

文章编号: 1005-1538(2024)01-0074-15
DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20231203110

内蒙古巴林右旗地区兴隆洼、红山玉器的 材质利用研究

李一凡¹, 曹布敦嘎², 徐逸文¹, 王荣¹

(1. 复旦大学文物与博物馆学系, 上海 200433; 2. 巴林右旗博物馆, 内蒙古赤峰 024000)

摘要: 内蒙古巴林右旗地区出土、采集到的兴隆洼、红山玉器较多, 但长期以来缺乏针对当地玉器的系统性材质研究。本研究借助拉曼光谱仪和X射线荧光光谱仪等便携式仪器对当地的74件兴隆洼与红山玉器进行无损测试分析, 确定了这批玉器的材质主要为闪石玉。根据X射线荧光光谱的峰值记数进行横向对比, 这批玉器可被分为3个组别: 兴隆洼时期的用材集中于B、C两组, 颜色呈浅黄或浅绿色; 红山时期玉器用材集中于A、B两组, 颜色呈浅绿或深绿色。此外, 这批玉器中也包含少量地开石、方解石、蛇纹石、云母、萤石材质。结合地质学相关信息, 对玉器的产地进行分析和探讨, 可以推断闪石玉取材于辽宁岫岩地区, 而其他材质多为就近取材, 亦有部分取材于辽宁岫岩地区。

关键词: 兴隆洼文化; 红山文化; 玉器; 闪石玉; 产地

中图分类号: K876.8 **文献标识码:** A

0 引言

巴林右旗位于西拉木伦河北岸, 与翁牛特旗隔河相望, 西以查干沐伦河为界与林西县相连。西拉木伦河和查干沐伦河经其境内流长约313.5 km, 是巴林右旗古文化的摇篮。根据目前公布的考古资料来看, 在巴林右旗境内新石器时代遗址中出土玉器的共有6处, 分别为巴彦汉苏木那(日)斯台遗址、查干诺尔锡本包楞墓葬、查干诺尔洪格力图墓葬、查干诺尔巴日图墓葬、巴彦塔拉苏达勒遗址和巴彦汉查日斯台遗址, 此外则多为采集、征集品, 零散分布于旗幸福之路查干宝力格、沙布日台查干敖包、查干诺尔羊场乡、巴彦查干、巴彦塔拉高勒艾勒等地区^[1]。

总体而言, 内蒙古巴林右旗地区出土、采集到的兴隆洼、红山玉器数量可观, 具有极高的艺术价值和学术价值, 但长期以来针对当地玉器的研究较为稀缺, 尤其鲜见对材质和产地的研究。本研究拟对巴林右旗地区的74件兴隆洼与红山玉器样品展开一

系列的检测和分析, 以期能为该地区的玉器研究工作添砖加瓦。本研究的工作内容大致可分为三个层面: 1) 基础工作, 即相关器物的科技检测工作; 2) 基于上述检测信息来判定器物的材质; 3) 运用多学科的研究方式对这批玉器展开深入的材质利用研究和产地研究。

1 样品、仪器与方法

1.1 样品信息

本次研究样品为巴林右旗境内的兴隆洼文化、红山文化玉器。由于缺乏详细的考古地层学信息, 该地区出土的新石器时代玉器多以类型学的方式判断其文化属性, 大致可划分为兴隆洼玉器与红山玉器。根据此前学者的研究: 查干诺尔锡本包楞墓葬^[2]和查干诺尔洪格力图墓葬^[3]出土玉器应属兴隆洼文化; 查干诺尔境内另有一处巴日图墓葬内出土的玉器可能亦为兴隆洼玉器; 其余几处遗址出土的玉器则被定为红山文化玉器。

待测样品信息如下: 兴隆洼玉器 17件(包括玉

收稿日期: 2023-12-09; 修回日期: 2024-01-22

基金项目: 上海市哲学社会科学规划课题(2021ZLS001)资助

作者简介: 李一凡(1991—), 女, 博士在读于复旦大学文物与博物馆学系, 研究方向为硅酸盐文物科技考古, E-mail: 1320189177@qq.com

通信作者: 王荣(1980—), 男, 教授, 博士生导师, 从事硅酸盐文物、科技考古与科学保护研究, E-mail: wangrong@fudan.edu.cn

块 9 件、玉坠饰 8 件) ,其中 15 件为出土器物(分别出自查干诺尔地区的锡木包楞墓葬、洪格力图墓葬、敖包恩格日遗址和巴日图墓葬) ,另有 2 件为出自敖包恩格日地区的采集品,因与其余器形相类,亦被定为兴隆洼玉器; 红山玉器 57 件(包括玉珠 19 件、玉斧 6 件、玉管 5 件、玉鸮 3 件、勾云形器 3 件、玉璧 3 件、玉玦 2 件、玉蚕 2 件、玉猪龙 2 件、斜口桶形器 2 件、玉料 2 件、玉人面 2 件、异形佩 2 件、玉坠饰 2 件、鸟形块 1 件、橄榄形器 1 件) ,其中 29 件出土于那斯台遗址, 4 件出土于巴彦塔拉苏达勒遗址, 3 件出土于洪格力图墓葬, 1 件出自巴彦汉查日斯台遗址, 其余 20 件是从巴林右旗各地征集、采集的玉器。

1.2 仪器与方法

使用的仪器包括便携式拉曼光谱仪和便携式 X 射线荧光光谱仪。

使用的便携式拉曼光谱仪为美国必达泰克公司(BWTEK) 生产, 型号为 I - Raman, 激光波长为 785 nm, 分辨率为 4 cm^{-1} , 光谱范围为 $65\sim 3\,200\text{ cm}^{-1}$ 。检测时使用的物镜倍数为 20 倍, 积分时间设置为 10 s。拉曼光谱主要通过反映待测样品的分子振动频率特征, 来达到反映物相结构的目的。

所用的便携式 X 射线荧光光谱仪为德国布鲁克公司(Bruker) 生产的 Tracer III - SD 型仪器, 该仪器使用 Peltier 恒温制冷硅漂移探测器(silicon drift detector, SDD) , 探测器窗口使用 Be 膜。X 射线管采用 Rh(铑) 为靶材, 最高激发电压可达 45 kV, 并可连接便携式真空装置, 以保障 Mg、Al 等 X 射线发射能量较弱的元素检测质量。检测时使用电压为 15 kV, 电流为 $25\ \mu\text{A}$ 。X 射线荧光光谱主要用于检测待测样品的构成元素及含量。

在实际操作中, X 射线荧光光谱仪与拉曼光谱仪分别从化学成分和物理结构的角度反映待测样品的元素构成和空间结构, 且两者在实际的检测操作中具有快速、无损、便携等特质, 通过将两者的分析结果相结合, 可以确定待测样品的材质。

2 结果分析

经检测, 该批玉器的材质分为 6 种: 闪石玉、地开石、方解石、蛇纹石、云母和萤石。以下对各类别材质的检测结果分而述之。

2.1 闪石玉

闪石玉(nephrite) 亦可称为软玉, 是一种钙镁硅酸盐, 于 1789 年由德国地质学家命名, 为

韧而致密的极细粒透闪石或阳起石^[4]。化学式为 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, 理论化学组成为: CaO 13.8%、 SiO_2 58.8%、MgO 24.6%、 H_2O 2.8%^[5]。闪石玉的硬度为 6~6.5 Moh, 比重为 2.99~3.08, 折射率为 1.62。闪石玉属单斜晶系, 对称型为 $L2PC(2/m)$ 。晶体常呈细柱状, 常见单形为斜方柱和平行双面。集合体常呈柱状、放射状、纤维状^{[6]100}。

以待测样品玉猪龙(图 1) 为例, 拉曼光谱图(图 2a) 显示, 强度最大的谱峰位于 676 cm^{-1} 处, 它代表硅氧四面体结构单元中连接 Q_2 (下标数字代表单位硅氧四面体中桥氧的数目, 下同^[7]) 和 Q_3 两种结构单元的桥氧 O_{br1} 的对称伸缩振动^[8]。在 $800\sim 1\,200\text{ cm}^{-1}$ 范围内, 光谱中出现了一组分别位于 $1\,029\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\,060\text{ cm}^{-1}$ 的特征双峰, 为 Q_2 和 Q_3 两种结构单元所对应的特征峰^[9]。此外, 在 932 cm^{-1} 处也出现 1 个半高宽稍大的谱峰, 属于 Si— O_{nb} 间伸缩振动的反映。这 3 个谱峰所处的频率范围是硅氧四面体结构单元中 Si—O 间非桥氧对称伸缩振动的反映。 400 cm^{-1} 以下的拉曼谱峰与金属和氧(即 M—O) 之间的振动以及晶格骨架间点阵振动模式相对应, 反映了硅酸盐分子结构延伸的长程有序性^[10]。 122 cm^{-1} 、 179 cm^{-1} 、 226 cm^{-1} 、 373 cm^{-1} 、 395 cm^{-1} 、 417 cm^{-1} 是晶格振动峰值。



编号 00188C0015, 巴林右旗那斯台遗址出土

图 1 玉猪龙

Fig. 1 Jade pig - dragon

使用 X 射线荧光光谱法测试闪石玉的成分, 可知该材质含有 Si、Mg、Ca、Fe 等元素(图 2b) 。所含成分与闪石玉化学式 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ 相符合。

