

# 第五节 碳酸盐沉积物的成岩作用

( Diagenesis about Carbonate Sediments )

碳酸盐沉积物形成阶段

成岩作用阶段

碳酸盐岩

后生作用阶段

变质作用

风化作用

沉积后作用

成岩作用

后生作用



# 一、主要的成岩作用类型

1.溶解作用

2.碳酸钙矿物的转化作用和重结晶作用

3.胶结作用

4.交代作用

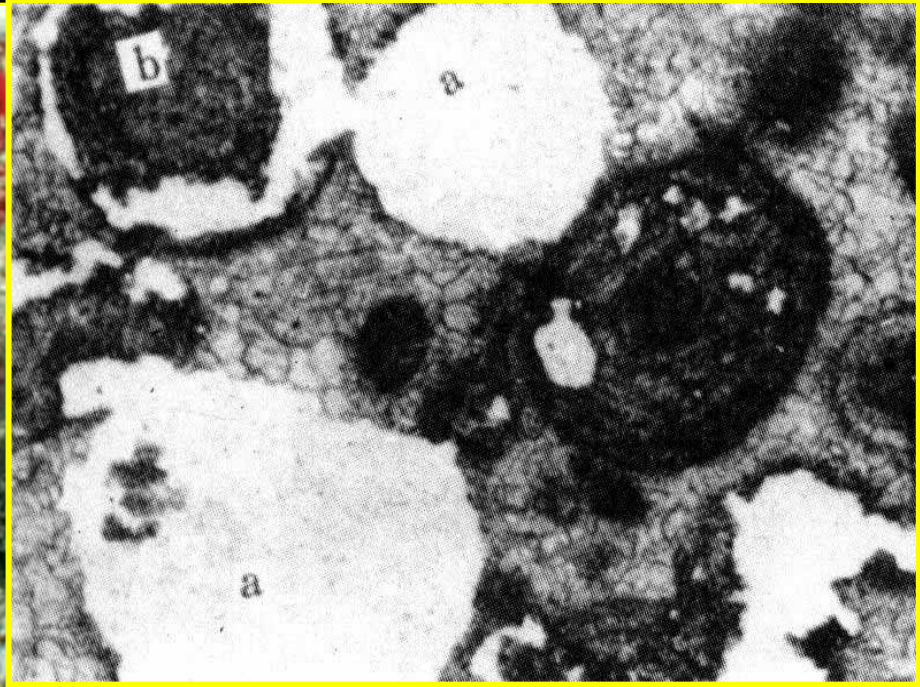
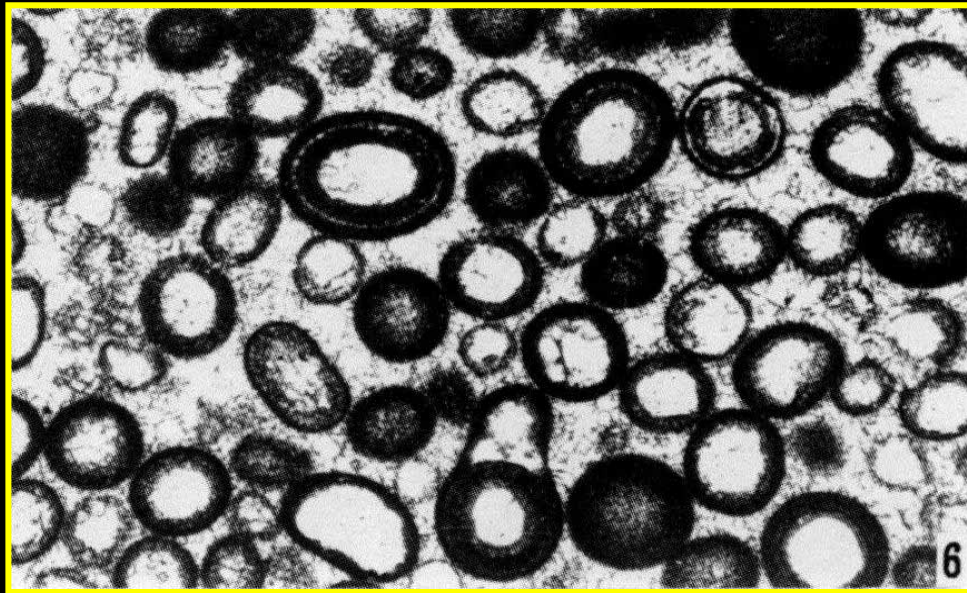
5.压实及压溶作用

