

玛纳斯碧玉的宝石学研究

孙丽华, 于方, 王时麒

(北大宝石鉴定中心, 北京 100871)

摘要: 采用薄片观察、电子探针、红外光谱等测试手段, 对玛纳斯碧玉的各品种进行了矿物学、宝石学、谱学特征和化学成分的研究。结果显示, 玛纳斯碧玉的主要矿物组成为透闪石-阳起石, 其中翠绿色点状物“翠花”是由于早期阳起石而形成。玛纳斯碧玉的物质组成特征显示其为超基性岩蚀变而成。

关键词: 玛纳斯碧玉; 品种; 宝石学研究; 翠花

中图分类号: P619.28⁺3; P579

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)S0-0033-06

Gemological research on Manasi green jade

SUN Li-hua, YU Fang and WANG Shi-qi

(Gems Appraisal Center of Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Mineralogical, gemological and spectral characteristics and chemical constituents of all kinds of green Manasi nephrite were studied by using slice observation, electron microprobe analysis and infrared spectra. The results indicate that the main mineral components are tremolite and actinolite and that the emerald green spotted structure “Cuihua” of Manasi green jade is formed from early actinolite. The material composition features indicate that green Manasi nephrite is a product of the alteration of ultrabasic rock.

Key words: Manasi green jade; variety; gemological research; “Cuihua”

玛纳斯碧玉开采历史悠久,早在明朝就得到了大规模的开采,乾隆年间曾在玛纳斯设立官办绿玉厂,现今故宫博物院内还有不少玛纳斯碧玉作品。在乾隆五十四年下令封闭停采,1973年才重新找到这个玉矿并设厂开采。玛纳斯碧玉在20世纪70~80年代初期需求较大,年开采量几十吨甚至上百吨,90年代后期产量逐步下降,后由于市场需求不旺而停产。近年来随着我国经济的发展,对各类玉石的需求增大,玛纳斯碧玉又重新发展起来,其中不乏品质优良、色彩浓郁的精品(图1)。

资料显示,前人对于玛纳斯碧玉的研究较少,一般仅限于与和田玉、岫岩老玉的对比研究等,缺乏对玛纳斯碧玉的深入研究,为此,我们从玛纳斯碧玉中选取不同品种的样品,进行了矿物成分、物理性质、

化学成分等的系统研究。

1 矿区地质背景

玛纳斯碧玉矿区位于玛纳斯县城南约120 km处。近似东西走向(略偏南东向)的华力西中期超基性岩带西起玛河河岸的吉浪德,东至库普依达腊,南北出露约2~3 km,东西延长近30 km,碧玉矿体即赋存于该岩带内。

玛纳斯碧玉矿分为原生矿和砂矿,后者产于河流中。原生矿床属于软玉矿床中的超镁铁蚀变岩型,与新西兰、俄罗斯、加拿大的碧玉矿为同一类型。此矿床分布于北天山依连哈比尔尕晚古生代构造带内,主要为泥盆纪和石炭纪的火山岩建造和碎屑岩



图1 玛纳斯碧玉

Fig. 1 Manasi green jade

建造。带内有石炭纪蛇绿岩建造,其底部为变质橄榄岩,中部为层状辉长岩,上部为玄武岩与硅质岩互层。蛇绿岩带呈东西向沿断裂带分布,长280 km,断续有27个镁铁-超镁铁岩群,有岩体上百个,岩体一般规模不大,面积多为1~2 km²,总面积37 km²。含矿地段长约70 km,有北、中、南3个亚带。含玉的超镁铁岩主要是斜辉辉橄岩。区域内已知玛纳斯碧玉矿区5处,包括乌苏县的夏尔萨拉、沙湾县的拜辛德、玛纳斯县的小吉尔恰依、黄台子(萨热塔克萨依)、清水河子等,其中后两者被认为有较大价值。矿体多产于超镁铁岩(蚀变为蛇纹岩)与围岩(火山岩或火山碎屑岩)的接触带上,围岩有的在超镁铁岩体内为捕虏体。矿体为脉状、楔状、透镜状,一般规模不大,长几米到十几米,宽多不到1 m(唐延龄等,2002)(图2)。

