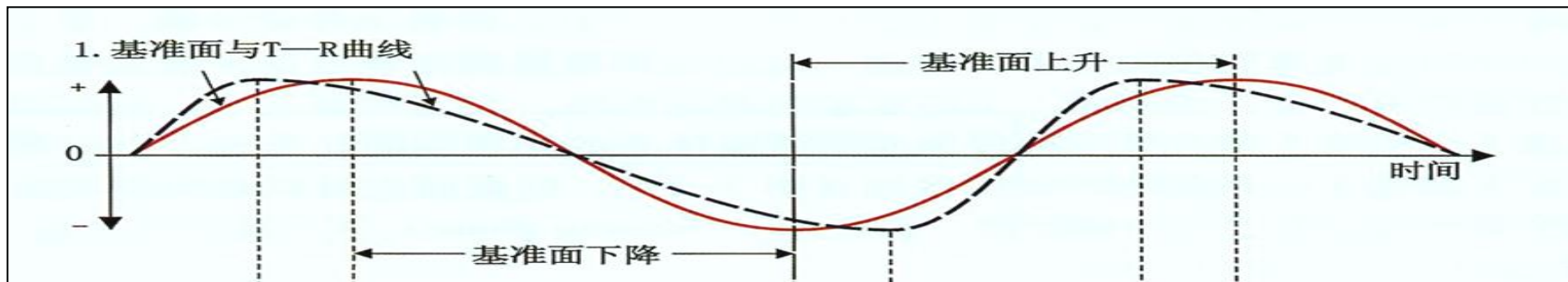




第四章 地层层序类型

- 一、沉积层序
- 二、成因层序
- 三、T-R层序
- 四、Cross层序



Galloway成因层序

最大沉积面

最大洪泛面

最大沉积面

滨线迁移轨迹

基准面
升降轨迹

Embry T-R层序

最大洪泛面

最大间断面

最大海退面

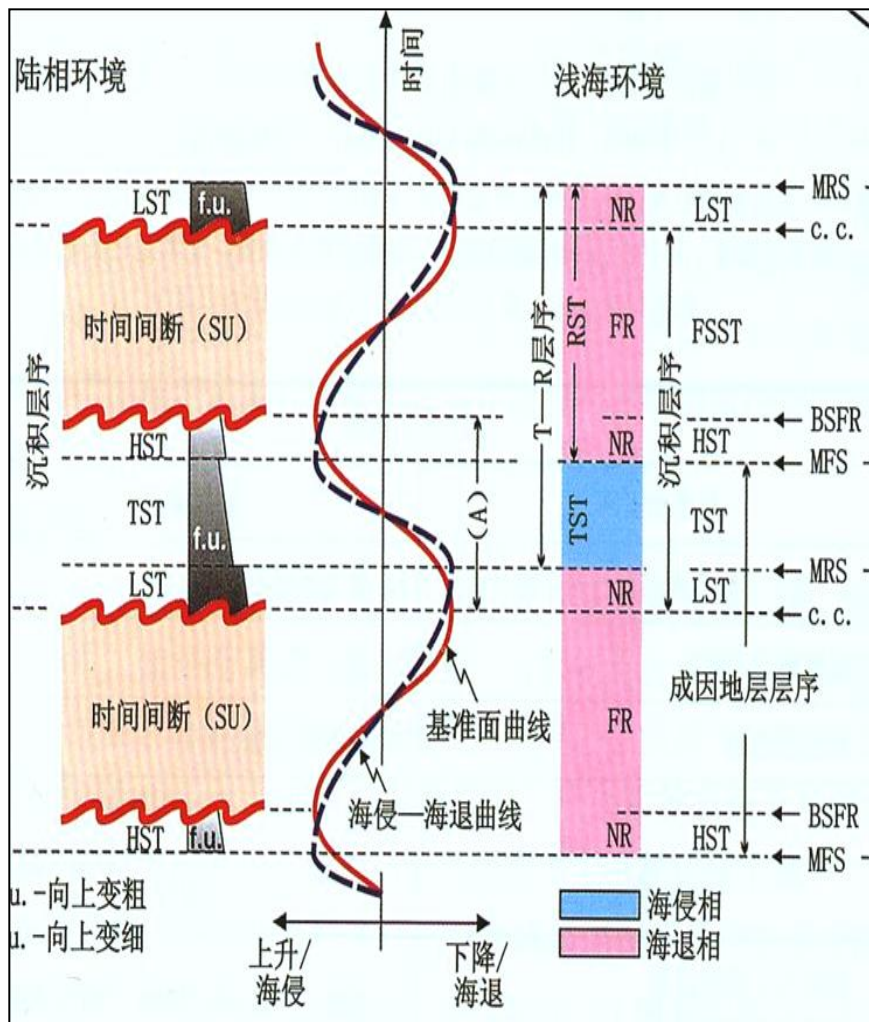
Vail沉积层序

Cross高分辨率层序

最大间断面

最大海退面

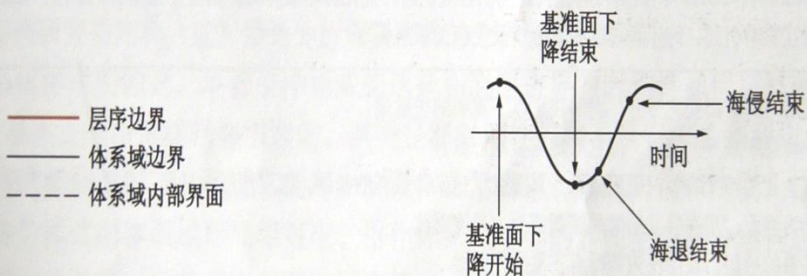
一、沉积层序



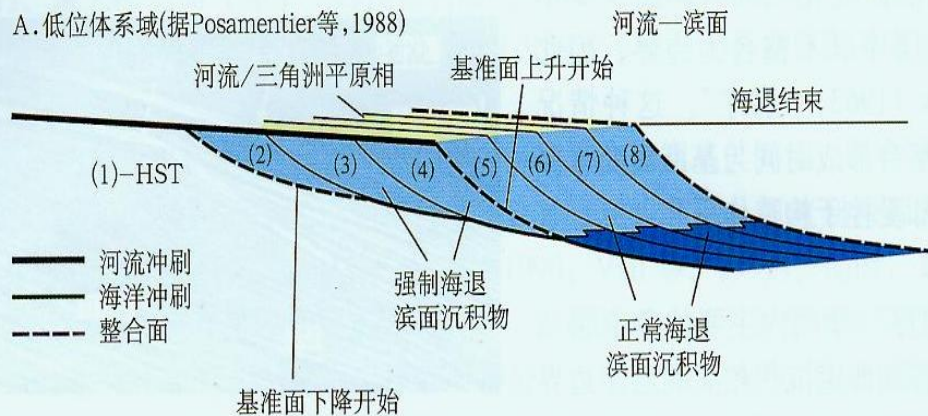
- 强调以陆上不整合及其海相相对应的整合作为的层序边界
- 复合层序边界
- 陆上不整合形成时间等同于滨线处基准面下降时期

争论的核心问题：层序边界位置和体系域划分

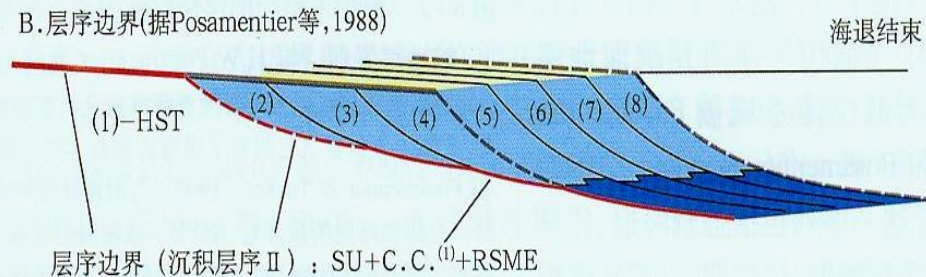
层序模式	沉积层序II	沉积层序III	沉积层序IV	成因层序	T-R层序
事件	沉积层序II	沉积层序III	沉积层序IV	成因层序	T-R层序
海侵结束	HST	HST早期	HST	HST	RST
海退结束	TST	TST	TST	TST	TST
基准面下降结束	LST晚期 (楔状体)	LST	LST	LST晚期 (楔状体)	RST
基准面下降开始	LST早期 (扇体)	HST晚期 (扇体)	FSST	LST早期 (扇体)	
	HST	HST早期 (楔状体)	HST	HST	



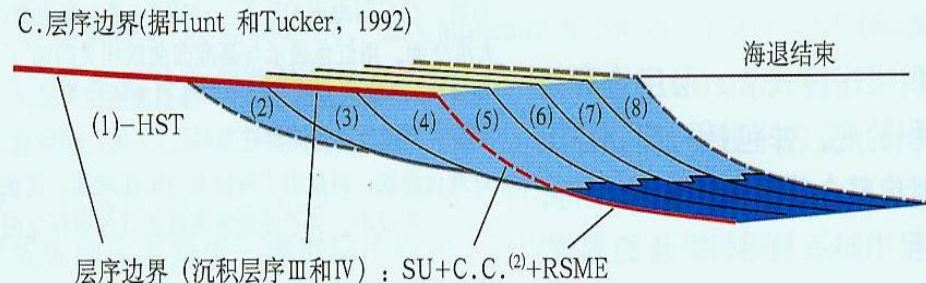
A. 低位体系域(据Posamentier等, 1988)



B. 层序边界(据Posamentier等, 1988)



C. 层序边界(据Hunt 和Tucker, 1992)





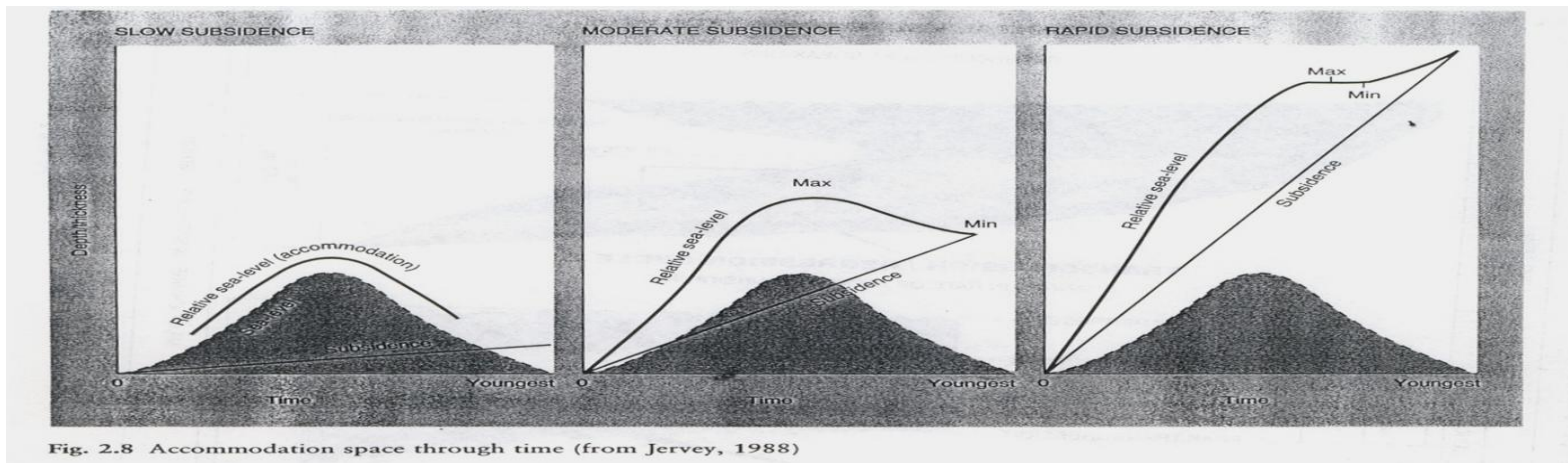
➤ 层序界面

不整合面结构-层序界面类型-层序类型

根据沉积滨线坡折带处海平面下降速率与盆地沉降速率之间的关系以及层序边界不整合类型，将层序划分出三种类型：

- ◆ I型层序----I型不整合面（低位域，海侵域，高位域）
- ◆ II型层序----II型不整合面（陆棚边缘体系域，海侵域，高位域）
- ◆ III型层序----III型不整合面（海侵域，高位域）

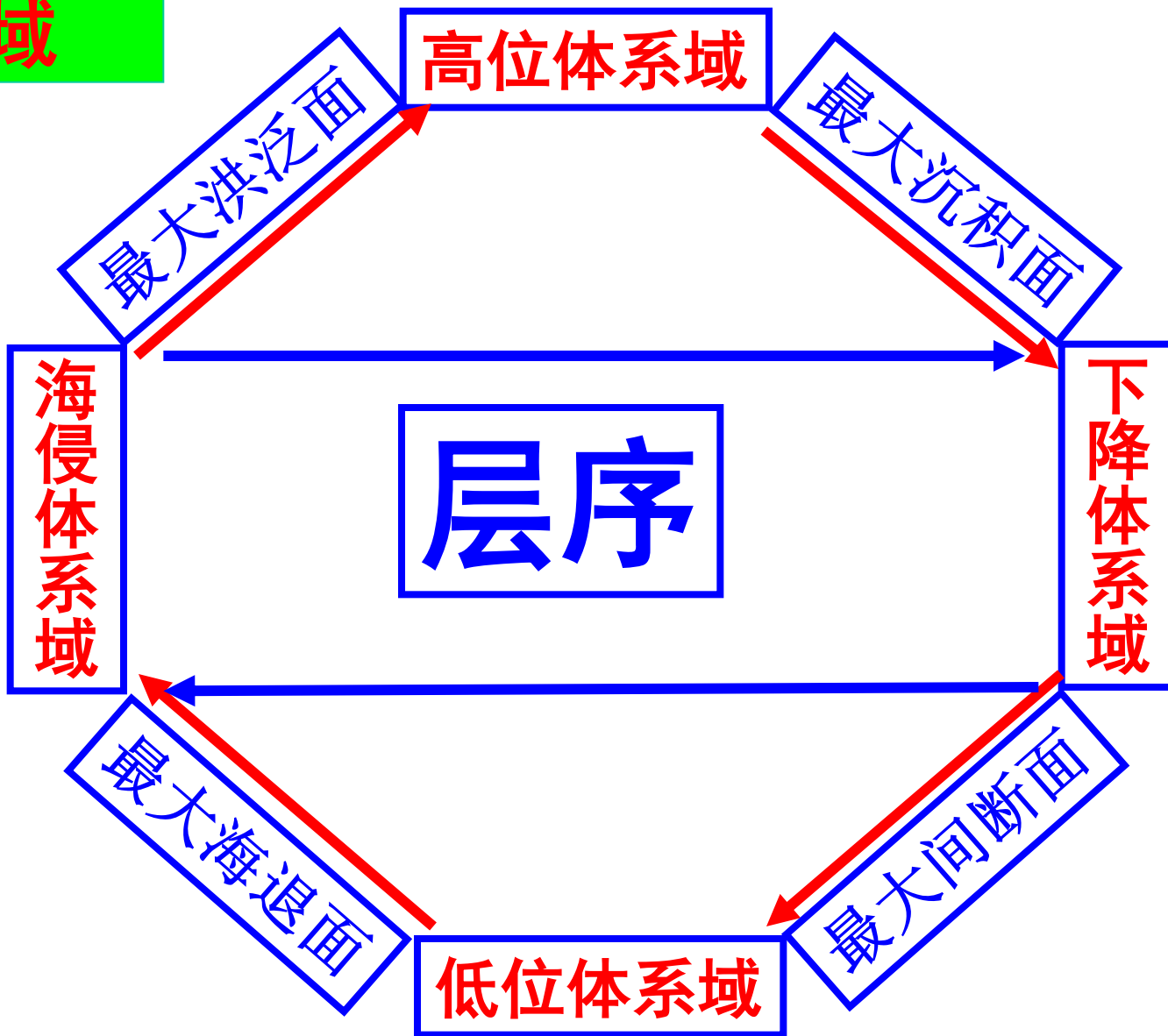
➤ 层序界面



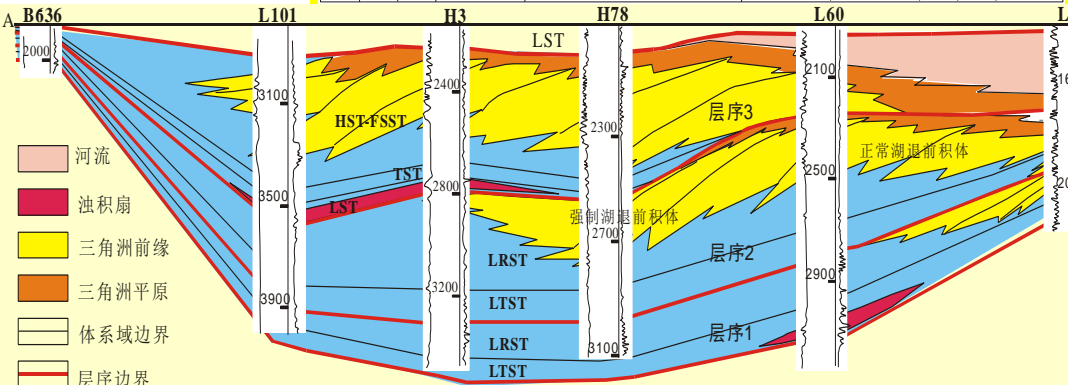
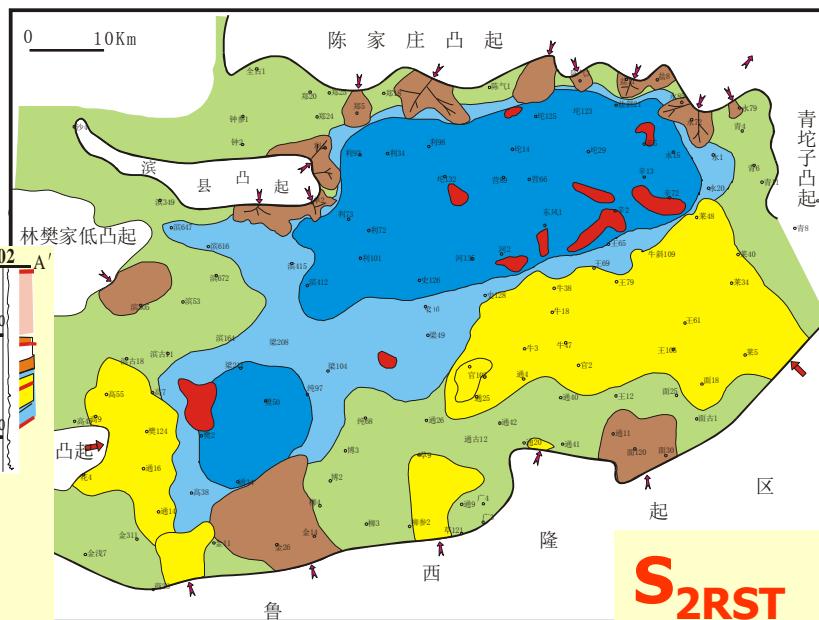
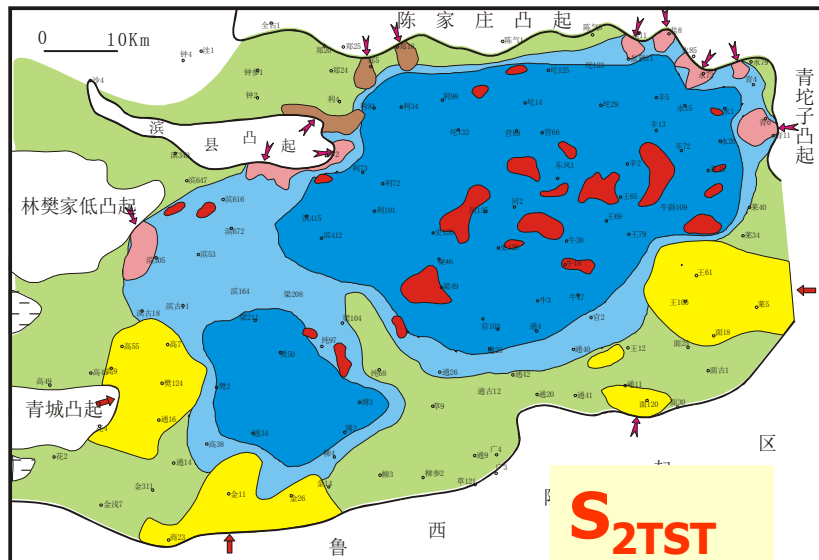
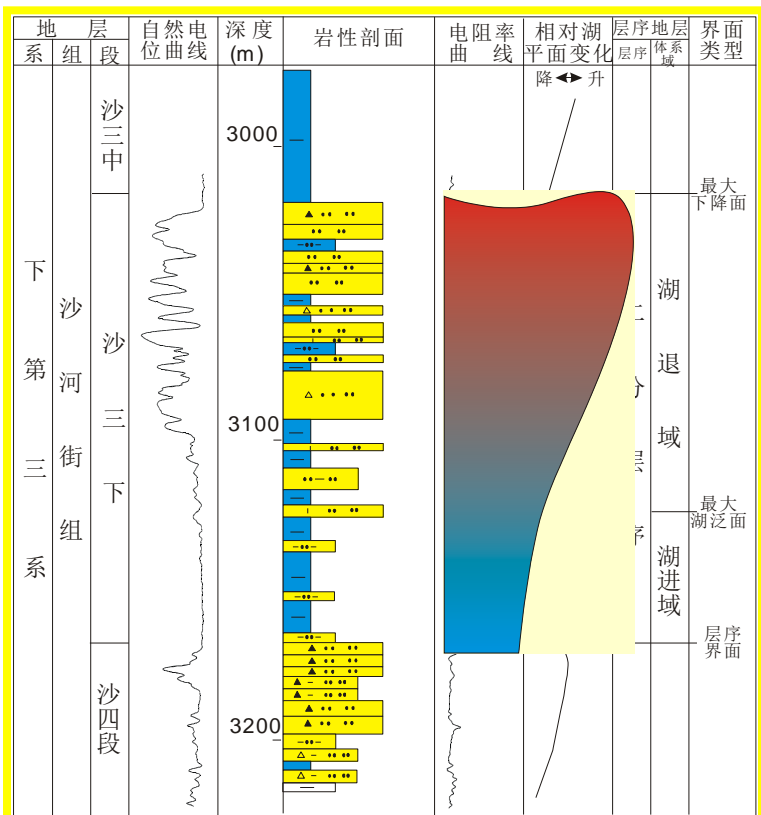
- 当沉降速率远小于全球海平面下降速率时，将形成I型不整合
- 当沉降速率接近全球海平面下降速率时，将形成II型不整合
- 当沉降速率超过全球海平面下降速率时，将形成III型不整合



体系域



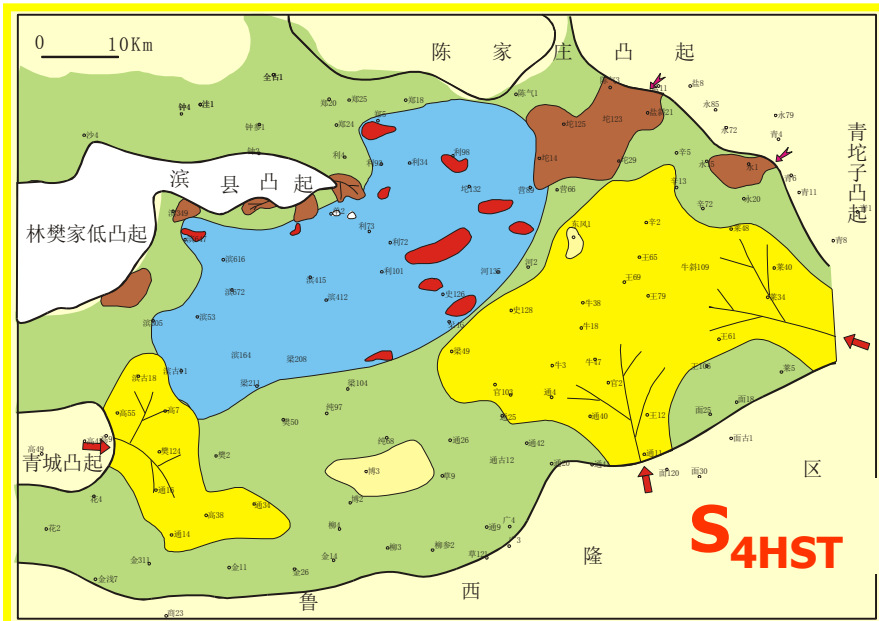
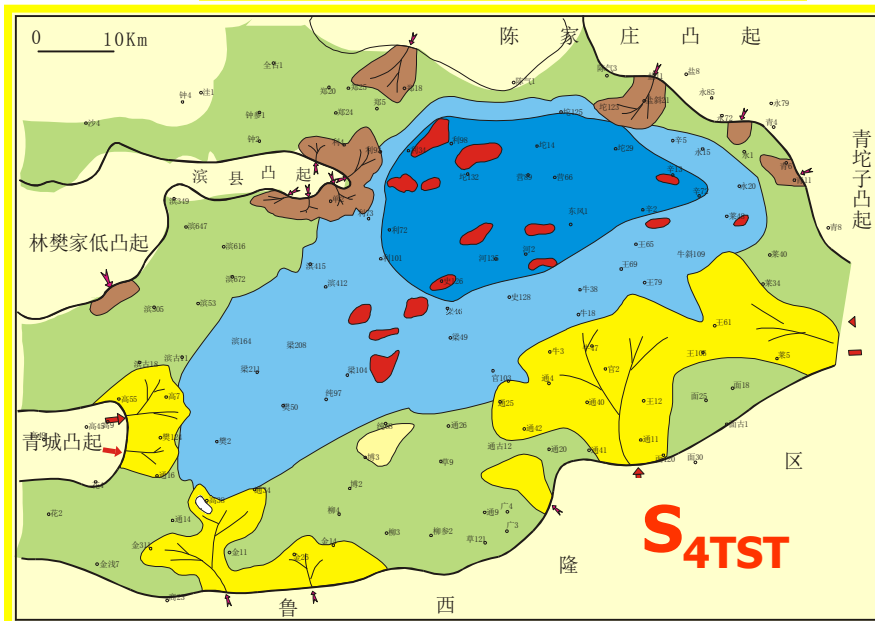
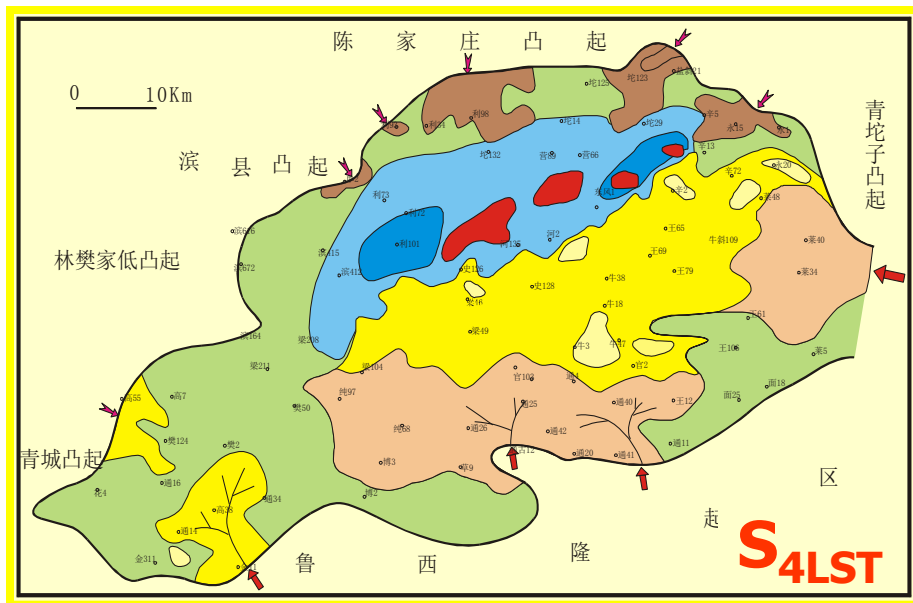
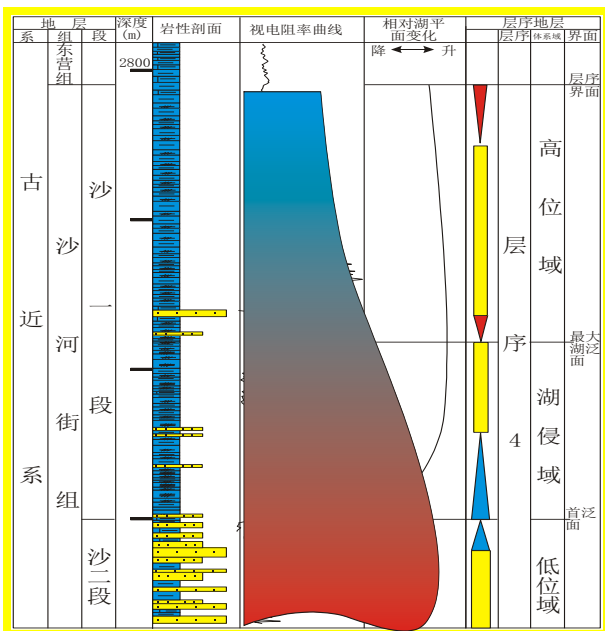
两分层序



