

世界宝玉石譯文專輯

主 编

庠成荣 陈兴华 李治芬

国家建筑材料工业局西南地质公司

成 都 地 质 学 院

一九八八年七月

世界宝玉石论文选辑

主 编
副 编
编 委

编委会成员名单如下：

编 委 员 名 单

— 编 委 员 名 单 —

世界宝玉石译文专辑

主 编

库成荣 陈兴华 李治芬

国家建筑材料工业局西南地质公司

成 都 地 质 学 院

一九八八年七月

前 言

为了加速和促进我国宝玉石矿产的开发和利用,国家建材局西南地质公司和成都地质学院于1988年联合组织编辑了《世界宝玉石译文专辑》,以供从事宝玉石生产、科研、教学和珠宝玉器业有关人员参考。

为了反映国外宝玉石及宝玉石地质的研究现状,我们选编了世界宝玉石核心期刊的近期论文 61 篇,其中主要是 1985—1987 年间公开发表的论文或专著资料。专辑内容包括宝玉石矿物学、宝玉石鉴定方法和切割加工、人造宝石及宝石的工艺处理,宝玉石矿床地质以及宝玉石矿床的找矿工作方法等方面。试图能反映国外有关宝玉石地质最新研究成果的新理论、新技术及新方法。力求内容系统全面,具有一定的代表性。

本专辑的编译工作在编委会领导下,由庠成荣、陈兴华、李治芬任主编;李治芬及陈兴华负责资料的收集和组织编译,谭维治和陈先达协助资料收集。全书最后由三位主编统一审定、校对和整理出版。在编译的过程中得到国家建材局西南地质公司及成都地质学院有关领导的支持和鼓励。特此致谢。由于时间仓促,译文中定有错误和欠妥之处,同时由于译者较多,文体不尽一致,省略了部分图版,敬请广大读者指正。

《世界宝玉石译文专辑》编委会

1988年7月

目 录

宝玉石及宝玉石矿物研究

四颗著名宝石的研究.....	邓国刚 (1)
尼泊尔的红宝石.....	李治芬 (3)
某些稀贵的硅线石猫眼石.....	邓国刚 (8)
某些珍贵的猫眼石.....	李治芬 (11)
尼日利亚优质宝石级蓝色和绿色绿柱石 (海蓝宝石和祖母绿)	李治芬 (13)
印度奥里萨的双色绿柱石.....	李治芬 (18)
非常奇特的金刚石.....	庠成荣 (21)
钻石的意外污斑.....	陈兴华 (23)
贵蛋白石的颜色.....	庞玉惠 (24)
关于玛瑙形成的进一步探讨.....	邓宗立 (27)
彩红色正闪石类矿—产于格陵蓝的一种新的宝石材料.....	汪海漳 (30)
加拿大哥伦比亚省的宝石材料.....	邓启予 (34)
泰国巴兰红宝石中的似蓝宝石 (不是蓝宝石)	李来谋 (41)
对斯里兰卡艾拉黑拉的棕碧玺的某些观察结果.....	林盛表 (42)
斯里兰卡所产镁锌尖晶石的新研究成果.....	林盛表 (45)
红柱石的一种变态.....	卢奇勋 (47)
南美圭亚那 Orinduik 瀑布带中的碧石.....	于苏俊 (48)
谢尔盖耶夫卡玛瑙矿床中编状的二氧化硅假晶.....	陈文德 (49)
绿色砂金石石英的矿物学特征.....	黄建孟 (50)
澳大利亚莱特宁岭的黑欧泊.....	王 军 (52)

宝玉石鉴定方法

人工着色金刚石光谱鉴定法的新进展.....	庠成荣 (53)
红外光谱法鉴定宝石.....	徐锡珍 (60)
天然宝石与助熔剂生成的人造红宝石双晶.....	李治芬 (67)
放射照像鉴定珍珠的可能性及局限性.....	庠成荣 (72)
关于用镓含量来分辨天然的与合成宝石的问题.....	林盛表 (80)

宝石的颜色和尼尔逊的“体色”理论.....	李来谋 (83)
硬玉中的某些色变.....	谢为鑫 (84)
宝石业中的色度学研究.....	高美顺 (85)
宝石工艺研究室的评述.....	张成举 (99)
蓝宝石中的玻璃充填物.....	于苏俊 (103)
巴西Santa Terezinha de Goia's祖母绿内包裹体研究.....	谢为鑫 (107)
马拉维黄刚玉中的特殊包体.....	陈兴华 (108)
斯里兰卡艾拉赫拉罕见的硼铝镁宝石中的针状包裹体.....	彭君维 (109)

宝玉石的工艺处理

改良锆石颜色和质量的处理方法.....	高美顺 (110)
赛科(Seiko)公司合成的祖母绿宝石.....	林盛表 (113)
宝石工艺的实验室评述.....	陈丽珊 (115)
用高能电子束辐射处理黄玉诱生的缺陷和染色.....	邓宗立 (121)
烟水晶的溶液染色.....	黄宣镇 (126)
日本生产合成紫水晶的新试验.....	王祖福 (128)
多面琢型钻石重量的计算分析.....	高美顺 (130)
切磨金刚石的损伤.....	王祖福 (240)

