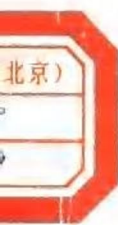




高等学校试用教材

岩石典型结构分析

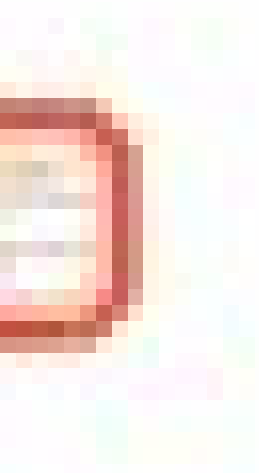
叶德隆 邬金华 陈能松 编著




中国地质大学
出版社

结构分析

——



高等学校试用教材

岩石典型结构分析

叶德隆 ~~邬金华~~ 陈能松 编著

中国地质大学出版社

• (鄂)新登字第 12 号 •

内 容 提 要

岩石结构是岩石分类命名的依据之一,可以反映岩石形成和演化环境的丰富信息,也可以作为某些特征岩石和矿床的结构标型。岩石结构的分析研究是岩石学课程的基本教学内容。

本书精选 300 多幅显微照片,反映了各类岩石基本的典型结构和部分最新研究成果,着重说明各种典型结构的特征和识别标志,并对各类结构的形成机理、揭示的地质作用信息及指示意义作了分析探讨。全书内容丰富,文字简练,照片和插图清晰。

本书是地质类各专业基础岩石学课程的配套教材,也可供研究生和生产、科研岗位在职地质技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

岩石典型结构分析/叶德隆,邬金华,陈能松编著. —武汉:中国地质大学出版社,1995.6

ISBN 7-5625-0997-2

I. 岩…

I. ①叶… ②邬… ③陈…

Ⅲ. 岩石-典型结构-分析

IV. P 58

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 赵颖弘 责任校对 徐润英

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 5.75 图版 58 字数 240 千字

1995 年 6 月第 1 版 1995 年 6 月第 1 次印刷 印数 1-2000 册

定价:7.30 元

前言

岩石结构是岩相学研究的基本内容之一。无论是火成岩、沉积岩还是变质岩,它们形成演化的物理化学环境都会在岩石结构上留有印记,仔细研究各类岩石的典型结构,可以揭示成岩地质环境的丰富信息。岩石典型结构是岩石分类命名的重要依据,一些岩石的名称就是按照结构命名的。某些特征岩石的典型结构对于成岩和(或)成矿条件具有确定的指示意义,成为这些特征岩石的结构标型。因此,深入研究岩石结构对于岩石学乃至整个地质科学的发展都有一定的理论和实践意义。无疑,岩石结构的分析研究应该是岩石学课程的基本教学内容。

按照“先进性、科学性、启发性和实用性”的原则要求,编写简明适用的教材是课程建设的一项基础工作。基础岩石学课程目前已有正式出版的主干教材和配套的实验指导书,但缺少一本与之配套的岩石结构分析的教材。早在50年代,北京地质学院岩石教研室曾依据苏联K.O. II. 波洛维金娜等著的《岩石结构》(1943年版)一书,编译过《岩浆岩结构》、《沉积岩结构》、《变质岩结构》三本小册子,作为岩石学实习课的参考资料,在当时岩石学课程教学中发挥过良好的作用。这三本小册子大多是显微素描图,只有少量显微照片,配有简单的文字说明,其内容显然已不适应目前岩石学科的发展和教学要求。

中国地质大学(武汉)岩石教研室按照岩石学课程建设的整体计划,委托笔者编写《岩石典型结构分析》一书,作为岩石学课程的配套教材,并经学校教材委员会审定批准正式出版。本书参照基础岩石学课程现行教学大纲,根据岩石学目前的发展水平及与主干教材配套使用的要求,选取各类岩石的典型结构,以显微照片显示各种典型结构的特征。选材上以各类岩石基本的典型结构为主,并吸收一些目前最新的研究成果,以使学生在掌握课程基本内容的基础上有所扩展,了解岩石学科的一些新进展。

本书共分三章,第一章火成岩典型结构分析,第二章沉积岩典型结构分析,第三章变质岩典型结构分析。按照火成岩、沉积岩、变质岩这三大类岩石各自的特点,每章的撰写风格和体例不尽相同,各章相对独立。三章共同的特点是,着重分析各种典型结构的基本特征和识别标志,并尽可能对某些结构的形成机理、揭示的地质过程信息及指示意义作了分析或探讨。编著分工是:第一章由叶德隆执笔,第二章由邬金华执笔,第三章由陈能松执笔。

本书显微照片大多数是选自中国地质大学(武汉)岩石实验室教学薄片、作者们及其同事们的科研薄片直接拍摄的,部分显微照片(照片编号前有*者)引自《火成岩结构构造图册》(张树业等编著,1982)等专著。本书编写得到游振东、余素玉、莫宣学、王方正教授的支持与鼓励,孙平、邹贻薪、赵姍茸、张泽明、郑建平、周汉文提供了部分薄片,叶松拍摄部分显微照片,王群、谢意红清抄部分稿件,插图由张小玉绘制,曾广策副教授仔细审阅了书稿,并提出了许多宝贵的修改意见,责任编辑赵颖弘也为本书出版付出了辛勤的劳动,作者在此一并致谢!

