



第三章 地层对比

第一节 区域地层对比

- 一、常规地层学
- 二、稳定同位素地层学
- 三、磁性地层学
- 四、事件地层学

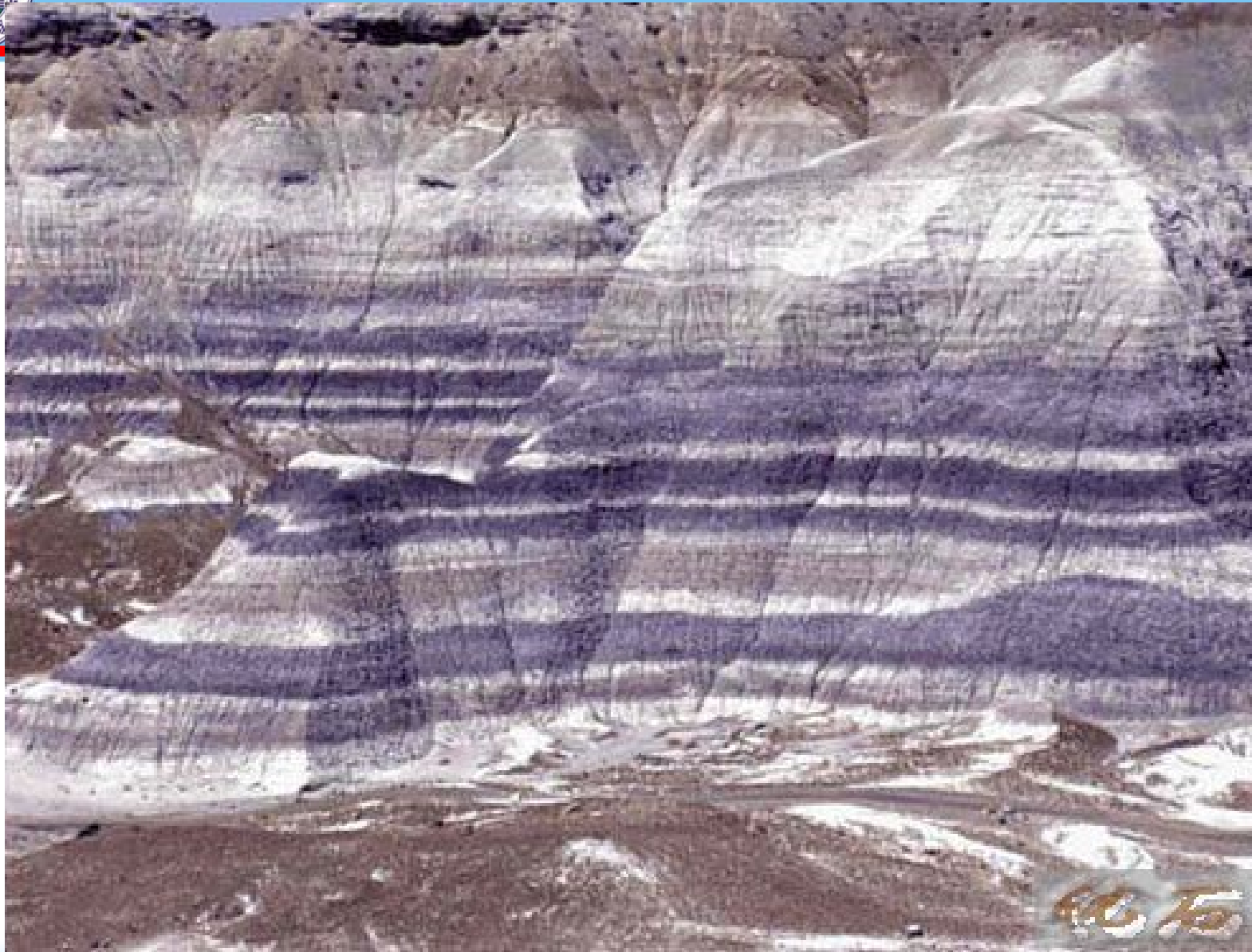
第二节 油层对比

- 一、碎屑岩油气层对比
- 二、碳酸盐岩油气层对比

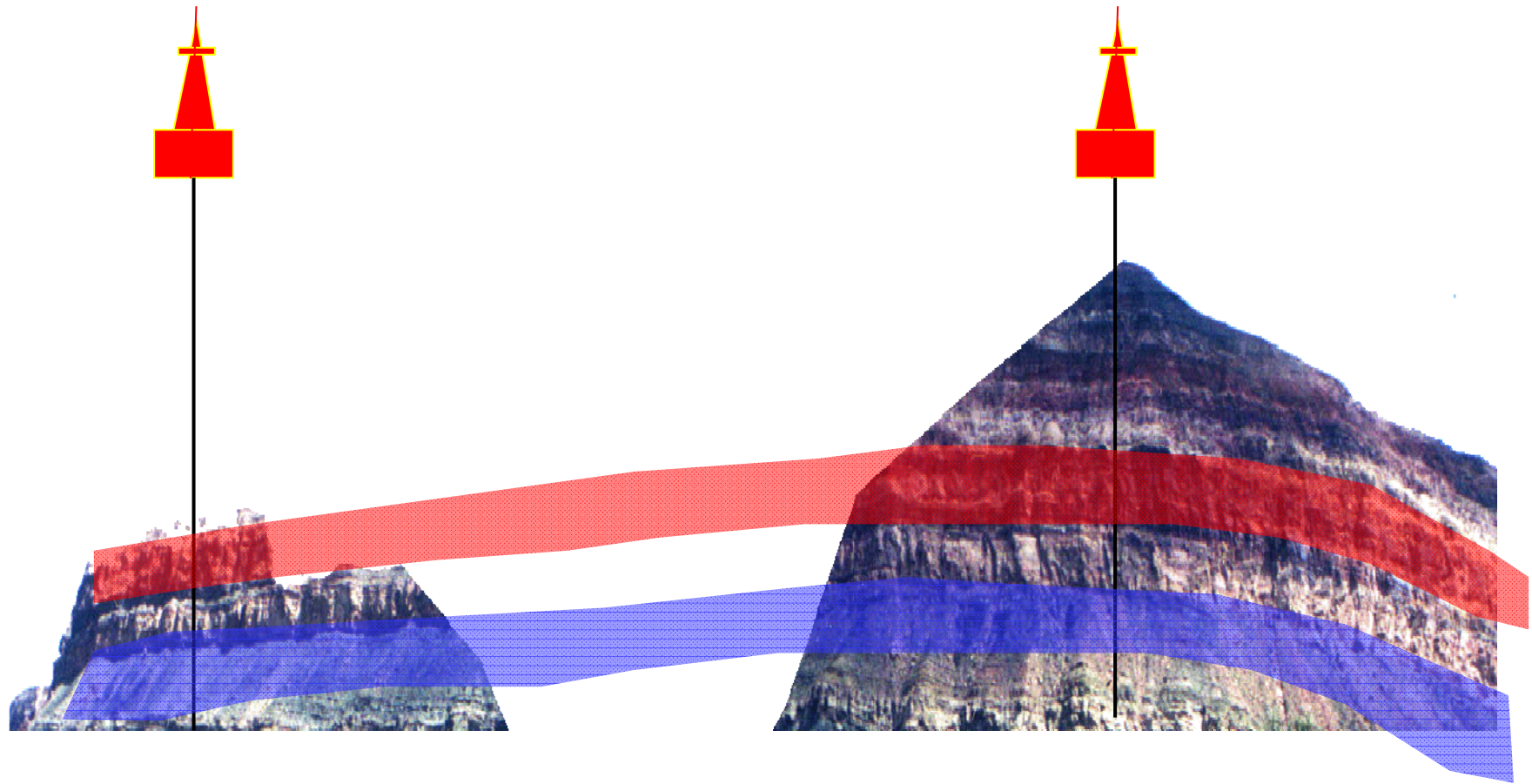


地层



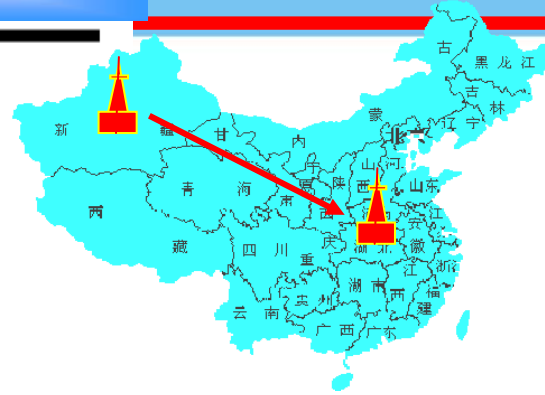




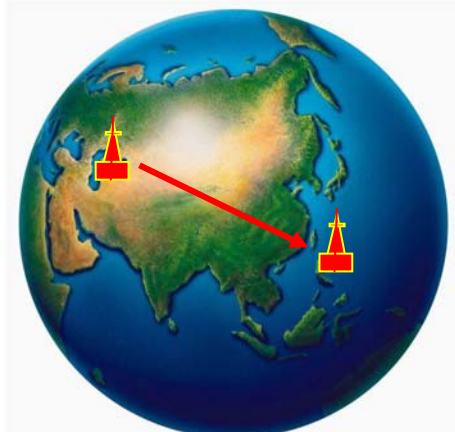




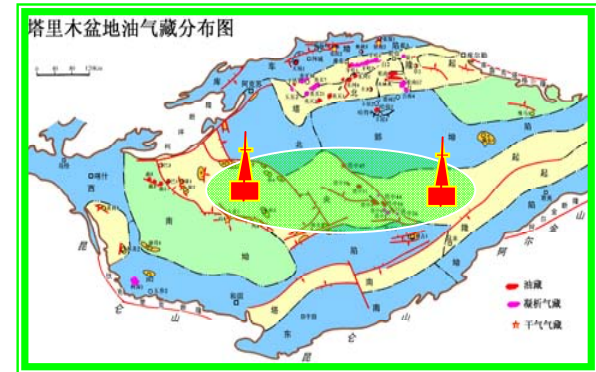
地层对比分四级



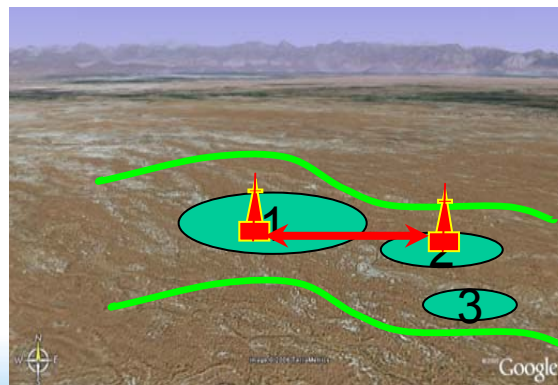
大区域



世界的



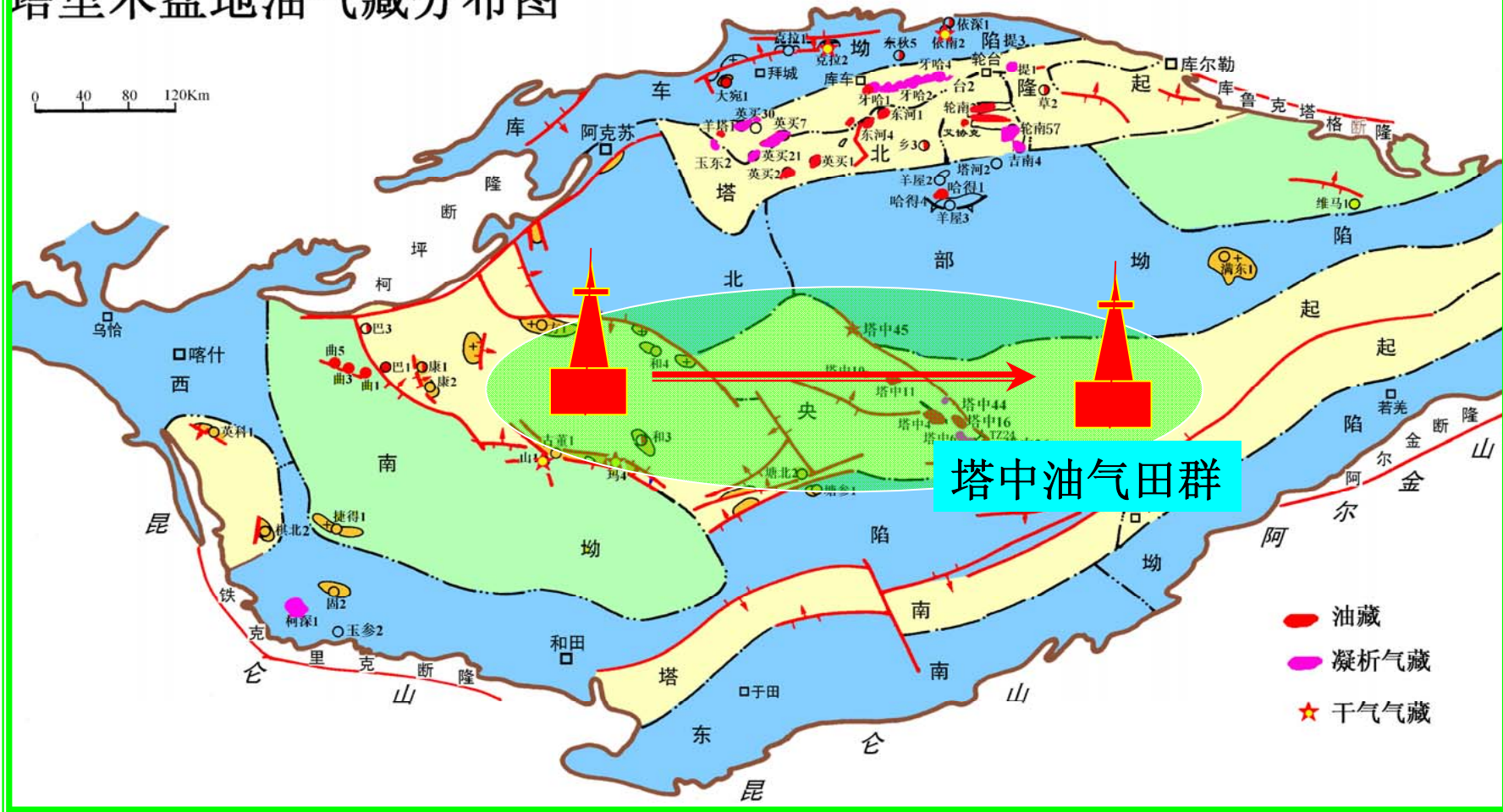
区域的



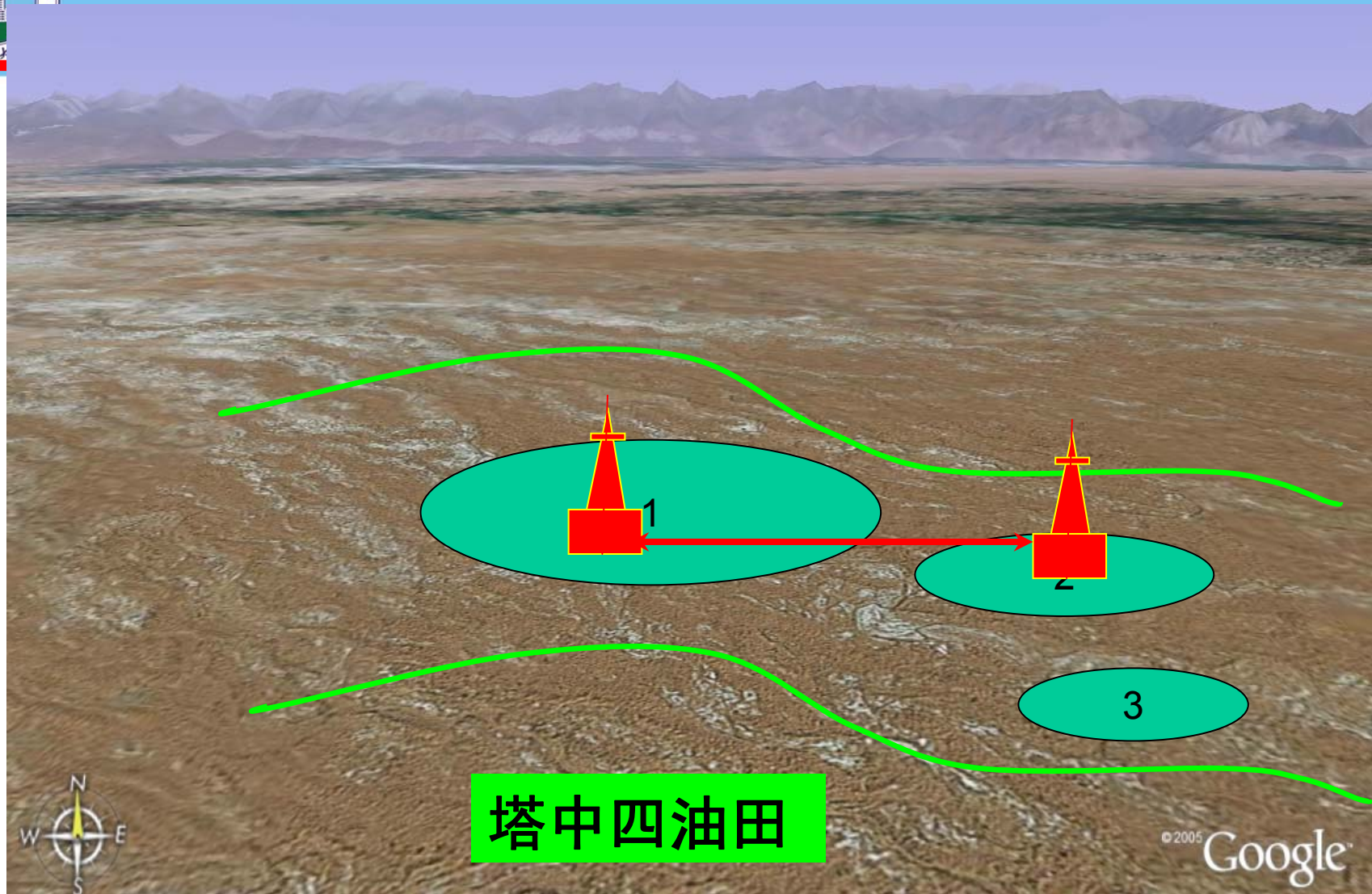
油层对比



塔里木盆地油气藏分布图



区域的地层对比-----油区范围内，建立标准剖面



油层对比--一个油田内，含油层段内对比



一、常规地层对比方法

岩石地层学方法

生物地层学方法

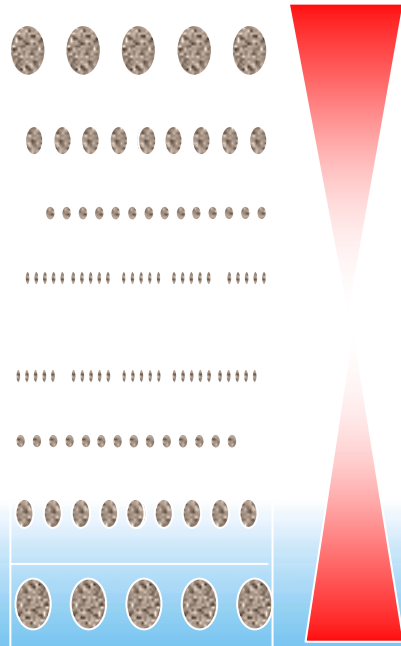
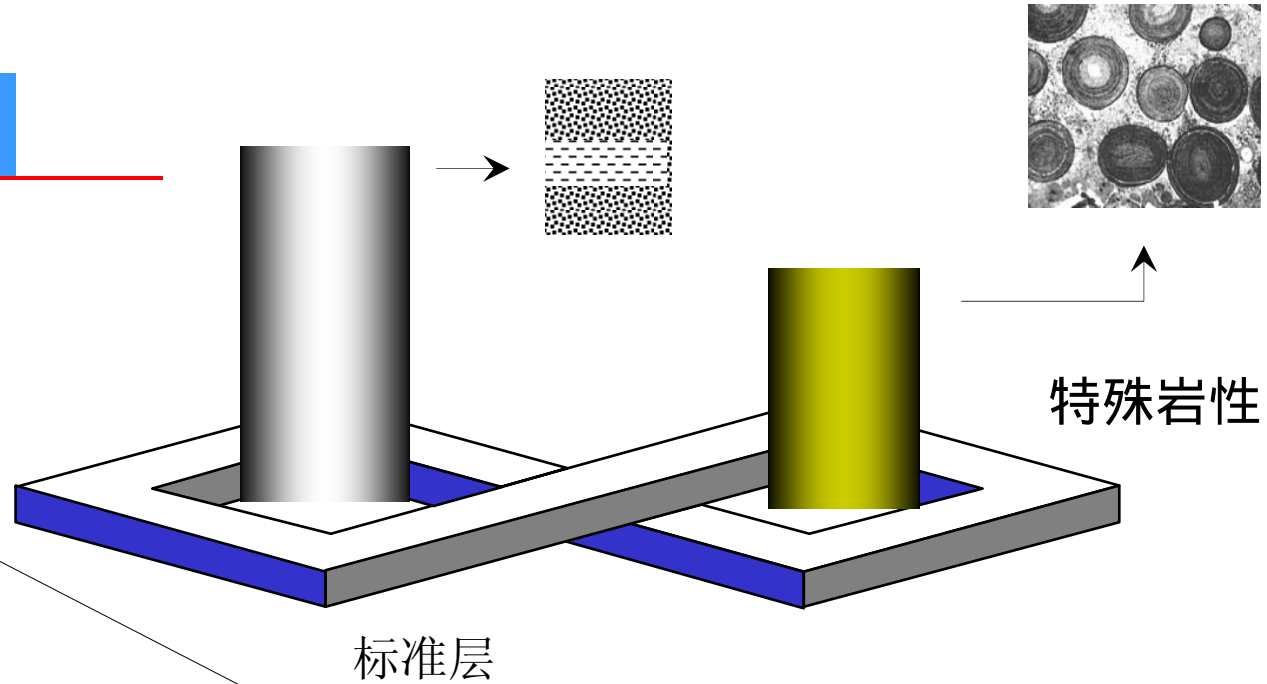
地球物理学方法

层序地层学方法



1 岩石地层学方法

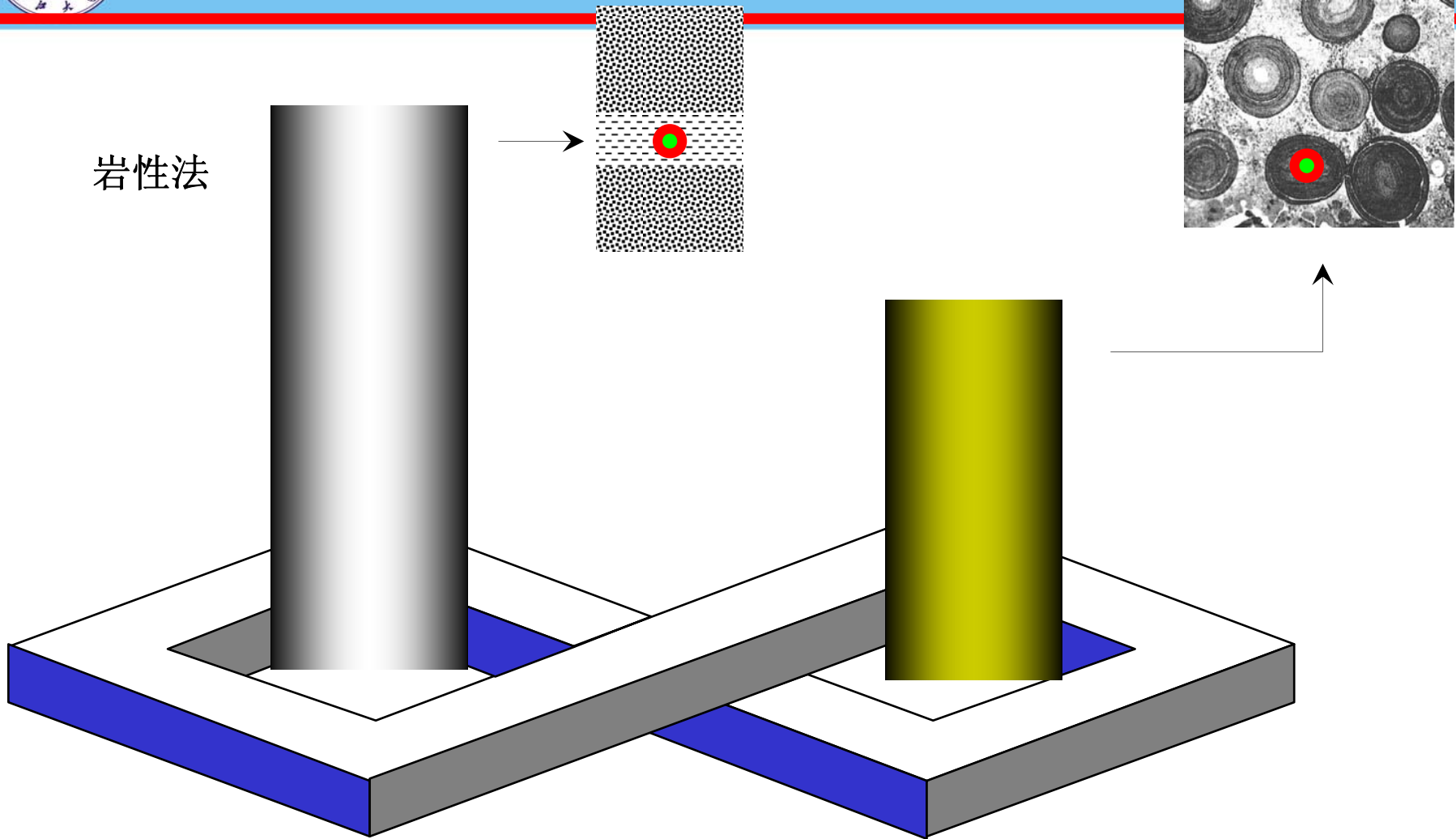
岩性法



沉积旋回法



岩性法



标准层

特殊岩性



岩性对比法

岩性标准层法

岩性标准层—在地层剖面中分布广泛，特征明显(突出)，岩性稳定、厚度不大(适中)，易于识别的岩层。

如：**稳定的黑色页岩**，

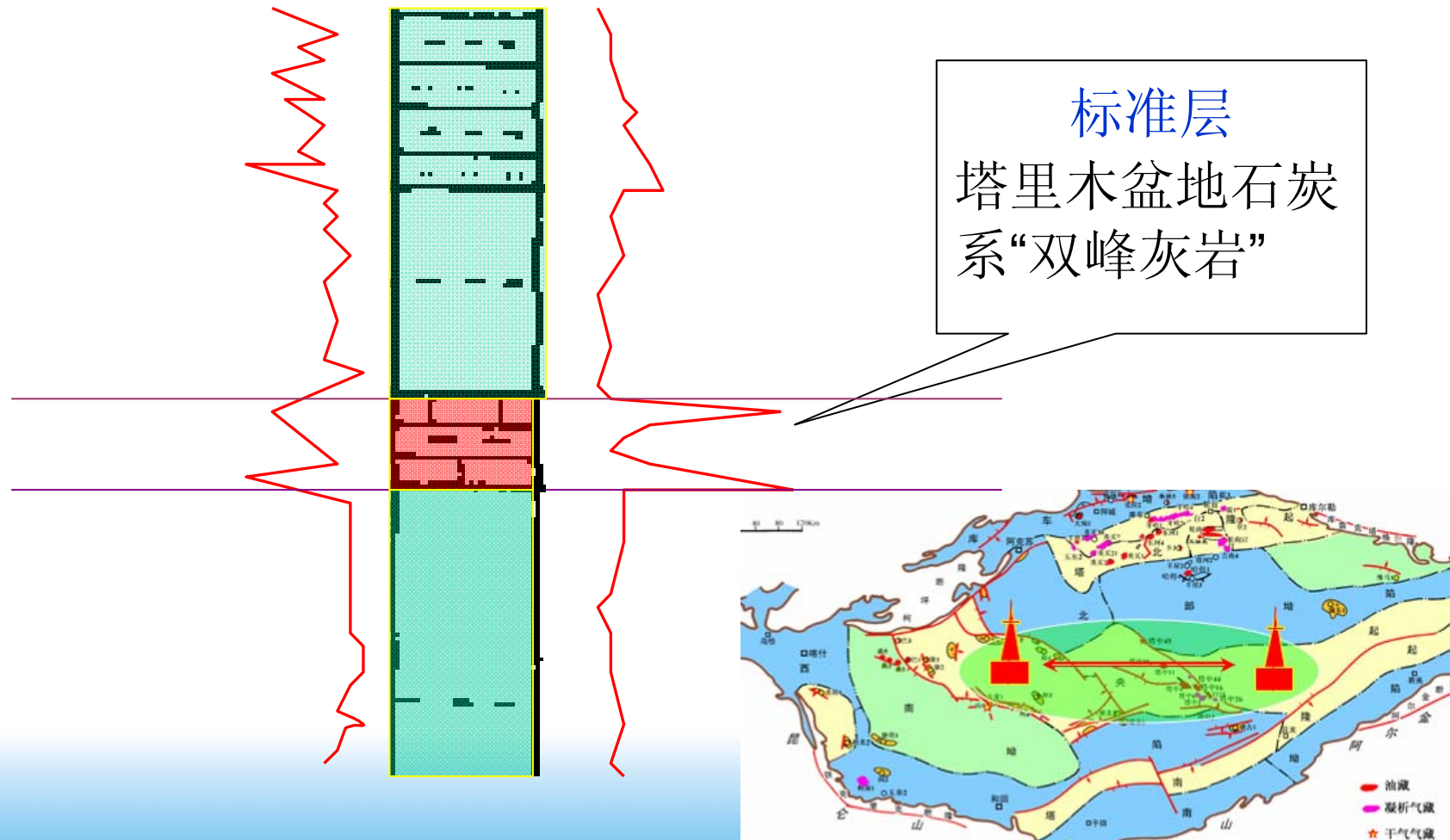
砂泥岩组合中的灰岩、白云岩等。

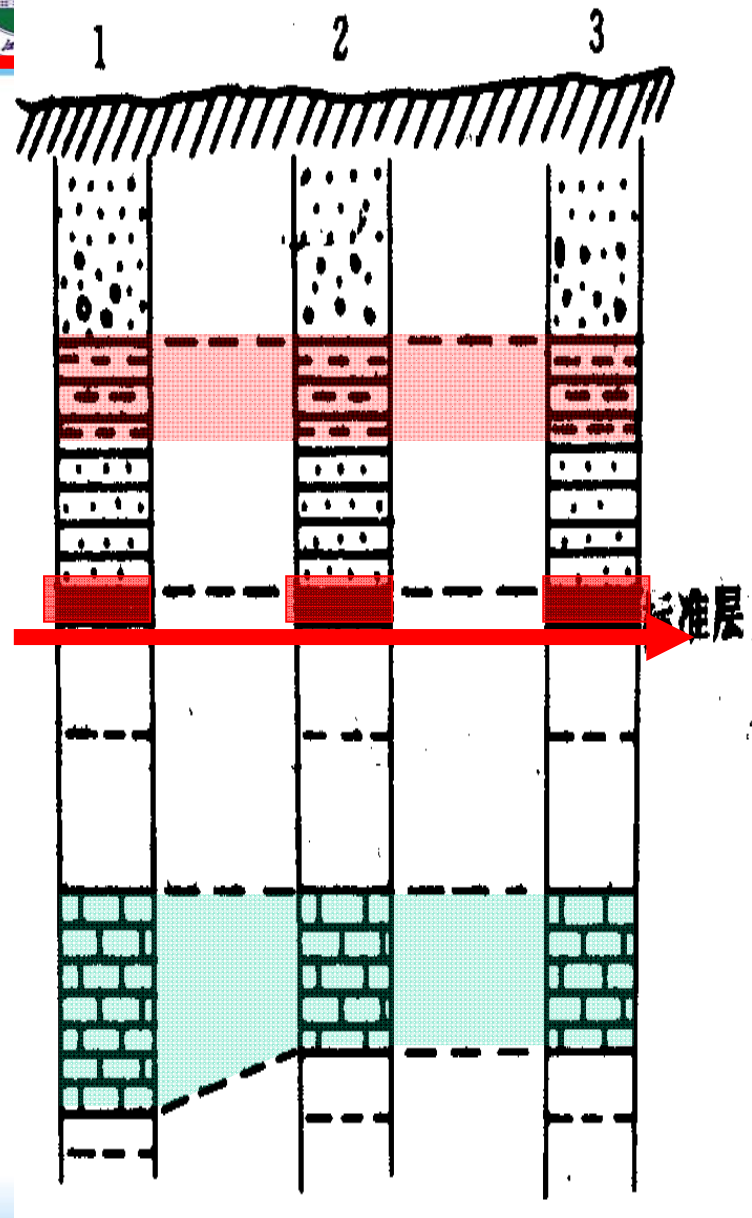
特殊标志层法

标志层—指颜色、成分、结构、构造等方面有特殊标志的岩层，易与上、下地层区别。如**鲕粒灰岩、竹叶状灰岩**等。



- 标准层是指油层剖面上岩性稳定，厚度不大，特征明显，分布面积较广的岩层。





• 岩性对比步骤

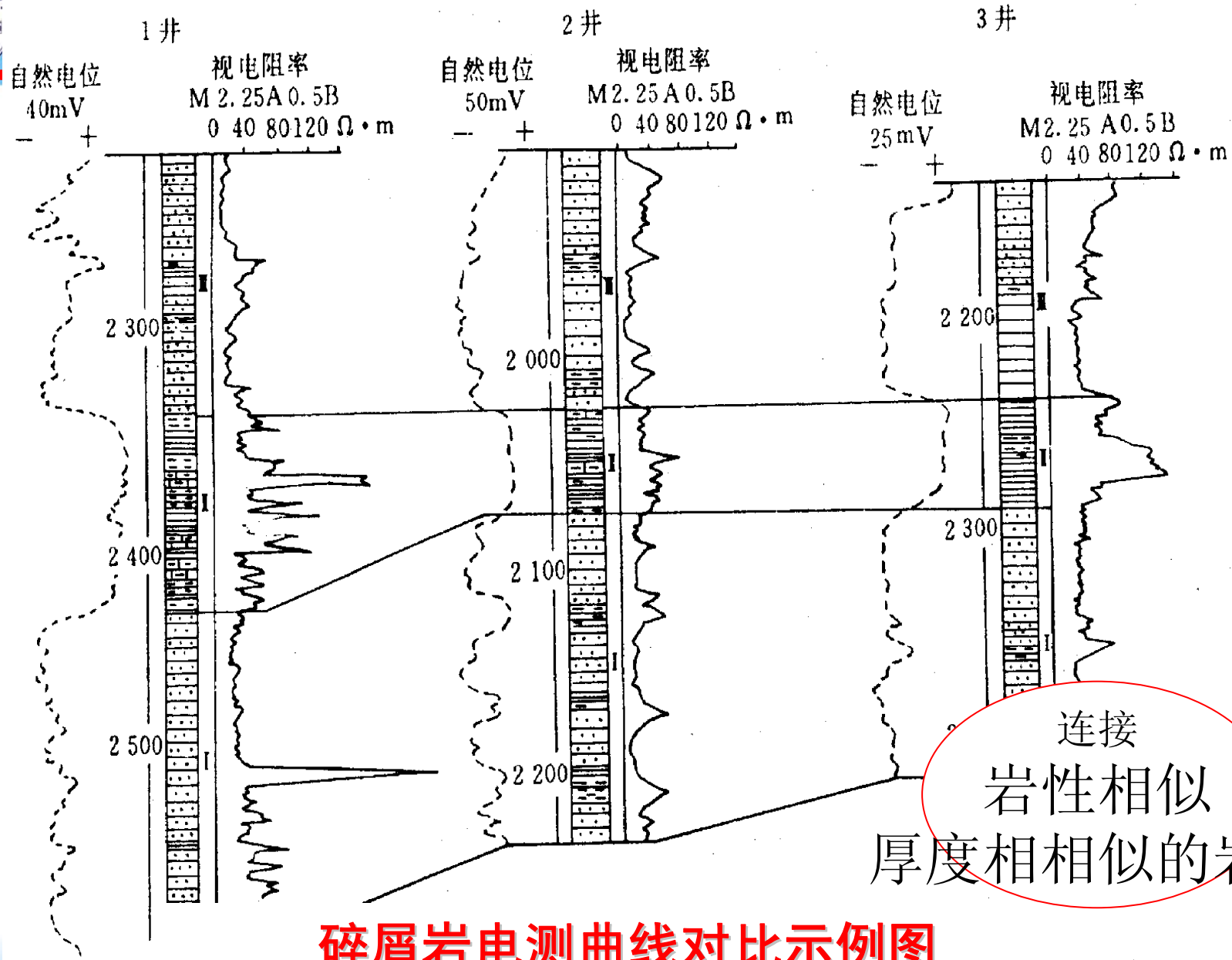
确定
标准层



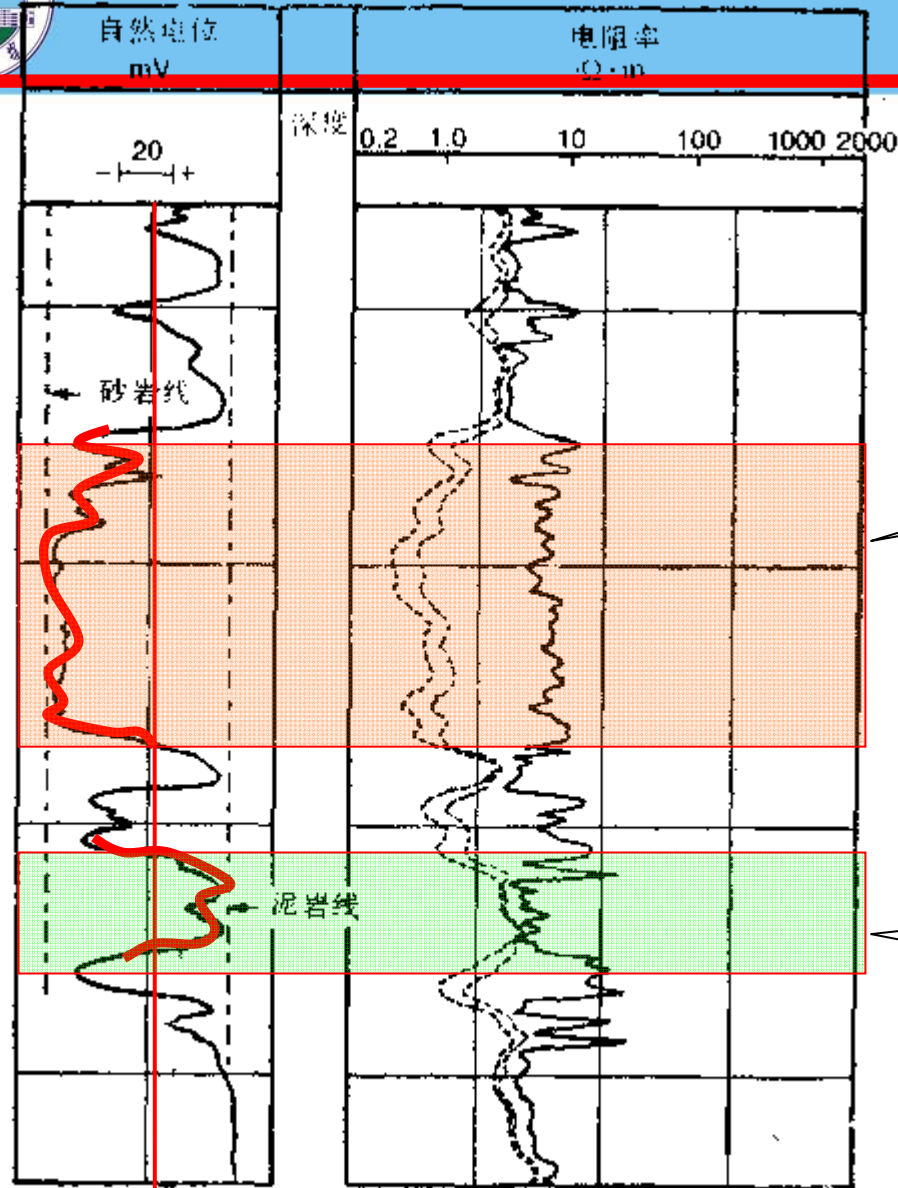
连接
标准层



连接
岩性相似
厚度相相似的岩层



碎屑岩电测曲线对比示例图



•砂岩与泥岩在测井曲线上好区分

砂岩

泥岩，可作标准层

图3-1 砂-泥岩层系的SP曲线实例

ⓑ



利用岩性对比法的 注意事项

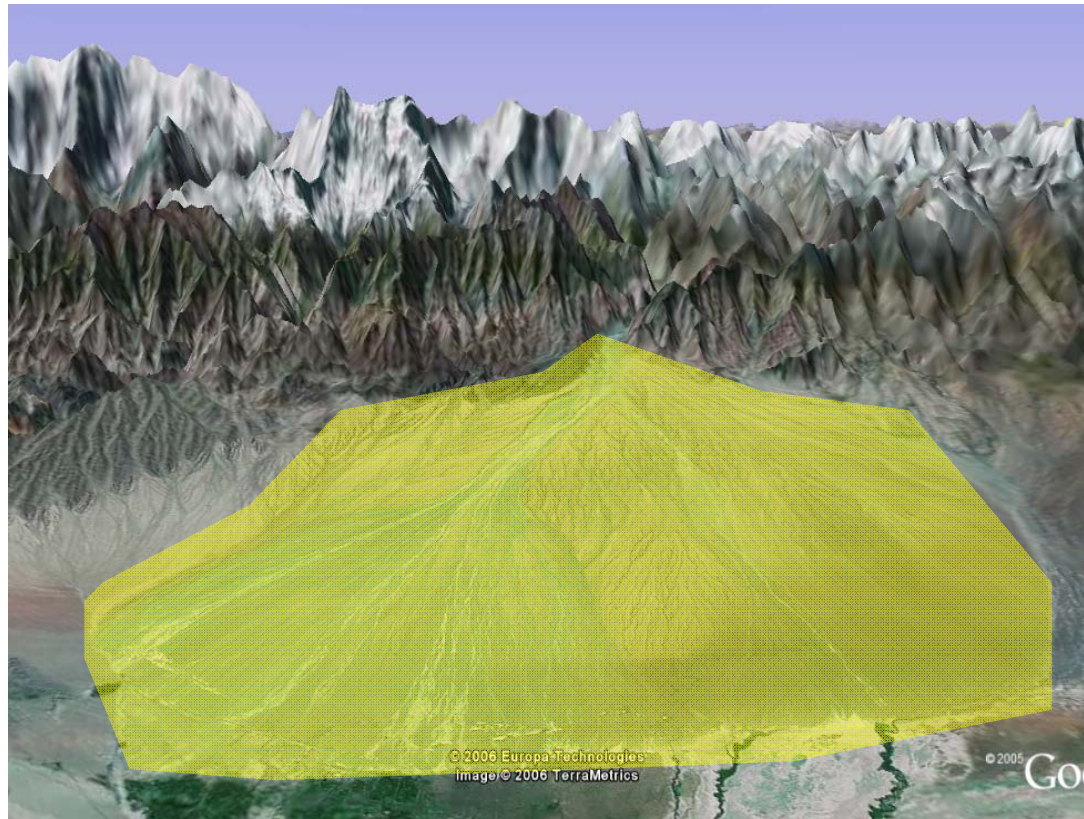
- (1) 只适用于具有相同地质条件的较小范围；
- (2) 应尽量参照岩心、岩屑、试油等第一手资料；
- (3) 覆盖区，岩性对比大多数使用地球物理测井资料；
- (4) 对于

