第八章-7
海洋环境及相模式.

海洋环境组 (海洋相组)	海岸环境 (海岸相)	障壁海岸:潮坪、泻湖、障壁岛、海滩
		无障壁海岸:海岸沙丘、后滨、前滨、临滨
	浅海环境(浅海相)	
	半深海环境(半深海相)	
	深海环境(深海相)	

第八章-7　海洋环境及相模式

第一节　概述

第二节　陆源碎屑海洋环境

一、海岸（滨海）环境

（一）概况

（二）陆源碎屑无障壁海岸环境

（三）陆源碎屑障壁海岸环境

二、陆源碎屑浅海环境

（一）过渡带沉积

（二）浅海陆棚沉积

三、半深海 — 深海环境

（一）半深海和深海的地貌特征

（二）半深海沉积特征

（三）深海沉积特征

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

1、按能量带划分的沉积相模式

2、威尔逊沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐岩沉积特征

现代碳酸盐岩的分布特征

分布地带：碳酸盐沉积主要分布于低纬度（南北纬30º左右）的清澈、温暖、滨浅海地带。

条件：浅水、暖水、清水、阳光充分、没有大量细碎屑沉积物的注入。

生物：钙藻大量繁殖，珊瑚礁发育。

沉积物：主要是两类沉积物（1）颗粒碳酸盐（贝壳砂、鲕粒砂、葡萄状团块、球粒）；（2）造礁生物粘结岩。少量灰泥。

在南北纬40º之间的深海盆地底部，有大量浮游生物碳酸盐沉积。

浅海碳酸盐的发育与藻类有密切关系

在水深<15m中所产生的$CaCO_3$比深陆缘海每单位面积的$CaCO_3$多几倍。

主要与浅水绿藻及蓝绿藻特别丰富有关。由于藻类的光合作用，从海水中吸收大量CO_2，从而促使海水中的$CaCO_3$过饱和而沉淀出文石质灰泥，而且钙藻的外壳也是文石质灰泥(成为颗粒的主要供给者)。藻类繁盛提供了大量碳酸盐沉积物。

浅海碳酸盐的发育与生物有密切关系

藻类的生活需要温暖、浅水、清洁透光环境。

海水浑浊妨碍光合作用，阻止钙藻生长，堵塞底栖生物的摄食器官，影响其繁衍（妨碍了大量碳酸盐颗粒的产生）。

海水太深，阳光和氧气不足，对藻类和底栖无脊椎动物生长都不利。

海水太深，水压大，溶解CO_2多，$CaCO_3$不饱和，因此深水不会有大量碳酸盐的产生。

深水碳酸盐沉积物主要靠海水表层浮游生物（颗石藻、有孔虫、翼足类等）和浅水陆棚区漂运来的灰泥或粉屑。

浅海碳酸盐颗粒的复杂成因

内（源）碎屑：盆地内准同生改造的碳酸盐颗粒。

内（盆内）：直接来源与准同生改造；成分：碳酸盐。

在海岸高能带，由于波浪、潮汐、海流等作用，使碳酸盐沉积物发生簸选，将细粒碳酸盐带走，而留下各种砂砾级碳酸盐颗粒，形成各种砂砾屑滩、介壳滩、沿岸砂坝、砂咀、滨外砂堤、砂洲、潮汐三角洲、潮汐砂坝等（西沙群岛）。

细粒碳酸盐（灰泥、粉屑）沉积在：

（1）较深水盆地区：陆棚边缘、障壁砂坝前缘的较深水区（滩前、滩间）。

（2）较低能的浅水区：障壁后的泻湖及潮坪区。

碳酸盐与生物和生物礁

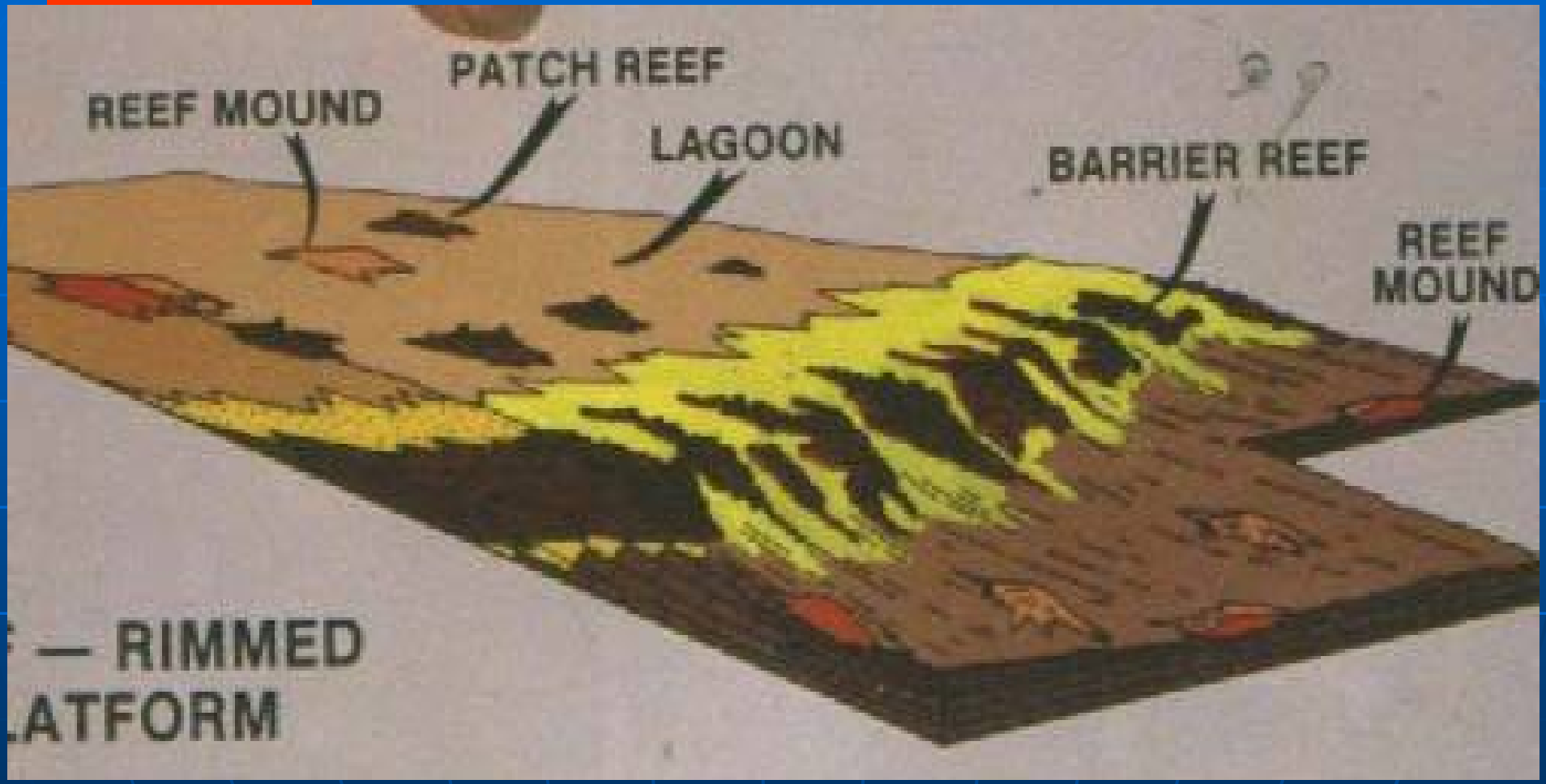
碳酸盐沉积物主要是生物成因的。

生物遗体和生物作用。

有些生物能适应高能环境，具有抗浪的生态本能，它们在高能环境下原地生长聚集成为礁体。

在高能带，由于向岸的波浪和潮汐作用，较深部的海水能够沿着斜坡上升到浅水区，使其温度剧然升高，水压降低，CO_2迅速释放，促进了$CaCO_3$大量沉淀。同时，从深水带来大量养料，有利于造礁生物的生长。所以，在沿岸高能带常形成岸礁，在滨外或陆棚边缘高能带常出现堤礁或堡礁（**Barrier reef**）。

生物礁


REEF MOUND
PATCH REEF
LAGOON
BARRIER REEF
REEF
MOUND
— RIMMED
LATFORM



澳大利亚的大堡礁-**Great Barrier Reef**

世界上有一个最大最长的珊瑚礁群，它就是有名的大堡礁- **Great Barrier Reef**。它纵贯蜿蜒蜒于澳洲的东海岸，全长**2011km**，最宽处**161km**。南端最远离海岸**241km**，北端离海岸仅**16km**。在落潮时，部分的珊瑚礁露出水面形成珊瑚岛。

无生物礁的地带

如果这些地带，持续地保持高能条件，同时，碳酸钙又过饱和，这就使造礁生物不能大量繁衍。出现明显的碳酸盐的沉积作用、胶结作用、颗粒的包壳作用等。

产生被亮晶胶结的颗粒灰岩。颗粒类型：鲕粒、砂屑、球粒、团块、核形石、生物碎屑等。

在障壁（礁或碳酸盐砂堤）后的泻湖及潮坪：是水循环受到限制的低能条件。

在炎热干燥区，蒸发作用使泻湖咸化，正常海水化学沉淀$CaCO_3$（文石）。咸化到一定程度就沉淀高镁方解石（转变为白云岩）及蒸发岩（膏盐、盐岩）沉积。生物很贫乏，仅有某些广盐性生物。

在温暖潮湿区，泻湖的盐度变化不大，可出现大量绿藻、钙质海绵、苔藓虫及腕足类等，为碳酸盐沉积提供大量颗粒。

在潮坪地带由于间歇性的潮汐泛滥及陆上暴露干涸，形成白云岩以及鸟眼、干裂、纹层、膏盐晶体假象等沉积构造。

在热带多雨区，潮间坪沉积物里出现淡水沉积透镜体，造成富含半咸水植物的沼泽，或出现微喀斯特地貌，沉淀结壳状淡水方解石等。

水深5米.



水深2米.



多毛纲.



海底.



水深７ｍ普通海綿綱.




水深5ｍ.


水深7ｍ.

一、碳酸盐沉积相模式

碳酸盐沉积受多种条件的控制，沉积作用因素复杂，给建立碳酸盐沉积相带模式带来困难。

至今还没有一个很好的模式。目前，关于碳酸盐岩沉积相模式较多，择3种简述如下。

陆表海与陆缘海

	陆表海	陆缘海
面积	广阔，几百—几千公里，四周多被大陆包围（内陆海）	位于大陆边缘(大陆架)，窄，150—500km
坡度	平缓，＜1/5000	较陡，1/500-1/2000
深度	浅，30-50m，＜200m	达200-350m）

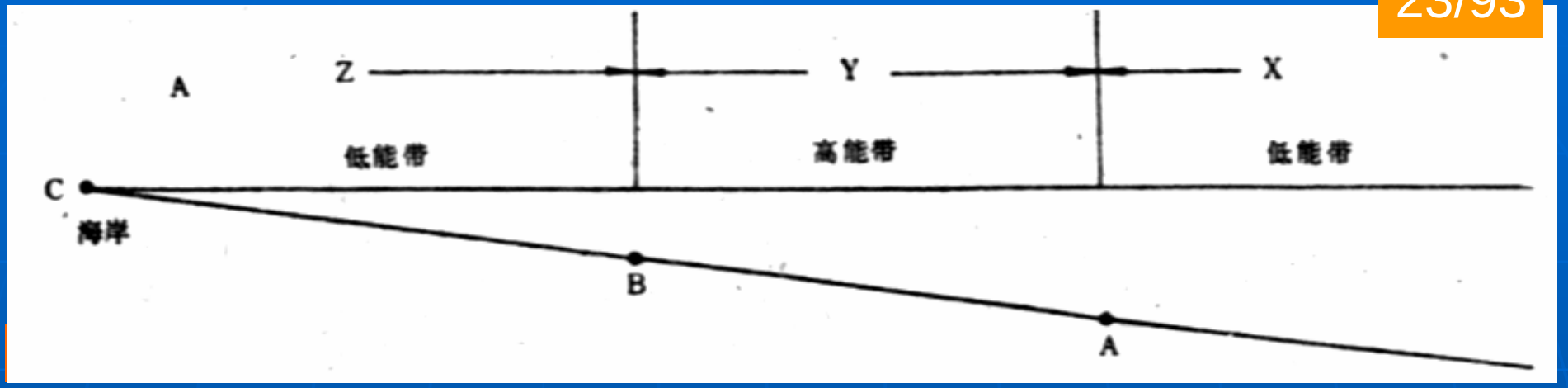
形成古代碳酸盐沉积物的海洋并不像现代的许多陆缘海性质，而是属于陆表海，如华北地台和扬子地台古生代的浅海都属于陆表海。

1、按能量带划分的模式

Shaw,1964年,把浅海碳酸盐沉积区划分为陆表海和陆缘海两种类型，

论述了陆表海的水能量特征，提出陆表海碳酸盐沉积分异主要取决于海水的能量。 陆表海内波浪、海流、潮汐作用是控制碳酸盐分带主要因素。

Irwin，1965年，根据Shaw的理论，进一步提出了陆表海沉积模式。按照能量，把陆源物质输入很少的陆表海（清水碳酸盐盆地）从海岸到广海方向划分为X、Y、Z三个带。



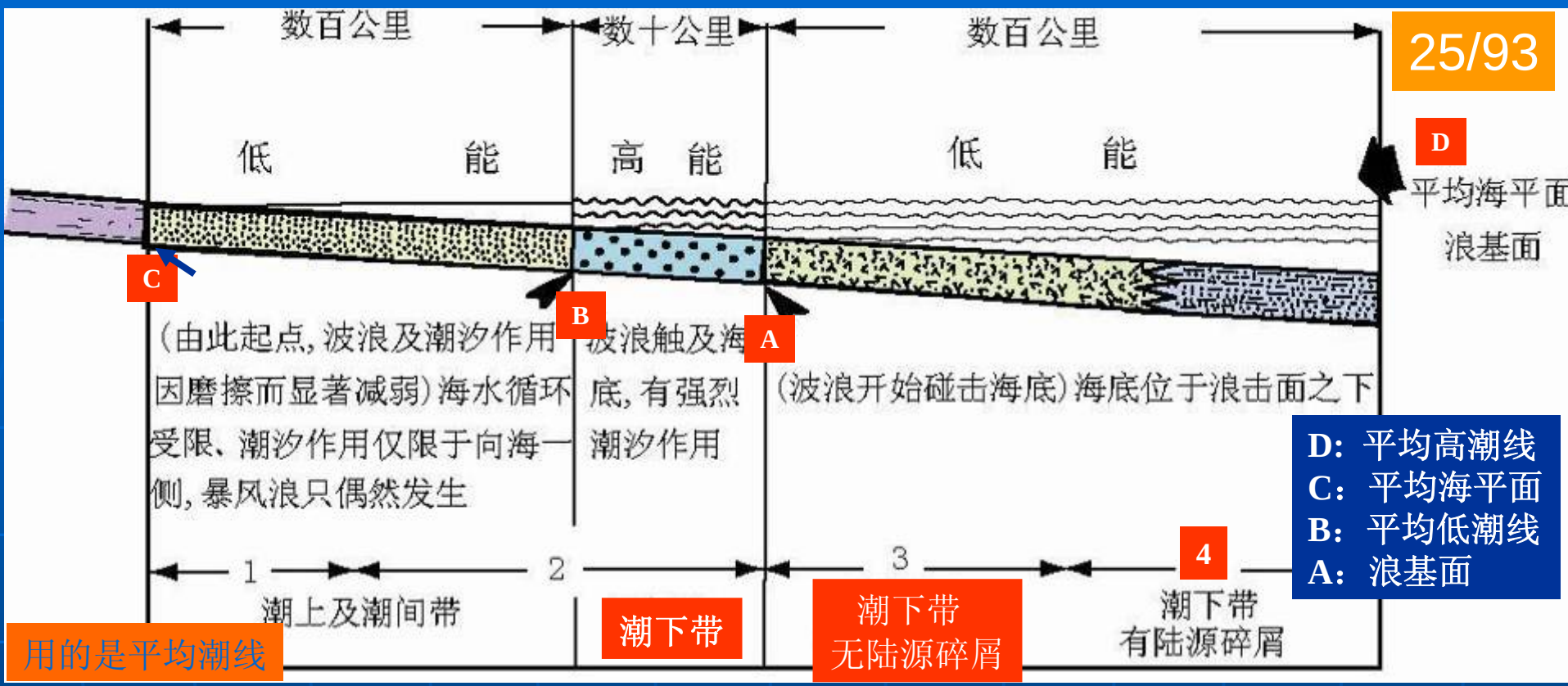
Z带： 潮上低能带，波浪作用小。灰泥为主，干旱气候形成白云岩和蒸发岩。岩石有泥晶灰岩、纹层状灰岩、白云岩。常见干裂、鸟眼构造、扁平砾石、潜穴、钻孔等沉积构造。生物丰度和分异度低，仅见兰绿藻、介形虫、腹足类、双壳类等。

Y带： 潮间带+潮下高能带，阳光、氧气、养料丰富，底栖生物及藻类大量繁盛。形成生物礁。大量碳酸盐颗粒（鲕粒、生物碎屑、内碎屑）。多为亮晶颗粒灰岩。交错层理发育。

X带： 潮下低能带(浅海)。以粉屑、灰泥沉积为主（粉屑灰岩、灰泥岩）。较深水、静水、氧气不足，藻的生长受到限制。暗色，水平层理。

按能量带+潮汐划分的模式.

