

苗煦, 史森, 王礼胜. 湖南临武黑色石英岩质玉矿物组成特征及成因初探[J]. 岩矿测试, 2021, 40(4): 522 - 531.

MIAO Xu, SHI Miao, WANG Li - sheng. Mineral Composition and Genesis of Black Quartzite Jade from Linwu County, Hunan Province[J]. Rock and Mineral Analysis, 2021, 40(4): 522 - 531.

[DOI: 10.15898/j.cnki.11-2131/td.202012030155]

湖南临武黑色石英岩质玉矿物组成特征及成因初探

苗煦^{1,2}, 史森^{1,2*}, 王礼胜¹

(1. 河北地质大学宝石与材料学院, 河北 石家庄 050031;

2. 河北省战略性关键矿产资源重点实验室, 河北 石家庄 050031)

摘要: 石英岩质玉是一种市场上常见且产地较多的玉石品种, 本文基于前人石英岩质玉的研究基础, 通过常规宝石学测试、红外光谱测试、偏反光显微镜下观察, 以及采用 X 射线粉晶衍射、X 射线荧光光谱、电感耦合等离子体质谱仪对样品的宝石学特征、矿物组成进行分析, 并对其成因进行讨论。结果表明: 该地区黑色石英岩质玉多为中-细粒状结构, 偏光显微镜观察可见多种变晶/变余结构; 成分中主要矿物石英平均含量为 44.7%, 次要矿物云母、长石平均含量合计 31.0%, 黏土矿物平均含量为 12.7%, 另含有有机碳以及红柱石、铁铝榴石、黄铁矿等铁质矿物; 结合样品结构、构造特征及矿物化学成分分析可知, 样品为典型副变质岩系的中、低温热液交代型区域变质岩, 属绿片岩相, 原岩为富铝且富含石英、长石的沉积岩, 其形成的构造环境属大陆边缘构造。本研究为该地区石英岩质玉的矿物组成鉴定提供了多手段技术支持。

关键词: 石英岩质玉; 矿物组成; 成矿; 偏反光显微镜; X 射线粉晶衍射; X 射线荧光光谱法; 电感耦合等离子体质谱法

要点:

(1) 利用偏反光显微镜下观察、X 射线粉晶衍射、X 射线荧光光谱、电感耦合等离子体质谱对湖南临武黑色石英岩质玉矿物组成进行系统分析和成因探讨。

(2) 湖南临武黑色石英岩质玉矿物组成主要有石英、云母、长石、石墨、黏土矿物等。

(3) 湖南临武黑色石英岩质玉为副变质岩系的中、低温热液交代型区域变质岩。

中图分类号: P578.494; P575 **文献标识码:** A

石英岩质玉是显晶质石英质玉石的一种, 粒度一般在 0.01 ~ 0.6mm, 其主要矿物为石英, 含有少量的云母、赤铁矿、针铁矿等副矿物。不同的石英岩质玉具有不同的结构, 大部分石英岩质玉质地细腻, 少数质地略显粗糙。纯净的石英岩质玉为无色, 当含有其他有色矿物时可呈现不同颜色。目前在世界范围内, 西班牙、印度、俄罗斯、智利、中国等国均有石英岩质玉产出^[1-6]。

石英岩质玉产状及成因较为多样, 一般是以沉积石英砂岩为原岩经接触变质作用或区域变质作用

形成的。其中接触变质作用是高温岩体入侵时产生的热源使周围岩体受到高温烘烤, 发生变质结晶和重结晶从而成矿。而区域变质作用的热源则来源于强烈的岩浆活动和频繁的构造运动, 在热源的激发下受变质作用影响的含水岩浆岩和基底原岩, 释放出大量的水形成热液, 这些含矿溶液受构造应力影响沿着韧性剪切带运移, 由于温压条件的变化, 热液中的 SiO₂ 过饱和析出从而逐渐富集成矿^[7-12]。相比中国, 国外学者的研究多着重于岩浆成因的隐晶质石英质玉^[13-14], 而显晶质的石英岩质玉则鲜被提

收稿日期: 2020-12-03; 修回日期: 2021-06-18; 接受日期: 2021-07-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(42002156); 河北省高等学校科学技术研究项目(QN2021027); 河北地质大学区域地质与成矿作用重点实验室开放基金(HGU-RGM2003)

第一作者: 苗煦, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 从事宝石学研究。E-mail: 441361174@qq.com。

通信作者: 史森, 博士, 讲师, 从事宝石矿物、矿床学相关研究及教学工作。E-mail: miaoer727@126.com。

及。湖南临武地区作为近年来石英岩质玉的新产地之一,前人对该矿区开展了一些研究,如李伟良等^[15]、袁顺达等^[16]、徐质彬等^[17]通过对湖南香花岭地区的地质背景以及矿区产状的勘查与研究,对该地区成矿构造运动作了简要阐述,且对该地区石英岩质玉的成矿规律作了简单探讨。指出该地区石英岩质玉的分布与铁锂云母二长花岗岩体密切相关,矿体呈层状产出,围岩常发育硅化、绢云母化、高岭土化等蚀变现象,随矿体延伸可见部分黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂等金属硫化物矿化^[15-17]。

目前对于该地区石英岩质玉的研究主要集中于其产出的地质环境及矿区概述,而对于其矿物组成及成因探讨有待补充,具有很大的研究空间。本文通过常规宝石学测试、红外光谱测试、偏反光显微镜下观察、X射线粉晶衍射(XRD)、X射线荧光光谱(XRF)、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)等手段对样品进行测试,对其矿物组成进行系统分析,并讨论其成因,研究成果拟为该玉种进入市场及科学鉴定提供理论支持。

