

高等学校教材試用本

# 結晶学及矿物学

成都地质学院編

只限学校內部使用



中国工业出版社

本书共分如下几部分，即结晶学、矿物学及实习实验指导。在矿物学中包括通论及各论。全书内容除了必要的理论和120种矿物外尚考虑到不同专业的特殊需要，加强了某些个别的内容，如对水文地质和工程地质专业加入移动晶格的概念，为适应石油天然气地质勘探专业的需要，加强了粘土矿物的讲述和鉴定方法等，采用本书时，可针对专业的具体需要予以取舍。

本书供高等地质学校水文地质、工程地质、石油天然气地质勘探、地球物理勘探等专业学生作为教学用书，也可供上述专业的野外工作人员学习参考。

本书由成都地质学院蒋永年等编。

## 结晶学及矿物学

成都地质学院编

\*

地质部地质书刊编辑部编辑（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张12<sup>1</sup>/<sub>2</sub>·字数297,000

1961年11月北京第一版·1964年2月北京第三次印刷

印数6,587—8,146·定价（科五）1.50元

\*

统一书号：K15165·999（地质-48）

高等学校教材試用本



# 結晶学及矿物学

成都地质学院 編

中国工业出版社



## 序

本書系根据最近成都地质学院修訂的适用于水文地质、工程地质、石油天然气地质勘探、地球物理勘探等专业的結晶学及矿物学教学大綱編写而成。在編写中結合几年来学习苏联教学中的一些經驗和体会，并参考了A.Г. 別捷赫琴著的矿物学教程，E.K. 拉扎連科著的矿物学教程，北京地质学院、长春地质学院和成都地质学院有关結晶学和矿物学課程的講义，以及有关矿物的簡易化学分析方法等書籍。全書分緒論、結晶学和矿物学三部分。鑑于学时数較少，矿物学只包括通論和各論，缺少矿物共生組合部分，为弥补其不足，适当加强成因一章。此外，本書并附实习实验指导書。全書內容除了必要的理論和120种矿物外，尚考虑到不同专业的特殊需要，加强了某些个别的内容，如对水文地质和工程地质专业加入移动晶格的概念，为应石油天然气地质勘探专业的需要，加强了粘土矿物的講述和鑑定方法等。采用本書时，可针对专业的具体要求，予以取舍。

本書是在成都地质学院党委领导下，由蔣永年、丁毅、曾若谷和邓經石組成的編写小組进行編写工作，从1961年4月初开始着手，至5月15日完成初稿。緒論和矿物学通論第四、五、六章由蔣永年編写，結晶学和矿物学通論第一、二章由丁毅編写，矿物学通論第三章由曾若谷編写，矿物学各論主要由邓經石、曾若谷負責編写，蔣永年参加編写全部矿物类的概論。至于实习、实验指导書分結晶学实习、簡易化学分析和矿物学实习三个部分，由丁毅、邓經石和蔣永年分別編写。初稿由編写小組討論，提出修改意見，由原編写人进行修改。之后經成都地质学院編审委員丁毅和戈定夷审閱，院审查委员会审查。在整个編写过程中，成都地质学院党委和各級领导經常給予指导，結晶矿物教研室的同志們給予多方面的帮助，繪图室和摄影室分別担任了繪图和照象工作，陈宗礼等十六位同学担任抄写工作，使得本書得以順利完成，謹此致以謝意。

虽然本書在定稿前曾經几次修改，但因限于水平和經驗，且編写時間短促，其中遺漏、欠妥甚至錯誤的地方一定很多，請讀者多加批評指正。



# 目 录

序 .....	3
緒論 .....	7
一、結晶体和矿物的概念。結晶学和矿物学的定义 .....	7
二、結晶学和矿物学的发展簡史、现状和任务 .....	8
三、結晶学和矿物学在国民經济中的意义 .....	11

## 結晶学部分

第一章 概論 .....	13
一、晶体的概念 .....	13
二、晶体的分布 .....	13
三、空間格子簡說 .....	14
四、晶体的生长 .....	14
第二章 几何結晶学 .....	17
一、引言 .....	17
二、面角恒等定律及晶体測量 .....	17
三、晶体的对称 .....	18
四、晶体的形状 .....	22
五、結晶符号及晶体常数 .....	25
六、复晶 .....	28
第三章 結晶构造与結晶化学 .....	29
一、布拉維十四种空間格子 .....	29
二、空間格子的对称要素和空間群 .....	29
三、晶体的伦琴射綫研究 .....	31
四、决定晶体构造的因素 .....	31
五、晶格能概念 .....	33
六、化学鍵与晶格类型 .....	34
第四章 物理結晶学 .....	35

