上一讲思考、讨论题

- 理卡德褶皱分类的依据是什么？将褶皱划分为哪几种类型？有何特点和意义？（要求绘制三角网、类型标定和赤平投影图）。
- 等倾角线的概念及画法。
- 简述Ramsay提出的基于等倾角线的褶皱分类方案及其意义

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

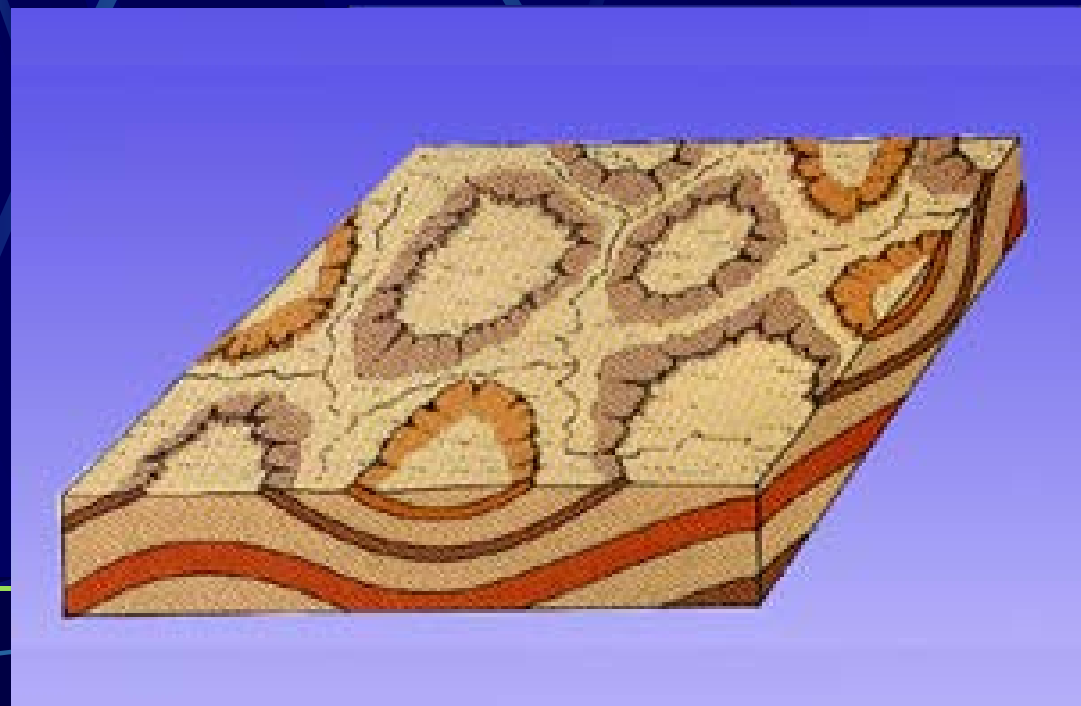
吉林大学地球科学学院

内容提要

- 叠加褶皱的基本型式
- 叠加褶皱的识别
- 影响褶皱作用的主要因素
- 纵弯褶皱作用

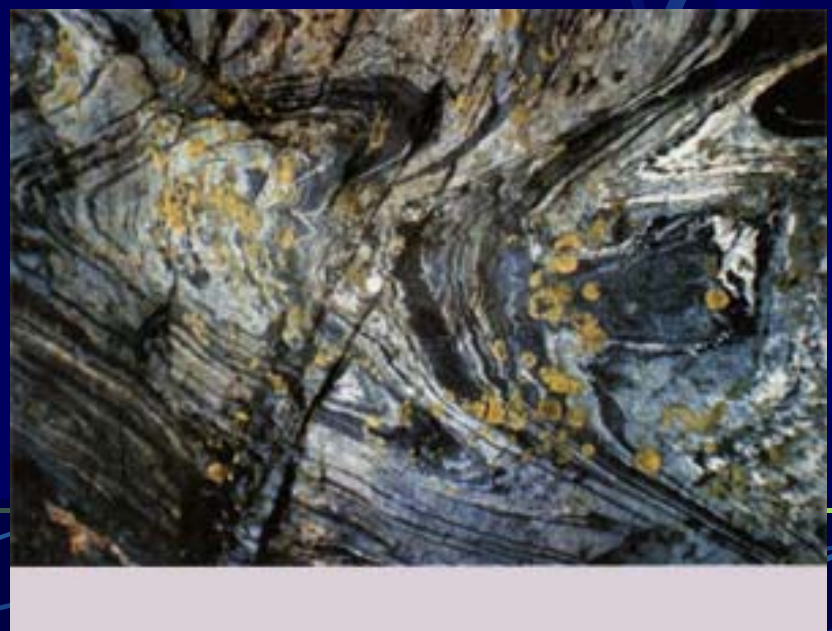
第四节　叠加褶皱

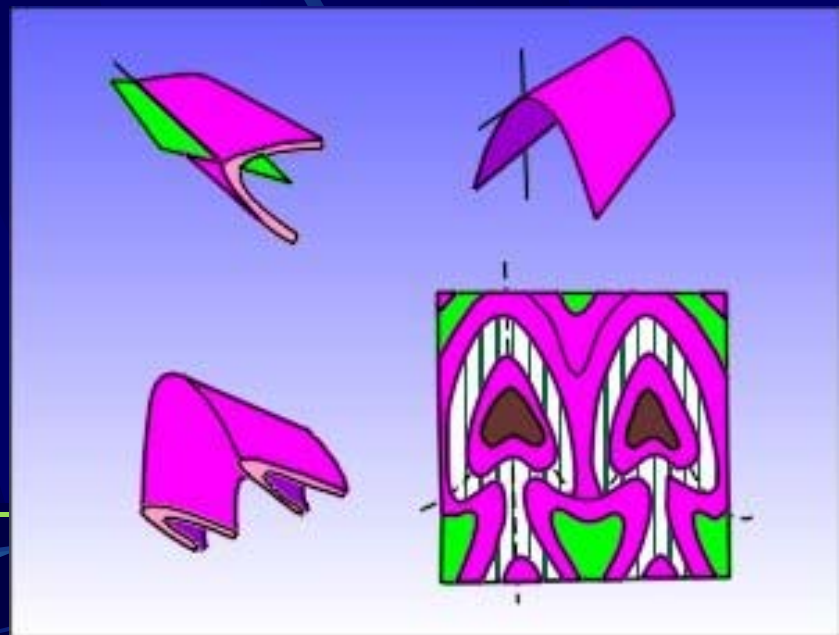
- 叠加褶皱的基本型式：
  - 第一型—横跨叠加：穹盆构造　穹盆叠加.avi
  - 第二期滑褶皱“横跨”叠加于第一期直立水平褶皱上，其差异滑动方向(a_2)与第一期褶皱轴面平行。第二期滑褶皱轴向(b_2)与早期褶皱轴成较大角度相交或垂直。



