

翡翠的电子探针分析

陈克樵

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

电子探针是大型精密物理分析测试仪器, 它具有物体表面形态分析、物质组分及百分含量测定的功能。它对元素分析范围广 (除元素周期表上前 4 种元素不能分析外, 其它元素均能分析), 而且还能达到微区、微量、无损和快速的目的。因此, 电子探针特别适合于宝玉石的鉴别。

翡翠属硬玉矿物, 是钠铝辉石 (化学式为 $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$) 细小晶粒的致密集合体。往往不同程度地含有其它种类辉石 (如透辉石、钙铁辉石)、钠长石、霓石、蓝闪石、阳起石、石英等杂质矿物。它与钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿和金绿宝石 (变石) 组成六大名贵宝石。

翡翠的鉴别是宝石鉴别中比较困难的一类宝石鉴别, 即使有经验的宝石鉴定人员, 也很难有十拿九稳的把握。因为, 就颜色而言, 翡翠有多种颜色; 根据优化的方法不同, 可分为 B 货、C 货; 组分中 Ca^{2+} 离子替代 Na^+ 离子, 成为主要成分时, 通常叫油青种。

1 不同颜色的翡翠鉴别

翡翠的颜色种类很多, 通常有绿色、黄色、褐色、紫色、红色、蓝色、灰色、白色和黑色以及它们之间的过渡色。最常见而廉价的是白色。翡翠的颜色主要受组分中的微量元素种类、含量和元素的价态的影响。淡黄色翡翠、翠绿色翡翠组分能谱分析结果见图 1、2。各种颜色翡翠组分电子探针波谱定量鉴别结果见表 1^[1]。

2 A、B、C 货翡翠的鉴别

要区分翡翠的 A、B、C 货, 首先得介绍翡翠 A、B、C 货的定义和优化处理方法。

A 货翡翠是指翡翠原石或成品, 只经过琢磨加工, 未做任何人工优化、染色处理, 未改变原有的成分和结构等物化性质; B 货翡翠是指有较好的颜色 (绿色) 的中档翡翠原石或成品, 由于表面存在黄、灰、黑等杂色斑点或微细脉, 经过硫酸、盐酸等强酸处理后, 去除杂质物质, 增加了透明度, 使颜色显得更加纯正, 然后, 用高分子材料充填被溶蚀后的小坑和细脉; C 货翡翠是指无色、浅绿色或色不正的翡翠, 经染料 (有机染料、无机染料或两者混合染料) 染色处理而成。

表 1 翡翠组分电子探针定量鉴别结果 (%)

化学成分	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	Σ
绿翡翠 (透明)	12.75	1.22	22.73	59.62	—	1.67	—	0.92	0.51	0.48	—	99.90
翠绿色翡翠 (半透明)	12.94	0.00	22.52	59.80	0.15	2.81	0.14	0.68	0.00	0.92	0.07	100.03
白色翡翠 (瓷砖状)	14.71	0.22	23.88	59.15	0.13	0.51	0.09	0.18	0.00	0.08	0.00	98.95
淡黄色翡翠 (半透明)	13.70	0.03	22.88	60.02	0.16	1.60	0.01	0.21	0.00	0.00	0.00	98.61
红色翡翠	13.80	0.13	24.42	59.50	—	0.83	—	0.57	—	1.57	—	100.82