## 矿物学部分

### 通 論

第一章 矿物的化学成分 .....	36
一、門氏周期表在矿物学上的意义 .....	36
二、元素的离子类型 .....	36
三、矿物的化学成分类型 .....	37
四、类质同象 .....	37
五、胶体及其矿物成分 .....	38
六、矿物中的水 .....	39
七、矿物的化学式 .....	40
第二章 矿物的形态 .....	41
一、引言 .....	41
二、单体形态 .....	41
三、集合体形态 .....	43

第三章 矿物的物理性質 .....	45
一、矿物的光学性質 .....	45
二、矿物的力学性質 .....	49
三、矿物的电磁性質 .....	51
四、矿物的其他性質 .....	51
第四章 矿物的成因 .....	52
一、地壳的化学成份和化学元素在地壳中分布的規律 .....	52
二、矿物的形成方式、变化及其标志 .....	55
三、形成矿物的地质作用 .....	57
四、矿物的生成順序和矿物的共生 .....	65
五、矿物的复成因性和标型特征 .....	65
第五章 矿物的鑑定法和研究法 .....	66
一、矿物鑑定和研究的一般步骤 .....	66
二、簡易快速化学鑑定法 .....	67
三、詳細研究法 .....	68
第六章 矿物的命名和分类 .....	69
一、矿物的命名原則 .....	69
二、矿物的分类 .....	69

## 矿物学各論

第一大类 自然元素 .....	71
1. 金族 .....	72
2. 鉄-鉛族 .....	73
3. 半金屬族 .....	73
4. 硫族 .....	74
5. 碳族 .....	75
第二大类 硫化物、含硫酸及其类似化合物 .....	77
第一类 简单的硫化物及其类似的化合物 .....	78
1. 輝銅矿族 .....	78
2. 方鉛矿族 .....	78
3. 閃鋅矿族 .....	79
4. 磁黄鉄矿族 .....	80
5. 黄銅矿族 .....	81
6. 碲黄族 .....	81
7. 輝銀矿族 .....	82
8. 輝鉛矿族 .....	83
9. 黄鉄矿族 .....	84
第二类 含硫酸 .....	86
第三大类 卤化物 .....	87
第一类 氟化物 .....	88
第二类 氯化物 .....	88
第四大类 氧化物和氢氧化物 .....	89

第一类 简单和复杂的氧化物	91
1. 赤铜矿族	91
2. 刚玉—钛铁矿族	91
3. 金红石族	93
4. 非晶铈矿族	95
5. 石英族	96
6. 尖晶石族	98
第二类 氢氧化物或含氢氧根的氧化物	100
1. 铝的氢氧化物	100
2. 铁的氢氧化物	101
3. 锰的氢氧化物	101
第五大类 含氧盐	102
第一类 硝酸盐	103
第二类 碳酸盐	104
1. 方解石族	105
2. 文石族	108
3. 孔雀石族	110
第三类 硫酸盐	110
1. 重晶石族	111
2. 硬石膏与石膏族	112
3. 明矾石族	113
第四类 铬酸盐	114
第五类 钼酸盐和钨酸盐	114
1. 钨钼铁矿族	114
2. 钨酸钙矿族	115
第六类 磷酸盐、砷酸盐和钒酸盐	116
1. 磷铈镧矿族	117
2. 磷灰石族	117
3. 铀云母族	118
第七类 硼酸盐	119
1. 无水硼酸盐	120
2. 含水硼酸盐	121
第八类 矽酸盐	121
亚类一 岛状构造的矽酸盐	125
1. 锆英石族	125
2. 橄欖石族	126
3. 石榴石族	127
4. 黄玉族	128
5. 红柱石族	128
6. 十字石族	129
7. 符山石族	130
8. 榍石族	130
9. 绿帘石族	131
亚类二 連續鏈状构造矽酸盐	133

1. 輝石族	134
2. 角閃石族	137
3. 矽灰石族	138
4. 矽綫石族	139
亚类三 連續层状构造的矽酸盐	139
1. 滑石—叶腊石族	141
2. 云母族	142
3. 綠泥石族	144
4. 含水云母族及其类似矿物	145
5. 蛇紋石族	145
6. 高岭石族	146
7. 多水高岭石族	146
8. 微晶高岭石族	147
亚类四 連續架状构造的矽酸盐	148
1. 长石族	149
2. 似长石	153
3. 方柱石族	155
4. 沸石族	155

## 实习实验指导

### 一、结晶学部分

(一) 对称要素及晶族晶系的划分	156
(二) 晶体的形态	157
(三) 结晶符号	159
(四) 双晶及实际晶体	160
(五) 晶格类型及最紧密堆积	161

### 二、简易化学分析部分

(一) 吹管分析法	163
(二) 显微化学分析法	166
(三) 点滴(斑点)分析法	168
(四) 研磨分析法	170
(五) 磷酸溶矿法	171
(六) 染色法	173

