

# 中国宝石级钠柱石的矿物学及宝石学特征

曹亚文 蔡剑辉

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

中国已知的宝石级钠柱石矿仅有一处, 位于新疆阿克陶县苏巴仁达坂北其依达克附近。通过工作, 笔者首次确定该矿之宝石级方柱石矿物为钠柱石, 且其钠柱石摩尔数 ( $Ma$ )  $> 90\%$ , 非常独特。

## 1 地质概况

在大地构造位置上, 该矿位于中帕米尔褶皱带中。矿区地层主要为元古界 (未分) 之石榴黑云斜长片麻岩, 片麻理产状  $330^\circ \angle 66^\circ$ 。矿体呈脉状, 产于元古代地层中, 脉长一般为 3 ~ 5 m, 宽 0.5 ~ 1 m, 西倾, 产状  $275^\circ \angle 56^\circ$ , 走向近东西向。地表可见 11 条脉, 沿 NW  $20^\circ$  方向平行排列。脉与地层之间界线清楚。脉内岩石为钠柱石透辉石钠长岩, 岩石具伟晶状结构, 矿物粒径多在 0.5 ~ 2 cm 左右。主要矿物及含量为: 钠柱石: 10% ~ 50%; 透辉石 20% ~ 30%; 钠长石: 20% ~ 40%; 榍石: 1%; 石英: 3% ~ 10%。

相关的研究表明本钠柱石矿的成因类型属沿构造破碎带产出的热液交代脉, 并且是同构造期的。其形成温度较高 (高于  $500^\circ\text{C}$  ?), 成矿流体中富含 Cl、B 等挥发分及碱质。热液来源与围岩的变质作用无关。

## 2 钠柱石的矿物学特征

(1) 产状、形态及粒度: 钠柱石产于沿构造破碎带分布的含钠柱石钠长岩脉中, 多呈自形与钠长石共生而一同产出。钠柱石呈四方柱状, 但四个棱角多呈圆滑状, 柱面上发育平行  $c$  轴的纵纹。直径多为 5 ~ 12 mm, 柱长 1 ~ 2 cm, 大者之粒度可达  $(2 \sim 4) \times (4 \sim 6)$  (cm), 亦见为数不少的  $(0.2 \sim 0.3) \times (1 \sim 1.5)$  (cm) 者。

(2) 物理性质及光学性质: 具贝壳状断口。有两组互相垂直的中等一不完全解理。实测相对密度为 2.561, 计算相对密度为 2.582。用压入显微硬度仪在垂直  $c$  轴的切面上测得显微维氏硬度  $H_V = 1014 \text{ kg/mm}^2$  (负荷 200 g)。实测摩氏硬度在 5.5 ~ 6  $\text{kg/mm}^2$  之间。条痕色为白色。

钠柱石在手标本上呈粉紫色—深紫色, 有完全透明者和半透明者 (由于气液包裹体存在而造成) 两类, 二者经常是共生的, 有时甚至可以在同一晶体里出现。透明晶体肉眼可见的多色性。显微镜下观察, 钠柱石无色透明, 低负—低正突起, I 级灰干涉色, 平行消光, 负延性, 一轴晶, 负光性。用油浸法测定折射率为:  $N_o = 1.541$ ,  $N_e = 1.537$  之间。条痕色为白色。

(3) 化学成分及晶胞参数: 对本矿之钠柱石成分电子探针分析结果 (%):  $\text{Na}_2\text{O}$  11.37,  $\text{MgO}$  0.03,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18.98,  $\text{SiO}_2$  60.51,  $\text{K}_2\text{O}$  1.88,  $\text{CaO}$  2.02,  $\text{TiO}_2$  0.03,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0.00,  $\text{MnO}$  0.00,  $\text{FeO}$  0.00,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.00, Cl 5.17。后又用单矿物做了湿法化学分析 (%):  $\text{Na}_2\text{O}$  11.60,  $\text{MgO} < 0.05$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18.94,  $\text{SiO}_2$  62.09,  $\text{K}_2\text{O}$  1.20,  $\text{CaO}$  1.81,  $\text{TiO}_2 < 0.01$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0.03,  $\text{MnO}$  0.02,  $\text{FeO}$  0.09,  $\text{F} < 0.1$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 < 0.1$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$  0.27, Cl 4.10。以 24 个氧原子为基准计算所得