Laport（1967，1969）修改了Shaw 和Irwin 的模式，认为潮汐作用在海水动力能量分带上起重要作用。发现由于潮汐面频繁变动经常引起能量带的复杂迁移，因而形成各相带的变化。把碳酸盐的能量分带与潮汐分带结合起来，划分出四个相带。



（1）：潮上及潮间带：相当于Irwin的Z带；

（2）：浅的潮下带：位于波基面以上，相当于Irwin的Y带；

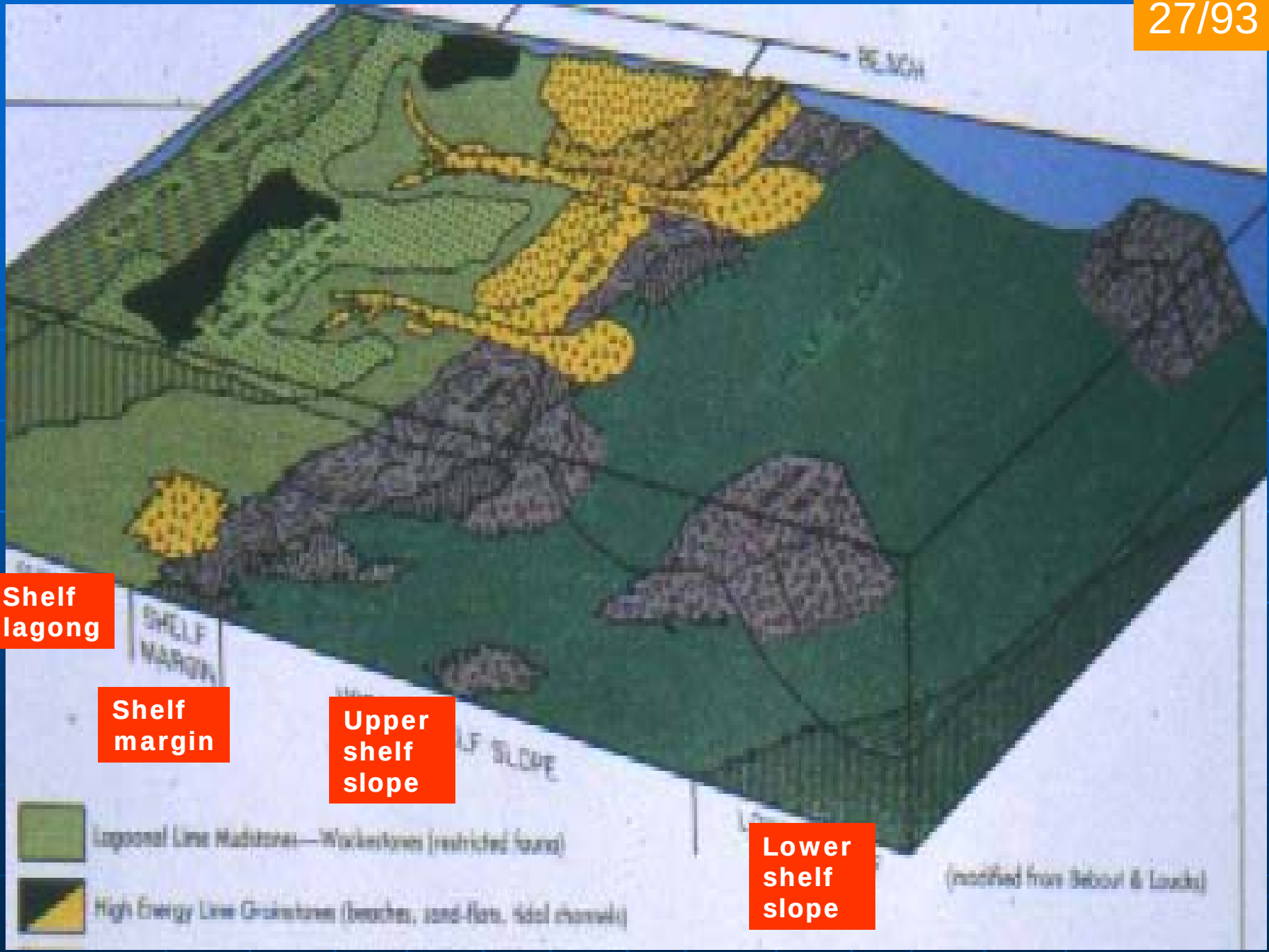
（3）：无陆源沉积的潮下带，位于波基面以下，无细粒陆源碎屑物（主要指粘土），相当于Irwin的X带的上部；

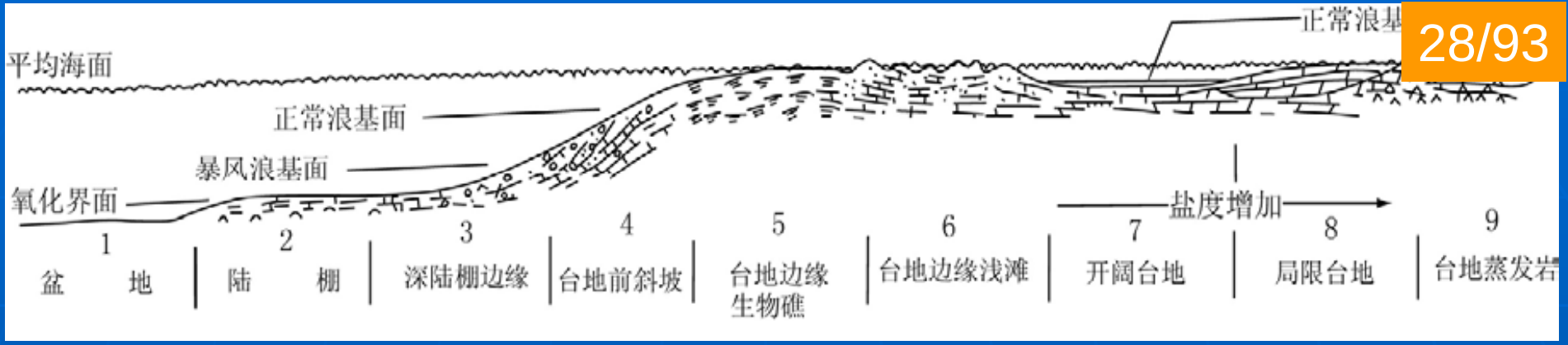
（4）： 有陆源沉积的潮下带：位于波基面之下，有陆源粘土沉积物，相当于Irwin的X带的下部。

2、威尔逊的综合沉积相模式

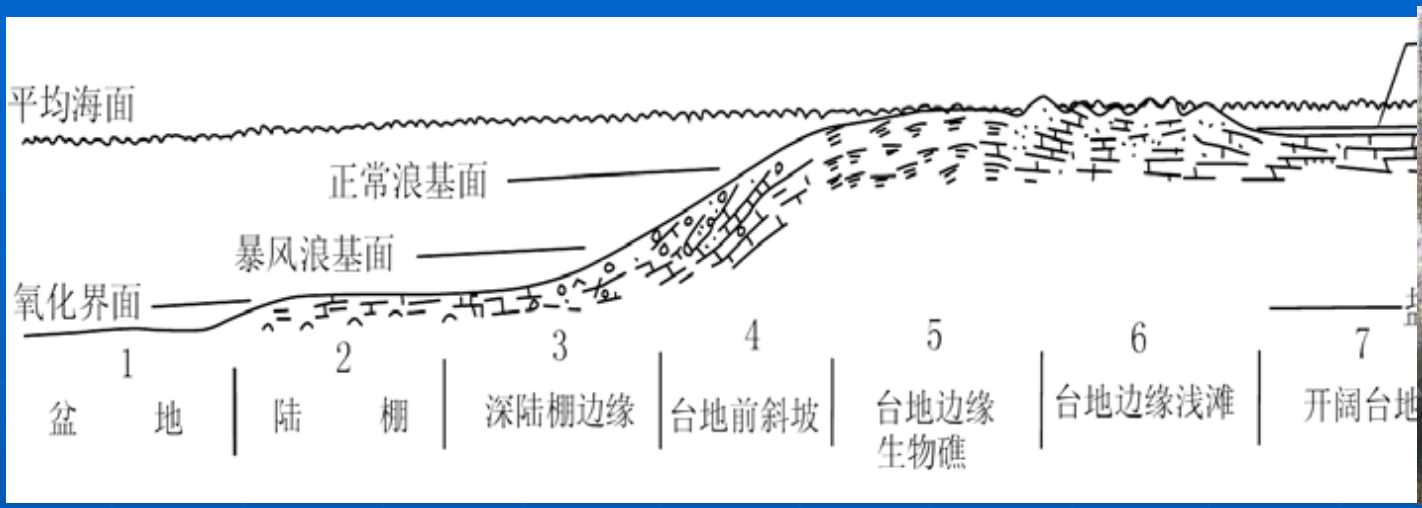
威尔逊（Wilson，1975）综合了古代及现代碳酸盐的大量沉积模式，吸收了按能量、潮汐划分碳酸盐相带的优点。

根据海底地形、潮汐、波浪、氧化界面、盐度、水深、海水循环、气候条件等因素建立了综合的碳酸盐沉积的标准相带模式。把海洋碳酸盐划分为三大相区、九个相带、22种微相类型 。


Shelf lagong
Shelf margin
Upper shelf slope
Lower shelf slope

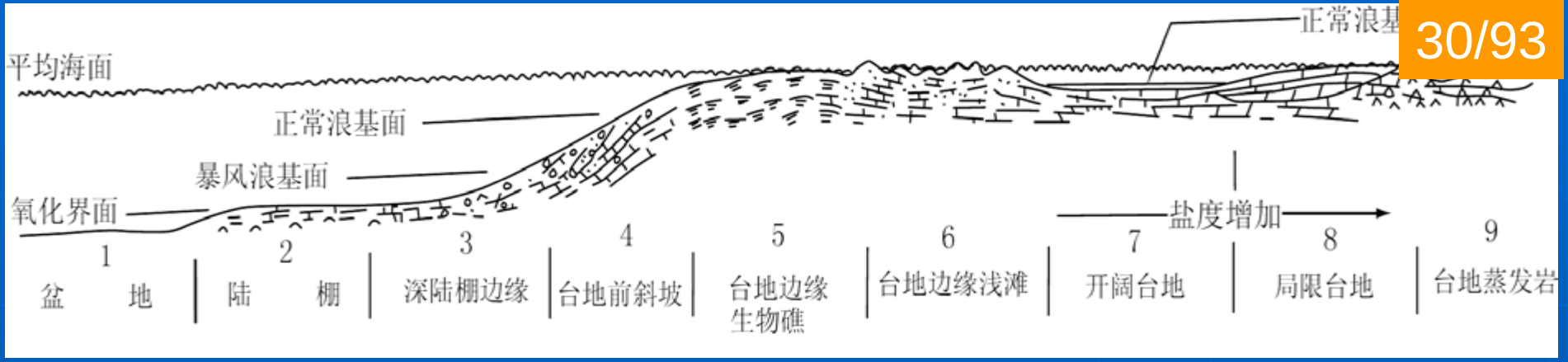


	1、盆地	2、陆棚	3、深陆棚边缘
位置和条件	氧化界面以下(100m左右)——200m左右的克拉通盆地，外陆棚海，低能静水，滞流缺氧和过咸化均可能存在（下部浅海）	氧化界面100m 至最大风暴浪基面（几十米）（中部浅海）（内陆棚)，低能	碳酸盐台地斜坡脚，盆地边缘（上部浅海），氧化界面以上，正常浪基面以下
岩性和生物	泥质、硅质、浮游生物残骸（暗色薄层泥晶灰岩、暗色页岩、粉砂岩、薄层石膏层），不利于底栖生物生长，浮游生物为主，不利于碳酸盐的形成	粉屑灰岩、粒泥灰岩、灰泥岩，少量风暴影响，生物丰富，保存完整	远洋浮游生物及相邻碳酸盐台地的细碎屑，生物丰富，保存完整
沉积构造	水平层理、韵律层理、块状层理	水平层理、小型交错层理	水平层理、小型交错层理
其他	碳酸盐浊积岩相：由斜坡的灰质角砾、灰质砂等组成异地碳酸盐岩。 非补偿盆地相：异地碳酸盐堆积。泥晶灰岩、放射虫硅质岩。远洋生物，暗色沉积。 克拉通盆地（陆棚）碳酸盐岩相：暗色薄层灰岩、暗色页岩或粉砂岩。	风暴岩，远源风暴岩	风暴岩，近源风暴岩





	4、台地前斜坡	5、台地边缘生物礁	6、台地边缘浅滩
位置和条件	深水陆棚边缘与台地的过渡地带，斜坡，可达30° 浪基面-平均低潮线之间，高能	生物礁，从浪基面之上到平均低潮线左右，高能	礁与礁后开阔台地之间，滩，从浪基面之上到平均低潮线左右，高能。盐度正常，循环好，氧气充足
岩性和生物	生物丰富，含广海生物，但保存多不完整。生物碎屑灰岩、角砾灰岩、礁前塌积角砾灰岩	斜坡碳酸盐泥和生物碎屑沉积、生物碎屑的圆丘礁缓坡、生物骨架灰岩（礁环）	碳酸盐砂，呈砂洲、海滩，扇状或带状的滨外坝。亮晶砂屑灰岩。
沉积构造	块状层理、变形层理、滑塌构造	块状层理	交错层理、平行层理
标志			底质移动不利于生物生活



	7、开阔台地	8、局限台地相	9、台地蒸发岩
位置和条件	台地边缘内的泻湖和海湾（外侧或周边），潮下带为主（几米到几十米）（低能），平均低潮线与浪基面，盐度正常	泻湖相（中部或靠陆一册），可包括潮间带，海水循环受到限制，海水一般比较浅，盐度变化较大，淡化和咸化均有	潮上带为主（海平面之上），仅在特大高潮或特大风暴时才被海水淹没，水动力弱，强氧化条件
岩性和生物	各种生物，无窄盐度生物。含相当数量的灰泥，结构变化不大。含完整贝壳泥灰岩、生屑粒泥灰岩、柱状叠层石灰岩等	潮间坪和泻湖中为灰泥、白云岩、藻席灰岩（白云岩）。粗沉积物出现在潮汐水道或海滩上。淡水和海洋植物均有发育。	白云岩、石膏，岩石中含陆源碎屑，并有风成及红层沉积，原地生长的生物很少
沉积构造	水平层理，小型交错层理	水平层理、鸟眼、藻叠层石、交错层理	水平层理、泥裂、藻叠层，发育有同生及成岩期的变形构造，如结核、肠状构造
标志	白云岩化，7和8可以是平面关系，也可以是演化关系	可暴露于水面上，氧化和还原均可，白云岩化	干旱地区的潮上盐沼地或萨布哈沉积是典型特征

Wilson模式
9个相带
微相类型

表 8—2　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，斜坡末端上的灰泥丘	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，潮沙入口及通道	潮沙三角洲，泻湖典型的泥丘，柱状藻席，通道及潮沙沙坝	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）
SMF- 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—岩屑微角砾岩	4. 生物碎屑—岩屑微角砾岩 5. 生物碎屑粒状灰岩—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—珠状、肠状硬石膏、含透石膏、刃片灰泥岩

Wilson模式九个相带的划分比较详细和系统，是一个比较完善的综合性模式，已被普遍使用。

它的基本格局仍是低能—高能—低能这3大相区。

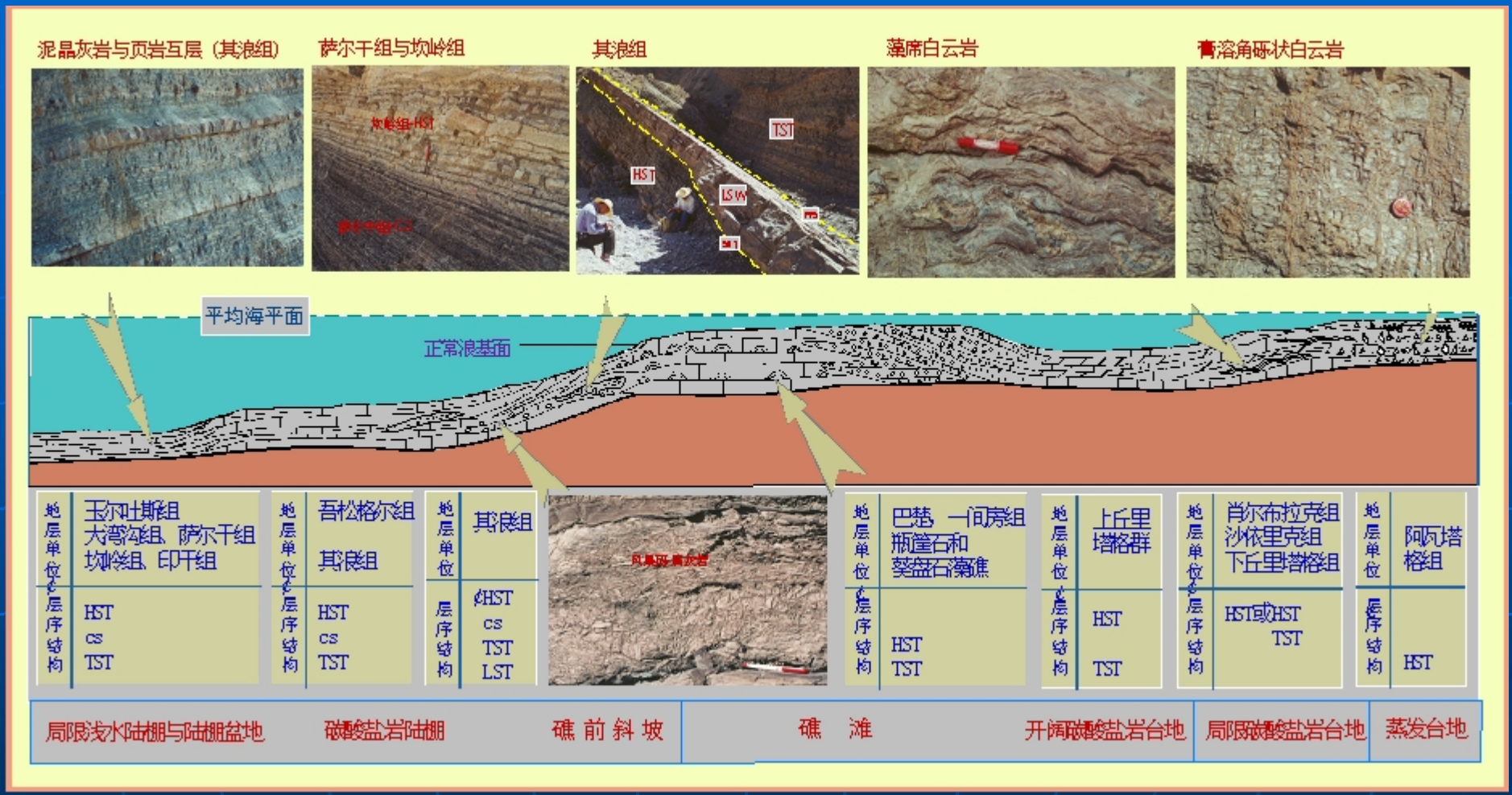
盆地相区的1、2、3相带，其海底深度均位于浪基面之下，属低能带，与Irwin的X相带相当。

