

第六章 岩浆的演化

- 岩浆的演化
 - 岩浆的分异作用*
 - 岩浆的混合作用*
 - 岩浆的同化混染作用*
- 岩浆的上升与侵位

一、原生岩浆和派生岩浆

1、原生岩浆

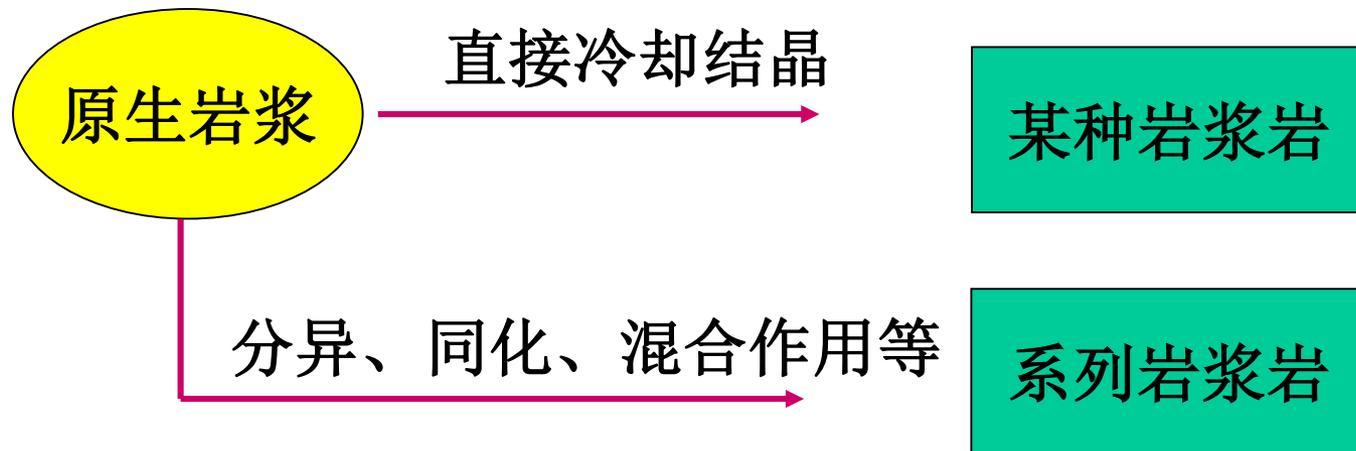
- 原生岩浆是由地幔或地壳岩石经**熔融或部分熔融**作用形成的成分**未发生变异**的岩浆。
- **熔融作用 (melting)**：源岩发生熔融形成熔体（**岩浆**）的过程。
- **部分熔融 (partial melting)**：岩石中仅部分矿物发生熔融。岩浆系统包括了熔体和熔融残余。
- 岩浆岩种类虽然繁多，但原生岩浆的种类却极为有限，目前公认的有：超基性（橄榄）岩浆，基性（玄武岩浆），中性（安山岩浆）和酸性（花岗或流纹）岩浆，其他的数量较少。

部分熔融过程中,富长英质或富大离子亲石元素的矿物先熔融 (熔融温度较低) , 富铁镁的矿物后熔融 , 早结晶。

相容元素 (compatible elements) 与元素分配系数 $D_i^{mineral/melt} = \frac{[i]^{mineral}}{[i]^{melt}}$ 不相容元素 (incompatible elements)



- **原生岩浆**可以直接冷却结晶形成不同的火成岩，或者通过各种作用形成了派生岩浆后再冷却结晶，最终形成多种多样的火成岩。



2、母岩浆和派生岩浆

- 能够通过各种作用（分异作用、同化作用、混合作用等）产生派生岩浆的独立的液态岩浆称为母岩浆。原生岩浆可以成为母岩浆，但母岩浆不一定是原生岩浆。
- 母岩浆与派生岩浆具有成因联系，它们是母体与子体的关系，在成分上可形成相互联系的系列。
- 例如，玄武岩浆可通过分异作用产生安山岩和英安岩，从而形成了玄武岩—安山岩—英安岩系列。

二、 岩浆的演化

岩浆从源区分离之后，温度、压力等条件发生了改变，随即开始了岩浆演化历程，从原生岩浆演化出派生岩浆，生成了多种岩石。在岩浆转变为岩石的过程中都发生了什么作用呢？

主要有：岩浆分异作用

岩浆混合作用

同化混染作用

1、分异作用：原来成分均匀的岩浆，在没有外来物质加入的情况下，依靠岩浆自身的演化，最终形成不同组成的火成岩。

主要包括：

- 熔体-熔体的分离作用：熔离作用
- 晶体-熔体的分离作用：扩散对流分异作用
分离结晶作用
- 熔体-流体的分离作用：气体搬运作用

二、岩浆的演化

1、分异作用

(1) 熔离作用 (**Liquid Immiscibility**)

