

目 录

绪 论

一、岩石与岩石学的概念	1
二、岩石学的研究方法	1
三、岩石学发展简史	2

第一篇 岩 浆 岩

第一章 总 论

第一节 岩浆	5
第二节 岩浆岩	6
第三节 岩浆岩的物质成分	6
一、岩浆岩的矿物成分	6
二、岩浆岩的化学成分	8
三、岩浆岩的矿物共生组合与化学成分的关系	9
第四节 岩浆岩的结构和构造	11
一、岩浆岩的结构	11
二、岩浆岩的构造	18
第五节 岩浆岩的产状和相	21
一、岩浆岩的产状	21
二、岩浆岩的相	24
第六节 岩浆岩的分类和命名	27
一、岩浆岩的分类	27
二、岩浆岩的命名	33

第二章 各 论

第一节 橄欖岩—苦橄岩类	34
一、一般特征	34
二、侵入岩—橄欖岩类	35
三、喷出岩—苦橄岩类	42
第二节 辉长岩—玄武岩类	44
一、一般特征	44
二、侵入岩—辉长岩类	45
三、喷出岩—玄武岩类	53
第三节 闪长岩—安山岩类	57
一、一般特征	57
二、侵入岩—闪长岩类	58

三、喷出岩—安山岩类	61
第四节 花岗岩—流纹岩类	
花岗岩闪长岩—英安岩类	64
一、一般特征	64
二、侵入岩—花岗岩和花岗闪长岩类	65
三、喷出岩—流纹岩和英安岩类	70
第五节 正长岩—粗面岩类	73
一、一般特征	73
二、侵入岩—正长岩类	74
三、喷出岩—粗面岩类	76
第六节 霞石正长岩—响岩类	79
一、一般特征	79
二、侵入岩—霞石正长岩类	80
三、喷出岩—响岩类	82
第七节 脉岩类	84
一、煌斑岩	84
二、细晶岩	88
三、伟晶岩	88
第八节 火山碎屑岩类	90
一、一般特征	90
二、火山碎屑岩的物质成分	91
三、火山碎屑岩的结构	92
四、火山碎屑岩的构造	93
五、火山碎屑岩的分类和命名	95
六、火山碎屑岩的主要类型及其特征	96
七、产状分布变化与工业用途	99
第三章 岩浆岩的成因	
第一节 原生岩浆	100
一、玄武岩浆	100
二、花岗岩浆	100
三、橄榄岩浆	100
四、安山岩浆	101
第二节 岩浆的来源	101
第三节 岩浆的演化	103
一、分异作用	103
二、同化作用	106
三、复合作用	106
第四节 主要岩浆岩的成因	107
一、超基性岩类的成因	107

二、玄武岩类的成因	107
三、安山岩类的成因	107
四、花岗岩类的成因	108
第五节 岩浆岩的共生组合、分布与构造和矿产的关系	108
一、前造山期岩套	109
二、同造山期岩套	110
三、后造山期岩套	111
第四章 岩浆岩的研究方法	
第一节 物质成分的研究	112
一、岩浆岩的分类和命名	112
二、物质成分的室内研究	113
第二节 侵入岩的研究	115
一、侵入体和围岩的接触关系	115
二、侵入岩体相带的划分	116
三、侵入杂岩中侵入期的划分	116
四、侵入体中原生构造的测量	117
五、脉岩的研究	118
六、侵入体时代的确定	118
第三节 火山岩的研究	118
一、火山岩系剖面的研究	118
二、火山口的确定	120
三、次火山岩(潜火山岩)的认识	121
四、水下和陆上火山岩的区分	122

第二篇 沉积岩

第一章 总 论	
第一节 概 述	123
一、沉积岩的一般特征	123
二、沉积岩的分布	125
第二节 沉积岩的形成作用	125
一、沉积物质的形成—母岩的风化作用	125
二、风化产物的搬运和沉积作用	128
三、沉积物的成岩作用和沉积岩的后生作用	137
第三节 沉积岩的构造和颜色	142
一、概述	142
二、层理构造	142
三、层面构造	151
四、变形构造	154
五、生物成因构造	156

