



广西大化东扛村透闪石玉的宝石学特征及成因

徐立国^{1,2}, 於晓晋¹, 王时麒³

(1. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 中国地质博物馆, 北京 100034;
3. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要: 本文通过镜下观察 配合电子探针和红外光谱等大型仪器分析, 对广西大化东扛村新发现的透闪石玉进行了宝石学特征及成因研究。矿物颗粒主要呈纤维状、柱状等变晶结构, 晶体颗粒细小, 结构致密。主要矿物角闪石的 $Mg^{2+}/(Mg^{2+} + Fe^{2+})$ 全部 > 0.90 , 属透闪石, 透闪石含量一般在 95% 以上。通过矿石共生矿物包裹体测温确定透闪石玉矿成矿温度为 250~327℃。利用稀土元素和氢氧同位素分析, 确定成矿流体主要来自岩浆水, 东扛村透闪石玉矿为岩浆热液型交代矿床。

关键词: 东扛村 透闪石玉 矿物组成 矿床成因

中图分类号: P578.955

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2014)S0-0055-06

The gemological characteristics and origin of Donggang Village tremolite jade in Dahua, Guangxi

XU Li-guo^{1,2}, YU Xiao-jin¹ and WANG Shi-qi³

(1. School of Civil and Environmental Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. The Geological Museum of China, Beijing 100034, China; 3. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: In 2012, a new tremolite deposit was found near the main tremolite jade ore district in Donggang Village of Dahua. Microscopic analysis reveals that the main mineral composition of the amphibole deposit in Donggang Village is tremolite whose content is higher than 95% in general. The tremolite has relatively small particles and fairly delicate structure. Through REE and hydrogen and oxygen isotope analysis, the authors inferred the source of metallogenic material and hydrothermal origin, and considered that the Donggang Village tremolite deposit is a magmatic hydrothermal replacement deposit.

Key words: Donggang Village; tremolite jade; mineral composition; genesis of mineral deposit

透闪石玉因其质地细腻, 外表温润有光泽而深受国人喜爱, 但随着现代技术的进步和日益开采, 一些传统透闪石玉矿区玉石资源面临枯竭, 为了满足市场的需求和消费者需要, 新的透闪石玉矿点的勘察和开发就显得十分重要(王宾等, 2012)。国内目前对于透闪石玉的研究主要涉及新疆地区(唐延龄等, 2002; Liu Yan *et al.*, 2010, 2011a, 2011b) 青海地区(冯晓燕等, 2004) 岫岩地区(王时麒等,

2007) 和贵州罗甸(支颖雪等, 2011) 等, 近期, 在继广西大化岩滩镇地区发现了特色鲜明的透闪石玉矿后(李旭等, 2011), 在据岩滩镇水电站南 11 km 的东扛村, 又发现一新透闪石玉矿, 遂命名为大化东扛村透闪石玉矿。笔者对东扛村矿石进行了详细的实验室测试, 包括宝石学、矿物学特征研究, 大型仪器使用和偏光、电子显微镜的观察, 旨在通过测试结果, 为东扛村透闪石玉开发提供科学依据。

1 地质背景

大化东扛村透闪石玉矿位于大化岩滩镇东扛村滑石矿区内。东扛村透闪石玉矿区大地构造位于华南褶皱系-右江褶皱带西缘,与扬子准地台-上扬子台褶皱带相毗邻(高延林,2001)。出露地层主要为古生界二叠系茅口阶、栖霞阶,岩浆岩是具有辉绿结构的辉绿岩,围岩主要为硅质岩和灰黑色薄层至厚层状灰岩。

辉绿岩呈岩床状沿下二叠统的茅口组与栖霞组接触面顺层侵入,在外接触带形成透闪石玉矿床。矿区受亚热带气候影响整体风化、剥蚀,部分矿石出露,呈薄层状产出,部分发生交代作用形成滑石矿。

