



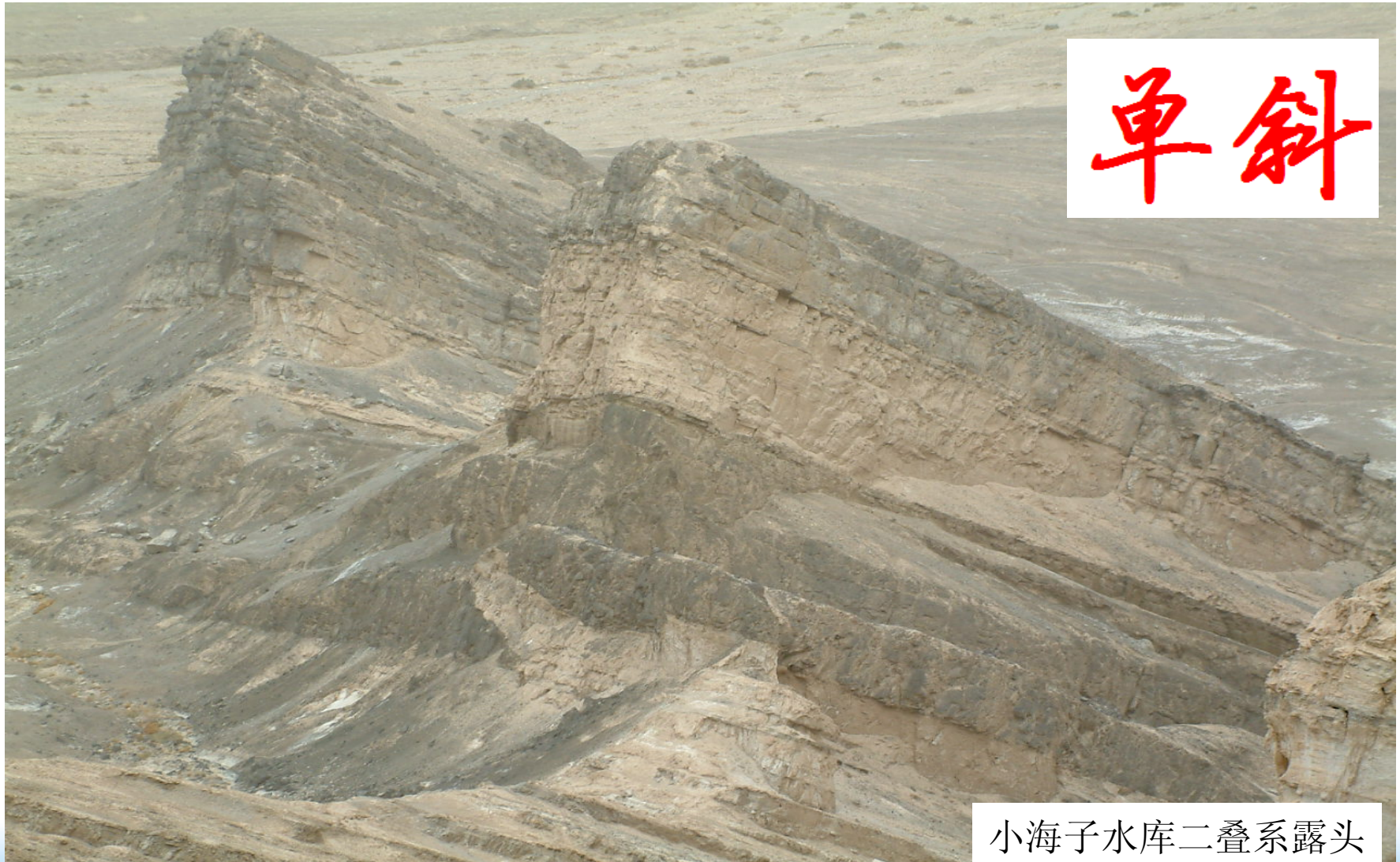
# 第四章 油气田地下构造

第一节 钻井构造研究

第二节 地震构造研究

第三节 地层倾角测井构造研究

第四节 平衡剖面构造研究

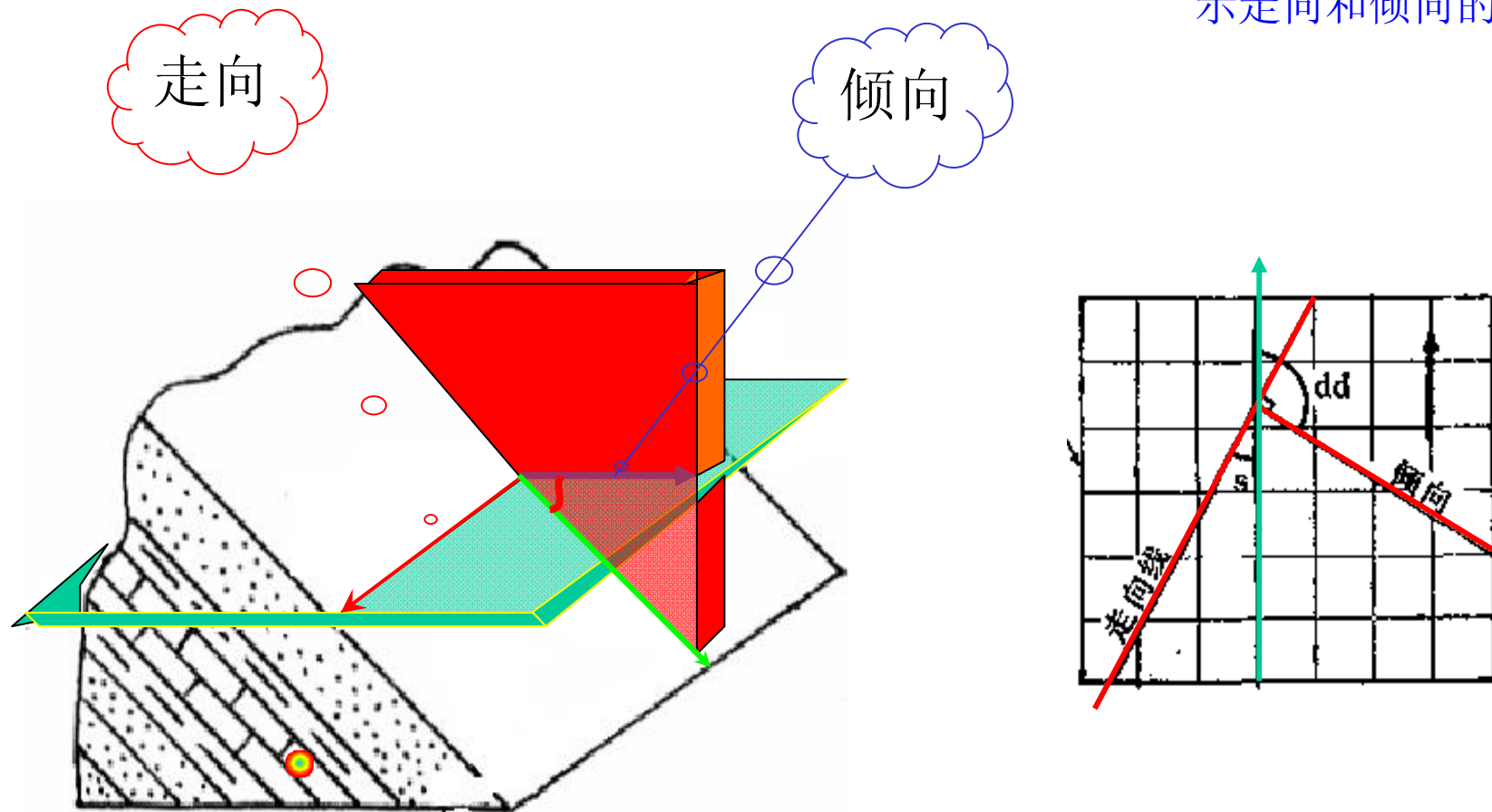


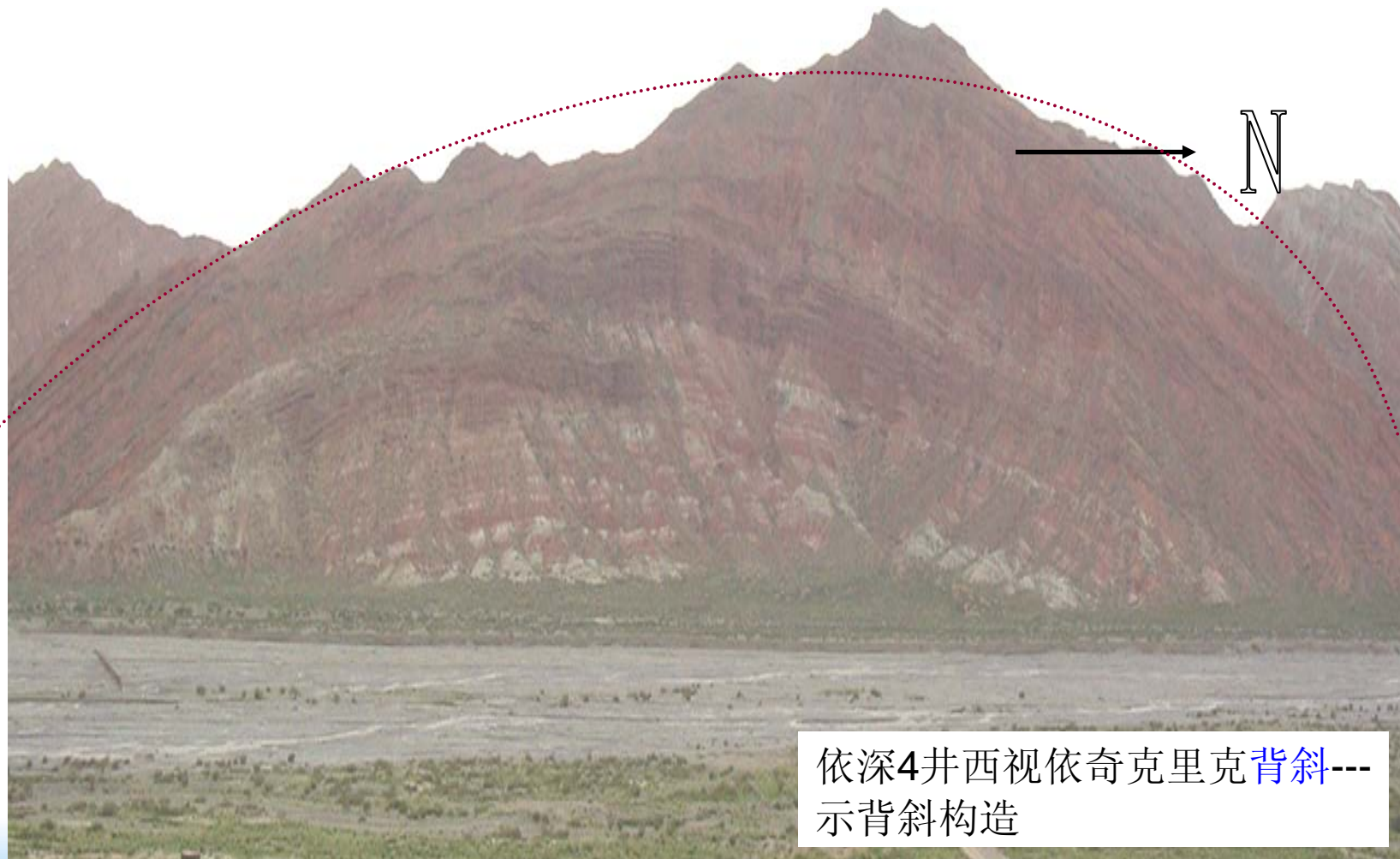
单斜

小海子水库二叠系露头

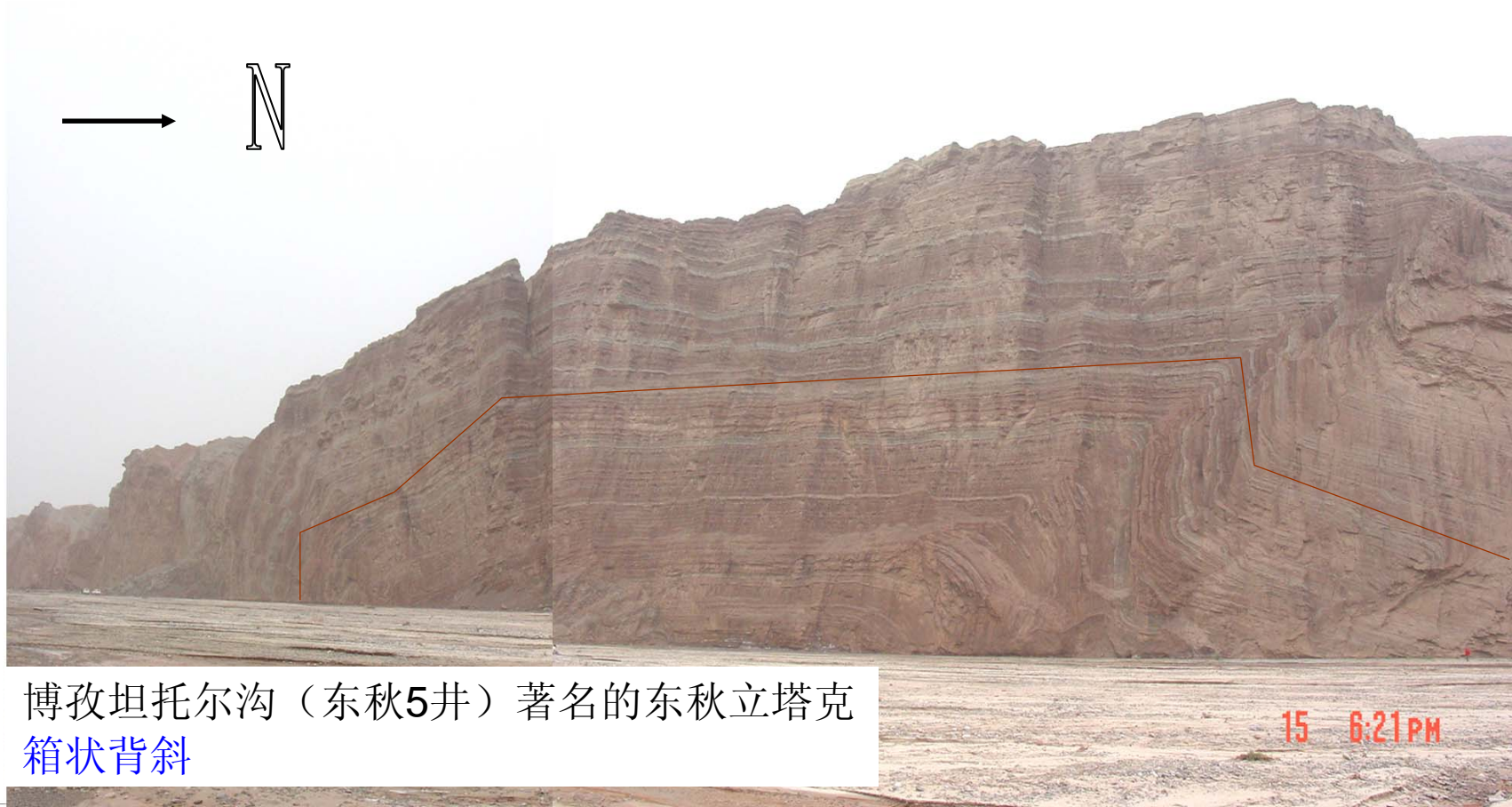


地层产状示意图---  
示走向和倾向的关系

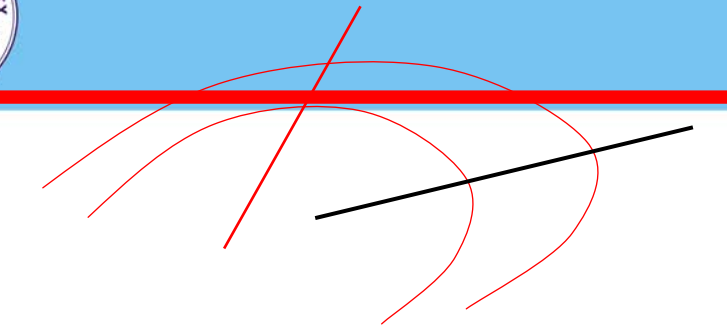




依深4井西视依奇克里克背斜---  
示背斜构造

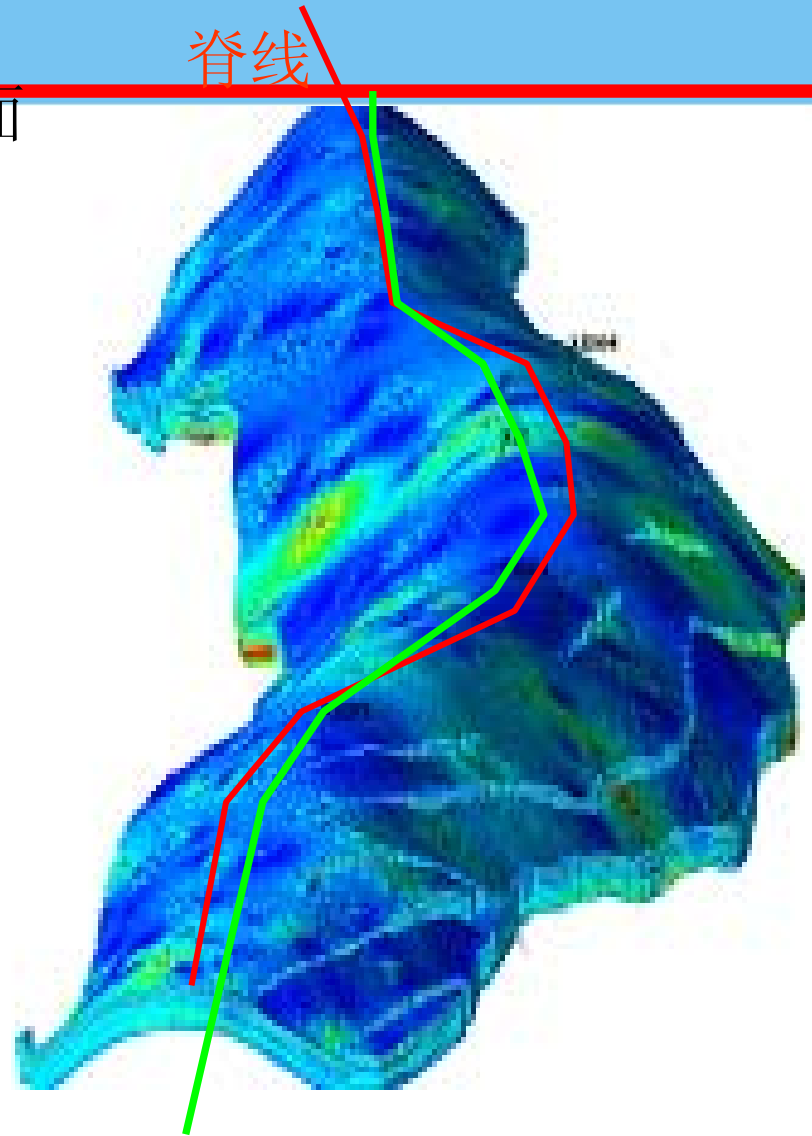
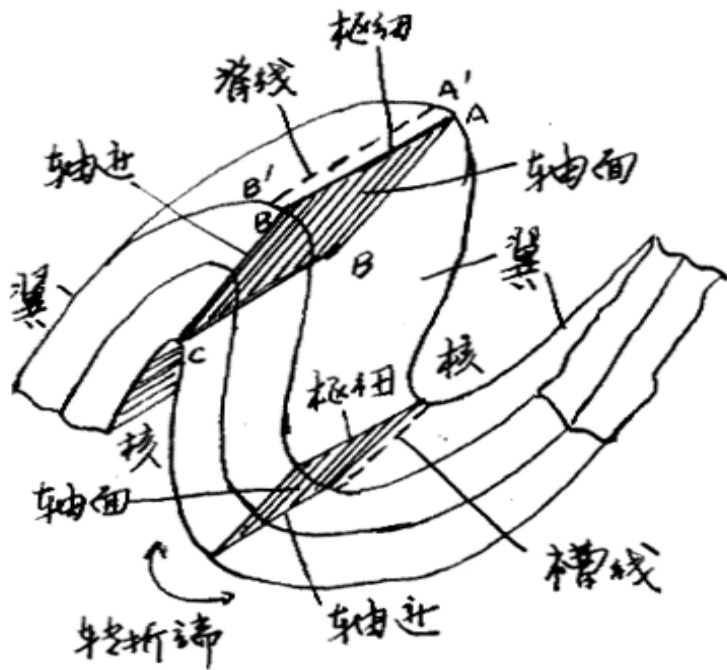


博孜坦托尔沟（东秋5井）著名的东秋立塔克箱状背斜

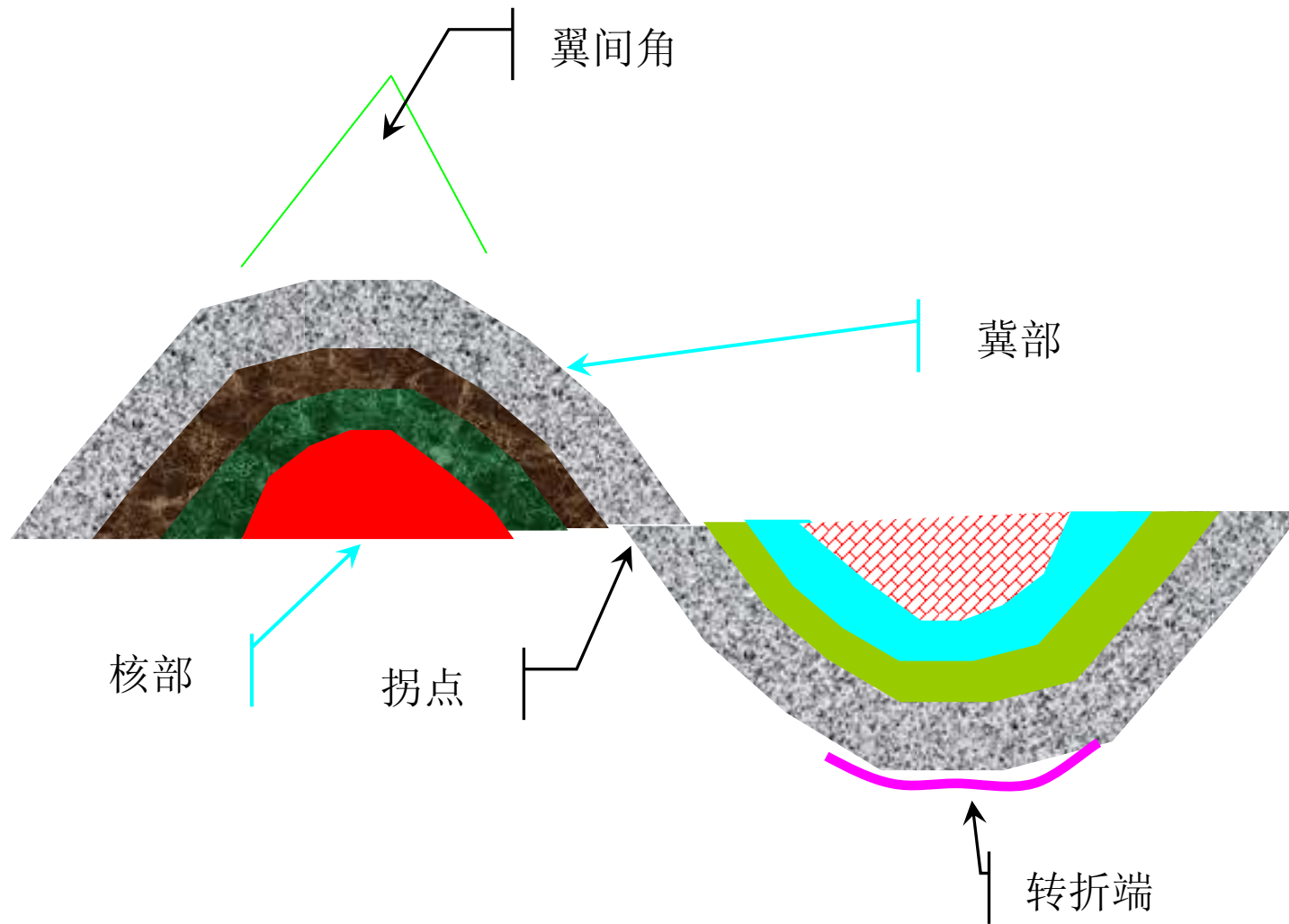


轴面

脊线



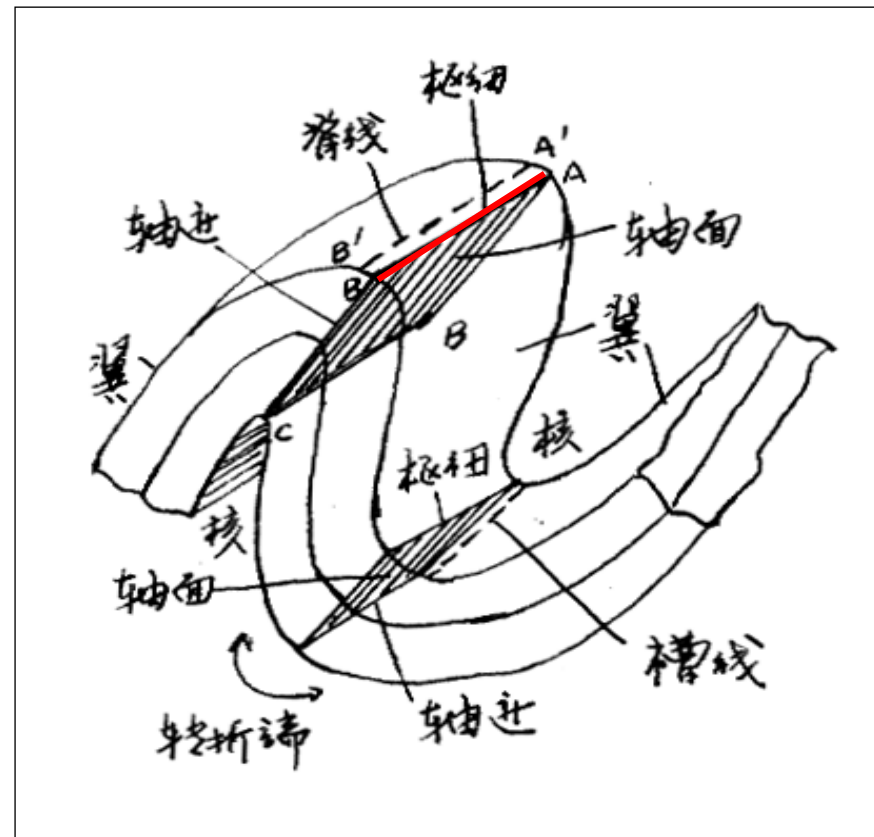
枢纽





# 褶皱产状示意图

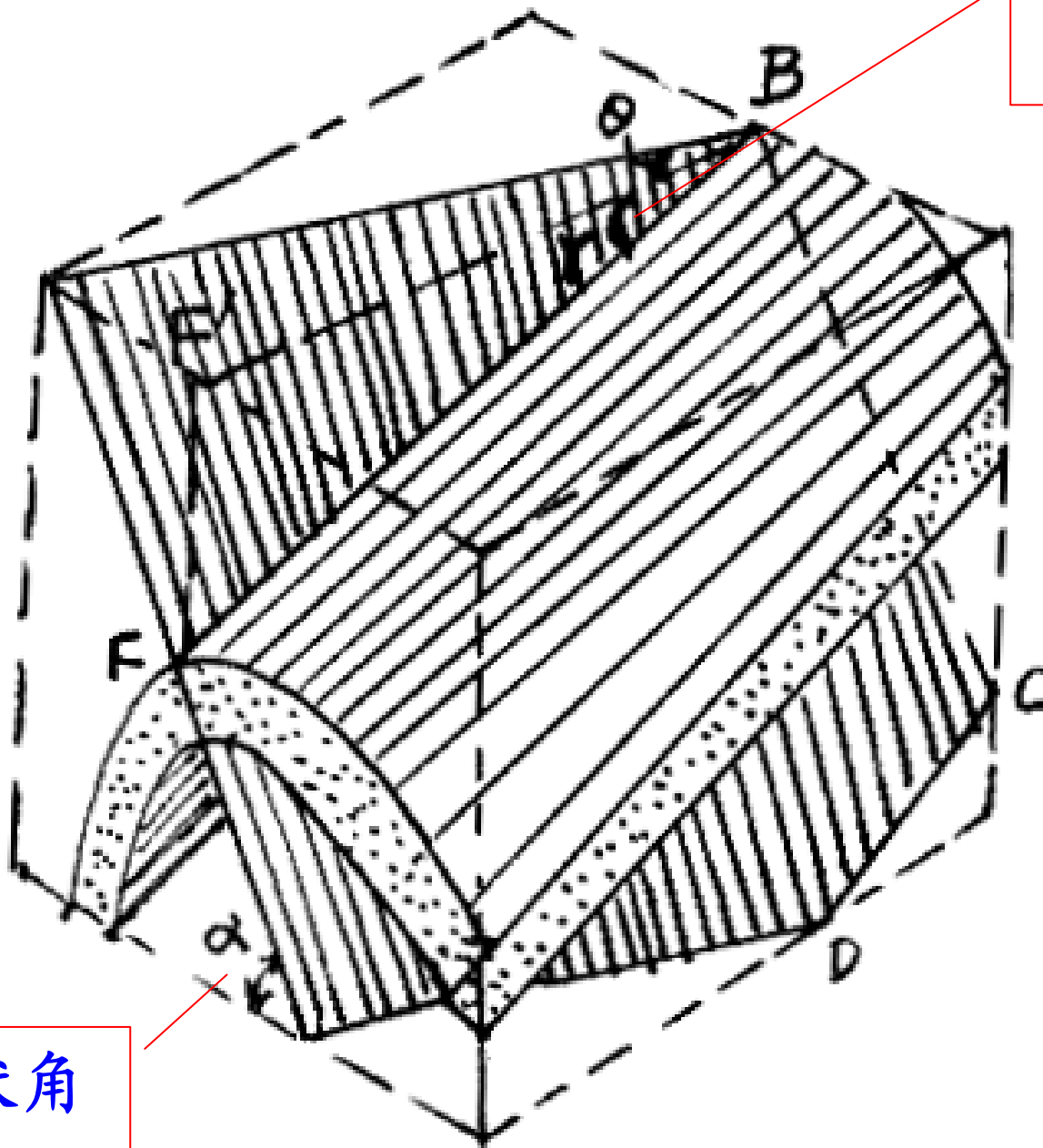
- ①褶皱枢纽（枢纽线）：同一褶曲面上最大弯曲点的连线。
- ②轴面（枢纽面）：连续褶曲中各层的枢纽线构成的面（曲面或平面都可以）。
- ③脊线：同一褶曲面上的最高点的连线。



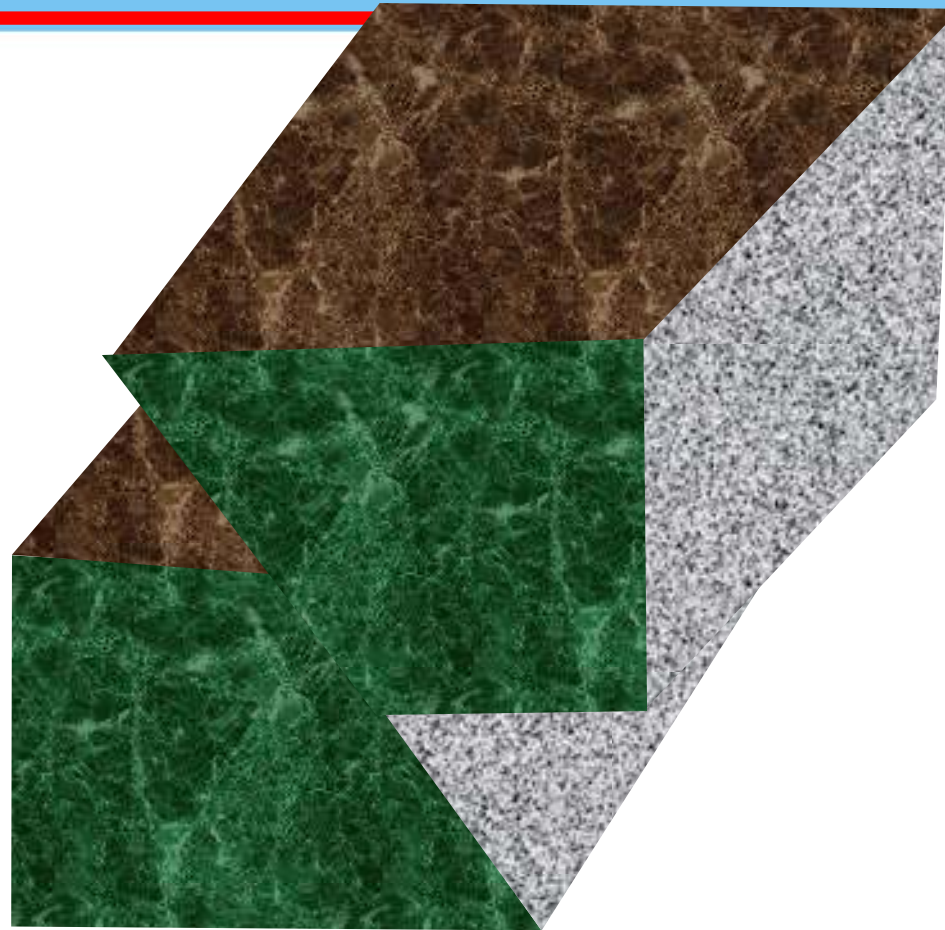


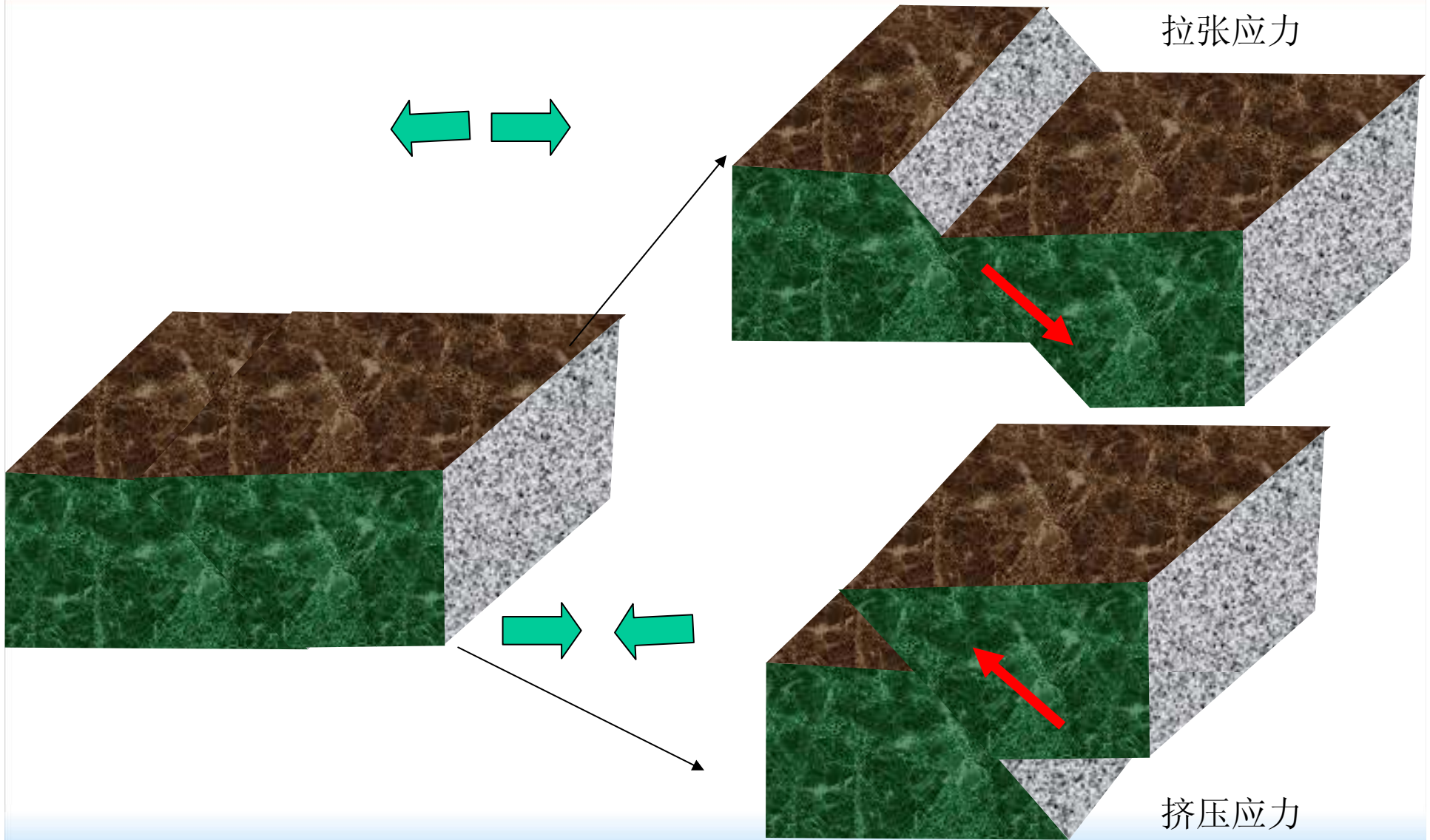


倾伏角



侧伏角







# 第一节 钻井构造研究

一

钻井断层识别

二

断点组合

三

油气田地质剖面图的编制

四

断层构造图编制

五

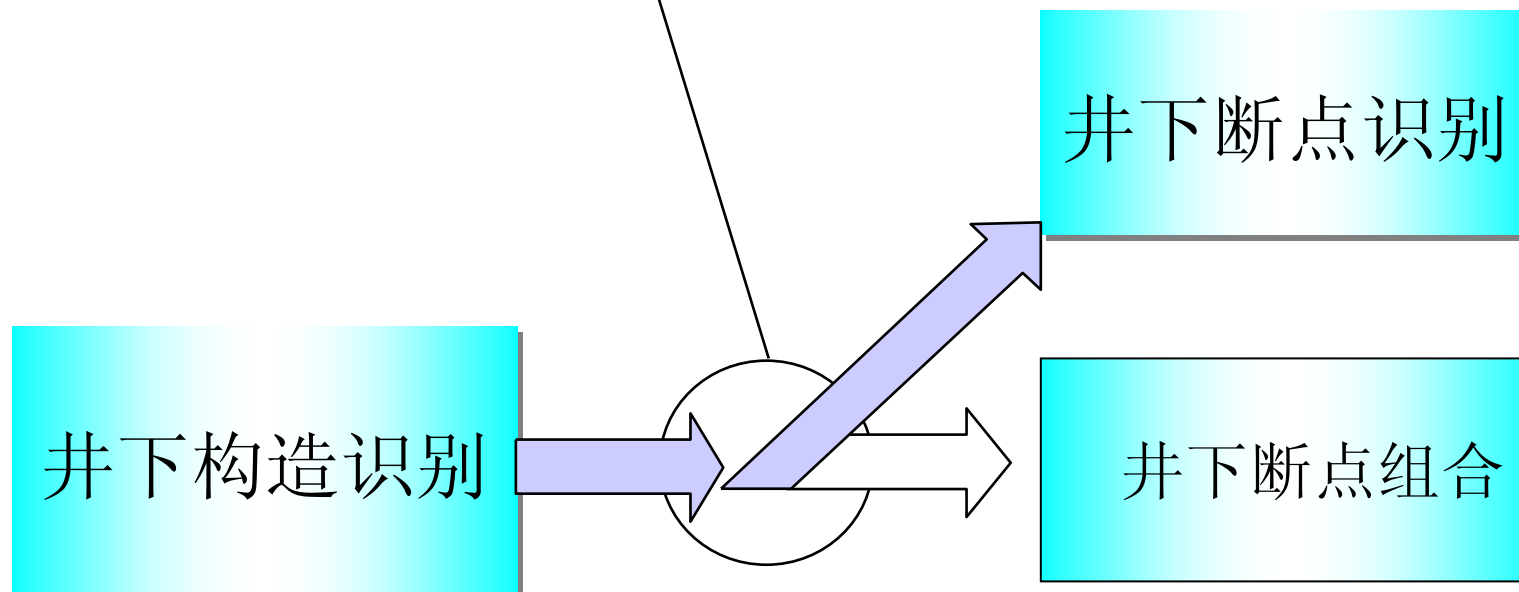
井位校正

六

油气田构造图的编制

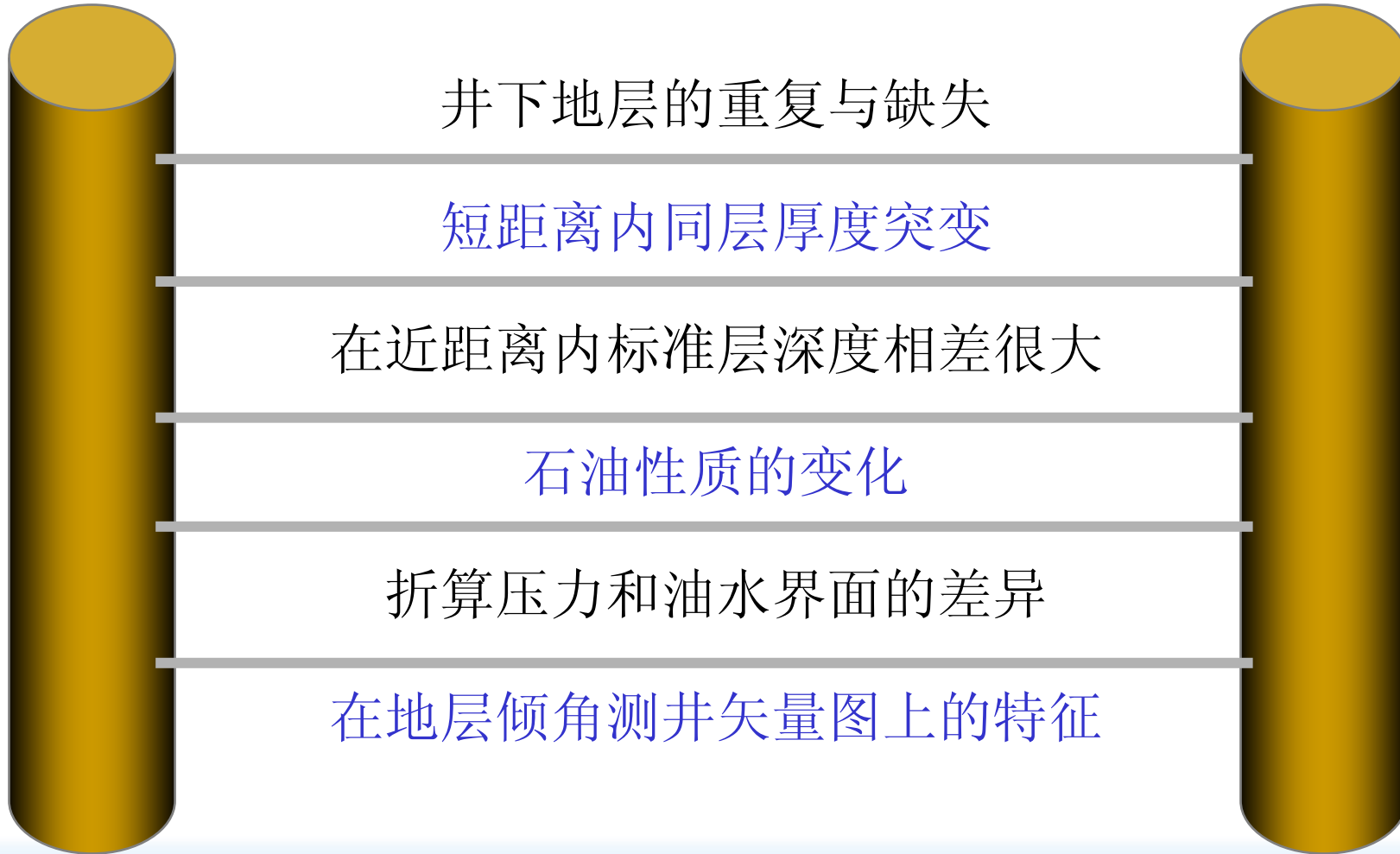


# 井下断层研究





# 一、井下断层识别标志



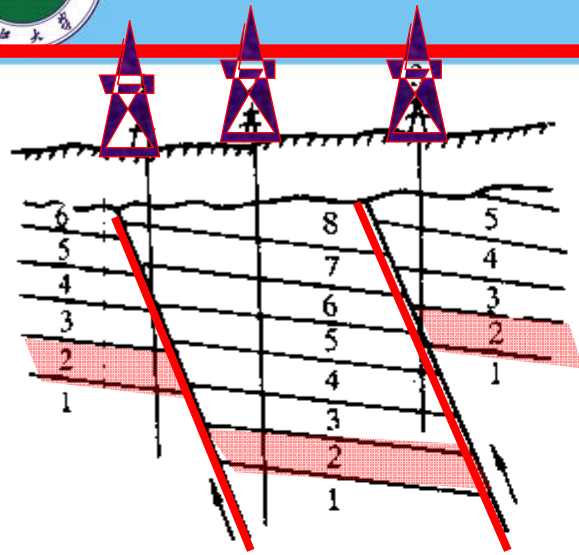


图 1.40a 断层造成井下地层  
缺失及重复示意图

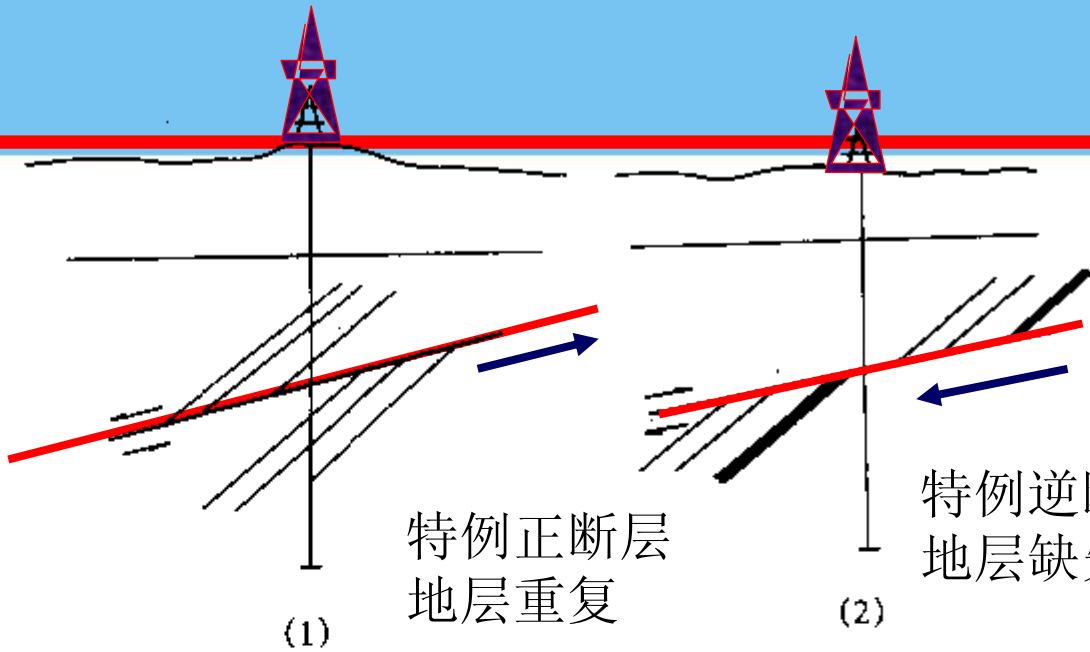
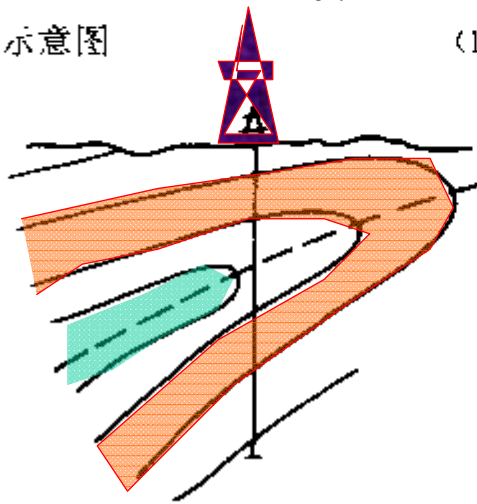
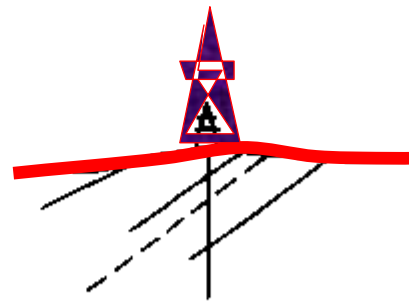


图 1.40b 走向断层倾角小于地层倾角时产生的地层重复与缺失  
(1) 正断层造成地层重复；(2) 逆断层造成地层缺失



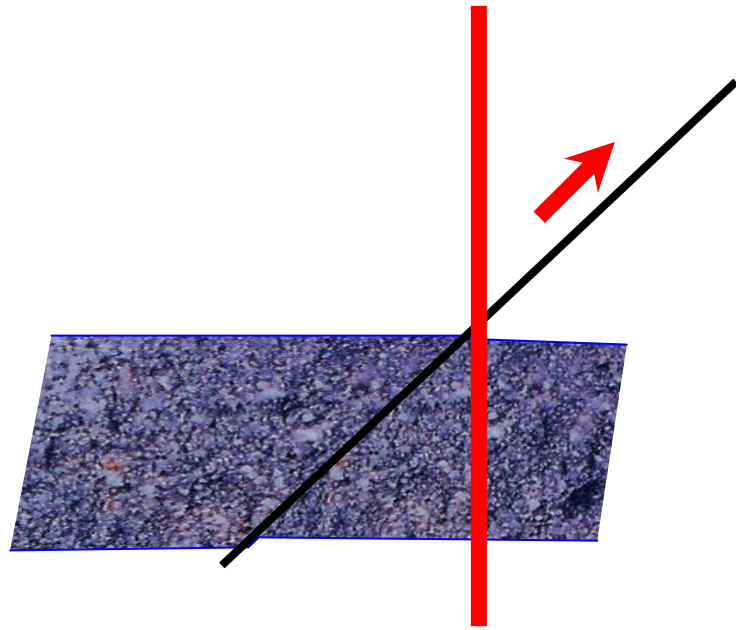
倒转背斜引起的地层重复



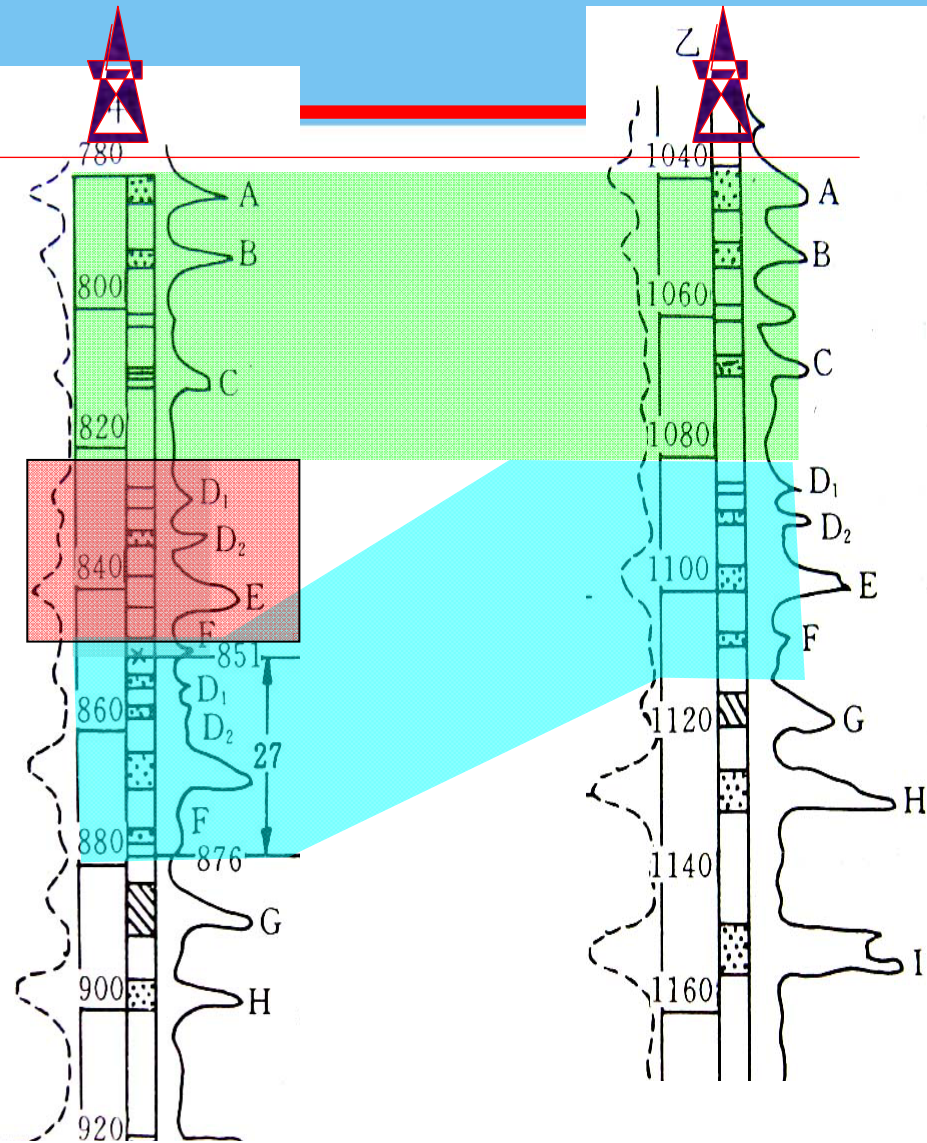
不整合造成的地层缺失



# 井下构造识别



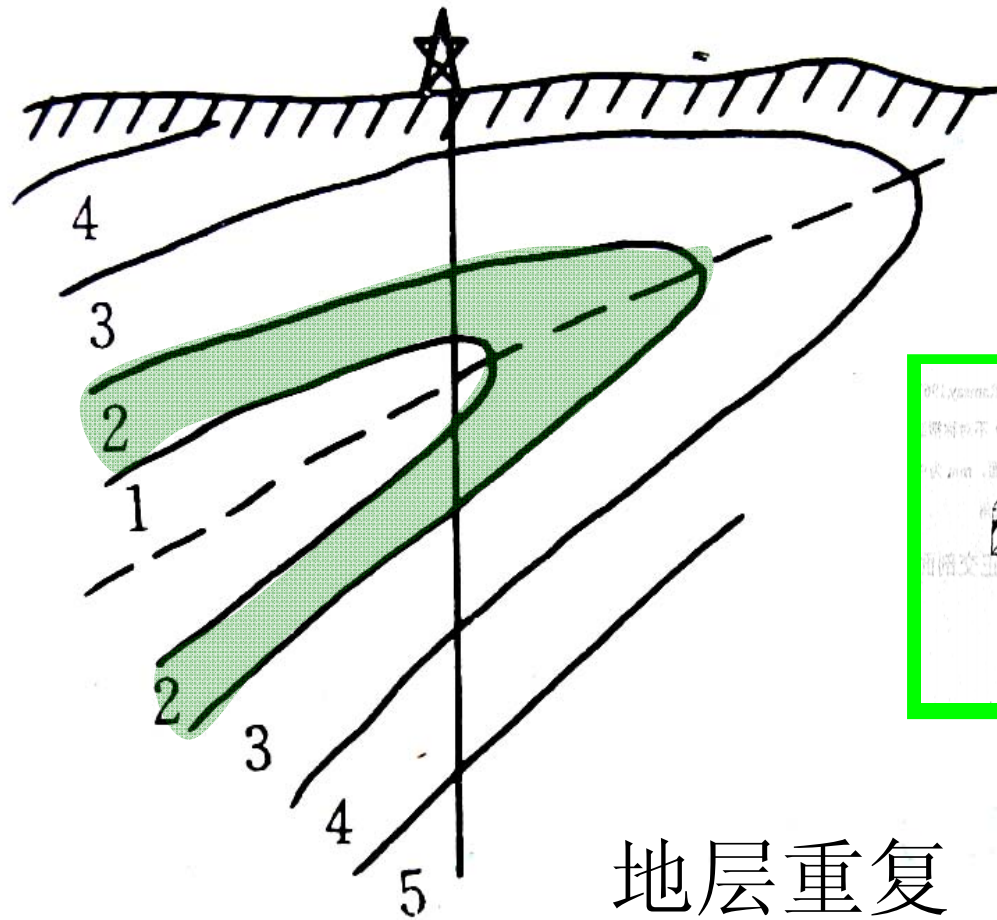
逆断层  
地层重复



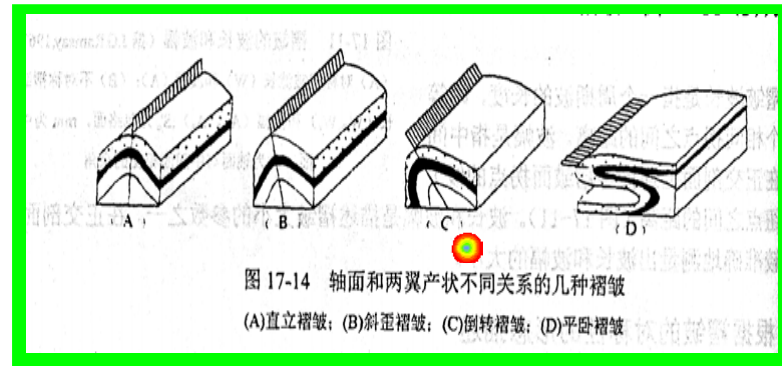




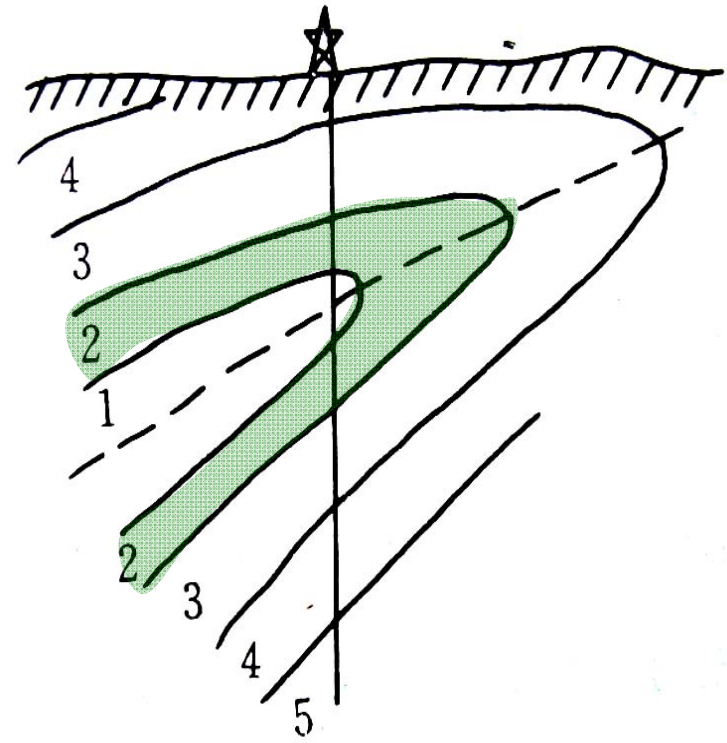
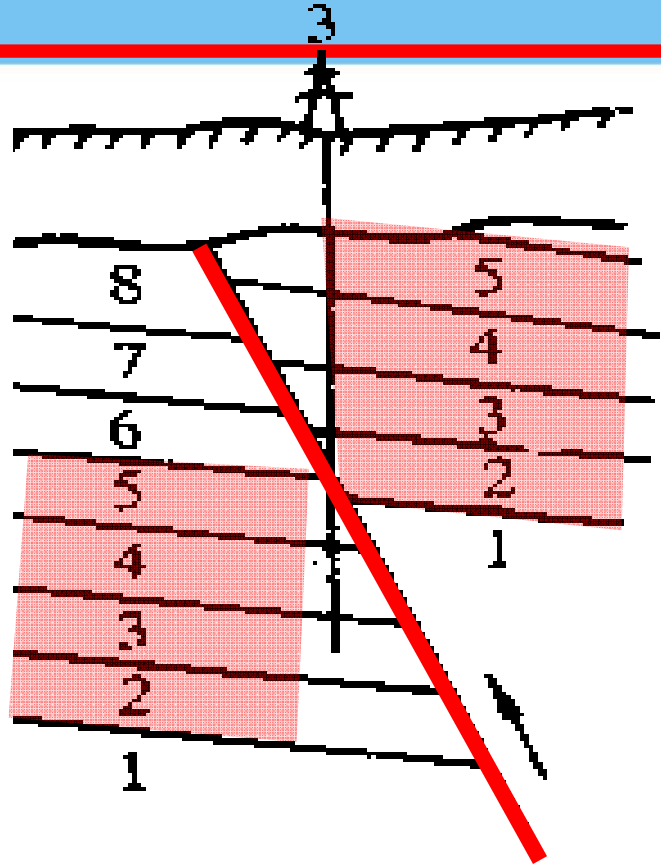
# 井下地层重复的另外的情况



