

矿 物 学 讲 义

北 京 地 质 学 院

結 晶 矿 物 教 研 室

1 9 5 9 年 6 月

矿物学讲义目录

第一篇 通論

	頁次
第一章 緒論.....	1
§ 1. 矿物和矿物的概念.....	1
§ 2. 矿物学的发展簡史、現狀和任务.....	2
第二章 矿物的化学成分.....	4
§ 1. 地壳的化学成分.....	4
§ 2. 元素的离子类型.....	5
§ 3. 矿物的化学成分类型.....	6
§ 4. 矿物化学成分的变化.....	7
§ 5. 矿物化学成分的表示法——矿物的化学式.....	9
第三章 矿物的形态.....	11
§ 1. 單体的形态.....	11
§ 2. 連生体的形态.....	16
§ 3. 集合体的形态.....	21
第四章 矿物的物理性質.....	30
§ 1. 矿物的光学性質.....	30
1. 顏色.....	30
2. 条痕.....	31
3. 透明度.....	31
4. 光澤.....	32
§ 2. 矿物的力学性質.....	32
1. 解理、断口、裂开.....	32
2. 硬度.....	34
3. 比重.....	35
4. 其他力学性質.....	35
§ 3. 矿物的电学性質.....	35
§ 4. 矿物的磁学性質.....	35
§ 5. 矿物的热学性質.....	36
§ 6. 矿物的其他性質.....	36
第四章 矿物的成因.....	37
§ 1. 矿物的形成方式.....	37
§ 2. 矿物的标型特征和标型矿物.....	38
§ 3. 矿物的生成順序和共生組合.....	38
§ 4. 矿物的成因类型.....	41

1. 內力成矿作用的矿物成因类型	42
(1) 岩浆型	42
(2) 偉晶型	42
(3) 热液型	42
(4) 火山型	42
2. 外力成矿作用的矿物成因类型	44
(1) 风化型	44
(2) 沉积型	45
3. 变質成矿作用的矿物成因类型	45
(1) 接触变質型	45
(2) 区域变質型	46
第五章 矿物的鑑定法及研究法——簡易快速化学鑑定法	48
§ 1. 矿物鑑定和研究的一般步骤	48
§ 2. 簡易快速化学鑑定法	48
一、吹管分析法	49
I 概述	49
II 硼砂或磷鹽珠球染色反应	50
III 在木炭上的被膜反应	51
IV 硫肝試驗	52
V 硝酸鉛染色試驗	53
VI 火焰染色	53
二、矿物粉末研磨定性分析法	54
三、斑点試驗(点滴分析)法	54
四、磷酸溶矿法	55
第六章 矿物的应用	57

第二篇 矿物各論

矿物的分类及命名	59
第一大类 自然元素	60
一、自然金属元素矿物	61
二、自然非金属元素矿物	62
第二大类 硫的化合物及其类似化合物	66
第一类 簡單硫化物	67
1. 輝銅矿族	67
2. 方鉛矿族	67
3. 閃鋅矿族	68
4. 黃銅矿族	70
5. 磁黃鉄矿族	72
6. 輝銀矿族	73

7.	雌黃族	74
8.	輝鉬礦族	74
第二类	復硫化物	75
9.	黃鐵礦族	75
第三类	硫鹽	78
10.	銅的硫鹽	78
11.	鉛的硫鹽	79
第三大类	氧化物	79
第一类	簡單和复杂氧化物	79
1.	赤銅礦族	80
2.	鋼玉—鈦鐵礦族	81
3.	尖晶石族	83
4.	金紅石族	87
5.	瀝青鈾礦族	90
6.	石英族	91
7.	赭石	95
8.	鉍鉍复杂氧化物	96
第二类	氫氧化物	98
1.	鎂的氫氧化物	99
2.	鋁的氫氧化物	100
3.	鐵的氫氧化物	101
4.	錳的氫氧化物	102
第四大类	鹽類	103
第一类	矽酸鹽	103
第一亞类	島狀構造矽酸鹽	110
1.	鋯英石族	110
2.	橄欖石族	111
3.	石榴石族	113
4.	紅柱石族	115
5.	十字石族	116
6.	黃玉族	117
7.	榭石族	117
8.	導極礦族	118
9.	符山石族	119
10.	綠帘石族	119
11.	綠柱石族	120
12.	电气石族	122
第二亞类	鏈狀構造矽酸鹽	123
1.	輝石族	123