2 东扛村透闪石玉的基本特征

2.1 宝石学特征

东扛村透闪石玉外观细腻,具有瓷状光泽。笔者对样品进行了筛选,选出特征样品 3 块,分别为白色、灰白色、带麻点灰白色样品,对样品进行了常规宝石学特征测试见表 1。

表 1 广西东扛村透闪石玉宝石学特征
Table 1 Gemological characteristics of samples

编号	颜色	光泽	透明度	折射率	硬度	密度(g/cm^3)
D-4	白色	瓷状光泽	微透明	1.59	5.6	2.912
E-6	灰白色	瓷状光泽	微透明	1.60	5.8	2.922
E-10	带麻点白色	瓷状光泽	微透明	1.61	5.6	2.855

2.2 矿物组成分析

通过实验室手标本、偏光显微镜观察以及多种

实验仪器的测试,结果表明,东扛村透闪石玉的主要矿物成分为透闪石,并含有少量杂质矿物。

主要矿物:透闪石(含量 $>95\%$);杂质矿物:透辉石、磷灰石、碳酸盐、褐铁矿等。为准确鉴定闪石的种属,确定主要矿物,杂质矿物的成分,本文选取了有代表性的样品分别做了电子探针分析、红外光谱分析等实验。

2.2.1 电子探针分析

东扛村透闪石玉的化学成分采用电子探针进行定量分析,样品经过抛光、镀碳膜制成探针分析样品。根据表中数据,应用 Minpet2.0 软件,通过电子平衡重新计算,对每个样品的 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ 进行了计算。测试地点为中国地质科学研究院电子探针实验室,采用仪器为 JXA-8100 电子探针分析仪,电压 15 kV,电流 $1 \times 10^{-8} \text{A}$ 。结果见表 2 和表 3。

根据国际矿物学协会对角闪石的命名规则,透闪石属于闪石族矿物中的钙质闪石亚族,是透闪石-铁阳起石系列矿物中的一员,其化学式 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ 。在该系列矿物中 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+) \geq 1.34$, $\text{Na}^+ < 0.67$, $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 0.5$, $\text{Si}^{4+} \geq 7.50$ 。当 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) \geq 0.9$,称为透闪石; $0.5 \leq \text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) < 0.9$ 称为阳起石; $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) < 0.5$ 时称为铁阳起石。本地区闪石玉的主要矿物角闪石的 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ 全部 > 0.90 ,属透闪石。

2.2.2 红外光谱分析

红外光谱主要是利用物质分子伸缩振动和变形振动的不同来对物质进行种类鉴别和分析。选取透闪石样品 4 件,将样品粉碎并碾成 200 目左右的粉末,采用 KBr 压片法制成 $\Phi = 1 \text{ cm}$ 、厚度为 1 mm 的透明薄片在北京大学宝石测试中心进行红外光谱

表 2 广西东扛村透闪石玉的电子探针分析数据

$\omega_B/\%$

Table 2 Electron microprobe analyses of tremolite from Donggang

样品	SiO_2	Na_2O	K_2O	MgO	Al_2O_3	MnO	CaO	FeO	Total	$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg} + \text{Fe}$
D2	58.40	0.30	0.17	23.44	0.16	0.05	12.51	0.15	95.21	0.996
D3	59.14	0.29	0.20	23.60	0.16	-	12.47	0.09	95.99	0.998
D4	58.45	0.10	0.09	23.33	0.15	0.03	12.31	0.09	94.56	0.998
D4	58.49	0.12	0.10	22.45	0.26	0.03	14.37	0.27	96.13	0.983
D6	59.71	0.38	0.27	24.01	0.22	0.03	11.02	0.04	95.74	0.999
D8	57.39	0.18	0.09	21.53	0.19	0.03	16.52	0.28	96.24	0.993
E1	57.97	0.16	0.14	24.00	0.17	0.02	12.60	0.03	95.10	0.999
E5	57.81	0.25	0.16	24.10	0.15	0.00	12.93	0.01	95.44	0.999
E6	57.56	0.13	0.09	24.01	0.13	0.03	13.50	0.05	95.54	0.999
E10	58.05	0.16	0.16	23.92	0.14	0.05	12.93	0.04	95.46	0.999

