

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.022

河南方城双山玉的发现及初步研究

黄杰^{1,2}, 张辰子^{1,2}, 王真^{1,2}, 丁莉^{1,2}

(1. 国土资源部贵金属分析与勘查技术重点实验室, 河南 郑州 450003; 2. 河南省岩石矿物测试中心, 河南 郑州 450003)

摘 要:利用偏光显微镜、X 射线荧光分析、X 射线粉晶衍射、电子探针、红外光谱等测试方法, 对河南省方城地区新发现的双山玉进行了矿物组成、结构构造及宝玉石特征的研究, 结果表明双山玉的主要矿物组成为透闪石、碳酸盐矿物、蛇纹石等, 主要结构为纤维状或长柱状、粒状或短柱状及鳞片状, 其岩石特征已达到玉石级。并可以制作成雕件饰品。

关键词:河南方城; 双山玉; 矿物成分; 结构构造

中图分类号: P619.28

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2020)03-0243-09

Discovery and Preliminary Study of Shuang Shan Jade in Fangcheng, Henan

HUANG Jie^{1,2}, ZHANG Chenzi^{1,2}, WANG Zhen^{1,2}, DING Li^{1,2}

(1. Key Laboratory of Precious Metals Analysis and Exploration Technology, Zhengzhou 450003, Henan, China;

2. Henan Provincial Rock and Mineral Survey Center, Zhengzhou 450003, Henan, China)

Abstract: This paper studied the mineral composition, structure and gemstone characteristics of Shuangshan jade newly discovered in Fangcheng area of Henan Province by means of polarizing microscope, XRF, XRD, EPMA and FTIR. The results show that the main mineral composition of Shuangshan jade is tremolite, carbonate mineral and serpentine. The main structure is fibrous or long columnar, granular or short columnar, and scaly. The rock characteristics have reached the jade level. Shuangshan jade has been processed into and sold as carving ornaments.

Keywords: Fangcheng, Henan; Shuangshan jade; mineral composition; structure

中国是世界上用玉最早且最著名的国家, 产于中国的玉石种类也非常多。时至今日, 随着多年的开采, 优质玉资源日渐稀少, 寻找新的玉石资源迫在眉睫。近期, 在河南省南阳市方城县杨集乡北部双山地区发现了规模较大的玉矿资源。该玉石主要由透闪石、碳酸盐矿物、蛇纹石、透辉石等组成, 介于碳酸盐玉、蛇纹石玉及透闪石玉之间(张培莉, 2006)。

该玉矿资源的发现, 一方面增加了玉石种类、数量, 另一方面也为缓解玉市场供需矛盾提供了可能。然而, 由于该玉矿发现较晚, 其外观、物质组成及质量等指标是否能达到传统玉石的要求成为地质工作者首先关注的焦点。

针对上述问题, 笔者对双山玉的岩石化学、矿物学及宝玉石学特征开展了初步研究。

收稿日期: 2019-03-12; 修回日期: 2020-04-01

基金项目: 河南省国土资源厅“关于下达 2014 年度省地质勘查基金(周转金)项目任务书的通知”(豫国土资发[2015]96-21 号)

作者简介: 黄杰(1988-), 男, 助理工程师, 本科, 长期从事矿产地质勘查及贵金属分析测试工作。E-mail: 332371745@qq.com

1 地质背景

1.1 区域地质背景

地层分布。研究区域位于晋冀鲁豫与秦祁昆两大地层区的分界带边缘,出露地层有中元古界熊耳群、管道口群及新元古界栾川群,原岩表现为粉砂-泥-砂质碎屑岩建造和碳酸盐岩建造互层。在拉张环境下,后期新元古代双山岩体入侵栾川群三川组及南泥湖组碳酸盐盐地层,形成玉矿。

