

# 第三章 地质构造

- ◆了解地层年代的确定方法及地质年代划分;
  - ◆掌握地层单位的符号与顺序,地层的接触关系,地层产状与测量方法、地层界线与地形等高线的组合关系;
  - ◆褶皱构造的类型与识别方法,节理的类型、调查统计方法,断层的类型及识别标志;
  - ◆地质图的阅读方法,掌握根据地质图总结地质发展史,以及地质剖面图及综合地层柱状图的编制方法。
- 
- ◆重点:地层的接触关系,断层类型及识别标志
  - ◆难点:地层产状与测量方法、地层界线与地形等高线的组合关系。

# 第三章 地质构造

- 地壳运动:** 主要由地球内力地质作用引起地壳变化、使岩层或岩体发生变形和变位的运动
- 地质构造:** 地壳运动的结果, 形成了各种不同的构造形迹, 如褶皱、断裂等

## ◆ 地史概要

**地史学：**研究地壳的发展和变化历史的科学，它阐明地壳发展变化的历史过程和生物演化的情况，确定岩层形成的先后次序和生成环境，以及构造变动等。

## ◆ 了解地史的意义

为了判别褶皱、断裂构造、地层接触关系，以及阅读分析地质资料和图件等。

# 地层年代的确定

- ★ 地层年代：绝对年代和相对年代。
- ★ 绝对年代：地层形成到现在的实际年数
- ★ 相对年代：地层的相对新老关系。
- ★ 绝对年代确定方法：据岩石中所含放射性元素的衰变规律确定
- ★ 相对年代确定方法：地层层位法、古生物法、岩性对比法

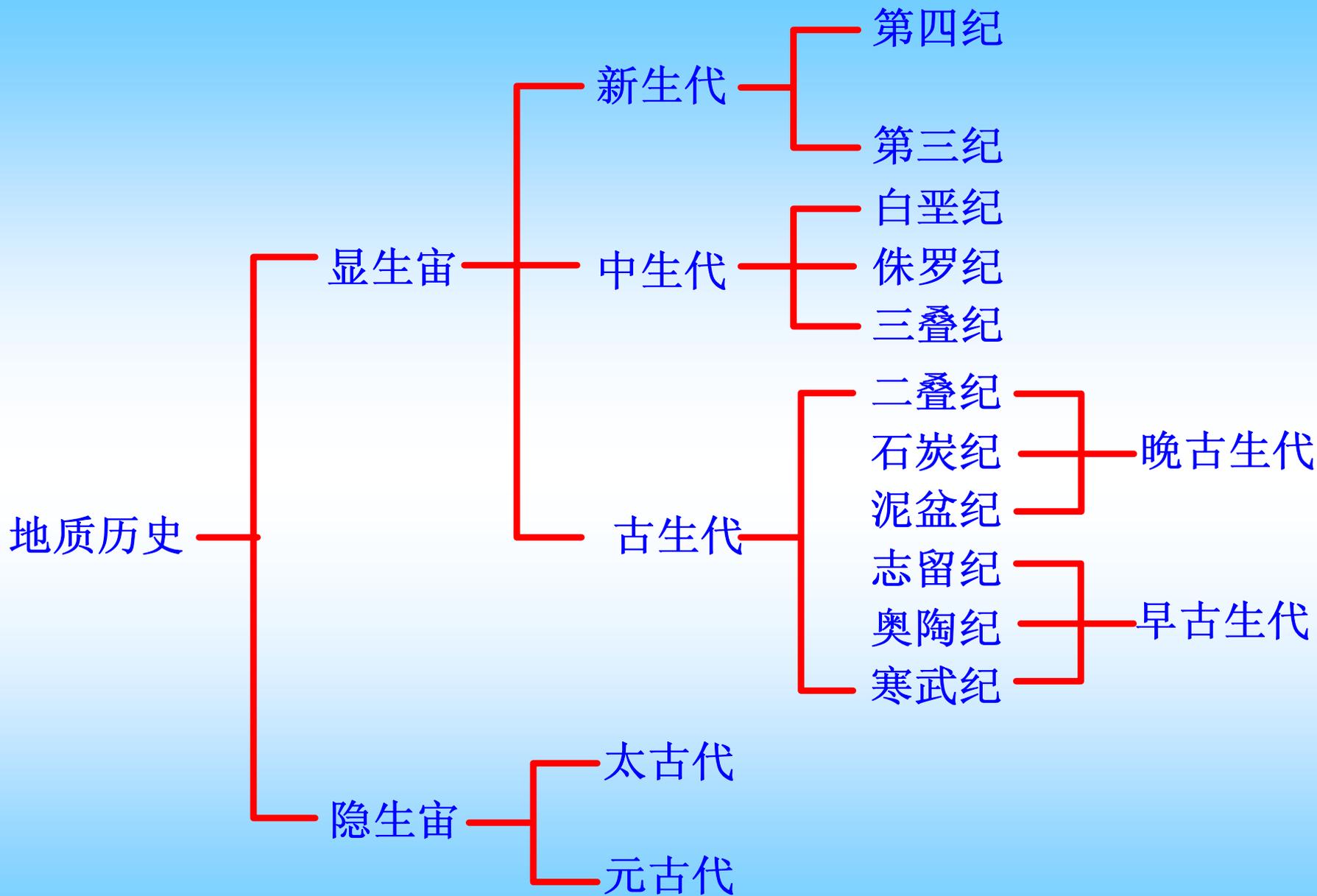
# 相对年代的确定方法

- **地层层位法**：根据地层层位确定岩层的新老关系。
- **古生物法**：根据不同的标准化石，确定地层的年代。
- **岩性对比法**：确定了某地区的地层年代后，在另外的地区可通过岩性对比来确定那个地区地层的地质年代。

## 3.1.2 地质年代表

**地质年代表：**根据地层形成顺序、岩性变化特征、生物演化阶段、构造运动性质及古地理环境等综合因素，把地质历史划分阶段。

**年代划分：**地质历史划分为隐生宙和显生宙两个大阶段；宙以下分为代，隐生宙分为太古代和元古代，显生宙分为古生代、中生代和新生代；代以下分纪，纪以下分世，依此类推。相应每个时代单位宙、代、纪、世，形成的地层单位为宇、界、系、统，如古生代形成的地层叫古生界。宙(宇)、代(界)、纪(系)、世(统)，是国际统一规定的名称和划分单位。



# 地层接触关系：整合接触

## ■ 整合接触

沉积作用基本连续，沉积物连续堆积，没有间断。新老地层之间为平行或近于平行的关系

## ■ 整合接触的地质意义

反映该地区在此沉积时期内地壳升降与沉积处于相对稳定状态，没有发生显著的构造运动

# 地层接触关系：不整合接触

- 不整合接触

- 上下两套地层之间有明显的沉积间断，造成地层的缺失

- 不整合的类型

- 平行不整合
  - 角度不整合

# 平行不整合-假整合

- 不整合面上下两套地层的产状彼此平行，接触界线与整合接触界线相似
- 平行不整合与整合的区别
- 平行不整合上下两套地层之间缺失地层
- 平行不整合反映地壳上升，沉积地层露出水面，接受剥蚀，是升降运动的表现

# 角度不整合

- 角度不整合
- 上下两套地层产状不同，构造（褶皱、断裂等）形式、强度和变形方向，变质程度，岩浆活动不同  
反映两套地层经历了不同的地质发展历史。
- 角度不整合的特点
- 上覆地层变形相对简单  
下伏地层变形相对复杂，其中可以包括上覆地层的变形构造，表现为叠加变形。



# 不整合的形成

- 平行不整合的形成过程
- 下降、沉积→上升、沉积间断、遭受剥蚀→下降、再沉积。
- 角度不整合的形成过程
- 下降、沉积→褶皱等变形、变质、岩浆侵入、隆起、沉积间断、遭受剥蚀→下降、再沉积。

# 不整合的地质意义

- 反映上、下地层空间的相互关系和时间上的发展顺序
- 岩石地层单元划分的重要参考
- 古地理，古构造演变的研究
- 不整合面与矿产关系密切——铁、锰、磷、铝土矿，岩浆热液型矿床，石油、天然气

# 确定不整合的依据

## ■ 地层古生物

生物演化是连续的。如有中断，反映地层缺失

## ■ 沉积-侵蚀

古侵蚀面、古土壤及有关的残积矿床、底砾岩等——反映隆起、侵蚀、风化

## ■ 构造变形

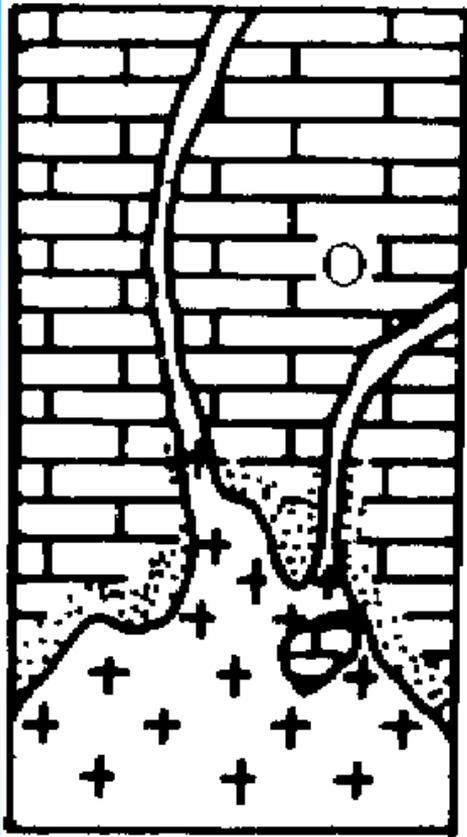
产状，构造线，褶皱型式和强度，断层类型、产状和强度，构造截切关系

## ■ 岩浆活动和变质作用

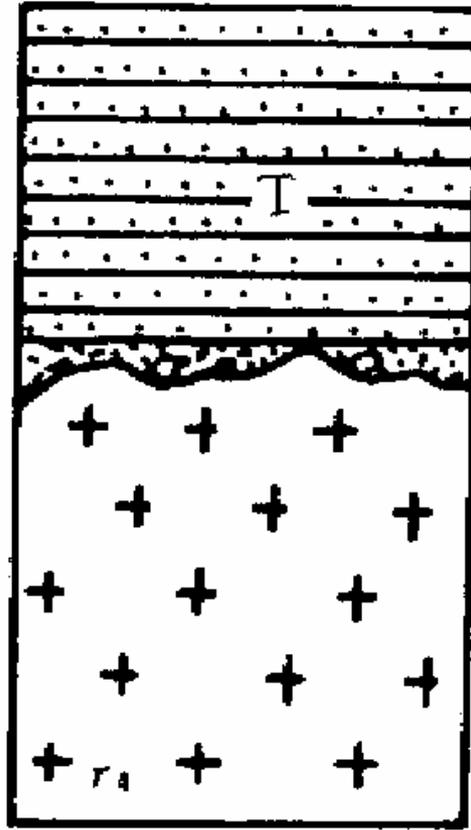
不整合分隔的岩层之间，其岩浆作用、变质作用以及成矿作用往往存在重要的差别

# 岩浆岩与沉积岩层间的接触关系

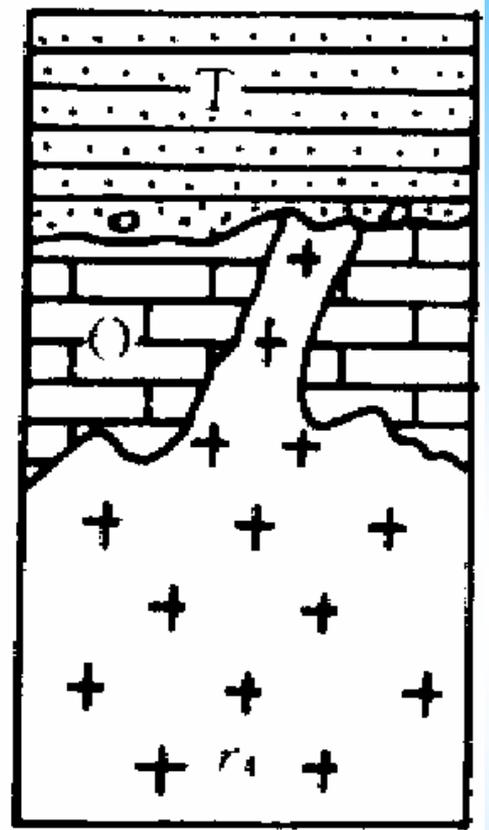
- 侵入接触
  - 沉积岩层形成在先，后来火成岩侵入其中
- 沉积接触
  - 侵入岩先形成，之后地壳上升受风化剥蚀，然后地壳又下降接受新的沉积



(a)



(b)



(c)

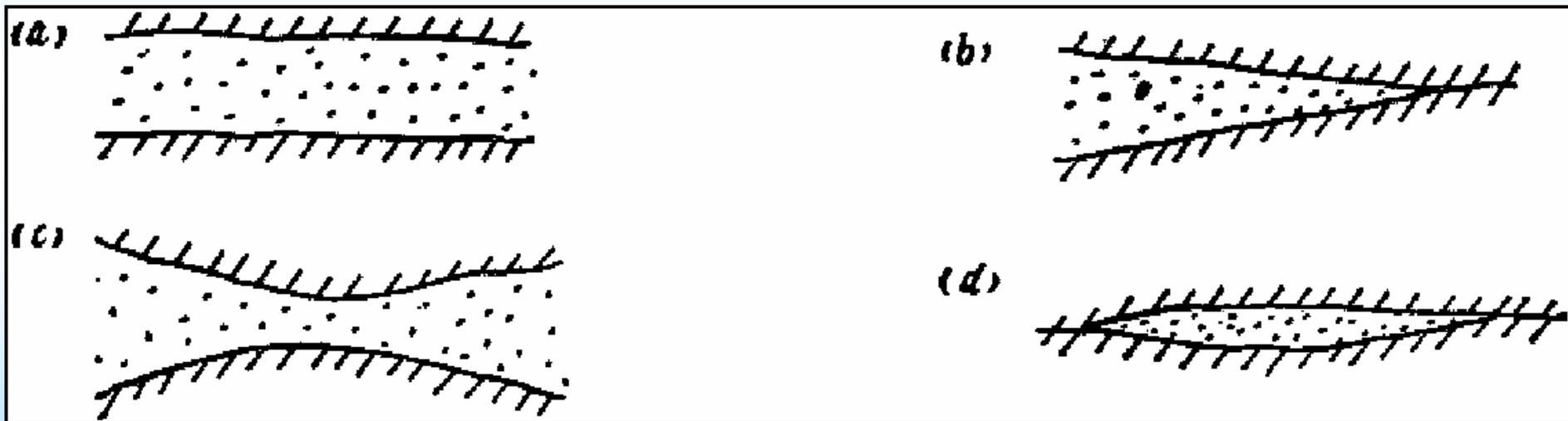
图3-2 岩浆岩与沉积岩层间的接触关系

# 地质构造的基本类型

构造运动使岩石发生变形的基本类型是褶皱和断裂

- 褶皱构造：当岩层继续受到构造应力作用时，产生的一系列弯曲变形的形迹
- 断裂构造：随着作用力的进一步增加，当应力超过岩石的强度极限时，岩层便产生破裂错动

**岩层：**被两个平行或近于平行的界面所限制的，同一岩性组成的层状岩石。



(a) 厚度稳定岩层 (b) 尖灭岩层 (c) 厚度变化岩层 (d) 透镜状岩层

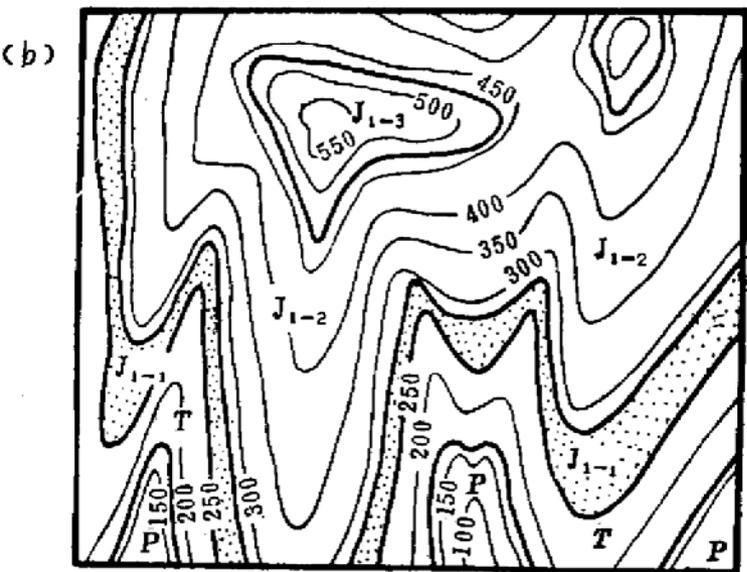
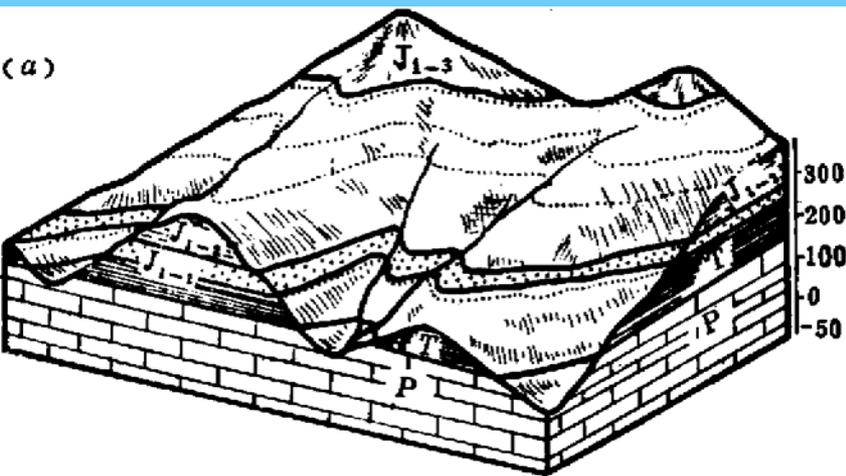
图3-3 岩层的厚度及其形态

