

第一章绪论

第一节宝石的属性

一、宝石的基本概念

宝石是一些可作为装饰用的矿物和物质，它是自然作用和人类劳动的共同产物。自然界形成宝石矿物，人类将其加工成形，增加其瑰丽，使之适合于作珠宝使用。

宝石由无机物和有机物两大类组成。无机矿物和少数岩石作为宝石原料的约有一百余种，占宝石原料的 90%。例如，钻石、祖母绿、红宝石、蓝宝石都是矿物。有机原料属动植物的产物，它们是动植物体本身或经过石化作用形成的，如珍珠、象牙、琥珀、煤精和珊瑚等，特别是珍珠，总是被列入最珍贵的宝石之列。

二、宝石的特点



作为宝石材料必须具有三大主要特征，这就是美丽、耐久和稀少。

美丽：晶莹艳丽、光彩夺目，这是作为宝石的首要条件。如红宝石、蓝宝石和祖母绿具有纯正而艳丽的色彩；无色的钻石可显示不同的光谱色，我们称之为火彩；欧泊拥有各种颜色的色斑，这是一种变彩；某些宝石能产生猫眼似的亮带和星状光带，都是美的体现。当然，大多数宝石的美丽是潜在的，只有经过适当的加工才能充分地显露出来。

耐久：质地坚硬，经久耐用，这是宝石的特色。

绝大多数宝石能够抵抗磨擦和化学侵蚀，使其永葆美丽。宝石的耐久性 取决于宝石的化学稳定性和宝石的硬度。通常宝石的化学稳定性极好，可长时间的保存，世代相传。宝石的硬度也往往较大，大于摩氏硬度 7 度，这样的硬度使得宝石在佩戴的过程中不易磨损，瑰丽常在。而玻璃等仿制品因为硬度太低，不能抵抗外在的磨蚀，所以会很快失去光彩。

稀少：物以稀为贵，稀少在决定宝石价值上起着重要的作用。稀少导致着供求关系的变化：钻石是昂贵的，因为它稀少；一颗具有精美色彩的无瑕祖母绿是极度稀少的，它可能比一颗大小和品质相当的钻石价格更高。橄榄石晶莹剔透，色彩柔和，但因为它产出量较大，所以只能算作中低档宝石。人工合成的宝石，虽然在性质上与天然宝石相同，但合成宝石可以大量生产，因而在价格上与天然宝石相距极殊。

三、宝石的价值

自古以来，宝石就为人类所重视和遐想，人们对宝石充满着迷信，并将宝石同财富、威望、地位和权力联系在一起。随着社会经济的发展，宝石和黄金的消费已成为衡量一个国家经济实力、文化发展水平的标志之一。因而，宝石显示着以下三种价值。

1. 宝石的商品价值

宝石从找矿、开采、加工到出售均需付出辛勤的劳动，因此它具有一定的劳动价值。又因为它的稀少和美丽，它可以作为商品而出售，因此具有商品价值。

2. 宝石的货币价值

宝石作为商品早已被人们所接受，但由于大多数宝石资源的不可再生性，世界宝石的产量越来越少，特别是优质高档的宝石越来越奇缺。高档宝石的价格不断上涨，宝石作为硬通货贮存的趋势逐渐明显，即宝石和黄金一样，可以作为货币流通的媒介。

许多国家都将高档宝石如钻石、红宝石、蓝宝石和祖母绿等列为国家银行资产。我国也将常林钻石—我国现存的最大的金刚石，纳入国库作为货币储存。第二次世界大战期间，犹太人由



于掌握了世界 70% 的珠宝财富，而得以流浪于世界各个角落。现在，越来越多的人开始热衷于对珠宝的投资。选购者不仅为拥有一枚高档珠宝首饰而深感自豪，而且也看到了宝石保值和增值的效果。

同时宝石一般都很小，便于携带，巨额的资金集中在小小的物品上，便于财产的保存和转移。

3. 宝石的艺术价值

从古人用兽齿、贝壳、砾石串成的项链，到今天各种琳琅满目的宝石工艺品和饰品，无不体现着人类对美的追求和向往。一件玲珑剔透的珠宝首饰

品，有着无与伦比的艺术魅力。它不仅使佩戴者显得雍容华贵、充满自信，而且还代表着一切美好的祝愿：永恒、成功、吉祥和好运。宝石常用来作为结婚的信物、纪念日的礼品和服装的佩饰。

第二节 宝石的分类及命名

一、宝石的分类

早在 1916 年日本宝石学家就提出了将宝石进行分类。多年来，国内外宝石学家根据宝石应用领域、商品价值、宝石等级、矿物、岩石特征为依据，提出了不少分类方案，但直到现在尚没有一个统一的、公认的方案。

在我国将天然宝石(广义)分为：宝石(狭义)、玉石和彩石三类。这里宝石(狭义)是专指单矿物晶体和碎块；玉石是专指矿物的集合体，并要求硬度大于 5 以上；彩石也是矿物集合体，硬度在 4 以下。但是，这种分类尚不能反应实际应用的需要。

为了更好地规范珠宝市场，1996 年 11 月国家标准开始制定，1997 年 5 月 1 日开始实施(GB / T-16552-1996,)。宝石名称的国家标中将宝石分为：天然珠宝玉石(天然宝石、天然玉石、天然有机宝石)、人工宝石(合成宝石、人造宝石、拼合宝石、再造宝石)、仿宝石等类型。

1. 天然珠宝玉石

(1) 天然宝石

特指自然界产出的矿物单晶。其品种很多，宝石科研工作者常用矿物学的分类方法对宝石进行族、种、亚种的细分，而宝石贸易界往往按照价值规律对宝石进行高档、中低档的划分，还有根据宝石的稀缺程度分为常见和稀少两类。

A. 天然宝石的族、种、亚种的划分：

族—指化学组成类似、晶体结构相同的一组类质同象系列宝石。如石榴子石族、辉石族等。

种—指化学组成和晶体结构相同，外观相近的宝石。

亚种—是种的进一步细分。指同一个种的宝石，因化学组成中的微量组分不同，从而在外观上有较明显的变化，如蓝宝石中的黄色蓝宝石。



B. 天然宝石按价值和稀缺程度的划分：

① 高档宝石：钻石、祖母绿、红宝石、蓝宝石、金绿宝石（变石、猫眼）；

② 中低档宝石（常见宝石）；

③ 收藏宝石：比如塔菲石，产自斯里兰卡，有米黄、淡紫、淡红等色，产量很少，市场知名度不高。

(2) 天然玉石

指自然界产出的具有美观、耐久、稀少性和工艺价值的矿物集合体及少数非晶质体（天然玻璃）统称为天然玉石。珠宝界习惯于按照材料的使用历史、市场价值以及工艺特点将其分为高档玉石、中低档玉石和雕刻石等。

A. 高档玉石：例如翡翠、软玉，简称玉。

B. 中低档玉石：如玛瑙、玉髓、青金岩、蛇纹石。

C. 雕刻石：硬度小，可以用钢刀雕刻的玉石，摩氏硬度一般小于 4，主要产品为印章、砚石、装饰石等。其中少数品种价值很高，如田黄石、名贵鸡血石。

（3）天然有机宝石

指自然界生物成因的固体，它们部分或全部由有机物质组成，其中的一些品种本身就是生物体的一部分，如象牙、玳瑁。人工养殖珍珠，由于其养殖过程的仿自然性及产品的仿真性，也划分在天然有机宝石中。

2. 人工宝石

（1）合成宝石

全部或部分由人工生产的材料，其物理性质、化学成分、原子结构，本质上与相对应的天然宝石相同，如合成红宝石、合成祖母绿等；

（2）人造宝石

人造的材料，通常在外观上与某种宝石相象(与所仿宝石)，但化学成分、物理性质均不相同，没有天然对应物，如钇铝榴石、钆镓榴石；

（3）拼合宝石

指两种或两种以上材料经人工方法拼合在一起，在外形上给人以整体琢磨印象的宝石，称为拼合宝石；

（4）再造宝石

将一些天然宝石的碎块、碎屑经人工熔结后制成。常见的有再造琥珀、再造绿松石。

3. 仿制宝石

完全或者全部由人工生产的材料，它们模仿天然宝石或者人造宝石的效应、颜色和外观，但不具有所仿宝石的化学成分、物理性质以及晶体结构，如玻璃和塑料。

二、宝石的命名



早期宝石名称比较混乱，把同一种颜色的宝石都称为同一类宝石。例如，把黄水晶、黄色碧玺、黄色托帕石、黄色蓝宝石等统称为黄宝石。绿色绿柱石、绿色蓝宝石、绿色碧玺等称为绿宝石。以后对宝石的名称虽然还有一些区分，但是仍有一些不切实际的命名，如将绿色蓝宝石称为东方祖母绿，将绿色碧玺称为巴西祖母绿等等。此外，还有一些名称根本不涉及矿物的特点，仅侧重于工艺名称和商业名称，这些名称虽然也反映了宝石的某些特点，但还存在名称不缺乏唯一性、含义模糊等问题，如“绿宝石”缺乏唯一性、“黄晶”的含义模糊，可指黄色托帕石和黄水晶，容易造成市场

混乱，这些不适当的名称都应予以废除。

为了规范市场，提出以下宝石命名的原则：

1. 传统名称

这些名称一直作为这些宝石的名称，被珠宝界和社会所公认，如翡翠、和田玉、玛瑙、钻石、祖母绿、红宝石等。

2. 以矿物、岩石名称作为天然宝石的名称



这一原则简捷、科学，被国际珠宝界普遍接受。如钙铝榴石、透辉石、橄榄石等。考虑到玉石材料的商品属性，在所有主要组成矿物名称或岩石名称后附加“玉”字，如蛇纹石玉、阳起石玉等。

3.具有特殊光学效应的宝石的定名原则

为了突出宝石的特殊光学效应（猫眼效应和星光效应等），直接将其置于宝石种属名称前后参加定名。如星光红宝石、星光石榴子石、石英猫眼、海蓝宝石猫眼等。

4.人工宝石的定名原则

由于物以稀为贵，此类宝石的价值远低于同类的天然宝石。因此在定名时，在相应宝石材料之前冠以“合成”、“人造”等字样，以示与天然宝石的区别，如合成红宝石、合成祖母绿等。

5.拼合宝石的定名原则

命名时应突出“拼合石”这三个字，同时在拼合石前将材料名称写出来。如常见的一种拼合石，下层为绿玻璃，上层为红色石榴子石，用胶粘结后模仿祖母绿，应称为玻璃石榴子石拼合石。

6.优化处理宝石的定名原则

目前国际珠宝市场上流行的宝石已有不少是经过人工改善的。如热处理、辐照处理、染色处理等。这些处理分为优化和处理两种类型。优化是指一些传统的、已被人们广泛接受的、使珠宝玉石潜在美显示出来的物理、化学方法。处理是指一些非传统的，目前尚不被人们普遍接受的一些方法。在宝石定名中要反映出宝石经过处理的事实，对于优化的情况，是否需要指出尚存在不同的意见。

根据我国珠宝玉石名称标准的规定，对于经优化处理的宝石按以下定名原则定名：

A. 经优化的珠宝玉石，定名时直接使用珠宝玉石原名称，优化方法不在定名中反映。如热处理的红宝石，直接定名为红宝石。

B. 经处理的珠宝玉石则要在其基本名称后，用括号标出“处理”二字，如扩散处理的蓝宝石，定名为蓝宝石（处理）；或者直接在宝石的名称前注明处理的方法，如扩散处理蓝宝石。

第三节 宝石学发展史

宝石学是研究宝石、宝石材料及其加工的科学。最早它是作为矿物学在宝石领域的应用而发展起来的，现在它集宝石鉴定、宝石评价、宝石材料学（合成和优化处理）、宝石加工、宝石勘探开采以及宝石经营等内容为一体，形成了一门独立的综合学科。

宝石学发展史

宝石学是研究宝石、宝石材料及加工的科学。宝石材料及其加工的科学。最早它是作为矿物学在宝石领域的应用而发展起来的，现在它集宝石鉴定、宝石评价、宝石材料学（合成和优化处理）、宝石加工、宝石勘探开采以及宝石经营等内容为一体，形成了一门独立的综合学科。

我国对宝石的开发利用已有 5000 年以上的历史了。但宝石学作为一门独立的学科进行研究，



最早起源于英国。1908 年英国首先创立了宝石协会，从事宝石理论和实践的研究，并在 1913 年组织了世界上第一次的宝石学考试。1931 年美国成立了珠宝学院，1934 年德国、1965 年日本、澳大利亚等国分别成立了各自的宝石协会，并成立了相应的宝石培训中心。这些协会组织学术交流和人才培养，对宝石学的发展起到了很大的推动作用。

对宝石进行精确化学分析的方法，已有一百多年的历史。1912 年 X 射线首先揭示出晶体中的原子

或离子排列成极规则的几何形态以后，矿物学、化学和宝石学才进入了一个采用先进技术的崭新时期。然而，在科学家们研究改进宝石鉴定方法的同时，在实验室里合成天然宝石已成为可能，这些合成宝石所具有的特性与天然宝石几乎完全相同。合成宝石的出现，使商业上迫切需要鉴别区分天然与合成宝石，由此出现了精确的宝石检验技术，用于鉴定宝石的各种仪器也得到了发展。宝石合成工艺的改善，使合成宝石的质量不断提高，品种不断增加，同时也促进了宝石鉴定技术的深入。研究和鉴定新的经过改进的宝石，从而使宝石学具有远大的发展前景和更大的魅力。



