

# 金刚石选矿

# 金 刚 石 选 矿

湖北建筑工业学院选矿教研室

建 材 七 ○ 一 矿

(只限国内发行)

中国建筑工程出版社

---

这是一本专门论述金刚石选矿的理论与实践的书。书中介绍了我国金刚石选矿的生产经验、技术革新、科研成果和一些国外的生产情况和发展动向。

全书共分七章，分别叙述金刚石的性质、用途；矿床、矿石；准备和选别作业；工艺流程和设备；选矿过程的质量检查及产品鉴定。重点介绍金刚石的跳汰选、重介质选、X光电选、油选、表层浮选、磁选、电选等十余种选矿方法的工作原理、机械设备、生产操作、技术指标等内容。供从事金刚石选矿的生产、科研、教学人员参考。

## 金 刚 石 选 矿

湖北建筑工业学院选矿教研室  
建 材 七 〇 一 矿

(只限国内发行)

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米1/32 印张：14 5/8 字数：324千字

1975年11月第一版 1975年11月第一次印刷

印数：2,630册 定价：1.10元

统一书号：15040·3237

# 毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设  
社会主义。

人民，只有人民，才是创造世界历史的  
动力。

中国人民有志气，有能力，一定要在不  
远的将来，赶上和超过世界先进水平。

开发矿业

---

## 前 言

解放以来，特别是1958年大跃进和无产阶级文化大革命以来，在毛主席革命路线的指引下，认真贯彻“开发矿业”的伟大号召，我国金刚石选矿事业正在蓬勃发展。砂矿产量逐年增长，原生矿的生产飞跃向前。1974年我国金刚石的产量为1965年的六倍多。我国金刚石资源的地质前景广阔。可以预料，随着社会主义革命和建设的发展，我国金刚石选矿事业必将出现一个新的跃进局面。

为了适应我国金刚石选矿发展的需要，湖北建筑工业学院和建材701矿共同组织了有工人、技术人员、教员参加的三结合编写小组，进行了《金刚石选矿》一书的编写工作。

本书是专门介绍金刚石选矿的理论与实践的书籍。我们力求比较全面地总结十多年来我国金刚石选矿的生产经验、技术革新和科研成果，同时也适当地介绍国外金刚石选矿的生产情况和发展动向。但由于我们的思想和业务水平有限，书中错误和不足之处一定不少，敬请读者批评指正。

本书在编写过程中，得到了建材601矿、建材803矿、建材院情报所非金属矿组、苏州非金属矿山设计院、山东省地质局613实验室、山东省地质局第七地质队、江西有色冶金研究所及其他许多单位的大力支持和协助，他们有的提供了大量资料，有的参加了本书初稿的审阅，特此表示衷心地感谢！

编 者

# 目 录

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一章 金刚石的性质和用途.....   | 1   |
| 第一节 金刚石的性质.....      | 1   |
| 第二节 金刚石的用途.....      | 13  |
| 第二章 金刚石矿床和矿石 .....   | 18  |
| 第一节 原生矿.....         | 18  |
| 第二节 砂矿.....          | 26  |
| 第三节 资源.....          | 30  |
| 第三章 金刚石选矿的准备作业 ..... | 32  |
| 第一节 破碎.....          | 32  |
| 第二节 筛分.....          | 57  |
| 第三节 洗矿.....          | 67  |
| 第四节 金伯利岩与围岩的分离.....  | 76  |
| 第五节 磨碎.....          | 86  |
| 第六节 分级 .....         | 110 |
| 第四章 金刚石的粗选 .....     | 125 |
| 第一节 淘洗盘选矿法.....      | 126 |
| 第二节 跳汰选矿法.....       | 130 |
| 第三节 重介质选矿法.....      | 192 |
| 第五章 金刚石的精选.....      | 246 |
| 第一节 X光电选矿法 .....     | 248 |
| 第二节 油膏选矿法.....       | 304 |
| 第三节 表层浮选法.....       | 333 |
| 第四节 磁力选矿法.....       | 353 |
| 第五节 电力选矿法.....       | 374 |
| 第六节 重液选矿法.....       | 395 |

