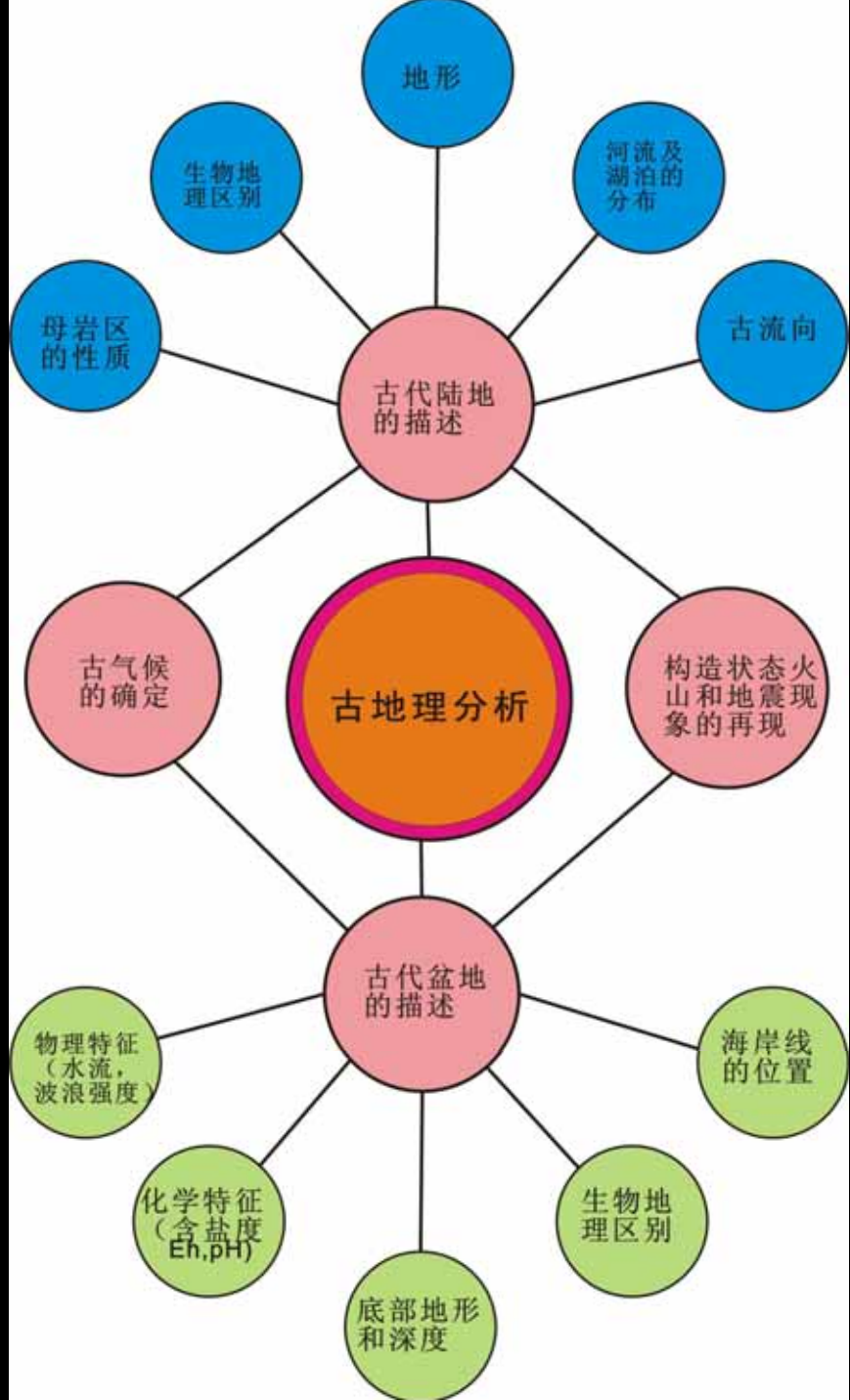




# 第十一章 岩相古地理研究

Study of lithofacies paleogeography



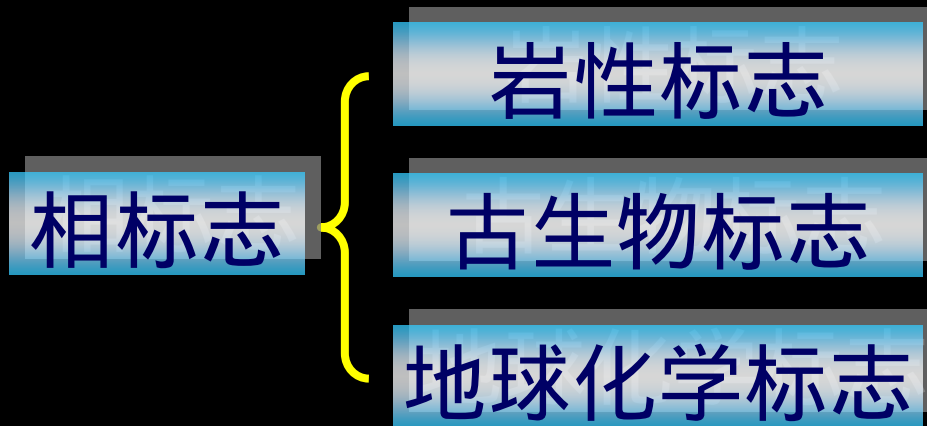
岩相古地理研究是一门综合性很强的学科。

涉及到构造地质学、地层学、地球化学、应用地球物理学、古生物学、水动力学及地貌学等学科的知识。



# 第一节 相标志 (Facies markers)

**相标志**是指最能反映沉积相的一些标志，它是相分析及岩相古地理研究的基础。





# 一、岩性标志

颜色

岩石类型

自生矿物

碎屑颗粒的结构

填隙物的类型

阴极发光

原生沉积构造

岩性组合及其韵律

电测曲线

地震信息



# 1. 颜色

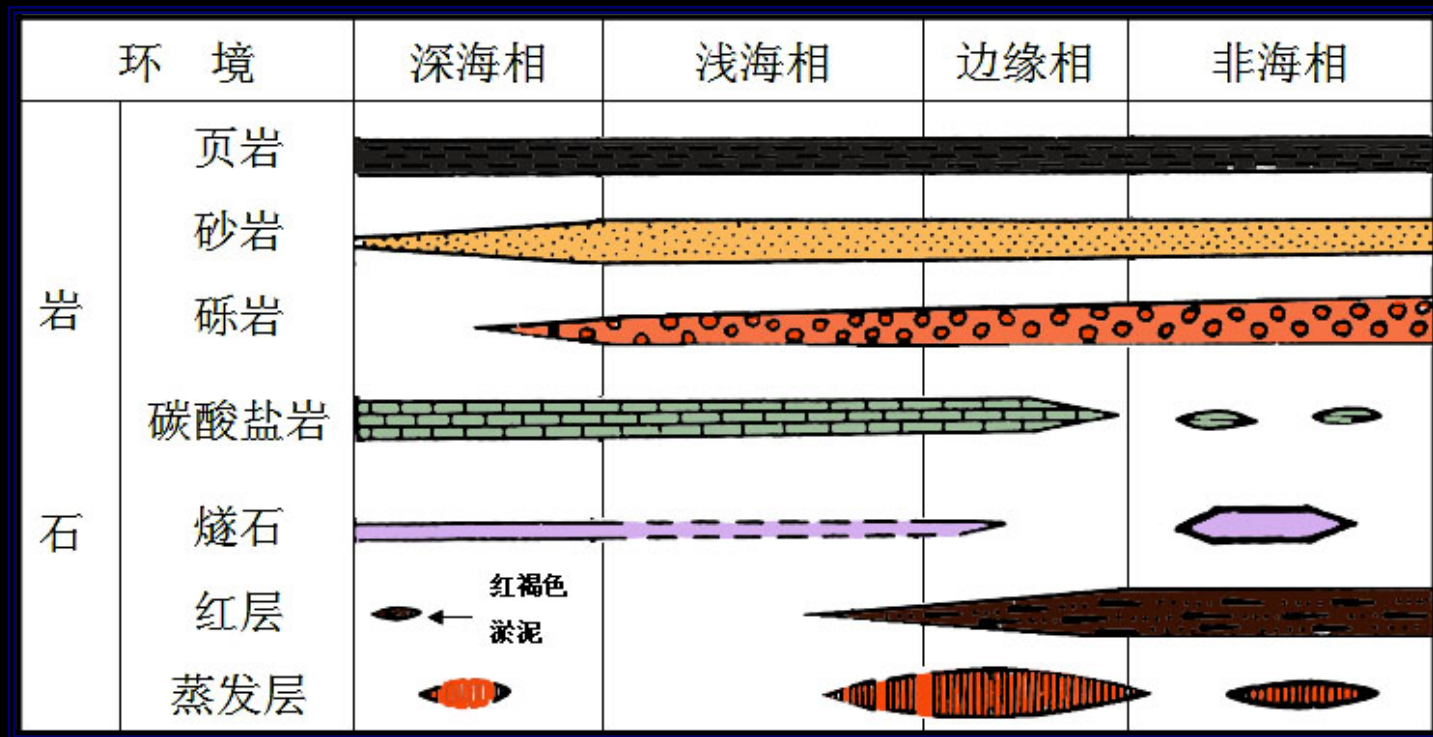
颜色是沉积岩最直观、最醒目的标志。

按成因可分为继承色、自生色和次生色。

- 灰色和黑色：还原~强还原环境
- 红、棕、黄色：氧化~强氧化环境
- 绿色：弱氧化~弱还原环境

## 2. 岩石类型

与陆源碎屑岩共生的碳酸盐岩、硅岩、蒸发岩和红色岩层等具有一定的指相性。



特定环境中形成的岩石（如浊积岩等）具有良好的指相性。

### 3. 自生矿物

自生矿物具有良好的指相性。

环 境		深海相	浅海相	边缘相	非海相
自生矿物	鲕绿泥石				
	海绿石				
	磷灰石				
	锰结核				

海绿石和鲕绿泥石，海相标志。

自生磷灰石或隐晶质胶磷矿，海相标志。

大量锰结核主要分布在深海和开放大洋洋底环境。



## 4. 碎屑颗粒的结构

- 粒度参数
- 颗粒的形态和圆度
- 颗粒定向
- 支撑结构
- 颗粒表面结构

特征 种类	A. 跃移组分				B. 悬浮组分				C. 滚动组分				A、 C 混合	主要特征
	百分含量 (%)	分选	C.T. ( $\phi$ )	F.T. ( $\phi$ )	百分含量 (%)	分选	A、 B 混合	F.T. ( $\phi$ )	百分含量 (%)	分选	C.T. ( $\phi$ )			
风成沙丘	97~99	很好	1.2~2.0	3.0~4.0	1~3	中等	中等	4.0~> 4.5	0~2	差	1.0~0	少	跃移组分含量极高，分选极好	
海滩	50~99	很好	0.5~2.0	3.0~4.25	0~10	中好	少	3.5~> 4.5	0~50	中	-1.0~ 无极限	中等	跃移组分含量高，分为二段直线	
波浪带 浅海	35~90	好 很好	2.0~3.0	3.0~4.5	5~70	中等 差	多	3.75~> 4.5	0~10	差	0~ 无极限	少	三种组分都有，三段直线，以跃移组分为主	
河流 (河床)	65~98	中	-1.5~ -1.0	2.75~ 3.5	2~35	差	少	>4.5	变化	差	没有极限	少	变化大，以跃移组分为主，经常含有悬浮组分	
天然堤	0~30	中	2.0~1.0	2.0~3.5	60~100	差	多	>4.5	0~5			无	单一一种悬浮组分	
浊流	0~70	中差	1.0~2.5	0~3.5	30~100	差	多	>4.5	0~40	中差	无极限	多	常只有悬浮组分，层内有递变现象	