由于时间仓促和编者水平所限,书中缺错和不当之处,敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编著者

1994年4月

目 录

第一章 火成岩典型结构分析.....	(1)
一、超基性岩和基性岩典型结构	(1)
1. 自形-半自形粒状镶嵌结构	(1)
2. 包含结构	(1)
3. 包橄结构	(1)
4. 海绵陨铁结构	(2)
5. 假象结构和网状结构	(3)
6. 玻基斑状结构	(4)
7. 鬣刺结构	(4)
8. 辉长结构	(5)
9. 辉绿结构	(5)
10. 嵌晶含长结构	(5)
11. 间粒结构	(6)
12. 间隐结构	(6)
13. 拉斑玄武结构	(7)
14. 玻晶交织结构	(7)
15. 细碧结构	(7)
二、地幔岩典型结构	(8)
1. 原生粒状结构	(8)
2. 残碎斑结构	(9)
3. 等粒结构	(9)
4. 橄榄岩包体或其解体的矿物与熔浆的反应结构	(10)
5. 部分熔融结构	(11)
三、金伯利岩典型结构.....	(12)
1. 卵斑结构	(12)
2. 同种矿物的多世代结构	(12)
3. 镁铝榴石球斑和次变边结构	(13)
4. 磷灰石的太阳晶结构	(13)
5. 同生岩球结构	(13)
四、中酸性岩典型结构.....	(15)
1. 花岗结构	(15)
2. 二长结构	(15)
3. 粗面结构	(15)
4. 响岩结构	(15)
5. 霏细结构	(16)

6. 球粒结构和球颗结构	(16)
7. 雏晶结构	(16)
五、稀有金属花岗岩典型结构	(17)
1. 细粒似斑状结构	(17)
2. 石英斑晶的雪球结构	(17)
3. 微斜长石斑晶的棋盘格子结构	(17)
4. 包球结构	(18)
六、脉岩典型结构	(19)
1. 细晶结构	(19)
2. 煌斑结构	(19)
七、火山碎屑岩典型结构	(20)
1. 凝灰结构	(20)
2. 熔结凝灰结构	(21)
八、典型斑状结构	(21)
1. 斑状结构	(21)
2. 聚斑结构	(22)
3. 联斑结构	(22)
4. 暗化边斑状结构	(22)
5. 熔蚀斑状结构	(23)
6. 花斑结构	(24)
7. 似斑状结构	(25)
九、典型矿物交生结构	(25)
1. 反应边结构	(25)
2. 次变边结构	(25)
3. 环带结构	(26)
4. 希勒结构	(28)
5. 砂钟结构	(28)
6. 文象结构	(29)
7. 条纹结构和反条纹结构	(30)
8. 蠕虫结构	(32)
9. 更长环斑结构	(32)
十、成矿岩石典型结构实例	(33)
1. 会生结构	(34)
2. 黑云母交代斑状结构	(34)
3. 叠加交代结构	(34)
4. 成铜岩石结构	(34)
第二章 沉积岩典型结构分析	(36)
一、碎屑岩结构	(37)
(一) 沉积结构	(37)

1. 粒度	(37)
2. 分选	(38)
3. 圆度	(39)
4. 球度和形态	(39)
5. 组构	(40)
6. 结构成熟度	(41)
7. 沉积结构命名	(41)
(二)成岩后生结构	(42)
1. 胶结物结构	(42)
2. 胶结类型	(43)
3. 压实性结构	(43)
4. 交代结构	(44)
5. 溶蚀结构	(45)
二、碳酸盐岩结构	(46)
(一)沉积结构	(46)
1. 颗粒支撑和泥基支撑	(47)
2. 泥晶基质	(47)
3. 沉积组分被粘结	(48)
4. 颗粒	(48)
(二)沉积结构在微相分析中的应用	(52)
(三)成岩后生结构	(52)
1. 胶结物结构	(53)
2. 胶结类型	(54)
3. 压实性结构	(55)
4. 交代结构	(55)
5. 溶蚀结构	(57)
6. 结晶结构	(57)
第三章 变质岩典型结构分析	(59)
一、变质岩结构的含义和结构类型划分	(59)
1. 结构含义	(59)
2. 变质岩结构类型的划分	(59)
二、变余结构	(60)
1. 变质岩浆侵入体中的变余结构	(60)
2. 变质火山岩中的变余结构	(61)
3. 变质沉积岩中的变余结构	(61)
三、变晶结构	(62)
1. 变晶的粒度和成因	(62)
2. 变晶的晶习与形状	(64)
3. 自形矿物的形成与意义	(65)

4. 矿物颗粒间的相互关系	(66)
四、反应结构	(69)
1. 反应边、冠状体、后成合晶和次变边结构	(70)
2. 附生结构	(72)
3. 残余结构和假象结构	(73)
4. 条纹结构	(74)
5. 环带结构	(75)
五、变形结构	(76)
1. 碎裂结构	(76)
2. 糜棱结构	(76)
3. 显微构造	(78)
六、变质作用历史分析的结构标志	(80)
1. 变质变形关系的结构标志	(80)
2. 矿物共生的结构标志	(81)
3. 矿物世代的结构标志	(82)
主要参考文献	(83)
图版及说明	

第一章 火成岩典型结构分析

一、超基性岩和基性岩典型结构

1. 自形-半自形粒状镶嵌结构 (holocrystalline panidiomorphic-hypidiomorphic mosaic texture)

岩石由一些粒状或短柱状矿物组成,主要矿物多为自形晶和半自形晶,粒度大小相近,彼此多成直线接触,互相镶嵌。这种结构是橄榄岩、辉石岩等超基性岩类中常见的典型结构,在岩浆碳酸岩和地幔岩中也常见这种结构。照片 I-1 示陕西松树沟橄榄岩,由大小相近的橄榄石颗粒构成自形-半自形粒状镶嵌结构。照片 I-2 是陕西某地的碳酸岩,由自形一半自形的细粒方解石紧密镶嵌而成,粒间或充填一些磁铁矿等金属矿物。这种结构特征反映了岩石形成于深成环境,岩浆冷凝缓慢,矿物从熔浆中晶出有充足的时间和一定的自由空间,而且岩石主要由同一种等轴粒状矿物(如橄榄石、辉石、方解石等)组成,在同样条件下,矿物颗粒的结晶能力大体相同。

