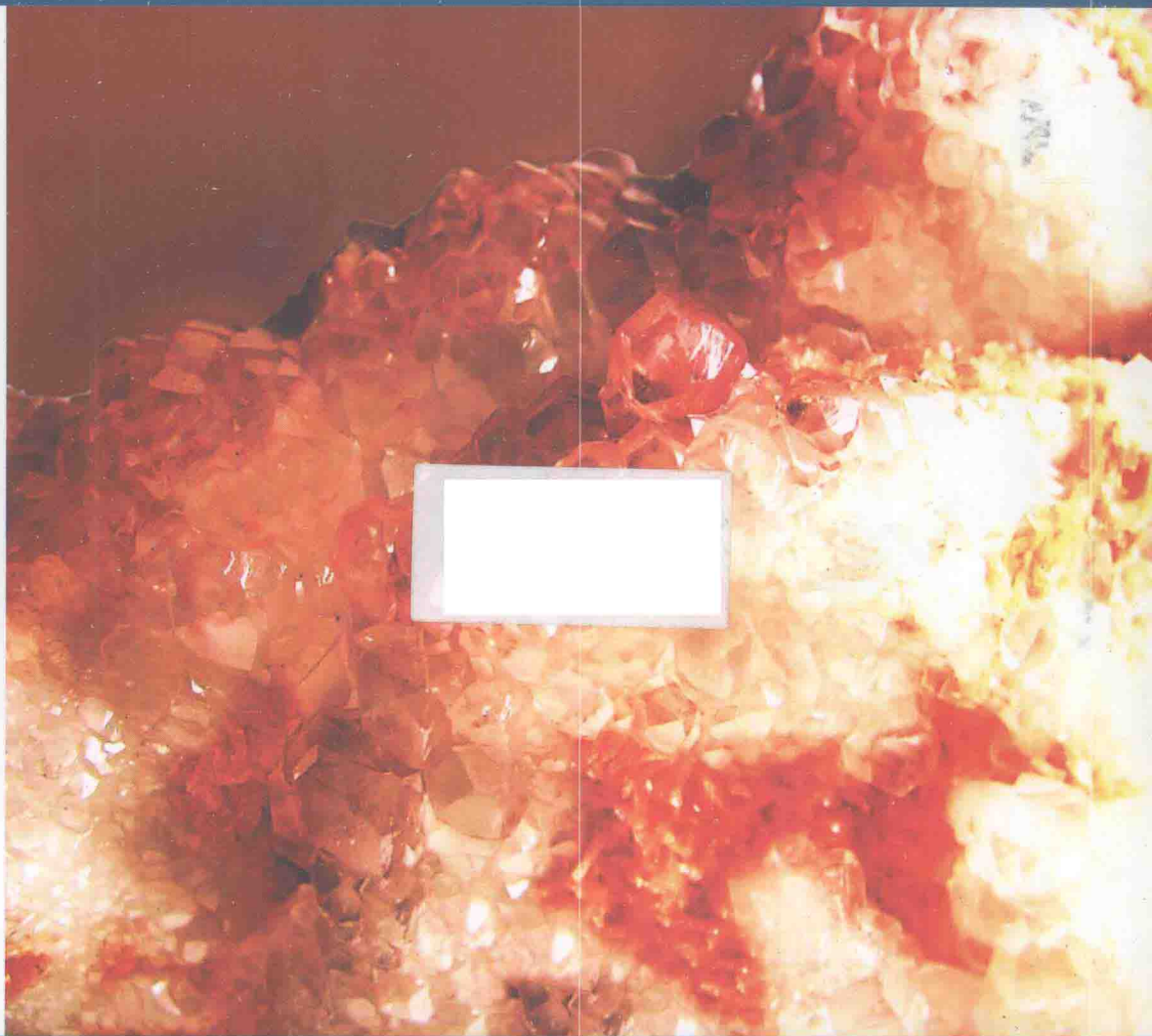


TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS
高等学校教材

矿物岩石学

Mineralogy Petrology

■ 主 编 陈世悦



中国石油大学出版社

矿物岩石学

陈世悦 主编

中国石油大学出版社

内容简介

本书比较系统地介绍了晶体的概念、晶体的几何性质、晶体化学的基本理论以及晶体的物理性质,晶体矿物在单偏光镜下、正交偏光镜下和锥光镜下的基本光学性质,常见造岩矿物的化学成分、形态、物理及光学性质、形成条件、产状以及岩浆岩和变质岩的物质成分、结构构造及主要岩石类型的特征,简要介绍了岩浆作用、变质作用与构造运动的关系及中国境内岩浆岩和变质岩分布情况。本书注重对本学科基本理论、基本知识和基本技能的阐述,内容丰富,简明扼要,文字通俗易懂,便于学习掌握。