注：C.T.代表粗粒一端的切割点；F.T.代表细粒一端的切割点。

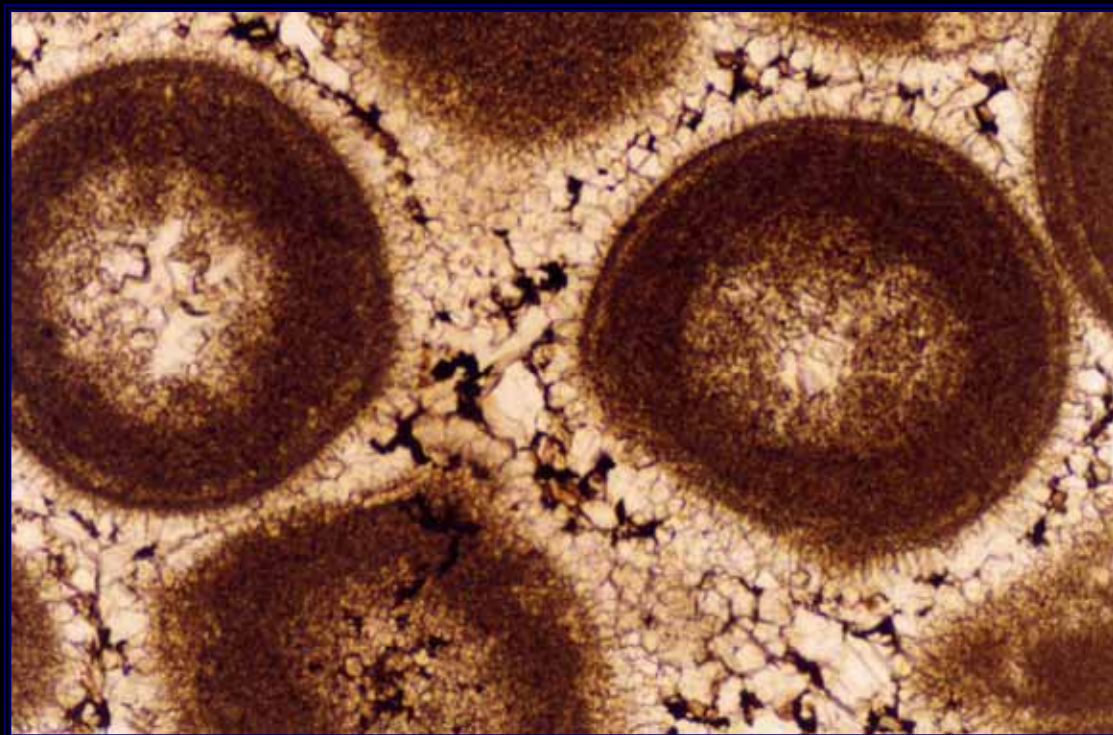




## 5. 填隙物的类型

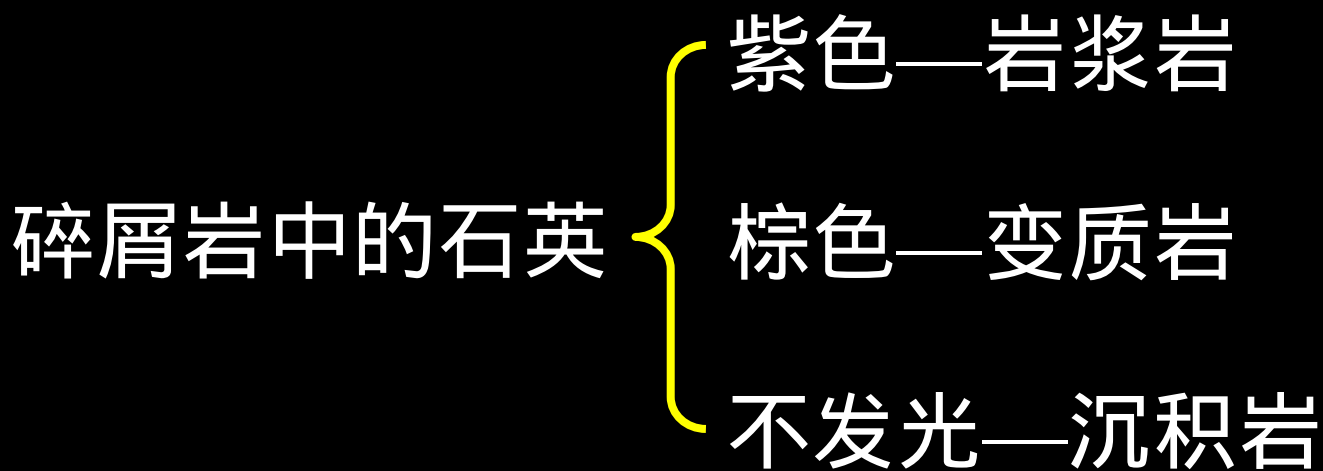
碎屑岩中的胶结物和杂基

碳酸盐岩中的泥晶和亮晶



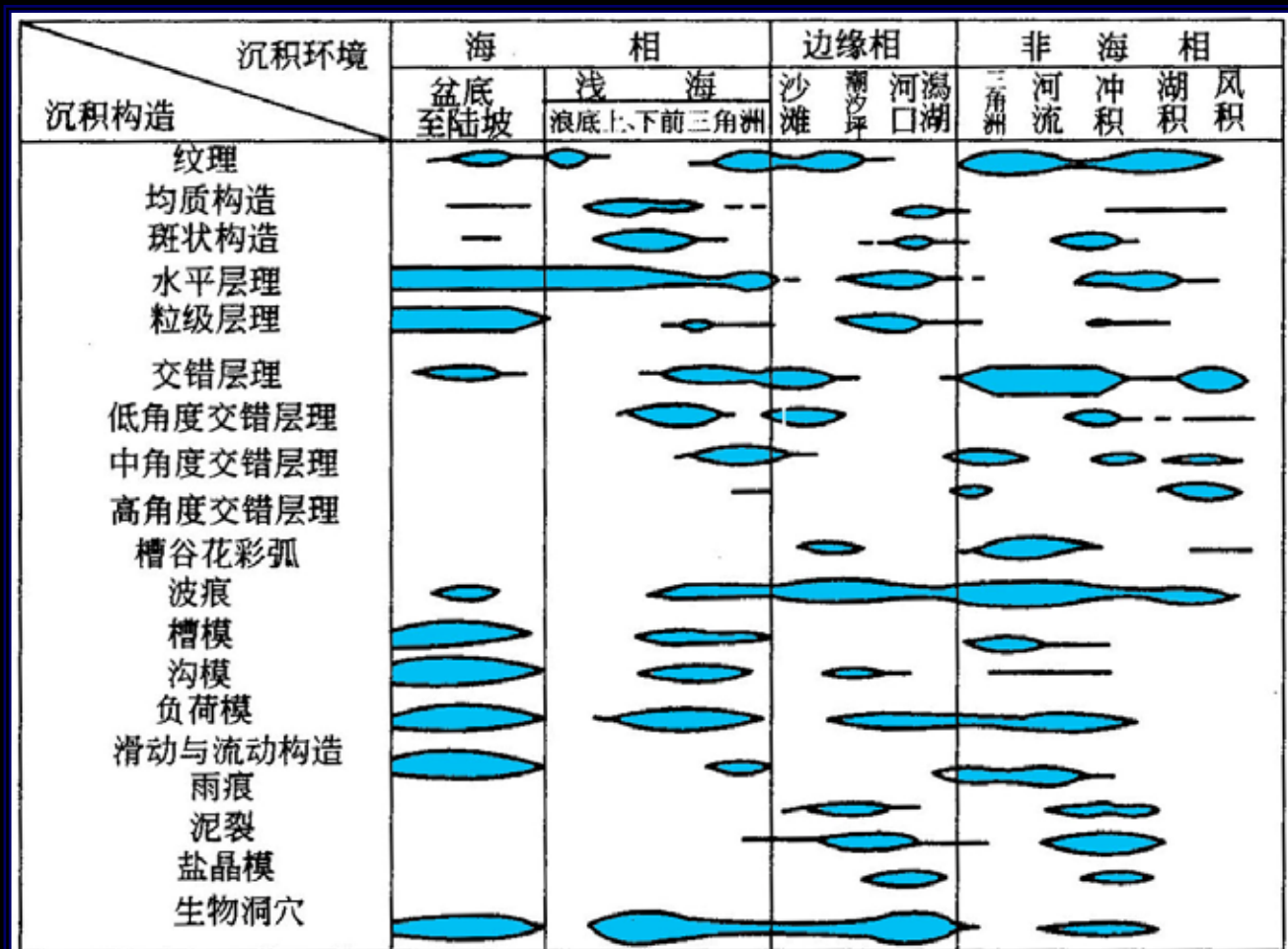


## 6. 阴极发光



# 7. 原生沉积构造

## 沉积构造——具有良好的指相性



主要沉积环境中各种沉积构造的分布 (据 Heckel, 1972)

