

寿山石的矿物组分和特征^①

李玉娟

(北京大学地球与空间科学学院, 北京, 100871)

摘 要 寿山石是我国最负盛名的工艺雕刻石。以 X 射线衍射和红外光谱测试证实, 寿山石的主要成分分别为高岭石族矿物、叶蜡石和伊利石, 其中以高岭石族矿物, 特别是地开石及地开石和高岭石的过渡矿物占大多数。研究表明, 不仅寿山石中的极品田黄石存在珍珠陶石, 而且在原生矿高山石鸡母窝品种也发现了珍珠陶石。

关键词 寿山石 矿物组分 特征

寿山石因产于福建省福州市北郊的寿山乡寿山村而得名。其历史悠久, 闻名中外, 是中国文化艺术瑰宝之一。过去把寿山石统称为叶蜡石, 又称冻石, 俗称图章石, 在宝玉石学里属于彩石大类。在中国国石候选中, 寿山石以列为国石候选石之首。因此加深对寿山石的矿物组成的研究, 将有利于揭示寿山石微观世界, 对推动寿山石产业的发展可产生积极的作用。

以矿物岩石学和宝石学的理论为基础, 利用现代科学的测试手段, 对寿山石的主要品种的矿物组成、内部特征及其内在的联系进行探讨。

1 寿山石矿床赋存地质背景

寿山石矿区位于福建寿山—峨嵋中生代火山喷发盆地的西北部。矿体呈似层状、脉状、透镜状和不规则状, 从地表向深部呈上大下小楔状。长 300 cm, 宽 25 cm, 延伸 80 cm 以上^[1]。矿体赋存于晚侏罗世至早白垩世的流纹质晶屑凝灰岩、熔结凝灰岩和含火山角砾岩等酸性火山碎屑岩和火山熔岩之中。交代型或交代-充填型寿山石矿体常密集分布于叶蜡石工业矿体中, 充填型寿山石矿体呈脉状产于寿山叶蜡石矿区的外围(如高山一带)。

2 寿山石的分类

寿山石的品种众多, 【清】高兆《观石录》和毛奇龄《后观石录》, 把寿山石按其产地分为“田坑石”, “山坑石”, “水坑石”三类。

近年来, 不少学者在此基础上结合地质学、矿床学、矿物学对寿山石进行了一些分类, 如张培莉按成因将其分为次生型矿床, 原生型矿床。次生型矿床按其产出位置分为田坑石、掘性石; 原生型矿床按其产出位置分为水坑石、山坑石。并将每一种按颜色、质地、产地或坑

① 该文章是根据作者的本科毕业论文整理而成。

收稿日期: 2003-09-24

作者简介: 李玉娟 (1981-), 女, 现为北京大学矿物学专业在读研究生。











洞进行细分, 形成一个新的分类法。福建省寿山石文化艺术研究会会长陈石在《寿山石图谱》中提出“三系五大类”的分类法。“三系”为高山系、月洋系和旗山系, “五类”为田坑石、水坑石、山坑石、旗山石和月洋石。另外据高天钧 (1997)^[2]提出以矿物组合分类, 分为地开石型、叶蜡石-地开石型和叶蜡石型。福州大学汤德平教授 (1999)^[3]提出根据寿山石的密度分为 3 个类型: 第一类, 密度为 $2.57 \text{ g/cm}^3 \sim 2.67 \text{ g/cm}^3$ 以地开石为主要矿物成分; 第二类, 密度为 $2.71 \text{ g/cm}^3 \sim 2.79 \text{ g/cm}^3$ 以含伊利石为主要矿物成分; 第三类, 密度为 $2.81 \text{ g/cm}^3 \sim 2.87 \text{ g/cm}^3$, 以含叶蜡石为主要矿物成分。

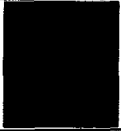
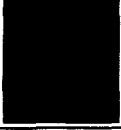







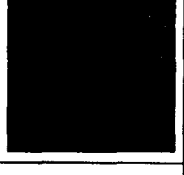


3 样品外表特征和偏光镜下的特征

研究的样品一共为 14 个, 样品的名称及外观特征见表 1。

表 1 寿山石样品外观特征及镜下特征

Table 1 Appearance characteristics and the optical characters of the samples of the Shoushan stone

样品号	名称	颜色	质地	光泽	样品图	镜下特征	偏光镜下图
Zh-1	蟠烛 红芙蓉石	有红、黄、白三种颜色, 色彩丰富, 且分布不均匀, 红色似蟠烛红	较细腻	蜡状		团粒状超微结构	
Zh-3	将军洞芙蓉石	大红色和橙黄色, 其黄色呈正圆形产在红色中, 黄色部分硬度较高	细腻	蜡状-油脂		斑状变晶结构, 斑晶为柱状绿帘石	
Zh-4	猪油白芙蓉石	有乳白色和无色部分, 白色似絮状	光滑润泽	油脂		斑状变晶结构, 斑晶为长柱状绿帘石	
D-14	白色芙蓉石	红色的沙点成分散状分布在白色之中	细腻光滑	油脂		团粒状超微结构	
D-7	坑头冻	无色, 含点状黑色黄铁矿	细腻	蜡状		粒状结构	
D-11	月尾紫	黑紫色, 颜色分布均匀	较粗糙	土状		呈微鳞片变晶结构, 另有结晶较好的红色和黑色矿物	