在层状火成堆积岩中,当堆积晶体与间隙岩浆成分相近,堆积晶体数量较多,间隙岩浆数量较少,且间隙岩浆的温度和成分都能充分满足堆积晶体的增堆积生长 (adcumulus growth) (类似沉积石英砂岩的次生加大) 时,堆积晶体就增堆积生长扩大,最终彼此紧密镶嵌,基本不留空隙,形成增堆积结构 (adcumulatic texture), 也称半自形粒状镶嵌结构。这种增堆积结构常见于火成堆积的单成分岩石(如纯橄榄岩、辉石岩)中。照片 I-3 示四川红格层状堆积辉石岩中由钛普通辉石半自形晶相互接触、彼此镶嵌成半自形粒状镶嵌结构。

2. 包含结构 (poikilitic texture)

泛指岩石中一种矿物大晶体中包含小晶体的结构。大矿物称主晶,被包裹的小矿物称客晶。后者可以是一种矿物,也可以是几种矿物。主晶和客晶矿物之间并无固定的成分和温压关系,故这种结构只表明被包含的矿物结晶早于包嵌它的大矿物,但主晶常有熔蚀或交代早期客晶的现象。照片 I-4 示新疆库姆塔克辉石闪长岩中的角闪石大晶体中包含有斜长石、磁铁矿及被熔蚀的橄榄石小晶体,其中橄榄石较多,可视为向包橄结构过渡的结构类型。

3. 包橄结构 (poikilitic olivine texture)

大颗粒的辉石或角闪石或斜长石中包裹着橄榄石小晶体,构成一种特征的包含嵌晶结构。被包裹的橄榄石常受到熔蚀圆化,表明先结晶的橄榄石被岩浆熔蚀过,以后又被后结晶的辉石、角闪石、斜长石等大晶体所包裹。

在火成堆积岩中,橄榄石常常是先结晶的堆积晶体,它们可受到间隙岩浆的熔蚀圆化,间隙岩浆后结晶形成辉石或角闪石大晶体,并把它包嵌,形成包橄结构。照片 I-5 示四川红格层状橄榄辉石岩中的包橄结构,一个钛普通辉石大晶体中包裹着一些橄榄石嵌晶,这些橄榄石多已圆化,还有几个橄榄石颗粒消光位相同,干涉色也相同,可能是一颗橄榄石晶体被间隙岩浆强烈熔蚀后分隔开的。

在辉石橄榄岩、橄榄辉石岩等超基性侵入岩及基性的橄长岩中常见包橄结构，如吉林红旗岭的橄榄辉石岩、宁夏小松山的辉石橄榄岩中都发育有典型的包橄结构。

4. 海绵陨铁结构 (sideronitic texture)

基本特征是大量金属矿物呈它形晶充填在硅酸盐造岩矿物之间，或这类硅酸盐矿物镶嵌在大量金属矿物的基底上，类似沉积砂岩中的基底式胶结结构。硅酸盐矿物有时不同程度地圆化，在大片金属矿物间呈现似海绵孔状。

海绵陨铁结构是陨石中常见的结构，在地球火成岩富含金属矿物的超基性岩和基性岩中也常出现。构成这种结构的硅酸盐矿物多是橄榄石、辉石、角闪石，也可有少量基性斜长石，金属矿物通常是磁铁矿、钛磁铁矿、铬铁矿及铜镍硫化物（如黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿等）。我国著名的攀（枝花）西（昌）裂谷带上一些层状超基性、基性岩体中就常见这种结构，如四川红格钒钛磁铁矿床纯橄榄岩型、橄榄辉石岩型和辉石岩型钛磁铁矿矿石，均常见钛磁铁矿它形集合体充填于橄榄石、钛普通辉石粒间，构成典型的海绵陨铁结构。河北大庙含钒钛磁铁矿的透辉石岩也具有海绵陨铁结构。甘肃金川铜镍矿床的含矿橄榄岩和四川丹巴杨柳坪铜镍铂矿床的含矿橄榄岩，都是由它形的铜镍硫化物充填在已蛇纹石化的橄榄石自形晶之间，构成特征的海绵陨铁结构。

关于海绵陨铁结构的成因，目前针对两种不同的情况各有相应的解释。

一种观点认为，海绵陨铁结构是岩浆熔离作用的产物。熔离作用即液态分离作用，指在较高温度下一种均匀的岩浆熔体，当温度下降时分离成两种成分不同的不混熔的熔体。岩浆熔离作用所产生的不混熔的两部分：①硅酸盐熔体，结晶以后形成橄榄石、辉石和角闪石等硅酸盐矿物；②重金属的硫化物和（或）氧化物熔体，结晶以后形成黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿等金属硫化物矿物和（或）磁铁矿、铬铁矿、钛磁铁矿等金属氧化物矿物。岩浆中挥发组分（如硫、磷）的存在能促进熔离作用的发生。岩浆经熔离后的两部分，硅酸盐熔体结晶温度较高，通常先结晶出自形较好的硅酸盐造岩矿物；硫化物和（或）氧化物熔体结晶温度相对较低，因而较后结晶成它形晶充填于早先晶出的硅酸盐矿物粒间，这样就形成典型的海绵陨铁结构。照片 1-6 所示的甘肃金川含矿橄榄岩的海绵陨铁结构是这种成因的一个实例，已蛇纹石化的假象橄榄石仍保持自形晶轮廓，颗粒间充填的是它形铜镍硫化物，这些金属矿物犹如橄榄石的“胶结物”，反映出橄榄石先结晶，铜镍硫化物后结晶。