层理

波痕

底面构造

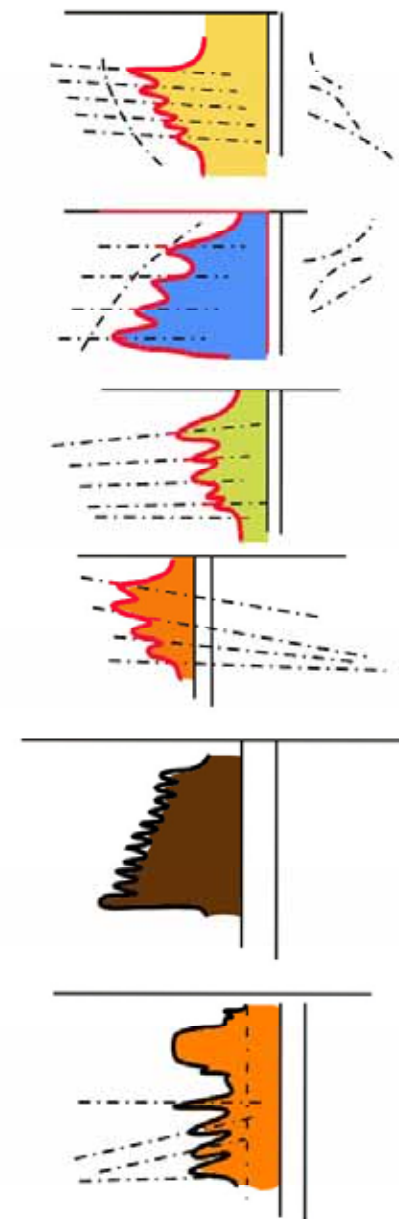


## 9. 电测曲线

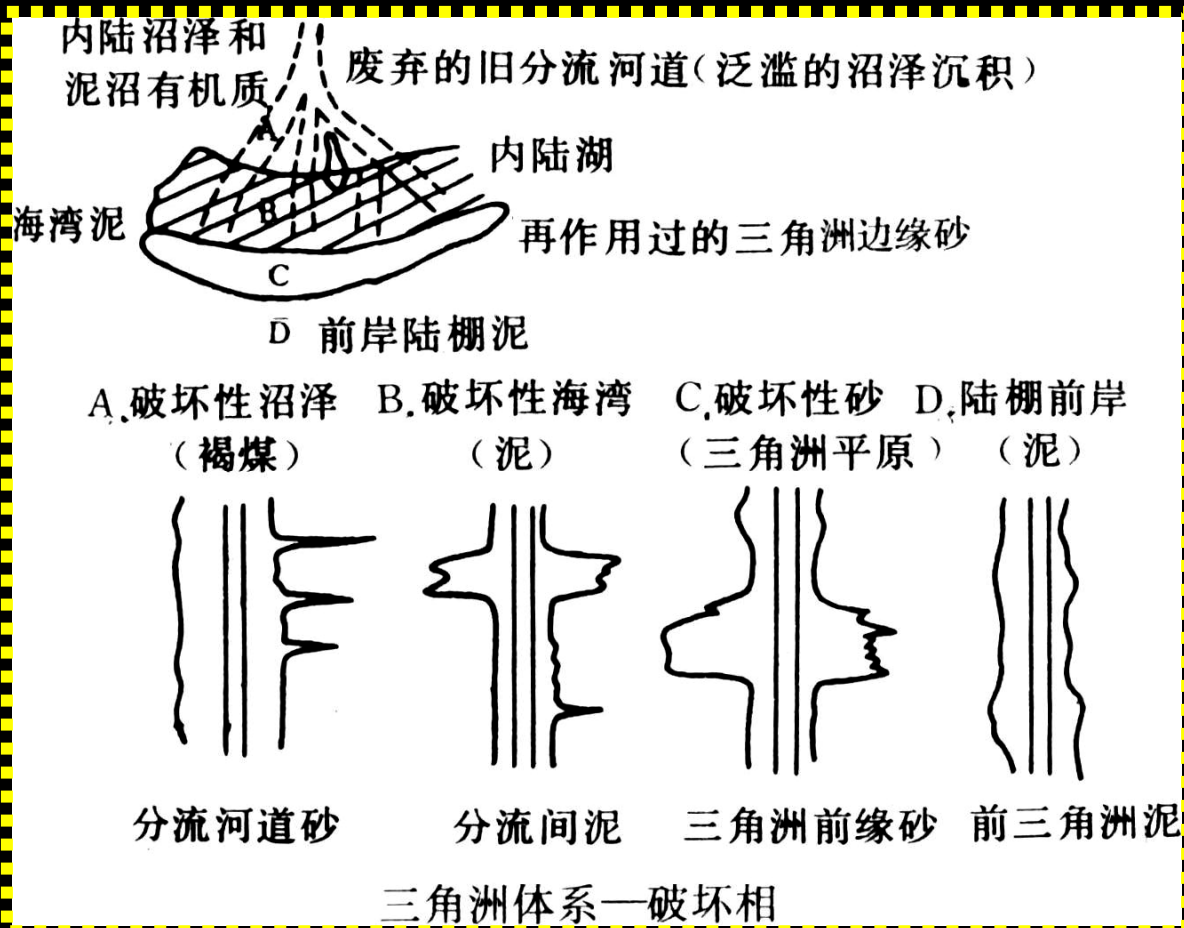
电测曲线的幅度及形态特征是地下岩性特征及其组合的反映，不仅能作为地层划分和对比的标志，也可以用于相分析方面。

利用电测曲线解释沉积相主要是用自然电位曲线，电阻率曲线只起辅助作用。

用高分辨率的倾角测井和反映沉积构造的处理方法所得到的倾角矢量图可划分砂岩中的层理构造。



根据自然电位曲线划分的主要沉积层序  
(a)水退；(b)水进；(c)岸外砂坝；  
(d)河道充填砂坝；(e)浊流；(f)三角洲

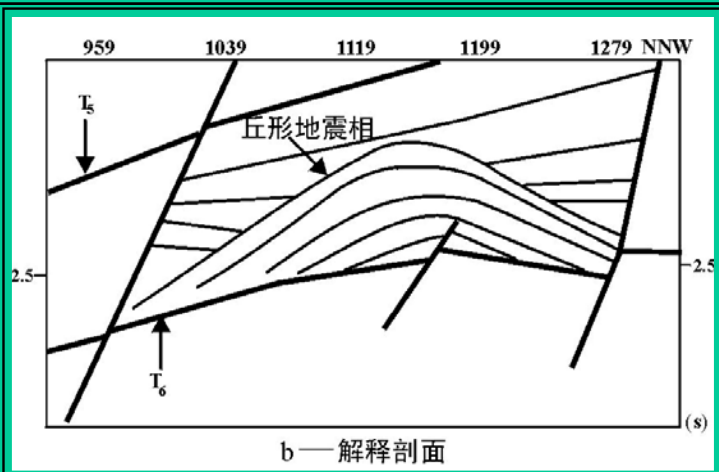
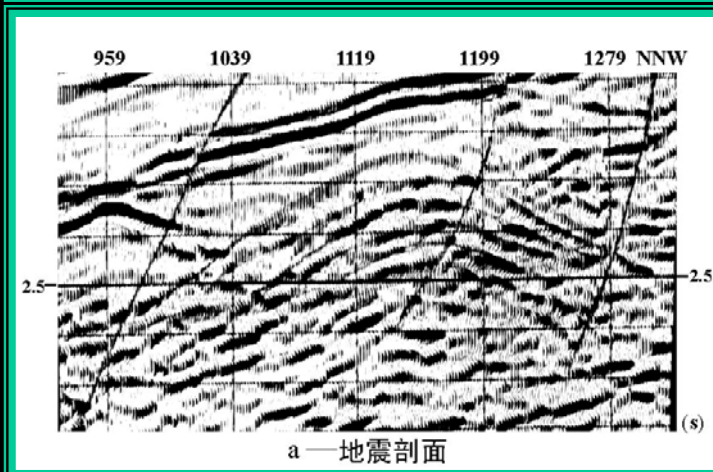
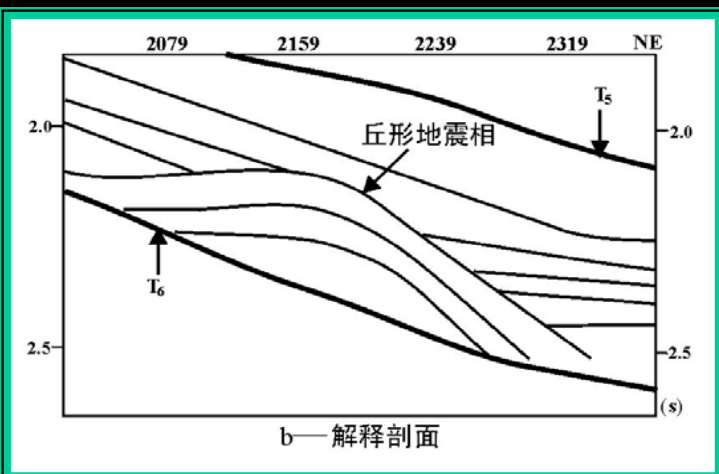
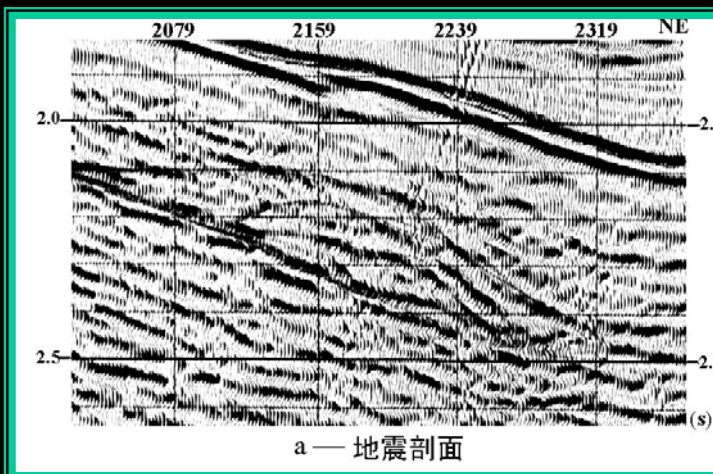


自然电位曲线形态	微相	特征
	水下分流河道	中-高幅顶底突变的箱形或钟形曲线
	河道间	中-低幅齿化曲线
	河口坝	中-高幅漏斗形或顶底突变的箱形曲线
	前扇三角洲	平直曲线

