

岩浆岩(火成岩) — 总论

1、火成岩(igneous rocks)

火成岩：高温熔融的岩浆在地下或喷出地表后冷凝而成的岩石。如花岗岩、玄武岩、橄榄岩。

在地壳组成中火成岩占 66%(体积)，而变质岩占 20%；变质岩和沉积岩最终都是来自火成岩。可见火成岩之重要。

2、岩浆(magma)及其性质

岩浆：源于地壳深部或上地幔的一种炽热的，粘度较大的硅酸盐或碳酸盐(很少)熔融体。

(1) 化学成分：

a、主要元素(major elements)：对碳酸盐岩浆而言，以 CaO 和 CO_2 为主；对硅酸盐岩浆而言， SiO_2 为主，其次有 Al_2O_3 ， FeO ， CaO ， MgO ， Na_2O ， K_2O 等，为主要元素，占 95%以上。

b、挥发分(volatile)：占几%的分量，包括 H_2O 、 CO_2 、 F 、 Cl 、 B 、 SO_3 等。其含量取决于温压条件，温度愈低、压力愈高，则挥发份的溶解度愈高。因此，深成岩富挥发分而喷出岩贫挥发分。

c、微量元素(trace elements)：包括稀土元素(REE)和同位素(isotopes)，总量不足 1%，但对研究岩浆成因最重要。微量元素包括 Rb 、 Sr 、 Ba 、 Cs 等 LIL (large ion lithophile elements—即大离子侵蚀元素)，及 REE、 Th 、 U 、 Ce 、 Pb 、 Zr 、 Hf 、 Ti 、 Nb 、 Ta 等高场强元素(HFS, high field strength elements)，同位素有 K-Ar ， Rb-Sr ， Sm-Nd ， Lu-Hf ， Re-Os 、 U-Th-Pb 等放射性同位素及 O 、 S 等稳定同位素。现代分析技术的发展使微量元素和同位素地球化学研究成为可能。

(2) 温度：由基性熔岩到酸性熔岩温度降低，从 1225°C 降到 730°C ，温度与成分（特别是 SiO_2 ）含量有关。温度的获得：

直接测量(光学测温器，热电偶测温器)，

高温高压实验，

热力学温压计计算。

(3) 粘度 (viscosity)：取决于多种因素：

岩浆的酸度(SiO_2 含量)，越酸性则粘度越大；

岩浆的温度，越高温则粘度越低；

岩浆中的挥发分可促进(SiO_4)聚合体分解，降低粘度；

注：岩浆愈基性、温度愈高、含挥发份愈多，粘度愈小；

岩浆愈酸性、温度愈低、含挥发份愈少，粘度愈大。

岩浆中包含的晶屑和岩屑数量，所谓“晶粥”。

(4) 密度(density)：

通常含铁镁矿物比例越高则密度越高(超镁铁岩)，而硅铝矿物的密度则比较低(花岗岩)。板块俯冲消减—主动与被动；下地壳和岩石圈地幔由于硅铝质岩浆的抽取—拆沉(delamination)回到地幔。

3、岩浆岩的矿物组成及与化学成分的关系：

主要有：橄榄石 (Ol)、辉石 (Py)、角闪石 (Hb)、黑云母 (Bi)、长石 (Pl/Kfs)、似长石 (Ne et al) 和石英 (Q)，有的有玻璃质。岩石通常由以上一种或几种矿物组成。如：橄榄岩 (科马提岩) —Ol 为主兼有 Py；辉长岩 (玄武岩) —Pl 和 Py 近等，并有少量 Bi, Hb；花岗闪长岩/闪长岩 (英安岩/安山岩) —Pl 为主，另有 Q, Kfs, Bi, Hb；花岗岩 (流纹岩) —Pl, Kfs, Q 近等。还有正长岩 (粗面岩)，霞石正长岩 (响岩) 等。矿物种类含量不同，组成超基性岩、基性岩、中性岩、酸性岩及碱性岩等。

A 矿物的分类：

据矿物的成分和颜色：

a、铁镁矿物 (暗色矿物)：富含 Fe, Mg, Ti, Cr (类质同相)，颜色比较深，如 Ol, Py, Hb, Bi, Gt 等；由超基性岩—基性岩—中性岩—酸性岩铁镁矿物含量减少并且种类变化。

b、硅铝矿物 (浅色矿物)：富含 K、Na、Ca 的硅酸盐矿物及石英等，包括碱性长石、斜长石、石英、似长石、白云母等。

中酸性岩中浅色矿物为主，中基性、基性、超基性岩石中暗色矿物为主

(2) 据矿物在岩石中的含量：

a、主要矿物：对火成岩的大类及定名起决定作用，如橄榄岩—橄榄石；辉长岩—辉石、斜长石；花岗岩，正长岩；

b、次要矿物：含量比较少，对火成岩的大类及定名不起决定作用，但对岩石进一步划分定名有用，如紫苏花岗岩，钠闪石花岗岩。

c、副矿物：含量甚微，通常不参与定名，只有在特定情况下 (对岩石成因和成矿) 才参与定名，如独居石花岗岩 (富含 REE)。常见副矿物：锆石 (zircon)、磷灰石 (apatite)、榍石 (sphene)、独居石 (monazite)、钛铁矿 (ilmenite)、磁铁矿 (magnetite)、金红石 (rutile)、尖晶石 (spinel) 等。

(3) 据矿物成因：

a、原生矿物：略

b、次生矿物：蚀变矿物如橄榄石在低温和氧化条件下变为伊丁石，富钙斜长石变为绿帘石和黝帘石，富钠斜长石变为绢云母和高岭石。

B 矿物成分与化学成分的关系：

矿物成分与化学成分及结晶环境密切相关。化学成分是第一控制，决定了火成岩的基本矿物组成，而结晶环境则决定了矿物的大小、数量、颗粒之间的相互关系等。

a、SiO₂：是火成岩分类的最重要的依据，SiO₂ 多则出现富 SiO₂ 的浅色矿物如石英和长石，

石英出现是岩浆 SiO₂ 过饱和的标志 (SiO₂ 游离)；SiO₂ 含量低的岩石则以暗色矿物为主，如橄榄石、辉石、角闪石、黑云母等，或含较多的似长石。

b、Na₂O+K₂O：二者的总量 (全碱) 基本上决定了长石的种类和含量 (斜长石与碱性长石的相

对含量)；而 Na₂O 与 K₂O 的相对含量决定了碱性长石中钾质长石 (透长石、正长石和微斜长石) 和钠质长石 (歪长石、钠质斜长石) 的相对多少。霓石、钠闪石、霞石富钠，而黑云母、角闪石、石榴石富钾。

c、CaO：决定一些富 Ca 矿物的多少，如钙质斜长石、富钙辉石(透辉石、普通辉石)、普通角闪石和绿帘石。

d、MgO：决定一些富 Mg 矿物的多少，如橄榄石、辉石、普通角闪石和黑云母

e、Al₂O₃：与长石、石榴石、堇青石、白云母等关系密切。

C. 主要造岩矿物的成岩意义：

(1) 橄榄石 olivine (Ol)

化学成分：(Mg、Fe)₂(SiO₄)。Fo (镁橄榄石) 和 Fa (铁橄榄石) 混溶组成，含 Ni, Cr (含量可指示岩浆是不是地幔原始岩浆)。岛状结构，比重大。

超镁铁岩的主要组分(橄榄岩，二辉橄榄岩)，基性岩中可有少许(橄榄玄武岩)

橄榄石形成于地幔条件，镁橄榄石比铁橄榄石形成于更高的温度，与游离 SiO₂(石英)不共生，因此成为 SiO₂ 不饱和岩浆的标志(Fo 有时被顽火辉石—Si 可饱和—包围，是不平衡结构)。Mg₂SiO₄+SiO₂=Mg₂(Si₂O₆) (顽火辉石)。Fa 有时可与少量石英共生。

橄榄石有时在喷出岩中有环带结构(核 Fo)，但远不如斜长石明显。橄榄石在中温非氧化条件下蚀变成绿色矿物：绿泥石+含蒙脱石层的混层矿物的组合；橄榄石在低温氧化条件下蚀变成红色矿物伊丁石(针铁矿为主的含蒙脱石层的混层矿物的集合体)。