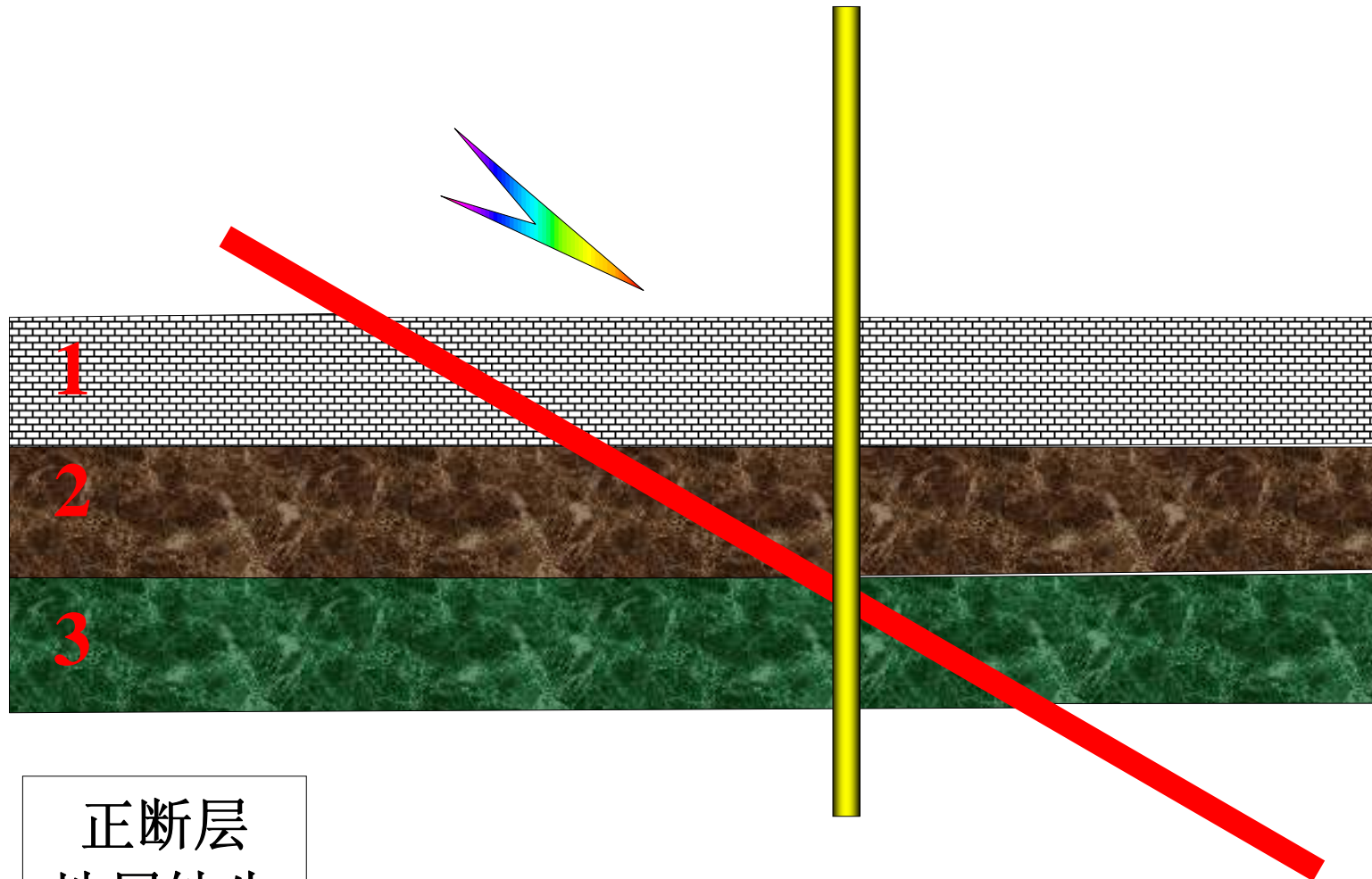
没有断层



地层重复



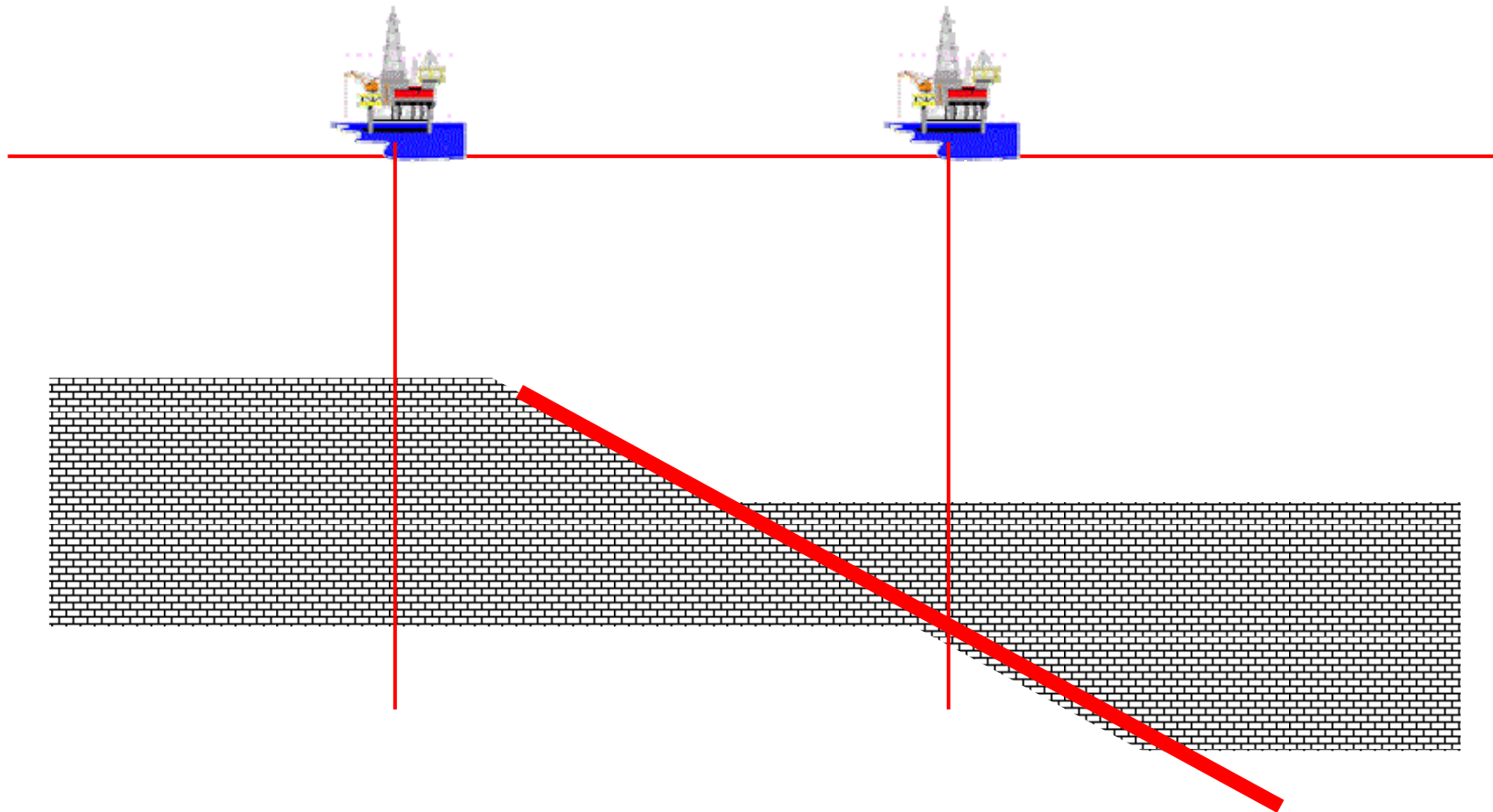
## 井下地层重复序列的不同情况



正断层  
地层缺失

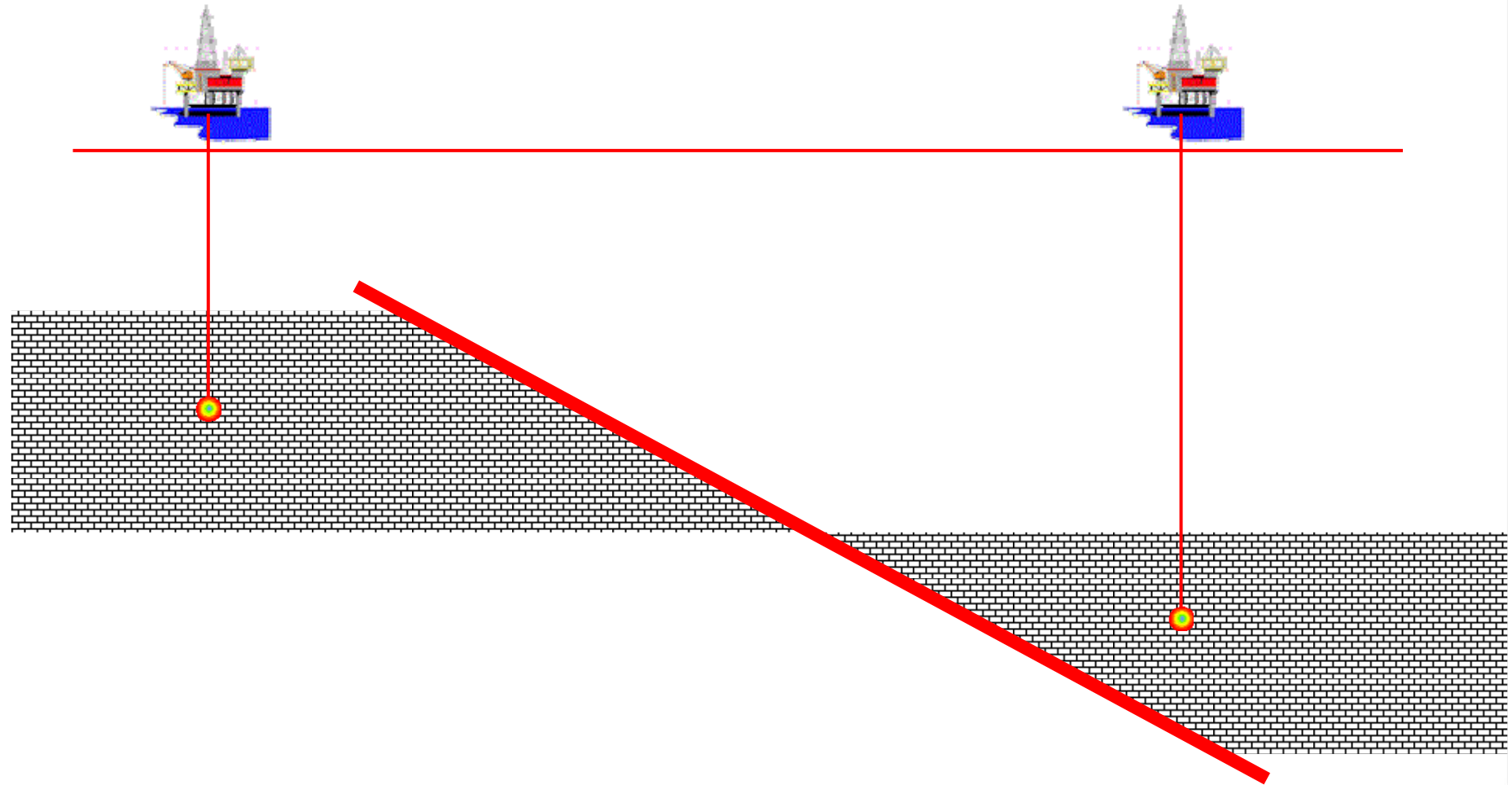


## 2) 在短距离内，同层厚度突变





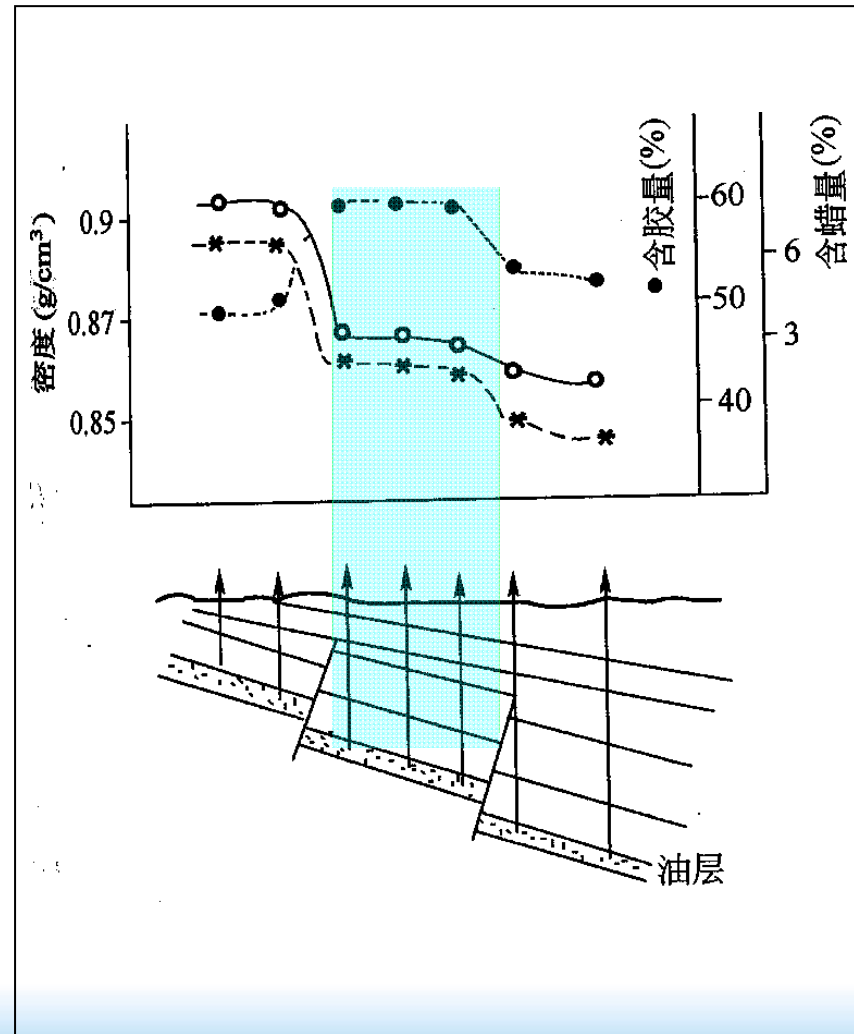
### 3) 在近距离内，标准层的海拔高程相差大





## 4) 石油性质变化

- 由于断层的切割，同一油层成为互不连通的断块。各断块中的油气是在不同地球化学条件下聚集并保存起来的，因而石油性质出现明显差异。





## 5) 折算压力和油水界面的差异

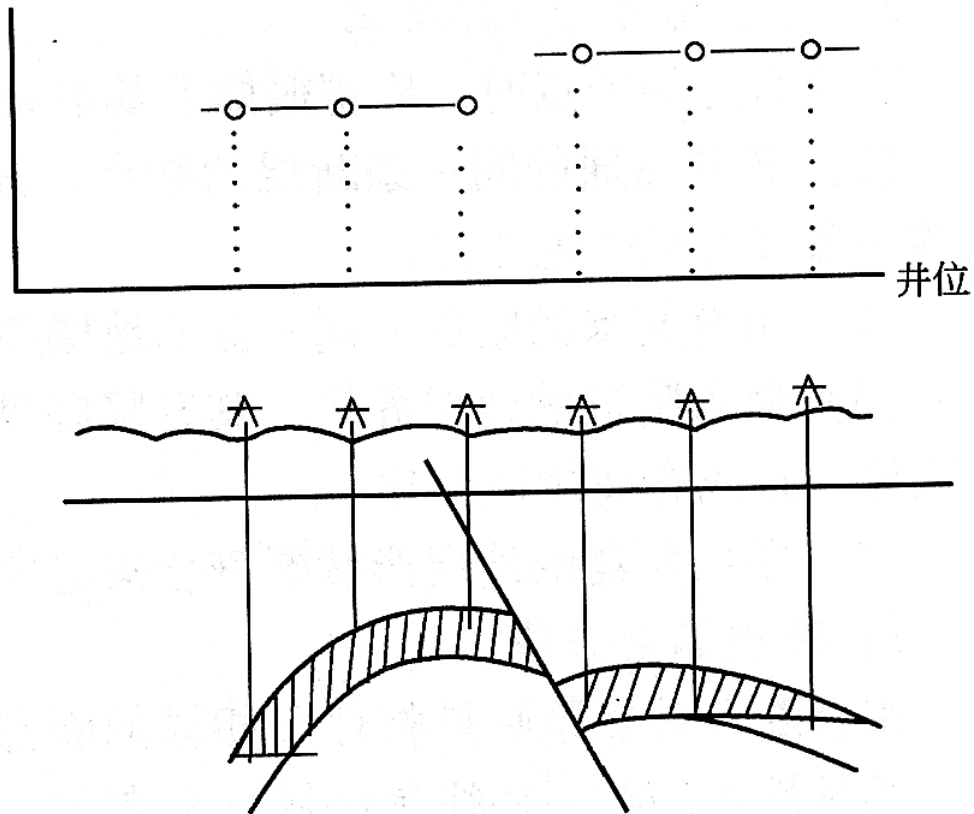


图 4-7 断层造成折算压力的差异

**折算压力：**为了消除构造因素的影响，将已测出的油层各点的实测压力值，按静液柱关系折算到同一基准面上的压力。位于同一压力系统的不同位置的油层，折算压力相同。



## 6) 在地层倾角测井矢量图上断层特征明显

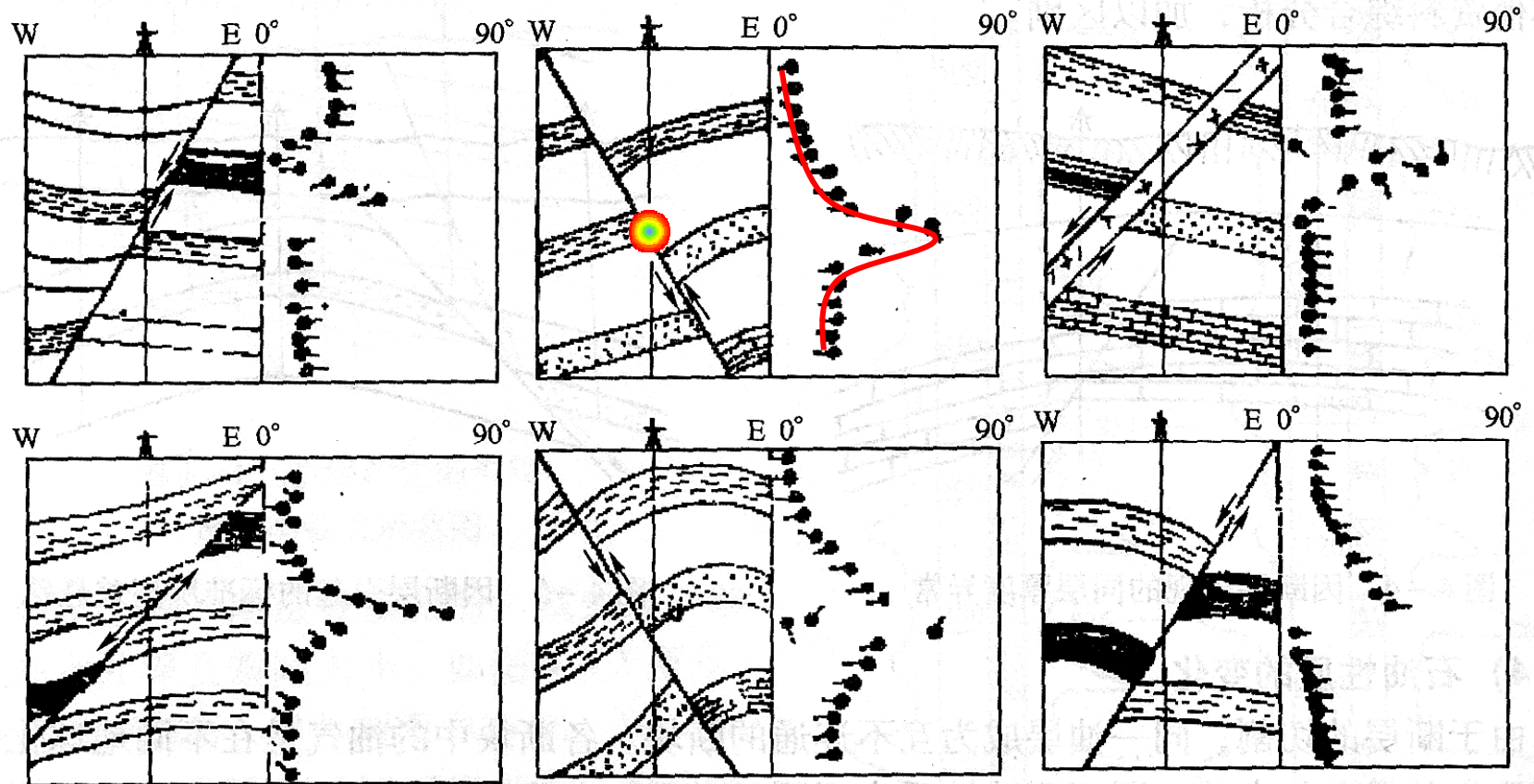
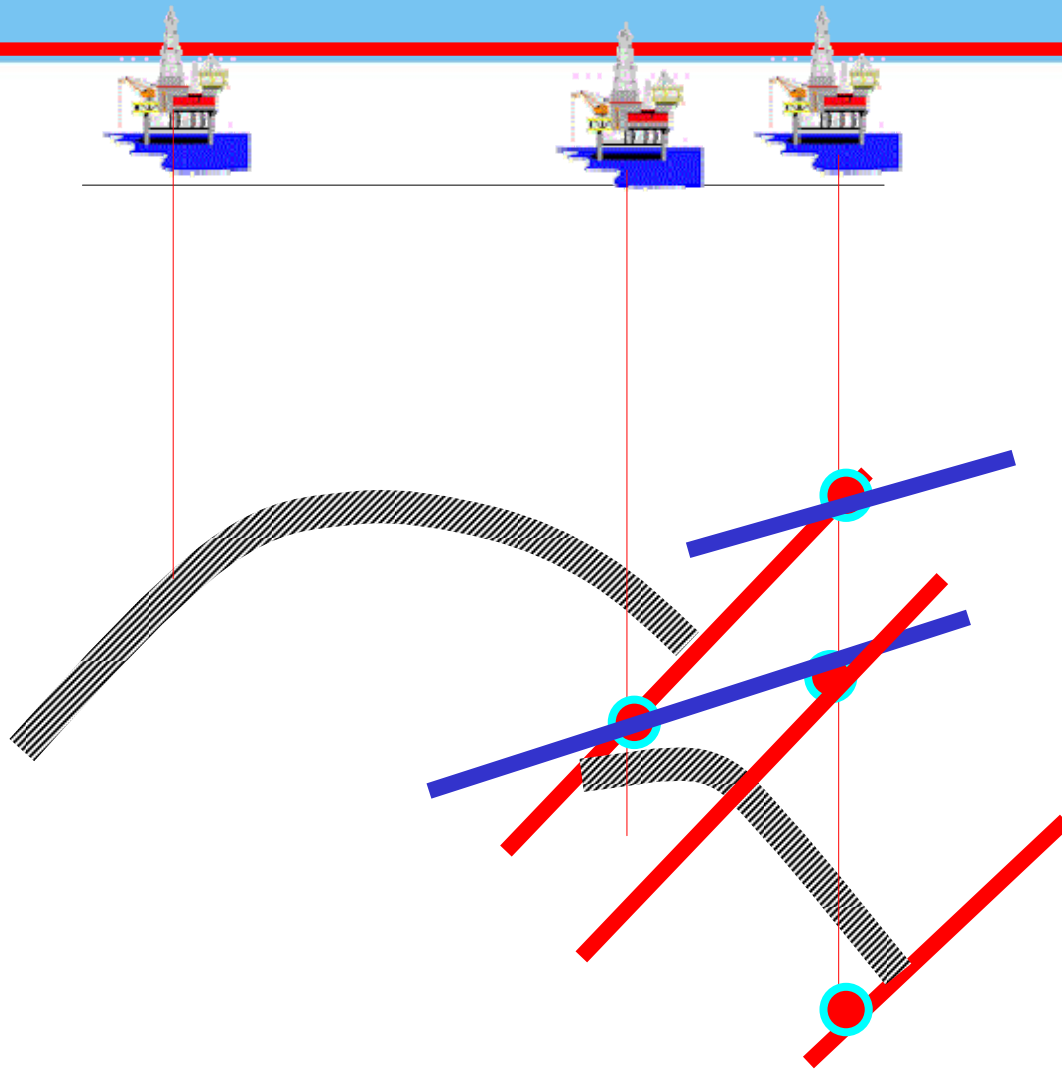


图 4-8 断层在倾角矢量图上的反映 (据 Schlumberger, 1970)







## 断点组合

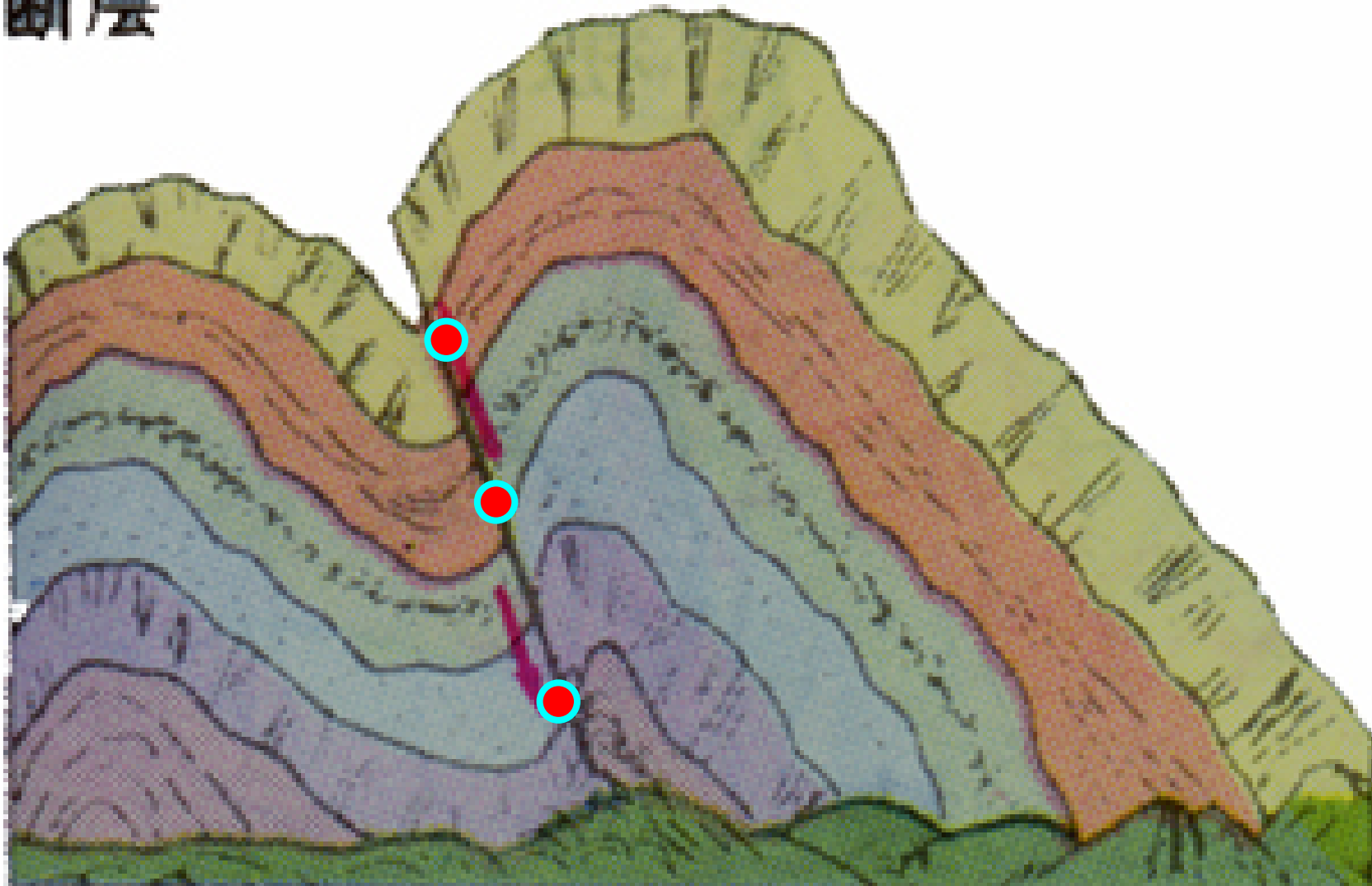


## 二、井下断点组合

- 在单井剖面上确定了断点，只能说明钻遇了断层，还不能确切掌握整条断层面特征。在多条断层地区，每口井都钻遇了几条断层，哪些断点属于同一条断层，几条断层之间的关系如何，这些都需要对断点进行研究。把属于同一条断层的各个断点联系起来，全面研究整条断层的特征，这项工作称为**断点组合**。



# 断层





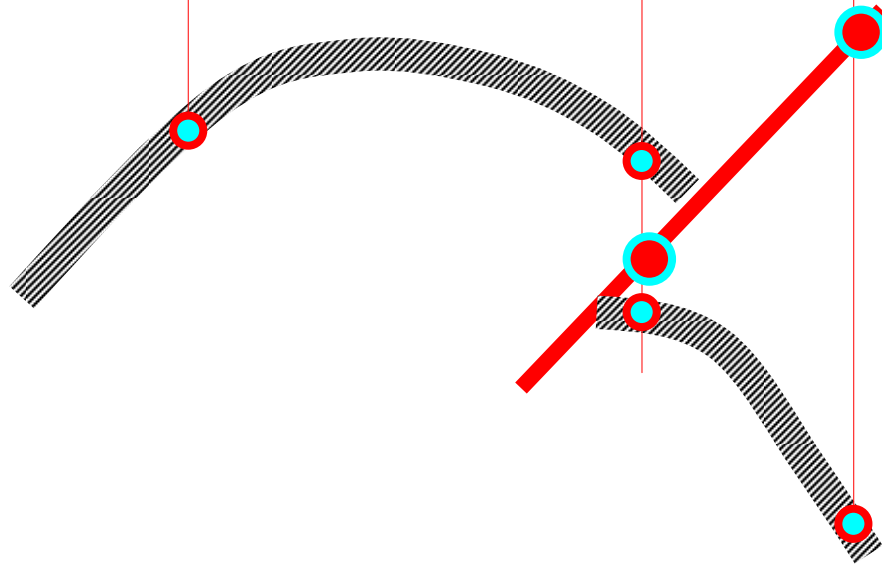
- ①各井钻遇的同一条断层的断点，其断层性质应该一致，断层面产状和铅直断距应大体一致或有规律地变化；
- ②组合起来的断层，同一盘的地层厚度不能出现突然变化；
- ③断点附近的地层界线，其升降幅度与铅直断距要基本符合，各井钻遇的断缺层位应大体一致或有规律地变化；
- ④断层两盘的地层产状要符合构造变化的总趋势。



# 断点组合方法

## (1)作构造剖面图组合断点

- 断裂切割作用把一个完整构造分割成许多断块。在每个断块内(即断层面的一侧), 同一地层界面的高低关系有明显不同, 地层厚度也可能突变。因此应用各井的分层数据、断点资料做构造剖面图, 分析各个地层界面的高低关系和厚度变化情况, 一般能够把同一条断层的各个断点组合起来。



钻遇同一层的  
深度不同

钻遇断层深  
度的也不同

构造恢复和  
断点组合

分析各个地层界面的高低关系和厚度变化情况



## (2)作断层面等值线图组合断点

- 可以表现一条断层的倾向、倾角、走向、断距及分布范围。不同的断层，其断层面等值线的变化趋势则是不同的。先在远离复杂区的单断点区编制断层面等值线图，获得该断层的基本要素后，再由已知的走向、倾向、倾角、落差等，逐渐向复杂区延伸，把多断点区分开，进而做出各条断层的断层面等值线图。

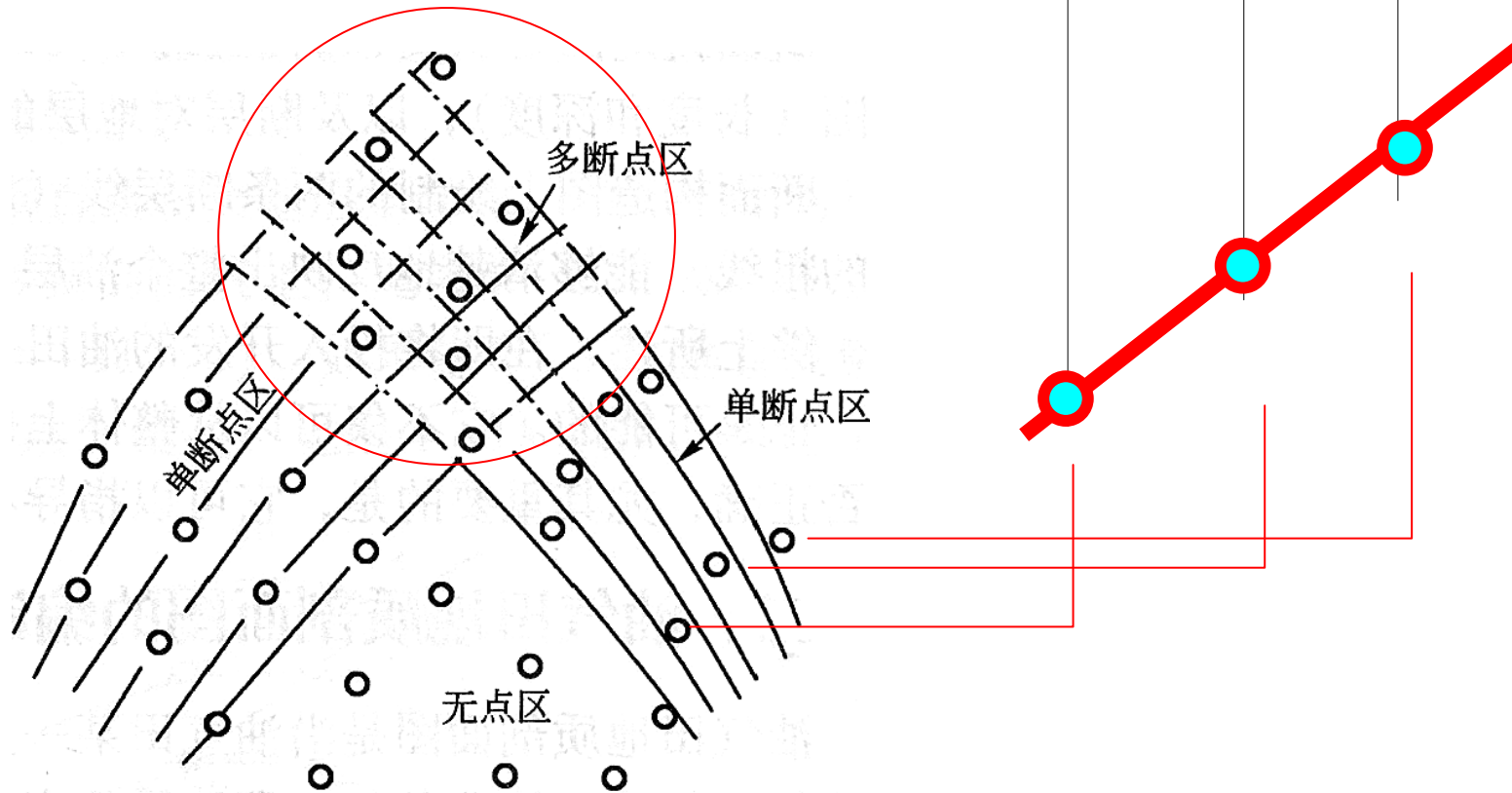


图 4-9 利用断层面等值线图组合断点





### (3) 综合分析

- 在地下构造复杂的地区，井下断点多，断点组合往往具多解性，需要综合分析各项资料，互相验证，选出较合理的断点组合方案。
- 首先，断层面等值线图、构造剖面图和构造草图要互相验证，同时参考地震资料所提供的区域构造特征和分布模式，若有矛盾，查明原因，调整断点组合方案，直到前述各项原则与各种构造图件互相吻合为止。
- 只要有条件，应尽量利用地层流体性质、油气水分布关系和压力恢复曲线特征来验证所组合成的断层。



# 三、油气田地质剖面图的编制

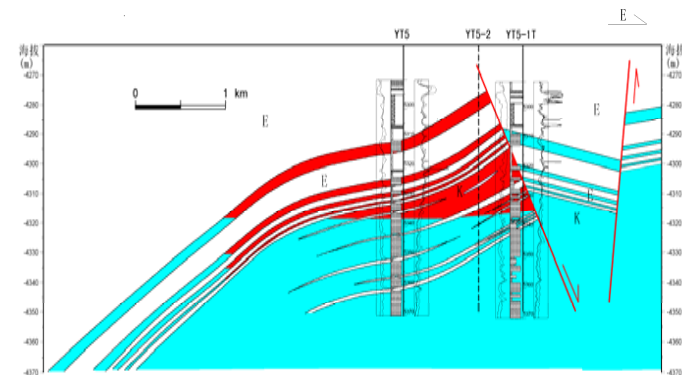
## 流程

- 1、资料准备
- 2、剖面位置选择
- 3、剖面绘制方法
- 4、井位校正
- 5、井斜校正



## 实例

羊塔5油田过YT5~YT5-1T井油藏剖面示意图





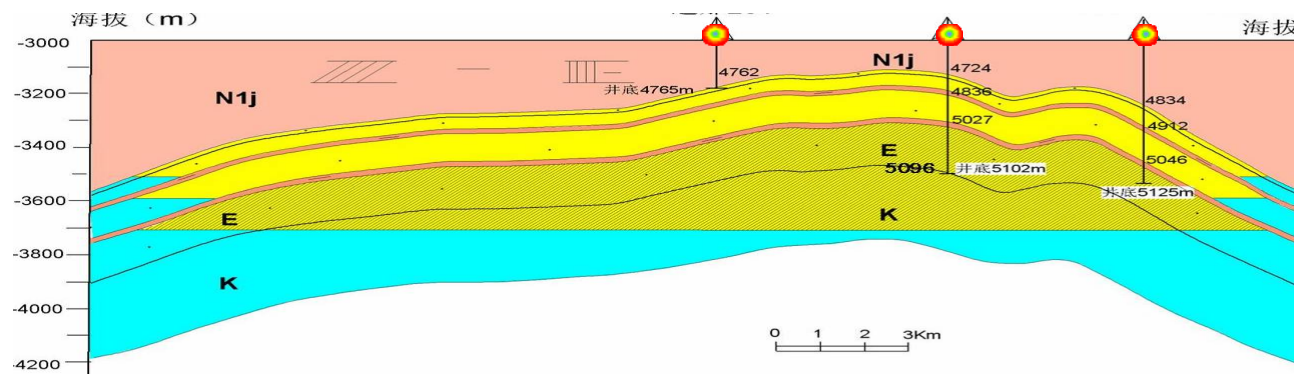
# 1、资料准备

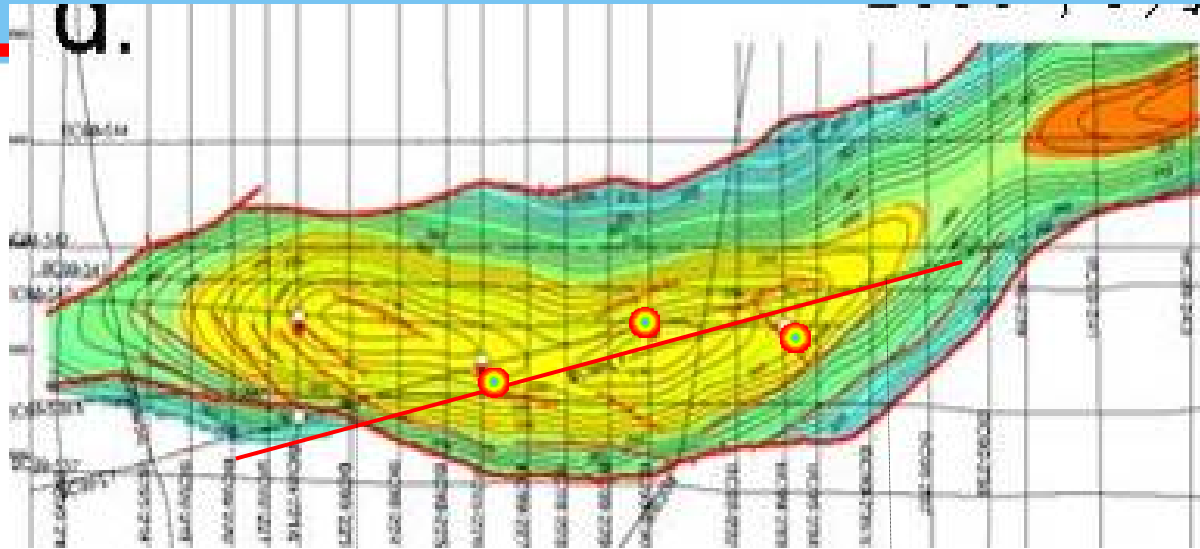
- 1) 井位图
- 2) 井口海拔数据
- 3) 各井分层数据、岩性、接触关系等
- 4) 各井含油、气井段数据
- 5) 各井断层数据（断点位置、断层落差位）



## 2、剖面位置选择

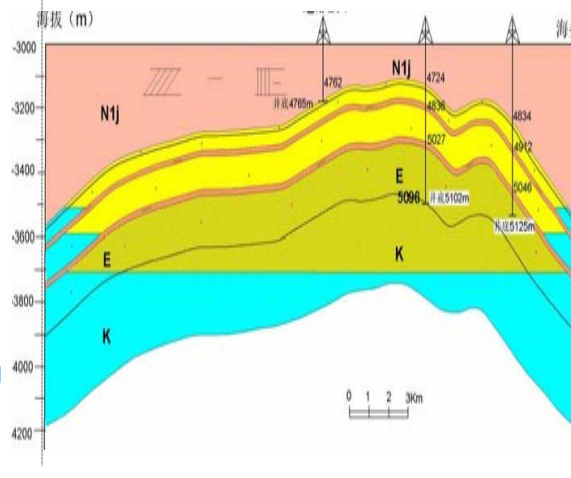
- 1) 剖面线应尽量垂直或平行于地层走向。
- 2) 应尽可能穿过更多的井，便于提高剖面的可靠程度。
- 3) 尽量均匀地分布于油田构造上，便于全面了解地下构造特征。





### 剖面位置选择

- 1) 剖面线应尽量垂直或平行于地层走向。
- 2) 应尽可能穿过更多的井，便于提高剖面的可靠程度。
- 3) 尽量均匀地分布于油田构造上，便于全面了解地下构造特征。



### 剖面位置选择

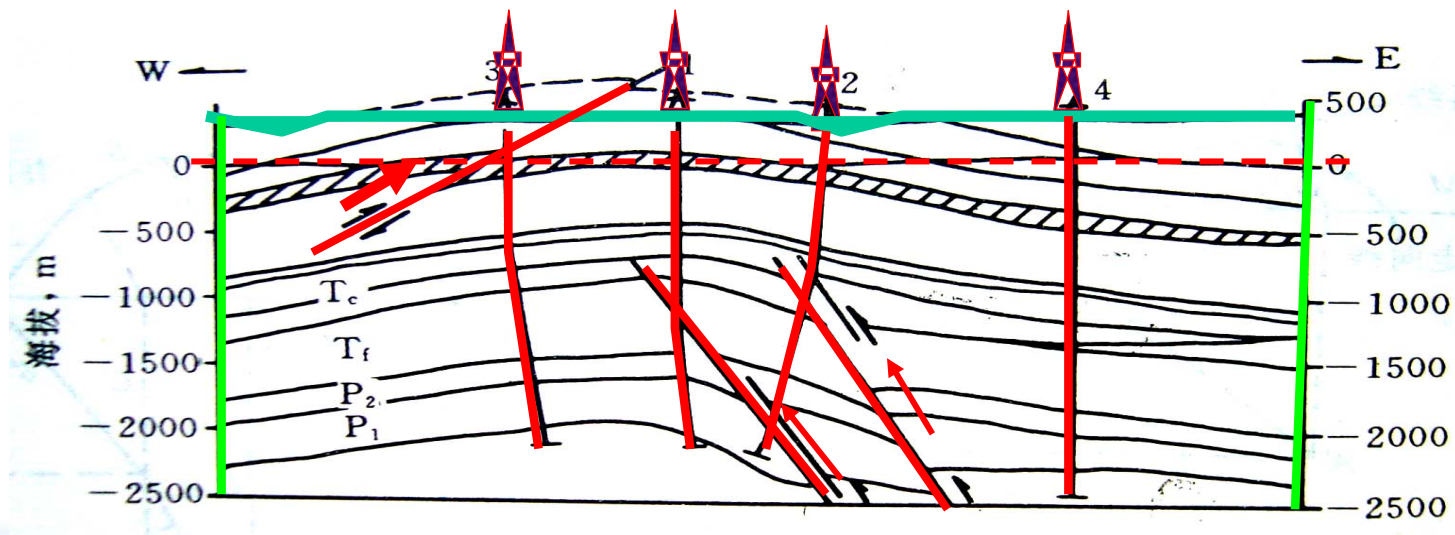
- 1) 剖面线应尽量垂直或平行于地层走向。
- 2) 应尽可能穿过更多的井，便于提高剖面的可靠程度。
- 3) 尽量均匀地分布于油田构造上，便于全面了解地下构造特征。



# 3、剖面绘制方法

- ✓井底位置要校正
- ✓井位移动后要校正
- ✓井斜要校正

- 1) 画剖面线，标出海拔零线
- 2) 标井口位置，根据地形高程画地形线
- 3) 根据井斜资料，画校正后的井身线；并标上地层界线、标准层、断点等
- 4) 将各井相同层的顶、底界线连成平滑的线，把同一断层点连成断层线
- 5) 注明图件要素（图名、比例尺、剖面方向、制图日期、制图单位、制图人





## 四、断面构造图编制

- 断面构造图又称断层面等高线图，它是以等高线表示断层面起伏形态的图件。编制断层构造图的原始资料是各井属同一断层的断点的标高和井位图。作图一般用三角网法，有时也用剖面法。**断面构造图**与油层构造等值线图**重叠**，把相同数值的等高线的交点连接起来，即得到构造图上断层线的位置。





