

河北唐河彩玉石的矿物学特征及其鉴定方法的研究

陈 呈¹, 於晓晋¹, 王时麒²

(1. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要: 通过偏光显微镜、X射线粉末衍射(XRD)、红外光谱等测试方法对唐河彩玉石的矿物组成进行了测试与分析, 研究表明唐河彩玉石成分十分复杂, 根据其物相组成可分为4类, 分别是透闪石质玉石、透辉石质玉石、石英质玉石和方解石质玉石。在此基础上结合岩石学命名规则, 探讨了关于含有杂质矿物的透闪石玉的命名方法。最后, 提出了唐河彩玉石中透闪石玉的无损或微损的鉴定方法。

关键词: 唐河彩玉石, 矿物组成, 定名规则, 无损或微损鉴定

中图分类号: P619.28⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2014)S0-0089-08

Study on mineral composition and identification methods of Tanghe colored jade in Hebei Province

CHEN Cheng¹, YU Xiao-jin¹ and WANG Shi-qi²

(1. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Tanghe color jade was discovered in Tanghe of Hebei Province. The authors selected representative samples and conducted an investigation. The research methods include microscopic observation, relative density measurements, quantitative analysis of X-ray powder diffraction pattern and infrared spectrum analysis. The composition of Tanghe color jade is very complex. According to the composition, they can be divided into four categories, namely, nephrite, diopside jade, agate and chalcedony and calcite jade. Combining the above findings with petrologic naming rules, the authors deal with the naming method for the nephrite that contains impurity minerals. At last, the authors propose some identification methods which are non-destructive or micro-damage to Tanghe colored jade.

Key words: Tanghe colored jade; classification; naming rules; identification methods with non-destruction or micro-damage

中国有着几千年悠久的玉文化历史, 玉石的主要材料为透闪石, 即透闪石玉(软玉)。最著名的产地是新疆的和田(唐延龄等, 2002; Liu Yan *et al.*, 2011), 其次在青海的格尔木(冯晓燕等, 2004)、辽宁岫岩(王时麒等, 2007)、江苏溧阳(崔文元等, 2002; 许佳君等, 2008)和广西大化(李旭等, 2011)等多地均有发现透闪石玉。近几年, 在河北省保定唐河流域发现一种彩玉石, 因其皮色颜色丰富, 质地

较为细腻, 外观与透闪石玉非常相似, 因此被称为唐河彩玉石。目前唐河彩玉石在各大石展上均有展出, 市场上也有销售, 社会关注程度也越来越高, 但其矿物组成及其质量等指标是否与传统的软玉相符, 目前还无人研究。针对上述问题, 笔者共收集了20块唐河彩玉石的籽料标本, 对其进行初步的矿物学研究, 并提出了定名及其无损鉴定的方法。

1 样品采集及描述

唐河彩玉石主要产于太行山北端唐河流域上游段的沟谷、溪流,从采集回来的手标本看(图1),主要

呈块状构造,隐晶质结构,质地细腻。石质致密,大多呈微透明状,其形状各异,有椭圆,长条,三角,磨圆菱形等。皮色颜色十分丰富,主色调以白、黄、红、黑为主,辅以灰、青、绿、紫等。



图1 部分唐河籽料样品

Fig.1 Some Tanghe colored seed material samples

2 镜下特征

镜下观察,此次采集的标本中,矿物组成主要有透闪石、透辉石、石英、碳酸盐等,杂质矿物主要有滑石、褐铁矿等(图2)。镜下的鉴定特征分述如下:

2.1 透闪石

透闪石是闪石玉的主要组成矿物。唐河彩玉石中透闪石的含量根据不同材料质地相差较大,从结构特征可以看出,透闪石的形成可以分成3个期次:第1期透闪石为柱状,呈斑晶,粒度较粗,粒度0~2 mm;第2期透闪石呈细小纤维状,粒度较小,小于0.1 mm;第3期透闪石为长纤维状,粒度较小,粒度0~0.6 mm。后期纤维状透闪石呈脉状穿插早期透