另一种观点认为，海绵陨铁结构是层状基性、超基性火成堆积岩的一种特征结构。火成堆积岩的形成机理是：自岩浆柱内上覆岩浆中原始结晶出来并因重力分异下沉而与上覆岩浆分离的矿物晶体，称作“堆积晶体”。堆积晶体是较早结晶的矿物，视具体条件不同，可以是橄榄石、斜方辉石、斜长石、铬铁矿、钛磁铁矿等。堆积晶体的矿物从岩浆中晶出有较充分的生长时间和空间，因而常具有完好的晶形，但又因其在下沉过程中往往受到周围岩浆的熔蚀作用，从而形成不同程度圆化的自形晶，这些堆积晶体在岩石中常呈粒度相对均匀的单个个体出现。环绕在堆积晶体周围的残存岩浆，称为“间隙岩浆”。这种间隙岩浆就地结晶形成的矿物，称为“堆积间隙矿物”。这类堆积间隙矿物常是单斜辉石、角闪石、斜长石等硅酸盐矿物，也可以是磁铁矿、钛铁矿、钛磁铁矿等金属矿物。堆积间隙矿物生长时受到岩浆性质和空间的限制，通常都呈它形晶。若将火成堆积岩与沉积碎屑岩类比，堆积晶体与堆积间隙矿物的关系类似碎屑与胶结物的关系。当堆积晶体是硅酸盐矿物，且数量相对较少，彼此分散互不接触，而堆积间隙矿物是金属矿物，且数量较多，呈它形间隙充填状时，就构成典型的海绵陨铁结构。照片 1-7 所示的四川白马田家村含钒钛磁铁矿橄榄岩的海绵陨铁结构是这

种成因的一个实例，橄榄石堆积晶多已被熔蚀圆化，其内部沿裂隙已蛇纹石化形成网状，橄榄石粒间被后堆积的钛磁铁矿充填，颇似沉积砂岩中基底式胶结的形态特征。

5. 假象结构 (pseudomorph texture) 和网状结构 (mesh texture)

原生矿物被取代以后，已形成化学成分和晶体结构都不同的新生矿物，但仍然保留着原矿物的晶形，有的甚至还保存着原矿物的解理、裂纹等内部结构，这类结构称为假象结构。能形成假象结构的原生矿物通常是化学性质不够稳定、容易被交代蚀变的矿物。

火成岩中最常见的假象结构有两类：

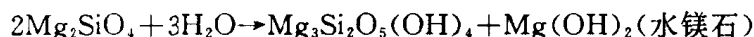
一类是橄榄石、斜方辉石被蛇纹石取代的假象。这是超基性岩、地幔橄榄岩和金伯利岩中最常见的一种假象结构。照片 I-8 示四川丹巴杨柳坪方辉橄榄岩中的假象橄榄石，橄榄石已全部被蛇纹石交代，但仍保留橄榄石的晶形和内部裂纹，而构成假象橄榄石的叶蛇纹石的叶片纤维垂直颗粒周边和裂隙排列。

地表所见的超基性岩大多数已强烈蛇纹石化，甚至彻底蛇纹石化成蛇纹岩。由于蛇纹岩常保持完好的原生矿物的假象和岩石结构的残余迹象，故据这些标志可以恢复原岩的矿物组成和岩石类型，如皖南歙县伏川元古宙古老蛇绿岩套下部层位的蛇纹岩，根据假象和结构的残余迹象，可确定原岩的主要岩石种属是方辉橄榄岩，由富镁橄榄石和斜方辉石组成，橄榄石和斜方辉石虽已全部蛇纹石化，但仍保留完好的变余假象结构，假象斜方辉石颗粒仍保持对原解理缝方向平行消光的背景，假象橄榄石颗粒常构成 120° 的“三联点”(triplepoint) 变晶镶嵌结构，从而显示出古地幔变质橄榄岩的特征标志 (照片 I-9)。

超基性岩体常产出于深断裂带上，临近热液通道，在由深处上升的挥发分和热液影响下，易遭受次生蚀变和交代作用。在低温和中—高压条件下，并有过量水蒸气存在时，橄榄石和辉石都不稳定，被蛇纹石、绿泥石、滑石等取代。当有足够数量的 Ca 时，还可伴生透闪石和碳酸盐类矿物。

橄榄石的蛇纹石化作用是一种交代作用，主要反应是：

① 水化作用



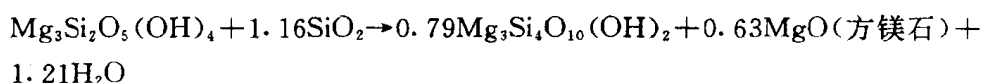
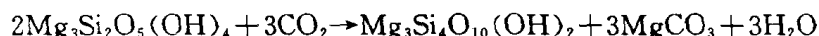
② 硅化作用



