

高等学校教材

岩石学简明教程

(修订本)

翟 淳 主编



地质出版社

高等学校教材

岩石学简明教程

(修订本)

成都地质学院

翟淳 主编

地质出版社

内 容 简 介

本书比较系统地介绍了岩浆岩、沉积岩和变质岩的物质成分、结构构造、岩石类型、分布规律、成矿关系和成因等方面的基础知识和基本理论。它是根据近年来国内外对岩浆岩、沉积岩和变质岩研究所取得的成果，在一九七九年版本的基础上修订而成。这个修订本基本上反映了岩石学研究的现状和水平。

书中文字通俗易懂，便于阅读和学习。

本书可作地质、石油、建材、水电、铁道和矿业等院校相关地质专业的教材，并可供科研和生产人员参考。

高 等 学 校 教 材 岩 石 学 简 明 教 程

(修订本)

成都地质学院

翟淳 主编

责任编辑：赵俊磊

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：787×1092¹/₁₆ 印张：20¹/₂ 字数：485,000

1987年5月北京第一版·1987年5月北京第一次印刷

印数：1—9,800册 定价：3.20元

统一书号：13038·教276

前 言

根据一九八二年三月在北京召开的岩石学教材编审委员会的决议，对一九七九年出版的岩石学简明教程进行修订。在修订过程中编者曾多方面征求地质院校、大学地质系、石油、建材、水电、铁道和矿业等使用学校的意见。各单位或个人都以认真负责的精神，对原教材中的错误、缺点和不妥的地方，提出了很多宝贵的意见和良好的建议，这对提高本教程的质量受益非浅。编者在修订时认真地考虑了这些意见和建议。在此致以衷心的感谢。

修订后的岩石学简明教程，仍以描述岩类学为主，相应的也讨论了近代岩浆岩、沉积岩和变质岩成因方面的基础知识，这些当代岩石学的最基本知识是地质学专业必需掌握的入门知识。和原书相比，这次修订减去了各篇中的研究方法，增删了一些岩类，重写了岩浆岩的总论和成因；对沉积岩的形成和分类作了新的划定；变质反应和变质反应带与塑性变形的引入则是变质岩部分最大的变动。

本教程仍由成都地质学院岩石教研室承修，其中绪论和第一篇岩浆岩由翟淳修编，第二篇沉积岩由张长俊修编，第三篇变质岩由卫管一修编。图件由院绘图室清绘。全部书稿由翟淳统一整理。

修订稿完成后，由岩石学教材编审委员曾允孚教授组织了内审，茅燕石副教授评审了岩浆岩和变质岩部分，曾允孚教授评审了沉积岩部分。编者根据评审意见进行了修改补充，再交曾允孚教授复审。

由于编者水平有限，书中难免有错误和缺点，敬请广大读者批评指正。

编 者

1985.10.

目 录

绪论.....	1
一、岩石的概念	1
二、岩石学的概念	1
三、岩石学和其它学科的关系	2
四、岩石学的研究方法	2
五、岩石学的发展简史和研究现状	3

第一篇 岩 浆 岩

第一章 总 论	5
第一节 岩浆	5
第二节 岩浆岩	6
第三节 岩浆岩的物质成分	7
一、岩浆岩的矿物成分	7
二、岩浆岩的化学成分	9
三、岩浆岩的矿物共生组合规律和化学成分的关系	10
第四节 岩浆岩的结构和构造	12
一、岩浆岩的结构	12
二、岩浆岩的构造	19
第五节 岩浆岩的产状和相	22
一、岩浆岩的产状	22
二、岩浆岩的相	27
第六节 岩浆岩的分类和命名	30
一、岩浆岩的分类	30
二、岩浆岩的命名	34
第二章 各 论	37
第一节 橄榄岩—苦橄岩类	37
一、一般特征	37
二、侵入岩——橄榄岩类	38
三、喷出岩——苦橄岩类	44
第二节 辉长岩—玄武岩类	46
一、一般特征	46
二、侵入岩——辉长岩类	47
三、喷出岩——玄武岩类	53
第三节 闪长岩—安山岩类	58
一、一般特征	58
二、侵入岩——闪长岩类	59

