

# 电气石粒度对其远红外辐射和吸附效应的影响

韩炜<sup>1</sup>, 陈敬中<sup>2</sup>, 吴驰飞<sup>1</sup>

(1. 华东理工大学材料科学与工程学院, 上海 200237;

2. 中国地质大学材料科学与化学工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要**: 为了更深入了解超细纳米化电气石的特性, 对新疆阿勒泰矿区的黑色电气石样品进行了超细纳米化处理, 考察了不同粒径的电气石超细粉体对其远红外辐射和吸附效应的影响, 并作出了相应的评价。

**关键词**: 电气石; 超细纳米化; 远红外辐射; 吸附效应; 粒径

**中图分类号**: P578.953 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-653X(2005)04-0022-05

近年来, 随着人们对电气石的深入研究, 对其物理、化学特性也有了进一步的了解。电气石自发极化及静电场效应的发现与研究, 使其一些新的特性在许多领域内得到了广泛的应用, 而不止局限于传统的宝石和电子工业等领域。目前, 电气石应用最为广泛的新特性有远红外辐射、吸附效应、释放负离子、生物电性以及所含矿物质和微量元素的特性, 它们所产生的应用效果在 21 世纪人们最为关心的健康、环保领域得到了充分的体现<sup>[1, 2]</sup>。为了进一步了解超细纳米化电气石的性质, 研究和讨论其新特性的实际效果, 选择了电气石的远红外辐射和吸附效应这两种在健康、环保领域最有应用潜力的特性作为研究对象<sup>[3~5]</sup>, 对不同粒径的电气石进行测试与分析, 并评价其性能。

## 1 不同粒径电气石的制备

电气石样品为新疆阿勒泰矿区的黑色电气石, 其结晶颗粒较大, 晶形完好, 内部裂隙较多, 并含有一定量的包裹体杂质。为了得

到不同粒径的电气石测试样品, 对其进行了超细纳米化, 具体步骤如下:

(1) 用 SP-100 × 100 颚式破碎机对电气石晶体颗粒进行一次破碎, 得到粒径为 0 ~ 15mm 的样品; 再经过 XPS-Φ250 × 150 辊式破碎机二次破碎, 得到粒径为 1 ~ 4mm 的样品; 用振动磨样机进行三次破碎, 经筛分, 得到粒径约 200 目左右的粉体样品;

(2) 先用淘洗分选法将粉体样品中密度较小的粘土类矿物、云母以及粉尘等杂质去除, 在 90℃ 下进行干燥; 然后用 WCF-2 多用磁性分析仪进行分选, 去除样品中的部分磁铁矿、石英、长石等杂质以及破碎过程中引入的铁质污染, 从而得到较纯的电气石粉体样品 RXJ;

(3) 对样品 RXJ 气流粉碎得到 1μm 左右的电气石粉体样品 XJ。取 300gXJ 粉体与不同的液相介质均匀混合成浆体 (pH ≈ 7), 用粒径为 1 ~ 3mm 氧化锆球 400mL 作为研磨介质, 室温下在德国耐驰公司的 Minizeta031 卧式循环砂磨机中研磨。研磨过程中

收稿日期 2004-08-12

**作者简介**: 韩炜(1976-), 男, 在站博士后, 博士, 主要研究方向为纳米矿物结构及高分子基纳米矿物复合材料。

万方数据

分时分批加入助磨剂 W, 研磨后得到液体样品。再经过低温烘干、打散得到粉体样品。

在以上实验过程中, 通过美国 Brookheaven 公司的 Zetaplus 粒径检测仪检测分类, 得到不同粒径的电气石粉体 XJB、XJC、XJD、XJE、XJF, 相应的粒径为  $56\mu\text{m}$ 、 $22.210\mu\text{m}$ 、 $4.760\mu\text{m}$ 、 $0.740\mu\text{m}$ 、 $0.208\mu\text{m}$ 。