台地边缘相区的4、5、6相带，其海底深度均位于波基面之上，波浪作用强烈，均属高能带，与Irwin的Y相带相当（其是礁滩的模式）。

台地相区的7、8、9相带，均位于台地边缘相区之后（靠陆一侧），这里波浪能量消失（潮汐为主），水体运动均比较弱，属低能带，与Irwin的Z相带相当。

但是开阔台地相台（7相带）也可能有部分地区海底水动能较高。

Wilson模式9个相带实例



塔北Cm-O碳酸盐岩台地
层序-体系域类型与空间分布

Wilson模式相带实例（礁、滩）



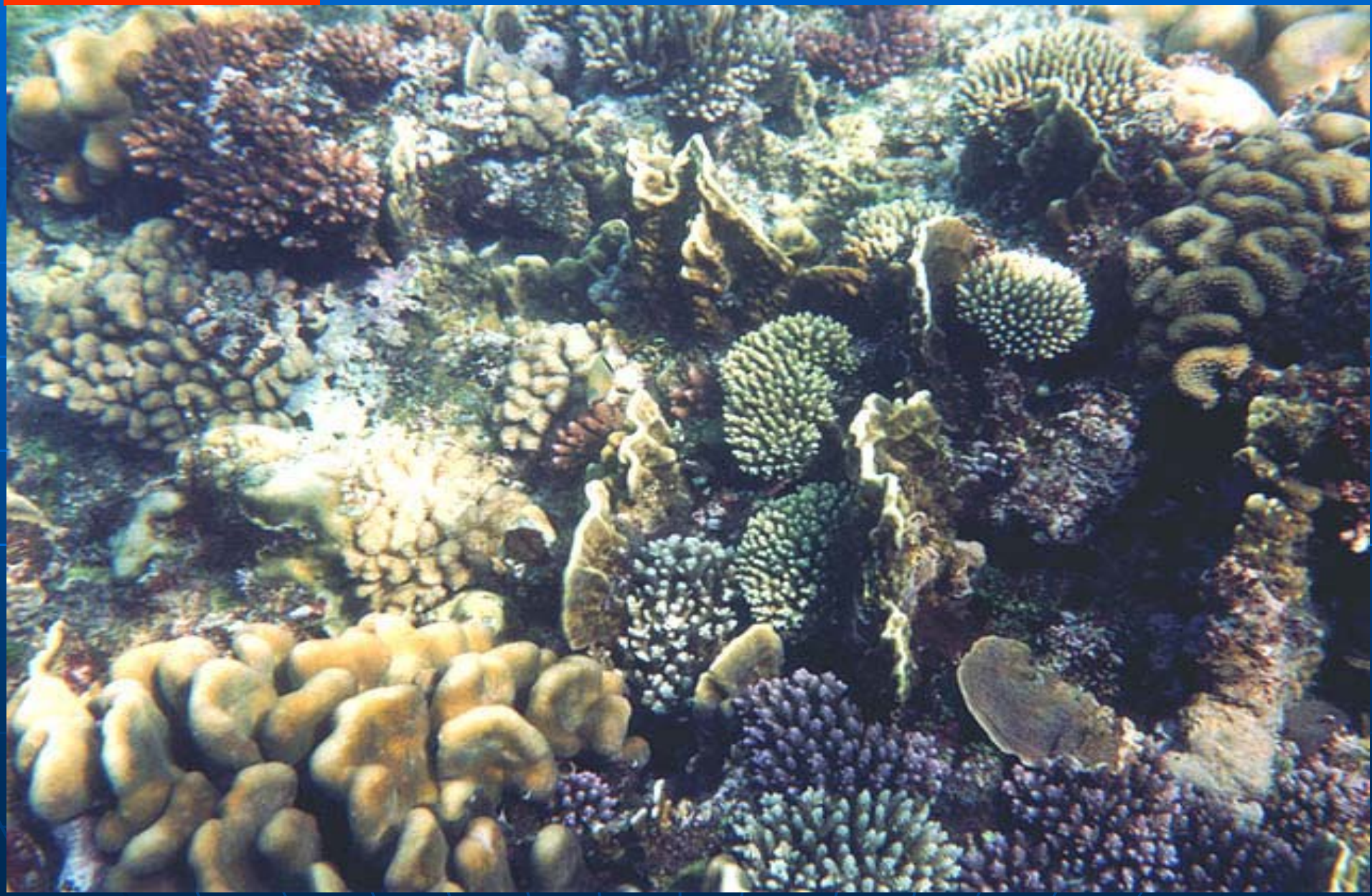


贵州香树园组珊瑚礁灰岩



山东徐庄组鲕粒灰岩

现代生物礁.



现代碳酸盐滩.



第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征

第八章-8
海洋环境及相模式.

海洋环境组（海洋相组）	海岸环境（海岸相）	障壁海岸：潮坪、泻湖、障壁岛、海滩
		无障壁海岸：海岸沙丘、后滨、前滨、临滨
	浅海环境（浅海相）	
	半深海环境（半深海相）	
	深海环境（深海相）	

第八章-8　海洋环境及相模式

第一节　概述
第二节　陆源碎屑海洋环境
第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

潮坪：潮汐作用为主，波浪作用较小，宽阔、平缓倾斜的海岸（滨海）地区。

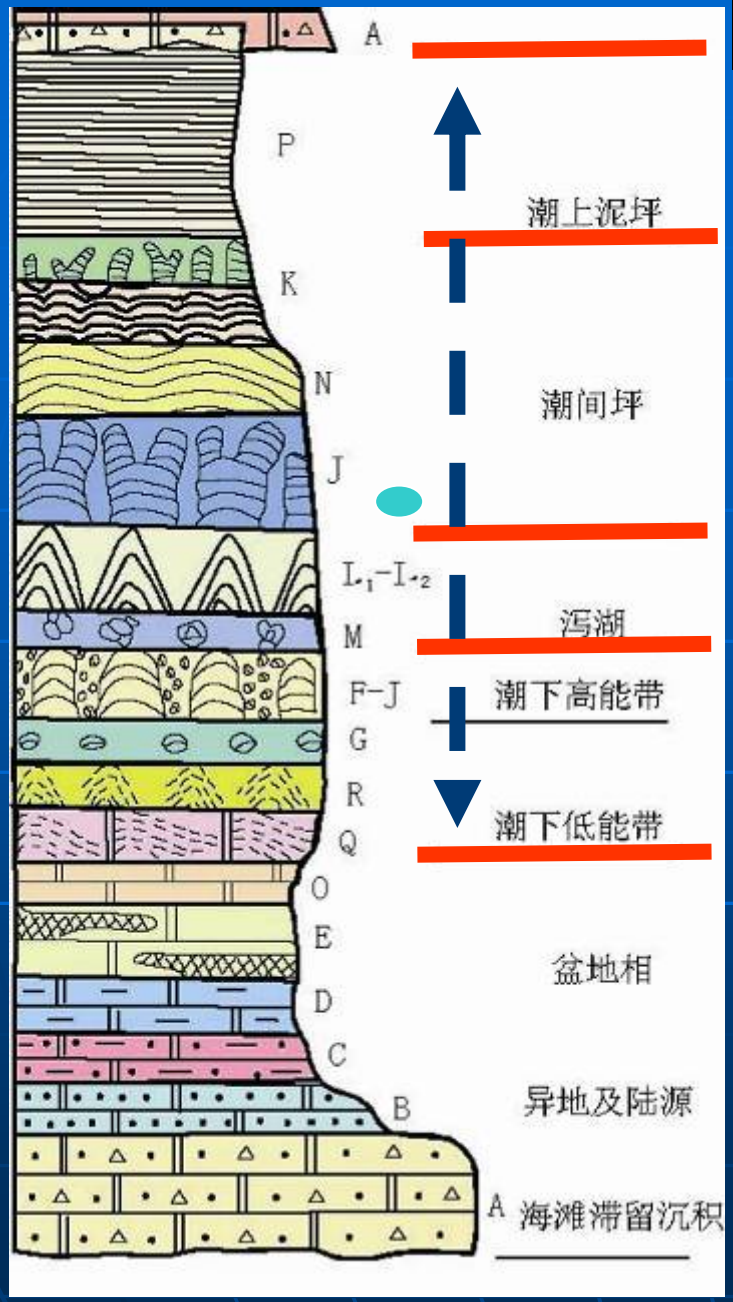
在缺乏陆源碎屑物时，形成潮坪碳酸盐沉积。

潮坪碳酸盐岩沉积标志：暴露构造、潮汐层理、碳酸盐、藻类作用潮坪藻席带。

碳酸盐潮坪与陆源碎屑潮坪的区别：陆源碎屑潮坪的前方发育障壁岛或滩；碳酸盐潮坪多数与藻席发育有关，藻席的大量和广泛发育起到阻挡外海波浪的作用（藻礁），使大部分碳酸盐台地免受海浪作用破坏，而成为一个以潮汐作用为主的碳酸盐沉积环境。

碳酸盐潮坪也可分为：潮上带、潮间带、潮下带。

按湿度和盐度可分为两类：正常（湿度和盐度的）潮坪和干旱盐化潮坪。



潮上顶部： 陆相沉积，如风成砂、钙结壳和淋滤构造。

潮上(泥坪): 白云岩化和含石膏的泥晶—粉屑灰岩、藻席灰岩，鸟眼、窗格、干裂，被地下水上涌或结晶作用形成帐篷构造，被破碎成扁平砾石状角砾。

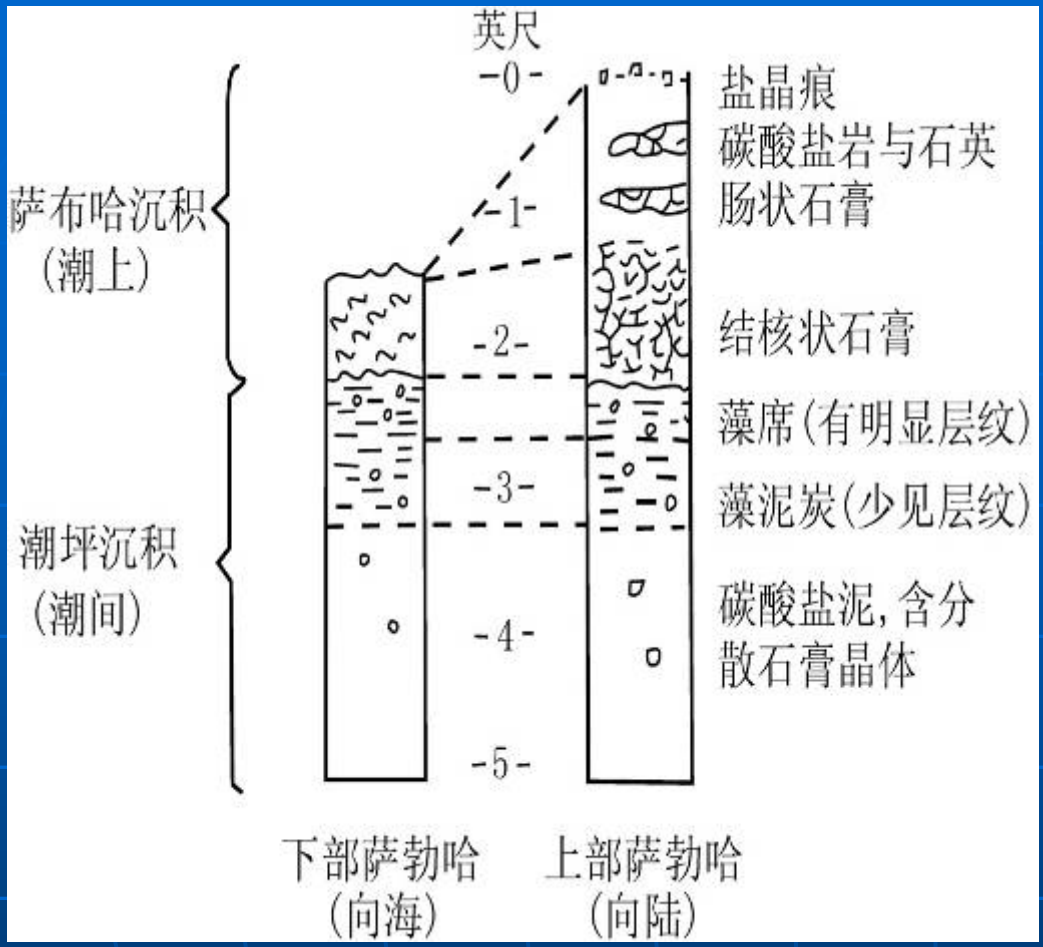
潮间坪： 波纹状、半球状叠层石灰岩，泥裂、雨痕、鸟眼构造、窗格构造、波痕、冲刷及充填构造，可有足迹、爬痕、潜穴等。

泻湖（低能带）： 柱状和锥状叠层石。

潮下（低能带-高能带）： 核形石、凝块石、锥状叠层石。潮下带上部，发育颗粒灰岩，并组成沙滩脊（近岸滩）。

盆地相： 属于浅海环境，多为浪基面以下细粒碳酸盐沉积，水平层理。潮坪的主体是潮间带。

(1)、正常碳酸盐潮坪沉积相模式



海岸萨布哈：

是波斯湾海岸的一片荒芜低平的盐碱地，现在用来代表干旱气候条件下有盐壳的盐坪、盐沼和盐碱滩沉积环境。对潮上带的盐坪称为海岸萨布哈。大陆内干旱盆地形成的盐碱滩、干盐湖则称为大陆萨布哈。

波斯湾的特鲁西尔海岸现代潮坪和萨布哈是一个最近三百年内形成的海退序列。其底部为一套潮坪沉积的碳酸盐泥、藻泥碳和纹层碳酸盐沉积，其上为萨布哈沉积。靠陆方向（上部萨布哈）为结核状硬石膏层、碳酸盐和石英砂、肠状石膏层。向海方向（下部萨布哈）则为块状的石膏软泥沉积。