2 玛纳斯碧玉的宝玉石学特征研究。

2.1 物理性质

采集的玛纳斯碧玉样品呈青绿色、暗绿色、墨绿色、黑绿色等颜色,大多色调不均匀且带灰色,可见黑色斑点,不透明-微透明,玻璃光泽。

按其颜色、是否含有“翠花”(当地人对于玛纳斯碧玉上的翠绿色点状物的俗称)等特征(表1)大致分为5个品种(图3),分别对其进行宝玉石学研究。实测折射率为1.611~1.630,实测相对密度为2.84~

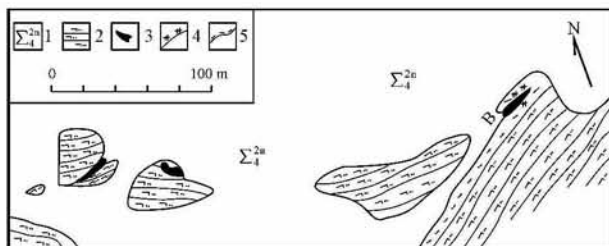


图2 玛纳斯碧玉矿体分布略图(据杨翰成等,1986)

Fig. 2 Distribution of Manasi green jade ore body (from Yang Hancheng et al., 1986)

1—超基性岩; 2—细碧岩凝灰岩; 3—碧玉矿体;
4—绿泥石透闪石化; 5—透辉石化

1—ultrabasic rock; 2—spilite-limestone; 3—green jade ore body;
4—chlorite-tremolite; 5—diopside

2.99。其中样品4因含其他矿物,相对密度偏低,部分位置的折射率可测到1.54~1.55。

2.2 矿物组成、结构

对不同品种的玛纳斯碧玉样品,采用薄片分析、电子探针、X射线粉末衍射和红外光谱分析等方法进行研究。

2.2.1 薄片分析

选取玛纳斯碧玉的5个品种切磨薄片,在Nikon ECLIPSE LV100POL偏光显微镜下对其进行了观察,各品种的矿物组成特点如下:

品种1、2、4和5,单偏光下无色,分布有少量红色、黑色矿物;在正交偏光下可见基本上为闪石类矿物和少量黑色矿物。闪石类矿物,形态呈毛毡状、纤维状、针柱状,中正突起,正交偏光下多为一级黄和二级蓝绿干涉色。其他少量矿物有绿泥石(图4a)、石英脉(图4b)、铬铁矿(图4c)、辉石(图4d)、黄铁矿(图4e)等(潘兆橹等,1984)。其中,前期的闪石由于被后期的闪石交代后呈团块状,形成了玛纳斯碧玉上的翠绿色斑点——“翠花”(图4f)。前期的闪石主要呈毛毡状,粒度约2~10 μm;后期的闪石呈毛毡状、纤维状、针柱状,粒度约为50~200 μm,前期的闪石比后期的闪石细腻。

品种4主要为闪石类矿物和少量红色、橙红色矿物,并含有石英,这与它的密度偏小(2.84 g/cm³)相一致。薄片下观察闪石呈毛毡状等,约占90%,石英呈粒状,粒度约为0.2~1 mm,约占10%。石英呈脉状分布,其中穿插细小的晚期闪石脉(图4b)。