是指原来混溶的熔体因物理（如温度、压力的变化）或化学（如第三种组分的加入）的原因分离为不混溶或混溶程度低的两种熔体的过程。

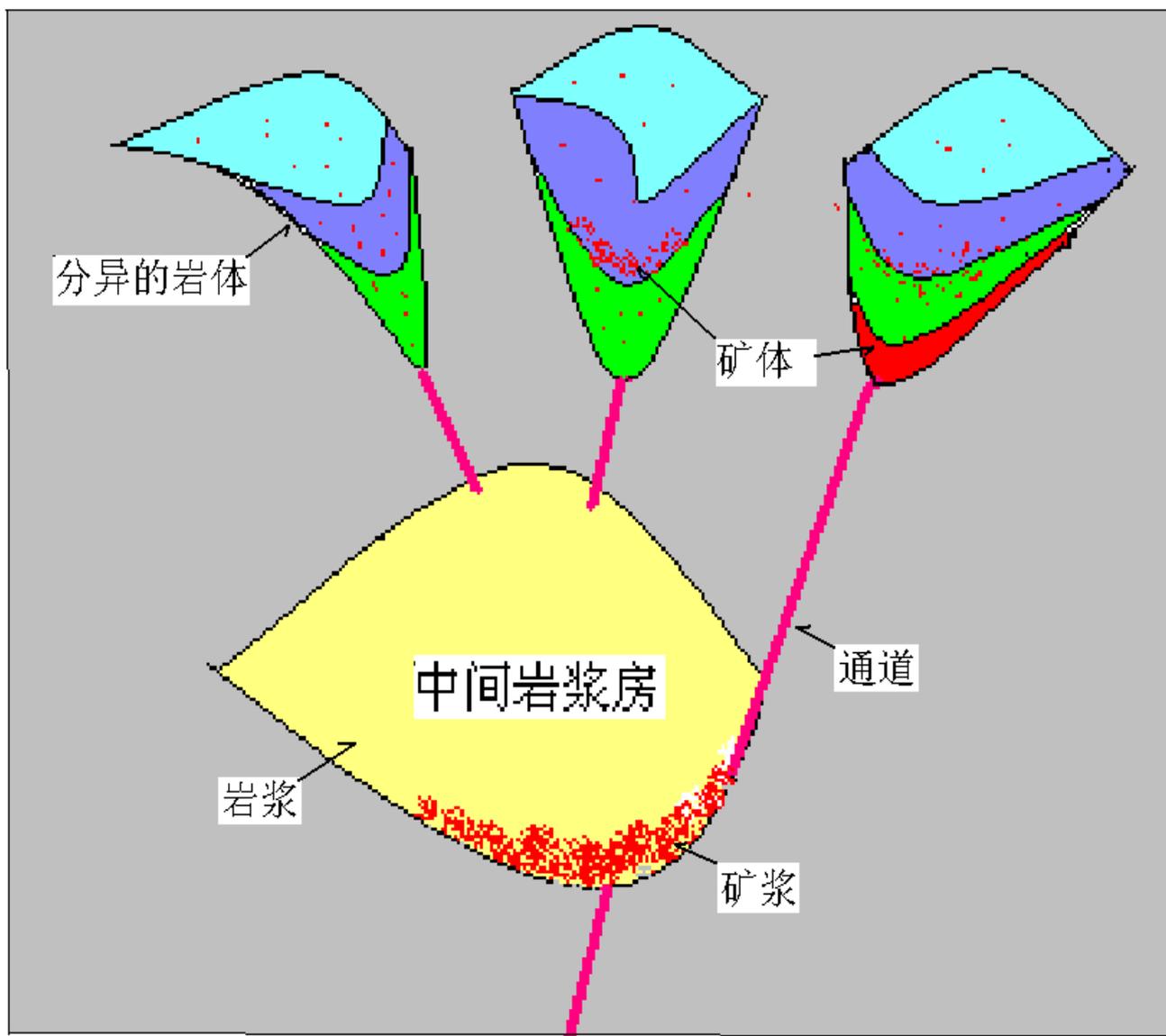


图4 深部熔离成矿模式

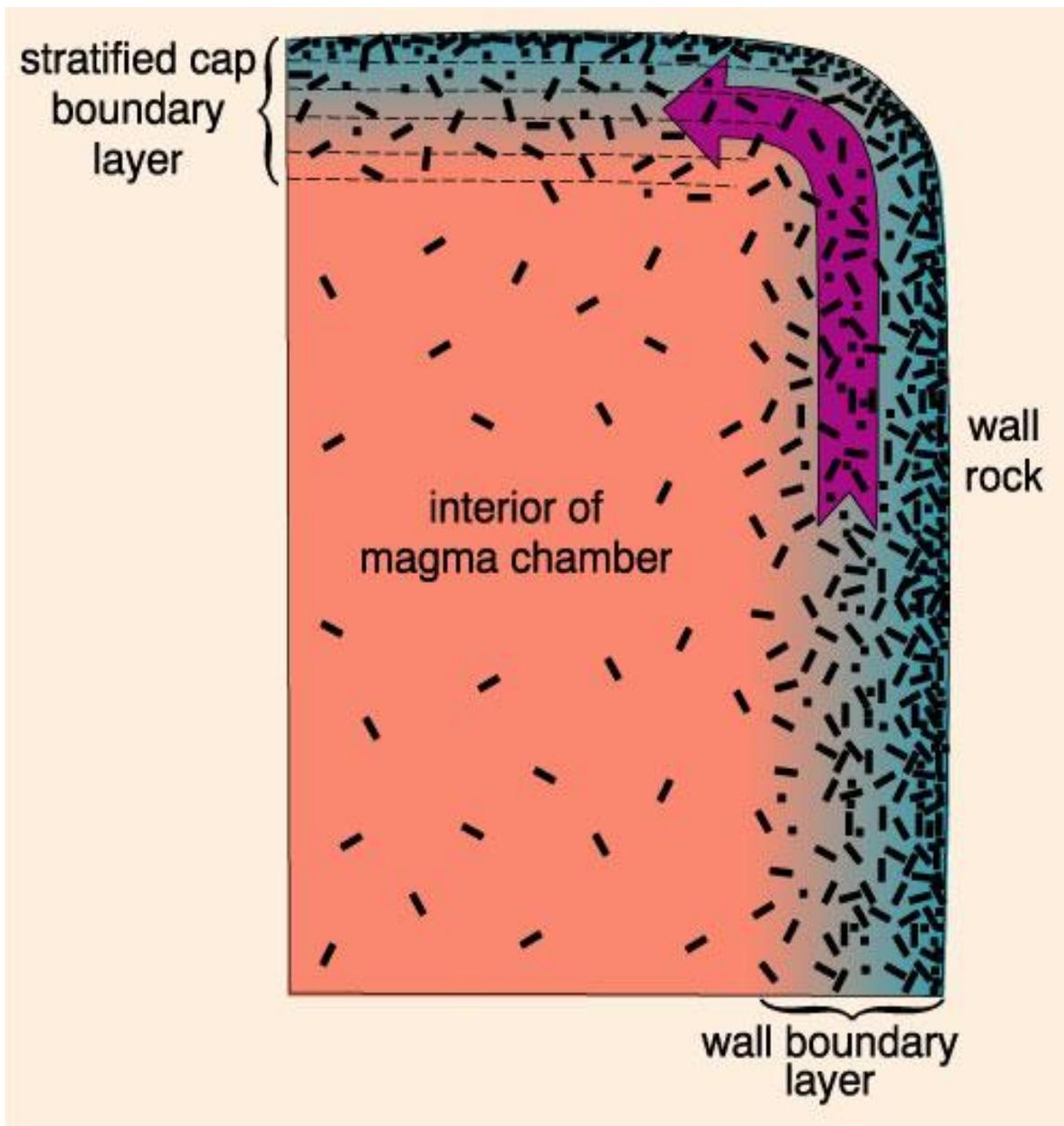
1、分异作用

(2) 扩散—对流分异作用（晶体-熔体）

含义：原来均一的岩浆，由于液态的岩浆体内部及其与相接触的围岩间存在温度梯度，导致产生成分梯度的作用。热量和物质通过液—液界面进行扩散对流，使高熔点的组分向着熔体边部迁移，冷凝较早，形成较基性富含高熔点组分的边缘带；而低熔点的组分则向熔体内部迁移，冷凝较晚，生成了较酸性富含低熔点组分的内部带。