三、喷出岩——安山岩类	62
第四节 花岗岩—流纹岩类和	
花岗岩闪长岩—英安岩类	65
一、一般特征	65
二、侵入岩——花岗岩和花岗闪长岩类	66
三、喷出岩——流纹岩和英安岩类	70
第五节 正长岩—粗面岩类	74
一、一般特征	74
二、侵入岩——正长岩类	75
三、喷出岩——粗面岩类	77
第六节 霞石正长岩—响岩类	80
一、一般特征	80
二、侵入岩——霞石正长岩类	81
三、喷出岩——响岩类	83
第七节 脉岩类	85
一、煌斑岩类	85
二、细晶岩类	89
三、伟晶岩类	89
第八节 火山碎屑岩类	91
一、一般特征	91
二、火山碎屑岩的物质成分	92
三、火山碎屑岩的结构	93
四、火山碎屑岩的构造	95
五、火山碎屑岩的分类和命名	96
六、火山碎屑岩的主要类型及其特征	96
七、火山碎屑岩的形成和变化	99
第三章 岩浆岩的成因	101
第一节 岩浆的形成	101
一、地球的组成	102
二、岩浆的形成	103
第二节 原生岩浆	107
第三节 岩浆的演化	107
一、分异作用	108
二、同化作用	109
三、混合作用	110
第四节 主要岩浆岩类的成因	111
一、超基性岩类的成因	111
二、玄武岩类的成因	111
三、闪长岩和安山岩类的成因	112
四、花岗岩类的成因	112
第五节 岩浆岩的共生组合、分布与构造和矿产的关系	113
一、洋中脊的岩浆岩组合	114

二、大陆边缘的岩浆岩组合	114
三、稳定大陆内的岩浆岩组合	119

第二篇 沉积岩

第一章 总 论	121
第一节 概 述	121
一、沉积岩的定义和分布	121
二、研究沉积岩的意义	121
三、沉积岩的一般特征	121
四、沉积岩石学的现状和研究方法	122
第二节 沉积岩的形成作用	123
一、沉积物质的形成作用	123
二、沉积物的搬运和沉积作用	126
三、沉积期后的变化及其作用	135
第三节 沉积岩的构造和颜色	141
一、概述	141
二、层理构造	141
三、层面构造	151
四、同生变形构造	154
五、生物成因构造	157
六、化学成因构造	157
七、其它成因的沉积构造	159
八、沉积岩的颜色	160
第二章 各 论	162
第一节 沉积岩的分类	162
第二节 碎屑岩	162
一、碎屑岩的一般特征	162
二、粗碎屑岩——砾岩、角砾岩	171
三、中碎屑岩——砂岩	174
四、细碎屑岩——粉砂岩	181
第三节 泥质岩	182
一、概述	182
二、泥质岩的一般特征	182
三、泥质岩的主要类型	186
四、泥质岩的研究方法和实际意义	188
第四节 碳酸盐岩	189
一、概述	189
二、碳酸盐岩的物质成分	189
三、碳酸盐岩的结构	191
四、碳酸盐岩的构造	197
五、碳酸盐岩的孔隙及裂缝	199
六、碳酸盐岩的沉积期后变化	200

七、碳酸盐岩的分类和命名	205
八、碳酸盐岩的主要类型	208
第五节 其它内源沉积岩	211
一、蒸发岩	211
二、硅质岩	213
第三章 沉积相	216
第一节 概述	216
一、沉积环境、沉积相的定义	216
二、沉积相的分类	216
三、沉积相的鉴定标志	216
第二节 大陆相组	219
一、概述	219
二、河流相	220
三、冲积扇相	225
四、湖泊相	225
五、沼泽相	228
第三节 过渡相组	228
一、概述	228
二、三角洲相	229
三、河口湾相	233
第四节 海相组	234
一、概述	234
二、无障壁海岸相	236
三、有障壁海岸相	239
四、浅海陆棚相	244
五、次深海相	245
六、深海相	245
七、浊积岩相	246
第五节 碳酸盐沉积相	247
一、现代碳酸盐沉积环境	247
二、碳酸盐沉积相模式	247
三、碳酸盐沉积相的主要特征	251

第三篇 变质岩

第一章 总论	257
第一节 变质作用和变质岩的基本概念	257
一、变质作用和变质岩	257
二、变质作用因素	258
三、变质作用的类型	261
四、变质作用的界限	263
第二节 变质岩的物质成分	263

