

結晶矿物岩石学

赵万智 刘正果 潘品燕 編著

上海科学技术出版社

結晶矿物岩石学

著者 田中 孝 著者 田中 孝

昭和四十四年四月一日発行

54.9
776
C2

結 晶 矿 物 岩 石 学

赵万智 刘正杲 潘品蒸 編著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书根据高等学校冶金与化工类专业教学大纲编写而成，对结晶学、矿物学、岩石学方面的知识作了全面地叙述。

本书共分四篇：第一篇为结晶学，介绍晶体的发生和成长、外部形状、内部构造以及物理性质。第二篇为矿物学，除了介绍矿物的一般知识以外，并对有关冶金与硅酸盐工业的各类矿物，如黑色金属、有色金属以及耐火材料用的矿物，加以着重叙述。第三篇为岩石学，介绍火成岩、沉积岩、变质岩的成因、成分、结构及各论等。第四篇为工艺岩石学，讨论了硅酸盐工艺产品的成分和显微结构。

本书可供全国高等学校冶金与化工类专业师生阅读，亦可供冶金与硅酸盐方面的技术人员参考。

結 晶 矿 物 岩 石 学

赵万智 刘正杲 潘品燕 編著

*

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2001号)

上海市书刊出版业营业许可证出033号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

中华书局上海印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 12 16/32 插页 4 字数 340,000

1960年3月第1版 1960年3月第1次印刷

印数 1—3,500

統一书号：15119·1414

定 价：(十四) 2.60 元

序 言

本书系根据高等学校冶金与化工类专业教学大纲编写的,可供炼铁、炼钢、电冶、鑄工、硅酸盐等专业技术人员和学生学习参考。

本书共分四篇:第一篇为結晶学;第二篇为矿物学;第三篇为岩石学;第四篇为工艺岩石学。全书在出版前曾在北京钢铁学院和天津大学作为讲义供学生学习。

本书第一篇与第二篇由赵万智编写,第三篇及第一篇中的晶体光学一章由刘正杲编写,第四篇由潘品蒸编写。在编写过程中,作者虽然曾对全书内容和系统进行了一些讨论和研究,但是对于一些章节中的细节尚未作详尽安排。因此在内容上重复与不当之处一定很多。

本书蒙苏良赫教授提出很多宝贵的意见,北京钢铁学院地质教研組和天津大学地质地基教研組的同志們也提出了不少意见。在本书插图的收集和繪制方面,廖兆伶同志以及北京钢铁学院繪图室的同志,給了很大的帮助。作者在这里向以上的同志表示谢意。

本书在1958年初即已全部脱稿,此次出版虽然进行了一些必要的修改,但是由于时间仓促,对很多有益的修正意见,未能全部进行改正,只好留待再版时修訂。

限于作者水平,在内容及文字上錯誤之处一定很多,我們衷心地希望讀者多多提出批評和意見,以便修正。

作 者

1959. 1. 于北京

03275

目 录

序言

第一篇 結 晶 学	
第一章 緒論	1
一、导言	1
二、晶体的格子构造	2
三、晶体的基本性质	5
四、結晶学的内容、它与其他科学的关系和在国民經济上的意义	7
第二章 晶体的发生与成长	8
一、晶体的形成方式	8
二、晶体的发生	10
三、晶体的成长	11
四、影响晶体成长的因素	15
第三章 面角恒等定律及晶体测量与投影	18
一、面角恒等定律	18
二、晶体测量	19
三、晶体的投影	20
四、吳氏网	24
第四章 晶体的对称	26
一、对称的概念	26
二、对称因素	28
三、对称因素的組合及对称型	32
四、根据对称特点,晶体的分族分系	32
第五章 晶体的理想形态——单形、聚形和双晶	35
一、单形	35
二、聚形	37
三、双晶	38
第六章 結晶符号	40
一、引言	40

二、整数定律·····	40
三、晶面符号·····	43
四、晶体定向·····	44
五、晶带定律与晶棱符号·····	52
第七章 晶体构造·····	56
一、原始空間格子及布拉維十四种空間格子·····	57
二、晶体內部构造的对称·····	60
三、空間格子的几何学·····	62
第八章 晶体化学·····	66
一、最紧密排列的原理与配位数·····	67
二、化学鍵与晶格的类型·····	72
三、硅酸盐的晶体构造·····	79
四、同質多象和类质同象·····	84
第九章 晶体光学·····	87
一、晶体光学的基本概念·····	87
二、偏光显微镜·····	94
三、单偏光鏡下的观察·····	101
四、正交偏光鏡下的观察·····	106
五、錐光下的晶体光学現象·····	111
六、油浸法的基本概念·····	117
第十章 晶体的力学、热学及电学的性質·····	122
一、晶体的力学性質·····	122
二、晶体的热学性質·····	131
三、晶体的电学性質·····	132