**水平岩层：**岩层形成后，受构造运动影响轻微，仍保持原始水平产状的岩层。

## 3.2.2 倾斜岩层

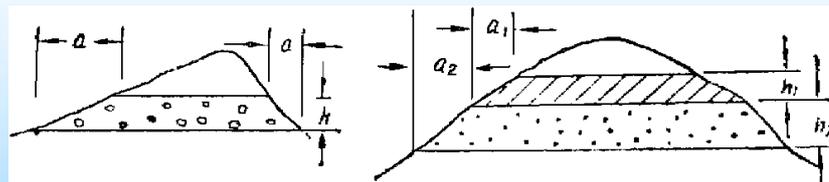
**倾斜岩层：**岩层层序正常，上层为新岩层，下层为老岩层，层面与水平有一交角的岩层。

**产状：**岩层面在三维空间的延伸方位及其倾斜程度。



水平岩层具有以下特征:

- (1) 新岩层盖在老岩层之上。
- (2) 水平岩层的地层界线(即岩层面与地面的交线)与地形等高线平行或重合。
- (3) 水平岩层顶面与底面的高程差就是岩层的厚度。
- (4) 水平岩层的露头宽度(即岩层顶层和底面地层界线间的水平距离)与地面坡度、岩层厚度有关。

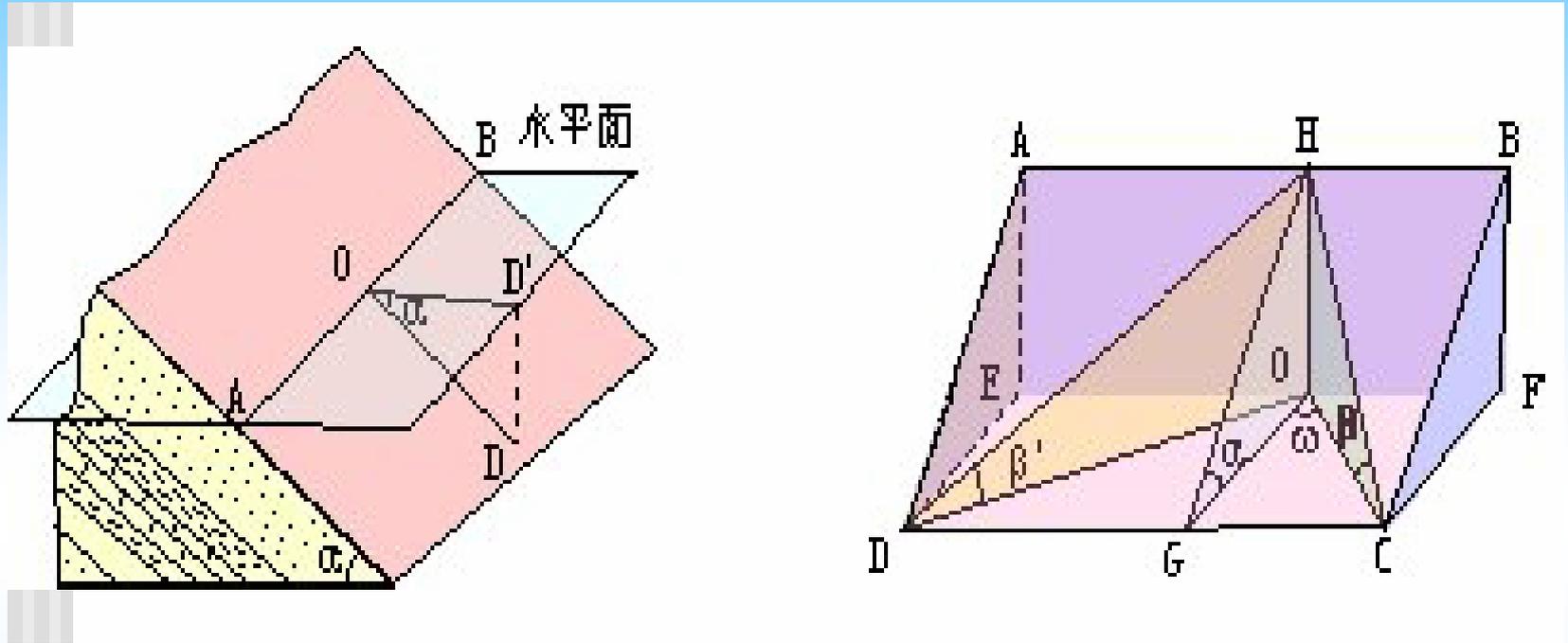


$a$ —露头宽度     $h$ —岩层厚度

图3-5 水平岩层的露头宽度

(a) 立体图    (b) 平面图  
图3-4 水平岩层的出露特征

# 岩层的产状要素



**走向：**岩层面与水平面的交线叫走向线，走向线两端延伸的方向就是岩层的走向。

**倾向：**垂直走向线、沿岩层面向下倾斜的直线叫倾斜线(又称真倾斜线)，它在水平面上的投影线称为倾向线，倾向线所指的方向为倾向(又称真倾向)。

**倾角：**真倾斜线与其在水平面上的投影线(倾向线)的夹角叫倾角，又称真倾角。

# 岩层产状要素的测定与表示方法

## ●测定方法

- (1) 地质罗盘直接在岩层面上测量的。
- (2) 可根据钻孔资料、地形地质图上的表现及视倾角值，再用几何作图法或赤平投影等方法，求出岩层的产状要素。

## ●表示方法：文字和符号两种表示方法

### 文字表示：

- (1) 方位角表示法 一般只记倾向和倾角，如 $2050 \angle 250$ 。
- (2) 象限角表示法 一般记走向、倾角和倾向象限。如 $N650W \angle 250SW$ 。

### 符号表示：



岩层产状

水平岩层

岩层直立

岩层倒转

# 倾斜岩层地层界线的分布特征

## “V”字形法则

(1) 当岩层倾向与地面坡向相反时，岩层界线与地形等高线弯曲方向相同，但岩层界线弯曲程度较小，等高线弯曲程度较大。

(2) 当岩层倾向与地面坡向相同，且岩层倾角大于地面坡角时，岩层界线与地形等高线弯曲方向相反。

(3) 当岩层倾向与地面坡向相同，但岩层倾角小于地面坡角时，岩层界线与地形等高线弯曲方向相同，但弯曲程度较等高线大。

## 3.2.3 直立岩层

直立岩层地质界线在空间是一条沿走向延伸的直线，不受地形影响。直立岩层地质界线间的水平距离就是岩层的厚度

褶皱要素:

褶皱构造的各个组成部分称为褶皱要素，主要分为：核、翼、轴面、轴线(轴)、枢纽、转折端。

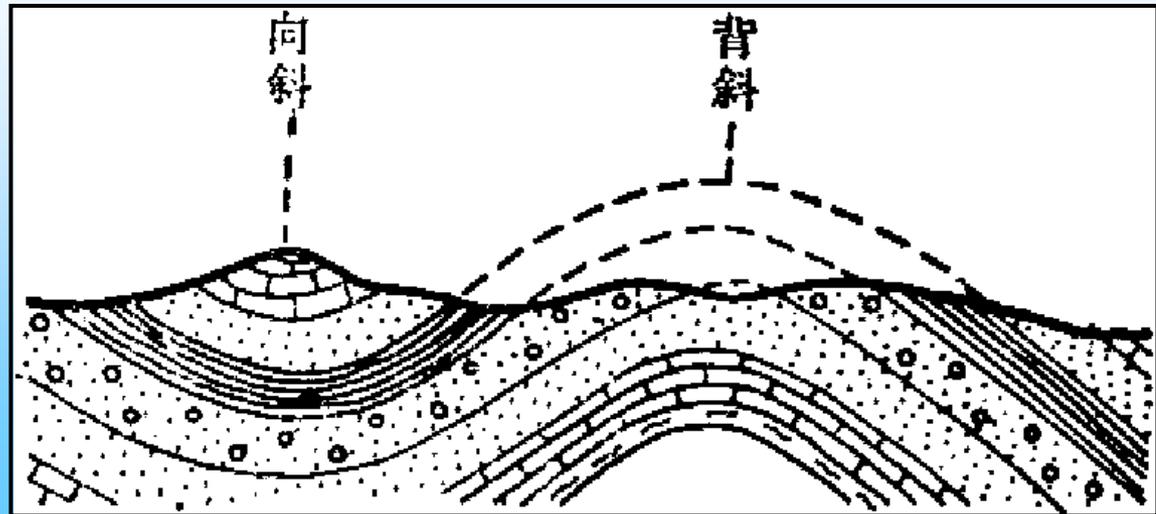
# 3.3 褶皱构造

**褶皱构造:**岩层受到构造运动作用后，在保持连续性的情况下产生的弯曲变形。



图3-12 褶皱的力学成因

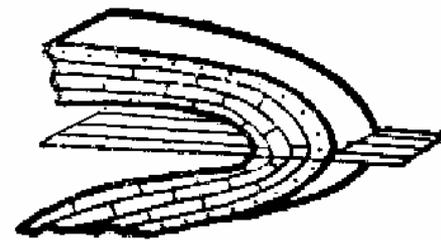
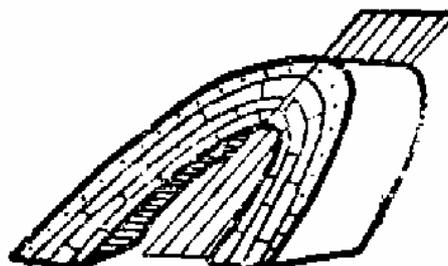
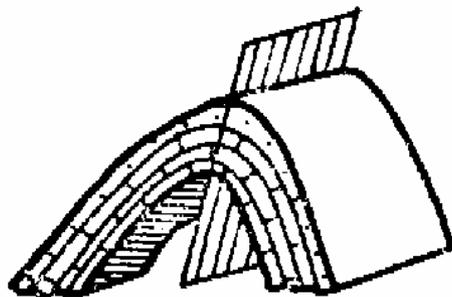
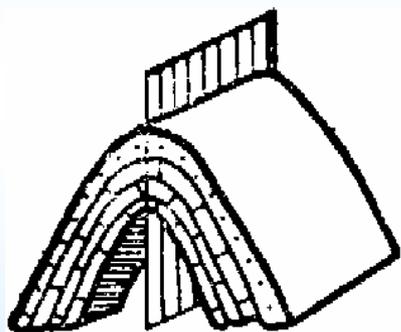
3.3.1 褶皱的基本形态  
褶皱构造有背斜和向斜两种基本形态



## 2. 褶皱的形态分类

根据褶皱轴面的产状分为以下几种：

直立褶皱、倾斜褶皱、倒转褶皱、平卧褶皱



(a) 直立褶皱

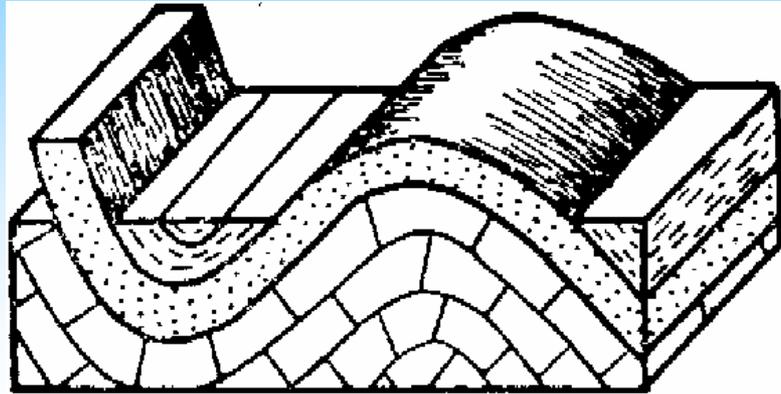
(b) 倾斜褶皱

(c) 倒转褶皱

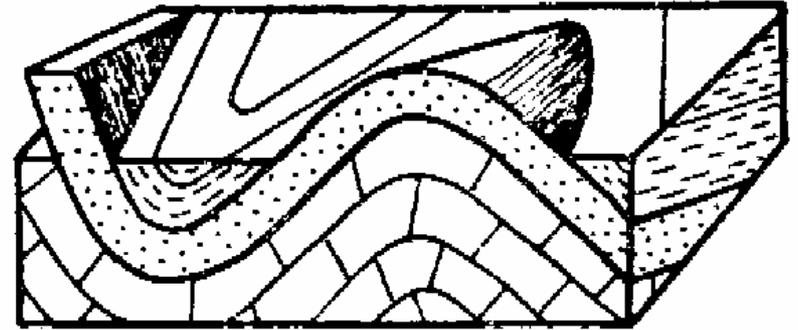
(d) 平卧褶皱

图3-15 褶皱的形态分类

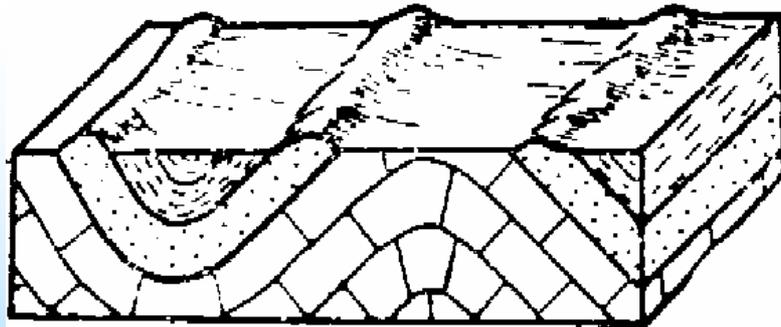
按褶皱枢纽的产状可分为： 水平褶皱、倾伏褶皱



(a)



(b)



(a')



(b')

