

高等学校教学用书

# 岩浆岩及变质岩简明教程

管守锐 赵徵林 编

石油大学出版社

高等学校教学用书

# 岩浆岩及变质岩简明教程

管守锐 赵激林 编

石油大学出版社

## 内 容 提 要

全书分为岩浆岩和变质岩两篇,约37万字。书中对各类岩石都系统地阐述了其物质成分、结构构造、产状、相及分类等内容。岩浆岩一篇增加了岩类学内容,充实了成因的论述,并增加了岩浆岩与地质构造的关系和岩浆岩在我国分布等内容。变质岩一篇增加了“复变质及其它有关变质作用”一章,对变质岩的形成条件、相带划分、原岩推断,以及用板块理论解释变质作用等方面也加强了论述。

本书内容丰富,虚实结合,条理清晰,文字流畅。适合高等学校石油地质专业及相关专业学生使用,也可作科研及生产人员的参考书。

### 岩浆岩及变质岩简明教程

管守锐 赵淑林 编

\*

石油大学出版社出版发行

(山东省东营市)

新华书店经销

石油大学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 15 印张 374 千字

1991年6月第1版 1997年1月第2次印刷

印数 2001—2500 册

ISBN 7-5636-0586-X/P·08

定价:12.00 元

## 前 言

《岩浆岩及变质岩简明教程》是石油地质专业的一门专业技术基础课，是《沉积岩石学》及《岩相古地理》等后继课程的基础。早在“文革”前，我们两人曾合作编写了石油地质专业用的《普通岩石学》（岩浆岩及变质岩）教材。“文革”后，于1973、1976、1979、1986年先后由管守锐、刘孟慧、冯增昭、丁贵春等同志分别对教材进行过改写或重编。这次，根据新修订的课程教学大纲，从专业的需要出发，在教研室已编教材的基础上，充实了部份内容，重新编写了这本教材，应当说这本教材是岩矿教研室同志们多年来教学经验积累的成果。

本教材共分两篇，第一篇“岩浆岩”，由管守锐编写，第二篇“变质岩”由赵激林编写。

在教材内容上，岩浆岩部份适当增加了岩类学的内容，并充实了岩浆岩成因部份，增加了岩浆岩与地质构造的关系以及岩浆岩在我国的分布等内容。变质岩部份增加了“复变质及其它有关变质作用”一章。考虑到石油地质专业主要在沉积区内进行工作，因此，岩浆岩及变质岩的野外工作方法等内容在教材中有略有简。

本教材在完稿后，曾由刘孟慧副教授对全文作了认真地审阅，提出了许多宝贵意见，编者在此谨表谢意。由于编者水平所限，加之编写时间仓促，教材中谬误不当之处在所难免，衷心地欢迎读者批评指正。