- 河流
- 浊积扇
- 三角洲前缘
- 三角洲平原
- 体系域边界
- 层序边界

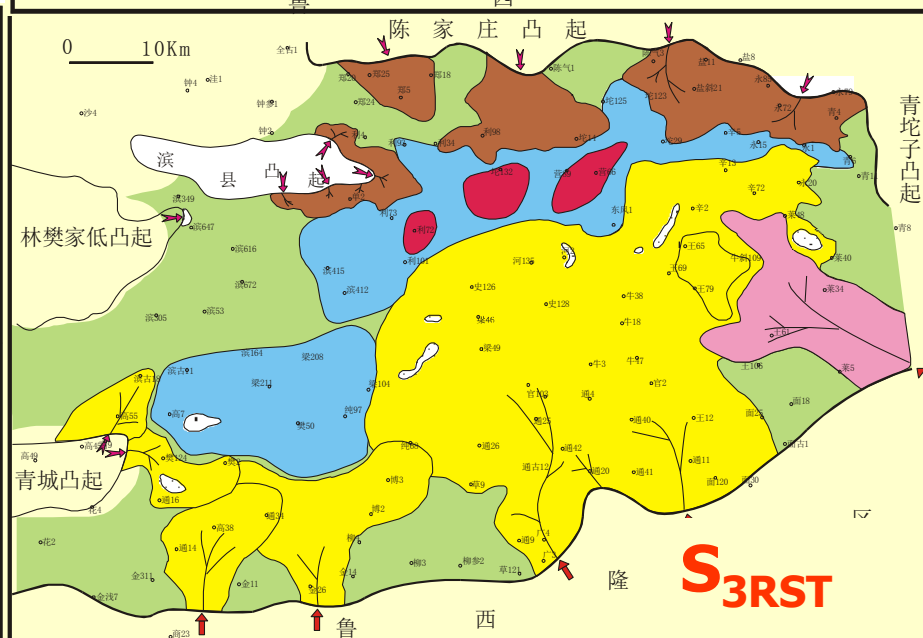
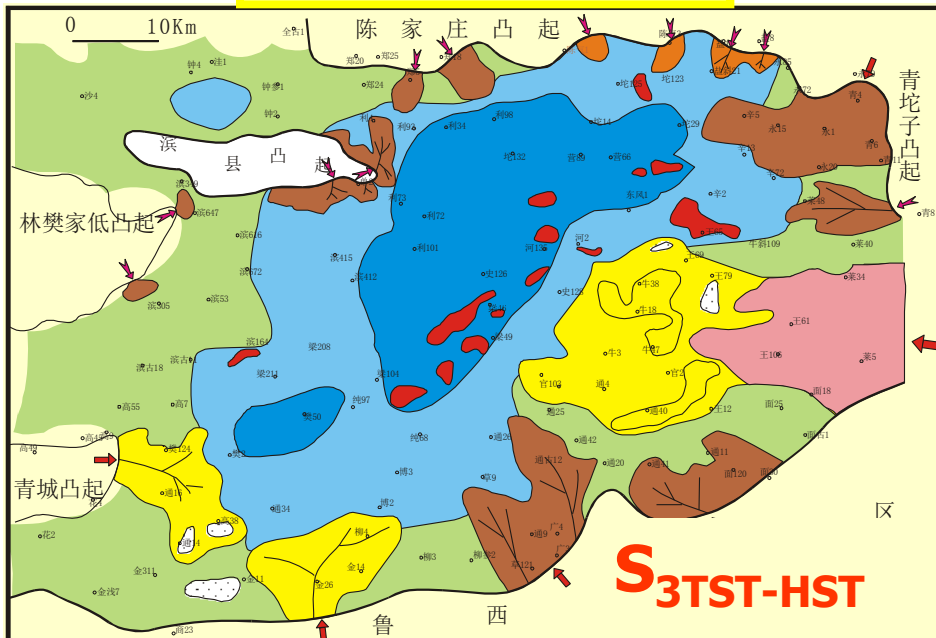
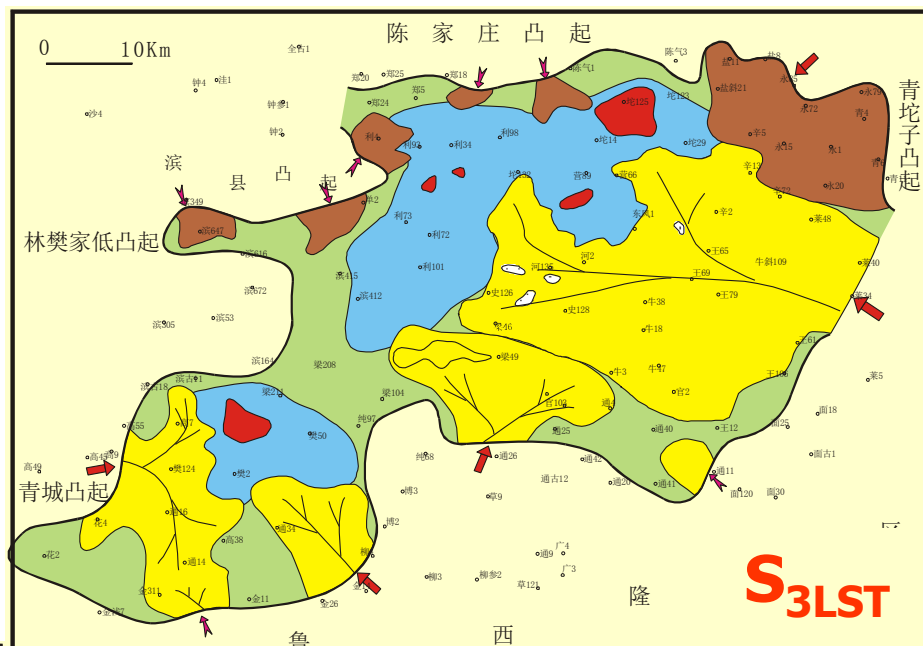
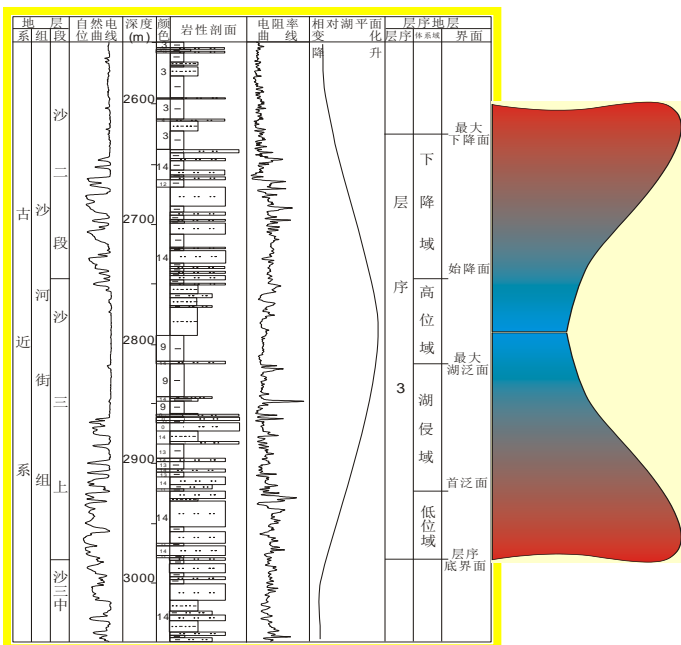


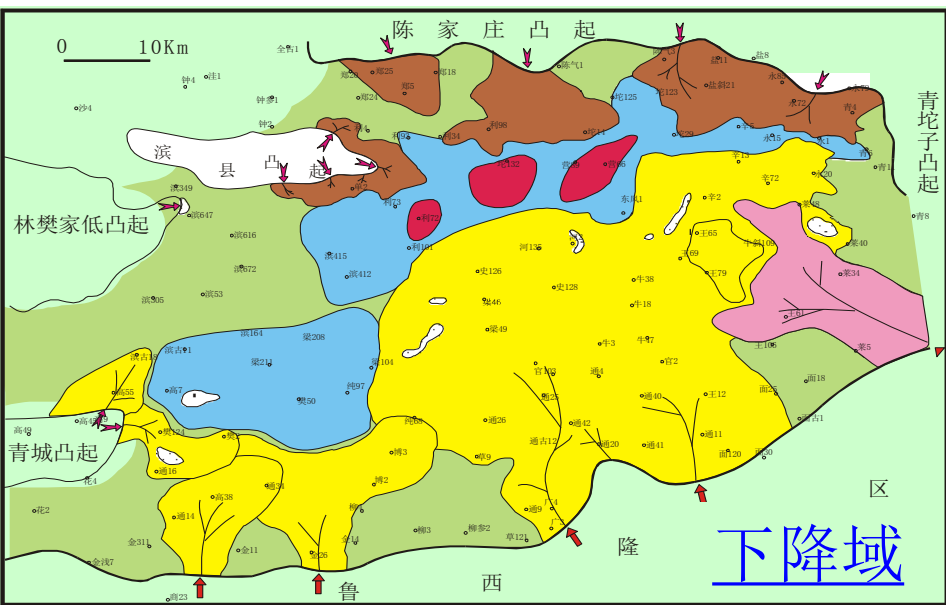
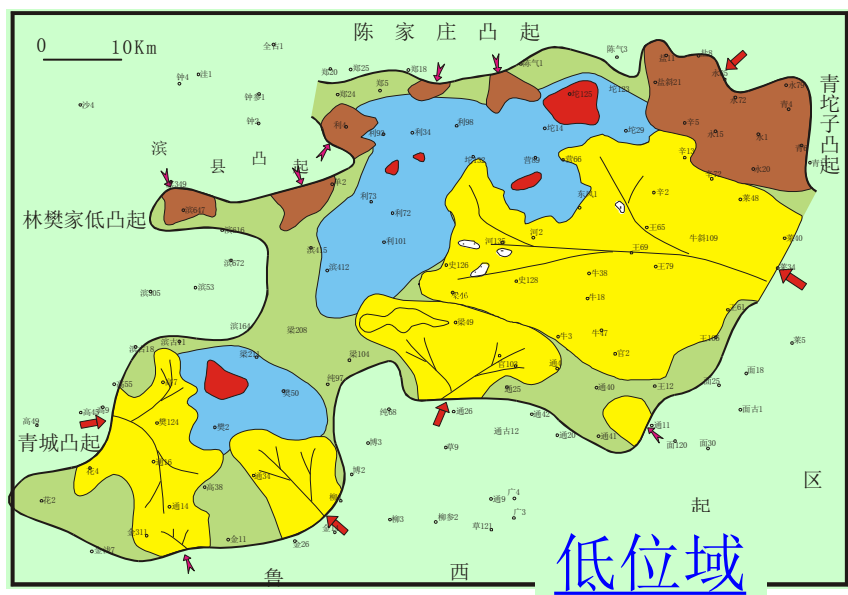
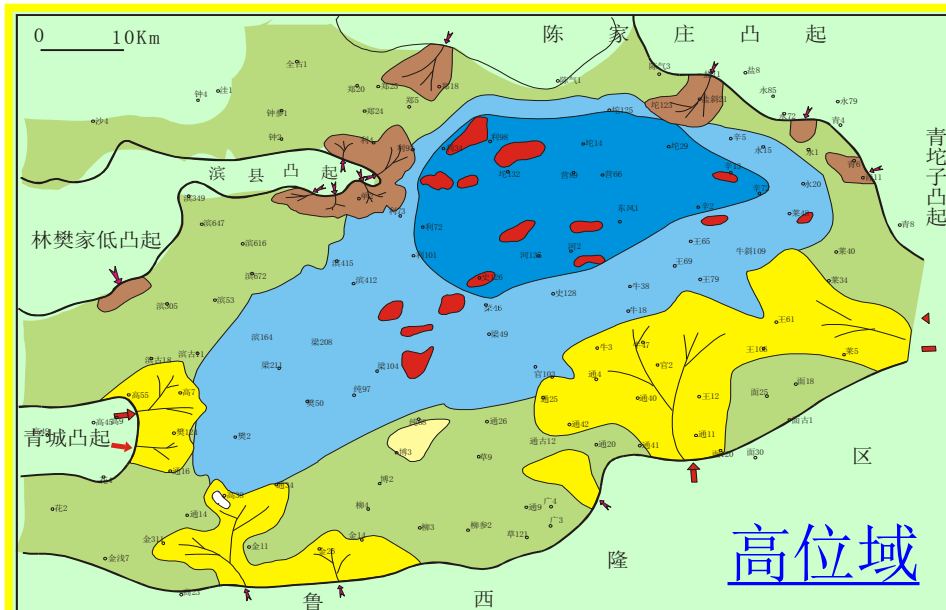
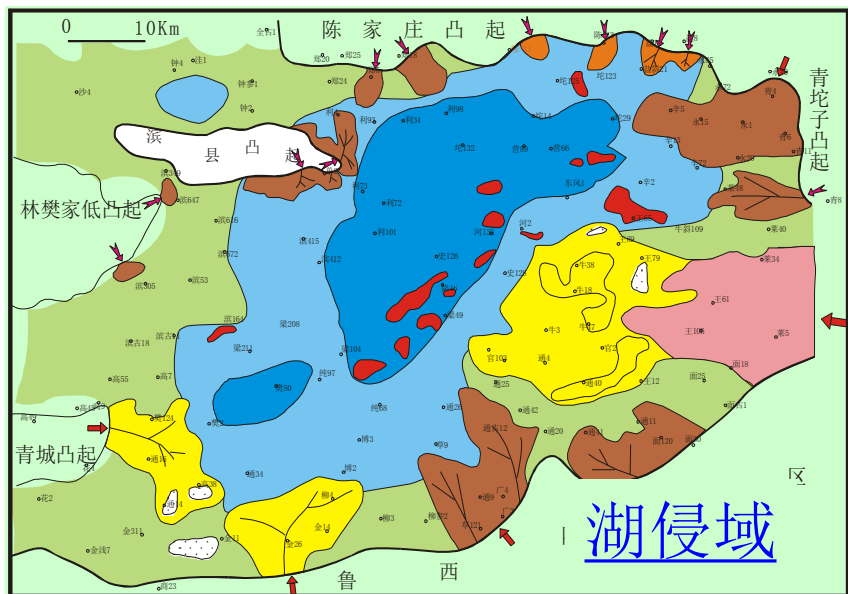
三分层序





四分层序

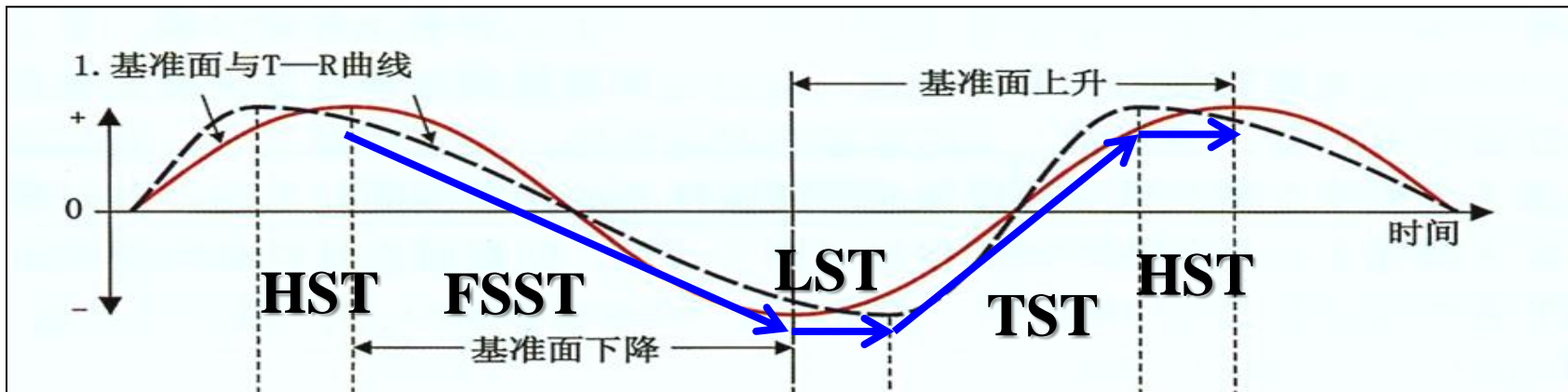




层序 界面结构



层序 地层结构

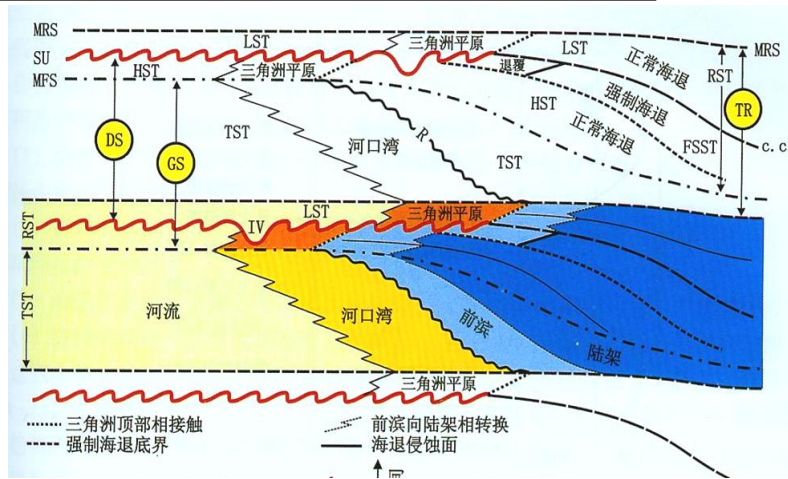


最大
洪泛面

最大
沉积面

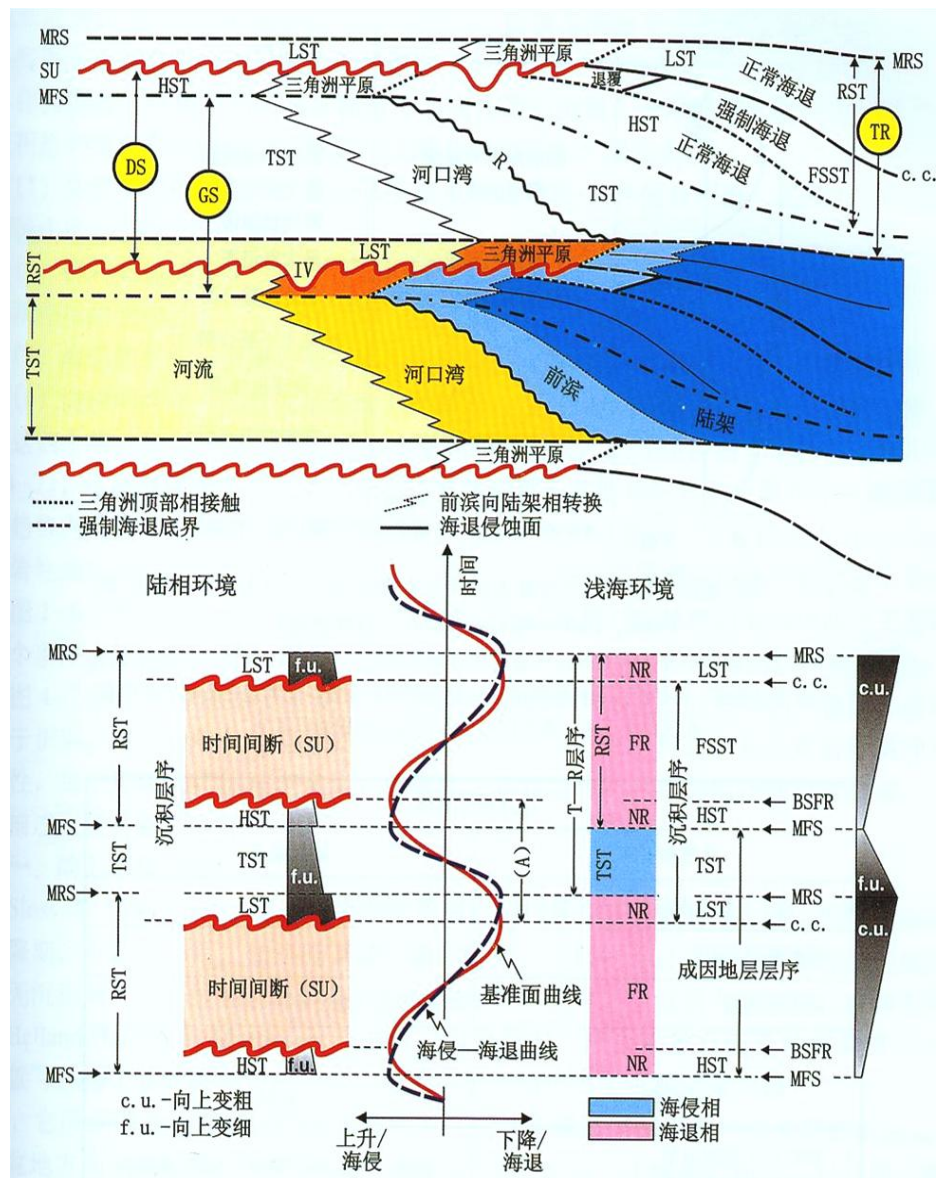
最大
间断面

最大
海退面



二. 成因层序

- Galloway (1989) :
- 强调以最大洪泛面作为沉积盆地海相和大陆部分的层序边界





二. 成因层序

对于沉积盆地分析中成因地层的划分与对比，Frazier (1974) 提出了沉积幕 (depositional episode) 的概念，并以美国墨西哥湾岸盆地西北部第四系为例进行了精辟的阐述。

Galloway (1989) (继承了并进一步发展了沉积幕的概念，提出了与Exxon石油公司不同的成因地层划分对比方法和标准。

二. 成因层序

基本概念

- 沉积事件 (depositional event)：指在一个相对短的时间内发生的由初始前积、过渡加积到最终海进（退积）过程的产物。
- 每个沉积事件由一个相序列记录并加以确定。每个相序列的所有沉积相在成因上均与同一个沉积物源有关。

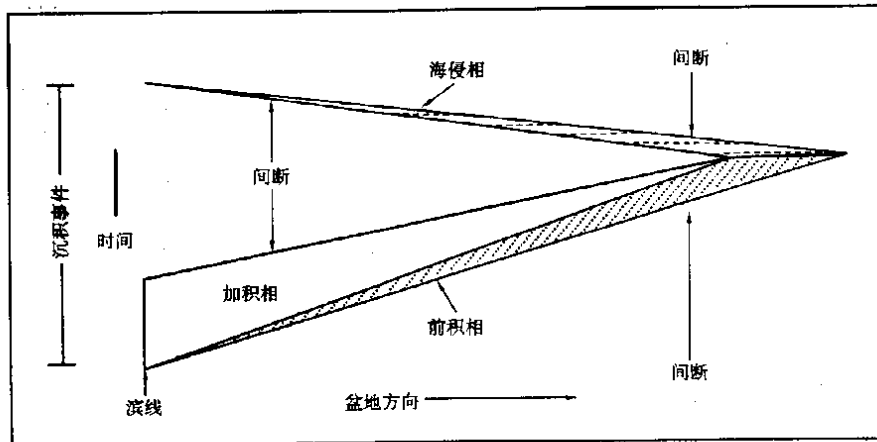


图 8-1 沉积事件示意图(据 Frazier, 1974)

二.成因层序

基本概念

- 沉积幕：指由多个沉积事件构成的大型成因地层单元。
- 每个沉积幕由一个沉积复合体记录并确定的。沉积复合体由若干个相序列（准层序）组成，它是在构造、气候相对稳定、由盆地边缘点物源所形成的若干个准层序的复合体。
- 沉积幕记录了两次最大洪泛事件之间的一个完整的相对海平面升降周期。

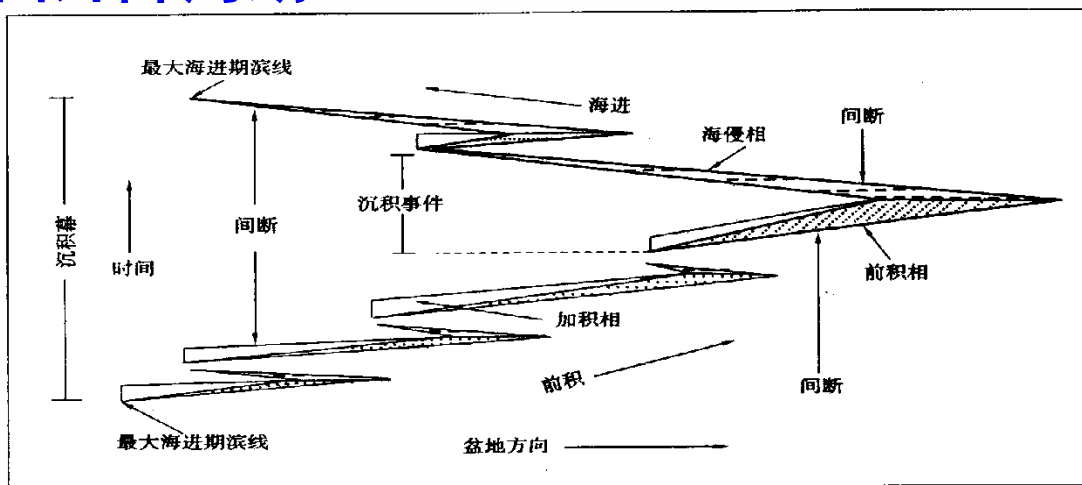


图 8-2 沉积幕示意图(据 Frazier, 1974)

二.成因层序

成因层序构成

- Galloway (1989) 在沉积幕概念的基础上提出了成因地层层序样式。他认为成因地层层序是沉积幕的沉积产物。
- 成因地层层序由三个重要部分组成：
 - 远超前积部分
 - 上超海进部分
 - 反映最大洪泛作用的顶底界面。

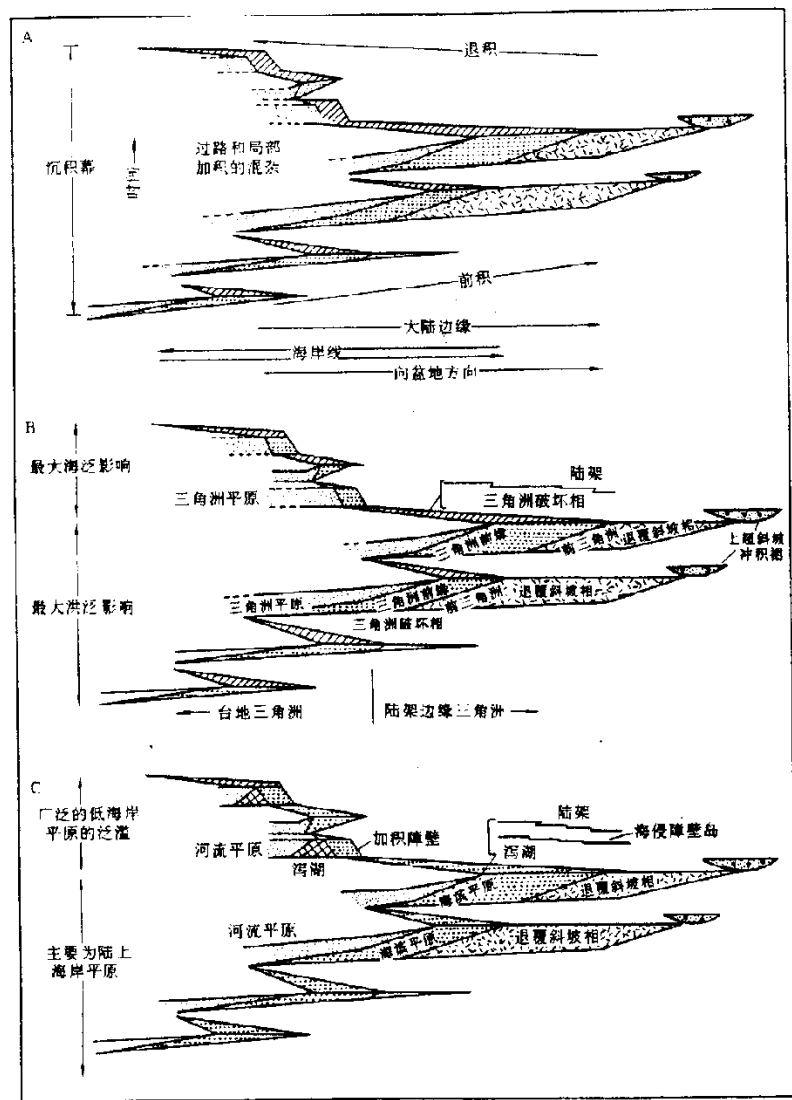
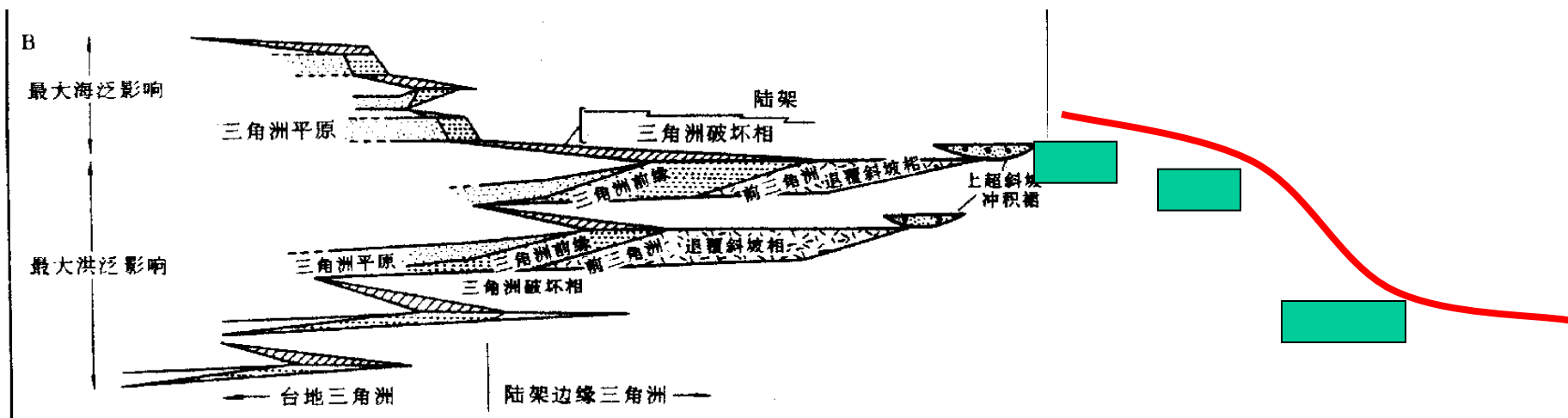


图 5-3 不同地质背景上产生的成因地层层序的时空格架示意图

(据 Galloway, 1989)

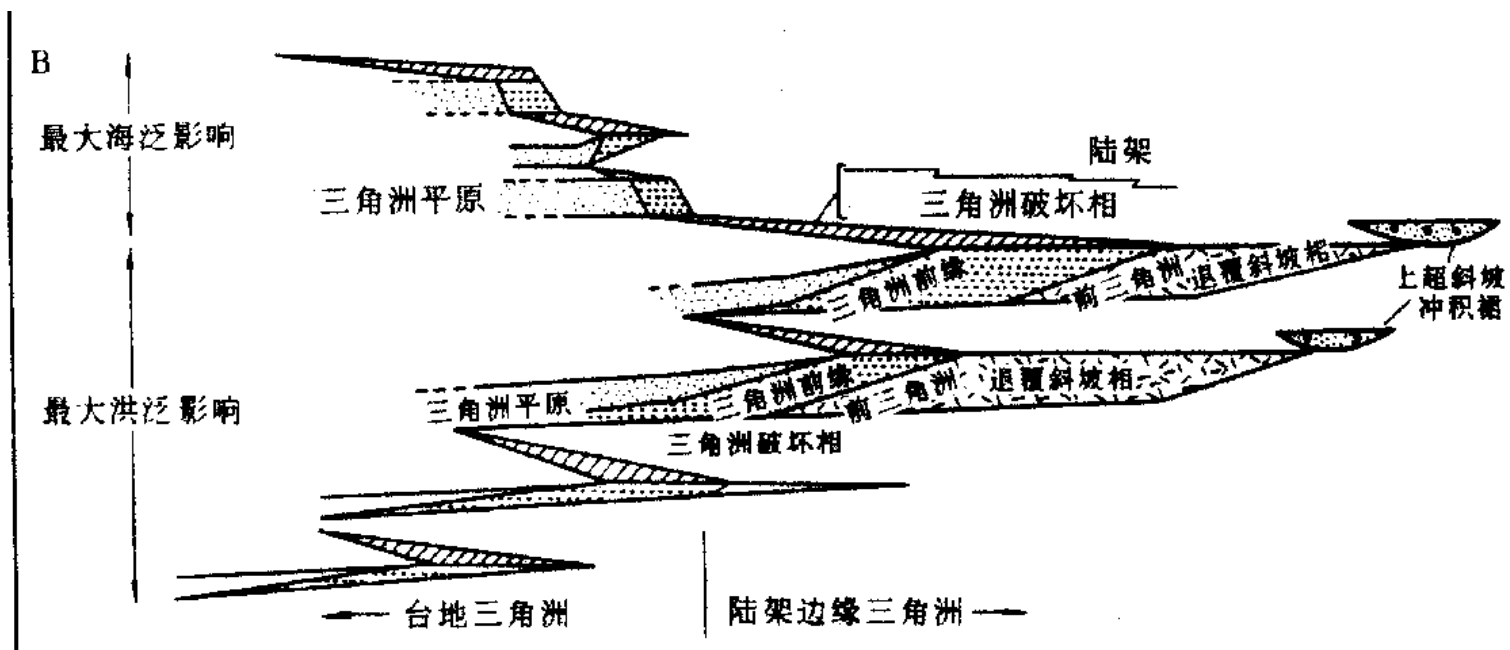
A—在海侵过程中，沉积物记录了沉积事件向陆逐渐后退的整个过程；B、C—三角洲前缘和三角洲间小湾剖面中典型相组合的时空关系