2.2.2 电子探针分析

由北京大学地球与空间科学学院电子探针实验室采用JXA-8100电子探针对样品进行了分析。分

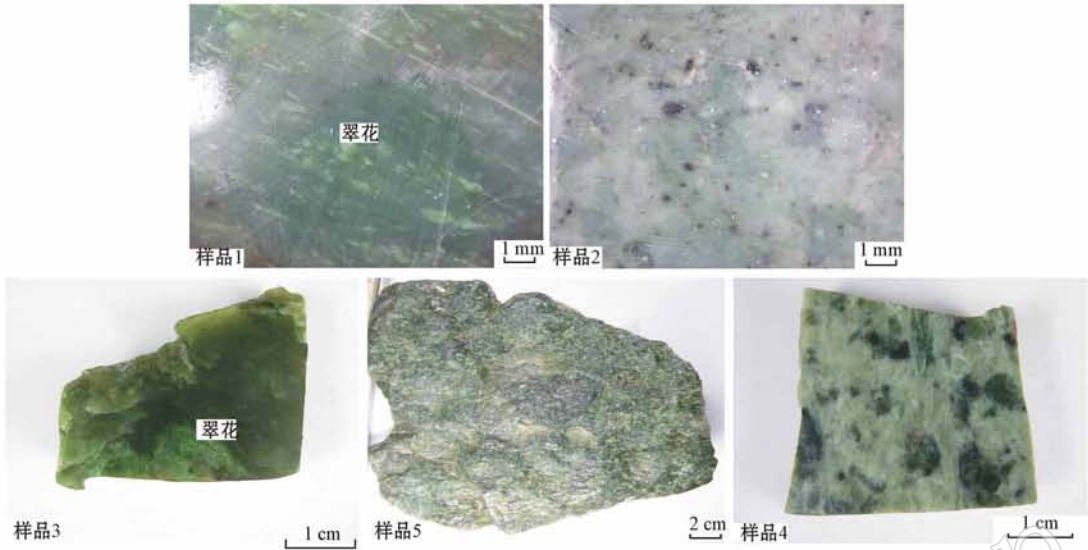


图 3 不同品种的玛纳斯碧玉
Fig. 3 Varieties of Manasi green jade

表 1 不同品种玛纳斯碧玉的宝石学特征
Table 1 Gemological characteristics of various kinds of Manasi green jade

样品号	颜色特点	折射率	相对密度
样品 1	墨绿色(带黑点、翠花)	1.617~1.630	2.985
样品 2	灰绿色(带黑点)	1.618~1.625	2.916
样品 3	墨绿色(带黑点、大翠花)	1.619~1.622	2.99
样品 4	灰白色、灰绿色(带黑点)	1.611~1.620 局部 1.540~1.550	2.84
样品 5	暗绿色(带黑点)	1.612~1.627	2.99

析条件:加速电压为 15 kV;束流为 1×10^{-8} A;束斑为 $1 \mu\text{m}$;修正方法为 PRZ;标准样品为美国 SPI 公司的 53 种矿物。结果见表 2,并应用 Minpet 2.02 软件对角闪石进行了种属划分(Leake, 1997)。

为分析玛纳斯碧玉上的翠绿色斑点——“翠花”的成分,采用光片打点的方法,对“翠花”(G1-1、G4-1.1)进行电子探针分析,结果显示其为阳起石,与其翠绿色的颜色相一致。

2.2.3 红外光谱分析

采用德国布鲁克光谱仪器公司生产的 Tensor 27 型傅里叶变换红外光谱仪,选取样品做红外光谱分析。

红外光谱分析对于测定多矿物的玉石具有很大的局限性,同一块玉石上不同部位的矿物成分不同,反射光谱图也不同。因此选取矿物成分较单一的品种 1、2、3 和 5 做反射光谱分析,谱图与闪石的特征谱图基本一致(图 5)。

2.2.4 X 射线衍射分析

采用北京大学的 BD-86 型 X 射线粉末衍射仪对

矿物组成有差异的样品 3 和 4 进行物相分析对结果进行分析表明,样品 3 的矿物组成为阳起石;样品 4 的矿物组成为阳起石、石英和绿泥石等。这与薄片观察、电子探针和红外光谱的分析结果相一致。

2.3 化学成分

对矿物组成单一的品种 1、2、3、5 进行了主要化学成分、微量元素成分和稀土元素成分的分析。

2.3.1 主要化学成分

采用美国产 ARL ADVANTXP⁺ 型扫描型波长色散 X 射线荧光光谱仪分析了玛纳斯碧玉样品的主要化学成分,其结果见表 3。从表 3 中可知,玛纳斯碧玉样品的主要化学成分为 SiO_2 、 MgO 和 CaO ,符合一般钙质闪石类矿物的基本组成。 Fe 的质量分数较高,与和田碧玉相一致(王时麒等,2008)。