样品号	名称	颜色	质地	光泽	样品图	镜下特征	偏光镜下图
D-8	都成	深红色	较细腻	蜡状		细粒结构, 可见高岭石呈手风琴状	
D-12	蛤红	黑色呈团状分布在土黄色之中	较细腻	蜡状		细粒结构	
D-13	旗降	黑色呈带状分布在黄色之中	较细腻	蜡状		细粒结构	
Zh-5	鸡母窝	无色, 含四方完整的晶形有黑色矿物	晶莹且细腻	油脂		粒状结构	
Zh-2	大山	赭黄色和无色成条带状间隔分布	较粗糙	蜡状		细粒结构	
D-6	玛瑙桃花冻	乳白色的基底上分似玛瑙带有似桃花的红色	细腻	蜡状		细粒结构红色为黄铁矿浸染, 呈球粒状	
D-10	高山	淡黄色基底上红色成细点状密集分布	光滑, 细腻	蜡状		粒状结构红色为黄铁矿浸染的, 呈球粒状	
D-9	松伯岭	色黄, 均匀分布	细腻	蜡状		斑状变晶结构, 其中粒状, 柱状矿物为绿帘石	

注: Zh 开头的样品为张智亮教授提供, 其余的为雕刻家提供。

样品外表特征: Zh-1, Zh-3, Zh-4, D-14 均是芙蓉石, 以 Zh-3 将军洞芙蓉石的矿物组成丰富, 颜色多样, 品种著名, 其中共同特点是硬度较低。D-5, D-7 为透明品种, D-7 为水坑石的品种, D-12, D-13 为旗降石的品种, D-9 为松伯岭的品种, D-8 为都成石的品种, D-6, D-10, D-11 是高山石的品种。这些均为寿山石的著名的品种(表 1)。寿山石的薄片观察主要从寿山石的结构进行观察, 分析并选取了 Zh-3, D-5, D-7, D-12,

D-9, D-8 和 D-11 做 XRD 分析和 IR 分析。

4 样品的矿物组成特征

以宝石学常规测试, 薄片观察, X 射线衍射分析和红外光谱分析等相结合的方法, 对样品进行分析, 试图从微观世界更加透彻地认识寿山石的矿物成分。

4.1 宝石学常规测试

采用净水称重法, 对寿山石的样品进行常规测试(表 2)。实验在中国地质大学(武汉)珠宝学院完成的。

表 2 寿山石的净水称重结果 (g/cm³, 温度: 18℃, 水质: 蒸馏水)

Table 2 Weighing results of the Shoushan stone under the condition of purified water

样品号	空气 1	水 1	密度 1	空气 2	水 2	密度 2	空气 3	水 3	密度 3	平均密度	离差
Zh-1	1.620	1.039	2.788	2.130	1.360	2.765	1.988	1.278	2.802	2.785	0.02
Zh-3	1.215	0.772	2.742	0.746	0.493	2.921	0.747	0.487	2.872	2.807	0.10
Zh-4	2.375	1.526	2.799	0.953	0.611	2.789	0.997	0.646	2.842	2.810	0.03
D-14	9.650	6.211	2.806	0.658	0.426	2.838	0.419	0.274	2.900	2.848	0.05
D-7	5.140	3.162	2.598	1.290	0.194	2.602	1.291	0.789	2.569	2.590	0.02
D-11	2.532	1.565	2.618	0.870	0.541	2.648	1.510	0.936	2.632	2.632	0.02
D-8	2.368	1.461	2.611	1.26	0.627	2.568	1.113	0.671	2.563	2.581	0.03
D-12	10.32	6.374	2.613	0.572	0.355	2.643	0.740	0.457	2.617	2.624	0.02
D-13	5.489	3.378	2.600	1.0131	0.697	2.609	1.874	1.156	2.617	2.624	0.02
Zh-5	0.966	0.558	2.553	0.360	0.221	2.603	0.528	0.323	2.584	2.580	0.03
Zh-2	6.837	4.160	2.554	2.988	1.834	2.589	2.372	1.455	2.586	2.576	0.02
D-6	4.882	2.989	2.579	0.477	0.295	2.620	1.194	0.734	2.599	2.599	0.02
D-10	8.208	5.050	2.598	0.413	0.251	2.548	4.843	2.983	2.603	2.583	0.03
D-9	1.822	1.162	2.762	0.769	0.492	2.783	1.821	1.155	2.734	2.759	0.03

