

## 祖母绿矿床研究现状

胡荣荣\* 张世涛

昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明, 650093

**摘要** 祖母绿矿床多为花岗岩浆期后酸性热液交代基性-超基性岩之产物。祖母绿通常呈不均匀浸染状或斑晶赋存变质片岩或与其与酸性岩脉的接触带中, 可将其分为热液型、气成-热液型和伟晶岩型几类矿床。包裹体研究对确定祖母绿宝石的成因、成矿地质环境条件、鉴定天然和人工宝石、确定其产地及评定其质量等级有着重要意义。我国对云南麻坡祖母绿矿床已做过较深入的研究, 此外, 新疆阿尔泰山、天山、甘肃北山、内蒙古中部、湖南幕阜山、四川九龙、平武等亦都有绿柱石类宝石产出。新疆发现一处碳酸岩脉祖母绿矿床, 颇具前景。当前我国祖母绿研究中应加强对矿床分类、成矿及生长结晶作用、包裹体的深入研究并对已有线索加大研究及勘查力度。

**关键词** 祖母绿 地质环境 成因 呈色机理 包裹体 云南

**中图分类号**: P619.281 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-5296(2006)04-0234-07

祖母绿是世界上最珍贵的宝石之一, 因其无可比拟的纯正绿色, 成为绿色宝石之王; 又因其生成条件的苛刻使其稀有罕见, 与钻石、红宝石、蓝宝石并称为“四大宝石”。目前, 国际市场上品质上乘的祖母绿宝石的价格在每克拉650~11000美元之间, 甚至更高。

据历史记载, 世界上最早的祖母绿产地在埃及, 当时产出的祖母绿质量较为低劣。至今, 在世界很多国家都发现了祖母绿矿床, 其中哥伦比亚一直是世界祖母绿最重要的来源, 其产量占世界总产量的70%左右。除哥伦比亚外, 当前世界上优质的祖母绿产地还有: 南美洲的巴西, 非洲的津巴布韦、赞比亚、南非、坦桑尼亚等, 亚洲的印度、巴基斯坦, 俄罗斯的乌拉尔山脉等。20世纪90年代, 中国云南也发现了祖母绿矿床, 但宝石学价值不是很大。

目前, 国内外对祖母绿矿床的研究还不是很深入, 对某些祖母绿的形成原因还处于讨论阶段。譬如对哥伦比亚祖母绿的成因, 有远源成矿说、变质成因说、卤水说等, 虽然都能从某个角度说明祖母绿的形成因素, 但都不能做出满意的解释。对祖母绿的研究主要集中在三个方面: 一

是祖母绿的成矿地质环境和成因, 国外研究较早, 如早在1917年 Joseph E. Pogue 等人就对哥伦比亚 Muzo 祖母绿矿床进行了详细的描述, 并发表了论著; 国内祖母绿的研究相对来讲还处于起步阶段。二是对祖母绿宝石中的包裹体进行研究, 分析其结晶过程、帮助确定其成矿地质环境和成因, 同时为鉴别祖母绿的产地和宝石鉴定提供依据。三是祖母绿的宝石学特征研究, 主要是为祖母绿宝石的人工合成、改良、优化处理以及宝石鉴别等服务。

笔者从以上三个方面对当前国内外的祖母绿研究作了述评, 希望能为今后寻找优质祖母绿矿床提供资料。

## 1 祖母绿宝石的成矿地质条件及成因类型

除哥伦比亚祖母绿矿床外, 世界上绝大多数祖母绿矿床是花岗岩浆期后酸性热液交代基性-超基性岩的结果<sup>[1]</sup>。祖母绿通常呈不均匀的浸染状或斑晶赋生在变质片岩中或与其与酸性岩脉的接触带中。形成祖母绿所需的 Be、Al、Si 等元

