

高等学校教材

# 岩石学

武汉地质学院 乐昌硕 主编



地质出版社

18656

P58  
0.3

高等学校教材

9209/03

# 岩石学

武汉地质学院 乐昌硕 主编



200390246



00263726



地质出版社

## 内 容 简 介

本书分三篇，共八章，插图155幅。内容包括岩浆岩、沉积岩和变质岩三部分，重点在于介绍岩石学的基本理论和岩石的肉眼鉴定方法。书中除系统介绍各类岩石的物质成分、结构构造、产状和相等一般特征外，着重叙述了主要岩石类型的鉴定特征及其与相似岩石之间的区别，同时还制定了一些比较适合于肉眼鉴定使用的岩石分类和命名方案。在岩石的成因理论方面，也扼要地介绍了国内外的新成就和新进展。书末附有岩石观察和描述的实例。

本书是国内目前唯一的着重于岩石肉眼鉴定的教材，它适合大专院校水文地质及工程地质专业用作教材，也可供探工、物探和其他地质专业师生及广大野外地质工作者参考。

※ ※ ※

本书由翟淳主审，经地质矿产部岩石学教材编审委员会沉积岩编审小组于1983年9月主持召开的审稿会议审稿，同意作为高等学校教材出版。

※ ※ ※

### 高等学校教材 岩 石 学

武汉地质学院 乐昌硕 主编

责任编辑 王国富

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：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张：12<sup>5</sup>/<sub>8</sub> 字数：287,000

1984年11月北京第一版·1984年11月北京第一次印刷

印数：1—11,980册 定价：2.00元

统一书号：13038·教192

# 前 言

本书是根据地质矿产部的要求，按岩石学教材编审委员会1980年审订的高等地质院校水文地质与工程地质专业适用《岩石学》教学大纲编写的。按照大纲要求，本书的目的是使学生了解岩石学的基本理论和掌握岩石肉眼鉴定的基本技能，为专业课的学习和野外工作奠定基础。

全书包括岩浆岩、沉积岩、变质岩三部分，按专业需要以沉积岩为重点。书中系统地介绍了现代岩石学的一些最基本的理论并引进不少国内外的新成果和新进展。同时对三大类岩石的鉴定特征，作了较为详细的叙述，并提出了适合于岩石肉眼鉴定的分类和命名方案。为了使学生全面地掌握岩石学知识，书中还介绍了一些主要类型岩石的野外研究方法，并在书末附录了各类代表岩石的肉眼观察和描述实例。

本书由武汉地质学院岩石教研室部分同志编写，乐昌硕担任主编。编者具体分工是：绪言、第一篇的第一章、第二章一、二节，由林培英执笔；第二章的三、四、五、六、七、八节和第三章由李家振执笔；第二篇的第一章由田成执笔，第二章和第三章由乐昌硕执笔；第三篇的第一章由李昌年执笔，第二章由翁润生执笔。全部书稿由乐昌硕统一整理。

初稿完成后，岩石学教材编审委员会于1983年9月召开了审稿会议。会议由武汉地质学院何镜宇教授主持，成都地质学院翟淳副教授主审，参加评审的有：长春地质学院林景仟、麦延庆、姚振武副教授；河北地质学院王国富、李洪、许传诗老师；西安地质学院李钟秀老师。会上，代表们提出了许多宝贵的意见，嗣后，编者根据会议的意见进行了修改补充，再送交翟淳副教授复审。最后由责任编辑河北地质学院王国富老师进行了仔细的审核和加工，为成书付出了辛勤劳动。

本书的编写是在院、系的领导下，教研室的直接关怀和支持下完成的。在编写过程中承蒙邱家骧、孙善平、路凤香、沈孝宇副教授以及赵崇贺、莫宣学同志帮助审阅了岩浆岩部分；游振东教授帮助审阅了变质岩部分。武汉地质学院北京研究生部绘图室和照相室负责全部图件的绘制和照片的摄制；宋姚生、齐利建同志绘制了部分标本素描图，谨此，一并致以衷心感谢。

由于我们学识有限，经验不足，编写时间又很仓促，因此，书中的缺点和错误一定不少，恳切希望使用本书的兄弟院校师生和其他读者惠予批评指正。

编 者

1984年3月8日

# 目 录

## 绪 言

一、岩石与岩石学的概念	1
二、岩石的分类	1
三、岩石学在水文地质及工程地质工作中的作用	2
(一) 岩石学在水文地质中的作用	2
(二) 岩石学在工程地质中的作用	2
四、岩石学的研究方法	3
(一) 野外地质学方法	3
(二) 室内研究方法	3

