

56.7
171

高等学校教材试用本



岩石学简明教程

北京地质学院编

中国工业出版社

本书为高等学校教学用书，为北京地质学院集体编写而成（岩石教研室），内容较丰富。其内容包括三大部分：岩浆岩、沉积岩、变质岩。对每类岩石均作较详细论述，对岩浆岩论述了一般概念、成分、结构构造、分类及研究方法；对沉积岩论述了沉积物质来源、风化产物之搬运和沉积、沉积物和沉积岩的变化、沉积岩的构造、沉积岩分类、沉积相及沉积建造；对变质岩论述了变质岩的成分、结构构造及变质作用类型。

岩石学简明教程

北京地质学院编

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

化工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $13^{1/4}$ ·插页1·字数307,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数0001—4243·定价(10—6)1.60元

统一书号：15165·985(地质—16)

目 录

緒 論	5
-----------	---

第一篇 岩浆岩

第一章 岩浆岩的基本概念	9
一、岩浆的概念	9
二、岩浆岩的概念	9
三、岩浆岩体的概念	9
第二章 岩浆岩的矿物成分及化学 成分	10
一、矿物成分	10
二、化学成分	11
三、岩浆岩的矿物成分与化学成分的关系	12
第三章 岩浆岩的结构和构造	13
一、岩浆岩结构	14
二、岩浆岩的构造	20
第四章 岩浆岩的期和相	21
一、M.A. 烏索夫关于岩浆岩期的研究	21
二、岩浆岩相	22
第五章 岩浆岩的分类	24
一、分类原则	24
二、分类基础	25
三、岩浆岩分类法	25
第六章 原始岩浆及岩浆岩多样性的 原因	26
一、原始岩浆問題	26
二、鲍文反应原理	27
三、岩浆岩多样性的原因	28
第七章 橄欖岩——苦橄玢岩類	31
一、本类岩石的一般特征	31
二、侵入岩	31
三、噴出岩	35
四、超基性岩成因	36
第八章 輝長岩——玄武岩類	37
一、本类岩石的一般特征	37
二、侵入岩	37
三、噴出岩	41
四、玄武岩类的成因	44

第九章 閃長岩——安山岩類	44
一、本类岩石的一般特征	44
二、侵入岩	44
三、噴出岩	43
第十章 花崗岩——流紋岩類及花 崗閃長岩——英安岩類	51
一、本类岩石的一般特征	51
二、侵入岩	51
三、噴出岩	57
四、花崗岩类的成因	59
第十一章 正長岩——粗面岩類	57
一、本类岩石的一般特征	57
二、侵入岩	57
三、噴出岩	63
第十二章 霞石正長岩——响岩類	56
一、本类岩石的一般特征	56
二、侵入岩	66
三、噴出岩	69
四、碱性岩的成因	79
第十三章 脈岩類	71
一、脉岩的概念	71
二、浅色二分岩——細晶岩类	71
三、暗色二分岩——煌斑岩类	72
四、伟晶岩	74
第十四章 火山碎屑岩	75
一、一般特征及分类	75
二、火山碎屑岩的描述	76
三、研究火山碎屑岩的实用意义	77
第十五章 岩浆岩的研究方法	78
一、侵入岩的研究方法	73
二、火山岩的研究方法	82
三、侵入时代的研究	84

第二篇 沉积岩

第一章 概述	87
一、沉积岩的基本概念	87
二、沉积岩的分布	87
三、沉积岩的成分特征	88

第二章 沉積物質之來源——風化

作用	90
一、風化作用的概念	90
二、物理風化作用	90
三、化學風化作用	90
四、風化階段	91
五、各種礦物在風化作用中的習性	92
六、風化作用的產物	93

第三章 風化產物之搬運和沉積

一、概述	94
二、機械搬運及沉積作用	94
三、膠體的搬運和沉積作用	99
四、真溶液物質的搬運及沉積作用	100
五、沉積分異作用	102

第四章 沉積物和沉積岩的變化

一、概述	105
二、成岩作用	105
三、後生作用	108
四、沉積岩中各種不同成因礦物的特點 對比	112

第五章 沉積岩的顏色層理及層面構造

造	115
一、層理	115
二、顏色	116
三、沉積岩的層面構造	116

第六章 沉積岩的分類

第七章 碎屑岩

一、粗碎屑岩	119
二、砂質岩	121
三、粉砂岩	131

第八章 粘土岩

一、概述	133
二、粘土岩的化學成分	133
三、粘土岩的礦物成分	134
四、粘土岩的結構和構造	134
五、粘土岩的物理性質	135
六、粘土岩的分類	135
七、粘土岩的主要室內研究方法	143
八、粘土岩的用途	143

第九章 化學岩及生物化學岩

一、概述	144
二、化學岩及生物化學岩的結構	144

三、化學岩及生物化學岩的主要類型

第十章 沉積相

一、沉積相的概念及分類	163
二、陸相	164
三、海相	172
四、海陸過渡相	173

第十一章 沉積建造

一、地槽型的主要建造	177
二、過渡型主要建造	178
三、地台型主要建造	179

第三篇 變質岩

第一章 概述

一、變質作用和變質岩的概念	181
二、變質作用的因素	181
三、變質作用的類型	184

第二章 變質岩的成分

一、變質岩的化學成分	185
二、變質岩的礦物成分	186

第三章 變質岩的結構和構造

一、變質岩的結構	187
二、變質岩的構造	192

第四章 氣成水熱變質作用及其岩石

石	193
一、氣成水熱變質作用的概念	193
二、氣成水熱變質岩	193
三、氣成水熱變質岩區的工作方法	196

第五章 接觸變質作用及其岩石

一、接觸變質作用的概念	197
二、接觸變質岩石	198
三、氣成水熱接觸變質岩石	200
四、接觸變質岩區的工作方法	201

第六章 動力變質作用及其岩石

第七章 區域變質作用及其岩石

一、區域變質作用的概念	203
二、區域變質岩石	206
三、區域變質岩區的工作方法	208

第八章 混合岩化作用及混合岩

一、混合岩的概念	209
二、混合岩的類型	209
三、混合岩區的工作特點	211

緒 論

岩石是組成地壳的主要物質成分，它是地壳发展的一定阶段由于不同地質作用形成的地質体。岩石由一种或几种矿物組成，不同岩石常具有不同的結構。岩石按成因可分为岩浆岩、沉积岩、变質岩三类。根据克拉克和华盛顿的計算，深度在16公里以內的地壳岩石中，95%是岩浆岩，5%左右是沉积岩和变質岩。岩浆岩不仅是形成地壳最主要的物質成分，同时它又是沉积岩和变質岩最根本的物質来源；沉积岩的占有量虽然不大，但在地表上的出露面积却占到全体岩石的75%左右，它的分布最为广泛的，因此沉积岩对人类的生活和生产活动來說又具有最密切的关系。