宝玉石矿床地质

宝石成因的综述.....	李治芬 (137)
斯里兰卡沉积型宝石矿床的成因特征.....	李治芬 (141)
斯里兰卡中部的艾拉黑拉宝石矿区.....	李治芬 (146)
安大略省的紫晶矿床.....	刘鸿强 (155)
巴西某黄玉矿床的成因.....	张伯南 (162)
论斯里兰卡拉特纳普勒型宝石矿床的成因.....	刘鸿强 (166)
巴基斯坦西北边境省的开特兰粉红色黄玉矿.....	庠成荣 (170)
北卡罗来纳州的红宝石矿.....	李治芬 (172)
硬玉的低级变质作用成因.....	陈伯茂 (175)
加利福尼亚州马林(Marin)县软玉矿床.....	曹志敏 (186)
苏必略湖周围采集的玛瑙.....	曹志敏 (192)
蒙大拿玛瑙的地质历史.....	吴龙英 (197)

硅球：俄勒冈州的一种岩石.....	潘学渊（201）
关于比格斯(Biggs)碧石的成因探讨.....	杜显伦（202）
科斯库埃兹(Coscuez)矿山： 哥伦比亚祖母绿的主要来源.....	谢为鑫（206）
加拿大格伦维尔省东部假蓝宝石矿脉 副片麻岩中的氧逸度变化与成矿反应.....	李治芬（213）

宝玉石的找矿方法与技术

利用冰川聚焦法研究Munro蛇丘所发现的安大略金伯利岩.....	邓一谦（215）
计算机寻找宝石矿床.....	黄建孟（216）
钠——哥伦比亚以东科迪勒拉地区祖母绿成矿的一种地球化学指示剂	鲁烈饶 李巨初（221）
昆士兰西南部贵蛋白石矿床地质和磁性特征.....	庞玉惠（230）

四颗著名宝石的研究

C. W. Fryer John I. Koivula

摘要 在本文中作者报导了四颗著名宝石：孟买之星蓝宝石、葡萄牙铝石和两颗为人们所熟知的玛瑙、安托里特大铝石耳饰的研究。所有这些宝石，都是史密斯学会收集的一部分收藏品。本文也包括了一部分历史资料摘要。

1985年5月，罗斯·安吉列斯国家自然和历史博物馆专辟了一个宝石及其历史的新陈列室。该陈列室用的阿历克斯·杜西先生和文格尔特基金会的经费，作为E.哈德列·斯特尔爱尔兰宝石和矿物大厅永久的一部分。和新开放的这部分陈列室一起，由纽约的亨利·惠斯登法人组织安排了一个精美珠宝的特殊陈列品展览项目，作为史密斯学会的华盛顿美国国家自然历史博物馆，也从其收藏中提供了一些著名的宝石。罗斯·安吉列斯特殊陈列室为作者提供了罕有的机会去完成史密斯学会的三个著名珍藏品的宝石学研究，即孟买之星蓝宝石、葡萄牙铝石和玛丽·安托里特耳饰。其实验结果报导如下。

孟买之星蓝宝石

孟买之星蓝宝石是已故女电影明星玛利·彼克福特遗赠给史密斯学会的一颗椭圆形的蓝色中等亮度的蓝宝石，测得的尺寸为 $36.30 \times 28.82\text{mm}$ ，厚度为 17.55mm 。不幸在玛利·彼克福特得到它之前对它的历史一无所知。这颗精制的宝石用GIA重量估计公式估算，其重量约为184克拉，与史密斯学会记录的重量182克拉非常吻合。宝石呈深蓝色和浅蓝绿色的双色性，其颜色是有差异的。折射度近似为 $1.76 \sim 1.77$ （斑点法）。没有测定比重。光谱实验显示有一条 450.0nm 的灵敏谱线，一个在绿色范围内的一般光谱吸收区域。没有观察到 460.0nm 或 470.0nm 谱线的迹象。宝石在紫外光照射下是惰性的。

用显微镜观察到几种引起我们兴趣的包裹体。除针状金红石晶体是引起星光光芒的原因外，在孟买之星中找到的最特出的包裹体主要是由两个不同固相组成的负晶体。其中的一个相是一种不透明的，由暗灰色到黑褐色的六方晶系类金属片晶组成的基质，与用斯里兰卡蓝宝石作过的实验中的固相类似，作者认为它是浸入石墨相。第二个相的成分不明，是一种柱状喷射形双折射晶体，沿空腔腔壁向内伸长。因为斯里兰卡金刚石原生负晶体中通常含有二氧化碳，我们设想如果将宝石稍微冷却，我们可能观察到一种相变过程（气相→液相）。后来我们将宝石浸入冷的自来水中使冷却，我们观察到了空腔中的气相和液相二氧化碳。用显微镜灯使宝石慢慢地变暖，使二氧化碳的两相均一化，液相和气相间气泡的弯曲液面消失。这种实验结果已为斯里兰卡宝石所证实。

