

福建华安玉的矿物学特征及成因研究

李玉娟

(福建省地质调查研究院, 福建 福州 350013)

摘要: 通过福建华安玉野外地质观察、室内显微镜下观察、矿物电子探针分析和X射线粉末衍射分析, 研究了华安玉的结构构造和矿物组成。结果表明: 华安玉显示出不同艳丽的条带, 实质上是不同矿物分带的体现。绿-墨绿色条带主要由铁次透辉石组成, 红色或淡肉红色条带主要由钾长石组成, 灰白色或乳白色条带主要由石英、方解石等矿物组成。并对华安玉的形成构造环境和成因进行了初步研究, 认为其形成于被动大陆边缘的潮坪泻湖环境, 原岩主要是钙质粉砂岩、泥灰岩、硅质岩等, 燕山期强烈的构造岩浆活动对其进行了多期热接触变质或交代作用, 钙质粉砂岩、泥灰岩、硅质岩等经变质成为透辉石角岩。

关键词: 华安玉; 热接触变质; 新祠角岩段; 早三叠世溪口组

中图分类号: P579; P619.28⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)S0-0205-07

Mineralogical characteristics and genesis of Hua'an Jade in Fujian Province

LI Yu-juan

(Fujian Institute of Geological Survey and Research, Fuzhou 350013, China)

Abstract: Field geological observation, microscopic observation, electron microprobe analysis and X-ray diffraction patterns of the Hua'an Jade indicate that the green stripes of Hua'an Jade are formed by diopside, the red stripes are formed by K-feldspar, and the white stripes are formed by quartz and calcite. Based on a study of tectonic setting, original rocks and genesis of Hua'an Jade, the authors have found that Hua'an Jade was formed in surrounding areas of the lagoon-tidal flat on the edge of the passive continent, and the original rocks are mainly made up of calcareous sandstone, mudstone and siliceous rocks. The Hua'an Jade hornfels was formed by multi-phase thermal contact metamorphism and metasomatism of Yanshanian magmatic activity.

Key words: Hua'an Jade; thermal contact metamorphism; Xinci hornfels member; early Triassic Xikou Formation

华安玉, 又称“九龙璧玉石”, 因河段而异, 七色俱全, 有藕红、褐黑、藏青、碧蓝、嫩绿、金黄、米黄等, 以藏青、碧蓝、嫩绿多见, 主要产于福建省华安、长泰、南靖、漳平等县、市。因其主要产于九龙江北溪两岸的华安一带, 在华安县境内出露面积约 10^4 km^2 (李俊琦等, 1999), 故而得名。华安玉开发历史久远, 玉石文化积淀深厚。旧石器时代, 华安人已用华安玉作石器; 唐宋时, 华安玉已闻名于世; 进入20世纪90年代, 华安玉得以大规模开发利用(李其团等, 2002)。华安玉资源丰富, 原料充足, 且具质地细腻、硬度较大、光泽度强、色彩丰富、纹理多变、块度大、

加工性能好的特点, 主要被雕刻成各种工艺品或加工为高档板材。

华安玉尽管开发历史悠久, 但地质调查研究工作相对薄弱。华安玉是一套条带状硅泥岩、角岩夹钙硅质砂泥岩、细砂岩的岩石组合, 产于早三叠世溪口组新祠角岩段中(李兼海等, 1997)。“新祠角岩”作为非正式地层单位, 于1960年由福建省第五地质大队在开展龙岩适中元宝山煤矿普查工作时首创, 1965年福建省区调队开展1:20万永安幅区调时将其归为早三叠世溪口组一部分。1997年福建省地矿局在开展全省岩石地层清理时, 将溪口组分三段, 正