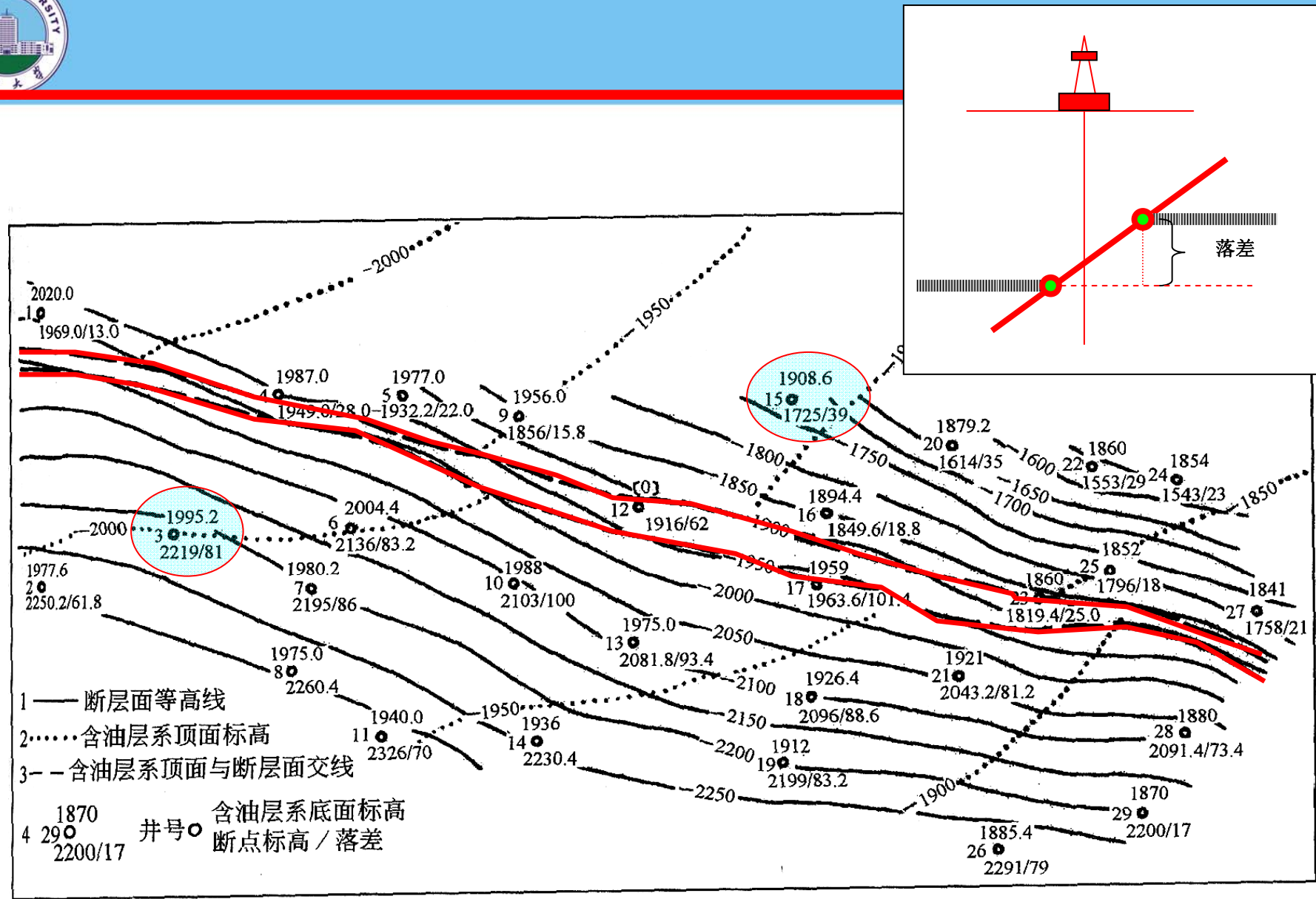
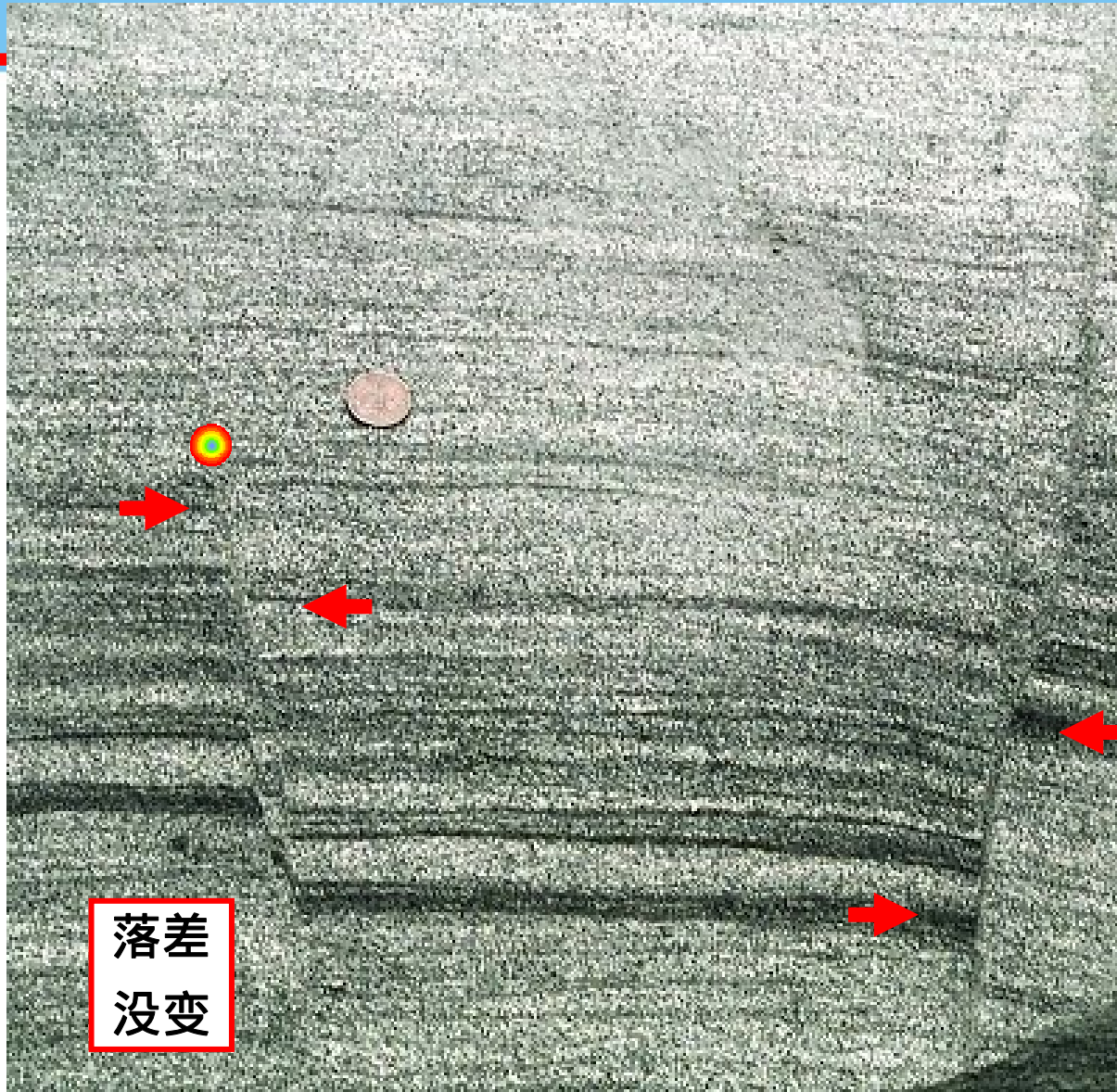


图 4 - 10 编制断层面图及确定含油层顶、底面与断层面交线示例

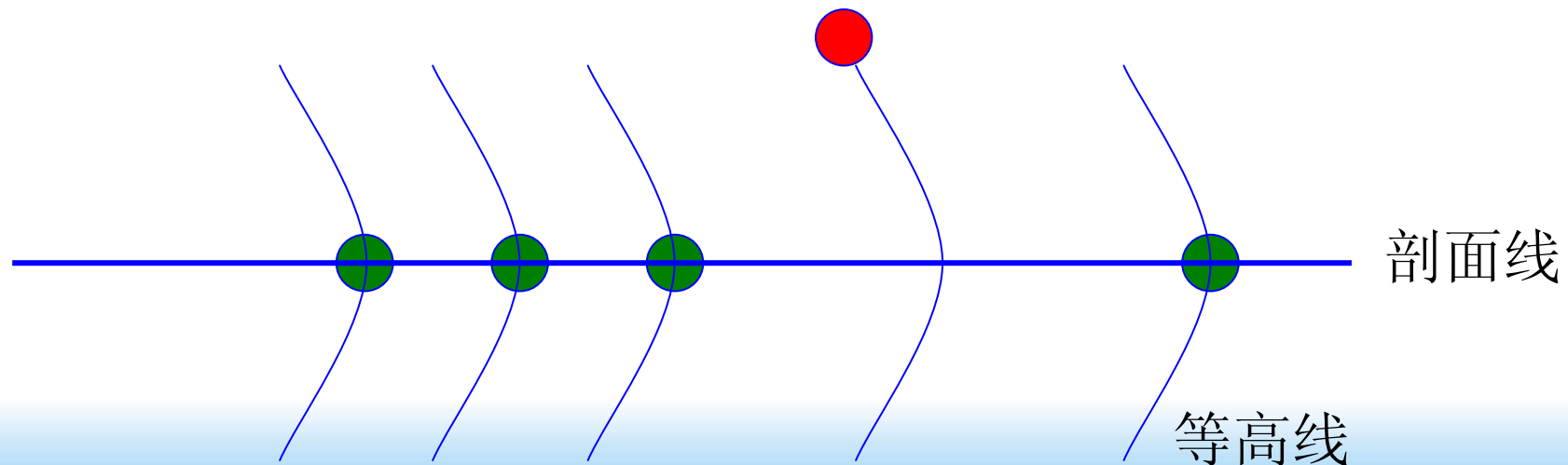


落差  
没变



## 五、井位校正

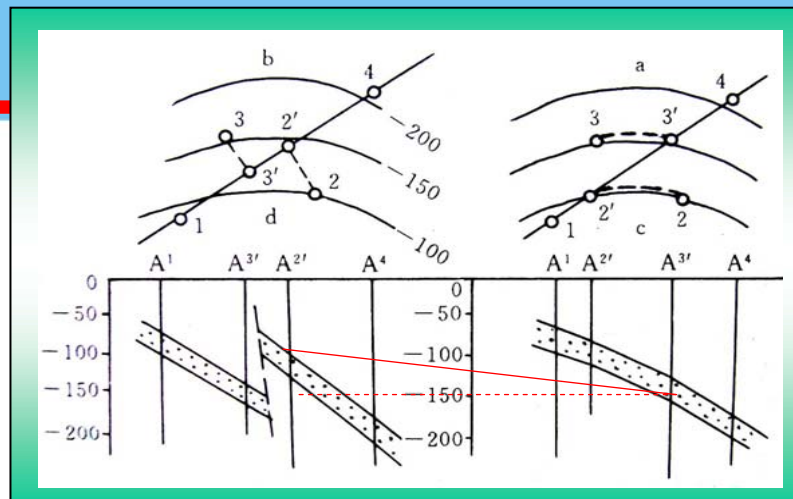
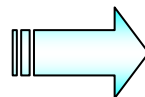
- 为了提高地质剖面图的精度，必须充分利和剖面附近的井的资料，因此就需要把这些邻近剖面的井人为移到剖面线上去，这一工作被称做井位校正。





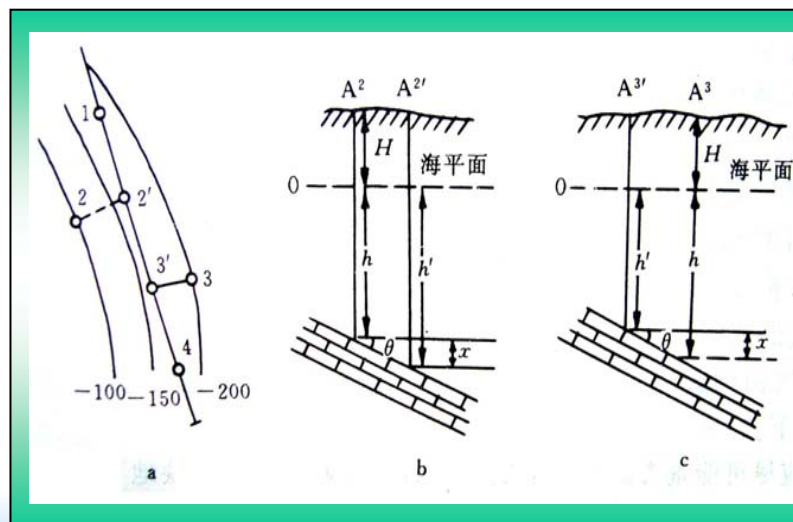
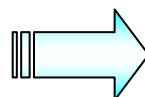
### 情况1:

剖面线垂直或斜交地层走向  
井沿地层走向投影到剖面线上，校正前后井位标高不变。



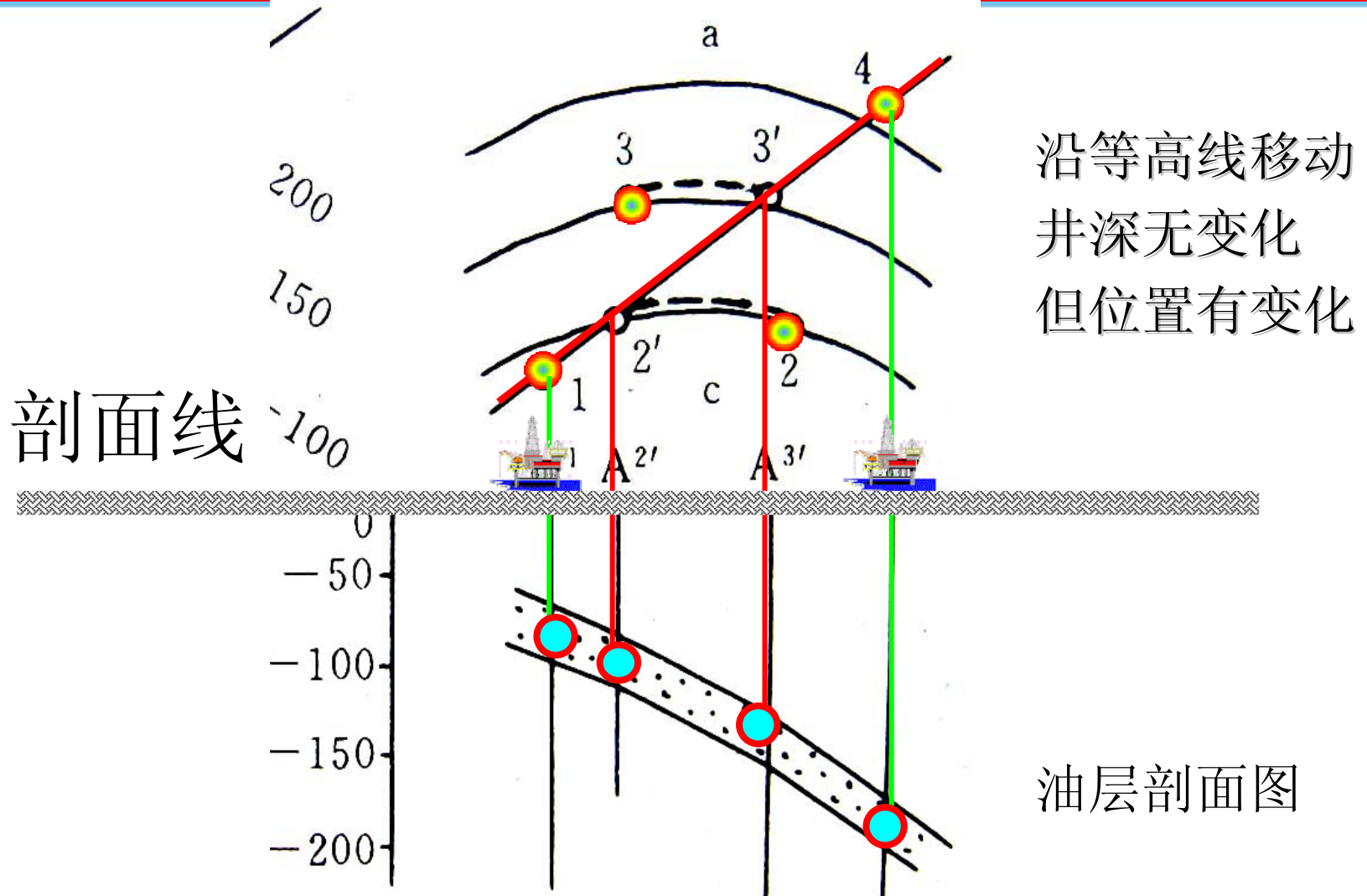
### 情况2:

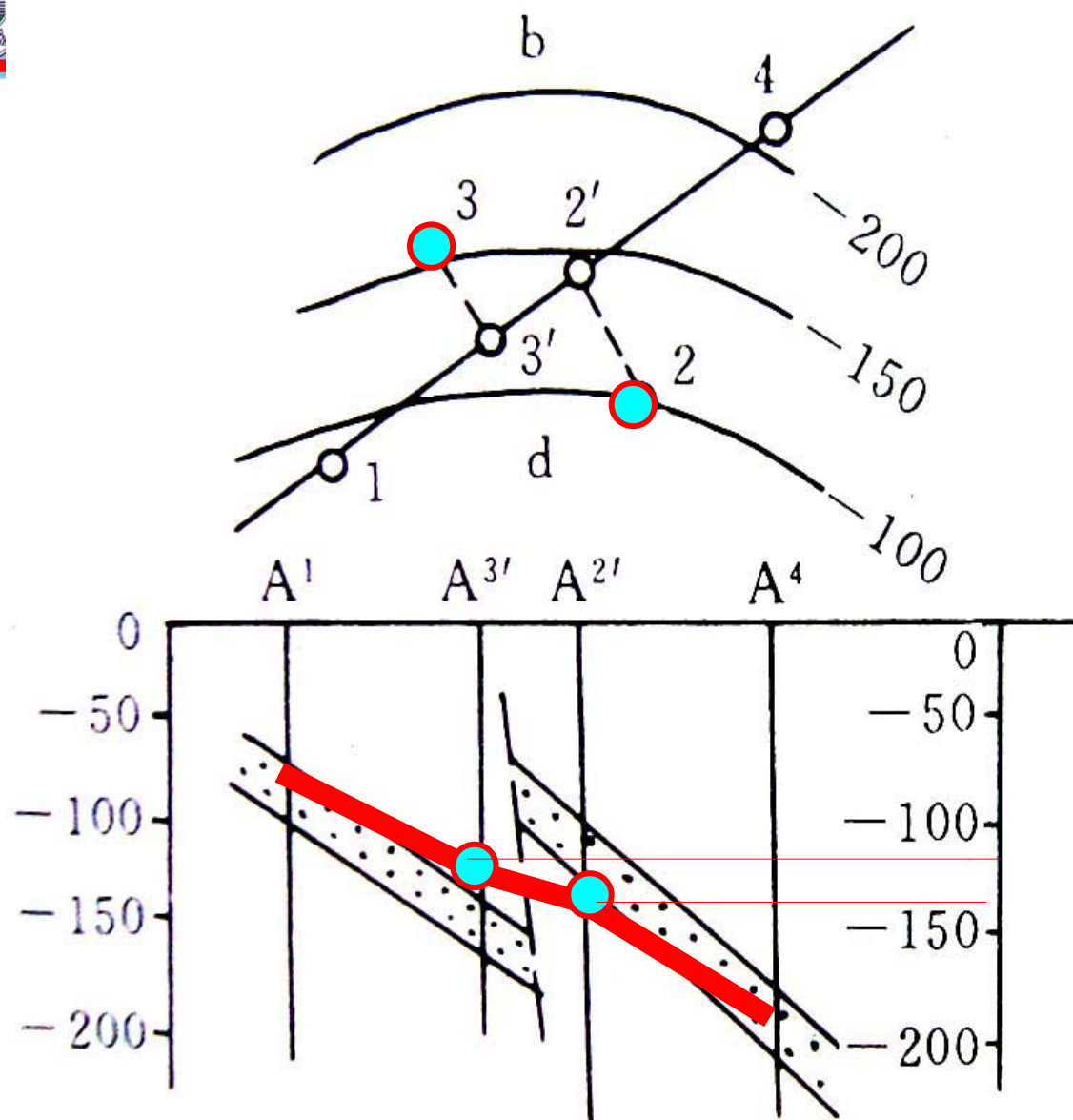
剖面线平行于地层走向  
井点沿地层倾向投影时，需要进行标高校正。 $x=L \tan \theta$   
2井沿地层下倾方向投影  $h'=h+x$   
3井沿地层上倾方向投影  $h'=h-x$





# 井位校正





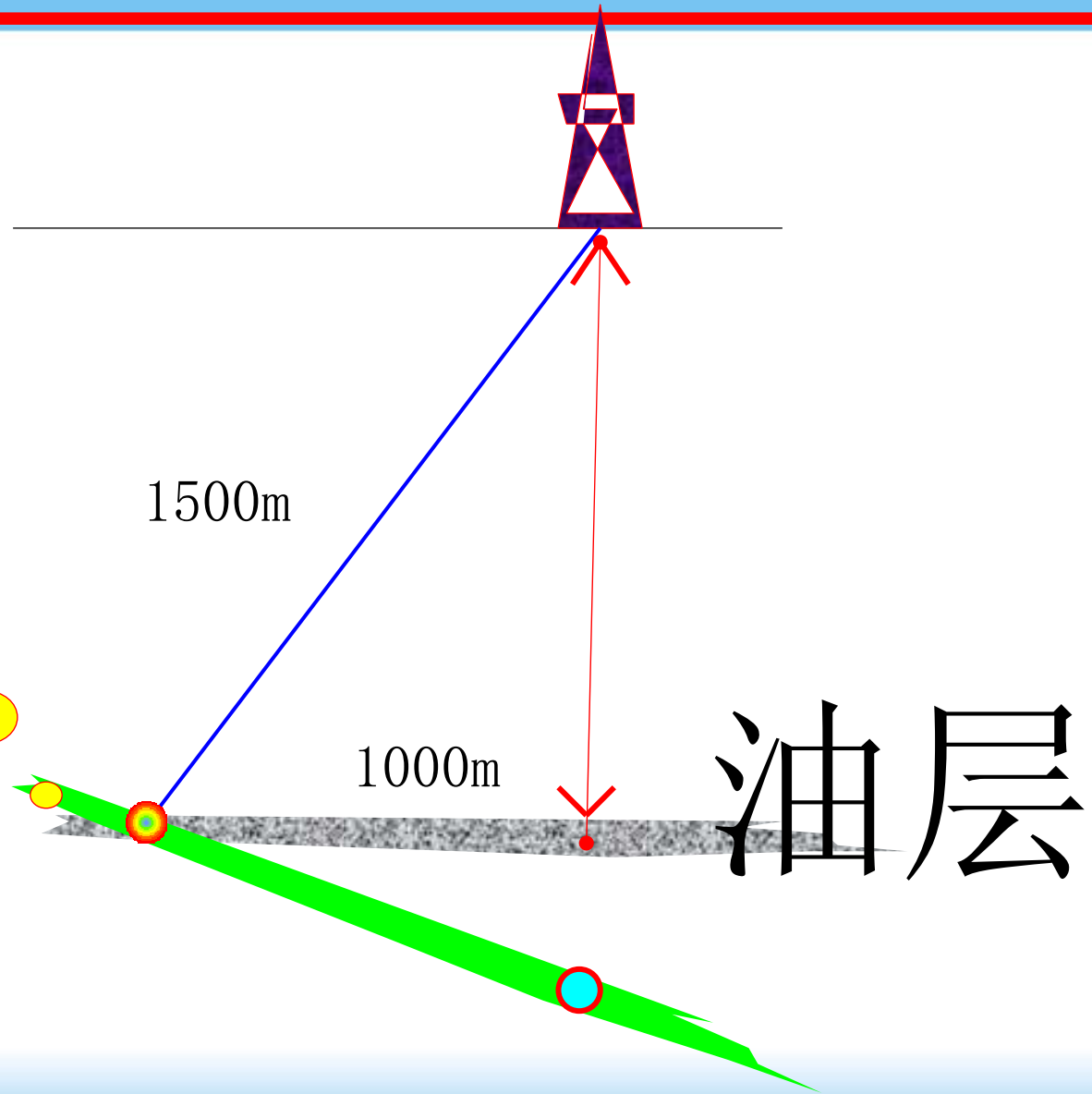
不沿等高线移动  
井深有变化  
位置也有变化

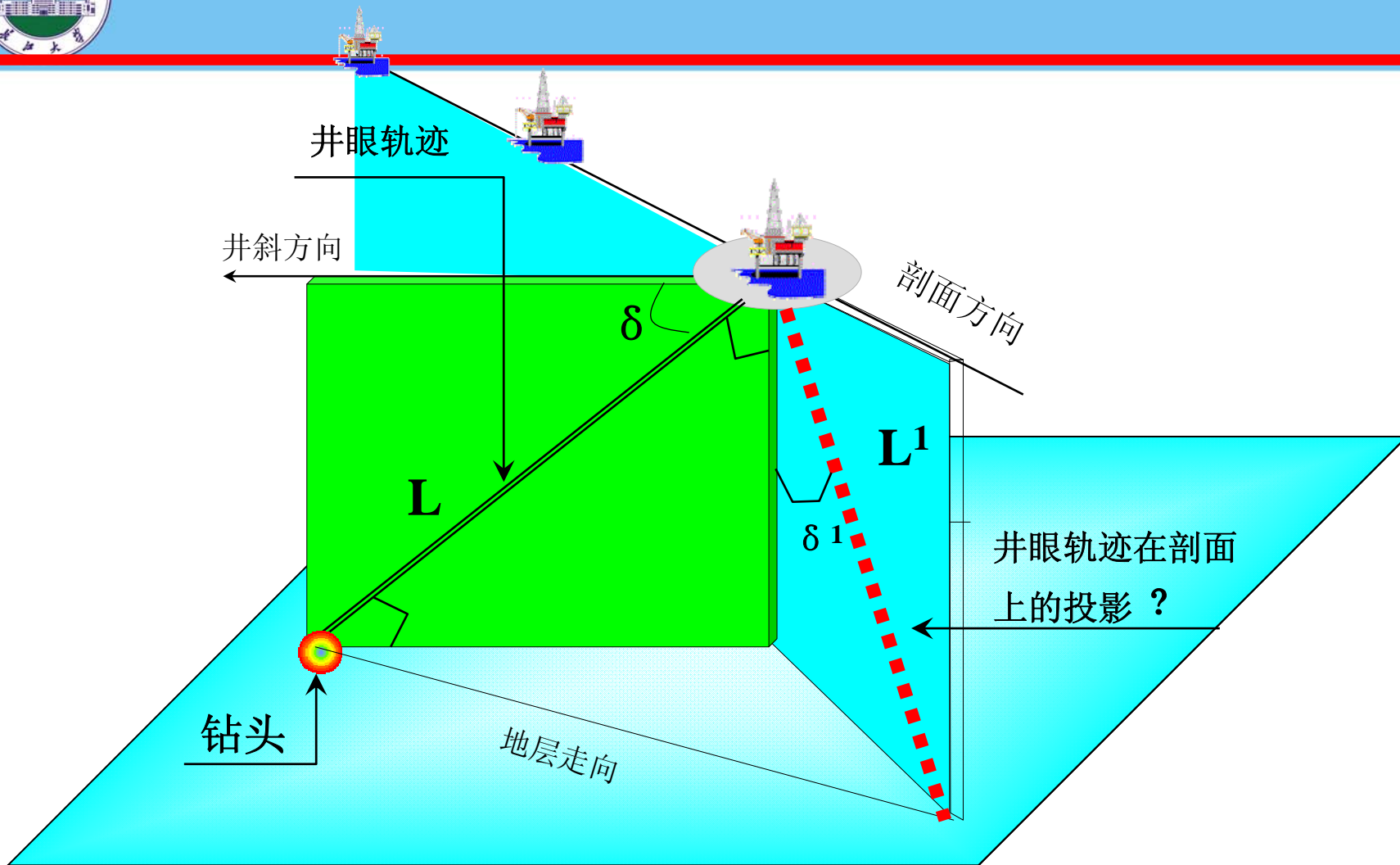
这是没有按要  
求校正井深得  
到的错误的剖  
面图



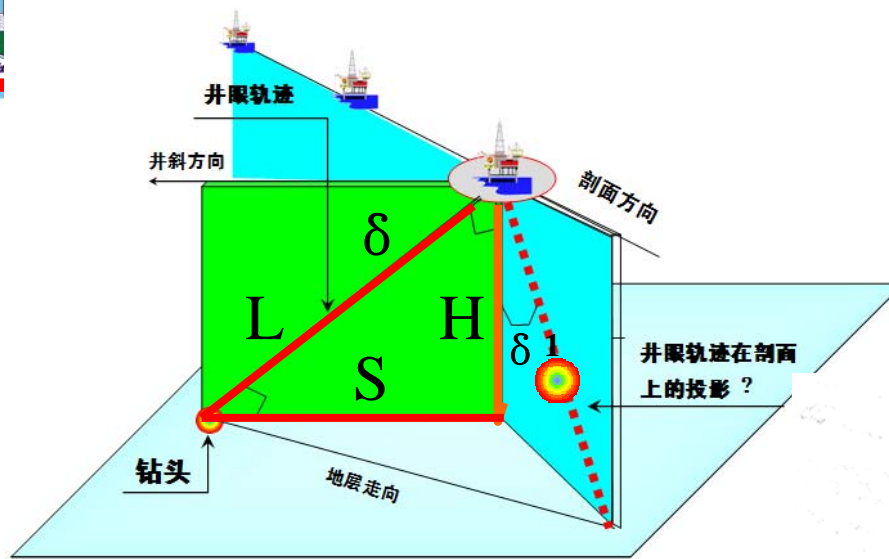
# 井斜校正

如果斜井当直井处理，  
会歪曲地层  
产状









$$\begin{cases} H = L \cos \delta \\ S = L \sin \delta \end{cases}$$

- ① 沿井斜方向截取s长度
- ② 沿地层走向线找剖面线的交点
- ③ 作垂线截取H长度
- ④ 过端点与原点连线，得到剖面线上井斜投影长度和井斜角

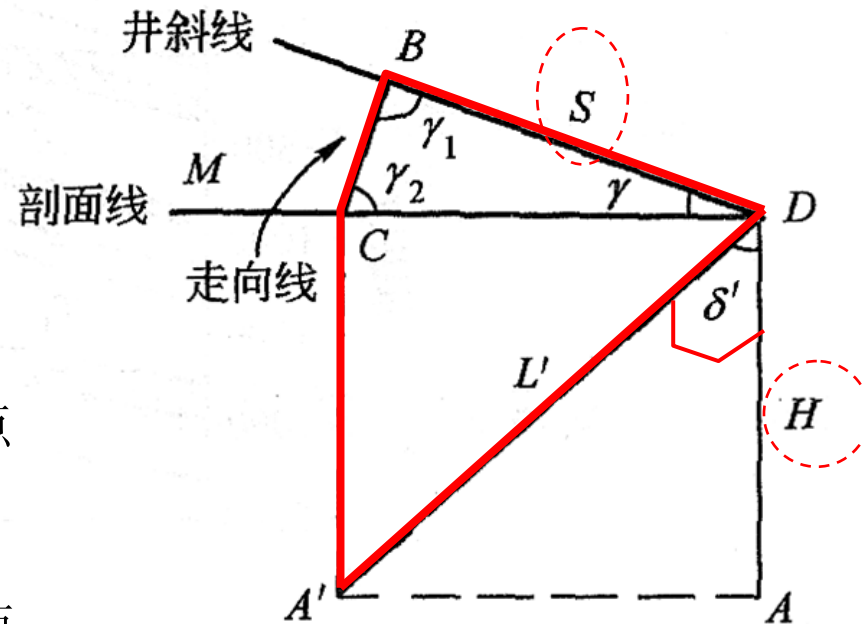
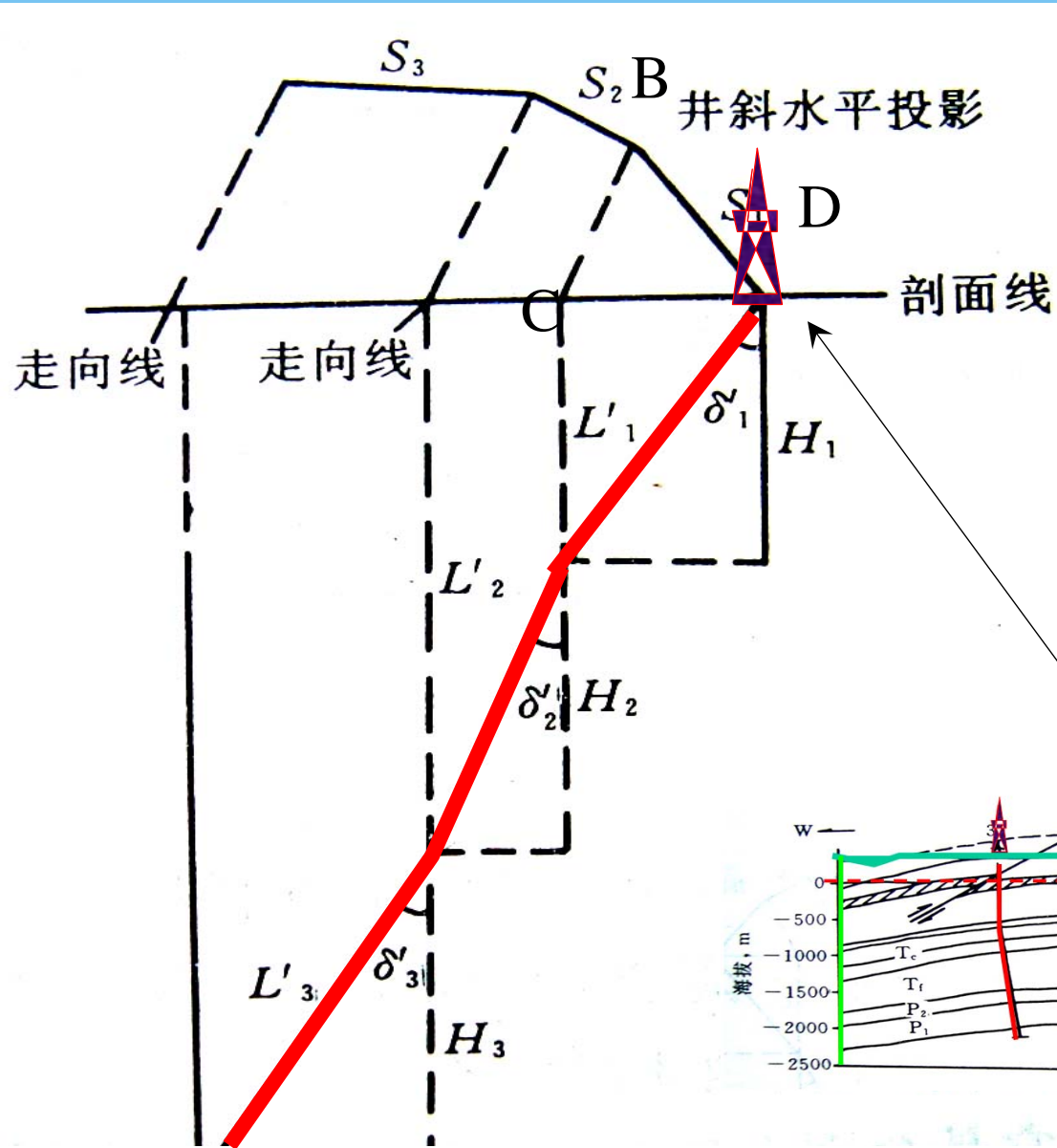
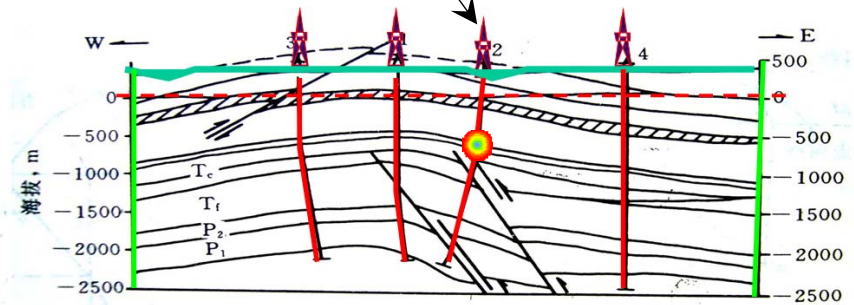


图 4-15 作图法求  $\delta'$  和  $L'$



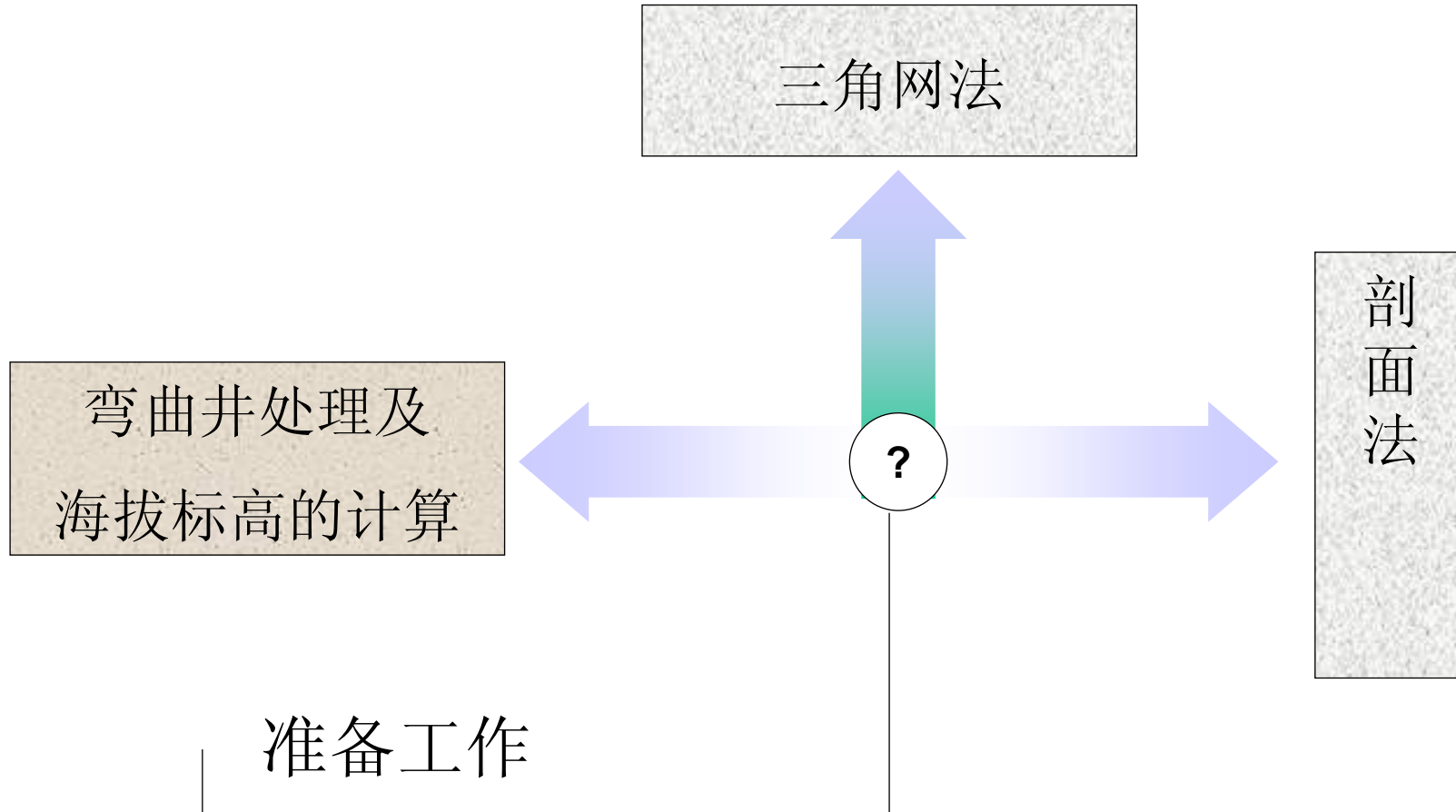
依此类推，首尾相接，做出各个井斜段投影，最终得到剖面线上的井身线。



校正后的井身线

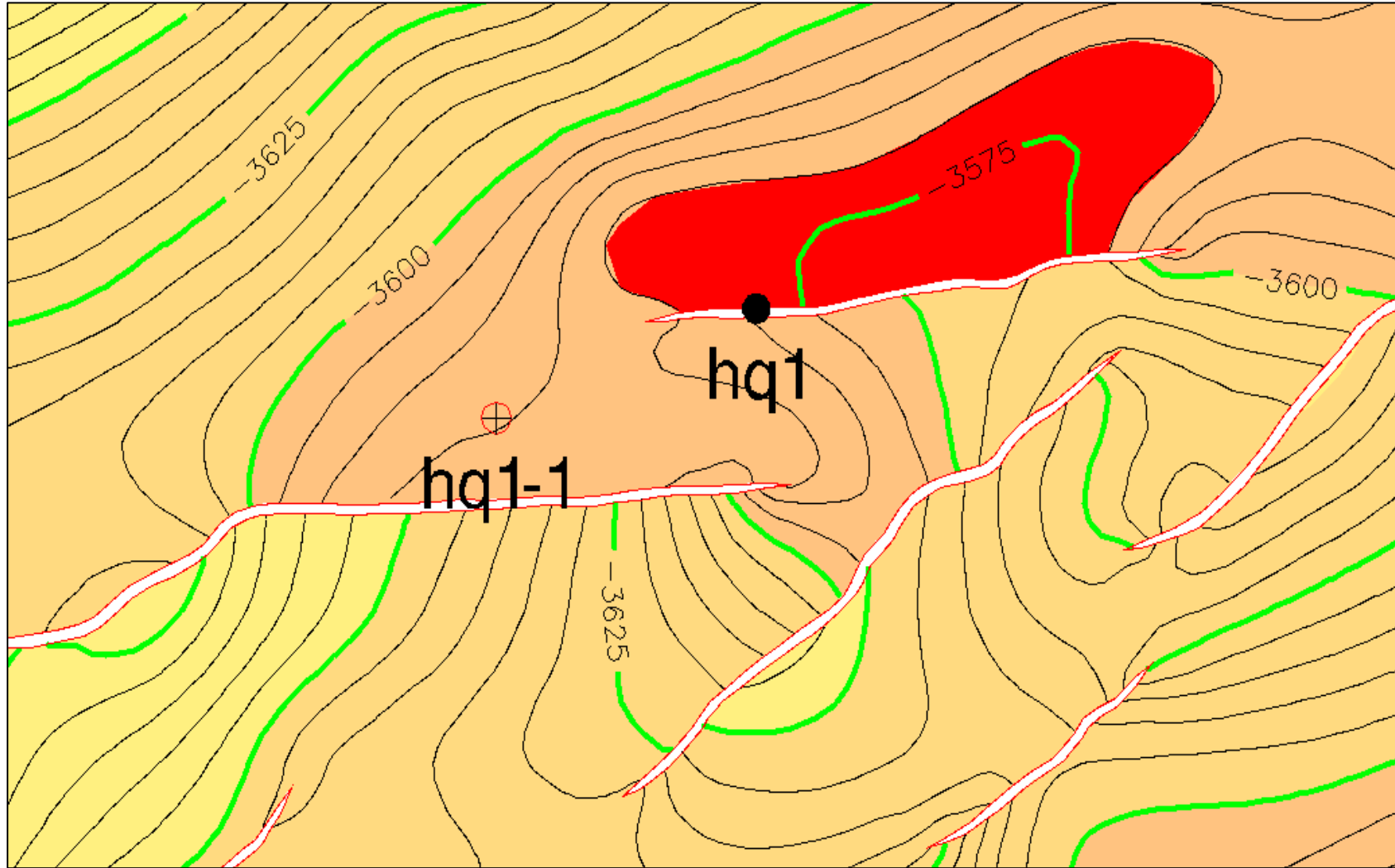


# 五、油气田构造图的编制





# 油气田构造图的编制

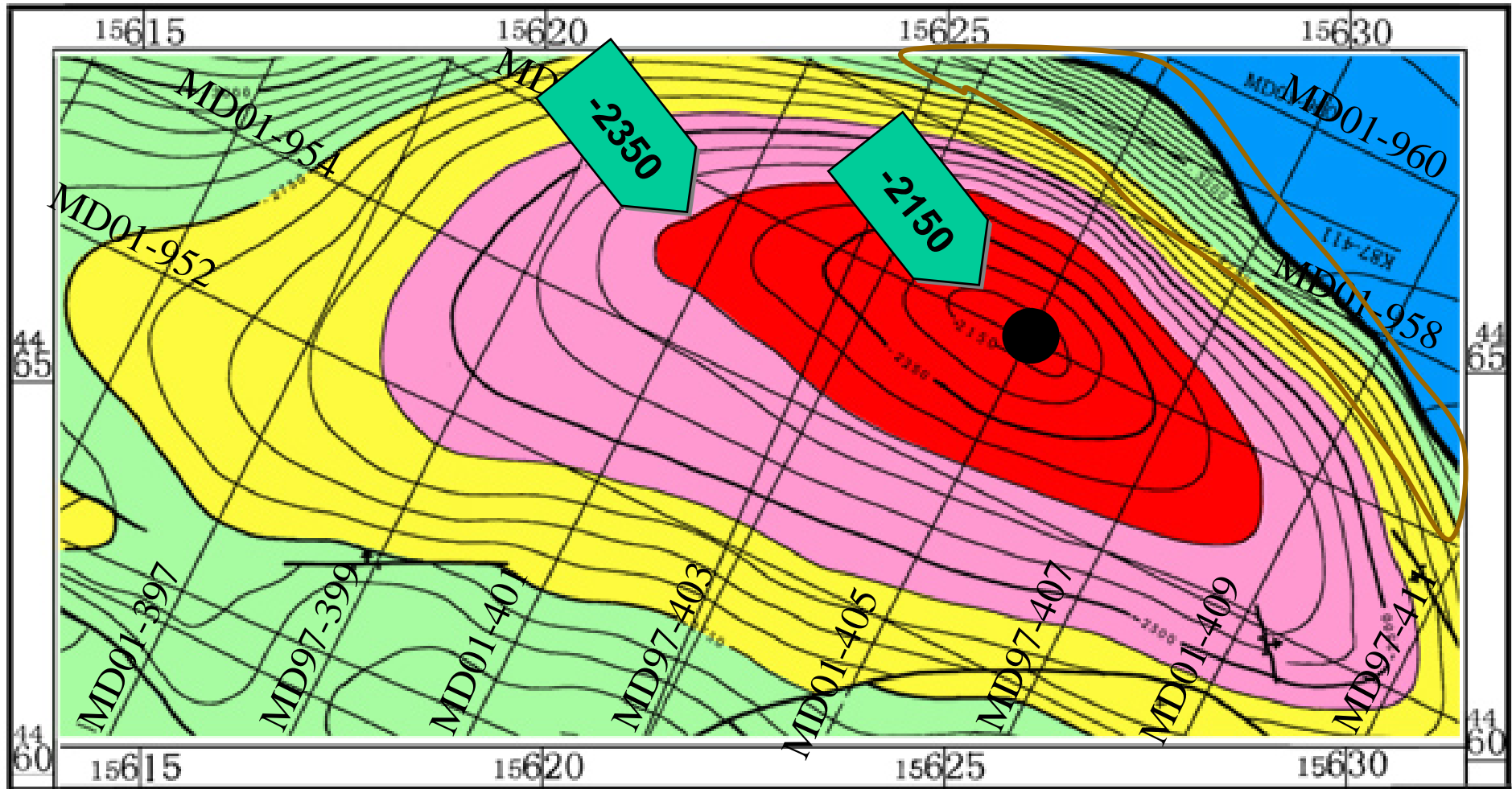




- 1、选择制图标准层：编制构造图的实质上是  
以等高线来描绘标准层界面对于基准面的起伏特征。通常选择油层邻近的标准层为制图标准层，描述其顶界或底界面的起伏特征。  
通常选择海平面为制图基准层，海平面以上为负。



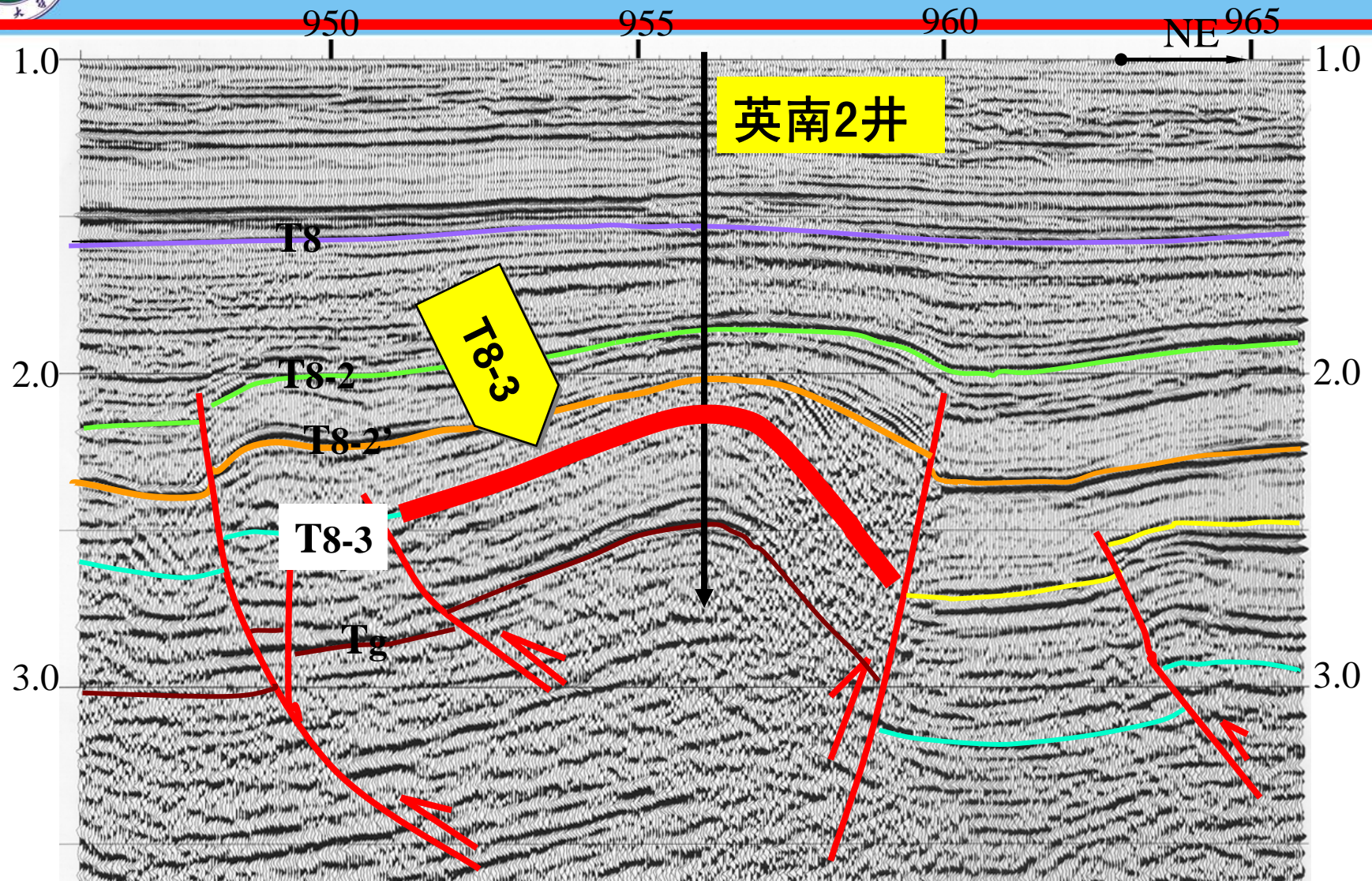
# 英南2号局部构造T8-3反射层构造图



19km<sup>2</sup>/200m /-2150m

预测圈闭资源量石油7589万吨。







# 如果是斜井需要进行井斜校正 作图时采用地下井位和铅垂深度

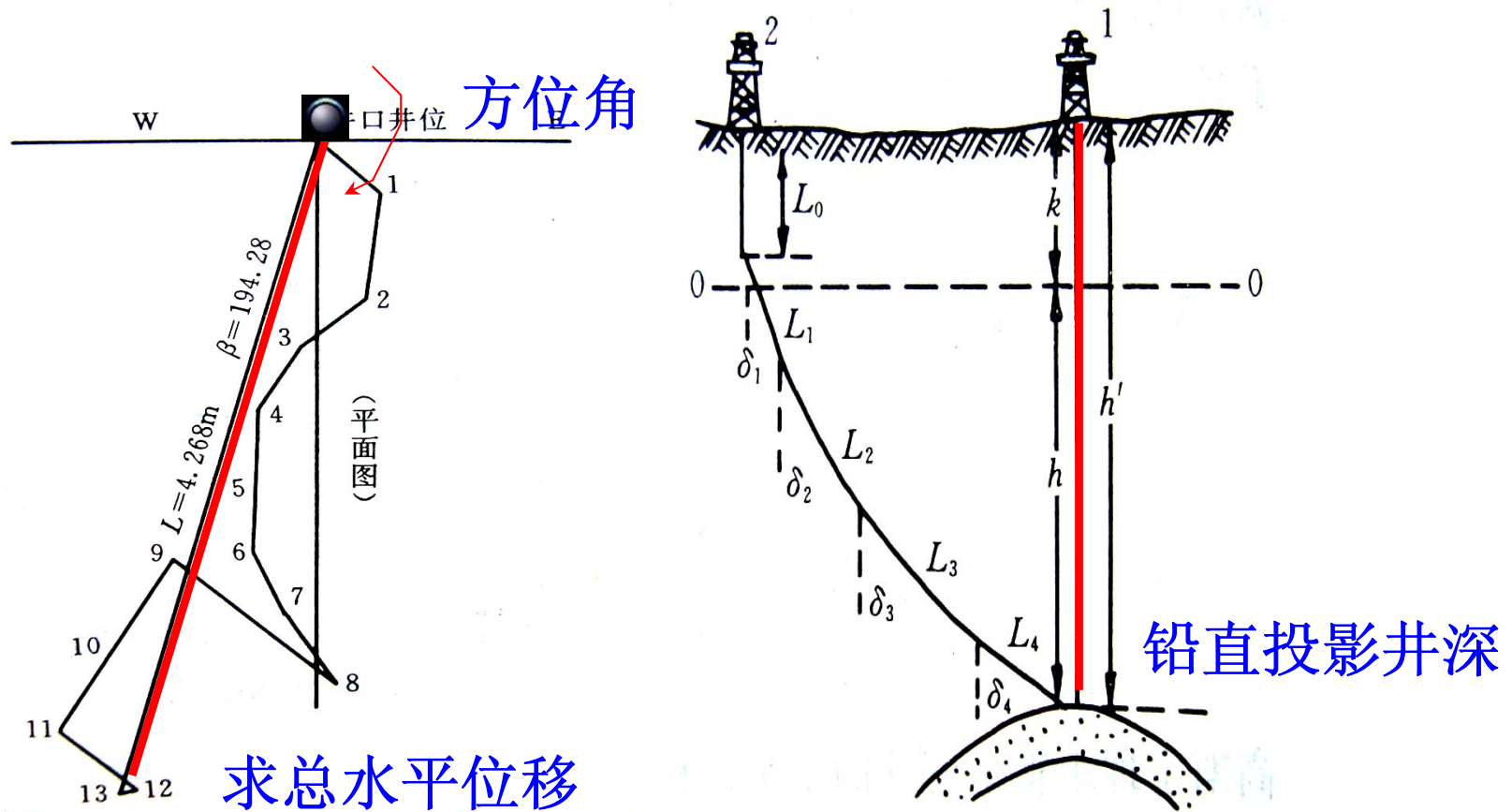
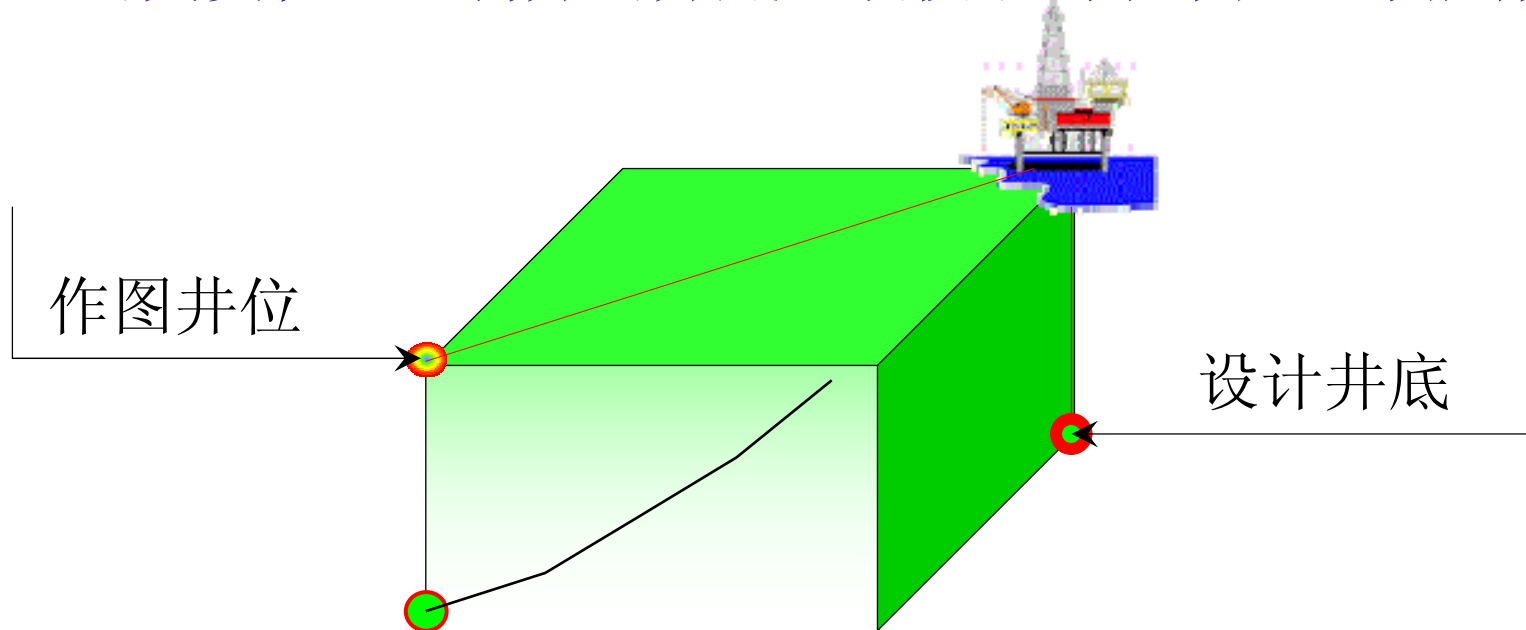