### 三、矿物学部分(通論部分)

(一) 矿物的形态	174
(二) 矿物的物理性质	175
(三) 矿物的成因类型	179
I. 自然元素	180
II. 硫化物及其类似的化合物	181
III. 卤化物	184
IV. 氧化物和氢氧化物	185
V. 含氧盐	189



# 緒 論

## 一、結晶体和矿物的概念。結晶学和矿物学的定义

結晶学是研究結晶体的科学，而矿物学是研究矿物的科学。但是什么是結晶体，什么是矿物呢？首先应该弄清楚研究的对象。

大家知道，石英、石盐、方解石、磁鉄矿等都是結晶体（图1）。由于它們也是矿物学研究的对象，因而又称为矿物或“結晶矿物”。为了便于闡述二者的基本概念，首先从矿物談起。

矿物是化学元素在地壳中經各种地质作用形成的，具有一定的化学成分，并且在大多数的情况下具有一定的内部构造的产物。

自然界形成的矿物，除了少数的矿物呈現液态外，絕大多数的矿物呈固态出現。按照矿物所表现的性状，可以概括地分为“結晶矿物”和“胶体矿物”，“結晶矿物”并一直为矿物学研究的主要对象。由于“結晶矿物”具有比較一定的化学成分和内部构造，这不仅决定了它們的物理性质和化学性质，而且当形成条件适宜获得結晶多面体外形时，也显示一系列的几何規律。很早以前，人們将这样的結晶多面体称为結晶体。現在結晶体的概念扩大了，凡是内部质点規則排列构成一定的格子状构造（詳于后）的，不論其外形如何均称为結晶体或結晶物质。至于“胶体矿物”在形成过程中的原始形态是非晶质凝胶，之后逐漸轉变成微晶胶体矿物，高岭石就是这样的例子。高岭石的顆粒如此細小，以致只有在电子显微鏡下才能发现它們的形状。象这样的胶体分散矿物就具有一系列的“結晶矿物”少有或根本沒有的性质。这些性质将在以后的有关章节中談到，此处从略。

結晶体和矿物的概念是随着社会历史及生产力的发展、人們認識自然事物逐漸深化而形成的，将来也必然会不断地修正，而使之日趋完善。

現在已知矿物約2000种，常見的約100种，每年增加的新种和变种大約30—40种。

根据結晶体和矿物的定义以及它們在生产实际中的应用，則結晶学和矿物学的定义分別如下：

結晶学是研究結晶体的发生、成长、外部形态、内部构造以及物理性质的科学。

矿物学是研究矿物的化学成分、内部构造、形态、性质、成因产状和用途，以及其相互关系的科学。

結晶学和矿物学都是独立的科学，但是它們都不是孤立的，无论它們的发展或者研究内容都与其他科学的发展有着密切的关系。数学、物理学和化学是結晶学的基础，結晶学

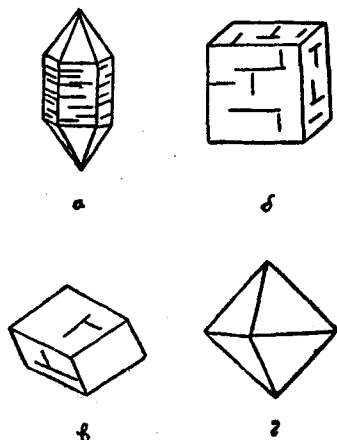
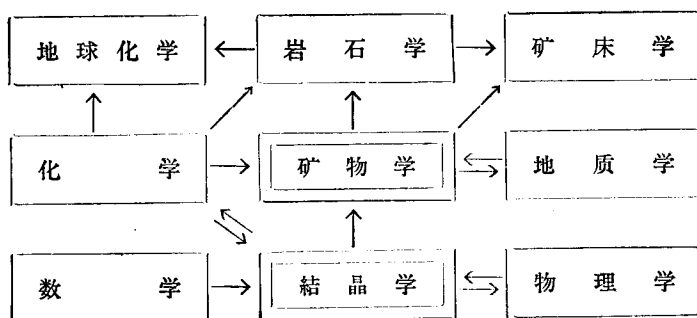


图 1 結晶体的外形

1—石英  $\text{SiO}_2$  ; 2—石盐  $\text{Na}_2\text{Cl}$  ;  
3—方解石  $\text{CaCO}_3$  ; 4—磁鉄矿  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

的研究成果为其他有关的科学（化学、物理学、金相学、矿物学、岩石学等）提供丰富的资料。其中结晶学和矿物学的关系尤为密切，结晶学一直做为矿物学的基础。

矿物学的研究经常用到化学、物理化学、胶体化学的知识，而矿物学的成就也为它们所引用。在地质科学领域中，矿物学是岩石学、矿床学和地球化学的基础，反之，这些科学的发展对矿物学也有促进作用。此外，矿物学是地质学的一部分，因而矿物学的研究和发展不能脱离地质学的基础。兹将结晶学和矿物学与其他科学的关系以图解表示如下：



