

桂林“鸡血红碧玉”的岩石学和矿物学特征 及其地质意义

甘元露¹, 王朝文¹, 雷新荣², 李卓阳¹, 王慧宁¹, 张贇昀³, 李益龙¹

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学 材料与化学学院, 湖北 武汉 430074;
3. 中国地质大学 地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 桂林“鸡血红碧玉”是一种石英质玉石,颜色以鲜艳的红色与黑色为主,质地坚硬且耐磨。目前对该矿石的野外产状、地质背景、岩石结构和颜色成因等相关研究报道较少。野外勘察表明,桂林“鸡血红碧玉”矿床位于扬子板块与华夏板块交界处,产于广西北部龙胜地区新元古界丹洲群三门街组经含铁氧化物浸染的汽水热液浅变质砂岩中,其形成过程受到了新元古代—三叠纪数次大地构造与岩浆活动的影响,成因复杂。本文利用偏光显微镜和X射线衍射分析等手段,对桂林“鸡血红碧玉”的成分进行了深入研究,结果表明桂林“鸡血红碧玉”主要矿物组合为石英和赤铁矿,部分样品中含有白云石。石英呈现他形等粒结构和自形变斑晶结构;自形石英颗粒中可见加大边,指示后期经历过变质交代作用。赤铁矿在样品中呈现3种形式产出:①呈单晶形式产于石英颗粒的粒间与晶内;②呈点尘状包裹于石英颗粒中;③呈浸染状分布于石英颗粒间隙。赤铁矿中铁离子为红色致色原因。电子探针分析显示,浸染状和单晶赤铁矿中铁含量高达78.9%~85.6%;点尘状赤铁矿由于颗粒细小,难以精确分析其铁含量。结合石英和赤铁矿发育期次,认为“鸡血红碧玉”中不同形态的石英和赤铁矿的产出与区域地质演化背景相一致。

关键词: 鸡血红碧玉;赤铁矿;构造演化;龙胜;桂林

中图分类号: P619.28⁺³

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2015)03-0418-09

Petrological and mineralogical characteristics and geological significance of Guilin Chicken Blood Red Jasper

GAN Yuan-lu¹, WANG Chao-wen¹, LEI Xin-rong², LI Zhuo-yang¹, WANG Hui-ning¹, ZHANG Yun-yun³
and LI Yi-long¹

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Faculty of Materials Science and Chemistry, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Guilin Chicken Blood Red Jasper (CBRJ) is a kind of quartz jasper. It is characterized by bright red to black colors and high hardness. However, few researches have been focused on the field occurrence, geological background, rock structure and genesis of its color. Field surveys indicate that the Guilin CBRJ is hosted in low-grade metamorphic sandstones which experienced vapor-water hydrothermal metamorphism and iron oxide dissemination. It occurs in the Sanmenjie Formation of Neoproterozoic Danzhou Group in Longsheng area in the north of Guangxi. Tectonically, the ore deposit of Guilin CBRJ is located at the juncture of Yangtze and Cathaysian plates, which has undergone a complex geological process. Its formation was related to multi-phase

收稿日期: 2014-12-10; 修订日期: 2015-04-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41202038)

作者简介: 甘元露(1991-), 男, 汉族, 硕士研究生, 主要从事沉积岩石学研究, E-mail: gabellery@hotmail.com。

tectono-magmatic activities from Neoproterozoic to Triassic. Detailed analyses of mineralogy, micro-texture and geochemical composition of Guilin CBRJ were carried out by polarizing microscope, X-ray diffraction, and electronic microprobe. The results indicate that the CBRJ is mainly composed of quartz and hematite, with dolomites in some samples. Quartz grains exhibit two types of allotriomorphic equigranular texture and idiomorphic porphyroblastic texture. The latter one, in which distinct enlargement texture can be observed, reveals a metasomatic metamorphism phase. Hematite occurs in three types: ① single crystal existent between or inside the quartz particles, ② dusty crystals wrapped in the quartz particles, and ③ disseminated crystals filled between the quartz particles. The Fe^{3+} in the hematite should be responsible for the color of the CBRJ. Electron microprobe analysis shows that the hematites of single crystal and disseminated crystals have 78.9% ~ 85.6% iron oxides, but the dusty crystal is too small to be analyzed. In combination with the different generations of quartz and hematite, the authors have reached the conclusion that the formation of different types of these minerals in the Guilin CBRJ was consistent with the regionally geological evolution in this area.

Key words: Chicken Blood Red Jasper; hematite; tectonic evolution; Longsheng; Guilin

“鸡血红碧玉”最早作为赏石发现于桂林龙胜县所辖区域,顾名思义其引人注目的地方就在于它的红色。此种矿石较为罕见地以红与黑作为主色调,经过打磨之后该石材颜色艳丽亮泽,风格别致与辰砂质的产于浙江昌化玉岩山和产于内蒙古赤峰市巴林的鸡血石的外观较为类似。传统鸡血石以其鲜艳的色泽和细腻的质地广受宝玉石爱好者喜爱和收藏(龙远宏,2010;唐正安,2012)。然而,鸡血石为稀缺资源,随着矿石总量的减少、产量的下降、收藏的升温,鸡血石的市场价格急剧上升。

桂林“鸡血红碧玉”是一种石英质玉石,以其与鸡血石相似的红色调、不含有害物质辰砂、奇特的纹理和更高的硬度等特征而受到宝石界和收藏界的极大关注,已成为鸡血石的理想替代宝石(乔根,2012)。之前对于“鸡血红碧玉”的研究报道较少。刘纯(2010)着重从宝玉石学的角度对该类矿石的特征进行了描述,将“鸡血红碧玉”中的色彩分为了红色的“血”与黑色的“地”两种类型,而对“鸡血红碧玉”的岩石学特征及其地质学背景探讨较少。为更加透彻的了解“鸡血红碧玉”的地质特征及对后期找矿做出指导,本文以“鸡血红碧玉”的颜色作为切入点,从矿物学、岩石学与区域地质背景等多方面尝试解释矿石的成因。

