

# 和田玉、玛纳斯碧玉和岫岩老玉(透闪石玉)的 X 射线粉晶衍射特征

王立本, 刘亚玲

(中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037)

**摘 要:**软玉主要是指透闪石-阳起石-铁阳起石系列中的低铁富镁端员的隐晶矿物集合体, 矿物的名称常以其  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  值来区分, 即该比值大于 0.9 时为透闪石(和田玉), 比值为 0.9~0.5 时为阳起石(玛纳斯玉)。对于产于新疆、辽宁(岫岩老玉)和青海的 17 件软玉样品进行了 X 射线粉晶衍射分析, 确定其主要矿物成分均为透闪石, 杂质矿物很少, 衍射峰位与 FeO 含量之间的关系不明显, 衍射峰形的弥散反映组成矿物的结晶程度和粒度变化。

**关键词:**和田玉; 玛纳斯玉; 岫岩老玉; 透闪石; X 射线衍射; 新疆; 辽宁; 青海

**中图分类号:** P578.955; P575.5

**文献标识码:** A

软玉是含水的钙镁硅酸盐矿物集合体, 属于角闪石族钙质闪石亚族中的透闪石-阳起石-铁阳起石系列的矿物。软玉主要是该系列中低铁富镁端员的矿物, 常以其  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  比值来区分矿物名称, 当该比值大于 0.9 时为透闪石(和田玉); 比值为 0.9~0.5 时为阳起石(玛纳斯玉), 比值小于 0.50 时为铁阳起石, 由于含铁量高, 呈深绿-黑绿色, 很少作玉石用(邹天人等, 1996)。本文对于邹天人研究员提供的产于新疆、辽宁和青海的部分软玉样品进行了 X 射线粉末衍射特征的研究。

## 1 样品概况

软玉中最主要的两个品种为和田玉(透闪石岩)和玛纳斯玉(阳起石岩)。

和田玉由透闪石隐晶质微粒矿物集合体组成, 按其颜色可分为: ①羊脂玉: 为白玉中的极品, 基本上全为隐晶质透闪石微粒矿物集合体组成, 无杂质矿物, 且其化学成分近似于透闪石的理论值  $[Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2]$ ; ②白玉: 色的白度和油性皆次于羊脂玉, 呈月白色、灰白色微显淡绿或粉色, 隐晶透闪石含 FeO 小于 0.5%; ③青白玉: 颜色介于白玉和青玉之间, 隐晶透闪石含 FeO 为 1% 左右, 质地和透明度与白玉相近; ④青玉: 淡绿至暗绿色, 除主要为透闪石外, 尚含少量杂质矿物, 隐晶透闪石含 FeO 达 1.5%~2%; ⑤黄玉: 淡黄至深黄色, 比较少见; ⑥糖玉: 指呈糖色者, 常出现于白玉和青玉中, 出现糖色利用价值增高; ⑦墨玉: 黑-墨黑色, 主要由隐晶透闪石和石墨组成, 此外含有白云母等杂质矿物(邹天人等,

1996)。本文研究的样品为除墨玉外的其余 6 种产于新疆和青海的和田玉石的 X 射线粉晶衍射特征。产于辽宁岫岩的岫岩老玉也属于透闪石玉,本文对于岫岩的 3 件玉石样品也进行了 X 射线粉晶衍射分析。上述样品的详情见表 1。单纯按照上述 FeO 的含量划分,表 1 中定名为青白玉体的玉石样品均应划为白玉的范围,而定名为青玉者则属于青白玉的范围。岫岩老玉也属于白玉的范围。

玛纳斯玉,又称玛纳斯碧玉,一般认为是由微粒阳起石矿物集合体组成,多为显微隐晶交织结构,由于其中含有一定量的  $\text{Fe}^{2+}$ ,因此常呈浅绿色到深绿色,FeO 的含量以 4%~8%居多,最高达 12%,随 FeO 的含量增加,玛纳斯玉的颜色由绿色→深绿色→黑绿色。本文所分析的碧玉样品分别产于新疆天山和田县,其  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$  值分别为 0.895 和 0.933。如仅由这一比值来判断,天山玛纳斯碧玉略小于 0.9,而和田碧玉则稍大于 0.9(表 1),后者划入青白玉-青玉似乎更为合适。