## 二、结晶学和矿物学的发展简史、现状和任务

结晶学和矿物学的关系极为密切，长期以来，结晶体做为矿物学研究对象的一部分，只是后来结晶学萌芽、发展成为一门独立的科学，从矿物学中分离出来。显然，在它们平行发展过程中，它们彼此影响，互相促进而日趋完善。鉴于结晶学萌芽时期较晚，而它与矿物学之间的关系又如此密切，为了叙述方便起见，在矿物学发展简史中一併讲述结晶学的发展过程，不再单独叙述。

根据矿物学在发展过程中各个阶段的特点，划分以下四个时期。

### I、矿物学的萌芽时期（公元前一万年——公元前后）

这一阶段处于原始社会和奴隶社会的时代，生产力极不发达。人们为生存与自然斗争，使用矿物、岩石做为工具，因而在劳动中积累了识别矿物的知识。由于利用不同的矿物，导致人类生产斗争的不同发展，因而根据不同的阶段中所使用的矿物来划分史前文化。

世界上最早用文字记载矿物学知识的，首推我国。我国古籍《山海经》描述了13种矿物的颜色、形状、延展性、硬度等性质和产地。这是最早记载矿物的文献，早于其他国家许多世纪。

另外，还有《尔雅》、《管子》、《淮南子》等古书中也都有关于矿物和金属的记述。其中《管子》一书还指出金属矿床的垂直分带现象，某些矿物的共生以及金属矿床中一些矿物被另一些矿物代替的作用，实质上是找矿标志的总结。

国外最早用文字记载矿物的有希腊亚里斯多德（公元前384—322年）和他的学生提奥弗拉斯特（公元前371—286年）。亚里斯多德将与金属类似的矿物归属“似金属类”。提奥弗拉斯特著“石头论”，将矿物分为（1）金属、（2）石、（3）土，描述了16种矿

物。

从上述的古籍中可以看出，这一阶段的特点是矿物学积累知識的萌芽时期。

### Ⅰ、封建中世紀矿物学停滞时期（公元初——15世紀）

从矿物学积累知識的萌芽时期以及很長的一个期間，欧洲国家在中世紀为封建、宗教統治之下，科学思潮受到限制。由于当时点金术脱离了科学发展的道路和对自然的系統研究，将矿物学和化学引向为宫廷、貴族服务，沾染神秘色彩，脱离生产，加之帝王和貴族封建割据，战争頻繁，以致社会生产力很低，所有这些都对矿物学及其他科学的发展起着阻碍作用。

在东方阿拉伯国家吸收古希腊文化之后，科学創作却有显著的进展。十一世紀初，花刺子模人（現苏联烏茲別克苏維埃社会主义共和国的一部分）阿尔·比罗尼（公元972—1048年）著“宝石知識汇编”，首次用硬度、比重等物理常数辨識矿物，并且引用許多矿物研磨、琢光、热及化学处理的技术知識。伊比·西納（公元980—1037年）的“群石論”将矿物分为：（1）石和土、（2）硫化物、（3）金屬和（4）盐，四类。硫化物和金屬分为两类是一进步（提奥弗拉斯特将它们归屬于一类）。其后捷克人阿格里科拉（1494—1555年）著“論矿物的起源”一書，詳細描述矿物的鑑定特征的顏色、透明度、光泽、硬度、比重、解理、味、嗅等以及外表形状，并指出矿物和岩石的区别。此外，还論述了矿床的形成問題。他的著作对以后的矿物学研究上起了很大的影响。

我国在这一时期亦同样处于封建統治中，汉武帝罢黜百家，独尊儒术，使得春秋战国时期蓬勃发展的科学思潮受到摧残。和国外比較，我国有关矿物的化学性质方面的知識很早就以炼丹术的姿态出現了，对于一些矿物（如辰砂、汞等）的性质以及它們之間的相互关系亦有所了解，只是后来沾染了神秘色彩，脱离生产而走入歧途，矿物学不可能有进一步的发展。不过，由于我国炼丹术发展較早，在不得人心之后，随即轉入医学，因而我国矿物学知識在医药中有了些发展。在医药書籍中对水晶的形态作了深刻的描述，例如陶弘景（公元450—530年）在良医别录說：“白石英生华阴山谷及太山，大如指，长三寸，六面为削，白彻有光……”。