- 远超前积部分由3个次级单元组成：
 - 1) 反映海岸平原加积作用的砂质河流、三角洲平原和海湾-泻湖相
 - 2) 海滨带的前积沉积物，向陆方向它位于先期沉积层序的海泛沉积台地之上，而向海方向则位于同期远超（退覆）的大陆坡相之上
 - 3) 混合加积的下斜坡和进积的上斜坡相。（斜坡下部和盆地平原的加积—低位扇和盆地扇，斜坡上部的进积—低位进积体）



- 上超海进部分:

- 1) 滨线后退期间和之后立即沉积并经过改造的海滨相和陆棚相
- 2) 上斜坡和陆棚边缘沉积经重力作用在斜坡脚重新沉积的裙状体



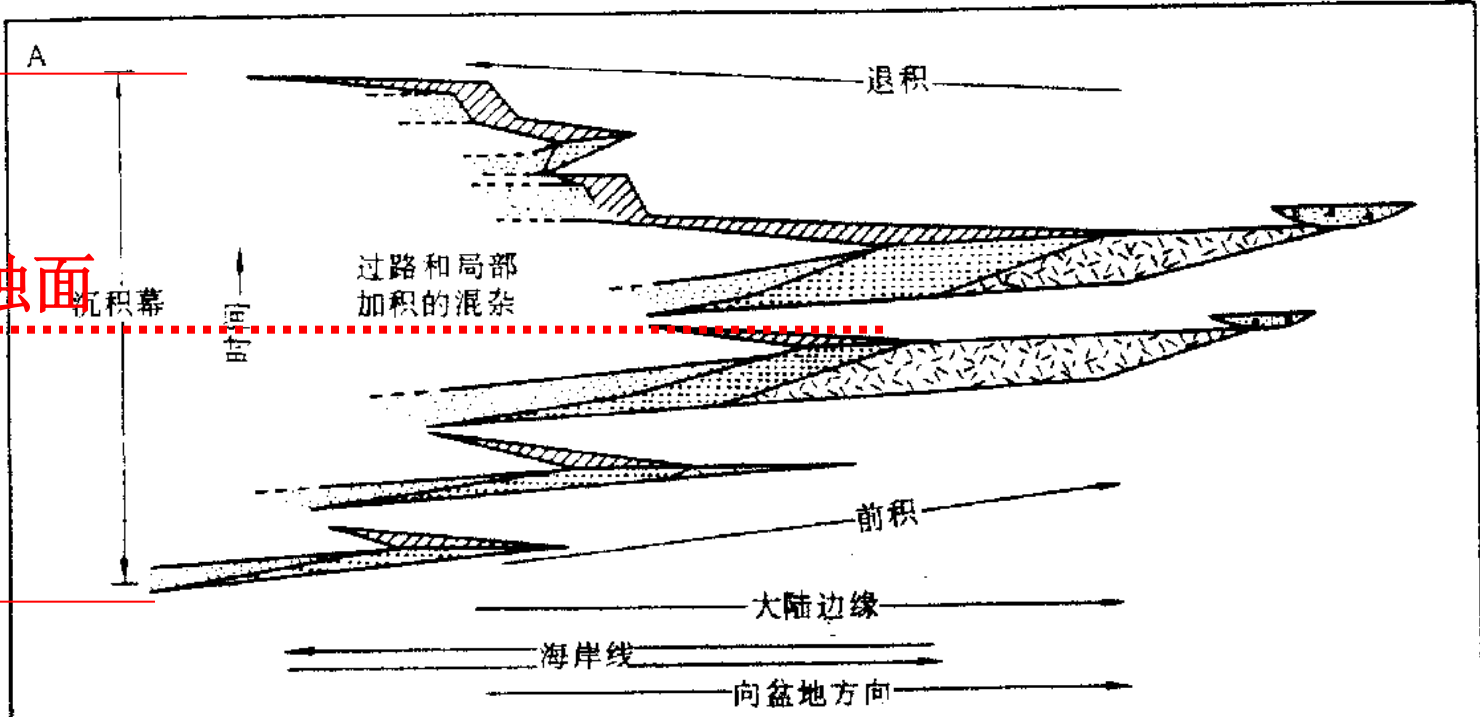


成因地层层序的界面：最大海泛面 陆上沉积间断侵蚀面分隔一个成因层序中的 的远超前积和上超海进部分。

最大海泛面

沉积间断剥蚀面

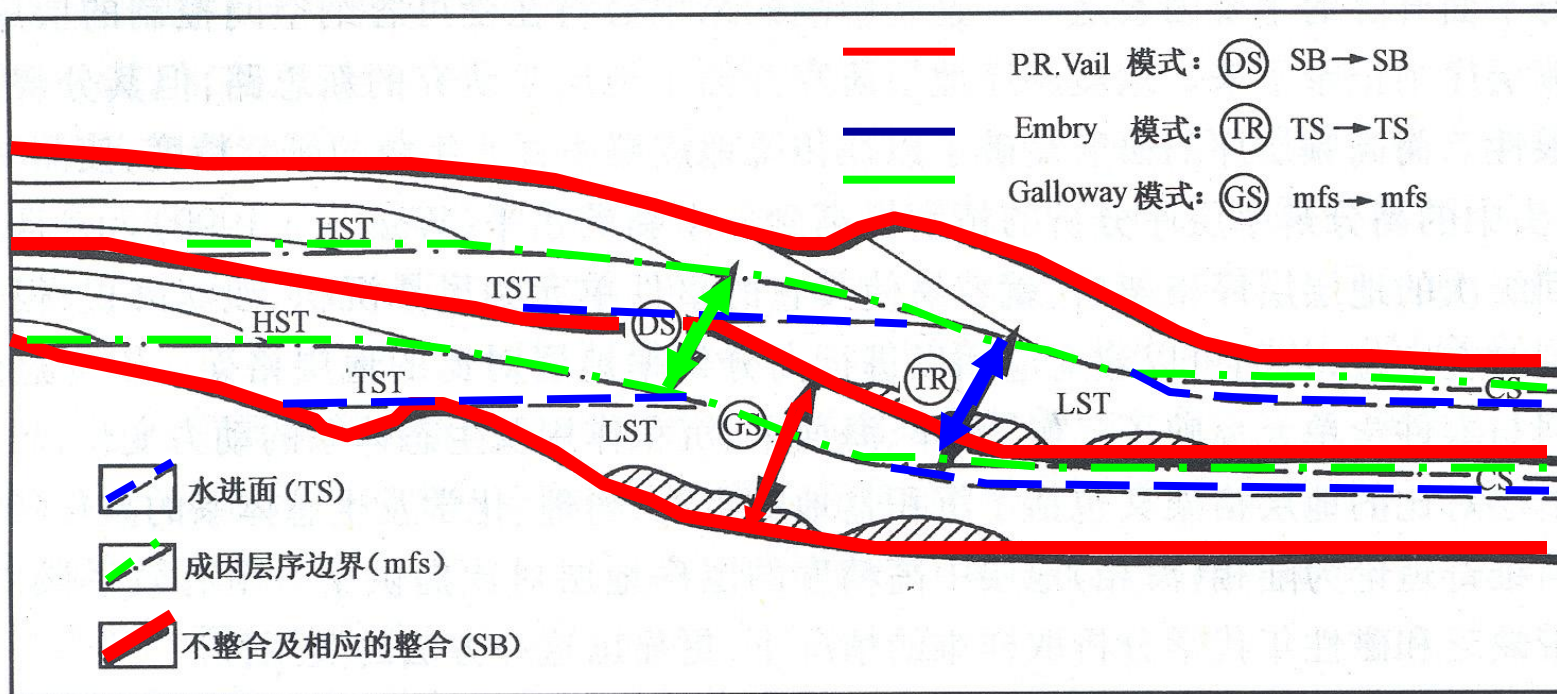
最大海泛面



沉积层序与成因层序的对比

1. 层序界面不同

- 沉积层序是以不整合面或与之对应的整合面为界的一套具成因联系的、连续的沉积单元；
- 成因层序是以最大海泛面为边界的沉积幕的沉积产物。





Galloway认为，成因地层层序可以使人们更加全面地了解沉积盆地的沉积历史、构造发育史和海平面演化史。因为：

- ①**易于识别和追踪对比**：最大海泛面以广泛分布的海相层或海底侵蚀层为特征，分布广、易对比
- ②**易于确定地层时代**：可依据古生物学原理和方法确定最大海泛后富含化石的密集段的地层时代，可为区域层序地层对比建立年代地层格架
- ③**易于区分沉积环境**：最大海泛面能够有效地将海相和非海相沉积体系区分开来



Vail等人认为，以不整合面或与之对应的整合面作为沉积层序的边界要比以海泛面作为成因地层层序的边界更加合理。

- ①**层序边界**是在盆地范围内将新老地层分开的唯一界面，具有年代地层学意义。
- ②**层序边界**不受沉积物供给的控制。
- ③**层序边界**常以重要的区域侵蚀和上超为标志，它明显控制了沉积相带的分布。体系域在层序内周期性出现并且与层序边界有关。



2.层序的成因

- Vail等认为，全球海平面升降变化旋回是形成**沉积层序**的根本因素，全球海平面变化、构造沉降、沉积物供给合气候共同控制了沉积层序的地层构型。
- **成因地层层序**是沉积幕的产物，它强调两个因素：
 - 一是盆地边缘的建造与盆地的充填过程
 - 另一个因素是盆地边缘的区域性水进过程。区域性水进过程达到最大范围时，所形成的最大洪泛面就构成了成因地层层序的边界。



3. 沉积层序和成因层序对陆架边缘侵蚀和退积的时期、过程和作用强调的重点不同。

- Vail的层序地层模型中海平面下降到陆棚坡折以下时会产生**深切谷**，海平面稳定下降并保持稳定时会导致峡谷充填。
- 在成因地层模型中，陆架边缘、斜坡侵蚀和退积过程是由陆架边缘、上部斜坡的不稳定性和沉积物补给速率、暂时的古地理变化、海岸和陆架形态等因素控制的。在一个沉积幕的不同时代，不仅存在扇体沉积而且也可以发生海底峡谷的冲蚀和充填



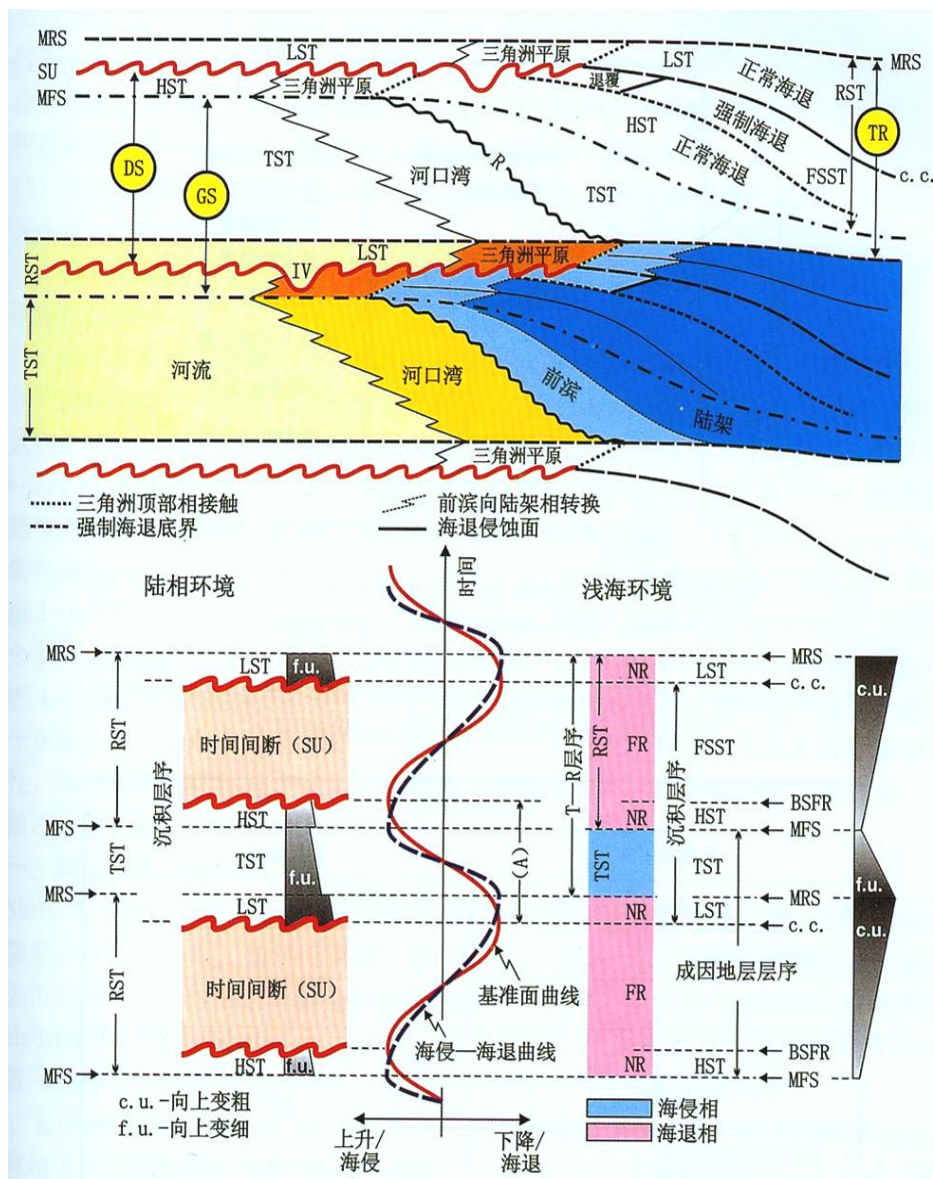
成因层序的缺陷:

- 违背了层序的定义：层序由成因上有联系的地层组成，沉积作用的连续性
- 最大洪泛面可能存在穿时

三. T-R层序

• T-R层序:

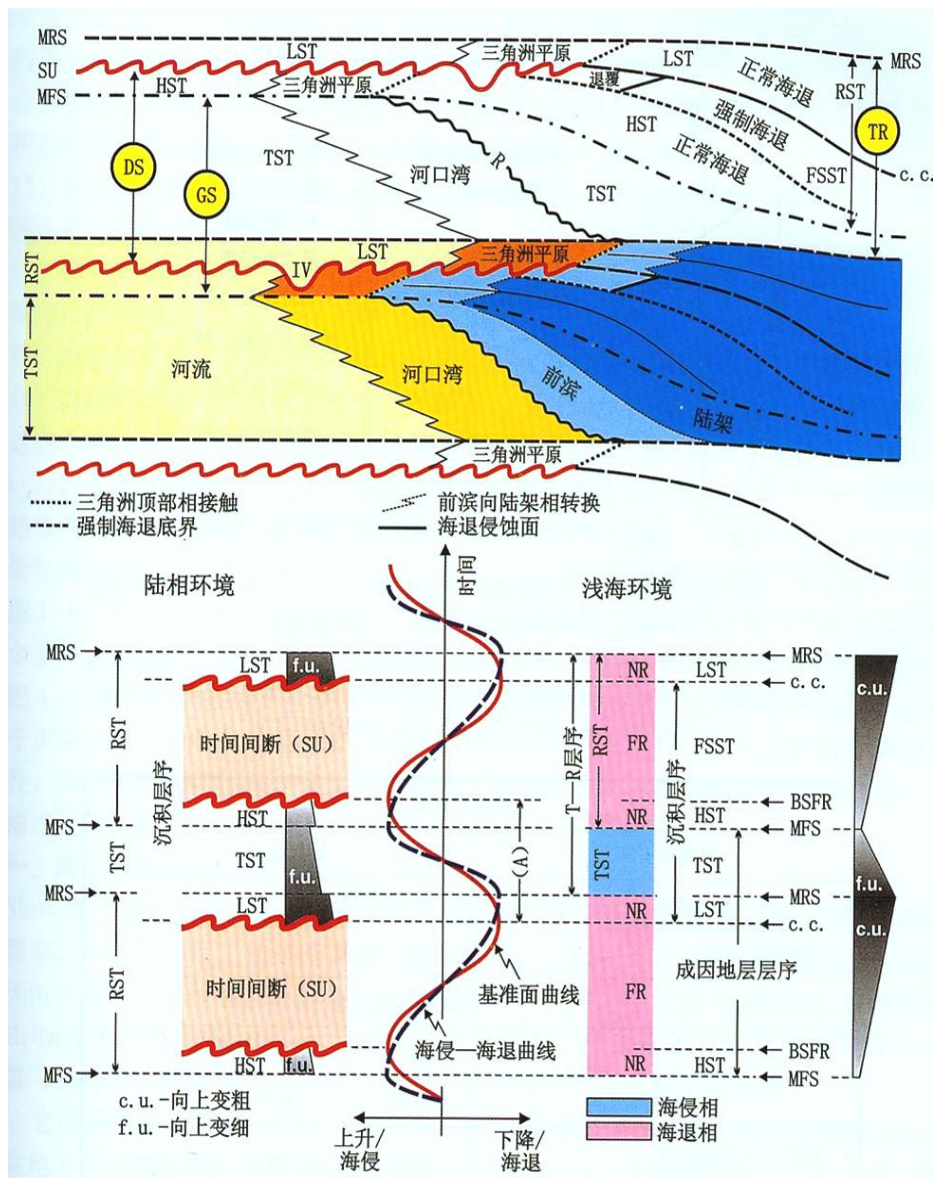
- 强调以向盆地边缘的陆上不整合和海洋部分向海方向的最大海退面组合的复合面为界的地层单元



TR层序:

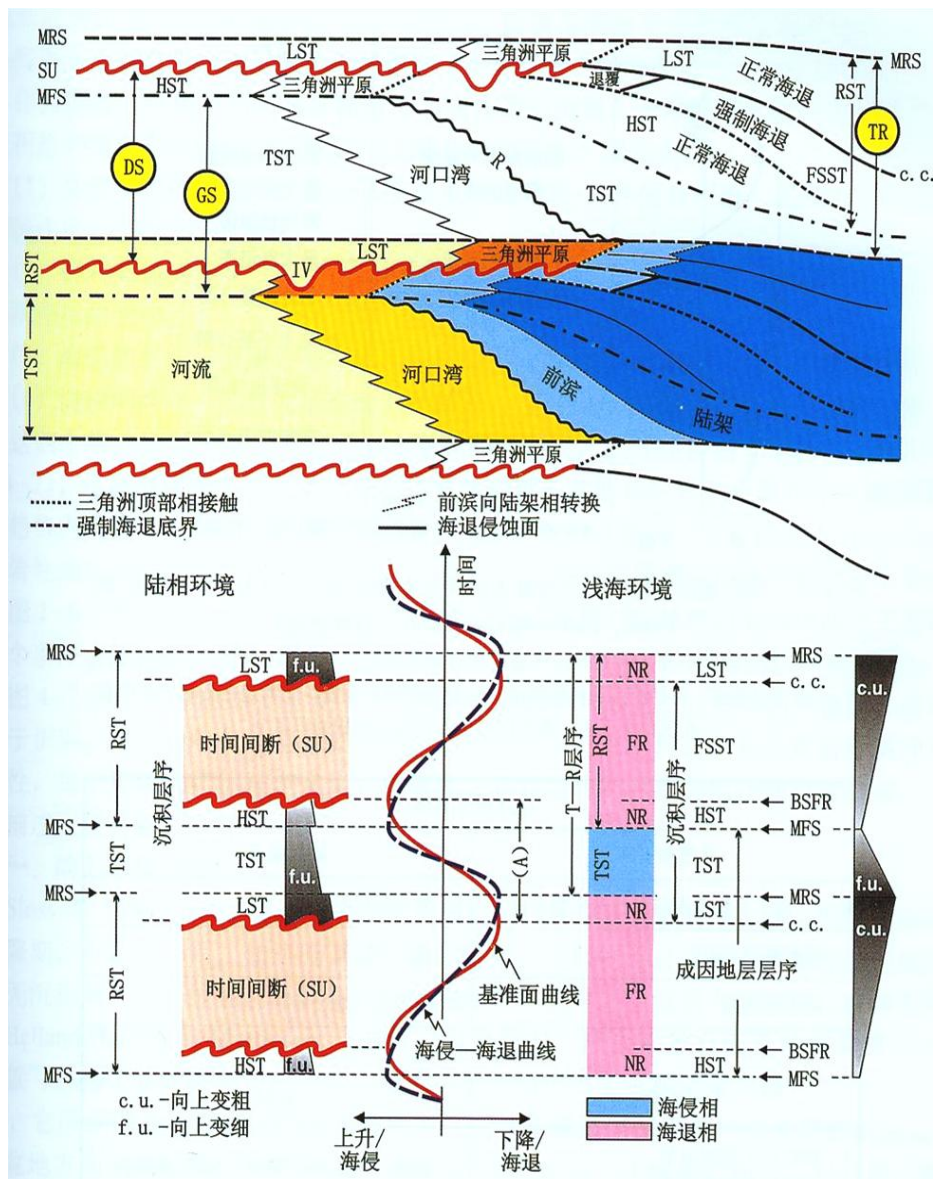
— 最大洪泛面把TR层序
细分为海侵体系域和
海退体系域

— 海退体系域: 高位正
常海退、强制海退和
低位正常海退



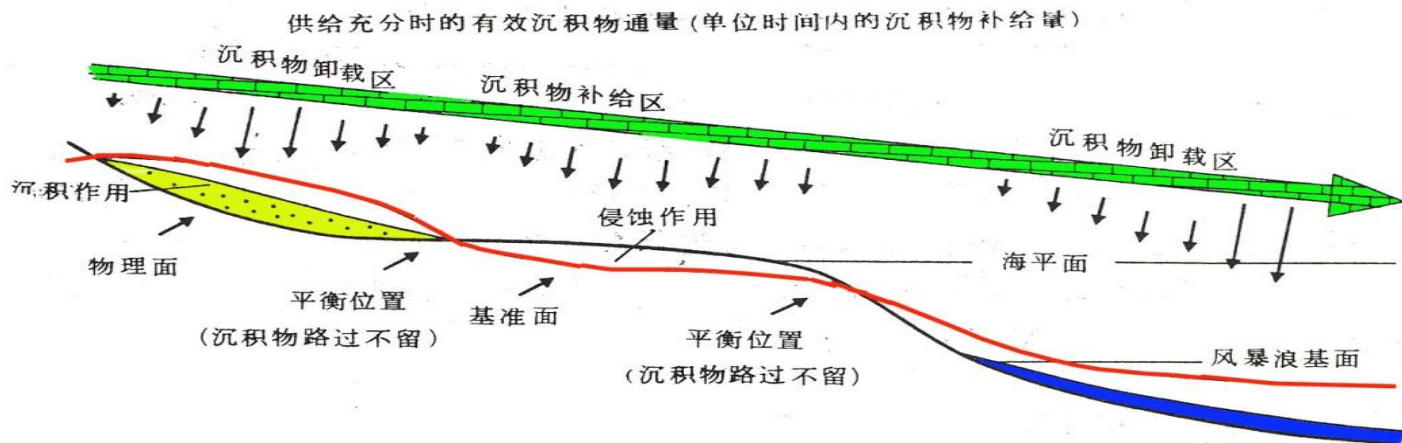
四、Cross高分辨率层序

- 高分辨率层序：
 - 强调了基准面旋回变化的沉积地层单元
 - 界面可以是不整合面，也可以是整合面



• 高分辨率层序地层学的理论核心:

- 在沉积基准面旋回变化过程中, 由于可容空间与沉积物补给通量比值 (A/S) 的变化, 相同体系域或相域中发生沉积物体积分配作用, 导致沉积物保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构发生变化。这些变化是基准面旋回中所处位置和可容空间的函数。



基准面、可容纳空间和反映可容纳空间与沉积物供给之间平衡时的地貌状态

(据 Cross, 1994 修改)

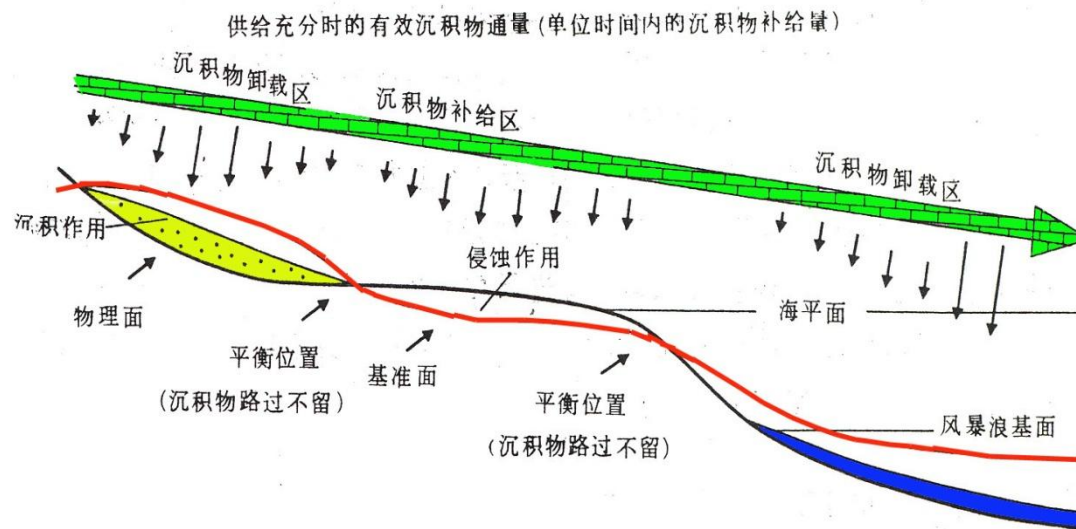


一、基本概念

1. 基准面 (base level)

- 定义：不同学者依据基准面的作用范围及性质，对基准面定义是不同的。
 - 最早：沉积基准面—海平面 (sea level), 或相当于海平面的一个向陆延伸的水平面
 - Sloss(1962): 基准面是一个侵蚀与沉积作用达到平衡的面, 在该面之上, 沉积物不能停留, 界面之下, 可能发生沉积和埋藏作用。
 - 平衡面--这个面上既没有侵蚀作用也没有沉积作用发生;
 - 过路不留面--上游搬运来的沉积物在此路过, 但无沉积;
 - 递降表面、基准面—这个表面的高程是逐步降低的

- Cross等发展了基准面的概念，并赋予其时间单元意义。
- 沉积基准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（湖）盆范围内基本上是平行于水平面的风暴浪基面，而朝陆方向则是一种波状起伏的曲面。



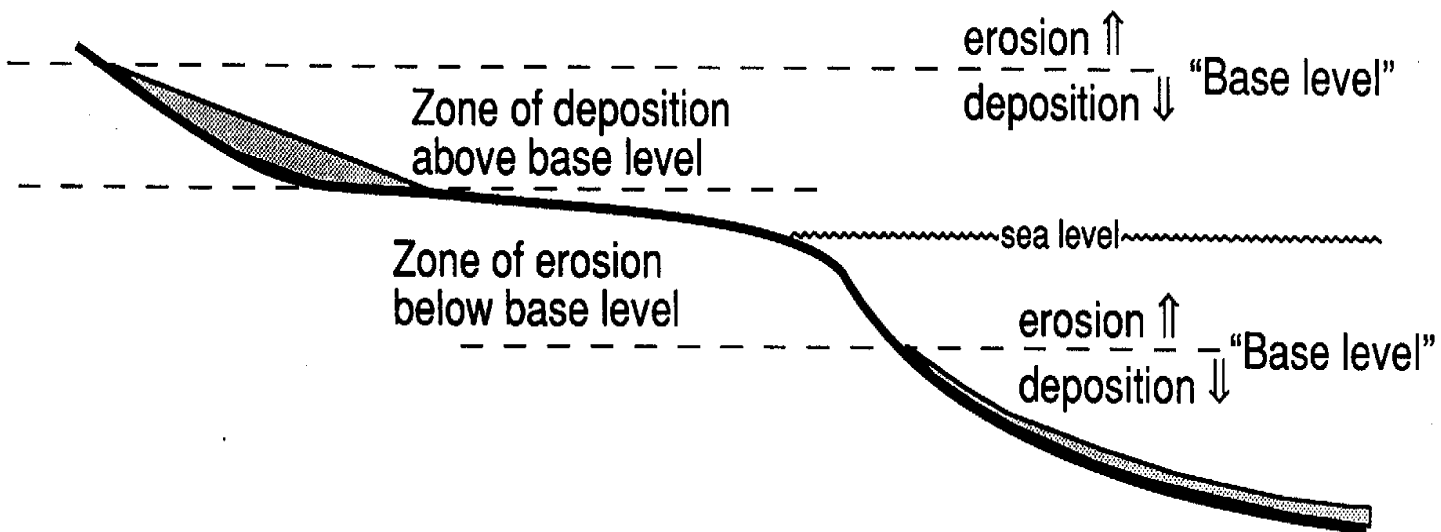
基准面、可容纳空间和反映可容纳空间与沉积物供给之间平衡时的地貌状态

(据 Cross, 1994 修改)

• 沉积基准面的特点:

1) 基准面并不是一个水平面，而是受海平面、构造沉降、沉积负荷补偿、沉积物补给、沉积地形等因素的综合影响的平衡面

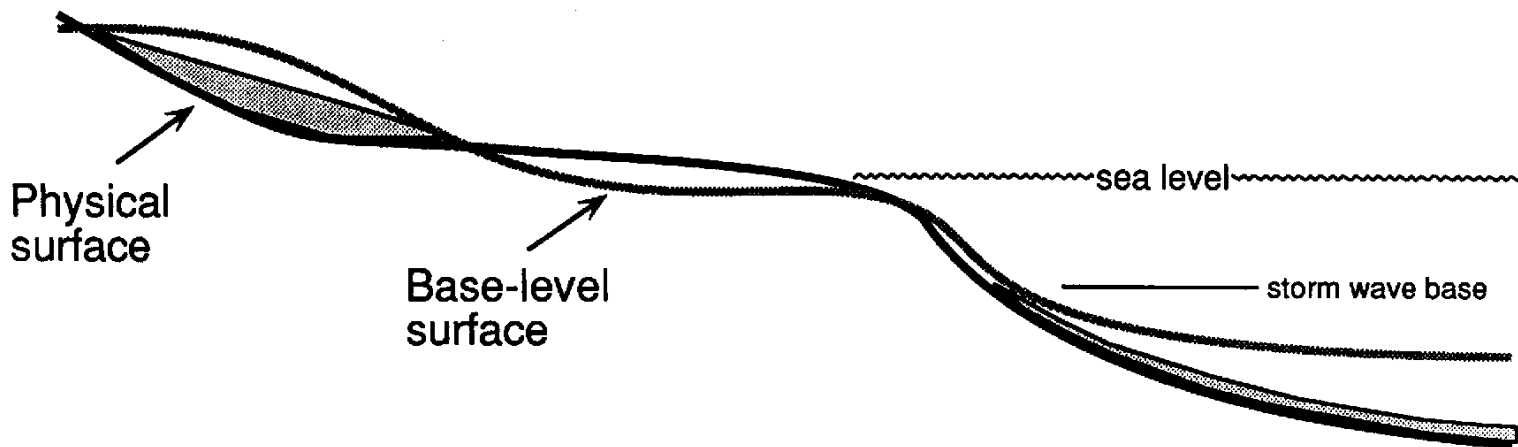
Wheeler's demonstration that base level is not a horizontal plane



- 2) 基准面可位于地面之上，也位于地面之下，一般位于海（湖）平面之下，并且随着时间的迁移，可以由地表之上迁移到地表之下，也可从地表之下迁移到地表之上

Wheeler's interpretation that base level is an undulatory, nonplanar surface, not equal to sea level, that oscillates dynamically above, below and across the earth's surface