## 第一篇 岩浆岩

<b>第一章 岩浆岩的基本特征</b>	4
一、岩浆与岩浆岩的概念	4
(一) 岩浆的概念	4
(二) 岩浆岩的概念	6
二、岩浆岩的物质成分	6
(一) 岩浆岩的化学成分	6
(二) 岩浆岩的矿物成分	8
(三) 岩浆岩的矿物共生组合规律及其与化学成分的关系	9
三、岩浆岩的结构和构造	10
(一) 岩浆岩的主要结构类型	11
(二) 岩浆岩的主要构造类型	14
四、岩浆岩的产状和相	17
(一) 岩浆岩的产状	17
(二) 岩浆岩的相	21
五、岩浆岩的分类	23
(一) 按化学成分分类	23
(二) 按矿物成分分类	23
(三) 按产状、结构构造分类	23
<b>第二章 岩浆岩的主要类型</b>	25
一、超基性岩类 (橄榄岩—苦橄岩类)	25
(一) 一般特征	25
(二) 侵入岩的主要类型	25
(三) 喷出岩的主要类型	26
(四) 产状、分布及有关矿产	27

二、基性岩类 (辉长岩—玄武岩类) .....	27
(一) 一般特征 .....	27
(二) 侵入岩的主要类型 .....	27
(三) 喷出岩的主要类型 .....	28
(四) 产状、分布及有关矿产 .....	29
三、中性岩类 (闪长岩—安山岩类) .....	30
(一) 一般特征 .....	30
(二) 侵入岩的主要类型 .....	31
(三) 喷出岩的主要类型 .....	31
(四) 产状、分布及有关矿产 .....	32
四、中性岩类 (正长岩—粗面岩类) .....	32
(一) 一般特征 .....	32
(二) 侵入岩的主要类型 .....	33
(三) 喷出岩的主要类型 .....	33
(四) 产状、分布及有关矿产 .....	34
五、酸性岩类 (花岗岩—流纹岩类) .....	35
(一) 一般特征 .....	35
(二) 侵入岩的主要类型 .....	36
(三) 喷出岩的主要类型 .....	36
(四) 产状、分布及有关矿产 .....	37
六、碱性岩类 (霞石正长岩—响岩类) .....	38
(一) 一般特征 .....	38
(二) 侵入岩的主要类型 .....	39
(三) 喷出岩的主要类型 .....	39
(四) 产状、分布及有关矿产 .....	39
七、脉岩类 .....	40
(一) 一般特征 .....	40
(二) 脉岩的主要类型 .....	40
(三) 产状、分布及有关矿产 .....	41
八、火山碎屑岩类 .....	41
(一) 火山碎屑岩的概念及一般特征 .....	41
(二) 火山碎屑岩的成分 .....	42
(三) 火山碎屑岩的结构和构造 .....	43
(四) 火山碎屑岩的分类命名 .....	44
(五) 火山碎屑岩的主要类型及其特征 .....	44
(六) 产状、分布及有关矿产 .....	46
<b>第三章 岩浆岩的成因概述</b> .....	47
<b>一、关于岩浆岩的成因问题</b> .....	47
(一) 岩浆岩分布与区域构造的关系 .....	47
(二) 岩浆起源及其演化 .....	49
(三) 岩浆岩多样性的原因 .....	51
(四) 主要类型的岩浆岩成因概述 .....	53