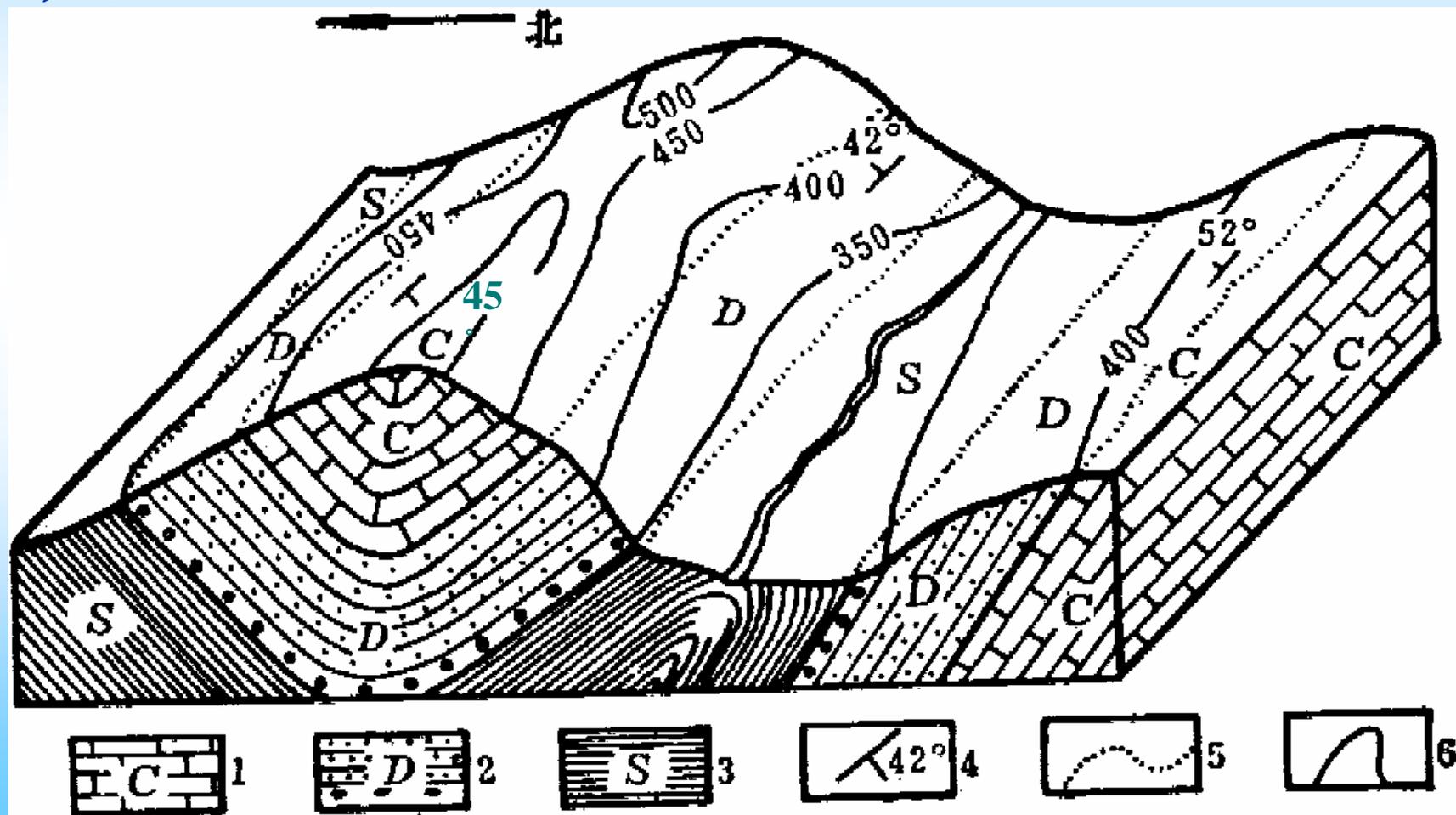
(a)、(a') 水平褶皱 (b)、(b') 倾伏褶皱

图3-16 水平褶皱和倾伏褶皱

### 3.3.3 褶皱构造的识别

(1) 应垂直岩层走向进行观察，当岩层重复出现对称分布时，便可肯定有褶皱构造；

(2) 分析岩层新老组合关系 (3) 分析岩层产状 (4) 分析枢纽产状



## 3.4 断裂构造

**断裂构造：**岩体受构造应力作用超过其强度时发生裂缝或错断，破坏了岩体的完整性而形成。断裂构造主要分为节理和断层两大类。

■ **节理：**岩体沿破裂面没有明显位移或仅有微量位移的称为节理；

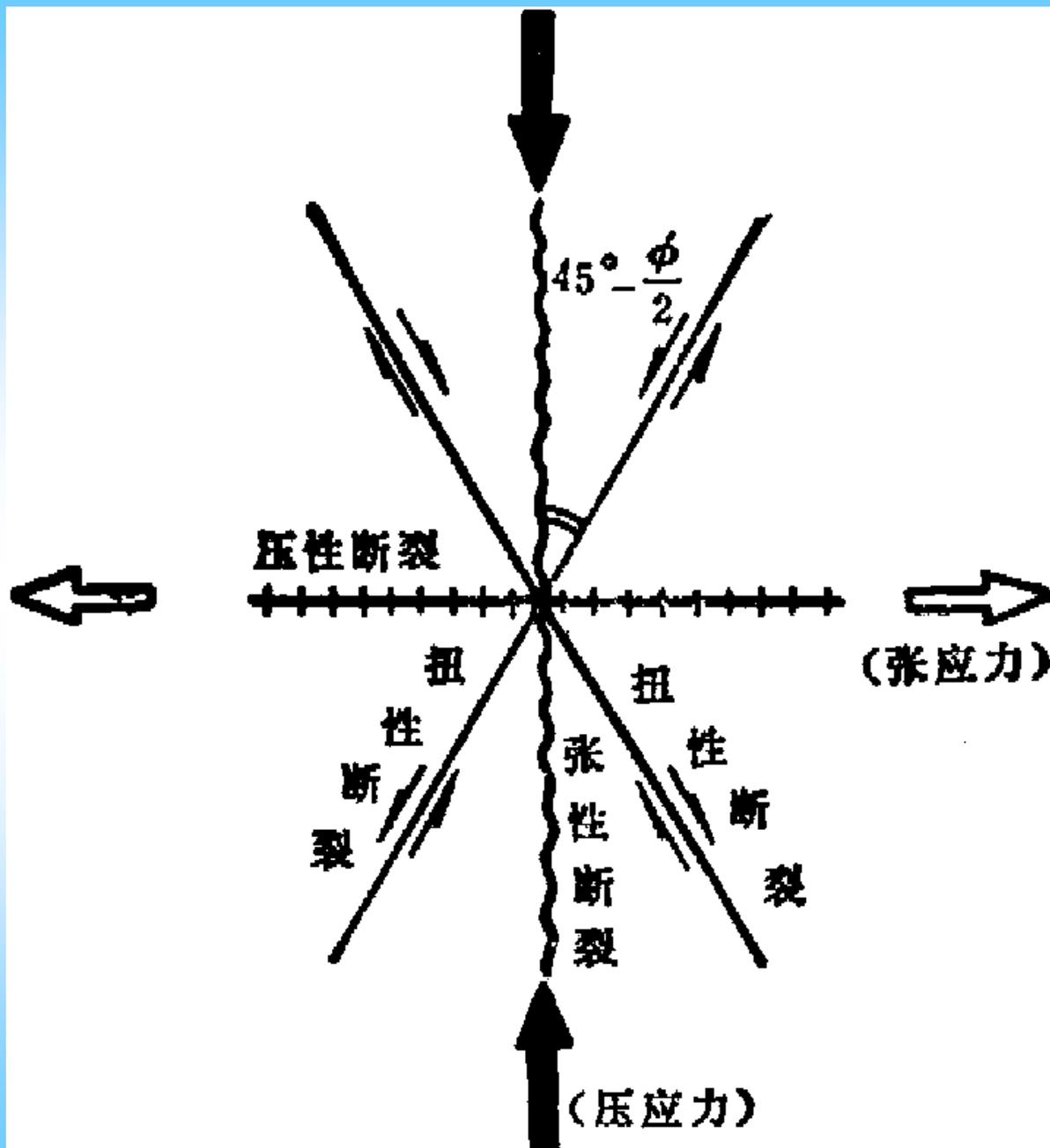
■ **断层：**岩体沿破裂面两侧发生了明显位移或较大错动的称为断层。

### 3.4.1 断裂构造的力学性质

断裂构造按力学性质可分为

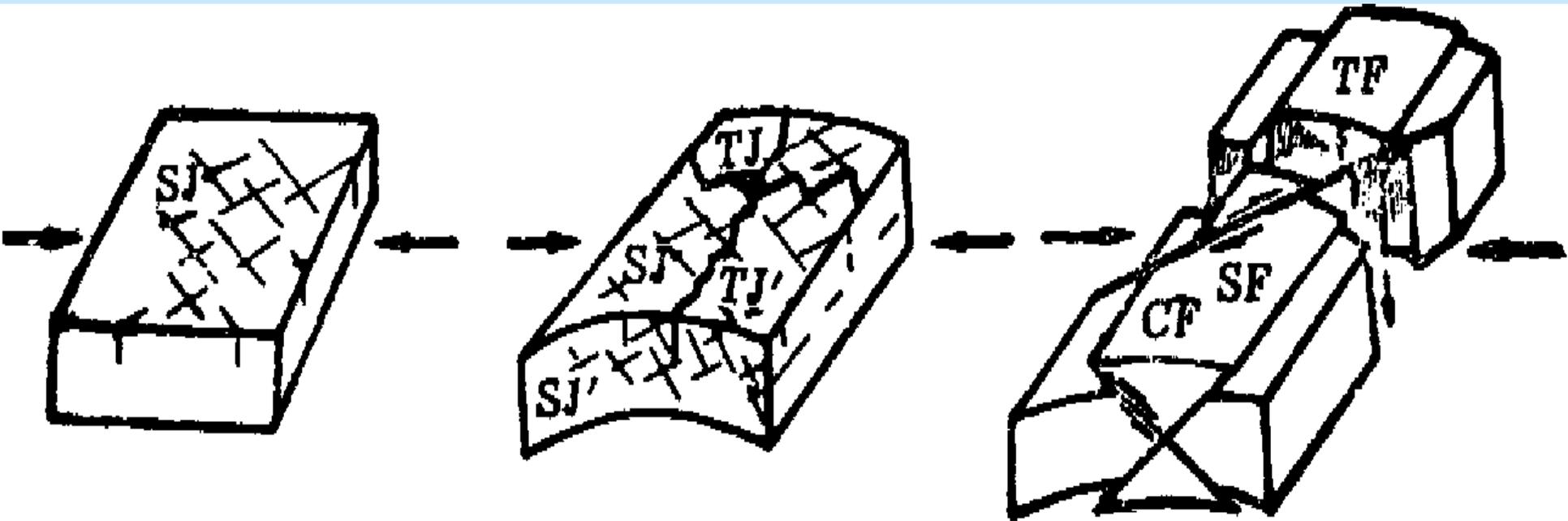
压性、张性、扭(剪)性以及压扭性和张扭性等五类。

构造应力场是指地壳中在一定范围内，均匀的或随地点和时间不同而有变化的构造应力状态场。



断裂面与构造应力场间的关系

# 断裂构造的形成过程



SJ—剪节理    TJ—张节理    TF—正断层  
CF—逆断层    SF—平移断层

# 节理按成因分类

- ✧ **风化节理**：有风化作用造成，多分布在近地表处，向下延伸不深，无一定方向性。
- ✧ **原生节理**：在成岩过程中形成的。
- ✧ **构造节理**：构造应力作用形成的，分布广，具有明显的方向性和规律性，常常成组出现。

# 剪节理

- 产状稳定，延伸远
- 平直光滑，节理面上常见擦痕
- 切过砾石和胶结物
- 常构成共轭节理系——棋盘格构造
- 单组节理等间距出现

# 张节理

## 张性破裂面

- ◆ 产状不稳定，延伸不远，常侧列产出
- ◆ 粗糙不平，无擦痕，常绕过砾石
- ◆ 多脉体充填，脉的宽度变化大
- ◆ 追踪共轭剪节理，呈锯齿状，成单列或组合成共轭雁列张节理

# 剪节理与张节理的对比

## ◆力学机制：

剪节理：受剪应力作用形成的破裂面，其两组剪切面一般形成X型的节理。

张节理：岩层受张力作用形成的破裂面。

## ◆产状：

剪节理：节理产状稳定，沿走向倾向延伸较远。

张节理：产状不稳定延伸不长。

## ◆节理面特征：

剪节理：节理面平直光滑，裂缝小成闭合状态。

张节理：节理面面弯曲粗糙，裂缝较宽，常被岩脉填充。

## ◆发育程度：

剪节理：发育密集节理间距小，容易构成软弱面。

张节理：发育较稀，间距较大，是渗漏的良好通道。

# 劈理

- ◆ 密集的构造微节理，间距在几毫米和几厘米，把岩石切成薄片或薄板状，容易和层状及片状构造相混淆。
- ◆ 只在构造运动强烈、应力集中地段出现。如断层两侧、褶皱翼部。
- ◆ 劈理面弯曲粗糙，裂缝较宽，常被岩脉填充。
- ◆ 发育较稀，间距较大。
- ◆ 是渗漏的良好通道。

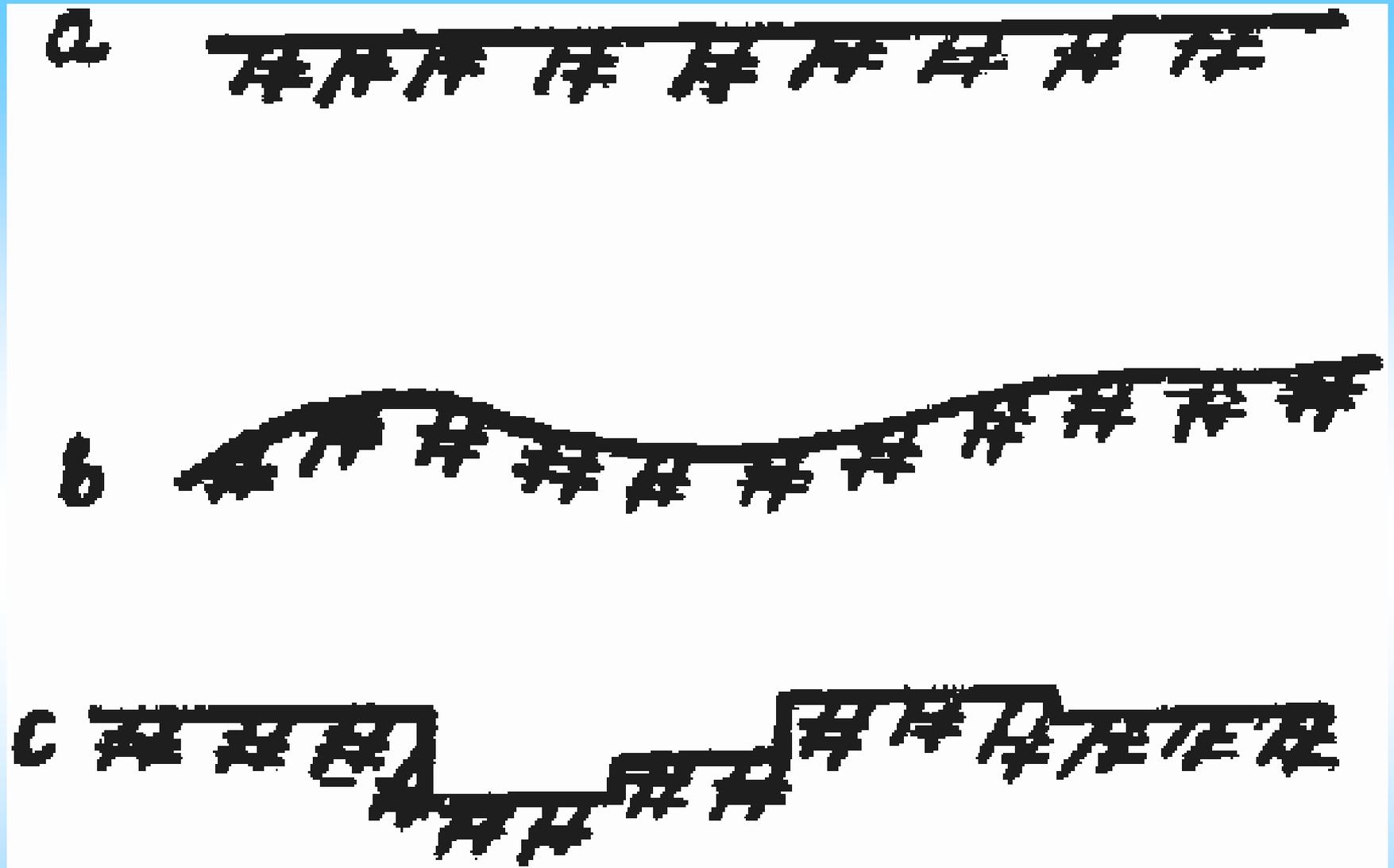
## 2.节理的调查

### ◆ (1) 观察点的选择 (考虑因素)

- 1) 露头要好, 最好能在三度空间观测, 其露头面积一般不小于 $10\text{m}^2$ , 便于大量测量。
- 2) 构造特征清楚, 岩层产状稳定。
- 3) 节理比较发育, 组系及其相互关系比较明确。
- 4) 观测点应选在构造的重要部位, 并且在不同构造层、不同岩系和不同岩性岩层中都应布点。

