

高等学校教学用书

矿物学

中南矿冶学院地质系 合編
西安冶金学院采矿系



中国工业出版社

高等学校教学用书



矿物学

中南矿冶学院地質系
西安冶金学院采矿系 合編

中国工业出版社

矿 物 学

中南矿冶学院地质系合編
西安冶金学院采矿系

*

中国工业出版社出版 (北京东黄城根路10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 • 各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ • 印张 $9 \frac{5}{8}$ • 字数218,000

1961年8月北京第一版 • 1961年8月北京第一次印刷

印数0001—3,533 • 定价 (10—6) 1.20元

统一书号: 15165 • 361 (冶金—112)

前 言

本书系根据1959年全国指导性教育计划中所规定的学时，在已有教材的基础上，结合有关的不同专业的要求并考虑到当前的师生水平以及编者的教学实践编写而成。本书可作高等学校采矿及冶金类专业的教学用书。

全书内容分为矿物通论和矿物各论两部分。通论中分章叙述矿物形态、物理性质、矿物化学、成因、分类和鉴定方法。各论中按晶体化学分类系统描述了98种矿物的化学组成、形态及物理性质、鉴定特征、产状及产地和用途。

在编写时，通论部分的第一章以潘兆璜、彭志忠合编的“结晶学教程”和中南矿冶学院地质探矿系岩矿教研组编的“冶金工业矿物原料”为蓝本。第二、三章以蒋良俊编著的矿物学和中南矿冶学院地质探矿系结晶矿物教研组编的“矿物学参考资料”为蓝本。第四、五章以北京钢铁学院地质教研组编的“矿物学”为蓝本。第六章系综合有关教材编写的。各论部分则以蒋良俊编著的“矿物学”和北京钢铁学院地质教研组编的“矿物学”为蓝本，特此说明。

本书绪论、第一章及硅酸盐矿物各论的大部分由中南矿冶学院肖庆承同志编写；第二、三章，硫酸盐、碳酸盐、钨酸盐、磷酸盐及小部分硅酸盐矿物各论由中南矿冶学院黄颢同志编写；第四、五、六章，自然元素、硫化物、氧化物及氢氧化物、卤化物类矿物各论由西安冶金学院邓常忍同志编写。全书统校定稿工作由黄颢同志担任。

由于本书适用的专业较多，因此在内容选择上较广泛，篇幅较大。各专业可根据实际情况在教学过程中考虑取舍。

在编写过程中，中南矿冶学院蒋良俊教授曾提供不少宝贵意见，本书脱稿后，蒙中南矿冶学院地质探矿系岩矿教研组张德仁主任，彭明生同志审阅，并提供有益的意見；编者在此表示谢意。

由于编写匆促，又限于编者的思想水平和业务能力，在内容和文字上谬误之处，实所难免，敬希读者给予批评和指示，以便再版时加以修订。

編 者

1961年4月于长沙

目 录

绪 论	7	一、导热性	55
§ 1 矿物和矿物学	7	二、膨胀性	56
§ 2 矿物学与其它学科的关系	8	§ 6 其它性质	56
§ 3 矿物学发展简史	8	一、放射性	56
§ 4 矿物对发展工农业的意义	9	二、矿物的润湿性	57
矿物通論	11	三、易燃性	57
第一章 矿物的形态	11	四、嗅	57
§ 1 矿物单体的形态	11	五、味	57
一、结晶体的概念	11	六、感觉	58
(一) 结晶质与非晶质	11	第三章 矿物化学	59
(二) 结晶体的内部构造	11	§ 1 矿物的化学成分	59
(三) 晶体的基本性质	20	一、单质	59
二、面角恒等定律	22	二、化合物	59
三、晶体的对称及其分类	23	§ 2 矿物中的类质同像	59
四、晶体的理想形态	26	一、类质同像的概念	59
(一) 单形	26	二、类质同像的分类	59
(二) 聚形	31	三、类质同像的条件	60
五、晶体的定向及晶面符号	33	四、类质同像混合物(固溶体)的分离	62
§ 2 晶体的連生	36	五、类质同像混合物的物理性质和化学 性质特征	62
一、平行連晶	36	六、类质同像在矿物学上的意义	62
二、双晶	36	§ 3 同质異像	63
§ 3 矿物集合体的形态	38	§ 4 胶体矿物	64
§ 4 假像	40	§ 5 矿物中的水	65
第二章 矿物的物理性质	41	一、结晶水	65
§ 1 光学性质	41	二、自由水	65
一、颜色	41	§ 6 矿物的化学式	65
二、条痕色	43	一、实验式	65
三、光泽	44	二、构造式	65
四、透明度	45	§ 7 矿物成分中的杂质	66
五、发光性	45	第四章 成矿的地质作用	67
§ 2 力学性质	47	§ 6 元素在地壳中的分布	67
一、解理与断口	47	一、地壳的化学成分	67
二、硬度	50	二、元素的地球化学分类	67
三、比重	51	§ 1 矿物的生成方式	68
四、韧性(脆性, 柔性, 延展性, 挠性和弹性)	52	§ 2 内力成矿作用	68
§ 3 电学性质	53	一、岩浆作用	68
一、导电性	53	二、伟晶岩作用	69
二、荷电性(摩擦电性, 焦热电性, 压电性)	53	三、岩浆期后作用	69
§ 4 磁学性质	55	§ 4 外力成矿作用	71
§ 5 热学性质	55		