{	岩性和厚度变化剧烈
	有不整合发育地区
	经受强烈构造运动的地区
	井资料少的地区

 应采用岩相对比法



- 岩性对比只适用于具有相同地质条件的较小范围，限制在一定的岩性、岩相范围内。



- 岩性对比大多数在测井曲线上完成的



沉积旋回法

最常用的岩石组合法

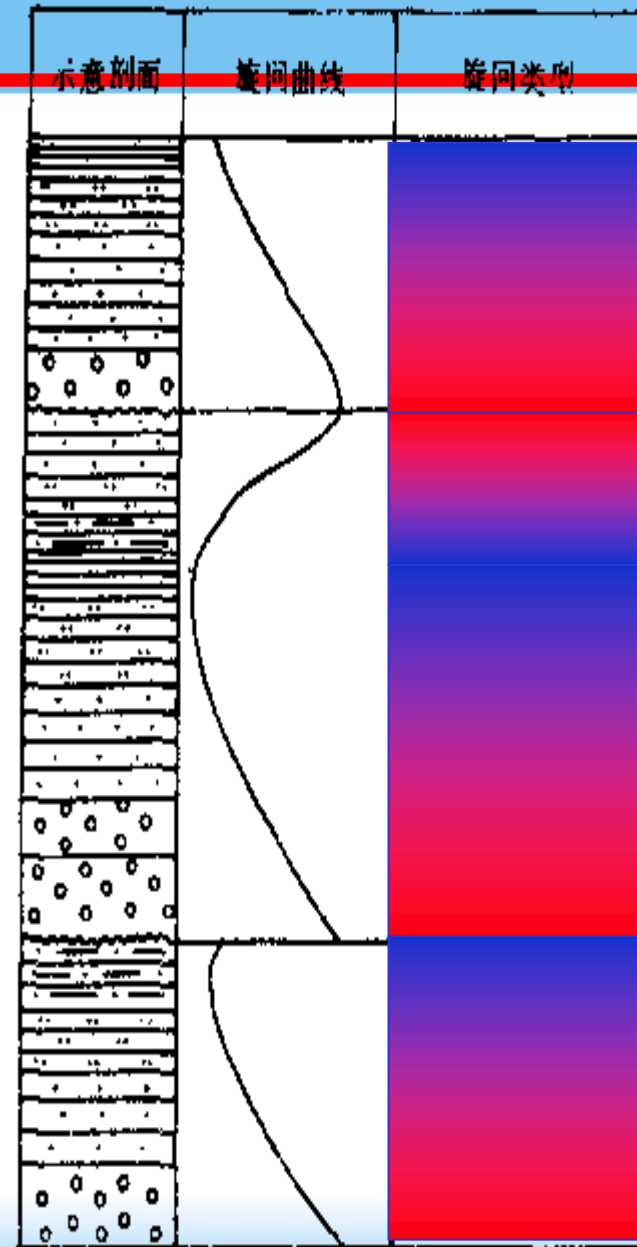
- **沉积旋回** (沉积韵律) 一指在垂直地层剖面上, 若干相似岩性、岩相的岩石有规律地周期性重复。

其周期性重复, 可从岩石的**颜色**、**岩性**、**结构** (如粒度)、**构造**等诸多方面表现出来。

- **原理**: 在同一盆地内, **地壳升降运动过程大体一致, 且不可逆** → **同期形成的地层具有相同类型的沉积旋回**。

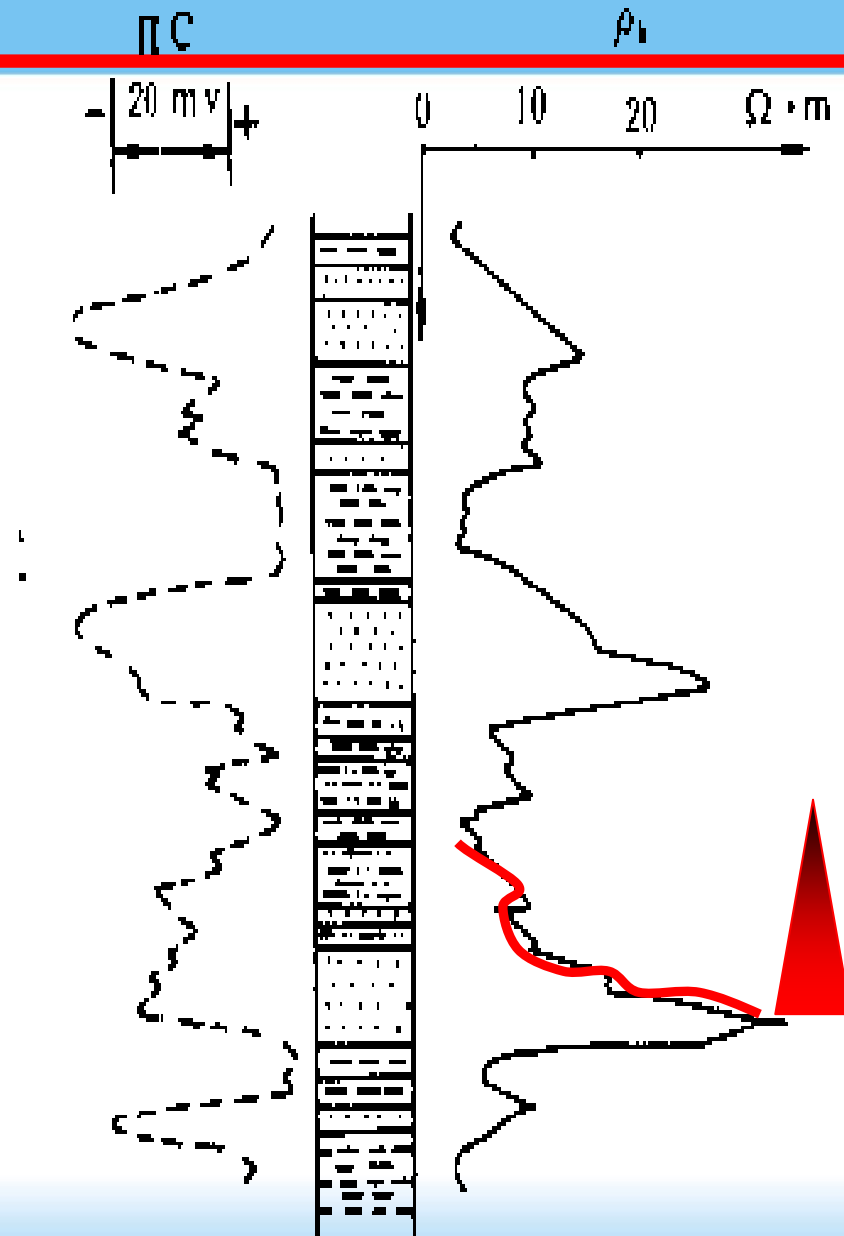


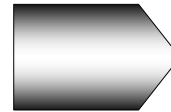
- 沉积旋回：
- 垂直地层剖面上，具相似岩性的岩石有规律地重复出现的现象
- 分正旋回（岩性下粗上细）和反旋回（岩性上粗下细）。





- 旋回对比一般在测井曲线上完成，这是因为井下地层的岩性实物资料不够，而测井资料解释的岩性准确率很高





河漫滩泥岩

边滩砂岩

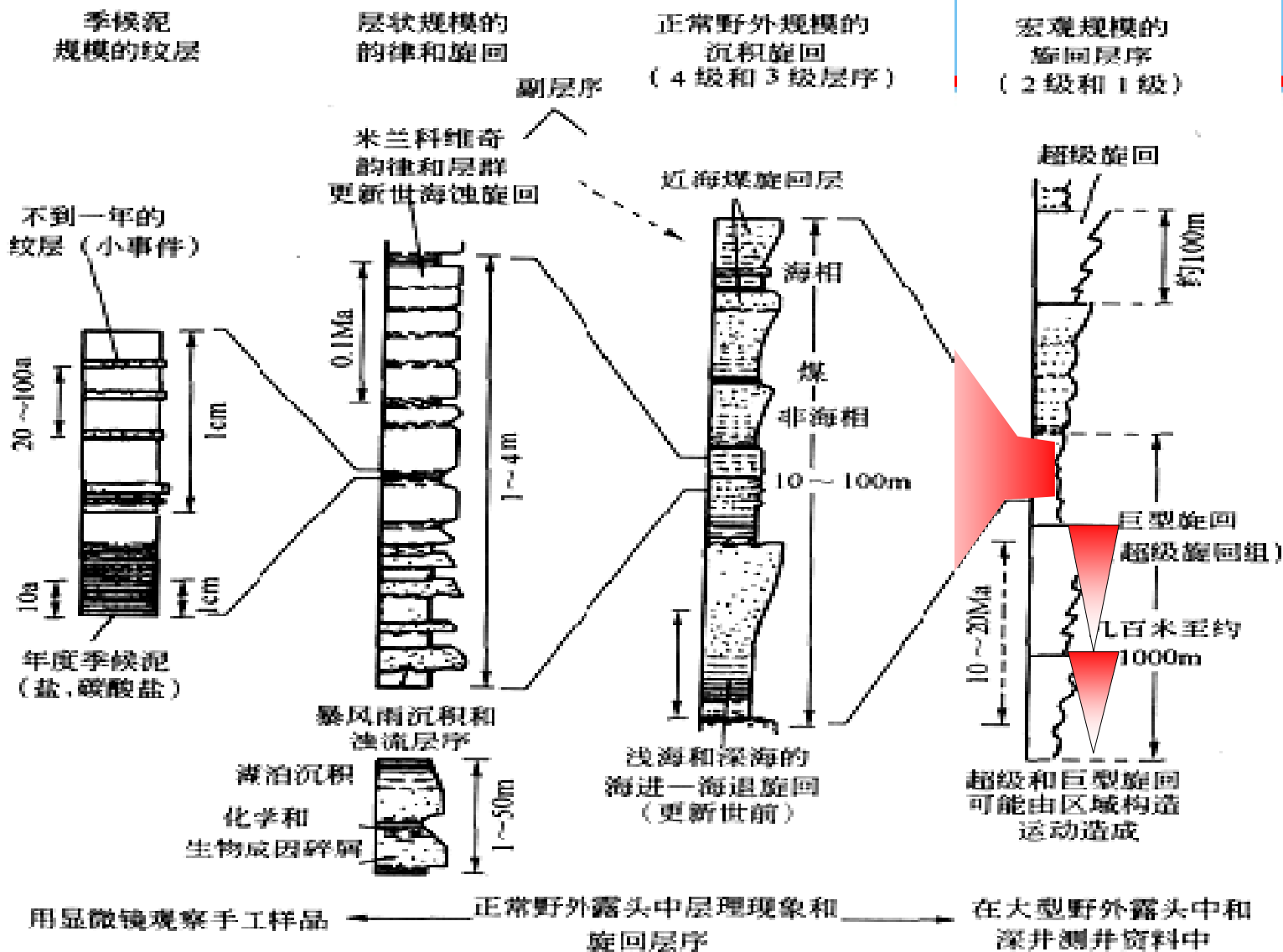
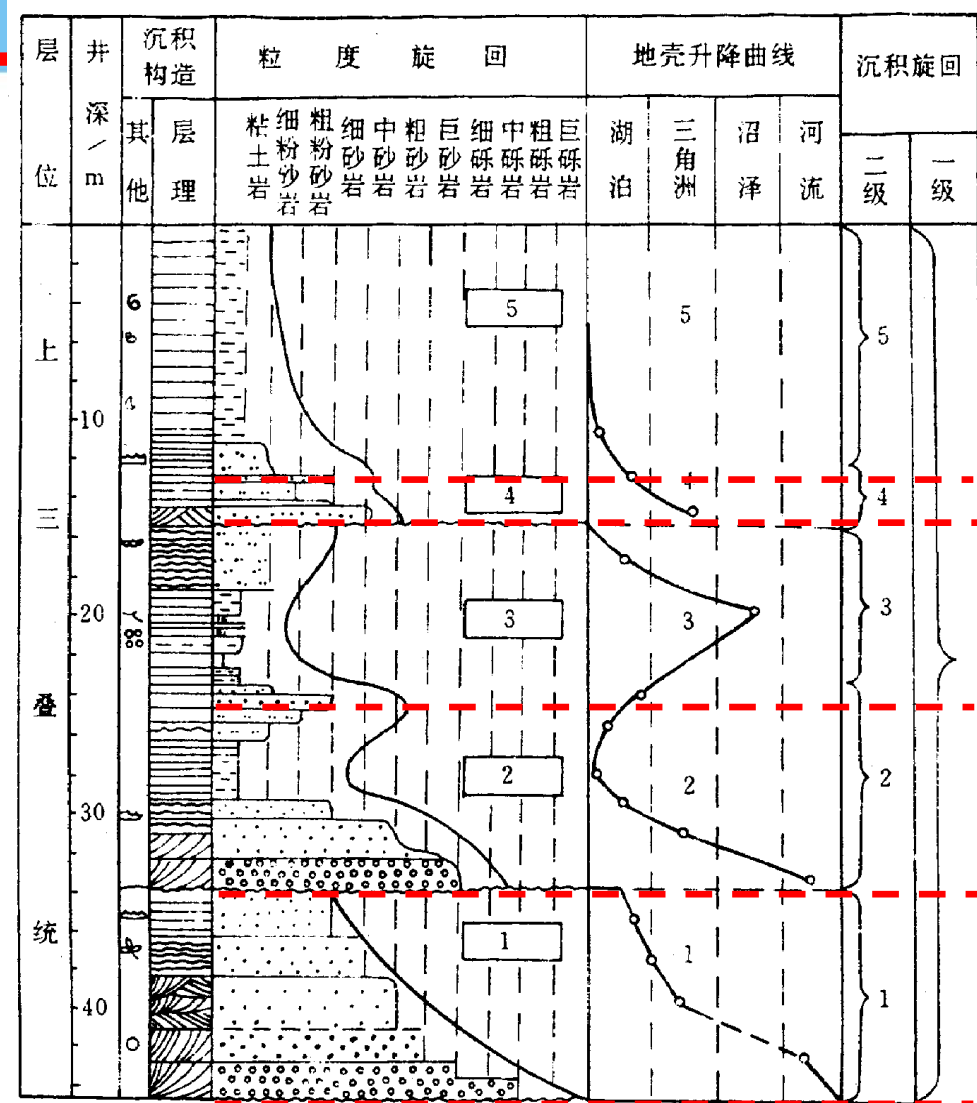


图 3-1 旋回对比, 分级控制 (1991)



图中，可明显地划分出5个由粗变细的沉积旋回；

总体上：由下而上碎屑岩逐渐减少，粘土岩逐渐增多的趋势，是一个大的沉积旋回。



碎屑岩沉积旋回示意图



旋回对比法注意事项:

▲ 旋回对比可用于盆地范围内地层对比;

绝大多数沉积旋回: 为地壳周期性升降运动引起,
影响范围广;

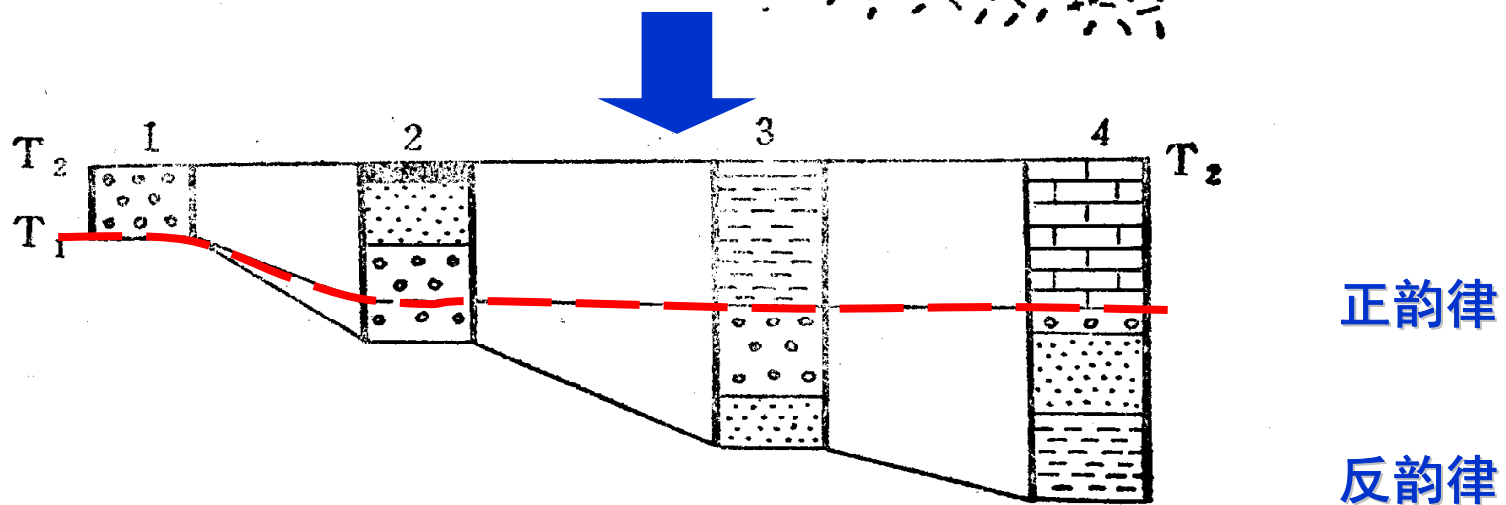
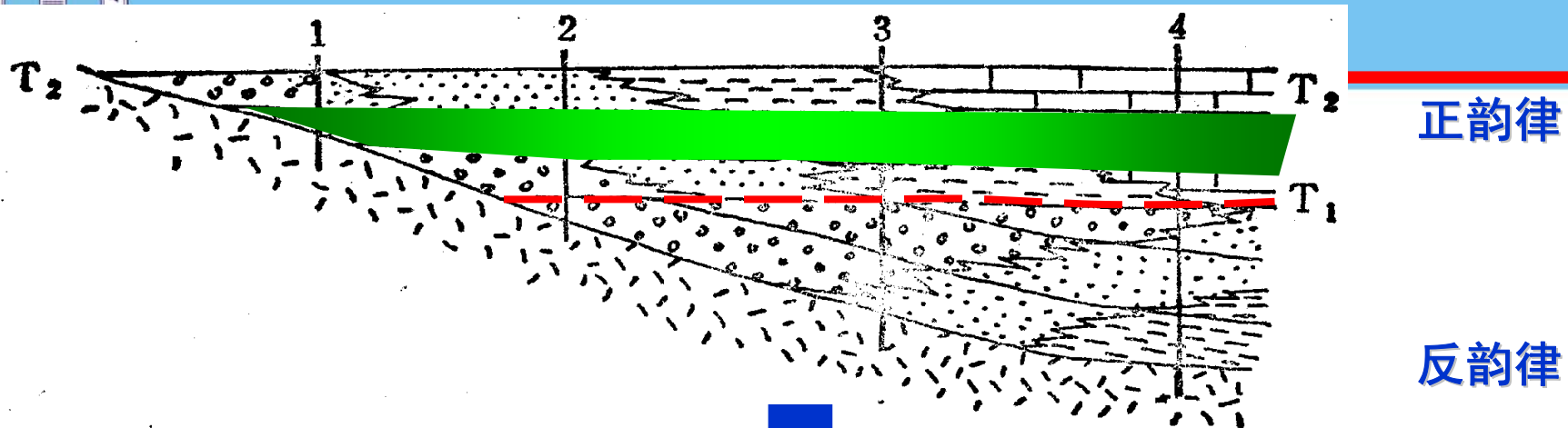
▲ 旋回界限: 多以水进开始部分的粗粒沉积或间断面为界;

▲ 沉积旋回类型: 正旋回、反旋回、复合旋回(中间粗上下细)。

▲ 旋回对比所选用曲线:

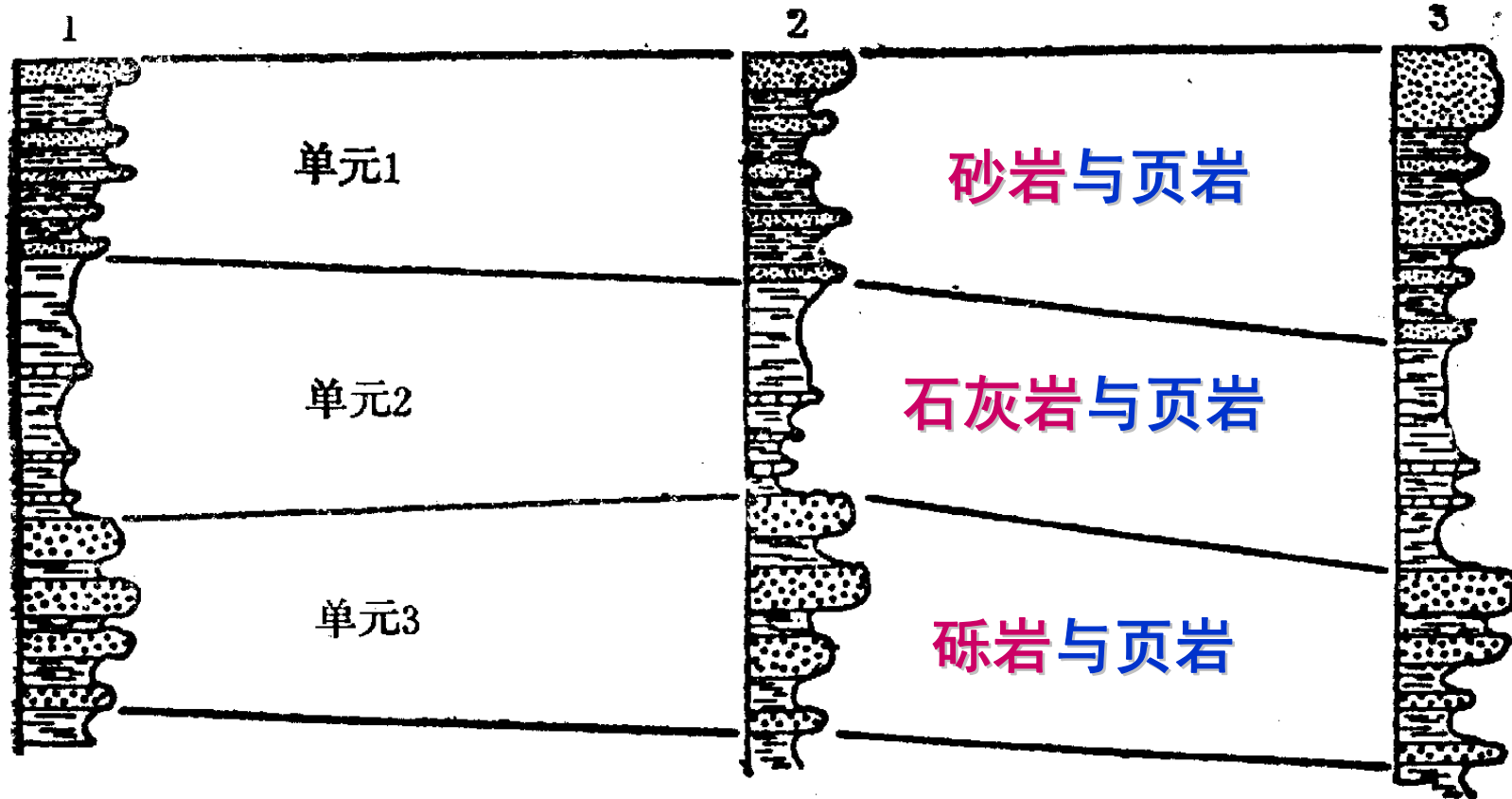
碎屑岩地区: 一般利用SP曲线和R曲线;

碳酸盐岩地区: 一般利用自然伽马GR曲线。



根据沉积韵律对比地层

旋回对比，分级控制



依据岩石(性)组合对比主要地层单元



2 生物地层学方法

指利用地层中古生物**化石类型**、**化石组合**及**含量差异**，鉴别地层时代，划分与对比地层的方法。

基础：生物演化的发展性、阶段性、不可逆性、迁移理论

不同地区地层所含化石或化石组合若相同→它们的地质时代相同和大致相同。

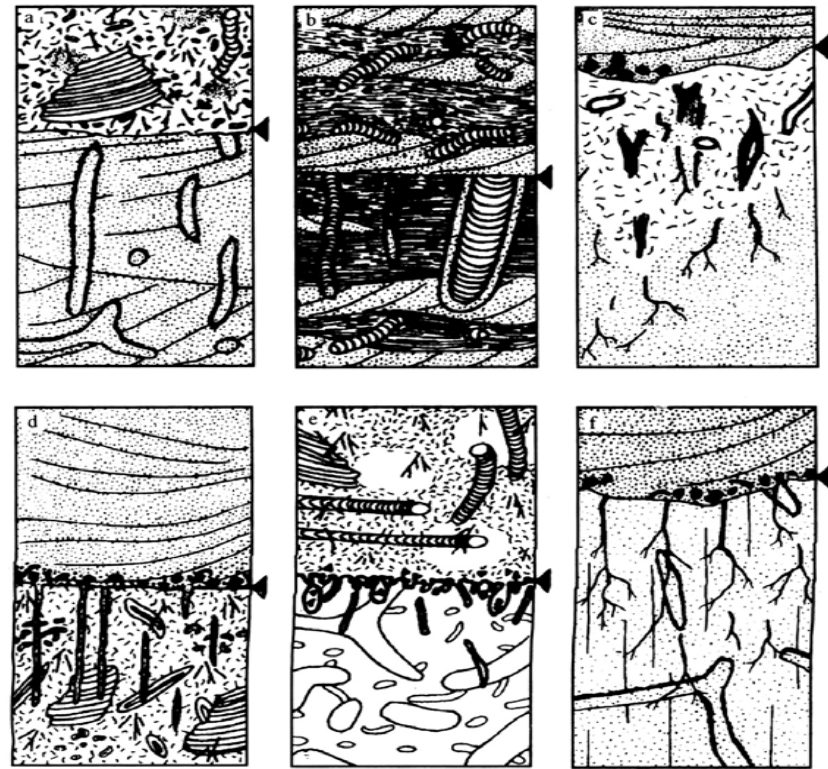
划分与对比方法：标准化石法；

化石组合法 (微体古生物对比法)

种系演化法



- 古生物学研究的对象是化石，化石是保存于地层中的古生物的遗体和遗迹。





标准化石法

——利用标准化石划分对比地层的方法。

标准化石——指地理上分布广泛，地史上生存时间短、演化快、标志清楚(特征明显)、数量多、保存较好的化石 **特点(优点)**：方法简便、可靠，不受岩性变化限制

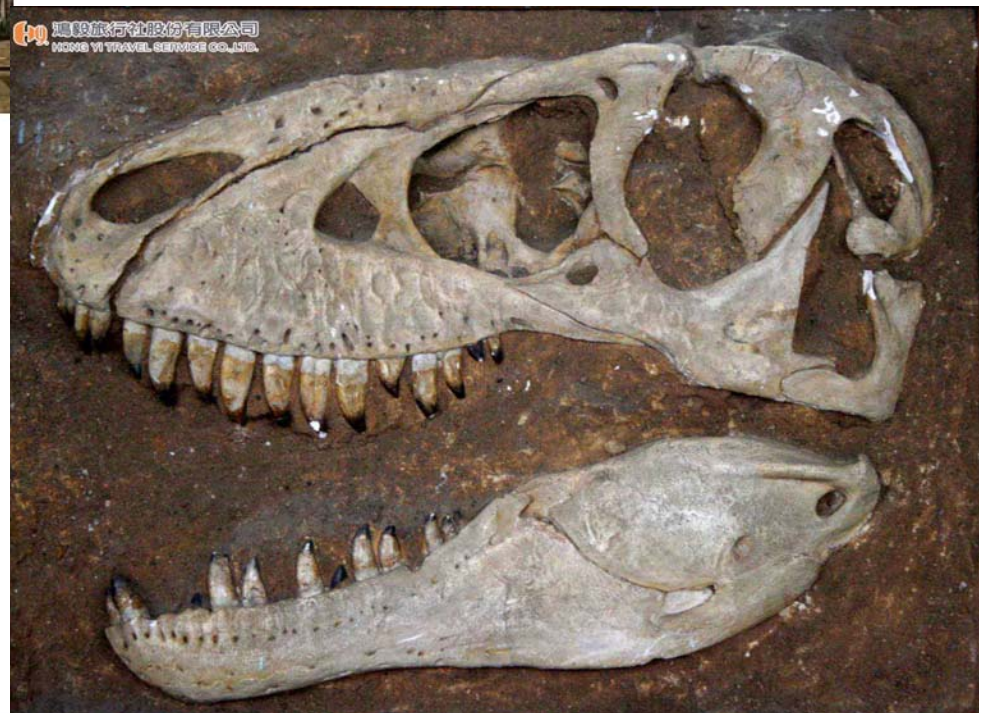
,

可以进行**大区域地层对比**(特别是地面地质大区域对比)

缺点：因个体大，在岩心、岩屑中很难得到完整化石，**钻井剖面地层对比时受到限制**。



鴻發旅行社股份有限公司
HONGFA TRAVEL SERVICE CO., LTD.







2007 3 18



化石组合法

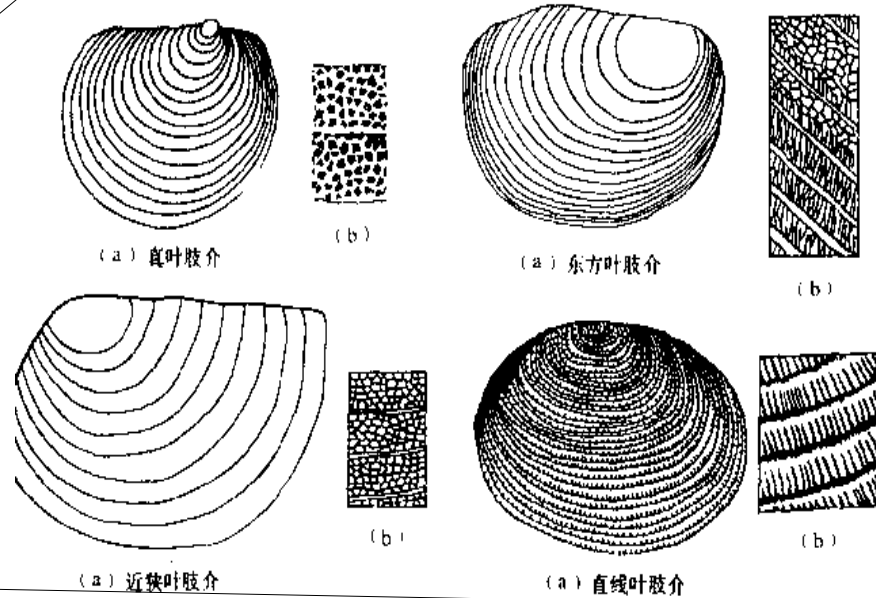
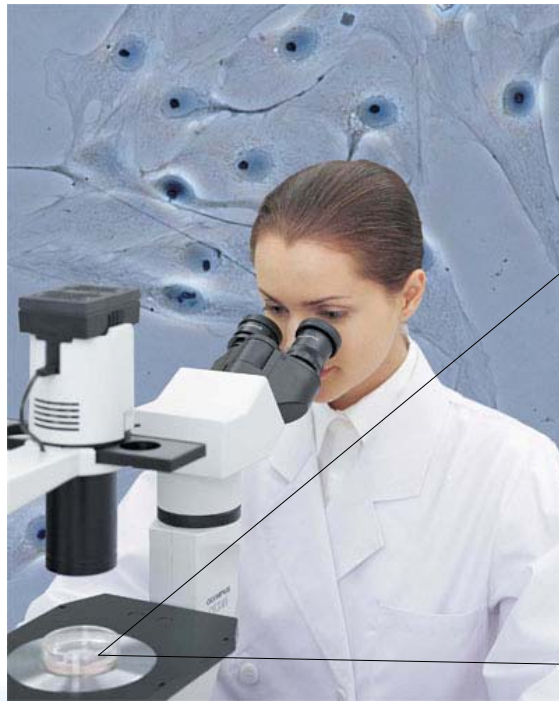
—微体古生物对比法

化石组合法—利用地层中所含**全部化石**或某一类化石的**自然组合**对比地层的方法。

- ▲ **微体古生物特点**：体积小、分布广泛、种属繁多、演化快、生物群分区现象明显；在**岩心、岩屑中易保存**—适用于**钻井地质地层对比**。
- ▲ **常用的微体古生物化石**：当前，我国各油区地层对比中，常采用**介形虫、轮藻和孢粉**。



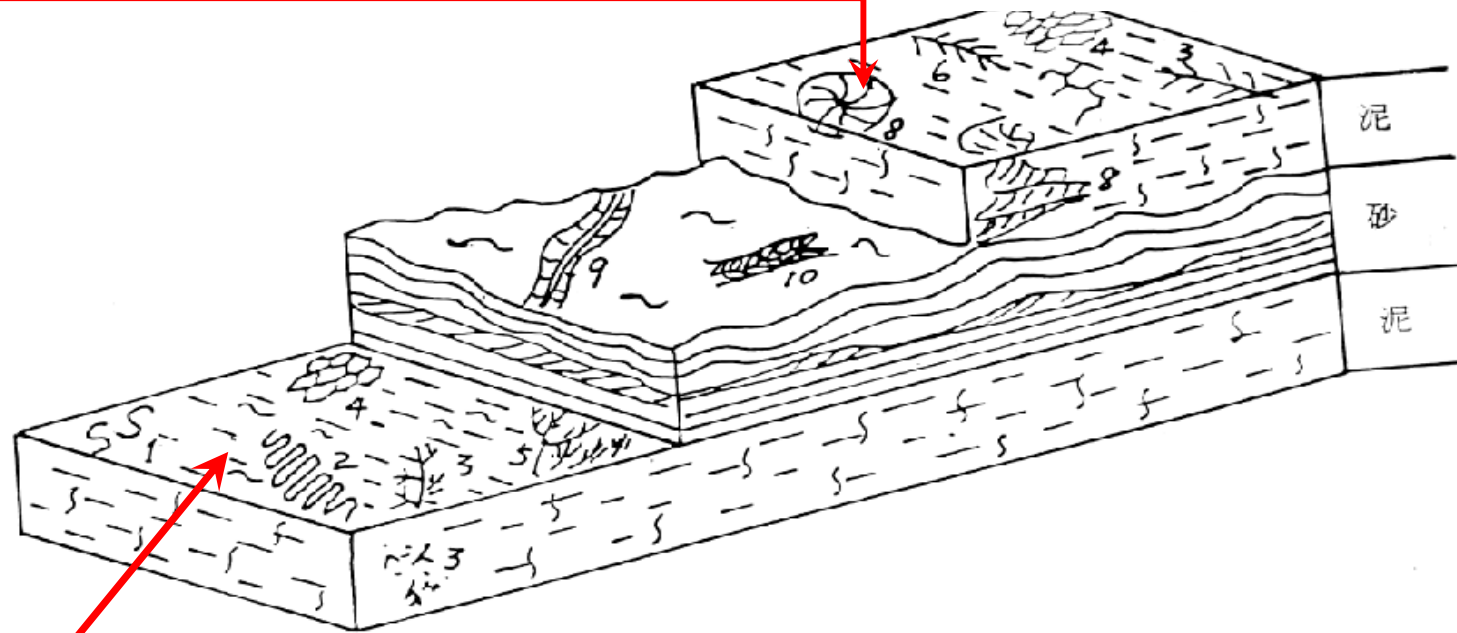
- 井下地层中常见的有介形虫，它的特点是种类与数量多，演化的阶段短，分布广，在地史上分布时间短。
- 微古化石化石组合用于地层对比中。





(A)砂岩頂部： 9. Scolicia；

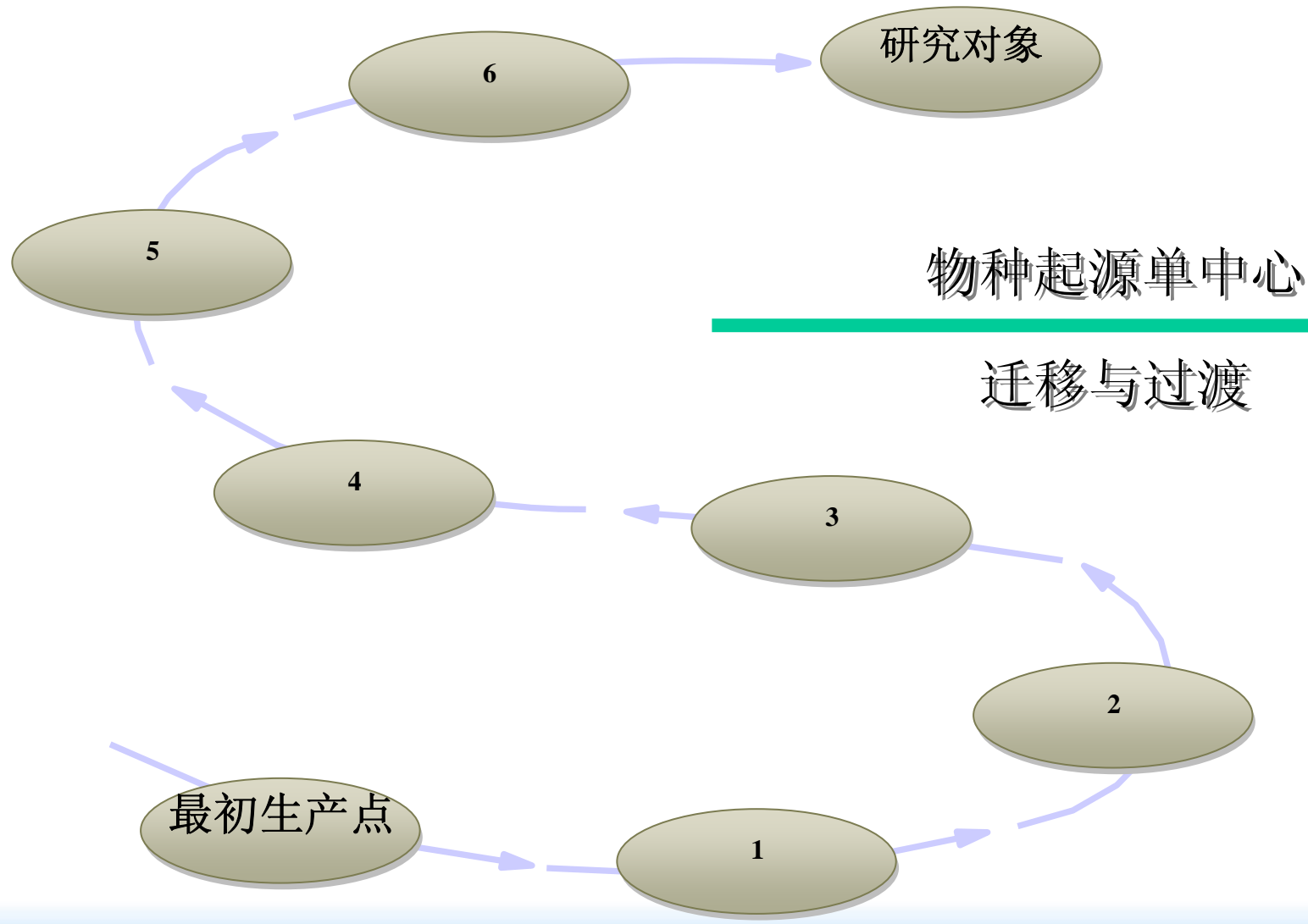
10. Gyrochorte；



- (B)頁岩內： 1. Helminthopsis； 2. Helminthoida；
 3. Chondrites； 4. Paleodictyon；
 5. Lophoctenium； 6. Dendrotichnium；
 7. Protopaleodictyon； 8. Zoophycos



种系演化法

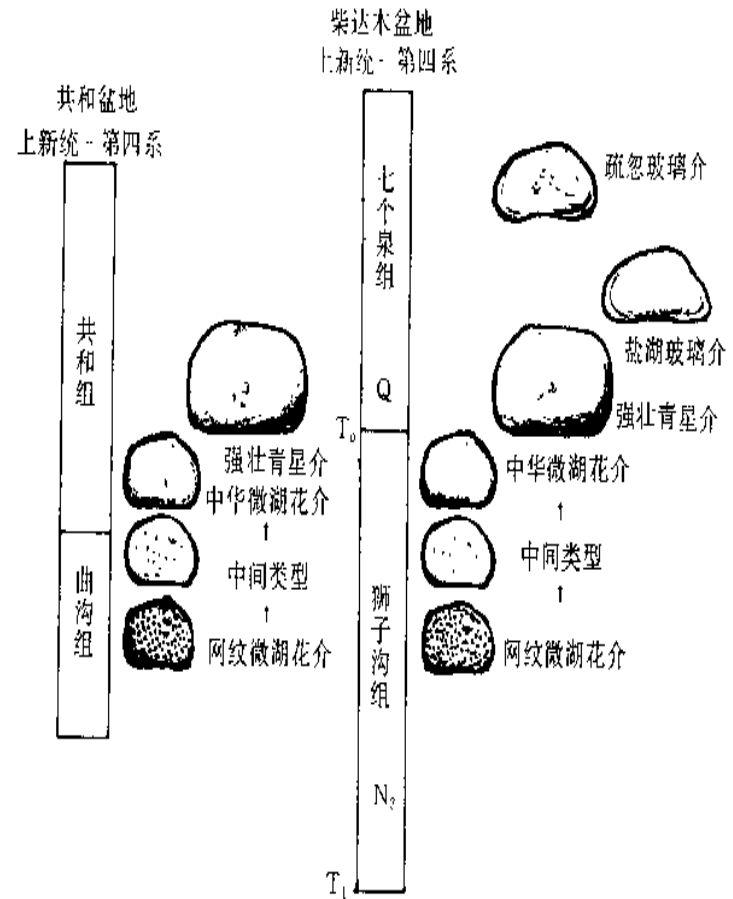




- 每一物种最初都只在一个地方产生，其后因迁移及生存能力，再外迁移。这就是物种起源的**单中心**观点。
- 物种不同，不能产生相同的个体。
- 不同的地方，可以有相同的过渡型的个体（迁移产生），他们是等时的，这就是地层对比的依据。

