

高等学校教学用书

矿物学

下册

蔣良俊 編著

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書是編者根据在中南矿冶学院为地質測量、找矿及地質勘探专业講授矿物学課程时所編的講稿，經過补充、修改和整理而成的。本書分上下两册出版，上册已出，这本是下册。

下册的内容包括：氧的化合物、含氧盐及卤素化合物。

本書可作为高等工业学校地質測量、找矿及地質勘探专业的教科書，亦可供采矿专业大学生及地質、采矿部門工作人員学习参考。

矿 物 学 (下册)

蔣 良 俊 . 編 著

冶金工业出版社出版 (地址：北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —

1960年1月 第 一 版

1960年1月北京第一次印刷

印 数 5,320 册

开本850×1168 • 1/32 • 330,000字 • 印张 $12\frac{24}{32}$ •

— * —

統一書号 15062 • 1894 定价 1,40 元

目 录

第三大类 氧的化合物	1
第一类 简单的和复杂的氧化物	8
一、赤铜矿族	10
39. 赤铜矿	10
二、红锌矿族	12
40. 红锌矿	12
41. 黑铜矿	13
三、刚玉——钛铁矿族	13
42. 刚玉	14
43. 赤铁矿	17
44. 钛铁矿	21
四、金红石族	23
45. 金红石	24
46. 锡石	26
47. 软锰矿	30
五、晶质沥青铀矿族	32
48. 晶质沥青铀矿	32
49. 方钍矿	36
六、石英族	37
50. 石英	39
51. 磷石英	46
52. 白砂石	47
53. 蛋白石	47
七、砷、锑、铋、钼、钨等的氧化物（氧华）	49
54. 砷华	49
55. 锑华	50
56. 方锑矿	50

57. 銻赭石	50
58. 黃銻華	50
59. 銻華	51
60. 鉬華	51
61. 鎢華	52
八、尖晶石族	52
62. 尖晶石	53
63. 磁鉄矿	55
64. 銘鉄矿	57
九、鈦鉄矿——鉭鉄矿族	59
65. 鈦鉄矿——鉭鉄矿	60
十、黃綠石族	62
66. 黃綠石	62
67. 鈦酸鉍矿	63
第二类 氢氧化物或含氢氧根的氧化物	65
一、鋁的氢氧化物	65
68. 鋁土矿	65
三水鋁石	69
一水硬鋁石	70
一水軟鋁石	71
二、鉄的氢氧化物	72
69. 褐鉄矿	72
三、錳的氢氧化物	74
70. 硬錳矿	74
71. 水錳矿	75
第四大类 含氧盐	77
第一类 矽酸盐矿物	81
亚类一具孤立四面体 SiO_4 构造的矽酸盐	95
一、鋯英石族	97
72. 鋯英石	97
二、橄欖石族	100
73. 橄欖石	100

三、石榴子石族	103
74. 石榴子石	104
四、藍晶石族	108
75. 藍晶石	108
76. 紅柱石	110
77. 矽錢石	111
五、榍石族	111
78. 榍石	111
六、黃玉族	113
79. 黃玉	113
七、十字石族	115
80. 十字石	115
八、符山石族	116
81. 符山石	116
亞類二具孤立矽氧四面體 SiO_4 群構造的矽酸鹽	118
A、具孤立 Si_2O_7 群的矽酸鹽	118
82. 異極礦	118
83. 黝帘石	120
84. 綠帘石	121
85. 褐帘石	122
B、具有環狀陰離子根的矽酸鹽	123
86. 綠柱石	123
87. 堇青石	127
88. 矽孔雀石	123
89. 电气石	129
亞類三具有連續鏈狀 SiO_4 四面體構造的矽酸鹽	133
A、單鏈構造的矽酸鹽輝石族	135
90. 透輝石	136
91. 鈣鉄輝石	138
92. 普通輝石	138
93. 硬玉	140
94. 鈍鈉輝石	140

95. 鋰輝石	141
96. 頑火輝石	143
97. 紫蘇輝石	144
B、雙鏈構造的矽酸鹽	144
角閃石族	144
98. 透閃石	146
99. 陽起石	147
100. 普通角閃石	148
101. 藍閃石	150
102. 鈉鈣閃石	151
103. 直閃石	151
C、具陰離子 $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]$ 帶狀構造的矽酸鹽	153
104. 矽灰石	153
105. 薔薇輝石	154
亞類四具連續層狀矽氧四面體構造的矽酸鹽	155
一、滑石——葉蜡石族	161
106. 滑石	162
107. 葉蜡石	164
二、雲母族	165
(一) 黑雲母亞族	167
108. 金雲母	167
109. 黑雲母	169
(二) 白雲母亞族	170
110. 白雲母	171
(三) 鱗雲母亞族	173
111. 鎰雲母	173
112. 鉄鎰雲母	174
三、脆雲母族	175
113. 珍珠雲母	176
114. 硬綠泥石	176
四、綠泥石族	177
115. 葉綠泥石	180