## 1. 溶解作用 (Solution)

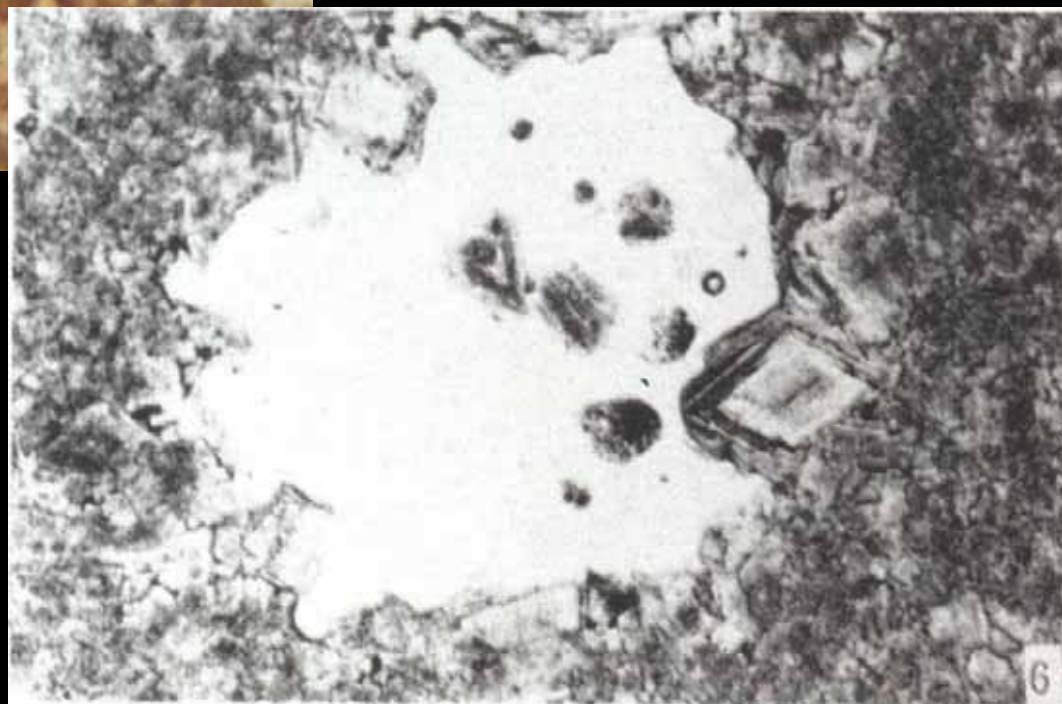
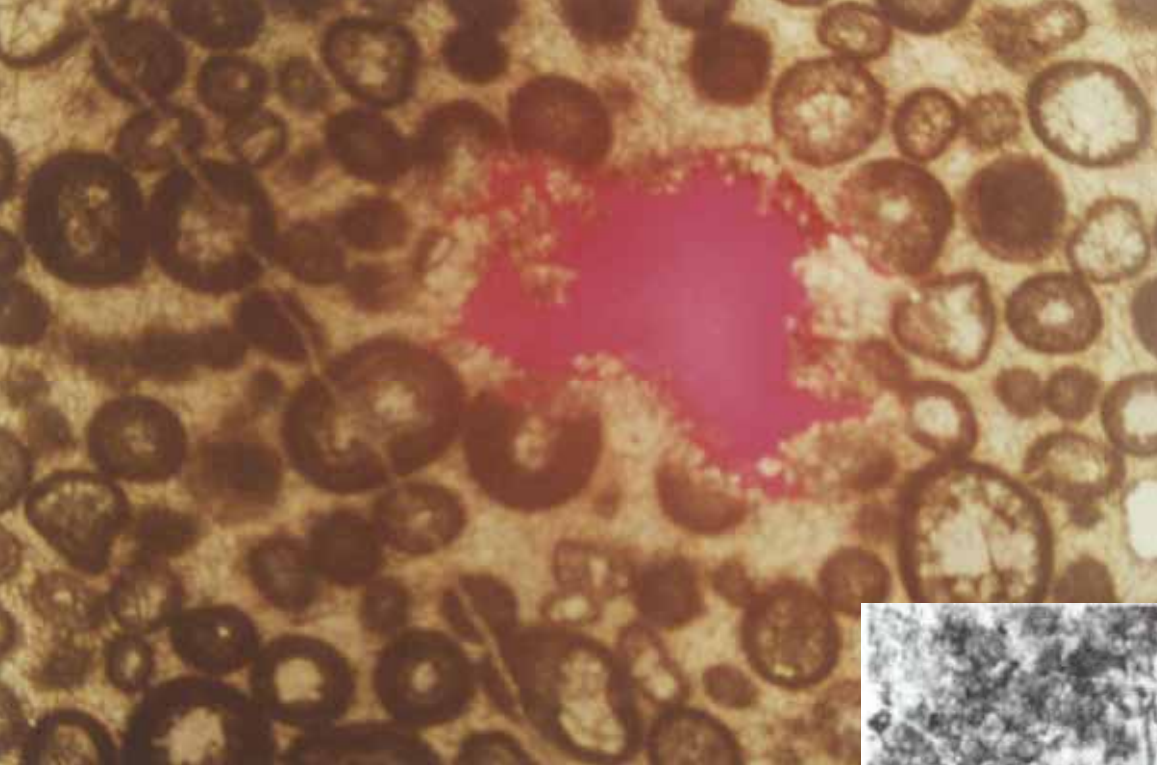
**定义：**碳酸盐沉积物或碳酸盐岩中孔隙水的性质发生变化，引起碳酸盐矿物或其他成分溶解