人类祖先在生活和生产实践中需用岩石制造各种工具，因而認識岩石的年代要比認識矿物早些。估計在五十万年以前，中国猿人使用石器就非常多了，其中已发现的就有几万件。后来由于矿产采炼事业的发展，对岩石有了更多的認識，我国“山海經”一书是世界上最早（不晚于紀元前409年）論述矿物和岩石的書籍，其中就記載着很多岩石的材料。但岩石学作为一門独立科学出現則始于十八世紀末叶，这个时期由于資本主义工业在欧洲迅速发展，对矿物原料的要求日益增加，因而分門別类地积累了大量的矿物和岩石資料，从而促使岩石学从矿物学和地質学中分出而成为独立的科学。

在地質科学中，岩石学的研究成果广泛地应用于矿床学、地球化学、地質測量、构造地質等学科，因此它是地質科学中的一門基础科学。研究岩石学需要很多科学知識和技术設備，所以岩石学的发展和工业及整个科学技术的发展有紧密的联系。岩石与矿产有不可分割的关系，岩石并为国民經济建設各部門的重要材料，生产的需要推动了岩石学的发展。特別在社会主义国家里，由于国民經济的高速度发展，岩石学的科学水平也随着有了很大的提高。

岩石学是研究岩石的物質成分、結構、构造、成因及分布規律等，从而为找矿服务。研究岩石的方法主要是野外地質研究法、薄片研究法和化学分析法等。在化学分析法中，現在最广泛采用光譜分析法，因为光譜分析迅速、經济，对广泛确定岩石中稀有和分散元素方面更有特殊重要意义。而在研究沉积岩时，还需要一系列特殊的分析方法，如机械分析、重矿物分析、染色法、差热分析、X射线分析和电子显微镜方法等。近年来，在岩石学中还发展了物理化学方向，用人工方法再造岩石形成过程和制作人造矿物（造岩矿物）和人造岩石。用这种“实验法”可以了解生成岩浆岩、变質岩的物理化学条件，解决一系列有关岩石成因的細致問題，并用来验证天然岩石观察的結果，以得出最正确的結論。最后还必须指出，因为岩石是地質体，所以上述任何研究方法都必须以野外地質的研究为基础，如果缺乏地質体的观点，脱离野外工作，便不能真正了解岩石，也不能解决岩石和有关矿产的形成和分布規律等一系列問題，对此应当引起特別注意。

为了正确对待和深入研究岩石学中各項問題，应当有历史发展的观点。苏联岩石学家Ф.Ю.列文生——列星格总结了岩石学发展史，划分为显微镜前时期，显微镜时期和显微镜后时期。

显微镜前时期对岩石的研究着重野外地質研究和作部分化学分析。在十八世紀末和十九世紀初虽然积累了大量岩石知識，但还不能正确区别岩石的主要成因类型，对岩石还有

“水成”和“火成”的爭論。后来才確認花崗岩和玄武岩是火成岩，火成論胜利后，萊伊尔 (O. Lyell, 1838) 又注意到花崗岩的異因性，認為广大的花崗岩可能由于深成的地壳变动而获得了它的結晶結構。萊伊尔的變質观点把岩石学引到新的阶段，他的观点还受到近代一些岩石学家的重視。在火成論的基础上又发展了岩漿的概念，并注意到岩漿岩多样性的原因問題，本生 (R. Bunsen, 1851) 認為冰島上不同的熔岩可能只由玄武岩漿和粗面岩漿混合形成。后来一些学者用岩漿分异学說修正了本生的混合假說，但本生的两种原生岩漿观点仍为大多数岩石学家采納和发展。十九世紀上半叶和中叶有些研究者还对岩石及其造岩矿物进行了較多的化学分析。巴蒙 (Elie de Beaumont, 1847)、森弗脫 (K. F. F. Senft, 1857) 和罗斯 (J. Roth, 1861) 等按岩石及造岩矿物的化学成分划分出酸性、中性和基性岩漿岩，因而确定了侵入岩和噴出岩之間在化学成分上的联系。

列文生——列星格認為1867年标志显微鏡时期开始。虽然在十八世紀末开始有些研究者已长期用显微鏡研究岩石粉末，但并没有重要意义。1828年尼柯尔 (W. Nicol 1768—1851) 发明了偏光鏡，后来裝配成偏光显微鏡，英国索尔比 (H. C. Sorby, 1826—1908) 創制了岩石薄片，提出用偏光显微鏡研究岩石薄片的方案；福尔貝斯学得索尔比的方法，研究了約2000个岩石薄片，在1867年出版了“地質学上的显微鏡”一书；后来德国 H. P. J. 沃格桑在齐尔克尔的启发下，也开始研究岩石薄片，他在1867年出版了“地質学和显微鏡岩石学的哲学”。从此开辟了显微鏡岩石学的道路。当时，俄国 A. A. 英諾斯特兰采夫，A. П. 卡尔宾斯基，德国罗森布施 (H. Rosenbusch) 等都相繼用薄片法研究岩石。所以1867年便标志岩石学上显微鏡时期的开始，从此以后，使岩石学有了全新的內容。但作为显微鏡时期，有相当多的岩石学家又完全局限于在造岩矿物和岩石結構方面作工作，因而产生了脱离地質的偏向。在这方面可以罗森布施和齐尔克尔为代表，他們得到了“碎片岩石学家”的諷刺封号。

显微鏡时期以后，岩石学进入全面研究的时期，沿着几个彼此联系和互相推进的主要方向发展。在科学技术日益进步的条件下高温、高压的實驗岩石学开始誕生并迅速展开。最早在这方面作过較多工作的学者：在19世紀70—80年代有法国的米歇尔——列維和福克、在20世紀上半业初期有挪威的沃格特、华沙的莫罗泽維奇、俄国和苏联的列文生——列星格学派、美国华盛顿地球物理實驗室的鮑文学派等。近年来在各国紛紛建立高温實驗室，开展了大量的實驗岩石工作。在新的基础上使岩石学达到新的高度水平。但有些学者也产生了脱离地質的純實驗岩石学偏向，以致得出一些脱离实际的經驗。此外，И. С. 別梁金奠定的工艺岩石学方向，对了解天然岩石形成过程的理論方面也有一定意义。

在岩石化学方面，在显微鏡研究的新基础上列文生——列星格 (1898) 提出第一个合理的岩石化学分类法。現在較常用的有尼格里計算法和以尼格呈值为基础的岩石化学分类和查瓦里茨基的岩石化学計算和分类，二十世紀上半业岩石化学方面达到很高的水平。

