

高等学校规划教材

矿物岩石学

卓越 梁绍暹 张善德 杨孟达 编

煤炭工业出版社

257
2-1-1

高等学校规划教材

矿物岩石学

卓越 梁绍暹 张善德 杨孟达 编

煤炭工业出版社

798190

(京)新登字042号

内 容 简 介

本书共十九章,包括矿物学、晶体光学、造岩矿物,岩浆岩、沉积岩、沉积环境和相、变质岩。内容丰富、突出三基,简明扼要,其中强调了最常见矿物的肉眼鉴定和镜下鉴定。三大类岩石重点是岩类学,系统论述各大类岩石的成分、结构、构造、分类和成因,简介三大类岩石的水文工程地质特征。书中着重介绍了碎屑岩、粘土岩和碳酸盐岩。本书取材新颖,论述严谨,文字通俗易懂,便于学习。

本书为高等学校水文工程地质专业教学用书,亦适合建材、铁道、水电、石油、矿业等院校相关地质专业使用,不同专业使用内容略作取舍,也可供科研和生产人员参考。

高等学校规划教材

矿物岩石学

卓越 梁绍暹 张善德 杨孟达 编

责任编辑:李朝雯

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092mm^{1/16} 印张 26

字数 619千字 印数 1—1,285

1994年11月第1版 1994年11月第1次印刷

ISBN 7-5020-0981-7/TD·901

书号 3747 A0282 定价 14.60元

001707

前 言

本书是根据煤炭工业部高等院校水文及工程专业教学大纲要求编写的。计划教学时数为130学时。

全书共十九章，包括矿物学、晶体光学、造岩矿物、岩浆岩、沉积岩、沉积环境和相、变质岩。特点是内容广泛，简明扼要，突出三基（基本理论、基本知识、基本技能）。矿物学系统介绍了矿物的基本概念、化学成分和物理性质，重点描述常见的矿物。晶体光学简单介绍了基本概念，着眼在显微镜下掌握常见造岩矿物的单偏光、正交偏光镜下的光学性质。三大类岩石的重点是岩类学，书中全面论述了各大类岩石的成分、结构、构造、分类和成因，阐述了各类岩石的水文、工程地质特征，各论突出重点，注意基本功的训练，加强岩石鉴定能力的培养，重点介绍了沉积岩中的碎屑岩、粘土岩和碳酸盐岩。对沉积环境和相作了简要介绍。

参加本书编写的有：西安矿业学院梁绍暹副教授（第一、二、三、四、五章）；湘潭矿业学院杨孟达副教授（第六、七、八、十六章）；焦作矿业学院张善德高级工程师（第九、十、十一、十三、十四、十五章）；湘潭矿业学院卓越教授（绪论、第十二、十七、十八、十九章）。卓越教授任本书主编。