### ◆ (2) 节理调查的内容

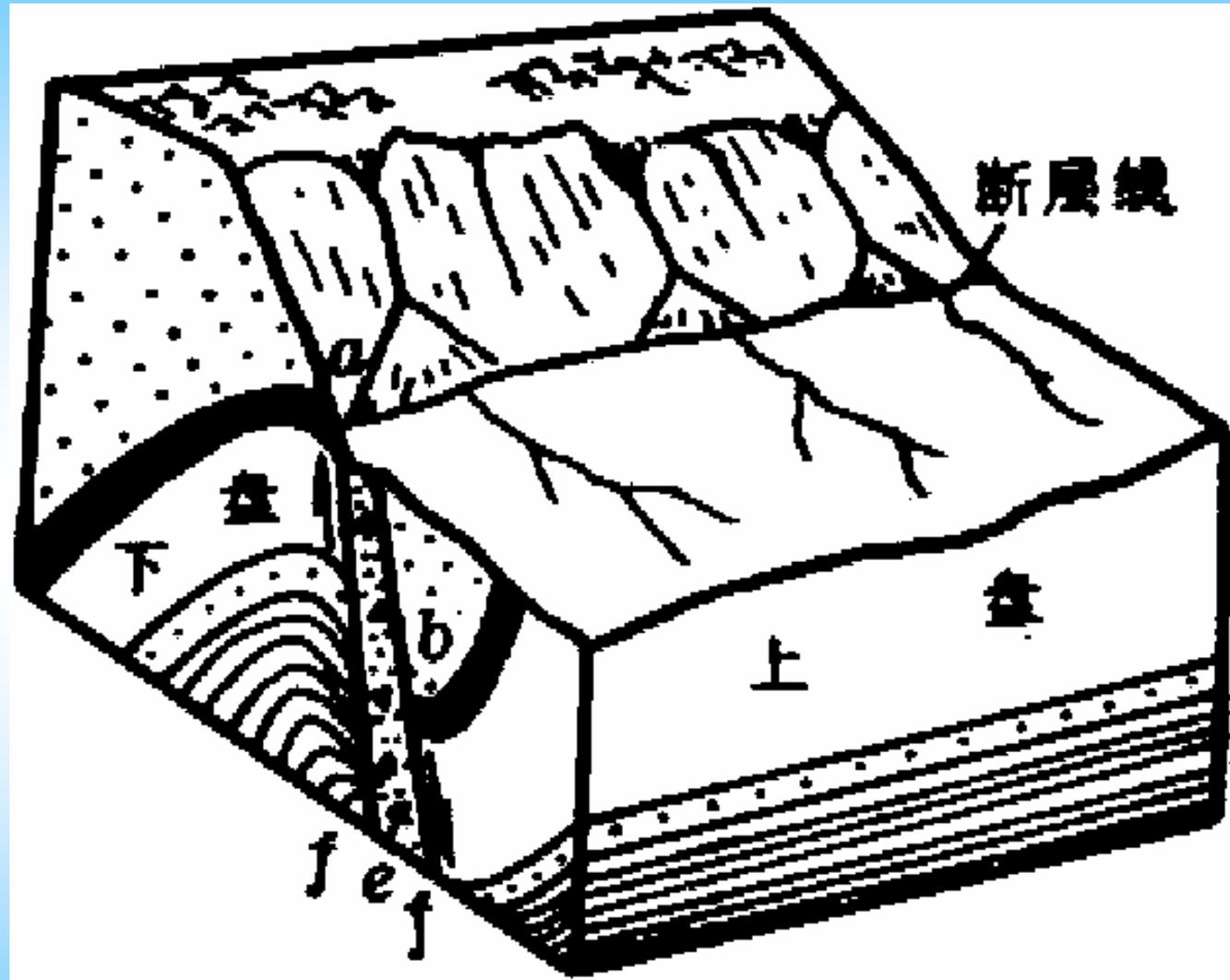
- 1) 测量节理产状。
- 2) 观察节理面张开程度和充填情况。
- 3) 描述节理壁的粗糙程度。
- 4) 观察节理充水情况。
- 5) 确定节理成因。
- 6) 统计节理的密度、间距、数量, 确定节理发育程度和节理的主导方向。



a 平面形 b 波浪形 c 台阶形  
图3-22 节理面的起伏形态

# 断层要素

断层的基本组成部分叫断层要素，主要有断层面、断层线、断层带、断盘及断距等



# 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

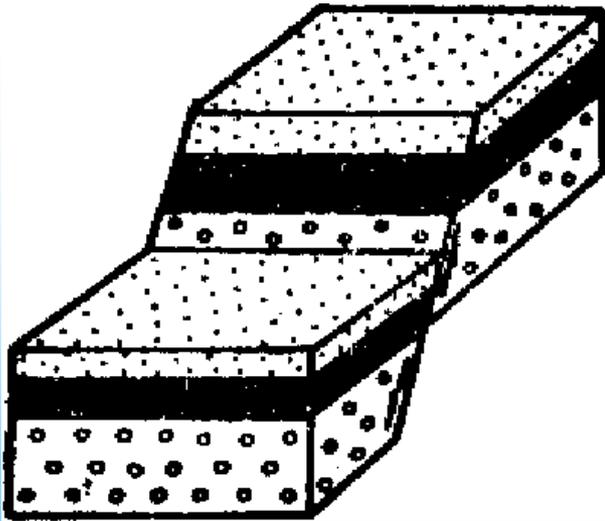
## ▶ 根据断层力学成因性质

- ▶ 压性断层、张性断层、扭性断层、  
压扭性断层、张扭性断层

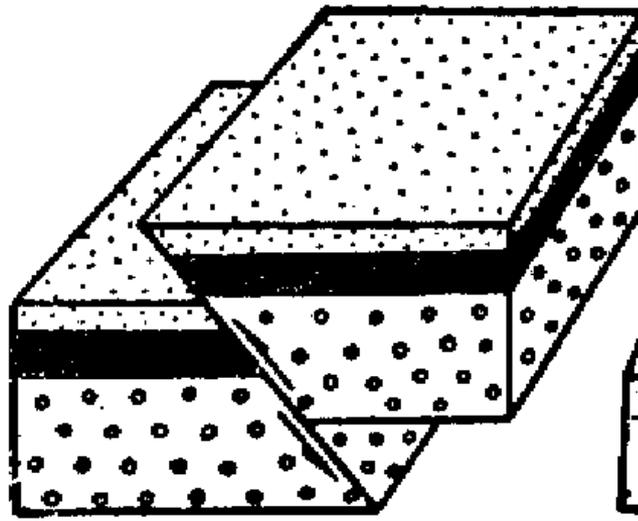
# 断层的基本类型及其特征

(1) 断层的形态分类: 正断层, 逆断层、平移断层

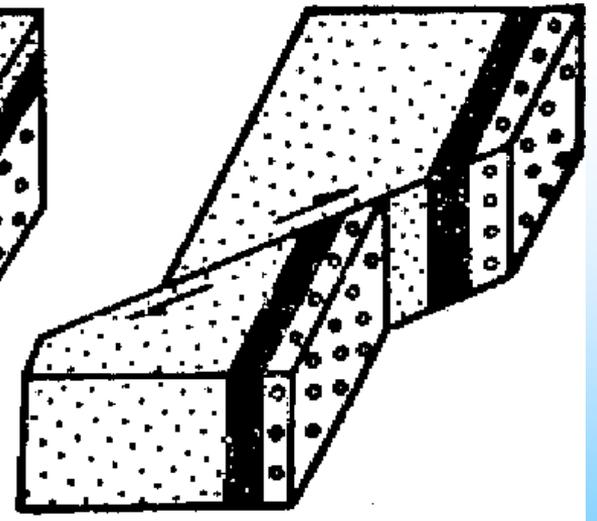
- ◆正断层的基本特征是上盘相对下移, 下盘相对上移。
- ◆逆断层的基本特征是上盘相对上移, 下盘相对下移。
- ◆平移断层: 断层两盘产生相对水平位移的断层。



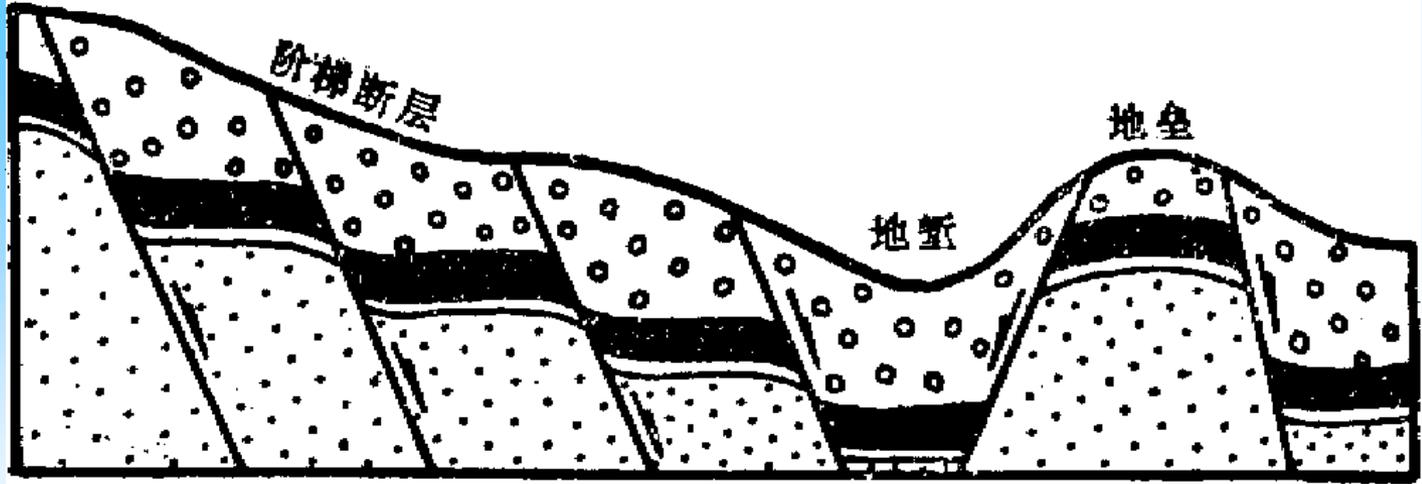
正断层



逆断层



平移断层



阶梯式断层、地垒和地堑

叠瓦式断层



# 正断层与逆断层的对比

## 正断层

## 逆断层

- ◆ **基本特征** 上盘相对下移，下盘相对上移
- ◆ **力学机制** 水平张应力或垂直作用
- ◆ **位置** 多垂直于张力的方向发生，但有时也沿已有的剪节理发生
- ◆ **断层面倾角** 一般多在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$  以上
- ◆ **其他** 断距可以从几厘米到数百米，延伸范围一般自几米到数公里。野外有时见到数条正断层排列组合在一起，形成阶梯式断层、地垒和地堑等

下盘相对上移，上盘相对下移

水平压力

沿剪切破裂面形成，常与褶皱伴生，并多在一个翼上平行于褶皱发育

倾角较小

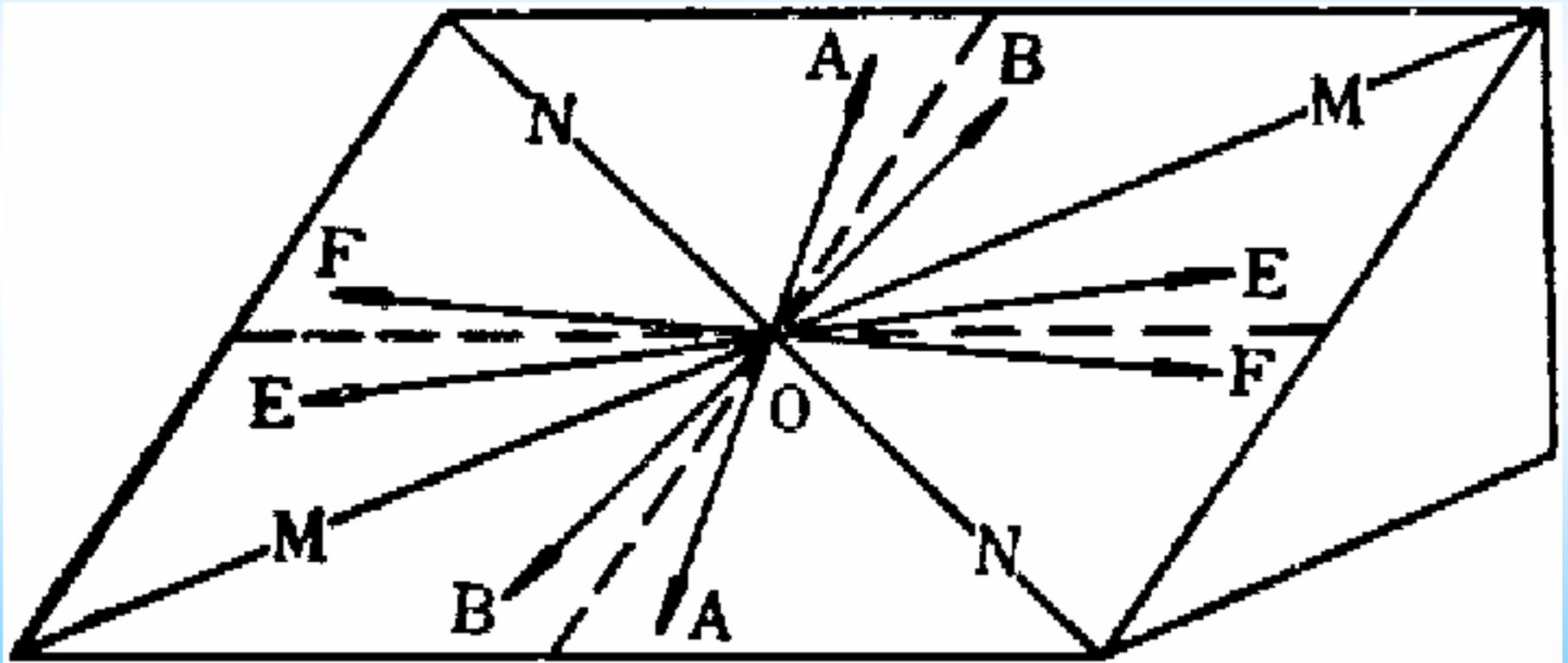
冲断层：倾角大于 $45^{\circ}$

逆掩断层：倾角 $45^{\circ} \sim 25^{\circ}$

碾掩断层：倾角小于 $25^{\circ}$

断层带中夹有大量的角砾和岩粉

对于兼具正、逆和平移的过渡性质的断层，一般采用组合命名，称之为**平移—逆断层**、**逆—平移断层**、**平移—正断层**和**正—平移断层**。根据习惯，组合命名的后者表示主要运动分量。



按滑动线侧伏角的断层命名

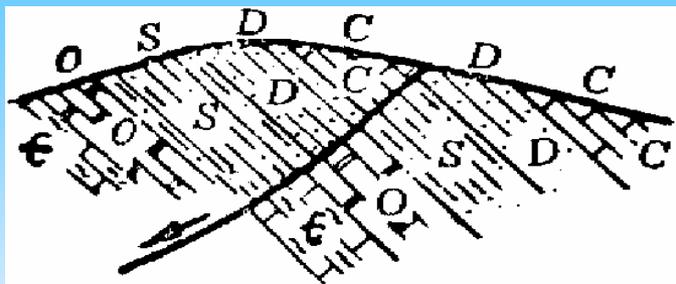
## (2) 按断层力学成因性质分类

- ❖ **压性断层**: 压性断裂由压应力作用形成——逆断层
- ❖ **张性断层**: 张性断裂由张(拉)应力作用形成——正断层
- ❖ **扭性断层**: 扭性断裂由扭(剪)应力作用产生——平移断层
- ❖ **压扭性断层**: 具有压性断层兼扭性断层的力学特性——平移逆断层
- ❖ **张扭性断层**: 具有张性断层兼扭性断层的力学特性——平移正断层

