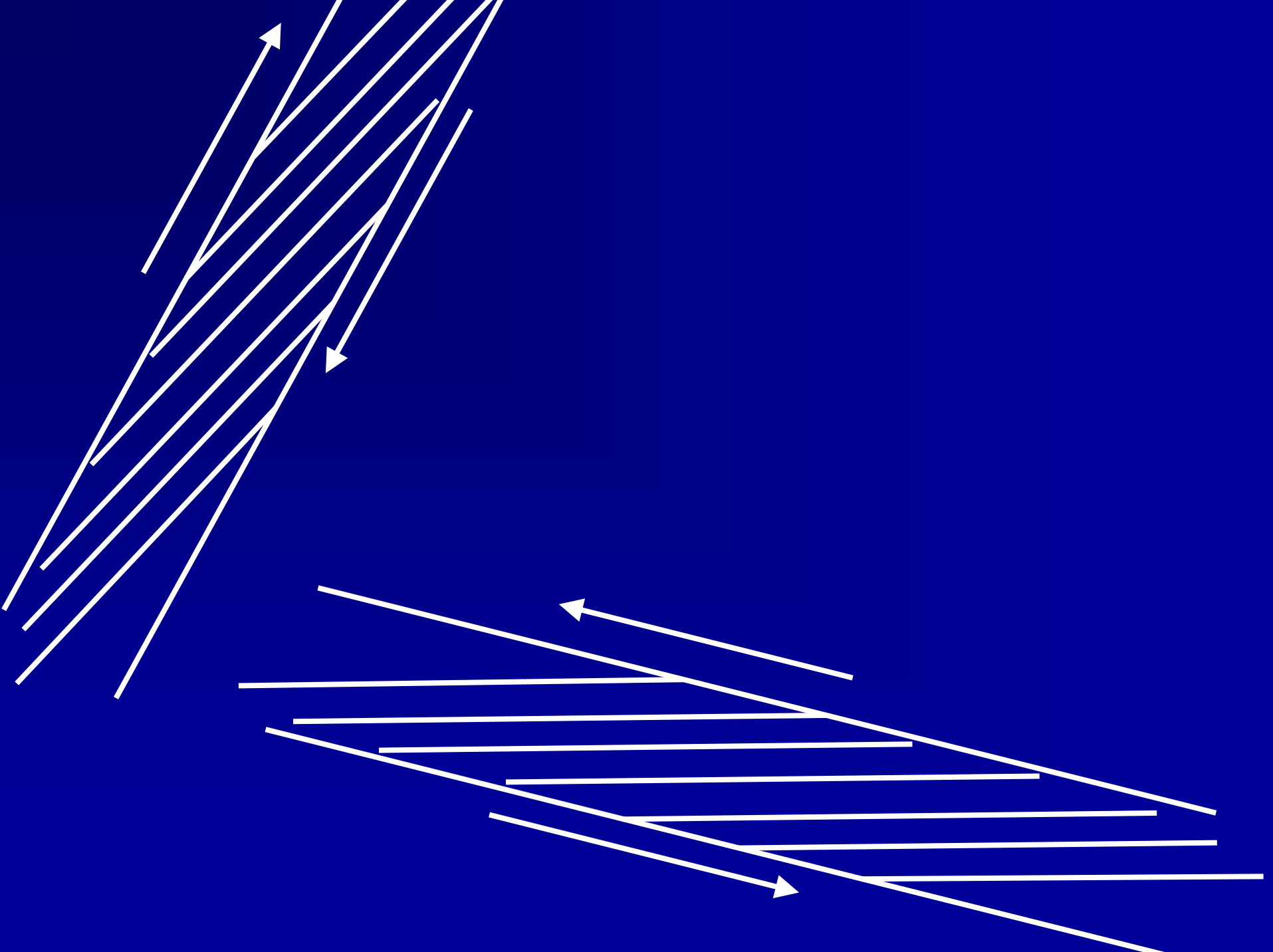


讨论：节理

- ❖为什么雁列节理局限发育在剪切带中？
挤压或拉张环境中能否形成雁列节理？



第七章 断层 (Fault)

- ❖ 断层概论
- ❖ 伸展构造及重力滑动构造
- ❖ 逆冲推覆构造
- ❖ 走滑断层
- ❖ 韧性剪切带



7.1 断层概论

- ❖ 断层分类
- ❖ 断层形成机制*
- ❖ 断层的识别*
- ❖ 断层作用的时间性

7.1.1 断层分类

❖ 根据与相关构造的几何关系

- 与岩层走向的关系
 - 走向、倾向、斜向、顺层
- 与褶皱轴 / 区域构造线关系
 - 纵、横、斜（断层）

❖ 根据两盘相对运动

- 正断层、逆断层（逆冲断层）、平移断层
- 组合断层：平移—正断层；逆—平移断层

7.1.1 断层分类：逆冲断层



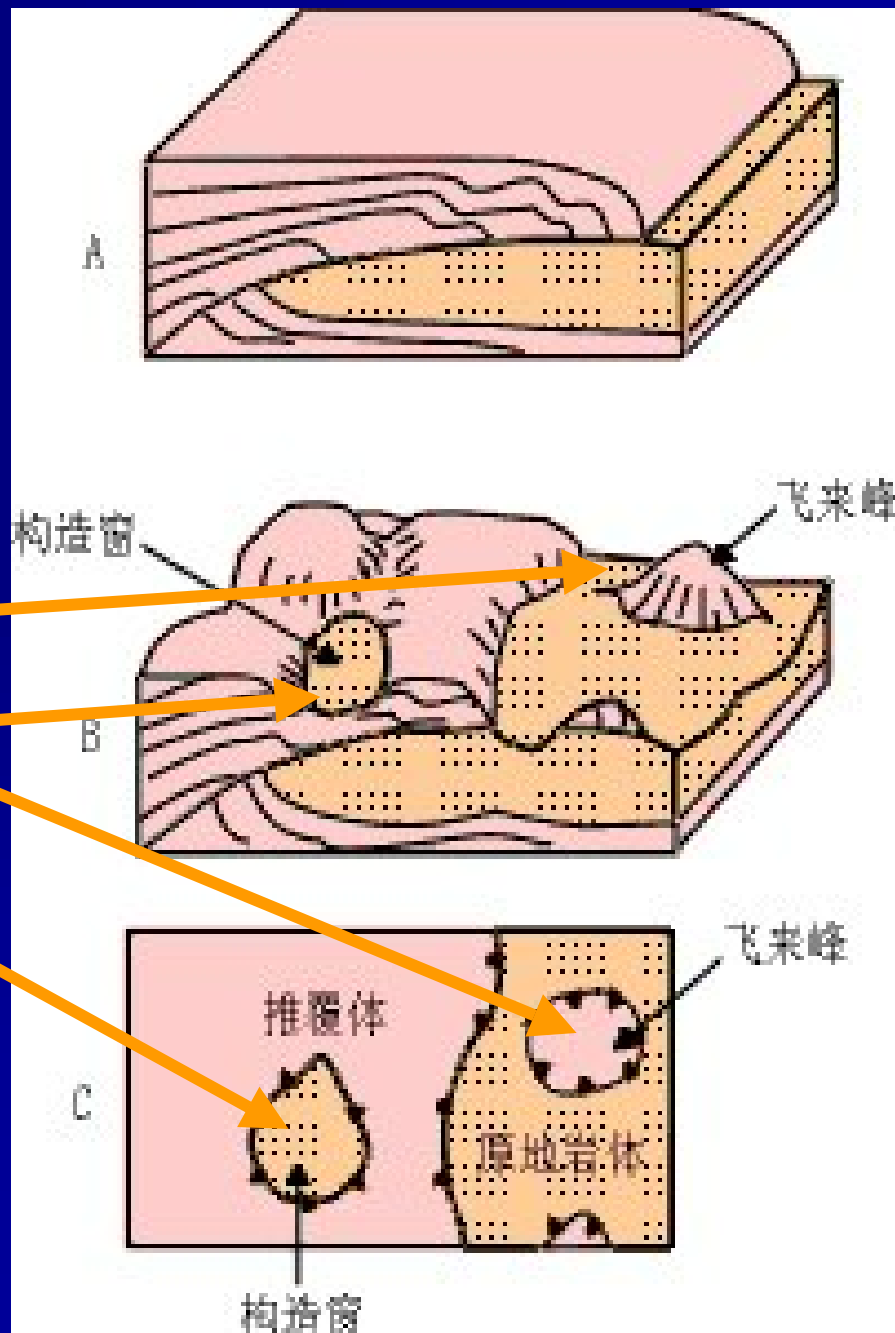
❖ 逆冲断层特征

- 倾角 $< 30^\circ$
- 位移 $> 5 \text{ km}$
- 常形成构造窗* / 飞来峰*

7.1.1 断层分类

飞来峰与构造窗

- 飞来峰
- 构造窗
- 飞来峰和构造窗的形成（[视频](#)）



7.1.2 断层形成机制

❖ 断层形成机制涉及的问题

- 破裂的发生和断层的形成*
- 断层作用与应力状态*
- 岩石力学性质
- 断层作用与形成环境的物理状态

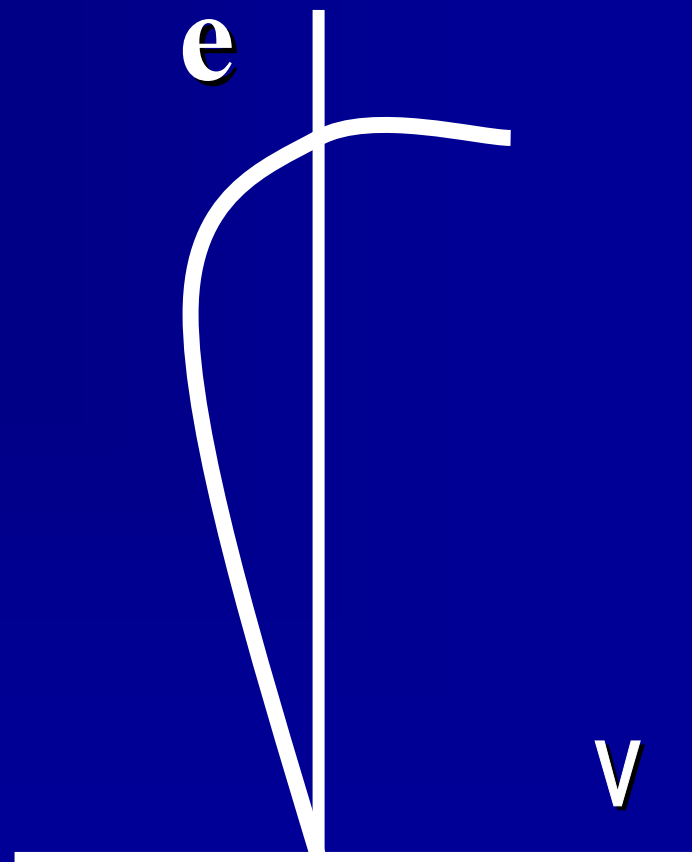
7.1.2.1 断层的形成作用

- ❖ 据电镜观察，随着变形继续，岩石内部的羽状微裂隙（多为张性）逐渐扩展联合，形成宏观破裂面（断层）
- ❖ 当 $\sigma_1 - \sigma_3$ 大于阻力时，断层两侧沿着断面发生宏观滑动
- ❖ 扩容试验很好地反映了微裂隙的生成、扩展在断层形成中的作用

7.1.2.1 断层的形成作用

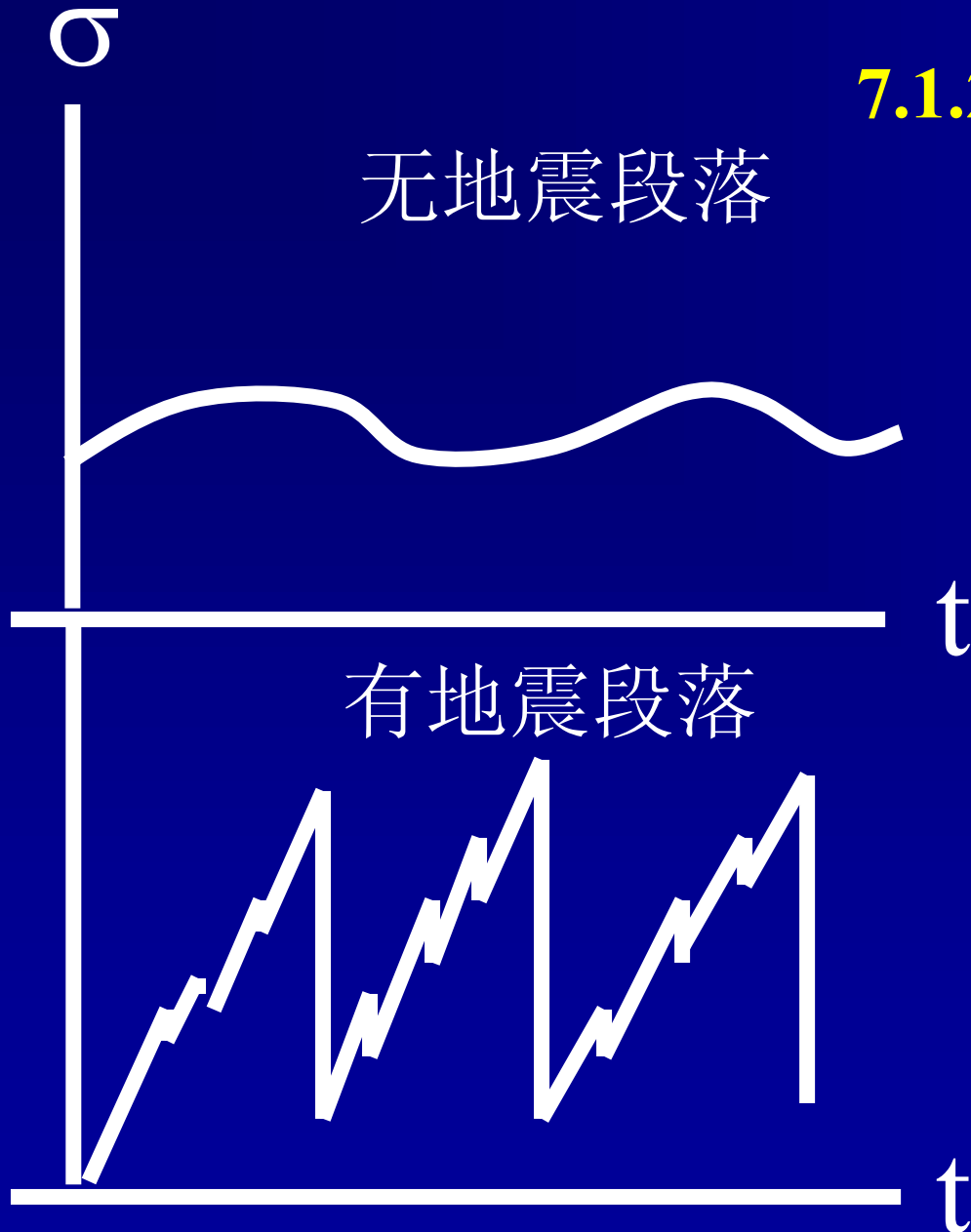
单向压缩的扩容实验

❖ 为什么在岩石发生破裂前，随着压缩量增大，实验岩石样品的体积不仅不继续缩小，反而增大？



7.1.2.1 断层的形成作用

断层的活动



❖ 断层活动的基本方式
(据 San Andreas Ft.
的现代监测)

- 连续蠕滑 (上图)
 - 没有突然发生的应力降, 不发生地震
- 脉冲式 (下图)
 - 应力的积累和释放与地震的发生有着一致对应关系

7.1.2.2 断层形成的应力状态

❖ E. M. Anderson Model

❖ W. Hafner Model

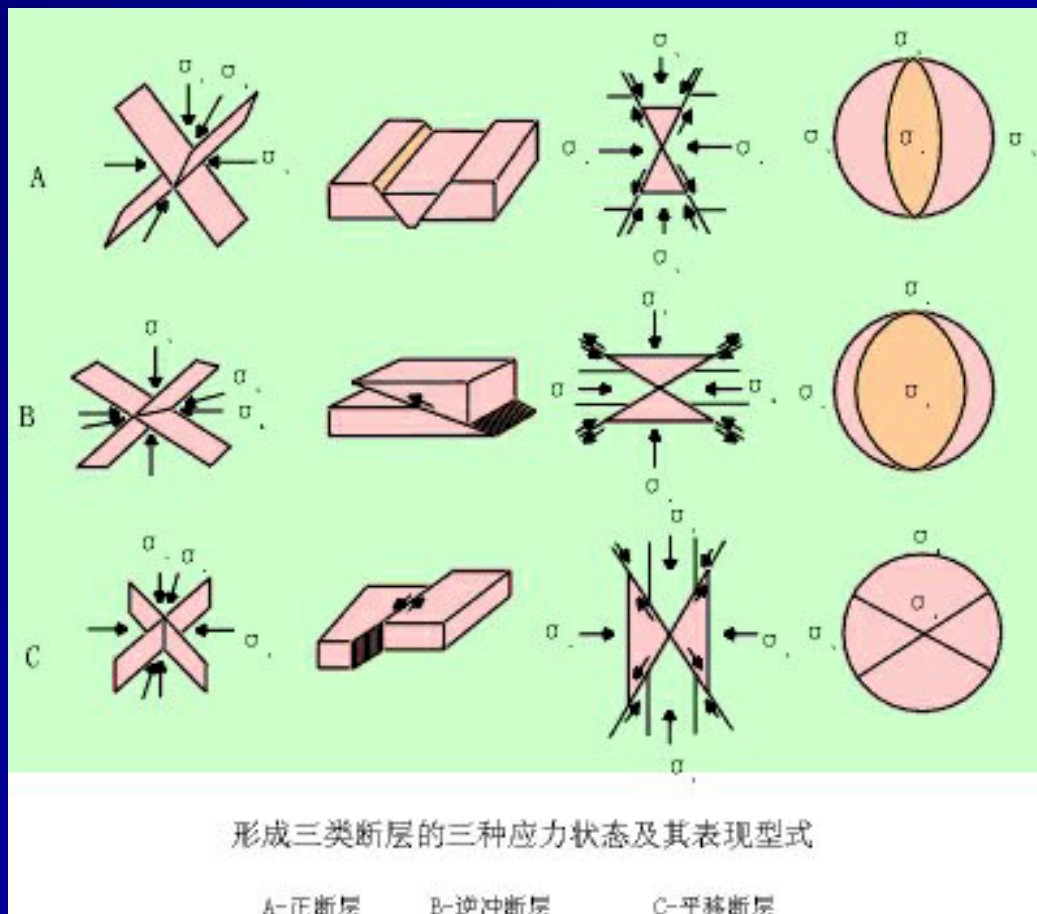
7.1.2.2.1 断层形成的应力状态

Anderson Model

❖ 用于解释地表或近地表断层

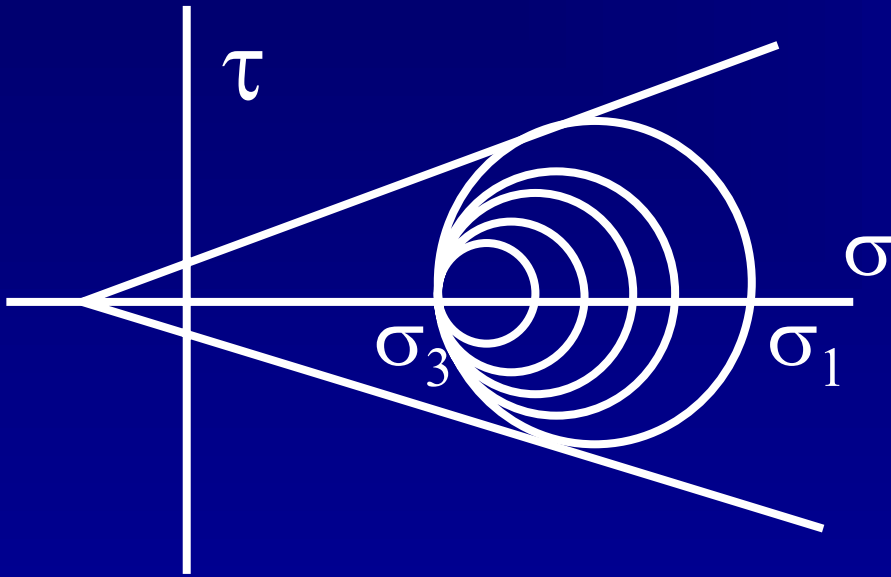
❖ 适用条件

- 地质体为均质，无先存软弱面
- 受力均匀，主应力轴水平或直立
- 以点应力状态代表地质体整体应力状态

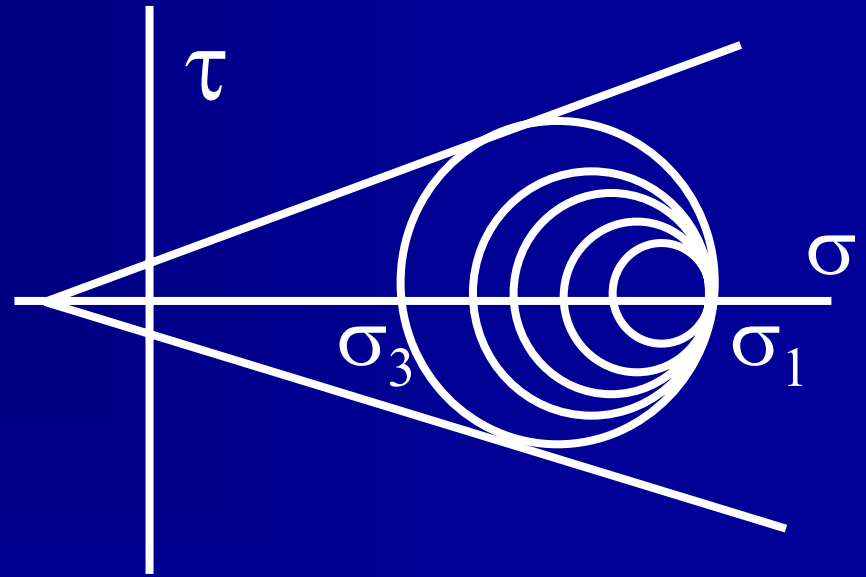


7.1.2.2.1 断层形成的应力状态

Anderson Model



正断层作用的应力状态莫尔园

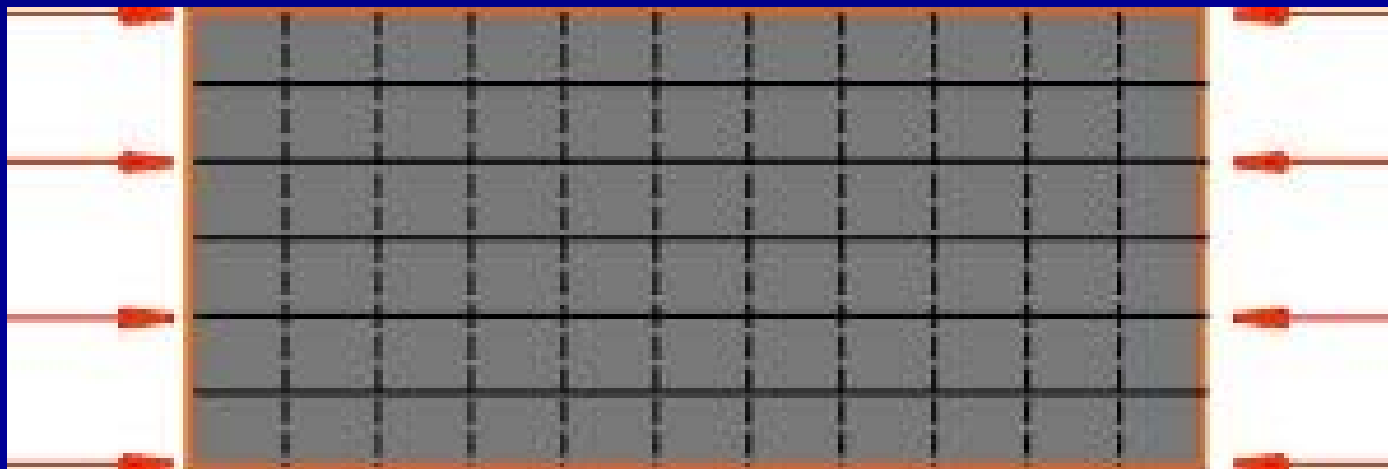


逆断层作用的应力状态莫尔园

7.1.2.2.2 断层形成的应力状态

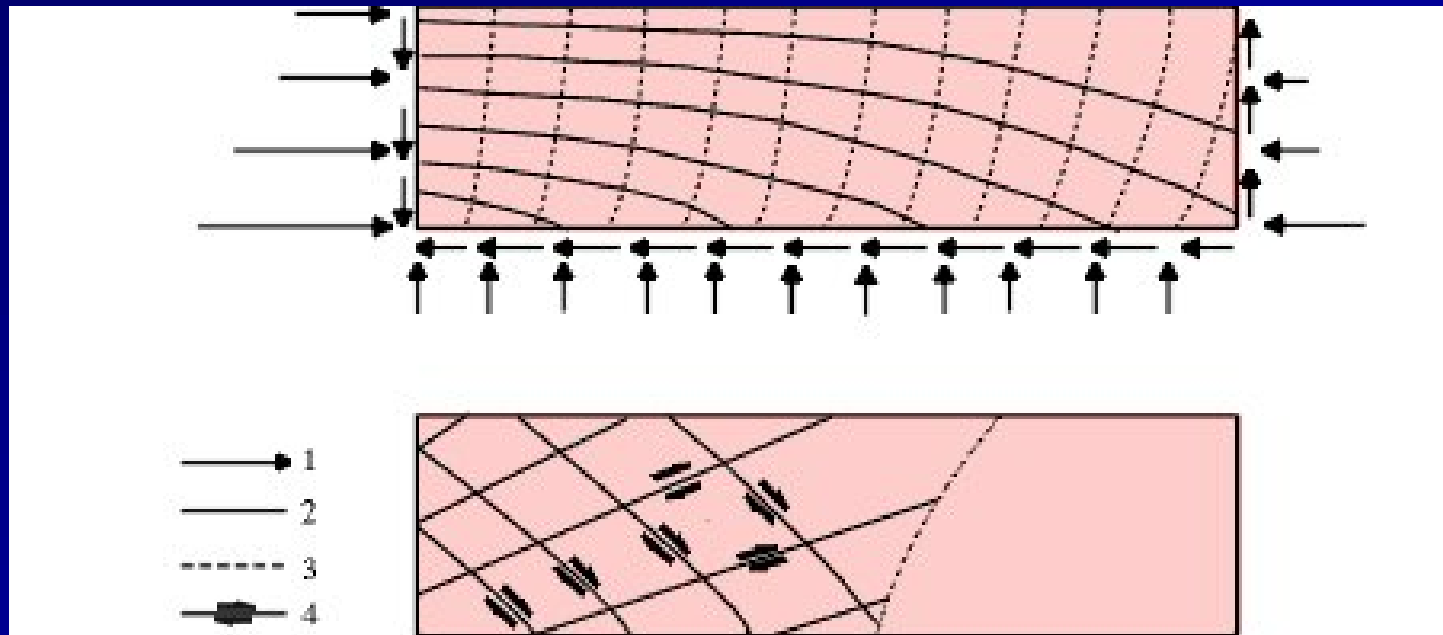
Hafner Model

- ❖ 受力条件比Anderson模式复杂
- ❖ 三种附加应力状态
 - 标准状态与Anderson model相同



7.1.2.2.2 断层形成的应力状态

Hafner Model



第一种附加应力状态（上图） 势断层的分布（下图）

1-应力 2-最大主应力线 3-最小主应力线 4-势断层

下图的空白区为未产生断裂的稳定区

（据W. Hafner, 1951）

关于Anderson 和 Hafner 模式的评价

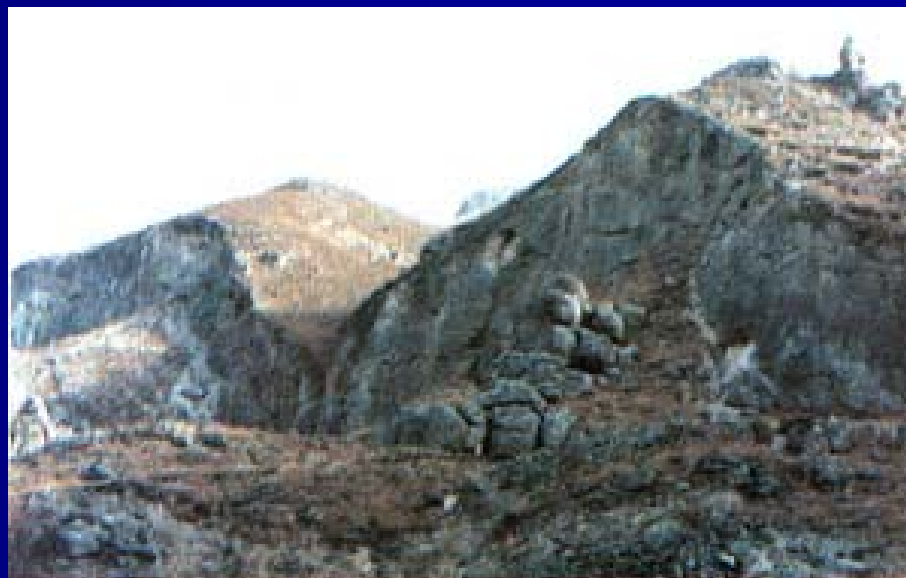
- ❖ 两种模式的前提条件都是均匀介质。但地壳浅层处于脆性、非均质状态，有先存软弱面存在。同时作用力也不是恒定的，边界条件也各不相同
- ❖ 在一定尺度、一定条件下，非均匀体可视为均匀体
- ❖ 对了解一定区域的应力场有帮助，但要注意对具体问题做具体分析

7.1.3 断层的识别

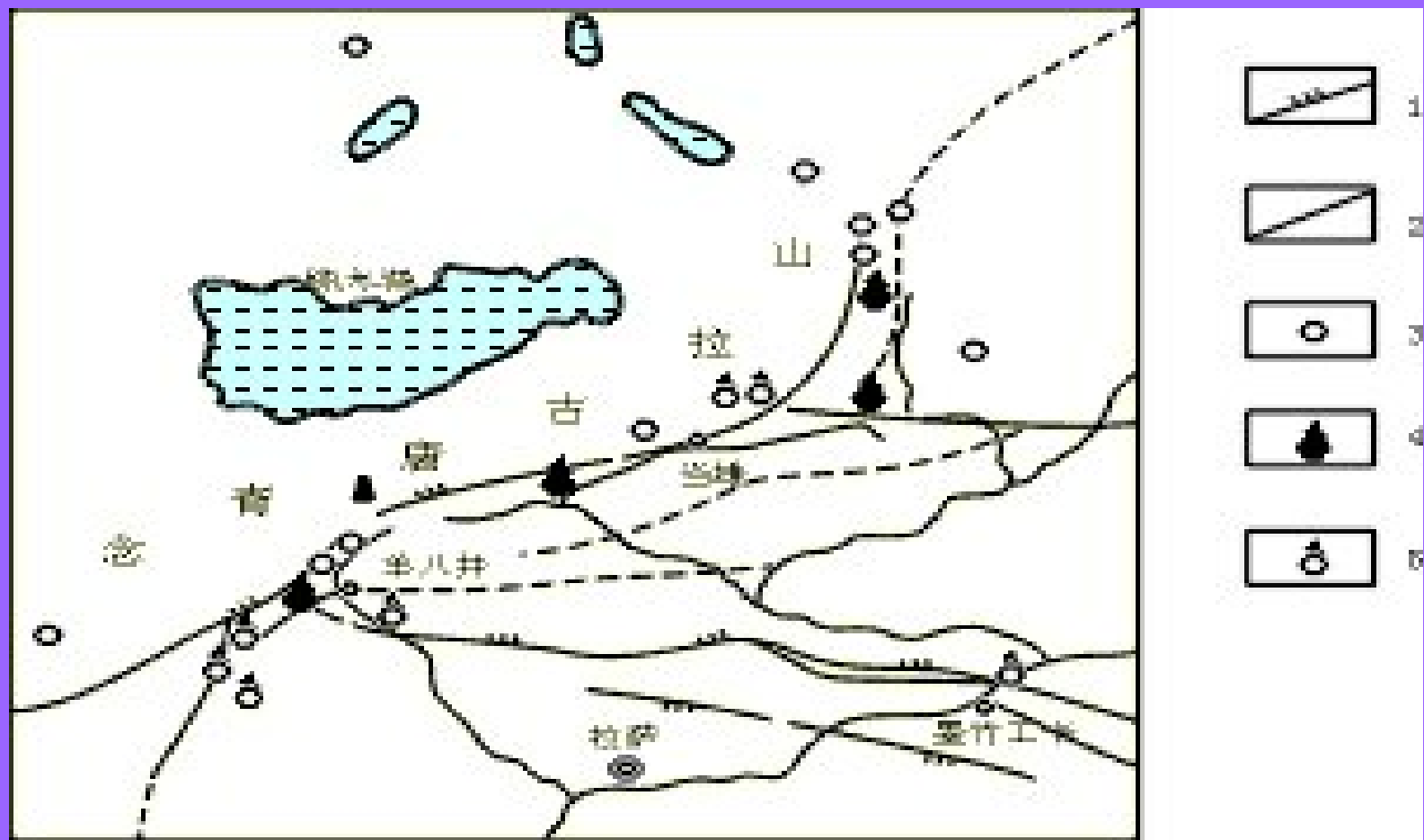
- ❖地貌标志
- ❖构造标志
- ❖地层标志
- ❖岩浆、矿化标志
- ❖岩相和厚度标志
- ❖遥感图像特征

7.1.3.1 断层的识别 地貌标志

- ❖ 断层崖和断层三角面
- ❖ 山脊错断
- ❖ 盆岭边界
- ❖ 串珠状湖泊洼地
- ❖ 带状泉水
- ❖ 水系一河流急转



7.1.3.1 断层的识别\地貌标志



温泉、地震震中与断层关系（念青唐古拉）

7.1.3.2 断层的识别

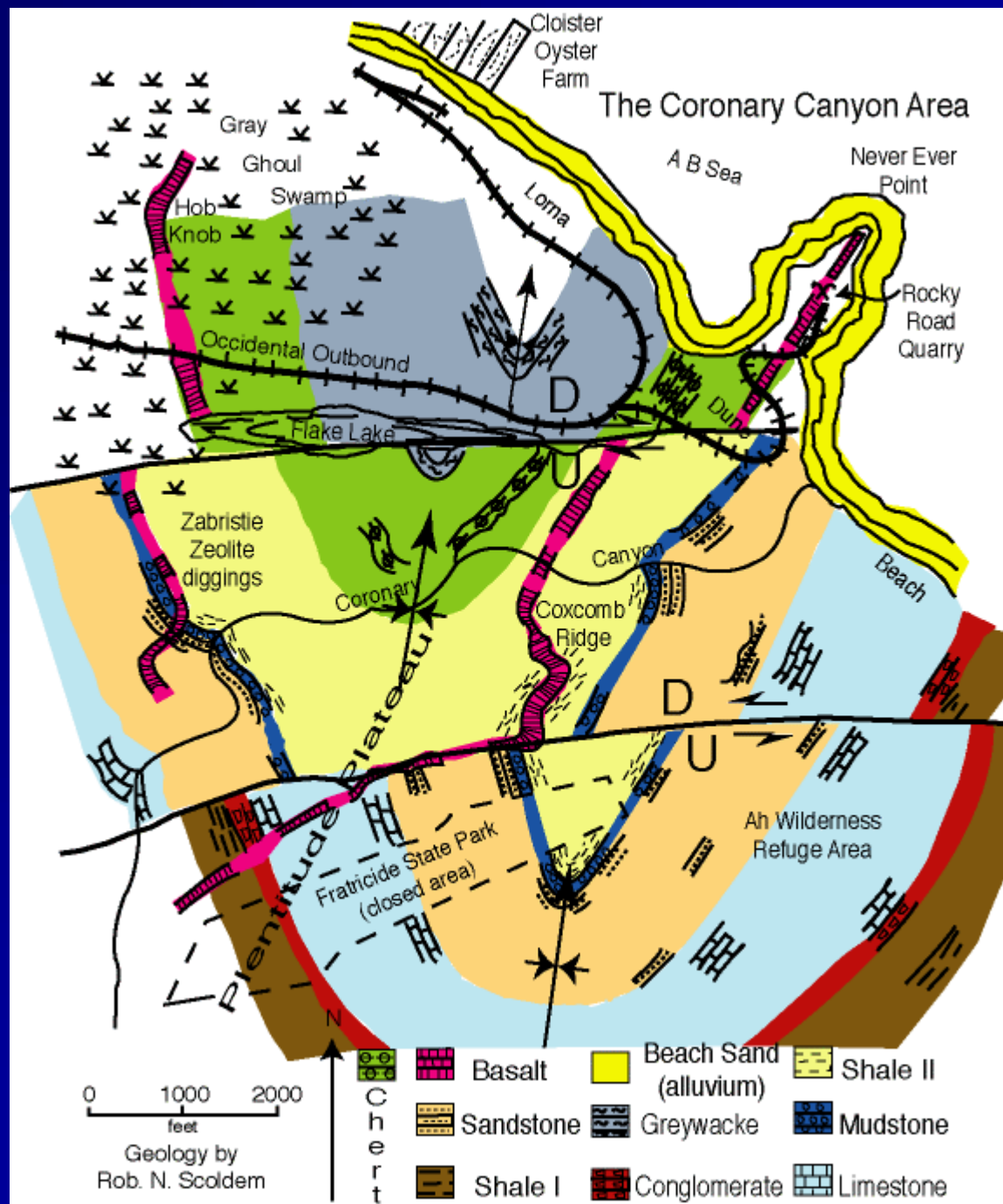
构造标志

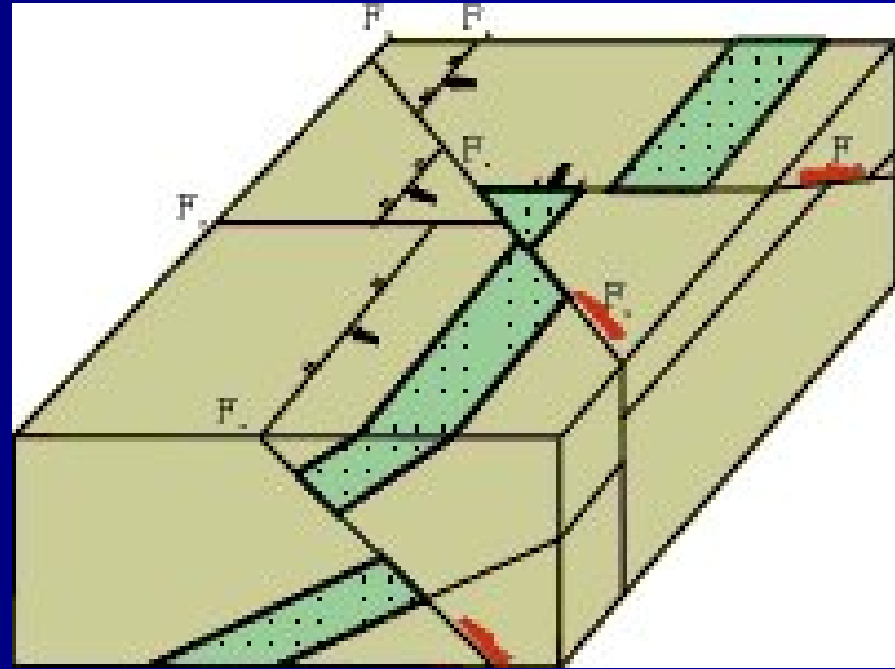
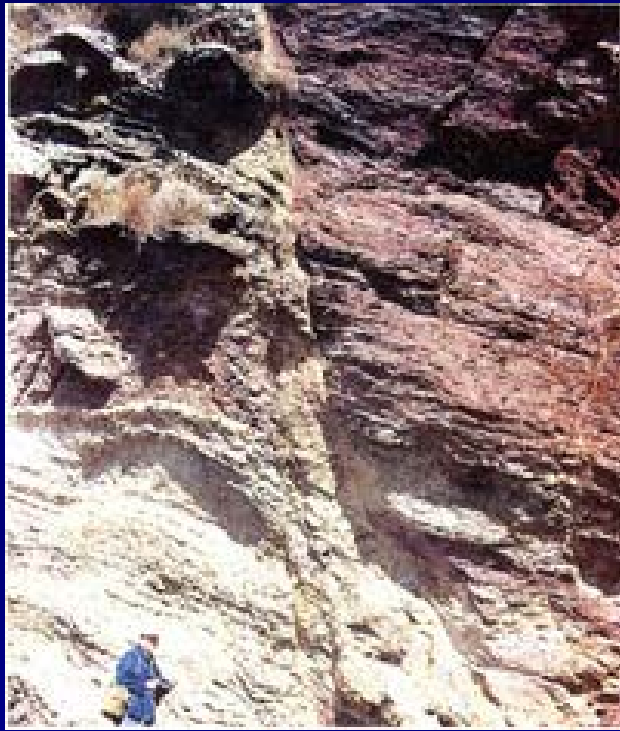
❖地质界线突然中断

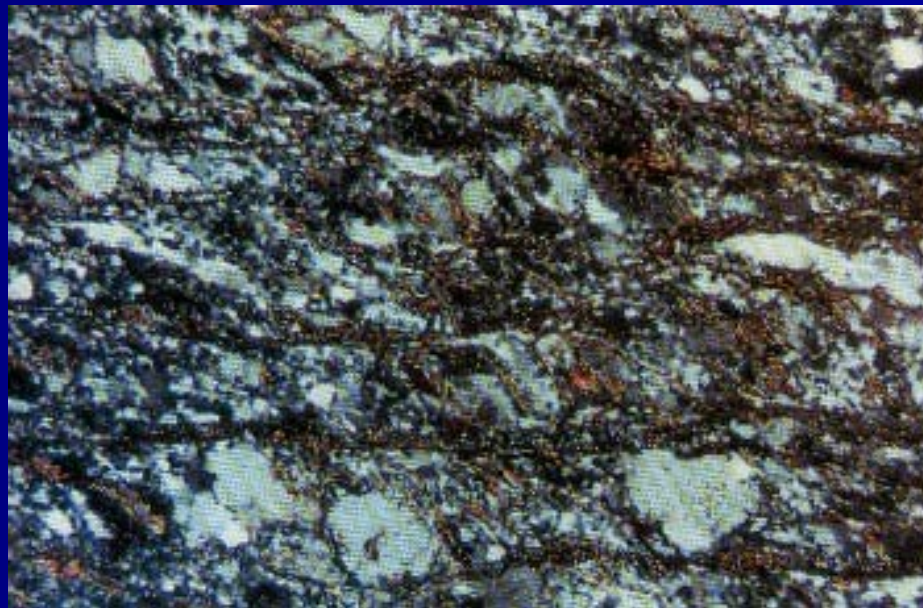
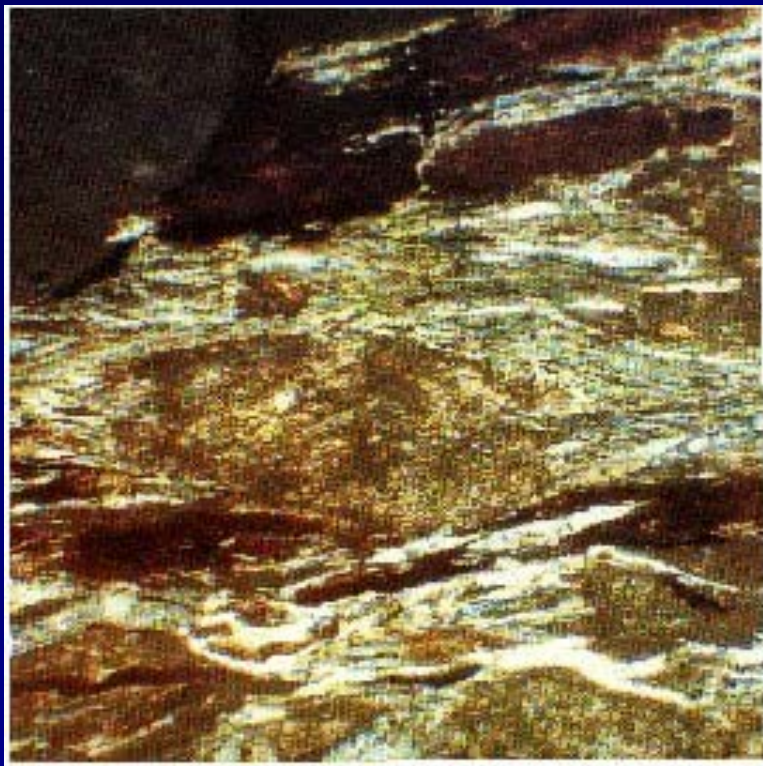
❖构造强化

- 产状突变
- 节理带、劈理带
- 小褶皱
- 挤压破碎、擦痕、构造透镜体

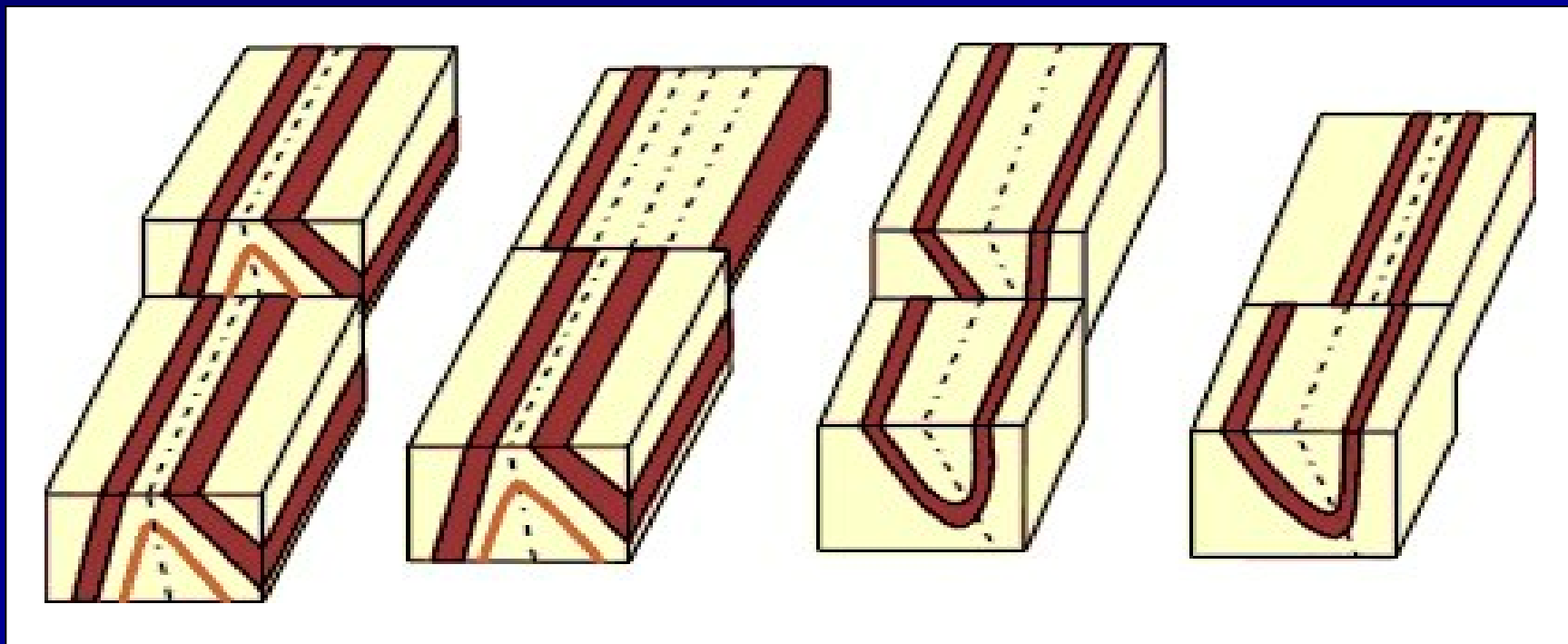
❖断层岩







7.1.3.3 断层的识别 地层标志



地层重复 / 缺失

7.1.3.4 断层的识别

岩浆、矿化标志

❖ 花岗岩和矿化

- 秦岭沙沟八里坪岩体南部的线状形态
- 卡林型金矿
 - 商丹断裂带沿线分布的双王、马鞍桥、于坪、庞家河金矿或矿化点

❖ 硅化、蚀变、热液活动

7.1.3.5 断层的识别

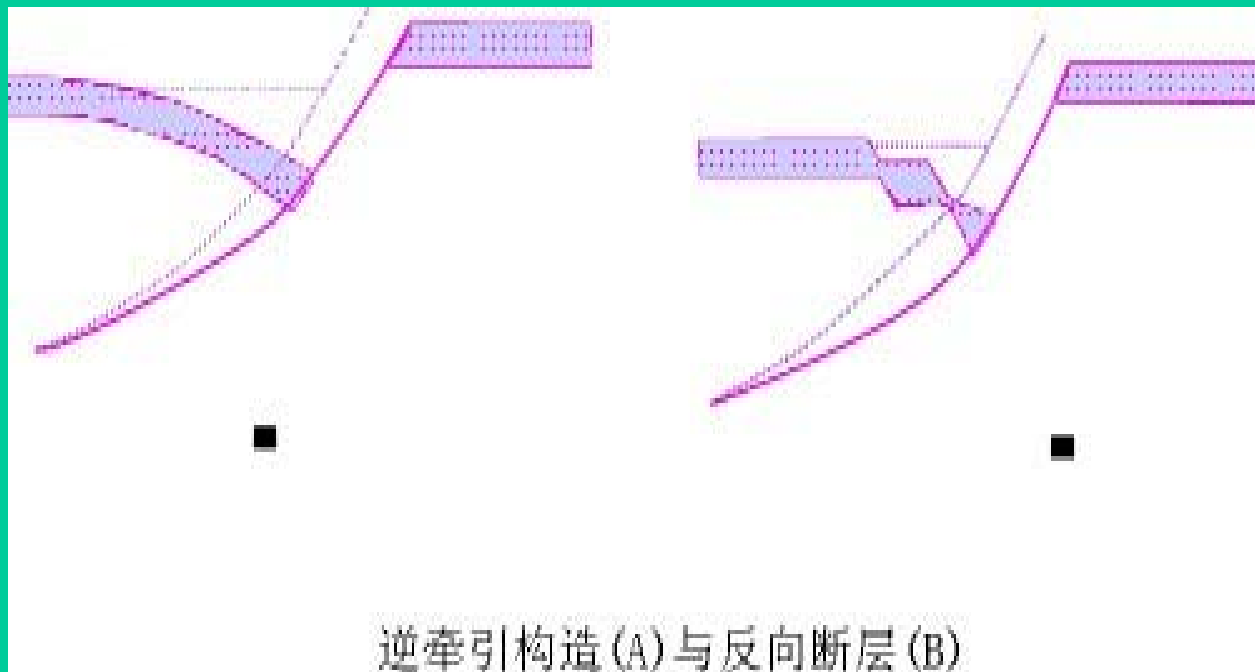
岩相和厚度标志

- ❖ 同沉积断层的活动——“原生”变化
- ❖ 断层切割，使不同岩相、厚度的地层直接接触

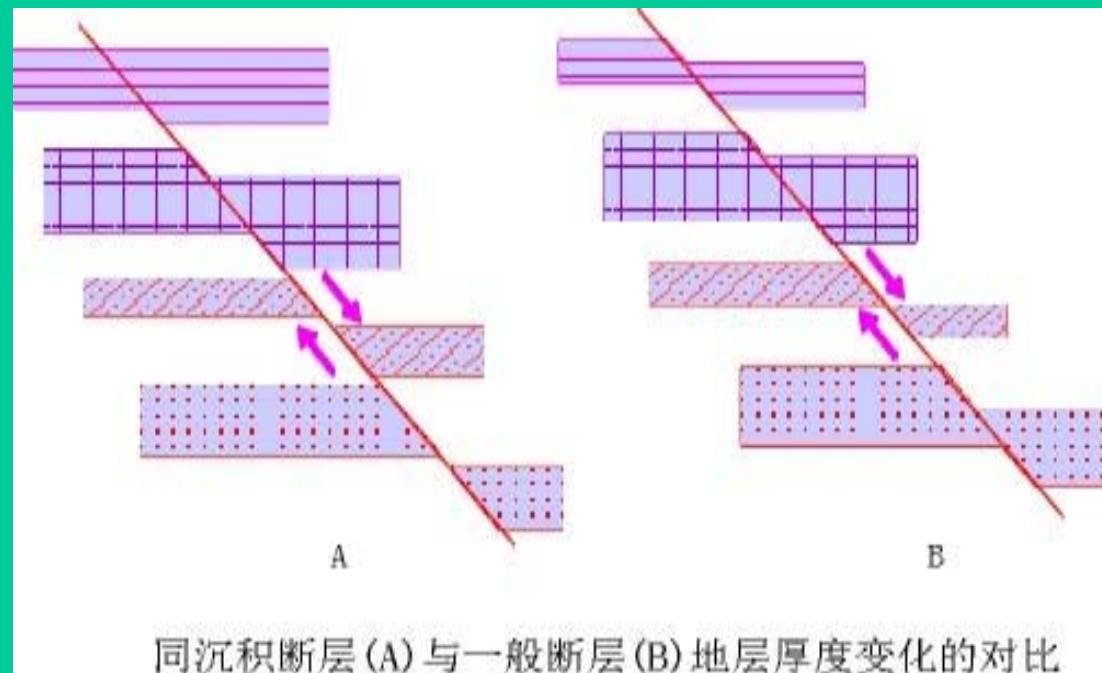
7.1.3.5 断层的识别

同沉积断层

- ❖——生长断层
- ❖发育于盆地边缘
- ❖断层活动与沉积作用同时进行
- ❖断层两盘地层岩相、厚度有明显差异
- ❖逆牵引构造



逆牵引构造 (A) 与反向断层 (B)

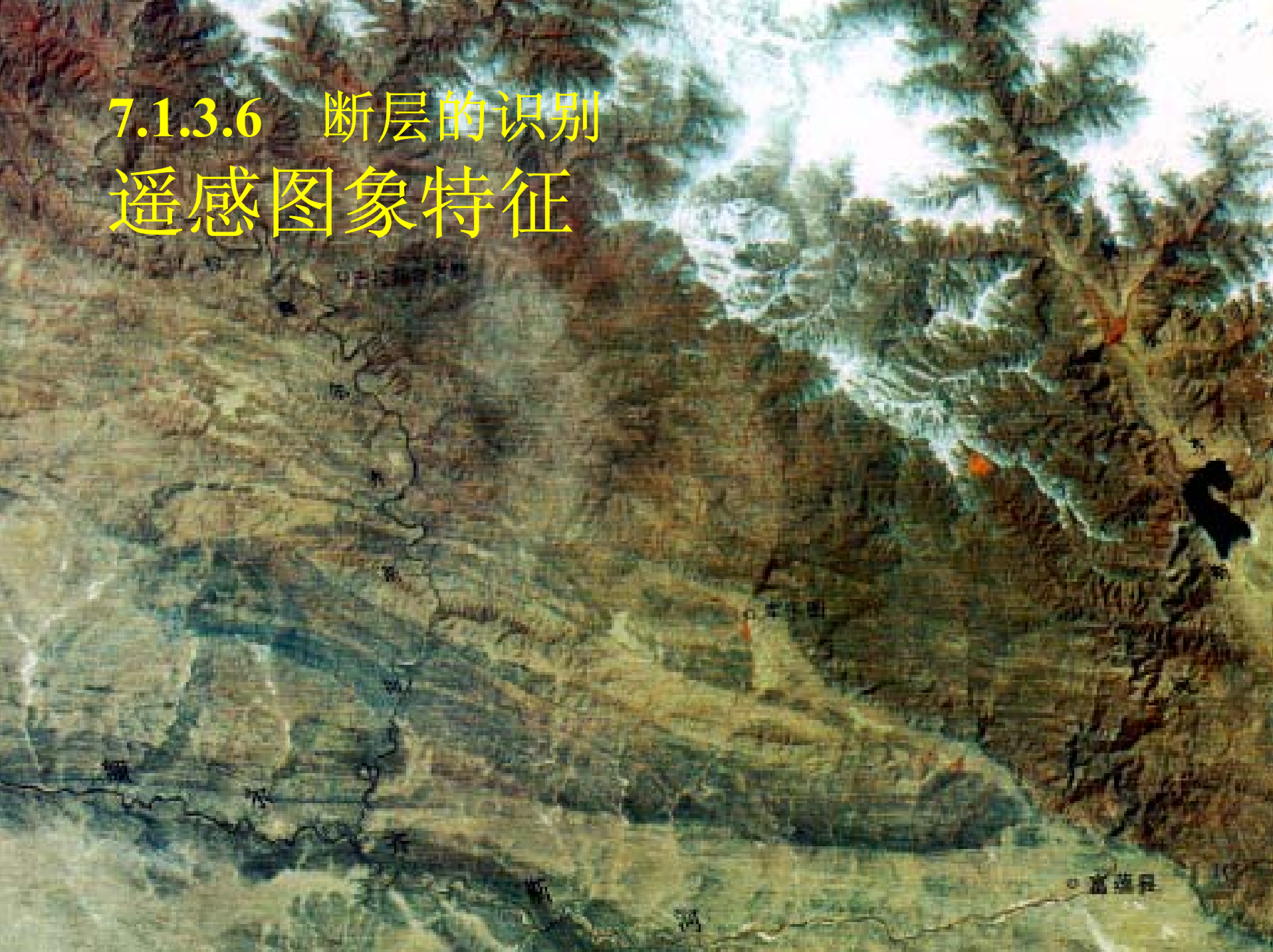


同沉积断层 (A) 与一般断层 (B) 地层厚度变化的对比

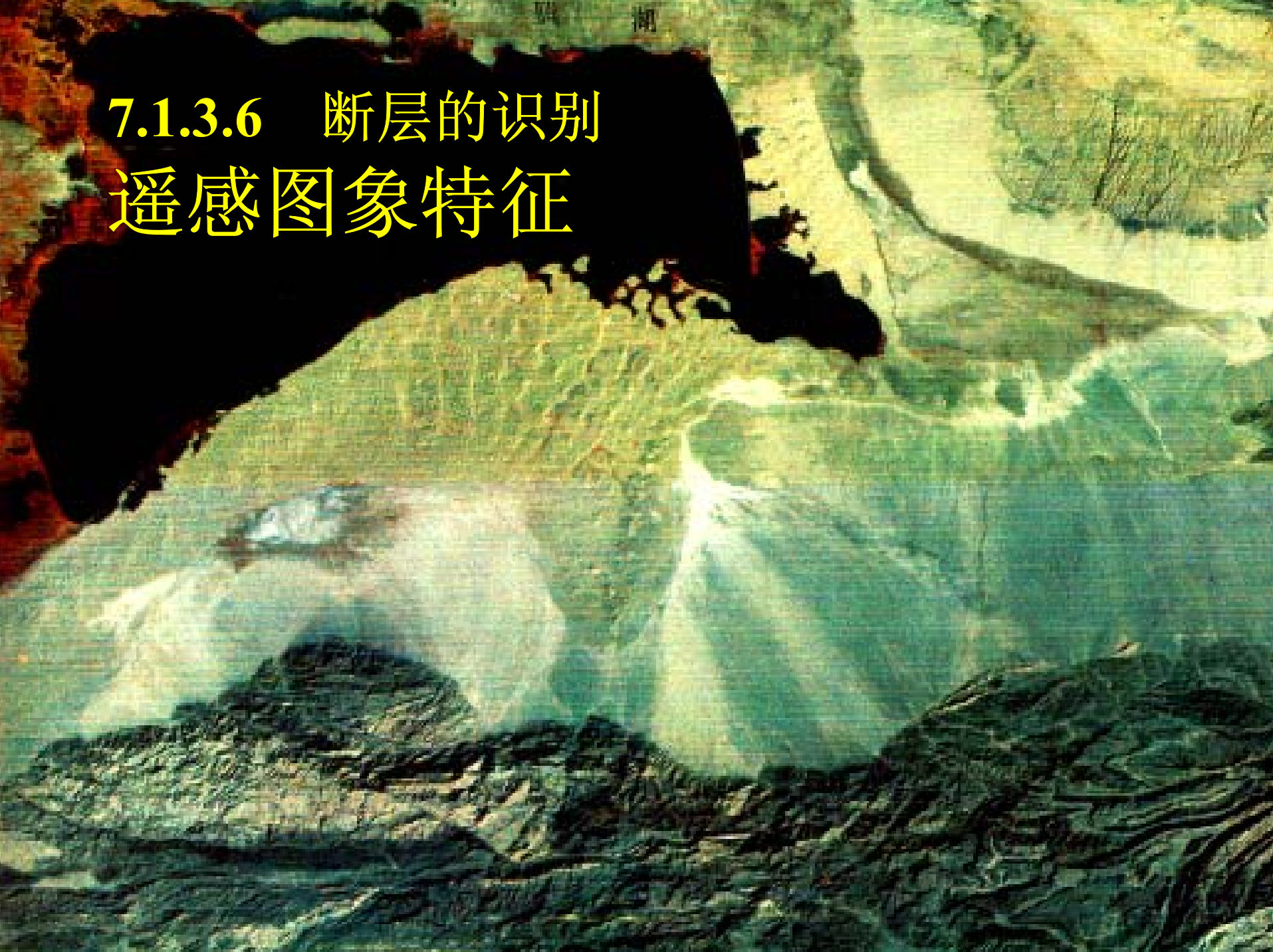
7.1.3.6 断层的识别 遥感图象特征



7.1.3.6 断层的识别 遥感图象特征



7.1.3.6 断层的识别 遥感图象特征



7.1.4 断层作用时间性

- ❖ 断层形成时代和活动时间
- ❖ 大断层长期活动问题

7.1.4.1 断层形成时代的确定

❖ 确定断层形成时代的方法

- 根据与褶皱等构造的相关性
- 利用不整合关系（地层、岩体）
- 同位素年龄测定
 - 断层岩/断层泥中的同构造变质矿物
 - 同构造岩体、岩墙进行
- 根据同沉积断层及相关地层时代进行分析

7.1.4.2 大断层长期活动分析

- ❖ 大断层控制沉积岩相和厚度
- ❖ 大型平移断层在不同时期的活动性导致不同时代的地层错距不一致
- ❖ 大断层往往控制多期岩浆活动和矿化作用

本节要点

- ◆ 飞来峰/构造窗的形成过程及其识别
- ◆ 断层形成机制
 - ◆ Anderson / Hafner模式：主要论点（内容）、适用条件以及二者的异同
 - ◆ 断层的形成作用和活动方式
- ◆ 正、逆断层应力状态莫尔圆的表示
- ◆ 断层的识别标志

思考讨论题

- ◆ Anderson模式在多大程度上解释了断层形成时的应力状态？这种模式的局限是什么？
- ◆ 褶皱是塑性变形，断层是脆性变形，二者为何可以同时出现？

附 录

（自学内容）

断层岩

❖ 碎裂岩

- 断层角砾岩 $\phi > 2\text{mm}$; 注意与其它角砾区分
- 碎粒岩 $\phi: 0.1-2\text{mm}$
- 碎粉岩 $\phi > 0.1\text{mm}$
- 玻化岩——假玄武玻璃
- 断层泥

❖ 糜棱岩

断层岩



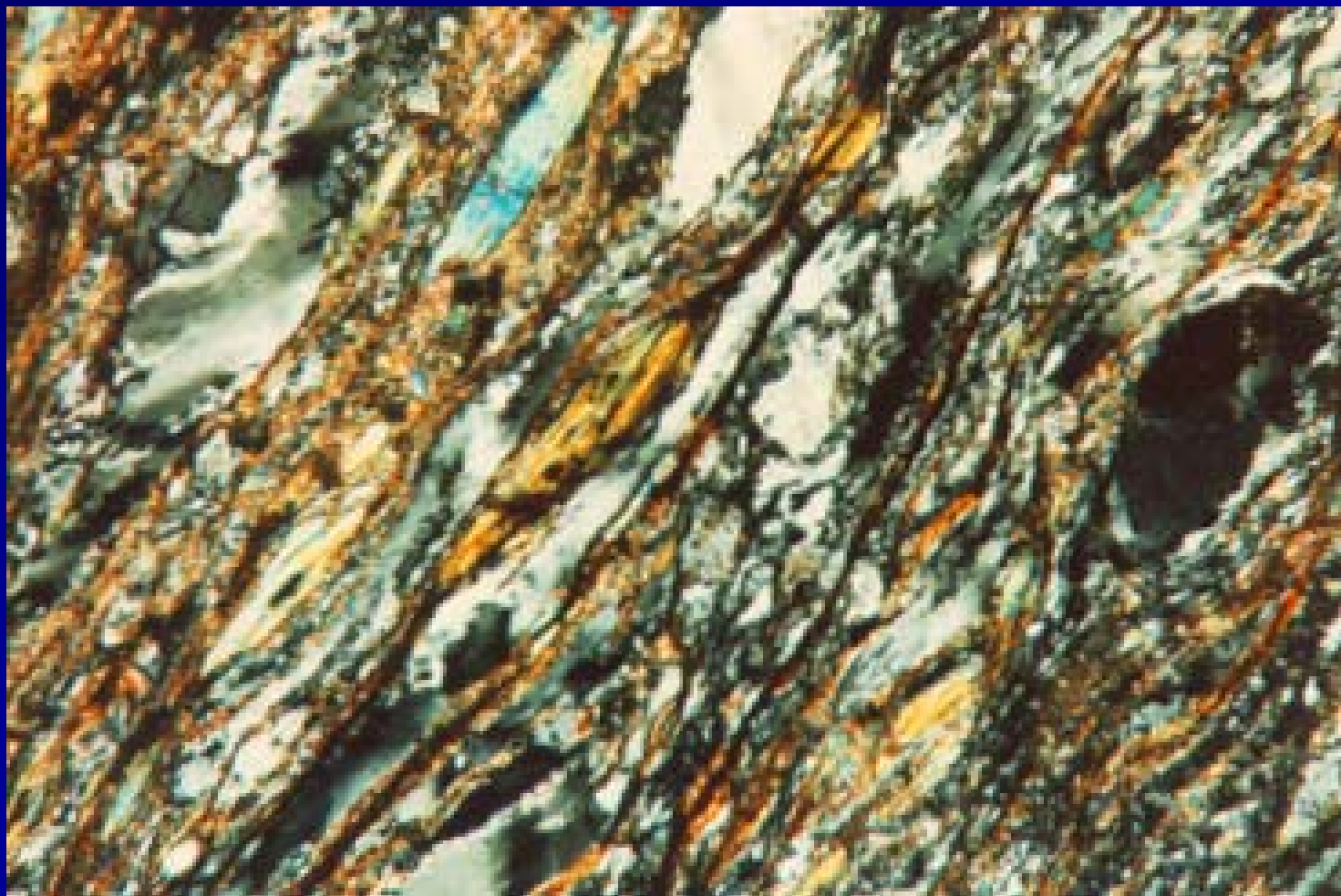
糜棱岩

❖ 在强应变带内产出

❖ 基本特征

- 粒度变小
- 新生面理和线理强烈发育
- 塑性流变现象：Q—ribbon，矩形晶、锯齿状亚晶、动态重结晶、核幔结构
- 残斑——碎裂或波状消光，机械双晶

糜棱岩显微结构



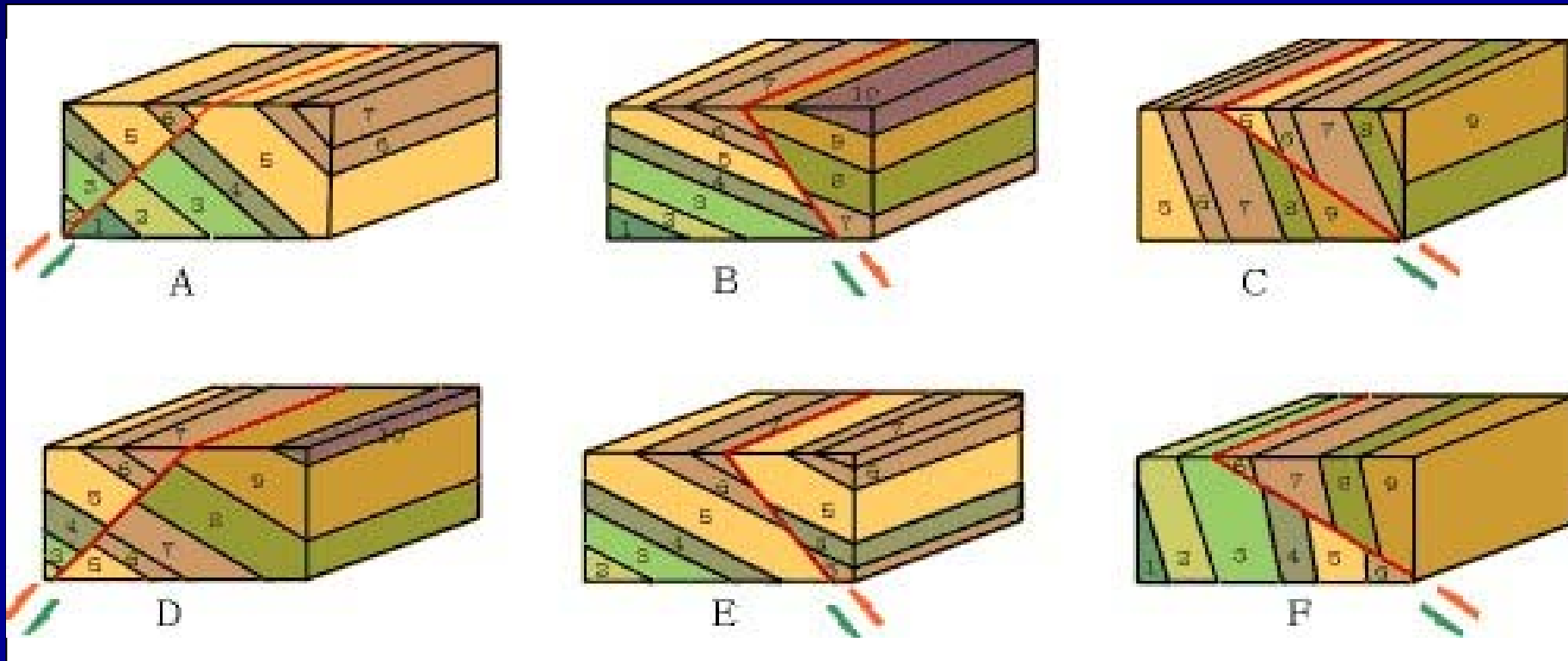
糜棱岩类型

基质性质	基质含量	粒径(mm)	名称
糜棱岩化 作用为主	< 10%		糜棱岩化
	10-50%		初糜棱岩
	50-90%	<0.5	糜棱岩
	>90%	<0.05	超糜棱岩
		<0.1	千糜岩

- ❖ 静态重结晶作用明显的糜棱岩称作变余糜棱岩，构造片岩、构造片麻岩

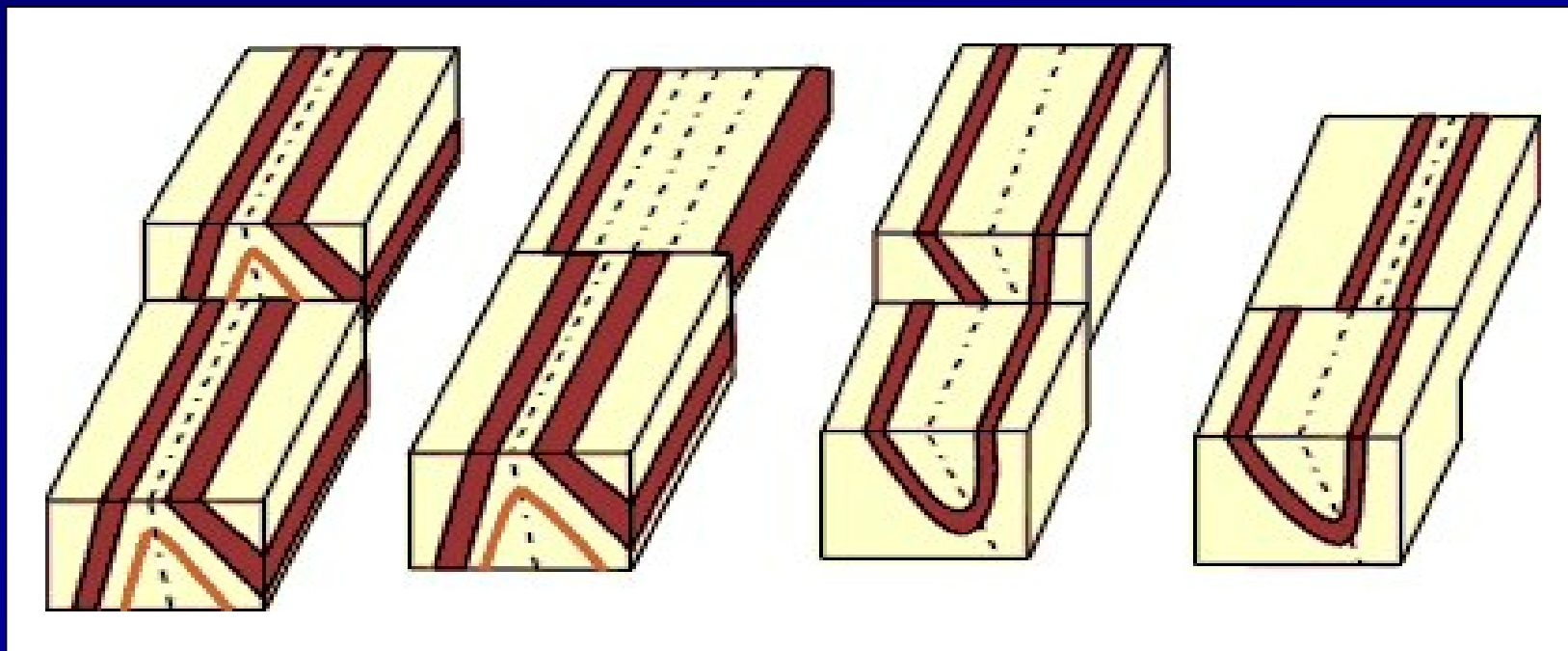
断层效应

断层效应



❖ 走向断层引起的地层缺失、重复

断层效应



❖ 横向断层引起的效应

断层的观测

断层的观测

- ❖ 产状
- ❖ 二盘相对运动*
- ❖ 性质
- ❖ 规模
- ❖ 组合

确定断层二盘相对运动方向

❖ 地层新老关系

❖ 牵引构造

❖ 擦痕、阶步

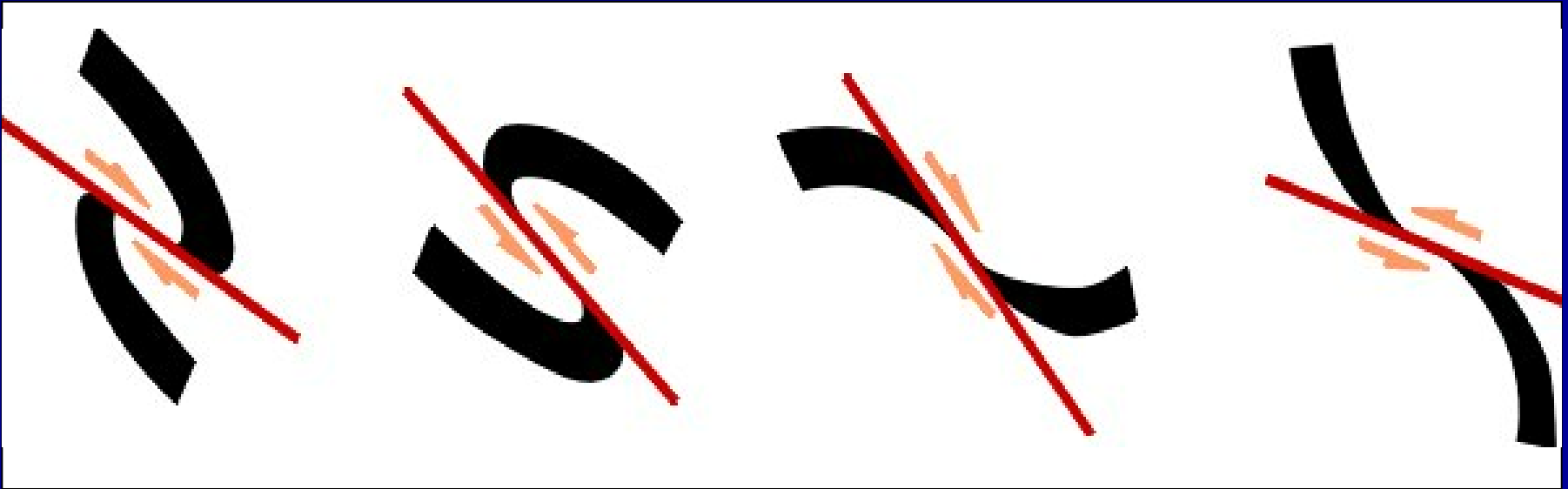
❖ 羽状节理

❖ 侧旁小褶皱

❖ 断层角砾岩

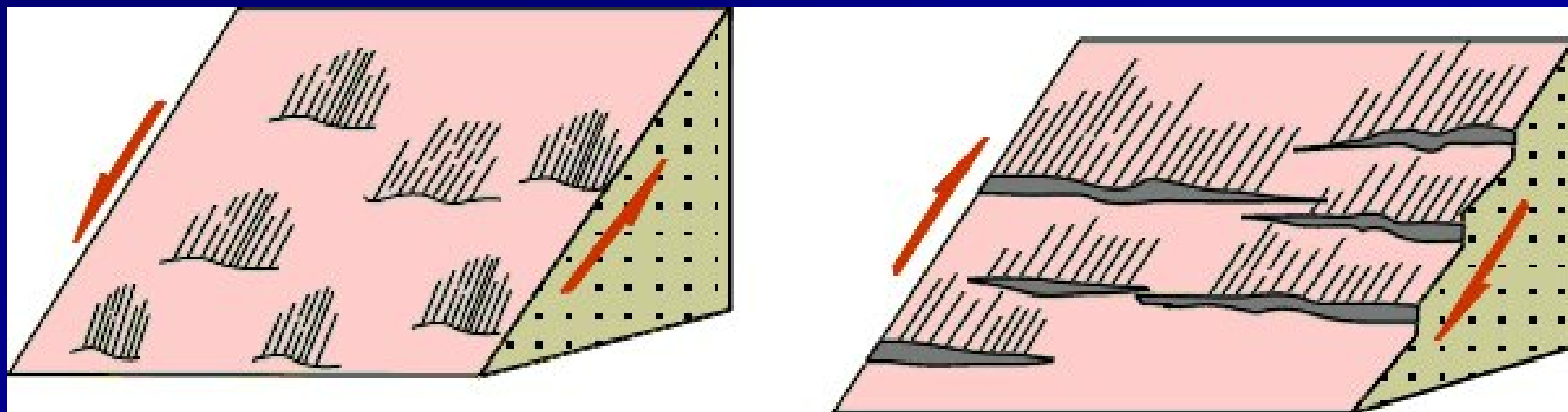
- X Y 与断层所夹锐角示对盘运动方向（角砾近于构造透镜）

牵引构造



❖ 同沉积断层可形成逆牵引构造——同沉积褶皱

擦痕、阶步



❖阶步（左）和反阶步（右）

羽状节理和侧旁小褶皱