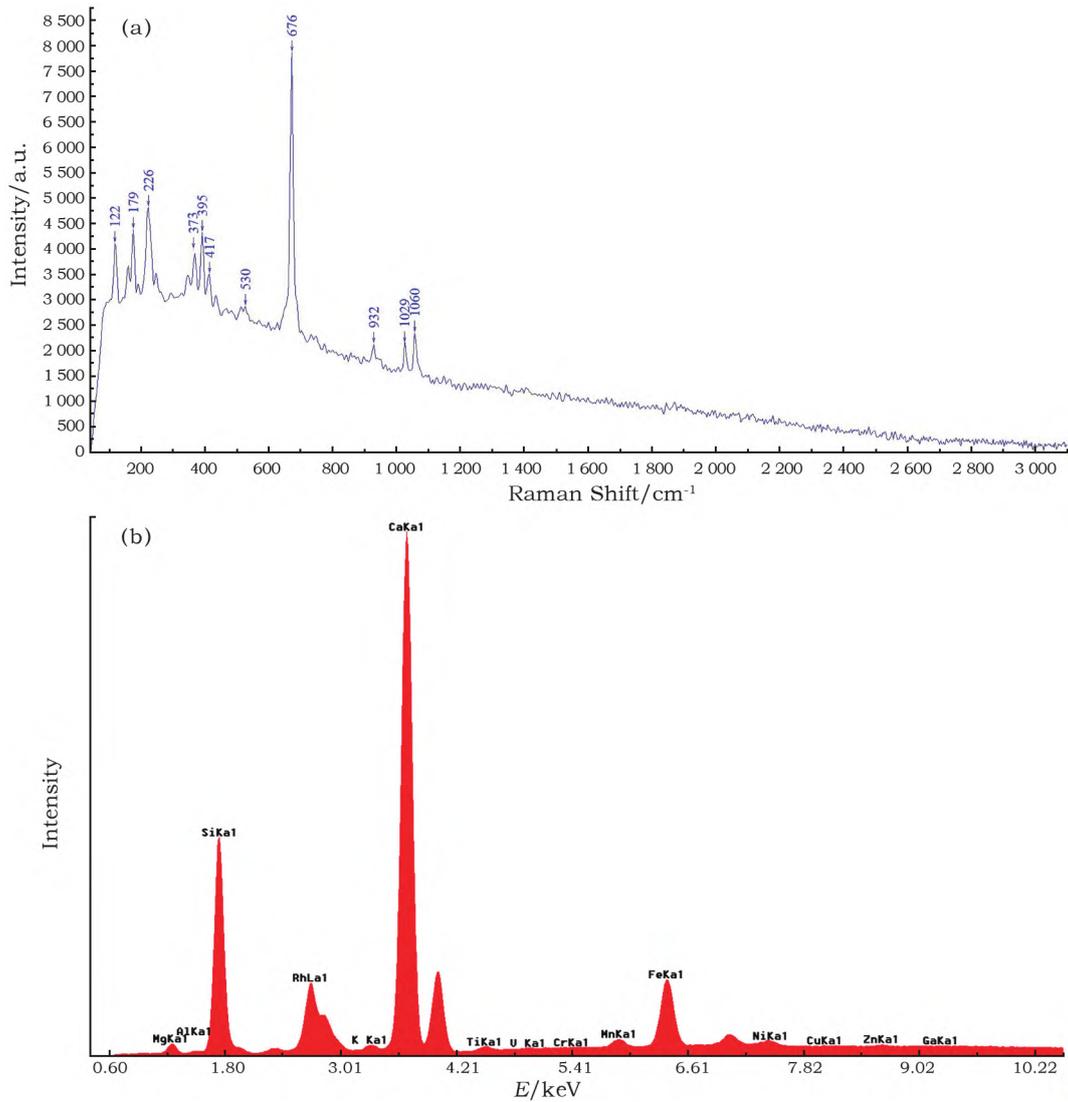


图 2 玉猪龙的拉曼光谱图 (a) 和 XRF 定性光谱图 (b)

Fig. 2 Raman spectrum (a) and XRF spectrum (b) of the jade pig – dragon

2.2 地开石

地开石(dickite)层状硅酸盐,高岭石族,化学式为 $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$,单斜晶系。通常呈细微的假六方形片状,或近于平行的、放射状、扇形集合体^[11]。硬度约为 2~2.5 Moh。比重为 2.60~2.63^[12]。

使用拉曼光谱仪对鸟形玦(图 3)进行检测,结果如图 4a 所示。433 cm^{-1} 与 460 cm^{-1} 是地开石的特征峰,表征硅氧四面体中 Si—O 非桥氧的对称伸缩振动区域。129 cm^{-1} 、198 cm^{-1} 、243 cm^{-1} 是 AlO_6 八面体的特征峰。271 cm^{-1} 对应 O—H—O 等腰三角形的振动。335 cm^{-1} 表征 SiO_4 四面体的特征峰。在 744 cm^{-1} 和 796 cm^{-1} 处的峰位是由 Al—OH 表面的一 OH 振动导致的^[13]。

根据 XRF 光谱图(图 4b),该器物中含有 Si、Al 等元素,与地开石—— $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$ 的元素组成相

一致。故而可进一步确定待测玉器为地开石质。



编号 00198C0125, 巴林右旗那斯台遗址出土

图 3 鸟形玦

Fig. 3 Bird – shaped Jue

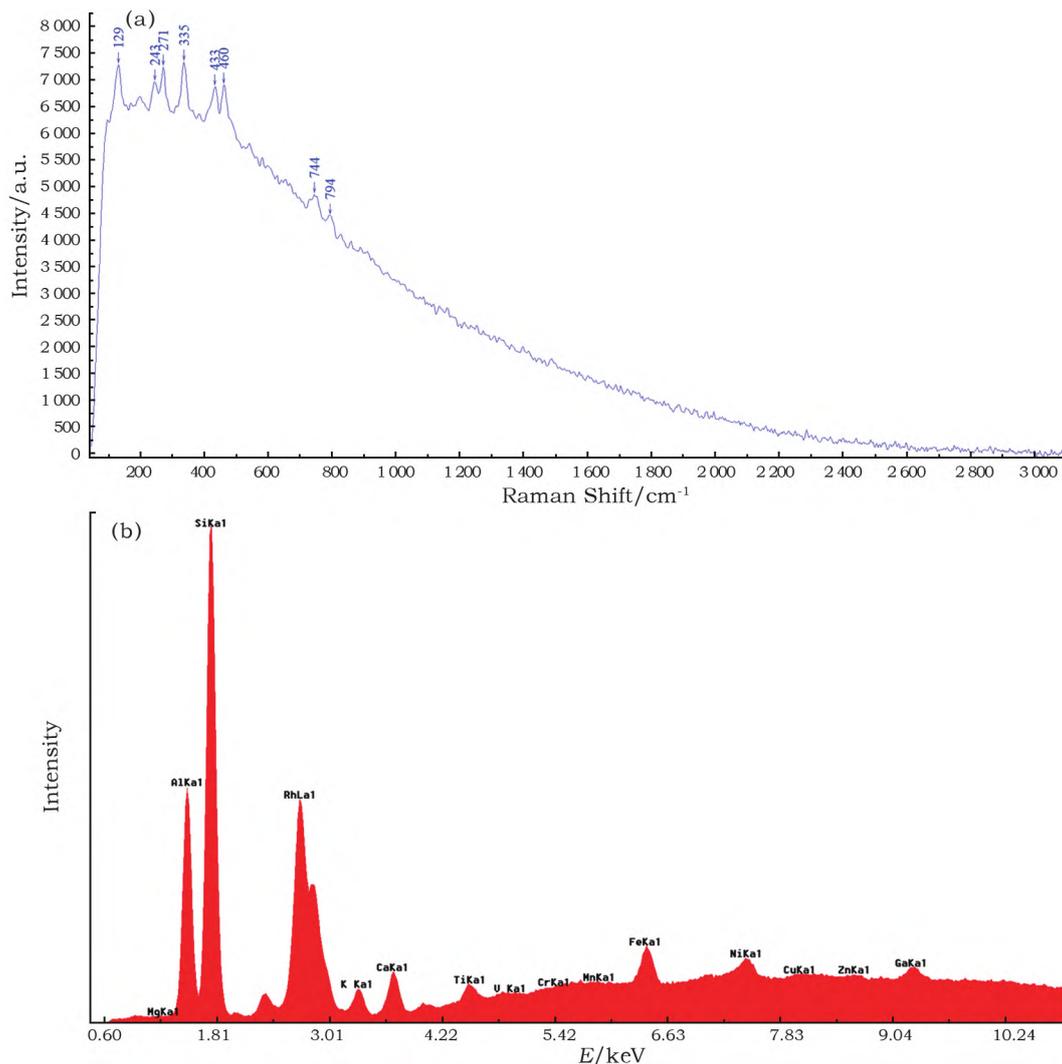


图 4 鸟形块的拉曼光谱图 (a) 和 XRF 定性光谱图 (b)

Fig. 4 Raman spectrum (a) and XRF spectrum (b) of the bird-shaped Jue

2.3 方解石

方解石 (calcite), 化学式为 CaCO_3 , 三方晶系, 晶体呈菱面体, 有时呈粒状或板状。但方解石不完全等同于碳酸钙, 因为自然界中纯碳酸钙少有, 其中混入少许杂质 ($< 2\%$) 后, 便成为方解石^[14]。方解石呈玻璃光泽, 无色或白色, 性脆, 莫氏硬度为 3 Moh, 密度为 $2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ ^{[6][117]}。