第二篇 矿物学

第十一章 矿物学的基本知識·····	134
一、矿物的概念及矿物学的定义·····	134
二、矿物的形态·····	134
三、矿物的物理性質·····	143
四、矿物的化学性質·····	148
五、自然界中矿物的形成·····	150
六、矿物的鉴定法与研究法·····	154

七、矿物的应用.....	156
八、矿物的分类.....	157
第十二章 黑色冶金用的金属矿物.....	161
一、铁矿.....	161
磁铁矿, 赤铁矿, 褐铁矿, 菱铁矿	
二、锰矿.....	165
软锰矿, 硬锰矿, 褐锰矿, 黑锰矿, 水锰矿, 菱锰矿, 蔷薇辉石	
三、铬矿.....	170
铬铁矿	
四、钛矿.....	172
钛铁矿, 金红石, 榍石	
五、镍矿.....	174
镍黄铁矿, 针硫镍矿, 红砷镍矿	
六、钴矿.....	175
硫钴矿, 辉砷钴矿, 砷钴矿, 钴土矿, 菱钴矿, 钴华	
七、钨矿.....	177
黑钨矿, 白钨矿	
八、钼矿.....	179
辉钼矿	
第十三章 有色冶金用的金属矿物.....	181
一、铜矿.....	181
黄铜矿, 斑铜矿, 辉铜矿, 铜蓝, 黝铜矿, 孔雀石, 蓝铜矿, 赤铜矿, 自然铜	
二、铅矿.....	186
方铅矿, 白铅矿, 硫酸铅	
三、锌矿.....	188
闪锌矿, 菱锌矿, 水锌矿, 硅锌矿, 异极矿	
四、锡矿.....	191
锡石, 黄锡矿	
五、铝矿.....	193
铝土矿	
六、镁矿.....	196
菱镁矿, 白云石, 氢氧镁石	
第十四章 冶金熔剂用的矿物原料.....	199
一、石灰石(方解石, 霏石).....	199

二、螢石	202
三、鋁土矿	204
四、白云石	204
第十五章 耐火材料用的矿物原料	204
一、酸性矿物原料	206
石英(玉髓、燧石、瑪瑙), 磷石英, 白硅石, 蛋白石	
二、半酸性矿物原料	212
耐火粘土, 高岭石, 地开石, 珍珠陶土, 多水高岭土, 微晶高岭石, 拜来石, 水白云母	
三、中性矿物原料	215
鉻鉄矿, 石墨, 碳化硅	
四、碱性矿物原料	216
菱鎂矿, 白云石, 鋁土矿, 橄欖石, 蛇紋石, 尖晶石, 藍晶石, 紅柱石, 硅綫石	
五、特殊矿物原料	223
金紅石, 鈦鉄矿, 榍石, 綠柱石, 鉛英石	
第十六章 其他工业上常用的矿物及常見矿物	225
石榴子石, 黄玉, 堇青石, 硅灰石, 电气石, 白云母, 黑云母, 金云母, 滑石, 叶蜡石, 石棉, 斜长石, 正长石, 微斜长石, 鉀长石, 霞石, 透輝石, 普通輝石, 頑火輝石, 紫苏輝石, 透閃石, 阳起石, 普通角閃石, 重晶石, 天青石, 硬石膏, 石膏, 芒硝, 明矾石, 磷灰石, 硼砂, 鈉硝石, 硝石, 碳酸鈉, 石盐, 岩盐, 黄鉄矿, 白鉄矿, 剛玉, 金剛石, 硫磺	

第三篇 岩石学

第十七章 岩石学的一般概念	252
第十八章 火成岩	253
一、生成过程及其所在位置	253
二、火成岩的化学成分	254
三、火成岩的矿物成分	256
四、火成岩的产状	260
五、火成岩的结构和构造	263
六、火成岩各論	267
(一)橄欖岩-輝閃岩类: 純橄欖岩, 橄欖岩, 輝岩	
(二)輝长岩-玄武岩类: 輝长岩, 玄武岩, 輝綠岩	