1 矿区地质概况

“鸡血红碧玉”矿床分布于桂林市龙胜县三门大地-鸡爪一带,矿区内丹洲群、震旦系、寒武系较为

发育,分布广泛。奥陶系仅分布于区内东南隅(图1)。泥盆系分布零星。其中丹洲群自下而上可分为白竹组、合桐组、三门街组和拱桐组。参考1:5万区调图(三门街幅)与野外实地考察后得出,该“鸡血红碧玉”原岩的岩层产于新元古界丹洲群中合桐组与拱桐组之间的三门街组,是一套经含铁氧化物浸染的浅变质砂岩,此次研究的岩石样品采集于距龙胜县三门镇以东约3 km左右的山坳处,典型手标本样品如图2。

三门街组是一套厚度可达850~1705 m的海相火山岩系,主要分布在三江大断裂以东的三门街、龙胜、马海一带。从大地构造背景分析,这里曾是与裂陷有关的沉降中心。过去这套岩石曾被划为合桐组三、四段。董宝林(1993)调查和分析认为,龙胜、三门街一带在合桐时期由于地壳拉张导致了大量的海底基性岩浆的喷发和基性、超基性岩的顺层侵入。海相火山岩系大致呈北北东向分布,火山岩的厚度愈大,热液沉积岩发育愈好。三门街组下段中的层状、似层状基性、超基性岩体和上段的硅质大理岩及伴生的滑石矿层,都和海相喷出岩有成因上的联系。为了突出火山岩系这一特色,遂将三门街组专门作为一个组,从合桐组中分出来。三门街组可分两段:

下段:岩性主要有变质砂岩、千枚岩及大量的基性、超基性岩顺层浸入体。地层常支离破碎,出露零乱。

上段:主要由玄武岩、中基性枕状熔岩、黑色千枚岩、大理岩组成。大理岩之下常有滑石矿产出,形成规律较大的工业矿体。

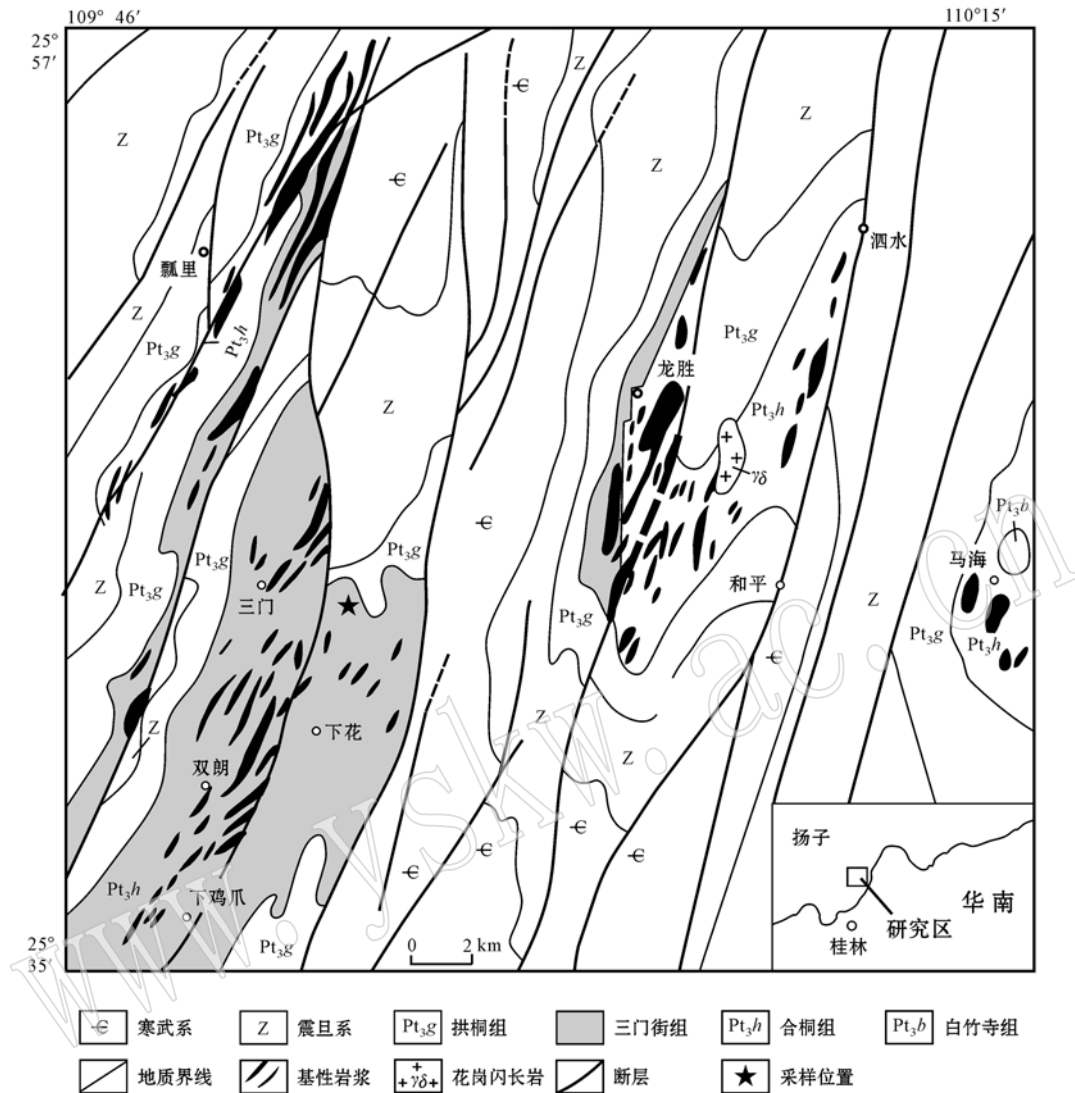


图 1 龙胜地区地质简图(据张桂林等,1997)