表3 广西东扛村透闪石玉中部分杂质矿物的电子探针分析数据

 $w_B/\%$

Table 3 Electron microprobe analyses of impurity from Donggang

样品	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	FeO	P ₂ O ₅
透辉石	57.68	0.72	0.47	22.14	0.21	0.04	11.88	0.10	0.02
透辉石	55.87	0.10	0.01	17.36	0.79	0.04	24.72	1.00	0.01
磷灰石	0.69	—	—	0.19	—	0.01	53.92	0.05	44.13

注:—表示没有数据。

测试,得到的红外光谱图见图1。

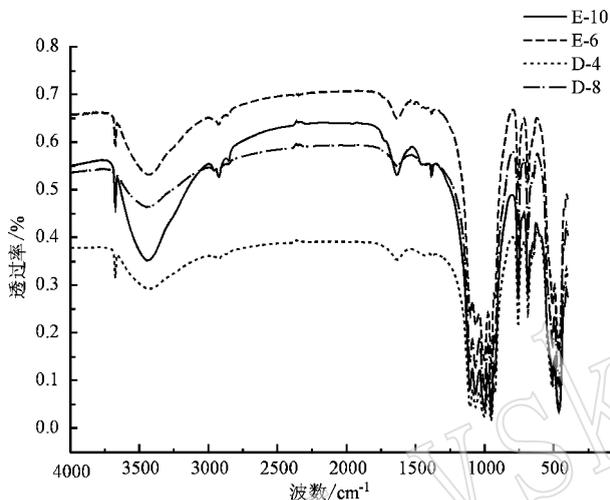


图1 广西东扛村透闪石玉红外光谱图

Fig. 1 Infrared spectrum of tremolite from Donggang

E-10—镯芯料; E-6—镯套料; D-8—矿料; D-4—矿料

E-10—bracelet core; E-6—bracelets; D-8—mineral; D-4—mineral

图1中的谱带数目、谱带位置、谱带形状等特征和标准透闪石十分接近。其中,在 3670 cm^{-1} 附近出现较尖锐的吸收谱带属于OH的反对称伸缩振动(ν_{OH})所致;在 $1200\sim 900\text{ cm}^{-1}$ 范围内 1100 、 1000 、 950 、 920 cm^{-1} 附近出现的吸收谱带,属于O—Si—O的反对称伸缩振动和Si—O—Si的反对称伸缩振动以及O—Si—O对称伸缩振动所致; $800\sim 600\text{ cm}^{-1}$ 范围内出现 755 、 686 cm^{-1} 附近的吸收谱带,属于Si—O—Si对称伸缩振动所致;位于 524 、 490 、 425 cm^{-1} 附近的吸收谱带分别属于Si—O弯曲振动、M—O晶格振动所致。因此,可确定东扛村透闪石玉的主要矿物成分是透闪石。

2.3 透闪石玉的结构构造特征

东扛村透闪石玉肉眼观察主要为致密块状构造,隐晶质结构,偏光镜下结构细小致密,最小可达显微隐晶质结构,颗粒主要为柱状、针状、纤维状结

构,集合体组成为纤维交织结构、放射状结构、花瓣状结构、束状结构等(图2)(Liu Yan *et al.*, 2010)。

3 东扛村透闪石玉矿床成因

3.1 矿床围岩特征

东扛村闪石矿点围岩主要是灰岩、白云质灰岩、白云岩夹硅质岩。接触变质不强烈,碳酸盐岩石有大理岩化、滑石化、透辉石化等,蚀变不均匀,多交代残余结构,碎屑岩有硅化等。蚀变宽度 $0.2\sim 5\text{ m}$ 不等,围岩蚀变始终伴随着闪石成矿作用过程的每个阶段,与矿化关系密切。