不透明金属晶体没有明显扩张，由于出现一种接近等尺寸的圆形物，更进一步证实了包裹体的存在。虽然由于包裹体位于宝石之中而不可能作分析，但对斯里兰卡蓝宝石

中非常类似的包裹体所作实验，使人们联想起那可能是一种铁的硫化物——磁黄铁矿的原生晶体。

葡萄牙钻石

葡萄牙钻石首次由约翰·马韦（1883）在实验中测定，该钻石被称之为葡萄牙摄政王，作为世界第三大钻石而载入记录，重金衡制的一盎斯（156克拉）。马韦指出这颗宝石是在当时葡萄牙的殖民地巴西找到的。爱德华·斯脱特（1882）也主张葡萄牙摄政王产自巴西，而且指出钻石是一个奴隶在阿伯特河附近找到的。但是他记录的重量是215克拉，显著地大于马韦所指出的重量。无论如何后来这颗宝石经过加工切磨而成了它现在的尺寸和形状。根据克劳西斯（1984）的说法，亨利·惠斯通法人团体在1951年购得了这颗宝石，经过背后的买和卖，史密斯学会在1963年最终将它买下。

葡萄牙钻石是一颗外形大致为八角形的、对角线以及边和端几乎有相同长度的美丽钻石。测得钻石的尺寸为 $32.75 \times 29.65\text{mm}$ ，厚 16.01mm 。为了保险，该钻石嵌在一个非常简单的、有四个尖头的装置中，展览时放在一个笔直的座架上。嵌着的宝石不可能称重，用GIA近似公式估算出重约128克拉，比记载的127.01克拉多一克拉（克劳西斯，1984）。

虽然不可能对嵌着的宝石颜色作精确分类，但作者推测，在GIA颜色标度中其分类范围应由G到H或I，这与观察存在一条 415.5nm 的光谱吸收谱线是一致的（无色钻石在GIA标度中为D）不显 415.5nm 谱线）。没有观察到另外的吸收谱线。

不管宝石本身呈现什么颜色，都将毫无疑问地被非常强的蓝色荧光所遮蔽，实际上可设想葡萄牙钻石一度曾是一颗蓝色钻石（克劳西斯，1984）。钻石经长波或短波紫外线照射，都显极强的蓝色荧光。甚至白炽灯光源中比例相对很小的紫外光线，也会使宝石呈柔和的蓝色。另外还有，将宝石放在分光镜的光源后让强光通过，当光线通过分光计而被观察到时，宝石也明显地显蓝色。

这颗透明的葡萄牙钻石唯一的参考文献，是在格尔（1977）的著作中找到的，据他说这颗宝石是无疵瑕的。但是经我们对嵌着的宝石所作检查，在环绕宝石的第一和第二小面结合部一个边的突出部分，找到了一个微小的撞伤，平面上部有两个轻微的擦伤，但这部分被竖锥形弹簧遮住了。这些特征也出现在以后格尔的报导中。但是，在宝石下部斜面连接处的拐角上，也有五六个额外的小面。宝石也曾用偏光仪作过实验，但只观察到一般的晶格变形，没有显出如象在包裹体周围发现的那种任何局部变化。

玛丽·安托里特耳饰

虽然玛丽·安托里特项圈曾几次在一些著作中叙述过，但关于耳饰（图5）却很少有记载。它们可能是一套非常大的梨形钻石的一部分，是法国路易十五为其情妇琼·德·巴瑞夫人收集的宫廷珠宝。路易十六在他的父亲死后，将它给了他的皇后玛丽·安托里特，皇后经常佩戴这对耳饰。当皇室家族在1971年7月试图逃离巴黎时，左边的耳饰留在了皇宫花园里。

在耳饰的宝石中心，作者作了唯一一次详细实验。虽然宝石是相当大的梨形，但它们却非常的薄。一次测得的尺寸为 $23.21 \times 19.36\text{mm}$ ，厚 5.13mm 。另一次测得为 $24.40 \times 17.00\text{mm}$ ，厚为 5.13mm 。用GIA重量估算公式算得重量的近似值分别为19克拉和13

克拉。某些资料记载的重量是36克拉，这不是指陈列品及其附属物的重量有差，而是指两颗宝石的总重量。

宝石看起来是无色的或近于无色，它的吸收光谱谱线已证实似乎缺少415.5nm线。但是，我们应注意这是在室温下对宝石作的实验，如果宝石是经低温冷却，415.5nm谱线总可能变得可以辨识。一颗宝石对任何紫外线都是惰性的，而另一颗在长波或短波紫外线照射时，发微弱的兰色萤光。

两颗宝石都有非常薄的环圈，由于经过这么多年的结果，这一圈棱边的各个面已经编了号。某些面相对地较长，是在宝石对应范畴的可能位置上。用显微镜放大10倍，我们从不同方向观察边和棱，看不出任何内部特征。这些宝石除去它的饰物后来分级，无论如何按以前已作过的任何要求来看，它们可能都是没有任何缺陷的。这对宝石还表明，当作偏振光实验时应当注意变形性，但是样品并没有局部变形。

