

上一节思考讨论题

- ◆ 沥青是脆性材料还是塑性材料？为什么？
- ◆ 岩石变形是否一定都经历弹性、塑性和断裂变形三个阶段？为什么？
- ◆ 库仑剪破裂准则的依据是什么？莫尔准则的依据又是什么？这二者与格里菲斯准则的区别在哪里？

提示

◆ 关于沥青的力学性质

- 夏天，冬天
- 热带，寒带
- 环境温度

◆ 岩石变形阶段

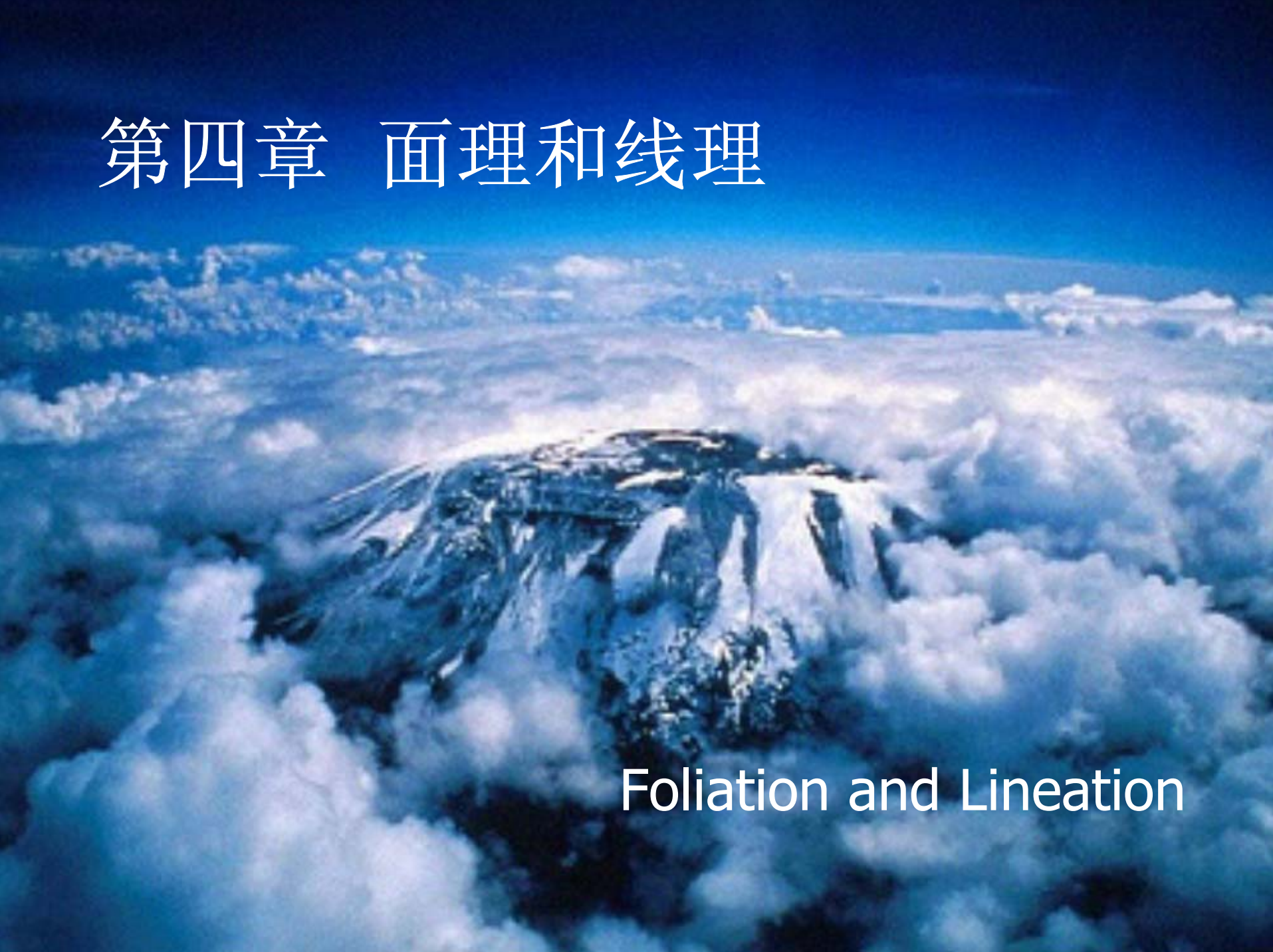
- 材料性质

◆ 破裂准则依据

- 野外观察，实验
- 应力
- 宏观断裂的形成与破裂机制

第四章 面理和线理

Foliation and Lineation



第四章 面理和线理

● 面理（劈理）

- 劈理及其类型
- 劈理的应变意义
- 劈理的形成机制：机械旋转//重结晶//压溶

● 线理

- 运动轴与应变轴
- 小型线理
- 大型线理

4.1 面理 (Foliation)

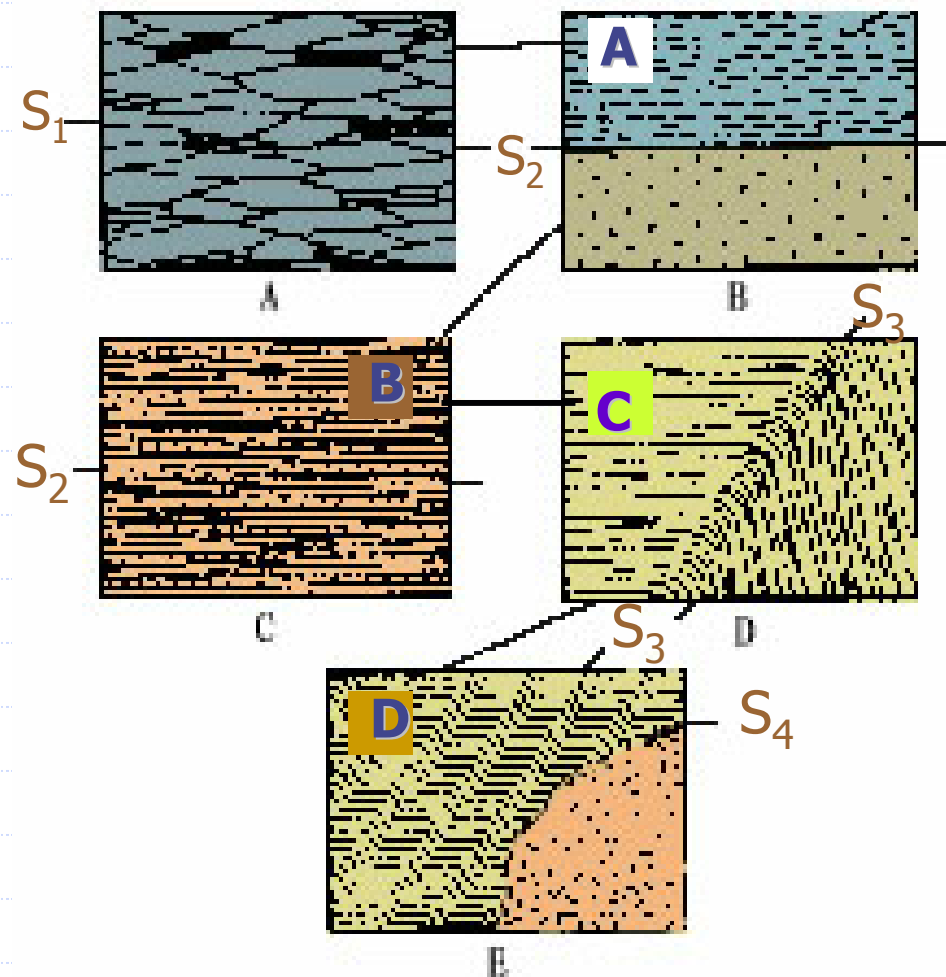
◆ 定义

- (肉眼尺度上) 均匀连续分布的次生透入性面状构造

◆ 面理的显示

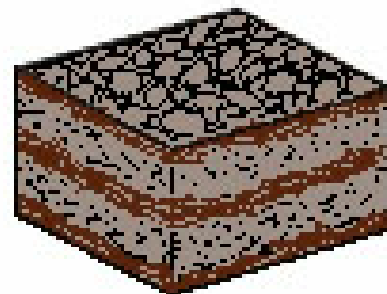
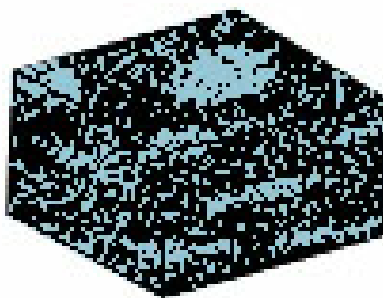
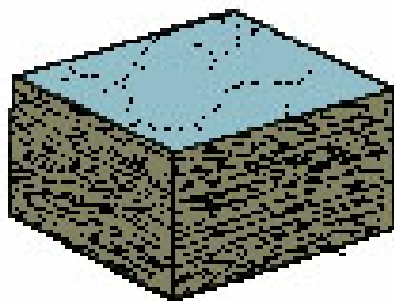
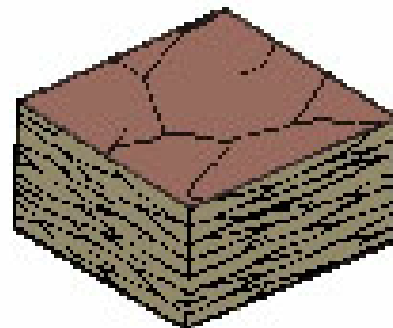
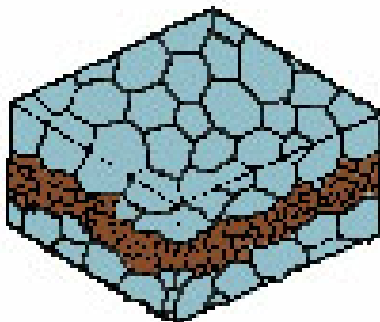
- 组分
- 颗粒大小
- 密集不连续面
- 矿物颗粒优选方位