3.2 稀土元素分析

为了更清晰地说明东扛村闪石玉矿与围岩关系,笔者在北京大学地质学系化学分析实验室进行了稀土元素成分分析,仪器为PlasmaPQII电感耦合等离子体质谱仪,元素含量大于 10×10^{-6} 的精度优于5%,含量小于 10×10^{-6} 的精度优于10%,然后做出透闪石玉与围岩、岩浆岩的稀土元素分配模式图(图3、图4)。

从图3、图4可以看出,透闪石玉稀土元素与围岩稀土元素分配基本重合,而与岩浆岩相差较大,说明透闪石中的主要成分来自围岩,即钙、镁、硅元素来自蚀变的碳酸盐岩和硅质岩。

3.3 成矿温度测定

成矿温度的确定一般是通过测定矿物的气液包裹体得出的,透明矿物采用均一法,不透明矿物采用爆裂法,由于东扛村透闪石玉结晶极为细小,无气液包裹体,故笔者根据矿区地质条件和文献资料,用矿石中共生的黄铁矿—方解石中包裹体来进行温度的测定,确定透闪石形成的温度上限和下限,再求透闪石大致成矿温度(王时麒等,2007)。

3.3.1 黄铁矿成矿温度测定

黄铁矿取自矿区矿石周边,分五角十二面体、立方体晶型,五角十二面体为早期成矿产物,通过中科院地质与地球物理所,DT-5型矿物包裹体爆裂测温

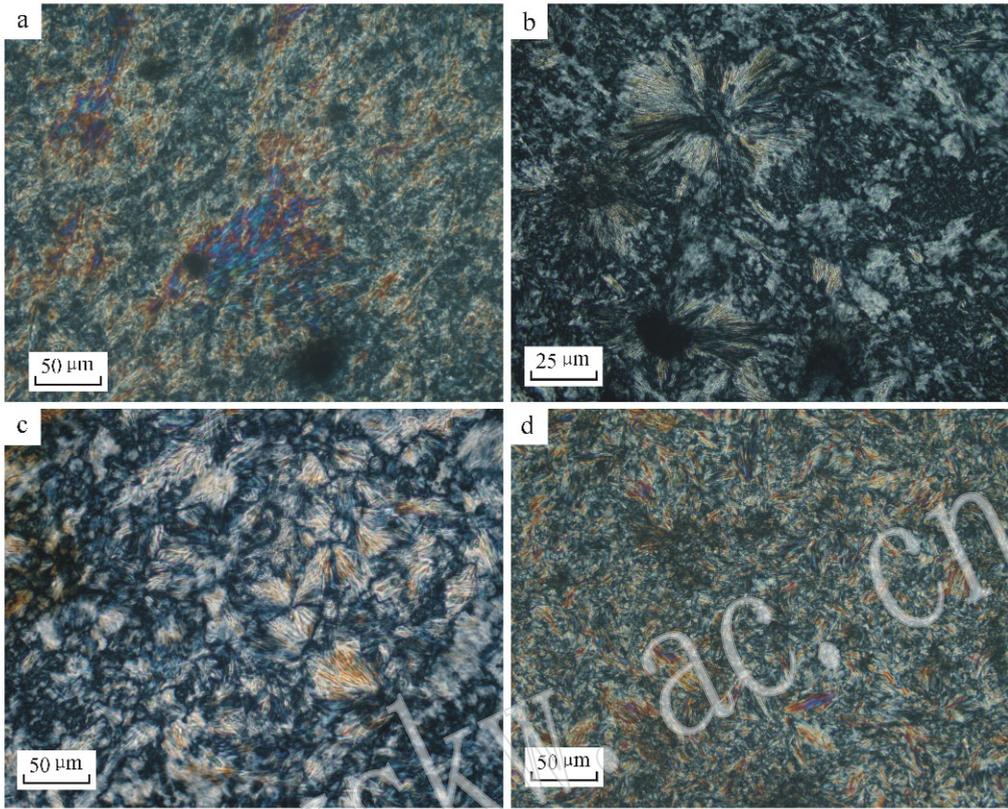


图 2 广西东扛村透闪石偏光镜下不同结构

Fig. 2 Characteristics of tremolite under crossed nicols

a—束状结构, +; b—花瓣状结构, +; c—放射状结构, +; d—纤维交织结构, +