结 论

葡萄牙钻石、玛丽·安托里特耳饰这几颗宝石，无论在大小上或质量上都比得上孟买之星蓝宝石，就其历史趣味来说就更高了。我们希望我们的实验能为将来研究这些宝石提供更完整的资料，希望有机会能够提供冠以其他名称的类似报导，作为我们探寻和获得有关这些宝石更多的地质学检验标准。

译自《Gems & Gemology》1986 p99—102

邓国刚 译

李来谋 校

尼 泊 尔 的 红 宝 石

R. R. Harding K. Scarratt

摘要 描述的是一种新发现的尼泊尔的红宝石，切割红宝石晶体或宝玉石质材料，可以通过紫外可见分光光度计和电子显微探针来分析晶体和脉石矿物中被包围的红宝石。种类繁多的包裹体是描述的重点，其结果可以和亚洲其它地区的红宝石相对比。

序 言

早在1984年，据说是在尼泊尔发现了一个圆顶平底形和一个较小的红宝石，并被带到地质博物馆鉴定，二者均被鉴定为红宝石，但是在两个红宝石中都有呈不规则弯曲羽毛状的包裹体，却引出了这些宝石是天然的还是人造的疑问。而后，在较短的一段时间，不列颠宝石检验室鉴定了这两个石头。这两个石头之中的包裹体并不是某些特殊产状的产物，取得了共同的意见，一致认为该红宝石则更可能是源于天然。然而，样品必须得到系统全面而彻底鉴定。这些工作直到1984年末期，这篇报道便描述了这种新的红

宝石及其有关矿物的特征。最早报道尼泊尔有工业价值红宝石的是Toshiro Baba (1982)，同时他指出在达布莱宗 (Taplejung) 地区，即尼泊尔东部的滕古达 (Dhan-kuta) 地带 (图 2)，同黄玉一起发现的。在同样的地区也发现了圆顶平底形特征的蓝宝石，这是在1983年11月在斯里兰卡贝鲁沃勒 (Beruwala) 召开的第十九届国际宝石会议上由 A. Chikayama 提出的。在这篇报道里记述的红宝石可能也是源于达布莱宗 (Taplejung) 地区，但是作者曾给出有关红宝石来源的资料仅仅是“在尼泊尔的某个地区”。

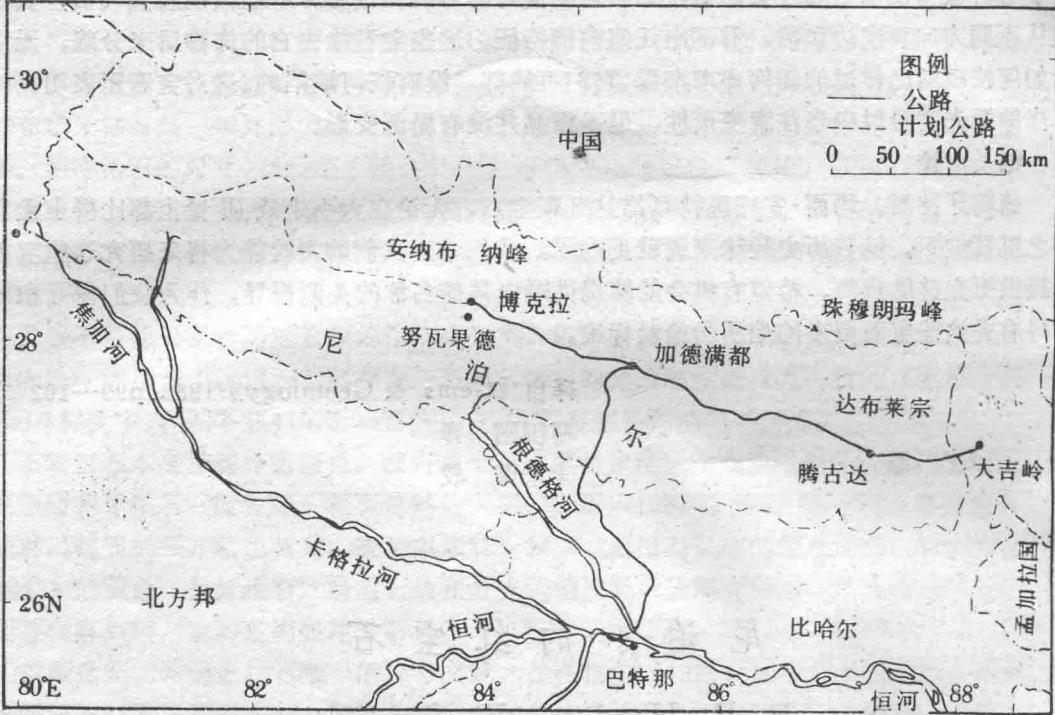


图 2 尼泊尔地图

红宝石的描述

尽管这两个抛光的石头并非是什么优质的宝石，但是，重达 7.9 克拉的圆顶平底宝石经切割后其颜色和透明度都比那个有刻面的石头好一些。有刻痕的石头重达 2.17 克拉，有肉眼可见的破裂痕，呈粉红色到红色。另一方面，切割后的圆顶平底形宝石，其包裹体并不容易被肉眼所看见，而宝石的颜色也接近“理想”红宝石红色。

