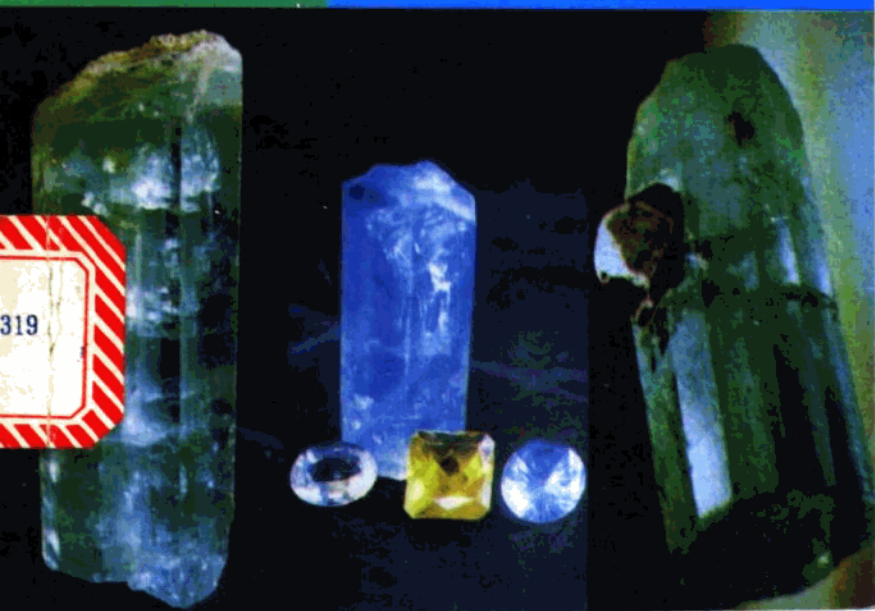


绿柱石

宝石

编 杨炳滨
著 杨炳滨

绿柱石宝石(祖母绿海
蓝宝石绿宝石)研究鉴
定加工改色人工合成
及找矿人员必备书



绿柱石宝石

——祖母绿海蓝宝石和绿宝石

新疆科技卫生出版社(K)

责任编辑：白 霞
封面设计：海 洋

绿柱石宝石

杨炳滨 编著

新疆科技卫生出版社(K)出版

(乌鲁木齐市延安路4号 邮政编码 830001)

新疆星志印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 印张 插页 100千字

1996年1月第1版 1996年1月第1次印刷

印数：1—3000

ISBN7-5372-1129-9/TF·1 定价：12元

内 容 简 介

本书全面、系统地绿柱石宝石(祖母绿、海蓝宝石和绿宝石)进行了详尽的论述。全书内容包括:①绿柱石宝石的内部结构及化学成分;②绿柱石宝石及其颜色;③绿柱石宝石的改色;④人造祖母绿;⑤绿柱石宝石鉴定、加工及绿柱石和绿柱石宝石矿床的成因类型。

本书可供宝石工作者、大专院校地质专业、岩矿专业及宝石专业师生、宝石鉴定人员、宝石改色、优化人员、人工合成宝石人员、宝石加工人员、宝石营销人员、宝石找矿人员、外贸人员、海关人员、自然博物馆人员和广大宝石爱好者、收藏家参考使用。

序

在改革开放 10 多年的时间里,我国的宝玉石事业取得了长足的发展。

摆在读者面前的这本书——《绿柱石宝石》,是我国宝玉石工作的一支新秀。它的作者杨炳滨先生曾在我国主要绿柱石宝石产地的新疆阿勒泰地区工作 15 年,长期和这种宝石打交道。近年来他又专门从事珠宝行业的工作,积累了丰富的经验。在形势的鼓舞、各界的需要及朋友们的支持下,他编写了这本书。本书是作者长期从事绿柱石宝石研究的成果。

本书囊括了有关绿柱石宝石的各个方面。作者采取宏观和微观相结合的方法,从绿柱石宝石的矿物学、矿物化学、晶体学、物理性质等谈起,并结合宏观的地质背景、矿床学,将绿柱石宝石划分为三类,即祖母绿、海蓝宝石与绿宝石三类。他对这三类宝石作了系统阐述并再细分出若干类。在此基础上进一步讨论了绿柱石宝石矿床成因类型,以指导找矿。这是本书的地质学、矿床学和矿物学部分。