图 6-39 求斜井水平位移距离和方位





油气田构造图上的井位是校正过的井位，它代表了井底  
的真实位置，斜井的井底必须校正到水平面上才能作图。



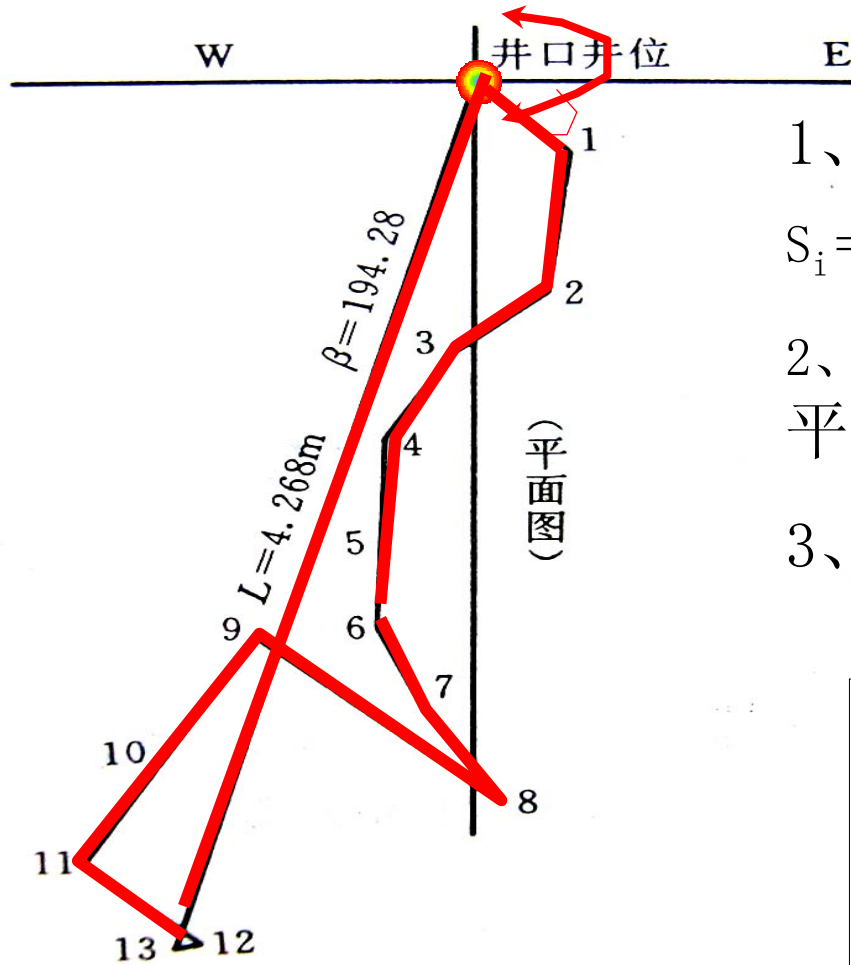
井底偏离设计

计算井底位置

计算井底水平投影和方位



# 求斜井水平总位移L及方位角β



1、先计算各斜井段的水平位移；

$$S_i = L_i \sin \delta$$

2、根据 $S_i$ 及井斜方位角逐段画出水平位移 $L_i$ ，直至制图标准层止

3、确定地下井位

已知数据有：

井斜段长度 $L_i$ 、

井斜角 $\delta$

井斜方位

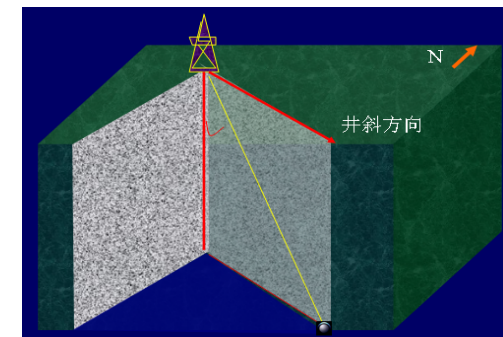
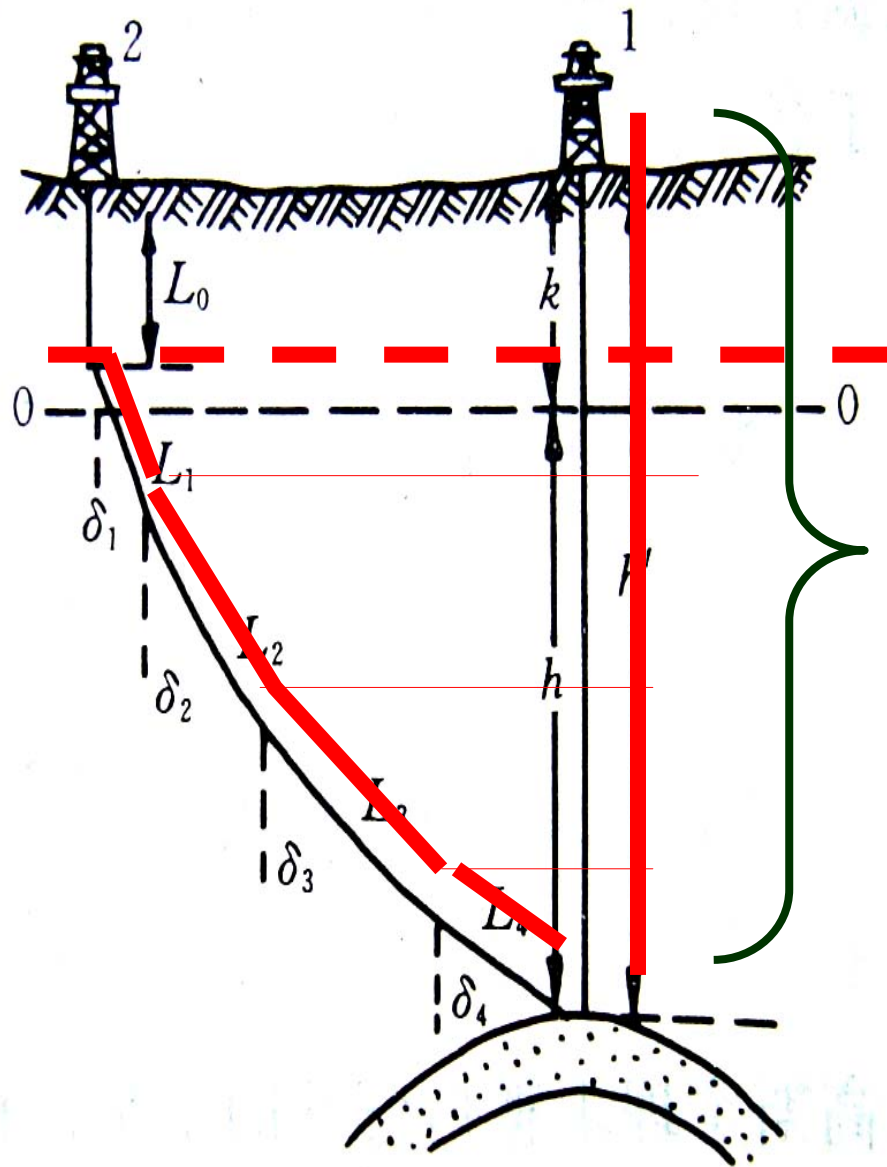


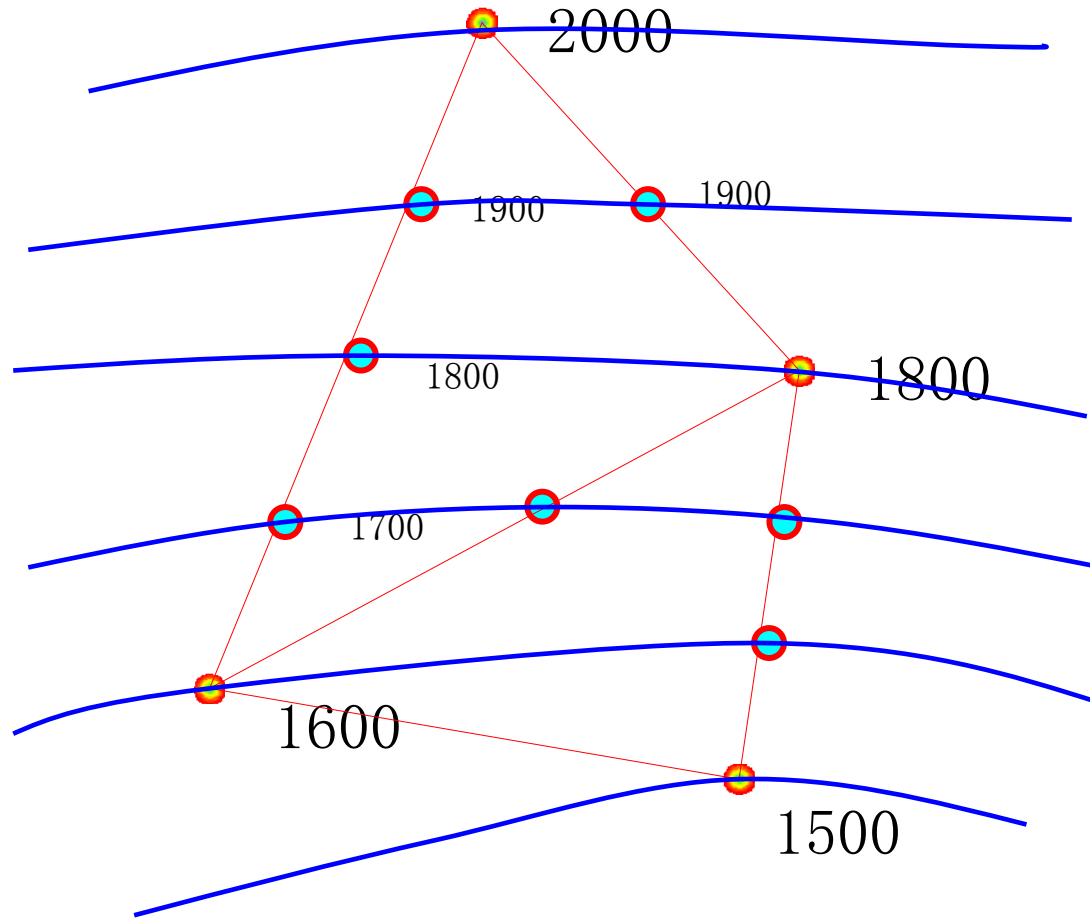
图 6-39 求斜井水平位移距离和方位

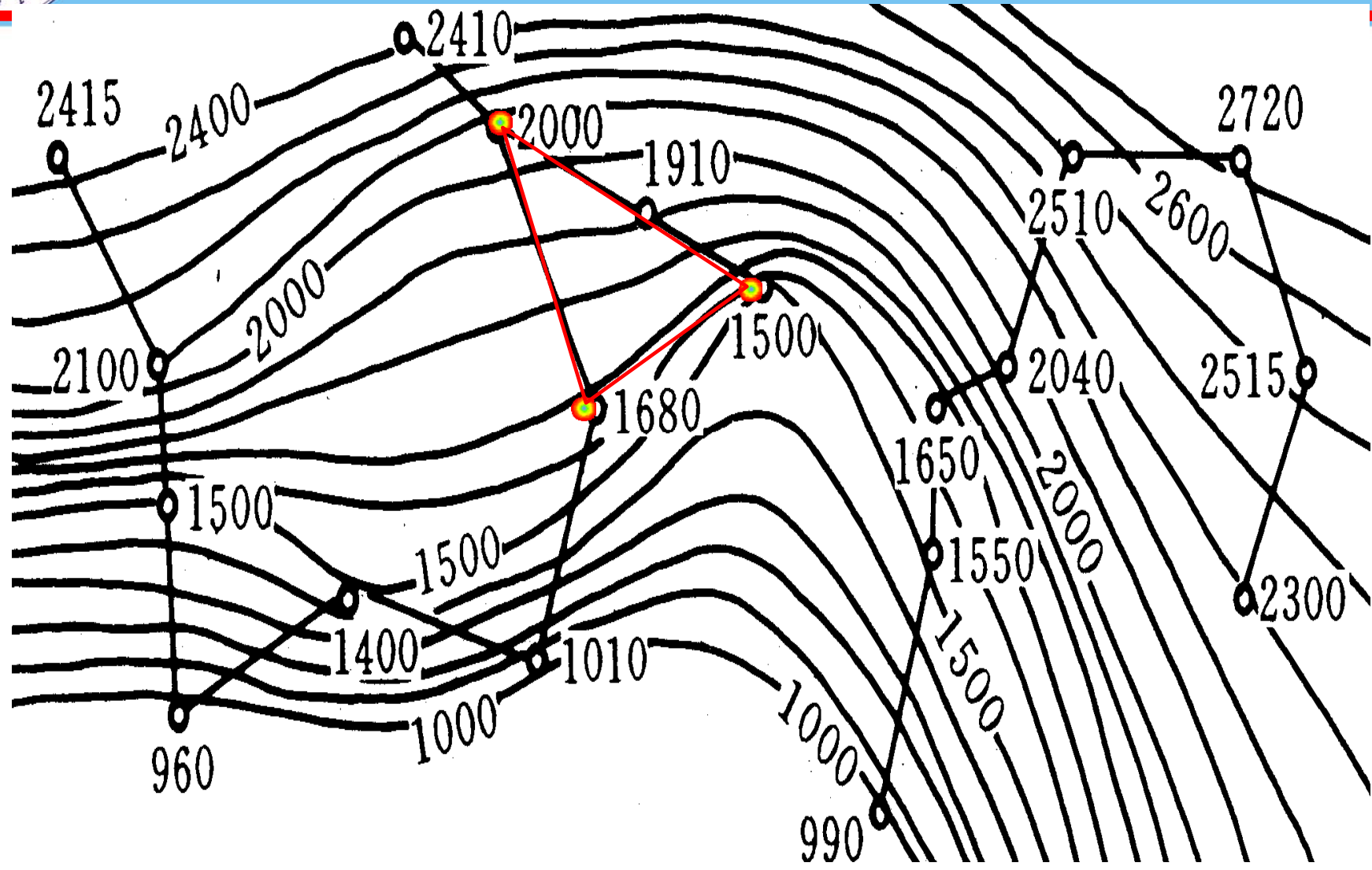


# 求井斜井段的铅直深度 $h$



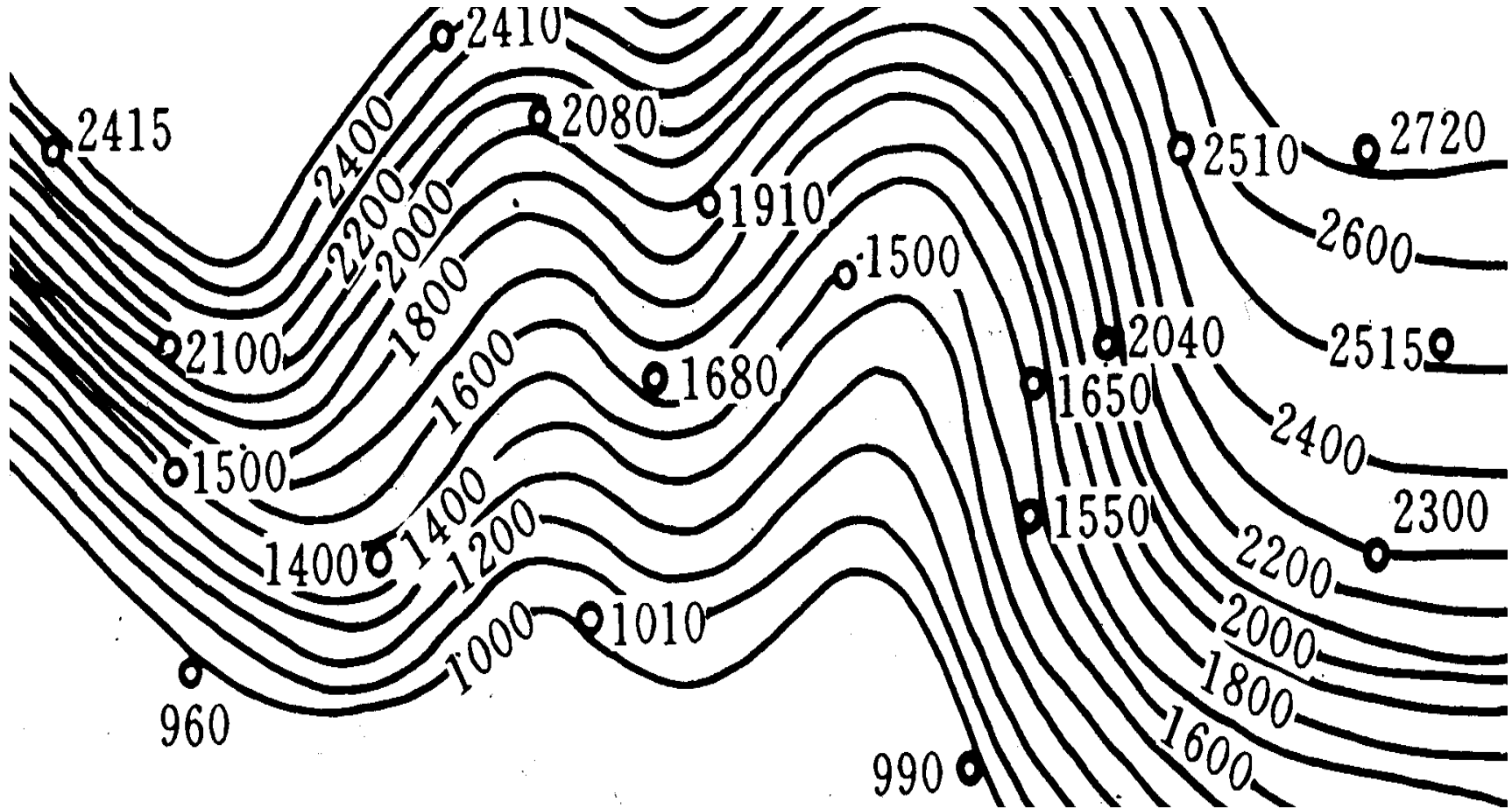
- 1、作水平线代表海平面
- 2、引海平面的垂线代表直井柱
- 3、根据井斜角和斜井长度，从井口依次逐渐连续地作出斜井段，直到制图标准层为止，将各井段向通过井口的铅直线作垂直投影，求出总的铅直井深 $H$





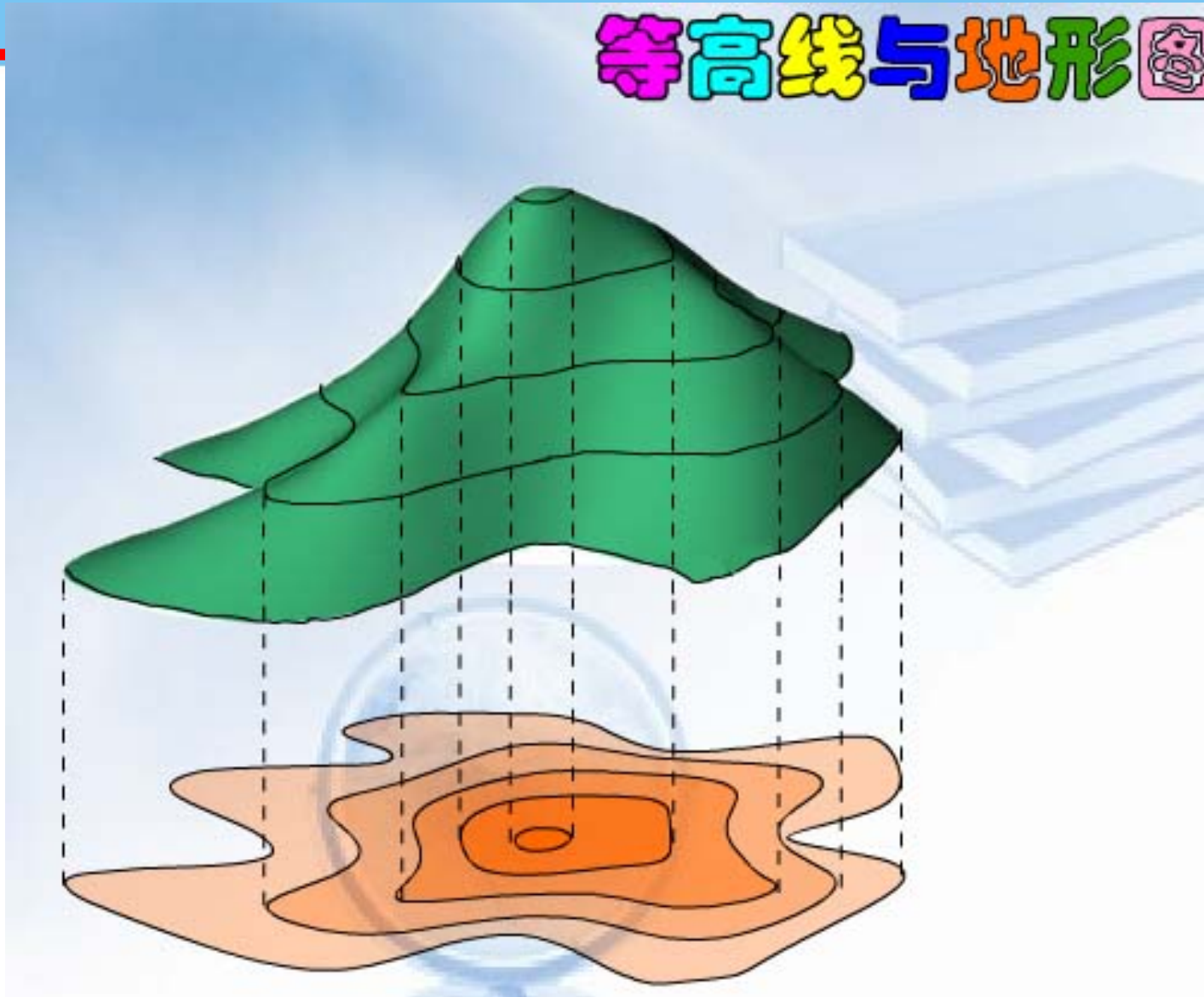


# 考虑到地质因素，平滑一下，也美观些



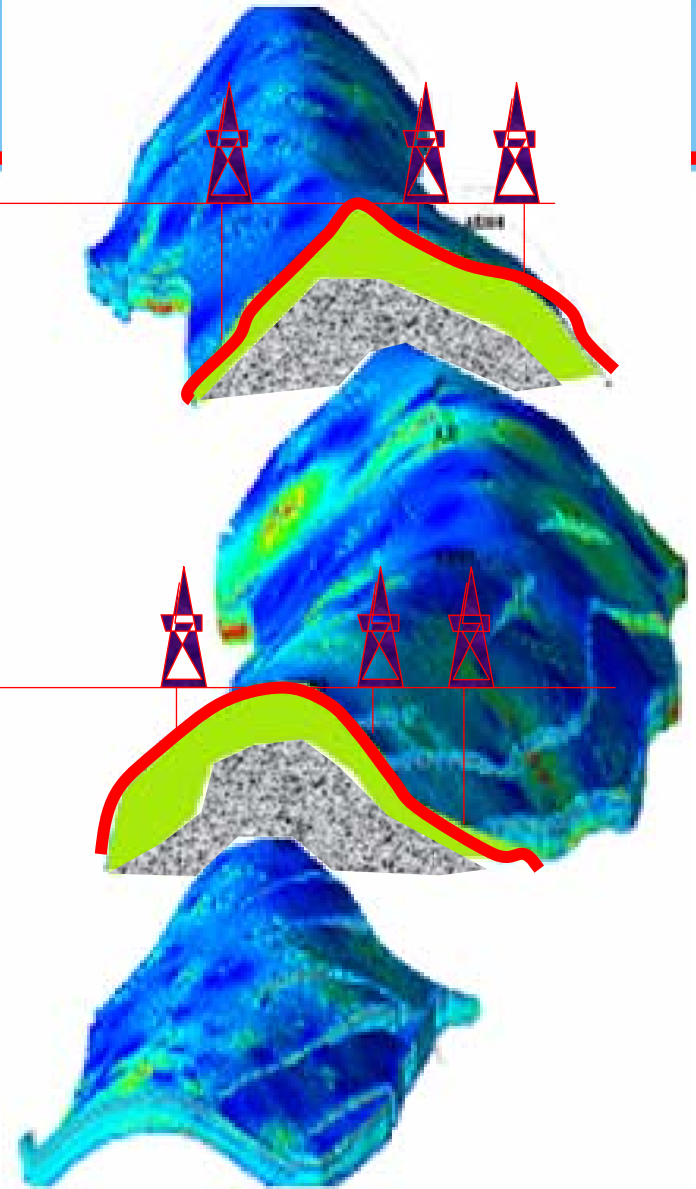
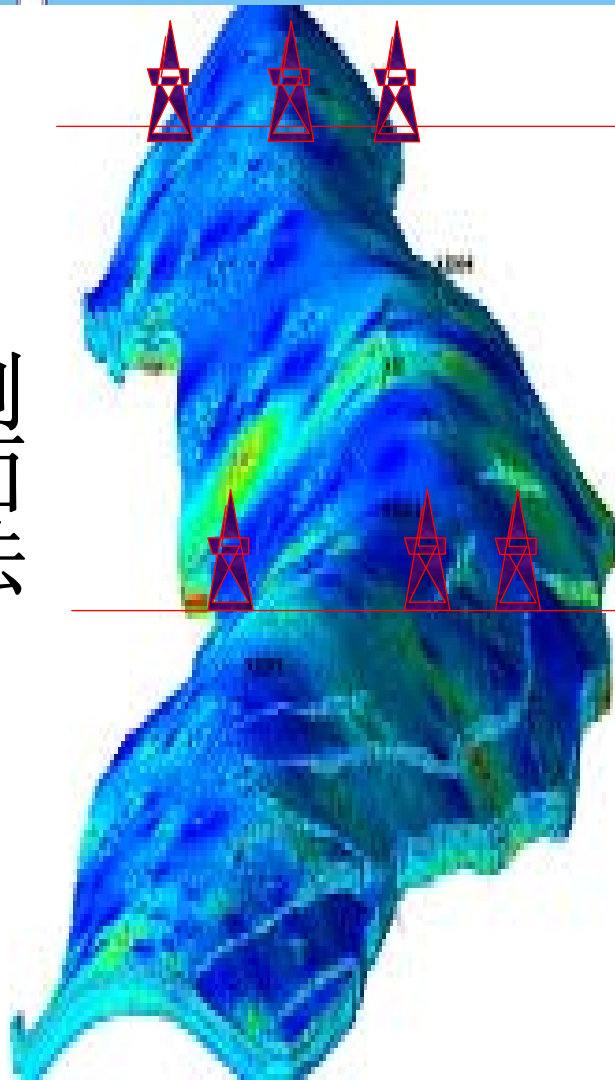


# 等高线与地形

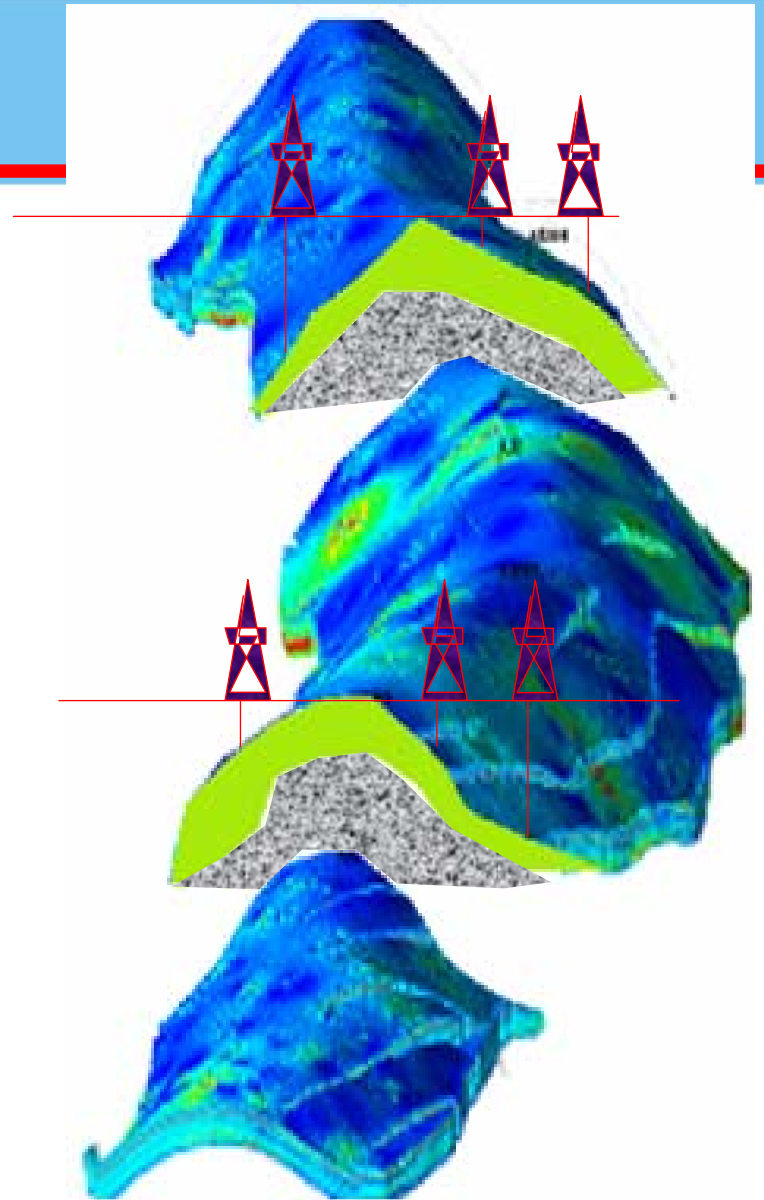
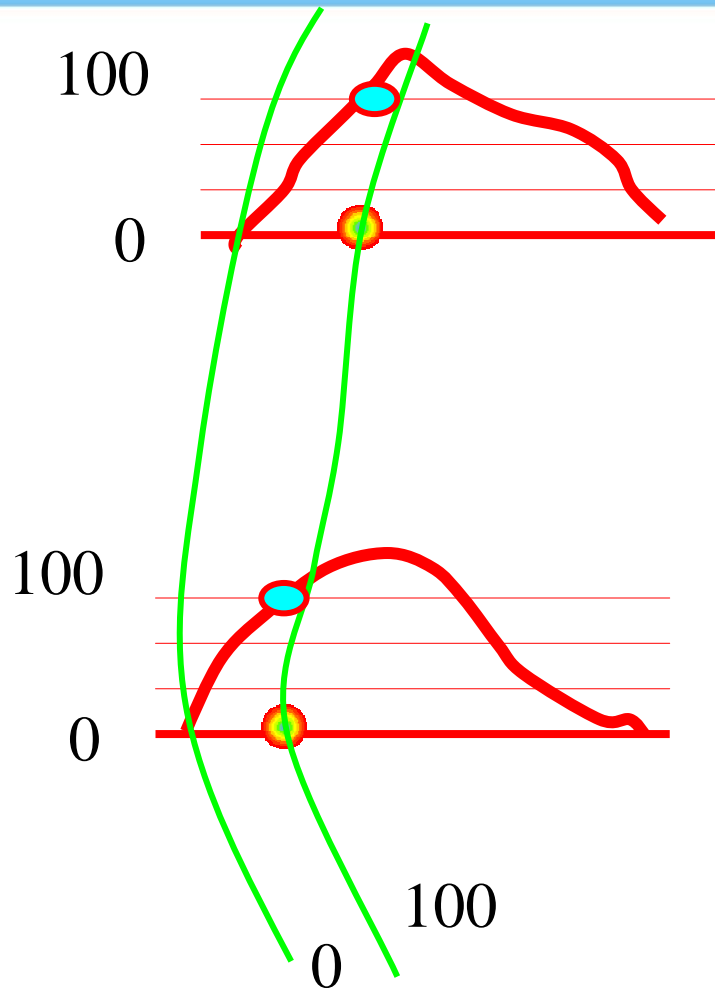




# 剖面法



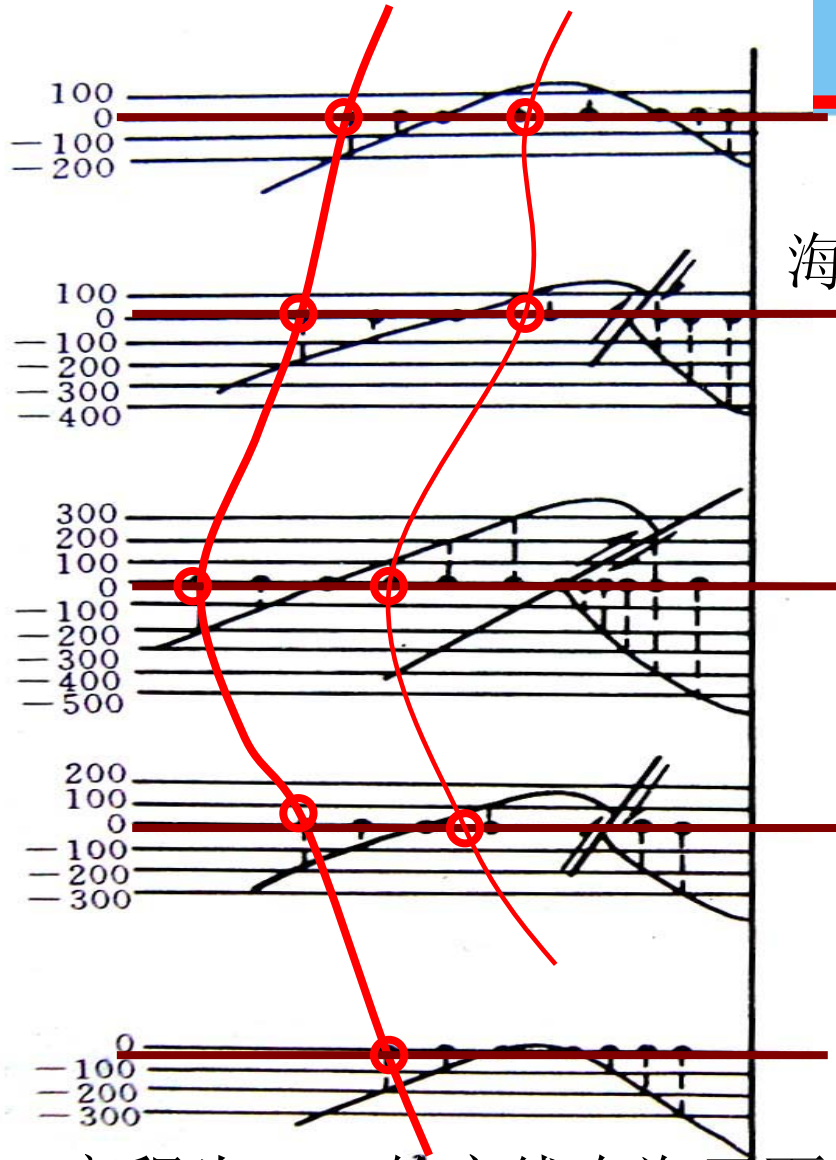




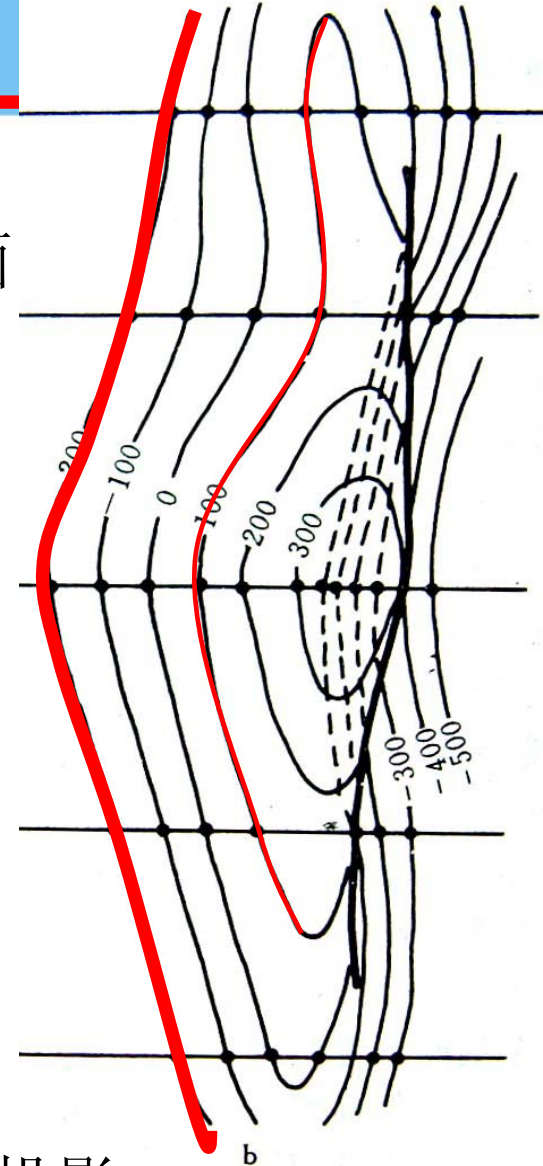
把所有的高程点都投影到海平面上，以海平面为基准面作图。



# 剖面法

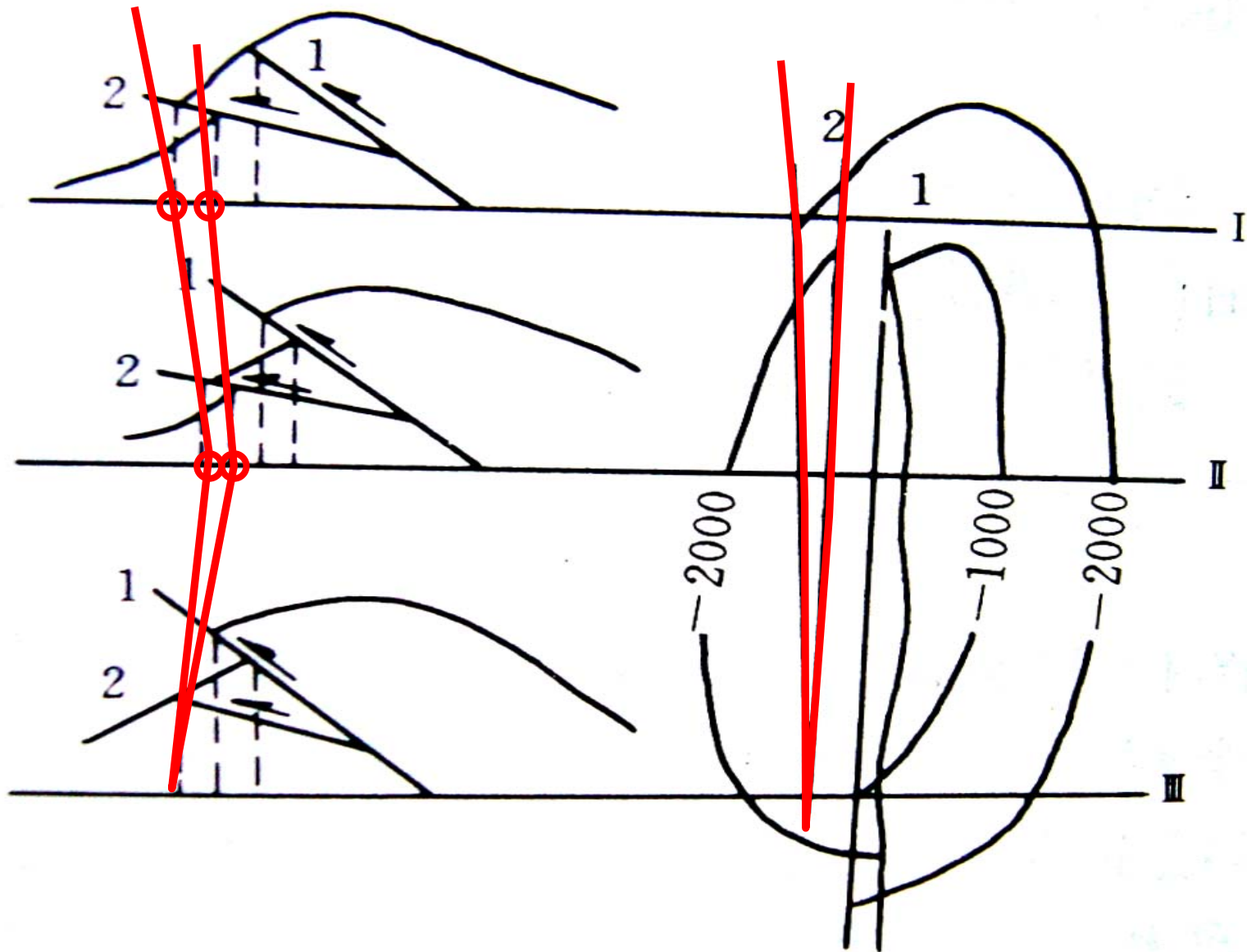


海平面



高程为100m的交线在海平面上的投影

高程为-200m的交线在海平面上的投影





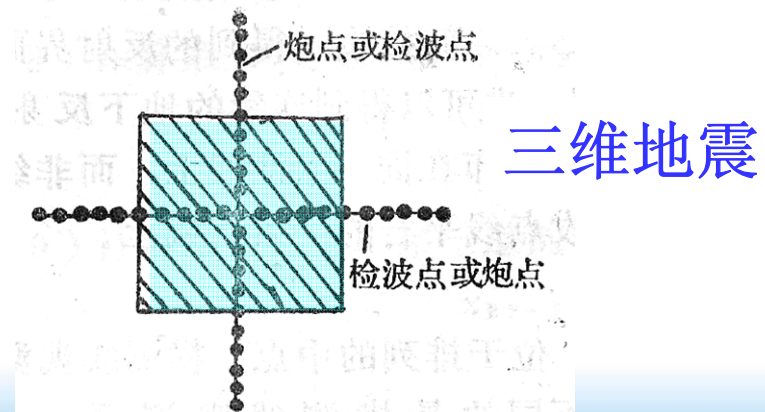
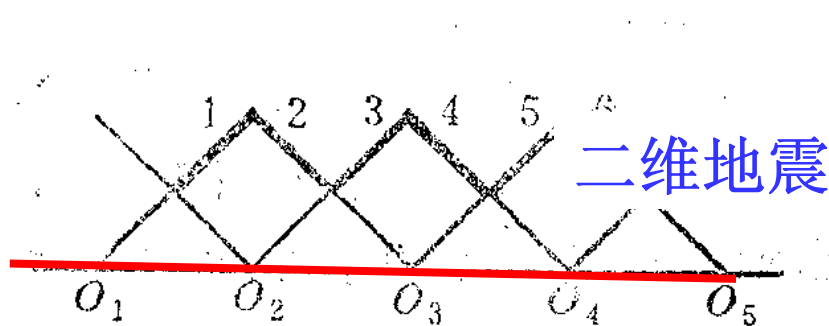
## 第二节 地震构造研究

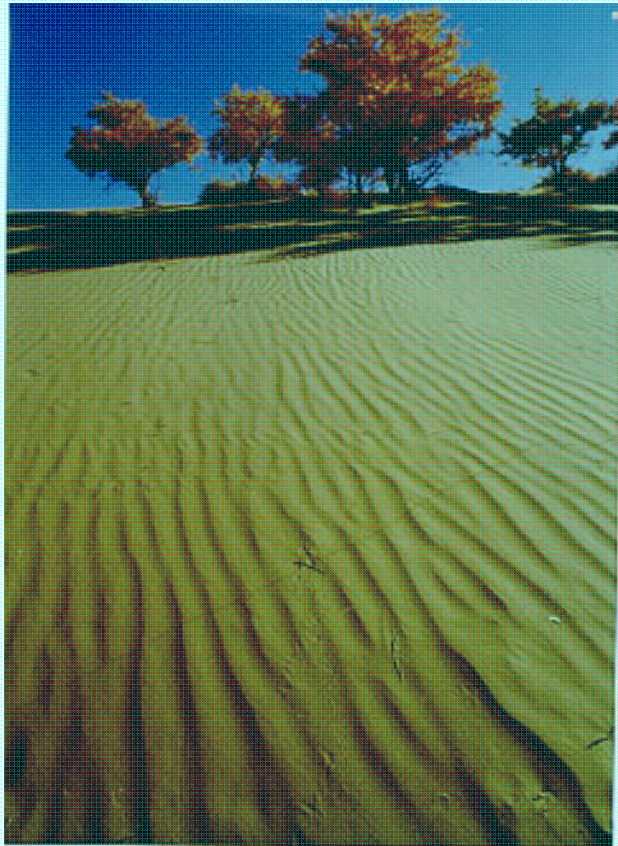




沿一条测线进行观测，获得的地下反射点，这种观测方法叫**二维地震测量**；

**三维地震**则是沿线距较小的测线，进行面积观测，得到的地下反射点，有规律地分布在一定面积内。以三维地震资料进行数字处理后，可以得到地下地质构造在三维空间里的特征。

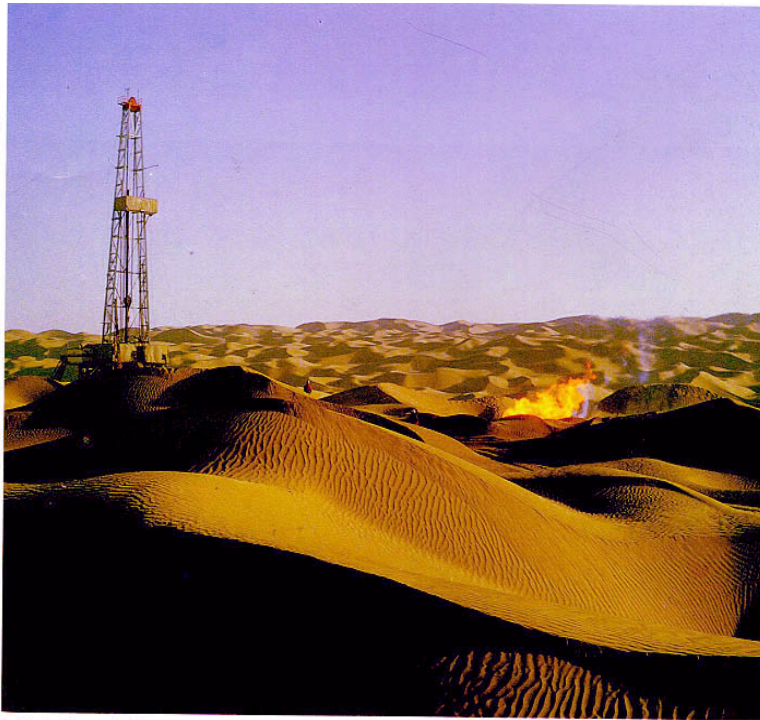




- ✓ 三维地震数据体，包括成果带和纯波带。
- ✓ 地震资料的极性。
- ✓ 工区内三个不同的坐标点，以及每个坐标点对应的 $x$ ， $y$ 大地坐标。同时要了解该坐标的坐标体系。



## 钻井资料收集



- 工区内所有井的井位坐标，分层数据，录井油气显示情况，钻井取心资料，完钻井深，井斜数据，岩性剖面，泥浆槽面油气显示情况，气测资料等。



## 测井资料

- 做构造解释时，需要的测井数据有：声波、自然电位、2.5m底部梯度电阻率，1：200综合测井图（用于合成记录环境校正分析），测井成果解释表。如果做储层预测，还要补充的数据有：微电极、侧向、感应、自然伽马、中子伽马、密度、井径等曲线。

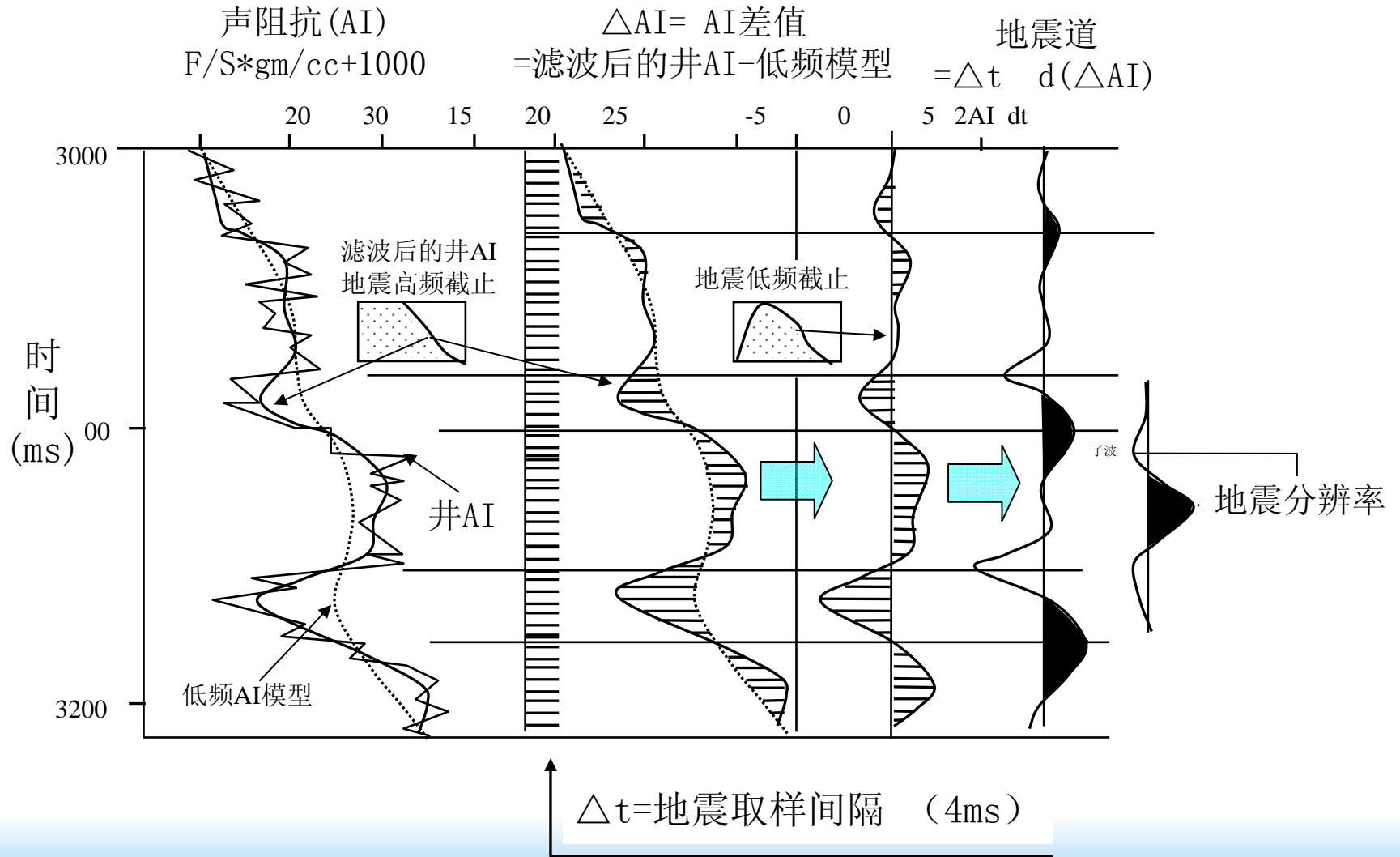




- 野外放炮可以得到地震记录，这种记录为野外地震记录，将野外地震记录经过数字处理，就得到野外**时间剖面**。设计一些反射界面，包括界面的埋藏深度、反射系数等，通过计算可以得到**地震记录**，这种记录叫做合成地震记录。根据声波测井资料计算**合成地震记录**，可以确定反射层的地质层位，研究地下构造及油气藏特征。