二、我国岩浆岩的分布概况 .....	55
(一) 我国的侵入岩 .....	55
(二) 我国的火山岩 .....	56
<b>第二篇 沉积岩</b>	
<b>第一章 沉积岩的形成过程及其特征 .....</b>	<b>57</b>
一、沉积岩的概念 .....	57
二、沉积物的形成过程 .....	57
(一) 沉积物的来源 .....	57
(二) 风化作用 .....	57
(三) 主要造岩矿物和岩石在风化过程中的稳定性 .....	58
(四) 风化产物 .....	60
三、风化产物的搬运和沉积 .....	60
(一) 碎屑物质的搬运和沉积 .....	60
(二) 溶解物质的搬运和沉积 .....	62
(三) 沉积分异作用 .....	64
四、成岩作用 .....	65
(一) 概述 .....	65
(二) 沉积物在成岩作用中的变化 .....	66
五、沉积岩的一般特征 .....	68
(一) 成分特征 .....	68
(二) 构造特征 .....	70
(三) 沉积岩的裂隙 .....	84
(四) 沉积岩的颜色 .....	85
<b>第二章 沉积岩的分类及主要类型 .....</b>	<b>87</b>
一、沉积岩的分类 .....	87
(一) 陆源沉积岩类 .....	88
(二) 内源沉积岩类 .....	88
二、陆源碎屑岩类 .....	88
(一) 陆源碎屑岩的一般特征 .....	88
(二) 陆源碎屑岩的分类 .....	94
(三) 砾岩类 .....	94
(四) 砂岩类 .....	97
(五) 粉砂岩类 .....	101
(六) 泥质岩类 .....	102
三、内源沉积岩类 .....	105
(一) 内源沉积岩的一般特征 .....	105
(二) 内源沉积岩的分类 .....	108
(三) 硅质岩类 .....	112
(四) 碳酸盐岩类 .....	114
<b>第三章 沉积相和沉积建造 .....</b>	<b>125</b>

一、沉积相的概念和分类	125
(一) 沉积相的概念	125
(二) 沉积相的分类	126
二、冲积扇相	127
三、河流相	129
(一) 蛇曲型河流相	129
(二) 辫状河流相	131
四、湖泊相和沼泽相	132
(一) 淡水湖泊相	132
(二) 盐湖相	133
(三) 沼泽相	133
五、三角洲相	133
(一) 三角洲的类型	133
(二) 三角洲沉积的特点和相模式	135
六、堡岛碎屑岩相	138
七、滨海碎屑岩相	140
(一) 滨海砂岩相	140
(二) 滨海砾岩相	141
(三) 滨海泥质岩相	141
八、浅海碎屑岩相	141
九、半深海和深海相	142
十、海洋碳酸盐岩相	144
(一) 潮坪相	144
(二) 堤后泻湖相	145
(三) 潮间-潮下浅滩相	145
(四) 开阔陆棚和台地相	145
(五) 陆棚边缘生物礁相	146
(六) 礁前碎屑堆相	146
(七) 开阔海或远洋碳酸盐相	147
十一、沉积建造	147
(一) 沉积建造的概念	147
(二) 沉积建造的主要类型	148
(三) 板块构造和沉积作用	149

### 第三篇 变质岩

第一章 变质作用及变质岩的基本概念	152
一、变质作用及变质岩的概念	152
二、变质作用的因素	152
(一) 温度	152
(二) 压力	153
(三) 具化学活动性的流体	154



三、变质作用类型 .....	156
(一) 动力变质作用 .....	156
(二) 区域变质作用 .....	156
(三) 混合岩化作用 .....	156
(四) 接触变质作用 .....	156
(五) 气-液变质作用 .....	156
(六) 其他类型的变质作用 .....	156
四、变质作用的方式 .....	157
(一) 重结晶作用 .....	157
(二) 变质结晶作用和变质反应 .....	157
(三) 交代作用 .....	157
(四) 变质分异作用 .....	158
(五) 变形作用和碎裂作用 .....	158
五、变质岩的物质成分 .....	158
(一) 变质岩的化学成分 .....	158
(二) 变质岩的矿物成分 .....	159
六、变质岩的结构和构造 .....	161
(一) 变质岩结构和构造的基本概念 .....	161
(二) 变质岩的结构 .....	161
(三) 变质岩的构造 .....	164
七、变质岩的分类 .....	165
<b>第二章 变质岩的类型 .....</b>	<b>166</b>
一、动力变质岩类 .....	166
(一) 概述 .....	166
(二) 动力变质岩的分类和命名 .....	166
(三) 主要动力变质岩类型 .....	167
(四) 动力变质岩的野外识别标志和动力变质岩带的工作方法 .....	169
二、区域变质岩类 .....	170
(一) 概述 .....	170
(二) 区域变质岩的分类和命名 .....	171
(三) 主要区域变质岩类型 .....	172
(四) 区域变质作用的研究 .....	176
(五) 变质岩原岩恢复简介 .....	179
三、混合岩化作用及混合岩 .....	181
(一) 混合岩化作用概述 .....	181
(二) 混合岩的主要类型 .....	181
四、接触变质作用及其岩石 .....	183
(一) 概述 .....	183
(二) 热接触变质岩的分类和命名 .....	183
(三) 热接触变质岩的主要类型 .....	183
(四) 接触交代变质作用及其岩石 .....	184