(2) 辉石 pyroxene (Py, Opx-Cpx)：链状结构，柱状。

分为斜方辉石和单斜辉石

斜方辉石：(Mg, Fe)₂(Si₂O₆)，贫 Ca。分布于钙碱性岩中，与碱性岩无关。是由顽火辉石—铁辉石构成的连续类质同象系列根据顽火辉石(En)的百分比含量又可分为：

顽火辉石：En>90%；

古铜辉石：En=70—90%；

紫苏辉石：En=50—70%；

铁紫苏辉石：En=30—50%；

尤来石：En=10—30%；

斜方铁辉石：En<10%；

斜方辉石可蚀变成蛇纹石(特别是富 Mg 的斜方辉石)及磁铁矿等。

单斜辉石：

透辉石：CaMg(Si₂O₆)，产于基性、中性、碱性岩浆岩及火成碳酸岩，色浅。由于富 Mg，可蚀变成蛇纹石、绿泥石、滑石和透闪石。富 Ga

普通辉石：成分复杂(Fe Mg Ca Ti)，基性岩中最常见，色深；如特别富 Ti，叫钛普通辉石，是碱性基性岩的特征矿物。富 Ga

霓石：NaFe(Si₂O₆)，碱性岩的指示矿物，绿色—黑色，与钠闪石共生。

易变辉石：贫钙的单斜辉石，在高温和快速冷凝条件下才稳定，因此常见于基性和中性火山岩的基质中，是火山岩的特征矿物；如缓慢冷凝则易变成斜方辉石并析出多余的 Ca 而生成透辉石或普通辉石的出溶叶片(幻影)，故名“易变辉石”。

(注：出溶叶片并非全是易变辉石转变的结果，斜方辉石中的顽火辉石亦可以如此。)

d. 结晶：与橄榄石一样，富镁的比富铁的早结晶；在 SiO₂ 不饱和的碱性基性中通常不形成贫钙的斜方辉石和易变辉石—橄榄石先结晶，耗尽了 Mg, Fe 而使残余岩浆富 Ca。因此透辉石和普通辉石常于橄榄石稳定共生。??????

(3) 角闪石 hornblende (Hb)

含(OH)的硅酸盐,化学成分非常复杂,形成于富含挥发分的条件下,因此深成岩中常见而火山岩基质中不见。火成岩中常见的是钙质闪石(普通角闪石等)和碱质闪石(钠闪石和钠铁闪石)。

普通闪石:是钙碱性岩的特征矿物。在火山岩中通常呈斑晶—常有暗化边,角闪石在深部

结晶,到地表后压力聚降而溶蚀,但熔融体由于失水不再结晶角闪石而结晶辉石+磁铁矿;自形,可有反应边,早结晶。有时有环带,外带富含Na、Fe,显示晚结晶的特点。

钠闪石和钠铁闪石:是钠质碱性岩的特征矿物。产于贫水的碱性花岗岩中,晚结晶(A

型花岗岩中)

(4)云母 mica (biotite, Bi; muscovite, Ms)—层状结构硅酸盐

化学成分以富碱(K)和贫钙为特点。

暗色云母:包括黑云母(Fe, Mg, K, OH, F)和金云母(K, Mg, OH, F)。黑云母分布于从超

基性到酸性和碱性岩的各种火成岩(Mg减少Fe增加)。金云母产于分布有限,分布于富镁的超基性岩、基性岩和煌斑岩中。

c. 浅色云母:包括白云母(K, Al, OH)和锂云母(Li, Al, OH, F)。白云母—Al过饱和的花岗岩,锂云母—花岗伟晶岩、正长岩。

(5)石英 quartz (Q)

是仅次于长石的分布最广的矿物之一,占上地壳总重12%。

有多种同质多相变体: α -石英、 β -石英、鳞石英和柯石英等。 α -石英是火成岩中常见的低温变种,可在应力作用下变形(幻灯),可含少量的OH和Fe而显美丽的颜色—紫晶、黄晶。 β -石英、鳞石英是高温石英, α -石英向 β -石英转变时体积变大,因此 β -石英有裂开(幻灯)。柯石英形成于超高压条件,见于榴辉岩(含于zircon中)、金伯利岩。

是SiO₂过饱和的标志。与镁橄榄石不相容。是岩石分类的重要标志。

(6)长石 (feldspar)

分布最广的矿物,占上地壳60%。有两个类质同相系列:钾钠长石系列(碱性长石Ab+Or)和钠钙长石系列(斜长石Ab+An,极少Or)。

碱性长石:

钾长石:富K的碱性长石—①透长石(高温变种,火山岩和次火山岩);②正长石(产于基性、中性、酸性和碱性岩中,620—750C);③微斜长石(酸性岩中,375C)。

钠长石:富Na的高温碱性长石—①歪长石:产于富碱的火山岩和次火山岩中。

条纹长石:同时富K和Na的碱性长石—①正条纹长石(主晶Or)和②反条纹长石(主晶Ab)。

斜长石:由钙长石(An)和钠长石(Ab)组成固溶体,成分用长石号码An表示。

基性斜长石:An>70,基性岩中;

中性斜长石:An=35—70,中性岩和中基性岩中;

酸性斜长石： $An < 35$ ，酸性岩中。发育双晶（钠长石双晶和卡钠复合双晶）和环带（正环带、反酸性斜长石，环带、韵律环带）—幻灯。高压下不稳定。

正环带：钾长石 $>$ 斜长石 反环带：斜长石 $>$ 钾长石

(7) 似长石

SiO_2 不饱和的 K-Na 硅酸盐。如有游离的 SiO_2 则会与似长石反应而形成长石，因此似长石从不与石英共生，似长石的出现代表富碱和 SiO_2 不饱和，是碱性岩的标志矿物。

常见的似长石有白榴石(富钾)和霞石(富钠)，还有方钠石和黝方石。白榴石在高压下不稳定，因此只出现于碱性火山岩中；有时可见白榴石与石英共存，但白榴石周边必有钾长石(快速冷却)。霞石产于富钠的、 SiO_2 不饱和的碱性火山岩和深成岩中。

4、 岩浆岩的结构构造

结构构造是火成岩的基本特征之一，也是火成岩分类的依据之一。是岩浆结晶环境的反映。

结构(texture)：指组成岩石的矿物的结晶程度、颗粒大小、形态以及它们之间的相互关系。

构造(structure)：指组成岩石的矿物集合体的相互排列和充填方式的关系特征。

A、 结构四要素

(1) 结晶程度(crystallization)：指岩石中结晶物质和非结晶物质的比例。可分三类：

a、全晶质结构—没有玻璃质，是深成岩的特点，代表缓慢冷却的结晶条件

b、半晶质结构—矿物晶体+玻璃质，常见于火山熔岩和次火山岩中

c、玻璃质结构—几乎全由非晶质玻璃组成，见于熔岩中，是地表条件下岩浆迅速冷凝结晶的产物。火山玻璃实际是过冷却的“液体”，其中的质点(原子、离子、离子团)无序排列，该状态不稳定，会随时间转变成为细小晶体，所谓“脱玻化”。“脱玻化”原因：火山热液和循环水的作用；变质作用(热接触变质、动力变质、区域变质)引起的温度压力升高。

 雏晶结构(crystallitic texture)—极细小，毛发状、针状、羽状等，可发展成为细小的微晶。微晶呈放射状则为球粒结构(spherulitic texture)，由碱性长石和石英组成，是酸性熔岩的特征之一(幻灯)；当球粒的成分为斜长石和普通辉石时，叫球颗结构(variolitic texture)，斜长石放射状，辉石和橄榄石等粒状，是基性熔岩的特征(幻灯)。

(2) 矿物颗粒大小(grain size)：

a、粗粒结构， $d > 5 \text{ mm}$

b、中粒结构， $d = 5-1 \text{ mm}$

c、细粒结构， $d = 1-0.1 \text{ mm}$

d、隐晶质结构(cryptocrystalline texture)：矿物颗粒很细，肉眼和放大镜无法分别，但在显微镜下可分晶粒的岩石结构，又称显微晶质结构(microcrystalline texture，不同于玻璃质结构)。

e、斑状结构(porphyrific texture)：岩石由两类大小明显不同的颗粒组成，大颗粒散布于小颗粒或玻璃质之中。大的叫斑晶，小的叫基质(细晶、微晶、隐晶或玻璃质)。斑晶与基质是两期结晶的产物，代表两种不同的结晶条件。斑晶先结晶，基

