

# 第二部分 变质岩岩石学

## 总论

第一章 变质作用及变质岩

第二章 变质岩的基本特征

## 各论

第三章 动力变质作用及动力变质岩

第四章 接触变质作用及接触变质岩

第五章 区域变质作用及区域变质岩

第六章 交代变质作用及交代变质岩

第七章 混合岩化作用 及混合岩

# 第一章 变质作用及变质岩

## 一、基本概念

岩浆岩、沉积岩及原生变质岩

### 1、变质作用及变质岩

由于地球内力作用而引起物理、化学条件的改变，从而使地壳中原有岩石的化学组成、矿物组成、结构构造等方面在原岩基本保持固态的情况下发生的转化作用，为变质作用。

由变质作用形成的岩石称为变质岩。

## 2、变质作用的特点

(1) 变质作用是一种**内力地质作用**，是由地壳运动及岩浆活动引起的，不同于地壳外力作用所引起的风化作用。

(2) 变质作用是由原岩（岩浆岩、沉积岩及变质岩）在固体条件下进行的，并可在成分、结构构造等方面和原岩有不同程度的联系。

(3) 由于变质作用是使岩石发生变质的过程，在该过程中常形成**特征变质矿物及变质结构构造**，并在固态情况下进行的。

## 3、正变质岩及副变质岩

{ 正变质岩：由岩浆岩变质而成  
副变质岩：由沉积岩变质而成

## 二、变质作用的外部因素

变质作用的因素

外部因素：温度、压力及流于岩石中的液体和气体

内部因素：岩石的物质成分、结构、构造

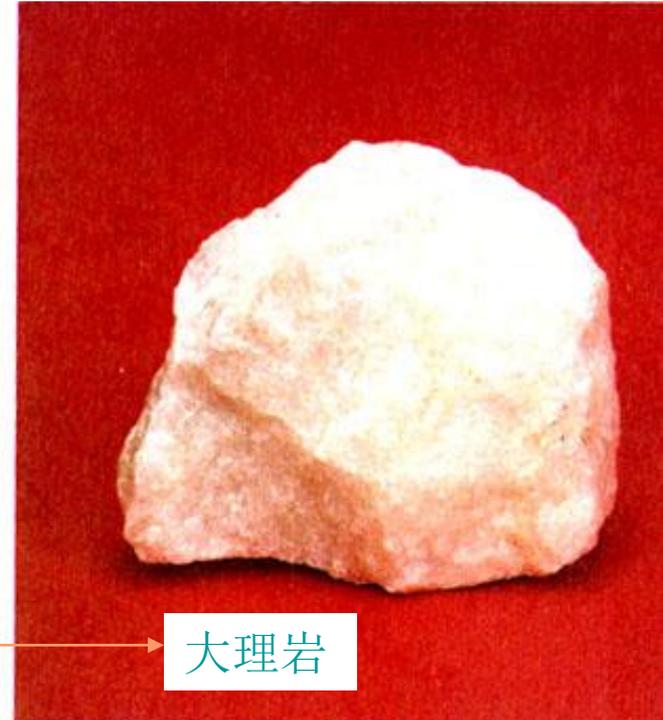
**1、温度** 是引起变质作用的最主要、最积极的因素，岩石在温度升高时可以引起几方面的变化：

(1) 促进重结晶作用

温度升高，原岩的结构、构造发生改变，而岩石组分基本不变，岩石内部质点重新排列，使晶粒由小变大、由细变粗。

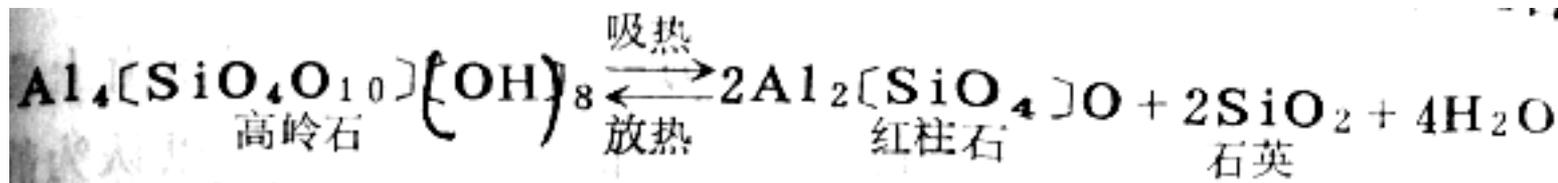


生物灰岩



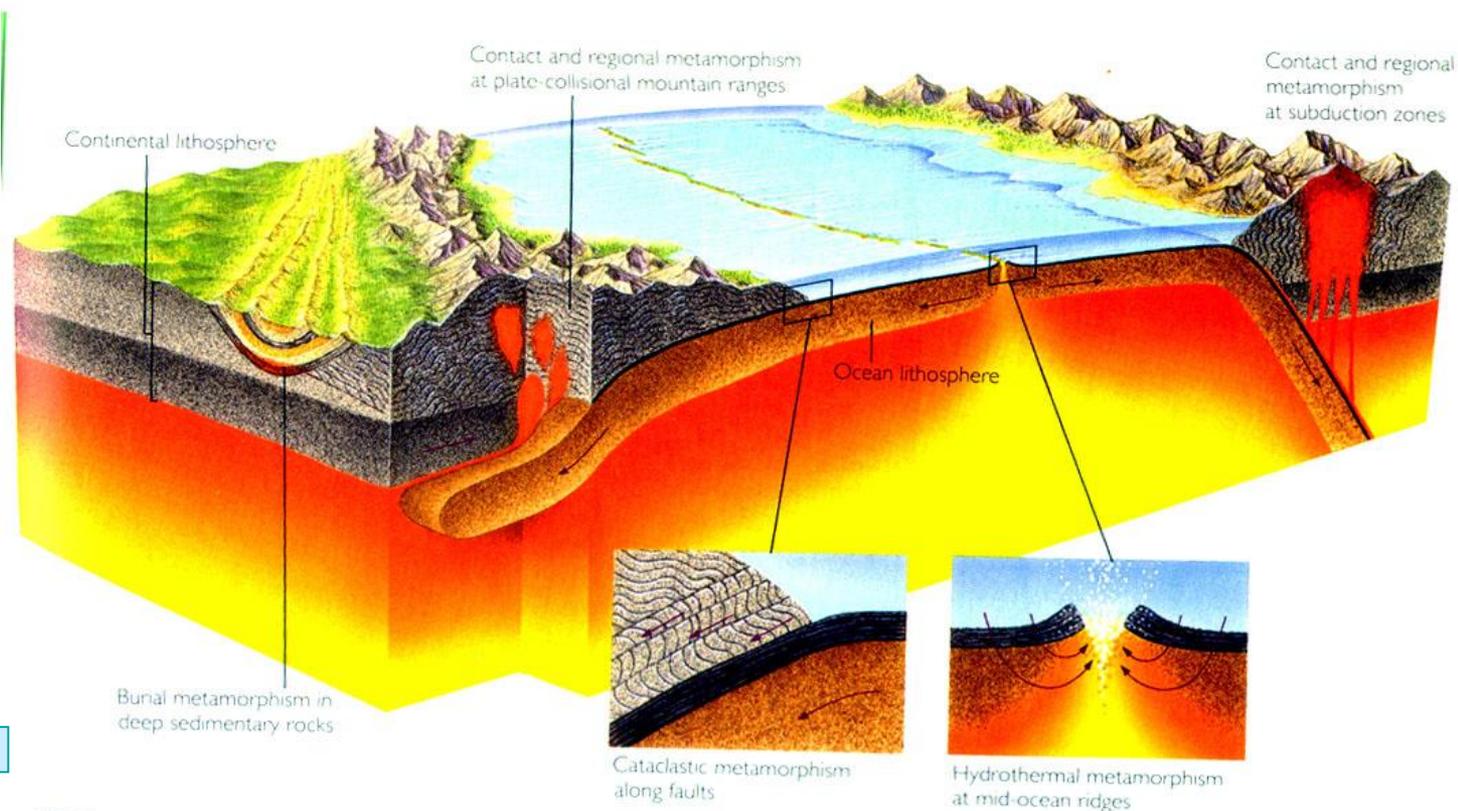
大理岩

(2)促进岩石内部质点的活动能力，引起物质成分迁移，从而形成新矿物及高温变质矿物。



温度来源:

- 地热
- 岩浆热
- 构造运动
- 摩擦热
- 放射性蜕变热



## 2、压力

静水压力

定向压力

粒间流体压力

### 静水压力

受上覆岩层重荷引起，随埋深的增加而变大；根据岩石的平均比重计算，每增加1公里埋深，静水压力则增加0.28千巴。

#### (1) 促使化学反应加快或减慢



高压则反应停止

静水压力在岩石变质作用过程中的作用

(2) 引起结构改变。促进重结晶，形成粗晶变质岩。

(3) 静压力的增加会引起岩石体积缩小，并形成比重较大的矿物

红柱石（比重3.1） 蓝晶石（3.6）  
碳——金刚石

# 定向压力

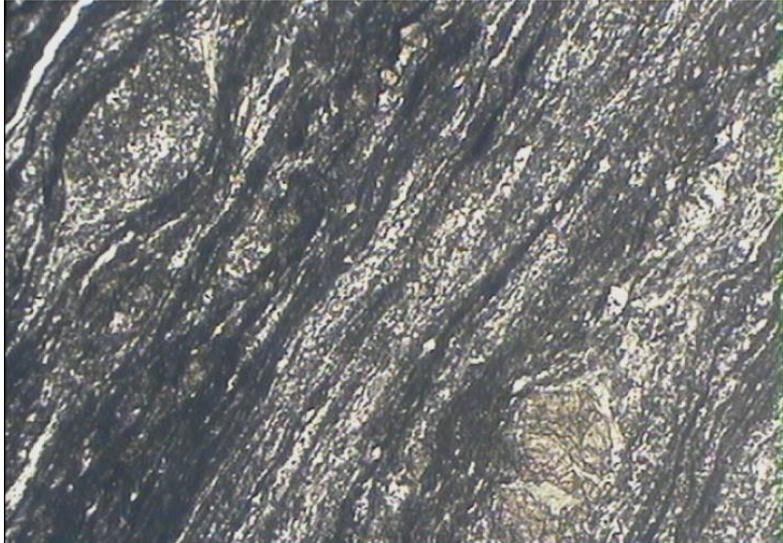
定向压力是构造或岩浆侵入围岩所产生的一种侧向挤压应力，通常发生在地壳表层，随深度增加而减弱。



定向压力的影响：

(1) 使岩石发生各种机械变形以至破碎

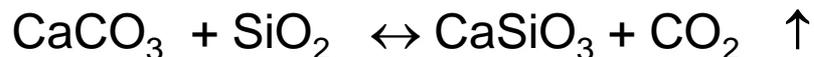
(2) 使岩石中新生的片、柱状矿物定向排列，形成片理



Ultramylonite , crystallization of matrix is very poor from Inner Mogolia

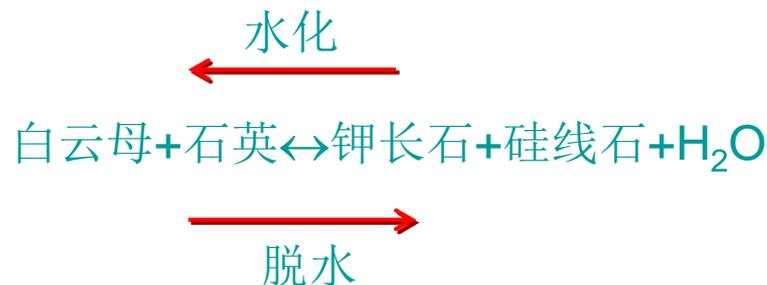
# 粒间流体压力

- ◆粒间流体主要由岩石颗粒间存在的挥发份，特别是H<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>所引起的压力。大部分脱水和碳酸盐化变质反应与该流体压力有关。



由于CO<sub>2</sub>含量不同，引起反应压力变化，变质反应方向随之改变

- ◆流体压力对含结构水矿物的分解起到抑制作用，当水流体压力增大有利于发生水化，反之，有利于脱水作用发生。

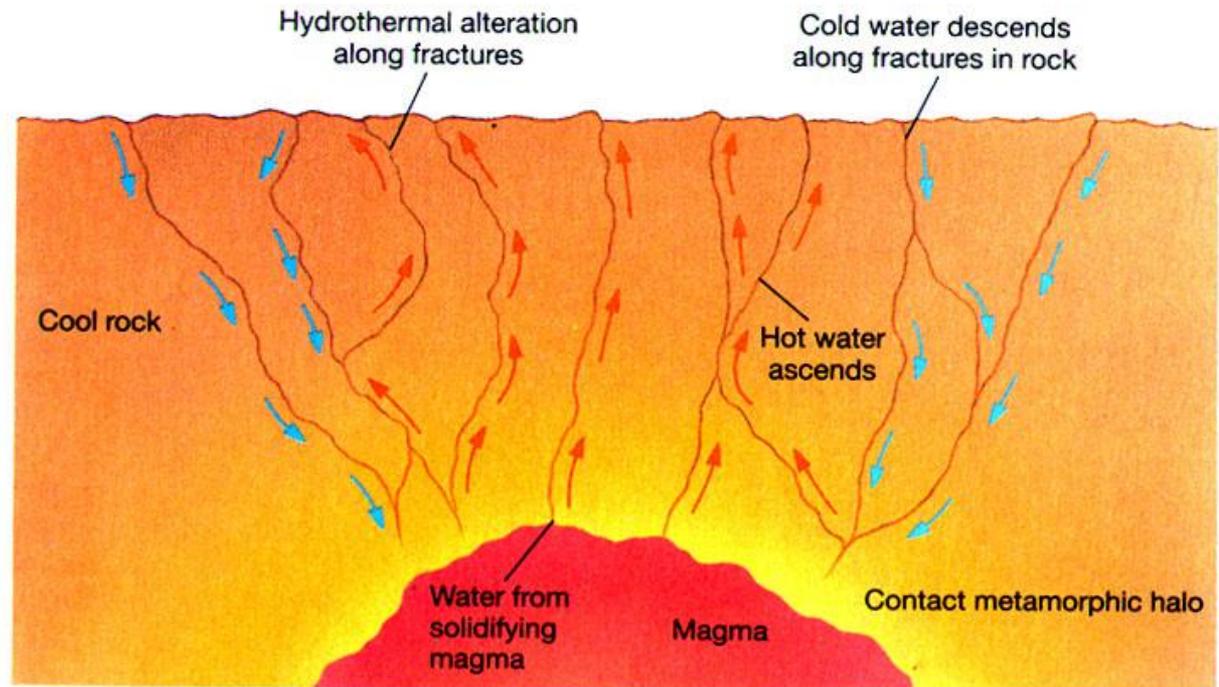


### 3、具有化学活动性的流体

(1) 成分： $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  以及硼酸、碳酸、盐酸等

#### (2) 影响

- a 起着溶剂的作用，促进重结晶和变质反应的速度
- b 引起交代作用，并形成新的矿物



### 三、变质作用的方式

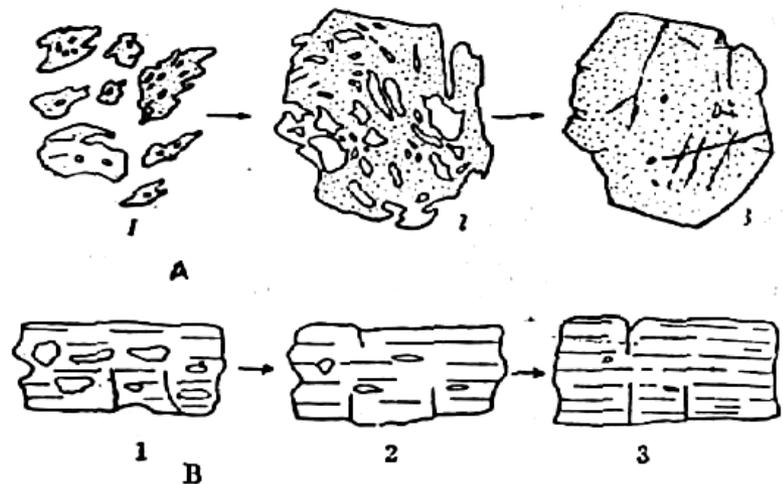
#### (一) 重结晶作用 (recrystallization)

重结晶作用是变质作用的一种主要方式，它是在高温下，矿物在固态条件下重新成长的过程，或是岩石中的化学组分重新分配形成新矿物的过程。一般说来，在重结晶作用过程中，没有物质的带入或带出，因此，岩石总的化学成份不变。

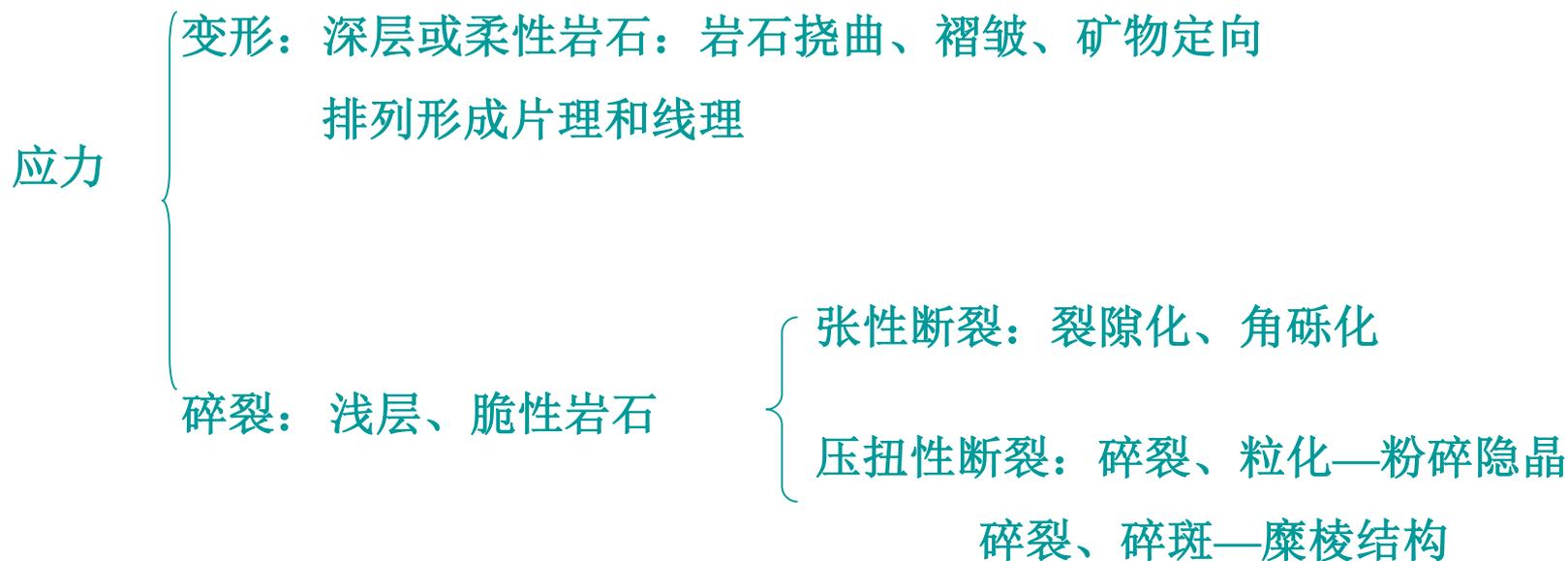
单成分：无新矿物，晶粒粗大

复成分：复杂，矿物重新组合→新矿物； 粘土岩→片麻岩

晶体生长过程：



## (二) 变形与压碎作用



## 三、变质作用的方式

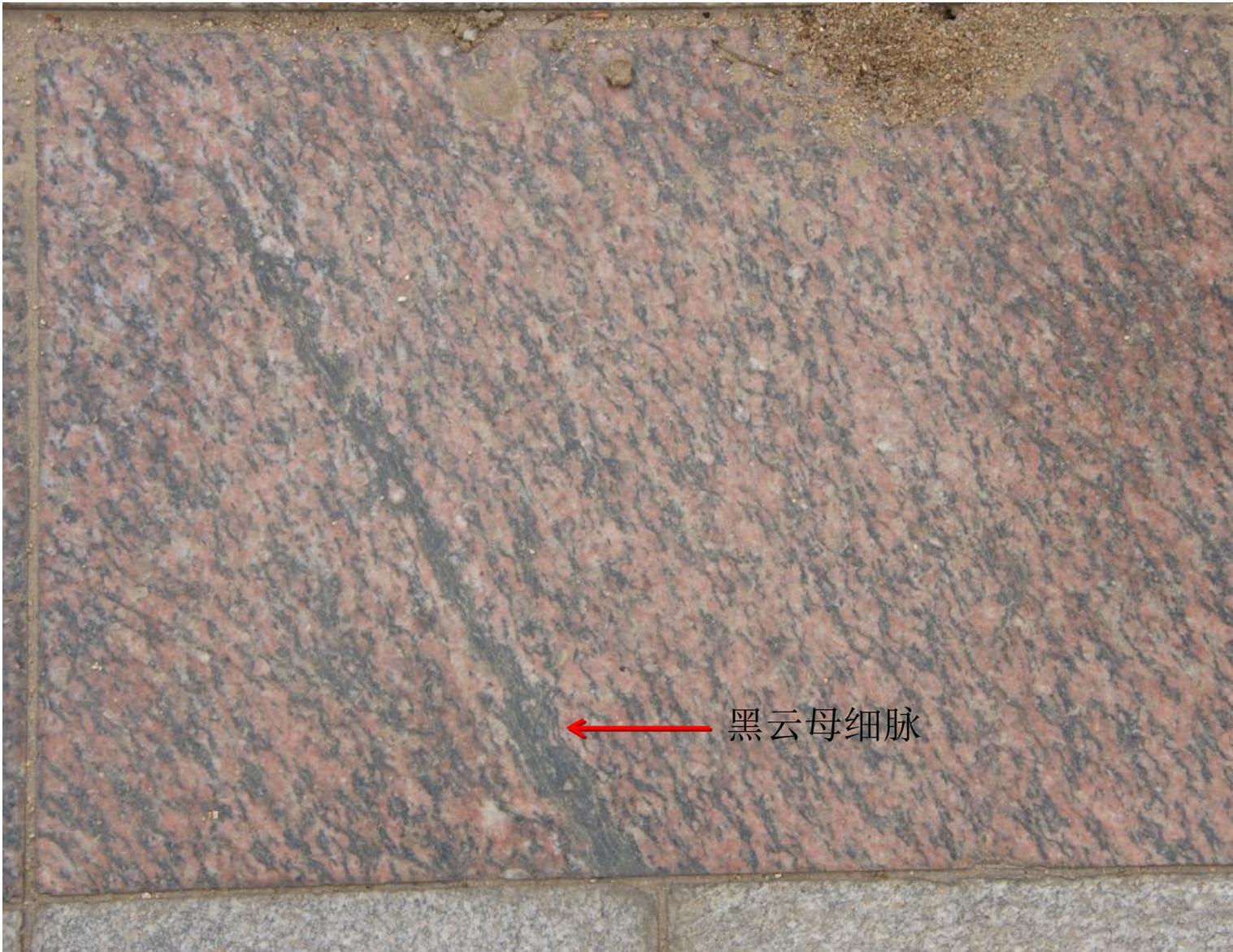
### (三) 变质分异作用

岩石变质时，在不发生熔融和交代作用情况下，原岩本身的某些组分在间隙溶液中经扩散作用不均匀聚集，使成分均匀的原岩变成矿物成份不均匀的变质岩石，称变质分异作用。

{ 变斑晶  
变基质      经溶解、迁移、再分配、重结晶

刚性岩石在应力作用下产生的裂隙： $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 以及围岩中溶解组分充填形成细脉、透镜体—与围岩成分不同。

整个过程是在溶液参加的固体状态下进行的，岩石的总体积不变。

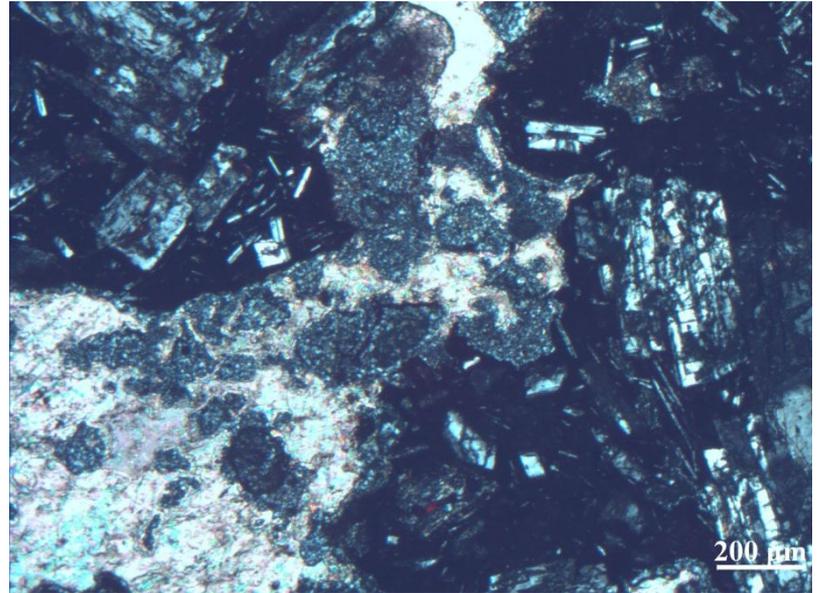


← 黑云母细脉

### 三、变质作用的方式

#### (四) 交代作用

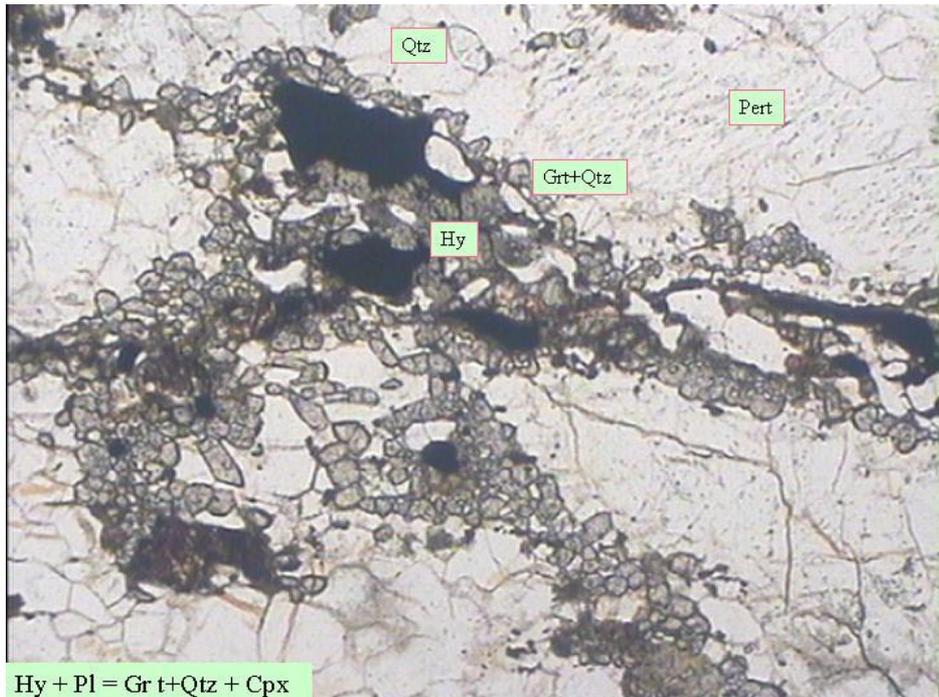
- 指在变质条件下，由变质岩以外的物质的带入和原岩物质的带出，而造成的岩石中一种矿物被另一种化学成分不同的矿物所置换的过程。
- 交代作用普遍存在，在接触交代、区域变质、混合岩化等作用中都可见到。



## (五) 变质结晶作用

**变质结晶作用**是指在变质作用的温度、压力范围内，在原岩基本保持固态条件下，新矿物相的形成，与此同时某些原有矿物趋于消失的过程。

新变质矿物的形成，很多情况下是通过特定的化学反应来实现的，因此变质结晶作用也称为**变质反应**。



紫苏辉石+斜长石=石榴子石+石英+单斜辉石

# 四、变质作用的类型

## (一) 接触变质作用

在岩浆岩体的边缘和围岩的接触带上，由于岩浆的温度和从岩浆中分离出的溶液的影响，而使岩石发生变质的作用称为接触变质作用

大理岩

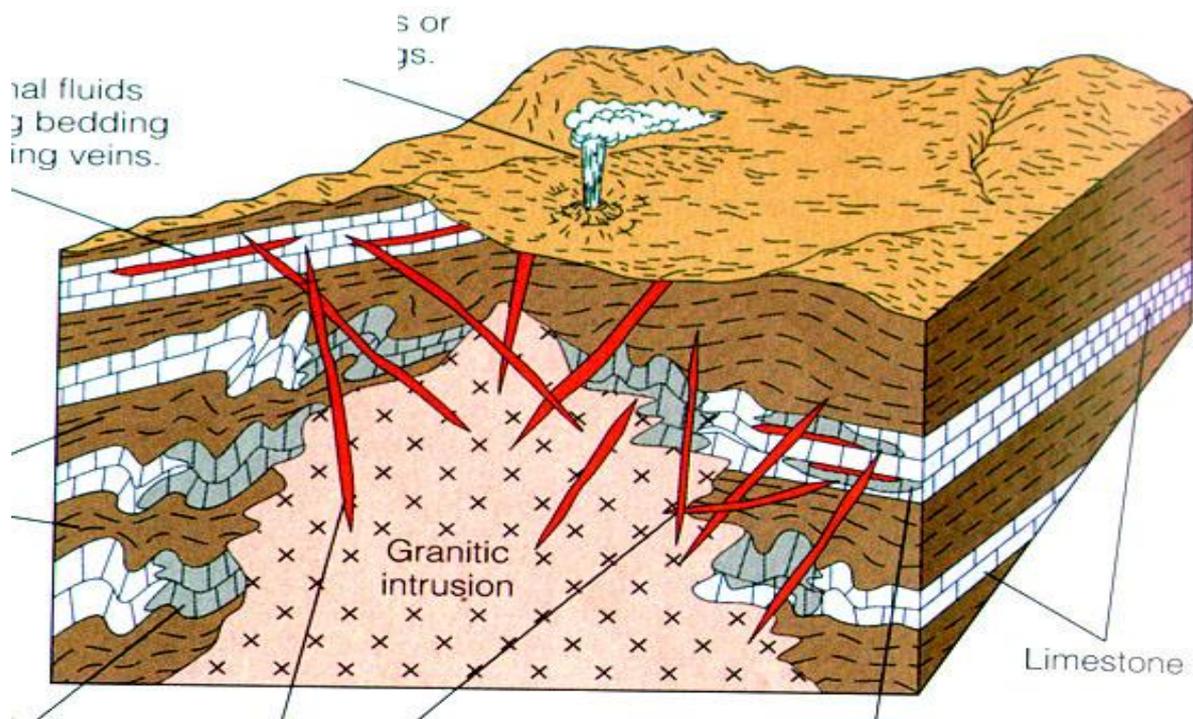
云南个旧锡矿床，占我国锡产量的60%以上，自元朝以来累计锡产量在50万吨以上

### 类型

热接触变质作用

接触交代变质作用

Fe、Co、Ni、Mo  
Cu、Pb-Zn、Ag



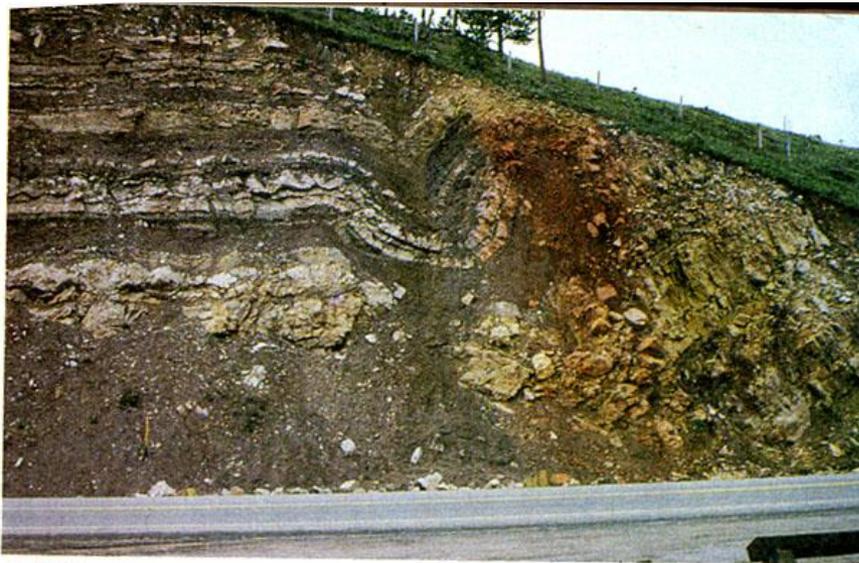
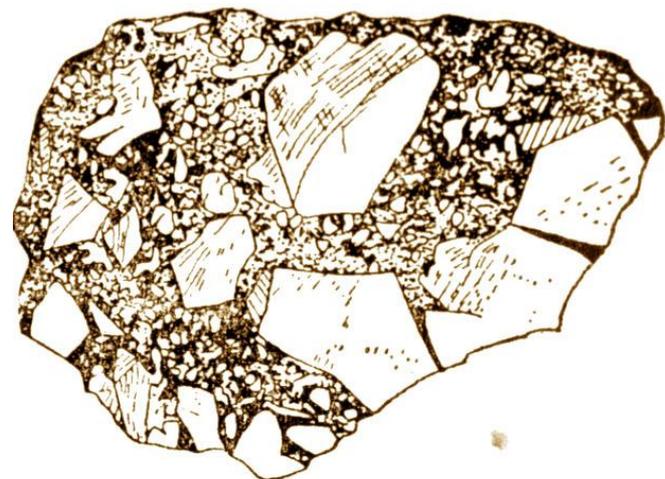
dynamic metamorphism

## (二) 动力变质作用

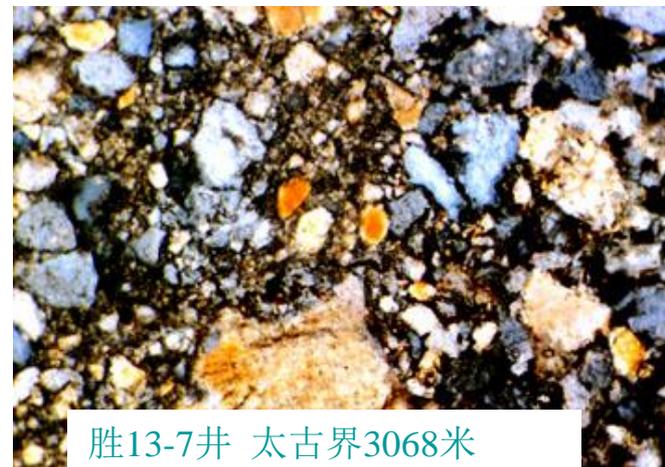
在构造运动产生的定向压力作用下，岩石所发生的变质作用

特点

变质作用的因素→以应力为主  
变质作用的方式→变形与压碎  
发生位置 →褶皱带、断裂带  
和断层附近



A fold in Mesozoic sedimentary rocks in the Bighorn Mountains of Wyoming. (Courtesy of Larry Davis.)



胜13-7井 太古界3068米

### (三) 气化水热变质作用

具有化学活动性的气体或热水溶液对岩石进行交代而使岩石发生变质的一种作用。

变质作用的因素主要为具化学活动性的流体，其次为温度

来源

岩浆中挥发分

与岩浆无关的区域性分布的热水

具明显的交代作用——交代变质作用

## (四) 区域变质作用 regional metamorphism

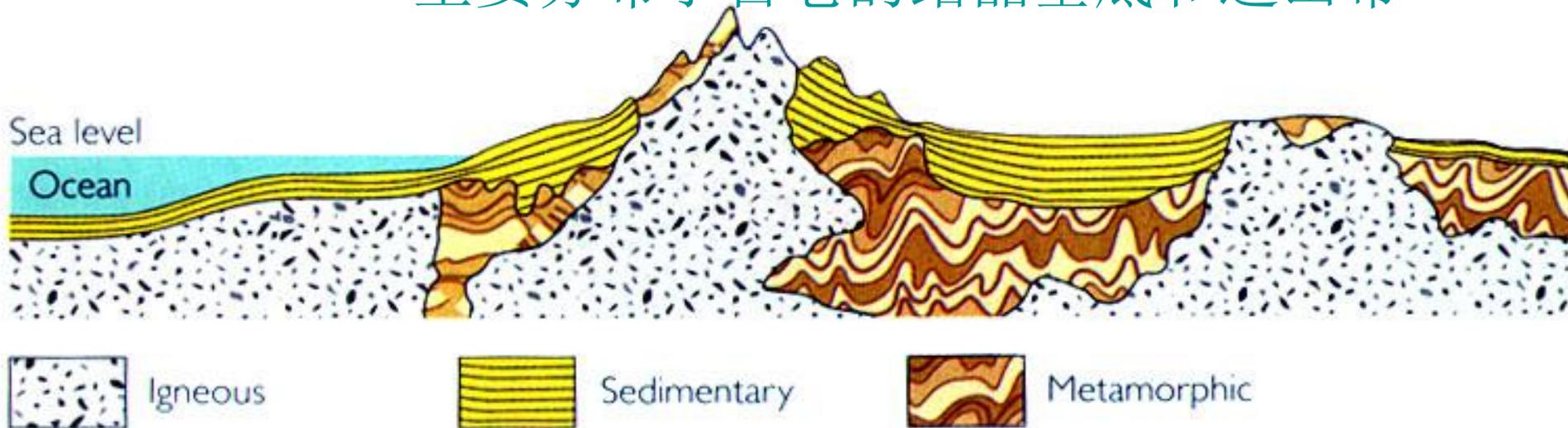
是大面积分布的，作用因素复杂的一种变质作用。由温度、压力和具有化学活动性流体的综合作用所造成的变质作用。

特点

变质因素复杂

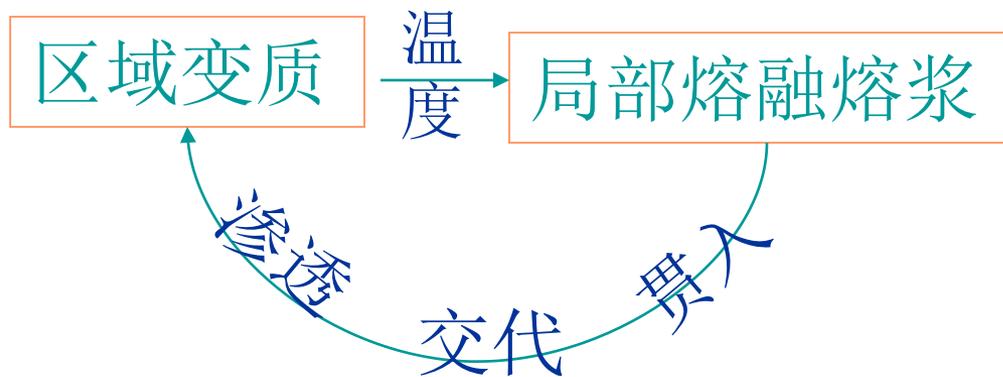
岩石一般都强烈变形和片理化

主要分布于古老的结晶基底和造山带

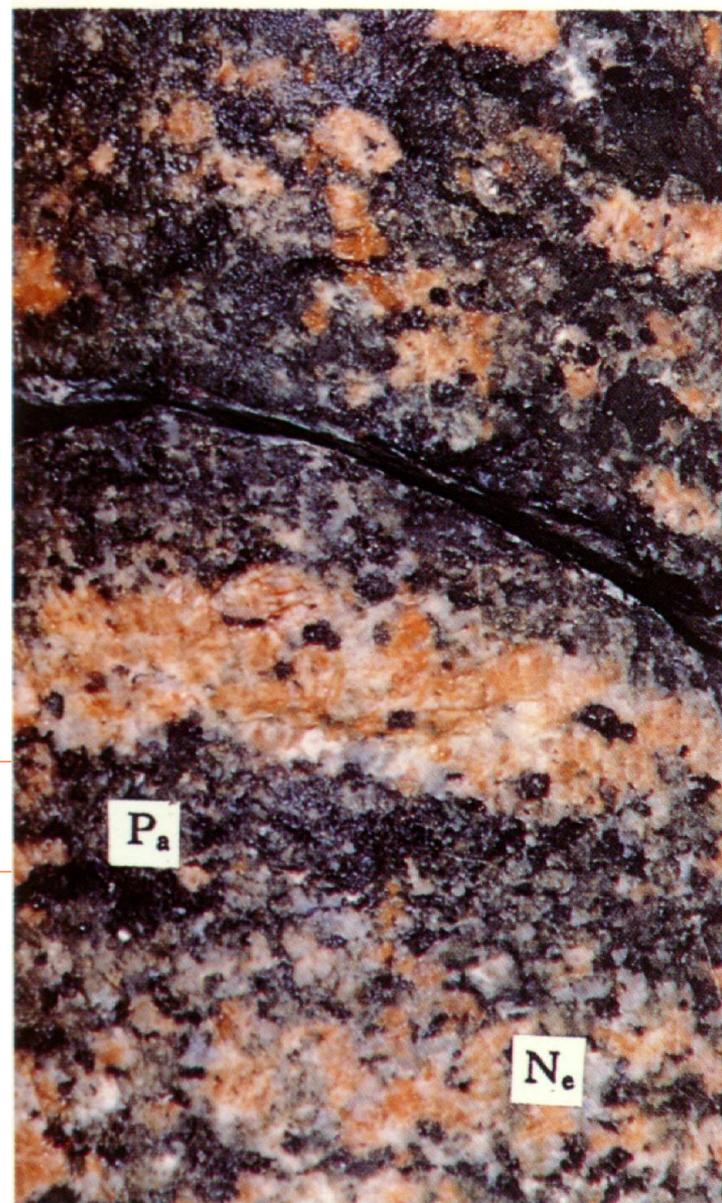


## (五) 混合岩化作用

在区域变质作用的基础上，由于地球内部热流升高而产生的深部热流或局部重熔熔浆渗透、交代、贯入变质岩中并形成混合岩的一种变质作用



migmatization



## (六) 复变质作用

指岩石经受不同变质阶段，多次叠加的变质作用。

**退变质作用**是指原来比较高温的变质矿物共生组合被低温的矿物组合所取代。

{ 冲击变质作用  
洋底变质作用



Hydrothermal metamorphism  
at mid-ocean ridges