**特征：**

- 在各成岩阶段都可以发生
- 成岩作用早期的溶解具有选择性
- 成岩作用晚期的溶解不具有选择性

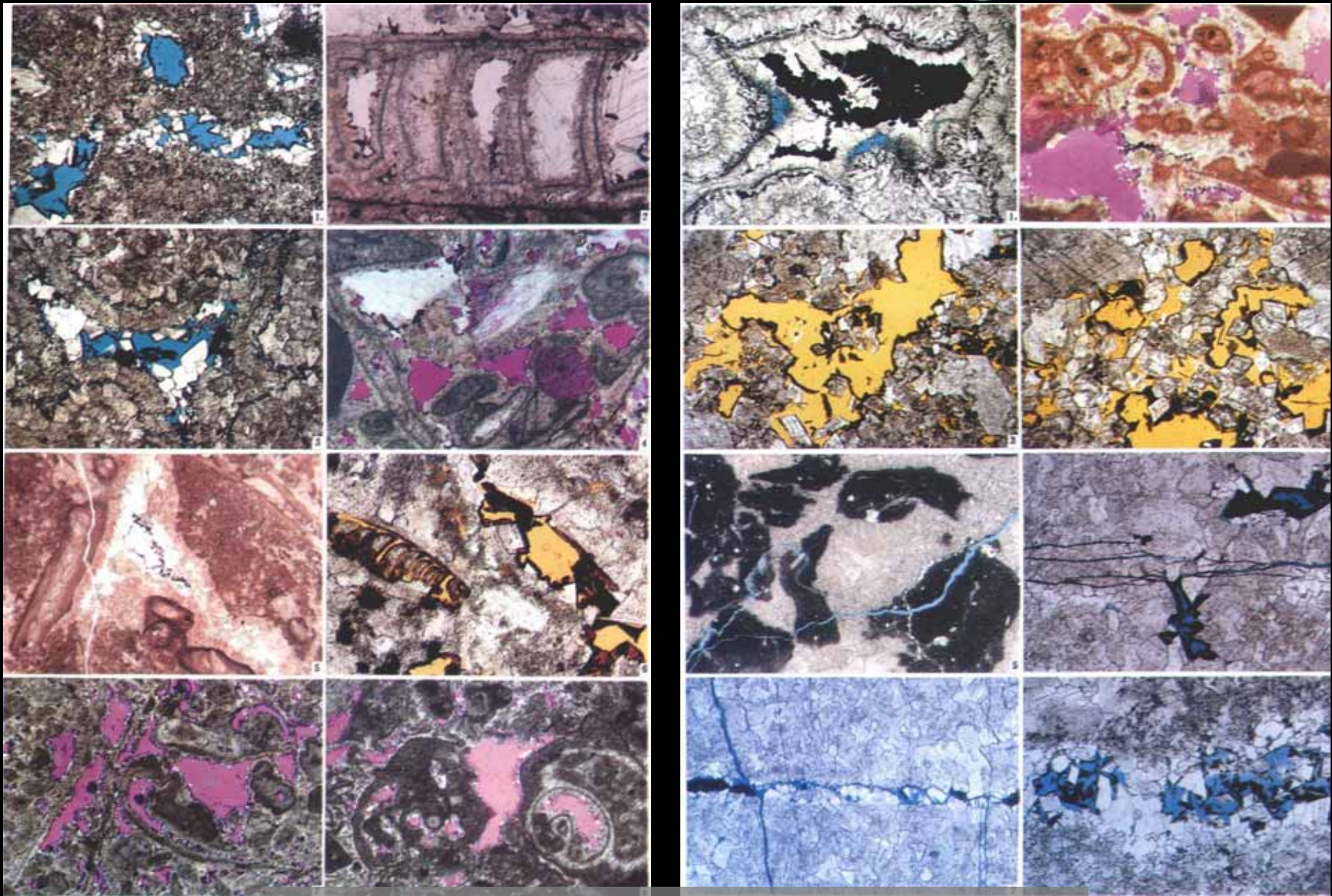