闪石。上述各类透闪石的光性特征基本相同,单偏光下无色,正中突起,有的可以看到角闪石式解理,解理夹角 56° ,正交下横切面最高干涉色为Ⅰ级黄白,纵切面最高干涉色Ⅱ级蓝至Ⅱ级蓝绿,斜消光,消光角较小,一般为 $15^\circ\sim 20^\circ$ 。透闪石镜下的结构主要为纤维交织结构,较少见新疆和田玉(崔文元等,2002)和辽宁岫岩玉(王时麒等,2007)中透闪石玉的典型毛毡状结构,结构相对较粗,集合体主要呈等粒状变晶结构(图2a)、帚状(图2b)或放射状结构和纤维状柱状变晶结构等。

2.2 透辉石

透辉石在部分唐河彩玉石中为主要矿物。主要分成两个期次,第1期主要呈短柱状,呈斑晶,粒度较粗,粒度0~1.3 mm;第2期呈不规则粒状结构,粒度

小于 0.1 mm。两类透辉石的光性特征基本相同, 单偏光下无色, 部分可见辉石式解理, 解理夹角 87° , 正交偏光下最高干涉色 II 级黄红, 斜消光, 消光角 40° 左右, 后期透辉石穿插交代早期透辉石(图 2c)。

2.3 石英

石英主要呈它形, 呈粒状, 单偏光下无色, 无解理, 低正突起, 正交偏光下, 最高干涉色 I 级黄白(图 2d), 粒度小于 0.1 mm, 属于晚期矿物, 与碳酸盐共生, 在部分矿石中呈脉状穿插早期透闪石和透辉石。

2.4 碳酸盐

碳酸盐主要是方解石, 单偏光下无色, 闪突起, 有晕彩, 菱形解理, 正交偏光下, 对称消光, 高级白干

涉色, 有聚片双晶, 粒度大小不一, 粒度 0.2~4.4 mm(图 2d), 后期碳酸盐呈脉状穿插交代早期透闪石和透辉石。

2.5 滑石

滑石是矿石中的次要矿物, 单偏光下无色, 低正突起, 细小鳞片状集合体。

2.6 褐铁矿

褐铁矿是唐河彩玉石中分布比较普遍的杂质, 大部分玻片中都可以看到, 呈非晶态, 常沿裂隙呈脉状或网脉状分布, 也有呈团状或面状分布。单偏光下为褐色, 半透明, 均质性。正交偏光下为全消光, 反射光下呈褐色。

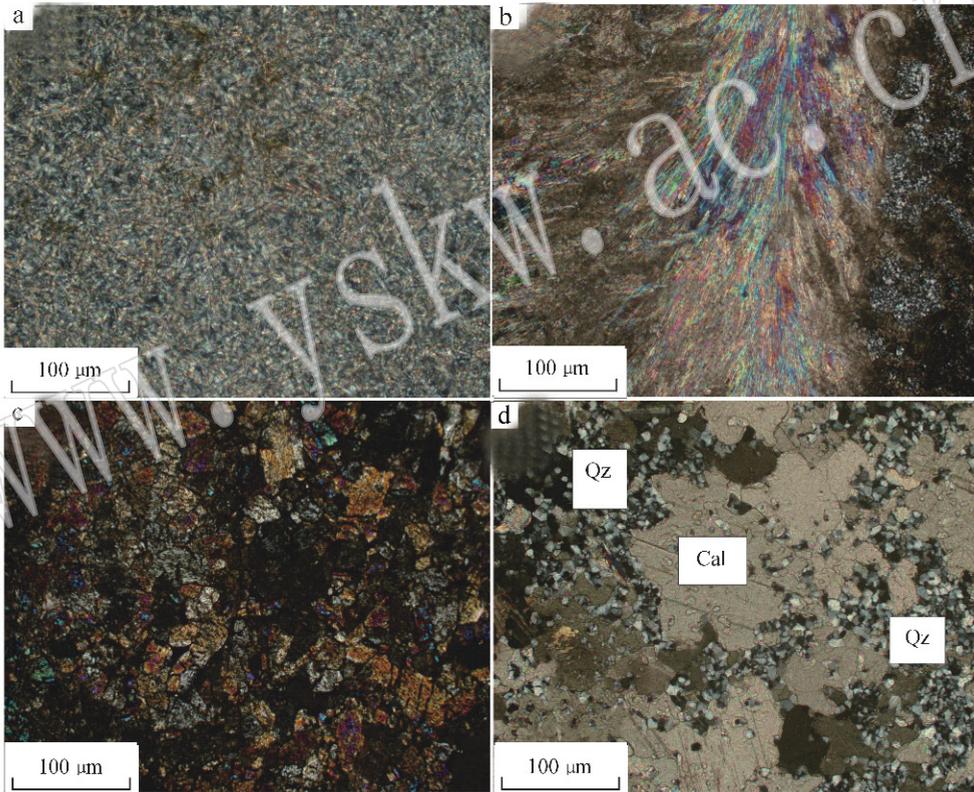


图 2 唐河彩玉石的显微结构照片(正交偏光)