式将含华安玉的这套岩石组合建新祠角岩段(李兼海等,1997)。新祠角岩以其特殊的岩性与其上覆、下伏地层为界,至于其成因,前人开展过初步的研究工作,福建省测队(1965)最早提出侵入接触变质成因,吴荣标(2010)等也认为与燕山期花岗岩侵入有关。由于宏观上,这套角岩大多未见与花岗岩接触,福建省区调队(1983,1987)^{①②}、福建省地质矿产局(1985)、林主清等(2002)提出可能是火山成因的,认为是在火山-沉积作用过程中形成的一套自变质的角岩、角岩化岩类。汤德平等(2002)初步研究了其宝石学特征。王果胜等(2007)通过对硅质岩的地球化学特征分析,认为硅质岩中有较多的陆源泥质沉积物,推测其形成于大陆边缘环境。而侯泉林等(1995)、李培军等(1997,1998)在溪口组中识别出浊积岩、等深积岩和孤立滑动块体,从而推断溪口组是发育在被动大陆边缘上的深海-半深海浊积岩系。鉴于华安玉在形成环境和成因方面还存在较大的争议,笔者试图通过野外地质观察、室内显微镜下观察、矿物电子探针分析和X射线粉末衍射分析,进一步研究华安玉的矿物学特征,并结合区域地质资料,探讨华安玉形成构造环境,并分析其成因。

1 区域地质概况

早三叠世溪口组分布于闽西南、闽中地区,位于闽西南拗陷带与闽东火山断拗带的交接部位,主要见于政和-大埔断裂带以东大面积中生代火山岩覆盖区,其东界为福安-南靖北东向断裂。溪口组是整合于晚二叠世罗坑组之上的一套条带状角岩化硅泥岩、角岩、灰岩、钙质砂泥岩、砂泥岩组成的地层,其上被晚三叠世文宾山组不整合覆盖(李兼海等,1997)。岩性、厚度均变化较大,厚137~1993 m,含丰富的双壳类、菊石、腕足类等化石。本组包含新祠角岩段、兰田灰岩段、石碧溪泥岩段,三个段无固定层位,在较小的范围内可互为相变,尤其是中下部变化较大。在区域上,溪口组在永定、龙岩、大田一带厚度较大,灰岩夹层亦较多,总体上西部以泥岩为主,向东角岩逐渐增多,到东边华安、长泰一带全部相变为角岩。

闽西南拗陷带于华力西-印支期主要形成于克拉通陆表海盆地沉积,沉积盆地继承了加里东期主格局。中-晚泥盆世安砂群及蔡坑组、早石炭世林地组主要为单陆屑建造,不整合于前泥盆纪基底之上。中石炭世至早三叠世发育缓坡-台地碳酸盐建造、海陆交互含煤建造,处于相对稳定的构造背景及克拉通陆表海盆地的沉积环境。早三叠世溪口组主要为陆源-碳酸盐建造,为浅滨海、潮坪环境沉积。至中三叠世安仁组沉积期,沉积环境和构造背景已发生变化,沉积物中双组分碎屑增多,红色层增多,已由稳定环境转变为次稳定环境,指示挤压机制下的隆升或海退事件,是印支运动始造山阶段的具体表现。

新祠角岩段大多位于本组下部,少数位于中部(如大田桃源)或上部(华安草坂),主要出露于龙岩-漳平-大田一线以东地区(林主清等,2002)。据1:20万区域地质调查资料^③统计,新祠角岩段在闽西南地区出露面积800 km²。华安玉矿体严格分布于角岩段中,明显受层位控制,在华安县境内分布范围广,出露面积约104 km²。华安玉主要集中分布在:华安县城附近的湖底-曲山-半岭亭-金山林场一带,面积约48 km²;华安绵治-五乐-下路-高宅一带,面积约36 km²;华安高石至高石后,面积约10 km²;华安先锋至下官田格,面积约6 km²;华安马坑乡马坑村附近,面积约4 km²。根据初步测算,华安县九龙壁总储量 1×10^8 m³以上,其中最低可采量为 300×10^4 m³,资源储藏量可观,可供开采数百年。此外,在南靖县的九宝曲、长泰县的牛皮石、钟魏等地发现了质量较佳的华安玉矿体。从区域地质图(图1)来看,已知的上述华安玉矿均被晚期的金山复式岩体侵入,尤其是溪口组新祠角岩段呈后期侵入岩体的残留顶盖产出时,往往可以找到质量较佳的华安玉矿体。

2 样品采集

华安县城以南是溪口组新祠角岩段的主要分布区,分布范围广,厚度亦较大,最大厚度达千米。角岩沿九龙江北溪两岸分布,主要是一套条带状、浅绿-绿色透辉石角岩、乳白色硅质岩,夹少量薄层状变质粉砂岩组合,地层走向近南北,倾向西,倾角一般