除了那诱惑人的弯曲和迂回的羽毛状包裹体外，对这个石头进行显微镜观察时，发现其它两种有趣的观察物，一种是在圆顶平底形宝石里呈长长的有时变针尖状的曲状晶体，而另一种是在两种石头中都成线状的蓝色蓝宝石条带。

基质中的这两件红宝石样品是用作鉴定的，一件是白色基质里发育完好的棱柱形晶体，长3.5公分，宽2.3公分。而另一件则是在易碎的黑色云母片岩中。棱柱形晶体邻近

顶部的一个切面揭示了红宝石的核心部分，它具有和缅甸优质宝石可比较的颜色，围绕核心的环带是暗色的红宝石和明显限制在环带的蓝色蓝宝石，该蓝色蓝宝石与晶体上的生长线成 120° 的角度相交。晶体被弯曲的含有少量液体的裂隙切断。在某些部分看起来象是波动的电影胶片或者象是掩盖物，它是在圆顶平底形宝石中第一次看到的类似羽毛状物。这些包裹体均非常类似于 Cube in (1983) 在查塔姆 (Chatham) 红宝石，卡尚 (Kashan)，克尼斯奇卡 (Knischka) 所描述的那些一样。

折射率和比重

第一个实测的折射率是对于那个有刻面的石头，但是，由于表面既不平整又有许多磨损，故其结果折射率仅仅为 $1.758-1.766$ ，可以认为近似等于真实的折射率值。而另一个晶体取切片并磨光，用英国皇家学会制的 Rayner Daldex 折射仪，在钠光灯下精确的测得其折射率值为 $1.760-1.768$ 。

用蒸馏水的流体静力学测重法测定磨光的石头，同时在图 8 所示的晶体切片上测定，结果表明，圆顶平底形宝石的比重为 3.99 ，有刻面的宝石为 3.98 。然而，在切片上发现比 3.79 低的比重值 ($3.0-3.1$)，并且它很可能是由于包含有大量的珍珠云母所致。

吸收光谱

对抛光的两个宝石进行光波吸收的测定时，着重选用了可见区域，用的是一台 Beck 三棱型手动式分光仪，尽管在有刻面的石头的测量中并不太容易见到吸收和荧光谱线，但是，两个宝石都展示出红宝石典型的波谱特征 (安德逊, 1980)。

当对晶体进行更进一步的吸收谱测量时，将那个较薄的切片分成五个分区进行测量，这五个区域选在切片颜色不同的部位。每个分区的观察尺寸为 1.1×1.5 (mm) 毫米。

表 1 尼泊尔的刚玉及伴生矿物的成分分析

Wt%	1	2	3	4
SiO ₂	0.1	31.6	<0.2	38.8
TiO ₂	0.1	<0.2	<0.2	1.0
Al ₂ O ₃	99.7	48.9	<0.2	18.2
Cr ₂ O ₃	0.1	<0.2	<0.2	<0.2
FeO	<0.2	<0.2	<0.2	2.4
MgO	0.2	0.4	0.1	21.5
CaO	<0.2	10.9	55.7	<0.2
Na ₂ O	<0.2	1.4	<0.2	0.5
K ₂ O	<0.2	0.2	<0.2	9.9
P ₂ O ₅	<0.2	<0.2	41.6	<0.2
Cl	<0.2	<0.2	0.4	<0.2
总计	100.2	93.4	97.7	92.3

注：总铁以 FeO 表示

1. 刚玉：有意义的是红宝石切片中的，粒状红宝石中及抛光薄片中的29件分析样。
2. 珍珠云母：有意义的是红宝石切片中的和抛光薄片中的8件分析样鉴定珍珠云母晶体结构使用的是 R.J. 梅里曼的X光衍射分析 (B.G.S.X光卡片数目X8645)。
3. 磷灰石：有意义的是粒状红宝石中的和抛光薄片中的5件分析样总量的计算是减去与氧相当的氟即得
4. 金云母：有意义的是抛光薄片的3件分析样，并且包含V₂O₃ Wt%在内

在室温条件下,用 Pye Unicam PU8800/03 (Basil Anderson) 紫外线分光光度计对每个分区进行了从190到 850nm 的测量,测量时以平行棱镜轴的直线光束穿过切片。所有特征谱线间距为 $1\text{\AA}$ (吸收系数单位,埃),频带宽 0.5nm ,扫描速度为 0.5nm (毫微米)/秒。

吸收谱线自动记录的五个分区都显示在图 8 中,分析样品编号从1—5。每一条吸收谱线的基准线与其他谱线相同。某些特征谱线在某些部位呈现较大范围的吸收,可能是在观察位置有小裂隙或遇到包裹体的原因。在图 8 中特征的基线是 $0.85\text{\AA}$,每一种特征谱线总体比图 8 中的基线要有更大的吸收。然而,测试面积和光束减小减弱,特别选择很小的面积测试时,每一种特征谱线大约上升 $0.45\text{\AA}$ 多,比每一种应该上升的还要多。小行程的光线穿过红宝石薄片的厚度也小,其范围由 0.94 到 0.97 (毫米) mm。