本书可用作高等院校资源勘察专业教材,亦适合水文地质、工程地质等相关专业使用,也可供有关科研和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿物岩石学/陈世悦主编. —东营:中国石油大学出版社,
2002.5(2008.6重印)
ISBN 978-7-5636-1643-5

I. 矿… II. 陈… III. ①矿物学②岩石学
IV. P57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 025640 号

书 名: 矿物岩石学
作 者: 陈世悦

责任编辑: 陆丽凤
封面设计: 傅荣治

出版者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)
网 址: <http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com
印刷者: 泰安开发区成大印刷厂
发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546-8392791,8392563)
开 本: 185×260 印张:18.625 插页:1 字数:480千字
版 次: 2008年6月第1版第6次印刷
定 价: 27.00元

前 言

《矿物岩石学》教材是根据石油大学资源勘查专业新编教学大纲的要求编写的,它包括结晶学、晶体光学、造岩矿物学、岩浆岩岩石学及变质岩岩石学五大部分的主要基础内容。在教材编写过程中,主要参考了《造岩矿物学》(刘孟慧,1991)和《岩浆岩及变质岩简明教程》(管守锐,赵澄林,1991)以及中国地质大学、成都理工学院、中国矿业大学、北京大学、南京大学和西北大学等有关院校类似专业的教材内容。本教材既充分考虑了各学科自身的科学体系,也考虑了各学科间的相互关系,同时还考虑了教学学时的安排及灵活性,因而在内容上按照新的思路和体系进行了相应的调整,以适应资源勘查专业的特点。

结晶学部分,主要介绍了晶体的概念、晶体构造、晶体的几何性质、晶体化学的基本理论以及晶体的物理性质,为晶体光学和矿物部分的学习奠定必要的基础知识。

晶体光学部分,系统介绍了晶体在单偏光镜下、正交偏光镜下和锥光镜下的基本光学性质及现象,也较详细地介绍了透明矿物薄片的系统鉴定方法,为镜下识别矿物和岩石打下基础。

造岩矿物学部分,讲述了矿物的化学成分特点、形态特征、物理性质、晶体光学性质、形成条件和研究方法。在此基础上,较详细地介绍了常见造岩矿物的结晶学性质、物理性质、晶体光学性质、产状和分布规律等。

岩浆岩岩石学及变质岩岩石学部分,分别介绍了岩浆岩和变质岩的物质成分特征、结构构造特征、分类和命名方法以及岩浆作用、变质作用、变质相等基本概念,简要介绍了岩浆作用、变质作用与构造运动的关系及全球和中国境内岩浆岩和变质岩分布概况。

参加本书编写的有邱隆伟讲师(第一、二、三章),董春梅副教授(第四、五章),马在平副教授(第六、七章),杨剑萍副教授(绪论、第八、九章),陈世悦教授(绪论、第十、十一、十二章)。陈世悦教授任主编。书稿完成后,由西安科技学院梁绍暹教授和中国石油化工股份公司勘探开发研究院田海芹教授进行了仔细的审阅,并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者
2002.7

目 录

绪论	(1)
第一章 结晶学基础	(5)
第一节 晶体的概念	(5)
第二节 晶体的空间格子	(6)
一、空间格子	(6)
二、空间格子要素	(6)
三、十四种空间格子	(7)
第三节 晶体的基本性质	(10)
一、自限性	(10)
二、均一性和异向性	(10)
三、对称性	(10)
四、一定的熔点	(10)
五、最小热力学能和稳定性	(10)
第四节 晶体的形成	(11)
一、晶体的形成方式	(11)
二、晶体的生长理论	(11)
第二章 晶体的几何特征及表述	(15)
第一节 对称的概念及晶体的对称性	(15)
第二节 晶体的对称要素和对称操作	(15)
一、对称中心	(15)
二、对称面	(16)
三、对称轴	(16)
四、旋转反伸轴	(17)
第三节 对称型及晶体的分类	(18)
一、对称型	(18)
二、晶体的对称分类	(18)
第四节 单形和聚形	(19)
一、单形	(19)
二、聚形	(24)
第五节 晶体定向及晶面符号	(24)
一、晶体的定向	(24)
二、晶面符号及整数定律	(27)
三、单形符号	(28)
第六节 双晶	(31)