① 福建省区调队。1983。1:5万龙岩、适中、坎市幅区域地质调查报告。

② 福建省区调队。1987。福建省二叠—三叠系界线和生物地层研究。

③ 福建省区域地质测绘队。1965。1:20万永安福区域地质矿产调查报告。

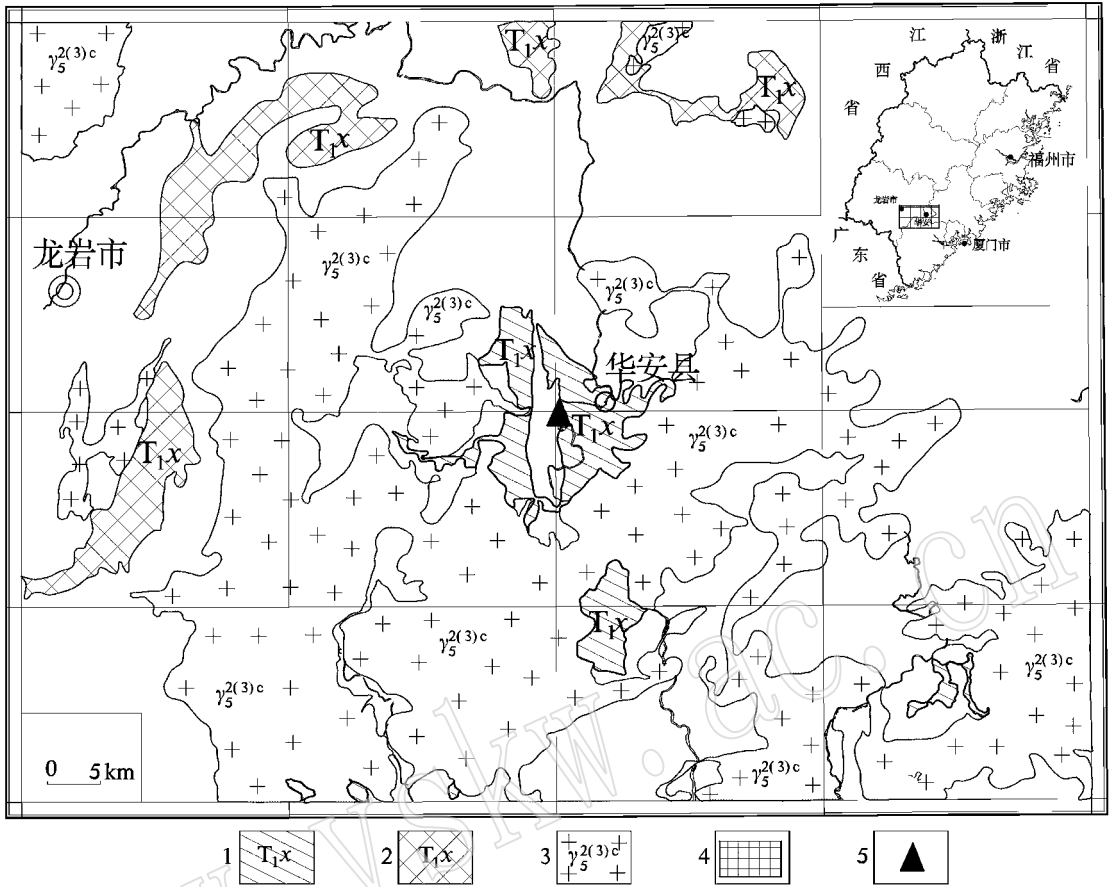


图 1 区域地质简图

Fig. 1 Simplified regional geological map of Hua'an Jade

1—溪口组新祠角岩段分布范围,即质优华安玉产地;2—其他溪口组新祠角岩段分布范围;3—金山复式岩体;4—区域位置图;
5—采样位置
1—distribution of Xincui Member of Xikou Formation (distribution provenance of Hua'an Jade); 2—distribution of other Xincui Members of Xikou Formation; 3—Jinshan complex; 4—regional location map; 5—sampling location

10°~20°。新祠角岩段中普遍保留有原生的水平层理、波状层理、脉状层理、透镜状层理等残留的沉积构造。

本区亦是华安玉的主要产区,华安玉矿体主要呈两种方式产出,一是原地产出的新鲜基岩(图 2a),二是河床及漫滩中产出大量的华安玉转石(图 2b),大者达数十方,重达数千吨。本次样品主要采于华安曲山-半岭亭一带公路壁上(采样位置见图 1),采取样品主要浅绿-绿色透辉石角岩(图 4a 和 4b 样品 3)、含浅肉红色钾长石条带的透辉石角岩(图 4c 样品 4)、含硅质岩条带的透辉石角岩(图 4d 样品 5)等。