编 者

1989.11

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 绪 言 .....                     | 1  |
| 一、岩石的概念及分类 .....              | 1  |
| 二、岩石学的概念 .....                | 2  |
| 三、岩石学研究的内容、目的及其与石油地质的关系 ..... | 2  |
| 第一篇 岩浆岩 .....                 | 4  |
| 第一章 岩浆及其结晶作用 .....            | 4  |
| 一、岩浆的概念 .....                 | 4  |
| 二、岩浆的结晶作用 .....               | 5  |
| 三、岩浆岩的概念及其一般特征 .....          | 6  |
| 第二章 岩浆岩的物质成份 .....            | 8  |
| 一、岩浆岩的化学成份 .....              | 8  |
| 二、岩浆岩的矿物成份 .....              | 10 |
| 三、岩浆岩的矿物成份与化学成份的关系 .....      | 17 |
| 第三章 岩浆岩的结构与构造 .....           | 21 |
| 一、岩浆岩的结构 .....                | 21 |
| 二、岩浆岩结构的影响因素 .....            | 30 |
| 三、岩浆岩结构形成的物理化学过程 .....        | 31 |
| 四、岩浆岩矿物生成顺序的确定 .....          | 36 |
| 五、岩浆岩的构造 .....                | 37 |
| 第四章 岩浆岩的产状和相 .....            | 41 |
| 一、侵入岩的产状和相 .....              | 41 |
| 二、喷出岩的产状和相 .....              | 45 |
| 第五章 岩浆岩的分类 .....              | 53 |
| 一、岩浆岩分类的原则和方法 .....           | 53 |
| 二、本教材采用的分类 .....              | 56 |
| 第六章 超基性岩类(橄榄岩—苦橄岩类) .....     | 58 |
| 一、概述 .....                    | 58 |
| 二、侵入岩 .....                   | 58 |
| 三、喷出岩 .....                   | 65 |
| 四、偏碱性和过碱性超基性岩 .....           | 65 |
| 第七章 基性岩类(辉长岩—玄武岩类) .....      | 68 |
| 一、概述 .....                    | 68 |
| 二、侵入岩 .....                   | 68 |
| 三、喷出岩 .....                   | 73 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 四、碱性辉长岩—碱性玄武岩         | 76  |
| 五、蛇纹岩套                | 78  |
| 第八章 中性岩类(闪长岩—安山岩类)    | 79  |
| 一、概述                  | 79  |
| 二、侵入岩                 | 79  |
| 三、喷出岩                 | 83  |
| 第九章 酸性岩类(花岗岩—流纹岩类)    | 87  |
| 一、概述                  | 87  |
| 二、侵入岩                 | 87  |
| 三、喷出岩                 | 92  |
| 第十章 偏碱性岩类(正长岩—粗面岩类)   | 97  |
| 一、概述                  | 97  |
| 二、侵入岩                 | 97  |
| 三、喷出岩                 | 99  |
| 第十一章 过碱性岩类(霞石正长岩—响岩类) | 103 |
| 一、概述                  | 103 |
| 二、侵入岩                 | 103 |
| 三、喷出岩                 | 105 |
| 第十二章 脉岩类              | 108 |
| 一、概述                  | 108 |
| 二、细晶岩类                | 108 |
| 三、伟晶岩类                | 110 |
| 四、煌斑岩类                | 112 |
| 第十三章 岩浆岩的成因及其与地质构造的关系 | 116 |
| 一、原始岩浆问题              | 116 |
| 二、岩浆岩多样性的原因           | 117 |
| 三、各类岩浆岩的成因            | 122 |
| 四、岩浆活动与地质构造的关系        | 127 |
| 五、我国岩浆活动及岩浆岩分布概况      | 133 |
| 第二篇 变质岩               | 136 |
| 第一章 变质岩及变质作用          | 136 |
| 一、基本概念                | 136 |
| 二、变质作用的外部因素           | 137 |
| 三、变质作用方式              | 140 |
| 第二章 变质岩的基本特征          | 143 |
| 一、变质岩的物质成份            | 143 |
| 二、变质岩的结构和构造           | 146 |
| 三、变质作用的类型             | 160 |
| 四、变质岩的分类              | 160 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第三章 动力变质作用及其岩石 .....     | 162 |
| 一、概述 .....               | 162 |
| 二、动力变质岩的分类和命名 .....      | 163 |
| 三、动力变质岩的主要类型 .....       | 164 |
| 四、动力变质岩带的工作方法 .....      | 167 |
| 第四章 热接触变质作用及其岩石 .....    | 168 |
| 一、概述 .....               | 168 |
| 二、热接触变质岩的分类和命名 .....     | 169 |
| 三、主要热接触变质岩类型 .....       | 169 |
| 四、热接触变质围(晕)的划分及其实例 ..... | 174 |
| 五、热接触变质岩石的分布及其实际意义 ..... | 176 |
| 六、热接触变质岩区的工作方法 .....     | 177 |
| 第五章 交代变质作用及其岩石 .....     | 178 |
| 一、概述 .....               | 178 |
| 二、气-液变质岩及其有关矿产 .....     | 179 |
| 三、交代变质岩区的工作方法 .....      | 184 |
| 第六章 区域变质作用及其岩石 .....     | 185 |
| 一、概述 .....               | 185 |
| 二、区域变质岩的分类和命名 .....      | 186 |
| 三、区域变质岩的主要类型 .....       | 187 |
| 四、区域变质作用的有关矿产 .....      | 195 |
| 五、区域变质岩区的工作方法 .....      | 196 |
| 第七章 混合岩化作用及混合岩 .....     | 197 |
| 一、概述 .....               | 197 |
| 二、混合岩地区的基本特征 .....       | 197 |
| 三、混合岩的主要类型 .....         | 198 |
| 四、混合岩的成因问题 .....         | 202 |
| 五、与混合岩有关的矿产 .....        | 204 |
| 六、混合岩区的工作方法 .....        | 205 |
| 第八章 复变质及其它有关变质作用 .....   | 207 |
| 第九章 变质带和变质相 .....        | 209 |
| 一、变质带的概念 .....           | 209 |
| 二、变质相的概念及划分 .....        | 209 |
| 三、变质相系的概念及其划分 .....      | 212 |
| 第十章 变质岩原岩的恢复 .....       | 215 |
| 一、概述 .....               | 215 |
| 二、变质岩的产状及其共生组合 .....     | 215 |
| 三、残留的结构和构造 .....         | 216 |
| 四、岩石的化学成份及微量元素 .....     | 218 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 五、矿物共生组合 .....               | 221 |
| 六、副矿物特征 .....                | 221 |
| 第十一章 岩浆作用、变质作用与板块构造的关系 ..... | 223 |
| 一、岩浆作用与板块构造的关系 .....         | 223 |
| 二、变质作用与板块构造的关系 .....         | 227 |
| 参考文献 .....                   | 229 |