由于作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评、指正。

编 者

1993年10月

目 录

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 绪 论 | 1 |
| 第一章 结晶学基础知识 | 4 |
| 第一节 矿物和晶体的基本概念 | 4 |
| 第二节 晶体的对称和晶体的理想形态 | 10 |
| 第三节 晶体定向和晶体符号 | 19 |
| 第二章 矿物的晶体化学和化学成分 | 25 |
| 第一节 矿物的晶体化学 | 25 |
| 第二节 矿物的化学成分 | 32 |
| 第三章 矿物的形态和物理性质 | 38 |
| 第一节 矿物的形态 | 38 |
| 第二节 矿物的物理性质 | 43 |
| 第四章 矿物的成因及矿物的鉴定和研究方法简介 | 53 |
| 第一节 矿物的成因 | 53 |
| 第二节 矿物的鉴定及研究方法简介 | 58 |
| 第五章 矿物各论 | 60 |
| 第一节 矿物的分类及命名 | 60 |
| 第二节 自然元素矿物大类 | 61 |
| 第三节 硫化物及类似化合物矿物大类 | 64 |
| 第四节 卤化物矿物大类 | 71 |
| 第五节 氧化物及氢氧化物矿物大类 | 72 |
| 第六节 含氧盐矿物大类 | 82 |
| 第六章 晶体光学基础 | 120 |
| 第一节 光的性质 | 120 |
| 第二节 光的折射及全反射 | 121 |
| 第三节 光性均质体与光性非均质体 | 123 |
| 第四节 光率体 | 124 |
| 第五节 光性方位 | 131 |
| 第七章 偏光显微镜下晶体的主要光学性质 | 133 |
| 第一节 偏光显微镜 | 133 |
| 第二节 单偏光镜下晶体的光学性质 | 136 |
| 第三节 正交偏光镜下晶体的光学性质 | 144 |
| 第八章 常见造岩矿物的主要光学性质 | 156 |
| 第一节 常见透明矿物的主要光学性质 | 156 |
| 第二节 常见不透明矿物 | 176 |
| 第九章 岩浆岩基本特征 | 178 |
| 第一节 岩浆和岩浆岩的概念 | 178 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| 第二节 | 岩浆岩的物质成分 | 179 |
| 第三节 | 岩浆岩的结构和构造 | 183 |
| 第四节 | 岩浆岩的产状和相 | 191 |
| 第五节 | 岩浆岩的分类 | 196 |
| 第十章 | 岩浆岩的主要类型 | 199 |
| 第一节 | 超基性岩类(橄榄岩-苦橄岩类) | 199 |
| 第二节 | 基性岩类(辉长岩-玄武岩类) | 204 |
| 第三节 | 中性岩及碱性岩(闪长岩-安山岩类,正长岩-粗面岩类,霞石正长岩-响岩类) | 209 |
| 第四节 | 酸性岩类(花岗岩-流纹岩类,花岗闪长岩-英安岩类) | 217 |
| 第五节 | 脉岩类 | 223 |
| 第六节 | 岩浆岩的水文工程地质特征 | 227 |
| 第十一章 | 岩浆岩的成因 | 232 |
| 第一节 | 原生岩浆的种类及成因 | 232 |
| 第二节 | 岩浆的演化 | 236 |
| 第十二章 | 沉积岩的基本特征 | 239 |
| 第一节 | 概述 | 239 |
| 第二节 | 沉积岩的形成和变化 | 241 |
| 第三节 | 沉积岩的构造和颜色 | 256 |
| 第四节 | 沉积岩的分类 | 272 |
| 第十三章 | 陆源碎屑岩类 | 274 |
| 第一节 | 碎屑岩类的一般特征 | 274 |
| 第二节 | 砾岩和角砾岩-粗碎屑岩类 | 281 |
| 第三节 | 砂岩-中碎屑岩类 | 284 |
| 第四节 | 粉砂岩-细碎屑岩类 | 297 |
| 第五节 | 碎屑岩的主要水文工程地质特征 | 298 |
| 第十四章 | 粘土岩 | 301 |
| 第一节 | 概述 | 301 |
| 第二节 | 粘土岩的物质成分 | 302 |
| 第三节 | 粘土岩的结构、构造和颜色 | 309 |
| 第四节 | 粘土岩的分类及主要岩石类型 | 311 |
| 第五节 | 粘土岩的成岩后生变化 | 317 |
| 第六节 | 粘土岩的研究方法 | 318 |
| 第七节 | 粘土岩与水文工程地质的关系 | 319 |
| 第十五章 | 火山碎屑岩 | 321 |
| 第一节 | 概述 | 321 |
| 第二节 | 火山碎屑岩的组分特征 | 321 |
| 第三节 | 火山碎屑岩的结构与构造 | 325 |
| 第四节 | 火山碎屑岩的分类及主要岩石类型 | 326 |
| 第五节 | 火山碎屑岩的研究意义 | 329 |
| 第十六章 | 内源沉积岩 | 330 |
| 第一节 | 碳酸盐岩 | 330 |
| 第二节 | 硅质岩 | 347 |

| | | |
|-------------|-----------------------|------------|
| 第三节 | 铝、铁、锰、磷质岩类 | 349 |
| 第四节 | 蒸发岩类 | 353 |
| 第十七章 | 沉积环境和相 | 355 |
| 第一节 | 沉积环境和相的基本特征 | 355 |
| 第二节 | 大陆相 | 357 |
| 第三节 | 过渡相 | 366 |
| 第四节 | 海相 | 372 |
| 第十八章 | 变质岩的基本特征 | 379 |
| 第一节 | 变质作用和变质岩的概念 | 379 |
| 第二节 | 变质岩的成分 | 381 |
| 第三节 | 变质岩的结构和构造 | 383 |
| 第十九章 | 变质岩的主要类型 | 388 |
| 第一节 | 接触变质岩类 | 388 |
| 第二节 | 动力变质岩类 | 390 |
| 第三节 | 区域变质岩类 | 392 |
| 第四节 | 气化热液变质岩类 | 398 |
| 第五节 | 混合岩类 | 401 |
| 第六节 | 变质岩与水文和工程地质的关系 | 404 |
| 参考文献 | | 406 |

绪 论

一、矿物岩石学的概念

矿物岩石学是地球科学的分支，研究对象是自然界的矿物和岩石。矿物和岩石是地壳中各种地质作用的产物。矿物是矿石和岩石的基本组成单位，有一定的化学成分，固态的结晶矿物有一定的内部结构、外部形态和物理性质。不同矿物组合成不同的岩石，如花岗岩是由一定量的石英、长石和云母组成；石灰岩主要是由方解石组成。组成地壳的岩石按成因可分为三大类，即岩浆岩、沉积岩和变质岩，它们的形成条件各不相同。大多数岩浆岩是在高温、高压条件下由岩浆直接冷凝而成的，部分是交代作用形成的；沉积岩是在表生带由风化、搬运、沉积、成岩等作用形成的。三大类岩石的分布极不平衡，就整个岩石圈而言，岩浆岩和变质岩占总体积的95%，沉积岩仅占5%；地壳表层出露最多的是沉积岩，陆地表面面积的75%是沉积岩，其余25%是岩浆岩和变质岩。已探明的海底、洋底几乎全部由沉积岩组成。