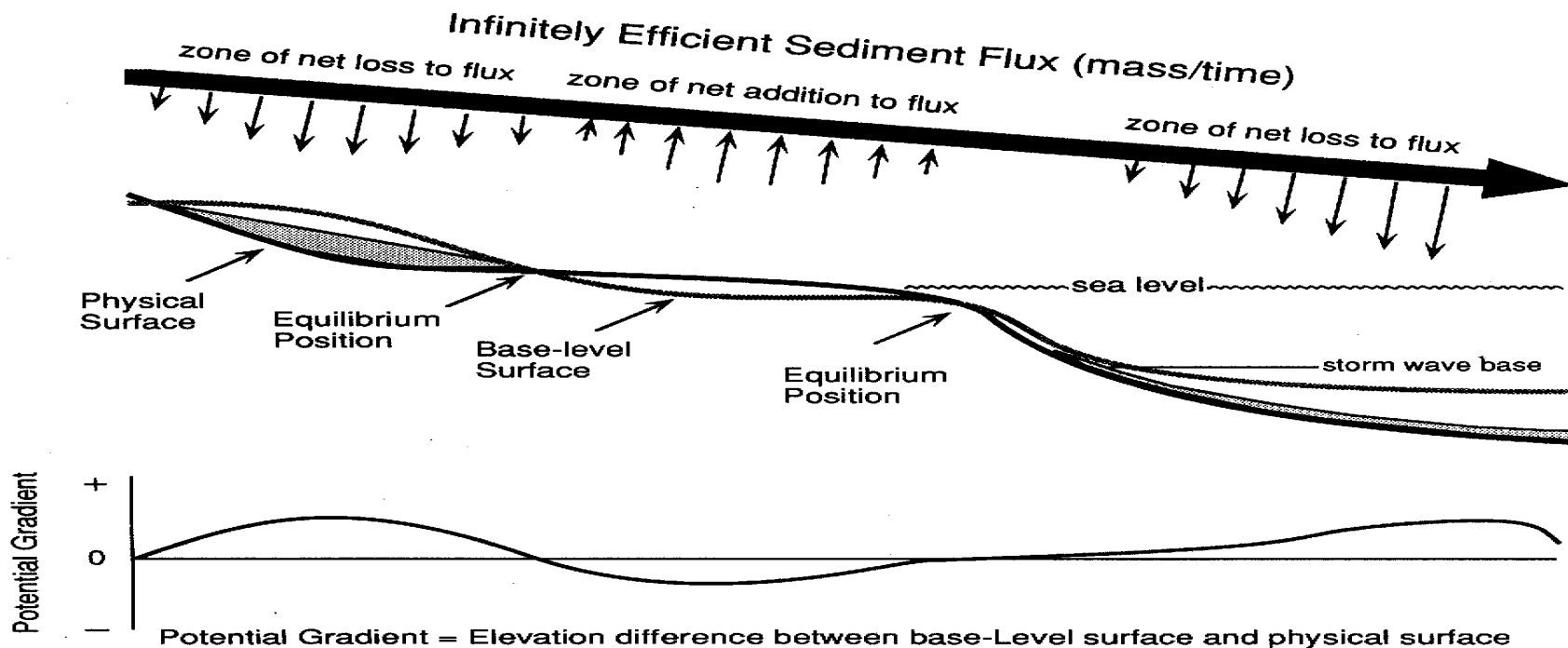
基准面与海平面及地面的关系



• 3) 基准面的不同位置的沉积物通量存在差异

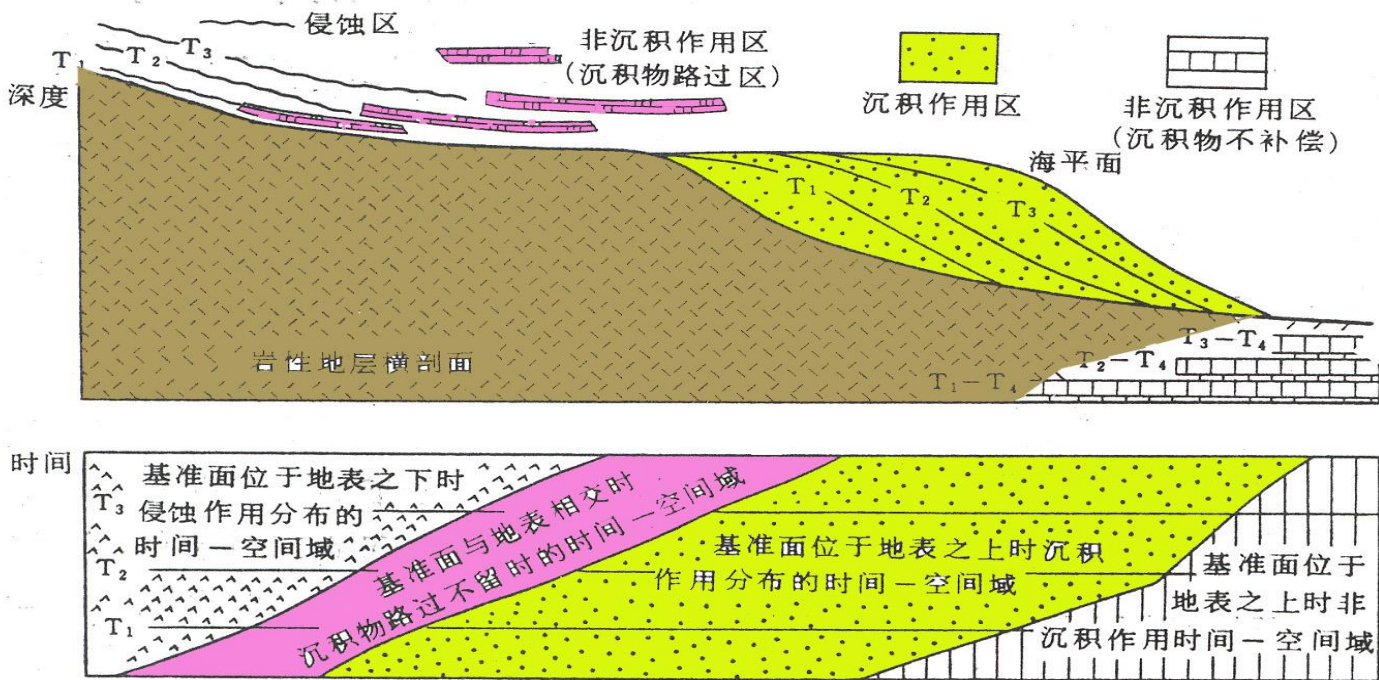
- 沉积物通量：指某一时间内，接受沉积物的总量。其受可容空间的量控制。

基准面不同部位沉积物通量



4) 基准面不同部位的地质作用存在差异-剥蚀、过路、沉积、欠补偿

基准面不同部位的地质作用

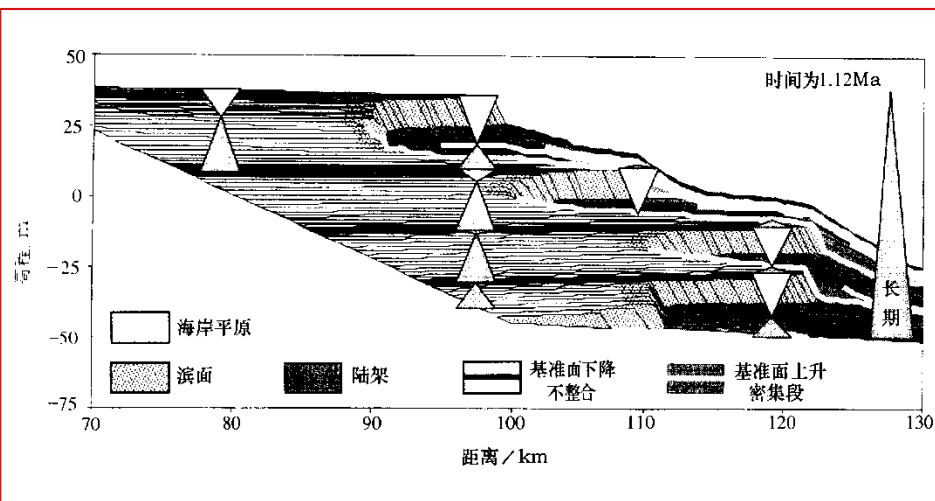
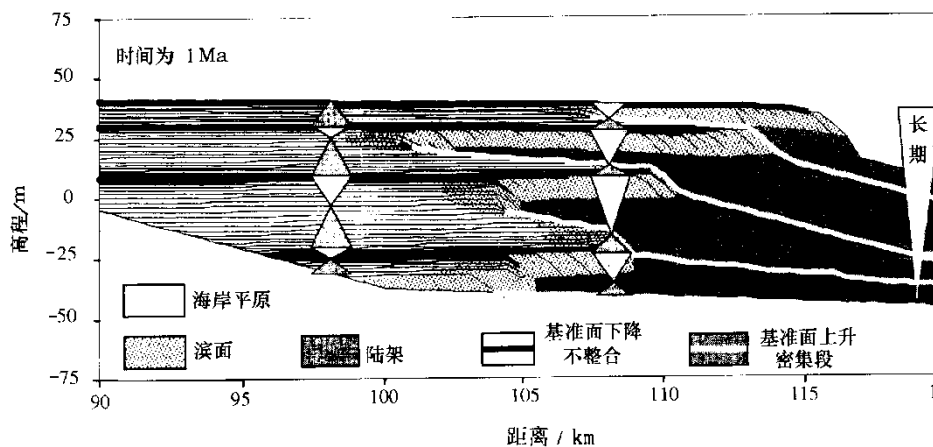


岩性地层剖面及侵蚀作用、沉积物的路过、沉积作用和非补偿沉积作用的时空迁移对比图解

(据 Wheeler 图解法)

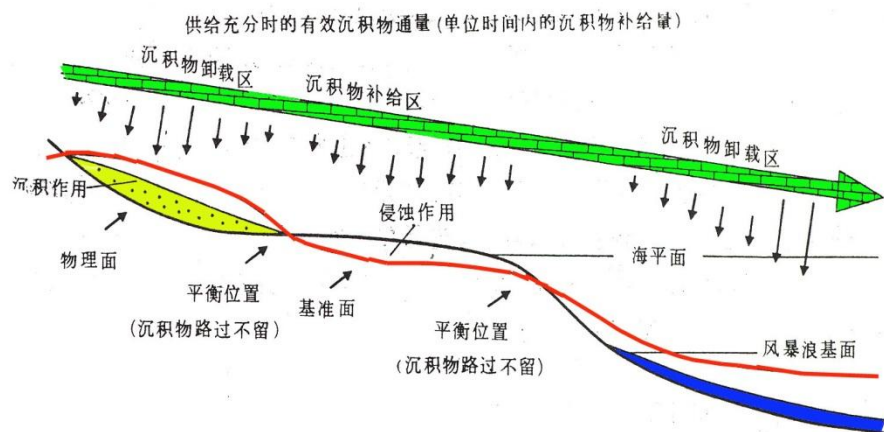


- 5) 基准面变化
- 上升和下降

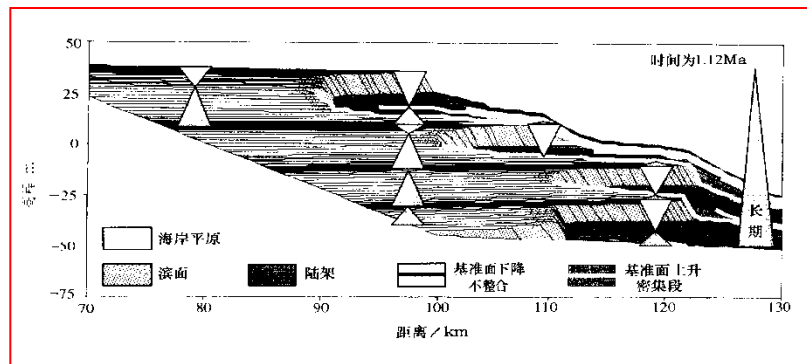
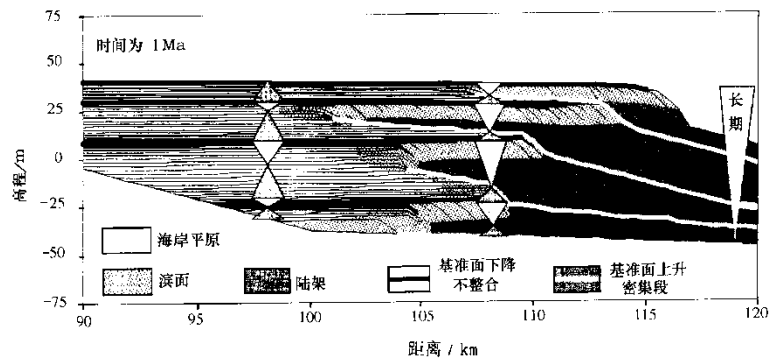


• 2.基准面旋回 (base level cycle)

- 定义：地层基准面并不是一个完全固定不变的界面，且在变化过程中总是表现为向基准面幅度最大值或最小值单向移动的趋势，这就构成了一个完整的上升与下降旋回，这种基准面的一个上升与下降旋回称为基准面旋回。



基准面、可容纳空间和反映可容纳空间与沉积物供给之间平衡时的地貌状态
(据 Cross, 1994 修改)

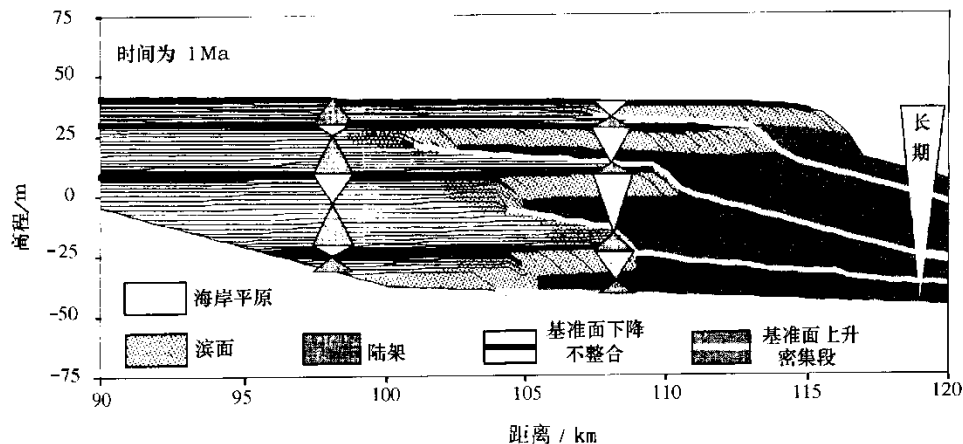




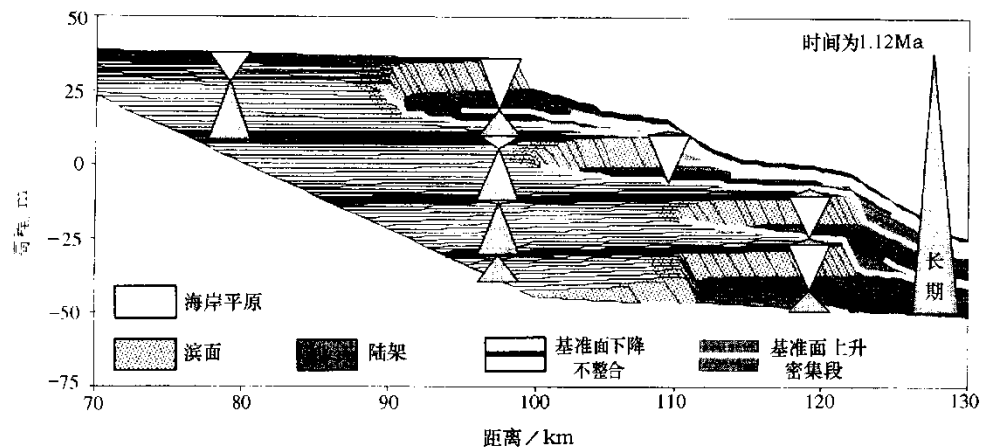
基准面旋回特点：

- 1) 一个基准面旋回包括上升半旋回和下降半旋回两部分，因此，对时间地层单元进行“二元划分”

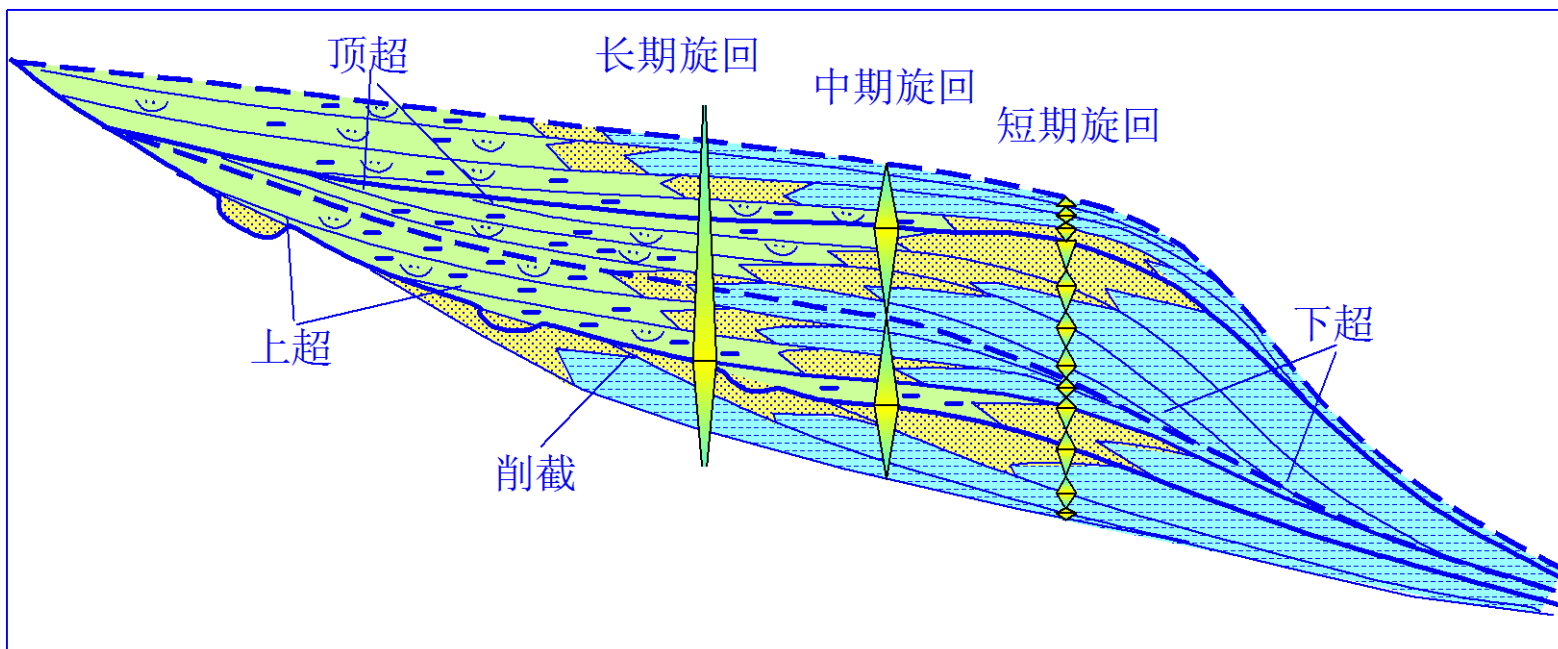
下降半旋回记录了可容空间由最小向最大方向单向变化的过程



上升半旋回记录了可容空间由最大向最小方向单向变化的过程

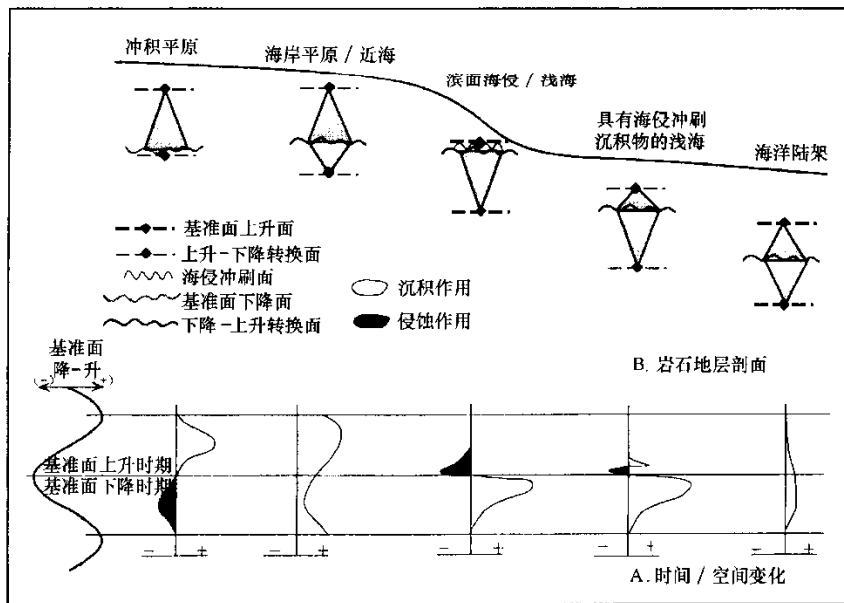
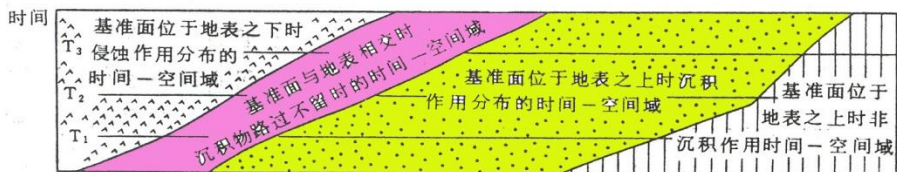
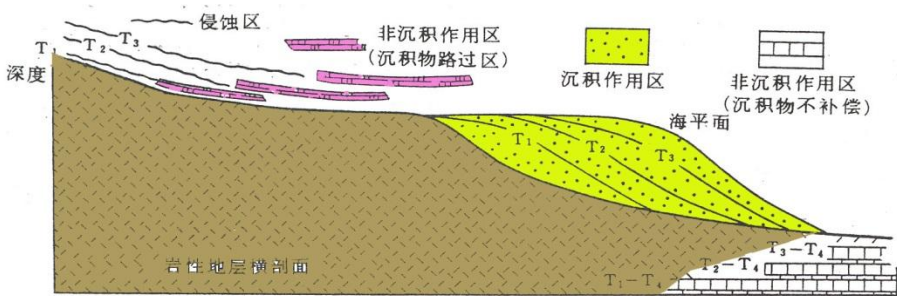


- 2) 一个基准面旋回是等时的
- 一个基准面旋回变化过程中保存下来的岩石地层为一个成因地层单元
- 即以等时界面为边界的时间地层单元——成因层序



3) 一个基准面旋回的全过程被岩石+间断面的组合所记录

- 成因层序的半旋回边界——基准面变化的转换面：
上升→下降或下降→上升
- 转换面：地层不连续面
- 整合面

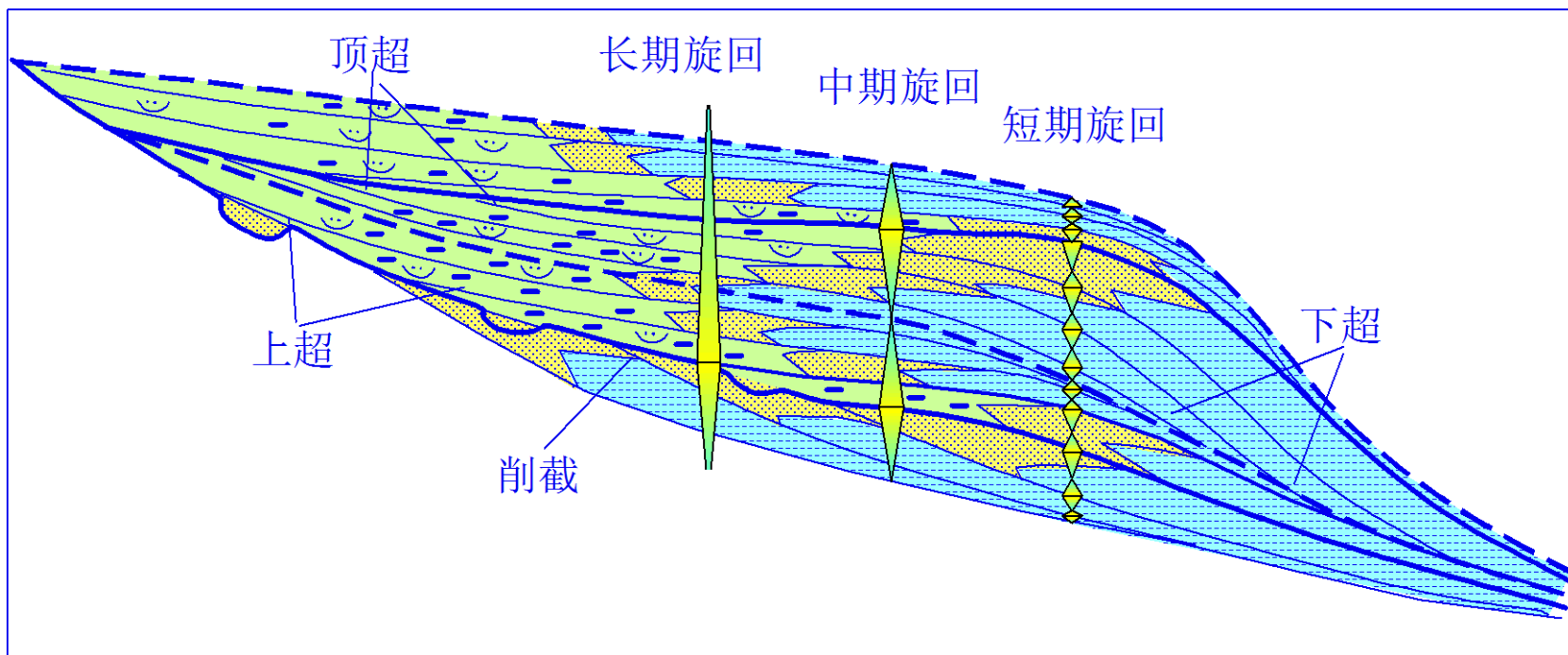


岩性地层剖面及侵蚀作用、沉积物的路过、沉积作用和非补偿沉积作用的时空迁移对比图

(据 Wheeler 图解法)

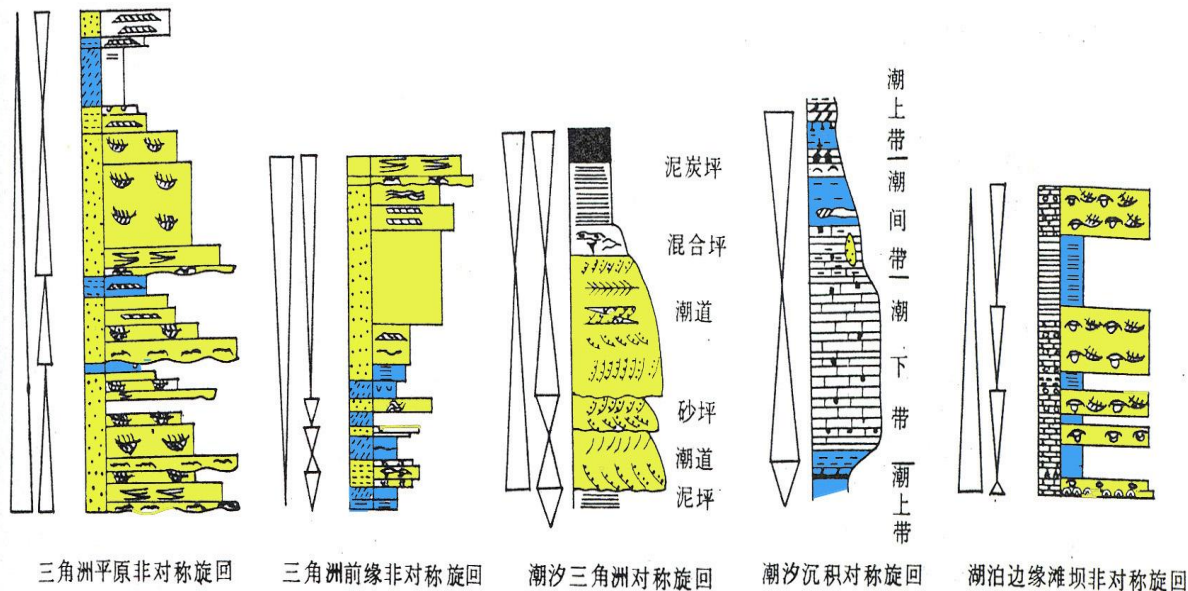
4) 基准面旋回具有层次性

- 根据地层记录的旋回地层特征，可将基准面旋回划分出短期、中期、长期基准面旋回。每一个高级次的基准面旋回由若干个具有相同地质背景和沉积特征的低级次基准面旋回相互叠加而成。



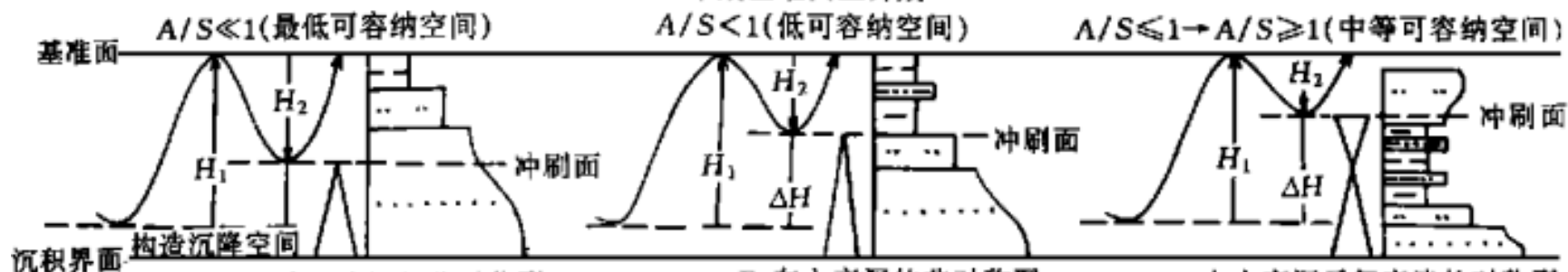
短期基准面旋回：

- 系指成因上有联系的岩相组合
- 旋回中代表基准面上升半旋回的地层记录以反映水深逐渐变深的相组合为特征，代表下降半旋回的地层记录以沉积水体逐渐变浅的相组合为特征。
- 短期基准面的旋回变化的地层记录——对称性和不对称性



不同沉积环境下识别出的短期旋回特征

中期基准面上升期



A. 向上变深的非对称型

B. 向上变深的非对称型

C. 向上变深后复变浅的对称型

A/S > 1 (高可容纳空间)

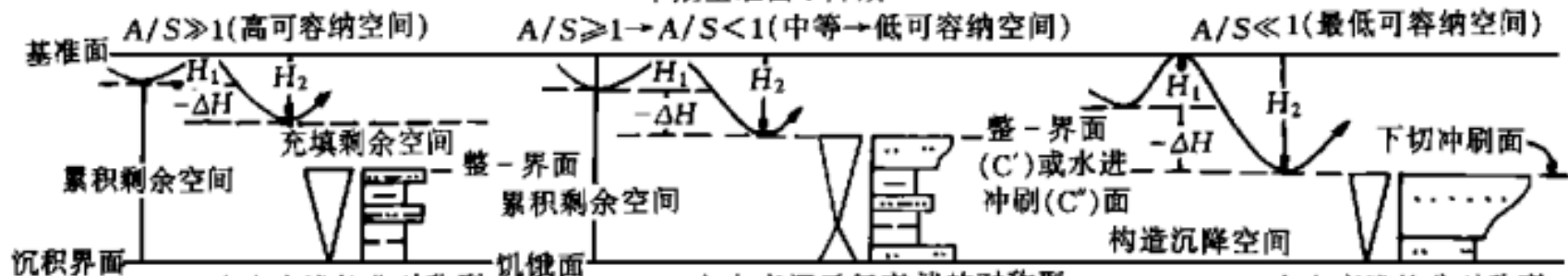
A/S >> 1 (最高可容纳空间)