§ 5 变质成矿作用	72	29. 錫石	96
一、接触变质作用	72	30. 軟錳矿	97
二、区域变质作用	73	31. 石英	98
§ 6 矿物的共生	73	32. 蛋白石	99
第五章 矿物的鑑定方法	74	33. 磁鉄矿	100
§ 1 常用的鑑定方法	74	34. 銘鉄矿	100
§ 2 專門的鑑定方法	75	35. 晶质瀝青鈾矿	100
第六章 矿物的分类	76	36. 鈳鉍鉄矿	101
§ 1 矿物的晶体化学分类	76	37. 鋁土矿	102
§ 2 矿物的工业分类	77	38. 褐鉄矿	102
§ 3 矿物的成因分类	79	39. 硬錳矿	103
矿物各論	81	第四大类 卤化物类	103
第一大类 自然元素类	81	40. 螢石	104
1. 自然金	81	41. 石盐	104
2. 自然銅	82	42. 鉀盐	105
3. 硫黃	82	第五大类 含氧鹽类	105
4. 金刚石	82	第一类 碳酸盐	106
5. 石墨	83	43. 方解石	107
第二大类 硫化物类含硫鹽及其 类似化合物	84	44. 菱鉄矿	108
6. 輝銅矿	84	45. 菱鉄矿	109
7. 銅藍	84	46. 菱錳矿	109
8. 方鉛矿	85	47. 菱鋅矿	110
9. 閃鋅矿	86	48. 白云石	110
10. 辰砂	86	49. 文石	110
11. 磁黃鉄矿	87	50. 白鉛矿	111
12. 鍊黃鉄矿	87	51. 孔雀石	111
13. 黃銅矿	87	52. 藍銅矿	112
14. 斑銅矿	88	第二类 硫酸鹽	112
15. 雄黃	89	53. 重晶石	113
16. 雌黃	89	54. 硬石膏	114
17. 輝銻矿	89	55. 石膏	114
18. 輝鍺矿	90	56. 泻利盐	116
19. 輝鉬矿	90	57. 胆矾	116
20. 黃鉄矿	91	58. 明矾石	117
21. 白鉄矿	92	第三类 鎢酸鹽	118
22. 輝砷鉍矿	92	59. 鎢錳鉄矿 (黑鎢矿)	118
23. 毒砂	92	60. 鎢酸鈣矿 (白鎢矿)	119
24. 黝銅矿	93	第四类 磷酸鹽	120
第三大类 氧化物及氢氧化物类	93	61. 磷鋁鐳矿 (独居石)	121
25. 剛玉	94	62. 磷灰石	122
26. 赤鉄矿	95	63. 銅鈾云母	124
27. 鈦鉄矿	96	64. 鈣鈾云母	124
28. 金紅石	96	第五类 硅酸鹽	125
		亚类一、具有孤立四面体 SiO_4 构造	

的硅酸盐 129

65. 鎂石.....	129
66. 橄欖石.....	130
67. 石榴石.....	130
68. 藍晶石.....	131
69. 紅柱石.....	131
70. 黃晶.....	132
71. 十字石.....	133
72. 符山石.....	133

亚类二, 具孤立硅氧四面体 SiO_4 群构

造的硅酸盐 134

73. 異極礦.....	134
74. 綠帘石.....	134
75. 綠柱石.....	135
76. 电气石.....	136
77. 硅孔雀石.....	136

亚类三, 具有連續鏈状硅氧四面体 SiO_4

构造的硅酸盐 137

78. 透輝石.....	137
79. 普通輝石.....	138
80. 透閃石.....	138
81. 阳起石.....	139

82. 普通角閃石.....	139
----------------	-----

83. 硅灰石.....	140
--------------	-----

84. 蔷薇輝石.....	140
---------------	-----

亚类四, 具連續层状硅氧四面体 SiO_4

构造的硅酸盐 141

85. 滑石.....	141
86. 白云母.....	142
87. 黑云母.....	143
88. 金云母.....	143
89. 鋰云母.....	144
90. 綠泥石.....	144
91. 海綠石.....	144
92. 蛇紋石.....	145
93. 高岭石.....	145