③ 碳酸盐化作用



蛇纹石进一步热液蚀变，代入 CO_2 或 SiO_2 ，移出 MgO ，可转变成滑石，反应式有：



因此，强烈的蛇纹石化常常伴随出现滑石化和碳酸盐化。

超基性岩发生蛇纹石化的过程总是先沿着橄榄石或辉石晶体的边缘、裂隙或解理进行，然后波及整个矿物，最终使之全部转变为蛇纹石而形成蛇纹岩。蛇纹石族矿物的发育演变顺序通常是由胶蛇纹石→纤维蛇纹石→叶蛇纹石。因此，常见沿橄榄石边缘、裂隙和斜方辉石解理发育叶蛇纹石，颗粒内部发育胶蛇纹石。叶蛇纹石的折射率和干涉色明显高于胶蛇纹石，因而使假象橄榄石显现网状结构。照片 I-10 和 I-11 示皖南伏川蛇绿岩套下部层位变质橄榄岩 (蛇纹岩) 中假象橄榄石的这种网状结构。

另一类假象结构是似长石类的白榴石常被钾长石、绢云母、方沸石等交代而仍保留白榴石的晶形，这种假象白榴石称作“假白榴石”。在某些富 K_2O 、贫 SiO_2 的火山岩或浅成岩（如白榴粗面岩、白榴玄武岩、白榴石响岩、白榴石钾镁煌斑岩）中，常见这种假象白榴石斑晶。照片 I-12 示假白榴斑岩，岩石具斑状结构，白榴石斑晶已被钾长石、霞石、绢云母等矿物集合体交代，却仍保留完好的白榴石晶形，岩石基质由绿泥石、绢云母等矿物集合体构成。照片 I-13 示湖北大洪山区王关的白榴石钾镁煌斑岩，岩石为斑状结构，斑晶矿物是白榴石和橄榄石，基质矿物主要是透辉石和金云母，照片中的白色多边形者是假象白榴石斑晶，由钾长石、方沸石、高岭石等蚀变矿物集合体构成，柱状矿物是透辉石。

6. 玻基斑状结构 (vitro basic porphyritic texture)

岩石为斑状结构，除部分较大的斑晶矿物为结晶体外，基质全部或几乎全部由玻璃质组成。玻基斑状结构常出现于超基性火山岩中，如麦美奇岩（玻基纯橄岩）由橄榄石粗粒斑晶和黑色玻璃基质组成，玻基橄辉岩由普通辉石和橄榄石斑晶及褐色玻璃基质组成，玻基辉石岩则由普通辉石斑晶和暗色玻璃基质组成。

照片 I-14 是浙江天台冷水坑产出的一种玻基纯橄岩，斑晶为自形橄榄石，有的颗粒已部分被熔蚀，基质为深棕色玻璃，岩石化学成分相当于富碱质的超基性岩。

在某些基性火山岩中可出现以斜长石为斑晶的玻基斑状结构。照片 I-15 示吉林安图玄武岩的玻基斑状结构，长板条状斜长石斑晶具有贯穿双晶，其内部含有一些不规则状的火山玻璃包裹体，深棕色玻璃基质中只含有极少量小条片状斜长石微晶。

在玻基玄武岩中还有一种特殊的玻基斑状结构，由斜长石斑晶和胶状构造的玻璃基质组成。照片 I-16 示意大利西西里的玻基玄武岩，斑晶斜长石自形，玻璃基质成凝胶状，并围绕斜长石斑晶形成胶状边缘，或部分渗入熔蚀交代斜长石斑晶。

玻基斑状结构形成的条件，是岩浆在深部曾经稳定了一个阶段，有较好的结晶环境，因而结晶出一些颗粒较大的自形晶体。后来岩浆携带这些晶体喷出地表迅速冷却，形成玻璃基质。从物质成分看，基性、超基性岩浆粘度小，易流动，喷溢出地表后往往成为快速流动、较薄层的熔岩流，因而冷却迅速，易形成这种玻基斑状结构。

7. 鬣刺结构 (spinifex texture)

这种结构主要见于科马提岩 (komatiite)，亦称鬣刺岩 (spinifex)。“科马提岩”是因 1969 年首次在南非科马提河畔绿岩带下部发现这种超镁质喷出岩以地名命名的，“鬣刺岩”则是这种岩石在结构外貌上与澳大利亚的鬣刺草的形态极相似而得名的。科马提岩是起源于地幔并与拉斑玄武岩共生的海相超基性火山熔岩，其化学成分富含 MgO (通常 $>18\%$)，与深成岩中的橄榄岩相当，是与玄武岩、安山岩级别等同的岩石类型。

鬣刺结构的基本特征是岩石中橄榄石和辉石常呈细长的针状或复杂形态的中空骸晶，骸晶内部多为空心或被玻璃质充填，骸晶边部呈锯齿状，外貌上似“耙笔石”的耙齿。这些骸晶近平行或杂乱地排列在更细小骸晶状单斜辉石和脱玻化玻璃组成的基质中。这种特征结构在岩石露头、手标本上和薄片中都易于识别，即使岩石遭到较深的变质改造，鬣刺结构的遗迹也能清晰地保存下来。

照片 I-17 示澳大利亚的科马提岩标本，细长的叶片状橄榄石中空骸晶近于垂直熔岩表面生长，外貌酷似鬣刺草。

照片 I-18 示放射状鬣刺结构，由放射状排列的已蛇纹石化的橄榄石中空骸晶假象及辉石的平行束状骸晶和淬火羽状骸晶基质组成。

照片 I-19 示加拿大鬣刺岩的斑状鬣刺结构, 较大的蛇纹石化橄榄石骸晶平行分布在由淬火辉石组成的基质中。

派克等人论述过鬣刺结构的形成机理, 认为是熔岩流的上部与海水接触后由于温度差异大遭受快速冷却而成, 且叶片状的中空骸晶迅速地自上而下以近于垂直的等温线生长, 即近于垂直熔岩的层面生长, 因此这种结构对熔岩层面的产状具有指示意义。