D. 向上变深后复变浅的对称型

E. 向上变深的非对称型

中期基准面下降期



F. 向上变浅的非对称型

G. 向上变深后复变浅的对称型

H. 向上变浅的非对称型

$$\Delta H = H_1 - H_2$$

$\Delta H > 0$ 可容纳空间增加

$\Delta H = 0$ 可容纳空间不变

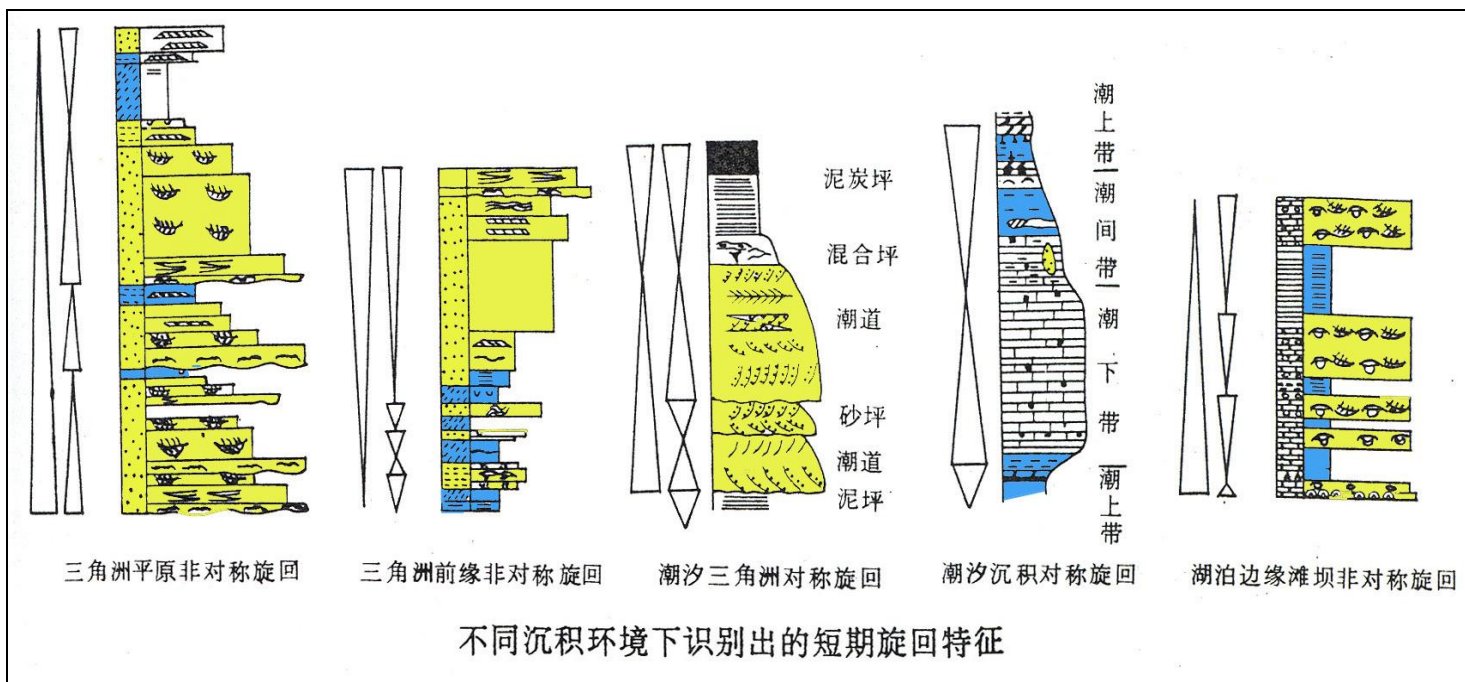
$\Delta H < 0$ 可容纳空间缩小

图2 短期基准面旋回升降幅度与旋回结构的关系

短期基准面旋回边界：

一般为代表短期基准面下降期地表冲刷作用形成的小型侵蚀面，或非沉积作用面，或相组合转换面。主要标志：

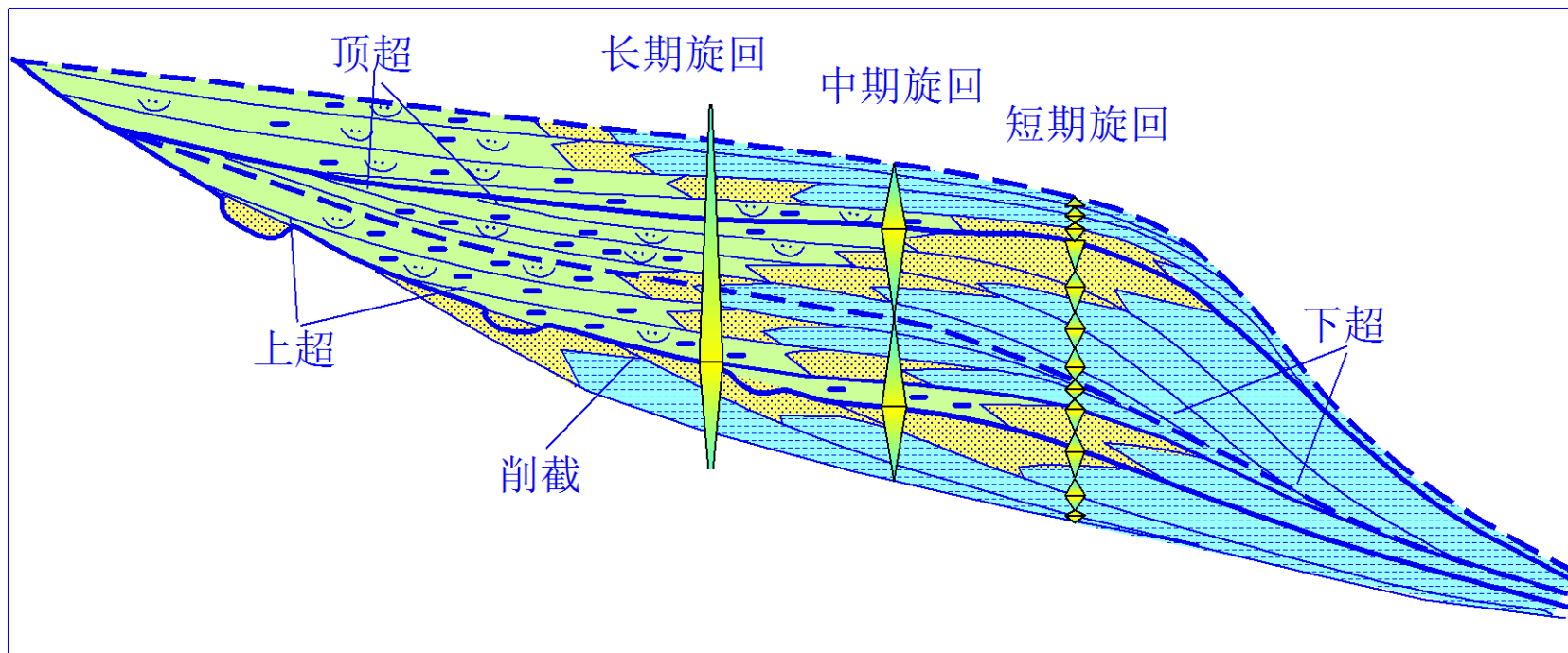
- 冲刷面、滞留沉积物
- 滨岸上超的向下迁移——沉积相不连续
- 岩相类型及其组合的变化
- 砂泥岩厚度旋回变化及地层叠置样式变化

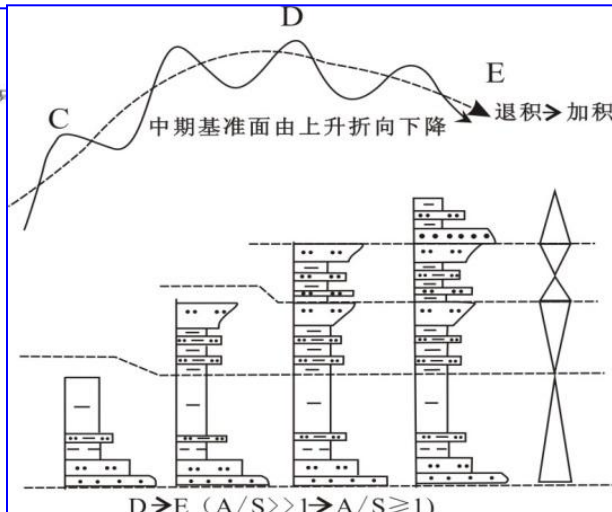
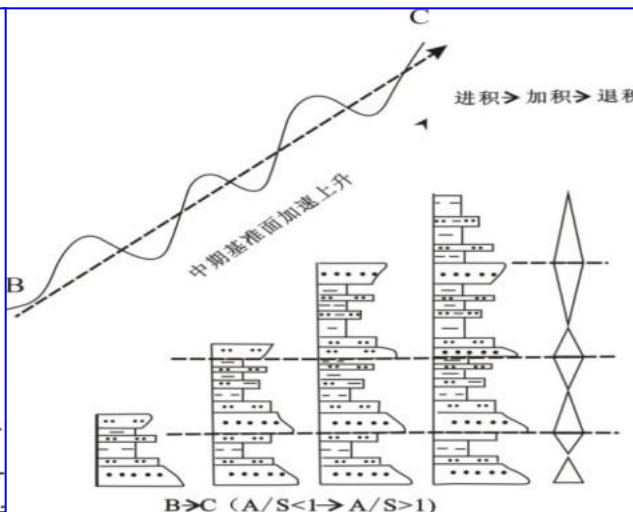
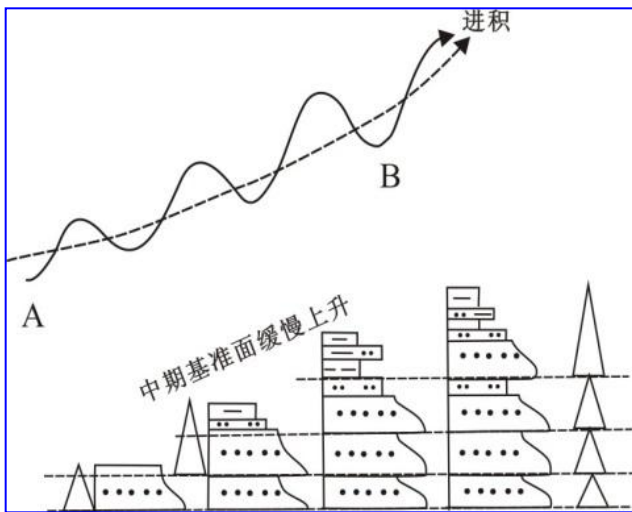


中期基准面旋回：

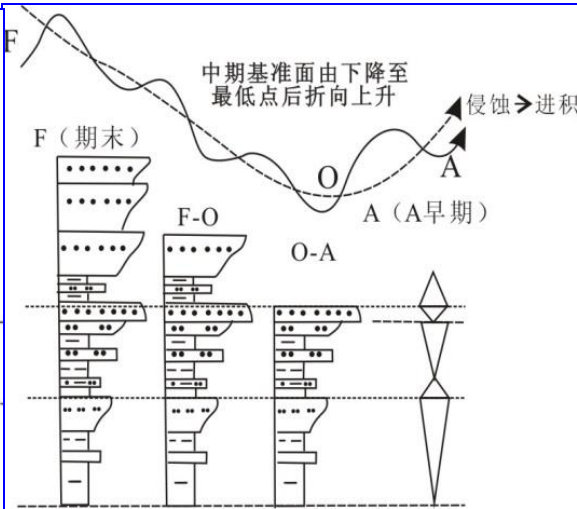
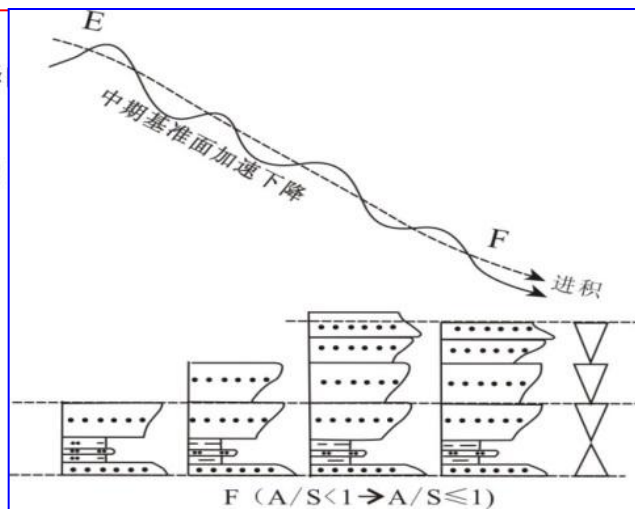
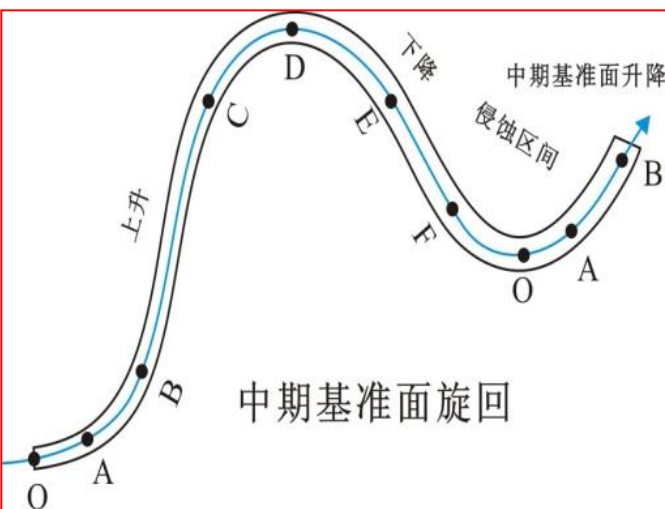
是指在大致相似地质背景下形成的一系列具有成因联系的短期基准面旋回的组合，包括中期上升和下降半旋回

- 中期上升半旋回：由一系列代表水体逐渐变深的短期旋回叠加而成
- 中期下降半旋回：由一系列代表水体逐渐变浅的短期旋回叠加而成





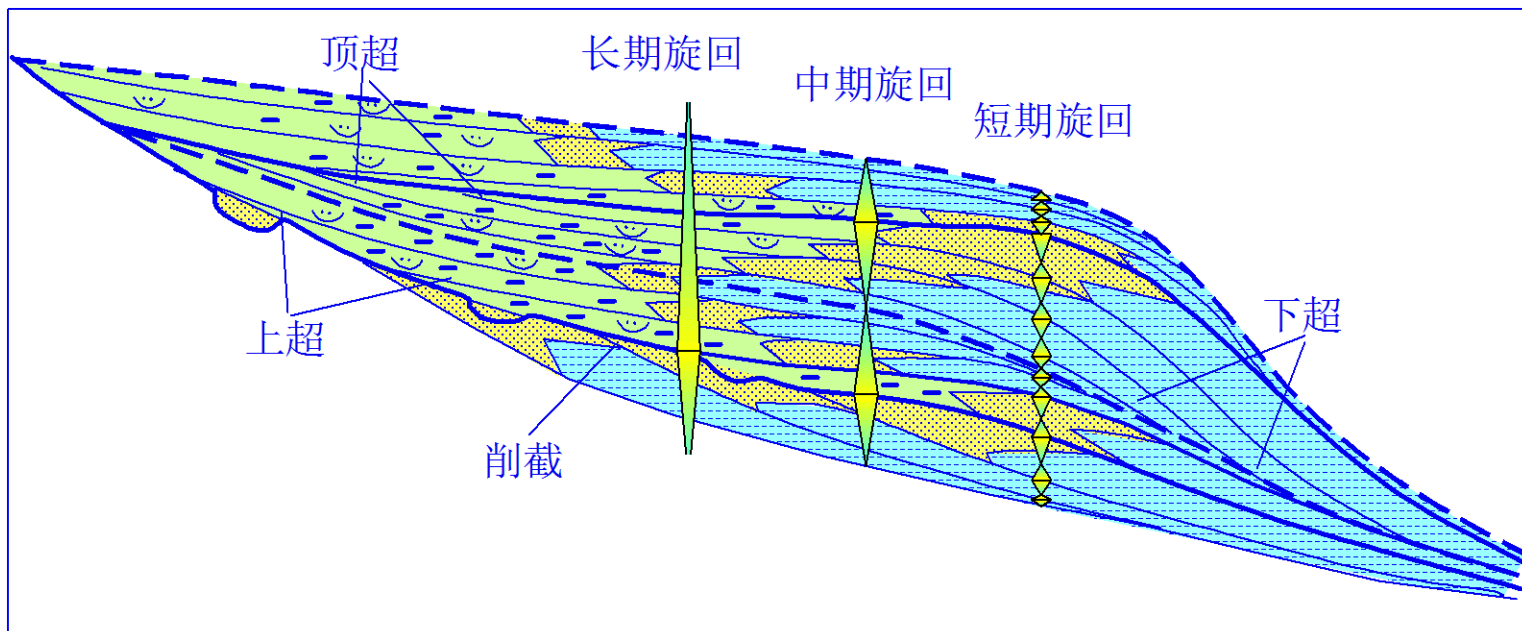
中期基准面旋回过程中的短期基准面结构类型及叠加样式



长期基准面旋回：

是指在沉积盆地范围内，区域基准面所经历的上升和下降过程，与其对应的长期地层旋回是以区域不整合面为边界的一套具有成因联系的、相对连续的地层组合。

- 长期上升半旋回：由一系列代表水体逐渐变深的中期旋回叠加而成
- 长期下降半旋回：由一系列代表水体逐渐变浅的中期旋回叠加而成





- **长期基准面旋回界面：**

- 广泛分布的代表区域基准面大幅度下降的区域不整合面
- 代表基准面上升初期低可容空间时河流充填作用的河道底部滞留沉积和厚层大型交错层里砂岩
- 滨岸上超向下迁移、沉积相向盆地方向迁移及沉积相垂向组合的突变
- 界面上下古生物组合、地球化学特征等差异
- 地层产状的差异
- 测井曲线、地震反射结构特征的异常、差异

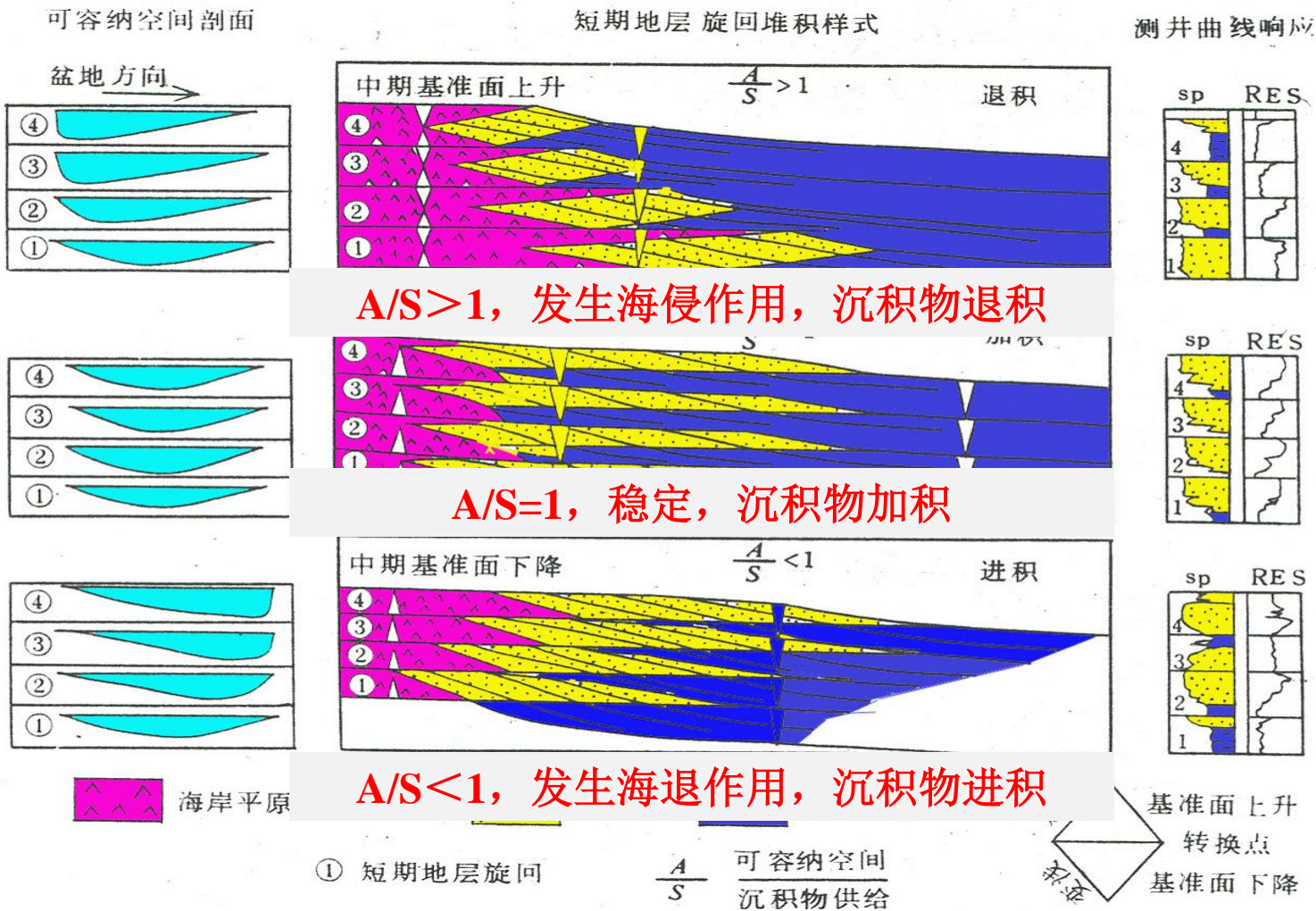


二、沉积物体积分配原理

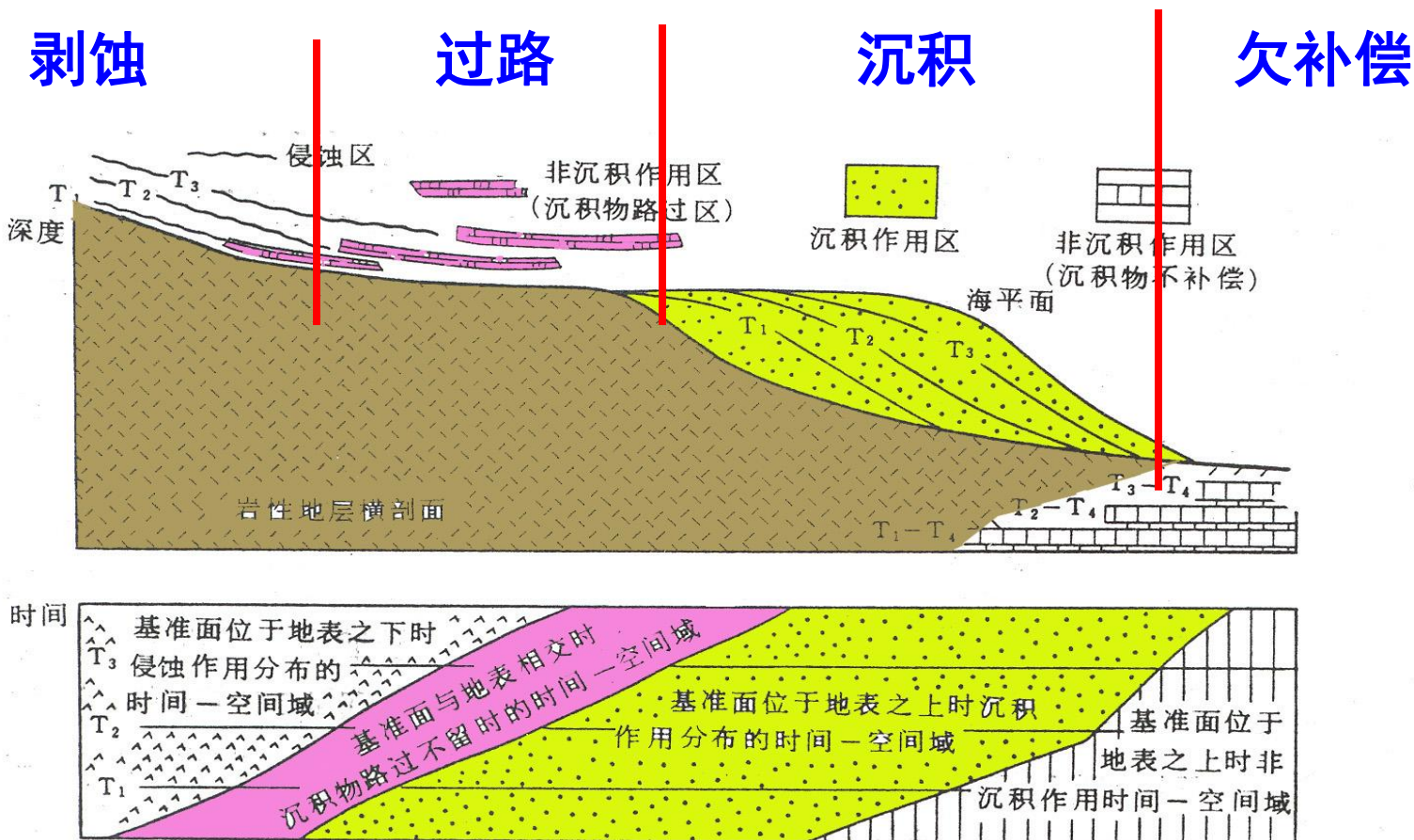
1、沉积物通量 (S)

- 沉积物通量：指某一时间内，接受沉积物的总量。其受可容空间的量控制。
- **A/S**值则控制了某一时间内、某一地理位置的可容空间内沉积物堆积速率、保存程度、内部结构（堆积样式）等。

A/S值与沉积物堆积样式的关系



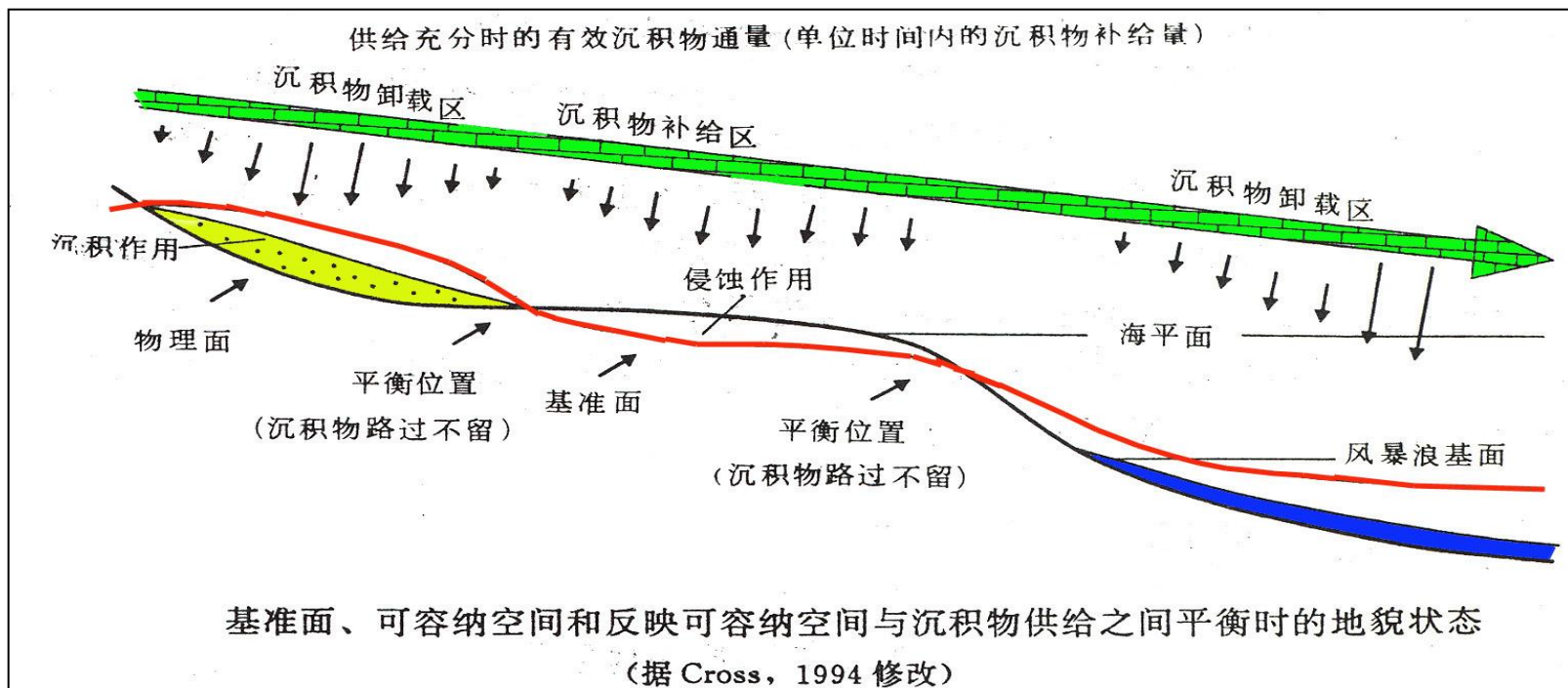
A/S值与沉积作用



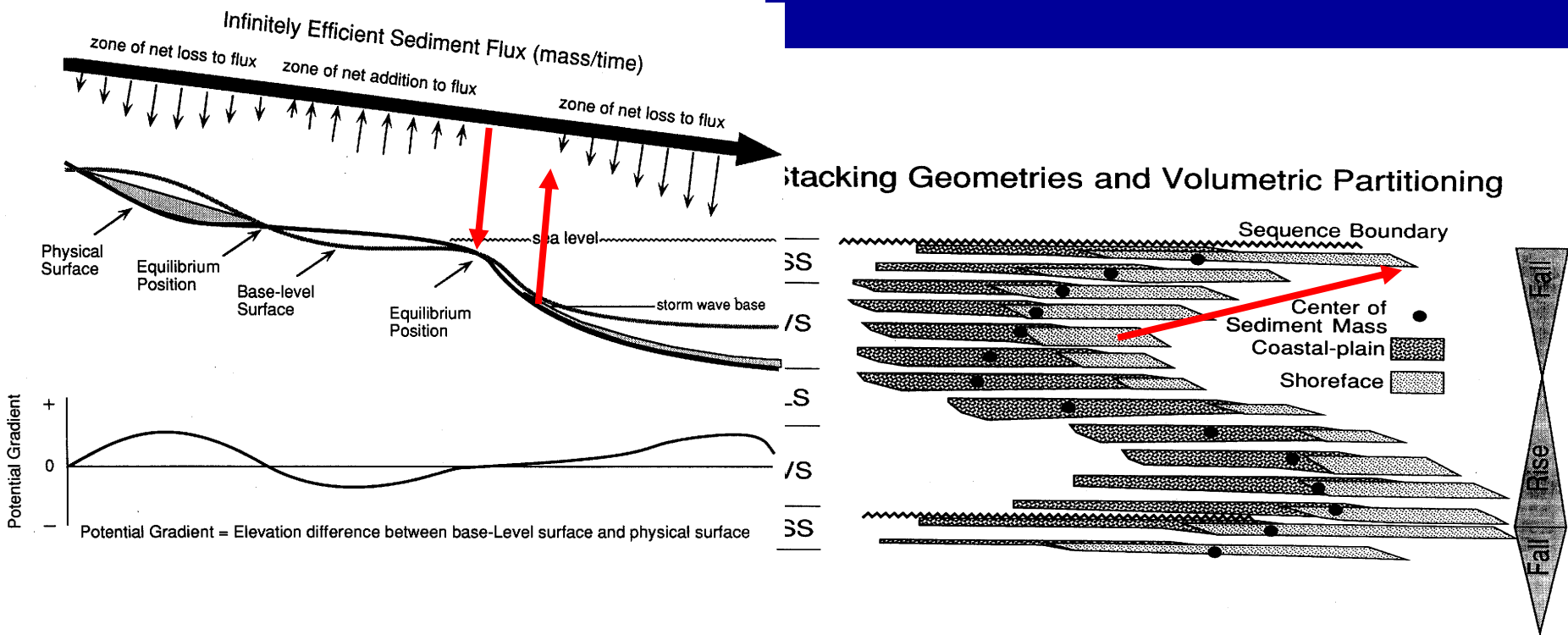
岩性地层剖面及侵蚀作用、沉积物的路过、沉积作用和非补偿沉积作用的时空迁移对比图解
(据 Wheeler 图解法)