以待测样品玉管 (图 5) 为例, 拉曼光谱图 (图 6a) 显示强度最大的谱峰位于 1088 cm^{-1} 处, 它代表 C—O 的对称伸缩振动^[15], 包含两个同相振动的 $[\text{CO}_3]^{2-}$ ^[16]。 282 cm^{-1} 表征 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 的碳氧面外弯曲振动, 155 cm^{-1} 表征 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 的平动^[17]。

根据 XRF 光谱图 (图 6b), 该器物主要由 Ca 元素构成, 与方解石的主要构成 CaCO_3 相符合, 由此

可进一步断定, 待测玉器为方解石质。



编号 00406C0036 巴林右旗洪格力图墓葬出土

图 5 玉管

Fig. 5 Jade tube

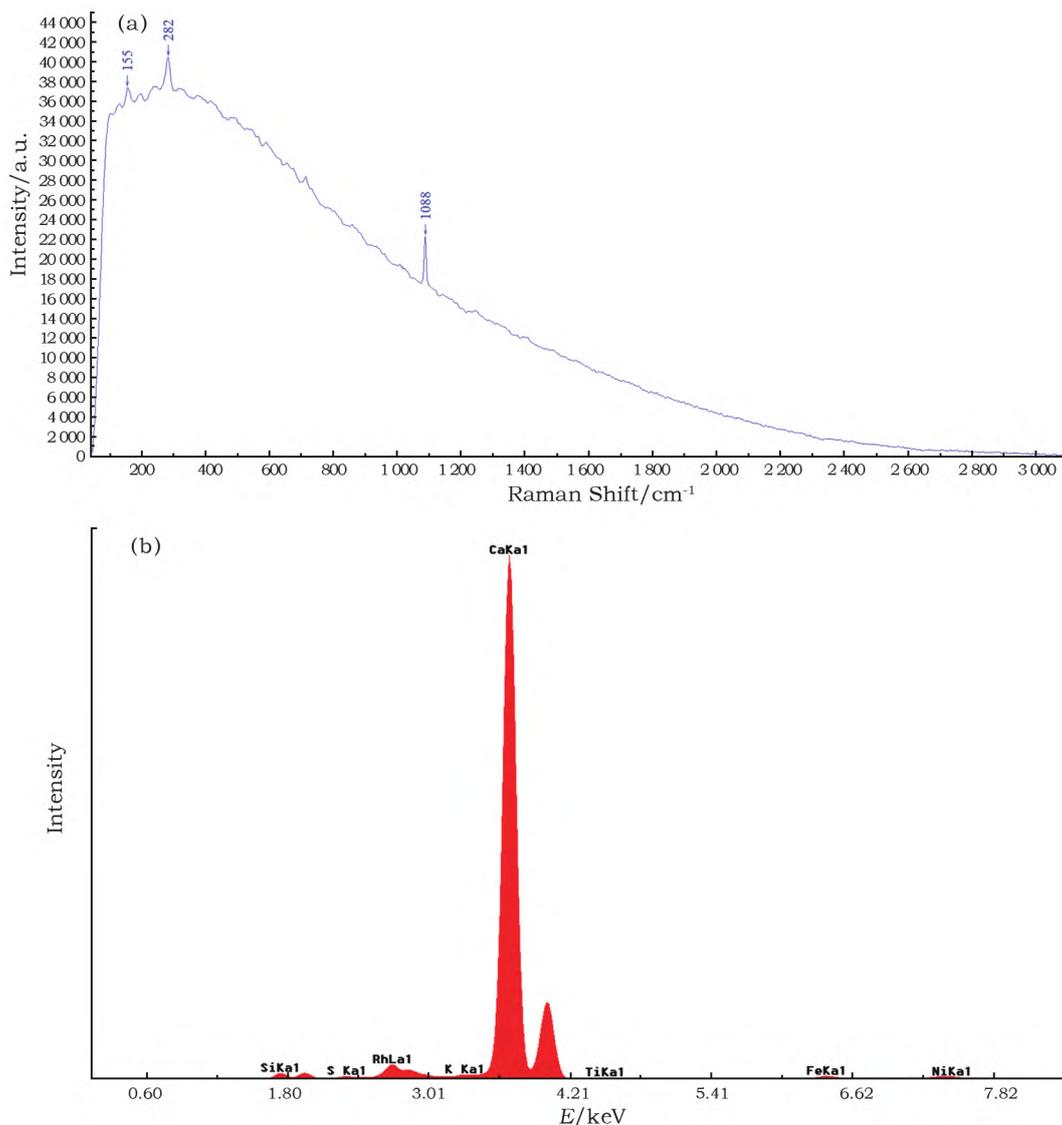


图 6 玉管的拉曼光谱图 (a) 和 XRF 定性光谱图 (b)

Fig. 6 Raman spectrum (a) and XRF spectrum (b) of the jade tube

2.4 蛇纹石

蛇纹石玉是中国古代历史悠久的传统玉石之一,是以蛇纹石类 (serpentine) 矿物为主要组分的矿物集合体。蛇纹石是一种含水的富镁硅酸盐矿物的总称,化学成分通式为 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$,理论组成为: MgO 43.63%、 SiO_2 43.36%、 H_2O 13.01%^[18],常含有 Fe、Mn、Al、Ni、F 等元素。蛇纹石为单斜晶系,颜色一般为绿色调,但也有浅灰、白色或黄色等。因为它们往往是青绿相间像蛇皮一样,故此得名。蛇纹石随铁含量增加而颜色加深,硬度增大,密度为 $2.2 \sim 3.6 \text{ g/cm}^3$,折射率为 $1.56 \sim 1.57$,硬度为 $2.5 \sim 3.5 \text{ Moh}$ ^[19]。

以待测样品玉管(图 7)为例,拉曼光谱图(图 8a)中 1049 cm^{-1} 处的峰位代表 $Si-O_b-Si$ 键的不对称伸

缩振动反应, 687 cm^{-1} 处的峰位则代表 $Si-O_b-Si$ 键的对称伸缩振动反应。 374 cm^{-1} 出现的特征峰为叶蛇纹石所特有,是硅氧四面体结构单元的对称弯曲振动反应^[20]。另外, 233 cm^{-1} 是 $O-H-O$ 等腰三角形结构对应的对称弯曲振动, O 是硅氧四面体中的非桥氧原子, H 是八面体中空缺阳离子处的补位。在三八面体层状硅酸盐中,由于 Al 取代 Mg 形成八面体空位,造成 $O-H-O$ 等腰三角形的形成^[21]。

根据 XRF 光谱图(图 8b),该器物中富含 Si、Mg 等元素,属富镁硅酸盐,与蛇纹石 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ 的元素组成相一致。综合拉曼与 XRF 检测结果可知,待测器物为叶蛇纹石质。

2.5 云母

云母 (mica) 是分布较广的造岩矿物,是钾、铝、

镁、铁、锂等层状结构铝硅酸盐的总称。单元结构层由 3 个基本结构层组成: 两层硅氧四面体中夹一层铝氧八面体, 即 2:1 型。云母普遍存在多型性, 其中属单斜晶系者常见, 其次为三方晶系, 其余少见。云母具有{001} 极完全解理, 薄片有弹性或挠曲性。云母一般呈玻璃光泽, 但解理面上呈珍珠光泽, 为无色、透明或半透明状, 颜色随化学成分的变化而异, 主要随铁含量的增加而变深, 硬度 2 ~ 3.5 Moh, 密度为 2.76 ~ 3.10 g/cm³, 折射率为 1.53 ~ 1.60^[22]。

以待测样品勾云形器(图 9)为例, 拉曼光谱图(图 10a) 显示 267 cm⁻¹ 为所有二八面体和三八面体云母所特有, 即云母特征峰, 表征 O—H—O 振动^[23]。196 cm⁻¹ 表征 Al—O—Al 振动^[24] 234 cm⁻¹ 为锂白云母或珍珠云母所特有, 表征 O—H—O 振动^[23]。397 cm⁻¹ 与 917 cm⁻¹ 为珍珠云母的特征峰, 其中前者表征—OH 振动, 后者表征 Si—O—Al 振

