

# 第二十七章 礁和礁相

---

第一节 礁沉积环境及沉积作用

第二节 礁相和礁复合体沉积模式

第三节 礁分布规律及其与油气关系

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

大堡礁是世界上最大最长的珊瑚礁群，是世界七大自然景观之一，又称为“透明清澈的海中野生王国”。全长2011km，在落潮时，部分的珊瑚礁露出水面形成珊瑚岛。



澳大利亚大堡礁——心形岛（网络图片）

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用



# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---



# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---



# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

- 生物礁在地史时期及现代均广泛分布，是碳酸盐沉积中的一种重要的沉积类型。
- 生物礁是良好的油气圈闭，国内外已发现许多礁油气田。
  - 加拿大泥盆系的礁油气田
  - 美国五大湖区早古生代的礁油气田
  - 俄罗斯西伯利亚地区泥盆系、石炭系、二叠系中的礁油气田
  - 我国二叠系、三叠系和古近-新近系的礁油气田

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

## 一、概念、基本特征及分类

### (一) 生物礁概念

1970年，邓哈姆（Dunham）提出礁的双重概念：狭义礁和广义礁。

- **狭义礁（生态礁）**：是由造礁生物原地生长而经常迎浪建造起来的，在地形上具有凸起地貌特征的建隆，分布范围从海平面到200m水深。
- **广义礁（生物礁）**：是主要由生物和生物作用所形成的，具有地貌特征的碳酸盐岩体。