扇三角洲微相的电性特征

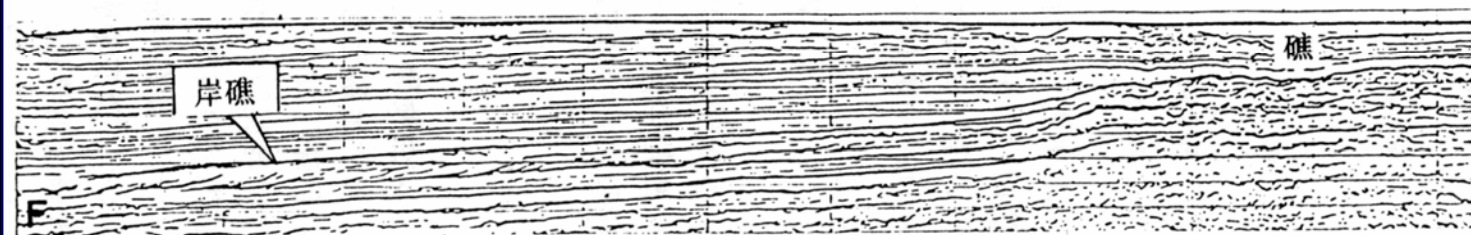
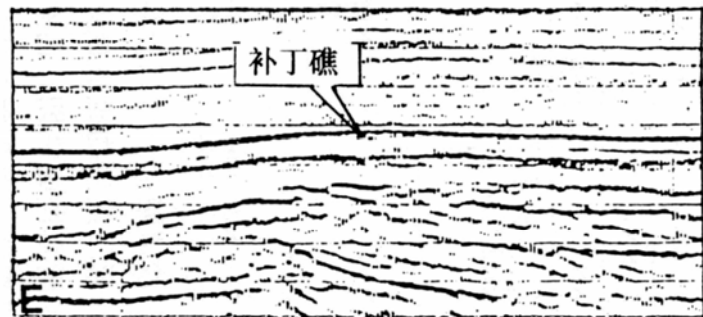
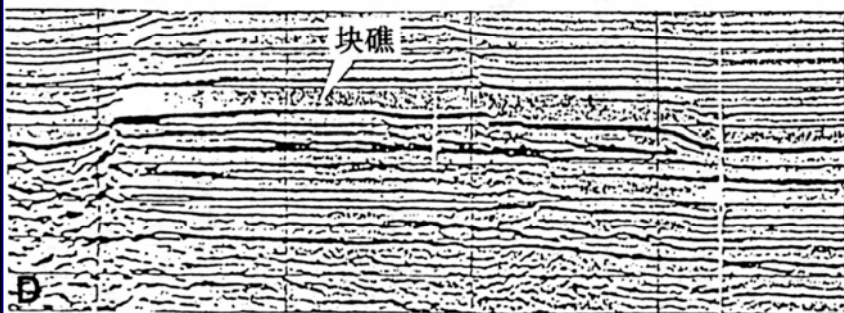
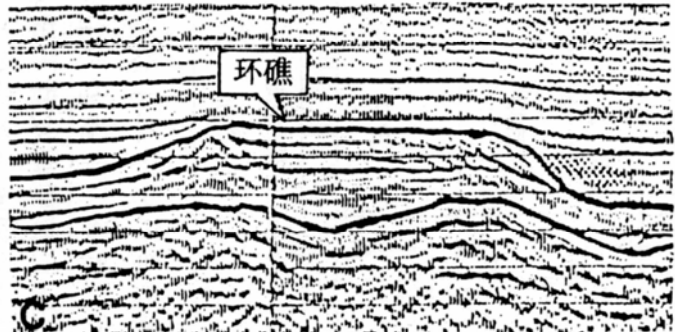
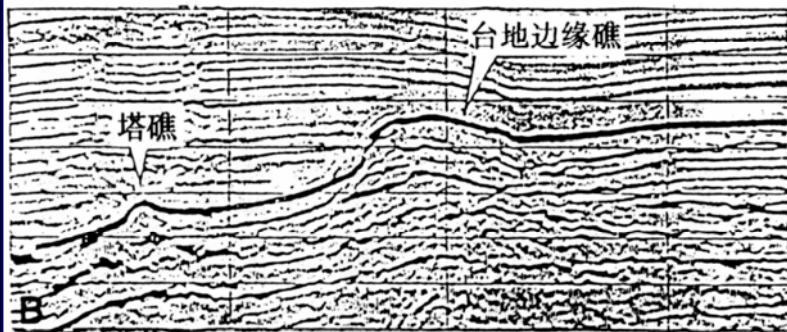
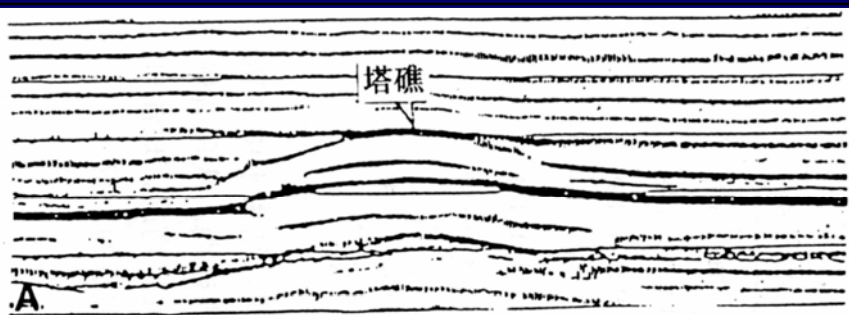
# 10. 地震信息

地震信息是沉积相在地震记录上的反映，地震相划分主要根据地震反射参数（如地震反射的振幅、连续性、反射强度等）。





各类生物礁的地震反射特征







## 二、古生物标志

{ 实体化石  
  遗迹化石

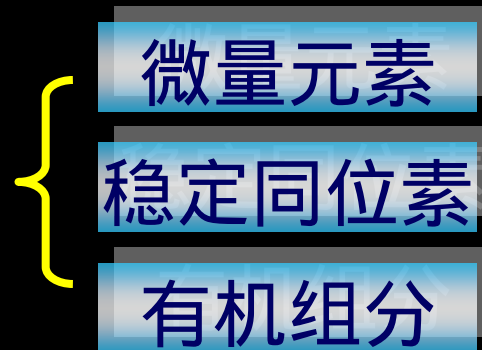
在不同的沉积环境中都有与环境物理化学因素相适应的生物组合、生态特征，并随着环境条件的改变而不断持变化和更替。

**生物组合、生态特征**是判别古沉积环境的重要标志。



### 三、地球化学标志

鉴于海水与淡水中溶解的盐度差异很大的特点，故常用岩石中易溶组分（粘土岩中的Cl、Cl/Br、Br/I、Na/Ca）、难溶组分（碳酸盐、磷酸盐、Ca/Mg或镁的含量）、粘土质点吸附阳离子的成分等，来确定盆地的古盐度。





# 1. 微量元素

常用作指相标志的，主要是粘土沉积物中的微量元素，如Mn、B、Br、Cl、Na、Sr、P、Ni、Co、V、Cr、U、Cu、As、Zn、Ga等，以硼应用最广。

# 2. 稳定同位素

$^{16}\text{O}$ 、 $^{18}\text{O}$ ， $^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}$ ， $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 、 $^{30}\text{Si}/^{28}\text{Si}$ 。