它归于岩浆岩类中(如武汉地质学院和成都地质学院)。考虑到火山碎屑岩常出现于某些含油盆地的地层中,而且有些又作为储油层,因此,我们暂把它归入沉积岩的范畴,在沉积岩石学中介绍。

综上所述,三大类岩石虽然各有其特征,但彼此之间常有密切联系,其相互关系和相互演变的情况见图0-1。不过,它们的相互关系并非简单的循环重复,而是螺旋式的向前发展演进。

整个地壳是由上述三大类岩石组成,然而它们在地壳中的分布、不论在横向上还是纵向上都相差较为悬殊。按地壳16km深度范围内计算,岩浆岩、变质岩约占总体积的95%,而沉积岩仅占5%。按在地壳表层分布的面积计算,岩浆岩和变质岩仅占总面积的25%,而沉积岩约占75%。

## 二、岩石学的概念

岩石学(Petrology)是研究岩石的物质成份、结构、构造、成因、共生组合、分布规律以及成矿关系的一门科学,它是地质学中一门独立的学科。过去有人将研究岩石的物质成份和结构构造称为岩类学或描述岩石学(Petrography)、而将研究岩石的成因和分布规律称为岩理学或成因岩石学(Petrogenesis),两者是相互紧密联系的统一体。岩类学是岩理学的基础,岩理学又是岩类学的上层建筑,二者不可能机械地分开。

有关岩石方面的科学记载已经很早,如我国的“山海经”一书就记载了许多有关岩石方面的资料,但岩石学作为一门独立的科学出现则是18世纪末叶的事。这个时期由于工业的发展和对矿物原料的需求日益增加而积累了大量的矿物和岩石方面的资料,从而促进了岩石学从地质学中分出而形成一门独立的学科。在此以后至20世纪初,随着生产和科学技术的发展及人们对矿产资源需求的增加,三大岩类形成了各自独立的学科,即岩浆岩(火成岩)岩石学、变质岩岩石学和沉积岩岩石学。本课程包括了岩浆岩岩石学和变质岩岩石学两部份内容,是石油地质专业的专业基础课,也是为沉积岩石学奠定基础的先行课程。

## 三、岩石学研究的内容、目的及其与石油地质的关系

### (一) 岩石学的研究内容

岩石学的研究内容是随着整个地质科学的发展和生产的需要来确定的。概括起来说,岩石学研究的主要内容可包括以下几个方面:

1. 研究岩石的本身特征,即各种岩石的矿物成份、化学成份、结构、构造以及岩石的分类命名。
2. 研究岩体的产状、时代及其共生组合,各种岩石在空间和时间上分布的规律性,确定它们与地质构造的关系。
3. 研究岩石和成矿作用的关系以及各类岩石成矿的专属性。
4. 研究岩石形成的各种地质作用、物理化学作用、生成环境、解决岩石的成因、来源、演化等问题。

上述四项中的前两项属岩类学范畴,属第一性的,是基础;后两项属岩理学范畴,是在

前者的基础上引伸出来的一些概念和推论出的成因及假说，只有研究前者所获得的资料确切详尽，推断出的成因、原理、假说才会有可靠的基础。

## （二）岩石学研究的目的是和意义

科学来自于生产实践而又服务于生产实践，岩石学也不例外。岩石学的研究在人类的生产实践中具有重大意义，这是因为：

1. 一定的矿产都与一定的岩石类型相联系，它们之间存在着亲缘关系。同时，有很多岩石类型本身就是矿产，如石灰岩、白云岩、大理岩、滑石片岩等等。

2. 对各类岩石的研究，能为石油及天然气勘探以及其他矿产地质、构造地质、工程地质、水文地质、探矿工程、地震、地球物理勘探等学科提供必要的和有价值的地质资料。

3. 岩石是地壳发展过程中在各种地质作用下形成的自然产物、是地壳活动和演化的历史记录。因此、岩石的研究对地壳发展演化历史、甚至对各地质时期的古地理面貌的研究将提供重要的客观的依据。

