ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团体标准

T/

XXXX—XXXX

高纯石英原料质量评价方法

Quality evaluation method of high-purity
Quartz raw materials

(送审稿)

(本草案完成时间: 2025 年 9 月 16 日)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 评价方法.....	1
5 质量评价.....	3
附录 A（资料性） 常见高纯石英原料中主要有害杂质元素赋存状态及形式.....	4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由宁夏回族自治区基础地质调查院（宁夏回族自治区地质矿产中心实验室）提出。

本文件由宁夏化学分析测试协会归口。

本文件起草单位：宁夏回族自治区基础地质调查院（宁夏回族自治区地质矿产中心实验室）、宁夏化学分析测试协会。

本文件主要起草人：杨凡燕、马彦斌、赵银鑫、薛俊辉、马瑞赟、王佳丽、李黎明、马程、王莹、王苑、董爱俊、王莎莎、马立荣、步娟、王鸿、史靖、刘颖、李银辉、张浩生、徐文莉、张小飞。

高纯石英原料质量评价方法

1 范围

本文件规定了高纯石英原料的术语和定义，提供了高纯石英原料的试验方法及质量评价要求等。本文件适用于高纯石英原料的质量评价及分类利用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3 术语和定义

本文件规范性引用文件界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 高纯石英原料

指经提纯工艺加工后SiO₂质量分数大于99.9%，且杂质质量分数满足半导体、光纤通信等领域应用要求的石英砂产品的石英原料。包括但不限于脉石英、石英岩、石英砂岩、天然石英砂、花岗伟晶岩或天然水晶等。

3.2 有害杂质元素

高纯石英原料中，除SiO₂以外的其他任何成分，包括但不限于Al、Ti、Fe、Mn、Na、K、Ca、Mg、P、B、Li、Cu、Cr、Ni、Zn、H等元素。

3.3 有害杂质矿物

指除石英外的其他矿物，主要包括长石、云母、粘土矿物、金属矿物等，通常在选矿过程中会分离去除。

4 评价方法

4.1 手标本特征

4.1.1 在自然光下，借助放大镜进行肉眼观察，重点观察石英原料手标本的颜色、透明度、表面附着矿物及石英矿物的结晶粒度特征，并进行描述。

4.1.2 颜色：矿石颜色描述采用标准色系术语（如无色、乳白色、白色、灰白色、青灰色等），对于混合色按照“辅色在前，主色在后”的原则表述（如乳白-青灰色），必要时可添加“淡”、“浅”、“深”等程度词修饰（如淡乳白色、深灰色）。颜色观察应在自然光下进行，确保描述的一致性和准确性。

4.1.3 透明度：依据透光特征划分为透明、半透明、微透明和不透明四个等级。观察矿石透明度时，需确保样品表面洁净，在自然光下重点观察石英颗粒边缘部位的透光特征，以获得准确的透明度分级结果。

4.1.4 表面附着矿物：根据肉眼可见的表面附着铁质、粘土及其他脉石矿物的含量，可将其分为干净不含杂质矿物（无明显杂质矿物）、较干净含少量杂质矿物（含少量分散杂质）、不干净含较多杂质矿物（含大量富集杂质）。

4.1.5 石英结晶粒度：根据矿石不同的岩石类型，将石英结晶粒度分为微粒、细粒，中粒、粗粒等，混合粒度描述遵循“粒级少的在前，粒级多的在后”的原则排序，如：中-细粒、中-粗粒。

4.2 矿物学特征

4.2.1 通常建议将矿石磨制成标准光学薄片后，用透射偏光显微镜观察矿石的结构构造、矿物组成及含量、矿物嵌布关系、石英晶体特征、裂隙发育程度及石英晶体中包裹体的数量、大小、分布状态等特征。