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

## (二) 礁的基本特征

礁主要由礁核和礁翼组成。

1、礁核—礁的主体，礁体中能够抵挡波浪作用的部分。

■ 原地堆积的生物岩和粘结岩，生物含量高，造礁生物及附礁生物。

2、礁翼—礁相与非礁相呈指状过渡的礁体，包括礁前和礁后。

■ 礁前-迎风一侧：波浪强，分选磨圆差；

礁前塌积岩或礁前礁砾岩，坡前礁屑常与灰泥混积。

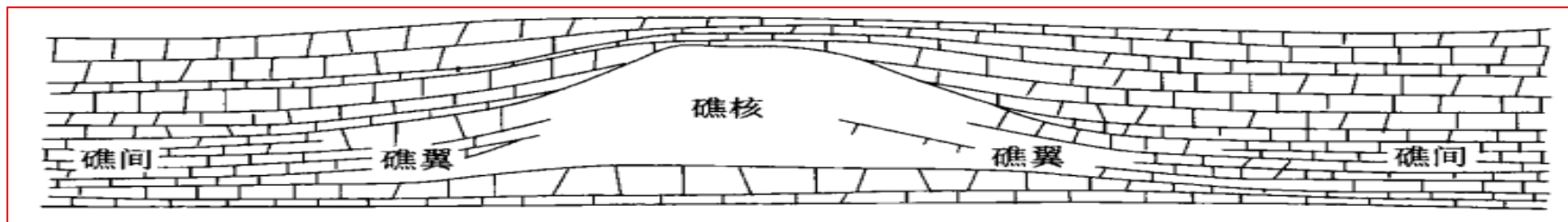
■ 礁后-背风一侧：分选较好，生物门类和种属减少；

砂屑石灰岩，胶结物为亮晶方解石。

3、礁间—群礁之间的沉积。

■ 海侵，群礁发展，正常碳酸盐岩沉积。

■ 海退，群礁受抑制，泻湖沉积。



生物礁一般的沉积相模式（据James, 1978）



# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

## (三) 生物礁的分类

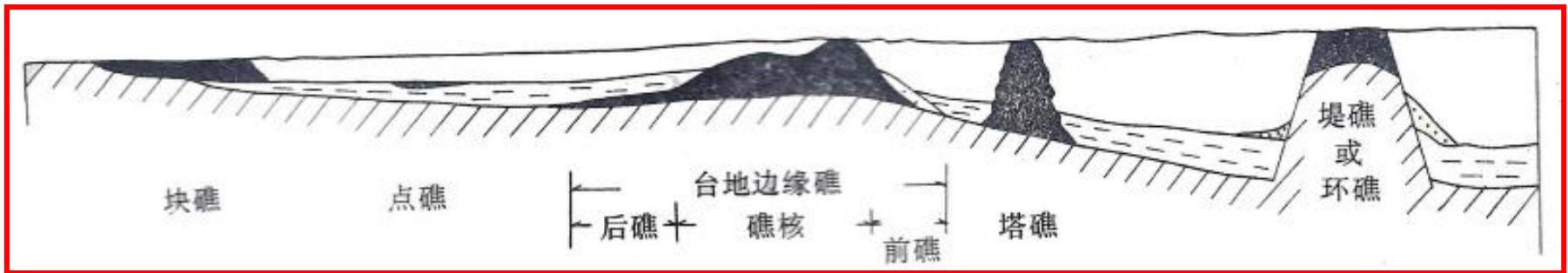
1. 按形态分为：点礁、塔礁、环礁、马蹄礁、丘礁、层状礁等。

①点礁：泻湖或外滨海底较小隆起上形成的孤立小礁体，分布广，多属“未成熟”的礁体。

②块礁：发育于浅水区或近岸一侧，较快生长率，因水浅只能侧向发展成扁平状礁体。

③台地边缘礁：碳酸盐岩台地向深海一侧较陡地带最适宜礁的生长，形成高大断续绵延很长的礁群。

④塔礁：礁的生长速度与海平面上升速度相适应，由成礁期海底持续下降而成，礁不易侧向发育，只有向上生长，呈锥状的孤立礁体。



各类礁分布示意图

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

环 礁：礁体围绕较大隆起边缘生长，中央凹下成泻湖。

马蹄形礁：向风侧礁体发育，背风侧不发育，多见于开阔海。

丘 礁：波基面以下较深水堆积而成孤立分布，近似半球状。

层 状 礁：分布面积大，高度较小，多出现在碳酸盐台地上。



马蹄礁



太平洋西部的  
努库罗环礁



永乐环礁

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

按地理位置分为：岸礁、堡礁、边缘礁

## 1、岸礁（边礁、镶边礁或裙礁）

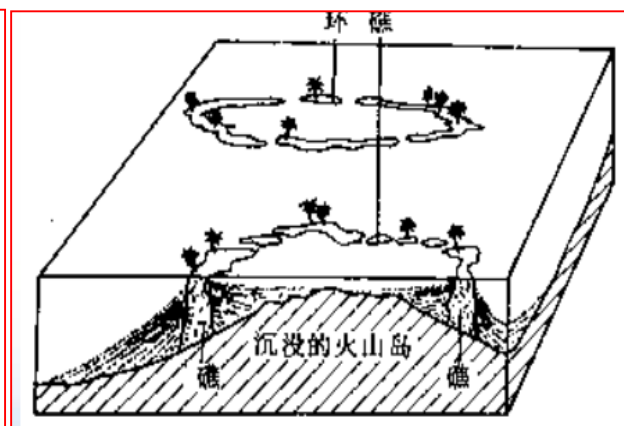
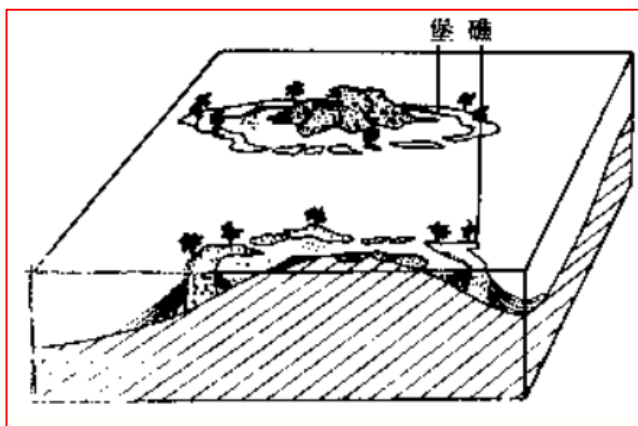
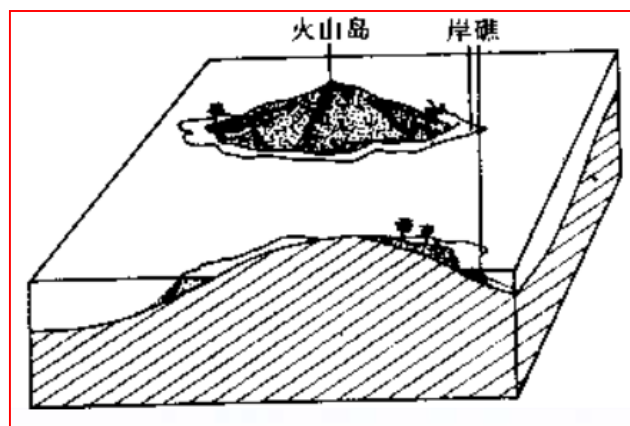
由成礁期海底持续下降而成。紧靠海岸生长，顶平。

## 2、堡礁（堤礁，堤岛礁或障壁礁）

平行海岸分布，与陆地有泻湖分隔。

## 3、边缘礁：

远离海岸分布，礁后为正常的碳酸盐岩沉积。



岸礁—与陆地或岛屿相连的礁

堡礁—延伸方向与海岸平行

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---



岸礁

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---



大堡礁

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

## 二、礁的形成及生物造礁作用

### (一) 礁的形成条件

一切礁和有机建造的形成都与能分泌石灰质的动植物有关。因此，形成礁和有机建造的首要条件就是有适于礁生物群落中生物蓬勃发展的生态条件。

- **适宜位置**：热带和亚热带的碳酸盐台地，南北纬30°的范围内。
- **适宜水温**：23-27°C。
- **适宜盐度**：3-4%
- **适宜水深**：小于50米，阳光充足、透明度良好
- **适宜水动力**：波浪、海流和风—带来氧和食物

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

## 二、礁的形成及生物造礁作用

### (二) 生物造礁作用

#### ■ 1、礁的生物类型

##### ■ 礁骨架建设者

珊瑚、层孔虫，钙质红藻、苔藓虫等。

##### ■ 礁骨架粘结者

钙质绿藻，柳珊瑚、某些双壳类等。

##### ■ 礁骨架居住者

腹足类，棘皮类、蛇尾类以及有孔虫等。

##### ■ 礁骨架保护者

腹足类，棘皮类等。

后者三者虽然不能构成坚固的骨架，但它们可以提供礁中的沉积物来源。

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

## ■ 2、生物在礁中作用形式

不同生物在礁体形成过程中作用与意义不同。例如，有的生物直接为礁体建造提供骨骼物质，有的固定胶结其他生物化石，有的促进碳酸盐物质发生生物化学沉淀，还有的破坏礁体生长，起到消极的作用。概括来说，生物有5种作用形式：

骨架式：造架生物作为礁体拓展的基本格架——最重要（如海藻）

障积式：生物阻挡海流中的泥晶物质而沉淀成岩（如海藻）

粘结式：覆盖并快速粘结海底生物碎屑成岩（如层孔虫）

附着式：生物附着在骨架生物上造成结壳（藻类）

胶结式：生物生长在洞穴或孔隙内，产生胶结作用（藻类）

➤ 几种作用形式综合作用，形成了绝大多数生物礁。



# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

## (三) 生物礁的形成

生物礁的形成是生物生长与破坏作用之间平衡的结果，有其发生、发展和消亡的过程。如海平面上升或下降太快导致的海水深度变化，盐度增加，以及其他因素，都会终止生物礁的发育。

生物礁是造礁生物和沉积物的镶嵌体，形成骨架的生物起着主导作用，附着的钙质底栖生物造成了丰富的沉积物。生物存在着生态演替，随着礁的生长，一种造礁生物群落被另一种代替。


关于礁的生长，大多数情况下能够分辨出4个阶段：定殖阶段、拓殖阶段、泛殖阶段、统殖阶段。

从定殖阶段开始，经拓殖阶段、泛殖阶段到统殖阶段，构成一个完整的生物礁生态发展旋回——礁的一般发展模式。

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

■ **定殖阶段：**生物碎屑堆积并被其他生物（藻类、海草等）固定形成地貌高地，这些沉积物的表面繁殖着藻类或其他生物，将沉积物联结固定下来，随后枝状藻类、苔藓虫、珊瑚虫等开始在定殖的生物之间生长起来。

■ **拓殖阶段：**造礁后生物的初期繁殖，生物种属少，厚度比较薄，生物呈枝状生长，提高水下隆起高度。




阶段	石灰岩的类型	种的多样性	造礁生物的形状
统殖	包粘灰岩到格架灰岩	低到中	层状、结壳状
泛殖	格架灰岩(包粘灰岩) 泥状灰岩到泥状灰岩 基质	高	穹状 块状 层状 分枝状 结壳状
拓殖	具有泥状灰岩到粒泥状灰 岩基质的滞积灰岩到泥灰 岩(包粘灰岩)	低	分枝状、层状、 结壳状
定殖	粒状灰岩到碎块灰岩(泥 粒状灰岩到粒泥状灰岩)	低	骨骼碎屑

礁生长的四个阶段（据James, 1978）

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

■ **泛殖阶段：** 礁体主要构成时期，礁体向上生长最显著，形成格架和起粘结作用的生物种属都多，栖居空间增多，导致产生碎屑的生物多样化。

■ **统殖阶段：** 礁体接近海面，开始消亡。以一种生长习性少数几个种属生物占统治地位。大多数礁受拍岸浪的影响，形成碎块灰岩层。



阶段	石灰岩的类型	种的多样性	造礁生物的形状
统殖	包粘灰岩到格架灰岩	低到中	层状、结壳状
泛殖	格架灰岩(包粘灰岩) 泥状灰岩到泥状灰岩 基质	高	穹状 块状 层状 分枝状 结壳状
拓殖	具有泥状灰岩到粒泥状灰 岩基质的滞积灰岩到泥灰 岩(包粘灰岩)	低	分枝状、层状、 结壳状
定殖	粒状灰岩到碎块灰岩(泥 粒状灰岩到粒泥状灰岩)	低	骨骼碎屑