2.	角閃石族	126
3.	矽灰石族	129
4.	矽綫石族	129
5.	薔微輝石族	130
第三亞類 層狀構造矽酸鹽		130
1.	滑石族	133
2.	云母族	134
3.	脆云母族	137
4.	水云母族	137
5.	綠泥石族	139
6.	高嶺石族	140
7.	蛇紋石族	141
8.	多水高嶺石(絨永石)族	141
9.	膠嶺石族	142
第四亞類 架狀構造矽酸鹽		143
1.	長石族	144
	(1) 斜長石亞族	144
	(2) 正長石(鉀鈉長石)亞族	148
2.	似長石	152
	霞石族	152
	白榴石族	153
3.	方柱石族	154
4.	沸石族	155
第二類 硼酸鹽		156
1.	含水硼酸鹽 硼砂	156
2.	無水硼酸鹽 硼鎂石	156
第三類 磷酸鹽、砷酸鹽和釩酸鹽		156
1.	磷鈾鑷礦(獨居石)族	157
2.	磷灰石族	158
3.	鈾云母族	160
第四類 鉬酸鹽和鎢酸鹽		160
1.	鎢酸鈣礦(白鎢)族	160
2.	鎢錳鐵礦(黑鎢)族	161
3.	含水鉬酸鹽	162
第五類 鉻酸鹽		162
第六類 碳酸鹽		162
	無水碳酸鹽	165
1.	方解石族	165
2.	文石族	169

3. 孔雀石族.....	170
含水碳酸鹽 自然碱.....	172
第七类 硫酸鹽.....	172
1. 重晶石族.....	173
2. 石膏与硬石膏族.....	174
3. 芒硝和无水芒硝.....	175
4. 明矾石族.....	176
5. 矾类——胆矾.....	176
第八类 鹵化物 (鹵鹽).....	177
I 氟化物.....	177
II 氯化物.....	178

第三篇 矿物的共生組合

第一章 內力作用的矿物共生組合.....	181
§ 1. 深成岩漿岩和岩漿矿床的矿物共生組合.....	181
§ 2. 偉晶岩的矿物共生組合.....	183
§ 3. 热液矿床的矿物共生組合.....	183
§ 4. 噴发岩和火山作用产物的矿物共生組合.....	185
第二章 外力作用的矿物共生組合.....	186
§ 1. 岩石风化壳和金屬矿床氧化帶的矿物共生組合.....	186
§ 2. 沉积岩和沉积矿床的矿物共生組合.....	191
第三章 变質作用的矿物共生組合.....	196
§ 1. 接触变質产物的矿物共生組合.....	196
§ 2. 区域变質产物的矿物共生組合.....	197

第四篇 普查勘探工作中矿物学知識的应用和矿物学工作的組織

§ 1. 普查勘探工作中矿物学知識的应用.....	198
§ 2. 普查勘探工作中矿物学工作的組織.....	199

第一篇 通 論

第一章 緒 論

矿物学是全面研究和利用矿物的科学。矿物学萌芽于远古时代，随着采矿业的发展而发生、成长并为之服务。

「矿物」一詞，来自拉丁文「Минера」，即矿石之意。我国古「鼎」字，为采矿坑道中支柱的形象，讀为「况」或「汞」，做采矿之声，而「矿」「鑛」是指广义的金石。

§ 1. 矿物和矿物的概念。

在地壳中，矿物的分佈是非常广泛的，如海水中的鹽、砂中的金、河湖中的水和冰等都是矿物。但是不要把矿物和非矿物混淆起来，粉笔、化学药品、金币和隕石等都不能称为矿物。因为矿物必须是：

1. 地壳中所进行的各种地質作用的自然产物。由此可知，粉笔、金币等都是人工制造的，故不能称为矿物。隕石虽是自然产物，但並不是由地壳內的地質作用产生的，故亦不能称为矿物；而海水中的鹽、砂中的金都是地壳中不同地質作用的产物，因此都称为矿物。在实验室的条件下获得的、化学成分和性質与自然矿物相类似的化合物不能称为矿物而称之为「人造矿物」或「合成矿物」，如我国浙江平阳矾山的明矾厂中所制造出来的明矾就是一种人造矿物。

某一种矿物只是在一定的地質条件下才是相对稳定的，当外界条件改变时，原来的矿物就要发生变化，同时生成新矿物。例如，由内力作用生成的黄铁矿，在地表条件下就要发生变化；同时生成褐铁矿。因此，必須將矿物的形成和变化联系起来。

2. 矿物和非矿物不同，一般說来矿物具有均一的化学成分和内部構造（特别是結晶質矿物），从而也有一定的物理和化学性質。這是基本方面。但是由于地質条件的复杂性和多样性，矿物的成分和内部構造並非絕對均一，性質也並非絕對一定的。例如，閃鋅矿常因形成条件不同而改变其成分和性質，但是這種变化只发生在一定的范围以內，閃鋅矿的主要組成和性質仍不变。

