

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

吴瑞华¹, 张晓晖², 李雯雯³

(1. 中国地质大学 珠宝学院, 北京 100083; 2. 北京市商业学校, 北京 100016;

3. 北京市东城区商业学校, 北京 100006)

摘 要:通过对新疆和田玉以及俄罗斯贝加尔湖地区软玉的化学成分、矿物组成、结构构造等方面的研究和对比,从岩石学的角度较系统地总结了两者的异同点,指出两者主要成分和主要矿物组成是近似的,但主要结构有区别,因而在外观上也有一定的差别,这对于两者的开发和利用有重要的实际意义。

关键词:新疆和田玉;贝加尔湖;软玉;透闪石

中图分类号:P578.955;P584

文献标识码:A

新疆和田玉色泽美丽,温润光洁,质地坚韧,玉质优于其他玉石,因产于新疆和田而得名,近期已被中国宝玉石协会推荐为候选“国石”。从地质学观点看,和田玉有明确的科学含义,包括了以白玉为代表的多品种软玉系列,由镁质大理岩与中酸性岩浆接触交代而成,在世界软玉中占独特地位。

目前,世界其他国家也有软玉品种产出,尤其近期产于俄罗斯贝加尔湖地区的软玉已开始进入我国市场,并占据了一定的市场份额。如何区别俄罗斯贝加尔湖地区的软玉和新疆和田玉已成为业内人士关注的课题。因此,笔者分别对产于俄罗斯贝加尔湖地区的软玉和新疆和田玉进行了较为系统的岩石学测试和分析,从中总结出两者的区别与联系。

1 电子探针和 X 射线衍射分析

1.1 新疆和田玉的电子探针和 X 射线衍射分析

本文选定具有代表性的新疆和田玉样品: XW3(白玉)、XQB1(青白玉)、XQ1(青玉)和 XM1(墨玉)进行了电子探针分析,结果见表 1。由电子探针数据计算了其矿物化学结构式,以 23 个氧原子数为基础的离子数见表 2。

从表 1 和表 2 分析结果可以看出,和田玉高含量组分是 Si、Mg 和 Ca 的氧化物,其中 SiO₂ 为 57.39%~59.52%,平均为 58.6%;MgO 为 23.36%~25.43%,平均为 24.34%;CaO 为 11.21%~12.02%,平均为 11.57%,和透闪石的理论组分(SiO₂: 58.80%,

MgO 24.60%, CaO 13.80%) 很接近, 但均略偏低。其中样品 XW3(白玉) 三个高组份含量均高于 XQB1(青白玉)、XQ1(青玉) 和 XM1(墨玉), 说明白玉最接近理论透闪石成分, 其次为墨玉。其中 FeO 的含量与主要成分相反, 在白玉中含量最低, 仅 0.02%, 在青玉中含量较高为 1.84%, 青白玉则介于两者之间。透闪石-铁阳起石的化学成分通式为: $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, 其中镁铁间呈完全类质同象代替, 置换程序不同, 矿物也不同。透闪石分子式为 $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, 当 Mg^{2+} 被 Fe^{2+} 置换时, 即 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) \geq 0.9$ 时, 称为透闪石; 当 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) = 0.90 \sim 0.5$ 时, 叫阳起石; 当 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) \leq 0.5$ 时, 称为铁阳起石。依据表 2 计算结果, 和田玉的 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ 比值均大于 0.9, 属于透闪石系列。

表 1 和田玉(透闪石)电子探针分析数据

w_B/%

Table 1 Electron microprobe analyses data of Hetian jade

样号	名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	CoO	NiO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Total
XW3	白玉	59.52	0.00	0.00	0.15	0.02	0.00	25.34	12.02	0.00	0.11	0.07	0.00	0.27	97.09
XQB1	青白玉	57.39	0.00	0.00	0.08	0.47	0.09	23.36	11.41	0.10	0.03	0.01	0.00	0.14	92.08
XQ1	青玉	58.61	0.00	0.22	0.00	1.84	0.36	23.82	11.21	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	96.22
XM1	墨玉	58.91	0.00	0.13	0.07	0.16	0.02	24.73	11.66	0.12	0.15	0.08	0.00	0.16	96.19