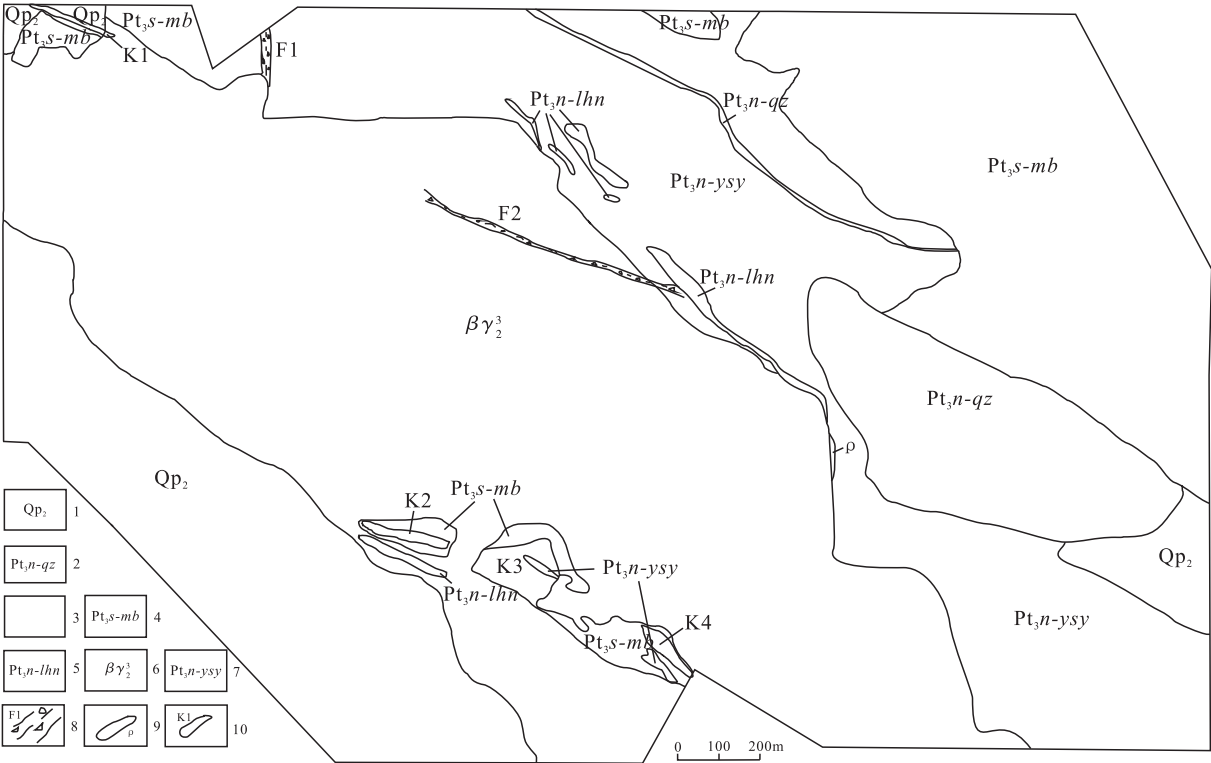
地质构造。区域上断裂构造比较发育,以马超营-拐河断裂和栾川-维摩寺断裂为主。马超营-拐河断裂表现为多条断裂复合的特征,呈北西—南东向展布,断裂带宽约 300 m,倾向南、西南,倾角 40°~80°,岩性表现为岩石的强片理化和糜棱岩化。栾川-维摩寺断裂呈北西—南东向展布,表现为多条

断裂复合的特征,断裂以构造窗、推覆构造等形式出现。

岩浆岩。矿区出露基岩主要为晚元古代双山岩体,岩性为黑云正长岩。岩体呈带状产出,北西西向展布,长约 3 km,宽约 1 km,横跨矿区。岩体与碳酸盐岩外接触变质带严格控制了双山玉矿体的分布(王志宏等,2000)。

1.2 矿体赋存背景

双山玉产于河南方城县杨集乡龙王沟及小山后一带。矿区出露地层为新元古界栾川群三川组及南泥湖组,含矿层位为三川组顶部白云石大理岩及南泥湖组顶部白色白云质大理岩(杜凤军,2015)。受后期新元古代黑云正长岩入侵,在与新元古界栾川群三川组顶部及南泥湖组顶部碳酸盐岩外接触带附近发生接触交代作用,形成玉矿(黄杰等,2018)。



1. 第四系;2. 南泥湖组石英岩;3. 南泥湖组大理岩;4. 三川组大理岩;5. 南泥湖组绢云石英片岩;6. 南泥湖组钠长片岩;7. 晚元古代黑云正长岩;8. 构造破碎带及编号;9. 伟晶岩脉;10. 矿体及编号

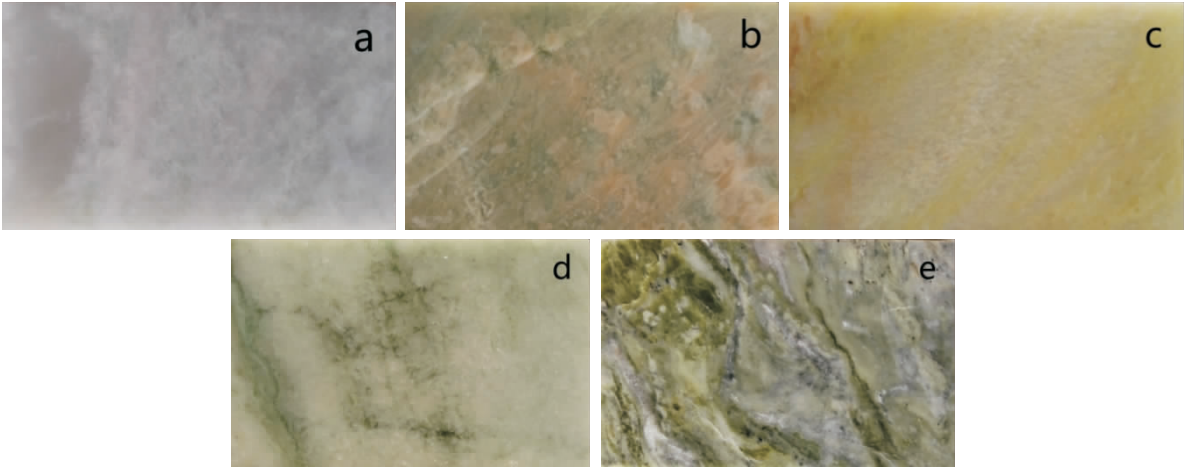
图 1 双山玉矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Shuangshan jade mining area

