

# 吉林软玉宝石学性质与特征研究

刘瑞,王志华,徐强,于娜

(长春工程学院 勘查与测绘工程学院,吉林 长春 130021)

**摘要:**使用电子探针、X射线粉晶衍射(XRD)和差热分析(DTA)对吉林软玉的化学成分、结构特征和热相变特征进行了研究。吉林软玉的主要矿物化学成分分析和XRD谱图均表明为透闪石。DTA分析表明在加热到874℃时,透闪石矿物开始脱(OH)<sup>-</sup>水,并可能伴有新物相的生成。软玉的颜色为白色,其硬度、密度和折射率值等数据表明吉林白玉应为软玉。

**关键词:**软玉;电子探针;X射线衍射分析;差热分析;常规检测

中图分类号:P575

文献标识码:A

文章编号:1000-6524(2011)S0-0053-05

## A study of gemological features of nephrite from Jilin Province

LIU Rui, WANG Zhi-hua, XU Qiang and YU Na

(School of Prospecting and Survey, Changchun Institute of Technology, Changchun 130021, China)

**Abstract:** Chemical components, structure and thermal faces of nephrite from Jilin Province were studied by means of electron probe, X-ray powder diffraction (XRD) and differential thermal analysis (DTA). Nephrite was determined by chemical components and spectrum of X-ray powder diffraction of the jade. (OH)<sup>w</sup>as dehydrated from tremolite together with the production of new minerals when the minerals were heated to 874°C. The color of nephrite is white, and the data of its hardness, density and refractive index coincide with data of nephrite from Xinjiang.

**Key words:** nephrite; electron microprobe analysis; differential thermal analysis; regular gemological identification

软玉以其素雅美丽的色泽、温润光洁的质感和致密坚韧的特质广受人们的喜爱。软玉已被推选为我国的“候选国石”,被赋予了“五德”的精神内涵,是市场上广受追捧的玉石之一。中国软玉最著名的产地为新疆的和田,其次在青海的格尔木、辽宁的岫岩和江苏的溧阳等地均发现有软玉(邓燕华,1991;李劲松等,2001)。吉林软玉发现于1982年,是由吉林省地质调查一队在对磐石市石嘴镇进行地质普查工作中发现的,并进行了地表揭露,初步查清了其地质分布范围。吉林软玉的发现填补了吉林省没有高档玉石的空白,提升了吉林宝玉石资源的品位和档次。

笔者曾先后3次奔赴该地区进行地质踏勘、矿石采样和宝石学调查,对吉林软玉的化学成分特征、结构构造特征和热学性质进行了研究,取得了一定的认识。在将吉林软玉样品加工成素面宝石后,对其宝石学性质和特征进行了检测分析,并对软玉的玉石质量进行了初步分级评价。

## 1 成矿地质背景

吉林软玉矿床的大地构造单元位于吉黑褶皱系(I)吉林优地槽褶皱带(II)吉林复向斜(III)双阳

—磐石褶皱束(Ⅳ)内。矿区内地层主要为上石炭统石嘴子组下部层位。在矿区南部见有侏罗系南楼山组火山熔岩、火山碎屑岩,它们覆盖于大理岩和石英闪长岩之上。矿区主要岩性为富镁质中粗粒大理岩、白云质大理岩、白云岩、片岩夹透镜状硅质岩和结晶灰岩等。矿区内岩浆岩主要为华力西晚期—印支早期的中酸性杂岩体,主要有黑云母花岗岩( $\gamma\beta_3^{1-2}$ )、石英闪长岩 $\delta O_3$ 。石英闪长岩、黑云母花岗岩与软玉矿床的成矿关系密切。