3 矿物学特征

3.1 电子探针分析

对主要矿物的电子探针分析(表 1)说明,华安玉中绿色条带主要由含铁较高的铁次透辉石组成,铁、

镁含量变化使其颜色呈绿色-墨绿色变化。红色条带主要由钾长石组成,白色条带主要矿物为石英。

3.2 X 射线粉末衍射分析

为查明华安玉的矿物组成,进行了X射线衍射物相分析。X 射线粉晶衍射实验在中国地质大学(武汉)分析测试中心完成,测试仪器为 RIGAKU D/Max 粉晶衍射仪,铜靶,管压 30 kV,管流 30 mA,扫描速度 4°/min。测量的 X 射线衍射图谱见图 3。分析可知,样品 3 和样品 4 主要矿物组成基本相同,均由透辉石、石英以及钾长石等矿物组成。

3.3 矿物组成及结构特征

手标本和薄片观察表明,由于后期的热变质作用,原岩的结构构造已不可识别,形成了角岩,具有致密块状构造或条带状构造,色彩鲜艳者具杂乱的条带状或条纹状构造。角岩主要呈微细粒状变晶结构,变质矿物主要是透辉石、钾长石,含有少量石英、



图 2 华安玉野外照片
Fig. 2 Field photographs of Hua'an Jade

表 1 华安玉主要矿物的电子探针分析

$w_B/\%$

样品号	3-1-1	3-1-2	3-2-1	3-2-2	3-2-3	3-3-1	4-2-1
Na ₂ O	0.146	0.856	—	0.127	0.958	0.148	1.1
K ₂ O	—	15.308	0.012	0.052	15.76	0.008	11.41
Cr ₂ O ₃	—	—	0.017	0.36	0.074	—	0.077
MgO	7.534	0.04	0.027	7.327	0.019	7.502	0.183
CaO	24.32	0.124	0.013	22.555	0.044	24.404	4.769
MnO	0.509	0.006	—	0.513	—	0.623	—
Al ₂ O ₃	0.491	17.892	0.057	0.711	17.633	0.373	21.573
TiO ₂	0.04	0.041	0.011	0.052	0.018	—	0.069
FeO	17.364	0.239	0.061	16.094	0.132	17.395	0.164
SiO ₂	49.435	64.889	99.026	52.299	64.991	49.064	60.54
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—
Total	99.839	99.395	99.224	100.09	99.629	99.517	99.885
矿物	铁次透辉石	钾长石	石英	铁次透辉石	钾长石	铁次透辉石	钾长石

电子探针分析由中国地质大学(武汉)电子探针室完成。

、方解石和绿帘石等矿物。不同颜色的条带实质上是由不同的矿物组成的,主要特征如下:

(1) 绿色-墨绿色带玉石 在薄片 中,矿物分布不均匀,含量也有变化。透辉石主要为铁次透辉石,含量约 50%~90%,多聚集在一起,组成不规则的绿色-墨绿色条带;单偏光镜下淡绿色,正交偏光干涉色为二级蓝绿-橙黄。而质量较佳的华安玉矿体含有较多的铁次透辉石,颜色呈鲜绿色(图 4a)。

(2) 红色条带玉石 颗粒形态不规则。红色条带经过薄片鉴定和电子探针分析结果为钾长石条带,还出现少量的绿帘石矿物。钾长石含量 40%~50%。单偏光镜下,钾长石因含有泥质成分而呈灰色,显示原岩热接触作用不如铁次透辉石强烈(图 4b、4c)。绿帘石在单偏光镜和正交偏光下为灰色。

(3) 灰白色条带(纹)玉石 在薄片 中,矿物颗粒形态不规则。主要矿物为石英和方解石等。石英含有 50%~70%,偶见方解石条带。或原岩中缺乏含铁镁质的矿物,由石英和方解石条带重结晶形成。