3. 矿物是岩石和矿石的組成單位，是独立的自然物体，而岩石和矿石則是由独立的矿物組合而成的集合体。矿物在自然界可以呈固态（如石鹽、石英等）、液态（如水銀、水等）、气态（如火山口噴射出来的二氧化碳和水蒸汽等）和膠态（如蛋白石等）出現，而以固态为最多。

因此，矿物的定义是：

「矿物是在地壳內所进行的各种地質作用之中形成和变化的，成为岩石和矿石組成部分的，成分和内部構造比較均一而有一定的物理和化学性質的呈各种物态出現的自然物体」。

現在已知矿物約有兩千种，加上異种和別名，矿物名称达七千以上，每年新发现的矿物平均有三、四十种。在兩千多种矿物之中，只有一百多种比較常見。

不同矿物在地壳内的分布量是不同的。有些矿物（如造岩矿物和某些铁矿矿物等）常常大量出现，有些矿物（如稀有和分散元素矿物及放射性元素矿物等）则不易大量出现。

根据矿物的定义可知，矿物学是研究矿物的化学成分、内部构造、形态、性质、成因产状与用途及其相互关系的科学。

从矿物学的内容和矿物学的发展过程可以了解矿物学与其他科学有着密切的关系。数学、物理学和化学是结晶学的基础，而结晶学是矿物学的基础。化学、物理学及物理化学与胶体化学的成就对于矿物学有重大意义；反之，矿物学的发展对于它们亦起了推动作用。矿物学又是岩石学、矿床学和地球化学的基础，反之，它们的发展也推动了矿物学。此外，矿物学和找矿勘探也有相互促进的关系。

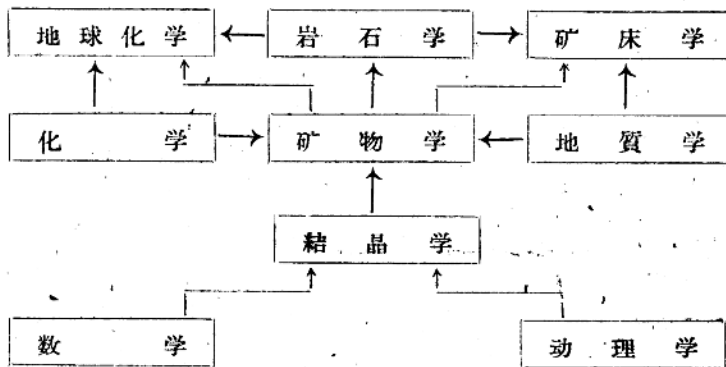


图 1. 矿物学在与其密切有关的科学中的地位。

§ 2. 矿物学的发展简史、现状和任务

矿物学的产生和发展与其他科学一样，是和工农业生产以及文化科学技术的发展密切相关的。矿物学发展史大体上可以分为四个阶段：

1. 古代矿物学的萌芽时期（公元前一万年左右至公元前前后）。

此阶段相当于石器时代和金属时代。人们在劳动中逐渐能够识别和利用某些矿物和岩石。矿物学处于积累知识的萌芽时期。我国已经出现世界上最早的记载矿物知识的古书籍（山海经、管子和淮南子）。

2. 封建中世纪的矿物学停滞时期（公元初至 15 世纪末文艺复兴）。

由于封建的阶级统治、宗教束缚、生产水平低落、科学技术落后，矿物学呈停滞状态，很少发展，处于对矿物及有关现象描述的阶段。我国由于炼丹术盛行，矿物知识在医药领域内得到部分发展。

3. 资本主义时代矿物学的发展时期（文艺复兴至二十世纪初十月革命）。

矿物学随着资本主义、工业和科学技术的发展而迅速发展。矿物学发展成为独立科学，从资料积累和现象描述发展到资料分析和理论综合阶段。晶体化学方向和成因方向开始形成和发展，苏联学者 E·C·费德洛夫、B·N·维尔纳茨基和 A·E·费尔曼在这一方面作出了重大的贡献。十六世纪初我国伟大的医学家和矿物学家李时珍在其所著的「本草纲目」一书中继承并全面总结了上阶段所积累的药用矿物的丰富知识。

4. 社会主义时代矿物学大发展时期（1917 年到現在）。

十月革命后，劳动人民掌握政权，生产力得到充分发展，馬列主义取得胜利，矿物学和其他科学一样，飞跃发展。苏联矿物学在解决生产問題和理論研究上都达到了世界最先进的水平。

我国在解放前，由于長期处于半封建半殖民地的地位，在国民党反动派及美帝的殘酷压迫下，科学得不到发展。当然矿物学亦不例外，当时只有章鸿釗先生著了一部「石雅」，其中將中国古来的矿物知識进行了总结。