一、双晶的概念	(31)
二、双晶要素	(31)
三、双晶类型与双晶律	(32)
四、双晶的形成方式	(33)
第三章 晶体化学基础	(34)
第一节 最紧密堆积	(34)
一、等大球体的最紧密堆积及其空隙	(34)
二、不等大球体的最紧密堆积	(36)
第二节 配位数和配位多面体	(36)
第三节 化学键和晶格类型	(37)
第四节 类质同像	(38)
一、类质同像的概念	(38)
二、类质同像的分类	(39)
三、类质同像的影响因素	(39)
四、类质同像的研究意义	(40)
第五节 同质多像	(41)
一、同质多像的概念	(41)
二、同质多像的转变及类型	(41)
第四章 晶体光学基础	(43)
第一节 晶体光学基本知识	(43)
一、光的波动性	(43)
二、自然光与偏光	(43)
三、光的折射和全反射	(44)
四、光波在均质体和非均质体中的传播特点	(46)
五、光率体	(47)
六、光性方位	(53)
第二节 偏光显微镜	(55)
一、偏光显微镜的基本性能	(55)
二、偏光显微镜的构造	(55)
三、偏光显微镜的调节和使用	(56)
四、薄片磨制简介	(59)
第五章 晶体矿物的光学性质	(60)
第一节 单偏光镜下的晶体光学性质	(60)
一、晶体矿物的形态	(60)
二、解理及解理夹角的测定	(60)
三、颜色及多色性	(62)
四、矿物的边缘、贝克线、糙面及突起	(63)
第二节 正交偏光镜下的晶体光学性质	(67)
一、消光现象及消光位	(67)
二、正交偏光镜间矿片的干涉现象	(68)

三、光程差公式	(70)
四、干涉色及干涉色色谱表	(70)
五、补色法则及常用补色器	(72)
六、正交偏光镜间主要光学性质的观察和测定	(74)
第三节 锥光下的晶体光学性质	(80)
一、一轴晶干涉图	(80)
二、二轴晶主要类型干涉图	(86)
第四节 透明矿物薄片的系统鉴定	(92)
一、透明矿物薄片系统观察的内容	(92)
二、鉴定未知矿物的一般程序	(93)
第六章 造岩矿物总论	(95)
第一节 矿物和矿物学的概念	(95)
第二节 矿物的化学成分	(95)
一、地壳的化学成分	(95)
二、元素的离子类型	(96)
三、矿物的化学成分及变化	(97)
四、矿物中的水	(98)
五、矿物的化学式	(99)
第三节 矿物的形态	(99)
一、矿物的单体形态	(99)
二、矿物的集合体形态	(101)
第四节 矿物的物理性质	(103)
一、矿物的光学性质	(103)
二、矿物的力学性质	(104)
三、矿物的相对密度、磁性、放射性及电学性质	(106)
第五节 矿物的成因	(107)
一、形成矿物的地质作用	(107)
二、矿物的成因标志	(109)
第六节 矿物的分类	(110)
一、矿物的晶体化学分类	(110)
二、本教材采用的矿物分类	(111)
三、矿物命名简介	(111)
第七节 矿物研究方法简介	(112)
一、手标本外观鉴定法	(112)
二、化学分析法	(112)
三、仪器分析法	(112)
第七章 造岩矿物各论	(115)
第一节 均质体矿物	(115)
第二节 一轴晶矿物	(120)
第三节 二轴晶矿物	(128)

一、硅酸盐类	(128)
二、硫酸盐类	(165)
第四节 不透明矿物	(167)
第八章 岩浆岩总论	(169)
第一节 岩浆及其结晶作用	(169)
一、岩浆的概念	(169)
二、岩浆的结晶作用	(170)
三、岩浆岩的概念及其一般特征	(170)
第二节 岩浆岩的物质成分	(171)
一、岩浆岩的化学成分	(171)
二、岩浆岩的矿物成分	(173)
三、岩浆岩的矿物成分与化学成分的关系	(176)
第三节 岩浆岩的结构与构造	(177)
一、岩浆岩的结构	(177)
二、岩浆岩的构造	(182)
第四节 岩浆岩的产状	(185)
一、侵入岩的产状	(185)
二、喷出岩的产状	(186)
第五节 岩浆岩相的概念及岩相的划分	(188)
一、侵入岩的相及岩相带	(188)
二、喷出岩的相	(189)
第六节 岩浆岩的分类	(191)
第九章 岩浆岩各论	(193)
第一节 超基性岩类	(193)
一、概述	(193)
二、侵入岩	(193)
三、喷出岩	(197)
第二节 基性岩类	(197)
一、概述	(197)
二、侵入岩	(198)
三、喷出岩	(201)
四、蛇绿岩套	(204)
第三节 中性岩类	(204)
一、概述	(204)
二、侵入岩	(205)
三、喷出岩	(208)
第四节 酸性岩类	(210)
一、概述	(210)
二、侵入岩	(211)
三、喷出岩	(214)