2.3.2 微量元素成分

采用英国 VG 公司产 VG AXIOM 型高分辨多接收器等离子质谱仪测试了玛纳斯碧玉样品的微量元素成分,其结果见表 4。从表 4 中可知,样品中大

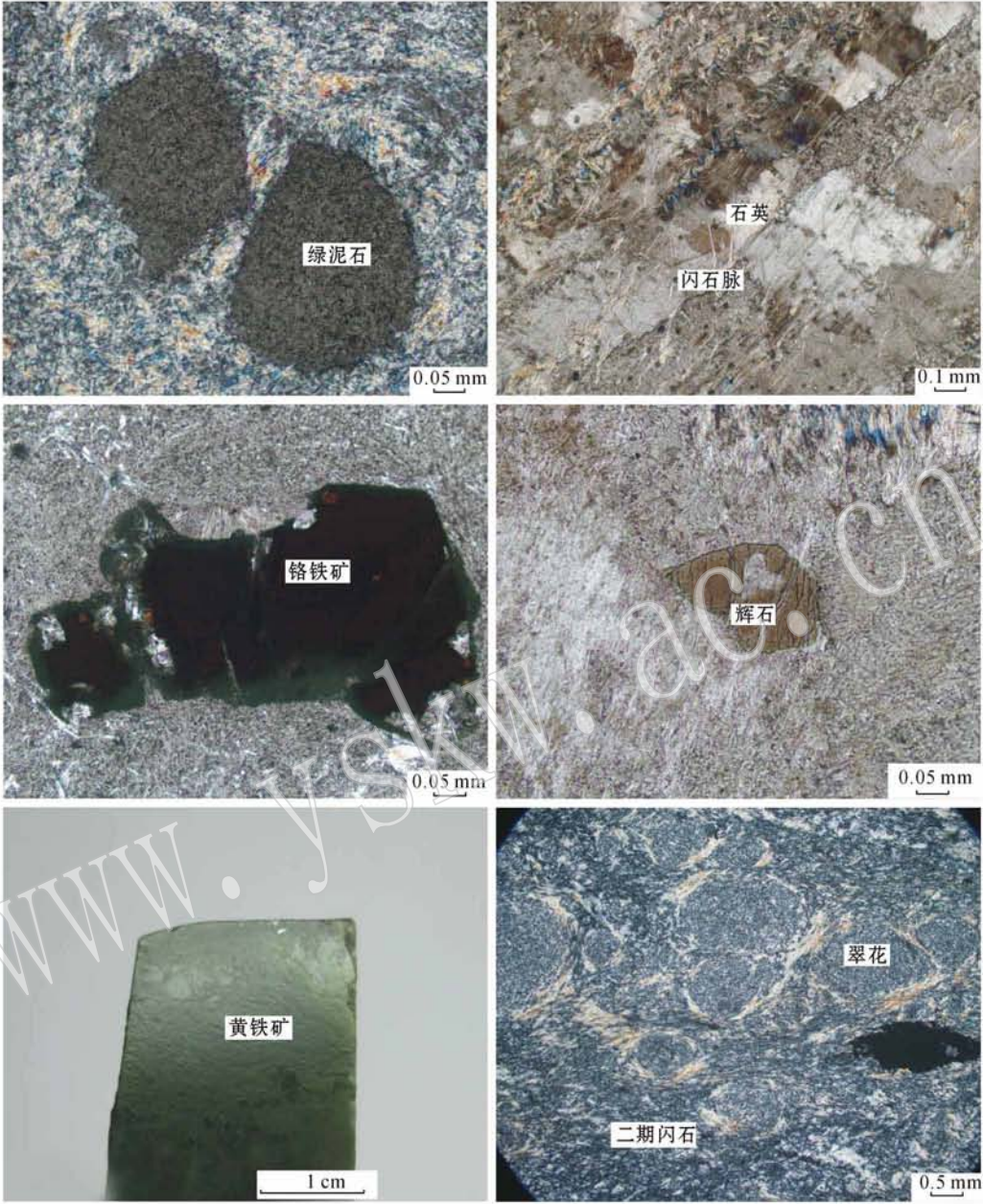


图 4 玛纳斯碧玉样品的显微照片

Fig. 4 Microphotographs of Manasi green jade

a—绿泥石蚀变; b—石英脉; c—铬铁矿; d—辉石; e—黄铁矿; f—角闪石

a—altered chlorite; b—quartz vein; c—chromite; d—pyroxene; e—pyrite; f—hornblende

多数微量元素的质量分数与和田白玉、青白玉和青玉样品的相近,但 Cr、Ni 和 Co 的质量分数则明显地高,具有明显的差异,与和田碧玉样品的相同。这表明玛纳斯碧玉与和田碧玉有相同的成因。