2 玉石特征

从采集的样品来看,双山玉颜色种类较多,且深浅不一,按色调可分为白色、黄色、绿色、青色和花色 5 种,分别取不同颜色样品各一块,切磨成长宽高为 10 cm×5 cm×1 cm 的长方体(图 2),基本代表了该矿目前所产玉石的主要色调和品种。对切磨好的手标本观察可知,双山玉通常为半透明-

微透明,蜡状-油脂光泽,主要呈块状构造,纤维-粒状变晶结构,质地细腻,石质致密、坚硬,韧性好。采用静水力学法测得双山玉平均密度为 2.7 g/cm³,用折光仪测得折射率为 1.56~1.58,摩氏硬度为 5,平均抗压强度为 1.84 kPa,平均弯曲强度为 10.5 MPa,放射性内照射指数、外照射指数合格。从加工工艺来讲,该玉石适合雕刻摆件或工艺品,且市场上已有用其加工的玉饰品销售(图 3)。



a. 白双山玉(含蛇纹白云石透闪岩);b. 绿双山玉(透辉石蛇纹石大理岩);c. 黄双山玉(含透闪石大理岩);d. 青双山玉(蛇纹透闪白云石大理岩);e. 花双山玉(蛇纹石大理岩)

图 2 双山玉样品照片
Fig. 2 Sample of Shuangshan jade



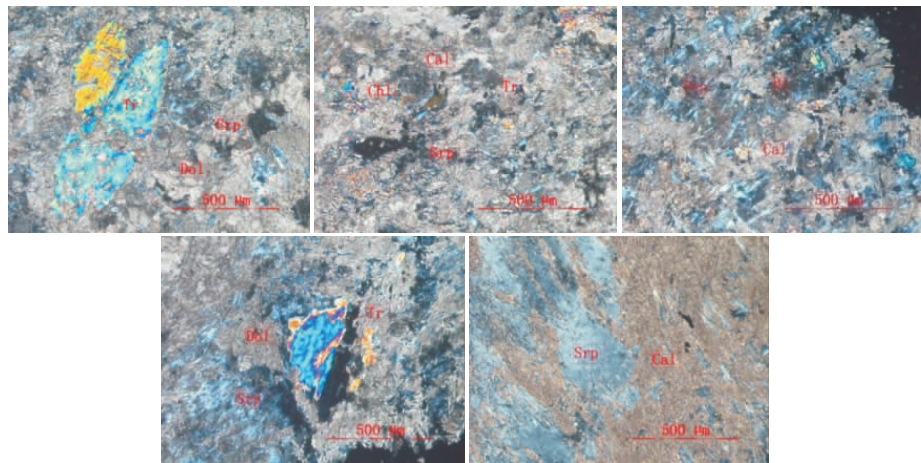
图 3 双山玉工艺品照片
Fig. 3 Photos of Shuangshan jade crafts

3 矿物组成

3.1 偏光镜下观察

在河南省岩石矿物测试中心采用光学显微镜对样品进行磨片观察,显微镜型号为 Leitz - ORTHOPLAN,放大倍数均为 500 um。经薄片观察,双山玉主要由透闪石、蛇纹石、绿泥石、白云石、方解

石等组成,含有少量锆石、磷灰石、金属矿物,不同类型玉石主要矿物含量稍有变化(图 4)。
透闪石矿物含量占比约 30%~80%,多呈纤柱状、他形-半自形柱状,粒径为 0.02~1.8 mm,不均匀分布,单偏光下无色,中正突起,角闪石式解理发育,二级蓝绿干涉色,小角度倾斜消光,局部强烈被方解石交代,部分呈交代迷雾结构。
蛇纹石含量为 20%~50%,多呈细小鳞片状杂



透闪石(Tr);方解石(Cal);蛇纹石(Srp);绿泥石(Chl);透辉石(Di);白云石(Dol)

图 4 双山玉偏光镜下照片

Fig. 4 Photos under polarizing mirror of Shuangshan jade

乱排列,粒径为 0.02~0.2 mm,呈条带状和零星状分布,近无色,低正突起,最高干涉色一级黄白,近平行消光,正延性,大小悬殊,较大者为变斑晶,粗大蛇纹石包裹大量微小方解石颗粒。

碳酸盐矿物(白云石和方解石)含量为 30%~80%,方解石呈他形粒状,粒度细小,一般粒径小于 0.05 mm,分布不均匀,闪突起显著,高级白干涉色,有 2 种成因:一是呈他形粒状,粒径为 0.01~0.3 mm,聚片双晶发育;另一是强烈交代透闪石,部分呈交代假象结构。白云石呈他形粒状,粒径为 0.05~2 mm,分布不均匀,闪突起显著,高级白干涉色,晶体中包裹细小鳞片状蛇纹石,聚片双晶较发育。

透辉石含量为 10%~20%,呈他形粒柱状,柱径为 0.02~0.9 mm,部分被碳酸盐、透闪石交代,边界不清,多呈条带状分布,无色,高正突起,辉石式解理发育,二级鲜艳干涉色。