注: 以上所做的三次净水称重是取自样品上的不同的颜色部位。

根据表 2 结果可得, 芙蓉石的密度较高, 如 Zh-1, Zh-3, Zh-4, D-14 的密度在 2.78 g/cm³~2.84 g/cm³, 可以推测芙蓉石的主要矿物为叶蜡石; D-9 的密度在 2.76 g/cm³; 剩下的样品的密度在 2.58 g/cm³~2.63 g/cm³。因此, 把样品分为三类, Zh-1, Zh-3, Zh-4, D-14 一类, D-9 为一类, D-7, D-11, D-8, D-12, D-13, Zh-2, Zh-5 为一类。

4.2 寿山石的 XRD 分析

X 射线粉晶衍射实验是在中国地质大学(武汉)分析测试中心完成的。

仪器条件: 型号为日本 RIGAKU, D/Max 粉晶衍射仪; 靶为铜靶; 管压为 30 kV, 管流为 30 mA; 扫描速度为 4°/min; 平均滑点为 21。

4.2.1 高岭石族矿物

据汤德平^[3]张守亮^[4]高岭石族矿物的 (010) 面的 d 值在 7.15×10^{-1} nm 左右。高岭石和

地开石对比, 在 $19^{\circ}\sim 24^{\circ}$, 地开石具有 $3.97\times 10^{-1}\text{ nm}$, $3.79\times 10^{-1}\text{ nm}$ 的衍射峰, 而高岭石则不存在。同时在此区间地开石有 6 条衍射峰, 清晰程度变化较大, 反映了有序度不同。图 1~5 是取自不同地段的, 高岭石族矿物为主要矿物的寿山石的粉晶衍射图。在 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ (2θ) 高岭石有 6 个衍射峰, 分别以 2 个“山”字型出现, 而地开石只有 4 个衍射峰, 分别以 2 个指字型出现, 珍珠陶石在此区间只出现 2 个顶部分裂为 2~3 个小峰的衍射峰。对 D-7, D-11, D-8, D-12, D-13, Zh-2, Zh-5 代表样品做 X 射线分析如下:

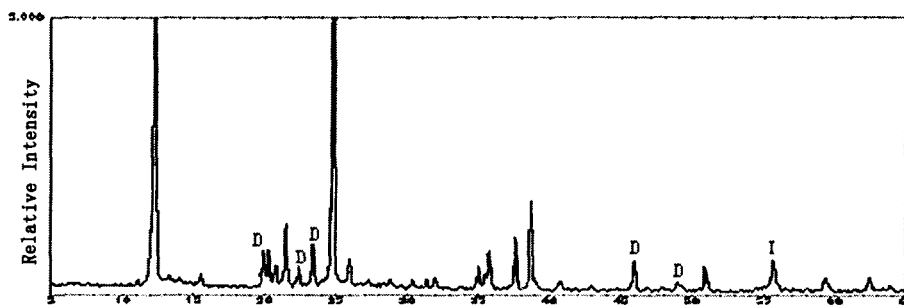


图 1 以高岭石族矿物为主要矿物的寿山石 (D-7 坑头冻) 的 X 射线粉晶衍射图
Fig. 1 X-ray powder diffractogram of the Ketaodong stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to the kaolinite minerals

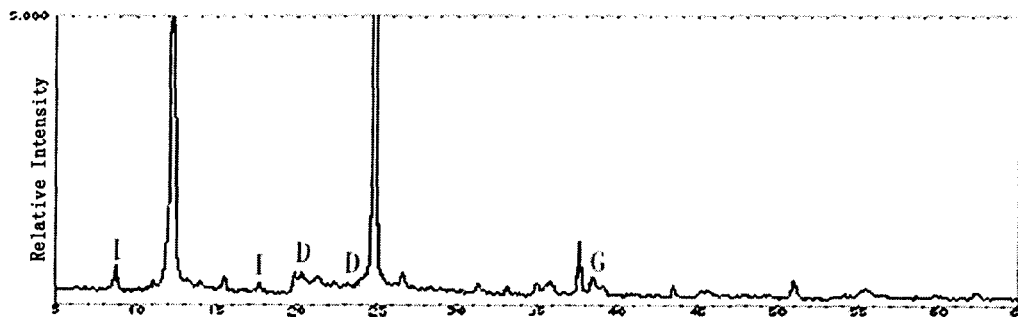


图 2 以高岭石族矿物为主要矿物的寿山石 (D-11 月尾紫) 的 X 射线粉晶衍射图
Fig. 2 X-ray powder diffractogram of the Yeweizi stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to the kaolinite minerals

D-7 号标本为纯的地开石, 从图中看出在 $19^{\circ}\sim 24^{\circ}$ 的 6 条衍射峰十分的清晰, 此样品中的地开石的有序度高。

D-11 号样品中出现了代表地开石的“指”字形的衍射峰的 d 值, 但同时也出现了代表高岭石的 $7.97\times 10^{-1}\text{ nm}$ 和 $2.34\times 10^{-1}\text{ nm}$ 的特征衍射峰的 d 值; 其中另含有约 5% 的伊利石。

