



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

岩石学

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

岩石学

长春冶金地质专科学校 刘作程 主编

冶金工业出版社

(京)新登字036号

高等专科学校教学用书

岩石学

长春冶金地质专科学校 刘作程 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街崇文门北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16印张 23 3/4 字数 563 千字

1992年4月第一版 1992年4月第一次印刷

印数00,001~2,500册

ISBN7-5024-0973-4

P·13(课)定价: 6.05元

前 言

《岩石学》教材是根据冶金工业部、中国有色金属工业总公司所下达的“八五”教材规划精神编写的。书稿完成后，召开了由长春地质学院林强教授、徐开志副教授、贺高品教授参加的审稿会。审稿会认为：“本教材体现了高等专科学校教材的实用性、针对性强的特点，符合教学大纲与少而精的原则，反映了当前学科的新成就和新观点。”

该教材不但适合高等专科学校地质专业《岩石学》教学的需要，而且对从事地质工作的技术人员也有实际的参考价值。

教材编写的具体分工为：前言、绪论、第一篇岩浆岩岩石学中的第四章第四节、第六至十章、第十二章、第十三章由长春冶金地质专科学校刘作程编写；该篇中的第一至五章、第十一章、第十四章由长春冶金地质专科学校王炳恩编写；第二篇沉积岩岩石学第十五至二十三章与第四篇岩石化学计算由长春冶金地质专科学校戴文志编写；第三篇变质岩岩石学第二十四至三十一章由沈阳黄金学院乔尚金编写。由刘作程任主编，负责全书的修改定稿工作。

长沙有色金属专科学校罗致鸾副教授、连云港化学矿业专科学校常任之副教授，亦曾给予过有力的支持与帮助。在此，特向他们表示深切的谢意。

由于编写的时间较为紧迫，编者水平又有限，故书中会有谬误和不当之处，请读者不吝指正。

最后对审稿、绘图付出辛苦劳动的所有同志们，一并致以衷心的感谢。

编 者

1990年12月于长春

目 录

绪论	F
复习思考题	2
第一篇 岩浆岩岩石学	3
概述	3
第一章 岩浆及岩浆岩的特征	5
第一节 岩浆的概念与特征	5
第二节 岩浆作用及岩浆岩的特征	8
复习思考题	9
第二章 岩浆岩的产状和相	10
第一节 火山岩的产状和相	10
第二节 侵入岩的产状和相	12
复习思考题	14
第三章 岩浆岩的物质成分	15
第一节 岩浆岩的化学成分	15
第二节 岩浆岩的矿物成分	18
第三节 矿物成分与化学成分的关系	20
复习思考题	22
第四章 岩浆岩的组构	23
第一节 岩浆岩的结构	23
第二节 矿物结晶顺序的确定	33
第三节 岩浆岩的构造	34
第四节 岩浆岩组构的观察	36
复习思考题	39
第五章 硅酸盐熔浆的典型实验相图及应用	40
第一节 相律与二元相图的特点及其应用	40
第二节 透辉石-钙长石-钠长石系三元相图的特点及其应用	50
复习思考题	54
第六章 岩浆岩的分类与观察描述	55
第一节 岩浆岩分类命名的一些原则与说明	55
第二节 本书所采用的岩浆岩分类法	56
第三节 岩浆岩的观察与描述	59
复习思考题	64
第七章 超基性岩类及其相关岩石	65
第一节 超镁铁质岩类	65
第二节 超基性岩类	74
复习思考题	78
第八章 基性岩类及其相关岩石	79

