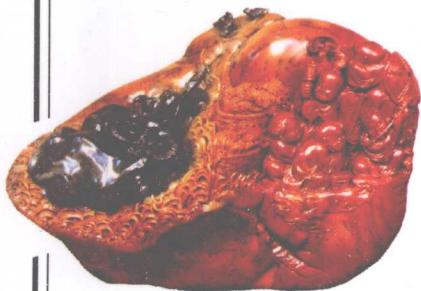


Gemmology

宝石学

黄作良 主编



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是作者积数十年宝石学教学经验,在参阅大量相关文献资料的基础上,结合宝石及材料工艺学专业本科教学内容需要编写而成的。考虑到本科教学中,有关基础地质学、结晶学与矿物学、晶体光学以及岩石学的基础课程先期修读的情况,也为了本书在体系上的完整性和科学性,书中全面而系统地介绍了宝石学的基础知识,对有关地质学的知识则扼要叙述。对宝石鉴定所需的仪器及其操作使用方法进行了较为详细的说明。同时简要介绍了现代大型测试仪器在宝石鉴定研究中的应用。着重介绍了珠宝市场上常见宝石的特征及其鉴别,并对宝石的颜色成因、宝石合成、宝石仿制与优化等方面的知识进行了简述。

本书适应我国珠宝行业与珠宝教育发展形势的需要,尤其适应于珠宝本科教育发展的需要。本书可作为宝石学专业和其他珠宝培训的教材,也可作为珠宝专业人士及珠宝爱好者必要的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

宝石学/黄作良主编. —天津:天津大学出版社,2010.5

ISBN 978-7-5618-3504-3

I. ①宝… II. ①黄… III. ①宝石 IV. ①P578

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第090653号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 天津泰宇印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 20.75 彩插 8
字 数 520千
版 次 2010年5月第1版
印 次 2010年5月第1次
定 价 46.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

宝石学是一门由地质学发展起来的新型学科。经过近一个世纪的发展,已形成了融宝石学基础、宝石仪器、合成宝石、优化处理、宝石颜色成因、宝石矿床、宝石鉴定、钻石学、宝石商贸等为一体的独立学科。宝石行业作为一个新兴行业,在我国 20 世纪 80 年代中期得到快速发展,而当时从事该行业的人员大多缺乏珠宝方面的知识,特别是宝石专业方面的知识,珠宝行业中急缺专业鉴定人才,这为珠宝教育提供了极大的发展空间。中国地质大学(武汉)在 1991 年经当时的地矿部批准,率先成立了我国第一所珠宝学院。此后,我国的珠宝教育事业蓬勃发展,许多高等院校相继开设珠宝专业或培训班。天津商业大学于 1993 年成立了珠宝专业,在学校领导的支持以及全体专业教师的积极努力下,结合商业院校的特点,将管理学、市场营销学、经济学、会计学巧妙地与珠宝知识结合起来,经过数十年的专业建设,已形成以珠宝知识为主,管理、营销等为辅的专业办学特色,取得了宝贵的办学经验。天津商业大学的珠宝专业发展由无到有、由小到大,办学也由单一的珠宝鉴定与营销向着珠宝首饰设计及制作方向发展。多年来,我们坚持自己的办学特色,培养了一批又一批珠宝鉴定与营销方向的本科生、大专生、FGA 国际珠宝鉴定师及 GAC 宝石鉴定师,如今他们已将所学的知识奉献给社会,为我国珠宝行业的快速发展做出了巨大的贡献。同时我们也非常感谢这些毕业生,在珠宝专业办学中给予了我们很多宝贵的意见和合理化的建议。本人积十多年从事珠宝教学的经验,特别是宝石学教学的经验,将多年的宝石教学讲稿整理加工成《宝石学》奉献给同人们,也奉献给我们过去的、现在的和将来的学生。

本教材的第七章中的第四节金绿宝石、第十一节碧玺由韩丽副教授编写;第八章中的第一节榴石、第二节符山石、第三节红柱石由王晓慧博士编写,第四节矽线石、第五节蓝晶石、第六节绿帘石、第七节黝帘石、第八节堇青石、第九节锂辉石由马雯霞老师编写;第十一章有机宝石和第十三章仿宝石与拼合石由朱薇珊老师编写;第五章现代大型测试仪器在宝石学中的应用由刘世敏博士编写;其他章节由黄作良教授编写。全书由黄作良教授统稿。

在书稿的编写过程中,得到了天津商业大学珠宝学系全体老师的支持,也得到了天津商业大学教务处给予的物质支持和经费支持。本书在天津大学出版社编辑的大力协作下,才得以顺利出版。在此一并致以深深谢意!

作 者

2010 年 5 月

目 录

第一章 宝石与宝石学概述	(1)
第一节 宝石的基本概念	(1)
第二节 宝石学的基本概念	(2)
第三节 宝石学的发展历史与现状	(3)
第二章 宝石的地质学基础	(5)
第一节 宝石的结晶学基础	(5)
第二节 宝石的矿物学基础	(14)
第三节 宝石的岩石学基础	(17)
第四节 宝石矿物中的包裹体	(19)
第三章 宝石的物理性质	(22)
第一节 宝石的力学性质	(22)
第二节 宝石的光学性质	(25)
第三节 宝石的特殊光学性质	(37)
第四节 宝石的其他物理性质	(40)
第四章 常用宝石鉴定仪器	(42)
第一节 宝石鉴定的内容、特点和步骤	(42)
第二节 宝石放大镜和宝石显微镜	(42)
第三节 折射仪	(45)
第四节 紫外灯	(50)
第五节 偏光镜	(51)
第六节 二色镜	(55)
第七节 分光镜	(56)
第八节 滤色镜	(59)
第九节 热导仪	(60)
第十节 天平	(62)
第五章 现代大型测试仪器在宝石学中的应用	(64)
第一节 X 射线衍射仪	(64)
第二节 扫描电子显微镜	(66)
第三节 电子探针	(69)
第四节 X 射线荧光光谱分析	(72)
第五节 红外光谱分析	(73)
第六节 拉曼光谱分析	(76)
第七节 阴极射线发光仪	(79)
第六章 宝石的分类与命名	(82)