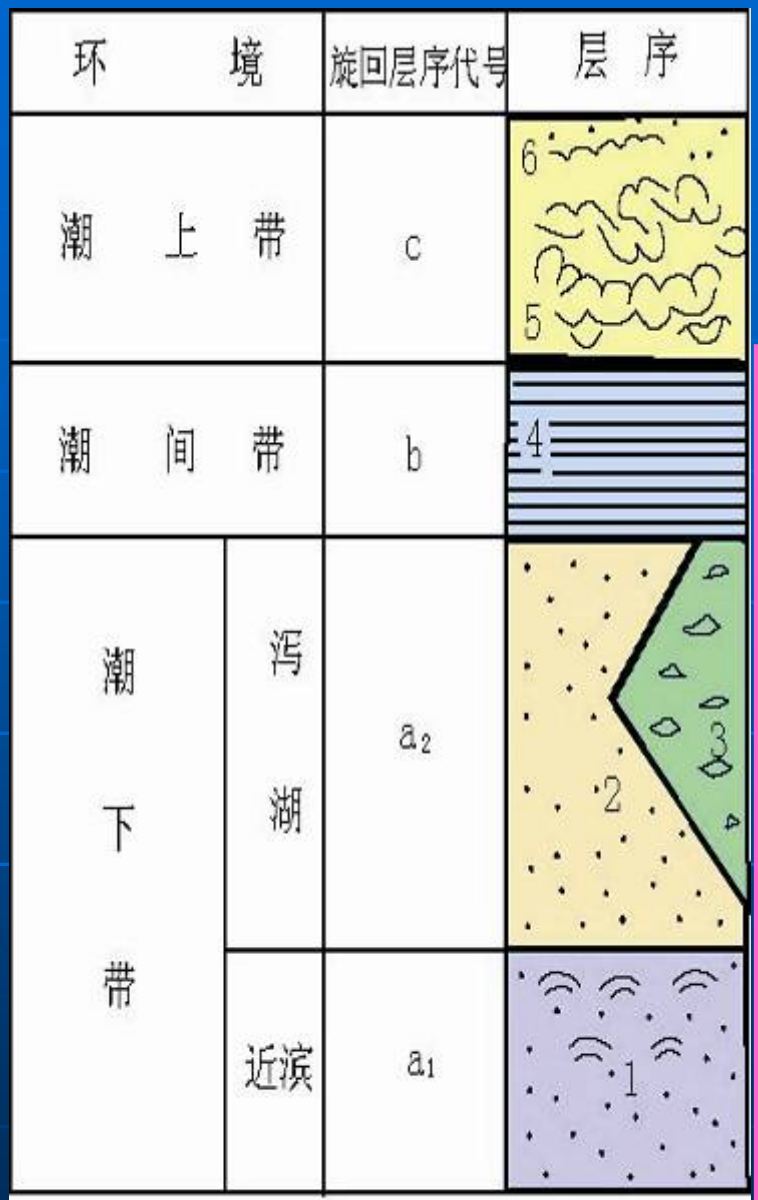


图8-29

（2）萨布哈碳酸盐潮坪沉积相模式

陆源碎屑萨布哈和碳酸盐萨布哈常同时出现。萨布哈型碳酸盐潮坪是干旱气候条件下形成的，其沉积作用具如下特殊标志：

A．高速蒸发和高度超咸形成蒸发矿物（石盐、石膏、硬石膏、白云石、天青石、菱铁矿。

B．白云石化作用强。盐类沉淀和盐壳形成。淡水作用，盐类溶解，导致地下水中Mg^{2+}/Ca^{2+}比值提高，促进文石、高镁方解石的白云石化作用。

C．如果环境稳定，大量石膏被改造形成具有特殊网状结构的复杂块体、扭曲的盘肠状外形的石膏。

D．蒸发矿物呈斑状变晶生长，主体沉积物被挤到晶体间隙中，沉积结构被破坏。白云石化作用使文石和灰质颗粒发生白云石化，形成鸟眼白云岩、结晶白云岩、颗粒白云岩。

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

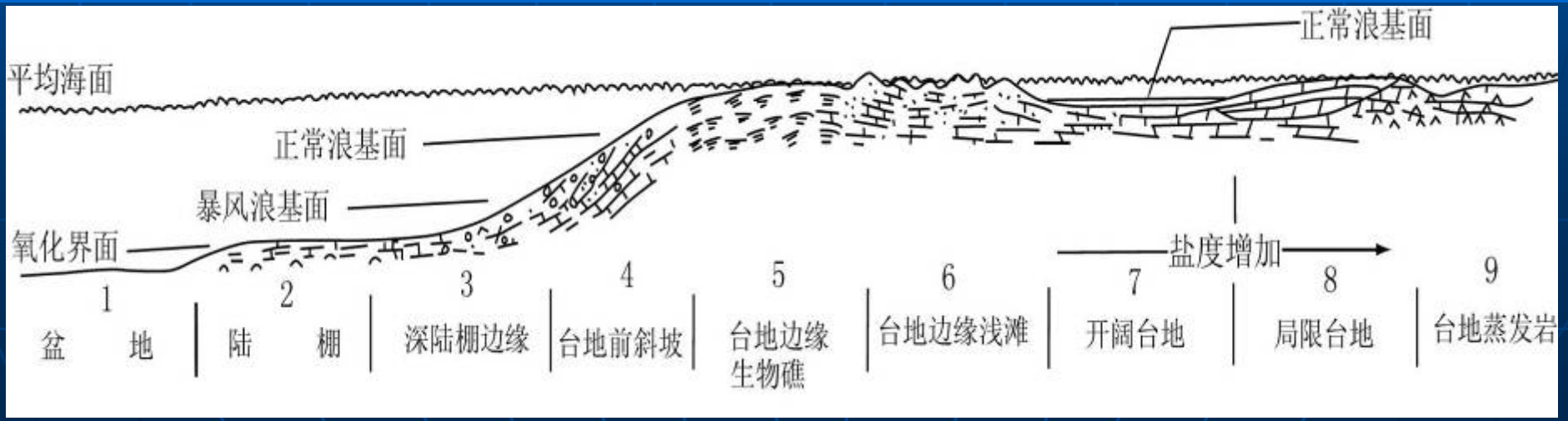
六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

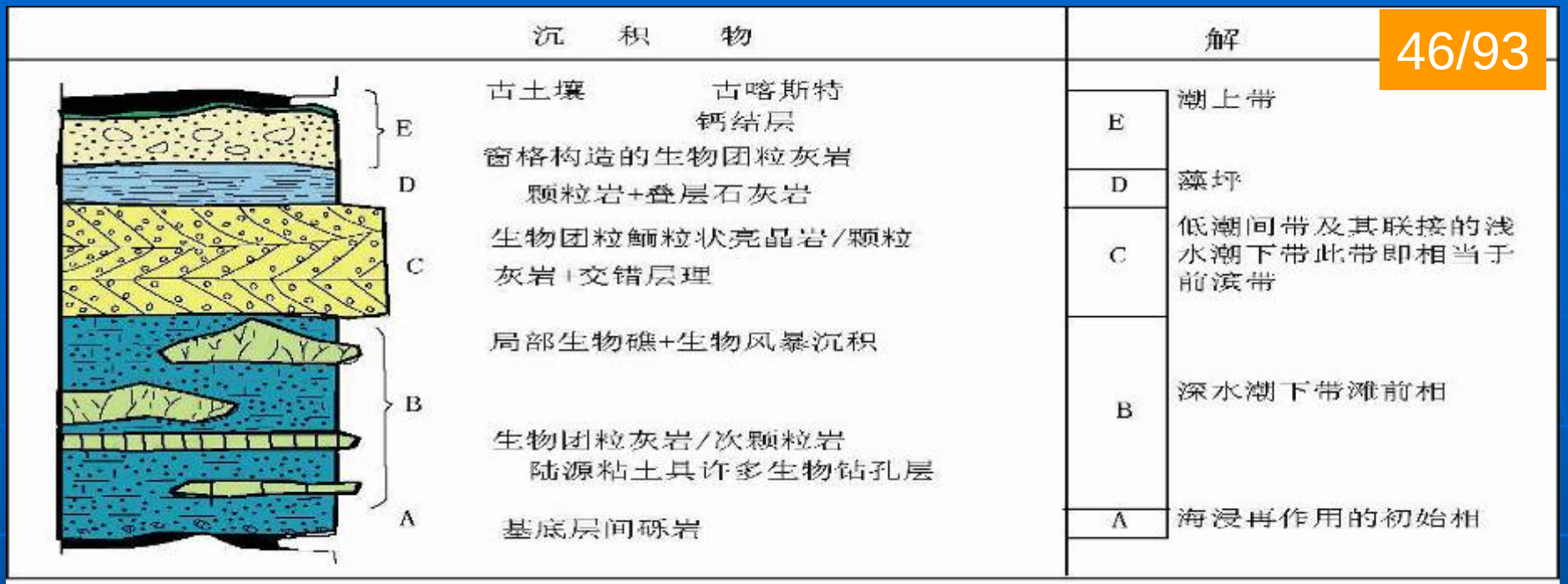
七、远洋深水碳酸盐沉积特征

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

浅水、高能、无障壁（即礁不明显，呈现水下滩、坝带）

台地边缘砂滩碳酸盐环境是台地边缘相区的一种高能环境，处于开阔浅海，没有障壁和广阔藻席，碳酸盐沉积作用直接受海洋波浪和潮汐控制。一般水深5—10m。海水循环良好，盐度正常，氧气充分。由于底质处于移动状态，因此不适于生物繁殖。





能量和地貌：波浪、潮汐、沿岸海流的簸选，形成纯净的碳酸盐砂堆积。浅滩、海滩、滨外砂坝、潮汐砂坝、风成砂丘岛。

岩石类型：亮晶颗粒灰岩、亮晶鲕粒灰岩、生物碎屑灰岩，分选磨园好。陆源碎屑物很少。

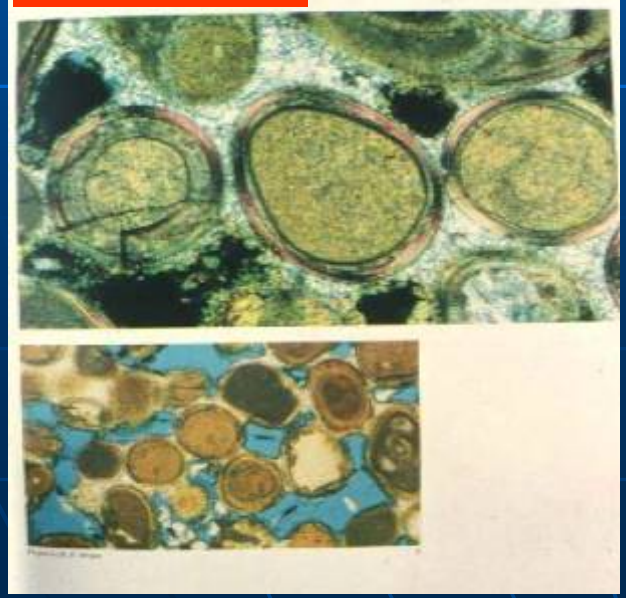
沉积构造：槽状交错层理、板状交错层理、冲洗交错层理。

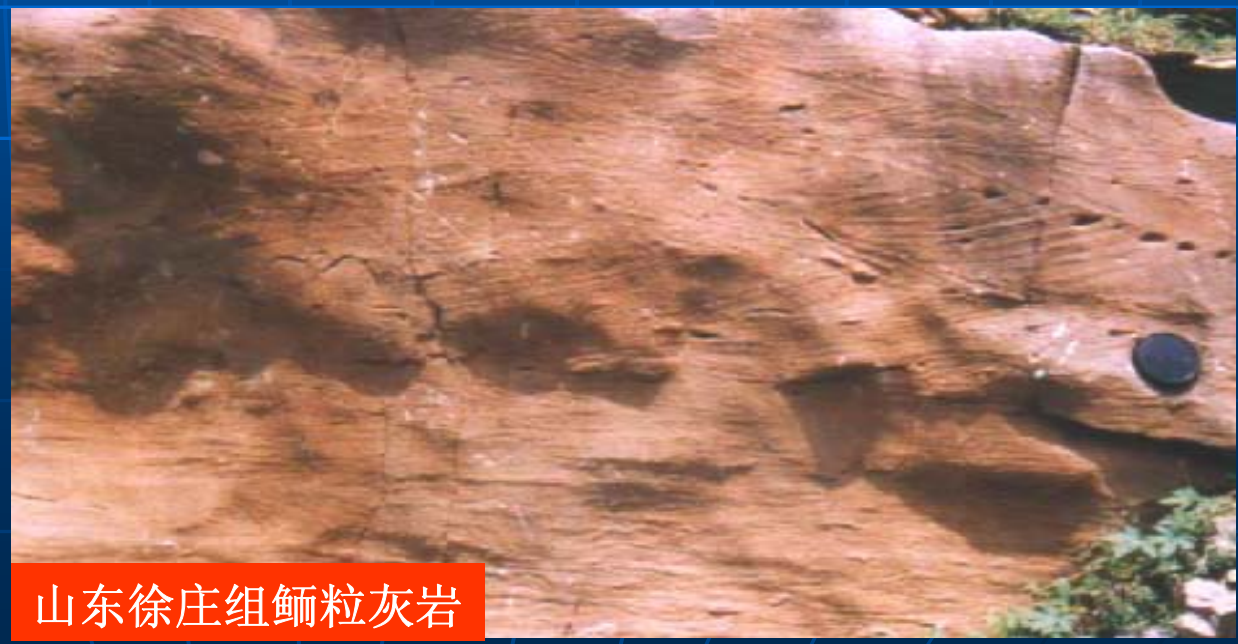
生物：礁及礁后斜坡处生活的生物的碎屑，由于底质经常移动，很少有原地底栖生物。

山东张夏组鲕粒灰岩



含海绿石鲕粒灰岩





山东徐庄组鲕粒灰岩

山东山寒武统砾屑灰岩和砂屑灰岩(风暴成因).



西山徐庄组豆粒灰岩.



西山徐庄组鲕粒灰岩.



核形石灰岩.



西山徐庄组核形石灰岩.









西山长山组砾屑灰岩



第八章-8　海洋环境及相模式

第一节　概述
第二节　陆源碎屑海洋环境
第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

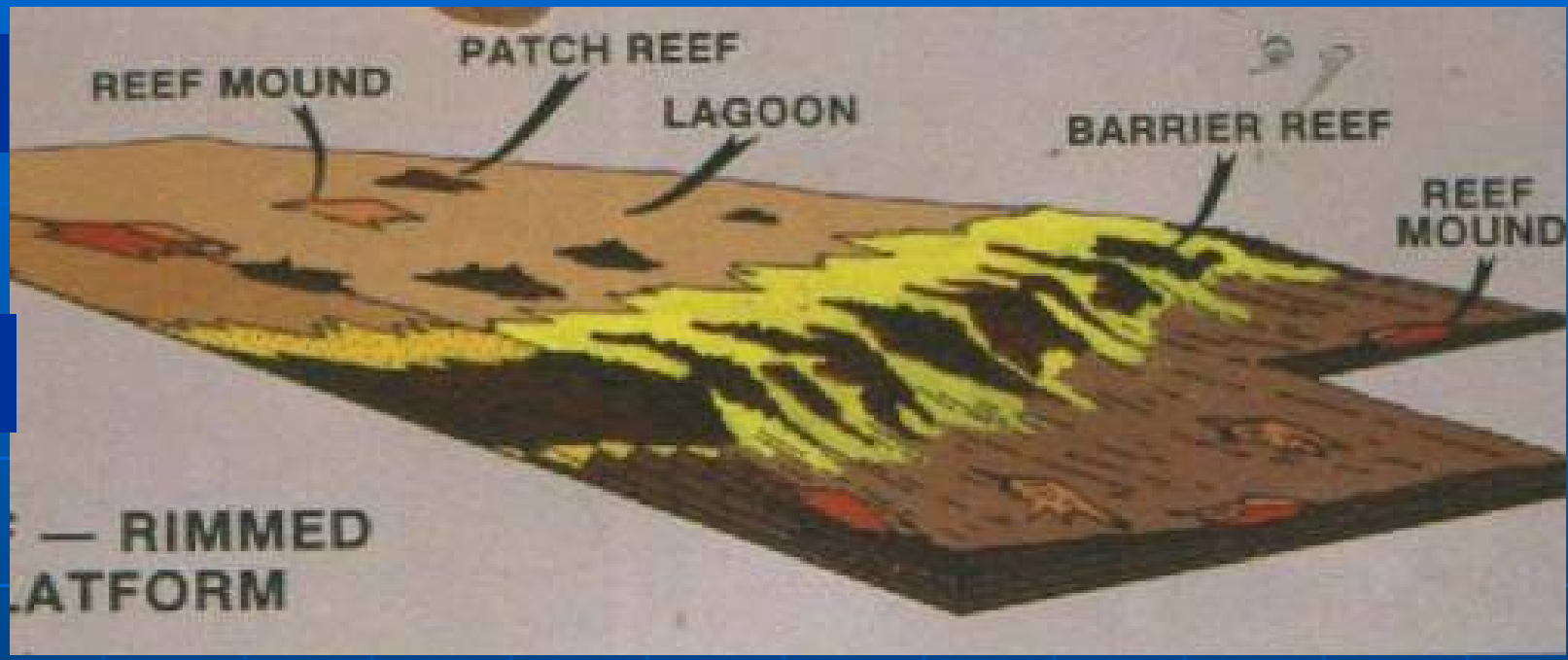
七、远洋深水碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征 (1)、生物礁的含义