---

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 第七节 | 选择性磨碎筛分法 .....    | 402 |
| 第八节 | 化学处理法 .....       | 405 |
| 第九节 | 泡沫浮选法 .....       | 407 |
| 第十节 | 手选法 .....         | 410 |
| 第六章 | 金刚石选矿工艺流程 .....   | 413 |
| 第一节 | 金刚石选矿工艺流程选择 ..... | 413 |
| 第二节 | 金刚石选矿工艺流程实例 ..... | 422 |
| 第七章 | 金刚石选矿过程的质量检查和产品的  |     |
|     | 鉴定、分级 .....       | 442 |
| 第一节 | 选矿过程的质量检查 .....   | 442 |
| 第二节 | 金刚石的鉴定与工业分级 ..... | 457 |

---

# 第一章 金刚石的性质和用途

## 第一节 金刚石的性质

### 一、金刚石的组成

金刚石由元素碳组成，是碳在高温、高压下的结晶体。其晶体中常含有少量的（0.001~4.8%）其它元素，如硅、镁、铝、钙以及钛和铁等。这些元素，在金刚石燃烧后作为同晶杂质残留在灰分中。石墨是金刚石晶体中常见的矿物包裹体，其它还有橄榄石、镁铝榴石、顽火辉石、钛铁矿、赤铁矿、磁铁矿等矿物。

金刚石的晶体构造如图1-1所示。在单位晶胞中，碳原子位于立方格子的角顶、面中心及其内部上下交错的半数小方格的中心，也可以说碳原子位于四面体的角顶及中心。碳原子具有高度的对称性，每一个碳原子的周围，均有四个碳原子排列在四面体的锥角顶端，而四面体的每一角顶均为相邻的四个四面体所共有。C-C原子间以共价键相联结，配位数为4，键间的夹角为 $109^{\circ}28'$ 。每个碳原子与相邻的四个碳原子距离相等，间距为 $1.54\text{\AA}$ 。

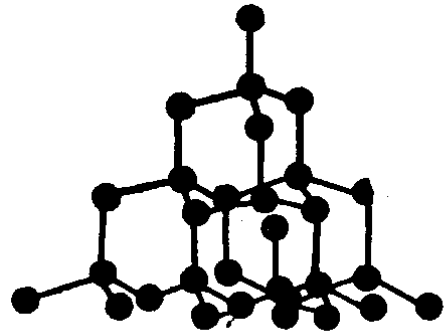


图 1-1 金刚石晶体构造

金刚石的晶体形态是多种多样的，常见的晶形是八面体和菱形十二面体，其次是立方体。最常见的是按尖晶石律形

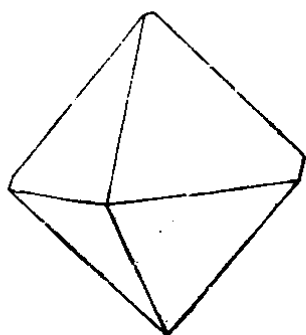
成的双晶，也有插生双晶。除了平面晶体外，还常见有浑圆形的晶体，如凸八面体、凸十二面体、凸立方体以及这些单晶构成的聚晶或双晶。

自然界中的金刚石大多数是晶体不完整的碎粒、碎片，无明晰的晶棱及顶角，晶面也不平整，常有阶梯状或凹凸不平的“晶面雕刻像”。

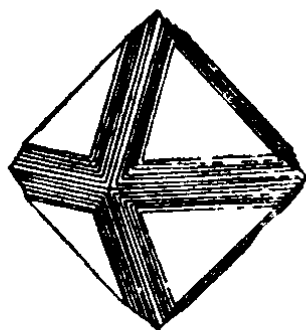
金刚石晶体形态的分类见表1-1。

| 金刚石的晶体形态分类   |            | 表 1-1                                |
|--------------|------------|--------------------------------------|
| 金刚石的<br>晶体形态 | 单晶及<br>连生体 | 单晶体 { 平面单晶—八面体、十二面体、立方体及其它单形、聚形。     |
|              |            | { 圆形单晶—凸八面体、凸十二面体、凸立方体、凸四面体及其它单形、聚形。 |
|              |            | 连生体 { 不规则连生体                         |
|              |            | { 不平行连生体                             |
|              |            | { 双晶                                 |
|              | 聚晶体        | 圆粒金刚石                                |
|              |            | 黑色金刚石                                |
|              |            | 球状金刚石                                |

