

包裹体在宝石研究中的意义

蔡建明 李保华
(成都理工学院资源与经济系)

【摘要】 研究资料表明,天然宝石中通常含有多种类型包裹体,有固体包裹体、熔体包裹体、流体包裹体和特殊的“指印状”、“纤维状”包裹体等,而且各种成因类型宝石中的包裹体特征也存在明显差别;而人造宝石中的包裹体与天然宝石中的包裹体有天渊之别。因此,通过观察研究宝石中的包裹体特征,不仅可以区分天然宝石和人造宝石,而且还可查明宝石的成因及其产地等。

关键词 天然宝石,人造宝石,包裹体,鉴定

中图分类号 P579

天然宝石和人造宝石是在完全不同的生长环境中形成的,两者内部的包裹体类型及其特征迥然不同,这就为利用包裹体识别天然宝石和人造宝石提供了可靠依据。随着科学技术发展,人工合成方法和实验条件的不断完善和提高,使人造宝石的物理性质和化学成分越来越接近于天然宝石。在人造品大量充斥市场,与天然宝石鱼目混珠、真假难辨的情况下,研究宝石中的包裹体具有重要的实际意义。

1 天然宝石中的包裹体

各种天然宝石(如钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿、金绿宝石、黄玉、水晶等)都是在各种地质作用下,通过漫长结晶过程而形成的矿物晶体。它们在结晶生长过程中,由于物理化学条件变化等原因,使宝石晶体内部产生缺陷(如空穴和裂纹等),将生长介质(熔体或流体)及固体矿物微粒捕入其中,从而形成各种类型的包裹体。

已有资料表明,不同成因类型(如岩浆型、伟晶岩型、矽卡岩型、热液型等)的天然宝石中都含有包裹体。按包裹体成因分为原生、假次生和次生三类;根据包裹体的成分和相态不同,主要分为固体包裹体、熔体包裹体和流体包裹体三类;按宝石中包裹体分布形式不同,又可分为两种特殊类型包裹体,即指印状(fingerprint)包裹体^[1]和纤维状包裹体^[2]。

I类——固体包裹体 指宝石在生长时,捕获生长介质中早先晶出的矿物微晶(或称“捕获晶”)而形成的包裹体。其中,以金红石、锆石、磷灰石、长石、石英、云母和钛铁矿等尤为常见,它们具有一定的晶形,多为针状、柱状、粒状和片状,而且常呈定向排列或孤散随机分布(图

1a, b), 大小从数微米至数百微米不等。这类包裹体在各成因类型天然宝石中均有出现。

I类——熔体包裹体 主要出现于岩浆成因的宝石中,是宝石在生长过程中或形成后(沿裂纹)捕获岩浆熔体形成的。包裹体多呈浑圆形和不规则状随机分布,大小不等($1\ \mu\text{m}\sim n\times 10\ \mu\text{m}$)。包裹体主要由晶质矿物、气相和部分玻璃质组成,常见的晶质矿物有锆石、辉石、石榴子石、云母、长石、金红石、铌钽铁矿等^[3]。

II类——流体包裹体 是宝石在气水热液中生长时形成的广泛分布于各成因类型(岩浆型例外)宝石中的一类包裹体。形态多样复杂,有负晶形、管状、浑圆形和不规则状等,大小悬殊,分布不均。原生成因者多成群出现,平行排列;次生和假次生成因者常沿微裂纹呈线状或串珠状分布。按包裹体成分不同,又可主要分为 H_2O 包裹体和 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 包裹体。

H_2O 包裹体 形成宝石的生长介质为不同含盐度(NaCl 含量为 $0\sim 60\ \text{wt}\%$)的气水热液。随温压条件的不同而分别形成气液比 $>50\%$ 的V-L二相包裹体(图1c)、气液比 $<50\%$ 的L-V二相包裹体(图1d)和纯气体(V)或纯液体(L)单相包裹体。若成矿热液含盐度较高($\text{NaCl}>26\ \text{wt}\%$)时,则出现含石盐子矿物的多相包裹体,如哥伦比亚祖母绿中的含石盐子矿物的三相包裹体(图1e)。