六、化学成因构造	158
七、沉积岩的颜色	161
第二章 各 论	
第一节 沉积岩的分类	163
第二节 碎屑岩	163
一、碎屑岩的一般特征	163
二、粗碎屑岩类—砾岩、角砾岩	172
三、中碎屑岩类—砂岩	175
四、细碎屑岩类—粉砂岩	181
五、碎屑岩的主要水文地质及工程地质特性	182
第三节 粘土岩	183
一、粘土岩的物质成分	183
二、粘土岩的特征	184
三、粘土岩的主要类型	186
四、粘土岩的研究方法和实际意义	188
第四节 化学岩及生物化学岩	190
一、化学岩及生物化学岩的生成方式和分类	190
二、硅质岩类	191
三、碳酸盐岩类	192
四、盐岩类	218
第三章 沉 积 相	
第一节 相的概念及分类和鉴定标志	220
一、沉积相的概念	220
二、沉积相的分类	220
三、沉积相的鉴定标志	222
第二节 大陆相组	222
一、概述	222
二、河流相	224
三、冲积扇相	228
四、湖泊相	228
五、沼泽相	231
第三节 过渡相组	231
一、概述	231
二、三角洲的类型	232
三、三角洲沉积亚相划分	233
第四节 海相组	235
一、概述	235
二、海岸相	241
三、潮坪泻湖相	243

四 陆棚相	248
五、次深海相	250
六、深海相	250
第五节 碳酸盐沉积相	250
一、碳酸盐沉积环境	251
二、碳酸盐沉积相划分方案	251

第三篇 变质岩

第一章 总 论

第一节 变质作用和变质岩的基本概念	260
一、变质作用和变质岩	260
二、变质作用因素	261
三、变质作用的类型	264
四、变质作用的界限	265
第二节 变质岩的物质成分	266
一、变质岩的化学成分	266
二、变质岩的矿物成分	266
三、变质岩矿物共生组合的规律	268
第三节 变质岩的结构和构造	269
一、变质岩的结构	269
二、变质岩结构的观察描述和命名	276
三、变质岩的构造	276
第四节 变质岩的分类	279
第二章 变质岩各论——常见的变质岩类型	
第一节 动力变质岩类	281
一、概述	281
二、动力变质岩的分类和命名	282
三、主要的动力变质岩	283
四、动力变质岩带的工作方法	285
第二节 热接触变质岩类	285
一、概述	285
二、热接触变质岩的分类和命名	286
三、主要的热接触变质岩	288
四、热接触变质岩区的工作方法	290
第三节 区域变质岩类	291
一、概述	291
二、区域变质岩的分类和命名	291
三、主要的区域变质岩	294
四、区域变质岩区的工作方法	299

第四节 混合岩类	299
一、概述	299
二、混合岩的分类和命名	300
三、主要的混合岩	301
四、混合岩区的工作方法	304
第五节 交代变质岩类	304
一、概述	304
二、交代变质岩的分类和命名	305
三、主要的交代变质岩	305
四、交代变质岩区的工作方法	308
第三章 变质作用和原岩性质的研究	
第一节 变质作用的研究	309
一、变质带的概念	309
二、变质相概述	310
三、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	314
二、矿物成分和矿物共生组合	314
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	319

绪 论

一、岩石与岩石学的概念

什么是岩石呢？岩石就是我们通常所说的石头，不过石头是人们对岩石的通称，而岩石则是地质科学中一个专用术语，它具有一定的内容和科学意义。

岩石究竟包含那些内容呢？首先岩石是组成地壳的物质之一，且主要是固态物质，它们构成了地球的岩石圈。其次岩石是矿物的天然集合体或玻璃物质，由一种矿物或多种矿物组成，而这些矿物又是造岩元素所形成的。并且岩石还有一定的结构构造和变化规律，是地质作用中形成的地质体。由上述，我们可以将岩石定义为是地壳中由地质作用所形成的固态物质，它们主要是造岩元素所构成的玻璃或矿物的天然集合体，并且有着一定的结构构造和变化规律。

岩石学则是研究岩石的一门科学，它要全面地研究组成地壳的岩石，也就是说，不但要研究组成岩石的化学成分、矿物成分、结构和构造，而且还要了解岩石的成因、变化规律、分布状况以及实用意义，以便用于指导找矿勘探、勘察和开发地下水资源、规划设计工程建设事业。

岩石以其成因不同，可以分为岩浆岩、沉积岩和变质岩岩石学三部分，这三类岩石学分别由岩类学和岩理学两部分组成，岩类学是岩石学的基础，着重于岩石类别的划分和描述，岩理学则是岩石学的上层建筑，是有关岩石成因理论的概括和阐述。我们这里主要着重于岩类学的叙述，相应的介绍一些有关岩石的形成和演化问题。

由于岩石是地球的组成物质之一，是地球发展过程中地质作用的产物，是最基本的地质体，是矿物的集合体，是整个地球，甚至宇宙间星体发展演化的记录者，因此，对它们进行研究，不但可以有助于了解地球发展演化的历史，而且对整个宇宙奥秘的认识也是有意义的。同时由于岩石学是地质科学中很重要的基础学科之一，与其他的地质学科间有广泛的联系，所以，在学习和研究岩石学时要广泛的应用一些地质学和矿物学的知识，而其研究成果，又广泛的应用于矿床学、地球化学、地质测量学、构造地质学以及水文、工程地质学等学科中。另外，岩石学的研究也需要一些最基本的物理学、化学和数学的知识。