1 研究区地质概况

湖南省郴州市临武县北部香花岭地区通天山附近,距临武县城区约20km,海拔近1600m,该地区三面环山,褶皱地质构造发育,地质环境较复杂为成矿提供了有利条件。研究区主要出露于寒武纪地层纪塔山群中^[15-16],大地构造上位于华南新元古代一早

古生代造山带中段北部,位于东北向郴(州)—临(武)深大断裂带与南北向断裂带交汇部位^[17](图1)。区域构造经历了地槽阶段、地台阶段、大陆边缘活动带三个构造发展阶段,构造运动较为复杂,岩浆活动频繁;印支期形成了以南北向为主的晚古生代沉积盖层褶皱带,燕山期进一步形成了北东向第二沉积盖层断陷盆地及大型断裂,频繁的地质活动形成研究区内三重构造叠加的构造形态。区内岩浆活动具有多期次、多阶段活动的特点,以燕山期活动最为强烈^[15-17],这也为热液矿床的形成提供了条件。

2 实验部分

2.1 样品

选取15件湖南临武地区黑色石英岩质玉样品进行测试,样品多为大小不一的原石,经后期切割抛磨后进行测试。样品颜色均为灰色—黑色,中—细粒粒状结构,结构较细腻,抛光面均呈现玻璃—沥青光泽,不透明;部分样品可见白色针状、点状矿物,黄色、白色斑晶;个别样品可见绿色围岩,局部位置有黄色铁质浸染,表面有白色碳酸盐矿物等。本文根据样品颜色深浅程度将其分为三组,其中第一组样品(编号:LS-1-1~LS-1-4)普遍为黑色,共4件;第二组样品(编号:LS-2-1~LS-2-5)为灰黑色,共5件;第三组样品(编号:LS-3-1~LS-3-5)为灰色,共5件。如图2所示。

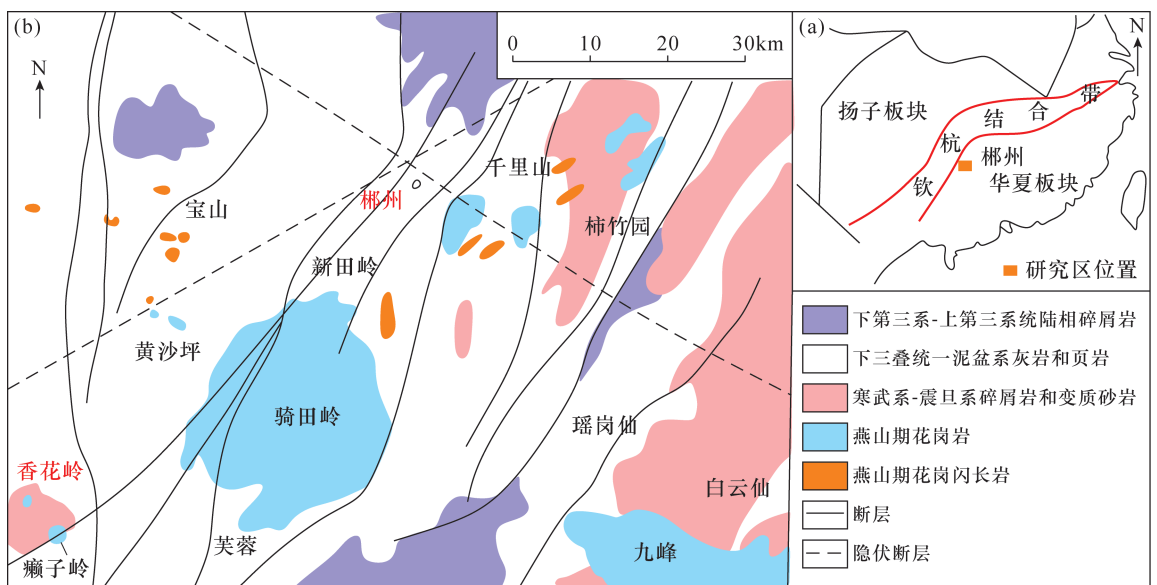


图1 湖南省临武县香花岭地区地质略图(图片来源:袁顺达等^[16])

Fig. 1 Geological sketch of Xianghualing District, Linwu County of Hunan Province (Image source: Yuan S D, et al^[16])



图2 测试样品照片

Fig.2 Photos of experimental samples

2.2 仪器及工作条件

2.2.1 宝石学常规测试

对样品的常规宝石学特征进行研究,采用折射仪、紫外荧光灯、硬度笔分别对样品的折射率、发光性、硬度进行测试。发光性测试时,为排除样品对紫外光的反射,每件样品均在不同方向进行三次测试;利用宝石显微镜对样品进行放大观察;密度使用净重法进行测量,并依照阿基米德定律将结果进行计算,排除较大异常数据后,每件样品均取三次测试结果的平均值。

2.2.2 红外光谱测试

利用红外 KBr 压片透射法测定宝石显微镜下观察到的绿色围岩矿物种属,并为后期矿物成分分析提供帮助。实验采用美国 ThermoFisher 公司 IS5 傅里叶变换红外光谱仪进行测试,波长范围为 $400 \sim 4000\text{cm}^{-1}$,扫描次数为 32 次,分辨率为 4cm^{-1} 。

2.2.3 偏光显微镜观察

对样品的矿物组成、结构等物相特征进行初步研究,并为后期测试提供有力依据。将样品制成光学薄片后,采用德国 Leica DW27009 型偏光镜进行薄片镜下观察。

2.2.4 X 射线粉晶衍射分析

对样品的物相进行研究,并进行物相半定量分析,结合偏光镜下特征为矿物成因的探讨提供有力证据。实验采用日本理学 Smart Lab Rigaku 仪器,铜靶 (Cu) 测试,发射、散射狭缝均为 1° ,接收狭缝 0.3mm ,工作电压 48kV ,电流 1000mA ,扫描速度 $6^\circ(20)\text{min}$,扫描范围 $2.6^\circ \sim 70^\circ$,将所得衍射结果利用 Jade 9 进行 Rietveld 全谱拟合后利用 PDF 2016 对其物相进行比对分析。