$\text{H}_2\text{O-CO}_2$ 包裹体 在天然宝石中亦较常见。室温低于 10°C 条件下,这类包裹体常呈现三相,即由水溶液相(L_w)、 CO_2 液相(L_{CO_2})和 CO_2 气相(V_{CO_2})三相组成(图1f),偶见纯 CO_2 包裹体。它们常与 H_2O 包裹体及部分有机包裹体相伴出现。凡是含有这些包裹体的宝石,确定无疑是宝石真品。

III类——指印状包裹体 主要出现于红宝石和蓝宝石中。包裹体形态极不规则,多样复杂。局部集中,成群密集分布,外观上(低倍镜下)很像指印;高倍镜下可见包裹体呈拉丝状或串珠状沿指纹方向展布。这类包裹体实质上是由多种类型包裹体(主要是熔体包裹体和流体包裹体)共同组成的群体。

V类——纤维状包裹体 是由大量针状、管状、长柱状的金红石或片状白云母等固体包裹体及少量 H_2O 包裹体和熔体包裹体所组成的群体,在宝石中呈定向分布平行排列,成纤维状或绢丝状。这类包裹体对光线具定向反射作用,使宝石产生特殊的光学效应(“猫眼”和“星光”)^[2]。当宝石中只存在一个方向的纤维状包裹体时,在垂直这一方向的抛光半球面上会出现一条狭窄的闪光亮带,称“猫眼效应”或“猫眼闪光”。具“猫眼效应”的宝石有电气石、绿柱石、磷灰石、金绿宝石和石英等。当纤维状包裹体沿互相垂直的两个方向延伸时,则显示出“四射星光”;当纤维状包裹体沿交角互为 60° 的三个方向分布时,则在各自的垂直方向上,相应出现三条交角亦为 60° 的闪光带,形成“六射星光”。具有“星光效应”的宝石主要有红宝石、蓝宝石、尖晶石、石榴石、芙蓉石和水晶等。

应该指出,如果宝石中存在大量包裹体,必然会严重影响宝石透明度及其质量,但是,当这些包裹体呈定向紧密排列组成纤维状包裹体群从而出现闪光或星光效应时,则将会大大提高宝石的价值。