质结晶在后(近地表或地表,快速冷却),是浅成岩和熔岩中常见的结构。另外,由于物理化学条件的变化(氧化还原条件、PT条件),斑晶会被氧化(安山岩,幻灯)、熔蚀(幻灯)、裂纹/碎斑结构(高温变体向低温变体转变时,体积收缩。幻灯:β-石英向α-石英转化)。

f、似斑状结构(porphyroid texture),岩石由两类大小不同的颗粒组成,但大小并不十分悬殊,而且基质是显晶质。原因:熔体中某一组分多于熔体共结所需的量时,该晶体会先结晶成比较大而完好的晶体,如辉绿结构。

(3) 矿物的自形程度

较早结晶的矿物能按自己的结晶习性形成良好的晶形,而晚结晶的矿物由于空间的限制影响其晶面发育。根据矿物自形程度分成:

自形晶(idiomorphic crystal):结晶早或结晶能力强的矿物,如副矿物(锆石、榍石、磷灰石)

和暗色矿物等。

半自形晶(hypidiomorphic crystal):一部分晶面完整,而另一部分晶面不完整(最常见)

见)。如:花岗岩中的斜长石。

它形晶(xenomorphic crystal):具不规则晶形,其形态受剩余空间限制,形成最晚。如

花岗岩中的石英。

按自形程度可有下面几和结构:

全自形粒状结构—某些单矿物岩,如橄榄岩、辉石岩。由堆晶过程形成。幻灯

半自形粒状结构—半自形为主,少许自形/它形。如花岗结构。幻灯

它形粒状结构—细晶岩中常见,又称细晶结构。幻灯

(4) 矿物颗粒的相互关系

煌斑结构(lamprophyric texture):斑晶和基质中暗色矿物的自形程度都很好,并且比浅色矿物自形程度高。为煌斑岩所特有。

海绵陨铁结构(sideronitic texture):火成岩中少见,但陨石中常见。富含金属矿物的基性超基性岩常见。金属矿物它形充填于橄榄石和辉石等中。

辉长结构(gabbroic texture):辉石和斜长石同时结晶,都为半自形。辉长岩中常见。幻灯

辉绿结构(diabasic texture):自形一半自形的斜长石搭成格架,辉石等充填其间(辉绿岩)。与辉长结构相比,粒度细,斜长石自形程度高于辉石。幻灯

间粒结构(intergranular texture):自形板条状斜长石微晶之间的孔隙充填细小的辉石、橄榄石、磁铁矿等。常见于粗粒玄武岩中。幻灯

间隐结构(intersertal texture):自形板条状斜长石微晶之间的孔隙充填玻璃质或隐晶质。幻灯

间粒-间隐结构:自形板条状斜长石微晶之间的孔隙充填玻璃质或隐晶质以及辉石等暗色矿物。玄武岩中常见。幻灯

二长结构(monzonitic texture):斜长石自形比钾长石好,见于二长岩。幻灯

反应边结构(reaction rim texture):早期结晶的矿物与残余熔体反应,在其边部形成新的矿物。基性岩中常见。如橄榄石有辉石和角闪石的反应边。幻灯

文象结构(graphic texture)：碱性长石和石英有规则连生，石英呈棱角形或楔形并在碱性长石中定向排列，形似古象形文字。文象结构—肉眼可见；显微文象结构—显微镜下。伟晶岩中常见。成因三种：碱性长石与石英共结、交代、固溶体分解。

幻灯

蠕虫结构(myrmekite texture)：酸性斜长石中含蠕虫状石英。成因：交代、固溶体分解，以及剪切带中应力作用(Bell et al. 1988)。幻灯

响岩结构(phonolitic texture)或霞石岩结构(nephelinitic texture)：响岩和霞石岩中的全晶质基质结构—基质中有大量短柱状或粒状的霞石微晶。幻灯

交织结构(pilotaxitic texture)和玻晶交织结构(安山结构, andesitic texture)：交织结构—斜长石微晶呈交织状或近于平行，不含或少含玻璃质；如果玻璃质较多，叫安山结构(安山岩中最发育)。幻灯

粗面结构(trachytic texture)：岩石几乎全由钾长石组成，略定向，少玻璃。粗面岩中常见。

环斑结构(rapakivi texture)：环斑花岗岩

B、火成岩的构造

(1)岩浆结晶过程中处于流动状态所形成的构造

流线、流面构造(linear low, planar flow structure)：

流线构造—柱状矿物及岩浆捕虏体、析离体等的延长分向平行于岩浆流动方向定向排列(测岩体流动方向)；

流面构造—板、片状矿物及扁平的捕虏体、析离体平行于岩体与围岩的接触面定向排列(测岩体接触面产状)。

流纹构造(rhyolitic structure)：流纹岩的典型构造。表现为不同颜色和结构以及矿物斑晶、拉长气孔的定向排列，反映熔岩流的流动状态。幻灯

假流纹构造(pseudorhyolitic)：熔结凝灰岩的典型构造。表现为塑性、半塑性的浆屑、玻屑在静压力的作用下被压扁、变形而绕晶屑、岩屑呈流纹状定向排列，非流动造成，故称假流纹。S

块状流纹构造(Aa lava structure)：Hawaii 玄武岩，表面粗糙不平，是粘度较大的玄武岩破碎、堆积的结果。

绳状熔岩构造：粘度较小易流动的熔岩流，在流动中扭曲成绳状。(五大连池)

枕状熔岩构造(pillow lava)：玄武岩在水下喷发形成。表面固结并冷却破裂，没有固结的岩浆又流出多股小熔岩流—许多小枕球体(上凸，表层为玻璃质内为显晶；气孔等流动构造同心圆分布；放射状或同心圆状龟裂)。幻灯

(2)火成岩的原生节理及裂隙构造—冷凝收缩

侵入岩的原生节理：

横节理(cross joint)—垂直接线，延伸较长，为岩脉充填

纵节理(longitudinal joint)—平行于流线

层节理(horizontal joint)—水平节理，与侵入体和围岩的接触面一至，因此岩体顶部平缓而两侧变陡

斜节理(diagonal joint)—有共轭的两组(斜交)

喷出岩的原生节理：

柱状节理(columnar structure)—由于没有上覆压力，冷凝时产生垂直于收缩方向的张节理。

珍珠构造(perlitic structure)：火山玻璃凝结或水化时因张力而成的弧形或同心球面状裂纹

(3) 其他构造

块状构造(massive)：均匀

条带状构造(banded)：成分及结构的不均匀，混合岩、堆晶岩(辉长岩等)。原因：选择性

深熔作用；分离结晶作用；对流作用(岩管)

斑杂构造(taxitic structure)：成分及结构的不均匀，且不规则。除上述原因外，交代、析离

体和 enclave.

气孔(vesicular)和杏仁(amygdaloidal)构造：基性熔岩中常见。充填物为玉髓、方解石、石英等。

C、矿物生成顺序的确定

自形程度：自形程度好的一般先结晶。如花岗岩中石英、斜长石。

例外：伟晶岩中电气石结晶晚但是结束早，晶形好；

火山岩中的石英斑晶遭受溶蚀呈它形，但最早结晶。

包裹关系：一般认为被包裹的矿物(客晶)先结晶，而主晶晚结晶。花岗岩中斜长石包裹黑云母。

例外：斜长石蚀变形成的绢云母和帘石被斜长石包裹，但晚结晶；

固溶体出溶形成的主晶和客晶同时形成(辉石中平行排列的磁铁矿和钛铁矿包体；条纹长石)

Bowen (1922) 反应序列：Hyndman (1972)作了补充，增加 K-Na 长石序列—富 K 的 K-Na 长石可与基性斜长石共生，富 Na 的 K-Na 长石可与酸性斜长石共生。Bowen 序列一般符合钙碱系列，但碱性系列有例外：碱性长石比碱性辉石和角闪石先结晶。

5、火成岩的产状

指火成岩的大小、形态、与围岩的关系以及形成时所处的深度、构造环境。可分为侵入岩和喷出岩两大类：

A 侵入岩的产状

(1)整合侵入体的产状：

①岩床(sill)或岩席(sheet)：沿层面板状展开，厚度小但面积大，以粘度小、易流动的基性超基性岩为主，如南非 Karro 岩床群(数百个辉绿岩床)。(注：与熔岩产状相似，区别在于：熔岩比上覆岩层老；岩床比上覆地层较新，故有冷凝边，围岩也可能有热变质)

②岩盖(laccolith)：如山东济南辉长岩

③岩盆(lopolith)：由于岩浆的静压力引起，基性超基性岩为主。南非 Bushveld 岩盆(最大岩浆矿床，数百 Km)；加拿大 Sudbury；美国的 Stillwater.