本书的另一部分与宝石直接相关,即绿柱石宝石的鉴定、加工与人工合成。上述两部分都倾注了作者多年的辛勤劳动与宝贵经验。

新疆产出多种宝玉石,其邻国邻区宝石资源十分丰富,巴基斯坦和阿富汗盛产红、蓝宝石、彩色电气石、紫锂辉石、青金和绿柱石宝石,俄罗斯边境的萨彦岭和哈萨克斯坦都曾有发

现翡翠的报导。本书虽只涉及一种宝石,但全书反映出的学术价值、技术路线和工作方法等对其他宝玉石的开发利用和鉴定也有积极参考价值。

目前,我国虽已出版了许多宝石著作,但至今尚未见到一本正式出版的绿柱石宝石专著。因此,我相信本书的正式出版对国内绿柱石宝石资源的开发利用将起到重要的促进作用。

中国科学院主席团成员

中国科学院地学部主任

汪新

1995. 6. 5

前 言

珠宝业在我国具有悠久的历史,我国的俏作玉件和精美的珠宝首饰具有浓厚的东方艺术风格,深受国内外珠宝爱好者的珍爱,并在国内外享有盛名。过去我国贵重宝石原料几乎全部依靠进口。但近 10 多年来,由于地质工作者、岩矿工作者、宝石工作者和采矿工作者的共同努力,已发现和开发利用了多处中高档宝石矿床和矿点,比较著名的有辽宁复县瓦房店金刚石矿床,山东昌乐蓝宝石矿床和新疆阿尔泰绿柱石宝石矿床与碧玺矿床。新疆阿尔泰绿柱石矿床在解放前就已发现,解放后被大规模开采利用。特别是十一届三中全会以后新疆阿尔泰绿柱石宝石才开始作为宝石商品在国内外市场销售,为我国经济建设和宝石事业的发展作出了贡献。今天,新疆阿尔泰已成为国内外著名的绿柱石宝石产地。除新疆外,内蒙、云南、湖南、南岭、华北和东北等地也有绿柱石宝石矿床的产出。因此,在我国辽阔的国土上绿柱石宝石的前景肯定是可观的,并已引起了许多珠宝部门、工业部门和地质部门的注意,也引起了许多矿物工作和宝石工作者的极大兴趣。然而有关绿柱石宝石的参考资料所见甚少,这与我国绿柱石宝石业的发展颇不相称。作者有幸在新疆阿尔泰绿柱石宝石矿床中进行了 15 年的工作和研究,并在近 10 多年来收集了大量国内外有关绿柱石矿物学、宝石学、宝石改色、人工合成、宝石加工、鉴定和找矿方面的资料,结合作者多年来在绿柱石宝石领

域中的研究成果和工作经验于1985年写成本书初稿,供宝石界同仁和广大宝石爱好者参考,以弥补这方面资料的不足。本书初稿的全部内容于1987年连载于《新疆有色金属》杂志第一、二两期,并于同年在全国宝石学术会议上进行了学术交流。由于得到专家和学者的厚爱,致使本书荣获1989年新疆维吾尔自治区首届优秀科技论文二等奖,并获得自治区科委颁发的科学技术研究成果证书(自治区级)。尤其值得欣慰的是,本书的部分内容已被一些生产部门,科研部门和高教单位参考利用。本书正式出版前听取了部分专家和读者的意见,结合作者近10多年进行宝石鉴定、咨询和管理宝石加工厂的经验,对本书的绿柱石宝石加工和鉴定两部分进行了重大修改和扩充。绿柱石和绿柱石宝石矿床的成因类型一章也根据涂光炽院士提供的宝贵资料而作了适当增加。这就使本书更加实用,既适合于宝石专家和宝石技术人员阅读,也适合于宝石加工工人、宝石找矿工作者和宝石爱好者阅读。

我们把符合宝石质量条件的绿柱石矿物统称为绿柱石宝石(Emerald Aquamarine and Other Beryls),主要包括祖母绿、海蓝宝石和绿宝石。绿宝石又可分为绿色绿宝石、金色绿宝石、曼克西卡塞(Maxixe)型蓝色绿宝石、粉红色绿宝石、红色绿宝石(Bixbite)、透绿宝石等。此外还包括星光绿柱石宝石、绿柱石宝石猫眼石和水胆海蓝宝石等。把不符合宝石质量标准的绿柱石矿物统称为绿柱石,如绿色绿柱石、蓝色绿柱石、黄色绿柱石、红色绿柱石、白色绿柱石等,以此和同颜色的绿柱石宝石相区别。