D-12 号样品中也出现了代表高岭石的“山”字形衍射峰的 d 值, 也出现了分别为 $2.96\times 10^{-1}\text{ nm}$ 和 $2.85\times 10^{-1}\text{ nm}$ 的地开石特有的衍射峰。

杨雅秀等 (1994)^[5] 这种矿物称之为“无序地开石”和“无序高岭石”。

Zh-5 号样品为纯的珍珠陶石, 其 d 值基本与理论的 d 值相符。为高山石中的鸡母窝品种, 这是首次在高山石中发现稀有的珍珠陶石为主要矿物, 说明珍珠陶石不仅存在高档的寿

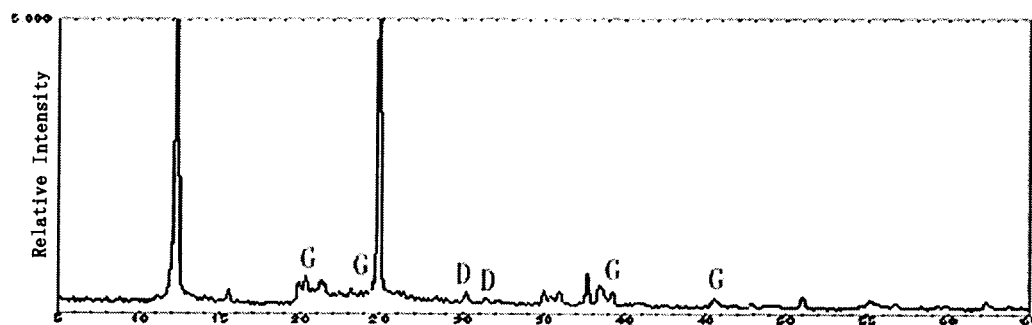


图 3 以高岭石族矿物为主要矿物的寿山石 (D-12 烱红) 的 X 射线粉晶衍射图

Fig. 3 X-ray powder diffractogram of the Hanhong stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to the kaoline minerals

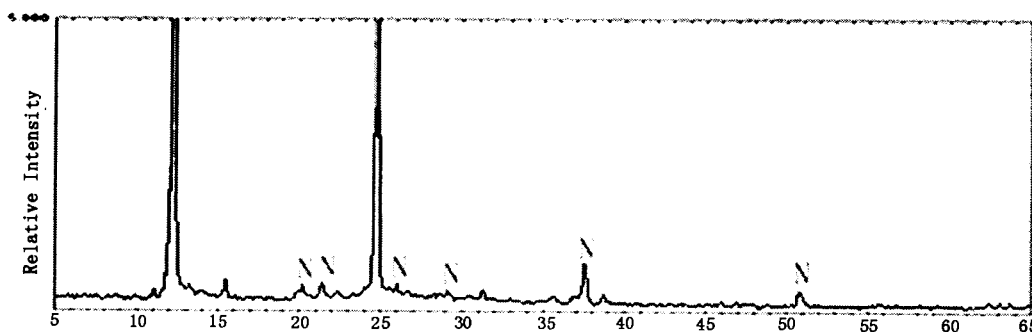


图 4 以高岭石族矿物为主要矿物的寿山石 (Zh-5) 鸡母窝的 X 射线粉晶衍射图

Fig. 4 X-ray powder diffractogram of the Jimuwo stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to the kaolinite minerals

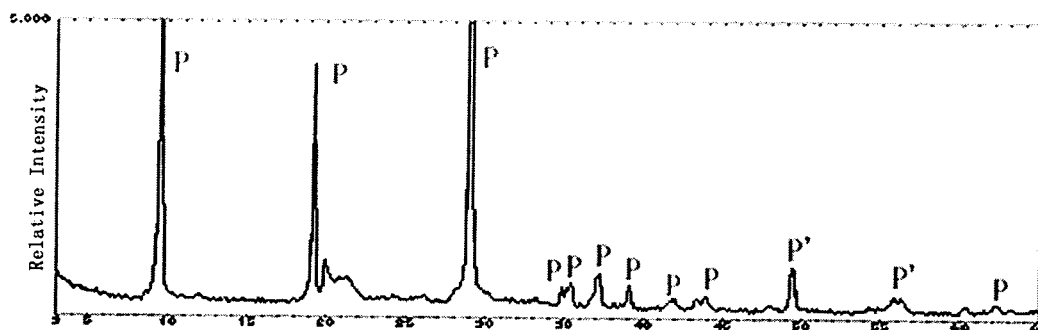


图 5 以叶蜡石为主要矿物的寿山石 (Zh-3 将军洞芙蓉石) 的粉晶衍射图

Fig. 5 X-ray powder diffractogram of the Furong stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to the pyrophyllite minerals

山石——田黄石中，而且在原生矿中也存在。

4.2.2 叶蜡石

据杨献忠 (1992)^[6]DS 卡片 12-203 (2M₁ 型叶蜡石) 及 25-12 (1Tc 叶蜡石) X 射线衍射数据, 4.45×10^{-1} nm 与 4.15×10^{-1} nm 是 1Tc 型叶蜡石的特征衍射峰; 4.26×10^{-1} nm 是 2M₁ 型叶蜡石特征衍射峰。由此可知图 5 中 Zh-3 号将军洞芙蓉石中的叶蜡石为混合型叶蜡石, 其中以 1Tc 型为主。