第一节 辉长岩至玄武岩类	79
第二节 碱性辉长岩至碱性玄武岩类	89
复习思考题	92
第九章 中性岩类及其相关岩石	93
第一节 闪长岩至安山岩类	93
第二节 正长岩至粗面岩类	101
第三节 霞石正长岩至响岩类(碱性岩)	106
复习思考题	111
第十章 酸性岩类及其相关岩石	112
第一节 酸性岩类的矿物成分与结构特征	112
第二节 酸性岩类的主要岩石类型	116
复习思考题	123
第十一章 脉岩类	124
第一节 煌斑岩类	124
第二节 细晶岩类	128
第三节 伟晶岩类	129
复习思考题	129
第十二章 次火山岩类	130
第一节 次火山岩的概念及其主要特征	130
第二节 次火山岩与相似岩类的区别、命名及有关矿产	131
复习思考题	132
第十三章 火山碎屑岩类	133
第一节 火山碎屑岩、火山碎屑物的类型及其岩石组构	133
第二节 火山碎屑岩的分类命名及岩石大类与亚类的主要特点	138
复习思考题	141
第十四章 岩浆演化机理简介	142
第一节 原始岩浆问题	142
第二节 岩浆的演化	143
第三节 鲍文反应原理	147
复习思考题	148
第二篇 沉积岩岩石学	149
概述	149
复习思考题	153
第十五章 沉积物的来源	154
第一节 母岩风化的产物	154
第二节 沉积物的其他来源	159
复习思考题	160
第十六章 沉积物的搬运与沉积作用	161
第一节 有关流体的几个基本概念	161
第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用	162
第三节 溶解物质的搬运与沉积作用	166

第四节 生物的搬运与沉积作用·····	169
第五节 沉积分异作用·····	169
复习思考题·····	170
第十七章 沉积期后变化·····	171
第一节 同生作用阶段·····	171
第二节 成岩作用阶段·····	171
第三节 后生作用阶段·····	174
第四节 表生作用阶段·····	174
复习思考题·····	175
第十八章 沉积岩的组构和颜色·····	176
第一节 沉积岩的结构·····	176
第二节 沉积岩的构造·····	176
第三节 沉积岩的颜色·····	185
复习思考题·····	186
第十九章 沉积岩的分类与观察描述·····	187
第一节 分类简况·····	187
第二节 本书采用的沉积岩分类·····	187
第三节 沉积岩的观察与描述·····	188
复习思考题·····	191
第二十章 陆源碎屑岩·····	192
第一节 碎屑岩的物质成分·····	192
第二节 陆源碎屑岩的结构·····	194
第三节 碎屑岩的分类与命名·····	199
第四节 砾岩和角砾岩·····	199
第五节 砂岩·····	201
第六节 粉砂岩·····	206
复习思考题·····	207
第二十一章 泥质岩(粘土岩)·····	208
第一节 泥质岩的物质成分·····	208
第二节 泥质岩的组构·····	209
第三节 泥质岩的分类及主要岩石类型·····	210
第四节 泥质岩的主要物理性质及工业用途·····	214
复习思考题·····	215
第二十二章 碳酸盐岩·····	216
第一节 碳酸盐岩的物质成分·····	216
第二节 碳酸盐岩的组构·····	216
第三节 碳酸盐岩的分类命名·····	220
第四节 碳酸盐岩的主要类型及成因·····	224
复习思考题·····	228
第二十三章 硅质岩和其他内源沉积岩及附生岩·····	229
第一节 硅质岩·····	229
第二节 铝质岩·····	233

第三节 铁质岩	234
第四节 锰质岩	235
第五节 磷质岩	236
第六节 蒸发岩	237
第七节 附生岩	238
复习思考题	239

第三篇 变质岩岩石学 241

概述	241
----	-----

第二十四章 变质作用因素 244

第一节 温度	244
第二节 压力	245
第三节 具有化学活动性的流体	247
复习思考题	248

第二十五章 变质作用方式 249

第一节 重结晶作用、变质结晶作用和变质反应	249
第二节 交代作用	251
第三节 变质分异作用、变形和碎裂作用	252
复习思考题	255

第二十六章 变质岩的基本特征 256

第一节 变质岩的化学成分	256
第二节 变质岩的矿物成分	257
第三节 变质岩的组构	261
第四节 变质岩的观察与描述	277
复习思考题	281

第二十七章 区域变质作用及其岩石 282

第一节 区域变质作用概述及区域变质岩的分类、命名	282
第二节 区域变质岩的主要岩石类型	284
第三节 区域变质作用的研究	300
第四节 变质岩原岩的研究	315
复习思考题	319