(2)不整合侵入体的产状：

①岩墙/岩脉(dyke)：切穿岩层的板状侵入体，几米到数百公里。津巴布韦大岩墙 500 Km (基性超基性岩)。可成群出现，平行、放射状(幻灯)、锥状和环状(幻灯)。

②岩筒(pipe)：金伯利岩(Kimberlite)，

③岩株(stock): $< 100 \text{ Km}^2$, 向下可能与岩基相连。平面近圆形, 我国北方的碱性花岗岩。

④岩基(batholith): $>100 \text{ Km}^2$, 侵入体中规模最大, 主要是中酸性岩, 数百至数千平方公里。美洲西海岸; 我国的阿尔泰、秦岭、天山、华南等。空间问题。

岩床(岩席): 顺层侵入, 岩墙(岩脉): 切穿岩层

B 喷出岩的产状

(1)面式溢出: Scotland, Canada 的太古代(地壳薄、热流高)喷出岩(?), 现代没有。

(2)裂隙式喷发: 火山喷发的主要方式。火山口不是圆形而是数十公里的裂隙带(串珠状, 法国中部高原 8000—10000 年的火山岩)。可以很大(上万平方公里), 叫高原玄武岩。如印度的 Deccan Plateau; 南美、南非高原。我国张家口—赤峰第三纪玄武岩; 四川峨嵋玄武岩(二迭)。

(3)中心式喷发: 沿断裂带或断裂交汇处, 伴有强烈爆发。如夏威夷现代火山, 我国南京方山、五大连池。形成熔岩流、熔岩瀑布、火山锥、复式火山锥。幻灯

6、火成岩的分类和命名

A 分类原则:

化学成分— SiO_2 的含量和碱的饱和程度; 矿物成分—长石的性质和数量; 产状与结构构造。

超基性岩(橄榄岩—科马提岩)类: $\text{SiO}_2 < 45\%$, 几乎全由铁镁矿物组成。

注意: 辉石岩和角闪石岩 $\text{SiO}_2 > 45\%$; 碳酸盐岩不含铁镁矿物。

基性岩(辉长岩—玄武岩)类: $\text{SiO}_2 = 45-53\%$, 主要铁镁矿物+基性斜长石。

注意: ? ? ? ? ?

中性岩类: $\text{SiO}_2 = 53-66\%$, 主要由中性斜长石或(和)碱性长石+铁镁矿物组成, 据斜长石和碱性长石的相对比例又可分为三个亚类:

①闪长岩—安山岩类

②二长岩—粗面安山岩类

③正长岩—粗面岩

(4)酸性岩(花岗岩—流纹岩)类: $\text{SiO}_2 > 66\%$, 石英+长石为主, 少量铁镁矿物。

(5) (?)碱性岩类: 碱的含量很高, 大量出现似长石和/或碱性暗色矿物。根据 SiO_2 的含量分三个亚类:

①中性碱性岩(霞石正长岩—响岩): $\text{SiO}_2 = 52-65\%$; 碱性长石+似长石+碱性暗色矿物。

②基性碱性岩(霞斜岩—碧玄岩、碱玄岩): $\text{SiO}_2 = 45-52\%$; 基性长石+似长石+碱性暗色矿物。

注意: 碧玄岩因含一定量的基性斜长石而归入此类, 虽然其 $\text{SiO}_2\%$ 属于超基性岩。

③超基性碱性岩(霓霞岩—霞石岩): $\text{SiO}_2 < 45\%$; 似长石+碱性暗色矿物为主, 不含或极少含长石。

注意: 白榴岩因不含长石而归入此类, 虽然其 $\text{SiO}_2\%$ 属于基性岩。

根据 SiO_2 的含量可分为超基性岩(不同于超镁铁岩), 基性岩, 中性岩, 酸性岩等, SiO_2 含量越高则酸度越高。火成岩化学成分的基本度量: A/CNK 值。当 $\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (分子数比)时, 为铝过饱和岩石, 含长石、云母, 甚至

Cordierite、红柱石和石榴石；当 $CaO+Na_2O+K_2O > Al_2O_3 > K_2O+Na_2O$ ，为钙碱性岩石； $Al_2O_3 < K_2O+Na_2O$ ，为碱过饱和岩石(碱性岩)。

B 命名原则

(1) 矿物的基本名称：

a、根据习惯：首先发现的地点，古代矿工习用等。金伯利岩是源自南非 Kimberlite 地区；安山岩(andesite)因 Andes 山而得名；Boninite—日本 Bonin 岛。玄武岩(basalt)和斑岩(porphry)源自古代矿工习用。

b、矿物组合：辉长岩、闪长岩、二长岩等。

(2) 岩石进一步命名：

次要矿物加在岩石基本名称之前，如黑云母花岗岩，紫苏花岗岩，橄榄玄武岩等；当次要矿物多于一种时，则少前多后，如角闪石黑云母花岗岩(角闪石比黑云母少)。

结构构造加于岩石的基本名称之前，如拉斑玄武岩，环斑花岗岩，气孔玄武岩对于浅成岩，如为细粒结构，则在岩石名称前加“微晶”，如微晶闪长岩。当浅成岩具斑状结构时，以“斑岩”或“玢岩”作词尾。斑岩指碱性长石斑晶的浅成岩，玢岩指含斜长石斑晶的浅成岩，如花岗斑岩，闪长玢岩。但有时带来混乱，如斜长花岗岩的浅成岩；二长岩的浅成岩。

第二章 超基性岩类

一、 基本特征： $SiO_2 < 45\%$ 和不含石英；分成钙碱性(橄榄岩—苦橄岩类)、碱性(金伯利岩类)、过碱性(霓霞岩—霞石岩类、碳酸岩类)。

二、分论

1 钙碱性：橄榄岩—苦橄岩类，又称超镁铁岩类(与超基性岩不同)

(1)矿物组成：

主要矿物：橄榄石和辉石；

次要矿物：角闪石和黑云母；

注意辉石的出溶叶片和希列结构

副矿物：尖晶石、铬铁矿、钛铁矿、磁铁矿等。

(2)结构构造：半自形粒状结构、粒状镶嵌结构、网状结构、包含结构、反应边结构；块状构造。

(3)主要种属：

纯橄岩(dunite, Ol>90%)：

橄榄岩(Ol=40%—90%)：方辉橄榄岩(Opx peridotite)

单辉橄榄岩(Cpx peridotite)

二辉橄榄岩(lherzolite)

辉石岩(pyroxenite, Py>90%)：方辉辉石岩、透辉石岩

二辉辉石岩、橄榄辉石岩

(4)产状：

a、阿尔卑斯型：地幔岩，延深大断裂断续数百数千公里，冷侵位(Coleman, Hyndman 教授) / 热侵位(Hess 教授)？

b、层状侵入体和环状杂岩体：超基性—基性—中性和中酸性，拉斑玄武岩分异(Bowen 序列)

c、包体：含于玄武岩和金伯利岩中，来自岩石圈地幔。

d、蛇绿岩套(ophiolite suite)：一种特殊的岩石组合，从下向上由橄榄岩（蛇纹岩）、细碧岩（层状堆积岩、基性岩墙群、枕状熔岩）和深海含放射虫硅质岩等组成，所谓“三位一体”。代表洋壳的残余，是古大洋消亡的证据，也是古板块碰撞缝合的位置。雅鲁藏布江蛇绿岩带是中、新生代以来印度板块和欧亚板块碰撞缝合的缝合线；索伦—二连—锡林浩特蛇绿岩带是晚古生代西伯利亚板块与中朝板块碰撞缝合的位置；秦岭—大别带；准葛尔蛇绿岩带。