五、气-液变质作用及其岩石 .....	185
(一) 概述 .....	185
(二) 主要岩石类型 .....	185
附录：岩石观察和描述实例 .....	187
主要参考文献 .....	190

# 绪 言

## 一、岩石与岩石学的概念

岩石是天然产出的具有一定结构构造的矿物集合体,(少数岩石可由玻璃或胶体或生物遗骸组成)。它构成地壳及上地幔的固态部分,是地质作用的产物。

岩石学是地质学的一个分支,它是研究岩石的分布、产状、成分、结构、构造、分类、成因、演化等方面的科学。

在地质研究中,岩石始终是重要的研究对象。因为山脉、岛屿、平原土层之下、江河湖海的基底都是岩石构成的,各种金属与非金属矿产、以及石油等绝大多数蕴藏于岩石中,与岩石具有成因及时空上的联系;而且岩石记录了地壳和上地幔形成、演化的历史。因此研究岩石,对于了解地壳、地幔,以及其它星球的物质组成、起源、发展等都具有重要的科学意义。岩石也是构成各种地质构造和地貌的物质基础。因此,进行岩石学的研究,对指导找矿勘探,开发地下水资源,设计工程建筑,及交通运输、国防工程的建设等都具有极其重要的意义。

## 二、岩石的分类

岩石的种类很多,按其成因可分为三大类:

- (1) 岩浆岩(或称火成岩)
- (2) 沉积岩
- (3) 变质岩

由于三大类岩石之间的界限,有时并不能截然分开,其间有逐渐过渡的关系。因此,它们虽然各有其特征,但彼此之间常有密切的联系,其相互关系和演变的情况可以用下图表示(图0—1—1)。不过,这种相互关系,并不是简单的循环重复,而是不断地向前发展的。

三大类岩石在地表和地壳内部的分布情况,也不相同。地壳表层以沉积岩为主,约占大陆面积的75%和海洋底面的绝大部分。

地壳深处则主要由火成岩、变质岩组成,约占地壳体积的95%,因为它们多由结晶矿物组成,故又称结晶岩。

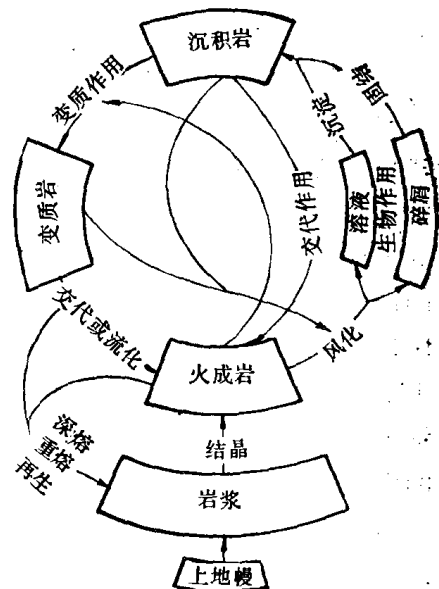


图 0—1—1 三大类岩石相互关系图  
(据《火成岩岩石学》,南京大学,1980)

### 三、岩石学在水文地质及工程地质工作中的作用

#### (一) 岩石学在水文地质中的作用

水文地质学是研究地下水的一门科学。地下水则赋存于岩石的空隙（孔隙和裂隙）之中，而空隙的多少及大小与岩石的性质是有密切关系的。不同成因类型的岩石，它们的成分、结构、构造不同，其孔隙度、储水性和透水性等也就不同。因此，要研究地下水的赋存条件，必需有岩石学方面的知识。

某些深成侵入岩和变质岩，如花岗岩、辉长岩、片麻岩等，由于结构紧密，颗粒较均匀，孔隙度小，不易透水和贮水，故在这类岩石分布的地区找水较为困难，只有沿裂隙较为发育的构造破碎带，才可找到富水地段，在其它地区均属贫水地区，只能找到水量小的风化裂隙水。

在喷出岩地区，由于某些喷出岩具有气孔构造，孔隙往往较大，有的喷出岩柱状节理发育，所以透水性好，储水空间较大。如冀北汉诺坝玄武岩，由于气孔构造发育与裂隙沟通而成为较好的含水层。

沉积岩的结构，如碎屑岩的颗粒大小、形状、分选性、排列方式和相互间的关系等，都会影响岩石的孔隙度、储水性和透水性。如颗粒较粗的砾岩、砂岩，一般透水性较高。随着颗粒的变小，透水性逐渐降低。例如颗粒很细的泥质岩，往往是不透层，而且具隔水性能，这类岩石只有遇到构造变动产生裂隙时，才可以沟通相邻含水层的地下水。