由于岩石和矿产有很密切的关系，有些岩石本身就是矿产，因之，岩石的研究和矿产的寻找与勘探对国民经济建设和工业技术的发展是密切相连的。同时岩石还广泛的成为各工业建设部门的原材料。另外，像道路建设、地下建筑、水利水电建设等更是和岩石息息相关的。

二、岩石学的研究方法

由于岩石是最基本的地质体，它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

制、重点露头详细研究，采集各种类型的标本及样品等，此外，在室内也广泛使用各种测试技术和实验岩石学的方法，如偏光显微镜、油浸法、弗氏台、X光、化学分析、差热分析、电子显微镜以及各种计算等，对岩石样品进行更深入细致的观察和分析研究，以期取得更可靠和更广泛的资料。而实验岩石学的方法，则是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，以期达到模拟自然界（温度、压力、物质成分等）的情况，以便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，进一步分析岩石形成的过程和规律。总的来说，岩石学的研究方法就是采用野外和室内的观察研究二种互相配合使用的方法，也即是宏观和微观相结合的方法，理论和实践结合的方法，这样，才能得出指导实践的正确理论，也只有这样，理论才能得到更进一步的发展。所以在学习和研究岩石学的时候，必须理论和实践相结合，并在实践中运用理论，验证理论，提高和发展理论，努力做到客观地认识世界、能动地改造世界。

三、岩石学发展简史

在约五十万年前，生活在中国的中国猿人遗留下来的岩石工具数量之多，真是不可胜数，这说明人类的祖先很早以前就在认识和使用岩石了。人类进入文化时代以后，由于矿产采炼和工程建设的日渐发展，于是对于岩石也就有了文字记载，世界上最早记述矿物和岩石的书籍莫过于中国的“山海经”了，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各种岩石。

岩石学成为一门独立的科学则始于十八世纪末，由于当时资本主义工业在欧洲迅速发展，对矿物原料的要求与日俱增，矿山开采和冶炼工程也日新月异，从而积累了大量的矿物和岩石资料，促使岩石学从地质科学中分出成为独立的学科。地壳中的岩石主要是结晶岩（岩浆岩和变质岩），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了系统地研究变质岩，而沉积岩直到廿世纪初，由于石油工业的兴起和发展，才引起人们的注意，可是它的发展十分迅速，到廿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。

显微镜的出现，是岩石学发展史上一个很重要的转折点，所以研究岩石学发展史者都据显微镜的出现将岩石学的发展分为显微镜前期、显微镜期和显微镜后期三个阶段。

显微镜前期，即相当于十八世纪末和十九世纪初，当时对岩石的研究主要是野外地质的肉眼观察和描述，部分地研究了岩石的化学成分。这期间虽说积累了大量初步岩石知识，可是对于地壳中花岗岩和玄武岩的成因，则存在“水成”和“火成”的激烈争论，后来，人们注意到花岗岩侵入到含化石的石灰岩中后，才逐渐明确了岩浆岩和沉积岩的不同，从而，主张花岗岩和玄武岩是火成的才慢慢地多了起来，在火成论的基础上遂产生了岩浆的概念，注意到了岩浆岩的多样性，对岩浆岩和其中的造岩矿物作了许多化学分析，提出了岩浆岩的分类，初步将岩浆岩分为酸性、中性和基性岩类。

1828年尼柯尔发明了偏光镜，将其装成了偏光显微镜，后来英国的索尔比制成了岩石薄片，提出了岩石薄片研究法，随后福尔贝斯和沃格桑利用这种方法研究了大量岩石薄片，于1867年分别出版了用偏光显微镜研究岩石薄片方法的专门著作，于是就开始了显微镜研究岩石的新时期，相继研究出版的成果有齐尔克的“矿物和岩石的显微镜性质”，罗森布施的“岩石重要矿物的显微镜博物学”等。这样就给岩石学的研究打开了新局面，

为岩石的分类、岩石矿物成分、岩石结构、岩石化学成分、岩石成因理论研究开拓了广阔的领域，加宽了视野，为以后岩石学的全面发展奠定了基础。但是，这个时期也出现了脱离地质的纯显微镜研究的偏向。