一、变质岩的化学成分	263
二、变质岩的矿物成分	264
三、变质岩矿物共生组合的规律	265
第三节 变质岩的结构和构造	267
一、变质岩的结构	268
二、变质岩结构的观察、描述和命名	275
三、变质岩的构造	275
第四节 变质岩的分类	278
第二章 变质岩各论——常见的变质岩类型	279
第一节 动力变质岩类	279
一、概述	279
二、动力变质岩的分类和命名	281
三、主要的动力变质岩	282
第二节 热接触变质岩类	283
一、概述	283
二、热接触变质岩的分类和命名	284
三、主要的热接触变质岩	286
第三节 区域变质岩类	288
一、概述	288
二、区域变质岩的分类和命名	289
三、主要的区域变质岩	289
第四节 混合岩类	296
一、概述	296
二、混合岩的分类和命名	298
三、主要的混合岩	298
第五节 交代变质岩类	301
一、概述	301
二、交代变质岩的分类和命名	302
三、主要的交代变质岩	303
第三章 变质作用和原岩性质的研究	307
第一节 变质作用的研究	307
一、变质带的概念	307
二、变质级	308
三、变质相概述	309
四、变质相系的概念	311
第二节 变质岩原岩性质的识别与恢复	313
一、地质产状和岩石组合	313
二、矿物成分和矿物共生组合	313
三、结构、构造特征	314
四、岩石化学和地球化学特征	314
五、副矿物特征	317
主要参考文献	318

绪 论

一、岩石的概念

我国古代人民将地壳表面上疏松的物质称为土或砂，把山崖上坚硬的物质叫做石，如石灰石、花岗石，或笼统称之为石头。随着地质学的发展，遂将这些石头叫做岩石。岩的原意是高峻的山崖，山崖之石即岩石。现在岩石已是地质科学中一个专用名词，它具有一定的内容和科学意义。

岩石是构成地球的物质之一，且主要是固态物质，即地球中地壳和地幔内的固态部分；是矿物的天然集合体（部分为火山玻璃物质、胶体物质、生物遗体）；是地球上内力和外力地质作用的产物。

岩石按其成因，可以分为火成岩、沉积岩和变质岩三部分。其中火成岩（igneous rocks），主要是高温熔融的岩浆在地下或地表冷凝形成的，故也叫岩浆岩（magmatic rocks）；沉积岩（sedimentary rocks），主要是由地表的风化剥蚀产物、火山碎屑物质等经水和风等外力搬运、沉积或生物参与下固结而成的岩石；变质岩（metamorphic rocks）是由先生成的火成岩、沉积岩或变质岩经变质作用转化而成的岩石。岩浆岩和变质岩又多由结晶矿物组成，故又叫做结晶岩（crystalline rocks）。

地壳的较深处和上地幔的上部主要由岩浆岩和变质岩组成。据统计从地表向下16km的范围内岩浆岩和变质岩的体积可达95%，沉积岩只占5%。地壳的表面以沉积岩为主，它们约占大陆面积的75%，洋底几乎全部为沉积物所覆盖。

岩石是地球发展过程中地质作用的产物，也是地球发展演化历史信息的储存器。因此，研究岩石，不但可以了解地球发展演化的历史，而且对整个宇宙奥秘的探索也是有意义的。

岩石和矿产有很密切的关系，有些岩石本身就是矿产。所以研究岩石，可以有利于矿产资料的寻找，同时还有助于国民经济建设和工业技术的发展。

二、岩石学的概念

研究在地壳和上地幔上部产出的岩石的分布、产状、成分、结构、构造、分类命名、相关矿产、成因演化等方面的科学就是岩石学（petrology）。它是地质学中一个分支学科。

最初矿物学和岩石学是不分的，后来岩石学才从矿物学中独立出来，发展成了一门独立的学科。但是，由于岩石学研究内容、深度和侧重等方面的差异，遂出现了一系列很不相同的分支岩石学科，其中有着重岩石分类和描述的岩类学或岩相学（petrography），也叫描述岩石学；有探索岩石形成条件和成因机制的岩理学或成因岩石学（petrogenesis），或理论岩石学（theoretical petrology）；有以高温高压实验和近代测试技术为基础，对岩浆作用和变质作用过程和产物进行模拟和测试的实验岩石学（experimental petrology）；

其它还有地幔岩石学 (mantle petrology); 化学岩石学 (chemical petrology) 等。当代的岩石学, 一般都是既不忽略对岩类学的描述, 也注意岩石成因和实验资料的综合, 以期获得对岩石的产生、演化、时空分布规律等方面有个全面的认识, 以便使岩石学能更好的为人类社会服务, 产生更大的效益。