2.2.5 X 射线荧光光谱分析

对样品的主量元素含量进行分析研究,并为其原岩类型探讨提供依据。实验采用日本岛津 1800

型 X 射线荧光光谱仪对样品主量元素进行分析。

2.2.6 电感耦合等离子体质谱分析

对样品的微量元素、稀土元素地球化学特征进行分析研究,并为其成矿环境探讨提供依据。实验采用 iCAP Q 电感耦合等离子体质谱仪(美国 ThermoFisher 公司)进行分析。

3 结果与讨论

3.1 宝石学特征

常规宝石学测试结果表明,该地区石英岩质玉的折射率均分布在 $1.53 \sim 1.54$ 之间,符合国家标准《珠宝玉石鉴定》中石英岩质玉的折射率标准。紫外荧光测试表明,样品在长波 364nm 、短波 253nm 均无发光现象。硬度测试观测到样品硬度较低,大多为 5.5,低于《珠宝玉石鉴定》中石英岩质玉的硬度,是由于其内部含有大量有机质所致。部分样品可见白、绿色围岩,硬度偏低,放大可见其结晶程度较差,经红外透射法检测,绿色围岩为绿泥石。

静水称重测试显示该地区石英岩质玉相对密度主要分布在 $2.65 \sim 2.82$ 之间。其中第一组样品除 LS-1-1 外,由于内部含有大量铁质矿物密度较大为 2.816 外,其余 4 件样品相对密度较小,分布于 $2.65 \sim 2.70$ 之间;第二组和第三组样品的相对密度相对较大,大多分布在 $2.71 \sim 2.82$ 之间,结合偏光镜下观察可知,其密度范围变化是由于其变质程度所致。

3.2 红外谱学特征

通过红外光谱对样品绿色围岩部分进行了谱学测试,结果表明样品绿色围岩部分除明显的石英特征吸收峰外,还出现了 740cm^{-1} 、 895cm^{-1} 绿泥石特征吸收峰,以及 2511cm^{-1} 处绿泥石 OH 与阳离子相连形成氢键所致伸缩振动特征吸收^[18],由此可证,该样品绿色围岩部分为绿泥石。

3.3 偏光镜下特征

通过偏光显微镜对湖南临武黑色石英岩质玉部分具有典型、代表性特征的样品(LS-1-1、LS-1-2、LS-1-4、LS-2-1、LS-2-2、LS-2-3、LS-2-4、LS-3-1、LS-3-2、LS-3-5)进行切片观察,主要观察样品的矿物组成及结构特征。

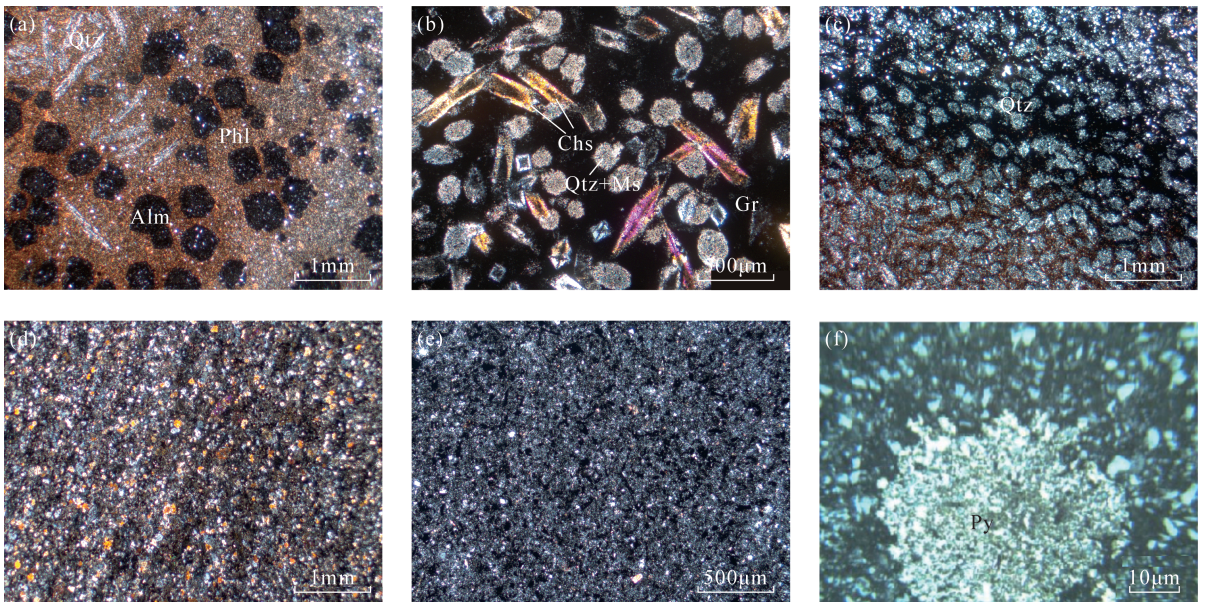
该地区黑色石英岩质玉的主要矿物组分为石英,次要矿物有白云母、金云母、长石、红柱石(空晶石)、铁铝榴石、黄铁矿等^[19],部分位置可见极微量的金红石、钛铁矿。部分薄片显示出典型的变质作用结构特征,铁铝榴石呈变斑晶状分布于由金云母、黑云母混合形成的基质中,基质中出现少部分片状白云母无方向性分布,形成斑状片状显微粒状变晶结构(图3a);红柱石(空晶石)晶体为变斑晶无方向性分布于碳质基质中,呈典型斑状变晶结构(图3b),以及大量石英碎屑斑团分布于由碳质、云母组成的基质中,组成斑点状构造(图3c)^[20]。