第一节	宝石的分类	(82)
第二节	宝石的命名	(84)
第七章	常见宝石	(89)
第一节	钻石	(89)
第二节	刚玉类(红宝石、蓝宝石)宝石	(109)
第三节	绿柱石	(117)
第四节	金绿宝石	(127)
第五节	水晶	(131)
第六节	尖晶石	(137)
第七节	橄榄石	(141)
第八节	石榴子石	(144)
第九节	锆石	(150)
第十节	托帕石	(154)
第十一节	碧玺(电气石)	(156)
第十二节	长石	(159)
第八章	少见宝石	(164)
第一节	楣石	(164)
第二节	符山石	(165)
第三节	红柱石	(166)
第四节	矽线石	(167)
第五节	蓝晶石	(168)
第六节	绿帘石	(169)
第七节	黝帘石(坦桑石)	(170)
第八节	堇青石	(171)
第九节	顽火辉石	(172)
第十节	锂辉石	(172)
第十一节	透辉石	(173)
第十二节	方柱石	(174)
第十三节	磷灰石	(175)
第九章	罕见宝石	(178)
第一节	硫化物类	(178)
第二节	氧化物和氢氧化物类	(179)
第三节	卤化物类	(181)
第四节	硅酸盐类	(182)
第五节	硼酸盐类	(186)
第六节	碳酸盐类	(187)
第七节	磷酸盐类	(189)
第八节	硫酸盐类	(191)
第九节	其他盐类	(192)

第十章 常见玉石	(194)
第一节 翡翠	(194)
第二节 软玉	(205)
第三节 蛇纹石玉	(209)
第四节 独山玉	(211)
第五节 绿松石	(213)
第六节 青金岩	(215)
第七节 孔雀石	(217)
第八节 寿山石	(219)
第九节 鸡血石	(230)
第十节 石英质玉石	(239)
第十一节 欧泊	(244)
第十二节 天然玻璃	(246)
第十一章 有机宝石	(249)
第一节 珍珠	(249)
第二节 珊瑚	(262)
第三节 琥珀	(265)
第四节 象牙	(270)
第五节 煤精	(273)
第六节 龟甲	(275)
第十二章 人工宝石	(278)
第一节 人工宝石概念	(278)
第二节 焰熔法生长的宝石晶体	(280)
第三节 熔体提拉法生长的宝石晶体	(282)
第四节 冷坩埚法生长的宝石晶体	(283)
第五节 助熔剂法生长的宝石晶体	(285)
第六节 水热法生长的宝石晶体	(288)
第七节 高温高压法合成的钻石	(290)
第八节 人造宝石的鉴别	(293)
第十三章 仿宝石与拼合石	(295)
第一节 玻璃	(295)
第二节 仿宝石塑料	(299)
第三节 拼合石	(301)
第十四章 宝石的优化处理	(303)
第一节 宝石的优化处理与工艺要求	(303)
第二节 宝石优化处理的原理与方法	(304)
附录 I 珠宝玉石基本名称	(310)
附录 II 优化处理珠宝玉石	(313)
附录 III 宝玉石鉴定表	(316)
参考文献	(319)

第一章 宝石与宝石学概述

第一节 宝石的基本概念

一、宝石的定义

宝石在我国也称为珠宝玉石。在距今 1.8 万年的北京周口店山顶洞人的遗址中就发现了用动物的牙齿和骨骼串成的项饰,这恐怕是人类最早的宝石制品。究其内涵,已初步具备了作为宝石的几个基本条件。随着人类的进步和对宝石认识的不断深入和提高,天然宝石应具备的基本特征已进一步明确为美丽、稀少、耐久等。但随着科学技术的不断发展和创新以及人们对审美和装饰需求的多样化,宝石的概念也在不断变化和扩展。根据我国珠宝玉石首饰行业相关的国家标准,宝石的概念具有更为广泛的含义,称为珠宝玉石。

珠宝玉石泛指一切经过琢磨、雕刻后可以成为首饰或工艺品的材料,是对天然珠宝玉石和人工宝石的统称,简称宝石。天然珠宝玉石包括天然宝石、天然玉石和天然有机宝石;人工宝石包括合成宝石、人造宝石、拼合宝石和再造宝石。

传统观念上,宝石仅指上述概念中的天然珠宝玉石,即指自然界产出的,具有色彩瑰丽、晶莹剔透、坚硬耐久的特性,并且稀少及可琢磨、雕刻成首饰和工艺品的矿物、岩石和有机材料。天然珠宝玉石是目前珠宝玉石行业的主流产品,而人工宝石主要用于时尚首饰、工艺品、装饰品以及其他如钟表、服装、皮具和灯具等。当然这种应用范围也不是严格和一成不变的,例如天然珠宝玉石也越来越多地用于钟表、皮具、服装等高档消费品中。