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。世界范围的富裕对优质宝石产生了史无前例的要求，宝石产区矿源的逐渐枯竭和种种政治纠葛，又造成了宝石材料供应上的制约，从而大大地提高了宝石的价格。寻找新的宝石资源已迫在眉睫。宝石实验室硕果累累，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，像钇铝榴石、立方氧化锆等作为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；天然宝石的改色和处理；人造宝石的工艺技术；宝石的真伪鉴定、宝石饰品款式的设计和加工等。

改革开放 20 年来，我国宝石学发展很快，已开发了钻石、红宝石、蓝宝石、海蓝宝石、石榴子石和橄榄石等宝石矿产基地，并进一步加强对宝石的地质普查工作。合成红宝石和蓝宝石、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、宝石优化和宝石加工技术都有了很大的提高。我国珠宝首饰行业从小到大不断发展，具有发展面广、速度快、起点高的特点。从业人员、市场规模、销售金额等诸多方面都发生了翻天覆地的变化。据不完全统计，目前全国珠宝首饰零售企业已超过 2 万家，从业人员由 3 万人增加到 80 万人，黄金首饰的销售由 0.7 吨增加到 250 吨以上，全国珠宝首饰销售额由 9908 万元，猛增到 2000 年的 860 亿元，出口额由 1695 万美元增加到 2000 年的 26 亿美元。珠宝首饰产品已成为我国国民经济中不可忽视的重要商品之一。

我国珠宝教育起步很晚，至 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，带动着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严峻地摆在教育工作者的面前。“引进智力，高起点办学”，1988 年由地质大学(武汉)珠宝研究所率先与世界上宝石学权威机构的英国宝石协会签订了国际珠宝鉴定师证书课程(FCA)的联合办学协议，同年中国地质大学(武汉)、桂林冶金工学院等开始招收宝石学方向本专科生。1991 年中国地质大学(武汉)珠宝学院在武汉成立，标志着我国珠宝教育进入一个新阶段。由于，宝石学是新生学科，国内大学专业名录中没有宝石学科，各地高等院校均挂靠在如地质学、材料学、商贸管理专业下进行宝石方向的招生。通过近十年的努力，国家教委 2000 年正式批准中国地质大学(武汉)珠宝学院试办宝石及材料工艺学专业，使得宝石学正式列入了我国高等教育的行列。

我国的宝石事业虽然起步较晚，但发展迅速，相信不久的将来，中国必将会走在宝石学研究的前列。

第四节 宝石学的研究领域和方法

宝石学是一门交叉学科，是在 20 世纪初叶(1908 年)人工合成红宝石的问世，在市场上出现了真假难辨的合成红宝石的冲击下得以诞生，是矿物学与宝石商品经济学相结合的产物。宝石学经过近百年的发展，吸收了众多基础学科的营养，形成一些具有特色的理论和方法，构成宝石学的重要支柱。

一、 宝石学的研究领域



1.宝石的真伪鉴定

在人们的观念中，宝石是完全天然产出的矿物、岩石或者生物的产物，除了切磨加工以外未经任何其它加工。由于材料科学和技术的发展，不仅可以在实验室中合成与天然宝石具有相同化学成分和晶体结构的合成宝石，而且，还可以利用各种技术改变天然宝石的外观，即所谓的优化处理宝石。

宝石的真伪鉴定，就是要确定所检验的样品是否是天然宝石，是否为合成宝石，是否经过了除切磨抛光以外的加工，如染色、加热改色、辐照

改色等优化处理。它是一项相当困难的任务，也是宝石学最基本的目的。而且，回答这些问题并不关系到宝石的瑰丽程度，而只是与宝石的商品价值有关。例如，一粒同样瑰丽的红宝石，天然与合成品之间的价值相差可达 1 万倍。

2.宝石产地的鉴定

珠宝中名贵的宝石种类，如祖母绿、红宝石等，只有为数不多的矿床，尤其是历史上就一直出产宝石的矿山，在社会文化中成为这种宝石的象征，犹如商品的品牌。比如哥伦比亚，历史上几乎是祖母绿的唯一产出国，所以随着其他祖母绿产地的出现，哥伦比亚祖母绿的身价更显突出，需要对祖母绿的产地进行鉴定。

宝石的产地鉴定比真伪鉴定更为困难，只能局限在少数几种的彩色宝石上，如红宝石，祖母绿，蓝宝石，变石和软玉中的白玉等。方法上以地质学原理为基础，根据宝石中的矿物包裹体的种类和组合、宝石生长带（色带）特征、化学成分、物理性质等特征进行综合判断。

宝石的产地鉴定还被应用在文物的考古研究中。

3.宝石的品质分级

宝石是非常贵重的商品，必须具有美丽，耐久和稀少 3 个要素。不仅是不同品种的宝石有价值上的差别，而且同一品种宝石 的价值也存在巨大的差别。天然矿物和岩石能否作为宝石的主要标志是外观的瑰丽程度和耐用性，体现宝石的使用价值。另一个决定宝石商业价值的因素是稀有性。宝石的商品价值也是这三个要素的总合，宝石的品质分级也必须以 3 要素为基础。

在所有的宝石品种中，目前只有钻石具有较为科学和严格的分级标准和方法，即所谓的 4C 分级体系。钻石首饰占珠宝首饰市场零售额的 80%，具有系统的、全球一致的分级标准是钻石占据市场的一个重要因素。

4.珠宝评估

珠宝评估是对宝石及其首饰可具有的货币价值的评价，是宝石学与资产评估学结合的一个新分支，形成于 20 世纪 80 年代。珠宝评估以宝石鉴定、品质分级为基础，应用资产评价的原理方法，评价珠宝及其首饰的货币价值，以满足产权交易、财产保险、法律事务、经营活动的需要，以及满足珠宝拥有者了解其价值的要求。

二、 宝石学的主要技术方法

1.宝石的常规鉴定技术

宝石大部分是矿物和岩石，具有较为固定的光学性质和物理性质，是鉴定宝石的基础。但由于宝石样品不能损坏，只有有限的方法可以采用。能够满足这些要求的方法主要有折射率，双折率，多色性，选择性吸收光谱，比重和内含物测试等，形成了宝石鉴定专用的折射仪，二色镜，偏光仪，分光镜和宝石显微镜等仪器设备，以及这些设备的使用方法，数据和现象的

解释等系统的理论和技术。经过训练具有较一定的经验后，利用这些技术可以鉴定 85% 以上的宝石样品。



2.宝石的内含物

宝石内含物的理论来自于矿物的包裹体理论，根据宝石学研究的目的和对象加以改造，形成不同的研究重点：矿物学更重视包裹体对矿物形成条件的指示，因而着重研究包裹体的化学成分和物化性质；而宝石学更注意研究包裹体对成因的指示，注重包裹体的种类和形态，并且把生带、色带、裂隙、双晶接合面等非异相物都当作包裹体看待，因而称为内含物更为达意。

宝石内含物是宝石真伪鉴定、产地鉴定的基础，根据宝石内含物的特征，可以区别天然和合成的宝石，鉴别经优化处理的宝石。例如，缅甸孟素矿山的红宝石具有特征的平行于底面（0001）的生长带，不同于其他产地的红宝石，甚至缅甸抹谷的红宝石。合成的祖母绿等宝石中，由于合成工艺中的种晶的生长面往往采用快速生长的面网，造成合成祖母绿的生长带（色带）与 C 轴斜交，与天然祖母绿平行 C 轴的特征不同。所以，对宝石内含物研究作出重大贡献的瑞士宝石学家 Gubelin 博士（**怀念古柏林博士**）认为：内含物是宝石最普遍，最可靠，最确实的鉴定特征。

宝石内含物可以在肉眼、放大镜和显微镜下观察和研究，借助于现代的电子探针、拉曼探针等技术，宝石内含物作用得到更大的发挥。

3.现象观察的方法

宝石学非常强调对现象的观察，而且是用肉眼和 10 倍放大镜的观察。现象观察除对宝石鉴定有重要的意义外，还是宝石品质分级的主要技术，钻石的 4C 分级就是应用 10 倍放大镜和目视观察技术的应用。

4.专用的新式仪器

近十年来，为了解决各种新的合成宝石和优化处理宝石的鉴定，研制出新的宝石鉴定仪器，例如 D.Beers 下属的钻石研究所研制了两种用于鉴定合成钻石的仪器 Diamond View 和 Diamond Shou。最近我们也研制成功宝石阴极发光仪、激光诱发光谱仪等。这些仪器为宝石学研究和鉴定提供了新的技术手段。

5.通用的现代测试仪器

富利叶变换的红外光谱仪首先成功地应用到宝石鉴定领域，用来鉴定酸洗充胶的翡翠，红外光谱在其他宝石的鉴定也可发挥作用，现在很多宝石鉴定实验室配备了这种仪器。拉曼探针是另一种正在受到宝石学家欢迎的现代测试技术，结合冷冻技术，可用来鉴定高温高压处理的无色钻石。紫外可见光谱仪，用来研究宝石的颜色成因和钻石色源鉴定。几乎所有的现代测试技术都可能在宝石学领域加以应用，哪种技术可被广泛应用，取决于仪器的功能和使用成本之间的平衡。

第五节 宝石在国民经济中的地位

一、 珠宝行业概况

中国珠宝行业起步较晚，但发展速度很快。随着经济的发展和国民收入的增加，珠宝首饰业在国民经济发展中起着越来越重要的作用。

珠宝首饰出口持续增长。2003 年我国珠宝首饰出口 32.95 亿美元。2004 年出口达 44.5 亿美元。2005 年 1—6 月份，珠宝首饰出口贸易额 24.41 亿美元，同比增长 28.4%。其中贵金属或包贵金属首饰出口 8.86 亿美元，仿首饰出口 2.57 亿美元，珍珠出口 0.81 亿美元。出口对象仍然主要是中国香港、美国和欧盟等发达国家和地区。

中国是世界上最大的玉石、翡翠加工及消费国，珍珠产量更是占世界珍珠总产量的 95% 以上，铂金、黄

金、钻石等首饰年消费量也居世界前列。

近年银饰品、流行饰品异军突起，销售量上升。白银市场放开后，银制品及银饰消费成为新热点，用银量急剧上升，2004 年已达 500 吨。而且，市场潜力依然较大。

据 2005 年的统计数据表明，自 1998 年至今，我国珠宝首饰销售增长翻了一番(图 1-6-1)， 珠宝及其相

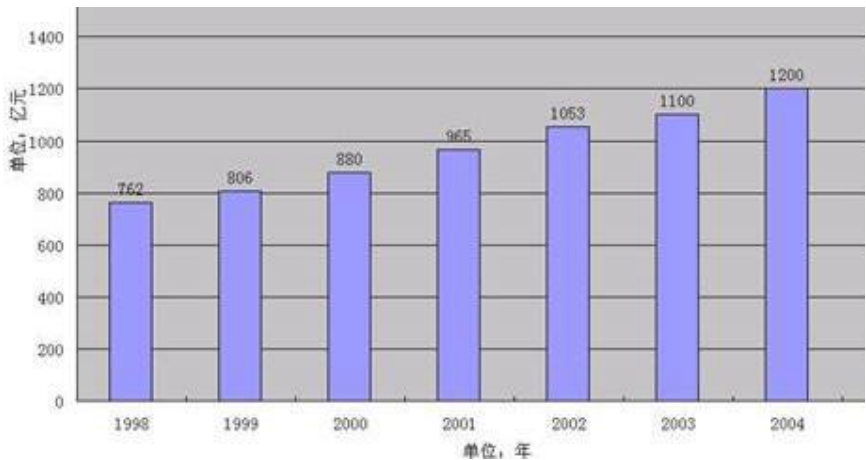


图 1-6-1 1998-2010 年中国珠宝首饰销售增长情况

关产业从业人员也日益增多，也从当初的 2 万人发展到现在的 200 万人。中国已经培育形成了一批珠宝首饰特色产业基地；中国在钻石、人造宝石切磨加工和首饰镶嵌方面已经成为世界瞩目的重要基地。一大批优秀企业也脱颖而出，成长为“中国名牌”。

珠宝产业集群效应开始显现。改革开放二十多年来，中国的珠宝玉石行业在市场经济条件下得到了很大发展，利用地域优势、传统文化优势、人力资源优势、政策优势等，形成了深圳、番禺、东莞、梧州、昌乐、镇平、诸暨等一批珠宝首饰特色产业基地。

二、我国珠宝行业的发展前景



1.产业规模的发展

据中国宝玉石协会有关专家预计，到 2010 年中国珠宝首饰业有望实现年销售总额 1800 亿元，年出口总额将超过 70 亿美元，总产值将占全国 GDP 的 1%。珠宝业将成为中国市场最有潜力和投资价值的发展领域，将对我国国民经济的发展起着越来越重要的作用。

2.产业质量的发展

(1) 企业品牌建设

随着中国改革开放的深入和全球经济一体化进程的加快，中国的珠宝首饰业正面临严峻的挑战。打造民族品牌，建立以品牌为核心，进行企业重组和资源重新配置就显得尤为重要。

中国宝玉石协会于 2001 年 9 月开展了向全国推荐“中国珠宝首饰业驰名品牌”活动，通过这一系列举措，有力地推动了我国珠宝行业内企业的发展。目前，我国珠宝产业已涌现出了一批优秀的品牌，成为行业发展的中坚力量。继 2004 年 9 个黄金首饰品牌被中国名牌战略推进委员会评选为“中国名牌产品”之后，2005 年又有 11 家珠宝企业产品获得“中国名牌产品”称号。