动^[25]。674 cm⁻¹ 表征 Si—O—Si 振动^[26]。



编号 00794C0069 巴林右旗洪格力图墓葬出土

图 7 玉管

Fig. 7 Jade tube

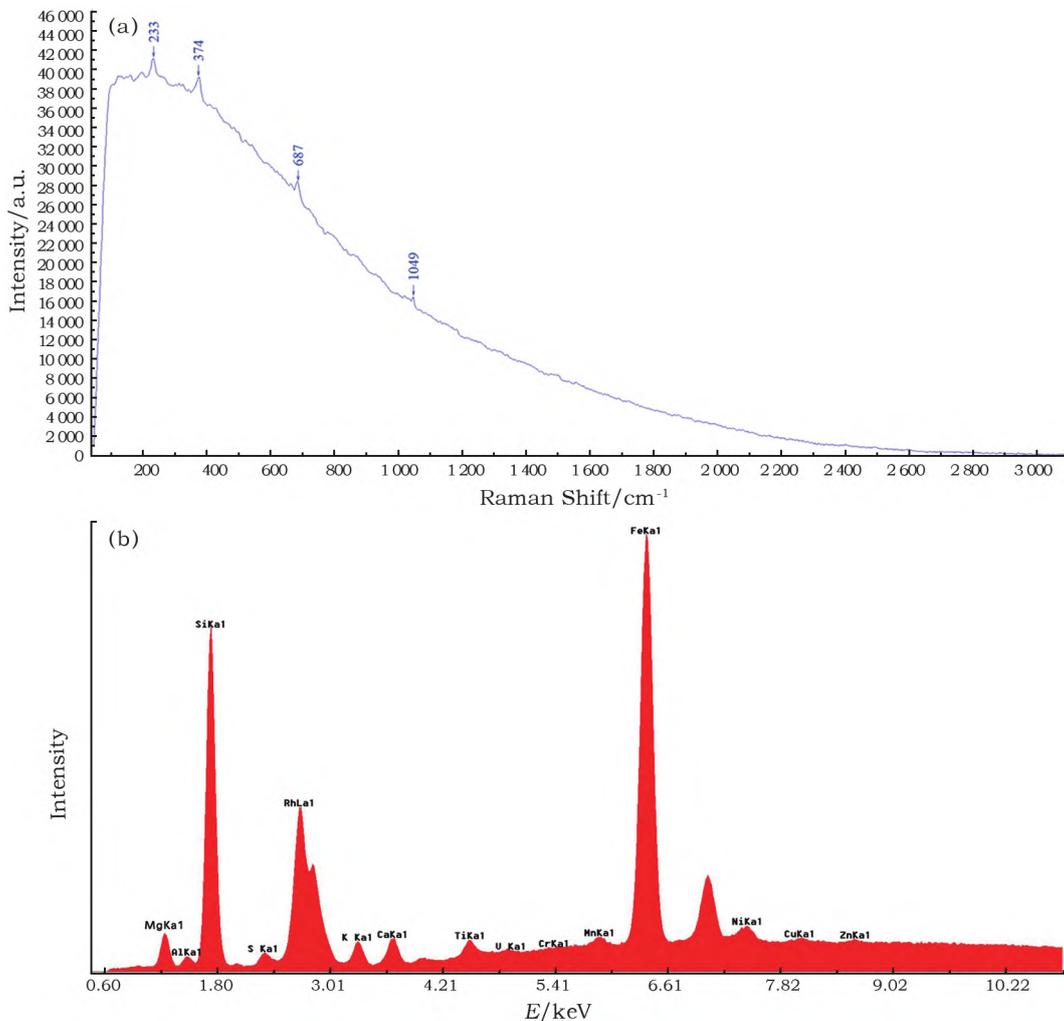


图 8 玉管的拉曼光谱图(a) 和 XRF 定性光谱图(b)

Fig. 8 Raman spectrum (a) and XRF (b) of the jade tube

XRF 光谱图(图 10b)显示,器物中含有 Si、Ca、Al、K、Fe、Ti、Mn 等元素,而云母族矿物的化学成分非常复杂,其化学式可表达为 $R^{1+} + R_3^{2+} + [AlSi_3O_{10}][OH]_2$,式中 $R^{1+} = K$, $R^{2+} = Mg^{2+}$ 、 Fe^{2+} ,而 Al^{3+} 也可以被 Fe^{3+} 、 Mn^{3+} 所取代,此外,成分中还有次要元素,类质同象置换在云母中甚为普遍,同时还有机械混入物加入其中^[27]。综合拉曼与 XRF 检测结果可知,待测器物的材质为云母,由于拉曼检测结果出现了部分珍珠云母的特征峰,且 XRF 检测结果显示待测物的钙含量较高,故而初步推断待测物中有较高含量的钙云母。



编号 00190C001,巴林右旗那斯台遗址出土

图 9 勾云形器

Fig. 9 Cloud-shaped jade

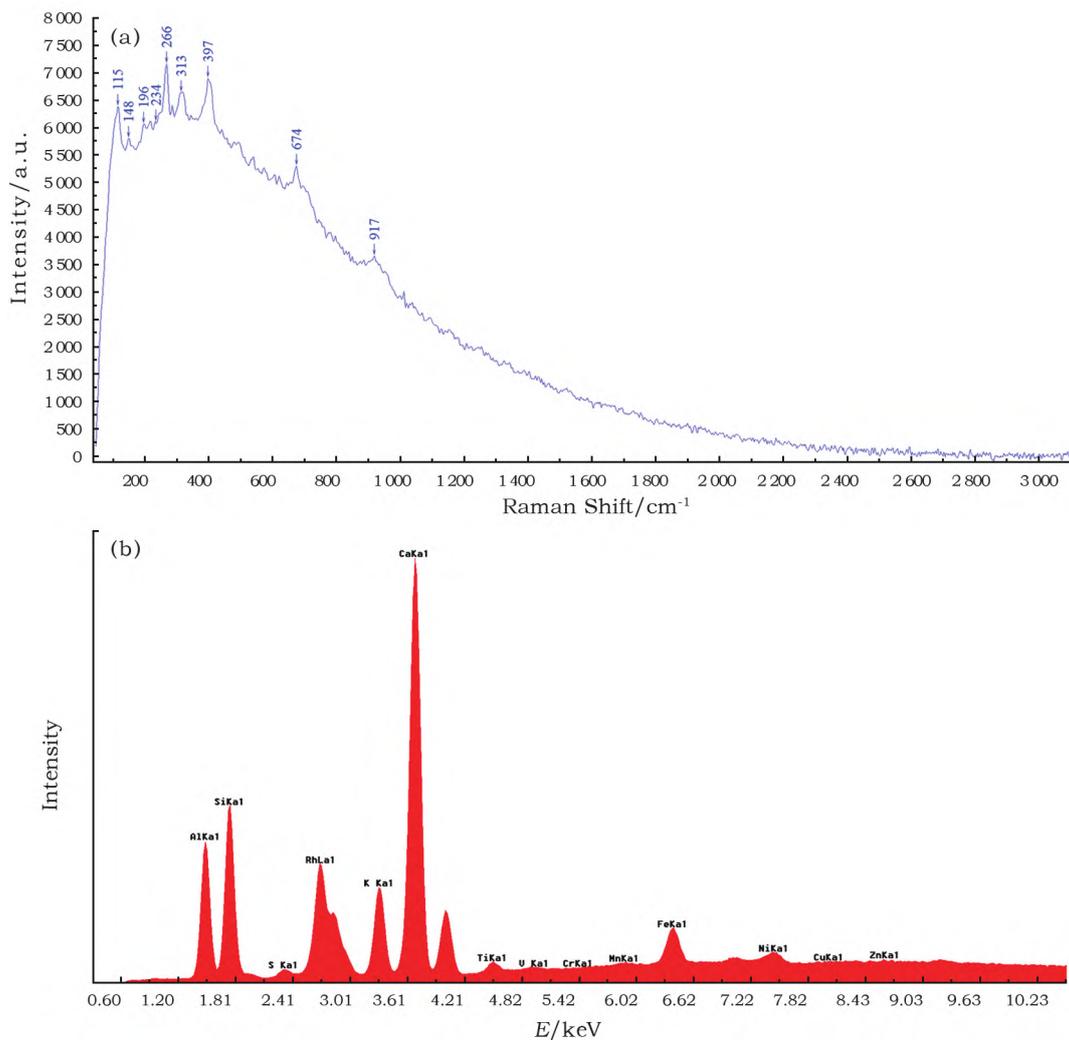


图 10 勾云形器的拉曼光谱图(a)和 XRF 定性光谱图(b)

Fig. 10 Raman spectrum (a) and XRF spectrum (b) of the cloud-shaped jade

2.6 萤石

萤石(fluorite)又称氟石、磷石等,在紫外线照射或是加热条件下,能发出蓝色或紫色的荧光,故得

名。萤石的化学成分为 CaF_2 (氟化钙),常含少量钇(Y)和铈(Ce)等稀土元素杂质而具荧光效应。萤石为等轴晶系的卤化物矿物,晶形呈八面体、立方体

或立方体的穿插双晶, 集合体呈粒状或块状, 八面体解理完全。萤石呈玻璃光泽, 透明至半透明, 晶莹剔透, 色彩丰富美丽, 多为浅绿、浅紫或无色透明, 有时为玫瑰红色, 条痕白色^[28]。萤石的硬度为 4 Moh, 相对密度为 3.18 g/cm^3 , 折射率 1.434^[29]。

巴林右旗地区巴彦汉苏木那斯台遗址出土了一件萤石质鱼形饰(图 11), 此前王荣等^[30]曾经公布过详细的检测和分析结果。



编号 00185C0012, 巴林右旗那斯台遗址出土

图 11 鱼形饰

Fig. 11 Fish-shaped jade

2.7 小结

综上, 该地区 17 件兴隆洼玉器包含闪石质玉器 16 件、地开石质玉器 1 件(02046 坠饰); 57 件红山玉器包含闪石质玉器 49 件、地开石质玉器 3 件(另两件为 00191C0018 纺瓜、02373 玉料)、方解石质玉器 2 件(另一件为 00795C0070 玉管)、云母质玉器 1 件、萤石质玉器 1 件、蛇纹石质玉器 1 件。总体而言, 巴林右旗地区的兴隆洼与红山玉器中, 闪石玉的比例极高, 这表明当地先民们在新石器时代对于石