解放后，人民掌握了政权，地質学大大的发展了，矿物学亦得到充分的发展，自1949以来，进行了过去从未有过的規模巨大的找矿勘探工作，发现了大量矿种和矿床，累积了大量实际的矿物学資料与标本，並且已經开始了研究和整理工作。1955 年科学院地質研究所設立了矿物室，地質部設立了矿物原料研究所，1956 年北京大學地質地理系設立了矿物学專門化，這些都为我国矿物学工作的开展，創立了极有利的条件。1958 年在中央的全党全民办地質的方針的指示下，广大的人民群众投入轟轟烈烈的报矿、找矿热潮，矿物学才开始真正走出象牙之塔，为广大的人民群众所掌握，因而为我国矿物学的发展开辟了广闊的前途。今后必須繼續贯彻中央的兩条腿走路的方針，使普及和提高密切結合起来，繼續以空前未有的速度，为迅速赶上世界先进水平而努力。

可以作为鮮明对比的是，已經进入垂死的帝国主义阶段的欧美各国，由于少数金融寡头的壟断，軍备的瘋狂竞赛，限制了科学发明与生产实际及劳动人民的結合，以至科学很少进展，在矿物学方面，虽也有个别著名学者如丹纳、文契尔、布瑞格、鮑林等，在某些部門有所发展；但总的說来，仍未能脱离描述矿物，累积資料的水平。他們不重視对自然現象的綜合观察，脱离矿物的实际生成环境，孤立地进行形态和性質的研究实验，因此不能总结出来成为指导实际找矿勘探工作的普遍規律。

由此可見，社会制度的改革，生产力的发展，科学技术的进步，研究工具的改良，以及指导思想的确立，对于矿物学的发展，有着如何重大的影响！

研究矿物的本身是为了建設共产主义、滿足人民日益增長的物質需要，這就必須要研究如何最大限度地利用各种矿物一切可能被利用的成分和性質来为人民服务。

因此今天的矿物学有兩大基本任务：

- 1) 研究矿物的成分和性質，以供工农生产及人民生活之用。
- 2) 研究矿物的生成規律，以求为找矿勘探，建立和开发矿物原料基地服务。

此外，矿物学今天愈来愈多地利用人工合成矿物，這不仅有助于了解天然矿物的生成条件，同时更可以弥补天然物質的不足。为了更精确更广泛地发现矿物的有用性質，不断地迅速改进研究方法、仪器、設備、工具，以求达到最近代的水平也是一項重要的任务。

整理发揚散藏于医药、矿业、冶金各方面祖国丰富的矿物学資料也是我国矿物学的重要任务之一。

第二章 矿物的化学成分

矿物是地壳中所进行的地質作用的产物，因此为了了解矿物的化学成分，必須首先查明地壳的化学成分。

§ 1. 地壳的化学成分。

門氏周期表中的 92 种元素在地壳中都存在，但是各种元素在地壳中的含量不同。化学元素在地壳中的平均含量称为「克拉克值」

表 1. 主要化学元素的克拉克值 (以重量百分比計)
(1932 年)

I	O —49.13	IV	F —0.08	VI	Gd —5.10 ⁻⁴
	Si —26.00		Ba —0.06		As —5.10 ⁻⁴
II	Al —7.45	V	N —0.04	VII	U —4.10 ⁻⁴
	Fe —4.20		Sr —0.035		Ar —4.10 ⁻⁴
	Ga —3.25		Gr —0.03		Hg —1.10 ⁻⁴
	Na —2.40		Zr —0.025		J —1.10 ⁻⁴
	K —2.35		V —0.02		Ga —1.10 ⁻⁴
	Mg —2.35		Ni —0.02		
H —1.00	Zn —0.02	VIII	Se —8.10 ⁻⁵		
	B —0.01		Sb —5.10 ⁻⁵		
III		IX	Gu —0.01	XII	Nb —3.2.10 ⁻⁵
	Ti —0.61		Sn —0.008		Ta —2.4.10 ⁻⁵
	G —0.35		W —0.007		Pt —2.10 ⁻⁵
	Gl —0.20		Li —0.005		Bi —1.10 ⁻⁵
	P —0.12		Be —0.003		Ah —1.10 ⁻⁵
	S —0.10		Go —0.002		In —1.10 ⁻⁵
Mn —0.10	Pb —0.0016	X	He —1.10 ⁻⁶		
	Mo —0.001		Te —1.10 ⁻⁶		
	Gs —0.001	XI	Au —1.10 ⁻⁷		
	Br —0.001		Re —1.10 ⁻⁷		
	Th —0.001		Ra —1.10 ⁻¹⁰		

克拉克的研究結果表明：各元素在地壳中的含量是极不一致的，如氧的克拉克值为 49.13，Si 为 26.00。仅 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、Mg、K 八种元素就佔了地壳总重量的 97.13% (图 2)，而其他的一些黑色金屬、有色金屬、稀有金屬元素的含量却很少，分佈最广的元素，集中在周期表的上方。

