

关于叶腊石矿物学特征及其应用研究

赵忠相

(云南国土资源职业学院, 云南 昆明 652501)

【摘要】叶腊石是一种铝硅酸盐黏土矿物, 因这类矿物具有良好的耐高温、低导电性、低膨胀性、耐化学腐蚀性以及导热性能突出, 因此在涂料、物料、橡胶、耐火材料、医药材料等领域应用比较广泛。本文就叶腊石矿物学特征进行分析, 并就这类物质的具体应用进行说明, 为促进叶腊石矿物的有效应用推广提供一些思路 and 参考。

【关键词】叶腊石; 矿物学; 特征; 应用

一、叶腊石矿物学特征概述

(一) 叶腊石简介

叶腊石是含水铝硅酸盐层状黏土矿物, 化学式是 $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, 其化学成分为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 16\%$, $\text{SiO}_2 \leq 75\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1.0\%$ 。这类矿物质是酸性火山凝灰岩由于热液侵蚀而成。

叶腊石一般有 3 种物理形态, 即射线状晶体集合体、大量小粒结晶形成的集合体以及层状平面集合体, 不同形态的叶腊石对应的应用领域也不一样^[1]。

由于地理环境、成矿历史、成矿机制等因素存在差异, 所以其物化特征也有明显的地域性, 在物理组成上, 一般会同时有石英、伊利石、水铝石、绢云母、高岭石等一种或者是多种形态, 所以叶腊石矿物的物理性质也很容易受到这些物质的影响, 使其力学特性、电学性质以及热力学性质都会出现差异。而叶腊石的使用价值会受到组成中的氧化铝、氧化硅、铁等杂质含量和本身物理色泽等影响。

就叶腊石的物理特性来看, 其具有耐高温性、耐火性等特征, 在水中不会出现碰撞, 具有一定的可塑性, 所以将其作为添加剂应用到相关物质加工中, 拥有和其他矿物不同的优势^[2]。此外, 叶腊石的分子层间容易出现滑动, 导致蠕变产生, 且其硬度不高, 柔软性好, 所以对应的机械加工性能也比较优越。纯度较高的叶腊石粉末呈白色状, 具有很好的吸油性、遮盖率高。综合看来, 叶腊石的热力、化学以及力学性能都比较突出, 这也是这一矿物非金属物质在很多领域都有广泛应用的根本原因。

(二) 叶腊石矿物学特征分析

1. 叶腊石的化学成分。如下表 1 所示, 为叶腊石的化学成分表:

表 1 叶腊石化学成分 (%)

原料类别	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O + Na_2O	其他
耐火材料 1 级	≥ 24		≤ 2	< 1	< 1		
耐火材料 2 级	$\geq 20-40$		≤ 2	< 1	< 1		
耐火材料 3 级	$\geq 16-20$		≤ 1	< 1	< 1		
高铝陶瓷原料	≥ 25	≤ 70	< 0.5			< 0.6	
中铝陶瓷原料	≥ 21	≤ 70	≤ 0.5			< 1.2	
低铝陶瓷原料	≥ 10		≤ 0.5			< 1.2	
英德叶腊石	33.08	47.82	2.29	0.01	1.80	10.00	5.75*
标准叶腊石	28.30	66.70					5.00

由此可以看出从矿脉开 出来的叶腊石原矿由于成分不纯而不能直接用作工业原料。

2. 叶腊石的晶体结构。叶腊石中 Fe、Mg、K、Na 等元素含量较高, 会对叶腊石原料的直接利用价值产生较大影响, 因此有必要对叶腊石原料中这些元素的成分进行分析。叶腊石晶体具有基本结构单元 $[\text{SiO}_4]$ 四面体, 它连接三个顶点, 形成具有二维、无限延伸的六方晶格的基本结构层。单一结构层中, 电子价态平衡, 原子键合紧密, 但单一结构层之间通过弱分子键连接, 键合强度较弱^[3]。

原叶腊石矿石中的 Fe、Mg、K、Na 等金属元素很可能以同像吸附状态存在于叶腊石晶体中, 如果确定了这种可能性, 这使得叶腊石的工业应用受到重大甚至负面的限制。