绿柱石和绿柱石宝石、绿柱石和绿柱石宝石矿床关系极为密切,单独的绿柱石宝石矿床极为少见,且绿柱石宝石又多

作为开采绿柱石矿石、陶瓷原料或稀有金属原料时,作为副产品回收的。因此,我们把它们放在一起研究。

本书封面宝石图中的祖母绿彩照是采用 Joh sinkankas. Emerald and other Beryl(1981)一书的照片。

我国著名地质学家涂光炽院士在百忙中为本书写了序,并为本书提供了非常宝贵的十分独特的一种绿柱石宝石矿床资料,在此作者表示深深的谢意!在本书出版过程中新疆科技期刊编辑学会理事长、新疆有色金属研究所尹辉喜高级工程师、新疆矿产实验研究所副总工程师、高级工程师王世元、新疆工学院地质系副主任、副教授帕拉提·阿布都卡迪尔都给予作者极大的支持和帮助。新疆地质研究所舒松龄工程师、保真珠宝行业务经理在本书的编写和出版过程中自始至终都给予热情的鼓励和多方面的支持,并为本书的初稿清绘了全部图件,在此一并致谢。

由于水平有限,书中难免存在缺点、错误,敬请读者批评指正。

作者

1995.1

目 录

第一章 绿柱石宝石的内部结构及化学成分

- 第一节 绿柱石和绿柱石宝石的矿物特征和晶体结构 1
- 第二节 绿柱石宝石的化学成分 3

第二章 绿柱石宝石及其颜色

- 第一节 绿柱石宝石种属及其颜色起因 10
- 第二节 绿柱石宝石的质量要求 30

第三章 绿柱石宝石的改色

- 第一节 由加热处理法引起绿柱石宝石颜色的转变 ... 33
- 第二节 加热处理方法及注意事项 35
- 第三节 由辐射法引起绿柱石宝石颜色的转变 36
- 第四节 由加热法和辐射法改变绿柱石宝石的颜色
..... 37

第四章 人造祖母绿

- 第一节 助熔剂—熔融人工合成法 41
- 第二节 热液人工合成法 49

第五章 绿柱石宝石鉴定

- 第一节 绿柱石宝石的鉴定特征 55
- 第二节 祖母绿的鉴定 55

第三节	海蓝宝石和绿宝石的鉴定	61
第六章	绿柱石宝石的款式设计及加工(琢磨)工艺	
第一节	绿柱石宝石的款式设计	66
第二节	绿柱石宝石加工(琢磨)工艺	92
第七章	绿柱石和绿柱石宝石矿床的成因类型	
第一节	火山岩中的绿柱石和绿柱石宝石矿床	121
第二节	早期岩浆型绿柱石和绿柱石宝石矿床	123
第三节	花岗伟晶岩型绿柱石和绿柱石宝石矿床	123
第四节	气成—热液型绿柱石和绿柱石宝石矿床	131
第五节	沉积型绿柱石和绿柱石宝石矿床	138
主要参考文献	141

第一章 绿柱石宝石的内部结构及化学成分

第一节 绿柱石和绿柱石宝石的矿物特征和晶体结构

绿柱石(Beryl)一词来源于古希腊文“Beryllos”，意即绿色的石头。它是52种含铍矿物中最常见的矿物，属含铍环状硅酸盐。晶体为六方晶系，硬度7.5~8，比重2.63~2.91，单位晶胞参数 $c_0=0.917$ 纳米， $a_0=0.921$ 纳米，空间群 $D_{6h}^2 \sim P^6/mcc$ ， $Z=2$ 。无碱或缺碱的绿柱石晶体常形成六方柱状，晶体柱面有纵纹。晶体柱面 $\{10\bar{1}1\}$ 和底面 $\{0001\}$ 最为发育，有时见有六方双锥面 $\{10\bar{1}1\}$ 和柱面 $\{1120\}$ (图1)。产于花岗伟晶岩中的绿柱石晶体的锥面多不发育。富碱绿柱石晶体多呈短柱状、板状和不规则状。最大的绿柱石晶体产于美国缅因

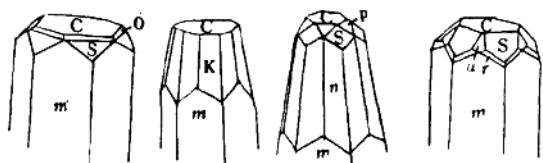


图1 绿柱石宝石结晶形态图(据J.新坎卡斯,1981)