第五节 碱性岩类	(217)
一、概述	(217)
二、偏碱性岩类	(218)
三、过碱性岩类	(221)
第六节 脉岩类	(224)
一、概述	(224)
二、细晶岩类	(224)
三、伟晶岩类	(225)
四、煌斑岩类	(226)
第七节 岩浆岩的成因及其与地质构造的关系	(228)
一、关于岩浆岩的成因问题	(228)
二、我国岩浆岩的分布概况	(233)
第十章 变质岩总论	(235)
第一节 变质作用和变质岩的概念	(235)
一、变质作用和变质岩	(235)
二、变质作用的因素	(235)
三、变质作用的类型	(238)
四、变质作用的界限	(239)
五、变质作用的方式	(239)
第二节 变质岩的物质成分	(241)
一、变质岩的化学成分	(241)
二、变质岩的矿物成分	(242)
三、变质岩的矿物共生组合规律	(244)
第三节 变质岩的结构和构造	(244)
一、变质岩的结构	(244)
二、变质岩的构造	(252)
第四节 变质岩的分类	(255)
一、变质岩成因分类	(255)
二、变质岩原岩成分分类	(255)
第十一章 变质岩各论	(257)
第一节 动力变质岩类	(257)
一、概述	(257)
二、动力变质岩的分类和命名	(258)
三、主要的动力变质岩	(259)
第二节 热接触变质岩类	(260)
一、概述	(260)
二、热接触变质岩的分类和命名	(261)
三、主要的热接触变质岩	(261)
第三节 区域变质岩类	(265)
一、概述	(265)

二、区域变质岩的分类和命名	(265)
三、主要的区域变质岩	(267)
第四节 交代变质岩类	(272)
一、概述	(272)
二、交代变质岩的分类和命名	(272)
三、主要的交代变质岩	(273)
第五节 混合岩类	(275)
一、概述	(275)
二、混合岩的主要类型	(276)
第十二章 变质相和变质岩原岩研究	(279)
第一节 变质相的概念	(279)
一、变质带的概念	(279)
二、变质相的概念及其划分	(279)
三、变质相系的概念及其划分	(281)
第二节 变质岩原岩性质的识别与恢复	(283)
一、地质产状和岩石组合	(283)
二、矿物成分和矿物共生组合	(283)
三、结构、构造特征	(284)
四、岩石化学和地球化学特征	(285)
五、副矿物特征	(285)
第三节 变质作用与板块构造的关系概述	(286)
一、聚敛型板块边缘	(286)
二、背离型板块边缘	(286)
三、转换断层型变质作用	(287)
参考文献	(288)

绪 论

一、矿物岩石学的概念

矿物岩石学是研究矿物和岩石的成分、结构、构造、产出状态和形成过程的一门综合性学科,它包括了结晶学、晶体光学、(造岩)矿物学、岩浆岩岩石学和变质岩岩石学等五大基础学科。从学科体系的内容来看,这五个方面既相互独立,又密切相关,共同构成了这门地质学的基础学科。就矿物岩石学本身来看,结晶学是矿物学的基础,晶体光学是研究矿物的方法和手段,矿物学是岩石学的直接基础,对各类岩石进行成分鉴定及成因研究,都要应用矿物学知识。

矿物是由各种地质作用形成的,在一定物理化学条件下相对稳定的自然物体。其中大多数是结晶质的单质和化合物,它们具有比较固定的化学组成和晶体结构,因而也表现出一定的形态和物理、化学性质。

来自宇宙中其他天体的单质或化合物,如陨石矿物、月岩矿物等,可统称之为“宇宙矿物”。另外,在实验室条件下,用人工方法还可获得与自然矿物类似的物质,但由于它们不是自然产物,被称之为“人造矿物”。这些“矿物”都不是在地壳中形成的,因此也不属于本课程的研究范围。

矿物的种类很多,现在已知的约有三千余种,而且每年都有新种发现。但在三千多种矿物中,比较常见的组成岩石的造岩矿物不过百余种。在造岩矿物中,有些是主要的,它们的存在及含量决定着岩石的类型及性质,这类主要造岩矿物总共有二三十种。其他造岩矿物在岩石中含量较少,如岩浆岩中的副矿物、典型的变质矿物、典型的沉积自生矿物以及一些重要的金属矿物,但它们在岩石的成因研究中却起着重要的作用。

岩石是由一种或几种造岩矿物或部分天然玻璃所组成的,具有一定结构、构造和稳定外形的固态集合体。它是组成地壳的主要物质,是在地壳发展和演化过程中由各种地质作用形成的天然产物。按照这一概念,石油、天然气等因没有稳定的固体外形而不能称为岩石。人造岩石虽有一定的结构、构造和稳定的固体外形,但不是天然产出,自然也不能算做岩石。