总之，在这一阶段內虽然东方国家中有个别的学者在矿物学方面做出某些貢獻，但是从总的來說，矿物学的发展在此阶段处于停滞状态，一般的著作和記載屬于描述性质。

### Ⅱ、資本主义时代矿物学的发展（文艺复兴——20世紀初）

十五世紀末叶文艺复兴以后，商业資本逐渐兴起。由于工业发展，需要大量的矿石，刺激了矿业的发展。此外，对加工技术要求提高，有关科学的迅速发展，使得矿物学的研究方法和研究内容逐渐发生变化。到了十九世紀，矿物学逐渐成为独立的科学。

在这一阶段对矿物学做出貢獻的有M. B. 罗蒙諾索夫（公元1711—1765年），他提出結晶构造理論，共生理論以及合成矿物的問題。B. M. 謝維尔金（公元1765—1826年）著“俄罗斯矿物分类”，書中不仅注意了物理性质的描述，同时也注意了矿物的化学特性。他們的工作奠定了俄罗斯矿物学的基础。随后矿物学形成二个学派：結晶学派和化学派。十九世紀末，化学元素周期系发现，推动矿物学进一步发展。此后B. H. 維尔納茨基（公元1863—1945年），A. E. 費尔斯曼（公元1883—1945年）及挪威学者V. M. 戈尔斯密特（公元1888—1947年）等人創立新学派——地球化学。他們将矿物学看做“地壳的化学”，提出用地壳发生的作用来研究矿物的观点。

結晶学也在这一阶段开始萌芽了，而且有了較快的发展。十七世紀后半叶，H. 斯丹諾发现晶面角恒等定律，奠定了几何結晶学的基础，同时 E. 巴尔托林发现双折射現象，R. J. 阿羽衣发现了整数定律，并发表关于晶体构造的見解。此后有 C. S. 魏斯、W. H. 米勒、H. H. 柯克沙洛夫等人在几何結晶学方面做了許多工作，因而結晶学在十九世紀初叶得到迅速发展。

十九世紀末叶，結晶构造理論有了发展，A. 布拉維推出十四种格子，E. C. 費道洛夫推導了230种空間群，他将結晶学和化学方向結合起来发展了新的一支——結晶化学。1895年伦琴射綫发现，1912年劳埃应用它来測量晶体构造。此后，Г. B. 吳里夫、布拉格父子、P. 尼格里、L. 勃林、V. M. 戈尔斯密特等人做了許多工作。此外，在这一阶段也进行培养人工晶体，Г. B. 吳里夫在这一方面有着重要的貢獻。

至于我国的情况則有不同。那时我国正处在长期封建統治中，生产长期得不到发展，結晶学和矿物学发展緩慢，与国外比較，可以說是处于长期停滯状态。有关的著作值得提出的是明朝李时珍（公元1518—1593年）整理过去积累的大量药用矿物資料，加以刪补訂正，著“本草綱目”。他将矿物分为金、玉、石、卤四类，并描述了做为鑑定特征的形态和性质。

綜合国际方面的情况，由于生产力的发展和其他科学的成就的影响，矿物学在短的时期內向前迈了一大步，分析已积累的資料，并綜合成为矿物学理論。而結晶学的发展尤为迅速，几何結晶学由萌芽、发展到成熟。关于結晶构造的几何理論也达到了成熟阶段。在这个阶段的早期，結晶学主要研究对象是天然的晶体，結晶学做为矿物学的一部分。以后結晶学研究內容日益广闊，开始培养人工晶体，密切联系生产实际，不再专门为矿物学服务了，結晶学便逐渐脱离矿物学而成为一門独立的科学。

在这一阶段的后期，欧美資本主义国家中唯心观点占了上风，以致科学很少发展。在結晶学和矿物学方面，虽然也有个别的著名学者在某些方面有所发展，但从总的来說，仍未脱离积累資料和描述性质，孤立地进行形态和性质的研究，脱离生产实际，不能总结指导生产实际的普遍規律。

#### IV、近代矿物学的发展情况：

二十世紀以后，各門科学发展的速度都很快，結晶学与矿物学也和其他科学一样，在世界各国都得到了迅速的发展。

我国在解放前是一个半封建、半殖民地的国家，长期在国民党反动統治之下，受尽了帝国主义的侵略和压迫，生产落后，工业不发达，对于地下資源或者使之埋藏于地下，或者让帝国主义者任意掠夺，因而地质科学包括矿物学和結晶学在內处于停滯状态。全国从事矿物学和結晶学工作的人员屈指可数，有关著作寥寥无几，当时只有章鴻釗先生著“石雅”一书，将中国后来的矿物学的发展做了初步的总结。此外，还有极少数有关矿物学和結晶学的一般性文章发表于期刊中。

我国解放后，在党的正确领导下，大力开展地质普查和勘探工作，結晶学和矿物学不仅为此做出了貢獻，并且也在工作中积累了丰富的知識。最近几年来，为了更好地适应工农业大发展的要求，在技术革新与技术革命运动中創造了許多岩矿鑑定和研究的工具和方法，在工作中提高了精度，加快了速度，对以后結晶学和矿物学的发展也必然会起着重要的作用。