绿泥石含量为 5%~10%,呈鳞片状,集合体呈团块状,无色,低正突起,具锈褐色异常干涉色,近平行消光,负延性。

3.2 主要化学成分分析

选取代表性的新鲜样品,清除掉杂质,并进行清洗烘干,然后进行粉碎研磨至 200 目,再进行全岩主量元素测试。全岩主量元素的测试在河南省实验测试中心进行,主量元素通过 XRF(X 荧光光谱仪 3080E)方法测试,其中氧化物 FeO 的检测方法依据为 GB/T14506.14-1993;H₂O⁺的检测方法依据为 GB/T14506.2-1993;LOI 的检测方法依据为 LYT1253-1999;CO₂ 的检测方法依据 GB1835-1988;其余主量元素的检测方法依据为 GB/T14506.28-1993,分析精度为 5%。依据分析结果可知(表 1),各类玉石化学成分变化不大,化学成分特征具以下特点。

表 1 双山玉化学成份特征表(10⁻²)

Tab. 1 Chemical composition of Shuangshan jade (10⁻²)

样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼失量	Σ
a 白双山玉	37.3	0.015	0.17	0.05	0.28	19.37	23.8	0.029	0.062	0.022	0.003	18.56	99.7
b 绿双山玉	21.9	0.023	2.24	0.44	0.63	15.74	29.8	0.049	0.024	0.013	0.019	28.69	99.5
c 黄双山玉	18.2	0.041	0.86	0.14	0.10	29.22	21.3	0.020	0.037	0.006	0.010	29.80	99.7
d 青双山玉	38.1	0.088	1.16	0.16	0.41	14.56	28.1	0.012	0.110	0.045	0.016	16.61	99.3
e 花双山玉	35.8	0.074	1.51	0.74	0.25	18.09	28.2	0.029	0.069	0.029	0.010	14.80	99.7

(1)玉石主要化学成分为 SiO₂、MgO、CaO,不同种类玉石之间化学成分变化比较大。如 SiO₂ 含

量为 18.19%~38.07%,CaO 含量为 14.56%~29.22%,MgO 含量为 21.25%~29.78%等。表现

在矿物成分上为方解石、白云石及闪石类含量变化较大,对同一品种来说,各种矿物组合分布也不均匀,化学成分也有较大的变化。如黄双山玉,CaO 检测结果为 29.22%,与岩矿鉴定结果中方解石含量 85%(CaO 理论含量为 47.6%)不符等,这种情况是因为矿物分布不均匀性和薄片取样的局限性造成的。

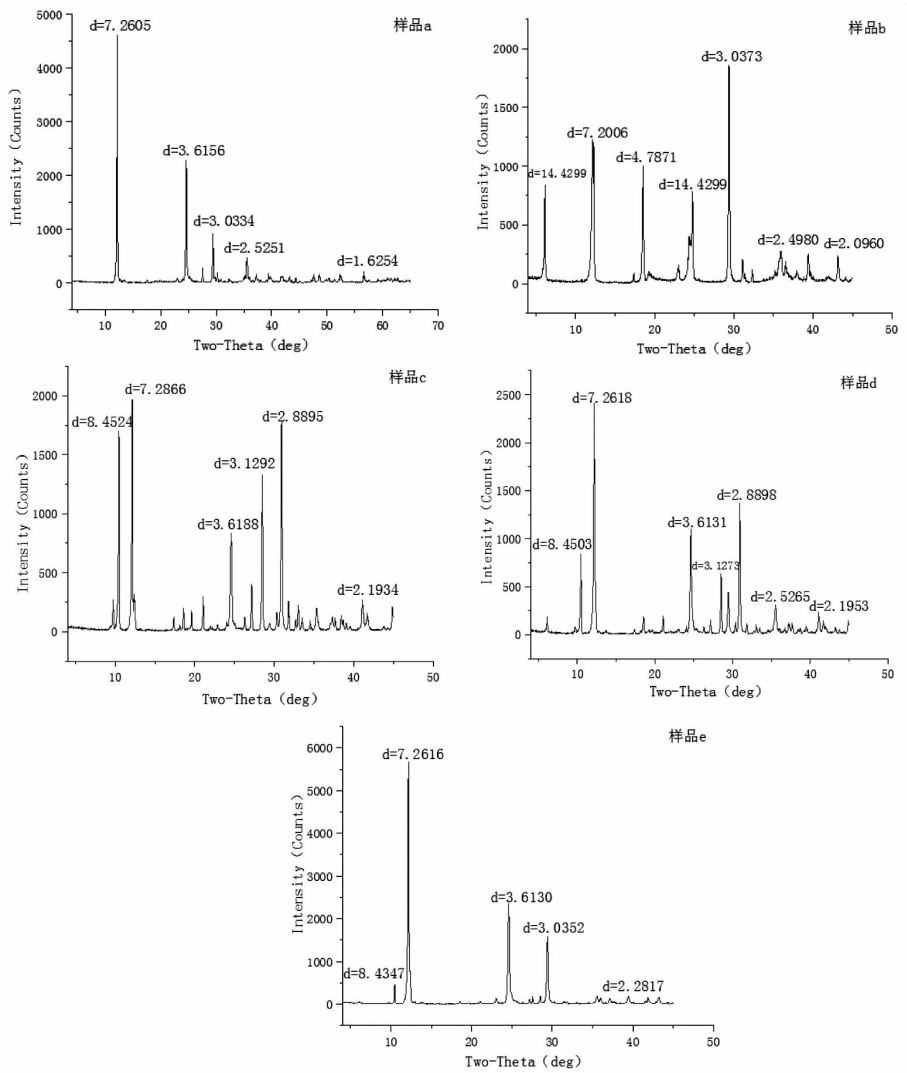
(2)主要致色元素为 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 离子。