4.2.3 伊利石

D-9 号样品松柏岭粉晶衍射图分析, 有 45% 的 1M 型的伊利石和 40% 2M₁ 型的伊利石, 还有 5% 的叶蜡石 (图 6)。

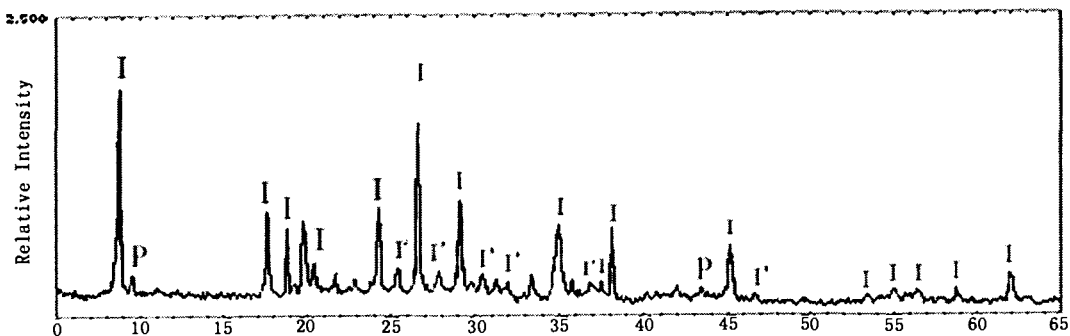


图 6 以伊利石为主要矿物的寿山石 (D-9 松柏岭) 的粉晶衍射图

Fig. 6 X-ray powder diffractogram of the Shoushan stone which gives priority to illite minerals

4.3 红外分析结果

红外光谱是在中国地质大学 (武汉) 珠宝学院大型仪器室使用傅里叶转换型仪器进行的。

4.3.1 高岭石族矿物

据任磊夫 (1988)^[7], 汤德平 (1999) 报道, 高岭石族矿物的红外射线主要区别在高频区, 典型的结晶度较好的高岭石在高频区有 4 个吸收带分别为 $3\ 697\text{ cm}^{-1}$, $3\ 647\text{ cm}^{-1}$, $3\ 652\text{ cm}^{-1}$, $3\ 620\text{ cm}^{-1}$; 典型的地开石的吸收峰, 它的羟基吸收带清楚的分裂为三个吸收峰, 分别为 $3\ 708\text{ cm}^{-1}$, $3\ 651\text{ cm}^{-1}$, $3\ 624\text{ cm}^{-1}$, 且强度从高频至低频依次增大。珍珠陶石只有两个吸收峰, $3\ 702\text{ cm}^{-1}$ 和 $3\ 628\text{ cm}^{-1}$, 其中 $3\ 628\text{ cm}^{-1}$ 的吸收峰的左侧有一个小肩状停顿, 这个说明第二吸收峰和第三吸收峰没有明确的裂开, 这种现象是由于铁离子进入八面体使铝的占位无序引起的。

同时有序度不同的高岭石和地开石, 其红外吸收光谱有明显的变化规律。有序度较高的地开石, $3\ 700\text{ cm}^{-1}$ 峰较弱, 795 cm^{-1} 的峰较强, 中低频区 $1\ 034\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\ 005\text{ cm}^{-1}$ 峰分裂明显, 随着有序度的降低, $3\ 700\text{ cm}^{-1}$ 的峰变强, 795 cm^{-1} 的峰变弱, $1\ 034\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\ 005\text{ cm}^{-1}$ 的峰分裂变得不明显。

根据武新逢 (1999)^[8]研究表明, 寿山石的外表特征与有序度密切相关, 透明度高, 质地好, 有序度也高。随着寿山石的透明度逐渐变小, 变化趋势为透明→半透明→微透明→不透明, 有序度高的寿山石的质地也好。图 7~11 是以高岭石族矿物为主要成分的寿山石红外光谱图, 对照分析, 7 号坑头冻透明, 为有序度高的地开石。D-11 号月尾紫不透明, 为有序度低的地开石。这同 XRD 和 IR 分析结果相同。