研究矿物、岩石的科学称矿物岩石学，即是研究地壳物质组成及其特征的科学。研究矿物岩石的成分、结构、构造、分布、产状、分类命名、成因及其与矿产的关系等。

矿物岩石学最初是一门学科，随着研究的深入岩石学才逐步从矿物学中分出来成为独立的学科，而后又相继形成岩浆岩石学、变质岩石学和沉积岩石学三个分支。

矿物学和岩石学及三大类岩石之间有着密切的依存关系又有独立的研究内容，各自又派生一些分支。如矿物学又分出矿物形态学，研究矿物的发生、晶体的形态、生长和变化；成因矿物学研究晶体的形成和起源；实验矿物学，在各种物理、化学条件下模拟和探索矿物的形成过程，研究人工合成矿物。

岩石学方面的分支，有侧重岩石分类和描述的岩类学或岩相学；有研究岩石形成条件和成因机制的成因岩石学或理论岩石学；有对岩浆作用和变质作用进行模拟和测试的实验岩石学，除外还有化学岩石学、地幔岩石学等。

二、矿物岩石学与其它学科的关系

在地质科学中矿物岩石学是一门重要的学科，是地质其它学科的基础，因此，与地质科学的其它学科和其它自然科学都有密切的关系。

地球化学是研究地壳中各种元素在时间、空间运动和分布的规律，这通常是通过研究矿物而得到的；矿物学、岩石学是矿床学的基础，各种成因的矿床，不论是金属矿床或非金属矿床，各种有用矿物或矿石、各种能源原料无不存在于有关岩石之中，因此，研究矿床脱离不了矿物和岩石的知识。

各地质时代的构造形态、痕迹，古生物化石都保存在岩石之中，因而岩石学又是构造地质学、古生物地史学的基础，矿物岩石学也是水文地质、工程地质、环境地质、石油地质、煤田地质和地球物理勘探等学科的基础，它们都是利用岩石学的某些性质作为自己的研究内容，它们的研究成果又丰富了岩石学，加速了岩石学的发展。

在科学技术飞速发展的今天，数学、物理学、化学等基础科学，在矿物岩石学的研究

中越来越显得重要,如各种精尖技术、计算技术等矿物岩石的研究中愈来愈得到广泛的应用,从而大大促进了矿物岩石学的发展,反过来矿物岩石学的需要也激发了这些科学的发展。

三、矿物岩石学的研究方法

矿物岩石学的研究方法,有野外的宏观鉴定和室内的微观分析研究两种。

矿物岩石是地壳的组成部分,是地质体,适合于野外观察研究。矿物学的野外研究,必须掌握矿物外表特征鉴定法,即肉眼鉴定法。岩石学的野外研究有剖面测量、地质填图、研究岩石的产状、分布、岩相变化和相带划分,岩体构造及与成矿作用的关系,矿产以及重点露头的详细描述记录,并采集各种岩石、矿石样品以便进一步测试分析之用,通过野外观察研究应对研究范围内的矿物、岩石、岩层、矿体岩体有一个较全面的了解。

室内研究有各种测试方法,需根据不同的研究目的,不同的矿物、岩石样品采取不同的方法。

偏光显微镜薄片法,是各类岩石室内研究最基本、最常用的方法。不同岩样有不同的研究方法,如碎屑岩的粒度分析;重矿物分析;碳酸盐岩的残渣分析;碳、氧、硫同位素分析;染色分析;粘土岩的电子显微镜分析、差热分析;加热脱水失重分析;红外吸收光谱分析等。除外尚有X射线衍射分析、电子探针、阴极发光显微镜、图像分析仪、质谱气相色谱等。在遥感技术方面利用卫星照片判别现代各种沉积环境、推断埋藏于地下深处的岩体和矿体的延伸方向。雨后春笋般不断涌现的测试新技术的应用,必将更快地促进矿物岩石学的发展、矿物岩石学研究的需要,也会导致更新测试技术方法的问世。

四、矿物岩石学发展简史

矿物岩石学的起源源远流长,地质学本身即是由矿物岩石学的孕育发展起来的。从旧石器时代起,远祖就用矿物岩石作为利器作生活和防卫的工具,如早在50~60万年前蓝田猿人和北京猿人就用石英、燧石、石英岩等利刃,史前时期我们的祖先使用过20余种矿物岩石;公元前四百年战国初期的《山海经》是世界上最早有关矿物岩石的书籍,书中记述了80多种矿物和岩石;汉代刘安所著的《淮南子》、北宋沈括所著的《梦溪笔谈》都论述了一些矿物的性质及成因;明代李时珍所著的《本草纲目》于1569年出版,该书论及了200多种矿物和岩石。德国学者阿格里科拉所著的《矿物起源》(1556)一书第一个把矿物和岩石分开。18世纪末期岩石学发展成为一门独立的学科,早期主要研究的是岩浆岩;19世纪中期开始了变质岩的研究;直到20世纪20~30年代由于能源工业(主要是石油)的需要,沉积岩石学的研究迅速发展,一跃成为最具活力、内容丰富的学科了。