## 2 不同粒径电气石红外辐射测试分析

### 2.1 红外吸收光谱研究

通常矿物颗粒对红外光的散射作用随粒径增大而增强。在颗粒大于红外辐射波长时, 散射作用相当强, 导致所得的光谱图变形, 即吸收带减少(合并)及强度减弱。所以, 要获得令人满意的图谱, 必须使矿物颗粒小于红外辐射的最短波长( $<2\mu\text{m}$ )。因此, 选取粒径值与  $2\mu\text{m}$  接近的 XJD、XJE、XJF 电气石粉体作为红外光谱研究的样品。

按 1:100 的比例, 取电气石样品  $1\text{mg} \pm$  和  $\text{KBr}100\text{mg} \pm$  混合, 均匀研磨 5min 左右, 然后经 DY-20 型压片机压制直径为 13mm、厚度为 0.3mm 左右的透明锭片。将此锭片放置入 SP3-300 型红外分光光度计扫描光谱, 获得图 1 所示红外吸收图谱。

图中样品 XJD 显示出了波数为  $3550\text{cm}^{-1}$ 、 $1350\text{cm}^{-1}$ 、 $1270\text{cm}^{-1}$ 、 $1095\text{cm}^{-1}$ 、 $1035\text{cm}^{-1}$ 、 $980\text{cm}^{-1}$ 、 $772\text{cm}^{-1}$ 、 $705\text{cm}^{-1}$  的特征峰; 样品 XJE 显示了  $3550\text{cm}^{-1}$ 、 $1350\text{cm}^{-1}$ 、 $1270\text{cm}^{-1}$ 、 $1030\text{cm}^{-1}$ 、 $983\text{cm}^{-1}$ 、 $774\text{cm}^{-1}$ 、 $705\text{cm}^{-1}$  的特征峰; 样品 XJF 显示了  $3562\text{cm}^{-1}$ 、 $1350\text{cm}^{-1}$ 、 $1267\text{cm}^{-1}$ 、 $1078\text{cm}^{-1}$ 、 $980\text{cm}^{-1}$ 、 $775\text{cm}^{-1}$ 、 $708\text{cm}^{-1}$  的特征峰。这些特征峰与镁电气石的标准红外特征峰  $3580\text{cm}^{-1}$ 、 $1350\text{cm}^{-1}$ 、 $1255\text{cm}^{-1}$ 、 $1090\text{cm}^{-1}$ 、 $985\text{cm}^{-1}$ 、 $777\text{cm}^{-1}$ 、 $713\text{cm}^{-1}$  基本一致<sup>[6]</sup>。

图谱中, 三样品的最强峰出现的位置相近。XJD 在  $1035\text{cm}^{-1} \sim 980\text{cm}^{-1}$  处有最小的透过率, 即在红外光波长为  $9.66 \sim 10.20\mu\text{m}$

处有最强的吸收; XJE 在  $1030\text{cm}^{-1} \sim 983\text{cm}^{-1}$  处有最小的透过率, 即在红外光波长为  $9.71 \sim 10.17\mu\text{m}$  处有最强的吸收; XJF 在  $1078\text{cm}^{-1} \sim 980\text{cm}^{-1}$  处有最小的透过率, 即在红外光波长为  $9.27 \sim 10.20\mu\text{m}$  处有最强的吸收。根据基尔霍夫定律<sup>[7]</sup>: 在相同温度和相同入射波条件下, 物体的吸收率( $\alpha$ )等于物体的发射率( $\varepsilon$ ), 即  $\alpha = \varepsilon$ 。因此, 样品在波长为  $9.66 \sim 10.20\mu\text{m}$  的范围内有最强的红外辐射。