116. 斜綠泥石	181
117. 鱗狀綠泥石	182
118. 細鱗綠泥石	183
五、含水云母族及其类似矿物	183
119. 水白云母	184
120. 蛭石	184
121. 海綠石	186
六、蛇紋石——高嶺石族	187
(一) 蛇紋石亚族	187
122. 蛇紋石	187
(二) 高嶺石亚族	190
123. 高嶺石	190
124. 迪凱石	193
125. 珍珠陶土	194
七、多水高嶺土族	194
126. 多水高嶺土	195
127. 暗綠蛇紋石	196
八、微晶高嶺石族	197
128. 拜來石	199
129. 微晶高嶺石	200
130. 綠高嶺石	201
亚类五具連續架狀矽氧四面体 (Si, AlO_4) 构造的矽酸盐	202
一、长石族	205
(一) 正长石亚族	207
131. 正长石	208
132. 鉀微斜长石	211
(二) 斜长石亚族	214
133. 斜长石	216
(三) 鈉冰长石亚族	219
134. 鈉冰长石	219
135. 鈉长石	219
二、白榴石族	221

136. 白榴石	221
137. 方沸石	223
138. 鈹榴石	224
三、霞石族	225
139. 霞石	225
四、方鈉石族	227
140. 方鈉石	227
141. 青金石	228
五、柱石族	229
142. 柱石	230
六、沸石族	231
143. 斜方沸石	233
144. 鈉沸石	234
145. 輝沸石	236
第二类 磷酸盐、砷酸盐及钒酸盐	236
一、独居石族	240
146. 独居石	240
二、磷灰石族	243
147. 磷灰石	244
148. 磷酸氯鉛矿	247
149. 砷鉛矿	249
150. 钒鉛矿	250
三、藍鉄矿族	251
151. 藍鉄矿	251
152. 钴华	253
153. 镍华	254
四、鉍云母族	255
154. 銅鉍云母	256
155. 鈣鉍云母	257
156. 钒酸鉀鉍矿	258
157. 钒酸鈣鉍矿	259
第三类 錳酸盐及鉬酸盐	260

一、錳鐵礦族	261
158. 錳鐵礦	262
二、錳酸鈣礦族	265
159. 錳酸鈣礦	265
160. 鉬酸鈣礦	268
161. 彩鉬鉛礦	269
第四类 鉻酸盐	270
162. 鉻酸鉛礦	271
第五类 硫酸盐	272
一、重晶石族	275
163. 重晶石	276
164. 天青石	230
165. 鉛矾	281
二、硬石膏和石膏	283
166. 硬石膏	283
167. 石膏	285
三、檢金屬硫酸盐	290
168. 无水芒硝	290
169. 芒硝	291
170. 杂卤石	293
四、两价金屬的含水硫酸盐	294
171. 泻利盐	294
172. 水綠矾	296
173. 胆矾	297
五、明矾石族	298
174. 明矾石	299
175. 黃鉀鉄矾	301
六、明矾族	303
176. 鉀明矾	303
第六类 硼酸盐	304
一、无水硼酸盐	306
177. 硼鎂石	306

178. 硼鎂鉄矿	308
179. 方硼石	309
二、含水硼酸盐	310
180. 硼砂	310
181. 鈉硼解石	311
182. 水方硼石	312
183. 硬硼鈣石	313
第七类 碳酸盐	314
无水碳酸盐	316
一、方解石——文石族	316
184. 方解石	319
185. 菱鎂矿	324
186. 白云石	327
187. 菱鉄矿	330
188. 菱錳矿	332
189. 菱鋅矿	334
190. 文石	336
191. 白鉛矿	339
192. 碳酸鋇矿	341
193. 碳酸鋇矿	342
二、孔雀石族	344
194. 孔雀石	344
195. 石青	346
196. 水鋅矿	348
三、泡鋇矿族	348
197. 泡鋇矿	349
含水碳酸盐	349
198. 泡礆	350
第八类 硝酸盐	351
199. 鈉硝石	352
200. 鉀硝石	353
第五大类 卤素化合物	355