实例：

岩体的边
部暗色组分的
富集——对流
岩浆房中的侧
壁结晶分异作
用



1、分异作用——晶体-熔体分离作用

(3) 分离结晶作用

概念：是指由于岩浆中结晶的固相物质的分离，使残余岩浆成分发生变化的作用。

类型：

A. 流动分异作用

B. 重力分异作用

1、分异作用

(3) 分离结晶作用

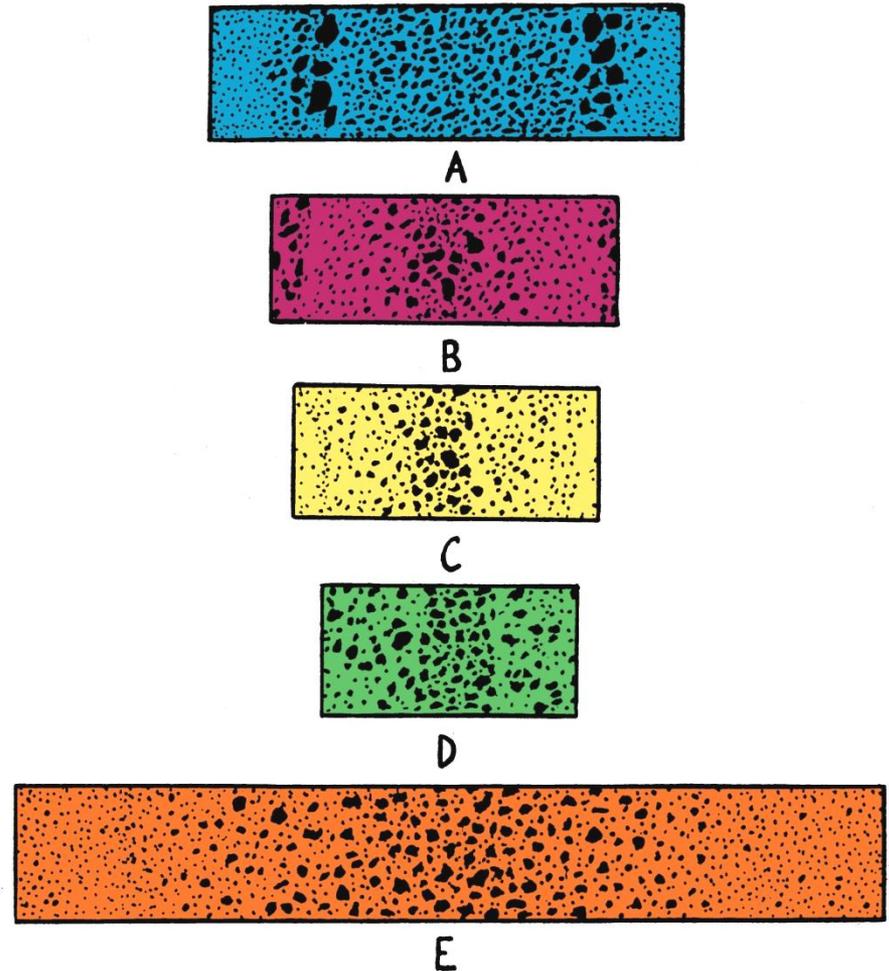
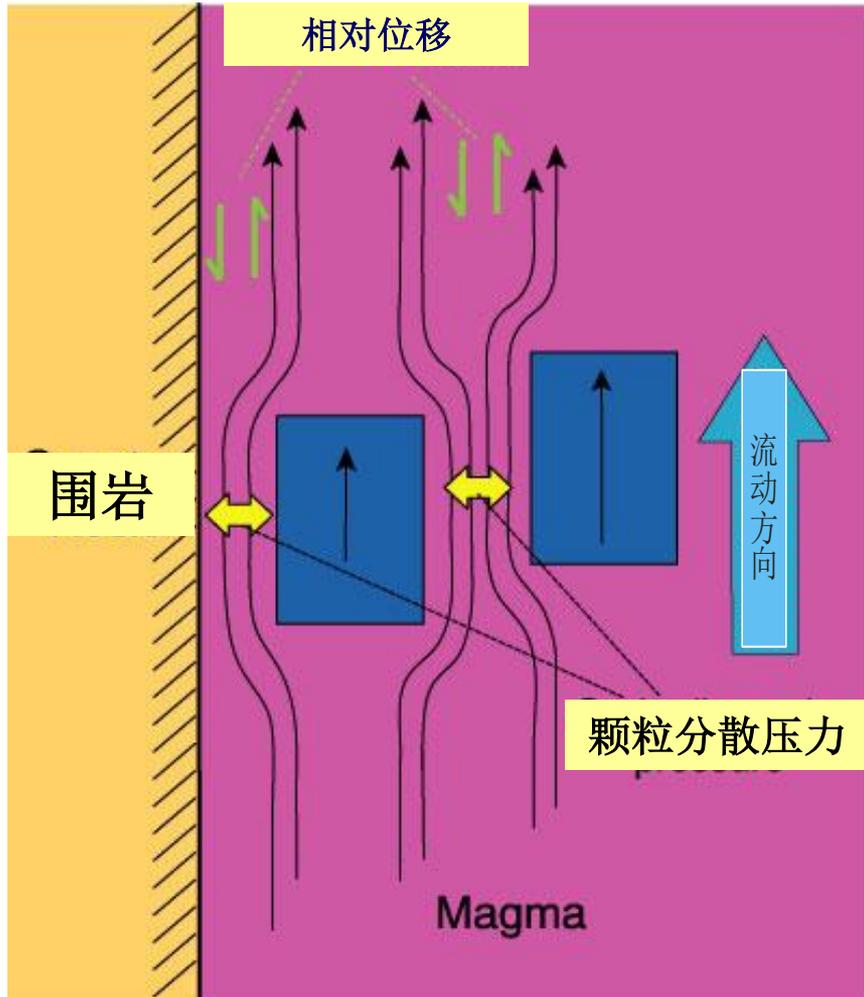
A. 流动分异作用