亚类五, 具有連續架状硅氧四面体

$(\text{Si}, \text{Al}) \text{O}_4$ 构造的硅酸盐 ... 146

94. 正长石.....	147
95. 鉀微斜长石.....	149
96. 斜长石.....	150
97. 白榴石.....	151
98. 霞石.....	152

緒 論

§1 矿物和矿物学

矿物是地壳中天然的物理化学作用和生物作用所产生的自然元素或自然化合物，它通常具有一定的物理性质与化学性质。

矿物除少数如自然金Au等为自然元素外，絕大多数都是自然化合物，如黃銅矿 CuFeS_2 等。不論是呈元素出現或化合物出現，它們的化学組成一般可用化学式表示，但可能因含杂质而稍有出入，同时这些杂质也将引起矿物物理性质的变化。

矿物大部分是固体（有时也有胶体、液体和气体），固体矿物具有一定的物理性质和化学性质，这些性质則是决定于此矿物的結晶构造及其化学成分。当然，在液体矿物（如水与自然汞）和气体矿物（如碳酸气，硫化氢气等）中，則这种性质与物质結晶构造的关系就不存在。

固体矿物因具有一定的結晶构造。当其在适宜的环境下生长时，往往可形成有規則的几何外形，但由于外界因素的影响，它們絕大多数呈不規則外形的晶粒产于自然界。

矿物是岩石和矿石的組成部分，如花崗岩，基本上是由二种矿物——长石和石英組成的，其中还可看見云母小片。因任何一种矿物都具有一定的物理均一性，这种性质可以用机械的方法把岩石或矿石中的任一种矿物从其中分开，如在含金石英脉中，可以用碎矿淘汰法，使金从石英中分离出来。

所謂矿石就是在現在經济技术条件下，在质和量方面均能滿足工农业生产要求的矿物集合体。但矿石的范围也是随着国民經济需要的变化、和工业技术水平的日益提高而不断的扩大的，因此矿石的概念是相对的，如含有銅的二长岩，虽仅含1%的銅，但因具有經济价值，可以从中提取金属銅，所以也可称为銅矿石。

矿物的化学成分和內部构造的相互关系是矿物的本质，也就是矿物的第一性，矿物的几何形态、物理性质和化学性质等特征，可以直接用感官和仪器檢驗出来的，称为矿物的第二性。

由于矿物是在一定的地质环境中所产生的自然元素或化合物，它的性质是直接反映地质环境和地质作用的，当地质条件发生改变时，通常矿物亦相应地发生变化，因而矿物的成分、內部构造、物理性质、外表形态等也有所改变。所以矿物是暂时稳定的天然物体。它表現的稳定性和不变性是暫时的，相对的。因此，对于矿物的研究，就不能脱离其生成环境，必須注意性质和成因之間的相互关系，也就是要掌握矿物本身的生成規律。

由上述可知，矿物学这門科学是研究矿物的化学組成、內部构造、物理性质、几何形态、并說明自然界中矿物的形成过程和环境以及实际用途的科学。

本課程的内容，包括下列部分：

矿物通論部分

- 一、矿物的形态：研究矿物的內部构造及其在各种条件下所形成的外表形态。
- 二、矿物的物理性质：研究矿物的各种物理性质。

三、矿物化学：研究矿物的化学組成和化学性质。

四、矿物的成因：研究形成矿物的各种地质作用过程及其規律性。

五、矿物的鑑定方法：扼要介紹常用和專門的矿物鑑定方法。

六、矿物的分类：介紹矿物的三种分类法：即晶体化学分类、工业分类及成因分类。

矿物各論部分

分門別类地按照矿物的結晶化学分类系統，叙述各个矿物的化学組成、形态及物理性质、鑑定特征、产状及产地、用途等。

§2 矿物学与其它学科的关系

矿物学是地质科学中的一門基础学科。一方面它需要其它学科如数学、物理、化学、結晶学、地质学等作基础；另一方面，矿物学的研究成果又可促进这些学科的发展和提高。如化学家根据类质同像混合物的分析而发现了新的元素，而方解石的重屈折现象、石英的压电性及热电性等，又促进了物理学方面的发展。

在地质、采矿、冶金等类专业中，矿物学都是基础課程。岩石是矿物的集合体，显然，在学习岩石学之先，必須先学好矿物学。矿床学專門研究有用矿物的成分、分布及其成因，所以也要有矿物学的基础。

其次，在研究金属及合金的性能时，也需要本課程的結晶学知識。

§3 矿物学發展簡史

矿物学的发生和发展是和社会生产力与科学文化的发展密切相关的。早在史前时代，人类就开始利用矿物、岩石作为工具。以后人們从地下发现并利用了自然銅、錫和鉄。随着人类对矿物的利用，也就逐渐积累了一些关于矿物和冶炼的知識。