(5)科马提岩(komatiite)：

一种超镁铁质火山熔岩，具典型的鬃刺结构(spinitex texture)，化学成分以高MgO(>9%)和低碱为特征。只发现于太古代绿岩带中，是研究地球早期历史的不可多得的材料。是高温、薄地壳和弱分异的综合结果。

2 (偏)碱性：金伯利岩(kimberlite)

(1) 矿物组成：橄榄石、镁铝榴石、金云母、铬铁矿、钛铁矿等。是金刚石的主要母岩，300年前在印度发现金刚石砂矿，但母岩首次于1870年在南非金伯利城附近发现。

(2) 分布、产状和结构：产于构造稳定的地台或地盾区，如南非、澳大利亚、北美加拿大、西伯利亚，中国的胶东、辽东(华北地台)和贵州、湖北(扬子地台)；偏碱性的超基性浅成—超浅成岩($SiO_2 < 33\%$ ，高挥发分如CO₂)，规模不大，呈岩筒状，白垩纪是主要的形成期；起源于200 Km以下的地幔，是来源最深的岩浆岩；由于粘度低，因而侵位快，金刚石得以保留；以细粒和斑状结构为主，角砾状和块状构造。

(3)研究意义：

a、金刚石矿，但只有2%的金伯利岩含有经济意义的金刚石矿，与源区特征和喷出时的条件有关。

b、含有地幔岩（橄榄岩和榴辉岩）和下地壳（麻粒岩）的包体。

过碱性岩：

A 碳酸岩（区别于沉积成因的碳酸盐岩）

(1) 化学成份：

属于超基性岩类($SiO_2 < 20\%$)的过碱性系列(有的含霞石、黄长石、碱性暗色矿物)。主要矿物是碳酸盐矿物(>50%)，如方解石和白云石，次要矿物有霓石、霞石、黄长石、碱性长石和钠闪石等。磷灰石是常见的副矿物。

(2)分布、产状和结构：

分布于稳定的老地盾(地台)。呈岩株、岩筒和环状岩墙产出，经常与超基性和碱性岩杂岩体共生，并产于杂岩体的核部—最后形成。中粒粒状结构，块状构造。

(3)岩石成因：

Wyllie 的实验研究表明，碳酸盐和硅酸盐的混合熔体在低压条件下不混溶；野外常与碱性超镁铁岩共生。因此，碳酸岩岩浆的原始岩浆可能是碱性橄榄玄武岩浆，它上升后，由于压力下降，碳酸岩岩浆分离出来，并最后形成。

(4)研究意义：主要在于研究地幔和下地壳性质。

B 霓霞岩—霞石岩类

(1) 化学成份：以低硅($SiO_2 < 45\%$)富碱($K_2O + Na_2O = 5-10\%$)、不含长石为特征。

主要矿物是似长石(霞石和白榴石等)和碱性暗色矿物(霓石、霓辉石、钛辉石、碱性角闪石和富铁云母)，副矿物非常丰富，有磷灰石、榍石、钛铁矿和黑榴石等。山西紫金山碱性杂岩中黑榴石 38%，科拉半岛的碱性杂岩中磷灰石富集成矿。

(2)产状和分布：有喷出的和侵入的；分布于稳定的老地台上。

第三章 基性岩类

一、 基本特征： $SiO_2=45-53\%$ ，据 Rittmann 指数()可分为钙碱性(辉长岩—玄武岩类， <3.3)和碱性岩类(碱性辉长岩—碱性玄武岩类， >3.3)。

$= (Na_2O + K_2O) / (SiO_2 - 43)$

二、 分论：

1 钙碱性 辉长岩—玄武岩类

侵入岩：辉长岩

(1)矿物组成：主要矿物是基性斜长石和辉石(cpx, opx)；次要矿物是橄榄石、普通角闪石、黑云母、石英和钾长石；副矿物是磷灰石、磁铁矿、钛铁矿和尖晶石等。

(2)结构构造：辉长结构、辉绿结构、辉长—辉绿结构；块状构造、条带状构造和球状构造。

(3)主要种属(据矿物成分和结构构造)：

辉长岩—主要由基性斜长石和单斜辉石组成，构成辉长结构；可据次要矿物进一步定名，如橄榄辉长岩、角闪辉长岩和石英辉长岩等。是分布最广的基性侵入岩，但与同成分的基性喷出岩—玄武岩相比，规模要小得多（为什么？—玄武岩可分布于破坏型、建设型大陆边缘以及板内环境，而且规模往往很大，如大陆高原玄武岩，规模可达上千上万平方米，并形成高原地形。）

苏长岩—主要由基性斜长石和斜方辉石组成。

斜长岩—主要由基性斜长石组成($P_1 > 90\%$)；通常分布于层状侵入体的顶部，表明是辉长岩岩浆分异的结果。

辉绿岩—是成分与辉长岩一致的浅成岩，呈岩脉、岩墙或岩床。具典型的辉绿结构。可据次要矿物和结构细分(橄榄辉绿岩、辉绿玢岩、微晶辉长岩)。

辉长结构：斜长石与单斜辉石均为半自形粒状，是基性深成相的典型结构。（为辉石与斜长石含量近于共结比时，同时从岩浆中析出的结果。）

辉绿结构：斜长石呈自形或半自形，其他单个辉石颗粒填充于斜长石构成的近三角形的空隙中。

喷出岩：玄武岩类

(1)矿物成分：与辉长岩相似，主要矿物有斜长石(基性)和辉石(cpx, opx)，次要矿物是橄榄石(伊丁石化)、黑云母、角闪石和石英。

(2)结构构造：斑状结构—基质结构复杂：

间粒结构(斜长石条状微晶不规则排列，粒间充填粒状辉石和磁铁矿等)

间隐结构(斜长石条状微晶不规则排列，粒间充填玻璃质—隐晶质)

间粒—间隐结构(拉斑玄武结构)

玻璃质结构(玻基斑状结构；少见斜长石微晶)

交织结构(大量斜长石微晶定向—半定向排列)

构造：气孔构造、杏仁构造、绳状构造(陆相玄武岩)、枕状构造(海相玄武岩)和柱状节理构造。

(3)主要种属：

据矿物成分：橄榄玄武岩、伊丁石化橄榄玄武岩；

据结构构造：气孔玄武岩、杏仁玄武岩、玻基玄武岩、粒玄岩等；

据化学成分：—比较科学的分类方法

拉斑玄武岩(tholeiitic basalt)—高硅($53\% > \text{SiO}_2 > 49\%$)低碱为特征，广布于陆表(大陆高原玄武岩)和洋盆(MORB)。(注：大陆拉斑玄武岩与大洋拉斑玄武岩相比， SiO_2 和 K_2O 稍高而 CaO 和 MgO 稍低，为什么?)—因为大陆高原玄武岩不是原始岩浆，而是经过低压分离结晶作用形成的，从而高Fe低Mg。

高铝玄武岩(high-Al basalt)—高铝为特征($\text{Al}_2\text{O}_3=16-17\%$)，与拉斑玄武岩相比，斜长石含量较高而且牌号较低，多分布于大洋岛弧和活动大陆边缘等。

d. 细碧岩(spilite)—一种特殊的基性喷出岩，以钠长石+绿泥石矿物组合(有时有基性斜长石和辉石的交代残余)和较高的钠含量为特征。结构构造类似于玄武岩(间粒结构、间隐结构、杏仁构造和枕状构造等)，是蛇绿岩套的组成部分之一。关于其成因，有变质成因论和岩浆成因论。

(4)分布与产状：钙碱性玄武岩可以分布于离散型、会聚型大陆边缘以及板内环境。形成玄武岩(包括碱性玄武岩)的三个主要构造环境：

①大洋中脊(MORB)②岛弧(OIB)③大陆高原、深大断裂(CFB)

2 碱性 碱性辉长岩—碱性玄武岩： $(\text{SiO}_2 \text{ 类似，但碱高})$ —与钙碱性相比少得多
侵入岩：碱性辉长岩

(1)矿物组成：主要矿物有碱性长石(正长石、微斜长石、条纹长石、透长石等；钠长石很少)、斜长石(中、基性)、碱性辉石和碱性角闪石、似长石，次要矿物有橄榄石和黑云母。