2 包裹体在宝石研究中的重要意义

2.1 鉴别天然宝石和人造宝石

不同种类天然宝石晶体(如金刚石、刚玉、绿柱石、黄玉、水晶、石榴子石等)各自具有不

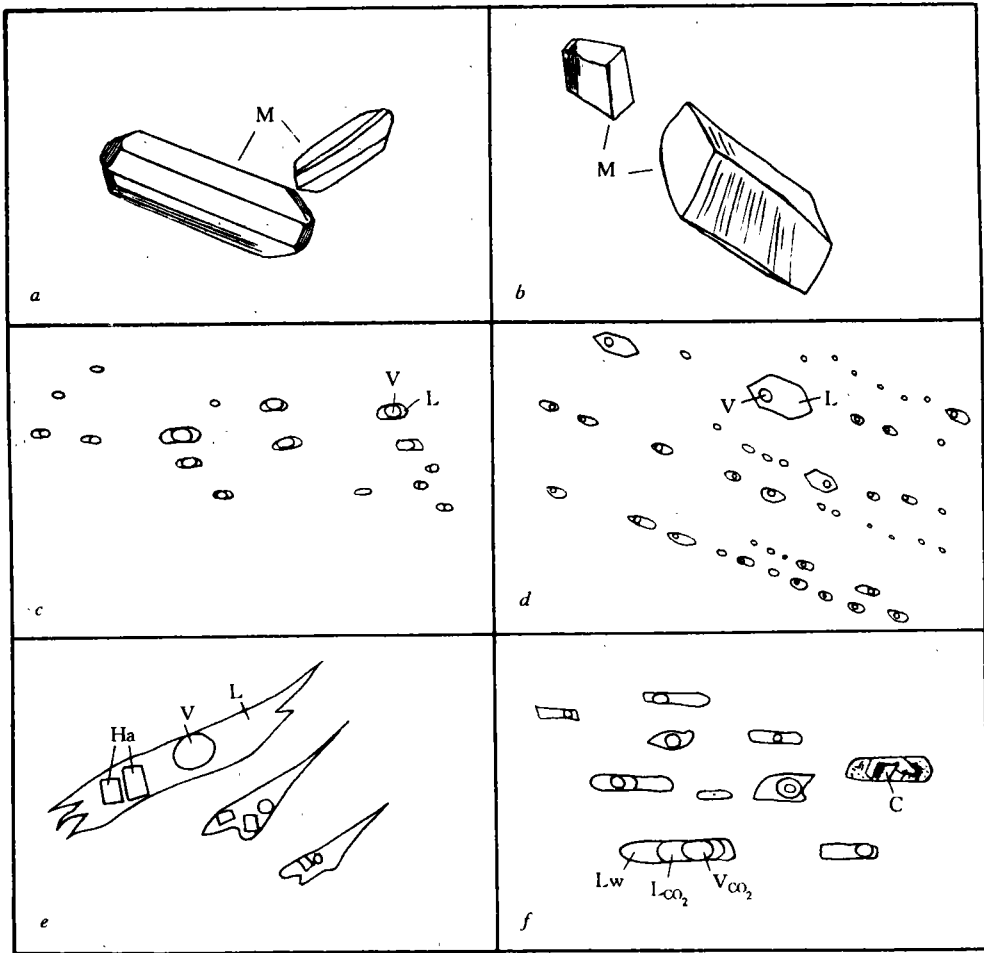


图 1 天然宝石中包裹体照片素描图

Fig. 1 Sketch showing fluid inclusions in natural gems

- a. 柬埔寨拜林蓝宝石中斜长石固体包裹体, 25×, 据参考文献 4;
- b. 哥伦比亚天然祖母绿中钠长石固体包裹体, 60×, 据参考文献 4;
- c. 赣南黄玉石中 V-L 二相包裹体, 100×;
- d. 四川水晶中定向分布的 L-V 二相包裹体, 100×;
- e. 哥伦比亚祖母绿中含石盐子矿物多相包裹体, 40×, 据参考文献 4;
- f. 四川丹巴绿柱石中 CO₂ 三相包裹体, 与熔体包裹体共存, 200×。

M. 固体矿物; L. 液体; V. 气体; Ha. 石盐子矿物; Lw. 水溶液; L_{CO₂}. CO₂ 液体; V_{CO₂}. CO₂ 气体;

C. 熔体包裹体

同的物理性质和光学性质(如晶形、颜色、光泽、比重、硬度、折光率、双折射和多色性、均质性和非均质性、发光性、导电性和热导率等), 一般可用常规方法进行区分。然而, 这些常规方法难以鉴定物理性质日趋相近的天然宝石和现代人造宝石(如红、蓝宝石), 在此情况下, 包裹体研究则成为区别天然宝石和人造宝石的有效手段和可靠依据。

如上所述, 凡是天然宝石, 都或多或少含有一种或多种类型共存的包裹体, 如固体包裹体、

熔体包裹体、含石盐子矿物多相包裹体、 H_2O-CO_2 三相包裹体和含有机质包裹体等,这些包裹体在各种方法(主要有焰熔法、助熔剂法和热水法)生产的人造宝石中都是不可能存在的。相反,人造宝石中经常出现的气泡和助熔剂残留物等在天然宝石中也是见不到的。