石灰岩、白云岩和蒸发岩（石膏、岩盐等）都是较易溶的岩石，在适当的条件下，它们可形成溶蚀通道，增大其透水性和储水空间。如广东肇庆的石灰岩地区，由于溶蚀而形成地下河流。

总之，岩石学的研究对了解地下水资源的储集、运移和分布规律都具有极其重要的意义。

#### (二) 岩石学在工程地质中的作用

岩石是工程地质的物质基础（工程的地基和围岩），除空间卫星站外，人类的重大工程建设，其基础几乎都离不开岩石。岩体的物理力学性质及结构的好坏，对工程成败起决定性作用。如修地下建筑（隧道、地铁、地下发电站、地下油库、地下飞机库，地下军舰库等工程）时，往往要把整座山中间挖空，必须注意围岩的稳定性问题。岩体稳定性与岩石的成因类型、成分、结构、构造以及各种岩石的组合特征等都有密切关系。例如在花岗岩区建立地下油库，由于花岗岩结构致密坚硬，抗压强度高，岩体巨大，中间无软弱岩石夹层，不易坍塌，施工较安全，造价较低。若在软弱易碎的岩石中建设，则施工困难，投资大，造价高。一般来说结晶岩的工程力学性能比沉积岩好。但影响岩体的工程力学性质的因素是多方面的，必须仔细研究。

高坝或重型建筑物，一般应建在坚硬的基岩上，如三门峡水库大坝即建在闪长玢岩之上；切忌建在有软弱夹层的基岩上。若坚硬基岩中含薄层的绿泥石片岩，绢云母片岩，泥质页岩等软弱夹层，可导致建筑物滑塌，造成巨大损失。

## 四、岩石学的研究方法

### (一) 野外地质学方法

主要是通过野外地质制图, 剖面测制, 对岩石的成分、结构、构造、产状、时代、生成顺序、各类岩石的共生组合、岩相变化以及岩体与矿产的关系、岩石的透水性和隔水性以及岩石的工程力学性质等应作详细的观察描述, 同时作出初步分析和推论, 还应采集适当的标本样品, 以供室内进一步研究之用。野外研究是极为重要的, 它是全部研究工作的基础, 对本专业来说, 野外研究更为重要。

### (二) 室内研究方法

应用野外所收集的资料, 在室内进行分析研究, 目前采用的方法有: 岩相学研究、岩石化学研究、实验岩石学研究。

1. 岩相学研究 主要是利用偏光显微镜、弗氏台、电子显微镜、X射线分析、差热分析、电子探针等方法, 详细研究岩石的矿物成分, 结构构造、各种组份的相对含量, 从而为确定岩石类型、成因和水文、工程地质性能等提供必要的资料。

2. 岩石化学方法 主要采用全岩分析、单矿物分析、同位素、光谱分析、染色法等, 研究岩石化学成分、微量元素的赋存状态和地球化学特征, 以便了解岩石的演化规律和成矿关系。

3. 实验岩石学方法 是利用高温高压方法人工再造矿物和岩石的形成过程, 以便了解岩浆的起源、演化和变质岩形成的物理化学条件, 为解决一系列有关成岩成矿的复杂问题, 提供实验依据。

岩石学研究应把野外地质观察与室内实验分析研究两者紧密地结合起来, 才能更好地解决岩石学的有关问题。

# 第一篇 岩 浆 岩

## 第一章 岩浆岩的基本特征

### 一、岩浆与岩浆岩的概念

#### (一) 岩浆的概念

岩浆这个词最早来源于希腊，原意是指一种似粥状物。

据近代活火山（如意大利维苏威和夏威夷基拉韦厄等火山）的观察，发现在火山活动时不但有气体及碎屑自火山口喷出，而且还有炽热的熔融物质自火山口溢流出来，（前者我们称为挥发物质和火山碎屑，后者称为熔岩流。）这说明在地下深处有高温炽热的熔融物质存在，这种高温炽热的熔融物质就是岩浆。