二、天然珠宝玉石具备的条件

自然界中发现的矿物虽已近 4 000 种,但可作为宝石原料的仅 230 余种,而国际珠宝市场上的主要高中档宝石只不过 20 多种。可见,矿物岩石必须具备一些特定的条件才能成为宝石,宝石是众多的矿物岩石的精华。

(一) 美丽

美丽是宝石价值的首要条件。宝石的美由颜色、透明度、光泽、纯净度等众多因素构成。这些因素相互弥补又相互衬托,当上述因素都恰到好处时,宝石才能光彩夺目、美丽绝伦。

1) 颜色 宝石的颜色有彩色和无色之分。彩色宝石要求其颜色艳丽、纯正、均匀。例如,一块高档翡翠的颜色为纯正的、浓艳的绿色,给人以青翠欲滴的感觉,才能达到视觉上的审美要求,灰色、褐色色调会降低颜色的美丽程度。而对于无色宝石(钻石除外),颜色便不是评价的主要因素了。

2) 透明度和纯净度 宝石一般应具有良好的透明度和纯净度。彩色宝石虽然不能达到清澈透明,然而较高的透明度将会提高其总体质量。而无色宝石的透明度和纯净度是构成宝石美的重要因素,如无色水晶,它的高透明度使光能够充分透过,给人以晶莹剔透的感觉,成为人们喜爱的宝石;高的透明度对翡翠来讲,意味着好的“水头”,这是高档翡翠的一个重要条

件。但对于某些宝石来讲,并非透明度和纯净度越高越好,如对某些具有特殊光学效应的宝石(如星光效应、猫眼效应、砂金效应等),则要求相关包体较为丰富,纯净度和透明度不能太高,这样其特殊光学效应才能更明显。

3) 光泽 光泽是宝石表面反光的一种视觉效果(效应),它为宝石增添了一份灵气。无色的钻石能成为宝石之王,很重要的一个因素是因为它具有极强的光泽,在阳光下光芒四射,给人以光彩夺目、灿烂辉煌的感觉。

4) 特殊的光学效应 有些宝石不以颜色称雄,但具有特殊的光学效应,如星光效应、猫眼效应、变色效应。这些特殊的光学效应给宝石平添了几分神秘,具有特殊的美感,因而使其身价倍增。我国山东的一种黑褐色蓝宝石,最初被作为废石丢弃掉,后因发现其弧面形宝石的表面具有六条明显的星线,而重新被视为宝石。

(二) 耐久性

宝石不仅应绚丽多姿,而且需要经久不变,即具有一定的硬度、韧性和化学稳定性等。宝石的耐久性是由其稳定的物理化学性质所决定的,但这一条件对某些宝石可适当放宽,如有机宝石、大理岩等。

(三) 稀有性

宝石以产出稀少而名贵。这种稀有性,包括品种上的稀有和质量上的稀有。因品种稀有而影响价格的例子可举紫晶,它半透明至透明,紫色或紫红色给人以高雅之感,最初仅见于欧洲大陆,被人们视为珍宝,价值很高,但当在其他国家大量发现以后,价格大跌。另一个例子为拉长石,拉长石曾以其稀有的变色效应备受人们珍爱,但自加拿大、前苏联发现大型矿山后,它就变成普通宝石了。因质量方面的稀有性而身价倍增的例子可举高档宝石祖母绿,它的矿物品种绿柱石在自然界的分布和产出并不少,但是由于绿柱石解理发育、瑕疵严重,能加工成完全无瑕者非常稀少。如乌拉尔地区的祖母绿,原石可重几千克,加工后的成品可能仅有 1 ct (1 g = 5 ct) 左右。因此,大而完美的祖母绿成品便成为稀世之宝。

应该指出的是,作为宝石或宝石的一个品种,并不一定要求它在美丽、耐久和稀有这三个方面同时都是最佳或最为突出的。往往一两个方面比较突出就可以视为宝石,只不过在价值上会有所差异。如琥珀,虽然其硬度不是很高,摩氏硬度只有 2~3,其耐久和抗磨损强度不大,但它们仍以其深厚的文化背景,特殊的蜜黄、棕红等颜色,柔和的光泽和特殊包体吸引着人们,成为一种珍贵的宝石品种。又例如某些具星光效应的红蓝宝石,即使它们的颜色不是很好,但如果其星光效应明显完美,也会价值不菲。另外,宝石的价值除与本身的性质有关外,也会随时间、地域、文化、审美观念和资源储量及当时经济环境等因素的变化而变化。

第二节 宝石学的基本概念

宝石学英文名词 Gemmology 源自拉丁文 Gemma(宝石)和希腊文 Logos(阐述)的两个名词的组合。

宝石学是与现代科学文明相关联,又生根于矿物学、结晶学、地质学和工艺美学的一门实用性科学。具体地讲,宝石学是一门系统研究宝石材料的探寻、开发、鉴定、评价、加工、优化和人工合成的科学。宝石人工改善和合成宝石工艺、人工珍珠养殖术,特别是固体物理学和微束矿物学的研究,拓展了宝石学研究领域的广度和深度,进一步揭开了现代宝石学研究的新篇

章。

现代宝石学研究范畴还应包括宝石矿物学和宝石地质学。宝石矿物学是利用现代矿物结晶理论知识和测试手段研究宝石的成分、矿物种属和结晶习性,以及其物理化学特性等;宝石地质学则偏重于用地质学的方法和成矿理论研究宝石的赋存条件、产出特征、工业评价和时空分布规律等。