目前岩石学正沿着岩浆岩石学、沉积岩石学和变质岩石学三个主要的分支各自独立的方向发展着。其中岩浆岩石学 (magmatic petrology), 着重研究岩浆岩的组成、共生组合、产状分布、矿产关系、成因机制以及岩浆的形成、活动、演化规律与全球构造的关系等; 此外, 近年来岩浆岩石学的研究内容已扩大到上地幔的岩石和宇宙星体岩石。沉积岩石学 (sedimentary petrology), 着重研究沉积物质的形成、运移、沉积和成岩作用; 沉积岩的组成, 沉积矿产, 沉积环境, 沉积相等。变质岩石学 (metamorphic petrology), 着重研究变质岩的组成、分布、成因、成矿、原岩恢复、变质相和相系、变质作用和构造活动与地壳演化发展的关系等。

三、岩石学和其它学科的关系

岩石学是地质学科领域内的基础学科之一, 它和地质学与其他自然科学有着很密切的关系。因为岩石都是在一定的物理化学条件下形成的矿物集合体, 所以要研究岩石, 就必须具备矿物学、结晶学、光学、物理学和化学等学科的基本知识。要对岩石进行测试分析, 还需要熟悉或掌握各种测试和分析方法方面的知识、技术及设备。要探索岩石的成因, 就要模拟岩石的形成条件, 这样还需了解或掌握实验岩石学和成因矿物学方面的基本知识和技术设备, 这就必须有广泛的物理化学、计算数学、热动力学、流体力学等学科的知识。同时岩石学的研究成果, 又可广泛地应用于矿床学、地球化学、地质测量学、构造地质学、环境地质学、能源地质学、水文工程地质学等学科。

四、岩石学的研究方法

岩石是最基本的地质体, 是地质工作者在野外观察和研究的主要对象之一, 所以在进行岩石学研究的时候, 必须广泛地使用野外地质学的方法, 如地质制图、剖面测量、重点露头详细研究、采集各种类型的标本及样品等, 还需对岩层或岩体的产状、分布、组合、时代、期次、组成、相变、矿产、成因和构造等多方面进行细致的观察和记录, 以期对岩层和岩体有个全面的了解和认识。然后, 在室内还要对岩石进行各种方法的测试和鉴定, 其中主要有偏光显微镜鉴定、油浸法、弗氏台、X射线分析、差热分析、化学分析、电子探针分析、电子显微镜研究、质谱分析、各种光谱分析、电算数据处理等, 以便获得更多的有关岩石和矿物成分、物理性质及成因方面的信息。另外, 为了要更深入的了解岩石的形成机理和条件, 还可进行模拟实验, 即应用成岩成矿的高温高压或常温常压设备, 研究不同情况下的物化平衡和转变反应, 模拟岩浆熔融、变晶结晶作用过程、变形作用和沉积成岩作用等。以使自然界的复杂现象, 在经过人为的简化条件下, 使其复生和重现, 达到模拟自然界 (温度、压力、物质成分等) 的情况, 并能使人们有可能将所得的实验结果和自然界观察的现象相验证, 进而作为推理的依据和参考。

总之, 岩石学的研究方法就是采用野外和室内两种互相配合使用的观察和测试的方法, 也即是宏观和微观相结合的方法, 理论和实践相结合的方法。

五、岩石学的发展简史和研究现状

世界上最早记述矿物岩石的书籍是中国的《山海经》，它是公元前约400年战国初期的著作，书中记载了多种矿物和岩石。

岩石学成为一门独立的科学起始于十八世纪末。由于地壳中的岩石主要是结晶岩，因此，在岩石学发展的初期，主要研究的是岩浆岩，到了十九世纪中叶才开始系统地研究变质岩，而沉积岩直到二十世纪初才引起人们的注意，可是它的发展却十分迅速，到二十世纪三十年代就已发展成了一门独具风格、内容丰富的学科了。

偏光显微镜的出现和使用，是岩石学研究中一个突破性的转折点，它为岩石学的研究打开了微观领域的闸门，为岩石的分类和描述提供了许多重要的依据，弥补了宏观观察的不足，对岩石学的深入发展起了极大的推动作用。直到目前偏光显微镜法仍然是岩石学研究中一种最基本的方法。

1889年俄国的费德洛夫发明了旋转台，这为从三维方向高精度研究造岩矿物和岩组学提供了手段。1895年X射线的发现，又为矿物学的研究开辟了新天地，特别是对矿物的内部结构、微细矿物的测试等方面发挥着它独有的效用，也为岩石的成因和演化规律提供了一些极其重要的线索。时至二十世纪八十年代的今天，由于多种近代测试分析方法的完善和应用，使矿物的研究更是向着微量、微区；高速度、高精度的新阶段迅猛向前发展。矿物有序—无序的研究、矿物用作地质温压计的探讨、矿物稳定同位素的测定，都直接或间接地为地壳中和壳下物质存在的状态、岩浆的形成和演化带来了令人信服的凭据。目前岩石学的研究，正沿着矿物学、岩石化学、地球化学、区域岩石学、岩类学、岩理学、实验岩石学和工艺岩石学等多方面彼此联系、相互推进的方向向前发展着。