岩石学是研究岩石的物质成分、结构、构造、成因、共生组合、分布规律以及成矿关系的一门科学,它是地质学中一门独立的学科。过去有人将研究岩石的物质成分和结构构造的学科称为岩类学或描述岩石学,而将研究岩石的成因和分布规律的学科称为岩理学或成因岩石学,两者是相互紧密联系的统一体。岩类学是岩理学的基础,岩理学又是岩类学的上层建筑,两者不能机械地分开。

根据岩石形成的地质作用不同,可把岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

(1) 岩浆岩 又称为“火成岩”,它是由地壳深处的岩浆侵入地壳或喷出地表冷凝结晶而成,如橄榄岩、玄武岩等。

(2) 沉积岩 又称为“水成岩”,它是在地表或近地表条件下,由原先形成的岩石(母岩)经过风化、剥蚀等一系列外力地质作用形成的风化产物,再经搬运、沉积和固结而形成的一类岩石,如页岩、砂岩、石灰岩等。

(3) 变质岩 它是地壳中原先形成的岩浆岩、沉积岩在岩浆活动、构造运动等一系列内力

地质作用的影响下,经受较高的温度和压力改造并发生变质而成。

上述三大类岩石都具有自己独特的特征,彼此之间常有着明显的区别。然而形成岩石的各种地质作用不是孤立的,在有些情况下,这三大类岩石又很难截然分开。有的成因复杂,甚至尚不能简单地确定为哪种成因;有的在两者之间存在着过渡类型,如火山碎屑岩就是岩浆岩和沉积岩之间的过渡类型,有人将它归于岩浆岩类中,而我们则考虑到火山碎屑岩常出现于某些含油气盆地的地层中,而且有些又作为油气储层,因此,暂归入沉积岩的范畴,该内容将在沉积岩岩石学中介绍。

综上所述,三大类岩石虽然各有其特征,但彼此之间常有着密切联系,其相互关系和相互演变的情况如图 1 所示。不过,它们的相互关系并非是简单的循环重复,而是螺旋式的向前发展。

尽管地壳是由上述三大类岩石组成的,然而它们在地壳中的分布,不论在横向上还是在纵向上都相差较为悬殊。按地壳 16 km 深度范围内的面积计算,岩浆岩、变质岩约占总体积的 95%,而沉积岩仅占 5%。按在地壳表层分布的面积计算,岩浆岩和变质岩仅占总面积的 25%,而沉积岩约占 75%。

有关岩石方面的知识很早就有记载,如我国的《山海经》一书就记载了许多有关岩石方面的资料,但岩石学作为一门独立的学科出现则是 18 世纪末的事。这个时期由于工业的发展和人们对矿物原料的需求日益增加而积累了大量的矿物和岩石方面的资料,从而促进了岩石学从地质学中分出,而形成一门独立的学科。在此以后至 20 世纪初,随着生产和科学技术的发展及人们对矿产资源需求的增加,三大类岩石又形成了各自独立的学科,即岩浆岩(火成岩)岩石学、变质岩岩石学和沉积岩岩石学。本教材包括了岩浆岩岩石学和变质岩岩石学两部分内容,这些内容是资源勘察专业的专业基础课基本知识,也是为沉积岩岩石学奠定基础的先行课程。

二、矿物岩石学的主要研究内容

矿物岩石学的研究内容包括了结晶学、晶体光学、造岩矿物学、岩浆岩岩石学和变质岩岩石学等五个学科。

(一) 结晶学的研究内容

自然界产出的矿物,绝大多数是晶体。因此,学习矿物学必须具备结晶学的基本知识,掌握晶体的固有特性、晶体的外部几何形态和内部质点排列的规律。结晶学的研究内容包括以下几方面:

- (1) 晶体的基本性质与分类;
- (2) 晶体的基本形态与双晶的特征;
- (3) 晶体的形成过程及其控制因素。

(二) 晶体光学的研究内容

晶体光学主要是研究可见光通过透明晶体所产生的一些光学现象及其规律的一门科学。不同的晶体有不同的光学性质,因此,晶体光学是研究鉴定透明矿物的重要方法。自 19 世纪中