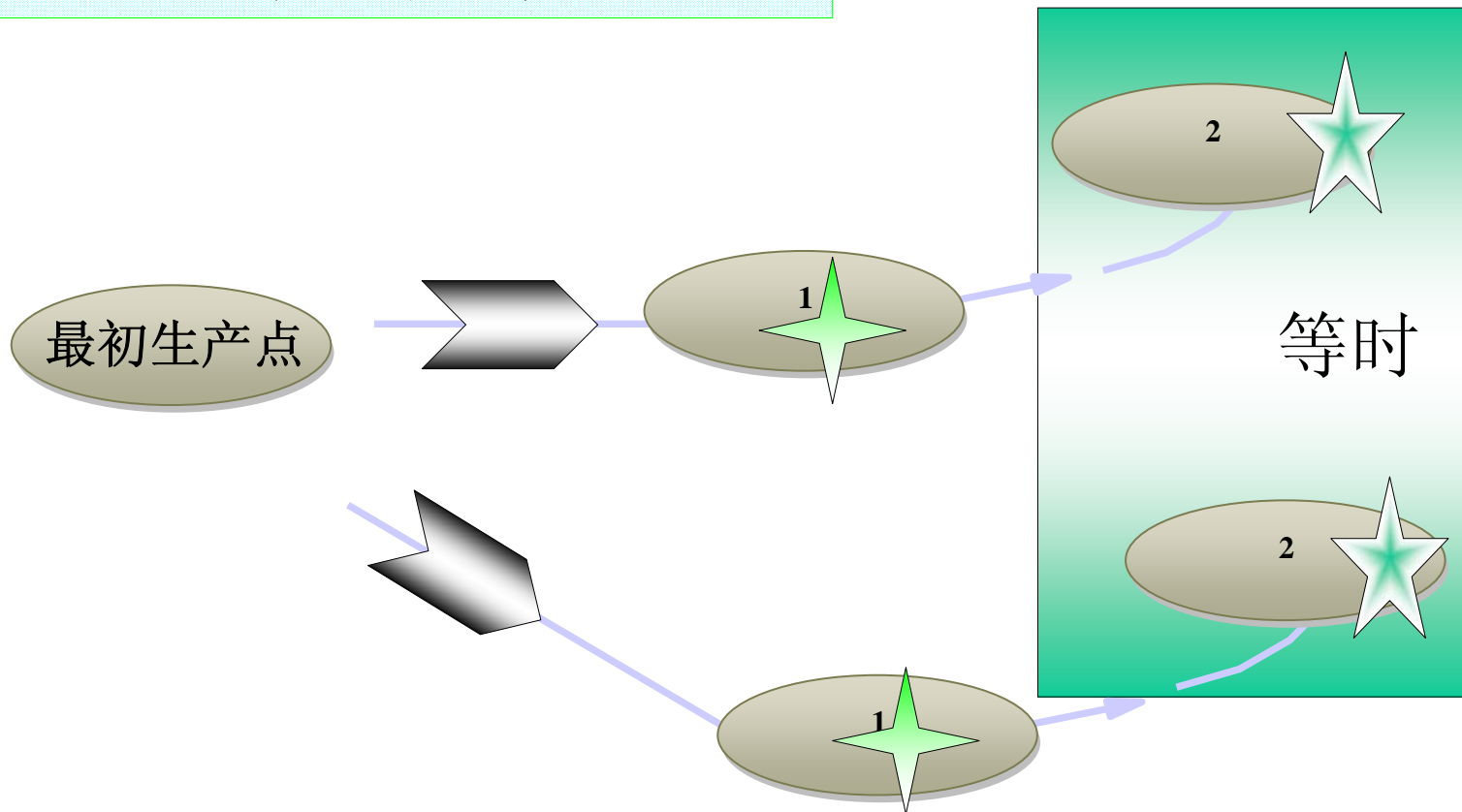


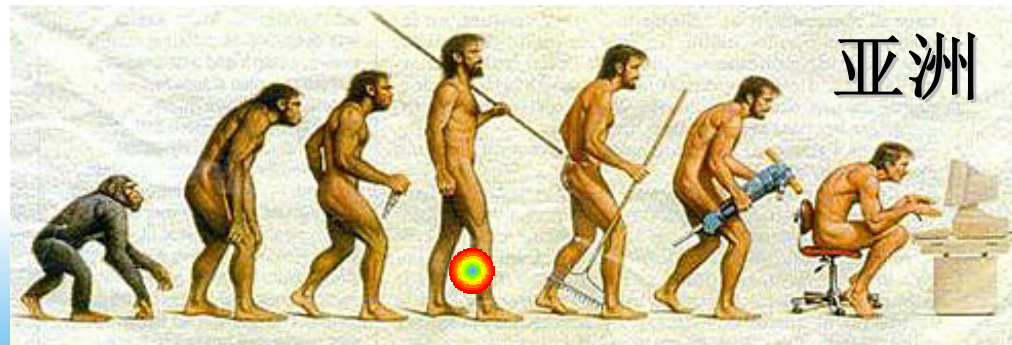
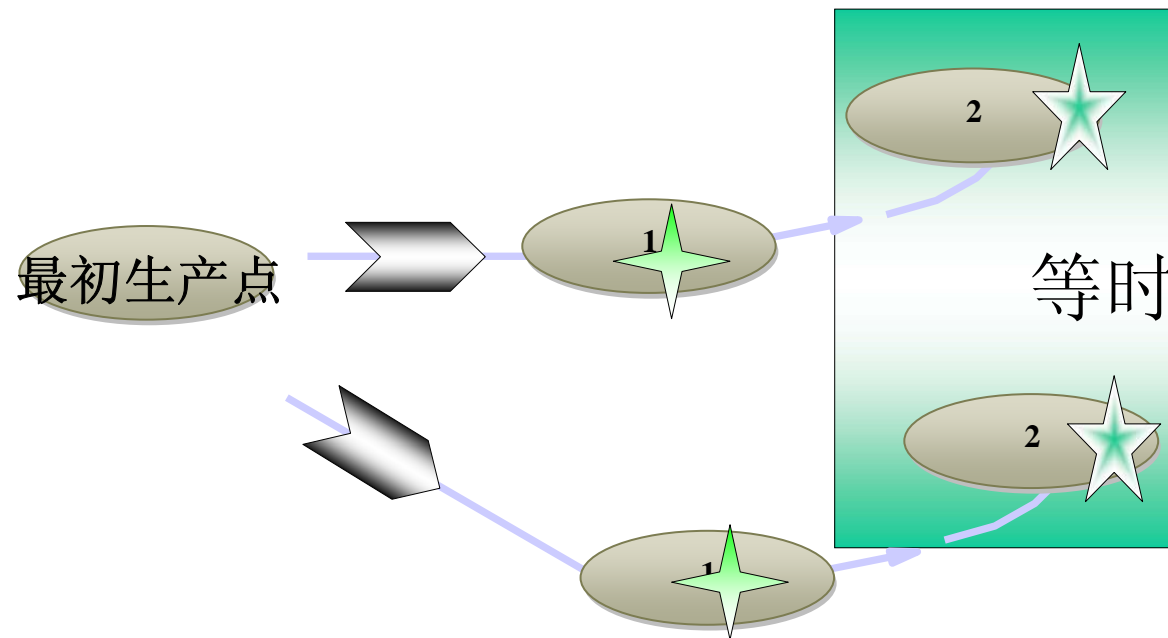
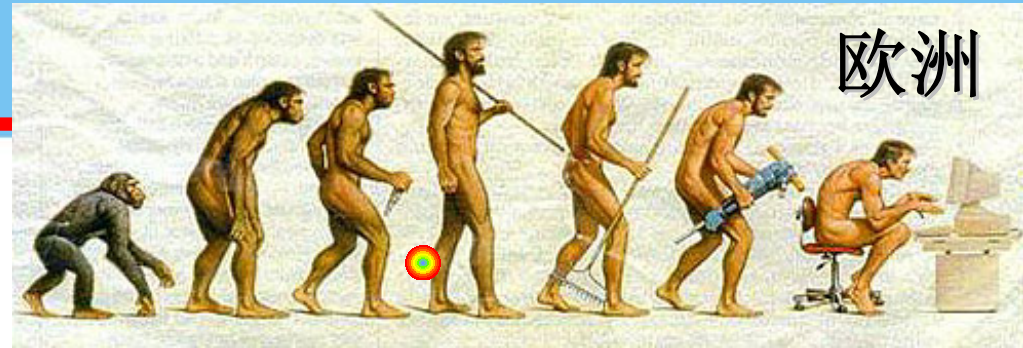
柴达木盆地上新统上部，在许多地面露头 and 钻井剖面中保留了由网纹微湖介 (*Microlimnocythere reticulata*) 向中华微湖花介 (*M. sinensis*) 的演化过程，前者壳面有网纹，后者壳面光滑，还有介于这两者间的过渡类型，即具有模糊的网纹，这是该两种演化过程中的中间类型，并由此构成了一个演化序列。





不同的地方，可以有相同的过渡型的个体（迁移产生），他们是等时的。







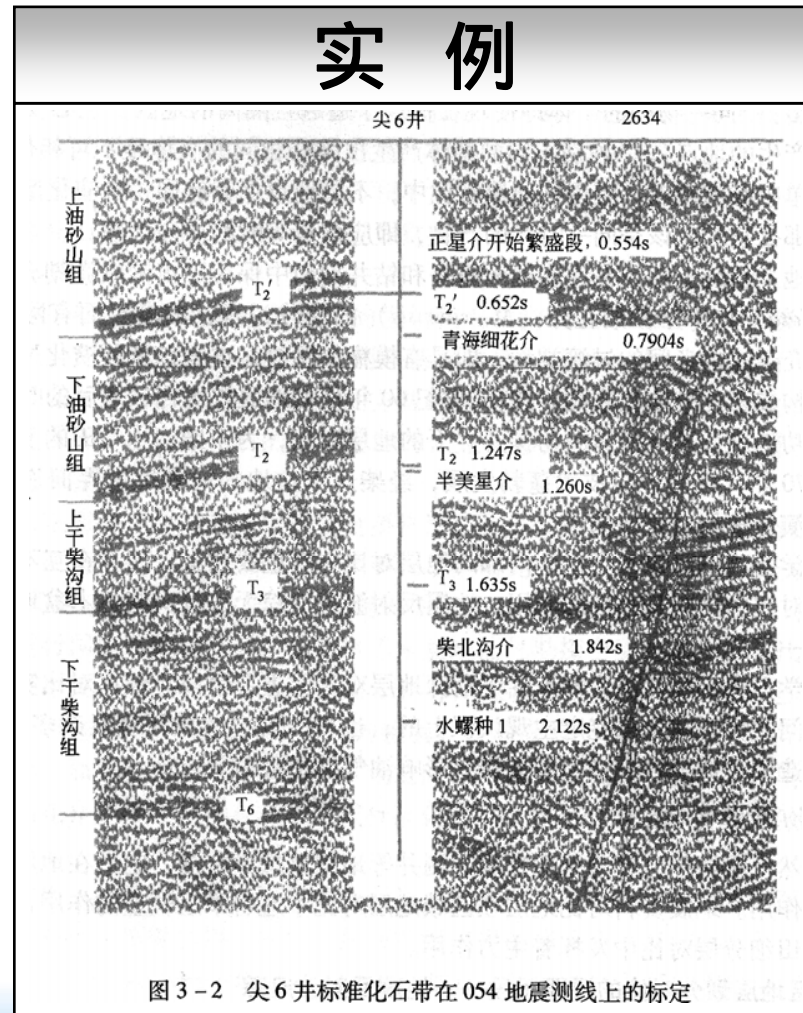
3 地球物理学方法

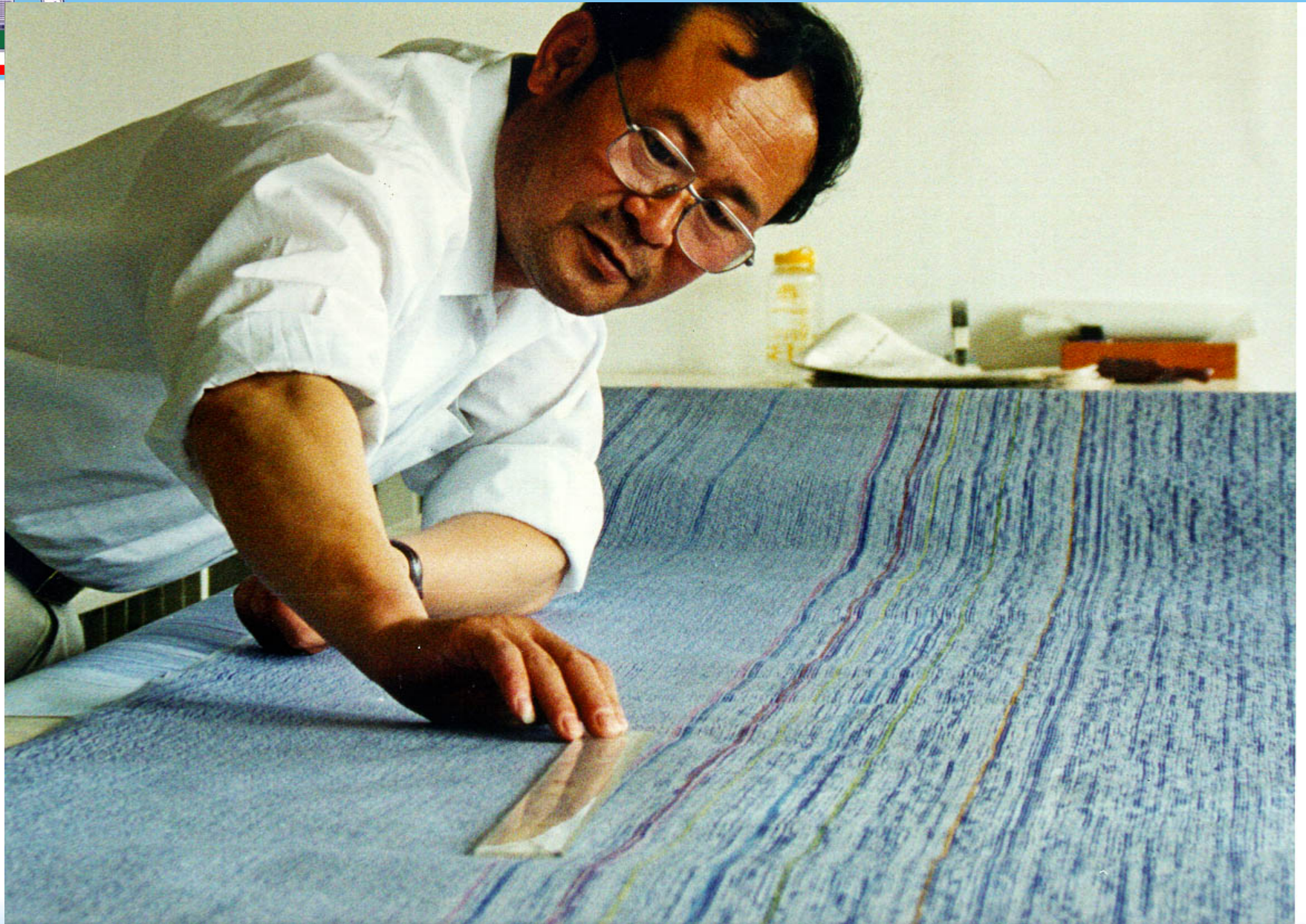
地震反射波追踪

通过地面露头或钻井确定地层年代后，由地震反射波组追踪对比地层是常用的也是最有效的方法。

随着钻探工作的开展，不一定都进行微体古生物分析对比地层，而主要是依靠反射波组追踪实现地层对比。

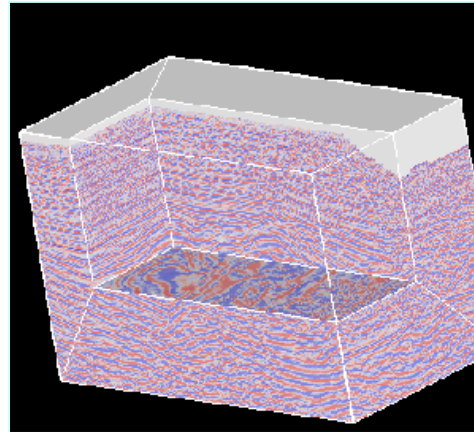
实例



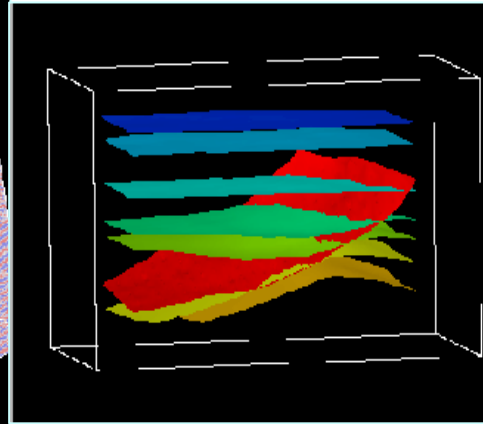




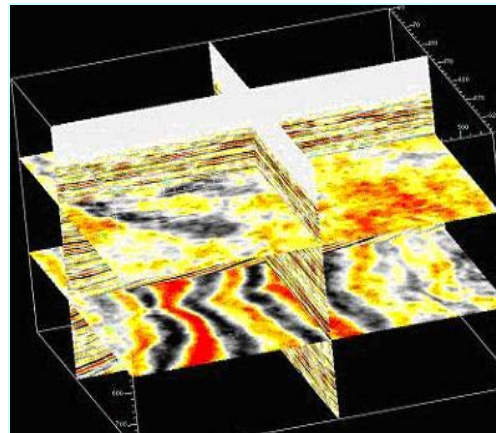
对比解释方法



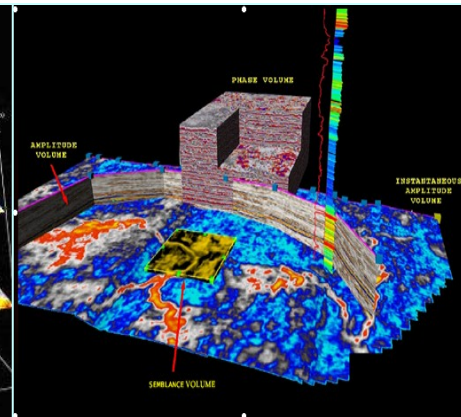
三维数据体显示



解释层位立体显示



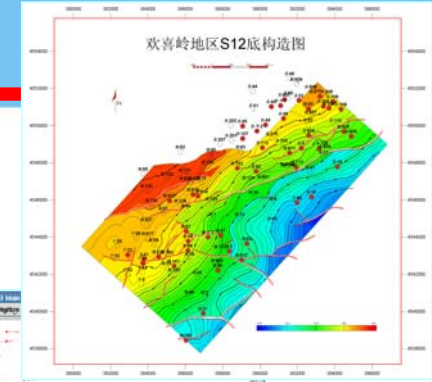
多剖面联合解释



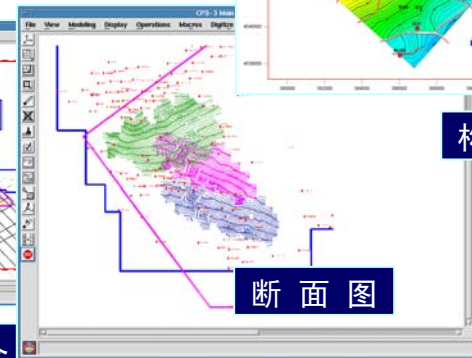
三维辅助解释



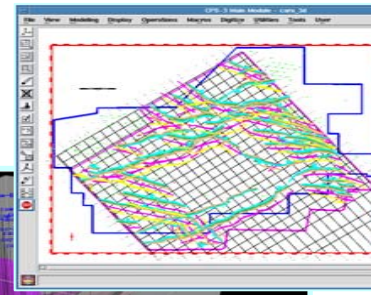
对比及解释流程



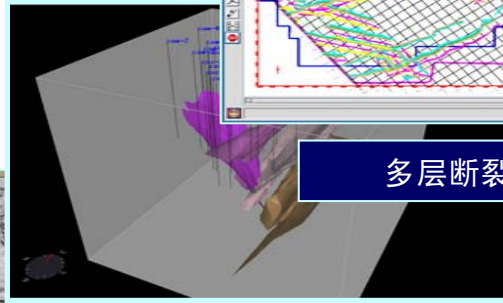
构造成图



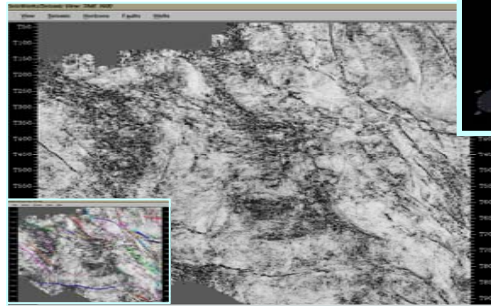
断面图



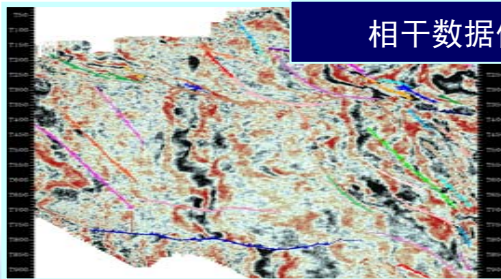
多层断裂叠合



三维显示

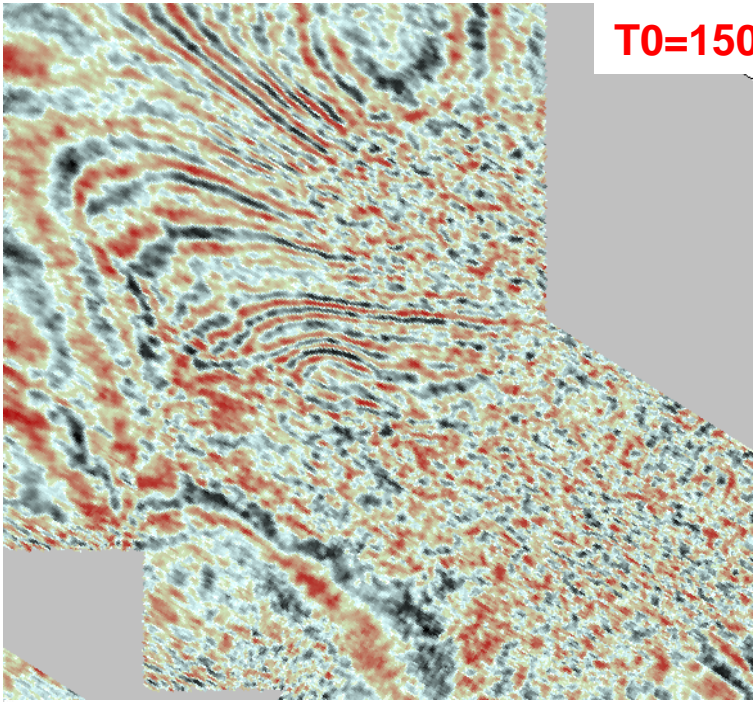


相干数据体

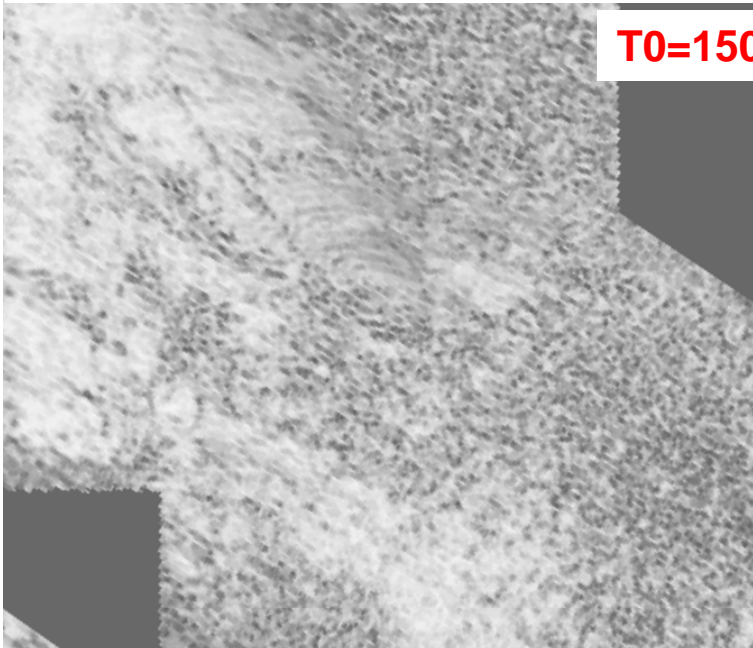


水平切片

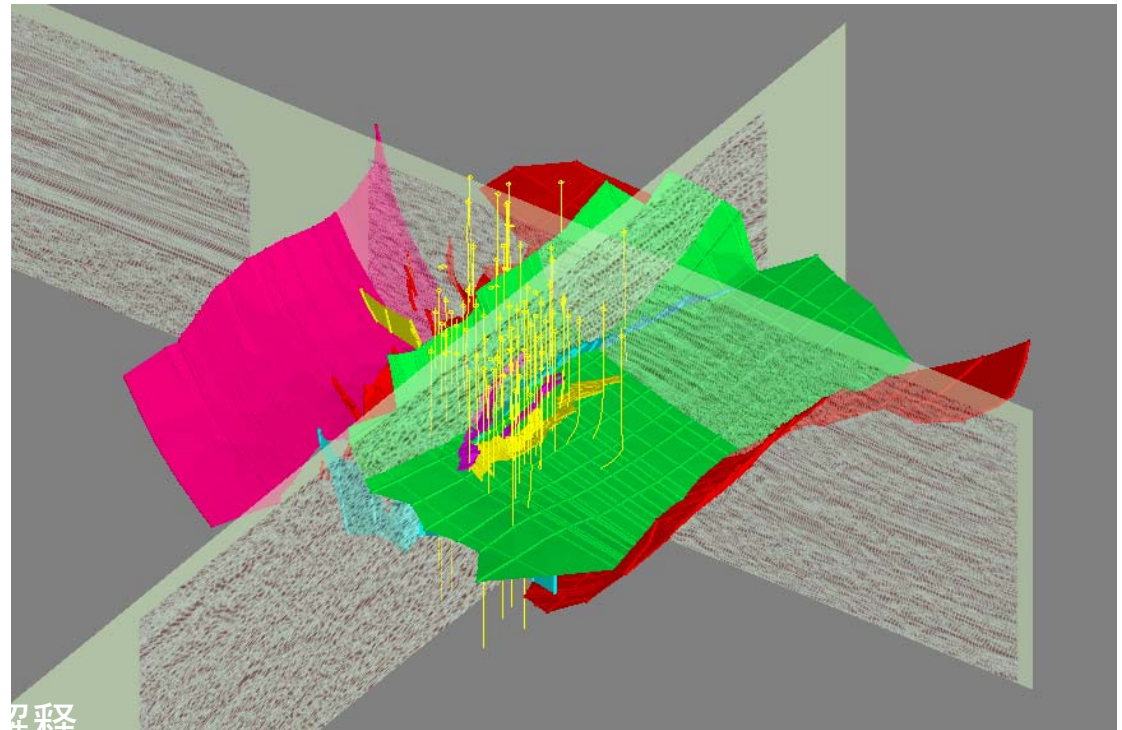
构造精细解释流程图

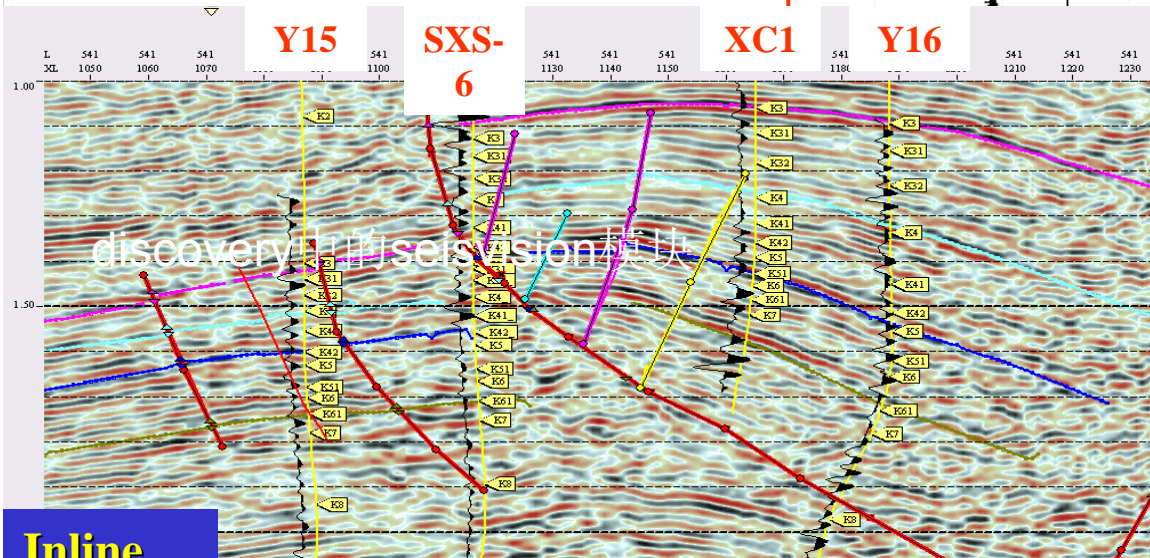
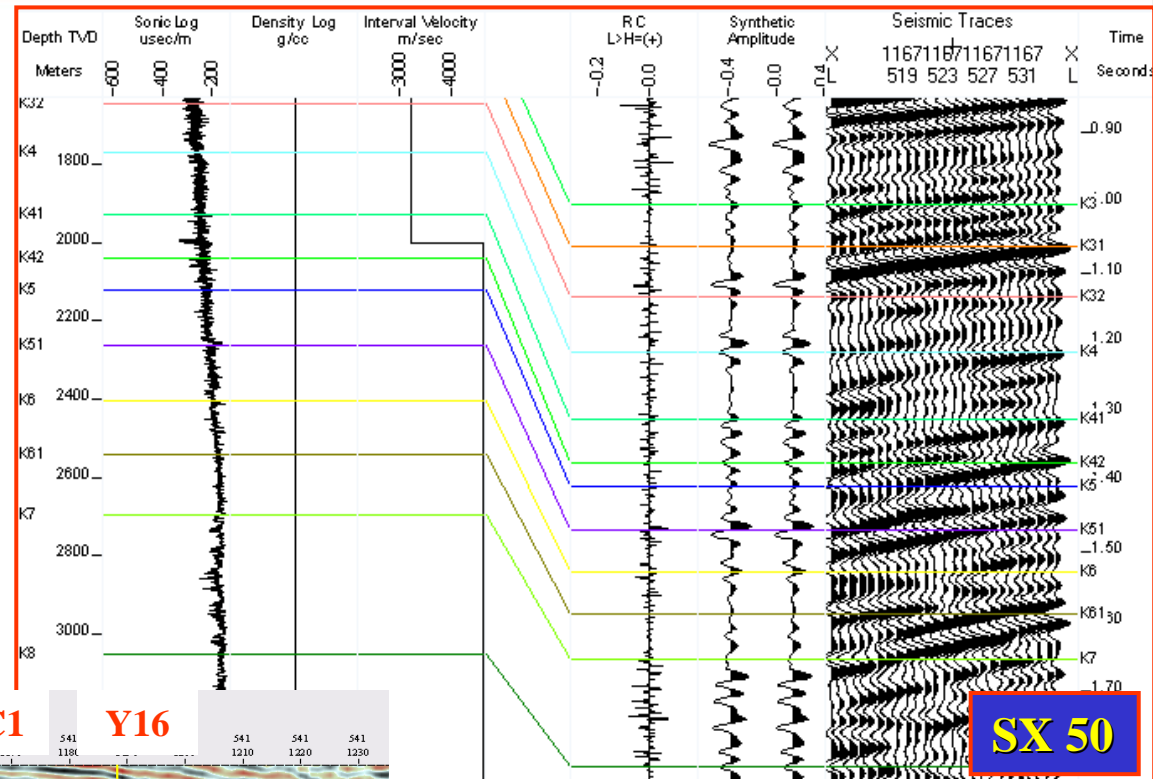


T0=1500



T0=1500





SX 50



4 层序地层学方法

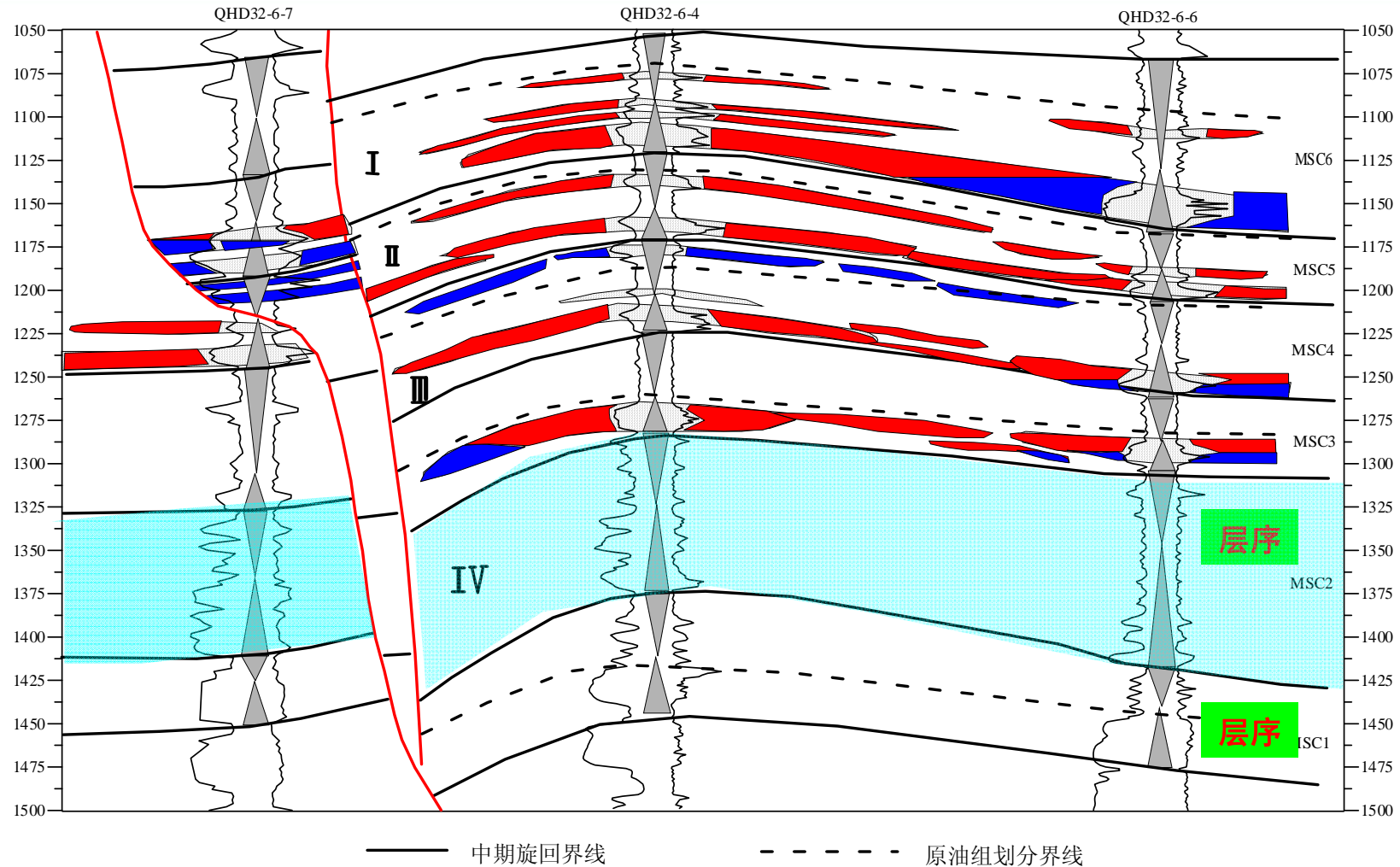
- 基本概念:

① **层序**: 地层层序最早由sloss提出和使用, 他指出, 地层层序是比群 (比组大)、大群、超群更高一级的**地层单元**, 在一些大陆地区可以追索, 而且以区域的不整合面为界, 他认为层序具有年代地层学意义。

中生界 Mz	白垩系 K	上白垩统或白垩系上统 K ₂
		下白垩统或白垩系下统 K ₁
	侏罗系 J	上侏罗统或侏罗系上统 J ₃
		中侏罗统或侏罗系中统 J ₂
		下侏罗统或侏罗系下统 J ₁
	三叠系 T	上三叠统或三叠系上统 T ₃
		中三叠统或三叠系中统 T ₂
		下三叠统或三叠系下统 T ₁

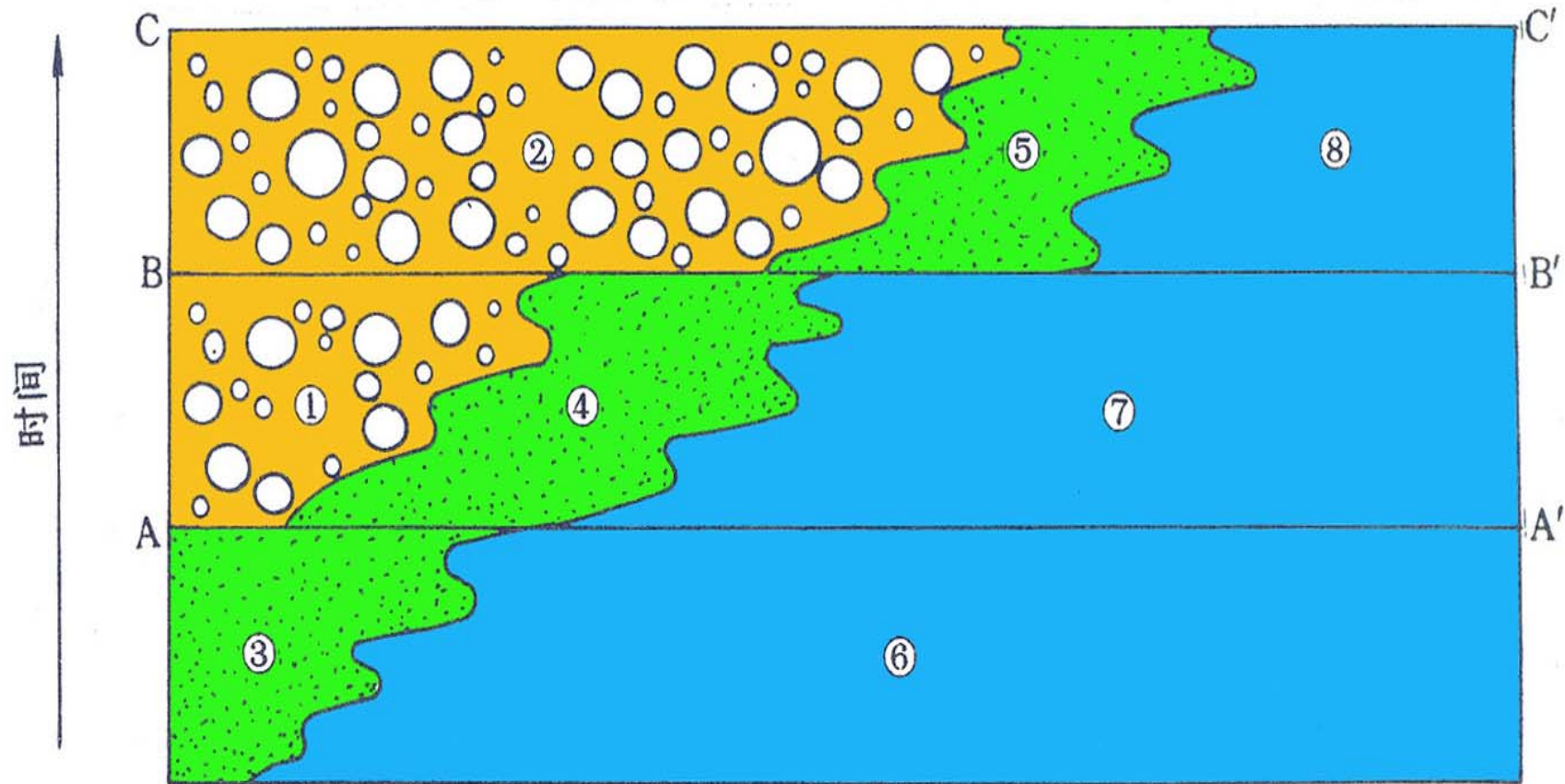


层序地层学方法



岩性对比与层序地层对比结果的比较

地球科学学院 3RG 尹太举 2009



层序地层学与岩性地层学地层对比的差异



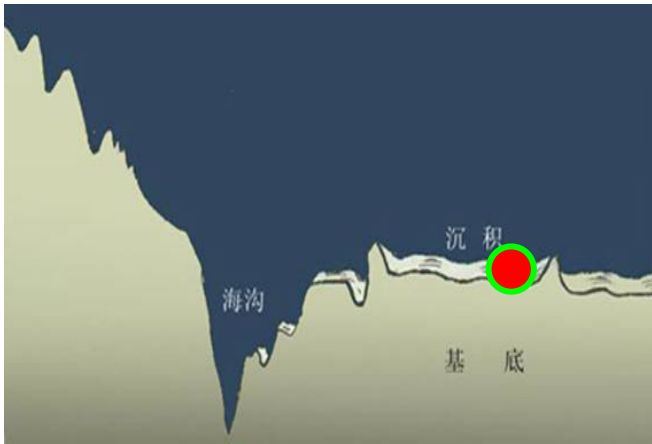
- 1977年vail等：沉积层序是一个地层单元，受海平面控制。它由内部相对整齐的，成因上有联系的地层组成，其顶、底界以不整合面或者与之可对比的整合面为界。