(2) 产品独特性的发展

中国是一个有着五千年悠久历史和灿烂文化的文明古国，作为中国文化的重要组成部分，我国宝石文化也

是源远流长，积淀深厚。今天，已有越来越多的企业开始重视挖掘和创新珠宝的文化内涵，充分发挥文化的经济功能。珠宝文化的多元化、民族化和创新性在发展。未来，将会有更多的企业意识到珠宝文化的重要意义，自觉地努力传播博大精深的中华宝玉石文化并实现这种文化的经济价值。

中国的玉雕、石雕独具特色，是一个与中国宝石文化结合的具有浓郁文化内涵的行业。翡翠产自缅甸，但市场却在中国，从数量看 80%的原料在中国内地加工销售，从质量上看，自亚洲金融危机后，中国正逐渐成为主要的高档翡翠市场之一。

（3）工艺技术的发展

我国包括钻石镶嵌在内的饰品加工业具备了相当的水平和能力。据统计，香港几乎 100%的镶嵌首饰是在大陆加工的，大陆有 200 多个加工厂常年为国外加工首饰，年产值 30 多亿美元。中国的钻石加工以精细著称，以加工中小规格钻石为主的“中国工”在商家和消费者的心目中就是“好工”的代名词。我国目前年加工钻石量达 300 万克拉，从业人员 18000 人，钻石加工业的竞争力日益增长，在钻石、宝石以及珠宝首饰加工方面，中国有成为世界珠宝加工中心的能力和基础。

（4）珠宝科学技术的发展



随着珠宝行业的不断发展，我国涌现出了一批珠宝教育机构和科研机构。前者例如中国地质大学(武汉)珠宝学院、中国地质大学(北京)珠宝学院、上海同济大学宝石教育中心等等；目前我国比较活跃的科研所主要有：国家珠宝玉石检测中心、广西宝石研究所、国家建材局北京人工晶体研究所和中国地质科学院等。这些教育和科研机构，有的还同国外一些著名的珠宝研究机构，如英国宝石学会、比利时钻石高阶层议会(HRD)与美国宝石学院(GIA)等，在学术、科研、培训教育等多方面进行了广泛的交流与合作，为我国珠宝行业培养了大批宝石学专业技术人才，在宝石教育、研究、质量检测、商贸等领域，注入了大量掌握最新宝石学科学技术的新生力量。2004 年第 29 届国际宝石学大会在武汉召开，是我国珠宝科技教育和国际交流合作的又一个里程碑。

此外，各种先进的科学技术也不断引入宝石学领域。随着信息技术的不断发展和应用，珠宝行业的电子商务也日益繁荣，各种新科技应用都将促进我国珠宝业向前发展。

第二章宝石的形成和资源

第一节 宝石矿床概述

一、宝石矿床

在地球科学领域，矿床是指在各种地质作用下，如岩浆活动、火山活动、热液活动、地下水活动、风化、淋滤、搬运、沉积及变质作用等，在地壳表层和内部形成的并在现有技术和经济条件下，其质和量符合开采利用要求的有用矿物质的集合体。如大家熟知的金矿、铜矿、铁矿等金属矿床以及石油、天然气等有机矿床。

不符合此条件的，只能称为“矿化岩石”或岩石。由于科学技术不断进步，一些过去不能利用的矿化岩石或一般岩石，如今已成为有用的矿床。

因此，宝石矿床亦是指在各种地质作用下，在地壳表层和内部形成的，在现有技术和经济技术条件下，其质和量符合开采要求的宝石质矿物的集合体。可以是不同类型、不同规模的矿物晶体或岩石。如钻石矿床、水晶矿床和翡翠矿床等。



图 2-1-1 山东金伯利岩型钻石矿床



图 2-1-2 云南产出的祖母绿矿石

二、矿床相关的基本概念

1. 围岩和成矿母岩

围岩是指位于矿床周围的岩石或紧靠矿体两侧的岩石。成矿母岩是指对一个矿床的形成提供成矿物质来源或与成矿作用直接有关的岩石。有些矿床，矿体的围岩就是母岩，如伟晶岩，因为伟晶岩中矿体的形成正是由这些伟晶岩体提供成矿物质的。另一些矿床，矿体的围岩并非母岩，如砂矿，因为砂矿中的重矿物是从远处搬运来的，而不是来自砂矿层的顶底岩石。



图 2-1-3 含钻石的金伯利岩及围岩

2. 矿石、脉石和矿石品位

矿石指产于宝石矿床中的有价值的部分通常被称作矿石。矿石是指在现有的技术和经济条件下，能够从中提取有用组分（元素、化合物或矿物）的自然矿物集合体。

脉石是指矿床中与矿石相伴生的非矿石部分，如矿体中所含的围岩角砾或低矿化的围岩残余等。它们通常在采矿或选矿过程中被废弃。显然，宝石矿床中矿石含量越高就越好，而脉石含量越高就越差，为了有效衡量和对比这些差异，通常使用“品位”这一概念。



图 2-1-4 金伯利岩型钻石矿中的脉石

矿石品位是指矿石中有用组分的含量，矿种不同，矿石品位的表示方法也不同。大多数金属矿石，如铜、铅等矿石，品位以金属含量（重量）百分比表示，也有些以其中氧化物的重量百分比表示；非金属矿物原料的品位，大都是以其中有用矿物或化合物的重量百分比表示；如原生钻石矿的品位以克拉/吨或毫克/吨来计量；砂矿品位一般以每立方米中含有有用矿物的重量（ g/m^3 或 kg/m^3 ）来计量。如钻石砂矿则以 ct/m^3 或 mg/m^3 来计量。

3. 矿体的产状和形状

矿体是指赋存于地壳中，具有各种几何形态及产状的矿石自然聚集体。矿体的圈定受一定工业指标的限定。矿体是矿床的基本组成单位，是矿山开采的对象。矿体是一个具体的地质体，因而有一定的大小、形态和产状。一个矿床可以是一个矿体，也可以由一个以上的大小不等的矿体组成。

矿体产状是指矿体产出的空间位置和地质环境。包括：矿体的走向、倾向、倾角、侧伏角、倾伏角；矿体的埋藏情况（出露或隐伏）和埋藏深度；矿体与围岩、构造的空间关系等。

矿体形状是指矿体的外形。通常按三度空间长度比例划分或描述为：

等轴状矿体（矿瘤、矿巢、矿囊、透镜状矿体）、板状矿体（矿层、矿脉）、柱状矿体（矿柱、矿筒）、另有一些复杂形状如网脉状的矿体等。

4. 岩石的结构和构造

岩石指天然产出的具有一定结构、构造的矿物集合体。岩石构成地球的上层部分（地壳和上地幔），在地壳中具一定的产状。主要由造岩矿物组成。

岩石按成因可分为：火成岩、沉积岩和变质岩三大类。

火成岩即岩浆岩，是由岩浆在地下或喷出地表后冷却凝结而成的岩石。常分为喷出岩和侵入岩。由于岩浆固结时的化学成分、温度、压力及冷却速度不同，可形成各种不同的岩石。



图 2-1-5 火成岩

沉积岩在地壳表层常温常压条件下，由风化产物、深部来源物质、有机物质及少量宇宙物质经搬运、沉

积和成岩等一系列地质作用而形成的层状岩石。



图 2-1-6 沉积岩

变质岩是由各种变质作用形成的岩石。变质岩的岩性特征，一方面受原岩的控制，具有一定的继承性；另一方面，由于经受了不同的变质作用，在矿物成分和结构、构造上具有其特征性。



图 2-1-7 变质岩 图 2-1-8 变质岩

岩石学中，结构是指组成岩石的矿物颗粒的大小、形态和相互关系。火成岩、沉积岩和变质岩可划分为一系列的结构类型。在宝石学中，结构亦指组成多晶质天然宝石材料的矿物颗粒的大小、形态和相互关系。

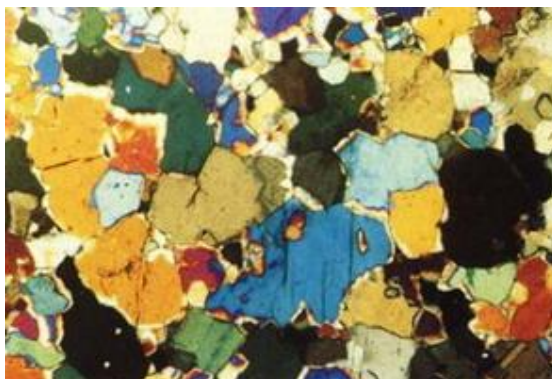


图 2-1-9 翡翠的粒状变晶结构

构造指组成岩石的矿物集合体的形状、大小和空间的相互关系及组合方式，即这些矿物集合体的几何学特征。火成岩、沉积岩和变质岩可划分一系列的构造类型。



图 2-1-10 变质岩中的条带构造

第二节 宝石矿床分类

一、形成矿床的地质作用

矿床是由各种地质作用形成的，各种不同的地质作用形成不同的矿床类型。地质成矿作用按其性质和能量来源可分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用。

1. 内生成矿作用

内生作用的能源来自地球内部，主要有与岩浆活动有关的岩浆作用和与地热、地压（地重力）有关的变质作用。按照物理化学条件的不同划分为：岩浆成矿作用、伟晶成矿作用、接触交代成矿作用和热液成矿作用。

1. 岩浆成矿作用：是指在地壳深处的高温（650-1000° C）高压下，有用矿物从岩浆直接结晶的作用。它是岩浆冷却结晶的最初阶段，所形成的有用矿物及其晶出顺序、富集条件依据不同的岩浆类型而变化。

2. 伟晶成矿作用：其温度在 400-700° C，形成深度约 3-8km。一般分为岩浆伟晶成矿作用和变质伟晶成矿作用两类。

（1）岩浆伟晶成矿作用是在岩浆作用的晚期，由于熔体中富含挥发份组分，在外压大于内压的封闭条件下缓慢结晶，形成晶体粗大的矿物。最有工业价值的为花岗伟晶岩。主要矿物为长石、石英、云母和稀有及放射性元素。形成的宝石有绿柱石、电气石、黄玉、水晶等。

（2）变质伟晶岩与变质作用有关，是混合岩化晚期阶段伟晶岩化作用的产物。但工业价值不大。



图 2-2-1 花岗伟晶岩中的长石晶体



图 2-2-5 矽卡岩中的鱼眼石

3. 接触交代 成矿作用：

接触交代作用主要发生在中酸性岩浆岩同碳酸盐类岩石的接触带。在岩浆成因的热液作用下，岩浆岩体与碳酸盐类岩石之间发生化学成分的交换，在接触带上，形成了各种 Mg、Ca、Fe 的硅酸盐矿物，形成镁质或者钙岩矽卡岩。在结晶条件有利时，能形成晶体粗大的矿物，成为宝石原料。

(1) 镁矽卡岩：岩浆侵入白云岩或白云质灰岩形成，主要宝石矿物：镁橄榄石、尖晶石、透辉石、镁铝榴石等。

(2) 钙矽卡岩：岩浆以石灰岩为主围岩形成，主要宝石矿物：钙铝榴石、钙铁榴石、透辉石、方柱石、符山石等。

4. 热液 成矿作用：

热液有多种来源：岩浆期后热液、火山热液作用、变质热液及地下水热液。与宝石矿床关系密切的为岩浆期后热液。岩浆期后热液是指在岩浆结晶作用过程中，其内部逐渐积聚了以水为主的含矿的挥发物质，并按温度的高低划分：

(1) 高温 成矿热液：300-500 °C，形成的主要宝石种类：石英、黄玉、电气石、绿柱石。

(2) 中温 成矿热液：200-300 °C，形成的主要宝石种类：石英、玛瑙。

(3) 低温 成矿热液：50-200 °C，形成的主要宝石种类：石英、蛋白石、祖母绿。

5. 火山成矿作用：地壳深部的岩浆沿地壳脆弱带上升至地表或直接溢出地表，甚至喷向空中，这种作用称为火山作用。主要宝石矿物：火山玻璃、黑耀岩、部分欧泊和红色绿柱石等。

2. 外生成矿作用

也称为表生作用，是由太阳能、水、大气和生物所产生的作用，包括风化作用和沉积作用。

1. 风化 成矿作用：

风化作用是指原生矿物经风化后发生分解和破坏，形成在新的条件下稳定的矿物和岩石。包括物理风化、化学风化和生物风化。硫化物、碳酸盐最易风化，硅酸盐、氧化物较稳定，金刚石是最稳定的矿物。

与风化成矿作用有关的宝石种类有：欧泊、绿松石、孔雀石、绿玉髓、

2. 沉积 成矿作用：

(1) 机械沉积：当风化产物被水流冲刷和再沉积时，物理和化学性质稳定、相对密度大的矿物就形成机械沉积和富集，形成的宝石矿床有钻石砂矿、蓝宝石砂矿、红宝石砂矿、水晶砂矿等，几乎所有的种类的宝石都可能形成砂矿。

(2) 化学沉积：由溶液直接结晶的沉积作用。多系在干旱炎热气候条件下，在干涸的内陆湖泊、半封闭的泻湖及海湾中，各种盐类溶液因过饱和而结晶。如石膏、硬石膏、石盐等。漂亮的晶体可用作观赏石。

(3) 生物沉积：为生物有机体作用的结果。常由生物的骨骼和遗骸堆积而成。



图 2-2-2 生物沉积岩中的三叶虫



图 2-2-3 生物沉积岩中的角石

3. 变质成矿作用

地壳中已经形成的岩石和矿石，由于地壳构造运动和岩浆、热液活动的影响，温度和压力发生改变，使其在矿物组分、结构构造上发生改变的作用，称为变质作用。这种作用是在固体状态下发生的。