Fig. 1 Geological map of Longsheng area(modified from Zhang Guilin *et al.*, 1997)

区内构造线方向主要为北北东向,仅西南部元宝山一带为近南北向,东南角局部折向南东向(图1)。褶皱多被断层破坏,保存不完整。一般呈北东 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 方向,平行排列,轴线弯曲分叉;褶皱轴面大部倾向北西,倾角一般较陡,多为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,少数大于 60° ,两翼不对称。次级褶皱较发育。区内断层极为发育,以走向北东 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$,倾向北西,倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的高角度逆断层为主,与褶皱轴线平行或呈微角度相交,一般延伸较长,纵贯全区,且具分支、汇合等现象。沿断层普遍发育牵引褶皱、劈理、节理硅化、破碎及角砾岩、糜棱岩等,主要节理、劈理走向也多为北北东向,北西向之断层往往切割北东向断层,且

断层在地貌上的反映均较明显。区内劈理及节理均发育,与褶皱有关,部分与断层密切联系。岩浆岩发育,主要分布于三门背斜和金车背斜轴部。

岩浆活动在新元古代表现为地壳大幅下沉阶段有由基性海底喷发至基性-超基性的岩浆侵入(图1);加里东强烈折返阶段有同构造花岗岩浆活动。此外还有时代不同的各种脉岩-闪长岩、煌斑岩和石英钠长斑岩等侵入。岩体的分布与区域构造关系极为密切,元古代基性-超基性岩往往呈脉状小岩体、成群地顺层产出,分布于背斜轴部和三江-丹洲大断层西侧;花岗岩规模较大,呈岩基产出,侵入于背斜核部;中性岩脉则受断裂控制(图1)。



图 2 “鸡血红碧玉”的手标本照片

Fig. 2 Photographs of Chicken Blood Red Jasper samples

2 岩相学特征

矿石出产的浅变质砂岩为浅灰色-灰绿色, 可见黄铁矿, 致密块状, 隐晶质结构, 密度 $2.7 \sim 2.9 \text{ g/cm}^3$, 摩氏硬度 (H) $6.5 \sim 7.0$ 。与下伏地层整合接触, 下伏地层倾向 350° , 倾角 45° , 为灰黑色含炭千枚岩, 炭质含量 $1\% \sim 3\%$ (图 3a), 具强丝绢光泽, 水平

层理, 层面上可见明显的千枚理发育。该区域中同时出产滑石。石英颗粒直径大小 $0.01 \sim 0.5 \text{ mm}$ 之间, 他形等粒变晶结构, 部分区域可见变斑晶结构 (图 3b), 可见次生加大边与包裹体结构 (图 3c、3d)。同一套岩层中, 岩石中红色部分在色彩上从浅红色到深红黑色均有分布, 面积上从平方厘米级到平方米级在岩层中分散无规律分布。说明经历了不均匀的含铁热液与石英岩交代变质作用。通过偏光显微

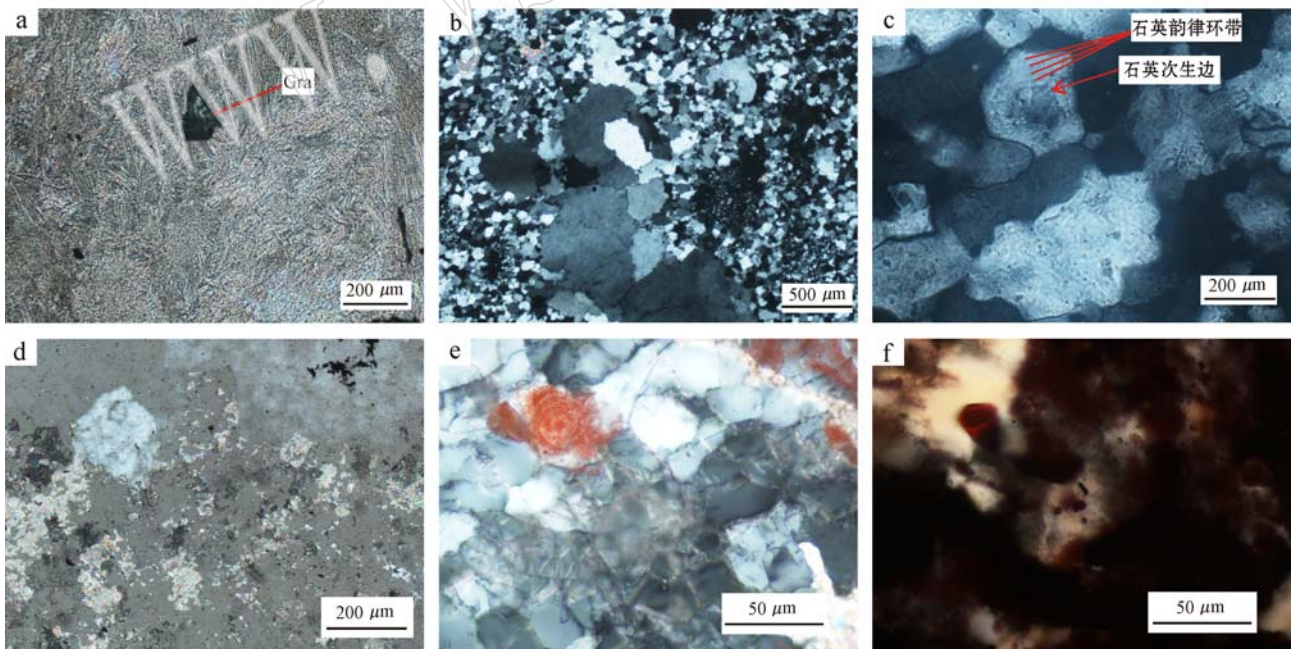


图 3 “鸡血红碧玉”的显微照片

Fig. 3 Microphotographs of Chicken Blood Red Jasper

a—含炭质千枚岩, Gra 为石墨; b—石英颗粒的变斑晶结构; c—石英颗粒中的次生边与韵律环带结构; d—石英颗粒中的包裹体结构;
e—点尘状的赤铁矿的集合体在石英颗粒中的环状结构; f—单晶状赤铁矿铁中的包裹结构