第四节　叠加褶皱

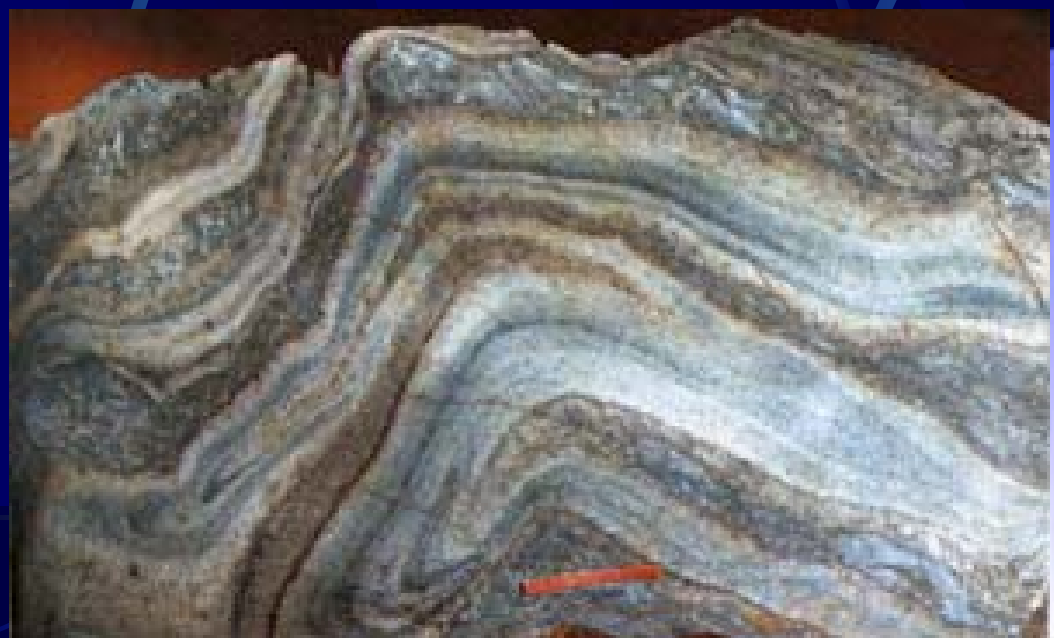
- 叠加褶皱的基本型式：
  - 第二型：新月形、蘑菇形 新月型叠加.avi
  - 第一期为平卧褶皱，第二期滑褶皱轴向(b_2)与第一期轴向成大角度斜交或垂直，第二期滑褶皱的运动方向(a_2)与第一期褶皱轴面垂直。

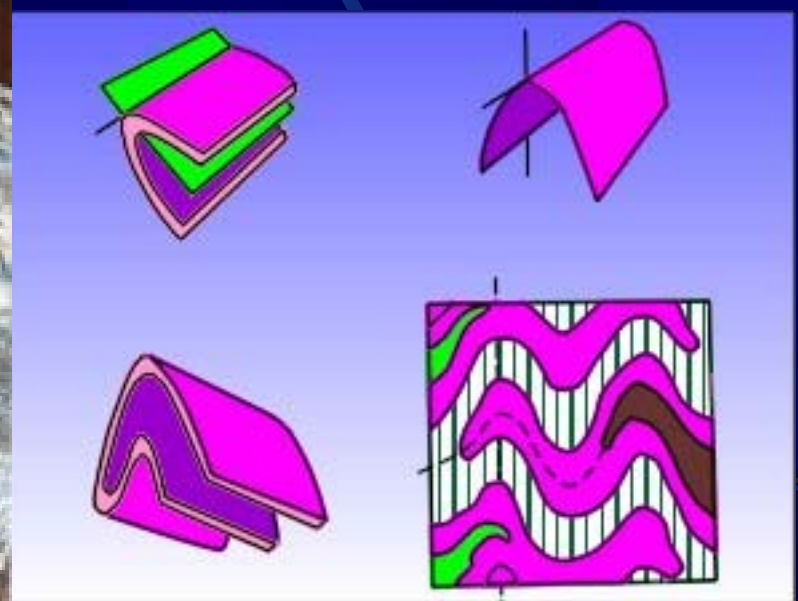




第四节　叠加褶皱

- 叠加褶皱的基本型式：
  - 第三型：共轴叠加 共轴叠加.avi
  - 第二期滑褶皱“共轴”叠加于第一期斜卧褶皱之上，第一期褶皱轴未发生波状弯曲，只是第一期褶皱的两翼被再次褶皱成波状弯曲。