关于變質岩石学，如前所述，在19世紀40年代已有全面、系統的研究，在19世紀下半业由于晶体光学研究法的发展，才深入研究變質作用，詳細划分變質岩类型。1877年罗森布施划分了泥質岩石的接触變質帶：(i) 斑点板岩帶，(ii) 斑点云母板岩帶，(iii) 角頁岩帶。1893年英国巴尔罗 (G. Barrow) 将区域變質岩按标志矿物划分为綠泥石帶、黑云母帶、鉄鋁柘榴石帶、十字石帶、兰晶石帶和矽綫石帶，后来格魯賓曼 (U. Gradenmann, 1907, 1924) 归納为浅帶、中帶和深帶，完成變質帶理論，并将区域變質岩分为12

大类36类。

1907—1911年哥德斯米特 (V. M. Goldschmidt) 研究奥斯陆地方泥質接触变質岩时应用了物理化学方法, 并創造了矿物相律, 而将角頁岩按矿物組合分为十类, 他的工作奠定了变質岩研究的物理化学基础, 在1915年艾斯柯拉 (P. Eskola) 提出“变質相”的概念。他在1920和1939年并按温度和压力因素将变質岩分为七个变質相, 对变質岩成因也作了新的物理化学分析。特别是苏联学者柯任斯基在矿物共生分析方面作了很多有意义的工作, 而他的工作已搞成了近代变質岩石学的一个新发展方向。

沉积岩石学的发展时为不久, 在20世紀初期由于石油工业的需要才开始大規模研究沉积岩。20世紀30年代沉积岩即发展成为一門具有丰富內容的独立科学。苏联的沉积岩石学发展最快, 在陆源組分和古地理的研究(巴图林、薩尔基扬学派), 沉积岩分类(什維佐夫), 沉积分异作用理論(普什托瓦洛夫), 当代沉积(斯特拉霍夫), 沉积相(納利夫金), 沉积建造(沙斯基、魯欣), 以及对鋁土矿, 磷灰岩, 盐类沉积等沉积矿产的研究等各方面, 都取得了巨大成績, 因而远远超过资本主义国家, 达到世界最高水平。而在资本主义国家中法国卡叶 (L. Cayeux) 对硫酸盐岩和硅質岩的研究和美国童豪富 (W. H. Twenhofel) 对沉积作用理論的研究等也都有一定的貢獻。

在沉积岩石学发展史上, 苏联在1952年召开的沉积岩石学會議有特別重要的意义。第一, 在沉积岩石学中由于大量采用当代沉积的資料, 广泛应用现实主义方法, 而使萊伊尔的均变論帶入了沉积岩石学。按均变論的观点在任何地質时期沉积作用总是相同的, 重要的。当时某些苏联学者也有类似观点。大会認為現代与过去的比較方法, 这是自然历史科学通常工作方法, 而萊伊尔(均变論)理解中的“现实主义”, 是建立在地球历史中地質作用永恒不变的形而上学概念的基础上, 当时与灾变論思想作斗争中起过进步作用, 但它与現代科学、实际經驗处于尖锐矛盾状态, 与辯証唯物主义規律相抵触, 应该将它抛弃的。第二, 沉积岩很早就被認為“没有任何內在因果关系”, “矿物組合上沒有任何規律”(罗森布施, 460頁, 471頁)。現代德国学者史奈德洪 (H. Schneidehöhn, 1941) 也認為“沉积作用极为杂乱”。不少资产階級学者認為沉积岩的規律是不存在的, 沉积作用过程是偶然的, 杂乱的, 沒有內在联系的等等。这是形而上学的观点。普什托瓦洛夫指出: “应该把各种类型沉积岩看成是由生成历史順序联結起来的一个系列的各个环节”。在普什托瓦洛夫的沉积分异作用原理中曾体现了这种思想。这次沉积岩石学會議明确了在沉积岩石学方面辯証唯物主义的方法論, 因而对沉积岩石学的发展有极重要的意义。

我国岩石学只由旧中国繼承了一份十分微薄的遺產。学者如何作霖、叶良輔、喻德淵、楊傑、王恒升、李学清、程裕祺、王嘉蔭等人, 也为我国岩石学作出一定的貢獻。但在过去落后的社会制度束縛下, 岩石研究工作完全是一种冷冷清清的局, 研究态度也是科学而科学, 不切实际, 因而实际上所取得的成就是微不足道的。

中华人民共和国成立以来, 国民經济高速度的发展, 岩石学在大量的矿产勘探和区域地質測量工作的推动下, 迅速发展起来, 并取得了相当的成就。在石油普查和勘探工作中, 大量地、系統地应用了沉积岩石学的方法, 对我国的沉积岩石学作出了很大成績; 在石油工业部門中还建立了很多設備完善的中心實驗室, 这些都标志着我国沉积岩石学迅速发展到了较高水平。同时在对鉄、錳、磷和鋁土矿等沉积矿产的研究方面也作了很多有意义的工作。在岩浆岩石学方面結合区域地質測量广泛地研究了区域岩浆活动与地質构造和成

矿作用的关系(如新疆、西藏、祁連山、秦岭、南岭和大、小兴安岭等地区),也系統地研究了超基性岩的分布情况、岩相分带及其与成矿关系。結合区域和矿区地質測量对变質岩也进行了不少的研究工作。此外也进行了解放前空白的实验岩石和工艺岩石的研究。特别是在解放后还大力培养了大批新生力量,数以万計的青年地質工作者参加了地質工作,它是今后我国岩石学发展的重要保証。在我們的国家里,党和毛主席英明领导使国民經济高速度发展,还保証了科学研究走上結合生产、联系实际、以及集体主义的和有計劃发展的道路,建立了現代化设备的实验室,創造了必要的物質条件,这就給我国岩石学的发展奠定了十分有利的基础;可以預料我国岩石学的发展前景的无限美好的。

第一篇 岩 漿 岩

第一章 岩漿岩的基本概念

一、岩漿的概念

現代火山噴出大量的熔岩流，它們是人們親眼見到的岩漿，嚴格來說，岩漿比熔岩流會含有更多的揮發物質，因岩漿流出地表時，大量揮發物質已經逸去，其中主要是水蒸氣，其次是 CO_2 ， SO_2 等。天然熔岩流的成分是多種多樣的，有近於玄武岩成分的，有近於流紋岩成分的，也有近於安山岩成分的等等。天然基性熔岩流經測量知其表面溫度高達 $1000-1200^\circ\text{C}$ ，這是由於自身噴發的氣體與空氣接觸發生強烈氧化作用（如燃燒）和其它放熱反應的結果。熔岩流表面以下一公尺左右處溫度約為 $720-850^\circ\text{C}$ ，此處的岩流已見析出輝石等礦物。熔岩流的粘度一般較大，通常流動緩滯，在地表流速每小時約十幾公里，一般來說，熔岩流的 SiO_2 含量越高，其粘度越大，其次熔岩流溫度的降低和揮發分的散失也可使其粘度加大。