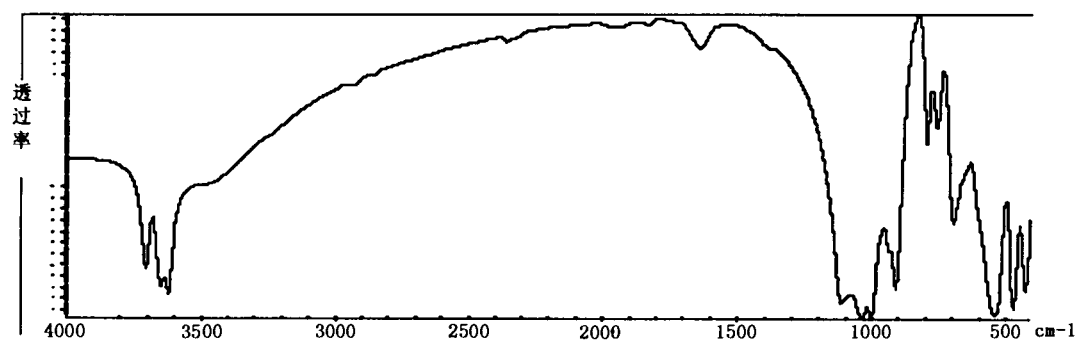


图 7 D-7 号坑头冻石红外光谱图

Fig. 7 Infrared spectrogram of the Kengtou agalmatolite from the D-7 pit

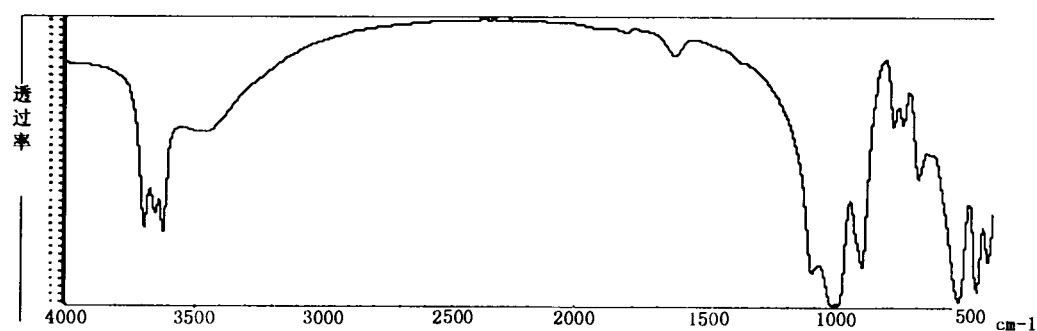


图 8 D-11 号月尾紫红外光谱图

Fig. 8 Ultraviolet and infrared spectrogram of the Yuwei stone (one of the Shoushan stones) from the D-11 pit

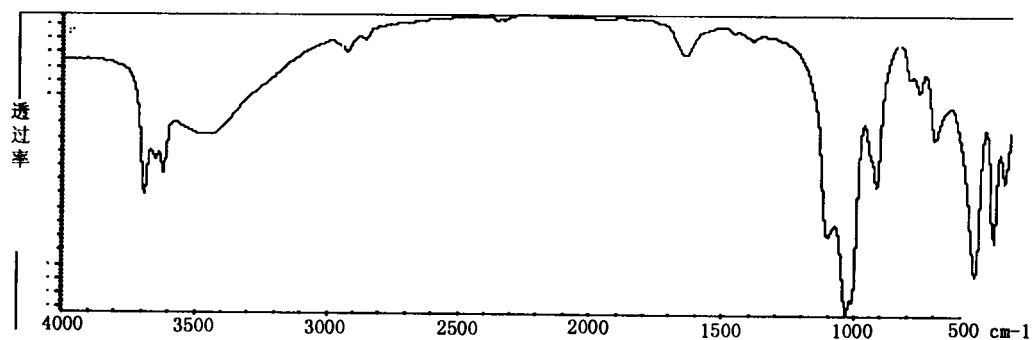


图 9 D-8 都成石红外光谱图

Fig. 9 Infrared spectrogram of the Doucheng stone (one of the Shoushan stones) from the D-8 pit

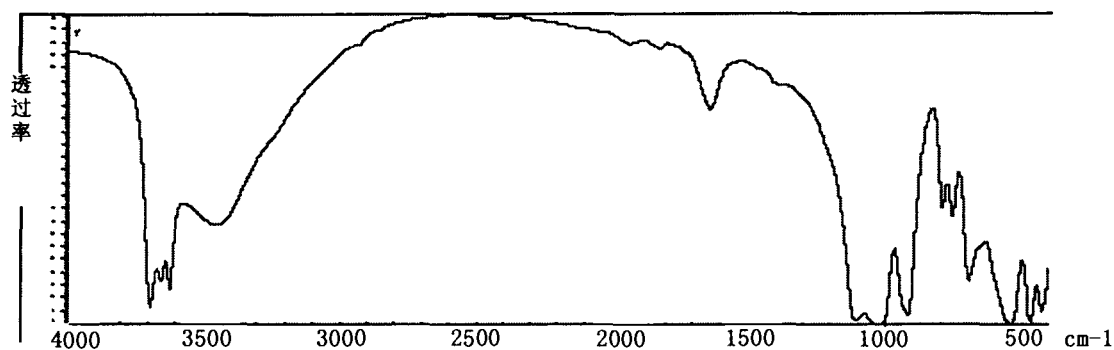


图 10 D-12 焯红红外光谱图

Fig. 10 Infrared spectrogram of the Hanhong stone (one of the Shoushan stones) from the D-12 pit