礁生长的四个阶段（据James, 1978）

# 第一节 礁沉积环境及沉积作用

---

## 三、礁形成的控制因素

生物礁是通过骨骼生物的生长、沉积物的充填、结壳生物的粘结等不断增生形成的。影响造礁生物群落的因素包括：

- 温度和盐度；
- 海浪和其他水动力作用；
- 透光性；
- 沉积作用；
- 基地沉降与生物建礁和沉积速率的消长均衡关系。

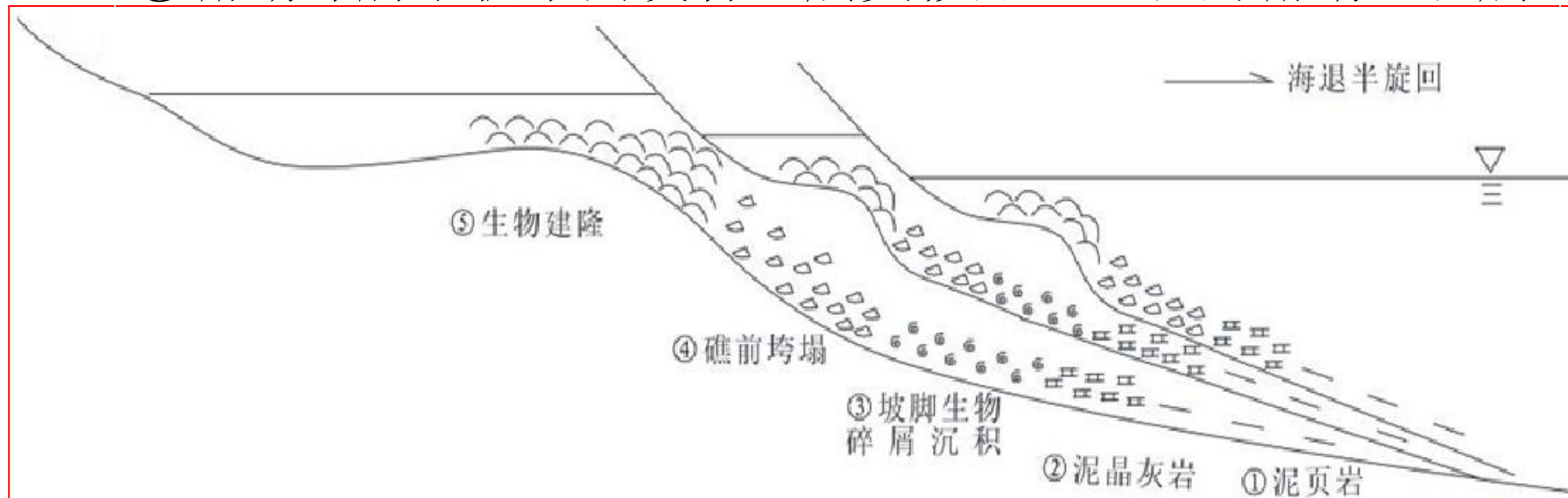
一般来说，水体温暖、清澈、动荡、较浅、陆源沉积物少、海平面升降或基地沉降与生物建礁速率均衡有利于礁的发育。

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

### 举例：广西大厂泥盆纪生物礁

该礁体可分为5个分带：

- ①灰黑色泥页岩沉积；
- ②含少量珊瑚生屑泥晶灰岩；
- ③灰色中厚层状生屑灰岩；
- ④含大量珊瑚碎屑角砾灰岩（礁前滑塌的角砾灰岩）；
- ⑤珊瑚碎屑堆积中间发育一层类似原地生长的珊瑚生长层。



广西大厂D<sub>1-2</sub>生物礁

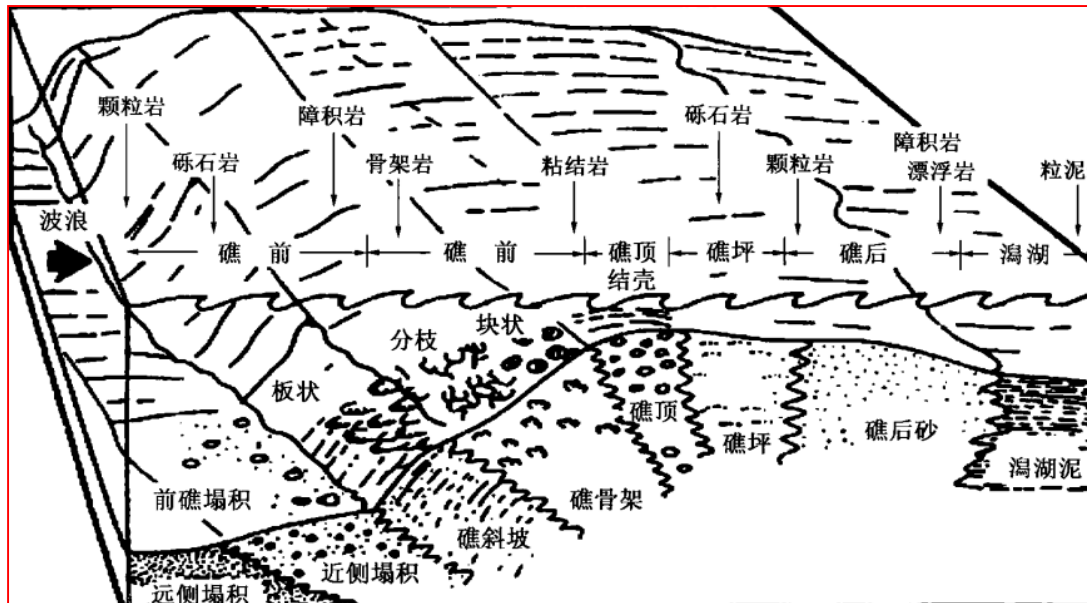
## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