区内共发现有 3 条玉石矿带。矿体呈透镜状,走向近南北。矿石风化面呈灰色,新鲜面为淡绿色—乳白色,细粒致密结构、块状构造,矿物成分为透闪石,含量在 95% 以上。矿石构造主要为:①团块状构造,它是本区主要的矿石类型,由透闪石、透辉石、白云石、方解石组成,矿石与围岩的界线不明显,含矿率 40%~50%。②纤维状构造,由透闪石和少量的透辉石组成,含矿率在 80% 左右。软玉矿产分布范围南北长 800 m,东西宽 300 m。

## 2 样品及测试方法

软玉样品采自吉林磐石市石嘴镇鹿圈屯软玉矿床中。玉石测试分析是在吉林大学分析测试中心进

行的。首先选取有代表性的软玉样品,经抛光成面积约  $1\text{ cm}^2$  的光滑平面后,对其进行喷碳处理,以备探针分析。样品分析是在日本产 JEOL JXA28100 型电子探针分析仪上进行的。每个软玉样品选取了 3 个点进行微区成分分析。

X 射线衍射分析使用日本 D/MAX3B X 射线粉末衍射仪。测试条件为:Cu 靶,连续扫描,速度为  $8^\circ/\text{min}$ ,步长为  $0.02^\circ$ ,波长为  $1.5148\text{ \AA}$ ,管压 30 kV,靶电流 30 mA,起始角度  $5^\circ$ ,终止角度  $70^\circ$ 。差热分析用美国 Perkin-Elmer 公司的 Pyris 1 DSC 型高温差示热天平对样品进行分析。升温速率  $10^\circ/\text{min}$ 。样品粒度  $< 80\text{ }\mu\text{m}$ 。

## 3 结果分析

### 3.1 化学成分特征

吉林软玉主要化学成分质量分数的平均值为:  $\text{SiO}_2$  60.30%、 $\text{MgO}$  24.63%、 $\text{CaO}$  11.85%(表 1),与透闪石矿物理理论值:  $\text{SiO}_2$  59.17%、 $\text{MgO}$  24.81%、 $\text{CaO}$  13.81% 基本一致(王濮等,1984)。根据角闪石族矿物的分类原则,若化学成分中  $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}) > 0.90$ ,则该矿物定名为透闪石,因此吉林鹿圈屯玉石应属透闪石质玉——即软玉。

表 1 吉林软玉电子探针定量分析

$w_B/\%$

Table 1 Electron microprobe analyses of Jilin nephrtie

分析号	样号	矿物	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	总量
144	1	透闪石	58.78	0.02	0.05	0.06	0.21	0.08	25.22	12.53	0.00	0.06	97.01
144	2	透闪石	59.72	0.00	0.07	0.00	0.35	0.13	24.67	12.78	0.09	0.09	97.89
144	3	透闪石	61.76	0.14	0.09	0.14	0.39	0.10	24.54	10.58	0.09	0.07	97.91
146	1	透闪石	57.47	0.00	0.06	0.15	0.15	0.00	25.87	13.10	0.09	0.04	97.47
146	2	透闪石	61.03	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	24.28	11.76	0.06	0.00	97.23
146	3	透闪石	60.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	24.61	12.32	0.04	0.00	97.79
147	1	透闪石	60.01	0.13	0.16	0.06	0.06	0.06	24.30	11.64	0.00	0.16	96.75
147	2	透闪石	61.34	0.03	0.15	0.03	0.03	0.06	23.87	11.63	0.07	0.08	97.44
147	3	透闪石	61.94	0.03	0.15	0.03	0.03	0.06	24.31	10.35	0.07	0.08	97.20
平均值			60.30	0.04	0.08	0.06	0.15	0.05	24.63	11.85	0.06	0.06	97.42

### 3.2 X 射线衍射分析

吉林软玉的 X 射线衍射分析结果见图 1。样品的主要衍射峰  $d = 0.312\text{ nm}(310)$ 、 $0.327\text{ nm}(240)$ 、 $0.271\text{ nm}(151)$ 、 $0.202\text{ nm}(402)$ 、 $0.838\text{ nm}(110)$  与编号 00-013-0437 号透闪石粉晶 X 射线衍射数据相同,可以进一步确定吉林白玉的矿物成分属于透闪石。将吉林软玉与新疆和田软玉的 X 射线谱图(王实,1999;韩磊等,2009)进行对比,二者的 X 射线