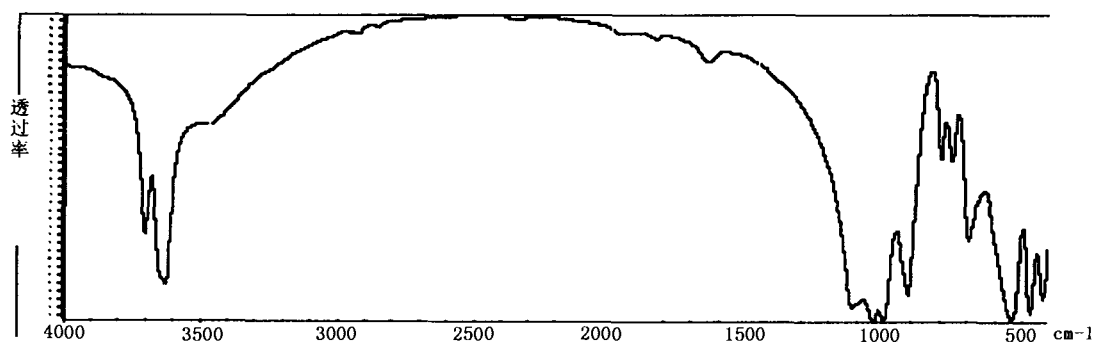


图 11 Zh-5 鸡母窝红外光谱图

Fig. 11 Infrared spectrogram of the Jimuwo stone 9 (one of the Shoushan stones) from the Zh-5 pit

4.3.2 叶蜡石

按 Farmer^[9]划分, 叶蜡石红外光谱主要有 2 条基本振动形式, 即羟基振动和晶格振动 (图 12)。3 674 cm^{-1} 出现的尖而深的锐谱带属于羟基的伸缩振动, 这是叶蜡石矿物结构高度有序的结果。当 Al^{3+} , Fe^{3+} 等进入四面体位置后, 羟基的伸缩振动频率降低, 948 cm^{-1} 的吸收谱带属于 $\text{Al}-\text{OH}$ 面内弯曲振动谱, 834 cm^{-1} 为 $\text{Al}-\text{OH}$ 面外弯曲振动谱, $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 振动为 1 052 cm^{-1} 的强吸收峰, 539 cm^{-1} 和 479 cm^{-1} 范围内出现了 $\text{Si}-\text{O}$ 弯曲振动的两个强吸收带, 故在叶蜡石中, $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 的伸缩振动不再处于二重简并状态。

4.3.3 伊利石

伊利石的红外光谱谱线在高频区的特征吸收峰为 3 618 cm^{-1} , 中频区出现 1 018 cm^{-1} , 915 cm^{-1} 弱峰, 高频区出现 3 670 cm^{-1} 弱的吸收峰说明含有少量的叶蜡石 (图 13)。

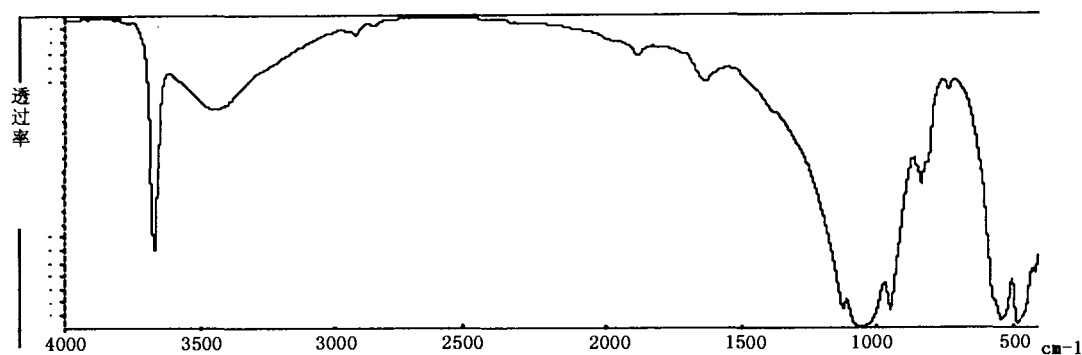


图 12 以叶蜡石为主要矿物的寿山石 (Zh-3 将军洞芙蓉石) 的红外光谱图

Fig. 12 Infrared spectrogram of the Furong stone (one of the Shoushan stones) which gives priority to pyrophyllite minerals