第四节　叠加褶皱

- 叠加褶皱的识别：
  - 重褶现象：

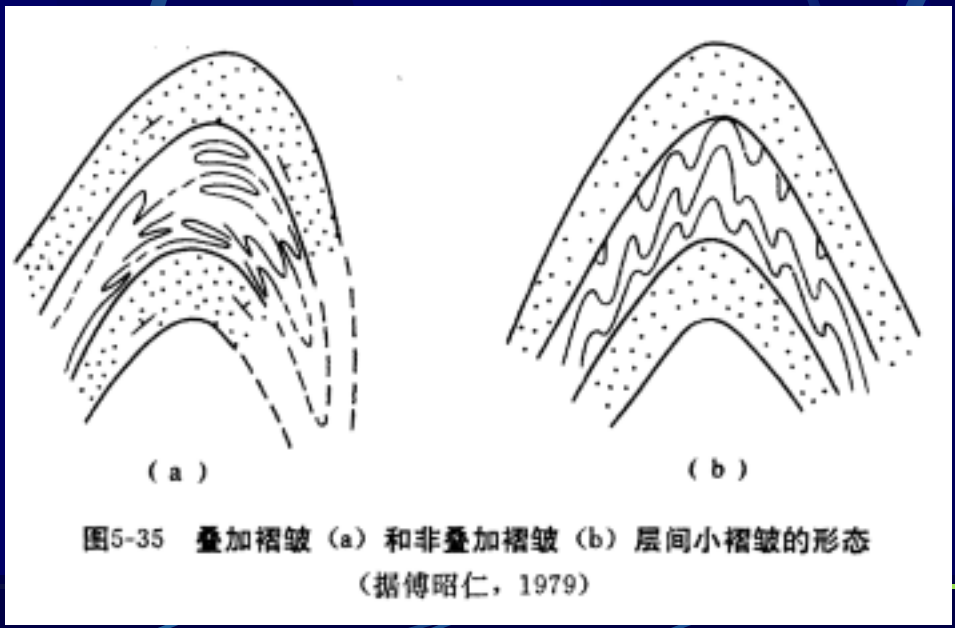


图5-35　叠加褶皱（a）和非叠加褶皱（b）层间小褶皱的形态
（据傅昭仁，1979）



第四节　叠加褶皱

- 叠加褶皱的识别：
  - 倾竖褶皱群的发育：

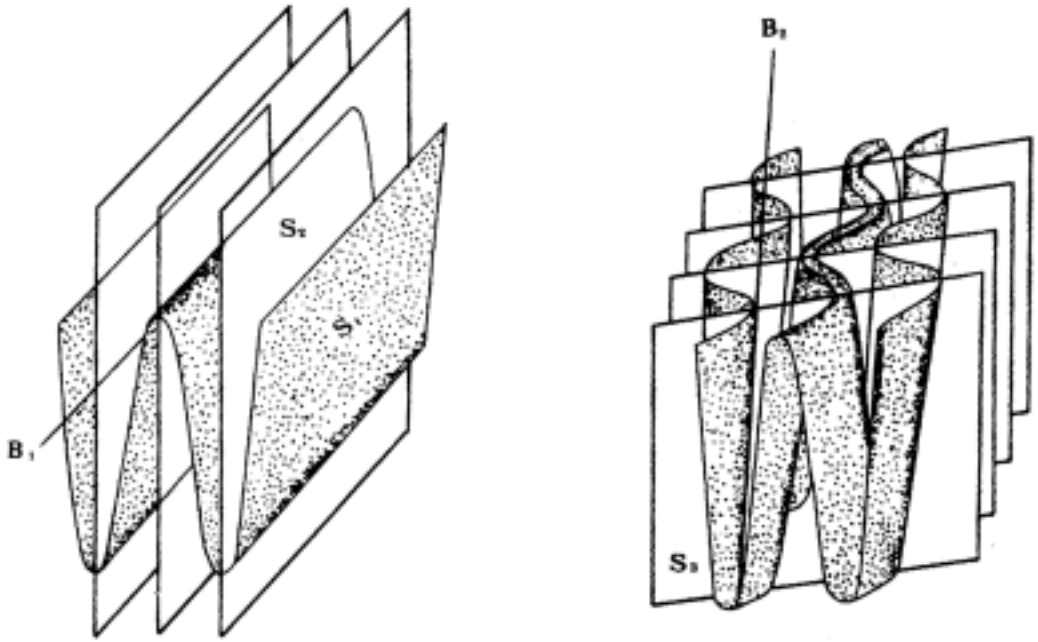


图5-34　晚期陡倾伏或倾竖褶皱叠加在早期直立水平褶皱之上示意图
（据 F. J. Turner 和 L. E. Weiss，1963）

第四节　叠加褶皱

- 叠加褶皱的识别：
  - 早期构造（线状、面状和褶皱）产状有规律地变化

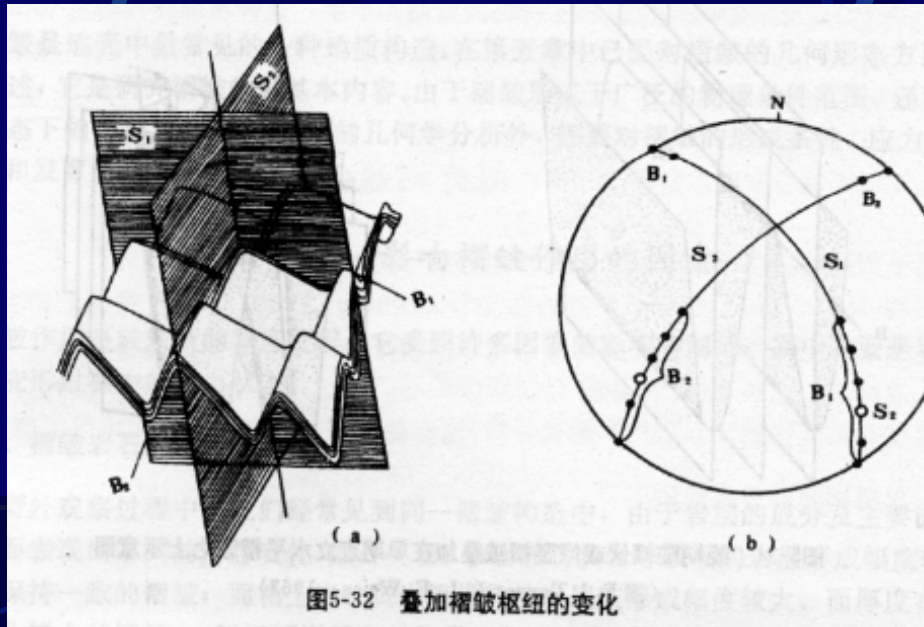


图5-32　叠加褶皱枢纽的变化

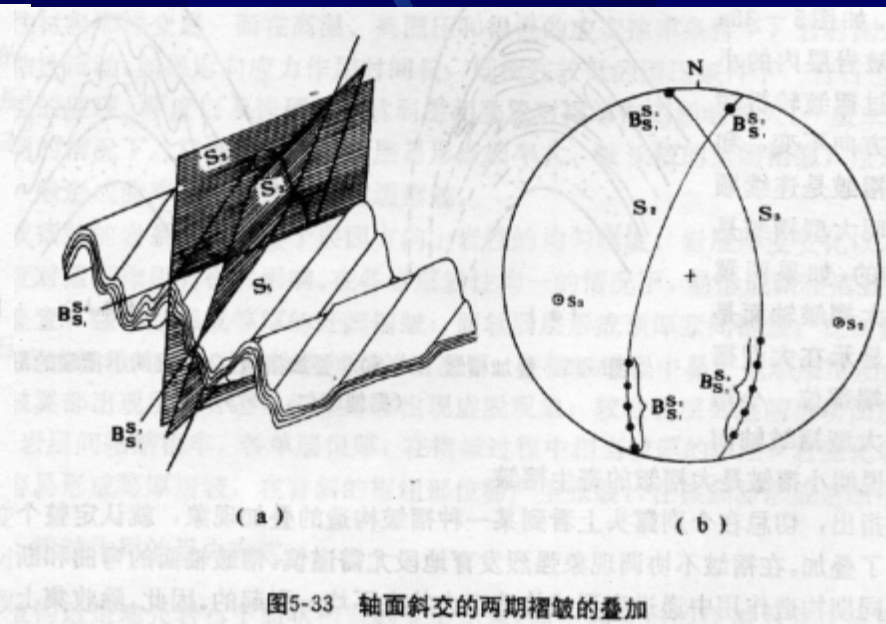


图5-33　轴面斜交的两期褶皱的叠加

吉林大学地球科学学院—刘志宏

第五节　褶皱作用

- 影响褶皱作用的主要因素
- 纵弯褶皱作用
- 剪切褶皱作用
- 横弯褶皱作用
- 柔流褶皱作用
- 压扁作用
- 褶皱构造的观察与研究

一、影响褶皱作用的主要因素

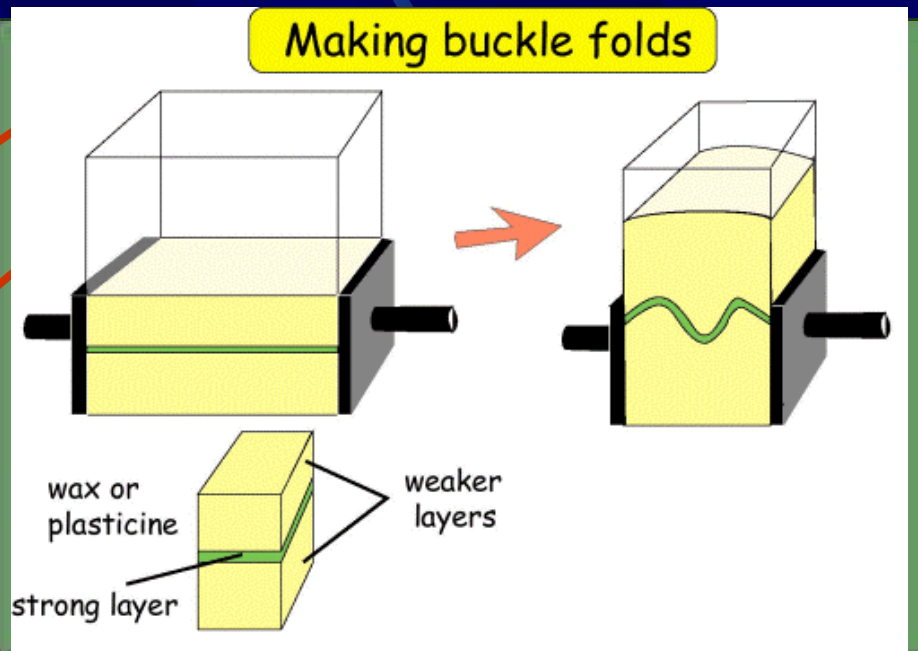
- 物理与化学因素
  - 成分：能干层与非能干层
  - 岩石结构（层理、叶理）与其均匀性
    - 层理发育程度与褶皱波长
    - 岩性变化与褶皱的协调性
  - 温度、压力和应变速率：