谱图基本相同,并具有可比性。这就说明吉林软玉与新疆软玉的矿物成分相同,都属于透闪石质玉石。

### 3.3 差热分析

利用玉石在连续加热过程中伴随的物理化学变化而产生的吸热和放热效应来研究其物化性质,有助于判定玉石的性质和特征,且对玉石的加工、镶嵌以及日常保养中所应注意的问题具有一定的指导意义。

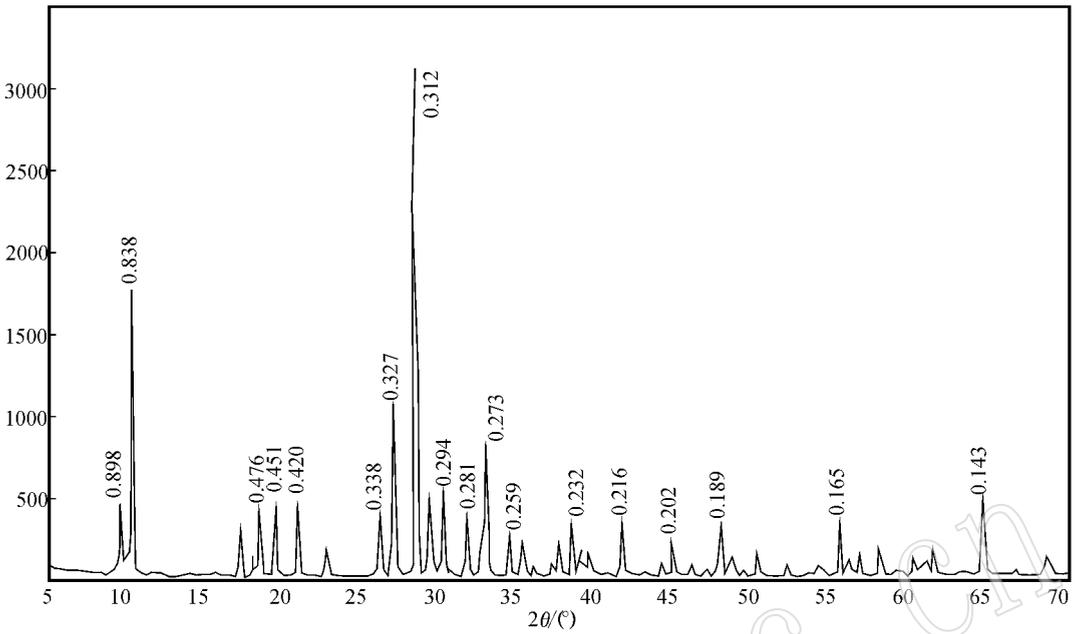


图 1 吉林软玉 X 射线粉末衍射谱图

Fig. 1 X-ray diffraction spectrum of Jilin nephrite

软玉的差热分析结果见图 2。吉林白玉在加热到 400℃ 左右时出现了一个明显的吸热过程, 代表着一个明显的吸附水脱附过程。在 666℃ 时出现一个弱的吸热峰, 这可能是由于透闪石内部结构中的吸附水脱失所致。样品在 709~932℃ 间以 874℃ 为中心的吸热峰主要是由于吉林白玉中的透闪石矿物开始脱(OH)水。同时矿物结构开始进行调整, 并可能伴有新物相的生成(卢保奇等, 2005)。预示着白玉中的透闪石矿物完全脱羟基, 矿物结构遭受了破坏, 生成新的物相。差热分析结果表明吉林软玉样