到了十九世纪末，工业的发展更是一日千里，对矿物的需求和寻找有了更高的要求，同时人们也发现，各种矿产和不同的岩石都有一定的成因联系，纯显微镜的研究已不能解决岩石学中出现的许多新问题了，于是便开始了全面研究岩石的更新时期，即显微镜后期。这样，岩石学的研究，便沿着矿物学、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主要方向迅猛向前发展了。

1889年俄国的费德洛夫发明了旋转台及其使用方法，之后，很快即由初始的二轴台发展成今日的五轴台，为高精度的研究造岩矿物和岩组学提供了手段，于是在廿世纪三十年代得到了全面地系统发展。1895年莱琴射线的发现，就更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特的效用，也为岩石的成因和演化规律提供了一些极重要的信息。时至廿世纪七十年代的今天，由于电子探针，电子显微镜，激光光谱，红外光谱等多种近代新测试分析方法的应用，使矿物的研究更是向着一个更高的新阶段突飞猛进。矿物有序一无序的研究，矿物作为地质温压计的探讨，都直接或间接地为地壳中和壳下层的物质的存在状态与岩浆的形成和演化带来了可信的情报。

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依据，在廿世纪三十年代前后，各种岩石化学计算方法和分类如雨后春笋般提了出来，如C.I.P.W法，尼格里法，扎瓦里茨基法等，近期更有里特曼法的出现，其他还有众多的不同用场的岩石化学指数（如固结指数SI、钙碱指数CA、长英指数FL、镁铁指数MF、结晶指数CI等等）以及大量的岩石化学图解，它们都从不同的方面揭示岩石的特征、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、岩系和岩套组合方面都有一定的意义。地球化学方法的使用，也使微量元素的分布和组合为不同火山岩系间的差别，找矿勘探和岩石矿床的成因等方面提供了线索。同位素地球化学在确定各类岩石的物质来源和生成年代上也有很大的突破。

近几十年来，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利用，大量区域岩石学和岩类学资料的积累和综合整理手段的前进，都为日益深入研究岩石展示了方向，使研究领域不断扩大，从一个国家到一个地区，走向了全球，从陆地扩展到了洋底，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会议一个接一个的召开，这些都为岩浆岩的研究，沉积岩和沉积矿产的探讨和开发，变质岩和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，这为引导全世界岩石分类统一方面作出了试探。早先变质带和变质相学说的创建，促进了变质岩石学的发展，廿世纪六十年代初双变质带的提出，很快和板块构造学说相渗透，这是变质岩石学发展史上一大突破，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了，为变质岩地区的地质填图开辟了新的道路。沉积岩石学虽说发展较晚，可是进展十分神速，特别是近二十年间发展很快，无论是资料的积累，数理统计的引入，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，超微

化石的鉴别，礁灰岩的认识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痕斜层理等旧观点也都作了批判的新认识。浊积岩的认识和发展更充实了复理石建造的内容。

地质科学中的高温高压实验更是独树一帜，硕果累累，充实着实验岩石学的内容，工艺岩石学的产品，也是实验岩石学的一个重要分支，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、交代现象、岩浆的形成和演化、壳下物质的转变、成矿作用的模拟等获得了可靠的参数。

第一篇 岩 浆 岩

第一章 总 论

第一节 岩 浆

人们通过对现代火山活动的观察和研究，发现在火山活动时不但有蒸气、石块自火山口喷出，而且还有炽热的熔融物质自火山口溢流出来。前者我们称其为挥发物质和火山碎屑，后者则叫做熔岩流。这说明在地下深处确实有高温炽热的熔融物质存在。这种高温炽热的熔融物质就叫做岩浆。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物质，这是由于在地下深处负荷压力较大，挥发物质可溶解在岩浆当中，一旦岩浆达于地表，压力降低，挥发分就会逸去，熔岩流也会冷凝固结成熔岩。

由是可知，地下深处确实有岩浆，那么是不是地下深处有一个岩浆层呢？地球物理的研究证明，岩浆并非到处都形成一个完整的岩浆层，仅是局部一定条件下的产物。那末岩浆又是怎样产生而处于什么样的部位上呢？对于这个问题，以后再详细讨论。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，如地壳内部温度的升高和深部物质密度的转变所引起的深部底辟作用使壳下层上升等都可以导致稳定平衡的破坏，而致该地局部地段物质发生熔融，产生相应成分的岩浆，这种岩浆就可以沿着地壳中的薄弱地带如应力释放的断裂面上升，侵入地壳中或喷达地表造成火山活动。如夏威夷岛的基拉韦亚火山喷发前，在六十公里深处有地震活动。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熔融（均匀或选择熔融）的产物。