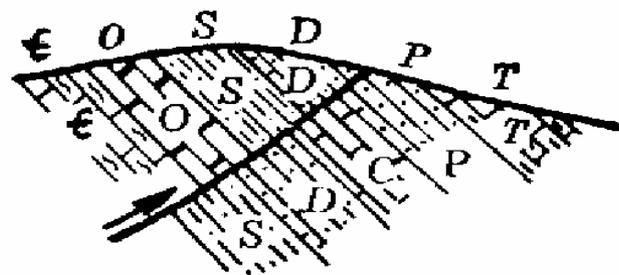
### ❖ 3. 断层的野外识别标志

- (1) 地层的重复或缺失
- (2) 构造不连续现象
- (3) 断层破碎带及构造岩
- (4) 断层擦痕和阶步
- (5) 牵引现象及伴生节理
- (6) 地貌及地下水特征

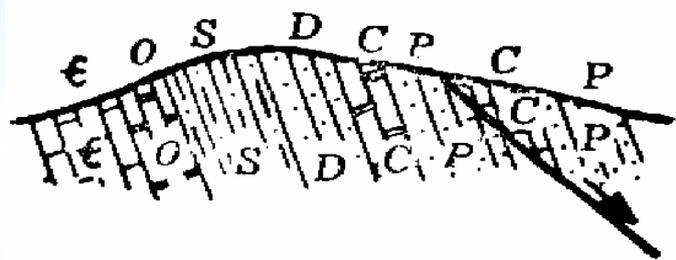
# 断层造成的地层重复或缺失



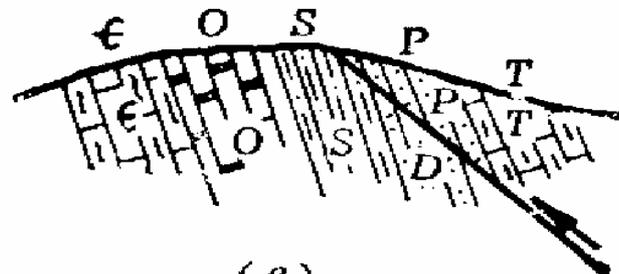
(a)



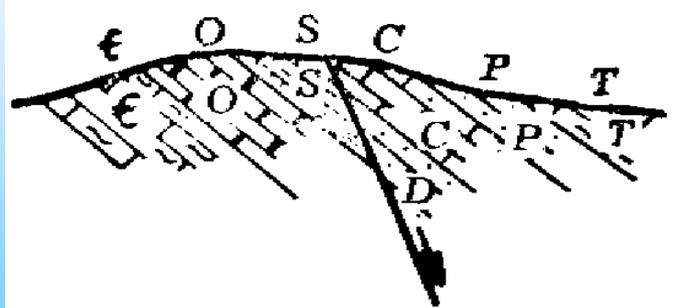
(d)



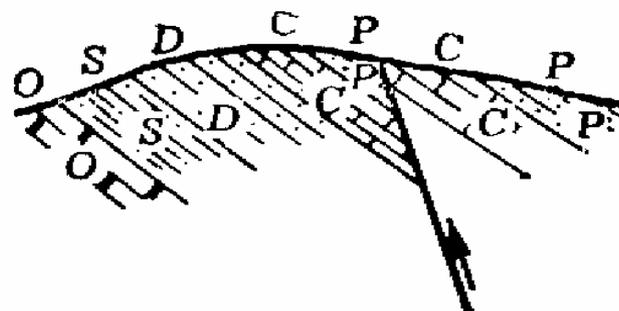
(b)



(e)



(c)



(f)

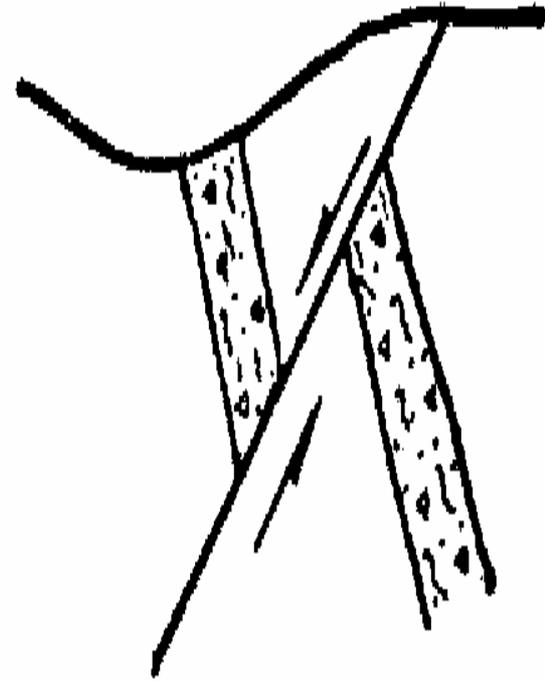
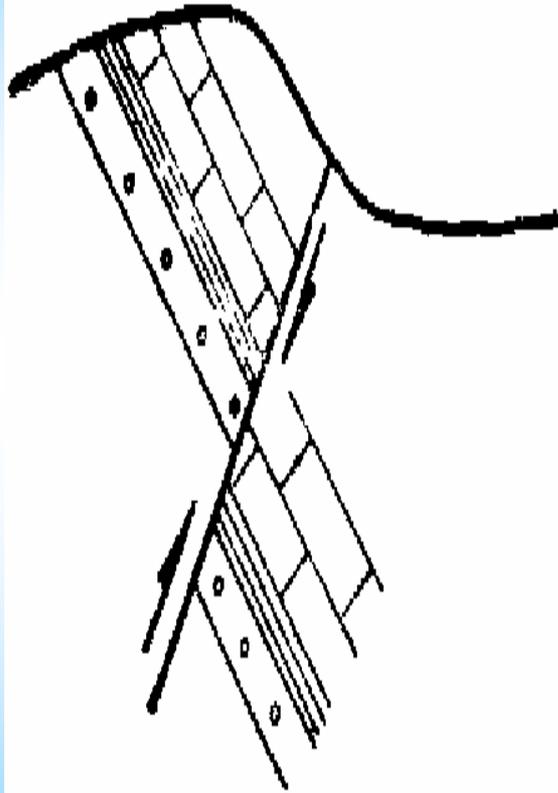
# 断层的识别：构造标志