以上所述，我們獲得如下的概念：岩漿是天然產出的、熾熱的、熔解有揮發物質的硅酸鹽熔漿液體。

二、岩漿岩的概念

岩漿冷凝固結且通常結晶而形成岩漿岩，其物質組成主要是硅酸鹽礦物。岩漿岩與岩漿在成分上的主要區別在於含揮發份的岩漿在成為岩漿岩以前基本上已經失去其揮發份，只有在迅速凝固的條件下，少量揮發物質仍保留在岩石中，例如某些松脂岩含水達 10% 。也可以說岩漿岩是失去或幾乎失去了揮發份的凝固了的岩漿。

地質時期形成的岩漿岩，無論就其化學成分、礦物成分、結構構造、產狀以及其對圍岩所產生的作用等，在大多數情況下，都說明它們確係由岩漿冷凝結晶形成。但是也有一些具有岩漿岩外貌的岩石，特別是前寒武紀的一些深成花崗片麻岩，却可能由非岩漿方式形成。關於這些假岩漿岩將在變質部分中詳細的加以討論。

三、岩漿岩體的概念

岩漿岩以具有某種形狀，占有一定空間的岩體出現在地殼中。岩漿岩體的產生當然不是偶然的，它們是地質時期和地質構造發展的一定階段的形成物。岩體的形狀、大小、成分變化、含礦性，是一次形成的簡單岩體，還是多次形成的複雜的多相岩體，以及它們在時間上和空間上的分布規律等等是與各種各樣地質條件相聯繫並受其制約的，因此我們應該把岩漿岩體當做地質體來研究。初次從事地質工作或岩石工作的新手，往往只有岩石的概念，缺少岩體的概念，更缺乏從地質體的观点出發研究岩漿岩體和構成岩體的岩石，對此應當引起特別注意。

第二章 岩浆岩的矿物成分及化学成分

一、矿物成分

岩石是矿物的集合体，研究岩浆岩的矿物成分对于了解它的化学成分，地球化学特性，成因和生成条件，以及生成后的变化等都有重大的意义，此外它也是岩浆岩分类的重要基础之一。

1. 矿物成分分类及其在岩石分类上的意义

(1) 从矿物在岩浆岩分类和命名中的作用出发，可将岩浆岩矿物分成以下三类：

主要矿物：岩石中数量最多的矿物，它决定岩石属于哪一大类，例如花岗岩中的钾长石和石英都是主要矿物，缺一不可，如没有石英就不能称为花岗岩。

次要矿物：它们在岩石中比主要矿物数量少，对于确定岩石大类的名称不起作用，而将决定岩石种属的命名，例如石英在闪长岩中只起次要作用，但如闪长岩含有一定量的石英时，则称为石英闪长岩；如辉石在辉长岩中为主要矿物，而在花岗岩中却为次要矿物，也就是辉石的有无，对于花岗岩这一大类的名称没有影响。

付矿物：它们在岩浆岩中的含量通常不到1%，有时可达5%，处于附属地位，一般对于岩石的分类和命名不起作用。常见的付矿物有锆英石，磷灰石，榍石，磁铁矿等。近年来对于付矿物的研究日益深入，其意义在日益重大，有些学者甚至利用特征付矿物进行岩石种属的命名，如锆英石型花岗岩，榍石型花岗岩等。

(2) 根据矿物的化学成分及颜色可将矿物分为两类：

暗色矿物(铁镁矿物)：含铁镁较多，为简单硅酸盐，包括橄榄石，辉石，角闪石和黑云母等。

浅色矿物(硅铝矿物)：含硅，铝较多，为铝硅酸盐，包括长石，付长石，石英及白云母等。

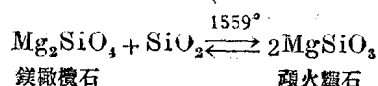
岩石中暗色矿物与浅色矿物的量比，反映了各大类岩石化学成分总的特征，例如花岗岩类含暗色矿物约10%，闪长岩类约30—40%，辉长岩类约40—50%，超基性岩类几乎不含浅色矿物。岩石学术语中，将花岗岩等浅色矿物占优势的岩石称为浅色岩，将橄榄岩，辉长岩等暗色矿物占优势的岩石称为暗色岩。此外，同一类岩石又可按其暗色矿物的含量来加以区分，如暗色花岗岩和浅色花岗岩等。

2. 矿物共生组合的规律性

虽然矿物的种类非常多，但岩石种类的数量却比矿物少得多，因此岩浆岩不是矿物的自由组合体，而是矿物有规律的共生。岩浆岩矿物共生组合的规律性决定于岩浆熔体的物理化学特性。

岩浆岩中矿物共生组合的主要规律性：

(1) 在缺少二氧化硅(尤其是同时又富含碱)的岩浆岩中没有石英。石英与付长石，镁橄榄石不同时存在。



橄欖石是在缺少 SiO_2 的情況下生成的，稱不飽和礦物，如岩石中含有不飽和礦物則稱為不飽和岩石。石英是在富含 SiO_2 的情況下生成的，稱過飽和礦物，如岩石中有多量石英則稱為過飽和岩石。

(2) 在含有輝石或角閃石的岩石中不會生成原生白雲母。

(3) 橄欖石難得與角閃石及鉀鈉長石同時出現。

(4) 在許多深成岩中，從輝長岩到花崗岩，黑雲母最常見於富含二氧化矽與鹼的岩石中。隨著這些氧化物含量的降低黑雲母就變為角閃石，然後角閃石為單斜輝石所代替。因此花崗岩中大都含有黑雲母。閃長岩和正長岩中大都含有角閃石，而輝長岩則大都由輝石組成。

(5) 鹼性輝石和鹼性角閃石只見於鹼性岩中。

(6) 霞石、白榴石、方鈉石及黃長石只存在於岩漿岩中，且白榴石多出現於淺成岩中，深成岩中難得有白榴石。

(7) 在高溫下迅速冷卻生成的方英石、鱗石英、透長石只見於噴出岩中，火山玻璃只見於岩漿岩中，且幾乎只見於噴出岩。

(8) 角閃石通常和鎂石同時存在，橄欖石和鉻尖晶石，黃長石和鈣鈦礦同時存在。

二、化學成分

岩漿岩的基本物質成分不是礦物成分而是化學成分，對岩漿岩的化學成分進行研究，可以了解各類岩漿化學成分的共同性和特殊性，可以了解各種岩漿岩系中的岩漿岩的化學成分變化的連續性和不同岩系的化學成分的差異。這種研究不僅能從化學成分上探討岩漿成因，岩漿和岩漿岩的化學成分特點，並有助於闡明岩漿在空間上和時間上的變化規律，而且有尋找內生礦床的實際意義。例如捷克斯洛伐克共和國蘇台德區某地多金屬礦與海西期暗色脈岩有關，但該區暗色脈岩除了海西期外還有加里東期的；蘇台德的地質工作者就是利用化學分析方法來把海西期脈岩與加里東期的區別開來，從而確定了找礦的方向。