2.3.3 稀土元素成分

采用英国 VG 公司产 VG AXIOM 型仪器测试了玛纳斯碧玉的稀土元素成分,其结果见表 5,其稀

土元素配分模式见图6。从图6和表5可知,样品 1、3 和 5 的稀土元素配分模式为轻稀土元素富集型,重稀土元素平坦,或有或无 Eu 负异常,与和田碧玉的相同。样品 2 为轻稀土元素和重稀土元素富集型,有 Eu 负异常,与其他的玛纳斯碧玉样品及和田碧玉不同,原因有待于深入研究。

表 2 样品的电子探针定量分析结果

Table 2 Electron microprobe quantitative analyses of samples

$w_B/\%$

编号	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Cr ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	FeO	NiO	总量	矿物名称
1-1	0.03	0.10	10.48	57.71	0.07	0.08	11.86	0.38	0.06	20.34	0.03	101.13	镁铁-铬铁矿
1-2	0.02	0.10	21.68	0.11	12.50	55.87	0.85	0.08	0.00	4.53	0.28	96.02	阳起石
1-3	0.02	0.03	21.27	0.00	12.71	57.13	0.29	0.13	0.02	4.82	0.14	96.57	阳起石
G1-1	0.01	0.05	20.82	0.12	12.91	57.33	0.39	0.08	0.00	5.57	0.20	97.47	阳起石
G1-2	0.05	0.03	22.02	0.02	13.00	57.21	0.42	0.06	0.00	3.73	0.40	96.94	透闪石
G1-4	0.00	0.00	11.15	58.72	0.04	0.08	12.08	0.32	0.04	18.00	0.10	100.53	镁铁-铬铁矿
2-1	0.02	0.11	28.06	0.52	0.11	31.29	15.74	0.08	0.01	9.91	0.34	86.20	绿泥石
2-2	0.02	0.01	27.22	0.31	0.08	31.53	16.82	0.13	0.00	10.03	0.29	86.44	绿泥石
3-1	/	0.07	12.78	41.42	0.22	0.04	27.34	/	/	16.82	0.03	98.72	铝-镁铁铬铁矿
3-2	0.01	0.02	13.22	41.01	0.16	0.03	27.20	/	0.06	16.67	0.06	98.43	铝-镁铁铬铁矿
3-5	0.04	0.09	20.70	0.13	12.76	58.58	0.49	0.08	/	4.32	0.15	97.36	阳起石
3-6	/	0.03	21.24	/	12.85	58.38	0.06	0.03	/	4.03	0.12	96.75	透闪石
3-7	0.02	0.04	21.11	0.03	12.89	58.14	0.05	0.05	/	3.62	0.13	96.07	透闪石
3a-1	0.01	0.07	22.20	/	12.97	59.12	0.09	0.08	/	4.55	0.11	99.26	阳起石
3a-2	0.02	0.05	22.28	0.13	12.81	57.74	0.30	0.05	/	4.53	0.16	98.06	阳起石
3a-3	0.02	0.07	22.37	0.26	12.78	57.91	0.37	0.06	/	4.35	0.19	98.40	阳起石
G3-3.1	0.12	0.37	21.65	0.04	12.88	56.98	0.19	0.10	0.00	4.12	0.21	96.66	透闪石
G3-4.1	0.00	0.00	21.75	0.00	12.96	57.38	0.13	0.08	0.03	4.36	0.17	96.85	阳起石
G3-2.1	0.01	0.06	21.60	0.11	12.76	57.33	0.27	0.05	0.00	3.81	0.17	96.18	透闪石
G3-1.1	0.00	0.04	10.25	58.18	0.07	0.14	11.31	0.34	0.05	19.21	0.05	99.64	透辉石
4-1	0.04	0.04	0.02	/	0.02	99.43	/	/	/	0.04	/	99.61	石英
4-2	0.02	0.09	18.74	0.04	12.17	60.11	0.51	0.08	/	6.69	0.10	98.54	阳起石
4-3	/	0.08	20.12	0.08	11.73	56.94	1.11	0.21	/	6.96	0.12	97.38	阳起石
4-4	0.01	0.08	21.78	0.05	11.33	58.80	0.59	0.09	/	4.39	0.15	97.30	阳起石
4-5	0.01	0.11	18.71	0.86	21.00	55.05	1.86	0.04	/	2.41	0.03	100.09	透辉石
4-6	/	/	28.41	0.29	0.36	32.04	18.59	0.12	0.02	7.92	0.40	88.17	绿泥石
G4-1.1	0.03	0.02	18.04	0.01	12.56	55.87	0.40	0.18	0.00	9.38	0.08	96.57	阳闪石
G4-1.2	0.04	0.05	21.32	0.02	12.54	56.63	0.47	0.18	0.03	4.88	0.14	96.30	透闪石
G4-2.1	0.02	0.14	19.10	0.29	12.99	56.33	0.43	0.30	0.00	7.27	0.04	96.91	阳起石
5-1	0.01	0.00	22.71	0.05	13.36	56.62	0.10	0.08	0.00	3.77	0.04	96.74	透闪石