礁建造典型特征是各类岩石和化石群落在礁块中有规律分布，造成生物礁体岩相上的明显分带性，为礁相带的划分奠定了基础。

### 一、礁复合体定义及相带划分

#### (一) 礁复合体定义

■ **礁复合体（礁组合）**：是生物礁不同相的总称，包含所有与礁发育有关的相，除骨架相、礁顶相外，还包括礁后潟湖、礁前斜坡、以及塌积岩等。



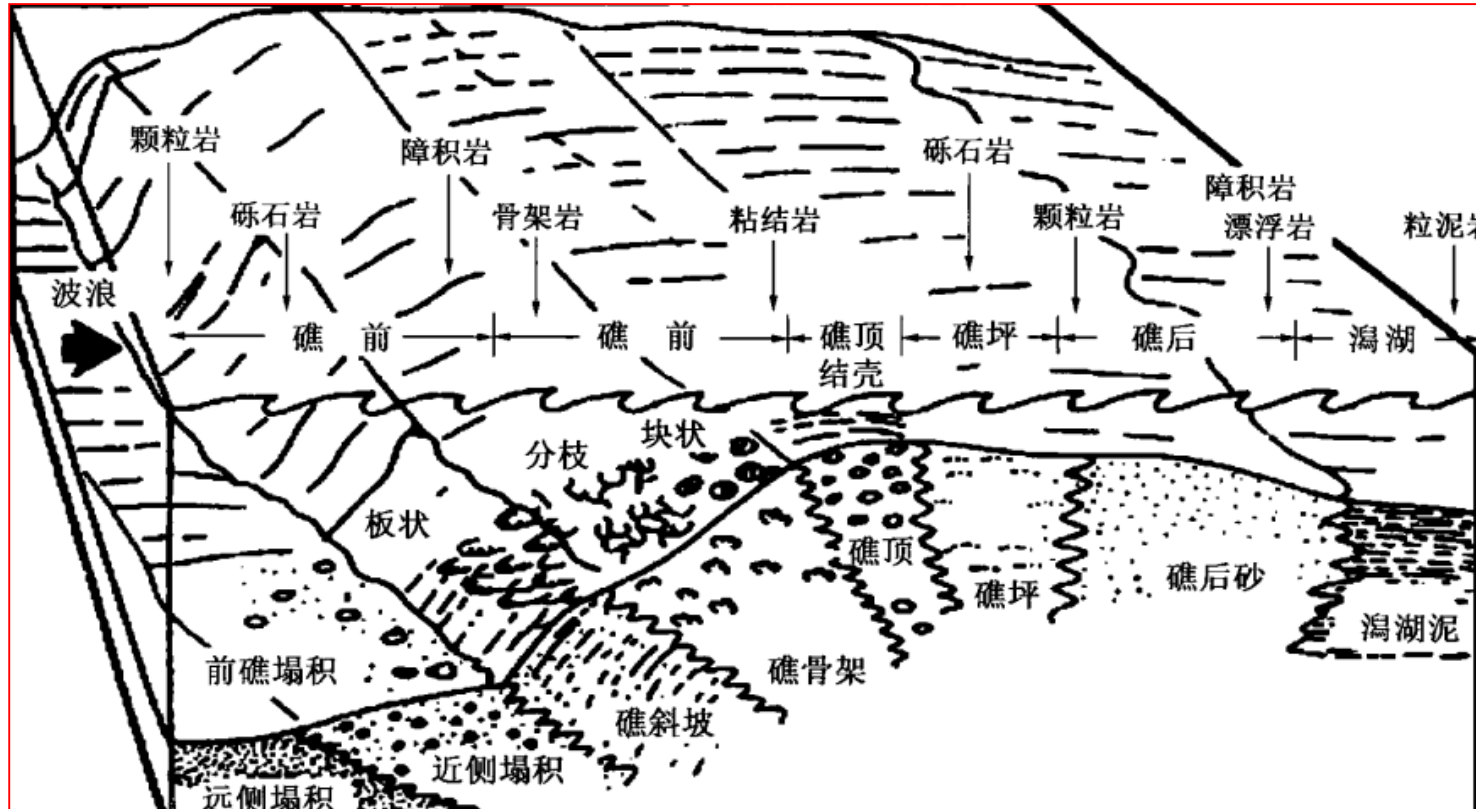
礁复合体各相带示意图

(据James,1979; Longman,1981; Scoffin,1986; 何启祥等, 1986, 有修改)

# 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

## (二) 礁复合体相带划分

- 礁复合体包括礁骨架相、礁顶相、礁坪相、礁后相、泻湖相、礁斜坡相、近侧塌积相、远侧塌积相。



礁复合体各相带示意图

(据James,1979; Longman,1981; Scoffin,1986; 何启祥等, 1986, 有修改)