测试单位: 中国地质大学(北京)电子探针实验室。

表 2 和田玉(透闪石)化学结构离子数

Table 2 Chemical compositions of Hetian jade

样号	Si	Ti	Al	Cr	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Co	K
XW3	7.86	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	0.00	0.02
XQB1	7.79	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	1.78	1.78	0.01	0.01
XQ1	7.71	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.05	1.67	1.67	0.00	0.01
XM1	7.84	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	1.73	1.73	0.09	0.02

对样品 XW3(白玉) 和 XQ1(青玉) 进行 X 射线衍射分析可以看出, 两者的粉末衍射数据基本相同, 其 XW3 的主要谱线为 3.125(310)、21.075(151)、8.434(110)、9.037(020)、1.438(661), XQ1 的谱线为 3.129(310)、2.707(151)、8.483(110)、9.018(020)、1.439(661), 与透闪石的粉末衍射谱线基本一致, 说明和田玉样品主要矿物为透闪石。同时计算出和田玉样品中主要矿物的晶胞参数与透闪石理论晶胞参数基本吻合(表 3)。

表 3 和田玉样品晶胞参数与透闪石理论值对比表

Table 3 Lattice parameters of Hetian jade and tremolite

样品	a ₀ (nm)	b ₀ (nm)	c ₀ (nm)	β(°)
XW3(白玉)	0.985 ± 0.001	1.800 ± 0.002	0.5320 ± 0.001	105.02 ± 0.07
XQ1(青玉)	0.987 ± 0.001	1.805 ± 0.001	0.5317 ± 0.006	105.10 ± 0.06
透闪石*	0.984 ~ 0.987	1.800 ~ 1.805	0.527 ~ 0.530	104.07

* 引自中国科学院贵阳地球化学研究所(1978)。

1.2 贝加尔湖地区软玉的电子探针和 X 射线粉末衍射分析

对于俄罗斯贝加尔湖地区软玉化学成分的研究, 笔者选取了同样具有代表性的 5 块样

品,进行了电子探针成分分析,结果见表 4。

对样品 SM-1(碧玉)和 SM-4(白玉)进行 X 射线粉末衍射分析,可以看出,两者的粉末衍射数据相似,其主要谱线为:SM-1:3.134(310),8.467(110),3.285(240),2.712(151); SM-4:3.127(310),8.483(110),3.281(240),2.709(151)。与透闪石的粉晶衍射谱线数据 3.11(310),8.40(110),3.26(240),2.703(151)基本相似,可以断定,SM-4(白玉)中的主要成分为透闪石。但样品 SM-1(碧玉)图谱中有少量其他矿物谱线,经分析,矿物为绿泥石、伊利石等极少量粘土矿物。

表 4 贝加尔湖地区软玉的电子探针分析数据

$w_B/\%$

Table 4 Electron microprobe analyses data of the nephrite from Baikal Lake area

样号	名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	CoO	NiO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Total
SM-1	碧玉	57.61	0.00	0.07	0.08	7.80	0.45	18.36	12.43	0.00	0.00	0.14	0.00	0.33	97.21
SM-2a	青玉	59.70	0.01	0.00	0.00	0.14	0.00	22.72	12.86	0.00	0.00	0.00	0.19	0.27	95.90
SM-2b	围岩	59.17	0.00	0.00	0.04	0.44	0.00	21.38	15.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.16	96.48
SM-4	白玉	60.85	0.00	0.16	0.09	0.02	0.00	23.97	12.45	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	97.75
SM-6	黄玉	59.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.30	23.27	13.31	0.26	0.09	0.08	0.17	0.00	96.55
SM-8	糖玉	59.89	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	22.98	12.21	0.31	0.25	0.06	0.12	0.00	95.95