(三)閃长岩-安山岩类: 閃长岩, 安山岩, 玢岩	
(四)花崗岩-流紋岩类: 花崗岩, 流紋岩, 石英斑岩, 細晶岩, 偉晶岩	
(五)正长岩-粗面岩类: 正长岩, 粗面岩, 正长石斑岩	
(六)霞石正长岩-响岩类: 霞石正长岩, 响岩	
七、火成岩的成因	280
第十九章 沉积岩	281
一、沉积岩的一般概念	281
二、沉积岩与火成岩的比較	282
三、沉积岩的成因	283
四、沉积岩的产状	288
五、沉积岩的分类	292
六、沉积岩各論	292
(一)碎屑岩: 火成碎屑岩, 正常沉积碎屑岩	
(二)粘土岩: 粘土, 頁岩	
(三)化学岩及生物化学岩: 鋁质岩, 鉄质沉积岩, 錳质沉积岩, 磷酸盐岩, 硅质岩, 碳酸盐岩, 盐岩, 可燃性生物岩	
第二十章 变質岩	306
一、变質岩的一般概念	306
二、变質作用因素	306
三、变質作用的类型	308
四、变質岩的矿物	309
五、变質岩的結構和构造	310
六、变質岩各論	311
片麻岩, 片岩, 千枚岩, 板岩, 大理岩, 石英岩, 硅礫岩, 蛇紋岩, 閃石岩	

第四篇 工艺岩石学

第二十一章 概論	318
一、工艺岩石学的意义	318
二、工艺岩石学的基本内容及与其他科学的关系	320
三、工艺岩石学的发展簡史	323
第二十二章 硅酸盐工艺产品的鉴定	324
一、硅酸盐工艺产品的矿物和結構的鉴定意义	324
二、人造矿物的鉴定	328

三、硅酸盐产品主要矿物的光学性质·····	332
第二十三章 耐火材料·····	338
一、硅质耐火材料·····	338
二、粘土质及高铝质耐火材料·····	344
三、铬镁质及镁质耐火材料·····	350
第二十四章 玻璃及陶瓷·····	353
一、玻璃·····	353
二、陶瓷·····	357
第二十五章 水泥·····	363
一、水泥的矿物组成及其性能·····	363
二、水泥熟料的反光显微镜鉴定·····	365
三、水泥熟料在偏光显微镜下鉴定·····	367
四、水泥的矿物在水化及硬化作用后的变化·····	373
第二十六章 冶金炉渣·····	375
一、高炉渣的主要矿物组成及结构·····	375
二、其他黑色冶金及有色冶金炉渣的矿物·····	379
第二十七章 铸造岩石·····	383
一、铸造岩石的实用意义·····	383
二、铸造岩石的原料·····	385
三、铸造岩石的熔制·····	387
参考文献·····	390

第一篇 結 晶 学

第一章 緒 論

一、导 言

結晶学研究的对象是晶体。什么是晶体呢？讓我們先来看一看下面的图形。图 1a 是食盐 (NaCl) 的晶体，它是我們每个人日常生活中所必需的东西，也是化学工业上用以制造苏打和盐酸等的主要原料。图 1b 是硅酸盐工艺工业上作为主要原料的石英 (SiO_2) 晶体。图 1c 是炼鉄的主要原料磁鉄矿 (Fe_3O_4) 的晶体。看了这些图形，就会使我們在形态上对晶体获得一个明确的概念：晶体是一个多面体形态的固体。晶体这种多面体的形态并不是人工磨成的，而是在自然界中或实验室内自发地生成的。在晶体的表面上所具有的平面，称为晶面。晶面相交所成的直綫称为晶棱。晶棱的交点就叫頂角。晶面、晶棱和頂角总称为晶体的界限要素。这些要素之間彼此不是孤立的，它們存在着非常密切的关系，它們服从于俄罗斯科学家、彼得堡科学院院士艾列耳^①所确定的定