第一类 氟化物	357
201. 氟石	358
202. 冰晶石	363
第二类 氯化物、溴化物及碘化物	365
一、石盐族	366
203. 石盐	366
204. 钾盐	371
205. 光卤石	373
二、角银矿族	375
206. 角银矿	375
矿物名词索引	377

第三大类 氧的化合物

概述 本大类所包括的是金屬以及似金屬的氧化物和氢氧化物矿物。含氧盐矿物（如矽酸盐、磷酸盐、硫酸盐、碳酸盐等等）則另成一大类来研究。

大家知道，在前面通論中講地壳元素的分布时，已經指出，氧是所有化学元素中，在地壳內分布最广的元素，其克拉克值（以重量百分比計）为 47.2%，同时，氧的化学性質是极为活泼的，它能与极大多数的其他化学元素化合成穩固的化合物。因此，氧在地壳中所发生的化学反应极其重要。氧的化合物，不論是简单的氧化物，氢氧化物也好，或是各种含氧盐也好，它們在地壳中到处都占着优势，比其他各类化合物要大得多。

与氧成化合物的元素約有 40 多种，这些元素可以称为亲石元素，因为它们基本上是造成岩石的元素。亲石元素和前面所講的亲硫元素的区别，在于它們与氧有极大的亲和力；因而在这里我們可以看到一些硫化物中所沒有的元素（如鋁、矽、鈦、鈷、鉍、鉬、鉀等），或是在硫化物类中較少見的元素（如錫、鎂等）。特別值得指出的是，在氧化物中可存在有氢氧根，間或有水分子，而这些在硫化物中是沒有的。茲将与氧和氢氧形成自然化合物的元素，在門德雷耶夫周期表中的位置，列之于下：

氧化物在岩石圈中（不包括水圈和大气圈^①）計占总重量約 17% 左右。其中单二氧化矽的石英（包括石髓及蛋白石）即占約 12.6%，鉄的氧化物及氢氧化物約占 3.9%，其他元素的氧化物和氢氧化物，較多的則是鋁、鎂、鈦和鉻等的。

应当指出，这一类矿物虽然是构成岩石圈的主要材料，但有

^① 大气中的氧化物有碳酸气和水汽，它們的分布能达离地面 12 公里的高度。在水圈中，則如其名称所示：它的主要成分是水。

H															
	Be	B	C	N											
	Mg	Al	Si		S										
	Ca		Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	
		Y	Zr	Nb	Mo				Pd		Cd		Sn	Sb	Te
	Ba	TR		Ta	W						Hg		Pb	Bi	
			Th		U										

很多的氧化物却是重要的矿石，如鉄、鉻、錳、鋁、鈦、錫、鋇、鈳、鈾和稀土等矿。它們在国民經济上具有极其重大的意义。

氧化物的形成条件和化学特性 氧化物和氢氧化物大部分集中于地壳的最上部，即与含有游离氧的大气圈相接触的地方（游离氧穿透地壳的深度以地下水的底面为限）。岩石的风化圈以及矿床的氧化带，乃是造成新生矿物的化学反应的活动場所，在这里形成的新生矿物以金属氧化物和氢氧化物占最大多数。

在地壳最上部分起重要作用的不仅是渗入地壳的空气中的游离氧，而下渗雨水中所含的氧和碳酸气也具有重大意义。根据測定結果，飽含空气的雨水，一公升中有25—30立方厘米的气体，其中30%为氧，60%为氮，10%为碳酸气。如果把这些数字和空气的組成比較，則可知雨水中含有更多的氧，特别是含有更多的碳酸气。当雨水向地下水面下渗时，其氧化力漸次减小。游离氧在随雨水下渗过程中，因氧化作用而消耗，尤其是当硫化物及其类似化合物氧化时，这种消耗更大，結果，在第一阶段是形成硫酸盐、磷酸盐以及其他盐类。

某些組成岩石和矿石的氧化物，含有某种金属的低价离子如 Fe^{2+} ， Mn^{2+} ， V^{3+} 等的，也比較容易遭受氧化。在氧化过程中，这些金属变为高价离子，結果，結晶格架中的联結力就减弱。最后使氧化的結晶物質完全破坏，形成新的溶于水或者不溶

