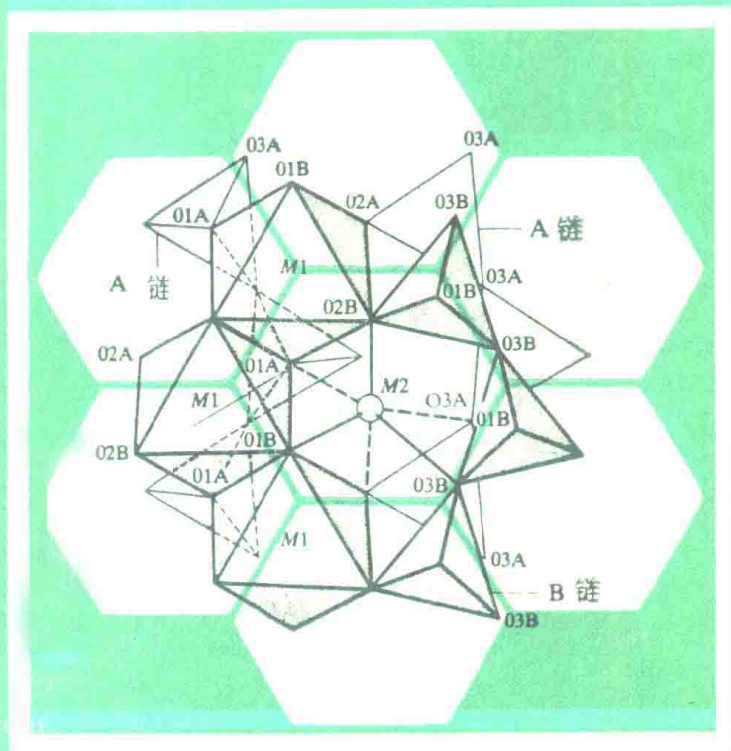


造岩矿物

ZAORYANKUANGWU

二卷 A

白云母连石硅酸盐



W. A. Deer 等

地质出版社

造 岩 矿 物

二卷 A (第二版)

单 链 硅 酸 盐

W.A.Deer 英国皇家学会会员

剑桥大学矿物学和岩石学教授

R.A.Howie

伦敦大学英皇学院矿物学教授

J.Zussman

曼彻斯特大学地质学教授

著

谢宇平 李鸿超 贺义兴 等译校

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本书继承了1963年第一版的内容和结构,收集和整理了1977年以前在世界范围内有关矿物种的丰富资料,分五个主要部分(结构、化学、实验研究、鉴定特征和成因)作了比较全面、系统地论述。

本书在理论性的深度、学科领域的广泛性、资料之全球性及著述的系统性方面,可称为当代矿物学的经典著作之一。

本书对于从事矿物学、岩石学、矿床学及其它有关学科研究人员、大专院校师生和实验操作人员而言,是一部必备的工具书和参考书。

Deer, Howie and Zussman

ROCK-FORMING MINERALS

Volume 2A Second Edition

Single-Chain Silicates

Longman 1978

造 岩 矿 物

二卷 A (第二版)

单 链 硅 酸 盐

W. A. Deer

R. A. Howie 著

J. Zussman

谢宇平 李鸿超 贺义兴 等译校

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑:王 曙

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/8}$ 印张: $32^{1/8}$ 字数: 750,000

1983年2月北京第一版·1983年2月北京第一次印刷

印数1—2,299册·定价5.50元

统一书号: 15038·新783

第一版前言

编写本书的目的主要是为地质科学的高年级学生和研究人员提供一部有益的参考书，但也希望本书适用于需要天然矿物或合成矿物资料的其它科学工作者参阅。本书对所编入的每种矿物都作了比较详细的阐述，这样一来，必然只能选取一些比较重要的矿物进行讨论。在所选取的这些矿物中以造岩矿物为主，本书采用“造岩矿物”一名则充分体现了这一选择原则，因为除了极少数情况外，只有根据这些矿物的出现与否，以及通过对这些矿物的研究，才能鉴定或修改一种岩石的名称。对于某些矿物的取舍，可能有争议，过去在研究一种矿物或矿物系列的过程中，一度涉及到的一些不太常见的矿物，本书也进行了讨论。