我国一本描写山和海的著作——“山海經”中描写了約十三种矿物的顏色、形状、延展性、硬度及产地，有些矿物的名称，一直保留到今天还在应用，如磁鉄矿、赤鉄矿、雄黄、碧玉等。

在中世紀，中亚細亚的花拉子模人阿尔·比罗尼（972—1048）著有“宝石知識汇编”，利用矿物的物理性质（硬度、比重等）来辨别矿物，也应用了放大鏡，并搜集了很多有关矿物研磨、热处理及化学处理的技术資料。在十五世紀后半期文艺复兴开始到十八世紀，欧洲在矿物学方面有較大的发展，并有了不少有关矿物学的著作。

在此时期我国因受封建制度的統治，生产力长期得不到发展，因此矿物学在此时期也就发展很慢。但在药用矿物学上却取得了很大成績。我国伟大的藥物学家和矿物学家李时珍（1518——1593）继承了历代丰富的药用矿物学的知識，在其著名的“本草綱目”一书中，将药用矿物分为金、玉、石、卤四类，称为金石部共一百六十一種。就矿物学的观点来看，这是十分完整的一本有关矿物的記載，李氏在此书中，不仅說明了各种矿物的鑑定特征和产地，而且有时候也进一步闡明了矿物的产状和成因。

18世紀俄国矿物学家M. B. 罗蒙諾索夫（1711——1765）发表了結晶构造的理論，并提出了矿物合成及矿物共生的理論。

Д. И. 門捷列夫（1834——1907）周期律的发现，有力地推动了矿物学的发展。某

些学者根据外形确定晶体构造的方法，将结晶学和化学的发展方向统一起来，而发展成为现代矿物的一个新的方向——晶体化学。1895年伦琴射线的发现，及其后应用伦琴射线来测量晶体构造就进一步奠定了晶体化学的基础。

现代矿物的另一个新学派是地球化学，某些学者提出了从地壳发生的作用来研究矿物的观点，认为矿物学是地壳的化学。

这一时期可以说矿物学是由积累资料、分析资料综合成理论的阶段。

在十月革命胜利之后的苏维埃政权年代，矿物学得到了充分的发展。在这一时期，苏联在地球化学方面有很大的发展，苏联学者以原子构造的规律性及结构能作为出发点，解决了矿物构造中原子结合的性质，和矿物各种物理性质与成因的相互关系。另外一些苏联学者在过去研究晶体化学的基础上，通过矿物内部构造的研究，阐明了构造与成分和物理性质之间的关系。在此基础上又创立了矿物学中的实验矿物学、区域矿物学与理论矿物学等新方向。

在资本主义国家中，由于腐朽的社会制度的束缚，矿物学的发展很慢。

我国在解放前，由于受半封建、半殖民地的影响和国民党反动派的长期统治，矿物学的发展和其他科学一样，也遭到了严重的阻碍。

解放以后由于社会主义制度的优越性，我国的矿物学也获得了极大的发展，在中国科学院设立了矿物原料研究所，进行矿物学的研究工作。各产业部门和高等学校也密切地结合生产进行矿物研究。例如对矿物成分、矿物的共生组合以及各种矿石的技术加工，人造矿物及其他有关矿物方面的研究，极大地丰富了矿物学的内容。

§4 矿物对发展工农业的意义

大家都知道，矿产资源在国民经济和人类日常生活上的意义是非常重大的。目前，几乎没有一个工业部门不与有用矿物发生关系，或者是直接利用它来作原料，或者是利用它经过适当加工的产品。可以这样地说，现代的工业是利用Д.И. 门捷列夫周期表中的一切化学元素，而含有这些元素的则是各式各样的矿物。

以冶金工业来说，它是机器制造业、造船业、铁道、桥梁、钢筋混凝土建筑，国防武器装备以至各种日用品制造的基础，而各种的铁和钢则正是从富含铁质的铁矿石经过冶炼以后所得到。同时，在冶炼的过程中，除了基本原料——铁矿石以外，还需要焦煤，耐火材料以及熔剂，而这些也都是矿物原料。

由铜、铅、锌、铝、镍等矿石中提出的有色金属，在有色金属冶炼业，电气工业，机器制造业，造船业，汽车，飞机制造业以及其他工业的发展上起着巨大的作用。稀有金属如钨、钼、铬、钒等在国防工业上有着重要的意义。而含有铀、钍等放射性元素的矿物，在近代的和平利用原子能及原子武器上，更是特别重要。