于水的化合物。

在这种过程中最初形成的盐类，如硫酸盐、碳酸盐等，以各种速度与水发生反应分解（这就是所谓水解作用），结果，许多金属的离子即成为难溶于水的氢氧化物而沉淀。

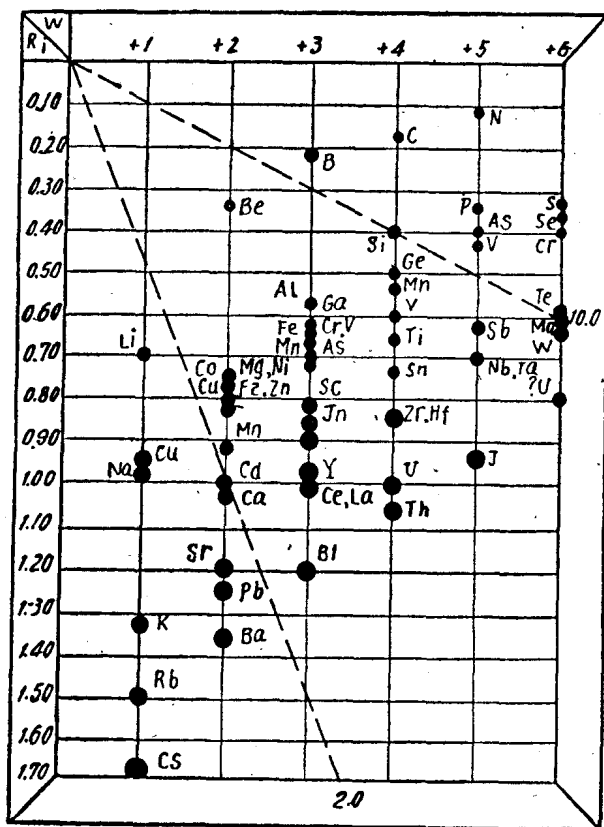


图57 趋向于形成氢氧化物的阳离子（虚线范围以内的）

大家都知道：离子在溶液中的行为是由离子电位所决定的，而这种电位的大小则以离子电荷与其半径之比（ $W : R_i$ ）来表示。能成难溶氢氧化物的阳离子，兹表列如图57。图中水平向右表示阳离子价的增加；垂直向下表示离子半径的增加。趋向于形

成氢氧化物和氧化物的阳离子的范围处于二虛綫之間（其离子电位是从2至10）。

这一范围的左方是具有8电子外层的强金属阳离子，即碱金属和一部分硷土金属（其离子电位小于2）。从化学上我們知道这些离子在水溶液中是易于保存和迁移的。在自然条件下，它們只成各种盐从溶液中沉淀。只有具有18电子外层的强极化的阳离子 Cu^{1+} 和 Pb^{2+} 为例外，它們在自然界能成氧化物存在。

图中的最上方是离子电位很高(超过10)，离子半径小而电荷大的阳离子。它們都能形成穩固的絡阴离子，如 $[\text{BO}_3]^-$ 、 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 、 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 、 $[\text{PO}_4]^{3-}$ 等。这些絡阴离子与适当的阳离子形成各种盐从溶液中沉淀。

因此，在上图中，各种阳离子因离子电位不同而产生的化学性質的差別，明显地被表現出来；离子电位的不同，使它們在程度不同的酸性和硷性溶液中，具有不同的化学行为。

值得注意的是，在自然界形成氧化物和氢氧化物的一部分阳离子，如 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等（居于图中所划范围的左部），在酸性溶液中易于移动，而在强硷性溶液中成結晶沉淀（氢氧化物或基性盐和中性盐）析出。离子电位較高的阳离子如 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{4+} 、 Si^{4+} 、 Ti^{4+} 、 Sn^{4+} 等，在因盐类水解而产生的弱硷性或弱酸性溶液中就易于沉淀，主要是形成与阴离子OH化合的难溶于水的氢氧化物。

大部分氢氧化物是在矿床的氧化带，或者一般地說，在岩石的风化带形成。由于它們大多数在水中的溶解力很低，經受强烈氧化后，能产生极度过飽和溶液，因此，很自然地它們常成隱晶質和胶状体出現。

金属氢氧化物（主要是鉄、錳、矽的氢氧化物）的另一个分布区域是水盆地、如沼泽、湖盆和海盆等。例如在許多近代淡水湖的沿岸浅水区，可以見有鉄和錳的氢氧化物沉积，它們成散布状結核分布，具有不同的大小和形状，如球状、橢圓体状、燒餅