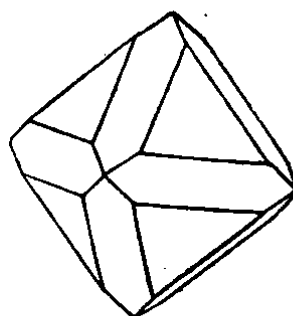
金刚石晶体大的可达（重量）几千克拉，小的仅为千分之几克拉，最常见的晶体重量为0.2~0.4克拉，大于一克拉的金刚石晶体就比较少见。1905年在南非（在白人种族主义者统治下——以下同。）发现的 100×65×50（毫米）的金刚石，是目前所知世界上最大的一颗。它是一个大六面体的晶体碎块。



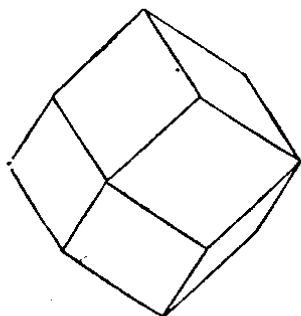
八面体



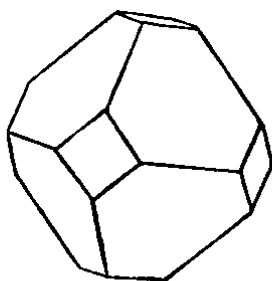
阶梯状八面体



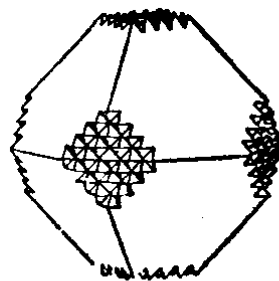
八面体和菱形十二面体的聚形



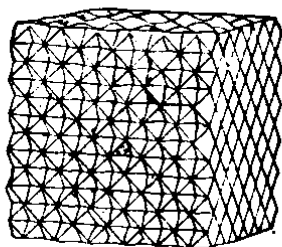
菱形十二面体



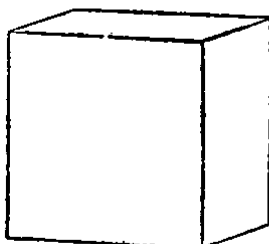
八面体和立方体的聚形



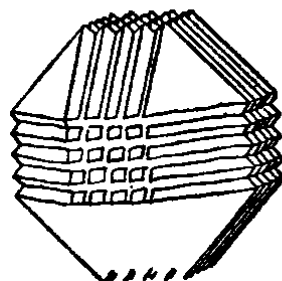
八面体和立方体的聚形



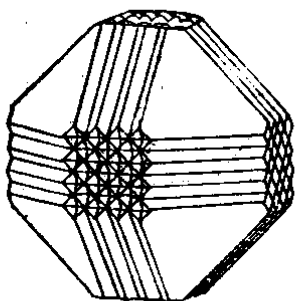
具四边形凹坑的立方体



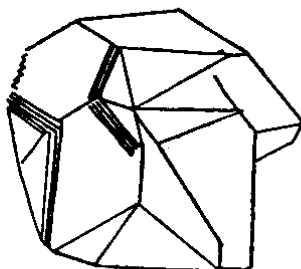
立方体



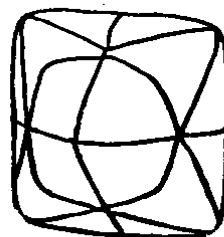
立方体和阶梯状八面体的聚形



立方体和阶梯状八面体的聚形