## （三）岩石学与石油地质的关系

大量的生产实践表明，沉积岩既能生油也能储油，因此，沉积岩与石油有密切关系是显而易见的。世界上大多数油气田出现在沉积岩中，显然，石油地质工作者深入研究沉积岩，石油地质专业的学生学习沉积岩石学，自然是非常必要的。然而，岩浆岩、变质岩与石油有什么关系呢？石油地质专业为何必须学习岩浆岩和变质岩岩石学呢？有人认为这两类岩石与石油似乎没有什么关系，其实这完全是一种误解。因为，不论石油地质的综合研究或是石油勘探的现场生产实践，往往会遇到与岩浆岩、变质岩有关的问题。例如多数含油沉积盆地的基底往往是由古老的岩浆岩、变质岩组成，通过对这两类岩石的研究，不仅有助于了解基底岩系，同时也为地球物理成果的解释提供资料和数据。

在含油沉积盆地的岩相古地理研究中，常根据沉积岩的物质成分、重矿物组合来推断母岩的成份和物质来源方向。因为沉积岩是由岩浆岩、变质岩等母岩经风化、搬运、沉积、成岩而形成的，而且沉积岩的重矿物组合也是以各类岩浆岩、变质岩的矿物组合作为理论基础，因此，只有充分掌握岩浆岩和变质岩的知识才能更确切地推断母岩的成份和物源方向，以便更有效地解决岩相古地理问题。另外，沉积盆地周缘老山的岩浆岩、变质岩不仅是盆地内沉积岩的母岩，往往也与盆地基底岩系相当，研究它们对了解盆地的基底也有着重要意义。

岩浆岩、变质岩与油气勘探有时还有着直接关系。随着石油勘探事业的飞速发展，近年来在不少国家和地区发现了岩浆岩和变质岩类型的油气田。例如，我国酒泉盆地鸭儿峡油田的志留系变质岩中发现有工业油气藏；东部渤海湾地区，在胜利油田太古界花岗片麻岩基底岩系中打出日产千吨的油井；惠民凹陷的玉皇庙油田也是以第三系玄武岩作为储油岩系；渤海湾地区中生代火山岩及火山碎屑岩亦见良好的油气显示。又如日本新泻盆地的见附油田，大部份油气产自早中新世的石英安山岩及斜长流纹岩中。

综上所述，不难看出，不仅沉积岩而且包括岩浆岩、变质岩在内都和石油地质工作有密切关系。因此，作为石油地质工作者，不仅要掌握沉积岩的有关知识，而且也必须具备和掌握一定的岩浆岩和变质岩的基础知识。

# 第一篇 岩 浆 岩

## 第一章 岩浆及其结晶作用

### 一、岩浆的概念

岩浆(Magma)是在地下深处形成的、含挥发物质的、高温而粘稠状的硅酸盐熔融体。岩浆存在的最直接证据就是现代火山喷发时喷出的大量炽热的硅酸盐熔岩流,以及伴随它进入空气的火山喷气,即挥发物质。根据对现代火山的观察研究和大量地质资料的综合分析,我们可以从以下几方面来说明岩浆的基本特征。

#### (一) 岩浆形成的深度

岩浆形成的部位约在上地幔的软流圈中,无论是活火山地区(如夏威夷和堪察加等地)的地震资料、还是岩浆产物的高温高压实验资料、都表明原生岩浆形成于50—200km的深度上。

#### (二) 岩浆的化学成份

根据现代火山熔岩流和岩浆岩的成份推知、岩浆的主要成份是硅酸盐,相当于岩浆冷却后所形成的岩浆岩的成份。岩浆的全部化学组份由以下三部份组成。

1. 造岩组份:包括O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K等八种元素,其次还有Mn、Ti等等。它们常以氧化物表示,主要氧化物为 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 等。其中 $\text{SiO}_2$ 含量最高,可达40—75%。不同成份的岩浆,其氧化物含量也不同,而且这些氧化物之间也存在着一定的内在联系,它们的含量往往随着 $\text{SiO}_2$ 含量的增减而变化。因此, $\text{SiO}_2$ 就成为岩浆岩化学成份变化和化学成份分类的主导因素。