2、有效可容空间：指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

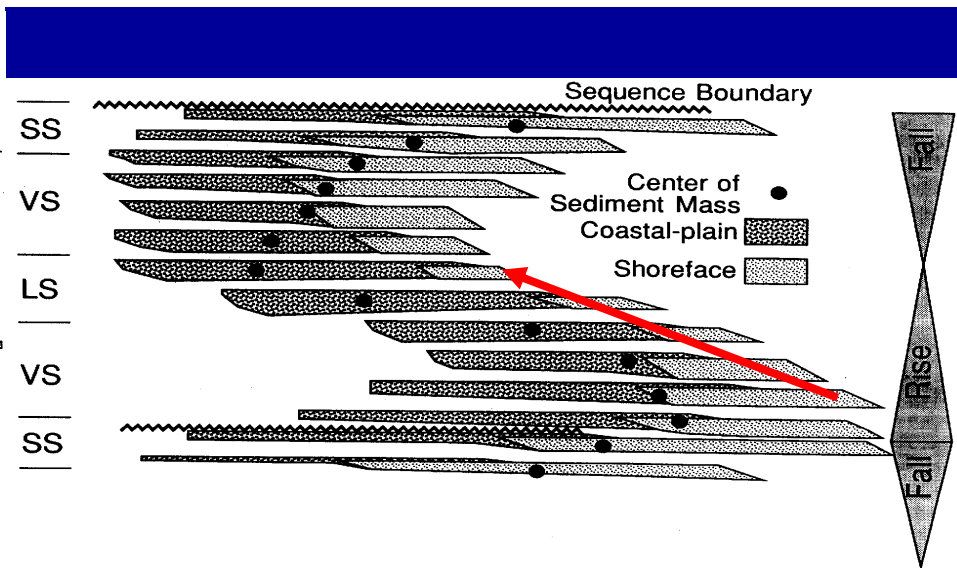
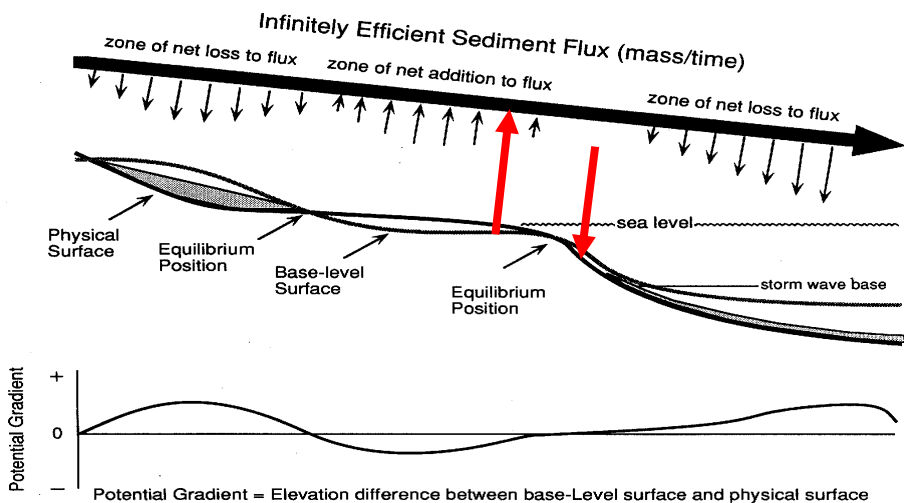
基准面的升降，控制了有效可容空间的变化，同时控制了沉积物的堆积性质、总量。



- 在基准面下降期，有效可容空间向盆地方向迁移，有效空间增大，而靠近河流和海岸平原地区的有效可容空间减小，滨岸砂岩沉积体积逐渐增大，海岸平原沉积体积减小。



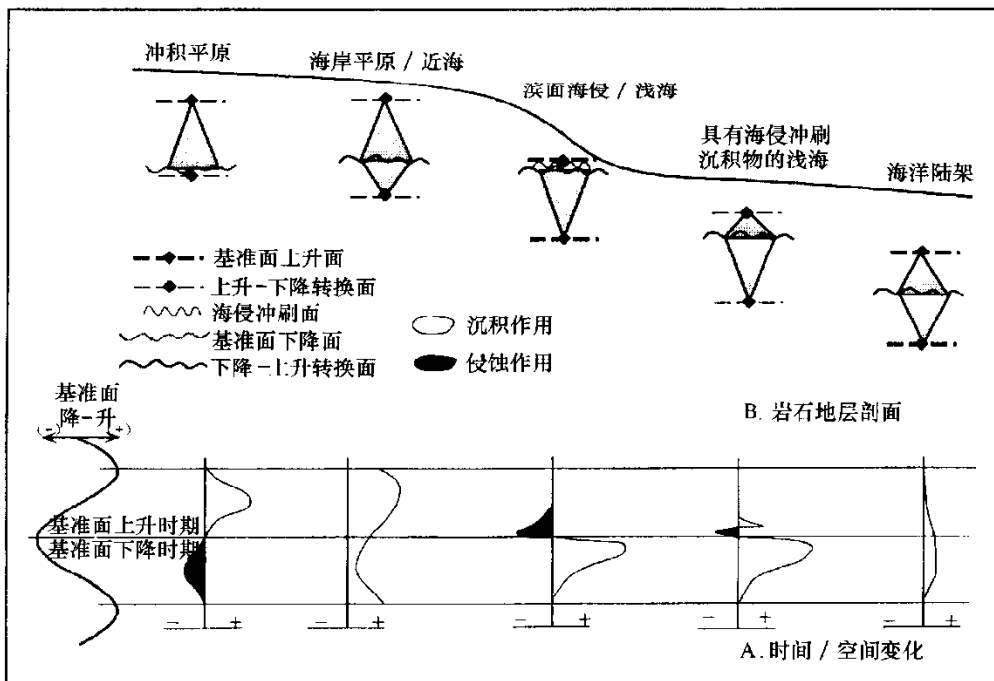
- 在基准面上升期，有效可容空间向陆地方向迁移，靠近河流和海岸平原地区的有效可容空间增大，堆积在滨岸和浅海环境中的沉积物体积减小。



3、沉积物体积分配

沉积物体积分配是基准面旋回内不同沉积环境可容空间动态变化的结果。它是指基准面旋回过程中，可容空间的大小随地理位置变化，由此，堆积在可比较的沉积环境中的沉积物体积发生时空变化。

基准面变化——有效可容空间变化——沉积物沉积量



基准面下降期间，可容空间减小，盆地边缘相域沉积物体积减少，盆地中心相域沉积物体积增加

基准面旋回期间，在相域内保存不同沉积物体积的过程——沉积物体积分配

基准面上升期间，可容空间增加，盆地边缘相域沉积物体积增加，盆地中心相域沉积物体积减少

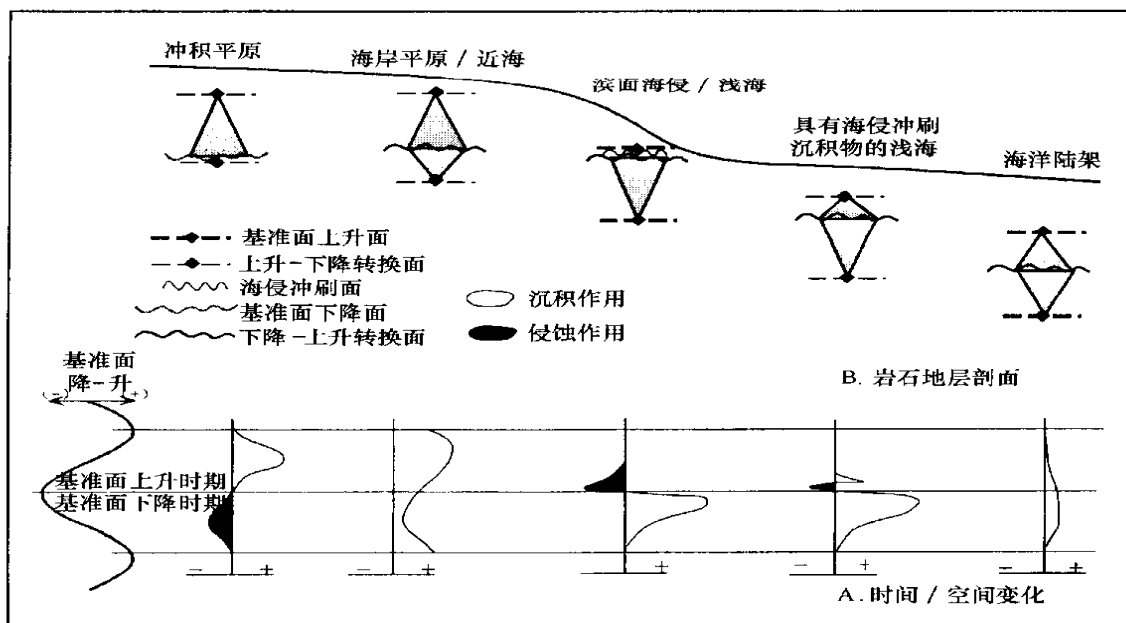


沉积物体积分配的地层学和沉积学响应

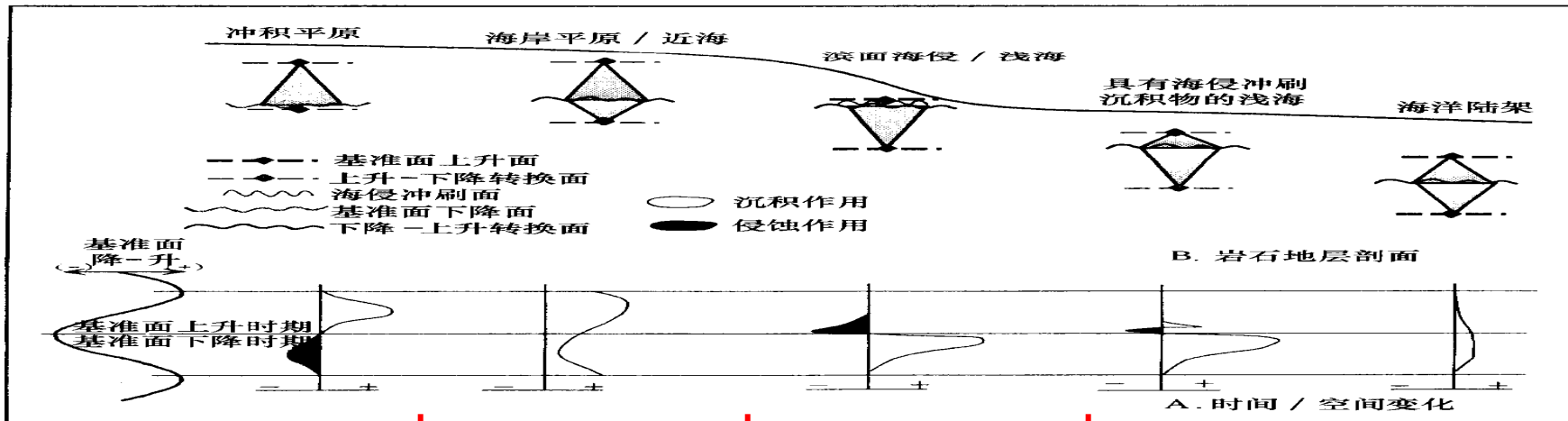
- 沉积物体积的变化——A/S比值在时间域和空间域的变化
- 响应：
 - 地层旋回的对称性
 - 地层单元的叠加样式
 - 原始地貌要素保存程度

旋回对称性的变化

- 旋回的对称性是在基准面变化过程中上升半旋回时间和下降半旋回时间形成的岩石地层记录的一种特征
 - 对称性旋回指的是基准面半周期内包含大致相等的岩石地层厚度、相序组合
 - 不对称旋回则以基准面下降时期堆积的沉积物或基准面上升时期堆积的沉积物为主



旋回对称性的变化



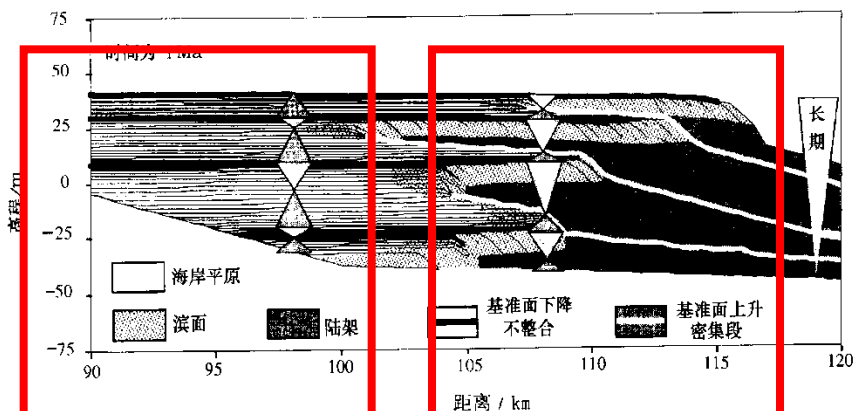
基准面下降不整合
+
基准面上升沉积物
↓
基准面上升
不对称旋回

上升和下降期间存在足够的可容空间，使得沉积物得以保存
↓
对称的地层旋回

上升期，海泛作用增强，上升旋回难以保存
↓
基准面下降旋回

地层单元的叠加样式

长期基准面旋回下降期 进积叠加



上升半旋回



对称旋回

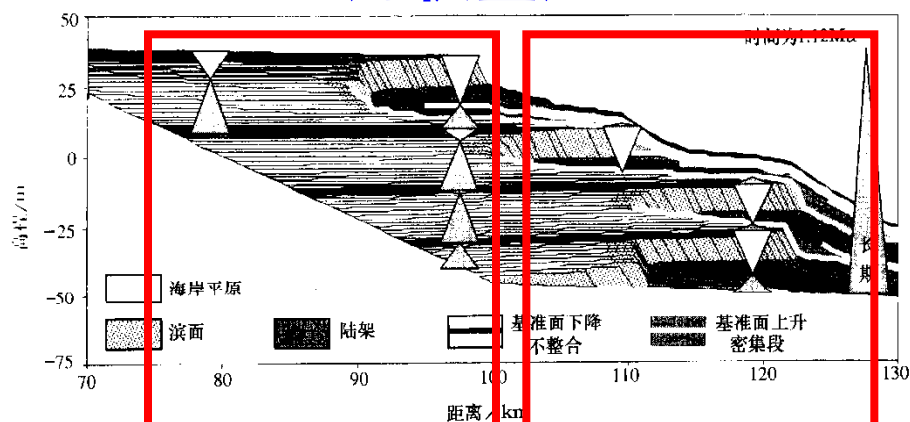
下降半旋回



对称旋回

旋回的对称性变差

长期基准面旋回上升期 退积叠加



对称旋回



上升半旋回

对称旋回



下降半旋回

旋回的对称性变好



“相”分异作用

- 相分异是指保存在相同环境中的相序和相组合由于可容空间的变化和沉积物体积的分配差异性出现多样性的特征。
- 具体表现在：
 - 几何形态
 - 相组合和相序
 - 岩石多样性
 - 层理类型和岩石物性的差异
- 相分异直接影响了储层的三维空间几何形态、岩性、岩相类型以及储层的连续性和非均质性。

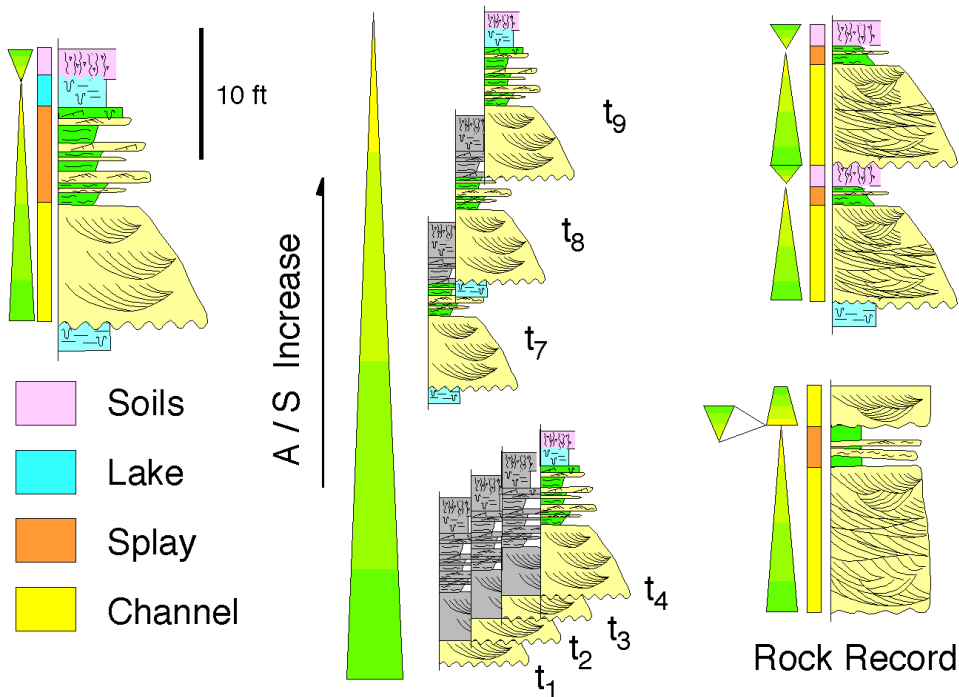
相分异作用类型:

- 第一种: 基准面变化周期中的单个相属性的改变

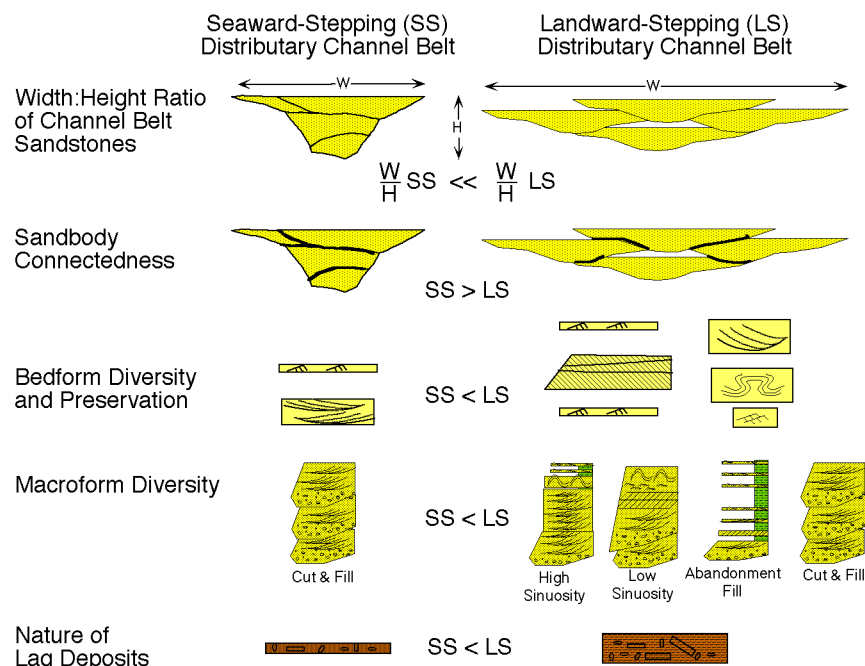
- 如高/低可容空间下河道砂体:

- 高可容空间: 河道砂体侧向连续性好、相互截切程度低、保存程度高、河流“二元结构”完整
- 低可容空间: 河道砂体侧向连续性差、相互截切程度高、保存程度低、河道砂发育、河泛平原沉积不发育

Relative Preservation of Facies Tracts with Increasing A / S



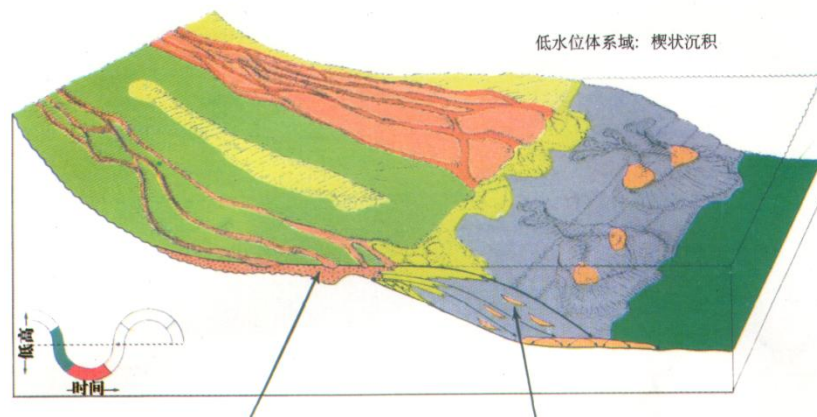
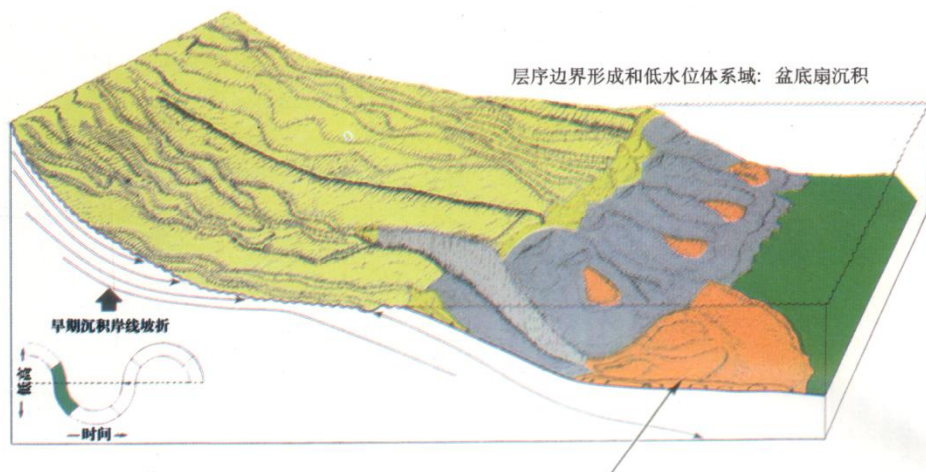
Stratigraphic Architecture and Facies Differentiation of Distributary Channel Belts





相分异作用类型：

- 第二种：基准面变化周期中在沉积地形剖面的相同位置相或相序的完全变化，这些相组合的变化反映了沉积环境的地貌组成的变化。
 - 如基准面下降期以波浪为主的开阔海相临滨沉积环境
 - 与基准面上升期以开阔海湾、河口湾环境潮汐流为主的沉积环境的交替

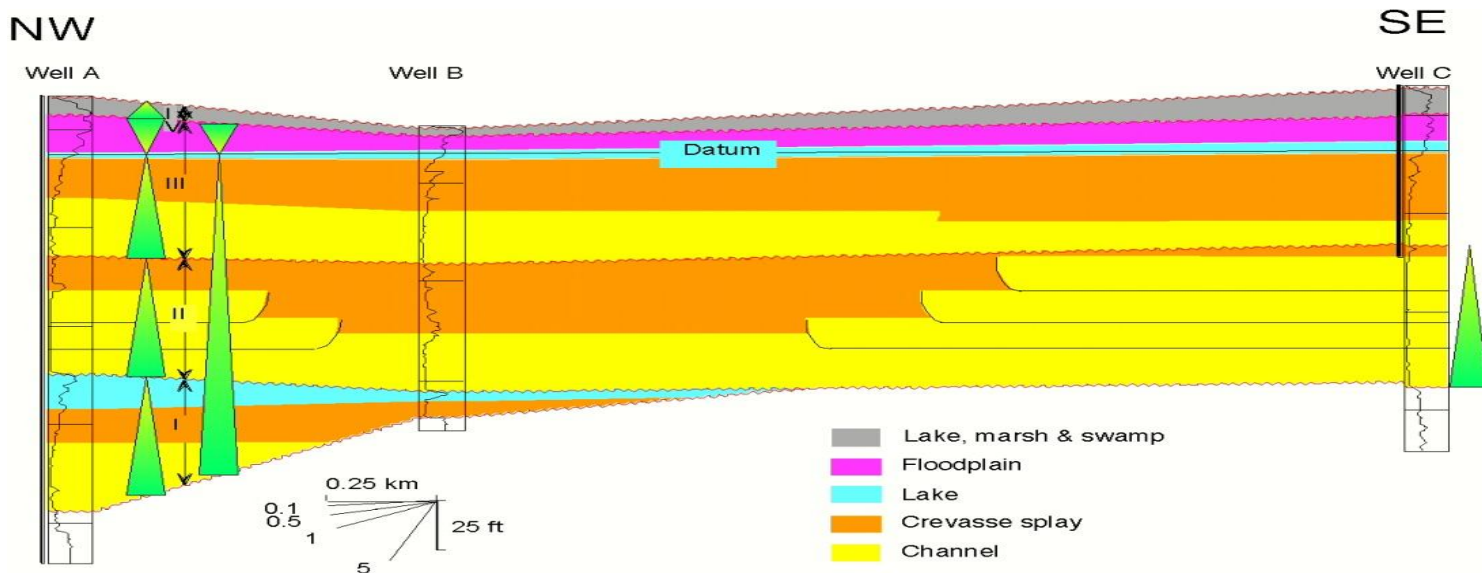


三、基准面旋回的识别与对比技术

1、基准选面旋回对比的理论基础

(1) 时间地层单元的连续性

- 层序地层学认为：运用完整的、连续的时间概念分析地层，地层记录中没有时间间断，地层的不连续性或间断仅表现在一维地层剖面上
- 时间地层单元=地层+地层不连续面

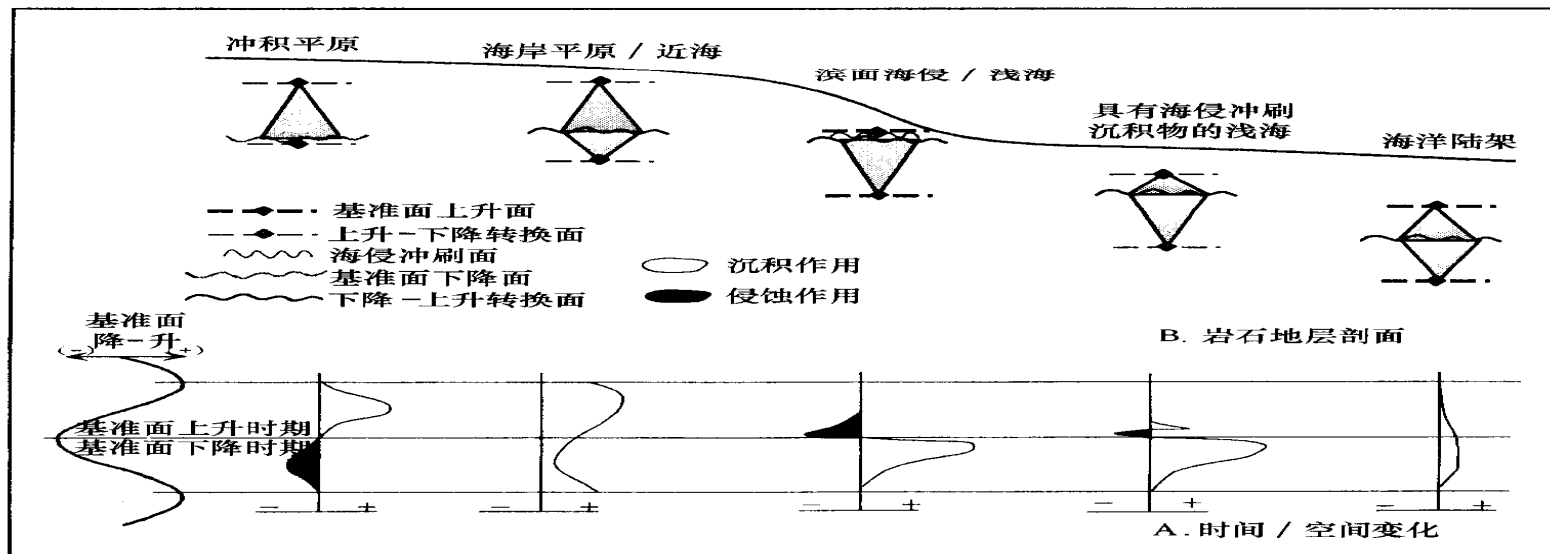


1、基准选面旋回对比的理论基础

(2) 沉积物体积分配原理

•原理表明：沉积物的沉积作用和保存作用遵循质量守恒定律，导致同一沉积体系、不同沉积环境中沉积物保存程度、地层间断面出现的频率、沉积物厚度、旋回的对称性、短期旋回的叠加样式、相的多样性等性质沿沉积剖面发生规律性变化。

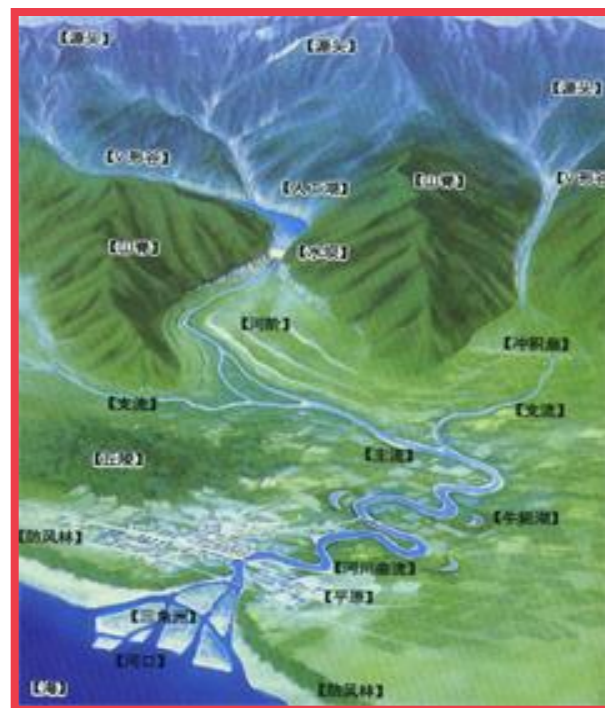
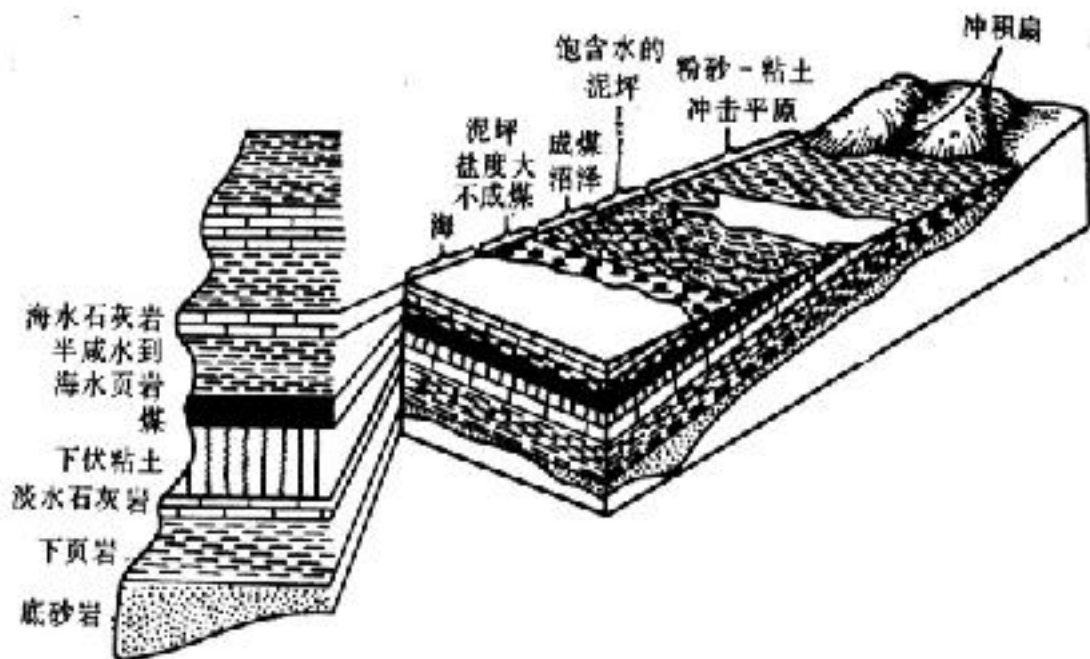
•对比原则：岩石—岩石、岩石—界面、界面—界面