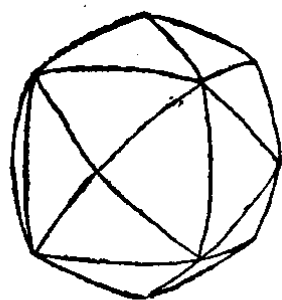


立方体的轮式双晶

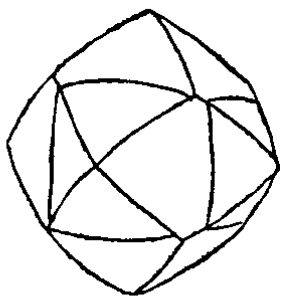


曲面六八面体

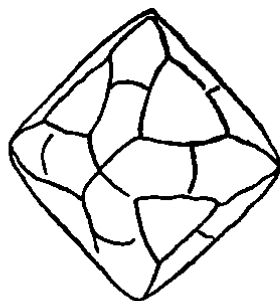
图 1-2 金刚石的晶体形态(1)



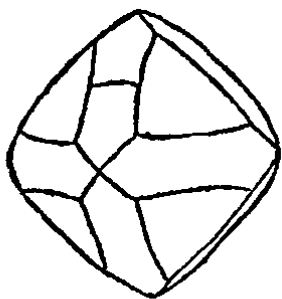
曲面四六面体



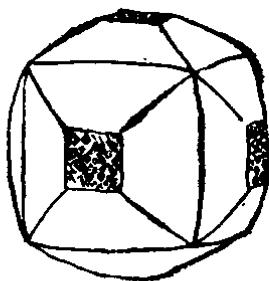
曲面菱形十二面体



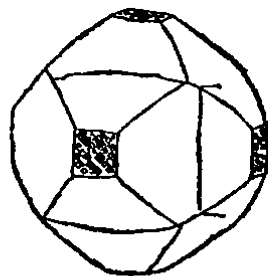
八面体和曲面六八面体的聚形



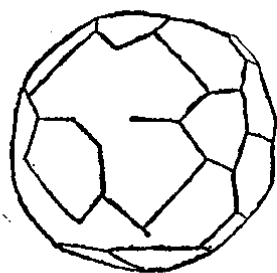
八面体和曲面菱形十二面体的聚形



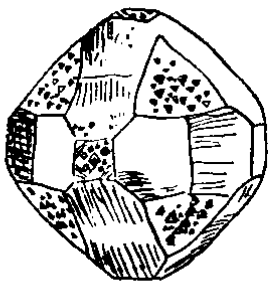
立方体和曲面四六面体的聚形



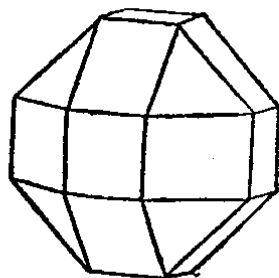
立方体和曲面菱形十二面体的聚形



八面体立方体和曲面四六面体的聚形

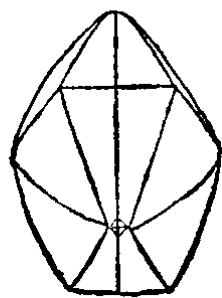


八面体立方体和曲面菱形十二面体的聚形

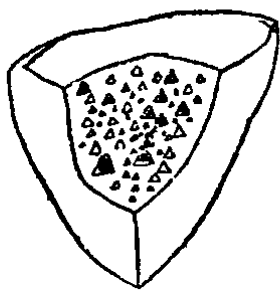


八面体立方体和菱形十二面体的聚形

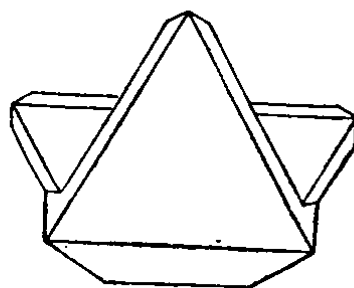
图 1-2 金刚石的晶体形态(2)