层序分级

层序-体系域-准层序组-准层序-层组-层-纹层组-纹层



层序内的地层与不整合面的关系，是重要研究内容



海平面相对静止

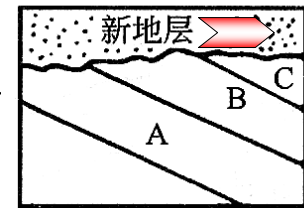
海平面相对上升

海平面相对下降

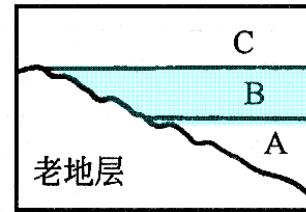
海岸上超

海岸顶超

顶超

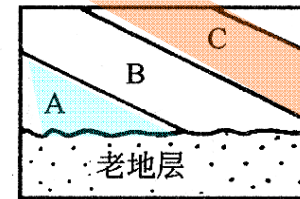


上超



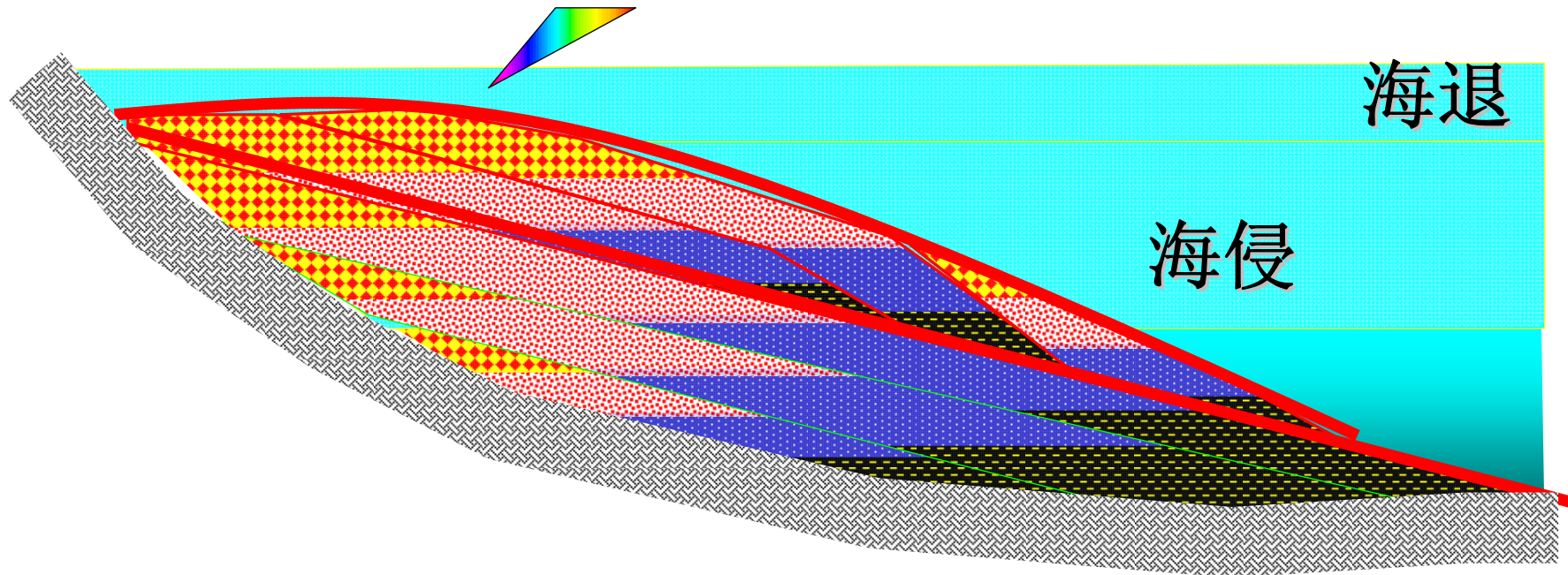
海岸上超的向下迁移

下超





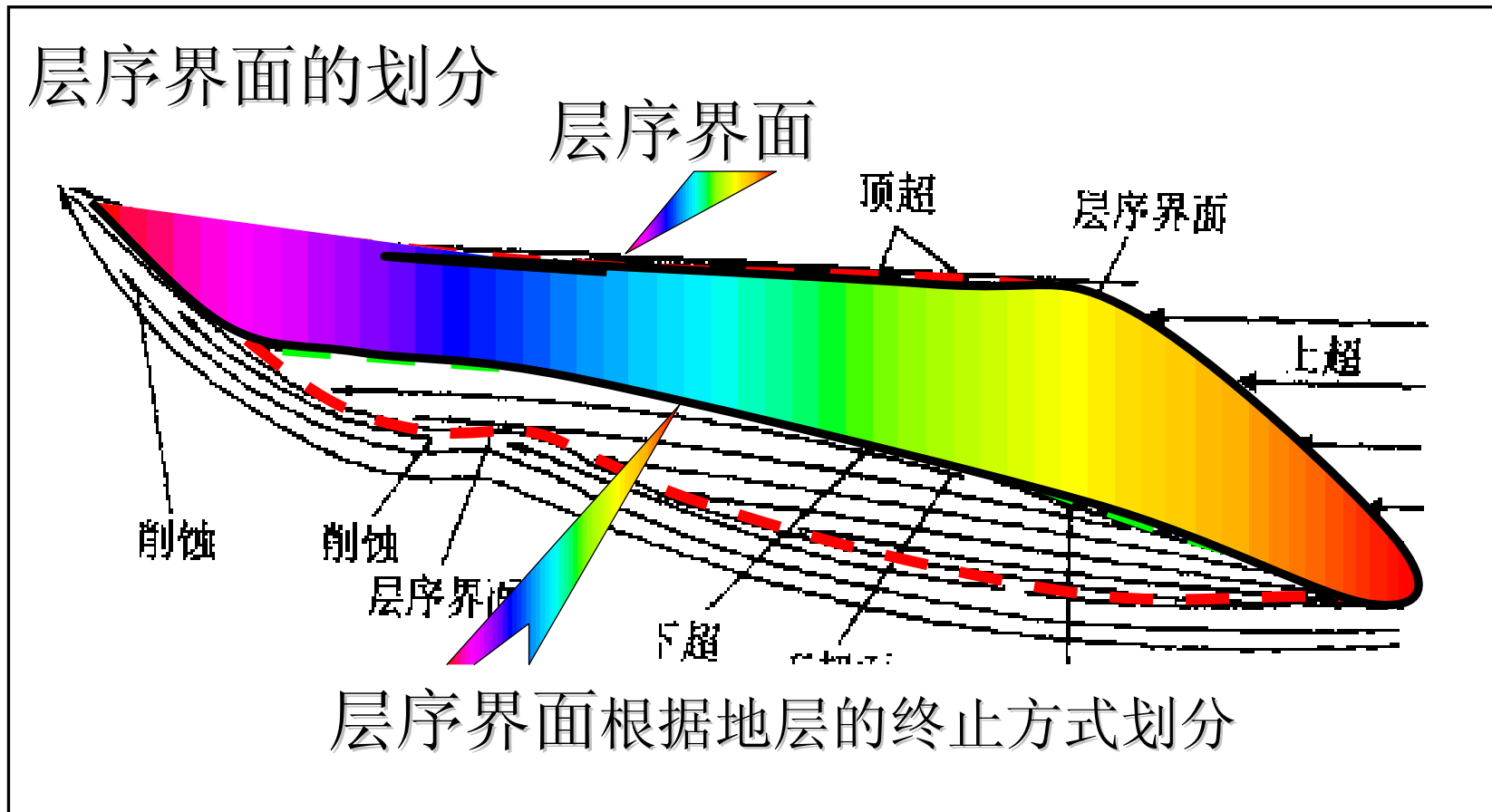
层序界面



退积---向岸方向延伸，第一个层序形成

前积---向海方向延伸，第二个层序形成



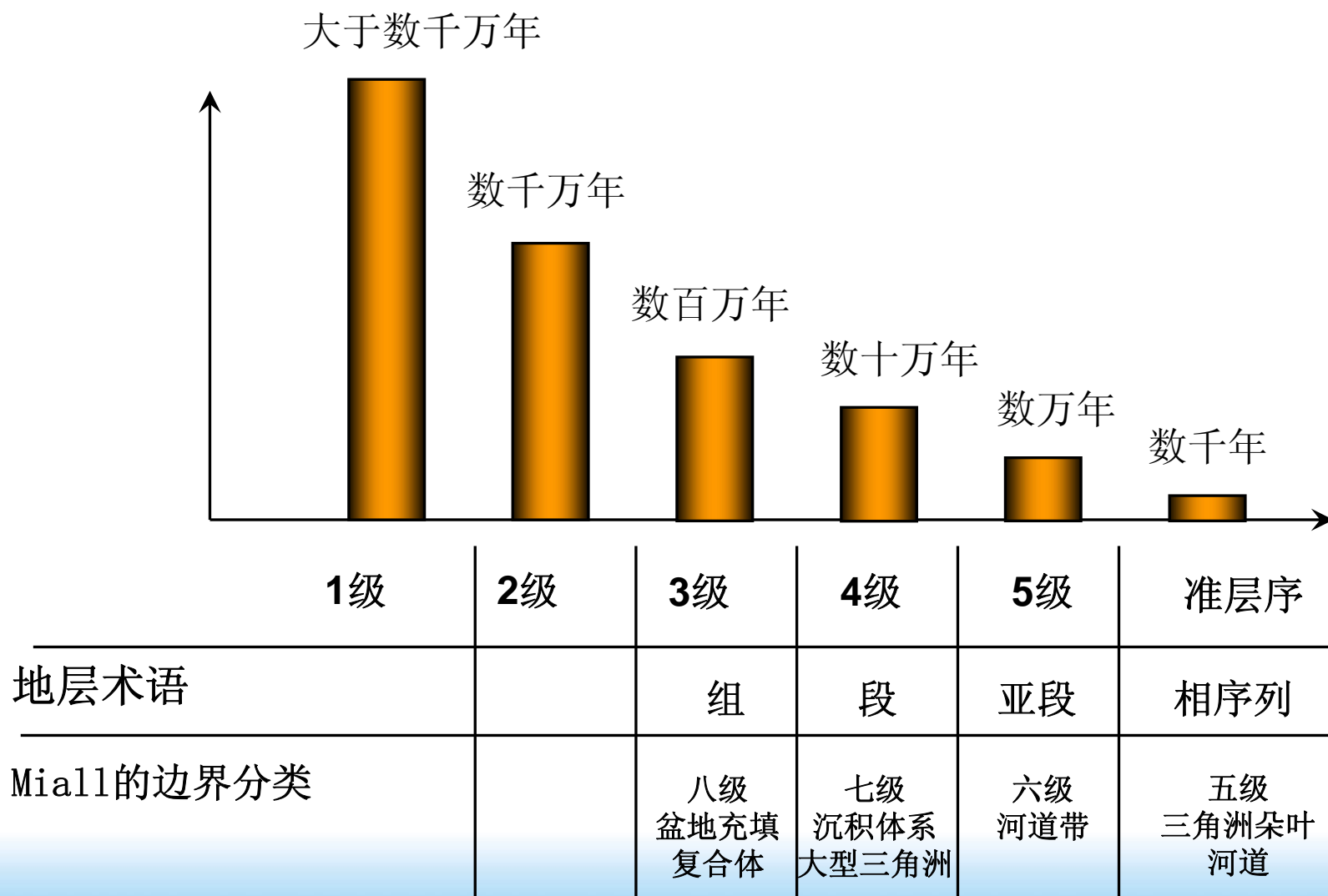


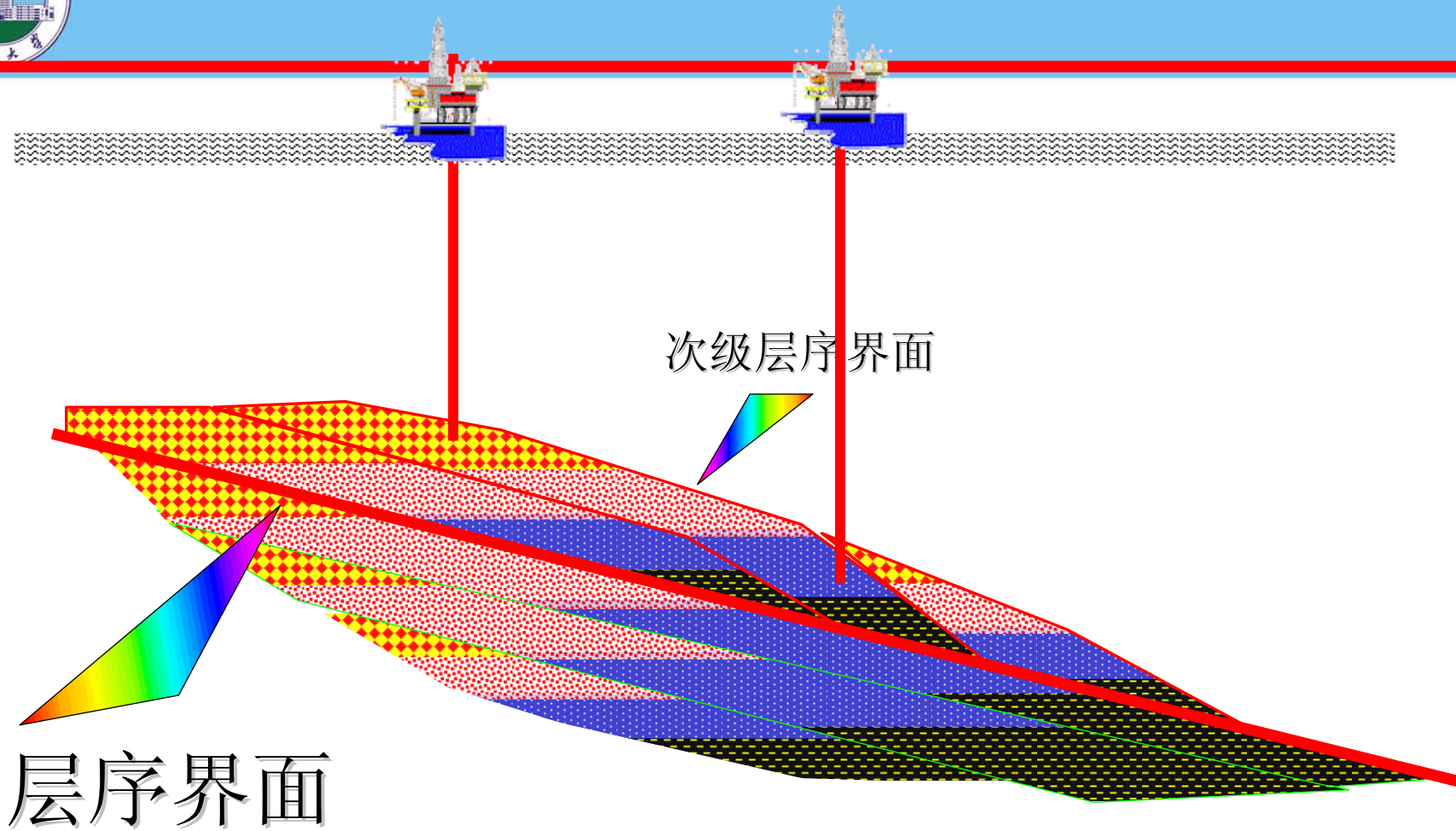
一个层序；一套地层





按构造作用的规模常分为4级



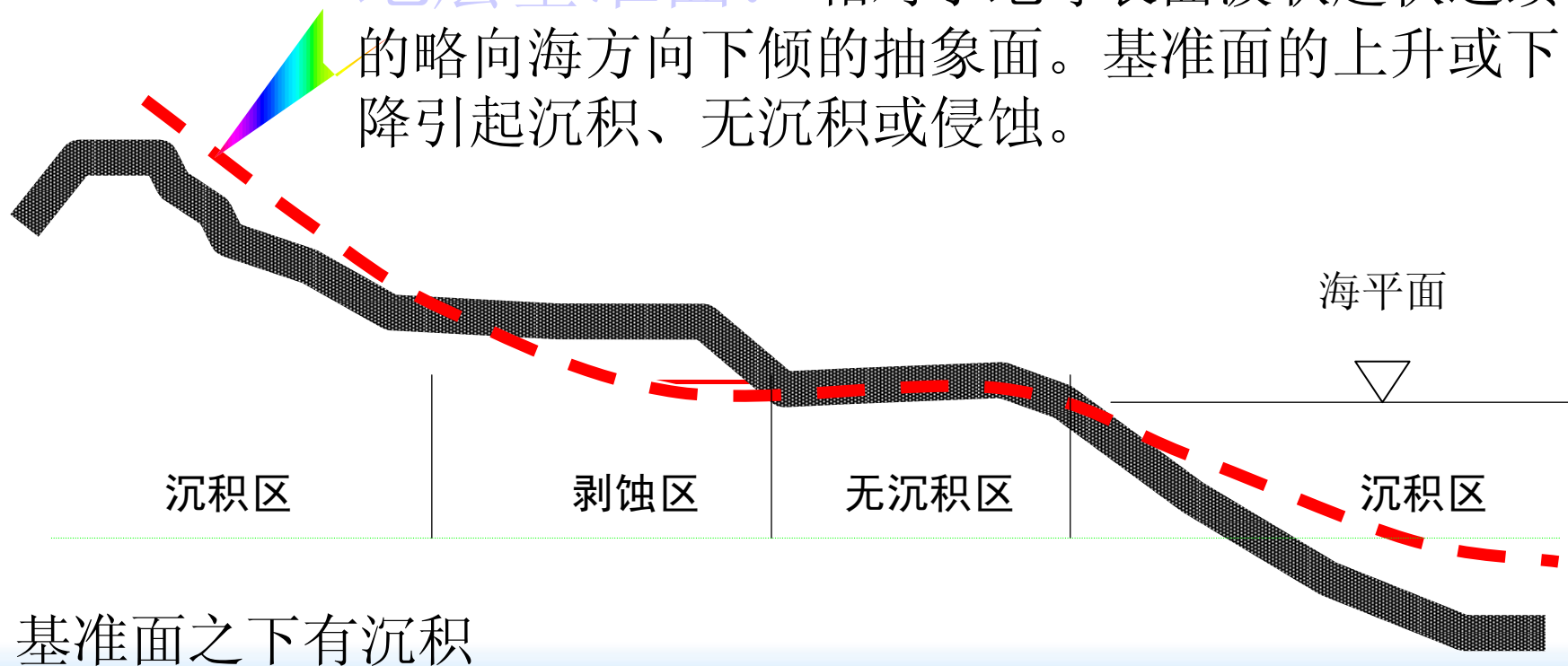


地层对比



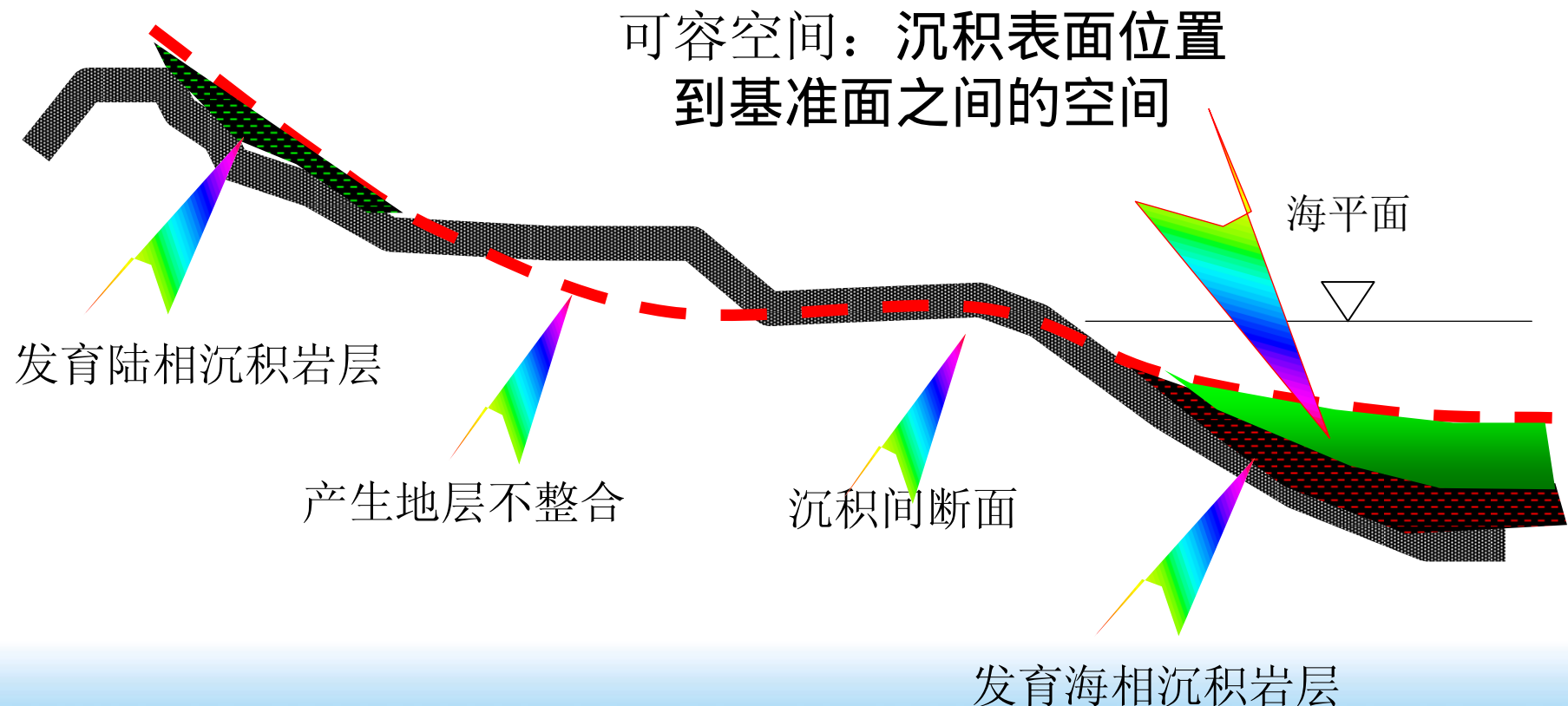
- 识别层序边界，是一件比较有意义的工作
- 高分辨率层序地层学认为：层序边界由地层基准面控制。要识别基准面升降留下的痕迹。

地层基准面： 相对于地球表面波状起伏连续的略向海方向下倾的抽象面。基准面的上升或下降引起沉积、无沉积或侵蚀。



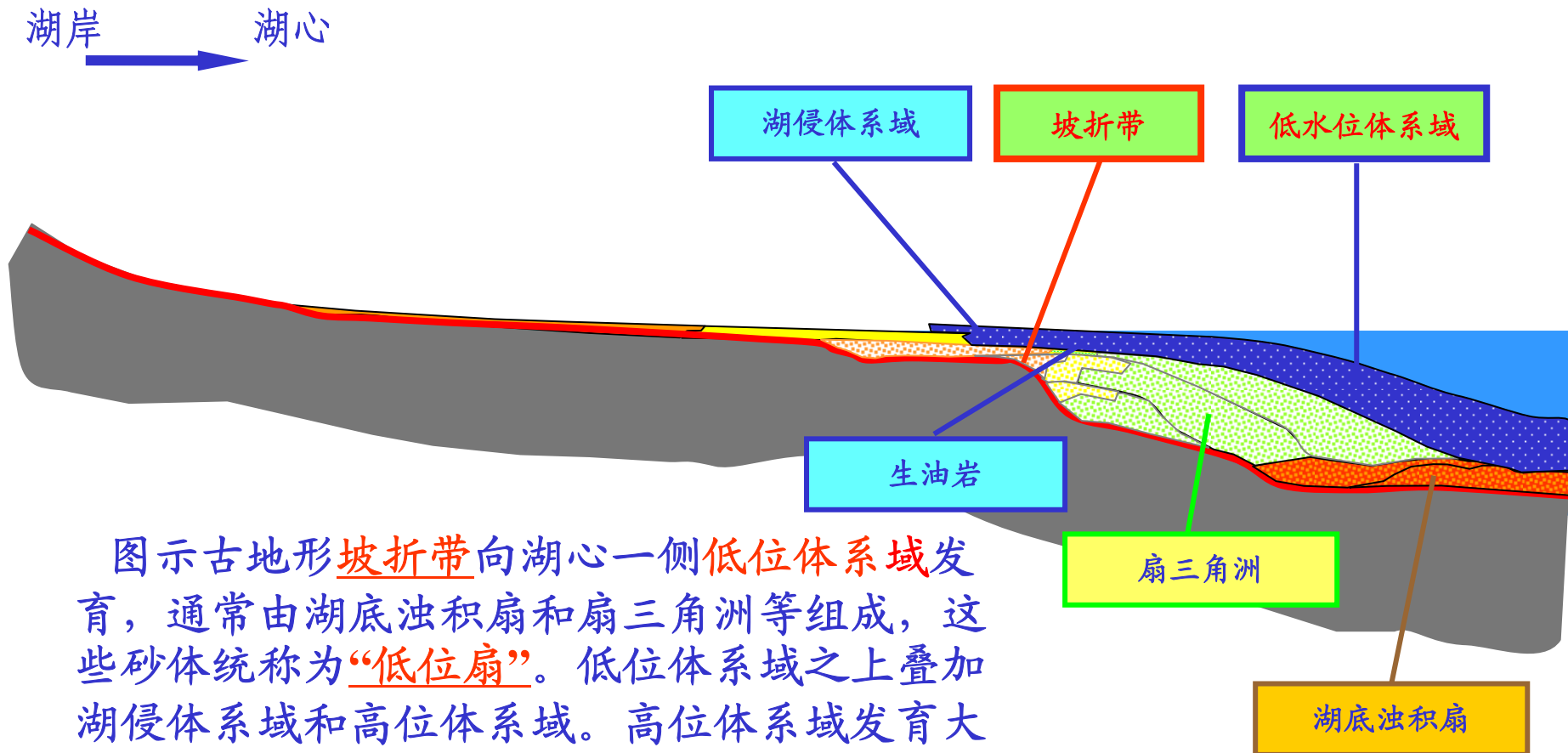


- 层序边界：不整合面、无沉积界面、岩性旋回变化位置（沉积可容空间最大或最小位置为基准面旋回的转换点）。





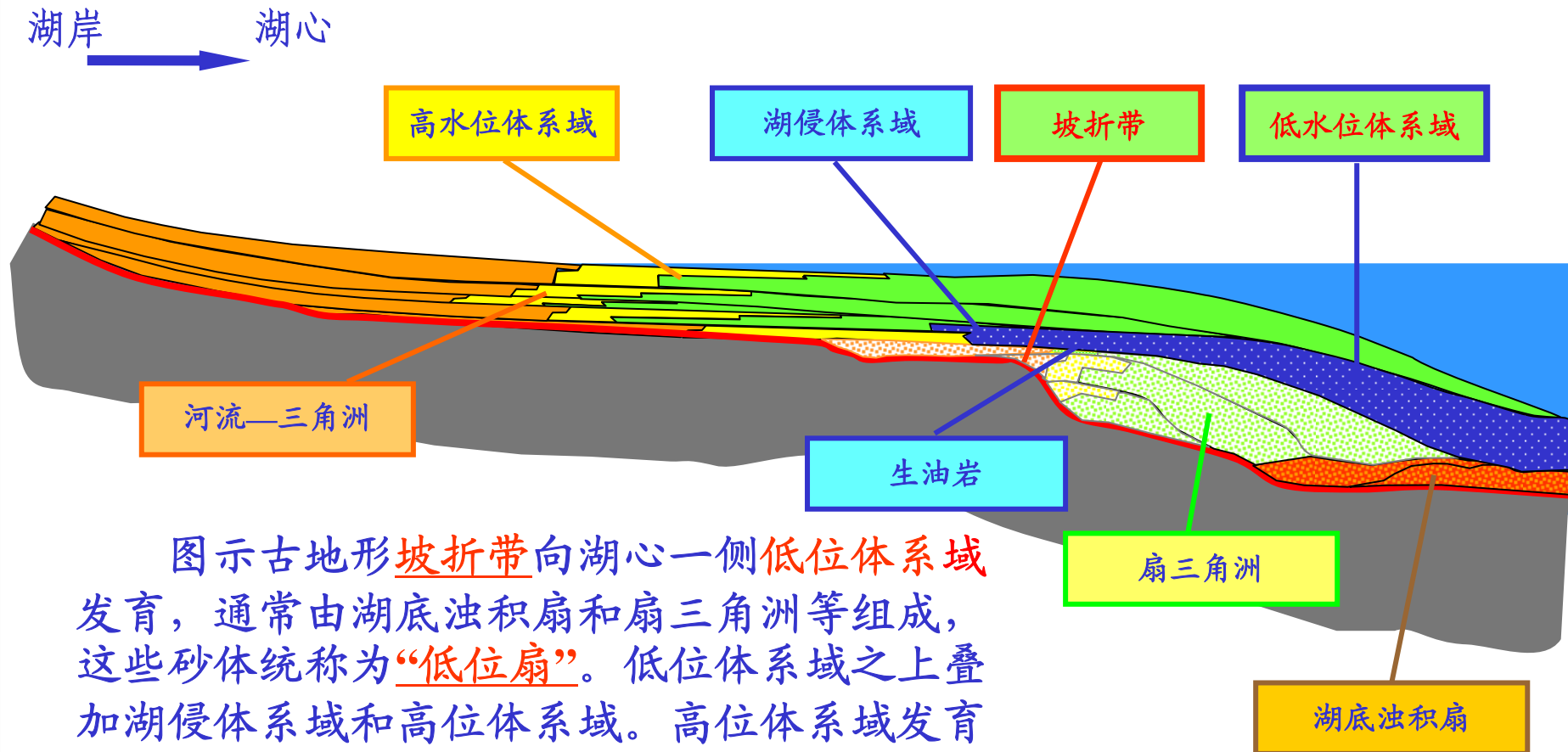
三级层序发育过程示意图



图示古地形坡折带向湖心一侧低位体系域发育，通常由湖底浊积扇和扇三角洲等组成，这些砂体统称为“低位扇”。低位体系域之上叠加湖侵体系域和高位体系域。高位体系域发育大型三角洲砂体。湖侵体系域泥岩有机质丰富，在热演化过程中成为优质生油岩。“低位扇”是形成岩性油藏最有利的储集体。



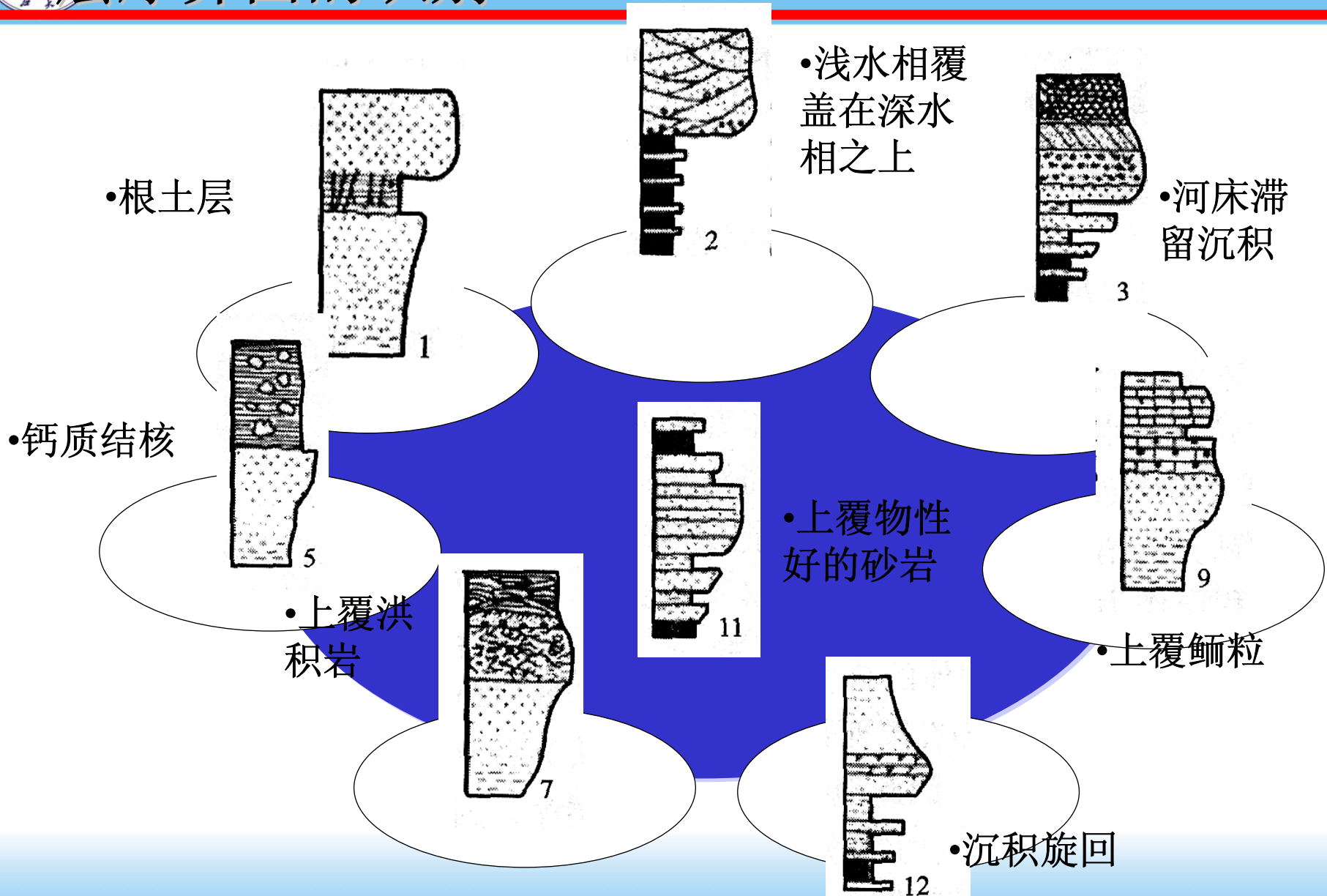
三级层序发育过程示意图



图示古地形**坡折带**向湖心一侧**低位体系域**发育，通常由湖底浊积扇和扇三角洲等组成，这些砂体统称为“**低位扇**”。低位体系域之上叠加湖侵体系域和高位体系域。高位体系域发育大型三角洲砂体。湖侵体系域泥岩有机质丰富，在热演化过程中成为优质生油岩。“**低位扇**”是形成岩性油藏最有利的储集体。