2. 挥发组份和成矿金属元素:挥发组份在岩浆中含量一般 $<6\%$ ,主要为水蒸气( $\text{H}_2\text{O}$ ),其次为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{HF}$ 等。根据对火山的调查,水蒸气可占火山喷气成份的75—90%。除上述成份之外,岩浆中还含有许多成矿金属元素,如Cr、Ni、Co、Pt、As、Sb、Se、Fe、Hg、Mo、Ag等等。

岩浆在未喷发之前,处于地下深处高温高压条件下,挥发组份溶解于岩浆中,从而降低了岩浆的粘度和矿物的熔点。随着岩浆结晶作用的进行,残余熔浆愈来愈富含水份,在一定条件下,挥发份能携带成矿金属元素或其化合物,在适宜的地方形成各种气成热液矿床。

#### (三) 岩浆的温度

地下深处岩浆的温度目前无法直接测量,通常只能通过遥测装置测定现代熔岩流的温度和熔化岩浆岩,以及研究地质温度计等途径来近似地确定岩浆的温度。

根据对现代火山喷出的熔岩流的观察和仪器遥测结果,火山熔岩流的温度范围一般为700—1200℃。其中基性火山熔岩流的温度为1000—1200℃,中性者约为900—1000℃,酸性者约为700—800℃。但需要指出,地表测得的熔岩流的温度并不能代表地壳深部岩浆的温

度，这是因为在地下随深度增加静压力增加，物质的熔点也随之增高，而岩浆中水的溶解度也随着压力增大而增大，当岩浆中有足量的水时，能使岩浆熔点的温度明显降低。因此，地表熔岩流的温度总是高于地下深处同成份的正在结晶的岩浆的温度。

熔化岩浆岩的方法也表明，玄武岩熔化后的结晶温度为1235—1060℃。A·C·金兹布尔格根据一系列的观察判断，认为岩浆的结晶温度常不高于1170℃，许多情况下不超过870℃。

某些造岩矿物的形成温度和相变温度能反映岩浆结晶时的温度，通常称这些造岩矿物为“地质温度计”，可利用它们近似地推断岩浆结晶的温度。山德曾列举出常见的一些标志矿物的地质温度计(表1-1-1)。例如，伟晶花岗岩中发现有 $\alpha$ -石英和 $\beta$ -石英，表明伟晶花岗岩的形成温度约在575℃左右。酸性侵入岩中，鳞石英几乎不存在，故其结晶温度不超过870℃。橄榄岩和辉石岩中常见有棕色角闪石，而在酸性侵入岩中常见绿色角闪石，说明基性岩浆比酸性岩浆温度高。火山岩中黑云母、角闪石常见暗化现象，反映其形成温度应大于840—1050℃。

表1-1-1 常见的地质温度计(据山德)

| 温 度       | 变 化                        |
|-----------|----------------------------|
| 1470℃     | 方英石变为鳞石英                   |
| 1170℃     | 正长石分解为白榴石和二氧化硅             |
| 1050℃     | 普通角闪石暗化                    |
| 1050—840℃ | 大气压下的黑云母分解、暗化              |
| 870℃      | 鳞石英变为 $\beta$ -石英          |
| 750℃      | 棕色角闪石变为绿色角闪石               |
| 575℃      | $\beta$ -石英变为 $\alpha$ -石英 |

#### (四) 岩浆的粘度

岩浆的粘度与岩浆的成份、温度、压力及挥发份含量等因素有关。在岩浆的化学成份中，SiO<sub>2</sub>含量多寡对岩浆粘度的影响最大。在岩浆硅酸盐熔体中，SiO<sub>2</sub>多以岛状、链状、层状、架状硅氧四面体络阴离子出现。在熔浆中随着每一硅氧四面体与相邻硅氧四面体角顶之间连接数目的增多，硅、氧所组成的凝聚态的络阴离子团的体积就会增大，则必然会降低岩浆的流动性而使粘度增加。基性岩浆SiO<sub>2</sub>含量少，含岛状、链状络阴离子多，含架状络阴离子少，因而粘度小，熔岩流的流速快，如夏威夷橄榄玄武岩流最大流速达60km/h。酸性岩浆SiO<sub>2</sub>含量高，架状的络阴离子多，粘度大、熔岩流流速小，每小时仅几米，甚至看不出流动。当岩浆中富含挥发份时，粘度可以降低。岩浆的温度升高可使粘度降低；反之，粘度增大。地下深部岩浆粘度的大小至今人们尚无感性认识。但可以肯定，随着压力增大，水在岩浆中的溶解度也增大，岩浆的粘度也随之很快降低。实地观察表明，来自地下深部的含水岩浆，在火山喷出初期粘度小、流动性大，随着水的散失和温度降低、最后才转变为粘度较高的熔岩流。