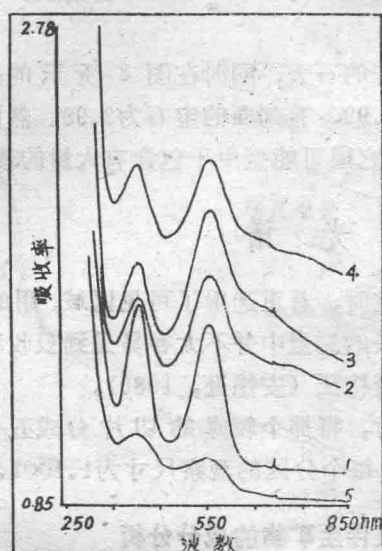


图 8 红宝石切片内 5 个测点从 250—850nm 的吸收谱线图

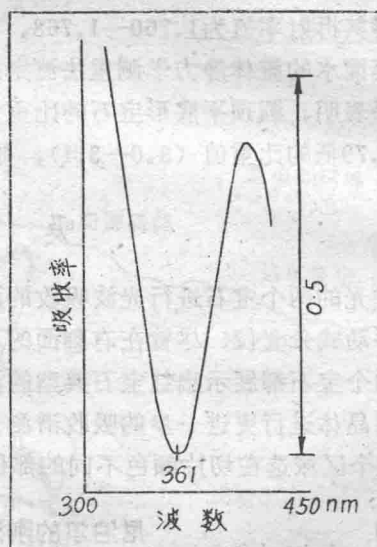


图 9 测点 1 的紫外分光光度法测定透过的面积

虽然在谱线 2、3、4 的测定,都有一个深蓝色吸收区间存在,全部五个分区都出现有这种基本的特殊谱线,这些特征完全是红宝石预料中之事 (安德逊, 1980)。然而,特征谱线 2、3 及 4 中还显示出在 850 到 620nm 间都有蓝色区间且出现一个陡上升吸收趋势。尽管在同样波段的范围内主要是红色或粉红色的稍显上升。另外,在特征谱线 1 和 5 及相对应的红色和粉红色区间,在区域 410nm 比在 560nm 中出现有一大地上升的吸收谱线。而特征谱线 2、3 及 4 则与之呈相反关系。

根据 Bosshart (1982) 发表的对“天然和人造红宝石的紫外分光光度测定法”,进一步对特征谱线 1 进行了计算。为了计算紫外分光光度计所测定的透过面积,采用三种参数,它们是紫外分光光谱中确定波长的最小吸收,最小吸收谱的中心位置,在最小吸收谱之上,吸收系数等于 0.5 的谱线宽度。

这种情况下,测量一种确定的不同的最小吸收之间一种参数是可能的,且在长波位

置上的最大吸收是小于 $0.5\text{\AA}$ (图9)。而 361nm 的最小吸收的测定象Bosshart所描述的一样作为把该宝石列入天然成因红宝石的依据。

电子探针分析

在有刻面的红宝石上,在基质中一个棱柱形红宝石晶体的切片上,在一个从破碎的云母片岩中分离出来的红宝石上以及含有红宝石和蓝宝石的云母片岩抛光薄片上进行电子探针分析。分析是采用剑桥研究所 Geoscan 电子探针和 Link 系统能量的色散探测器和电脑。加速电压为1万5千伏,样品使用电流为 5×10^{-9} 安培和电子束聚焦近似等于 $5\mu\text{m}$ (毫微米),用这种方法能测11号原子序数(Na)及以前的元素,每种氧化物测定的最低极限是 $0.2\text{Wt}\%$ (重量百分数)。

经过精选的矿物其分析结果列于表1,特别明显的是在刚玉晶体中色带不同其组分也不同,以及其最红的部分 Cr_2O_3 的含量高达 0.32% 。 TiO_2 象某些色带一样高达 0.3% ,但是 TiO_2 的含量与蓝宝石的蓝色深浅没有多大关系。在所有刚玉分析中,铁是在测试范围之下,其平均组分表示在表1第一栏内。在第三栏中的磷灰石,磷灰石总含量低,这和OH、F或 CO_2 的出现是一致的,而这些元素是电子探针不可能测出的。同样,珍珠云母(第2栏)和金云母(第4栏)的总含量亦低,因为可能出现OH或F。