微晶丘
reef mound

点礁
patch reef

堤礁、堡礁
barrier reef

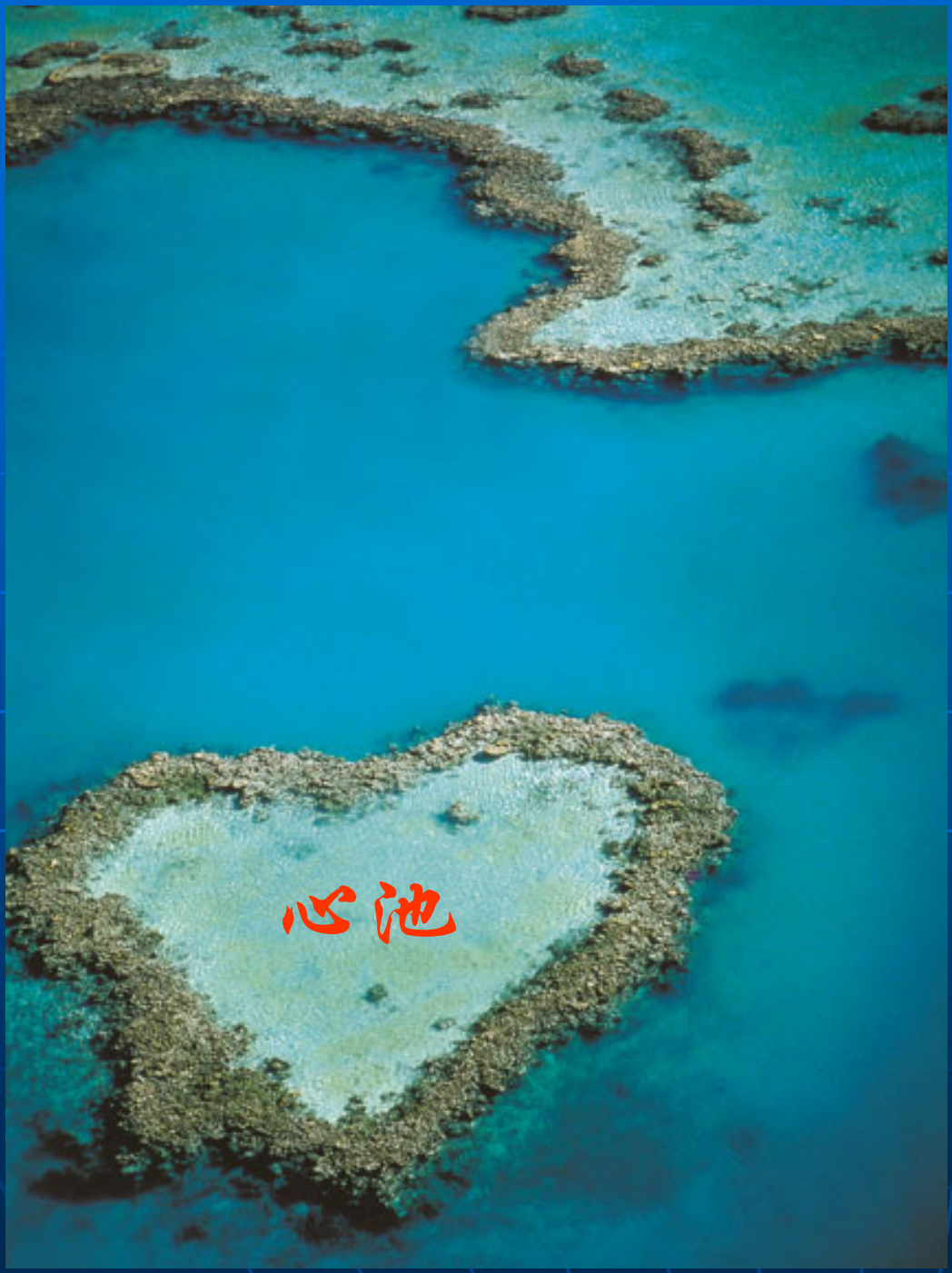


礁的最初含义是指海底突起岩块，能使船触礁失事。

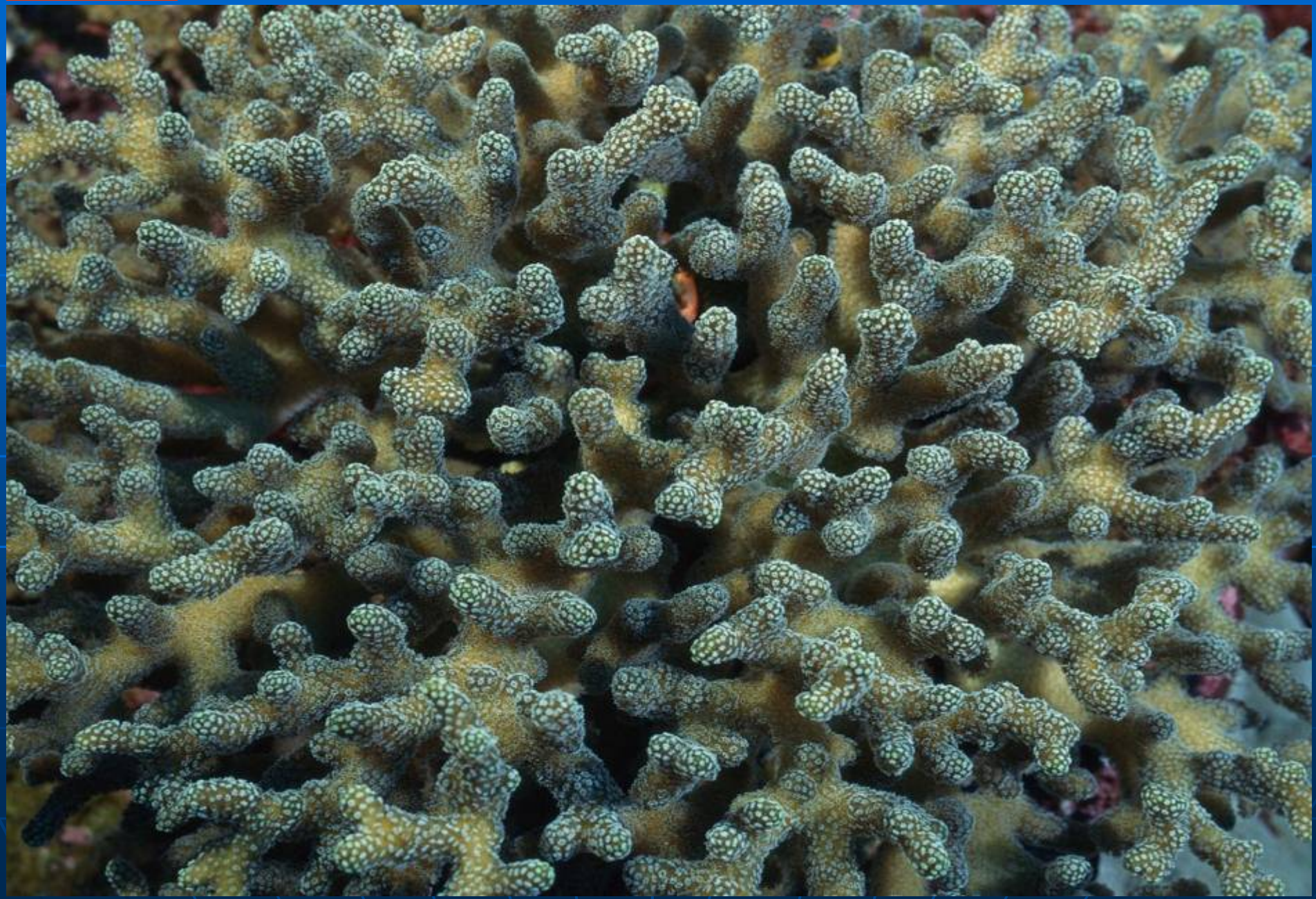
现代生物礁主要是珊瑚礁。

生物礁的概念：由造礁生物原地生长建立起来的水下隆起，沉积时的地貌比礁周围突起，礁核具有完整的生物骨架，形成深度从海水表面到水深200米，有的可达500米。

礁池(澳大利亚大堡礁)



礁池.



礁池.



礁池.





礁池.





礁池.





志留纪层孔虫礁.



中国二叠纪海绵礁.



(2)、礁灰岩的组成

礁灰岩可划分为原地礁灰岩和异地礁灰岩。
原地礁灰又有三种类型：骨架岩、障积岩和粘结岩。

骨架岩： 为原地的化石（珊瑚、海绵、层孔虫等）骨架组成的块状体，骨架间隙为灰泥及亮晶充填物充填。

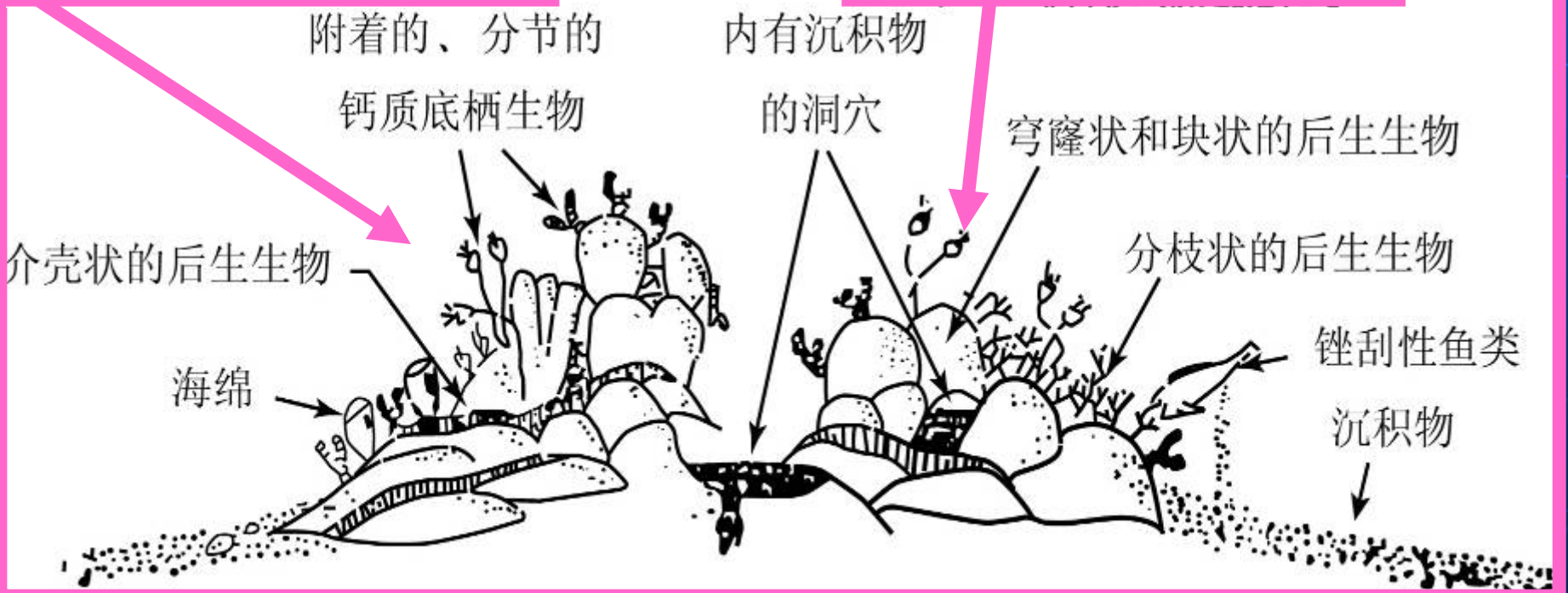
障积岩： 由茎状、枝状化石（珊瑚、层孔虫、海百合、海绵等）构成障壁和支架，泥晶等基质充填格架内（由于障壁和格架有抗浪作用，使细的灰泥得以沉积和保存下来。障积岩或粘结-障积岩主要分布于礁核的基底部位。

粘结岩： 由板状-片状生物（层孔虫、藻类等）粘结和包裹灰泥质形成。生物分泌有机质时，通过生物化学作用使海水中的碳酸钙沉淀在生物体中。如藻叠层石(无硬体)。粘结岩主要产于骨架岩和障积岩之间。

礁的生物作用






附着的、分节的
钙质底栖生物
内有沉积物
的洞穴
穹窿状和块状的后生生物
介壳状的后生生物
分枝状的后生生物
海绵
锉刮性鱼类
沉积物

贵州志留纪珊瑚礁



贵州志留纪层孔虫礁



山东寒武纪藻礁



湖南奥陶纪海绵礁

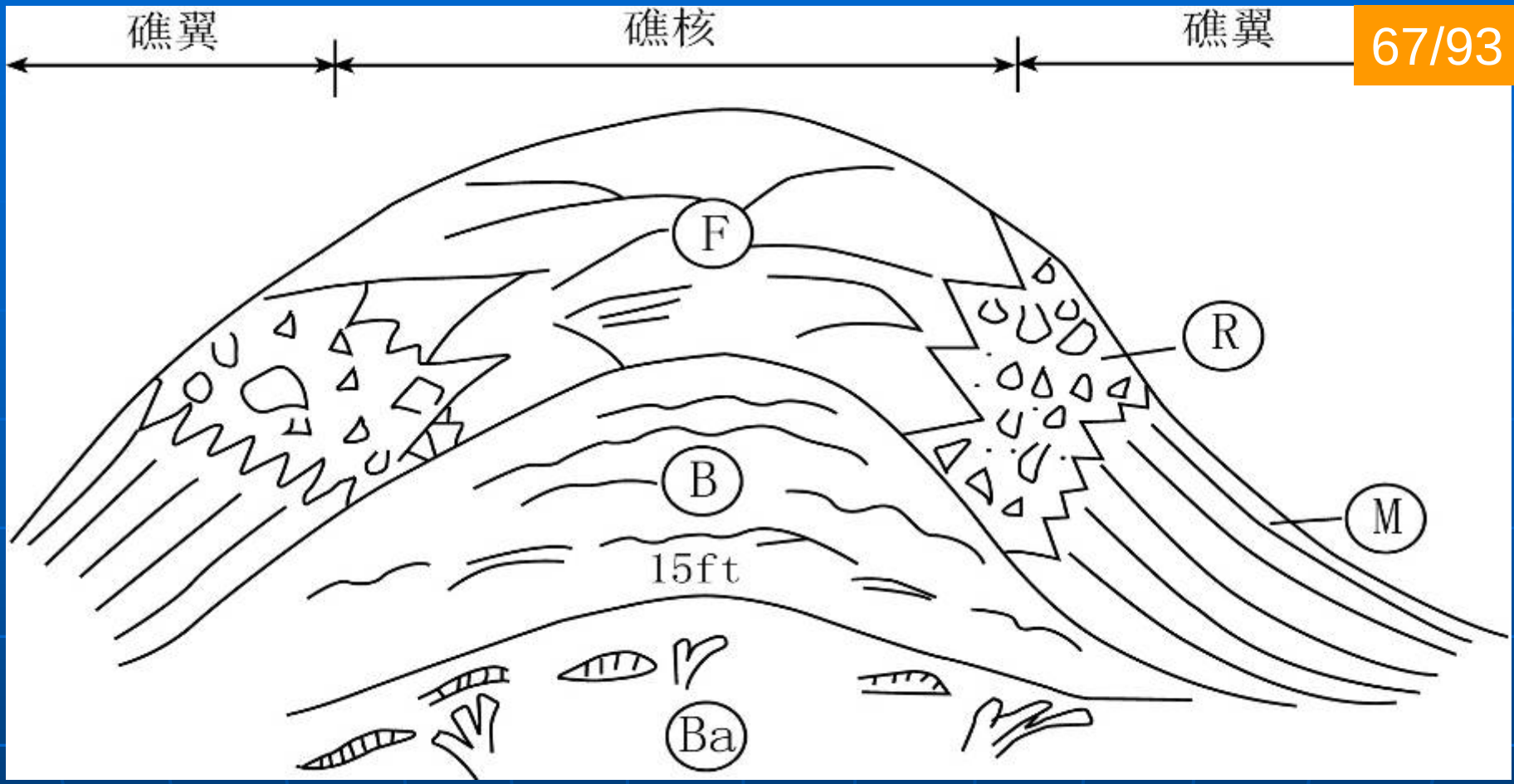


异地礁灰岩：

生物骨架被破碎、搬运再推积形成的，主要堆积于礁的翼部，实际上是礁核的塌积物。有两种类型：漂浮灰岩，岩石中有10%以上的颗粒直径大于2米，并受基质支撑；碎块灰岩，岩石主要是由粗碎屑礁块支撑。







（3）生物礁的相带划分和各相带特征

生物礁的沉积相一般可划分为三个相带：礁核相、礁前相、礁后相。

礁实例.