4 讨论

4.1 形成构造环境探讨

1:20 万区域地质调查工作认为,早三叠世溪口组主要为陆源-碳酸盐建造,为浅滨海、潮坪环境沉积。郑云钦等(1992)认为溪口期除永安-永定一带有碳酸盐沉积外,其他主要为陆源碎屑沉积,溪口期早时自南东向北西依次分布有潮坪泻湖相、台地边缘浅滩相、台地前缘斜坡相和陆棚边缘盆地相,溪口

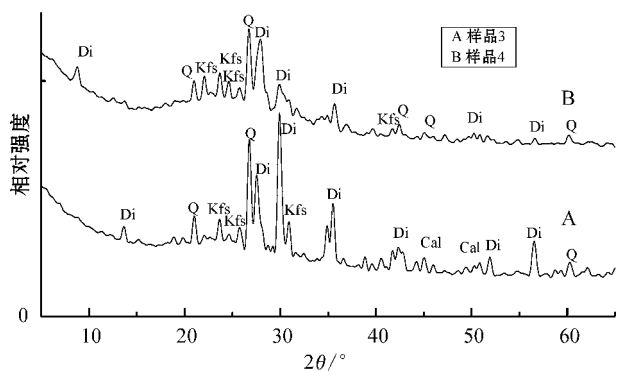


图3 华安玉X射线衍射图

Fig. 3 X-ray diffraction patterns of Hua'an Jade

Kfs—钾长石;Di—铁次透辉石;Q—石英;

Cal—方解石

Kfs—K-feldspar;Di—diopside;Q—quartz;Cal—calcite

晚期沉积相单一为潮坪泻湖相分布,同时对控制沉积盆地的同沉积期构造活动性质和构造背景做了探讨,认为沉积盆地的形成与发展是板块扩张下陆内地块裂陷的产物。而侯泉林等(1995)、李培军等(1997,1998)在溪口组中识别出浊积岩、等深积岩和孤立滑动块体,从而推断溪口组是发育在被动大陆边缘上的深海-半深海浊积岩系。

华安、长泰地区等地的透辉石角岩(华安玉)在岩石化学成分图解中,主要落入钙质沉积岩区或泥灰岩区(林主清等2002),属正常沉积岩石组合。王果胜等(2007)通过对透辉石角岩中的硅质岩夹层地球化学特征分析,认为硅质岩中有较多的陆源泥质沉积物,推测其形成于被动大陆边缘环境。从区域上看,远离燕山期侵入岩,热接触变质不强的角岩多呈薄层状或中层状,水平层理、砂泥互层之韵律层理、透镜状层理、波状层理、脉状层理、小型交错层理等发育,见垂直与斜交虫孔,局部生物扰动构造极发育。因此,总体特征反映其水体不深,为潮间带和潮下低能带的潮坪泻湖相环境。

4.2 成因探讨

前人对华安玉的成因研究,归纳起来有两种或三种解释。一认为是侵入接触变质作用形成的,二认为海底火山-沉积作用过程中形成的一套自变质的角岩、角岩化岩类,或兼而认为是早期经过海底火山-沉积变质,后期遭受热接触变质作用形成的。从研究趋势来看,大多数研究者均倾向认为海底火山作用是形成华安玉至关重要的原因。李兼海等(1997)认为这套角岩宏观上大多未见与花岗岩接触,也未见有深浅不一的接触变质现象,区域上看,

变质较均匀,角岩中还见有变质不强的灰岩透镜体及砂岩、粉砂岩夹层,认为是接触变质成因无法解释的。此外,在龙岩兰田等地角岩中见具火山岩副矿物标型特征的 α 铁和火山玻璃等,因而推测是一种喷气、液的火山作用,在溪口组钙质泥岩沉积的同时,火山活动带来了硅质和热量,使钙硅质岩产生自变质作用析出透辉石、绿帘石、葡萄石等变晶矿物,进而形成独特的变质岩石。

笔者通过野外观察、区域分析和综合研究认为,华安玉的形成与燕山晚期多期次构造岩浆活动关系更为密切。现从以下几个方面探讨:

(1)新祠角岩段主要分布于闽西南拗陷的东南部,处于政和-大埔北东向断裂与福安-南靖断裂之间,在早三叠世溪口期位于被动大陆边缘,前已述及其属于继承性陆表海潮坪泻湖环境沉积,缺乏强烈区域构造活动,不具有形成火山作用的裂陷或伸展条件。到目前为止,仅在龙岩兰田地区角岩副矿物中发现 α 铁并偶见火山玻璃等。该地区位于政和-大埔断裂带上,局部可能存在继承性同生断裂,裂陷或伸展凹陷导致有局部火山作用。而在其他地区尚未发现有火山作用的直接证据。