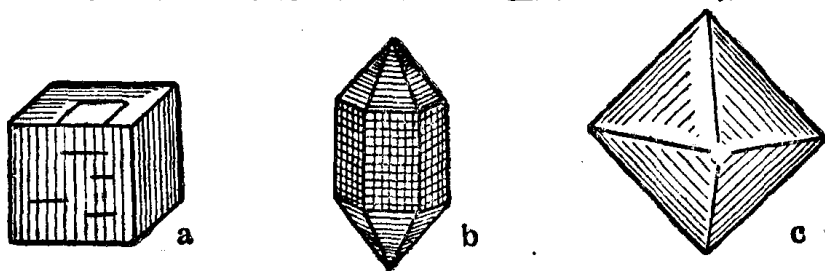


图 1 晶体的外形

a—食盐； b—石英； c—磁鉄矿

^① 艾列耳 (Л. Эйлер) 1707~1783, 俄罗斯偉大的数学家、物理学家和天文学家。

律——艾列耳定律：“晶面的数目加頂角的数目等于品棱的数目加二”。如果把这句话用公式表示出来，就是：面 + 角 = 棱 + 2。例如图 1 中食盐的晶体是 $6 + 8 = 12 + 2$ ；石英的晶体是 $18 + 14 = 30 + 2$ ；磁铁矿的晶体是 $8 + 6 = 12 + 2$ 。由此可见，晶体所具有的晶面、品棱和頂角是它表现在外形上的规律性。这些规律不受人們的意志和外界环境条件的支配，而是决定于晶体内部格子构造的规律。

二、晶体的格子构造

由于 1912 年德国学者劳埃对晶体所进行的倫琴射线的分析，人类已经获得了全部近代的关于晶体内部构造的理论。图 2 是几种最简单的晶体构造。图 2a 表示金属铜 (Cu) 的内部构造，图 2b 表示食盐 (NaCl) 的内部构造，其中白球表示氯离子 Cl^- ，黑球表示钠离子 Na^+ 。图 2c 表示方解石 (CaCO_3) 的内部构造。方解石是冶金工业上作为主要熔剂的石灰石的组成矿物，在其构造中除去钙离子 Ca^{++} (白球) 之外，还有成为离子团的 $(\text{CO}_3)^{--}$ 络阴离子。

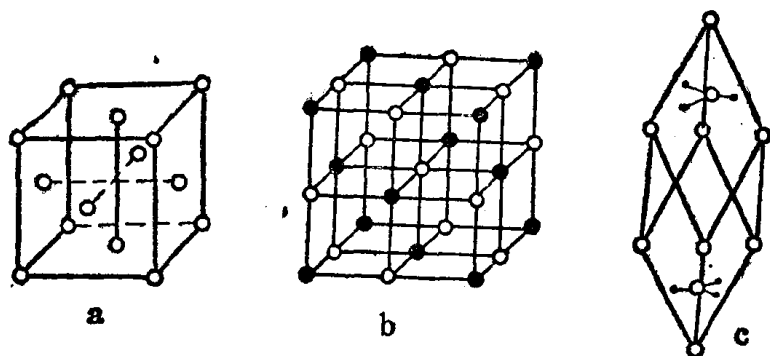


图 2 晶体的格子构造

a—自然铜； b—食盐； c—方解石

在这些构造中，化学质点(原子、离子和分子)之间是靠化学键联系起来的。从图 2 中我们不难看出，这些晶体构造中的化学质点在空间的分布是有规律的。这种规律表现在同一元素或化合物中相同质点在空间周期性的重复出现。必须指出，图 2 中所表示出来的，仅仅是这些物质内部构造中极其微小的一部分。以图 2b 食盐的构造为例，我们所画出的那个立方体其棱长仅等于 $5.628\text{\AA}$ ($\text{\AA}$

讀作埃, 等于 10^{-8} 厘米), 也就是說在 1 立方毫米大小的晶体中, 象这样的立方体的数目将超过 10^8 个。除此之外, 我們还必須注意, 各个化学质点的大小实际上是不同的, 并且各个化学质点之間都是紧密地排列着的。例如食盐的晶体构造可以用图 3 表示出来。图中大球是氯离子 Cl^- , 小球是鈉离子 Na^+ 。从图 3 中我們也可以看出相同质点在空間周期性的重复現象。如果注意到图 2 和图 3 的几何形状, 我們就可以看出相同质点在空間的分布是在三度空間上作格子状排列的, 我們把这种构造称为空間格子。因此空間格子是表示晶体中化学质点在空間規律性排列的几何图形。为了研究晶体内部构造中质点重复的規律而不受晶体大小的限制, 我們設想化学质点在三度空間里作无限的排列, 因而空間格子是一个无限的几何图形。