电子探针分析工作条件: 加速电压 15kV, 束流 $20 \times 10^{-5} \text{A}$ 测量时间 10s

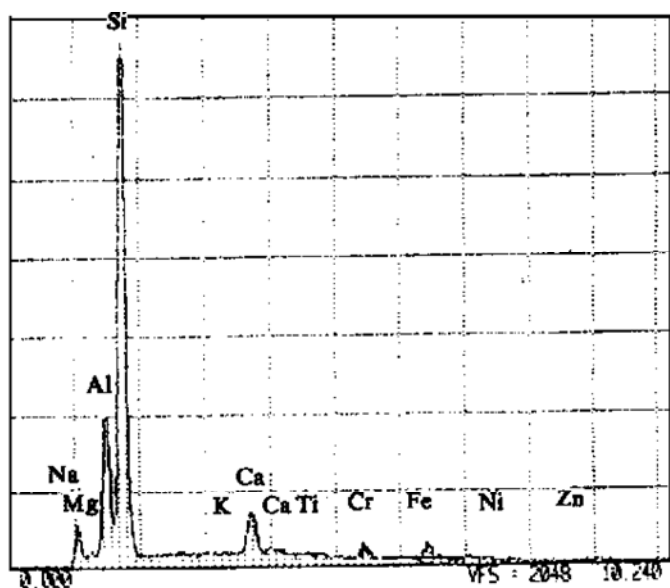


图1 淡黄色翡翠组分能谱图

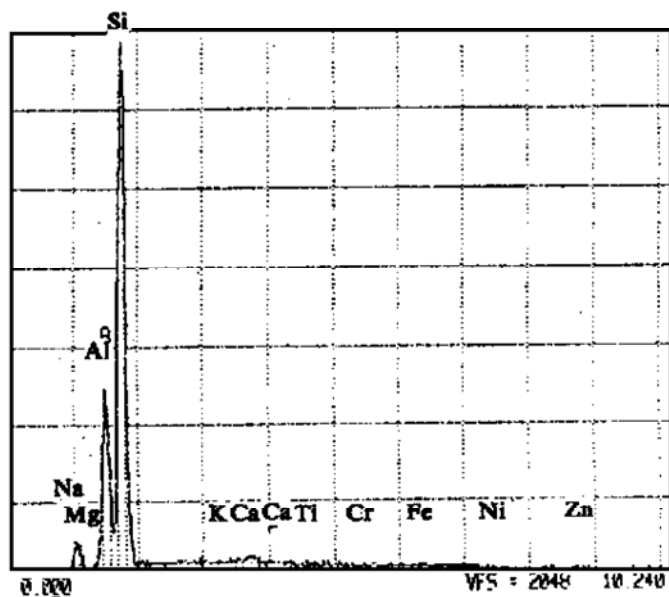


图2 翠绿色翡翠组分能谱图

翡翠的A、B、C货需要快速、准确的鉴别，采用电子探针能谱分析，是非常有效的。A货翡翠，由于未做任何优化、染色处理，所以能谱图（工作条件同表1的表注）是很标准的（图2）。对于B、C货翡翠能谱图的本底形状特征加以区分：B货翡翠的能谱图特征为，组成元素谱线，除常量元素Na、Ca、Al、Si和微量元素Fe、Mg、Cr、Ti、Ni的谱线外，常常会出现硫（S）和氯（Cl）的谱线。这是因为，经酸处理后，硫酸、盐酸在翡翠表面残留物所引起的。另外，B货翡翠表面曾用有机高分子材料作过处理，所以在能谱图上也有反映（通常表现为，谱图的本底比正常的翡翠本底高）。C货翡翠，由于经过有机、无机染料的染色处理，所以能谱图上出现的Fe、Ni、Ti等元素谱线往往比A、B货翡翠都高，而且能谱图的本底很高（鼓起一个大鼓包），在同样的仪器工作条件下，元素谱线的峰值明显低于正常的翡翠（表2）。

3 翡翠“亚种”——油青的鉴别

油青种是翡翠产地——缅甸和我国宝玉石边贸重镇——瑞丽一带常见的称呼。一般宝玉石专著未作专门介绍，它指的是油青色（浅暗灰绿色，带青色）玻璃种翡翠。一般情况下，这种翡翠大部分颜色不均匀，内部常常有深灰绿色的不规则形态云雾和条带。这种被称作油青

表2 A、B、C货翡翠能谱谱线特征

分类	染色前翡翠成分	染色后的翡翠成分	谱线特征
A货	Na, Ca, Al, Si, Fe, Cr, Mg	Na, Ca, Al, Si, Mg, Fe, Cr	本底很低
B货	Na, Ca, Al, Si, Fe, Cr, Mg	Na, Ca, Al, Si, Mg, Fe, Cr, S, Cl	本底较高
C货	Na, Ca, Al, Si, Fe, Cr	Na, Ca, Al, Si	本底很高（成鼓包），元素峰较低