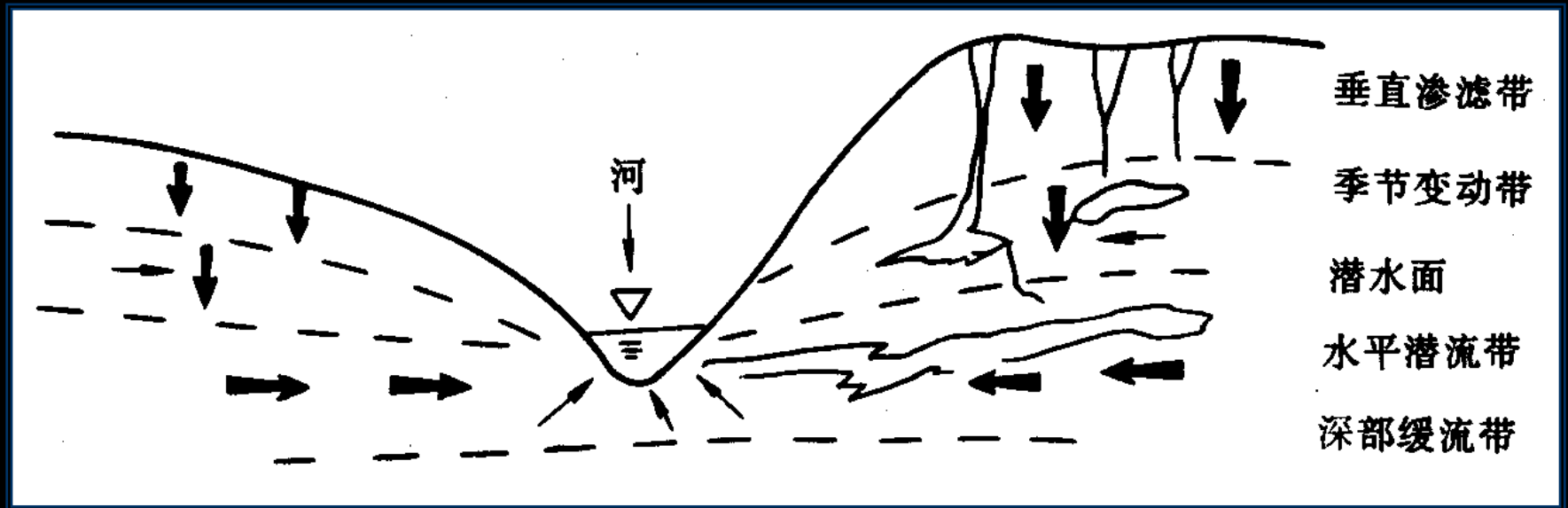
6. 细晶白云岩中的溶蚀洞。洞缘上白云石晶形很好，并嵌入洞中。T<sub>1</sub>y—9，单偏光，×24。





