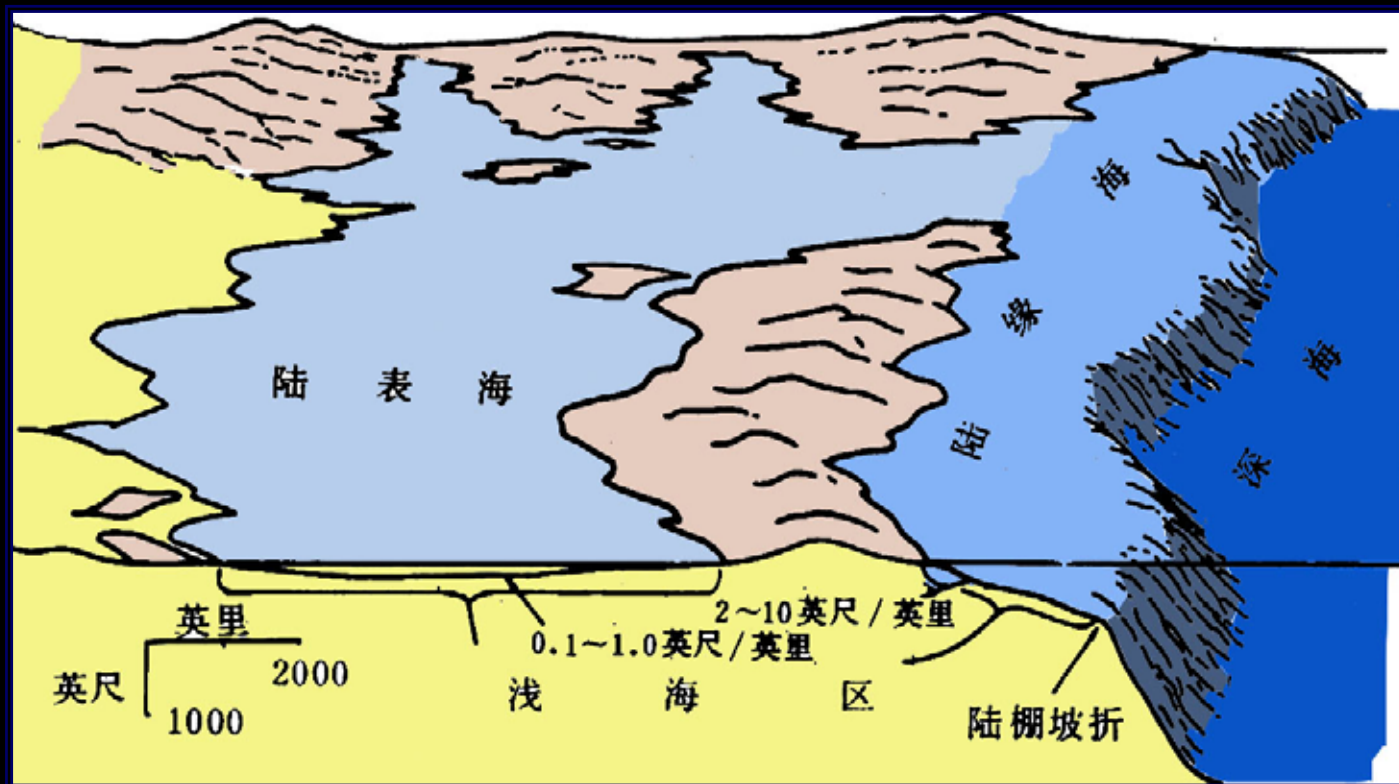




## 第二节 碳酸盐沉积相模式

### 一、陆表海与陆缘海

Shaw (1964) 首先把碳酸盐的主要沉积场所——浅海划分为**陆表海**和**陆缘海**两种类型。





# 1. 陆表海 (epeiric sea)

**陆表海**是位于大陆内部和陆棚内部的、低坡度的、范围广阔的、很浅的浅海，又称**内陆海** (epicontinental sea)、**陆内海** (inland sea)、**大陆海** (continental sea)。

● **低坡度**：海底坡度  $< 1\text{ft/mile}$

( $0.03 \sim 0.15\text{m/km}$ )  
● **范围广阔**：延伸可达几百~几千英里。

● **很浅的**：水深一般只有几十米，一般不超过200m。

注：1ft=0.3048m，1mile=1609.344m



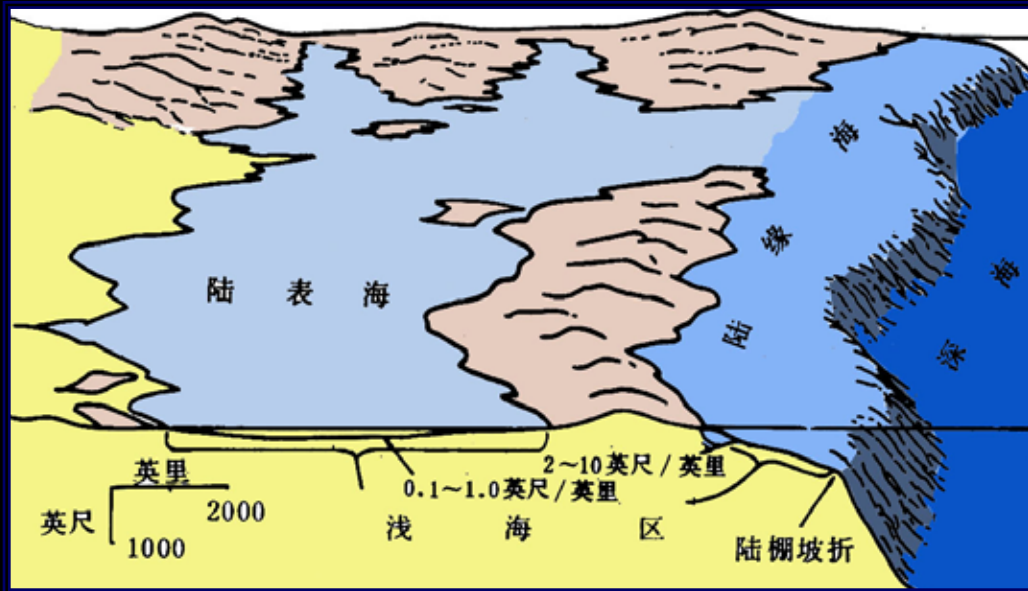
## 2. 陆缘海 ( Pericontinental sea )

**陆缘海**位于大陆边缘或陆棚边缘的、坡度较大的、范围较小的、深度较大的浅海。

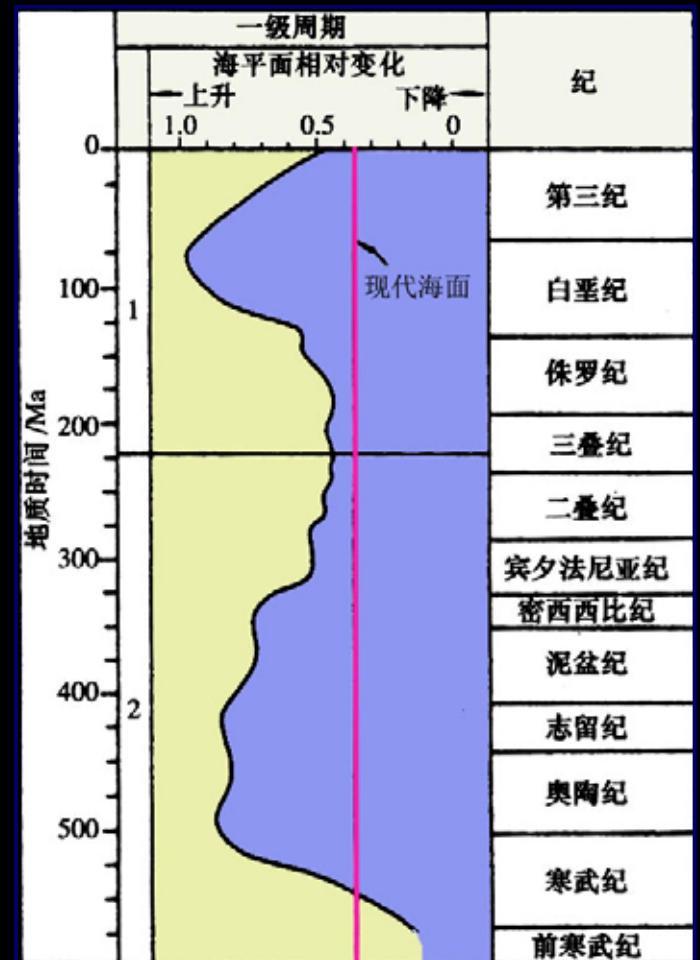
- **坡度较大**：海底坡度为 2~10ft/mile ( 0.6~3m/km )。
- **范围较小**：宽度一般为 100~300mile ( 160~480km )。
- **深度较大**：水深可达200~350m。



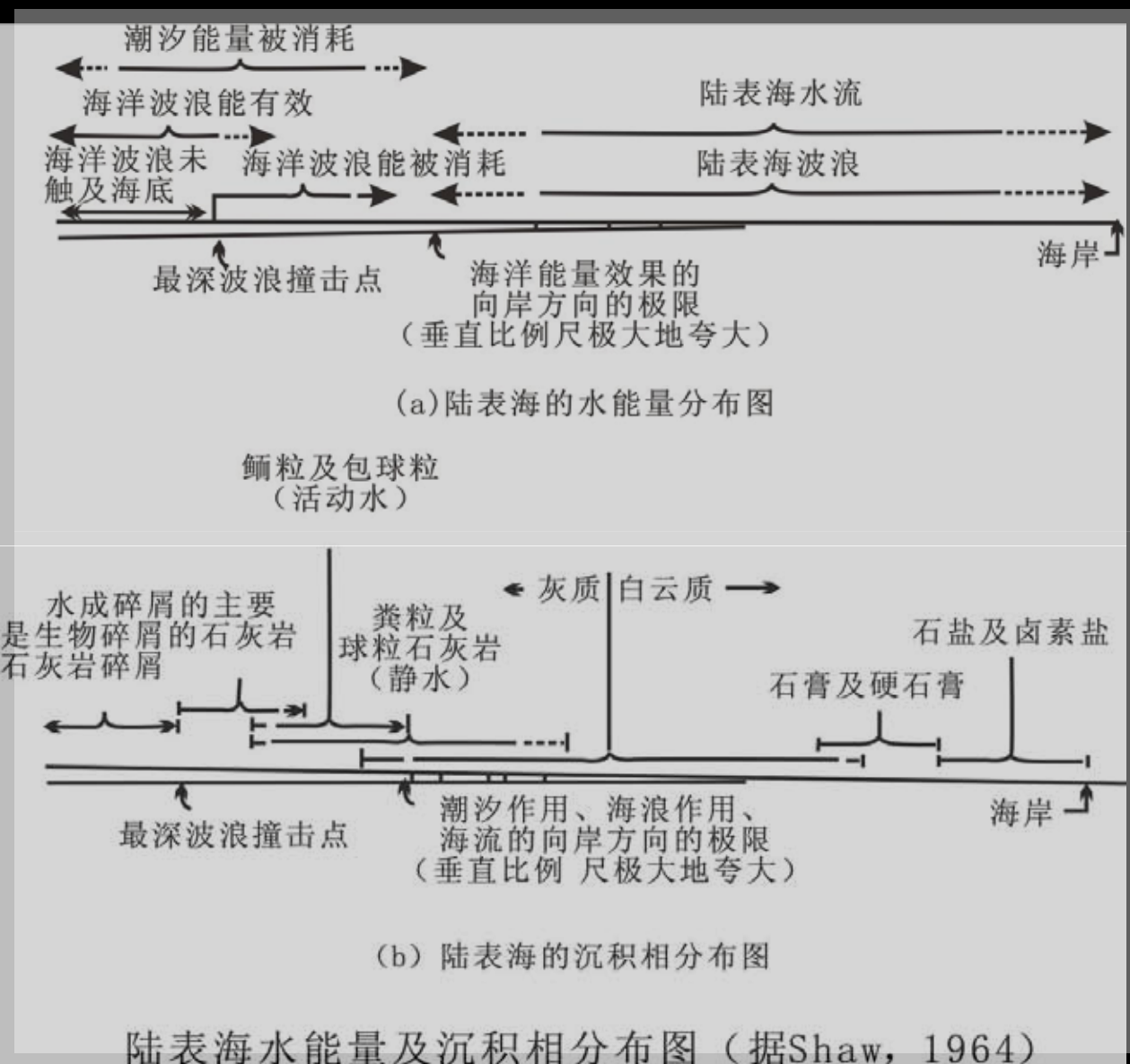
现在的浅海大多是陆缘海，如黄海、东海、南海，但地质历史中沉积碳酸盐岩的浅海大多是陆表海，**缺少现成的陆表海模式。**