(2)从华安玉的结构构造来看,显然经历了多期的变质作用,可以明显看到后期的深绿色透辉石细脉切过条带状角岩、甚至切过钾长石条带等现象(图4a、4b、4c)。从宏观上看,华安玉矿体中条带状构造较清晰,但其中的纹理较紊乱,其原生层理实际上已经被改造和置换,显示的条纹或条带实际上是变质构造。

(3)从新生的变质矿物组合来看,主要有透辉石、绿帘石、阳起石、钾长石、石英、葡萄石等,显然透辉石、钾长石等变质矿物组合形成的温压条件与葡萄石、绿帘石、阳起石等明显不同,不是相同的火山-沉积作用环境能够解释的。现代海底火山喷流作用研究表明,在火山喷气、喷液作用过程中,往往伴随有硫化物产出,而实际上在透辉石角岩中非常少见。

(4)质优的华安玉矿体主要分布在华安、长泰、南靖等地,与燕山期金山复式花岗岩体的分布关系极其密切。金山复式岩体达数千平方千米,主要由花岗闪长岩-二长花岗岩-正长花岗岩及晚期的斑状花岗岩组成,经历了多期脉动式侵入活动。华安玉矿体基本上位于金山岩体内,明显被其侵入接触,多呈残留顶盖。金山岩体的脉动式侵入能持久提供热接触变质热源,具有较高的温度、压力条件(其上被