\* 第一作者简介: 胡荣荣: (1982~), 男, 地质工程, 在读硕士研究生  
收稿日期: 2006-10-21; 改回日期: 2006-10-31

素来源于酸性侵入岩或伟晶岩, 而其致色元素 Cr、V 一般来源于基性和超基性围岩。

目前世界上对祖母绿矿床比较认同的分类方法是按照成矿特征将其分为热液型、气成-热液型和伟晶岩型。也有残坡积砂矿床, 但因祖母绿色脆且裂隙发育, 在搬运过程中较易磨损碎裂, 所以形成的砂矿床工业意义不大。

### 1.1 热液型祖母绿矿床

热液型通常指哥伦比亚卤水热液型祖母绿矿床。哥伦比亚是世界高档祖母绿的主要产地, 主要矿床是位于东科迪勒拉山脉西缘的 Muzo—Cosquez 和东缘的 Chivar—Gachala。祖母绿的赋矿围岩为早白垩世富含有机质的黑色碳质灰岩和页岩, 并已强烈钠长石化和碳酸盐化; 矿体受构造控制作用显著, 矿体主要产于 NE 向和 NW 向两组断裂交汇部位的构造破碎带内; 祖母绿矿化发生在受层控和受裂隙控制的薄 (小于 8cm) 的白云石-方解石脉、钠长石-黄铁矿组成的脉体中, 脉体通常强烈角砾岩化并含有容矿岩石碎屑<sup>[2]</sup>。主要共生矿物有方解石、白云石、黄铁矿、钠长石、重晶石、萤石和氟碳钙铈矿。关于哥伦比亚祖母绿矿床的成因, 至今还没有定论。但可以总结出其成因具有如下几个热液成矿的特点: ① 成矿受构造控制作用显著, 产出于两组断裂交汇部位的构造破碎带内; ② 矿体成脉状产出, 主要是白云石-方解石脉、钠长石-黄铁矿脉。裂隙矿脉是热液矿床最普遍和最重要的形式; ③ 一般热液矿床成矿温度较低, 成矿深度较浅。哥伦比亚祖母绿矿床的成矿温度为 180℃<sup>[3]</sup>, 产出于早白垩世黑色页岩中; ④ 矿床属后生热液矿床, 围岩蚀变显著, 明显受钠长石化和碳酸盐化热液交代作用的影响, 使蚀变岩石的化学成分和矿物成分发生显著变化。

此外, 元素地球化学以及包裹体研究表明, 热液流体来源于蒸发沉积盆地的残余卤水, 祖母绿成因可能是由于热卤水在钠交代的过程中淋滤了黑色页岩中的 Be、Cr、V 等元素形成祖母绿。

### 1.2 气成-热液型祖母绿矿床

气成-热液型是祖母绿矿床中工业意义较大

的一类, 世界上绝大部分祖母绿矿床属于这种类型。主要有俄罗斯、津巴布韦、南非、印度、巴基斯坦、奥地利等。在这种类型的祖母绿矿床中, 祖母绿晶体以斑晶的形式赋存在超基性岩的变质岩——云母、滑石、绿泥石等片岩岩脉中。其形成过程是: 侵入到基性-超基性岩体的酸性岩浆活动后期, 熔点低、流动性大的残余岩浆随着温度的降低发生结晶分异, 先形成伟晶岩, 余下富含 Be、Al、Si、F、Cl、等挥发组分的高温气成热液与超基性岩发生成分交换, 从蚀变超基性围岩中萃取金属 Cr、V, 在花岗岩和超基性岩的接触带上结晶形成祖母绿晶体。气成-热液型祖母绿的围岩一般为花岗细晶岩和伟晶岩侵入的受变质超基性岩 (蛇纹岩等), 如果变质较深, 则成为角闪岩或片麻岩。祖母绿主要以侵染体 (斑晶) 的形式不均匀地赋存在超基性岩的云母岩内。成矿温度一般在 300℃~500℃。