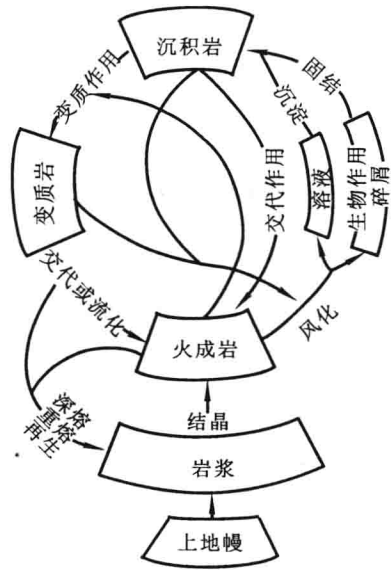


图 1 三大类岩石的相互关系

叶开始,偏光显微镜应用于矿物的鉴定和研究,这对于矿物学的发展起了重大的推动作用。从那时起,偏光显微镜就成了矿物研究鉴定中必不可少的工具。目前,晶体光学的应用范围已不局限于矿物和岩石方面,在玻璃、陶瓷、药品、盐类、化肥、铸石及建筑材料等生产和科研部门也广泛地应用晶体光学原理和方法进行研究鉴定,而且日益引起人们的重视。

晶体光学的研究内容主要是在单偏光镜下、正交偏光镜下和锥光镜下研究透明矿物的晶体光学性质,为镜下识别矿物和岩石奠定基础。

(三) 造岩矿物学的研究内容

造岩矿物学的研究内容包括以下几个方面:

(1) 矿物本身的特征,即矿物的化学成分、晶体结构、物理性质、化学性质、光学性质和矿物的分类命名;

(2) 矿物的成因与产状;

(3) 矿物的用途。

(四) 岩石学的研究内容

岩石学的研究内容是随着整个地质科学的发展和生产的需要来确定的。概括起来说,岩石学研究的主要内容有以下几个方面:

(1) 研究岩石本身的特征,即各种岩石的矿物成分、化学成分、结构、构造以及岩石的分类命名;

(2) 研究岩体的产状、时代及其共生组合,各种岩石在时间和空间上的分布规律,确定它们与地质构造的关系;

(3) 研究岩石和成矿作用的关系以及各类岩石成矿的专属性;

(4) 研究岩石形成的各种地质作用、物理化学条件、生成环境,研究岩石的成因、来源及其演化等问题。

上述四部分中的前两部分属岩类学范畴,属第一性的,是基础;后两部分属岩理学范畴,是在前者的基础上引伸出来的一些概念和推论出的成因及假说,只有研究前者所获得的资料确切详尽,推断出的成因、原理、假说才会有可靠的基础。

三、矿物岩石学研究的意义

科学来自于生产实践而又服务于生产实践,矿物岩石学也不例外。矿物岩石学的研究在人类的生产实践中具有重要意义,这是因为:

(1) 一定的矿产都与一定的矿物或岩石类型相联系,能够被利用的矿物或岩石就是矿产,例如金、银、铜、铁等金属矿产以及石灰岩、白云岩、大理岩、滑石片岩等非金属矿产。详细的矿物学和岩石学研究对于探矿、找矿具有重要意义。

(2) 对各类岩石的研究,能为石油及天然气勘探以及其他矿产地质、构造地质、工程地质、水文地质、探矿工程、地震、地球物理勘探等学科提供必要的和有价值的地质资料。

(3) 矿物和岩石是地壳发展过程中在各种地质作用下形成的自然产物,是地壳活动和演化的历史记录。因此,矿物和岩石的研究对地壳发展演化历史,甚至对各地质时期的古地理面貌的研究都可提供重要的、客观的资料依据。

四、矿物岩石学与石油地质的关系

大量的生产实践表明,世界上绝大多数油气田都分布在沉积岩中。因此在石油地质工作

中,对沉积岩进行大量而又深入的研究,是完全必要的,但是这也往往给人造成一种错觉,似乎岩浆岩、变质岩与石油地质工作无关,其实这完全是一种误解。这是因为:

(1) 岩浆岩岩石学和变质岩岩石学是学习沉积岩岩石学的基础。要认识沉积岩,首先必须了解岩浆岩和变质岩,因为后者是沉积岩最初的重要母岩。

(2) 母岩对沉积岩的形成和分布起着控制作用。为了判断母岩的性质,分析物源方向,寻找古陆的位置,都离不开岩浆岩岩石学和变质岩岩石学的知识。

(3) 沉积盆地的基底或边缘常常是结晶岩石,研究它们可以为钻井设计和地球物理资料解释提供有用的资料和数据。

(4) 岩浆岩和变质岩也可成为石油、天然气的储集层。如委内瑞拉,从基底的花岗岩裂隙中,每天可生产数千吨石油;在我国许多油田中,如胜利油田、大港油田、辽河油田等从太古界花岗片麻岩系中打出了日产千吨的油井,火山岩油藏也是胜利油田重要的油藏类型之一。

综上所述,不难看出,不仅沉积岩而且包括岩浆岩、变质岩在内,都和石油地质工作密切相关。因此,作为石油地质勘探者和地球物理工作者,不仅要掌握沉积岩的有关知识,而且也必须具备和掌握一定的岩浆岩和变质岩的基础知识。