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

### 二、礁复合体沉积模式—8个相带

#### 1、礁骨架相—位于礁的前缘，造礁生物形成骨架（水深<30m）

波浪、潮汐、水流扰动强烈；

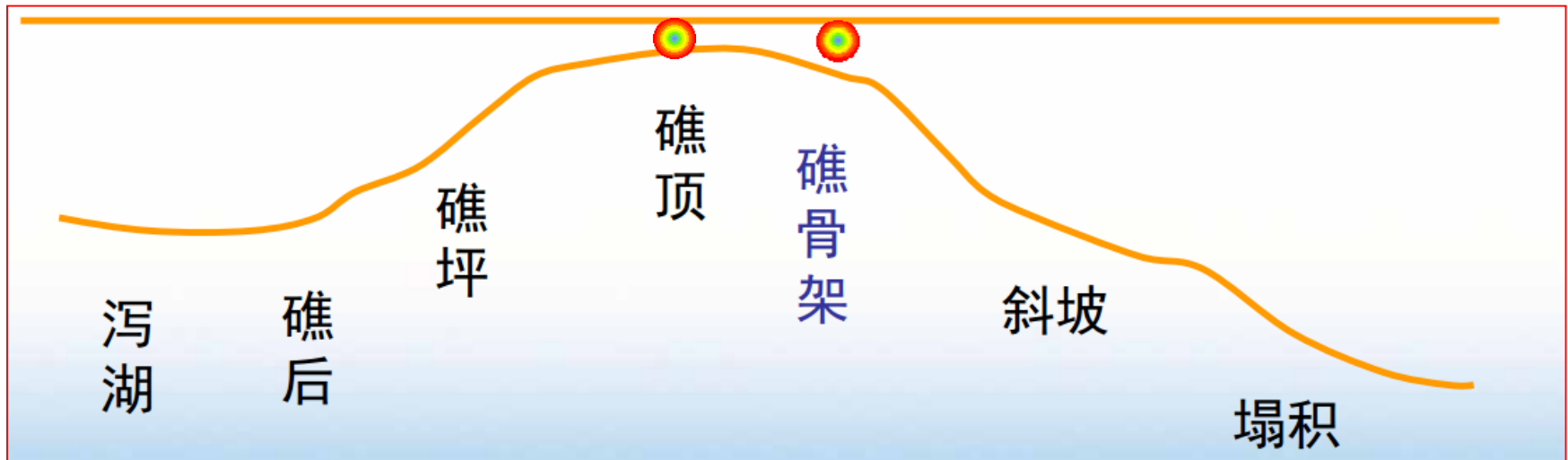
原生骨架和骨骼碎屑；

礁骨架保存少，一般为30%，甚至小于10%。

#### 2、礁顶相—礁复合体中沉积水体最浅的相带（水深0-2m）

活着的珊瑚骨架—扁平的板状珊瑚，低能区由指状珊瑚组成；

珊瑚砾块和红藻石—砂到巨大的漂砾，原因是周期性暴露杀死珊瑚，风暴撕裂。





## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

### 二、礁复合体沉积模式

#### 3、礁坪相-礁顶相和礁后砂相之间的地带（水深0-3m）

礁复合体中最宽的相带，地形平坦、波浪和水流能量较低；

珊瑚碎片和分散的海草，局部可形成斑礁；

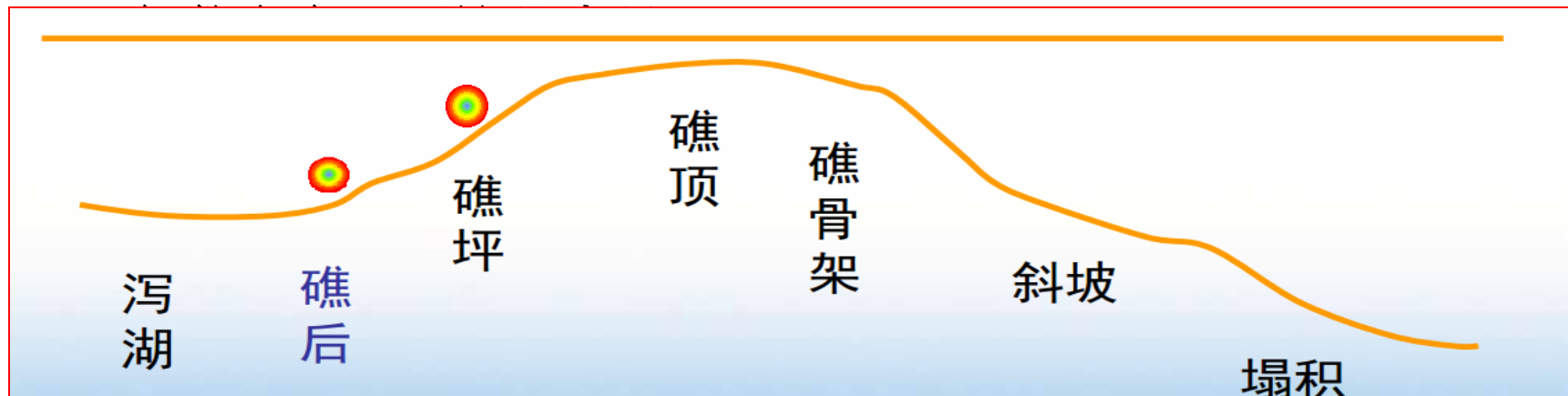
沉积物粗、分选中等，颗粒呈次棱角到次圆状，生物钻孔发育。

#### 4、礁后相-位于礁坪后侧，两者逐渐过渡（1-5m）

波浪能量降低，

砂主要为珊瑚和钙藻碎片，灰泥很少；

沉积物变细，沉积物分选中等到较好。



## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

### 二、礁复合体沉积模式

#### 5、泻湖相-环礁内或礁复合体之后一个静水环境（水深几米-几十米）

波浪能量较低；

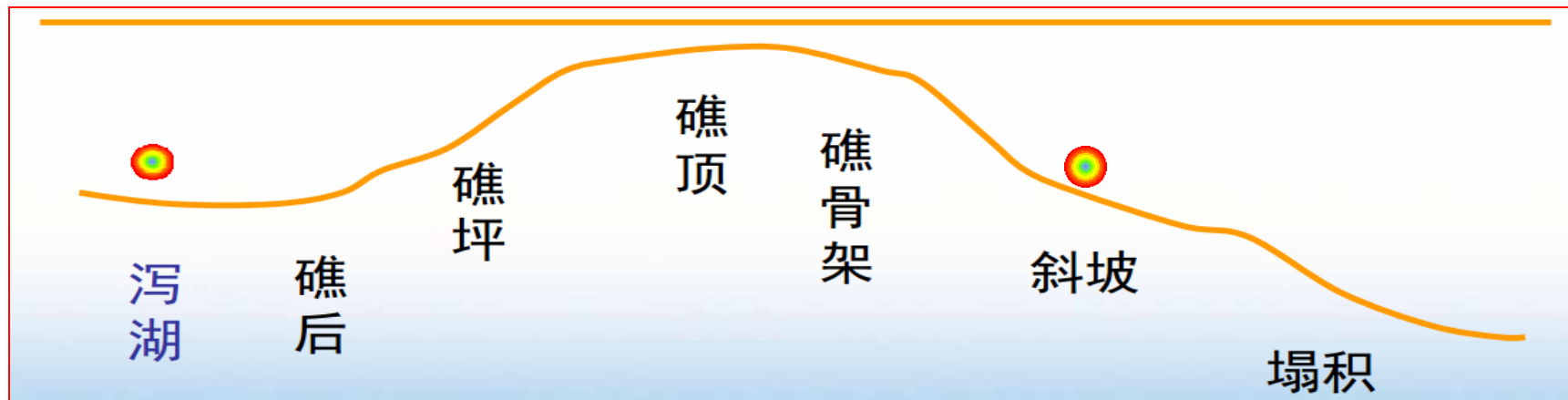
以灰泥为主，可发育砂屑、生物碎屑、少量斑礁。

#### 6、礁斜坡相-礁复合体的礁骨架相向海一侧（水深20-50m）

较陡的斜坡，倾角一般为 $50-90^\circ$ ；波浪能量较低，阳光不充足；

沉积物主要来自礁复合体浅水部分，与原地生物（软体板状珊瑚、硬海绵）一块儿堆积，分选中等到差。

**沉积物呈透镜状，下部比上部厚。**



# 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

## 二、礁复合体沉积模式

### 7、近侧塌积岩相—礁斜坡之下的相带，近源塌积（水深变化大）

波浪能量低，光线微弱；

沉积物，以重力流沉积为主，含大量来自礁复合体的碎屑和少量活着的钙质生物；礁岩碎块有时较大，粒径可达几米以上；

横向上层状构造和零星的生物潜穴是常见沉积构造。

### 8、远侧塌积岩相—塌积岩相的下斜坡，远源塌积

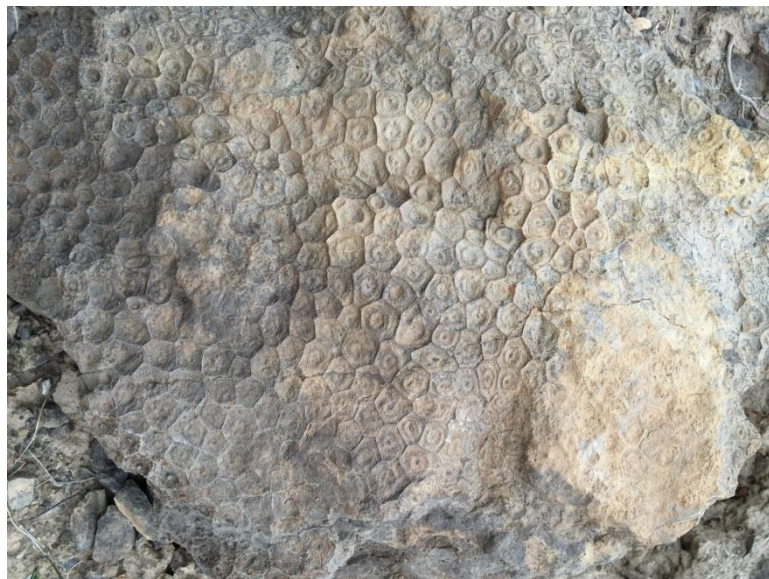
沉积物粒度较细，含大量浮游生物，是浮游生物和来自礁复合体细粒碎屑物质的混合沉积体；

与近侧塌积岩之间渐变。



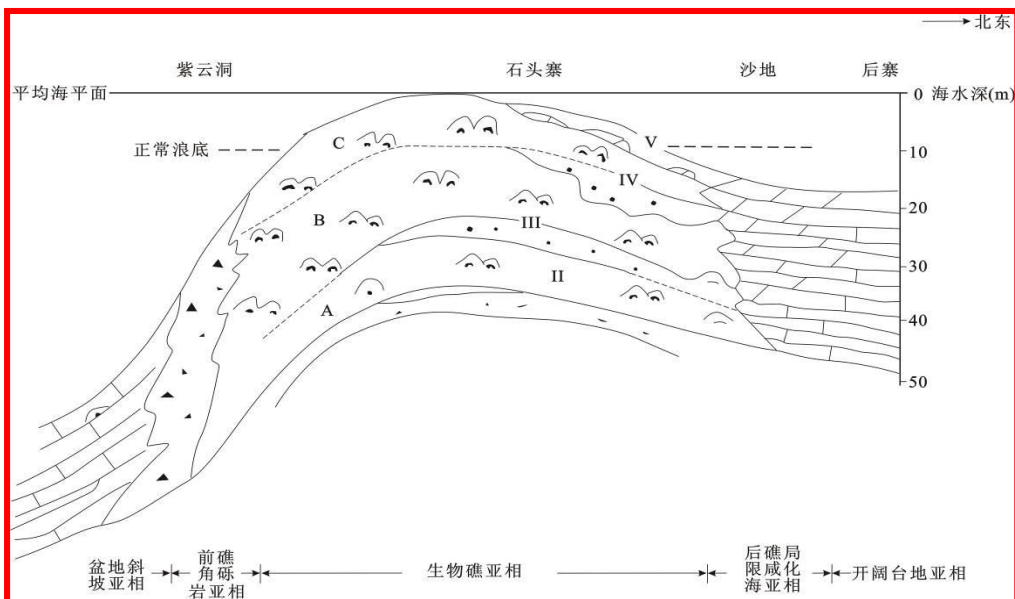
## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