其次化學成分的研究可將岩漿岩進行分類，這對於玻璃質和半玻璃質的火山岩的分類有特別重要的意義。

為了研究岩漿岩的化學成分，各國岩石學者試圖擬定各種計算方法公式和圖解來處理岩石的化學分析資料，其作用是用各種岩漿岩化學成分的特點突出地表現出來和便於加以對比。

為了適合專業需要，在本節中我們將只談到岩漿岩的化學成分分類，平均化學成分及化學成分共生組合的規律性。有關化學計算問題則從略，可參閱本院所編岩漿岩岩石學。

1. 化學成分分類：

岩漿岩的化學成分複雜，幾乎包括地殼上的所有元素，但是岩漿岩中所含的主要元素卻並不多，主要有 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti 等九種，這些元素在岩石中稱為造岩元素。岩漿岩的化學成分多用氧化物表示，光譜分析的微量元素則以元素表示。

主要氧化物： SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 H_2O ，共 10 種氧化物。除 H_2O 外其它 9 種氧化物的含量占岩漿岩總量的 99% 以上，其中以 SiO_2 最多，平均含量為 59.14%， Al_2O_3 次之。若以原子計算，O 占 46.42%，Si 占 27.59%，故岩

浆岩主要由硅酸盐组成。

H_2O 在深成岩中最少，而喷出岩中可达10%，（如松脂岩）。

次要氧化物： MnO 、 P_2O_5 、 CO_2 、 BaO 、 SrO 、 Li_2O 、 ZrO 等，含量一般均小于1%。

微量元素： Pb 、 Zn 、 W 、 Sn 、 Mo 、 Ba 、 Sr 、 Rb 、 Li 、 Be 、 Ga 、 Nb 、 Ta 、 Zr 、 Y 、等50多种，多存在于付矿物中。

2. 岩浆岩的平均化学成分：

表 1 岩浆岩的平均化学成分
(根据克拉克, 1924 年, 5159 个岩浆岩
化学分析的平均数值)

氧化物	重量百分比	元素	重量百分比
SiO_2	59.14	O	46.42
Al_2O_3	15.34	Si	27.57
Fe_2O_3	3.08	Al	8.08
FeO	3.80	Fe	5.08
MgO	3.49	Ca	3.61
CaO	5.08	Na	2.83
Na_2O	3.84	K	2.58
K_2O	3.13	Mg	2.09
H_2O	1.15	Ti	0.721
TiO_2	1.05	P	0.158
P_2O_5	0.299	H	0.130
MnO	0.124	Mn	0.125
CO_2	0.101		0.586
其它	0.376	其它	
100.000		100.000	

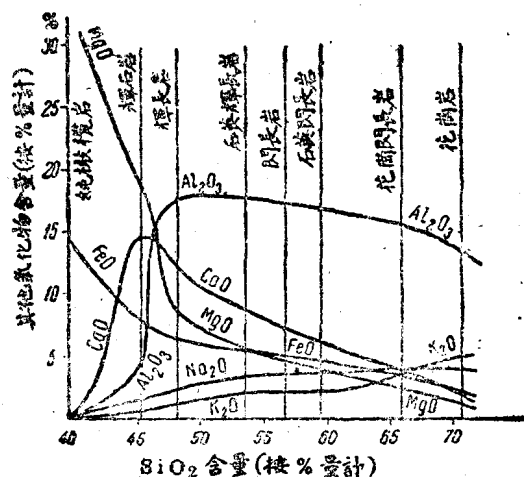


图 1

3. 各类岩浆岩化学成分变化的规律性：

各类岩浆岩化学成分随着 SiO_2 的增加而有规律的变化，根据 SiO_2 含量，可以将岩浆岩分成五类：

超基性岩	$SiO_2 < 45\%$	酸性岩	$SiO_2 65-75\%$
基性岩	$SiO_2 45-52\%$	超酸性岩	$SiO_2 > 75\%$
中性岩	$SiO_2 52-65$		

其它一些主要氧化物往往随着 SiO_2 的增加而发生有规律地变化(图 1)，如 FeO 、 MgO 逐渐减少。而 CaO 在超基性岩中很少，在基性岩中则大量出现，以后又逐渐减少。同样 Al_2O_3 在基性岩中大量出现，以后变化不大，略有变少的趋势。相反的 K_2O 和 Na_2O 在超基性岩中几乎没有，而至酸性岩却有显著的增加，当然这仅代表岩浆岩化学成分的一般变化。(见图 1)。

三、岩浆岩的矿物成分与化学成分的关系

岩浆岩的矿物成分和化学成分有密切的关系，如图 2 所示，由于在超基性岩中 SiO_2 含量低于 45%，而富于铁镁，另一方面钾钠和钙铝非常少，所以表现在矿物成分上，铁镁矿物占统治地位，一般在 90% 以上，主要为橄榄石和辉石，而浅色矿物如长石含量非常少，有的几乎没有。及至基性岩， SiO_2 含量增加到 45—52%， FeO 和 MgO 相对地减少了，而 CaO 及 Al_2O_3 却大量出现， K_2O 和 Na_2O 含量不多，所以岩石中出现大量的基性斜长石，

硅鋁礦物的含量大量增多，可達30—50%，而鐵鎂礦物相應地減少，並以輝石為主。至于

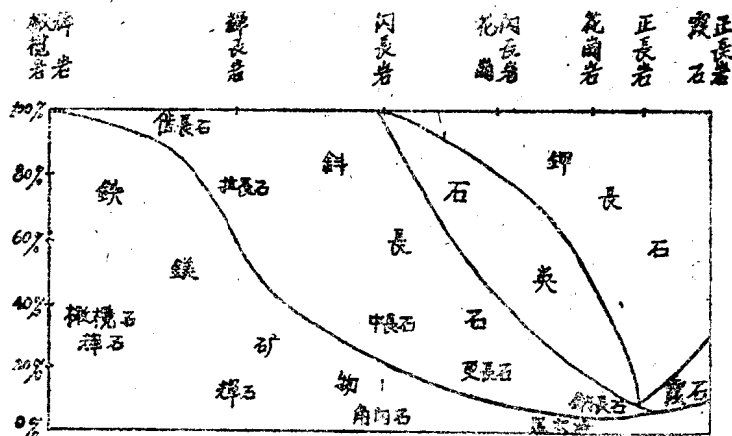


图 2 各类侵入岩内矿物成分变化的关系(据萨奇斯基)