  影响　岩石的力学性质
- 力的作用方式

二、纵弯褶皱作用

——单层纵弯褶皱作用

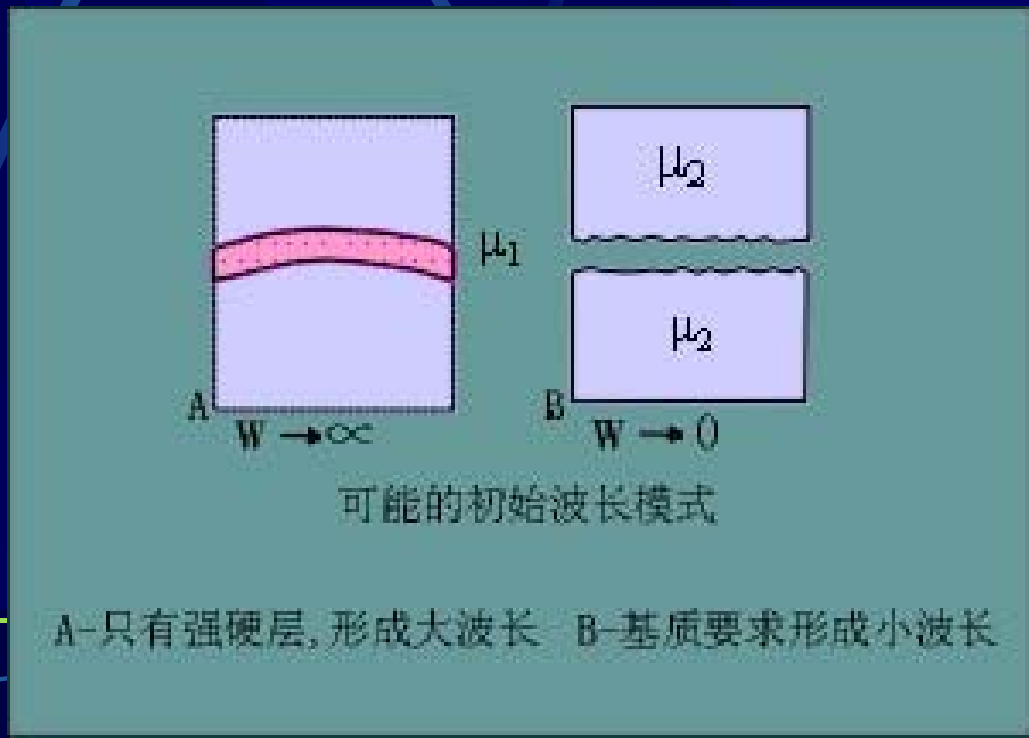
- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 岩层受力后，将发生弯曲；
  - 有两个力来阻止它发生弯曲：刚性层自身的内聚力；围限介质的阻力。



二、纵弯褶皱作用

——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 两个阻力限定褶皱波长向不同方向发展



二、纵弯褶皱作用

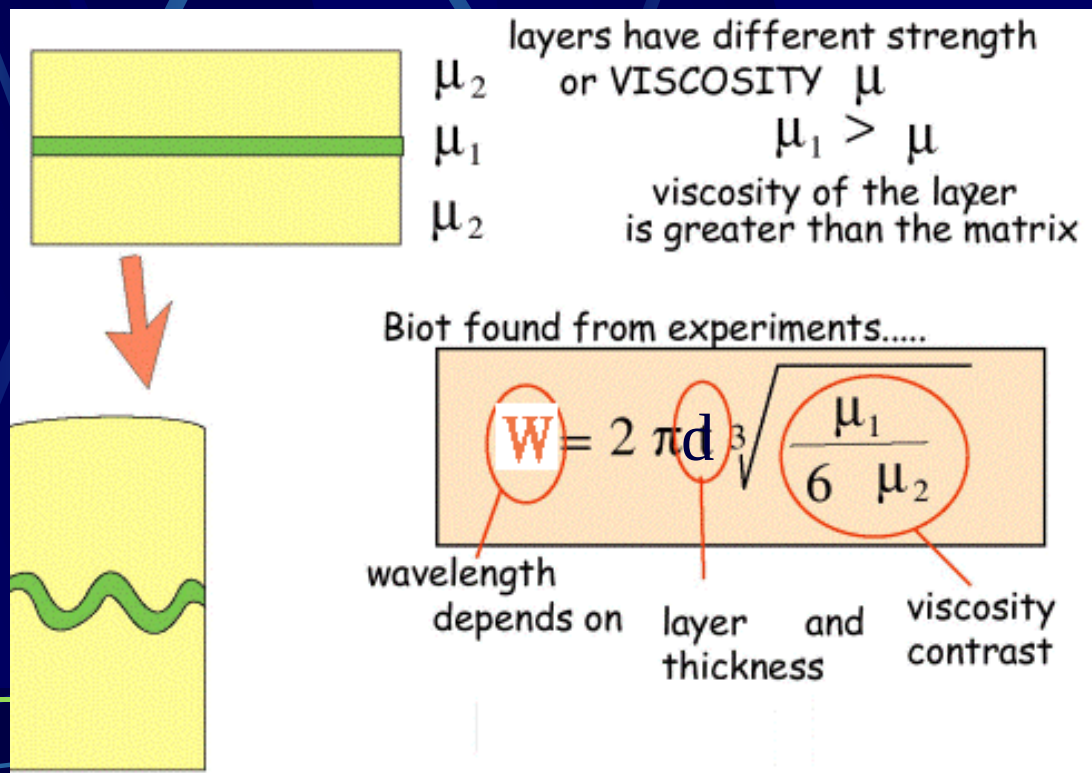
——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 主波长：岩层在受到顺层挤压作用之初，会出现一些正弦曲线状的微小起伏，随着力的不断作用与变形的发展，这些不同波长的起伏都有可能生长发育，但在一定范围内，只有某一初始波长的弯曲发育最好，波幅增长最快，它控制这褶皱的生长和发育，并最终形成褶皱的波长。
    - 岩层将按照最小功原理，达到做功最小；
    - 抵消本身和周围介质的阻抗而发生弯曲。

二、纵弯褶皱作用

——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 主波长公式：

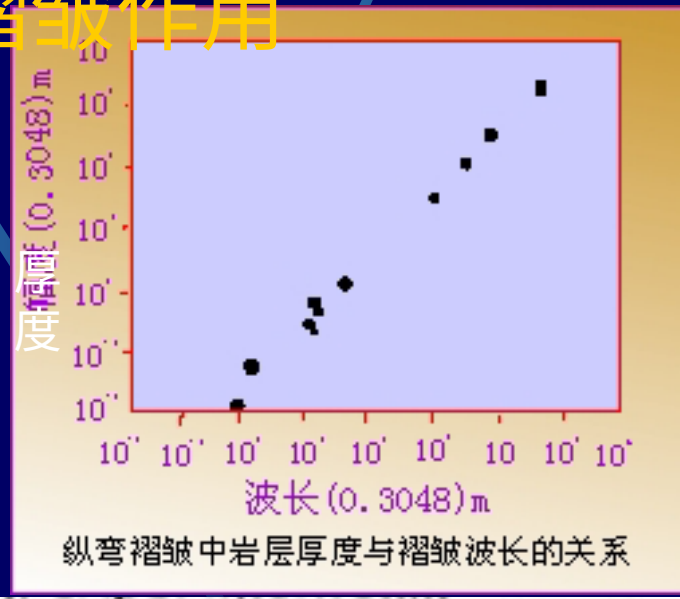


二、纵弯褶皱作用

——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 单层主波长与厚度的关系





纵弯褶皱中岩层厚度与褶皱波长的关系

$$W = 2\pi d \sqrt[3]{\frac{\mu_1}{6\ \mu_2}}$$

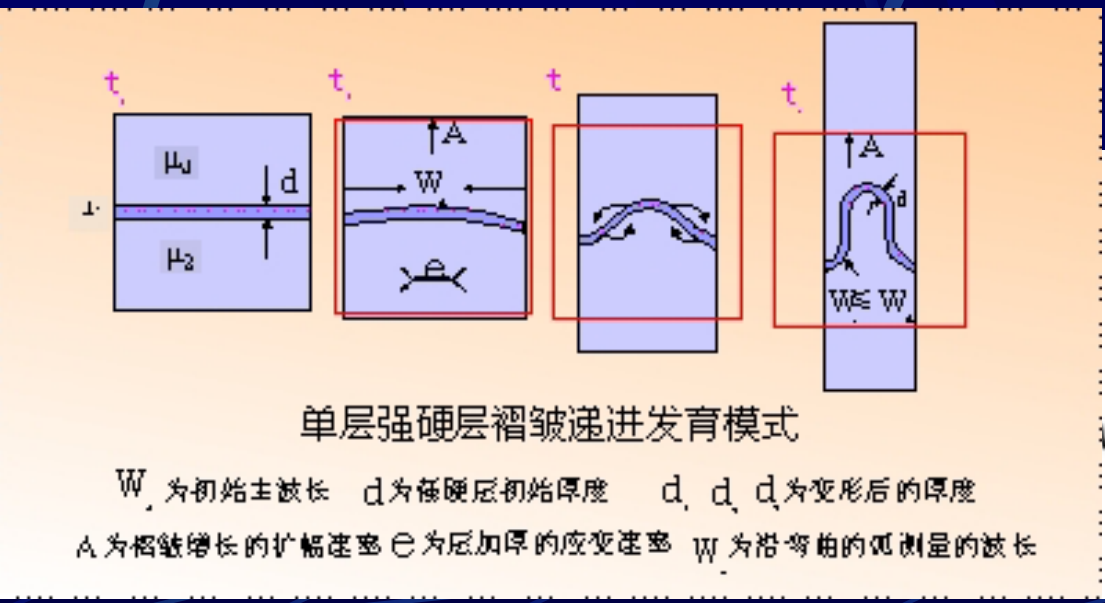
wavelength depends on layer thickness and viscosity contrast