(1) 接触热变质成矿作用

由于岩浆侵入使围岩受到热的影响而引起的变质作用，例如碳酸盐质岩石（包括石灰岩、泥灰岩、白云岩）受热后发生重结晶作用，不仅方解石的晶体增大，还形成尖晶石、红宝石等宝石矿物，形成宝石矿床。



图 2-2-4 大理岩中的尖晶石

(2) 区域变质 成矿作用

区域变质作用是伴随区域构造运动而发生的大面积的变质作用，造成区域变质作用的主要影响因素有：温度、压力和以 H_2O 、 CO_2 为主要活动性组分的流体，使原岩矿物重结晶，并常常伴有一定程度的交代作用，形成新矿物，与宝石有关的成矿有：

- ① 低级区域变质成矿作用：形成含 OH 的硅酸盐宝石矿物，如蛇纹石、透闪石等，有蛇纹石玉矿床。
- ② 中级区域变质成矿作用：形成斜长石、石英、堇青石、透辉石等，有铬透辉石、堇青石等宝石矿床。
- ③ 高级区域变质成矿作用：形成不含 OH 的矿物，如石榴石、夕线石、刚玉和尖晶石等，有石榴石、红宝石、蓝宝石等宝石矿床。

按矿床的形成作用进行分类，所划分的矿床类型称为矿床的成因类型。相应的形成内生矿床、外生矿床和变质矿床。（图 2-2-6）

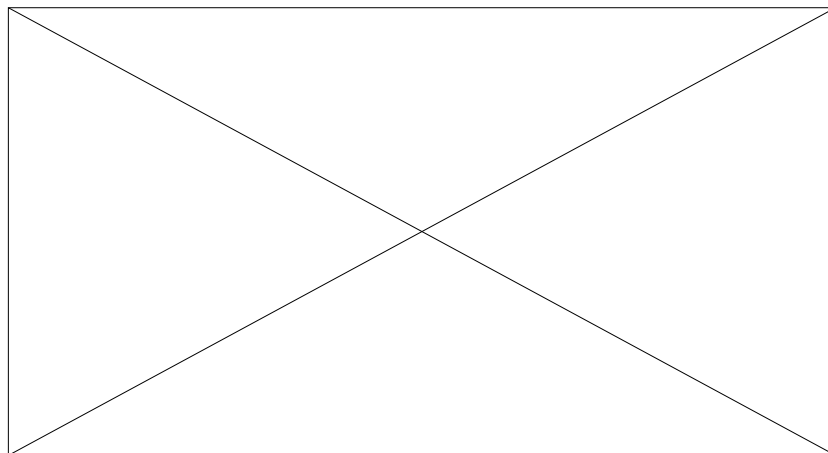


图 2-2-6 宝石矿床成因类型示意图

二、内生宝石矿床

是指它的能源来自地球内部，与岩浆活动有关，是在地球不同深度的压力和温度作用下完成的。按照其物理化学条件的不同，可分为岩浆成矿作用、伟晶成矿作用、热液成矿作用和变质成矿作用等，形成的矿床类型包括岩浆岩型、伟晶岩型、热液型和变质岩型。

1. 岩浆岩型矿床

岩浆结晶与分异作用过程中成矿物质聚集而形成的矿床，不同的岩浆岩常产生不同的岩浆矿床。如与金伯利岩有关的金刚石（钻石）矿床，与玄武岩有关的橄榄石、蓝宝石矿床等。

2. 伟晶岩型矿床

具有经济价值的伟晶岩主要为花岗伟晶岩，少数为碱性伟晶岩。花岗伟晶岩主要由长石、石英和云母组成，矿物颗粒粗大，晶形完好。除经常富集含稀有、稀土元素的矿物外，也有许多其他宝石矿物，是许多宝石的重要来源。如水晶、海蓝宝石、托帕石、碧玺、磷灰石等。



图 2-2-7 花岗伟晶岩中的托帕石



图 2-2-8 花岗伟晶岩中的海蓝宝石

3. 热液型矿床

是指由各种来源的含矿热溶液（岩浆水、变质水、受热的地下水）所形成的矿床。当热液在岩石裂隙、孔隙中流动时，由于温度、压力的变化及与围岩的相互作用，使某些矿物质得以富集成矿。按成矿温度，可将热液矿床划分为高温热液矿床（300-500℃）、中温热液矿床（200-300℃）和低温热液矿床（50-200℃）。与热液成矿有关的有多种金属、非金属和宝石矿产，如哥伦比亚祖母绿矿床就是典型的低温热液矿床。

三、外生宝石矿床



图 2-2-9 次生砂矿的宝石

也称为表生作用，是由于太阳、水、空气和生物作用、风化作用及沉积作用，进而形成的风化-淋滤型、砂矿型、生物成因等矿床。

1. 风化-淋滤型矿床

岩石或金属矿床（常为铜矿）在地表经各种风化作用而形成的矿床。按形成作用和地质特点，可进一步划分为残积-坡积砂矿、残余矿床和淋积矿床。如欧泊、绿松石、孔雀石等都属于淋滤矿床。

2. 砂矿型矿床

在风化侵蚀作用下从含矿岩石或矿石中分离出的重矿物经水动力搬运、分选后富集而成的矿床。砂矿按成因和堆积地貌条件可分为残积砂矿、坡积砂矿、洪积砂矿、冲积砂矿、海滩砂矿以及风积砂矿、冰积砂矿等。按所含有用矿物可分为金刚石（钻石）砂矿、红宝石砂矿、蓝宝石砂矿、砂锡矿等。按形成时代可划分为现代砂矿和古代砂矿。现代砂矿是第四纪以来形成的，为松散堆积物，不需破碎，便于开采；古代砂矿是第三纪及以前形成的，已成岩固结，有的还经受了变质作用，开采难度较大。许多宝石矿产与砂矿有关，如钻石、红宝石、蓝宝石、水晶、翡翠、尖晶石等（图 2-2-9）。斯里兰卡蓝宝石河流砂矿开采如下面视频所示。

3. 生物成因矿床

通过生物生命活动而形成的物质。常见有珊瑚、琥珀、硅化木和煤精等。



图 2-2-9 生物成因宝石：珊瑚



图 2-2-9 生物成因宝石：硅化木

四、变质宝石矿床

指地壳中已经形成的岩石和矿石，由于地壳构造运动和岩浆、热液活动的影响，温度和压力发生改变，使其在矿物组分、结构构造上发生改变，这种作用是在固体状态下发生的，包括接触变质作用、接触交代变质作用和区域变质作用，这类矿床统称变质矿床。

接触交代变质作用常形成的宝石矿床有：石榴子石、尖晶石、水晶、紫晶、青金岩、蓝宝石、软玉、蔷薇辉石等。区域变质作用常形成岫玉、软玉等玉石矿床以及石榴石、红宝石、蓝宝石、透辉石、坦桑石等单晶体宝石矿床。



图 2-2-11 变质作用形成的蔷薇辉石



图 2-2-12 变质作用形成的石榴石

第三节 世界宝石矿床分布

宝石矿产资源几乎遍布全球，各大洲均有产出。但大型优质宝石矿床主要分布在如斯里兰卡、缅甸、泰国、柬埔寨、印度、澳大利亚、巴基斯坦、阿富汗、南部非洲、马达加斯加、巴西、哥伦比亚、俄罗斯、加拿大等国，占世界宝石资源分布总量的 95% 以上。主要宝石品种（如钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿等）资源全球分布如图 2-3-1 所示。

钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿

(点击宝石名字查看相应宝石分布)

图 2-3-1 主要宝石全球资源分布

一、亚洲的宝石矿床分布

亚洲是世界上优质宝石的重要产地。主要宝石产出国斯里兰卡、缅甸、泰国、柬埔寨、越南、印度、阿富汗、伊朗以及巴基斯坦等。

亚洲宝石种类极为丰富，东自我国沿海诸岛起，西经印度、巴基斯坦北部，到尼泊尔和中国云南、西藏、新疆以及阿富汗至伊朗东北部，呈带状展布。与阿尔卑斯的喜马拉雅构造带一起成为世界上一个重要宝石聚集带。

斯里兰卡产出红宝石（星光红宝石）、蓝宝石（星光蓝宝石）、金绿宝石（猫眼石）、变石、祖母绿、海蓝宝石、碧玺、锆石、尖晶石、水晶、磷灰石、堇青石、透辉石猫眼、黄玉、橄榄石、月光石等 60 多个宝石品种。



图 2-3-2 斯里兰卡月光石矿石

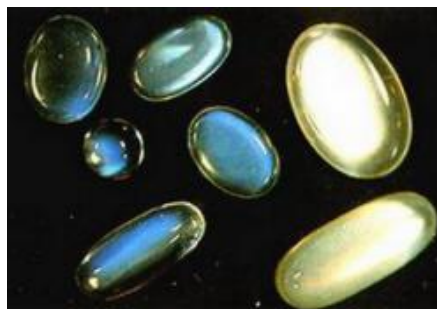


图 2-3-3 斯里兰卡优质月光石



图 2-3-4 斯里兰卡蓝宝石矿床



图 2-3-5 斯里兰卡优质蓝宝石



图 2-3-6 斯里兰卡金绿宝石矿床



图 2-3-7 斯里兰卡优质金绿宝石猫眼

缅甸产出红宝石、翡翠、蓝宝石、尖晶石、橄榄石、锆石、月光石、水晶。缅甸在抹谷地区产有世界上最好的鸽血红红宝石；北部乌龙江流域产占世界 90%以上的翡翠。

泰国、柬埔寨和越南：盛产红宝石、蓝宝石、锆石、石榴石等。



图 2-3-8 泰国产出的蓝宝石晶体

印度产出钻石、红宝石、蓝宝石（克什米尔）、祖母绿、海蓝宝石、石英质宝玉石、石榴石等。印度是世界上最早出产钻石的国家（砂矿）。印度克什米尔的苏姆扎姆是世界上第一流蓝宝石的产地；拉贾斯坦邦出产祖母绿；石榴石、鱼眼石也是印度著名的宝石品种。

阿富汗：红宝石、海蓝宝石、碧玺、尖晶石、青金岩等。哲格达列克地区出产红宝石；萨富汗萨雷散格产青金岩，其产量占世界之首；库希拉尔出产尖晶石。

伊朗：绿松石。尼沙普尔有世界著名的大型的优质绿松石砂矿产出。

巴基斯坦：红宝石、祖母绿、海蓝宝石、石榴石、尖晶石、托帕石等。白沙瓦东北附近的斯瓦特出产祖

母绿；红宝石的颗粒虽然较小，但质量较好。



图 2-3-9 巴基斯坦托帕石晶体



图 2-3-10 巴基斯坦产出的有色宝石

中国宝石矿产资源大约有 100 多个品种，现有宝石矿点 200 多处，几乎遍布全国，主要宝石品种有钻石、蓝宝石、红宝石、锆石、石榴石、海蓝宝石、碧玺、橄榄石、托帕石等，但较名贵的宝石品种，如祖母绿、金绿宝石，尚未发现有利用价值的矿床。

中国玉石的开采和使用已有悠久的历史，主要品种有和田玉、绿松石、独山玉、岫玉，但高档的玉石品种如翡翠、欧泊等在我国尚未找到。总体上看，中国的宝玉石矿产稀少分散，除钻石和水晶矿床外，其他宝玉石品种的地质普查、勘探工作仍有待于进行。

中国的宝玉石矿主要分布在以下 6 个成矿带中：

（1）东部沿海宝石矿带：

北起黑龙江省，南至海南岛，是我国宝玉石集中分布的地区。如华北地台、扬子地台隐伏深大断裂和郯庐断裂控制的钻石矿床，分布在辽宁、山东一带。环太平洋火山岩带中的蓝宝石、锆石、尖晶石等矿床分布在海南蓬莱、福建明溪、江苏六合、山东昌乐、辽宁宽甸、黑龙江一带。

（2）天山-阿尔泰宝石矿带：

宝石主要产在伟晶岩中，主要出露在新疆可可托海地区。最著名的是新疆阿尔泰伟晶岩宝石矿床，盛产海蓝宝石、彩色碧玺、黄玉、水晶等，还发现有水胆海蓝宝石和金绿宝石等。

（3）阴山及边缘地区宝石矿带：

分布在东西向构造控矿的花岗伟晶岩、石英脉及热液蚀变带，也是产出宝石的主要部位。特别是内蒙的角力格太伟晶岩中海蓝宝石、石榴石、绿色碧玺、水晶等，乌拉山的芙蓉石、紫晶、水晶等，巴林右旗的鸡血石。

（4）昆仑-祁连山宝石矿带：著名的新疆和田软玉及甘肃祁连岫玉等产于此。

（5）喜马拉雅宝石矿带：云南发现许多宝玉石，如托帕石、海蓝宝石、祖母绿、红宝石、锡石等。云南是中国的重要宝石产出地和贸易区之一。

（6）秦岭宝石矿带：河南独山玉、密玉，特别是湖北郧阳地区的绿松石等，是世界著名的玉石品种。湖北铜录山的孔雀石在我国也久负盛名。



图 2-3-11 新疆和田软玉次生矿床



图 2-3-12 次生和田玉矿原料

二、非洲的宝石矿床分布

非洲被誉为地球上最丰富的宝石仓库，主要宝石出产国有：南非、津巴布韦、博茨瓦纳、坦桑尼亚、赞比亚、马达加斯加、埃及等。

非洲产出的主要宝石品种包括钻石、红宝石、祖母绿、钙铝榴石、橄榄石等。其中以钻石居世界领先地位，迄今世界最大的钻石（重 3106ct）和世界上最大的祖母绿（重 2.3 万 ct）均发现于南非。津巴布韦桑达瓦纳地区以盛产祖母绿和紫晶而闻名于世；博茨瓦纳主要产钻石、玛瑙等；坦桑尼亚与肯尼亚的交界地区产有蓝宝石、红宝石和坦桑石；赞比亚主要产出祖母绿、孔雀石、紫晶等；马达加斯加是许多中高档宝石的产出国，包括碧玺、红宝石、蓝宝石等；埃及是优质绿松石和橄榄石重要产地。