a—carbonaceous phyllite, Gra is graphite; b—the porphyroblastic texture of quartz grains; c—enlargement texture and oscillatory zoning of quartz grains; d—inclusion texture of quartz grains; e—dusty crystals hematite aggregation in quartz grains with cyclic structure; f—inclusion texture of single crystal hematite

镜与背散射图像观察,发现在石英颗粒中存在多种不同产状的铁矿物,可归纳为3个大类:单晶状存在于石英粒间与晶内的赤铁矿;粉尘状包裹于石英颗

粒中的赤铁矿;浸染状充填于石英颗粒之间的赤铁矿(图4)。

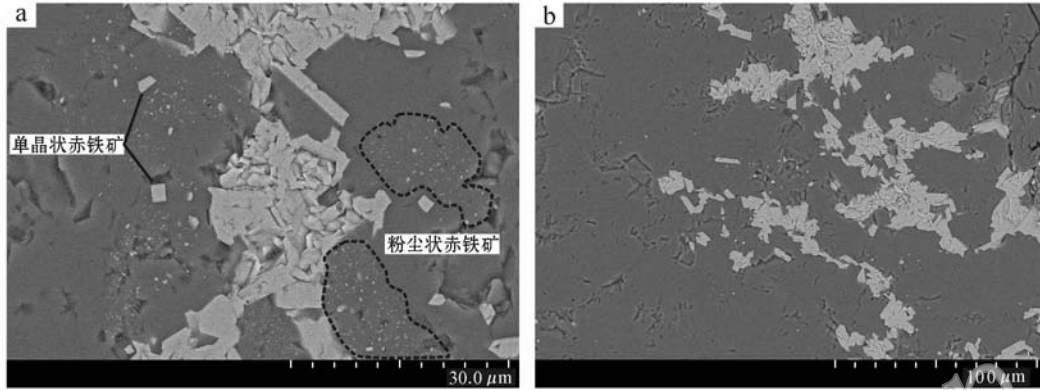


图4 “鸡血红碧玉”的背散射照片

Fig. 4 BSE images of Chicken Blood Red Jasper

a—单晶状赤铁矿、点尘状铁与浸染状赤铁矿的分布情况; b—带状分布的浸染状赤铁矿

a—distribution of single crystal hematite, dusty crystal hematite and disseminated crystal hematite; b—zonal distribution of disseminated crystal hematite

3 矿物学特征

3.1 X射线粉晶衍射

X射线粉晶衍射分析在中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室进行,采用荷兰X'Pert PRO DY2198型粉晶衍射仪,CuK α 辐射,Ni片滤波,X光管工作电压为40 kV,电流为40 mA。样品扫描速率为 $0.02^\circ(2\theta/s)$,仪器分辨率为 $0.02^\circ(2\theta)$,扫描范围为 $3^\circ\sim 65^\circ(2\theta)$ 。

X射线粉晶衍射图谱如图5[测试者:中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室,于吉顺,2013],图中出现4.26、3.33、2.46、2.28、2.13、1.98 Å等的一组峰为石英衍射峰;3.68、2.70、2.51 Å等的衍射峰为赤铁矿的衍射峰,表明石英和赤铁矿为矿石样品中的主要矿物。石英和赤铁矿含量分别为95%和5%。部分样品中出现3.70、2.89、2.19 Å衍射峰为白云石衍射峰,表明有些矿石中出现白云石;白云石含量可占总量的16%。这与镜下观察到样品中含白云石一致。

3.2 矿物化学

为了探究3种不同产状赤铁矿的分布与成分特征,利用电子探针对不同产状赤铁矿进行分析。首先将样品磨制成标准探针片(厚度约100 μm),在双

目偏光显微镜下对探针片进行详细的矿相学观察后,选出需要做探针分析的不同产状的铁所在的大致区域,然后在探针片表面喷上碳层。电子探针分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室进行,采用仪器为日本电子公司生产的JEOL-JXA8100电子探针分析仪。测试加速电压15 kV,加速电流20 nA,束斑直径 $<1\ \mu\text{m}$ 。分析元素包括Na、K、Cr、Mg、Ca、Mn、Al、Ti、Fe、Si和Ni。K选用正长石作为标样,Mg、Si、Fe选用橄榄石作为标样,Cr选用三氧化二铬作为标样,Ca选用透辉石作为标样,Mn选用蔷薇辉石作为标样,Al选用镁铁榴石作为标样,Na、Ti选用角闪石作为标样,Ni选用氧化镍作为标样。

单晶状赤铁矿(图4a,6a)在镜下颜色呈暗红色—血红色,粒径大小0.002~0.02 mm,规则多边形和不规则形状均可见。在一定的区域中分布离散无规律,或存在于石英颗粒间或被包裹在石英晶内。部分单晶颗粒中包裹着直径更小的颗粒状铁,两者以颜色的深浅加以区分(图3f)。铁的氧化物含量占主量元素的95%以上(表1),外围包裹它的石英颗粒为等粒半自形结构,表面平整,没有蚀变的痕迹。