海水中 $^{18}\text{O}$ 和 $^{13}\text{C}$ 比淡水中要多。

$$Z = 2.048 \times ( ^{13}\text{C} + 50 ) + 0.48 \times ( ^{18}\text{O} + 50 )$$

$Z > 120$ ，海相

$Z < 120$ ，陆相（淡水）

$Z = 120$ ，不确定



### 3. 有机组分

异戊间二烯中的植烷和姥鲛烷可作海相或陆相的标志。

植烷 陆相，姥鲛烷 海相。

沉积岩及石油中卟啉分子量的窄范围——  
湖相

沉积岩及石油中卟啉分子量的宽范围——  
海相



# 本节要点：

- 常用的相标志及其指相意义



## 第二节 沉积相分析和岩相古地理研究的基本原理

沉积相分析和岩相古地理各种条件分析中必须遵循一些法则。

基本原理

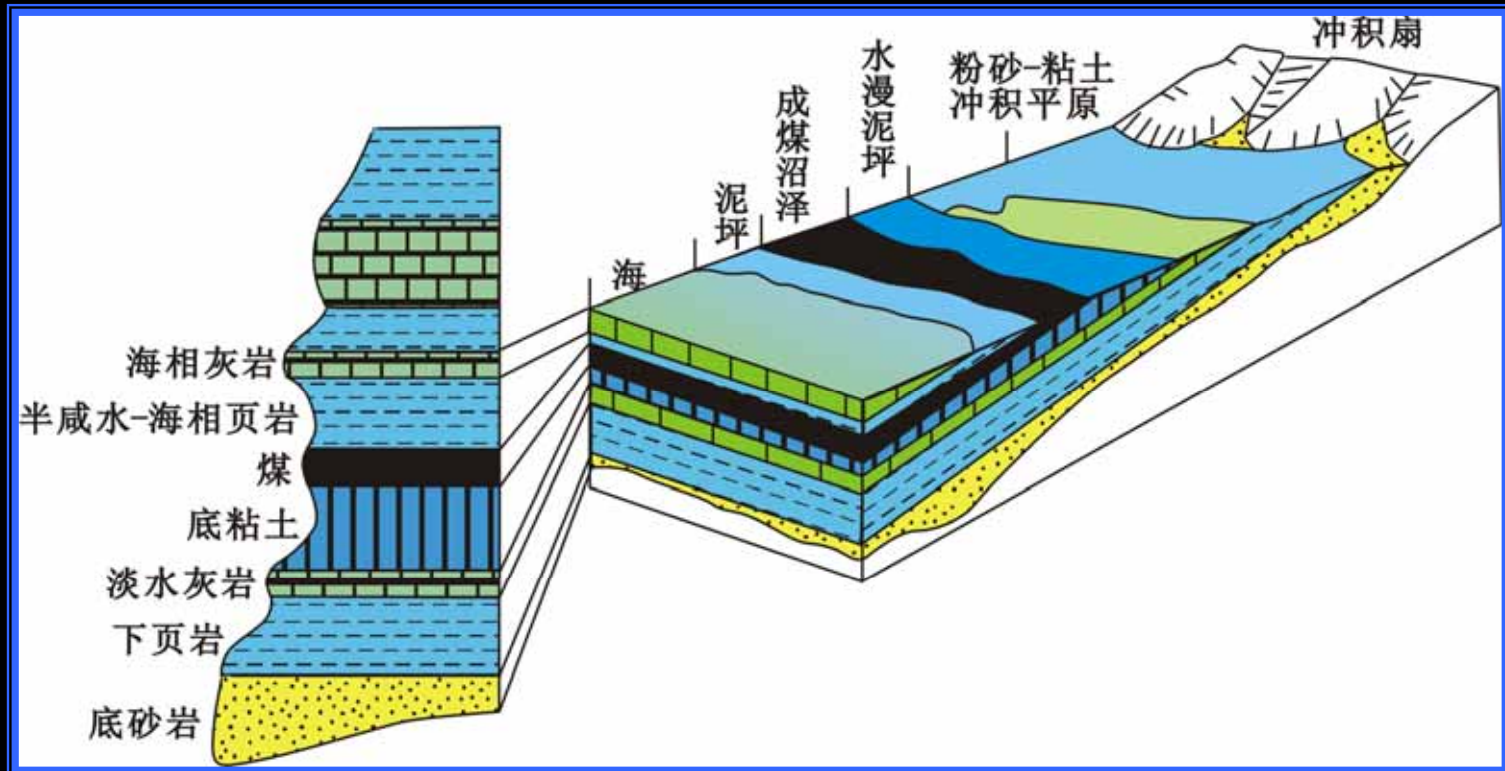
相序递变法则

沉降补偿原理

地层等时旋回对比法则

# 一、相序递变法则

**相序连续性原理（相序递变规律、沃尔索相律）**（Walther, 1894）——只有那些没有间断的，现在能看到的相互邻接的相和相区，才能重叠在一起。



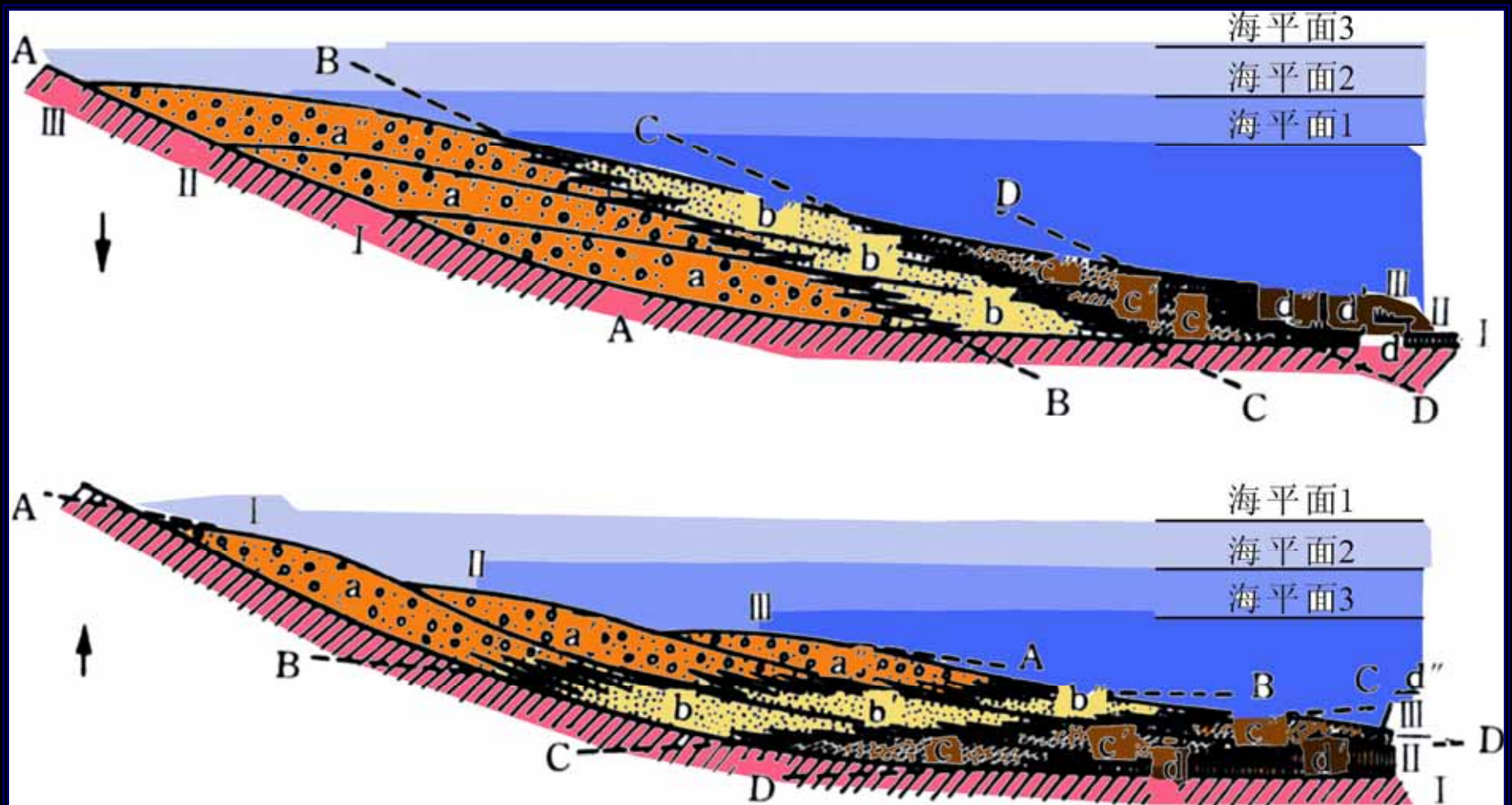


## 相序递变有两种基本类型：

由于海平面上升（或海进）所形成的**退积型相层序**，相剖面自下而上由陆相—海陆过渡过相—海相叠覆组成。

由于海平面下降（或海退）所形成的**进积型相层序**，相剖面自下而上由海相—海陆过渡过相—陆相叠覆组成。