我们正生活在一个海平面很低的地质时代中。



肖 (Shaw, 1964) 第一次精辟地论述了陆表海的水体能量特征，并且对陆表海沉积物的分布进行了相应的划分。





## 二、陆表海清水沉积作用及其能量带

欧文（Irwin，1965）继承了Shaw的陆表海的水能量及沉积相的观点，提出了陆表海清水沉积作用的概念及相带模式。

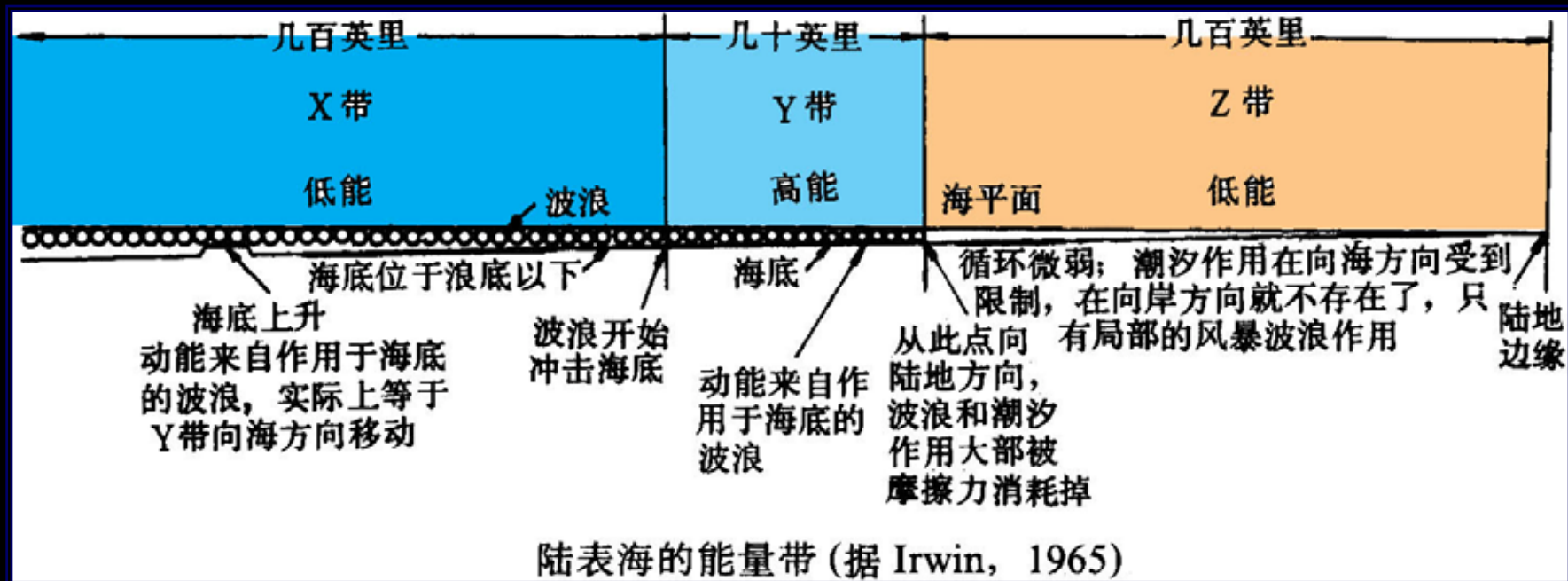
清水沉积作用是指在没有或很少有陆源物质流入的陆表海环境中的碳酸盐沉积作用。

Irwin根据陆表海水动力条件，主要是潮汐和波浪作用的能量，划分出三个能量带：

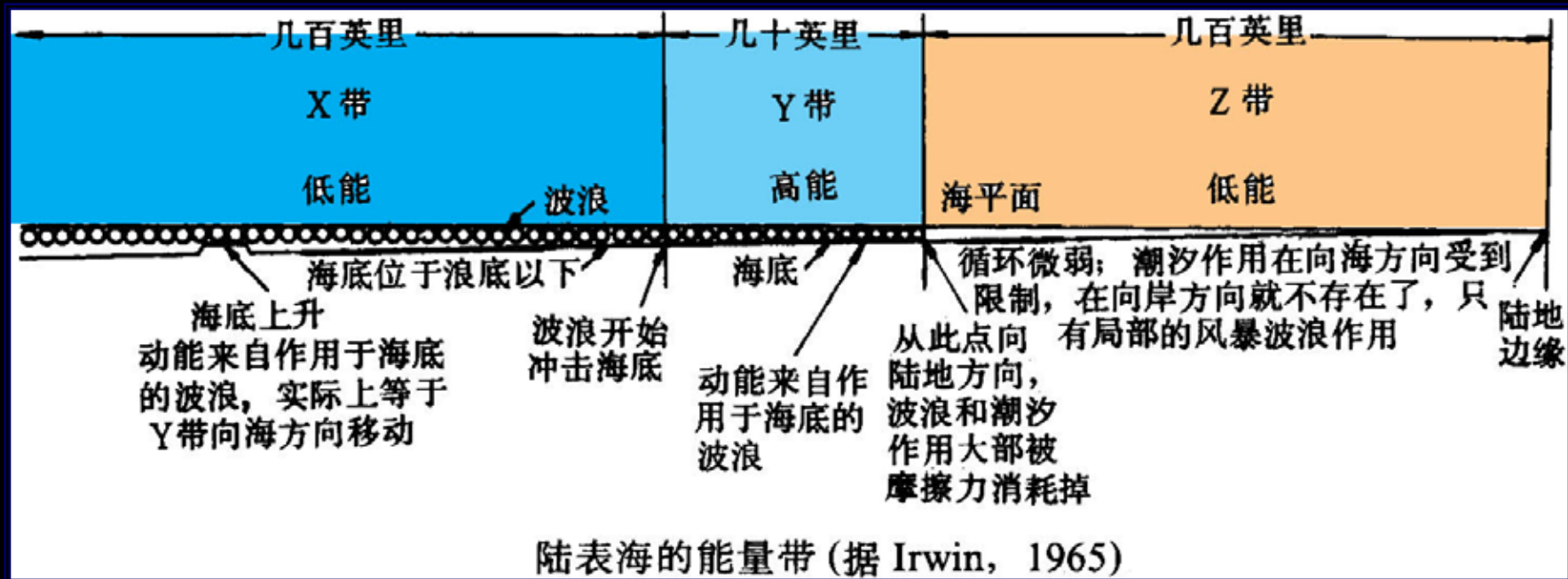
远离海岸的X带（低能带）

稍近海岸的Y带（高能带）

靠近海岸的Z带（低能带）



# 1. X带（低能带）



① 位于浪基面之下，一般来说海底很少受到扰动，只有在特殊情况下才有海流的干扰。

② 此带宽约几百英里。





③ 沉积物主要是来自Y带（高能带）的细粒物质，主要为灰泥。

④ 生物：处于光合作用下限，底栖生物和藻类都不发育；浮游生物、自游生物和来自高能带的大量有机物质都可以在这里堆积下来。

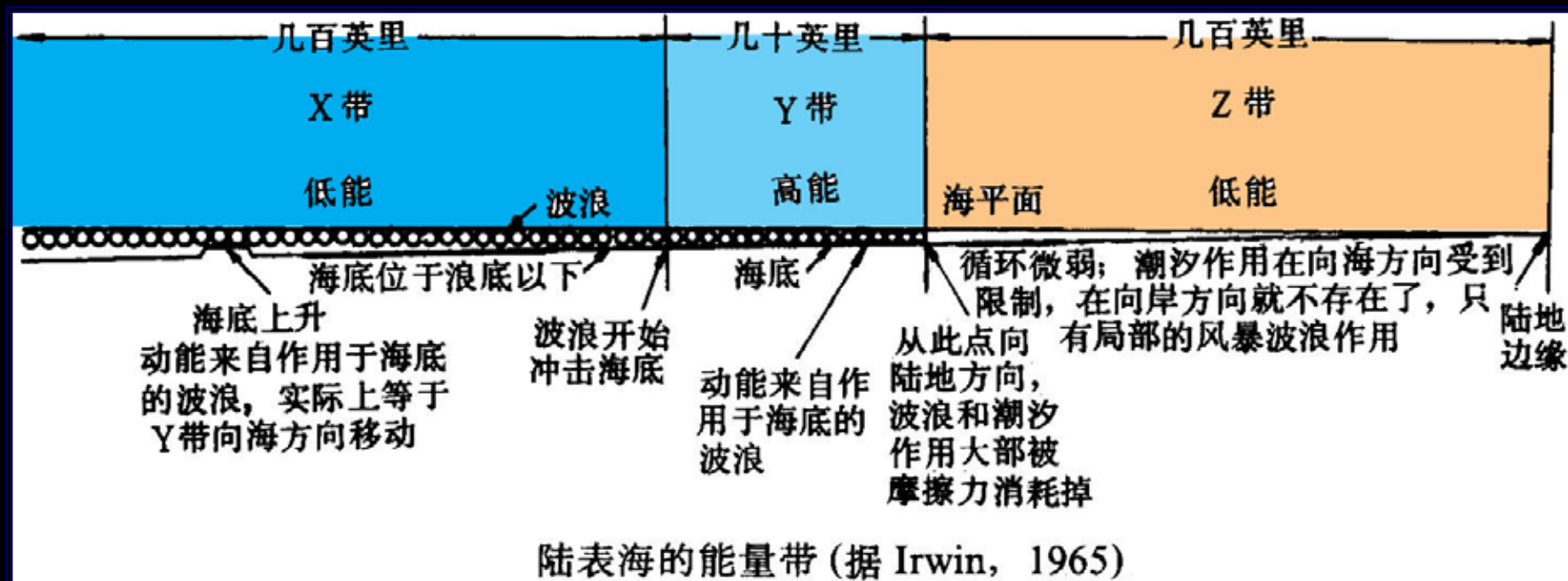
⑤ 沉积构造：水平层理发育。

⑥ 颜色：安静缺氧，沉积物多呈暗色。

⑦ 沉积厚度：沉积物厚度一般不大。

⑧ 该带岩石是有利的生油岩。

## 2. Y带（高能带）



① 从波浪开始冲击海底的地点开始，向滨岸方向延伸，直到波浪和潮汐的能量大部分被消耗掉为止。

② 此带宽约几十英里。



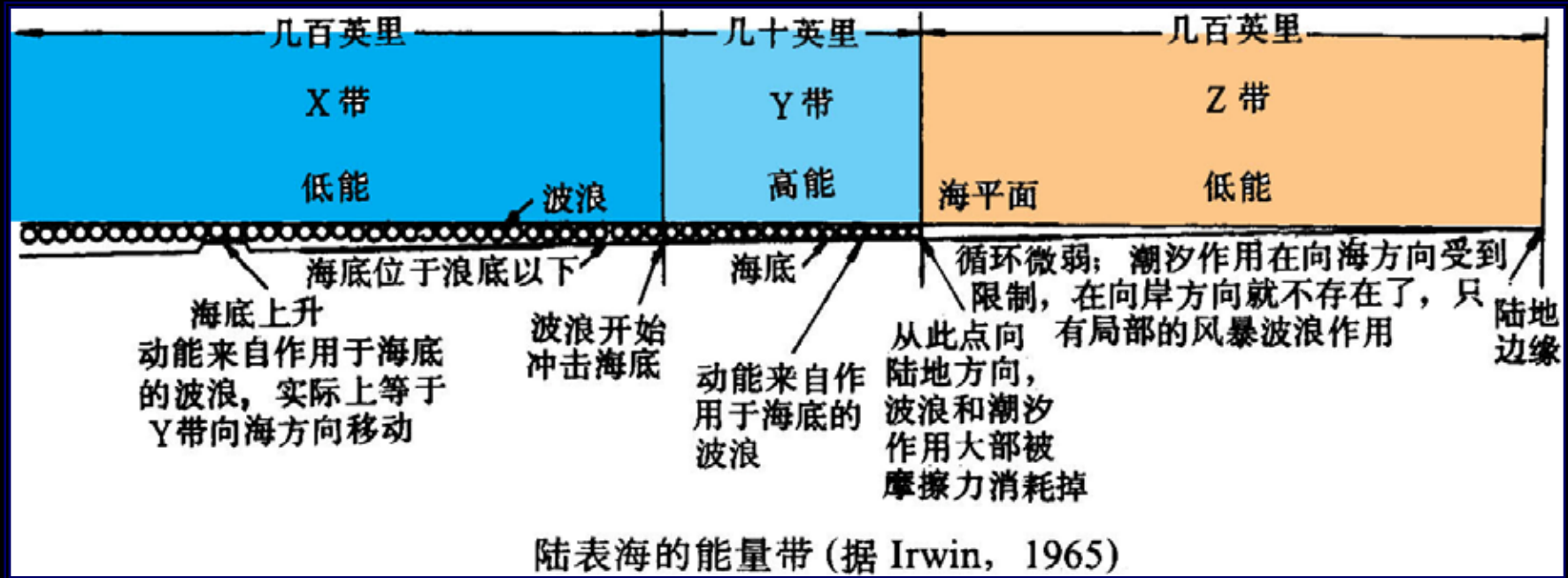
③ 沉积特征：此带波浪及潮汐十分活跃，水浅、阳光充足、氧气充分，底栖生物和藻类大量繁殖。