二、纵弯褶皱作用

——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 单层主波长与粘度比的关系
    - 粘度比值>50





$$W = 2\pi d \sqrt[3]{\frac{\mu_1}{6\ \mu_2}}$$

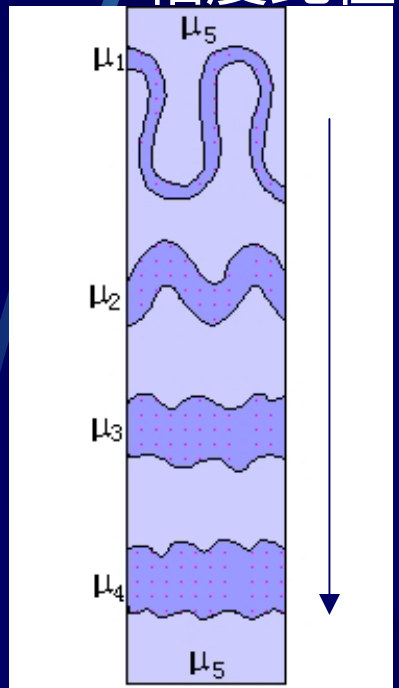
wavelength depends on layer thickness and viscosity contrast

二、纵弯褶皱作用

吉林大学地球科学学院—刘志宏

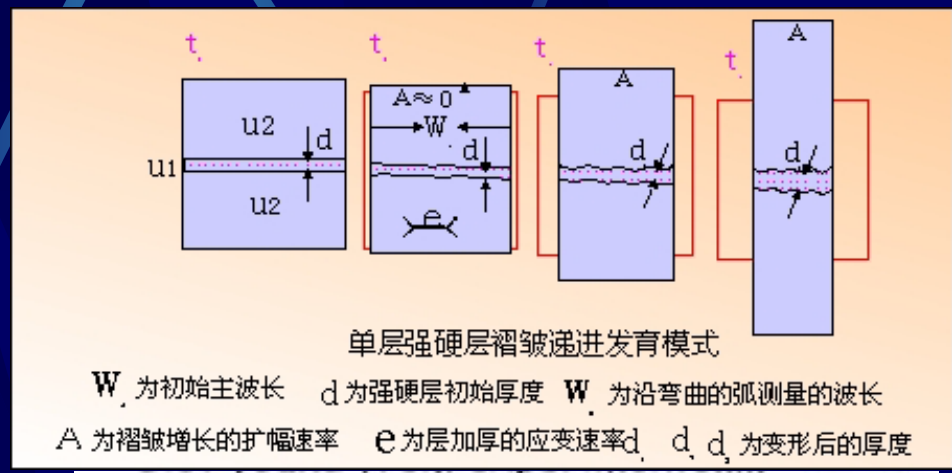
——单层纵弯褶皱作用

- 单层纵弯褶皱作用—主波长理论
  - 单层主波长与粘度比的关系
    - 粘度比值<10



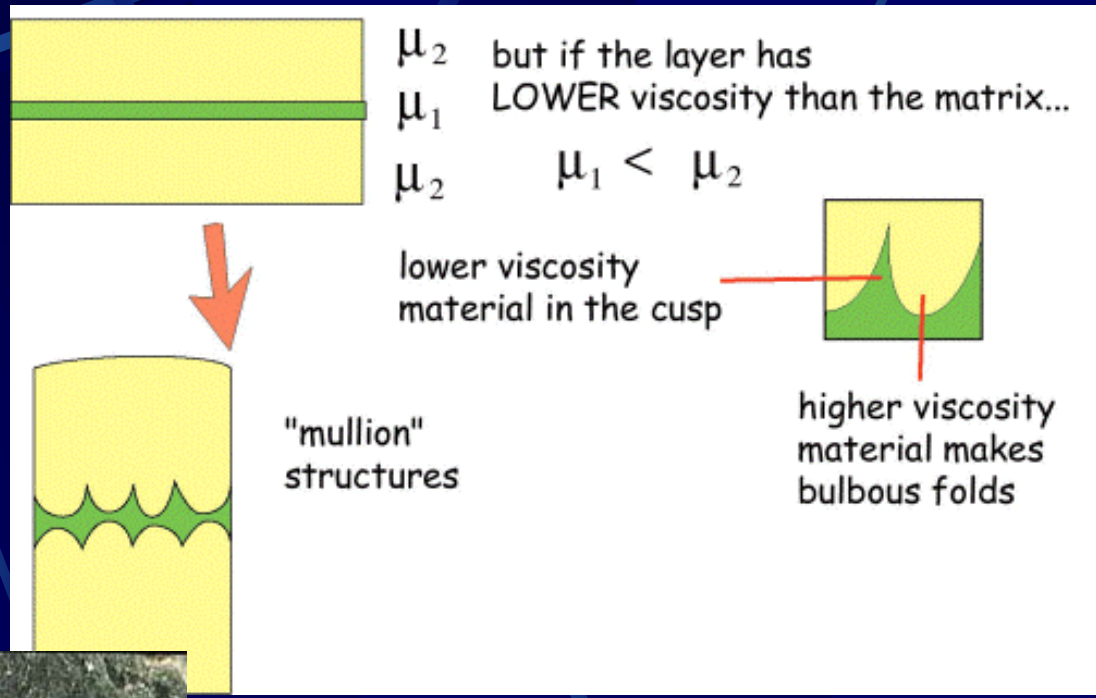
不同能干性岩层的褶皱形态

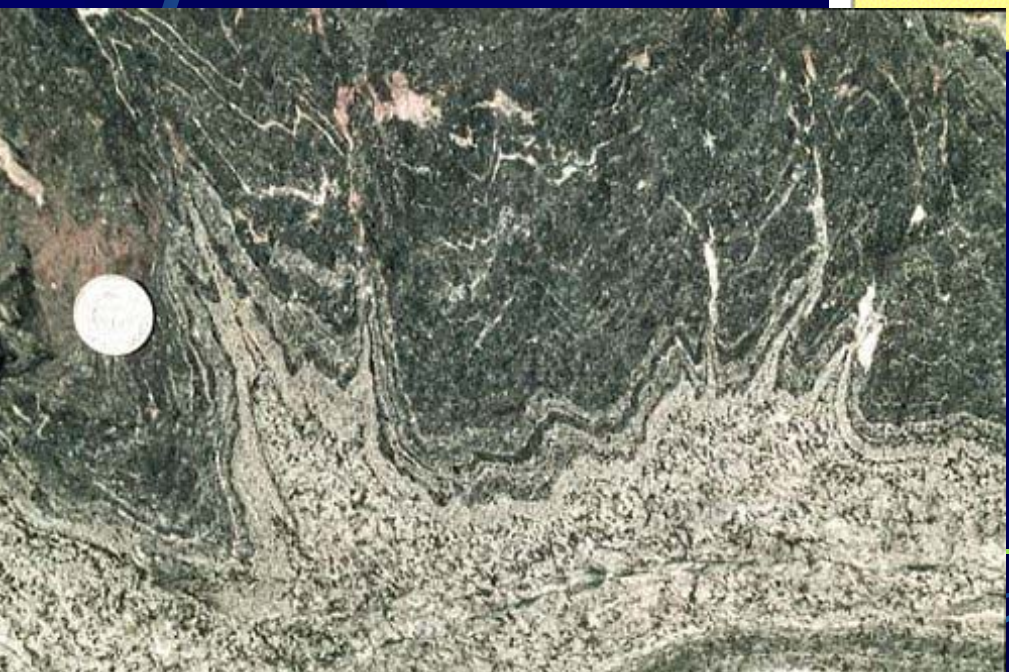
$\mu_1 > \mu_2 > \mu_3 > \mu_4 > \mu_5$



$$W = 2\pi d \sqrt[3]{\frac{\mu_1}{6\ \mu_2}}$$

wavelength depends on layer thickness and viscosity contrast


μ_2
μ_1
μ_2
but if the layer has
LOWER viscosity than the matrix...
$\mu_1 < \mu_2$
lower viscosity
material in the cusp
higher viscosity
material makes
bulbous folds
"mullion"
structures