化学工业在相当大的程度内，是以利用矿物原料作基础。例如硫酸的制造需要黄铁矿；化学药品的制造需用许多矿物，像硫、硝石、氟石、硼、钾、钠、镁、汞等矿物；橡胶工业需要用硫、滑石、重晶石；炸药制造上要用硫、硝石、硅藻土；抗酸防火材料的生产上需要石棉、石英、石墨等；颜料工业和陶瓷玻璃工业上需要铅、锌、银、钛、铜、铁、钴、砷、汞、硼等矿物及高岭石、长石、石英和氟石；造纸工业上需要滑石，重晶石等等。

其他如水晶、电气石、云母、冰洲石、氟石等矿物用于电学仪器及光学仪器；玛瑙、刚玉、锆石等坚硬矿物用于制造钟表及其他精密仪器的轴承；金刚石用于制钻头；软滑矿物如滑石，石墨等用为机械磨损部分的润滑剂等。

农业的发展，也需要利用各种矿物制造的肥料。磷灰石、钾长石、钾块等，就是制造磷肥、钾肥的原料。像雌黄、雄黄等含砷矿物，半数以上均作为杀虫药剂。

我国地大物博，地下蕴藏着极丰富的矿产，在党中央和毛主席的英明领导下，在鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线的光辉照耀下，这些地下资源，已不断地被我们所发现和利用。这不仅满足了大型企业的需要，并为中、小型企业遍地开花创造了资源条件，从而有力地保证了祖国的社会主义建设的飞跃发展。

矿物通論

第一章 矿物的形态

自然界的矿物有多种多样的形态，这主要决定于組成它們的化学成分及其内部构造，而生成时的外界条件也起着一定的作用。矿物大多数呈集合体出現，而不具規則的晶形；仅少数发育良好成为具有几何外形的单体和有規則的連生体。但是，对这些发育良好的晶体的发现，却具有重要意义。因为不同的矿物常具有它独特的晶体形状，因此，研究矿物的形态，查明矿物的标准晶形并确定其习性特点等，就具有重要的鑑定意义。此外，根据形态上的細微特点往往有可能作出与成矿作用过程有关的結論并了解矿物形态和生成条件間所存在的关系。

由于矿物可呈单独結晶个体和連生晶体（如双晶、平行連晶等）以及各种集合体（如粒状致密块、土状块等）的形状出現，因此，我們可把矿物的形态分为单体、連生体和集合体等三种形态。

§ 1 矿物單体的形态

一、結晶体的概念

（一）結晶质与非晶质

整个世界是一个物质的世界。根据物质内部质点（原子、离子、分子、或原子团、离子团、分子团）排列方式的不同，可分为結晶质与非晶质。

結晶质，它内部质点作有規則的排列。非晶质与結晶质相反，它内部质点的排列无規則。

結晶质占有空間有限的部分，称为結晶体（簡称晶体）。晶体在适宜的环境下成长时，常具有一定的完整的几何外形。这种完整的几何外形，乃是結晶体内部质点作有規律排列的結果。故晶体的定义是：内部质点作空間格子状有規律排列的固体均称为結晶体。

自然界里的矿物和岩石絕大部分是結晶体，化学实验室的許多有机和无机化合物、化学試剂、化学沉淀都是晶体，工厂中的許多原料和制成品，也是結晶体，鋼鉄、合金、金属器材以及耐火材料全是由一些微細晶体所构成的。我們日常生活所需的盐、糖、藥品等等也都是晶体，故晶体在自然界中的分布是极为广泛的。

非晶质占有空間的有限部分称为非結晶体。非結晶体内部质点的排列是沒有一定規律的，因而沒有几何多面体的外形，所以也称为无定形体。如蛋白石、玻璃、树脂、琥珀等。

非結晶体，是不穩定的，它在一定溫度、压力的作用下，就有慢慢地轉变为結晶体的傾向（如蛋白石轉变成石英，褐鉄矿轉变成針鉄矿等）。

（二）結晶体的内部构造

1. 空間格子：根据上面的定义，任何晶体毫无例外地都具有空間格子状的内部结构（图1），那么什么叫空間格子呢？根据伦琴射线研究晶体的结果，空間格子可以看作是无数的相等的微小平行六面体，在三度空間毫无間隙地堆砌而成的有規律性的几何形体。砖块的紧密排列可类似于此种平行六面体組合的最简单例子。平行六面体角頂上的质点称为結点。