向海一侧，从深水上升带来的养料尤其丰富，各种生物大量发育，往往形成生物礁。

向岸一侧，见各种较粗的颗粒堆积，形成生物屑灰岩、鲕粒灰岩、内碎屑灰岩。分选和磨蚀良好，灰泥含量少，具交错层理。

④ 此带的碳酸盐岩是良好的油气储集岩。

### 3. Z带（低能带）



① 位于Y带的向岸方向，直到滨岸为止。

② 水很浅，波浪和潮汐作用都很弱，水循环也很弱。

③ 宽度较大，可达几百英里宽。



④海底坡度很小，或近于平坦。

⑤靠近滨岸的地带，如因气候炎热干燥，水流停滞，可形成白云石以及各类盐类矿物的沉积。

⑥此带形成的岩石主要是泥晶石灰岩、泥晶白云岩以及蒸发岩。

⑦化石少见，但叠层藻席相当发育。

⑧沉积构造：干裂、冲沟、鸟眼、生物钻孔等。



## 陆表海碳酸盐沉积的其他特征：

由于陆表海平坦宽阔，水浅，因此微弱的地壳升降运动或冰川的消长都会使海平面产生显著变化，这样就产生了大范围的潮坪沉积。

陆表海碳酸盐沉积的旋回性发育。

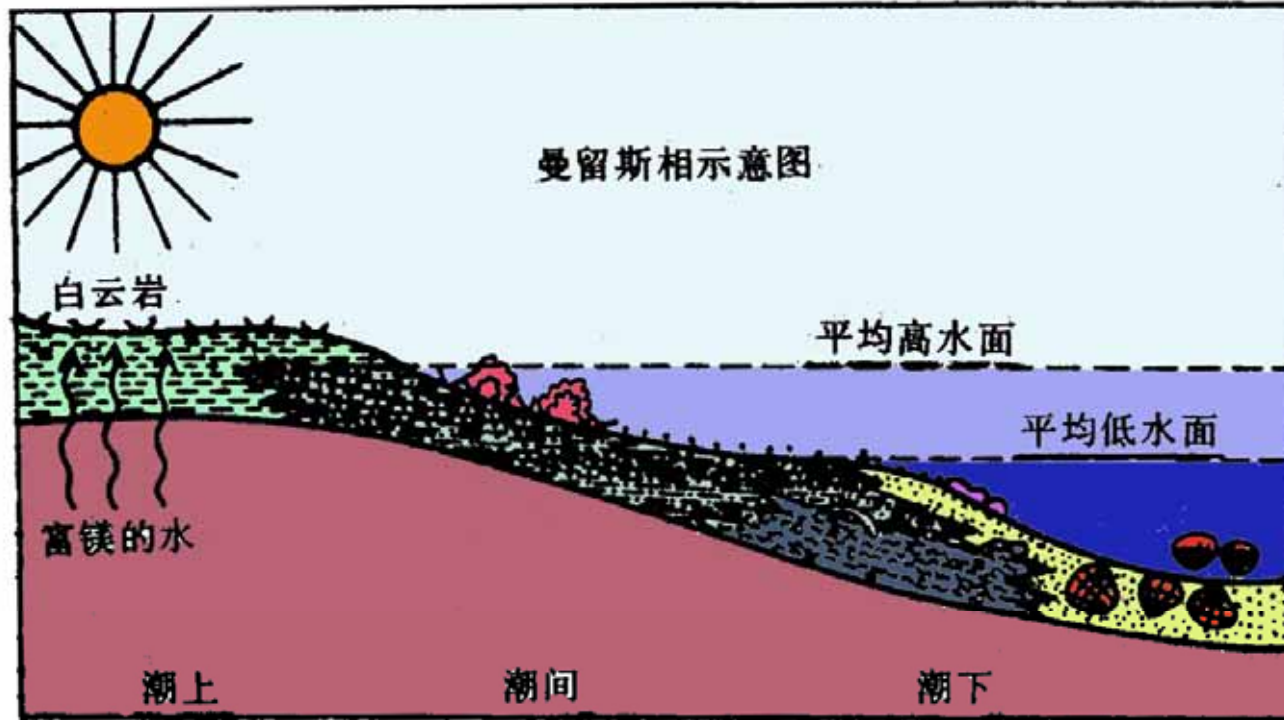
地质历史中的碳酸盐岩，绝大部分是陆表海清水沉积作用的产物，具有普遍意义。



## 三、潮汐作用相带模式

### 1. 拉波特的模式

Laporate (1967) 研究纽约州下泥盆统曼留斯组的碳酸盐岩后，认为该组是在一个**非常接近海平面的环境**中形成的，并根据该组岩性及古生物特征，以潮汐作用带为主要标志，划分出了**潮上带、潮间带和潮下带**等3个相带。



曼留斯相示意图

白云岩

平均高水面


平均低水面


富镁的水


潮上


潮间

潮下


 纹层状白云质球粒泥晶石灰岩，有泥裂

 薄层状球粒泥晶石灰岩与生物球粒亮晶石灰岩


 在生物球粒泥晶砾屑石灰岩中的纹层状层孔虫


 在生物球粒泥晶砾屑石灰岩中的半球状层孔虫

 泥裂

 纹层状层孔

 叠层石

 半球状层孔虫

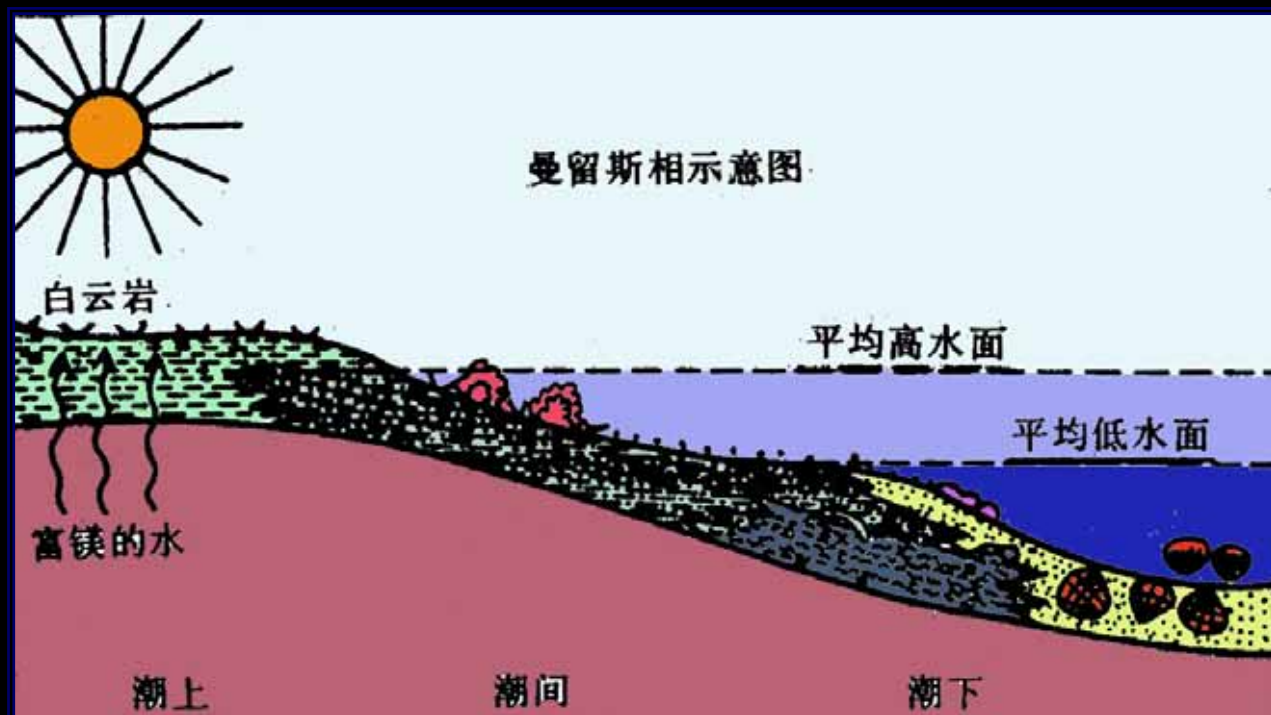
 核形石

美国纽约州下泥盆统曼留斯组碳酸盐岩的相带模式据拉波特 (Laporte, 1967)