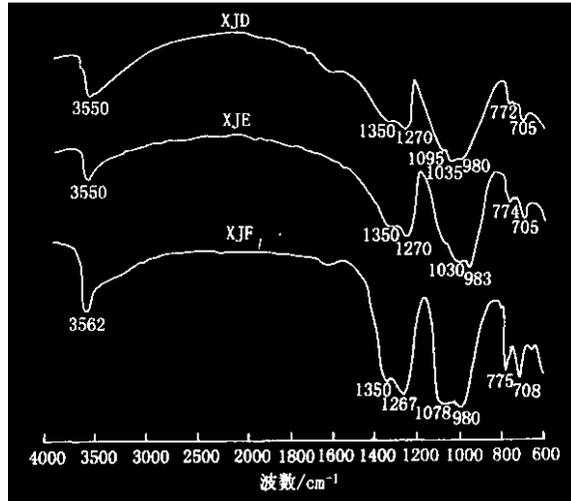


图 1 不同粒径电气石粉体的红外吸收光谱

随着样品粒径的减小, 红外吸收图谱中相同位置的特征峰的强度逐渐变强, 这可能与粒径有关, 即粒径越小, 红外光透过样品时所产生的散射作用越弱, 特征峰强度增强, 峰形明显。

### 2.2 红外比辐射率研究

对样品 XJC、XJD、XJE、XJF 进行了红外比辐射率的测试, 检测仪器为中国科学院上海技术物理研究所研制的 IRE-2 型红外辐射测量仪, 检测温度为  $60^\circ\text{C}$ , 结果如表 1 所示。

粒径越小, 表面积就越大, 相对整体粒子而言, 表面分布的原子比例越高, 表面能也随之大大增加, 粉体的表面活性显著增大。表面活性的增大有利于粒子(电子、原子、分子)吸收外来的能量从最低能级的“基态”向

表 1 不同粒径电气石粉体的红外比辐射率值

样品编号	粒径/ $\mu\text{m}$	不同波段的比辐射率值					
		F1	F2	F3	F4	F5	F6
XJC	22.210	0.91	0.92	0.91	0.91	0.94	0.92
XJD	4.760	0.91	0.94	0.92	0.93	0.94	0.94
XJE	0.740	0.91	0.93	0.92	0.92	0.95	0.94
XJF	0.208	0.92	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93

注 F1 为全波长比辐射率 ,F2、F3、F4、F5 分别为中心波长 8.3 $\mu\text{m}$ 、9.5 $\mu\text{m}$ 、10.6 $\mu\text{m}$ 、12.5 $\mu\text{m}$  ,带宽 1 $\mu\text{m}$  的窄波段平均比辐射率 ,F6 为 14~25 $\mu\text{m}$  平均比辐射率。

上跃迁至较高的能级的“激发态” ,但是在激发态一般只能维持很短一段时间 ,很快就会向下跃迁到低能级的“基态” ,同时释放出多余的能量 ,释放能量的方式可能有许多种 ,最常见的是电磁波 ,把能量以光子的形式带走 ,其中包括远红外辐射。因此 ,理论上粒子粒径越小越有利于远红外辐射的提高。

由表 1 可以看出 ,电气石微粒具有较高的红外比辐射率 ,其不同波段的值都在 0.90 以上。同时在一定粒径以下 ,随着电气石粒径的减小 ,红外比辐射率的变化不大 ,与理论上比辐射率应增大的理想状态并不一致 ,这可能与测试仪器精度以及制样方式有关。但是从另一角度来讲 ,当电气石微粒粒径在 208nm 左右时 ,其红外辐射率虽没有明显增强 ,但也并没有受到其他外界条件的影响而降低。因此 ,在电气石的远红外辐射应用时 ,可以考虑把电气石超细至 30~200nm 的范围内 ,既能得到高的表面活性和好的复合相容性等超细纳米微粒特性 ,又能得到好的红外辐射效应。此外 ,表中显示电气石样品在 F2~F5 所代表的波长范围内具有较高的红外比辐射率 ,与红外吸收光谱相互对应 ,正好处于对人体极为有利的远红外线的主要波长范围(8~14 $\mu\text{m}$ ) ,因此电气石微粒的远红外辐射效应在人体保健方面将具有很大的应用价值。

### 3 不同粒径电气石粉体的吸附效应研究

#### 3.1 吸附性实验的意义

水体中重金属污染是困扰人类社会多年的公害。这些重金属离子在环境中不能生物降解 ,水体中的重金属离子可直接和悬浮物进入水生生物体内 ,再通过食物链网进入人体 ,在人体内累积。其中大部分重金属离子是致癌、致畸、致突变的剧毒物质。重金属废水传统的处理方法主要有 :离子交换法、不溶性络合物法、电解法、反渗透法、气浮法、化学沉淀法、吸附法 ,这几种处理方法在净化效率及经济效益方面都还存在较多的问题。从去除效率来看 ,最好的为吸附法。非金属矿物材料吸附法 ,是通过投加非金属矿物吸附剂去除水体中的重金属离子。它有材料来源广、价廉、节能和吸附去除率高等优点。因此 ,用非金属矿物材料去除污水中重金属离子已成为国内外研究的热点。