1829年尼科尔发明了偏光显微镜,尔后英国人索尔比制成了岩石薄片,是岩石学研究的转折点,由宏观研究进入了微观,为岩石的分类、矿物组成、结构,化学成分及成因理论开拓了广阔的领域,为岩石学的全面研究奠定了基础。

1889年俄国科学家弗德洛夫发明了旋转台,很快即由初始的二轴发展成为今日的五轴旋转台,为高精度三维方向研究造岩矿物和岩组学提供了先进的设备。1895年伦琴射线的发现及在晶体结构测量上的应用,证实了晶体结构理论,开辟了晶体化学研究的新途境,特别是对矿物内部结构及微细矿物的测试提出了有效的方法。并为岩石的成因和演化规律提供了极为重要的信息。

20世纪90年代的今天由于电子探针、电镜、同位素法;X射线衍射等精尖测试手段的

广泛使用,使矿物岩石学研究向一个更新、更高的阶段突飞猛进。矿物岩石学研究现已向着多学科、多方向、彼此联系、相互促进的道路向前发展。

矿物学的研究现状是研究矿物的形成过程、共生规律和标型特征,开展矿物晶体结构、晶体化学和矿物理论的研究为寻找和扩大矿物资源服务;研究矿床及周围矿物成分特点和分布规律,把矿床的矿物研究与地质学、构造地质学联系起来;研究矿物在地壳中的形成与分布规律,为预测和勘探矿床提供资料;随着石油工业的发展,有机矿物和有机岩的研究已经取得了一定的成果。今后还将继续开展海洋矿物、宇宙矿物的研究。

岩浆岩和变质岩方面,近年来已发展了化学岩石学或实验岩石学及工艺岩石学的研究,用人工方法制造矿物和岩石。通过这些方法有助于了解岩浆岩、变质岩形成的物理化学条件。现在进行的高温、高压实验,压力范围已超过 10^5Pa ,温度范围已超过 $2500\sim 3000^\circ\text{C}$ 这些实验对硅酸矿物的熔融、分解合成、转变、水解和水溶液热力学性质都有精确的测定。这种高温、高压模拟实验标志着岩石学已从单纯的描述进入机制研究的时期,氢、碳、氧、铝、铍等稳定同位素地质的研究工作,已成为解决岩石、矿床和地球化学理论问题的一种重要手段,对岩浆起源、地壳演化以及矿床成因和成矿物质来源提供了重要的资料。

沉积和沉积变质矿产占世界资源储量的80%,因此,沉积岩石学的研究和成果对国民经济意义重大,50年代以后特别是近二、三十年以来由于石油工业的需要,沉积岩石学得到迅速的发展,这对传统沉积学的观点提出挑战,沉积机制的研究动摇了过去一些成因分析模式,浊流沉积、浊积岩、风暴岩的研究,扩大了人们的视野,先进的探测技术,揭示了微观世界的奥秘,电子计算机的应用将繁杂的数据简单化了。沉积学现已进入一个新的更为活跃的研究阶段,今后的发展,将会更为迅速。

当前沉积岩石学发展的趋势是:

(1) 加强现代沉积、流体力学、沉积相标志的研究,将现代沉积和古代沉积进行类比,以便建立并完善各种沉积模式和新的成矿理论的研究等。

(2) 沉积岩形成机理的研究,包括风化、搬运、沉积作用、成岩后生作用以及沉积物及沉积岩中有益矿产形成机理和分布规律的研究。

(3) 沉积岩物质成分的研究,如沉积岩的物质成分、结构、构造、分布产状和岩层间的接触关系,探讨其成因分布规律。

(4) 研究新技术、新方法在沉积学中的应用。

第一章 结晶学基础知识

第一节 矿物和晶体的基本概念

一、矿物的概念

矿物是地壳中的化学元素在各种地质作用中形成的可以独立区分出来的自然物体，大多数是自然结晶的单质和化合物，其中以自然化合物为主。

在地壳中矿物分布是很广泛的。如河、湖中的水和冰；海水经蒸发而成的盐；沙中淘出的金；花岗岩中的石英、长石和云母以及作为矿石通过冶炼提取Fe、Cu、Pb、Zn的磁铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿等都是矿物。它们是岩石和矿石的组成部分，岩石和矿石则是它们的集合体。

在地壳中，由各种地质作用形成的矿物是多种多样的。其中绝大多数呈固态（如长石、石英、磁铁矿、食盐等），少数呈液态（如水、自然汞）、气态（如火山喷气中的CO₂、SO₂等）和胶态（如蛋白石等）。

一般说来，矿物都具有一定的化学成分和内部结构（特别是结晶物质），从而具有一定的形态、物理性质和化学性质。但是任何一种矿物都只是在一定的地质条件下才相对稳定，当外界条件改变至一定程度时，原有的矿物就要发生变化，同时生成新矿物。例如黄铁矿FeS₂，在缺氧的还原条件下，可以保持稳定，如果暴露于地表，在与空气和水接触的氧化条件下，逐渐破坏分解，生成褐铁矿（Fe₂O₃·nH₂O）。