特点：主要发生在流速变化较大的岩浆通道内，如岩墙和岩脉中

原因：岩浆与上侵通道侧壁围岩间的粘滞摩擦作用使流速从通道中心向边缘降低，**导致矿物晶体向流速高的中心带集中，使结晶的矿物与熔体分离**

规模：影响有限，大岩体仅限于岩体与围岩的接触带

流动分异作用的特点: Flow segregation



(3) 分离结晶作用

B. 重力分异作用

早结晶的矿物因其与岩浆之间的密度差下沉到岩浆房的底部，或上浮到岩浆房顶部。

- 影响晶体能否从岩浆中沉降分离的因素：

 - 晶体与岩浆的密度差

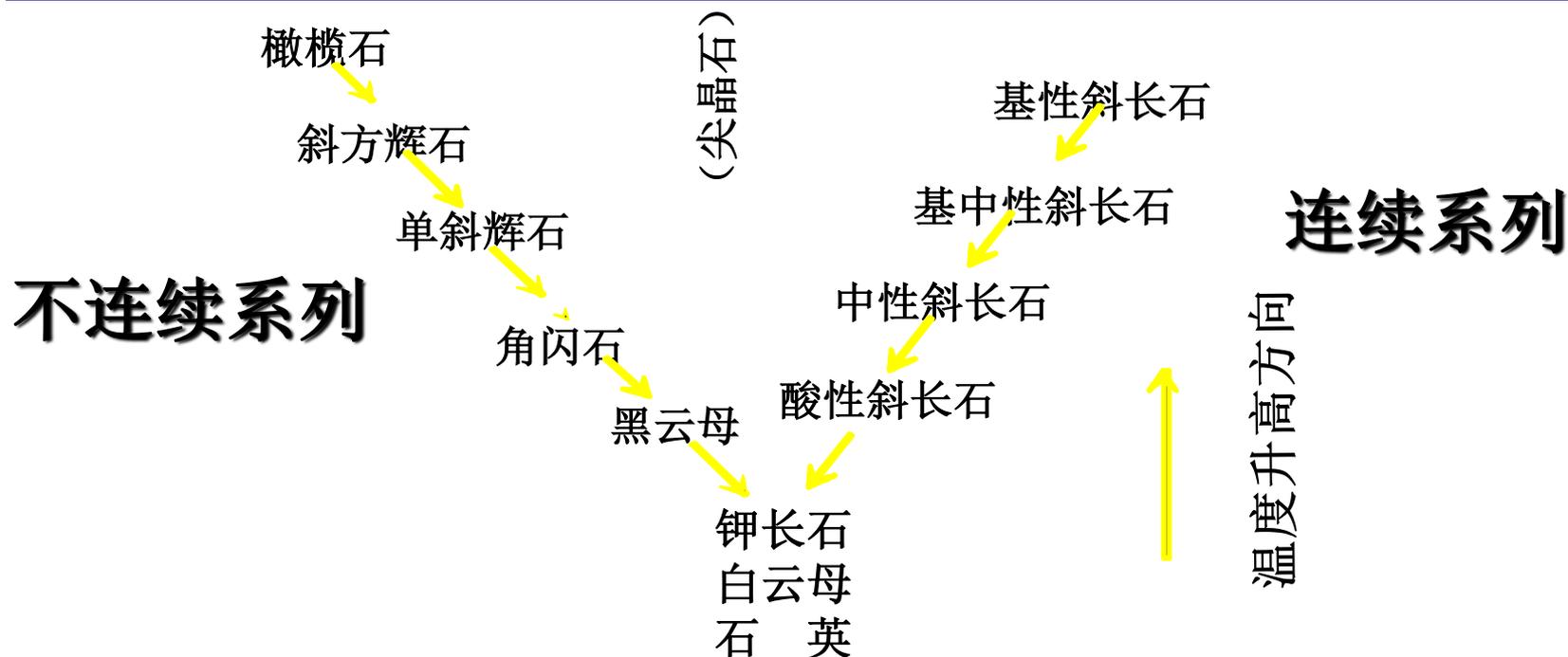
 - 晶体直径（**B**）的大小

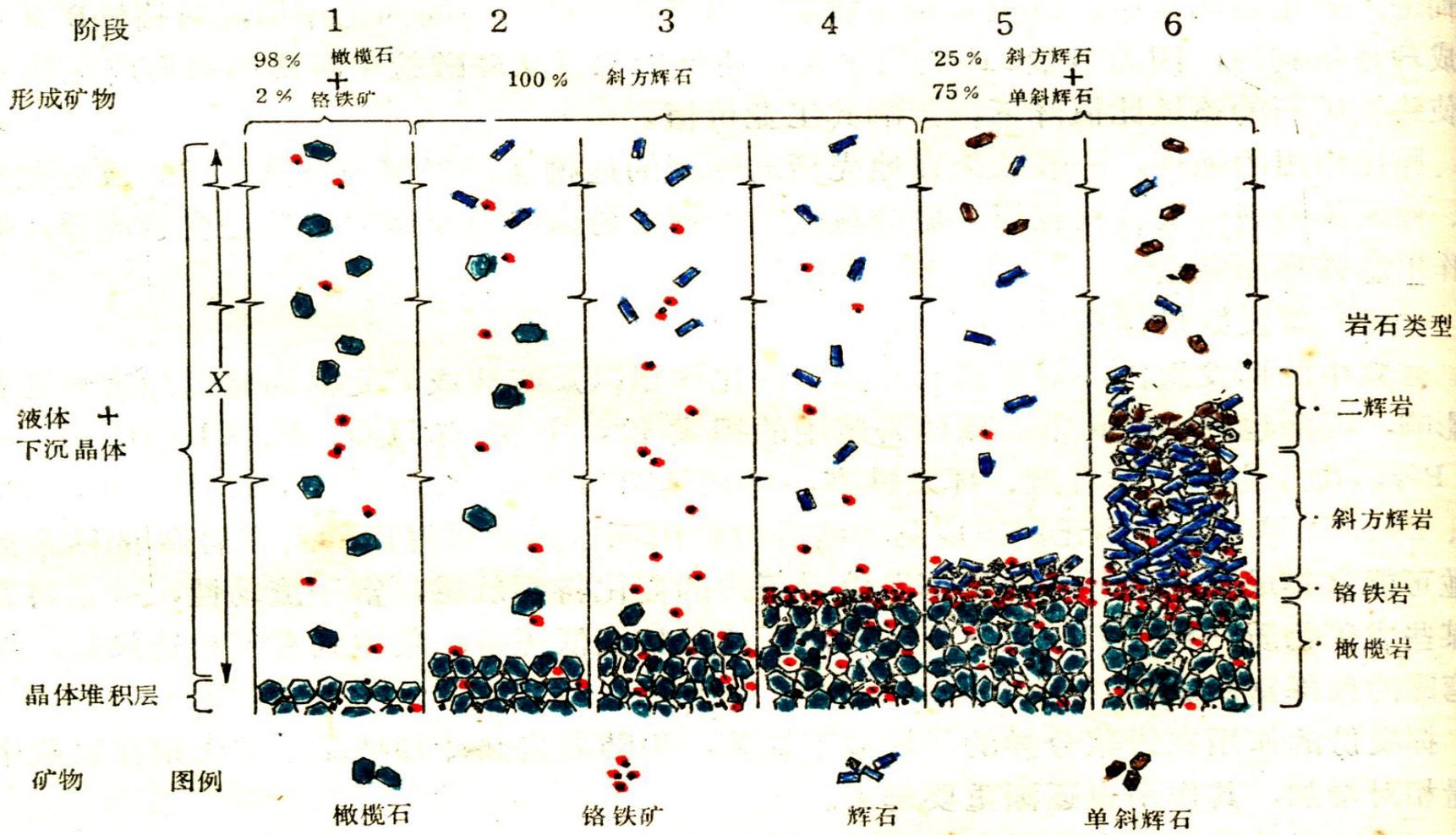
 - 岩浆的粘度

- 矿物分离结晶的顺序—鲍文反应系列

● 鲍文反应系列的岩石学意义

- 1) **纵向**: 解释岩浆中矿物结晶顺序
- 2) **横向**: 解释岩浆中矿物共生规律, 两个系列结晶温度相当的矿物可以共生
