

广西大化玉的宝玉石学特征和矿床成因

徐立国¹, 王时麒²

(1. 中国地质博物馆, 北京 100034; 2. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要: 通过偏光显微镜、电子显微镜、电子探针仪、X射线衍射仪、红外光谱仪以及拉曼光谱仪等测试对广西大化玉的宝玉石学特征进行了研究, 结果表明大化玉主要由微晶透闪石集合体组成, 并含有方解石、透辉石、磷灰石、石英、绿泥石、蛇纹石、滑石、石榴石和褐铁矿等次要矿物。对其硬度、密度、折射率、抗压强度、抗拉强度和韧性等进行了系统测定。通过野外考察以及对室内成矿温度、氢氧同位素、硅同位素和稀土元素等特征进行综合分析, 确定大化玉矿床成因类型为层控性接触交代型岩浆热液矿床, 根据辉绿岩中锆石 U-Pb 法测年, 确定其成矿年龄为 2.6 亿年左右, 并建立了对应成矿模式图。

关键词: 大化玉; 结构; 成分; 宝玉石学特征; 矿床成因

中图分类号: P578.955

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2016)SI-0001-11

Gemological characteristics and genesis of Dahua nephrite

XU Li-guo¹ and WANG Shi-qi²

(1. Geological Museum of China, Beijing 100034, China; 2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The main mineral composition of Dahua nephrite is microcrystalline tremolite, and other minor minerals include calcite, diopside, apatite, quartz, chlorite, serpentine, talc, garnet and limonite. This study employed such means as orthogonal polarization microscope, electron microprobe analysis, X-ray powder diffraction and infrared spectrometer. The hardness, density, refractive index, compressive strength, tensile strength and toughness of the Dahua nephrite were determined. It is shown that the genetic type of the deposit belongs to stratabound and contact metasomatic type magmatic hydrothermal deposit, as shown by REE, hydrogen, oxygen and silicon isotope analysis. The mineralization age is 260 million years, as revealed by U-Pb zircon dating of diabase.

Key words: Dahua nephrite; structure; composition; characteristics of gems; genesis of ore deposit

众所周知, 中国是利用玉石最早的国家, 有 8 000 多年的玉石加工使用史, 内涵丰富的玉文化是世界文化之林的一朵奇葩, 因而中国被誉为“玉石之国”, 高超的玉雕工艺也被誉为“东方艺术”(何松, 2005)。在众多玉石之中, 占主导地位的是透闪石玉(现通称为和田玉)(唐延龄等, 1994; 李劲松等, 2001; 崔文元等, 2002a, 2002b; 冯晓燕等, 2004; 王时麒等, 2007; 周征宇等, 2008; 张晓晖等, 2011)。透闪石玉

为不可再生资源, 由于开采历史悠久, 加之一个时期以来的过度开采, 透闪石玉矿资源日益减少, 资源供应量也日渐紧张。而今, 在红水河流经的广西大化和贵州罗甸等地区, 又发现了新的透闪石玉矿(杨林等, 2012; 李凯旋, 2014), 在一定程度上将缓解我国透闪石玉料供应紧张的局面。本文在野外调查及室内仪器测试的基础上, 对广西大化一带透闪石玉的宝玉石学特征和矿床成因进行阐述。

收稿日期: 2016-11-04; 修订日期: 2016-11-11

作者简介: 徐立国(1988-), 男, 硕士, 宝石学专业, 主要从事宝玉石研究工作, E-mail: ytxlgzidane@gmail.com。

1 大化玉种类

透闪石玉的分类目前主要通行新疆和田玉分类方案,一是根据产状,即按产出环境分类;二是根据颜色,即按不同色调进行分类。

1.1 颜色分类

根据收集到的标本,大化玉颜色主要可分为白色(图 1a)、灰白色(图 1b)、黄色(图 1c)、青色(图 1d)、灰绿色(图 1e)和绿色(图 1f)等。此外还有一种特殊类型,即在白色底子上分布有黑褐色星点状物,可称为芝麻点玉。这些“芝麻点”是在靠近地表氧化条件下,玉石被高价态铁锰氧化物浸染所致,这类玉石是大化玉中很有特色的一个品种(图 1)。

1.2 产状分类

目前发现的大化玉主要为地层中薄层状玉石矿体,称为山料,玉矿点主要分布在红水河两岸。此外在红水河中也陆续发现有子料(图 2)。

2 大化玉矿物组成

通过多种实验仪器检测,大化玉主要由微晶透闪石集合体组成,含有多种次要矿物。

2.1 主要矿物: 透闪石 $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

透闪石粒度非常细小,肉眼观察隐晶质,无颗粒感。偏光显微镜低倍镜下难以分清颗粒大小和形状,高倍镜下隐约可见其形态和大小,为纤维状或针状晶形,集合体多构成纤维交织结构。