材选择的偏好十分明确, 同时已熟练掌握了对高硬度石材的加工技术, 而这一特质贯穿了兴隆洼、红山时期, 表征了该地区在文化发展脉络上的一致性与传承性。

3 讨论

3.1 闪石玉

巴林右旗地区的兴隆洼与红山闪石玉玉质极好。从外观上看, 除个别器物通体白化外, 其余的大体上可明确划分为深绿色、浅绿色与浅黄色(图 12); 通过 X 射线荧光光谱的峰值记数对未白化的闪石玉进行横向对比, 可以进一步印证这一结果(图 13)。待测玉器的 Fe/Mg 值以 25 为界进行划分: A 组位于高 Fe/Mg 值($\text{Fe/Mg} > 25$)、高 Sr(cnt > 2400)、Zr(cnt > 2000) 区域, 从外观上看, 为深绿色系玉器, 有较多斑杂, 色墨绿而不透光, 这一组别中以红山玉器为主, 另有 1 件兴隆洼玉器; 而 B、C 组位于低 Fe/Mg 值($\text{Fe/Mg} \leq 25$) 区域, 从外观上看, 玉质通透匀净, 呈浅绿或浅黄色, 这是由于闪石玉的主要成分为 MgO 、 SiO_2 和 CaO , 而 FeO 的含量则随闪石玉的颜色变深而增加, 表明 Fe 类质同象替代 Mg 的数量增加, 逐渐向阳起石过渡^[31]。而 B、C 两组则以微量元素 Sr、Zr 的高低进行划分。由于该批玉器的 Sr、Zr 含量基本成正比, 故而将横坐标分别设为 Sr、Zr 峰值(cnt 值) 时, 分组完全相同。B 组位于低 Fe/Mg 值、高 Sr(cnt > 2400)、Zr(cnt > 2000) 区域, 该组玉器呈浅绿色, 同时包括兴隆洼与红山玉器; C 组位于低 Fe/Mg 值($\text{Fe/Mg} < 25$)、低 Sr(cnt < 2400)、Zr(cnt < 2000) 区域, 该组包含的 5 件玉器均为兴隆洼玉器(图 12 第三排), 在色泽上呈现出浅黄色, 玉质较浅绿色更优, 透明度和细腻程度极高, 迥异于其他玉器。





第一排至第三排: 深绿色(从左至右编号: 00391C0044、00367C0037、00359C0036)、浅绿色(从左至右编号: 00179C0006、00187C0014、00943、00192C0019)、浅黄色(从左至右编号: 00790C0065、00784、00785、00786、00787)

图 12 巴林右旗地区三种闪石玉料的对比

Fig. 12 Comparison of three types of nephrite materials in Bairin Right Banner

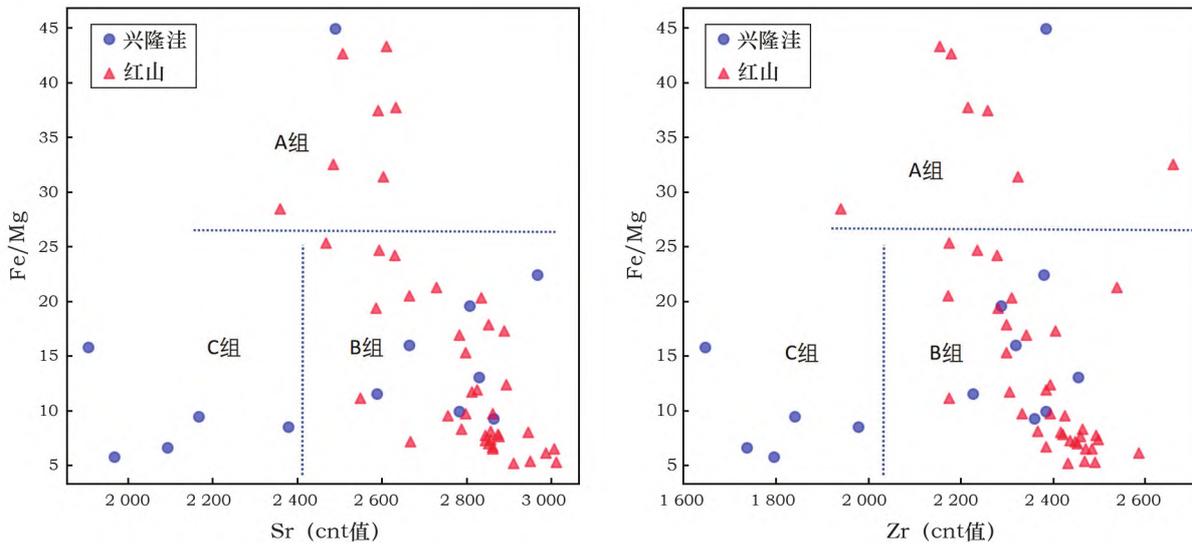


图 13 巴林右旗地区的玉器分组情况(根据 XRF 峰值)

Fig. 13 Grouping of the nephrite jade artifacts in Bairin Right Banner (based on the peak counts of the XRF spectra)

总体而言, A、B、C 三个组别的玉料呈现出颜色由深至浅, 透明度和细腻程度由低到高的特征。上述结果显示巴林右旗地区的先民们在兴隆洼、红山时期对原材料的不同选择偏好。兴隆洼的玉料集中于 B 组和 C 组, 而红山玉料则集中于 A 组和 B 组, 未延续 C 组的使用, 由此可见, 兴隆洼玉料整体上颜色偏浅, 玉质更好, 推测造成这一材质变化的原因可能如下。

1) 源于不同的用玉偏好——兴隆洼时期的人们更推崇浅色玉器, 而到了红山时期, 人们则更推崇深色。

2) 源于高品质玉料在兴隆洼时期被使用殆尽, 故而到了红山时期, 人们只能退而求其次地选择颜色相对较深、杂质相对较多的玉料。

3) 源于不同品质、不同色泽的玉料可能被用于制作不同尺寸或不同类型的器物。由图 12 可见,

C组玉料制作的玉器总体器形偏小,B组次之,A组则多用于制作大型玉器。这可能表明A组玉料产量较大或原料体积较大,更适用于制作大型玉器。总体而言,兴隆洼时期玉器的器形较小,而红山时期器形较大,故而A组玉料的产地直到红山时期才成为了主要的原材料供给地。

4) 源于红山时期礼器的发展。在以红山玉器为主导的A组玉器中,礼仪器的占比较高,如斜口筒形器、玉猪龙等,此外,无使用痕迹的玉斧在当时也被用作礼仪器;与之相比,从兴隆洼时期一直延续到红山的B组玉料则多被用于制作装饰用玉,礼仪器较少;而仅在兴隆洼时期使用的C组玉料则被用于制作玉块、弯条形坠、匕形坠等小型装饰用玉。深色A组玉料之所以在红山时期得以被频繁使用,可能是先民们基于对材质利用从源头上的划分,即浅色玉料多用于制作装饰品,而深色玉料多用于制作大型礼仪器。在兴隆洼社会,装饰用玉占据主导地位,而到了红山社会,祭祀活动中的“礼”和“仪”进一步系统化、理性化,形成了礼制,开始出现了礼仪用玉的需求,直至占据主导,深色玉料便随着这一需求的出现得以被广泛使用。

对闪石玉的XRF测试结果进行进一步的定量分析,换算出 $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ 的值:若 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) \geq 0.9$,则判断该矿物组成为透闪石;若 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) < 0.9$ 则为阳起石。本研究所述65件闪石玉器均为透闪石,未检测到阳起石。若将兴隆洼、红山的闪石玉与江苏武进寺墩遗址的良渚文化闪石玉进行对比,可以看出兴隆洼与红山玉器明显地呈现出低铁的特征(图14),即便是该组内 Fe/Mg 值最高、颜色最深的器物,其 Fe/Mg 值也显著低于良渚寺墩组。

针对红山、兴隆洼玉器的产源地,此前学界有两种观点:主流观点认为兴隆洼、红山等文化的玉器可能多取自辽宁岫岩县^[32];但亦有学者提出另一种考虑,认为红山玉料可能来源于贝加尔湖区域^[33]。其中,岫岩地区的矿点分布于细玉沟、偏岭镇^[34]和桑皮峪^[35]等地,而贝加尔湖区域的闪石玉矿点分别为布里亚特共和国东北部的维季姆(Vitim)矿区、帕拉姆斯基(Paramskoye)矿区,以及位于布里亚特共和国西南部的东萨彦岭(Eastern Sayan)矿区和日达(Dzhida)矿区^[36]。

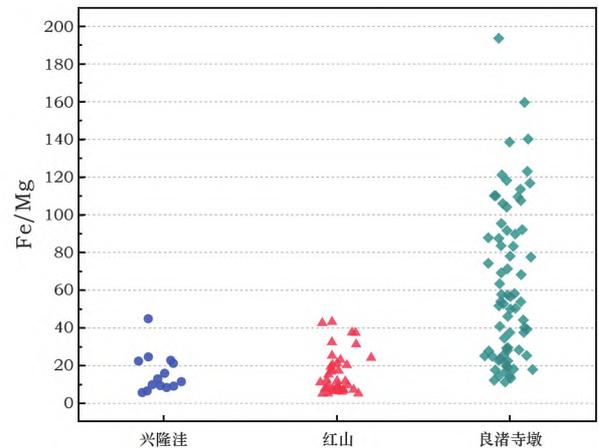
结合本研究的数据分析可知,这批玉器大概率来源于辽宁岫岩地区,原因有三。

1) 本研究所测全部兴隆洼、红山玉器中,深色

玉器($Fe/Mg > 25$)显著少于浅色玉器($Fe/Mg \leq 25$),而浅色玉器的黄、绿色调正是岫岩地区透闪石玉的常见色调^[37]。

2) 这批玉器均为透闪石质,不见阳起石,但在贝加尔湖地区的4处闪石玉矿点中,有3处为阳起石矿点(S-Nephrite),而辽宁岫岩地区闪石玉矿点的玉材则为透闪石质(D-Nephrite)^[38],故而后者成为兴隆洼、红山玉器原料供应地的可能性更高。