3. 叶腊石金属元素存在形式。原矿中除上述叶腊石矿物外, 还含有其他不纯矿物, 主要有正长石、角闪石、石英、黄铁矿、赤铁矿、锆石、金红石和独居石等^[4]。其中, 85-90 原生矿石中叶腊石占 4%-6%, 正长石占 4%-6%, 微斜长石占 2%-4%, 赤铁矿占 2%, 其余矿物约占 2%。对各种矿物中贱金属元素含量分布的计算表明, Fe 主要赋存于赤铁矿中, 其次是黄铁矿和角闪石;

镁主要存在于角闪石中,仅少量存在于叶腊石中;96%的Na分布在角闪石中,正长石和微斜长石几乎构成了整个钾的分布。此外,Ti、Zr、Ca、La等元素还有金红石、锆石、磷灰石、独居石等独立矿物。

二、我国叶腊石矿物应用

我国从没有将叶腊石的储量优势转化为主导产业,叶腊石产业经济仍处于粗放模式,即由于对叶腊石的理化性质和矿物学认识肤浅,长期以来对叶腊石的认识不够深入^[5]。一直处于“降级”和“高进”的困境,其真正价值无法在原材料领域得到充分体现。由于区域叶腊石基础研究不足,叶腊石深加工行业存在“无意义”现象。目前,叶腊石加工业仅限于生产细粉,产品能耗高、附加值低。而且,在叶腊石应用的一些领域,由于新技术与社会的和谐发展,所用材料使用寿命的延长,更加注重经济循环利用以及技术先进的替代材料的出现,这一切都受到消费率降级的影响,使得高新替代材料的主导地位正在逐渐弱化,而新的应用方向尚未被发现,出现了原有的应用范围逐渐缩小的“新危机”^[6]。因此,对我国特定地区叶腊石的微观结构特性进行更加系统的研究是十分必要的。

(一) 作为陶瓷原料应用

因为叶腊石属于高铝硅酸盐粘土矿物,所以其是天然的优质陶瓷原料,在陶瓷生产中应用比较多,一般在卫生陶瓷、日用精陶、建筑陶瓷的生产制作中作为原材料使用。从1960年开始,美国一家卫生陶瓷制造企业就开始使用叶腊石作为陶瓷生产的原料之一,通过在陶瓷原料中添加一定比例的叶腊石原料,促进烧结体的性能得到了很大改善^[7]。

将叶腊石作为陶瓷生产的重要原料,对于其化学成分也有比较严格的要求,一般要求如下:Wt(Al₂O₃)>18%—20%;Wt(SiO₂)<75%;Wt(Fe₂O₃)<0.8%—1%;Wt(TiO₂)<0.7%;Wt(Na₂O+K₂O)<0.5%—0.7%。

(二) 作为耐火材料应用

叶腊石也是耐火材料制作的重要原材料之一,但是这类材料对于铁元素含量要求比较严格,通常其化学成分应该如下:Wt(Al₂O₃)≥16%;Wt(SiO₂)≤75%;Wt(Fe₂O₃)<1%;Wt(CaO)<1%;Wt(MgO)<1%;耐火度>1630℃。

1970年,Afanasev等人就研究了将叶腊石组委耐火材料的制备原料来使用的方法,使用Suransk and Ovruch地区的叶腊石制作钢水包上的耐火材料,即钢包衬砖^[8]。此外,研究还发现叶腊石在不定形耐火材料中也有一定的应用实践。通常情况下,不定形耐火材料是无需烧制就能直接应用的耐火材料,在高温或者是冷却的环境中任意出现膨胀或收缩的现象,从而实现材料裂缝和剥落现象,这样就使得不定形耐火材

料的使命寿命大大降低。而叶腊石因为其在一定温度范围内会出现体积的膨胀现象,所以将其应用到不定形耐火材料中,可以借助这类材料的碰撞来抵消材料收缩,这样就能有效改善不定形耐火材料的使用性能。