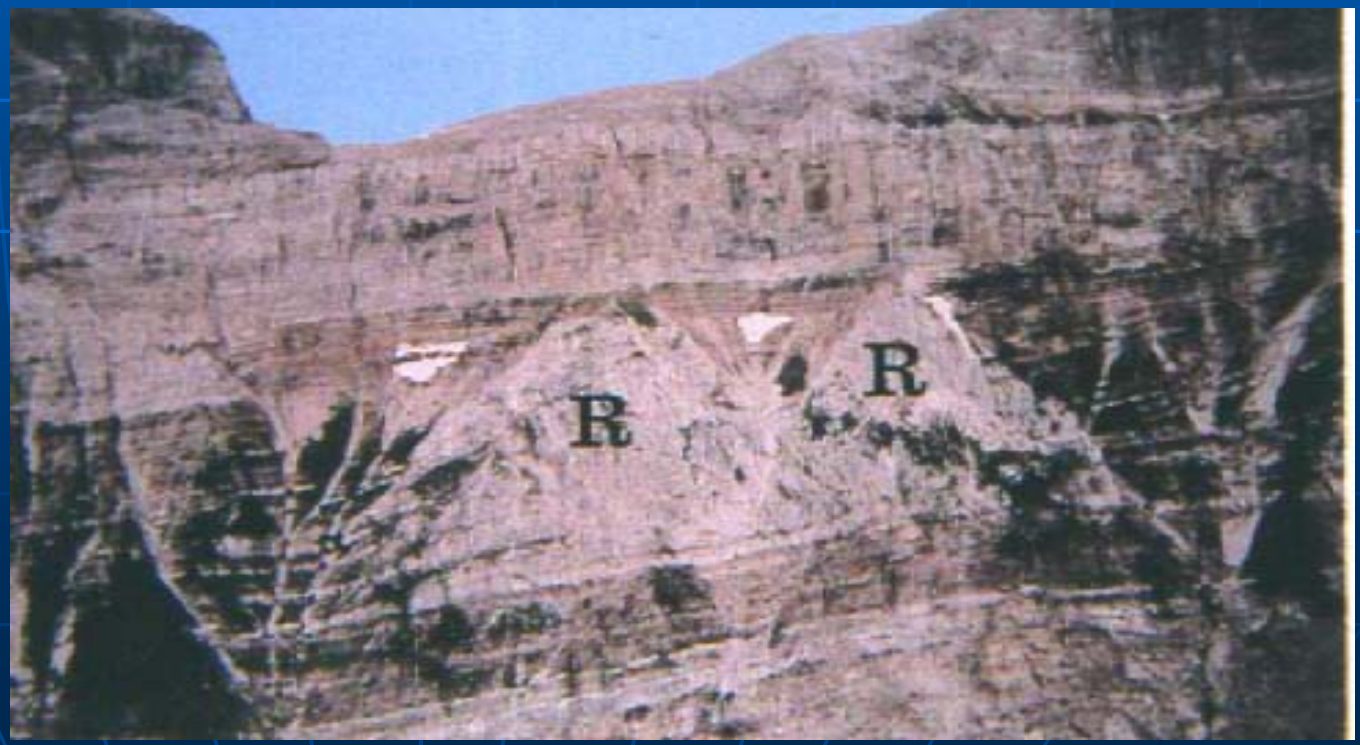












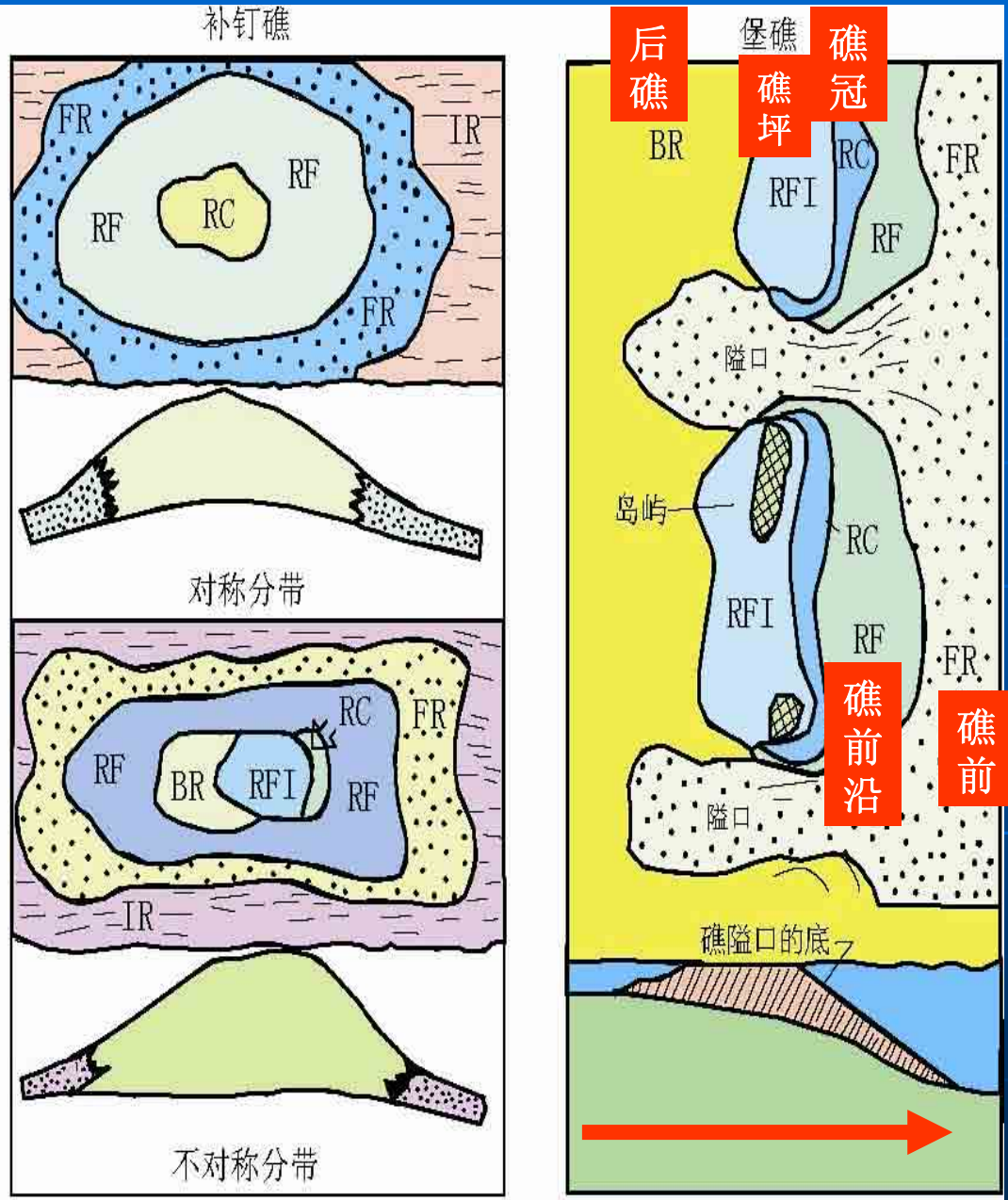


图8-34

A. 礁核相：礁主体，抵抗波浪的部分，由造礁生物的骨架和灰质软泥组成。为骨架岩和粘结岩。礁核可分为三部分：礁顶冠带、礁前沿带、礁坪带。

礁顶冠带：礁的最高部位。接受风、浪的部分。

礁前沿带：水深小于100米。生物群丰富多彩。除造礁生物外，附礁生物有腕足类、双壳类、珊瑚、海百合和钙质绿藻等。在现代礁体珊瑚可延伸到水下30米。格架灰岩为主。

礁坪带：位于礁顶和后礁相之间，水很浅（几米）。生物碎屑被胶结形成碎块灰岩，充分冲洗灰质砂形成灰质砂浅滩，纯净的骨骼灰质粒状灰岩、碎块灰岩。

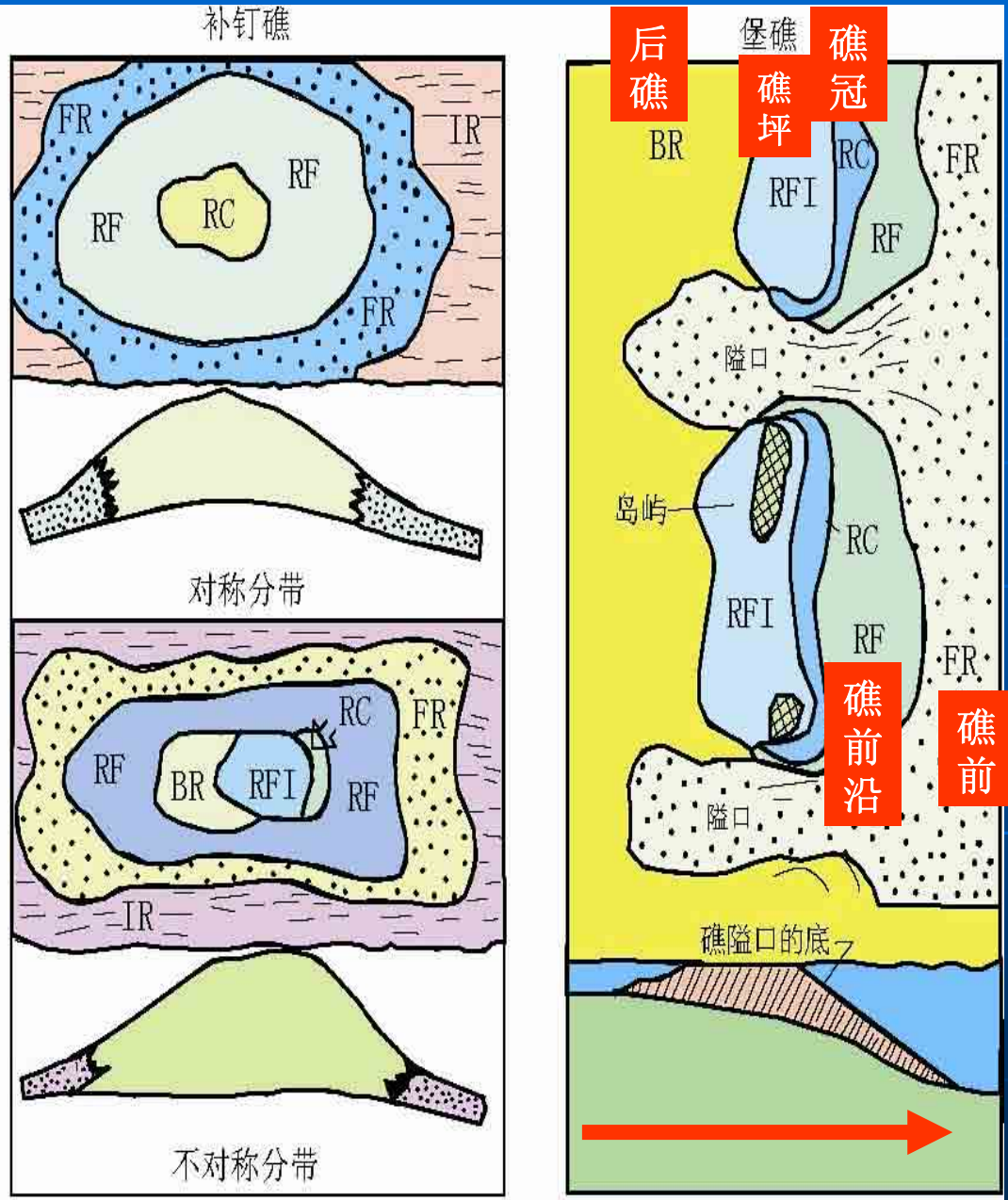


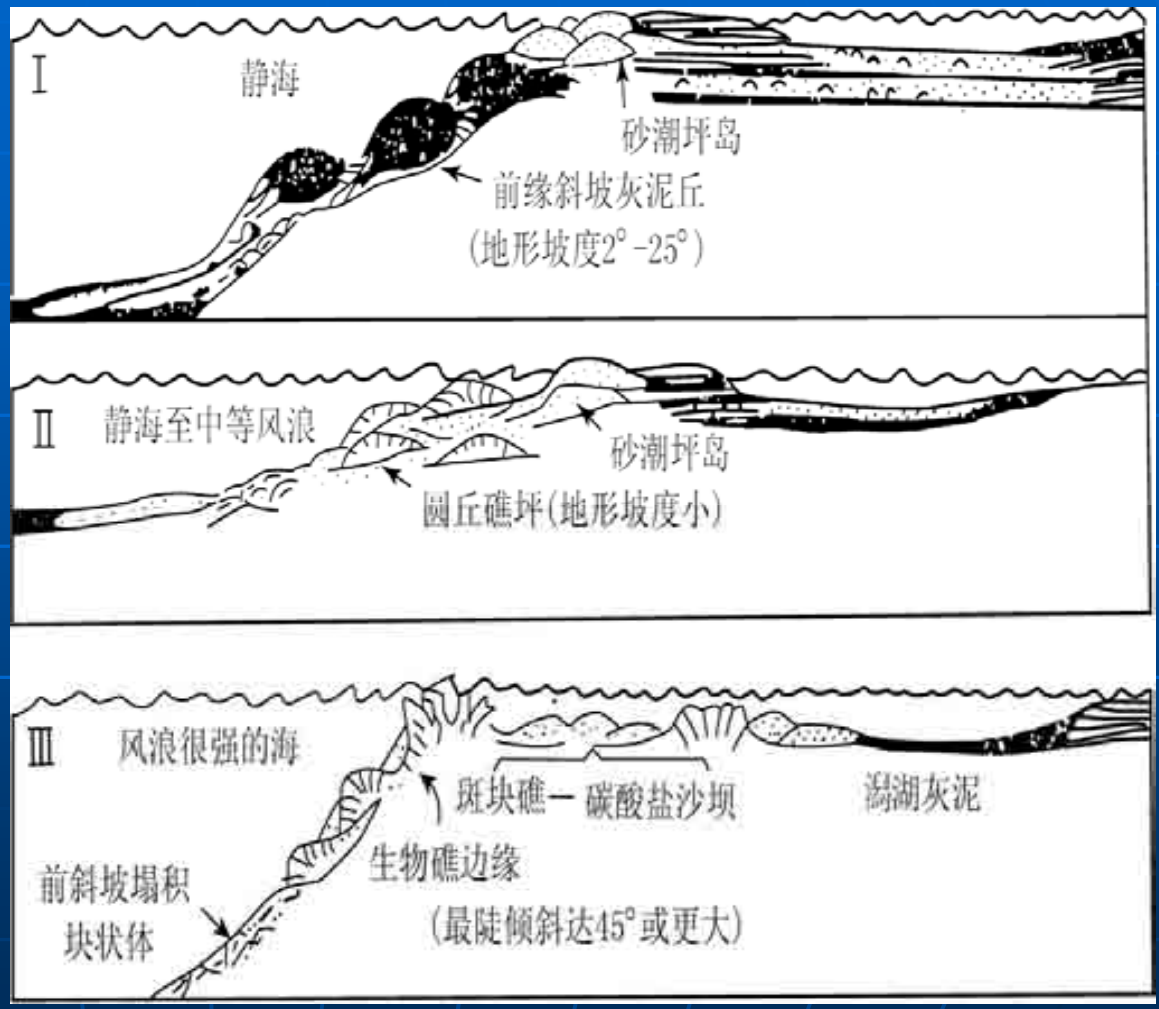
图8-34

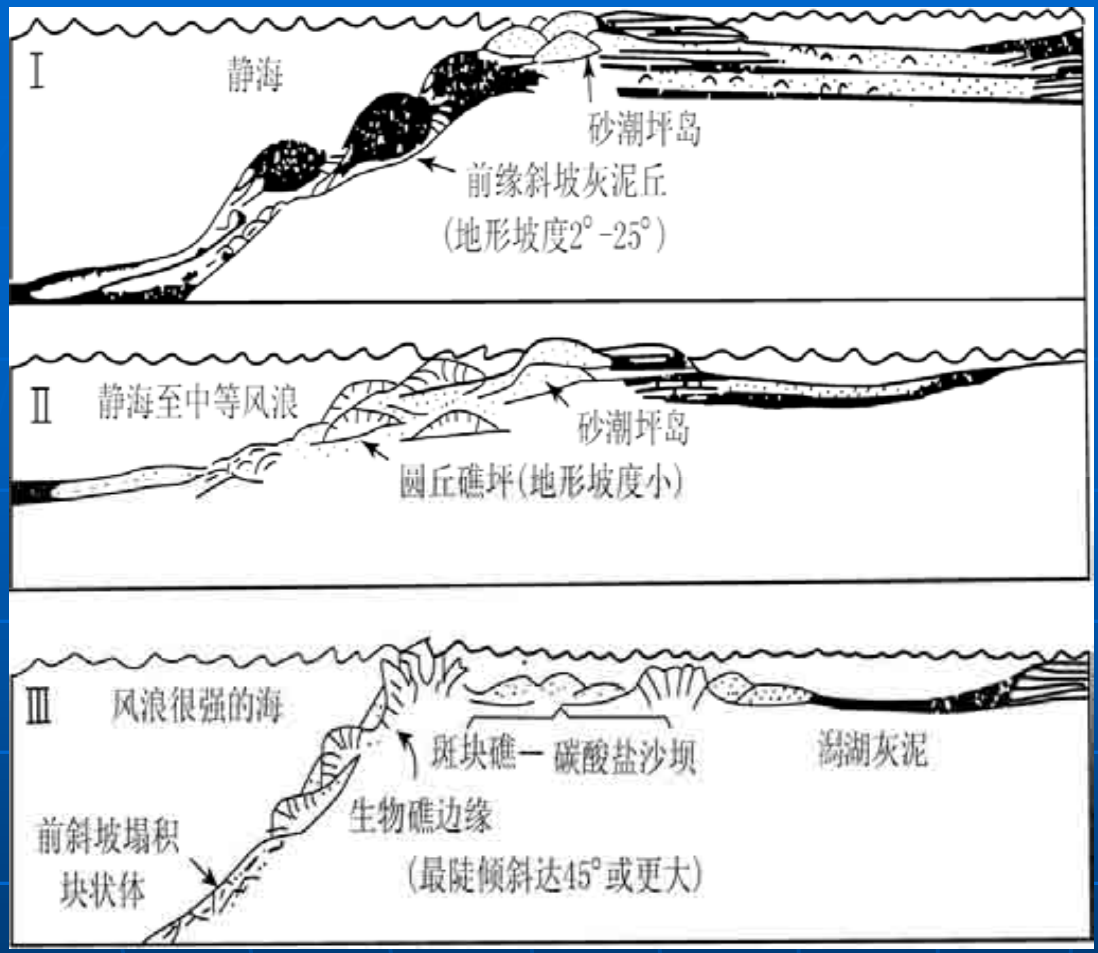
B．后礁相（礁后泻湖）：向陆一侧，在礁坪的背风处，水体较为宁静。主要是礁前沿的灰泥，由风浪携带而来。常形成富泥的岩性。该相中海百合、钙质绿藻，腕足类，介形虫等海底生物大量繁盛。