表 1 和田玉、玛纳斯玉和岫岩老玉的样品概况

Table 1 Outline of sample of Hetian jades Manasi jade and Xiuyan old jade

序号	样品编号	产地和样品名称	$w\text{W}(\text{FeO})/\%$	$\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$
1	9893	于田县阿拉玛斯白玉	0.20	0.995
2	98102	和田县羊脂玉	0.23	0.995
3	98103	于田县海尼拉白玉	0.17	0.997
4	98104	和田县黑山白玉	0.27	0.995
5	①	青海格尔木白玉	0.06	0.998
6	98113	和田县黑山青白玉	0.38	0.992
7	98105	于田县阿拉玛斯青白玉	0.38	0.991
8	98110	若羌县糖玉	0.09	0.999
9	9946	且末县青白玉	0.29	0.994
10	9896	于田县阿拉玛斯青玉	0.89	0.979
11	98117	叶城县苏格拉西沟青玉	1.00	0.977
12	98122	塔什库尔干县大同青玉	1.22	0.971
13	98108	和田县碧玉	2.85	0.933
14	98123	天山玛纳斯碧玉	4.43	0.895
15	S0-1	辽宁岫岩县白玉	0.22	0.995
16	S-10	辽宁岫岩县黄白玉	0.29	0.993
17	S-12	辽宁岫岩县黄玉	0.31	0.992

## 2 X 射线衍射分析

X 射线粉晶衍射分析是在经过升级改造的 Philips PW1700 衍射仪上进行的,实验条件为铜靶( $\lambda=1.5406\text{\AA}$ ),石墨单色器滤波,45kV,40mA,步进扫描速度为每分钟  $25^\circ(2\theta)$ ,步长  $0.05^\circ$ 。表 2 中所列的是各样品具有鉴定意义的 X 射线粉晶衍射强线的面间距值。由表 2 可见,尽管样品中 FeO 的含量各不相同,但  $d$  值的变化没有明显的规律,仅由天山玛纳斯碧玉来看,似乎 FeO 的含量增高, $d$  值有增大的趋势,衍射图谱见图 1。

由表 2 中所列的数据与国际衍射数据中心(ICDD)的标准数据(表 3)进行对比,可见所有的数据均与透闪石吻合,说明本次研究的和田玉、玛纳斯玉、岫岩老玉和格尔木白玉的矿

物组成均为透闪石,前人也曾得出类似的结果(魏元柏,1996)。由此可见,单纯根据  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  比值划分透闪石和阳起石不一定准确,尤其是对于  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  比值接近 0.9 的软玉的矿物组分的判断,应当辅之以 X 射线粉晶衍射才能准确定名。

表 2 样品的 X 射线粉晶衍射强线(序号同表 1)

Table 2 The strongest lines of XRD of the samples(the sequence numbers are same as table 1)

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d(110)(\text{\AA})$	8.26	8.34	8.34	8.34	8.38	8.38	8.38	8.38	8.34
$d(041)(\text{\AA})$	3.348	3.354	3.361	3.355	3.358	3.361	3.361	3.361	3.361
$d(\bar{2}40)(\text{\AA})$	3.247	3.252	3.252	3.252	3.258	3.258	3.264	3.252	3.258
$d(310)(\text{\AA})$	3.103	3.108	3.113	3.113	3.119	3.119	3.113	3.108	3.113
$d(151)(\text{\AA})$	2.692	2.696	2.696	2.696	2.700	2.700	2.696	2.696	2.700
$w(FeO)/\%$	0.20	0.23	0.17	0.27	0.06	0.38	0.38	0.09	0.29
序号	10	11	12	13	14	15	16	17	
$d(110)(\text{\AA})$	8.34	8.38	8.38	8.38	8.38	8.34	8.38	8.38	
$d(041)(\text{\AA})$	3.361	3.361	3.361	3.361	3.367	3.361	3.367	3.367	
$d(\bar{2}40)(\text{\AA})$	3.258	3.258	3.252	3.264	3.264	3.258	3.264	3.264	
$d(310)(\text{\AA})$	3.113	3.113	3.113	3.113	3.124	3.113	3.113	3.119	
$d(151)(\text{\AA})$	2.700	2.696	2.696	2.696	2.700	2.700	2.696	2.696	
$w(FeO)/\%$	0.29	1.00	1.22	2.85	4.43	0.22	0.29	0.31	

表 3 阳起石和透闪石的标准衍射数据

Table 3 The standard XRD data of actinolite and tremolite

ICDD-25-157, 阳起石 (Actinolite)				ICDD-13-437, 透闪石 (Tremolite)			
$Ca_2(Mg, Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$				$Ca_2(Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$			
I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
60	9.12	100	2.543	16	8.98	8	2.407
70	8.47	10	2.505	100	8.38	30	2.380
40	5.13	20	2.452	16	5.07	30	2.335
70	4.91	20	2.424	10	4.87	40	2.321
10	4.78	20	2.392	20	4.76	12	2.298
60	4.54	50	2.344	20	4.51	16	2.273
10	4.46	30	2.330	35	4.20	6	2.206
30	4.23	40	2.308	16	3.87	6	2.181
60	3.892	50	2.288	40	3.376	35	2.163
80	3.401	50	2.220	75	3.268	18	2.042
50	3.290	30	2.191	100	3.121	45	2.015
70	3.143	50	2.171	10	3.028	16	2.002
70	2.959	20	2.159	40	2.938	6	1.963
30	2.823	20	2.139	45	2.805	6	1.929
40	2.744	60	2.051	16	2.730	50	1.892
100	2.719	60	2.022	90	2.705	16	1.864
60	2.644	30	2.008	30	2.592	16	1.814
30	2.568	30	1.971	40	2.529	6	1.746