叶腊石可以被用作生产制备耐火砖以及不定形耐火材料的原料使用,更是进行耐火材料制备的基本原料之一,在高温条件下,会生成莫来石,也可以将其作为塞隆和刚玉耐火材料原料使用。

(三) 传压密封介质

叶腊石还具有不错的传压性、密封性,其材料的机械加工性能以及绝热性都比较好,所以在金刚石合成以及超硬材料加工企业中常被用作传压密封介质。而要充当传压密封介质,其成分也需要严格控制,需要确保叶腊石Al₂O₃与SiO₂含量≥80%,SiO₂总含量在50%以下^[9]。

陈天虎、徐国平等在研究中对于合成金刚石生产过程中的叶腊石进行了矿物特征分析,并探究叶腊石中不同的矿物成分在金刚石合成中的不同影响,并指出将叶腊石用作传压介质时,要确保其硬度低、叶腊石成分高。在高温高压环境中,将叶腊石作为传压介质使用虽然有很多优势,但是考虑到叶腊石矿中的伴生矿物质类型多样,所以导致叶腊石的成分含量等具有不确定性,且在实际应用过程中,采用高温叶腊石脱水处理以及相变等操作也会影响其成分含量。

(四) 在吸附材料中的应用

由于叶腊石具有2:1比例的层状结构,层间通过微弱的范德华力连接,其结构很容易沿层间被破坏,特别是在外部机械研磨的条件下,有利于某些离子的进入从外部土壤进入夹层,提供叶腊石的天然吸附活性^[10]。

Laskowski研究表明,叶腊石在中性水中可以按以下方式电离:—MOH+OH⁻→—MO+H₂O

表面电离并带负电,这是叶腊石静电吸附的主要原因之一。尽管叶腊石的吸附特性已被广泛研究,但其吸附机理仍然是一个尚未解决的研究课题。

Sayilkan等人利用硅烷偶联剂对叶腊石粉末进行表面改性,开发出一种新型高性能吸附剂,用于去除水溶液中的4-硝基苯酚(4-NP)。Aslhan Gucek等人研究了叶腊石粉体对有机染料的阳离子和阴离子的吸附机理,表明离子吸附与叶腊石表面的Zeta电位和溶液的pH值有关。

Sona Saxena等研究了叶腊石对溶液中氰化物的吸附特性,发现溶液浓度、吸附剂用量、溶液pH值和系统温度都会对叶腊石对氰化物的吸附产生一定的影响。

Scheidegger等人研究了叶腊石吸附金属镍的动

力学。此外, Elzinga 等研究了叶腊石和蒙脱土复合粉体对金属镍的吸附效果, 发现复合粉体的吸附效果优于纯蒙脱土。

国内周彦等研究了吸附时间、初始溶液浓度、初始溶液 pH 对叶腊石吸附 Cr(VI) 的影响。姚文军等采用湿法活化工艺, 选择不同类型的有机活化剂活化叶腊石粉, 并对水中的极性有机化合物氢醌进行吸附实验。

(五) 在玻璃纤维原料中的应用

奥伯格曾指出, 玻璃纤维原料的典型成分为: SiO₂ (52%-54%)、Al₂O₃ (13.8%-14.8%)、B₂O₃ (7.5%-8.5%)、CaO (23-24、5%)、Na₂SO₄ (0.1 % - 0.2%)。因此, 如果适当优化叶腊石原矿的成分, 叶腊石也可以作为玻璃纤维的原料。朱吉田进一步探讨了叶腊石作为生产无碱玻璃纤维原料的性能。需要强调的是, 叶腊石原料中所含的铁会对熔化过程的能耗和玻璃液的导热系数产生较大的影响。此外, 硅和铝的含量也会对玻璃体涂层的透明度、机械强度、化学稳定性和热稳定性产生直接影响。

(六) 作为填料应用

无机材料作为有机材料的增强改性填料, 一直是许多相关研究工作的主题, 并成为材料科学研究的热点。关于支化聚合物等叶腊石性能的研究很多, 但在不同基体中改进的改性机制一定是不同的。Yang Lintai 等人研究了改性叶腊石在天然橡胶 (NR) 化合物中的应用。