非洲宝石矿床分布在东部地区。南起南非，经津巴布韦、马达加斯加、赞比亚、坦桑尼亚、肯尼亚，北至埃及，大多处于南非-东非地质和东非大裂谷地区，主要为区域变质岩和花岗伟晶岩。

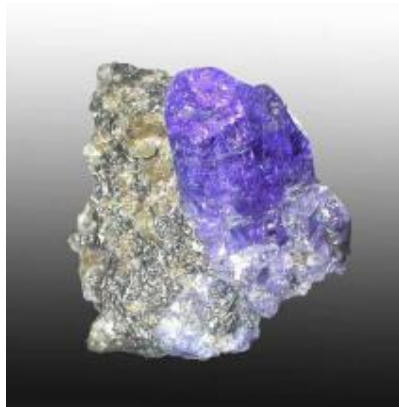


图 2-3-13 坦桑尼亚产出的坦桑石晶体



图 2-3-14 坦桑尼亚产出的优质坦桑石

三、美洲的宝石矿床分布



图2-3-15 产自伟晶岩矿床的红色碧玺

宝石集中在美洲西部科迪勒拉构造带-安第斯山脉一带，主要产出国家有加拿大、美国、墨西哥、哥伦比亚、巴西。

加拿大主要产有紫晶、玛瑙、石榴石、软玉、彩色拉长石、钻石等，西部不列颠哥伦比亚省是世界上重要的软玉产地，近来在加拿大西北地区（Northwest Territories）发现了含钻石的金伯利岩岩筒，此外在其他地区如魁北克（Quebec）、安大略（Ontario）、萨斯喀彻温（Saskatchewan）、艾伯塔（Alberta）、不列颠哥伦比亚（British Columbia）和纽纳武特（Nunavut）也发现有含钻石的金伯利岩岩筒。但具有经济价值的矿床多分布在 Lal de Gras，其中最重要的是 Ekati 矿。美国其西部加利福尼亚州主要产出软玉、碧玺，新墨西哥州产出世界最大的绿松石矿。墨西哥则是世界上火欧泊的著名产地。哥伦比亚的祖母绿闻名于世，穆佐（Muzo）和契沃尔（Chivor）是世界著名的优质祖母绿供应地，又是世界上罕见的热液祖母绿矿床的产地。巴西也被誉为宝石王国，其米拉斯吉拉斯是世界著名的宝石伟晶岩，集中了世界上 70% 的海蓝宝石，95% 的托帕石（最好的玫瑰色和蓝色托帕石），50%-70% 的彩色碧玺，80% 的水晶类，同时又是绿柱石和金绿宝石的主要产地，巴西也是继印度之后的著名的钻石砂矿出产国。



图 2-3-16 巴西伟晶岩宝石矿床

四、大洋洲的宝石矿床分布

大洋洲的主要宝石产出国是澳大利亚，盛产欧泊、蓝宝石、钻石、祖母绿、珍珠、绿玉髓、软玉等。澳大利亚是欧泊的王国，世界上 95% 的欧泊产自澳大利亚，主要产地有南澳安达姆卡、库泊皮迪和明塔比至新南威尔士的白崖、闪电岭一带；昆士兰州的安纳基及新南威尔士的因弗雷尔-格冷伊尼斯地区产蓝宝石，其产量占世界总产量的 60%，中部的阿利斯泼林（Harts Range）发现了大型的红宝石矿床，是世界主要红宝石矿床之一；澳大利亚的绿玉髓（也称澳洲玉）的质量之优举世闻名，主要产地是昆士兰的马力波罗和西澳的卡尔古尔莱；南澳的考韦尔有大型软玉矿床；西澳大利亚阿盖尔的大型钻石矿床，其钻石产量居世界首位。



图 2-3-17 澳大利亚产出的优质欧泊矿石



图 2-3-18 澳大利亚产出的优质欧泊矿石

五、欧洲的宝石矿床分布

欧洲的宝石资源主要集中在西伯利亚和乌拉尔山一带。有 3 个宝玉石成矿区，其中著名的有东西伯利亚和帕米尔的青金岩、东西伯利亚软玉、哈萨克斯坦的翡翠、中亚的绿松石、乌拉尔的祖母绿、翠榴石、变石等，在雅库特和西西伯利亚地区产有钻石。波罗的海沿岸（挪威、芬兰、波兰）、罗马尼亚盛产琥珀。贝加尔湖地区是世界紫硅碱钙石的唯一产地。



图 2-3-19 波兰产琥珀



图 2-3-20 俄罗斯乌拉尔的祖母绿

第四节 典型宝石矿床简介

一、钻石矿床

常见的钻石矿床可以分为原生矿床和次生矿床。原生钻石矿床属于岩浆型矿床，而次生钻石矿床根据砂矿的形成时期，可将其划分为古代砂床和现代砂矿两种类型。

古代砂矿主要是指在第四纪以前形成的砂矿床，沉积物已经固结。现代砂矿是指第四纪以来形成的砂矿床，沉积物未固结。

1、原生钻石矿床

金伯利岩型或钾镁煌斑岩型：矿区为相对较为稳定的克拉通地区，钻石在上地幔的橄榄岩或榴辉岩中结晶后，被来源更深的金伯利岩岩浆或钾镁煌斑岩上升时带至地表浅处，主要以岩管或岩脉形式产出。

2. 现代砂床的特征

现代钻石砂矿按其沉积位置可分为残积砂床、冲积砂床及滨海砂矿。残积砂矿是从含矿母岩中分离出的重矿物和钻石就地富集而成的砂矿；冲积砂床是指重砂矿物（钻石）在河水的搬运、分选作用下富集而成的砂矿床；滨海砂矿是指经河流搬运到河流入海口，并被海流沿海岸带沉积而形成的钻石砂床。

二、蓝宝石、红宝石矿床

刚玉矿床也有原生矿床和次生矿床，在常见的三大岩类中都可以形成原生蓝宝石矿床，经过风化和搬运则可以形成次生刚玉矿床。

1. 岩浆岩中的蓝宝石矿床（山东昌乐玄武岩型）

蓝宝石主要赋存在玄武质的方山岩体。火山机构控制蓝宝石的分布：近火山口蓝宝石含量较高，远离火山口蓝宝石含量较低。

蓝宝石晶体作为玄武质喷出岩的包体存在。颜色丰富，有深蓝、蓝、浅蓝、黄绿、蓝绿、棕色等，以带有不同色调的浅蓝、深蓝、蓝色为主，其中又以深蓝色居多。且常具有色带，色带宽窄不一，颜色渐变。蓝宝石大多具较好的六方晶形，呈腰鼓状、桶状，少量呈碎块状。粒径一般为 20-40mm，个别达 10cm。蓝宝石晶体表面常有一层灰黑色或黑色不透明薄壳，晶面常有斜纹和横纹，熔蚀坑发育。

2. 变质岩中的红宝石矿床（缅甸抹谷大理岩型）

矿体呈层状产在大理岩中，与花岗岩体分布关系密切。含矿大理岩主要由方解石组成，夹有少量白云石及片麻岩。

红宝石呈浸染状或巢状产出，晶粒小，一般 1-10mm，有时达 5cm，短柱状，品质好，与红宝石伴生的矿物有金云母、透辉石、方柱石、榍石、镁橄榄石、尖晶石等。



图 2-4-2 大理岩型红宝石矿石

三、翡翠矿床

翡翠是玉石中最珍贵的产品，被称为“玉石之王”。我国历史上曾有“翡翠产于云南永昌府”之说，实际上是指缅甸密支那地区，因为在明代万历年间该地属云南省永昌府管辖。

世界上有几个地区可产翡翠，他们是缅甸（北部）、中美洲危地马拉、哈萨克斯坦、美国以及日本等。但真正具有经济价值的宝石级翡翠绝大部分产在缅甸。

1. 翡翠原生矿床

缅甸的雾露河流域是世界上翡翠主要的产出地。13 世纪初开始开采冲积砂矿，1871 年发现原生翡翠矿床。 由于翡翠的形成过程相当复杂，而且其中所含的矿物成分变化很大，其成因目前仍未有定论，一般来讲有 3 种观点：变质成因、岩浆成因和热液交代成因。目前，高压变质成因是翡翠形成的主流学说。



图 2-4-3 缅甸翡翠原生矿床

度冒矿床翡翠矿体沿走向长达 270m，具有对称条带状分布的特点：矿体的中心部分由单矿物翡翠岩组成，朝脉壁方向渐变为钠长石-翡翠岩和钠长石岩。翡翠原生的开采比较困难，很少开采到高品质的翡翠、同时产量也较低。



图 2-4-4 缅甸翡翠矿石

2. 翡翠次生矿床

(1) 高地砾石层翡翠砂矿

该砾石层堆积厚度为 100-300m，属洪积成因，分布在河流两侧，但在地貌上已成为丘陵，不具有河流阶地的特征，是目前开采翡翠的主要矿床类型。

(2) 河流冲积翡翠砂矿

主要分布在雾露河的河床及两侧的河漫滩，历史上在帕敢最为发育。翡翠砾石与其他废石如漂砾、卵石、砂混在一起，但翡翠砾石的滚圆度较好，以次圆状到滚圆状为主。由于 这种翡翠砾石经过水流的搬运和磨蚀，表面均比较光滑，所以被称为水石。



图 2-4-5 翡翠次生矿床开采

图 2-4-6 次生翡翠砾石

四、绿松石矿床

古时绿松石主要产自埃及西奈半岛和伊朗尼沙普尔，现在主要产自美国的新墨西哥州。但质量最好的绿松石仍然来自伊朗。我国的湖北、安徽等地也出产优质绿松石。

1、伊朗尼沙普尔绿松石矿床

伊朗东北部的尼沙普尔矿床，长期以来是世界上优质绿松石的主要来源。

绿松石呈稀疏细脉状、团块状产出，或沿裂隙分布。在较深的层位，绿松石呈疏松状或致密状物质充填在裂隙中，形成网状脉。

2、湖北郧阳绿松石矿床

我国绿松石矿床闻名于世，主要集中于鄂、豫、陕交界处，以郧阳绿松石矿最为著名。矿点床分布于寒武系下统的含炭或含泥的含铜硅质板岩中。绿松石一般呈透镜状、脉状产出，也有结核状、透镜状及葡萄状等。在垂向上，不同品质绿松石分布有一定规律。



图 2-4-7 呈透镜状产出的绿松石



图 2-4-8 具铁线绿松石

3. 绿松石矿床的成因

尽管绿松石在世界上的分布范围很广，但在地质产状和矿石类型上几乎一致：

(1) 属外生淋滤作用所致，都与含磷和含铜的硫化物矿化岩石的风化-淋滤作用有关。

(2) 岩石可以是酸性喷出岩和含副矿物磷灰石的花岗岩，也可以是含磷的沉积岩、变质岩。这些岩石被构造运动抬至地表或近地表，雨水沿着岩石裂隙运动和渗滤时会溶解岩石中的 Cu、Al、P 等元素，或者岩浆活动使泥质、硅质板岩中的 Cu、Al、P 等元素富集，从而在适宜的条件下形成绿松石。

五、欧泊矿床

1. 欧泊矿床的类型

据目前的世界产出情况看，欧泊主要产状有两种：

(1) 热液型矿床

产在中-新生代喷发岩及凝灰岩中，多呈细脉穿插在普通蛋白石或蛋白石化石中。沿火山岩裂隙、空洞和原生气孔充填发育。欧泊颜色品种多，变彩性好，但大部分易开裂，因而实际从价值不大。这类矿床产出规模不大，属热液矿床，产地有墨西哥。

(2) 风化壳性矿床

产在中生代至新生代沉积岩面型风化壳中，由外生淋滤作用形成。欧泊多赋存在风化壳下部蒙脱石化灰岩和浅褐色粘土层中，呈脉状分布，极不均匀，矿石厚度一般 2-4cm。这类矿床主要产在澳大利亚。澳大利

亚目前是世界上产欧泊最多的国家,占世界欧泊总产量的95%以上。其中80%又集中在库伯佩迪(Cooper Pedy)和明塔比(Mintabie)两地,库伯佩迪城有世界欧泊之都的誉称。 澳大利亚主要的欧泊矿床有:新南威尔士州闪电岭和白崖矿;昆士兰州的约瓦赫矿床和海利克斯矿床;南澳大利亚州的库伯佩迪矿床和安达莫卡矿床等。



图 2-4-9 澳洲欧泊的分布图



图 2-4-10 澳大利亚的欧泊矿石

澳大利亚风化型欧泊矿床成因有两种观点:

- ① 澳大利亚所有的蛋白石矿层都是在中新世形成风化壳的过程中形成的。形成欧泊的二氧化硅是长石转变为高岭土和铝土矿时从长石中释放出来的。
- ② 昆士兰州西部矿床所产的欧泊是红土化的产物。红土化作用是岩石在地形平坦,温度较高,一定降水量(足以保持高而稳定的潜水面)条件下发生的漫长的强烈的风化作用。这一过程,铝硅酸盐发生分解,析出碱金属、碱土金属和二氧化硅。铁和二氧化硅随后沉淀下来。