本书大多数资料来自各种科学杂志。书中是尽力地按矿物标题对这些资料进行收集、综合和归类的。资料来源则以参考文献的形式列于每一章的末尾^①。参考文献目录，既不是按历史顺序编排的，也没有把所有的文献资料都一一列举出来，但是，省略了这样一些参考文献，并不等于它们不重要而可以忽视，却是因为在其后的、研究范围更广的一些著作中，已经包括了这些资料；另外，当一个专题的论文发表了很多时，也只能选用少数几篇来说明所报导的研究范围和成果。

本书收集的这些资料和参考文献，将为从事矿物学研究的工作人员节省一些时间，并减轻一定的劳动。此外，也希望从许多不同的角度提供研究成果，特别是它们的相互关系，这样将有助于进一步揭示矿物的性质和特征。书中对已确定的矿物特性作了描述，并列成了表格形式，但是，这样做的意图是在于了解矿物和掌握其鉴定标志。最后，凡是有可能的话，将其光学性质与化学成分、化学成分与成因、物理性质与晶体结构等等方面的相互关系，都力所能及地进行了阐述。对于每一种矿物来说，已经肯定无疑的资料都作了归纳总结，但是也提及到一些尚未解决的和只是部分解决了的问题。

造岩矿物分成五卷进行讨论。硅酸盐是根据晶体结构归类于一至四卷中：第一卷，正硅酸盐和环状硅酸盐；第二卷，链状硅酸盐；第三卷，层状硅酸盐；第四卷，架状硅酸盐。第五卷为非硅酸盐，是按化学成分分类的，分别在不同章节中进行讨论。

除了少数情况外，每种矿物或矿物族都分成五个小段加以论述。在“结构”一段中，除简要地描述了原子结构外，还讨论了用X射线法鉴定矿物化学成分以及X射线法在研究矿物其它方面的应用。“化学”一段，描述了矿物化学成分的主要变化，凡有可能，都附有一个代表化学成分变化范围和成因变化范围的化学分析结果表，并根据大量分析结果计算了结构化学式。“化学”一段还研究了矿物的合成和分解，以及在相应化学体系中的相平衡，同时阐述了差热分析曲线的观测结果和变化产物。第三段是“光学性质和物理性质”，讨论了矿物的这些性质与矿物结构和化学的关系。第四段是“鉴定特征”(包括试验)，介绍了认识每种矿物的鉴定特征，尤其是据以区分那些与之最易混淆的矿物的鉴定特征或

^① 为节省篇幅，翻译时删去了参考文献，有兴趣的读者请查阅原书。

试验。“成因”一段论述了矿物产出的主要岩石类型和某些典型的矿物组合；还讨论了矿物的可能演变，以及这些演变与相平衡实验研究结果的关系。在每种矿物的五段内容前面，都列了一个特性简表，同时，对二轴晶矿物附有一个光性方位素描图，还有一段概括性的引言。每一章的最后，都附有参考文献。参考文献截止到1959年，但有些章节，后来补充到了1961年。本书中某些矿物资料常用图解来表示，这些图解都是用精确的厘米标尺绘制的，所以读者可以用这些图解直接进行测量。图解中的编号与分析结果与表中特定矿物的分析号是相对应的。

本书采用了许许多多研究人员的研究成果和资料，无需向读者一一强调，但我们要特别地向那些著者表示感谢，因为他们的图件为我们的论述提供了基础，从而减轻了我们的负担。同时，我们也向出版者致谢，因为他们准许我们使用他们的图版。我们向绘图师沃达姆斯(H. C. Waddams)先生致谢，他为本书绘制了许多图件。《矿物学文摘》一书对于我们注意到许多论文起到了引导作用，所以，它是我们工作的一个必不可少的起始点。在绝大多数情况下，本书的参考文献都是引用原始文章，但在没有可能这样做时，也转引了《矿物学文摘》作参考，例如写作(M. A. 13-351)等的就是如此。我们向曼彻斯特大学地质系的同事致以衷心的感谢，感谢他们的有益讨论和积极的协助，他们还与出版者一起，多次报导本书的进展和完成的消息。我们还向打字效率很高的诺科特(J. I. Norcott)女士和长期协作的朗曼斯·格林公司致以谢忱。