随着地质普查和勘探工作的进行，在我们祖国辽阔的土地上获得了丰富的有关结晶学和矿物学方面的资料：发现了一些矿物新种、变种以及世界上稀有的矿物；做了区域矿物学、重要矿山的矿床矿物学等工作。矿物资料整理工作在积极进行，经鉴定研究者达数百种，并测定一些矿物的结晶构造，发现新的硅酸盐构造型式。此外，人工晶体也在设厂，从事生产。

因此，结晶学的任务：一方面继续研究晶体的性质，以供工业所需；另一方面要继续寻找和制造新的、工业上需要的、具有某种性质的晶体。此外，还要继续研究晶体的发生和成长的过程。

至于矿物学的任务主要包括以下的两个方面：

1. 全面研究矿物的化学成分和内部构造及其与矿物的物理性质和化学性质的制约关系，以便更好地充分地利用它们。

2. 研究自然界矿物的共生组合和形成规律，以求更真实地了解其生成条件，作为普查和勘探工作的指南，为社会主义国民经济寻找和扩大矿物原料基地。

为了了解矿物的形成条件，应该开展人工合成矿物的研究工作，同时，还可以弥补天然物质之不足。

### 三、结晶学和矿物学在国民经济中的意义

目前在工业和技术各个部门都在广泛地利用晶体。凡是利用晶体的地方，都需要结晶学的知识。结晶学的重大意义在于此。

晶体的应用随着结晶学知识的发展也越来越广泛。金刚石可以做钻探用的钻头。刚玉可用来做精密仪器的轴承。光学仪器制造需要水晶、冰洲石、云母、萤石等晶体。压电石英和电气石等在不带电工业上是不可缺少的。金刚砂、刚玉、石榴子石等可做研磨剂。

利用结晶学的知识，用人工晶体的方法培养工业上所需要的晶体。在冶金工业上制备各种合金也需要结晶学的知识。

此外，深入研究各种晶体的构造和性质，可以扩大晶体的使用范围和寻找代用品。

矿物学直接为我国社会主义建设事业寻找和扩大矿物原料基地而服务的。

目前，国民经济的各个部门都直接或间接和矿物发生关系，或者利用它做原料，或者利用它们经过加工后的产品。至于发展农业则需要利用矿物肥料，农业机械的制造，显然也是用矿物做原料的。

由此可见寻找和扩大矿物原料基地直接关系到增强国家在政治上、经济上和国防上的力量。

矿物学在找矿和勘探工作中具有重要的作用，因为它可以帮助了解矿床的生成条件，这对于确定矿床的工业评价是极为重要的。此外，矿物学尚能精确地鉴定矿物的成分和性质，以便在工业上应用。

利用矿物学的知识可以查明化学元素共存的规律和矿物的自然组合。了解化学元素共存规律能够指出综合利用的可能性，例如在闪锌矿中可能含有镉、铟等分散元素，而闪锌矿几乎是含有这些元素的唯一矿物，这就说明为什么在冶炼锌的实践中，同时注意提取其他有用组份。研究矿物的自然组合则有利于寻找和勘探有用矿物。例如在基性岩中黄铜矿、磁黄铁矿和辉黄铁矿密切共生，正是矿物学阐明这一规律之后才利用来做为寻找镍矿

的标志。

利用矿物学的知識闡明金属矿床上部矿物变化的規律性，很久以前就被人們利用来做为寻找金属矿床的标志。

此外，矿物学还可以确定选矿的方法和矿物原料加工技术过程中所必要的条件。例如了解矿物顆粒的大小，彼此結合的关系以及比重、磁性、导电性等物理性质对于选矿來說是非常重要的。

矿物学在国民經济中的意义不仅限于对工农业有关的矿物研究上，目前尙未应用于工农业上的一些矿物的研究也很重要，正如C.C.斯米尔諾夫所說：“詳細研究矿层中的矿石矿物和脉石矿物，对于了解矿床的成因及解决許多純粹的实际問題方面，可提供很多的事实”。

綜上所述，可以看出結晶学和矿物学在国民經济上的巨大作用。在把我国建設成为一个强大的社会主义国家的过程中，結晶学和矿物学将做为一支巨大的科学力量，不断地做出重大的貢獻。

另外，結晶学和矿物学在水文地质、工程地质、石油天然气地质勘探、地球物理探矿等专业上的意义也是巨大的。首先它們是专业基础課，沒有結晶学和矿物学的知識，学习岩石学、矿床学等課程是不可能的。其次，在結晶学和矿物学的基础上研究岩石有助于了解岩石的水文地质性质和工程地质性质。石油产于沉积岩层中，而沉积岩多半是由粘土矿物构成的，因此，研究沉积岩和进行石油勘探工作不能脱离結晶学和矿物学的基础。至于物探方法的选择，必須了解矿物、岩石的性质，而物探的結果（如数据、曲綫等）又必須密切結合地质才能得到正确的解释。