第二十八章 混合岩化作用及混合岩 320

第一节 概述	320
第二节 混合岩的分类命名及主要岩石类型和矿产	321
复习思考题	323

第二十九章 接触变质作用及其岩石 324

第一节 概述	324
第二节 热接触变质作用及其岩石	327
第三节 接触交代变质作用及其岩石	329
复习思考题	332

第三十章 气液变质作用及其岩石 333

第一节 概述	333
--------	-----

第二节 蚀变岩石的主要类型.....	334
复习思考题.....	338
第三十一章 动力变质作用及其岩石	339
第一节 概述.....	339
第二节 动力变质岩的分类命名及主要岩石类型.....	340
复习思考题.....	342
第四篇 岩石化学计算方法.....	343
第三十二章 概述	343
第三十三章 几种常用化学计算法	346
第一节 CIPW标准矿物计算法.....	346
第二节 扎瓦里茨基计算法.....	354
第三节 尼格里化学计算法.....	360
第四节 巴尔特(Barth)计算法	364
主要参考文献	369

绪 论

一、岩石的基本概念

岩石是地球发展在一定阶段上各种地质作用的产物。它是由一种或多种矿物（包括部分火山玻璃、生物遗骸、胶凝体）组成的固态集合体。

岩石以岩层或岩体的形式构成地壳及地幔的固态部分。由于岩石为各种地质作用的产物，故其成因将随地质作用的特点不同而异。因此根据其成因不同，可将岩石划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类。

（1）岩浆岩 岩浆是自然形成于地壳或上地幔的一种炽热、粘度较大的硅酸盐熔融体。由于构造运动而引起岩浆活动，喷溢于地表或侵入地壳中凝固后所形成的岩石称为岩浆岩。若为基性岩浆喷溢地表冷凝后则可形成玄武岩，如侵入于地壳中则可形成辉绿岩或辉长岩等。

（2）沉积岩 在地表或距地表不太深的地方，在常温、常压下由于风化作用、生物作用和某种火山作用所形成的岩石称为沉积岩，如砂岩、页岩、灰岩等。

（3）变质岩 在地壳发展过程中，原已存在的各种岩石，在特定的物理、化学条件下，产生新的矿物组合或新的结构的岩石称为变质岩，如片岩、片麻岩、大理岩等。

由于三大类岩石的成因不同，故它们各具自身的特征，但在地壳发展的过程中，经过不同的地质作用，它们之间又可相互转化。如岩浆岩、变质岩经过风化作用与沉积作用可转化形成沉积岩；岩浆岩、沉积岩经过变质作用又可转化成变质岩；地壳上已经存在的岩石经受重熔作用可产生重熔岩浆，而使其转化形成岩浆岩等。因为岩石为各种地质作用的产物，而不是人工制成的矿物集合体，所以不能将砖瓦、陶瓷等等叫作岩石，而把它称为工艺岩石。由于岩石是指天然形成的固态集合体，故石油、天然气等不属于岩石范畴。

非金属矿产是指除金属矿产、燃料矿产和地下水资源以外的所有能被利用的矿物和岩石的总称。许多岩石已经成为用途极为广阔，非常重要的非金属矿产资源。世界各国都已经把非金属的开发利用，提高到发展国民经济战略的高度。世界发达国家对非金属矿产资源的开发利用，已由本世纪初的60多种增加到200余种，非金属矿产的产值已大大超过金属矿产的产值。非金属矿产在农业、牧业、工业、建筑业、核能工业及航空工业等领域已得到了广泛应用。由于非金属矿产资源在发展国民经济中的作用越来越大，所以有人提出21世纪将是一个“新的石器”时代，这就更加显示出岩石学所具有的现实意义与长远意义了。