由上述可知，地壳中的矿物，是指在各种地质作用中发生和发展的、在一定的地质和物理化学条件下处于相对稳定的自然元素和它们的化合物；它们是岩石和矿石的组成单位，是成分、结构比较均一，具有一定的形态、物理性质和化学性质，并呈各种物态的自然物体。

随着科学技术的发展和对矿物原料新的需求，人们开拓了矿物学研究的新领域。人工合成与自然矿物性质相同或相似的“合成矿物”，或称为“人造矿物”，如人造金刚石、人造水晶等；还研究来自其它天体的陨石和月岩等，将其中的矿物称为“陨石矿物”，“月岩矿物”，或统称为“宇宙矿物”，以此与地壳中形成的矿物相区别。

地壳中的矿物是我们研究的主要对象。所以，本教材只介绍地壳中的矿物，并限于固态的矿物。

二、晶体与非晶质体

自然界中，广泛存在着各种矿物晶体，它们都表现为面平、棱直和顶尖的几何多面体图1-1。这些完整美观的外形都是天然生成的。因此，人们最初将具有规则的几何多面体外形的固体都称为晶体。

但是，具有多面体外形的矿物晶体在自然界相当少见，大量还是呈不规则外形。如石英，既可以在晶洞中以多面体形态产出，又可以呈极不规则的形态颗粒生成于岩石之中。实验证明，将不具多面体外形的纯净石英颗粒，放入含有石英成分过饱和的母液中，在一

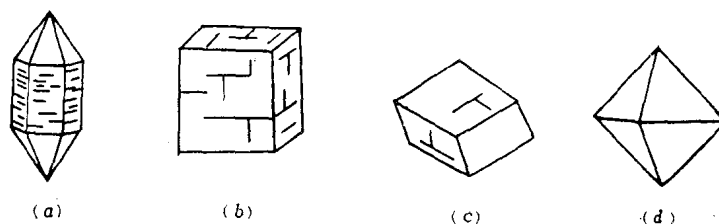


图 1-1 几种不同晶体的形态

a—石英 (SiO_2)；b—石盐 (NaCl)；c—方解石 (CaCO_3)；d—磁铁矿 (Fe_3O_4)

定温度和压力下，石英颗粒就可生长成具有多面体外形的水晶。这说明，矿物晶体本身具有自发形成规则多面体外形的能力。所以，仅仅从物体外形来分辨是不是晶体，是不全面的，因为，它只注意到外表现象而忽视了晶体的本质。

什么是晶体的本质？人们进行了长期的探索。直到1912年，把X射线用于晶体内部结构的研究以后，证实一切晶体，无论有无多面体的外形，它的内部质点（分子、原子或离子等）在三维空间上总是作完全有规律的排列，从而构成所谓格子构造。所以，晶体应定义为具有格子构造的固体。与晶体定义相对应，把具有格子构造的固态物质称为结晶质，简称晶质。晶体即是由结晶质构成的物体。

内部质点不作格子状排列的物质叫做非晶质，由非晶质构成的物体，称为非晶质体。它们除气体和液体外，那些看起来是固体，而内部质点不作格子状排列的玻璃、松香等物质，也是非晶质体，也有人称为过冷的液体。它们不能形成规则几何多面体外形。

晶体和非晶质体在一定条件下可以转化。如晶体矿物锆石等，因放射性蜕变而成非晶质锆石；非晶质火山玻璃，在漫长的地质年代中，可部分或全部变为晶质体。前一种现象称为非晶化；后一种现象称为晶化或脱玻璃化。

三、晶体的内部构造——空间格子

(一) 空间格子

晶体内部的格子构造，通常称为晶格，是一切晶体所共有的基本特性。其特点是晶体中相同的质点（离子、原子或分子）在空间的各个方向上周期性地重复出现。为了研究各种晶格的构成方式及其类型，需选取其中的相当点（即质点种类及周围环境皆相同的点，或称等效点），并将其抽象为纯粹的几何点（结点），用结点组成的格子来进行分析。这种由相当点在三维空间规则排列而形成的格子，称为空间格子。例如，石盐 NaCl 的晶体结构中见图1-2a， Na^+ 和 Cl^- 离子在空间不同方向上，都按一定间隔出现，沿立方体三个棱方向 Na^+ 或 Cl^- 每隔0.5268nm重复一次，沿两个棱所组成平面的对角线方向 Na^+ 或 Cl^- 按0.3987nm的间距呈周期性的重复。任意选取 Na^+ 离子或 Cl^- 离子的中心作为相当点，都可导出如图1-2b所示的空间格子。因此，空间格子是从晶体结构中抽象出来的，表示其规律性的几何图形，而不是晶体的具体结构。