在棱柱形红宝石晶体周围的白色基质矿物包含大量的方解石,白云石和钙云母,珍珠云母。珍珠云母呈片状,也是和红宝石边靠地交互连生,或者是完全包含在红宝石晶体之内,其他包裹体由白云母和黝帘石组成,在一个红宝石切片的一个边上连生着珍珠云母和含有稀土元素的粒状绿帘石。具刻面的红宝石中被电子探针发现有一黑色包裹体并分析为金红石、其他的黑色包裹体,外表极象金红石,在云母片岩中的红宝石,其包裹体为包含有石墨的黑色磷灰石。云母片岩含 80% 的金云母, 5% 的磷灰石, 3% 石墨, 3% 的刚玉(红宝石和蓝宝石), 2% 的珍珠云母及少量的金红石、白云母、方石解、白云石、钙长石、黝帘石和绿帘石。部分云母片岩所示,详细表现了金云母和刚玉、磷灰石和其它矿物的密切连生关系。在这些插图中可以看见刚玉局部地被珍珠云母碎片所覆盖和交切。这些结构表示在刚玉最初生长之后、温度、压力和化学条件的改变至此促使刚玉变得不稳定及部分地变为珍珠云母,而温度变低以前这种变化则受阻。在没有详细的当地地质资料的情况下,对于此种结构的解释仅仅是初步推测,实际上,Okruh, Bunch 及Bank (1976)曾经对此一致同意罕萨山谷(巴基斯坦)的刚玉大理岩,刚玉和珍珠云母形成于一个温度和压力升高的条件,取代一水硬铝、叶腊石和方解石而形成的。

在紫外线照射下,红宝石一般发出一种亮红色到粉红色的荧光,在 365nm 比在 253nm 位置上发光更为强烈。然而在蓝宝石区中,荧光却减弱,以及在珍珠云母出现的地方,其荧光显示为鲜艳的绿白色,而且通常显示具束状结构的包裹体特征。

讨 论

和刚玉有关的碳酸盐,金云母,磷灰石和石墨以及钙铝硅酸盐(珍珠云母、黝帘石、

绿帘石和钙长石 $An_{93}Ab_7$), 与Iyer (1953) 所描述的缅甸抹谷地区的红宝石 (Mogok Stone Tract), (也见Keller, 1983) 极为相似。那里分布有抹谷群 (Iyer, 1953, p15) 包括有石灰岩、花斑大理岩、方柱石片麻岩, 钙质一麻粒岩和透镜状的石墨带。巴基斯坦罕萨 (Hunza) 山谷的红宝石是来源于相似的地质环境, Okrusch 等 (1976) 和 Gubelin (1982) 把基质岩块描述为大理岩, 片岩和片麻岩夹层, 在片麻岩中表明含有红宝石, 伴有方解石、金云母、及磷灰石的包裹体。虽然取自尼泊尔的这两件样品在矿物组合上并非象抹谷 (Mogok) 那样广泛, 但是, 两件样品只是出现在一个复杂地质区域的可能很小的标本所组成, 而进一步的探索可能揭示出更大范围的矿物和岩石广泛的组合。

译自《Journal of Gemmology》1986.

20.1.p3—9

李治芬 译

林昌宝 校

某些稀贵的硅线石猫眼石

E. Gubelin, M. Weibel, C.F. Woensdregt

摘要 从斯里兰卡产出的褐黑色硅线石猫眼石, 显现一条异乎寻常的明显光带, 用它可以制成特殊宝石, 但这并非由于这种宝石本身具有什么特别有吸引力的颜色。研究六颗这种宝石后发现, 它们含有0.5%重量的氧化铁。包裹体中的主要矿物是钛铁矿, 它以用普通显微镜观察不到的拉长薄层而存在。较厚的复杂层是由共生在一起的铁尖晶石、尖晶石与一定数量的辉石基质组成。这些较厚的包裹体并不是在所有样品中都发现的。

我们都知道硅线石是一种纤维状的普通变质矿物。但是在缅甸莫多克地区发现的宝石和在斯里兰卡发现的卵形宝石, 却可以切磨成透明的并有一圈蓝色、紫色或灰绿色的稀贵宝石 (Webster, 1983)。最近, 从深褐色到淡黑色的磨制硅线石宝石, 有显著的宝石游彩, 已要求斯里兰卡为市场提供。通过光的传播, 这类猫眼石显一种特征的淡紫色。

地球化学实验室与固态物理实验室 (Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland) 协作, 用电子显微镜研究这种新型硅线石猫眼石的定向包裹体引起的宝石游彩, 分析工作者 R. 威斯金参与分析。对这六颗硅线石猫眼石的研究, 就能获得来自斯里兰卡宝石的全部内涵。它们的大小在10克拉范围内, 最大的一颗磨制宝石被沿平行于底面的方向剖开并用了一小半去研究薄片, 因为以后的电子衍射实验需要进行离子浸蚀。

与电子衍射实验有关的项目可概括为: 由包裹体引起的宝石游彩, 以及这类稀贵矿物的地质学特征。

实 验 方 法

象星状光芒的宝石游彩，是由于在许多晶体中大量的纤维状包裹体在一个或多个方向上排列成直线，因而使光产生散射。将宝石顶部磨圆是显现这种现象所必需的。要有很好的星光色彩或宝石游彩，必须是包裹体已被拉长而细到相当于光波波长的程度 (Weibel, 1985)。上述单个的、微小的晶体是不可能用通常的显微镜或 X-射线分析的。即使用偏振光显微镜对一微小区域进行观察，能够证实包裹体的存在，但其图象显示是无规律的，这是由于光的散射作用而引起的。