层序界面的识别



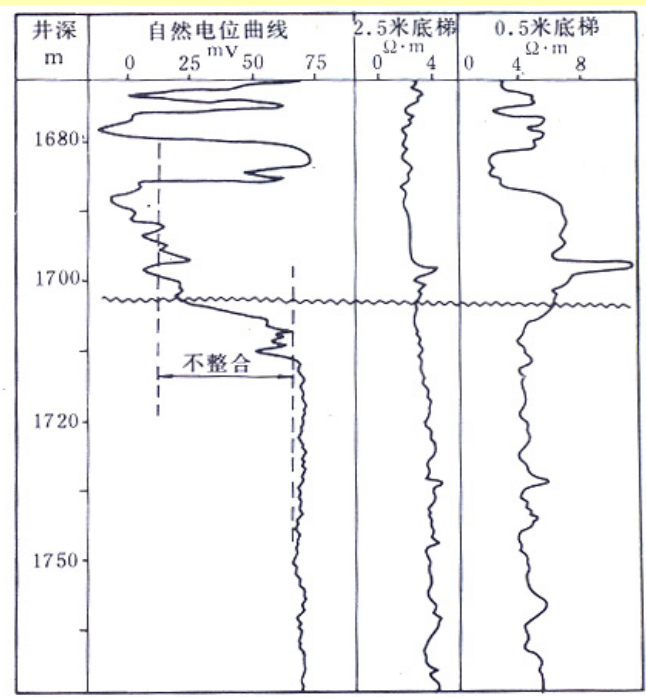


层序界面的识别

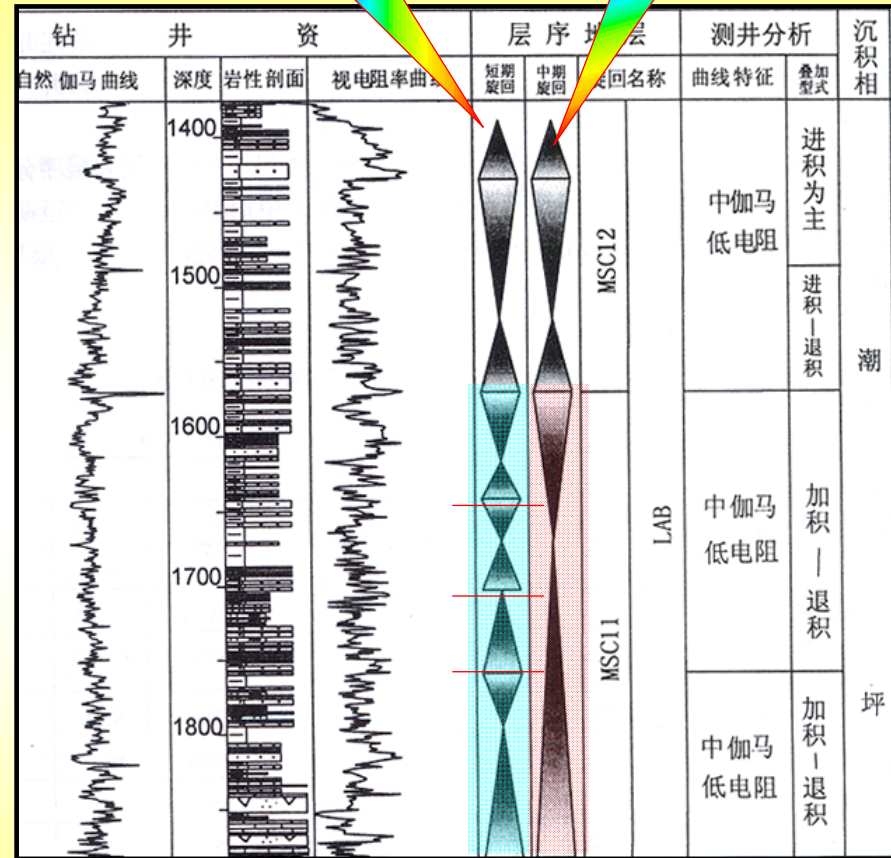
短期

中期

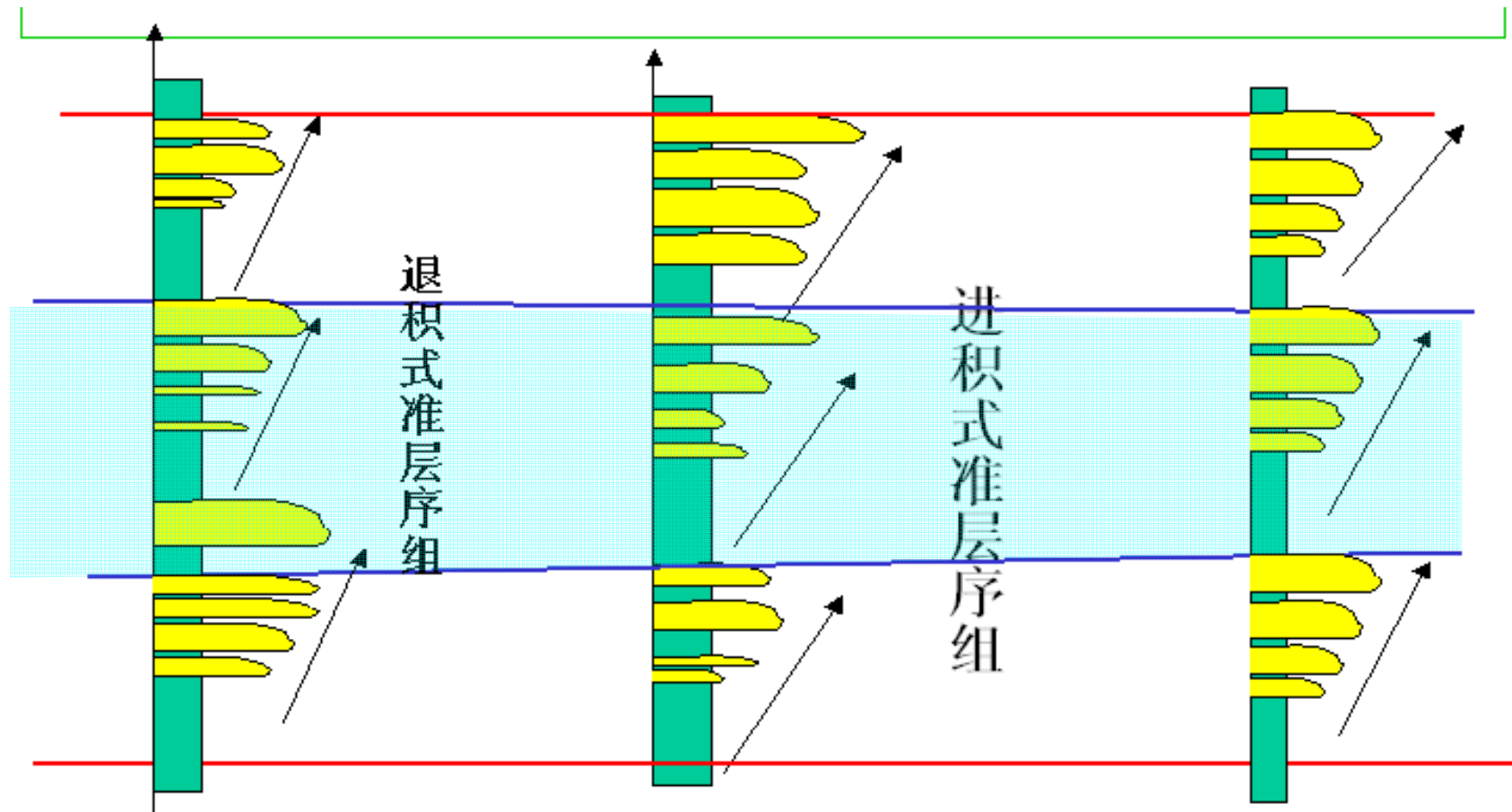
测井曲线的接触关系的突变



东营坳陷纯8井第八层序顶界电测曲线响应特征



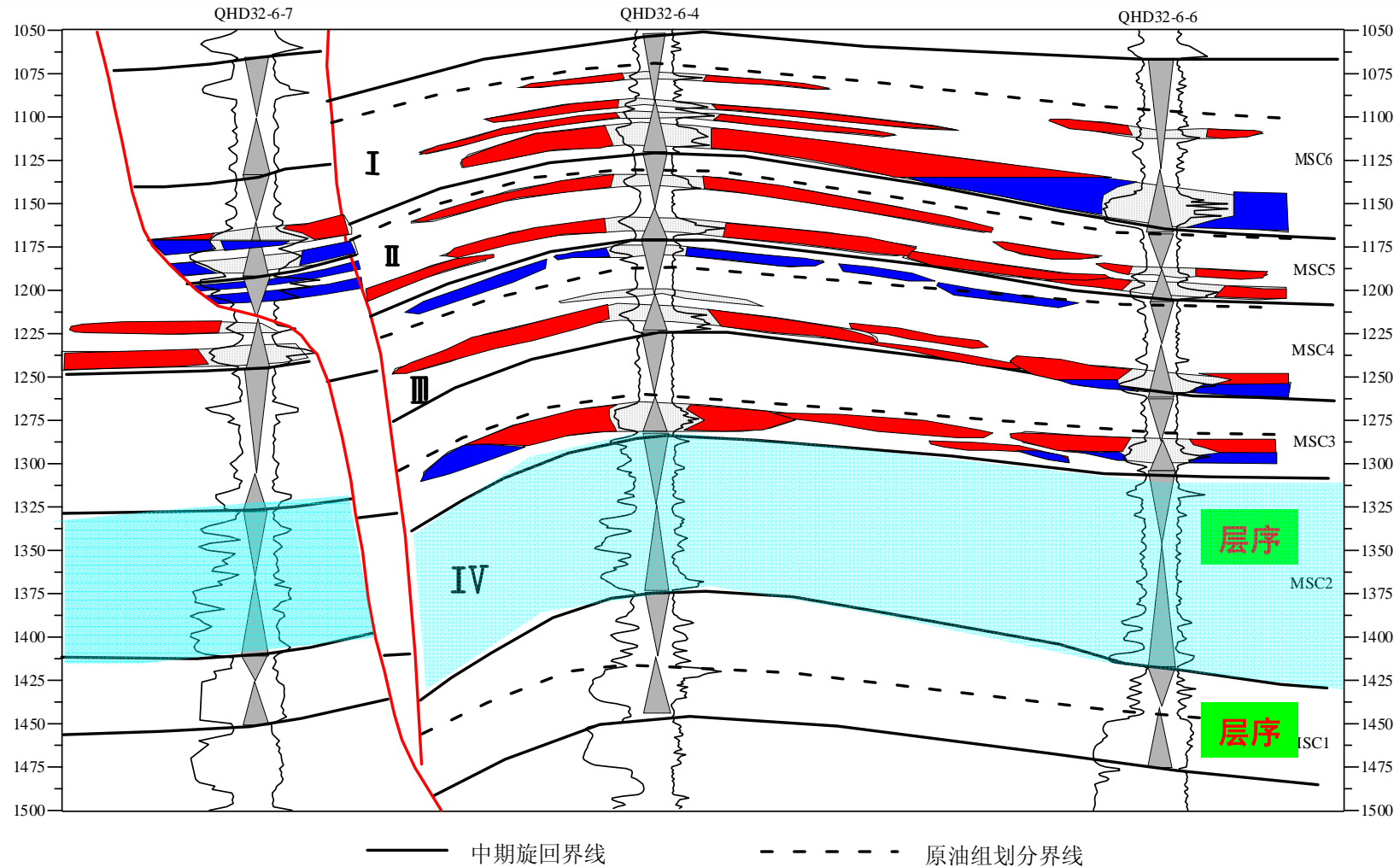
单井沉积相及不同级别层序旋回的识别



短期旋回对比



层序地层学方法



岩性对比与层序地层对比结果的比较

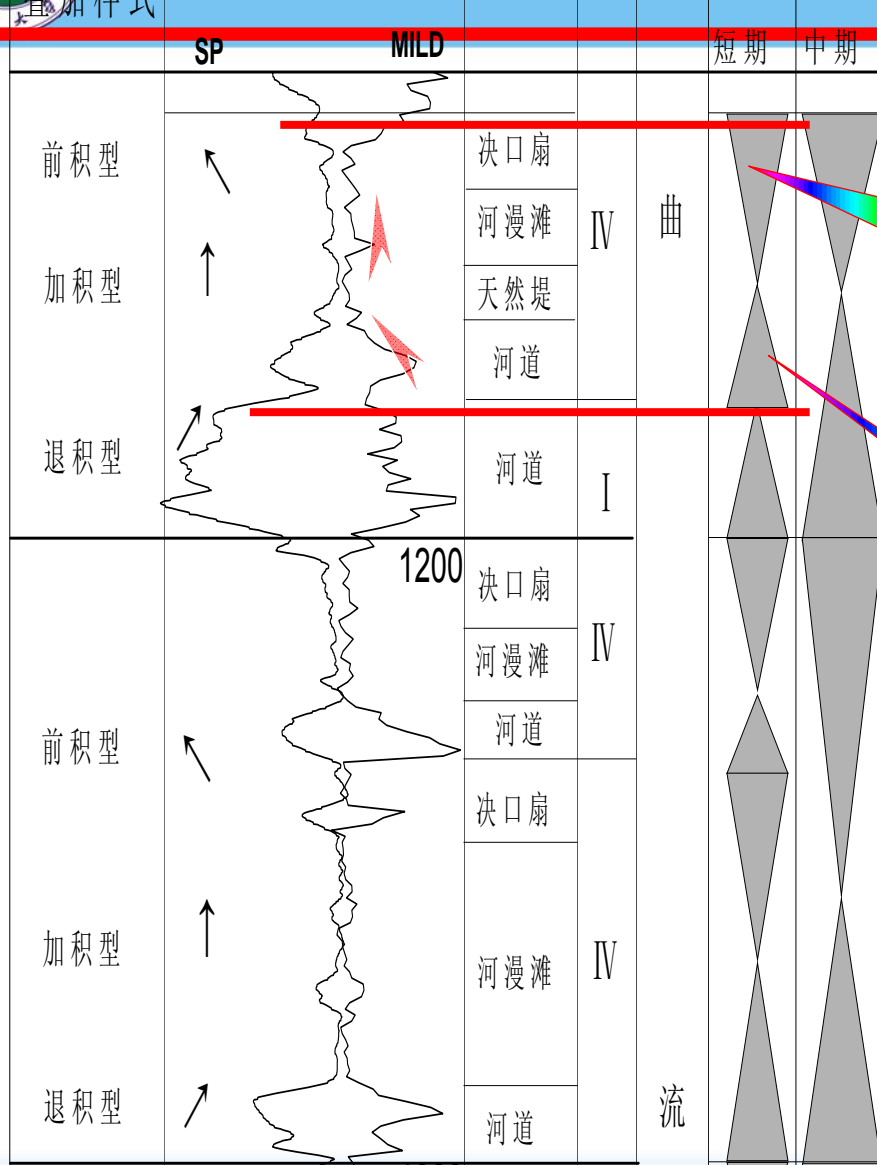


叠加样式

g32-6-8

沉积相

地层旋回



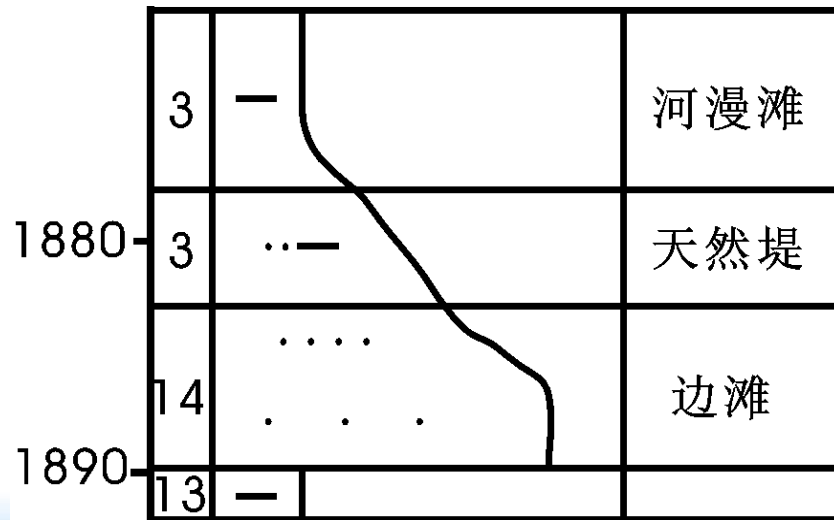
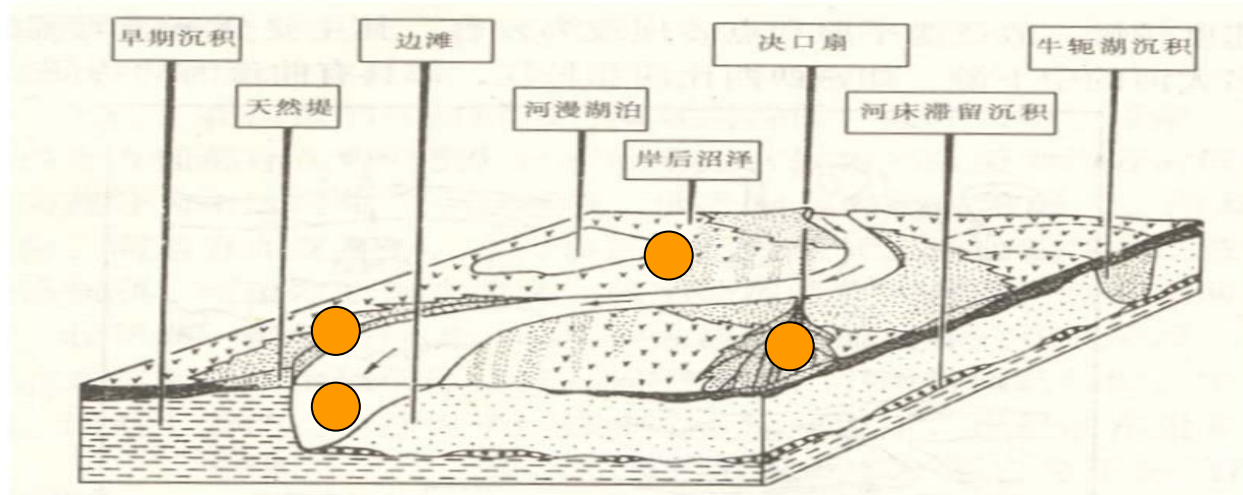
河道—天然堤—河漫滩—
决口扇组合的短期旋回

泥岩、粉砂质泥岩

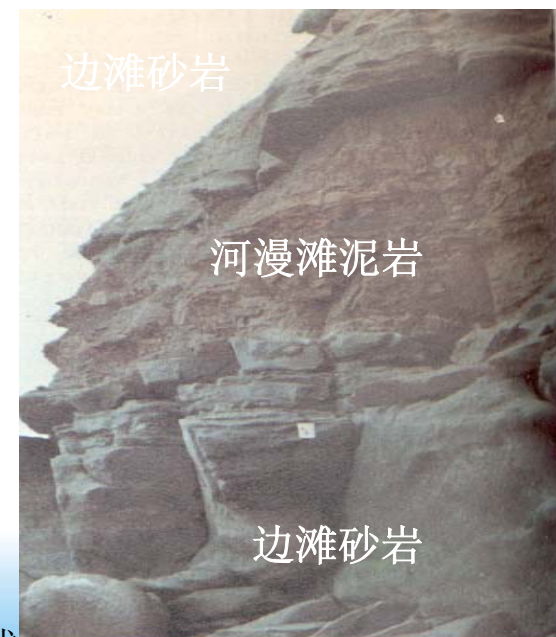
砂岩



曲流河沉积



曲流河沉积剖面



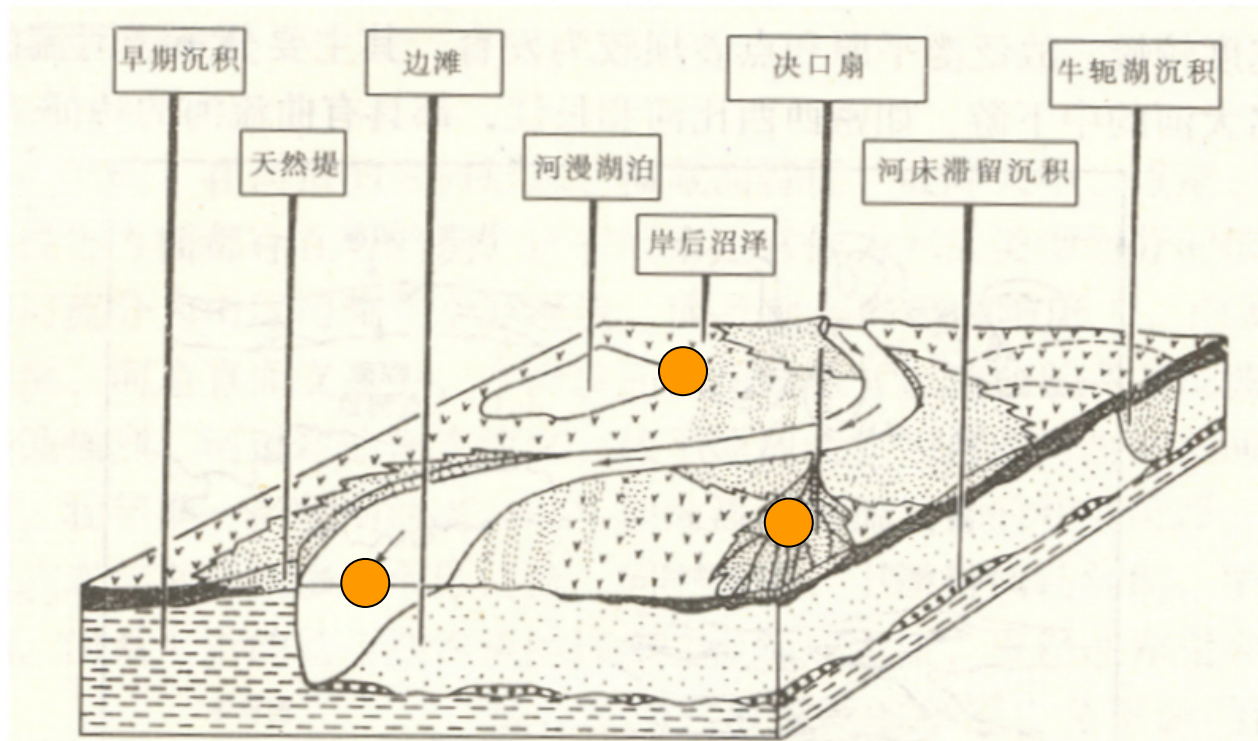
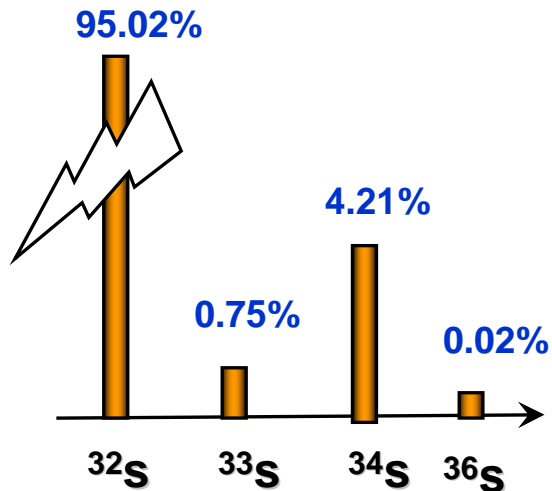


图 18-4 弯曲河流沉积环境模型
(据艾伦, 1964)

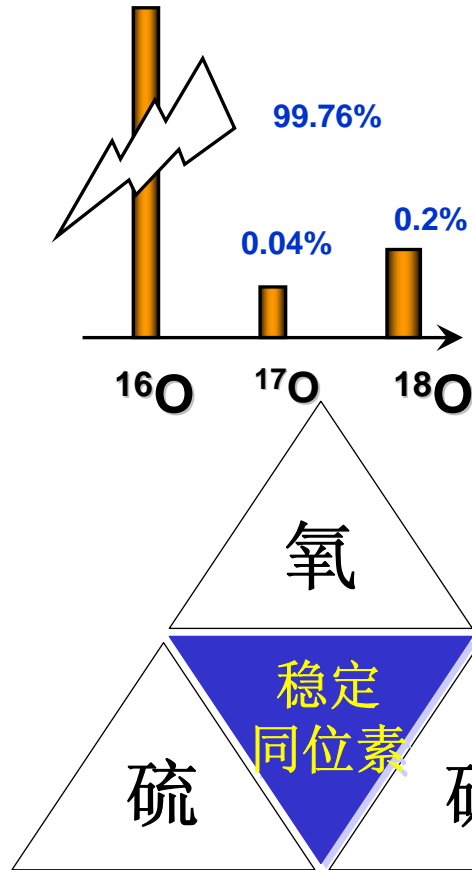


二、稳定同位素方法

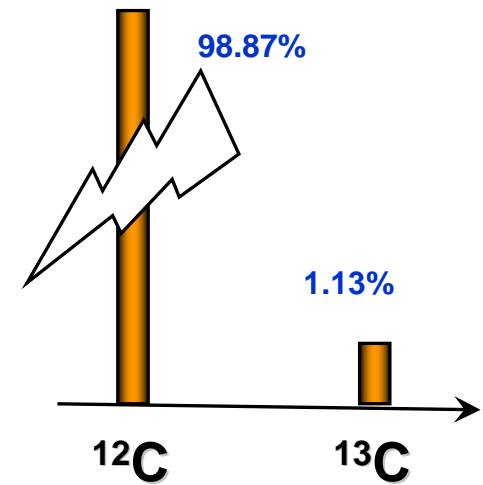
稳定同位素 地层学方法



$$R_{\text{样品}} = \frac{^{34}\text{S}}{^{36}\text{S}}$$



$$R_{\text{样品}} = \frac{^{16}\text{O}}{^{18}\text{O}}$$

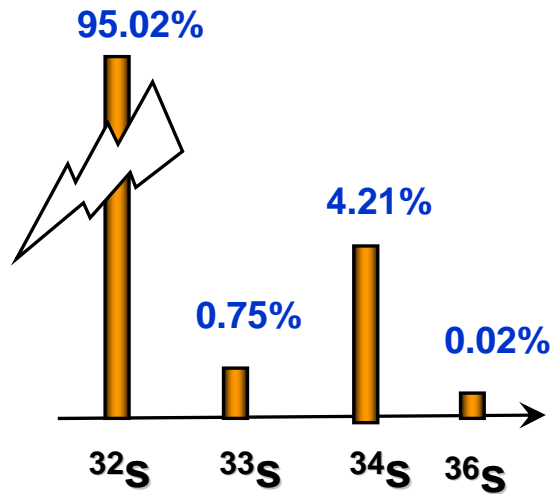


$$R_{\text{样品}} = \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}$$

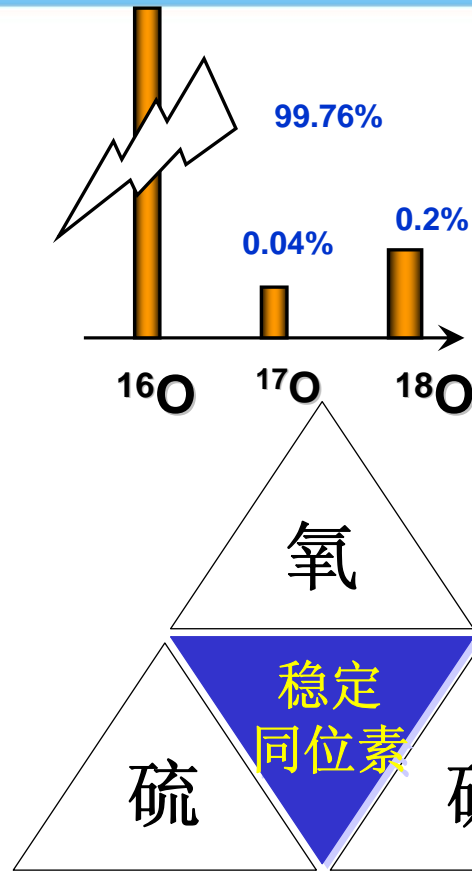
$$\delta (\text{‰}) = \frac{R_{\text{样品}} - R_{\text{标准}}}{R_{\text{标准}}} \times 10^3 = \left(\frac{R_{\text{样品}}}{R_{\text{标准}}} - 1 \right) \times 10^3$$



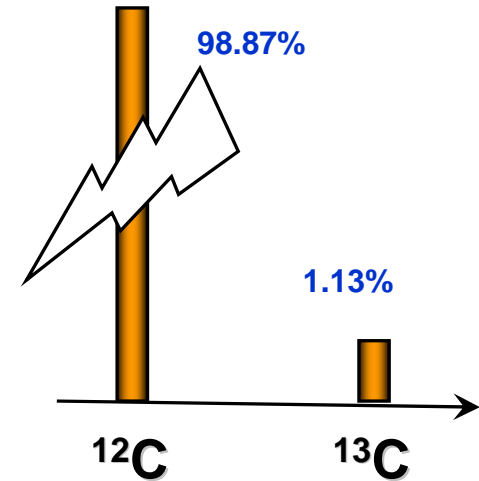
稳定同位素 地层学方法



$$R_{\text{样品}} = \frac{^{34}\text{S}}{^{36}\text{S}}$$



$$R_{\text{样品}} = \frac{^{16}\text{O}}{^{18}\text{O}}$$



$$R_{\text{样品}} = \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}$$

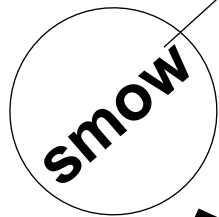
$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{样品}} - R_{\text{标准}}}{R_{\text{标准}}} \times 10^3 = \left(\frac{R_{\text{样品}}}{R_{\text{标准}}} - 1 \right) \times 10^3$$



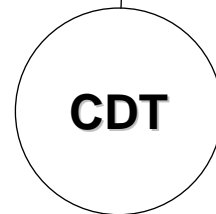
$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{样品}} - R_{\text{标准}}}{R_{\text{标准}}} \times 10^3 = \left(\frac{R_{\text{样品}}}{R_{\text{标准}}} - 1 \right) \times 10^3$$

标准

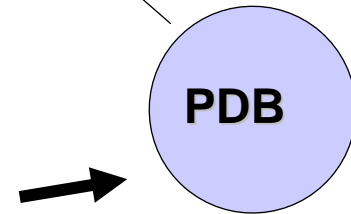
氧 硫 碳



标准平均洋
水中的氧



那落在美国亚
利桑那洲的一
块铁陨石的硫



美国南卡罗
莱洲上白垩
统箭石化石
壳的碳和氧



$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{样品}} - R_{\text{标准}}}{R_{\text{标准}}} \times 10^3 = \left(\frac{R_{\text{样品}}}{R_{\text{标准}}} - 1 \right) \times 10^3$$

样品与被选作“标准”的样品的相关同位素比值之比的千分偏差值。

当 δ 为正值时，表示样品比标准样品富集重同位素；为负值时，表示样品比标准样品富集轻同位素。

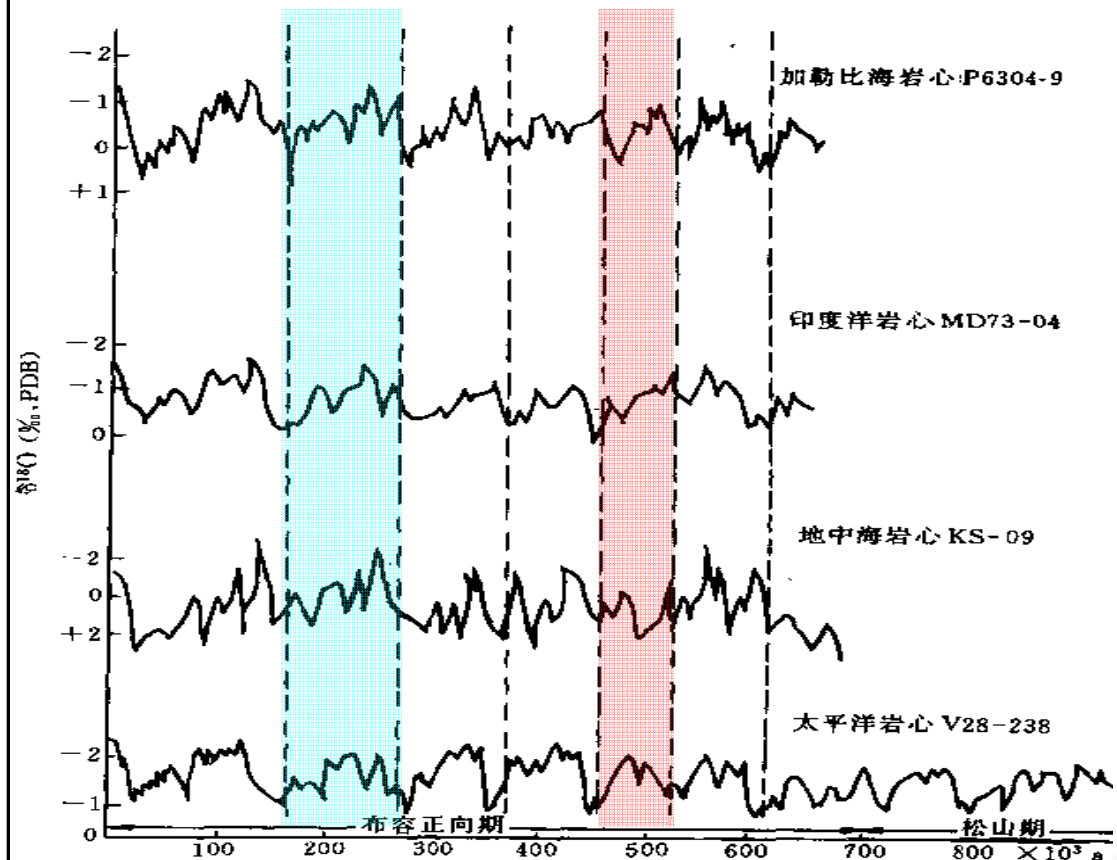




氧同位素地层学方法

研究发现深海沉积物中有孔虫壳的氧同位素 ^{18}O 组成的变化具有相同的规律性，根据这些规律性可以把深海沉积地层划分为若干个阶段。

每个阶段不超过1000年，可以横向对比



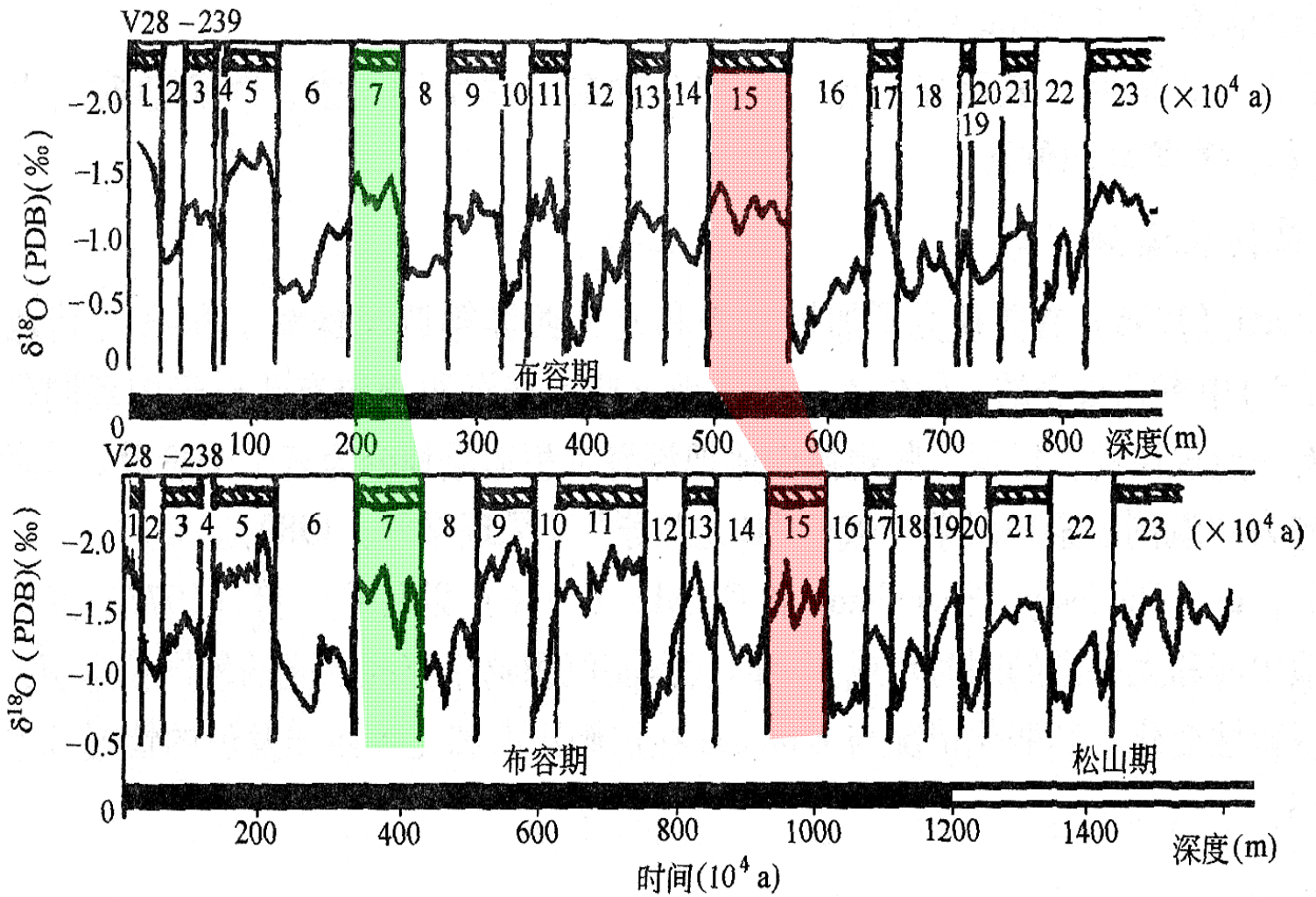
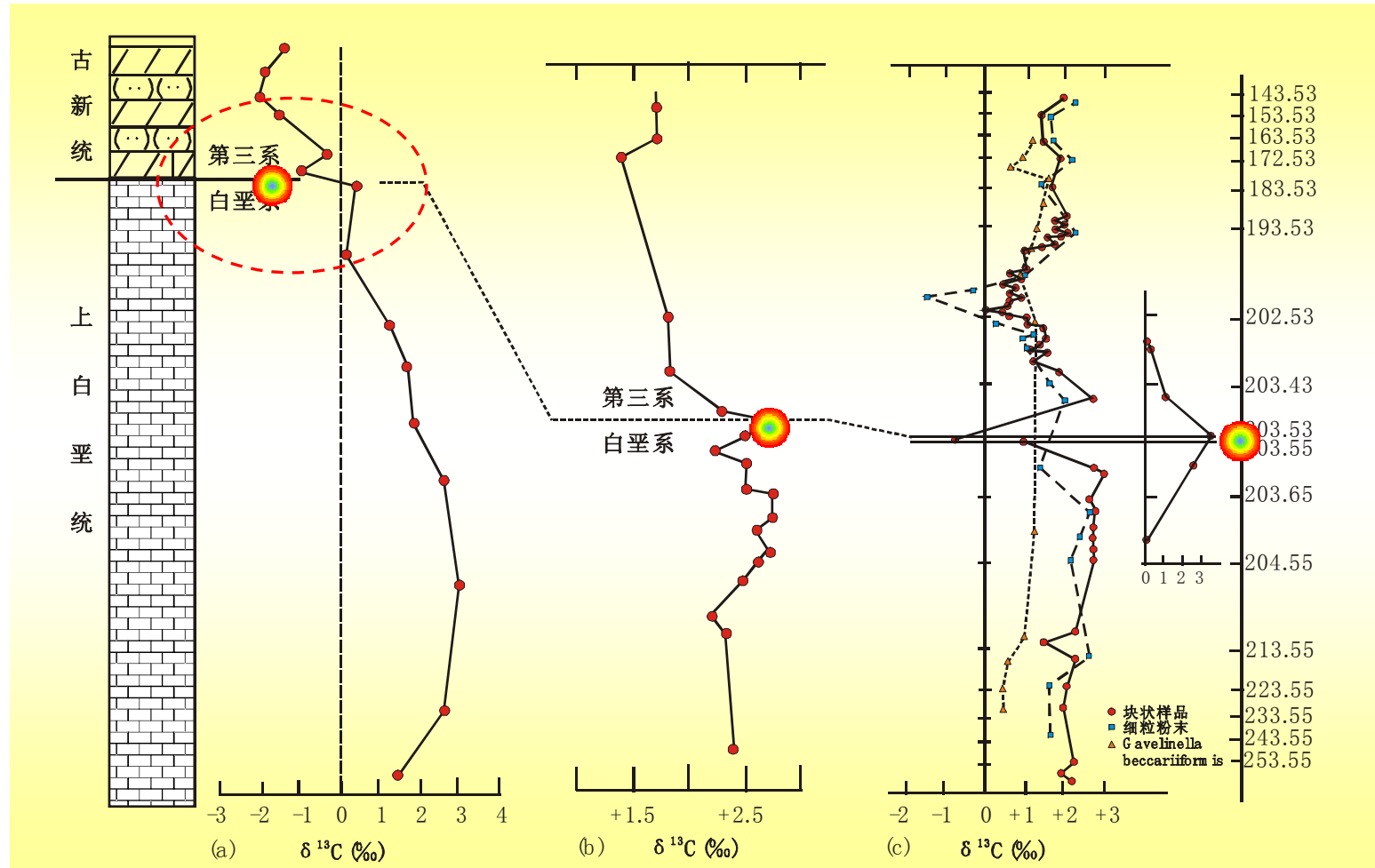


图 3-14 V28-239 和 V28-238 岩心柱上部 880m 部分的氧同位素和古地磁记录





碳同位素地层学方法



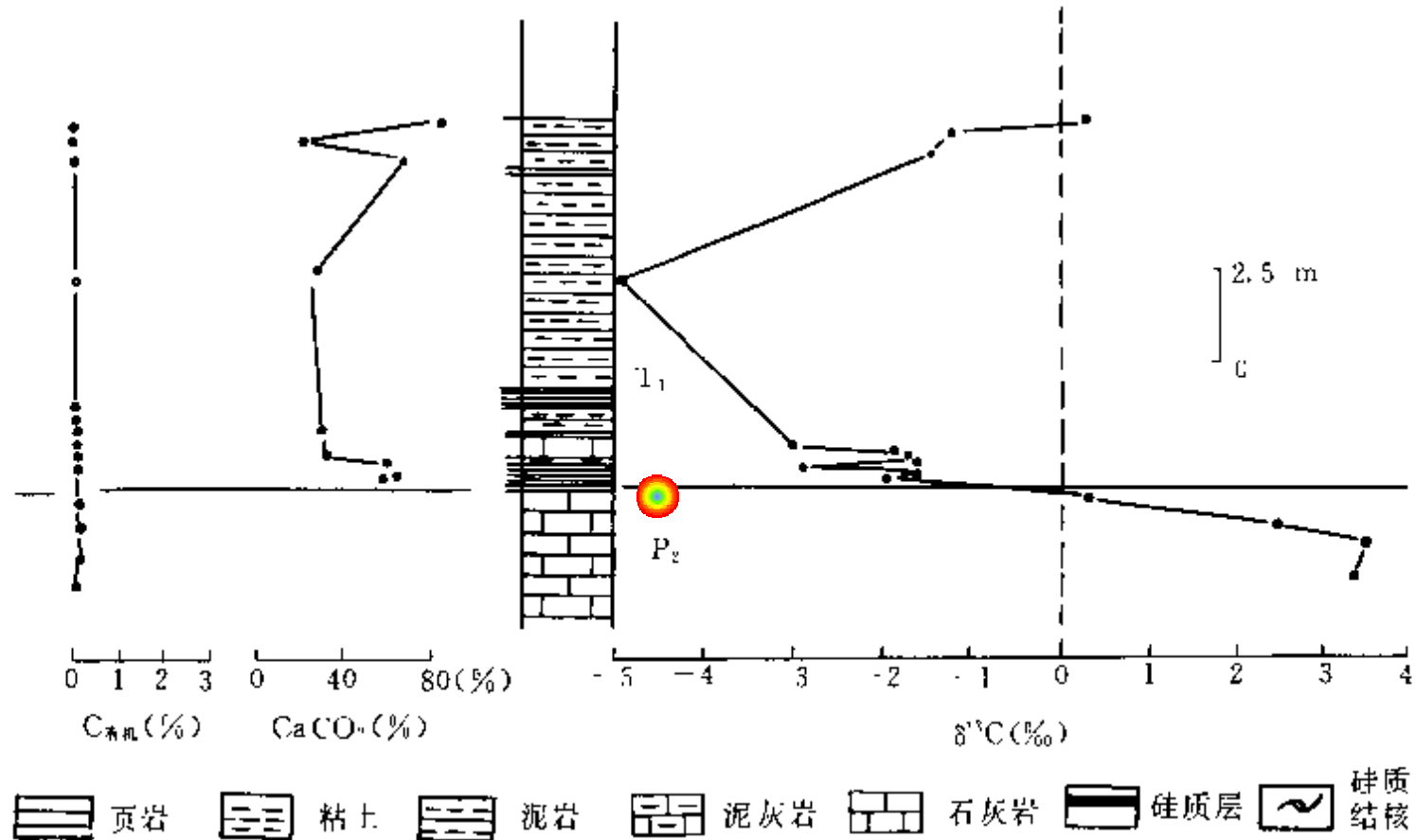
前苏联外高加索博
尔若米地区

意大利Umbrie
的Gubbio剖面

DSDP第524钻探点
南大西洋

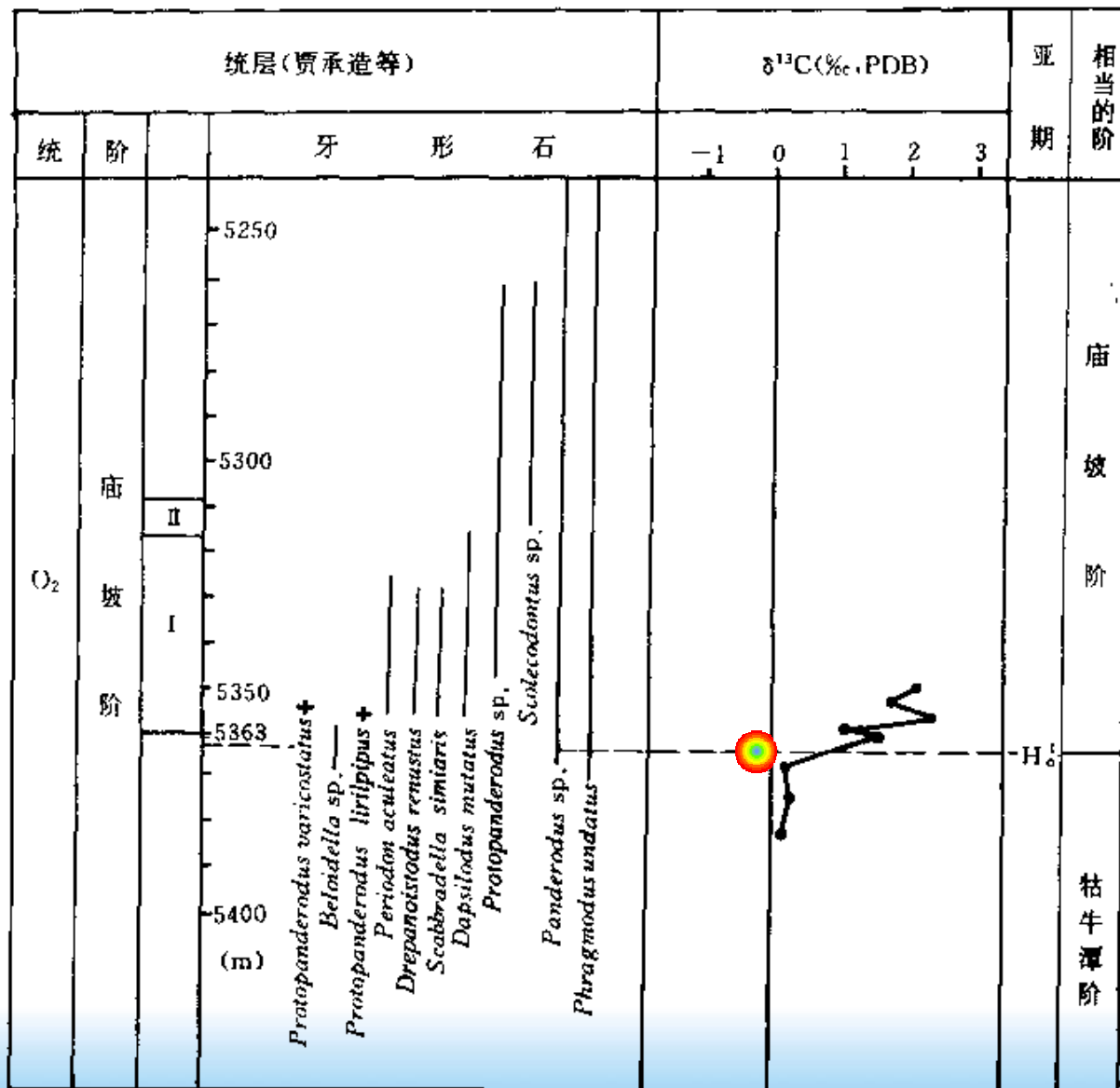


浙江长兴煤山三叠系与二叠系交界地层的碳同位素组成的变化





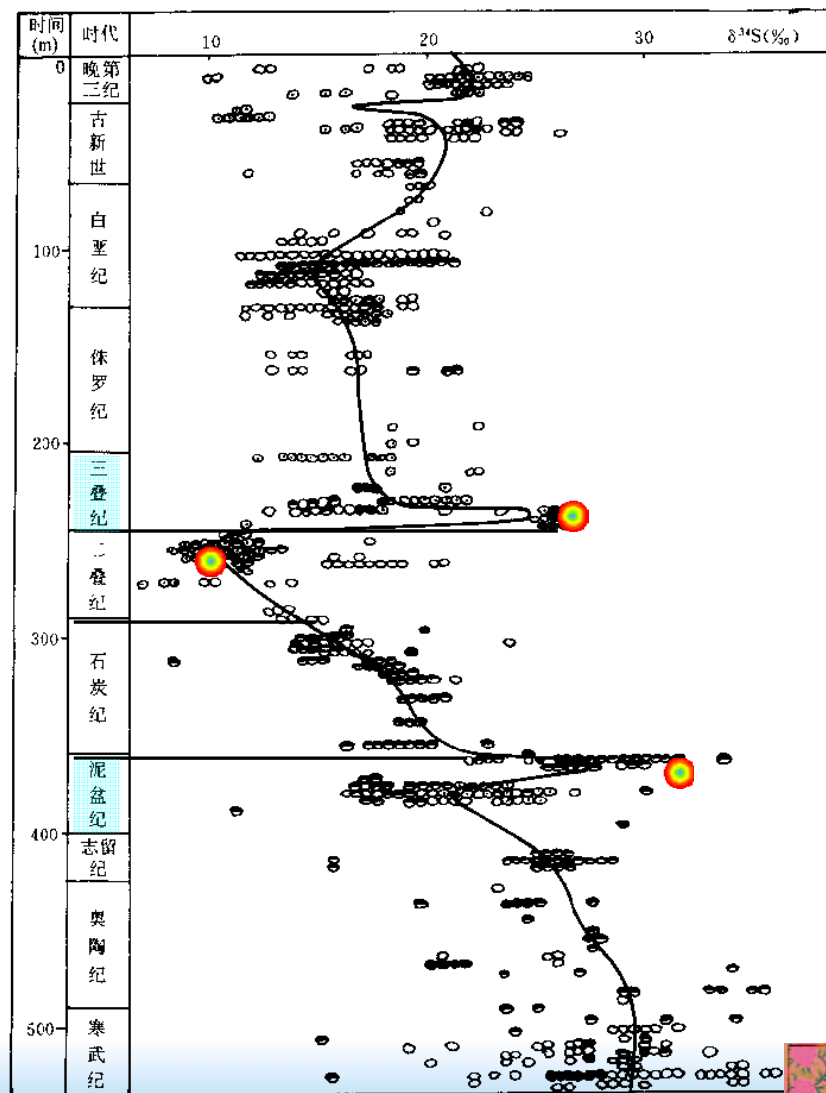
英买1井奥陶系碳同位素与生物地层划分对比的关系





硫同位素地层学方法

硫同位素地层学的基本内容是利用海相硫酸盐岩(包括海相石膏和硬石膏)的硫同位素组成在地质年代表上的变化确定含海相硫酸盐地层的年代,进行地层对比。

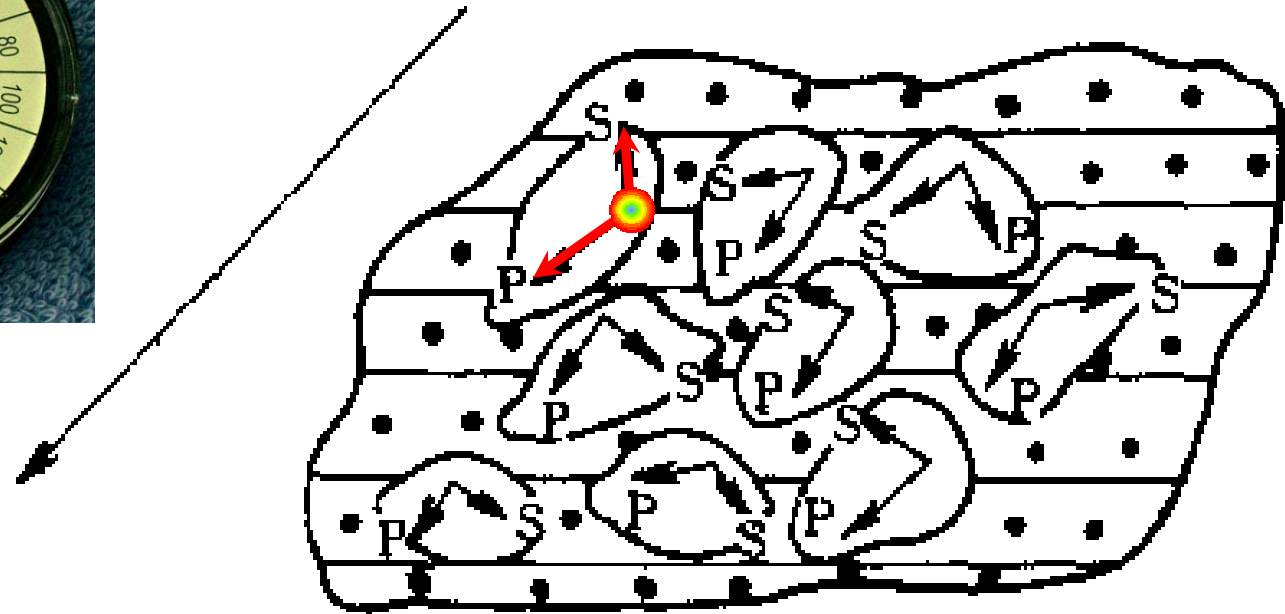




三、磁性地层学方法

在一定的地质时间里，地球磁场的方向指向磁北极叫做**正向极性**，指向磁南极叫做**负向**或反向极性。过去地质时期地磁场的这种极性也就保存在该时期的含有铁磁性矿物组成的任何岩层中。