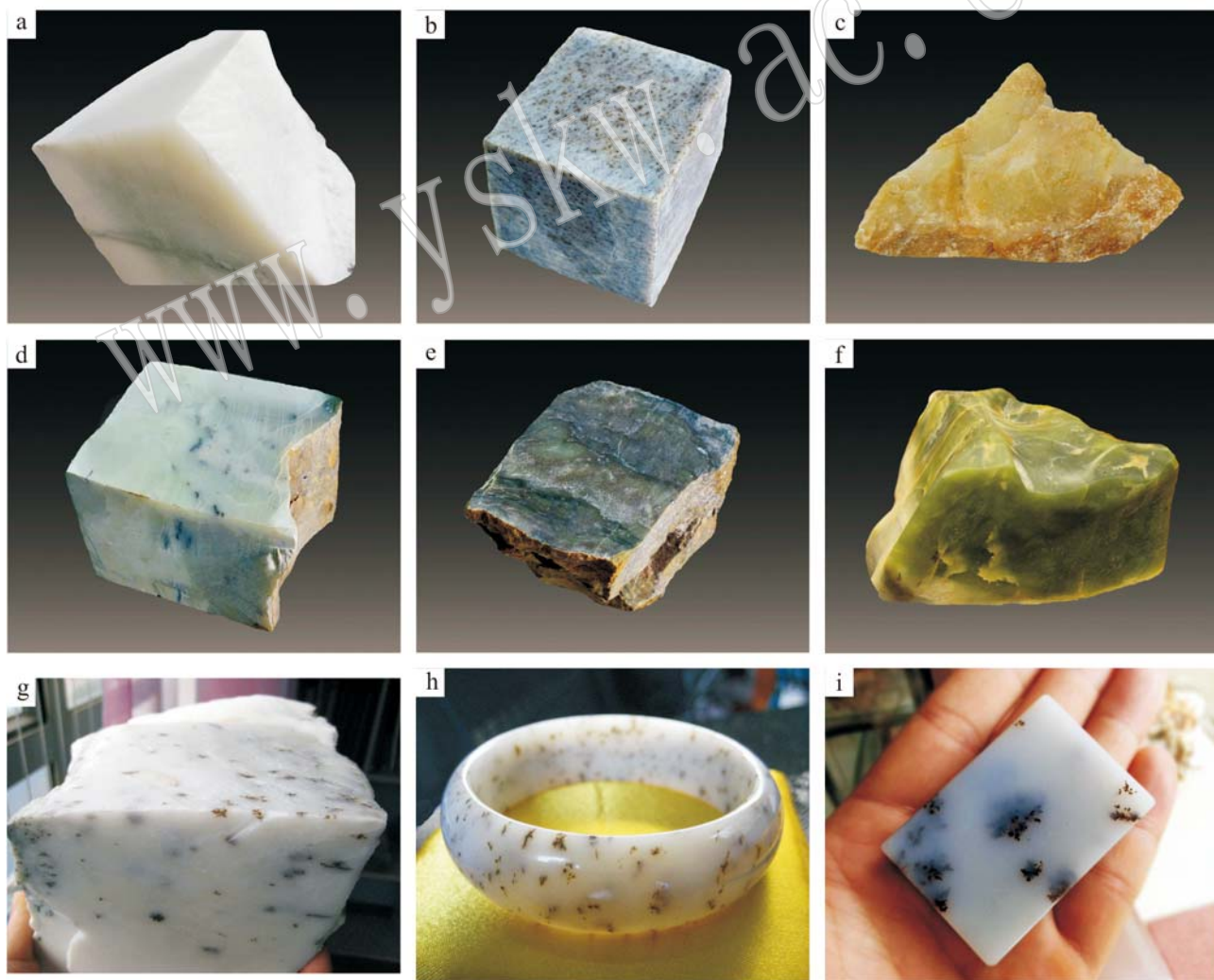


图 1 大化玉颜色分类

Fig. 1 The color type of Dahua nephrite

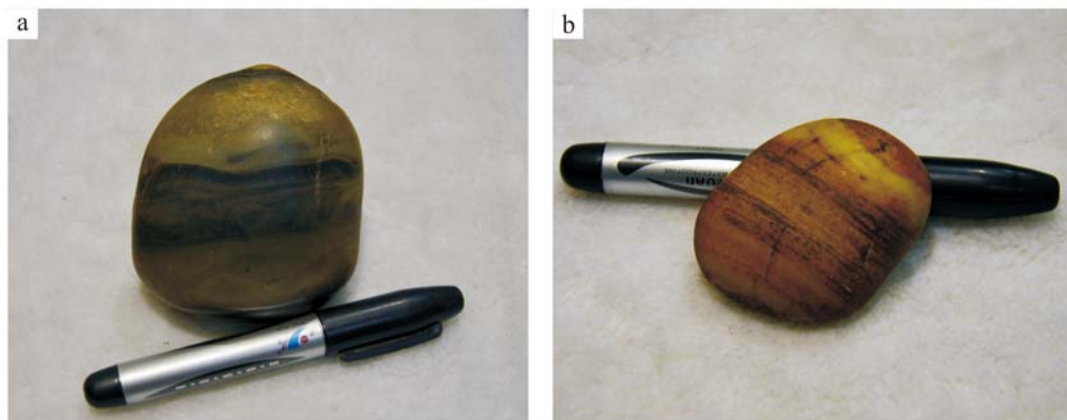


图 2 大化玉子料照片

Fig. 2 The photograph of Dahua placer nephrite

从结构特征可以看出,透闪石可以分为早中晚 3 个期次,早期透闪石呈针状,颗粒较粗,晶粒长径 $> 0.05 \text{ mm}$,常被后期透闪石交代蚕蚀,呈交代残留结构;中期透闪石为纤维状,颗粒较细,长径大小为 $0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$,是构成透闪石玉的主体;晚期透闪石常呈细脉状穿插于早期透闪石中,细脉中透闪石往往垂直于脉壁呈梳状结构。不同期次透闪石镜下光学特征基本相同,单偏光下无色,中正突起,正交偏光下横切面为 I 级灰白干涉色,纵切面最高干涉色为 II 级橙黄,斜消光,消光角 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

为准确鉴定闪石的种属,选择有代表性的样品进行进一步测定。

2.1.1 电子探针分析

对不同大化玉样品,进行了电子探针分析。根据国际矿物学会新矿物及矿物命名委员会提出的角闪石命名规则,透闪石属于角闪石族矿物中的钙质闪石亚族,属于透闪石-铁阳起石系列矿物,化学式 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ 。当 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) \geq 0.90$,称为透闪石, $0.50 \leq \text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) < 0.90$,称为阳起石。本地区透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。

2.1.2 X 射线衍射分析

X 射线粉晶衍射测试表明,大化玉样品的衍射峰位置和强度都与 JCPDS 标准卡中透闪石相近,其中大化玉样品的 d 值 3.120 、 2.710 、 1.582 、 1.503 、 1.438 、 1.293 和 $1.047 \text{ \AA}$,均与标准透闪石的特征 d 值相符,表明大化玉主要由透闪石组成。