Fig.2 Microstructure of Tanghe colored jade(crossed nicols)

a—透闪石的等粒变晶结构; b—透闪石的帚状结构; c—透辉石; d—方解石和石英

a—equigranularcrystalloblastic texture of tremolite; b—broom-like texture of tremolite; c—diopside; d—calcite and quartz

3 测试方法与结果

3.1 常规测试

对 20 件样品进行了密度、硬度和滴酸测试等的常规测试, 结果见表 2。相对密度采用静水力称重法

进行测定; 盐酸采用的是 10% 的稀盐酸, 样品与酸的反应强弱程度分成 5 级, 分别是不反应、较微弱、微弱、较剧烈、剧烈。

从表 1 中看出各个样品的密度相差较大, 从 2.7~3.0 g/cm³ 不等, 样品中有 17 件遇酸都会有不同程度的反应, 局部也都能被小刀划动, 说明这 17 件

样品中含有碳酸盐。这些样品中,相对密度达到2.90以上,加酸不起反应并且小刀不能刻划的,玉化程度较高,玉质细腻,玉化程度较好。

表1 样品常规测试数据
Table 1 Data of routine test

编号	密度(g/cm^3)	硬度	遇酸
01	2.85	局部小刀可有刻划	较微弱
02	2.91	同上	较微弱
03	2.86	同上	较剧烈
04	2.88	同上	微弱
05	2.95	同上	较剧烈
06	2.91	同上	较剧烈
07	2.84	同上	较剧烈
08	2.88	同上	较剧烈
09	2.79	同上	较微弱
10	2.72	同上	微弱
11	2.73	同上	微弱
12	2.85	同上	微弱
13	2.93	同上	较剧烈
14	2.67	同上	微弱
15	2.96	同上	较微弱
16	2.72	小刀可以刻划	剧烈
17	2.87	局部小刀可以刻划	较剧烈
18	2.93	不能刻划	不反应
19	2.93	不能刻划	不反应
20	2.89	不能刻划	不反应

3.2 X射线粉末衍射分析

为了分析各个样品的矿物组成及含量,对所有样品进行了X射线粉末衍射分析,挑选出部分典型样品的XRD图谱(图3)。X射线粉末衍射分析在北京北达燕园微构分析测试中心测试,仪器型号为D/max-2500粉末衍射仪,Cu靶,波长 1.5418 \AA ,管电压:40 kV,管电流:150 mA,起始角度为 10° ,采数步宽: 0.02° 。

从图3中可以看出,07号样品主要含有透闪石、碳酸盐以及少量的滑石;13号样品以透闪石为主,同时还含有少量的碳酸盐和滑石;14号样品以石英为主,还有少量的透闪石和碳酸盐;16号样品接近纯方解石;18号样品接近纯透闪石;20号样品以透辉石为主,还含有少量的透闪石和石英。将XRD分析结果整理后,所有样品的具体成分及含量见表2。

测试结果表明,唐河彩玉石的成分十分复杂。根据XRD的分析结果,可以将样品分为4类,一类是以透闪石为主,透闪石含量在50%以上者,有02、03、06、07、08、12、13、18;一类以透辉石为主,透辉石含量在50%以上者,有15、20;一类以石英为主,石

英含量在50%以上者,有1、9、10、11、14;一类以碳酸盐为主,碳酸盐(主要是方解石)含量在50%以上者,有16,该结果与镜下观察结果一致。大部分样品中含有碳酸盐,碳酸盐含量与滴酸测试反应程度相一致。