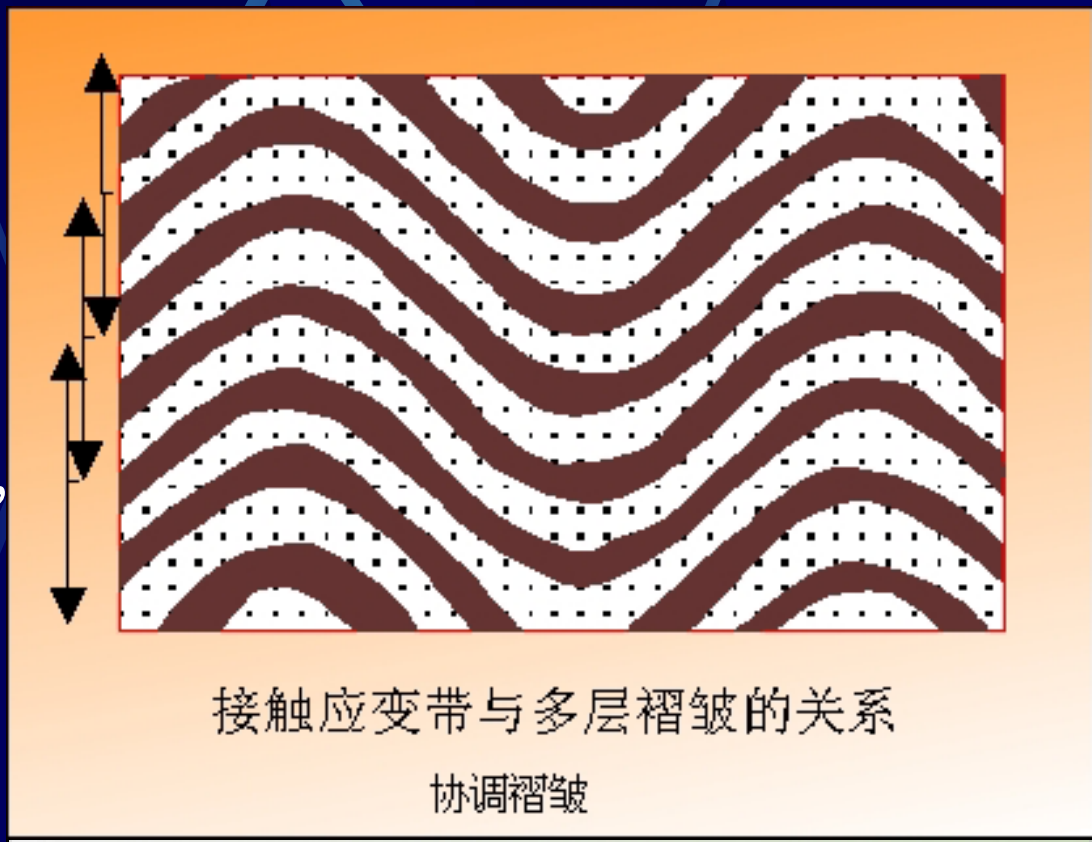


二、纵弯褶皱作用

——多层纵弯褶皱作用

- 接触应变带

夹于软弱岩层的强硬岩层发生褶皱时，其周围软弱岩层发生不同的效应，接近强硬岩层的软弱岩层，受到强硬岩层的影响而一起弯曲，远离强硬岩层时弯曲逐渐变弱而消失，这个范围称为接触应变带。