1960年10月于

曼彻斯特大学地质系

第二版前言

“造岩矿物”这一新版，我们仍然保持了第一版所采用的总原则和编排方式。然而，过去十五年中，整个地学活动已经有了巨大的发展，当然，矿物学和岩石学也不例外；“文献爆炸”和“指数性增长”等说法，虽然听起来不那么文雅，但是，就其含义来讲是恰如其份的；此外，不仅从事研究的人员及其研究成果有了很大的增长，而且在电子探针分析、实验岩石学和晶体结构测量等三个特殊领域里，更有了异常的发展。

电子探针分析具有简便易行、迅速和准确等优点，它已在很大程度上代替了繁复的化学和光学分析方法，对每个矿物都能提供许多较为可靠的分析结果，并且使研究者能在较短时间内处理更多的样品，以从事更广泛的研究工作。分析资料的进一步完善，其有效性的不断提高，也使得在化学成分变化方面、以及这种变化与晶体结构、物理性质和成因等等的关系，得到了更有意义的讨论。微细的交生体（出溶作用等等）以及化学成分的分带现象，利用电子探针和其它电子-光学方法也得到了更为迅速的研究。

在升温升压的相平衡研究方面，仍在快速发展，所以，需要描述的体系的累积数也日益增多。此外，随着技术的改进，进行更大温压范围的研究，已经切实可行了。与此同时，矿物的热力学特性的测定，以及元素在矿物内和矿物间进行分配的实验研究和理论解释，也都有了发展。

自动单晶衍射仪的改进和推广使用，已有可能对晶体结构更迅速地加以测定。所以，人们向来对一个矿物种、甚至一个矿物族，多半只能发表一个结构，而现在，对于每一种矿物，如果有许多种化学成分差异，那么每一种化学成分的结构，以及在各种温度下的结构，都可予以测定。

矿物学方面的上述进展以及其它方面的发展，已导致这一段中各种矿物的平均页数增为第一版的三倍左右；这种增长幅度也从每一种矿物的参考文献中反映出来。这一卷的参考文献已尽力引用到1976年和1977年前几个月的资料。

W. A. Deer

R. A. Howie

J. Zussman

1977年7月

译 序

由英国皇家学会会员、剑桥大学矿物学和岩石学教授W. A. Deer等人所著《造岩矿物(Rock-forming minerals)》五卷本第一版于1962~1963年出版。

该书系统地阐述了造岩矿物的一些最基本的物理、化学性质, 热力学原理和实验研究问题。是世界矿物学界所公认的当代经典著作之一。第一卷为正硅酸盐和环状硅酸盐; 第二卷为链状硅酸盐; 第三卷为层状硅酸盐; 第四卷为架状硅酸盐; 第五卷为非硅酸盐, 其中包括一些最常见的氧化物、氢氧化物、硫化物、硫酸盐、碳酸盐、磷酸盐及其它盐类矿物。

本书是在1962~1963年版《Rock-forming minerals》五卷本的译文基础上, 按1978年第二版《Rock-forming minerals, Vol. 2A》增译的。

1978年版第二卷第一分册——单链硅酸盐, 专门论述单链结构的辉石族矿物和具有单链结构的非辉石族的一些矿物, 相当于1963年版第二卷的前半部分。

本书收集和整理了1977年以前世界范围内有关矿物种的丰富的矿物学资料, 并将各种矿物分五个主要部分(结构、化学、实验研究、鉴定特征和成因)作了比较全面、系统地论述。其中最突出的特点是以矿物的成分系列为基础, 即从系列矿物学观点出发, 对矿物的化学资料进行了清晰的分析和归纳, 同时阐述了矿物的化学成分、内部结构、光学性质和物理性质及成因之间的有机联系, 而且强调了化学成分的主导作用。

1978年版继承了1963年版的内容和结构, 但增添了许多用了现代技术或手段(探针、红外谱仪、电子显微镜、穆斯堡尔谱仪……等)所获得的大量可贵资料, 从而对某些现象作了更详尽的合理解释。

该书所引用资料并未按作者的观点加以舍取或修改。这样, 便于读者了解对某些问题尚在争议的现状。

本书对于从事矿物学、岩石学、矿床学及其它有关学科研究、教学和实验操作的人员来讲, 都是一部必备的工具书和有益的参考书。书中所载矿物实验研究的丰富内容, 对从事工业和工艺的人员也是非常有用的。