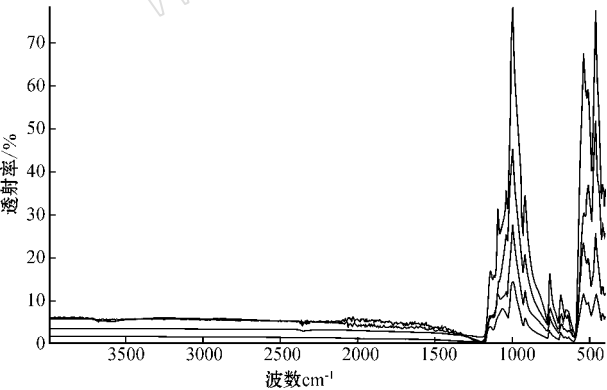


图 5 样品 1、2、3 和 5 自上而下 的红外光谱

Fig. 5 Infrared spectra of samples 1 , 2 , 3 , 5

3 结论

(1)按颜色的不同以及是否含有“翠花”等特征可将玛纳斯碧玉大致分为 5 个品种。采用薄片分析、电子探针、X射线粉末衍射和红外光谱等分析方

法对这 5 个品种进行研究,结果表明品种 1、2、3 和 5 虽然颜色有差异,呈墨绿色、灰绿色等,但主要矿物成分均为透闪石-阳起石。品种 4 的主要矿物成分为角闪石,并含有少量石英,与其密度偏小(2.84 g/cm³)相一致。综合薄片观察、电子探针和红外光谱得出,样品中浅灰绿色部分和暗绿色部分均为角闪石,石英呈白色脉状分布。从薄片观察可知,角闪石约 90%,石英约占 10%,仍可归为玛纳斯碧玉。

(2)由薄片观察可知,翠绿色点状物“翠花”为前期闪石被后期闪石交代后而形成团块状,前期闪石粒度约为 2~10 μm,后期闪石粒度约为 50~200 μm,前期闪石比后期闪石更为细腻。经电子探针分析“翠花”为阳起石,样品中其他部分的闪石为透闪石-阳起石,这与手标本中“翠花”呈鲜艳的翠绿色相一致。此种“翠花”在俄罗斯碧玉中也存在,因此不具有产地意义。

(3)本文研究结果显示,玛纳斯碧玉由超基性岩蚀变而成,与和田碧玉、加拿大碧玉、新西兰碧玉、

表 3 玛纳斯碧玉的主要化学成分分析结果

$w_B/\%$

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	Total
1	54.55	1.54	4.48	11.14	24.75	0.04	0.05	0.065	0.006	0.005	2.88	99.51
2	46.12	7.70	5.53	7.50	26.34	0.02	<0.01	0.111	0.011	0.017	6.14	99.49
3	55.94	0.48	3.53	11.72	25.17	0.02	0.02	0.048	<0.001	0.006	2.74	99.67
5	55.82	0.37	3.32	11.73	25.46	0.01	<0.01	0.007	<0.001	0.016	2.88	99.61