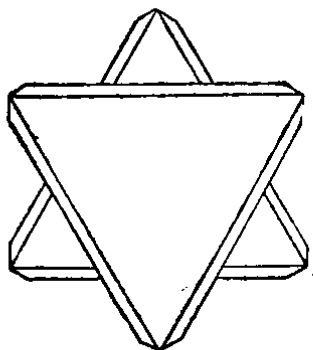
曲面菱形十二面体的双晶



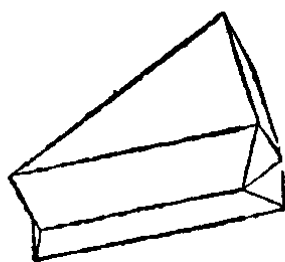
八面体和曲面菱形十二面体的双晶



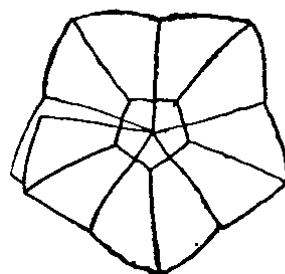
镶嵌状八面体双晶



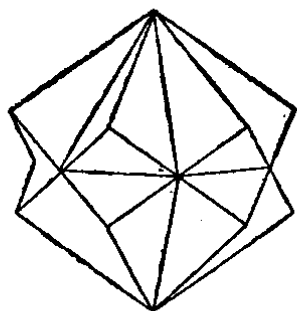
八面体的聚片双晶



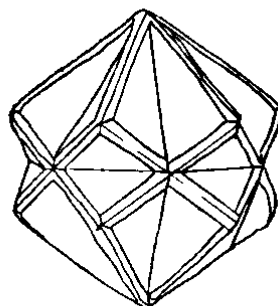
八面体的双晶



曲面菱形十二面体的轮式双晶



立方体的穿插双晶



立方体和曲面四面体聚形的穿插双晶

图 1-2 金刚石的晶体形态(3)

二、金 刚 石 的 性 质

金 刚 石 的 力 学 性 质

**硬度和耐磨性** 由于金刚石特殊的晶体结构，使其具有极高的硬度和耐磨性，是目前所知自然界中最硬的物质。在汉语中金刚两字是表示坚强的意思，阿拉伯语是“最硬”的意思；希腊语则有“不可克制”之意。金刚石的莫氏硬度为10，显微硬度为10060，见表1-2。

金刚石的硬度与其他矿物硬度的比较                      表 1-2

| 硬 度<br>测 定 方 法<br>矿 物 名 称<br>值                 | 滑 石 | 石 膏 | 方 解 石 | 萤 石 | 磷 灰 石 | 正 长 石 | 石 英  | 黄 玉  | 刚 玉  | 金 刚 石 |
|------------------------------------------------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|------|------|------|-------|
|                                                | 1   | 2   | 3     | 4   | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10    |
| 莫 氏 硬 度                                        | 1   | 2   | 3     | 4   | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10    |
| 显 微 硬 度<br>( 正 方 锥 压 入 法 )<br>( 公 斤 / $mm^2$ ) | 2.4 | 36  | 109   | 189 | 536   | 795   | 1120 | 1427 | 2060 | 10060 |

不同矿床的金刚石在硬度上有差异，澳大利亚的金刚石比南非的金刚石硬度高。同一矿床产出的不同颜色的金刚石其硬度也不相同，绿色金刚石远较棕红色金刚石的硬度低。这是由于铬元素的侵入使金刚石呈绿色而硬度降低，氮元素的侵入使金刚石呈棕红色而硬度提高。由于不同方位上碳原子结点密度不同，所以金刚石晶体的不同晶面的硬度也不相同，（111）面的硬度>（110）面的硬度>（100）面的硬度……。晶体的不同方向上的硬度也不一样，即[110]的硬度>[111]的硬度>[100]的硬度……。