- 3) 解释暗色矿物间的反应边结构和斜长石正环带结构
- 4) 玄武质岩浆经分离结晶作用可逐步形成酸性岩浆





2、岩浆混合作用（Magma Mixing）

(1) 概念*：由两种或两种以上的不同成分的岩浆以不同的比例混合，形成一系列过渡类型岩浆的作用。

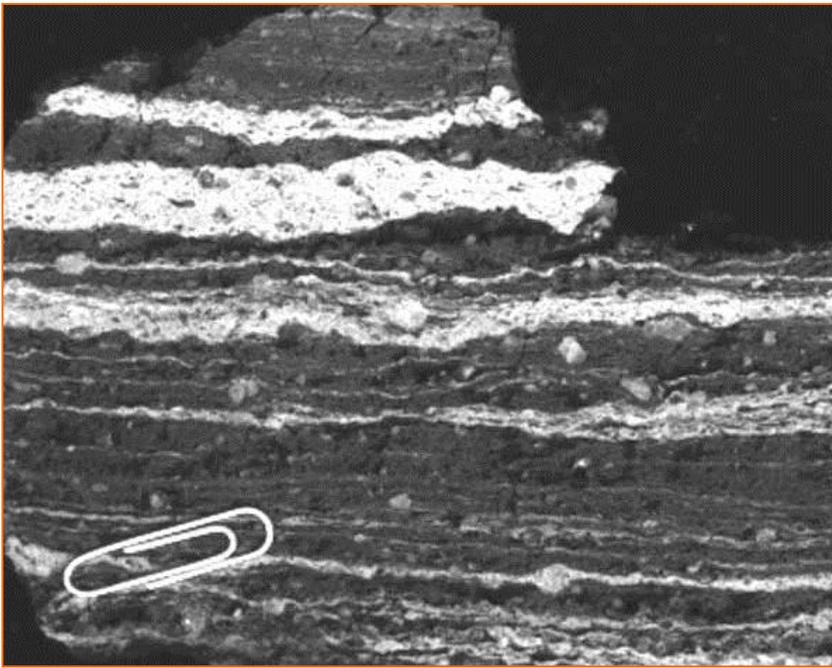
(2) 识别标志*：

1) 混合不彻底时，基性端元和酸性端元及二者间的过渡岩石同时出现；在岩体中可见到一些基性端元的岩石团块、微粒包体等

2) 矿物间出现明显的不平衡现象：两种成分差别较大的斜长石的共存等

3) 混合彻底：对于一套岩石来说，端元组分与混合组分在 Harker-type 变异图上应该呈一条直线

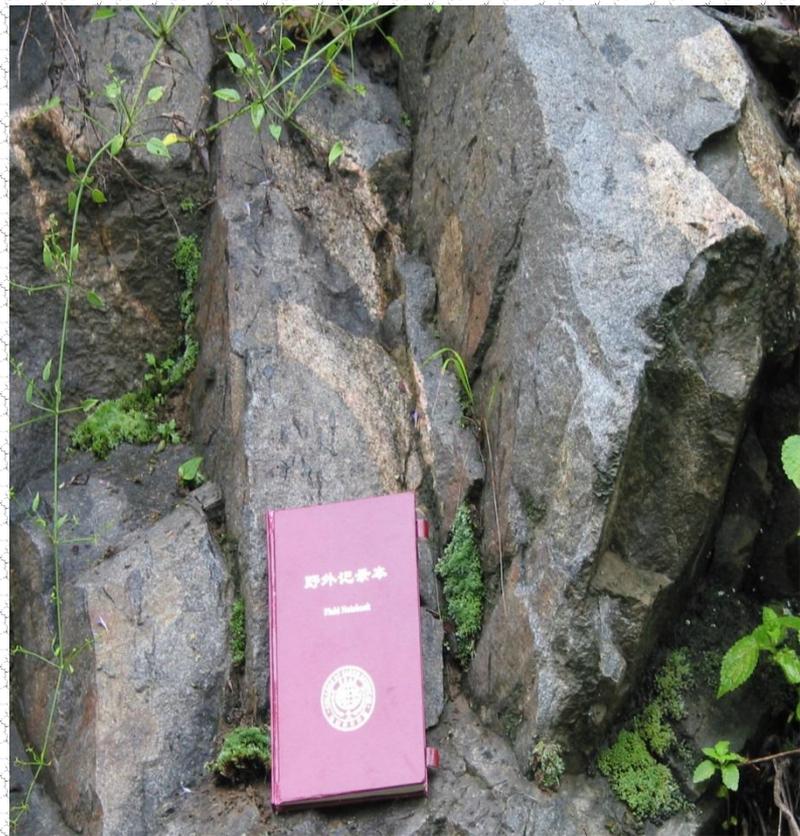
玄武岩和流纹岩 呈互层状



花岗质岩浆房底部出
现玄武岩枕状堆积体



实例分析



吉林临江蚂蚁河岩体——岩浆混合作用的野外证据
(形成时代—225Ma)