各种元素在地壳中的分佈情况也不一样，有些元素的分佈比較集中，形成独立的矿物，甚至形成矿床，这类元素称为富集元素，如 Ti、Zr、Th、Ca、Fe 等元素，而另一些元素則比較分散，难以形成独立的矿物，常以类质同象混入物的形式存在于其他元素的矿物中，这些元素称为分散元素：如 V、Cs、Ga 等。V、Cs、Ga 等元素的克拉克值虽然大于 Hg、

Bi、Ag、Au，但由于它们倾向于分散，不易形成工业上可以开采的矿床。

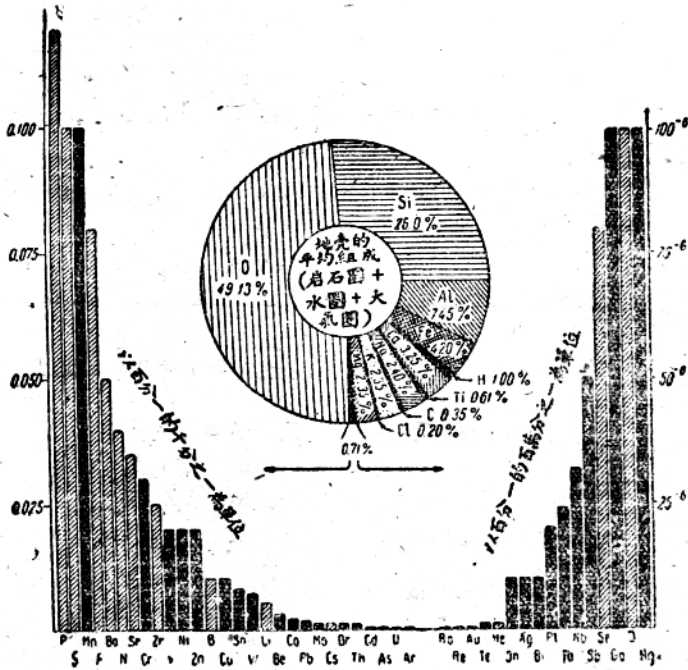


图 2. 地壳（岩石圈+水圈+大气圈的一部分）中主要元素分佈示意图（以重量百分比计），两旁黑柱表示主要金属。

元素在地壳中的平均含量决定于原子核的稳定性、而元素的分佈与结合的规律决定于元素的电子层的构造，特别是最外电子层的结构，而所有这些都是服从于门氏周期律的。

§ 2. 元素的离子类型

元素在地壳中分佈与结合的情况决定于其离子的最外电子层的结构，根据离子的最外电子层的结构可将离子分为三种基本类型：

1. 惰性气体型离子

这类离子的最外电子层的结构与惰性气体的原子的最外电子层的结构相似，最外层的电子数目为 8 或 2。本类离子在周期表中的分佈见图 3。

本类离子的离子半径在同一周期内从左到右是逐渐减小的，而在同一族中是由上到下逐渐增加的。

但总的来说，半径较大，极化性能较小的。

这一类离子易与氧结合成氧化物或含氧盐，特别是矽酸盐，形成大部分的造岩矿物。因此这些元素又称为「造岩元素」（或称「亲石元素」、「亲氧元素」）。

本类离子中，还包括一些阴离子，如 O^{2-} 、 F^{-} 、 Cl^{-} 、 Br^{-} 、 I^{-} 等。

He	Li	Be	B	C									N	O	F		
Ne	Na	Mg	Al	Si										P	S	Cl	
					3a		3b			4							
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
Xe	Cs	Ba	TR*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At
					3a		3b			4							5
Rn	Fr	Ra	AC*														

* TR 与 AC 分别为稀土族及镧族元素

1. 惰性气体原子
 2. 惰性氧体型离子
 3. 过渡型的离子
 4. 铜型离子
- 3a. 亲氧性强
3b. 亲硫性强

图 3. 元素的离子类型

2. 铜型离子

最外电子层的结构与铜离子的相似，最外层电子数为 18，或 18+2。本类离子在周期表中的分佈见图 3。

本类离子的半径一般来说较小，极化性能很强，易于与 S²⁻ 结合，形成硫化物，造成主要的金属矿物；因此这类元素又称为「造矿元素」（或称「亲铜元素」、「亲硫元素」）。

3. 过渡型离子

最外层电子数目在 8—18 之间，介于惰性气体型离子与铜型离子之间的过渡位置。本类离子在周期表中的分佈见图 3。

离子半径与极化性质皆介于惰性气体型离子与铜型离子之间，外层电子数愈近于 8 者亲氧性愈强，愈近于 18 者亲硫性愈强，而居于中间的 Mn 和 Fe 与氧和硫均能结合。