## 二、岩浆的结晶作用

岩浆结晶作用是岩浆中各种离子和络阴离子团围绕一些结晶中心，按照一定的规则进行

排列、并按照一定的结晶顺序晶出各种晶体矿物的作用。所以岩浆结晶作用的过程，就是从高温的液态熔浆转化为固态岩浆岩的过程。

前已述及，硅酸盐熔浆的化学成份主要是克拉克值丰度最大的 O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K 这八种元素，其中 Fe、Mg、Ca、Na、K 这些简单的离子在岩浆中为带正电荷的阳离子，Si、O 则构成硅氧络阴离子团，Al 虽然也是金属元素，但它具有明显的两重性，它既可象 Fe、Mg 等一样成为阳离子，也可部份地代替硅氧四面体中的硅而进入络阴离子团。这些阳离子和络阴离子团处于不断运动状态，岩浆冷却结晶过程就是这些离子和离子团按物理化学定律结合晶出的过程。

岩浆的结晶作用与岩浆的成份、粘度、冷却速度等因素有密切关系。

岩浆的粘度不同，影响到岩浆中质点运动的能力，从而影响其结晶能力。粘度小结晶能力强；粘度大结晶能力则弱。

岩浆中挥发组份的多少对岩浆的结晶程度亦有较大影响。挥发组份多，可以降低岩浆的粘度，增强质点的活动能力，同时亦起着降低结晶温度的作用。如酸性岩浆在深成条件下，由于承受压力较大，溶解的挥发组份多，结晶温度较低，一般在 800—600℃，常形成低温矿物变种、如微斜长石、低温石英以及富含挥发份的云母和角闪石；相反，酸性岩浆在喷出条件下，由于挥发组份逸出，则形成高温矿物的变种，如透长石、高温石英等。

岩浆的冷却速度影响岩浆结晶的充分程度。在深成条件下，冷却速度缓慢，岩浆有充分的时间结晶，因而结晶程度高，可形成粗大晶体；相反，在喷出条件下，岩浆快速冷却，结晶程度低，形成较细粒的晶体，甚至形成玻璃质。

### 三、岩浆岩的概念及其一般特征

#### （一）岩浆岩的概念

岩浆岩是岩浆在内力地质作用的影响下，由深处侵入地壳表层或喷出地表，并经过冷凝固结而形成的岩石。在岩浆冷却过程中，失去大量的挥发物质，所以岩浆岩是失去了大量挥发份的岩浆冷凝物。

岩浆岩在地壳中占据一定的空间，以各种各样的形状存在，它们是不同的地质时期地质构造发展到一定阶段的产物。岩体的形状、大小、成份变化、空间和时间上的分布和变化规律等，与自然界各种地质条件休戚相关。因此，应当把岩浆岩作为地质体来研究。

岩浆岩按其生成环境不同，通常分为侵入岩 (Intrusive rocks) 和喷出岩 (Extrusive rocks) 两类。

侵入岩是岩浆在地表以下不同深度冷凝结晶而形成的岩石。根据形成的深度，侵入岩又可进一步分为深成岩 (Plutonic rocks) 和浅成岩 (Hypabyssal rocks)。前者是岩浆在地壳深处冷凝结晶而成，多呈大岩体产出；后者是岩浆在地壳浅处冷凝结晶所致，多呈小岩体出现。

喷出岩是岩浆沿裂隙或火山通道喷出地表冷凝或结晶而成。它的形成常与火山喷发作用有直接关系，因此又称为“火山岩” (Volcanic rocks)。

#### （二）岩浆岩的一般特征

岩浆岩既然是天然岩浆熔体生成的，因此在矿物成分、结构、构造、产状等方面必然

有别于变质岩和沉积岩的独特之处。其主要鉴别标志如下：

1. 岩浆岩大部份为块状的结晶岩石，部分为玻璃质结构的岩石。一般说，凡具有玻璃质的岩石都是岩浆岩。

2. 岩浆岩中有特有矿物，如霞石、白榴石；也有着特有的结构、构造，如气孔、杏仁、流纹等构造。

3. 岩浆岩体无层理，与围岩一般都具有明显的界线，呈各种形态存在于地层中，有的平行、有的切穿围岩的层理或片理。围岩与岩浆岩接触处常见有热变质现象。

4. 岩浆岩体中常含有围岩的碎块，即“捕虏体”。这些捕虏体常见有热变质现象。

5. 岩浆岩中缺乏任何生物遗迹。

应当指出、具有岩浆岩外貌的岩石，不一定都是由岩浆方式形成的，特别是前寒武纪的花岗质岩石，有些是由变质交代方式形成的。这种“假岩浆岩”已属于变质岩的范畴，将在变质岩一篇中详细讨论。