岩浆的成分是些什么呢？其中除了一部分挥发物质和金属硫化物与氧化物外，主要都是硅酸盐物质。在挥发物中有 H_2O 、 HCl 、 HF 、 H_2S 、 H_2 、 N_2 、 CO_2 、 SO_2 等，这些挥发物质在有用矿产的富集中起着很重要的作用，所以又叫它们为矿化剂。其次岩浆的温度是很高的，这是由间接方法推知的，因为岩浆处于地下深处，其温度无法直接测量，而喷达地表的熔岩流的温度则可以直接测定，如基性熔岩流的温度一般为 $900—1350^{\circ}C$ 。从矿物的结晶、转化温度和岩石的重熔实验推知地下深处岩浆的温度却低于熔岩流的温度，故一般认为地下深处基性岩浆的温度通常都低于 $1000^{\circ}C$ ，有时甚至低至 $850—900^{\circ}C$ 。酸性岩浆则近于 $750—800^{\circ}C$ 。再者岩浆也是很粘的，不易流动，一达地表很快就凝固了。但有的熔岩流还是有一定的流速，一般不超过每小时16公里，但有些基性熔岩流则可达每小时30公里。岩浆的

粘性和其成分与温度有关。一般是 SiO_2 ①、 Al_2O_3 含量高， FeO 、 MgO 含量低者，粘性大，反之则粘度小，所以玄武岩成分的岩浆的粘度小于花岗岩成分的岩浆的粘度，前者比后者易于流动些。温度愈高，其粘度愈低。挥发分多时也可降低其粘度，增加岩浆的活动性。

综上所述，我们可以将岩浆定义为地壳中天然产出的富含挥发分的高温粘稠的硅酸盐熔融体，有时还含有金属硫化物和氧化物。

第二节 岩 浆 岩

岩浆冷凝固化后形成的岩石就是岩浆岩。它们在成分上不同于岩浆的是挥发分含量极少，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，如果岩浆在地下深处活动冷凝固化后就可以形成侵入岩（深成岩），如果岩浆由火山活动，喷达地表后才冷凝固化者，则构成火山熔岩（火山岩或喷出岩）。其次还有活动于上述二者之间的环境中的岩浆，其冷凝固化后则形成浅成岩和次火山岩。

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，部分为玻璃质岩石。岩石中的原生结晶矿物都是比较高温下的形成物。各种各样的岩浆岩体和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。其次是在有些岩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，只要掌握了就不难认识岩浆岩了。此外，自然界还有一种具岩浆岩外貌的岩石，其中特别是那些前寒武纪的深成花岗岩质岩石，可能不是由岩浆方式形成的，而是交代作用或花岗岩化作用的结果。关于这些假岩浆岩以后在变质岩中再加以讨论。

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并掌握其成分，矿物成分既可以反映岩石的化学成分，也可反映岩石的生成条件和成因。而且矿物成分还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，一般统称之为造岩矿物。自然界的造岩矿种类很多，但是分布于最常见岩石中的常见造岩矿物并不多，只有十几种，如表1-1所列。从表1-1可知岩浆岩中长石含量最多，占整个岩浆岩成分的60%多，其次是石英。因之这两种矿物就成了岩浆岩的鉴别和分类的重要依据之

①这是因为铁镁等组分低时不能满足 $(\text{SiO}_2)^{4-}$ 中和的需要，以致硅氧四面体呈不同程度连接形成链和网而增大了粘性。

表1-1 岩浆岩的平均矿物成分

矿 物	%	矿 物	%
石 英	12.4	白 云 母	1.4
碱 性 长 石	31.0	橄 榄 石	2.6
斜 长 石	29.2	霞 石	0.3
辉 石	12.0	不透明矿物	4.1
普通角闪石	1.70	磷灰石、榍石及其他	1.5
黑 云 母	3.80	总 计	100.00

一。其他的矿物含量则较少。这些矿物在不同岩石中的分布量也是很不相同的，如图2-2。因此，可以按照这些造岩矿物在岩石中的分布量而将其分为主要矿物和次要矿物以及付矿物三类，它们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 是岩石中含量比较多的矿物，一般都 $>10\%$ ，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 是岩石中含量不多的矿物，一般都 $<10\%$ ，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。

付矿物 是岩石中含量很少的矿物，通常都不到 1% ，偶尔可达 5% 。如磷灰石、榍石、铀石等。它们在岩石的分类和命名中一般不起什么作用。但是它们的存在，可以反映岩浆岩的含矿性和生成条件等方面的一些特征，对确定岩浆岩形成时代以及详细划分类型等方面都具有相当重要的作用。