熔岩流来源于岩浆，虽然它是很接近岩浆的物质，但还不是真正的岩浆，真正的岩浆比熔岩流含有更多的挥发物质。

目前一般认为，岩浆是在上地幔和地壳深处形成的、以硅酸盐为主要成分的炽热、粘稠、富含挥发物质的熔融体。

现在已发现的岩浆有好几种，最普遍和最主要的是硅酸盐成分的岩浆。此外，还有碳酸盐、氧化物、硫化物等岩浆，即所谓非硅酸盐岩浆。它们数量很少，过去并未被人重视。自从六十年代坦桑尼亚东部火山中喷出碳酸岩熔浆，以及智利基鲁那地区有铁质矿浆喷出地表后，这些少量的非硅酸盐熔浆才被人们所公认。

根据对火山的观察，实验研究和地质资料的综合，岩浆的基本特征如下：

#### 1. 岩浆的成分

岩浆的成分主要是由氧、硅、铝、铁、镁、钙、钾、钠、锰、钛、磷等造岩元素所组成，此外，还有 $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $SO_2$ 等挥发性物质及少量的金属硫化物和氧化物。

#### 2. 岩浆的温度

岩浆的温度可以直接从现代火山熔岩流测出，也可间接通过多种岩浆岩或矿物的熔融实验和热力学计算等方法求出。

从人们观测到的火山熔岩流来看，它的温度通常在 $600-1200^{\circ}C$ 之间，并随岩浆成分不同而有所差异。基性岩浆温度较高，为 $1000-1200^{\circ}C$ ，中性岩浆次之，约为 $900-1000^{\circ}C$ ，酸性岩浆最低，约为 $600-700^{\circ}C$ 。

岩浆温度一般来说还随深度而增加（图 I-1-1），且含水的岩浆温度要比不含水（干）的岩浆温度低。如图 I-1-2 所示，无水的花岗岩熔融曲线右侧为液相区（熔融的岩浆），

左侧出现结晶的矿物，因此这种岩浆的温度从图中可看出应在1000—1100℃以上，否则就会发生结晶作用。而含饱和水的花岗岩熔融曲线与无水的熔融曲线相比，温度下降约100—500℃，且压力愈高则相差愈大。按上述相同的道理这种岩浆的温度在600—800℃以上即可保持为熔融的岩浆状态。所以含水的岩浆可以比不含或少含水的岩浆温度低。

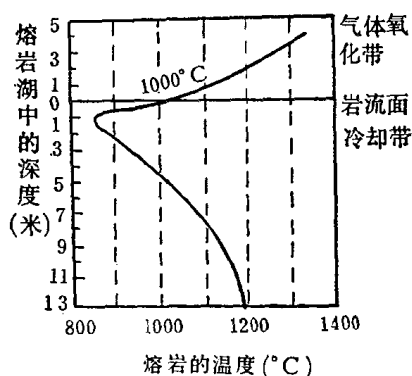


图 I—1—1 夏威夷熔岩湖不同深度的温度变化

(据《岩浆岩岩石学》上册，  
武汉地质学院，1980)

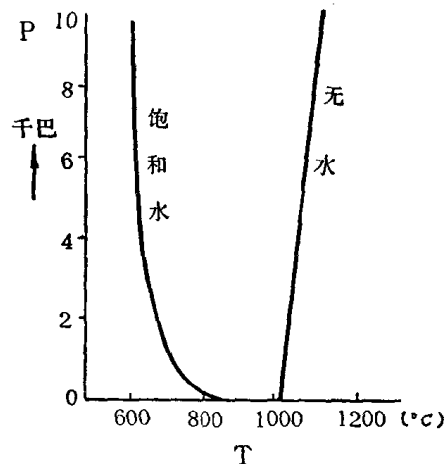


图 I—1—2 花岗岩浆始熔曲线  
(据火山岩研究方法，邱家骧，1982)

岩浆喷出地表后，表层的温度由于与大气接触发生氧化放热反应可能会略有升高（图 I—1—1），但这种影响波及的范围不大。因此岩浆的温度主要与其成分，含水情况及所处的深度有关。

岩浆结晶的温度是指岩浆由熔融状态变为固态时的温度，即指最后结晶的温度。因此结晶温度除与岩浆的温度有关外，主要是与结晶作用进行时的温度间隔有关，即与结晶冷却的速度有关。如岩浆温度为1000℃，若冷却迅速，结晶结束时温度约为900℃；若冷却缓慢，则结晶结束时可能会达到700℃。