## 第二章 岩浆岩的物质成份

岩浆岩的物质成份包括岩浆岩的化学成份和矿物成份，它们是岩浆岩固有的最主要的特征之一，也是岩浆岩分类的主要依据。研究它们，不仅有助于各类岩浆岩的识别，而且也有利于了解各类岩浆岩的内在联系及成因。因此，岩浆岩的研究首先应从物质成份着手。

### 一、岩浆岩的化学成份

#### (一) 岩浆岩的平均化学成份

岩浆岩的化学成份非常复杂，它几乎包括了地壳中所有的元素，但其含量相差悬殊。其中含量最多的是O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Ti等九种元素，通常称之为“造岩元素”。它们的总和约占岩浆岩总量的99.25%，其中氧占46.59%，硅占27.59%，因此岩浆岩主要是由硅酸盐组成。除上述九种元素外，周期表内的其他元素在岩浆岩中的总量不超过1%，称之为“微量元素”。它们的丰度虽然很低，但在适宜条件下可局部富集成有工业价值的各种类型的内生矿床。

岩浆岩的化学成份常用氧化物来表示，其中含量最多的为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、MgO、CaO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>这10种氧化物，它们的平均含量约占岩浆岩总量的99%，故称之为主要造岩氧化物。其中SiO<sub>2</sub>居首位，平均含量约为59.14%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>次之，约占15.34%。岩浆岩的平均化学成份见表1-2-1。

表1-2-1 地壳与岩浆岩的平均化学成份

| 地 壳                            |       |     |       | 岩 浆 岩                          |       |     |       |                                |       |
|--------------------------------|-------|-----|-------|--------------------------------|-------|-----|-------|--------------------------------|-------|
|                                |       |     |       | 世 界 (1)                        |       |     |       | 中 国 (2)                        |       |
| 氧化物                            | 重量%   | 元 素 | 重量%   | 氧化物                            | 重量%   | 元 素 | 重量%   | 氧化物                            | 重量%   |
| SiO <sub>2</sub>               | 57.76 | O   | 47.08 | SiO <sub>2</sub>               | 59.14 | O   | 46.42 | SiO <sub>2</sub>               | 60.76 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.55 | Si  | 27.00 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.34 | Si  | 27.59 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.82 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.43  | Al  | 8.23  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.08  | Al  | 8.08  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.63  |
| FeO                            | 4.30  | Fe  | 5.04  | FeO                            | 3.80  | Fe  | 5.08  | FeO                            | 4.11  |
| MgO                            | 3.87  | Mg  | 2.33  | MgO                            | 3.49  | Mg  | 2.09  | MgO                            | 3.70  |
| CaO                            | 7.02  | Ca  | 5.02  | CaO                            | 5.08  | Ca  | 3.61  | CaO                            | 4.54  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.37  | Na  | 2.13  | Na <sub>2</sub> O              | 3.84  | Na  | 2.83  | Na <sub>2</sub> O              | 3.49  |
| K <sub>2</sub> O               | 2.32  | K   | 1.82  | K <sub>2</sub> O               | 3.13  | K   | 2.58  | K <sub>2</sub> O               | 2.98  |
| H <sub>2</sub> O               | 1.33  | Ti  | 0.53  | H <sub>2</sub> O               | 1.15  | Ti  | 0.72  | H <sub>2</sub> O               | 1.05  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.88  | P   | 0.10  | TiO <sub>2</sub>               | 1.05  | P   | 0.158 | TiO <sub>2</sub>               | 1.00  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.23  | H   | 0.15  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.299 | H   | 0.130 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.35  |
| MnO                            | 0.15  | Mn  | 0.12  | MnO                            | 0.124 | Mn  | 0.125 | MnO                            | 0.14  |
| CO <sub>2</sub>                | 1.29  |     |       | CO <sub>2</sub>                | 0.101 |     |       | CO <sub>2</sub>                | 0.43  |
| 其他                             | 0.22  | 其他  | 0.35  | 其他                             | 0.376 | 其他  | 0.586 | 其他                             |       |

