非金属矿开发利用

硅线石矿物的提纯及应用*

赵平[1,2]，卫敏[1,2]，张艳娇[2]，刘广学[2]
（1.中国地质大学材化学院，武汉，430074；2.中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所，郑州，450006）

摘 要：论述了硅线石的矿物性质，传统提纯工艺的缺陷、改进方法及提纯工艺技术的新进展；概述了硅线石作为高铝耐火材料原料的质量要求、应用范围；研究了硅线石性质、化学成分与耐火材料制品性能的关系。

关 键 词：硅线石；矿石性质；提纯工艺；耐材制品
中图分类号：TD973⁺.9 **文献标识码**： A **文章编号**：1001－0076(2003)06－0016－03

Purification and Application of Sillimanite

ZHAO Ping, WEI Min, ZHANG Yan－jiao, et. al
(School of Material Science and Chemistry Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The mineralogy characteristics of sillimanite, the disadvantages of traditional purification process and its improvement and new progress of its processing technology are surveyed in this paper. And the quality requirement and application range of sillimanite are introduced for high－aluminium－bearing refractory material. Also, the relation between ore characteristics and chemical contents of sillimanite and its product performance is studied.

Key words: sillimanite; ore characteristics; purification process; refractory product

1 矿物性质

硅线石和蓝晶石、红柱石统称蓝晶石族矿物，它们是三种不同温度压力下形成的同质多相变体，化学通式为 $Al_2O_3 \cdot SiO_2$。硅线石属斜方晶系，其晶体外形呈柱状、针状及毛发状，此外还常呈纤维状或放射状的集合体；颜色多呈白色、灰色、绿色和褐色，断口呈玻璃光泽。

在硅线石晶体结构中，均有一个由六角氧原子环绕一个铝原子组成的的八面体，每个八面体以共同的晶棱同相邻两个八面体相连；另一个铝原子的配价数是4，较蓝晶石和红柱石小，此差别决定了矿物结构中氧原子所处的的位置不同，由此也决定了硅线石的密度3.22～3.26，低于蓝晶石和红柱石；莫氏硬度6.0～7.0，也明显地低于同族的其它两种矿物；硅线石也表现了明显的硬度各向异性，莫氏硬度在(100)晶面上平行延长方向为4.3，垂直晶体延长方向为6.6，该特征使其无论破磨到什么粒度晶体形状能一直保持针状，硅线石这一矿物特征表明在提纯加工过程中有不同于蓝晶石、红柱石等同类矿物的独特性。硅线石化学成分理论值为 Al_2O_3 62.92%，SiO_2 37.08%。但工业矿物中常含有 Fe_2O_3、TiO_2 及微量的碱金属氧化物，自然界中很少见有纯净的单矿物存在。在高温条件下煅烧硅线石能转化为莫来石($3Al_2O_3 \cdot SiO_2$)，同时产生不可逆的体积膨胀，在同族矿物中硅线石的膨胀倍数最小，并形成良好的莫来石针状网络，当温度降低时，体积变小。硅线石制品在高温条件下体积稳定，抗磨损、抗化学腐

* 收稿日期：2003－09－10
作者简介：赵平(1965－)，男，湖北松滋人，副研究员，中国地质大学在读硕士，主要从事无机非金属材料研究。

万方数据

蚀,特别是其优良的抗热冲击性的性质使硅线石在高温耐火材料中占有重要的地位。

2 矿物提纯

天然硅线石由于矿物含量低、杂质高必须经过提纯处理后才能在工业中应用。提纯方法包括物理选矿法和化学浸出法,物理选矿法一般使用浮选、磁选两种方法,有时也采用重选法进行预选,常以浮选法为主。具体的选矿方法、药剂制度、选别流程,要根据矿床特征、矿石物质组成、结构构造以及脉石性质来决定。化学浸出法主要目的是除去硅线石中的铁、钛矿物,一般采用酸法,主要以硫酸为主,盐酸次之,同时又可以除去硅线石中酸可溶解矿物,从而有利于提高了氧化铝的品位。随着技术的进步,高场强、高梯度强磁选机的研制成功,硅线石化学提纯法将逐步被物理选别法取代。