本书所用资料范围遍及全球, 唯中国的资料不多。

我们是在译校完毕1962~1963年版五卷本后, 获得该书1978年版本的, 为将最新版本介绍给读者, 中辍了旧版本译文的结尾事宜, 即转入新版本的增译工作。

旧版本主要由谢宇平、贺义兴翻译, 并与周延坤、严寿鹤一起进行了校对, 刘万参照俄译本将每种矿物的结构作了进一步校核。

在旧版本的译校过程中, 承蒙多方面的支持和协助。张贻侠、王公庆、戚长谋等, 热情支持和审阅了部分译稿, 并作了必要的修改; 杨先觉、李鸿超、靳是琴、李高山, 何绍武及长春地质学院矿物教研室其它许多同志协助作了部分工作或传阅了部分译稿, 并提出了一些宝贵意见。此外, 长春地质学院岩化系的王多禧、关雅先、祁之儒等也给予了积极的帮助。在此谨向上述同志表示深切谢意。

新版本的增译工作是在谢字平的指导下，由李鸿超（引言、斜方辉石、易变辉石、蔷薇辉石、锰三斜辉石、假蓝宝石、三斜闪石、褐斜闪石、蓝硅硼钙石等）、贺义兴（透辉石—钙铁辉石、深绿辉石〔除概述、结构以外〕、锰钙辉石、锂辉石等）、何绍武（普通辉石、深绿辉石的概述和结构部分）、周延坤（绿辉石、硬玉、霓石和霓辉石、陨铬辉石等）和王公庆（硅灰石、针钠钙石、钙蔷薇辉石）增译；图表植字及全书的所有技术处理由严寿鹤负责完成。译稿主要由李鸿超、贺义兴勘校。

译校者

1981年6月 于长春

目 录

第一版前言

第二版前言

译序

第一篇 单链硅酸盐：辉石族

引言	1
结构	3
化学	10
第一章 镁—铁辉石亚族	13
第一节 顽火辉石—斜方铁辉石	13
一、结构	15
晶胞参数	18
斜方辉石中的出溶作用	21
原顽火辉石	22
单斜顽火辉石—单斜铁辉石	22
MgSiO_3 多形变体的稳定区域	24
堆积的无序性	25
二、化学	41
多形现象	43
出溶页片	43
斜方辉石—单斜辉石连结线	50
反应边	51
阳离子分配	53
三、实验研究和合成体系	62
铁辉石	65
单斜顽火辉石—单斜铁辉石	70
MgSiO_3 — $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 体系	70
Al_2O_3 的溶解度	76
Mg_2SiO_4 — SiO_2 体系	81
蚀变	90
四、光学性质和物理性质	91
光轴角	93
多色性	94
密度	95
环带现象	95
页片状结构	96

单斜顽火辉石—单斜铁辉石	99
五、鉴定特征	100
六、成因	100
岩浆岩	100
变质岩	100
陨石	117
第二节 易变辉石	117
一、结构	118
高温易变辉石	121
Fe-Mg的分配	121
出溶作用	123
二、化学	123
出溶作用	131
实验研究和合成体系	132
三、光学性质和物理性质	134
四、鉴定特征	136
五、成因	136
第二章 钙辉石亚族	144
第一节 透辉石—钙铁辉石	144
一、结构	145
二、化学	147
阳离子分配	167
实验研究和合成体系	169
蚀变	193
三、光学性质和物理性质	194
四、鉴定特征	200
五、成因	200
岩浆岩	200
变质岩	211
交代变质岩和矽卡岩	215
第二节 普通辉石	217
一、结构	218
二、化学	223
元素的分配	249
岩浆岩中辉石的结晶作用	253
出溶页片	262
实验研究	266
蚀变	271
三、光学性质和物理性质	271
四、鉴定特征	281
五、成因	281
岩浆岩	281