2.1.3 红外光谱分析

红外光谱分析表明,大化玉样品的红外吸收图谱谱带分布与标准透闪石的谱带一致(图 3)。

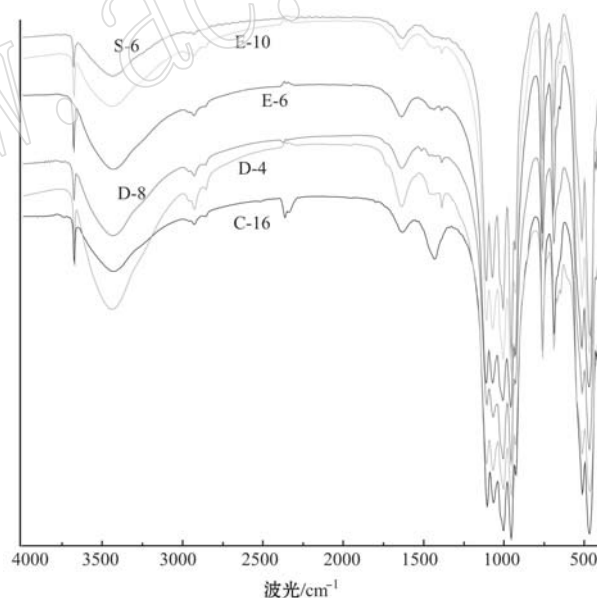


图 3 大化玉红外光谱分析图

Fig. 3 Infrared spectra of samples

2.1.4 拉曼光谱分析

通过拉曼光谱分析(图 4),高频部分和低频部分图谱特征都与标准透闪石拉曼峰值基本一致,表明大化玉主要由透闪石组成。

2.1.5 扫描电镜

电镜条件下样品主要呈纤维状、柱状和针状结构,集合体呈纤维交织结构或弱定向纤维交织结构,结构比较致密,与国内各主要产地透闪石玉结构相似(图 5)。

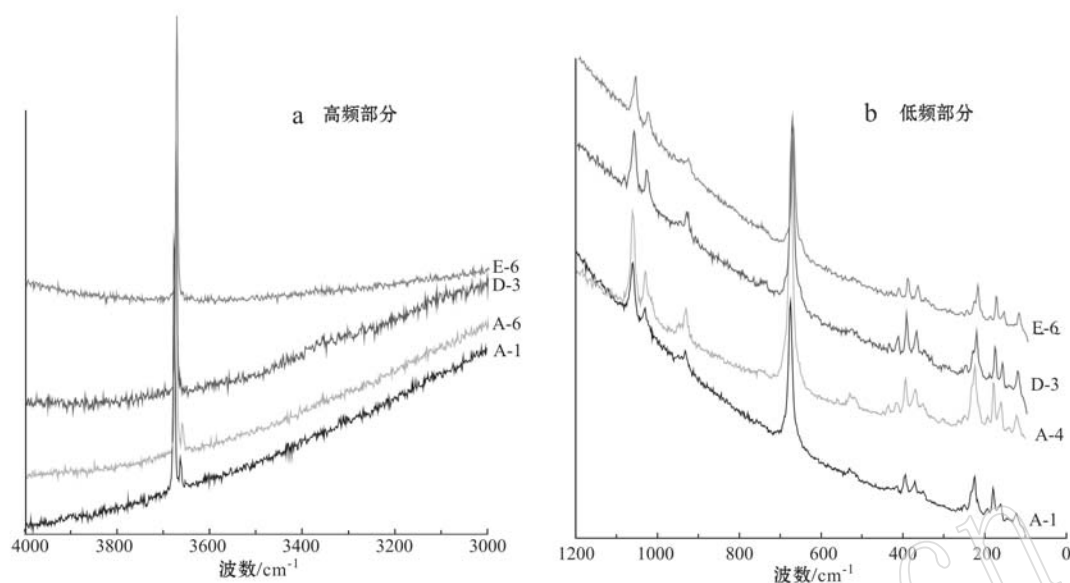


图 4 大化玉拉曼光谱图

Fig. 4 Raman spectroscopy of samples

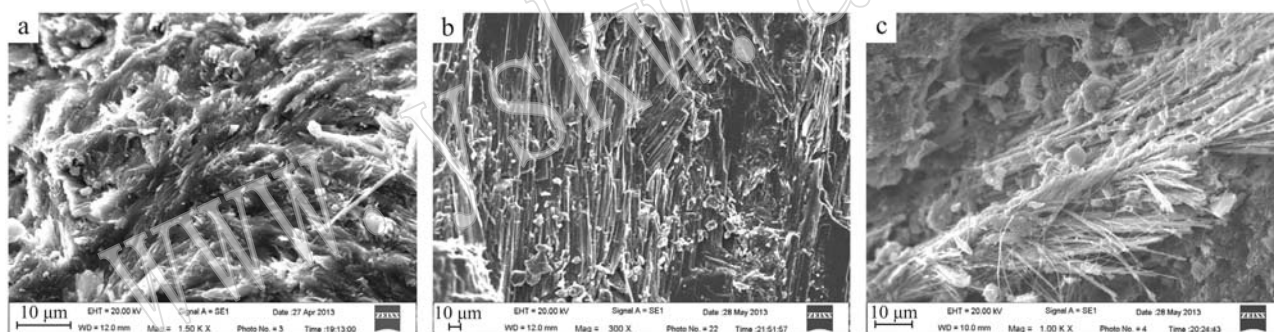


图 5 大化玉扫描电镜照片

Fig. 5 SEM photograph of sample

a—1 500 倍下样品表面观察,透闪石呈纤维交织状结构; b—300 倍下样品表面观察,透闪石呈弱定向纤维结构; c—1 000 倍下样品表面观察,透闪石呈纤维状结构

a—1 500 times, the fiber woven-like structure of tremolite; b—300 times, weakly oriented fiber structure of tremolite; c—1 000 times, fiber structure of tremolite

2.2 次要矿物

经偏光镜观察、电子探针以及 X 射线衍射分析,查明大化玉的次要矿物主要有方解石(图 6a)、石英(图 6b)、透辉石(图 6c)、蛇纹石、绿泥石、水钙铝榴石、磷灰石、滑石和褐铁矿等。

3 大化玉结构构造特征

玉石结构构造是各种地质作用共同的结果,是自然环境变迁、物理化学反应的历史记录。根据玉

石构造可以追溯玉石形成的历史过程,探讨玉石的形成机制。

3.1 大化玉的结构类型和特征

大化玉的为镶嵌变晶结构、交代结构和次生充填结构 3 种类型。

3.1.1 镶嵌变晶结构

当交代作用完全时,矿物彼此间接触线比较平直,呈紧密镶嵌状,称为镶嵌变晶结构。镶嵌变晶结构可分多种类型,其中根据矿物颗粒大小可分显微细晶质结构和显微隐晶质结构;根据晶体形态可分