第一章 结晶学基础

第一节 晶体的概念

提起晶体,人们自然会想到形态规则、晶莹剔透的水晶及冰洲石。实际上,晶体是自然界广泛存在的一类物体。我们日常生活中接触到的食盐、冰糖、明矾、石膏以及雪花等都是晶体,而岩石、水泥,甚至泥土等都是由晶体构成的。

晶体的颜色多种多样,从无色透明到黑色、红色、蓝色、绿色、紫色等,五光十色、绚丽多彩。大小也相差悬殊,如美国南达科塔州的一个锂辉石晶体长 12 m,重达 100 t,而泥土中的粘土矿物晶体一般要在显微镜甚至要在电子显微镜下才能看到,其大小只能以微米计。

晶体常呈一定形状的几何多面体产出(图 1-1)。晶体的外部表面称为晶面,晶面与晶面的交线称为晶棱,晶棱之间的交点称为角顶。然而规则的外形并不是识别晶体的必要条件,如把一粒任意形态的食盐颗粒置于 NaCl 过饱和的溶液中,通过一定时间的结晶,食盐颗粒也会长成立方体的规则形态。矿物晶体由于其形成环境不同还可以形成不同的形态,如萤石,可以具有立方体、八面体和菱形十二面体等形态。颜色、大小、形态不同的同种矿物的晶体,其化学性质及物理性质都是相同的,因而其本质也是相同的。

那么,晶体的本质究竟是什么?对这个问题的探讨持续了几个世纪,直到 20 世纪初(1912),人们用 X-射线对晶体进行了衍射实验,并且揭示了大量晶体的内部结构以后,才弄清了晶体的本质。原来,晶体内部的质点(分子、原子、离子、络阴离子等)是在三维空间作周期性重复排列的,这种重复排列构成了格子构造。如从食盐结构图(图 1-2a、b)中可以看到,钠离子(小球)和氯离子(大球),在空间不同方向都是按一定的间距重复出现的,如果用不同的符号(如用圈和点)分别代表氯离子和钠离子的中心点,并用直线把他们连接起来,就可以构成一个如图 1-3(a)所示的格子状图形。

不同晶体之所以能形成不同形态规则的几何外形,正是受格子构造规律制约的必然结果。是否具有格子构造是晶体与非晶体以及准晶体间的本质区别,因此,现代对于晶体的定义是:晶体是具有格子构造的固体。

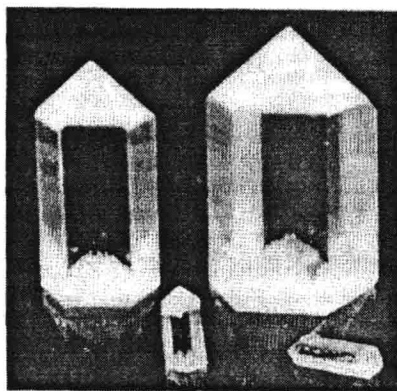


图 1-1 晶体的外形

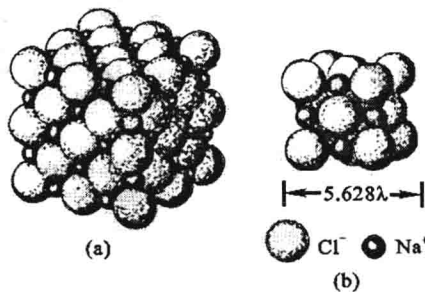


图 1-2 食盐的晶体结构

凡内部具有格子构造的固体物质称为结晶质(简称晶质),物质结晶即构成晶体。凡内部不具有格子构造的固态物质则称为非晶质,如玻璃、松香、琥珀等都是非晶质。

除晶体和非晶体之外,还存在一种称为准晶体的物质。准晶体是1984年确定的一种新的凝聚态物体,它是由Shechtman和Cahn以及我国学者叶恒强和国可信分别在快速冷却的 $Al_{12}Mn$ 和 $(Ti_{0.9}V_{0.1})_2Ni$ 合金中各自独立发现的。准晶体粒径极小(一般只达微米级),其内部原子既不像非晶质那样完全无序分布,又不像晶体那样成三维周期平移有序分布。目前尚未发现天然产出的准晶体。

第二节 晶体的空间格子

一、空间格子

空间格子,亦可称为空间点阵。

不同晶体的格子构造特征各不相同,但其内部质点在三维空间都作有规律的、无间隙的周期性重复。

从石盐的晶体结构(图1-3a)中可以看出,每个 Cl^- 的上下左右前后都是 Na^+ ;而每个 Na^+ 的上下前后左右都是 Cl^- 。由此可知,所有 Cl^- 的性质、环境和方位都是相同的,所有 Na^+ 也是如此。在晶体结构中,性质、环境和方位上相同的点称为相当点。在石盐的晶体结构中, Cl^- 和 Na^+ 为两类不同的相当点,无论是哪类相当点,它在三维空间的重复规律都是一样的(图1-3b),因而可以用不表示质点性质的几何点来表示相当点在空间的位置,就能得到一种既简明又能反映晶体结构普遍规律的几何图形——空间格子,如图1-3b、图1-4a所示。空间格子就是表示晶体内部质点重复规律的几何图形。