州,长达5米,直径1.5米。最大海蓝宝石晶体产于巴西米纳斯杰拉斯州,晶体长48.5厘米,重110公斤。绿柱石宝石颜色多种多样,有翠绿色、绿色、海蓝色、蓝绿色、黄绿色、金黄色、粉红色、无色及具有上述不同色调的过渡颜色等。玻璃光泽到油脂光泽,解理不完全,在{0001}面上有特征的裂理。断口参差状,偶见贝壳状。

绿柱石宝石晶体光性为一轴晶负光性,有时出现异常二轴晶,2V角很小。其折光率值随晶体颜色或所含次要元素不同而各有差异,如表1所示(在钠光灯下)。

表1 绿柱石宝石的颜色和折光率的关系

宝石名称	No	Ne	No~Ne
海蓝宝石及其灰色变种	1.567~1.582	1.563~1.576	0.004~0.007
祖母绿	1.570~1.590	1.566~1.597	0.005~0.007
玫瑰色绿宝石及其它含碱绿柱石宝石	1.577~1.602	1.572~1.592	0.007~0.008

最强的X-射线粉晶线是:3.238(10);2.874(10);2.146(8);1.989(8);1.737(8);1.515(8);1.430(8);1.276(8)。

绿柱石宝石的化学性质稳定,不易受酸碱的侵蚀。但在伟晶岩或早期岩浆矿床中形成的绿柱石晶体,可以受到晚期热液的蚀变作用,变成石英、钠长石和白云母组成的集合体,还保存着六方柱状晶体的假象。这种现象在中国阿尔泰伟晶岩中累见不鲜,在国外花岗伟晶岩著作中亦有同样的描述。然而在矿床遭到风化侵蚀时,绿柱石晶体显得很稳定,即使在深深高岭土化的伟晶岩中,绿柱石晶体也不受影响。

绿柱石宝石的上述特征是由它的内部结构及其化学组成决定的。众所周知,绿柱石的理想分子式是 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$,属环

状硅酸盐。晶体内硅氧四面体组成六方环 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 沿着C轴堆砌,形成直径约为0.46纳米的孔道。六方环之间由 Be^{2+} 和 Al^{3+} 离子进行联结,如图2所示。

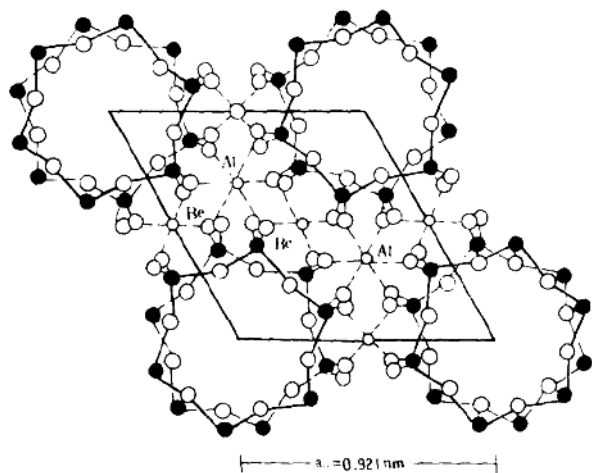


图2 绿柱石宝石结构投影图

第二节 绿柱石宝石的化学成分

由于绿柱石中氧化铍和氧化铝的性质极为相似,因而在长期分析中都把它们混在一起,致使绿柱石的化学成分一直搞不清楚。1798年法兰西著名化学家沃凯伦首先叙述了铍,当时他在绿柱石和祖母绿中分离出一种土状物,按它的甜味,沃凯伦把它称为“glucina”。直到1814年俄国基介教授才把它

称为铍。但至今法兰西化学家仍沿用“glucina”这一名称。

绿柱石宝石所含元素种类繁多,最常见的元素及其含量如下:SiO₂ 64.3%~66.4%,BeO 9.26%~14.0%(Be的含量随绿柱石含碱量的增高而降低),Al₂O₃ 17.25%~20.25%,Na₂O 0%~2.74%,K₂O <0.5%,Rb₂O <0.02%,CaO <0.1%,FeO 约为0.15%,Fe₂O₃ 0%~1.0%,Cr₂O₃ 0%~0.25%,MnO 0%~0.2%,MgO 0%~0.15%,Sc₂O₃ 0%~12.6%,Cs₂O 0%~11.3%,一般<4%,Li₂O 0%~1.23%,V₂O₅ 0%~0.9%。