注：(1) 据克拉克(1924)，5159个岩浆岩化学分析的平均值。

(2) 据黎彤等(1963)，611个岩浆岩化学成份分析的平均值。

根据美国克拉克对5159个岩浆岩样品所作的化学分析的平均值，可以看出岩浆岩的化学成份可近似地代表了地壳的化学成份，这说明地壳中原始岩石就是岩浆岩。

## (二) 岩浆岩的化学成份分类

前已述及， $\text{SiO}_2$  是岩浆岩中居首位的主要化学成份，各类岩浆岩化学成份的不同也突出地表现在 $\text{SiO}_2$ 含量的差别上。因此， $\text{SiO}_2$ 的含量是岩浆岩化学成份分类的主要依据。根据 $\text{SiO}_2$ 含量，可将岩浆岩分为以下几类：

| 岩石类型 | $\text{SiO}_2$ 含量 |
|------|-------------------|
| 超基性岩 | $<45\%$           |
| 基性岩  | $45-52\%$         |
| 中性岩  | $52-65\%$         |
| 酸性岩  | $>65\%$           |

上述各类岩浆岩的平均化学成份见表1-2-2。

岩浆岩中 $\text{SiO}_2$ 很少超过75%，也不低于20%。有人将 $\text{SiO}_2 > 75\%$ 的岩浆岩称之为超酸性岩。

岩浆岩是否有足够的 $\text{SiO}_2$ 与金属氧化物相结合，称为 $\text{SiO}_2$ 的饱和程度，也称岩浆岩的酸度，它直接影响着岩浆岩中矿物的共生组合。

岩浆岩中 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的含量被称为碱质。是否有足够数量的碱质与 $\text{SiO}_2$ 及其他氧化物相结合，称为碱质饱和程度，它和岩浆岩的酸度一样，亦直接影响矿物的共生组合和岩石类型，通常把碱质饱和程度称为岩浆岩的碱度。

表1-2-2 各类岩浆岩的平均化学成份

| 岩类<br>氧化物               | 超基性岩  |       | 基性岩   |       | 中性岩   |       | 酸性岩   |       | 碱性岩   |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     |
| $\text{SiO}_2$          | 43.67 | 43.60 | 48.25 | 50.00 | 58.05 | 57.60 | 70.40 | 71.00 | 64.30 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 4.53  | 4.72  | 14.90 | 16.48 | 17.41 | 17.50 | 14.48 | 14.30 | 16.21 |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 4.22  | 4.62  | 4.17  | 4.22  | 3.23  | 3.72  | 1.38  | 1.54  | 2.44  |
| $\text{FeO}$            | 7.77  | 8.01  | 7.61  | 6.80  | 3.57  | 3.31  | 1.77  | 1.85  | 2.57  |
| $\text{MgO}$            | 25.34 | 24.80 | 6.93  | 6.30  | 3.24  | 3.64  | 0.94  | 0.74  | 0.63  |
| $\text{CaO}$            | 8.79  | 12.2  | 8.27  | 9.75  | 5.77  | 6.70  | 1.93  | 1.82  | 1.71  |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 0.90  | 0.73  | 3.30  | 2.78  | 3.57  | 3.62  | 3.77  | 3.62  | 5.00  |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 0.41  | 0.38  | 1.72  | 1.24  | 2.36  | 2.01  | 3.99  | 4.02  | 5.51  |
| $\text{H}_2\text{O}$    | 2.84  |       | 1.47  | 1.17  | 0.85  | 0.83  | 0.65  | 0.75  | 0.32  |
| $\text{TiO}_2$          | 0.90  | 0.72  | 2.08  | 1.20  | 0.79  | 0.79  | 0.31  | 0.34  | 0.52  |

注：1. 为黎彤等(1962)的中国岩浆岩的平均化学成份。

2. 为维诺格拉多夫(1955)的岩浆岩的平均化学成份。

## (三) 化学成份的变化规律

岩浆岩中各类氧化物之间有着密切关系，而且在各类岩浆岩中随着 $\text{SiO}_2$ 含量的变化，其他氧化物亦随之变化。其变化的规律如图1-2-1所示。

从图1-2-1中可看出，从超基性岩至酸性岩，其化学成份的变化有以下特点：

1.  $\text{SiO}_2$ 含量逐渐增高，在超基性岩中含量最少，酸性岩中含量最多。
2.  $\text{MgO}$ 、 $\text{FeO}$ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )的含量随 $\text{SiO}_2$ 含量增加而减少。
3.  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量随 $\text{SiO}_2$ 含量增加而增加，尤其 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量增加更为显著。