1、基准面旋回对比的理论基础

(3) 短期旋回对比的基础——Walther相律

- Walther相律指出，沉积相带沿地表周期性迁移（向上或下）形成垂向上连续的相序，这种相序通常表现为进积/退积的地层单元。
- 划分原则：** 上升—下降、下降—上升





• 2、高分辨率层序地层学基本工作方法

(1) 以岩心、测井曲线为基础，识别短期基准面旋回

基准面上升：相组合反映了沉积环境向盆地中心迁移或水体变深的退积变化，代表了A/S的增加或可容空间的增加。

基准面下降：相组合反映了沉积环境向盆地边缘的进积变化。

(2) 以测井资料识别短期旋回叠加样式，组合较长期旋回

短期旋回叠加样式有退积，加积、进积三种，分别是较长期地层旋回上升、下降过程中可容纳空间或A/S比值变化的结果。

(3) 结合地震资料反映的地层几何形态及地震反射终端性质识别长期旋回

基准面上升期： A/S比值增大，上超现象发生；

基准面下降期： A/S比值减小，顶超现象发生；

基准面下降和上升转换位置： A/S变化不明显，整一现象发生，地层加积

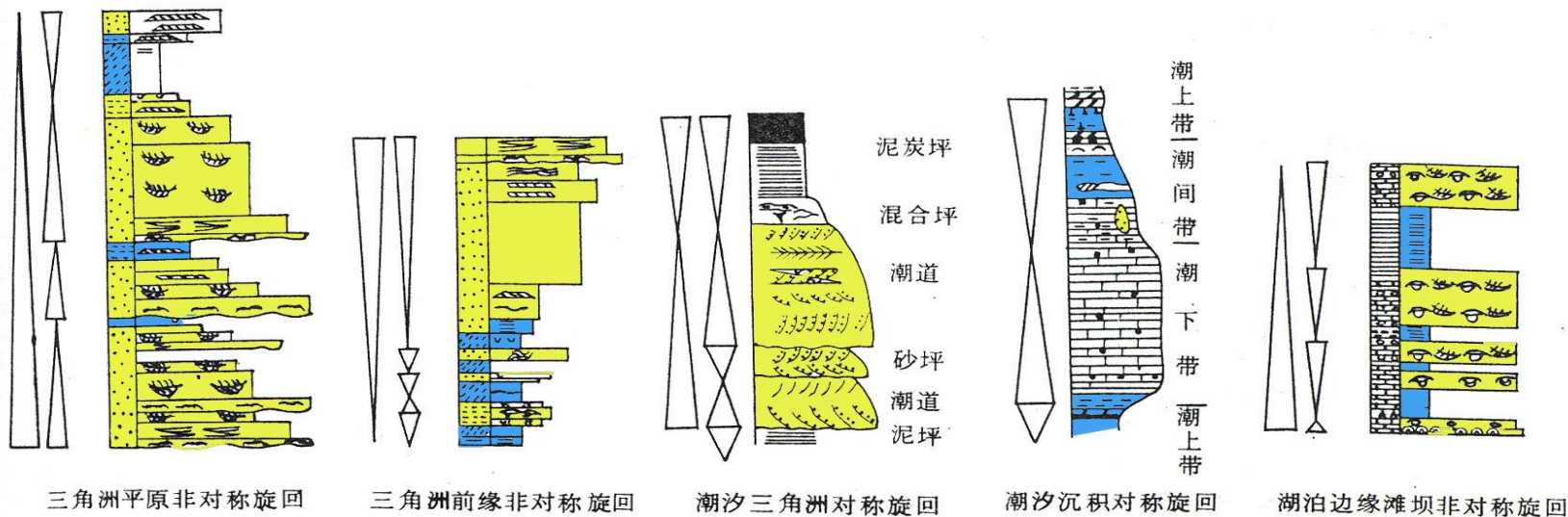
(1) 岩性剖面

A. 冲刷面及其上覆的滞留沉积物

上升冲刷和下降侵蚀冲刷，前者规模小，可见盆内屑

B. 岩性突变---浅水沉积物直接覆盖于深水沉积物之上，浊流砾岩直接覆盖于深水泥岩之上

C. 相序突变---向上变浅的相序向逐渐变深的相序



不同沉积环境下识别出的短期旋回特征

- 2) 测井曲线
- 3) 地震剖面

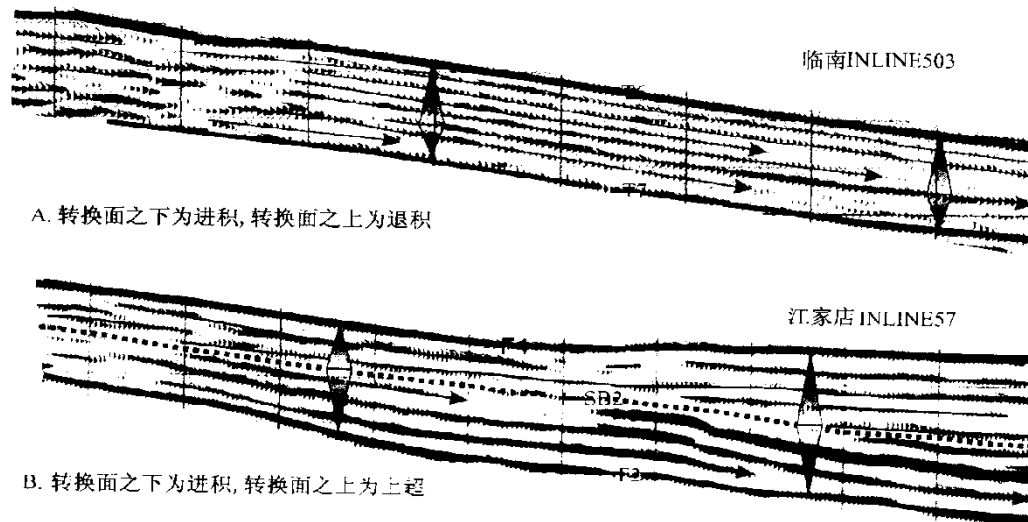


图 6-31 沉积作用转换面的地震反射特征

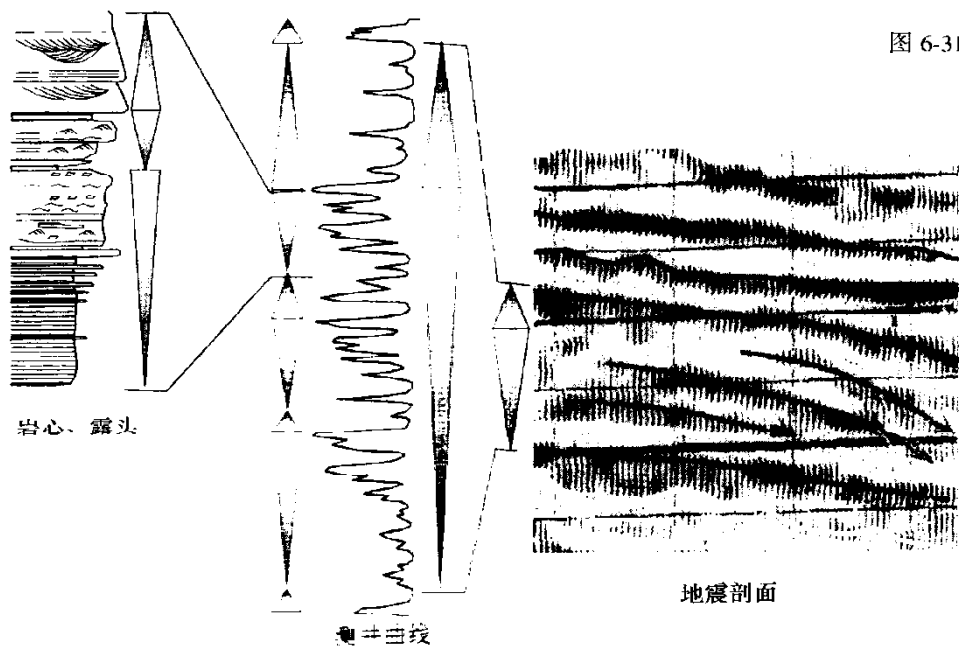
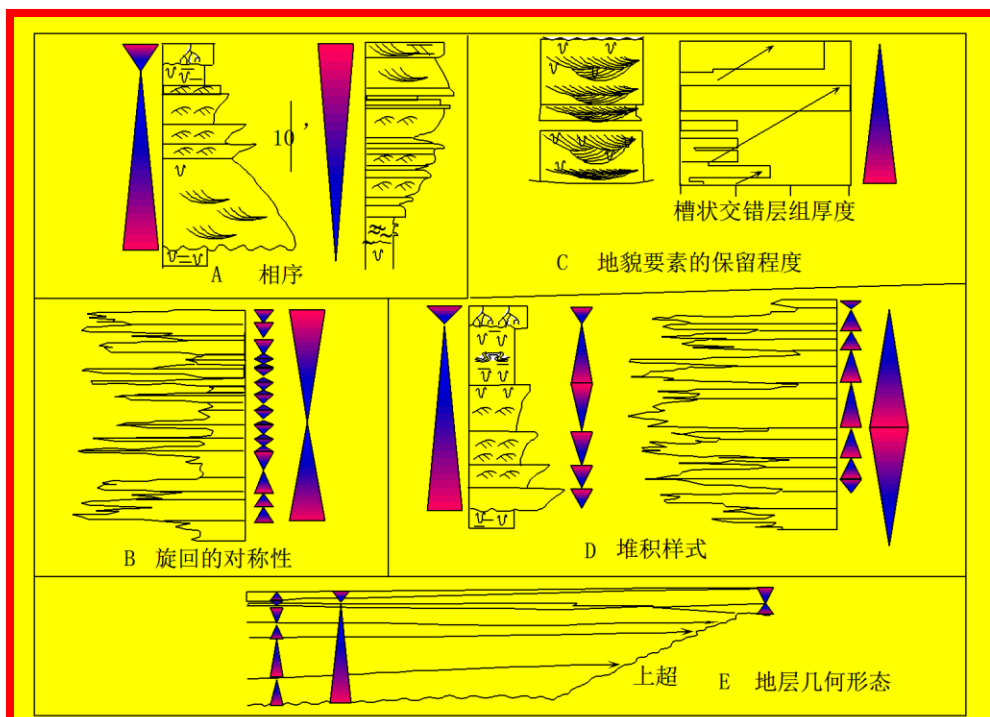


图 2-2 多资料综合的层序地层分析方法

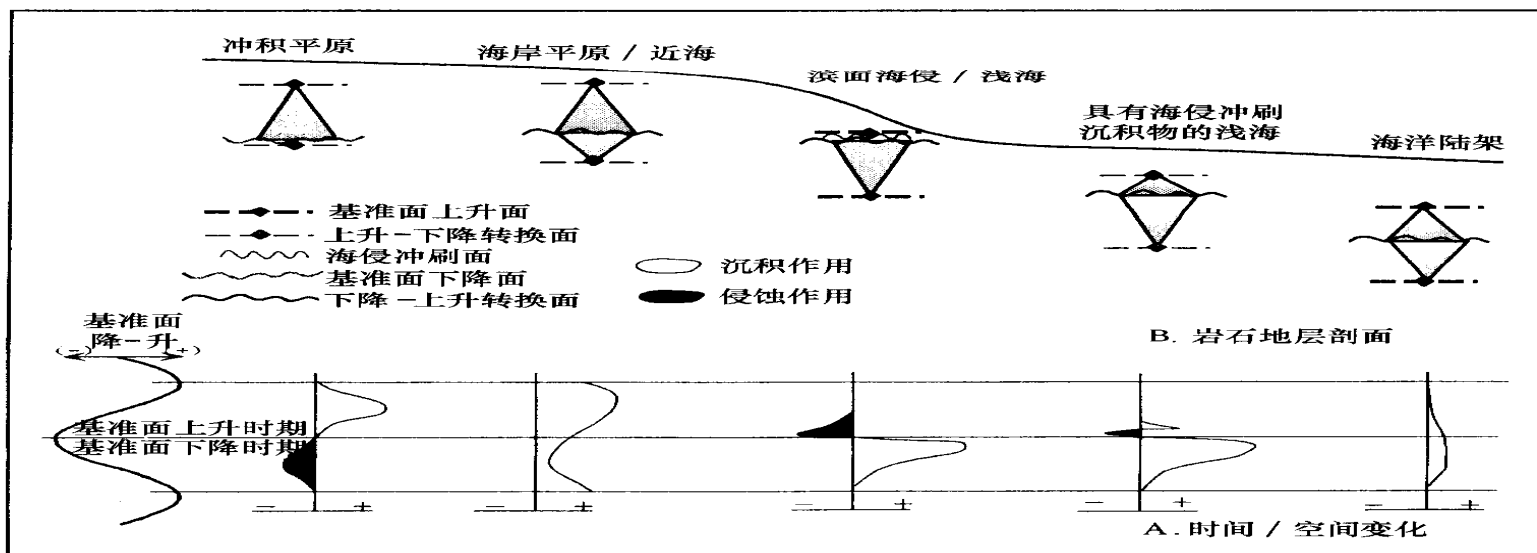
3、基准面旋回的界面类型

不整合面或沉积间断面、 沉积作用转换面

- 1) 单一物理性质的垂向变化
- 2) 相序与相组合的变化
- 3) 旋回对称性的变化
- 4) 旋回叠加样式的变化
- 5) 地层几何形态与接触关系的变化

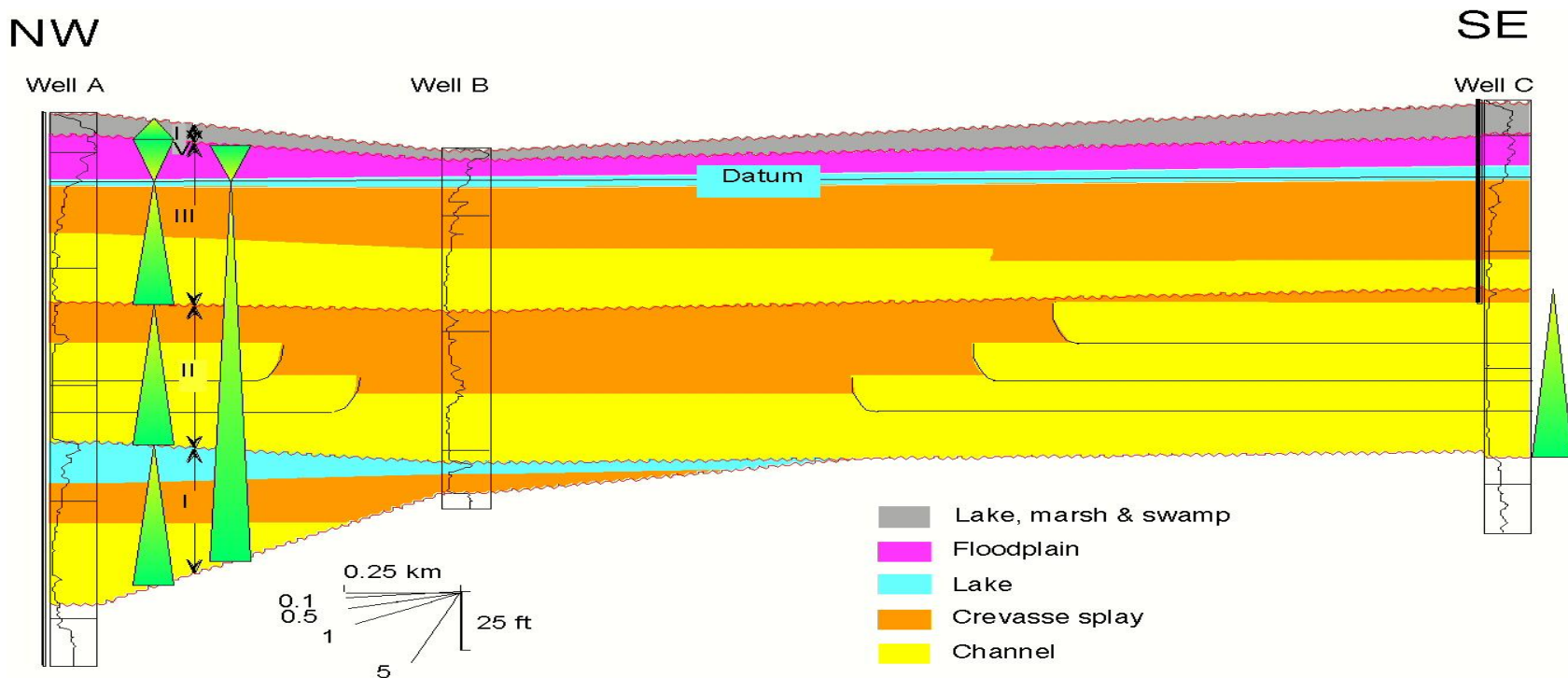


- 4、基准面旋回的对比方法
- 一个地层旋回性的形成是基准面相对地表位置的变化产生的沉积作用、侵蚀作用、沉积物路过时的非沉积作用和沉积物非补偿造成的饥饿性以至非沉积作用等随时间发生空间迁移的地层响应。
- 层序地层对比正是依据基准面旋回及其可容空间的变化导致岩石记录特征而进行，因此其对比是时间地层单元的对比，而不是岩石类型和旋回幅度（地层厚度）的对比，且有时是岩石与岩石对比，有时是岩石与界面的对比或界面与界面的对比。



基准面旋回对比的步骤:

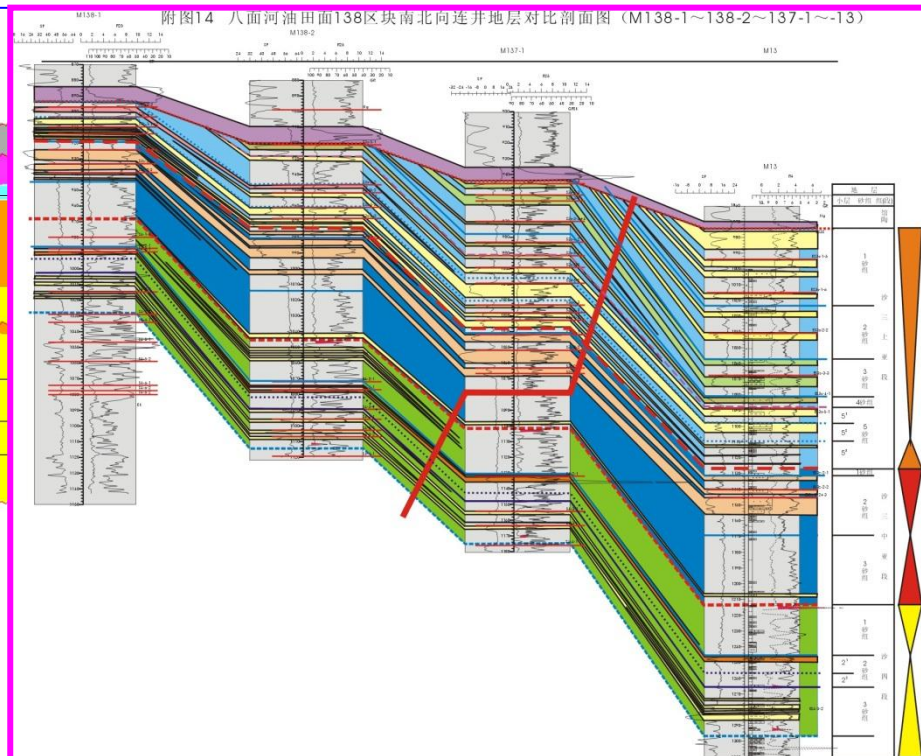
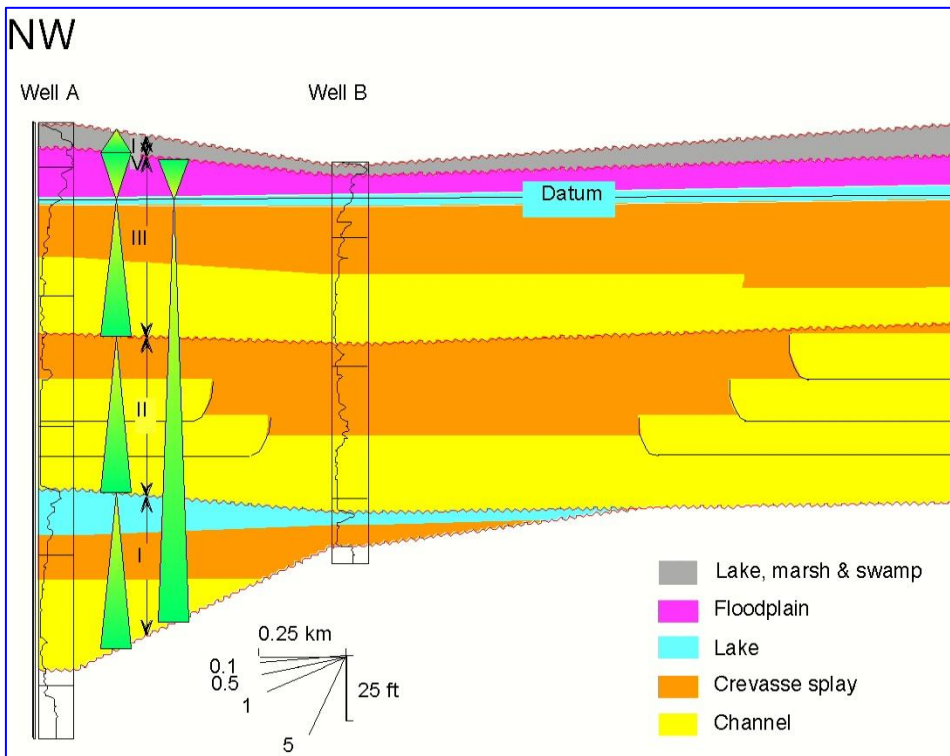
- 第一步: 旋回边界识别或单元划分
- 第二步: 基准面变化方向的确定 (上升、下降)
- 第三步: 旋回边界面的对比 (从大到小、低级到高级)
- 第四步: 地层单元内部结构的绘制



基准面旋回对比的步骤:

- 第四步: 地层单元内部结构的绘制

“上升半旋回由顶向底对, 下降半旋回由底向顶对”



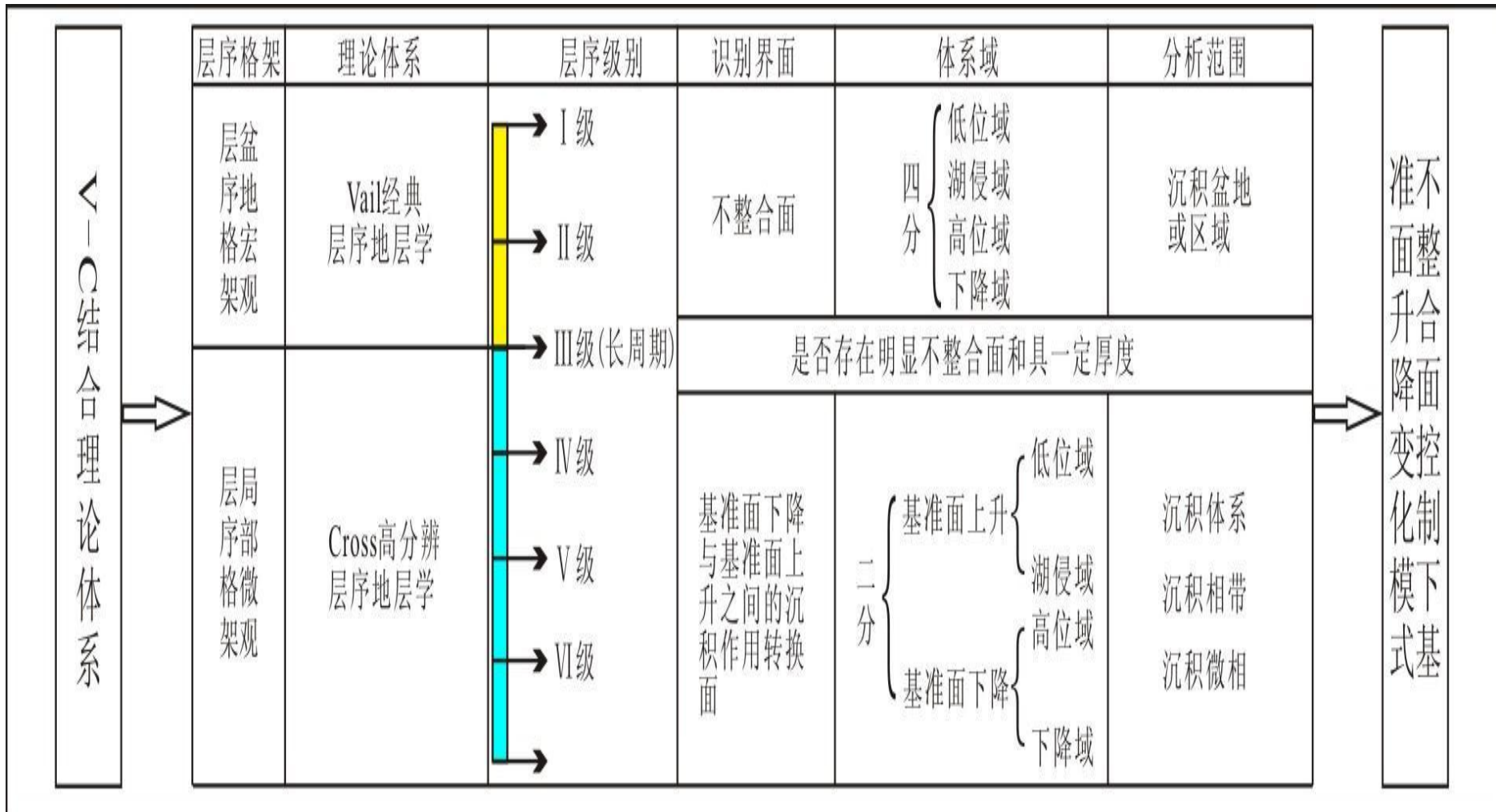


四、两者的关系

- **Vail的层序地层学**强调全球性海平面周期性变化，海平面相对变化是形成以不整合面以及与之对应的整合面为、成因相关的沉积层序的根本原因。层序是以不整合面以及与之相对应的整合面为层序边界的、一套相对整合的、成因上有联系的地层单元，因此识别**不整合面**是划分层序的关键。
- **Cross的层序地层学**强调沉积基准面的旋回性变化，在基准面旋回变化过程中，由于沉积物可容空间与沉积物补给通量比值(A/S)的变化，相同沉积体系域中沉积物体及发生再分配作用，导致沉积物堆砌样式、相类型及相序、岩石结构、保存程度发生变化。这些变化是沉积体系域在基准面旋回中所处位置和可容空间的函数。因此，Cross层序地层学更加注重**整合地层**的层序划分与对比。