点尘状赤铁矿(图4a,6b)在镜下颜色为鲜红色,显微晶结构,粒径极小难以分辨,分布相对集中,以集合体形式聚集在石英颗粒中,其聚集轮廓与被包

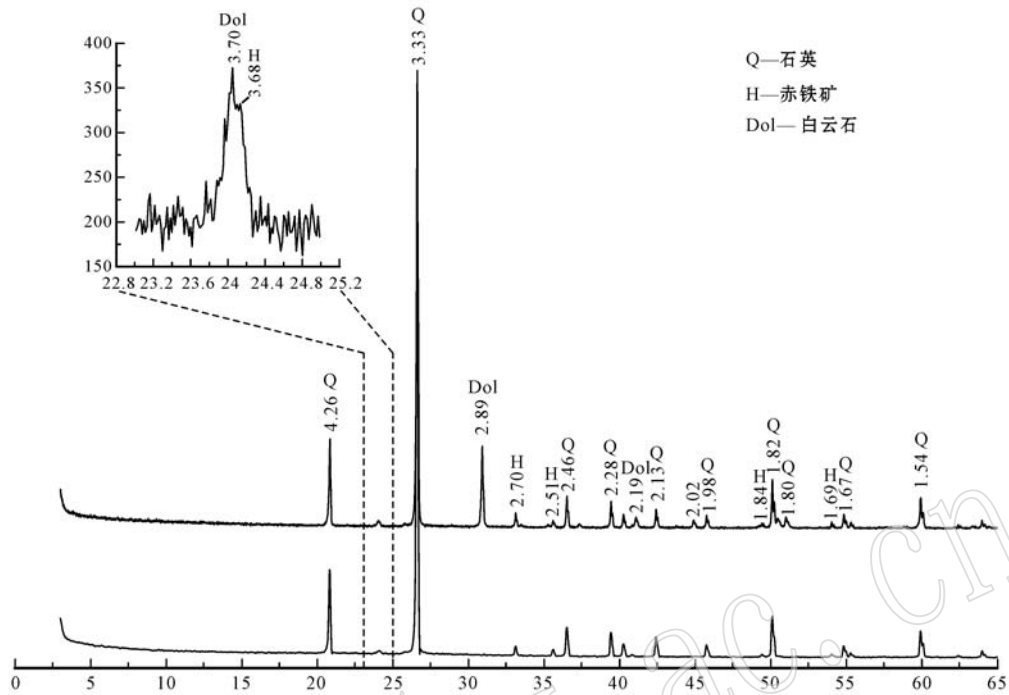


图 5 “鸡血红碧玉”X 射线粉晶衍射图谱

Fig. 5 X-ray diffraction pattern of Chicken Blood Red Jasper

表 1 不同产状赤铁矿的电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analyses of hematite of different modes of occurrence

形态	样号	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	SiO ₂	NiO	总量
单晶状	ljw-1-1	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.07	0.04	84.53	0.17	0.06	84.94
	ljw-1-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.04	0.05	83.89	0.27	0.07	84.40
	ljw-1-3	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.18	0.06	83.36	2.08	0.03	85.76
	ljw-1-4	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.06	84.15	0.17	0.08	84.58
	ljw-2-1	0.01	0.00	0.00	0.06	0.07	0.00	0.48	0.06	78.90	1.79	0.04	81.42
	ljw-2-2	0.07	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.18	0.06	83.71	0.39	0.09	84.53
	ljw-2-3	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.05	82.57	3.71	0.04	86.47
	ljw-4-1	0.05	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.06	82.75	0.41	0.06	83.43
点尘状	ljw-5-1	0.01	0.01	0.00	0.01	0.17	0.00	0.08	0.04	7.66	89.04	0.05	97.05
	ljw-6-1	0.02	0.04	0.00	0.03	0.14	0.00	0.05	0.00	3.32	92.18	0.04	95.81
	ljw-6-2	0.00	0.02	0.00	0.04	0.15	0.00	0.09	0.04	6.90	88.46	0.04	95.73
	ljw-6-3	0.00	0.02	0.00	0.11	0.19	0.02	0.11	0.04	7.95	86.74	0.04	95.21
	ljw-7-1	0.01	0.01	0.00	0.06	0.18	0.00	0.07	0.05	5.73	91.18	0.04	97.32
	ljw-7-2	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.06	0.02	4.13	95.43	0.06	99.76
	ljw-8-1	0.00	0.05	0.00	0.04	0.13	0.00	0.06	0.03	10.47	87.25	0.02	98.04
	ljw-8-2	0.02	0.02	0.01	0.04	0.17	0.00	0.07	0.03	3.70	94.21	0.02	98.27
侵染状	ljw-9-1	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.18	0.08	83.62	0.53	0.06	84.53
	ljw-10-1	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.13	0.06	85.55	0.63	0.03	86.48
	ljw-10-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.22	0.04	81.26	5.29	0.05	86.95
	ljw-11-1	0.03	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.09	0.03	84.02	0.26	0.07	84.58
碳酸盐	ljw-10-3	0.00	0.00	0.00	1.77	49.35	0.00	0.04	0.03	0.51	0.18	0.04	51.92
	ljw-11-2	0.03	0.00	0.00	0.01	50.07	0.00	0.04	0.08	0.33	0.28	0.06	50.89
	ljw-11-3	0.00	0.02	0.00	0.03	51.14	0.00	0.04	0.02	0.20	0.76	0.06	52.27

裹的石英颗粒相近,可见环状结构(图 3e)。石英颗粒的边界呈直线状与微弯曲状,粒径 0.01~0.05 mm,粒度均一,半自形变晶结构,单个颗粒表面可见裂缝与挤压破碎的线理。在包裹着点尘状赤铁矿的石英颗粒表面上打点做探针分析后,确定其铁质成分占到主量元素含量的 4%~10%(表 1)。