# (1) 潮上带

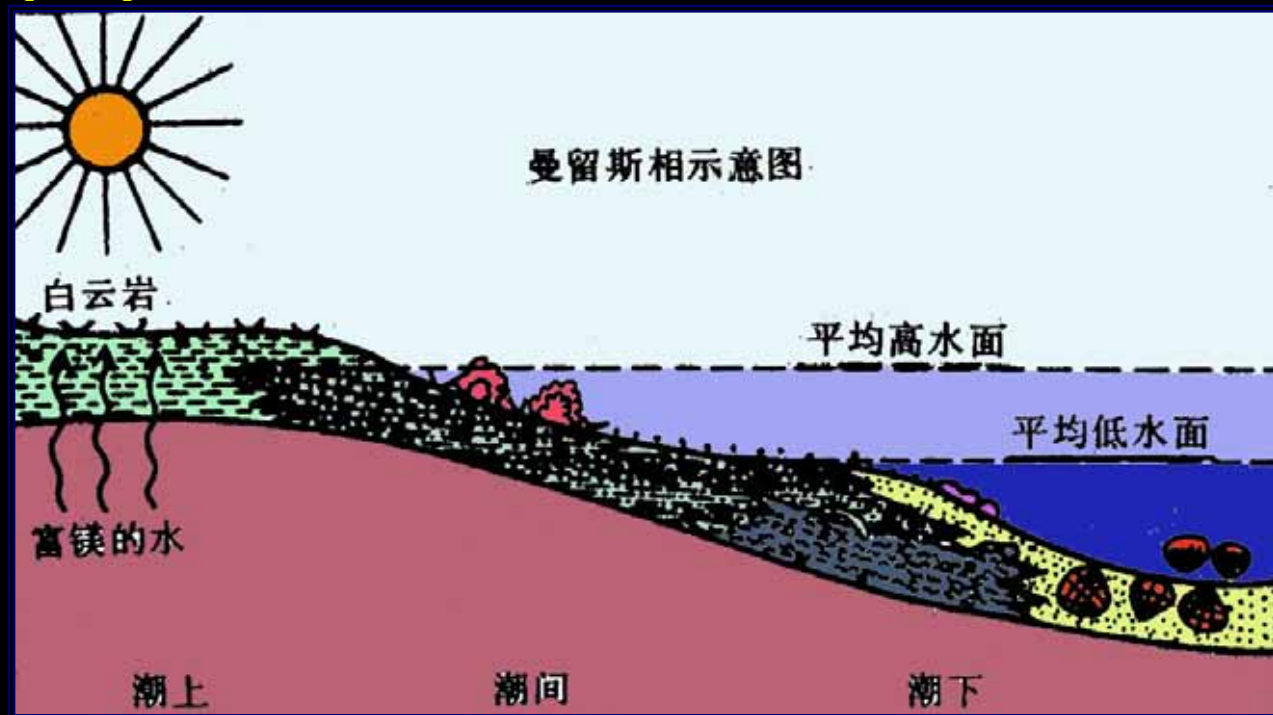


**岩石类型**：主要是泥—粉晶白云岩、白云质泥质石灰岩、球粒泥晶石灰岩等。

**沉积构造**：纹理、藻纹层、干裂、鸟眼构造

**生物化石**：少见。

## (2) 潮间带

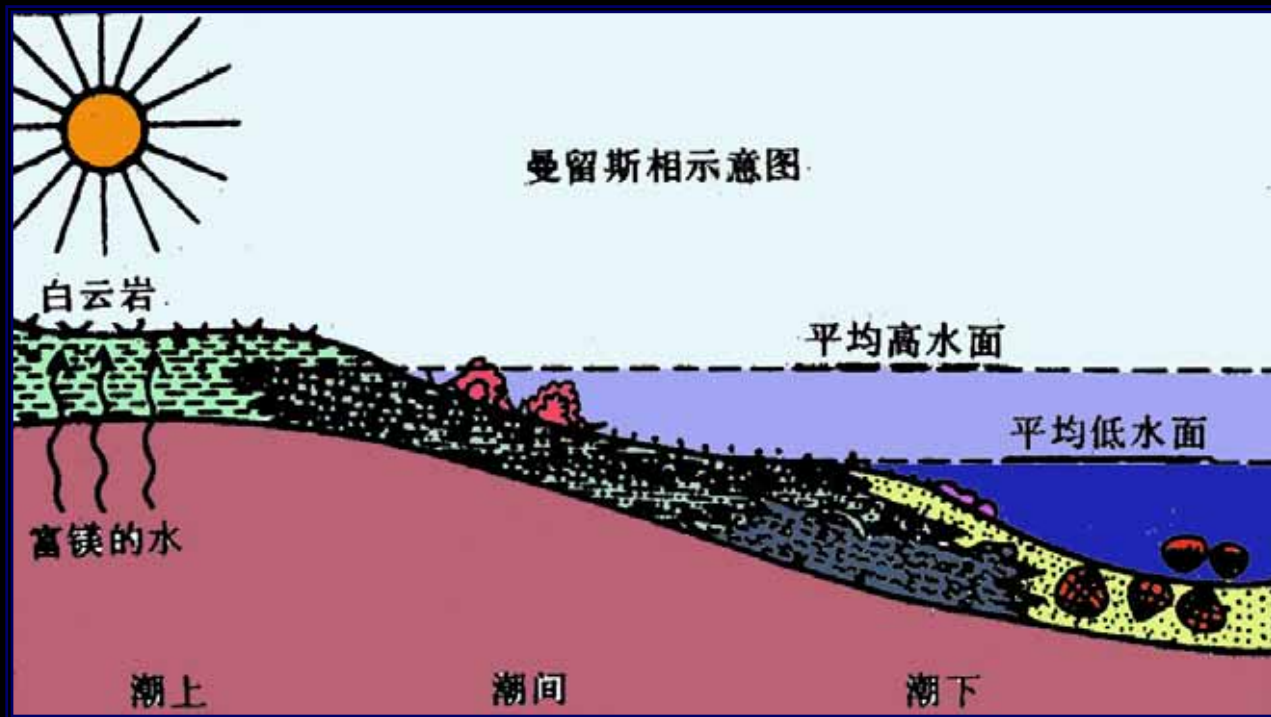


**岩石类型**：主要为薄层不含化石的球粒泥晶灰岩；内碎屑、鲕粒、叠层石及藻灰结核常见。

**沉积构造**：冲刷、干裂。

**生物化石**：种类较单调，数量丰富，多杂乱堆积。

### (3) 潮下带



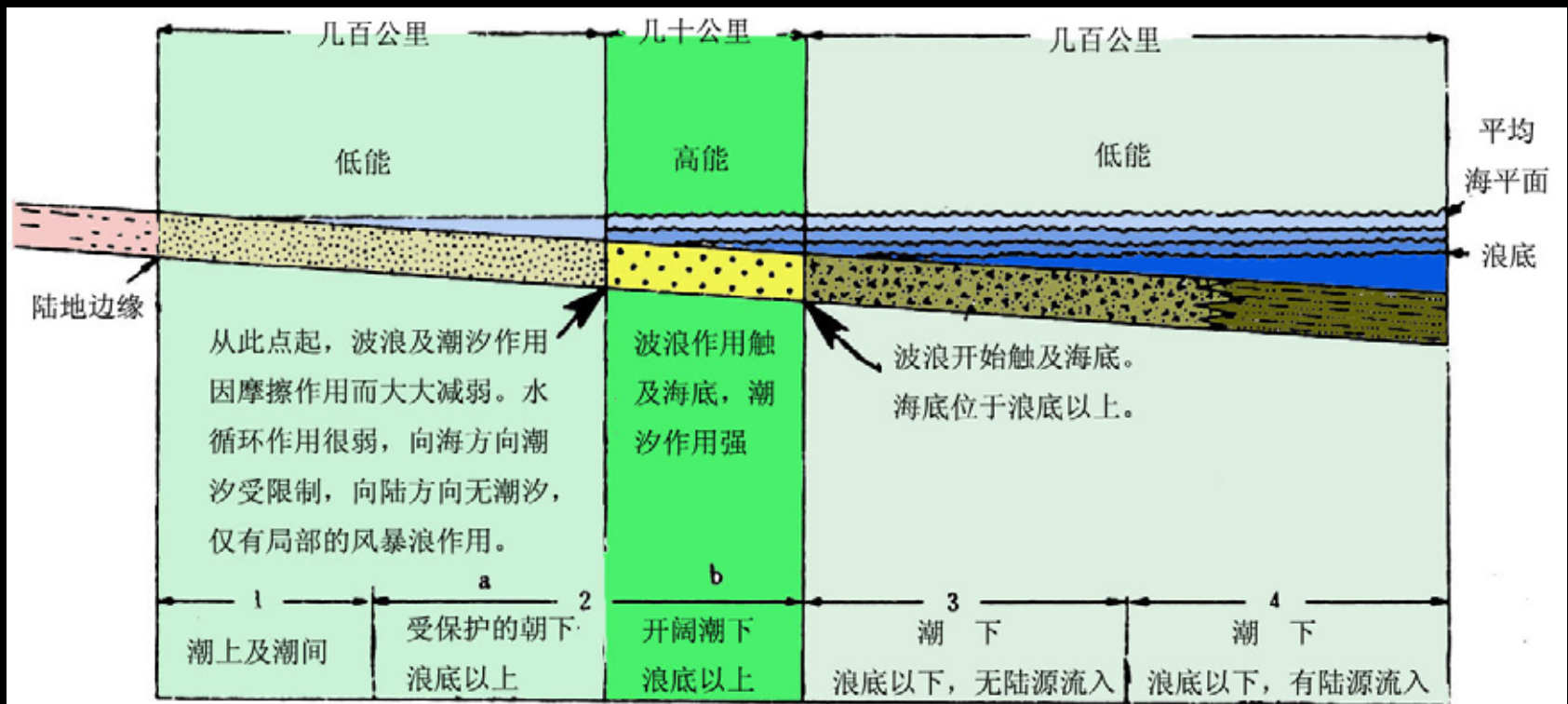
**岩石类型**：主要是厚层至块状球粒泥晶石灰岩、含各种生物屑的石灰岩及富含层孔虫格架的礁石灰岩。



1969年，Laporate又把他的模式进行了修改，主要把潮下带进一步划分为上下两部分。

**潮下带上部**：位于浪底之上，为高能环境，为礁和滩的发育地带。

**潮下带下部**：位于浪底之下，为低能环境，为泥晶石灰岩生成环境。

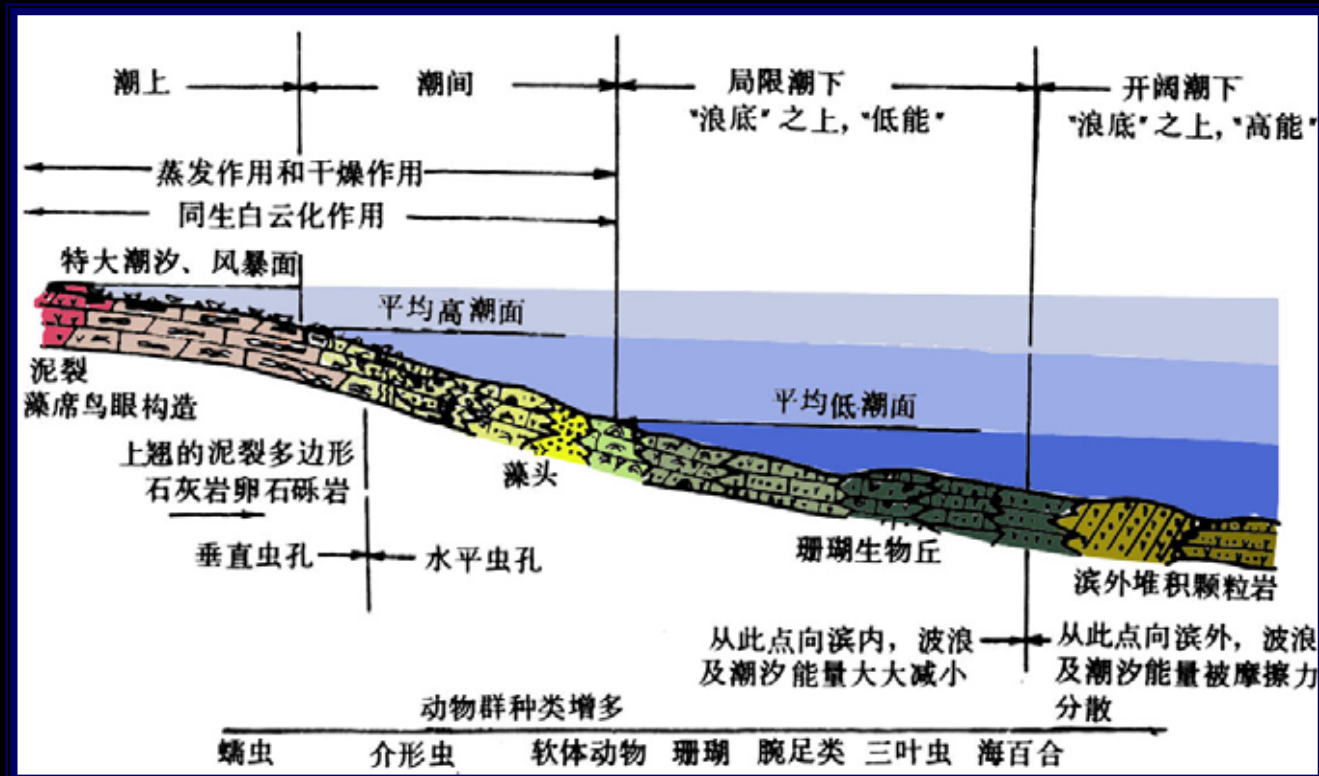


潮汐作用相带模式 (据拉波特, 1969)