近年来, 人工铸石实验已经证实了橄榄石中空骸晶的形成。当熔浆遇水淬火时, 如果冷凝速度远远超过熔浆供应晶体生长成分的速度, 熔岩成分则首先沿一定方向晶出, 形成细长的骸晶。由于成分供应不足, 从而使骸晶内部成为中空。这种冷凝淬火速度比形成雏晶和微晶的冷凝速度快得多的情况是形成鬣刺结构的决定性条件。显然, 水介质条件则是熔岩快速冷凝的一个重要因素。

科马提岩是一种超镁铁质熔岩, 常含有 Cu、Ni、Cr、Au 等矿产, 主要分布在太古宙绿岩带岩系中。目前, 在加拿大、美国、澳大利亚、印度、南非、俄罗斯均已发现科马提岩, 在我国冀东太古宙变质绿岩带中也发现了具变余鬣刺结构的科马提岩, 近几年在我国辽宁、内蒙、广西等地也发现了科马提岩。研究科马提岩, 对于了解地球早期演化历史和找寻 Cu、Ni、Cr、Au 等矿产均有重要的理论和实际意义。鬣刺结构是科马提岩的典型结构, 可作为鉴别科马提岩的结构标型。

8. 辉长结构 (gabbroic texture)

这种结构是辉长岩的特征结构。浅色矿物基性斜长石和辉石、橄榄石等暗色矿物的数量约各占一半, 它们粒度大小近似, 自形程度大致相同, 在岩石中均匀分布, 互相成不规则状排列, 反映组成岩石的主要造岩矿物斜长石和辉石是同时从岩浆中结晶的, 是一种共结关系。

照片 I-20 示山东济南橄紫辉长岩的辉长结构, 组成岩石的主要造岩矿物为 An 60 的拉长石和普通辉石, 次要矿物有紫苏辉石、橄榄石和黑云母, 照片中心的普通辉石发育以 (100) 为结合面的面律双晶。

9. 辉绿结构 (diabasic texture)

狭义的辉绿结构指的是自形程度高的斜长石不规则排列成三角形或多角形格架, 空隙中充填一颗粒度大小与斜长石相当的辉石, 似乎斜长石相对于辉石更占优势。

广义的辉绿结构则把凡是斜长石自形程度高于辉石等暗色矿物的结构都称为辉绿结构, 它实际上包括嵌晶含长结构、间粒结构、间隐结构、拉斑玄武结构等结构的变种。

辉绿结构是浅成相基性岩辉绿岩的典型结构。在厚层的玄武岩流的中下部, 岩浆冷却较缓慢, 也可形成辉绿结构。照片 I-21 示北京西山辉绿岩, 由长条状斜长石自形晶杂乱排列成格架, 三角形间隙中多充填一颗辉石, 构成典型的辉绿结构。

10. 嵌晶含长结构 (ophitic texture, poikilitic texture)

在一颗较大的辉石晶体中, 杂乱地包含着自形一半自形的长条状斜长石。辉石的数量多于斜长石, 粒度也明显大于斜长石 (照片 I-22)。

嵌晶含长结构常见于辉绿岩中, 因此也有人把 ophitic 和 diabasic 当作同义词, 统称为辉绿结构。

上述几种基性侵入岩中常见结构的成因可以用透辉石-钙长石 (Di-An) 二元共结系相图 (图 I-1) 予以说明。

在 $P=10^5\text{Pa}$ (干系统) 时, Di 熔点为 1391°C , An 熔点为 1550°C , 共结点温度为 1270°C , 共结比为 Di58 An42。水压对这一体系有重大影响, 随着水压增加, Di 和 An 的熔点和共结点

温度都下降,共结点组成向 An 一端移动。如图 1-1 所示,当 $P_{H_2O}=5\times 10^8Pa$ 时,共结比为 Di28 An72;当 $P_{H_2O}=10\times 10^8Pa$ 时,共结比为 Di22 An78。

从 Di-An 二元共结系相图分析,透辉石和斜长石这两个矿物结晶的先后顺序是不固定的,可能辉石先结晶,也可能斜长石先结晶,还可能二者同时结晶,究竟哪个先结晶从熔体中析出,则取决于熔浆的总组成和水压的大小。

辉长岩-玄武岩类岩石的岩浆组成大致相当于 Di 和 An 各占一半。由于钙长石 (An) 和钠长石 (Ab) 在高温条件下可形成完全类质同象混晶,因此可把 Di-An 系统中的 An 看作为含有一定数量 Ab 分子的斜长石。相图的无水干系

系统可近似地代表喷出岩的条件,含水系统可代表深成岩的条件。在中深成 (6—7km) 条件下,设 $P=P_{H_2O}=2\times 10^8Pa$,从图中可用内插法得出共结点在 An50 Di50 左右,所以在中深成侵入岩辉长岩中辉石和斜长石几乎同时结晶,自形程度也大致相等,形成共结的辉长结构。在喷出岩和浅成岩的条件下,由于共结比偏向 Di 一端,一般说来是斜长石先结晶,自形较好,形成典型的辉绿结构或嵌晶含长结构。

11. 间粒结构 (intergranular texture)

在相对较大较自形的板条状斜长石微晶构成的多角形空隙中,充填着数个细小的辉石、橄榄石、磁铁矿等粒状矿物。斜长石微晶的排列方式,可以杂乱无规则,也可以近于平行或呈放射状。这种结构常见于粗粒玄武岩中,故又称为粗玄结构或粒玄结构。间粒结构与狭义辉绿结构的区别是其斜长石与辉石粒度相差较大,因而斜长石间的空隙中往往充填数颗辉石等粒状矿物。