3.3 主要化学成分分析

在北京大学分析测试中心采用德国BrukerS4-ExplorerX射线荧光光谱仪对特征样品进行分析,其结果见表3。标准透闪石的理论值为 SiO_2 59.169%, MgO 24.808%, CaO 13.805%。由表3可知,唐河彩玉石的成分比较复杂,样品07的 SiO_2 含量明显低于标准透闪石的理论值,而 CaO 则明显高于标准透闪石的理论值,这可能是由于其含有方解石杂质所致,而样品13和样品18与透闪石的理论值非常接近,该实验结果与镜下观察以及XRD结果一致。样品14的 SiO_2 含量达到93.36%,样品16与方解石理论化学组成(CaO 56.03%)非常接近,样品20与透辉石理论化学组成(SiO_2 55%, MgO 25.90%, CaO 18.5%)非常接近,该结果与镜下观察以及XRD结果相一致。

3.4 红外光谱分析

不同种属的宝玉石,在其晶体结构、分子配位基结构及化学成分上存在一定的差异,依据各类宝石特征的红外吸收光谱有助于鉴别。唐河彩玉石的4个类别中,透闪石玉与透辉石玉的鉴别比较困难,利用红外光谱(图4)可以在无损的测试条件下快速鉴别。红外测试在北京大学进行,测试条件:采用的是德国布鲁克TENSOR 27型傅立叶红外光谱仪,扫描范围(反射): $4000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$,重点分析 $2000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$ 这个范围的吸收谱带。

从图4中可以看出,透闪石玉与透辉石玉的红外图谱差别较大,样品18在993、918、759、684、535、454 cm^{-1} 处(彭文世等,1982)有透闪石玉(软玉)的特征吸收峰,该样品为透闪石玉。样品20在1069、969、762、668、640、460 cm^{-1} 处有透辉石的特征吸收峰,该样品为透辉石。