品不能暴露在高温中, 以免使玉石的宝石学性质发生改变。

### 3.4 软玉结构特征

吉林软玉主要为粒状、纤维状变晶结构, 脉状、网状构造(图 3)。主要矿物成分为透闪石(70%)和方解石(30%)。透闪石呈长柱状、纤维状和放射状, 粒径大小不等。透闪石纤维长轴直径多在 1~0.1 mm 之间, 无色, 闪突起。干涉色二级蓝绿, 斜消光, 消光角 20° 左右。薄片透闪石呈细脉状、不规则状分布(图 3)。玉石中可见有方解石呈星散状分布于透闪石矿物中。吴瑞华等(2002)对新疆软玉结构类型的分析, 认为新疆软玉结构主要为纤维状柱状交织结构和毡状纤维状交织变晶结构, 其中以毡状纤维交织变晶结构最为典型和常见。吉林软玉的玉石结构与新疆软玉的结构特征相似。

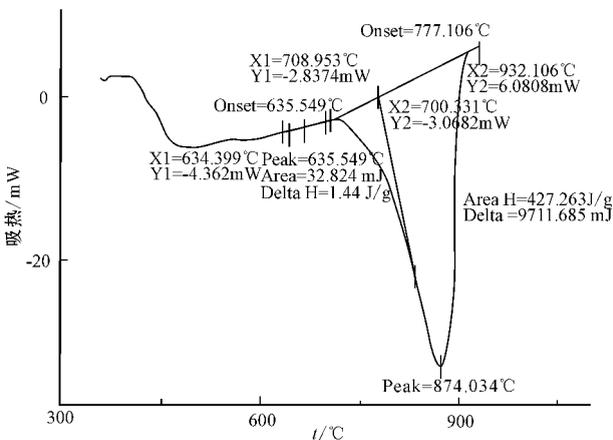


图 2 吉林软玉的差热分析

Fig. 2 DTA curves of Jilin nephrite

## 4 玉石学性质与特征

吉林软玉颜色较单一, 主要是白色、灰白色, 少数为黄绿色。白色主要呈梨花白色和雪花白色。蜡状光泽至油脂光泽。软玉质地致密、细腻、坚韧、温润、晶莹。

软玉的硬度为 6~6.5。软玉的密度在 2.84~2.98 g/cm<sup>3</sup> 之间变化(表 2)。颜色为白色、灰白色的

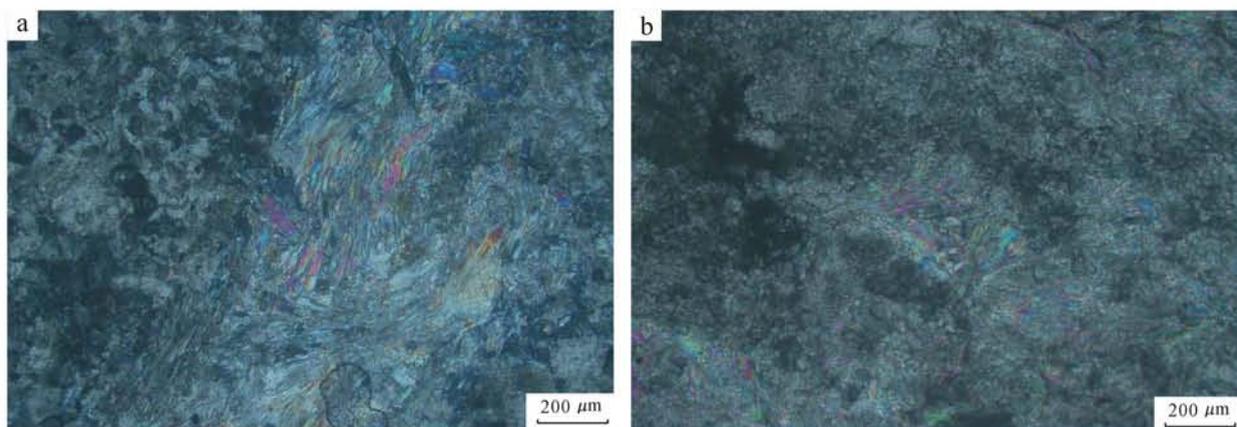


图3 吉林软玉薄片照片(正交偏光)