部分样品薄片呈现沉积岩结构特性,放大观察可见白云母、石英、长石等矿物出现由变质作用所致的变形现象^[21],以及少量的红柱石等变质矿物。垂直层理方向观察,大量碳质定向分布形成层理,呈现细粒片状、粒状变晶结构,板状、千枚状构造(图3d),平行层理方向观察,主要由大量石英、长石、白云母以及黏土矿物组成,具变余泥质结构。此

外,薄片中还观察到大量的片状、鳞片状石墨充填于矿物间隙中,单偏光下不透光(图3e)^[20]。各别样品有少量黄铁矿呈变斑晶出现,形成斑状变晶结构,黄铁矿晶型较完整(图3f);基质中放大可见石英、云母、长石等均呈现他形片状、粒状,其中白云母变形作用最为明显,多呈现出柱状、针状,为泥质岩浅变质作用特点^[18-19]。

3.4 矿物相特征

对其中6件样品进行X射线粉晶衍射测试,测试结果见表1,样品主要矿物为石英,次要矿物为云母、长石及少量的红柱石、石榴石、黄铁矿等。样品的石英含量均在41.2%~47.5%之间,云母含量低于其他泥质变质岩,为15.7%~22.4%,长石相对较少,黏土矿物以绿泥石和高岭石为主,各别样品高岭石衍射峰值面积较小,故分析时将所有黏土矿物进行了统一量化。此外,利用Jade 9进行物相检索时发现了极弱的白云石衍射峰,由于衍射强度较低且衍射峰较少,半定量时未作考虑。据前人研究,区域变质岩中的常见特征矿物有石英、硬绿泥石、红柱石、石榴子石、十字石等,且常见片状、鳞片状或粒状变晶结构以及各种变余结构,石榴子石等矿物呈变斑晶产出时,可见斑状变晶结构。综合X射线粉晶衍射半定量分析结果与薄片镜下观察特征,可知样品的矿物组分含量和结构构造特征基本符合区域变质岩特征,可初步判断该地区黑色石英岩质玉属于



Qtz—石英; Phl—金云母; Alm—石榴石; Chs—红柱石(空晶石); Ms—白云母; Gr—石墨; Py—黄铁矿。

a、c、d—正交偏光2.5X; b、e—正交偏光10X; f—反射50X。

图3 湖南临武地区黑色石英岩质玉在偏光镜下特征

Fig. 3 Polariscope features of the black quartzite jade in Linwu District, Hunan Province

区域变质岩^[20-22]。

3.5 地球化学特征

3.5.1 主量元素特征

样品X射线荧光光谱仪检测结果见表2。结果表明,该地区石英岩质玉的主要成分为SiO₂(59.49%~70.45%),以及少量的Al₂O₃(14.90~24.68%),Fe₂O₃相对较少(4.02%~7.19%),此外含有少量的K₂O(2.38%~3.10%)、CaO(0.39%~1.33%)、TiO₂(0.58%~1.00%)、Na₂O(0.32%~0.91%)、MgO(约0.56%~0.79%)、MnO(0.14%~0.17%)、Cr₂O₃(0.01%)。

3.5.2 微量元素特征

对三个有典型代表性特征的样品(LS-1-1、LS-2-4、LS-3-1)采用电感耦合等离子体质谱

法进行了微量元素测试(表3),将测试结果与原始地幔数据进行标准化处理后进行投图(图4a)。可见大离子亲石元素(Sr、Ba)轻微亏损,U较为富集,三个样品的富集亏损程度较为相似。除此之外,三个样品均显示出较强烈的Ti元素亏损,平均值仅为1.227μg/g;Zr、Hf富集程度在三个样品中有轻微差异。

3.5.3 稀土元素特征

利用球粒陨石元素丰度对样品的稀土元素测试结果(表3)进行标准化处理(图4b),LREE相对HREE富集,La相对Yb富集。样品稀土元素蛛网图模式曲线呈现W型右缓倾,总体呈现出Eu负异常,总体观察除LS-1-1呈现Tb负异常外,三个样品模式曲线呈现特征基本相同。

表1 湖南临武地区黑色石英岩质玉的矿物相半定量分析结果

Table 1 Semi-quantitative analysis of mineral phases of the black quartzite jade in Linwu District, Hunan Province

样品编号	矿物含量(%)								
	石英	云母	长石	红柱石	石榴石	黄铁矿	钛铁矿	磷灰石	黏土矿物
LS-1-1	47.1	22.4	9.8	2.2	3.8	2.6	1.1	0.9	10.1
LS-1-2	41.2	15.7	12.2	7.1	2.7	1.1	2.0	1.4	16.6
LS-1-4	43.2	20.3	15.3	1.9	/	2.8	1.3	2.0	13.2
LS-2-3	43.5	17.4	9.8	4.6	6.3	1.2	3.5	2.2	10.5
LS-3-1	45.6	18.4	16.1	1.0	1.1	2.1	1.8	1.5	12.4
LS-3-2	47.5	20.3	8.2	5.3	1.1	2.3	1.3	0.5	13.5
平均值	44.7	19.1	11.9	3.7	3.0	2.0	1.8	1.4	12.7

表2 湖南临武地区黑色石英岩质玉的主量元素测试结果及变质岩原岩性质判别函数(DF值)计算结果

Table 2 Analytical results of major elements and DF values of the black quartzite jade in Linwu District, Hunan Province

样品编号	含量(%)											DF值
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总量	
LS-1-1	70.45	0.58	14.90	0.01	4.02	0.60	0.17	1.33	0.91	2.38	95.35	-2.82
LS-1-2	59.49	0.86	24.68	0.01	7.19	0.56	0.14	0.39	0.32	3.10	96.74	-1.95
LS-1-3	65.47	1.00	22.97	0.01	4.89	0.79	0.16	0.49	0.60	2.67	99.05	-3.07