3) 从地理位置上说,巴林右旗与辽宁岫岩地区矿点的直线距离约为600 km,而与贝加尔湖区的几处矿点间的直线距离大约在2 000 km,数倍于前者。虽然已有的证据已表明,新石器时代早中期的软玉运输最长距离已可达3 000 km^[39],但是这一时期的先民们应当会有更大的概率去选择一处距离明显更为接近的矿点。



图中所涉良渚寺墩闪石玉 Fe/Mg 值数据系笔者所在团队对寺墩玉器实地分析所得

图14 巴林右旗地区兴隆洼、红山玉器与寺墩遗址良渚玉器的 Fe/Mg 值比较

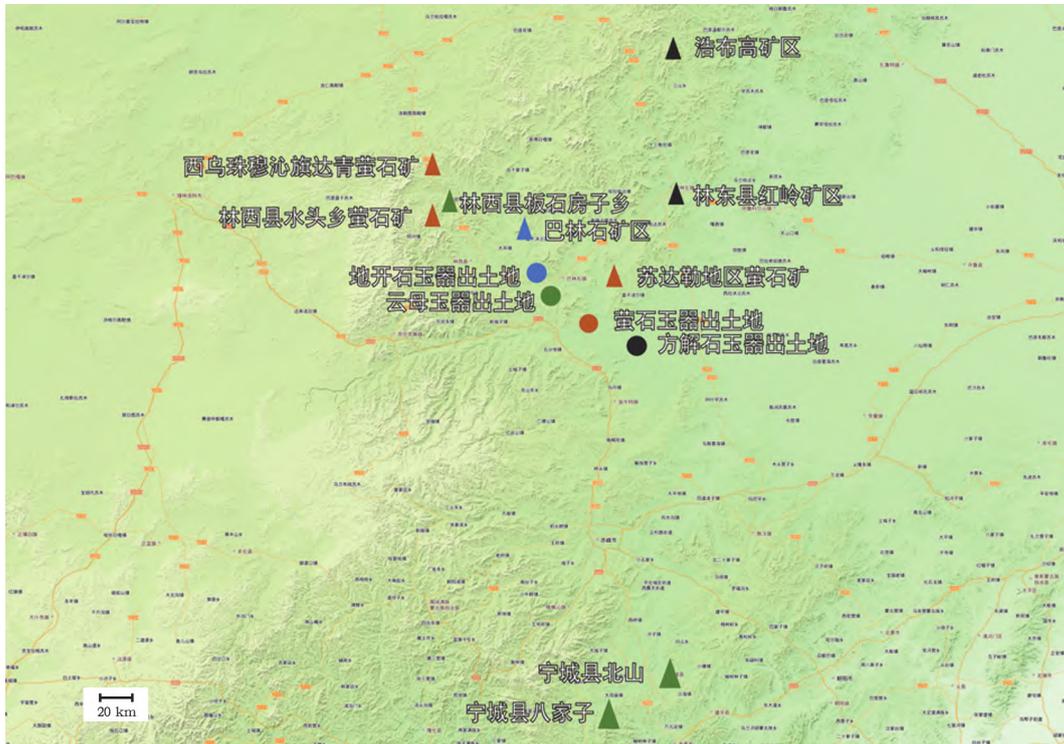
Fig. 14 Comparison of the Fe/Mg peak counts between the Xinglongwa, Hongshan nephrite jades from Bairin Right Banner and the jades of Liangzhu culture, excavated from Sidun site, Jiangsu Province

此外,玉器的检测结果根据微量、主量的元素差异,可被划分为3个组别,这可能是由于玉器加工原料从岫岩的不同矿源地采集所得,但具体的分布、采集情况还有待于进一步研究。3个组别中,除了质量更优、颜色更浅的浅黄色玉器(低Rb、Sr峰值记数)仅可见于兴隆洼玉器,巴林右旗地区的兴隆洼与红山玉器在主量、微量成分上区别较小,未体现出明显差异,因此,兴隆洼、红山玉器可能来源于同样的产源地,两者之间具有一致性和传承性。

3.2 其他材质

在巴林右旗地区,较少使用其他材质制作兴隆洼与红山玉器,在 74 件研究样本中,仅 9 件为非闪石玉制作,且这些非闪石玉材质也大多具备一定的玉质属性,多为白、黄、绿色系,且多数具备了杂质

少、通体匀净或高透明度等特质。这些材料的来源可能分为两种:一种是就近取材(图 15);另一种则是通过远距离运输的方式获取玉料,玉料同样取材自辽宁岫岩地区,与闪石玉的运输路线应是基本重合的。



▲表示矿点,●表示玉器出土地;蓝色为地开石,橙色为萤石,黑色为方解石,绿色为云母

图 15 巴林右旗周边就近取材玉器情况

Fig. 15 Materials obtained near Bairin Right Banner

巴林右旗位于中亚造山带东段之兴蒙造山带的南缘、天山-阴山以东复杂构造带和大兴安岭新华夏系隆起带的交接复合部位,多次的地质构造运动及岩浆活动为先民们提供了丰富的矿产资源。

地开石材质在非闪石类玉器中占比最高,包括 1 件兴隆洼玉器和 3 件红山玉器。这几件地开石质玉器很有可能是以巴林右旗当地著名的巴林石为材料进行制作的。巴林石因产于内蒙古巴林右旗而得名,其矿区位于巴林右旗查干沐沦苏木境内^[40],大兴安岭隆起带西南端的东南边缘,属于白音诺至景峰二级构造断裂带的一部分^[41]。从成分上看,地开石 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ 的元素组成与巴林石(主要成分为硅和铝)相近^[42]。根据高科技分析方法如 X 射线衍射法、X 射线荧光光谱法、红外光谱法等对巴林石的分析结果,可以认定巴林石的主要构成是地开石或地开石与高岭石的过渡矿物^[43]。文中提及的 4 件地开石质样品分别出土于巴林右旗地区的那斯

台遗址和敖包恩格日遗址,这两处遗址均临近巴林石矿区。

萤石是内蒙古自治区优势矿种,而内蒙古东部的萤石矿床又多分布于赤峰地区,赤峰下辖的巴林右旗亦是萤石资源富集区,仅周边方圆 120 km 范围内就汇集了两个大型岩浆热液型萤石矿,分别为西乌珠穆沁旗达青萤石矿和林西县水头乡萤石矿,巴林右旗当地亦有位于苏达勒的燕山期热液型萤石矿^[44],离红山萤石质鱼形饰的出土地那斯台遗址仅 30 km。

云母是分布很广且常见的造岩矿物,且矿石易于剥分。中国的云母矿产十分丰富,内蒙古的云母矿产量则排名全国第三,占全国储量的 11.4%。而赤峰地区则是内蒙古自治区内云母矿的主要分布区域之一,其周边能确知的矿点包括赤峰市宁城县北山矿点^[45]、宁城县八家子矿点^[46]和林西县板石房子矿点^[47]。总体而言,巴林右旗地处西拉木伦缝合

带,该地区三叠纪岩浆活动以二云母二长花岗岩为代表^[48],且这一地区位于天山-阴山以东复杂构造带,而天山、阴山一系均是我国伟晶岩白云母集中分布的成矿带^[49]。本研究所涉云母质勾云形器出土于那斯台遗址,周边的云母储量颇丰,这件器物极大可能是就近取材并进行制作的。

方解石属方解石族,是组成大理岩的主要矿物成分,常含 Mg、Fe 和 Mn,是自然界分布最为广泛的矿物之一^[50],在世界各地前寒武纪的地盾和地块中生代、古生代以后的变质活动作用的地区内均有出露。赤峰地区的林东县红岭矿区^[51]和浩布高矿区^[52]都含有大理岩作为主要岩石,本研究所涉两件方解石质玉器出土于查干诺尔洪格力图墓葬,与方解石矿区相去不远。

此外,洪格力图墓葬还出土了一件蛇纹石质玉器,可能来源于辽宁岫岩地区。该地区的岫玉(蛇纹石玉)矿床主要产于前寒武纪变质岩系的镁质碳酸盐岩中变质的镁质碳酸盐岩建造(透闪-大理岩建造)内,分布于宽甸、凤城、丹东等地^{[53]100-123},与透闪石矿点相距不远。内蒙境内亦有蛇纹石矿脉,位于二连浩特-锡林浩特贺根山断裂带内和鄂伦春自治旗吉峰林场^{[53]267-268,275-276},距巴林右旗地区的直线距离分别为 400 km 和 880 km,但为其另辟蹊径而进行远距离开采的可能性不大,蛇纹石更有可能是与闪石玉的获取路径为同一路线,即从岫岩地区取回的。

值得注意的是岫岩地区除蛇纹石外,大理岩资源也极为丰富^[54],且本研究所涉的方解石质玉器与蛇纹石质玉器均出土于洪格力图墓葬中,而同一墓葬中还有一批闪石玉器出土,因而方解石材质亦有一定可能性是在前往岫岩地区采集闪石玉的过程中获得的。

4 结 论

巴林右旗地区是内蒙古出土兴隆洼、红山玉器较多的一个区域,本研究针对巴林右旗地区 74 件兴隆洼与红山玉器样品进行检测,拉曼光谱和 X 射线荧光光谱的无损测试分析结果显示,这批样品中有 65 件为闪石玉材质、4 件地开石材质、2 件方解石材质、1 件萤石材质、1 件云母材质、1 件蛇纹石材质。