目前可以应用许多方法来计算结晶温度，最简单的是应用同种矿物同质异象的转变温度来计算，如酸性喷出岩由于冷却迅速，其中的石英往往是具六方双锥的高温石英（ $\beta$ -石英），这种石英需在573℃以上方能稳定存在。而酸性侵入岩由于冷却缓慢，其中的石英为低温石英（ $\alpha$ -石英），在常压下其稳定温度低于573℃，若它结晶于10公里的深度，其稳定温度在600℃以下。

所以，在地下深处正在结晶的岩浆一般要比喷出地表的岩浆温度低。因此许多同质多象的矿物，在深成岩中往往是低温变体，如正长石、微斜长石、 $\alpha$ -石英；喷出岩中则往往是高温变体，如透长石、 $\beta$ -石英等。

### 3. 岩浆的粘度\*

岩浆的粘度与岩浆的成分（主要是 $\text{SiO}_2$ ）、挥发份含量及温度和压力的大小等因素有关。岩浆中 $\text{SiO}_2$ 含量愈高，粘度愈大，如图 I—1—3所示。相反挥发份含量越高，则岩浆的

\*液体在层流条件下，当它流动时一层受另一层的牵制，其牵制力的大小是和两层间的接触面积（ $S$ ）及其垂直流动方向的速度梯度（ $-\frac{dv}{ds}$ ）成正比，即  $F = \eta S \frac{dv}{ds}$ 。式中 $\eta$ 是系数，即粘度或摩擦力，其单位为克/厘米·秒或泊。

粘度越小。如在闪长岩熔体中加入不同量的 $\text{CaF}_2$ ，则在同一温度下，熔体的粘度逐渐降低，在不同温度下，其粘度下降幅度相同，即下降比是一致的(图 I—1—4)。岩浆温度愈高，粘度愈小，当温度迅速下降，岩浆过冷时，会使粘度急剧增大。通常压力增大、粘度也随着增大，但对于不同成分的岩浆其粘度的增大幅度是不同的。

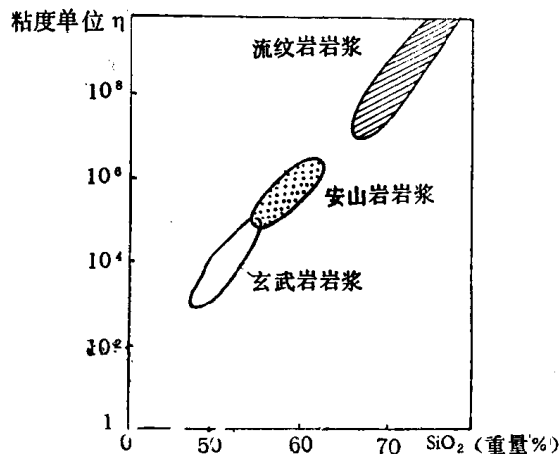


图 I—1—3 岩浆的粘度与 $\text{SiO}_2$ 含量的关系  
(据Flint 和 Skinner, 1974)

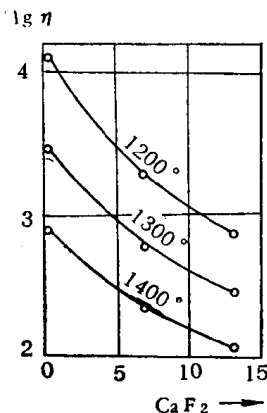


图 I—1—4 加 $\text{CaF}_2$ 后闪长岩熔浆的粘度等温线  
(据沃拉舍维奇)

## (二) 岩浆岩的概念

由岩浆凝固而成的岩石称为岩浆岩。但是在岩浆冷凝和结晶过程中失去了大量挥发份，所以岩浆岩的成分与岩浆的成分是不完全相同的。

岩浆主要通过地壳变动，并沿地壳薄弱地带上升逐渐冷却而凝结，如果岩浆上升未达到地表即已冷凝，称为侵入活动，由此而形成的岩浆岩称为侵入岩。侵入岩又可根据形成深度不同进一步划分为深成岩和浅成岩。深成岩一般形成于地表下3公里以上的深处，多成大岩体；浅成岩形成的深度小于3公里，常呈小岩体产出。

如果岩浆沿构造裂隙上升，由火山通道喷出地表，称为喷出活动，由此而形成的岩浆岩称为火山岩。火山岩又可分为两种岩石类型，一种是从火山喷发溢流出的熔浆冷凝而成的岩石叫熔岩或喷出岩；另一种是由火山爆发出来的各种碎屑物质从大气中降落下来而成的岩石叫火山碎屑岩。由于熔浆在地表条件下冷却较快，所以喷出岩结晶都比较细，甚至完全是玻璃质的。