(二) 空间格子要素

空间格子的一般形式如图1-3a所示。其组成要素有：

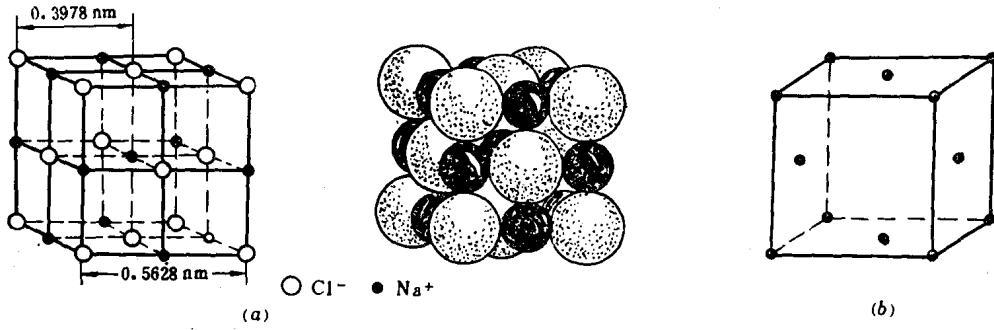


图 1-2 食盐的晶体结构

a—食盐的晶体结构（单位晶胞），b—食盐晶体结构的空间格子

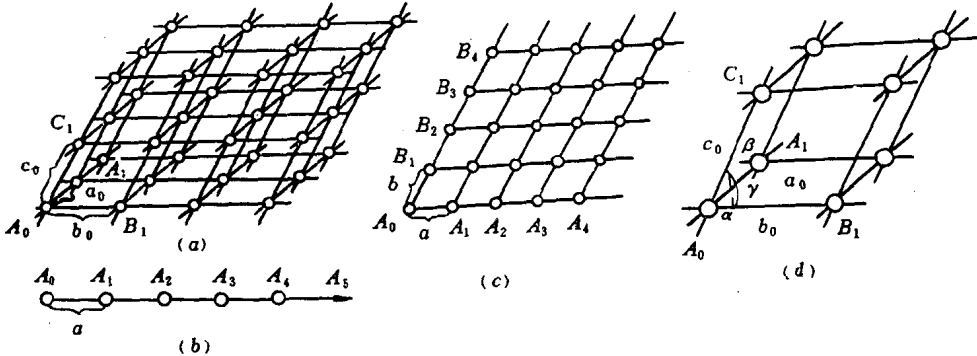


图 1-3 空间格子及其要素

a—空间格子；b—行列；c—面网；d—平行六面体

(1) 结点和行列。空间格子中无具体物理意义的几何点（相当点）称为结点。排列在同一直线上的结点称为行列(图1-3b)。行列上相邻结点间的距离称为结点间距。同一行列或相互平行行列上，结点间距相等；不平行的行列，其结点间距一般不等。

(2) 面网。结点在一个平面上排列构成面网(图1-3c)。显然，不在同一直线上的三个结点就可组成一个面网。面网中单位面积的结点数，称为面网密度。两个相邻面网间的垂直距离，称为面网间距。相互平行的面网，其面网密度和面网间距相等；不同的面网，一般不等。

(3) 平行六面体。由三条不共面行列构成空间格子，其最小单位称为单位平行六面体图1-3d。整个空间格子是由无数平行六面体在三维空间平行又无间隙地堆迭而成的。

在实际晶体结构中按单位平行六面体划分出来并由具体质点所组成的相应单位，称为晶胞。单位平行六面体的三个棱长及其夹角（格子参数），分别与晶胞的三个棱长及其夹角（晶胞参数）相对应。例如，在食盐的晶体结构中，按图1-2b划分出来的具面心格子的单位平行六面体对应于如图1-2a所示的一种结构单位，即为食盐的晶胞。

(三) 空间格子类型

各种空间格子之间的相互区别，在于其单位平行六面体的形状和结点分布的位置。而

单位平行六面体的形状，是由格子参数（三个棱长 a_0 、 b_0 、 c_0 及其夹角 α 、 β 、 γ ）所决定。格子参数间的关系有7种，与其相对应有7种形状的单位平行六面体图1-4。