浸染状赤铁矿(图 4, 6c)在镜下颜色为黑色,全消光,以不规则环带状、团块状、脉状分布在石英颗

粒之间,石英颗粒表面粗糙,多见裂缝,边界多为叶片状或锯齿状,他形变晶结构,颗粒表面可见菱形纹,碳酸盐化蚀变明显。在浸染状赤铁矿附近蚀变明显的颗粒表面上打点做探针分析,发现钙质含量明显增加,含钙化合物占主量元素 95% 以上,说明存在碳酸盐矿物。在浸染状赤铁矿上打点做探针分析,铁的氧化物含量占主量元素的 93% 以上(表 1)。

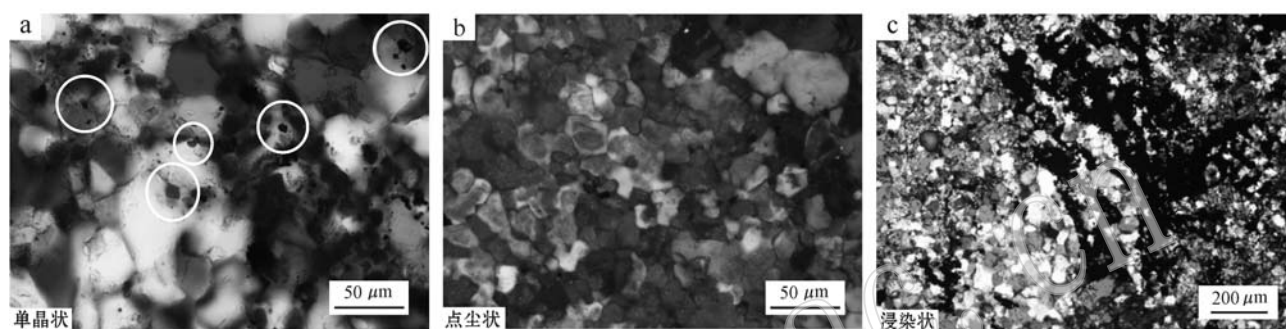


图 6 “鸡血红碧玉”中三种不同产状的赤铁矿

Fig. 6 Three different modes of occurrence of hematite in Chicken Blood Red Jasper

4 讨论与结论

4.1 原岩及其颜色的成因

赤铁矿在正交偏光下显示为全消光,而该岩石薄片却出现了红色的含铁颗粒。单晶状铁与浸染状铁中的电子探针分析显示其元素总量在 85% 左右,其剩余未显示部分是无定形水合氧化铁中与 Fe_2O_3 晶体相结合的 H_2O 。所以可以看到在偏光显微镜下,等轴晶系全消光的赤铁矿部分转变为了其它晶系的无定形水合氧化铁,这是赤铁矿在热液蚀变过程中随组分不同而发生相应转化的结果(闫晓丽等, 2012),也是矿石中红色的来源。表 1 中最后 3 个点为碳酸盐部分所得的数据,元素总含量在 50% 左右,这是受碳酸根离子影响的结果。通过对该区域产出的滑石的研究,该滑石矿受丹洲群合桐组顶部薄层白云石大理岩控制,含矿层位于下伏细碧岩顶板拗陷部位,成矿热液来源于区域变质水。成矿热液富含 Mg^{2+} ,而石英岩所含的铁绿泥石、透闪石及阳起石等蚀变矿物为滑石成矿提供了一部分 Mg^{2+} 的来源,滑石矿的成矿作用与石英岩的蚀变有着密切的联系(甘晓春等, 1996)。成矿原岩为新元古代还原条件下的深海静水沉积,海底岩浆侵位并

喷发使该区域的海水温度上升,海水对硅质化合物的溶解度大大增加,待海水冷却后,硅质化合物溶解度降低石英颗粒析出(黄海波, 1995),生长出了“鸡血红碧玉”的基岩硅质岩,经后期岩浆的接触热变质作用改造成为石英岩。

4.2 铁氧化物的物质来源

桂北龙胜地区的地质条件复杂,受地幔柱与板块构造运动的影响,经历了从 Rodinia 大陆裂解到加里东运动再到印支运动的数次构造运动事件(梁金城, 1995; 甘晓春等, 1996; 黄海波, 1999; 葛文春等, 2001a; 邱检生等, 2002; Li *et al.*, 2008; 夏林圻等, 2009)。这些地质事件对“鸡血红碧玉”的形成都产生了重要的影响。

桂北地区新元古代位于劳伦大陆和澳大利亚大陆之间(Li *et al.*, 1995, 1999),该区域出产的“鸡血红碧玉”的基岩硅质岩源于热泉沉积作用。约 1.0~0.9 Ga 前的 Grenville 碰撞-汇聚事件,相当于华南地区的“四堡”造山运动,使得地球上几乎所有的陆块汇聚-拼合成 Rodinia 超大陆(Ye *et al.*, 2007),之后由于地幔柱的上涌,在 830~820 Ma 期间基性-超基性岩墙的侵位和近于同一时期大规模花岗质岩浆的侵入活动,诱使大陆岩石圈发生大规模侧向拉伸, Rodinia 超大陆逐步裂解引发了一系列构造活动,形

成华南裂谷盆地群,至新元古代末期逐步出现海相沉积地层,华南地块上的裂谷盆地逐步演变成成为相互连通的大陆边缘海盆地,该套变质沉积岩石不整合沉积于本洞花岗岩(820 ± 7 Ma)之上,并被镁铁质侵入体(760 ± 8 Ma)穿切(李献华,1999),其形成年龄介于($820 \sim 760$ Ma)之间,属于新元古代(葛文春等,2001a;夏林圻等,2009)。单晶状赤铁矿被包裹在石英晶内与粒间,说明其形成时间早于石英颗粒,来自于使早期基岩硅质岩形成的岩浆,其来源与此次构造活动背景相吻合。