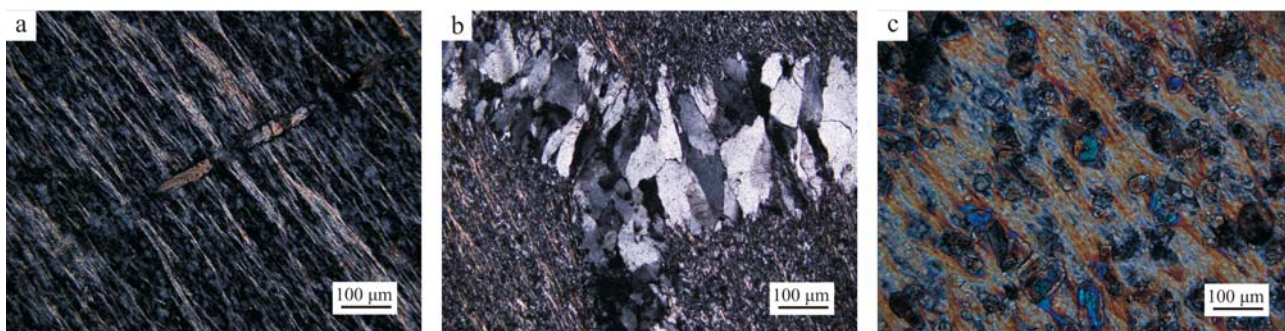


图 6 大化玉次要矿物显微照片

Fig. 6 The minor mineral photographs of Dahua placer nephrite

a—方解石脉穿插透闪石中(+); b—石英脉顺层斜穿透闪石(+); c—呈近正方形八边形透辉石(+)

a—calcite (crossed nicols); b—quartz (crossed nicols); c—diopside (crossed nicols)

为长柱状变晶结构(图 7a)和纤维状变晶结构(图 7b);根据粒度相对大小可分为等粒变晶结构(图 7c)和不等粒变晶结构(图 7d);根据矿物间相互关系和组织排列方式等特点可分为毛毡状纤维交织结构(图 7e)、束状结构(图 7f)、帚状结构(图 7g)、放射状结构(图 7h)以及弱定向平行结构(图 7i)等。

3.1.2 交代结构

当交代作用不完全时,有残留原生矿物,新矿物和原生矿物呈复杂接触,可形成多种形态交代结构,主要分为交代蚕食结构(图 7j)和交代假象结构(图 7k)。

3.1.3 次生充填结构

当矿体因地壳运动上升至近地表氧化带时,常有 Fe_2O_3 溶液沿其裂隙充填或沿矿物颗粒间隙扩散,形成多种形态的次生充填结构。此类结构可细分为沟渠状结构(图 7l)、网脉状构造(图 7m)、斑点状结构(图 7n)和柳絮状结构等(图 7o)。

3.2 大化玉的构造类型和特征

大化玉构造类型主要分为块状构造、条带状构造和芝麻点状构造。

块状构造是大化玉中最主要、最常见的构造类型,主要由透闪石和少量次要矿物组成,分布比较均匀,呈构造均一的致密块状;条带状构造是大化玉沿碳酸盐岩(石灰岩或大理岩)岩层交代而成,有时在局部保留了原岩层的层理构造特点;芝麻点构造是次生褐铁矿斑点均匀浸染分布于玉石中,呈满天星状,这种构造在本区透闪石玉中比较常见,有些大的褐铁矿斑点可呈水草花状。

4 大化玉物理性质

4.1 大化玉的透明度

透明度是指可见光自由通过的程度。大化玉多数为微透明,即在一般厚度下(几厘米)能透过一定量的光,但看不清透过的物像,也有少部分属于不透明。

4.2 大化玉的光泽

光泽是指矿物对光的反射能力,它与矿物的反射率、吸收系数和折射率有关。大化玉的抛光面主要呈蜡状光泽和瓷状光泽,少部分呈弱油脂光泽。

4.3 大化玉的硬度

通过显微硬度仪测出样品显微硬度值,再将显微硬度值换算成摩氏硬度。经过测试大化玉摩氏硬度约为 5.2~5.8,平均值为 5.4,相比其他地区透闪石玉硬度偏低。

4.4 大化玉的密度

实验室中通过静水力学法测试,大化玉密度大约为 $2.85\sim 2.99\text{ g/cm}^3$,平均值为 2.90 g/cm^3 ,相比其他地区透闪石玉略偏低。