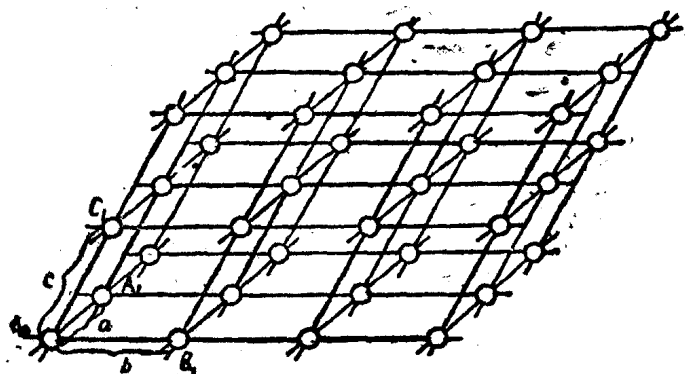


图1 空間格子

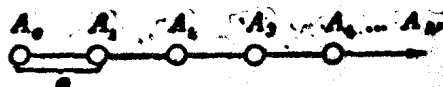


图2 空間格子的晶列

結点在直线上作等距离排列的总和就构成一个行列（即晶列）如图2。

在空間格子中，任意二結点联起来就可决定一个行列，行列中相邻二結点間的距离（ A_0A_1 ）称为列距，用单位 $\text{\AA}$ （讀作埃 $\text{\AA} = 10^{-8}$ 公分）表示。在同一結晶物质的相同构造中，在相同方向的行列，其列距总是相等的，但在同种結晶物质同一构造的不同方向，其列距是可以不等的；有的結点分布密，另一些則分布較稀。在实际晶体中我們見到的晶稜，往往相当于結点排列最密，亦即列距最小的行列。

結点在同一平面內的分布，形成平行四边形的排列，这些平行四边形的邻边相互重合不留任何空隙构成所謂面网（图3）。

在空間格子中，通过不在同一直线上的任意三个結点的平面，就可决定一个面网；同样，任意不平行的两个行列（ A_0A_n 及 A_0B_n ）亦可决定一个面网，在同一空間格子中相同方向的面网密度总是相同的，但在不同方向，其面网密度可以不同。所謂面网密度是指单位面积中所含結点的数目。

在实际晶体中所看到的晶面即相当于結点密度最大的面网。

由三組不平行的面网互相切割构成有如砖块状的块体，因其面彼此成对而且平行，故称为平行六面体。我們把这种单位的平行六面体称为晶胞，其形状与大小可用晶胞的稜长 a 、 b 、 c 和这些稜間的角度 α 、 β 、 γ 来表示（图4）。 a 、 b 、 c 和 α 、 β 、 γ 称为晶格常数。

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。

1885年，A. 布拉維以数学的方法推导，得出14种空間格子（图5），而且已为伦琴射线构造分析法所証实。

这十四种格子在其晶胞（平行六面体）的形状上以及結点的分布上都不相同。晶胞的形状有七种（图5中的1，2，4，8，9，10，12）。空間格子按其晶胞中結点的分布有下述四种类型：

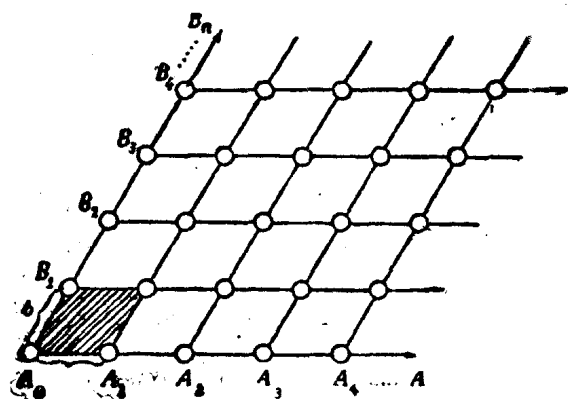


图 3 面网

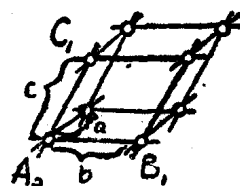


图 4 平行六面体 (晶胞)

晶系	原始	底心	体心	面心
三斜				
单斜				
斜方				
三方				
四方				
六方				
等轴				

图 5 布拉维十四种空间格子

① 见后“晶体的对称及其分类”一节

- (1) 原始格子: 质点仅分布在平行六面体的角顶。例如 氯化铯 (图 6, a)。
- (2) 底心格子: 质点除分布在平行六面体的角顶外, 上下底面或任意两个平行面的中心也各有结点分布。例如石墨 (图 6, b)。
- (3) 体心格子: 质点分布于平行六面体的角顶和体中心, 例如 Fe_3 (图 6, c)。
- (4) 面心格子: 平行六面体的角顶和每一个面中心均有一质点。例如 自然铜 (图 6, d)。

14种空间格子中其晶胞的形状和大小与各该晶系所具有的晶体常数和特点是符合的。因此, 我们又把14种空间格子分属7个晶系。

- (1) 三斜晶系 其晶胞的棱的长度不等也不直交的平行六面体。

$$a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

- (2) 单斜晶系 其晶胞的棱长及棱间的角度如下:

$$a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$

- (3) 斜方晶系 晶胞的棱长及棱间角度如下:

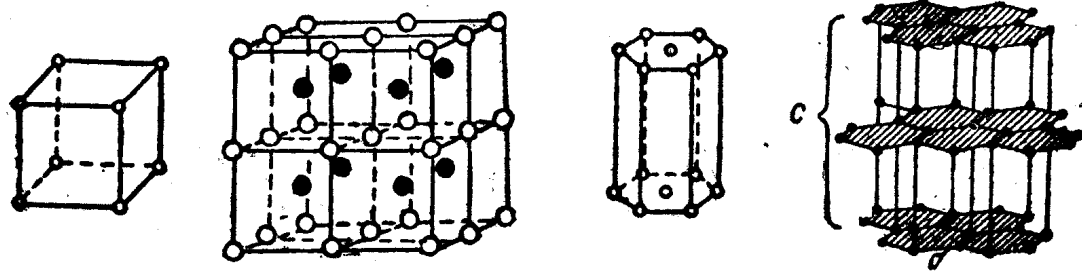
$$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

- (4) 三方晶系 晶胞的棱长及棱间角度如下:

$$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

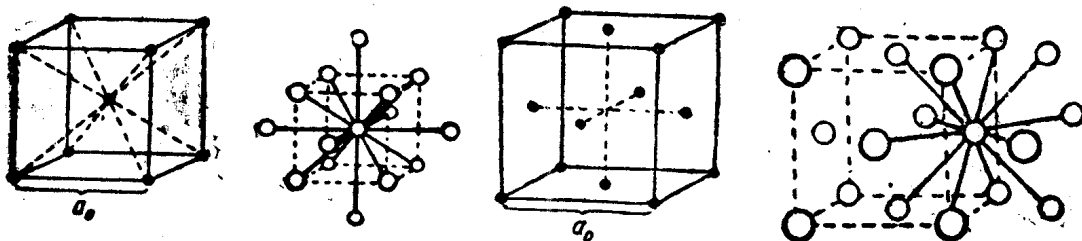
- (5) 四方晶系 晶胞的棱长及棱间角度如下: $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

- (6) 六方晶系 其晶体常数与三方晶系的相同。但是这种形状的平行六面体, 不具有六方晶系的特征, 通常为了明显起见, 把三个这样的平行六面体合并成一个复杂的晶胞, 即六方底心晶胞。



a 氯化铯的等轴原始格子

b 石墨的六方底心格子



c Fe_3 的等轴体心格子

d 自然铜的等轴面心格子

图 6 空间格子的四种类型

(7) 等軸晶系 其晶胞的稜长及稜間角度如下:

$$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

在化合物中(如NaCl)不同的质点(Na及Cl)都是属于同一种晶格(图7),即Na离子等軸面心格子,Cl离子也是等軸面心格子。

晶体中质点間是靠化学鍵联系起来的。

从上面的介紹,我們可以看出:空間格子是表示晶体内部构造規律性的几何形体。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,就称之为格子构造,或者叫做結晶格子。

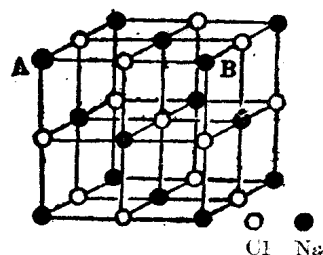


图7 石盐的晶体构造

2. 最紧密堆积原理与配位数:在晶体内部构造中,各质点不仅是作有規律的排列,而且还是以最紧密的方式排列着的。这是因为质点之間的作用力使质点互相靠近,使它們占有最小体积的緣故。因为这样,晶体中质点間的位能才能最小,晶体才能处于最稳定的状态。晶体因其化学組成不同,其化学质点排列的方式也有所不同,但归納起来不外两种。一种是同样大小质点的排列,另一种則是不同大小质点的排列。

(1) 同等大小质点的排列方式:取一层等大球(质点),让它們紧紧地排列在一个平面上,則每一个球有六个球包围,球間有二种三角形的空隙即B型(頂点朝下)和C型(頂点朝上),见图8。第二层球无论堆积在空隙B型上或C型上如图9,其結果都相同,因为旋轉180°时空隙B型和C型的位置相互代替。