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，还会随着物化条件的变化而改变。因此，在岩浆岩形成的不同阶段及其以后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其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**：是岩浆冷凝过程中所形成的矿物。它们是由岩浆中直接结晶而成的，就叫做正岩浆矿物，像橄榄岩中的橄榄石，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，如橄榄石受到残浆的反应而生成辉石。如果这种反应进行得不彻底，还有部分残留，如反应边内部的橄榄石就叫做残余矿物。而辉石称反应矿物。

▲ **岩浆期后矿物**：是岩浆已基本凝固之后，由于受残余流体的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的空隙中。其中可包括一些气成矿物如电气石、萤石、黄玉等，也包括一些自变质矿物如橄榄石的蛇纹石化，斜长石的钠黝帘石化等。

▲ **成岩矿物**：当岩浆完全冷凝固化后，由于物化条件的改变（如温度和压力的降低），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，而形成一些新的变体，如火山岩中的高温 β -石英变成低温的 α -石英，透长石转变为正长石等，就是成岩矿物。

▲ **他生矿物或混染矿物** 是岩浆因同化围岩或捕虏围岩而生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，就多半是因花岗岩浆同化泥质岩石后的形成物。

▲ **次生矿物** 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。值得注意的是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。但是二者的成因是有区别的，同时次生矿物主要分布于表生带内。所以它们也可叫做表生矿物。

其次矿物的颜色也是很特征的，不同种类的矿物具有不同的颜色，因之按照矿物的颜色可将矿物分为浅色矿物和暗色矿物两类，前者如石英、长石类和似长石类，它们含硅和铝高，不含铁镁，故又叫做硅铝矿物；后者如橄榄石类、辉石类和角闪石类以及黑云母类等，它们富含铁镁，硅少，故又叫铁镁矿物。在岩浆岩中铁镁矿物和硅铝矿物的含量是随岩石而异的，有的岩石浅色矿物集中，有的又是铁镁矿物较多。

二、岩浆岩的化学成分

岩浆岩的化学成分虽然用肉眼不能够直接观测到，但它们是组成岩浆岩的基本物质，因此，凡是研究岩石时总要对其化学成分进行探讨，以期了解各类岩石和杂岩间化学成分的变异和演化，进而探讨岩浆岩的成因，指导找矿等。其次岩浆岩的化学成分也是岩浆岩分类的重要依据之一，特别是对那些玻璃质和半玻璃质的火山岩来说，用化学成分分类是特别有效的。

地壳中存在的所有元素在岩浆岩中几乎都有所见，但各种元素的含量却很不相同，其中以O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Ti等元素为最常见，且最多，它们约占岩浆岩总成分的99.25%，其他的元素则不足1%。

岩浆岩中的化学成分常用氧化物来表示。据统计岩浆岩中各主要氧化物的平均含量如表1-2所示。

表1-2 岩浆岩的平均化学成分

氧化物	重量百分数		元素	重量百分数	
	诺科尔兹 (1954)	黎彤等 (1963)		尼格里 (1938)	费尔斯曼 (1939)
SiO ₂	61.67	63.03	O	46.60	49.13
TiO ₂	0.97	0.90	Si	27.70	26.00
Al ₂ O ₃	14.87	14.62	Al	8.13	7.45
Fe ₂ O ₃	2.13	2.30	Fe	5.00	4.20
FeO	4.07	3.72	Ca	3.63	3.25
MnO	0.10	0.12	Na	2.83	2.40
MgO	3.47	2.93	K	2.58	2.35
CaO	5.17	4.04	Mg	2.09	2.35
Na ₂ O	3.47	3.61	H	0.13	1.00
K ₂ O	2.83	3.10	Ti	0.44	0.61
H ₂ O	0.67	0.92	C	0.03	0.35
P ₂ O ₅	0.26	0.31	N		0.04
			P	0.08	0.12
总计	99.68	99.60	总计	99.25	99.25

由表1-2，可以看出：

(一) 岩浆岩主要是由 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 H_2O 等多种氧化物组成，它们共占氧化物总重量的99.3%以上，被称为主要造岩氧化物，其中又以 SiO_2 含量最多， Al_2O_3 次之，所以岩浆岩主要是由硅酸盐组成的。因此，常常根据岩浆岩中 SiO_2 的百分含量将岩浆岩划分为如下的一些类：

岩 类	$\text{SiO}_2\%$ (重量)
酸性岩	>70
中酸性岩	62—70
中性岩	53.5—62
基性岩	45—53.5
超基性岩	20—45
碳酸岩等	<20

(二) 岩浆岩中除了上述的主要造岩元素之外，还含有很多分布广而量微的元素，如Ba、Sr、Li、Be、Ga、Pb、Zn、W、Mo、Sn、Rb、Nb、Ta、Y、Pt等，这些元素虽然量微，但是很有意义。一是它们可以富集成矿，二则可以灵敏的反映岩浆岩的形成过程，所以很受人们的注意。