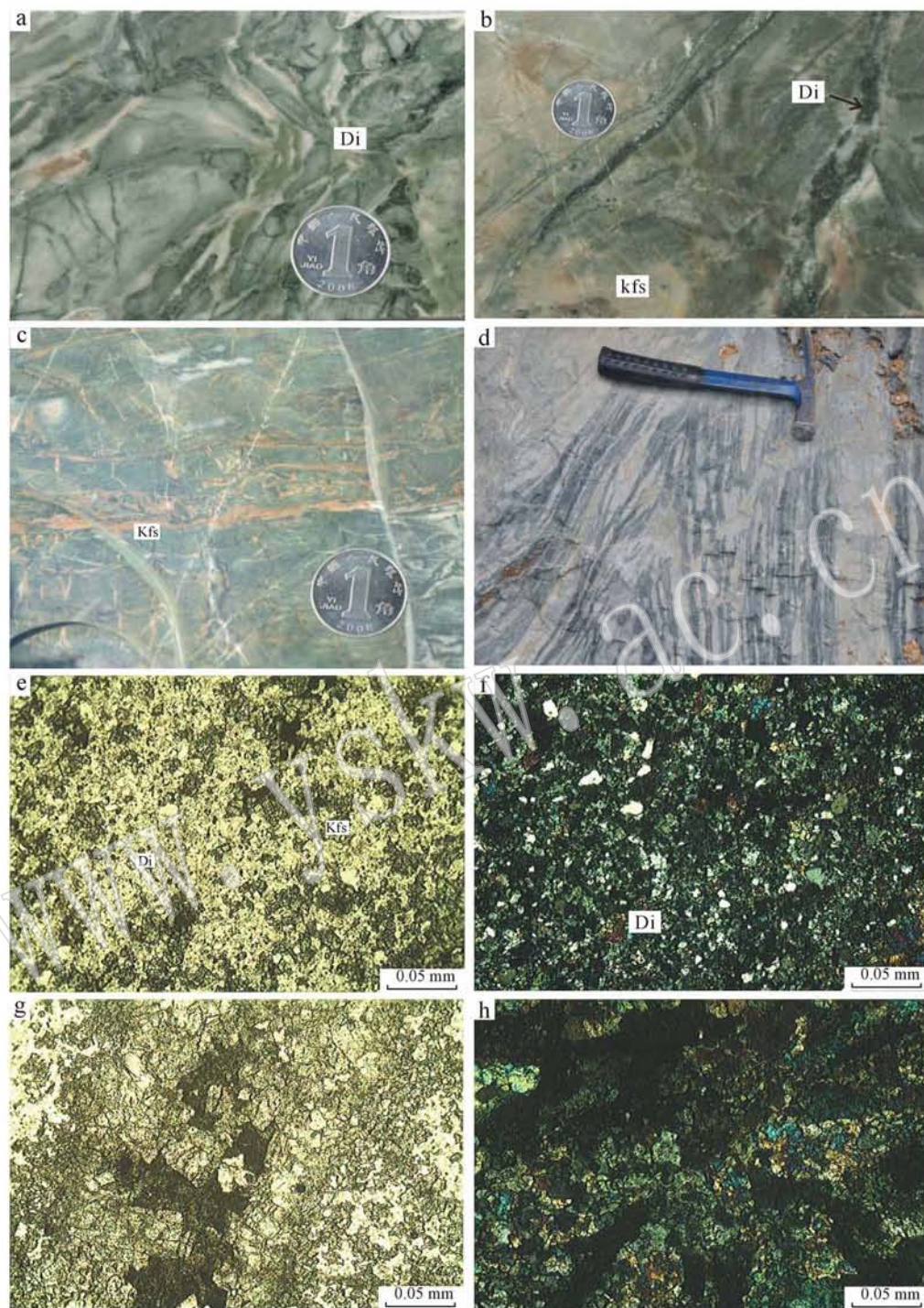


图4 华安玉结构构造图

Fig. 4 Texture and structure diagram of Hua'an Jade

a—绿色条带和白色条带相间；b—绿色条带穿过红色条带；c—红色条带穿过绿色条带；d—硅质角岩呈条带状结构；e—铁次透辉石呈淡绿色，钾长石呈灰色，单偏光；f—铁次透辉石呈蓝绿—橙黄的干涉色，钾长石呈灰黑色（钾长石成分不纯，使得干涉色呈灰黑色），石英呈一级黄白干涉色，正交偏光；g—铁次透辉石呈淡绿色，单偏光；h—铁次透辉石呈蓝绿—橙黄的干涉色，正交偏光

a—green stripe parallel with white stripe; b—green stripe across red stripe; c—red stripe across green stripe; d—streak structure of siliceous chert; e—green mineral of diopside, grey one of K-feldspar, under transmitted light, plain light; f—bluish green mineral of diopside, greyblack one of K-feldspar, under transmitted light, crossed nicols; g—green mineral of diopside, under transmitted light, plain light; h—bluish green mineral of diopside, under transmitted light, crossed nicols

早中生代沉积地层覆盖),能使含钙质粉砂岩、泥岩等较彻底地变质和改造。而距离岩体稍远或岩浆活动持续的时间短,则不足以提供足够的热源,难以形成质量上佳的华安玉矿体。这也是优质华安玉主要产于华安、长泰、南靖等地的根本原因。

(5)原岩物质组成与成矿有较大的关系,一般来说,钙质泥岩、钙质粉砂岩等含钙质碎屑岩易于接触变质,而相对纯净的灰岩或粉砂岩、泥岩等在相同的温压条件下变质程度相对较浅。

5 结论

(1)野外和显微镜下观察、矿物电子探针分析和X射线粉末衍射分析表明,华安玉主要由铁次透辉石、钾长石、石英、方解石等粒状变晶矿物组成。华安玉显示出不同艳丽的条带,实质上是不同变质矿物分带的体现,绿-墨绿色条带主要由铁次透辉石组成,红色或淡肉红色条带主要是钾长石组成,白色或乳白色条带主要由石英、方解石等矿物组成。

(2)华安玉的原岩主要为钙质沉积岩、泥灰岩、硅质岩等,属正常沉积岩石组合。从区域岩石的结构构造分析,总体反映其水体不深,为潮间带和潮下低能带的潮坪泻湖相沉积环境。

(3)华安玉的形成与燕山期强烈的构造岩浆活动有关。华安、南靖、长泰等地质优华安玉的形成,得益于金山复式花岗岩体的多期次岩浆侵入活动。早三叠世溪口组新祠角岩段周边或深部均与金山岩体接触(地层呈残留顶盖产出),多期次脉动式岩浆侵入提供了充足的热源,致使含钙质的泥岩或粉砂岩变质为透辉石角岩,形成优质的华安玉矿体。

致谢 成文过程中得到中国地质大学(武汉)珠宝学院陈涛副教授和福建省地质调查研究院陈润生总工程师热情的帮助,在此表示衷心的感谢!