世界经济繁荣和科学技术的日益进步,促使现代宝石学不断发展。首先是宝石合成工艺技术的新突破,如 20 世纪 70 年代美国通用电气公司仅能合成 1 ct 宝石级钻石,而 80 年代末 De. Beers 钻石研究所已成功地合成一粒 11.14 ct 黄色 I₁ 型世纪钻石,如今世界上先进的测试技术亦已在宝石学领域得到广泛使用。如近年来法国人应用激光拉曼探针测出隐藏于宝石内部的微区包裹体,可借此鉴别出天然宝石抑或合成品。

由于宝石学是植根于矿物学、结晶学、地质学和工艺美术学的一门实用性科学,所以宝石学的理论基础和方法也源于它们,也就是运用它们的理论和方法以及现代科学仪器的手段来研究宝石的各种特征和性质。

第三节 宝石学的发展历史与现状

人类早在 5 000 年前或更早时期就认识和喜爱宝石,而宝石装饰品的出现更先于人类的文字历史,但是人类本质地了解和系统地研究宝石还是在 19 世纪中期。1837 年,法国化学家马克·高丁应用化学的方法和原理分析研究宝石,进行宝石合成试验等,从而奠定了宝石学的基础;矿物学和结晶学的应用开始了宝石学发展的新纪元。宝石学作为专门的一门科学来研究最早源于英国,1908 年英国率先在世界上创建了第一个宝石研究机构——英国宝石学会,对宝石的理论资料进行收集整理,并在 1913 年组织了世界上第一次宝石学考试。到 1931 年,该学会已成为一个独立的专门从事宝石研究的机构,它的会员则用 FGA 表示。

继英国人宝石学研究起步之后,美国人也开始进行研究。在 1909 至 1913 年间,美国科罗拉多州的矿业学校就把宝石学作为一门学科来讲授。1916 年,美国密歇根大学为学生提供了“宝石与宝石材料”的教材。1920 年,美国哥伦比亚大学向学生们推荐了宝石学教材供晚间学习之用。之后其他大学陆续把宝石学作为一个学科进行开设。随着宝石研究院校的不断增多,1930 年至 1931 年间,罗伯特·希伯利先生创办成立了世界上第一所专门研究宝石的高等学校——美国宝石学院(Gemological Institute of America)。

1955 年,美国通用电气公司成功地合成了世界上第一颗人造钻石;1985 年该公司又第一次成功地合成了翡翠。1934 年德国成立了宝石协会。1965 年日本和澳大利亚分别成立了宝石协会以及专门从事宝石研究的珠宝学院或学校。1978 年华裔泰国人何荣光先生在泰国成立了“泰国亚洲宝石学院”。1979 年泰国人掌握了红宝石、蓝宝石的热处理技术以及商业评价的方法。

为了促进宝石的研究,世界各国纷纷成立专门研究机构。如英国宝石协会 FGA(Fellow of the Gemmological Association of Great Britain)、美国宝石学院 GIA(Gemmological Institute of America)、美国宝石协会 AGS(American Gem Society)、国际色石协会 ICA(International Color Gemstone Association)、国际钻石联合会 IDC(International Diamond Council)、国际珠宝首饰同盟协会 CIBJO(International Confederation of Jewellery Silverware, Diamond, Pearls and Gemstone)、

高级宝石学学会 MGS (Master Gemmological Society)、国际鉴定家协会 ISA (International Society of Appraisers) 等。中国于 1992 年成立了中国宝石协会 GAC (Gemmological Association of China)。

另外,关于宝石研究方面的杂志已有上百种,其中比较有影响力的有:美国出版的《宝石学》杂志,《宝石仪器文摘》,《美国矿物学家》杂志和《岩石与宝石》杂志,英国的《宝石月刊》,中国内地的《矿物学报》、《岩石矿物学杂志》、《宝石与宝石学杂志》,中国香港出版的《亚洲珠宝》等,这些都极大地促进了对宝石的研究和宝石学的发展。

我国对宝石的开发利用已有 5 000 年以上的历史。但我国珠宝研究教育起步很晚。20 世纪 70 年代,世界掀起“宝石热”之时,恰逢我国经济体制进入改革时期,市场经济的逐渐繁荣带动了珠宝事业的日趋兴旺。面对国内珠宝教育一片空白的现状及珠宝业呼唤专业人才的历史机遇,如何为我国尽快地培养珠宝专业人才已摆在教育工作者的面前。1988 年以来,桂林冶金地质学院、中国地质大学、北京大学、天津商业大学、上海同济大学、中央民族大学等一些与地质学相关的院校开始招收宝石学方向的本、专科学生和硕士、博士研究生,许多大学都开设了宝石学、首饰设计、首饰加工等方向的辅修专业,或开设全校性的宝石学公选课,有些单位还举办了各种短期培训班与函授班,培养宝石专门人才,从此在我国开始了珠宝学历教育和珠宝普及教育。

20 世纪 80 年代以来,我国也开发了可与世界著名宝石矿山地质条件相类比的金刚石、红宝石、蓝宝石、石榴石、海蓝宝石、橄榄石等矿山基地,并且进一步加强了原有宝石矿山的普查工作。合成红宝石、合成蓝宝石、合成立方氧化锆、人造钇铝榴石等人造宝石已大量投放市场,合成祖母绿、合成钻石也已获得成功,并开始投放市场,宝石鉴定、宝石优化处理和宝石加工技术都有很大提高。