对于岩石化学，早期和近期都进行了大量的分析，为岩石化学成分分类积累了可靠的数据，如今岩石化学分析数据还在与日俱增。在二十世纪三十年代前后，各种岩石化学计算方法和分类如雨后春笋般提了出来，如CIPW法、尼格里法、扎瓦里茨基法、巴尔特法等，近期更有里特曼法的出现。其它还有众多的不同用场的岩石化学指数（如固结指数 S_1 、分异指数 D_1 等）以及大量的岩石化学图解。它们都从不同的方面揭示了岩石的特征、成因联系、成矿专属性和岩浆岩的共生组合规律，对划分岩浆杂岩、岩浆岩建造、岩系或岩套组合方面都有一定的意义。地球化学研究，也为不同火成岩系间主要元素和微量元素的分布和组合的差异、找矿勘探和岩石成因与矿产的形成等方面提供了线索。同位素和稀土元素地球化学的应用，在确定各类岩石的物质来源和生成年代与形成温度上也有很大的突破。

近二十年来，随着各种新的快速测试方法的使用，多种边缘学科的相互渗透，电子计算机的出现和处理程序的应用，大量区域岩石学和岩类学资料的积累和综合整理手段的进步，都为日益深入研究岩石展拓了方向。研究领域不断扩大，已从一个国家到一个地区，从陆地扩展到了洋底，走向了全球。由地球登上了月球。国际性的联合组织在扩大，世界性的各种地质科学交流会议在增多。这些都为岩浆岩的研究、沉积岩和沉积矿产的探讨和开发、变质岩与变质矿产的研究进行全球性的交流创造了条件。1972年第24届国际地质联合会会议期间，由火成岩分类命名分会讨论推荐了一个深成岩分类命名方案；1978年斯特里克森（Strekeisen）又提出了一个火山岩等的分类命名方案，这为引导全世界岩石分类

统一方面作出了试探。以往对变质带和变质相学说的创造，促进了变质岩石学的发展；二十世纪六十年代初双变质带的提出，很快和板块构造学说相沾染，这是变质岩石学研究上的一大突破，它不但使过去的变质带、变质相增添了新颜，而且还将变质作用和构造活动密切的结合在一起，为变质岩地区的地质填图开辟了新的道路。实验变质岩石学的创立和资料的积累、变质反应动力学的引入、变质反应带的推出，更使变质岩石学的研究达到了一个新水平。沉积岩石学在最近的二十几年间发展特别迅速，其中无论是资料的积累，数理统计的应用，还是沉积作用模型的建立都有大幅度的进步。碳酸盐岩颗粒和基质的认识、超显微化石的鉴别、礁灰岩的判断等都使碳酸盐岩的研究向前跨了一大步。对深海无碳酸盐岩沉积和波纹与斜层理也都作了批判的新认识。等深积岩的确定是对洋流等深沉积作用存在的肯定。对风暴流和风暴岩、冷水碳酸盐岩、滩岩和潮积岩等近来也有新的认识，这为更好的分析古代沉积相提供了新的依据。重力流、密度流的发现和认识与浊积岩的建立，更充实了复理石建造的内容。

近些年来，地质科学中的高温高压实验研究更是独树一帜，硕果累累，它们充实了实验岩石学的内容。它们对硅酸盐矿物的熔融、分解、合成、相平衡、稳定、转变、水和水溶液的热力学性质等都有精确的系统测定。这就为深入了解不同条件下的变质作用，交代变化、岩浆形成和演化、地壳和地幔物质的相转变、成矿作用的模拟等提供了一些可靠的参数。