点尘状赤铁矿以集合体形式聚集在石英颗粒之中,其集合体的边界轮廓大体同石英颗粒的边界一致,并且在部分集合体中可以看到环状结构,说明其与石英颗粒同期次形成。从奥陶纪开始该区域的变化趋势逐步由拉张转变为收缩(戴传固等,2012),到志留期末扬子板块与华夏板块发生碰撞闭合,形成统一的华南板块。与之对应,在与龙胜相邻区域的牛塘界、越城岭和苗儿山地区所发现的花岗岩中,通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 原位定年法与 Sm-Nd 同位素分析,获得的花岗岩侵位年龄为 421 Ma(杨振等,2014),是属于加里东期岩浆活动的产物。即在加里东运动中扬子板块与华夏板块之间的裂谷盆地中记录了该套地层由硅质岩向石英岩的转变,原岩硅质岩受后期岩浆接触热变质作用重结晶成为石英岩(甘晓春等,1996;夏林圻等,2009;汤世凯等,2014)。

浸染状赤铁矿分布在石英颗粒之间,周围发生明显的碳酸盐化蚀变,从 XRD 特征谱线中也可以看到该岩石矿物中含有白云石,这都是由后期岩浆作用所引起的。岩浆与原岩的作用使其中的铁侵入石英颗粒之间,其形成时间晚于石英颗粒。在“鸡血红碧玉”的石英颗粒中可见的包裹体与生长韵律环边结构(图 4c, 4d),证明了在石英岩在形成之后还受到了后期变质作用的影响。利用全岩 Rb-Sr 等时线测定出龙胜花岗闪长岩的成岩年龄为 213.7 ± 25 Ma, 石英岩-磷灰石-绿帘石 Sm-Nd 内部等时线年龄为 201 ± 40 Ma, 这都反映了该区域印支期岩浆热事件的年代(甘晓春等,1996;黄海波,1999)。

这三种产状的铁的氧化物记录了该地区三次重要的区域大地构造运动事件,是“鸡血红碧玉”复合成因的有力证据。其下伏地层为含碳质黑色泥质岩,同属缺氧条件下的静水沉积,千枚理发育,变质程度很低与石英岩近似,同“鸡血红碧玉”的基岩一样也是受到了热液变质作用的影响。

4.3 结论与展望

桂林“鸡血红碧玉”是受含铁热液与石英岩交代变质作用产生的一种岩石,该种岩石的特征突出,之前鲜有报道。本文从岩石学与矿物学的角度对桂林“鸡血红碧玉”进行了研究,并提出了其在区域构造演化中的重要指示作用。这一角度区别于前人通过同位素地球化学与构造地质学的方法对桂北龙胜地区的大地构造背景、岛弧岩浆事件、地幔柱事件以及后期的多期次构造运动所做出的研究(甘晓春等,1996;黄海波,1999;葛文春等,2001a, 2001b;邱检生等,2002;夏林圻等,2009),是对该热点区域研究的又一有力的切入点。在之后的工作中,如果能直接从不同产状的赤铁矿中找出同位素的证据,分别确定其形成的年代,则能成为解释该区域构造演化活动的又一有力的佐证。

致谢 本文的野外工作得到了龙胜鸡血玉研究会三门分会秘书长周允瑶的支持和帮助,笔者在此表示感谢!

References

- Dai Chuangu, Wang Min, Chen Jianshu, *et al.* 2012. Basalt -dacite assemblage in Longsheng district of the Guizhou-Guangxi border area and its geological implications[J]. Geological Bulletin of China, 31(9): 1 379~1 386(in Chinese with English abstract).
- Dong Baolin. 1993. Discussion on the lithofacies characteristics of Danzhou group and related problems[J]. Guangxi Geology, 6(3): 33~38(in Chinese with English abstract).
- Gan Xiaochun, Li Xianhua, Zhao Fengqing, *et al.* 1996. Zircon U-Pb and Sm-Nd isochron ages of spilitite from Danzhou group, Guangxi Zhuang Autonomous Region[J]. Geochimica, 25(3): 270~276(in Chinese with English abstract).
- Ge Wenchun, Li Xianhua, Li Zhengxiang, *et al.* 2001a. Mantle source and tectonic settings for the volcanic rocks from Danzhou group in Longsheng area, northern Guangxi[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 31(1): 20~24(in Chinese with English abstract).
- Ge Wenchun, Li Xianhua, Li Zhengxiang, *et al.* 2001b. Mafic intrusions in Longsheng area: age and its geological implications[J]. Chinese Journal of Geology, 36(1): 112~118(in Chinese with English abstract).
- Huang Haibo. 1995. Geochemistry of silicalite in Upper Proterozoic Subera in Longsheng county, Guangxi[J]. Guangxi Geology, 8(1): 31~38(in Chinese with English abstract).
- Huang Haibo. 1999. Geochemical features and genesis of granodiorite of