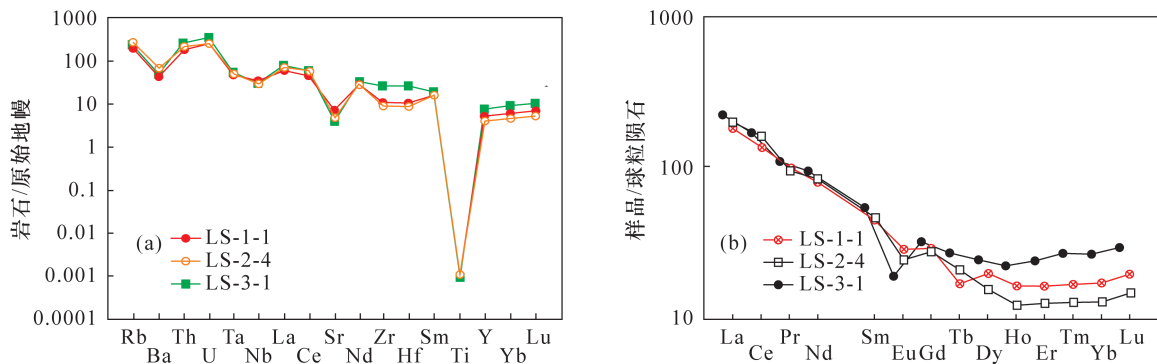


图4 样品的(a)微量元素原始地幔标准化蛛网图和(b)稀土元素标准化分布模型图

Fig.4 Arachnid map of (a) the primary mantle standardization of trace elements and (b) standardized distribution model of rare elements of samples in Linwu District, Hunan Province

表3 湖南临武地区黑色石英岩质玉的地球化学特征

Table 3 Geochemical characteristics of the black quartzite jades in Linwu District, Hunan Province

微量元素	微量元素含量测定值($\mu\text{g/g}$)		
	LS-1-1	LS-2-4	LS-3-1
Rb	122	170	147
Ba	306	485	346
Th	15.7	18.6	21.6
U	5.41	5.47	7.33
Ta	1.92	2.05	2.21
Nb	23.6	20.8	21.4
La	42.4	46.7	52.0
Ce	82.0	97.1	102
Sr	150	96.4	82.8
Nd	37.1	39.0	43.4
Zr	119	98.0	291
Hf	3.16	2.63	7.91
Sm	6.96	7.18	8.22
Ti	1.37	1.18	1.13
Y	22.8	18.0	32.9
Yb	2.88	2.22	4.51
Lu	0.50	0.38	0.75

稀土元素	稀土元素含量测定值($\mu\text{g/g}$)及相关参数		
	LS-1-1	LS-2-4	LS-3-1
La	42.4	46.7	52.0
Ce	82.0	97.1	102
Pr	9.34	9.10	10.3
Nd	37.1	39.0	43.4
Sm	6.96	7.18	8.22
Eu	1.64	1.41	1.11
Gd	5.93	5.76	6.60
Tb	0.63	0.79	1.02
Dy	5.05	3.96	6.20
Ho	0.93	0.70	1.27
Er	2.71	2.10	3.96
Tm	0.43	0.33	0.68
Yb	2.88	2.22	4.51
Lu	0.50	0.38	0.75
Y	22.8	18.0	32.9
ΣREE	198	216	242
LREE	179	200	217
HREE	19.0	16.2	25.0
LREE/HREE	9.41	12.4	8.69
La_N/Yb_N	10.6	15.1	8.26
δEu	0.76	0.65	0.44
δCe	0.97	1.08	1.02

4 矿物成因讨论

4.1 样品原岩性质分析

根据 X 射线荧光光谱测试结果可知,样品中 SiO_2 含量均在 53.5% 以上。根据变质岩变质岩的函数式——DF 判别式进行变质岩原岩性质判别:

$$\text{DF} = 10.44 - 0.21\text{SiO}_2 - 0.32\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0.98\text{MgO} + 0.55\text{CaO} + 1.46\text{Na}_2\text{O} + 0.54\text{K}_2\text{O}^{[23]}$$

研究表明当 $\text{DF} > 0$ 时样品为正变质岩,原岩为岩浆岩;当 $\text{DF} < 0$ 时则为副变质岩,原岩为沉积岩^[23-24]。计算结果表明该地区黑色石英岩质玉的 $\text{DF} < 0$ (表 2),可知研究区样品为副变质岩,原岩为沉积岩。

前人研究表明,岩石中的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 比值对于原岩性质判定具有指示性作用,当该比值小于 14 时物源可能为铁镁质沉积物,当比值介于 19~29 时物源则可能为长英质岩石沉积物^[25-26]。计算结果表明三个样品的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 比值分别为 25.69、28.70、22.97,均在长英质岩石沉积物范围之内。此外,样品薄片观察可见大量变余泥质结构、千枚状构造,均为泥岩浅变质常见结构构造类型,且样品含有一定量的红柱石、铁铝榴石等变质矿物^[20],均可证明样品原岩为富铝的泥质、泥沙质沉积岩。综上所述,样品物质来源主要为沉积来源,属富铝泥质沉积岩系列,原岩为富铝的泥质、泥砂质以石英、长石为主要组成矿物的沉积岩。

