

文章编号 : 0254 - 5357(2008) 01 - 0017 - 04

青海软玉的岩石矿物学特征

周征宇, 廖宗廷, 陈 盈, 李玉加, 马婷婷
(同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092)

摘要 : 对采自青海东昆仑三岔口软玉矿区的样品进行了显微硬度、扫描电镜、X 射线粉晶衍射物相定性和结晶度等分析, 并将分析结果与新疆和田软玉进行了对比研究, 发现青海软玉普遍显示出硬度较高、透闪石含量稍低、结晶度偏高的特点, 透闪石主要呈毛毡状交织结构、显微纤维结构和显微片状结构, 定向性普遍较好。对比两地软玉矿区的矿床地质特征, 发现青海软玉成矿母岩相对贫 Mg、Si 而富 Ca, 动力改造相对较弱, 成矿温度较高, 这是造成两地所产软玉在上述岩石矿物学特征上巨大差异的根本原因, 也是造成青海软玉透明度偏高、油润度不足的根本原因。

关键词 : 青海软玉 ; 岩石矿物学特征 ; 透闪石

中图分类号 : P585 **文献标识码 :** A

Petrological and Mineralogical Characteristics of Qinghai Nephrite

ZHOU Zheng-yu, LIAO Zong-ting, CHEN Ying, LI Yu-jia, MA Ting-ting
(School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract : The mineral phases of Qinghai nephrite are analyzed through the microhardness test, scanning electron microscopic observation, qualitative analysis by X-ray powder diffractometry and crystallinity analysis. Compared with the Xinjiang Hetian nephrite, some characteristics of Qinghai nephrite, such as higher hardness, higher crystallinity, lower content of tremolite, were found. The Qinghai nephrite mainly appears as the felt-like texture, the micro-fibrous texture and the micro-leaf-like texture with excellent orientability. Qinghai nephrite also presents the distinct deposit geological characteristics, such as lack of Mg and Si but abundant of Ca in its parent deposit rocks, weaker dynamic reconstruction but higher mineralizing temperature. It is believed to be the ultimate cause for differences in petrological and mineralogical characteristics of Qinghai nephrite from that of Xinjiang nephrite. And it is also one of the reasons why Qinghai nephrite always shows higher transparency and lower oil luster.

Key words : Qinghai nephrite ; petrological and mineralogical characteristics ; tremolite

自古以来, 和田玉就是国人最为钟爱的玉石品种之一^[1]。高档软玉的价格更是从上世纪 80 年代初的 100 ~ 150 元/kg 上涨至今的 100 万元/kg。上世纪 90 年代初, 位于青海境内的东昆仑地区陆续发现了多个软玉矿点, 因产量大而迅速对市场造成冲击^[2-3]。然而由于不同产地软玉的质量和价格均相差甚远^[4-6], 如何正确鉴定软玉的产地成为当务之急。显然这一问题的解决有赖于软玉岩石学、矿物

学乃至矿床学等诸多方面的深入研究。为此, 笔者于 1999 ~ 2005 年间先后多次进入矿区进行实地考察, 由此获取了大量第一手资料, 经过多年系统的研究, 目前已取得了一系列成果和认识。

1 物理性质

1.1 光学性质

青海软玉颜色多样, 常见为烟青色、淡绿色和

收稿日期 : 2007-04-03 ; 修订日期 : 2007-07-02

作者简介 : 周征宇 (1978 -) , 男, 江苏无锡市人, 博士, 主要从事岩石学及矿床学研究。E-mail : adamszzyu@126.com。

灰白色^[3-5],此外矿区也出露有少量浅黄色、紫色及黑色软玉。样品多呈弱油脂光泽。半透明—微透明,透明度普遍较和田软玉为高。本次研究选取了矿区采集的各色代表性样品 8 块,通过点测法测得各色代表性软玉样品平均折射率为 1.612(表 1),与标准透闪石(1.600)基本一致。

表 1 青海软玉折射率及密度^①

Table 1 Refractive index and density of Qinghai nephrite							
样品 编号	样品 颜色	折射率	密度 $\rho_B/$ ($g \cdot cm^{-3}$)	样品 编号	样品 颜色	折射率	密度 $\rho_B/$ ($g \cdot cm^{-3}$)
1	白	1.606	2.96	6	黄绿	1.622	2.96
2	浅绿	1.602	2.99	7	浅黑	1.618	2.97
3	浅黄	1.615	2.96	8	烟青	1.598	2.94
4	灰绿	1.616	2.94	平均值		1.612	2.97
5	淡紫	1.604	3.06				