在 20 世纪的后几十年中,宝石学处在其发展过程中的一个重大转折时期。世界范围的经济增长对优质宝石产生了前所未有的需求,宝石产区矿源的日渐枯竭和种种政治纠葛,又造成了宝石原料供应上的制约,原料的短缺大大提高了宝石的价格,寻找新的宝石资源已迫在眉睫。同时,宝石实验硕果累累,人工技术不仅制造出了各种非常理想的合成宝石,甚至创造出了自然界中不存在的各种新材料,如钇铝榴石、立方氧化锆等一些天然宝石的理想仿制品。对于天然宝石的改色、稳定化处理等宝石优化技术已成为宝石学界研究的热门课题。

当前,国际宝石学研究的重点是:天然宝石矿床的勘探和开采,人造宝石的合成工艺,天然宝石的改色和处理,天然宝石和人造宝石的鉴别,不同品种宝石饰品款式的设计和琢磨,宝石镶嵌款式的设计和工艺研究,宝石的质量评价等。

第二章 宝石的地质学基础

宝石中绝大多数都是结晶质体,属于晶体、矿物的范畴,同时其形成都与不同的地质作用相关联。因此本章将重点介绍宝石的结晶学、矿物学、岩石学以及相关的地质学的基础知识,这些对认识宝石、研究宝石具有重要的意义。

第一节 宝石的结晶学基础

结晶学是研究晶体的一门科学。在宝石中,除个别的宝石(如欧泊、琥珀)外,几乎都属于晶体范畴。它们具有一切晶体所共有的结晶学特性,这些特性对于宝石的品质和鉴定具有重要的意义。正因为如此,结晶学的理论是构成宝石学理论的重要内容之一,在学习宝石学时,必须先行掌握必要的结晶学基础知识。

一、晶体与非晶体的概念

(一)晶体的概念

古代把具有几何多面体形态的水晶称为晶体。后来又把天然具有几何多面体形态的固体,如石盐、方解石和磁铁矿等,都称为晶体。

这种认识是建立在外观上的,它并没有涉及所谓的晶体内部特征。近代人们运用 X 射线衍射分析技术,揭示了晶体的内部特征,即一切晶体不论外观如何,它们的内部质点在三维空间呈周期性重复排列。根据现代的定义,晶体是指在其内部结构中,质点(原子或离子)在三维空间呈周期性重复排列的固体。从空间的分布特征上看,这些质点可以形成平行六面体的格子状,构成一定的几何图形,所以晶体也可以称为具有格子构造的固体。例如钻石(图 2-1),在结构中,C(碳)原子在平行于三组棱的方向均以 0.3567 nm 的间距呈周期性重复排列。

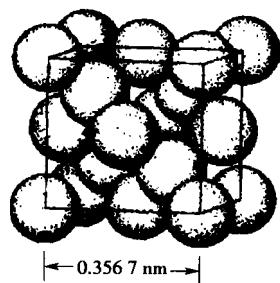


图 2-1 钻石的晶体结构

任一晶体结构中的原子或离子均呈三维有序的规则分布并组成一系列不同取向的原子列和原子面,它们在晶体的表层表现为平直的晶棱(Crystal Edge)和晶面(Crystal Face),所以从本质上讲,任何晶体都具有自发成长为几何多面体外形的固有特性。但是,在晶体成长时如果没有足够的自由空间,最终便会因相互争夺空间而长成不规则的外形。

为了区别,在岩石学、物理学甚至矿物学等一些学科中,仍按传统的概念,将“晶体”一词只用于指具有几何多面体外形的晶体,而将不具有几何多面体外形的晶体称为晶粒或晶块。

此外,对于晶体的集合体,则将其晶粒能用肉眼或放大镜分清者归为显晶质(Phanerocrystalline);无法分辨者则称为隐晶质(Cryptocrystalline)。就玉石而言,条件之一是要要求质地细腻,因而优质的玉石应是隐晶质。至于狭义的宝石,一般应当是具有足够尺寸的单个晶体(包括不具规则外形的晶粒和晶块)。但欧泊是个例外,因为欧泊一般为非晶质。

(二) 非晶质体的概念

非晶质体(Non-Crystal)是指在其内部结构中,质点(原子或离子)在三维空间呈无规则排列的固体。由于原子或离子的空间分布无规律性,它们不形成平整的原子面和原子列,所以非晶质体在任何情况下都不可能自发形成几何多面体的外形,因而也被称为无定形(Amorphous-body)。

非晶质体的种类远不如晶体那么繁多。例如火山玻璃、塑料、沥青是少数几类常见的非晶质体。在宝石中,只有琥珀和某些欧泊等属于非晶质体之列。

另外,有些物质虽然内部质点为有规律排列,但不具有规则的几何外形。这些物质由无数微晶组成,它们如此之小,以至于用普通显微镜都很难观察到其形状,属于超微范围,被称为隐晶质,如玉髓。

尽管晶体和非晶体存在着本质的区别,但两者在一定的条件下可以相互转化:晶体通过非晶化或玻化变成非晶体,而非晶体通过晶质化或脱玻化变成晶体。

二、晶体的空间格子构造

晶体的本质在于其内部质点在三维空间呈现平移周期性重复。表示这种重复规律的几何图形就是空间格子。

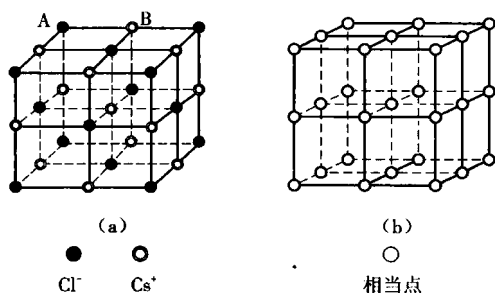


图 2-2 晶体结构(a)与空间格子(b)