该类祖母绿矿床的典型代表是俄罗斯的乌拉尔祖母绿矿床。其围岩为纯橄榄岩和橄榄岩为主的超基性岩。超基性岩中穿插许多石英闪长岩脉、花岗细晶岩脉、伟晶岩脉以及在接触带中形成的金云母质云母岩。祖母绿就赋存在云母岩中。共生矿物有石英、萤石、磷灰石、电气石等。津巴布韦祖母绿矿床的容矿岩石也几乎全为透闪石片岩、云母-绿泥石片岩以及蛇纹岩。研究表明其原岩为苦橄玄武岩。印度拉贾斯坦邦祖母绿矿床其围岩也为以橄榄岩为主的超基性岩蚀变而形成的阳起石片岩、滑石片岩、滑石-透闪石片岩、黑云母片岩。祖母绿不均匀地赋生于黑云母片岩中。

### 1.3 伟晶岩型祖母绿矿床

伟晶岩型矿床也是祖母绿成矿的一种重要类型。伟晶岩矿床主要产在强烈褶皱带和花岗岩侵入体发育区, 因此围岩经常是区域变质岩、片岩、片麻岩及混合岩。围岩在一定程度上会影响伟晶岩的自身分异作用和有序结晶作用, 影响伟晶岩演化各个阶段的物质组成, 因此对祖母绿的形成及品质优劣有重要影响。祖母绿晶体中的 Be、Al、Si 等元素来源于伟晶岩或花岗岩浆,

Cr、V 等致色元素来源于变质围岩。成矿温度在 200~600℃ 之间。根据伟晶岩矿床成因, 伟晶岩型的祖母绿矿床一般为岩浆伟晶岩型。

岩浆伟晶岩是在酸性岩浆活动晚期, 由于温度降低, 熔浆依次结晶, 在比较稳定的封闭环境中, 在挥发分的作用下, 结晶分异形成带状构造伟晶岩矿床<sup>[4]</sup>。如巴西的 Carnaiba 和 Socotó 矿床, 矿床位于受同一断裂-岩浆构造带控制的两个花岗岩岩基内, 并侵入有前寒武系的变质岩系<sup>[5]</sup>。花岗岩中含有大小不等, 成分不一的围岩捕虏体, 岩浆期后的伟晶岩穿插捕虏体及周围岩石, 祖母绿就发育在捕虏体与伟晶岩的接触带上, 并伴有强烈的金云母化。交代岩分带明显, 且每个带具有不同的矿物成分。此外, 中国云南产于长英质伟晶岩脉中的祖母绿矿床也属于该种类型。且矿物在岩脉中的分布常具分带性, 从脉壁到中心一般为长石带、石英带和电气石带。祖母绿一般产于中心部位<sup>[6]</sup>。

从以上祖母绿的成因特征来看, 不论是何种成因的祖母绿矿床, 要生成祖母绿必须具备以下三个条件: ①含各种化学组分 (Al、Si、Be、F、Cl、B、Li ……) 的热液流体。这些热液流体包括岩浆结晶分异后形成的富含挥发组分的高温气成热液, 深部岩浆分异出来的低温热液或者是由超变质的深熔作用或选择重熔作用形成的深熔流体, 以及大气降水或地下水溶解周围的盐丘, 浸取 Be 等化学物质而形成的热卤水; ②含 Cr、V 等形成祖母绿所必须的致色元素的围岩。这些围岩有各种基性-超基性岩、云母片岩、滑石片岩、透闪石片岩、变粒岩和斜长角闪岩等超基性岩以及哥伦比亚祖母绿矿床所特有的黑色页岩; ③必须具有使得成矿流体进入、循环和矿物结晶所必须的各种不同成矿构造。包括断层、剪切带、各种节理裂隙以及矿囊等。在具备了这三个基本条件之后, 在含矿热液流体与围岩的循环交代作用下, 祖母绿才会在各种构造蚀变带或伟晶岩中形成。

## 2 祖母绿宝石中的包裹体研究

包裹体是指矿物形成过程中所捕获的成矿

介质, 包括宝石内部的固相、液相和气相物质。除此之外, 祖母绿的包裹体研究还包括晶体内部的颜色分带和分布、解理、裂隙、以及与内部结构相关的表面特征等。包裹体研究对确定祖母绿宝石的成因、成矿地质环境条件、鉴定天然和人工宝石、确定祖母绿宝石的产地以及评定祖母绿宝石的质量等级具有重要意义。