柴达木盆地石炭纪珊瑚礁



## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

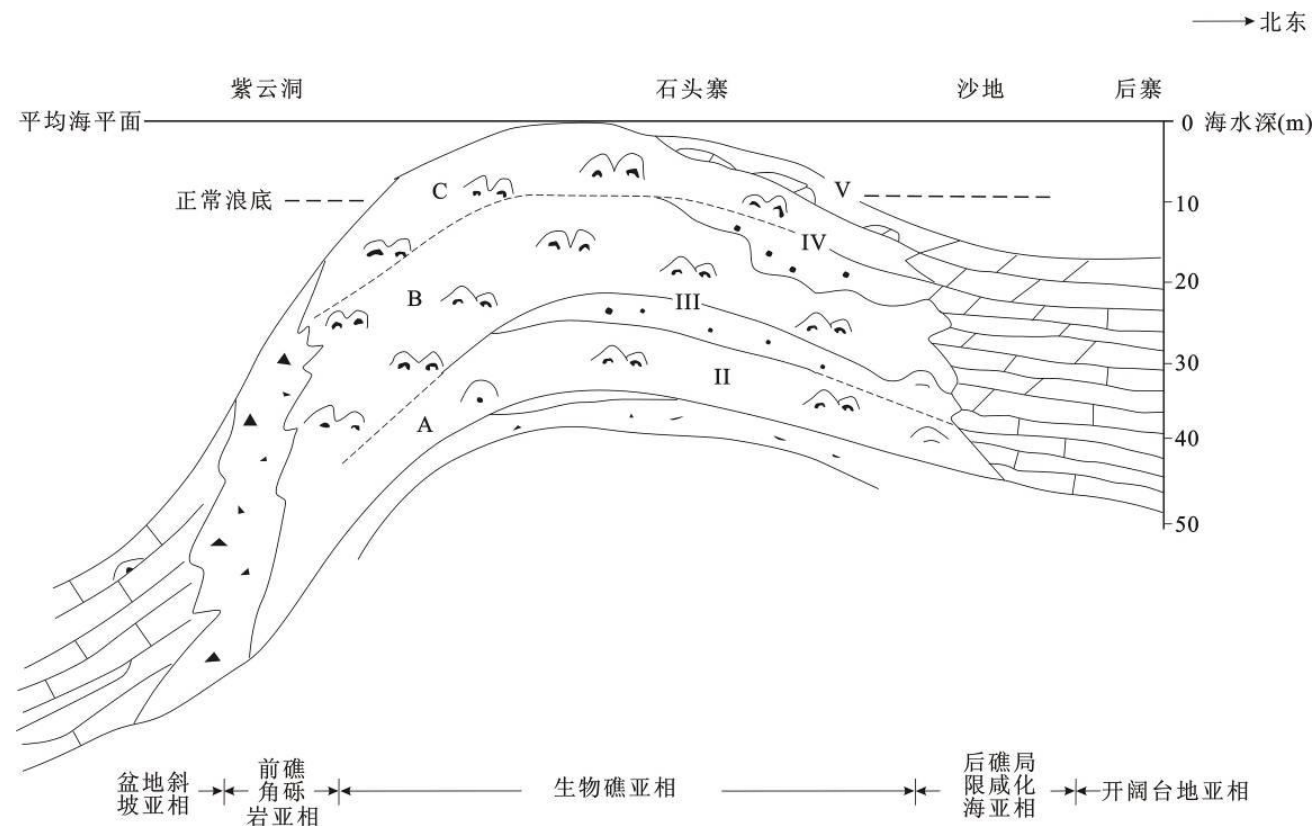
贵州紫云县长兴组台地边缘生物礁，礁体位于紫云县城近郊，具礁前、礁核和礁后的完整组合，其中礁核位于城东石头寨村（GPS: 25°44.965N, 106°05.755E），礁前止于城西紫云洞（GPS: 25°44.878N, 106°04.133E），礁后止于城东谈陆寨村（GPS: 25°45.533N, 106°05.829E），延伸16km。



贵州紫云晚二叠世生物礁模式（据曾鼎乾等，1984）

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

贵州紫云县长兴组的台地边缘生物礁，礁体厚约149m，成礁期为长兴期，造礁生物以海绵为主，次为水螅，另有少量苔藓虫、床板珊瑚等。附礁生物有管壳石、双壳类、腕足类和有孔虫等。



I-生物碎屑灰岩浅滩微相；

II-海绵礁灰岩微相；

III-藻屑礁灰岩微相；

IV-灰岩礁角砾岩微相；

V-白云化礁灰岩微相。

A-蓝绿藻缠结“枝状”海绵造礁生物带；

B-块状海绵造礁生物带；

C-前管孔藻造礁生物带

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

礁核亚相：厚约149m的礁核部分自上而下分为5个微相：

V-白云岩化礁灰岩微相：礁体顶部常见黄灰色微晶白云岩化礁灰岩；

IV-角砾岩微相：角砾为黄灰色泥灰岩，棱角明显，多为长条状；

III-藻屑灰岩微相：礁灰岩中透镜状分布，藻屑占69%，亮晶胶结；

II-海绵礁灰岩微相：浅灰色亮晶海绵礁灰岩，生物含量30-50%；

I-生物灰岩浅滩微相：位于礁基底，由亮晶棘屑灰岩组成。



V-白云岩化礁灰岩微相



藻屑灰岩溶蚀孔中见到沥青



IV-角砾岩微相

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

礁前亚相：仅发育礁前角砾岩亚相。角砾成分以礁灰岩为主，棱角分明，大小不等，杂乱排列，亮晶胶结。

礁后亚相：仅有局限蒸发白云岩微相。礁体靠台地一侧常横向变为微晶白云岩，生物稀少。



紫云洞礁前含生屑  
角砾灰岩



谈陆寨礁后灰色白  
云质灰岩



谈陆寨礁后白云质灰岩  
裂缝充填沥青



# 第三节 礁分布规律及其与油气关系

---

## 一、礁分布的控制因素

- 海平面升降—礁生存在一定的海水深度
- 大地构造位置
  - 受构造大陆架控制，在浅水，无碎屑物质环境中沉积
- 地貌影响
  - 岸礁和堡礁严格受海底地貌和海岸带地貌特点控制
  - 平缓地貌有利于礁生长
- 沉积环境影响
  - 水温、水清洁程度、有机物质和 $\text{CaCO}_3$ 的供给、盐度等
  - 不同类型礁分布于不同沉积环境。
- 生物群落
  - 控制礁分布重要因素之一，成礁的关键性要素；
  - 造礁生物形成各种生态骨骼、或形成丘礁；
  - 礁在各个时代均有分布，但组成的生物群落不同。