4 讨论

4.1 分类与命名

根据这些常规测试的结果以及XRD的分析结果,可将样品分成4大类:①样品01、09、10、11、14以石英为主,石英含量在50%以上;②样品15、20

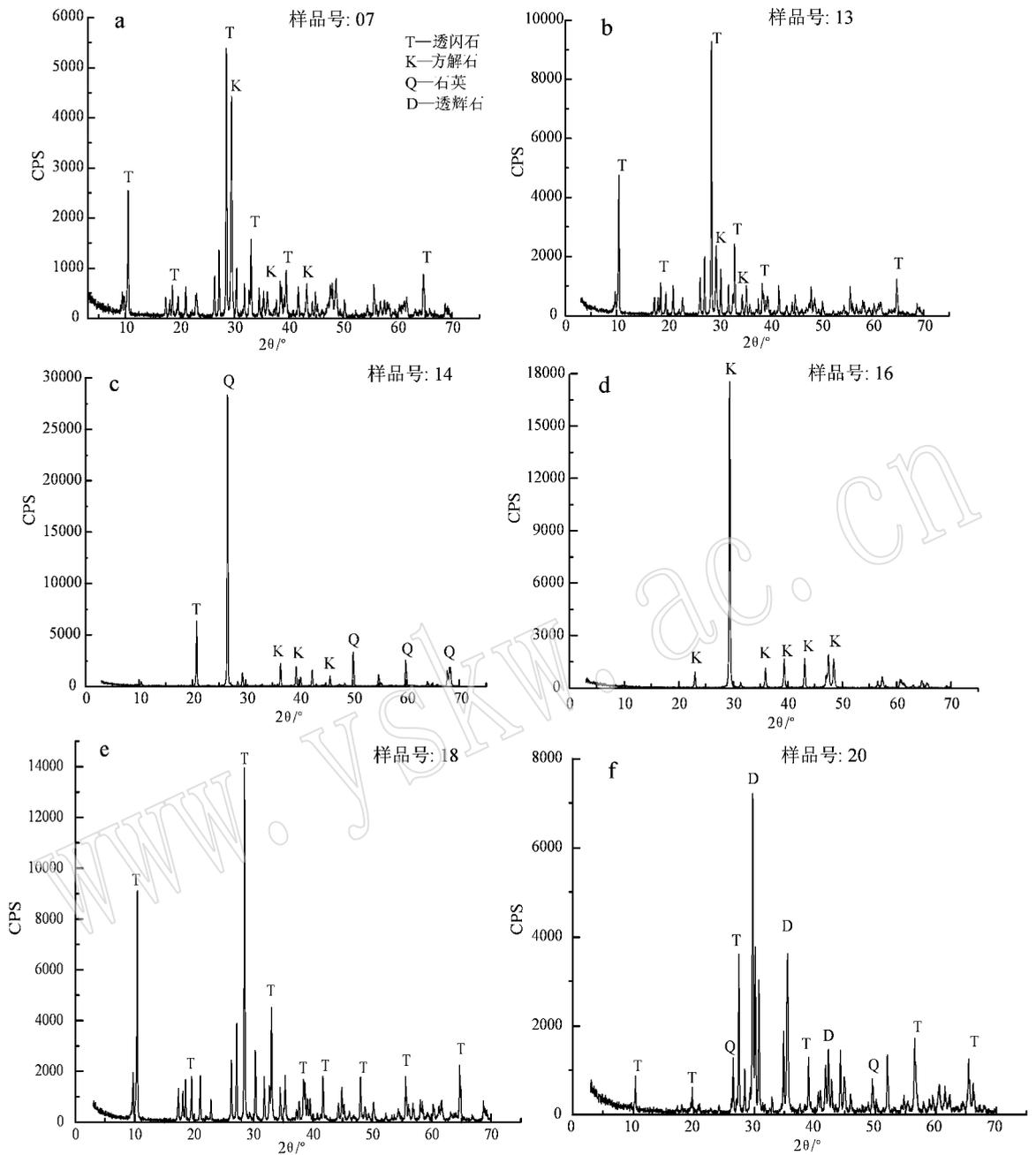


图 3 部分样品的 X 射线粉末衍射图

Fig. 3 XRD patterns of some samples

以辉石为主,辉石含量在 50% 以上;③ 样品 16 以碳酸盐含量为主,碳酸盐含量在 50% 以上;④ 大部分样品以透闪石为主,透闪石含量在 50% 以上。

透闪石是软玉的主要矿物成分,但是目前对软玉的划分还没有一个明显的界限,笔者结合 X 射线衍射分析量化分析、密度的测定、硬度、滴酸测试以及主要化学成分分析,结合岩石学命名规则,认为对唐河彩玉石中含有共生矿物的透闪石玉的命名,应

参考岩石学分类和命名(GB/T17412.1/3-1998)中次要矿物的作为附加修饰词的命名规则(韩辰婧等,2013),并结合软玉商贸的实际,将透辉石、石英、方解石作为附加修饰词进行命名。以透闪石的质量分数 80% 为界限,当杂质矿物的质量分数小于 20%,即含透辉石、石英或方解石的质量分数小于 20% 且相对密度小于 2.90 时,共生矿物不参与命名,直接命名为透闪石玉(软玉);当共生矿物的质量分数为

表 2 样品的 X 射线粉末衍射分析结果

 $w_B/\%$

Table 2 Quantitative analysis of X-ray powder diffraction(XRD)

编号	石英	透辉石	透闪石	方解石	滑石	其他	玉质
01	61	34	3	2	-	-	石英质玉石
02	-	-	81	19	-	-	透闪石玉
03	-	-	63	34	3	-	透闪石为主
04	4	45	42	8	-	-	透闪透辉石岩
05	1	32	46	21	-	-	透辉透闪石岩
06	-	-	83	17	-	-	透闪石玉
07	-	-	69	26	5	-	透闪石为主
08	2	-	75	19	5	-	透闪石为主
09	56	-	31	2	11	-	石英质玉石
10	85	-	10	5	-	-	石英质玉石
11	73	12	8	6	1	-	石英质玉石
12	9	8	72	4	6	-	透闪石为主
13	-	-	88	10	2	-	透闪石玉
14	90	-	4	6	-	-	石英质玉石
15	18	60	18	3	1	-	透辉石质玉石
16	-	-	-	100	-	-	碳酸盐质玉石
17	2	-	67	22	7	2	透闪石为主
18	-	-	100	-	-	-	透闪石玉
19	2	18	78	-	-	2	透闪石为主
20	2	93	5	-	-	-	透辉石质玉石