 a—bunchy structure, +; b—petaliform structure, +; c—radial structure, +; d—fiber woven-like structure, +

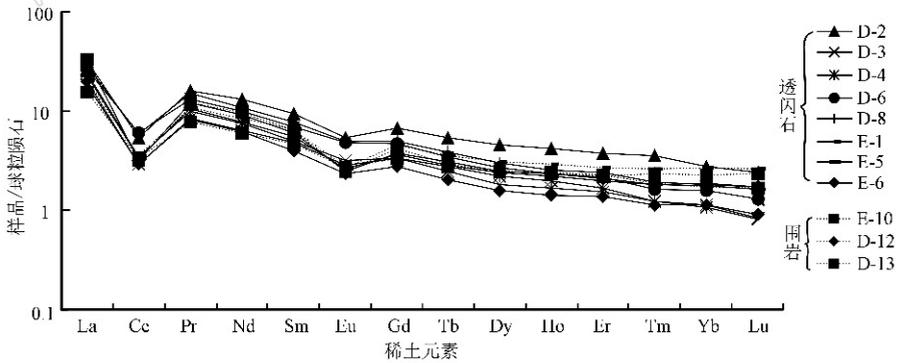


图 3 广西东扛村透闪石玉与围岩的稀土元素分配模式图

Fig. 3 The REE chart of tremolite and country rock

仪测试,结果如表 4。

表 4 东扛村透闪石玉矿区黄铁矿爆裂温度
 Table 4 Burst temperature of Pyrite from Donggang

样品编号	包体爆裂数(22~440℃)	质量/mg	二期	一期
S16	518	30	270	328
S17	827	30	267	326

3.3.2 方解石成矿温度测定

方解石一般呈脉状和巢状分布于矿石之中,表明其为成矿晚期的产物。样品通过均一法测温,结果如表 5。

根据黄铁矿包裹体测试和分析可知,黄铁矿成矿一期,平均爆裂温度327℃;方解石成矿一期平均

表 5 东扛村透闪石玉矿区方解石均一温度
Table 5 Homogenization temperature of calcite from Donggang

样品编号	三期	二期	一期
FJS-1	151	230	243
FJS-2	167	240	250
FJS-3	217	227	253

均一温度为 250℃。通过测试,虽没有直接测出透闪石的均一温度,但还能确定大化透闪玉的成矿温度应该在 250~327℃ 之间,中值 288℃,低于 350℃(接触交代型透闪石玉矿床成矿温度),属中温成矿作用产物。