二、岩石学的概念

岩石学是研究岩石的物质成分、组构、成因、产状、共生组合、分类命名、分布与演化规律的一门科学。

根据对岩石学研究的重点不同，可将其分为岩类学（又称描述岩石学或岩相学）、岩理学（又称理论岩石学或成因岩石学）、实验岩石学。岩类学主要研究岩石的产状、分布、组成和分类命名；岩理学主要是应用物理化学的原理，采用实验的方法，对岩石形成的条件和成因机理等进行研究；实验岩石学主要是采用高温、高压实验技术及现代测试技术，对岩浆作用、变质作用等进行研究。岩石按成因可分为三大类，各类岩石有各自独特的研究内容。

岩浆岩石学是研究岩浆成因、演化、成岩过程及岩浆岩的物质成分、结构、产状、分布、分类命名、共生组合、成因机理及其与矿产形成关系的一门科学。

沉积岩石学是研究沉积岩（物）的物质成分、结构、分类命名、形成作用、沉积环境和分布规律的一门科学。

变质岩石学是研究变质岩的物质成分、结构、分类命名及其不同类型变质岩在时间上、空间上的分布规律，岩石共生组合、形成机理与变质成矿作用的一门科学。

三、岩石学的发展现状与研究方法简介

随着科学技术的飞跃发展，岩石学的研究已进入了一个崭新的阶段，主要表现在新的测算技术已经广泛地应用于岩石学的研究中，如电子探针、离子探针、电镜、X光、质谱、光谱、能谱、中子活化分析等等。电子计算机等新的计算技术也大量地应用于岩石学的研究，从而加速了岩石学的研究进程。各种模拟试验逐渐深入，已达到地幔、地核的条件，不仅使模拟岩浆成为可能，同时也推动了地球组成、物相变化、结晶机理的研究等。变质岩的模拟实验也随之深入开展起来，并在热力学、化学动力学、固体物理学与物理化学、构造学、地球化学、数理统计学等学科的相互渗透下，在岩浆成矿与变质成矿作用的理论研究等方面都取得了日新月异的进展。沉积岩石学的研究方面同样进展很大。对各类沉积岩的性质与成因的了解大为深入，已进展到对成岩序列与成矿环境的分析上，取得了不少新的认识，对沉积作用机理的研究，已深入到运动学与动力学的解释上。对卤水和稀溶液的大量实验研究及热力学、化学动力学新成果的引入，使人们加深了对化学和生物化学沉积作用机理的了解。

整个岩石学的研究领域在不断地扩大，现在已从区域性的研究开始扩展到全球性甚至宇宙性的研究。20世纪60年代初，地质学有了重大突破——海底扩张理论（Hess, 1962）得到了广泛的承认。这一理论认为戴着大陆的岩石圈板块是在软流圈上漂移的。各方面证据表明，现今的大陆是由约200万年前的泛大陆分离而成。20世纪60年代末被誉为地球科学上一场革命的“板块构造”学说问世后，使从全球构造入手研究各类岩石共生组合的时空分布规律以及它们的生成机理等方面取得了不少新的进展。总之，现在岩石学研究的领域在迅速地扩大，研究的问题也在不断地深入。

岩石学的主要研究方法简单说是首先要在野外进行观测、进行一系列的宏观观察与研究，如岩石露头的观察与描述，样品的采集，系统剖面的测制，测绘地质图，野外的地质构造分析、照像等。把岩石作为地质体观察尽量搜集实际的地质资料，并应很好地注意综合运用其他有关实际技术资料（如物探、化探、遥感等资料）；其次应根据不同的研究对象在室内分别采用不同的测试方法与模拟实验，并采用数学分析的方法进行有关数据的电子计算机的处理等；然后对宏观与微观、模拟实验结果、数据处理成果、测试结果等，进行一系列的综合分析与判断，并由此取得尽量符合客观实际的分析与研究结论。

我国地大物博，矿产丰富，我们应当为了更好地去探明地质矿产资源学好岩石学，以便提供出更多的金属矿产资源和岩石含矿性资料以及大量的非金属矿产资源，为发展国民经济建设服务。同时也为其他学科（如水文、工程、物探、化探、地震、工业、农业等部门）提供所需要的岩石资料。