### 2.1 祖母绿包裹体的形成及其与成矿地质环境的相关性

通过包裹体研究可以综合分析祖母绿的成因。不同成因类型的祖母绿, 由于其成矿地质环境条件的不同, 其包裹体类型和特征也必然不同。而且, 含矿母岩的岩石化学成分或成矿流体的化学成分与祖母绿中的包裹体的化学成分之间存在一定的制约关系。

热液型祖母绿 (目前仅针对哥伦比亚一处) 包裹体按物象分可以为两类, 一类是特征三相包裹体, 即一个包裹体空隙里有气、液、固三相。主要组成为液相高盐度卤水 [W (NaCl+KCl) 为 40%], 约占包体体积的 75%; 以 CO<sub>2</sub> 为主的气泡, 约占 10% 左右; 此外还有立方体石盐子晶或钾盐子晶。据 T L U ttaway 等研究表明祖母绿是在变化的流体压力下形成的。因此三相包裹体的形成原因可能为: 在祖母绿结晶过程中, 捕获了其成矿的热液卤水流体, 或热液卤水流体沿裂隙进入祖母绿晶体而封闭于其中, 同时在热液流体中还存在着由有机质分解而产生的 CO<sub>2</sub> 气体。随着祖母绿晶体的冷却, 包裹体中热液卤水温度逐渐降低, 卤水的浓度也不断变大, 当卤水浓度达到 NaCl 的临界浓度时, NaCl 便以晶体形式从溶液中析出, 形成立方体石盐子晶。而残余的高盐度卤水和 CO<sub>2</sub> 等气体则分别以液相和气相的方式与析出的石盐子晶共存于同一包裹体中。另一类为固体包裹体。最常见的有黄铁矿、方解石、白云石、板状钠长石晶体等, 此外还有黑色碳质小包体以及呈柱状和桶状的氟碳钙铈矿包体。这类包裹体是在祖母绿形成的过程中进入祖母绿晶体缺陷或在祖母绿结晶时捕获围岩矿物而形成。哥伦比亚祖母绿的包裹体特征与其成矿地质

环境:在东科迪勒拉有许多盐丘、祖母绿矿体出于白云石-方解石脉、钠长石-黄铁矿组成的脉体中是相一致的。并且可以得出结论,祖母绿的成因属后生热液作用成因。

气成-热液型祖母绿的形成由于与岩浆期后富含  $\text{CO}_2$ 、F 等挥发分的热液交代作用有关,因此,包裹体常有气、液、固三态包裹体,并常见有围岩残留的固态矿物包裹体,包裹体的晶棱因受熔蚀而圆滑。此类型的祖母绿包裹体的形成,部分是由于在结晶过程中这些原生流体以及围岩矿物会进入祖母绿晶体缺陷,并被封存于其中形成气、液、固三相包裹体。部分是在祖母绿晶体形成后热液沿裂隙、解理面等进入祖母绿中,引起其局部溶解或重结晶过程中捕获而形成包裹体,此种后生包裹体则明显地受裂隙控制,形态多不规则。气成-热液型祖母绿中包裹体的矿物成分与其成矿地质环境有着密切的联系,如 Lariucci 等利用 X 射线、光学吸收谱和电子探针研究了巴西 Santa Terezinha 祖母绿中的包裹体<sup>[7]</sup>,发现了磁黄铁矿、石盐和滑石-叶腊石以及可作为该地祖母绿特征包裹体的大量同生尖晶石。这与其因发生了明显交代变质作用同时带入  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  所形成的滑石、绿泥石-透闪石片岩、碳酸盐-滑石片岩有一定的对应关系。研究表明,该区祖母绿为气成-热液交代成因。