Fig. 3 Photographs of thin sections of Jilin nephrite (crossed nicols)

软玉密度值稍低,黄绿色的密度值稍大,这可能是由于软玉化学成分的不同造成的结果。黄绿色软玉化学成分中含有较多的铁,白色软玉铁元素含量相对较少,Mg含量较多。软玉呈半透明至微透明。折射率值是宝石的重要性质和特征之一,为了测试软玉的折

射率值,我们选择不同颜色的软玉原料进行切磨抛光后,加工成椭圆素面型宝石。用点测法测得软玉的折射率值在1.60~1.62之间(表2),这与新疆和田软玉的1.61~1.62的折射率值(何明跃等,2002)很接近,表明其主要的宝石学性质和特征是一致的。

表2 吉林软玉特征表

Table 2 Gemological features of Jilin nephrite

样品	颜色	琢型	重量/g	透明度	折射率	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	放大观察
1	白色	椭圆素面	0.664	半透明	1.61	2.92	内部洁净,可见棉柳、裂纹
2	灰白色	椭圆素面	0.393	微透明	1.60	2.92	内部洁净,可见棉柳、裂纹
3	灰白色	椭圆素面	0.49	微透明	1.60	2.88	内部洁净,可见裂纹,具颜色分带
4	白色	椭圆素面	0.512	半透明	1.61	2.84	内部洁净,质地细腻、温润
5	白色	椭圆素面	0.607	半透明	1.61	2.88	内部洁净,质地细腻、温润
6	黄绿色	椭圆素面	0.74	微透明	1.62	2.98	内部洁净,可见裂纹
7	白色	椭圆素面	0.554	半透明	1.60	2.88	内部洁净,质地细腻、温润
8	黄绿色	椭圆素面	0.304	微透明	1.62	2.96	内部洁净,可见裂纹,颗粒较粗
9	黄绿色	椭圆素面	0.701	微透明	1.62	2.96	内部洁净,质地细腻、温润
10	黄绿色	椭圆素面	0.583	微透明	1.62	2.98	内部洁净,质地细腻、温润

## 5 软玉的质量评价

吉林软玉属于山料,由于其结构细腻、致密,因此品质应属优质品。考虑到软玉主要用于雕刻,做成各种雕件、摆件、挂牌或项串、手镯等饰品,作者主要从原料的质地、颜色、光泽和块度等四个方面对吉林软玉的质量进行了分级评价(表3)。优质的软玉应满足如下几个条件:①质地:玉石致密、质地细腻、坚韧、光洁,油润无暇,无绺无裂;②颜色:颜色纯正均匀,其中白色最佳、其次为绿色、青色、青白色。③

光泽:软玉大多为油脂光泽,如油脂光泽中透着清亮,则光泽为佳。④块度:应有一定的块度,块度越大、级别越高。吉林软玉玉石棱角明显,呈不规则块状。综上所述,吉林软玉部分玉石的质量可与和田玉相媲美。

次生的软玉经过长期的风化剥蚀、搬运与冲刷,最后沉积在河床和河岸中,形成仔料。对比新疆软玉的成矿条件和产出环境,吉林磐石石嘴镇等地沿软玉矿床附近的河流中,也应该有白玉仔料和山流水料的产出。由于此次工作时间和程度的限制,再加上地表植被覆盖严重,没有进行详细工程揭露,希

望在今后的进一步工作中,能够寻找到软玉仔料和山流水料。

表 3 吉林软玉种类和分级评价

Table 3 Varieties and grading evaluation of Jilin nephrite

等级	质量要求	价格(元/kg)
一级	色洁白,质地细腻,无绺、无杂质,块重 3 kg 以上	10 000
二级	色洁白,质地较细腻,无绺、稍有杂质,块重 1 kg 以上	5 000
三级	黄绿色,质地细腻,无绺、无杂质,块重 3 kg 以上	3 000
四级	颜色不均一,质地较细腻,绺裂较少,块重 1 kg 以上	1 000