复习思考题

何谓岩石？岩浆岩岩石学、沉积岩岩石学、变质岩岩石学的主要研究内容有哪些？

第一篇 岩浆岩岩石学

概 述

岩浆岩岩石学是地球科学研究领域的一个重要组成部分，它与其他学科之间有着不可忽视的联系，因而对地质作用规律的认识离不开对岩浆岩的研究。另一方面岩浆岩的研究又是国民经济建设，特别是找矿工作的需要。许多主要矿产如铜、铅、锌、钨、钼、铁、镍、铬、金刚石、铌、钽、铀、钍等，或者产于岩浆岩中，或者在成因上与岩浆作用有关，总之都与一定类型的岩浆岩关系相当密切。例如，江西省西华山钨矿床，是我国最大的钨矿基地，其钨矿储量名列世界前茅，年产量超过整个资本主义世界的产量，该矿床与黑云母花岗岩有关。不少岩浆岩本身可做矿产开采。对岩浆岩的形成特点，分布规律的研究，并配合地球科学其他学科的研究，可以有效地预测矿产，指出找矿方向。

岩浆岩是地质历史发展中不同空间、不同条件的产物。岩浆岩类型较多，形成过程和作用的特点比较复杂。人们为了解和掌握岩浆岩的系统知识经历了很长的时期，是不断在生产实践、调查研究和多次反复对比地质模拟实验等基础上进行综合分析深化的。

自中华人民共和国成立以来，我国的地质事业以从来未有的速度蓬勃发展。1957年至1966年大面积的二十万分之一的区域地质测量和普查工作积累了丰富的地质资料，为岩石学特别是岩浆岩石学的发展打下了良好的基础。在与国家生产和科学规划相结合的过程中，岩浆岩这一学科逐渐从对个别岩体的研究转移到对区域岩石学的研究，在构造岩浆旋回、岩浆活动与区域地质构造关系等方面获得了较大的成果，并在岩石成因、成矿等理论方面的研究也取得好的成绩。

自1957年起，国内普遍对超基性岩、基性岩开展研究，目前已基本搞清了它们在空间上和时间上的分布规律、成矿专属性以及与大地构造的关系等问题。近几年来，随着板块学说的传播、对蛇绿岩套的研究受到了重视，在我国不少地区如西藏、新疆、四川、甘肃、广西等超基性岩带中发现了超基性岩、基性枕状熔岩、硅质岩等蛇绿岩套的典型组合。

对分布在中国东部地区的花岗岩类也开展了比较详细的研究工作。南京大学地质系、中国科学院贵阳地球化学研究所以及地质科学院宜昌地质矿产研究所等单位都进行长期的深入的研究，除燕山期花岗岩外，还先后发现了东安、雪峰、加里东、海西、印支等期的花岗岩，并对不同时代花岗岩的分布规律、特征以及成矿关系、成因类型结合板块构造理论进行较深入的探讨，提出了新的观点。

对火山岩和火山作用的研究也逐渐深入，其中如对浙、闽中生代火山岩；我国东部新生代火山岩；川、滇、黔地区的二叠纪峨眉玄武岩，西北地区的海底火山喷发岩系，宁芜地区火山岩等都从岩石学、岩石化学、火山岩组合、火山岩地质以及成矿关系等方面进行了较详细的研究，取得了很大进展。

对碱性岩、金伯利岩和碳酸盐岩等也进行了许多研究，取得了可喜的成果，并陆续在东北、山东、湖北、湖南及西南等地发现了这些岩类的新岩体。

近些年来，在交通比较困难的地区也专门组织了地质考察队伍，进行了大量的地质调查工作，对西藏、内蒙、新疆等地区的岩浆活动情况和岩浆岩分布规律等取得了大量的实际材料，为今后寻找矿产资源和进一步深入研究地质与矿化规律奠定了良好的基础。

当今的岩浆岩的研究又采用了各种现代化的手段，引进了有关的多种学科的新理论，从全球的范围进行研究对比，并且利用了星际资料，不断改变着原有的许多传统概念，正产生着许多崭新的理论。