伟晶岩型的祖母绿通常以存在大量的气液态包裹体为特征,且包裹体通常呈星点状分布的泪滴形、椭圆形或密集平行 c 轴排列的管状空隙。此外还常含有云母等固态包裹体。这些密集有规律排列的管状空隙包裹体可能是由于在祖母绿晶体不规则的生长过程中产生螺旋错位等结构而产生空隙,进而捕获富含挥发分的气态溶液而形成。此外,由于伟晶岩地区地质构造常较复杂,祖母绿的形成常伴有多期多阶段的特征,造成祖母绿晶体生长的间断。从而使早期形成的晶面被后期的成矿流体溶蚀而产生不均匀分布的蚀坑。部分成矿流体进入蚀坑后又在后期的结晶过程中被封存而形成星点状分布的包裹体。这些包裹体特征表明祖母绿是在酸性岩浆结晶分异后期的伟晶作

用及其后期气液交代过程中,在挥发分的作用下形成的,如中国云南的伟晶岩型祖母绿。

通过对祖母绿中包裹体的测试,可以较精确的得出成矿的温度、盐度和压力,从而为阐明祖母绿形成时的物理化学条件、成矿期次和结晶过程提供重要信息。国内对祖母绿包裹体的研究通常只限于对包裹体特征的描述及其对宝石学特征的影响,对成因揭示方面一般只估算其成矿温度、盐度和压力而未深入研究与其生成的外界地质环境的相关性,这种相关性虽然很明显,但在实际研究当中却很少将它们结合,用来揭示祖母绿的成矿规律。关于这方面还有待于作更多的研究来揭示这种关系。

## 2.2 祖母绿包裹体的宝石学意义

祖母绿中的包裹体可以作为鉴别祖母绿的重要标志,根据包裹体类别及相态用来鉴定天然祖母绿和合成祖母绿。目前水热法和助熔剂生长法合成的祖母绿因生长环境与天然祖母绿相似,所以物理化学性质也很相似,给祖母绿鉴定带来一定的难度,而通过包裹体鉴别则是一个有效的方法。天然祖母绿通常或多或少的共存有多种类型的包裹体,像特殊的三相包裹体及方解石、云母等矿物包裹体,并且不同产地祖母绿中的包裹体各不相同;而合成祖母绿的包裹体都是云团状、羽毛状熔质包裹体,在高倍显微镜下呈网格状褐黄色熔质和气泡包裹体、银白色不透明多角形铂片包裹体、柱状硅铍石包裹体。

通过包裹体研究还可以用来确定祖母绿的产地,各地产出的祖母绿一般都含有本地特有的包裹体或具有特殊的包裹体形态。例如:哥伦比亚产祖母绿具有典型的三相包裹体,以及含丰富石盐子晶矿物的多相包裹体和黄铁矿、长石、方解石等固体包裹体;俄罗斯产祖母绿具有竹节状阳起石包裹体;印度产祖母绿具逗号状包裹体并有大量平行于底面的黑云母片状包裹体;津巴布韦(Sandawana)祖母绿包裹体为不规则的或长的集中的细透闪石晶体;Schwarz 等对巴西祖母绿包裹体的研究中观察到了祖母绿包裹体的颜色分区,成为鉴定其产地的重要依据之一。

### 3 祖母绿的呈色机理与改色

纯绿柱石是无色透明的矿物,但一般绿柱石中因含有各种杂质元素而使其呈现各种颜色。如含  $\text{Fe}^{2+}$  呈浅蓝色,而称为海蓝宝石;含  $\text{Fe}^{3+}$  呈黄色,称为金色绿柱石;含  $\text{Mn}^{2+}$  呈红色或玫瑰红色,称为红绿柱石;含  $\text{Sc}^{3+}$  呈蓝色,称为铈绿柱石;含  $\text{Cs}^{1+}$  呈蓝色,称为铯绿柱石,即使最普通的绿柱石也因含  $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$  而呈黄绿色。但是能称之为祖母绿的却只有因含有少量 Cr 元素致色而呈翠绿色或带蓝绿色的绿柱石。宝石学及国际珠宝联盟(CIBJO)明文规定:只有含铬(Cr)的绿柱石宝石才能称为祖母绿。但是,通常祖母绿的绿色是由 Cr、V、Fe 等元素联合致色的。