的对应分子式分别为:  $(\text{Na}_{2.97}, \text{K}_{0.32}, \text{Ca}_{0.29})_{\Sigma 3.58} [\text{Al}_{3.02}\text{Si}_{8.18}\text{O}_{24}] \text{Cl}_{1.18}$  和  $(\text{Na}_{3.19}, \text{K}_{0.22}, \text{Ca}_{0.24})_{\Sigma 3.65} [\text{Al}_{3.17}\text{Si}_{8.82}\text{O}_{24}] \text{Cl}_{0.99}$ 。前者的电价不太平衡,可能是由于分析中 Cl、H 等不能准确定量所致。总体上,电子探针和化学分析结果基本一致。根据 Shaw (1960) 的定义,钙柱石的摩尔数  $Me = 100 \times [(\text{Ca} + \text{Sr}) / (\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Sr})]$ , 依此式计算,本矿床中钠柱石的端员组成为:  $Ma_{91.9-93.5}Me_{6.5-8.1}$ 。

该矿的钠柱石 X-射线粉晶分析结果为:四方晶系,空间群:  $I 4/m$ ,  $a_0 = 12.0 (3) \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 7.53 (4) \text{ \AA}$ , 晶胞体积  $V = 1084.3 \text{ \AA}^3$ , 分子数  $Z = 2$ 。

(4) 讨论: 虽然在许多地质环境中都可以产出方柱石族矿物,但到目前为止,已知自然界中产出的方柱石之成分几乎全部落入  $Ma = 20\% \sim 80\%$  的范围内。Shaw (1960) 在分析了产出世界各地的 46 个方柱石样品成分的基础上,认为  $Ma = 80\%$  是天然产出的钠柱石已达到的最大值。Evans 和 Shaw (1969) 在研究方柱石族矿物的成分和离子替代情况时,所用的产于世界各地的 36 个样品的  $Ma$  值大多集中在  $28.1\% \sim 66.7\%$  的范围,只有一件样品的  $Ma = 83\%$  (产于塔吉克斯坦)。Dunn (1978) 对产于加拿大的魁北克 (Quebec)、巴西、斯里兰卡、坦桑尼亚、缅甸等地的 17 件宝石级方柱石样品的成分进行了研究,结果是所研究样品的  $Ma$  值均集中在  $28\% \sim 70\%$  ( $Ma = 70\%$  的样品只有三件)。Couper (1991) 研究了产于缅甸的宝石级方柱石折射率、比重和颜色的关系,在 34 件样品中,只有 3 件的  $Ma$  推算值大于  $80\%$ ,其中有一件之  $Ma$  推算值为  $90\%$ 。从上述这些较全面地研究世界各地方柱石族矿物成分的文献来看,天然产出的  $Ma > 80\%$  的钠柱石是非常稀少的。本文所述钠柱石  $Ma$  值高达  $91.9\% \sim 93.5\%$ , 这种成分非常罕见,可能是目前已知的成分最靠近方柱石族固溶体系列钠端员的钠柱石。这也说明  $Ma = 80\%$  并非天然产出的方柱石族矿物的极限值。

### 3 宝石学特征

依透明程度,可将原始样品分为两类:一为透明者;另一为呈乳浊状的半透明者(二者在矿体中分布暂未发现规律)。经加工试验,知二者的粒径大于  $5 \text{ mm}$  时均可作为宝石利用。透明者可加工成刻面宝石,以台面垂直  $c$  轴光学效果为好,翻面角度基本可参照水晶者。乳浊状者可加工成具猫眼效应的弧面宝石。

常见的钠柱石晶体缺陷为较大的泡状气液包裹体(直径  $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ ),有时集中出现呈雾状而严重影响宝石的质量。钠柱石晶体中裂纹不太发育,对宝石质量影响很小。总的来说,本钠柱石有较好的加工工艺性能,原石残缺少量,出成率可高达  $30\%$  左右。

关于本钠柱石的颜色,作者认为应归于钠柱石结构中的色心。众所周知,方柱石族矿物晶体中存在空隙较大的结构管道,其中存在  $\text{Cl}^{-1}$  以及其它一些离子,极易形成色心。色心不很稳定,实验发现,只要在酒精灯火焰中加热本钠柱石,其紫色就会很快褪去呈无色者。常温条件下结构管道中的阴离子不易丧失,色心也不会破坏,故而不必耽心钠柱石会褪色。但在高温烘烤等环境中,还是应避免佩戴或存放钠柱石宝石。