- ❖ 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

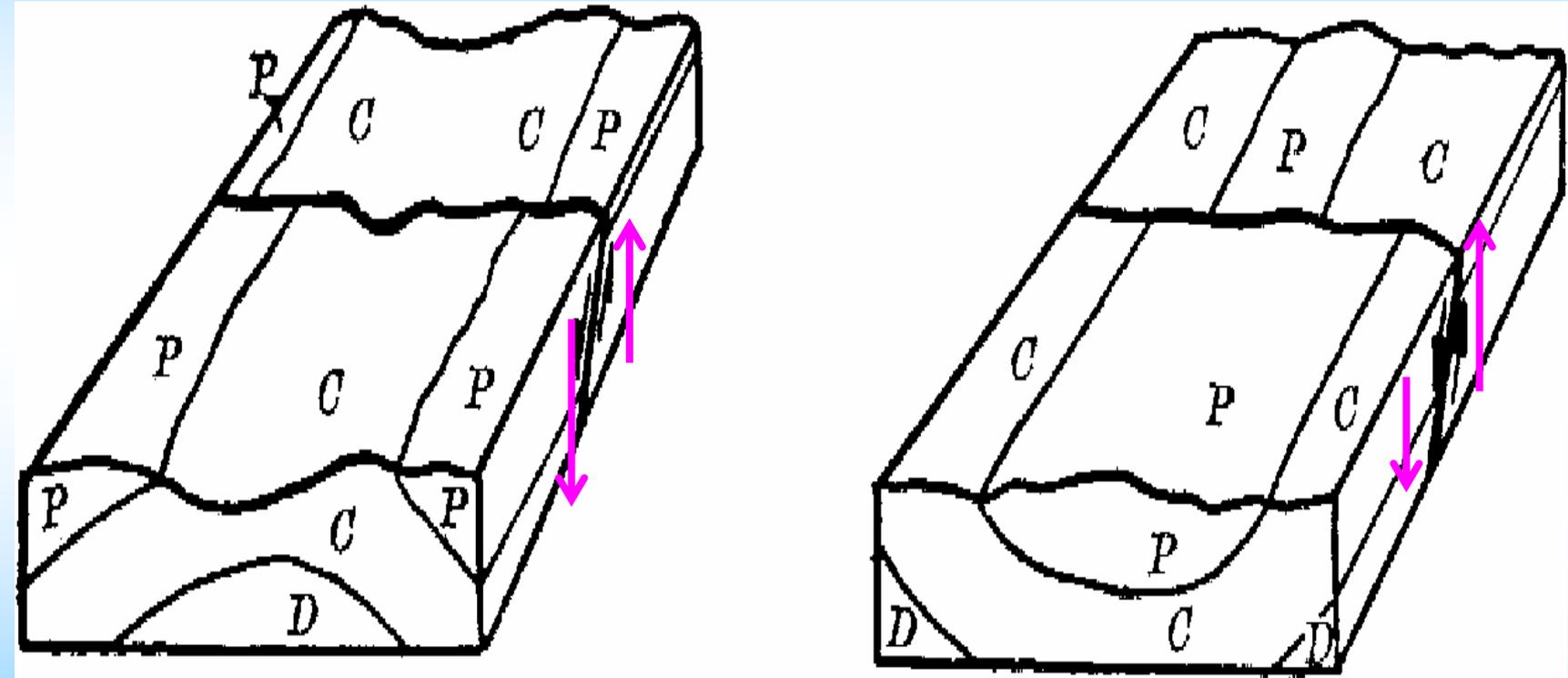
(a) 岩层错断

(b) 岩脉错断

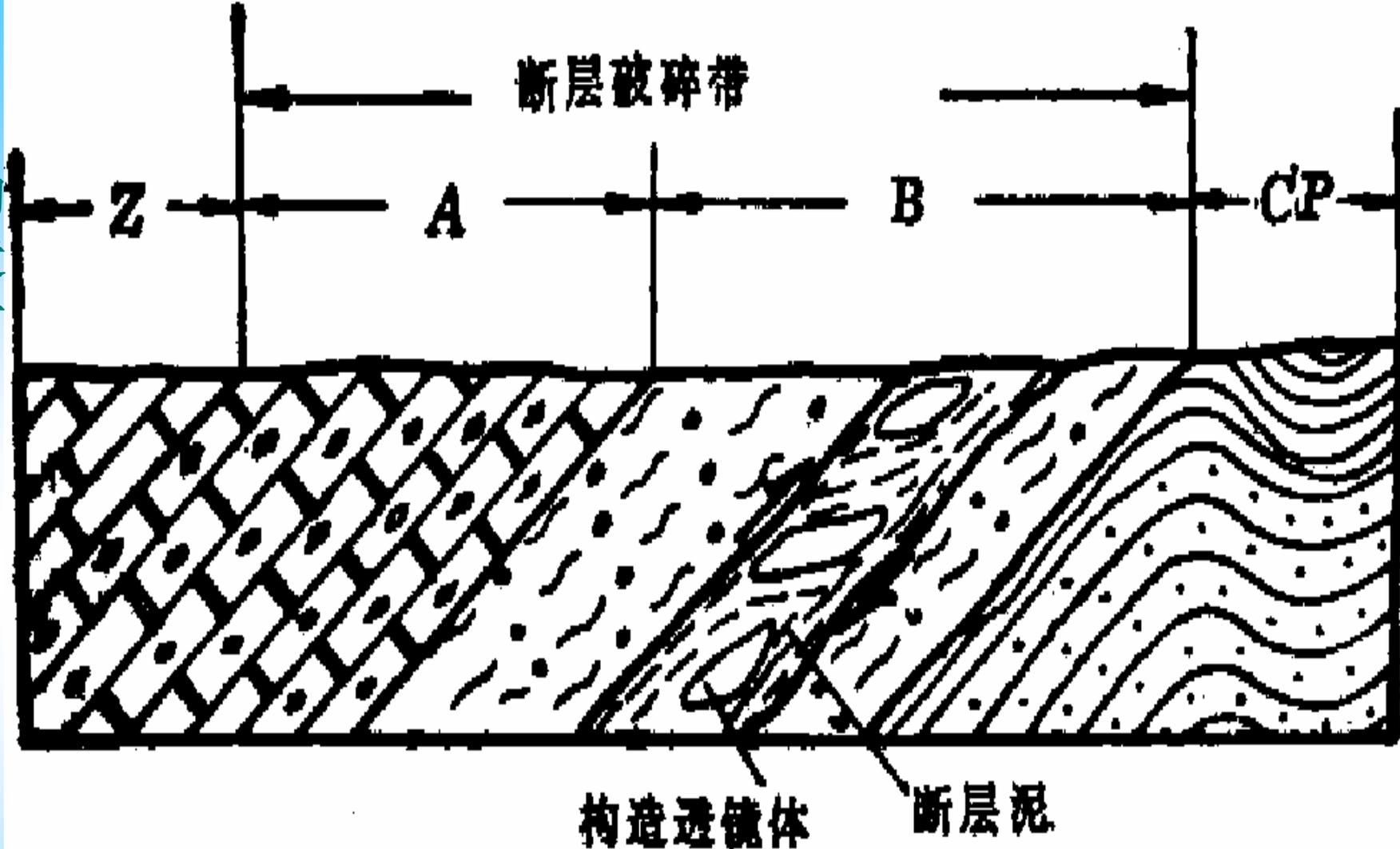
(c) 早期断层错断



## 断层造成的褶皱核部宽度变化

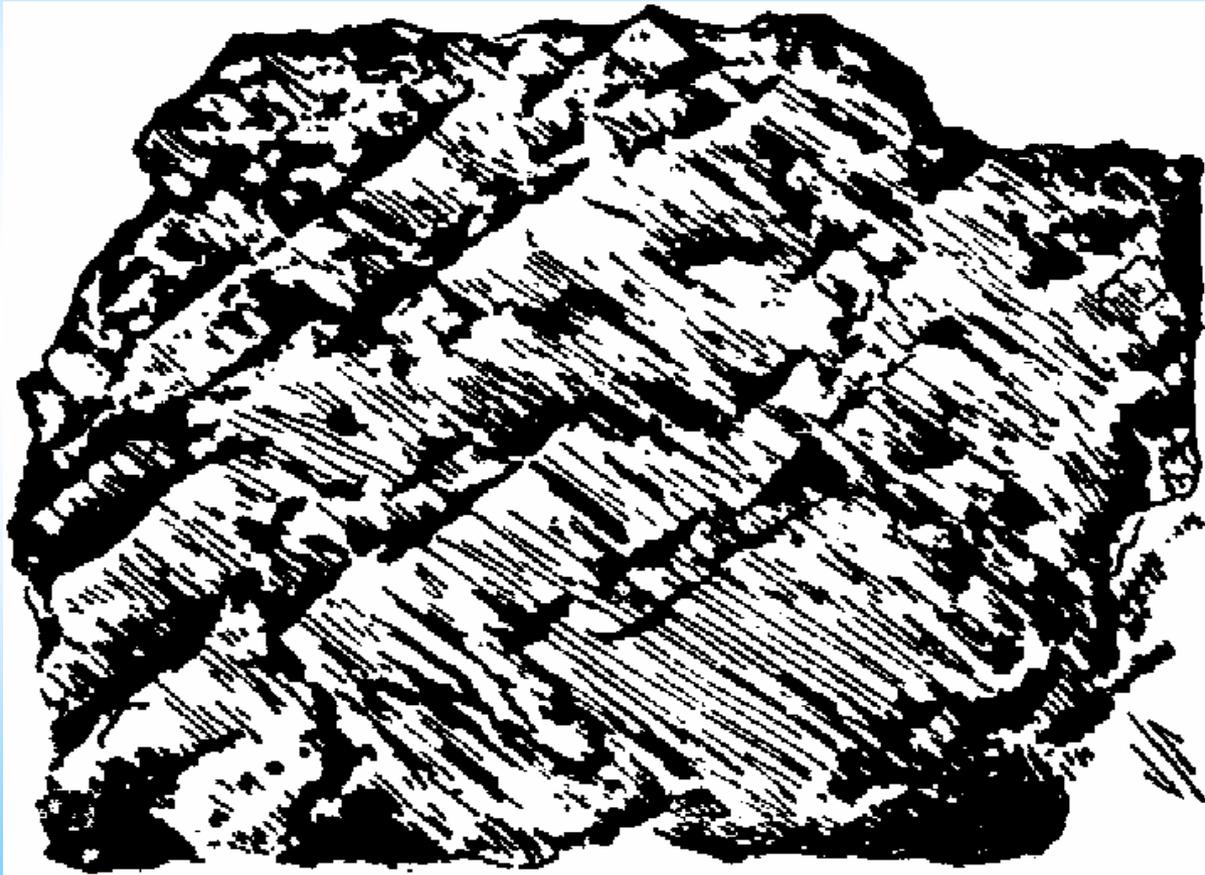


构造岩

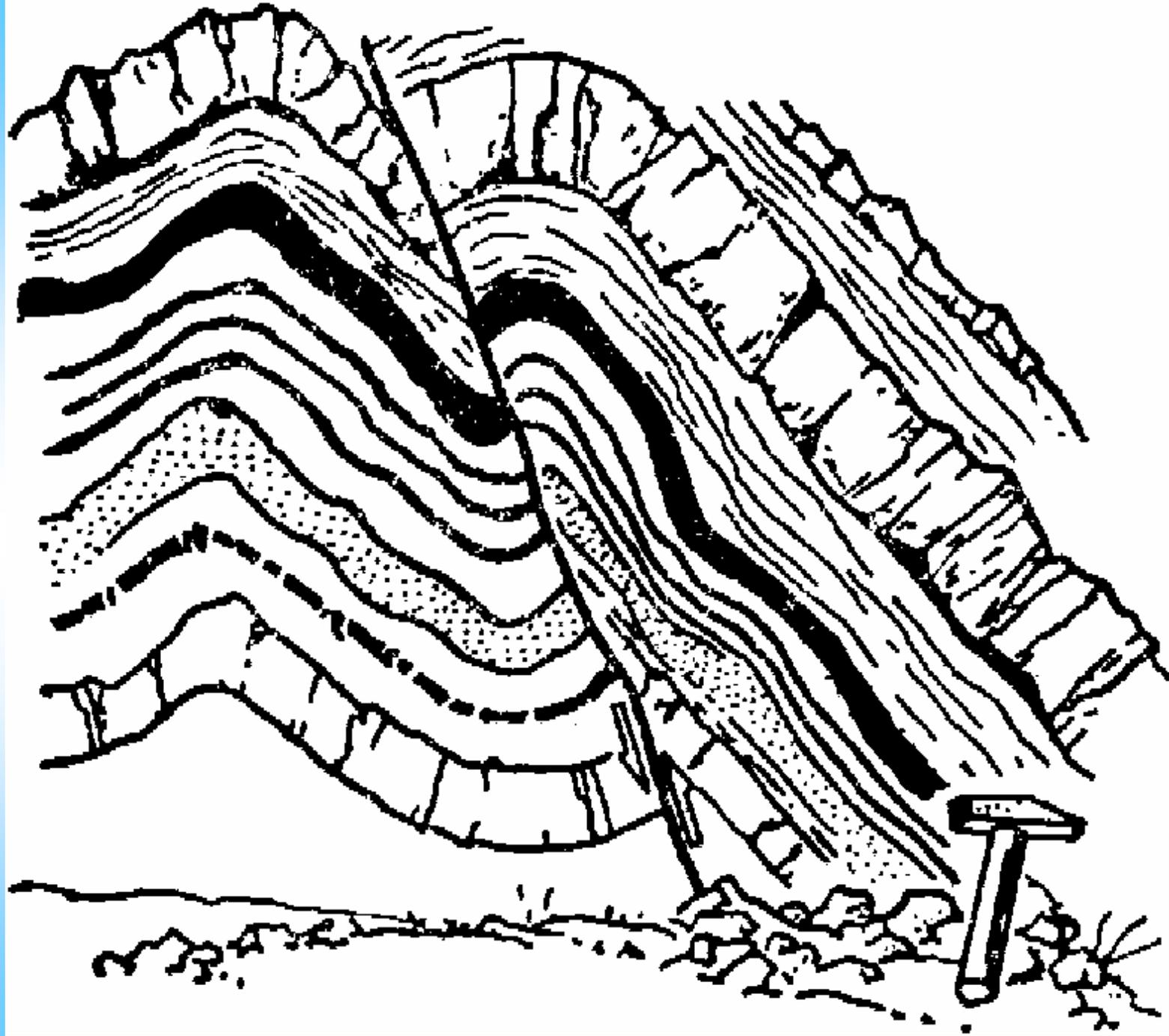


A—碎裂硅质白云岩 B—断层角砾岩和构造岩  
Z—震旦系白云岩 CP—石炭、二迭系地层

# 断层擦痕和阶步



断层的牵引现象





## 断层的伴生节理

## 3.5 地质图

- ❖ 地质图：表示一个地区的地质情况的图件
- ❖ 地质图类型：
  - ∞ 平面图：反映地表的地质现象
  - ∞ 剖面图：反映剖面上的地质现象
  - ∞ 柱状图：反映一个地区的地层岩性、厚度和接触关系
  - ∞ 普通地质图
  - ∞ 地貌及第四纪地质图
  - ∞ 水文地质图
  - ∞ 工程地质图
- ❖ 地质图中的规格：图名、图例(上一下、左—右、新一老)、比例尺、编制单位、编制日期

## 3.5.2 地质图的表示方法

### 1. 地层岩性

通过地层分界线、年代符号或岩性代号，再配合图例说明来反映。

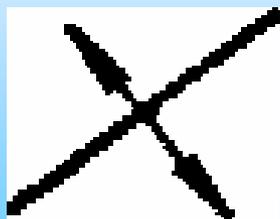
### 2. 地质构造

岩层产状、褶皱、断层及岩层接触关系

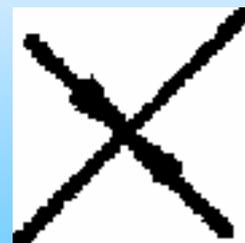
(1) 岩层产状

(2) 褶皱

背斜



向斜



### (3) 断层



正断层



逆断层



平移断层

## 3.岩层接触关系

整合接触、假整合接触、不整合接触、沉积接触、侵入接触

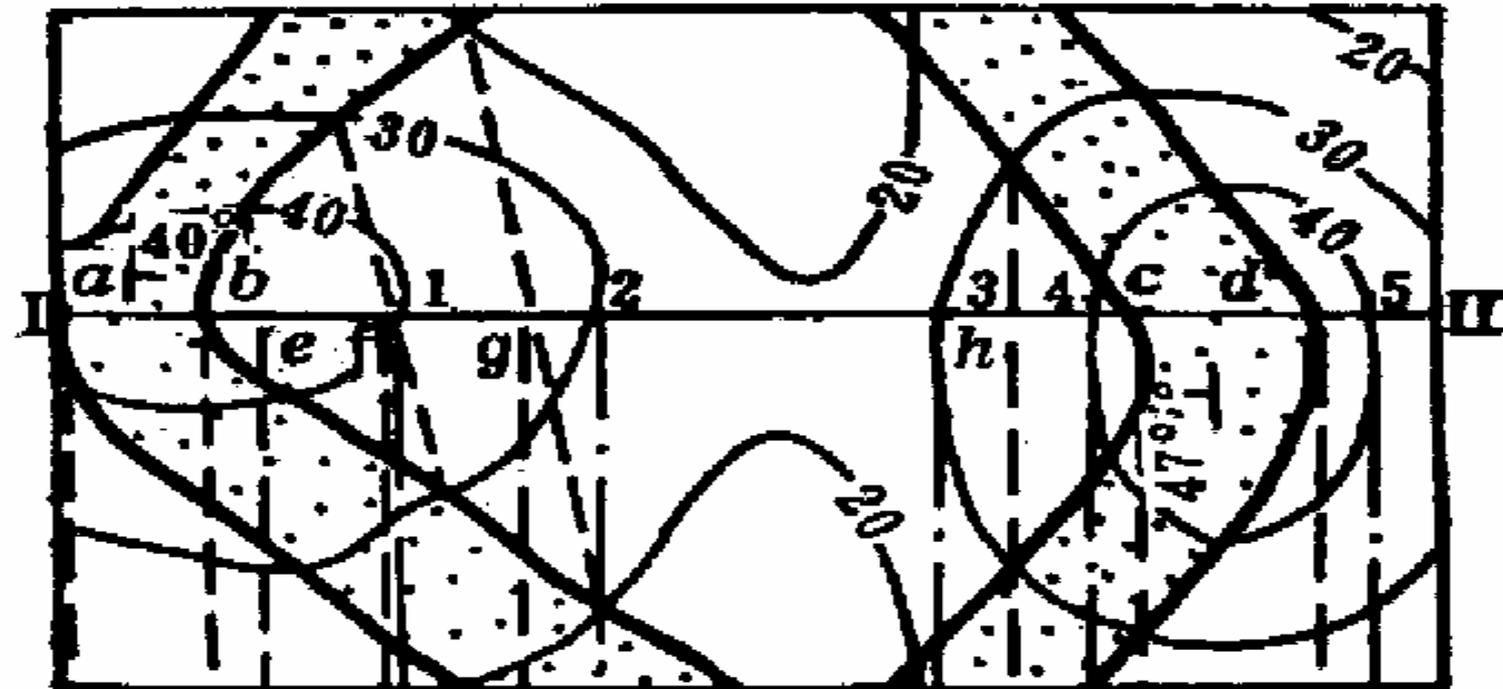
## . 5.3 地质剖面图和综合地层柱状图的编制

### 1. 地质剖面图

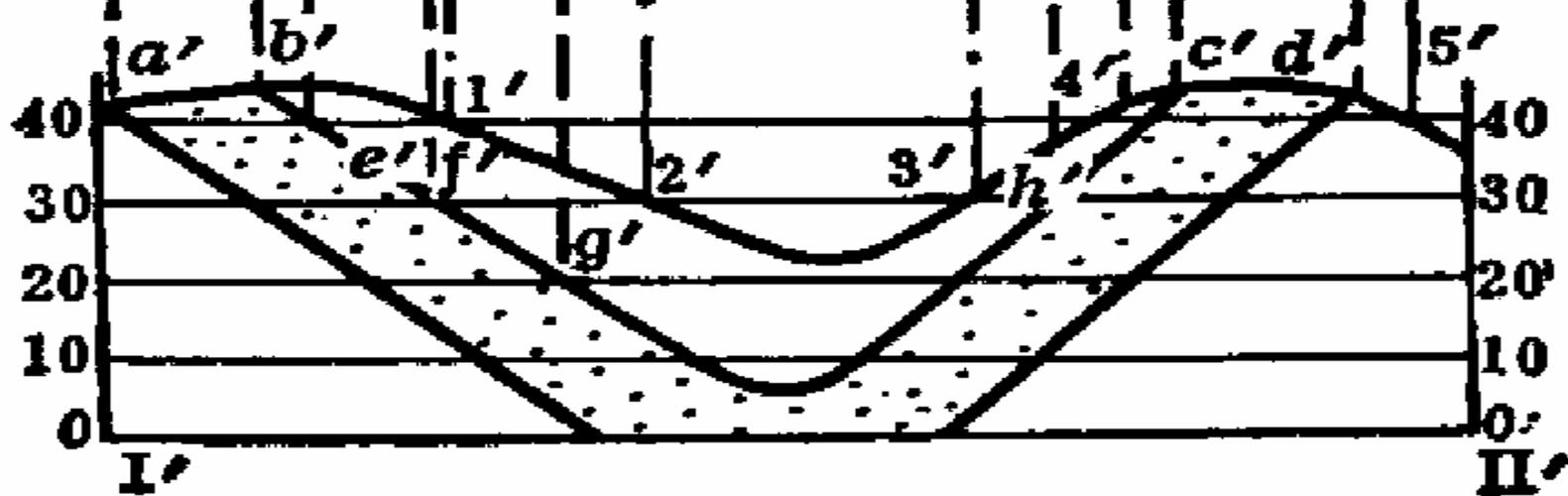
剖面线方向的选取应当尽量垂直岩层走向、褶皱轴向或断层线方向，这样才能更清楚全面地反映地质构造形态。但为工程需要的剖面图，常沿建筑物轴线方向绘制，如沿坝轴线、隧洞和渠道中心线等。

- ❖ 1、确定剖面线；
- ❖ 2、确定剖面图的横向与竖向比例；
- ❖ 3、作地形剖面线；
- ❖ 4、画地质界线：真倾角与视倾角的换算  
 $\text{tg}\beta = \text{tg}\alpha \times \cos\theta$
- ❖ 视倾角与画图倾角的换算  
 $\text{tg}\beta' = n \times \text{tg}\beta$ ；
- ❖ 5、画岩性花纹符号、地质代号、断层运动方向；
- ❖ 6、标注剖面方向、图名、比例尺、图例。