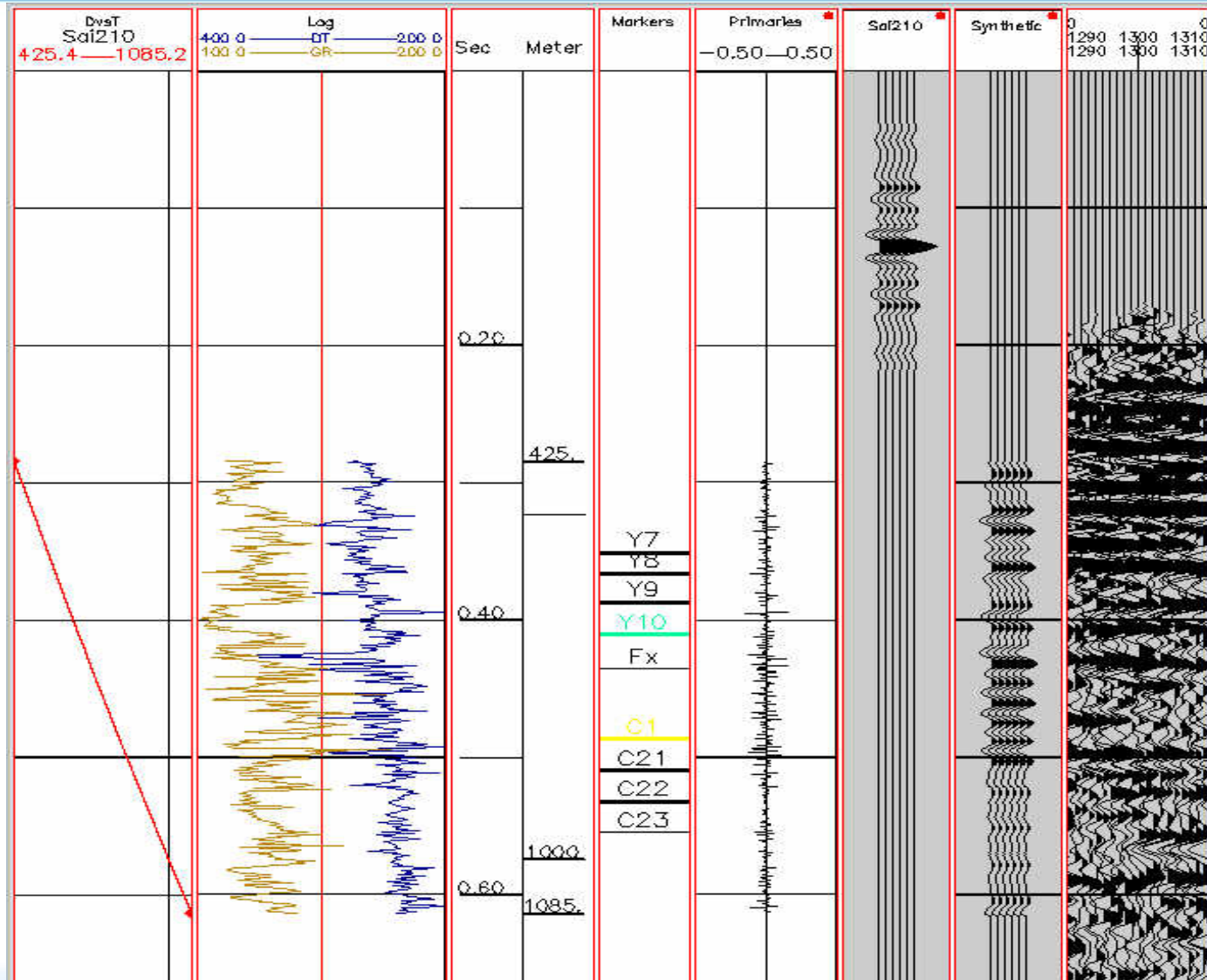


# 合成记录标定





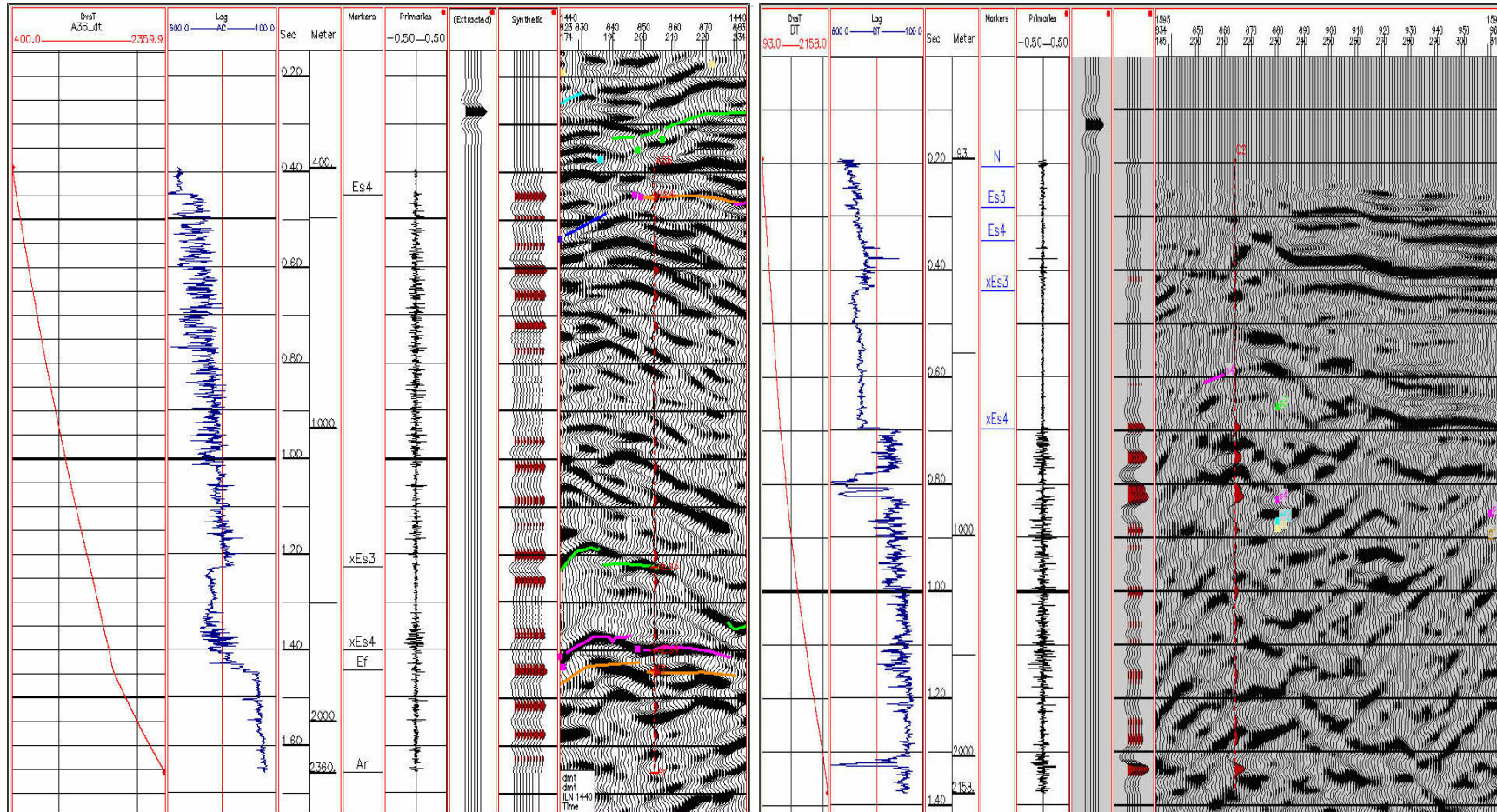
# 合成记录标定





### 安36井人工合成地震记录

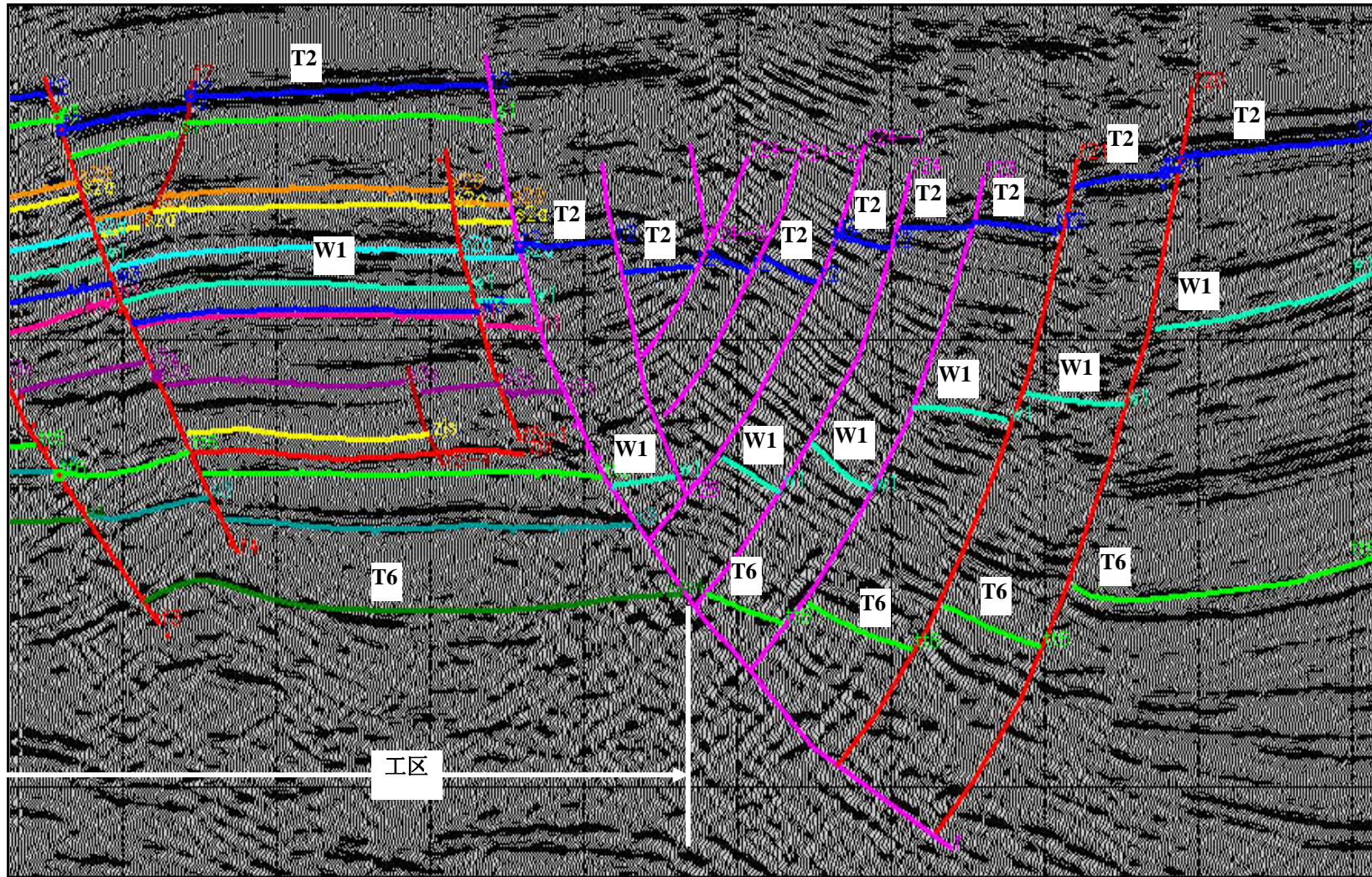
### 安62井人工合成地震记录



对18口有声波测井资料的井进行了合成记录标定

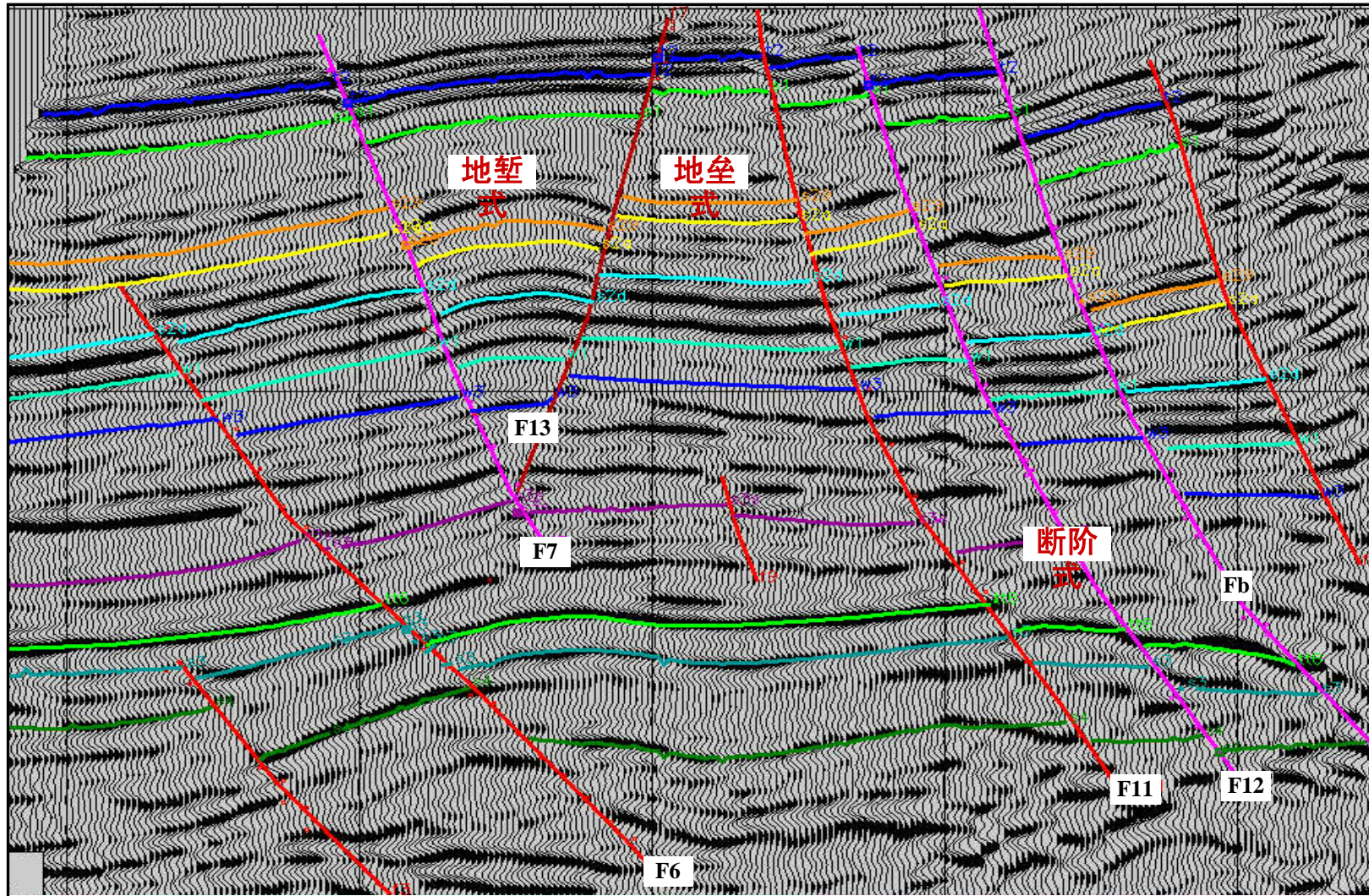


# 时间剖面的对比解释



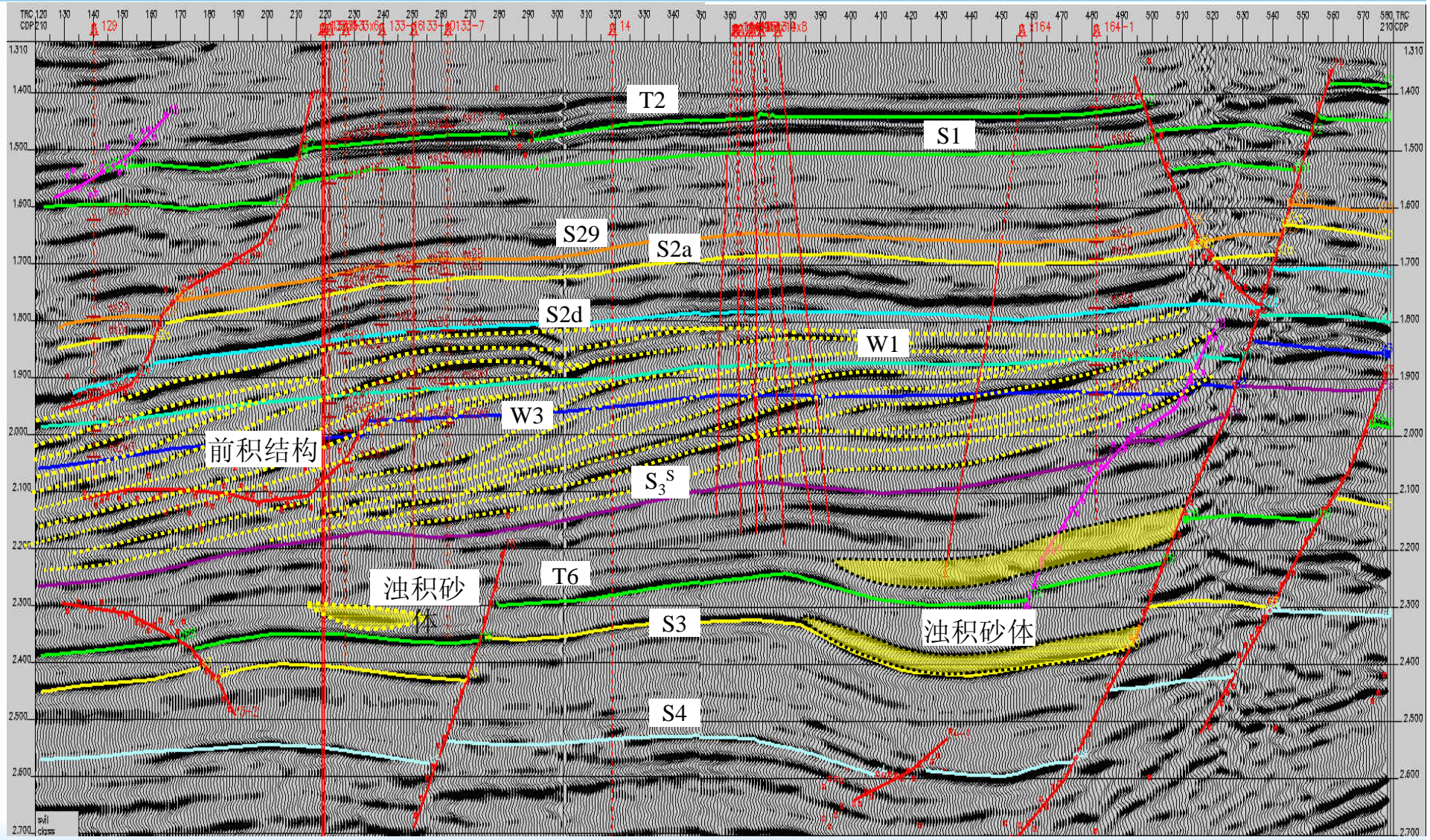


# 时间剖面的对比解释





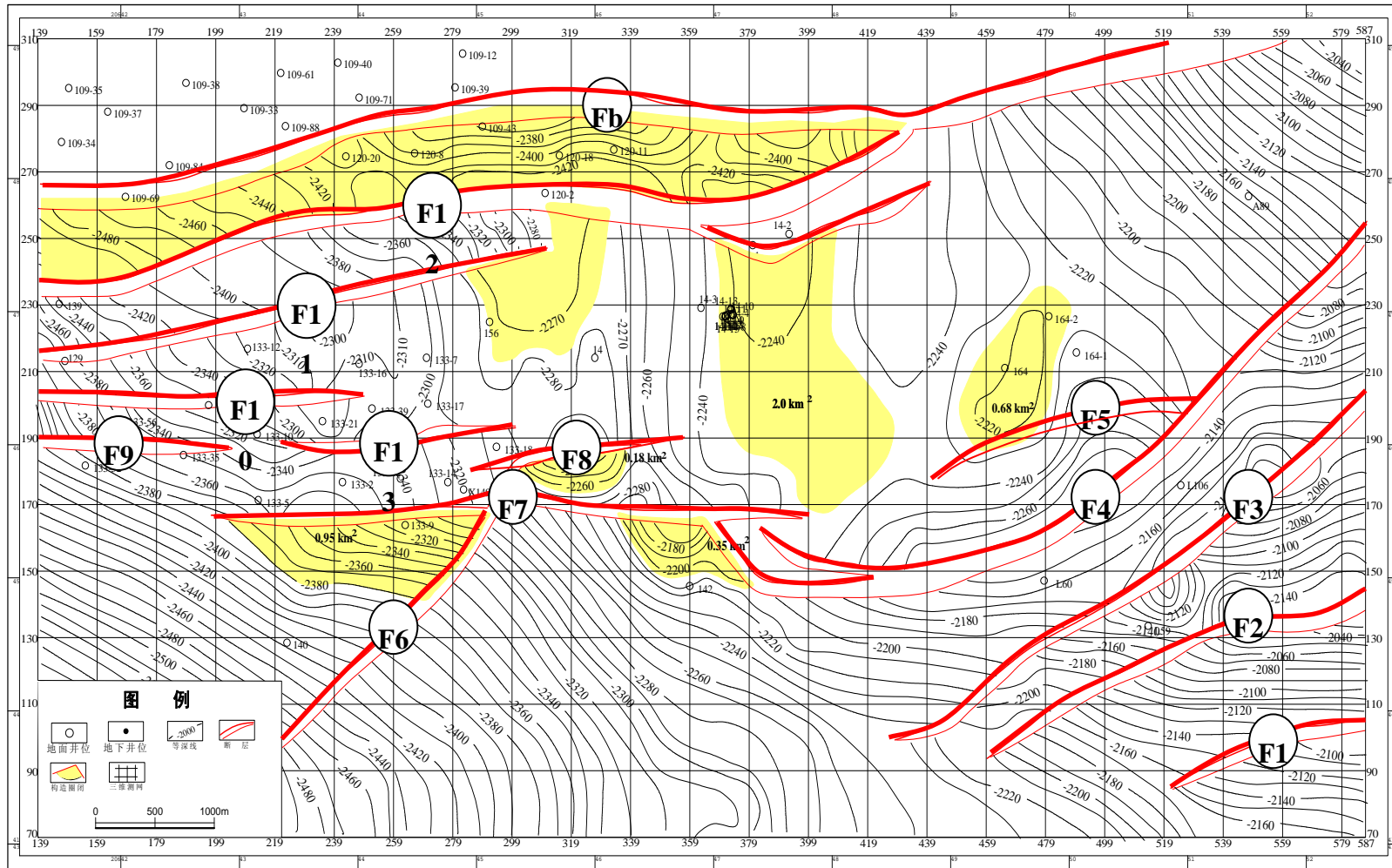
# 时间剖面的对比解释





# 构造图的编制

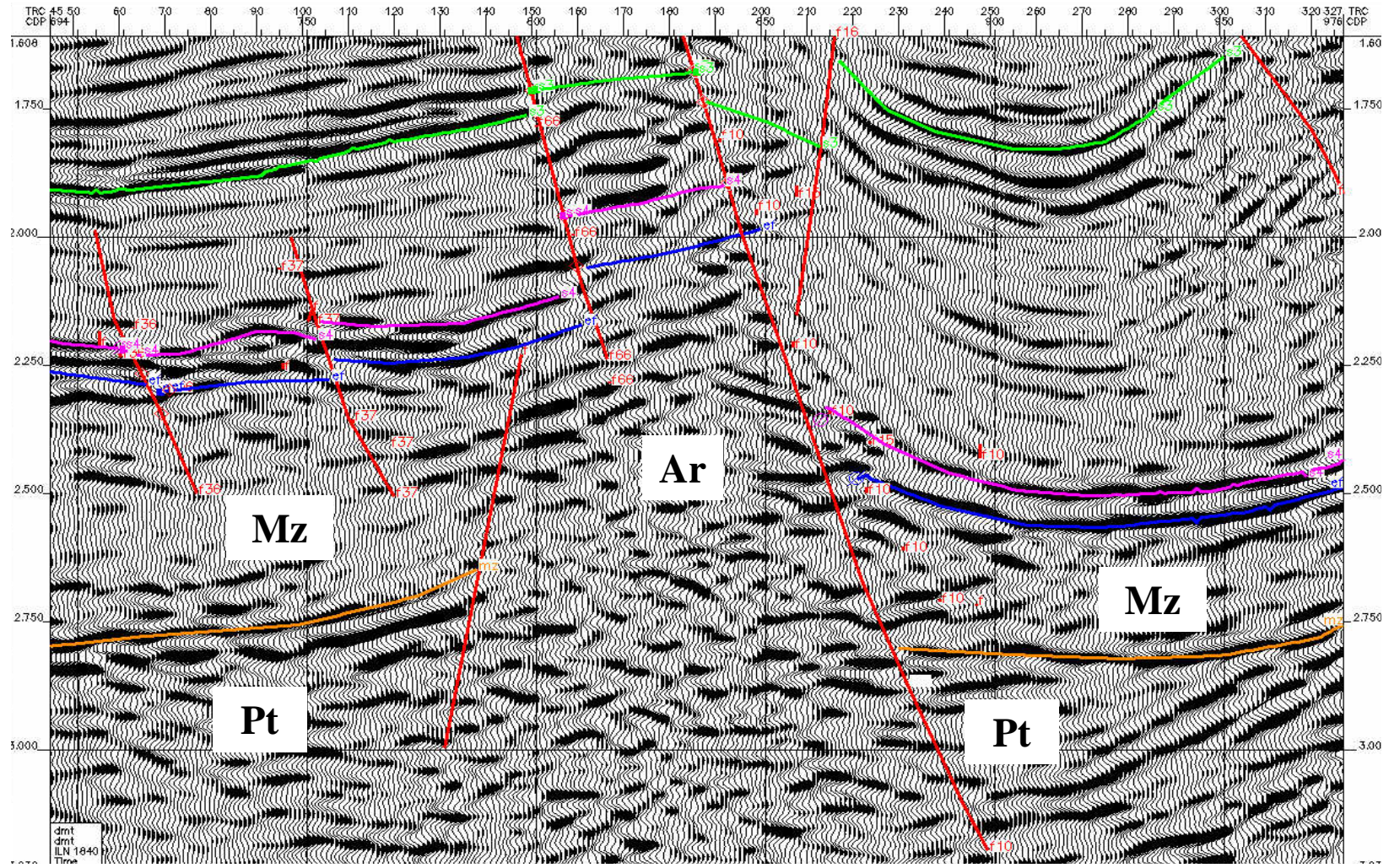
小十仙山十140 十11的明次的一伙地# " 1/10000的构造图





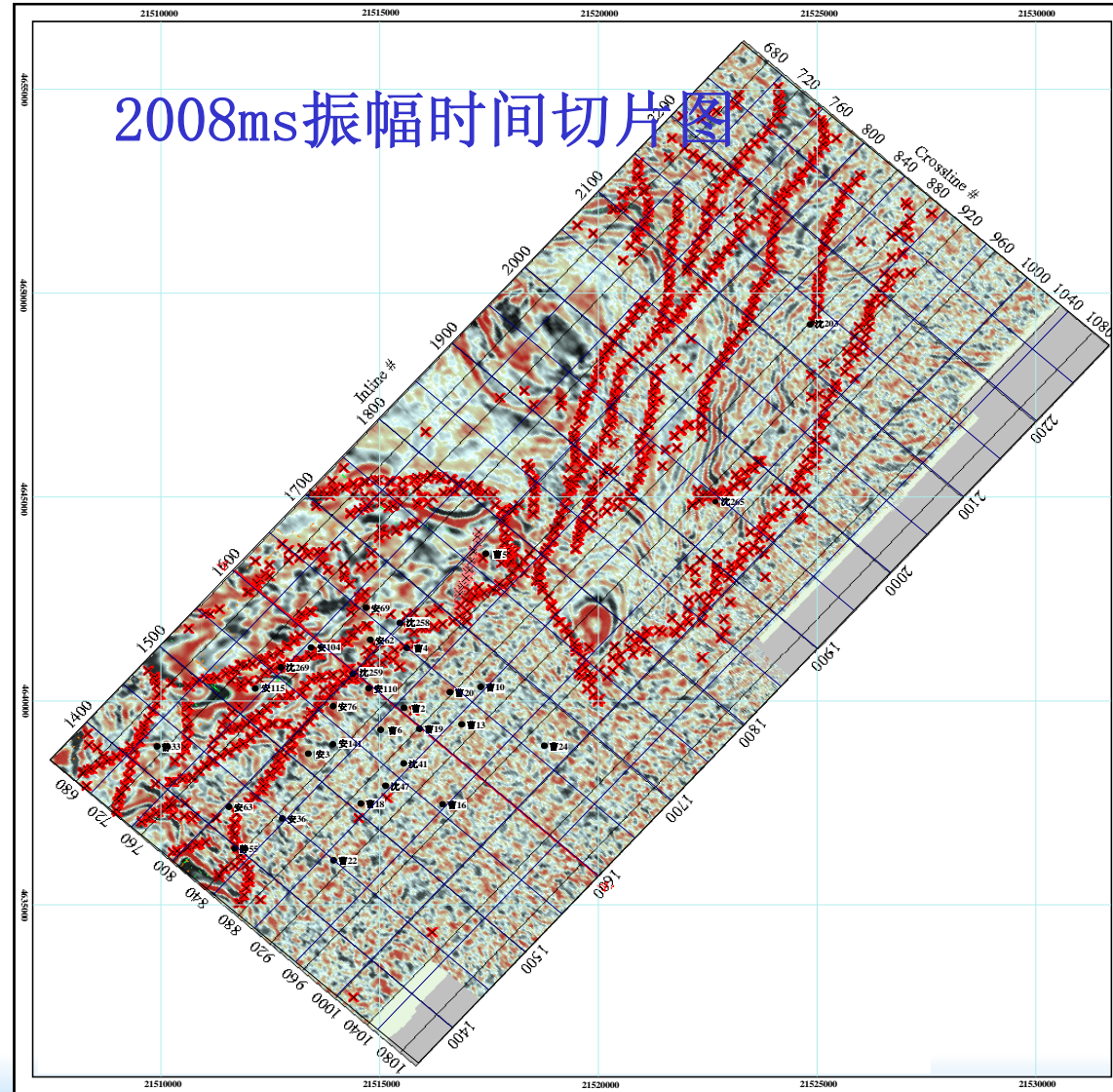


# 潜山地层的地震反射特征



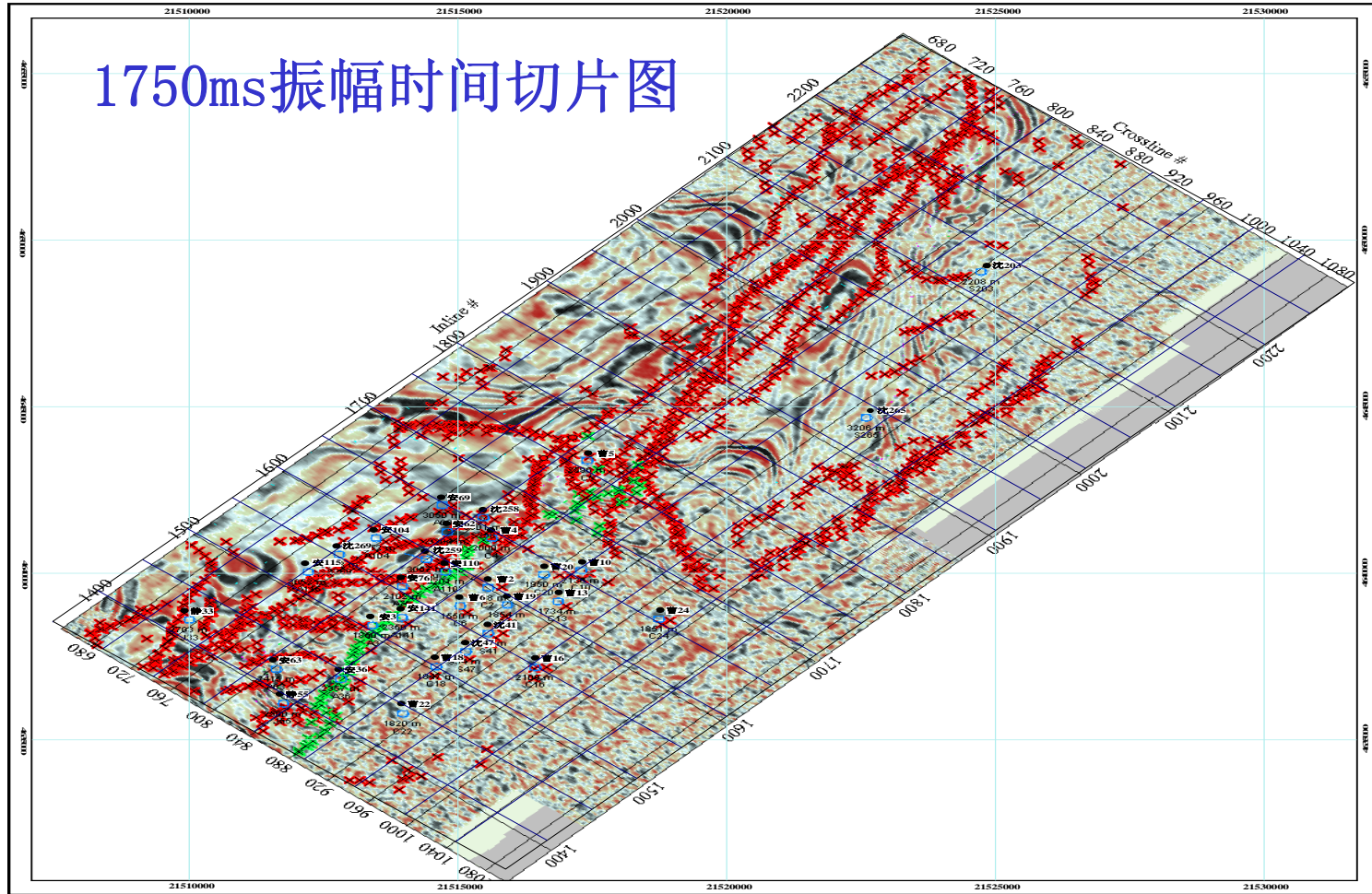


剖面解释与时间切片的交互验证



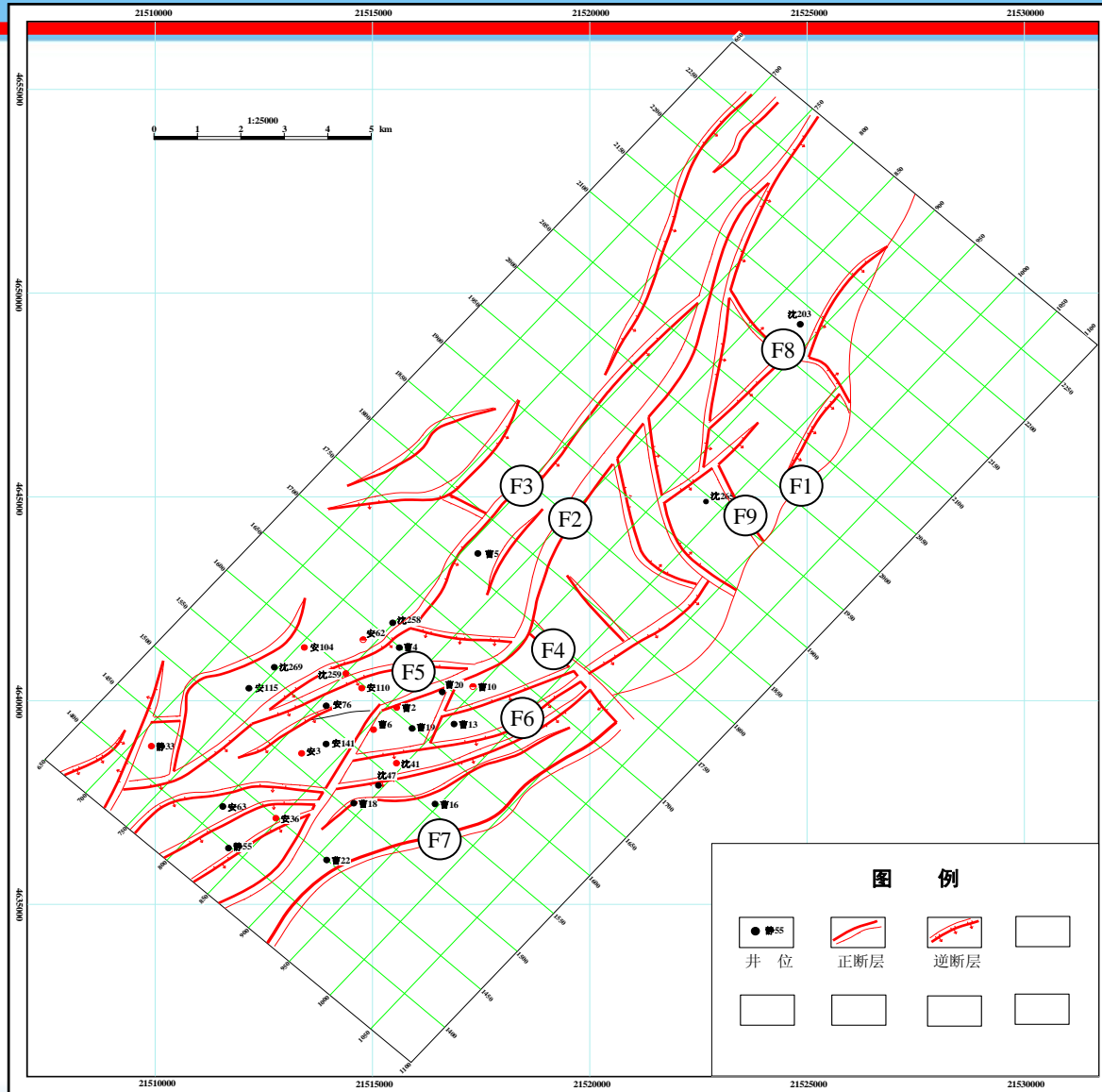


# 1750ms振幅时间切片图



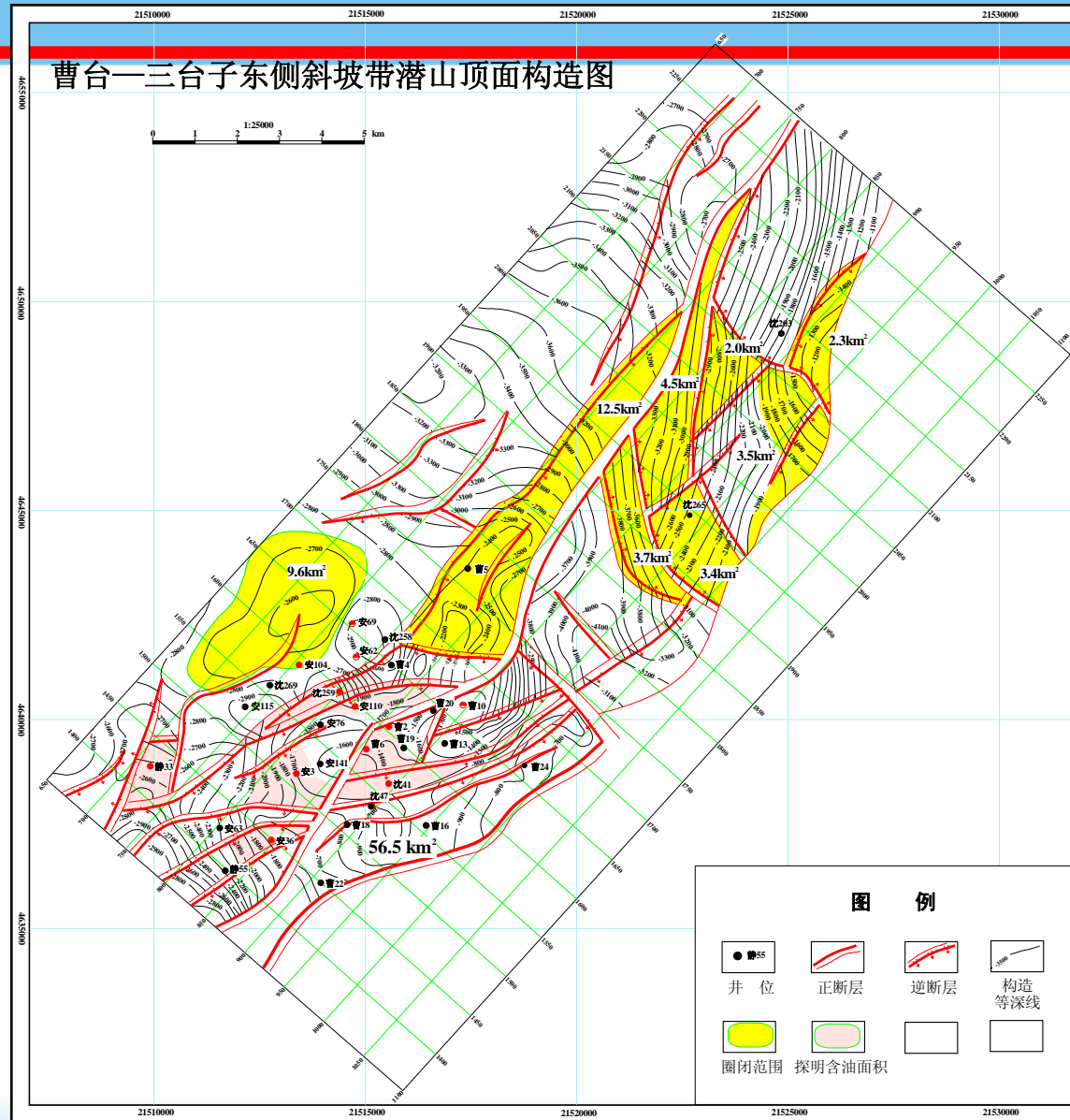


# 断层分布情况



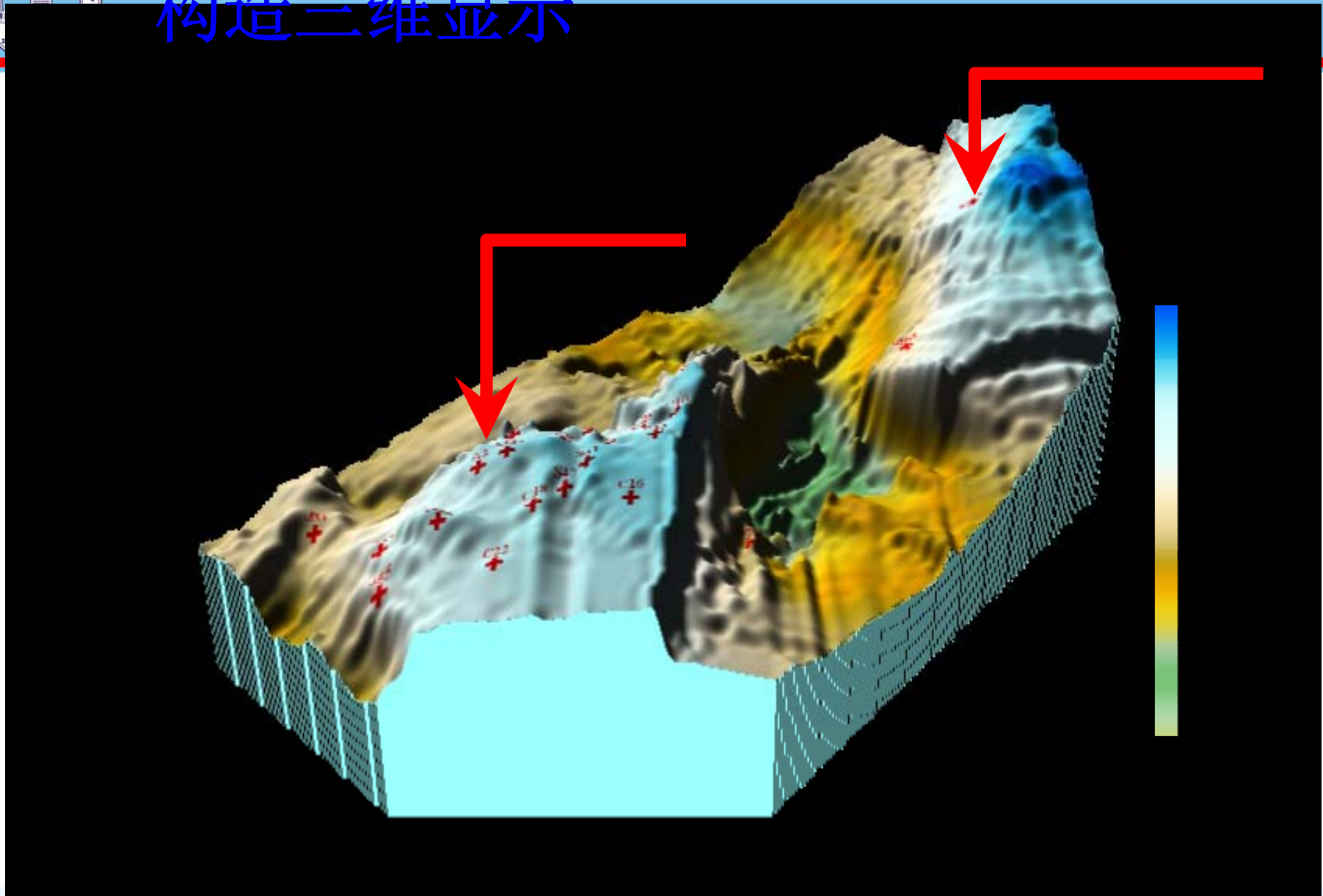


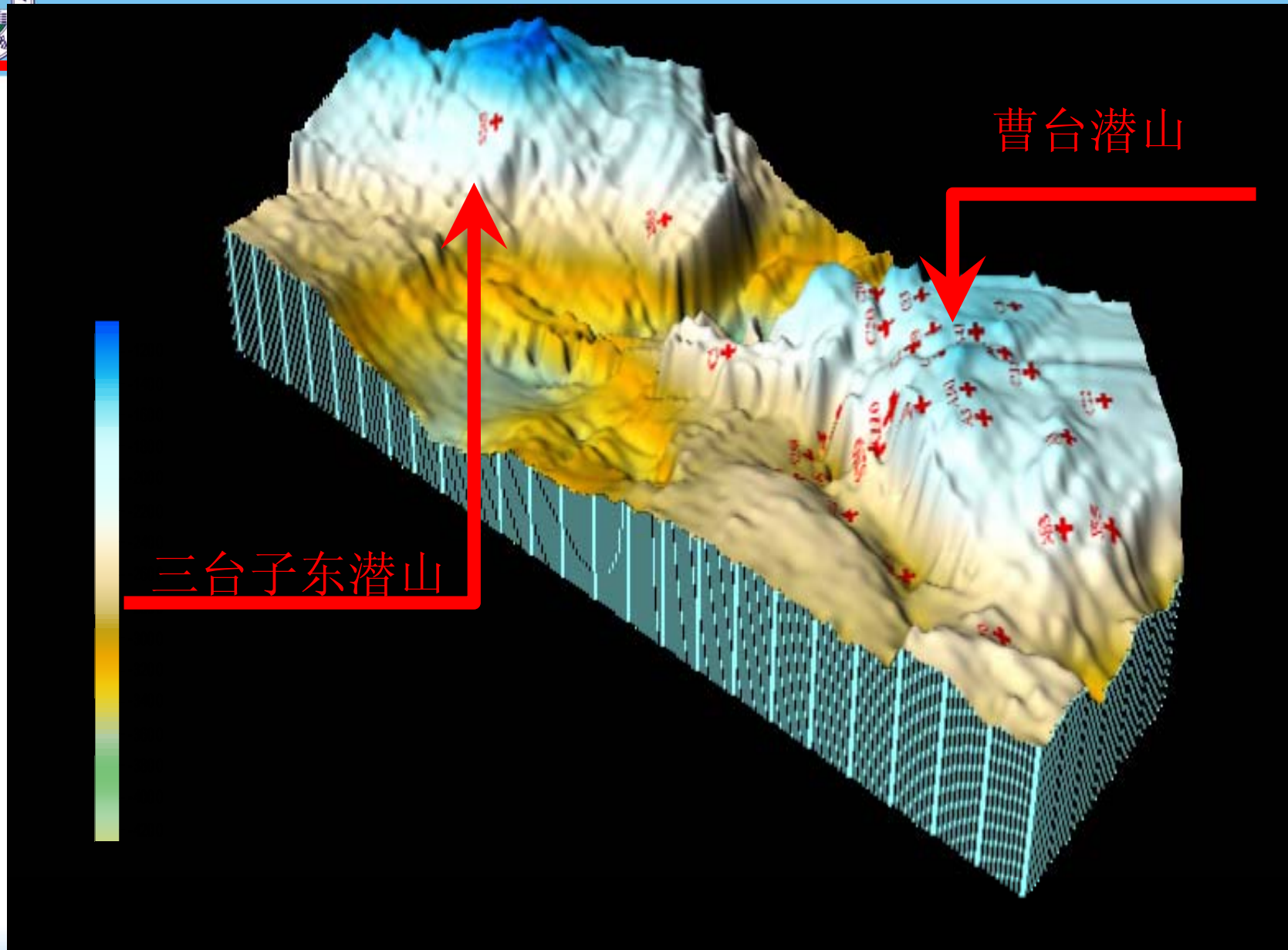
# 圈闭发育情况

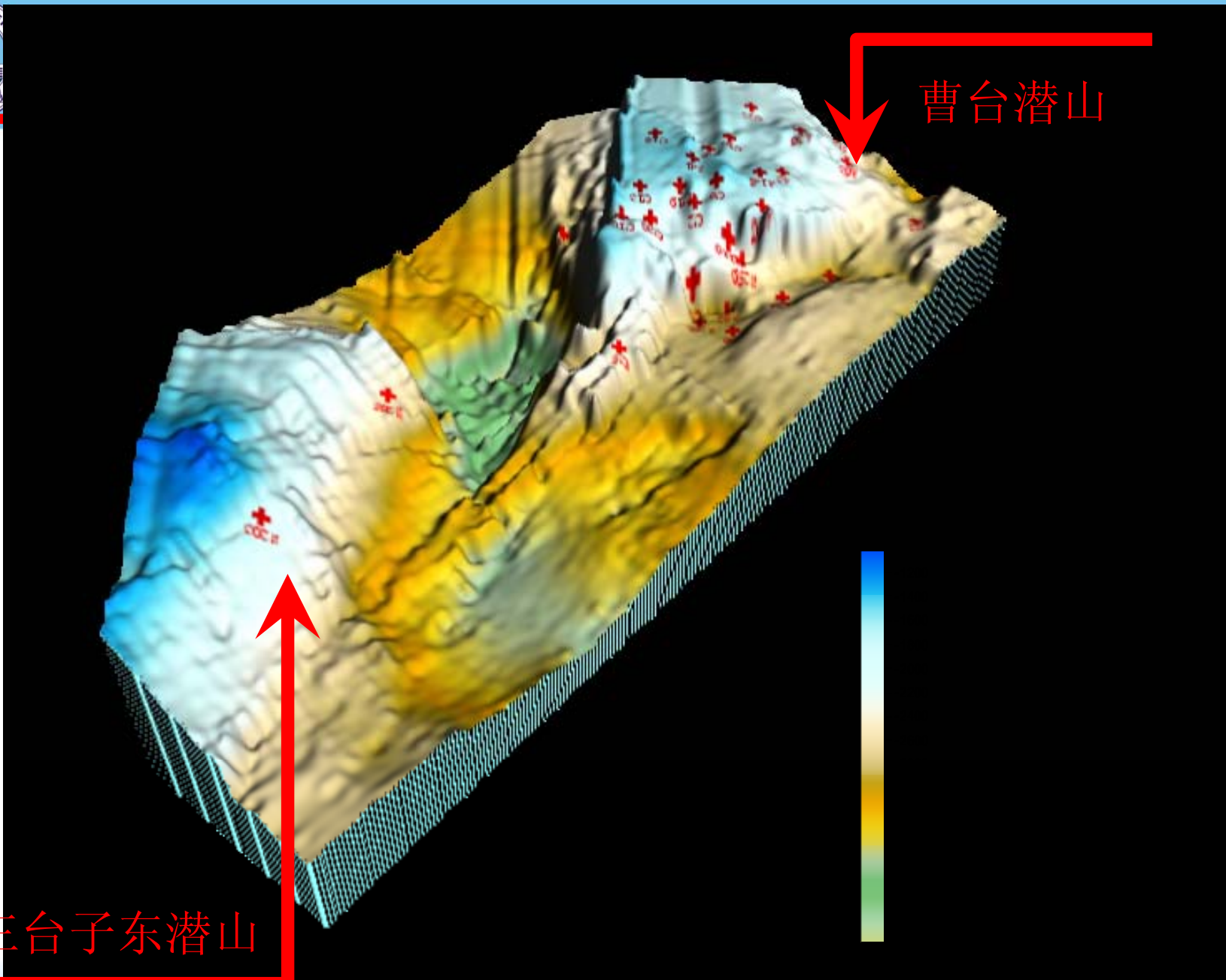




# 构造三维显示







曹台潜山

三台子东潜山



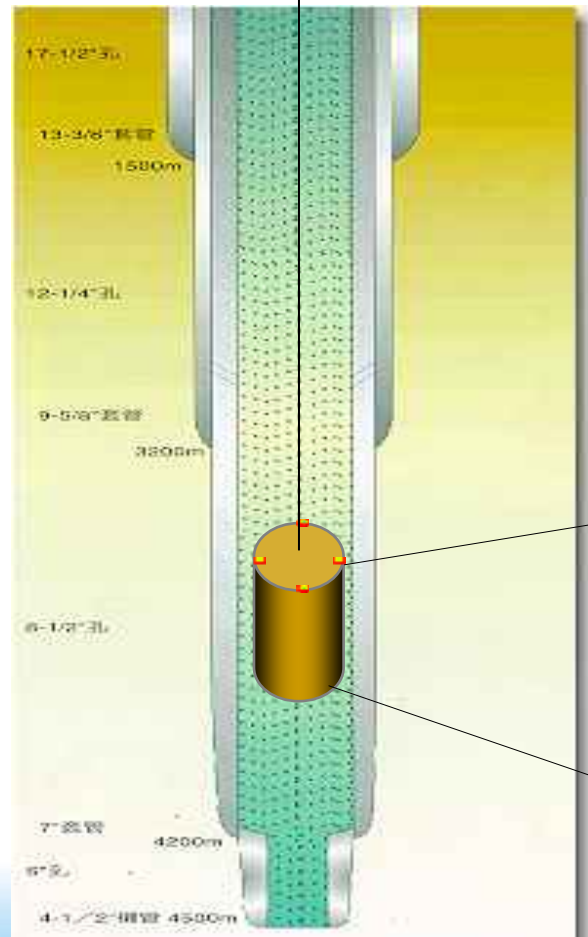


## 第三节 根据倾角测井资料研究构造

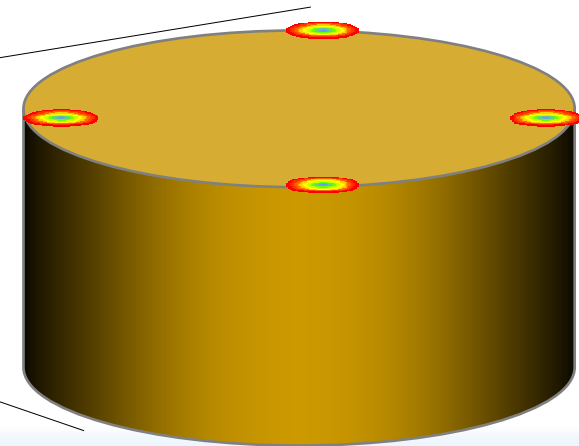


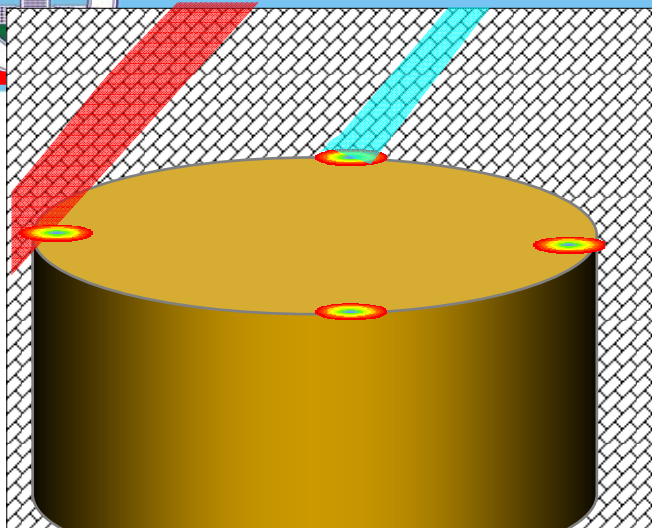
完钻之后测地层倾角，解决地层沉积问题；构造问题等



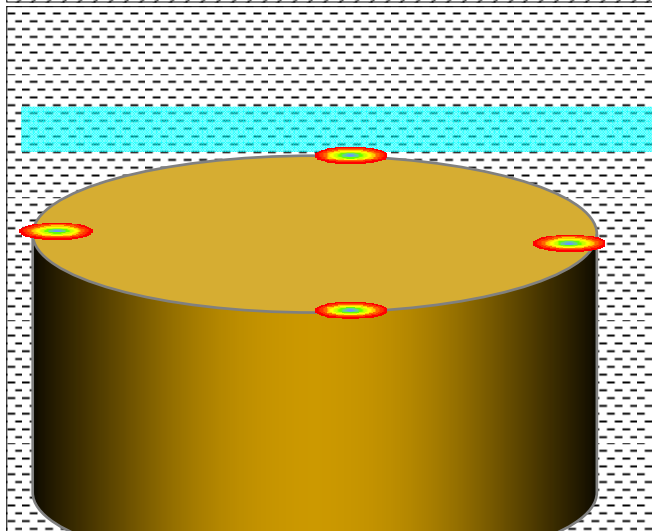


微电阻率测井曲线	4
井径曲线	2
角度曲线	3



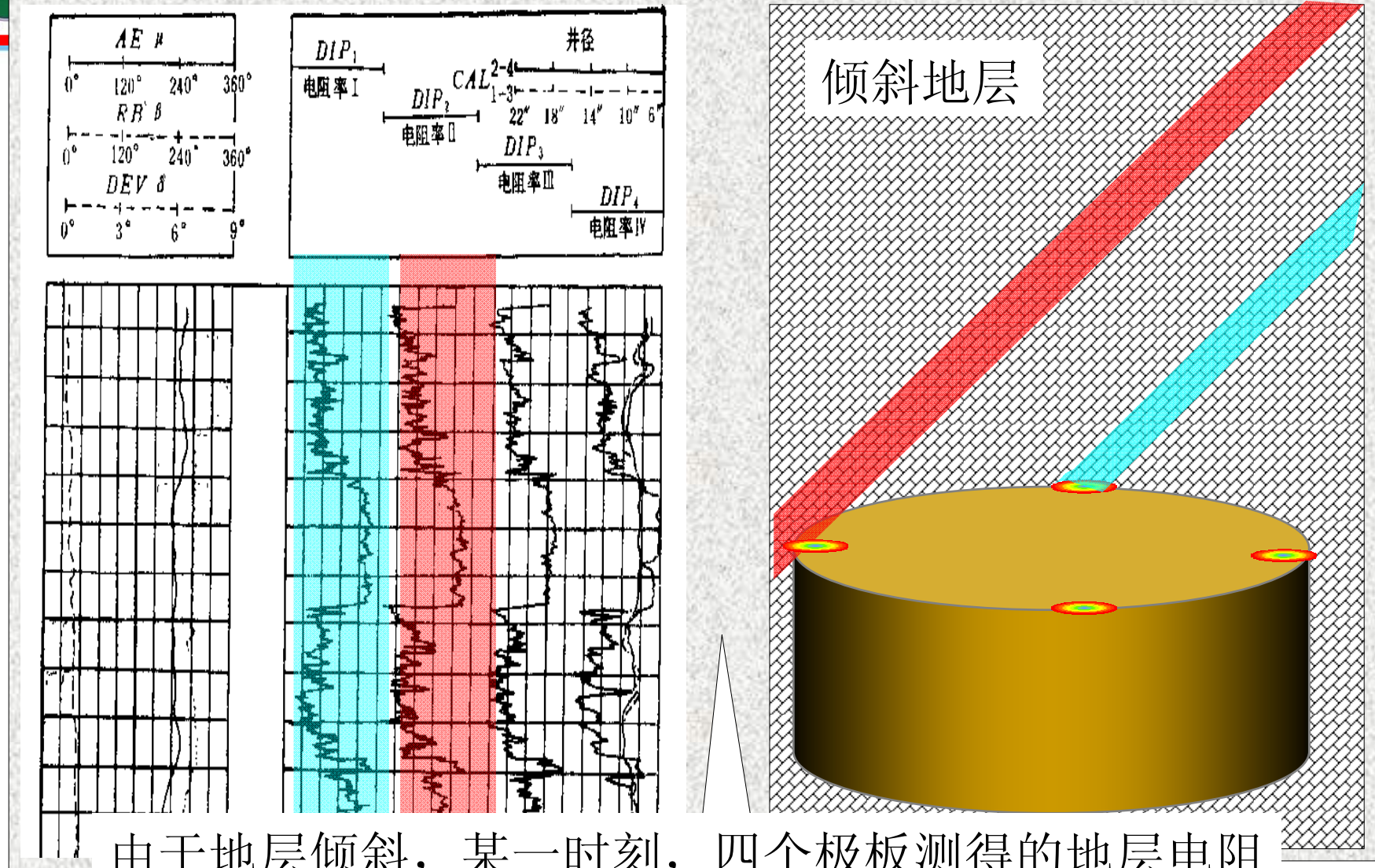


倾斜地层，某一时刻测不同的层



水平地层，某一时刻测同一层

1. **四条微聚焦电阻率（或电导率）测井曲线** ( $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ )。地层倾角测井仪上有四个贴井壁的极板，极板上都嵌有微聚焦电极系，可测出四条微聚焦电阻率测井曲线。通过曲线对比可确定岩层层面上四个点 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $M_4$ 沿井轴方向的高度 $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$ 、 $z_4$ 。
2. **两条井径曲线** ( $d_{13}$ 、 $d_{24}$ )。分别由 I、III 极板和 II、IV 极板组成两套井径测量装置。当井径变化时，四个极板产生横向位移，通过机械传动装置改变电位计的电阻用来指示 I、III 极板方向与 II、IV 极板方向的井径 $d_{13}$ 与 $d_{24}$ 的大小。
3. **I 号极板方位角曲线** ( $\mu$ )。用磁针罗盘测 I 号极板的方位角。
4. **井斜角** ( $\delta$ ) **与 I 号极板相对方位角曲线** ( $\beta$ )。井斜角就是井轴与铅垂线间的夹角。用弧形电位器及铅锤来确定。