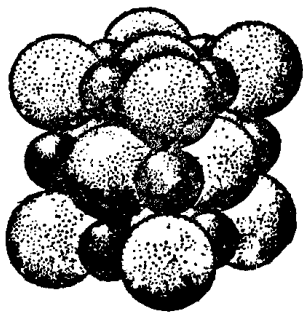


图 3 食盐的晶体构造

在任何晶体构造中, 都可以指出很多同样的平行分布着的质点, 如果把这些质点联系起来, 我們就可以得到一个平行六面体的格子系統。在每一个平行六面体格子的頂角上都分布有同样的质点(图 4)。当然在复杂的情况下, 在平行六面体的面中心或体中心, 也分布有同样的质点。在这种格子系統中所有的平行六面体彼此大小都相等, 而且平行分布。

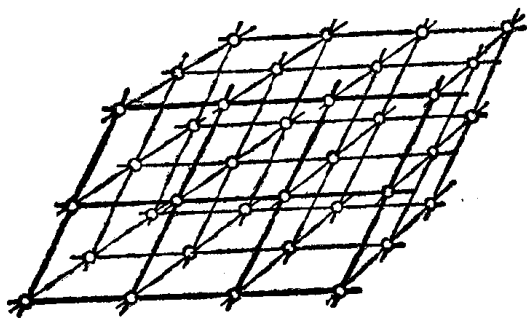


图 4 质点在空間格子上的分布

在空間格子中每个平行六面体頂角上的相当点都称为結点。結点在直綫上的排列, 称为行列。空間格子中任意两个結点連結起来都是行列。行列中相邻二結点的距离称为行列間距, 简称列距。在同一或平行的各个行列中其列距是相等的。結点在平面上的分布称为面网, 在空間格子中任意不在同一直綫上的三个結点的平面都是面网。面网上結

点的分布都是在平行四边形的頂角上。在同一个或平行的各个面网中,其平行四边形的輪廓都是相同的。在空間格子中,我們还可以画出一个在頂角上都分布有一个結点的单位的平行六面体,这种平行六面体的六个面对对平行,双双相等,我們把这种单位的平行六面体称为晶胞。以上所談到的結点、行列、面网和平行六面体就称为空間格子的要素。

从上面的介紹。我們可以看出,空間格子是表示晶体內部构造規律性的几何图形。它是由質点构成的无数微小的、相等的平行六面体在空間无限、平行而緊密的堆积。

在所有的晶体构造中,都可以找到这种空間格子的构造,所以晶体的构造就称为格子构造,或者称为結晶格子。在上一节中所提到的晶体在外形上的規律性,就是反映了这种构造上的規律。所以对晶体應該得出这样一个定义: 晶体是具有空間格子构造的多面体形态的固体。

在自然界凡是具有空間格子构造的所有固体都称为結晶物質,簡称晶質。所以晶体實質上是晶質的一个特例,它不仅在构造上遵从空間格子的規律,而在外形上还有着美丽的多面体的形态。单个的晶体比較少見,由于生成环境条件的影响,在自然界中絕大部分的物質都是晶質。晶質在我們周圍分布极其广泛,自然界中

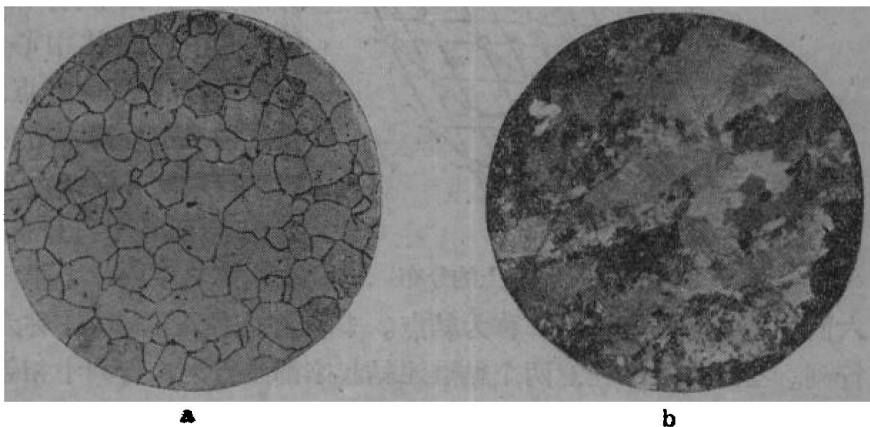


图 5 显微镜下的結晶物質

a—金属; b—岩石

的矿物或岩石絕大部分都是結晶物質。實驗室中的許多有机和无机的化学藥品；在工厂中的很多原料或制成品，大多数也都是結晶物質。例如鋼鉄各种合金和各种耐火材料都是由一些小的結晶顆粒构成的。当然，有些結晶顆粒我們用肉眼是很难看到的，但是在放大鏡或者显微鏡下就会看得非常清楚。图 5 a 是金属在显微鏡下的照相。图 5 b 是岩石在显微鏡下的照相。此外，在我們的切身生活中随时随地都会接触到結晶物質。