C．前礁相：向开阔海边缘的斜坡部位。为礁块碎屑灰岩（骨骼灰岩）、砂屑灰岩、泥质灰岩。主要是由波浪从礁核向下搬运塌落而来。

（4）生物礁相带发育的背景条件

主要取决于碳酸盐陆棚边缘带的坡度。依据地形坡度及与其相应的水动力条件和礁相组成特点，可以划分三个基本类型（I、II、III）。



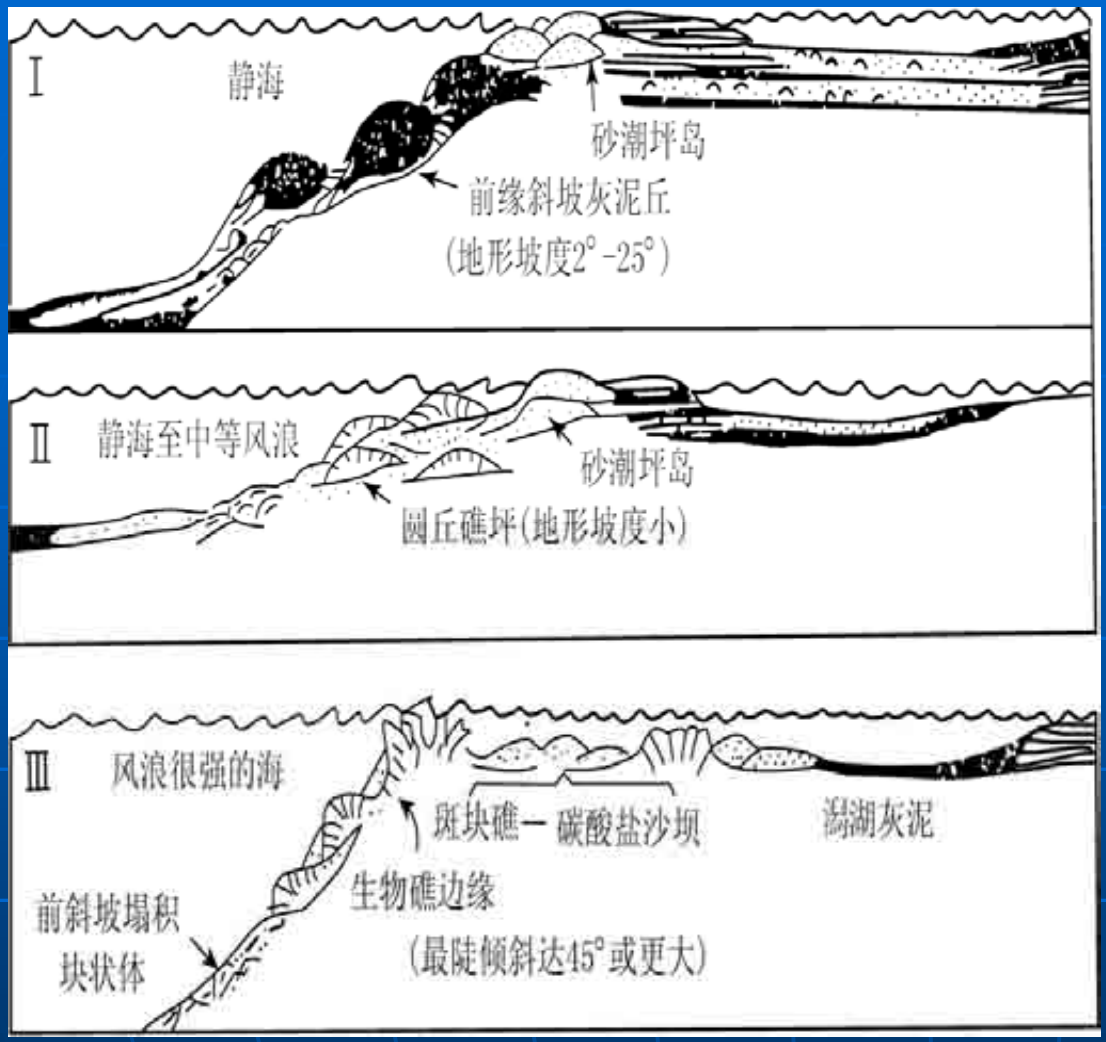


I：斜坡灰泥丘
II：缓坡边沿礁
III：陡斜坡骨架礁

类型Ⅰ：斜坡灰泥丘，位于陆棚台地边缘前斜坡，由生物碎屑灰泥组成。坡度较缓2°—25°，水能量较弱。

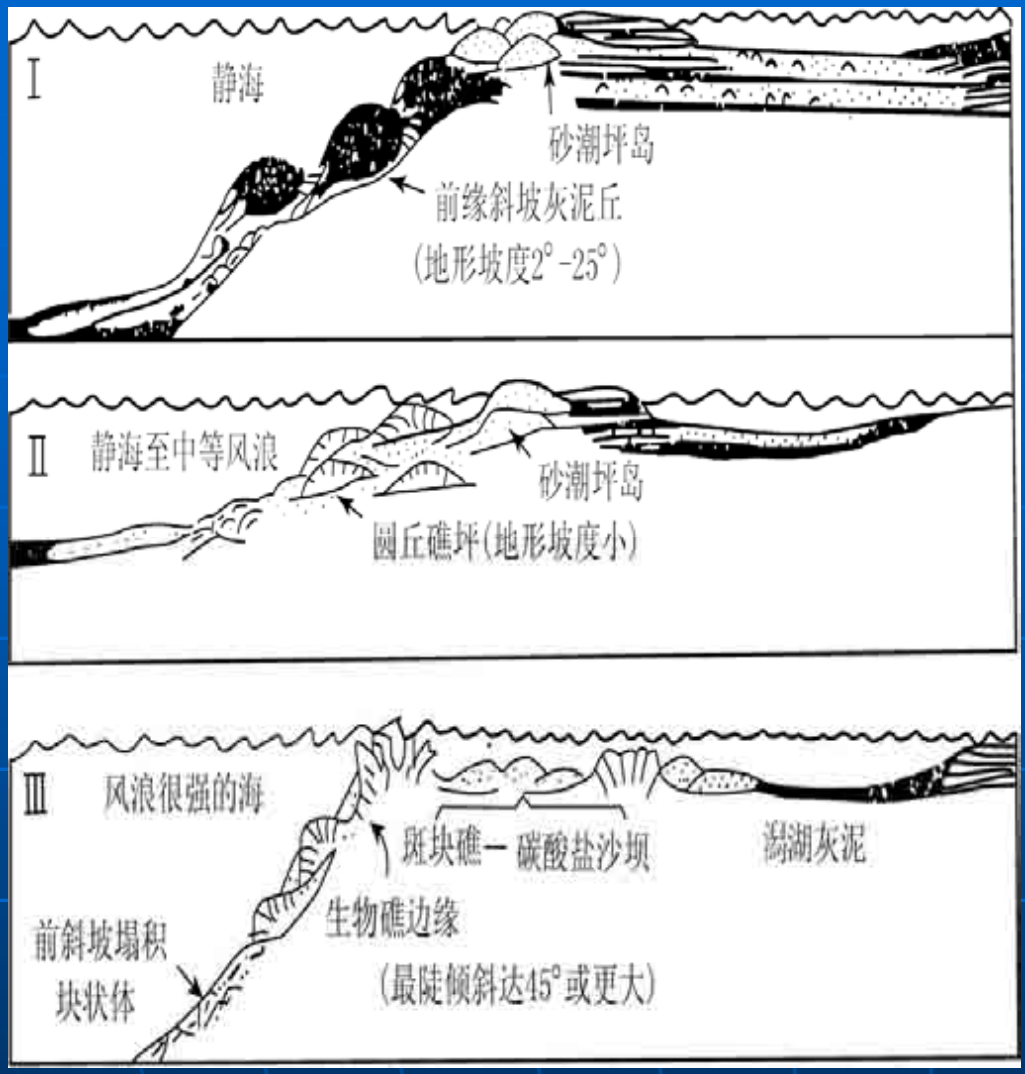
斜坡下部少数固着生物捕获从斜坡上部带来的灰泥，形成“面包形”灰泥丘。

在陡倾斜坡上，碳酸盐泥可能向斜坡下方堆积很远。在平缓斜坡上，浅水中也发育灰泥丘。



I: 斜坡灰泥丘
II: 缓坡边沿礁
III: 陡斜坡骨架礁

类型 II： 缓坡圆丘礁，位于台地边缘缓坡的圆丘礁带组成。向海平缓倾斜。缺乏强波浪或水流作用，很少块状造架生物，而有很多固着的和包壳的生物。造架生物主要是分支状和丛状的复体类型。生物丰富，粘结、搏获和包壳作用明显，使礁体发育好。



I: 斜坡灰泥丘
II: 缓坡边沿礁
III: 陡斜坡骨架礁

类型 III： 陡斜坡骨架礁，陡的斜坡边缘带，坡度达45°，甚至直立。这是一种生长到海平面或波浪搅动带的状带生物骨架礁。礁后有石灰砂坝、水下砂坝浅滩出现，充填泻湖。有些地区甚至形成岛屿、障壁礁、岸礁，并有大量塌积碎屑。

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

A. 风暴砾屑灰岩：

在受海洋风暴巨浪控制的滨岸、浅滩、潮下带的沉积物均可受到强劲风暴潮流的袭击、冲刷和破碎，形成各式各样的风暴砾屑灰岩。砾屑以扁平状为特征。根据风暴作用对这些砾石改造和迁移距离，可以划分为两种类型：

原地型风暴砾屑灰岩、



异地型风暴砾屑灰岩



原地型风暴砾屑灰岩

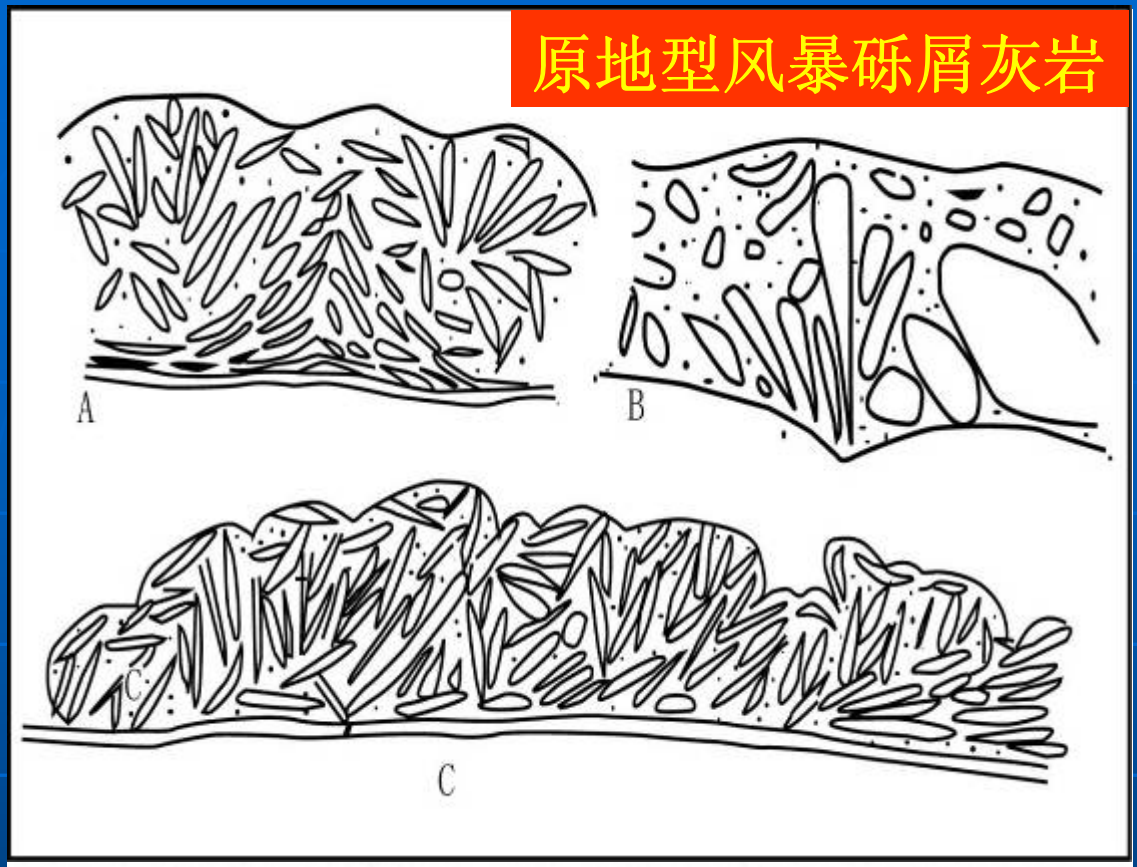








图 8－36　风暴砾屑灰岩的产出特征

（据孟祥化，1983）

A. 风暴挤压褶皱掀起、破碎就地堆积，片状砾屑呈放射状排列；

B. 风暴挤压破碎磨蚀近地堆积、片状砾屑呈小字形排列；

C. 风暴流呈旋涡状，掀起并破碎的砾屑呈不规则状直立，底界面平坦，而顶界面呈云朵状

异地型风暴砾屑灰岩： 具菊花状、辐射状、杂乱的片状砾屑灰岩。砾屑多呈扁片状，但砾屑成分较复杂，有各种成因和相带的灰岩成分，如泥晶灰岩屑、砾屑灰岩屑、鲕粒灰岩屑、叠层石灰岩屑、生物碎屑等。砾屑间常有泥晶、粉屑等基质支撑。砾屑和基质可呈褐、红、黄、灰、灰绿等颜色，表明它们的形成经历了由氧化到弱还原介质的多种环境状态。



异地型砾屑灰岩，砾屑大小混杂，呈菊花状排列



远源的异地型砾屑灰岩，大部分砾屑含氧化圈，磨圆较好，基质支撑

异地型风暴砾屑灰岩与下覆沉积层没有直接的来源和环境过渡关系。物质组成复杂，主要都是潮坪、浅滩的沉积物。但背景沉积是较深的浅海沉积物（纹层状泥晶灰岩、条带状泥灰岩等），含笔石和其它浮游生物的页岩。