其中,闪石玉比例极高,多用于制作装饰用玉和礼仪用玉,亦制作少量工具用玉,且深色玉器显著少于浅色玉器,根据 XRF 定量检测结果,均为透闪石,无阳起石。通过 X 射线荧光光谱的峰值记数进行

横向对比,这批玉器可被分为 3 个组别: A 组为深色玉器,多用于制作大型玉器,以红山玉器为主,另有 1 件兴隆洼玉器,位于高 Fe/Mg 值($Fe/Mg > 25$)、高 Sr($cnt > 2400$)、Zr($cnt > 2000$) 区域; B 组为浅绿色玉器,器形尺度介于 A、C 组之间,同时包含兴隆洼、红山玉器,位于低 Fe/Mg 值($Fe/Mg \leq 25$)、高 Sr($cnt > 2400$)、Zr($cnt > 2000$) 区域; C 组为浅黄色玉器,多用于制作小型玉器,仅包含兴隆洼玉器,位于低 Fe/Mg 值($Fe/Mg < 25$)、低 Sr($cnt < 2400$)、Zr($cnt < 2000$) 区域。

总体而言, A、B、C 三个组别的玉料呈现出颜色上由深至浅,细腻程度和透明度由低到高的特点。该地区的兴隆洼与红山闪石玉应取材于辽宁岫岩地区,体现出材质利用的一致性,但不同组别的玉材有可能来源于不同矿点。兴隆洼时期的用材集中于 B、C 两组,颜色呈浅黄或浅绿色,且这一时期玉器的器形普遍偏小;红山时期玉器用材集中于 A、B 两组,颜色呈浅绿或深绿色,且这一时期玉器的器形较此前更大。

非闪石类材料主要在红山时期使用,用于制作装饰器。地开石质、萤石质和云母质玉器,推测来源于就近取材;蛇纹石则可能来源于远距离运输,是先民们在前往岫岩采集闪石玉途中所得的;同理,方解石亦有可能为远距离采集所得的,但方解石质玉器出土地周边有大理岩矿点,因此不能排除就近取材的可能性。

参考文献:

- [1] 乌兰. 巴林右旗境内出土的红山诸文化玉器[C]//红山文化研究——2004 年红山文化国际学术研讨会论文集. 北京: 文物出版社, 2006: 334-343.
WU Lan. The jade artifacts of the Hongshan culture unearthed in the territory of Bairin Right Banner [C]//Hongshan Culture: Collection of the Papers for the 2004 International Conference of the Hongshan Culture, Chifeng. Beijing: Cultural Relics Press, 2006: 334-343.
- [2] 朝格巴图. 内蒙古巴林右旗锡本包楞出土玉器[J]. 考古, 1996(2): 88.
Chaohe Batu. Jade articles unearthed from Baoleng, Xiben, Bairin Right Banner, Inner Mongolia[J]. Archaeology, 1996(2): 88.
- [3] 袁永明. 巴林右旗洪格力图墓葬出土玉器年代的再认识[J]. 内蒙古文物考古, 2005(2): 56-59.
YUAN Yongming. Re-understanding the age of the jades unearthed from the Hongge Litu tomb in Bairin Right Banner[J]. Steppe Cultural Relics, 2005(2): 56-59.
- [4] DANA E S. A text book of mineralogy [M]. 3rd ed. London: Chapman and Hall, 1922.

- [5] 况金华 梅朝鲜. 陶瓷生产工艺技术 [M]. 武汉: 武汉理工大学出版社 2013: 25.
KUANG Jinhua, MEI Chaoxian. Technology for ceramic production [M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Press 2013: 25.
- [6] 骆少勇 刘星 薛传东 等. 结晶学与矿物学实验及肉眼鉴定指导书 [M]. 昆明: 云南大学出版社 2012.
LUO Shaoyong, LIU Xing, XUE Chuandong, *et al.* A guide book for crystallography and mineralogy test and mineral megascopic identification [M]. Kunming: Yunnan University Press 2012.
- [7] MYSEN B O, VIGRO D, SCARFE C M. Relations between the anionic structure and viscosity of silicate melts—a Raman spectroscopic study [J]. *American Mineralogist*, 1980, **65** (7): 690–710.
- [8] SHURVELL H F, RINTOUL L, FREDERICKS P M. Infrared and Raman spectra of jade and jade minerals [J]. *The Internet Journal of Vibrational Spectroscopy* 2001, **5** (4) [2023–12–09]. <https://www.irdg.org/ijvs/ijvs-volume-5-edition-5/infrared-and-raman-spectra-of-jade-and-jade-minerals>.
- [9] AKAOGI M, ROSS N L, MCMILLAN P, *et al.* The Mg₂SiO₄ polymorphs (olivine, modified spinel, and spinel) – thermodynamic properties from oxide melt solution calorimetry, phase relations, and models of lattice vibrations [J]. *American Mineralogist*, 1984, **69** (5): 499–512.
- [10] YOU J L, JIANG G C, HOU H Y, *et al.* Quantum chemistry study on superstructure and Raman spectra of binary sodium silicates [J]. *Raman Spectroscopy* 2004, **36** (3): 237–249.
- [11] 王德滋 谢磊. 光性矿物学 [M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2008: 141.
WANG Dezi, XIE Lei. Photomineralogy [M]. 3rd ed. Beijing: Science Press 2008: 141.
- [12] 斯仑贝谢测井公司. 测井解释常用岩石矿物手册 [M]. 吴庆岩 张爱军 译. 北京: 石油工业出版社, 1998: 161.
Schlumberger Logging Company. Handbook of commonly used rocks and minerals in well logging interpretation [M]. WU Qingyan, ZHANG Aijun. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998: 161.
- [13] JOHNSTON C T, HELSEN J, SCHOONHEYDT R A, *et al.* Single-crystal Raman spectroscopic study of dickite [J]. *American Mineralogist*, 1998, **83**: 75–84.
- [14] 徐志明 涂海湖 徐铁梁 等. 平板玻璃原料及生产技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社 2012: 83.
XU Zhiming, YU Haihu, XU Tieliang, *et al.* Materials and production technology for flat glass [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press 2012: 83.
- [15] GABRIELLI C, JAOUHARI R, JOIRET S, *et al.* Study of the electrochemical deposition of CaCO₃ by *in situ* Raman spectroscopy: I. influence of the substrate [J]. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2000, **31**: 497.
- [16] 金达莱 岳林海 徐铸德. 球形碳酸钙复合物的红外、拉曼光谱分析研究 [J]. *无机化学学报* 2004, **6** (6): 715–720.
JIN Dalai, YUE Linhai, XU Zhude. Infrared and Raman analysis of spherical CaCO₃ composite [J]. *Chinese Journal of Inorganic Chemistry* 2004, **6** (6): 715–720.
- [17] 郭玉明 张秀英. 高分子基质作用下碳酸钙的仿生合成 [J]. *化学学报* 2001, **59** (5): 755.
GUO Yuming, ZHANG Xiuying. Biomimetic synthesis of calcium carbonate with the existence of the polymer matrices [J]. *Acta chimica Sinica* 2001, **59** (5): 755.
- [18] 刘志勇 干福熹 承焕生 等. 蛇纹石质古玉器的无损分析研究 [J]. *自然科学史研究* 2008, **27** (3): 370–377.
LIU Zhiyong, GAN Fuxi, CHENG Huansheng, *et al.* The non-destructive analysis of ancient jade artifacts with serpentine mineral composition [J]. *Studies in the History of Natural Sciences* 2008, **27** (3): 370–377.
- [19] 马鸿文. 工业矿物与岩石 [M]. 第二版. 北京: 化学工业出版社 2005: 83.
MA Hongwen. Industrial minerals and rocks [M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press 2005: 83.
- [20] LOPROGGE J T, FROST R L, RINTOUL L. Single crystal Raman microscopic study of the asbestos mineral chrysotile [J]. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 1999, **1**: 2559–2564.
- [21] RINAUDO C, GASTALDI D, BELLUSO E. Characterization of chrysotile, antigorite and lizardite by FT-Raman Spectroscopy [J]. *The Canadian Mineralogist* 2003, **41**: 883–890.
- [22] 张以河. 矿物复合材料 [M]. 北京: 化学工业出版社 2013: 13.
ZHANG Yihe. Composite material science [M]. Beijing: Chemical Industry Press 2013: 13.
- [23] LOH E. Optical vibrations in sheet silicates [J]. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 1973, **6** (6): 1091–1094.
- [24] TLILI A, SMITH D C, BENY J M, *et al.* A Raman microprobe study of natural micas [J]. *Mineralogical Magazine*, 1989, **53**: 165–179.
- [25] VEDDER W. Correlations between infrared spectrum and chemical composition of mica [J]. *American Mineralogist*, 1964, **49** (5/6): 736–768.
- [26] TLILI A, SMITH D C, BENY J M, *et al.* Raman spectroscopy of phyllosilicates I. Natural potassium micas [J]. *Terra Cognita*, 1987, **7** (1): 22.
- [27] 新疆非金属矿山设计院编. 云母 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1977: 7.
Xinjiang Non-metallic Mining Design Institute. Mica [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1977: 7.
- [28] 沈永淦 陈小磊. 冶金矿产原料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 240.
SHEN Yonggan, CHEN Xiaolei. Raw materials of metallurgical mineral [M]. Beijing: Chemical Industry Press 2012: 240.
- [29] 杨经纬. 宝玉石矿产原料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 296.
YANG Jingwei. Raw materials of gemstone mineral [M]. Beijing: Chemical Industry Press 2013: 296.
- [30] 王荣 李一凡 苏布德. 红山文化萤石质鱼形饰的鉴别和探讨 [J]. *文物保护与考古科学* 2016, **28** (4): 113–119.
WANG Rong, LI Yifan, SU Bude. Identification and study on the fluorite fish-shaped ornament of Hongshan culture [J]. *Sciences of Conservation and Archaeology* 2016, **28** (4): 113–119.
- [31] 王时麒 段体玉 郑姿姿. 岫岩软玉(透闪石玉)的矿物岩石学