总之，四十多年来，我国对岩浆岩的研究作了大量工作，为寻找矿产资源提供了依据，而且在岩石学基础理论的许多方面有新的创见，特别是近十年来由于高温高压实验以及各种现代测试技术的使用，大大提高了岩浆岩研究水平。因此，岩浆岩岩石学正进入一个蓬勃发展的新时期。

第一章 岩浆及岩浆岩的特征

第一节 岩浆的概念与特征

人们通过对现代火山活动的观察和研究,发现在火山活动时不但有挥发性气体、石块和熔浆团等自火山口喷出,而且还有炽热的熔融物质自火山口溢流出来。前者称挥发分和火山碎屑,后者称熔岩流,这说明地下深处有一种高温炽热熔融的物质存在,这种物质称为岩浆。熔岩流则是最接近于岩浆的物质,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性物质,这是由于在地下深处负荷压力较大,挥发分可溶解在岩浆当中,一旦岩浆到达地表,压力降低,挥发分就会逸出,熔岩流凝固后形成熔岩。人们经过长期反复实践,对岩浆的认识逐渐深化,岩浆的概念也日趋完善。

目前一致认为: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、含有挥发分的熔融体(也可包括一定量的固体相)。

通过对现代火山的观测与研究及对岩浆岩的系统研究,发现岩浆主要具有以下特点。

一、岩浆的成分

岩浆的成分主要是硅酸盐和一部分挥发分。

(1) 硅酸盐 各种岩浆的成分千差万别,但主要是硅酸盐物质。就组成岩浆的化学元素来说,主要有O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti、P、H、Mn等。元素以氧为最多,故其化学成分常以氧化物的形式表示,岩浆的主要氧化物有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 H_2O 、 MnO 组成,其中以 SiO_2 含量最多,可达40~75%。因为在绝大多数岩石中 SiO_2 与其他氧化物间有消长关系,所以,岩浆中 SiO_2 的含量,成为其酸碱度划分的主要标志,多依据含 SiO_2 的多少,把岩浆分为:超基性岩浆、基性岩浆、中性岩浆、酸性岩浆。

(2) 挥发分 据现代火山观察,岩浆中还含有大量挥发分。其中以水蒸气(H_2O)为主,约占挥发分总量的60~90%,其次为 CO_2 、 SO_2 、 CO 、 N_2 、 H_2 、 NH_3 、 HCl 、 HF 、 B(OH)_3 、 KCl 、 NaCl 等。这些挥发分在高温高压条件下是溶解在岩浆中的,在低温低压条件下则发生分馏。同时岩浆中还含有成矿金属元素(如钨、锡、钼、铜、铅、锌)及非金属等。

最后须指出,19世纪60年代初期,在坦桑尼亚发现从火山口喷出含碳酸盐成分的岩浆,在智利发现从火山口喷出的铁流,说明尚有非硅酸盐成分的岩浆,但只占极少数,且分布很不广泛。

二、岩浆的温度

岩浆的温度可借助光学测温器或热电偶测温器直接测定,也可在实验室内测定火山岩的熔化温度。另外可用肉眼观察熔岩流或熔岩丝(溅出的丝条状熔岩)的颜色来确定岩浆的温度。

在晴朗的天气和良好透视的情况下,熔岩流的颜色和相应温度的关系如下:

白色 $\geq 1150^{\circ}\text{C}$; 亮的鲜红色 (樱桃红色) 700°C ;
 金黄色 1090°C ; 暗红色 $500\sim 625^{\circ}\text{C}$;
 橙色 900°C ; 隐约可见的红色 475°C 。

如透视不好, 用肉眼对熔岩流温度的估计会有偏低。

由地下喷出的熔浆的温度范围一般在 $700\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 之间。玄武质熔浆一般为 $1000\sim 1300^{\circ}\text{C}$, 安山质熔浆一般为 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$, 流纹质熔浆一般为 $700\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。熔浆成分愈酸性, 温度愈低, 见表1-1。