种翡翠，与正常翡翠的物化性质有何区别？研究表明主要区别在于矿物的组分和元素含量的

差别。除颜色单一外, 其它物理性质与正常翡翠大同小异。

翡翠为硬玉矿物的集合体, 矿物的化学式及百分含量见表1。矿物的化学式为: $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, 通常成分中含有少量的 Ca^{2+} (替代 Na^+) 和 Mg 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} (替代 Al^{3+})。油青种电子探针波谱定量分析结果(%)为: Na_2O 7.17, MgO 10.09, Al_2O_3 15.23, SiO_2 50.73, K_2O 0.00, CaO 14.80, TiO_2 0.02, Cr_2O_3 0.00, FeO 1.15。根据油青种电子探针定量分析结果(仪器工作条件与表1同), 计算的矿物化学式为: $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 。

从油青种的电子探针能谱分析结果看, 矿物中 Ca^{2+} 的含量大大地超过 Na^+ , 而且含相应的 Mg^{2+} , (图3)。从油青种的组分特点, 可以把矿物化学式改为: $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 。化学式中 Ca^{2+} 置换 Na^+ , 其含量已接近超过 Na^+ 含量, 因此有相应量的 Mg^{2+} 和 Fe^{2+} 置换 Al^{3+} , 才能使化学式中阴、阳离子的电价保持平衡。

4 讨 论

一般认为, 翡翠的组分只能含少量 Ca^{2+} , 替代 Na^+ [6]。但从大量鉴别实践中发现, Ca^{2+} 离子置换 Na^+ 离子是翡翠组分中非常普遍的现象, 而且置换后的 Ca^{2+} 离子数可以超过 Na^+ 离子数, 还可以油青种的电子探针定量分析结果可以看出。而翡翠组分中, 一点不含 Ca^{2+} 离子的反而很少见。不过, 翡翠中 Ca^{2+} 离子完全替代 Na^+ 离子的这种情况也未见到过。

现在把以 Ca^{2+} 离子含量为主, Na^+ 离子为次的翡翠, 非正规地称为油青种, 我认为应该给这一类翡翠确定一个科学的学术名称, 这需要学术界共同研讨。

(2) 玻璃种翡翠, 有时与石英岩类玉石及马来玉很难区分, 但使用电子探针能谱分析, 很容易区分, 因为石英岩类玉石和马来玉的化学组分主要是 SiO_2 。

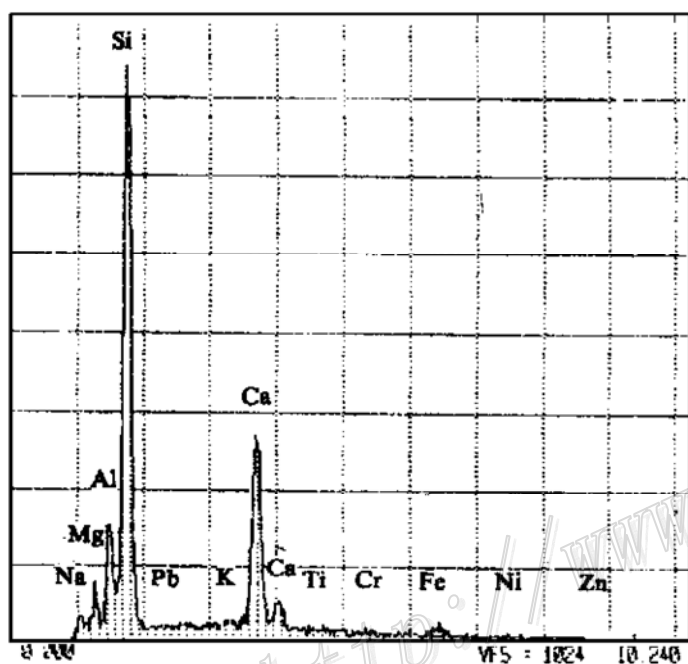


图3 油青组分能谱图

参 考 文 献

- 1 王福泉. 宝石通论. 北京: 科学出版社, 1985, 131~133
- 2 董振信. 宝玉石鉴定指南. 北京: 地震出版社, 1995, 343~346