(3)玉石中 K、Na 含量较低,一般 Na 的含量高于 K。

3.3 玉石 XRD 物相分析

选取 5 个具有代表性的双山玉样品进行粉晶 X 射线衍射分析,分析测试在河南省岩石矿物测试中心完成,所采用的仪器型号为理学 D/max -

2500PC,测试条件为:电压 40 kV,电流 100 mA,射线种类 CuK α ,狭缝 DS=SS=1°,RS=0.15 mm,连续扫描速度 8°/min,Ni 滤波片,检测依据 JY/T009-1996。分析这些图谱结果(图 5),并与国际衍射数据库(JCPDS-ICDD)的矿物卡片对比可知:样品 a(白双山玉)主要矿物组成为角闪石、白云石、蛇纹石以及少量高岭石;样品 b(绿双山玉)主要矿物组成为蛇纹石,并含有方解石、辉石以及少量钾长石;样品 c(黄色)主要矿物组成为蛇纹石、绿泥石、方解石以及少量橄榄石;样品 d(青双山玉)主要矿物组成为蛇纹石、白云石、角闪石、绿泥石以及方解石;样品 e(花双山玉)主要矿物组成为蛇纹石、方解石、角闪石、高岭石以及绿泥石。



横坐标:衍射角 2θ ,单位(°);纵坐标:强度标值 I,单位 cps(计数/秒)

图 5 代表性双山玉的粉晶 X 射线衍射谱线图

Fig. 5 Diagrams under polarizing mirror of Shuangshan jade

矿物的电子探针成分分析在中国地质科学院地质研究所国土资源部大陆构造与动力学实验室完成,所用探针型号为JXA-8100,加速电压为15 kV,电流为 2×10^{-8} A,电子束斑为 $5 \mu\text{m}$ 。 Fe^{3+} 的计算据DROOP(1987),除标注外,作者的矿物缩写据KRETZ(1983)。

由于目前对于双山玉的研究处于空白阶段,为进一步了解双山玉的矿物组成,笔者采用电子探针,对代表性的样品中的主要矿物进行了矿物成分分析(表2)。首先挑选代表性的样品磨制探针片,然后将磨制好的探针片进行更高精度的抛光,然后在显微镜下选择代表性的矿物进行电子探针成分分析。

分析结果表明,双山玉的主要矿物组成为透闪

表 2 双山玉中代表性的透闪石电子探针成分测试结果表(%)

样品编号	a-1	a-2	a-3	b-1	b-2	c-1	c-2	c-3	d-1	d-2	d-3	e-1	e-2
SiO ₂	57.74	58.76	58.13	58.01	57.11	58.2	58.13	58.23	58.1	58.55	57.91	58.68	58.81
TiO ₂	-	-	0.05	0	0	0.02	-	-	0	0.02	0.01	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	0.34	0.01	0.34	0.23	0.03	0.34	0.39	0.32	0.21	0.22	0.14	0.03	0.03
FeO	0.28	0.43	0.43	0.41	0.4	0.27	0.33	0.28	0.26	0.25	0.16	0.32	0.3
Cr ₂ O ₃	0.01	-	-	-	0.03	-	0	-	-	0.02	0.04	0.01	0.01
MnO	-	0.02	0.08	0.03	0.03	0.01	-	0.04	-	0.02	0.03	0.01	-
MgO	24.86	24.1	23.96	24.06	24.88	24.52	24.42	24.25	24	23.81	25.03	24.37	24.15
CaO	13.47	13.72	13.93	13.89	12.69	13.93	14.29	14.48	14.35	14.22	13.72	14.07	14.1
Na ₂ O	0.23	0.11	0.25	0.23	0.11	0.2	0.26	0.23	0.16	0.18	0.18	0.06	0.07
K ₂ O	0.09	0.08	0.15	0.08	0.07	0.11	0.13	0.12	0.07	0.09	0.08	0.05	0.03
Total	97.02	97.23	97.32	96.94	95.35	97.6	97.95	97.95	97.15	97.38	97.3	97.61	97.52
Tsi	7.9	8.011	7.942	7.95	7.936	7.92	7.898	7.913	7.947	7.981	7.903	7.976	7.996
Tal	0.055	0	0.055	0.037	0.005	0.054	0.062	0.051	0.034	0.019	0.023	0.005	0.004
Tti	0	0	0.005	0	0	0.002	0	0	0	0	0.001	0.001	0
Sum_T	7.955	8.011	8.002	7.988	7.941	7.977	7.961	7.964	7.981	8	7.927	7.982	8
Cal	0	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0.016	0	0	0.001
Cti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0	0.002
CMg	4.999	4.898	4.88	4.916	4.997	4.975	4.946	4.912	4.894	4.838	4.996	4.938	4.895
CFe2	0	0.049	0.049	0.047	0	0.025	0.037	0.032	0.03	0.028	0	0.036	0.034
CMn	0	0.002	0.009	0.003	0	0	0	0.005	0	0.002	0	0.001	0
Cca	0	0.049	0.062	0.034	0	0	0.016	0.051	0.076	0.11	0	0.023	0.067
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BMg	0.072	0	0	0	0.158	0	0	0	0	0	0.097	0	0
BFe2	0.032	0	0	0	0.046	0.005	0	0	0	0	0.018	0	0
BMn	0	0	0	0	0.004	0.001	0	0	0	0	0.003	0	0
Bca	1.896	1.955	1.978	2	1.792	1.994	2	2	2	1.967	1.882	2	1.987
Bna	0	0.029	0.022	0	0	0	0	0	0	0.033	0	0	0.013
Sum_B	2	1.984	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Aca	0.079	0	0	0.006	0.097	0.038	0.064	0.057	0.027	0	0.125	0.026	0
Ana	0.061	0	0.044	0.061	0.03	0.053	0.068	0.061	0.042	0.014	0.048	0.016	0.006
AK	0.016	0.014	0.026	0.014	0.012	0.019	0.023	0.021	0.012	0.016	0.014	0.009	0.005
Sum_A	0.155	0.014	0.07	0.081	0.139	0.109	0.155	0.138	0.082	0.03	0.186	0.05	0.011
Sum_cat	15.11	15.01	15.072	15.069	15.08	15.086	15.116	15.102	15.063	15.03	15.113	15.032	15.011
Sum_oxy	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