# 第三节 礁分布规律及其与油气关系

---

## 二、中国的生物礁分布

- 震旦系——中西部地区
- 下古生界——扬子地台
- 上古生界和三叠系——中国南方
- 第三系——珠江口盆地

## 三、礁分布与油气的关系

- 礁成群或成带分布—分布广
- 较高的孔渗性
  - 孔隙度大于10%，渗透率在100md以上
  - 孔渗性相当不均，礁核相孔渗性最高
- 发育有良好的生储盖组合
  - 潟湖和盆地沉积物可作为良好的盖层
- 礁核常构成礁型油气田
  - 油气分布不一定是受礁核相带制约，可能由成岩作用引起

### 第三节 礁分布规律及其与油气关系

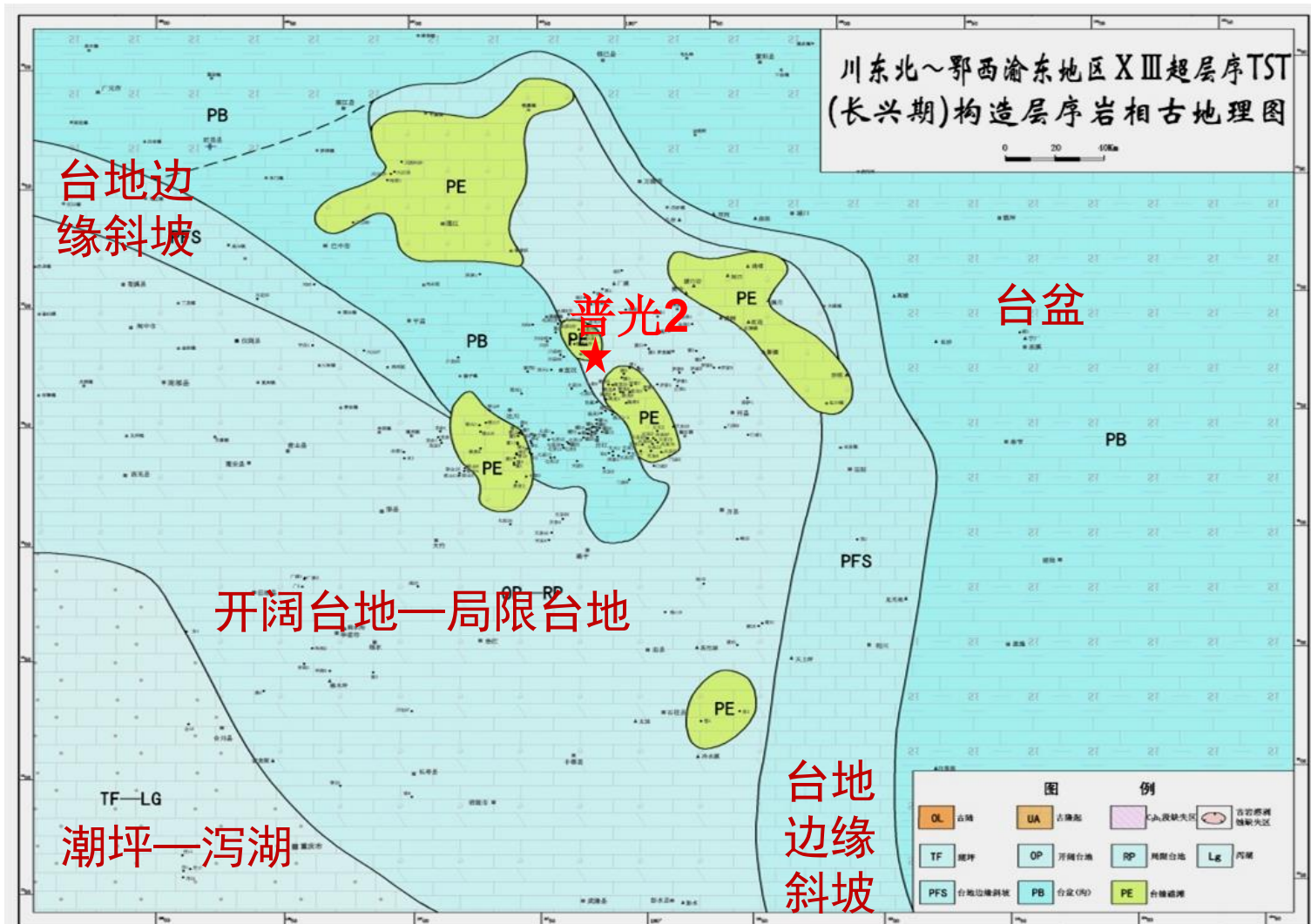
---



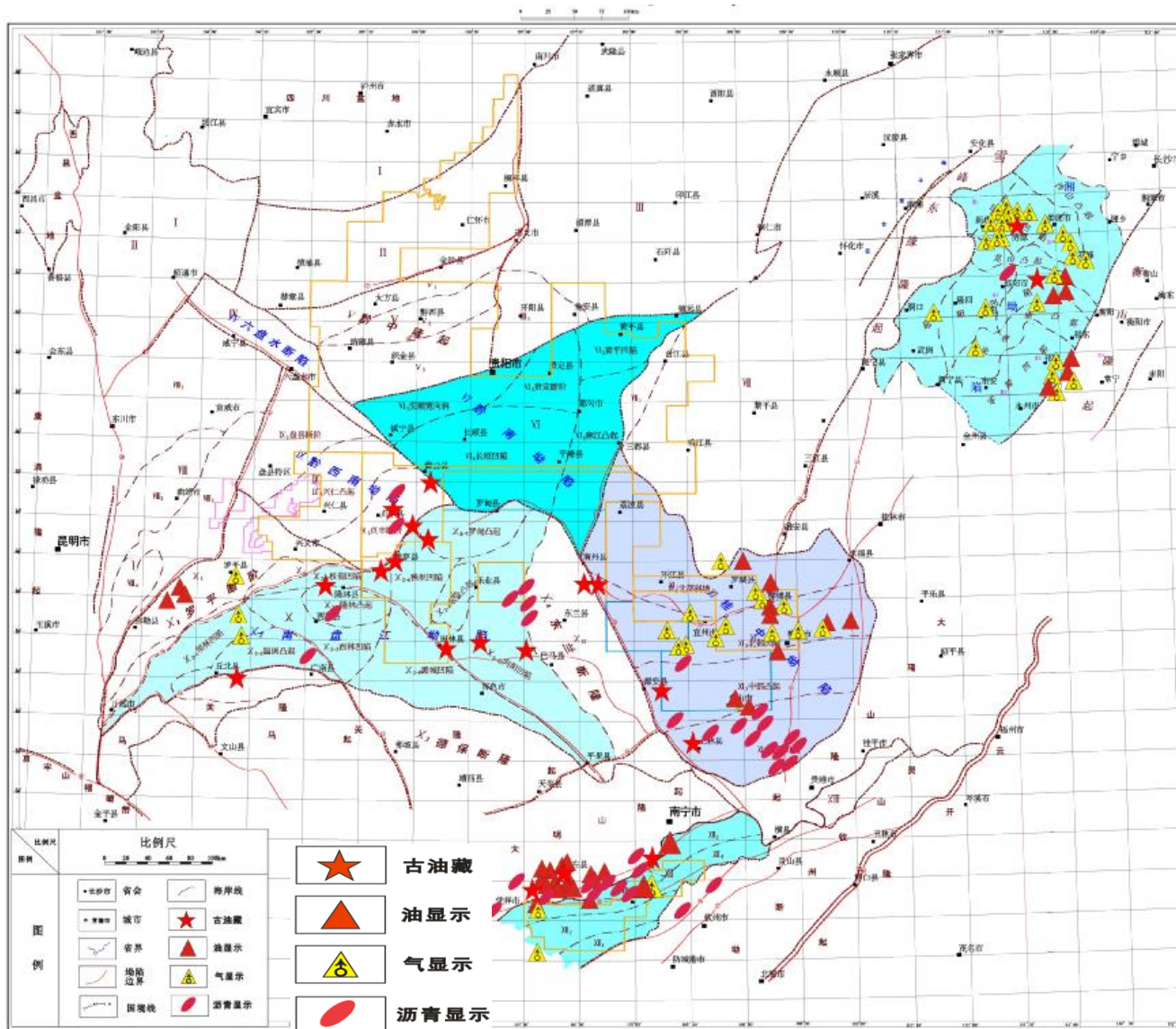
志留系翁项群二段珊瑚灰岩方解石晶洞充填原油

# 第三节 礁分布规律及其与油气关系

在中上扬子地区，海相油气勘探，尤其以川东北地区礁滩相储层为重点展开勘探取得了重大突破。



# 第三节 礁分布规律及其与油气关系



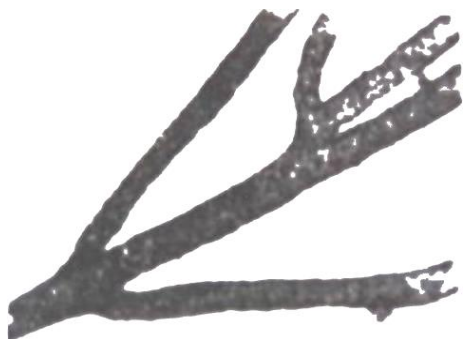
黔桂湘地区油气显示70余处, 古油藏出露20余处 (生物礁型)

# 第三节 礁分布规律及其与油气关系

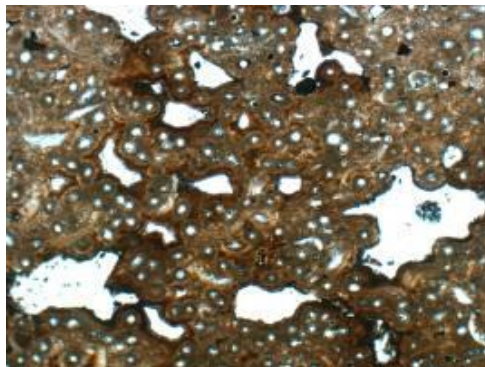
湘桂地区古油藏类型			
名称	时代	类型	位置
广西南丹大厂古油藏	D <sub>2</sub>	生物礁型	桂中坳陷
广西隆林安然古油藏	D <sub>2</sub>	生物礁型	南盘江坳陷
广西亭亮老虎山古油藏	P <sub>1</sub>	生物礁型	南盘江坳陷
广西岜西古油藏	P	潜山型	南盘江坳陷
广西崇左古油藏	T <sub>1</sub>	鲕粒滩潜山型	南盘江坳陷
贵州望谟岜赖古油藏	P	生物礁型	黔南坳陷
贵州紫云石头寨古油藏	P	生物礁型	黔南坳陷