(三) 结合表1-3和图1-1还可以看出，一些主要氧化物还往往随着 SiO_2 的增减作有规律的变化，由酸性岩到超基性岩，硅减少时，钾也减少，镁铁钙则增加。

表1-3 中国各类岩浆岩的平均化学成分

	酸性岩 (318)*	中性岩 (64)	基性岩 (225)	超基性岩 (14)	碱性岩 (40)
SiO_2	70.40	58.05	48.25	43.67	64.80
TiO_2	0.31	0.79	2.08	0.90	0.52
Al_2O_3	14.48	17.41	14.90	4.53	16.21
Fe_2O_3	1.38	3.23	4.17	4.22	2.44
FeO	1.77	3.57	7.61	7.77	2.57
MnO	0.08	0.15	0.21	0.25	0.16
MgO	0.94	3.24	6.93	25.34	0.63
CaO	1.93	5.77	8.27	8.73	1.71
Na_2O	3.77	3.57	3.30	0.90	5.90
K_2O	3.99	2.26	1.72	0.41	5.51
H_2O	0.65	0.65	1.47	2.84	0.32
P_2O_5	0.18	0.14	0.56	0.11	0.12
CO_2	0.32	0.57	0.53	0.27	0.51
总 计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

据黎彤等1963 * 参加平均的样品分析数

三、岩浆岩的矿物共生组合与化学成分的关系

岩浆岩的矿物共生组合与其化学成分之间有着密切的关系，化学成分不同的岩浆其所形成的矿物成分也不一样，如图1-2，对照图1-1可以看出：

(一) 橄榄岩和辉岩类(超基性岩类) $\text{SiO}_2 < 45\%$ ，富于 MgO 和 FeO ，贫 Na_2O 和 K_2O ，因此，反映在矿物成分上，就以铁镁矿物为主，一般含量可 $>90\%$ ，长石含量很少或无。

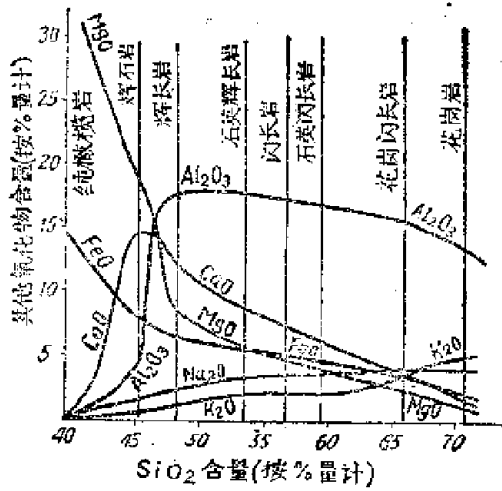


图 1-1 侵入岩SiO₂与其他氧化物之间的关系

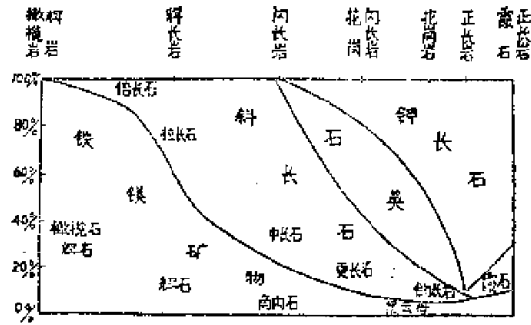


图 1-2 最主要侵入岩类中主要矿物成分的相对含量变化

(二) 辉长岩类 (基性岩类) SiO₂45—53.5%，SiO₂增多，MgO和FeO则减少。Al₂O₃和CaO含量剧增，因之出现了铁镁矿物和含钙长石分子较高的斜长石的近等量的共生现象。

(三) 闪长岩类 (中性岩类) SiO₂53.5—62%，随着SiO₂的增多，Na₂O和K₂O相应的有所增高，MgO和FeO、CaO则减少了。因而出现了普通角闪石和中性斜长石的共生。铁镁矿物则降低到30%左右。另外还有一类富于K₂O和Na₂O的中性岩 (正长岩类)，其中则是铁镁矿物和碱性长石共生。

(四) 花岗岩和花岗闪长岩 (中酸性和酸性岩类)：SiO₂为62至>70%，随SiO₂增大，K₂O和Na₂O也增多了，但MgO、FeO、CaO则大大的减少了，因此出现了石英，碱性长石，酸性斜长石，黑云母等的共生现象，其中铁镁矿物一般仅只有10%左右。