4.2 样品成矿环境分析

研究区在区域构造上属于燕山构造带^[15],变质作用与区域构造关系密切,前人研究表明,沉积岩的 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 比值对岩石生成的构造环境有指示性作用^[27-28]。该比值为 0.1~0.4 的沉积岩构造环境多为洋脊海岭环境;该比值为 0.4~0.7 的沉积岩构造环境多为远洋深海环境;该比值为 0.7~0.9 的沉积岩构造环境多为大陆边缘环境^[28-29]。经计算,本研究样品该比值分别为 0.79、0.77、0.82,均在大陆边缘环境范围。另外,区域变质岩的成矿条件主要分为两种:一种是随着温度升高,原岩中的矿物经过脱水、再结晶作用成矿;另一种则是热液交代^[30-32],结合偏光镜下观察结果,样品中石英、云母等矿物多呈他形粒状、片状,符合热液交代变质作用特征,可证样品成矿方式属于后者^[31-34]。

5 结论

本文利用偏反光显微镜观察、X 射线粉晶衍射、X 射线荧光光谱、电感耦合等离子体质谱法等技术手段对湖南临武地区黑色石英岩质玉矿物组成进行系统分析,并对其成因作了探讨。结果表明,该地区矿物组成较为复杂,除主要矿物石英外,还有较多的金云母、白云母、长石等次要矿物,以及少量的铁铝榴石、红柱石、黄铁矿、钛铁矿、磷灰石、黏土矿物、有机碳等。部分样品可见较明显的区域变质岩结构特征及完整的变斑晶矿物,同时存在沉积岩结构特征,

放大后可见矿物变形,为典型的泥岩浅变质证据。依据主量和微量元素分析结果并结合前人研究,可证样品为副变质岩系列的区域变质岩,原岩主要为富铝的泥质、砂质且富含石英、长石的沉积岩,经过热液交代型区域变质作用后富集成矿,构造环境主要为大陆边缘。

本研究明确了该地区石英岩质玉的宝石学特征、矿物组成,初步探讨其矿物成因,为该产地石英岩质玉的科学鉴定及进入市场提供了理论支持。石英岩质玉的产地较多,不同产地石英岩质玉在矿物组成及成矿特征上会有差异,今后可进一步对其他产地的石英岩质玉进行系统性分析研究,完善石英岩质玉的商业规范。

6 参考文献

- [1] 张蓓莉. 系统宝石学[M]. 北京:地质出版社,2006:374-379.
Zhang B L. Systematic gemmology [M]. Beijing: Geological Publishing House,2006:374-379.
- [2] 王长秋,张丽葵. 珠宝玉石学[M]. 北京:地质出版社,2017:560-569.
Wang C Q, Zhang L K. Gemology [M]. Beijing: Geological Publishing House,2017:560-569.
- [3] 李胜荣. 结晶学与矿物学[M]. 北京:地质出版社,2008:188-190.
Li S R. Crystallography and mineralogy [M]. Beijing: Geology Publishing House,2008:188-190.
- [4] 刘晓亮,孟庆鹏,陈熙皓,等. 经变质作用形成的石英质玉的宝石学特征[J]. 宝石和宝石学杂志,2020,22(1):33-38.
Liu X L, Meng Q P, Chen X H, et al. Gemmological characteristics of quartzose jade by metamorphism[J]. Journal of Gems and Gemmology,2020,22(1):33-38.
- [5] 周丹怡,陈华,陆太进,等. 广西桂林不同颜色石英质玉的宝石学特征对比研究[C]//中国国际珠宝首饰学术交流会议论文集(2017). 2017:215-219.
Zhou D Y, Chen H, Lu T J, et al. Comparative study on gemmological characteristics of different color quartz jade in Guilin, Guangxi [C]//Proceedings of China International Jewelry Academic Exchange Conference (2017). 2017:215-219.
- [6] 王琦. 石英质玉的分类特征与市场现状[J]. 中国地名,2020(2):39.
Wang Q. Classification characteristics and market status of quartz jade[J]. China Place Name,2020(2):39.
- [7] 王濮,潘兆橹,翁玲宝. 系统矿物学[M]. 北京:地质出版社,1984:169-180.
Wang P, Pan Z L, Weng L B. Systematic mineralogy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 169-180.
- [8] 姚凤良,孙丰月. 矿床学教程[M]. 北京:地质出版社,2006:215-227.
Yao F L, Sun F Y. Course in mineral deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House,2006:215-227.
- [9] 张高鑫,刘建朝,张海东,等. 陕西勉略宁地块车渡磁铁矿石英岩型金矿床多期成矿作用[J]. 地球科学与环境学报,2020,42(3):355-365.
Zhang G X, Liu J C, Zhang H D, et al. Multistage mineralization of Chedu magnetite quartzite gold deposit in Mianluening Block of Shannxi, China [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2020, 42 (3): 355-365.
- [10] 李孝文,曹淑云,刘建华,等. 北阿尔金余石山含金石英脉地质构造特征与流体作用[J]. 大地构造与成矿学,2021. doi: 10. 16539/j. ddgzyckx. 2020. 05. 014: 1-33.
Li X W, Cao S Y, Liu J H, et al. Geological structure characteristics and fluid activity of the gold-bearing quartz veins on the Yushishan area, north Altyn Tagh [J]. Geotectonica Et Metallogenia,2021. doi:10. 16539/j. ddgzyckx. 2020. 05. 014:1-33.
- [11] 程奋维. 白尖山脉石英矿床成因浅析[J]. 甘肃冶金,2020,42(3):106-108.
Cheng F W. Genesis of quartz deposit in Baijian Mountain [J]. Gansu Metallurgy, 2020, 42 (3): 106-108.
- [12] 颜玲亚,高树学,陈正国,等. 我国脉石英矿床类型及成矿规律[J]. 中国非金属矿工业导刊,2020(5):10-14.
Yan Y L, Gao S X, Chen Z G, et al. Types and metallogenic regularity of vein quartz deposits in China [J]. China Non-Metallic Mining Industry Herald,2020(5):10-14.
- [13] Moxon T W, Palyanova G. Agate genesis: A continuing enigma[J]. Minerals,2020,10(11):953.
- [14] Moxon T, Reed S. Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480Ma: A cathodoluminescence study [J]. Mineralogical Magazine,2006,70(5):485-498.
- [15] 李伟良,王谦. 临武县通天玉相关特征及成因初探[J]. 国土资源导刊,2015,12(4):46-49.
Li W L, Wang Q. Preliminary exploration of the characteristics and the genesis of Tongtian Jade in Linwu County [J]. Land & Resources Herald, 2015, 12 (4): 46-49.