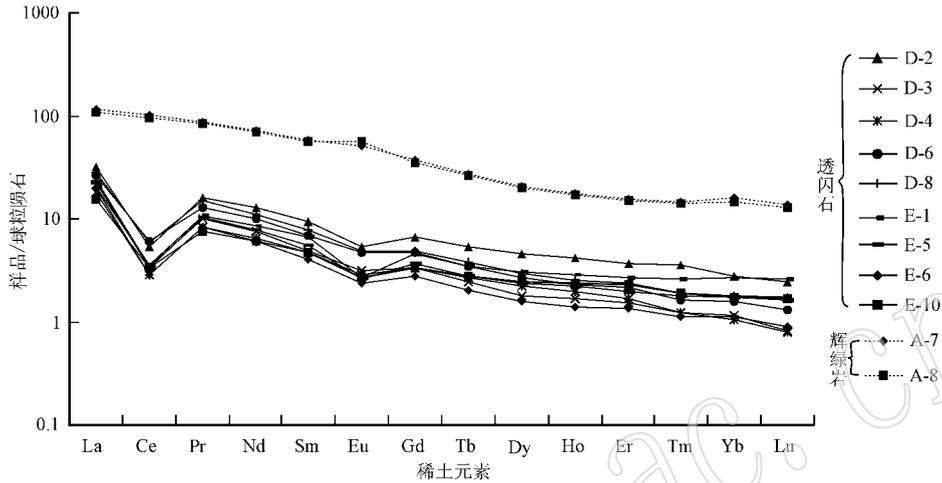


图 4 广西东扛村透闪石玉与岩浆岩的稀土元素对比图
Fig. 4 The REE chart of tremolite and Magmatic rocks

3.4 氢、氧同位素分析

本次氢、氧同位素测试在核工业北京地质所研究院稳定同位素实验室完成,测试仪器为质谱仪 MAT-253,使用的测试方法为硅酸盐及氧化物矿物中氧同位素组成的五氟化溴法和水中氢同位素铀还原法结果见表 6。

入,透闪石玉矿的热液来源为岩浆水热液和大气降水,主要来源为岩浆热液。

经上文稀土元素分析,氢、氧同位素实验可知,透闪石中的 Ca、Mg、Si 元素分别来自灰岩、白云质灰岩围岩,而矿床热液 H₂O、热源则来自岩浆,故侵入岩辉绿岩只提供 H₂O 和热源。综合上述分析结果,判定东扛村透闪石玉矿床为岩浆热液交代型矿床,

表 6 广西东扛村透闪石玉矿氢、氧同位素分析 ‰

Table 6 Hydrogen and oxygen isotope analysis from Donggang

样品	δD	δD _{H₂O}	δ ¹⁸ O _{V-SMOW}	δ ¹⁸ O _{H₂O}	温度/℃
D-4	-76.9	-72	12.3	8.62	250
D-8	-79.8	-74	10.5	8.02	250
D-4	-76.9	-72	12.3	6.34	288
D-8	-79.8	-74	10.5	5.74	288
D-4	-76.9	-72	12.3	4.35	327
D-8	-79.8	-74	10.5	3.98	327

分别取中值 288℃、两端温度 250℃ 和 327℃ 时透闪石玉的成矿流体的氢、氧同位素值,投影到 δD - δ¹⁸O 关系图上,得到图 5。其中 327℃ 时,投入在岩浆水中,288℃ 时投入在岩浆水和大气降水混合区,250℃ 投在大气降水区域,说明在成矿早期为岩浆热液侵入,发生交代反应,在成矿中后期有大气降水混

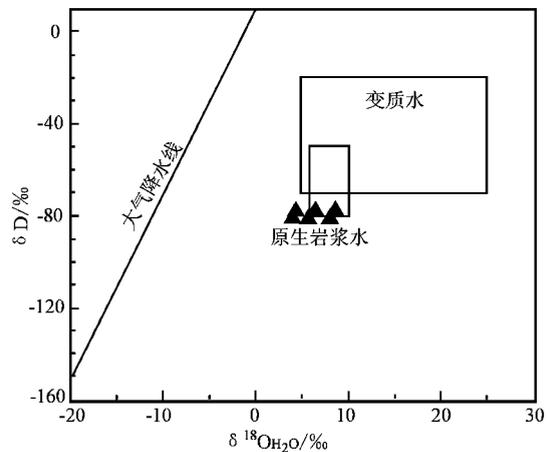


图 5 东扛村透闪石玉矿成矿流体氢、氧同位素组成图解

Fig. 5 δD and δ¹⁸O_{H₂O} data for ore-forming fluids from nephrites formed from the Donggang