表 1-1 各类熔浆的喷出温度

产地及火山	熔浆名称	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	观察者 (年份)
夏威夷, 基拉韦厄 (Kilavoa)	拉斑玄武岩熔浆	1150~1225	T.L.Wright等 (1968)
墨西哥, 帕里库亭 (Paricutin)	玄武安山岩熔浆	1020~1110	E.G.zies (1946)
西南太平洋, 新不列颠 (New Britain)	安山质浮岩熔浆	940~990	R.F.Heming等 (1973)
西南太平洋, 新不列颠 (New Britain)	英安岩及浮岩熔浆	925	R.F.Heming等 (1973)
加利福尼亚, 莫诺火山口 (Monocraters)	流纹岩熔浆	790~820	I.S.E.Carmichael (1967)
新西兰, 陶坡 (Taupo)	角闪流纹岩, 熔岩、熔结凝灰岩、浮岩流	735~780	A.Ewart等 (1971)

注: 据I.S.E.Carmichael, 1974。

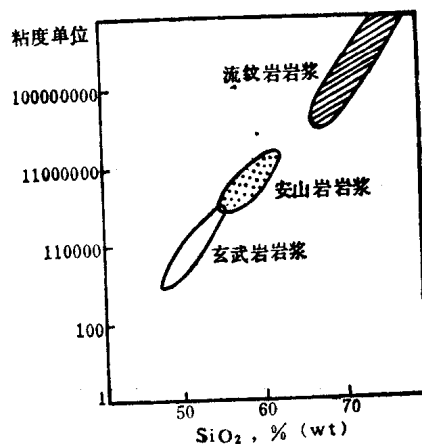


图 1-1 岩浆的粘度(η)与 SiO_2 含量的关系 (据R.F.Flint等, 1974)

(1粘度单位 = $0.1\text{Pa}\cdot\text{s}$)

同一熔岩流, 其不同部位温度也不同。总的说来, 在近岩流表层下部温度最低, 向岩流内部温度升高, 但在表层岩流面之上, 温度又急趋升高, 其原因可能由于熔岩流喷出地表后, 气体析出, 产生氧化、燃烧以及部分结晶放出潜热, 多形转变放出反应热等所致。

三、岩浆的粘度

粘度是岩浆的重要性质之一。粘度是指岩浆流动的难易程度，越难流动的物质，粘度愈大。岩浆流动的能力主要取决于自身的粘度（粘度的单位是 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ），但从火山口喷出的熔岩流的流速还与地形坡度密切相关。一般情况下岩浆的粘度都较大，至少比水的粘度大五个数量级（水与橄榄玄武岩浆的粘度，见表1-2）。因此，岩浆是一种粘稠的流体， SiO_2 含量对粘度影响很大（见图1-1）。

表 1-2 实验室内测定的流体粘度值

流 体	粘度 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	流 体	粘度 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)
水	1×10^{-3}	20	安山玄武岩	3×10^3	1200
甘油	1×10^0	20	钠长石	4×10^3	1400
沥青	1×10^1	20	黑曜岩	1×10^{11}	800
橄榄玄武岩	3×10^2	1200	SiO_2 玻璃	1×10^{11}	1300

岩浆粘度的大小取决于多种因素，如岩浆的化学成分和温度、溶解于岩浆中的气体数量、岩浆所包含的晶体和岩石碎块的数量以及岩浆承受的静压力等等。一般地说，富硅（相对于Fe、Mg、Ca而言）岩浆的粘度大于贫硅岩浆的粘度，其原因是，硅酸盐熔体中与硅相结合的基本单位（如同在硅酸盐矿物中一样）是硅氧四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ，它们不同程度地凝聚成链、环、层以及三维骨架的硅氧四面体。与硅酸盐矿物不同的是，硅酸盐熔体中硅氧四面体的连结是完全没有规律的，即无序的（图1-2），其间分布的阳离子、中性原子或一些分子也是无序的。岩浆中硅氧四面体的聚合体越大，它包含的硅氧四面体越多，岩浆的粘度也就越大；反之，如岩浆仅由一系列只含有少数硅氧四面体的小聚合体或孤立的硅氧四面体组成，岩浆的粘度也就较小。