中性岩, FeO 及 MgO 繼續減少, K_2O 及 Na_2O 相对地增多, 这时鉄鎂矿物的含量通常为 30—40%, 低于硅鋁矿物含量, 同时以角閃石为主, 硅鋁矿物主要为中长石, 可有少量石英出現。及至中酸性和酸性岩, FeO 、 MgO 和 CaO 的含量大大地减少, 而 K_2O 及 Na_2O 却相应地增多, 因此鉄鎂矿物含量大約减少为 10—15%, 主要是黑云母, 其次是角閃石, 而硅鋁矿物中則出現大量的石英和鉀长石, 以及酸性斜长石。只是到了正长岩及霞石正长岩时, 与一般的情况不太相同, SiO_2 相对减少了, 相当于一一般的中性岩, 但 K_2O 和 Na_2O 却显著增多, 表现在矿物成分上, 出現大量的鉀鈉长石, 石英一般都很少或沒有。而在霞石正长岩中还出現不少付长石, 鉄鎂矿物相应地比酸性岩要多, 含量約 15—20%, 同时在霞石正长岩中通常还出現一些碱性的鉄鎂矿物, 如霓石, 霓輝石, 鈉閃石等。图 2 表示各种岩浆岩中鉄鎂矿物和硅鋁矿物相对含量变化的一般情况, 实际上有不少例外, 例如在基性岩中有主要由基性斜长石組成的拉长岩, 而暗色矿物很少。

根据 K_2O 、 Na_2O 与 CaO 相对含量的变化，可将岩浆岩分成钙碱性系列和碱性系列。碱性系列与钙碱性系列相比，在化学成分上含 Na_2O 或 K_2O 较高，在矿物成分上，碱性长石可出现在基性岩中，其中斜长石则由于碱质增高而较为酸性。此外且出现有付长石类，如霓石，白榴石，方钠石，黝方石等，形成不饱和岩石，铁镁矿物也是碱性的，如霓石，霓辉石，钠闪石等。

第三章 岩漿岩的結構和構造

上一章討論了岩漿岩的礦物成分和化學成分，本章中將進一步探討礦物（以及非晶質的玻璃物質）如何組成岩石，也就是要研究岩石的結構和構造。它一方面反映了岩漿岩的生成條件，如成分相同的岩漿岩，可有不同的組成方式，岩石的外貌也因之絕然不同；另一方面則可作為岩漿岩分類的重要基礎之一。

关于岩石的结构构造还没有一致公认的定义，名词上也比較混乱，在过去的中文文献中往往把结构叫着組織，而把构造称为結構，也有的就称为构造。俄文、德文中結構构造

二名詞的含義恰好與英文相反。我們在本書中提到的結構是指組成岩石的礦物(以及玻璃)的結晶程度、顆粒大小、形狀以及組合方式所反映出來的岩石構成上的特點。構造是指不同礦物集合體之間,或礦物集合體與岩石的其它組成部分之間的排列方式以及充填方式的特點。

一、岩漿岩結構

1. 岩石的結晶程度——結構特征之一。

根據岩石中結晶部分和非結晶部分(玻璃)的比例,可將岩石的結構分成如下三大類:

- (1) 全晶質結構: 岩石全部是由礦物晶體組成的,例如花崗岩(見圖3左上)。
- (2) 玻璃質結構: 全部由玻璃組成,如黑曜岩(見圖3下)。

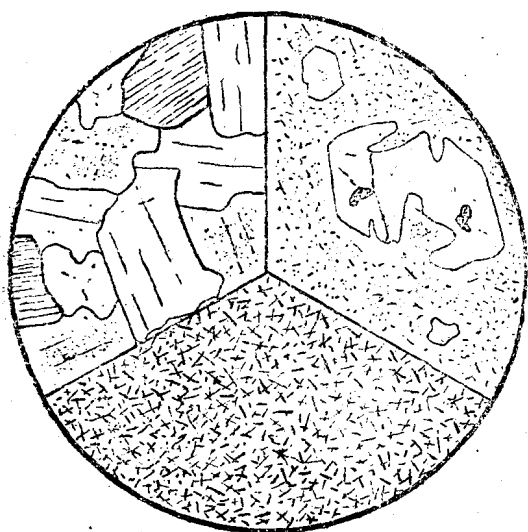


圖3 按結晶程度來分的三種結構

左上 全晶質雜物 右上 半晶質結構 左下 玻璃質結構

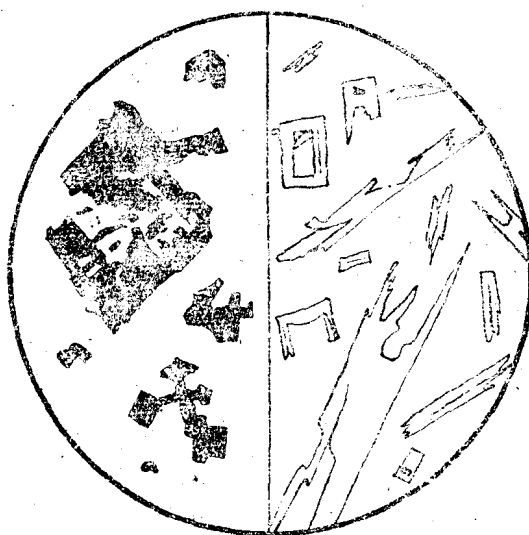


圖4 左磁鐵礦骸晶 右斜長石的骸晶

- (3) 半晶質結構: 岩石中既有礦物晶體,又有玻璃,如石英斑岩(見圖3右上)。

火山玻璃雖是固體,實質上是過冷卻的溶液,岩漿噴出地表或浸入到地表淺處,由於冷卻過快,以致其中的原子和原子群來不及進行組合而成為規律排列的結晶物質。這種處於不穩定狀態的玻璃物質隨著時間自然發生去玻璃化作用而形成晶體,在溫度或壓力升高的條件下,轉化更加迅速。最初階段在玻璃質中出現一些顆粒極細的生成物,稱為雛晶。它們是開始結晶的晶芽,還沒有表現出結晶物質的特徵,在正交偏光鏡下是沒有光性反應的。雛晶在比較酸性的新鮮的火山玻璃如黑曜岩,松脂岩,珍珠岩中較為常見,我國張家口以及閩浙一帶的白堊系酸性火山玻璃中就可看到雛晶。