注：“-”表示该成分不存在。

表 3 部分样品的主要化学成分分析结果

 $w_B/\%$

Table 3 Chemical compositions of some samples

	07	13	14	16	18	20	新疆	辽宁
SiO ₂	37.83	54.56	93.36	0.31	57.66	55.02	57.40	56.54
MgO	26.73	25.98	0.89	0.49	23.96	21.62	24.42	23.29
CaO	19.78	16.17	3.7	55.84	13.91	18.57	12.77	14.23
Fe ₂ O ₃	0.21	0.47	-	0.055	0.65	1.89	0.13	1.05
Al ₂ O ₃	0.33	0.86	0.008	0.058	1.14	0.64	1.10	0.21
P ₂ O ₅	0.012	0.010	-	0.008 1	0.011	0.030	-	0.12
Na ₂ O	0.024	0.090	0.011	-	0.050	0.050	0.16	0.48
MnO	0.006 2	0.029	0.042	0.043	0.021	0.059	0.060	0.07
TiO ₂	0.006 3	0.004 0	-	-	0.010	0.007 0	-	0.004
K ₂ O	0.032	0.050	0.019	0.013	0.090	0.040	0.27	0.10
LOI	14.99	1.72	1.92	43.12	2.46	2.04	3.04	3.88
TOTAL	99.95	99.97	99.95	99.94	99.96	99.97	99.89	99.97

注：新疆数据来自崔文元等(2002)，辽宁数据来自王时麒等(2007)；“-”表示该成分不存在。

20%~50%时,即当透辉石、石英或方解石的含量为20%~50%且相对密度为2.80~2.90时,以含有XX作为附加修饰词参与命名,如样品03(含63%的透闪石、34%的方解石、3%的滑石)命名为含有方解石的透闪石玉;当共生矿物的质量分数大于50%时,杂质矿物直接参与命名,如样品10(含85%石英、10%的透闪石、5%的方解石)则命名为透闪石石英质玉石。

4.2 无损或微损鉴定方法

唐河彩玉石的成分十分复杂,并且大多都发育有漂亮的外皮,显微镜镜下观察、X射线衍射分析等可以很好地鉴别其种属,但是这在日常生活中实用性较小,因此如何采用无损或微损的方式快速鉴别其种属也是急需解决的一个问题,对此,笔者提出了一套无损或微损鉴定的方案。

首先,对样品进行密度测试,硅质玉和碳酸盐玉

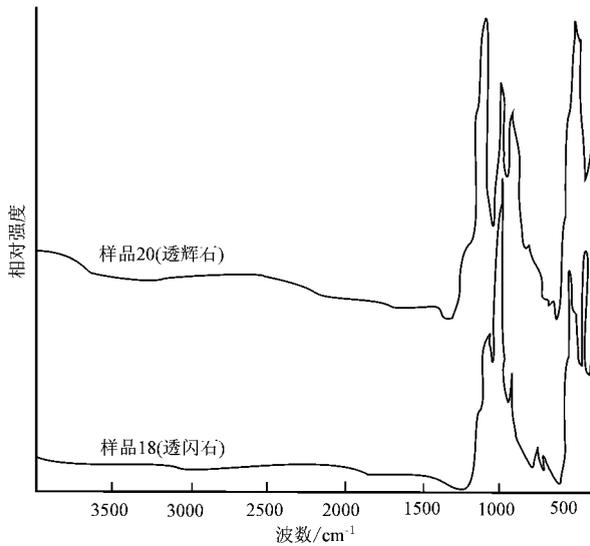


图4 红外光谱图

Fig. 4 Infrared spectrogram

的相对密度一般小于透闪石玉和透辉石玉,一般相对密度在2.80以下,少数在2.80~2.85之间,透闪石玉和透辉石玉的相对密度较大,一般在2.90以上;其次,对样品进行滴酸测试和硬度测试,这两项测试属于微损测试,挑选样品不起眼的部位进行,以免破坏样品的美观。若滴酸起泡,小刀可以刻划则说明样品中含有碳酸盐,根据其滴酸的反应程度也可以初步判断其含碳酸盐的含量。通过前3项测试之后,样品相对密度在2.90以上,滴酸不起泡,小刀不能刻划即可初步判断为透闪石玉或透辉石玉。最后,借助红外反射光谱鉴别透闪石玉和透辉石玉,根据其各自的光谱差异就可以区分出这两类玉石。

5 结论

通过对20件样品的化学分析、镜下观察、常规测试、X射线粉晶衍射分析、主要化学成分分析及红外光谱分析,可以得出以下结论:

(1)唐河彩玉石皮色颜色丰富,成分十分复杂,其主要成分为透闪石、透辉石、石英、方解石,相对密度在2.7~3.0不等,大部分含有碳酸盐。

(2)根据不同的矿物成分可将唐河彩玉石分成4类:一类以石英为主,石英的含量在50%以上,为石英质玉石;一类以透辉石为主,辉石的含量在50%以上,为透辉石质玉石;一类以碳酸盐(方解石)为主,方解石的含量在50%以上,为碳酸盐质玉石;一