4.5 大化玉的折射率

宝玉石折射率是指光在空气中传播速度与在宝玉石中传播速度之比。每种宝玉石都有固定的折射率或折射率范围。通过折射仪测定大化玉的折射率为 1.59~1.61。

4.6 大化玉的抗压强度、抗拉强度和韧度

大化玉属于矿物集合体,从岩石力学角度来看,

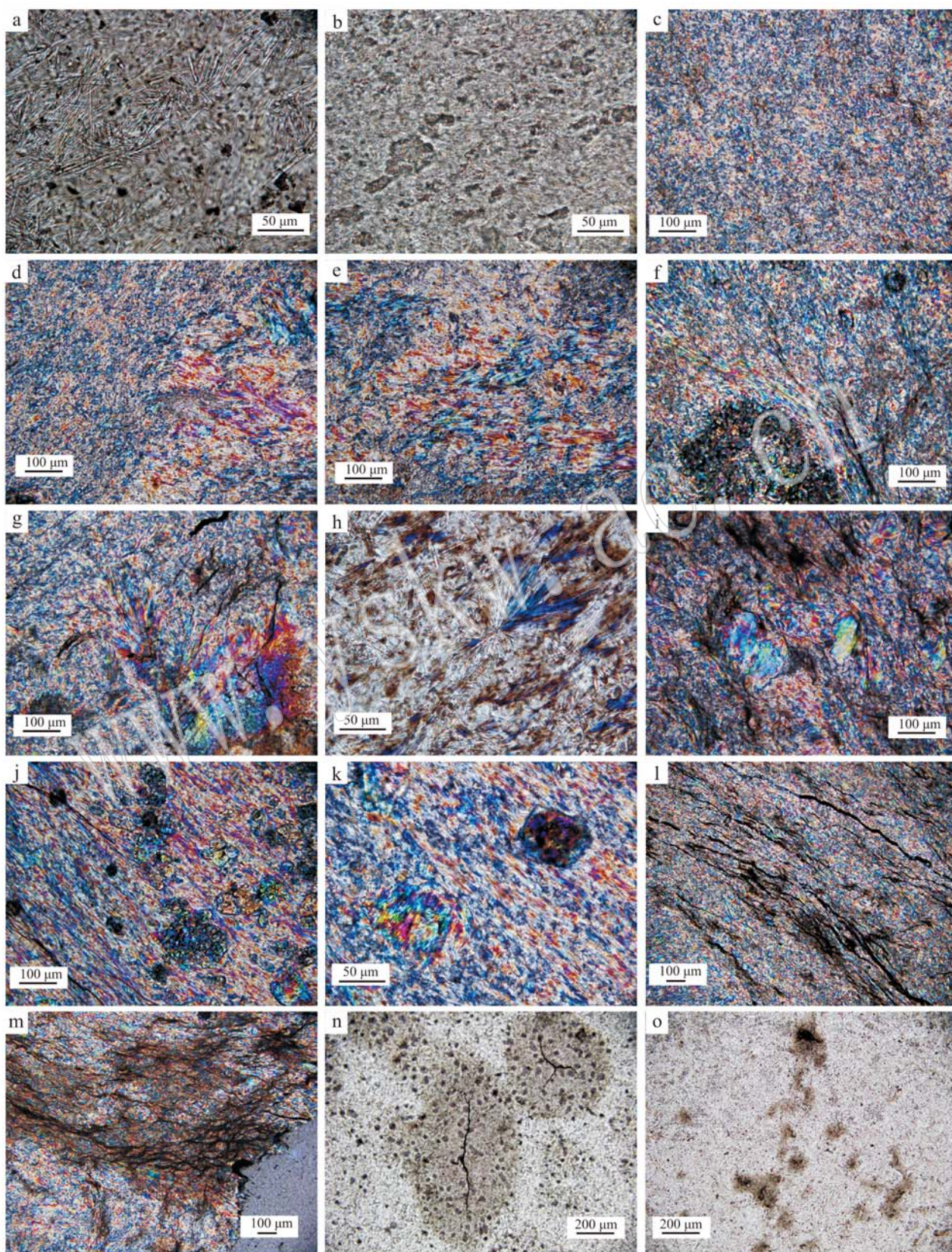


图 7 偏光显微镜下大化玉结构类型

Fig. 7 The polarizing microscope pictures of Dahua nephrite

韧性测定为抗压强度与抗拉强度的比值。通过中国地震动力学国家重点实验室,对大化玉样品进行抗压、抗拉强度测试(表 1)。

表 1 大化玉抗压和抗拉强度
Table 1 The compressive strength and tensile strength of Dahua nephrite

样品编号	抗压强度	抗拉强度	压拉比
W-1	432.851	38.200	11.3
W-2	275.765	34.126	8.1
G-1	849.535	50.301	16.9
G-2	658.984	77.099	8.5

根据国际岩石力学委员会对岩石抗压强度的规定标准,大化玉抗压强度远大于极硬标准,因此其抗压强度极高,而岩石抗拉强度浮动区间一般不大,因此大化玉的压拉比值很高,即韧性很强。

5 大化玉矿床地质特征

5.1 大化玉矿(化)点分布概况

现已发现矿点共有 8 处(图 8),分别为岩滩镇水电站坝首东岸矿点、坝首东垂直升降机矿点、义午屯矿点、那拉三屯矿点、睡美女峰顶矿点、睡美女峰半腰矿点、东扛村矿点、那发电矿化点。

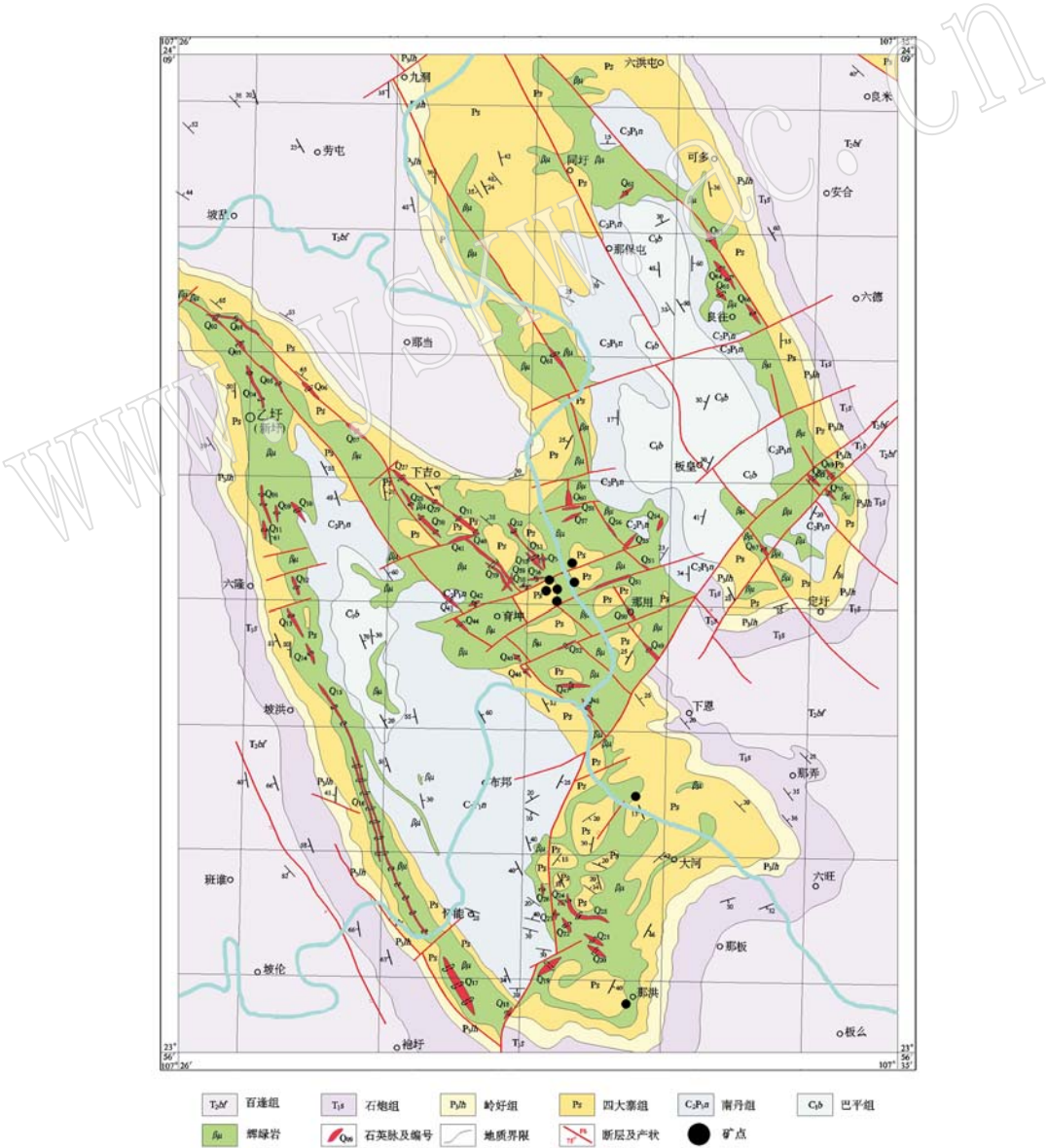


图 8 大化玉矿化区矿化点分布图(据广西大化县硅矿普查设计图改绘)
Fig. 8 The mineralization area distribution map of Dahua nephrite (Redrawing)