由于地层倾斜，某一时刻，四个极板测得的地层电阻率不相同。通过对比，可以确定地层的倾斜情况



一般情况下，利用1口井的**一般测井资料很难判断**地下构造类型、分析有无断层、确定断层性质和断面要素。

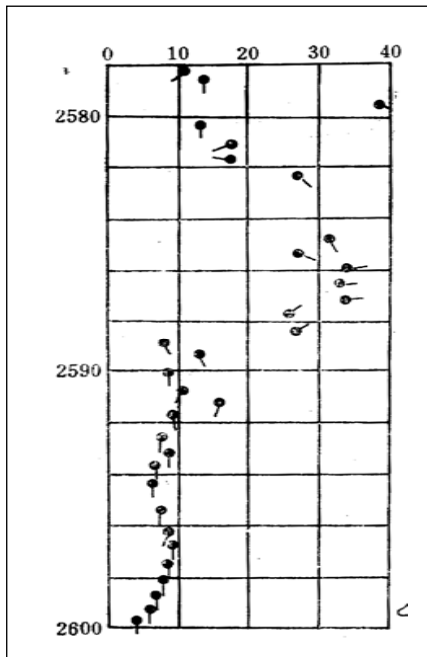
但是，**利用1口井的地层倾角测井资料**，可以解决以下问题。

- 1、确定井孔剖面的地层产状
- 2、判断地下构造的偏移方向
- 3、褶皱构造的识别方法

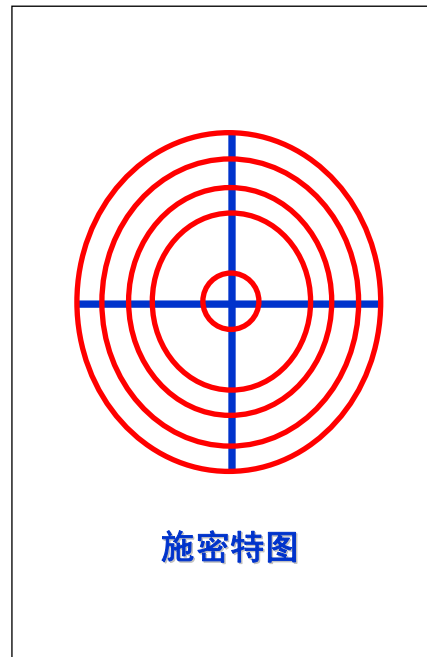


# 地层倾角资料的矢量表示方法

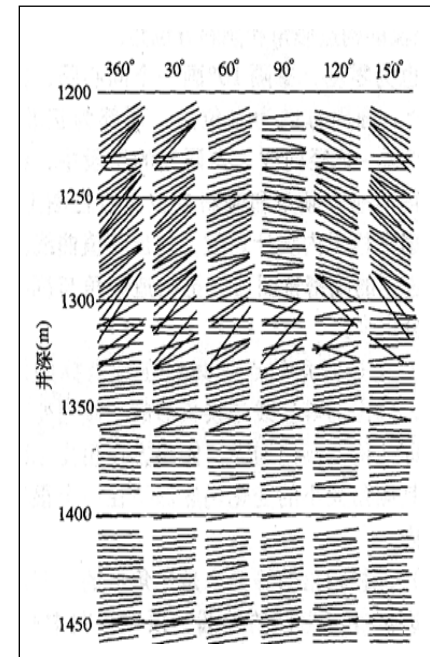
矢量图



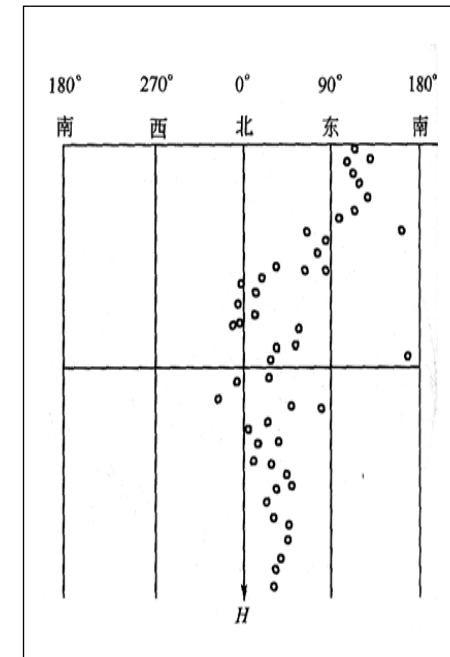
施密特图  
方位频率图



杆状图

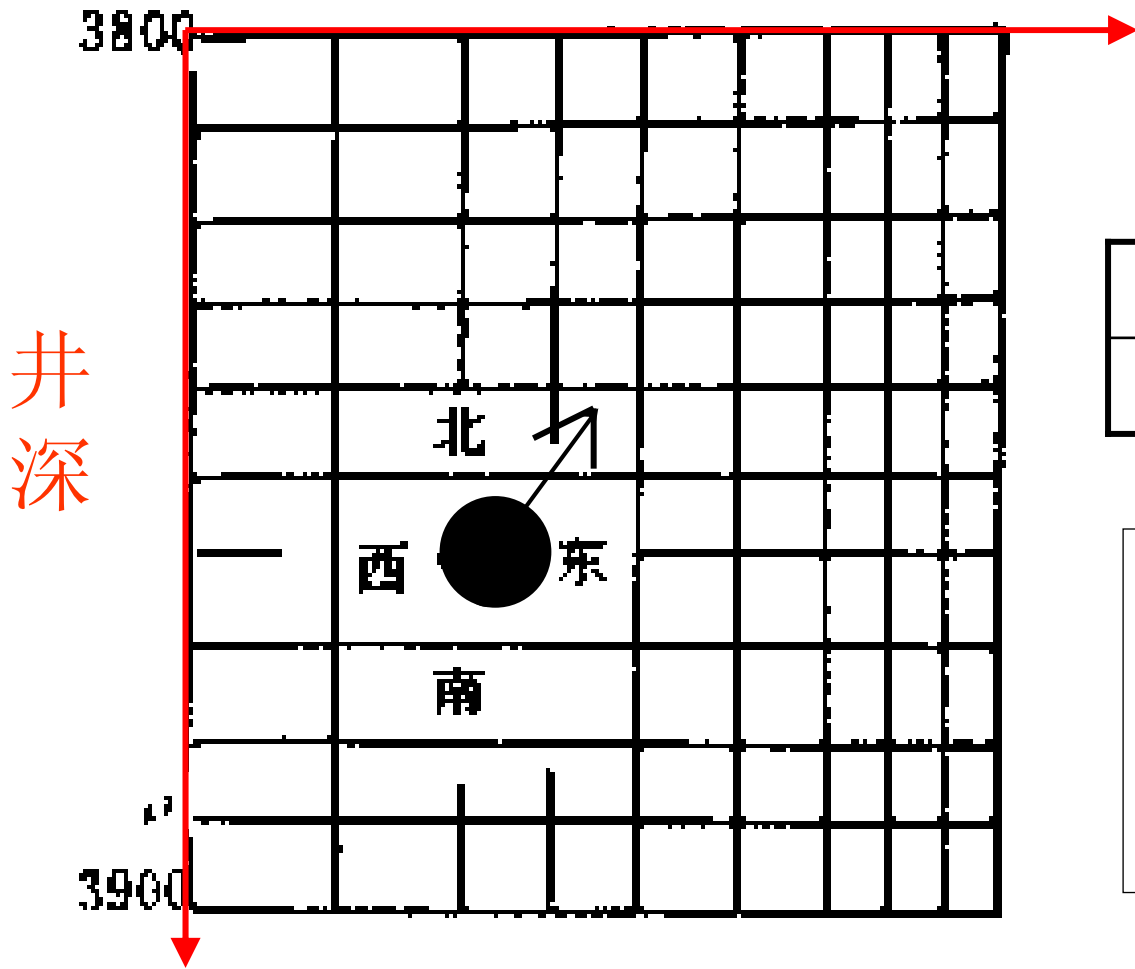


线性  
极坐标图

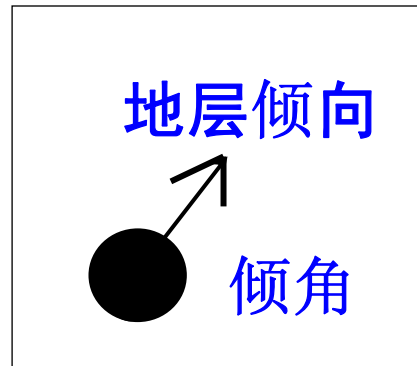




0° 10° 20° 30° 45° 60° 90° 倾角 ?



倾角	25
倾向	北45东



矢量图





# 矢量图

# 图 象

## 倾角矢量图像的分类

**绿模式**：反映构造倾角

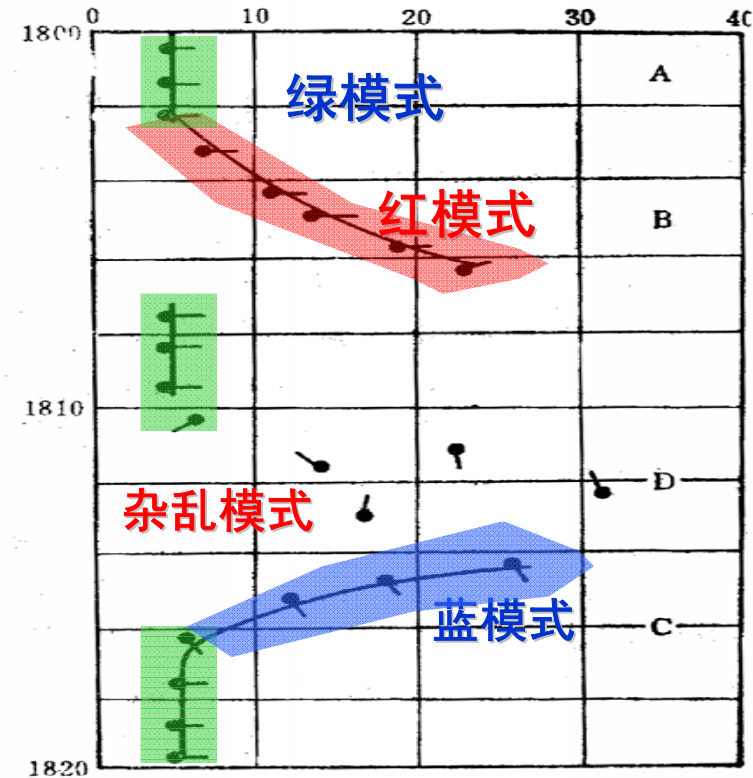
**红模式**：构造和沉积现象

**蓝模式**：古水流方向

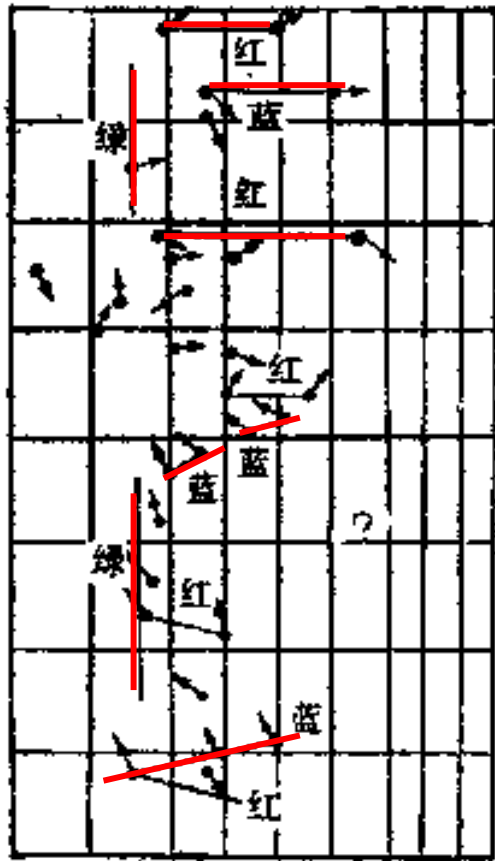
**杂乱模式 (空白模式)**：反映断层破碎带

**粗线模式**：倾角变化趋势

**细色模式**：倾向不变的相连

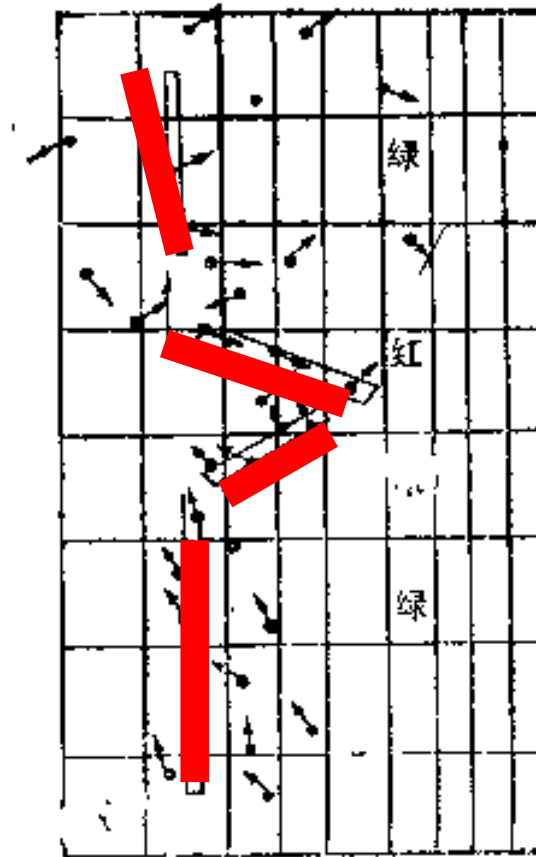


常见的四种地层倾角矢量图象模式



细色模式

表示倾向不变的地层段

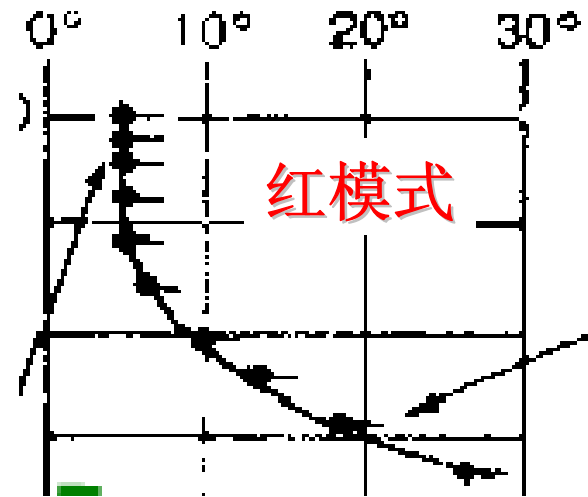
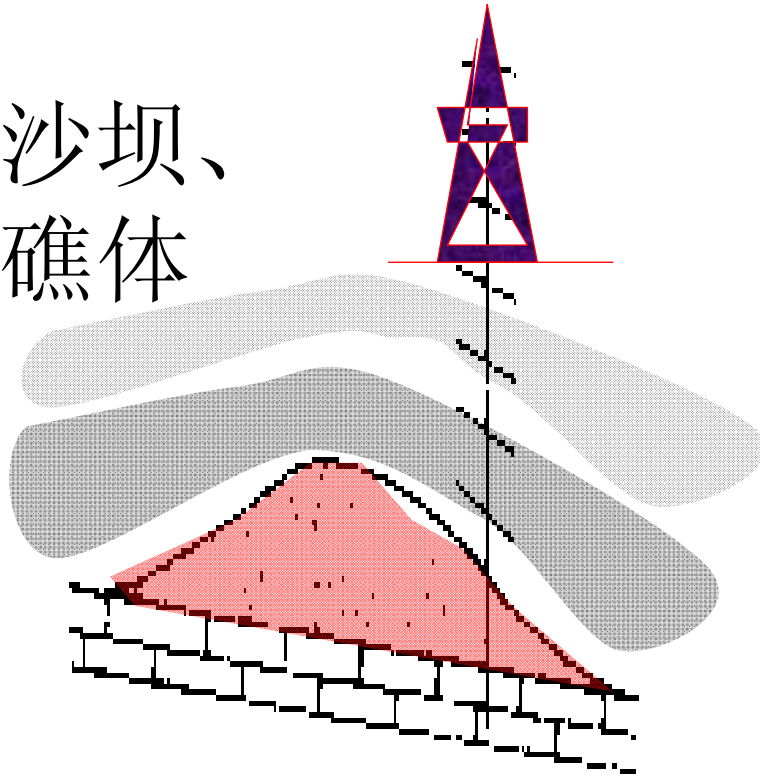


粗色模式

表示地层倾角变化趋势



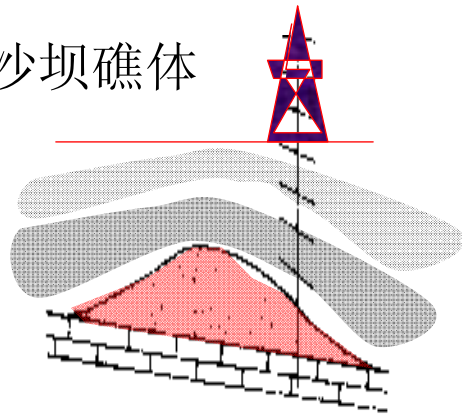
沙坝、  
礁体



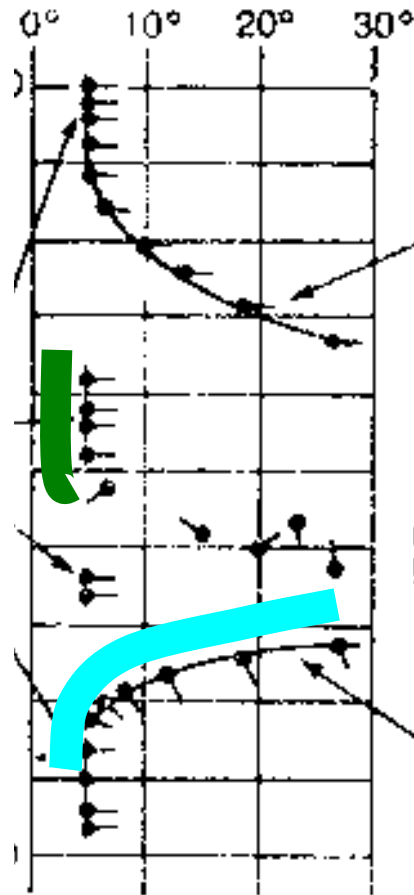
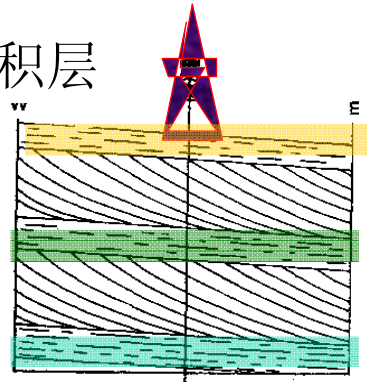
深度增加，地层倾角变大



沙坝礁体



前积层



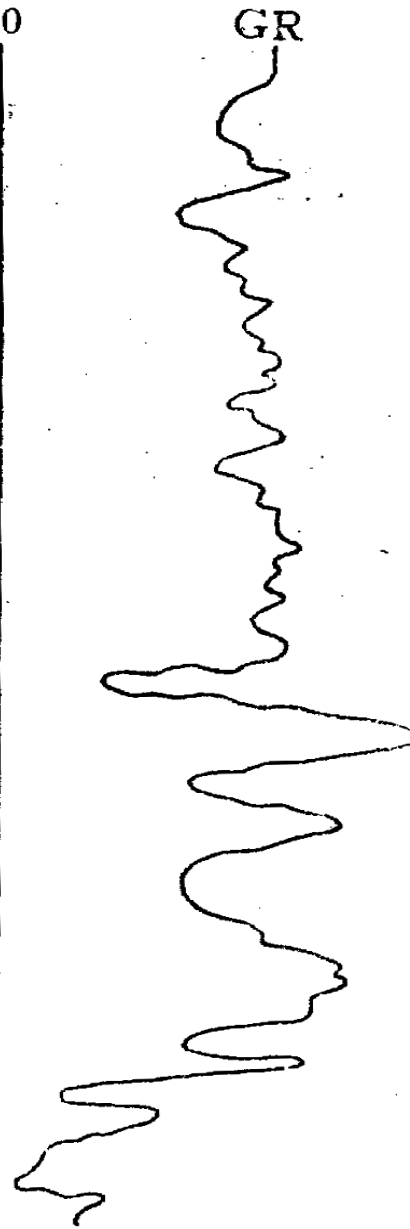
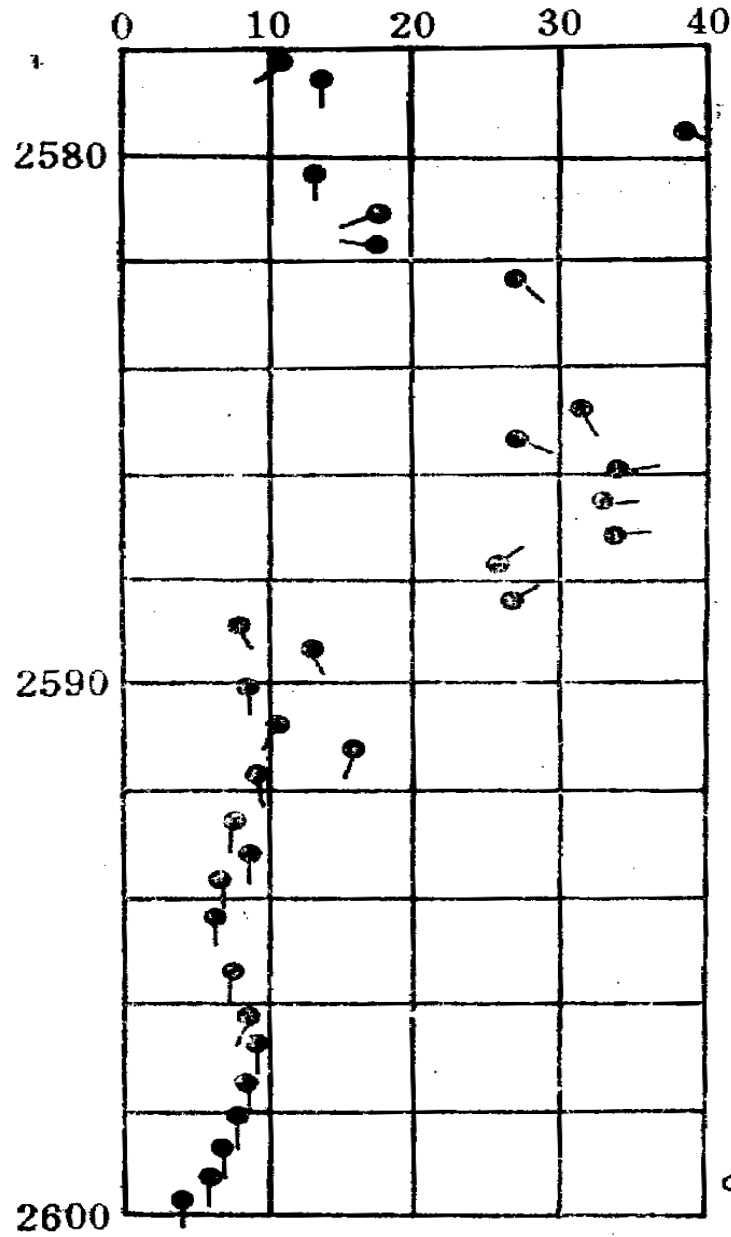
红色模式 (变大)

绿色模式 (不变)

蓝色模式 (变小)



倾角矢量图(°)				层理剖面	层理类型
10	20	30	40		
					水平或平行层理
					波状层理
					单斜层理
					前积波状层理
					波状交错层理
					交错层理
					槽状层理
					块状不显层理
					递变层理

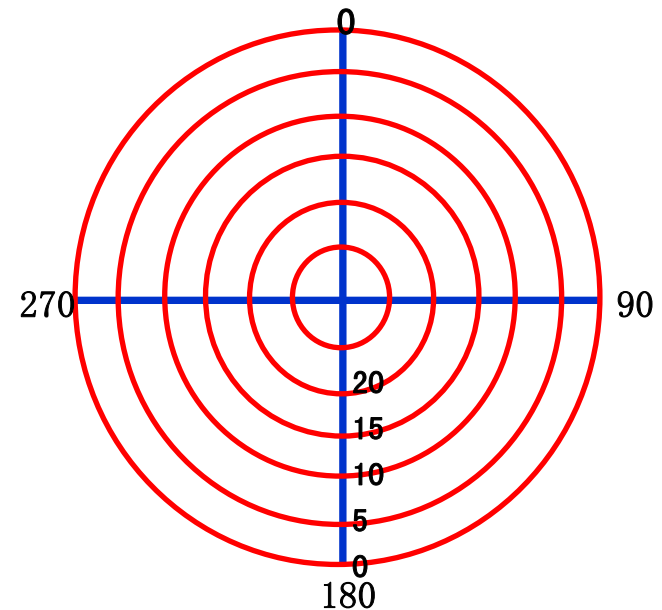




### 施密特图和方位频率图

- 地层在\*\*高能环境\*\*下沉积时，在地层倾角矢量图上不容易鉴别出构造倾角的情况下，就采用施密特图来分析。

- ▲ 以\*\*同心圆表示地层倾角\*\*，最外一圈为 $0^\circ$ ，向内增大；
- ▲ 用坐标和四个象限表示\*\*地层倾斜方位角



施密特图

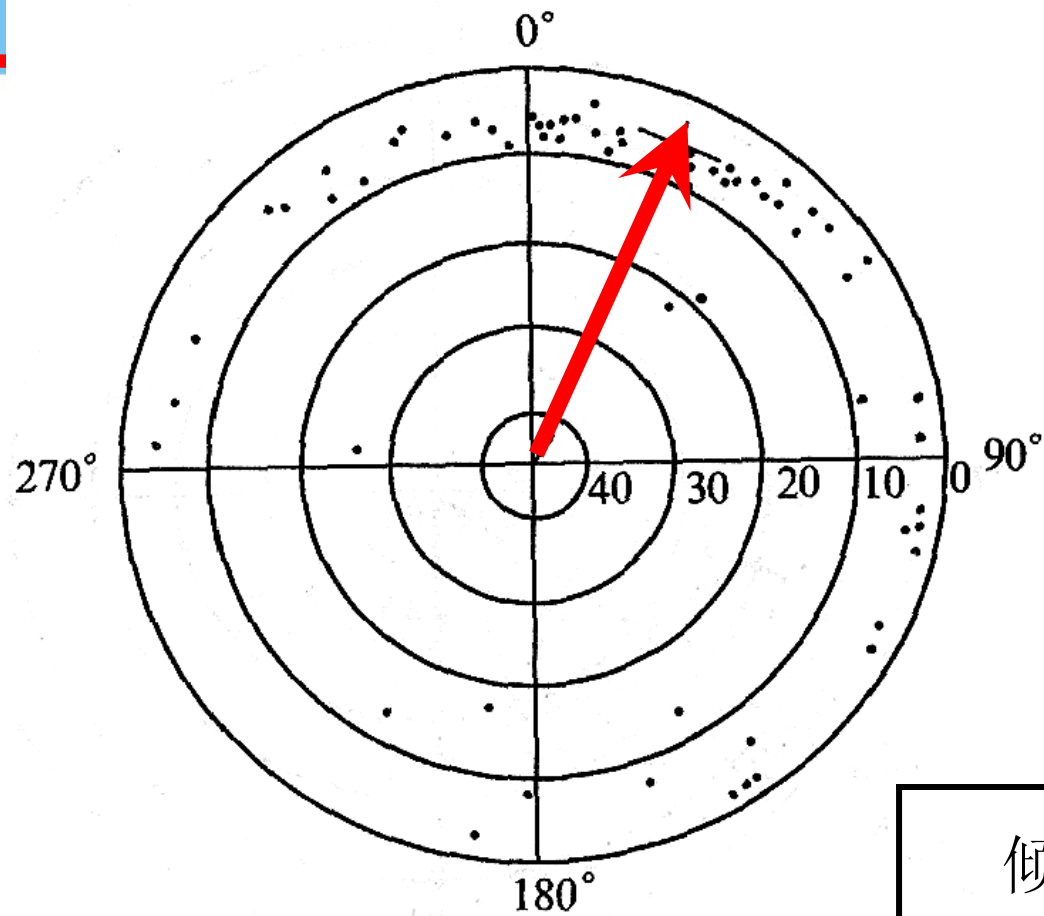


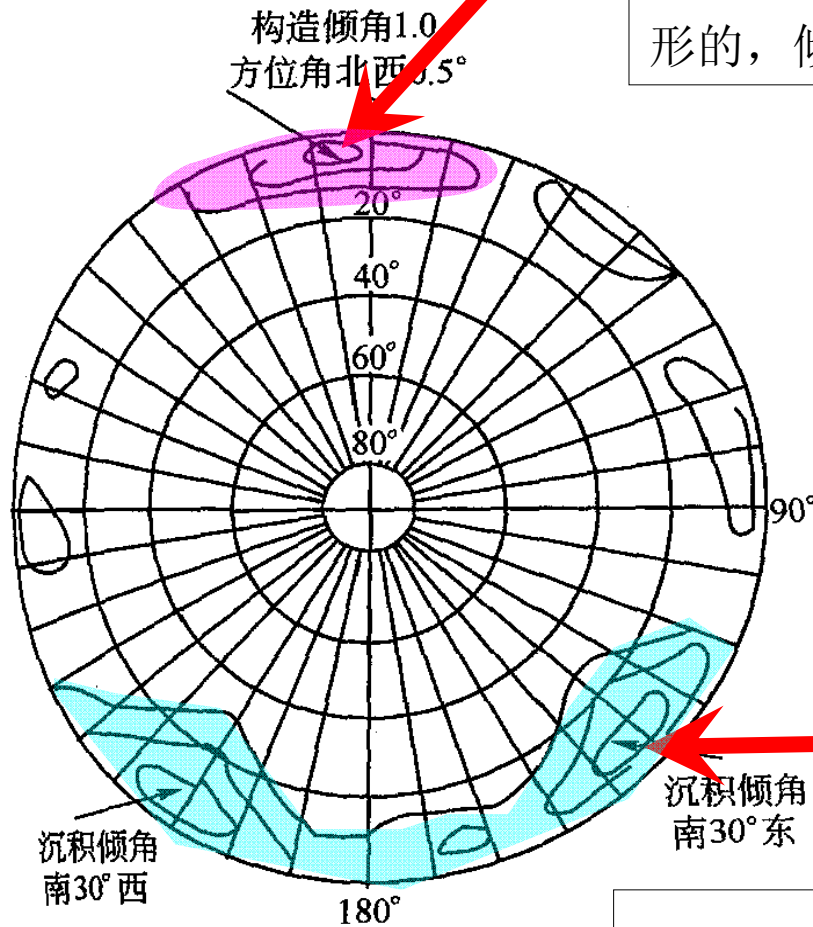
图 4 - 28 施密特图

倾斜方向	30
构造倾角	5





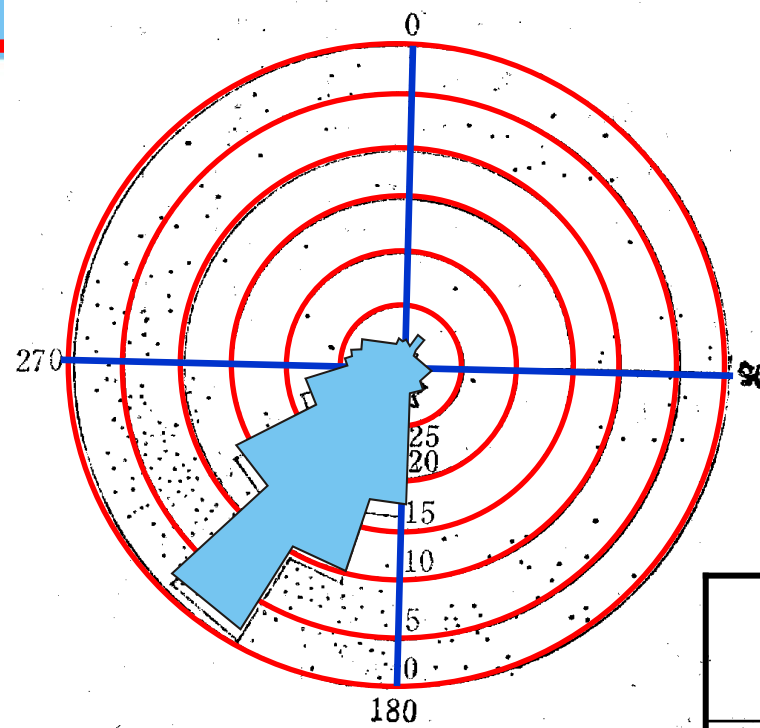
构造倾角等值线是狭长形的，倾角变化小。



在研究的层段中，将全部测得的地层倾角和倾斜方位角点在图上，然后在扇形格子内统计点数，勾出等值曲线。可以区别构造倾角与沉积倾角。

图 4 - 29 改进的施密特图

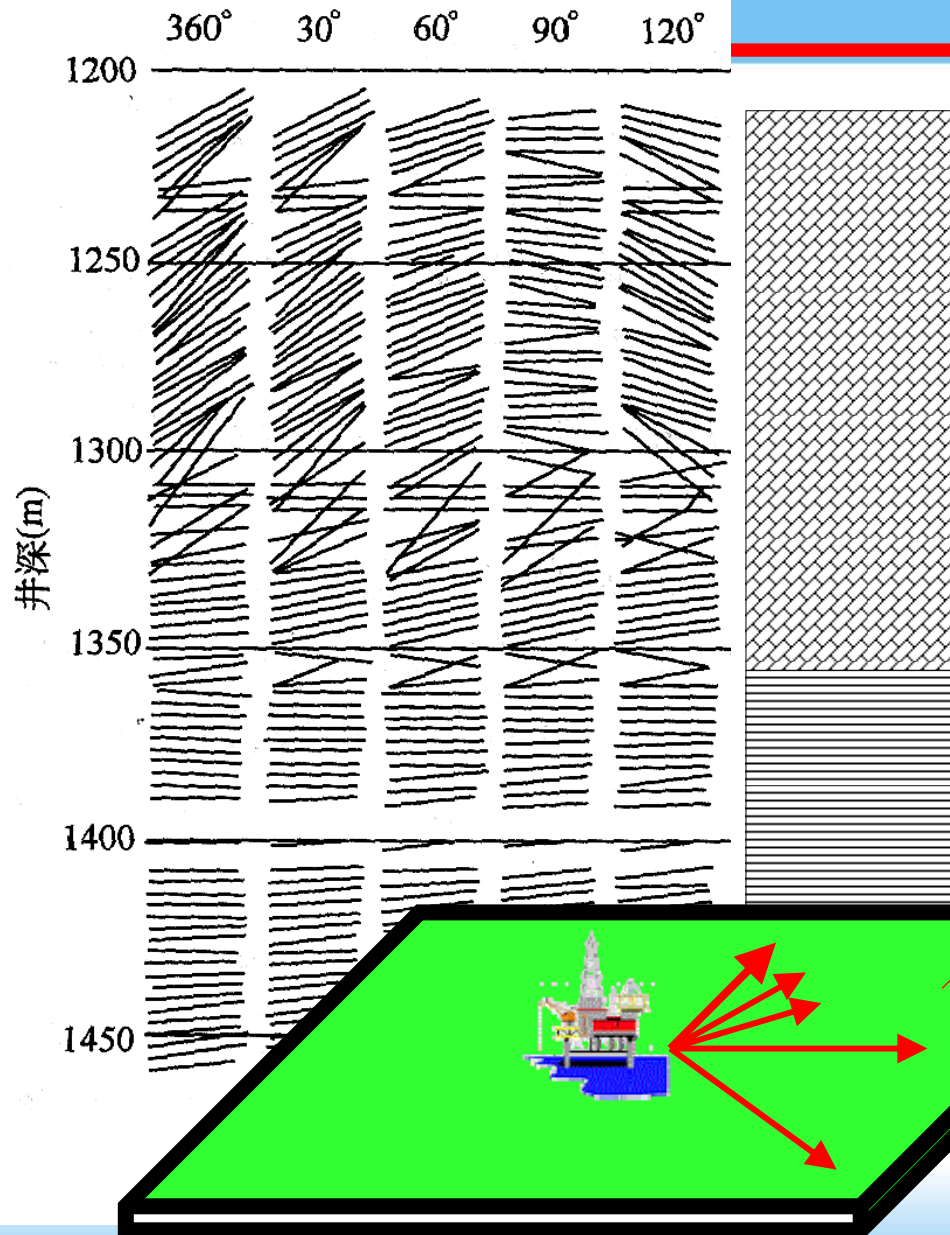
沉积倾角的等值线是三角形的。倾角数值变化较大（0到40度）



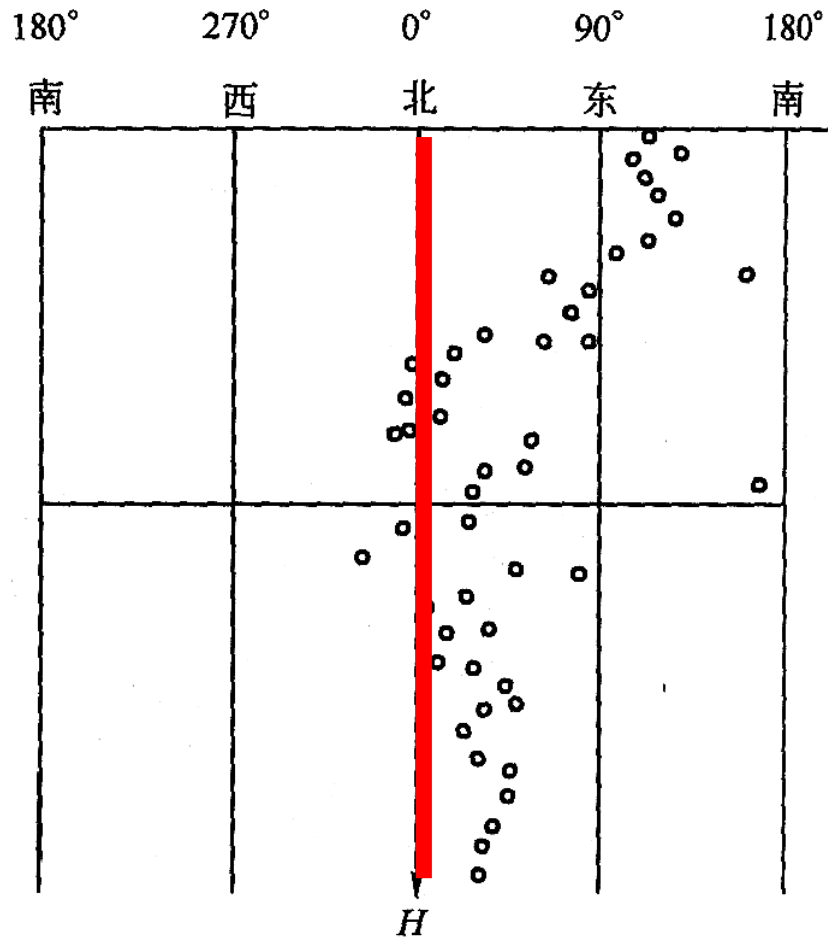
方位频率图

倾斜方向	225
构造倾角	5

- ★ 最大频率方向 → 研究层段的**倾斜方位角**;
- ★ 最大频率方向的倾角 → 研究层段的**构造倾角**

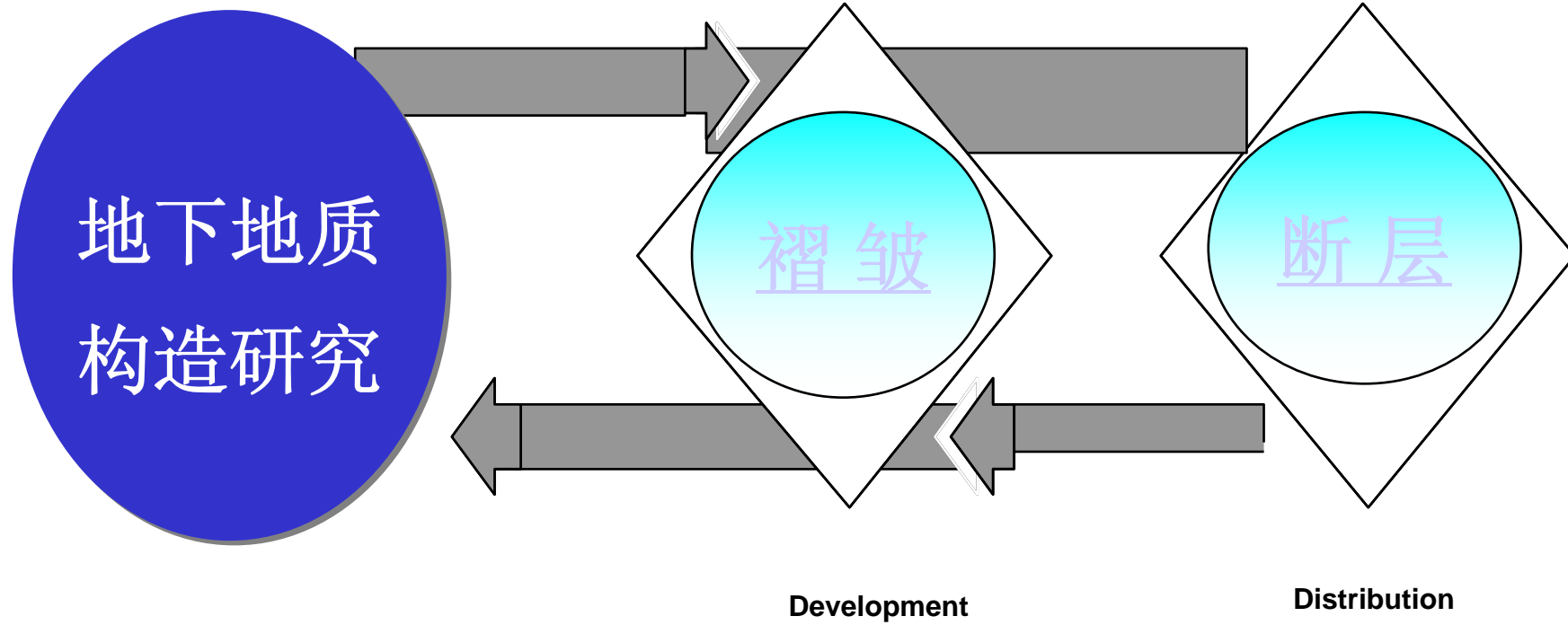


将真倾角与深度的关系曲线沿地层对比剖面线的方位换算成视倾角与深度的关系并且用与水平线的夹角为视倾角的倾斜杠来形象表示，称为杆状图



不考虑倾角变化、专门反映地层倾斜方位角随深度变化的图件。规定零度方位(正北)放在图的中央。与矢量图配合,能直观地、迅速地确定地层的倾斜方位角。

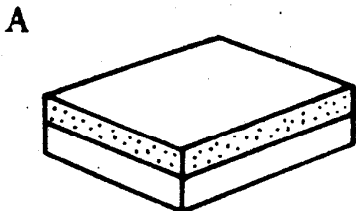
图 4 - 32 线性极坐标图



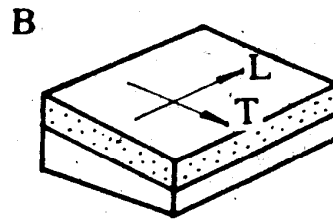


在没有断层的情况下，可以认为存在7种基本构造

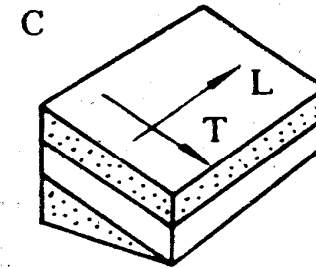
T—构造变动最大方向  
L—构造变动最小方向



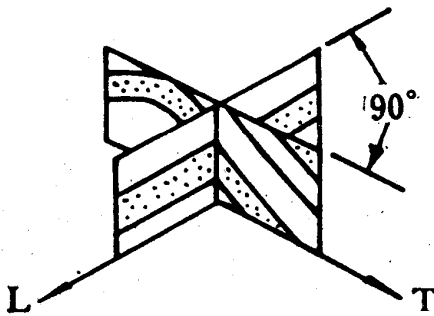
水平层



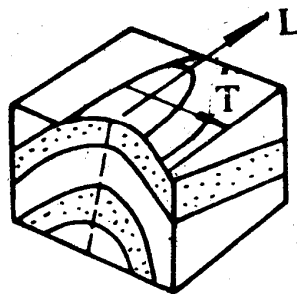
低倾角单斜层



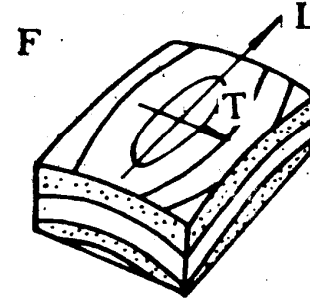
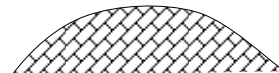
高倾角单斜层



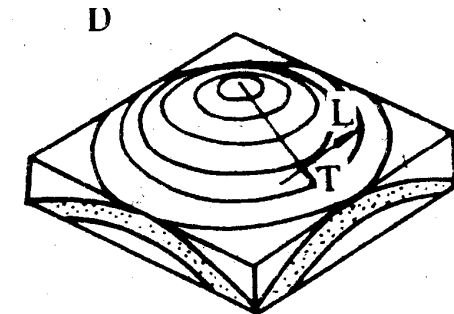
无倾没褶曲



倾没褶曲



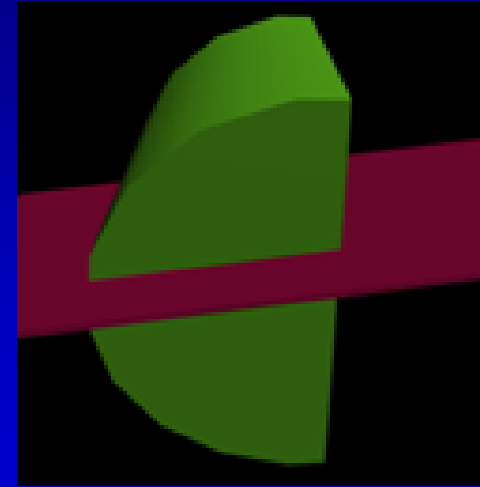
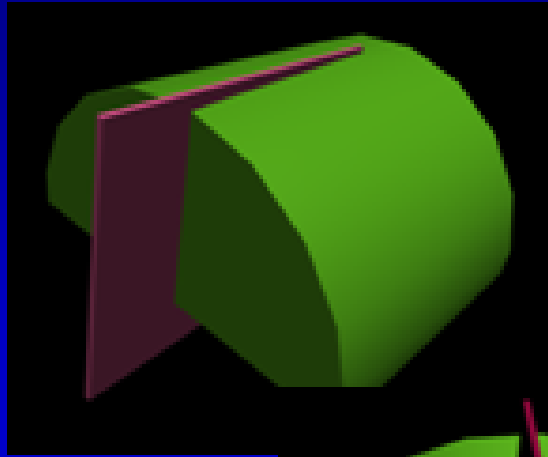
双倾没褶曲