滨海沉积的一般情况（据Neaverson, 1955）



## 二、沉降—补偿原理

沉积盆地的沉降和补偿可概括为下述四种情况：

沉降—补偿原理

快速沉降、快速补偿

快速沉降、缓慢补偿

缓慢沉降、快速补偿

缓慢沉降、缓慢补偿



## 三、地层等时旋回对比法则

层序地层  
基本原理

地层基准面旋回原理

体积划分原理

相分异原理

旋回等时对比法则



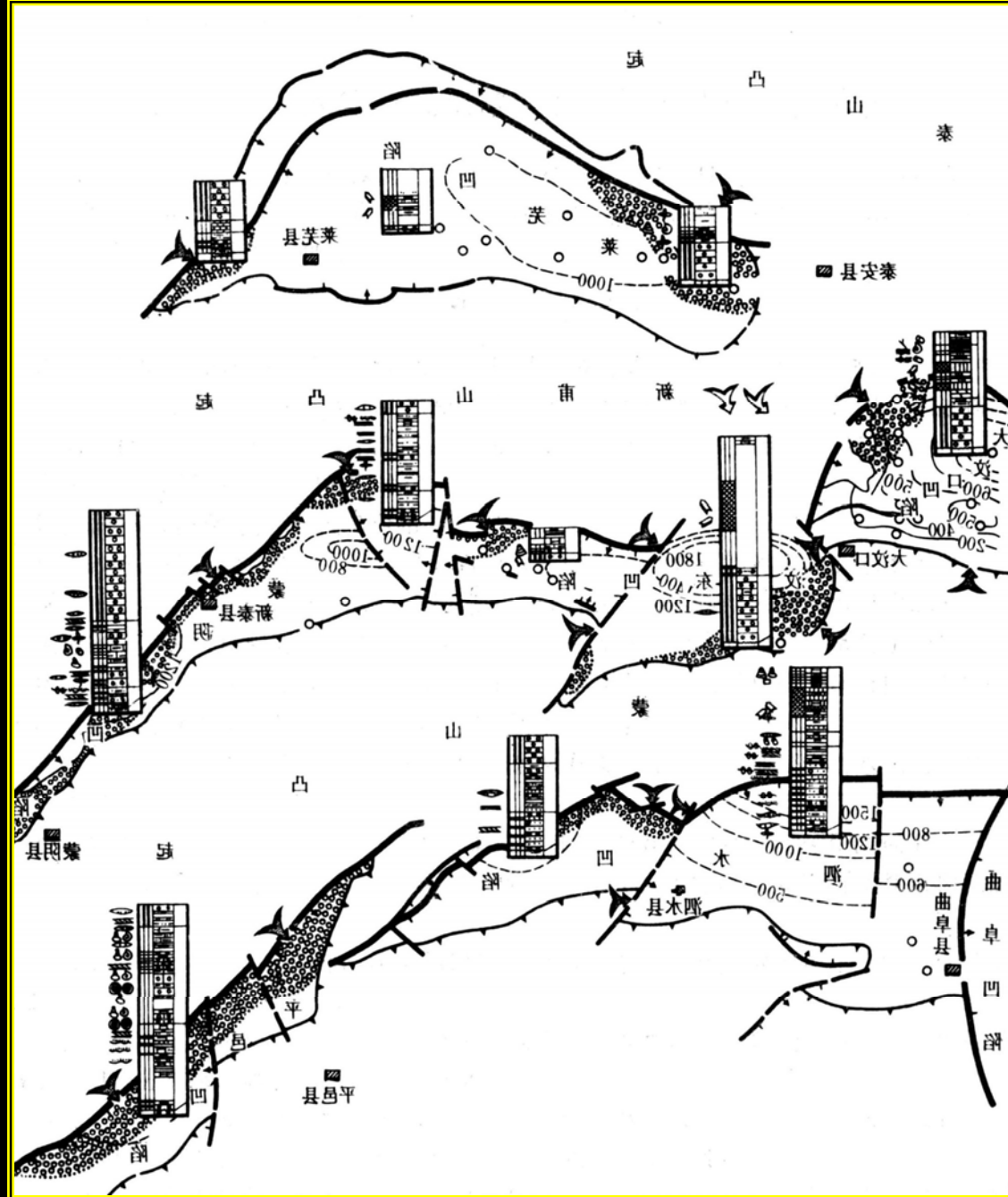
## 四、沉积相分析

点-----线-----面

单井剖面相分析：岩相柱状剖面图

剖面对比相分析：岩相对比剖面图

平面剖面相分析：区域岩相古地理图



# 平面剖面相分析

鲁西南地区早第三纪岩相古地理图（据赵澄林，1975）

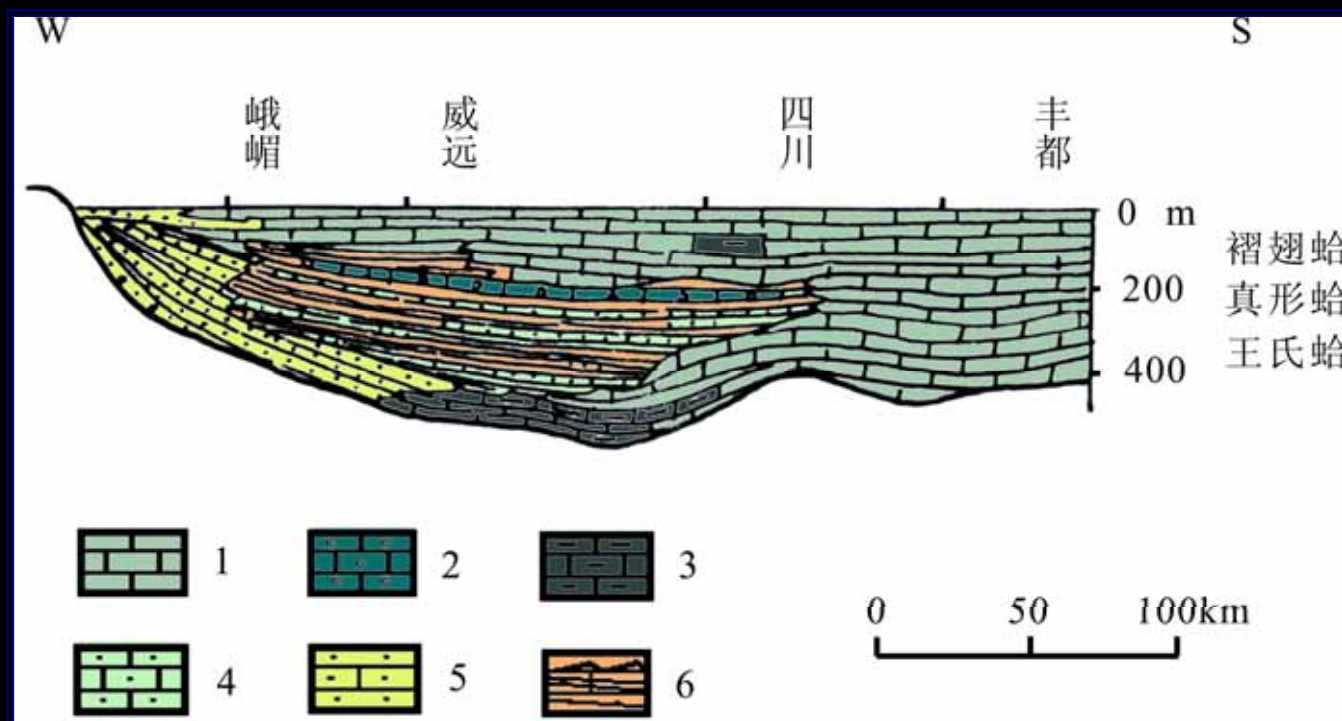


# 应注意的问题：

## 1. 定时问题

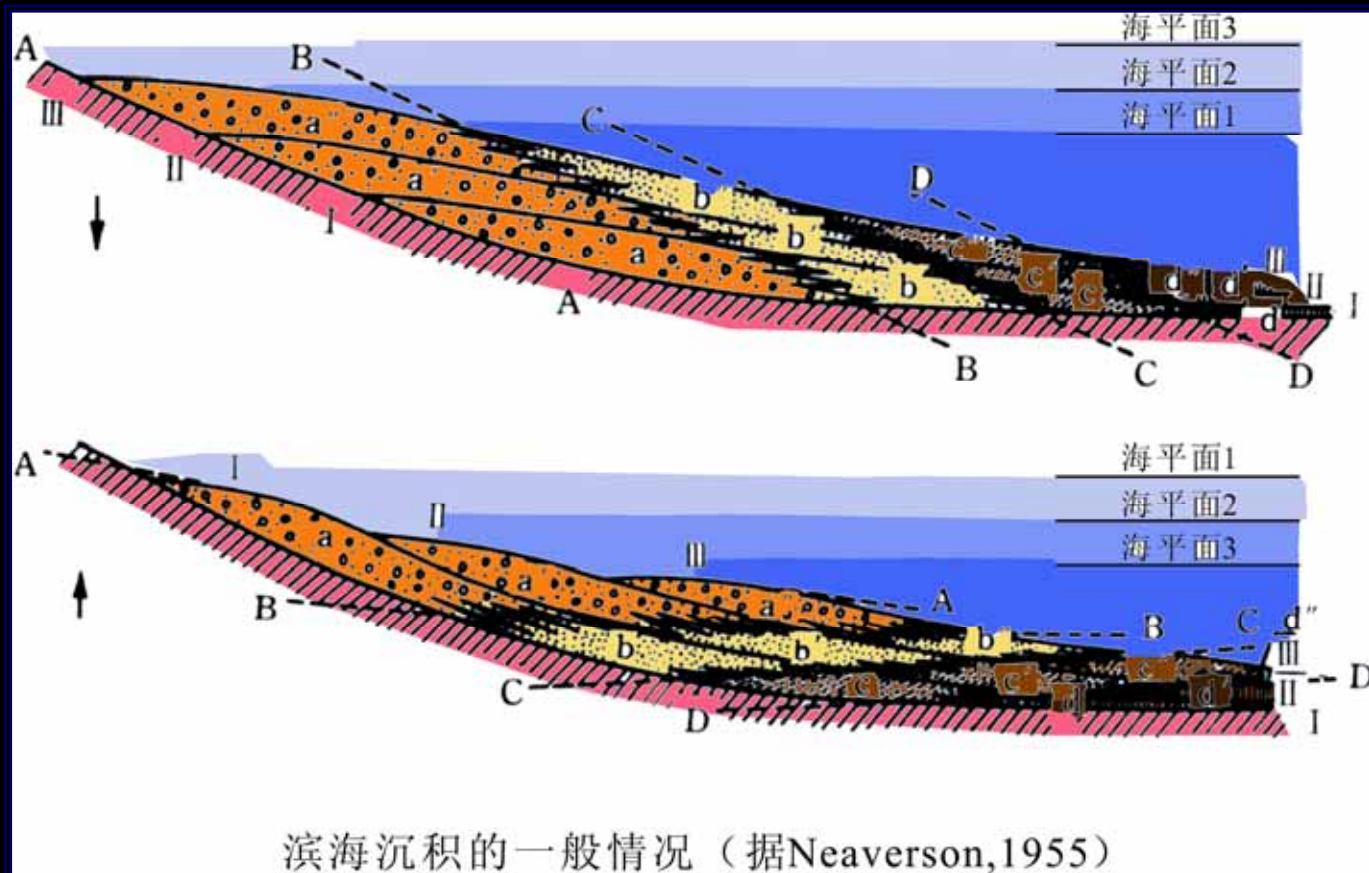
主要解决同一时期、不同地区的沉积相的变化，选择**等时对比界面**是首要问题。

区域剖面相分析中，主要利用**标准化石**定时。

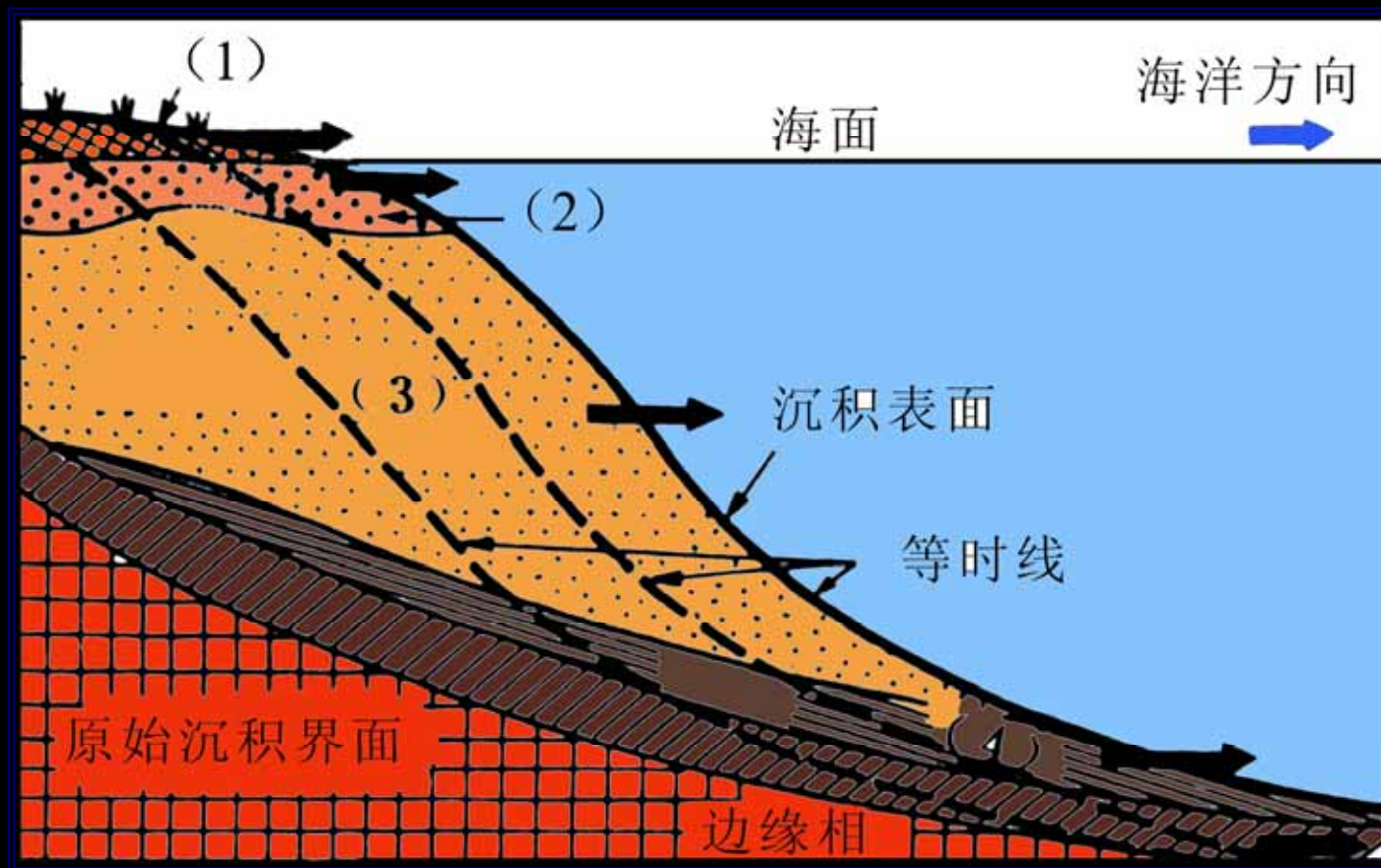


## 2. 穿时问题

传统的群、组、段这类岩石地层单位时常存在“时侵”或“穿时”问题，在以陆源碎屑沉积为主的地层单元中尤其常见。

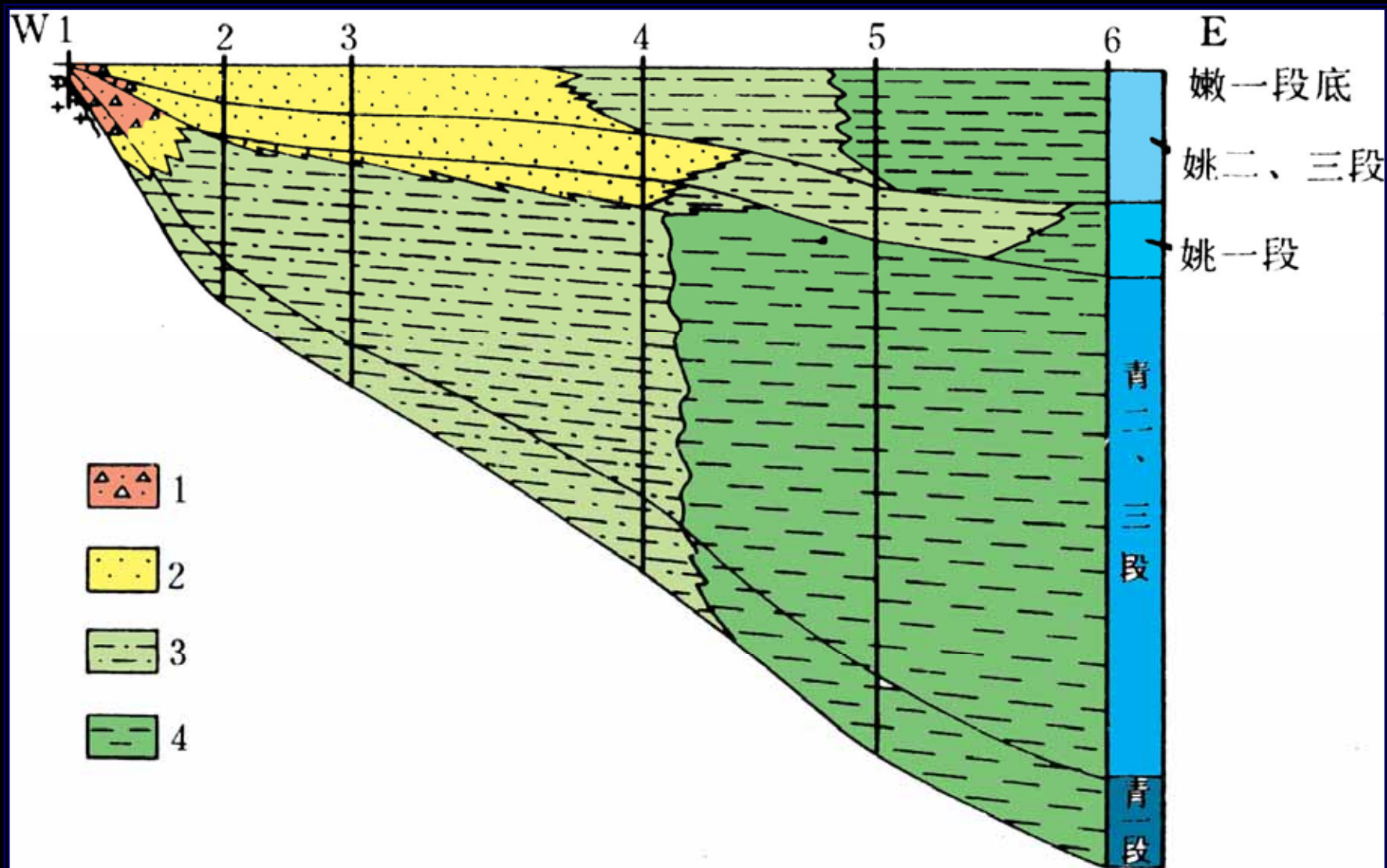


### 3. 相变问题



在准确定时的基础上，相对比剖面中主要有“同期异相”、“同相异期”两种相变类型。