## 二、岩浆岩的物质成分

岩浆岩的物质成分是指其化学成分和矿物成分而言，研究物质成分不仅有助于了解各类岩浆岩的内在联系，成因及次生变化，而且还可作为岩浆岩分类的主要依据。因此，研究岩浆岩的物质成分及其变化规律，是岩浆岩岩石学的重要任务之一。

### (一) 岩浆岩的化学成分

地球化学研究资料表明，地壳中所有的元素，几乎在岩浆岩中都存在，只不过其含量不同，含量最多的是O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Ti等元素。这些元素常称为造



岩元素，其总量占岩浆岩总重量的98%以上，其次为P、H、N、C、Mn等。氧的含量最高，占岩浆岩重量的46%以上。因此，岩浆岩的化学成分，常常以氧化物的百分比来表示。根据大量统计资料，岩浆岩的平均化学成分如下表所示。

由表 I-1-1 可以看出，岩浆岩主要由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和H<sub>2</sub>O等九种氧化物组成，占岩浆岩总重量的98%以上，其含量变化范围是：SiO<sub>2</sub>为34—75%，少数可达80%；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为10—20%，在纯橄榄岩中较低；MgO为1—25%；CaO为0—15%，在某些基性岩中（如高铝玄武岩）可达16%以上；氧化铁的变化范围为0.5—15%，其中FeO高于Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；Na<sub>2</sub>O一般岩石含量为0—15%，在某些纯霞石岩中可高达20%；K<sub>2</sub>O在白榴岩中可高达近20%，但一般岩石中其含量不大于10%，且常低于Na<sub>2</sub>O。H<sub>2</sub>O的含量在正常岩浆岩中一般不高于2%，>2%的常是由于次生变化所引起。

岩浆岩的平均化学成分

表 I-1-1

氧化物	重量百分数			元素	重量百分数	
	世界火成岩 总平均值①	诺科尔兹 (1954)	黎彤等(1963)		尼格里(1938)	费尔斯曼(1939)
SiO <sub>2</sub>	57.03	61.67	63.03	O	46.60	49.13
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.67	0.90	Si	27.70	26.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.02	14.87	14.62	Al	8.13	7.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.90	2.13	2.30	Fe	5.00	4.20
FeO	4.63	4.07	3.72	Ca	3.63	3.25
MnO	0.14	0.10	0.12	Na	2.83	2.40
MgO	5.06	3.47	2.93	K	2.59	2.35
CaO	6.13	5.17	4.04	Mg	2.09	2.35
Na <sub>2</sub> O	3.50	3.47	3.61	H	0.13	1.00
K <sub>2</sub> O	2.45	2.83	3.10	Ti	0.44	0.61
H <sub>2</sub> O	1.25	0.67	0.92	C	0.03	0.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.26	0.26	0.31	N		0.04
CO <sub>2</sub>	0.15			P	0.08	0.12
总计	99.74	99.68	99.60	总计	99.25	99.25

① 据武汉地院《岩浆岩岩石学》附录三，1980

SiO<sub>2</sub>是最重要的一种氧化物，它是反映岩浆性质和直接影响岩浆岩矿物成分变化的主要因素。因此，根据SiO<sub>2</sub>含量多寡，将岩浆岩划分为四类：超基性岩类（SiO<sub>2</sub><45%），基性岩类（SiO<sub>2</sub>45—53%），中性岩类（包括中性—碱性岩类）（SiO<sub>2</sub>53—66%）和酸性岩类（SiO<sub>2</sub>>66%）。

研究表明，岩浆岩中各种氧化物之间的关系十分密切，显示出有规律的变化，如图 I-1-5 所示。

以SiO<sub>2</sub>含量为横坐标，其它氧化物为纵坐标，作出相应的各类代表岩石的六种氧化物含量变化曲线。可以看出，随着SiO<sub>2</sub>含量的增加，各种氧化物的含量作有规律地变化。

(1) 随着SiO<sub>2</sub>含量的增加，FeO和MgO逐渐减少；而K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O则渐趋增加；

(2) CaO和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>在纯橄榄岩中含量很低，但在辉岩、辉长岩中则随SiO<sub>2</sub>含量的增加而增加，尤其后者更为显著，而后随着SiO<sub>2</sub>含量的增加又逐渐降低。

岩浆岩中除含有上述主要的造岩元素之外，尚含有许多微量的稀有分散元素和放射性