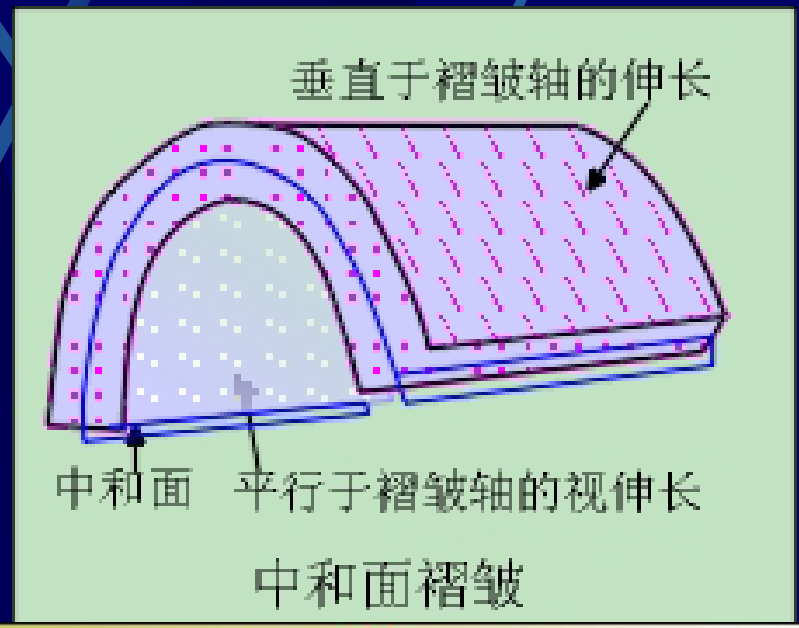


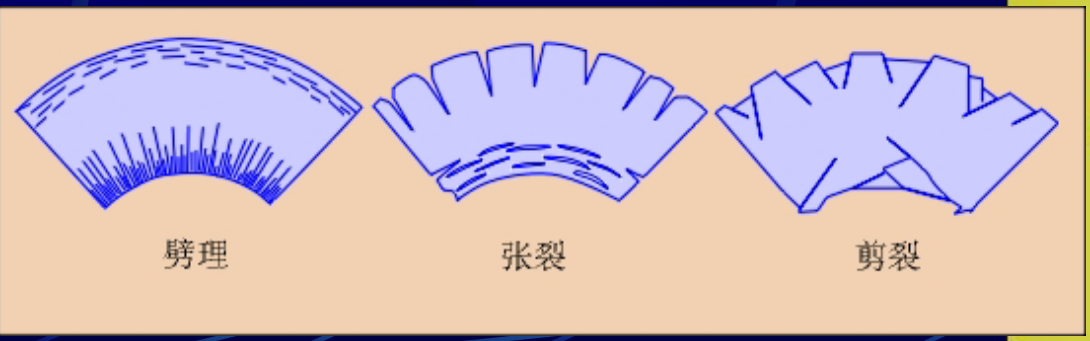
接触应变带与多层褶皱的关系

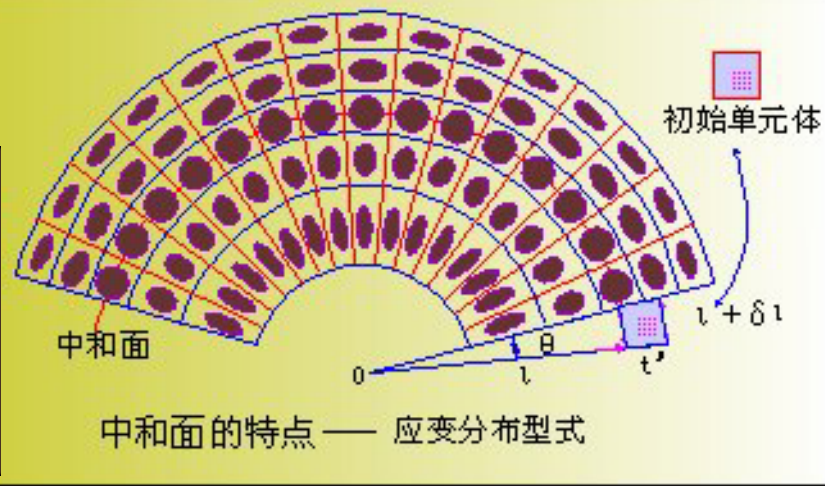
协调褶皱

纵弯褶皱作用应变分析

- 单层岩石的纵弯褶皱作用
  - 平面应变
  - 平行褶皱
  - 线理产状
  - 中和面
  - 伴生构造



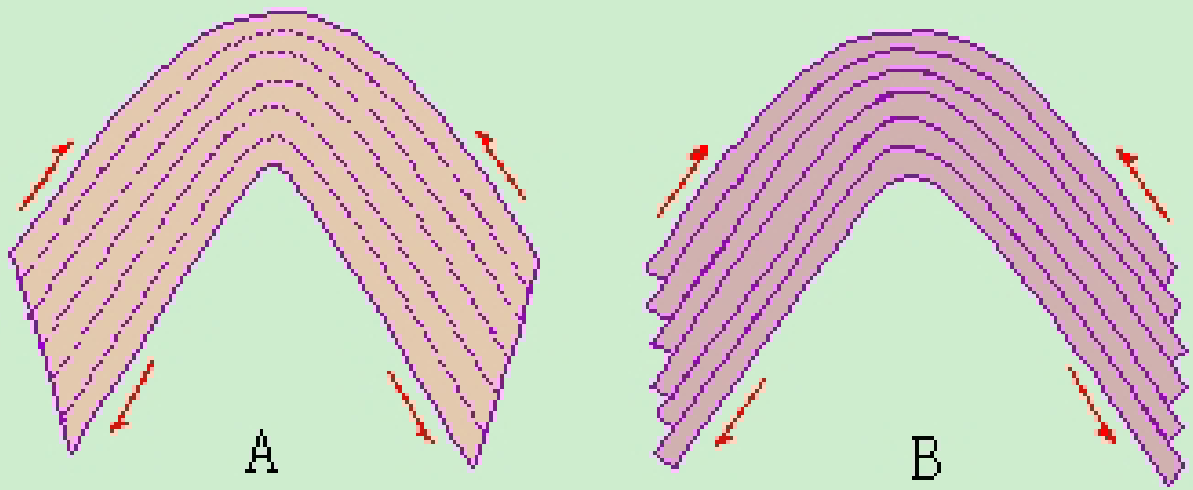




纵弯褶皱作用应变分析

- 多层岩石的纵弯褶皱作用
  - 弯滑褶皱作用 纵弯褶皱作用—弯滑作用.avi
  - 弯流褶皱作用 纵弯褶皱作用—弯流作用.avi

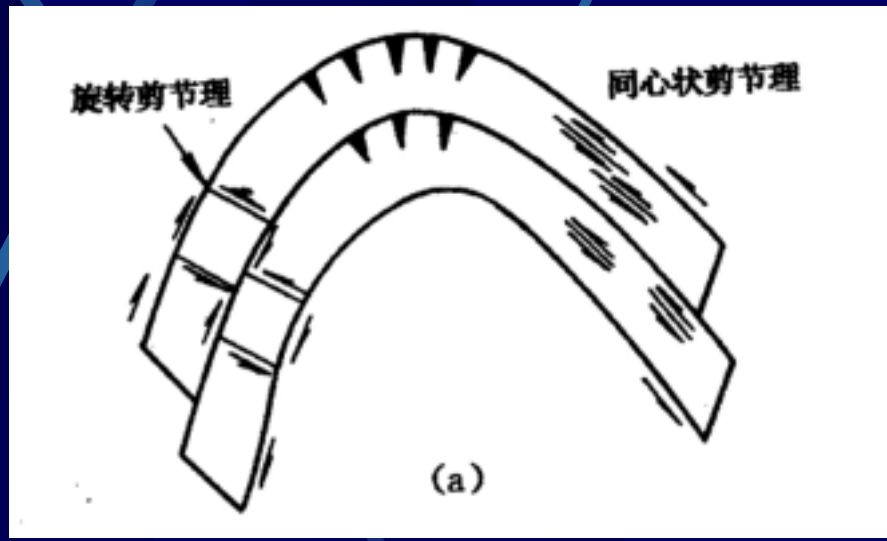
平面应变

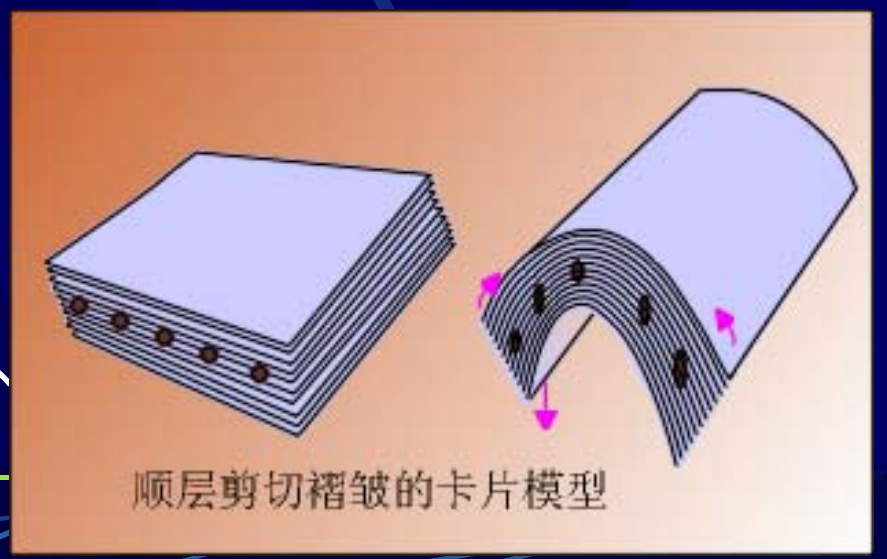


弯流褶皱(A)与弯滑褶皱(B)

纵弯褶皱作用应变分析

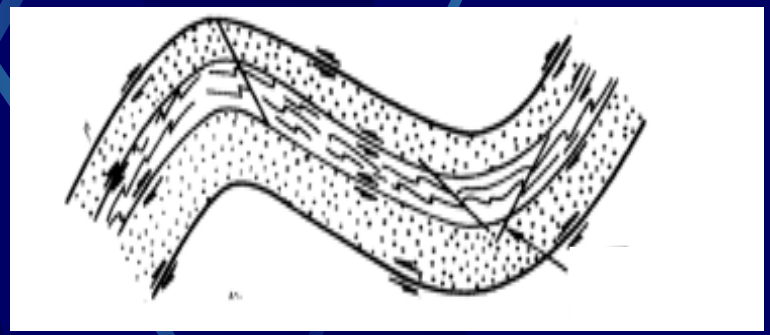
- 弯滑褶皱作用
  - 各单层虽有中和面，但整个褶皱没有统一的中和面；
  - 各岩层的厚度在垂直层面方向上保持不变，呈平行关系
  - 由于层间滑动，往往在转折端形成空隙—虚脱现象；
  - 在层面上形成垂直于褶皱枢纽的擦痕，在褶皱翼部产生旋转剪节理和同心状剪节理、层间劈理和破碎带。