贵州册亨板街古油藏	P <sub>2</sub>	生物礁型	黔西南坳陷
广西百色田林玉凤古油藏	P	生物礁型	南盘江坳陷
湖南邵东保和堂古油藏	P <sub>2</sub>	砂岩型	湘中坳陷
贵州册亨赖子山古油藏	P <sub>2</sub>	生物礁型	黔西南坳陷
贵州望谟平绕古油藏	P <sub>2</sub>	生物礁型	黔南坳陷
广西巴马所略古油藏	P <sub>2</sub>	生物礁型	南盘江坳陷
广西河池拉朝古油藏	D <sub>2</sub>	生物礁型	桂中坳陷
湖南锡矿山杨家佬古油藏	C <sub>1</sub>	砂岩型	湘中坳陷
贵州贞丰白层镇古油藏	P	生物礁型	黔西南坳陷
广西南丹车河古油藏	D	生物礁型	桂中坳陷
广西上林六卡古油藏	D <sub>1+2</sub>	砂岩型	桂中坳陷

# 第三节 礁分布规律及其与油气关系

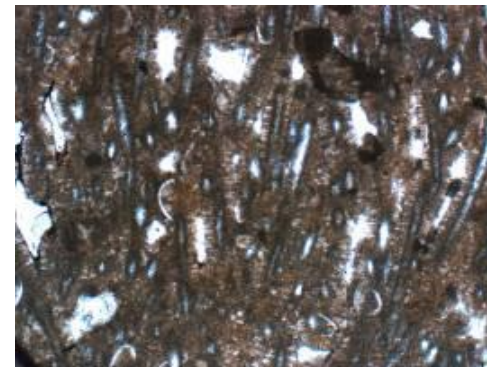
70年代以来，在平方王、义东和桩海地区沙四上亚段发现了管状藻礁灰岩。平方王地区中国枝管藻龙介虫礁灰岩约100km<sup>2</sup>。



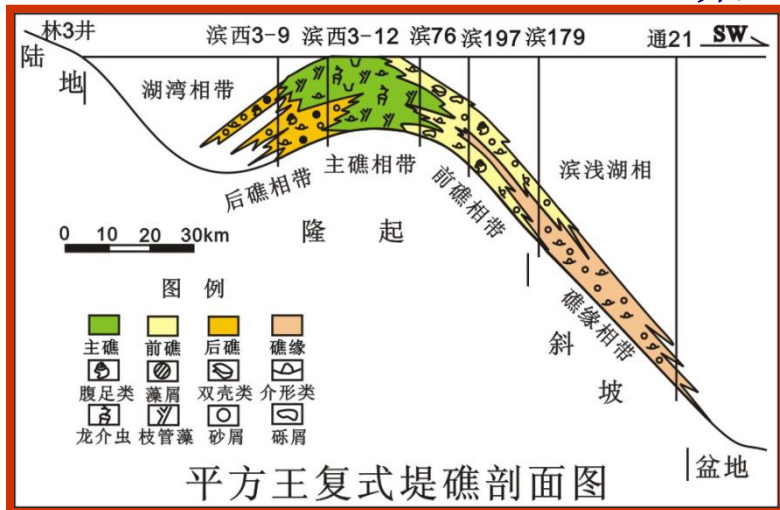
中国枝管藻树枝状藻枝体，  
Es<sub>4</sub><sup>U</sup>，×15（朱浩然，1979）



中国枝管藻横剖面（滨西3-12井，Es<sub>4</sub><sup>U</sup>，单偏光，×40）



中国枝管藻纵剖面（滨西3-12井，Es<sub>4</sub><sup>U</sup>，单偏光，×40）



济阳坳陷沙四上亚段藻礁灰岩分布（据钱凯等，1980改）

# 本章重点：

## 第一节 礁沉积环境及沉积作用

- 礁的概念★
- 礁的组成（礁核、礁翼、礁间）★
- 礁的形成与发展阶段★★

## 第二节 礁相和礁复合体沉积模式

- 礁复合体相带划分与特征★

## 第三节 礁分布规律及其与油气关系

- 礁分布的控制因素
- 礁与油气的关系★