- 4.2.2 根据矿石类型,对高纯石英原料进行光学薄片鉴定,岩石分类命名及观察内容执行 GB/T 17412-1998。
- 4.2.3 结构构造:根据原料不同类型可直接描述为粒状结构、砂状结构、变晶结构,块状构造、层状构造等。
- 4.2.4 矿物组成及含量:重点观察石英含量、有害杂质矿物种类及其含量,各矿物含量按百分比描述。
- 4.2.5 石英晶体特征:重点观察石英颗粒大小、光性特征、边界形态、包裹体含量等。
- 4.2.6 裂隙发育程度:观察裂隙发育数量、展布特征及后期充填物情况。
- 4.2.7 对于石英晶体中光学显微镜无法辨识的微细粒固体包裹体,通常建议利用扫描电镜(SEM)及电子探针(EPMA)观测包裹体的分布特征及其种类;对于流体包裹体可用激光拉曼光谱仪(LRS)分析其化学成分。
- 4.2.8 条件允许时可利用矿物自动化定量分析系统(如TIMA)对矿石中矿物组成、粒度、石英中微细粒矿物包裹体种类、含量等内容进一步分析。
- 4.3 化学成分分析
- 4.3.1 SiO₂纯度及Al、Ti、Fe、Mn、Na、K、Ca、Mg、P、B、Li、Cu、Cr、Ni、Zn等主要有害杂质元素含量是评价高纯石英原料品质的主要依据。
- 4.3.2 石英原料中的Al、Ti、Fe、Mn、Na、K、Ca、Mg、P、B、Li等有害杂质元素含量,建议利用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定,具体方法执行JC/T 2027-2010。
- 4.3.3 石英原料中的Cu、Cr、Ni、Zn等有害杂质元素含量,建议利用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定,具体方法执行GB/T 32650-2016。
- 4.3.4 石英原料中SiO₂含量大于5%时,建议利用动物胶凝聚重量法测定,具体方法执行GB/T 14506.3-2010;石英原料中SiO₂含量大于95%时,建议利用四氟化硅直接挥发重量法测定,具体方法执行YB/T 4225-2010;当SiO₂纯度达到99.5%以上时,其含量需要通过减去Al、B、Li、Na、K、Ca、Mg、Ti、Fe、Mn、Cu、Cr、Ni、P、Zn等有害杂质元素的总量得到的差值确定。
- 4.4 杂质元素原位分析
- 4.4.1 杂质元素一般赋存于共伴生独立矿物、矿物包裹体及晶体结构中。
- 4.4.2 赋存于独立矿物、矿物包裹体中的Al、Ti、Fe、Mg、Ca、Na、K、B和P等有害杂质元素含量,建议利用电子探针(EPMA)测定。
- 4.4.3 石英晶体结构中的Al、Na、K、Fe、Ti、Li、B、Ge、H、P等有害杂质元素含量,建议利用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)测定,分析检测位置应避免微细粒包裹体。
- 4.5 杂质元素赋存状态分析
- 4.5.1 结合手标本观察、矿物学特征研究、化学成分测定、EPMA及LA-ICP-MS综合分析结果,确定主要有害杂质元素赋存状态及形式。
- 4.5.2 作为主要有害杂质元素的Al、Na、K、Fe、Ti可以同时赋存于独立矿物、矿物包裹体及以类质同象状态分布,Al、Na、K多来源于云母类、长石类及粘土矿物,Fe多来源于云母类及含Fe的金属矿物,Ti来源于榍石、金红石及钛铁矿。
- 4.5.3 Ca、Mg、Cr、Cu、Mn、Ni、Zn等有害杂质元素只能以独立矿物或矿物包裹体状态赋存,常见来源见附录。
- 4.5.4 进入石英晶格中的有害杂质元素为Al、Na、K、Fe、Ti、Li、B、Ge、H、P。
- 5 质量评价
- 5.1 综合样品的手标本特征、石英矿物特征、包裹体特征、杂质元素赋存状态及含量等信息,判断样品能否作为优质高纯石英原料。
- 5.2 通常建议将颜色为乳白色,透明度高,表面干净,矿物组成除石英外几乎不含其他脉石矿物,裂隙不发育,晶粒完整且颗粒较粗的矿石样品作为可提纯至高纯石英砂的潜力原料进行深入分析研究,对于手标本特征不符合要求的矿石样品可认定为不具有提纯至高纯石英砂的潜力。

5.3 通常将石英矿物显微镜下呈对称消光或弱不均匀消光、颗粒表面光滑、颗粒较大且大小均匀、微细粒矿物包裹体极少、脉石矿物较少、裂隙发育程度较低的矿石作为优质高纯石英原料进一步分析研究。而脉石矿物含量较多，石英颗粒大小不均匀，边界呈锯齿状或不规则港湾状，消光现象明显，表面浑浊，裂隙发育复杂，充填物种类较多，且后期有石英分布或可见细小的他形粒状结构石英颗粒呈条带状贯穿于较大的石英颗粒中的矿石会大大增大提纯至高纯石英的难度。

5.4 当石英原料中 Al、Ti、Fe、Mn、Mg、Ca、Li、Na、K、B、P、Zr 等主要有害杂质赋存于石英晶格或微细粒包裹体中时，矿石的提纯难度较高，建议不进行后续评价工作。

5.5 当石英中微细粒矿物包裹体及气液两相包裹体较多时，通常很难加工成高纯石英，建议不进行后续评价工作。具体评价指标参考 DZ/T 0467-2024。

5.6 当矿石中可以进入石英晶格的杂质元素（如 Al、Ti、Fe 等）含量较高，且 LA-ICP-MS 测定的 Al、Ti 含量总和大于 50ug/g 时通常很难加工成高纯石英，建议不进行后续评价工作。

附录 A

（资料性）

常见高纯石英原料中主要有害杂质元素赋存状态及形式

表A.1 常见高纯石英原料中主要有害杂质元素赋存状态及形式

元素	赋存状态	赋存形式
Al	独立矿物、包裹体、类质同象	云母、钾长石、粘土矿物、绿帘石、石英晶格
K	独立矿物、包裹体、类质同象	云母、钾长石、粘土矿物、钾盐、石英晶格
Na	独立矿物、包裹体、类质同象	粘土矿物、钠长石、少量混入石英晶格
Ca	独立矿物、包裹体	榍石、磷灰石、绿帘石
Fe	独立矿物、包裹体、类质同象	云母、绿帘石、磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、铬铁矿、石英晶格

元素	赋存状态	赋存形式
Mg	独立矿物、包裹体	云母、粘土矿物、铬铁矿
Ti	独立矿物、包裹体、类质同象	榍石、金红石、钛铁矿、石英晶格
P	包裹体、类质同象	磷灰石、石英晶格
Cr	独立矿物、包裹体	铬铁矿
Li	类质同象	石英晶格
Ge	类质同象	石英晶格
B	类质同象	石英晶格
Cu	独立矿物、包裹体	黄铜矿
Mn	独立矿物、包裹体	菱锰矿
Ni	独立矿物、包裹体	磁黄铁矿、镍黄铁矿
Zn	独立矿物、包裹体	闪锌矿
H	类质同象	石英晶格

T/

XXXX—XXXX