References

- Bureau of Geology and Mineral Resource of Fujian Province. 1985. Regional Geology of Fujian Province[M]. Beijing: Geological Publish House(in Chinese).
- Hou Quanlin, Li Peijun and Li Jiliang. 1995. Foreland Thrust and Fold Belt of Southwest of Fujian Province[M]. Beijing: Geological Publish House(in Chinese).
- Li Jianhai, Wang Guoping, Zheng Tiefan, et al. 1997. Stratigraphy

(Lithostratic) of Fujian Porvince[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press(in Chinese).

- Li Junqi, Liu Zhixun and Su Maokai. 1999. Geological characters and exploitation of Jiulongbi stone in Hua'an county, Fujian Province[J]. Geology of Fujian, 18(2): 95~102(in Chinese).
- Li Peijun, Hou Quanlin, Li Jiliang, et al. 1997. Turbidites in the lower Triassic Xikou Formation in southwestern Fujian, South China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 15(4): 50~57(in Chinese).
- Li Qituan, Shen Guoqiang and Chen Zhiqiao. 2002. Utilization history, development and protection practice of Huaan Jade[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 21(Sup.): 151~153(in Chinese).
- Lin Zhuqing, Chen Sidun, Yang Lingya, et al. 2002. Discussion on genesis of hornfelds in xinci hornfels member of Xikou Formation, Fujian[J]. Geology of Fujian, 21(4): 246~251(in Chinese).
- Tang Deping and Zeng Yaonan. 2002. Gemology of Huaan Jade from Fujian Province[J]. Journal of Gems and Gemmology, 4(2): 33~36(in Chinese).
- Wang Guosheng, Ma Wenpu and Zhu Weiping. 2007. Geochemistry and tectonic significance of the Lower Triassic Xikou Formation silicite in SW Fujian, China[J]. Journal of Chendu University of Technology(Science & Technology Edition), 34(5): 543~547(in Chinese).
- Wu Rongbiao. 2010. Preliminary study of the ore-forming mechanism of the hua'an Jadey deposit in Jiubaoqu of Nanjing county, Fujian Province[J]. Geology of Fujian, 28(2): 115~118(in Chinese).
- Zheng Yunqin and Wu Qi. 1992. Lithofacies-palaeogeography and structural active charaters of Xikou stage of early Triassic in Fujian Province[J]. Geology of Fujian, 11(1): 33~47(in Chinese).

附中文参考文献

- 福建省地质矿产局. 1985. 福建区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 侯泉林, 李培军, 李继亮. 1995. 闽西南前陆褶皱冲断带[M]. 北京: 地质出版社.
- 李兼海, 王国平, 郑铁藩, 等. 1997. 福建省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 李俊琦, 刘志逊, 苏茂凯. 1999. 福建省华安县九龙壁地质特征及开发利用[J]. 福建地质, 18(2): 95~102.
- 李培军, 侯泉林, 李继亮, 等. 1997. 闽西南地区早三叠世溪口组浊流沉积[J]. 沉积学报, 15(4): 50~57.
- 李培军, 侯泉林, 孙 枢, 等. 1998. 闽西南地区早三叠世溪口组深水沉积及其演化[J]. 中国科学(D辑), 28(3): 219~225.
- 李其团, 沈国强, 陈志樵. 2002. 华安玉利用历史与资源的开发保护实践[J]. 岩石矿物学杂志, 21(增刊): 151~153.
- 林主清, 陈斯盾, 杨玲雅, 等. 2002. 福建省溪口组祠角岩段的角岩(化)成因探讨[J]. 福建地质, 21(4): 246~251.
- 汤德平, 曾耀南. 2002. 福建华安玉德宝石学研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 4(2): 33~36.
- 王果胜, 马文璞, 朱卫平. 2007. 闽西南下三叠统溪口组硅质岩的地球化学特征及构造意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版): 34(5): 543~547.
- 吴荣标. 2010. 福建南靖九宝曲华安玉成矿机理初探[J]. 福建地质, 28(2): 115~118.
- 郑云钦, 吴 岐. 1992. 福建省早三叠世溪口期岩相古地理与构造活动性质[J]. 福建地质, 11(1): 33~47.