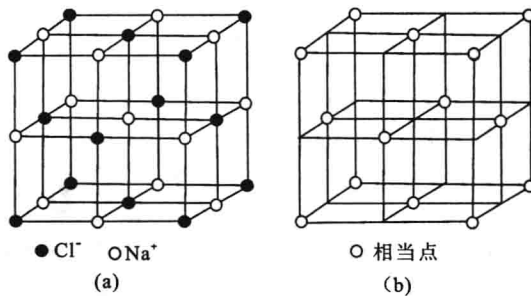


图 1-3 氯化钠的晶体结构及其空间格子
a—晶体结构;b—空间格子

二、空间格子要素

(一) 结点

组成空间格子的点,它们代表晶体结构中的相当点。结点只有几何意义,不代表任何类型的质点。

(二) 行列

质点在一条直线上的排列称为行列(图1-4b)。在空间格子中任意两个结点都可以决定一

个行列,因此行列是无限多的。同一行列中相邻两质点间的距离称为结点间距。在相互平行的行列中结点间距相等,而不平行的行列中结点间距一般不相等。

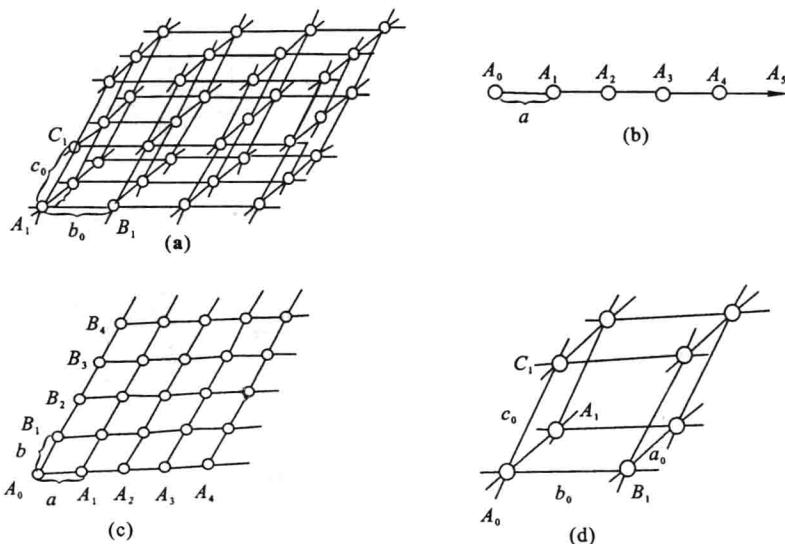


图 1-4 空间格子及其要素

a—空间格子;b—行列;c—面网;d—平行六面体

(三) 面网

结点在一个平面上的排列构成面网(图 1-4c)。空间格子中任意三个不在同一直线上的质点就可以决定一个面网,因此,面网也是无限多的。面网中单位面积内的结点数目称为面网密度。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;相互不平行的面网间的面网密度和面网间距一般也不相等。

(四) 平行六面体

连接空间格子中不在同一平面上的四个相邻的结点,可以构成三条不共面的行列,与这三条行列相应的三组平行行列便将整个空间格子划分成一系列平行叠置的平行六面体(图 1-4d)。这些平行六面体的三个棱长,恰好就是三条相应行列上的结点间距。因而平行六面体是空间格子的最小组成单位。在晶体结构中相应的最小组成单位称为晶胞。晶体就是由晶胞在三维空间无间隙的重复排列而成的。

三、十四种空间格子

平行六面体是空间格子的最小组成单位,整个空间格子可以看成是由平行六面体在三维空间平行而又毫无间隙地堆积而成的,因而平行六面体的几何特征代表着它所组成的空间格子的几何特征。

平行六面体的几何特征包括其大小、形态以及结点的分布等方面。

平行六面体的形态和大小,是由它的三个棱长 a_0 、 b_0 、 c_0 及其夹角 α 、 β 、 γ 等格子常数决定的(图 1-5)。经数学推导,格子常数间的组合关系可以有七种,并由此决定了相应的七种不同的空间格子类型:

立方格子 $a_0 = b_0 = c_0, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (图 1-5a);

四方格子 $a_0 = b_0 \neq c_0, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (图 1-5b);