现以氯化铯(CsCl)的晶体结构(图 2-2)为例。图 2-2(a)中,黑点与双圈分别表示氯离子(Cl⁻)和铯离子(Cs⁺)。可以看出,无论氯离子还是铯离子,在晶体结构的任一方向上都是每隔一定的距离重复出现一次。为了进一步揭示这种重复规律,我们引进相当点这个概念,先在晶体结构中选出任一几何点,然后在结构中找到与此点相当的几何点(相当点)。其条件是:如果原始的几何点是取在质点的中心,则相当点所占的质点的种类应是相同的,

即占据同种质点的中心;其次这些质点周围的环境以及方位应是相同的(图 2-2(b))。图 2-3 则是空间格子的一般形式。

空间格子有以下几个要素。

1) 结点 结点是空间格子中的点,它们代表晶体结构中的相当点。结点是一种几何点,并不代表任何质点,但在实际晶体中,结点的位置可以被同种质点所占据。

2) 行列 结点在直线上的排列即构成行列。空间格子中任意两点连接起来就是一条行列的方向,行列中相邻结点间的距离称为该行列的结点间距(图 2-3)。同一方向上的行列中结点间距是相等的,不同方向上行列中的结点间距一般是不相等的。

3) 面网 结点在平面上的分布即构成面网,任意两个相交的行列就可以确定一个面网,面网上单位面积内结点的密度称为网面密度。相互平行的面网,网面密度相同(图 2-4)。

4) 平行六面体 在三维空间中,空间格子可以划出一个最小的重复单位,那就是平行六面体,而实际晶体中所划出的这样的相应单位,称为晶胞。晶胞在三维空间平行地、毫无间隙地重复形成整个晶体结构。晶胞的形状和大小用晶胞参数(a_0 、 b_0 、 c_0 和 α 、 β 、 γ)来度量(图 2-5),组成的空间格子如图 2-3。

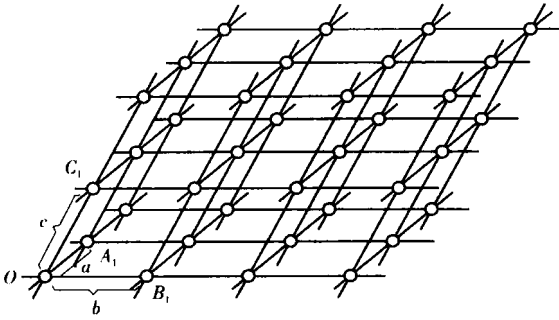


图 2-3 空间格子

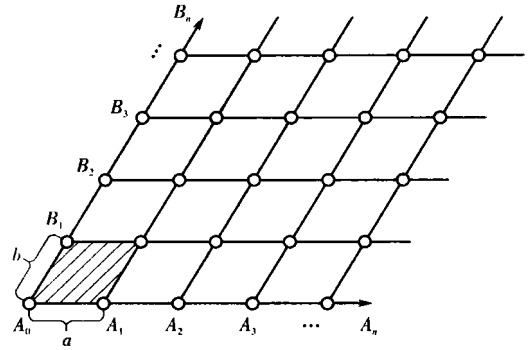


图 2-4 空间格子的面网

三、晶体的基本性质

晶体是具有格子构造的固体,因而,晶体具备一些共有的、由格子构造所决定的基本性质。

1) 自限性 自限性是指晶体在适当的条件下可以自发地形成几何多面体的性质。晶体多面体形态受格子构造制约,服从于一定的结晶学规律。

2) 均一性 在同一晶体的各个不同部分,质点的分布是一样的,所以晶体的各个部分的物理性质与化学性质也是相同的,称为晶体的均一性。也就是说,无论从晶体上哪个部位割取,被割取部分的各种性质都是一样的。

3) 异向性 同一格子构造中在不同方向上质点的排列一般是不一样的,因此,晶体的性质也随方向的不同而有所差异,称为晶体的异向性。如蓝晶石(又称二硬石)的硬度,随方向的不同而有显著的差异,平行晶体延长的方向可用小刀刻动,而垂直于晶体延长的方向小刀不能刻动。

4) 对称性 在晶体的外形上,常有相同的晶面、晶棱和角顶重复出现,这种相同的性质在不同的方向或位置上做有规律的重复,称为晶体的对称性。晶体格子构造本身也是质点重复规律的体现。

5) 稳定性 由于晶体中质点都成规律排列而处于平衡位置,晶体具有最小内能,因此,相对于同种物质的不同物态来说,其结晶状态是最稳定的状态,这种相对稳定的状态称为晶体的稳定性。

四、晶体的对称要素与对称型

对称性是晶体的基本性质之一,它是由晶体格子构造的规律所决定的。对称现象在自然界广泛存在,如蝴蝶、花瓣,许多建筑物以及工艺品等都是对称图形。由此可知,所谓对称,就是指物体相同部分有规律地重复。

欲使对称图形中相同部分重复,必须通过一定的操作,这种操作就称为对称操作。在进行对称操作(反伸、旋转、反映等)时,又必须凭借点、线、面等几何要素才能完成,这些所凭借的辅助几何要素称为对称要素,它包括对称面、对称轴和对称中心等。晶体外形可能存在的对称

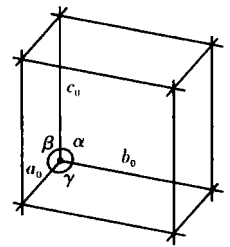


图 2-5 空间格子的平行六面体

要素、相应的对称操作及对称型如下。

(一) 对称面(P)