平面图



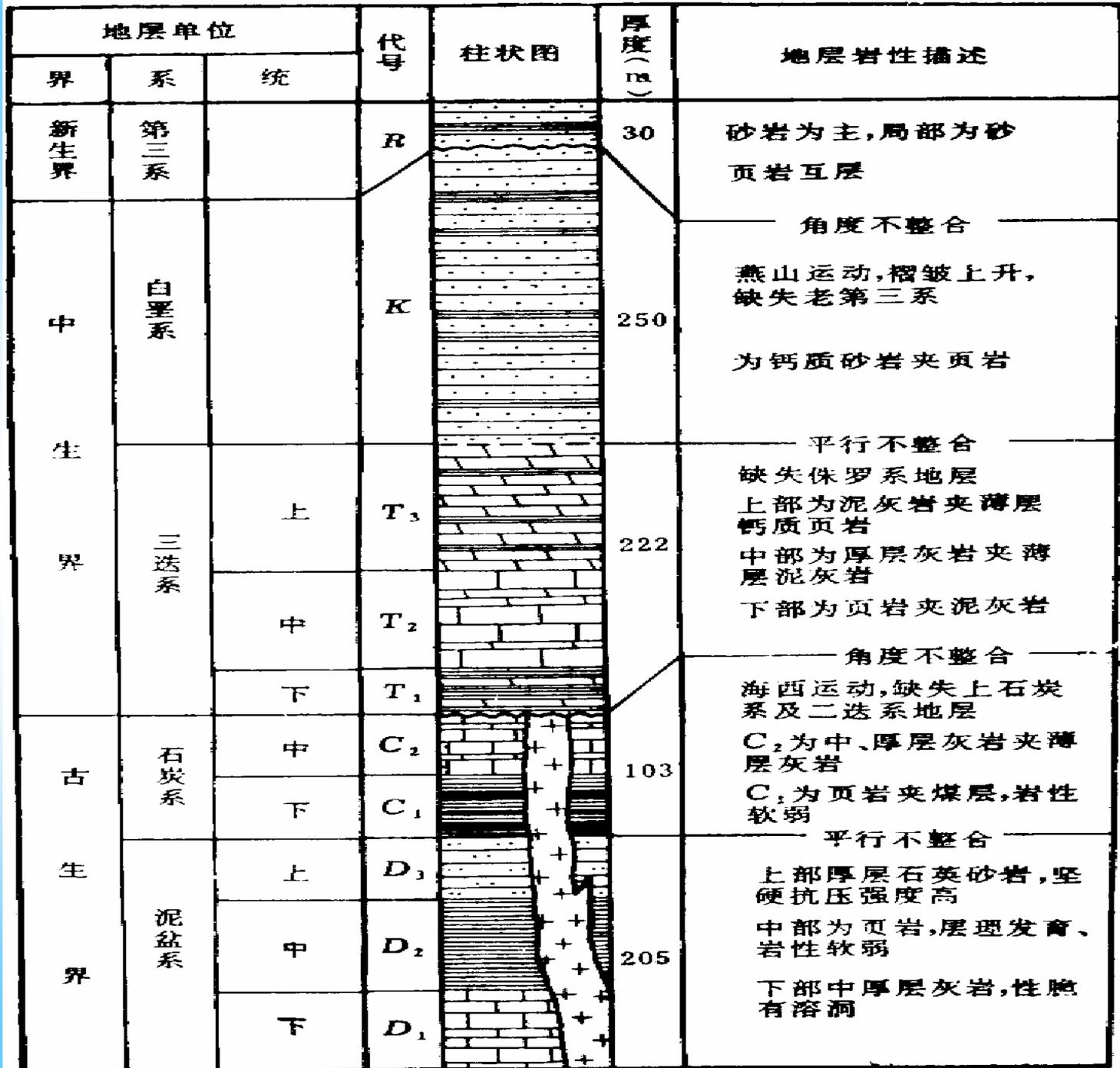
剖面图



## ❖ 2.综合地层柱状图

综合地层柱状图是把一个地区从老到新出露的地层岩性、最大厚度、接触关系等，自下而上按原始形成次序用柱状图的形式表示出来，还描述岩层的工程地质性质。

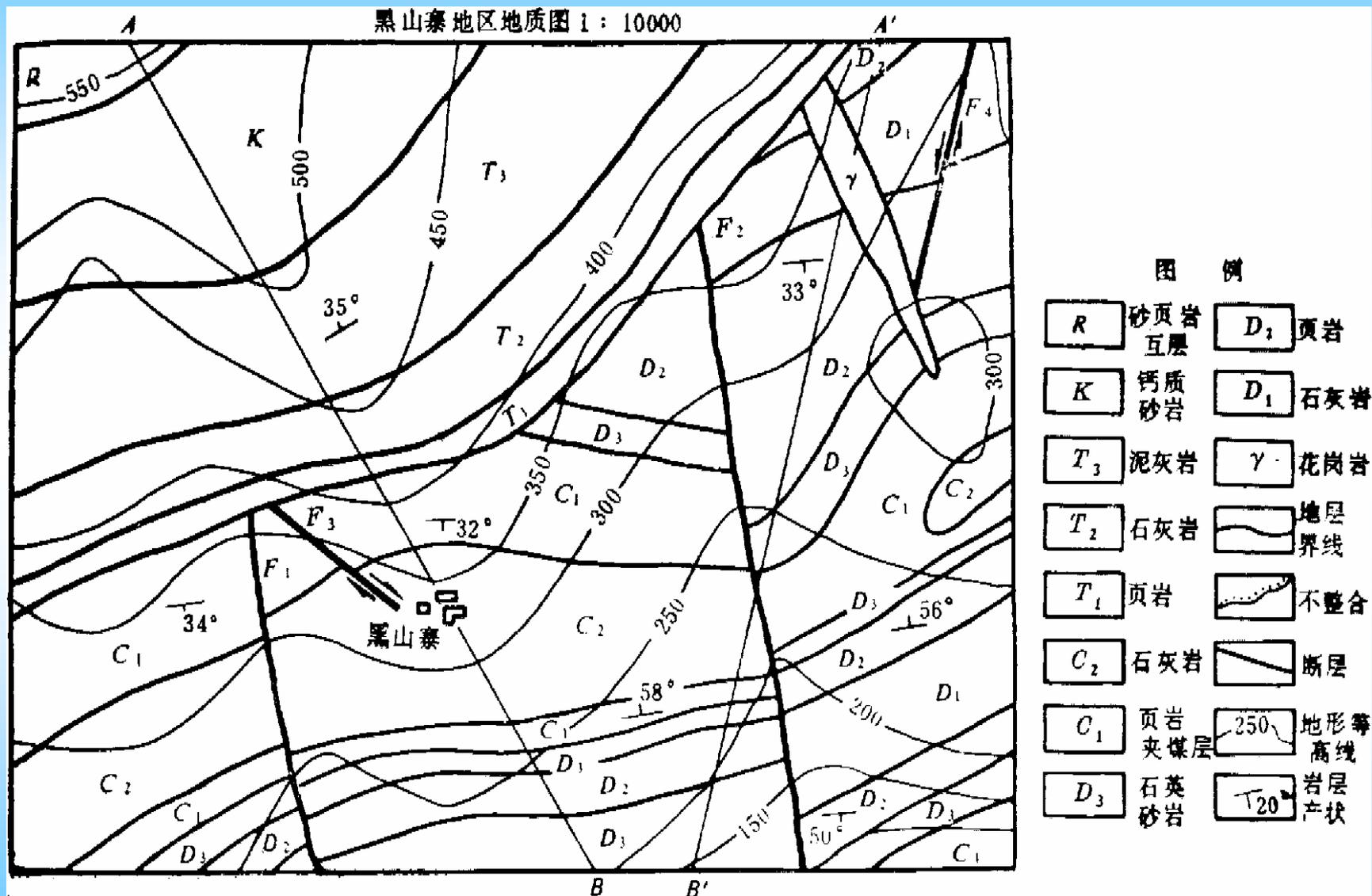
燕山地区综合地层柱状图



### 3.5.4 地质图的阅读和分析

- (1) 查看图名和比例尺
- (2) 阅读图例
- (3) 分析地形地貌
- (4) 阅读地层的分布、产状及其和地形关系。
- (5) 阅读图上有无褶皱、褶皱类型、轴部、翼部的位置；有无断层、断层性质、分布以及断层两侧地层的特征，分析本地区地质构造形态的基本特征。
- (6) 综合分析各种地质现象之间的关系、规律性及其地质发展简史。
- (7) 在上述阅读分析的基础上，对图幅范围内的区域地层岩性条件和地质构造特征，结合工程建设的要求，进行初步分析评价。