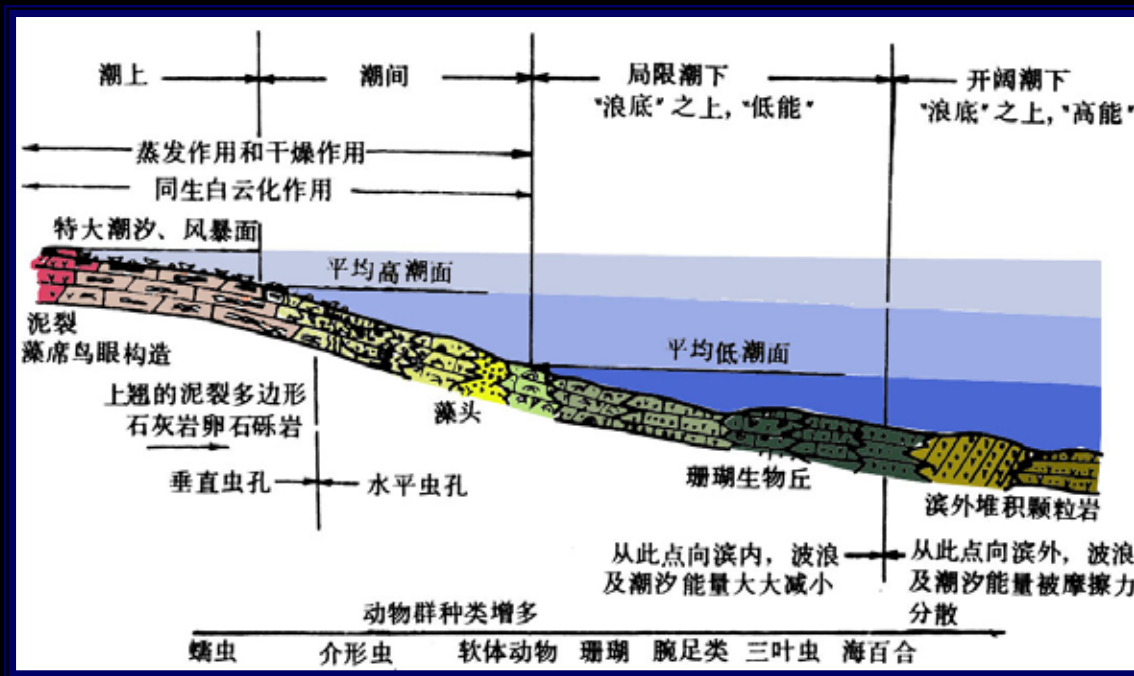
Laporate模式	Irwin模式
潮上带、潮间带	Z带
潮下带上部	Y带
潮下带下部	X带

## 2. 杨等的模式

杨等 (Young et al., 1972) 根据阿肯色州奥陶系碳酸盐岩的岩性及古生物特征, 拟定了一个以潮汐作用带为形式的相带模式, 划分出潮上带、潮间带、局限潮下带和开阔潮下带。



# (1) 潮上带

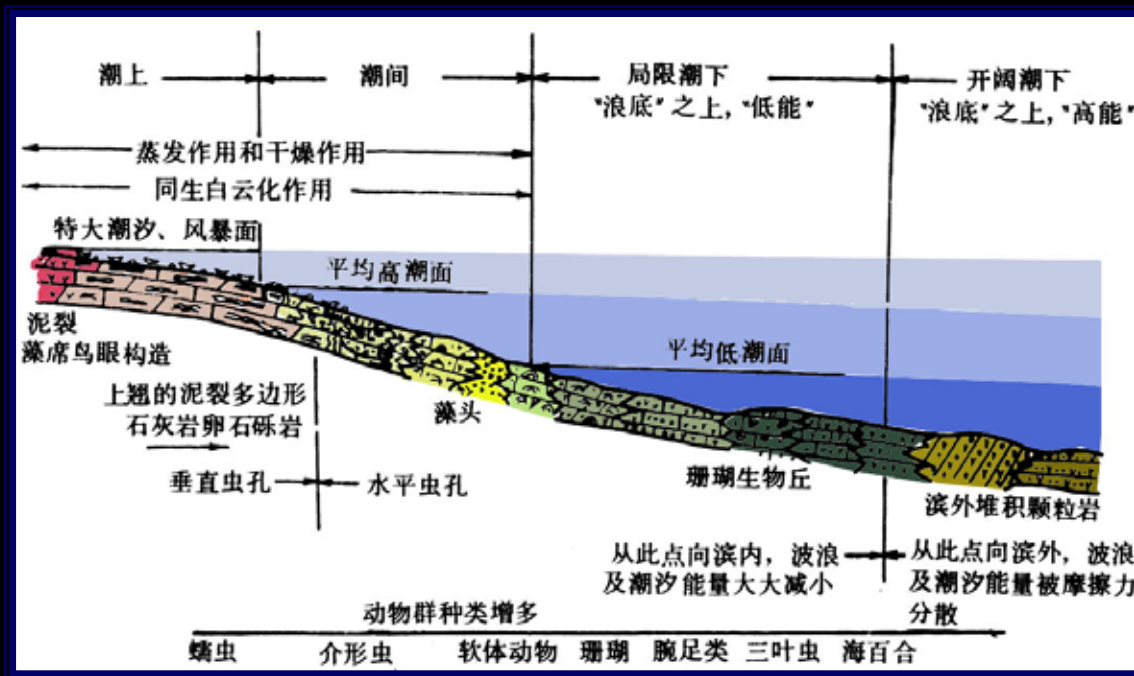


**岩石类型：**白云岩、白云质泥晶石灰岩、球粒泥晶石灰岩。

**沉积构造：**干裂、鸟眼构造。

**生物化石：**化石少见，有藻席。

## (2) 潮间带



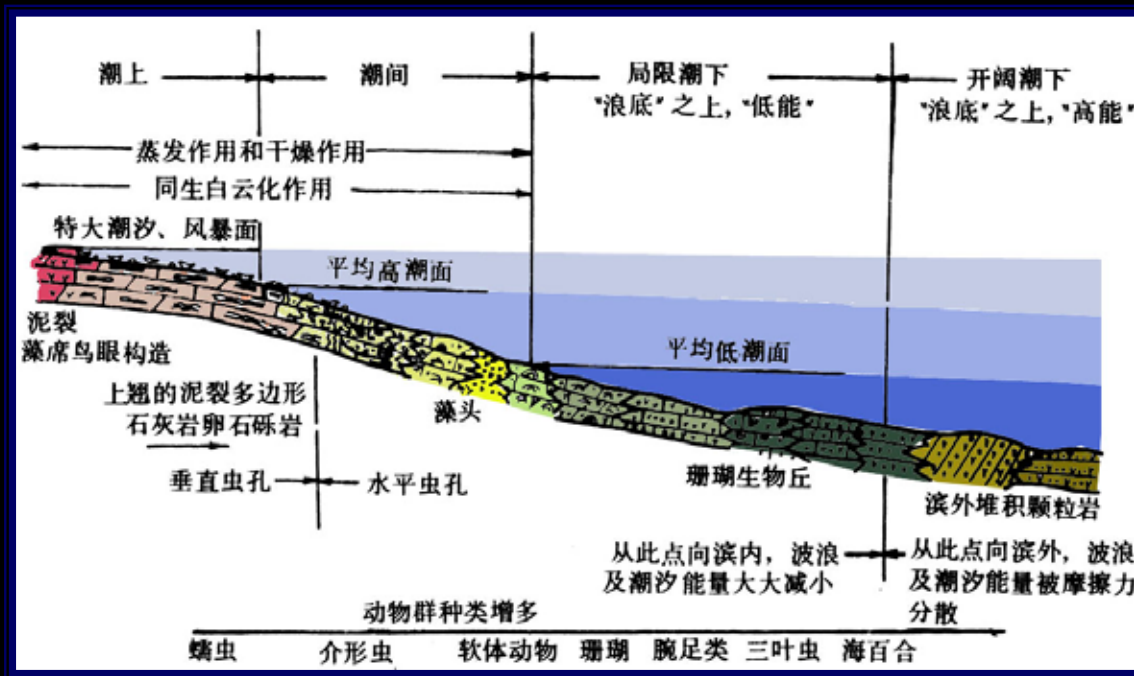
**潮间带上部：**类似潮上带，藻席发育。

**潮间带下部：**内碎屑灰岩、生物碎屑灰岩，有柱状叠层石。

**生物化石：**化石较多，虫孔也较常见。



### (3) 局限潮下带

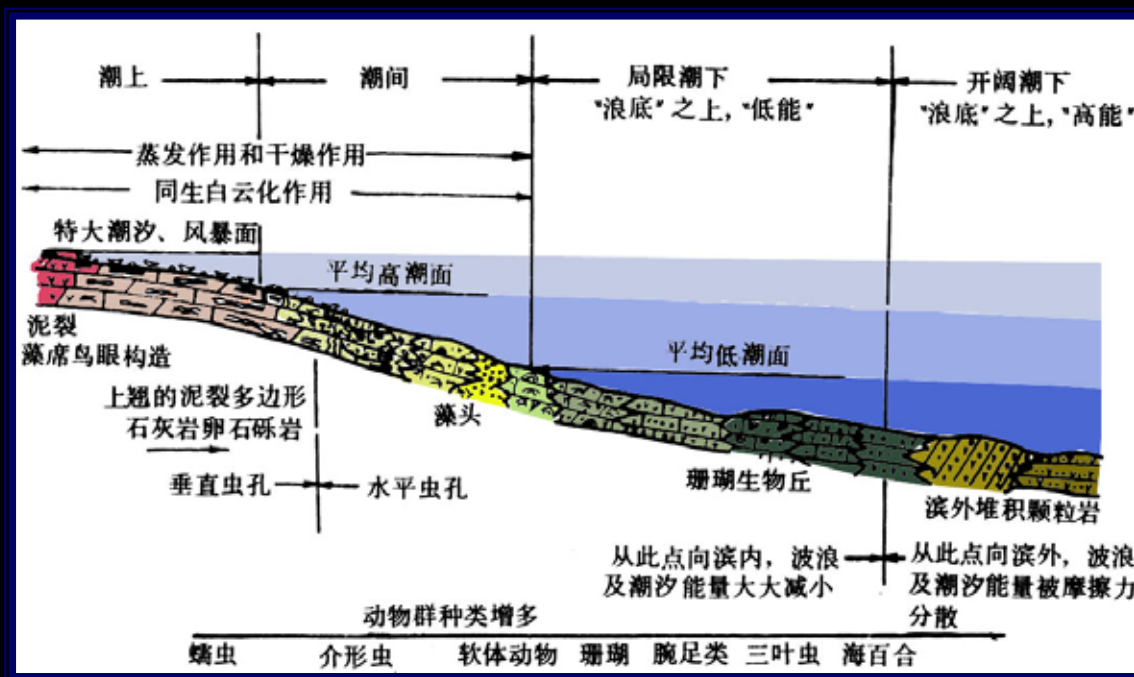


**沉积环境：**水体受限制，较低能环境。

**岩石类型：**内碎屑生物屑灰岩，灰泥充填，亮晶少。

**生物化石：**多见，较浅处可形成生物丘。

## (4) 开阔潮下带



**沉积环境：**波浪潮汐作用较强，高能。

**岩石类型：**内碎屑石灰岩或生物屑石灰岩，亮晶胶结。

**沉积构造：**可出现低角度斜层理。

**生物化石：**生物化石丰富。

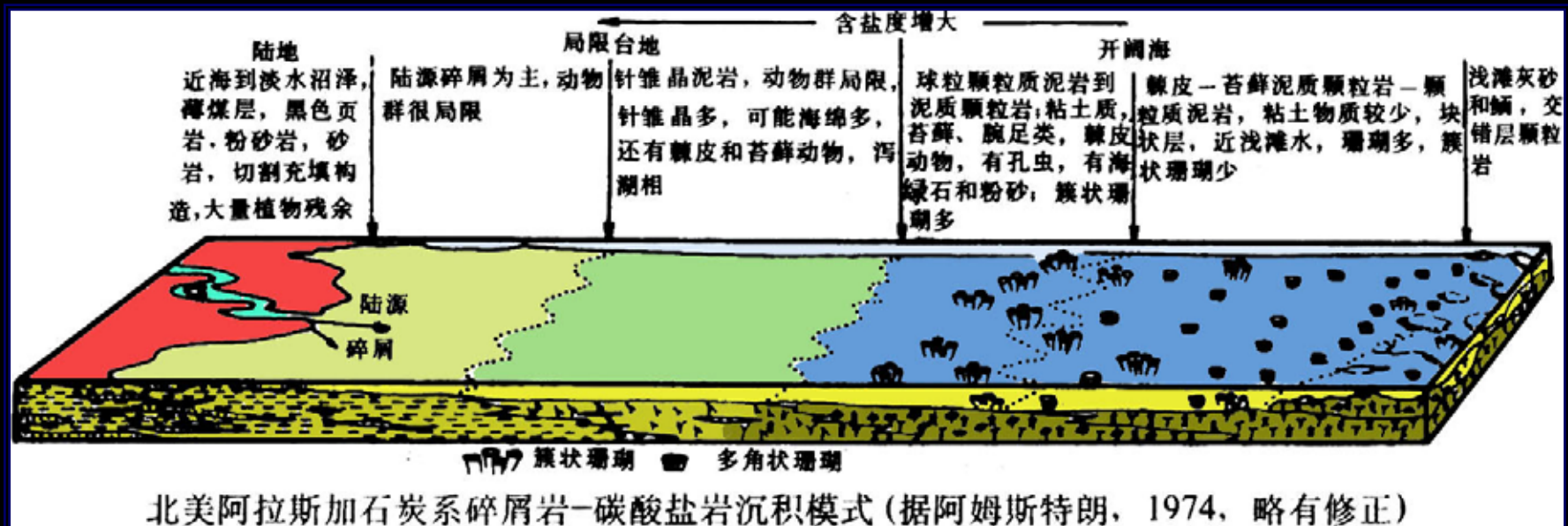


## 三种模式的对比

Laporate模式	Irwin模式	Young et al.模式
潮上带、潮间带	Z带	潮上带、潮间带、局限潮下带
潮下带上部	Y带	开阔潮下带
潮下带下部	X带	