$SiO_2$  55.02,  $Al_2O_3$  2.75,  $Fe_2O_3$  1.33,  $FeO$  3.94,  $MgO$

21.76,  $CaO$  12.24,  $H_2O^+$  2.45;  $a = 9.884\text{\AA}$ ,  $b =$

$18.145\text{\AA}$ ,  $c = 5.294\text{\AA}$ ,  $\beta = 104.70^\circ$

$a = 9.84\text{\AA}$ ,  $b = 18.02\text{\AA}$ ,  $c = 5.27\text{\AA}$ ,  $\beta = 104.9^\circ$

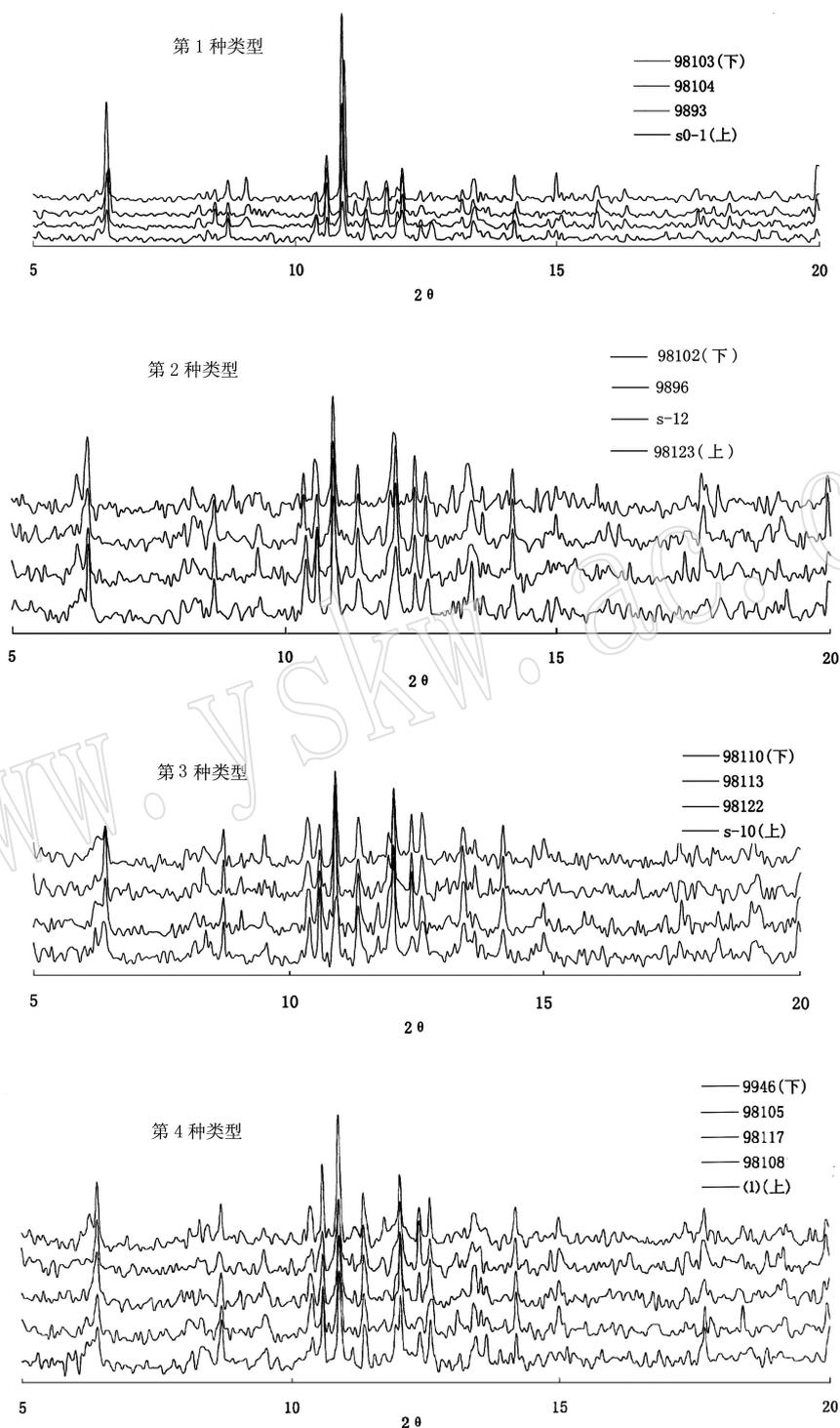


图1 X射线粉晶衍射图

Fig. 1 XRD patterns of samples

由图 1 可见,以衍射强度和峰形特征可以区分出以下 4 种类型:

第 1 种类型:结晶程度好,反映在峰强度较强,峰形尖锐,对称性好,表明矿物的粒度相对较大,矿物成分很纯。属于该类型的样品有:和田县黑山白玉、于田县阿拉玛斯白玉、于田县海尼拉白玉和辽宁岫岩县白玉(图 1-1)。采用 WINCELL 软件计算了黑山白玉、阿拉玛斯白玉和岫岩白玉的晶胞参数(表 4),结果与透闪石的标准数据(表 3)相当接近。

第 2 种类型:结晶程度中等,峰强度较弱,峰形较尖锐,对称性略差,结晶粒度较细。属于该类型的样品有:和田县黑山青白玉、塔什库尔干县大同青玉、若羌县糖玉和辽宁岫岩县黄白玉(图 1-2)。以上两类样品的  $d(020)$ (8.79~8.93Å)均较尖锐。

表 4 部分白玉样品的计算晶胞参数

Table 4 The calculated lattice parameters for part of the white jade samples

样品编号	98104	9893	S0-1
$a(\text{Å})$	9.797(11)	9.818(17)	9.829(7)
$b(\text{Å})$	17.96(3)	17.93(4)	17.97(3)
$c(\text{Å})$	5.24(1)	5.26(1)	5.263(7)
$\beta(^{\circ})$	104.4(1)	104.9(2)	104.8(1)

第 3 种类型:结晶程度较差,峰强度较弱,峰形一般较尖锐,对称性相对更差,结晶粒度较细。属于该类型的样品有:和田县羊脂玉、于田县阿拉玛斯青玉、天山玛纳斯玉和辽宁岫岩县黄玉。这类样品的  $d(020)$ 峰开始发生弥散(图 1-3)。

第 4 种类型:结晶程度最差,峰强度弱,峰形一般尚尖锐,但对对称性相对最差,结晶粒度较细。属于该类型的样品有:且末县青白玉、于田县阿拉玛斯青白玉、叶城县苏格拉西沟青玉、和田县碧玉和青海格尔木白玉。这类样品的  $d(020)$ 峰强烈弥散(图 1-4)。

### 3 结 论

对产于新疆、辽宁和青海的 17 件软玉样品的 X 射线粉晶衍射分析结果表明:

(1) 所有样品均主要由透闪石组成,这表明单纯根据  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  比值所确定的矿物组成与衍射定性分析鉴定结果间存在着差异,化学组成结合衍射分析才能确切定出软玉的组成矿物名称。

(2) 实验所得的面间距值与透闪石中 FeO 的含量(在小于 5% 的范围内)二者之间没有明显的相关关系,但 FeO 的含量较高时,面间距值有增大的趋势。

(3) 17 件样品的 X 射线粉晶衍射谱的峰形特征可以区分出 4 种类型,不同类型对应组成矿物(透闪石)的结晶程度和结晶粒度的差异,主要反映在衍射峰的尖锐程度、峰强度、峰形的对称和弥散等。本文仅就目前的工作对于不同类型的衍射谱进行了定性的解释,粒度分布和结晶度的定量解释尚有待于进一步的详细工作。

## 参考文献

International Centre for Diffraction Data. 1986. Mineral Powder Diffraction File(Data Book) [M].

魏元柏. 1996. 几种软玉的矿物学特征[J]. 矿床地质, 15 卷(增刊):94~95.

邹天人,郭立鹤,於晓晋. 1996. 中国主要玉石类型和产地[J]. 矿床地质, 15 卷(增刊):79~92.

# The X-ray powder diffraction feature of Hetian jade, Manasi green jade and Xiuyan old jade(tremolite jade)

WANG Li-ben and LIU Ya-ling

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** Nephrite is used to be considered as aphanitic mineral aggregate which belongs to Fe-poor and Mg-rich member of actinolite-tremolite series. Usually, the mineral names (tremolite and actinolite) are distinguished on the basis of  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  ratio( 0.9 to be considered as the boundary). 17 samples of Hetian jade, Manasi green jade and Xiuyan old jade which come from Xinjiang, Liaoning and Qinghai have been investigated by means of XRD. The results show that all the samples are almost totally composed of tremolite, very few impurity can be found. No distinct relationship between peak positions and FeO contents can be determined. The diffusion of the peak shape probably indicates the variation of crystallinity and grain size of the mineral composition.

**Key words:** Hetian jade; Manasi green jade; Xiuyan old jade; XRD; tremolite; Xinjiang; Liaoning; Qinghai