测试单位:中国地质大学(北京)电子探针室。

从表 4 可以看出,贝加尔湖地区的软玉主要化学成分平均值:SiO₂ 59.33%,MgO 22.27%,CaO 12.72%,与透闪石的理论值很接近,同样,FeO 的含量与主要组分 MgO 呈互为消长的关系,如白玉中 MgO 23.97%、FeO 0.02%;糖玉平均 MgO 22.83%、FeO 0.12%;青玉 MgO 22.72%、FeO 0.14%;碧玉 MgO 18.36%、FeO 7.80%,可以看出,随着 MgO 含量逐渐降低,FeO 含量逐渐升高,软玉的绿色逐渐加深。

对上述样品进行 $Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ 的计算,其结果如表 5,可以看出白玉、青玉、青白玉、糖玉都是纯度很高的透闪石,碧玉则为阳起石。

表 5 贝加尔湖地区软玉样品的 $Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ 值

Table 5 $Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ value of the nephrite samples from Baikal Lake area

样号	名称	Mg ²⁺	Fe ²⁺	$Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$
SM-1	碧玉	1.672	0.399	0.807
SM-2	青玉	2.017	0.007	0.996
SM-4	白玉	2.084	0.001	0.999
SM-6	糖玉	2.067	0.002	0.999
SM-8	糖玉	2.041	0.007	0.996

以上测试样品中主要矿物晶胞参数为(单位:nm):

SM-1(碧玉) $a_0=0.986$ $b_0=1.811$ $c_0=0.528$ $\beta=104.50^\circ$ 单斜晶系

SM-4(白玉) $a_0=0.982$ $b_0=1.804$ $c_0=0.522$ $\beta=104.50^\circ$ 单斜晶系

两者的晶胞参数都接近透闪石的理论值,前者为阳起石,后者为透闪石。

2 矿物组成

2.1 新疆和田玉的矿物组成

显微镜下观察发现,和田玉基本上由透闪石的微晶质集合体构成,依据矿物组分及其形态,可将其分为显微纤维状透闪石、片晶透闪石和杂质矿物三个部分。

显微纤维状透闪石含量为 80%~95%,含量越高,其结构愈细致均一。显微纤维状透闪石依据其聚合形态和大小,又可分为隐晶质、无定向毡状显微纤维鳞片、近平行的纤维束以及放射状(帚状)纤维团等。

片晶透闪石部分,一般呈单个的片状透闪石出现,其含量大约占 5%~20%,含量多时,使和田玉均一性和透明度减弱或破坏。肉眼观察和田玉时,可见到透明、半透明均一基底上有不透明、不同形态、略带乳白色调的斑状物,即为片晶透闪石的较大颗粒。

杂质矿物所占比例很小,多不超过 1%,常见的有楣石、磷灰石、磁铁矿、白云石以及斜黝帘石等。楣石颗粒大小变化范围较大,且自形程度较差;磷灰石一般粒径约为 0.025 mm,在镜下可见典型的六方柱横切面,自形程度较好;磁铁矿粒度大约为 0.01 mm,呈自形或半自形。墨玉中含有鳞片状石墨。

2.2 贝加尔湖地区软玉的矿物组成

显微镜下观察发现,该地区软玉除碧玉为阳起石外,其他软玉由不同形态的透闪石和极少量的杂质矿物组成。根据透闪石颗粒的形态,大体分为两类:纤维-显微纤维透闪石和片晶透闪石。前者占大多数,含量一般在 65%左右;后者占 30%左右,多呈片柱状变斑晶出现,一般粒度为 0.05~0.5 mm,在俄罗斯贝加尔湖地区软玉中占有一定比例。

杂质矿物所占比例很小,一般在 5%左右,主要有:①石英:偶见石英颗粒,有的呈细脉状穿插。②白云石:常见杂质矿物,由于交代不彻底而形成,呈浑圆状和不规则的变残形态出现。③磷灰石:该地区软玉中磷灰石含量较为常见,不均匀分布于透闪石矿物颗粒之间,粒度 0.05~0.5 mm 不等,有的呈较好六方柱状晶形。④帘石类矿物:多见于碧玉、青玉中,主要是绿帘石和斜黝帘石,半自形柱状,往往呈变残的形态出现,粒度一般在 0.1~0.5 mm 之间。⑤磁铁矿:黑色细粒,不十分常见,呈自形或半自形。⑥粘土矿物:绿泥石、滑石、伊利石等是岩浆期后阶段的晚期热液蚀变产物,常附生于透闪石矿物颗粒间隙和软玉的表皮。