照片 1-23 示南京江宁方山橄榄玄武岩的间粒结构。岩石为斑状结构,斑晶为橄榄石 (已蚀变成伊丁石) 和单斜辉石;基质为间粒结构,其特征是自形一半自形斜长石微晶颗粒较大,杂乱排列,局部近平行排列,斜长石间的空隙中充填数个橄榄石 (已蚀变为伊丁石)、辉石和磁铁矿小颗粒。

关于间粒结构形成的机理,一般认为是在喷出岩中挥发分大量散失、冷却较快的条件下形成的。具体可能有两种情况:一种情况是当岩浆总组成在 Di-An 干系统共结比 Di58An42 之右侧 (图 1-1) 时,斜长石先结晶组成多角形空隙,较后结晶的铁镁矿物充填其中;另一种情况是当岩浆总组成在这一共结比之左侧时,则铁镁矿物结晶较早,随着铁镁矿物的晶出,岩浆组成演变达共结点才开始有斜长石结晶,但由于斜长石结晶能力比铁镁矿物更强,故多呈自形一半自形板条状,自形程度较差的铁镁矿物被镶嵌在斜长石粒间。因此,间粒结构主要是反映斜长石和铁镁矿物之间的空间关系,而不能反映二者结晶时间的早晚。

12. 间隐结构 (intersertal texture)

在细板条状斜长石微晶之间的不规则空隙内,充填着玻璃质 (或其脱玻化的产物绿泥石、

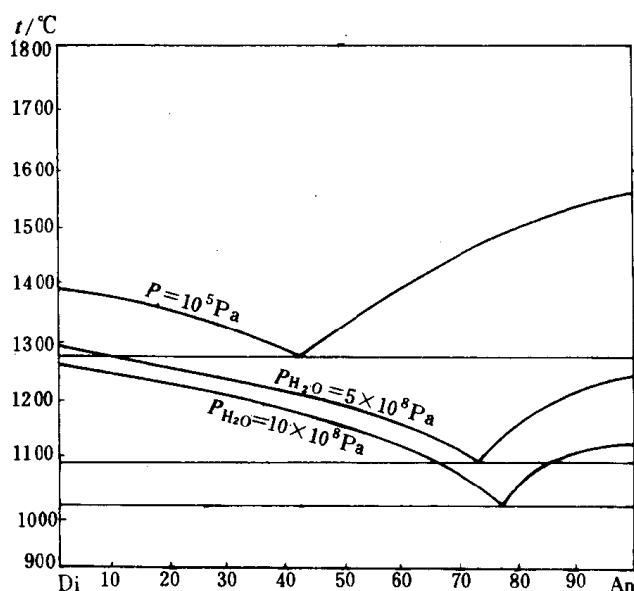


图 1-1 Di-An 系统相图

(据 Bowen 和 Yoder, 转引自邓晋福, 1987)

沸石等次生矿物雏晶)或隐晶物质,也可有少量粒状矿物辉石和磁铁矿等。间隐结构与玻基斑状结构的区别是,前者结晶相的颗粒很小,为微晶级;后者结晶相为较大颗粒,成为斑晶。这种结构也常见于玄武岩中。照片 I-24 示气孔玄武岩,岩石为斑状结构,斑晶为斜长石,基质由斜长石微晶和隐晶物质组成间隐结构,照片左上角是气孔。

13. 拉斑玄武结构 (tholeiitic texture)

在杂乱排列的斜长石微晶搭成的格架中,充填物质既有辉石、磁铁矿等粒状矿物,又有基性火山玻璃或隐晶物质。这是介于间粒结构和间隐结构之间的过渡类型,又可称为间粒-间隐结构。有的教材也称这种结构为“填间结构”(interseptal texture)。

照片 I-25 示南京江宁方山橄榄玄武岩,岩石中除含少量橄榄石和单斜辉石斑晶外,大部分是由斜长石微晶组成的格架,其间充填物为淡粉红色钛普通辉石、磁铁矿和褐色火山玻璃,构成典型的拉斑玄武结构。

14. 玻晶交织结构 (hyalopilitic texture)

在玻璃质基质中,杂乱地分布着一定数量的斜长石微晶和一些尘点状磁铁矿颗粒。这种结构在安山岩中最常见,又称为“安山结构”(andesitic texture)。此外,在玄武岩和英安岩中也常见这种结构。该结构通常是在岩浆粘度较小、均匀冷却且无固定流动方向的条件下冷凝形成的。

照片 I-26 示江苏句容浮山玄武岩,岩石为斑状结构,少量斑晶矿物是基性斜长石、单斜辉石和橄榄石(已蚀变为伊丁石),基质由相当数量的斜长石微晶和少量橄榄石微晶杂乱分布在较多的橙黄色基性火山玻璃中,构成玻晶交织结构。

照片 I-27 示河北张家口的安山岩,斑晶为斜长石,基质具有玻晶交织结构。

如果针柱状的斜长石微晶数量很多,呈交织状或半平行状密集排列,它们的空隙中充填着少量的玻璃或脱玻化的产物和少量的暗色矿物,则称为“交织结构”(pilotaxitic texture)。交织结构与玻晶交织结构的区别是微晶数量多于玻璃质。交织结构也是中基性火山熔岩中常见的结构。照片 I-28 示杏仁安山岩的交织结构。