- 特征及成矿模式[J]. 岩石矿物学杂志, 2002, 21(增刊1): 79-90.
- WANG Shiqi, DUAN Tiyu, ZHENG Zizi. Mineralogical and petrological characteristics of Xiuyan nephrite and its minerogenetic model[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2002, 21(Suppl. 1): 79-90.
- [32] 王时麒, 赵朝洪, 于洸, 等. 中国岫岩玉[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 115-166.
- WANG Shiqi, ZHAO Chaohong, YU Guang, et al. Chinese Xiuyan jade[M]. Beijing: Science Press, 2007: 115-166.
- [33] 郭大顺. 红山文化[M]. 北京: 文物出版社, 2005: 137.
- GUO Dashun. Hongshan culture[M]. Beijing: Culture Relics Press, 2005: 137.
- [34] 王时麒, 董佩信. 岫岩玉的种类、矿床地质特征及成因[J]. 地质与资源, 2011, 20(5): 321-331.
- WANG Shiqi, DONG Peixin. Classification, geologic characteristics and origin of the jade from Xiuyan, Liaoning Province, China[J]. Geology and Resources, 2011, 20(5): 321-331.
- [35] 吴之瑛, 王时麒, 凌潇潇. 辽宁岫岩县桑皮峪透闪石玉的玉石学特征与成因研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2014, 33(增刊2): 15-24.
- WU Zhiying, WANG Shiqi, LING Xiaoxiao. Characteristics and origin of nephrite from Sangpiyu, Xiuyan County, Liaoning Province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2014, 33(Suppl. 2): 15-24.
- [36] TSYDENOVA N, MOROZOV M V, RAMPILOVA M V, et al. Chemical and spectroscopic study of nephrite artifacts from Transbaikalia, Russia: geological sources and possible transportation routes[J]. Quaternary International, 2015, 355: 114-125.
- [37] 邓聪. 贝加尔-岫岩史前玉器交流[C]//邓聪考古论文选集. 香港: 香港中文大学中国考古艺术研究中心, 2021: 234.
- TANG Chung. Prehistoric jade exchange between Baikal and Xiuyan area[C]//Selected Archaeological Papers by Tang Chung. Hong Kong: Center for Chinese Archeology and Art, the Chinese University of Hong Kong, 2021: 234.
- [38] WANG R, SHI X W. Progress on the nephrite sources of jade artifacts in ancient China from the perspective of isotopes[J]. Geomorphology and Palaeoenvironment, 2022, 12: 1-22.
- [39] HUNG H C, IIZUKA Y, BELLWOOD P, et al. Ancient jades map 3000 years of prehistoric exchange in Southeast Asia[J]. Proceedings, National Academy of Sciences, 2007, 104(50): 19745-19750.
- [40] 王小慧. 巴林石的矿物学与宝石学研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- WANG Xiaohui. Study on mineralogy and gemology of Balin stone[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007.
- [41] 李劲松, 赵松龄. 宝玉石大典: 下册[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2001: 1746-1751.
- LI Jingsong, ZHAO Songling. Gems and jade dictionary: volume II[M]. Beijing: Beijing Hope Electronic Press, 2001: 1746-1751.
- [42] 杨争火, 任恩成. 内蒙古巴林石矿物成分研究[J]. 中国地质, 1986(6): 29-31.
- YANG Zhenghuo, REN Encheng. Research on mineral composition of balinite from Inner Mongolia[J]. Geology in China, 1986(6): 29-31.
- [43] 邓燕华. 宝(玉)石矿床[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1992: 134-142.
- DENG Yanhua. Gem and jade deposit[M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 1992: 134-142.
- [44] 吴磊. 内蒙古萤石矿分布特征及成矿规律[J]. 中国煤炭地质, 2018, 30(7): 10-21.
- WU Lei. Fluorite ore deposit distribution features and mineralization pattern in Inner Mongolia[J]. Coal Geology of China, 2018, 30(7): 10-21.
- [45] 王子山, 索朗曲培. 内蒙古宁城县北山岩金矿地质特征及成因[J/OL]. 科学与技术, 2022(9) [2023-12-09]. <https://www.g3mv.com/thesis/view/6334197>.
- WANG Zishan, Suolang Qupei. Geological characteristics and origin of Beishanyan gold deposit in Ningcheng County, Inner Mongolia[J]. Science and Technology, 2022(9) [2023-12-09]. <https://www.g3mv.com/thesis/view/6334197>.
- [46] 于绍鹏. 内蒙古自治区宁城县八家子矿区金铂矿床地质特征[J]. 吉林地质, 2002, 41(2): 28-32.
- YU Shaopeng. Geological features of gold molybdenum deposit in Bajiazi mining area, Ningcheng County, Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Jilin Geology, 2002, 41(2): 28-32.
- [47] 王海清, 李德隆. 内蒙古昭乌达盟林西县毕尔汰沟至板石房子一带白云母矿产调查简报[DS]. 北京: 全国地质资料馆, 1958.
- WANG Haiqing, LI Delong. Briefing on the survey of muscovite minerals in the area from Biertai Gou to Banshi Fangzi, Linxi County, Zhaowuda League, Inner Mongolia [DS]. Beijing: National Geological Archives of China, 1958.
- [48] 杜继宇. 西拉木伦缝合带晚古生代-早中生代构造演化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2022: 147.
- DU Jiyu. Tectonic evolution of Xar-Moron Suture Zone in Late Paleozoic-Early Mesozoic[D]. Changchun: Jilin University, 2022: 147.
- [49] 陶维屏. 我国伟晶岩白云母矿床的分布特点及矿脉类型[J]. 非金属矿, 1981(2): 29-35.
- TAO Weiping. Distribution characteristics and vein types of pegmatite muscovite deposits in China[J]. Non-Metallic Mines, 1981(2): 29-35.
- [50] 岳素伟. 宝玉石矿床与资源[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2018: 271.
- YUE Suwei. Gems deposit and resources[M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2018: 271.
- [51] 单小瑀, 魏良民, 任国顺, 等. 内蒙古红岭铅锌多金属矿床地质特征[J]. 岩石矿物学杂志, 2022, 41(3): 628-642.
- SHAN Xiaoyu, WEI Liangmin, REN Guoshun, et al. Geological characteristics of Hongling Pb-Zn polymetallic deposit in Inner Mongolia[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2022, 41(3): 628-642.
- [52] 齐锦超. 内蒙古赤峰市浩布高铅锌多金属矿床地质特征及找矿预测[D]. 石家庄: 河北地质大学, 2018.
- QI Jinchao. Geological characteristics and prospecting prediction of

- the Haobugao lead - zinc polymetallic deposit in Chifeng City , Inner Mongolia[D]. Shijiazhuang: Hebei GEO University 2018.
- [53] 于庆文, 李树才. 中国透闪石玉和蛇纹石玉[M]. 北京: 地质出版社 2017: 100 - 123.
- YU Qingwen, LI Shucui. Chinese tremolite jade and serpentine jade[M]. Beijing: Geology Press 2017: 100 - 123.
- [54] 吴明刚, 袁昆. 辽宁岫岩玉石村大理石矿地质特征及开采技术条件探讨[J]. 石材 2021(9): 49 - 52.
- WU Minggang, YUAN Kun. Exploration of geological characteristics and mining technology conditions of the marble mine in Yushi Village, Xiuyan County, Liaoning Province[J]. Stone 2021(9): 49 - 52.

Identification and utilization of Xinlongwa and Hongshan jades in Bairin Right Banner , Inner Mongolia

LI Yifan¹, Caobu Dunga², XU Yiwen¹, WANG Rong¹

(1. Department of Cultural Heritage and Museology, Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Bairin Right Banner Museum, Chifeng 024000, China)

Abstract: A large number of Xinlongwa and Hongshan jades have been unearthed or collected in Bairin Right Banner, Inner Mongolia Autonomous Region, but there have been few systematic material studies. In our study, portable instruments such as Raman and X-ray fluorescence (XRF) spectrometers were used to conduct non-destructive testing and analysis on 74 Xinlongwa and Hongshan jades from this area. After qualitative and quantitative analyses, most jades in this batch were identified as nephrite, while the others were identified as dickite, calcite, serpentine, mica and fluorite. The nephrite jades can be divided into three groups according to the peak counts of XRF spectra: those of Xinlongwa period are concentrated in Groups B (light green) and C (light yellow), and those of Hongshan period are concentrated in Groups A (dark green) and B (light green). The further studies were focused on the provenance information of those jades with the help of the geologic mineralogical method. It can be inferred that the nephrite articles as well as a few articles made of other materials were sourced from Xiuyan area of Liaoning Province, while most of other materials were obtained nearby.

Key words: Xinlongwa culture; Hongshan culture; Jade; Nephrite; Provenance

(责任编辑 张存祖; 校对 马江丽)