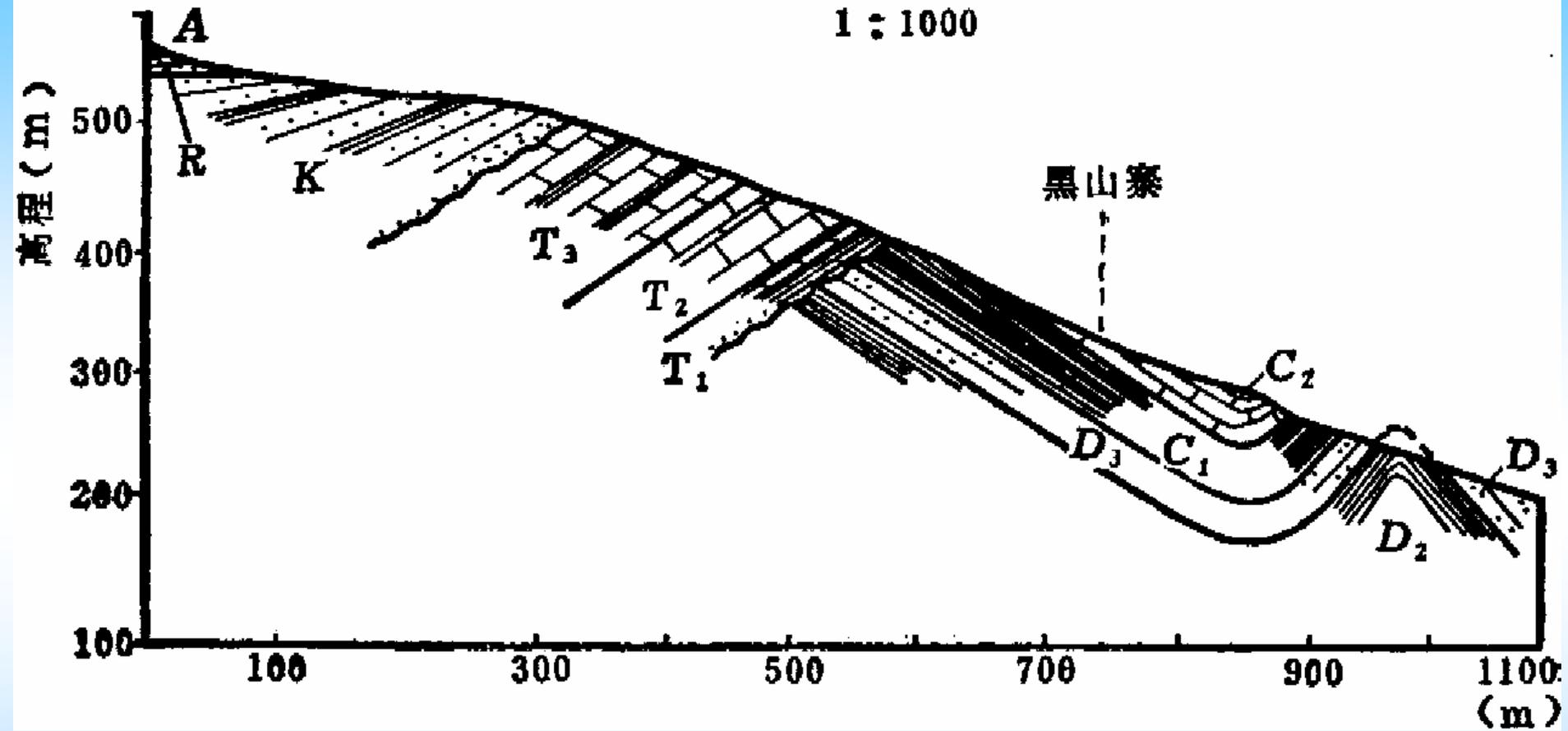
## 2. 黑山寨地区地质图的阅读与分析



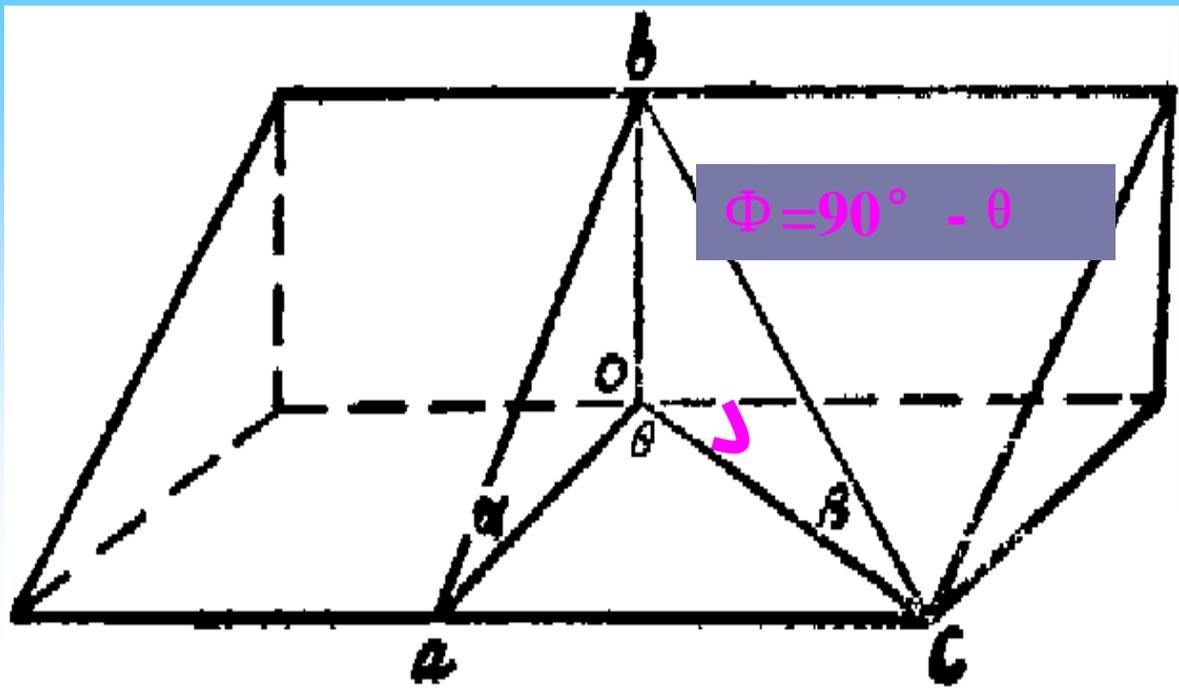
黑山寨地区地质图

# 黑山寨A-B地质剖面图

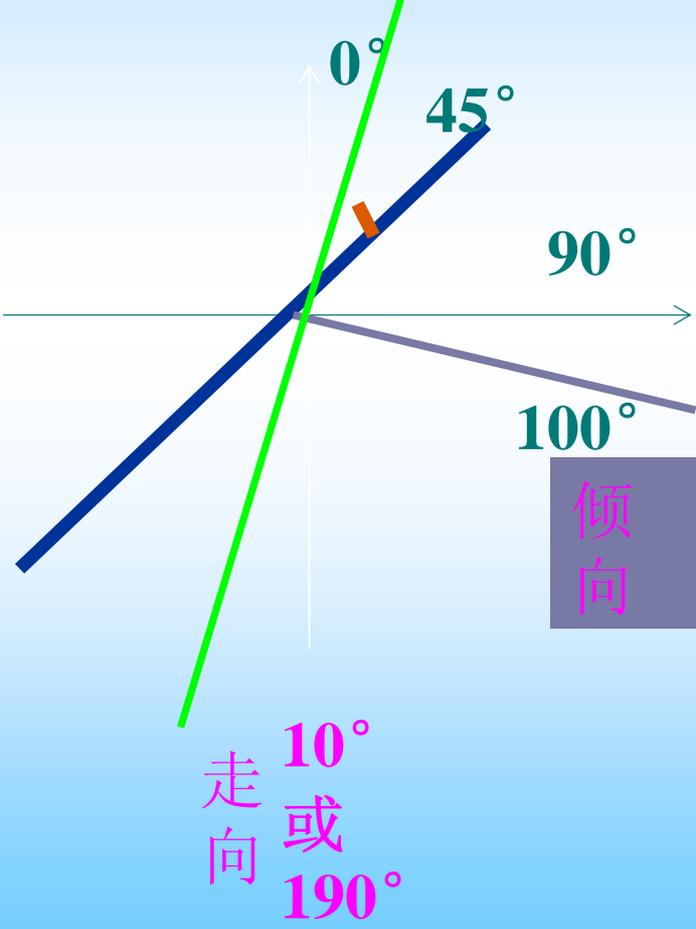
1 : 1000



黑山寨地区地质剖面图

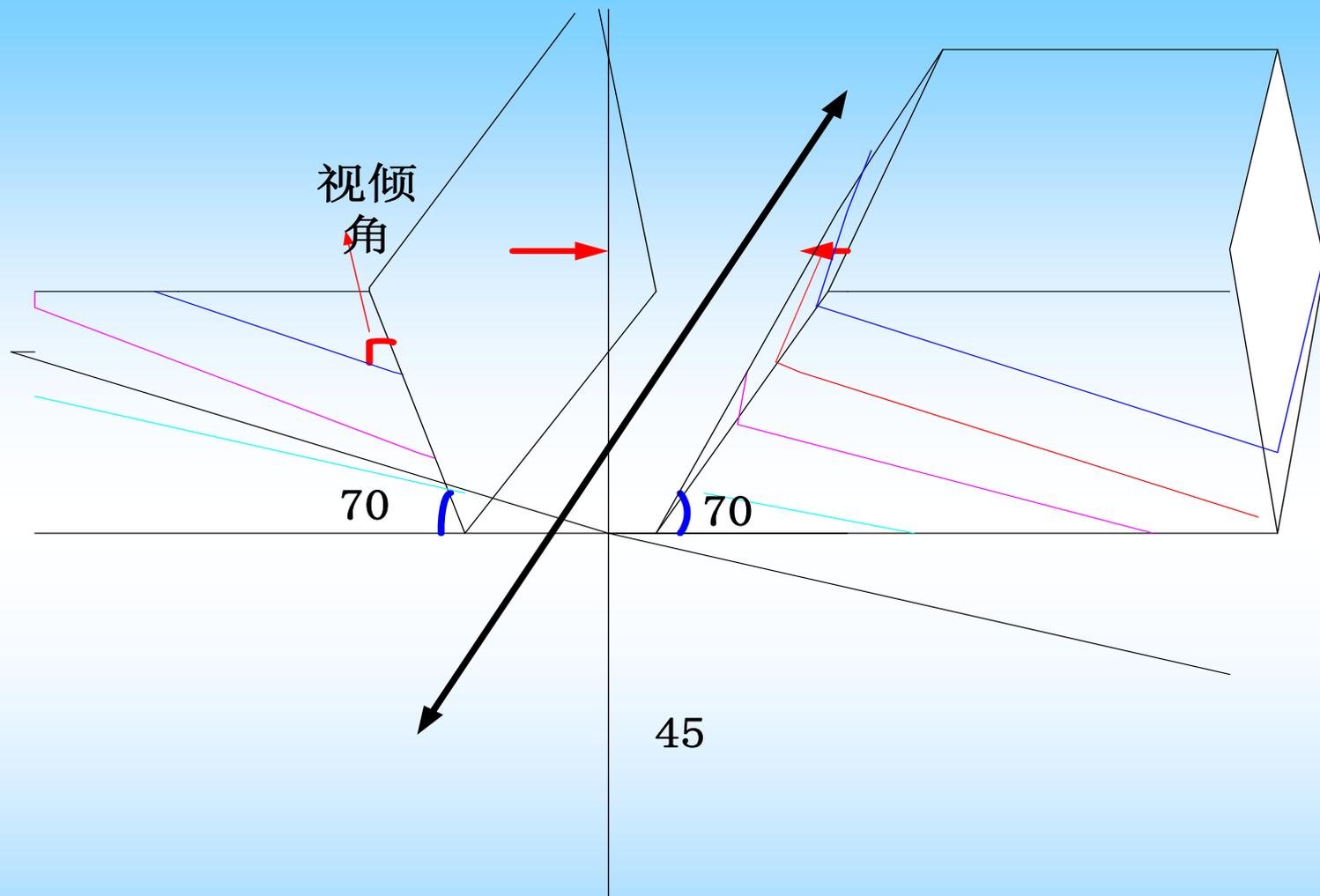


线路走向45，边坡坡度70°，层面产状100°∠40°。



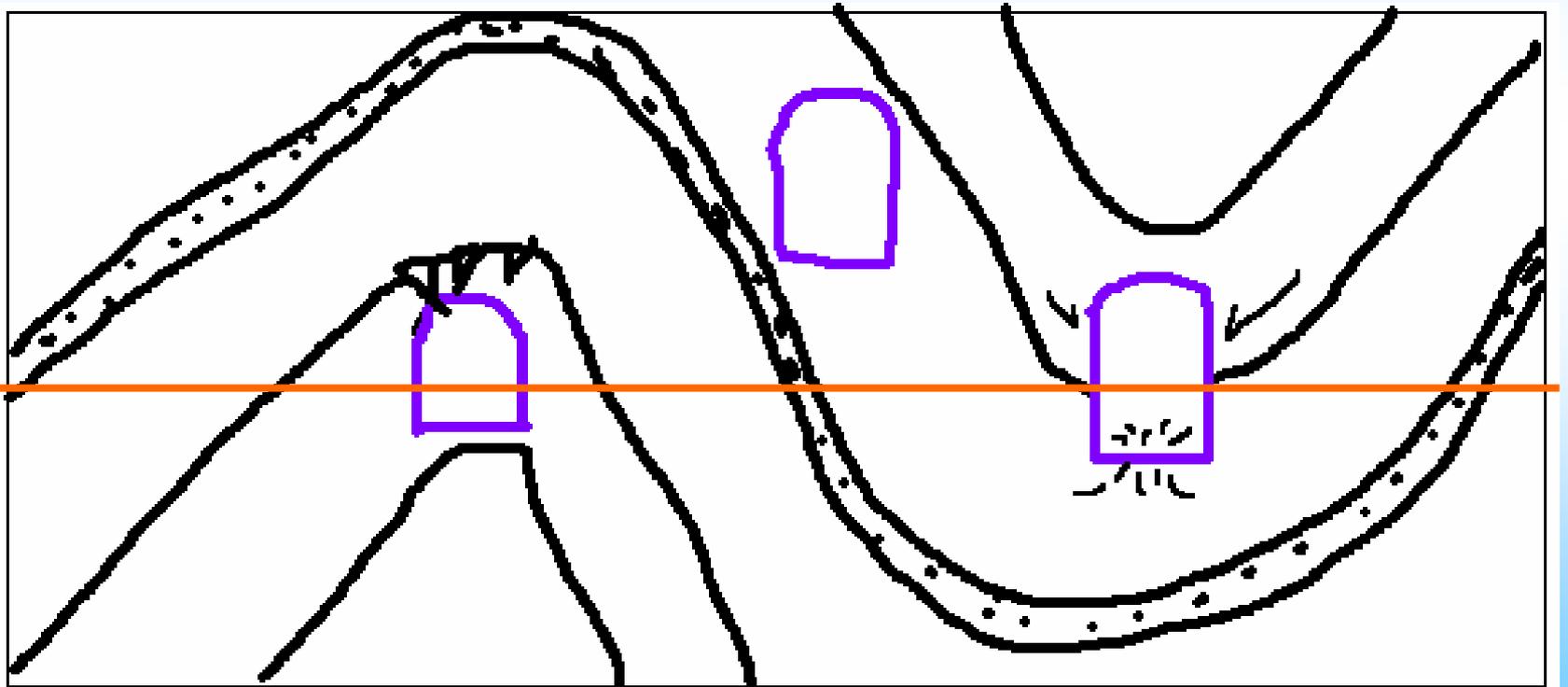
$\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha \cdot \cos \theta = \text{tg } \alpha \cdot \sin \phi$  (  $\theta$  视倾向与真倾向的夹角,  $\phi$  为视倾向与走向夹角)

$\text{tg } \beta = \text{tg } 40^\circ \cos(45^\circ - (100^\circ - 90^\circ)) = \text{tg } 40^\circ \cos 35^\circ, \beta \approx 35^\circ$



### ❖ 三、褶皱与隧道稳定

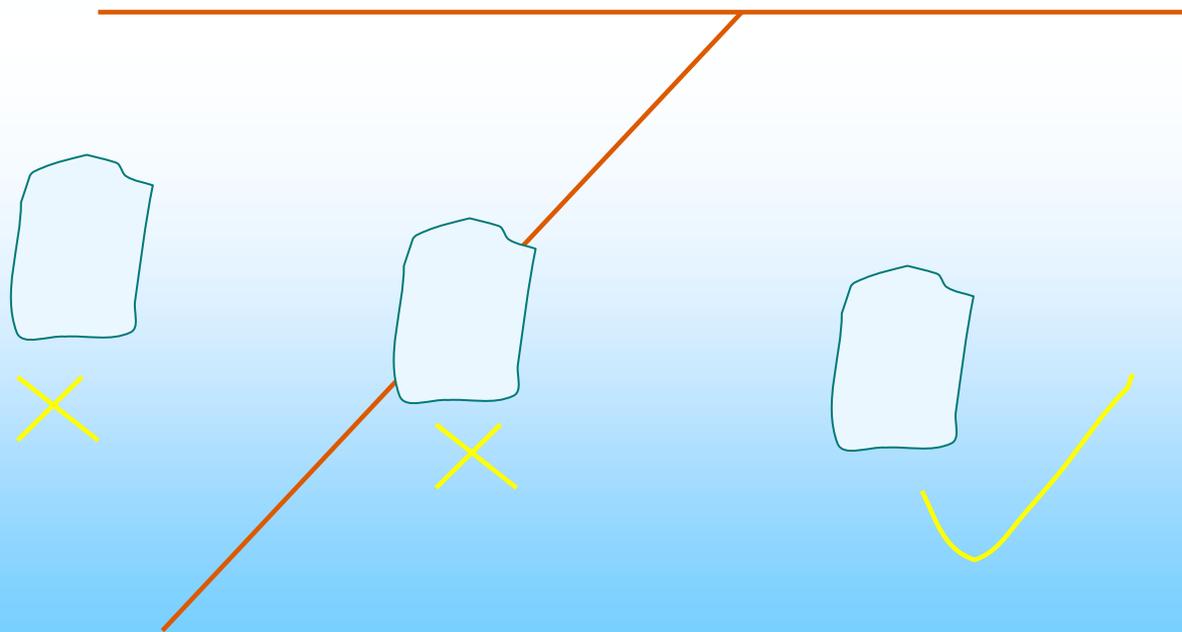
- ❧ 背斜核部：张节理多，岩石破碎；
- ❧ 向斜核部：拱顶塌方，地下水涌入；
- ❧ 翼部：岩层厚切稳定处。



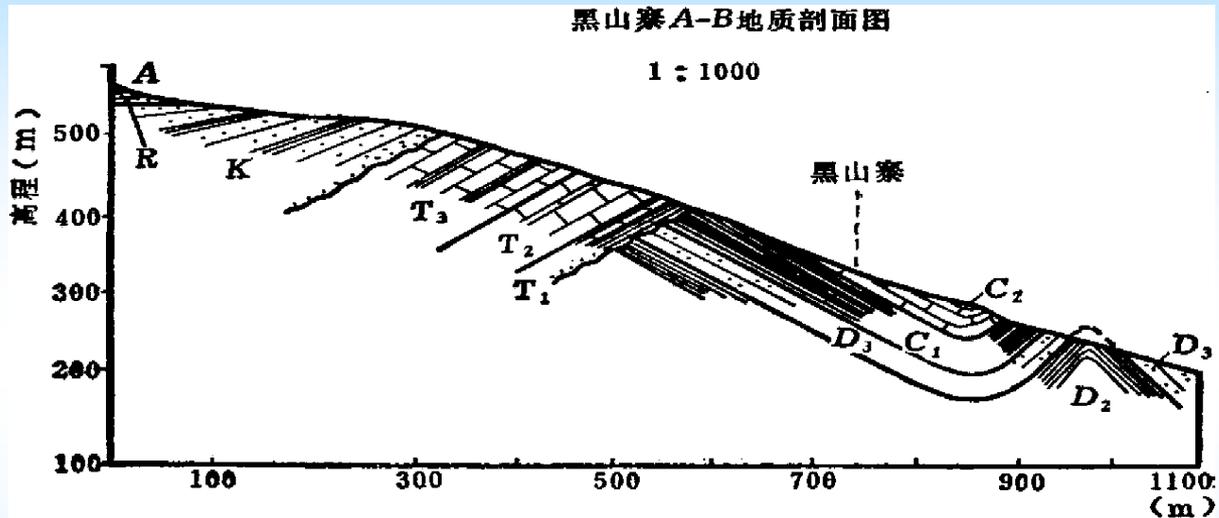
## ❖ 四、断层

❖ 桥梁基础应尽量避免断层修建。

❖ 隧道与线路也应尽量避免，否则尽量垂直穿越。



### 三、地质剖面图的制作



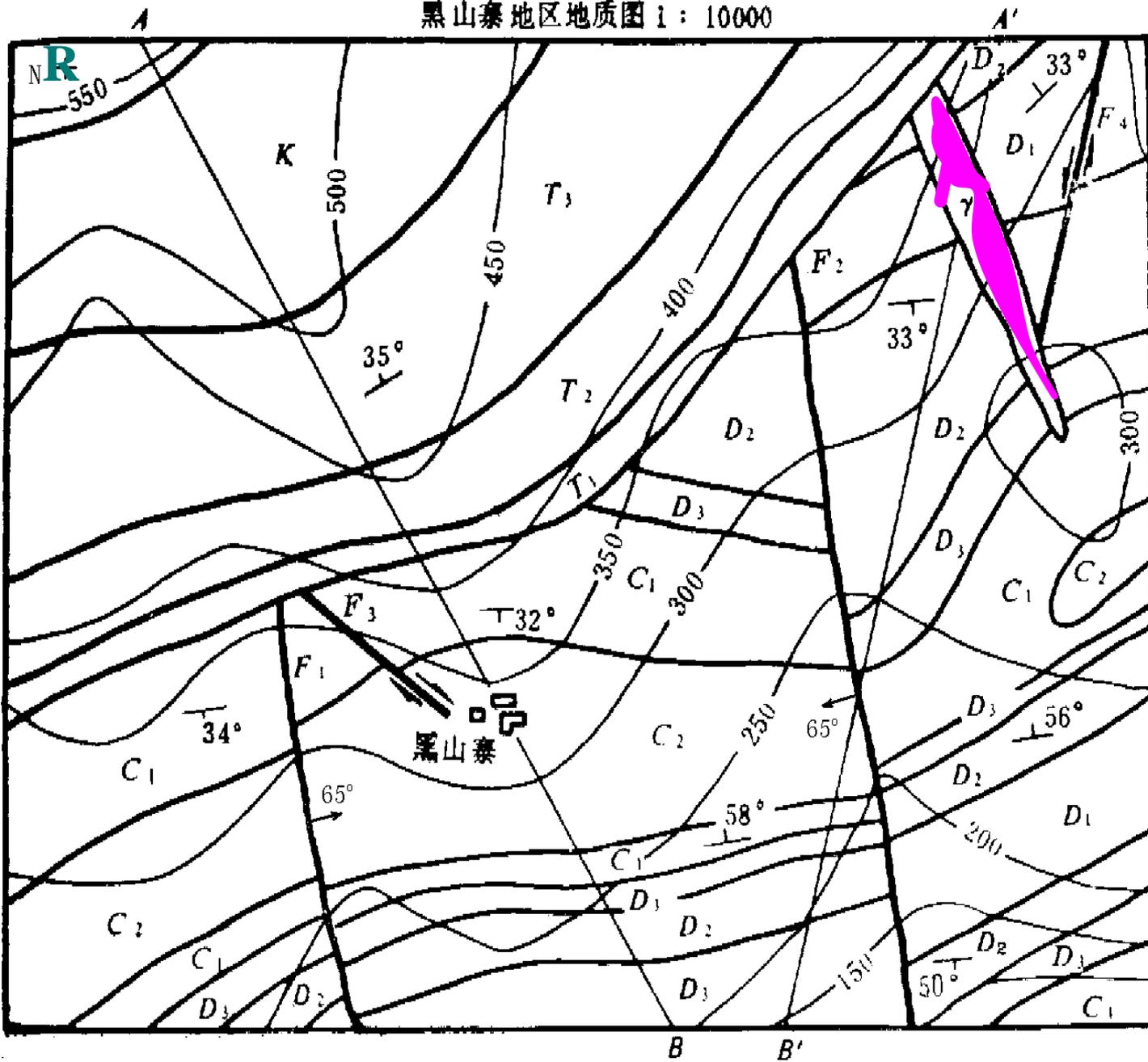
### 四、综合地层柱状图的制作

## 五、地质图的阅读

- ❖ (一) 阅读步骤:
- ❖ 1、图名、比例尺、方位：了解地理范围和精度；
- ❖ 2、地形地貌、水系；
- ❖ 3、图例；
- ❖ 4、地层、岩性、分布、接触关系；
- ❖ 5、地质构造的类型、分布与相互关系；
- ❖ 6、分析地史。

## (二) 阅读黑山寨地区地质图：

黑山寨地区地质图 1: 10000



图例

R	砂页岩互层	D <sub>3</sub>	页岩
K	钙质砂岩	D <sub>1</sub>	石灰岩
T <sub>3</sub>	泥灰岩	γ	花岗岩
T <sub>2</sub>	石灰岩		地层界线
T <sub>1</sub>	页岩		不整合
C <sub>2</sub>	石灰岩		断层
C <sub>1</sub>	页岩夹煤层		地形等高线
D <sub>3</sub>	石英砂岩		岩层产状

- ❖1、图中各个符号
- ❖2、地层及其接触关系：一个平行不整合，两个角度不整合，一个侵入接触及沉积接触
- ❖3 褶皱：一个直立背斜，一个倾斜向斜，一个倾斜背斜
- ❖4 断层：两条正断层组成地堑，两条小平移断层
- ❖5 地史：**D~C<sub>2</sub>**，地壳下降，接受沉积；  
**C<sub>3</sub>~P**，地壳发生强烈运动，本区上升遭受剥蚀，形成褶皱、断裂，并伴随岩浆侵入。  
**T<sub>1</sub>~T<sub>3</sub>**，地壳下降，接受沉积；  
**T<sub>3</sub>~J**，地壳上升，遭受剥蚀；  
**K<sub>1</sub>~K<sub>2</sub>**，地壳下降，接受沉积；  
**K<sub>2</sub>~E**，地壳上升，遭受剥蚀，并发生地壳运动，产生倾斜构造；  
**E**以后，地壳下降，接受沉积，地壳无剧烈运动。
- ❖以后，地壳下降，接受沉积，地壳无剧烈运动。