变质岩	296
第三节 深绿辉石	298
一、结构	299
二、化学	301
实验研究	302
三、光学性质和物理性质	307
四、鉴定特征	309
五、成因	309
第四节 锰钙辉石	311
一、结构	311
二、化学	312
三、光学性质和物理性质	316
四、鉴定特征	316
五、成因	317
第三章 钙-钠辉石亚族	319
绿辉石	319
一、结构	319
二、化学	321
蚀变	332
实验研究	333
三、光学性质和物理性质	339
四、鉴定特征	340
五、成因	340
第四章 钠辉石亚族	347
第一节 硬玉	347
一、结构	348
二、化学	349
实验研究	349
三、光学性质和物理性质	357
四、鉴定特征	358
五、成因	358
第二节 霓石—霓辉石	362
一、结构	364
二、化学	365
实验研究	373
三、光学性质和物理性质	381
四、鉴定特征	384
五、成因	384
岩浆岩	384
变质岩	388
第三节 陨铬辉石	391
一、结构	391

二、化学	392
三、光学性质和物理性质	394
四、鉴定特征	394
五、成因	394
第五章 锂辉石亚族	396
锂辉石	396
一、结构	396
二、化学	398
实验研究	399
蚀变	406
三、光学性质和物理性质	406
四、鉴定特征	407
五、成因	407

第二篇 单链硅酸盐：非辉石族

第一节 硅灰石	411
一、结构	411
二、化学	414
实验研究	414
三、光学性质和物理性质	419
四、鉴定特征	420
五、成因	421
第二节 针钠钙石	422
一、结构	423
二、化学	425
实验研究	429
三、光学性质和物理性质	429
四、鉴定特征	430
五、成因	430
第三节 钙蔷薇辉石	430
一、结构	431
二、化学	433
实验研究	436
三、光学性质和物理性质	436
四、鉴定特征	437
五、成因	438
第四节 蔷薇辉石	438
一、结构	439
二、化学	440
实验研究	441
三、光学性质和物理性质	445
四、鉴定特征	447

五、成因	447
第五节 锰三斜辉石	448
一、结构	449
二、化学	451
实验研究	451
三、光学性质和物理性质	457
四、鉴定特征	458
五、成因	458
第六节 假蓝宝石	459
一、结构	459
二、化学	461
实验研究	463
三、光学性质和物理性质	472
四、鉴定特征	473
五、成因	473
第七节 三斜闪石	479
一、结构	479
二、化学	481
实验研究	485
三、光学性质和物理性质	488
四、鉴定特征	488
五、成因	488
第八节 褐斜闪石	490
第九节 蓝硅硼钙石	494
英汉对照名词表	497

缩 写 及 符 号

除了另行规定而外，正文中所用的缩写如下：

Å	Ångstrom (埃)，长度单位 (10^{-10}m)
a	x 方向的晶胞棱长
a_{rh}	菱面体晶胞棱长
a_{hex}	六方晶胞棱长
b	y 方向的晶胞棱长
B_{x_2}	锐角等分线
c	z 方向的晶胞棱长
calc.	计算
cpx.	单斜辉石
D	比重

D	(与 λ 联用时) 钠 (黄) 光波长 (589nm)
d	原子面间距
DTA	差热分析
H	硬度 (摩氏)
M. A.	矿物学文摘
max.	最大
min.	最小
mol.	分子 (克分子)
n	折射率 (等轴晶系)
O. A. P	光轴面
Opx.	斜方辉石
Ol.	橄榄石
P	压力
R	金属离子
$r < v$ (或 $r > v$)	在红光中的光轴角小于 (或大于) 在紫光中的光轴角
rh	菱面体
T	温度
2V	光轴角
x, y, z .	结晶轴
Z	每单位晶胞中的分子数目
α, β, γ .	最小、中等和最大折射率
α, β, γ .	分别为 y 与 z 结晶轴、 x 与 z 结晶轴、 x 与 y 结晶轴之间的正方位角
α, β, γ .	快光、中速光和慢光的偏振方向, 也分别代表快光、中速光和慢光
δ	双折射率
ϕ	极座标: 从 $[010]$ 顺时针方向测定的方位角
ρ	极座标: 从 z 测定的极距角
λ	波长
ϵ	非常光, 折射率
ω	常光, 折射率
tr.	微量 (或痕量)
$\simeq$	近似相等