2. 形成欧泊矿床的条件

(1) 合适的物源：含矿层主要由由浅海相的长石砂岩、粉砂岩和泥岩构成。长石砂岩在风化作用下提供硅质。

(2) 合适的构造条件：当时澳大利亚欧泊产区是一片准平原，地形起伏很小，从古生代以来基本没有什么构造运动。

(3) 合适的气候条件：当时澳大利亚处于热带和亚热带地区，降水量充沛，气候温暖潮湿。这种条件有利于风化作用的进行，利于沉积岩中的长石变为高岭土和铝土矿，并析出二氧化硅和铁质。

(4) 合适的地质和水文条件：由于地形平坦，地下水潜水面较高，而且稳定。二氧化硅和铁质等向下淋滤至风化壳底部，下伏泥质岩作为挡水层，上覆砂岩作为滤水层，使含硅水溶液被圈闭在底部铁质粘土岩或砂页岩裂隙或层间。

(5) 合适的沉积（淀）条件：由于构造活动微弱，在很长的地质时间内，二氧化硅的淋滤速度恒定，二氧化硅球体可以沿三维方向有规则地排列，从而形成欧泊（图 2-4-11）。

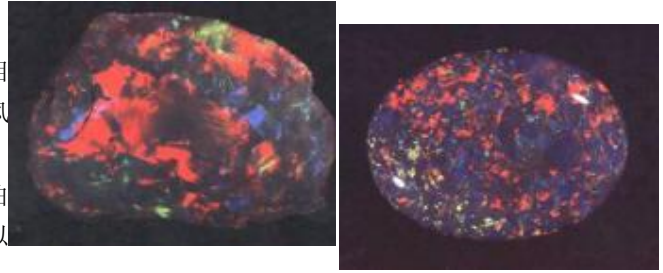


图 2-4-11 澳大利亚出产的黑欧泊

第三章 宝石的结晶学和矿物学基础

第一节 结晶学基础

一、基本概念（本章适合没有安排结晶学和矿物学课程的首饰设计专业）

1. **晶体**：质点作规律排列，具有格子构造的即称为结晶质，结晶质在空间的有限部分即为晶体。即晶体是具有格子构造的固体。

晶体的内部对称导致其外部具有规则的几何外形，凡是天然具有几何多面体形态的固体都称为晶体，如水晶、碧玺等。各类晶体形态复杂多样，大小悬殊，如有的矿物晶体可重达百吨。直径数十米；有的则需要借助显微镜，甚至电子显微镜或 X 射线分析方能识别。

图 3-1-1 钻石结构及晶体



图 3-1-2 海蓝宝石晶体



图 3-1-3 水晶和碧玺晶体

2. **非晶质体**：有些状似固体的物质如玻璃、欧泊（图 3-1-4）、琥珀（图 3-1-5）等，它们的内部质点不作规则排列，不具格子构造称为非晶质或非晶质体。内部质点的不规则排列使其不具有规则的几何外形。

(1) 内部质点不作规则排列，不存在周期性重复，即不具有格子构造；

(2) 不具有规则的外形。

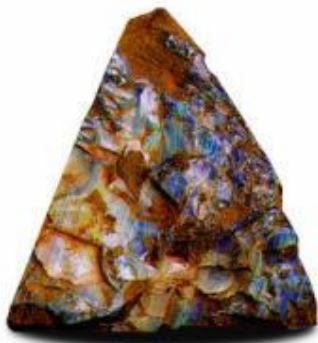


图 3-1-4 欧泊原石



图 3-1-5 琥珀

4. **多晶质体**：由多个小晶体组合在一起形成的岩石或者玉石，称为多晶质体。按单体的结晶习性及其集合方式的不同可分为粒状、片状、板状、针状、柱状、棒状、放射状、纤维状、晶簇状等。如：翡翠、石英岩孔雀石软玉等。

5. **隐晶质体**：由无数个非常小的晶体组合在一起形成的岩石或者玉石，这些微晶小到在光学显微镜下也不易分辨出晶体的个体，称为隐晶质体，如蛇纹石玉、玛瑙等。



图 3-1-6 多晶质的翡翠



图 3-1-7 隐晶质的岫玉



图 3-1-8 隐晶质的玛瑙

二、空间格子

1. **空间格子**：晶体中的原子、离子或分子有规律的排列，形成在三维空间呈周期性重复排列的几何点（即结点），这些几何点的连结成无限的立体几何图形，称为空间格子。它是从具体的晶体结构中抽象出来的。

2. **单位平行六面体**：一个空间格子总是可以被三组相交的面网划分成一系列相互平行叠置的一个最小重复单位，那就是单位平行六面体。

3. **空间格子类型**：根据结点在单位平行六面体中的分布情况，将其划分为原始格子、底心格子、体心格子和面心格子等 4 种可能的形式。图 3-1-9。晶体中共有 14 种不同的空间格子类型。

4. **面网**：结点在平面上的分布构成面网。

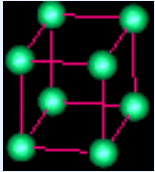
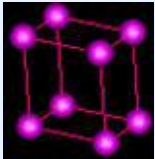
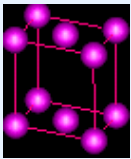
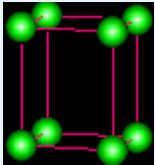
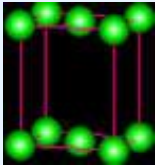
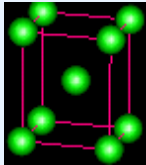
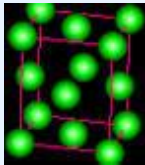
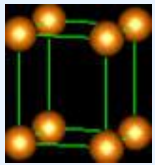
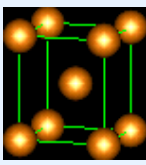
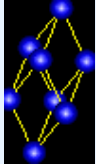
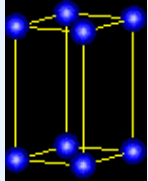
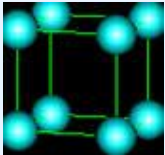
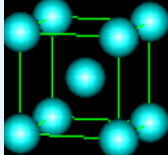
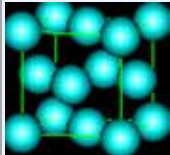
晶系	原始格子 (P)	底心格子 (C)	体心格子 (I)	面心格子 (F)
三斜		C=I	I=F	F=P
单斜			I=F	F=C
斜方				
四方		C=P		F=I
三方		与本晶系对称不符	I=F	F=P
六方		与本晶系对称不符	与空间格子的条件不符	与空间格子的条件不符
等轴		与本晶系对称不符		

图 3-1-9 空间格子类型

三、晶体的对称

1. 对称的概念

对称就是物体相同部分有规律的重复（图 3-1-10）。

晶体是具有对称性的，晶体外形的对称表现为相同的晶面、晶棱和角顶作有规律的重复。晶体的对称是取决于它内在的格子构造。晶体的对称既是内部的同时表现在外部晶体形态上。

2. 晶体的对称性的特征

晶体的对称具有 3 个特点：

①微观对称：由于晶体内部都具有格子构造，而格子构造本身就是质点在三维空间周期重复的体现。因此，所有的晶体都具有晶体内部结构的对称，即微观的对称。

②晶体的对称受格子构造性质的限制：也就是说只有符合格子构造特征的对称才能在晶体上体现。因此，晶体的对称是有限的，它遵循“晶体对称定律”。

③晶体的对称不仅体现内部结构和几何外形上，同时也体现在物理性质(如光学、力学、热学、电学性质等)上，也就是说晶体的对称不仅包含着几何意义，也包含着物理意义。

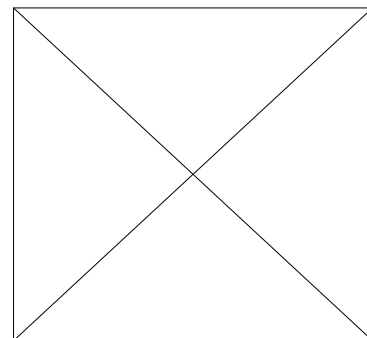


图 3-1-10 对称性示意图

3. 对称要素：

(1) 对称面(P)

对称面是一个假想的平面，相应的对称操作为对于此平面的反映。它将图形平分为互为镜像的两个相等部分（图 3-1-11）。

(2) 对称轴(Lⁿ)

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。当图形围绕此直线旋转一定角度后，可使相等部分重复（图 3-1-12）。旋转 180 度使相等部分重复的称为 2 次对称轴；旋转 120 度使相等部分重复的称为 3 次对称轴；旋转 90 度使相等部分重复的称为 4 次对称轴。3 次和 4 次对称轴又称为高次对称轴。

(3) 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于此点的反伸(或称倒反)。如果通过此点做任意直线，则在此直线上距对称中心等距离的两端，必定可以找到对应点（图 3-1-13）。

4. 对称型

对称要素的合理组合称为对称型。晶体有 32 种可能的对称要素组合，所以一共有 32 种对称型，也称为 32 个晶类。

四、晶体的分类

根据晶体对称性的特点，可以对晶体进行合理的科学分类：

1. 晶族：根据是否有高次轴以及有一个或多个高次轴，把 32 个对称型归纳为低，中，高级三个晶族。

(1) 高级晶族：有多个高次对称轴。

(2) 中级晶族：只有一个高次对称轴。

(3) 低级晶族：没有高次对称轴。

2. **晶系**：在各晶族中，再根据对称特点划分出 7 个晶系：

(1) 属于低级晶族的有：三斜晶系(无对称轴和对称面)，单斜晶系(二次轴和对称面各不多于一个)和斜方晶系(二次轴或对称面多于一个)。

(2) 属于中级晶族有：四方晶系(有一个四次轴)，三方晶系(有一个三次轴)和六方晶系(有一个六次轴)。

(3) 属于高级晶族有：等轴晶系(有四个三次轴)。

五、晶体的定向

1. 晶体定向

晶体定向就是在晶体中确定坐标系统。具体说来，就是要选定坐标轴(晶轴)和确定各坐标轴(晶轴)的单位长度(轴长)之间比例(轴率)。

(1) 晶轴：晶轴系交于晶体中心的三条直线。

(2) 轴角：指晶轴正端之间的夹角。

(3) 轴长：格子构造中的结点间距称为轴长。

2. 选轴原则

各晶系选择晶轴的原则如表 3-1-1 所列：

表 3-1-1 各晶系选择晶轴的原则及晶体常数特点

晶 系	选择晶轴的原则	晶体常数特点
等轴晶系	以相互垂直的 L^4 或 L^4 以相互垂直的 L^2 为晶轴	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
四方晶系	以 L^4 或 L^4 为 Z 轴；以垂直 Z 轴并相互垂直的 L^2 或 P 的法线为 X, Y 轴，当无 L^4 、 L^2 、 L^2 或 P 时，X, Y 轴平行晶棱选取	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
三方晶系及六方晶系	以 L^3 , L^6 , L^6 为 Z 轴；以垂直 Z 轴并彼此以 120° 相交(正端间)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	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$
斜方晶系	以相互垂直的三个 L^2 为 X, Y, Z 轴；在 L^2P 对称型中以 L^2 为 Z 轴，两个 P 的法线为 X, Y 轴	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
单斜晶系	以 L^2 或 P 的法线为 Y 轴，以垂直 Y 轴的主要晶棱方向为 X, Z 轴	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta > 90^\circ$
三斜晶系	以不在同一平面内的三个主要晶棱的方向为 X, Y, Z 轴	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

六、晶体的形态

1. 单形和聚形

(1) 单形：单形是由对称要素联系起来的一组晶面的总合。换句话说，单形也就是籍对称型中全部对称要素的作用可以使它们相互重复的一组晶面。因此，同一单形的所有晶面彼此都是等同的。部分单形见图 3-1-7。

(2) 聚形：两个以上的单形的聚合称为聚形。单形的聚合不是任意的，必须是属于同一对称形的单形

才能相聚，所以聚形的对称性和其中的任一单形的对称性相同。



图 3-1-14 水晶的聚形

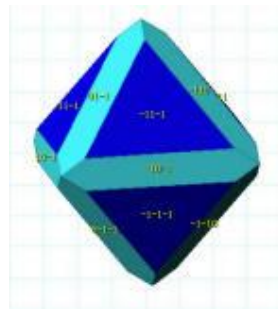
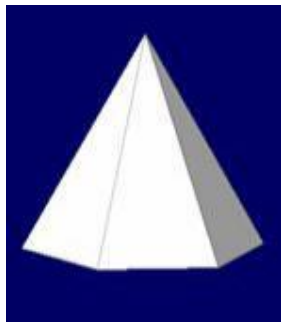


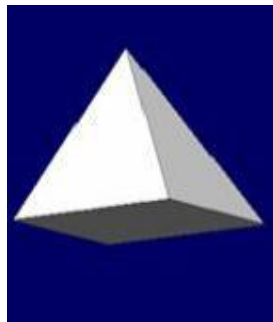
图 3-1-15 尖晶石的聚形

(3) 四十七种几何单形

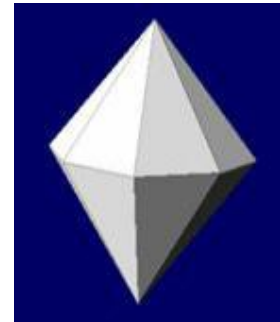
- a. 低级晶族共有 7 种单形：单面、平行双面、双面、斜方柱、斜方四面体、斜方单锥、斜方双锥。
- b. 中级晶族共有 25 种单形，分成六组：柱体组、单锥体组、双锥体组、四方四面体和复三方偏三角面体组、菱面体与复三方偏三角面体组、偏方面体组。
- c. 高级晶族共有 15 种单形，分为三组：四面体组、八面体组、立方体组。