## 四、混积型沉积相模式

阿姆斯特朗（Armstrong, 1974）对北美阿拉斯加北极地区的石炭系两种不同的沉积组合进行系统研究后，拟定了两个沉积模式，其中之一就是**碎屑岩—碳酸盐岩沉积模式**，该模式代表一个海进组合。



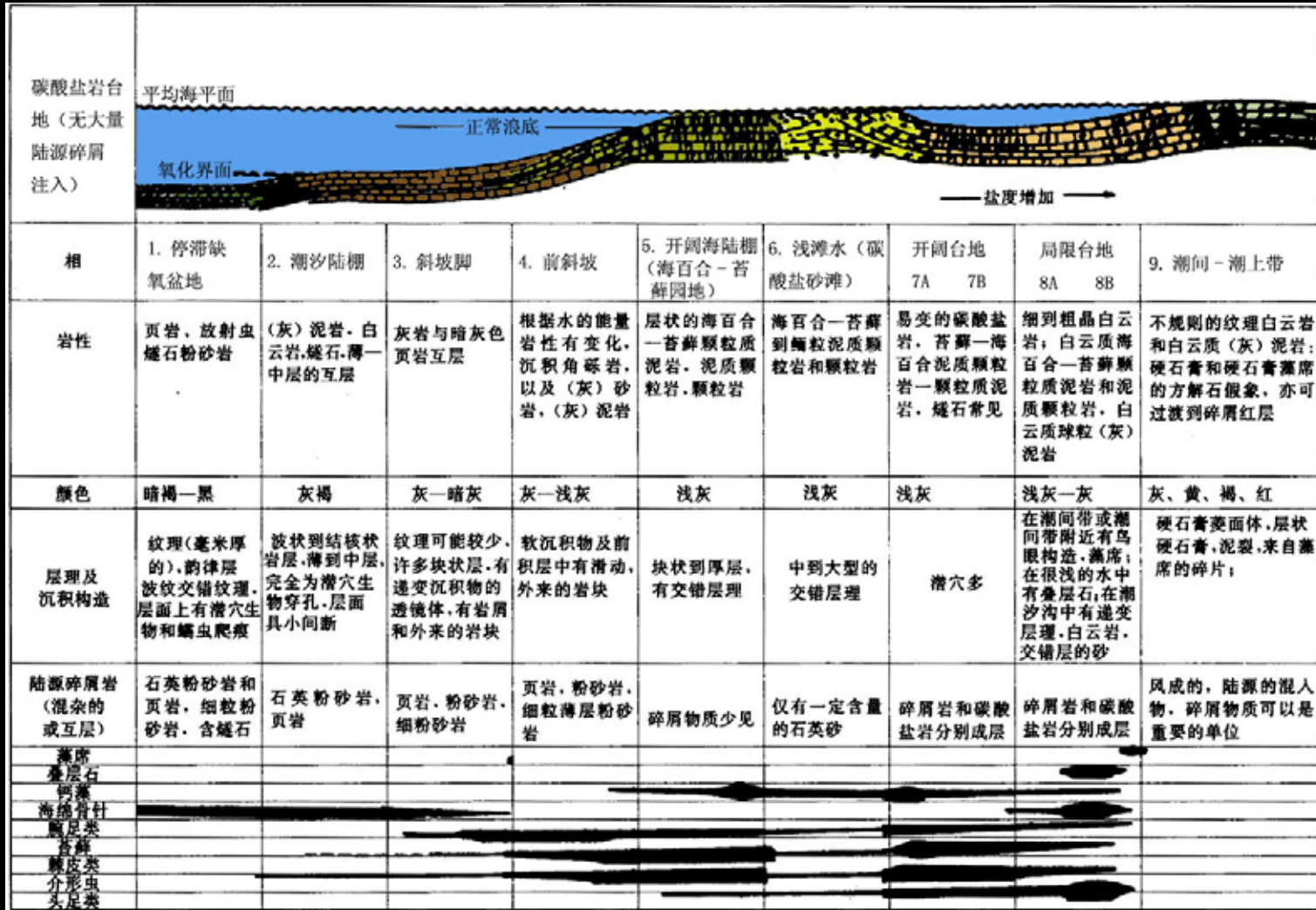


# Armstrong的碎屑岩—碳酸盐岩沉积模式相带

陆相	滨海的咸水 ~ 淡水沼泽沉积	
局限 台地相	近岸相带	陆源碎屑沉积为主
	远岸相带	以含海绵骨针的泥岩为主
开阔 台地相	向岸相带	含粪球粒颗粒灰泥岩及泥质颗粒岩
	向海相带	含棘皮类及苔藓类的泥质颗粒岩及颗粒质泥岩
浅滩相	主要为鲕粒及生物碎屑的颗粒岩，具交错层理	

# 五、综合相模式

## 1. Armstrong的碳酸盐岩沉积模式



碳酸盐岩沉积模式 (Armstrong拟定的第二个沉积模式)



停滞缺氧盆地

潮汐陆棚

斜坡脚

前斜坡

开阔海陆棚

浅滩水

开阔台地

局限台地

潮间 ~ 潮上带

Irwin的X带

Irwin的Y带

Irwin的Z带



# 2. 威尔逊 (Wilson, 1975) 的模式

图示	宽相带			窄相带			宽相带		
相号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
相	盆地 (停滞缺氧的或蒸发的) a. 细碎屑岩; b. 碳酸盐岩; c. 蒸发岩	开阔陆棚 开阔浅海 a. 碳酸盐岩; b. 页岩	碳酸盐岩斜坡脚	前斜坡 a. 层状细粒沉积岩, 有滑塌现象; b. 前积层碎屑岩及灰砂岩; c. 灰泥岩块体	生物 (生态) 礁 a. 粘结岩块体; b. 生物碎屑上的壳和灰泥粘结岩; c. 障积岩	台地边缘砂 a. 浅滩灰岩; b. 具砂丘砂的岛屿	开阔台地 (正常海洋, 有限的动物群) a. 灰砂体; b. 颗粒质泥岩-泥岩地区, 生物丘; c. 碎屑岩地区	局限台地 a. 生物碎屑颗粒质泥岩、潟湖及海湾; b. 潮汐水道中的岩屑-生物碎屑砂岩; c. 灰泥潮汐坪; d. 细碎屑岩	台地蒸发岩 a. 盐坪上的结核状硬石膏和白云石; b. 潮沼中的纹理状蒸发岩
岩性	暗色页岩和粉砂薄层石灰岩 (欠补偿盆地); 蒸发岩, 含盐	富含化石的石灰岩与泥灰岩互层, 分异良好的岩层	细粒石灰岩; 在某些情况下有燧石	多变化, 取决于上斜坡的水能量; 沉积角砾岩和灰砂岩	块状石灰岩-白云岩	砂屑石灰岩, 细粒灰砂或白云岩	各种碳酸盐岩和碎屑岩	一般为白云岩及白云质石灰岩	不规则的纹理状白云岩和硬石膏可过渡为红层
颜色	暗褐、黑、红	灰、绿、红、褐	暗到浅	暗到浅	浅	浅	暗到浅	浅	红、黄、褐
颗粒类型及沉积结构	泥岩; 细粉屑石灰岩韵律层	生物碎屑和完整化石颗粒质泥岩; 一些粉屑石灰岩	大多数是泥岩; 也有一些粉屑石灰岩	灰粉砂和生物碎屑颗粒质泥岩-泥质颗粒岩; 不同大小的岩屑	粘结岩和颗粒岩的囊状体, 泥质颗粒岩	颗粒岩, 分选良好, 圆度也好	结构变化大, 颗粒岩到泥岩	凝块的, 球粒泥岩和颗粒岩; 纹理状泥岩, 水道中的粗岩屑颗粒质泥岩	
层理及沉积构造	极平坦的毫米级的纹理、韵律层理、波状交错纹理	完全被虫穿孔; 薄到中层状; 波状的结核状岩层, 层面呈现间断	纹理少见, 常为块状岩层; 递变沉积物的透镜体; 岩屑及外来岩块; 韵律层	软沉积物中的滑塌; 前积层理; 斜坡生物丘; 外来岩块	块状生物构造或开阔格架, 具盖顶洞穴; 与重力相反的纹理	中到大型的交错层	虫孔痕迹很多	鸟眼, 叠层石, 毫米级纹理, 递变层理, 白云石壳; 水道中的交错层砂	石膏, 硬石膏; 结核状, 玫瑰花状, 羽状, 刃状; 不规则纹理, 碳酸钙粘岩
陆源碎屑混入物或互层	石英粉砂岩和页岩; 细颗粒粉砂岩; 燧石	石英粉砂岩, 粉砂岩和页岩; 分异良好的岩层	一些页岩, 粉砂岩和细粒粉砂岩	一些页岩, 粉砂岩和细粒砂岩	无	只有石英砂混入物	分异良好的岩层中的碎屑岩和碳酸盐岩	分异良好的岩层中的碎屑岩和碳酸盐岩	风刮来的, 来自陆地的混入物, 碎屑可以是重要的
生物群	只有浮游-远洋动物, 在层面上局部富集	极其多样的贝壳动物	生物碎屑, 主要来自上斜坡	完整化石及生物碎屑	主要为造架生物, 在囊状体中呈枝状; 在某些隐蔽处有原地生物群落	破坏的和磨蚀的介壳, 此介壳生物生活在斜坡上, 很少当地的生物	缺乏开阔海动物群 (如棘皮类、头足类、腕足类); 软体动物, 海绵, 有孔虫和介形虫	很有限的动物群, 主要为腹足类, 藻类, 某些有孔虫和介形虫	几乎无原地动物, 叠层藻除外

Wilson模式与Armstrong的相似, 划分9个相带。





## Wilson模式与Irwin模式比较

①盆地	深水盆地	远海低能带 相当Irwin X带	暗色泥晶灰岩和 页岩为主
②开阔陆棚	较深水的 碳酸盐陆棚		
③碳酸盐斜坡脚			
④前斜坡			
⑤生物（生态）礁	高能环境	相当Irwin Y带	礁灰岩、生屑灰 岩、鲕粒灰岩、 内碎屑灰岩
⑥台地边缘砂			
⑦开阔台地			
⑧局限台地	近岸低能带 或潮坪地带	相当Irwin Z带	泥晶石灰岩、白 云质灰岩、白云 岩、蒸发岩等
⑨台地蒸发岩			