(2)结构构造：除辉长结构、辉绿结构外，还有二长结构；也有反应边结构和固溶体出溶结构等。

(3)主要种属：

碱性辉长岩—主要由斜长石、正长石和碱性辉石组成，可含霓石、碱性闪石、黑云母和橄榄石。

正长辉长岩—由斜长石(中性)、碱性长石和单斜辉石组成，而且斜长石和碱性长石含量近等，构成二长结构。不含碱性暗色矿物(如钛辉石和碱性角闪石)。

碱性辉绿岩—成分与碱性辉长岩类似，但结构不同。

喷出岩：碱性玄武岩

(1)矿物成分：(化学成分与碱性辉长岩相当)斜长石(中、基性)、碱性长石(歪长石和透长石)、单斜辉石和橄榄石(有时有黑云母)，以及似长石(霞石和白榴石—当碱性很强时)。不出现斜方辉石和石英。

(2)结构构造：与拉斑玄武岩类似，但玻基斑状结构较普遍，而且常含有地幔岩包体(与其源区更深、温度更高有关)。

(3)主要种属：

碱性橄榄玄武岩(alkali olivine basalt)—在碱性玄武岩中分布最广，由斜长石(中基性)、碱性长石(歪长石和透长石)、单斜辉石和橄榄石组成，不出现似长石。

与钙碱性玄武岩相比，两种长石共存，而且，斜长石较自形而碱性长石充填粒间或构成斜长石环边。

碱玄岩(tephrite)—SiO₂ 明显不饱和，由基性斜长石、似长石和单斜辉石组成，橄榄石很少。

碧玄岩(basanite)—SiO₂ 明显不饱和，由基性斜长石、似长石、单斜辉石和橄榄石组成。

(注意碱玄岩与碧玄岩的区别：在于橄榄石)

(4)分布和产状：

主要分布于构造稳定的板内环境，如大洋板内(OIB)和大陆板内(大陆高原玄武岩)，与深大断裂和地幔柱(mantle plume)有关(注：钙碱性玄武岩可以分布于离散型、会聚型和板内环境)。

在我国的东部分布较广，主要形成于新生代，其中的地幔橄榄岩包体对研究东部岩石圈地幔性质的变化(与金伯利岩中橄榄岩包体相结合)有非常重要的意义。

第四章 中性岩

一、基本特征：SiO₂=53-66%，矿物成分以长石为主，暗色矿物占 30%；根据 s 指数，分成钙碱性(闪长岩—安山岩类)、碱性(正长岩—粗面岩类)、过碱性(霞石正长岩—响岩类)。

二、分论：

1 钙碱性：闪长岩—安山岩类

(1) 矿物组成：主要矿物是中性斜长石(环带和双晶发育)和角闪石(有时为黑云母，辉石)；次要矿物为黑云母、辉石、石英和钾长石(高、低温)；副矿物为磷灰石、榍石、锆石和磁铁矿。

(2) 结构构造：

闪长岩—半自形粒状结构、斑状结构(浅成、超浅成)；

安山岩—斑状结构

斑晶：斜长石、角闪石、黑云母、辉石；(注：主要矿物与次要矿物都有可能成为斑晶)

基质：交织结构—斜长石微晶半定向，粒间充填辉石和磁铁矿，玻璃质和隐晶质很少；

玻基交织结构(安山结构)—斜长石微晶杂乱一半定向排列，主要充填玻璃质和隐晶质)；反映一种快速冷凝的环境。

玻基斑状结构—除斑晶外，基质为玻璃质和隐晶质)。反映一种更快速的冷凝。

(3) 主要种属：

闪长岩类：

闪长岩—由中性斜长石和暗色矿物(角闪石、黑云母、辉石)组成(占 30%)，碱性长石和石英的含量均在 5% 以下，可有角闪闪长岩、黑云母闪长岩和辉石闪长岩。可向基性岩过渡(辉石、基性斜长石含量增加)而变成辉长闪长岩；可向酸性岩过渡

(石英含量增加)而变成石英闪长岩(石英 5—20%，斜长石>50%，暗色矿物 15%)；可向碱性岩过渡(碱性长石含量增加)而变成二长岩。

浅成和超浅成的闪长岩：微晶闪长岩和闪长玢岩(斜长石斑晶为主)。

安山岩类：

辉石安山岩—安山岩中的偏基性种属；

角闪安山岩—角闪石的暗化边；

黑云安山岩—较少；

玻基安山岩—快速冷却；

4) 产状与分布

闪长岩：分布很局限。产状：①与辉长岩有关(基性岩的分离结晶)，如济南辉长岩逐渐过渡为闪长岩和石英闪长岩；②闪长岩包体(岩浆混合的结果)；③独立的闪长岩侵入体。

安山岩：分布很广，在活动大陆边缘、现代岛弧和造山带广泛分布。环太平洋(或古俯冲带)弧岩浆作用形成玄武岩—安山岩—流纹岩组合，以安山岩占主导—故有“安山岩线”之称。

2 碱性：正长岩—粗面岩类

(1) 矿物组成：主要矿物为碱性长石；次要矿物为暗色矿物(角闪石、辉石和黑云母；碱性角闪石和碱性辉石)、斜长石(含量相对较少，发育环带)、石英和似长石(仅在碱性种属中出现，包括霞石、白榴石和方钠石等)；副矿物有磷灰石、磁铁矿、锆石和榍石。

结构构造：

正长岩—半自形粒状结构为主

二长结构：正长岩与闪长岩的过渡类型，斜长石比钾长石自形程度高。

粗面岩—斑状结构

粗面结构：碱性长石微晶近于平行排列，并绕过斑晶。(交织结构是斜长石微晶半定向排列，并且定向性不如粗面结构明显，注意区别)

球粒结构：球粒由长石和石英的放射状纤维组成。

(3) 主要种属：

正长岩类：

正长岩—由碱性长石(正长石为主)和暗色矿物(角闪石、黑云母、辉石)组成，可含很少量斜长石和石英(含量<5%)，据暗色矿物种类可进一步划分成角闪正长岩、黑云母正长岩和辉石正长岩。当斜长石的含量逐渐增加时，可过渡为二长岩。

碱性正长岩—由碱性长石和碱性暗色矿物组成，有时含少量似长石（注意：<5%；当>5%时则变成过碱性岩），通常不含斜长石。据碱性暗色矿物的不同，分成：霓辉正长岩（霓辉石+钾长石）、碱闪正长岩（碱性角闪石+钾长石）。

二长岩—是正长岩向闪长岩过渡的种属，斜长石和钾长石含量近等，石英<5%，暗色矿物含量可达30%，具典型的二长结构。可进一步细分为黑云母二长岩、角闪石二长岩和辉石二长岩。

石英二长岩—是二长岩向花岗岩过渡的种属，石英=5-20%，暗色矿物含量较少。

石英正长岩—以正长石为主，但石英含量增加到5—20%，据暗色矿物可进一步分为黑云石英正长岩、角闪石英正长岩和辉石石英正长岩。

正长斑岩—浅成岩或脉岩，矿物成分与正长岩相同。具斑状结构，斑晶为正长石或透长石。

钠长斑岩—浅成岩，具斑状结构，斑晶为钠长石。

粗面岩类

（钙碱性）粗面岩—成分相当于正长岩，由碱性长石（透长石为主，歪长石次之）和少量斜长石和暗色矿物（角闪石和黑云母）组成，斑状结构，斑晶为暗色矿物和两种长石。因断面粗糙而得名。命名与正长岩类似，如石英粗面岩、角闪粗面岩、黑云母粗面岩等。

碱性粗面岩—相当于碱性正长岩的喷出岩，成分以碱性长石为主，含碱性暗色矿物和少量斜长石。据碱性暗色矿物的不同，可以细分为霓辉石粗面岩、钠闪粗面岩和霓石粗面岩等。

粗安岩（trachy-andesite）—相当于二长岩的喷出岩，属于粗面岩和安山岩之间的过渡类型。两种长石含量近等，几乎不含石英，暗色矿物可有角闪石、黑云母和辉石。