第一篇 岩 浆 岩

第一章 总 论

第一节 岩 浆

人们通过对古代火山产物和当代火山活动的长期反复观察和综合研究,发现在火山活动时不但有蒸气、石块、晶屑和熔浆团块自火山口喷出,而且还有炽热粘稠的熔融物质自火山口溢流出来。前者被称为挥发分(Volatile component)和火山碎屑物质(volcaniclastic material),后者则叫做熔岩流(lava flow)。这说明于地球的深处确实有高温炽热的熔融物质存在并活动。这种产生于地球深处含挥发分的高温粘稠的硅酸盐熔融物质就是岩浆(Magma)。因此,熔岩流还不是真正的岩浆,仅是最接近于岩浆的物质,因为处于地下深处的岩浆会比喷到地表的熔岩流含有更多的挥发分,这种富含挥发分的岩浆可以随地壳的活动运移到地壳的不同深处,冷凝固结成不同的岩石,也可以由火山活动喷溢到地表,冷凝固成熔岩和火山碎屑岩。自岩浆的产生到岩浆冷凝固结成岩的全过程称为岩浆活动或岩浆作用(Magmatic action)。直达地表的岩浆活动叫做火山活动或火山作用(volcanic action)。

据研究,岩浆的成分主要是硅酸盐物质,只有少数火山曾喷出过碳酸盐岩浆(如非洲坦桑尼亚东部)和氧化铁矿浆(如南美智利拉科磁铁矿岩浆)。所以岩浆中除了一部分挥发分和氧化物与金属硫化物之外,实质上是硅酸盐熔浆。这种硅酸盐熔浆中存在着大量的氧、硅和其他多种元素,这些元素各以不同的形式和硅氧四面体组成多种状态的络阴离子团,随着这些离子团凝聚态的变化,岩浆的活动态势也就不同。除此之外,岩浆的活动态势还受岩浆中挥发分的影响,挥发分在岩浆中的含量一般不超过6%,且其中主要是水蒸气(约占挥发分总量的60—90%),其次是 CO_2 、 CO 、 SO_3 、 HCl 、 H_2S 、 N_2 、 HF 等。火山活动中的挥发分,在地下深处高温高压下的岩浆中是呈溶解状态的,一旦喷达地表,压力骤降,它们就会急速的逸出,形成火山喷气,如1980年5月18日美国华盛顿州波特兰东北圣海伦斯火山喷出的蒸气柱高达18000m。岩浆中的这些挥发分可以降低岩浆中矿物的熔点,减小岩浆的粘度,增大岩浆的流动,促进金属成矿元素或其它化合物富集成矿。

根据对火山熔岩流的直接测定和对熔岩液化与凝固温度的观察,得知岩浆这种高温熔体的温度,通常都在700—1200℃之间。但不同成分的岩浆其温度不同,玄武岩浆的温度要高些,多为1025—1225℃;安山岩浆的温度低些,为900—1000℃;酸性岩浆的温度最低,只有735—890℃。而处于地下深处的岩浆,则无法直接测量其温度,但可由矿物的结晶、转化温度和其它的方法间接推知。一般认为地下深处正在结晶的岩浆比喷达地表的同成分岩浆的温度要低些,如基性岩浆通常都低于1000℃,酸性岩浆只有700—800℃。

从岩浆的流动情况得知,岩浆是有一定的粘度的,粘度小的岩浆容易流动,粘度大的岩浆则不容易流动,但岩浆的粘度和岩浆的温度有关。据实测,夏威夷产的橄榄玄武岩流的粘度在1100℃时为4.5k Pa·s,当自然坡度为2°时,流速为400m/h,最大流速可达60km/h,平均为1000m/h。由于玄武岩浆的粘度小,易流动,所以常形成大面积的分布。而酸性岩浆的粘度大,则不易流动,如黑曜岩成分的酸性岩浆在800℃时,其粘度为TPa·s,比玄武岩浆大许多。由此可知,岩浆的粘度不仅取决于温度,也和岩浆的成分相关。成分当中影响岩浆粘度最大的是SiO₂的含量,一般是富SiO₂者粘度大,如酸性的流纹岩浆;贫SiO₂者粘度小,如基性的玄武岩浆。温度升高,粘度变小;温度降低,粘度增大。另外,压力和挥发分的含量也影响岩浆的粘度,一般是随着压力的增加,挥发分在岩浆中的溶解度增大,而含挥发分越多的岩浆越容易流动。据观察得知,富含挥发分的深部岩浆,当其喷出之初粘度小,易流动;随着挥发分的散逸和温度的降低,其粘度增大,不易流动;最后冷凝固结为熔岩。