所谓磁性地层学就是依据岩石层序中的磁学属性所建立的极性单位，来进行地层层序划分与对比的学科。

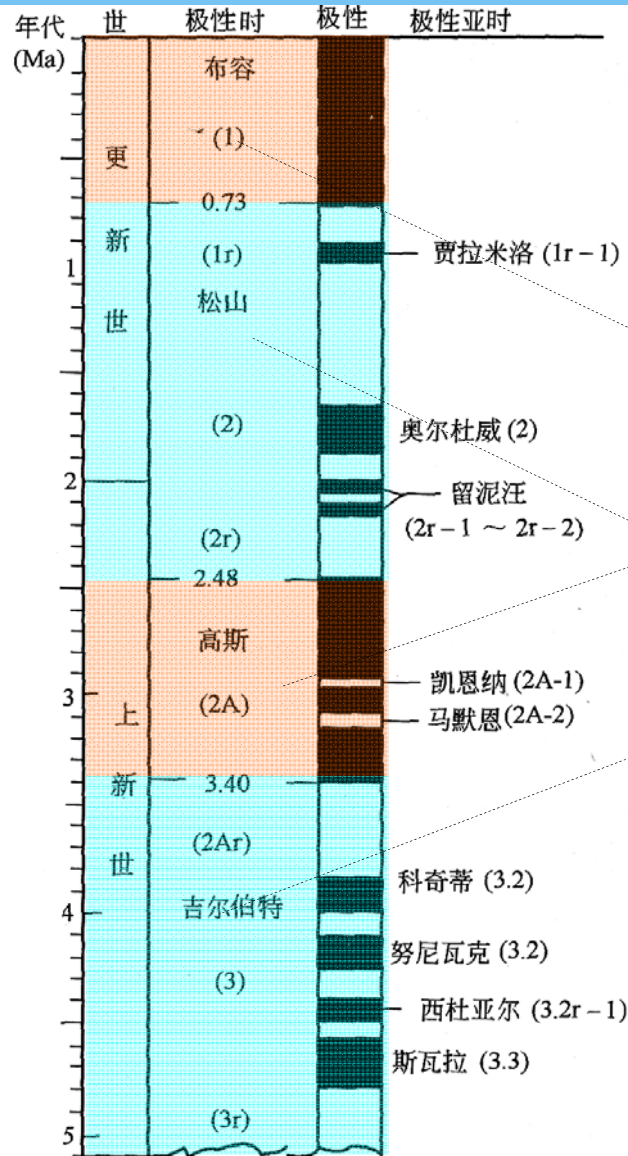


粗箭头表示岩石形成时期地球磁场方向，图内小箭头表示岩石中铁磁性矿物的原生剩磁（P）与次生剩磁（S）的方向；岩石中原生剩余磁性方向基本上反映了岩石形成时期的地球磁场方向。



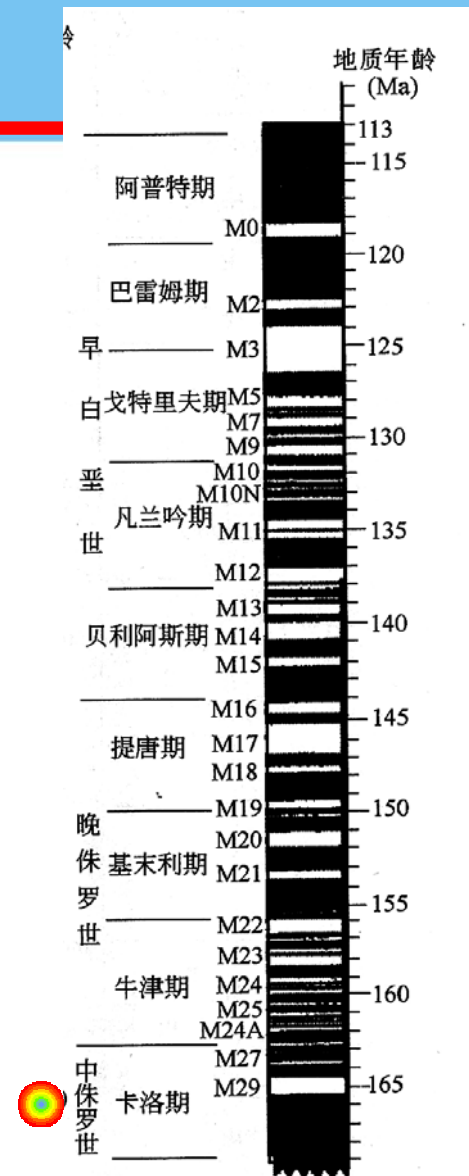
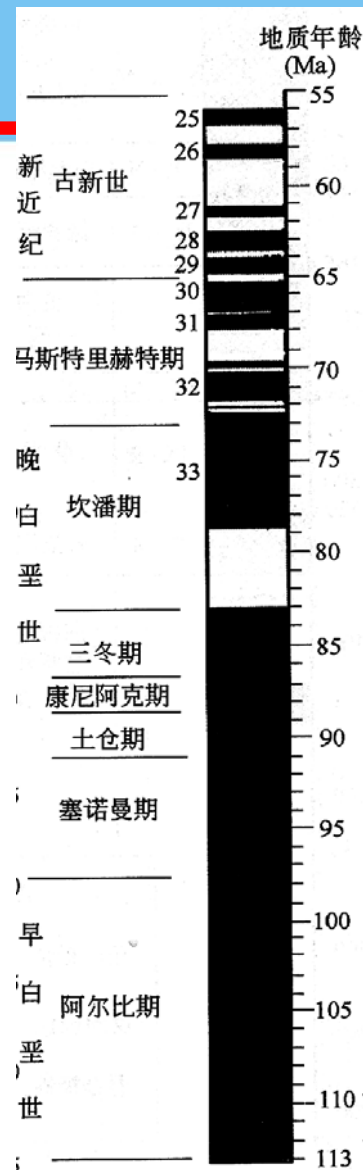
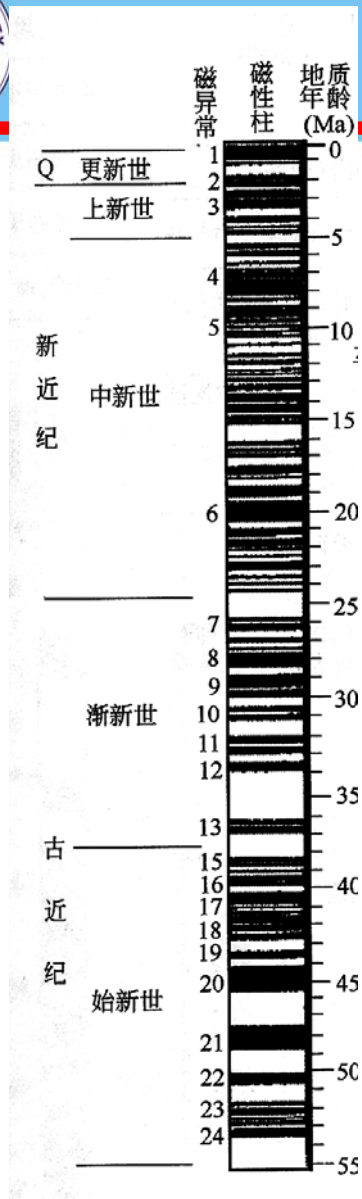
表 3-1··· 磁性地层极性单位的等级及其时间跨度的划分

磁性地层极性单位	地质年代等列	年代地层等列	时间跨度等列(a)
极性巨带	巨时	巨时间带	$10^7 \sim 10^8$
超带	超时	超时间带	$10^6 \sim 10^7$
极性带	时	时间带	$10^4 \sim 10^6$ 
亚带	亚时	亚时间带	$10^4 \sim 10^4$
微带	微时	微时间带	$< 10^4$



表为：布容正向极性时（或带）0 ~ 0.73Ma；
 高斯正向极性时（或带）2.48 ~ 3.40Ma；
 松山负向极性时（或带）0.73 ~ 2.48Ma；
 吉尔伯特负向极性时（或带）3.40 ~ 5.00Ma。

图 3-20 最近 5Ma 以来的地磁极性年代表
 (据吴瑞棠等, 1989)



地磁极性年代简表

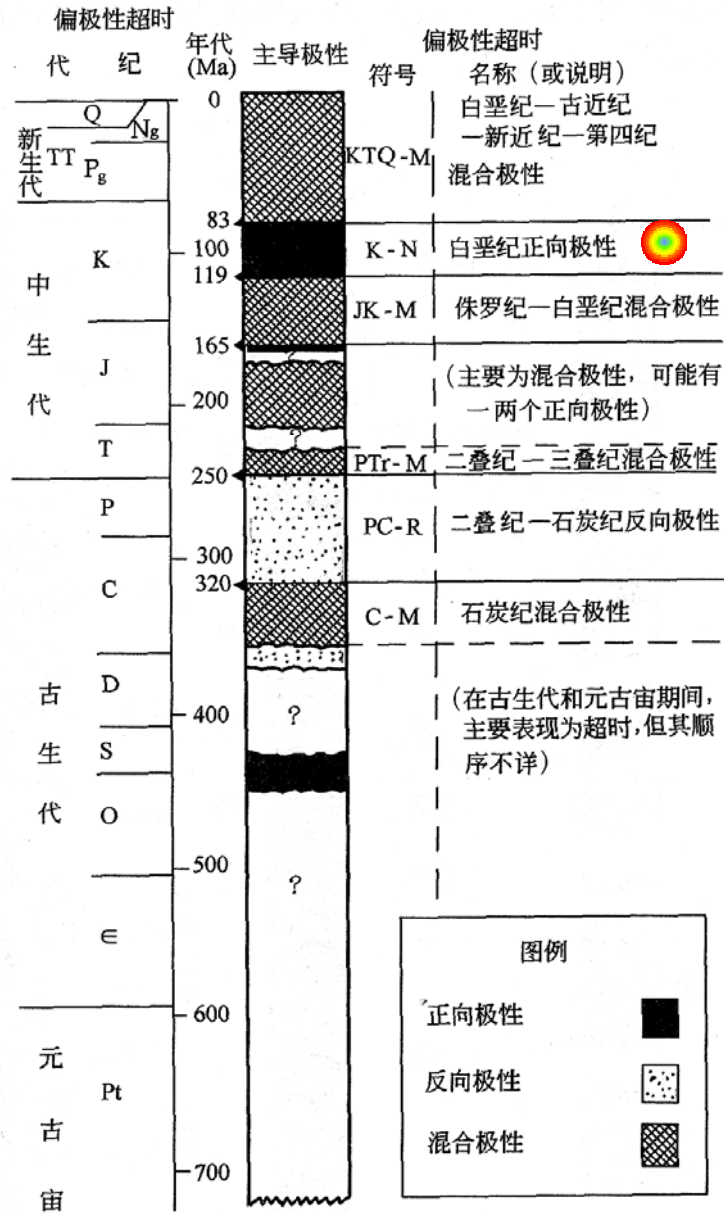


图 3-22 地质时期偏极性超时代纪 (据吴瑞棠等, 1989)





四、事件地层学方法

事件地层学

利用推测的地质事件来进行地层对比，而不是利用地层本固有的属性来对比地层，这种方法叫事件地质学





- 多数研究人员认为一颗6500万年前的小行星撞击地球导致恐龙灭绝，认为小行星撞击地球导致的火山爆发、气候变化等诸多因素共同作用导致恐龙缓慢灭绝。研究人员发现，一些鸟类、哺乳动物、鳄鱼、蛇躲过了那场大灾难。这是因为它们在整个天空变得炽热并伴随大量熔岩坠落的时候找到了水或者洞等避难所





事件
地层学

地层对比

确定地层界线

提高地质年代表的
精度和分辨率

解释地球演化历史

理论体系





•地层对比：宇宙事件、特大规模火山喷发或海平面变化等，波及范围极大，甚至全球，可利用这些事件进行大范围地层对比。外星撞击事件一旦证实，将成为精度极高、全球等时的对比标志。许多事件产生的影响不受沉积环境限制，例如火山物质可降落在海洋和陆地各种环境。因此，长期难于解决的海相与陆相地层对比便可望解决。



- 一个盆地内，在生物地层学或磁性地层学无法解决的地层对比问题上，事件地层学是非常有用的，事件地层学为在更高层次上研究和厘定所有系(甚至统)的界线正在发挥作用，为白垩系—古近系、二叠系—三叠系、泥盆系～石炭系、奥陶—志留系和震旦系—寒武系等界线建立“事件界线”做了大量探讨。



- 提高地质年代表的精度和分辨率。目前流行的地质年表以百万年为计时单位，精度相当低。用极性倒转和氧同位素测定，对较新的海洋沉积层年龄测定精度可达5Ma。但在古生代地层表中，平均每2Ma才有一个年龄数据。怎样才能缩小这种差距，把地层年表搞得更精细？“一种可能似乎是利用全球的稀罕事件”



•再造和解释地球演化历史，探讨生物绝灭与演化，进行沉积盆地分析和成矿背景分析。在这些方面，已有不少学者根据事件地层学观点，或根据各种事件的地质作用，进行过探讨。



第二节 油层对比

- 一、传统的旋回对比
- 二、现代高分辨率层序地层对比

碎屑岩

地层对比

油层对比

- 三、碳酸盐岩油气层对比

碳酸盐岩

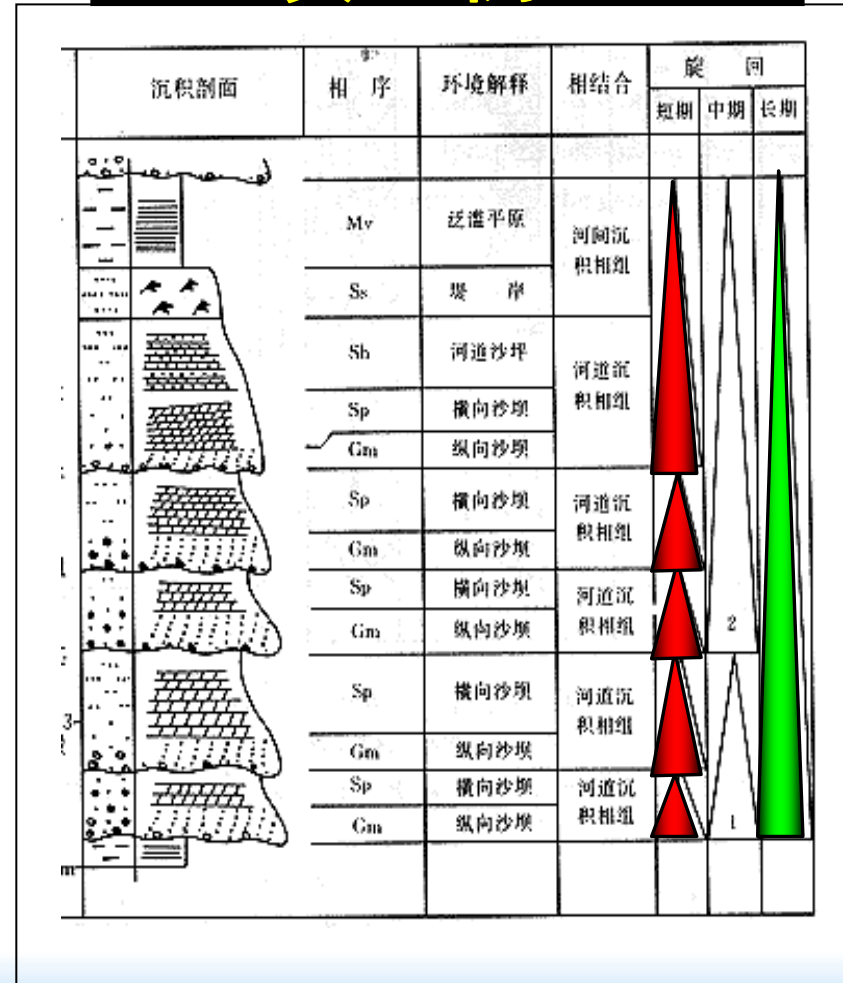


一、旋回对比方法

基本原理

- 沉积剖面上各类岩石依次交替，形成有规律的组合，这些组合依次做周期性的重复出现，这就是沉积旋回。它的形成与地壳运动有密切的关系。

实例





一、旋回对比法

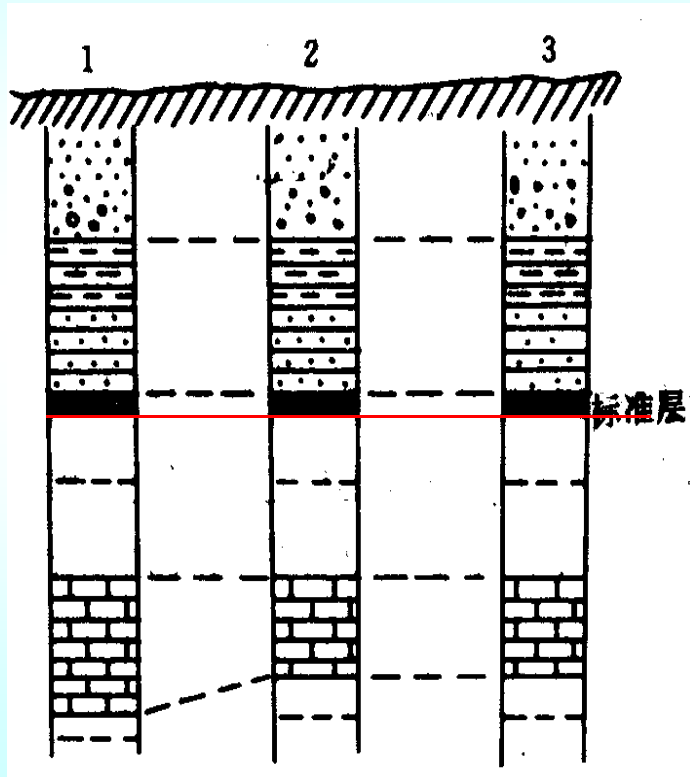
1. 对比基本原则
2. 对比资料的选取
3. 对比单元的划分
4. 对比步骤
5. 对比工作程序
6. 对比成果图的编制与应用



1 对比基本原则

对比的依据

岩性特征

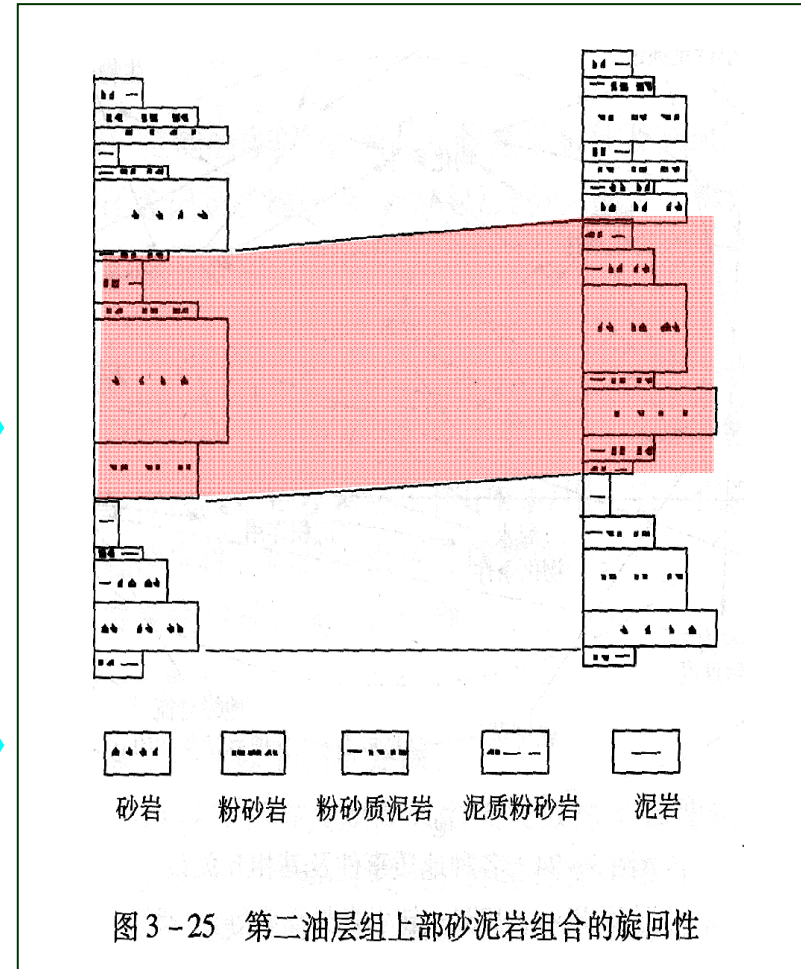


岩层的颜色、成分、结构、构造等，这些都是沉积环境的物质反映。岩性特征用以进行地层对比的基本原则是：同一沉积环境下所形成的沉积物，其岩性特征亦应相同，而不同沉积环境中所形成的沉积物，其岩性特征不同。



岩性相似 厚度比例大致相等

•在油层沉积相对稳定，岩性组合的规律相同，各级沉积旋回和韵律反映在测井曲线上必定也有相似的组合形式。





2 对比资料的选取

选用电测资料，必须遵循以下原则：

1. 能较好反映油层的岩性、物性、含油性特征；
2. 清楚地显示岩性标准层的特征；
3. 比较明显的反应剖面上岩性组合，即沉积旋回的特征；
4. 清楚地反映各种岩性界面；
5. 测量精度高，为生产中已被普遍采用的测井方法。

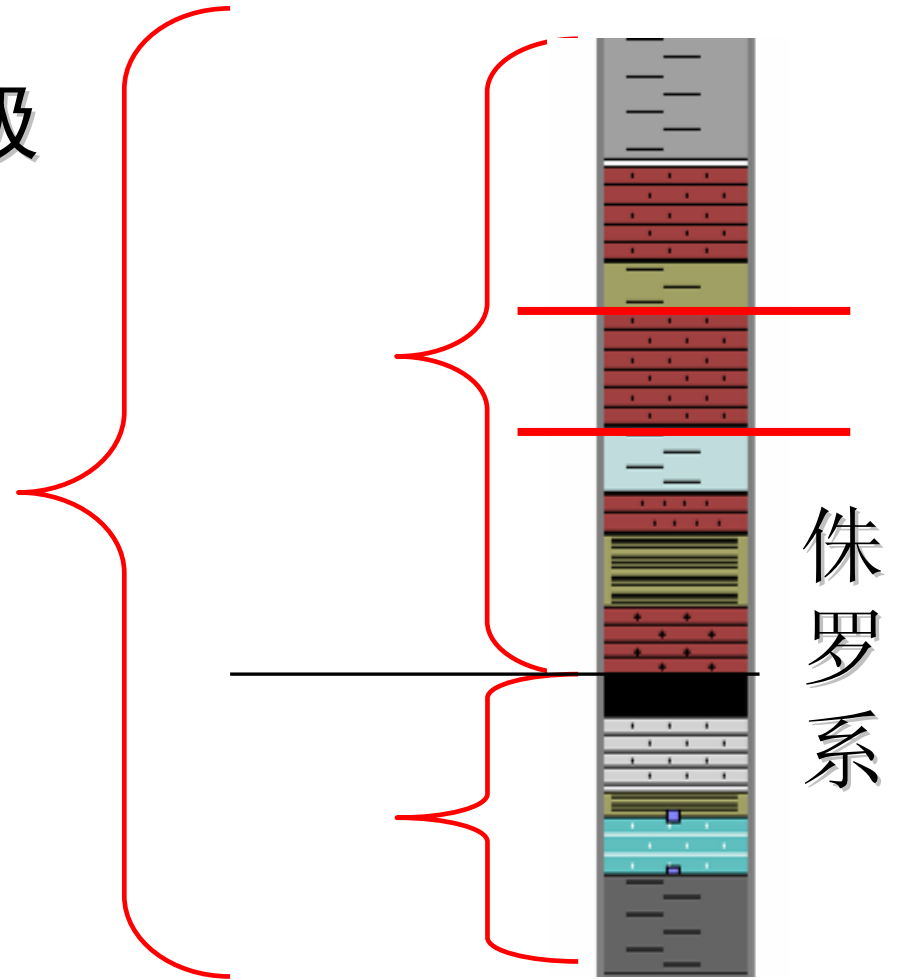


曲线名称	优点	缺点
2.5 米底部梯度视电阻率曲线	能反映各级旋回的组合特征及各单层分界面；能明显反映标准层特征	小于 1 米的薄层与过渡性岩层反映不明显；高阻层以下的岩层易受屏蔽影响
自然电位曲线	能反映各级旋回组合特征；能定性反映油层的储油物性	不能区分渗透性相似而岩性不同的岩层；幅度值受岩层厚度、泥浆性能影响较大
微电极曲线	能清楚地反映各个薄层的界面；能反映砂岩、泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、含钙岩层的岩性特征；能反映各类岩层的储油物性	反映各级旋回的组合特征不够清楚



3 油层对比单元划分

- 油层单元划分为四级
- 含油层系（系）
- 油层组（组）
- 砂层组（段）
- 单油层





沉积旋回分级

一级旋回

受区域构造运动控制，在全盆地可以对比，界线位于水进水退的转折点。包括一整套储油组合

二级旋回

受二级构造运动控制，在二级构造范围内可以对比。包括不同的岩相段。

三级旋回

受局部构造（三级）运动控制，在三级构造范围内可以对比。

四级旋回

沉积韵律

地层单元	系	组	段	沉积韵律
层组划分	含油层系	若干油层组	砂层组	若干单油层



1 油层对比单元的划分

1. 单油层(通称小层或单层)

是组合含油层系的最小单元，相当于沉积韵律中的较粗粒部分。同一油田范围内的单油层具有一定的厚度和分布范围，并具岩性和储油物性基本一致的特征。单油层间应有隔层分隔，其分隔面积应大于其连通面积。

2. 砂层组(或称复油层)

是由若干相互邻近的单油层组合而成。同一砂层组内的油层其岩性特征基本一致。砂层组间上下均有较为稳定的隔层分隔。

3. 油层组

由若干油层特性相近的砂层组组合而成。以较厚的非渗透性泥岩作盖、底层，且分布于同一相段之内。岩相段的分界面即为其顶、底界线。

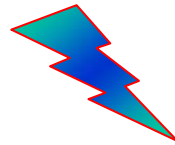
4. 含油层系

是若干油层组的组合，同一含油层系内的油层其沉积成因、岩石类型相近，油水特征基本一致。含油层系的顶、底界面与地层时代分界线具一致性。

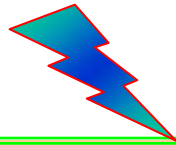


4 油层对比的步骤

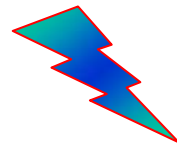
A. 利用标准层划分油层组



B. 利用沉积旋回对比砂层组



C. 利用岩性和厚度比例对比单油层

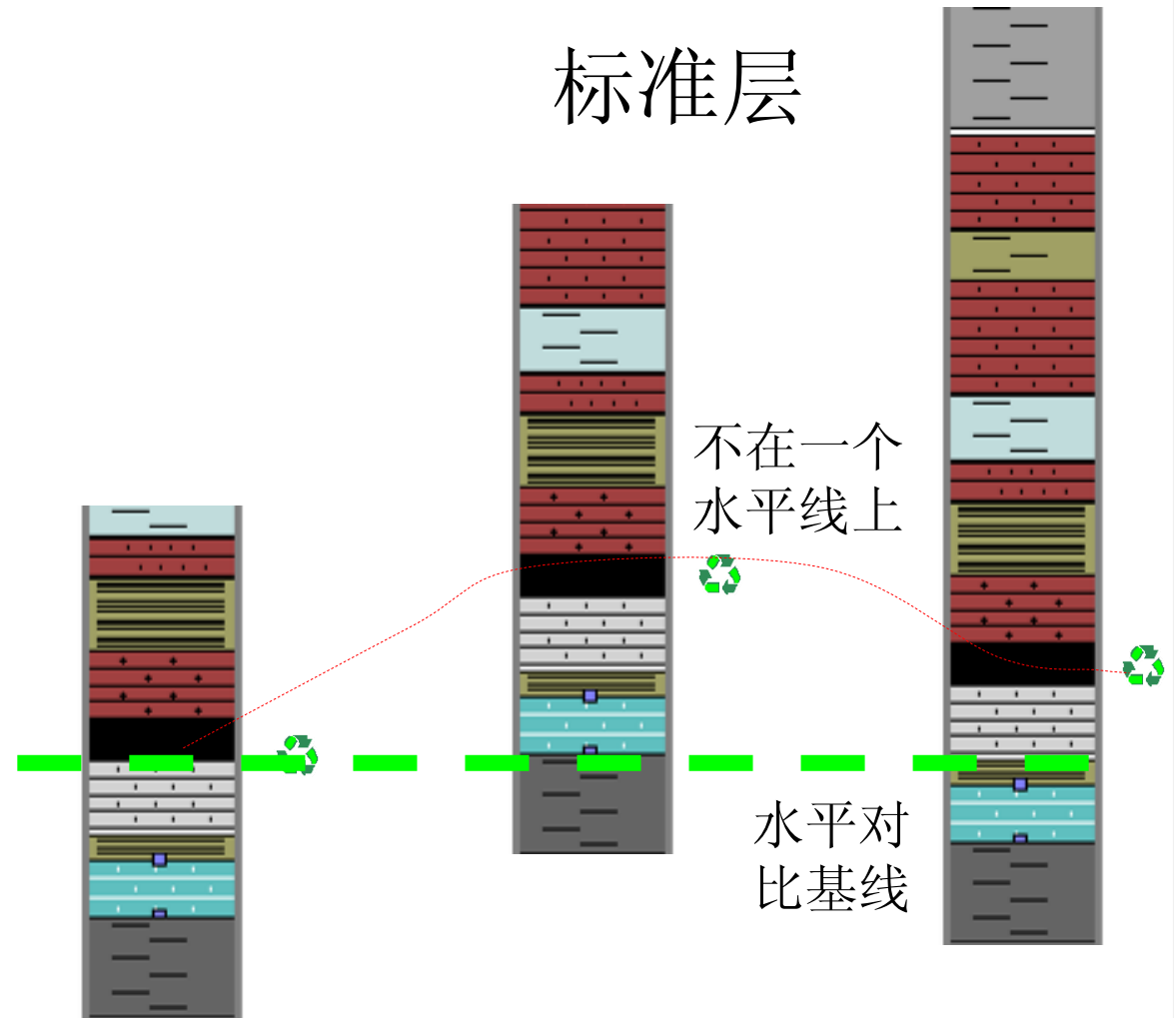


D. 连接对比线



A. 利用标准层划分油层组

- 在对比中选取的具有明显特征，稳定分布，可作为对比标志的地层。特征如下：
 - 分布稳定
 - 岩性、岩矿、古生物、电性等具有明显特征
 - 易于上下层区别
横向变化不大





- 常见的标准层：

- ① 碎屑岩中夹有的致密薄层灰岩：高电阻率值。
- ② 煤层：高电阻率、高自然伽玛值。
- ③ 薄的黑色页岩层：地质录井标志明显。
- ④ 碳酸岩剖面中某些石膏夹层和泥岩夹层：泥岩或页岩为低电阻率和高自然伽玛。
- ⑤ 碎屑岩剖面中夹的稳定泥岩段：低电阻率和高自然伽玛。
- ⑥ 稳定砂岩段



- 首先应研究标准层的分布规律及二级旋回的数量及性质。
- 二级旋回的数量决定了油层组的多少，二级旋回的性质应参考一级旋回的性质而定，标准层用于确定对比区内油层组间的层位界限。

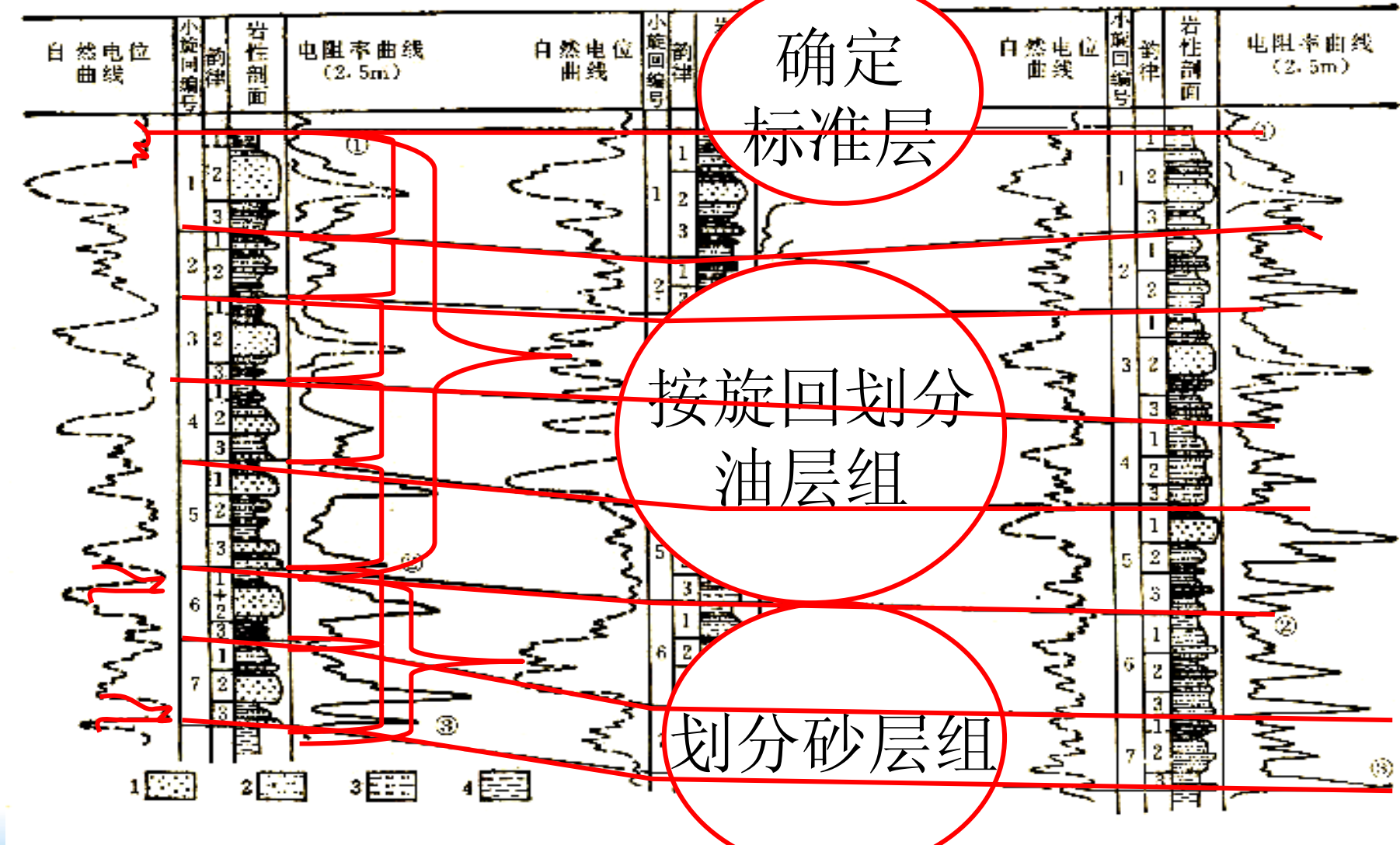


B. 利用沉积旋回对比砂层组

- 在划分油组的基础上的砂岩组对比，应根据油层组内的岩石组合性质，演变规律、旋回性质、电测曲线形态组合特征，将其进一步划分为若干个三级旋回。在二级旋回内划分三级旋回
- 一般均按水进型考虑，即以水退作为三级旋回的起点，水进结束作为终点。
- 使旋回内的粗粒部分的顶部均有一层分布相对稳定的泥岩层，这层泥岩既可作为划分与对比三级旋回的具体界线，又可作为砂岩组的分层界面。



油层对比的步骤





5 对比工作程序

- 选取标准井（取心、测井曲线较全、地层完整、位置合适、地层特征明显）
- 选择标准层
- 建立骨对比剖面及骨干剖面对比
- 建立全区对比剖面及剖面对比
- 全区对比及全区对比闭合
- 复杂断块的对比应从块内对比再全区闭合



标准井



标准层



骨架剖面



对比剖面



全区闭合



复杂断块对比



6 对比成果图的编制与应用

- 小层对比成果数据表
- 小层平面图：

是反应单油层分布特性和储油物性变化的基本图件，它是由单油层分布图、单油层等厚图、等渗透率图叠合而成。
- 油层连通图

油层连通图是由油层剖面图和小层平面图综合组成的立体图幅。在油田开发地质研究工作中，一般以砂岩组为单元进行编图
- 油砂体连通图

油砂体连通图是反应相邻油砂体相互连通关系的立体图。



× × 油田 × × 区 × × 井小层数据表

油层组	自然分段小层数据							统一划分单层数据					
	小层编号	砂岩井段 m	砂层厚度 m	有效厚度 m		渗透率 μm^2	产能系数 $\mu\text{m}^2\cdot\text{m}$	有效孔隙度 %	真电阻率 $\Omega\cdot\text{m}$	单层编号	砂层厚度 m	有效厚度 m	厚度权重渗透率 μm^2
				一类	二类								

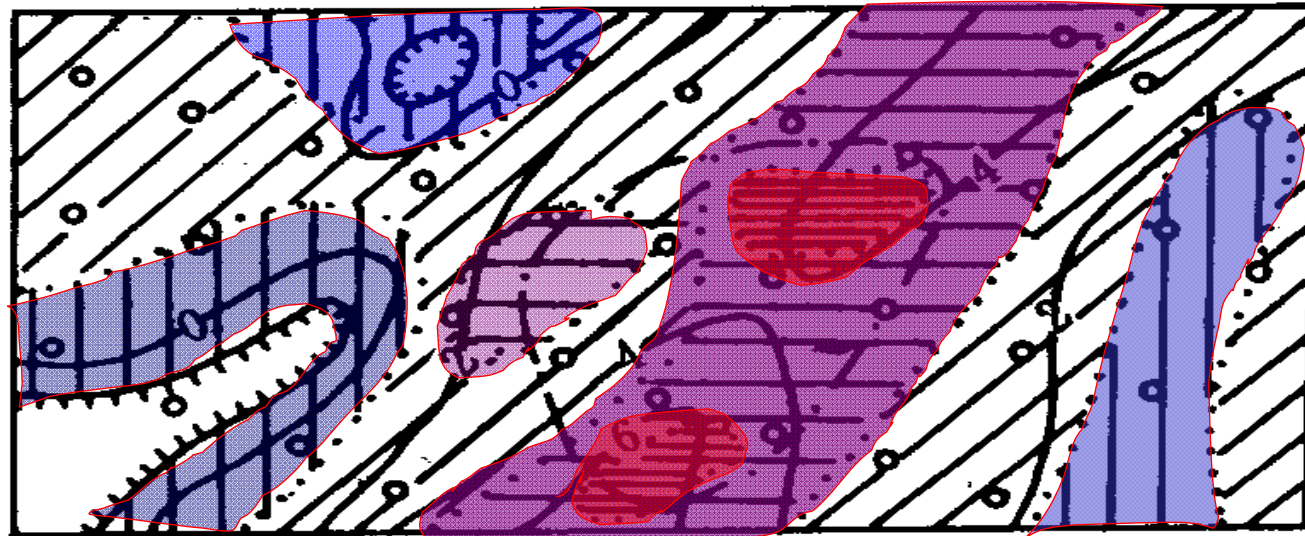


× × 油田 × × 区 × × 层单层对比数据表

项目 层号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有效厚度 m										
砂层厚度 m										
渗透率 μm^2										
平面分布										
纵向连通										

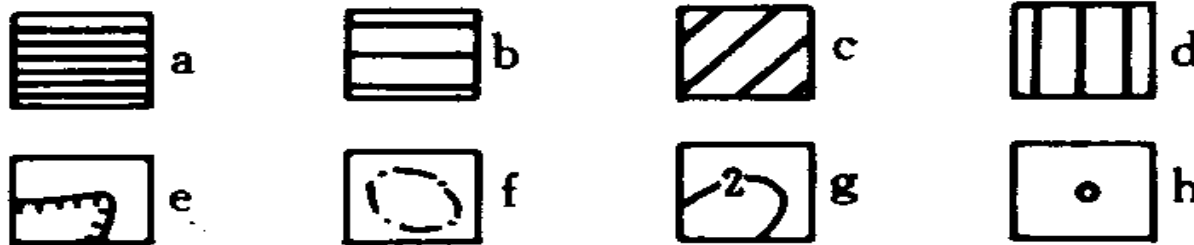


小层平面图



制步骤:

- 编制小层划分数据表
- 绘制小层平面图



a—特高渗透区; b—高渗透区; c—中渗透区; d—低渗透区; e—砂层尖灭区; f—砂层连通区; g—有效厚度等值线; h—资料点



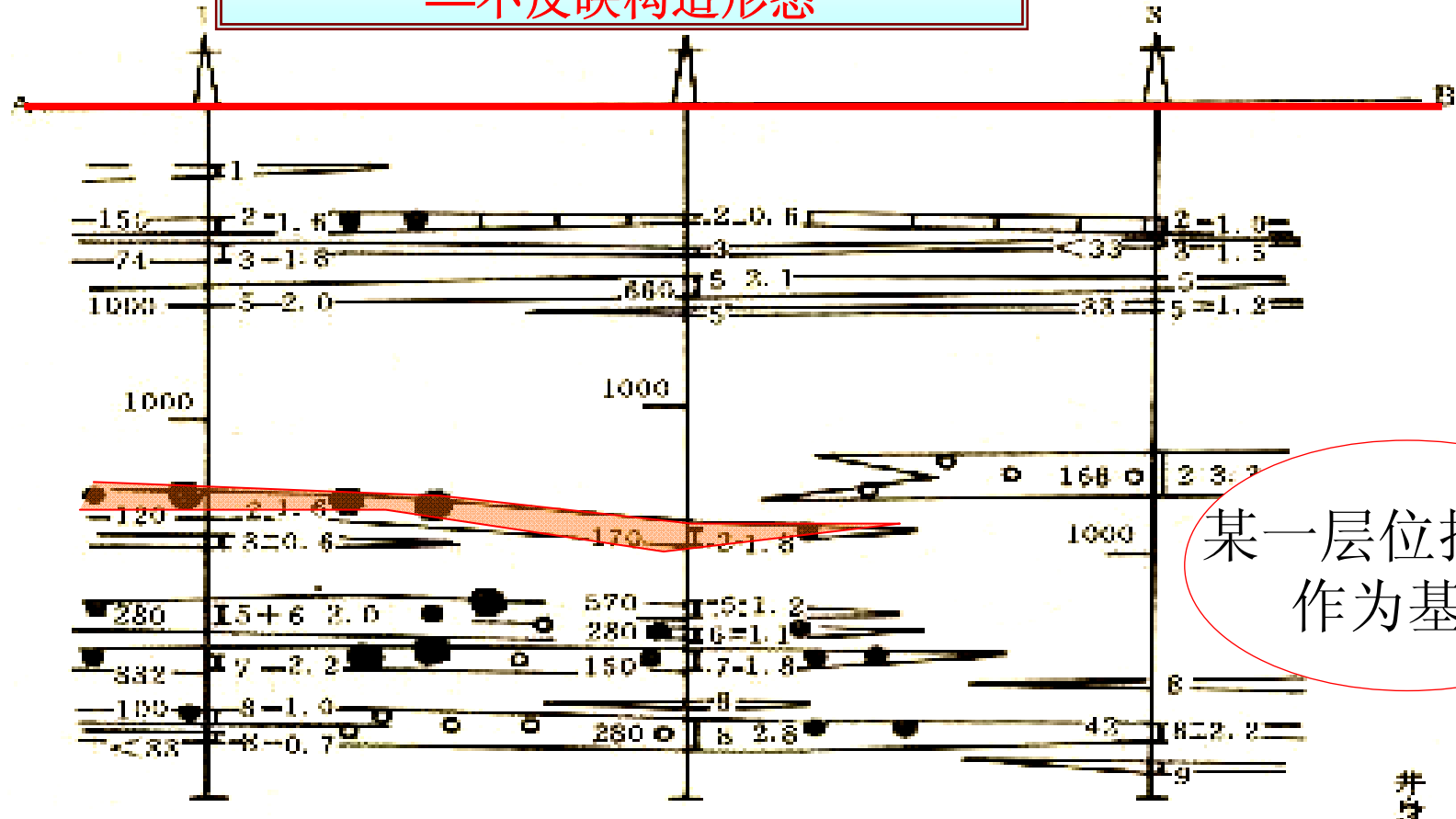
油层连通图编制步骤（栅状图书）

- ① 编制小层连通数据表。油层连通图应综合反应各个小层的连通状况
- ② 选择作图比例尺。纵、横比例尺应视研究目的和编图区的范围及单层厚度而定。若单层太薄，为使图幅清晰，可适当放大纵比例尺
- ③ 绘制井位图。若平面井点分布不匀，可将密集井疏散开，常用的方法是用等度投影法将直角坐标改成菱形坐标网
- ④ 绘各井的层柱。按所确定的纵比例尺，于井位点旁绘该井层柱，按深度标出各单层的顶、底界线，按分井单层切分数据表中所给的自然小层数据
- ⑤ 连接井间小层对比线。连线不宜太多，一般按左右成排、前后斜行连线。连线相遇即行断开以避免交错
- ⑥ 注释射孔井段、渗透率分级符号。渗透率可以符号或色谱按分级界限注释于图上

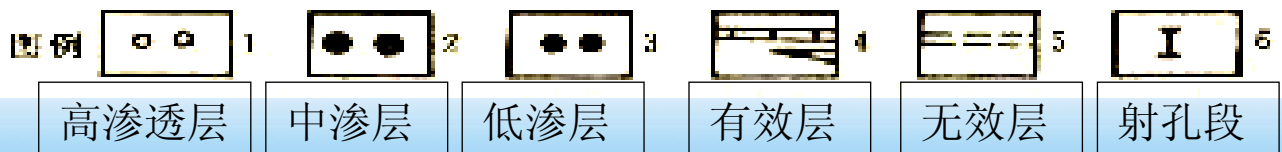


油层剖面图

—不反映构造形态



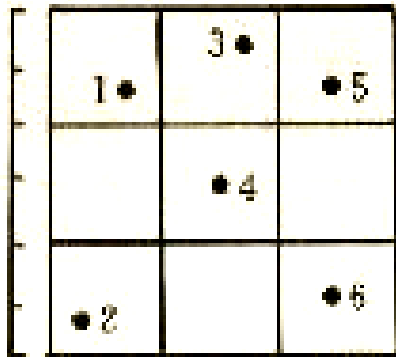
某一层位拉平后
作为基线



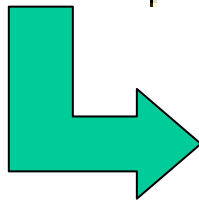
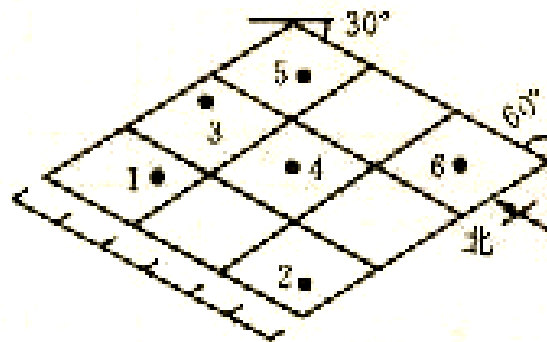
井身
有效渗透率
井深
单层编号
有效厚度
油层组



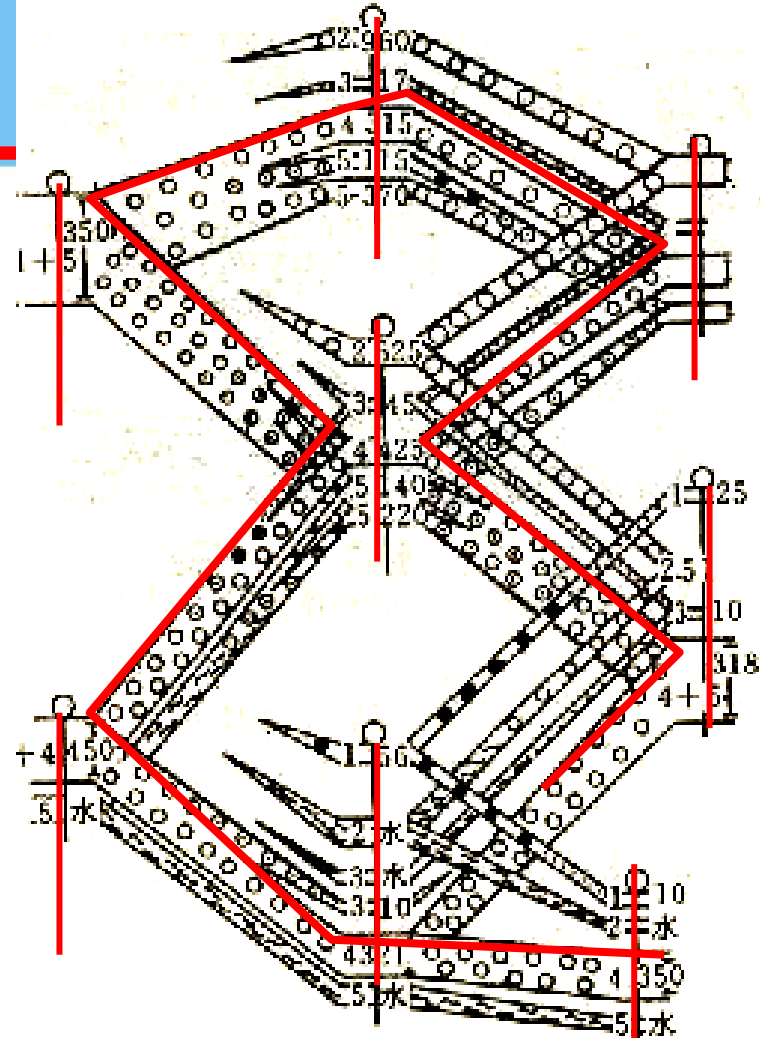
油层栅状图



等度投影后直角坐标上点位分布情况



1—渗透率大于 $500 \times 10^{-3} \mu m^2$; 2—渗透率 $300 \sim 500 \times 10^{-3} \mu m^2$; 3—渗透率 $100 \sim 300 \times 10^{-3} \mu m^2$; 4—渗透率 $50 \sim 100 \times 10^{-3} \mu m^2$; 5—渗透率小于 $50 \times 10^{-3} \mu m^2$; 6—水层



○井位
 正风层厚 | 砂层厚度 | 有效厚度 | 渗透率 | 射孔段



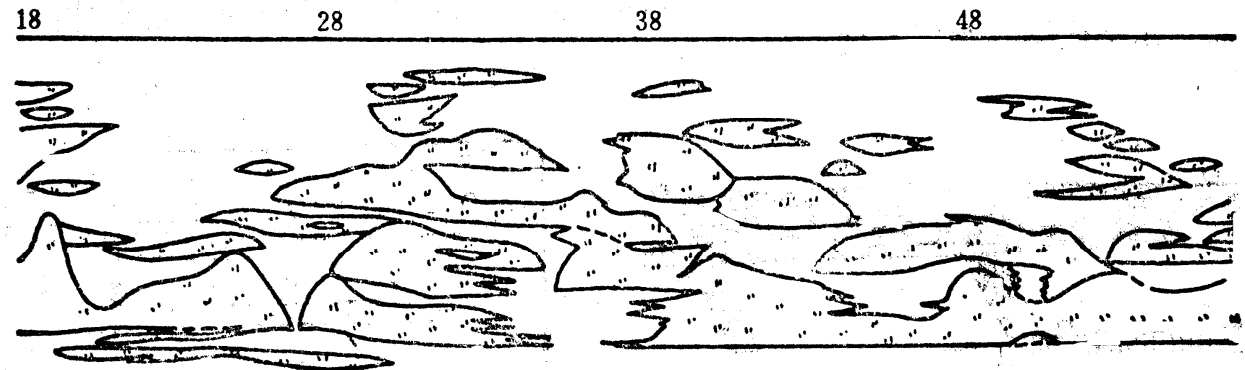
油砂体连通图

•油砂体

- 将具有渗透性较好，含油饱和度较高，能产出工业油流的砂岩体称为油砂体
- 油砂体是组成油层的基本单元，油砂体之间一般都被非渗透性的地层隔绝，上下和四周油水窜流甚微或不存在。
- 在注水开发的油田油砂体也是一个相对独立的油水运动单元。

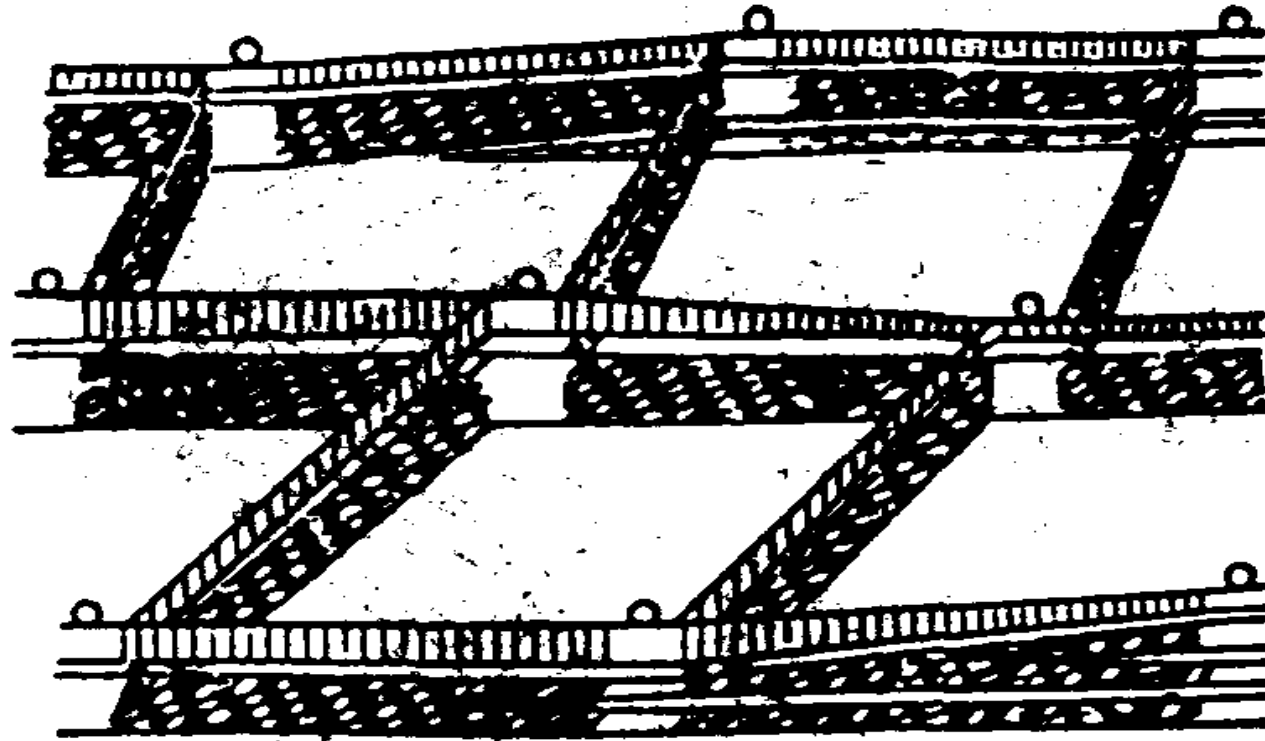
油砂体图

- 油砂体连通图：油砂体连通图是反应相邻油砂体相互连通关系的立体图
- 油砂体平面图：砂体平面图是反应单个砂体平面分布特征，有效厚度及渗透率变化趋势的图片





油砂体连通图



井位 1号油砂体 2号油砂体 3号油砂体

油砂体连通图

--- 反映相邻油砂体相互关系



油砂体连通图的编制

- 根据作图区的大小，选用适当比例尺的井位图。为避免南北点对比连线过陡，可以变换坐标或上下适当移动个别井位。或将井位图旋转适当角度，以对比线清晰为准。
- 根据单层划分数据表，按选定的纵向比例尺，将砂岩组内各单层的厚度，标示于井层柱内。由于油砂体连通图主要反应油砂体间的连通关系，因此，不必写上油的厚度值。
- 根据连通关系资料，从图幅下端各井点开始，逐次向上连接井间对比线。
- 划分油砂体。在连通图上切分油砂体的原则是：在纵向上尽量照顾同层号的单层，层号相同者应属同一油砂体。对于上下连通的单层则应根据区内单层井点数与共同钻遇这些单层的总井数的百分比值的大小进行劈分或合并



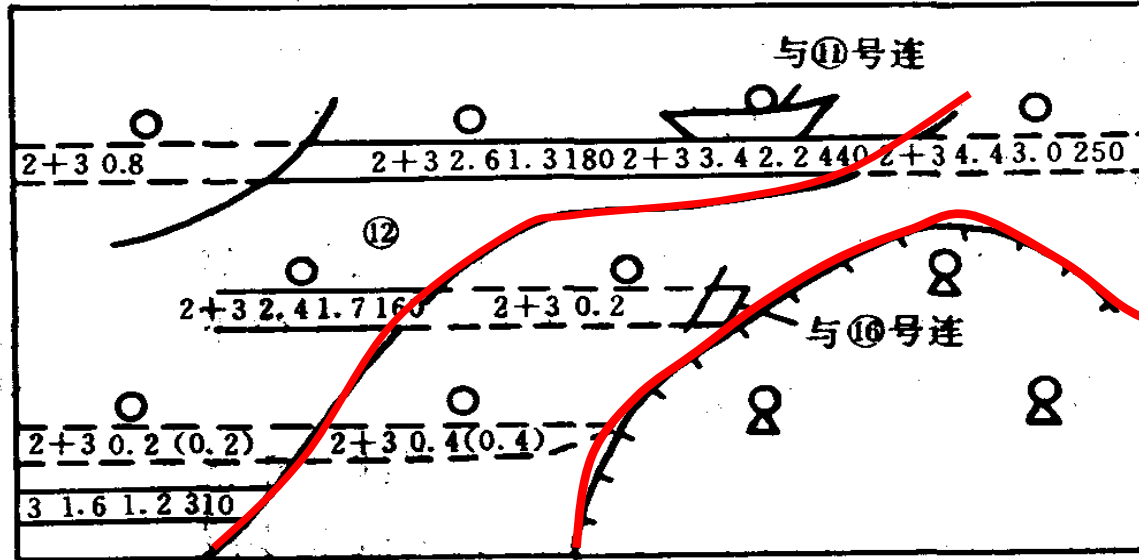
油砂体平面图编制

- 在井位图上，按规定格式将单层号、砂层厚度、有效厚度、渗透率值标绘于井位下方。并连接横向对比线。
- 勾绘砂岩尖灭线和有效厚度零线。
 - 与小层平面图勾绘尖灭线及零线方法相同
 - 若作图区内或作图边界存在断层，则应视砂层与有效油层断失情况而定，如果断层未将砂层全部断失，勾绘时可以不考虑断层。若断层将油层全部断失，或断层一侧为油层，另一侧为水层，则有效厚度零线将与断层线相交。
 - 分布于油水过渡带内的井点，若油层为一类有效厚度，则有效厚度零线将交于外油水边界，若为二类有效厚度，则有效厚度零线应交于内油水边界。



油砂体平面图

—反映有效厚度与渗透率变化



有效厚度零线

尖灭线

井位			
2+3	2.4	1.7	160
小层号	砂层厚度	有效厚度	渗透率

- 1—砂岩尖灭;
- 2—有效厚度零线;
- 3—虚线表示纵向两油砂体的公用部位;
- 4—油砂体编号;
- 5—砂岩尖灭线;
- 6—侧向分切线;



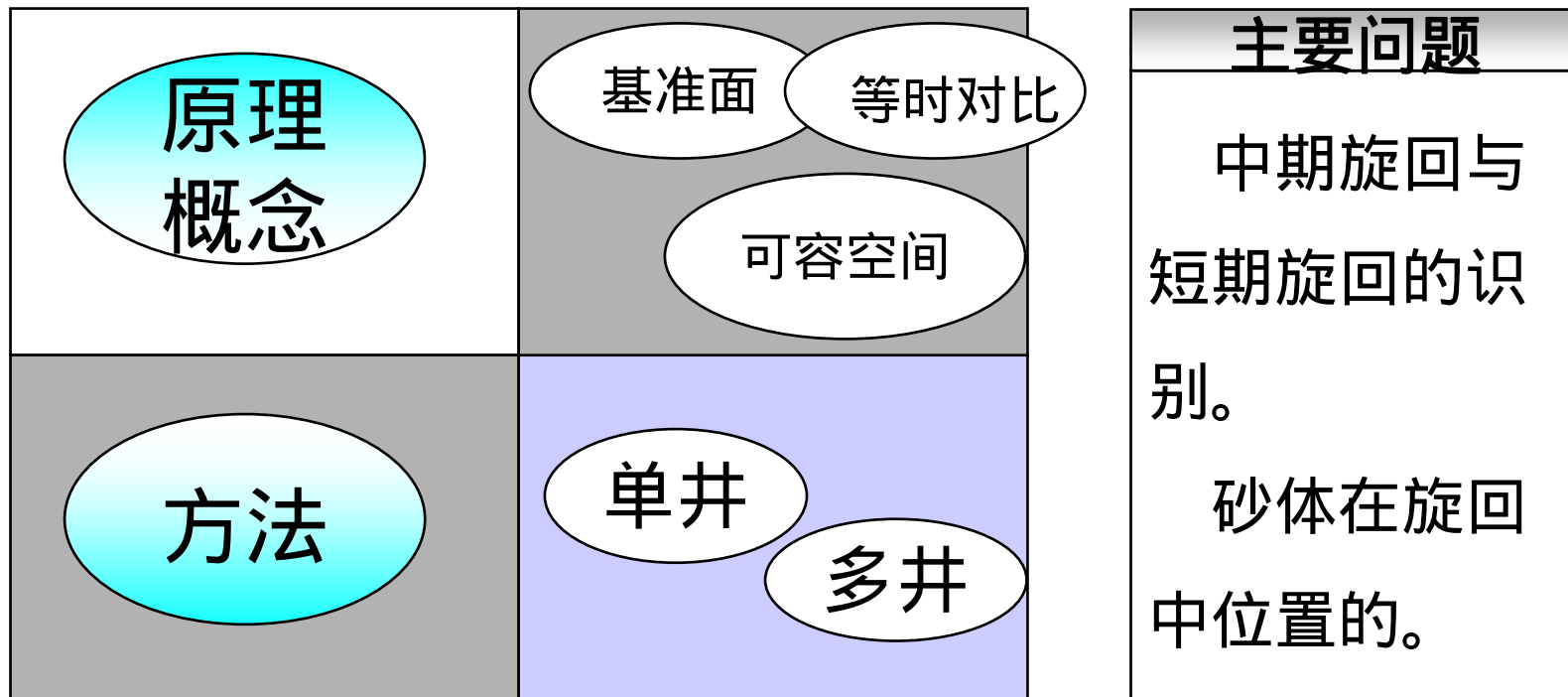


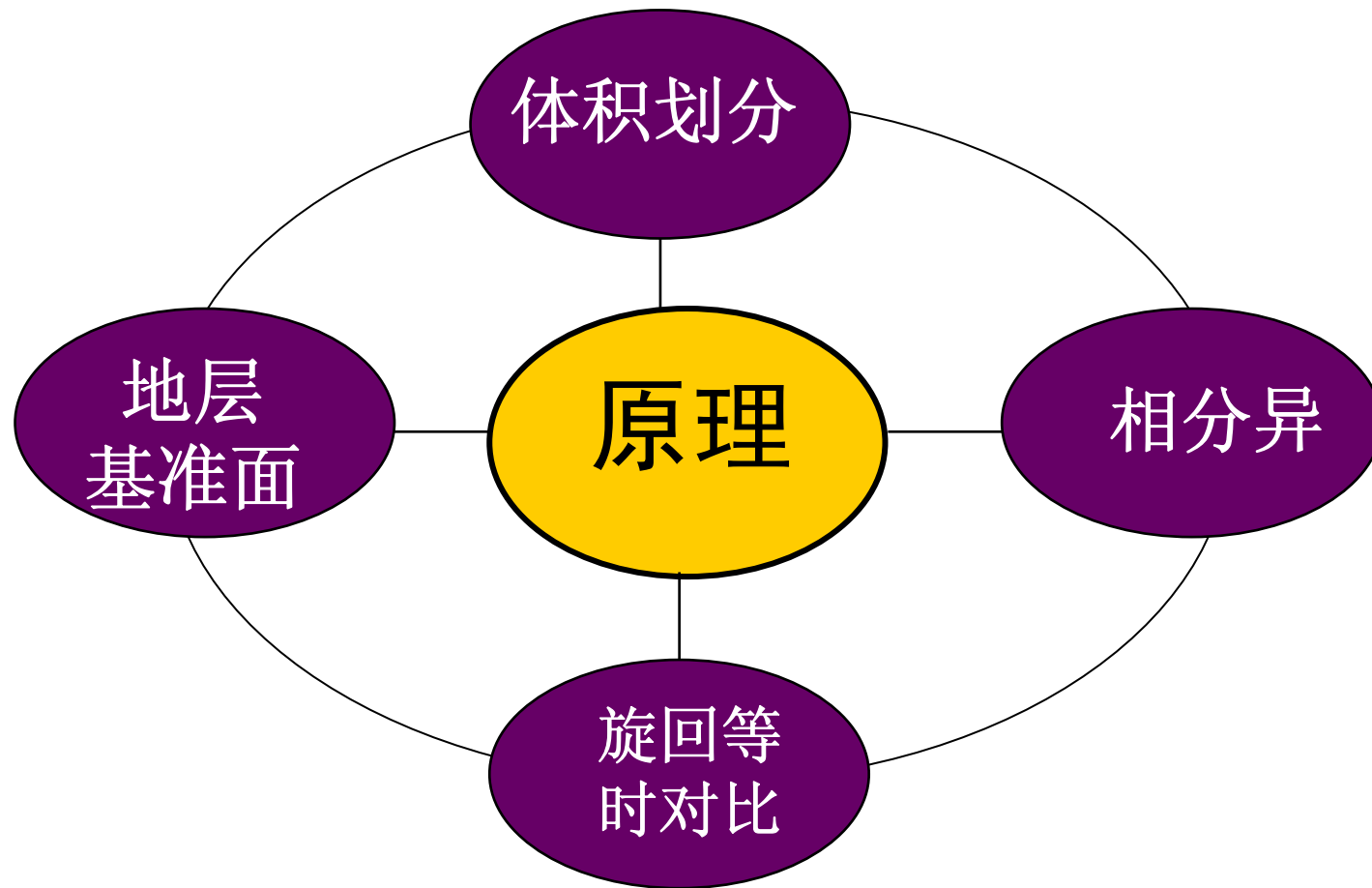
油砂体分类评价

项 目		油层类别		
		一类	二类	三类
单层分布	砂岩钻遇率, %	≥ 75	60 ~ 75	< 60
	砂岩延伸程度大于600m的厚度百分数, %	≥ 70	50 ~ 70	< 50
有效厚度	小层展平厚度, m	≥ 0.8	0.5 ~ 0.8	< 0.5
	小层厚度占总厚度的百分数, %	≥ 10.0	7.0 ~ 10.0	< 7.0
厚油层厚度占小层厚度百分数, %		≥ 70	50 ~ 70	< 50
有效渗透率, $10^{-3} \mu m^2$		≥ 100	80 ~ 100	< 80



二、高分辨率层序地层学方法





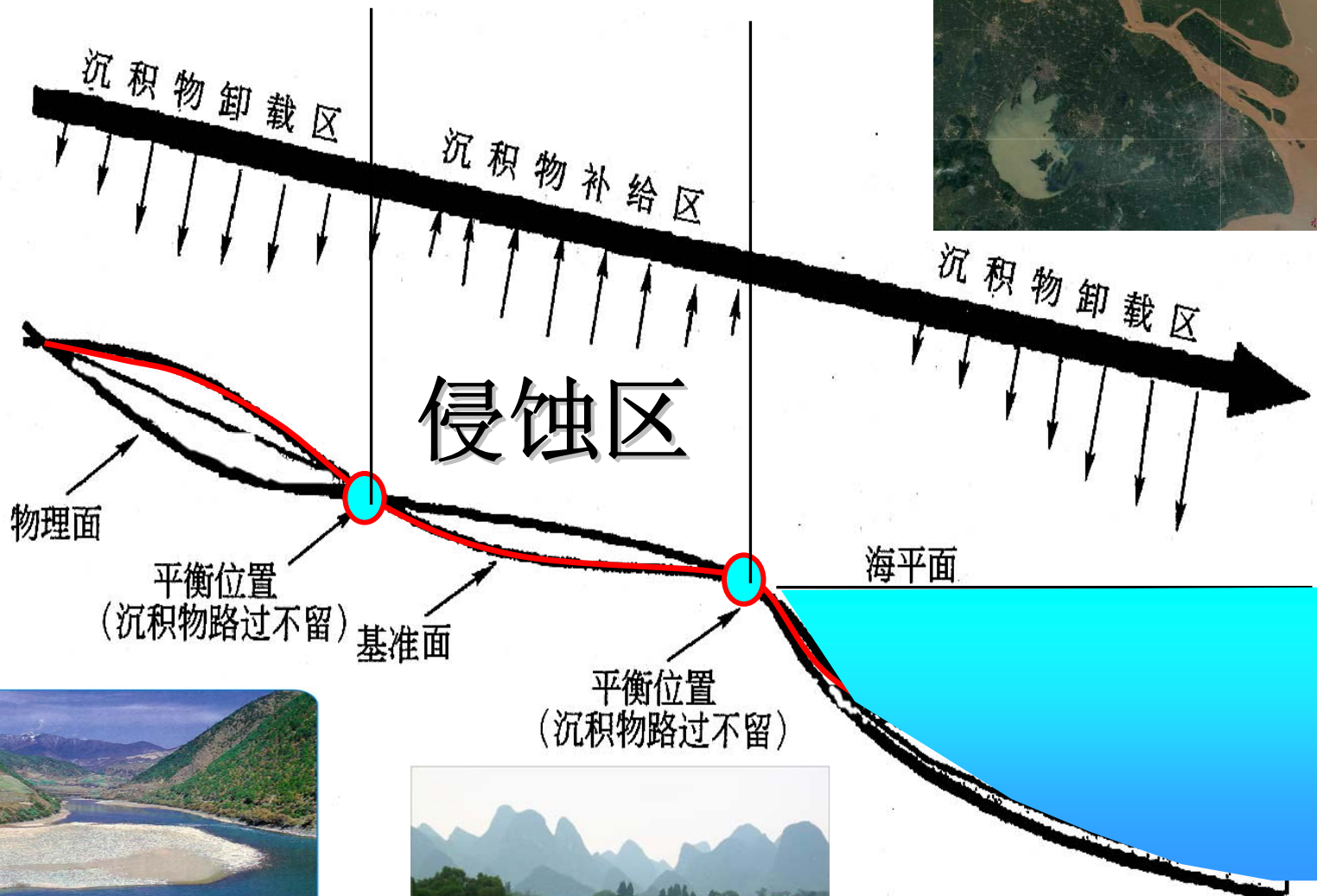
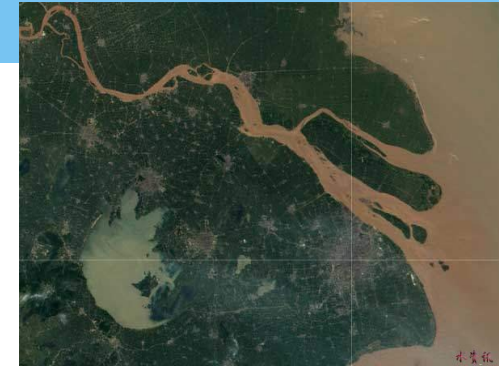


地层沉积基准面

- 沉积基准面（不是湖平面或海平面）是一个相对于地表波状起伏的、连续的略向盆地方向下倾的潜在势能面，其位置、运动方向及升降幅度不断随时间变化，它在海盆范围内基本上是平行水平面的风暴波基面，而朝陆方向则是一个波状起伏的曲面。基准面之上无沉积，之下可以有沉积和埋藏。

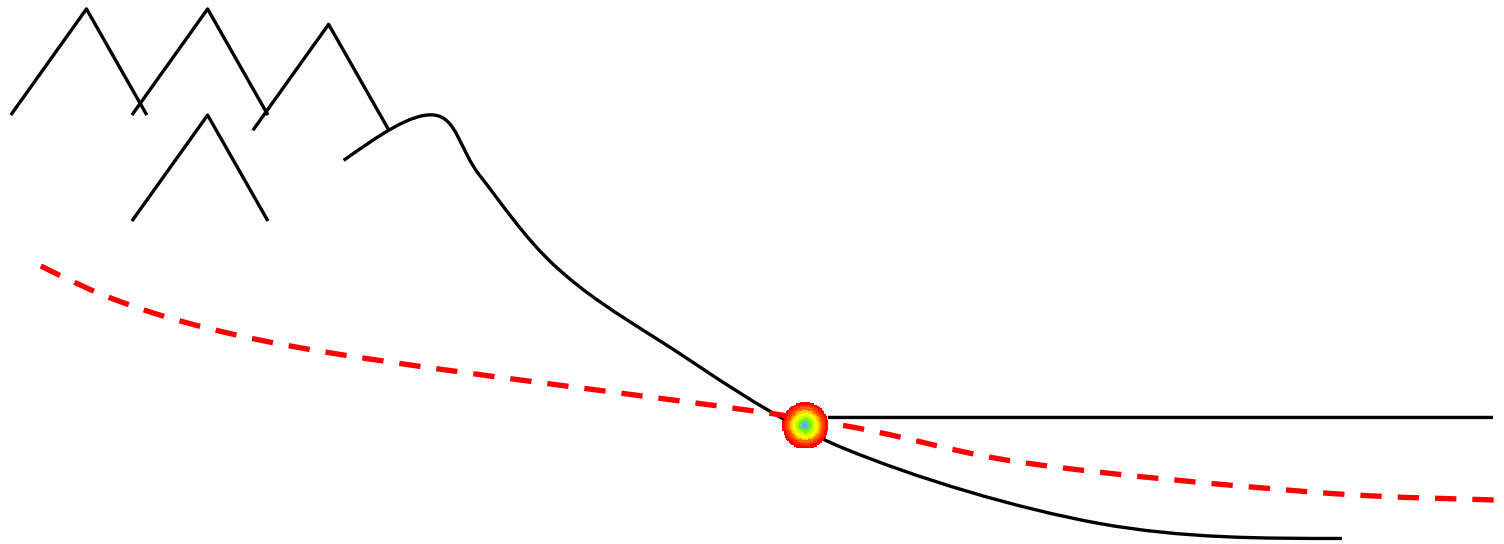


四种地质作用





- 基准面受海平面、构造沉降、沉积负荷、沉积物补给、沉积物地形等给因素制约。





- 基准面可以穿越地表之上摆动到地表之下再返回----基准面穿越旋回。
- 在基准面变化的时间域里，在地表的不同地理位置上表现出四种地质作用状态，即沉积作用、侵蚀作用（沉积间断）、沉积物路过、饥饿性沉积间断（淹没不整合）。
- 一个基准面旋回是等时的（不同地区的4种作用是同时发生的），在一个基准面旋回变化过程中保存下来的岩石为一个成因地层单元，即成因地层。它以时间为界面，因而为一个时间地层单元。



与岩石圈表面交会的基准面

一个成因层序由
岩石加界面组成

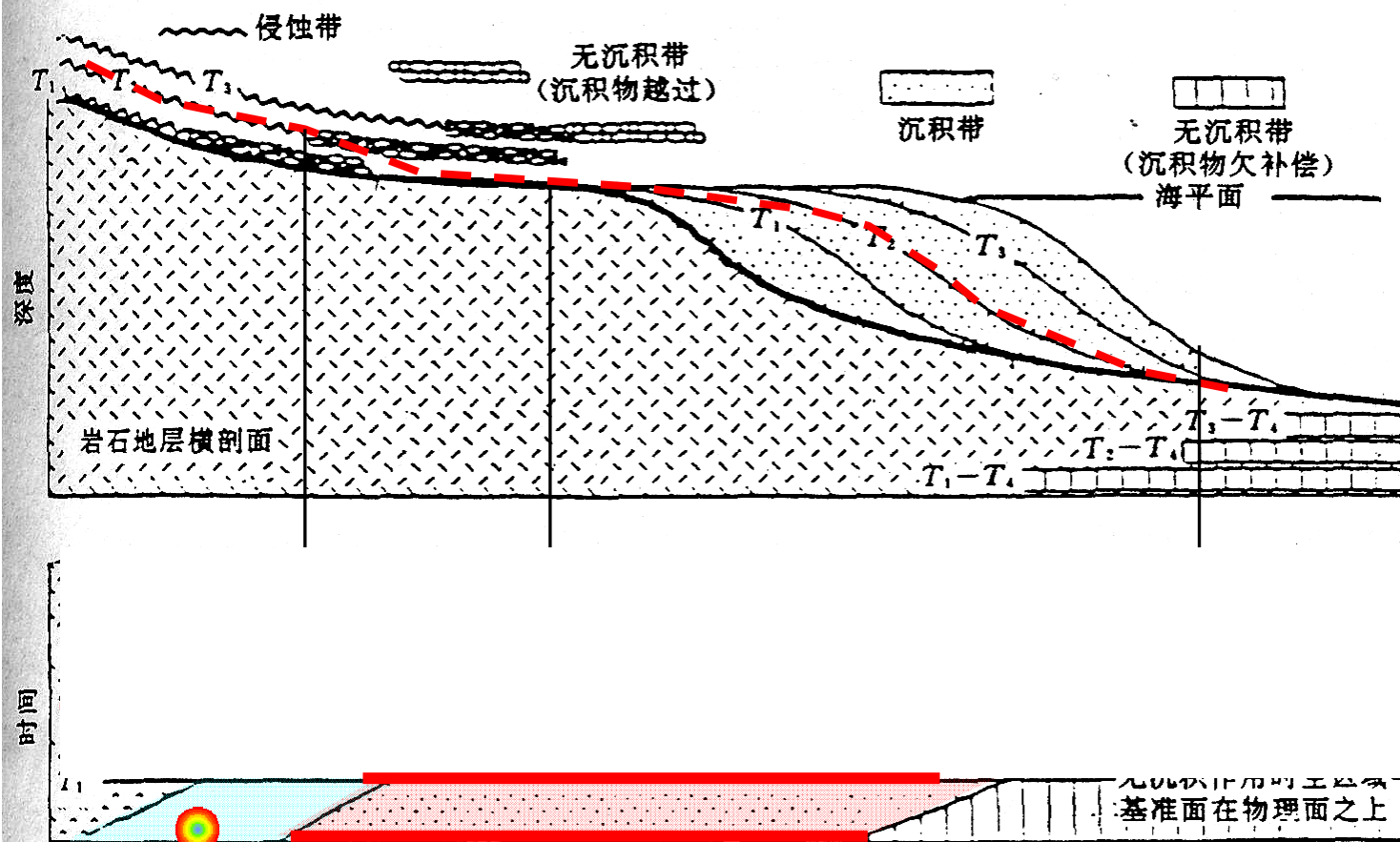


图 3.5 岩性地层剖面及侵蚀作用、沉积物路过、沉积作用和非补偿沉积作用的时空迁移对比图解 (Wheeler 图解法) (T. A. Cross, 1994)



- 基准面处于不断的运动之中，当其位于地表之上并相对于地表进一步上升时，可容纳空间增大，沉积物在该可容纳空间内堆积的潜在速度增加。当基准面位于地表之下时，侵蚀作用的潜在速度将增加，因此，基准面描述了可容纳空间的建立或消失与沉积作用间的变化过程。



沉积物体积划分与相分异

- 沉积体系域或相域内沉积物被划分成不同相域或相的过程--沉积物体积划分。
- 伴随可容空间的变化和沉积物划分，保存在相同沉积环境中的相序、相组合、相类型、和相的多样性也有显著区别，统称为相分异。相分异直接影响储层三维空间连续性、几何形态、岩性、岩相类型及岩石均质性物理性质。如在河流相中，低可容空间的河道砂比高可容空间的河道砂厚些，分布稳定些，含泥少些，均质性强些。