松辽盆地白垩系英台沉积体系岩相剖面图

1—洪积相； 2—河流相； 3—三角洲前缘； 4—半深湖—深湖相



# 本节要点：

- 沉积补偿原理
- 等时对比法则
- 沉积相分析的基本流程
- 同期异相和同相异期



## 第三节 沉积盆地的 岩相古地理条件分析

古地理分析是对地质历史时期中自然地理景观的再造。

物源区分析

古水动力条件分析

水体深度及古地形分析

古气候条件分析

水介质物化条件分析

岩相古地理图的编制



# 一、物源区分析

## 1. 判断古陆或侵蚀区的存在

**侵蚀区**——在相当长的时期内，向沉积区供给陆源碎屑和可溶性物质的剥蚀区。稳定的侵蚀区又称为**古陆**。

## 2. 查明古陆地形起伏特征

## 3. 古河流体系的恢复

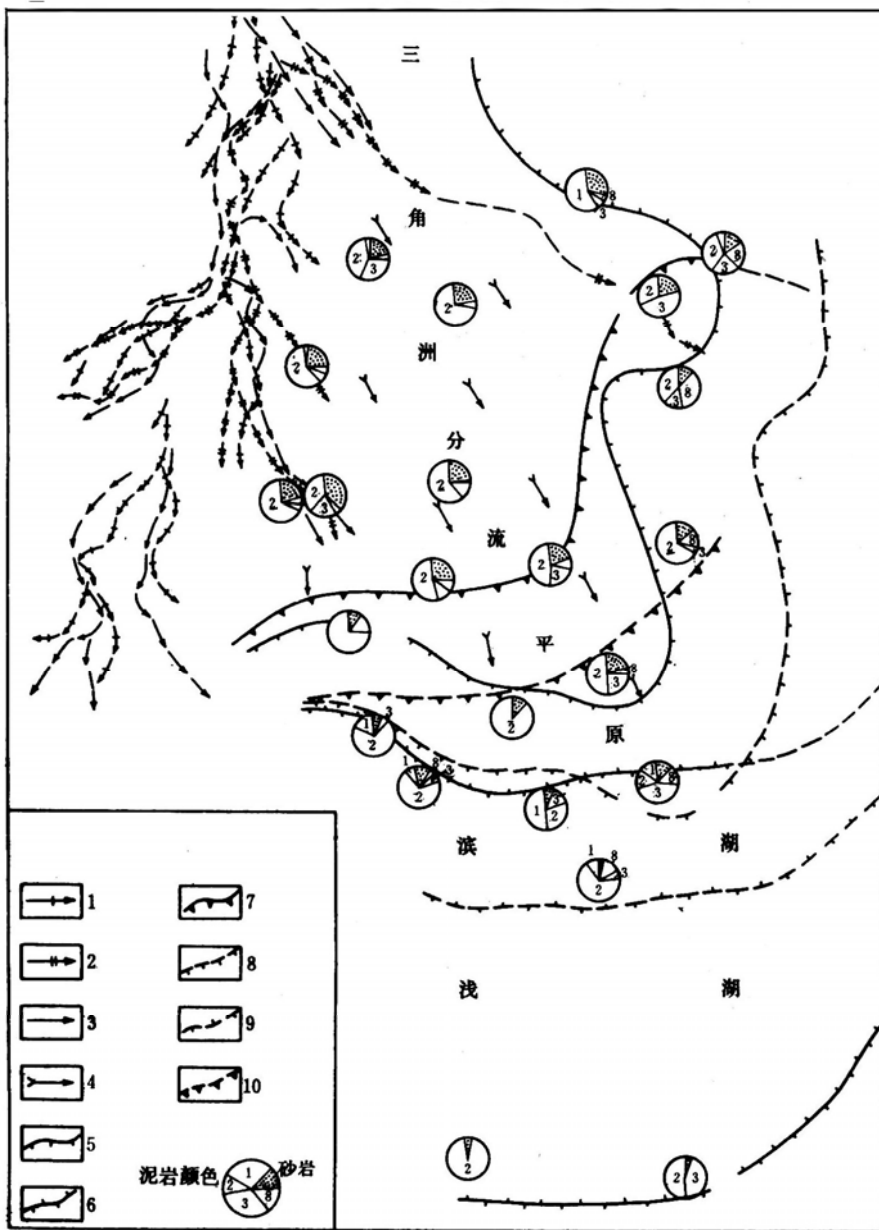
## 4. 物源区母岩性质的确定



## 二、古水动力条件分析

古水动力条件系指沉积时期的波浪和水流的运动状况。

1. 根据定向构造
2. 根据结构及成分的变化
3. 根据孢粉资料
4. 编制水流体系图



# 松辽盆地三肇地区姚一段水 流体系图

松辽盆地三肇地区姚一段水体系图

1—姚一段早期河流方向；2—姚一段中期河流方向；3—姚一段中后期河流方向；4—推测河流方向；5—葡萄花早期湖岸线；6—葡萄花中期湖岸线；7—葡萄花晚期湖岸线；8—葡萄花早期滨湖—浅湖分界线；9—葡萄花中期滨湖—浅湖分界线；10—葡萄花晚期滨湖—浅湖分界线。泥岩颜色(%)：1—黑色；2—灰色；3—绿色；8—红色。涂点部分为砂岩(%)