3 结构特征

3.1 新疆和田玉的结构种类及其特征

根据和田玉矿物组分及其表现形式特点,可将和田玉的显微结构分为以下几种:

(1)毛毡状显微交织变晶结构:这是和田玉最典型的一种结构,表现为透闪石颗粒非常细微,大小均一,交织成毛毡状。具有该结构的和田玉细润致密,是优质和田玉所具备的特性。该结构在白玉、青白玉、青玉、墨玉中均可见到,与和田玉质地紧密相关。

(2)显微纤维-隐晶质变晶结构:主要是由纤维状透闪石和隐晶质透闪石组成的结构,其中纤维状透闪石呈定向排列。

(3)显微片状隐晶质变晶结构:主要是由片状透闪石和隐晶质透闪石组成的结构,其中片状透闪石的含量不高,表明变质过程中重结晶作用程度不高,在手标本中,片状透闪石表现为斑点状杂质,一定程度上影响了玉的品质。

(4)显微片状变晶结构:透闪石颗粒呈叶片状分布,具有该结构的和田玉质地较粗。

(5)放射状或帚状结构:纤维变晶结构的另一种表现形式,透闪石纤维颗粒聚集成帚状,并伴有微弱的波状消光现象,推断可能是在汽水溶液热变质条件下,透闪石围绕中心强烈向四周急速生长的情况下,重结晶成放射状。

(6)残缕结构:包裹在变斑晶或变晶矿物质中的基质矿物与基质中同种矿物沿变余层理内外断续相连,为非同构造期的产物,不常见,属交代残余结构。

(7)交代冠状结构:片状透闪石沿被交代的白云石残骸晶体边缘规律排布,证明白云石在有热水溶液参与下,其晶体粒间经过交代作用形可成软玉。

3.2 贝加尔湖地区软玉的结构种类及其特征

贝加尔湖地区软玉的显微结构基本上属于变晶结构,可细分为:

(1)毛毡状显微交织变晶结构:该结构中透闪石颗粒非常微小,均匀无定向密集分布,在显微镜下无法分清其形态,犹如交织的毛毡一般。具有该种结构的软玉外观非常细腻、致密、润泽,是该地区优质软玉的典型结构,这种结构所占比例不高;

(2)显微纤维状变晶结构:表现为透闪石晶体呈纤维状近平行聚集排列;

(3)显微鳞片-片状变晶结构:由外形不十分规则的鳞片状或叶片状透闪石组成,细小片状透闪石错综排列。该种结构软玉质地很粗,在该地区较为常见。

(4)过渡结构:①显微纤维-隐晶变晶结构:透闪石晶体呈纤维状聚集,弱定向排列,分布于隐晶透闪石基质中。②显微叶片-隐晶变晶结构:透闪石晶体呈叶片状交错分布于隐晶透闪石的基质中,这种结构的软玉质地较粗。③显微纤维-叶片变晶结构:透闪石晶体呈纤维束状、团状、叶片状交错分布,软玉质地较为粗糙。

(5)中粗粒变斑晶结构:中粗粒透闪石晶体边缘较为完整,多呈四边形、菱形和不规则状,斑晶大小不等,一般在0.05~0.5 mm之间,有的可以更大。有时可见近 56° 和 124° 的完好闪石式解理。这种结构为该地区软玉的常见结构。这种粗晶透闪石的存在大大影响了软玉的质地。

(6)碎裂结构:由于矿体受到定向构造压力作用,发生碎裂,细小鳞片状或显微纤维状透闪石大致定向排列,并可见到透镜体的透闪石角砾、构造裂隙以及节理缝等,在构造裂隙中还充填有其他矿物。这是贝加尔湖地区软玉中一种较为特殊的结构,这种结构的存在,破坏了毛毡状隐晶变晶结构,不同程度的降低了该地区软玉的品质。

4 构造特征的研究

软玉的构造是指组成软玉的矿物即透闪石的矿物集合体整体的外在表现形式及其空间排列、分布状态。根据笔者对原料的肉眼观察和对薄片的显微镜下观察,发现新疆和田玉和贝加尔湖地区的软玉主要有两种构造:

(1)块状构造:这是两个地区软玉的最常见构造。玉石中不见片理、线理等方向性构造,矿物成分及结构构造比较均匀,呈致密块状。具有该种构造的软玉大多具有毛粘状显

微交织变晶结构、纤维变晶结构和片状变晶结构;

(2)片状构造:这两个地区的软玉在形成过程中均受到一定的应力作用,岩石在应力的作用下发生变形,在塑性条件下形成片状构造,主要表现为片状、柱状透闪石颗粒定向排列。这种玉石可用性较差。

5 结论

通过对新疆和田玉和俄罗斯贝加尔湖地区软玉的研究和对比,从岩石学的角度探讨了两者的区别与联系,较系统的剖析了两者的差异,从中得出以下结论:

(1)新疆和田玉和贝加尔湖地区软玉的化学成分较为相近,高含量氧化组分均为 SiO_2 、 MgO 、 CaO ,其中 $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ 值大于 0.9,属透闪石系列;

(2)新疆和田玉和贝加尔湖地区软玉主要组成矿物是透闪石,但是透闪石的含量略有不同,其中新疆和田玉中的透闪石含量约为 99%,俄罗斯贝加尔湖地区软玉中的透闪石含量约为 95%;两者的杂质矿物含量均很少,种类大体相同,略有差异:新疆和田玉中可见有榴石,贝加尔湖地区软玉中可见有石英;

(3)新疆和田玉和贝加尔湖地区软玉的主要结构虽然均为显微变晶结构,但是变晶结构的类型和所占比例有一定的差异:新疆和田玉中,毛毡状显微交织变晶结构较为常见,贝加尔湖地区软玉中,存在着一定比例的过渡结构和中粗粒变斑晶结构以及碎裂结构,从而影响了该地区软玉的品质,这也是两种软玉的主要区别,体现在外观上,新疆和田玉的品质略优于贝加尔湖地区软玉;

(4)这两个地区软玉的构造类型和特征大体相近,主要有两种构造:块状构造和片状构造,其中块状构造较为常见。

总之,两者在化学成分、主要矿物组成方面较为近似,但在主要矿物形态以及主要结构等方面有一定的差异,新疆和田玉由于毛毡状显微交织变晶结构较为发育,因而品质较优;俄罗斯贝加尔湖地区软玉主要组成矿物——透闪石的粒度稍粗,且存在着一定比例的片状变晶结构、过渡结构、中粗粒变斑晶结构以及碎裂结构,从而影响了该地区大部分软玉的品质。

参考文献

- 吴瑞华,李文文,白峰. 1999. 新疆和田玉岩石学特征及其扫描电镜研究[J]. 岩石学报, 15(4).
吴瑞华,李文文,奥岩. 1999. 新疆和田玉岩石结构及构造研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 1(1).
潘兆橧. 1984. 结晶学及矿物学(下册)[M]. 北京:地质出版社.
唐延龄,陈葆章,蒋王华. 1994. 中国和阗玉[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社.
陈曼云. 1985. 显微镜下变质矿物平衡共生及转变的研究[J]. 长春地质学院学报, (4):103~109.
贵阳地化所. 1984. 矿物 X 粉晶衍射图册[M]. 北京:地质出版社.

Petrological characteristics of Hetian jade in Xinjiang and nephrite from Baikal Lake area in Russia

WU Rui-hua¹, ZHANG Xiao-hui² and LI Wen-wen³

(1. Gemmological Institute, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Commerce School, Beijing 100016, China; 3. Beijing Commerce School of East City, Beijing 100006, China)

Abstract: The chemical composition, mineral component and structure type of Hetian jade in Xinjiang and the nephrite from Baikal Lake region in Russia are studied and compared. From the view of petrology, their distinction and similarity are summarized systematically. Their main compositions and essential minerals are similar, the main structure and appearances are different. The work are important for development and utilization of Hetian jade and the nephrite from Baikal Lake area in Russia.

Key words: Hetian jade in Xinjiang; Baikal Lake; nephrite; tremolite