六方单锥



四方单锥



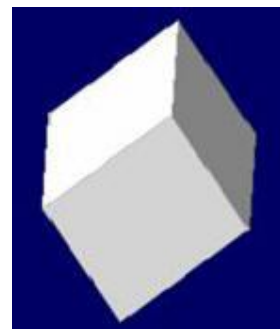
复三方双锥



六方双锥



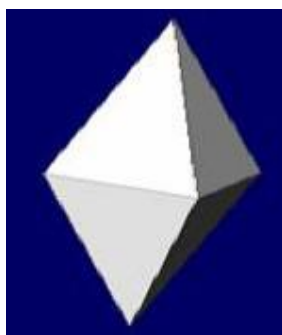
四方双锥



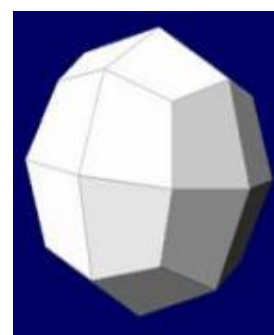
菱面体



复六方双锥



斜方双锥



四角三八面体

图 3-1-16 部分的单形

2. 晶体的规则连生

(1) 平行连生：两个或以上的同种晶体彼此平行地连生在一起，连生着的每一个晶体的相对应的晶面和晶棱都相互平行，这种连生称为平行连生。

(2) 浮生：两个或多个不同种类的晶体沿一定方向的规则连生；或者两个或多个同种晶体以不同的面网相接合而形成的规则连生称为浮生。

(3) 双晶：双晶是两个以上的同种晶体按一定的对称规律形成的规则连生，相邻两个个体的相应的面、棱、角并非完全平行，但它们可借助对称操作-反映，旋转或反伸，使两个个体彼此重合或平行。

3. 双晶的特征

(1) 双晶要素

a. 双晶面：双晶面为一假想的平面，通过它的反映，可使双晶相邻的两个个体重合或平行。

b. 双晶轴：双晶轴为一假想的直线，假想双晶中的一个个体不动，另一个体围绕此直线旋转一定角度(一般 180 度)，可使两个个体重合，平行或连成一个完整的单晶体。

c. 双晶中心：双晶中心为假想的点。双晶的一个个体通过它的反伸可与另一个个体重合。双晶中心只有在没有对称中心的晶体中出现，否则也是平行连生。

(2) 双晶的类型

根据双晶个体连生的方式分类：

a. 接触双晶：双晶个体以简单的平面相接触而连生者称接触双晶。它又可分为：简单的接触双晶：由两个个体组成；聚片双晶：多个片状个体以同一双晶律连生，接合面相互平行。聚片双晶常可在某些晶面或解理面上显示聚片双晶面。

c. 环状双晶：多个双晶个体彼此以同样的双晶律连生，但结合面互不平行，而是依次以等角相交(图 3-1-16)。

d. 穿插双晶：穿插双晶是由个体相互穿插而形成的双晶(图 3-1-17)。

(3) 双晶的识别

a. 单晶多为凸多面体，而多数双晶有凹角。

b. 双晶的接合面在晶体表面(包括晶面、解理面、断口)表现为“缝合线”(图 3-1-19)。

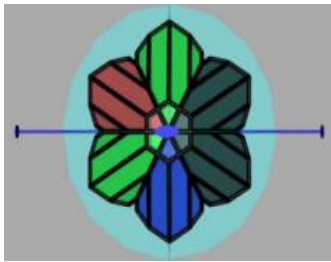


图 3-1-18 金绿宝石的轮式双晶

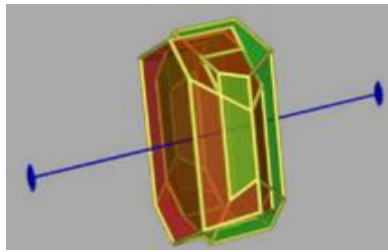


图 3-1-17 长石卡氏双晶



图 3-1-19 水晶的双晶

4. 晶面花纹

(1) 晶面条纹：在许多晶体的晶面上可以看到一系列平行的或交叉的条纹，并严格地沿一定的结晶方向排列。

(2) 蚀像：晶体的晶面上出现的具有几何形状内凹小坑或者突起的小丘。

(3) 印痕：生长时多个晶体挤压在一起造成的晶面花纹。



图 3-1-20 黄铁矿的晶面条纹

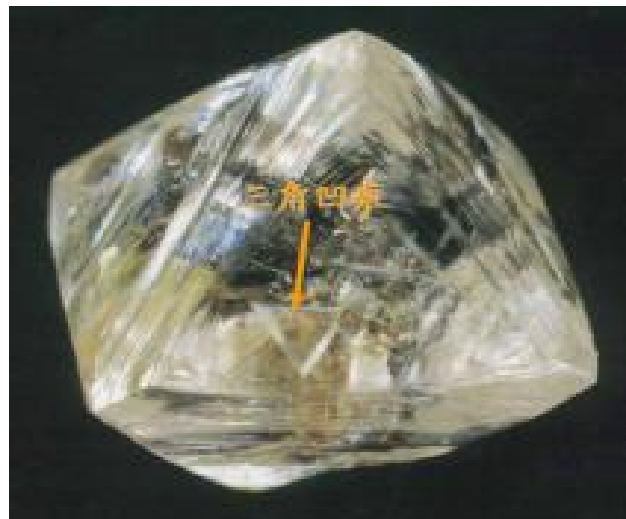


图 3-1-21 钻石表面的蚀象

七、晶体化学

1. 紧密堆积

在晶体结构中，质点之间趋向于尽可能的相互靠近以占有最小空间，使彼此之间的作用力达到平衡状态，以达到内能最小，使晶体处于最稳定状态。

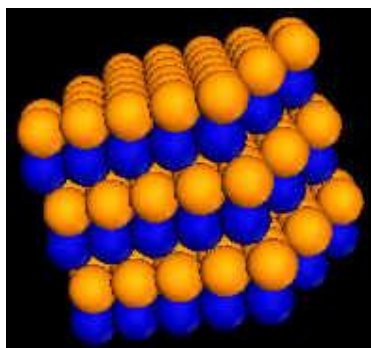


图 3-1-22 立方最紧密堆积

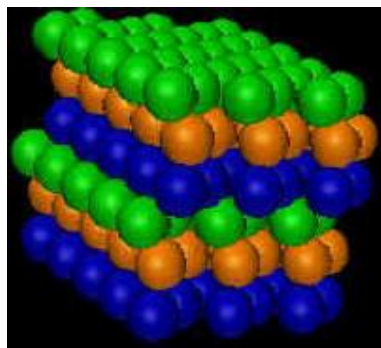


图 3-1-23 六方最紧密堆积

2. 类质同象

晶体结构中的某些质点(原子、离子或分子)为它种类似的质点所代替, 仅使晶格常数发生不大的变化, 而结构型式并不改变, 这种现象称为类质同象。如刚玉纯净时无色, 当其中的 AL 部分被 Cr 取代后变为红宝石, 若其中的 AL 部分被 Fe、Ti 取代后则变为蓝宝石。



图 3-1-24 红宝石



图 3-1-25 蓝宝石

3. 同质多象

同种化学成分的物质, 在不同的物理化学条件(温度、压力、介质)下, 形成不同结构的晶体的现象, 称为同质多象。这些不同结构的晶体, 称为该成分的同质多象变体。如: 钻石与石墨其化学成分均为 C, 由于其形成的物理化学条件的不同, 形成了两种完全不同的矿物。

4. 矿物中的水

在有些矿物中含有水, 并使得矿物的性质与其含水有关。根据矿物中水的存在形式以及它们在晶体结构中的作用, 可以把水分为两类: 一类不参加晶格, 与矿物晶体结构无关的, 统称为吸附水; 另一类是参加晶格或与矿物晶体结构密切相关, 称为结晶水、沸石水、层间水和结构水。

(1) 吸附水: 不参加晶格, 与矿物晶体结构无关, 是渗入在矿物集合体中, 为矿物颗粒或裂隙表面机械吸附的中性的 H_2O 分子。吸附水不属于矿物的化学成分, 不写入化学式。它们在矿物中的含量不定, 随温度和湿度而不同。温度达到 $100-110^{\circ}C$ 时吸附水就全部从矿物中逸出而不破坏晶格。

(2) 结晶水: 以中性分子存在于矿物中, 在晶格中具有固定的位置, 起着构造单位的作用, 是矿物化学组成的一部分。水分子的数量与矿物的其它成分之间常成简单比例。不同矿物中, 结晶水与晶格联系的牢固程度是不同的, 因此其逸出温度也有所不同。当结晶水失去时, 晶体的结构遭到破坏和重建, 形成新的结

构。

(3) 结构水：又称化合水。是以 $(OH)^-$ 、 H 、 $(H_3O)^+$ 离子形式参加矿物晶格的“水”，在晶格中占有固定的位置，在组成上具有确定的含量比。由于与其它质点有较强的键力联系，需要较高的温度（大约600-1000℃）才能逸出。当其逸出后，结构完全破坏，晶体结构重新改组。

第二节 矿物学基础

一、矿物的概念

矿物指在自然过程中形成的具有特定晶体结构和化学成分的无机物，大多数宝石都属于矿物。

二、矿物的光学特征

1. 矿物的颜色

颜色是眼底视神经对光波的感应而在大脑中产生的感觉。可见光经矿物体选择性吸收后，其残余光的混合色即是该矿物的颜色。色度学中通常使用色调、明度和饱和度这三要素来表示颜色的特征。



图 3-2-1 宝石的颜色

2. 条痕

将硬度较低的矿物在白色无釉瓷板上刻划后留下的矿物粉末的痕迹，条痕色是指留下的矿物粉末的颜色。矿物的条痕可消除假色，减弱他色，因而比矿物颜色更有鉴定意义。条痕测试是破坏性测试，只能用于未加工的宝石或琢型宝石不显眼的部位。

3. 光泽

材料表面反光的能力和特征。它主要与材料的折射率、反光率有关，但也与材料颗粒的集合方式、表面平整程度以及抛光质量和硬度有关。矿物学中，通常按光泽的强弱将光泽分为四级：金属光泽、半金属光泽、金刚光泽和玻璃光泽。宝石还常见一些特殊的光泽，如：丝绢光泽、珍珠光泽、蜡状光泽、油脂光泽等。



图 3-2-2 钻石的亚金刚光泽



图 3-2-3 软玉的油脂光泽

4. 透明度

指宝石材料透过可见光的程度。矿物的透明与不透明不是绝对的，例如自然金是不透明矿物，但金箔亦能透过一部分光。因此，在研究矿物透明度时应以同一的厚度为准。

透明度可分以 5 个级别：透明、亚透明、半透明、微透明、不透明。

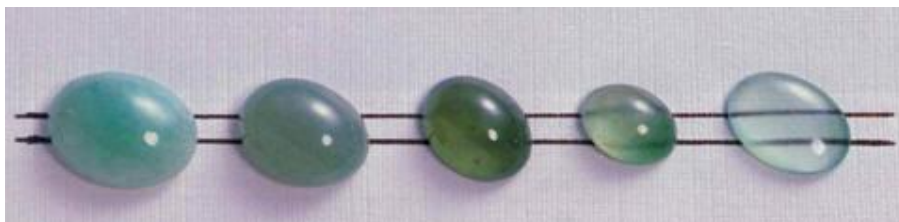


图 3-2-4 宝石的不同透明度

三、矿物的力学性质

1. 解理

矿物受外力(敲打、挤压等)作用后,沿着一定的结晶方向发生破裂,并能裂出光滑平面的性质称为解理。解理是由矿物的晶体结构决定的。由于晶体中的化学键力在不同的结晶方向存在差异,导致面网间化学键力最弱的方向易于产生破裂,形成解理。解理按产生的难易程度分为以下几种类型：完全解理、中等解理、不完全解理。



图 3-2-5 萤石的八面体完全解理

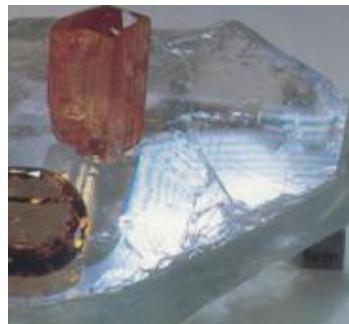


图 3-2-6 黄玉的底面解理

2. 断口

晶体或材料受到外力作用发生的随即的无方向性的破裂。由于断口常具有一定的形态，因此可用来作为鉴定矿物的一种辅助特征。常见的断口类型有：贝壳状断口、锯齿状断口、土状断口。



图 3-2-7 贝壳状断口



图 3-2-8 参差状断口



图 3-2-9 刚玉的裂理

3. 裂理

是晶体在外力作用下，沿着一定结晶方向裂开策划能够光滑平面的性质。裂开的面称为裂理面，裂理面的外观和解理面相似。但是裂理的成因与解理不同，裂理有两种成因：一是双晶结合面，特别是聚片双晶的结合面造成裂理；另一种原因是，当细微包裹体或固溶体离溶物分部在某一种面网上，并成为这一方向面网间的夹层重复有地分布时，也可造成裂理。

