长石浮选两个阶段,云母浮选采用硫酸调浆至 pH 值 3~5,十二胺作为捕收剂;长石浮选 pH 值控制在 2~3,以氢氟酸为长石活化剂,以胺类阳离子捕收剂和脂肪酸类阴离子捕收剂组合成混合捕收剂。

针对矿石特征,深度化学提纯工艺流程为“一段混合酸浸—煅烧水淬—二段混合酸浸”,一段混合酸浸主要采用混酸体系最大限度地去除矿物表面杂质和石英晶间杂质;煅烧水淬主要利用石英晶体缺陷和气泡包裹体的膨胀爆裂使颗粒表面形成大量裂纹,暴露出充填类杂质,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,能除掉挥发性杂质以及精矿中残留的浮选药剂;二段混合酸浸主要用于去除包裹体内杂质。为更好地去除表层附着的白云母和去除包裹体杂质,进一步研究了高纯石英定向除杂技术,利用不同的煅烧温度、白云母晶体结构和物性特征产生的变化,通过对煅烧温度的工艺优化,进一步进行化学深度提纯。

4.2 结果与讨论

经过物理除杂,去除了伟晶岩中脉石矿物包裹体和极微细脉石矿物连生体以外所有已充分解离和暴露的杂质矿物,获得了较为纯净的石英矿物颗粒,分析结果见表 1。

表 1 经物理深度除杂后主要杂质含量
Table 1 Main impurity elements content of samples after deep beneficiation de-impurity

杂质元素	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti	B	Cr	Cu	Li	Mn	Ni	P	Zr	合计
含量	101.44	26.60	22.08	12.43	3.87	49.77	3.29	0.65	2.86	0.04	0.10	0.48	0.00	9.02	1.20	233.83

由表 1 可知,物理除杂获得的粗精矿中杂质含量较高的是 Al、Na、Ca、Fe、K 五种杂质元素,其含量占杂质总量的 90.80%,是化学提纯的主要目标。物理除杂精矿中 SiO₂ 含量为 99.97%,即高纯化等级为 3N7,

因此,采用物理除杂工艺,该伟晶岩可制备出低端高纯石英产品。

石英粗精矿经过深度化学提纯后,有效去除高纯石英晶间杂质和大部分包裹体杂质,其分析结果见表 2。

表 2 经化学深度提纯后主要杂质含量
Table 2 Main impurity elements content of samples after chemical deep purification

试验条件	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti	B	Cr	Cu	Li	Mn	Ni	P	Zr	合计
深度化学提纯	13.23	2.69	0.63	0.98	0.42	1.70	3.07	0.38	0.02	0.02	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	23.35
工艺优化	11.41	0.35	0.28	0.00	0.00	0.76	3.07	0.22	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.03	0.00	16.31

由表 2 可知,石英精矿经深度化学提纯后,杂质总量为 23.35 μg/g,初步结果表明,新疆阿尔泰某地区伟晶岩型高纯石英具备制备高端高纯石英产品的潜

力。经过进一步试验改进优化,制备出伟晶岩型高纯石英产品 SiO₂ 含量达到 99.998 3%,产品纯度等级达到 4N8。高纯石英中各杂质元素的含量决定其高纯石

英的应用性能,根据前期企业调研和相关标准资料综合分析研究,影响高纯石英应用性能的6种关键杂质分别为Al、Ti、Ca、K、Na和Li,其含量($\mu\text{g/g}$)要求分别为 $\text{Al}<14$ 、 $\text{Ti}<4$ 、 $\text{Ca}<2$ 、 $\text{K}<1$ 、 $\text{Na}<1$ 、 $\text{Li}<1$,经对比,本研究制备的高纯石英产品6种关键杂质含量均满足企业制备坩埚相关要求,说明该地区伟晶岩型高纯石英资源可制备高端高纯石英产品,潜力巨大,亟需对其开展材料性能评价等更为详细的研究。

5 结论

新疆阿勒泰某地区伟晶岩型高纯石英资源赋存于震旦系-下寒武统喀纳斯岩群中,成矿时代为晚二叠世-早三叠世。矿石为灰白色白云母伟晶岩,矿物成分主要为钠长石、钾长石、石英、白云母,少量黑云母、石榴子石等。石英颗粒粒径大小不一,最大约4 mm,部分石英颗粒包裹于长石内部。石英矿物中含有流体包裹体的非纯净颗粒含量相对较多,其中流体包裹体主要呈面状分布,尺寸较小,多在 $10\ \mu\text{m}$ 以下,类型以富液相气液两相包裹体为主。

针对矿石特征,创新性地建立了配套的矿物精细浮选分离除杂技术体系,提出了原矿中微细粒矿物杂质的深度分离技术,而后基于杂质元素定向除杂技术,进一步去除石英矿物中晶间杂质和包裹体杂质,成功制备了4N8级高纯石英砂,表明该地区伟晶岩型高纯石英资源在纯度层面上可满足高端高纯石英产品要求,潜力巨大,亟需对其开展材料性能评价等更加详细的研究。该研究为我国高纯石英资源安全供给奠定了重要基础,可有力地支撑服务我国战略性新兴产业关键资源材料的安全供给。

参考文献:

- [1] 联合国商品贸易署 UN Comtrade [EB/OL]. (2020-07-08) [2020-08-15]. <https://comtrade.un.org/data/>.
UN Comtrade [EB/OL]. (2020-07-08) [2020-08-15]. <https://comtrade.un.org/data/>.
- [2] 从金瑶. 几种伟晶岩石英的矿石学特征及杂质去除工艺研究 [D]. 绵阳: 西南科技大学, 2019.
CONG J Y. Study on oreological characteristics and impurity removal process of several pegmatite quartz [D]. Minayang: Southwest university of science and technology, 2019.
- [3] 张海敏, 马亚梦, 谭秀民, 等. 高纯石英中杂质特征及深度化学提纯技术研究进展 [J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(4): 159-165.
ZHANGHQ, MA Y M, TAN X M, et al. Research progress on impurity characteristics and deep chemical purification technology in high-purity quartz [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(4): 159-165.
- [4] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-184.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 1-184.
- [5] 张晔, 陈培荣. 美国 Spruce Pine 与新疆阿尔泰山地区高纯石英伟晶岩的对比研究 [J]. 高校地质学报, 2010, 16(4): 426-435.
ZHANG Y, CHEN P R. Characteristics of granitic pegmatite with high-purity quartz in spruce pine region, USA and Altay region of Xinjiang, China [J]. Geological Journal of China Universities, 2010, 16(4): 426-435.
- [6] 李光明, 沈远超, 刘铁兵, 等. 新疆阿尔泰山南缘托库孜巴依金矿成矿演化: 石英脉系、同位素地球化学及其 Ar-Ar 年代学证据 [J]. 矿床地质, 2007(1): 15-32.
LI G M, SHEN Y C, LIU T B, et al. Metallogenic evolution of tokuzibayi gold deposit in southern Altay, north Xinjiang: evidence from characteristics of quartz vein systems, isotopic geochemistry and Ar-Ar chronology [J]. Mineral Deposits, 2007(1): 15-32.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] ZHOU Q F, QIN K Z, TANG D M, et al. LA-ICP-MS U-Pb zircon, columbite-tantalite and $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ muscovite age constraints for the rare-element pegmatite dykes in the Altai orogenic belt, NW China [J]. Geological Magazine, 2018, 155(3): 707-728.
- [11] 张辉, 吕正航, 唐勇. 新疆阿尔泰山带中伟晶岩稀有金属矿床成矿规律、找矿模型及找矿方向 [J]. 矿床地质, 2019, 38(4): 792-814.
ZHANG H, LV Z H, TANG Y. Metallogeny and prospecting model as well as prospecting direction of pegmatite-type rare metal ore deposits in Altay orogenic belt, Xinjiang [J]. Mineral Deposits. 2019, 38(4): 792-814.
- [12] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 流体包裹体 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
LU H Z, FAN H R, NI P, et al. Fluid Inclusion [M]. Beijing: Science Press, 2004.

Geological Characteristics of Pegmatite-type High Purity Quartz in Altay, Xinjiang and Preparation Technology of 4N8 Grade Products

ZHANG Haiqi^{1,2,3}, TAN Xiumin^{1,2,3}, MA Yameng^{1,2,3}, CHEN Conglin⁴, ZHANG Shenghui⁴, WANG Li⁴, LIU Lei^{1,2,3}, ZHU Likuan^{1,2,3}, GUO Lixiang^{1,2,3}, ZHANG Hongli^{1,2,3}, LIU Guangxue^{1,2,3}

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;

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

4. China Geological Survey, Beijing 100037, China

Abstract: The localization of China's high purity quartz resources for independent supply is imminent. Herein, this paper presents a field investigation and research of pegmatite-type high purity quartz in a key area of Altay, Xinjiang, China, based on a comprehensive comparison of the geological background, petrographic, mineralogical, and geochemical characteristics of typical high purity quartz deposits abroad. These deposits are hosted in the Aurora and Lower Cambrian Kanas Formation of the Junkul Ground Massif, and are of the muscovite pegmatite type, with quartz, potassium feldspar, plagioclase, muscovite, and biotite (to a lesser extent) as the major mineral assemblages. Microscopically, the grain size of the quartz varies from 0.3 to 4 mm, and some grains are embedded in the feldspar. Unfortunately, fluid inclusions within the quartz contain more impure particles, and these particles are predominantly faceted, smaller in size (mostly <10 μm), with the dominant type being liquid-rich gas-liquid two-phase. A technology of mineral fine flotation separation and impurity removal was then developed to achieve efficient separation of quartz minerals from other medium- and fine-grained vein minerals according to the above characteristics. Finally, a 4N8 grade high purity quartz sand ($\text{SiO}_2=99.9983\%$) was successfully prepared, using the directional impurities removal technique which could further remove the intergranular and inclusions impurities of quartz minerals. This work points out the direction for the breakthrough of prospecting for pegmatite-type high purity quartz resources in China, and strongly supports the safe supply of key raw materials for China's strategic emerging industries.

Keywords: pegmatite type; high purity quartz; quartz deposits; 4N8 grade products; deep purification; Altay

引用格式: 张海敏, 谭秀民, 马亚梦, 陈丛林, 张生辉, 王利, 刘磊, 朱黎宽, 郭理想, 张宏丽, 刘广学. 新疆阿尔泰伟晶岩型高纯石英矿床地质特征及 4N8 级产品制备技术[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(5): 1–7.

ZHANG Haiqi, TAN Xiumin, MA Yameng, CHEN Conglin, ZHANG Shenghui, WANG Li, LIU Lei, ZHU Likuan, GUO Lixiang, ZHANG Hongli, LIU Guangxue. Geological characteristics of pegmatite type high-purity quartz in altai, xinjiang and preparation technology of 4N8 grade products[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(5): 1–7.

投稿网址: <http://hcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn