上一讲思考、讨论题

- 简述叠加褶皱的类型及其特征。
- 接触应变带的概念。
- 褶皱岩层的厚度、岩层粘度与褶皱波长关系。
- 纵弯褶皱作用的基本特点，弯滑与弯流的异同。
- 单层纵弯褶皱作用和多层纵弯褶皱作用的特征及其伴生构造。

F365.COM

第四章　褶皱构造

- 褶皱几何学
- 褶皱分类
- 叠加褶皱
- 褶皱成因

主讲人：刘志宏

吉林大学地球科学学院

内容提要

- 横弯褶皱作用
- 压扁作用
- 剪切褶皱作用
- 柔流褶皱作用
- 膝折作用
- 底辟作用

第五节　褶皱作用

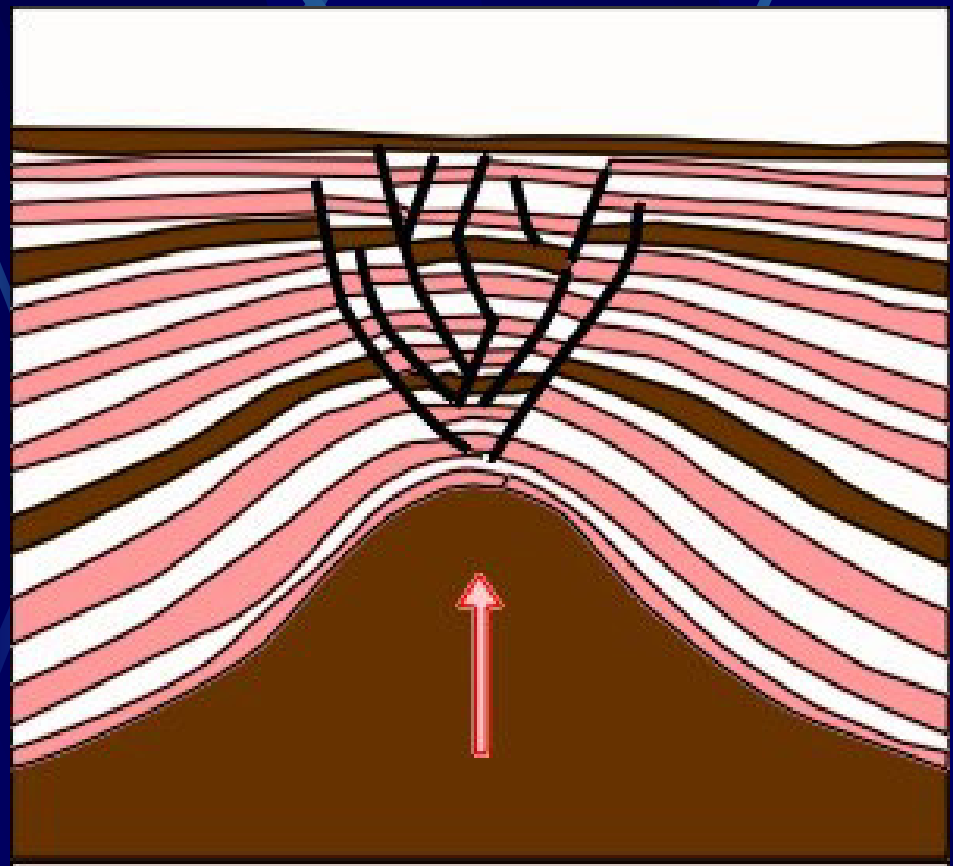
- 影响褶皱作用的主要因素
- 纵弯褶皱作用
- 横弯褶皱作用
- 压扁作用
- 剪切褶皱作用
- 柔流褶皱作用
- 膝折作用
- 底辟作用

三、横弯褶皱作用

- 横弯褶皱作用:
  - 岩层受到与岩层面垂直的作用力所形成的褶皱。
  - 作用力方向一般是垂向的。
  - 盐岩底辟
  - 地块差异升降

横弯褶皱作用1.avi

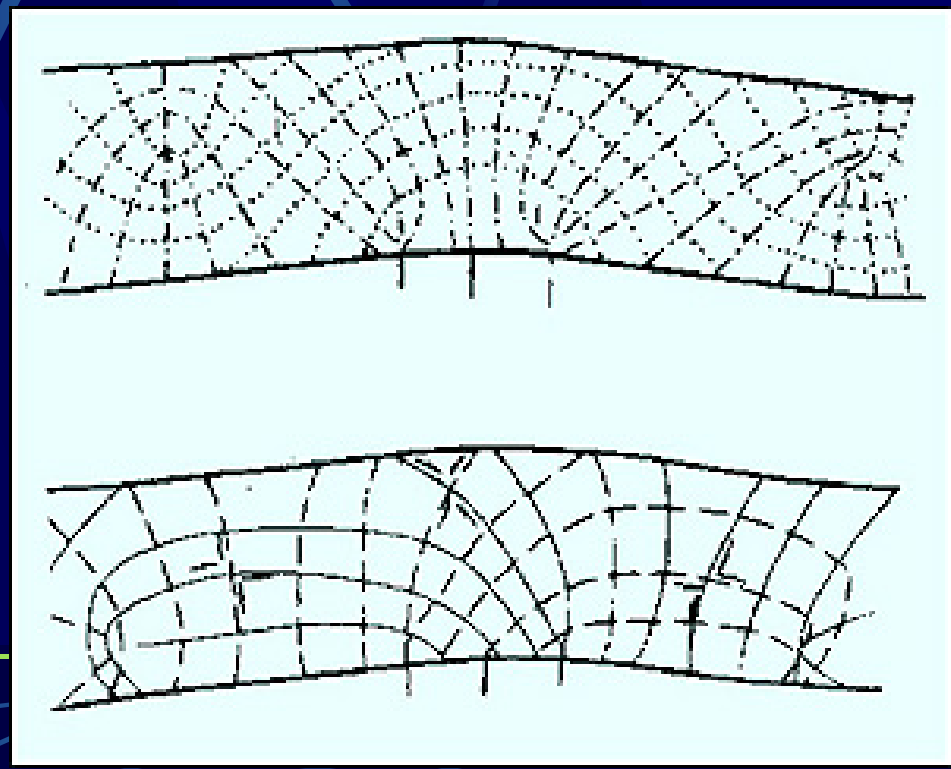
横弯褶皱作用2.avi



底辟上覆岩层顶部断层的模拟实验图示

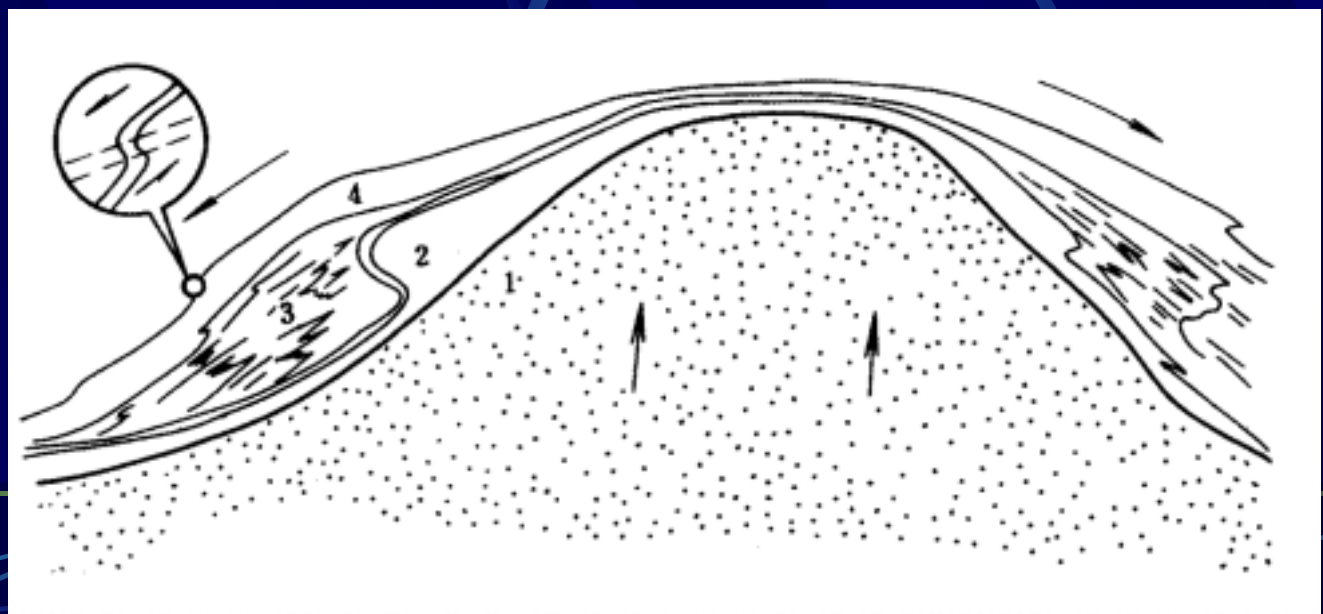
三、横弯褶皱作用

- 横弯褶皱作用的特点：
  - 被褶皱的岩层整体处于拉伸状态，各层都没有中和面。



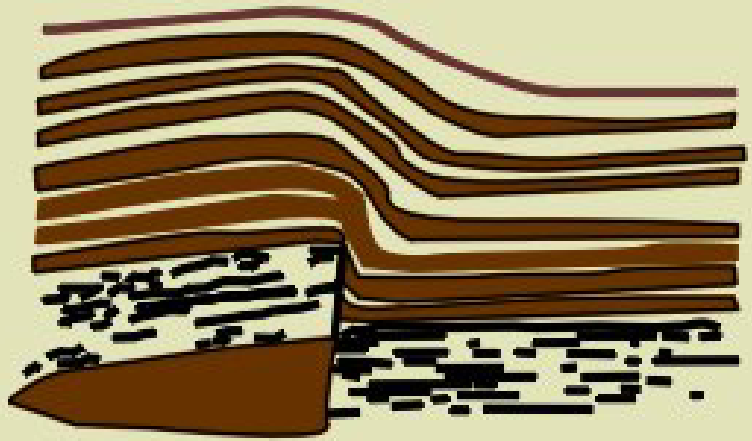
三、横弯褶皱作用

- 横弯褶皱作用的特点：
  - 横弯褶皱作用往往形成顶薄褶皱。 当物质韧性较强时，因垂向挤压与侧向拉伸导致物质由转折端向两翼流动。



三、横弯褶皱作用

- 横弯褶皱作用的特点：
  - 在横弯褶皱作用中，如果岩层呈低韧性状态，在背斜顶部形成地堑。如果是穹形隆起，则可形成放射状或环状正断层。
  - 如果基底大规模发生隆起，盖层形成大规模挠曲。

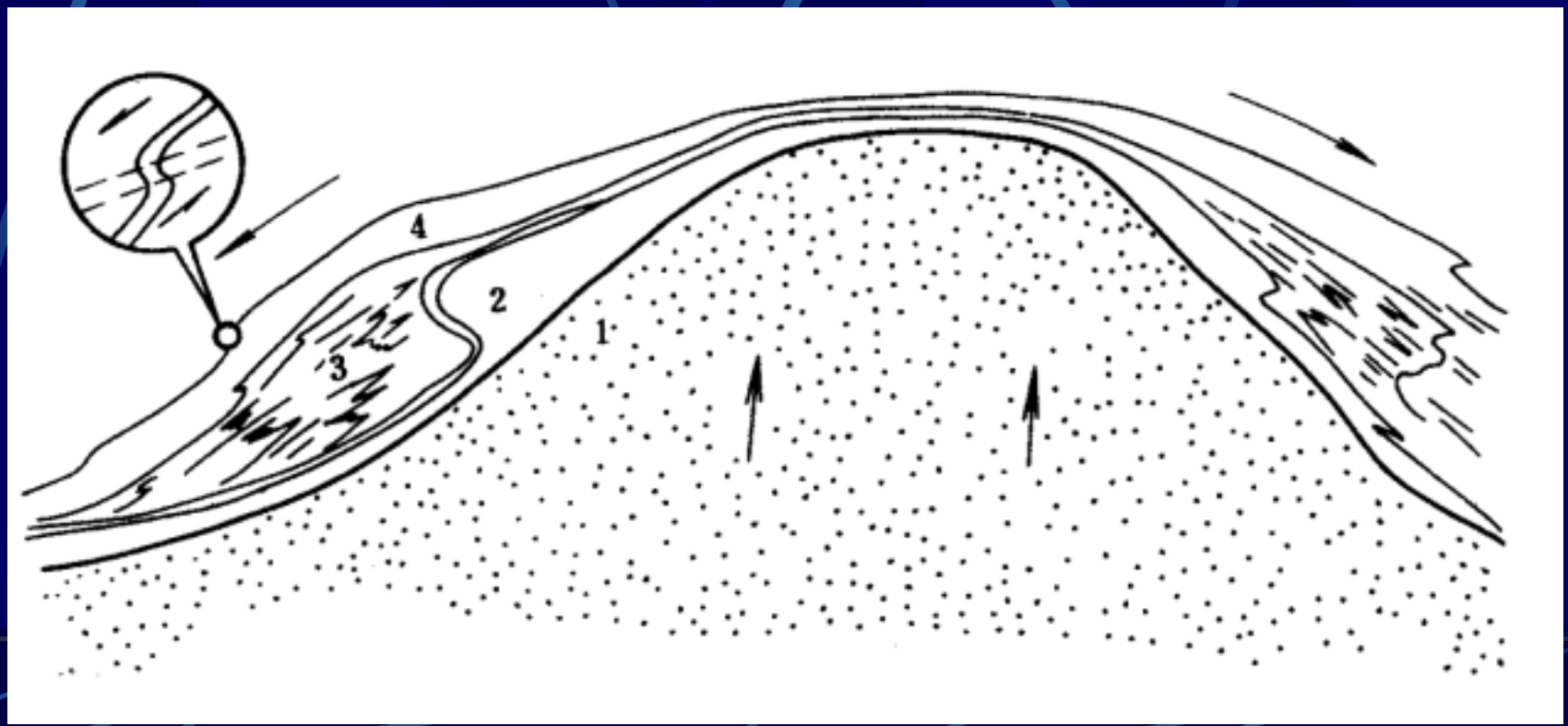


盖层中的挠曲与基底断层间的关系模拟示意图

底辟上覆岩层顶部断层的模拟实验图示

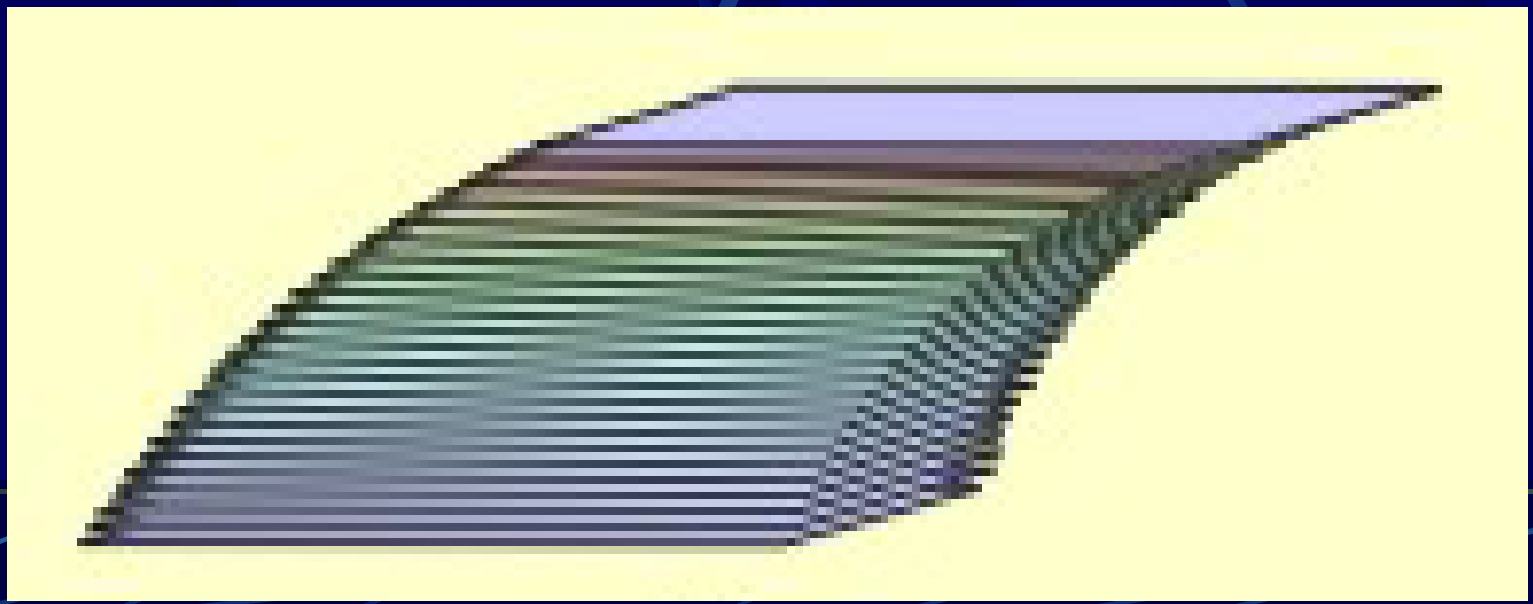
三、横弯褶皱作用

- 横弯褶皱作用的特点：
  - 在横弯褶皱作用过程中的流动作用及伴生构造。



四、剪切褶皱作用

- 剪切褶皱作用（滑褶皱作用）：指沿着一系列垂直或斜交岩层层面的密集叶理或破裂面发生不均匀剪切，使岩层层面错动弯曲而形成褶皱的一种作用。
- 作为褶皱面的各种面状构造仅作为反映滑动结果的被动标志，因此，又称之为被动褶皱作用。

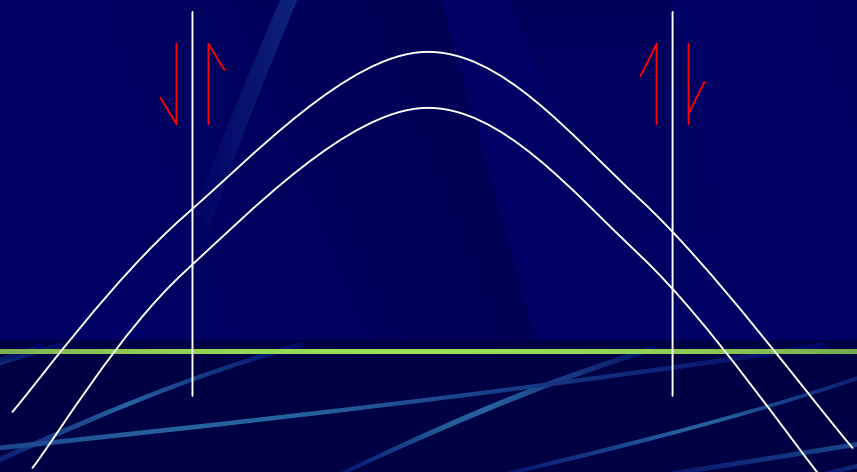


四、剪切褶皱作用

- 切层剪切褶皱作用的主要变形特征包括：
  - 不论剪切作用面与褶皱面斜交或垂直，形成的一组透入性的面状构造（劈理、片理、片麻理等）都构成褶皱的轴面叶理。
  - 从理论模式看，切层剪切作用为简单剪切变形，剪切面平行于褶皱中每一点应变椭球的圆切面，每一点的应变都是平面剪切应变。

四、剪切褶皱作用

- 切层剪切褶皱作用的主要变形特征包括：
  - 厚度变化—相似褶皱或 II 类褶皱。
  - 无中和面。任一剪切面上所有各点的应变都是相等的。
  - 剪切面上剪切作用方向与岩层的关系：在褶皱枢纽线两侧的剪切方向相反。



四、剪切褶皱作用

- 褶皱的形成条件是：
  - 密集简单剪切面；
  - 不均匀简单剪切作用。

对于中浅变质岩区普遍发育的具有轴面劈理的褶皱而言，滑褶皱作用的贡献是很有限的。

五、柔流褶皱作用

- 高塑性岩层（高塑性体）受力的作用时，呈类似粘稠的流体而发生变形，形成形态复杂、褶皱要素产状变化大、不协调性普遍的流动褶皱。



六、压扁作用

- 岩层在顺层挤压作用下，在压应力方向上岩层均匀缩短及垂直应力方向上岩层均匀加厚的效应称压扁作用。

六、压扁作用

- 霍布斯等（1976）实验发现：
  - 当岩层顺层压缩20%左右时，没有褶皱发育，在平行挤压方向缩短，在垂直压应力方向增厚。
  - 当缩短20%～30%左右时，褶皱开始发育，岩层继续缩短。
  - 当压扁量达到50%时，褶皱层内各点应变椭球的长轴逐渐旋转到与轴面平行的方向上，应变椭球体压扁面与褶皱轴面接近平行，褶皱翼部岩层变薄，转折端加厚。

六、压扁作用

- 压扁作用贯穿于整个褶皱作用过程中，按褶皱发育的不同阶段可分为前褶皱压扁作用、同褶皱压扁作用和后阶段压扁作用。

六、压扁作用

- 前褶皱压扁作用
  - 岩层间的韧性差较小而平均韧性较大时，前褶皱压扁作用显著，反之不显著。

六、压扁作用

- 同褶皱压扁作用
  - 褶皱岩层内部各点的应变椭圆长轴方位逐渐旋转到与轴面平行的方向上。
  - 随着压扁作用的的增强，形成新的轴面叶理、使整个褶皱从等厚向顶厚褶皱发展。

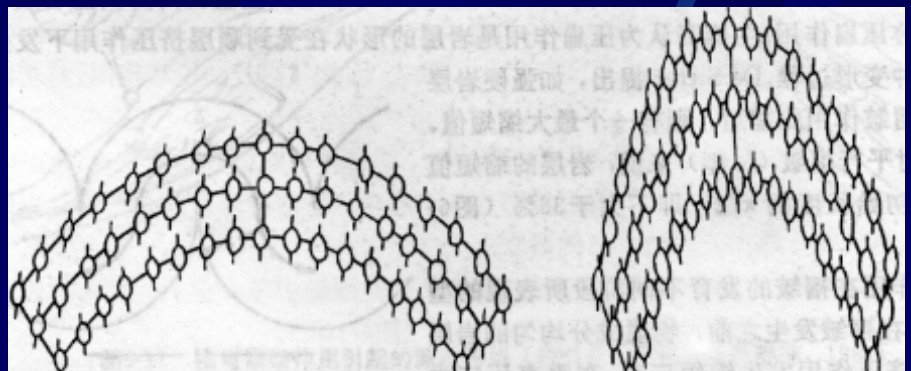


图6-21　褶皱的压扁作用（据 B. E. Hobbs 等，1976）
a—纵弯褶皱经均匀压缩20%，b—压缩50%的应变分布型式

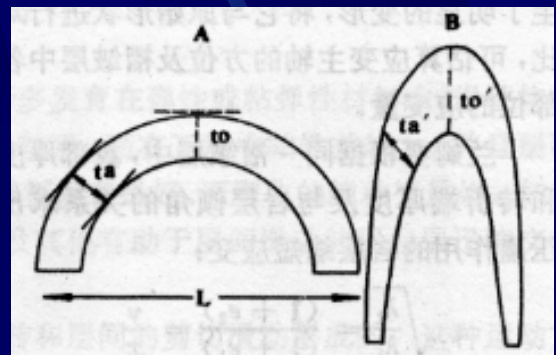


图6-22　压扁作用对岩层厚度的影响
（据 J. G. Ramsay，1967）
t_o、t_a 为压扁前的厚度；
t'_o、t'_a 为压扁后的厚度

六、压扁作用

- 后褶皱压扁作用
  - 岩层不再发生进一步的弯曲，出现平行轴面的新的面状构造（轴面叶理）和低韧性岩层（较刚性岩层）被拉断形成石香肠构造（或构造透镜体）和无根钩状褶皱。

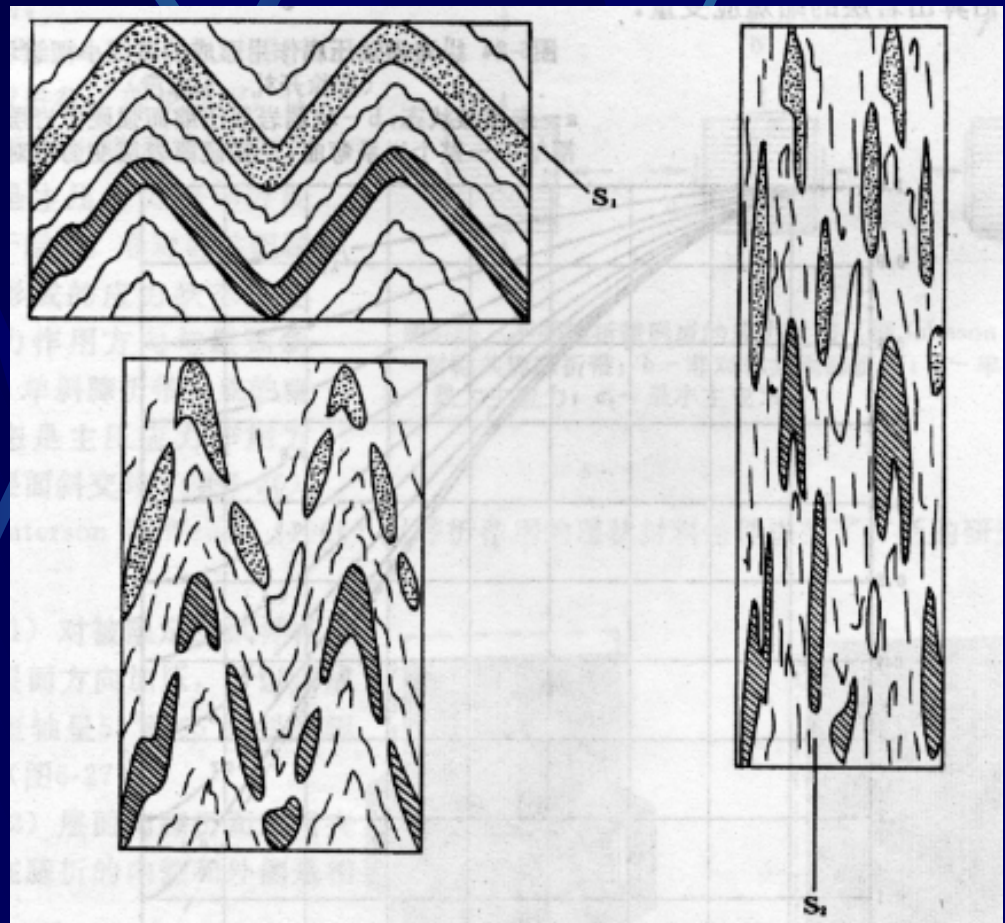
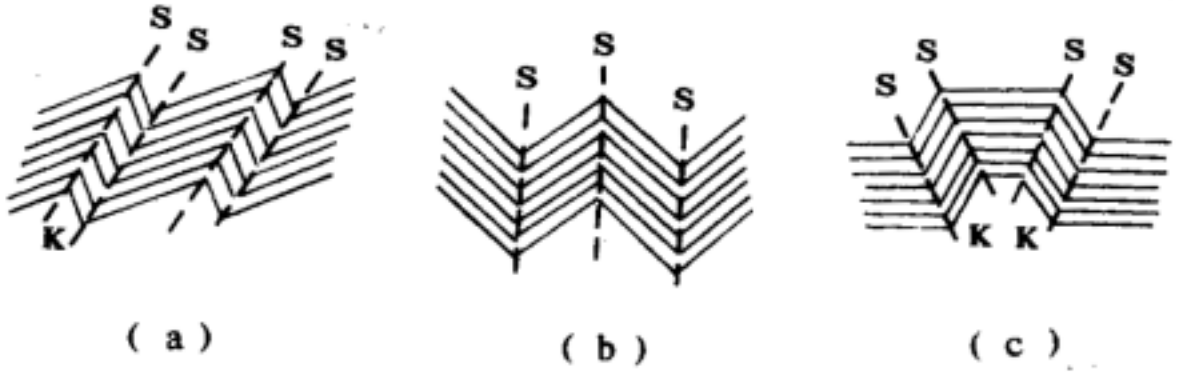


图6-23 褶皱形成后期压扁作用（据 Williams，1967）

七、膝折与膝折作用

- 膝折：褶皱两翼平直，且转折端呈尖棱状的褶皱。
  - 不对称膝折
  - 对称膝折
  - 共轭膝折



膝折示意图（据徐开礼、朱志澄，1984）

a—不对称膝折；b—对称膝折；c—共轭膝折

膝折作用

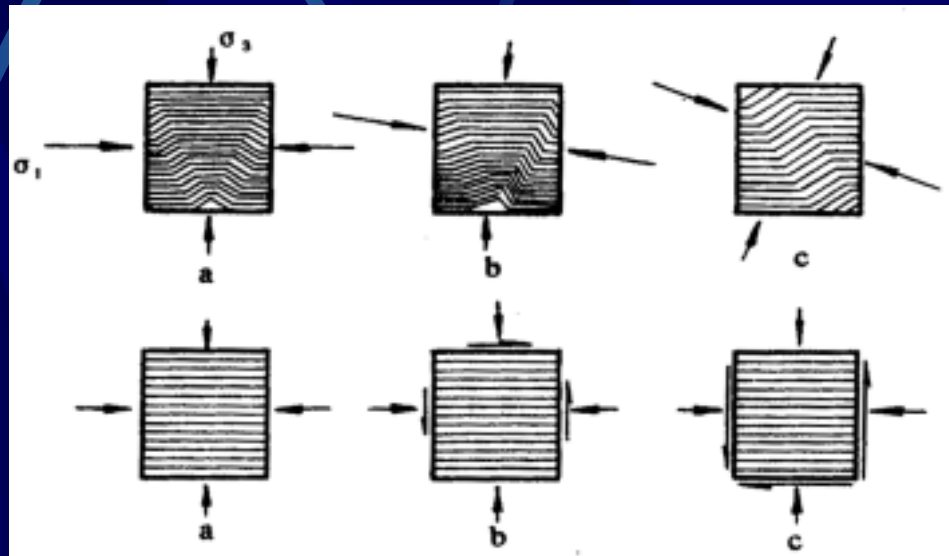
- 膝折形成的条件：
  - 多发育在弹性或粘弹性材料中；
  - 岩性均一、岩石的成层性发育；
  - 岩层间的粘性较差，单层内部粘性较强；
  - 层面上具有初始不规则。

膝折作用

- 膝折的形成
  - 通过围绕两翼交线（枢纽）的旋转和层间滑动形成的。

Johnson（1977）对膝折的形成进行了理论分析，认为：

- 对称共轭膝折形成的应力状态是主压应力作用方向平行于层面；
- 非对称共轭膝折形成的应力状态是主压应力作用方向与层面斜交10°；
- 单斜膝折带形成的应力状态是主压应力作用方向与层面斜交30°。



不同膝折带形成的应力状态（据 Johnson，1977）
a—对称共轭膝折带；b—非对称共轭膝折带；c—单斜膝折带
σ_1—最大主应力；σ_3—最小主应力

八、底辟作用

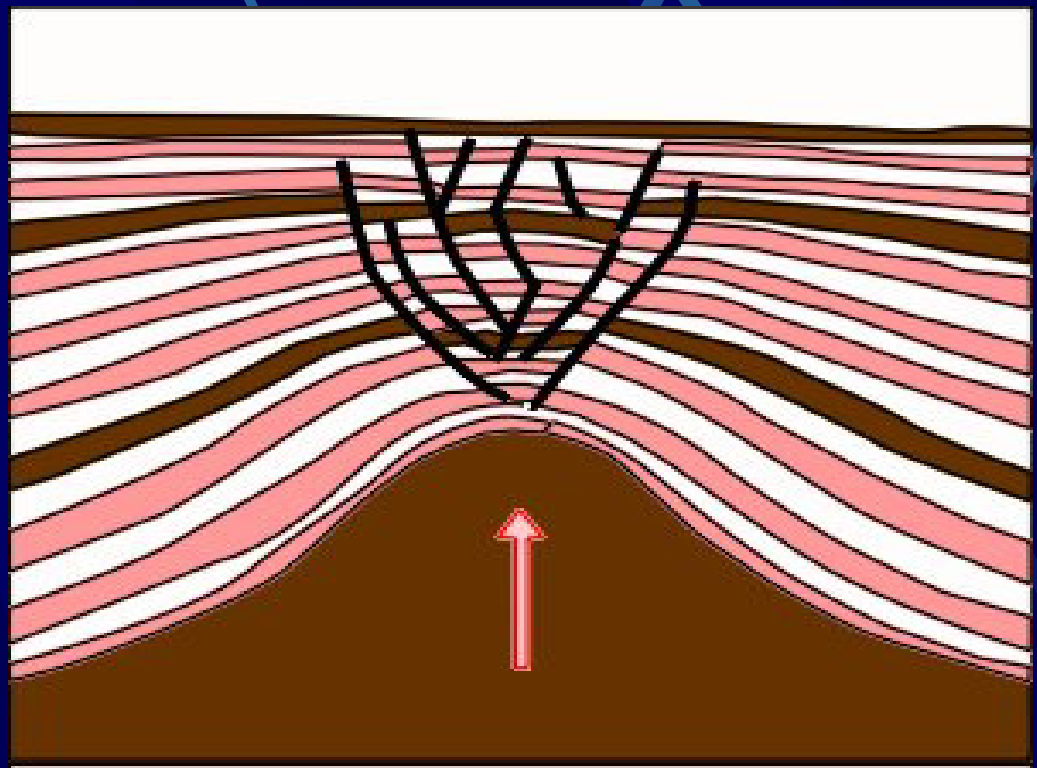
底辟：

地下深处的高塑性物质（岩盐、石膏或岩浆等）在重力差异作用下，呈圆柱状向上流动刺穿上覆岩层或使上覆岩层拱起，形成底辟构造。



- 形成的构造
  - 在低密度高塑性物质中形成复杂的流褶皱；
  - 在围岩中形成穹窿构造、刺穿构造。在穹窿构造顶部出现环形和放射形张断层。

八、底辟作用



底辟上覆岩层顶部断层的模拟实验图示

本讲要点

- 褶皱成因
  - 横弯褶皱作用
  - 剪切褶皱作用
  - 膝折作用
  - 压扁作用

思考、讨论题

- 说明横弯褶皱作用、剪切褶皱作用的形成机制。
- 剪切褶皱作用的主要变形特征，形成剪切褶皱需要什么条件？为什么自然界较少见到剪切褶皱？
- 压扁作用及其在不同褶皱阶段的表现特征。
- 膝折的类型及形成条件。