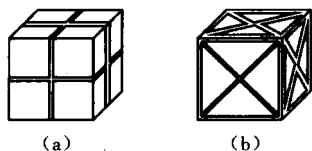


图 2-6 立方体的 9 个对称面
(a)垂直晶面且通过晶棱中点;(b)包含一对晶棱,垂直并斜切晶面的 6 个对称面

对称面是一个假想的平面,相应的对称操作是对于此平面的反映。它将晶体平分为互为镜像的两个相等部分。对称面用 P 表示,在晶体中可以没有对称面,也可以有一个或几个对称面,若有对称面则对称面必通过晶体的中心。

晶体中对称面与晶面、晶棱可能有如下关系:①垂直并平分晶面;②垂直晶棱并通过它的中点;③包含晶棱。

在描述晶体的对称面时,一般把对称面的数目写在 P 的前面,例如晶形为立方体的晶体有 9 个对称面(图 2-6),便写成 $9P$ 。

(二) 对称轴(L^n)

对称轴是一根假想的直线,相应的对称操作是围绕此直线的旋转。当晶体围绕此直线旋转一定角度后,可以使晶体的相同部分得到重复出现。旋转一周重复的次数称为轴次(n),重复时所旋转的最小角度称为基转角 α ,两者之间的关系为 $\alpha = 360^\circ/n$ 。对称轴以字母 L 表示,轴次 n 写在它的右上角,写作 L^n ,对称轴的个数写在它的左边。晶体外形上可能出现的对称轴见表 2-1。

表 2-1 晶体外形上可能出现的对称轴

名称	一次对称轴	二次对称轴	三次对称轴	四次对称轴	六次对称轴
符号	L^1	L^2	L^3	L^4	L^6
基转角	360°	180°	120°	90°	60°

一次对称轴无实际意义,因为晶体围绕任一直线旋转 360° 都可以恢复原状。轴次高于 2 的对称轴,即 L^3 、 L^4 、 L^6 称为高次轴。晶体中对称轴 L^2 、 L^3 、 L^4 和 L^6 举例如图 2-7。

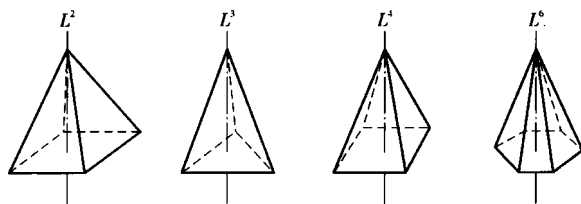


图 2-7 晶体的各种对称轴

晶体中不可能出现五次或高于六次的对称轴,这是由空间格子规律控制的,在空间格子中,垂直对称轴一定有面网存在,围绕该对称轴转动所形成的多边形应该符合该面网上结点所围成的网孔。从图 2-8 可以看出,围绕对称轴 L^2 、 L^3 、 L^4 和 L^6 所形成的多边形,都能毫无间隙地布满平面,都符合空间格子的网孔。但垂直对称轴 L^5 、 L^7 和 L^8 所形成的正五边形、正七边形和正八边形却不能毫无间隙地布满平面(图 2-9),不符合空间格子的网孔,所以在晶体中不可能存在五次或高于六次的对称轴,这一规律称为晶体的对称定律。

在一个晶体中,可以没有也可以有一种或几种对称轴,而每一种对称轴也可以有一个或多



图 2-8 符合格子构造规律的网孔



图 2-9 不符合格子构造规律的网孔

个。在晶体中,对称轴出露的位置为晶面的中心、晶棱中点或角顶。

(三) 对称中心(C)

对称中心是一个假想的点,相应的对称操作是对此点的反伸。如果通过此点作任意直线,则在此直线上距对称中心等距离的两端,必定可以找到两个相对应的点、线、面,如图 2-10。对称中心以字母 C 表示。

如果一个晶体具有对称中心,则其相对应的晶面为反向平行且相等,晶棱也平行。这一点可以用来作为判别晶体或晶体模型有无对称中心的依据。

(四) 对称型(点群)

在晶体中,可以有一个对称要素单独存在,也可以有若干对称要素组合在一起共存,对称要素的组合服从一定的规律。在一个晶体中,全部对称要素的组合,称为该晶体的对称型。如方柱石晶体的对称型为 L^44L^25PC , 金刚石晶体的对称型为 $3L^44L^36L^29PC$ 。

由于在晶体中,全部对称要素相交于一点(晶体中心),在进行对称操作时至少有一点不移动,因此对称型也称为点群。根据晶体中可能存在的对称要素及其组合规律,可以推导出晶体中可能出现的对称型共 32 种(表 2-2)。

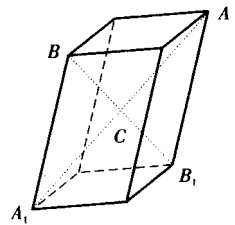


图 2-10 对称中心(C)

(A 对应 A_1 , B 对应 B_1)

表 2-2 32 种对称型及对称分类表

序号	对称型	对称要素特征	晶系	晶族
1	L^1	无 P , 无 L	三斜晶系	低级晶族 (无高次轴)
2	C			
3	L^2	L^2 或 P 不多于 1 个	单斜晶系	
4	P			
5	L^2PC			
6	$3L^2$	L^2 或 P 多于 1 个	斜方晶系	
7	L^22P			
8	$3L^2PC$			