在中基性火山熔岩中,常见熔岩层的表层或近表层出现玻晶交织结构,而内部出现交织结构。

上述几个结构的成因,也可以从图 I-1 得到说明。一般来说,玄武岩浆在地下深处岩浆房中处于较高压条件下,首先晶出的是暗色矿物单斜辉石和橄榄石斑晶。随着这些暗色矿物斑晶的析出,岩浆组成沿液相线朝着相对富斜长石的方向演变。当这种岩浆喷出到地表,压力降低后,相当于 Di-An 干系统的条件,这时岩浆组成则处于斜长石先结晶的范围,故随着温度下降,斜长石微晶首先析出,搭成多角形空隙,岩浆组成沿液相线朝相对富含 Di 的共结点演变,至共结点,暗色矿物辉石、橄榄石等析出充填于斜长石微晶的那些空隙中。随着冷却快慢条件和岩浆组成条件的变化,可形成玄武岩基质多种结构的变种。当冷却较缓慢时,先晶出的斜长石微晶较大,构成的多角形空隙也较大,一个空隙中可充填数个后晶出的辉石、橄榄石、磁铁矿颗粒,构成间粒结构;当斜长石微晶晶出以后,如果冷却更快,剩余岩浆来不及结晶而固结为玻璃或隐晶质,充填于多角形空隙中,就形成间隐结构;如果冷却速度介于上述二者之间,就形成拉斑玄武结构;如果晶出的斜长石微晶数量相对较少,然后剩余岩浆即迅速冷却,固结为玻璃质,就形成玻晶交织结构;如果斜长石微晶数量很多,少量剩余岩浆迅速冷却成玻璃质,就形成交织结构。

15. 细碧结构 (spilitic texture)

这是细碧岩特有的结构。细碧岩是富 Na (Na_2O 含量 $>4\%$) 的海相基性熔岩。在细碧岩中, 常由钠质斜长石 (钠长石—更长石) 板条状晶体搭成格架, 格架中充填团块状、棉絮状的细晶辉石或隐晶绿泥石、绿帘石、方解石等蚀变产物及铁-钛氧化物等金属矿物微细粒晶体。细碧结构的形态特征类似于间隐结构或拉斑玄武结构, 二者的区别在于: 间隐结构和拉斑玄武结构的斜长石成分为相对富钙的中长石—拉长石, 结晶自形程度较高, 多成规则板条状, 斜长石格架间的充填物为玻璃质和较自形的粒状矿物; 细碧结构的斜长石成分为钠长石—更长石, 结晶自形程度较低, 边缘参差不齐, 并可出现燕尾状骸晶, 斜长石格架间的充填物为棉絮状晶体或隐晶质。细碧结构的特征反映其富钠基性熔岩在海水中冷却和结晶的特殊条件。

照片 1-29 示皖南伏川蛇绿岩套上部层位的块状细碧岩, 由 An 7—10 的钠长石微晶组成格架, 局部成放射束状或球颗状排列, 钠长石微晶自形较差, 间隙中充填单斜辉石和金属矿物, 且多已蚀变为絮状的绿泥石、绿帘石、绢云母、碳酸盐和粘土矿物, 构成典型的细碧结构。

细碧岩产出于地槽区, 常和富钠的角斑岩共生, 组成细碧角斑岩系。细碧岩也常是蛇绿岩套上部层位基性火山岩的主要组成部分。细碧岩还常具有典型的枕状构造。

二、地幔岩典型结构

地幔岩是原始上地幔物质在地幔中结晶的岩石的统称。在地表, 起源于上地幔的碱性玄武岩、金伯利岩和某些煌斑岩中的上地幔岩包体, 阿尔卑斯型超镁铁岩及蛇绿岩套下部层位的变质橄榄岩, 都是上地幔岩的样品。地幔岩的类型主要是二辉橄榄岩, 其次是纯橄榄岩和榴辉岩。

组成地幔岩的矿物主要是橄榄石、斜方辉石和单斜辉石, 其次是尖晶石和石榴石。橄榄石一般为 Fo 90—92 的镁橄榄石, 斜方辉石是富镁的顽火辉石, 单斜辉石是高铝透辉石, 石榴石绝大多数是镁铝榴石, 这些都是高温、高压相的矿物。

上地幔岩石处于高温、高压环境下, 由于不同的地质历史时期发生过部分熔融、高压结晶、分异、交代、混合等地质事件, 且上地幔还广泛存在地幔对流, 伴随着各种塑性流变及变质变形作用, 这就造成上地幔岩石既有岩浆岩的火成结构, 又有变质变形结构。据路凤香等 (1989) 对我国东部 20 多个地区 1000 余块地幔岩标本的统计, 岩浆岩结构占 20%, 变质变形结构占 75%, 二者的过渡类型占 5%, 这一比例也与世界各地的统计结果相类似。

对地幔岩的研究, 可以获取上地幔的物质组成、结构、热状态、塑性流变、交代作用等许多深部过程的重要信息。研究地幔岩, 既要研究其成分 (化学成分和矿物成分), 也要研究其结构。通过对地幔岩结构的研究, 可以在其演化历史, 遭受的熔融、交代、底辟上升等地质事件, 以及变形特征和变形条件等方面, 取得许多宝贵的信息。

地幔岩常见的典型结构有以下几种。

1. 原生粒状结构 (protogranular texture)

这是一种变质变形结构, 是地幔岩中形成时间相对最早的一种结构。这种结构特征通常为粗粒, 多数橄榄石和顽火辉石粒径大于 4mm, 颗粒之间呈曲线或折线接触。局部重结晶可使大颗粒橄榄石成为多边形, 小颗粒橄榄石常具有相近的方位, 矿物颗粒间变成直线相接, 呈镶嵌状。照片 1-30 示河北张家口汉诺坝碱性玄武岩中尖晶石二辉橄榄岩包体的原生粒状结构, 主要由橄榄石、斜方辉石、单斜辉石和少量尖晶石组成。粗粒橄榄石多发育肯克带结构