圆丘形穹窿



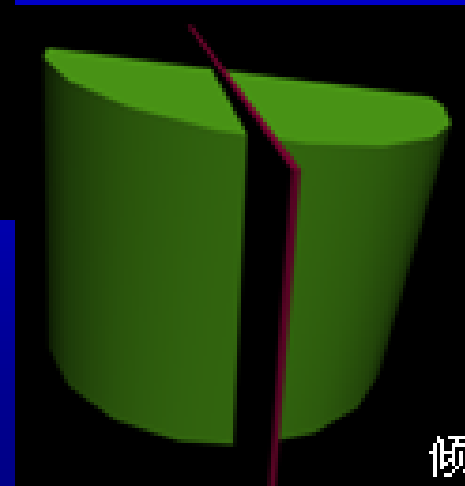
直立水平褶皱



平卧褶皱



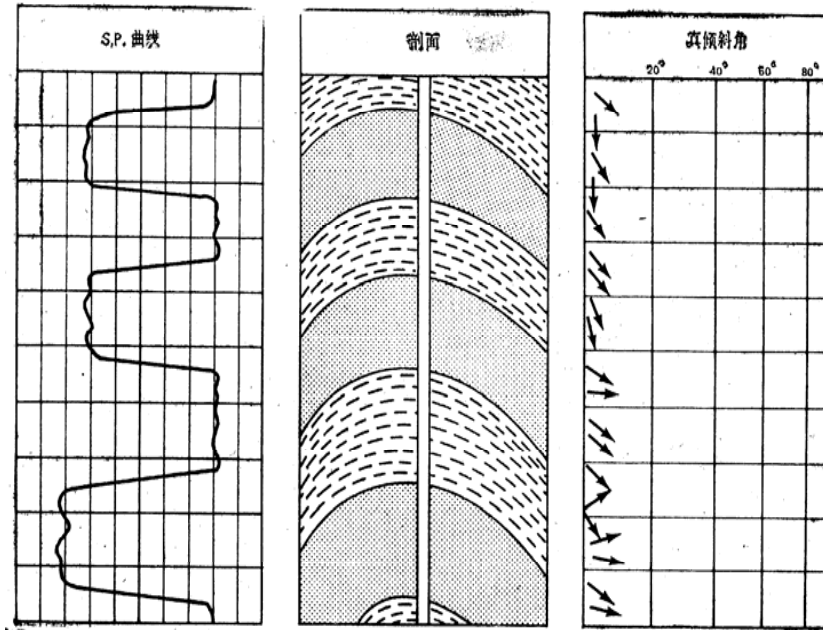
直立倾伏褶皱



倾竖褶皱



# 1、对称背斜



钻遇对称背斜轴部的矢量图

## 绿模式

轴面近于直立，两翼倾角相等、倾向相反。

● 井眼穿过背斜顶部：测得地层倾角很小，倾斜方位角也较乱。

● 井眼钻遇背斜一翼：矢量图呈绿模式（与单斜显示相同）。两翼分别钻井，矢量图在同一岩层倾向相反（相背）。





## 2、不对称背斜

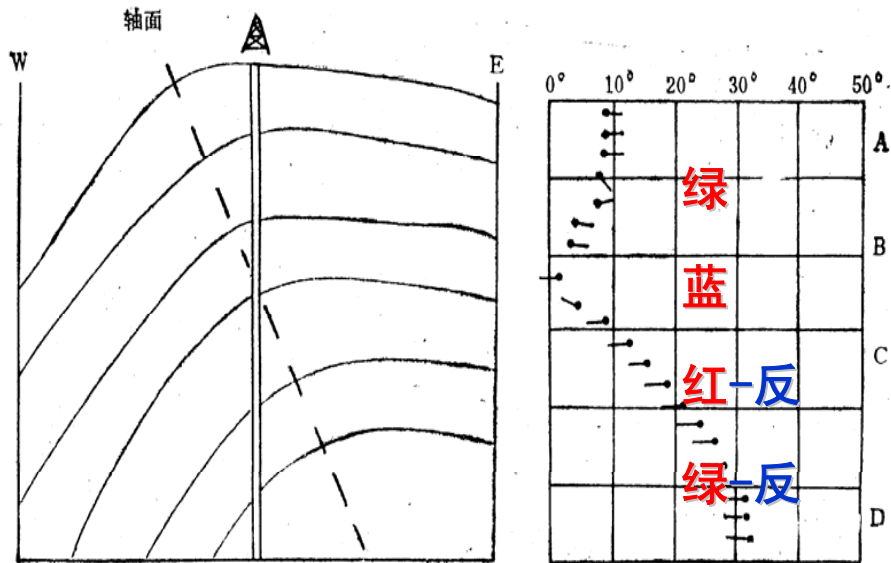


图 9-73 非对称背斜井眼穿过轴面的地层倾角矢量图特征

井眼穿过非对称背斜轴面的倾角矢量图特征

绿 → 蓝 → 红 → 绿

特点：轴面倾斜，两翼倾角不等且倾向相反。

◎ 上部倾斜段(缓翼地层) -- 绿模式；

◎ 接近脊面 -- 蓝模式，脊面处倾角接近 $0^\circ$

◎ 离开轴面向陡翼地层过渡 -- 红模式

◎ 下部倾斜段(陡翼地层) -- 绿模式。



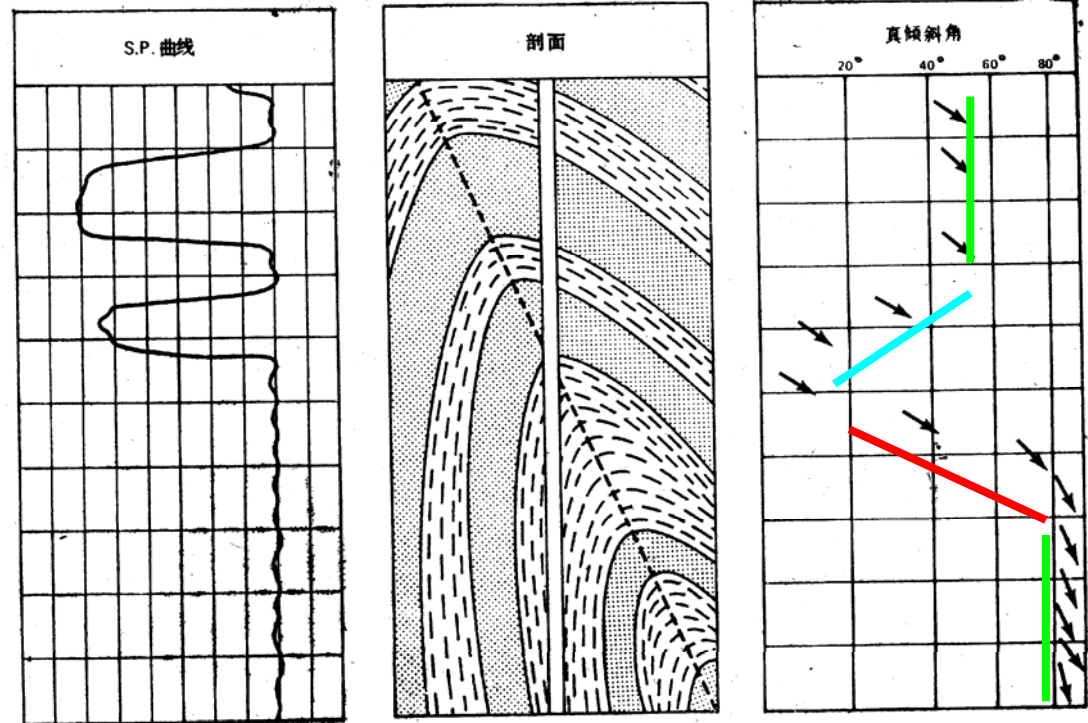
### 3、倒转背斜

特点：轴面倾斜很大，  
两翼倾向相同，下  
翼倾角比上翼大。

- 穿过轴面的井眼：  
矢量图呈现：

绿-蓝-红-绿模式

- 与非对称背斜差异？



倒转背斜矢量图

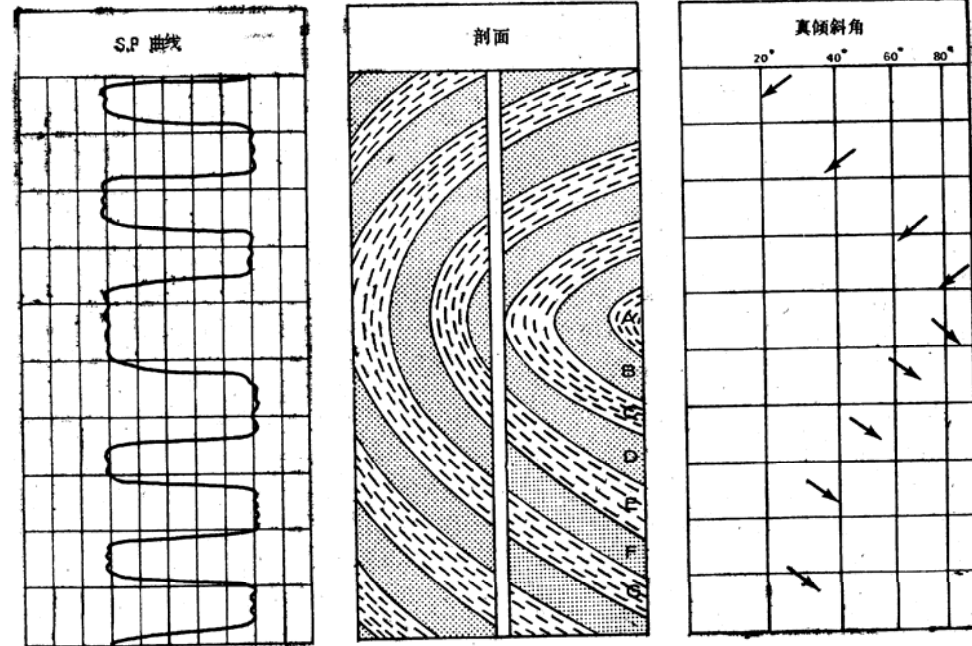
倾向：上下相同

倾角：穿过轴面后突然变陡



## 4、平卧褶曲

- 特点：  
轴面接近水平，  
上下两翼地层倾向  
相反或接近相反



- 矢量图特征：

平卧褶曲倾角矢量特征

**红—蓝模式**（倾向相反）。

- 以轴面为中心，向上向下地层重复(对称)出现。



## 2、不对称背斜

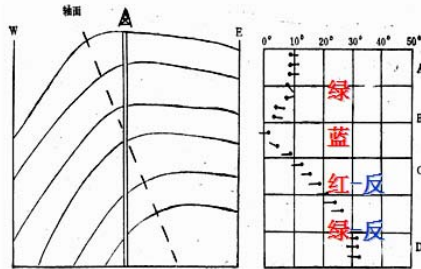


图 9-73 非对称背斜并眼穿过轴面的地层倾角矢量图特征

并眼穿过非对称背斜轴面的倾角矢量图特征

绿→蓝→红→绿

特点：轴面倾斜，两翼倾角不等且倾向相反。

- ◎ 上部倾斜段(缓翼地层)——绿模式；
- ◎ 接近脊面——蓝模式，脊面处倾角接近 $0^\circ$
- ◎ 离开轴面向陡翼地层过渡——红模式
- ◎ 下部倾斜段(陡翼地层)——绿模式。

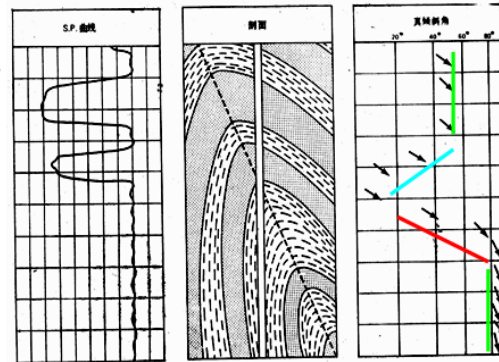
## 3、倒转背斜

特点：轴面倾斜很大，两翼倾向相同，下翼倾角比上翼大。

- 穿过轴面的并眼：矢量图呈现：

绿-蓝-红-绿模式

- 与非对称背斜差异？



倒转背斜矢量图

倾向：上下相同

倾角：穿过轴面后突然变陡

- 单纯用矢量图判断褶曲形态，有多解性，必须结合地质资料及测井曲线进行综合分析，力求作出正确的判断。
- 单斜地层与对称背斜或对称向斜一翼——矢量图相似
- 倒转褶曲、平卧褶曲与非对称背斜——矢量图相似



## 利用井段产状统计成果判断褶曲类型

矢量的井段产状统计成果图有五种：

倾角与倾斜方位角(倾向)关系图 ★

倾斜方位角(倾向)与深度关系图

倾角与深度关系图

东西向视倾角与深度关系图

南北向视倾角与深度关系图

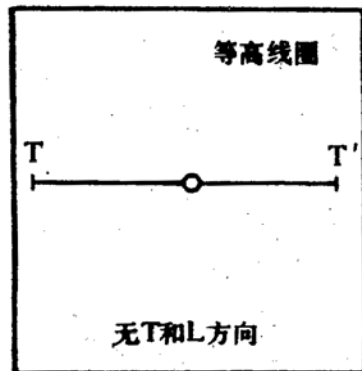
综合  
分析

判 断

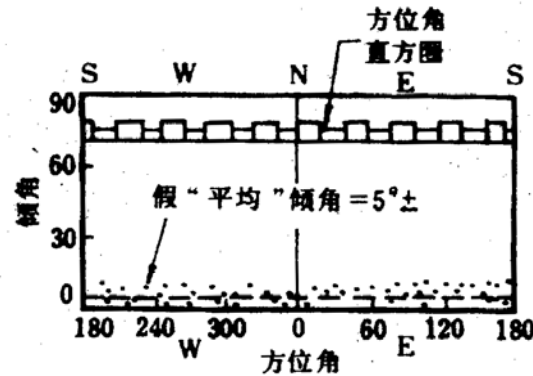
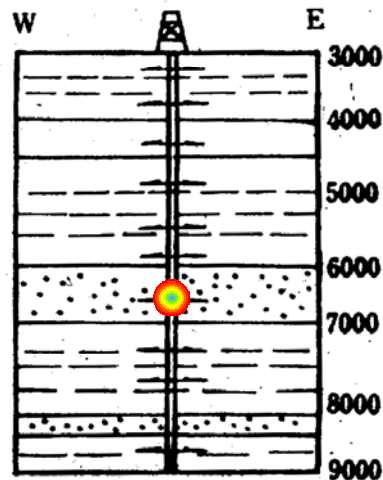
地下构造类  
型及井所在  
构造部位



# 1、水平层



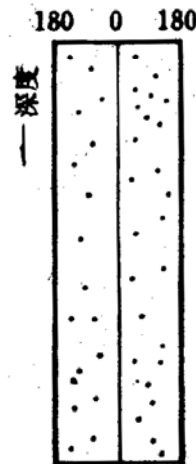
T-T横剖面



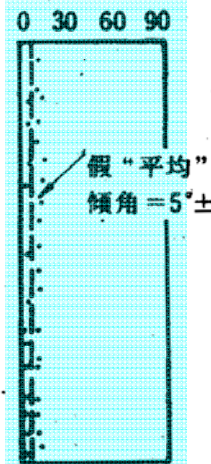
水平层

1. 方位角完全是分散的。
2. 无确定的T和L方向。

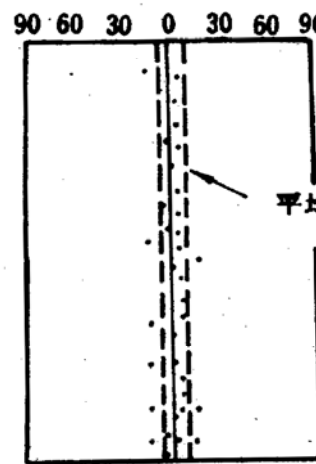
方位与深度关系图



倾角与深度关系图



东西向视倾角图



南北向视倾角图

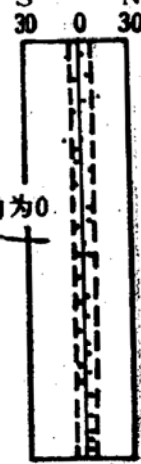
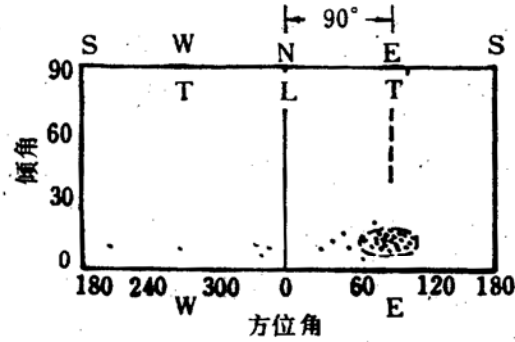
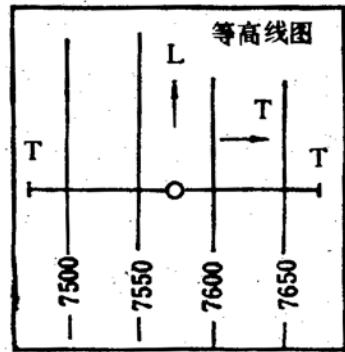


图 4—4 水平层

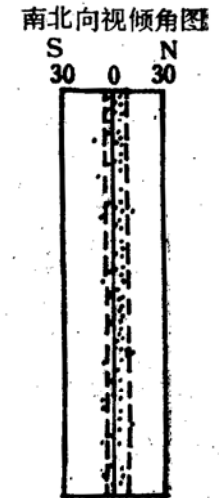
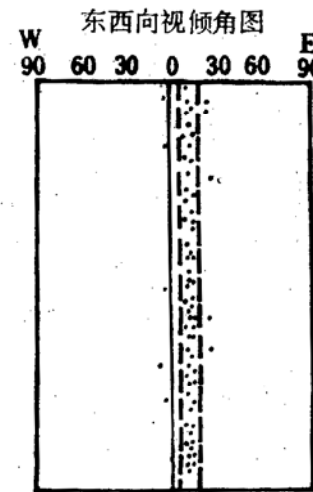
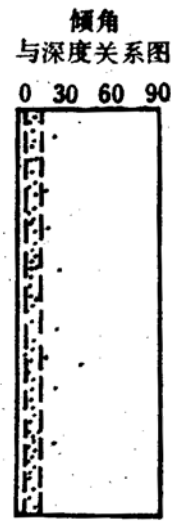
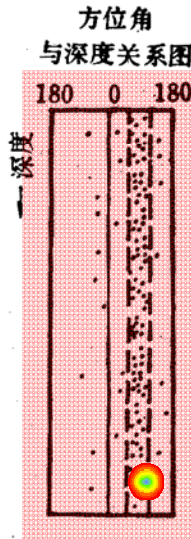
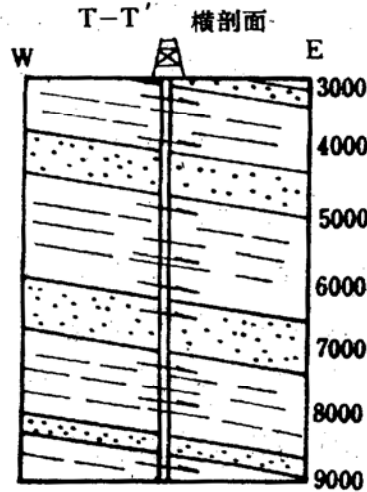
(据Bengtson, 1981)



## 2、单斜层



中至陡的单斜层  
(倾角  $> 8^\circ \pm$ )  
1. 走向一致  
2. 倾角一致



方向相同

图 4-5 单斜层

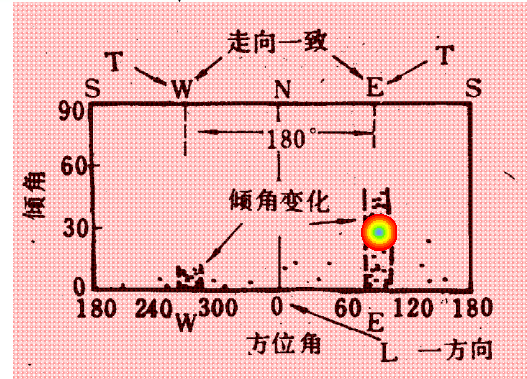
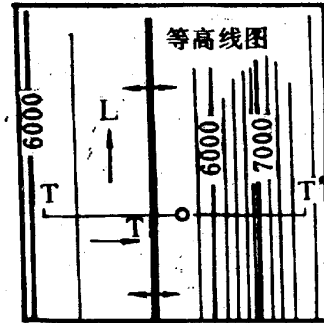
(据 Bengtson, 1981)



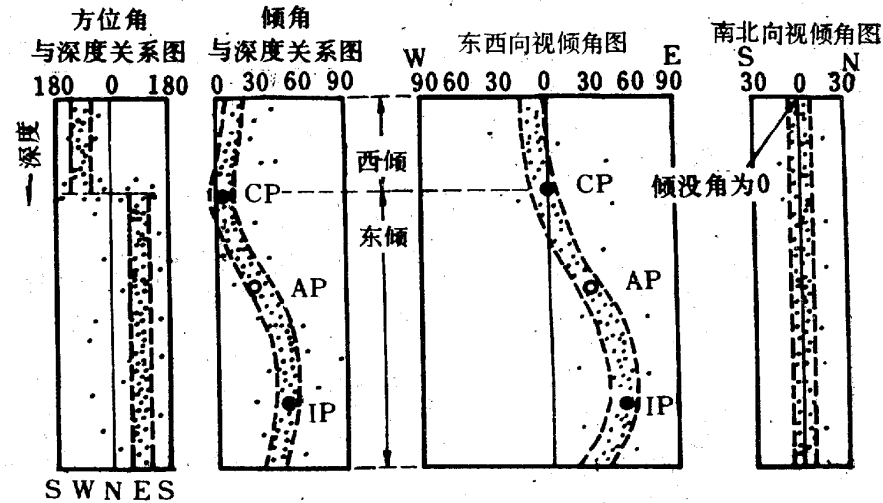
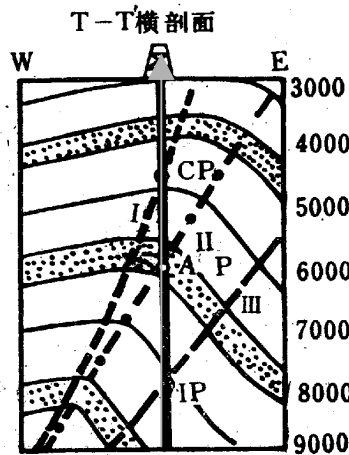
### 3、无倾没褶曲 (不对称)

倾向相近

南北向视倾角与深度关系图上：  
平均倾角 $0^\circ$  ——  
构造南北走向上  
无倾没。



CP--脊面  
AP--轴面  
IP--扭曲面



无倾没褶曲 (据Bengtson, 1981)

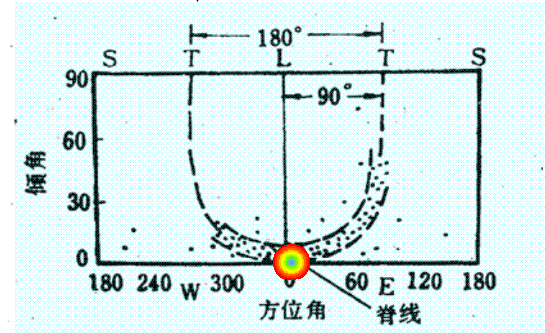
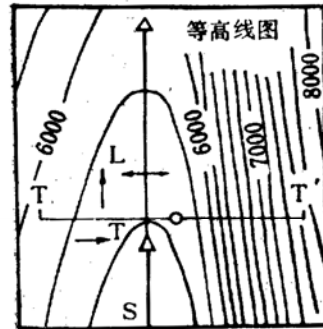




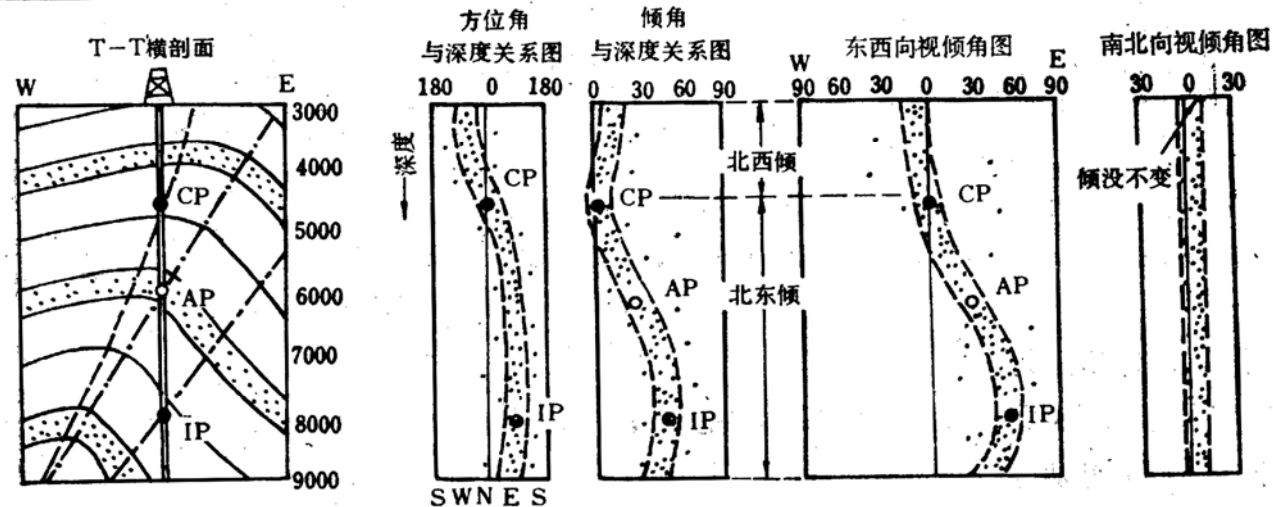
# 4、倾没褶曲 (不对称)

两翼方向相反，倾角相似

- 倾角-倾斜方位角关系图：  
呈马蹄形



- 南北向视倾角与深度关系图  
平均倾角  $\neq 0^\circ$   
且不随深度而变化——向北倾没的一致性。



倾没褶皱 (据Bengtson, 1981)



# 第四节 平衡剖面法研究构造

一

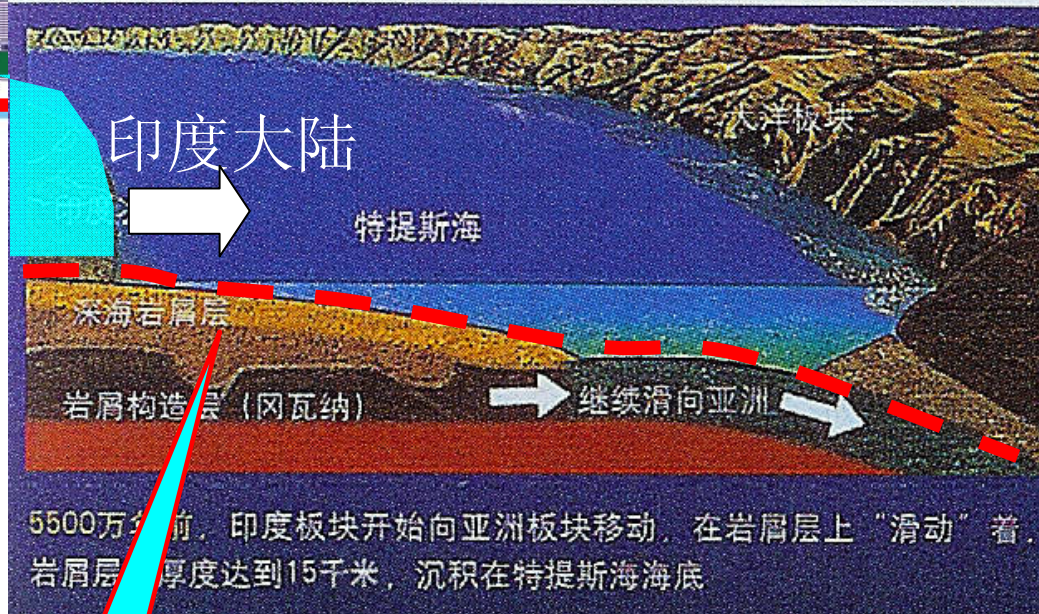
概念

二

平衡剖面制作要考虑的因素

三

平衡剖面制作要点



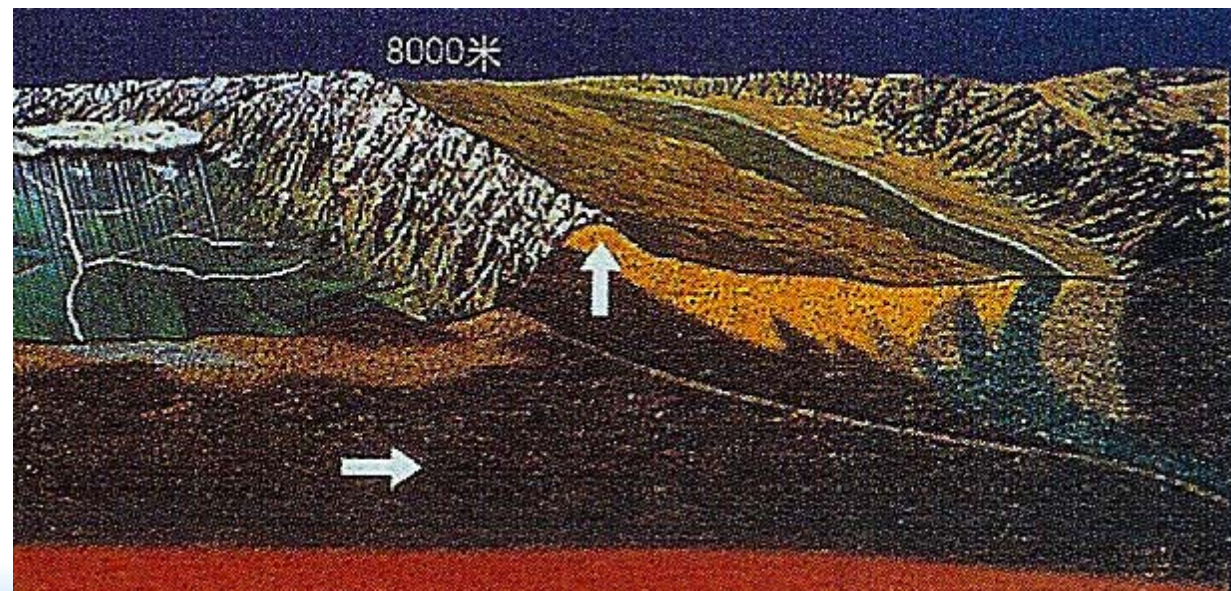
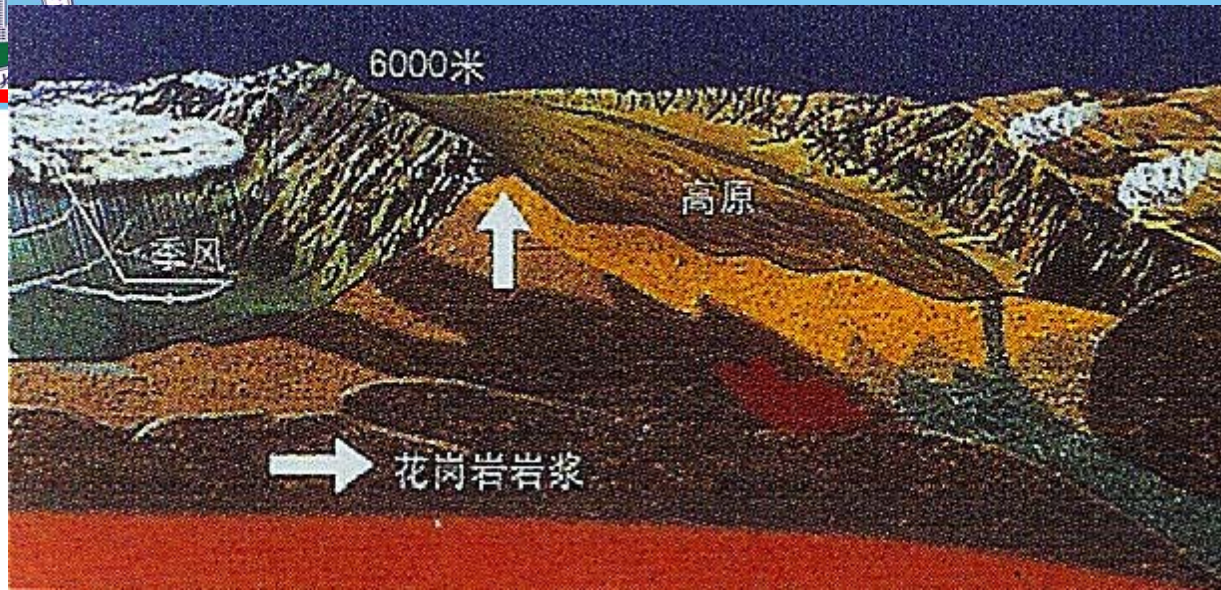
亚洲板块

深海岩屑

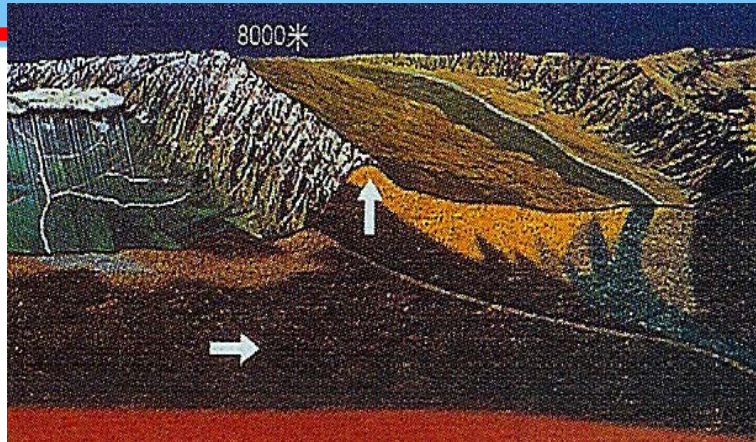
特提斯

亚洲板块





喜马拉雅山  
地球科学学院 3RG 尹太举 2009



现今

平衡剖面法恢复



原来



- **平衡剖面：**狭义上指构造发育剖面
- **平衡剖面原理：**在垂直构造走向的剖面上，地层长度和面积(2D) 是均衡的。
- **平衡剖面技术：**利用数学手段对盆地构造发育史进行正演和反演模拟, 再现地下构造的原始几何形态。是计算机技术和地震解释的较完美结合“。

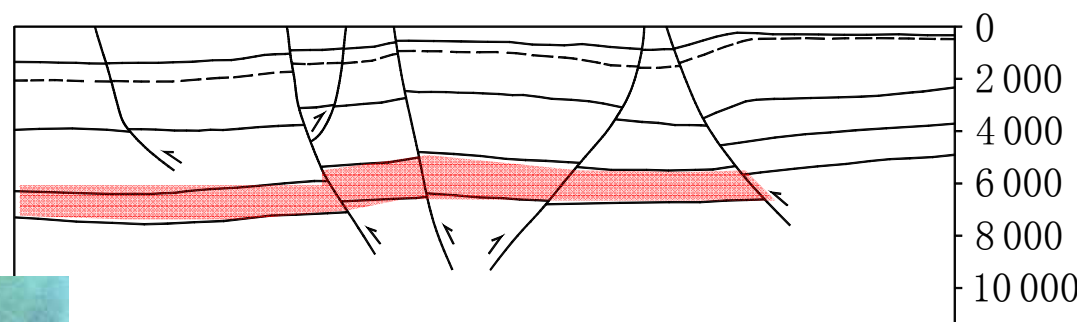
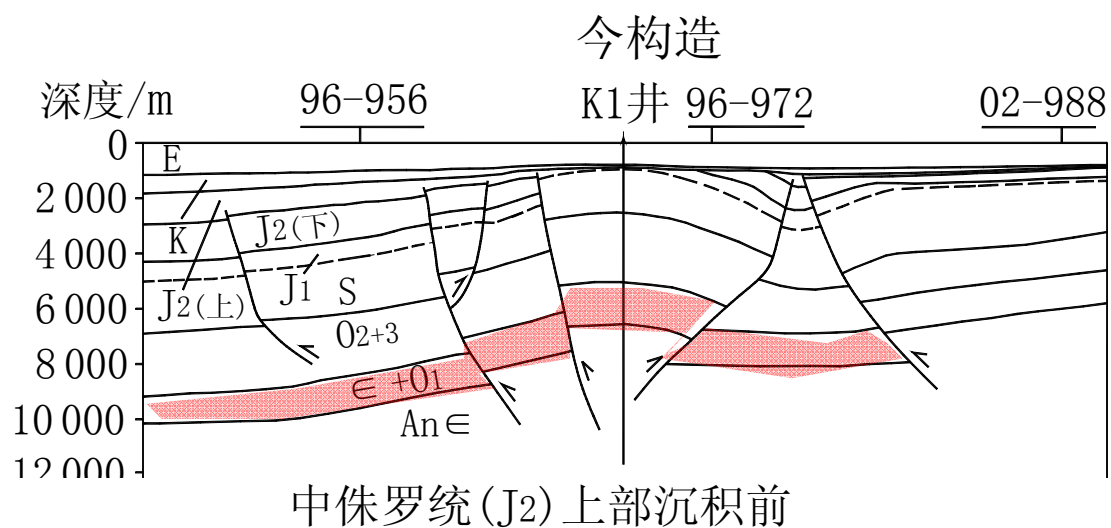


- 经典的平衡剖面从几何学角度提出了3条剖面恢复的基本原则
- 一是(体积)面积不变原则;
- 二是岩层厚度不变原则;
- 三是剖面中各标志层的长度一致原则

深度变化

形状变化

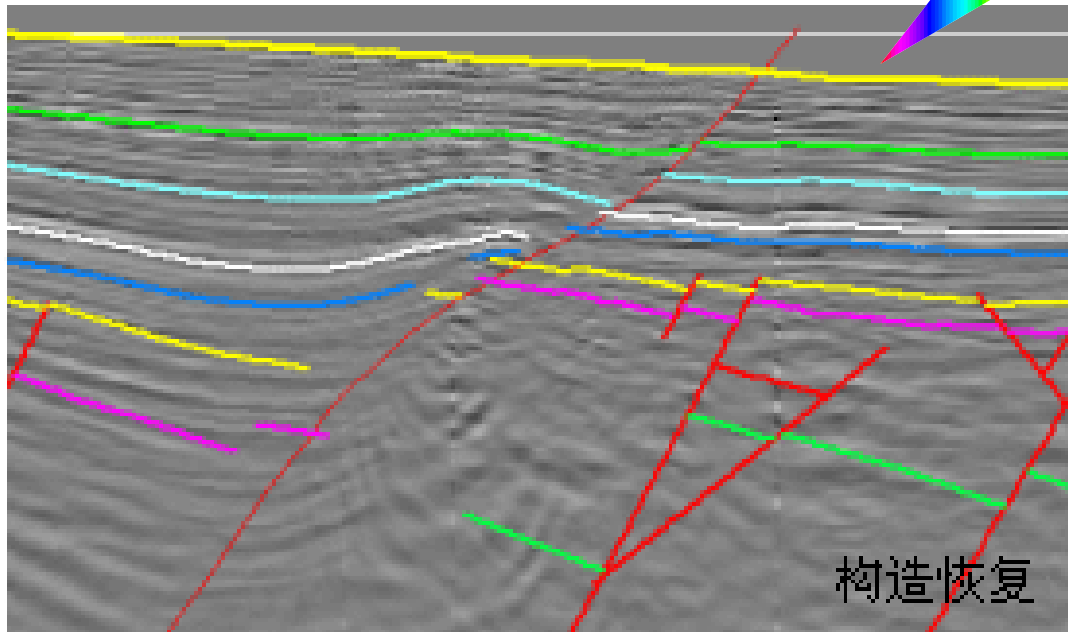
物性变化



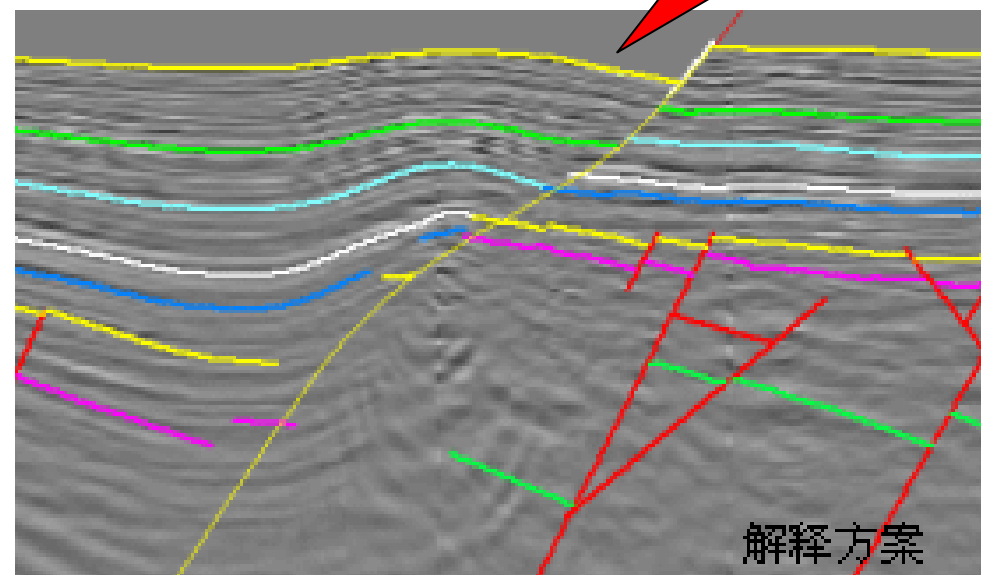


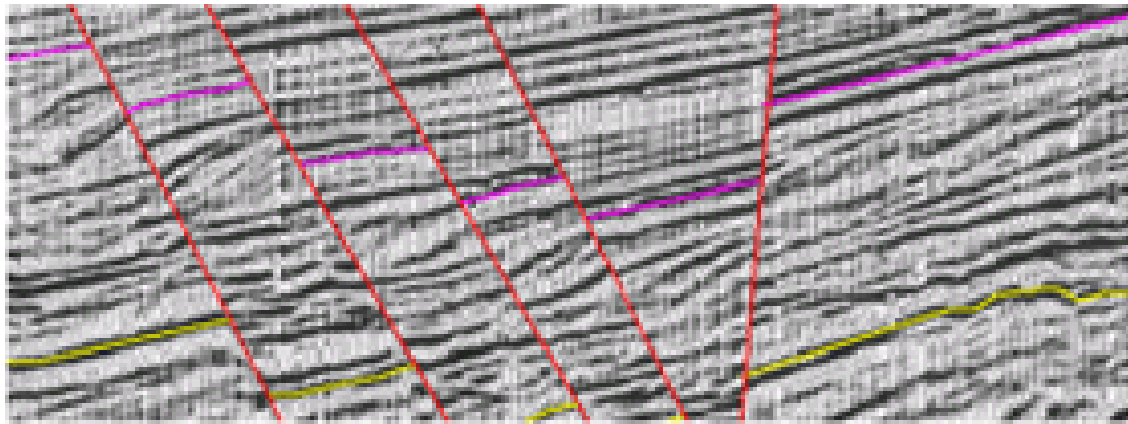


# 恢复至断层之前

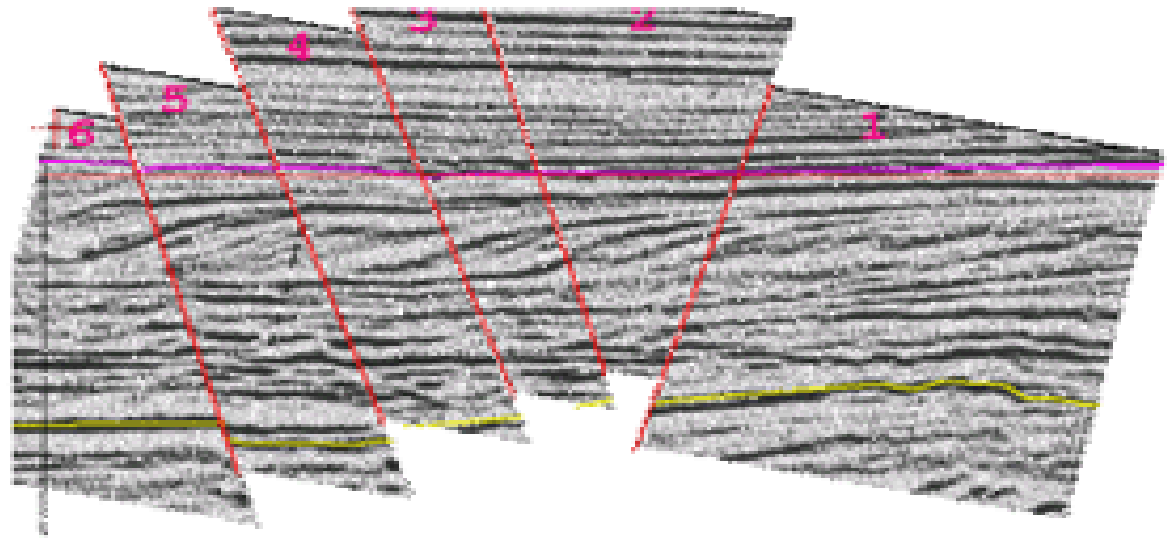


断层

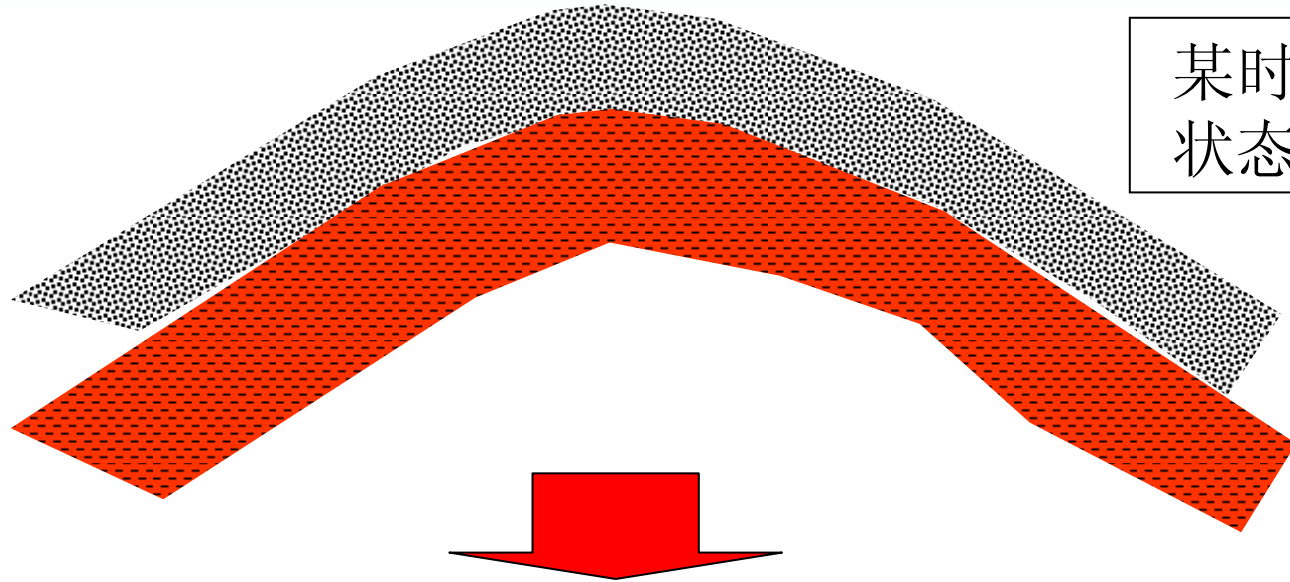




现今构造形态



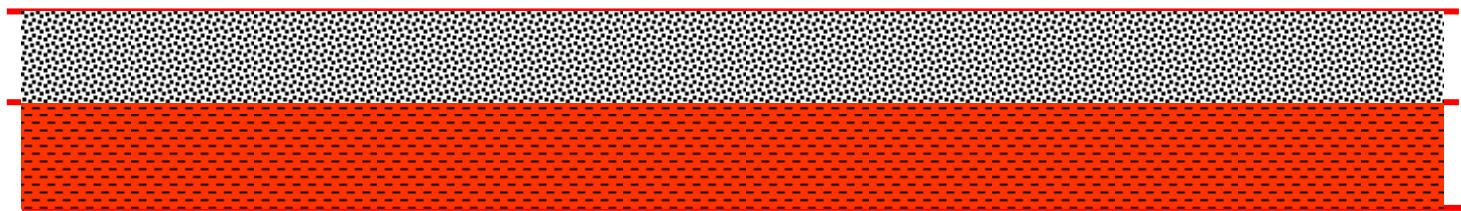
以前的构造形态

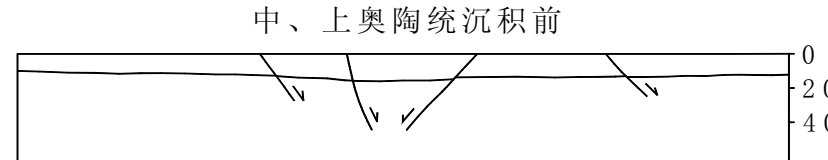
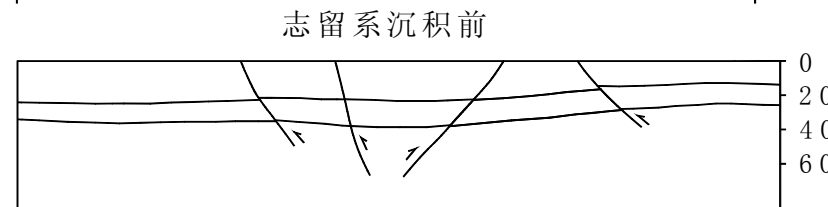
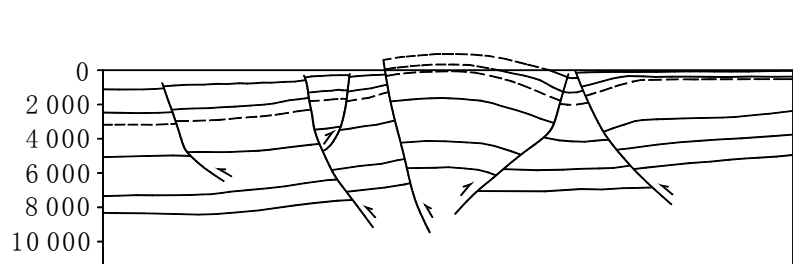
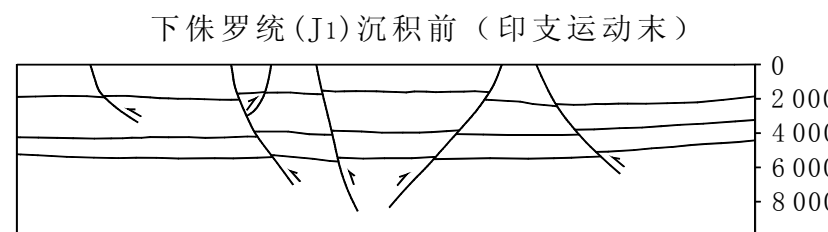
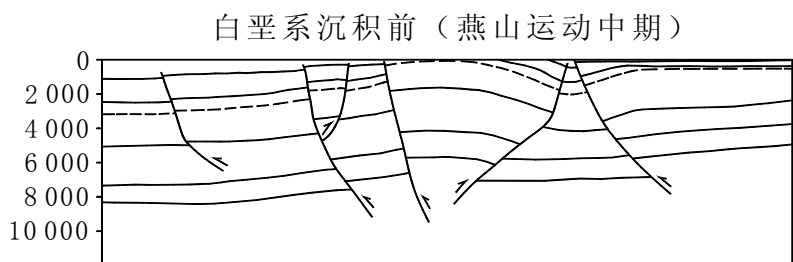
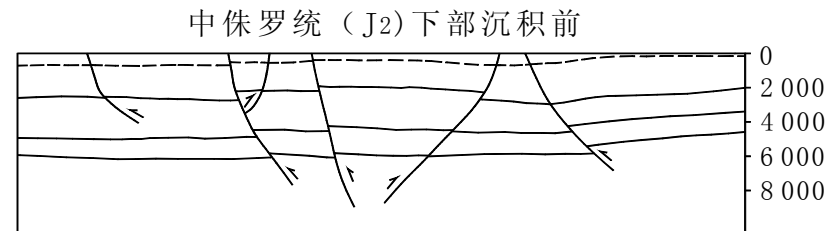
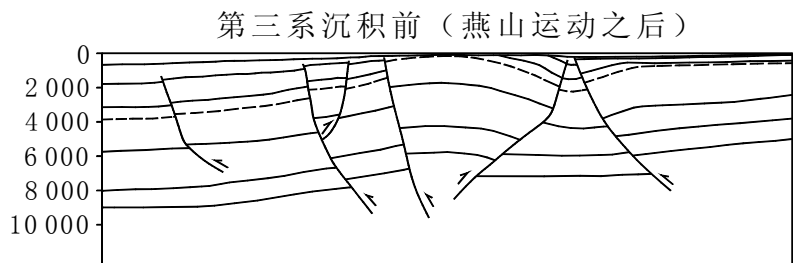
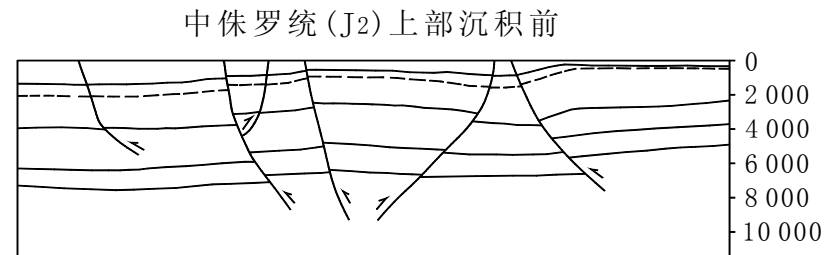
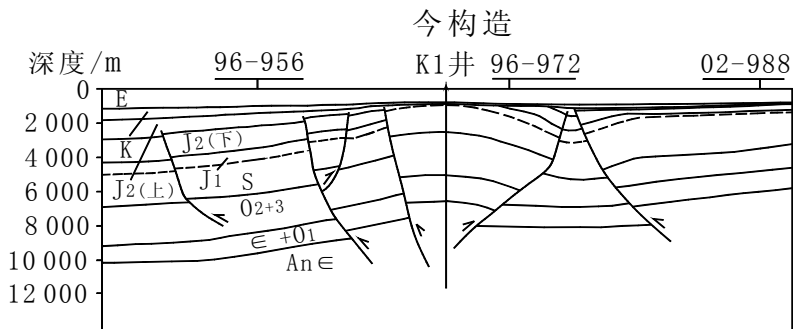


某时  
状态

平衡剖面技术可把剖面上的变形构造通过几何原则全部复原，从而进行构造演化史研究

原始  
状态





## 平衡剖面用于对盆地构造进行恢复

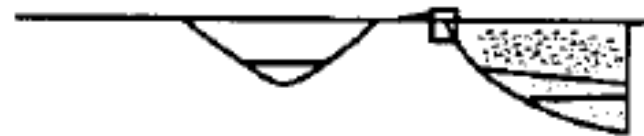
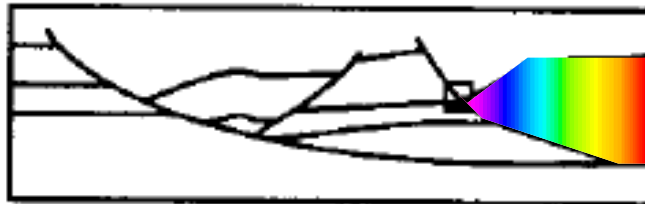
地球科学学院 3RG 尹太举 2009



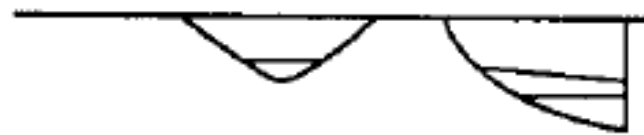
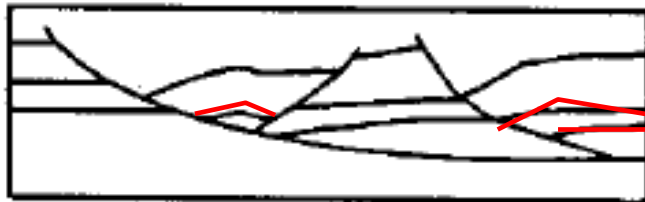
### 首先平衡楔形上盘断块