在自然界也有一些不具格子构造的物質，如玻璃、琥珀、松香等。这些物質称为非晶質（即非結晶物質）。但是非晶質在自然界中是很少存在的。

三、晶体的基本性質

晶体的性質决定于它的内部构造和化学成分。晶体的内部格子构造又是所有晶体共同遵循的規律。因此，晶体具有一些由于内部构造所决定的共有的性質，这些性質称为晶体的基本性質。下面介紹晶体的几种主要基本性質：

1. 自限性 晶体在自由生长时，具有自发地被平的晶面和直的晶棱所包围的性質，就叫晶体的自限性。也就是說晶体具有規律的多面体形态是其特有的性質，而不是人工磨成的。即使有些晶体由于其生成环境或在人为的机械破坏作用之下而不具有多面体的形态，但是若把它們重新放在一个合适的环境里，还是可以恢复或轉变成多面体的形态。晶体这种多面体的形态是其内部格子构造的直接反映。根据研究，晶面相当于格子构造中最外一层的面网。晶棱就相当于格子构造中最外面的一个行列，頂角当然就相当于最外面的一个結点。所以晶体的外部形态反映了它的内部构造的規律性。

2. 均一性 晶体就其内部格子构造來說，在不同的部分上其質点的分布是相同的。所以同一晶体的各个部分的性質是相同的。如果在晶体不同部分上取同样大小形状的体积，測定其物理化学性質，則所得的結果是一样的。而在晶体相同的方向上測定其物理化学性質，所得的結果也是相同的。这种性質就叫晶体的

均一性。

3. 异向性 結晶物質的某些性質随着方向的改变而有所变化,这就叫晶体的异向性。例如作为高級耐火材料的藍晶石(二硬石) $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$, 其晶体上不同方向的硬度就表現有很大的差別。沿着晶体延长的方向用小刀可以很容易地刻动, 但在垂直于延长的方向上用小刀則刻划不动(图 6)。

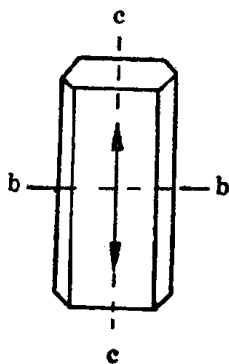


图 6 藍晶石晶体上硬度的变化
 $bb > cc$

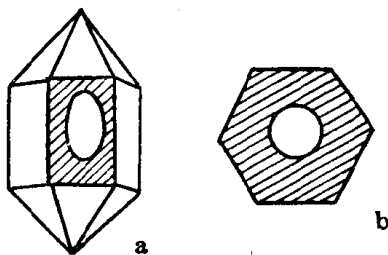


图 7 石英晶体上导热率的变化
a—晶面上的情况; b—横截面上的情况

晶体的异向性也表现在晶体的导热率上。例如把一个石英晶体的晶面磨光,在其柱面上涂一层均匀易熔的白蜡,然后用加热的針尖刺到晶面的中心。由于晶体各个方向的导热率不同,白蜡熔化后所成的輪廓呈一橢圓的形状(图 7 a)。如果同样的試驗是在石英横截面上进行,則得到的熔化痕迹是一个圓的輪廓(图 7 b)。

晶体的异向性,在光学、力学、热学和电学等物理性質上都可以找到很多实例,在此不作一一介紹了。

4. 对称性 晶体由于其空間格子的构造,而使其内部的質点或多或少具有对称的性質,因此反映在外形上就常有相等的晶面、晶棱和頂角在晶体上有規律的重复出現的現象,这就叫晶体的对称性。晶体的对称是很复杂的,这正反映了晶体内部构造的复杂性。对称在晶体外形上是一个特征,也是分类的一个基础,以后我們还要專門討論这个問題。