状、不规则状等，并且除 Fe 和 Mn 的氢氧化物外，常含有腐植质。

不论经由那一途径形成的氢氧化物，随着时间的加长，特别是在干燥空气的条件下，它们都将要失去胶体水和湿存水，形成化学上与氢氧根联结的化合物，甚至无水氧化物；这种情形，在显著大陆性气候的区域尤为常见。在中深区域变质作用中，由氢氧化物可以形成无水氧化物的结晶粒状块体。

在內生成矿作用（岩浆作用，气化作用，热液作用）过程所成的氧化物中，能够形成简单无水氧化物的元素，就是上述那些在盐类水解过程中倾向于形成不溶于水的氢氧化物的阳离子（见图57）。例如石英 SiO_2 ，金红石 TiO_2 ，锡石 SnO_2 ，刚玉 Al_2O_3 ，赤铁矿 Fe_2O_3 ，褐铁矿 Mn_2O_3 等是。在这一大群阳离子中的两价阳离子（见图57），其形成简单无水氧化物者则远较稀少，它们常是成复氧化物出现。例如尖晶石族矿物，钛铁矿及钽钶铁矿等是。

结晶构造的特点和物理性质 本大类的所有化合物几乎都具有结晶构造，并且其构造单位为离子联结。

结晶格架中的阴离子为 O^{2-} （氧化物）和 $[\text{OH}]^{1-}$ （氢氧化物），二者的离子半径大小，大致相等，分别为 1.32 和 $1.33 \text{ \AA}$ 。因此，晶体构造的不同，主要取决于阳离子的大小，电荷，以及它们的极化性质。

在这些化合物的结晶格架中，阳离子永远为氧（或氢氧）所围绕，结晶格架的配位数为这些矿物的重要特性。

简单氧化物构造中结晶格架的配位数有各种变化，从配位数相当大的离子格架起，直至实际上是稀少的，具有小配位数和构造单位为分子键联结的分子格架止。以标准离子构造为特点的两价金属的氧化物，成 NaCl 型格架结晶，即具有 6 和 6 的配位数。只有具 18 电子外层和强极化离子的氧化物，具有配位数较小的构造，例如 ZnO （配位数为 4 和 4）， Cu_2O （配位数为 2 和 4）。

离子体积較小的三价和四价金屬氧化物的結晶构造具有更小的配位数，由离子联結趋近于共价結合，如 Al_2O_3 （配位数为6和4）， UO_2 （配位数为8和4）， TiO_2 （6和3）， SiO_2 （4和2）。具分子格架的化合物，其配位数还要小，例如 Sb_2O_3 （方錫矿）为3和2， CO_2 （固体碳气）为2和1。

在含有两种不同金屬阳离子的复杂氧化物，其二阳离子的配位数或則相同，或則不同。例如化合物 FeTiO_3 （鈦铁矿），其二阳离子 Fe^{2+} 和 Ti^{4+} 位于阴离子氧的六方围中，而鈣鈦矿 CaTiO_3 型化合物則是另一景象：阳离子 Ti^{4+} ， Nb^{5+} 等位于同样的六方围中，但离子半径較大的阳离子 Ca^{2+} 和 Na^{+} 的配位数則为12。在尖晶石 MgAl_2O_4 型化合物中，根据樂琴射綫研究証实 Mg^{2+} 的配位数为4， Al^{3+} 的配位数为6。

在简单和复杂氧化物的已加研究的結晶构造中，阳离子及其配位数有如下表所示：

自然氧化物中主要阳离子及其配位数

配 位 数	阳 离 子
4	Be^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Si^{4+}
6	Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} , Sn^{4+} , Ta^{5+} , Nb^{5+}
8	Zr^{4+} , Th^{4+} , U^{4+}
12	Ca^{2+} , Na^{+} , Y^{3+} , Ce^{3+} , La^{3+}

含氢氧根 $[\text{OH}]^{1-}$ 的氢氧化物如 $\text{Mg}[\text{OH}]_2$ ，以及含阳离子氢 H^{+} 的氧化物如 HAlO_2 ，就其构造來說，与标准氧化物有本質上的差別。当化合物中的 O^{2-} 离子被偶极阴离子 $[\text{OH}]^{1-}$ 代替后，即易造成标准的层状格子，这种层状格子，每层之內皆为离子联結，而层与层之間則为分子鍵联結。在此种情况下結晶格架的对称程度也降低。例如 MgO 按 NaCl 型等軸格架結晶，而 $\text{Mg}[\text{OH}]_2$ 則是按六方格架結晶。 Al_2O_3 結晶成三方晶系，而 $\text{Al}[\text{OH}]_3$ 則为单斜晶系，其他类似的化合物也都是这种情况。