思考、讨论题

- 残余构造、变余层理、置换条带、分异条带
- 变质岩中层状构造的类型。
- 太古代与元古代之后的构造样式有何不同？
- 变余层理与变质构造成因条带有何不同？

第八章 变质岩区构造分析（2）

主讲人：刘志宏

吉林大学地球科学学院

主要内容

- 变质岩区构造的基本特点
- 变质岩区的层状构造
- 面状与线状构造（面理与线理）
- 构造置换问题
- 韧性剪切带

本讲内容提要

- 尺度与透入性问题
- 叶理的类型及特征
- 叶理的形成机制
- 叶理的应变意义
- 线理的类型及特征
- 构造置换

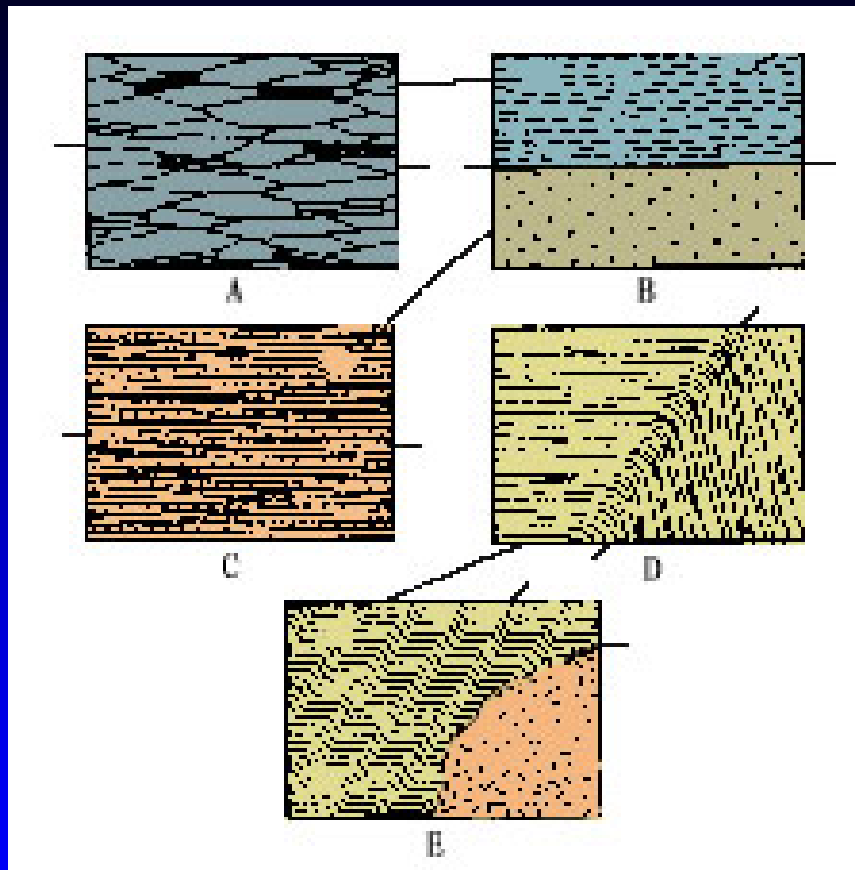
吉林大学地球科学学院—刘志宏

三、岩石的线状与面状构造

——叶理与线理

（一）尺度与透入性问题

- 尺度：即观察的规模或者范围。
- 透入性：一种构造现象在一个地质体中均匀、连续、遍布整体。
- 透入性与观察尺度



（二）叶理与线理

- 叶理（面理）：岩石内透入性要素的面状排列。
- 线理：岩石内透入性要素的线状排列；

A、面理（叶理）

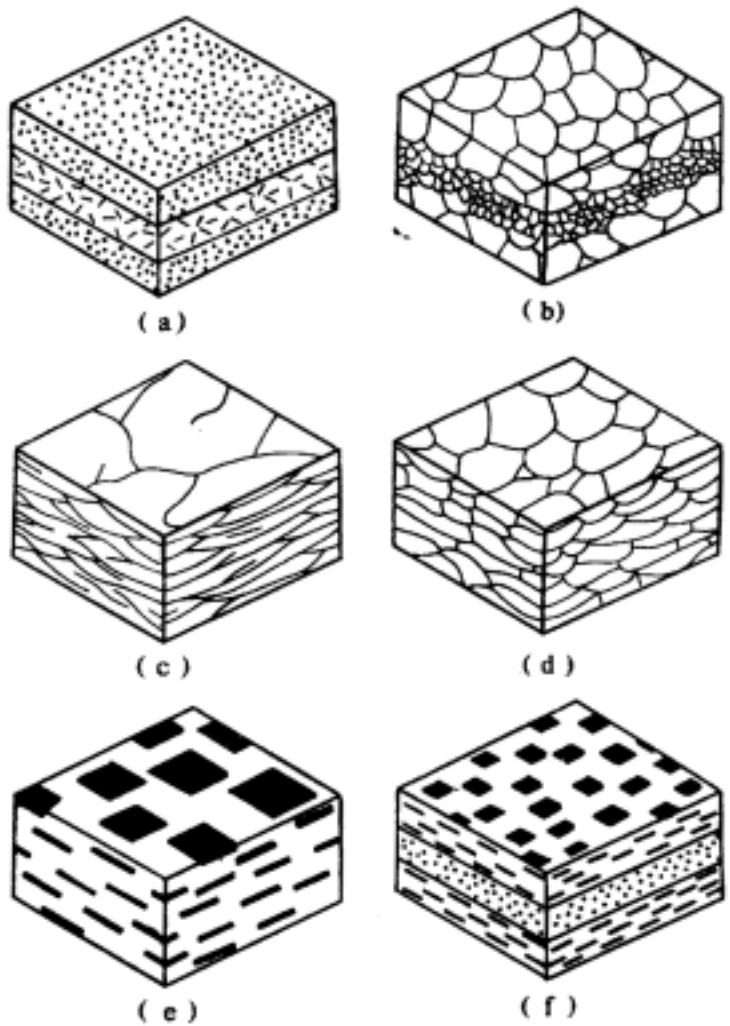


图11-1　叶理构成图解（据 Hobbs 等，1976）

a—组分的分层；b—颗粒大小变化；c—平行密集不连续破裂面；d—颗粒界面的优选方位；e—板状矿物集合体的优选方位；f—上述几类的复合

1、叶理的类型及特征

（1）劈理

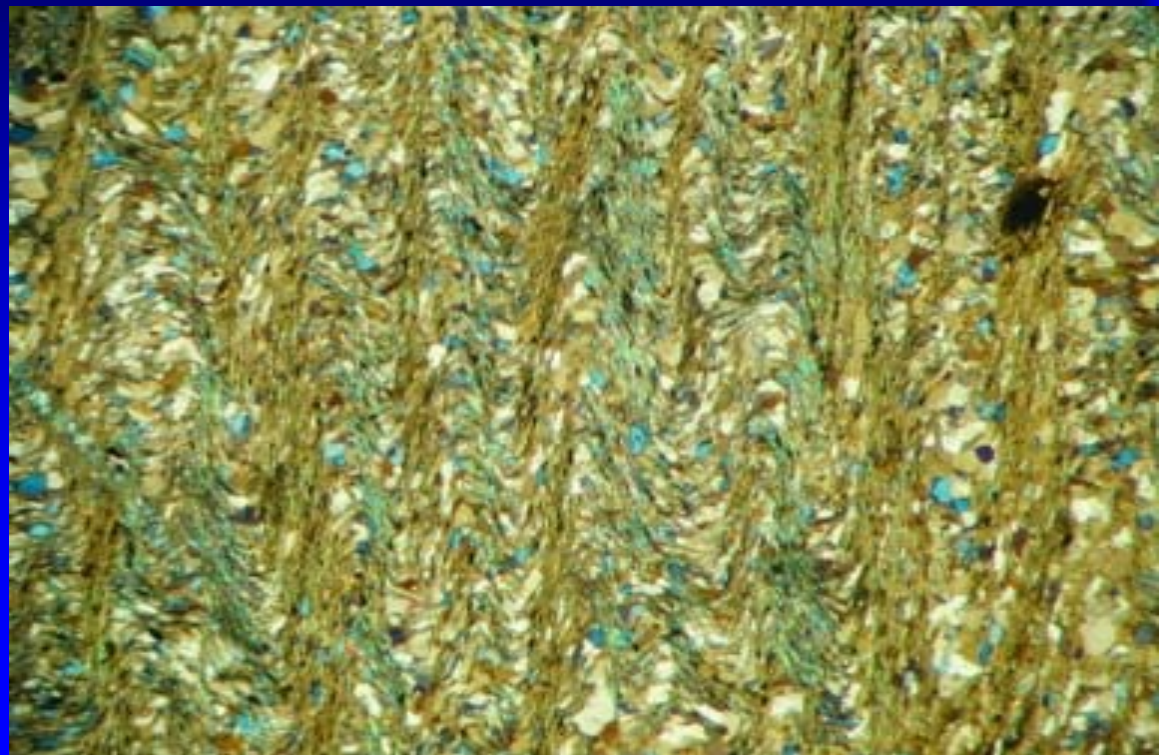
- 劈理的概念：岩石中发育的 密集潜在的破裂面。
- 劈理和节理的主要区别：
  - 劈理具有细密间隔；
  - 劈理在小范围内是均匀分布的透入性构造。
- 劈理的组成：
  - 劈理域
  - 微劈石



1、叶理的类型及特征

（1）劈理

- 破劈理
  - 平直密集/无矿物定向/切早期面理/发育在低温脆性的能干层中
- 板劈理
  - 潜在破裂面/矿物颗粒定向/切早期面理/发育在中低级变质的塑性岩石中
- 褶（折）劈理
  - 早期或同期面理褶皱或剪切/紧密相间排列、形态弯曲/新矿物定向/发育于各级变质的较塑性岩石中



褶（折）劈理的形成过程

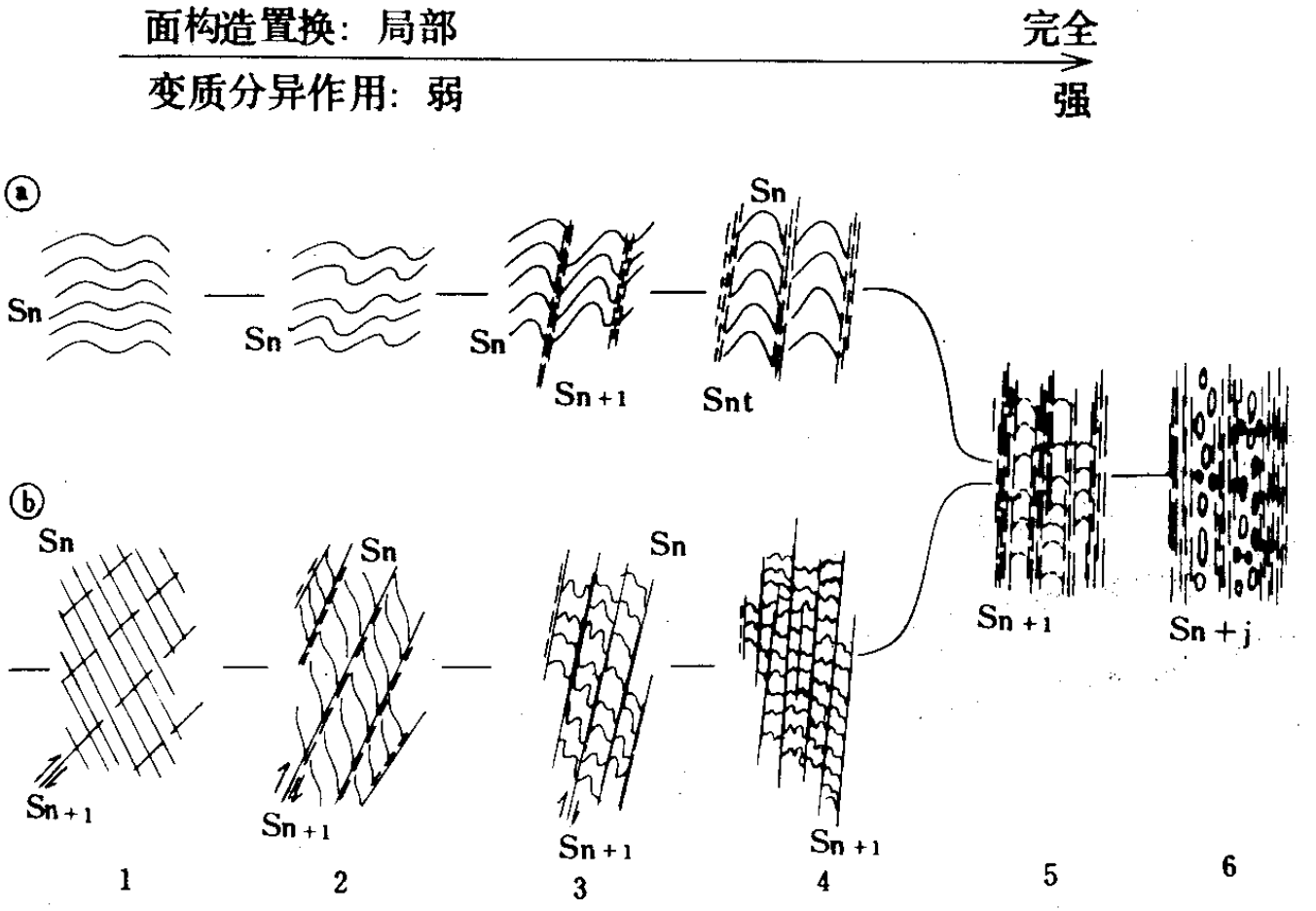


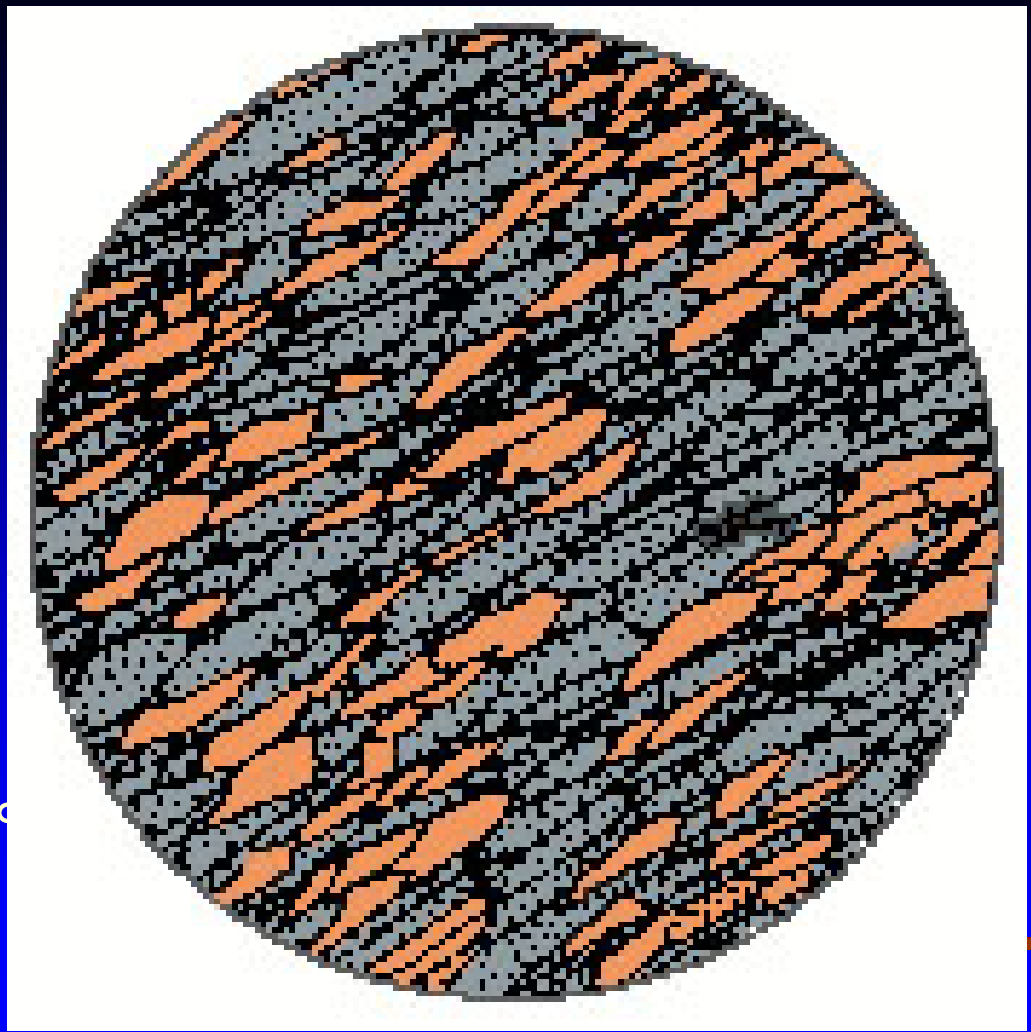
图 4-3　折劈理形成演化过程的六阶段模式

1、叶理的类型及特征

（2）片理：变质岩石中片状、板状以及长轴状矿物平行定向排列、首尾相接的叶理。

- 片理与板劈理的主要区别是晶体定向是否可见

（3）片麻理：组成叶理的片状、柱状矿物呈不连续状定向排列的构造。



2、叶理与其它构造之间的关系

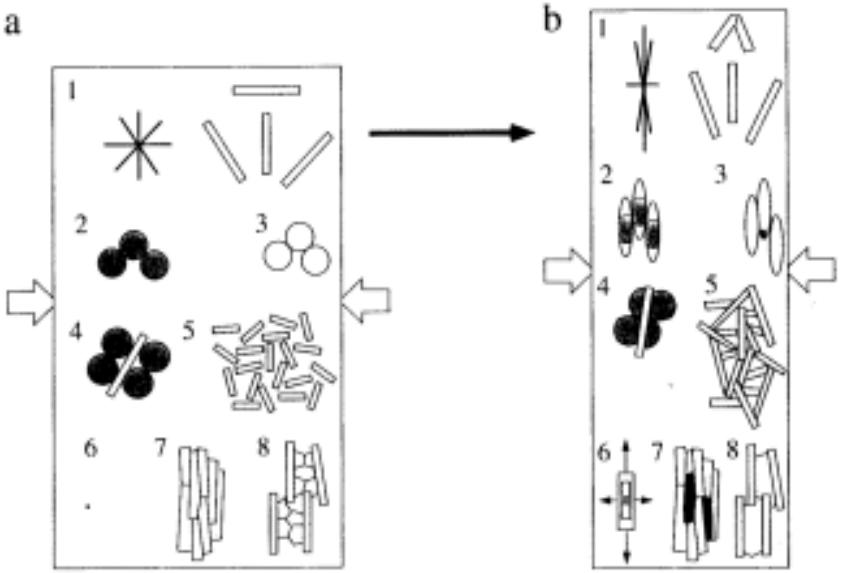
- 轴面叶理
  - 平行轴面、扇形、反扇形
- 层间叶理
  - 叶理折射
- 顺层叶理
  - 近似平行于原始层理





3、叶理的形成机制

（1）板状颗粒的机械旋转
（2）应力诱导的扩散物质迁移
（3）晶质塑性变形引起压扁
（4）机械旋转+扩散物质迁移
（5）应力作用下（或释放后）片状矿物颗粒的定向生长
（6）应力场中的定向成核与生长
（7）沿着先成叶理矿物颗粒的拟态生长
（8）平行于叶片状矿物颗粒的生长



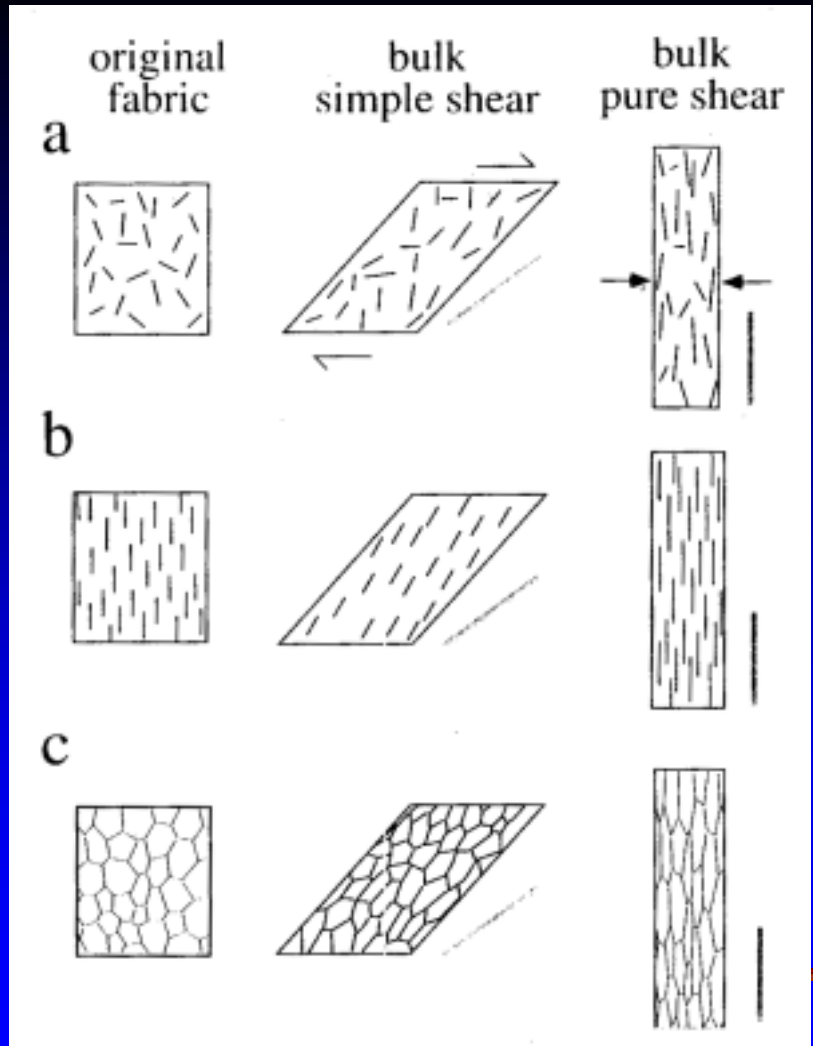
Schematic diagram of some important mechanisms contributing to developement of secondary foliations in rocks. **a** Fabrics at the onset of deformation. **b** Fabric elements after deformation. *1* Elongate crystals *(open rectangles)* rotate in response to deformation in a way similar to theoretical passive markers *(solid lines)* but there are differences; minerals may fold when normal to the shortening direction and thus strengthen a preferred orientation, or rotate at slower rate than material lines when highly oblique to the shortening direction. *2* Mineral grains change shape by stress-induced solution transfer; *grey* is original material, *white* are overgrowths. *3* Mineral grains change shape by crystalplastic deformation such as dislocation creep or solid state volume diffusion. *4* Polymineralic aggregates develop foliations by processes *1* + *2* when assisted by stress-induced solution transfer. *5* Grain growth of micas parallel to (001) during or after shortening leads to an increase of foliation intensity because grains oriented in the direction of the foliation can grow to greater length than those in oblique orientations. *6* Oriented nucleation and growth of a mineral in a stress field. *7* Mimetic growth of elongate grains due to restrictions in growth direction imposed by an existing foliation. *8* Restricted growth parallel to platy minerals

单剪和纯剪条件下叶理的形成

a. 原岩中板片状矿物随机定向

b. 原岩中板片状矿物具有优选

c. 原岩为等轴状矿物颗粒集合体



4、叶理的应变意义

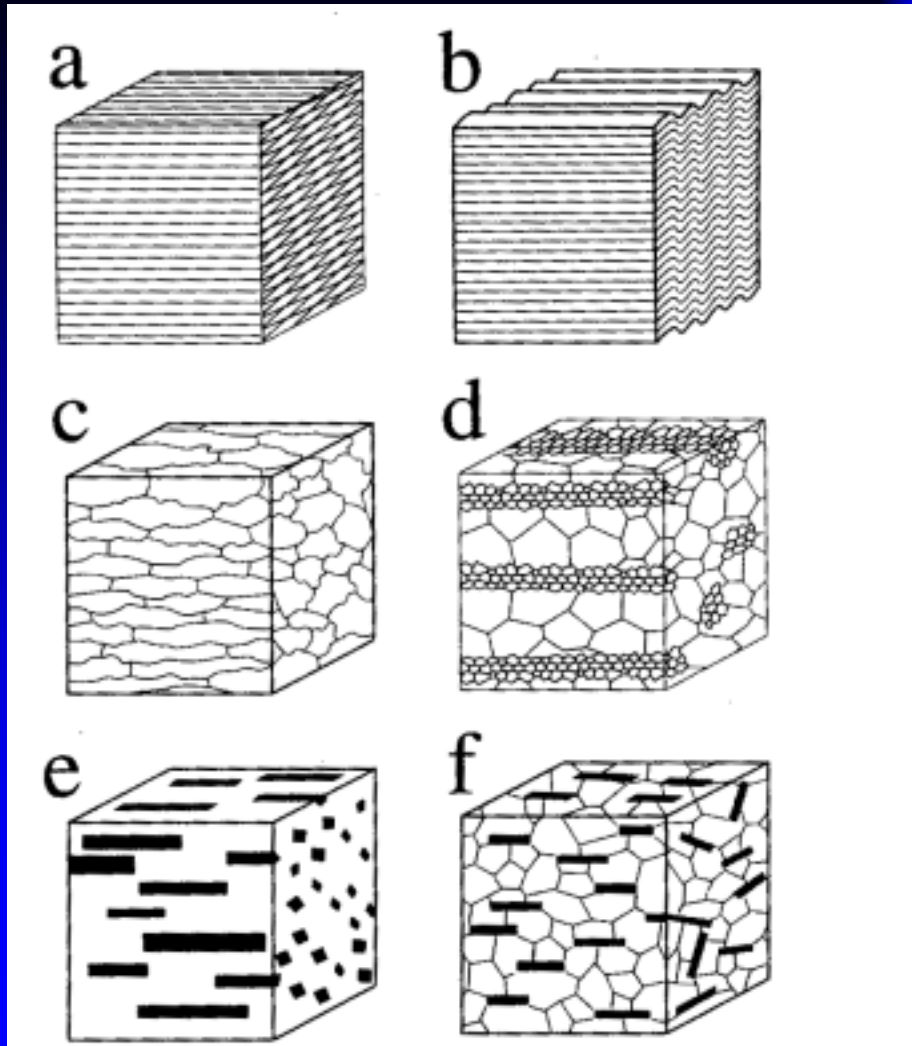
- 一般垂直于最大压缩方向，平行于压扁面，即平行于应变椭球体的XY应变面。
- 虽然大多数劈理是挤压面（λ1λ2面），但不能排除由剪切面经递进挤压而使其旋转到与λ1λ2面的交角很小的方位的可能情况。
- 当缩短应变量超过60%时,这一交角可小于10°,此时原先的剪切面就几乎与λ1λ2面相平行了（ Hobbs et al， 1976） 。

B、线理

- 小型线理
- 大型线理

1、小型线理

- 交面线理（a）
- 皱纹线理（b）
  - 由细褶皱构成
- 拉长线理
  - 变形砾石、矿物颗粒等拉长构成的线理（c）
- 矿物线理
  - 矿物集合体定向排列构成的拉伸线理（d）
  - 自形半自形柱状矿物构成的矿物线理（e）
  - 自形半自形片状矿物构成的矿物交叉线理（f）



皱纹线理-b型线理



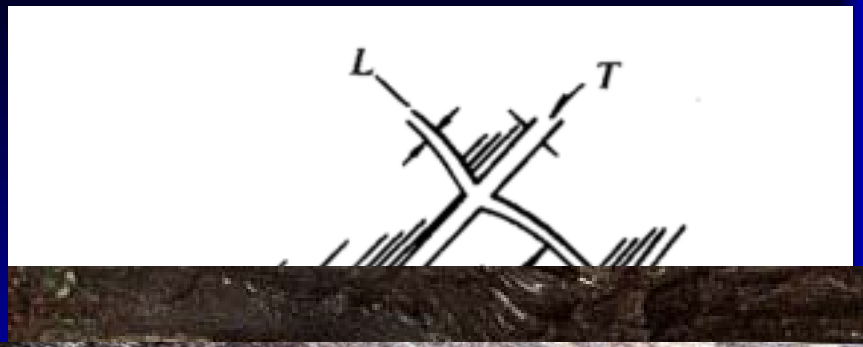
2、大型线理

- 石香肠构造
- 窗棱（梭）构造
- 杆状构造
- 铅笔状构造

2、大型线理

（1）石香肠构造

- 不同岩性相间的岩层，相互间具有较大的韧性差，受到垂直层压缩，能干层被分割成一系列彼此平行排列的拉长体(如透镜状、枕块状等)，这样的构造称为石香肠构造，这种石香肠作用称为石香肠化。

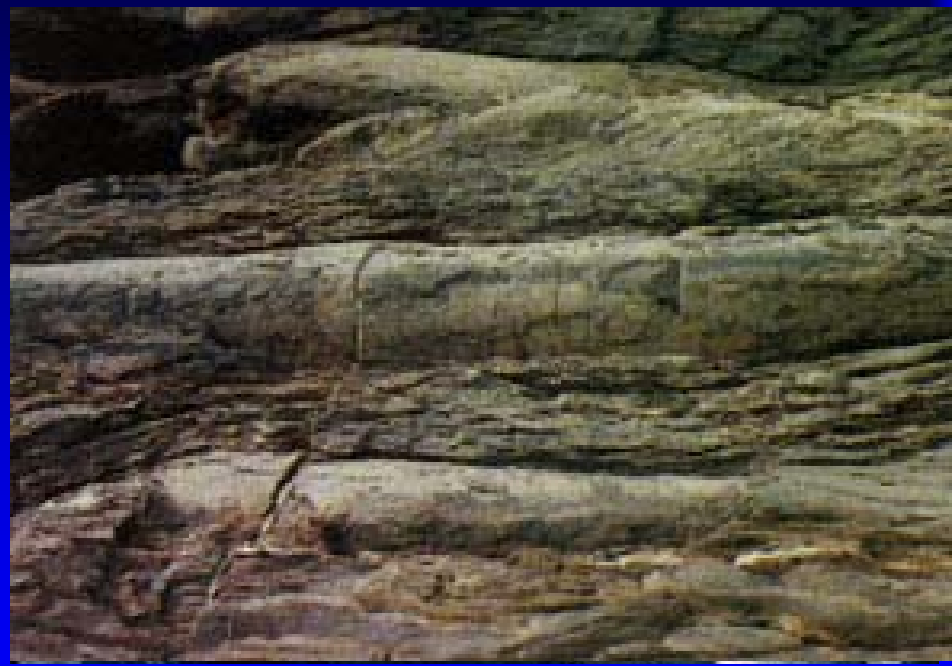




2、大型线理

（2）窗棱（棂）构造

- 发育于强烈变形的能干层与非能干层互层的岩石中。
- 受到平行于岩层的强烈压缩，在岩石表面上形成一系列平行排列的圆柱状起伏。
- 延伸方向与褶皱轴平行



2、大型线理

（3）杆状构造

- 由拉长的石英等单一成分岩石构成的粗大线理。
- 与碾滚作用有关
- 延伸方向平行于褶皱轴

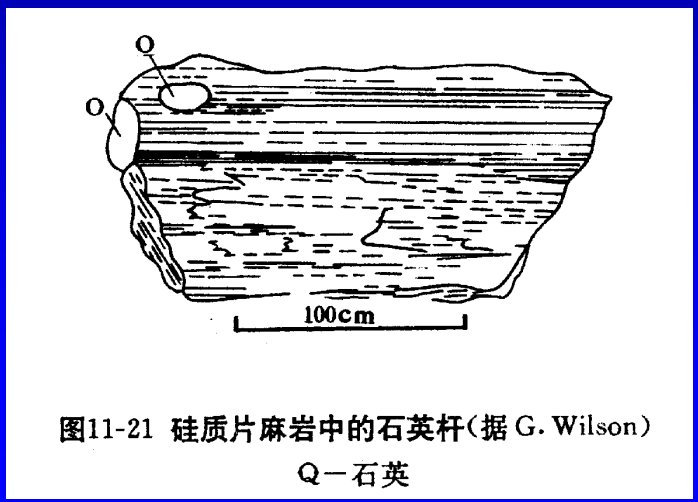


图11-21 硅质片麻岩中的石英杆(据 G. Wilson)
Q—石英



2、大型线理

（4）铅笔状构造

- 在泥和粉砂质岩石中见到的、使岩石劈成铅笔状长条的一种线状构造。
- 为呈密集分布的透入性构造。

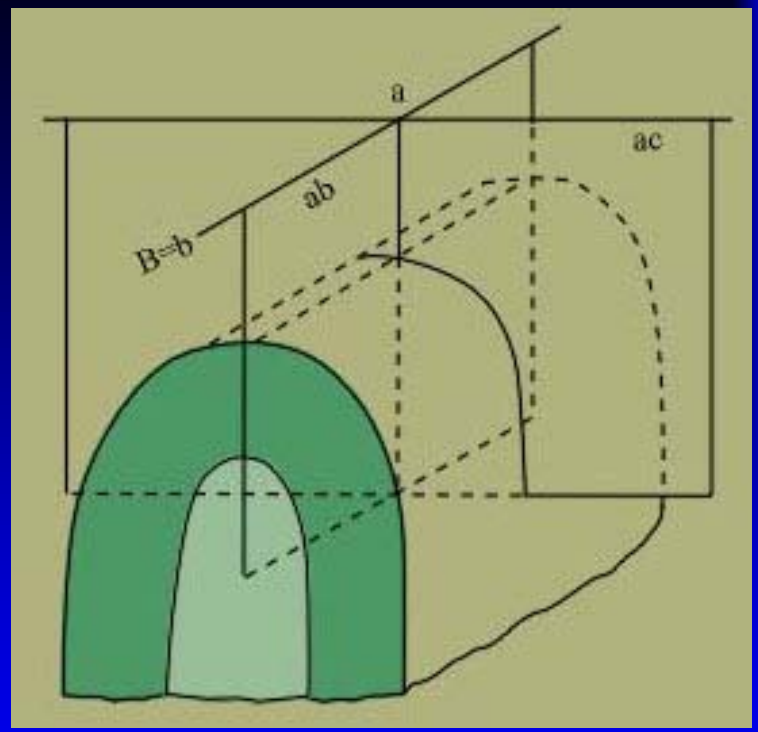


3、线理与运动轴的关系

- 根据桑德提出的运动坐标系分析与褶皱有关的线理的空间特征

  （1）与圆筒状褶皱轴平行的线理为b轴线理（简称b线理），垂直于b轴者称为a轴线理（简称a线理）。

  （2）a线理指示物质运动方向，代表应变椭球体的拉伸应变轴，但并不排斥有平行b轴的拉伸。



桑德坐标系

3、拉伸线理的观察

- 在与其伴生的叶理面上进行
  - 矿物组成
  - 产状
  - 运动方向

拉伸线理-a型线理



拉伸线理的表现形式

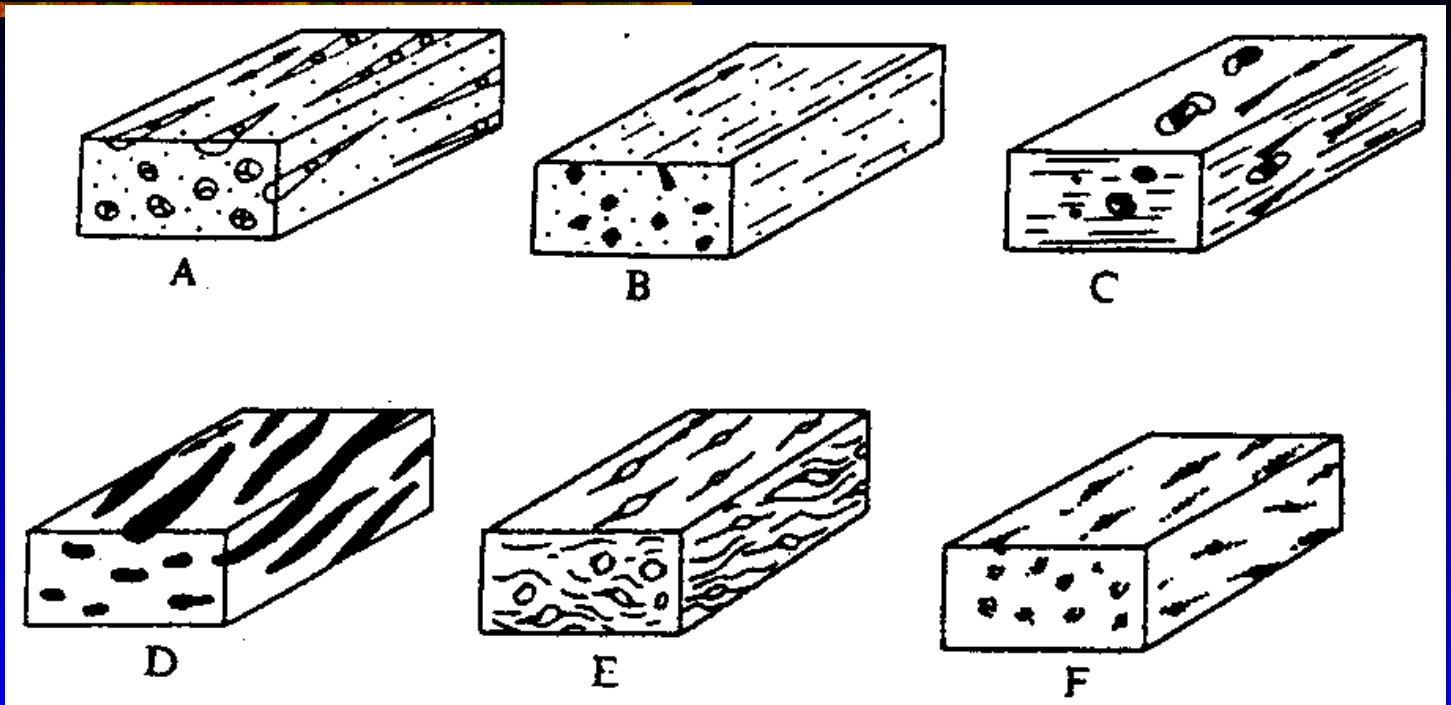


图 5—19　拉伸线理的表现形式

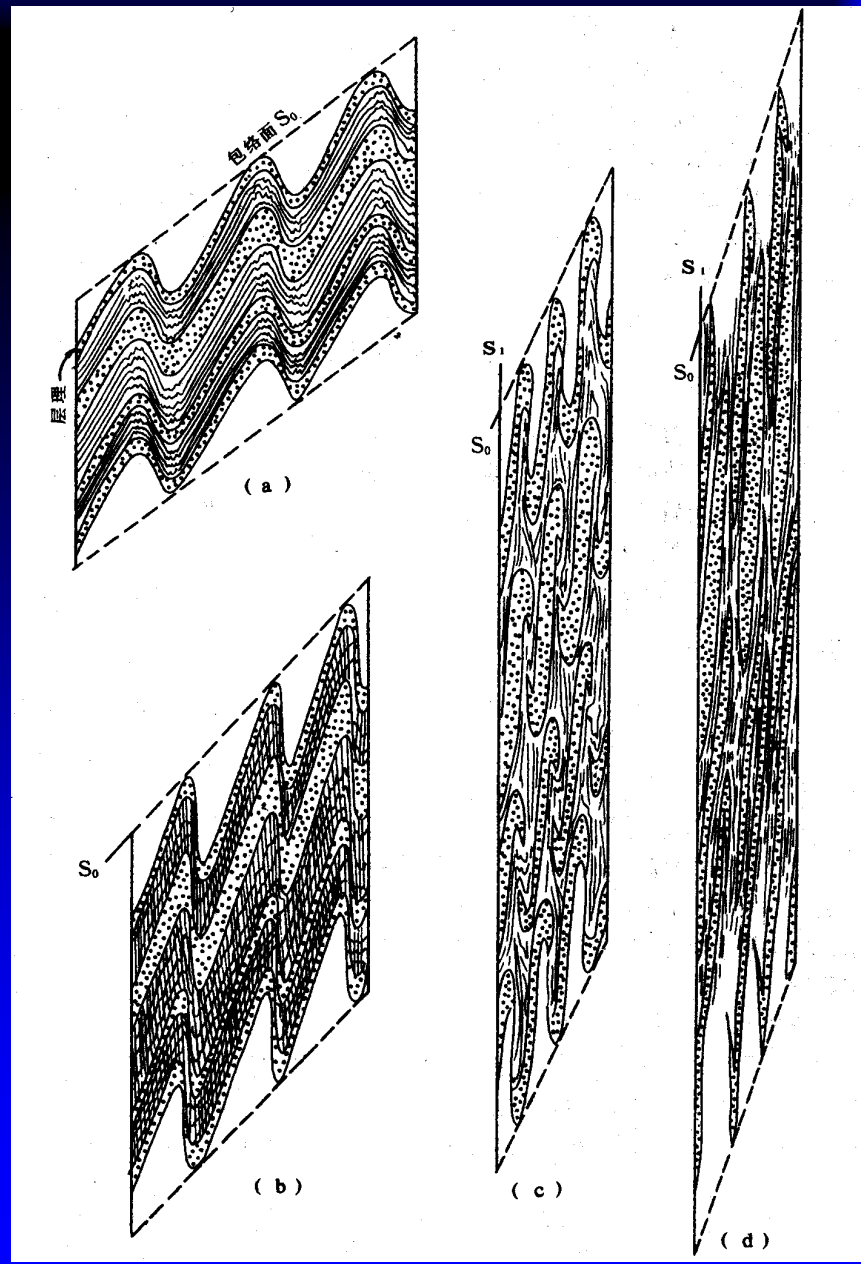
A. 拉伸的矿物集合体；B. 定向生长的矿物；C. 拉伸的化石；D. 拉伸砾石；E. 对称压力影；F. 拉长的多晶鲕

四、构造置换问题

- 1、概念：在递进变形过程中，一种构造被另外一种构造所代替的现象。

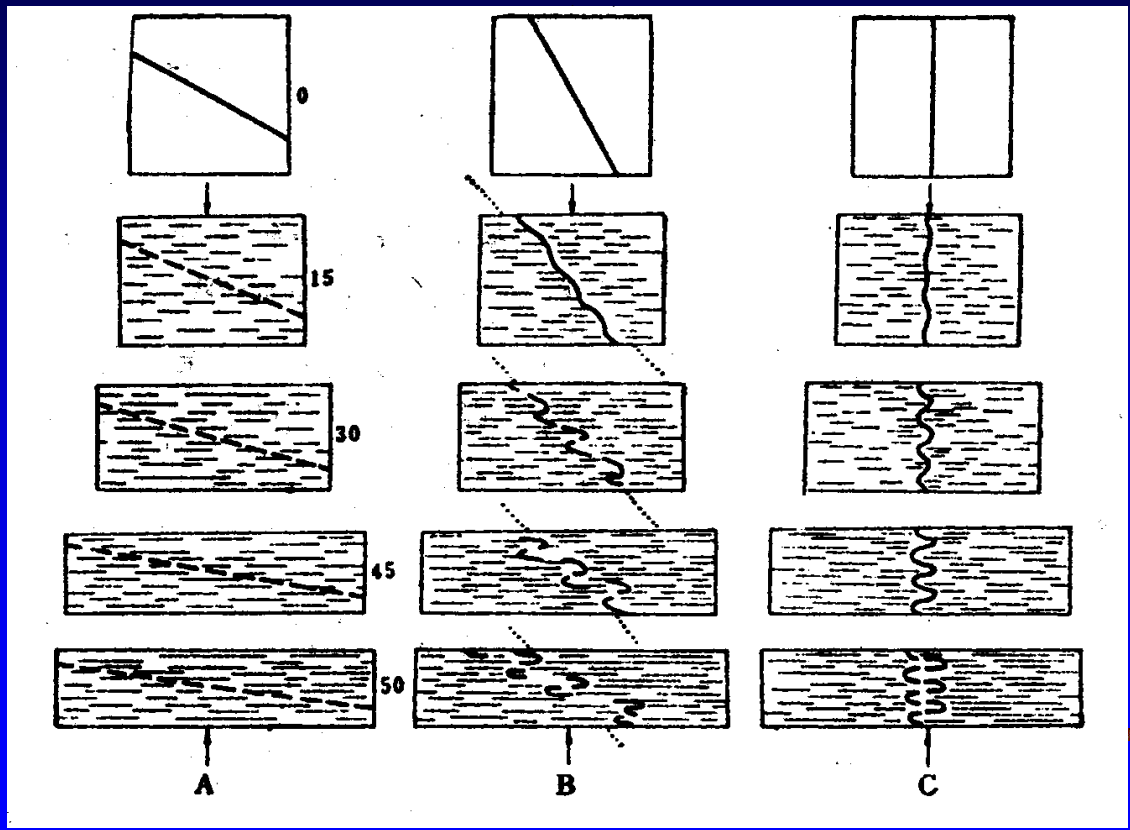
2、层理置换过程

- **早期阶段**：原始层理S_0作为标志面受力形成不对称褶皱，在递进褶皱过程中，产生与褶皱轴面大致平行的劈理或片理 。
- **中期阶段**：强岩层在短翼部分明显受到拉伸，并被拉断，发生石香肠化及片内钩状褶皱 。
- **晚期阶段**：原始层理S_0的连续性完全被破坏，强岩层的钩状无根褶皱大部分已消失。



3、构造置换的形式

- 在很大程度上取决于岩层本身的力学性质、先存产状和受力方向之间的关系。
  - 强硬岩层与主压应力轴的夹角大于60°
  - 强硬岩层与主压应力轴的夹角小于30°
  - 强硬岩层与主压应力轴夹角趋近0°



4、构造置换的识别

- 构造置换的强度在空间上的差异 ；
- 紧闭褶皱转折端部位的原始层模糊不清,并沿轴面劈理发生位移 ；
- 叶理面内悬浮的叶内无根褶皱是确定构造置换的最有利证据。



图13-13 构造置换的强度在空间上的差异（据 Turner and weiss，1963简化）
S_1—早期褶皱的轴面及轴面片理；S_2—晚期褶皱的轴面片理

本讲重点

- 叶理与线理的概念
- 叶理与线理的基本类型及特征
- 构造置换的概念及过程

思考、讨论题

- 叶理、线理、构造置换
- 叶理的类型及特征
- 线理的类型及特征
- 劈理和节理的主要区别。
- 叶理的应变意义
- 绘图说明面状构造的置换过程。