① 样品测试单位为同济大学宝玉石测试中心实验室。

1.2 力学性质

静水称重法测得青海软玉平均密度为 2.94 ~ 3.06 g/cm^3 (表 1),相对和田软玉(2.66 ~ 2.92 g/cm^3)略高。

随机测试了两个青海软玉样品共计 20 个点的显微硬度,平均值为 573.43 kg/mm^2 ,比两块和田软玉样品测得的平均值(535.38 kg/mm^2)为高(表 2)。

表 2 青海软玉和新疆和田软玉的显微硬度测试^①

Table 2 Microhardness tests of Qinghai nephrite and Xinjiang Hetian nephrite			
样品	显微硬度/($kg \cdot mm^{-2}$)		
	最小值	最大值	平均值
青海软玉 1	470.118	596.985	578.173
青海软玉 2	500.377	621.676	568.688
新疆和田软玉 1	516.373	592.223	545.747
新疆和田软玉 2	445.597	603.018	525.008

① 样品测试单位为同济大学材料测试中心实验室。

2 物质组成

2.1 化学组成

对上述青海软玉的荧光光谱分析结果显示(表 3),其主要化学成分的含量(质量分数 w)平均值(SiO_2 59.03%、 MgO 22.30%、 CaO 14.27%)与透闪石矿理论值(SiO_2 59.169%、 MgO 24.808%、 CaO 13.805%)基本一致。根据闪石族矿物化学成分通式 $A_{0-1}B_2C_3[T_8O_{22}][OH,F,Cl]_2$ ^[7],A 位离子的 Na^+ 、 K^+ 含量很低,几乎可以忽略;B 位离子主

要是 Ca^{2+} ;C 位离子主要是 Mg^{2+} 和 Fe^{2+} , Mg^{2+} 与 Fe^{2+} 呈互为消长的类质同象关系;T 位离子主要为 Si^{4+} 和 Al^{3+} 。在角闪石分类图^[8]上青海软玉均落入透闪石范围内,表明无论青玉还是白玉,青海软玉中基本不含阳起石。

表 3 软玉的化学组成^①

Table 3 Chemical composition of Qinghai nephrite							
样品 颜色	$w_B/\%$						
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO
烟青	0.09	22.33	0.74	58.81	0.07	0.18	13.7
淡紫	0.05	21.48	0.23	57.10	0.02	0.02	16.36
浅黑	0.06	22.92	0.09	60.39	0.01	0.01	14.24
白	0.08	21.61	0.24	57.22	0.07	<0.01	13.07
浅绿	0.05	22.50	0.04	61.08	0.02	<0.01	14.32
黄绿	0.10	22.37	0.08	59.19	0.02	<0.01	14.86
浅黄	0.13	21.67	0.85	58.22	0.03	<0.01	13.35
灰绿	0.11	22.07	0.49	58.43	0.04	<0.01	13.56

样品 颜色	$w_B/\%$						
	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	FeO	H_2O^+	CO_2	总计
烟青	0.005	0.011	0.08	0.58	1.74	0.2	98.54
淡紫	0.003	0.015	0.05	0.65	1.29	2.38	99.65
浅黑	0.002	0.002	0.03	0.02	1.54	0.37	99.69
白	0.002	0.004	0.12	0.02	2.06	0.51	95.01
浅绿	0.001	0.004	0.02	0.02	1.16	0.51	99.73
黄绿	0.001	0.002	0.02	0.02	1.40	1.08	99.14
浅黄	0.046	0.015	0.03	0.78	2.22	0.24	97.58
灰绿	0.006	0.018	0.05	0.48	2.18	0.20	97.63

① 测试单位为湖北省地质实验研究所武汉综合岩矿测试中心。

2.2 矿物组成

对样品采用 D/max 2550VB3 X 射线粉晶衍射仪(日本理学 Rigaku 公司生产)进行了物相分析,测试条件为铜靶($\lambda = 1.5406\text{ nm}$),管压 40 kV,管流 100 mA,扫描范围 $5^\circ \sim 70^\circ$ 。步进扫描速度(2θ)为 $10^\circ/\text{min}$,步长 0.020° 。测试结果见图 1。

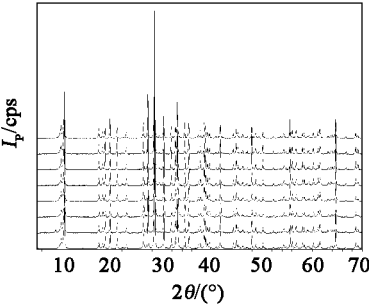


图 1 软玉 X 射线衍射图谱

Fig.1 X-ray diffractometric spectra of Qinghai nephrite
样品测试单位为同济大学材料学院测试中心实验室。

青海软玉主要谱峰位置和强度均与 JCPDF 标准卡片中的透闪石^[9]一致,表明青海软玉主要由透闪石组成。镜下观察也发现,青海软玉主要由纤维状、针状、片状透闪石矿物组成,透闪石含量多在 90% 甚至 95% 以上,但较和田玉(约 99%)为低,杂质矿物主要为透辉石、方解石及白云石等。