玻璃質進一步結晶,可由雛晶發展到骸晶或微晶,它們已經具有結晶物質的性質了,骸晶已有晶體的輪廓,但延長得不完全(見圖4)。在正交偏光下有光性反應,但通常呈礦物個體不清晰的隱晶質集合體,這種結構稱之為霏細結構,這在酸性熔岩中是很常見的。霏細結構由去玻璃化產生,也可以是原生的,即由粘度大的酸性熔岩迅速冷凝的結果。霏細結構常常過渡到球粒結構。

A. H. 查瓦里茨基把球粒形成物归入于介于非晶質和显晶質之間的生成物，这也是去玻璃化作用的产物，这时某种矿物的結晶物質已經由非晶質玻璃中分离出来，但还不成为晶体，而是呈一些放射状的細纖維，这些纖維由一共同的中心向外生长，組成一些完整程度不等的，具放射綫状的球粒形成物，簡称为球粒(图 5)。如果岩石主要由球粒組成时，則其結構称为球粒結構，这种結構在中酸性熔岩的玻璃基質中比較常見。如在我国张家口一带上侏罗系张家口群以及閩浙沿海一带的建德系統流紋岩和石英斑岩中可以看到。有时可以看到球粒穿过流紋，这說明是后来重結晶的产物。球粒在正交偏光下呈十字形消光。

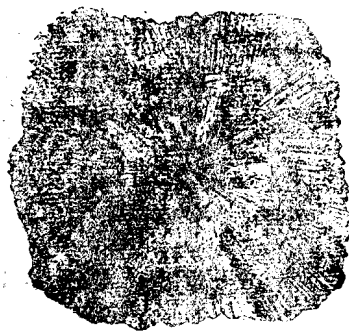


图 5 球粒結構

2. 矿物顆粒的絕對大小和相对大小——結構特征之一。

首先應該凭肉眼观察区别出晶質結構和隐晶質結構两大类（相应的岩石称显晶岩和隐晶岩）。前一类指矿物顆粒肉眼可辨者，后一类指矿物顆粒很細肉眼无法分辨者。后者的外貌是致密的，有时不易与玻璃質岩石相区别，但它一般沒有玻璃光泽，常呈瓷狀断口，同时也沒有火山玻璃那样脆。

显晶岩的顆粒大小，根据 B. H. 卢契茨基的分类，分为粗粒的（顆粒直径大于 5 毫米），中粒的（2—5 毫米），細粒的（2—0.2 毫米）以及微粒的（小于 0.2 毫米）四个等級。

應該說明矿物顆粒的絕對大小，是指岩石中主要矿物的平均大小，因为在粒状岩石中矿物的顆粒极少具有同样大小的，所以在标本或薄片中进行粒度測量时，需要选择同一种主要矿物来測量。

隐晶岩在显微镜下能进一步細分，如果在显微镜下能明显的看出矿物的顆粒，則称为显微晶質結構。如果顆粒小的連显微镜下也不能分辨，只是它們对偏光有作用，那么这种結構就称为显微隐晶結構。

根据矿物顆粒的相对大小，可以分出以下三种結構类型(图 6)

- (1) 等粒結構
- (2) 不等粒結構
- (3) 斑状与似斑状結構。

这里需要注意的是区分等粒結構和不等粒結構时，都应该拿同一种矿物顆粒大小来作比較。等粒結構是指同种主要矿物顆粒大小大致相等，而不等粒結構也就是同种矿物顆粒大小不等，如其粒度依次降低，构成連續系列，又可称为連續不等粒結構。

斑状和似斑状結構，是指所有顆粒或晶体都分属于大小截然不同的两群，大的称为

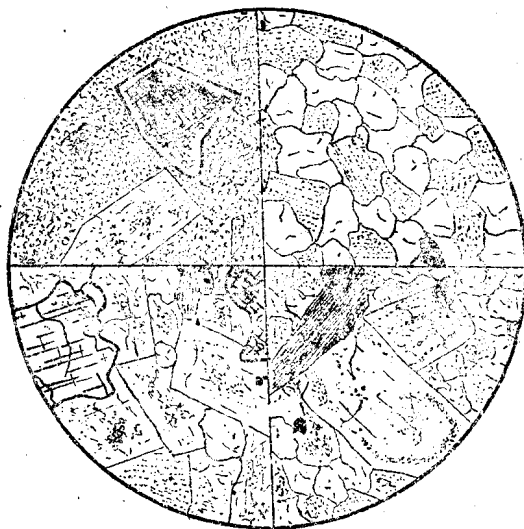


图 6 由顆粒相对大小命名的結構类型

右上 为等粒結構 右下 为似斑状結構
左上 为斑状結構 左下 为不等粒結構

斑晶，小的称为基質，沒有中等大小的顆粒，这点可以与不等粒結構相区别。斑状与似斑状結構两者之间的区别，主要是根据基質的結晶程度，如基質为隱晶質或玻璃質，則称为斑状結構，如基質为显晶質，則称似斑状結構。

斑状結構是淺成和噴出岩的特征，这是由于岩浆在其結晶生成时期，处于不同的深度，即处于不同的物理化学条件所致。熔漿在地壳較深的地方已开始結晶，形成一些比較大的斑晶，然后又順着一定构造裂隙迅速上升到地壳浅处或流出地表，这时，熾热的熔漿

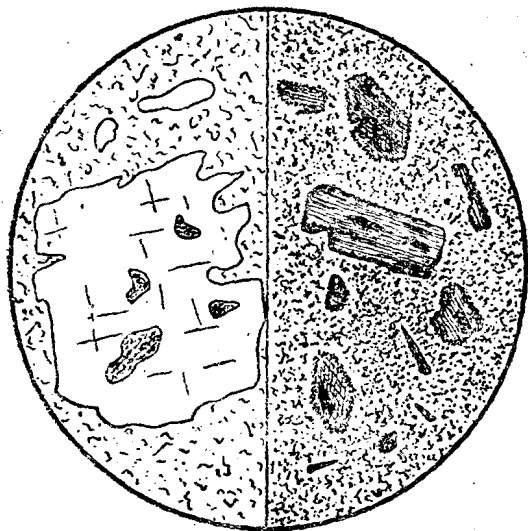


图7 角閃石，黑云母暗化边(右)
石英，透长石的熔蝕(左)