两者的关系



Vail层序地层学
理论体系

不整合面及其
与之对应的整合面

三级
旋回划分、
对比

V-C结合系统

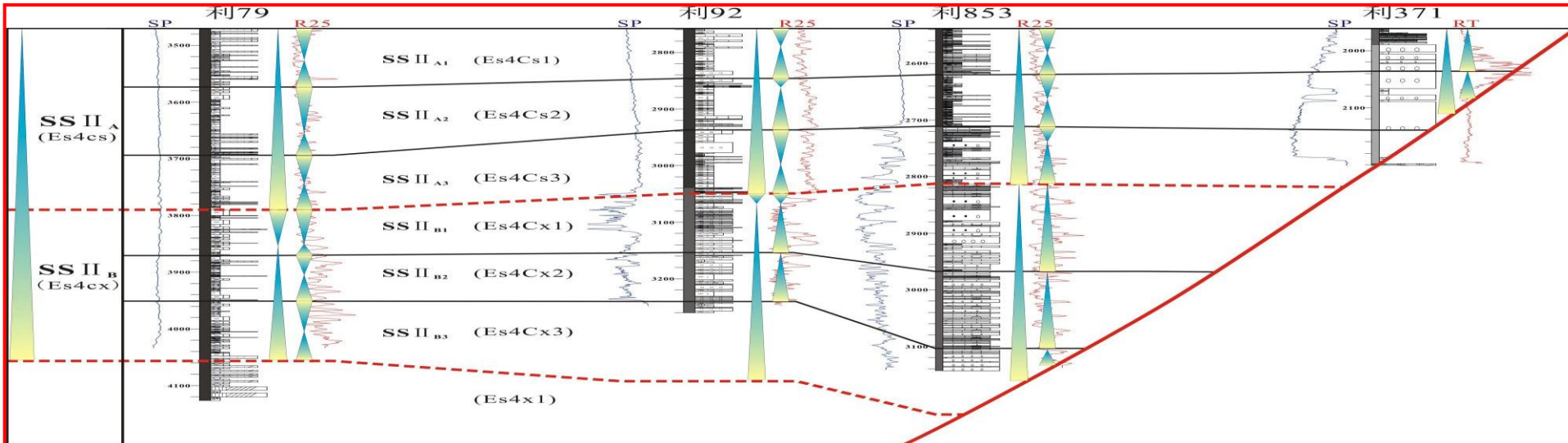
地 录 测 钻
震 井 井 井
资 资 资 岩
料 料 料 心

四级
旋回划分、
对比

Cross层序地层学
理论体系

基准面
升降变化旋回

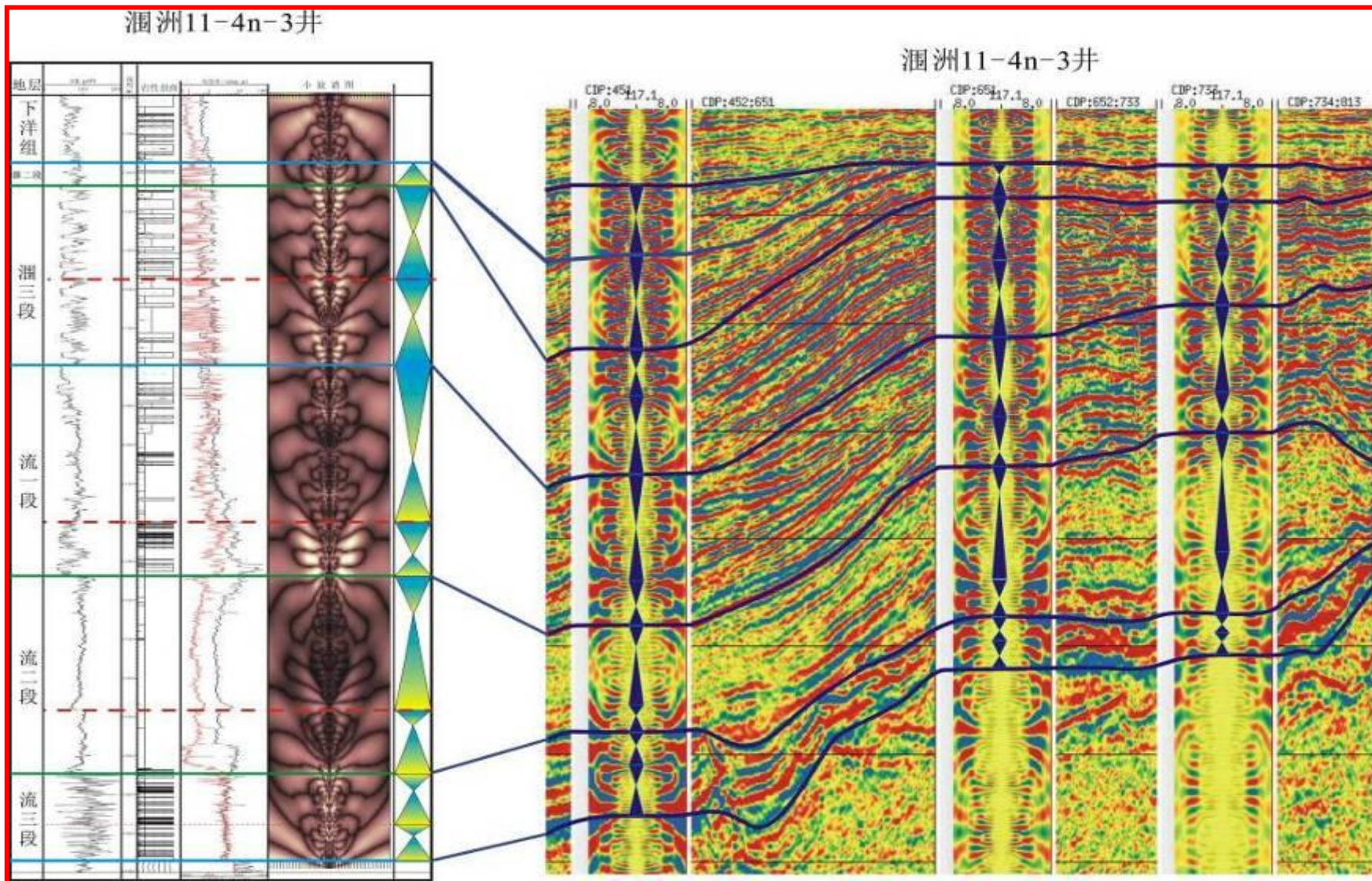
不整合面控制下基准面升降变化模式



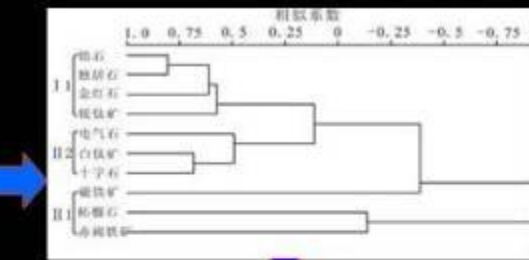
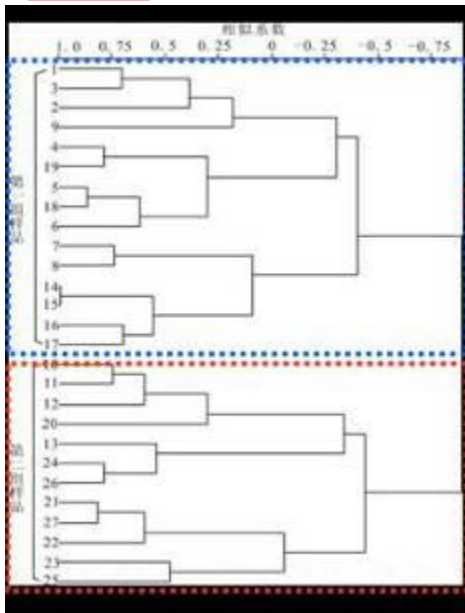
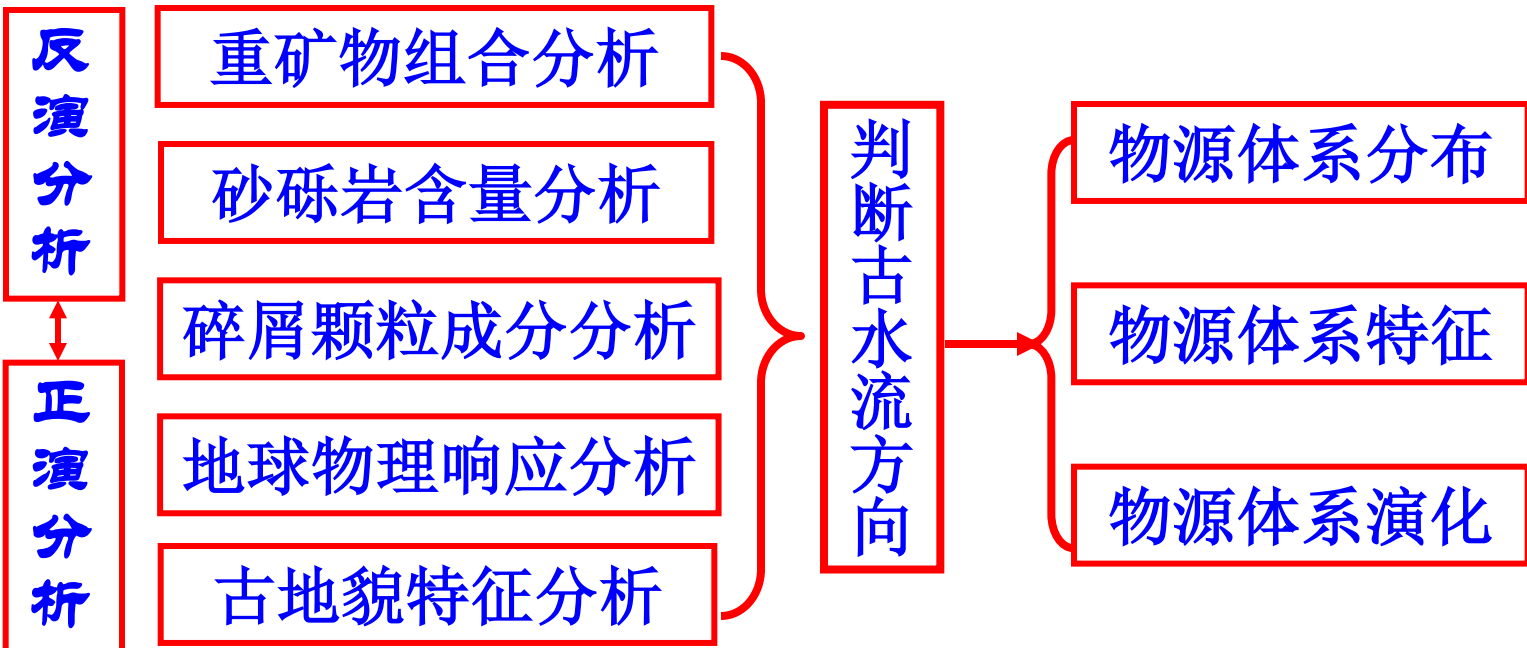


V-C层序地层学体系及研究思路

第一步：区域层序地层格架建立

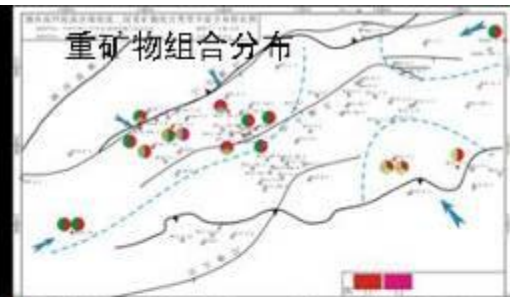


第二步：物源及沉积体系确定



第二段重矿物组合分类及分布

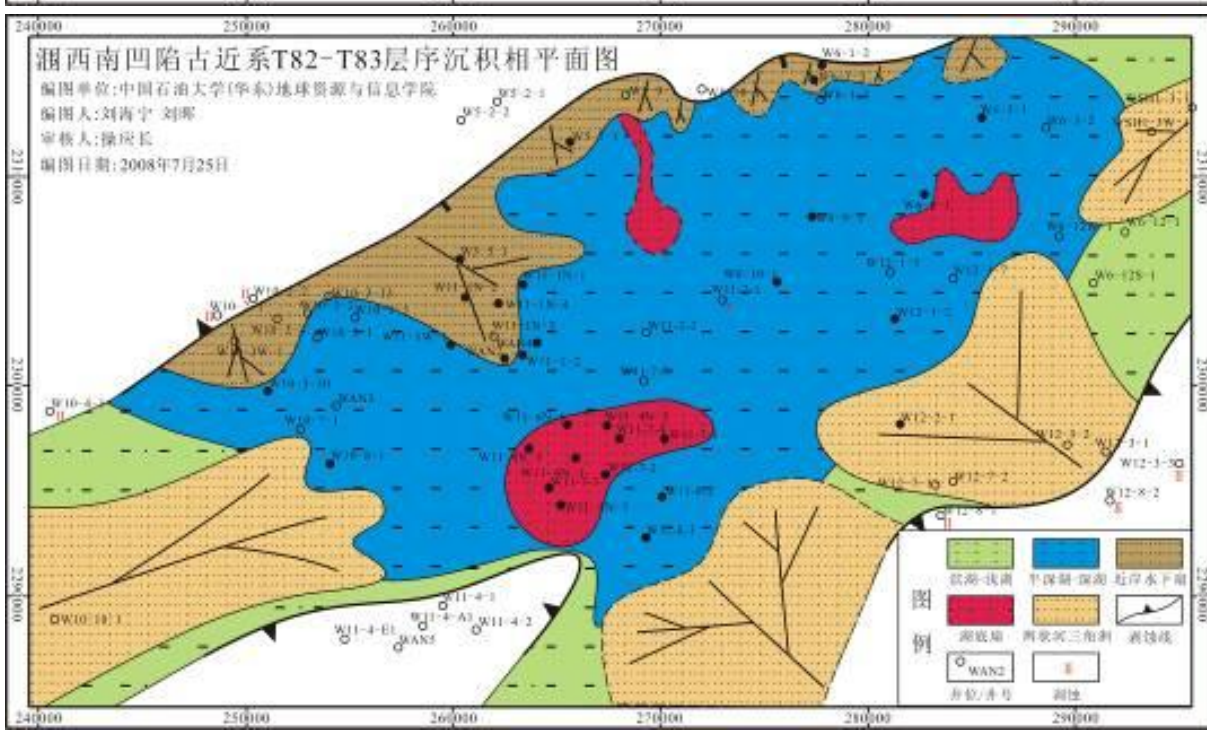
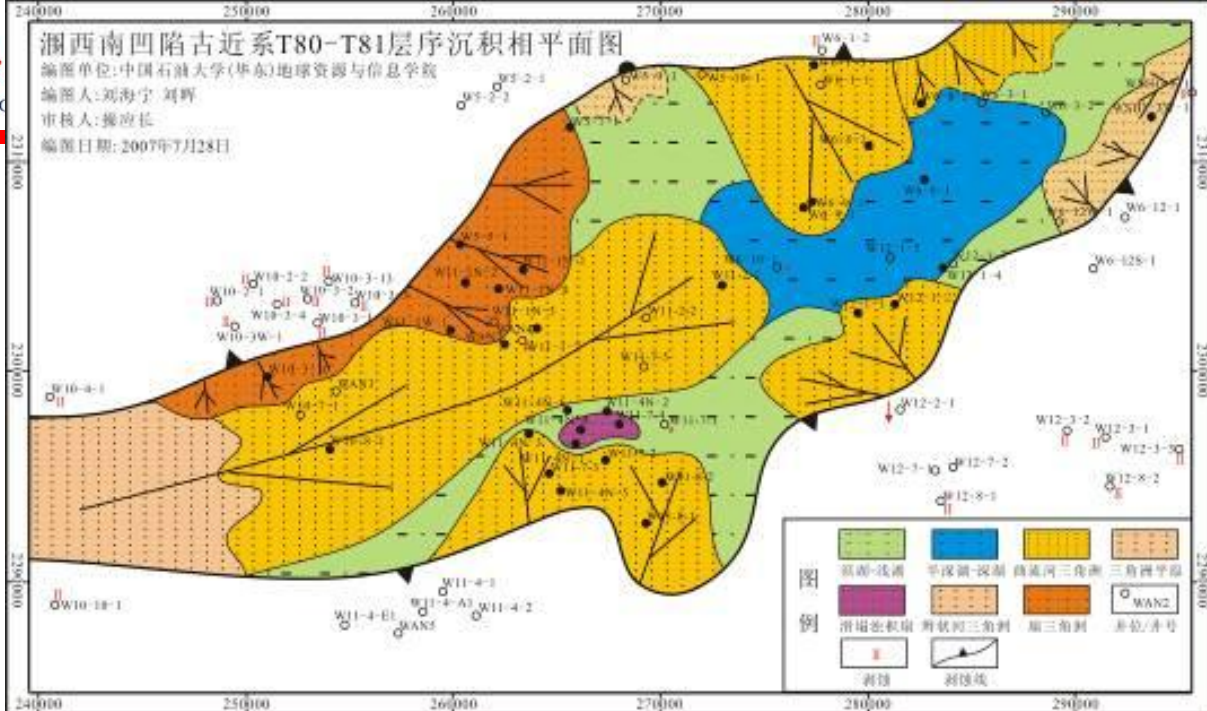
组别	重矿物组合	母岩类型	分布层位
I-1	电气石-绿帘石-石榴石-白垩岩-磁铁矿	中基性、酸性岩类	无宁组下中统
I-2	磁铁矿-角闪石-磷灰石	中基性岩类	WZ10-5层, WZ10-3层, WAZ2
I-3	电气石-绿帘石-磁铁矿-石榴石	基岩类	WZ10-10-15, WZ10-20层, WZ11-15层, WZ11-20-25层, WZ12-25层
I-4	电气石-绿帘石-十字石	基岩类	WZ10-25层
I-5	重晶石-磁铁矿	基岩类	WZ10-25层, WZ11-15层
I-6	电气石-绿帘石-十字石	基岩类	WZ12-25层, WZ12-25层
I-7	电气石-绿帘石-磁铁矿	基岩类	WZ12-25层, WZ12-25层

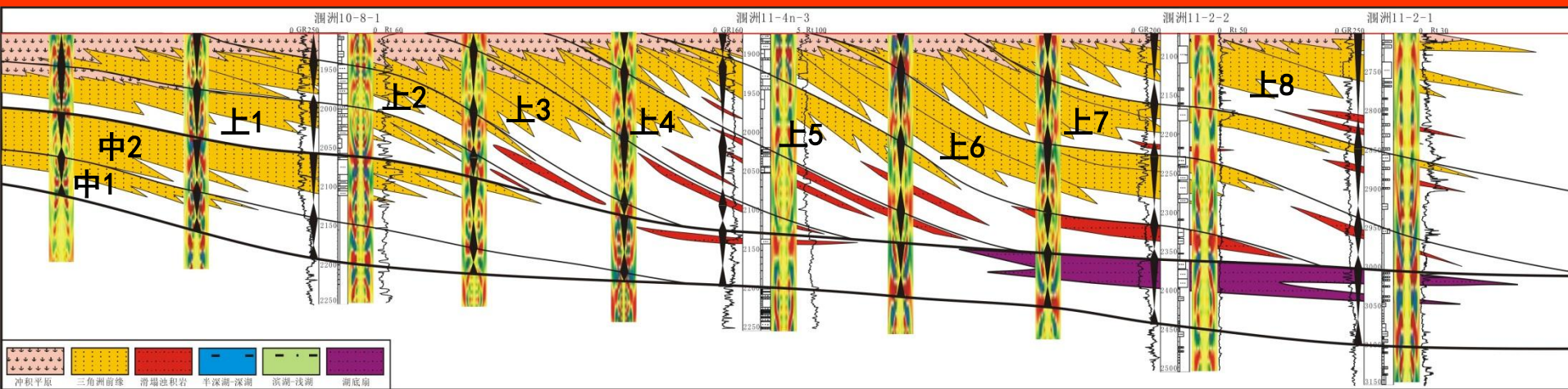




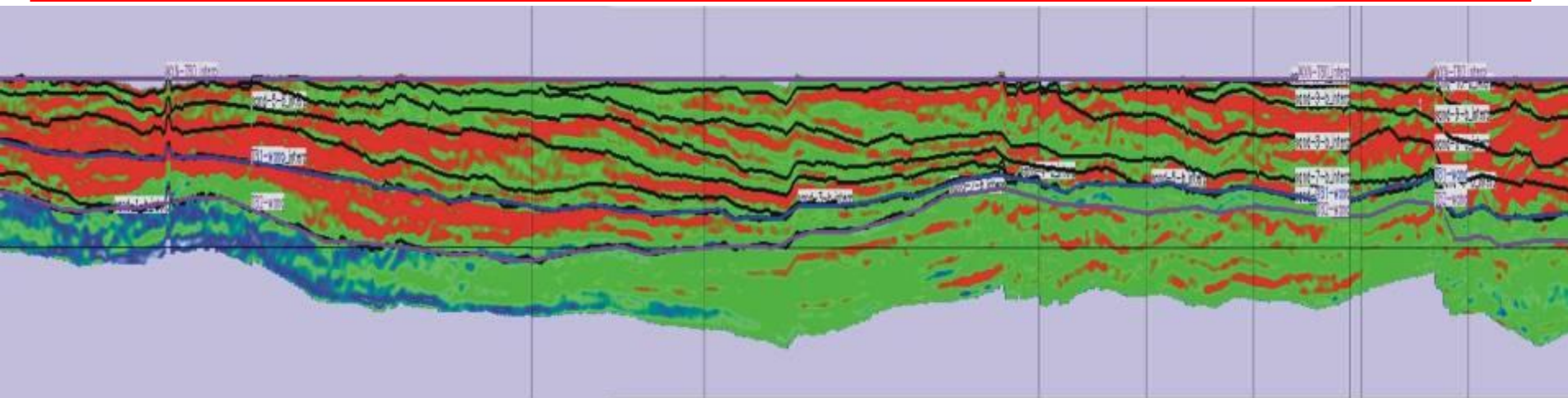
沉积体系为研究对象

高分辨基准面旋回分析



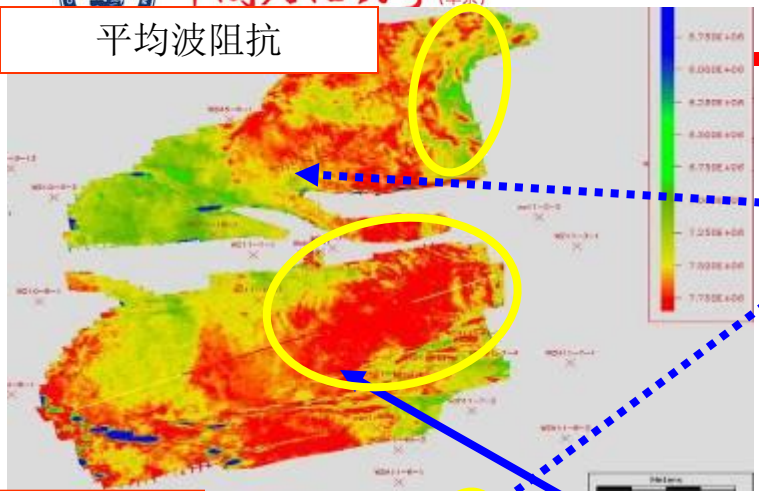


三级层序格架内河流三角洲沉积体系，可进一步划分出三个四级层序，三角洲沉积体系主要发育于上部两个四级层序之中，其可划分出10个五级基准面旋回。

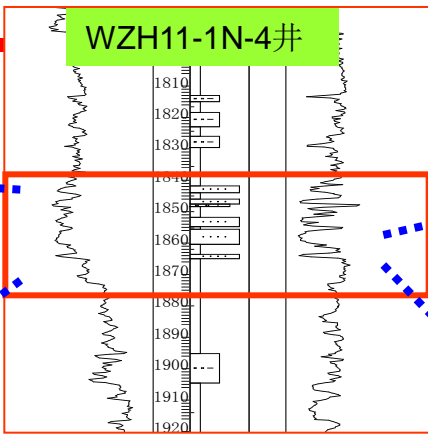




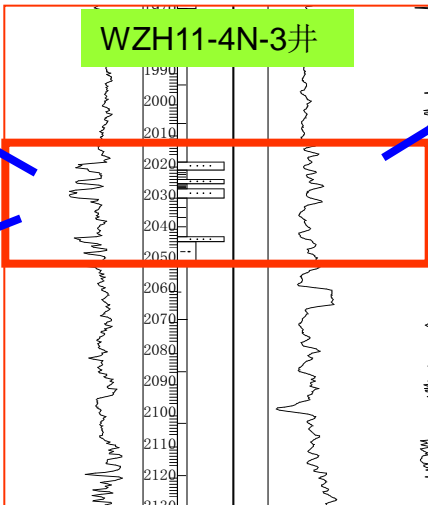
平均波阻抗



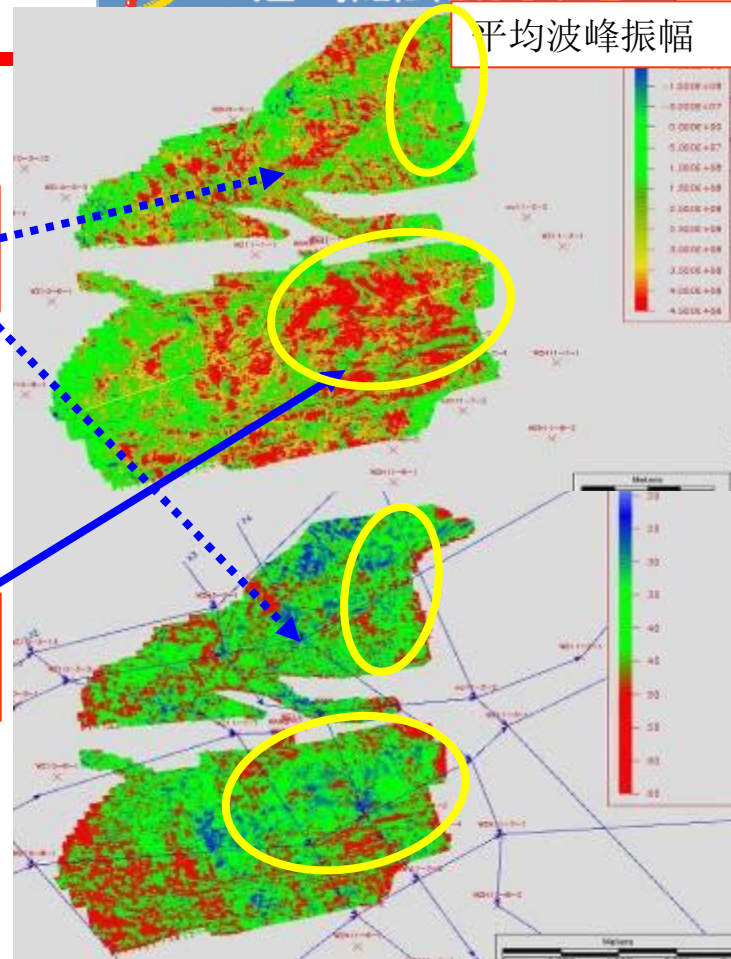
WZH11-1N-4井



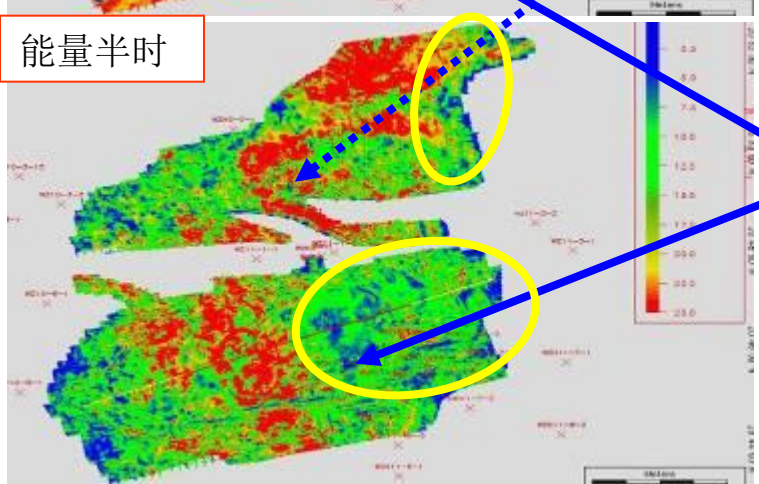
WZH11-4N-3井



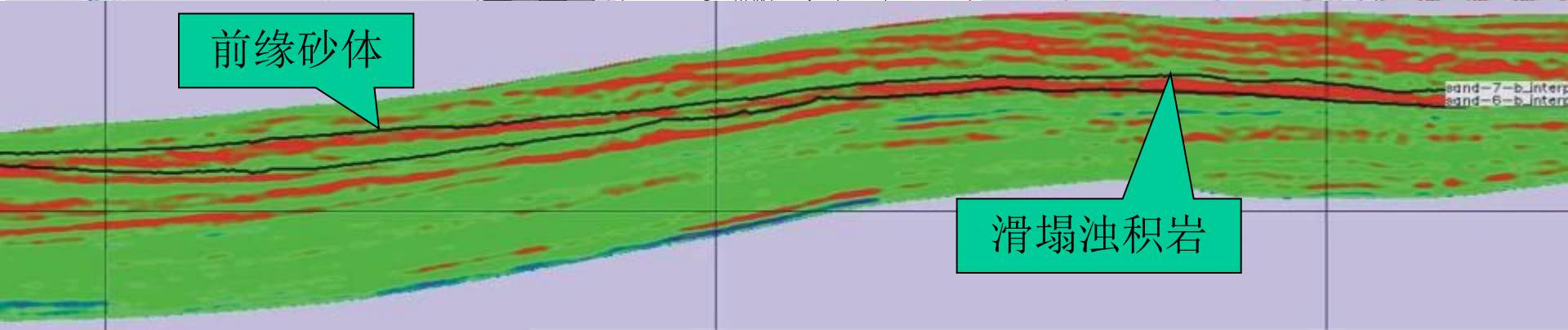
平均波峰振幅



能量半时



前缘砂体



滑塌浊积岩



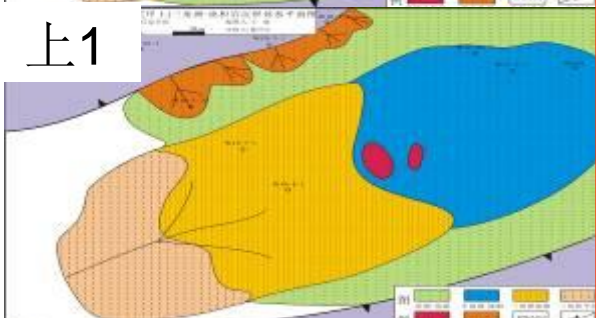
中1



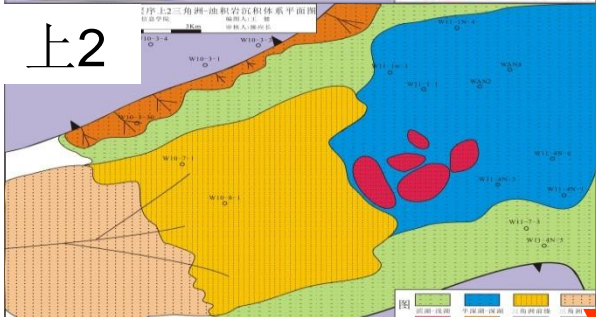
中2



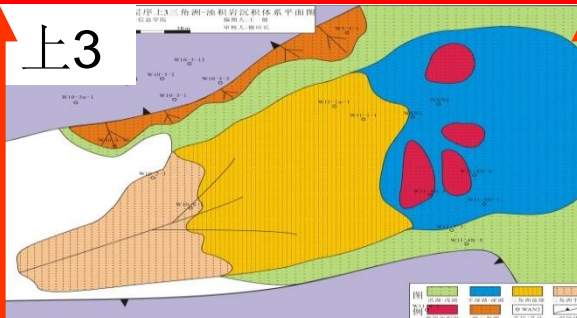
上1



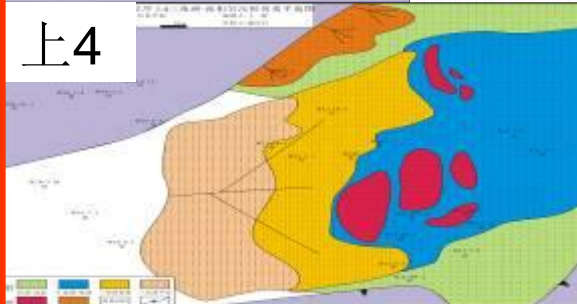
上2



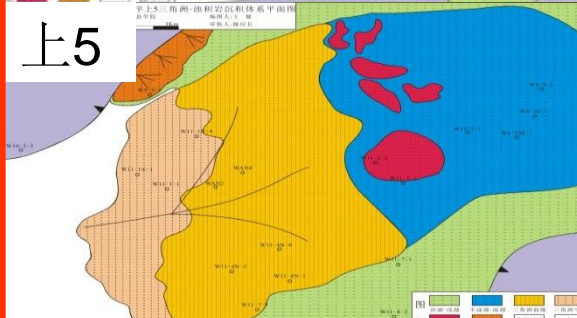
上3



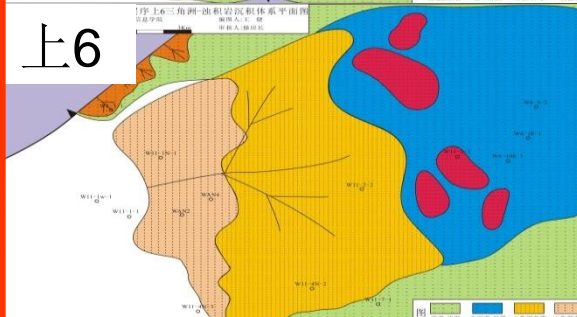
上4



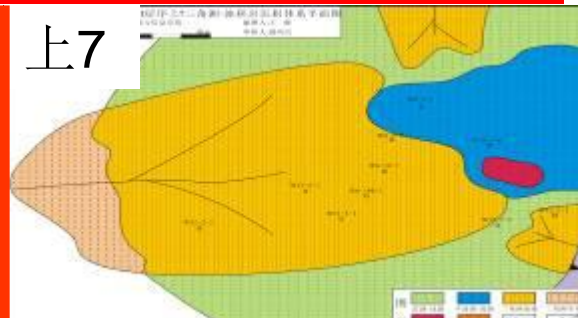
上5



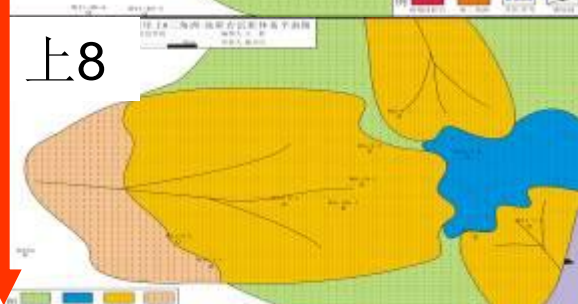
上6



上7



上8



持续推进
左右摆动
浊积发育



知识要点

- 沉积层序
- 成因层序
- TR层序
- Cross层序

研讨题目

- 试阐述Vail地层层序与Cross层序的内涵，并运用Cross基准面升降变化原理解释的沉积旋回结构的形成过程。