- [16] 袁顺达,彭建堂,李向前,等. 湖南香花岭锡多金属矿床 C、O、Sr 同位素地球化学[J]. 地质学报,2008,82(11):2-10.
Yuan S D, Peng J T, Li X Q, et al. Carbon, oxygen and strontium isotope geochemistry of calcites from the Xianghualing tin - polymetallic deposit, Hunan Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(11):2-10.
- [17] 徐质彬,张利军,杨晓弘,等. 湖南临武通天山石英岩质玉矿床地质特征与成矿规律[J]. 资源信息与工程,2018,33(5):47-51.
Xu Z B, Zhang L J, Yang X H, et al. Geological characteristics and metallogenic regularity of ore deposits of the black quartzite jade in Tongtian Mountain Linwu District, Hunan Province [J]. Resource Information and Engineering, 2018, 33(5):47-51.
- [18] 罗彬,喻云峰,廖佳,等. 珠宝玉石无损检测光谱库及解析[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2019:216-217.
Luo B, Yu Y F, Liao J, et al. Nondestructive testing spectrum library of jewelry and jade and its solution [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2019:216-217.
- [19] 常丽华,陈曼云,金巍,等. 透明矿物薄片鉴定手册[M]. 北京:地质出版社,2006:20-151.
Chang L H, Chen M Y, Jin W, et al. A manual for thin section identification of transparent minerals [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006:20-151.
- [20] 陈曼云,金巍,郑常青. 变质岩鉴定手册[M]. 北京:地质出版社,2009:41-73.
Chen M Y, Jin W, Zheng C Q. Handbook of metamorphic rock identification [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009:41-73.
- [21] 胡玲,刘俊来,纪沫. 变形显微构造识别手册[M]. 北京:地质出版社,2015:23-31.
Hu L, Liu J L, Ji M. Handbook of deformation microstructure identification [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015:23-31.
- [22] 柳生祥,曾俊杰,张学奎,等. 祁连造山带东段皋兰岩群叠加变质作用及其形成环境[J]. 甘肃地质,2020,29(增刊2):22-28.
Liu S X, Zeng J J, Zhang X K, et al. Superimposed metamorphism of the Gaolan Group in the eastern segment of Qilian Orogenic Belt [J]. Gansu Geology, 2020, 29(Supplement 2):22-28.
- [23] Shaw D M. The origin of the Apsley gneiss, Ontario [J]. Canadian Journal of Earth Science, 1972:18-35.
- [24] 陶瑞. 滇西凤庆泥盆系“温泉组”岩石特征及变质变形分析[D]. 成都:成都理工大学,2019.
- Tao R. The analysis of characteristics, metamorphism and deformation of rock in Devonian Wenquan Formation, Fengqing, western Yunnan [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2019.
- [25] Girty G H, Ridge D L. Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and argillite, Sierra Nevada, California [J]. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66(1):107-118.
- [26] 孙乾龙,夏冬,弓小平. 新疆北山清白山花岗岩体成因及构造环境分析[J]. 新疆地质,2020,38(3):298-304.
Sun Q L, Xia D, Gong X P. Genesis and tectonic environment of Qingbaishan granite in Beishan, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2020, 38(3):298-304.
- [27] 周伟,曾梦,王健,等. 熔融制样-X射线荧光光谱法测定稀土矿石中的主量元素和稀土元素[J]. 岩矿测试,2018,37(3):298-305.
Zhou W, Zeng M, Wang J, et al. Determination of major elements and rare earth elements in rare earth ores by X-ray fluorescence spectrometry [J]. Rock and Mineral Analysis, 2018, 37(3):298-305.
- [28] Jewell P W, Stallard R F. Geochemistry and paleoceanographic setting of central Nevada bedded barites [J]. The Journal of Geology, 1991, 99(2):151-170.
- [29] 谈昕,邱振,卢斌,等. 华南地区不同时代硅质岩地球化学特征及地质意义[J]. 科学技术与工程,2018,18(2):7-19.
Tan X, Qiu Z, Lu B, et al. Geochemical characteristics for siliceous rocks of different ages in South China and their geological significance [J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(2):7-19.
- [30] 王西荣. 安徽省霍邱铁矿含铁岩系中斜长片麻岩黑云母-石榴石地球化学特征及其地质指示意义[J]. 矿物岩石,2018(2):1-10.
Wang X R. Biotite garnet geochemistry of plagioclase gneiss in the iron bearing rock series of Huoqiu iron deposit, Anhui Province and its geological significance [J]. Mineral Rock, 2018(2):1-10.
- [31] 黄长煌. 福建东山亲营山岩组变质岩石榴石-黑云母地质温度计的应用[J]. 华东地质,2019,40(1):1-10.
Huang C H. Application of garnet biotite geothermometer in metamorphic rocks of Qinyingshan Formation, Dongshan, Fujian Province [J]. Geology of East China, 2019, 40(1):1-10.
- [32] 张茜,余谦,王剑,等. 应用 ICP-MS 研究川西南龙马溪组泥页岩稀土元素特征及沉积环境[J]. 岩矿测试,2018,37(2):217-224.

Zhang Q, Yu Q, Wang J, et al. Study on REE characteristics and sedimentary environment of Longmaxi Formation shale in southwest Sichuan by ICP - MS [J]. Rock and Mineral Analysis, 2018, 37(2): 217 - 224.