几个标准相带的微相类型

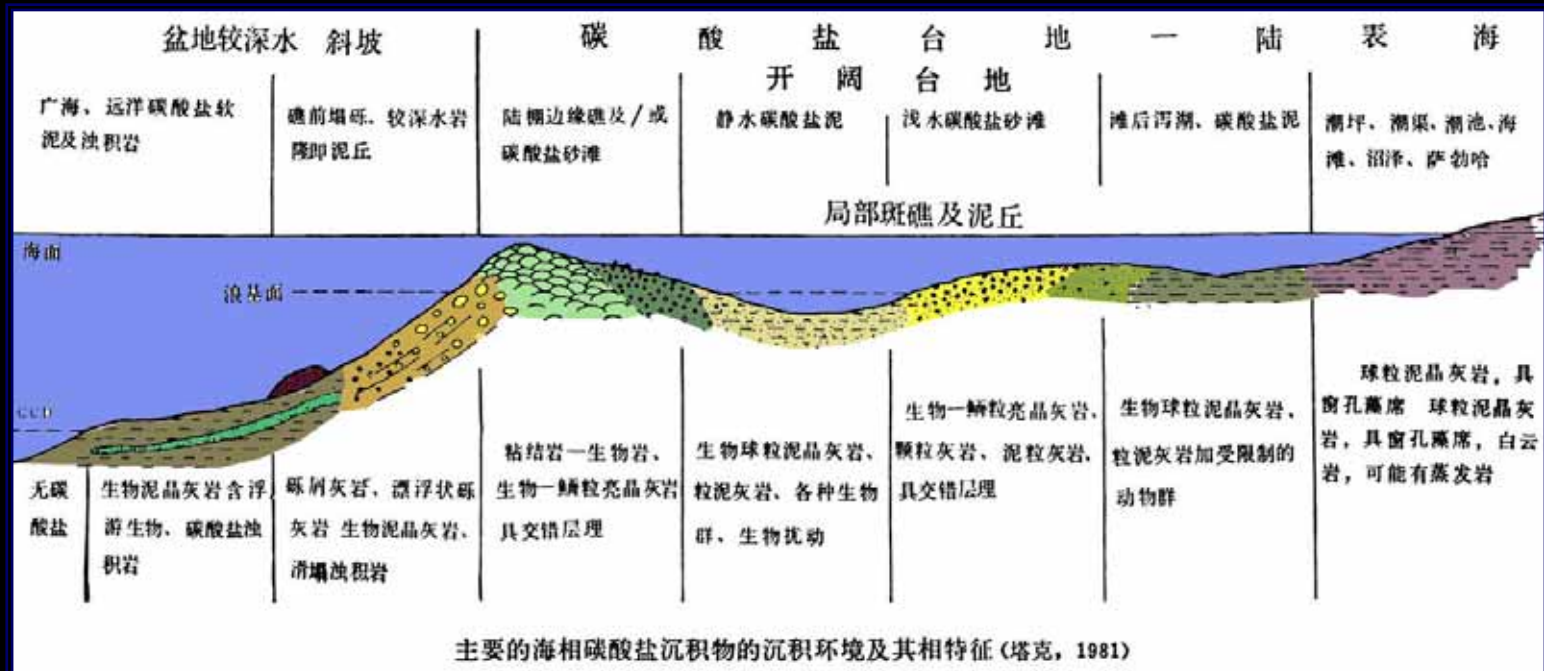
盆地	广海陆棚	盆地边缘 (深陆棚)	台地前 缘斜坡	台地边缘 生物礁	台地边缘浅滩	开阔台地	局限台地	台地蒸发岩
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		细纹层岩层中的碎石流, 斜坡末端的灰泥丘	巨大的塌砾岩块, 未充填的大洞穴, 斜坡下部的灰泥丘	斜坡下部的灰泥丘, 圆丘礁, 生物粘结岩斑块, 边缘及障壁骨架礁脊和沟	岛屿、砂丘障壁沙坝, 潮汐入口及通道	潮汐三角洲, 泻湖典型的泥丘, 柱状藻席, 通道及潮汐砂坝	潮坪, 通道, 天然堤, 池沼、藻席带	硬石膏穹窿、锥形帐篷构造, 纹层状石膏, 结壳, 盐沼地, (蒸发池沼) 萨勃哈(蒸发坪)
S.M.F- 1. 骨针岩 2. 微生物碎屑粉屑灰岩 3. 浮游生物泥晶灰岩, 放射虫页岩	2. 微生物碎屑粉屑灰岩 8. 含完整贝壳灰泥岩 9. 生物碎屑粒泥状灰岩 10. 含包壳颗粒灰泥岩	2. 微生物碎屑粉屑灰岩 3. 浮游生物灰泥岩 4. 生物碎屑一岩屑微角砾岩	4. 生物碎屑一岩屑微角砾岩 5. 生物碎屑粒状灰岩一泥粒状灰岩, 漂浮状灰岩	7. 生物粘结灰岩 11. 包壳的、磨蚀的、生物碎屑粒状灰岩 12. 介壳灰岩(介壳混杂)	11. 包壳的磨蚀的生物碎屑粒状灰岩 12. 介壳灰岩(介壳混杂) 13. 藻灰结核、生物碎屑粒状灰岩 14. 滞留角砾岩 15. 鲕灰岩	8. 含完整贝壳灰泥岩 9. 生物碎屑粒泥灰岩 10. 含包壳颗粒灰泥岩 16. 球粒亮晶灰岩 17. 含葡萄石藻灰结核灰泥岩 18. 有孔虫类伞藻粒状灰岩	16. 球粒亮晶灰岩 17. 含葡萄石藻灰结核灰泥岩 18. 有孔虫类伞藻粒状灰岩 19. 窗状、球粒, 纹层灰泥岩 20. 叠层石灰泥岩 22. 藻灰结核灰泥岩 23. 非纹层纯灰泥岩 24. 通道砾屑灰岩	21. 绵层石灰泥岩 23. 非纹层纯灰泥岩, 结核状一珠状、肠状硬石膏、含透石膏, 刀片灰泥岩

Wilson  
的九个相带中还提出了24个微相, 从而使用这一模式提供了方便。



### 3. 塔克 (Tucker, 1981) 的模式

Tucker将主要碳酸盐相与七种主要环境联系起来：**①**潮上—潮间坪；**②**泻湖及局限海湾；**③**潮间—潮下浅滩；**④**开阔陆棚及台地；**⑤**礁及碳酸盐岩隆；**⑥**礁前塌砾及泥丘；**⑦**远洋碳酸盐泥及浊积盆地。





潮上—潮间坪

泻湖及局限海湾

潮间—潮下浅滩

开阔陆棚及台地

礁及碳酸盐岩隆

礁前塌砾及泥丘

远洋碳酸盐泥及浊积盆地

碳酸盐台地—陆表海

盆地—较深水斜坡区

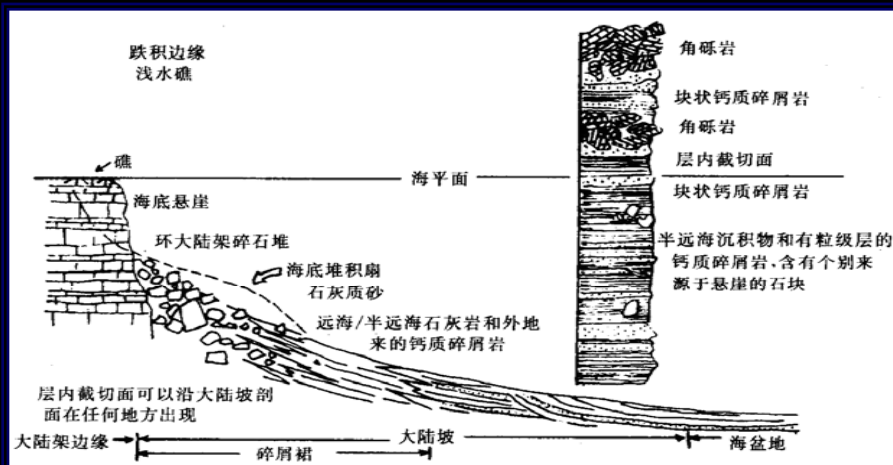
Tucker模式将开阔陆棚与台地放在一起，碳酸盐台地中将泻湖（局限台地）与潮坪分开，开阔台地内分出浅水碳酸盐沙滩，局部出现斑（点）礁及泥丘。比较切合陆表海碳盐沉积模式。



## 六、深水碳酸盐沉积相模式

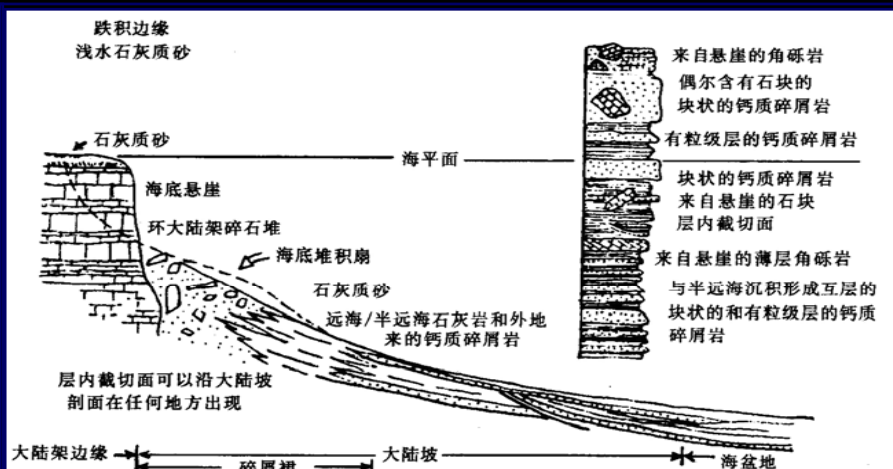
前述诸模式基本上都是浅水海洋的甚至滨海的碳酸盐相的模式，只有少数模式涉及到了深水相，但较笼统。

随着深水碳酸盐岩研究不断深入，逐渐总结出一些深水碳酸盐相的模式，如多特（Dott, 1963）的**海下重力流沉积类型**、麦克尔里斯和詹姆斯（McIlreath and James, 1979）的四种不同的**陆棚边缘的深水海洋沉积模式**。



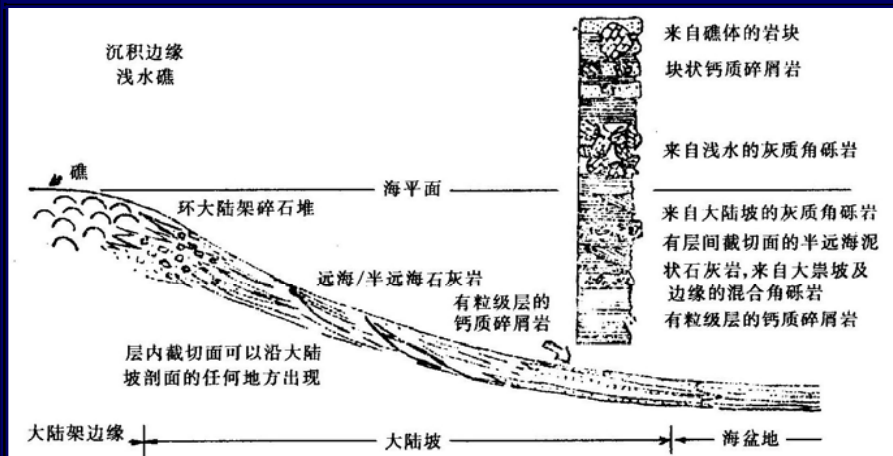
沉积边缘—礁边缘重力流沉积模式 (I)

(据麦克里思等, 1979)



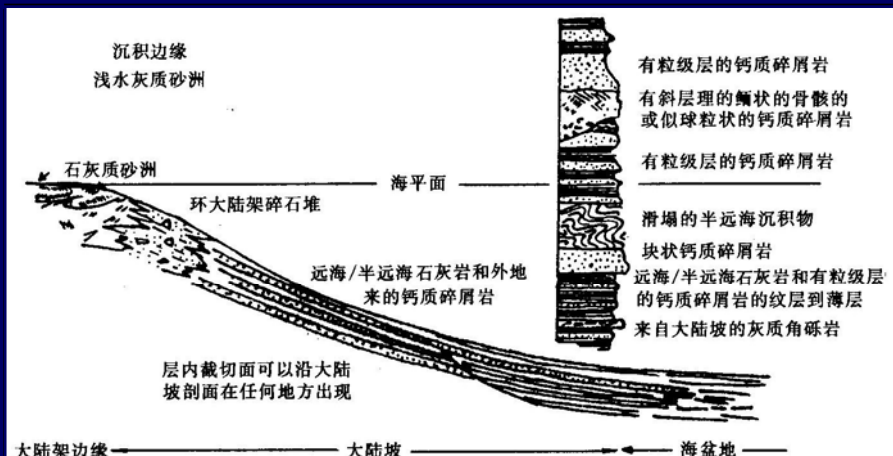
沉积边缘—滩边缘重力流沉积模式 (II)