5.2 含矿构造与层位

矿化带呈南北向,主要分布在巴考-布帮复背斜的东翼。矿化带内发育地层主要为二叠系。岩性为一套深灰-灰黑色中厚层砾屑灰岩、含砾砂屑灰岩、砂屑灰岩及薄层微晶灰岩互层,岩层中夹少量薄层状硅质岩和燧石团块。该套地层厚 900~1 200 m。辉绿岩沿背斜翼部顺层侵入,地层常呈残留顶盖形式存在。目前发现的玉矿化点大都赋存于这些石灰

岩残留顶盖中,具体矿化部位为辉绿岩体与顶盖灰岩接触带的外带中。

5.3 矿体产状和形态

根据考察,各玉矿化点的透闪石矿层均产于辉绿岩接触带外带由灰岩或白云岩重结晶而形成的大理岩化蚀变带中。矿体均为顺层交代蚀变而成,形态主要为似层状,单层厚度从 5~30 cm 不等,每个矿化点均有多层矿体,从几层到十几层不等(图 9)。



图 9 矿体产状和形态

Fig. 9 The orebody occurrence and textures

5.4 围岩蚀变

矿体周围围岩主要为大理岩和硅质岩,均发育强烈的围岩蚀变,围岩蚀变始终伴随着透闪石成矿作用过程的各个阶段,与矿化关系密切。蚀变不均匀,强弱差异大,交代残余结构随处可见。

蚀变大理岩和硅质岩多呈青绿色,隐晶质结构,块状构造。蚀变大理岩中,碳酸盐矿物主要为方解石,呈粒状或柱状晶形,颗粒大小不均,长径 0.05~0.2 mm,有些方解石呈不规则形态分布,为交代残留的方解石。蚀变硅质岩中,石英为粒状形态,以中

粒石英为主,颗粒长径 0.02~0.2 mm。

围岩蚀变类型主要是透闪石化、透辉石化、硅灰石化、石榴石化、碳酸盐化和硅化等。

6 大化玉矿床成因和成矿模式

6.1 成矿流体来源

成矿流体来源主要通过氢氧同位素的测定来确定,根据分馏关系算出 δD_{H_2O} 、 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 平衡分馏后数值(表 2)。

表 2 成矿流体氢、氧同位素分析

Table 2 Hydrogen and oxygen isotope analysis of ore-forming fluid

样品	$\delta D/\text{‰}$	$\delta D_{H_2O}/\text{‰}$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}/\text{‰}$	$\delta^{18}O_{H_2O}/\text{‰}$	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

表中温度根据矿石中同期共生矿物黄铁矿和方解石的成矿温度区间确定,黄铁矿属于成矿早期产物,平均成矿温度 327℃;方解石属于成矿晚期产物,

成矿平均均一温度 250℃。

分别取中值 288℃、温度 250℃ 和 327℃ 下透闪石玉的成矿流体的氢、氧同位素值,投影到 $\delta D-\delta^{18}O$

关系图(图 10)上。其中 327℃、288℃ 时,投入在岩浆水区中,250℃ 时投入在岩浆水边缘,说明透闪石玉矿点的热液来源主要为岩浆热液。

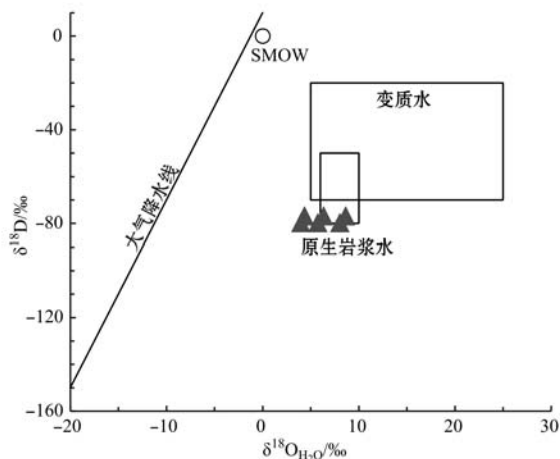


图 10 成矿流体氢、氧同位素组成图解

Fig. 10 Diagram of hydrogen and oxygen isotopic of ore-forming fluids

6.2 成矿元素来源

透闪石玉的形成反应式是: $5 \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (白云石) + $8 \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$ (透闪石) + $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$ 。通过反应式可看出,透闪石玉的形成必须有 Ca、Mg、Si 离子的代入代出以及热液的参与,下面通过稀土元素特征和硅同位素特征来探讨成矿物质的来源。

6.2.1 稀土元素分析

稀土元素是良好的地球化学特征示踪剂,是探讨岩石成因的重要途径。选取大化玉样本 9 个以及围岩碳酸盐岩 2 块、辉绿岩 2 块进行实验分析,做出矿石与围岩(图 11a)以及矿石与岩浆岩的稀土元素对比图(图 11b)。从图 11a 可以看出样品同碳酸盐岩类围岩(D-12、D-13)的稀土元素分配基本吻合;根据图 11b 可以看出,样品同岩浆岩稀土元素分配有较大差异,因此玉石中 Ca、Mg 等元素应该来自碳酸盐岩类围岩。该地区大量分布的中、薄层状白云岩无疑是形成透闪石玉的关键。

6.2.2 硅同位素

大化玉中硅元素来源有两种可能:辉绿岩带来的岩浆热液和围岩中的硅质岩或硅质条带。选取 4 个大化玉样品进行硅同位素测试,结合相邻地区有关辉绿岩和硅质岩中硅同位素数据的文献资料对硅的来源进行分析。从表 3 中可以看出,样品中硅同位素测定值为 $-0.2\text{‰} \sim 0.8\text{‰}$,跨度较宽,硅质岩中硅同位素为 $-0.6\text{‰} \sim 0.4\text{‰}$,辉绿岩中硅同位素为 0.4‰ 左右。根据结果制作硅同位素分布图(图 12)。

由分布图可以看出,样品中硅同位素分布跨度较宽,与灰岩白云岩中硅质岩的硅同位素分布相近,虽然辉绿岩硅同位素也落在透闪石范围内,但其跨度较小,且根据实际理论,辉绿岩为基性岩浆岩,其侵入热液中游离硅含量较少,硅元素较难富集,所以认为透闪石中硅元素应该主要来自围岩中的硅质