现代“焰熔法”生产的人造宝石或宝石玻璃,内部一般异常纯净透明,无包裹体,但常见孤立或成群出现的圆气泡(图 2a)。

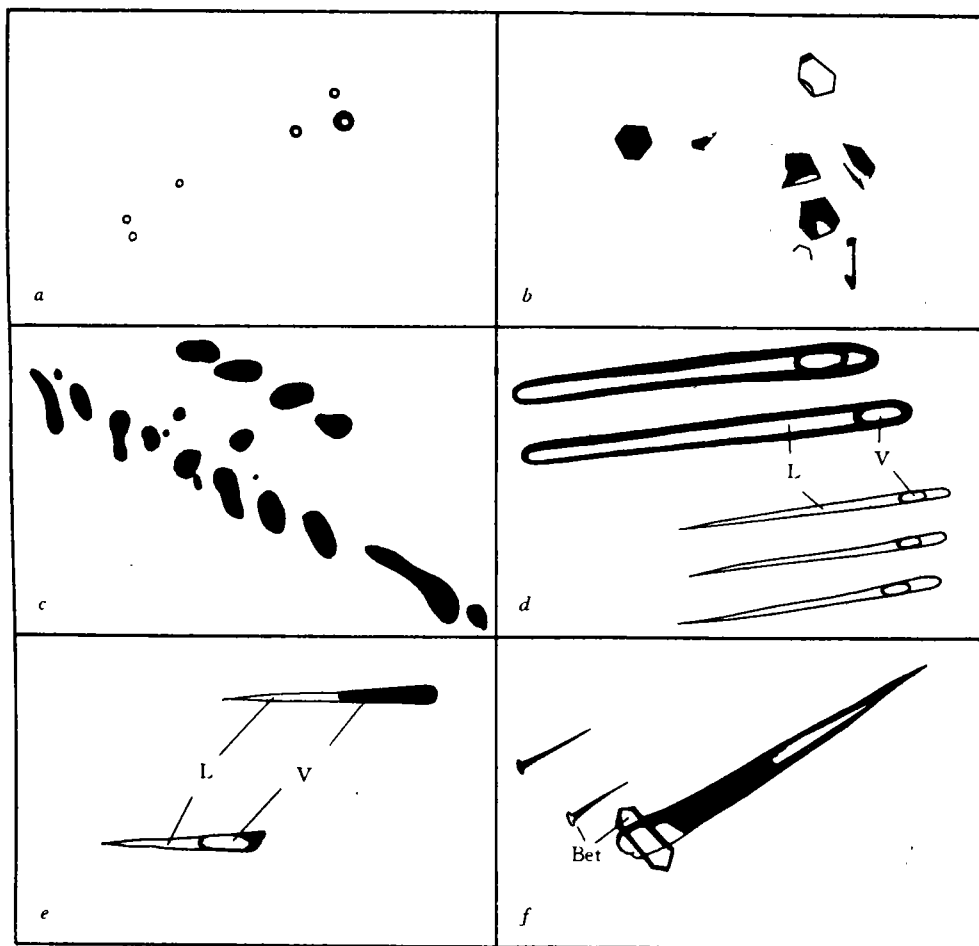


图 2 人造宝石中的包裹体照片素描图

Fig. 2 Sketch showing fluid inclusions in imitation jewels

- a. 熔炼石英玻璃中的球形气泡, 50×;
- b. 查塔汉助熔剂法人造红宝石中六边形的金属铂片, 30×, 据参考文献 2;
- c. 助熔剂法人造变石中呈链状分布的固体助熔剂残留物, 形态与天然变石中的 H_2O 包裹体相似, 但不具包裹体相态特征, 30×, 据参考文献 2;
- d. 水热法人造水晶中平行排列的针状、长管状 L-V 二相包裹体, 60×;
- e. 水热法人造祖母绿中平行分布的 L-V 二相包裹体, 30×;
- f. 水热法人造祖母绿中假三相包裹体, 在针状 V-L 二相包裹体的末端, 贴着硅铍石晶体 (Bet) 形成钉头状包裹体, 35×, 据参考文献 2

“助熔剂法”人造宝石(如红、蓝宝石和变石等),除含气泡外,常见不具包裹体相态特征的助熔剂残余物(图 2c)和由铂坩埚脱落掉入的六边形或三角形金属铂的碎片(图 2b)。有时还出现酷似“指印状”包裹体,但在高倍镜下观察时(图 1f),不难发现,它并非由包裹体所组成,而是由助熔剂残余物充填于指纹状裂隙中而形成的假“指印状”包裹体。

虽然“水热法”生产的人造宝石更相似于热液成因的天然宝石,其中存在一些类似的包裹体(如气液二相包裹体),但是,两者的包裹体特征明显不同。主要区别是,人造宝石晶体较纯净透明,包裹体稀少,多呈长管状、针状(图 2d,e)、长钉状(图 2f),相界多数较模糊,类型单一,通常只由一种类型包裹体组成;天然宝石的包裹体较发育,主要为不规则状、负晶形和浑圆形,相界均较清晰,类型较复杂,常常同时出现多种类型包裹体。因此,只要仔细观察研究,就不难区分。