#### 3.1 祖母绿的呈色机理

祖母绿呈色的机理是由于  $\text{Cr}^{3+}$  的离子半径(0.063nm)与  $\text{Al}^{3+}$  的离子半径(0.051nm)类似,可以进行类质同象置换,从而 Cr 原子可以取代 Al 原子进入祖母绿晶格。在祖母绿中,包围  $\text{Cr}^{3+}$  或  $\text{V}^{3+}$  的力和限制电子运动状态的力都较弱,因此当可见光照射时,它们的外层电子在配位体晶体场的作用下容易发生分裂,产生 d-d 电子跃迁。电子跃迁所需的能量与紫光及红光相当,因此,这两部分颜色的光被吸收,而其它未被吸收的残余光混合就产生了祖母绿的翠绿色。一般祖母绿中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的含量在 0.15%~0.30% 之间,也有高达 0.5%~0.6% 的呈深翠绿色,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的含量越高,呈色越深。祖母绿颜色的明度取决于氧化铁的含量,如果不含或少含氧化铁,颜色就鲜艳,明度大,如果氧化铁含量超过 0.6%,颜色就会显暗。同时,祖母绿中的包裹体对其透明度和颜色也会产生不可忽视的影响。

不同产地的祖母绿,其颜色有显著的差别。例如哥伦比亚的祖母绿颜色鲜艳、透明度好,呈翠绿色或稍带黄色调、蓝色调的绿色;赞比亚的祖母绿颜色为绿色、带蓝的绿色和暗绿色,且均带灰的色调;俄罗斯的祖母绿呈带黄的绿色,透明度欠佳;津巴布韦的祖母绿质量较好,颜色呈纯正的深绿色。导致不同产地祖母绿颜色产生差

异的原因是它们的 Cr、V、Fe 等致色元素的含量有所不同。而导致这一差异的根本原因则是祖母绿的成矿地质环境条件、地球化学条件以及温压条件的不同。

#### 3.2 祖母绿的改色工艺

因为大多数的祖母绿颜色总是不那么尽如人意,所以人们对其采取了多种优化处理措施来改进它的呈色。对祖母绿进行优化处理的主要方法有浸油处理、染色处理、箔处理和镀膜处理等<sup>[6]</sup>。由于祖母绿裂隙发育,所以常用注油方法来掩盖裂隙和增强绿色。与先前占据裂隙的空气相比,油的折射率更接近祖母绿,这样就降低了裂隙的可见性,使得祖母绿的透明度改善、微裂隙得到填补。例如来自俄罗斯乌拉尔山脉的祖母绿,性脆,透明度及色差,均有白色绿柱石石芯,利用效果低,对原料全部进行填隙注油处理,使其外表呈现油汪汪的效果,透明度增强,色泽浓度加深,多数杂质微裂隙已被消除,结构变得固结紧密。经加工成成品后,一推向市场,即供不应求。染色处理即采用化学原料将色浅和无色的绿柱石染成深绿色,这种处理后的绿色通常沿祖母绿的裂隙呈蛛网状分布。镀膜处理常采用无色绿柱石作核心,在外层生长合成祖母绿薄膜。镀层很容易产生裂纹而呈交织网状,这是镀膜祖母绿的重要特征。而箔处理即是在浅色的绿柱石底部衬上一层深绿色的箔衬,来增强祖母绿的颜色。

以上这些方法中无色浸油属优化方法,已经得到国际珠宝界认同,而其它属处理方法,在祖母绿的销售中应予以注明。

### 4 中国祖母绿宝石资源

我国地域辽阔、资源丰富,在许多地区都能找到绿柱石矿。譬如新疆阿尔泰及天山地区、甘肃北山、内蒙古中部、湖南幕阜山、四川九龙、平武和云南麻栗坡等地都产出绿柱石类宝石,但是,在已发现并做过一定研究的绿柱石矿床中,能被称为祖母绿矿床的却只有云南一处。