石、方解石、白云石、蛇纹石以及少量的透辉石和绿泥石,其中透闪石、蛇纹石、方解石、白云石的矿物成分特征分析如下。

透闪石:双山玉中角闪石的代表性矿物成分测试结果见表 2。主要以 SiO₂、MgO 和 CaO 为主,成分含量分别为:SiO₂ 为 57.74%~58.81%,MgO 为 23.81%~25.03%,CaO 为 12.69%~14.48%,同时含有少量的 FeO 和 Al₂O₃。据分析测试结果可知,双山玉中的角闪石应该属于钙质角闪石中的透闪石,将其成分测试结果进行矿物成分投图,发现双山玉中的角闪石成分全部落在 TSi - Mg/(Mg + Fe)图解中的透闪石区域(图 6)。透闪石存在于各色的双山玉中,不同花色的双山玉中含量不同,其中以白色双山玉中含量最高。

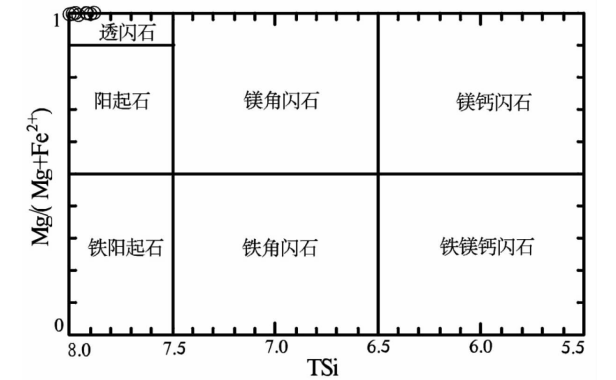


图 6 双山玉中角闪石成分 TSi - Mg/(Mg + Fe)图解
Fig. 6 TSi/(Mg + Fe)diagram of amphibole in Shuangshan jade

蛇纹石:双山玉中蛇纹石的代表性矿物成分测试结果见表 3。蛇纹石存在于各色双山玉中,其中以黄色双山玉样品中蛇纹石含量最高。分析测试结果可知,双山玉中蛇纹石的组分以 SiO₂ 和 MgO 为主,其中 SiO₂ 含量为 43.38%~46.04%,平均为 44.22%,MgO 含量为 39.78%~43.10%,平均为 40.94%。双山玉中蛇纹石的 MgO 成分和叶蛇纹石中 MgO 平均理论成分值(43.63%)有差异,并且普遍偏低,而 FeO 的含量偏高,且含有少量 Al₂O₃ (0.22%~2.84%)。

方解石:双山玉中方解石的代表性矿物成分测试结果见表 4。方解石存在于各色双山玉中,但是白色双山玉中其含量较少。因电子探针无法测定 C 元素,故测得的方解石成分总量为 54.59%~

59.69%,平均值为 56.07%。除了少量的测点外,大部分 CaO 含量与纯净方解石的理论值比较相近,而且平均值与纯净方解石的理论平均值极为相近。

白云石:白云石主要存在于花色双山玉中,其代表性矿物成分测试结果见表 5。因电子探针无法测定 C 元素,故测得的白云石成分总量为 51.66%~55.71%,平均值为 53.21%。其中 MgO 和 CaO 的含量分别变化于 20.61%~22.45%和 30.56%~32.82%,CaO 的含量略高于 MgO 的含量。

3.5 红外光谱分析

红外光谱测试实验是在河南省岩矿测试中心进行的,仪器型号为红外分光光度计 V33,实验条件是分辨率:4 cm⁻¹;扫描范围:透射 4 000~400 cm⁻¹。由分析红外吸收光谱图谱可知(图 7),5 个双山玉样品红外吸收谱带(以下简称红外谱带)大致一致,它