值得指出的是,包裹体对于区分天然的和人造的红、蓝宝石具有特别重要作用。只有当宝石中出现包裹体或 120° 交角直线生长纹时,才能确认是天然真品。

2.2 识别经特殊加工的宝石

天然宝石,尤其是价格高昂的红宝石和蓝宝石,多数由于颜色过深(或过浅)和透明度欠佳而影响身价,为此,常采用高温加热(高达 2000°C)等方法处理后可变为理想的颜色和透明度,从而达到提高宝石价值的目的。在高温改色过程中,存在于宝石中大量针状金红石包裹体将全部或部分熔化,呈珠滴状;而流体包裹体则受高温而爆裂,留下包裹体空腔,液体沿裂纹流出,散布在包裹体周围^[4]。因此,通过观察包裹体特征,就能判断宝石是否经过高温改色。

2.3 判断宝石的成因及形成条件

各种成因类型的宝石,由于形成的地质环境和物理化学条件不同,捕获于其中的包裹体类型、组合特征也不一样。因此,可以根据包裹体推断宝石的成因。

岩浆成因的宝石(如金刚石、刚玉、橄榄石、锆石、尖晶石和镁铝榴石等)是从岩浆熔体中结晶出来的。因此,这些宝石中常以固体包裹体和熔体包裹体为主,并出现指印状包裹体。

伟晶岩和砂卡岩成因的宝石品种较多,有红宝石、蓝宝石、祖母绿、黄玉、电气石、金绿宝石、钙铝榴石和水晶等,其中包裹体类型比较复杂,通常以流体包裹体和熔体包裹体共存为特征(图 1f)。

热液成因的宝石(如绿柱石、黄玉、水晶等)是在气水热液中形成的,其中流体包裹体最为发育,以 L-V 二相包裹体为主,常伴生 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体,有时与含石盐子矿物多相包裹体共存。不见熔体包裹体。

此外,通过测定宝石中包裹体的温度、含盐度和成分,能为阐明宝石形成时的物理化学条件提供重要信息。例如,丘志力等(1993)测定了海南蓬莱蓝宝石中原生熔体包裹体的均一温度为 $1125\sim 1265^\circ\text{C}$,表明该地蓝宝石是深部高温高压条件下岩浆结晶作用的产物,在玄武岩浆向上喷发过程形成的。

2.4 查明宝石的产地

不同产地的宝石,由于产出的地质条件和形成环境不同,包裹体特征、类型组合以及固体包裹体种类也存在明显差别,因此,可以通过宝石中的包裹体研究和对比,确定宝石的产地。如附表所示,哥伦比亚的祖母绿含丰富的含石盐子矿物多相包裹体(图 1e)和黄铁矿、长石、方解石固体包裹体;俄罗斯乌拉尔的祖母绿仅出现阳起石、黑云母固体包裹体;印度拉杰加尔的祖

母绿中则同时出现气、液二相包裹体和黑云母固体包裹体。缅甸和斯里兰卡红宝石中的包裹体特征相似,均含气、液二相包裹体、固体包裹体和指印状包裹体,但固体包裹体不同,前者以短柱状、粒状的金红石为主,还有尖晶石、方解石、楣石等;后者主要为长柱状、针状磷灰石、锆石和黑云母。