工科楼A座门前

3、同化混染作用(assimilation)

(1) 概念*：岩浆熔化或溶解围岩或捕虏的围岩碎块，将改变岩浆的成分，当熔化或溶解较彻底时，称同化作用；不彻底时可有未熔物质的残留，称为混染作用。

(2) 同化混染的可能方式：

1) 岩浆熔化比自己熔点低的围岩物质，使熔体的总成分发生改变。

2) 岩浆不能熔化比自己熔点更高的围岩，只能通过离子交换反应，改变围岩及捕虏体成分，使之达到平衡。

3) 与岩浆相适应的围岩物质可在岩浆中保持稳定，如玄武岩中的地幔橄榄岩包体。

(3) 同化混染作用的鉴别标志*:

- 1) 出现的部位: 主要出现在大型侵入体的边缘带, 与围岩之间常形成渐变过渡带;
- 2) 在同化混染带, 常含有围岩的捕虏体或捕虏晶, 出现不平衡矿物和不平衡结构, 如花岗岩中出现硅辉石;
- 3) 岩石的结构、构造不均一, 出现斑杂构造。

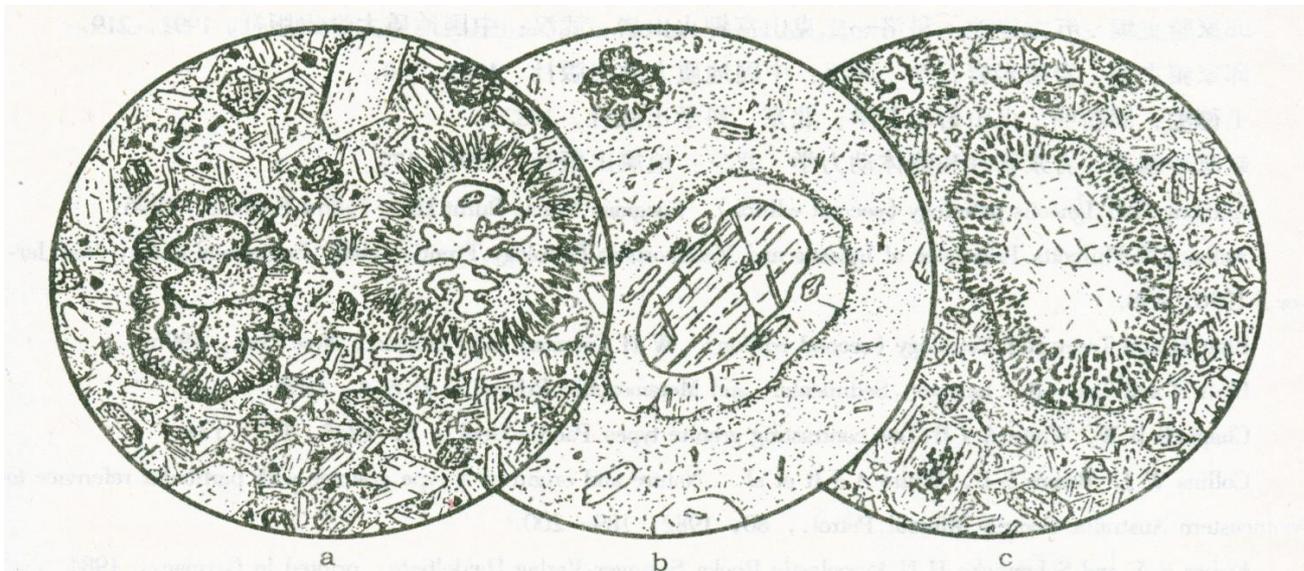


图 10-4 同化混染的火山岩中的不平衡结构

(McBireney, 1985)

a—穿过花岗岩喷发的玄武岩中含石英捕虏晶, 边缘具辉石反应边, 而相邻的橄榄石也有辉石反应边; b—流纹岩中的斜长石捕虏晶被熔蚀、圆化, 并与岩浆反应形成钾长石反应边; c—穿过花岗岩喷发的碱性玄武岩中含钾长石和石英捕虏晶, 钾长石边缘出现蠕虫状玻璃

提示：

- (1) 自然界中火成岩类型复杂多样的原因之一，就是与岩浆演化有关。
- (2) 岩浆演化过程中，所涉及到的作用往往是多种作用的结合。比如，岩浆的同化混染作用和岩浆的分离结晶作用可能是同时发生的；分离结晶作用和更原始岩浆的再注入可能是同时发生的。

– AFC: assimilation

+ Fractional crystallization

– Fractional crystallization + recharge of
more primitive magma

Why?



岩浆岩成因 = 岩浆系统内有关的岩石的形成过程 ?