角斑岩（keratophyre）—海相中性喷出岩，富碱（其中Na显著高于K）。斑状结构，斑晶主要是钠长石（偶见辉石和黑云母等暗色矿物）。基质为隐晶质，致密似角质，故得名。常与细碧岩共生，构成细碧—角斑岩套，代表“优地槽”火山作用的产物。

3 过碱性：霞石正长岩—响岩（过碱性）

（1）矿物组成：由于属于SiO₂不饱和和过碱性，主要由碱性长石（透长石—歪长石；正长石—微斜长石）、碱性暗色矿物（碱性辉石、碱性角闪石和富铁黑云母）和似长石组成，不含石英；副矿物极为丰富（可成稀有和放射性元素矿）。与碱性正长岩的区别是出现大量似长石（>5%）。。

（2）结构构造：

半自形粒状结构；粗面结构；斑状结构。

主要种属：

侵入岩类

霞石正长岩（nepheline syenite）—主要由碱性长石和霞石组成，含有一定量的碱性暗色矿物。半自形粒状结构。

霞石正长斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为钾长石，基质为碱性长石和霞石。

霓霞斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为钾长石，基质中出现霓石。

白榴石斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为白榴石。

喷出岩类

响岩—由于发育板状节理，敲击发出响声，故得名。斑状结构，斑晶为碱性长石和似长石。根据似长石的种类，可分成霞石响岩(phonolite)、白榴石响岩(leucite phonolite)、黝方石响岩(nosean phonolite)、方钠石响岩。

第四章 中性岩

一、 基本特征： $SiO_2=53-66\%$ ，矿物成分以长石为主，暗色矿物占 30%；根据 s 指数，分成钙碱性(闪长岩—安山岩类)、碱性(正长岩—粗面岩类)、过碱性(霞石正长岩—响岩类)。

二、 分论：

1 钙碱性：闪长岩—安山岩类

(1) 矿物组成：主要矿物是中性斜长石(环带和双晶发育)和角闪石(有时为黑云母，辉石)；次要矿物为黑云母、辉石、石英和钾长石(高、低温)；副矿物为磷灰石、榍石、锆石和磁铁矿。

(2) 结构构造：

闪长岩—半自形粒状结构、斑状结构(浅成、超浅成)；

安山岩—斑状结构

斑晶：斜长石、角闪石、黑云母、辉石；(注：主要矿物与次要矿物都有可能成为斑晶)

基质：交织结构—斜长石微晶半定向，粒间充填辉石和磁铁矿，玻璃质和隐晶质很少；

玻基交织结构(安山结构)—斜长石微晶杂乱一半定向排列，主要充填玻璃质和隐晶质)；反映一种快速冷凝的环境。

玻基斑状结构—除斑晶外，基质为玻璃质和隐晶质)。反映一种更快速的冷凝。

(3) 主要种属：

闪长岩类：

闪长岩—由中性斜长石和暗色矿物(角闪石、黑云母、辉石)组成(占 30%)，碱性长石和石英的含量均在 5% 以下，可有角闪闪长岩、黑云母闪长岩和辉石闪长岩。可向基性岩过渡(辉石、基性斜长石含量增加)而变成辉长闪长岩；可向酸性岩过渡(石英含量增加)而变成石英闪长岩(石英 5—20%，斜长石 >50%，暗色矿物 15%)；可向碱性岩过渡(碱性长石含量增加)而变成二长岩。

浅成和超浅成的闪长岩：微晶闪长岩和闪长玢岩(斜长石斑晶为主)。

安山岩类：

辉石安山岩—安山岩中的偏基性种属；

角闪安山岩—角闪石的暗化边；

黑云安山岩—较少；

玻基安山岩—快速冷却；

4) 产状与分布

闪长岩：分布很局限。产状：①与辉长岩有关(基性岩的分离结晶)，如济南辉长岩逐渐过渡为闪长岩和石英闪长岩；②闪长岩包体(岩浆混合的结果)；③独立的闪长岩侵入体。

安山岩：分布很广，在活动大陆边缘、现代岛弧和造山带广泛分布。环太平洋(或古俯冲带)弧岩浆作用形成玄武岩—安山岩—流纹岩组合，以安山岩占主导—故有“安山岩线”之称。

2 碱性：正长岩—粗面岩类

(1) 矿物组成：主要矿物为碱性长石；次要矿物为暗色矿物(角闪石、辉石和黑云母；碱性角闪石和碱性辉石)、斜长石(含量相对较少，发育环带)、石英和似长石(仅在碱性种属中出现，包括霞石、白榴石和方钠石等)；副矿物有磷灰石、磁铁矿、锆石和榍石。

结构构造：

正长岩—半自形粒状结构为主

二长结构：正长岩与闪长岩的过渡类型，斜长石比钾长石自形程度高。

粗面岩—斑状结构

粗面结构：碱性长石微晶近于平行排列，并绕过斑晶。(交织结构是斜长石微晶半定向排列，并且定向性不如粗面结构明显，注意区别)

球粒结构：球粒由长石和石英的放射状纤维组成。

(3) 主要种属：

正长岩类：

正长岩—由碱性长石(正长石为主)和暗色矿物(角闪石、黑云母、辉石)组成，可含很少量斜长石和石英(含量<5%)，据暗色矿物种类可进一步划分成角闪正长岩、黑云母正长岩和辉石正长岩。当斜长石的含量逐渐增加时，可过渡为二长岩。

碱性正长岩—由碱性长石和碱性暗色矿物组成，有时含少量似长石(注意：<5%；当>5%时则变成过碱性岩)，通常不含斜长石。据碱性暗色矿物的不同，分成：霓辉正长岩(霓辉石+钾长石)、碱闪正长岩(碱性角闪石+钾长石)。

二长岩—是正长岩向闪长岩过渡的种属，斜长石和钾长石含量近等，石英<5%，暗色矿物含量可达30%，具典型的二长结构。可进一步细分为黑云母二长岩、角闪石二长岩和辉石二长岩。

石英二长岩—是二长岩向花岗岩过渡的种属，石英=5-20%，暗色矿物含量较少。

石英正长岩—以正长石为主，但石英含量增加到5-20%，据暗色矿物可进一步分为黑云石英正长岩、角闪石英正长岩和辉石石英正长岩。

正长斑岩—浅成岩或脉岩，矿物成分与正长岩相同。具斑状结构，斑晶为正长石或透长石。

钠长斑岩—浅成岩，具斑状结构，斑晶为钠长石。

粗面岩类

(钙碱性)粗面岩—成分相当于正长岩，由碱性长石(透长石为主，歪长石次之)和少量斜长石和暗色矿物(角闪石和黑云母)组成，斑状结构，斑晶为暗色矿物和两种长石。因断面粗糙而得名。命名与正长岩类似，如石英粗面岩、角闪粗面岩、黑云母粗面岩等。

碱性粗面岩—相当于碱性正长岩的喷出岩，成分以碱性长石为主，含碱性暗色矿物和少量斜长石。据碱性暗色矿物的不同，可以细分为霓辉石粗面岩、钠闪粗面岩和霓石粗面岩等。

粗安岩(trachy-andesite)—相当于二长岩的喷出岩，属于粗面岩和安山岩之间的过渡类型。两种长石含量近等，几乎不含石英，暗色矿物可有角闪石、黑云母和辉石。

角斑岩(keratophyre)—海相中性喷出岩，富碱(其中Na显著高于K)。斑状结构，斑晶主要是钠长石(偶见辉石和黑云母等暗色矿物)。基质为隐晶质，致密似角质，故得名。常与细碧岩共生，构成细碧—角斑岩套，代表“优地槽”火山作用的产物。

3 过碱性：霞石正长岩—响岩(过碱性)

(1) 矿物组成：由于属于SiO₂不饱和和过碱性，主要由碱性长石(透长石—歪长石；正长石—微斜长石)、碱性暗色矿物(碱性辉石、碱性角闪石和富铁黑云母)和似长石组成，不含石英；副矿物极为丰富(可成稀有和放射性元素矿)。与碱性正长岩的区别是出现大量似长石(>5%)。