包裹体的存在也影响金刚石的硬度。包裹体愈多，金刚石的硬度愈小。

此外，在射线作用下发光强度和发光颜色不同的金刚石，其硬度也不相同。

**脆性** 金刚石虽然硬度很高，但很脆。在不大的冲击力作用下会使金刚石沿晶形的解理面裂开。含有包裹体和已经破碎的金刚石碎块，耐冲击力更小。金刚石晶体的任何破损，都会大大降低金刚石的使用价值。因此，在金刚石的采矿、选矿、加工等过程中须十分注意防止对金刚石晶体的冲击，以保持其晶体的完整。

**比重** 质纯、结晶完好的金刚石比重为3.52。由于金刚石晶体中包裹体的种类和数量不同，金刚石的比重也不尽相同，一般为3.47~3.56。含石墨包裹体多者比重小。

比重与金刚石的颜色也有一定的关系。如无色的金刚石

不同颜色金刚石的比重 表 1-3

| 颗<br>比 | 数<br>重 | 颜 色    |        |        |        |             |             |             |                  |             |             |                  |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|
|        |        | 黑<br>色 | 灰<br>色 | 褐<br>色 | 无<br>色 | 乳<br>白<br>色 | 淡<br>黄<br>色 | 浅<br>绿<br>色 | 浅<br>黄<br>棕<br>色 | 浅<br>蓝<br>色 | 玫<br>瑰<br>色 | 琥<br>珀<br>黄<br>色 |
|        | 3.470  | 1      |        |        |        |             |             |             |                  |             |             |                  |
|        | 3.500  |        | 2      |        |        |             |             |             |                  |             |             |                  |
|        | 3.505  |        | 1      |        |        |             |             |             |                  |             |             |                  |
|        | 3.510  |        | 7      |        |        |             |             |             |                  |             |             |                  |
|        | 3.520  |        |        | 1      | 14     | 2           | 1           | 2           | 6                | 3           | 1           | 2                |
|        | 3.525  |        |        |        |        |             |             |             | 1                | 1           | 1           |                  |
|        | 3.530  |        |        |        |        |             |             |             |                  |             |             | 1                |

比重多为3.523，天蓝色的多为3.525，橙黄色的多为3.550。表1-3列举了四十七颗不同颜色金刚石的比重。

**解理、断口** 金刚石具有平行八面体的中等解理或完全解理，平行十二面体的不完全解理。断口为贝壳状或参差状。

## 光 学 性 质

**颜色** 纯净的金刚石无色透明，但比较少见。多数金刚石晶体呈不同颜色，最常见的是黄色、浅黄色、绿色、浅绿色、棕色和浅棕色，其次是橙色、黑色等。红色、蓝色、玫瑰色、紫色的金刚石比较少见。

金刚石晶体的颜色比较稳定，一般的物理化学作用不致使其改变。但在电子、中子、 $\gamma$ 射线的轰击下可以使无色透明的金刚石染上蓝、褐、黄等颜色。关于金刚石呈不同颜色的实质，目前尚未查清，多数人认为颜色是与侵入的微迹元素和与晶体的缺陷有关。天蓝色金刚石晶体中铬的含量偏高；黄色的金刚石铝和铁的含量偏高。

研究金刚石的颜色有很大的意义，颜色在一定程度上反应了金刚石内部有无外来元素（即微迹元素）及外来元素的种类和多寡。同时，颜色也是评价装饰品用金刚石的重要因素。

**光泽** 金刚石的光泽按其强弱，分为强金刚光泽、金刚光泽和弱金刚光泽三种。也有少量金刚石呈油脂光泽或金属光泽。

**折光率、散光性** 金刚石之所以虹霓七色，光彩夺目，是由于其具有高的折光率和强的散光性所致。金刚石的折光率 $N$ 为2.40~2.48。其中 $N_{\text{黄光}}$ 为2.417， $N_{\text{红光}}$ 为2.402， $N_{\text{绿光}}$ 为

2.427,  $N_{\text{紫光}}$ 为2.465。金刚石的散光性为 $N_{\text{紫光}} - N_{\text{红光}} = 2.465 - 2.402$ 为0.063。当金刚石的折光率等于2.42时, 其临界角(安全内反射角)为 $24^{\circ}50'$ 。