三、岩浆的上升和侵位

- 岩浆上升的动力—密度差和由于张开裂隙而发生的减压作用
- 平衡浮力高度：当岩浆上升至与其密度相当的围岩时，岩浆体停止移动形成侵入岩。这一位置可称为平衡浮力高度

1、底辟作用

- A.底辟上升和侵位是连续的过程
- B.底辟侵位的主要驱动力—岩浆的浮力和热动力
- C. 演化阶段：早期穹隆阶段、中期底辟上升阶段、晚期侧向挤断（气球膨胀）阶段
- D. 特征：岩体的内部结构及产状与围岩的片理产状一致，岩体没根，整合岩体

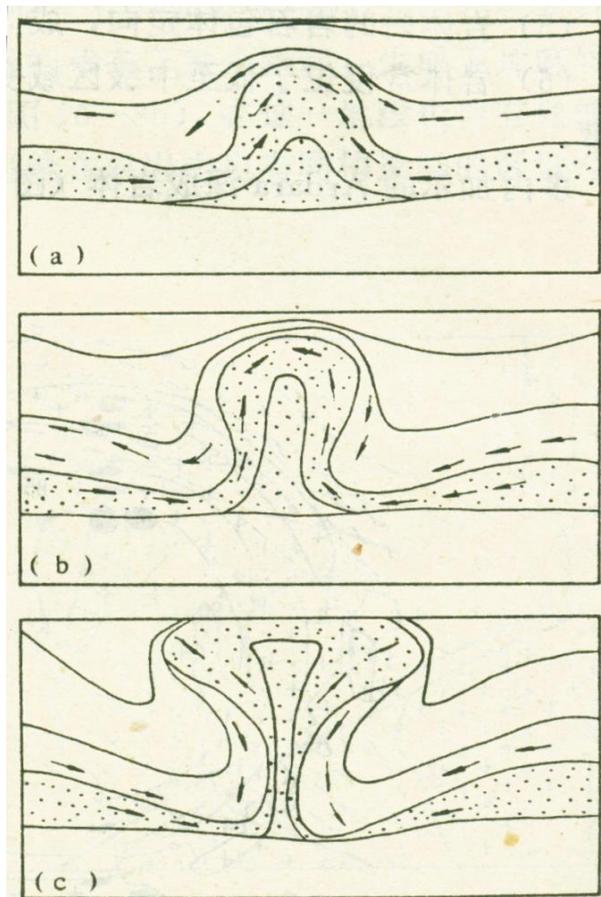


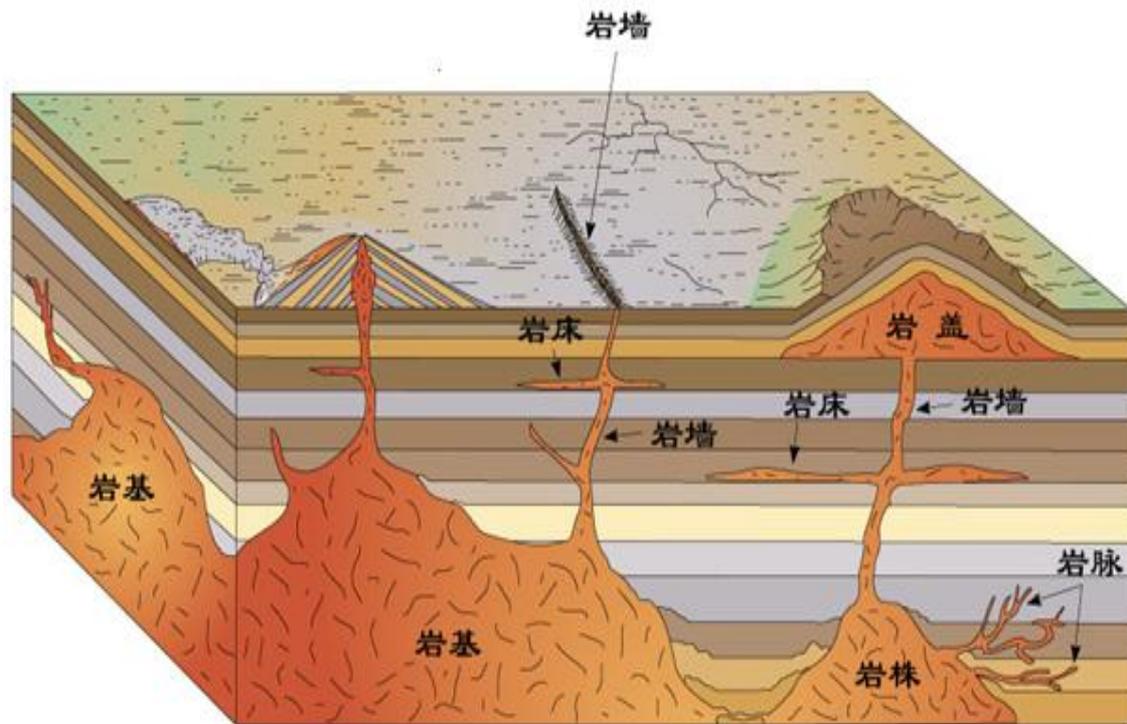
图 16—10 Dixon 底辟构造演化的三个阶段模型
(据 Castro, 1987)

a—穹隆阶段；b—底辟阶段；c—侧向膨胀阶段

3、岩墙扩展作用 (dike propagation)

含义：是岩浆在压力的驱使下，注入围岩裂隙，并通过挤压围岩使其扩展成狭窄的岩浆通道（岩墙），并沿该通道上升。

环境：张性断裂、裂隙
例子：辉绿岩岩墙



4、火口沉陷作用(cauldron subsidence)

代表环形杂岩体特征的一种侵位机制