本类元素又称「亲铁元素」。

离子的结合性质还受着它所处的环境的影响，如 W、Sn、Mn，本来有与氧结合的倾向，但当它所处的介质中，S 的浓度很大时，亦可与 S 结合。

§ 3. 矿物的化学成分类型

矿物的化学成分可以分为单质和化合物两大类，而以化合物居多。

1. 单质

同种元素自相结合，成自然元素矿物，如自然铜 (Cu)、自然铋 (Bi)、自然硫 (S) 等。

2. 化合物

又可分为:

(1) 简单化合物:

通常由一种金属和一种非金属元素结合而成, 如方铅矿 (PbS)、萤石 (CaF_2) 等, 有时由一种金属和另一种金属或半金属元素结合而成, 如铁铂矿 ($PtFe$)、铈钨矿 (Pd_3Sb) 等, 这种简单化合物又称为「金属互化物」。

(2) 络合物:

由阳离子和络阴离子结合而成, 如各种硫酸盐矿物: 方解石 ($CaCO_3$)、重晶石 ($BaSO_4$) 等。

(3) 复化合物:

由两种或二种以上阳离子和同种阴离子结合而成, 如尖晶石 ($MgAl_2O_4$), 或由两种阳离子和同种络阴离子结合而成, 如白云石 ($CaMg(CO_3)_2$)。

(4) 含水化合物:

凡含水分子 H_2O 或 H^+ 、 OH^- 、 H_3O^+ 等离子化合物都称为「含水化合物」。根据「水」在矿物晶体内的存在情况, 可将含水化合物分为下列类型:

1) 呈 H^+ 、 OH^- 或 H_3O^+ 等离子参与晶格, 称「结构水」, 如高岭石 ($Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$)、天然碱 ($Na_2H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$) 及水云母 { $(K, H_3O)Al_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ }。

2) 呈 H_2O 参与晶格, 称「结晶水」, 如石膏 ($Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$)。水分子数一定。

3) 呈 H_2O 存在于离子层之间, 称「层间水」, 如蒙脱石 { $(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$ }。水分子数可变。

4) 呈 H_2O 存在于架状离子晶格的孔道中, 称「沸石水」, 为沸石类矿物所特有。水分子数可变。

§ 4. 矿物化学成分的变化

矿物的化学成分不是绝对固定的, 而常可以在一定的范围内发生变化, 引起矿物化学成分变化的主要原因是类质同象现象和胶体作用。

1. 类质同象及其对于矿物化学成分的影响。

某种结晶物质的晶体构造中一种构造单位 (原子、离子、络离子、分子) 被另一种构造单位所置换而并不显著地改变其晶格常数的现象称为「类质同象」。例如, 在菱镁矿 ($Mg(CO_3)$) 生成时, 其中部分 Mg^{2+} 可以为 Fe^{2+} 所置换 (其化学式可写成 $(Mg, Fe)(CO_3)$); 反之, 在菱铁矿 ($Fe(CO_3)$) 生成时, 其中部分 Fe^{2+} 亦可为 Mg^{2+} 所占据 (其化学式可写成 $(Fe, Mg)(CO_3)$), Fe 和 Mg 的这种相互置换而并不显著改变矿物晶格常数的现象就称为类质同象。菱镁矿中的 Fe 和菱铁矿中的 Mg 都称为「类质同象混入物」。

根据置换和被置换离子的电价是否相等, 将类质同象分为等价的和异价的两种。等价类质同象中互相置换的离子的电价相等, 如菱镁矿和菱铁矿中 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 的置换即属等价类质同象。异价类质同象中互相置换的离子的电价不等, 如钠长石 $Na(AlSi_3O_8)$, 和钙长石 $Ca(Al_2Si_2O_8)$ 的类质同象就是例子。钠长石中的 Na^+ 和 Si^{4+} 可以被 Ca^{2+} 和 Al^{3+} 代替, 而形成成分介于钠长石和钙长石之间的化合物, 这就是常见的矿物——斜长石。

根据置换的程度又可将类质同象分为「完全类质同象」和「不完全类质同象」两种。如

果置換是連續的、无限制的，則称为「完全类質同象」，完全类質同象形成一連續系列的中間成分的化合物，称为「类質同象混合物」、「固溶体」或「混合晶体」。如上例菱鎂矿和菱鐵矿、鈉長石和鈣長石之間都存在完全类質同象，形成連續的类質同象系列或固溶体。如果置換是不連續的，局限在一个有限的范围之內，則称为「不完全类質同象」。例如方解石 ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$) 和菱鎂矿 ($\text{Mg}(\text{CO}_3)$) 之間 $\text{Ca}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ 的置換即屬不完全类質同象。