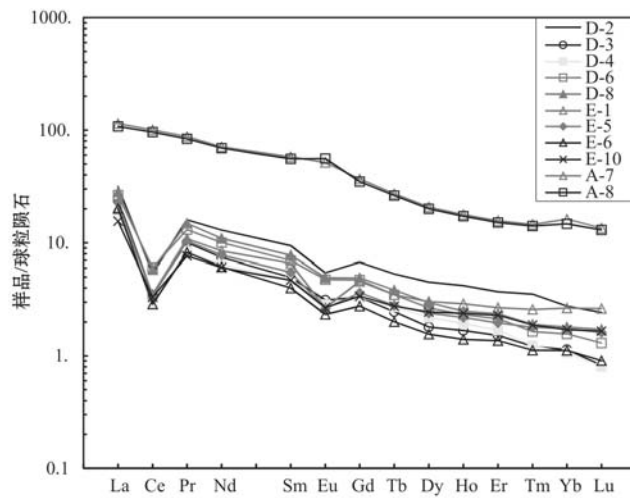
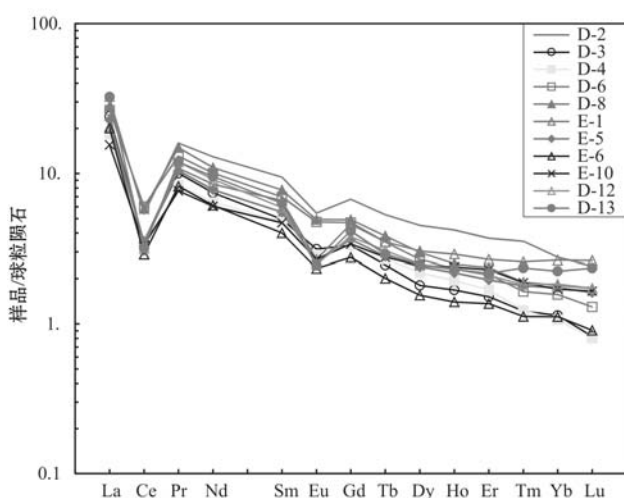


图 11 样品的稀土元素配分模式图

Fig. 11 The REE patterns of samples

表 3 透闪石玉矿硅同位素分析
Table 3 Silicon isotope analysis of tremolite jade deposit

样品编号	样品名称	$\delta^{30}\text{Si}/\text{‰}$	采样地点	资料来源
XGS-10	辉绿岩	0.4	广西世加	刘显凡
XGS-2	强蚀变辉绿岩	0.4	广西世加	刘显凡
DC9029	地表硅质岩	0.3	广西南丹大厂	姚晓梅
DC9028	地表硅质岩	0.4	广西南丹大厂	姚晓梅
DT9029-1	岩层中硅质条带	-0.2	广西南丹大厂	姚晓梅
DT9026-1	岩层中硅质条带	-0.6	广西南丹大厂	姚晓梅
A-1	透闪石	-0.2	广西大化	本文
A-4	透闪石	0.4	广西大化	本文
D-4	透闪石	0.8	广西大化	本文
D-8	透闪石	-0.2	广西大化	本文

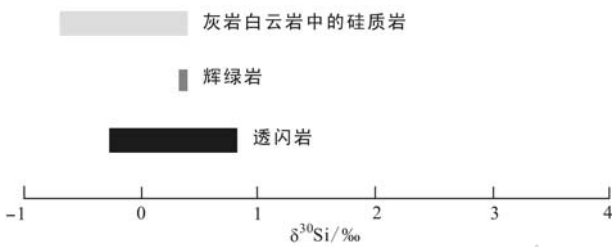


图 12 大化玉与其他地质体 $\delta^{30}\text{Si}$ 分布图
Fig. 12 The distribution of $\delta^{30}\text{Si}$ in Dahua tremolite and other geological bodies

岩,可能有少量硅来自辉绿岩。

6.3 矿床成因

根据上述各种分析测试资料和地质成矿背景综合分析,大化玉的矿床成因类型可定为层控性接触交代型岩浆热液矿床。

首先,从矿床学的分类系统定位,大化玉应归类于岩浆热液型矿床。这可由其矿床产状的特征来判定,如矿体明显晚于围岩生成,属后生矿床;具有明显的围岩蚀变;明显受构造控制;矿床形成于岩体附近,热液明显来源于岩浆等,因此称为岩浆热液矿床。

其次,同其它岩浆热液矿床相比,大化玉矿床有两个明显的特点,即层控性和接触交代。

层控性:热液矿床可以是层控性的,也可以是非层控性的。大化玉各个矿点均产于该区以碳酸盐岩为主的二叠系地层中,受地层岩性控制的特点非常突出和明显。

接触交代:大化玉产于该区辉绿岩体与围岩接触带中,并以交代作用方式成矿,据此可称为接触交代型矿床。一般情况下,岩浆接触交代矿床被称为夕卡岩矿床,因为其在接触带形成了一套特征性的夕卡岩矿物组合,即镁夕卡岩(以橄榄石和透辉石为

主)或钙夕卡岩(以石榴石和透辉石为主)。但本区透闪石玉虽是接触交代成矿,但只发现少量石榴子石,未发现橄榄石等典型夕卡岩矿物,辉石量也很少,因此不宜称之为夕卡岩型矿床。

6.4 大化玉成矿时代

大化玉产于辉绿岩与碳酸盐岩的接触带外带,属接触交代矿床,所以其成矿时代与辉绿岩为同一时期,因此知道辉绿岩的侵入年代就可以判定大化玉的成矿年龄。为确定大化玉确切成矿年代,通过岩滩地区辉绿岩样品,选取多粒锆石,进行了 U-Pb 法测年。

辉绿岩中锆石均呈它形晶体,长约 100 μm ,长宽比多为 2:1。结果显示锆石 U 含量为 $492 \times 10^{-6} \sim 3\,323 \times 10^{-6}$, Th 含量为 $415 \times 10^{-6} \sim 6\,263 \times 10^{-6}$, Th/U = 0.84 ~ 4.12, U-Pb 同位素组成在误差范围内谐和, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $260.5 \pm 3\text{ Ma}$,代表了岩滩地区辉绿岩岩体的形成年龄,从而判定大化玉的成矿时代也在 2.6 亿年左右(图 13)。

