

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^[1]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 Al_2O_3 最高含量达 56%, 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

子地台两个板块陆-陆碰撞的地质历史见证。近 10 多年来引起了中外地质学家的极大关注。继 80 年代在该带榴辉岩中发现柯石英后, 90 年代初发现了金刚石 (徐树桐, 1992; 张树业, 1992)。紧接着又发现了不少和榴辉岩伴生的高压-超高压岩石 (榴辉岩相岩石) 组合, 从而, 很多高压和超高压成因的矿物, 甚至新生矿物, 逐渐被发现, 黄玉就是其中的一个重要高压矿物。

我们的样品来自安徽省宿松县浦和乡下鸭河村后山坡上。含黄玉岩石分布在原中元古代的宿松岩群变质地层中, 它的南部紧贴扬子地台, 早先人们把它归属扬子地台的边缘相, 其北侧则为广含柯石英和金刚石榴辉岩的典型高压-超高压变质带, 地质单元也有称作大别群 (大别造山带)。原宿松岩群中, 虽然至今未发现典型的榴辉岩, 但是随着高压矿物和高压岩石的不断发现, 至少它的部分是经受了高压, 甚至超高压的变质作用。

3 高压变质黄玉的赋存状态

安徽宿松地区高压变质的黄玉, 主要产出的岩石有: 黄玉石英 (片) 岩、天蓝石黄玉石英 (片) 岩、天蓝石蓝晶石英片岩和叶腊石石英 (片) 岩。黄玉的含量从 5%~30% (体积) 之间变化, 它可呈分散变斑晶, 也可呈集结条带, 这些岩石的原岩是一套相当富铝硅质岩、含铁镁 (不纯) 粉砂质岩以及含磷的硅泥质岩组合, 和它们共生的岩石, 如富泥质岩变成了石榴二云石英片岩。

就在石榴二云石英片岩的铁铝榴石中发现了柯石英和柯石英假象, 另外在天蓝石蓝晶石英片岩的蓝晶石中也发现有柯石英假象。柯石英的实验研究至少形成条件在 2.7 GPa, 属于超高压矿物, 它的出现旁证了含黄玉岩石的超高压成因。

黄玉在岩石中部分和天蓝石、蓝晶石、叶腊石共生, 常常共同集结成条带, 显示富铝含磷的成分层。因此, 黄玉结晶的颗粒大小及含量取决于变质原岩的成分, 也取决于形成的高温高压条件。

黄玉晶体中含金红石包裹体, 或者和金红石共生, 这在变泥质硅质岩中是罕见的, 金红石是榴辉岩、超基性岩石中重要的高压标型矿物。它的出现也是黄玉高压变质成因的重要证据之一。

部分黄玉退变为多硅白云母, 多硅白云母也是高应变或高压成因矿物。这里, 黄玉形成至少高于多硅白云母形成的压力条件。

4 高压黄玉的形成机制

综上所述, 本区黄玉和金红石、天蓝石、蓝晶石等高压矿物共生, 并在蓝晶石及伴生岩石的铁铝榴石中发现有柯石英, 这些证据有力地证明黄玉一定也形成在高压条件下。

从黄玉自身特点看, 它在岩石中呈浅褐黄色, 呈变斑晶或条带状分布, 具变质组构特点。至今发现的最大晶体粒径为 2~5 mm, 一般粒径 1~3 mm, 和热液成因的黄玉相比, 粒径要小得多。晶体结晶不完整, 常含有较多的石英、金红石等矿物包裹体, 并具有明显的沿片理的定向流变组构。

化学成分特点和热液成因黄玉具有相近的 SiO_2 和 Al_2O_3 含量, 只是 F 含量为 12%, 它比我国内蒙、江西等地热液成因黄玉的 F 含量 (最高 19.77%) 要低得多, 这是否由于高压成因, 还是和原岩化学组分有联系? 尚待进一步深入研究。

光学性质 $2V = 55^\circ (+)$, 沿 c 轴的柱状晶体为正延长, 折射率 $N_g = 1.627$, $N_m = 1.622$ 和 $N_p = 1.618^{[2]}$, 这些数据 and 矿物中 F 的含量比较吻合。

X 光衍射分析结果显示, 宿松地区黄玉石英 (片) 岩中的黄玉, 其衍射图谱与 d 值和热液成因的有明显差别, 尤其是 d 值相对偏高, 而和人工合成的高温高压黄玉的衍射图谱及 d 值非常接近 (据美国 JCPDS X 射线卡片)。

最有意义的高温高压证据之一, 则是黄玉晶体的流变组构。通常条件, 尤其是热液成因的黄玉、结晶不具定向性, 晶体的 $\{001\}$ 解理和纵纹十分发育, 但高压变质的黄玉相对不发育 $\{001\}$ 解理, 常见的是沿 c 轴的平行 (100) 的不连续裂纹和聚片双晶, 广泛发育两组方向的变形纹 $\{001\}$ 和 $\{100\}$, 甚至 $\{100\}$ 更发育。 c 轴方向晶体平行岩石片理或拉伸线理方向, 定向排列。晶体的长宽比值最大可达 10: 1, 一般 3: 1~ 4: 1。

黄玉虽属于脆性矿物, 但在镜下能看到明显的晶体弯曲, 有的成麻花状, 还见双晶和解理弯曲, 变形并普遍具波状消光。加上沿 c 轴的优先方位组构, 说明黄玉结晶过程中经受很强的塑性变形。按照黄玉的晶体结构, 沿 c 轴分布着八面体 $[AlO_4F_2]$ 链, 它们由硅氧四面体连接, 是最坚固的键力。但是, 在这里能破坏这种键力, 使其定向排列一定需要很高的温压条件, 据报导^[6]及实验结果, 本区黄玉形成于温度 $t = 1000 \sim 1200^\circ C$, 压力 $p = 3.1 \sim 3.3$ GPa。笔者考虑到自然界的复杂因素, 岩石变质时经受张塑性流变, 加上变质流体 (如 H_2O 和 SiO_2 等) 的参与, 推断本区黄玉形成的温压条件, 可能比以上数据略低。

黄玉的流变组构, 形成的高温高压条件, 指示它是下地壳—上地幔的产物。它受扬子地块和华北地块, 陆—陆碰撞的动力学机制所制约, 是俯冲韧性剪切机制加上高温高压条件以及较迅速折返上地壳最终保留下来的。

这里要特别感谢安徽省地矿局的汤加富、荆延仁两位高级工程师的无私奉献和引见、程裕淇教授从野外到室内的指导, 以及于 1995 年 9 月共同在大别山考察的每一位同仁。

参 考 文 献

- 1 荆延仁, 汤加富, 高天山等. 安徽宿松高压变质带中天蓝石、黄玉、柯石英的发现及其意义. 长春地质学院院报, 1994, 24, (3)
- 2 荆延仁, 汤加富. 安徽宿松超高压变质矿物的研究. 安徽地质, 1995, 5 (3): 66~ 69
- 3 王濮, 潘兆槽, 翁玲宝等. 系统矿物学 (中册). 北京: 地质出版社, 1984, 200~ 202
- 4 王奎仁. 地球与宇宙成因矿物学. 合肥: 教育出版社, 1989
- 5 周国平主编. 宝石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989, 340~ 347
- 6 Rober Webster FGA, Gems, Fifth Edition, Ed. Oxford. 1994, 150~ 153