关于钠柱石的猫眼效应,据仔细观察,主要是由平行  $c$  轴的细长管状气液包裹体的作用而形成。但也发现有一些细长的丝状闪光并不是由包裹体形成,在显微镜下看不到任何包裹体,而更象是一些平行  $c$  轴的解理面或晶体生长缺陷(如位错面等)。

本钠柱石与紫晶最为相似,原石可据其四方柱状晶体、一轴负晶等特征与紫晶区别。加工成品中总是可看到一些丝状闪光以及猫眼效应而不同于紫晶。与紫色电气石的区别在于钠柱石的折射率低,多色性远不及电气石明显。

宝石级方柱石最先是 1913 年在缅甸发现的, 其颜色有白色、粉色及紫色。国外已知的方柱石产地有马达加斯加、巴西、瑞士、加拿大的安大略、魁北克、缅甸、莫桑比克、肯尼亚等, 这些产地产出的方柱石宝石大多为灰色、黄色或无色者, 紫色及粉色者仅在巴西、缅甸、肯尼亚有所产出。总之, 宝石级方柱石较为少见, 紫色及粉色者更为稀少。中国的宝石级钠柱石属紫色—粉紫色, 且成分特殊, 属罕见品种。

## 黄玉的高压变质成因和形成机制

徐惠芬

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

黄玉 (Topaz), 也曾被称作黄晶, 实际上它的颜色不只限于黄色, 最常见有无色和乳白色, 其次微蓝色和蓝色。还有绿色、黄褐色、红黄色、粉红色和红色等, 由于黄玉的硬度较大 (8), 晶体洁净而透明, 玻璃光泽, 反光效果好, 它比水晶具有更加柔和的色彩, 加上价格相对便宜, 它一直是人们所青睐的一种宝石, 目前经改色后的蓝色黄玉也颇受欢迎。很多国家, 如美国、英国、日本等把黄玉列为 11 月的生辰宝石。另外, 黄玉也可作为研磨材料和精细仪表的轴承等。

传统的看法, 黄玉是典型的热液或气成热液矿物, 因为它多数产在花岗伟晶岩、花岗岩的内接触带、云英岩以及有关的石英脉中, 当然也有少量产于片麻岩、片岩、泥质接触变质岩及喷出岩的气孔中, 不管怎样, 它总被认为是岩浆晚期低压高温成因的矿物。

有关人士对合成的高温高压黄玉曾有过报导。

最近几年, 首先由安徽省地矿局荆延仁等<sup>[1]</sup>在安徽南部宿松地区发现了高温高压变质成因的黄玉, 它是一种新的黄玉成因类型, 岩石中黄玉含量最高可达 30% (体积)。这对于进一步寻找黄玉矿床、矿物成因学研究以及高压变质地质理论等领域都有着重要的意义。

### 1 黄玉的物理化学特征

黄玉的化学组成为含 F (OH) 的铝硅酸盐矿物, 分子式  $\text{Al}_2\text{SiO}_4 (\text{F}, \text{OH})_2$ 。其中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  最高含量达 56%,  $\text{SiO}_2$  最高达 33%, 但是 F 和 OH 的含量不稳定, 它们可相互替代, 通常  $\text{F} : \text{OH} = 3 : 1 \sim 1 : 1$  变化, 当 F 的最高含量达 20% 时, 几乎不含 OH。

黄玉的晶体结构, 由成对的八面体  $[\text{SiO}_4]$  连接。八面体  $[\text{AlO}_4\text{F}_2]$  中的 F 经常被 OH 所替代, 它只和两个 Al 原子连接, 位于两个八面体的平行于 (001) 晶面的共同棱上, 因此, 其键力最弱, 容易形成平行 {001} 面的完全解理和发育晶体的纵纹。

黄玉为斜方晶系, 发育沿  $c$  轴延长的柱状晶体, 正延长, 二轴晶正光性,  $2V = 48^\circ \sim 65^\circ$ , 最高折射率  $N_g = 1.638$ , 最低折射率  $N_p = 1.607$ , 相对密度为 3.52~3.57, 硬度=8。以上光学性能, 尤其是折射率、光轴角和相对密度与黄玉的化学成分变化紧密相关, 其中明显的是和 OH 的含量直接有关。如折射率随着 OH 含量的升高而增大, 而光轴角和相对密度则随之降低。

### 2 高温高压变质成因黄玉的地质背景

中国中—东部发育着一条延绵 1000 多公里长的高压—超高压变质带, 它是华北地台和扬