形成类質同象必须具备三个条件：

- (1) 置換和被置換离子的半徑必須接近。
- (2) 置換前后晶格的正負总电荷必須平衡。
- (3) 置換和被置換离子的类型必須相似。

类質同象还受着环境的影响。矿物生成时的温度、压力和介質中組分的濃度都影响类質同象，其中以温度的影响最为显著。一般說來，温度升高可以促进类質同象置換，而温度下降則可以使固溶体分解，称为固溶体的「离熔」。例如黃銅矿和斑銅矿在 475°C 以上形成固溶体，但当温度下降到 475°C 以下时固溶体就发生离熔。

类質同象使矿物化学成分在一定範圍內发生变化，生成「成分可变的化合物」。必須指出：

- (1) 类質同象是引起矿物化学成分变化的主要原因。
- (2) 类質同象在矿物界中是一种极为普遍的现象，可以說，絕大多数矿物的化学成分都是在一定範圍內发生变化的；而成分絕對固定的反倒是例外。
- (3) 类質同象常使矿物的物理性質发生有規律的变化，例如閃鋅矿的顏色，因 Fe、Mn 的含量增大而变深，光澤也因而增强。

(4) 矿物中的类質同象混入物常有一定的工业意义和地質意义。某些矿物中的类質同象混入物（如輝鉬矿 MoS_2 中的 Re，閃鋅矿中的 Cd、In、Ge 等）常常是工业上稀有分散元素的主要来源。

2. 膠体及其对于矿物化学成分的影响。

膠体是一种物質的微粒 ($10 \text{ \AA} - 1000 \text{ \AA}$) 分佈于另一种物質中所形成的混合物。前者称为「分散相」，后者称为「分散媒」，分散相可以是固体、液体或气体；矿物中以固体为主，分散媒也可以是固体液体或气体，在矿物中主要为液体——水。地面上的水往往含有大于 10 \AA 的微粒，因此不是眞溶液，而是膠体溶液；膠体溶液在凝結之后，含有较少的水而成膠凝体，成为非晶質的膠体矿物。地表形成的矿物，很多都是由这种方式形成的。

如：蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ；褐鐵矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，等。随着時間的加長，膠凝体失水硬化，逐漸由非晶質变为結晶質，称为膠体的「老化作用」（退玻璃化作用）。这种由膠凝体老化結晶而成的矿物称为「变膠体（偏膠体、似膠体）矿物」。如石髓、硬錳矿、矽孔雀石等。

由于膠体質点常帶电，以电荷之正負分为正負膠体。正膠体如 Fe、Al、Cr、Ti、Zr、Cd、Ge 等含水高价氧化物。負膠体如 As、Sb、Cu、Cd、Pb 之硫化物、 SiO_2 、 MnO_2 、 V_2O_5 、 SnO_2 ，以及 Au、Ag、Pt、Pd，和黏土質点、腐植質質点。由于膠体吸附介質中各种元素之異号离子，因而使膠体矿物成分复杂化了。如褐鐵矿吸附 P、As、V；硬錳矿黏土吸附 Li^+ 、 K^+ 、 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Ba^{2+} 。具有选择性的吸附作用，常常是膠体矿物之特色，如黏土矿物中 $\text{K} > \text{Na}$ ，是选择性吸附之結果。某些膠体矿物，在一

定的溶液中，常可将已吸附之离子洗下，或与溶液发生离子交换，如胶岩中之Ca、Mg常与溶液中之Ni交换，这种作用对风化带中Ni之分离起了重要作用。这样情况说明，胶体对于矿物成分，常常发生极大的影响。

§ 5. 矿物化学成分的表示法——矿物的化学式。

矿物的化学成分用矿物化学全分析的元素含量百分比（氧以外的矿物）或氧化物含量百分比来表示。例如黄铜矿和方沸石的化学成分分别为：

例 1.	黄铜矿	例 2.	方沸石
	Fe 30.47		SiO ₂ 55.12
	Cu 34.40		Al ₂ O ₃ 22.99
	S 35.87		Na ₂ O 18.53
	<hr/>		<hr/>
	100.74		H ₂ O 8.27
			99.91

分别以原子量和分子量除以上数值即得原子数或分子数，化简后就得出化学式中各组分的含量系数。

例 1. 黄铜矿

重量百分比	原子数	原子数比率	化学式
Fe 30.47	$\frac{30.47}{56} = 0.544$	1	FeCuS ₂
Cu 34.40	$\frac{34.40}{63.5} = 0.541$	1	
S 35.87	$\frac{35.87}{42} = 1.120$	2	