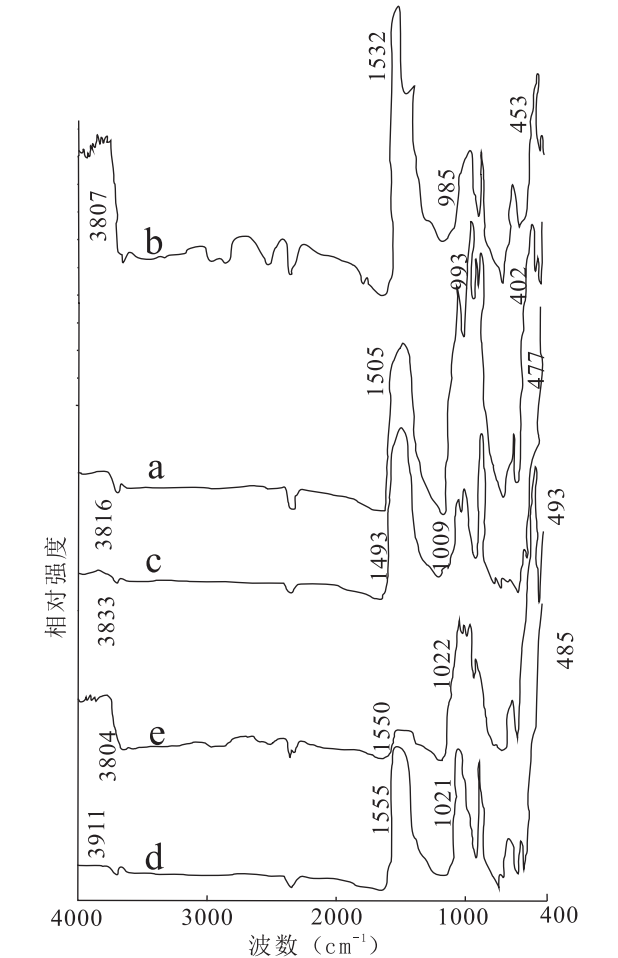


图 7 代表性双山玉样品的红外图谱特征图
Fig. 7 Characteristics of infrared spectrum of representative Shuangshan jade samples

表 3 双山玉中代表性的蛇纹石电子探针成分测试结果表(%)

Tab. 3 Composition test results of serpentine in Shuangshan jade by EPMA(%)

样品编号	a-1	a-2	a-3	b-1	b-2	c-1	c-2	d-1	d-2	e-1	e-2	e-3
SiO ₂	44.07	44.50	43.52	43.43	44.99	43.57	43.64	43.38	43.51	45.79	46.04	44.25
Na ₂ O	-	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.08	0.02	0.07	0.03	0.04	0.01
Cr ₂ O ₃	0.00	-	0.05	0.05	0.01	0.01	0.00	-	0.06	0.04	0.03	-
K ₂ O	0.01	-	0.01	0.01	-	0.01	0.04	0.00	-	0.02	0.02	0.02
MgO	40.04	43.10	42.62	42.75	41.05	39.93	39.82	40.14	40.52	40.69	40.83	39.78
Al ₂ O ₃	1.70	0.11	0.09	0.10	1.20	2.87	2.66	2.84	2.92	0.07	0.22	2.27
MnO	0.05	0.05	0.02	-	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
CaO	0.16	0.04	0.09	0.07	0.12	0.01	-	0.02	0.09	0.02	0.06	0.00
FeO	0.97	0.26	0.26	0.20	0.27	1.47	1.42	1.38	1.54	0.68	0.73	1.60
TiO ₂	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	-	-	0.04	0.04	-	-	-
NiO	0.02	0.04	0.00	0.02	0.05	-	-	-	0.01	0.01	-	0.00
Total	87.05	88.18	86.70	86.65	87.72	87.92	87.69	87.85	88.78	87.38	87.98	87.96

表 4 双山玉中代表性的方解石电子探针成分测试结果表(%)

Tab. 4 Composition test results of calcite in Shuangshan jade by EPMA(%)

样品编号	a-1	b-1	b-2	b-3	c-1	c-2	c-3	d-1	d-2	d-3	e-1	e-2	e-3
MgO	0.19	0.25	0.39	0.55	0.30	0.21	2.15	0.53	0.19	0.24	0.39	0.55	0.3
Al ₂ O ₃	-	-	0.01	-	-	-	0.13	-	-	-	0	-	-
MnO	-	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.06	0.03	-	0	0.01	0.02	0.01
CaO	54.31	56.64	56.60	55.02	55.85	55.74	50.92	59.08	53.77	56.08	56.04	54.47	55.29
FeO	0.01	-	0.04	0.01	0.00	0.07	0.10	-	0.01	-	0.04	0	0
TiO ₂	0.04	0.01	-	-	-	-	0.04	-	0.03	0	-	-	-
NiO	0.00	0.05	-	0.05	0.01	-	-	0.01	0	0.04	-	0.05	0.01
Total	54.59	56.98	57.09	55.66	56.28	56.12	54.76	59.69	54.04	56.41	56.52	55.1	55.72

表 5 双山玉中代表性的白云石电子探针成分测试结果表(%)

Tab. 5 Composition test results of dolomite in Shuangshan jade by EPMA(%)