(2) 结构构造：

半自形粒状结构；粗面结构；斑状结构。

主要种属：

侵入岩类

霞石正长岩(nepheline syenite)—主要由碱性长石和霞石组成，含有一定量的碱性暗色矿物。半自形粒状结构。

霞石正长斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为钾长石，基质为碱性长石和霞石。

霓霞斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为钾长石，基质中出现霓石。

白榴石斑岩—浅成岩，斑状结构，斑晶为白榴石。

喷出岩类

响岩—由于发育板状节理，敲击发出响声，故得名。斑状结构，斑晶为碱性长石和似长石。根据似长石的种类，可分成霞石响岩(phonolite)、白榴石响岩(leucite phonolite)、黝方石响岩(nosean phonolite)、方钠石响岩。

第五章 酸性岩类

一、基本特征：化学成分以富含 SiO_2 (>66%) 为特征， K_2O 、 Na_2O 含量较高而 FeO 、 MgO 、 CaO 含量较低。可以分成钙碱性和碱性系列。

二、分论：

1、侵入岩：花岗岩类

(1) 矿物成分：

主要矿物：石英 (>20%)、酸性斜长石和钾长石，三者占总量 85% 以上；

次要矿物：黑云母和角闪石（偶尔出现辉石）；

副矿物：锆石、榍石、磷灰石和磁铁矿。

碱性系列则出现大量碱性长石，并出现碱性暗色矿物，酸性斜长石则被钠长石取代。钾长石包括微斜长石、条纹长石、正长石和透长石（高温变体）。斜长石的成分 $\text{An} = 10 - 35$ 。

(2) 结构构造：

结构：花岗结构：暗色矿物和长石呈半自形粒状而石英呈它形充填的结构

蠕虫结构：石英斑晶呈蠕虫状

文象结构：碱性长石和石英有规则连生，石英呈棱角形或楔形并在碱性长石中定向排列，形似古象形文字。

环斑结构：环斑花岗岩

构造：块状构造、片麻状构造、斑杂构造

(3) 花岗岩的分类 —（根据成分和结构构造）

a、根据钾长石和斜长石的相对含量：斜长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩、碱长花岗岩。

b、根据特殊矿物：

如：紫苏花岗岩 (charnockite) — 变质和岩浆成因。

c、根据结构构造：

更长环斑花岗岩 (rapakivite) — 钾长石呈球形或卵形，外包更长石外壳。富碱，出露于后造山环境（稳定陆块）。

花岗斑岩 — 浅成，基质较细（但全晶质），斑晶为钾长石和石英（有时有黑云母和角闪石）。

花斑岩 (granophyre) — 是花岗斑岩的一个变种，钾长石和石英呈文象结构。

石英斑岩 — 浅成，岩脉。斑晶主要为石英（有时有透长石）。

d、碱性花岗岩 — 化学成分以富钠为特征，主要矿物是石英、碱性长石和碱性暗色矿物（包括碱性角闪石、霓辉石、霓石、富钛黑云母）。由于高温、贫水的结晶环境，使得碱性暗色矿物比长石结晶稍晚，因而呈填隙状。

碱性花岗岩：酸性斜长石被钠长石所替代，富 Na。碱长花岗岩：酸性斜长石被钾长石所替代，富 K。

(4) 花岗岩的成因分类 —（根据源区和构造环境）

S 型花岗岩 — 源区主要为沉积岩 (sedimentary rocks)，富 Al_2O_3 、 K_2O 、 SiO_2 ，出露于碰撞造山带，如喜马拉雅山、阿尔泰山、云开大山和秦岭—大别山等。壳源—？

I 型花岗岩 — 源区主要是火成岩 (igneous)，相对富钠（有的也较富钾，取决于源区的性质），含有黑云母、角闪石（甚至辉石），榍石很常见。有独特的同位素和地球化学

性质。主要出露于俯冲带、碰撞造山带、稳定陆块(造山后伸展环境)。比如,秦岭、安第斯山和中国东部花岗岩。壳幔混合。

A型花岗岩—源区复杂,含有碱性暗色矿物,相当于碱性花岗岩。具有贫水(anhydrous)、富碱(alkali)和非造山(anorogenic)的特点。高侵位、强分异、规模较小;出露于稳定陆块,代表造山运动的结束,是拉伸体制下的产物;来源于下地壳或壳幔接合部。

M型花岗岩—来自地幔,是地幔基性岩浆分离结晶的最终产物,通常产于大洋盆地,也叫大洋花岗岩,与蛇绿岩套共生。

注意这样几点:①源区②成分③特点④构造环境⑤来源

(5) 分布与矿产

花岗岩是地壳中分布最广的一种侵入岩;大量的稀有和金属矿产。

2、喷出岩:流纹岩和英安岩

(1)矿物成分:与花岗岩相同,但具有高温氧化的特点。

石英—通常是高温相 β 石英,斑晶自形但有熔蚀;

碱性长石—以钾长石居多(尤其透长石),常以斑晶的形式;

斜长石—主要出现在钙碱性喷出岩(如英安岩)中,属于高温变体;

暗色矿物—以黑云母和角闪石为主,呈斑晶出现,有暗化边;

(2)结构构造

结构:斑状结构

——基质:玻璃质-隐晶质结构

球粒结构

霏细结构

构造:流纹构造—流动造成,表现为矿物斑晶、拉长气孔的定向排列。

珍珠构造—酸性玻璃在凝结或水化时,由于张力作用而产生弧形和同心圆形的裂纹。(—主要发育于粘性大的酸性玻璃中)

气孔构造

(3)主要种属

钙碱性:(有斜长石,一般不含碱性暗色矿物):

英安岩(dacite)—成分同花岗闪长岩,斑状结构,斑晶为石英、斜长石、钾长石(透长石或正长石为主)。(斜长石斑晶的数量比碱性长石要多,并且具有环带结构)基质具玻璃质结构、球粒结构、霏细结构等。

流纹岩(rhyolite)—成分同普通花岗岩,斑状结构,斑晶主要是石英、碱性长石(透长石和正长石为主)和斜长石(以石英斑晶最多,碱性长石次之,斜长石最少);基质具玻璃质结构、球粒结构、霏细结构等。(注意区别)

斜长流纹岩—成分同斜长花岗岩,主要含石英和斜长石,钾长石很少。其他特征同流纹岩。

碱长流纹岩—成分同碱长花岗岩,主要含石英和钾长石,钠长石很少。其他特征同流纹岩。

以不含碱性暗色矿物与碱性流纹岩相区别,见下页表。

石英角斑岩(quartz keratophyre)—致密块状,矿物成分以石英和钠长石为主,是一种海相酸性喷出岩,构成细碧岩-角斑岩-石英角斑岩套。(注意与角斑岩对比)

碱性：（无斜长石，出现碱性暗色矿物）：

碱性流纹岩（alkali rhyolite）—成分同碱性花岗岩，斑晶是石英、钾长石（透长石和正长石）

和碱性暗色矿物。

碱流岩（pantellerite）—成分与酸度较小的碱性花岗岩相同（ $\text{SiO}_2=66-72\%$ ）。与碱性流纹岩相比，特点是①出现歪长石斑晶，石英较少；②碱性暗色矿物以碱性辉石为主。

	碱性长石	碱性暗色矿物
碱性流纹岩	钾长石（透辉石、正长石）	富钠的角闪石或辉石
碱流岩	钠长石（歪长石）	碱性辉石（透辉石、霓辉石）
碱长流纹岩	钾长石（透辉石、正长石）	无

玻璃质流纹岩—常见的有珍珠岩。

(4)产状和分布

由于酸性岩浆粘度大，而呈岩钟和岩针状；若形成岩流，其厚度变化很大。构成环太平洋“安山岩线（玄武岩—安山岩—流纹岩）”的一部分。

补：

脉岩类

脉岩：指充填构造裂隙呈脉状产出的火成岩类，脉体长度远远超过其宽度，多属浅成～超浅成的侵入岩。这儿仅简单介绍一下脉岩中的煌斑岩类。

煌斑岩

(1)主要特征：暗色脉岩，成分为基性；斑状结构，斑晶主要为黑云母、角闪石、辉石（偶尔橄榄石），呈自形晶，构成煌斑结构（这是煌斑岩的典型特征）；还含有斜长石和少量碱性长石。

(2)煌斑岩的分类：

分成钙碱性系列和碱性系列，碱性系列以含有碱性暗色矿物和/或似长石为特征。

(3)产状：分布于稳定的陆块，是非造山的产物。