## 三、水体深度及古地形分析

### 1. 根据沉积物的分布规律

一般情况下，从岸线的浅水到广海的深水，沉积物粒度呈有规律的分布。

一些特殊的岩石类型形成于一定的环境，如，蒸发岩：0~几m，鲕粒灰岩：< 10~15m，礁灰岩：10~50m，浊积岩：深水区。

### 2. 根据沉积构造

暴露成因构造，流动成因构造。

### 3. 根据古生物和遗迹化石



#### 4. 根据自生矿物

海绿石，鲕绿泥石，磷酸盐，锰结核。

#### 5. 根据地球化学标志

#### 6. 根据地层的厚度变化

#### 7. 根据地层的接触关系

古地形低凹处，多为深水区，一般为连续沉积，地层间为整合接触。

古地形隆起部位，水浅，常处于波基面以上，易受水下冲刷，地层间出现冲刷面或沉积相不连续。

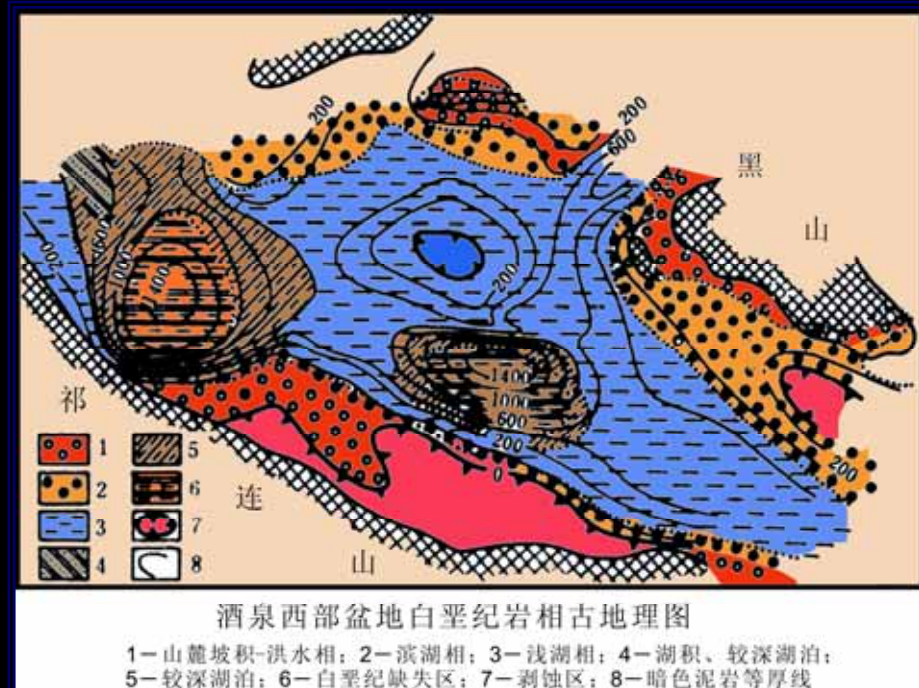
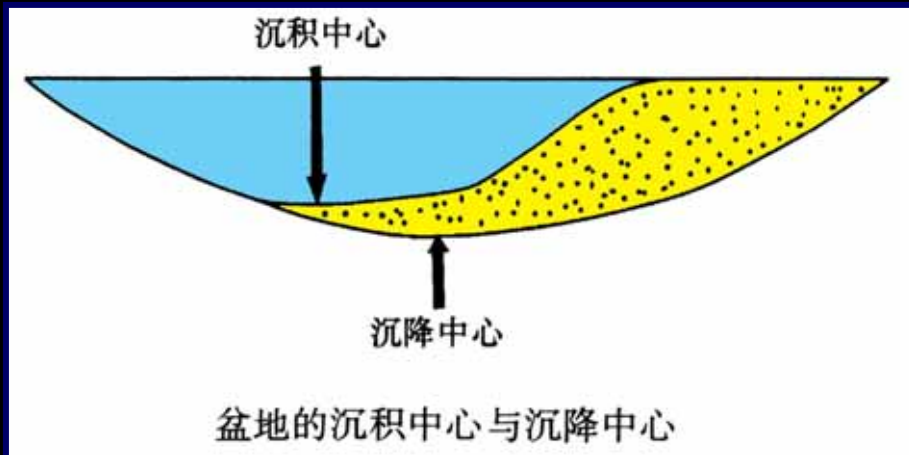


## 8. 古地形与相的特征

**沉积中心** (depocenter) : 沉积盆地中, 沉积物粒度最细的部分, 为中心沉积相发育区。

**沉降中心** (center of subsidence) : 沉积盆地中基底沉降幅度最大的部位。

**沉积中心与沉降中心**有时一致有时不一致。





## 四、古气候条件分析

### 1. 根据岩性特征

特殊的岩石类型，如冰碛岩、冰川纹泥是寒冷气候标志，蒸发岩是干旱气候产物，煤系地层是温暖潮湿气候标志等。

在海相地层中，大套石灰岩（尤其是生物石灰岩、礁石灰岩）、磷酸盐岩、铁、锰、铝等沉矿产，均为潮湿气候的可靠标志。

某些沉积构造特征亦可指示古气候。如季节性韵律层理、盐类假晶、干裂、雨痕（干燥气候标志），风棱石、沙漠漆、霜面等（沙漠干燥气候）。



## 2. 根据古生物及古生态

最能反映古气候的是古植物。

气候能在海生动物群的多样性上造成极大差异。

温水中的生物界有时比冷水中的生物界丰富几十倍。

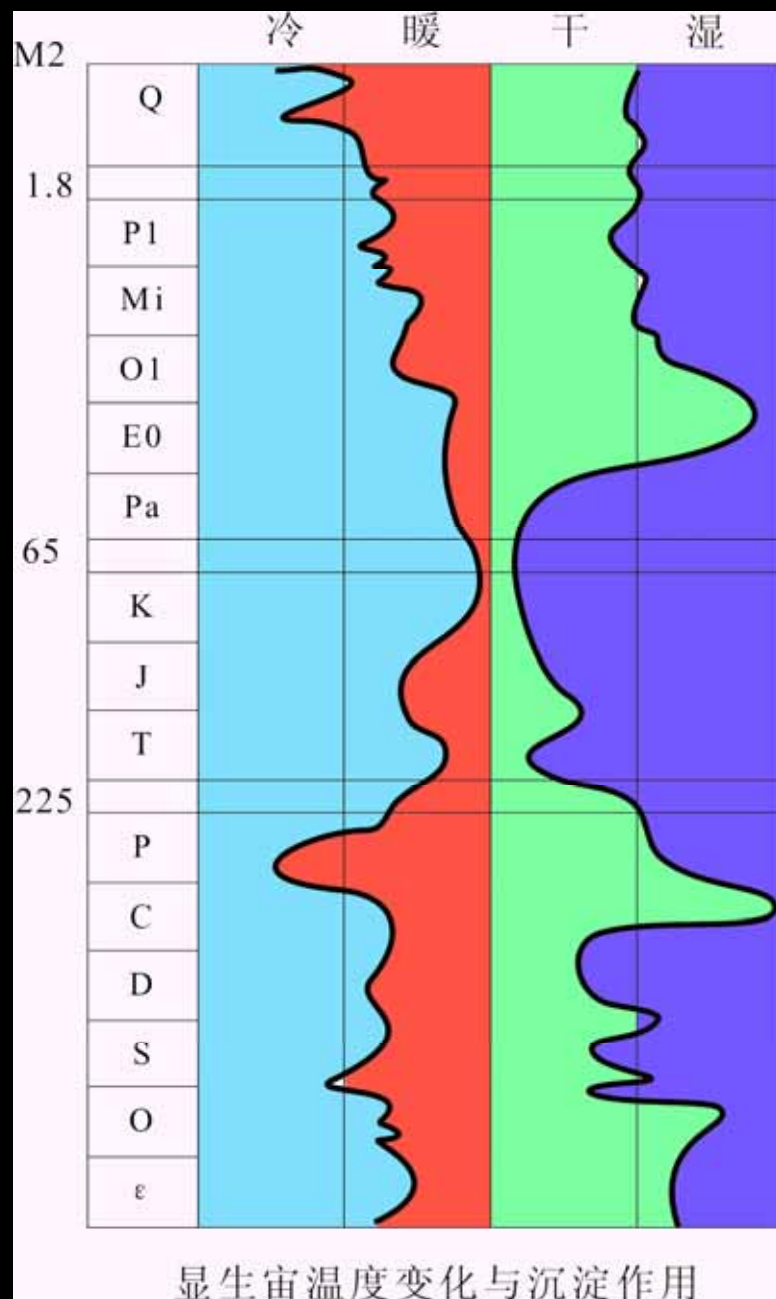
气候的差异往往可在近似型的动物的大小上反映出来（**伯格曼**或称**伯氏定律**），体内具有稳定高温的温血动物（哺乳动物、鸟类），在寒冷地区变大，在炎热区变小；冷血动物——爬行动物和两栖动物，则具有相反的趋势。



3. 根据稳定同位素

4. 根据黄土及湖泊沉积

5. 古地磁法





# 五、水介质的物化条件分析

水盆中介质的物化条件，包括Eh值、pH值和含盐度等

我国陆相地球化学相分类(据郑爱珠等, 1963)

K 值		铁含量	相对总铁含量 (%)			矿物地球化学相
			$Fe_{HCl}^{3+}$	$Fe_{HCl}^{2+}$	$Fe_{FeS_2}^{2+}$	
氧化相 0~0.2	强氧化亚相 0~0.05	>75	<25	0	赤铁矿相	
	氧化亚相 0.05~0.12	50~75	25~50	0	菱铁矿-赤铁矿相	
	弱氧化亚相 0.12~0.20	25~50	50~75	微量	赤铁矿-菱铁矿相	
还原相 0.2~0.8	弱还原亚相 0.20~0.30	<12.5	>75	<12.5	菱铁矿相	
	还原亚相 0.3~0.55	微量	50~75	25~75	黄铁矿-菱铁矿相	
	强还原亚相 0.55~0.80	0	25~50	50~75	菱铁矿-黄铁矿相	
硫化氢相 >0.80		0	<25	>75	黄铁矿相	



判断水介质酸碱度的主要矿物标志

酸碱度 矿物	酸性	弱酸性	中性	弱碱性	碱性	强碱性
碳酸盐矿物			菱铁矿	白云石、铁白云石、菱锰矿	方解石	
含铁矿物	← 白铁矿 →		← 黄铁矿 →			
粘土矿物	高岭石	多水高岭石	多水高岭石、拜来石	钙胶岭石、拜来石	钙镁胶岭石	镁胶岭石



## 六、沉积盆地岩相古地理图的编制

根据统计分析法进行岩相古地理研究，其最终是通过编制岩相古地理图来完成的；或者说，岩相古地理图的编制是相分析及古地理研究的总结。

如何编制岩相古地理图，要收集和整理哪些资料，先作哪些基础图件，如何进行分析，不同地区、不同层段、以及不同的沉积相也不尽相同。

编图程序大致分为三个阶段，基础资料的收集和整理，主要基础图件的编制和分析，岩相古地理图的编制和使用。



## 七、我国岩相古地理图研究概述

**刘鸿允**的《**中国古地理图**》（1955）是第一部系统论述我国各地质历史时代的古地理轮廓的专著。

**关士聪**等（1984）的《**中国海陆变迁海域沉积相与油气**》以大地构造学、地层学和沉积学的观点编制了我国晚元古代至三叠纪的海陆分布及沉积相图25幅。

**王鸿祯**等（1985）的《**中国古地理图集**》是以大地构造学的理论为指导、以现有的地质区测资料为基础编制了我国各地质时代古地理图。

**冯增昭**倡导以“单因素分析多因素综合作图法”进行定量岩相古地理研究与编图。





# 本节要点：

- 物源分析、水动力条件分析、古气候条件分析、水体物化条件分析的主要依据
- 控制盆地岩相古地理分布的基本因素
- 沉积中心与沉降中心