异地型风暴砾屑灰岩与下覆岩层界面呈冲刷接触，而与上覆岩层呈平行连续过渡接触，很少见有云朵状特征。

异地风暴砾屑灰岩层的横向变化中，常见大量灰泥丘状体。并且在这些灰泥丘体上保留有明显被重力流截切顶面或截切侧壁现象。

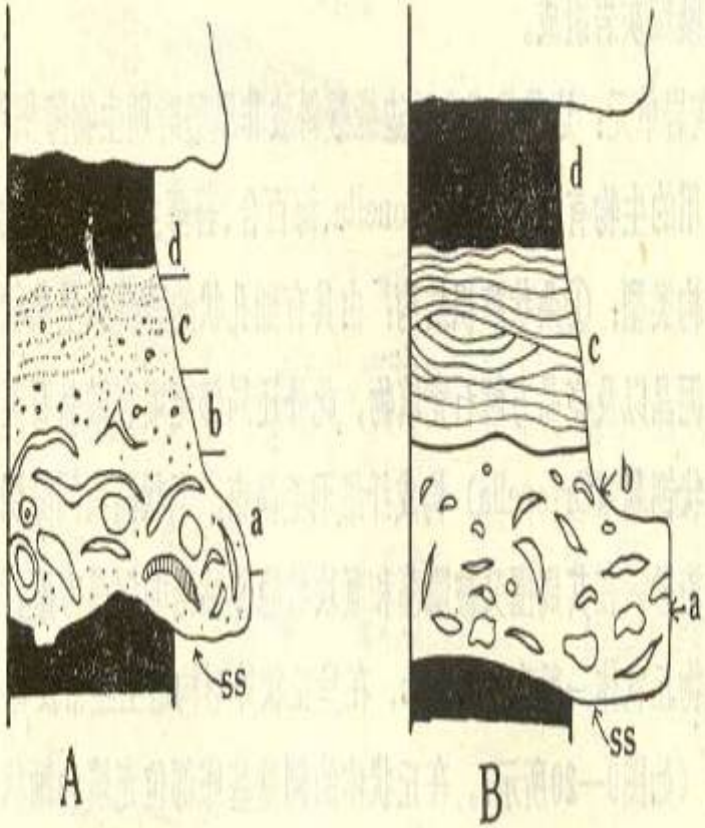


图 9—21 浅海盆地相的远源风暴流微递变粒序沉积层序

A：SS为底部冲刷面；a—较粗递变的生物碎屑泥晶灰岩；b—细的含生物碎屑的泥晶灰岩；c—细递变泥晶灰岩，内有火焰构造；d—粘土质泥岩，半深水相

B：SS为底部冲刷面；a—生物碎屑灰岩具不明显的递变性；b—细的含生物碎屑的泥晶灰岩；c—具丘状交错层理的生物碎屑泥晶灰岩；d—粘土质泥岩，半深水相

风暴沉积序列：

自下而上为粒序段、平行纹层段、沙纹交错层段。

顶部：不具沉积构造的泥晶灰岩，为风暴停息期的（背景）沉积。

沙纹交错层段：由牵引流形成的，还可形成爬升纹理和丘状纹理，以丘状纹理最为典型，顶部常有蠕虫钻孔。

平行纹层段：随着风暴强度的减弱和流体密度变小，风暴流的流体性质逐渐由密度流转换为牵引流时形成的。

粒序段：下界为侵蚀面，由粗粒的陆源碎屑和碳酸盐组成，具递变层理，颗粒都是再沉积的，沉积速度高。

第八章-8　海洋环境及相模式

第一节　概述
第二节　陆源碎屑海洋环境
第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

大陆斜坡碳酸盐沉积处于短期陡斜坡重力滑塌与长期宁静的远洋浮游生物和远洋软泥沉积的交替变化中。

（1）大陆斜坡的沉积相带类型

A．远洋碳酸盐溶解相

悬浮的碳酸盐灰泥，来源于水层中浮游生物的骨骼。主要受碳酸盐组分、非碳酸盐组分、化学溶解作用的影响。

B．半远洋环大陆架再沉积泥状灰岩相

环大陆架盆地，临近碳酸盐陆棚物源区，深度较远洋为浅。除远洋悬浮沉积组分外，主要由陆棚供应沉积物。浅海来的一些细粒碳酸盐灰泥与远洋沉积物不同。

C．环大陆架再沉积碎块相

在环大陆架边缘浅水礁体或石灰质浅滩向远海一侧的沉积，主要由造礁生物骨骼、内碎屑、鲕粒岩屑、泥等构成的碳酸盐再沉积。是来自发生岩崩和滑塌的碳酸盐岩。

D．远洋碳酸粗碎屑重力流相

由碳酸盐构成的重力流沉积。来自大陆斜坡向上的浅水带，或者大陆斜坡往下的深部。

F．无粒序层的碳酸盐重力流相

从细到粗的粒泥灰岩，不发育粒序层，各层底面截然。岩层从透镜状变化到不规则，形成机制是：液化流、颗粒流、改造原有沉积物的底流。

E．碳酸盐浊积岩相

具有碎屑结构的灰岩粒级层，主要为砂屑、粉屑、泥屑，能够显示鲍马序列中的A、B、C、D、E五个单元。

（2）大陆斜坡碳酸盐沉积相模式

大陆斜坡碳酸盐沉积序列可根据大陆斜坡的坡度、陆棚边缘沉积物性质以及海水能量区分为两种模式四种类型。

A. 缓坡型大陆斜坡碳酸盐沉积模式

浅水礁缓坡型大陆斜坡

浅水颗粒滩缓坡型大陆斜坡

B. 跌积型大陆斜坡碳酸盐沉积模式

礁跌积型大陆斜坡

滩跌积型大陆斜坡

A. 缓坡型大陆斜坡碳酸盐沉积模式

平缓（3—25°），坡度向盆地方向减小，并与平坦的盆地连接。因为坡度小，环大陆架再沉积碎块相分布比较窄。根据沉积物的性质又可分为两种类型。

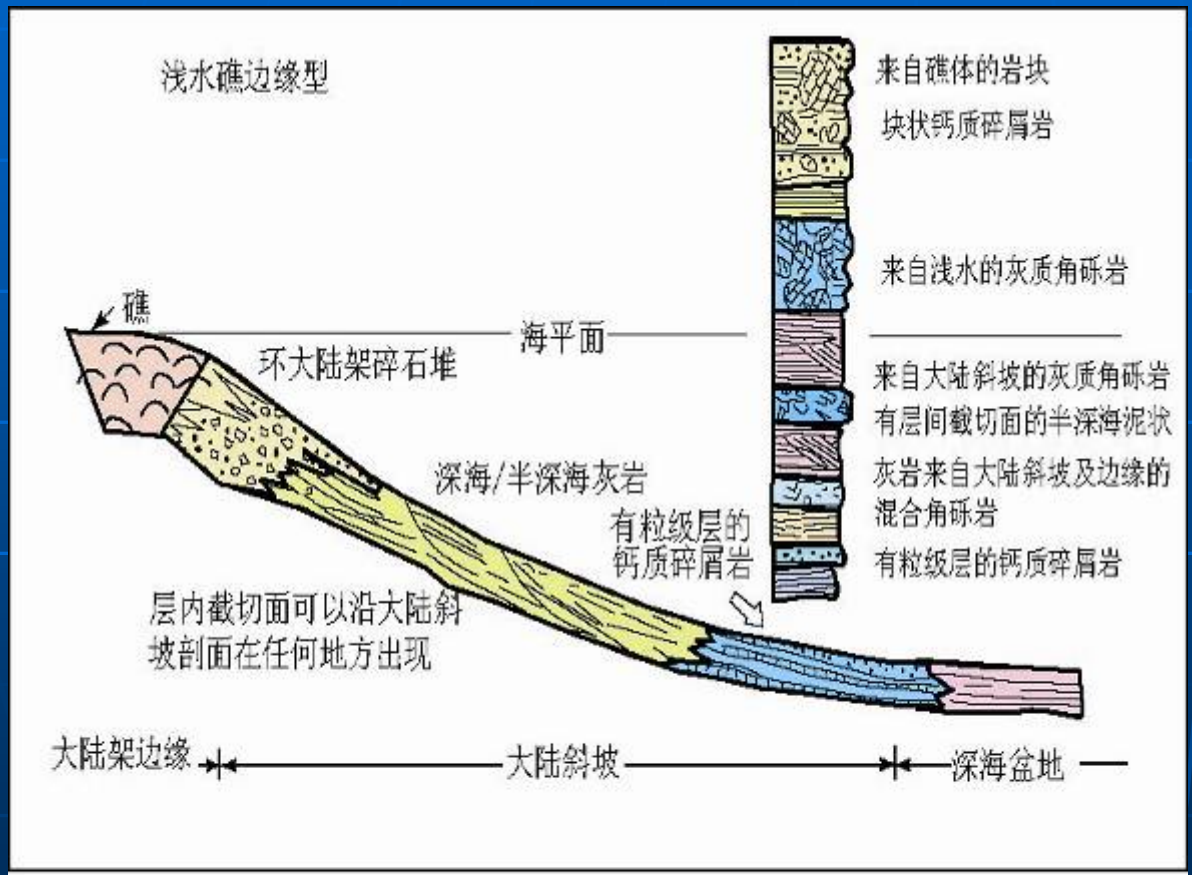
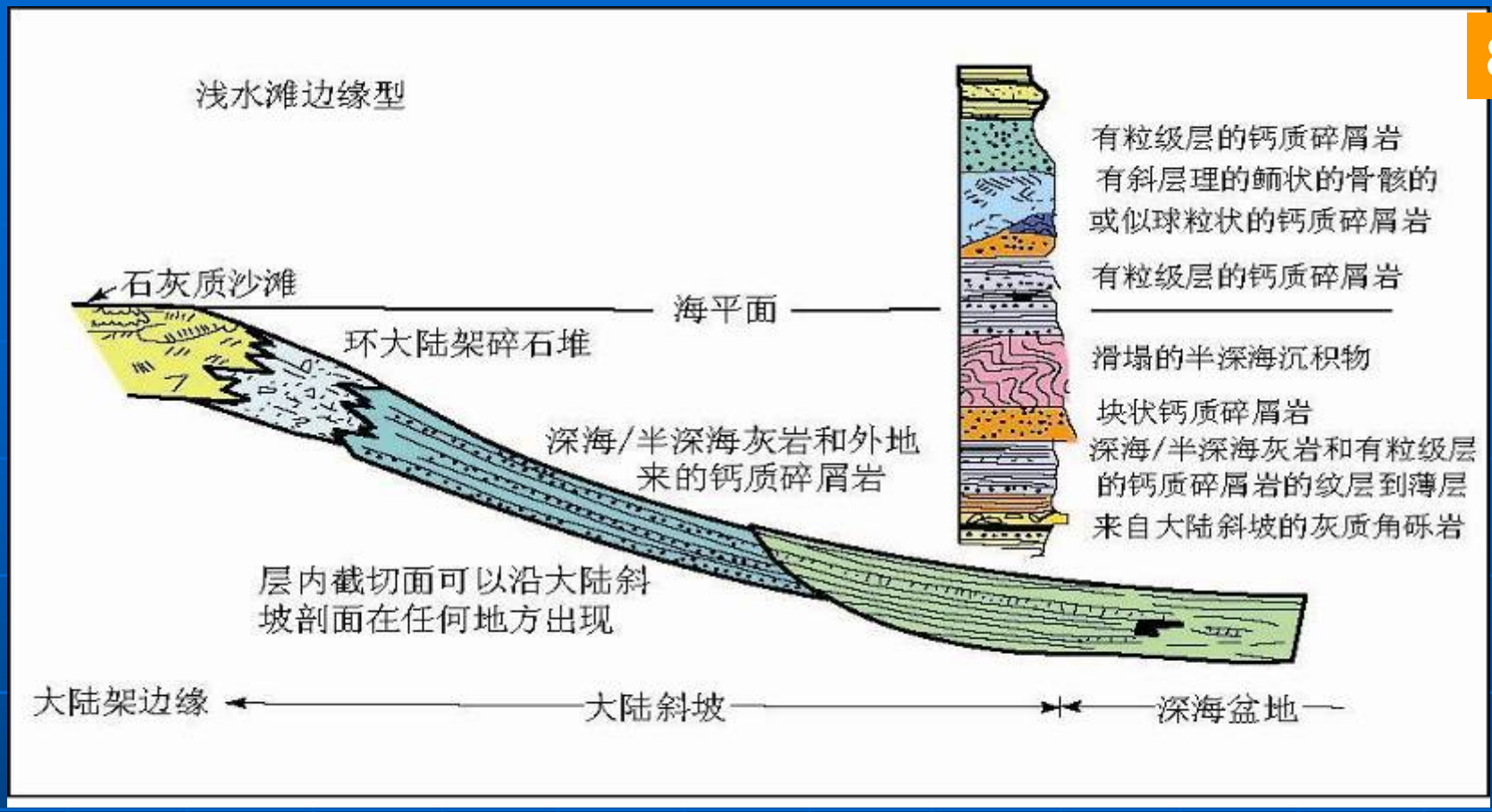


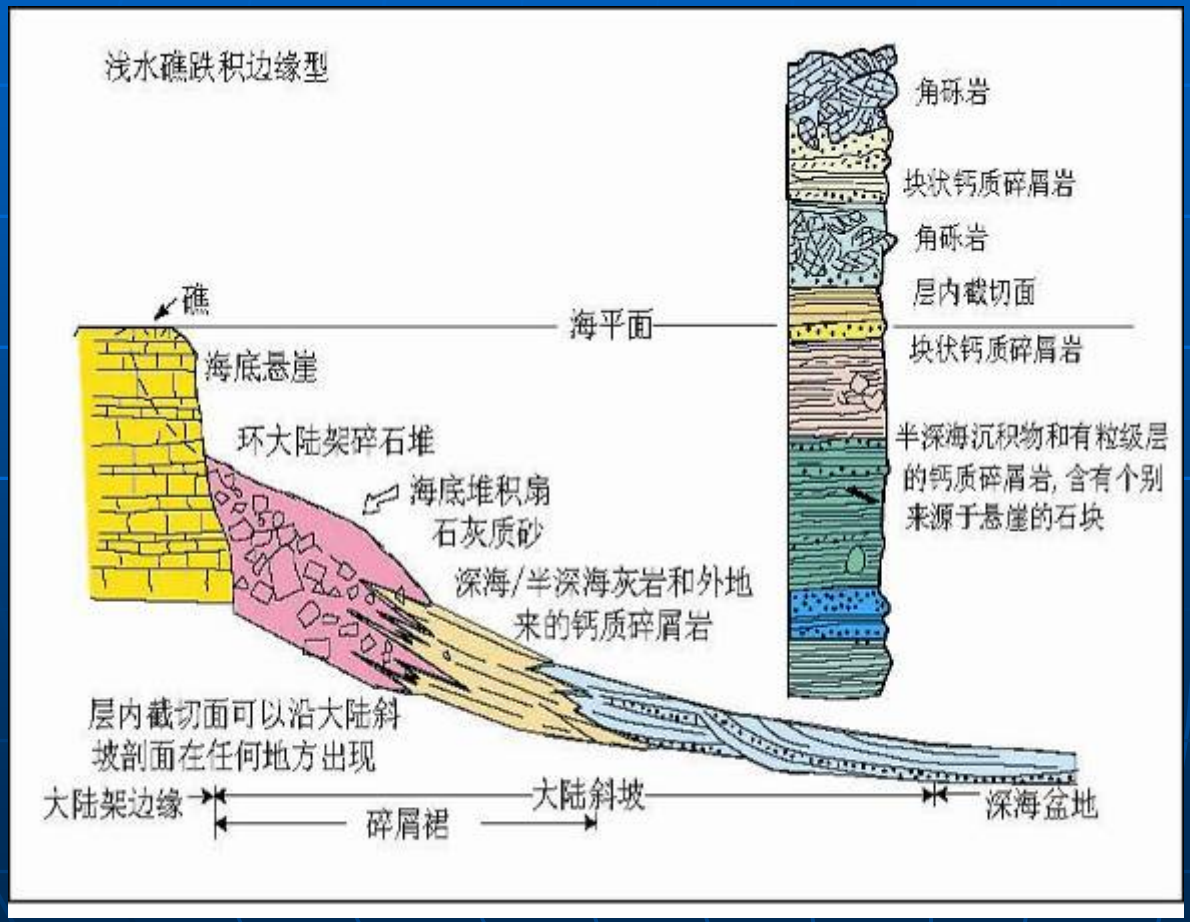
图8-37

浅水礁缓坡型大陆斜坡：具有狭窄的环大陆架再沉积碎块相的礁前碎石堆。多数沉积物都来源于礁和碎石堆，向海一侧为半远洋灰岩。有重力流经过大陆坡进入盆地时，则形成有粒序层的再沉积碎屑灰岩。沿大陆坡剖面上经常可以出现层内截切面。

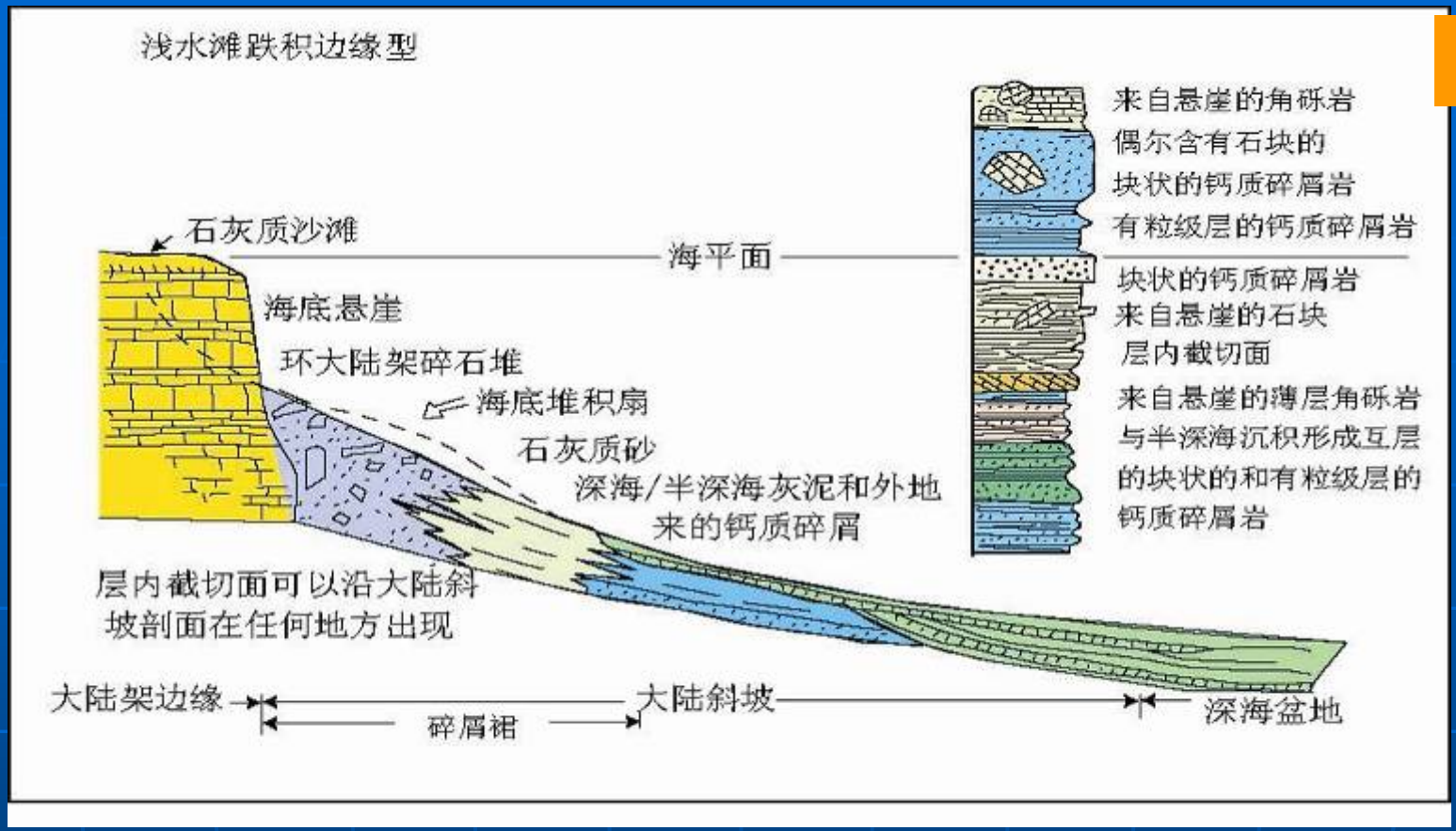


浅水颗粒滩缓坡型大陆斜坡：由碳酸盐沙滩或沙洲组成，从边缘到盆地的相分布为：碳酸盐砂滩、环大陆架碎石堆、远海（或半远洋）灰岩、外来砂屑灰岩。环大陆架碎石堆相带也十分狭窄。远海（或半远洋）灰岩和外来砂屑灰岩发育层内截切面和滑塌构造。

B. 跌积型大陆斜坡碳酸盐沉积模式：呈悬崖地貌。沉积物沿着宽阔的前沿，或通过水道（峡谷）从浅水向盆地搬运。发育碳酸盐海底堆积扇，环大陆架碎石堆分布相当宽，围绕大陆架边缘构成一个宽阔的环大陆架边缘碎石裙。跌积型大陆斜坡也可以分为两种类型。



礁跌积型大陆斜坡：生物礁生长在悬崖顶部，环大陆架碎石堆很发育，并构成巨大的碎屑堆楔状体。受构造的影响形成岩崩、砂流、重力流。悬崖被水道和峡谷切割，环大陆架的碎石堆沿走向与碳酸盐质海底扇相互穿插。



滩跌积型大陆斜坡：环大陆架碎石堆沉积物主要为夹有灰泥岩的碳酸盐砂屑沉积，所含碳酸盐岩块极少见。从悬崖向大陆斜坡，碳酸盐砂比较迅速地递变为大陆斜坡或盆地的远海灰泥沉积。

第八章-8　海洋环境及相模式

第一节　概述
第二节　陆源碎屑海洋环境
第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐岩沉积特征

深水碳酸盐沉积指水深大于200米的碳酸盐沉积。

碳酸盐浊流沉积和碳酸盐等深流沉积特征基本上与陆源碎屑岩的相同，仅在成分上不同。

非重力流沉积在CCD面以下无碳酸盐沉积，在CCD面之上则类似于陆源碎屑沉积的钙质软泥和有孔虫软泥。

CCD界面（calcite compensation depth）

碳酸盐补偿深度：

在水深**4000—5000m**，沉积物中无碳酸盐颗粒。在这一深度上，碳酸盐颗粒的沉淀速度等于碳酸盐的溶解速度，碳酸盐被完全溶解的截面，此深度称为碳酸盐沉积的补偿（平衡）深度。

第八章 海洋环境及相模式小结

重要概念：浪基面、风暴浪基面、CCD界面、氧化界面、浊积岩、风暴岩、浊积灰岩、远洋灰岩、远洋沉积、半远洋沉积、海绿石、绿泥石、深海软泥、深海粘土、有孔虫软泥、放射虫软泥、氧化环境、还原环境、萨布哈、泻湖、生物丘、生物礁、浅海、碳酸盐台地、深海扇、潮间带。

1、正常碳酸盐潮坪和萨布哈型碳酸盐潮坪的沉积特征。

2、碎屑潮坪的沉积特征。

3、碳酸盐威尔逊沉积相模式及其特征。

4、浊积岩鲍马序列特征及其流体动力机制。

5、无障壁陆源碎屑海岸的亚环境划分及其特征。

6、风暴流的沉积特征及其形成环境。

7、生物礁的沉积特征。

8、深海沉积扇的沉积模式。

第八章-8　海洋环境及相模式（结束）

第一节　概述
第二节　陆源碎屑海洋环境
第三节　海洋碳酸盐沉积环境

第三节　海洋碳酸盐沉积环境

一、碳酸盐沉积相模式

二、潮坪碳酸盐沉积相模式

三、台地边缘砂滩相碳酸盐沉积特征

四、生物礁沉积特征

五、风暴成因的浅海碳酸盐沉积

六、大陆斜坡碳酸盐沉积特征

七、远洋深水碳酸盐沉积特征