## 6 结论

(1) 吉林中部的华力西晚期—印支早期的中酸性杂岩体与石炭系石嘴子组大理岩、白云质大理岩接触带是软玉的有利成矿部位。

(2) 吉林软玉主要化学成分的含量为:  $\text{SiO}_2$  60.3%、 $\text{MgO}$  24.63%、 $\text{CaO}$  11.85%,与新疆和田软玉的成分基本相同。吉林软玉的 X 射线衍射谱图与透闪石谱图基本一致,软玉的矿物成分为透闪石。差热分析表明在加热到  $874^\circ\text{C}$  时,透闪石开始脱羟基,结构发生破坏,有新的物相形成。

(3) 软玉宝石学性质为:硬度为 6~6.5,密度为  $2.82\sim 2.98\text{ g/cm}^3$ ,折射率值在 1.60~1.62 之间。

致谢 感谢吉林大学分析测试中心对样品进行分析测试,提供实验数据;感谢吉林建材总队提供部分软玉样品,以及长春工程学院提供经费支持。

## References

Deng Yanhua. 1991. Gem(Jade)Deposits[M]. Beijing: Beijing Industrial University Press, 104~112(in Chinese).

- Han Lei and Hong Hanlie. 2009. Study on Mineral Components and Geological Background of Nephrites from Three Localities in China [J]. Journal of Gems & Gemmology, 11(3): 6~10(in Chinese with English abstract).
- He Mingyue, Zhu Younan and Li Hongbo. 2002. Gemmological characteristics of Meiling jade from Liyang, Jiangsu Province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 21(Suppl.): 99~104(in Chinese with English abstract).
- Li Jinsong and Zhao Songling. 2001. Corpus of Gems and Jades (last volume) [M]. Beijing Press, 1 559~1 569(in Chinese).
- Lu Baoqi, Xia Yiben and Qi Lijian. 2005. Infrared spectra of nephrite cats eye and transformation mechanism[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 33(2): 186~190(in Chinese with English abstract).
- Wang Pu, Pan Zhaolu and Weng Lingbao. 1984. Systematic Mineralogy (Middle Book) [M]. Geological Press, 330~361(in Chinese).
- Wang Shi. 1999. A Book of Gem-Jade Resources in China[M]. Science and Technology Literature Press, 368~376(in Chinese).
- Wu Ruihua, Zhang Xiaohui and Li Wenwen. 2002. Petrological characteristics of Hetian jade in Xinjiang and nephrite from Baikal Lake area in Russia[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 21(Suppl.): 50~56(in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 邓燕华. 1991. 宝(玉)石矿床[M]. 北京:北京工业大学出版社, 104~112.
- 韩磊,洪汉烈. 2009. 中国三地软玉的矿物组成和成矿地质背景研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 11(3): 6~10.
- 何明跃,朱友楠,李宏博. 2002. 江苏省溧阳梅岭玉(软玉)的宝石学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 21(增刊): 99~104.
- 李劲松,赵松龄. 2001. 宝玉石大典(下册) [M]. 北京:北京出版社, 1 559~1 569.
- 卢保奇,夏义本,元利剑. 2005. 软玉猫眼的红外吸收光谱及热相变机制研究[J]. 硅酸盐学报, 23(2): 186~190.
- 王濮,潘兆槽,翁玲宝. 1984. 系统矿物学中册[M]. 北京:地质出版社, 330~361.
- 王实. 1999. 中国宝玉石资源大全[M]. 北京:科学技术文献出版社, 368~376.
- 吴瑞华,张晓晖,李雯雯. 2002. 新疆和田玉和俄罗斯贝加尔湖地区软玉的岩石学特征研究[J]. 岩石矿物学杂志, 21(增刊): 50~56.