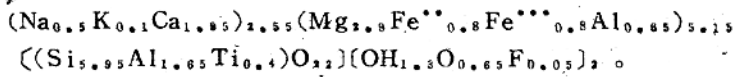
例 2. 方沸石

重量百分比	分子数	分子数比率	化学式
SiO ₂ 55.12	$\frac{55.12}{60} = 0.9187$	4	SiO ₂ · Al ₂ O ₃ · Na ₂ O · 2H ₂ O
Al ₂ O ₃ 22.99	$\frac{22.99}{102} = 0.2254$	1	或
Na ₂ O 18.53	$\frac{18.53}{62} = 0.2132$	1	H ₂ NaAl ₂ Si ₄ O ₁₄
H ₂ O 8.27	$\frac{8.27}{18} = 0.4594$	2	H ₂ NaAl ₂ Si ₄ O ₁₄

只表示矿物化学成分的化学式称为「实验式」，除化学成分以外，还能表示化学成分类

型和晶体构造特点的化学式称为「构造式」或「晶体化学式」。如上例计算所得的方沸石的化学式 $H_2NaAlSi_2O_7$ ，就是实验式，它的构造式应写为 $Na(AlSi_2O_6) \cdot H_2O$ 。

在写构造式的时候，如果遇到矿物晶体构造中有离子团（络离子等）存在，则首先应该用方括弧「〔 〕」把它括起来，以此与该矿物中其它构造单位区别开来，表示出它的化学成分类型和晶体构造特点。例如高岭石的构造式应写为 $Al_2[(Si_4O_{10})](OH)_2$ 。如果矿物化学成分中含类质同象混入物，则应将相互置换的元素置于圆括弧内，彼此以逗号「，」分开，并且按含量多少依次排列；将含量最多的元素写在最前面，如橄榄石 $(Mg, Fe)_2(SiO_4)$ 、古铜辉石 $(Mg, Fe)_2(Si_2O_6)$ 、铁白云石 $Ca(Mg, Fe, Mn)(CO_3)_2$ 。这种表示方法只能提供矿物化学成分的一般概念，为了更精确地表示矿物的化学成分，还必须在化学式中表示出相互置换的组分是原子数的比例。例如普通角闪石的一般化学式是： $(Ca, Na)_m(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_n[(Si, Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$ ，其中 $m+n=7$ ，某一普通角闪石的精确化学式是：



第三章 矿物的形态

各种矿物常具有独特的形态借此可以作为鑑定特征。矿物的形态，既决定于其内部構造，同时又因受其生成环境的影响而复杂化。

§ 1. 單体的形态

每种矿物，不論外形如何复杂，但是都有倾向于某一种形态的趋势，因为晶体中晶面的生長是遵循着布拉維法則，使网面密度較大的晶面保留下来。如方解石有300余种形态，但最常見的單形是菱面体和复三方偏三角面体。晶体常常倾向于某一形态的习惯称为結晶习性。

根据晶体在空間上三个方向的发育程度的不同，可將結晶习性分为三类：

1. 一向延長；晶体沿着某一方向延伸得特別長，如柱狀、棒狀、針狀、毛发狀……等，电气石、石棉等矿物都具有這種习性。

2. 二向延長；晶体沿着两个方向伸長，如板狀、片狀、鱗片狀等。重晶石、綠泥石、云母等矿物常具此习性。

3. 三向等長；晶体在空間三个向度发育均等，如等軸狀、粒狀、即屬此类，石榴子石、黄铁矿等常具此习性。

对于經常呈完好晶体出現的矿物首先必須要掌握其晶系，有时还要分析其所屬的晶类；其次就要判別晶体习性，注意观察晶体上比較发育的單形。

各晶系常見矿物晶体的一般晶形特点如下：

等軸晶系 常呈立方体、八面体、菱形十二面体和四面体等單形（图4—9）或聚形（图10—13）。外形呈等軸狀。

四方晶系 常沿 L^4 或 L_2^4 一向伸長，多由四方柱和四方双锥組成，横断面多呈四方形（图14—15）。

六方晶系 常沿 L^6 一向伸長，横断面多呈六边形，和三方系晶体不易区别，（图16—17）。

三方晶系 常沿 L^3 或 L_2^3 一向伸長，横断面多呈六边形或三角形，有时呈短柱狀、扁平狀或片狀。常由菱面体、六方柱、复三方偏三角面体等成各种聚形（图18）。石英、方解石、电气石等很多常見矿物均屬此晶系。

斜方晶系 常呈复杂的柱狀，由数个不同位向的斜方柱、斜方锥和双面成各种聚形（图19—21）。屬此晶系的矿物很多。

單斜晶系 外形和斜方系晶体相似，常呈柱狀、板狀，但对称程度較低（图22—25）。正長石、云母、輝石、角閃石等很多常見矿物均屬此晶系。

三斜晶系 外形和單斜系晶体相似，但对称程度更低（图26—27）。斜長石为最重要的代表。