续表

序号	对称型	对称要素特征	晶系	晶族
9	L^4	有一个 L^4 或 Li^4	四方晶系	中级晶族 (只有一个高次轴)
10	Li^4			
11	L^44L^2			
12	L^4PC			
13	L^44P			
14	Li^42L^22P			
15	L^44L^25PC	有一个 L^3 或 Li^3	三方晶系	
16	L^3			
17	$Li^3(L^3C)$			
18	L^33L^2			
19	L^33P			
20	$L^33L^23PC。$	有一个 L^6 或 Li^6	六方晶系	
21	$Li^6(L^3P)$			
22	Li^63L^23P			
23	L^6			
24	L^66L_2			
25	L^6PC			
26	L^66P			
27	L^66L^27PC	有四个 L^3	等轴晶系	
28	$3L^24L^3$			
29	$3L^24L^33PC$			
30	$3Li^44L^36P$			
31	$3L^44L^36L^2$			
32	$3L^44L^36L^29PC$			

注: Li^n ——旋转反伸轴。

五、晶体的分类

在掌握晶体的对称要素和对称型的基础上就可以根据晶体的对称特点对晶体进行科学分类,首先根据晶体的对称型来分,把属于同一对称型的晶体归为一类,称为晶类,共 32 个晶类;其次根据在晶体对称型中是否有高次轴及高次轴的多少来划分,可将 32 个晶类再分为三大晶族,即高级晶族(高次轴多于一个)、中级晶族(只有一个高次轴)、低级晶族(无高次轴);最后根据对称型的特点把 32 个晶类归为七大晶系。详细分类及对称特点见表 2-3。

表 2-3 晶体的对称分类、晶轴的选择

晶族	晶系	对称特点	选轴原则
低级晶族 (无高次轴)	三斜晶系	无 L^2 , 无 P	以不在同一平面内的三个主要晶棱的方向为 X, Y, Z 轴
	单斜晶系	L^2 或 P 不多于 1 个	以 L^2 或 P 的法线为 Y 轴, 以垂直 Y 轴的两个主要晶棱方向为 X, Z 轴
	斜方晶系	L^2 或 P 多于 1 个	以相互垂直的三个 L^2 为 X, Y, Z 轴; 在 L^22P 对称型中以 L^3 为 Z 轴, 两个 P 的法线为 X, Y 轴

续表

晶族	晶系	对称特点	选轴原则
中级晶族 (只有一个高次轴)	四方晶系	有一个 L^4 或 Li^4	以 Li^4 或 L^4 为 Z 轴, 以垂直 Z 轴并相互垂直的 L 或 P 的法线为 X, Y 轴。当无 L^2 或 P 时 X, Y 轴平行晶棱选取
	三方晶系	有一个 L^3 或 Li^3	以 L^3, L^6, Li^6 为 Z 轴, 以垂直 Z 轴并彼此以 120° 相交的 L^2 或 P 的法线为 X, Y, U 轴, 无 L^2 及 P 时 X, Y, U 轴平行晶棱选取
	六方晶系	有一个 L^6 或 Li^6	
高级晶族 (有数个高次轴)	等轴晶系	有四个 L^3	以相互垂直的 L^4 或 Li^4 为 X, Y, Z 轴, 无 L^4 或 Li^4 时以相互垂直的 L^2 为 X, Y, Z 轴

六、晶体形态特征

自然界中,晶体的形态千姿百态,如某些立方体的黄铁矿,一些具有八面体的金刚石和尖晶石晶体以及由六方柱和两个菱面体组成的水晶晶体等。依据晶体中晶面的种数可以分为单形和聚形两种类型。

(一) 单形

由同种晶面所组成的晶形称为单形,单形中的晶面可由堆成要素联系起来。单形中的各个晶面不但形状、大小相同,而且物理性质也相同

在几何形态上不同的单形共有 47 种,称为几何单形。在此基础上再考虑对称性,则单形共有 146 种,称为结晶单形。47 种几何单形在不同晶族中的分布数量是不同的,低级晶组共有 7 种单形(图 2-11);中级晶族共有 25 种单形(图 2-12);高级晶族共有 15 种单形(图 2-13)。

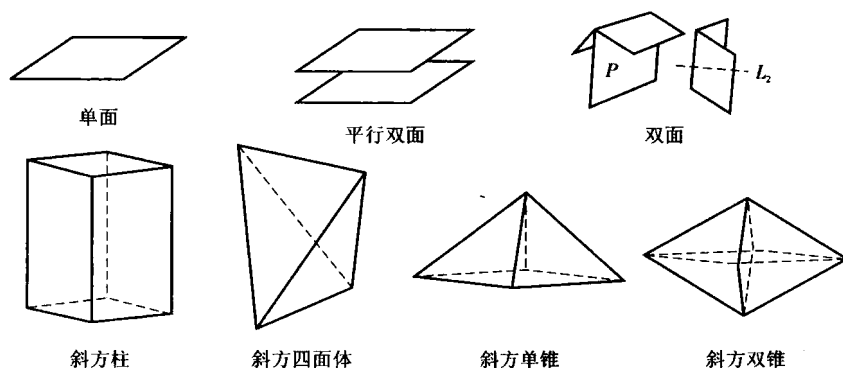


图 2-11 低级晶族的单形

(二) 聚形

聚形是由两种以上的单形所组成的晶形。有多少种单形相聚,其聚形上就会出现多少种不同的晶面,不同单形的性质也各异。对于理想形态而言,聚形中同一单形的晶面应是同形等大的。单形的聚合不是任意的,必须是属于同一对称性的单形才能相聚。也就是说聚形中的单形必属于一定的对称型,因此聚形中每一个单形的对称型都应与该聚形的对称型一致。

(三) 晶体的规则连生

晶体的规则连生可分为两种类型,即平行连生和双晶。