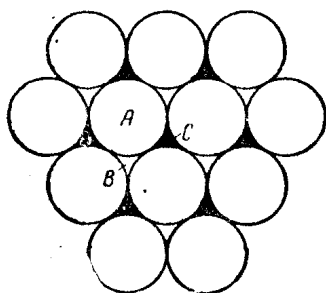


图8 第一层球的排列

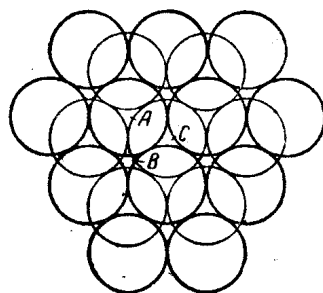


图9 第二层球堆积在C型空隙上

第三层球有二种不同的堆法,一种是使第三层球的中心复于第一层球之上,即每隔一层重复一次,用AB,AB……表示,由于在这种堆积中,球体按六方底心格子分布着,故称六方最紧密堆积(图10)。另一种是第三层球的中心在第一、二层空隙之上,即每隔二层重复一次,用ABC,ABC……表示,由于在这种堆积中,球体是按等軸面心格子分布着,故称等軸最紧密堆积(图11)。在等軸紧密堆积中,每球的周围与12个球相接触,在立方体心堆积中,每球的周围与8个球相接触,金属元素几乎都是这三种典型构造。

如Au、Ag、Cu即按照等軸面心格子排列,Fe_a、Li、Na、K、Rb、Cs等按等軸体心格子排列,而Mg、Zn、Be等則属六方底心格子排列。

虽然以上两种方式是最紧密的堆积方式,但在圓球之間还是存在着很多空隙。在上

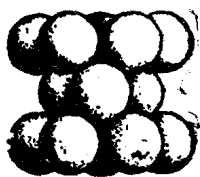


图 10 六方最紧密堆积

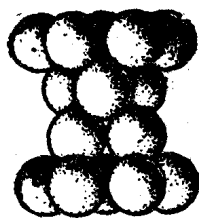


图 11 等轴最紧密堆积

述两种堆积中，空隙占了整个空间的25.95%。在上述二种最紧密的堆积中有两种空隙。一种是由四个球组成的，如图12, a所示。若自四个球的中心作连线，则构成一个四面体的外形，如图12, b所示，故称该空隙为四面体空隙。在等轴和六方最紧密堆积中，每个球的周围都有八个四面体空隙。又因四面体空隙是由四个球组成，所以当堆积的球数为 n 时，则四面体空隙的数目为 $2n$ （因 $\frac{8n}{4}=2n$ ）。也就是说，四面体空隙的数目，为组成空隙质点数的二倍。

另一种空隙是由六个球组成，如图13 a所示，若自六个球的中心作连线，则构成一个八面体的外形，如图13, b所示，故称八面体空隙。在等轴和六方最紧密堆积中，每个球的周围有六个八面体空隙。又因为八面体空隙是由六个球组成，所以当堆积的球为 n 时，则八面体空隙的数目应为 n （因 $\frac{6n}{6}=n$ ）。

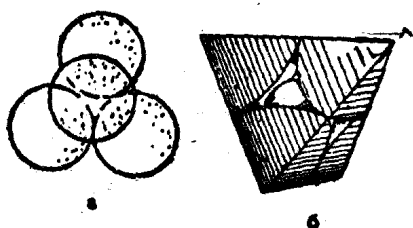


图 12 四面体空隙

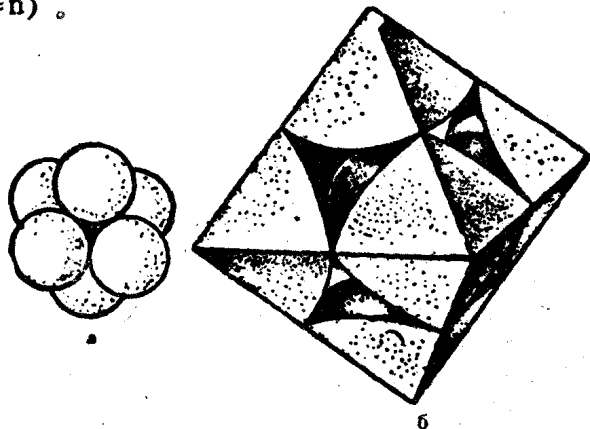


图 13 八面体空隙

(2) 不同大小质点的排列方式：在大多数矿物（指化合物，其中阴阳离子就相当于大小不等的球体）的构造中，则是阴离子按最紧密堆积，较小的阳离子填充在它们的空隙中。许多金属相都得到类似的堆积方式，即金属原子形成最紧密堆积，而在这些原子间的空隙处填充着较小的碳、硼、硅、氢、氮等原子。

为了了解矿物的物理化学性质，则对空隙的形状、数量及分布规律的研究，有着重要的意义。因为各晶体内部构造的区别，主要是在最紧密堆积中被填充的空隙的数量与性质，因并不是所有的空隙都被阳离子所填充，而是决定于矿物的化学式 AX ， AX_2 等。

例如：食盐的晶体构造，氯离子（ $Cl=1.81 \text{ \AA}$ ）排列成等轴最紧密堆积，而钠离子（ $Na=0.98 \text{ \AA}$ ）就填充在氯离子所形成的八面体空隙中，如图14所示。因为八面体空隙