由上述可知岩浆岩中SiO₂和其他氧化物的相对含量变化对矿物的形成和共生组合影响很大，其中除了明显的酸度影响外，K₂O、Na₂O、CaO、MgO的影响也很清楚。此外，有些岩石中Na₂O、K₂O含量特别高，因此，在这些岩石中就会出现一些富于碱质组份的矿物共生组合。

在一般岩石中，石英只出现在那些硅酸过饱和的岩浆岩中，所以石英是过饱和矿物，含有众多石英的岩石就是过饱和岩石。镁橄榄石和霞石、石榴石等则出现于硅酸不足的岩浆岩中，它们是不饱和矿物，含有这些矿物的岩石则是不饱和岩石。因此，石英，镁橄榄石或似长石 (霞石，石榴石) 很难得在一起产出。这是因为它们在一起时于一定条件下，会转变成新矿物，如镁橄榄石 + 石英 → 顽辉石；霞石 + 石英 → 钠长石。

黑云母多出现在富于硅和碱的花岗岩中。

原生白云母很难见于含角闪石和辉石的岩石中。碱性辉石和碱性角闪石只产于碱性岩中。

第四节 岩浆岩的结构和构造

在观察和研究岩浆岩时，除了要认识其物质成分之外，还必须了解这些物质组份是以什么样的状态，面貌和方式存在于岩石中的，即它们是如何构成岩石的。这种由物质组份的面貌状态所反映出的岩石在组成上的特征，即岩石的结构，或结构和构造特征。成分相同的岩浆，在不同的冷凝条件下，可以形成结构，构造，截然不同的岩浆岩。所以岩浆岩的结构和构造特征是区分和鉴定岩浆岩的重要标志之一。它是岩石形成环境和物化条件的记录者，所以研究岩浆岩的结构、构造不但可以对岩浆岩进行分类，而且还可以追索岩浆岩的形成条件和过程。

一、岩浆岩的结构

岩浆岩的结构就是指岩石的结晶程度、颗粒大小、形状特征以及这些物质彼此间的相互关系等所反映出的特征。

(一) 岩浆岩结构的特征和分类

1. 岩石的结晶程度 岩石的结晶程度是指岩石中结晶物质和非结晶玻璃物质的含量比例，据岩石的结晶程度可将岩浆岩的结构分成三类：

全晶质结构 即岩石全部都是由矿物的晶体所组成的一种结构（图1-3左上），多见于深成岩中，如花岗岩。

玻璃质结构 岩石全由玻璃物质组成（图1-3下），主要分布于火山岩中，如黑曜岩。

半晶质结构 岩石中既有矿物晶体，又有玻璃物质（图1-3右上），也主要见于火山岩中，如流纹岩。

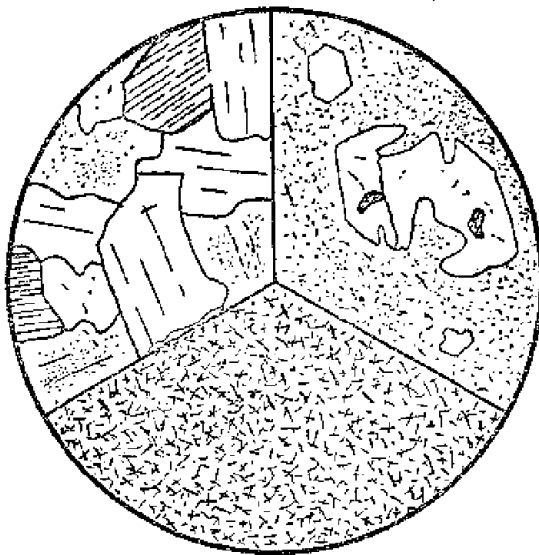


图 1-3 按结晶程度划分的三种结构
左上：全晶质结构；右上：半晶质结构；下：玻璃质结构

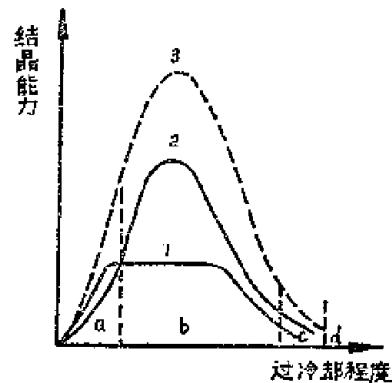


图 1-4 过冷却与结晶能力关系示意图(据太曼)
1 晶体生长速度曲线；2 结晶中心曲线；3 结晶能力曲线

这些结构是岩浆在不同条件下结晶的形成物。如图1-4所示，随着岩浆的活动，温压条