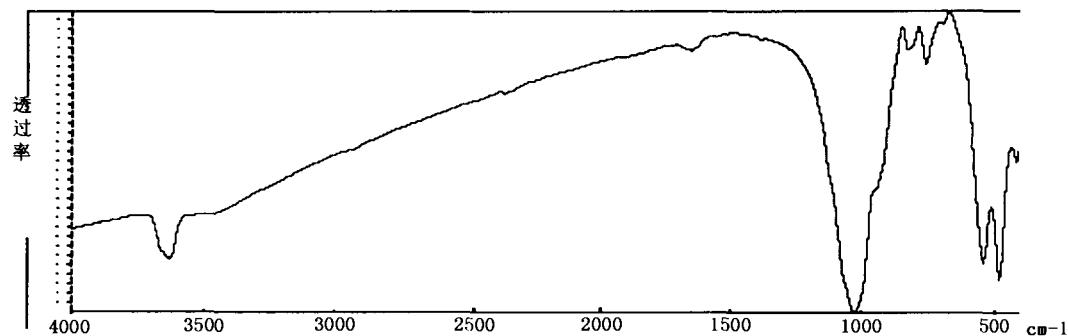


图 13 以伊利石为主要矿物的寿山石 (D-9 松柏岭) 的红外光谱图

Fig. 13 Infrared spectrogram of the Shoushan stone which gives priority to illite minerals

5 结语

(1) 寿山石的独特的矿物组成是区别其它图章石的关键。寿山石的矿物成分复杂, 颜色多样, 色块边界清楚; 透明度较好, 质地温润, 透明; 刀感较好。而青田石颜色较单调, 多为绿、白、浅黄和紫, 较少红色; 刀感适中。巴林石颜色均匀, 色彩淡雅, 以淡红、淡黄为主; 透明度好; 刀感不畅, 形成的粉末细。而鸡血石独有的红色辰砂是区别其它图章石的关键。

(2) 寿山石中矿物可以区别寿山石的品种。如: 善伯洞石与旗降石中以高岭石为主要矿物成分, 部分为白色絮状, 俗称“花生糕”。

(3) 长期以来, 人们一直以为叶蜡石为寿山石的主要组成矿物。80 年代以来, 随着 X 射线衍射及红外光谱分析方法的普及, 便开始引入了迪开石 (地开石) 和高岭石的概念。任磊夫 (1988)^[7]对产于寿山有“石中之王”之称的珍稀田黄宝石进行研究。表明田黄冻是以珍珠陶石为主。杨雅秀 (1995)^[5]认为, 在寿山适宜作图章石的均由地开石 (包括少量珍珠陶石或高岭石) 组成。武新逢 (1999) 研究则表明寿山溪南侧和北侧的寿山石均是以地开石等高岭石族矿物为主, 而西侧的旗山则是以叶蜡石为主。汤德平 (1999) 表明不同品种寿山石的矿

物成分有所不同，主要的矿物有高岭石族矿物、伊利石和叶蜡石。

(4) 寿山石的主要矿物可以分为三类：高岭石族矿物、叶蜡石和伊利石，其中以高岭石族矿物，特别是地开石及地开石和高岭石的过渡矿物占大多数。

(5) 在原生矿高山石的品种鸡母窝中发现存在纯的珍珠陶石，说明珍珠陶石不仅存在于田黄石，还存在于原生矿中。因此，可以认为田黄石的形成是由原生矿转化而成，由此对田黄石的产生过程和寻找提供了一定的依据。

本篇文章来自学士毕业论文，其中从选题到确题到完稿都得到导师袁心强教授的悉心指导，另外福建地质科学研究所的张智亮教授级高级工程师提出了具体的修改意见。谨此表示衷心的感谢！

参 考 文 献

- 1 张培莉. 系统宝石学. 北京: 地质出版社, 1997
- 2 高天钧, 张智亮, 刘志逊. 寿山石的成矿地质条件及找矿前景. 福建地质, 1997, 16 (3)
- 3 汤德平, 郑宗坦. 寿山石的矿物组成的研究. 宝石和宝石学杂志, 1999 (4)
- 4 张守亮, 崔文元. 巴林鸡血石的宝石矿物学研究. 宝石及宝石学杂志, 2002 (4)
- 5 杨雅秀, 张乃娴. 中国粘土矿物. 北京: 地质出版社, 1994
- 6 杨献忠等. 寿山叶蜡石矿床中叶蜡石的多型及其转变. 福建地质, 1993, 12 (3)
- 7 任磊夫. 田黄宝石的矿物学研究. 岩石矿物学杂志, 1988, 7 (2)
- 8 武新逢, 崔文元. 寿山石的矿物学研究. 岩石矿物学杂志, 1999, 18 (2)
- 9 Farmer, V. C. The Infrared Spectra in clay mineral studies. Clay Minerals, Vol7

On the Mineral Constituent and Characteristics of Shoushan Stone

Li Yujuan

(*Earth and Space Science Institute, Beijing University, Beijing, 100871*)

Abstract

The Shoushan stone (agalmatolite) is one of craft carving stones with great reputation in China. The testing results of the X-ray diffraction and infrared spectrum show that the major composition of Shoushan stones is composed of kaoline minerals, pyrophyllite and illite, in which the kaoline minerals, particularly dickite and dickite's and kaolinite's transition minerals, are in majority. The analysis results indicate that the nacrite is discovered not only in Tianhuaung stone (the highest-grade Shoushan stone) but also in the Jimuwo stone (one of ordinary Shoushan stones) which is derived from the primary ore of the Shoushan stone.

Key word Shoushan stone, mineral constituent, characteristics