(据麦克里思等, 1979)



沉积边缘—礁边缘重力流沉积模式 (III)

(据麦克里思等, 1979)



沉积边缘—滩边缘重力流沉积模式 (IV)

(据麦克里思等, 1979)

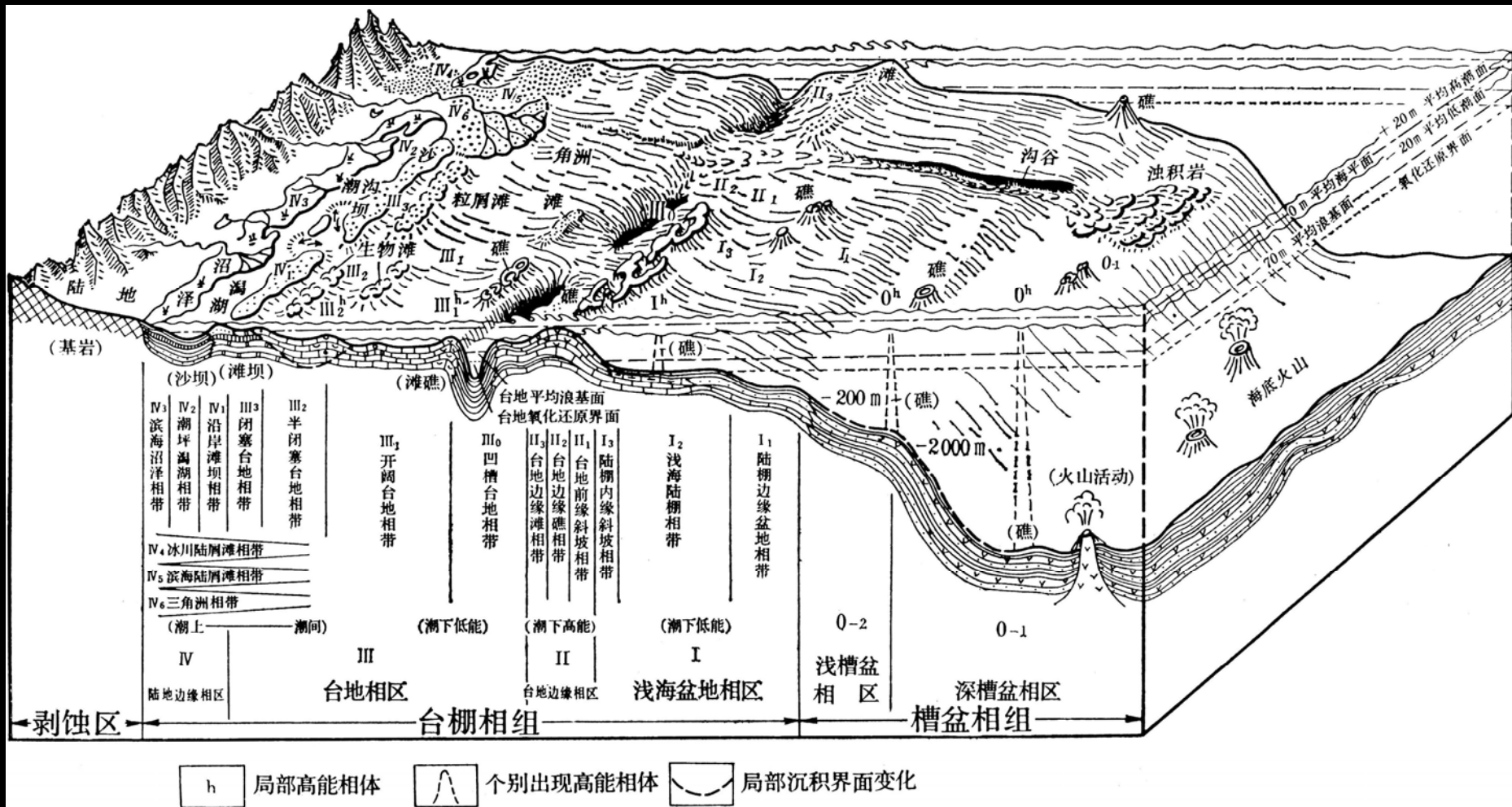


## 七、我国的碳酸盐沉积相模式

我国对碳酸盐沉积相研究主要是20世纪70年代末和80年代初大量借鉴国外沉积模式来进行研究的。

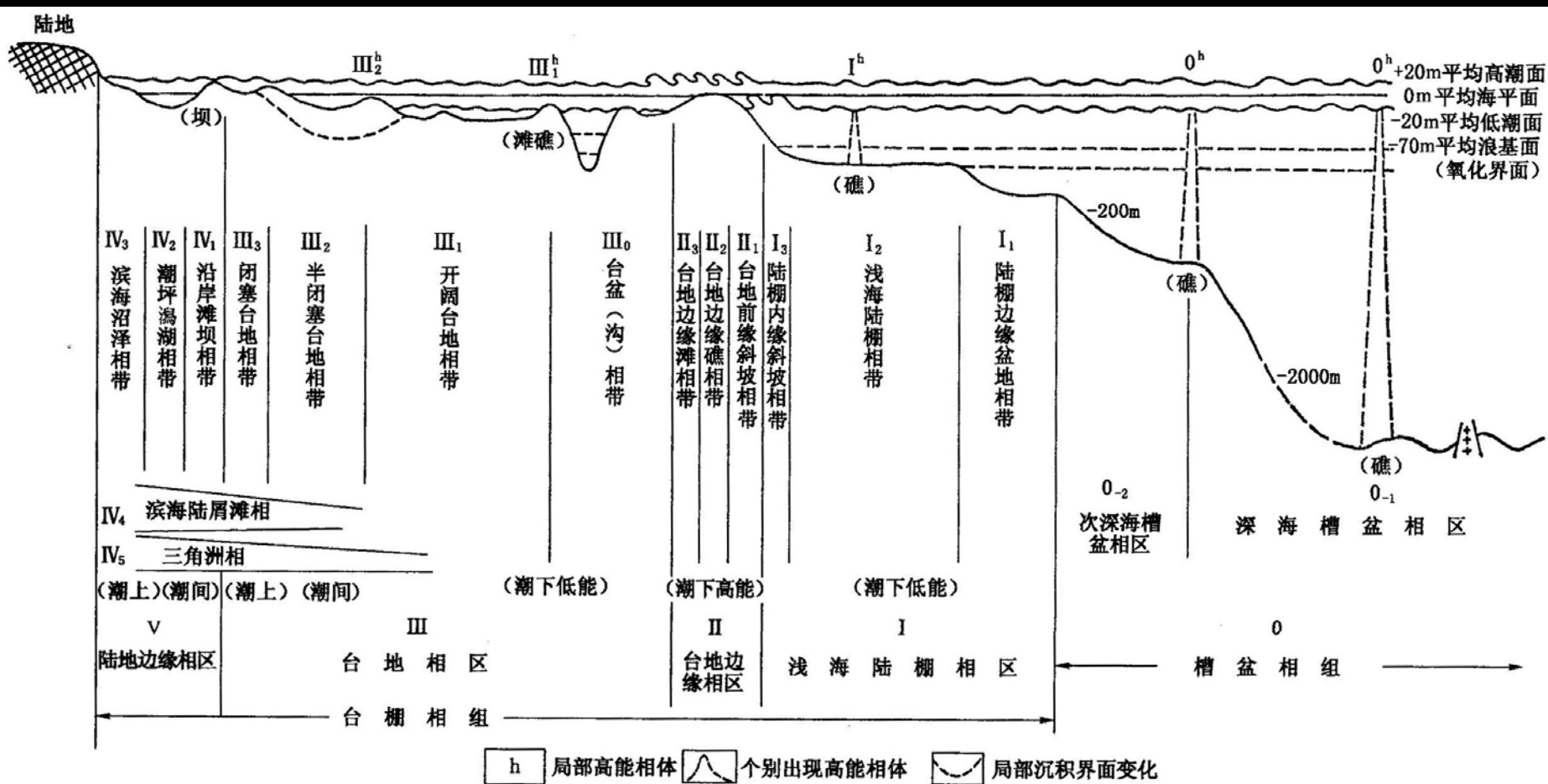
国外的碳酸盐沉积模式在我国已被广泛采用，尤其是Wilson的模式，但在使用过程中也还存在一些问题。

我国广大沉积学工作者在实践中提出了许多模式，补充和修改了威尔逊模式不足之处，最具代表性的是**关士聪**等提出的模式。

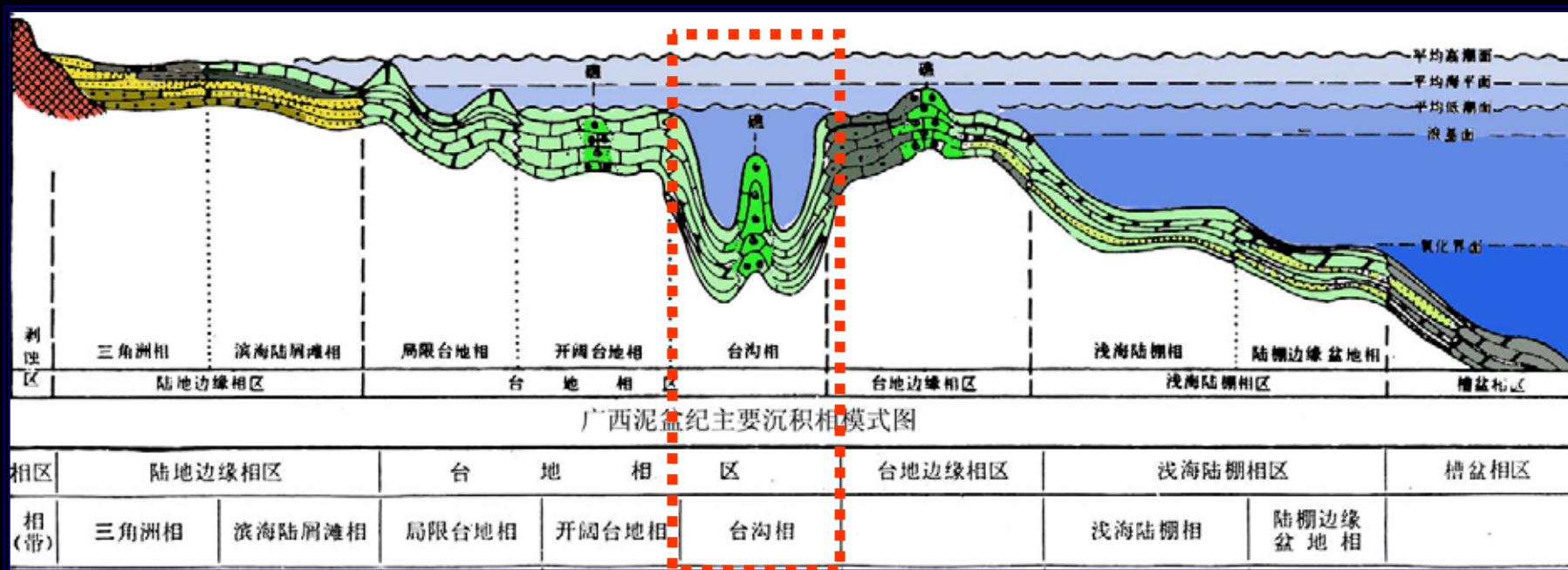


中国古海域沉积环境综合模式示意图





中国古海域沉积环境综合模式示意图 (据关士聪等, 1980)



广西泥盆纪主要沉积相模式示意图



# 本节要点：

- 陆表海与陆缘海的概念（重点）
- 欧文的碳酸岩盐沉积模式（重点）
- 拉波特的碳酸岩盐沉积模式
- 杨的碳酸岩盐沉积模式
- 威尔逊的碳酸盐岩综合沉积模式（重点）