电气石微粒表面存在静电场 ,对水中的重金属离子具有一定的吸附作用。通过不同粒径的电气石粉体对水中  $\text{Cu}^{2+}$  的吸附性实验 ,分析粒径对  $\text{Cu}^{2+}$  吸附效果的影响 ,对其他重金属离子的吸附性能具有一定的指导意义。

#### 3.2 吸附性实验

根据国家环境保护局科技标准司(1996)对全国铜矿山、冶炼厂的产污与排污浓度调查 ,选取约 30mg/L 的含  $\text{Cu}^{2+}$  溶液作为实验用溶液<sup>[8]</sup>。

##### 1. 实验仪器设备

CJJ-781 型磁力加热搅拌器、SHZ-95

型循环水式多用真空泵、HITACHI180-70型原子吸收分光光度计、电子天平等。

## 2. 实验试剂

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  :分析纯,上海化学试剂厂。

## 3. 实验步骤

(1)用  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  和蒸馏水配制  $\text{Cu}^{2+}$  浓度为 30mg/L 的  $\text{CuSO}_4$  溶液 500mL 备用,其  $\text{pH} \approx 7$  ;

(2)分别取 XJB、XJC、XJD、XJE、XJF 样品各 2g,与 50mL 上述配制的  $\text{CuSO}_4$  溶液均匀混合,常温下用磁力搅拌器搅拌 10min ;

(3)将搅拌后的样品经 SHZ-95 型循环水式多用真空泵抽滤,得到纯液体样品 ;

(4)用 HITACHI180-70 型原子吸收分光光度计测试其  $\text{Cu}^{2+}$  含量,结果如表 2 所示。

表 2 不同粒径电气石粉体吸附  $\text{Cu}^{2+}$  的浓度测试结果

样品 编号	粒径 / $\mu\text{m}$	吸附后浓度值/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$			$\text{Cu}^{2+}$ 去除率 /%
		第一次	第二次	平均	
XJB	56	1.50	1.44	1.470	95.100
XJC	22.210	0.30	0.29	0.295	99.017
XJD	4.760	0.14	0.14	0.140	99.533
XJE	0.740	0.10	0.07	0.085	99.717
XJF	0.208	0.03	0.02	0.025	99.917

从表 2 可以看出,随着电气石粉体粒径的减小,其处理后溶液的  $\text{Cu}^{2+}$  浓度逐渐减小, $\text{Cu}^{2+}$  去除率逐渐增大,吸附性效果随着粒径的减小而增强,特别是在 208nm 左右增强效果显著, $\text{Cu}^{2+}$  几乎被完全吸附。中华人民共和国国家污水综合排放标准中,对于一切排污单位总铜的一级标准为 0.5mg/L、二级标准为 1.0mg/L、三级标准为 2.0mg/L。可见,电气石粉体对  $\text{Cu}^{2+}$  的吸附处理程度远

远超过国家一级标准。

## 4 结 论

1. 电气石具有较高的红外发射率,其性能受到粒径的影响较小,当超细到 30~200nm 左右时其红外比辐射率几乎没有变化,发射出的电磁波波长处于对人体极为有利的远红外线的主要波长范围(8~14 $\mu\text{m}$ ),因此超细纳米化电气石微粒的远红外辐射效应在人体保健方面具有很大的应用价值。

2. 随着粒径的减小,电气石对  $\text{Cu}^{2+}$  吸附能力显著增强,特别是在 208nm 左右增强效果显著, $\text{Cu}^{2+}$  几乎被完全吸附,其吸附处理程度远远超过国家污水综合排放一级标准。