引言

辉石是造岩铁镁硅酸盐的最重要的矿物族，几乎在每一类岩浆岩中它都作为稳定相产出。辉石还产于区域变质和热变质条件下形成的、成分极为不同的许多岩石中。

辉石包括具有斜方对称和单斜对称的许多变种。斜方对称的斜方辉石主要由一系列的、其简单化学成分为 $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_3$ 的矿物组成；另一个大组是单斜辉石，与斜方辉石相比，其化学成分的变化很广。产于岩浆岩和变质岩中的许多辉石，大体上都可以看作是 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ — $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ — $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ — $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 四组份系的成员。本书所采用的单斜辉石命名方法，示于图1，该命名法是由波尔德瓦特 (Poldervaart) 和赫斯 (Hess, 1951) 首先提出的。 MgSiO_3 — FeSiO_3 辉石的单斜系列(单斜顽火辉石—单斜铁辉石) 罕见于地球岩石中，故本书把它与斜方辉石放在一起讨论。在单斜辉石矿物里，类质同象取代并不限于二价阳离子的互相替换；一价和三价离子作为重要组份的辉石成分区域示于图2。

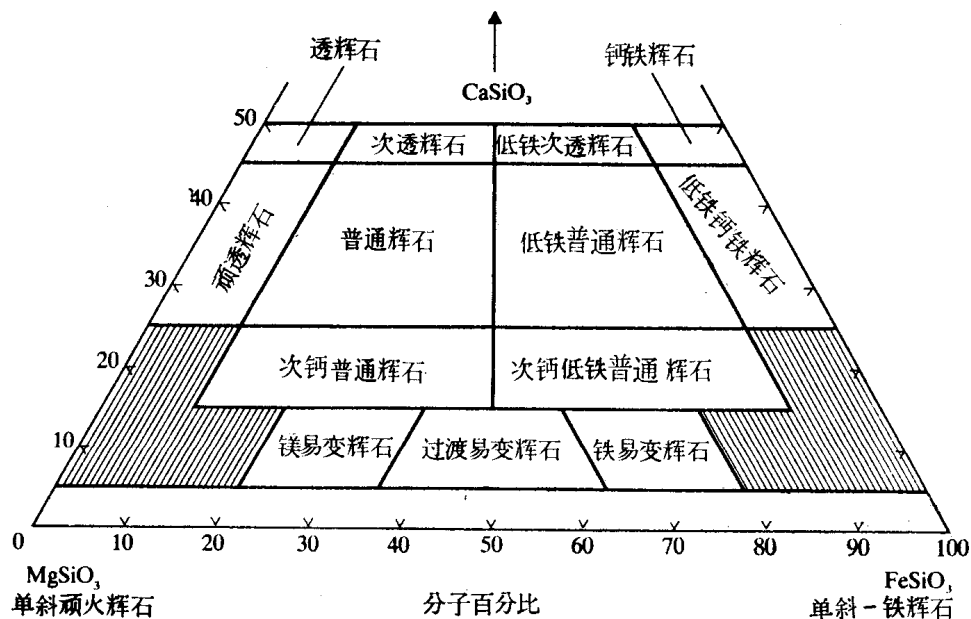


图1 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ — $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ — $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ — $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 体系中单斜辉石的命名法
(据Poldervaart和Hess, 1951)

辉石 (pyroxene) 一词来自希腊词 pyro (“火”) 和 xenos (“外来者”)，它是由哈羽伊 (Haüy) 给予许多熔岩中所发现的绿色晶体之名称；显然，哈羽伊认为这些晶体只是偶然地被包裹在熔岩里的。

辉石概略地可看作三个主要亚族。镁铁辉石，其结构式为 $[(\text{M}2)(\text{M}1)(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ ，其它阳离子占据的 $\text{M}1$ 、 $\text{M}2$ 位置少于10%；钙辉石，其钙占据2/3以上的 $\text{M}2$ 位置；钠辉石， $\text{M}2$ 位置大部分被钠离子所占据，而 $\text{M}1$ 位置，例如在硬玉、霓石和陨铬辉石中，分别被 Al 、 Fe^{3+} 或 Cr 占据。另外，还有两个次要的亚族，即钙-钠辉石亚族——以绿辉石和霓辉石（后者与霓石一起讨论）为代表，以及锂辉石亚族——以锂辉石为代表。