4.1 面理特征与尺度



A--显微尺度
B--小微尺度
C--小型尺度
D--中小型尺度
E--中型尺度

4.1 面理的显示



- A. 组分分层; B. 颗粒大小变化; C. 近平行的密集不连续面;
D. 颗粒优选方位; E. 板状矿物或透镜状矿物集合体优选方位;
F. A+D

4.1.1 劈理及其类型

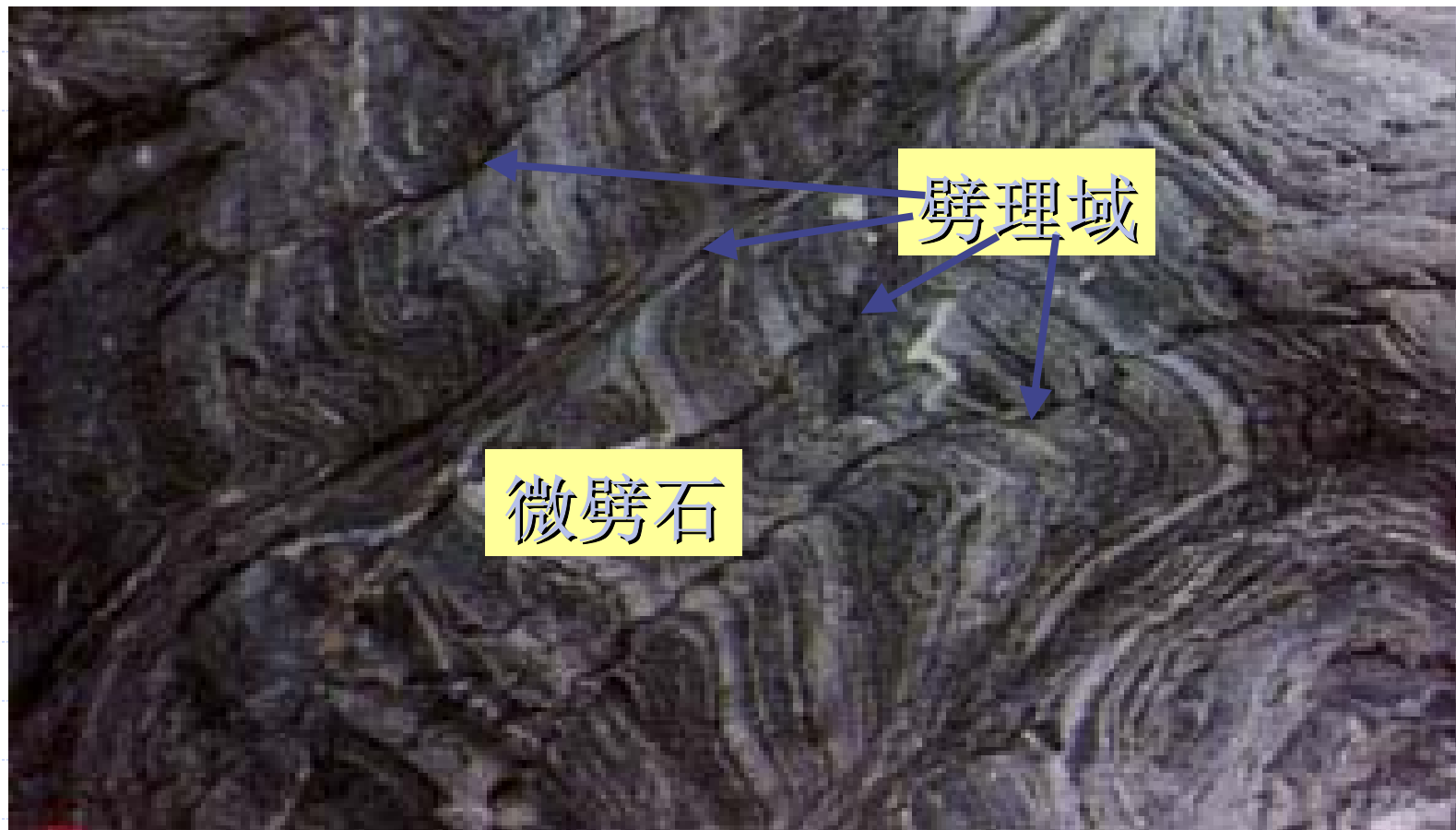
◆ 劈理（Cleavage）

- 变形岩石中的次生面状构造
- 劈理密集平行排列、是潜在的分裂面

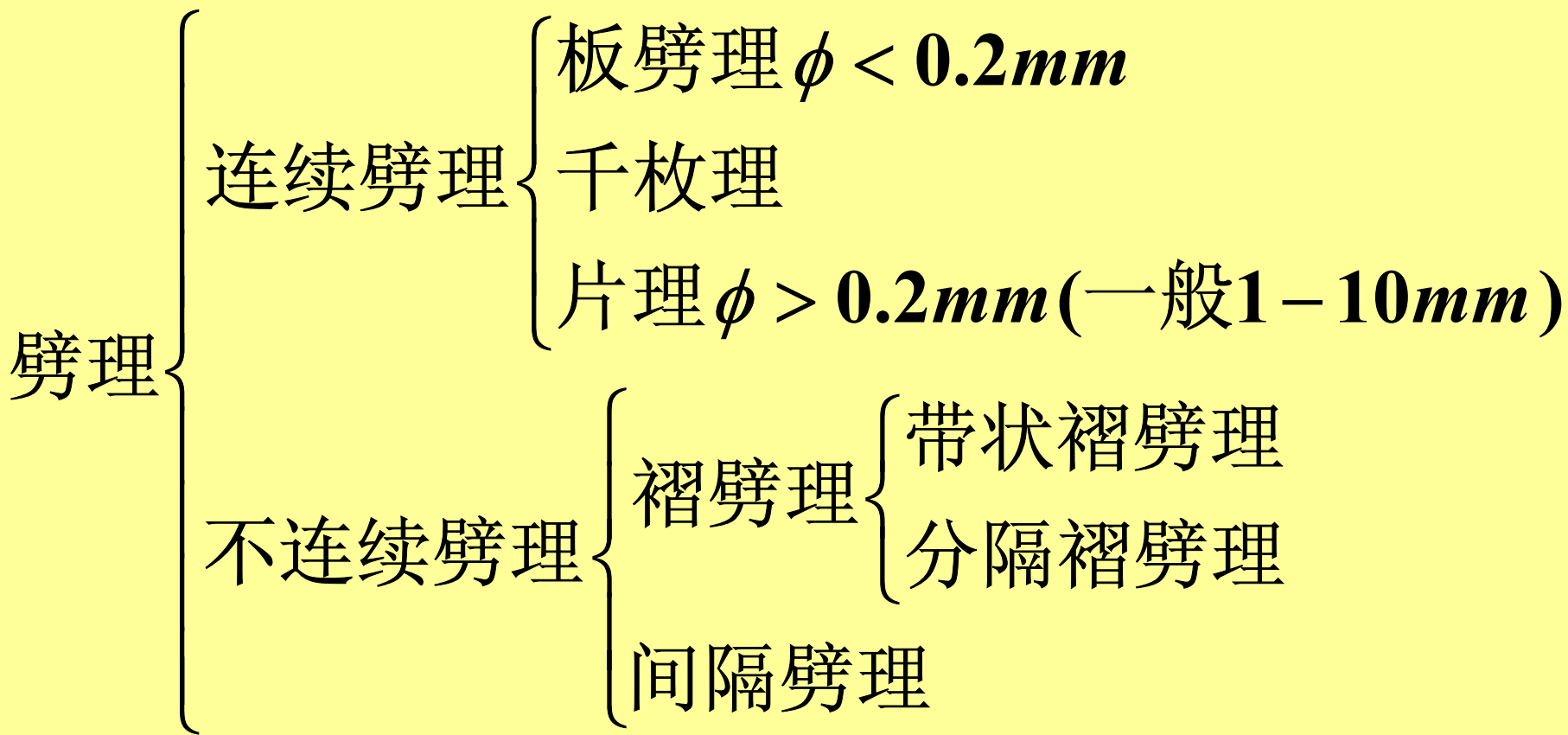
◆ 劈理的结构

- 具有“域”构造
 - ◆ 劈理域
 - ◆ 微劈石域

4.1.1.1 劈理的“域”构造



4.1.1.2 劈理的描述性分类



4.1.1.3.1

连续劈理——板劈理

- ◆ 重结晶矿物颗粒细（ $\phi < 0.2\text{mm}$ ），见于低级变质的泥（砂）质岩石中
- ◆ M域—Mica *etc.*
 - 富含云母、绿泥石等层状硅酸盐
 - 宽 0.005mm ，层状硅酸盐平行或交织排列。某些类型劈理中此域可以缺失
- ◆ QF域—Quartz、Feldspar
 - 透镜状，近等轴， $1-0.01\text{mm}$ ，缺乏明显优选方位

4.1.1.3.1 板劈理



4.1.1.3.2

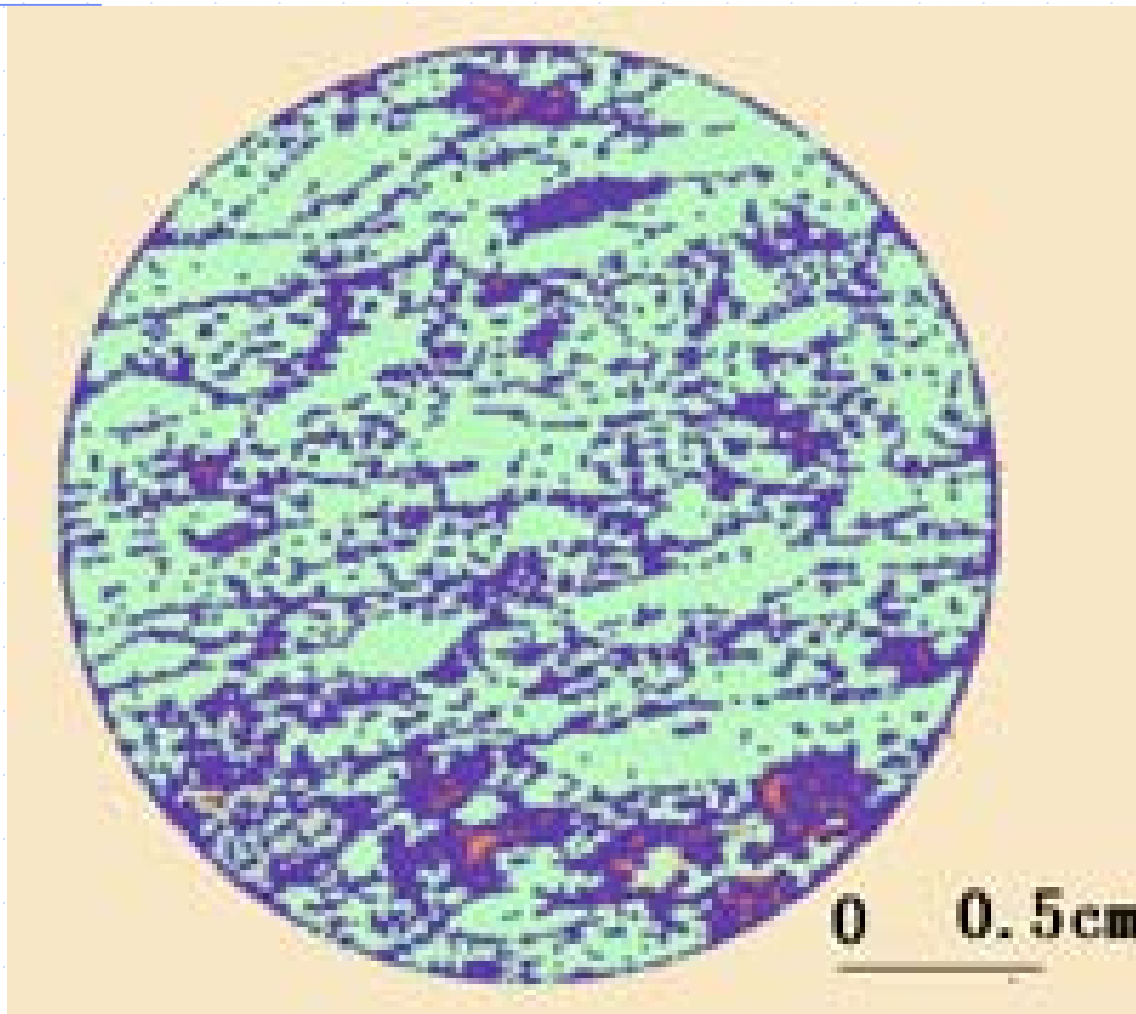
连续劈理——千枚理



- ◆ 介于板劈理与片理之间，发育于富含泥质的板岩中，具丝绢光泽

4.1.1.3.2

千枚理的显微域构造



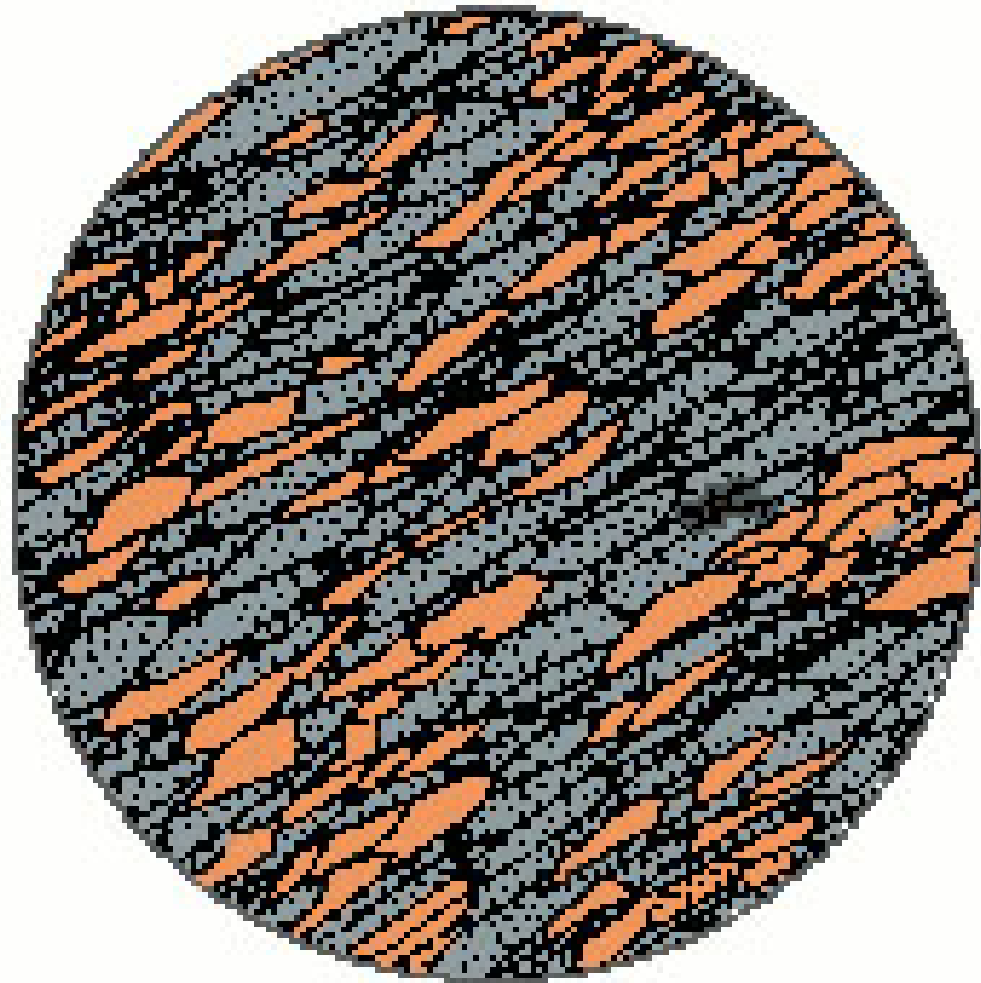
4.1.1.3.3

连续劈理——片理

- ◆ 矿物重结晶程度高，发育于中、高级变质岩石中
- ◆ $\phi > 0.2 \text{ mm}$ (1-10mm)
- ◆ 具有良好的矿物优选方位
- ◆ 复矿岩：层状硅酸盐定向，围绕F、Q
- ◆ 单矿物岩：矿物压扁、拉长，平行排列

4.1.1.3.3

连续劈理——片理的显微结构



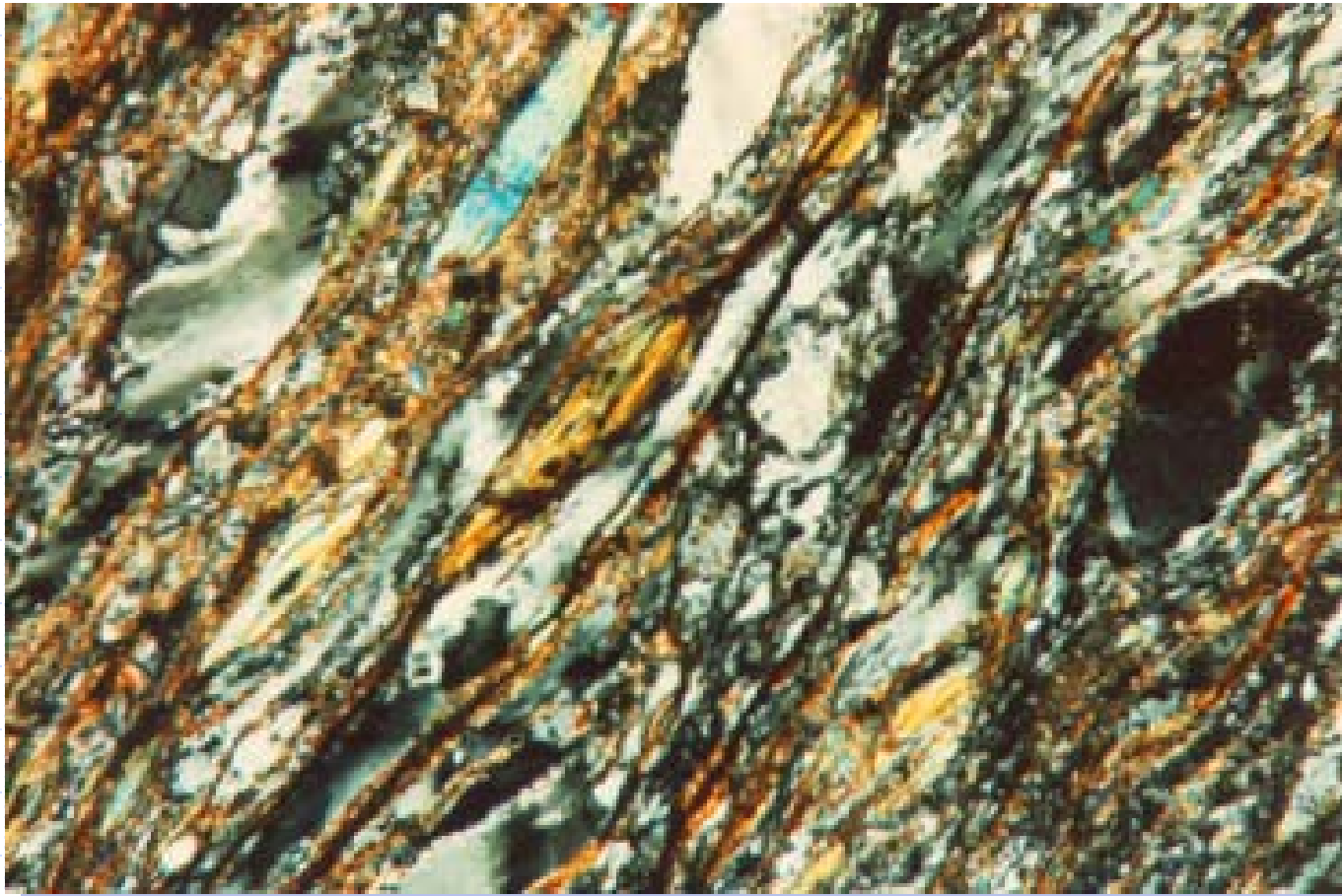
4.1.1.3.3

连续劈理——片理露头



4.1.1.3.3

片理？：糜棱岩面理



4.1.1.4.1不连续劈理

褶劈理（Crenulation）

◆褶劈理：以一定的可见间隔切过先存连续劈理为特征

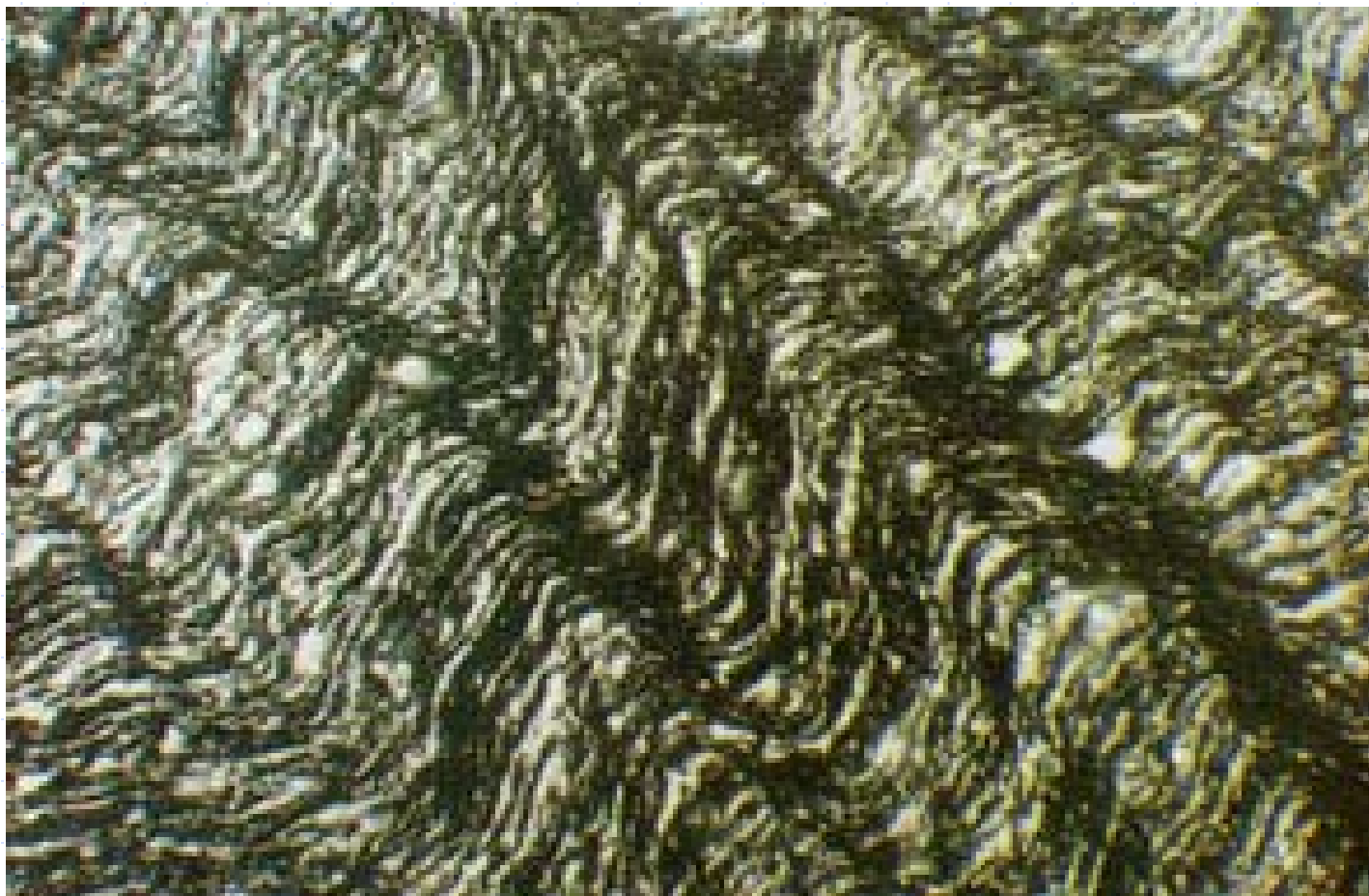
- 褶劈理间隔一般为 0.1-10 mm

◆褶劈理类型

- 带状褶劈理
- 分隔褶劈理
- 二者之间存在过渡类型

4.1.1.4.1.1

不连续劈理——带状褶劈理



4.1.1.4.1.2

不连续劈理——分隔褶劈理



4.1.1.4.1.3不连续劈理

间隔劈理（Spaced Cleavage）

- ◆ 以前按照成因分类称作破劈理
- ◆ 劈理域充填不溶物（粘土等），劈理两侧指示物可错开，但不是滑动造成
- ◆ 间隔劈理应为压溶成因，而非剪裂成因
 - 压溶的证据：鲕粒、化石标志
 - 可与板劈理呈过渡，说明具有成因联系
- ◆ 不排除部分间隔劈理与剪切作用有关

4.1.1.4.1.3

不连续劈理——间隔劈理



4.1.2 劈理的应变意义

◆ 劈理平行于应变椭球XY面

- 劈理多与褶皱同时发展，平行于轴面发育
- 劈理垂直最大压缩方向——来自紧闭褶皱的证据
- 平行劈理的化石被压扁,但没有扭曲变形,反映劈理垂直于最大挤压方向
- 来自应变测量的证据

◆ 部分劈理平行剪切方向，与剪应变有关

4.1.2 劈理的应变意义



劈理平行于褶皱轴面

4.1.3 劈理的形成机制

- ◆机械旋转

- ◆重结晶作用

- ◆压溶作用

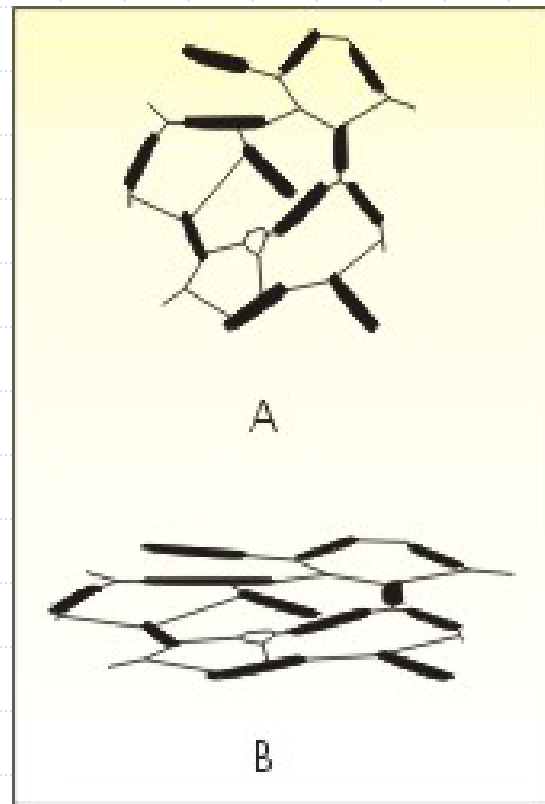
- ◆越来越多的证据表明，劈理的形成与压溶作用及其引起的物质迁移关系最为密切，并引起岩石在垂直于挤压方向上的缩短和体积损失

4.1.3.1 劈理形成机制

机械旋转

◆ H. C. Sorby根据劈理形成过程中垂直劈理方向的显著缩短，提出劈理形成的机械旋转机制

◆ 机械旋转机制不能解释劈理域中云母的密集和透镜状石英（劈理M域中）的存在



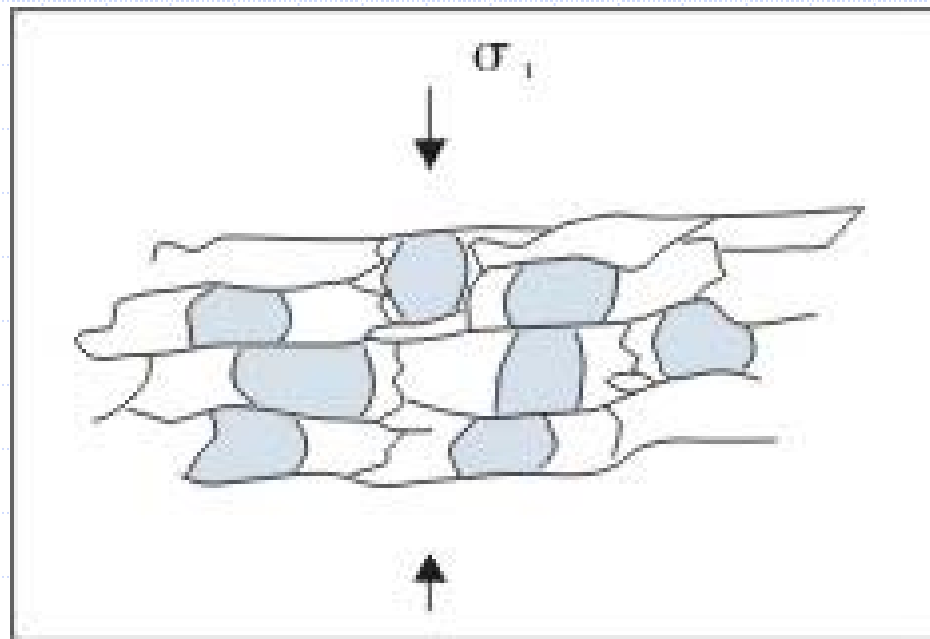
食盐和云母集合体在压扁作用下形成优选方位的实验

A:变形前; B:缩短60%后形成具有劈理特征的食盐云母集合体

（据B.E.Hobbs, 1976）

4.1.3.2 劈理形成机制 重结晶作用

- ◆ 重结晶作用用于解释单矿物岩（石英岩、大理岩等）中劈理的形成较为合理
- ◆ 仍难以解释“域”和劈理域中 Q、F 强烈变形拉长的现象



垂直于主压力方向上石英的次生加大
(浅蓝色部分为原来的石英颗粒)
(据A. Nicolas, 1987)

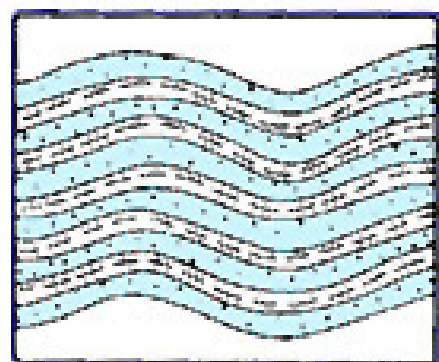
4.1.3.3 劈理形成机制

压溶作用

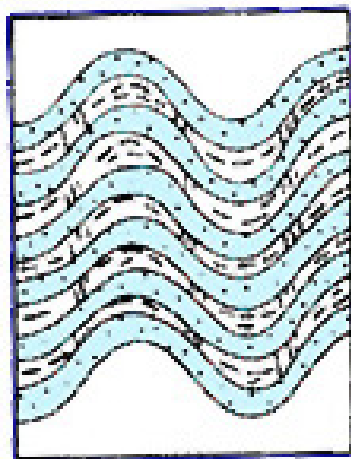
- ◆ 压溶发生在垂直于最大压缩方向的颗粒边界上，溶解出的物质向低应力区迁移、堆积，导致易溶矿物成为长轴状，形成**QF**域
- ◆ 粘土和云母等难溶物富集，云母发生旋转，定向，形成板劈理的**M**域。
- ◆ 压溶作用的表现
 - 压力影、须状增生物，分异脉，
- ◆ 压溶作用也能解释褶劈理的形成

4.1.3.3 劈理形成机制

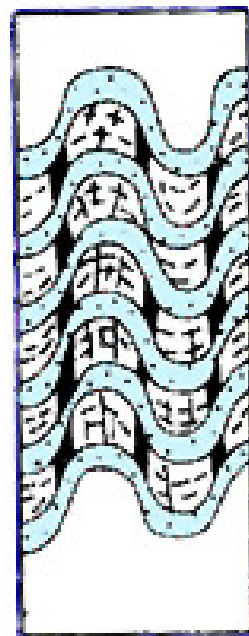
压溶作用



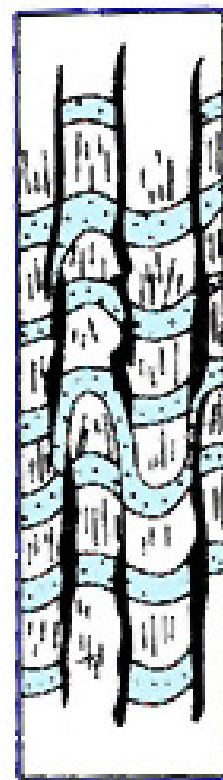
10%



30%



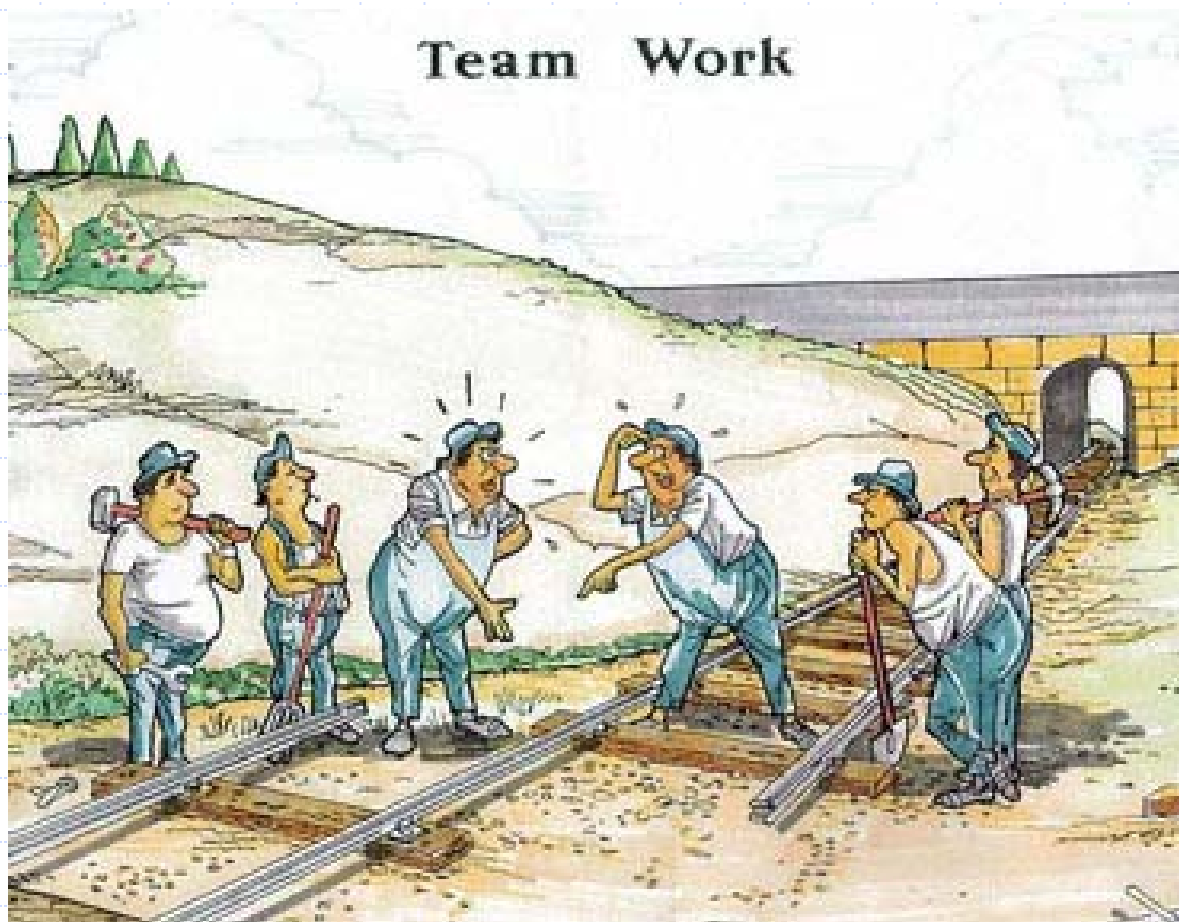
50%



60%

递进缩短变形中褶劈理的发育过程及其与应变量的关系
(据D. R. Gray, 1979)

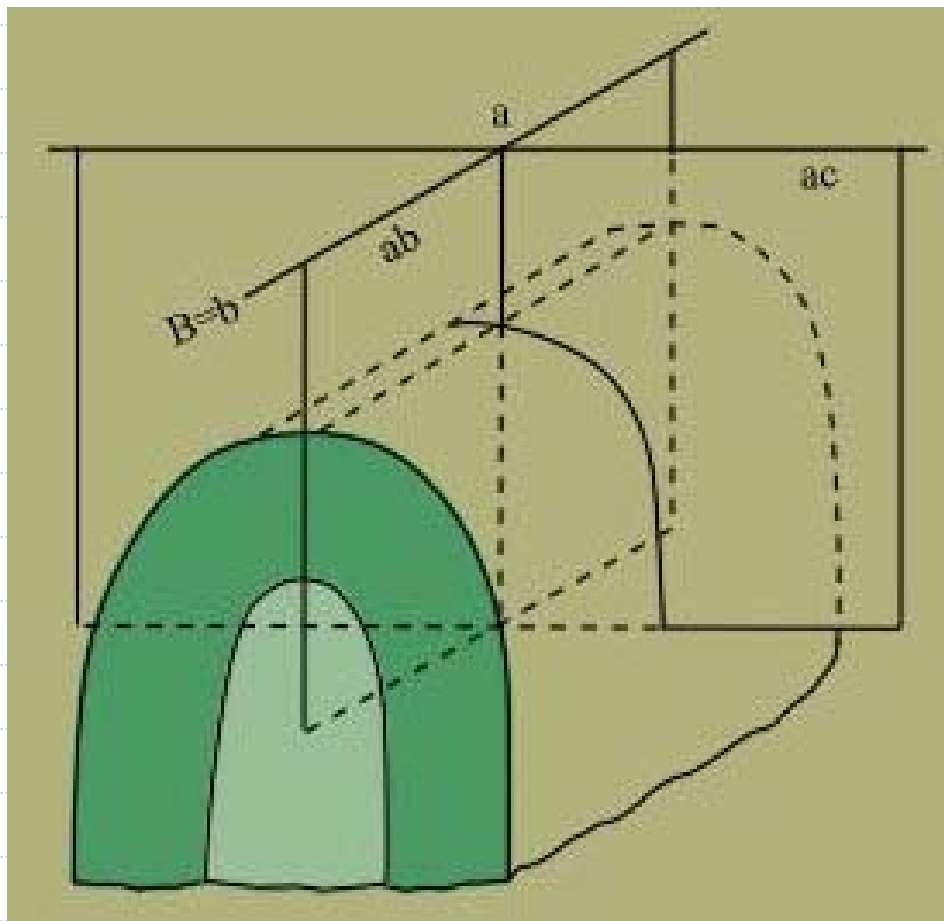
压溶造成标志错位



4.2 线理 (Lineation)

- ◆运动轴与应变轴
- ◆小型线理
- ◆大型线理

4.2.1 运动轴与应变轴

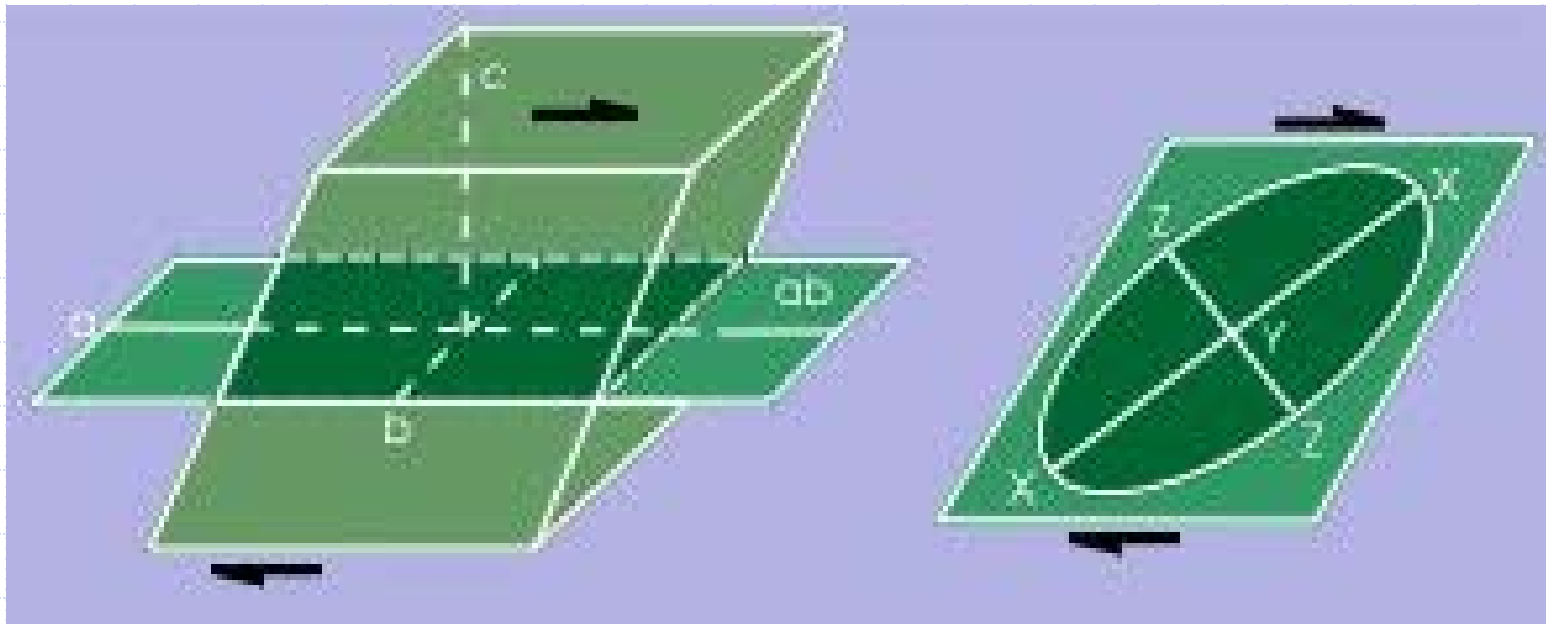


◆ 运动学坐标系

- B.Sander(1930)提出简单剪切的运动对称轴

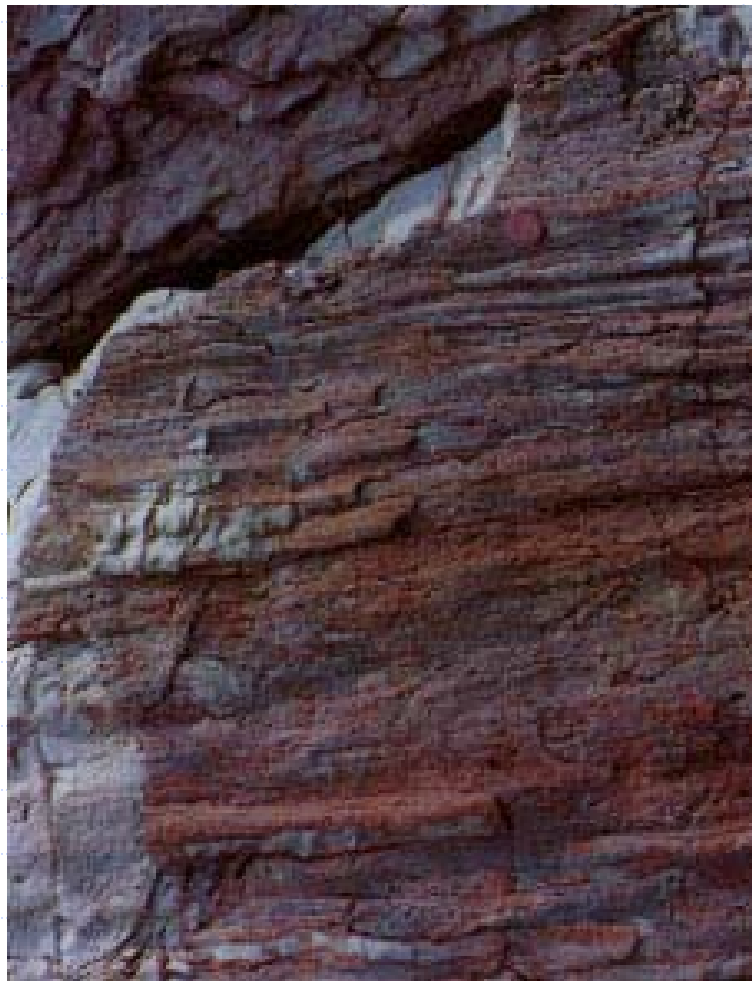
- ◆ ab 面为简单剪切的运动面， a 轴为运动方向， b 垂直于 a ， c 垂直于剪切面（ ab 面）

4.2.1 运动轴与应变轴



- ◆ 挤压、拉伸变形中， a ， b ， c 对应于 X ， Y ， Z
- ◆ 单剪变形中， X ， Z 轴递进旋转，因此 a ， c 轴与 X ， Z 轴不一致，仅 b 轴平行于 Y 轴

4.2.1 运动轴与应变轴



◆断层面上的擦痕平行于运动学a轴

4.2.1 线理类型

◆ 根据物质运动方向及与主应变轴关系进行分类

- a 线理——平行于运动方向（单剪时形成）
- A 线理——平行X轴的a线理（拉伸-挤压下形成）
- b 或 B——平行于中间应变(Y)轴

4.2.2 小型线理

- ◆拉伸线理
- ◆矿物生长线理
- ◆皱纹线理
- ◆交面线理

4.2.2.1 小型线理

拉伸线理

◆拉伸线理——
岩屑、砾石、
鲕粒、矿物
（集合体）被
拉长，平行排
列，属于A型
线理



砾石拉长线理

4.2.2.2 小型线理

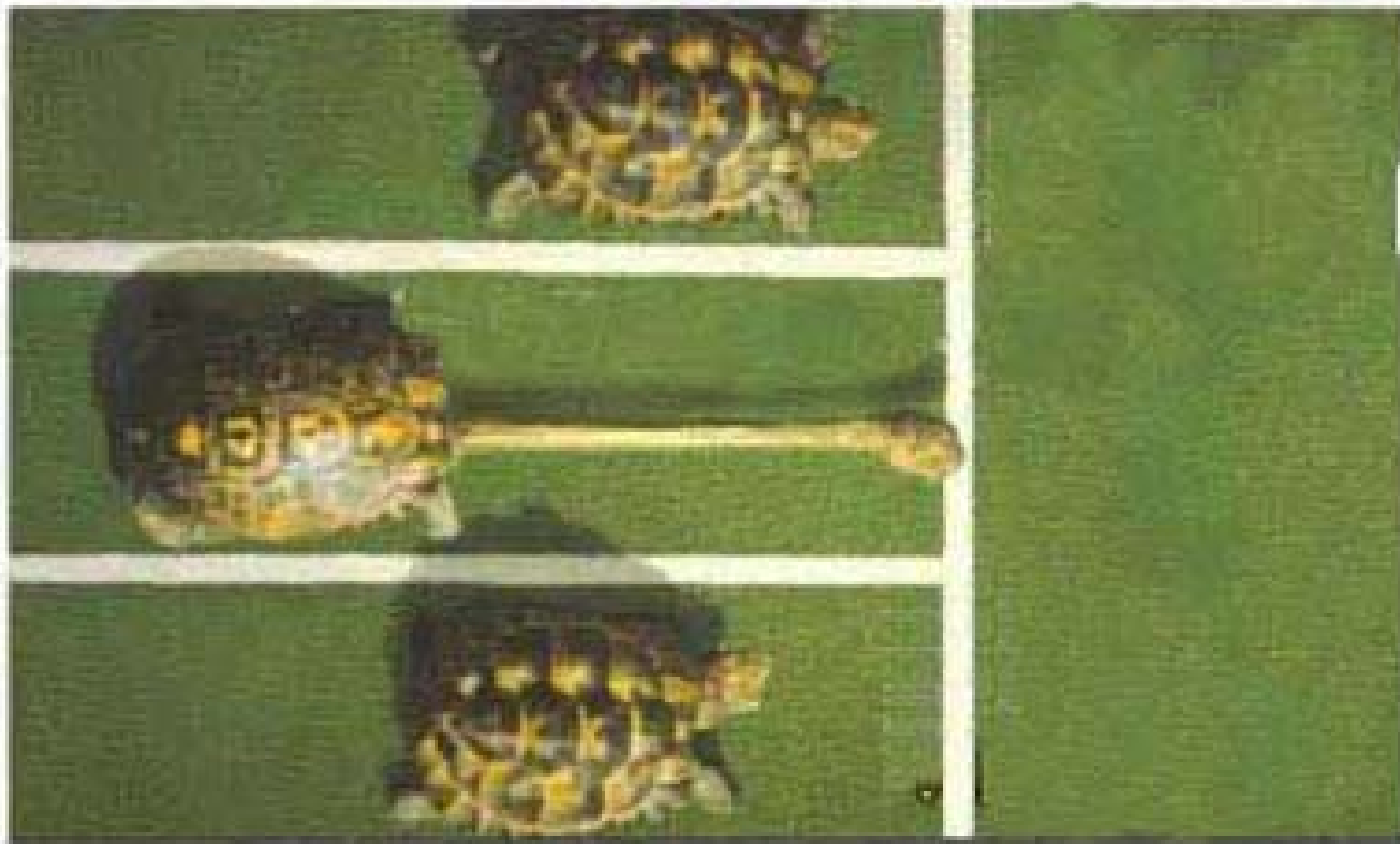
矿物生长线理

◆ 矿物生长线理——针、柱或板状矿物沿引张方向重结晶定向排列构成，属于A型线理



矿物生长线理

“生长线理”亚克西



4.2.2.3 小型线理

皱纹线理

◆皱纹线理——
先存面理上的
微褶皱枢纽构
成，枢纽波长
波幅多以mm计，
属于B线理



4.2.2.4 小型线理

交面线理

◆变质岩中由二组面理交切形成，绿片岩相岩石中较为常见，通常属于B型线理



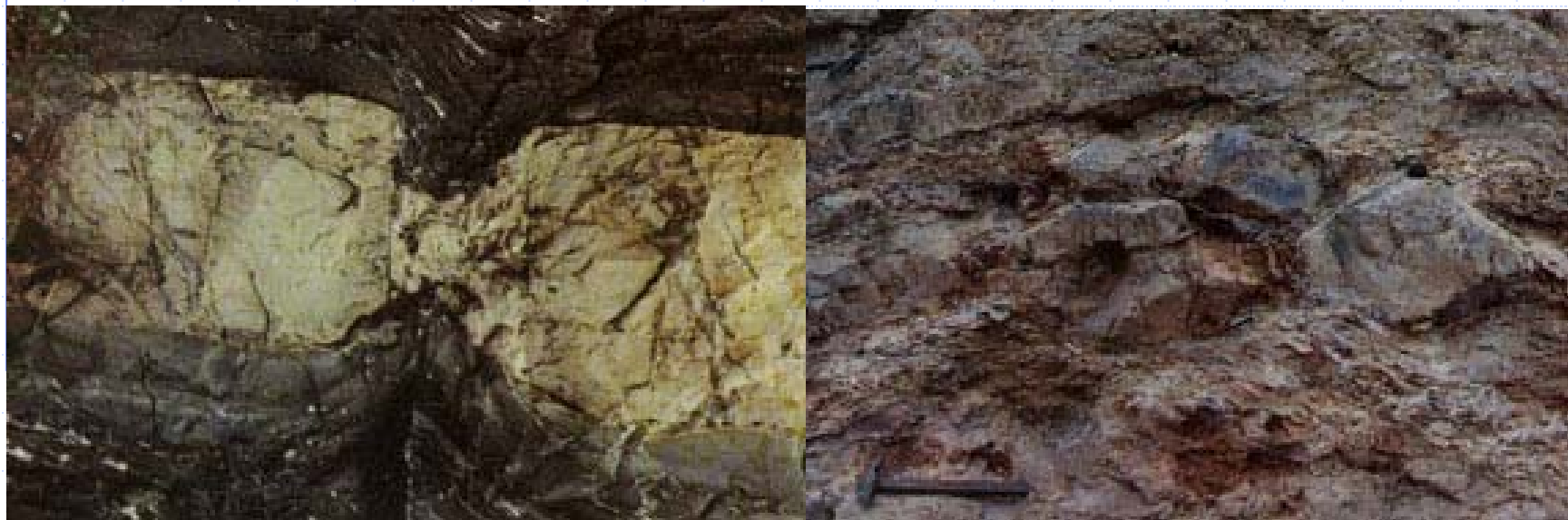
两组交面线理交织成网格

4.2.3 大型线理

- ◆石香肠
- ◆窗棂构造
- ◆杆状构造
- ◆压力影

4.2.3.1 大型线理

石香肠



- ◆ 石香肠又称作布丁构造，是具有不同力学性质的岩层，受到垂直于岩层的挤压，软层发生流动，硬层发生变形形成，属于 B 型线理

香肠构造新变种

线理也可以很粗大



4.2.3.1 大型线理

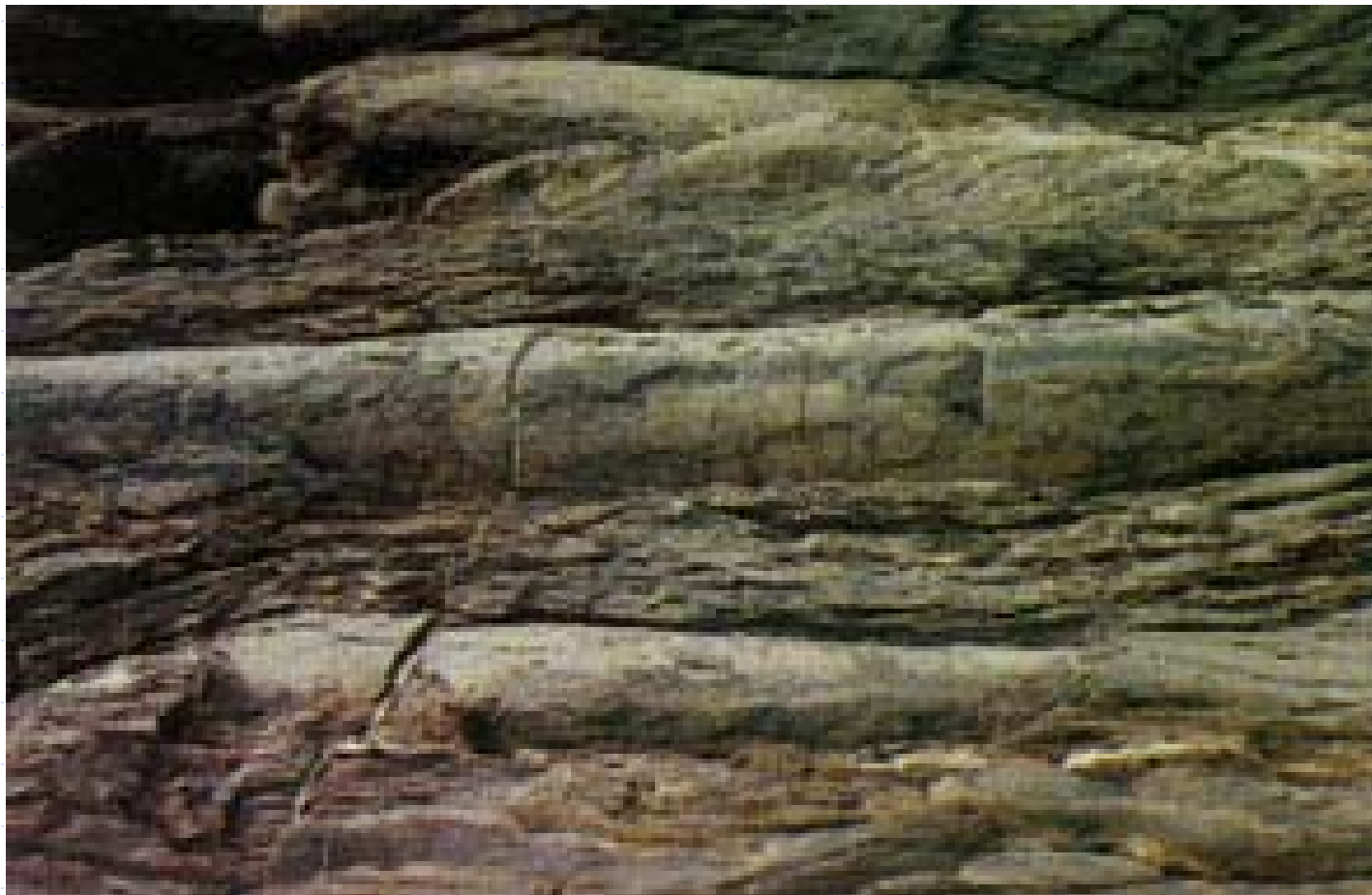
石香肠：巧克力方盘构造

- 当 $\lambda_1 > \lambda_2 = 1 > \lambda_3$ （平面应变）时
只发育一组石香肠
- 当 $\lambda_1 > \lambda_2 > 1 \gg \lambda_3$ 时，
可形成巧克力方盘构造
- 巧克力方盘构造的形成过程（视频）

4.2.3.2 窗棂构造

- ◆ 棂柱状、半圆柱形，发育于强弱层交界处
- ◆ 受力岩层顺层缩短，引起纵弯失稳
- ◆ 主波长与岩层之间的粘性差有关，属于 B 线理，
- ◆ 与石香肠成因机制不同（虽同为 B 线理）
 - 石香肠——垂直层理缩短，平行层理扩张
 - 窗棂——垂直层理扩张，平行层理缩短

4.2.3.2 窗棂构造



4.2.3.2 窗棂构造

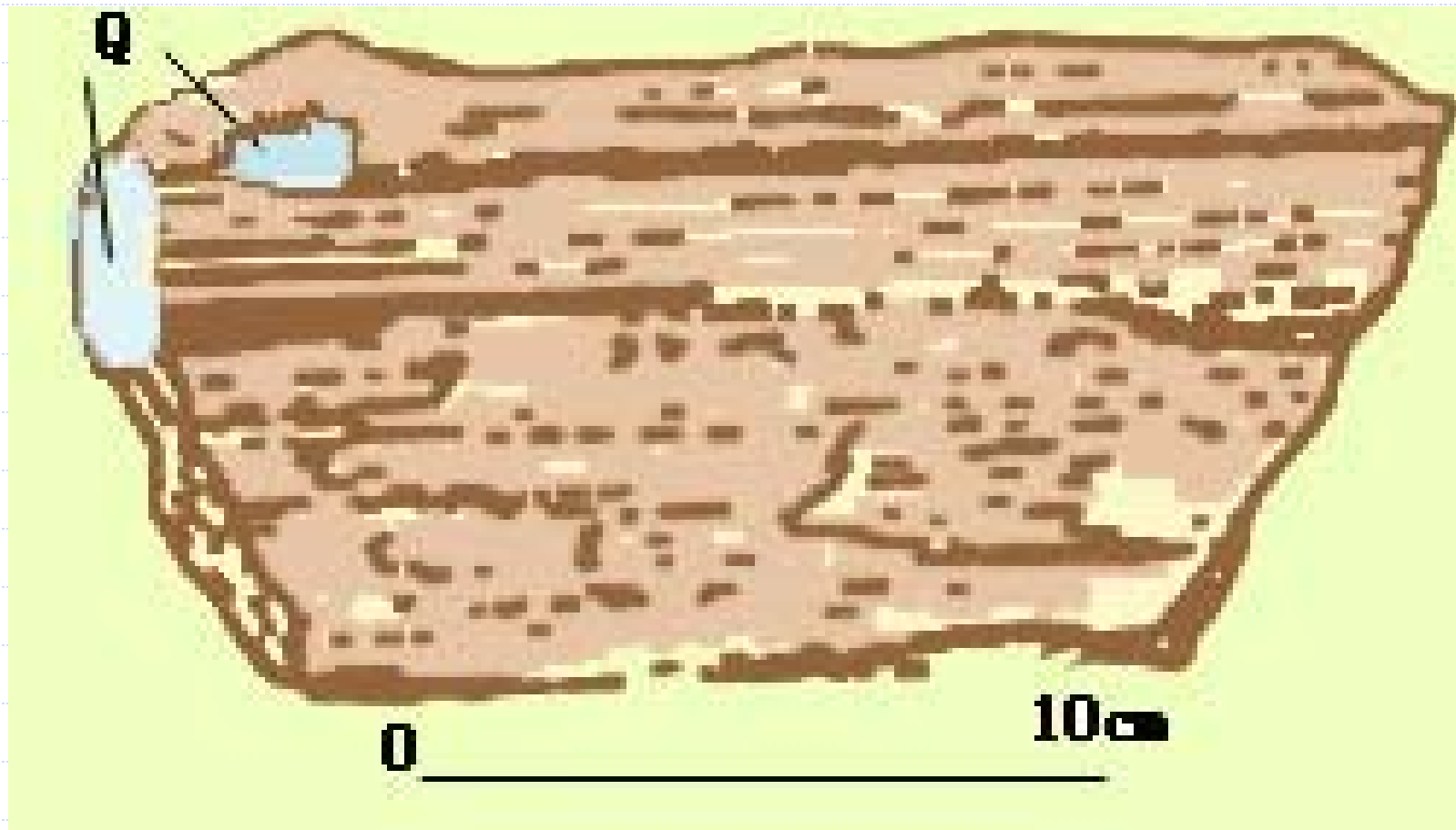


◆ [窗棂构造\(视频\)](#)

4.2.3.3 杆状构造

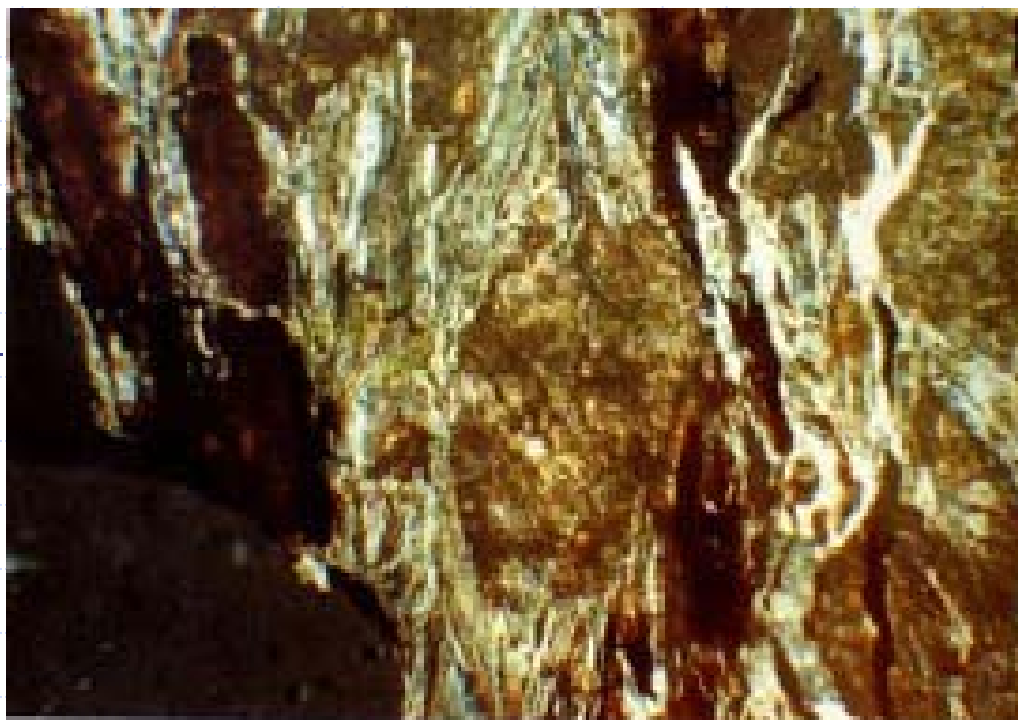
- ◆ 石英等单矿物形成，常见于变质岩小褶皱转折端，属于B型线理
- ◆ 长度较小，数厘米～数十厘米
- ◆ 成因——同构造分泌作用
 - 石英质岩石分泌作用， SiO_2 转入转折端低压带成脉
 - 或由石英脉辗滚形成

4.2.3.3 杆状构造



4.2.3.4 压力影

- ◆ 同构造纤维状矿物生长——A型线理
- ◆ 物质向低压引张区迁移、沉淀
- ◆ 矿物纤维生长方向——随最大拉伸方向的变化而变化
 - 挤压或纯剪变形——对称状纤状矿物
 - 单剪变形——单斜对称纤状矿物



眼球状压力影

本节要点

- ◆ 劈理分类和应变意义
- ◆ 劈理的形成机制（以压溶机制为主）
- ◆ 运动轴与应变轴的关系
- ◆ 线理的类型、轴型和运动学意义
- ◆ a型线理、b型线理构造意义和在构造分析中的作用

思考、讨论题

- ◆ 关于劈理成因解释，你认为那种解释比较合理？为什么？
- ◆ 是否有可能实现劈理形成过程的实验室模拟？如果进行实验设计，要解决的关键问题是什么？
- ◆ 人的血型有o型, a型, b型和ab型，那么，是否可能存在ab型线理？