附表 不同产地宝石中包裹体的典型特征

Typical characteristics of inclusions in the gems from different areas

宝石名称	产地	包裹体典型特征	资料来源
祖母绿	哥伦比亚契沃尔	以不规则状含石盐子矿物包裹体为主,固体包裹体(立方体黄铁矿)	[4]
	哥伦比亚木佐	长钉状含石盐子矿物三相包裹体,固体包裹体(方解石、长石)	[4]
	俄罗斯乌拉尔	固体包裹体(长柱状阳起石,片状黑云母)	[4]
	巴西	三相包裹体,固体包裹体(黄铁矿、铬铁矿、云母片等)	[4]
	赞比亚	固体包裹体(片状白云母、赤铁矿、金红石等)	[4]
	印度拉杰加尔	气、液二相包裹体,固体包裹体(黑云母)	[4]
红宝石	缅甸抹谷	气、液二相包裹体,短柱状、粒状固体包裹体(以金红石为主,次为尖晶石、方解石、楣石、赤铁矿等),指印状包裹体和纤维状包裹体	[2]
	斯里兰卡	与缅甸抹谷相似,但固体包裹体不同(针状磷灰石、锆石、黑云母)	[2]
	泰国尖竹纹	常见指印状包裹体,无纤维状包裹体	[2]
蓝宝石	缅甸抹谷	与该地红宝石共生,包裹体特征基本相同	[2]
	斯里兰卡	与同产地的红宝石相同,但固体包裹体为赤铁矿、白云母、黑云母等	[4]
	泰国尖竹纹	固体包裹体(斜长石、透辉石、石榴石、锆石、镁铁尖晶石)	[5]
	柬埔寨	固体包裹体(烧绿石、斜长石)	[5]
	澳大利亚	固体包裹体(长石、锆石)	[5]
	中国山东	固体包裹体(针状金红石、柱状板状铌铁矿、自形刚玉等),指印状包裹体	[5][2]
	中国海南蓬莱	固体包裹体(锆石、钛铌铁矿等)、熔体包裹体,指印状包裹体	[6]

参 考 文 献

- 1 Tay Thy Sum. Structural aspects of fingerprint inclusions in corundum. The Australian Gemmologist, 1987, 188~190
- 2 李兆聪. 宝石鉴定法(修订本). 北京:地质出版社, 1992
- 3 陈银汉等. 我国红宝石、蓝宝石及其包裹体. 矿物学报, 1991, 11(4)
- 4 王曙. 真假宝石鉴定. 北京:地震出版社, 1994
- 5 陈科生. 世界不同产地红宝石和蓝宝石的典型包裹体特征和鉴定. 珠宝科技, 1993, (2)
- 6 丘志力等. 海南省蓬莱蓝宝石及其形成条件研究. 矿物学报, 1993, 13(4)

SIGNIFICANCE OF INCLUSIONS IN GEM RESEARCH

Cai Jianming Li Baohua

Abstract The materials studied indicate that different types of inclusions occur in natural stones. They are solid inclusion, melt inclusion, fluid inclusion, special "fingerprint" inclusion, "fibrous" inclusion, and so on. Besides, the characteristics of inclusions in gems of various genetic types are clearly different. However, there is a world of difference between the inclusions in imitation jewels and those in natural stones. Therefore, one can not only distinguish a natural stone from an imitation jewel but also find out the genesis and occurrence locality of a gem by means of observing and studying the inclusions in gems.

Key words natural stone, imitation jewel, identification, inclusion

国家自然科学基金委员会地球科学部评审会在我院召开

7月25日至8月2日,国家自然科学基金委员会地球科学部在我院召开第十次评审会议。22位中国科学院院士和中国工程院院士及来自全国的68位博士生导师、约30位国家自然科学基金委员会的有关领导和机关工作人员,共计125人参加了这次会议。

这次会议的主要任务,是评审今年国家自然科学基金面上各类项目和国家杰出青年科学基金项目。据介绍,国家自然科学基金自1986年设立以来,基金金额不断增长。目前,基金已由当初的五千万元,增长到五亿元。近年来,随着国家经济建设战略重点的逐渐西移,自然科学基金资助的重点也在向中西部地区倾斜,并专门设立了边疆少数民族专项基金。基金委一些学科的项目评审会,也陆续放在中西部地区召开。在这次会议上,评审专家对两万多项申请资助的项目进行了认真评审,在已确定的近400项资助项目中,中西部地区项目约占六成左右。四川地区5个单位获资助项目16项,资助金额167.5万元,其中我院有8个项目获得资助,资助金额为85.5万元。此外,我院还有一项杰出青年基金项目,待国家自然科学基金委进一步审核批准。

四川省委、省政府十分重视这次会议的召开。省委副书记秦玉琴、副省长徐世群会见了在我院开会的22位两院院士。新华社、光明日报、四川省政府新闻办公室等8个新闻单位的编辑、记者,专程到我院对这次会议进行了采访报道。与会代表对我院近年来在改革和建设取得的巨大成绩,以及学院对这次会议所提供的良好、周到的服务,给予了很高的评价。不少专家还对我院今后的建设和发展,提出了许多中肯的建设性意见和建议。

(摘自《成都理工学院院报》)