辉石矿物的成分及其讨论顺序如下：

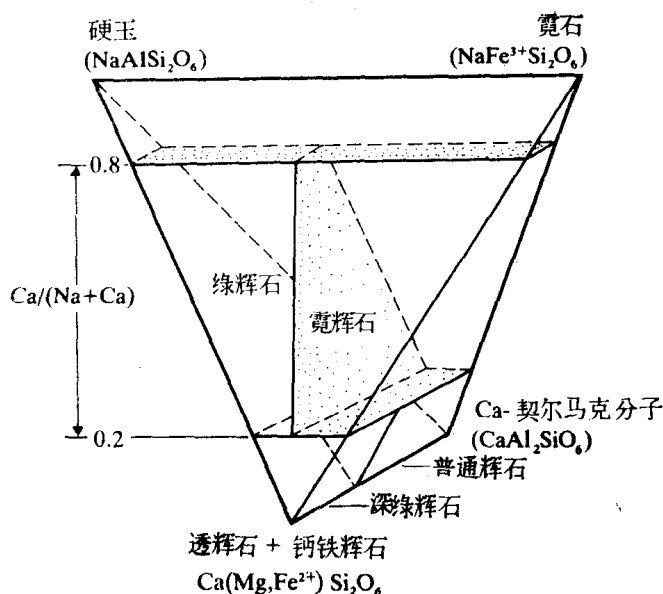


图 2 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_6$ (硬玉)— $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_6$ (霓石)— $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (透辉石)— $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ (钙铁辉石)— $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ (契尔马克分子) 体系中单斜辉石的命名法
图中表示出绿辉石、霓辉石、深绿辉石和普通辉石的成分区域
(据Clarke和Papike, 1968)

陨铬辉石 $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$

锂辉石亚族

锂辉石 $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$

用来描述辉石族各个成员的还有许多其它的名称, 然而, 大多数没有多大价值, 并且应该废弃; 除少数例外, 本书不使用它们。对于某些辉石来说, 为了指出一种特殊组份的异常含量, 恰当地用形容词加以修饰 (如铬 普通 辉石), 但是, 假如有关元素在矿物中是以正常含量存在的话 (如钙 普通 辉石), 就不用修饰语了。对于高价状态, 则用形容词词尾-ian (如高铁—ferrian), 而对于低价状态, 则用形容词词尾-oan (如高铁—ferroan, 低铁—titanoan), 这些术语在准确地称呼普通辉石系列中的成员时是特别有意义的。

在辉石族的矿物里, 有各种各样的离子取代, 并且该族的某些组份之间具有完全的替换, 例如, 在透辉石和钙铁辉石之间, 以及钙铁辉石和钙锰辉石之间就是这样。透辉石—钙铁辉石矿物也与普通辉石和高铁普通辉石以及次钙普通辉石和次钙高铁普通辉石形成一个连续系列。由于在透辉石、钙铁辉石和普通辉石之间具有一个连续的化学变化, 则考虑用单一的名称, 即普通辉石, 再加上形容词修饰语说明它在辉石族内的成分范围, 然而, 特别是在岩石学的描述和讨论成因时, 为了更精确而简明地表达出这些辉石的化学特征, 仍然保留透辉石—钙铁辉石系列、普通辉石系列 (普通辉石、高铁普通辉石、次钙普通辉石和次钙高铁普通辉石)、顽火透辉石和高铁钙铁辉石四分法, 其中后两者的产出比较局限。与此类似, 本书用深绿辉石一词来描述富Al (Fe^{3+}) 的单斜辉石, 其中大多数 $M2$ 位置被Ca占据, 并且三价阳离子进入 $M1$ 位置, 通过四面体位置中Al对Si的取代加以补偿。考虑到钛

镁铁辉石亚族

斜方辉石 (顽火辉石—斜方铁辉石) $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Si}_2\text{O}_6$

易变辉石 $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca}) (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) \text{Si}_2\text{O}_6$

钙辉石亚族

透辉石—钙铁辉石 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) \text{Si}_2\text{O}_6$

普通辉石 $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_2 (\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$

深绿辉石 $\text{Ca} (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}) (\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$

锰钙辉石 $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$

钙钠辉石亚族

绿辉石 $(\text{Ca}, \text{Na}) (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}) \text{Si}_2\text{O}_6$

(霓辉石)

钠辉石亚族

硬玉 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_6$

霓石 $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_6$

普通辉石 (titanaugite) 这一名称长期以来连续使用, 所以也保留了下来。

尽管有某些迹象表明, 成分介于次钙普通辉石和易变辉石之间的辉石可以在高温晶出, 但是在钙辉石亚族和富 (Mg, Fe) 的易变辉石之间具有一个混溶间断, 在易变辉石和斜方辉石之间也有一成分间断; 按 6 个氧来说, 前者含有 0.1—0.2 个 Ca, 后者含 Ca 离子则少于 0.1 个。