# 結晶学部份

## 第一章 概 論

### 一 晶体的概念

結晶学就是研究晶体的科学，更詳細地說，結晶学是研究晶体的发生、成长、外部形态、内部构造以及物理性质的科学。因其研究的对象是晶体，故首先应弄清晶体的概念。

在古时我們把水晶称为晶体，后来这一名詞扩大了，凡是具有多面体外形的一切固体都称为晶体，例如石英（图 2）和石榴子石（图 3）。現在看起来这样的說法已是不够严谨，因为只注意到外表现象而忽視了本质。晶体之所以能具有多面体外形是由于内部的质点（原子、离子、分子）呈規律排列的結果。因此，晶体就是内部质点呈規律排列的固体。

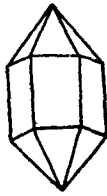


图 2 石英晶体

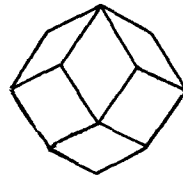


图 3 石榴子石晶体

晶质物体与非晶质物体本质上的区别，在于它們的組成质点是否呈規律的排列，而不是在于是否具有多面体外形。也就是說，凡是质点呈規則排列的物质，不論有无多面体外形及形体大小如何都应称它們为晶体。反之，质点不呈規則排列的物质，即或人工把它磨成多面体形状，仍然是一种非晶质体。

对于一个完好的晶体來說，它是有平坦而光滑的面、笔直的稜和清晰的尖等，这些面、稜、尖在結晶学上一般称为晶面、晶稜和晶尖，三者合称为晶体的界限要素。

### 二 晶体的分布

容易引起我們注意的結晶体，往往是一些晶形較完整，形体較大，而用作为裝飾品的宝石以及陈列館內的矿物标本。因此不免有人怀疑結晶体仅限于少数物体了。如果詳細观察我們周围的一切，便不难了解結晶物质的分布是非常广泛的。在自然界中組成地壳的岩石絕大部份为晶质体，由各种工厂和实验所制造出来的产品，也是很多为晶质体，如工业上用途最多的鋼鉄，皆系无数晶粒的集合体。日常生活上不可缺少的食盐，都具有显著的晶质构造。自用伦琴射綫研究晶体成功以来，結晶物质的范围又得到进一步的扩大，更証

实了煤烟，眼膜及纖維等均為極小的晶体聚集而成。因此，我們可以毫不夸大的这样說，我們生活在晶体的世界里。

### 三 空間格子簡說

晶体內部质点排列規律都是呈“空間格子”状。空間格子的一般形式如图 4，它是一种无限的几何图形。空間格子上的結点是一种几何点，在实际晶体中占据結点位置的可能是相同的原子，也可能是离子或分子。由結点排列而成的直綫称为行列，同一行列上各相

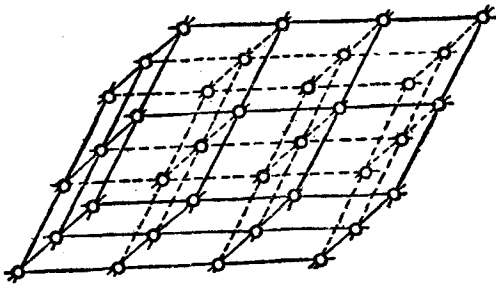


图 4 空間格子

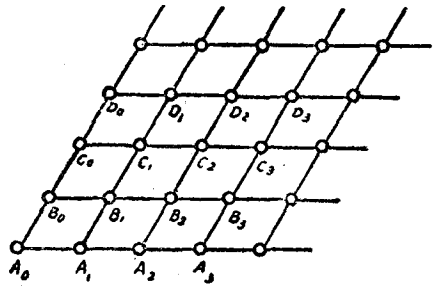


图 5 空間格子面网

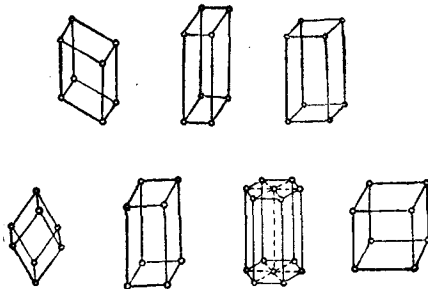


图 6 七种单位晶胞

邻质点的距离不变，如图 5 中的  $A_0A_1$ 。平行的行列中結点間距相等如图 5 中的  $A_0B_0 = A_1B_1$ 。同一平面的行列形成面网，面网为同形等大的平行四边形所組成，空間无任何間隙（图 5）。面网相迭即得无数的平行六面体群，各平行六面体形状相同邻面重合，填满空間不留任何空隙。平行六面体是空間格子的一个单位又称晶胞。晶胞的形状大致又分为七种，如图 6 所示。