据实地观察和综合分析可知,岩浆确实来自地下深处,那么地下深处是不是有一个岩浆层呢?地球物理的研究证明,在地下深处,岩浆并非到处都形成一个完整的岩浆层,仅是局部的在一定条件下的产物,那么岩浆又是怎样产生而又处于怎样的部位呢?这是一个很复杂的问题,我们将在后面详细讨论。这里可以这样认识,即地下各个部位的物质成分都是与其所处的那个部位的温压等热力学条件相适应,而保持着稳定平衡或准稳定平衡状态,一旦这种平衡条件稍微改变,地壳内部温度的升高,深部物质密度的转变、压力的变化等都可导致稳定平衡的破坏,而使该地的局部地段的物质发生熔融,产生相应成分的岩浆。这种岩浆就可沿着地壳中的薄弱地带——如应力释放的断裂面,上升侵入到地壳中或喷出地表造成火山活动。如夏威夷基拉韦亚火山喷发前,在地下60km深处有地震活动。人工实验也证明了这种局部熔融的可能性。所以岩浆是地下深处一定地质作用阶段中物质均匀或选择熔融的产物。

第二节 岩 浆 岩

由岩浆冷凝固化后形成的岩石就是岩浆岩(magmatic rocks)它们在成分上不同于岩浆的是含挥发分的量极少或无。主要由硅酸盐物质组成。岩浆可以在很不相同的地质环境下冷凝固化成岩,如果岩浆在地下活动冷凝固化后就可以形成侵入岩(Intrusive rocks),而在地下深处冷凝固化者,称为深成岩(plutonic rocks);如果岩浆由火山活动,喷达地表后才冷凝固化者,则构成火山岩或称喷出岩(volcanic rocks, extrusive rocks);活动于深处和地表之间的环境中的岩浆,其冷凝固化后则形成浅成岩(hypabyssal rocks)和次火山岩(subvolcanic rocks)。由于岩浆岩是由高温岩浆冷凝固化成岩的,所以也称为火成岩(igneous rocks)。不过有人主张,火成岩的含义更广泛,它们除了指岩浆直接形成的火成岩之外,还包括那些具岩浆岩外貌而非岩浆作用产生的岩石。所谓非岩浆作用,就是由交代作用或花岗岩化作用产生的岩石。如前寒武纪形成的深成花岗岩质岩石。

无论是深成岩、火山岩,还是浅成岩和次火山岩,它们在地壳中往往以各种各样的形态占有一定的空间位置,构成简单的或复杂的岩浆岩体,这些岩浆岩体又都是一定地质历史时期,地质构造发展一定阶段的形成物。因此,当我们研究这些岩浆岩体的特征(形状、大

小、成分变化、含矿性等)时就必须注意其时空分布和各种地质条件之间的关系。也就是说,要将岩浆岩当作地质体来研究。

岩浆岩大部分为块状的结晶质岩石,只有少部分是玻璃质岩石,因此又叫结晶岩。结晶岩中的原生结晶矿物都是在比较高温的条件下的结晶形成物,故结晶岩多数都具有结晶质结构,少数可具有玻璃质结构。各种各样的岩浆岩体与其周围的围岩间一般都有清楚的界线,岩体的边部还常有围岩的碎块捕虏体或其变质产物,有时围岩还有明显的热变质和交代变质作用发生。其次是在有些地区还可以看到由火山岩经次火山岩一直过渡到近似成分的较深成侵入岩的罕见现象。这些都是岩浆岩的最基本特征,它们明显地有别于沉积岩和变质岩。

第三节 岩浆岩的物质成分

一、岩浆岩的矿物成分

岩石是由矿物组成的,所以要认识岩石就必须先认识矿物,掌握矿物的成分。矿物成分既可反映岩石的化学成分,也可反映岩石的特征和成因,因此矿物成分也是岩浆岩分类的基础之一,所以人们在研究岩石时都特别重视矿物成分的研究。组成岩石的矿物,一般统称为造岩矿物 (rock-forming minerals)。自然界的造岩矿物种类很多,但是分布于最常见岩石中的常见造岩矿物则为数不多,只有十多种,如表1-1所列。

表 1-1 常见岩浆岩类平均矿物成分 (据Larsen, 1964)

矿物百分数 岩 类 矿物	花岗岩	正长岩	花 岗 闪长岩	石 英 闪长岩	闪长岩	辉长岩	橄 榄 辉绿岩	辉绿岩	纯橄榄岩
石 英	25		21	20	2				
正长石和微斜长石	40	72	15	6	3				
更 长 石	26	12							
中 长 石			46	56	64				
拉 长 石						65	63	62	
黑 云 母	5	2	3	4	5	1		1	
角 闪 石	1	7	13	8	12	3		1	
斜方辉石				1	3	6			
单斜辉石		4		3	8	14	21	29	
橄 榄 石						7	12	3	95
磁 铁 矿	2	2	1	2	2	2	2	2	3
钛 铁 矿	1	1				2	2	2	
磷 灰 石									
硼 石	微	微	微	微	微				
色 率	9	16	18	18	30	35	37	38	98