两种电子显微技术特别适用于宝石中超微包裹体的鉴定：

1. 电子显微扫描[SEM]与能量色散X-射线显微分析法相配合，便能作到对磨光宝石的小于 $1\mu\text{m}$ 的表面作观测和化学分析。

2. 透射电子显微镜与能量色散X-射线显微分析法相结合，能作为一种可达到约 300nm 的高分辨率分析。透射电子显微镜产生的不仅是一种图象，而且也是超微包裹体的晶格结构衍射图象。宝石的薄片必须先用离子射线束浸蚀，使其厚度减薄至不超过 100nm 。因此，为了分析的需要，必然要考虑牺牲一个宝石切片 (Wenk 1976)。

由于这些研究，使这两方面的技术都得到了发展。单独用SEM法 (方法1) 不可能将硅线石猫眼石中所含包裹体鉴定出来，因此，必然要求更广泛地研究电子衍射图 (方法2)。这是由于电子束对遍布于基质中的微细包裹体的激发很有帮助，因此可以得到包裹体和基质的混合构图。分析这些X-射线结晶学方法得到的衍射图，就能够从基质中区别出包裹体。在即将出版的结晶学杂志的论文中，将继续描述基质和包裹体间的共生规律。

化学组成和结构

最大一颗硅线石猫眼石用SEM法作铁的分析，发现基质中的铁是以 Fe_2O_3 形式存在的，其百分重量在0.5到0.6之间。因为硅线石的化学方程式是 Al_2SiO_5 ，故推测大概三价铁离子置换了铝。被拉长了的包裹体薄层准确地与硅线石的C轴平行，如果将它准确完美的沿c-轴和a-轴的平行方向劈开，劈面就是晶体的(010)面。切割一颗硅线石猫眼石的劈面，通常选择的方向是与磨成圆形的顶面的基面一致，因为该种基面平行于c轴的硅线石宝石，在任何一个方向上光带都将通过宝石的中心而产生最佳效果。

宝 石 学 特 征

这些硅线石猫眼石的共同光学特性与其他从斯里兰卡来的硅线石猫眼石非常吻合。使用标准宝石学方法所作测定，得到以下特性数据：

折射指数： $\alpha=1.660$ ， $\beta=1.662$ ， $\gamma=1.680$

双折射： $t0.020$ ， $2v=30^\circ$

多(向)色性： α = 浅黄色， β = 丁香褐色， γ = 灰褐色

吸收光谱：在410、441和462nm处显非常衰弱的暗区。

比重：3.257g/cm³ [按四种流体静力学方法测量取平均值]

定向包裹体

如果用一架普通光学显微镜观察硅线石猫眼石薄片，其散射图象能显示出大量的定向纤维束状物。这是因为它的厚度小于可见光波长的缘故 (Weibel, 1985)。用电子显微镜作更精确的研究，我们找到了纤维束状包裹体的两种变种，同时测定了这两种包裹体以毫米计的厚度。第一种是相对较厚的晶体薄层，是一个1~10 μ m的矩形交叉截面，是由铁尖晶石、尖晶石，也许还可能有一种辉石交互共生组成。尖晶石的存在与由X-射线能量色散显微分析和电子衍射分析结果一致，反之辉石是否存在还未确定。

在我们的研究中发现，并不是在所有的硅线石猫眼石包裹体都有较粗的纤维束，因此宝石游彩必然是第二种类型的拉长结构引起的。电子衍射证明，实质上它是由大量钛铁矿的针状晶体组成的。这些钛铁矿出现在两端距离为0.05到0.5 μ m的极薄的薄层中，与可能是硅线石结构的矩形截面交叉。最明显的事实是，它不但是针状晶体体系，而且其拉长长度与我们习惯对一般矿物晶体结构预期的拉长长度相违背。

钛铁矿作为定向包裹体不仅对硅线石猫眼石所呈现的宝石游彩和淡黑色起关键作用，而且也对一些稀贵的海蓝宝石猫眼石和金绿宝石猫眼石的宝石游彩起关键作用 (作者未发表的分析结果)；但是大多数金绿宝石猫眼石的宝石游彩，据认为是靠定向丝状金红石的作用 (作者未发表的分析结果)。

结 论

需要精确鉴定猫眼石矿物的包裹体来确定其特性，因为包裹体是引起猫眼石光学现象的原因。而且对猫眼石的研究，揭示了对共生矿物相的理解和兴趣，在某些情况下出现了变质过程中不对称性的发展，甚至在一个立方晶体中，也可能显出极度的拉伸度。

将宝石游彩和星艺光彩两者区别开来 (能说明双重或三重宝石游彩)，对业余的和专业的地质学家和宝石收藏家来说，就可对一颗磨制宝石作出高质量的鉴定。一颗宝石的内在的、不可思议的奇异结合，造成了宝石的、科学的和美学的最佳价值。

译自《Gems & Gemology》1986.p96—98

邓国刚 译

李来谋 校