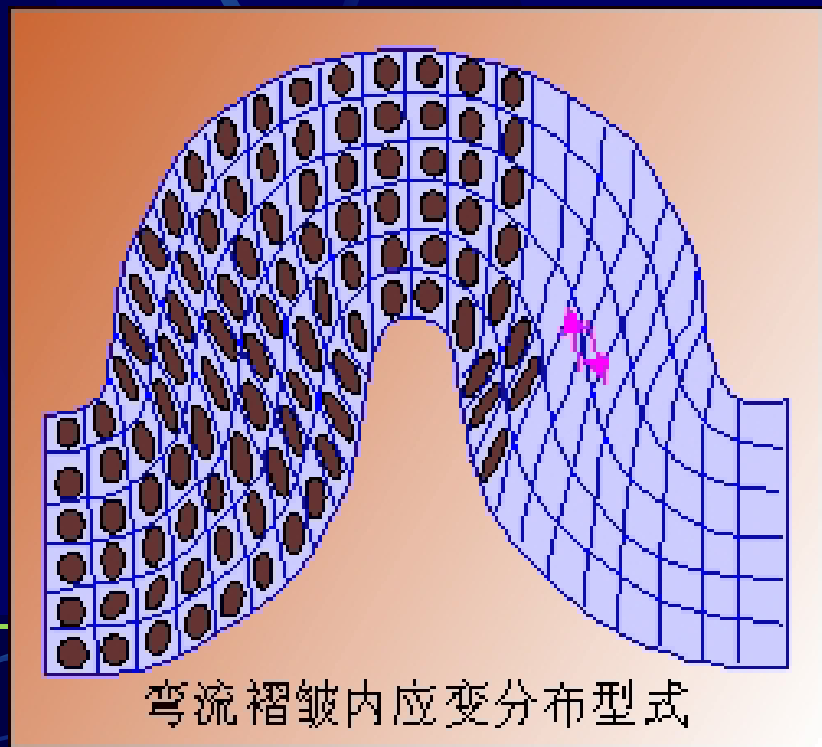




纵弯褶皱作用应变分析

- 弯流褶皱作用
  - 无中和面；
  - 剪切方向或物质流动方向是外弧部分相对于内弧部分向褶皱的转折端流动；
  - 岩层的厚度在褶皱各部位不变；
  - 在脆性岩层之间的塑性层内，形成层间小褶皱和反扇形劈理；
  - 在褶皱正交剖面上，最大应变轴方向从两翼向转折端收敛呈反扇形排列。应变强度与翼间角大小有关，拐点处应变最强。

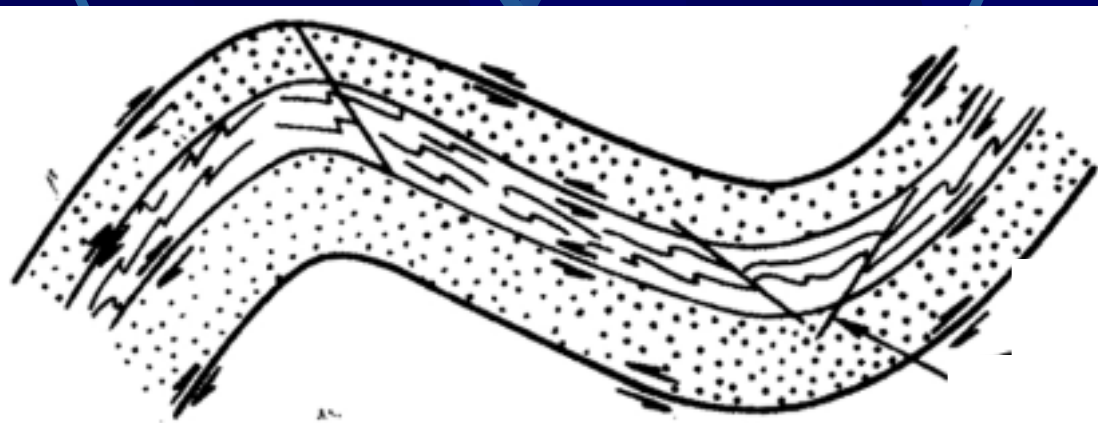


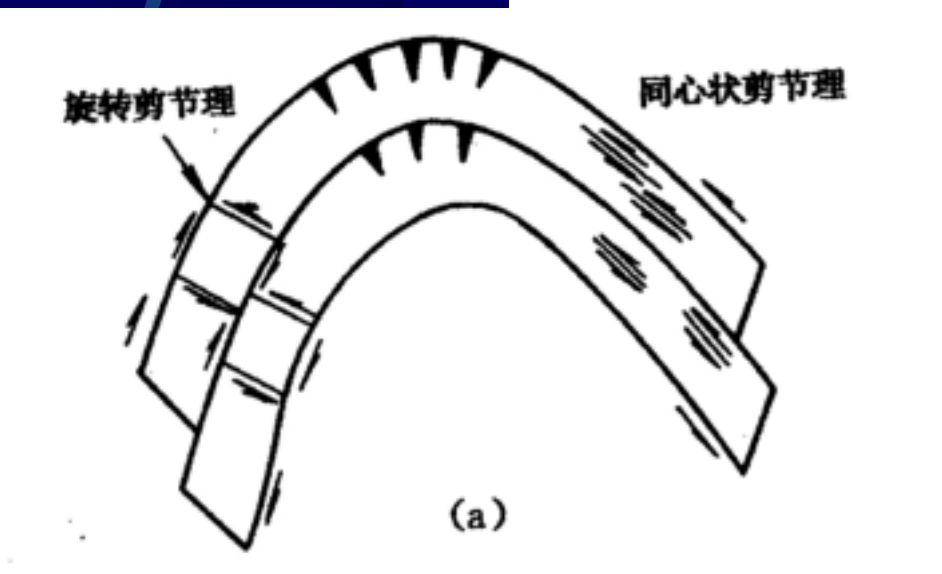


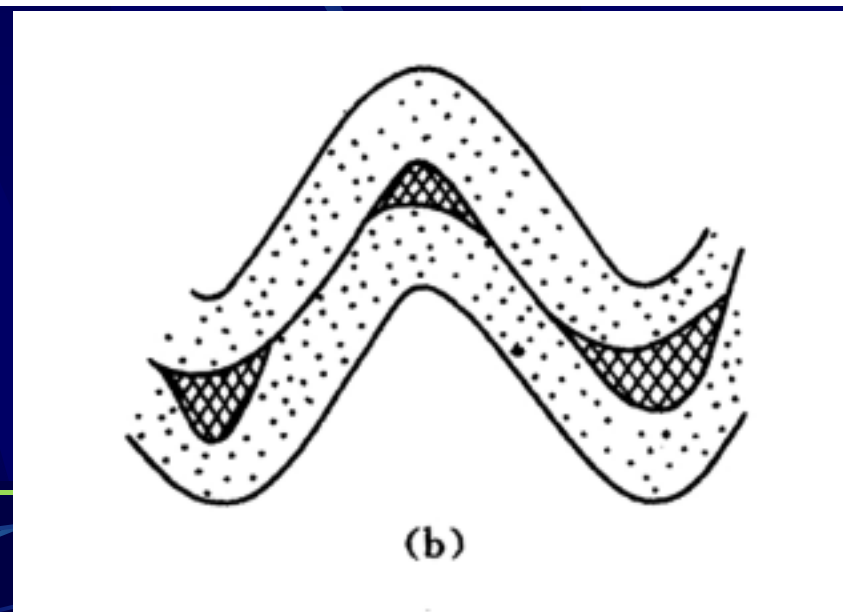
弯流褶皱内应变分布型式

纵弯褶皱作用应变分析

- 多层岩石的纵弯褶皱作用
  - 伴生构造







本讲要点

- 影响褶皱作用的主要因素
- 叠加褶皱
- 褶皱成因
  - 纵弯褶皱作用
    - 单层纵弯褶皱作用
    - 多层岩石的纵弯褶皱作用

本讲思考、讨论题

- 简述叠加褶皱的类型及其特征。
- 接触应变带的概念。
- 褶皱岩层的厚度与岩层粘度——褶皱波长关系。
- 纵弯褶皱作用的基本特点，弯滑与弯流。
- 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。

Fine Art Landscape Photography http://anthonyroach.artshost.com/