张世涛等<sup>[9]</sup>对云南麻栗坡祖母绿矿床的区

域地质、矿床地质特征进行了详细的调查研究,对其成因作了初步探讨。祖母绿产于滇东南南温河变质核杂岩的变质内核中,赋矿围岩主要为:洒西岩组的黑云变粒岩、条带状变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩等老变质岩系和钙硅酸盐类。矿区内的祖母绿产于两种类型的构造中,也形成两种不同成因类型的祖母绿:一种为充填在北北东向和北东向张剪裂隙中的伟晶岩型祖母绿,是区内祖母绿的主要赋存类型。伟晶岩主要为长英质伟晶岩脉和花岗质伟晶岩脉,它们是岩浆热液充填贯入构造裂隙形成的。矿物组成有石英、长石、电气石、绿柱石、白钨矿、白云母、毒砂、方解石、萤石等。矿物在岩脉中具有一定的分带性,绿柱石一般产于中心部位。此类产出的绿柱石质量和数量与岩脉自身的规模大小、倾角及分异程度有关,脉体宽大、倾角缓且分异好者绿柱石含量少,颜色差;而规模小、倾角陡及分异差者绿柱石含量多,颜色好。第二种为赋存在顺面理发育的次级滑脱断层构造内的气成热液型祖母绿。矿物组成有石英、铬云母、钠长石、钾长石、电气石、绿泥石、白钨矿、萤石、方解石和绿柱石等。含矿脉体主要为石英脉,表明其为岩浆结晶分异末期的气成热液作用成因。此类产出的绿柱石为深翠绿色,透明度高,是区内高档祖母绿的主要产出类型。通过对云南祖母绿的产地地质特征以及包裹体研究表明,形成祖母绿的主要元素 Be 主要来源于花岗岩类尤其是花岗斑岩,祖母绿的致色元素 Cr、V 来源于变质围岩。

许多学者对云南祖母绿的矿物学特征、颜色等宝石学特征进行了深入的研究,研究显示祖母绿中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量为 0.01%~0.27%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  的含量为 0.04%~0.93%<sup>[10]</sup>。与世界其它产地的祖母绿相比,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量偏低,而  $\text{V}_2\text{O}_5$  含量明显偏高,属高钒低铬型祖母绿。云南祖母绿裂隙发育,颜色以黄绿色、绿色偏黄色为主。造成颜色差的主要原因为祖母绿为  $\text{V}_2\text{O}_5$  致色,而非  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  致色,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  仅起调色作用。同时  $\text{Fe}^{3+}$  的存在是祖母绿的颜色偏黄的原因。此外,祖母绿晶体的颜色从内核到外圈具有分带性,各带中的 Cr、V 元素含

量明显不同,可以推测其成矿具有多期多阶段的特征。

另据最近新疆安银祥报道<sup>[11]</sup>,在新疆塔社库尔干首次发现了中国目前第一个碳酸盐脉型祖母绿矿床,祖母绿矿化带的围岩由二叠系变质砂岩、白云质灰岩、大理石、千枚岩组成。矿体主要由碳酸盐脉组成,矿化带内有上百条碳酸岩脉,呈网脉状、交叉状,总体受断裂的控制。祖母绿就赋存于碳酸盐脉之中。主要的围岩蚀变有:碳酸岩化、方解岩化、白云岩化、褐铁矿化、硅化、黑云母化、绢云母化等。有用矿物主要有绿柱石、水晶、黑色电气石、冰洲石、石膏等。该矿成矿范围大,成矿条件极佳,产出祖母绿质地精良、晶型完整,呈翠绿、绿色、浅绿—深绿色,晶体透明—半透明,工艺价值极高,具有很大的开发利用前景。