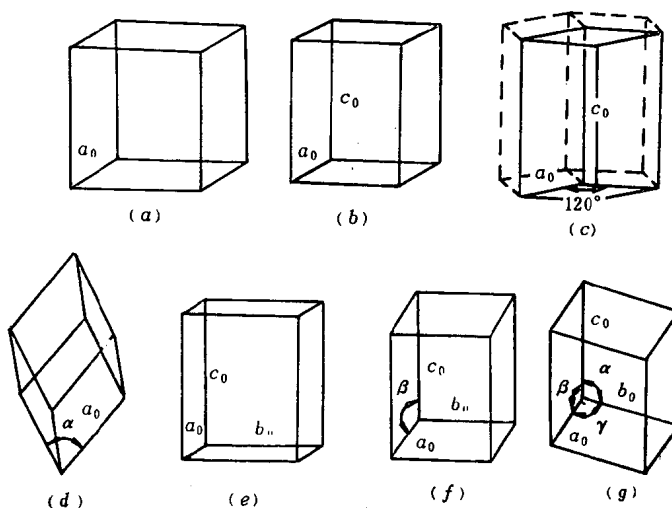


图 1-4 各晶系平行六面体形状

a —立方格子； b —四方格子； c —六方格子； d —菱面体格子； e —斜方格子； f —单斜格子； g —三斜格子

在上列7种格子中，按结点分布情况，可分为4种类型。

原始格子 (P)：结点只分布在格子的每个角顶上 (图1-5a)。

底心格子 (C)：结点分布于平行六面体的角顶及一对面心 (图1-5b)。

体心格子 (I)：结点分布于平行六面体的角顶和体心 (图1-5c)。

面心格子 (F)：结点分布于平行六面体的角顶及每个面心 (图1-5d)。

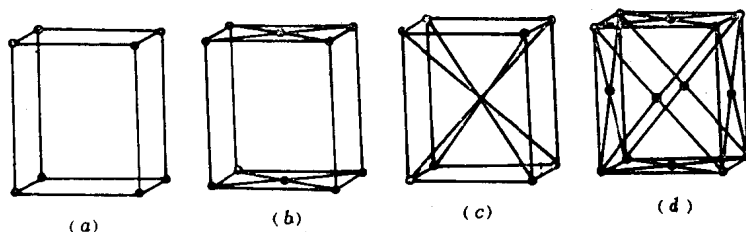


图 1-5 平行六面体中结点的分布

a —原始格子； b —底心格子； c —体心格子； d —面心格子

将空间格子的7种形状和结点分布4种类型一并考虑，似应得出28种不同类型的格子。去掉不符合对称特点和选择原则的格子，共计只有14种型式的空间格子，即通常所称的14种布拉维格子 (图1-6)。

四、晶体的基本性质

晶体内部质点具格子状的规律排列，与这一本质相联系的，是晶体具有的基本性质：

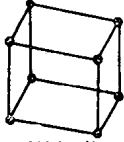
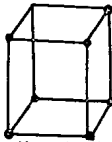
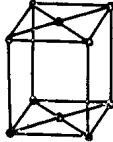
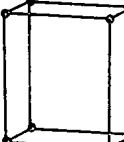
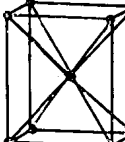
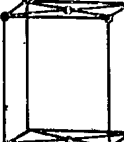
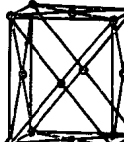
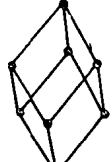
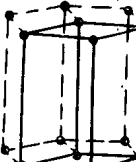
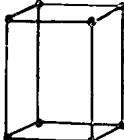
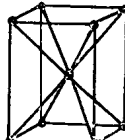
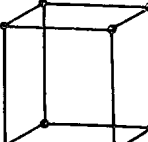
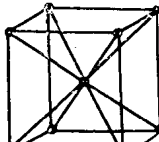
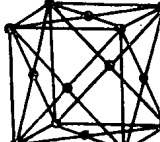
| 所属晶系 | 原始格子 (P) | 体心格子 (I) | 底心格子 (C) | 面心格子 (F) |
|------|---|---|---|---|
| 三斜晶系 |  三斜原始格子 | $I = P$ | $C = P$ | $F = P$ |
| 单斜晶系 |  单斜原始格子 | $I = C$ |  单斜底心格子 | $F = C$ |
| 斜方晶系 |  斜方原始格子 |  斜方体心格子 |  斜方底心格子 |  斜方面心格子 |
| 三方晶系 |  菱面体格子 | $I = P$ | 与本晶系对称不符合 | $F = P$ |
| 六方晶系 |  六方格子 | 与空间格子条件不符 | 与本晶系对称不符合 | 与空间格子条件不符 |
| 四方晶系 |  四方原始格子 |  四方体心格子 | $C = P$ | $F = I$ |
| 等轴晶系 |  立方原始格子 |  立方体心格子 | 与本晶系对称不符合 |  立方面心格子 |

图 1-6 14种空间格子

1. 自限性

指晶体在适当的外部条件下，能自发形成封闭的几何多面体的性质。这是由于晶体在发生和成长的过程中，所有的质点都是严格按照空间格子规律进行排列和堆砌的结果。几何多面体的平面，称为晶面，晶面相当于空间格子最外面的一层面网，而且是密度较大的面网；晶面相交所组成的直线称为晶棱，晶棱相当于空间格子中质点间距较小的行列；晶棱会聚的顶称为晶顶（或称角顶），相当于空间格子的结点（图1-7）。

晶体生长时，虽然质点面网一层接一层地不断向外平行推移，但由于复杂外界条件的影响，使同种晶体的晶面发育成形状、大小均不相同偏离理想状态的形状，形成了形态和大小不同的“歪晶”（图1-8），但它们对应的晶面夹角（或面角——相邻晶面法线的夹角）恒等，如图中所示石英的 $r \wedge m = 141^\circ 47'$ ， $r \wedge z = 133^\circ 44'$ ， $m \wedge m = 120^\circ$ ，这是由于相对应晶面的面网及面网夹角是固定不变的。这一规律称为面角恒等定律。