样品编号	a-1	a-2	b-1	b-2	b-3	c-1	c-2	c-3	d-2	d-3	e-1	e-2	e-3
SiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	0.03	0.02	0.00	-	-	0.02	0.02	0.02	-	-	0.02	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	-	0.03	0.02	-	0.08	0.05	-	-	-	0.08	0.05	-	-
K ₂ O	-	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	-	-	0.01	0.02	0	-	-
MgO	21.04	20.66	21.46	21.98	22.45	20.98	20.82	20.87	21.76	22.22	21.77	21.61	21.67
Al ₂ O ₃	0.01	-	-	0.01	-	-	0.03	-	0.01	-	-	0.03	-
MnO	0.02	0.02	0.06	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05
CaO	30.62	31.14	32.10	31.70	32.82	31.68	31.40	30.86	31.38	32.49	32.36	32.08	32.56
FeO	0.33	0.37	0.28	0.38	0.29	0.19	0.25	0.38	0.38	0.29	0.19	0.25	0.38
TiO ₂	-	0.02	-	-	0.02	-	-	-	-	0.02	-	-	-
NiO	0.03	-	0.01	0.01	-	-	0.04	-	0.01	-	-	0.04	-
Total	52.07	52.27	53.95	54.54	55.71	52.99	52.62	52.19	54	55.15	54.46	54.09	53.66

们主要分布在 $3\ 700\sim 3\ 900\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 600\sim 1\ 400\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 200\sim 800\ \text{cm}^{-1}$ 和 $600\sim 400\ \text{cm}^{-1}$ 内,但这几个范围内谱带又有细微的差别,所测双山玉样品谱带显示,样品中有蛇纹石、碳酸盐矿物以及透闪石的特征吸收谱带。

4 结 论

- (1)经光学显微镜研究表明,双山玉的主要构造为块状构造,结构以纤柱状、粒柱状及鳞片状结构为主。
- (2)经 X 射线粉晶衍射、电子探针、红外光谱的研究表明,双山玉的主要矿物组成为透闪石、透辉石、方解石、白云石、蛇纹石,其次为少量锆石、磷灰石、金属矿物等,在矿物成分上以闪石类矿物、蛇纹石类矿物、碳酸盐类矿物为主,含量变化较大,与现有玉石种类有所不同。
- (3)双山玉介于碳酸盐玉、蛇纹石玉及透闪石玉之间,不失为独特的玉石品种,今后可对其进行进一步的开发利用,以扩大玉石资源,获取经济价值。

参考文献(References):

张培莉. 系统宝石学[M]. 北京:地质出版社,2006.

ZHANG Peili. Gemological Gemstone [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006.

王志宏,劳自强,卢欣祥,等. 阶段性板块运动与板内增生 [M]. 北京:中国环境科学出版社,2000.

WANG Zhihong, LAO Ziqiang, LU Xinxiang, et al. Stage plate movement and intraplate proliferation [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2000.

杜风军,河南省地层典[M]. 北京:地质出版社,2015.

DU Fengjun. Henan provincial stratigraphic code [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.

黄杰,郑云鹏,付志晖. 河南方城县双山玉矿地质特征与找矿标志[J]. 现代矿业,2018,(6):47-51.

HUANG Jie, ZHENG Yunpeng, FU Zhihui, Geological Characteristics and Prospecting Marks of Shuangshan Jade Deposit, Fangcheng County, Henan Province [J]. Modern Mining, 2018,(6): 47-51.

肖启云,蔡克勤. 各色独山玉的矿物组合研究[J]. 岩石矿物学杂志,2011,(30Z1):162-168.

XIAO Qiyun, CAI Keqin. Mineral Assemblages of Various Dushan Jades [J]. Journal of Petrology and Mineralogy, 2011,(Z1): 162-168.

侯弘,王轶,刘亚非. 韩国软玉的宝石学特征研究[J]. 西北地质,2010,43(3):147-153.

HOU Hong, WANG Yi, LIU Yafei. Study on Gemmological Characteristics of nephrite from South Korea [J]. Northwest geology, 2010, 43(3): 147-153.

甘肃罗家峡岩浆型磷矿

成矿区带:中祁连成矿带(Ⅲ-22)。

建造构造:含矿岩体为华力西期偏碱性中性侵入岩,呈岩株、岩瘤产出,侵入于长城系兴隆山群,主要岩性石英闪长岩、黑云母闪长岩,局部为钾长石闪长岩。

成矿时代:华力西期。

成矿组分:磷,(Fe,Ti)。

矿床实例:(甘)甘谷县罗家峡磷矿床。

简要特征:磷矿体主要产于黑云母闪长岩中,其次为钾长石闪长岩,呈似层状、透镜状,部分具分叉或夹石现象。矿石矿物主要为氟磷灰石,次有磁铁矿、金红石。非金属矿物以斜长石为主,次为角闪石、黑云母等,局部钾长石较高。矿床 P_2O_5 含量 2.77%,TFe 7.53%、SFe 6.28%、 TiO_2 2.36%(据甘肃省磷矿资源潜力评价成果报告,2011)。

成因认识:华力期偏碱性中性岩浆分异形成低品位磷灰石矿床。