## 5 祖母绿矿床研究中存在的几个问题

(1) 目前较为认同的对祖母绿矿床的分类虽然较为简单明了,但并不尽如人意。大多数的祖母绿矿床并不只受单独一种成矿作用形成,往往是叠加成因,或者经过多期次、多阶段形成。例如据张良钜等<sup>[12]</sup>研究认为云南祖母绿矿床属于伟晶岩型及后期气化—高温热液的叠加成因。Schwarz,D等<sup>[13]</sup>将祖母绿矿床划为与花岗岩侵入有关的祖母绿矿化和主要受地质构造控制的祖母绿成矿作用两类;还有根据围岩特征将某些气成—热液型和伟晶岩型归为片岩型矿床等,这些分类又都比较笼统。因此是否可以从其它角度或综合来对祖母绿矿床进行分类,这将对祖母绿的找矿和研究具有重要意义。

(2) 在祖母绿的研究当中,变质作用对祖母绿的成矿及生长结晶的作用往往被忽视,但在有些矿床中,起主导作用的却是变质因素。譬如奥地利的Habachtal祖母绿矿床,被认为是一种变质成因的矿床。

(3) 对祖母绿宝石的包裹体研究中,不应孤立于其对宝石学方面的贡献,而应该加强其对闹

明祖母绿成因、成矿地质环境条件、成矿地质事件的顺序以及物理化学条件等方面的联系,为今后祖母绿的找矿工作服务。

产地如云南麻栗坡和新疆塔社库尔干等地,应尽快进行深入细致的研究和勘察,同时要积极做好保护工作,严禁滥采滥挖造成无可挽回的损失。

(4) 对我国已经发现和具有找矿潜力的祖母绿

### 参 考 文 献

- 1 邓燕华. 宝(玉)石矿床[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1991. 46~52
- 2 Uttaway T L. 哥伦比亚Muzo热液型祖母绿矿床的形成[J]. 王红梅译. 地质科学译丛, 1995, (12): 15~18
- 3 奥金佐娃 E A. 祖母绿成因[J]. 国外地质科技, 1995 (2): 9~14.
- 4 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 54~65
- 5 袁心强. 巴西典型祖母绿矿床介绍[J]. 地质科技情报, 1994, 13 (2): 70~74.
- 6 冯明刚, 张世涛. 中国祖母绿矿床特征及其找矿方向[J]. 云南地质, 2000, 19 (1): 37~41
- 7 裴景成, 张汉凯. 绿柱石中包裹体研究进展[J]. 地质科技情报, 2000, 19 (1): 31~34.
- 8 李兆聪. 宝石鉴定法[M]. 北京: 地质出版社, 2001. 98~99.
- 9 张世涛, 冯明刚, 等. 云南省麻栗坡县祖母绿矿区的地质特征及成因初探[J]. 地质科技情报, 1999, 18 (1): 51~54
- 10 李强. 云南麻栗坡祖母绿的宝石学特征[J]. 宝石和宝石学杂志, 2001, 3 (2): 11~14
- 11 安银祥. 新疆塔什库尔干祖母绿矿床地质特征[J]. 新疆有色金属, 2006, (9): 9~10
- 12 张良钊, 兰延. 云南祖母绿的矿床地质及宝石学特征[J]. 矿物学报, 1999, 9 (2): 190~197
- 13 Schwarz D, Giuliani G. 祖母绿矿床[J]. 宝石和宝石学杂志, 2001, 3 (2): 42~44

## CURRENT RESEARCH SITUATION OF THE WORLD EMERALD DEPOSITS AND THE EXISTING PROBLEMS

Hu Rongrong Zhang shitao

*Land Resources Engineering College, Kunming University of Science & Technology,  
Kunming, Yunnan, 650093, China*

### Abstract

This paper expatiates the current research situation of the world emerald deposits and their gemological characters from these aspects, resource of the world emerald, geological environment and their causes of formation, the colouration mechanism of the emerald and the inclusion in emerald. At last, the paper made a brief introduction of Chinese emerald deposits. All these information is provided in order to find more deposits of emerald and the research on them in the future.

**Key words:** emerald, geological environment, formation causes, colouration mechanism, inclusion, Yunnan