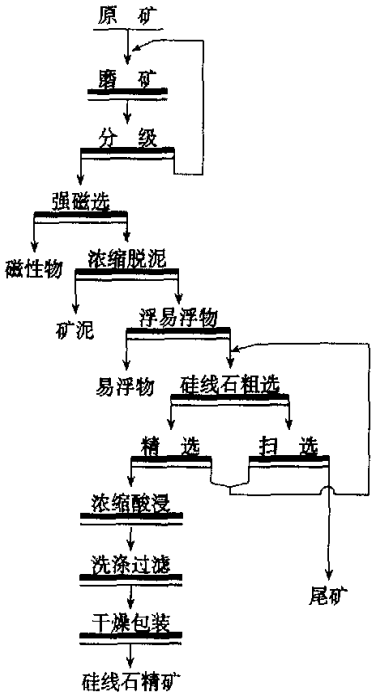

图1 典型的硅线石传统提纯工艺流程

2.1 传统的硅线石提纯工艺

硅线石主要为区域变质矿物,常与石榴石、高岭石、石英、云母等矿物共生,我国硅线石矿物含量大部分在15%～20%,少数矿床矿物含量为30%～50%,极少数硅线石矿物含量大于80%,因而必须提纯才能在工业中应用;硅线石提纯主要采用选矿结合化学浸出处理工艺。由于与其共生的矿物多为弱磁性的含铁矿物和其它硅酸盐矿物,因而选矿工艺常采用磁选—浮选联合工艺流程,选矿产品化学处理不仅有助于除铁而且也有助于提高精矿的三氧化铝含量和降低其它杂质矿物的含量,典型的传统提纯工艺流程见图1。

典型的工艺条件为:原矿破碎至15mm;磨矿细度为-200目占60%～75%;强磁选磁强度为1000～1200kA/m;浮易浮矿物采用煤油等非极性捕收剂;硅线石粗选采用Na_2CO_3作为pH值调整剂,水玻璃作为脉石矿物的抑制剂,烷基磺酸或癸脂作为硅线石的捕收剂进行浮选;一般采用空白精选得到硅线石精矿。选矿工艺条件对技术指标的影响分析如后。

2.1.1 破碎磨矿细度

硅线石常以柱状、针状晶体形态存在,易在破磨过程中过粉碎损失。因而破磨分级工艺条件十分重要,主要为设备选择、工艺参数的制定;破磨分级设备的选择中,破碎设备应以破碎比大、效率高的反击式、多腔颚式破碎机为主,产品粒度为10～15mm;磨矿分级设备以棒磨—筛分设备有利于硅线石晶体的保护,磨矿细度以-200目占60%～75%为佳。

2.1.2 矿泥对选矿的影响

由于硅线石矿床基本上属于沉积变质矿床,因而不可避免地存在粘土变质类矿物形成的矿泥,矿泥的存在会恶化浮选作业,直接影响选矿技术指标,试验及实践证明,脱除部分微细矿泥后整体技术指标会大幅度地提高。

2.1.3 选矿工艺流程

在硅线石浮选中,对选矿指标有较大影响的因素是:(1)浮选药剂种类及用量;(2)浮选细度及粒度组成;(3)浮选浓度;(4)浮选温度。在硅线石磁选中,对选矿指标有较大影响的因素是:(1)磁场强度;(2)磁选物料细度;(3)弱磁性矿物的含量。

2.1.4 硅线石化学处理

将浮选精矿浓缩、在液固比为3～4,酸浓度在20%左右进行加温浸出,过滤洗涤至pH值为4～5后,干燥包装得硅线石精矿产品。

万方数据

2.2 传统工艺的缺陷性及改进措施

传统的硅线石提纯工艺的缺陷其一是硅线石矿物回收率低，主要原因是：(1)硅线石过粉碎泥化损失，根据其性脆的特点，在破磨过程中较其它杂质矿物更易泥化，特别是其比重相对较大，采用低效率的螺旋分级机造成其反复磨矿而过粉碎，加之氧化矿浮选对矿泥的影响极为明显，必须尽可能地脱除矿泥，因此硅线石在脱泥和浮选中损失率极大；(2)工艺流程冗长而损失；(3)酸浸液固比高，洗涤过滤细粒硅线石损失。其二为工艺流程不稳定，主要原因是：(1)矿石组成成分变化；(2)采用工业副产品的浮选药剂化学成分变化；(3)浮选受外界环境因素如温度等而变化。