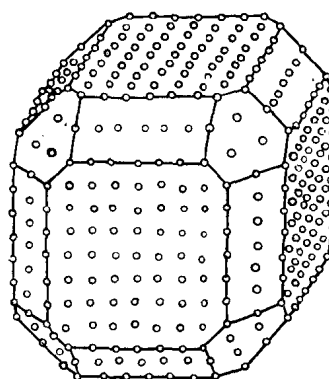


图 1-7 晶面、晶棱、角顶与面网、行列、结点的关系示意图

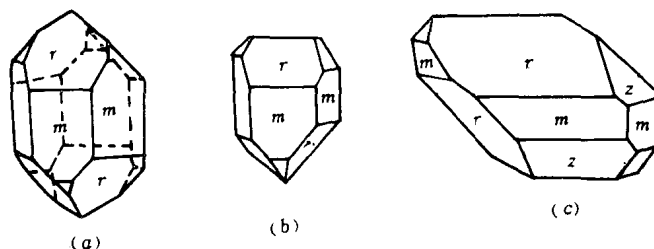


图 1-8 不同形态的石英晶体
a—理想晶体；b、c—歪晶

2. 均一性

由于晶体的任何一个部分在结构上都是一样的，所以晶体各个部分的物理性质和化学性质都是相同的，这就是晶体的均一性。

3. 异向性

晶体结构中不同方向上质点的种类和排列一般是不相同的，从而反映在晶体的各种性质上，也会因方向而异，这就是晶体的异向性。例如，蓝晶石的硬度在不同方向上有不同的大小（图1-9），就是这一性质的典型表现。

4. 最小内能和稳定性

晶体的内能主要是指晶体内部质点在平衡点周围作无规则振动的动能和质点相对位置所决定的势能的总和。在相同的热力学条件下，晶体与其同种物质的气体、液体和非晶质体相比较，其内能最小。气、液体和非晶质体转变为晶体时，都有热能的排出，晶体破坏时有吸热反映，这都反映了晶体内能最小。

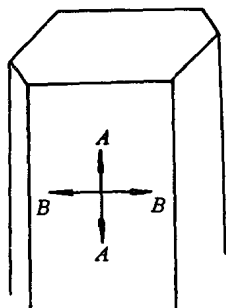


图 1-9 蓝晶石晶体的硬度 AA 与 BB 方向硬度不同

由于晶体的内能最小，如果在没有外加能量的情况下，晶体是不会向其它物态转变，这就是晶体的稳定性。而非晶质体的火山玻璃等，往往有自发转变为晶体的趋势，说明非晶质体是相对不稳定或准稳定的。

5. 对称性

晶体内质点排列的周期重复本身就是一种对称，这是一种微观对称。虽然，晶体内质点排列的周期重复因方向而异，但质点在某些特定方向上出现相同的排列情况，导致晶体在形态（即晶面、晶棱和晶顶）及各项物理性质上相同部分的规律重复，这就是晶体

在宏观上的对称性。

第二节 晶体的对称和晶体的理想形态

一、对称和晶体的对称

在自然界和日常生活中，对称现象广泛存在。观察蝴蝶、花朵及一些建筑物和工艺品等，可以发现这些物体存在着相等部分，而且这些相等部分作有规律的重复出现。如蝴蝶的两个翅膀，通过垂直平分它的镜面的反映而彼此重合；6个相同的花瓣，通过垂直花冠并过其中心的一根直线的旋转，使之多次重复再现。因此，物体相等部分作有规律重复的性质称为对称。

晶体都是对称的，表现在外形上，相同的晶面、晶棱、角顶作规律的重复。但晶体的对称不同于一般生物和人造物体的对称，这是因为晶体的对称是由其内部格子构造所决定，其对称有如下特点：

(1) 晶体的对称受格子构造的严格控制，只有格子构造能够容许的那些对称才能在晶体上出现，这就是晶体对称的有限性。

(2) 晶体的对称不仅表现在外部形态上，而且表现在物理性质上，这种宏观对称性是晶体内部结构对称性在外部的反映。

我们所要讨论的仅是晶体的宏观对称。

二、晶体的对称要素和对称操作

欲使物体或图形等同部分重复，必须通过一定的操作，这种操作称为对称操作。在进行对称操作时，总要借助于一些假想的几何要素点、线、面的“反伸”、“旋转”和反映等，才能使物体的相等部分重合，这些辅助的几何要素称为对称要素。

晶体外形上可能存在的对称要素如下：

(一) 对称面 (P)

对称面是一个假想的平面，它把晶体平分为互为镜像的两个相等部分。其对称操作是对一个平面的反映。

在图 1-10a 中，平面 P_1 和 P_2 都是对称面（垂直于纸面），因为它们都可以把图形 $ABDE$ 分为互为镜像的相等部分。而图 1-10b 中的 AD 却不是图形 $ABDE$ 的对称面，因为它虽然把图形 $ABDE$ 平分为 $\triangle ABD$ 和 $\triangle AED$ 两个相等部分，但这两部分不是互为镜像关系，