表 4 玛纳斯碧玉样品的微量元素分析结果

$w_B/10^{-6}$

样品号	Li	Be	P	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr
1	7.62	0.65	9.94	7.47	50.54	28.37	2 305	582	83.78	1 674	2.76	55.58	4.97	3.22	40.78
2	22.51	0.30	50.09	5.38	94.10	23.18	2 189	963	81.79	1 726	5.06	134.6	12.51	1.22	10.18
3	2.65	0.52	5.75	4.50	10.26	15.94	1 315	426	57.80	1 230	2.51	80.24	1.88	0.52	27.25
5	3.39	0.08	48.91	4.29	43.15	19.99	1 430	631	48.03	1 008	4.16	19.14	0.55	0.59	11.34
样品号	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Th	U
1	0.566	3.286	0.209	0.687	0.073	0.275	0.778	3.685	0.067	0.016	0.148	0.018	2.365	0.171	0.049
2	3.195	5.198	0.124	0.745	0.043	0.205	2.206	1.002	0.141	0.008	0.059	0.005	1.946	0.108	0.065
3	0.032	0.466	0.027	0.508	0.080	0.321	0.355	7.854	0.006	0.001	0.024	0.002	2.217	0.015	0.001
5	0.358	2.854	0.139	0.591	0.027	0.134	0.208	1.086	0.063	0.014	0.026	0.007	5.361	0.073	0.098

表 5 玛纳斯碧玉样品的稀土元素分析结果

$w_B/10^{-6}$

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	0.298	0.598	0.069	0.249	0.066	0.014	0.069	0.013	0.082	0.018	0.049	0.008	0.054	0.009
2	0.436	1.032	0.150	0.761	0.245	0.026	0.293	0.056	0.444	0.103	0.304	0.055	0.385	0.069
3	0.046	0.088	0.011	0.043	0.012	0.002	0.012	0.002	0.014	0.003	0.008	0.001	0.007	0.001
5	0.161	0.331	0.042	0.167	0.045	0.010	0.054	0.009	0.061	0.013	0.039	0.006	0.039	0.006

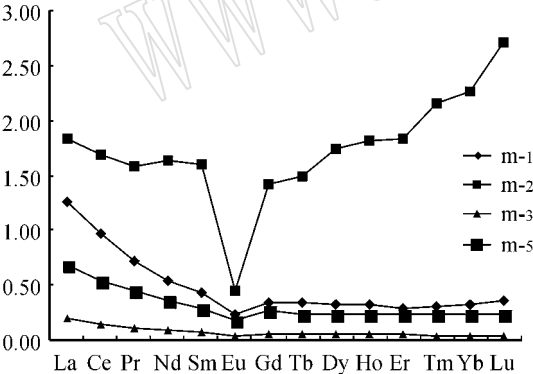


图 6 样品的稀土元素配分模式图

Fig. 6 Rare earth element assemblage diagram of samples

台湾花蓮玉成因相同。

(4)主要化学成分和微量元素分析结果表明,玛纳斯碧玉样品 1、3 和 5 的稀土元素配分模式为轻稀土元素富集型,重稀土元素平坦,与和田碧玉样品的基本相同,但样品 2 的稀土配分模式为轻稀土元素和重稀土元素富集型,与其他的玛纳斯碧玉样品及和田碧玉样品不一致,表明玛纳斯碧玉成矿物质来源复杂,原因有待于进一步探讨。

References

Leake B E. 1997. Nomenclature of amphiboles[J]. The Canadian Mineralogist , 35 : 219 ~ 246.

Pan Zhaolu, Wang Pu and Weng Lingbao. 1984. Systematic Mineralogy [M]. Beijing : Geological Publishing House(in Chinese).

Tang Yanling, Liu Dequan and Zhou Ruhong. 2002 , Geological characteristics of Manasi green jade in Xinjiang[J]. Acta Petrologica et Mineralogica , 21(Suppl.): 22 ~ 25(in Chinese).

Wang Shiqi and Yuan Xuemei. 2008. Characteristics of material compositions and geological origin of green Hetian nephrite[J]. Journal of Gems and Gemmology , 10(3): 4 ~ 7(in Chinese).

Yang Hancheng and Yi Xianrui. 1986. Xinjiang 's Gems and Jades[M]. Xinjiang People 's Publishing House(in Chinese).

附中中文参考文献

潘兆橹,王濮,翁玲宝. 1984. 系统矿物学(中册)[M]. 北京:地质出版社,

唐延龄,刘德权,周汝洪. 2002. 新疆玛纳斯碧玉的成矿地质特征[J]. 岩石矿物学杂志, 21(增刊): 22~25

王时麒,员雪梅. 2008. 和田碧玉的物质组成特征及其地质成因[J]. 宝石和宝石学杂志, 10(3): 4~7.

杨翰成,易先瑞. 1986. 新疆宝石和玉石[M]. 新疆人民出版社.