在孔道中水的含量为0%~4%,随绿柱石形成条件的不同而有变化。

按元素离子在绿柱石宝石结构中的位置和作用的不同,将其分为三类:

一、主要元素及其离子特性

硅:Si⁴⁺,离子半径0.042纳米,联结4个氧离子,位于硅氧四面体的中心。

氧:O²⁻,离子半径0.132纳米,位于硅氧四面体的端点。它的键扩张到铍氧四面体和铝氧八面体。

铍:Be²⁺,离子半径0.035纳米,位于硅氧四面体环之间,起着联接六方环的作用。它联接六个氧,位于铝氧八面体的中心。

铝:Al³⁺,离子半径0.051纳米,位于硅酸盐六方环之间,起着联接六方环的作用。它联接六个氧,位于铝氧八面体的中心。

二、孔道离子和水

如上所述,由于在绿柱石宝石中硅氧四面体组成六方环,

而这些环沿着 C 轴堆砌,形成一个直径约为 0.46 纳米的孔道,充填于孔道中的金属离子称为孔道离子,主要有:

铯: Cs^+ ,离子半径为 0.167 纳米,由于离子半径太大,只能充填于大直径的孔道中。水常常伴随铯而存在。因为铯离子半径大,除非高温,铯能有效的堵塞水,使其不易向外逃逸。锂取代铯时总要铯来平衡其电价,因而绿柱石宝石构造中如果没有锂也就没有铯。

钠: Na^+ ,离子半径 0.094 纳米,由于离子半径太大,不能占据 Al^{3+} (离子半径 0.051 纳米)的位置,因而只能存在于孔道中和水结合在一起,并阻止水的逃逸。偶然也出现于环的平面之中。

钾: K^+ ,离子半径 0.133 纳米,除存在于孔道中外,不能在晶体内别的构造位置之中,如像“HOH”一样,有时占据被铷占据的位置上。

铷: Rb^+ ,离子半径 0.148 纳米,只能存在于绿柱石宝石晶体的孔道中,它位于“HOH”和强烈地被弄歪的三个氧之间。

钙: Ca^+ ,离子半径 0.099 纳米,其作用像钠。

水: H_2O ,分子半径大约为 0.37 纳米,仅在孔道中存在,约占 0%~4%。在孔道中水形成 I 型和 II 型两种(图 3)。I 型水的对称轴 C_2 与绿柱石宝石结构中的 C_6 垂直,它能单独存在,但加热到 350~600℃时逸散。II 型水分子的对称轴 C_2 与绿柱石宝石结构中的 C_6 平行,且和接近孔道中的碱离子伴生。它的含量随含碱量的增加而增加,只有加热到 900℃以上才能逸散。用动溶剂—熔融法合成的祖母绿是缺乏水的,火山岩中产出的红色绿宝石(bixbite)也没有水的出现。采用水热

法生产的祖母绿含有较多水。在热液中,在缺碱情况下形成的绿柱石宝石只存在 I 型水,但在富碱的绿柱石宝石中 II 型水普遍存在。

铁: Fe^{2+} , Fe^{3+} 少量。

有时在孔道中出现极微量羟基(OH^- , 离子半径约为 0.132 纳米)和 CO_2 等物质。

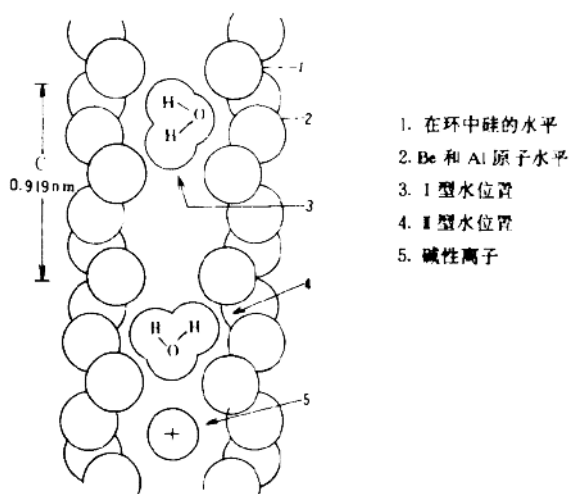


图 3 绿柱石宝石孔道中水的位置图

(据 K. 纳索, 1976)

三、替代构造离子

所谓替代构造离子,是指在绿柱石宝石形成过程中,由于