影响岩浆粘度的另一个因素是岩浆的温度。实验和实际观察都表明，岩浆的粘度随温度的增加而显著减小。例如，夏威夷拉班玄武岩熔岩流在近火山口处的粘度是 $3 \times 10^2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ，而在远火山口的地方，由于岩浆运移过程中热量的散失，岩浆粘度就增加为 3×10^3

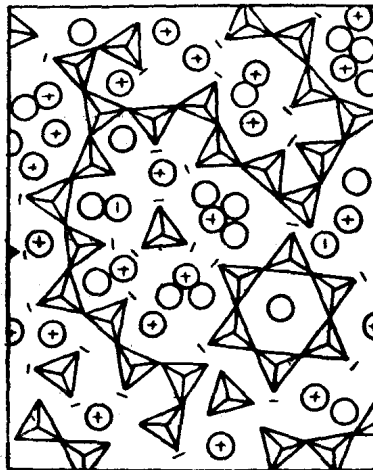


图 1-2 硅酸盐熔体结构示意图(据 R.F.Mueller等, 1977)
阳离子用(+)号表示，阴离子用(-)号表示，中性的原子用圆圈表示，
 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 用顶角带(-)的四面体表示

Pa·s。从图1-3均可见到，岩浆的温度愈高，粘度愈小，温度愈低，粘度愈大。

溶解于岩浆中的挥发分可以降低岩浆的粘度，如在同一温度下，闪长岩熔浆中加入 CaF_2 ，熔浆的粘度降低（图1-4）。当岩浆中含有相当量的水时，水就促使在岩浆中出现更多的 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 单体，从而降低岩浆的粘度。

岩浆中还包裹有固体碎屑，如斑晶、晶屑、外来岩石碎屑等，这些碎屑的存在也将增加岩浆的粘度，当其含量达到岩浆总体积的三分之二以上时，岩浆的流动性就极度地降低。

总之，粘度是岩浆的一种重要物理性质，它将影响岩浆岩的组构和产状，也将影响岩浆的结晶分异作用。

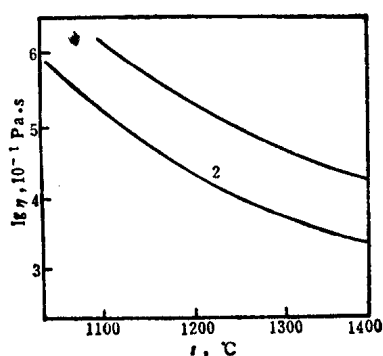


图 1-3 阿拉格兹山的熔岩粘度与温度的关系(据Волярович, 转引自А.С.Гинзберг, 1951)

1—英安岩; 2—安山玄武岩

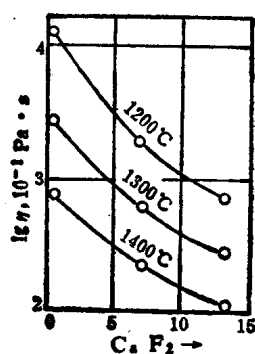


图 1-4 加 CaF_2 后不同温度闪长岩熔浆的粘度等值线

(据Волярович, 转引自А.С.Гинзберг, 1951)

第二节 岩浆作用及岩浆岩的特征

一、岩浆作用

地下深处形成的岩浆，在其挥发分及地质应力的作用下，会沿构造脆弱带上升到地壳上部或地表。岩浆在上升、运移过程中，由于岩浆的成分和物理化学状态的不断改变，最终凝固成岩浆岩，这种包括岩浆的发生、运移和冷结晶的复杂过程的总体，称为岩浆作用。

岩浆作用可以按岩浆是侵入地壳之中还是喷出于地表，分为岩浆侵入作用和火山作用。前者形成的岩石称为侵入岩，后者形成的岩石称为喷出岩。侵入岩又可以根据形成深度的不同而分为深成岩和浅成岩。喷出岩则包括由熔岩流冷凝的熔岩和由火山碎屑物质组成的火山碎屑岩。与火山作用有成因关系的超浅成至浅成的侵入岩称为次火山岩，一般所说的火山岩包括喷出岩和次火山岩与大部分火山碎屑岩三部分。