3 结构和构造特征

青海软玉为透闪石矿物的隐晶质集合体。结合手标本、偏光显微镜及扫描电镜(图 2)观察,发现青海软玉主要有以下几种结构。

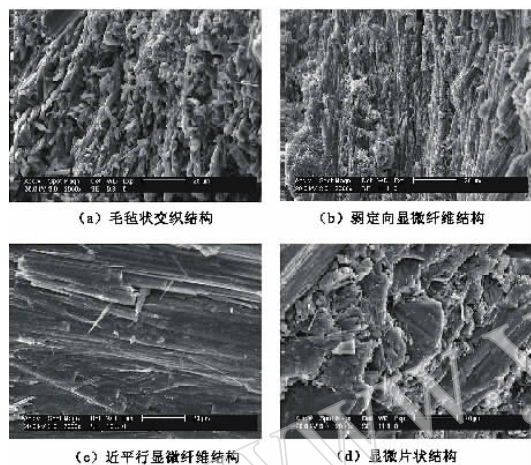


图 2 青海软玉的扫描电镜图

Fig. 2 The scanning electron microscopic diagrams of Qinghai nephrite

放大倍数为 2000 倍 样品测试单位为同济大学海洋地质国家重点实验室。

(1) 毛毡状交织结构。透闪石呈纤维状互相交织(图 2a),纤维宽度多在 1~5 μm。具该结构的软玉温润感强,油脂性好,一般商业价值较高,多属高档青海软玉。

(2) 显微纤维结构。透闪石纤维呈弱定向——近平行排列(图 2b),纤维长短轴之比通常为 5:1~10:1。具该结构的软玉在矿区出露较为普遍,但其透明度普遍较高,油性不足而缺乏温润感,一般价值中等,为市场所售青海软玉的主体。

值得关注的是,在青海软玉中普遍发现宽数毫米至数厘米的透明线状构造(市场俗称“水线”)。本研究揭示水线在化学成分、氢氧同位素组成上与两侧的

软玉主体部分基本一致^[10],然而扫描电镜下观察却揭示“水线”部分透闪石纤维的长轴长度通常为短轴长度的数十倍甚至更高,并严格平行排列(图 2c)。

(3) 显微片状结构。透闪石呈显微片状近于平行排列(图 2d),宽度多集中在 50~100 μm,厚度 1~5 μm。具该结构的软玉透明度通常也较高,油性不足。稍用力敲击,软玉即呈片状剥落,因而无法加工,基本不具备商业价值。

4 结晶度研究

作者随机选取了两个青海软玉样品及两个和田玉样品,利用 Philip-PW1710 X 射线衍射仪(Philips 公司)测试其结晶度。但与定性分析不同,本测试采用对样品进行小范围(2θ 为 24°~43°)慢速扫描,结果见图 3。

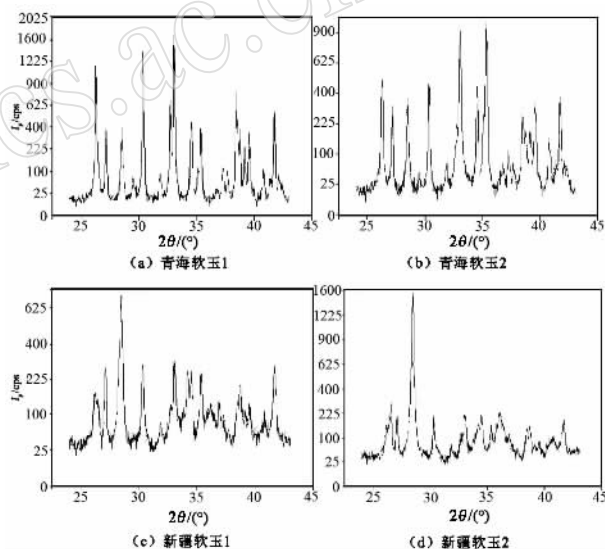


图 3 青海软玉与和田玉结晶度 X 射线衍射分析图谱

Fig. 3 Spectra of crystallinity degree of Qinghai nephrite and Hetian nephrite samples by X-ray diffractometry
样品测试单位为同济大学海洋地质国家重点实验室。