类以透闪石为主,为透闪石质玉石。

(3)通过相对密度法分析实际唐河籽料的相对密度,结合岩石学命名规则以及软玉的商贸实际,小于界限则视样品相对密度及软玉质量分数,以含XX(共生矿物)作为附加修饰词参与命名或共生矿物直接参与命名。具体为:以透闪石质量分数80%,相对密度2.90为界,大于该界限可以直接命名为软玉或闪石玉;当共生矿物的质量分数为20%~50%时,软玉相对密度为2.80~2.95之间时,以含XX作为附加修饰词参与命名;当共生矿物大于50%,软玉相对密度小于2.80时,共生矿物直接参与命名。

(4)在对唐河彩玉石进行无损鉴定其种属时,可对其进行密度、滴酸和硬度测试,相对密度在2.90以上、滴酸不起泡、小刀不能刻划的即可排除为石英质玉石和碳酸盐质玉石,最后用红外反射法测试显示为透闪石图谱的,该样品即为透闪石玉,显示为透辉石图谱的,则为透辉石质玉石。

References

- Cui Wenyuan, Wu Weijuan and Liu Yan. 2002. Study on Liyang tremolite jade[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(2): 91~98(in Chinese with English abstract).
- Feng Xiaoyan and Zhang Beili. 2004. Study on compositions and texture characteristics of nephrite from Qinghai Province[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 6(4): 7~9(in Chinese with English abstract).
- Han Chenjing, Wang Yamei and Liu Yang. 2013. Influence of associated minerals on jadeite naming[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 3(1): 28~36(in Chinese with English abstract).
- Li Xu, Yu Xiaojin, Wang Shiqi, et al. 2011. The discovery and a preliminary study of Dahuatremolite jade in Guangxi[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 30(Suppl.): 47~52(in Chinese with English abstract).
- Liu Yan, Deng Jun, Shi Guanghai, et al. 2011. Geochemistry and petrology of nephrite from Alamas, Xinjiang, NW China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42: 440~451.
- Peng Wenshi and Liu Gaokui. 1982. *Mineral Infrared Spectroscopy* [M]. Beijing: Science Press, 22~45(in Chinese).
- Tang Yanling, Liu Dequan and Zhou Ruhong. 2002. Study on name, culture, quality and mineral deposit of Hetian Jade[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(Suppl.): 13~21(in Chinese with English abstract).
- Wang Shiqi, Zhao Chaohong, Yu Guang, et al. 2007. Xiuyan Jades in

China[M]. Beijing: Science Press (in Chinese).

Xu Jiajun, Liao Zongting and Zhou Zhengyu. 2008. Study on Crystallinity and Micro-textures of Nephrite from Three Localities [J]. Shanghai Geology, 1: 66~68 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

崔文元, 吴伟娟, 刘岩. 2002. 江苏溧阳透闪石玉的研究[J]. 岩石矿物学杂志, 21(2): 91~98.

冯晓燕, 张蓓莉. 2004. 青海软玉的成分及结构特征[J]. 宝石和宝石学杂志, 6(4): 7~9.

韩辰婧, 王雅玫, 刘洋. 2013. 翡翠中共生矿物含量对翡翠定名的影响[J]. 宝石和宝石学杂志, 3(1): 28~36.

李旭, 於晓晋, 王时麒, 等. 2011. 广西大化透闪石玉的发现及初步研究[J]. 岩石矿物学杂志, 30(增刊): 47~52.

彭文世, 刘高魁. 1982. 矿物红外光谱图集[M]. 北京: 科学出版社, 22~45.

唐延龄, 刘德权, 周汝洪. 2002. 和田玉的名称、文化、玉质和矿床类型之探讨[J]. 岩石矿物学杂志, 21(增刊): 13~21.

王时麒, 赵朝洪, 于洸, 等. 2007. 中国岫岩玉[M]. 北京: 科学出版社.

许佳君, 廖宗廷, 周征宇. 2008. 和田、格尔木与溧阳三地软玉微观结构的对比研究[J]. 上海地质, 1: 66~68.

www.yskw.ac.cn