从表1-1可知,除了纯橄榄岩之外,各类岩浆岩中长石分布最广,其次是石英。因此,这两种矿物就成了岩浆岩的鉴别和分类的重要依据之一。由于这些矿物在不同的岩石中的含量不同,因此,可以按照这些造岩矿物在岩石中的分布量比将它们分为主要矿物、次要

矿物和副矿物三类，三者在岩浆岩的分类和命名中所起的作用是不一样的。

主要矿物 (essential mineral) 是岩石中含量比较多的矿物，一般都在10%以上。它们是划分岩石大类的依据，如花岗岩中的钾长石和石英都是主要矿物，没有它们就不能定名为花岗岩。

次要矿物 (subordinate mineral) 是岩石中含量不多的矿物，一般都在10%以下。它们对划分岩石大类不起作用，但可作为确定岩石种属的依据，如石英闪长岩中的石英，黑云母花岗岩中的黑云母。这里可以看出同种矿物在不同的岩石中随着量的多少变化，它可以是主要矿物，也可以是次要矿物。

副矿物 (accessory mineral) 是岩石中含量很少的矿物，通常不到1%，偶尔可达5%。如磷灰石、磁铁矿、榍石、锆石等。它们在岩石的分类和命名中一般不起作用。但偶尔可用作定种属名称，如榍石花岗岩。可它们的存在，能反映岩浆岩的含矿性和生成条件等方面的一些特征，对确定岩浆岩形成的时代也可提供一些依据。

岩浆岩中的造岩矿物都是随着岩浆的物理化学条件的改变而结晶出来的，而且它们形成之后，还会随着物理化学条件的改变而变化。因此，在岩浆岩形成的不同阶段，所出现的造岩矿物是很不相同的，所以可以按照岩浆岩矿物的形成阶段和形成时的物化条件，将矿物分成不同的成因类型。研究岩浆岩中造岩矿物的成因类型，对了解岩浆岩的形成过程、矿化作用和岩石的次生变化都有重要意义。岩浆岩中矿物的成因类型一般有如下一些：

岩浆矿物 (magmatic mineral) 是岩浆冷凝过程中所形成的矿物。由岩浆中直接结晶出的矿物叫做正岩浆矿物 (orthomagmatic mineral)，如橄榄岩中的橄榄石，火山岩中的透长石斑晶等。先生成的正岩浆矿物可与岩浆的残浆发生反应而形成新矿物，这种新矿物则可叫做反应矿物 (reaction mineral)，如橄榄石受到残浆的反应而生成辉石，这种辉石就是反应矿物。如果这种反应进行得不彻底，原来的矿物还有部分残留，如反应边内部的橄榄石就叫做残余矿物 (relict mineral)。

岩浆期后矿物 (post-magma mineral) 是岩浆已基本凝固之后，由于受残余流体影响而形成的一些矿物。它们往往可交代岩浆矿物或充填于矿物空隙中。其中可包括一些气成矿物，如电气石、萤石、黄玉等；也可包括一些自变质矿物，如橄榄石变成的蛇纹石，斜长石的钠黝帘石化形成的钠长石、黝帘石和绿泥石等。

成岩矿物 (diagenetic mineral) 当岩浆完全凝固成岩后，由于物化条件的改变，原来处于高温下稳定的矿物就会不稳定了，它们会向着更稳定的状态变化，而形成一些新矿物，如火山岩中的高温 β -石英变成低温的 α -石英，透长石转变成正长石等，就是成岩矿物。

他生矿物或混染矿物 (allothigenic mineral, contamination mineral) 是岩浆因同化围岩或捕虏围岩而形成的一些岩浆中难以析出的矿物，它们常分布于岩体的接触带上，如花岗岩体边部的铁铝榴石、堇青石、红柱石等，就往往是因花岗岩浆同化泥质岩石后的形成物。

次生矿物 (secondary mineral) 这是岩石在表生作用下形成的一些新矿物，如长石在表生作用下形成的粘土矿物等。有时也将岩浆期后形成的矿物包括在内，这是由于二者所形成的矿物成分往往相同之故。但是二者的成因是有区别的。

矿物的颜色也很特征，而且矿物的颜色与其化学成分有关，不同化学成分的矿物有不