驟然冷却，迅速結晶形成一些微晶，甚至有时来不及結晶而凝結成玻璃，因此就生产了两个不同世代的晶体，早結晶的斑晶和晚結晶的基質构成斑状結構。生成的斑晶随熔漿上升到地表后，由于物理化学条件发生急剧变化而变得不稳定，往往遭到熔蝕（特别是酸性熔岩中的石英斑晶）或分解（例如黑云母或角閃石周围形成的暗化边）并轉变成另一些矿物(图7)。这些現象标志着岩石結晶时期物理化学条件有过显著的变化。其次在矿物成分上也反映結晶时间的早晚。例如在噴出岩中黑云母和角閃石只能在斑晶中出现，而在基質中一般不存在。另外斜长石虽在斑晶和基質中都可以出现，但是斜长石斑晶一般比微晶較为基性。

似斑状結構主要分布于淺成岩和部分深

成岩中，它显然与斑状結構不同，并不是由于物理化学条件显著变化而产生的，这种結構的基質通常是細粒全晶質的，基質的形成和斑晶的析出是在相同或几乎相同的条件下进行的。一般可以这样来解释，若熔漿中某一种組分的数量多于熔体共結成分所需的量，当熔漿逐漸冷却时，多余的組分首先飽和并开始析出完好的晶体，当液态熔漿达到共結点时，則同时結晶形成較細粒的共結混合物，而且有时还形成相互有規律的交生。这样的結構在花崗斑岩型岩石中比較常見，故Ф.Ю.列文生—列信格又称为花崗斑状結構。

正因为具似斑状結構的岩石，其斑晶和基質差不多同时結晶，所以斑晶和基質的矿物成分往往不是一致的，斑晶的周围一般看不到熔蝕或暗化边。有时斑晶的繼續生长和基質的結晶同时进行，这时基質的顆粒往往从边缘插到斑晶中，因而斑晶虽一般都具有結晶外形，但都沒有完整的晶面。另外在似斑状結構中，斑晶和基質的顆粒往往在大小上并无很显著的区别，有时还可以看到过渡为連續不等粒結構的現象。

3. 矿物顆粒的外形——結構特征之一。

矿物顆粒的外形也是重要的結構特征之一。依矿物顆粒外形的完整程度，可分为以下三类：

(1) 自形晶：晶面完整，在薄片中共呈規則的多边形。这种晶体多半是在有足够的空間，允許其充分生长的条件下生成的，或者这种晶体的生长力比較强。例如斑状岩石中的斑晶，以及深成岩中先結晶的某些付矿物通常呈自形晶(见图8上)。

(2) 半自形晶：晶体发育得不完整，部分有完整的晶面，部分为不规则的轮廓，这说明在结晶时很多矿物都在析出，条件不允许它充分发展，在一般深成岩和浅成岩中很多矿物都是成这种形状的(见图8右下)。

(3) 它形晶：无一完整的晶面，形状多半是不规则的，充填在其它已经析出的矿物颗粒空隙之间。如花岗岩中的石英常成他形晶，表明它是最晚结晶出来的(见图8右下)。

4. 岩石中矿物的交生和反应——结构特征之一。

岩浆岩中矿物的交生情况也是结构特征之一，常常见到两种以上的主要矿物互相穿插生长，这往往是代表两种矿物同时结晶的情况，这种结构类型称交生结构。例如在基性的浅成岩和部分喷出岩中所常见的斜长石和辉石穿插生长的辉绿结构，斜长石往往比辉石要自形得多。也常见到斜长石与辉石自形程度几乎相等的辉长结构，以及粗粒的辉绿结构—辉长辉绿结构。关于这些结构的成因可用透辉石—钙长石二元共结系来解释。透辉石—钙长石组合，是接近于基性岩浆岩中矿物共生的基本特点，其结晶成分为透辉石58%—钙长石42%，共结点为 1270° 。

图9可以说明基性岩中斜长石与辉石之间结构的多变性，共结混合物成分偏向透辉石(58%)。根据统计原则，天然的熔浆结晶顺序，应为斜长石先结晶或斜长石与辉石同时结晶，如图所示，当成分为 x_1 ，即与共结比一致时斜长石与辉石同时结晶形成辉长结构，当成分为 x_2 ，斜长石组分大于共结比时，则斜长石先结晶而辉石后结晶形成辉绿结构，当成分介于 x_1 与 x_2 之间，则结构也为过渡型的辉长辉绿结构。

另外，在伟晶岩及部分花岗岩中常可見到石英碱性长石有规则的交生，石英嵌晶往往具有几何的外形，并且在正交偏光下同时消光，称之为文象结构(见图10)。关于文象结构的成因可用白榴石— SiO_2 二元近结系来解释(图11)，因高温时 SiO_2 和钾长石不成为熔浆状态存在，当成分为E点，温度下降至 1170° 时，钾长石与石英同时结晶，形成文象结构。蠕虫结构

(见图10右)是一种特殊弯曲的蠕虫状石英嵌晶穿插生长在长石中，斜长石往往朝向钾长石一边突出，这是由于斜长石交代了钾长石，剩余的氧化硅生长了蠕虫状石英。条紋结构是钾长石与斜长石的交生结构，常见的是在大的钾长石晶体中包含有很多钠长石条紋，故

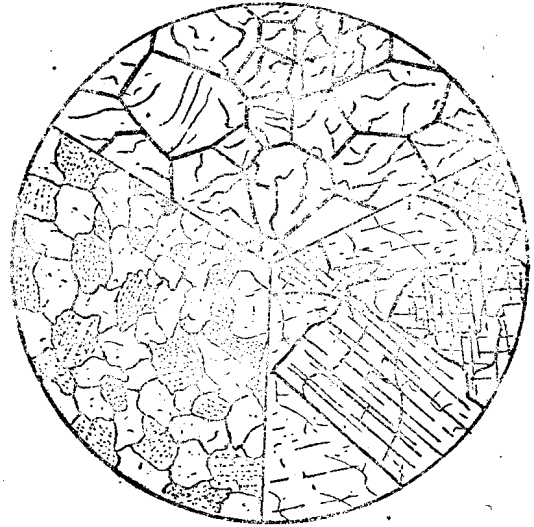


图8 矿物颗粒的外形完整程度
上：自形晶 右下：半形晶 左下：他形晶

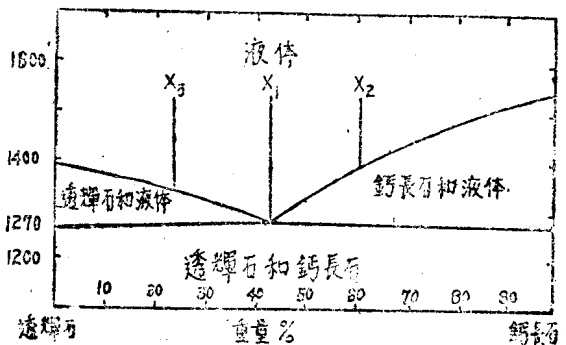


图9 透辉石—钙长石系