### 平衡上盘

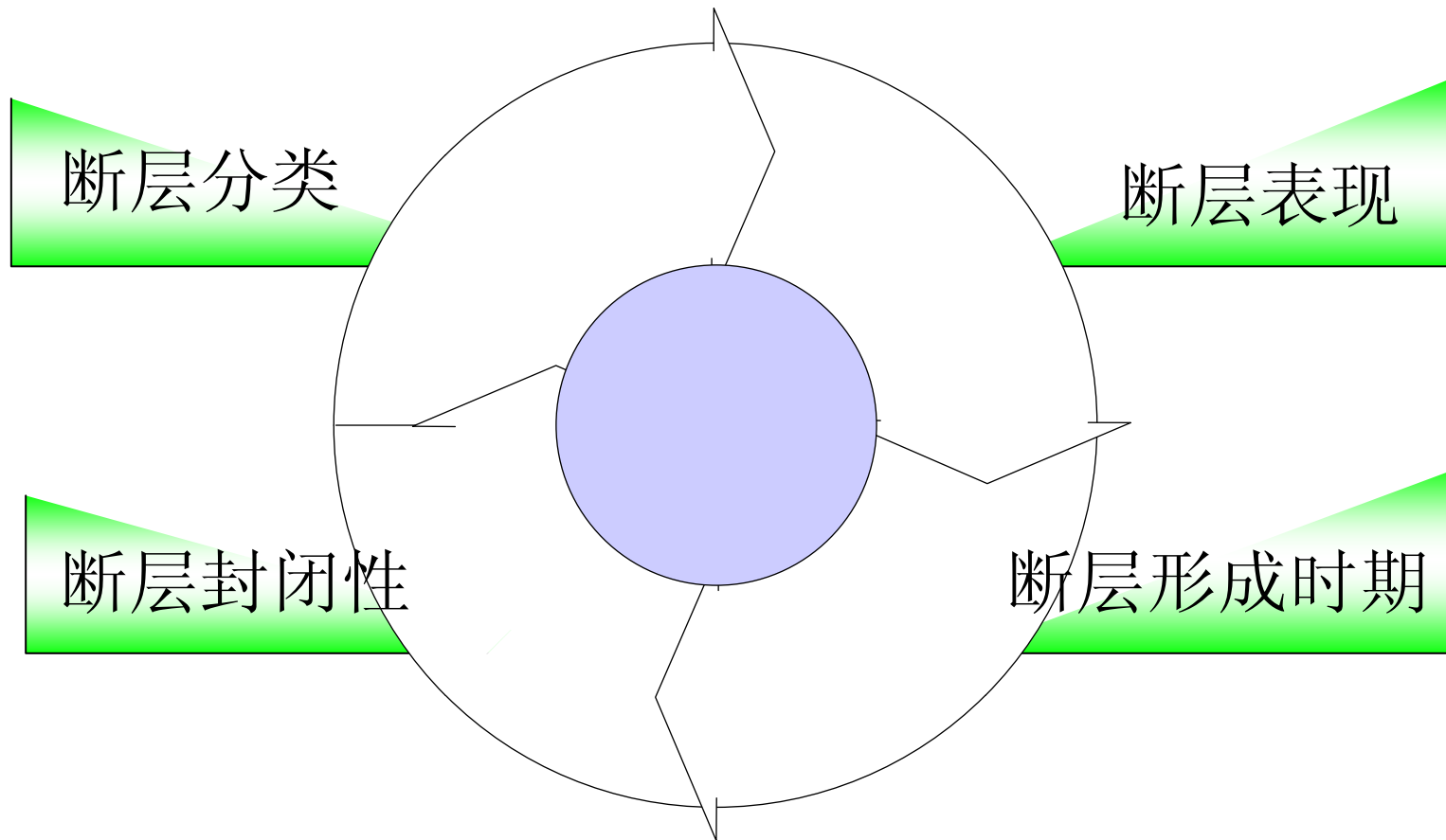


### 连接相关断面组成滑移面

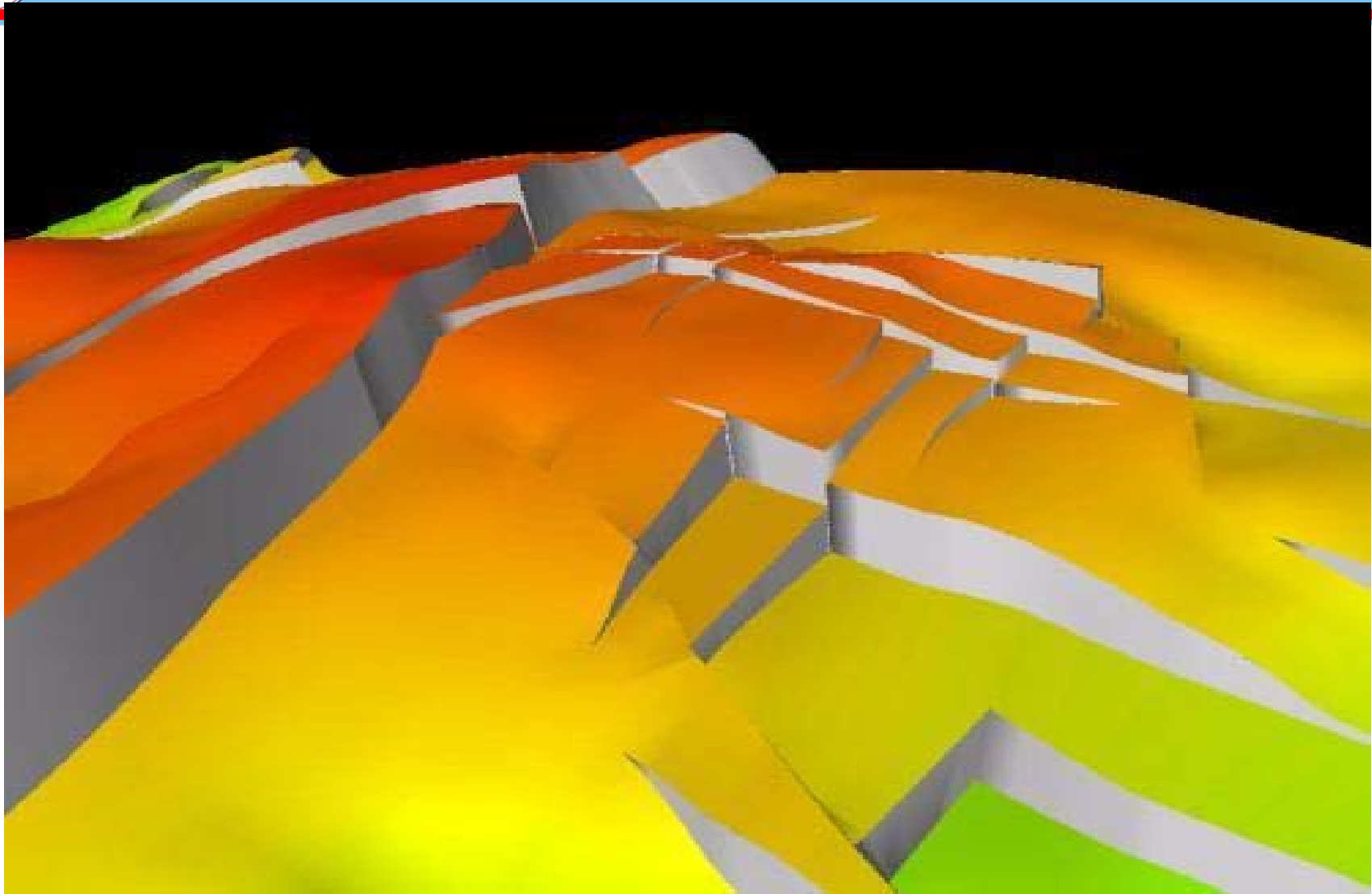




# 课堂讨论二：构造图的编制及应用











# 地下断层构造形式

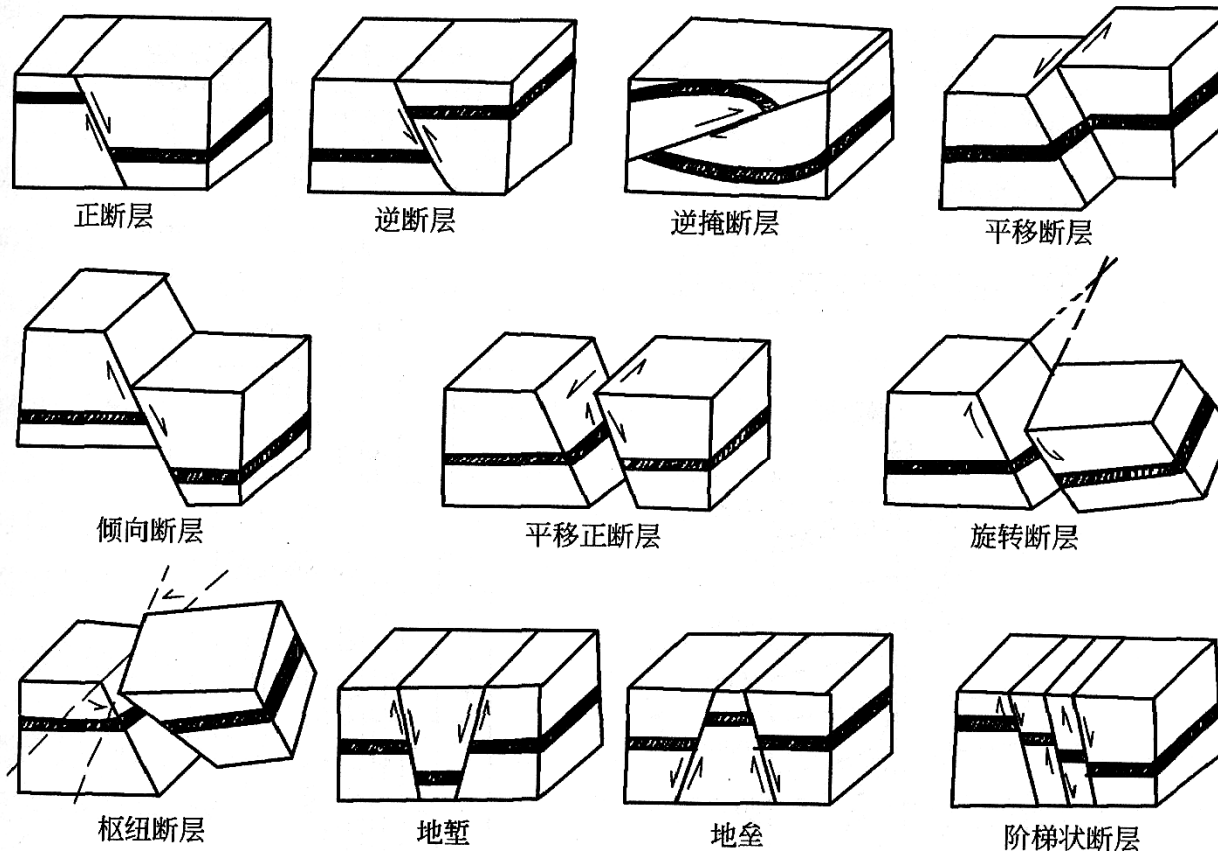


图 4 - 35 断层分类示意图



# 断层的矢量特征

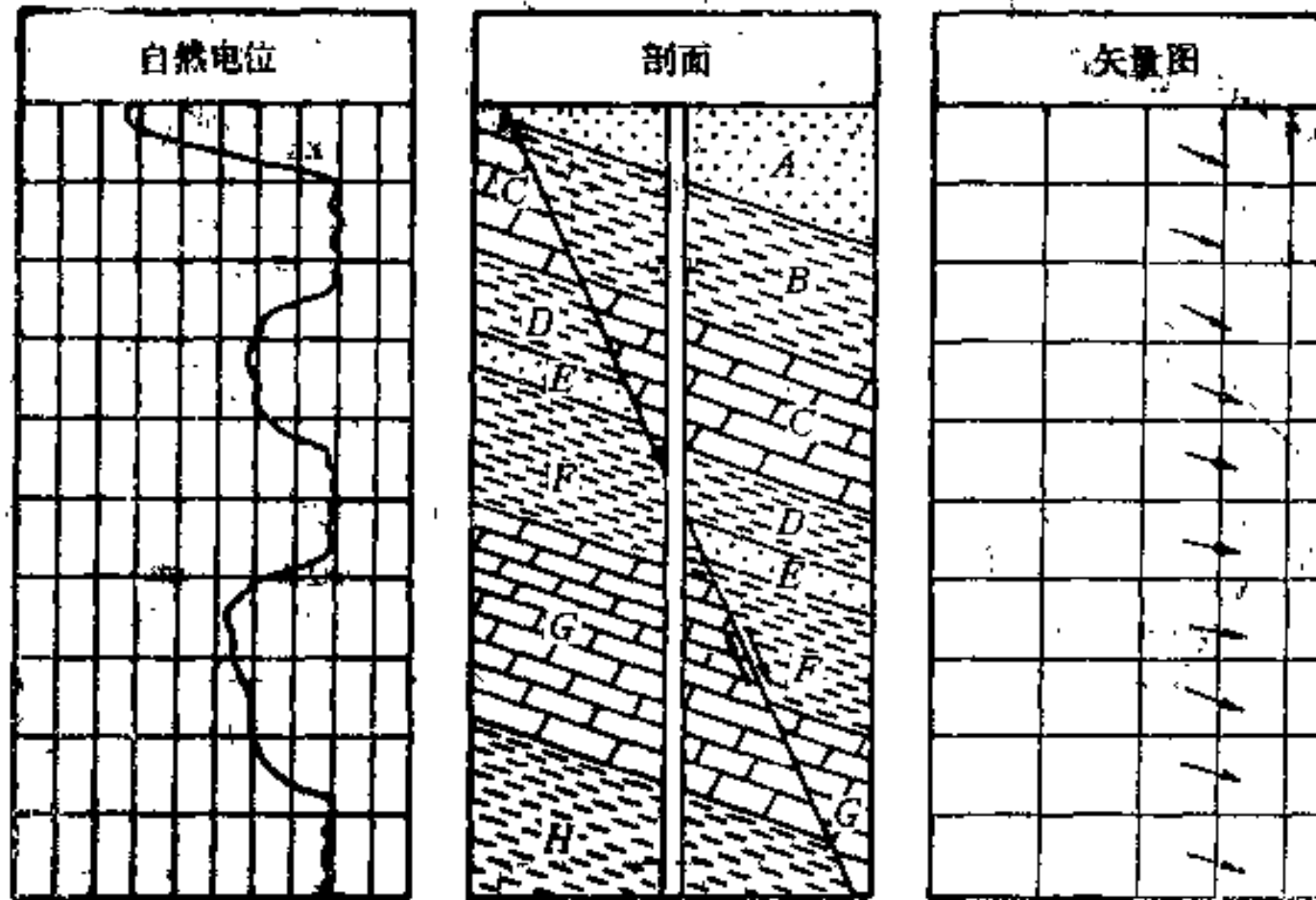


图 4.6.1 正断层

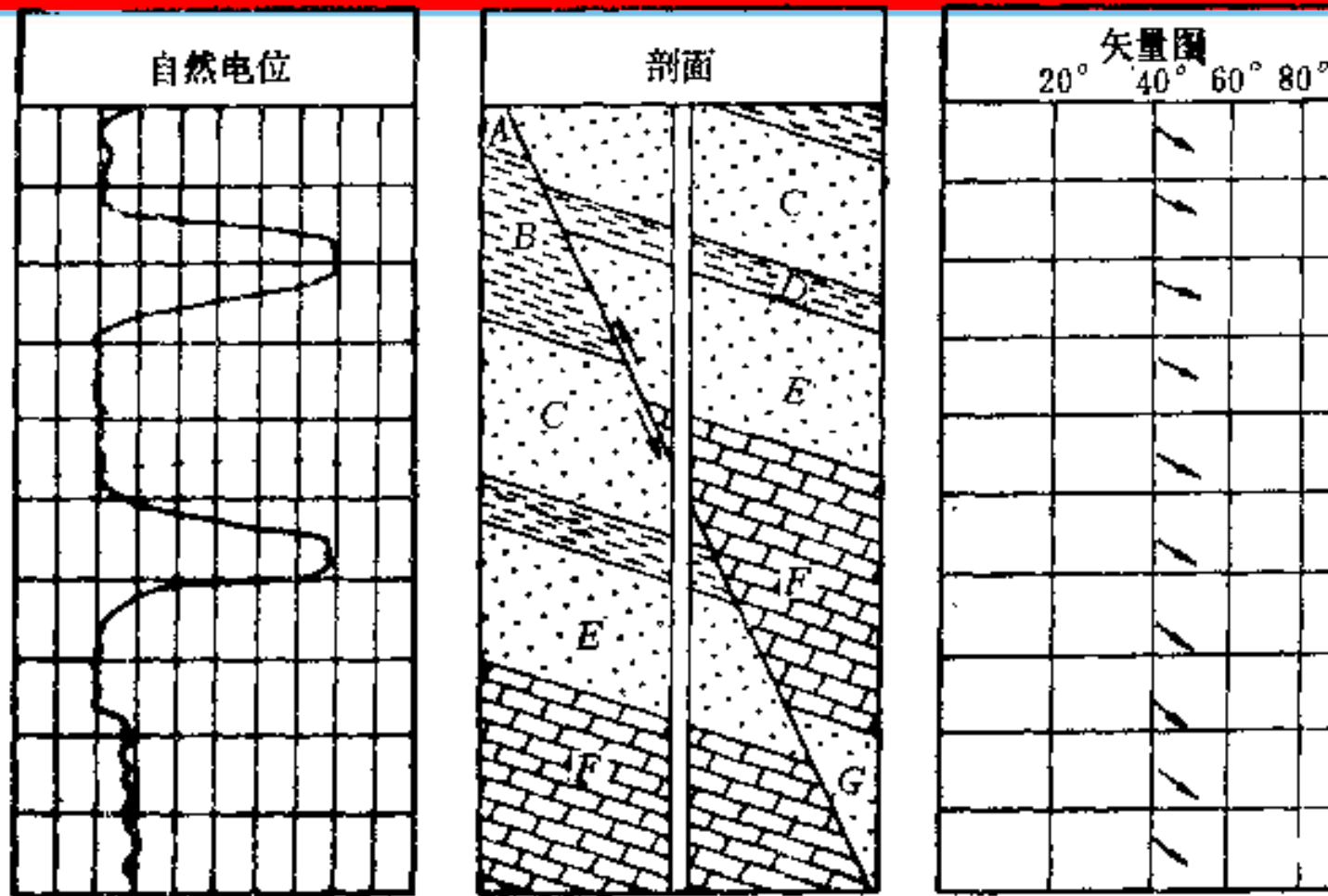


图 4.6.2 逆断层

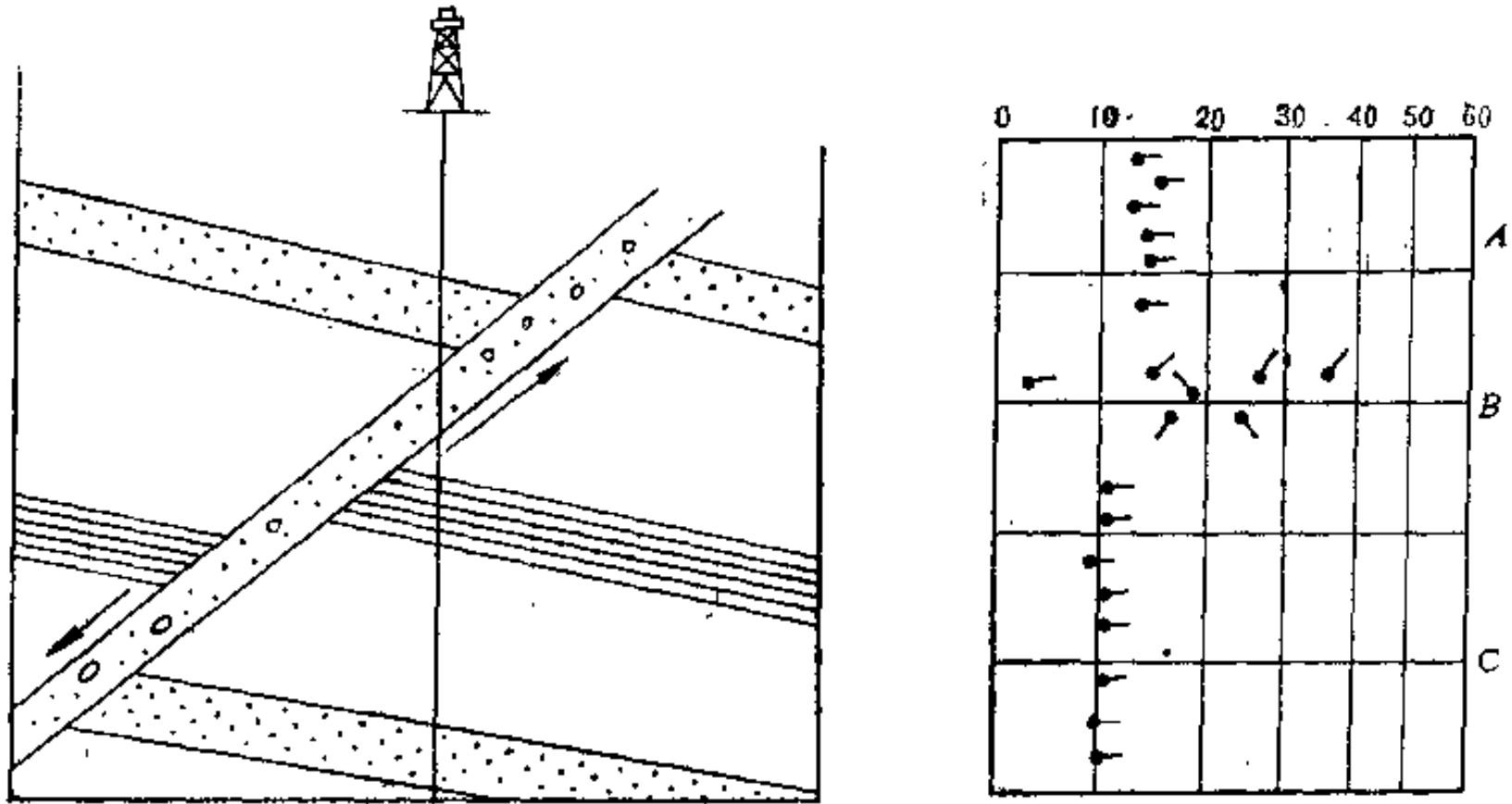


图 4.6.3 有断裂破碎带的断层

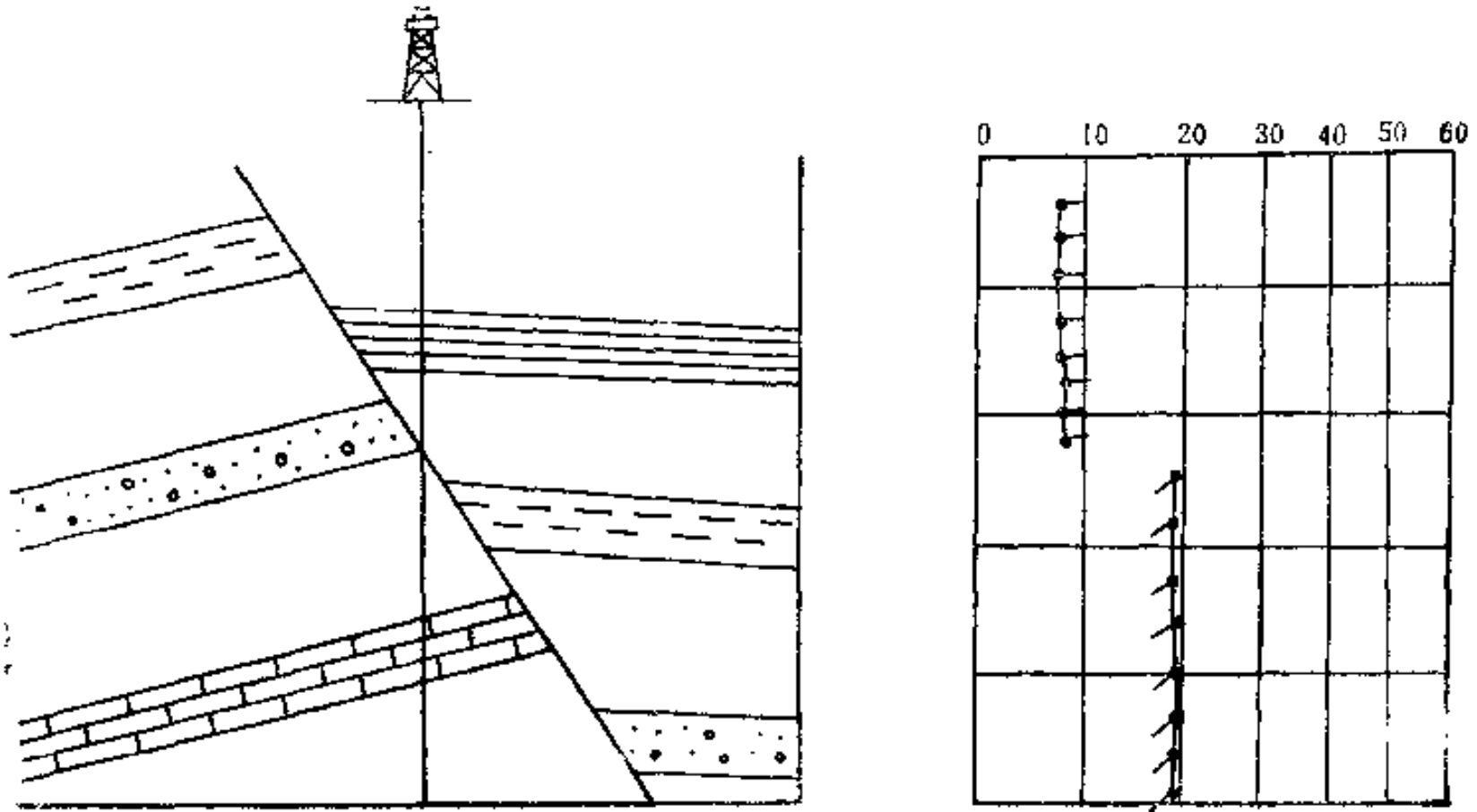


图 4.6.4 旋转断层

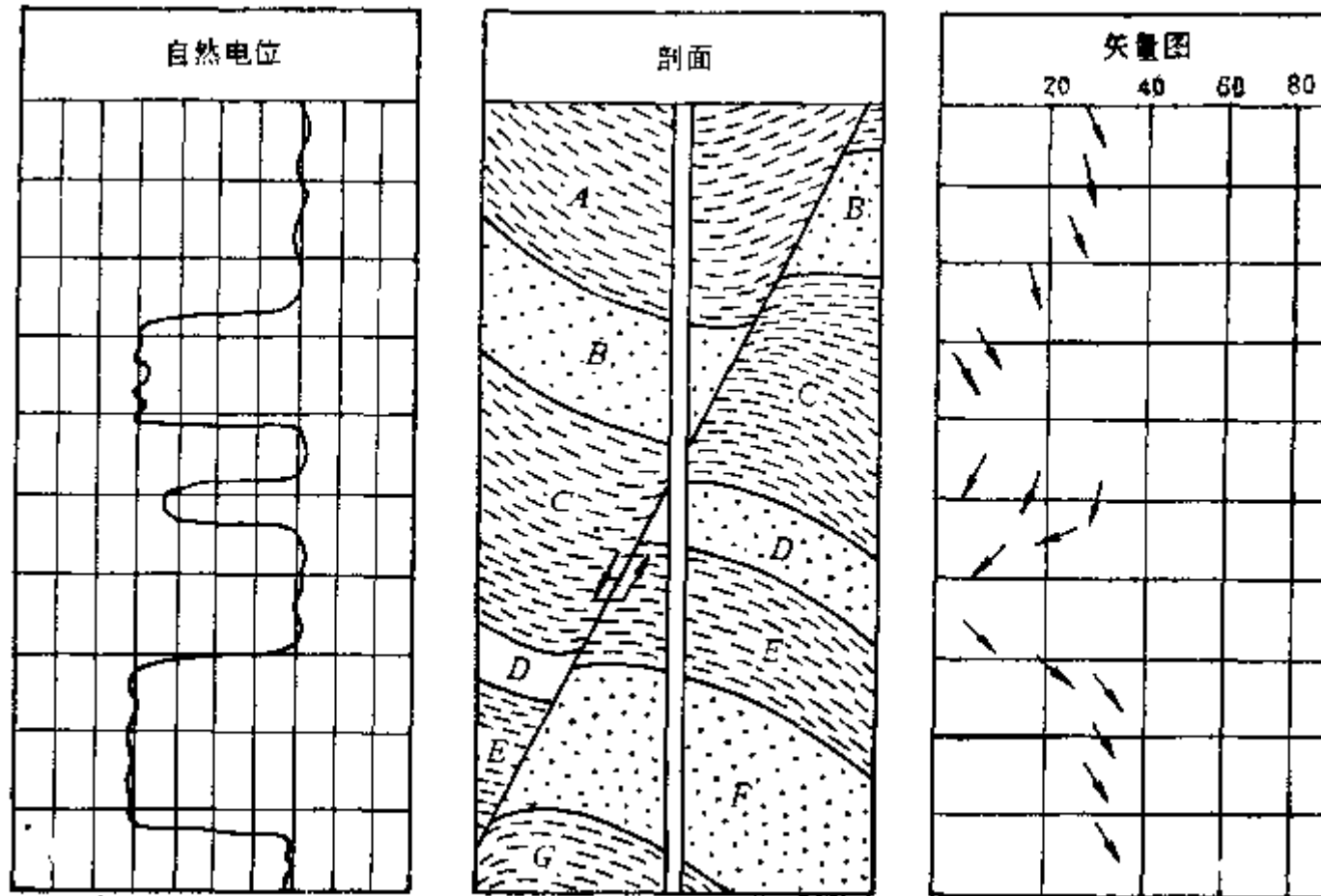


图 4.6.6 正断层

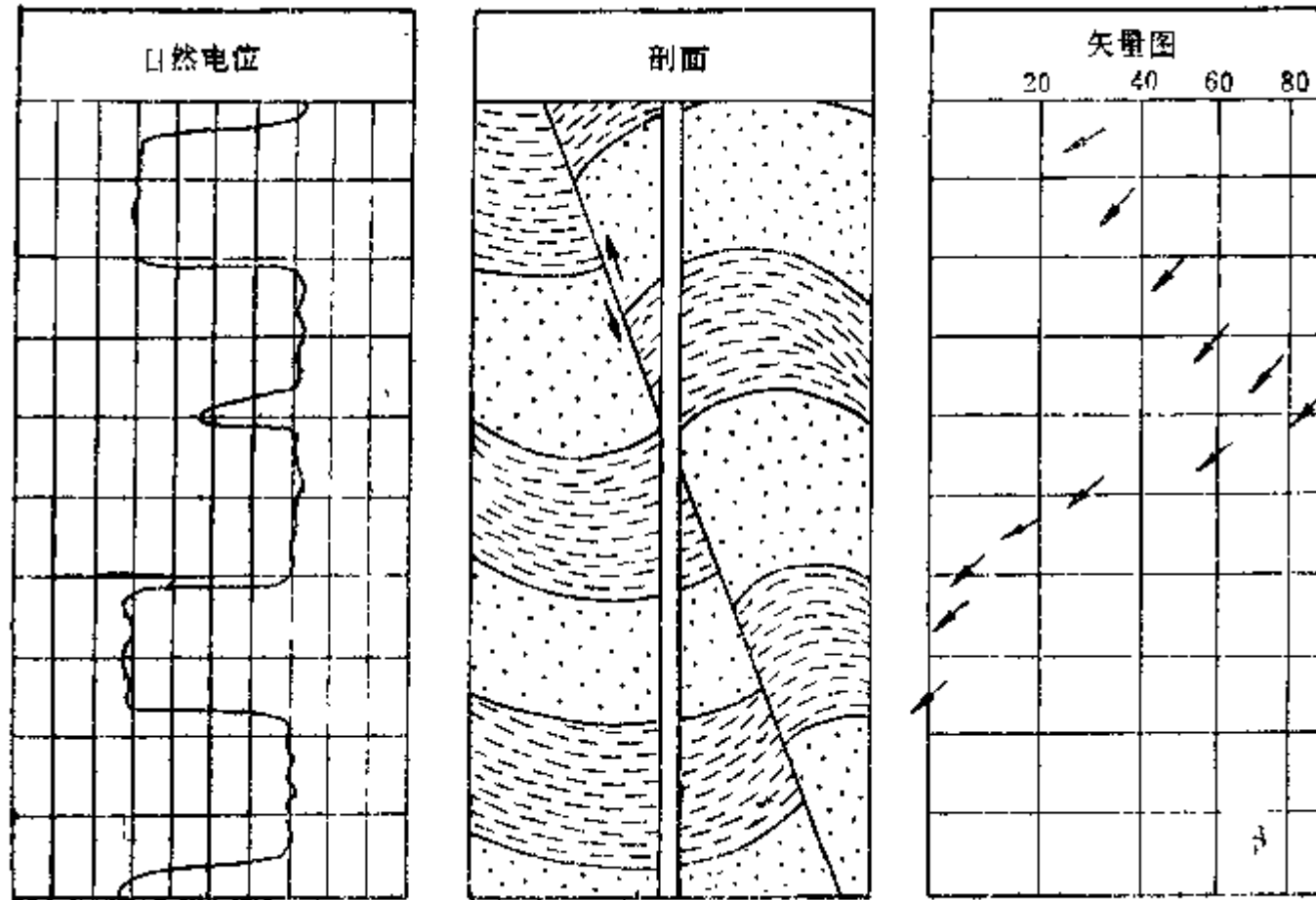


图 4.6.7 逆断层

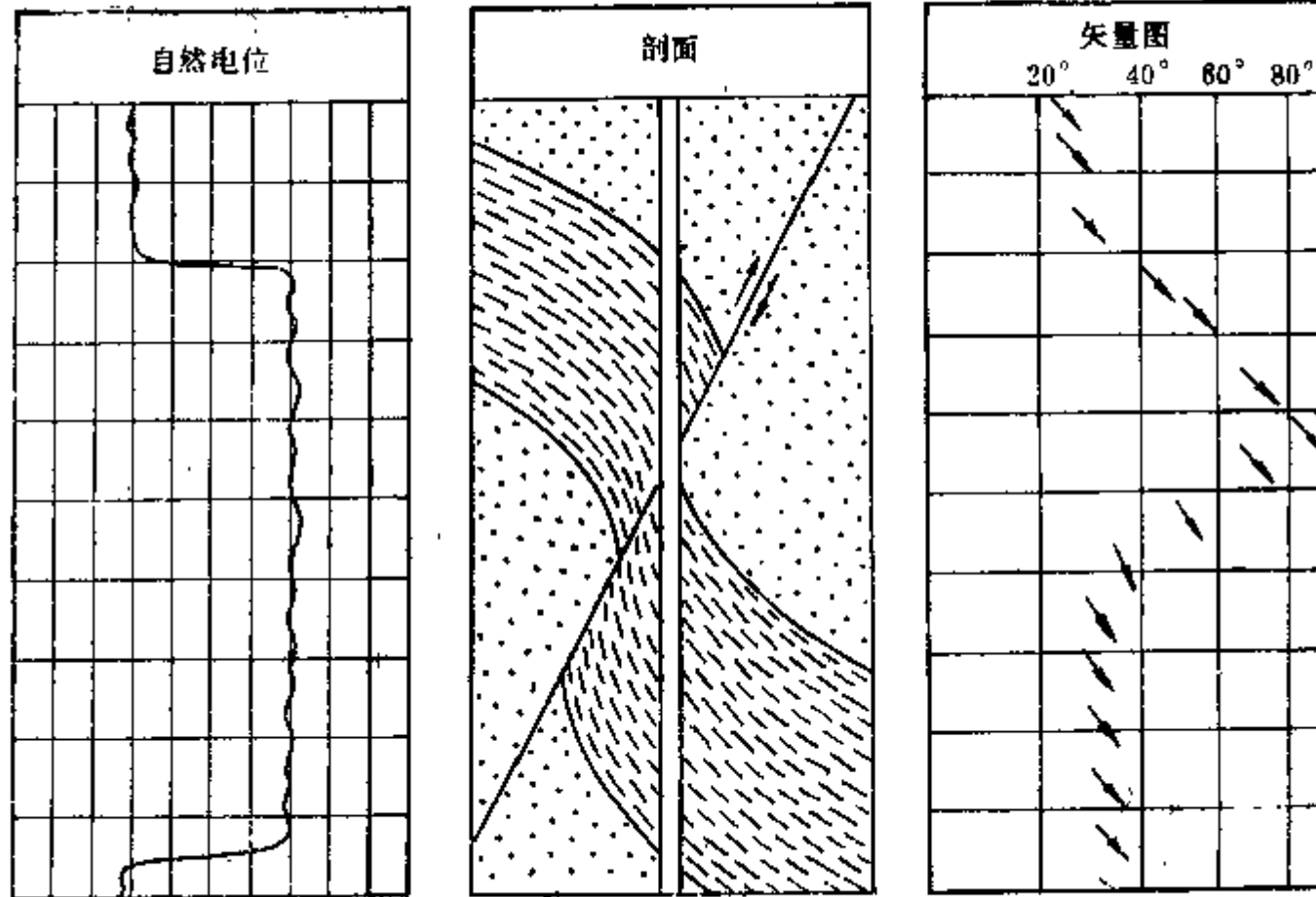


图 4.6.8 逆断层



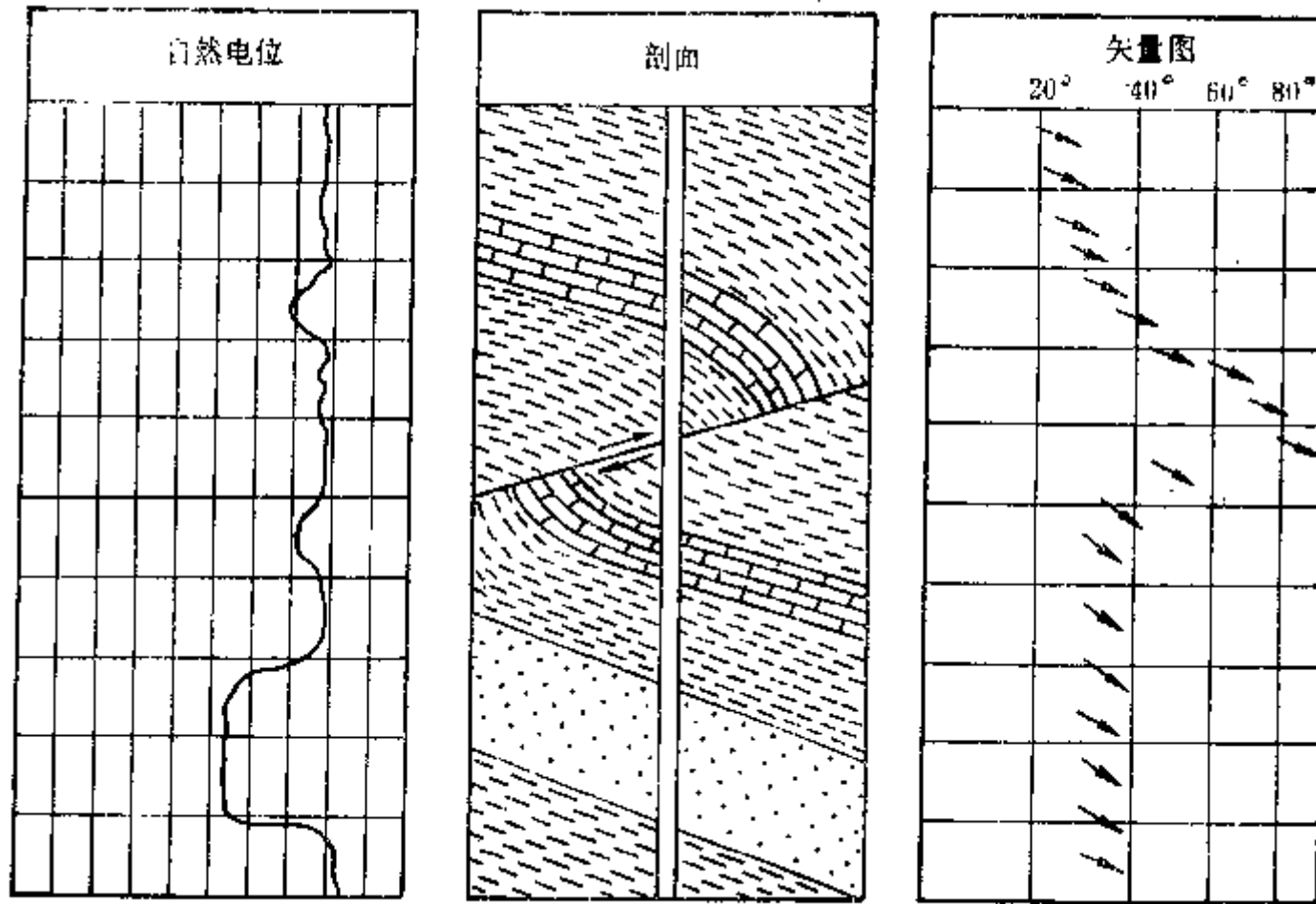


图 4.6.9 逆掩断层

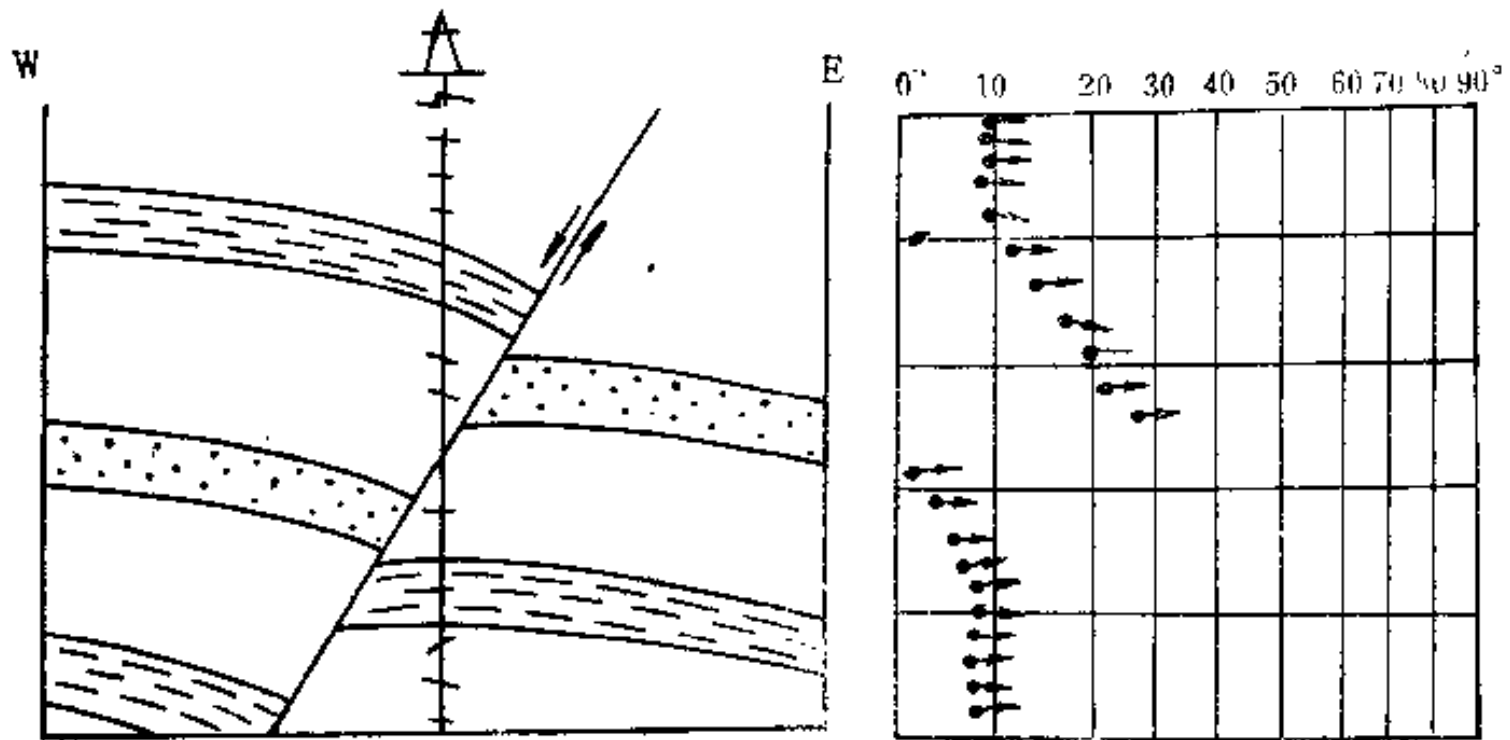


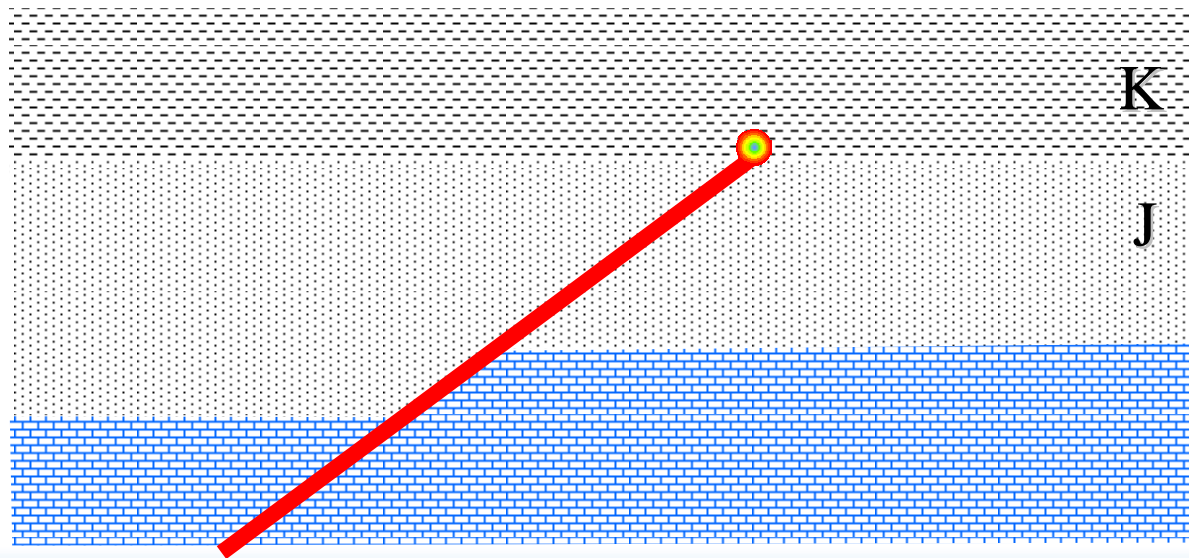
图 4.6.10 滚动断层，断面与层面倾向相反



## 断层形成时期和发育历史的研究

✓ **一次性(后生)断裂**活动形成的断层，其形成期：  
根据被它切割的地层、岩体的时代关系来确定的。

断层总是形成于被错断的最新一套地层时代之后。





✓同生断层及其活动时期:

**同生断层**—指沉积盆地发育过程中,与沉降、沉积过程同时发生、发育的断层。

同生断层的特征① 地层厚度:下降盘明显增大,

② 落差:随深度增加而增大。  
同生断层的活动时期:可根据断层两侧同层厚度变化研究;活动强度:可用生长指表征:



**表4-1 断层两盘同层厚度对比表** (转引陈立官, 1983)

地层	下降盘厚度 (m)	上升盘厚度 (m)	差值	生长 指数	断层活动描述	
10	200	200	0	1.00	停止活动	
9	215	200	15	1.08	变化频繁	断层发育时期
8	595	545	50	1.09		
7	540	435	105	1.24		
6	610	510	100	1.20		
5	675	535	140	1.26		
4	300	228	72	1.31		
3	562	312	250	1.80	幅度最大	
2	1234	1025	209	1.20	开始活动	
1	400	400	0	1.00		





# 断层封闭性研究

## 1、断面两侧的岩性条件

- ① 储层与对盘非渗透性岩层接触；
- ② 储层与对盘砂岩(渗透性岩层)接触；
- ③ 储层与对盘低渗透性岩层接触；
- ④ 储层与断裂带发育的非渗或低渗断层岩(墙)接触

完全封闭型

部分封闭型

不封闭型



## 2、断层面及两侧岩层的排驱压力

- 断层两侧岩层的排驱压力相同或接近——断层不封闭；排驱压力差别大——断层封闭；

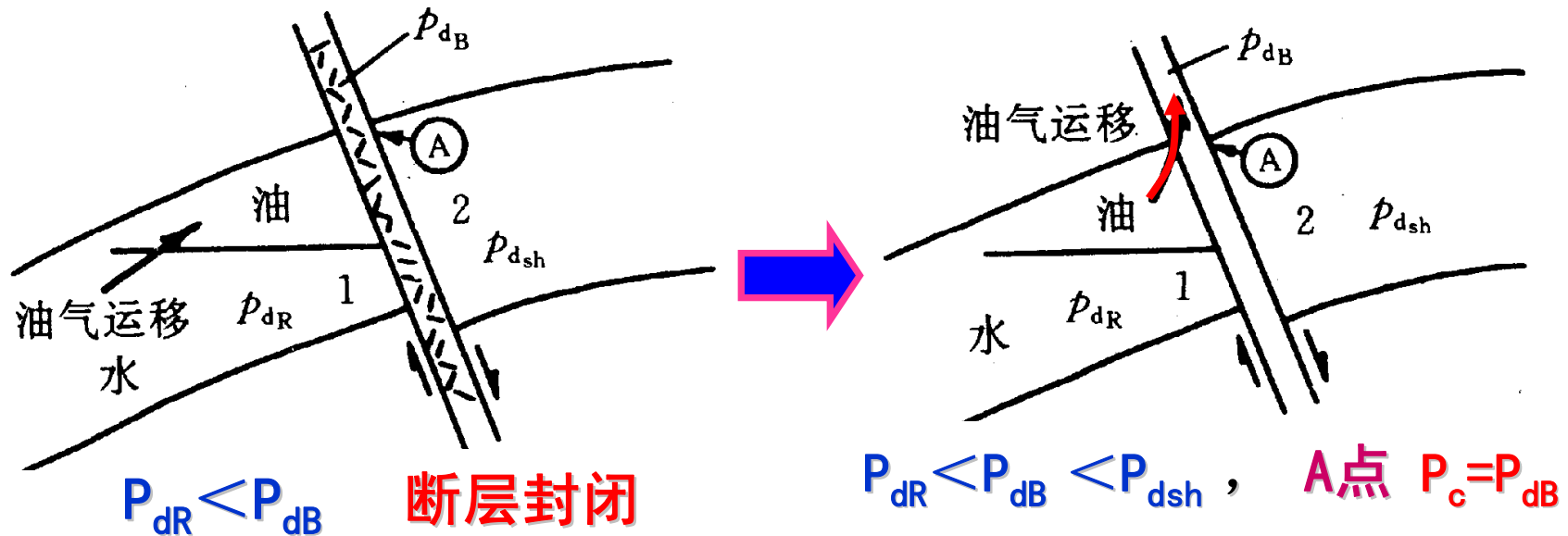
- 同时，某断层的封闭性不是一成不变的。

当油气柱高度增加到某一值(最大高度) $h_{\text{omax}}$ 时  
油气可从断盘一侧油气藏中向另一侧运移或通过断层面上倾方向运移。

- 若断面(断裂带)排驱压力  $>$  两侧岩层排驱压力——断层封闭；断面(断裂带)排驱压力  $<$  两侧岩层排驱压力——断层开启



油气柱达最大高度时，A点处毛管压力 $P_c = P_{dB}$ ，油气通过断面向上运移，断层成为油气再运移通道。







### 3、断层的力学性质

通常认为：张性断裂——易造成开启性断层，  
压扭性断裂——易造成封闭性断层。

具体情况：应视作用于断层面裂缝的压应力 $p$ 的大小

小

$$P = \frac{H(\rho_r - \rho_w)}{100} \cos \theta$$

$H$ ——断点井深，m

$\rho_r$ ——岩石密度， $10^3\text{kg/m}^3$

$\rho_w$ ——地层水密度， $10^3\text{kg/m}^3$

$\theta$ ——断面倾角

一般而言，压应力  $\gg$  岩石强度，断面裂缝封闭；  
若压应力  $<$  岩石强度，断面裂缝开启。



## 4、断层活动强度

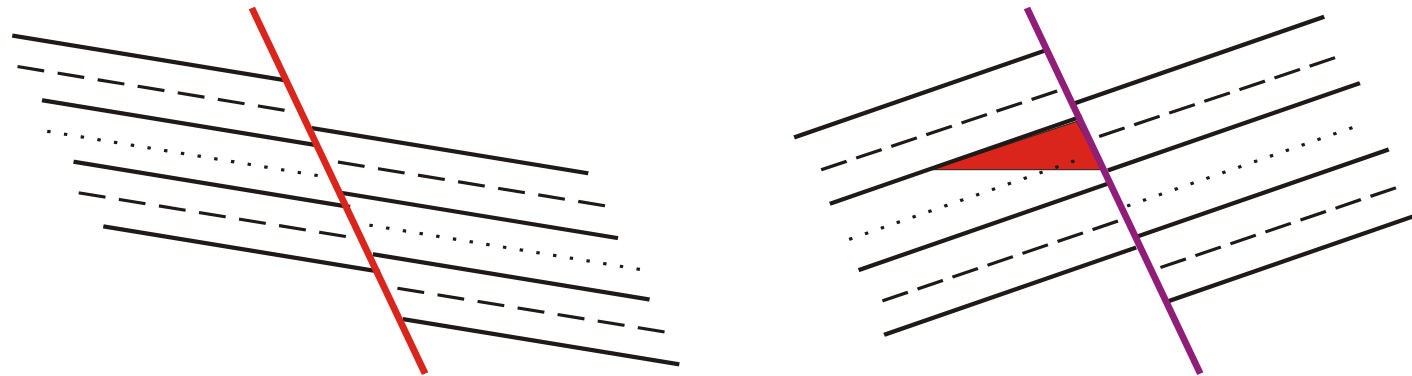
活动弱→破裂轻，裂隙不发育→封闭。

活动强烈→破碎严重、裂隙发育→开启；

## 5、断层产状与岩层产状配置关系

同向断层——封闭能力一般都较差；

反向断层(反向屋脊式)——封闭性通常较好。





## 6. 单井断点的测井曲线特征

封闭性断层：测井曲线上，断层面为非渗透性。

开启性断层：因断层和断裂破碎带具有渗透性：

- 砂泥岩剖面：测井曲线一般声波时差大，井径扩大，密度和电阻率降低；
- 碳酸盐岩剖面：低中子伽马、低 GR、低 R，井径扩大、声波时差大，密度小。



# 声波时差大、密度小、声阻抗曲线明显的低异常

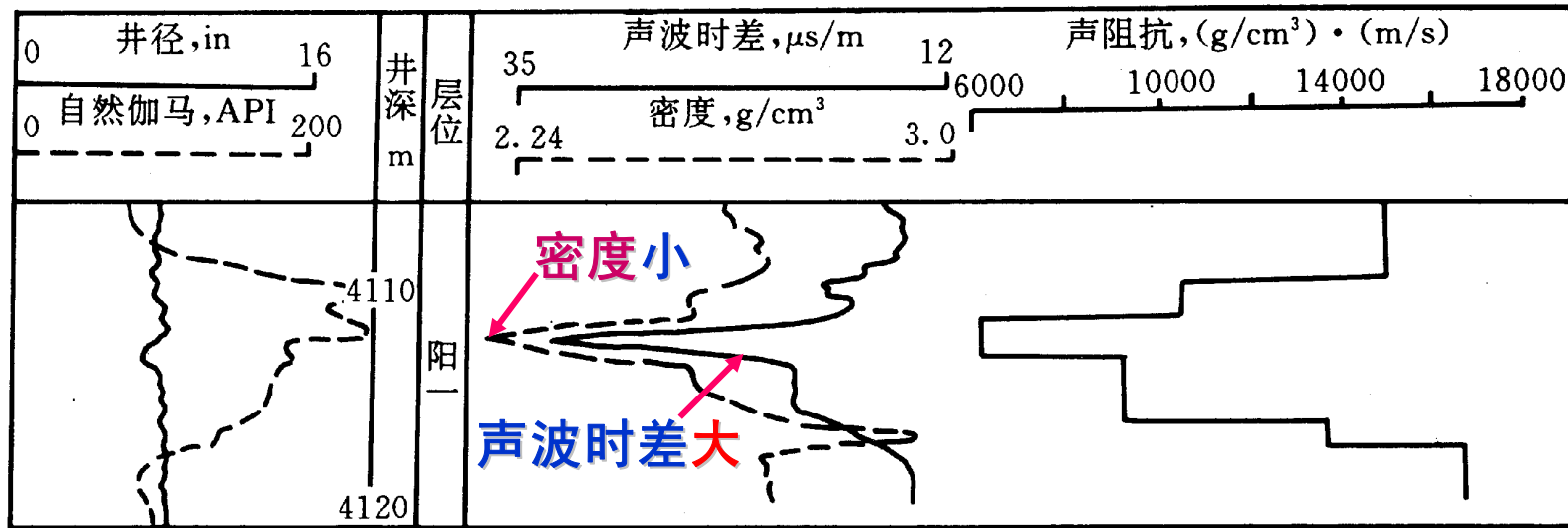


图 6-12 川东××井断层破碎带声阻抗曲线图 (1in=0.0254m)

## 断层不封闭



## 7. 断层两盘的流体性质及分布

对比断层两侧流体性质、油-水界面标高等可以判断断层封闭性。

若断层两盘流体性质差异，油-水界面高差悬殊  
断层封闭（重要标志）

下辽河地区兴隆台油田相邻断块同层原油性质、  
油水界面比较表（据吴元燕, 1995）

断块名称	代表井	相对密度	粘度 (50℃) mPa·s	凝固点 ℃	含蜡量 %	油水界面 高度 m
兴42块	兴42井	0.8979	24.33	-28	5.46	-2050
马7块	马7井	0.8468	6.54	24	15.07	-2300



## 8. 钻井过程中的显示

### 开启性断层

- ✓ 若发现钻井液漏失、井涌及油气显示等现象
- ✓ 岩心有断层角砾岩；
- ✓ 钻时减少
- ✓ 岩屑中存在次生方解石、石英含量增高等现象
- ✓ 油气聚集期及之后继续活动的断层

### 封闭性断层

- ✓ 油气聚集期已经停止的断层
- ✓ 同生断层