晶体的外形与空間格子有如下的关系：晶面相当于面网，晶稜相当于行列，角頂相当于結点。这說明了規則的几何外形是規則的内部构造的反映。

### 四 晶体的生长

I、晶体形成的途径 晶体可以由液体、气体和固体产生。

1. 液体中晶体的析出 液体中晶体的形成有两种情况，一是过饱和溶液或是过冷却液体的結晶；一是化学反应的結果。因液体中的质点易于流动，便于排列，在普通环境下，这类晶体的生成极为普遍，在沉积岩中所夹的食盐和石膏等都是这种作用所成的。

在自然界中还有規模更为巨大的形成晶体的情况，这就是岩浆的結晶。岩浆为一种高



温的熔融体，它冷凝后形成各种各样的岩浆岩以及有关矿产。

2. 由气体直接晶出 由于气体的升华作用形成的晶体，多呈毛发状及粉末状、以鳞片状小晶体，这些晶体多具高度挥发性。如火山作用所成的硫黄及卤盐等。

3. 固体物质的再结晶 非晶质经过相当的时间后，内部质点就会规律地排列起来，细小的晶体在温度高压力的情况下能直接变为大晶体，这些都称为再结晶。石灰岩经与岩浆接触后变为粗粒大理岩就是再结晶的一个例子。

小晶体变为大晶体还有一种途径，就是有一部分物质先溶为溶液，然后再贴于晶体上，使晶体变大，此称为重结晶作用。在区域变质中，这一作用常引起片状矿物的产生。

Ⅰ、晶体的形成过程 晶体形成的过程可以分为两个阶段：晶芽的形成和长大。晶芽的形成有两种方式，一种是在介质中自发生成，另一种则是外来的物质所构成的结晶中心。自发晶芽的形成主要是由于质点间吸引力作用的结果。

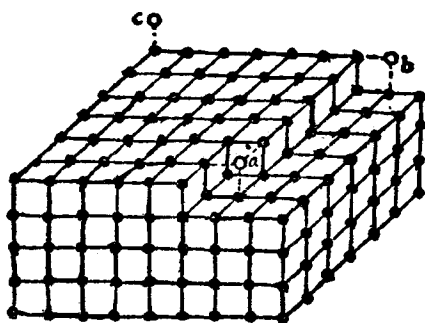


图 7 晶体上质点排列顺序

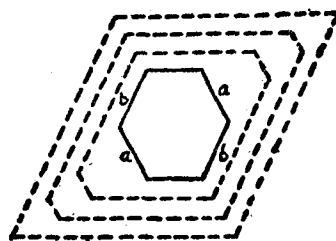


图 8 晶体不同方向的生长速度

晶芽进一步发育方式是多种多样的，有的是个别质点继续向晶芽上排列，有的是解晶和面晶甚至是其他的小晶芽按一定位置粘合在另一个正在生长的晶芽上。按整个晶体来说，晶体的生长是由其表面不断地增加新的外层物质，而外层增加的结果便使各晶面平行向外移动。晶体的物质为什么会成层增加呢？主要是由于质点按一定的顺序排列结果。图 7 为一尚未形成的原子格子。当新的质点加到结晶体上的时候，有三个位置可以落下质点，在  $a$  处有三个方面的吸引力，在  $b$  处有两个方面的吸引力，在  $c$  处只受到一个方面的吸引力。因此，新的质点必须排满具最大引力的  $a$  的位置，然后排满  $b$  的位置，最后方可轮到  $c$ 。故晶体的生长，只可一层一层地增加，晶面永远保持其平面性，晶稜永远保持其直线性。

晶体上各晶面生长的速度是不平衡的，速度的大小与面网上质点密度成反比关系，密度大的晶面生长慢，小的生长快。各晶面的相对生长速度对晶体的形态有很大影响，生长速度快的晶面在晶体生长的时候，相对地变小，甚至消失，如图 8 上的  $a$  面。反之生长速度小的晶面在晶体生长过程中相对增大，如图 8 上的  $b$  面。

由此，可知晶体生长到最后总是为密度较大的晶面所包围。这一法则首先由法国结晶学家布拉维指出，因此称为布拉维法则。

Ⅱ、影响晶体生长的因素 晶体生长的情况除决定于内因外，还受外界因素的影响。在不同的地质条件下，往往由于影响晶体生长因素的不同，同一成分的矿物晶体在形态以及物理性质都可能有一些差别。影响晶体生长的因素重要的有温度、杂质和浓度等。