[33] 赵振明, 计文化, 李文明. 北山南部敦煌岩群铁矿化磁铁石英岩的变质成因 [J]. 地质与勘探, 2018, 54(4): 689 - 701.

Zhao Z M, Ji W H, Li W M. Metamorphic genesis of magnetite quartzite with iron mineralization in the

Dunhuang Group of southern Beishan Region [J]. Geology and Exploration, 2018, 54(4): 689 - 701.

[34] 柳生祥, 曾俊杰, 张学奎, 等. 祁连造山带东段皋兰岩群叠加变质作用及其形成环境 [J]. 甘肃地质, 2020, 29(3): 22 - 28.

Liu S X, Zeng J J, Zhang X K, et al. Superimposed metamorphism of the Gaolan Group in the eastern segment of Qilian orogenic belt [J]. Gansu Geology, 2020, 29(3): 22 - 28.

Mineral Composition and Genesis of Black Quartzite Jade from Linwu County, Hunan Province

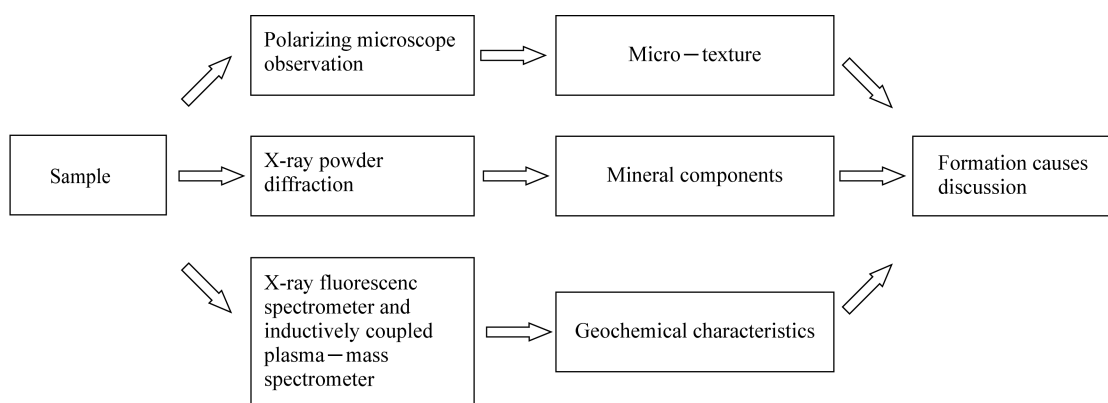
MIAO Xu^{1,2}, SHI Miao^{1,2*}, WANG Li - sheng¹

(1. School of Gemmology and Materials Science, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China;

2. Key Laboratory of Strategic Key Mineral Resources in Hebei Province, Shijiazhuang 050031, China)

HIGHLIGHTS

- (1) The mineral composition of black quartzite jade from Linwu County, Hunan Province, was analyzed through polarizing microscopy, powder X - ray diffraction analysis, X - ray fluorescence spectrometry, and inductively coupled plasma mass spectrometry, and the genesis of the jade was discussed.
- (2) The main minerals of black quartzite jade from Linwu County, were quartz, mica, feldspar, graphite, and clay minerals.
- (3) Black quartzite jade from the Linwu County, is regarded as a typical low - to - moderate temperature hydrothermal regional metamorphic rock.



ABSTRACT

BACKGROUND: Black quartzite jade is a type of commonly and commercially available jade. Many areas produce this gem.

OBJECTIVES: To analyze the gemological characteristics and mineral composition of the jade samples and to discuss their genesis.

METHODS: Conventional gemological tests, infrared spectrum tests, polarizing microscopy, X – ray powder diffraction analysis, X – ray fluorescence spectrometry, and inductively coupled plasma mass spectrometry were used.

RESULTS: Black quartzite jade from the Linwu County, Hunan Province, showed a medium – fine grain texture. The polarizing microscopy results revealed many crytalloblastic or palimpsest textures. The content of the main mineral quartz was 44.7%, the content of secondary minerals (mica and feldspar) was 31.0%, and the content of clay minerals was 12.7%. Minor organic carbon, iron minerals, andalusite, almandine, and pyrite were also observed.

CONCLUSIONS: Based on the main textures, structures, configuration features, and chemical compositions, the studied samples are regarded as typical low – to – moderate temperature hydrothermal regional metamorphic rocks, which are classified as greenschist facies. The source rock was composed of sedimentary rocks abundant with aluminum, quartz, and feldspar. The tectonic environment for its formation belonged to the continental margin. This study provides technical support for the identification of the mineral composition of quartzite jades from the Linwu County, Hunan Province.

KEY WORDS: quartzite jade; mineral composition; mineralization; polarizing microscope; X – ray powder diffraction; X – ray fluorescence spectrometry; inductively coupled plasma – mass spectrometry

“基于在线溶液校正的固体样品原位微区微量元素测定方法” 获国家发明专利

自然资源部中国地质调查局西安地质调查中心汪双双等建立的“基于在线溶液校正的固体样品原位微区微量元素测定方法”获国家发明专利,通过合适浓度梯度标准溶液的引入,在没有基体匹配固体外标的条件下,有效校正 LA – Q – ICP – MS 原位分析过程中的元素分馏与质量歧视效应以及仪器漂移等,精确测定固体样品中微量元素含量。

该发明使 LA – Q – ICP – MS 原位微区微量元素分析方法脱离了对基体匹配固体外标的依赖,破解了基体匹配固体外标难找与匮乏的难题,适用于更广泛的地质、环境样品,拓展了 LA – Q – ICP – MS 仪器的分析能力。

(中国地质调查局西安地质调查中心供稿)