针对传统工艺的缺陷进行了如下的研究工作并提出以下的改进措施：(1)在磨矿时采用选择性较好的棒磨机替代球磨机，采用筛分分级替代螺旋分级，脱泥采用高压小直径旋流器组脱泥。研究表明，采用上述措施可以大幅度地提高硅线石矿物回收率。(2)采用硅线石直接浮选简化工艺流程，代替预先除杂浮选后才进行硅线石浮选工艺。(3)采用化学成分稳定、对温度灵敏度低的浮选药剂。(4)根据比重的差异，采用重选预选也是提高回收率的有效途径。(5)采用新型干式强磁选机除铁替代化学处理也是提高回收率、保证流程稳定性的措施之一。

3 产品质量标准

硅线石精矿的技术指标见表 1。硅线石精矿的粒度，根据耐火材料生产厂家的生产要求确定。

表 1 硅线石精矿的技术指标(YB4302－91)

项目	标号	
	GJ－58	GJ－54
Al_2O_3(%)≥	58	54
Fe_2O_3(%)≤	1.0	1.5
TiO_2(%)≤	1.0	1.0
Na_2O+K_2O(%)≤	0.5	1.0
烧失(%)≤	1.5	1.5
耐火度(℃)≥	1790	1750
线膨胀率(%)1500℃	0.5～1	0.2～0.5

4 工业应用

硅线石主要应用于高铝耐火材料，硅线石在高温下不稳定分解成为莫来石和游离二氧化硅，同时产生不同程度的体积膨胀，因而常用在冶金高炉不定型耐火材料中，以抵消粘土矿物在高温下的体积收缩，使耐火材料体积保持稳定，从而大大地延长耐火材料的使用寿命。硅线石性质、化学成分与耐火材料制品性能密切相关，其相关关系为：(1)精矿中 Al_2O_3 的含量与耐火材料的膨胀性、耐火度、荷重软化温度、蠕变性等高温性能密切相关，一般来说，Al_2O_3 含量越高，上述高温性能越好。(2)Fe_2O_3、TiO_2 是硅线石的主要杂质，在高温烧制过程中对材料的密度、导热性、高温抗折强度等性能有重要的影响，除直接影响制品的质量外，还与耐火材料的成品率密切相关。(3)Na_2O+K_2O 等杂质在硅线石制品高温烧成过程中由于熔点低，极易形成玻璃相物质，从而极大地降低产品的性能。根据硅线石的性能、用途，试验的最终精矿除了满足有用及杂质元素的含量外，还必须具备满足高温热性能的试验数据，才能确定其产品是否能够被工业部门所利用。因此硅线石精矿必须进行高温热工性能试验。在高温热工性能试验中，耐火度和热膨胀率是两个最重要的参数，缺一不可，一般要求耐火度大于 1750℃，线膨胀率在 0.2%～1%。

随着我国现代化建设的对高铝耐火材料要求日益提高，对硅线石产品的需求量也日益增大，因而根据硅线石在高温状况下对产品质量的影响，针对传统硅线石提纯工艺的缺陷进行改进是非常必要的。硅线石目前在工业中的应用主要为作为高级耐火材料应用于钢铁、化工、冶金等工业领域，硅线石也可以用于硅铝合金等合金的制造，作为人工合成莫来石原料和硅铝合金原料也有一定的应用。

参考文献：

[1] 中国非金属工业.耐火材料版[M].北京：冶金工业出版社，1996.3.

[2] 林彬荫，等.蓝晶石、红柱石、硅线石[M].北京：冶金工业出版社，1997.

[3] 管永诗，郑犹龙，等.某硅线石矿选矿工艺研究[J].矿产保护利用，1995，(3)：18.

[4] 赵锡银，等.硅线石制品的研制[J].耐火材料，1992，(4)：22.

万方数据