- Longsheng in Guangxi[J]. *Guangxi Geology*, 12(1): 47~51(in Chinese with English abstract).
- Li Xianhua. 1999. U-Pb zircon ages of granites from northern Guangxi and their tectonic significance[J]. *Geochimica*, 28(1): 1~9(in Chinese with English abstract).
- Li Xianhua, Li Wuxian, Li Zhengxiang, *et al.* 2008. 850~790 Ma bimodal volcanic and intrusive rocks in northern Zhejiang, South China: a major episode of continental rift magmatism during the breakup of Rodinia[J]. *Lithos*, 102(1): 341~357.
- Li Zhengxiang, Li Xianhua, Kinny P, *et al.* 1999. The breakup of Rodinia: did it start with a mantle plume beneath South China? [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 173(3): 171~181.
- Li Zhengxiang, Zhang Linghua and Powell C M. 1995. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia-East Antarctica and Laurentia? [J]. *Geology*, 23(5): 407~410.
- Liang Jincheng. 1995. The ductile shear zone within the metamorphic tectonic layer between the Upper Proterozoic Erathem and the Lower Palaeozoic Erathem in north Guangxi[J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 15(1): 1~8(in Chinese with English abstract).
- Liu Chun. 2010. Gemological Characteristics of Guilin Chicken-Blood-Red Jasper[J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 30(2): 223~228(in Chinese with English abstract).
- Long Yuanhong. 2010. Chicken Blood Red Jasper of Guilin[J]. *Collection*, (11): 129~129(in Chinese).
- Qiao Bei. 2012. A black horse, the Chicken Blood Red Jasper[J]. *Collection*, (2): 48(in Chinese).
- Qiu Jiansheng, Zhou Jincheng, Zhang Guanghui, *et al.* 2002. Geochemistry and petrogenesis of Precambrian granitoid rocks in northern Guangxi[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(3): 197~208(in Chinese with English abstract).
- Tang Shikai, Ma Xiao, Yang Kunguang, *et al.* 2014. Characteristics and Genesis of Two Types of Tectonic Deformation During Caledonian in Eastern Guizhou and Northern Guangxi[J]. *Geoscience*, 28(1): 11~20(in Chinese with English abstract).
- Tang Zhengan. 2012. The characteristics and culture connotations of Guilin Chicken Blood Red Jasper[J]. *China Gems and Jades*, (6): 168~171(in Chinese).
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Li Xiangmin, *et al.* 2009. Mid-Neoproterozoic Rift-related Volcanic Rocks in South China: Geological Records of Rifting and Break-up of the Supercontinent Rodinia[J]. *Northwestern Geology*, 42(1): 1~33(in Chinese with English abstract).
- Yan Xiaoli, Yang Yibo, Fang Xiaomin, *et al.* 2012. Characteristics and implications of hematite and goethite concentration in sediments of the late miocene, Linxia Basin[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Science)*, 48(1): 55~61(in Chinese with English abstract).
- Yang Zhen, Wang Rucheng, Zhang Wenlan, *et al.* 2014. Northern border Niutang Caledonian granites and skarn type of tungsten ore Mineralization[J]. *Science China: Earth Science*, 44(7): 1357~1373(in Chinese).
- Ye Meifang, Li Xianhua, Li Wuxian, *et al.* 2007. SHRIMP zircon U-Pb geochronological and whole-rock geochemical evidence for an early Neoproterozoic Sibaoan magmatic arc along the southeastern margin of the Yangtze Block[J]. *Gondwana Research*, 12(1): 144~156.
- Zhang Guilin and He Zhenpei. 1997. Ophiolite of non-tectonic intrusion in Longsheng, Guangxi[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 21(2): 137~144(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 戴传固, 王敏, 陈建书, 等. 2012. 黔桂交界龙胜地区玄武岩-流纹英安岩组合特征及其地质意义[J]. *地质通报*, 31(9): 1379~1386.
- 董宝林. 1993. 丹洲群岩相特征及有关问题的讨论[J]. *广西地质*, 6(3): 33~38.
- 甘晓春, 李献华, 赵凤清, 等. 1996. 广西龙胜丹洲群细碧岩锆石 U-Pb 及 Sm-Nd 等时线年龄[J]. *地球化学*, 25(3): 270~276.
- 葛文春, 李献华, 李正祥, 等. 2001a. 桂北龙胜丹洲群火山岩的地幔源区及大地构造环境[J]. *长春科技大学学报*, 31(1): 20~24.
- 葛文春, 李献华, 李正祥, 等. 2001b. 龙胜地区镁铁质侵入体: 年龄及其地质意义[J]. *地质科学*, 36(1): 112~118.
- 黄海波. 1995. 广西龙胜晚元古代硅质岩的地球化学特征[J]. *广西地质*, 8(1): 31~38.
- 黄海波. 1999. 广西龙胜花岗岩闪长岩地球化学特征及成因[J]. *广西地质*, 12(1): 47~51.
- 李献华. 1999. 广西北部新元古代花岗石锆石 U-Pb 年代学及其构造意义[J]. *地球化学*, 28(1): 1~9.
- 梁金城. 1995. 桂北上元古界-下古生界变质构造层中的韧性变形带[J]. *桂林工学院学报*, 15(1): 1~8.
- 刘纯. 2010. 桂林“鸡血红碧玉”的玉石学特征[J]. *桂林理工大学学报*, 30(2): 223~228.
- 龙远宏. 2010. 桂林鸡血红碧玉[J]. *收藏*, (11): 129.
- 乔根. 2012. 当红桂林鸡血玉黑马杀出[J]. *收藏*, (2): 48.
- 邱检生, 周金城, 张光辉, 等. 2002. 桂北前寒武纪花岗岩类岩石的地球化学与成因[J]. *岩石矿物学杂志*, 21(3): 197~208.
- 汤世凯, 马筱, 杨坤光, 等. 2014. 黔东桂北加里东期两类构造变形特征与成因机制探讨[J]. *现代地质*, 28(1): 11~20.
- 唐正安. 2012. 桂林鸡血红碧玉的特色及其文化内涵[J]. *中国宝玉石*, (6): 168~171.
- 夏林圻, 夏祖春, 李向民, 等. 2009. 华南新元古代中期裂谷火山岩系: Rodinia 超大陆裂谷化-裂解的地质纪录[J]. *西北地质*, 42(1): 1~33.
- 闫晓丽, 杨一博, 方小敏, 等. 2012. 临夏盆地晚中新世沉积物中赤铁矿和针铁矿的含量特征及其意义[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 48(1): 55~61.
- 杨振, 王汝成, 张文兰, 等. 2014. 桂北牛塘界加里东期花岗岩及其矽卡岩型钨矿成矿作用研究[J]. *中国科学: 地球科学*, 44(7): 1357~1373.
- 张桂林, 何振培. 1997. 广西龙胜地区非构造侵位的蛇绿岩[J]. *大地构造与成矿学*, 21(2): 137~144.