虽然钠辉石, 硬玉和霓石通常分别含有 90% 以上的 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_6$ 或 $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$, 但是两者都可以与透辉石和钙铁辉石广泛固溶, 从而导致出现绿辉石质辉石或霓辉石成分 (钙-钠辉石亚族)。图 2 中人为地划分了这两个系列之间的界限, 并表示了硬玉、霓石、透辉石—钙铁辉石和 $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ (Ca-契尔马克分子) 区域内的命名法。在有些辉石中, 其硬玉、霓石和透辉石—钙铁辉石组份近于按等比例出现, 这些辉石有时描述为暗绿玉, 放在绿辉石一章 (见图 200) 讨论。

结 构

第一个被查明的辉石结构是透辉石的结构 (Warren 和 Bragg, 1928)。这一研究确定了所有辉石结构的基本特点是: SiO_4 四面体借共用四个角顶中的两个角顶氧离子联结起来, 形成成分为 $(\text{SiO}_3)_n$ 的连续链 (图 3), 沿着链延长方向的重复距离约为 $5.2 \text{ \AA}$, 这就决定了其晶胞参数 c 。在横向上, 链通过阳离子 (Ca、Na、Mg、Fe 等) 联结。这些阳离子的位置, 标记为 $M1$ 和 $M2$, 示于图 4 中; 该图代表理想的辉石结构沿链的方向之投影。 $M1$ 原子基本上位于 SiO_3 链的四面体顶角之间, 而 $M2$ 原子大体上是位于链的四面体底面之间。在透辉石里, $M2$ 是由 Ca 所占据的位置; 一般来讲, 如果出现大半径的离子 (Ca、Na), 那么, 它将占据 $M2$ 而不占据 $M1$ 。 $M1$ 周围的氧配位很接近于规则的八面体, 但 $M2$ 位置的配位却是不规则的, 并且随所存在的阳离子而异, 例如, Mg 为六次配位, Ca 和 Na 为八次配位。还应该注意的是, 配位于 $M1$ 的氧 ($O1$ 和 $O2$) 全都是非桥式氧 (即只属于辉石链的一个四面体所有), $M2$ 原子却部分地被桥式氧 (即用于联结邻近四面体的氧) 配位。观察辉石结构的一种方法是把它看成 Si—O 链与链联, 或看成 $M1$ —O 和 $M2$ —O 多面体构成的带。另一种方法, 像图 4 中清楚看到的那样, 其结构可以认为是由平行 (100) 的四面体层与六次配位或更高配位的多面体层交替排列构成; 还明显地出现清楚的氧层, 特别是对于 Mg, Fe 辉石来说, 这些氧层在三度空间的排列近于立方紧密堆积。

图 4 表明, SiO_3 链是背靠背

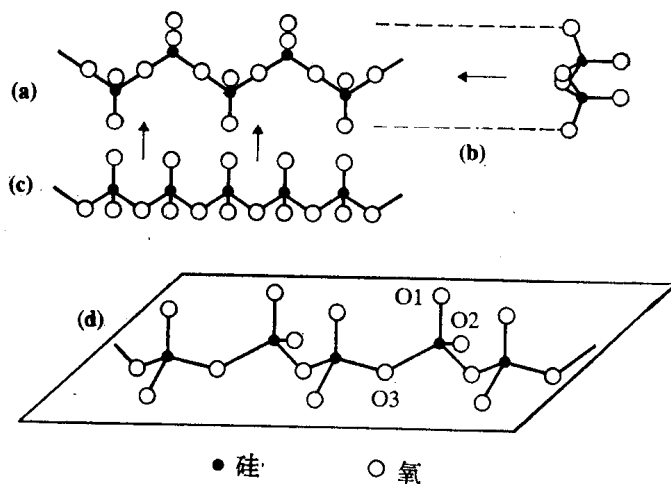


图 3 一个单一辉石链的理想图示
(a) 在 (100) 面上的投影; (b) 沿 z 的投影; (c) 沿 y 的投影;
(d) 透视图
(据 Bragg, 1937; de Jong, 1959)