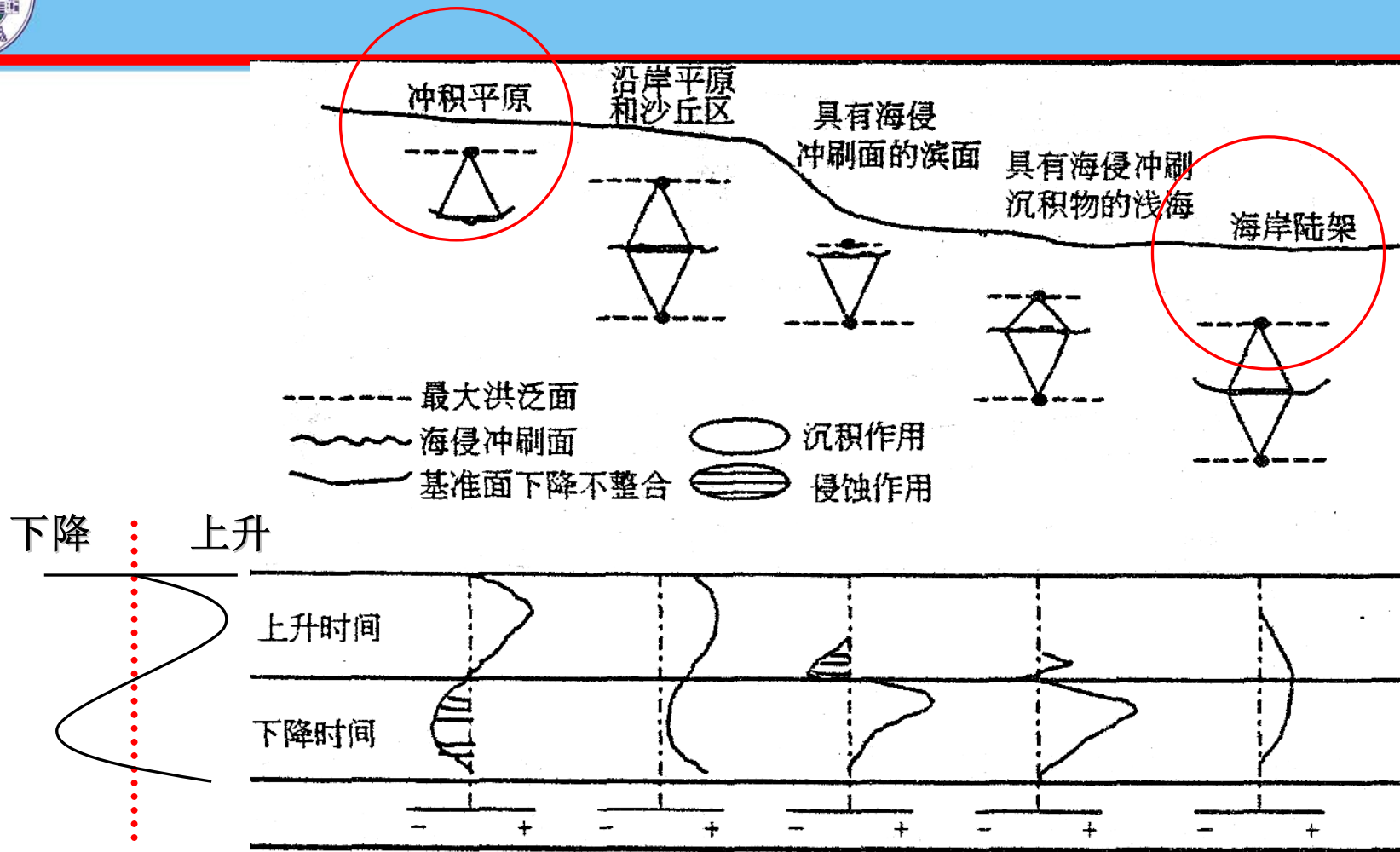


图 3-33 相分异原理示意图



有效可容空间

- 能被沉积物优先充填的基准面相对于沉积表面位置的所有空间。

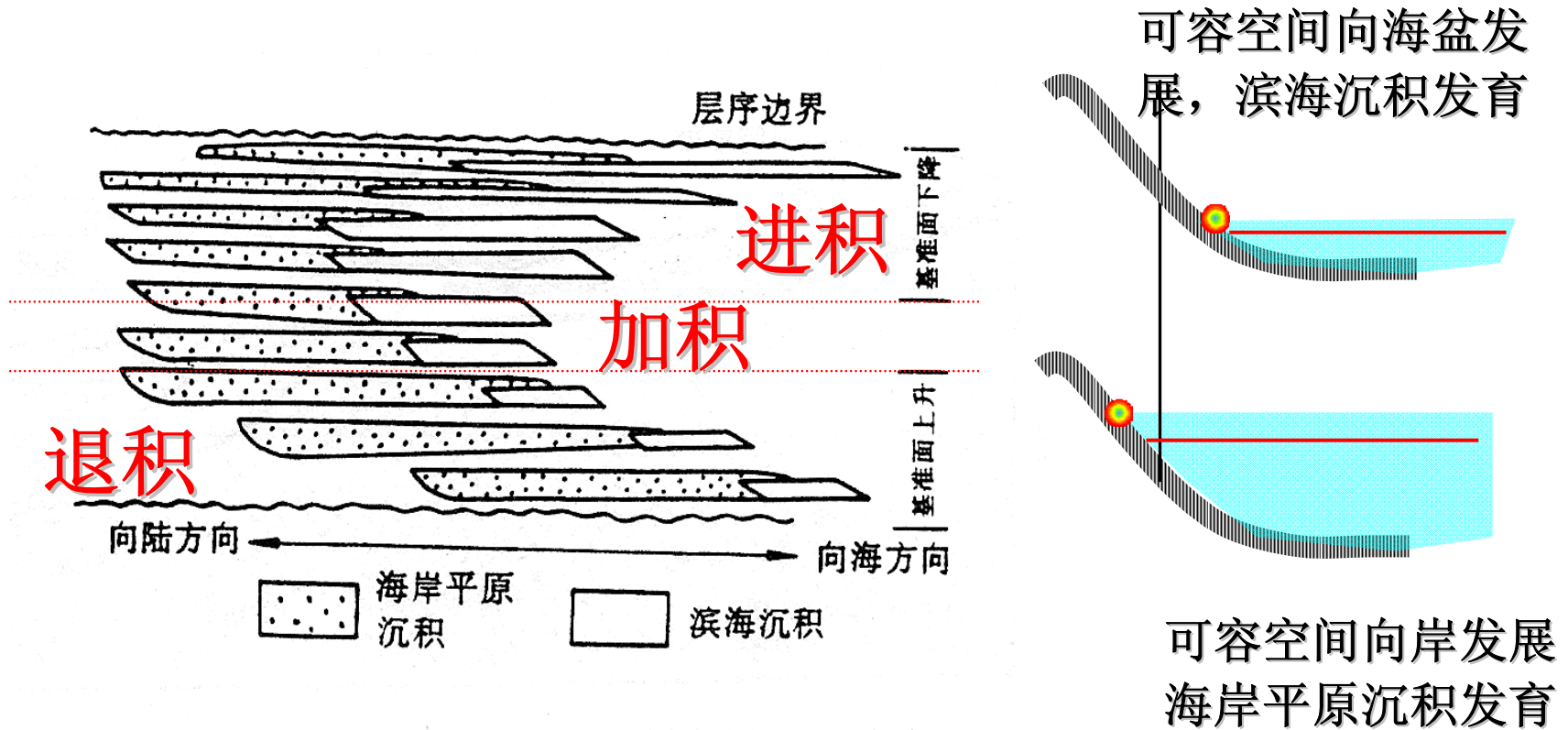
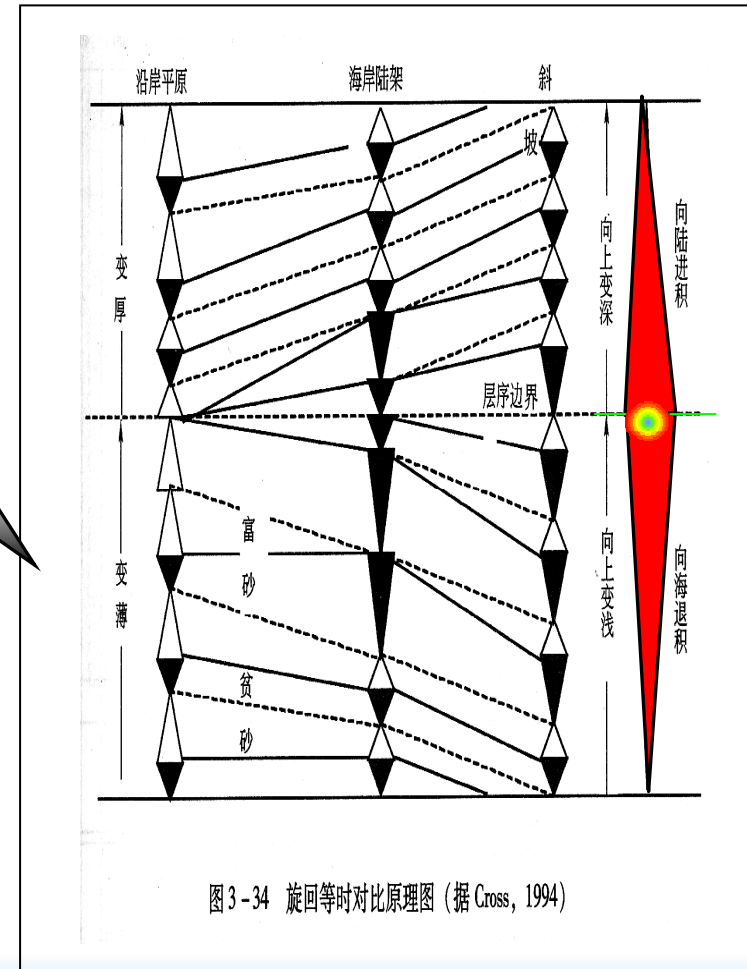


图 3.6 有效可容空间盆内迁移的沉积响应



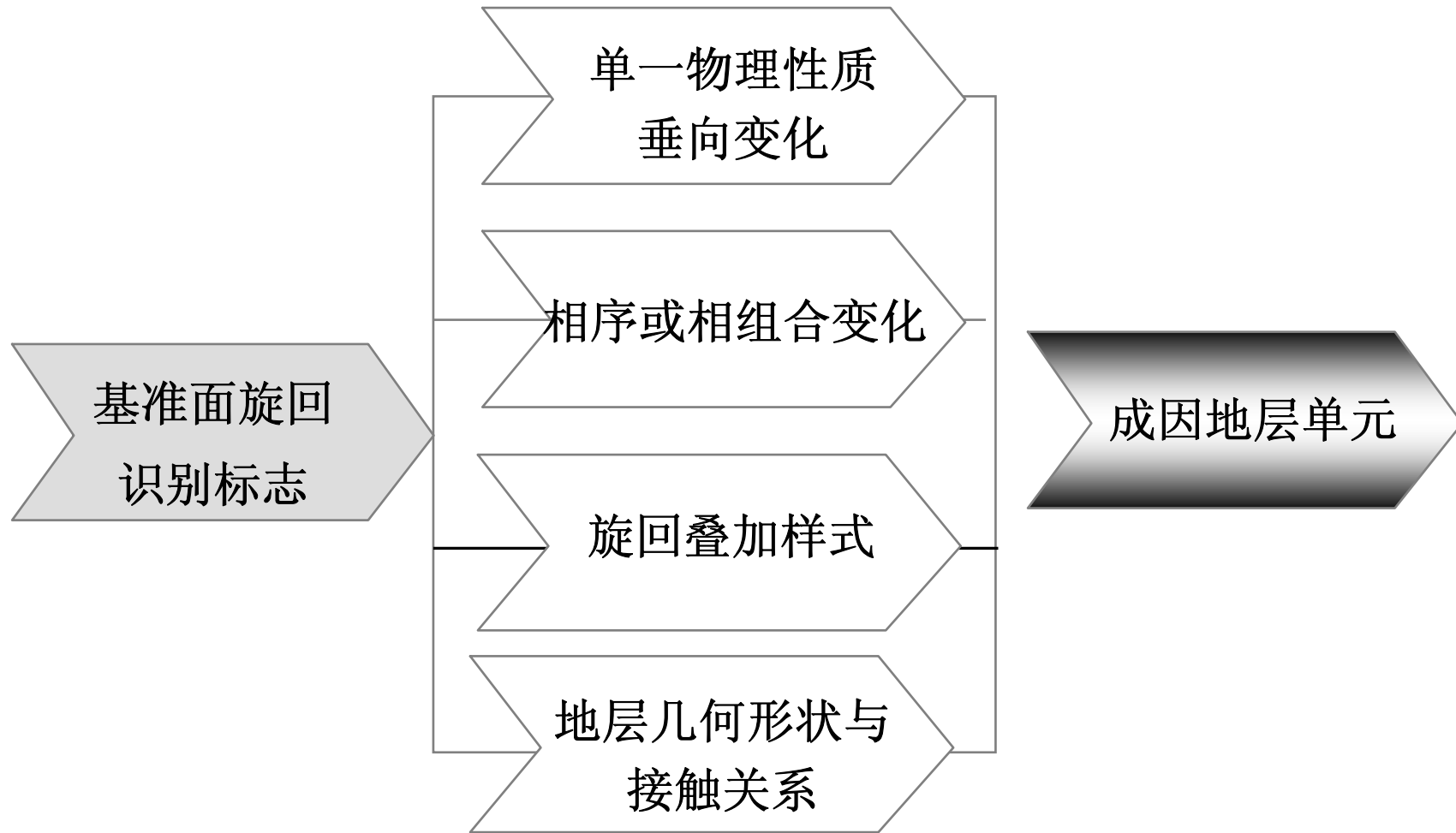
旋回等时对比原理

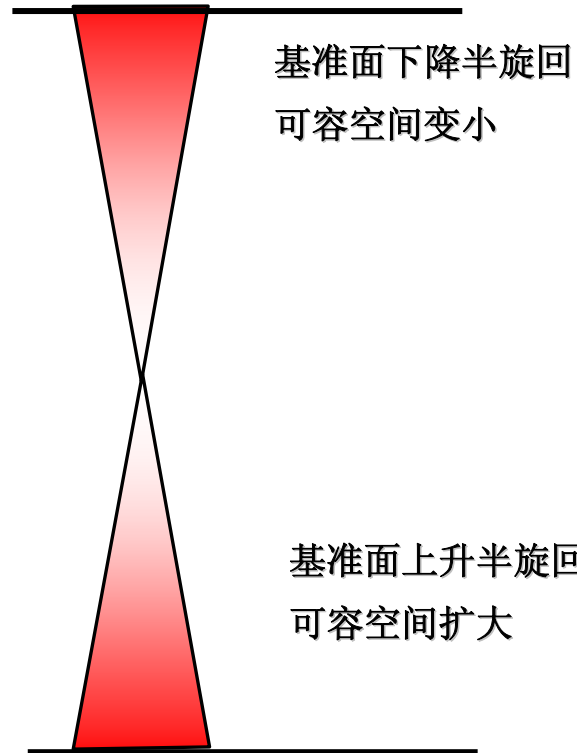
- 高分辨率地层对比是同时代地层与界面的对比，不是旋回幅度和岩石类型的对比。
- 基准面旋回的转折点，即基准面由下降到上升或由上升到下降的转变位置，可作为时间地层对比的优选位置。





单井基准面旋回的识别与划分





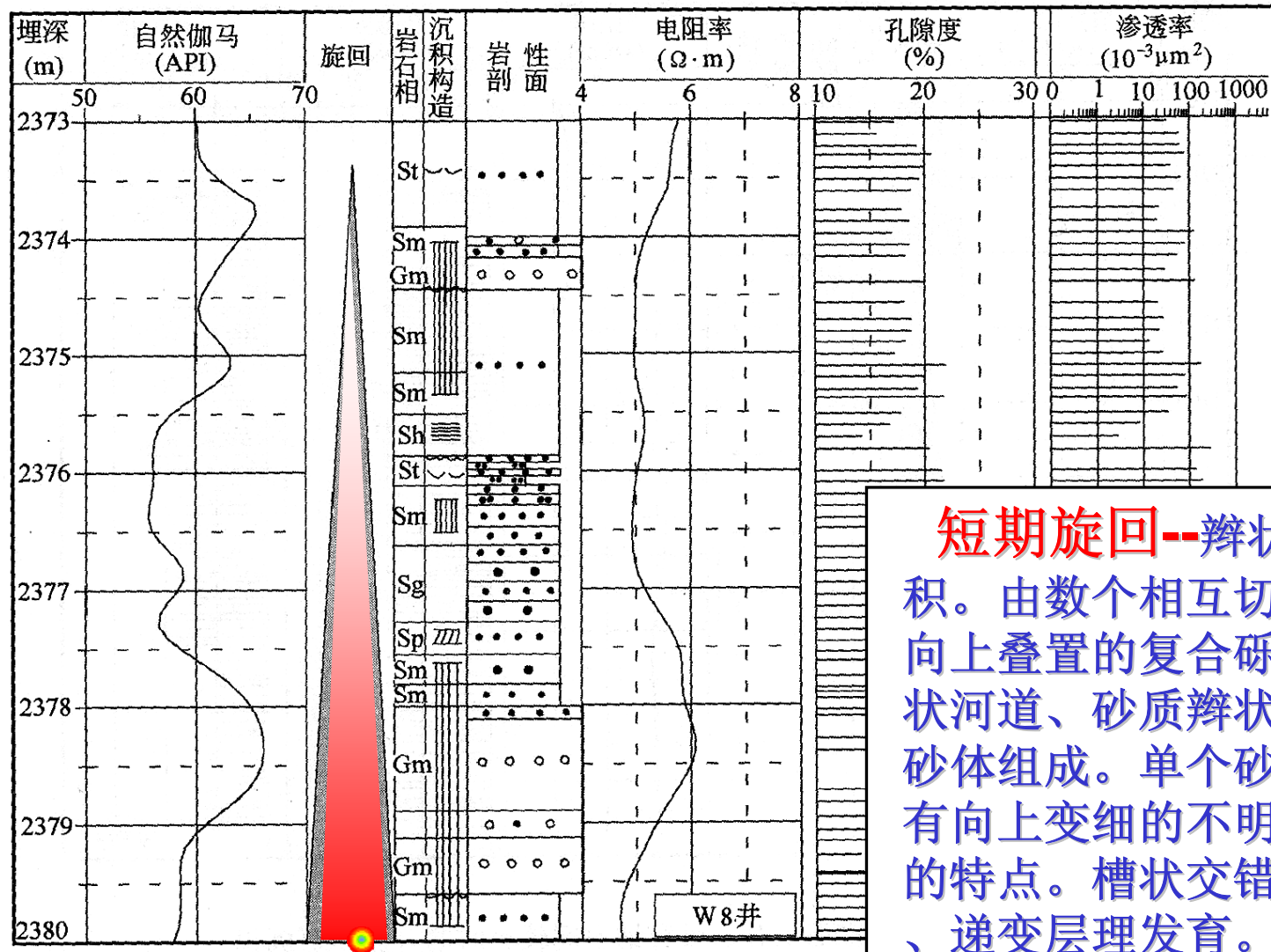
中期旋回

- ① 大规律侵蚀作用的证据
- ② 短期旋加叠加样式的组合
- ③ 跟基准面变化有关

短期旋回

- ① 单个砂体粒径的的垂向变化或垂向上的微相组合等--沉积自旋回性作用，与基准面无关

单井分析

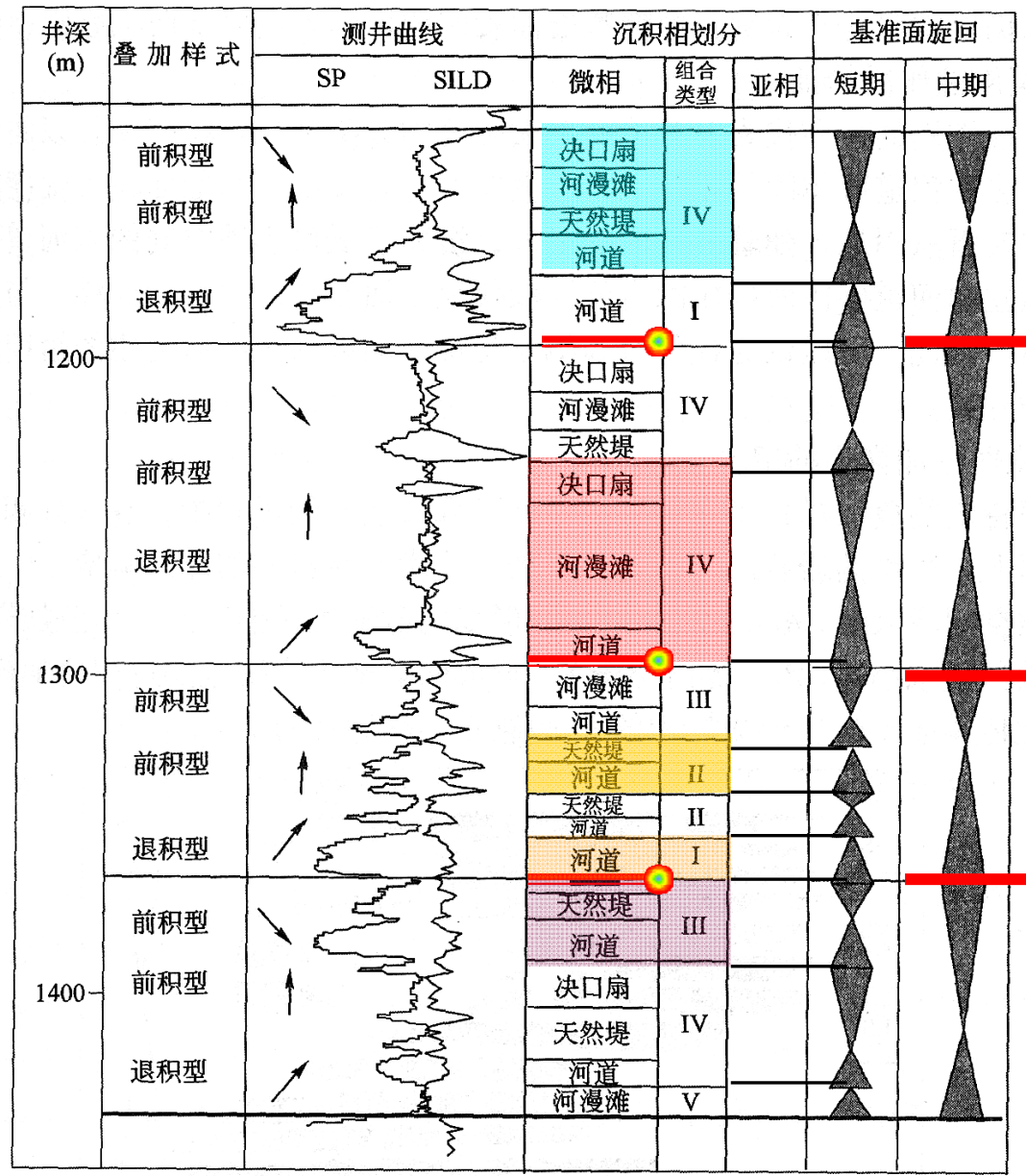


短期旋回--辫状河沉积。由数个相互切割纵向上叠置的复合砾质辫状河道、砂质辫状河道砂体组成。单个砂体具有向上变细的不明显地的特点。槽状交错层理、递变层理发育。岩相从砾岩—中砂—细砂岩变化，冲刷面较发育

图 3-38 基准面上升、可容纳空间较小时的



可识别出4种微相，即河道、天然堤、决口扇、河漫滩，根据其5种组合可以识别5种自旋回特征的短期旋回。



4个中期旋回以河道底为界

图3-39 单井地层中、短期旋回及叠加模式划分



- 在中期旋回内部，短期旋回所处的位置不同，类型则不同，储层特征也不同。
- 以河道砂体为主的自旋回发育于中期基准面上升早期，河道→天然堤→河漫滩组合和河道→河漫滩组合位于中期基准面旋回中期，河道→天然堤→决口扇组合则多出现在中期基准面旋回晚期。



基准面下降半旋
回可容空间变小

上



河道→天然堤→决口扇组合

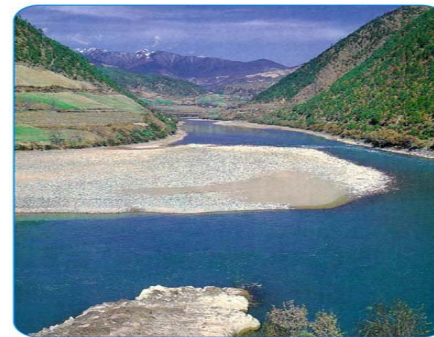
中



河道→天然堤→河漫滩组合

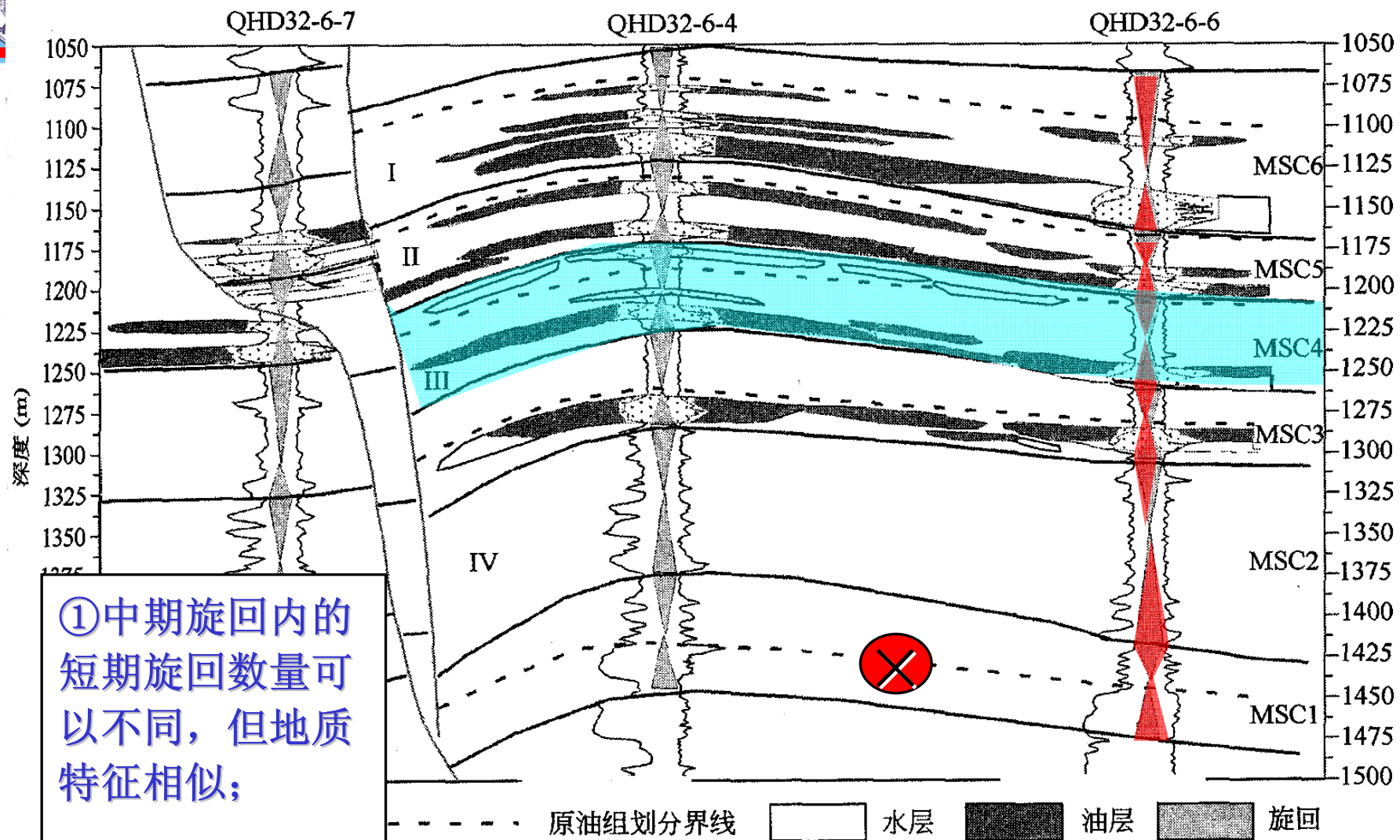
基准面上升半旋
回可容空间扩大

下



河道砂体组合

(可作为中期旋回开始的界线)



①中期旋回内的短期旋回数量可以不同，但地质特征相似；

②短期旋回在中期旋回中的位置不同，物性不同

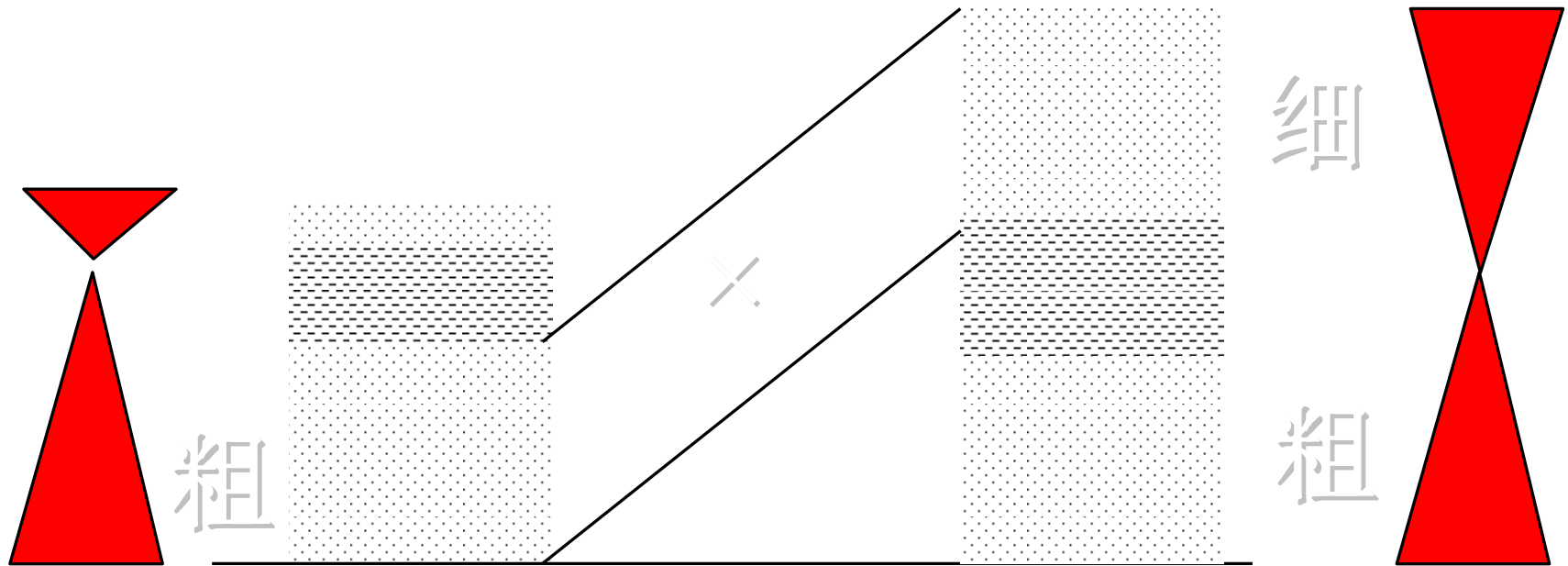
图 3-41 井间旋回对比油藏剖面图



- 传统的岩性对比方法总是将砂岩集中段划分为同一个油组。因此，一个中期基准面旋回晚期的河道或决口扇砂体往往与另一个中期旋回早期的河道砂体合并为一个油层组，这显然是不合理的。传统的划分有时会出现同一油层组内高部位为水，低部位为油的现象，这是因为地层对比出了问题。高分辨率层序地层学方法解决了这些问题。



细





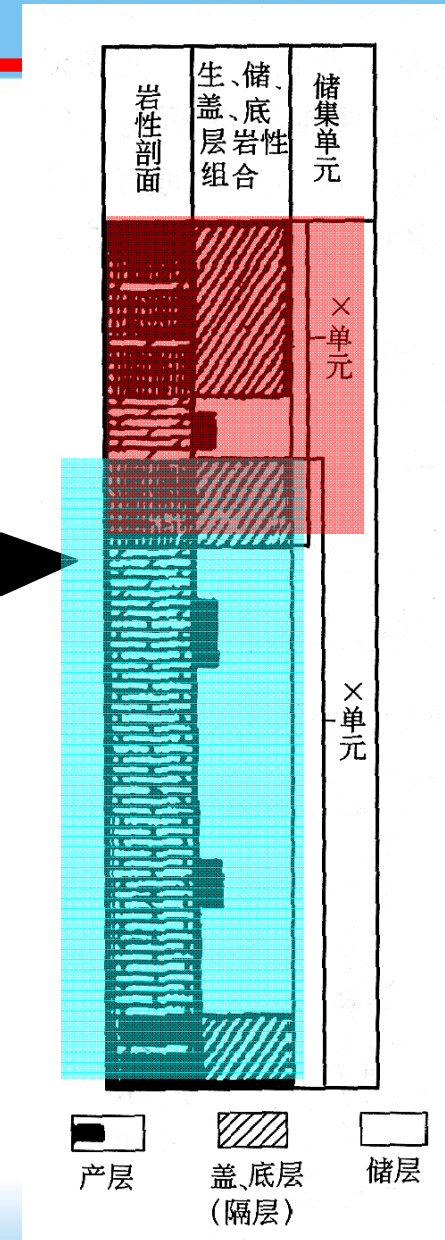
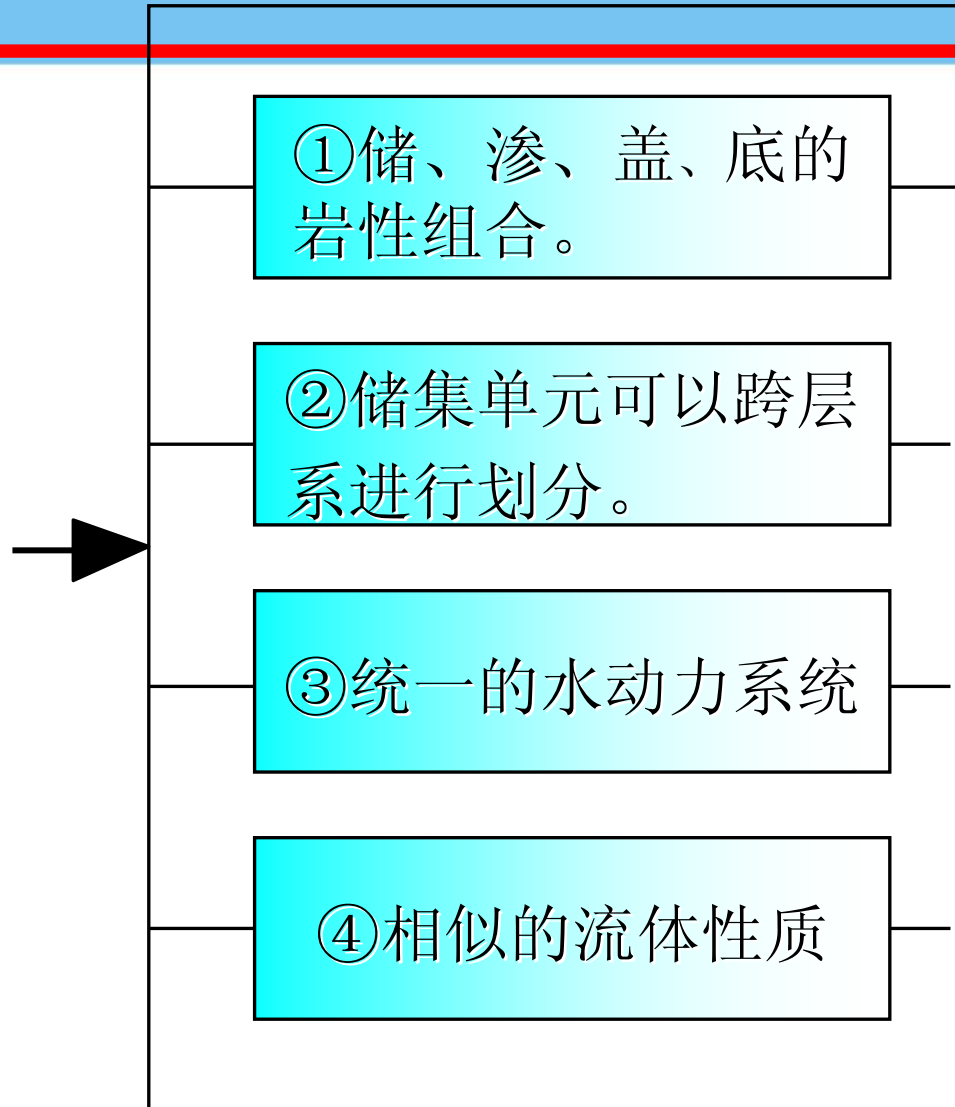
三、碳酸盐岩油气层对比

1、储集单元的划分； 2、储集单元的对比





储集单元的划分



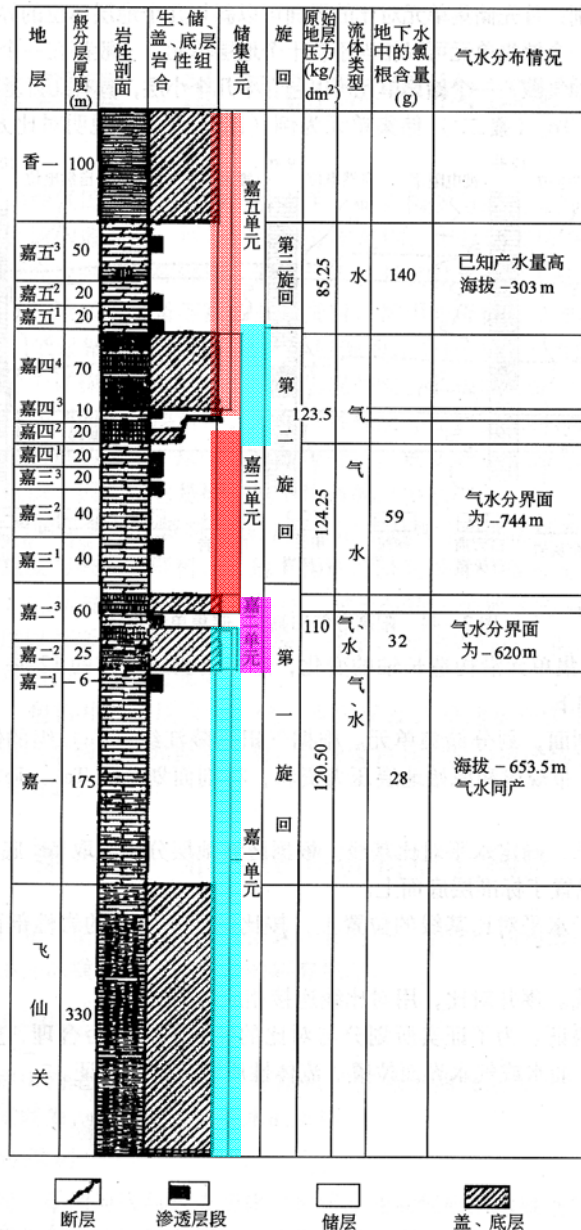


图 3-43 某气田三叠系嘉陵江组储集单元划分图

不同于陆相碎屑岩的储集单元划分方案，主要考虑两个因素：

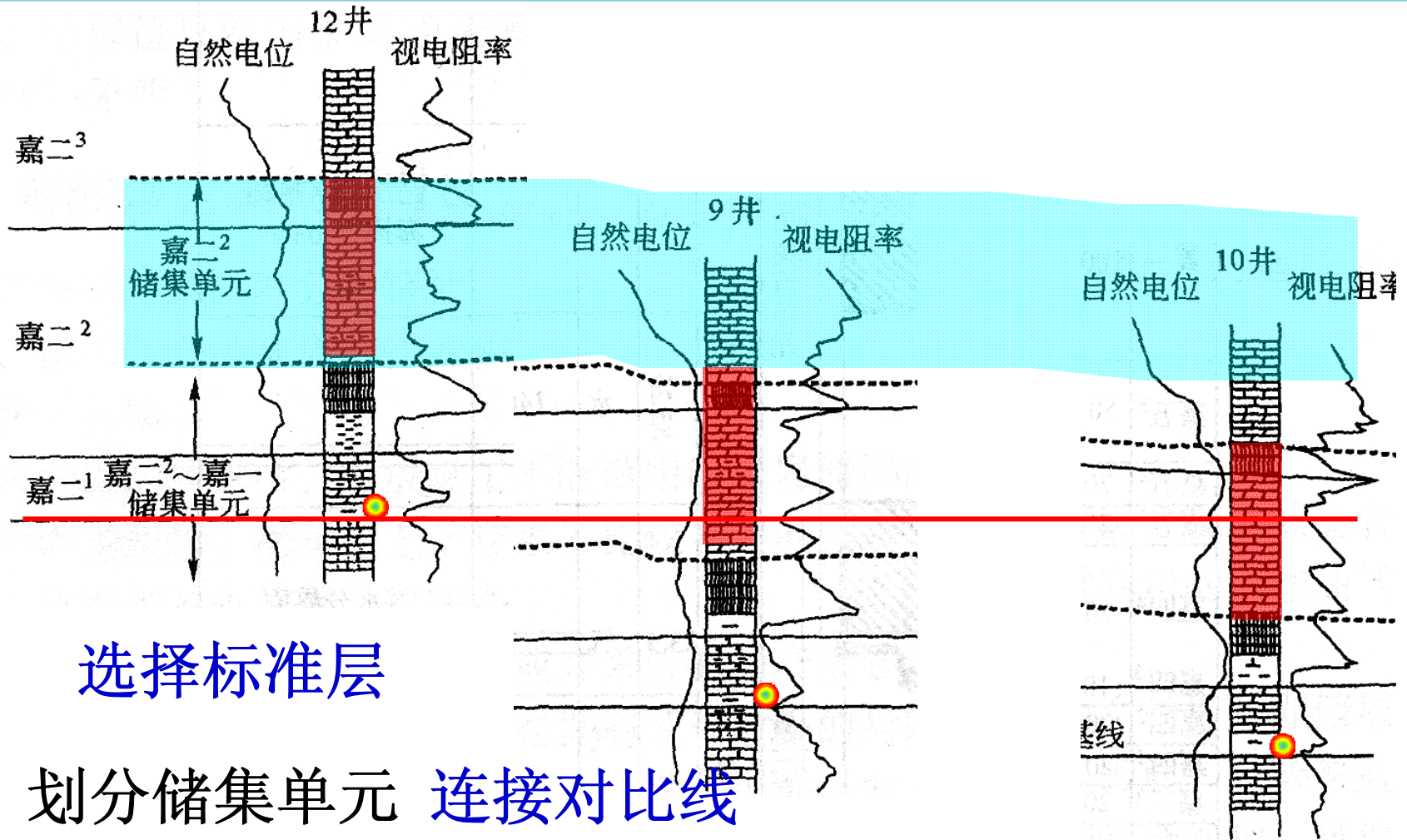
一是储层中应存在空隙发育的渗透层段；

二是储层上下存在抑制油气散失的封闭条件。



碳酸盐岩储集单元对比步骤

- ①建立标准剖面，划分储集单元；
- ②选择标准层，确定水平对比基线；
- ③将各井置于水平对比基线的位置上，按比例绘制各井的岩性剖面及测井曲线，划分出储集单元；
- ④连接对比线。逐井对比，用对比线连接相应的储集单元；
- ⑤动态资料验证。



选择标准层

划分储集单元 连接对比线

逐井对比

水平对比基线

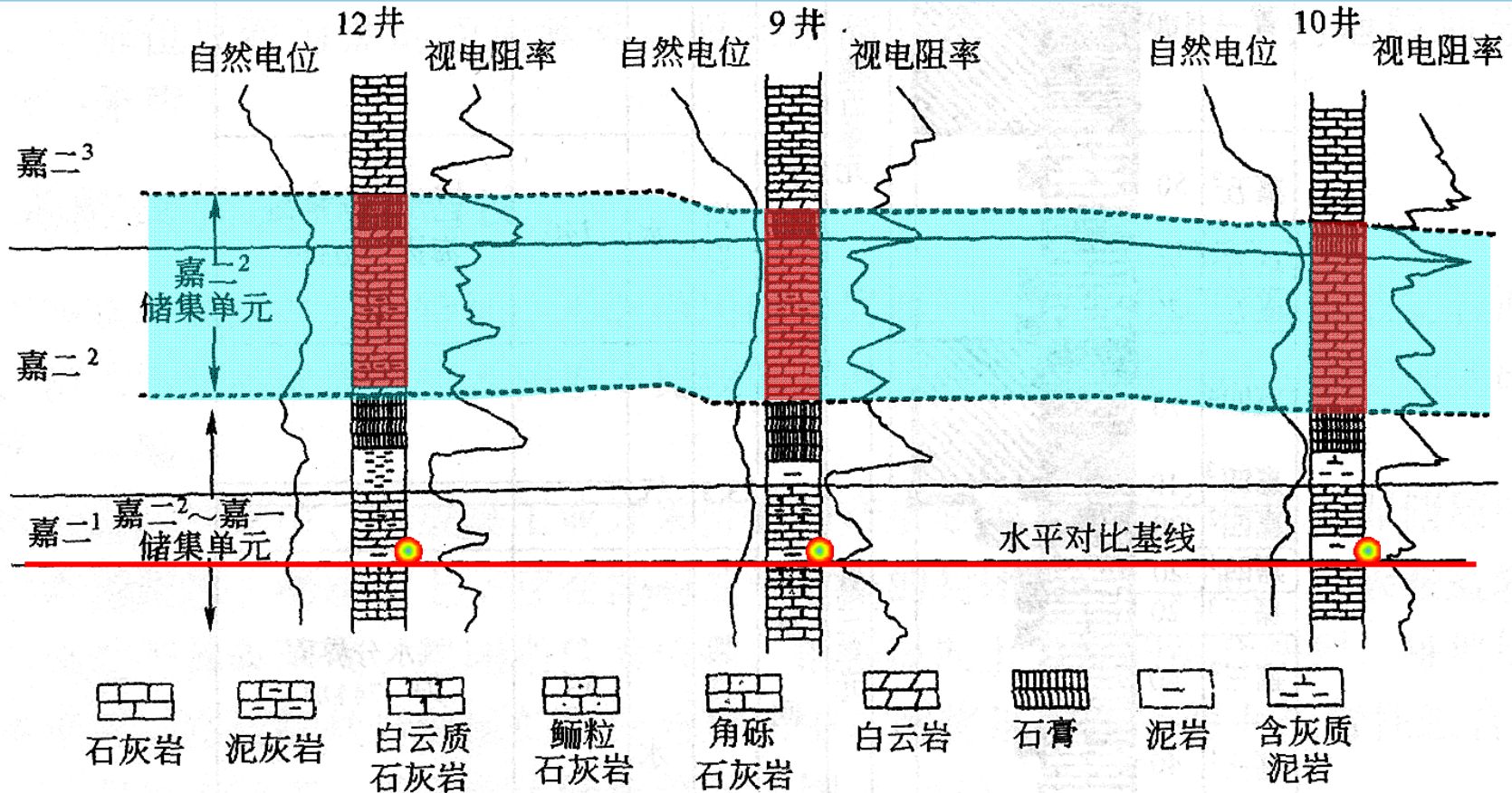


图 3-44 阳高寺气田嘉二² 储集单元对比