根据衍射峰强度与背景强度的比值的大小,利用下列公式估算结晶度(C)。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{(\sum_{i=1}^n P_i + \sum_{i=1}^n B_i)}$$

式中 P_i 为第 i 个衍射峰的强度; B_i 为第 i 个衍射峰的背景强度。

计算结果显示,青海软玉结晶度平均值为 0.96,大于新疆软玉样品的平均值 0.82。

5 讨论和结论

虽同为透闪石玉,但青海软玉与新疆软玉在表观特征上表现出一定的差异,直接导致了两者的市场售价相差数十甚至上百倍。然而至今为止,还尚未有学者就两者间表观特征差异产生的内在原因进行深入、系统的探讨,导致软玉的产地鉴定缺乏理论依据,无法作出科学的论断^[11]。本文通过野外勘查,结合软玉矿床地质特征的相关研究成果,就此作一初步探讨,以期能为最终解决软玉的产地鉴定问题提供新的线索和理论基础。

(1)从矿床成因来看,青海三岔口矿床的软玉为海西期基性辉长岩(SiO_2 含量介于46.33%~55.29%)与前寒武纪万保沟群灰质白云岩(Ca与Mg含量比值介于1.31~1.53)接触交代而成^[12];而新疆和田玉为海西期中酸性花岗岩(SiO_2 含量介于58.62%~71.42%)与前寒武纪镁质大理岩(Ca与Mg含量比值为1.04)接触交代而成^[1]。相比较而言,青海软玉形成于贫Mg富Ca的环境,促使青海软玉中透辉石、方解石等含钙较高的杂质矿物大量出现,并直接导致软玉中透闪石含量相应降低,纯度降低。

(2)从微观结构构造特征来看,与新疆和田软玉相比,青海软玉具有透闪石纤维定向性好、颗粒粗的特点。由于排列有序的透闪石纤维其折射光也相对有序,使透射光增强,散射及反射光相对暗淡;同时透闪石颗粒越大,单位体积内入射光的反射与散射的几率就越小,也会造成透射光增强,导致青海软玉的透明度偏高而略显轻飘。青海软玉中“水线”部分显示出的极高的透明度正是最直接的佐证。

(3)青海软玉结构构造的上述特点是其形成时遭受动力改造的一种反映。由晶体的X射线衍射原理可知,结晶度的大小与动力改造作用的强弱相对应。这与本研究所观察到的三岔口软玉矿区的地质特征也十分相符。除极少数位于断裂带两侧的软玉质量较好外,碳酸盐岩围岩夹层中的软玉受

动力改造作用普遍较弱,结晶度高,透明度也相应偏高,质量较差。

总之,无论是软玉物质组成、微观结构还是结晶度,都充分揭示软玉成矿条件的不同才是导致不同产地软玉表观特征产生巨大差异的根本原因。因此,也只有从软玉矿床成因研究入手,才有望深入了解软玉的岩石矿物学特征,从而从根本上解决软玉的产地鉴定问题。

6 参考文献

- [1] 唐延龄,刘德权,周汝洪.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,2002,21(增刊):13-21.
- [2] 张满合.青海省宝玉石资源概况[J].青海地质,1995(1):59-65.
- [3] 岳蕴辉.青海软玉[J].中国宝石,1999(2):79-83.
- [4] 孔蓓,邹进福,郑仙群.青海某地软玉的宝石学特征[J].矿产与地质,1997,11(60):268-271.
- [5] 董必谦.青海省格尔木玉地质简况及玉石特征[J].建材地质,1996(5):23-28.
- [6] 柴凤梅,帕拉提.和田软玉与青海软玉的宝石学特征对比研究[J].新疆学院学报,2000,21(1):77-80.
- [7] 潘兆鲁.结晶学及矿物学(下)[M].北京:地质出版社,1998:160.
- [8] IMA-CNMMN角闪石专业委员会全体成员.角闪石命名法——国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会角闪石专业委员会的报告[J].王立本,译.岩石矿物学杂志,2001,20(1):84-100.
- [9] 中国科学院贵阳地球化学研究所《矿物X射线粉晶鉴定手册》编写组.矿物X射线粉晶鉴定手册[M].北京:科学出版社,1978:13-347(卡片号).
- [10] 周征宇,廖宗廷,袁媛,等.青海软玉中“水线”的特征及其成因探讨[J].宝石和宝石学杂志,2005,7(3):10-12.
- [11] 周征宇,廖宗廷,马婷婷,等.回顾与展望:软玉研究[J].上海地质,2005(3):63-66.
- [12] 周征宇,廖宗廷,马婷婷,等.东昆仑三岔口软玉成矿机制及成矿物源分析[J].地质找矿论丛,2006,21(3):195-198,202.