金刚石与其主要伴生矿物折光率的比较见表1-4。

金刚石及其主要伴生矿物的折光率 表 1-4

| 矿 物 名 称 |  | 折 光 率       | 矿 物 名 称 |  | 折 光 率       |
|---------|--|-------------|---------|--|-------------|
| 金 刚 石   |  | 2.402       | 橄 榄 石   |  | 1.662~1.680 |
| 石 英     |  | 1.55        | 镁 铝 榴 石 |  | 1.705~1.742 |
| 金 云 母   |  | 1.562~1.606 | 锆 英 石   |  | 1.95        |

**透明度** 透明度是衡量金刚石质量的重要指标之一。纯净的金刚石透明如水。随着金刚石晶体所含微迹元素和杂质的不同, 金刚石的透明度分为透明、半透明和不透明三种。

**发光性** 在射线照射下大部分金刚石晶体能发出天蓝色的超紫外线光, 也有发黄色光或不发光的。经过曝晒的金刚石在暗室里可发出淡青蓝色的磷光。在各种射线作用下金刚石的发光现象见表1-5。

不同射线照射下金刚石的发光性质 表 1-5

| 阴 极 射 线 |       | X 射 线 |       | 紫 外 线 |     |
|---------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 颜 色     | 亮 度   | 颜 色   | 亮 度   | 颜 色   | 亮 度 |
| 绿 色     | 鲜 明   | 天蓝色   | 中等—微弱 | 天蓝色   | 鲜 明 |
| 天蓝色     | 极 鲜 明 |       |       | 紫 色   | 中 等 |
| 蓝 色     | 鲜 明   |       |       | 黄绿色   | 中 等 |

**异常干涉色** 金刚石为等轴晶系矿物, 在正交偏光镜下

的干涉色应为黑色。但实际上,很多金刚石的干涉色呈灰色、黄色、粉红色、褐色等。少数则具有紫红色条纹。更特殊的是金刚石干涉色的级别几乎不随厚度的变化而变化,旋转载物台时,其明暗程度也不发生变化,因而观察金刚石异常干涉色时可以拿金刚石晶体直接置于偏光镜下观察,必须加工成矿物薄片。需要指出的是异常干涉色为红紫色的金刚石硬而脆,加工中容易损坏。它的多寡与产地有关,一般为5%~30%。这种现象的出现,可能与金刚石晶体的缺陷或渗入的微迹元素有关。

电、磁、热性质

**电性** 一般说来,金刚石是电的不良导体。15℃时的介电常数为16~16.5, 导电度为 $0.211\times10^{-14}\sim0.309\times10^{-13}$ 欧姆<sup>-1</sup>厘米<sup>-1</sup>。随温度的增高,金刚石的导电度有所增加。如某地金刚石在常温下的电阻为 $10^6\sim10^{11}$ 欧姆, 而加热到120℃时, 则为 $10^5\sim10^{11}$ 欧姆。

有些金刚石具有热电性和光电性, 是半导体的优良材料。所有金刚石都具有摩电性。摩擦电荷特征如表1-6。

金刚石摩擦电荷的特性 表 1-6

| 接触时间<br><br>(秒) | 接 触 表 面 |                    |       |                     |         |                    |
|-----------------|---------|--------------------|-------|---------------------|---------|--------------------|
|                 | 玻 璃     |                    | 硬 橡 胶 |                     | 有 机 玻 璃 |                    |
|                 | 电荷符号    | 电荷大小<br>(库仑)       | 电荷符号  | 电荷大小<br>(库仑)        | 电荷符号    | 电荷大小<br>(库仑)       |
| 10              | +       | $7.6\times10^{-9}$ | +     | $1.1\times10^{-9}$  | +       | $0.6\times10^{-9}$ |
| 30              | +       | $7.6\times10^{-9}$ | +     | $10.5\times10^{-9}$ | +       | $1.4\times10^{-9}$ |
| 60              | +       | $8.7\times10^{-9}$ | +     | $10.1\times10^{-9}$ | +       | $3.2\times10^{-9}$ |