## 参考文献:

- [1] 姚鼎山. 环保与健康新材料—托玛琳[M]. 上海:中国纺织大学出版社,2001.
- [2] 王濮,潘兆鲁,翁玲宝,等. 系统矿物学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1984.
- [3] 杨如增,杨满珍,廖宗廷,周祖翼. 天然黑色电气石红外辐射特性研究[J]. 同济大学学报,2002,30(2):183~188.
- [4] 吴瑞华,汤云晖,张晓辉. 电气石的电场效应及其在环境领域中的应用前景[J]. 岩石矿物学杂志,2001,20(4):474~476.
- [5] Castaneda C, Oliveira E F, Gomes N, and Pedrosa Soares A C. Infrared study of OH sites in tourmaline from the elbaite-schorl series[J]. American Mineralogist, 2000, 85(10):1503~1507.
- [6] 闻铭. 矿物红外光谱学[M]. 北京:科学出版社,1988.
- [7] 陈衡. 红外物理学[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [8] 汤云晖,吴瑞华,章西焕. 电气石对含  $\text{Cu}^{2+}$  废水的净化原理探讨[J]. 矿物岩石学杂志,2002,21(2):192~196.

## The Influences of the Granularity of Tourmaline on Its Far-Infrared Radiation and Adsorption Effect

HAN Wei<sup>1</sup>, CHEN Jing-zhong<sup>2</sup>, WU Chi-fei<sup>1</sup>,

万方数据 East china University of science and Technology, Shanghai, China;



# 川西北青云石的特征及其开发利用前景

冯启明<sup>1</sup>, 汪建中<sup>1</sup>, 郭学彬<sup>1</sup>, 刘爱平<sup>1</sup>, 王明兴<sup>2</sup>

(1. 西南科技大学, 四川 绵阳 621010 ; 2. 北川天然石材厂, 四川 北川 622750)

**摘要** 对川西北青云石的地质特征、资源储量进行了初步评价,对其物质成分、结构构造特征、物化性能进行了测试,并分析探讨了其装饰性、目前在应用中存在的问题及其原因。在此基础上,通过初步试验研究,指出了主要应用领域、解决问题的措施及大力开发青云石的重要意义。

**关键词** 川西北; 青云石; 建筑装饰材料

中图分类号: P589.2 文献标识码: B 文章编号: 1000-6532(2005)04-0026-04

## 1 概述

在川西北的北川羌族自治县和平武县等地区,广泛出露浅变质岩岩层,该岩层赋存在古生代志留系中上统的茂县群(Smx),主要由一种具有灰绿、深灰和灰黑等颜色的绢云母千枚岩构成。岩层产状走向 $325^{\circ} \sim 340^{\circ}$ ,倾角 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ,总厚度2000余米,经初步的地质普查评价,总资源储量上千万 $m^3$ 。这种千枚岩岩性均一,结构细腻,具千枚状构造,片理发育,劈分性好,沿片理面劈开后,表面具有清晰自然的纹理和天然晕彩,具丝绸光

泽,装饰效果很好。由于其颜色主要为带深浅不同的绿色色调,商品名又称为青云石,作为建筑装饰材料,具有极大的开发利用价值。

## 2 物质成分及结构构造特征

### 2.1 化学成分特征

经岩石化学全分析,该千枚岩的主要化学成分见表1。

### 2.2 矿物成分特征

经XRD分析(见图1),其主要矿物成分为绢云母、绿泥石、石英等。

### 2.3 结构构造特征

2. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, China)

**Abstract** For further understanding of the characteristics of nano-tourmaline, the black tourmaline of Aletai, Xinjiang, was ground to superfine powders. And the influences of the superfine powders of tourmaline with different granularities on its far-infrared radiation and adsorption effect have been examined and some relevant evaluation works have been performed.

**Key words** :Tourmaline ; Superfine powder ; Far-infrared radiation ; Adsorption effect ; Granularity

收稿日期 2004-08-24

基金项目 四川省教育厅重点项目(2003A118)

作者简介 冯启明(1958 - ),男,教授,硕士生导师,主要从事矿物岩石材料及非金属矿产开发利用方面的教学和科研工作。