张元溪川等研究了二氧化硅与叶腊石的比例以及改性剂类型对丁苯橡胶 (SBR) 性能的影响。

(七) 药物载体

叶腊石作为药物载体 (杀虫剂载体) 的研究由来已久。1956 年的美国专利 (US2588969) 涵盖了使用丙烯酸酯 (酞基氨基丙烯酸酯) 和巴豆酸酯 (巴豆酸酯) 作为叶腊石粉末形式的溶剂和杀虫剂。Cantal 还发表了一份关于叶腊石作为男女通用化妆品中常见成分的报告。

(八) 复合颜料

严军等人首次以叶腊石微粉为基料, 金红石型二氧化钛为包覆材料, 利用核化学表面改性和机械球磨的协同作用, 实现了叶腊石核壳包覆结构, 从而获得新型结构的复合钛白粉。HRTEM、复合粉体表面元素分析、白度和遮盖力测试表明, 钛白粉和叶腊石基体取得了良好的遮盖力, 复合粉体可替代颜料级钛白粉。

总结:

非金属矿物资源关系到人类的生产和生活, 对于国家的高新技术发展也有重点奠基作用, 是发展新兴产业、带动国家经济发展的重要基础性物资。一直以

来, 以非金属矿物材料为原材料开发并制备高附加值、特异功能性产品始终是材料工作者, 尤其是矿物工作者比较关注的一个研究课题。非金属矿开发以及利用水平是评价国家科技发展水平和国民经济发展程度的重要指标之一。但是目前全球的非金属矿物材料应用普遍, 但是总体来看, 这些材料的应用和开发还处于一个低层次。基于低碳环保的可持续发展思路出发, 需要探究对非金属矿物质资源的利用率提升策略。

参考文献:

- [1] 孔明, 阴建定. 陕西安康鱼姐河叶腊石矿地质特征及成矿条件分析 [J]. 中国非金属矿工业导刊, 2022, (06):38-42.
- [2] 孙衍东, 谢桂青, 陈静. 福建南部大矾山蚀变岩帽的明矾石特征及其找矿指示 [J]. 矿床地质, 2022, 41(03):489-505.
- [3] 秦新展. 高温高压条件下叶腊石力学性质的第一性原理研究 [D]. 中国矿业大学 (北京), 2022.
- [4] 翟世达, 段士刚, 孙鹏, 王旭辉, 张炎, 梅世勇. 浙江泰顺龟湖叶腊石矿床热液蚀变短波红外光谱分析 [J]. 矿床地质, 2022, 41(01):189-201.
- [5] 王良文, 张继豪, 穆亚林, 张庆华, 王若澜, 张士钊. 易碎叶腊石块生产装配机械手结构的实现及运动控制 [J]. 机械传动, 2021, 45(07):148-155.
- [6] 袁琳. 环境友好型叶腊石 CsPbX₃ (X=Cl, Br, I) 复合材料的制备及光电性能研究 [D]. 温州大学, 2021.
- [7] 艾娟, 王德力, 王鹏, 李世平, 寇立峰. 内蒙古科右前旗好力宝叶腊石矿地质特征 [J]. 内蒙古科技与经济, 2019, (18):53+146.
- [8] 黄德理. 仙游县大钟山矿区叶腊石矿床成因分析及找矿方向 [J]. 能源与环境, 2016, (05):112-113.
- [9] 曹高社, 杜忠, 徐光明, 张松. 焦作地区太原组层状硅质岩中叶腊石的发现及特征 [J]. 河南理工大学学报 (自然科学版), 2016, 35(02):190-193.
- [10] 严峻. 叶腊石矿物学特征及其应用研究 [D]. 浙江工业大学, 2012.

项目来源: 云南省教育厅科学研究基金项目

项目名称: 兰坪县谷川叶腊石质玉石宝石学特征及应用研究,

项目编号: 2021J0966

作者简介: 赵忠相, 1979 年 3 月出生, 性别: 男, 汉族, 籍贯: 云南普洱, 硕士研究生学历, 职称: 副教授, 研究方向: 宝石、矿物。