4. 硬度

矿物的硬度是指矿物抵抗外来刻划、压入或研磨等机械作用的能力。它是鉴定矿物的重要特征之一。

(1) 测定硬度的方法：刻划法、压入法、研磨法、弹跳法等，以前两种方法应用最广。以刻划法为基础的摩氏硬度是最常用的矿物硬度分类。

(2) 摩氏硬度：矿物学家摩斯选择了十种有代表性的矿物，依据他们相互刻划的能力分成十级：滑石、石膏、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石。滑石硬度最低，金刚石硬度最大。



图 3-2-10 摩氏硬度计

(3) 差异硬度：由于矿物晶体结构的对称性和异向性，导致了矿物硬度的对称性和异向性。如钻石警惕的八面体面与立方体面的硬度不同。

5. 韧性

宝石材料抗拒因敲击发生破裂的能力。大多数的多晶质材料（玉石）具交织结构，不同颗粒的解理方向不同，当受到敲击并在表面产生解理或断口裂隙时，裂隙通常只穿过近表面为数不多的颗粒，不易进入纵深并发生整体的破坏。这样的材料具有较好的韧性，或者说韧度较高，例如软玉。

6. 脆性

材料受外力作用容易破碎的性质称为“脆性”。脆性与宝石材料的晶体结构、解理发育程度、多晶质材料的颗粒集合方式等密切相关。通常情况下，韧度越强，脆性越差；韧性越差，脆性越强。如：锆石的硬度

虽大，但脆性却很大，将锆石包在纸内，由于和包装纸间的摩擦碰撞，导致锆石的刻面棱产生破损。这种现象称为纸蚀。



图 3-2-11 锆石的纸蚀

第四章 宝石的物理性质和外观特征

第一节 宝石的颜色特征

宝石正是因为颜色的丰富多彩和艳丽美妙而被人们所欣赏。自然界珍贵的宝石都有特征的颜色，如鸽血红、矢车菊 蓝、祖母绿等，它们是决定宝石档次、品级的重要特征及标准。宝石颜色的纯正匀净与否是划分宝石价值高低的重要因素。在宝石的鉴定中，颜色及色调有时也是区别各类宝石品种、天然与合成、天然与优化处理的重要标志之一。大多数宝石的颜色都是 组成宝石的化学成分中的致色元素对光选择性吸收所造成，也有部分宝石是由物理性质呈色。

一、 宝石颜色的形成

1. 颜色的本质

一定的物体包括发光体具有固定的光谱特征，具有特定的颜色，所以颜色是客观存在的。但是，另一方面，颜色又受到人眼和大脑对物体辐射的接收和判断，接收和判断的正确度影响到不同人对颜色的表达。形成颜色要具备三个条件：

- (1) (白) 光源；
- (2) 反射或者折射时改变这种光的物体；
- (3) 接受光的人眼和解释它的大脑。

三个条件缺一不可，否则就没有颜色（图 4-1-1）。

图 4-1-1 颜色产生示意图

2. 光辐射的特征

太阳的光辐射包括了从红外光到宇宙射线的各种电磁辐射，人的眼睛能够感觉到的光线仅局限于波长为 400 到 800nm（或者频率在 12500-25000 波数）的一小段（图 4-1-2）。当这个波段的电磁辐射（或者说光

线)的强度大致一样时,我们看到的是白光。

图 4-1-2 阳光的电磁辐射的范围

3.宝石对光的吸收

白光照射到宝石上,会被宝石吸收,如果均匀地吸收所有的可见光,宝石将呈现灰色到黑色,如果只是吸收了可见光中的某些波长的光线,对光线不均衡地吸收,宝石将呈现出颜色,这种性质称为**选择性吸收**。

4.宝石的颜色

宝石不均衡地吸收(选择性吸收)白光,导致被吸收的较弱波长的光线和未被吸收的较强的波长的光线混合在一起透射(或者反射)出宝石,形成颜色。这种由残余光线的形成的颜色称为**剩余色**,由剩余色性形成的颜色称为宝石的**体色**。

与宝石体色对应的是宝石的**辉光**和**晕彩**,例如黑欧泊的体色是深蓝色,它的变彩有红、黄、绿等多种颜色。

二、宝石颜色的描述方法

1.颜色的互补和加和律

宝石对白光中各色光波不等量吸收,选择性吸收后所呈现的颜色遵从色光的混合—互补原理。当两种色光混合后呈现白色,则称这两种色光为**互补色光**。红光与青光、绿光与品红光、蓝光与黄光等都是互补色光。如宝石对白光中的黄光吸收较多,对其他色光吸收程度相近,则呈现出蓝色。

宝石矿物颜色的深浅,取决于宝石对各色光波吸收的总强度。吸收的总强度大,颜色就深,反之颜色则浅。

颜色加和律演示图

(拖动白色标记观看颜色加和特性)

2.颜色要素

宝石的颜色特征可以用色度学规定的色调、明度、饱和度三要素来描述:

(1) 色调(色彩)

指颜色的种类,彩色宝石的色调取决于光源的光谱组成和宝石对光的选择性吸收,也是彩色间相互区分的特性,如红色、绿色和蓝色。

(2) 明度(亮度)

指人眼对颜色明暗度的感觉。彩色宝石的明度的大小取决于宝石对光的反射或透射能力,即宝石本身颜色的深浅和加工的光学效果。

(3) 饱和度(纯度)

指颜色的纯净度和鲜艳度。彩色宝石的饱和度取决于宝石对可见光光谱选择性吸收的程度。可见光光谱中各种单色光的饱和度最高,饱和度值为1,白光的饱和度最小,值为0。

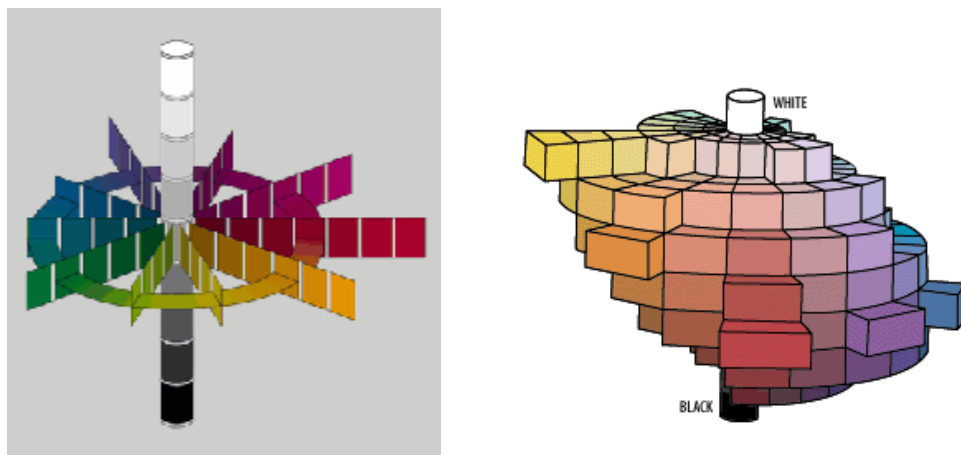
3.颜色的定性描述

通常对颜色的命名方法是将主色调放在后面,用颜色修饰词描述次要的色调,如绿黄色、紫红色等,把颜色浓度的修饰词放在最前面,如浅黄绿色,淡蓝紫色等。

4.颜色的定量描述

颜色的定量描述可以采用色度学的三要素的数值,但是,数值不够直观,现在常用的一种方法是孟塞尔

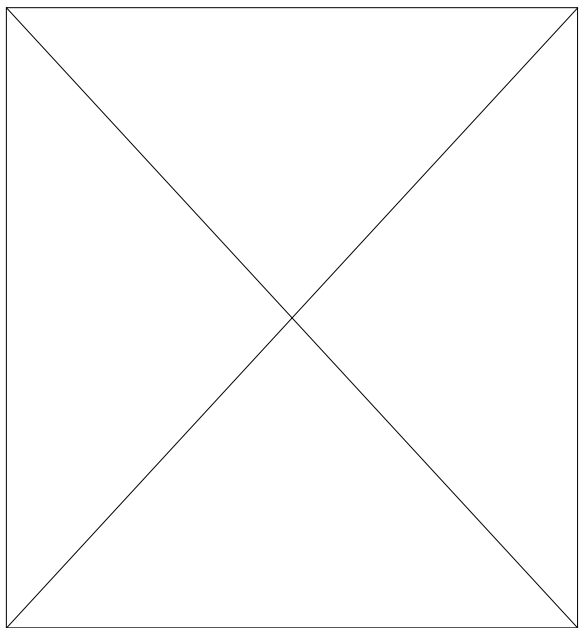
表色系统，在孟塞尔表色系统中将色调分为 10 种，分别用英文名称的字头表示：红（R）、黄（Y）、绿（G）、蓝（B）、黄红（YR）、绿黄（GY）、蓝绿（BG）、紫蓝（PB）、红紫（RP）。每种色调又细分为 10 个等级，分别从 1-10；再对颜色的明度从暗到明亮分为 0 到 10 共 11 个等级，透明的有色宝石的明度级别都在 2-8 级之间（参见下图）。



三、宝石颜色的呈色机理

1. 致色元素

化学元素中有些元素的氧化物和水合物带有颜色，这些元素主要属于元素周期表的过渡元素和镧系元素，被称为致色元素，主要有 Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu 和稀土等。在宝石中，这些元素对宝石的颜色也起着重要的作用。但是，物体具有颜色的机制非常复杂，有些非致色元素在特定的分子结构中会产生颜色，同样，致色元素在不同的分子结构，具有不同的致色作用，例如红宝石中的 Cr^{3+} 导致红色，祖母绿中的 Cr^{3+} 导致绿色。当致色元素的化合价不同时，产生的颜色不一样。例如钙铁榴石中的 Fe^{3+} 导致浅黄色，铁铝榴石中的 Fe^{2+} 深红色。过渡元素致色作用的机制可用各种物质结构的理论来解释。



致色元素的选择性吸收

2. 色心

色心是一种能导致物体产生颜色的晶格缺陷，可以分为电子色心和空穴色心两类：

① 电子色心：电子占据了阴离子空位时所产生的色心。也可认为电子被捕获并占据了通常情况下本不应有电子存在的位置时，就形成了电子色心。

② 空穴色心：由于阳离子缺失而相应产生的电子空位。也可认为一个本该存在电子的位置上缺少一个电子，留下一个“空穴”和一个能吸收光的未配对的电子，这种缺陷称为“空穴”色心。

色心是某些宝石种的主要致色原因，如萤石、紫晶、烟晶、蓝色托帕石和钻石等。

色心和致色元素的最大区别是，色心形成的颜色在一定条件下（如高温），会由于晶格缺陷的变化或者消失，而改变色心的性质，致使颜色发生改变或者褪色，称为**色心转移和漂白**。这种机制在宝石的颜色改性处理中发挥很大的作用。

3. 物理呈色

由于光的干涉、衍射、色散、散射和反射等物理现象导致的颜色，它常常叠加在宝石因选择性吸收而呈现的体色上，进一步增加宝石颜色的美丽和神秘。如欧泊的变彩、日光石的褐红色反光、钻石的火彩等。

4. 宝石颜色的成因分类

（1）自色宝石：致色元素以宝石的主要成分出现的称为自色宝石，如菱锰矿（ $MnCO_3$ ）的粉红色是由成分中的 Mn 元素致色；橄榄石（ $(Mg, Fe)_2SiO_4$ ）绿色由成分中 Fe 元素致色。

（2）它色宝石：致色元素以微量元素的形式出现的称为它色宝石，如刚玉（ Al_2O_3 ），当成分纯净时无色，当含微量元素 Cr^{3+} 时形成红色，称为红宝石；当含微量 Fe 和 Ti 元素时形成蓝色，称为蓝宝石。常见的自色和他色宝石见表 4-1-1。

（3）色心致色宝石：由电子色心或者空穴色心致色的宝石。如紫晶为电子色心致色，受到加热后会转变为黄色，成为黄水晶，进一步加热，会退色成无色。

（4）物理色：由于光的物理现象造成的颜色，有些人也称之为假色，表示不是选择性吸收造成的颜色。

表 4-1-1 自色宝石和它色宝石一览表

自色宝石			它色宝石		
致色元素	宝石	颜色	致色元素	宝石	颜色
Cr^{3+}	钙铬榴石	绿色	Ti^{4+}	蓝锥矿	蓝色
Mn^{3+}	锰铝榴石	橙色	$\text{Ti}^{4+}+\text{Fe}^{2+}$	蓝宝石	蓝色
Mn^{3+}	蔷薇辉石菱	粉红	V^{3+}	绿色绿柱石	绿色
Mn^{2+}	磷锰矿	紫色	Cr^{3+}	红宝石、红尖晶	红色
Fe^{2+}	橄榄石	黄绿	Cr^{3+}	祖母绿	绿色
Fe^{2+}	铁铝榴石	暗红	Mn^{3+}	红色绿柱石	紫红
Cu^{1+}	绿松石	天蓝	Fe^{2+}	海蓝宝石	蓝和绿
Cu^{2+}	孔雀石	绿色	Ni^{2+}	绿玉髓	绿色
Cu^{2+}	硅孔雀石	蓝绿	Co^{2+}	合成蓝色尖晶	蓝色

5.解释宝石致色机制的理论

除了物理呈色，宝石颜色的形成机制可以用各种物质结构的理论来解释，目前常用的、对颜色现象的解释具有成效的理论有：晶体场理论、配位场理论、分子轨道理论、能带理论等。