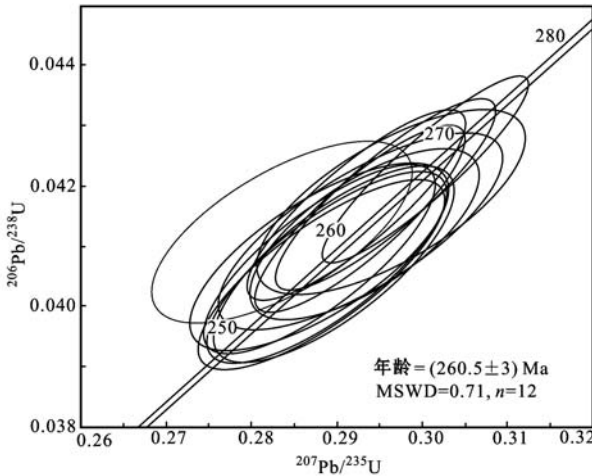


图 13 辉绿岩的锆石 U-Pb 一致图解
Fig. 13 Zircon U-Pb diagram of diabase

6.5 矿床成矿模式

成矿模式是用简明扼要的图表形式,对矿床产出特征、形成环境、成矿机理等高度综合和理论概括。在大量资料基础上,经过综合和概括,我们对大化玉勾画出了一个成矿模式图,以期从本质上简明扼要地表明大化玉的成矿作用(图 14)。

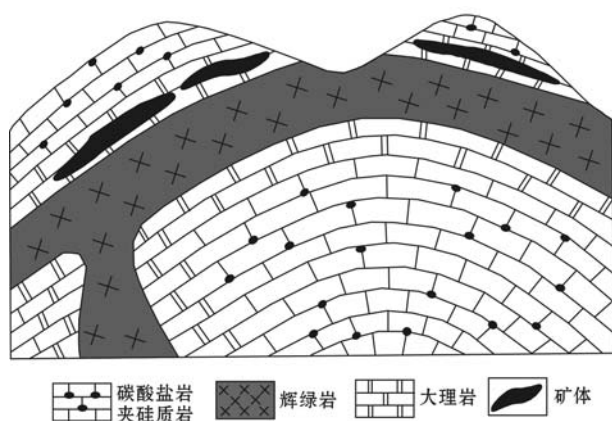


图 14 大化玉成矿模式图

Fig. 14 The metallogenetic model of Dahua nephrite

7 结论

(1) 通过野外及市场考察,大化玉根据产状主要分为山料和子料,根据颜色分类,主要有白、黄、青、灰、绿等多种颜色,且有独具特色的“芝麻点”品种。

(2) 通过实验测试及分析结果表明,大化玉的主要矿物成分为透闪石,次要成分为方解石、石英、透辉石等,属透闪石玉。其各类宝玉石学性质,除硬度略低以外,均与和田玉相似。

(3) 根据各类测试结果和地质成矿背景综合分析,大化玉的矿床成因类型为层控性接触交代型岩浆热液矿床,成矿时代在 2.6 亿年左右。

References

- Cui Wenyuan, Wu Weijuan and Liu Yan. 2002a. Study on Liyang tremolite jade[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(2): 91~98 (in Chinese with English abstract).
- Cui Wenyuan and Yang Fuxu. 2002b. Study on Hetian jade (tremolite jade)[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(Supp.): 26~33 (in Chinese with English abstract).
- Feng Xiaoyan and Zhang Beili. 2004. Study on compositions and texture characteristics of nephrite from Qinghai Province[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 6(4): 7~9 (in Chinese with English abstract).

stract).

- He Song. 2005. Culture of Chinese Jade[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 7(3): 26~27 (in Chinese).
- Li Jinsong and Zhao Songling. 2001. Dictionary of Gems[M]. Beijing: Beijing Press (in Chinese).
- Li Kaixuan, Jiang Tingli, Xing Lecai, et al. 2014. Preliminary study on mineralogy and mineral deposit of Luo Dianyu in Guizhou[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 34(2): 223~233 (in Chinese with English abstract).
- Tang Yanling, Chen Baozhang and Jiang Renhua. 1994. Chinese Hetian Nephrite Xinjiang[M]. Xinjiang People's Publishing House (in Chinese).
- Wang Shiqi, Zhao Chaohong, Yu Guang, et al. 2007. Xiuyan Jade in China[M]. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Yang Lin, Lin Jinhui, Wang Lei, et al. 2002. Chemical characteristics and genetic of jade in Luodian, Guizhou[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 32(2): 12~19 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xiaohui, Wu Ruihua and Wang Leyan. 2011. Research on Petrologic Character of Nephrite Jade from Baikal Lake Region in Russia[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 3(1): 12~17 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Zhengyu, Liao Zongting, Chen Ying, et al. 2008. Study on petrologic character of nephrite jade from Qinghai Province[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 27(1): 17~20 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 崔文元, 吴伟娟, 刘岩. 2002a. 江苏溧阳透闪石玉的研究[J]. *岩石矿物学杂志*, 21(2): 91~98.
- 崔文元, 杨富绪. 2002b. 和田玉(透闪石玉)的研究[J]. *岩石矿物学杂志*, 21(增刊): 26~33.
- 冯晓燕, 张蓓莉. 2004. 青海软玉的成分及结构特征[J]. *宝石和宝石学杂志*, 6(4): 7~9.
- 何松. 2005. 中国玉文化[J]. *宝石和宝石学杂志*, 7(3): 26~27.
- 李劲松, 赵松龄. 2001. 宝玉石大典[M]. 北京: 北京出版社.
- 李凯旋, 姜婷丽, 邢乐才, 等. 2014. 贵州罗甸玉的矿物学及矿床学初步研究[J]. *矿物学报*, 34(2): 223~233.
- 唐延龄, 陈葆章, 蒋壬华. 1994. 中国和阗玉[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社.
- 王时麒, 赵朝洪, 于洸, 等. 2007. 中国岫岩玉[M]. 北京: 科学出版社.
- 杨林, 林金辉, 王雷, 等. 2012. 贵州罗甸玉岩石化学特征及成因意义[J]. *矿物岩石*, 32(2): 12~19.
- 张晓晖, 吴瑞华, 王乐燕. 2011. 俄罗斯贝加尔湖地区软玉的岩石学特征研究[J]. *宝石和宝石学杂志*, 3(1): 12~17.
- 周征宇, 廖宗廷, 陈盈, 等. 2008. 青海软玉的岩石矿物学特征[J]. *岩矿测试*, 27(1): 17~20.