选择性溶解？非选择性溶解？

# 溶解的原因之一：露环境中大气淡水的淋滤









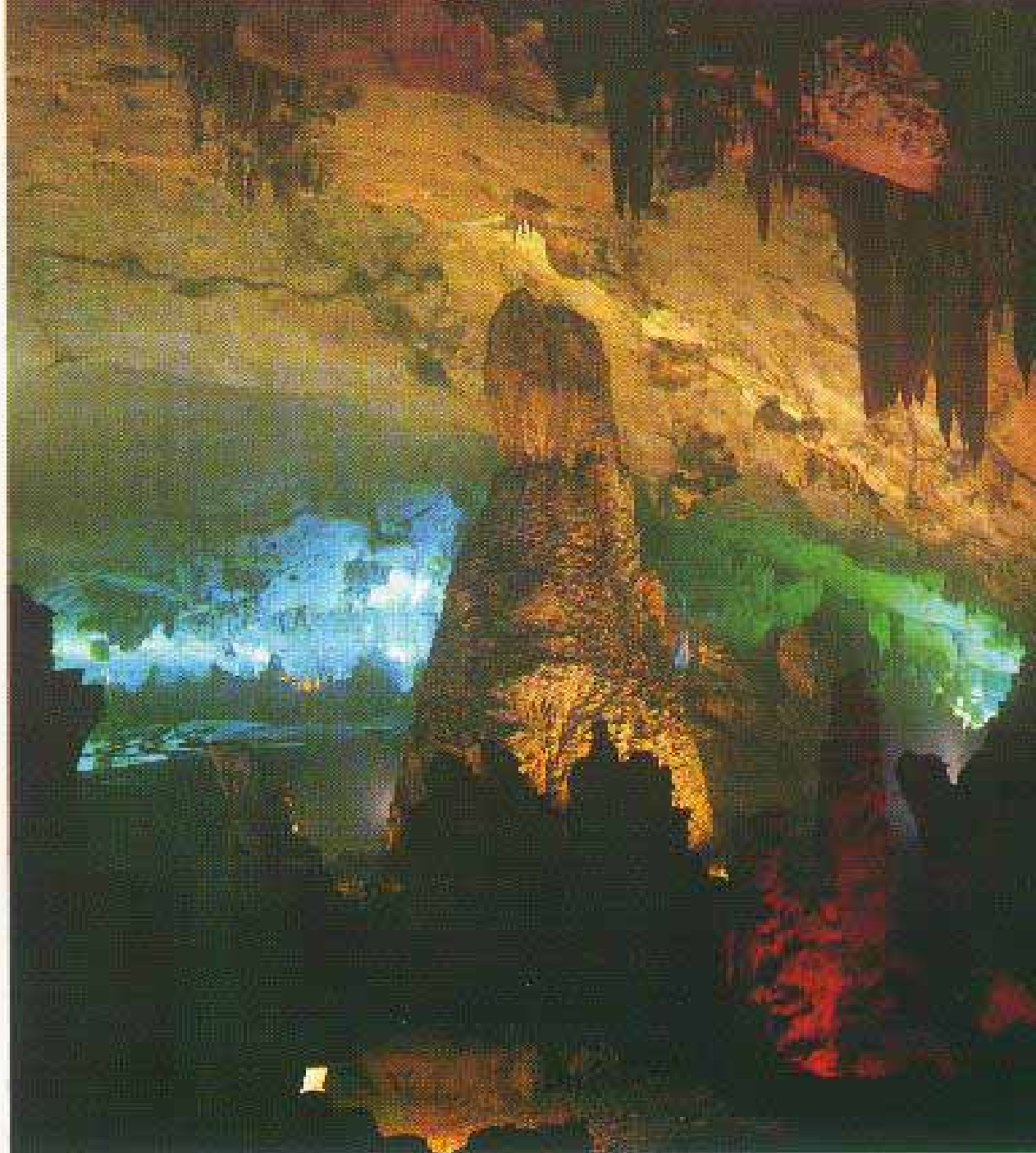


中扬子灯影组下段灰岩溶洞发育



中扬子河床全为灯影组灰岩，溶蚀











技科与设

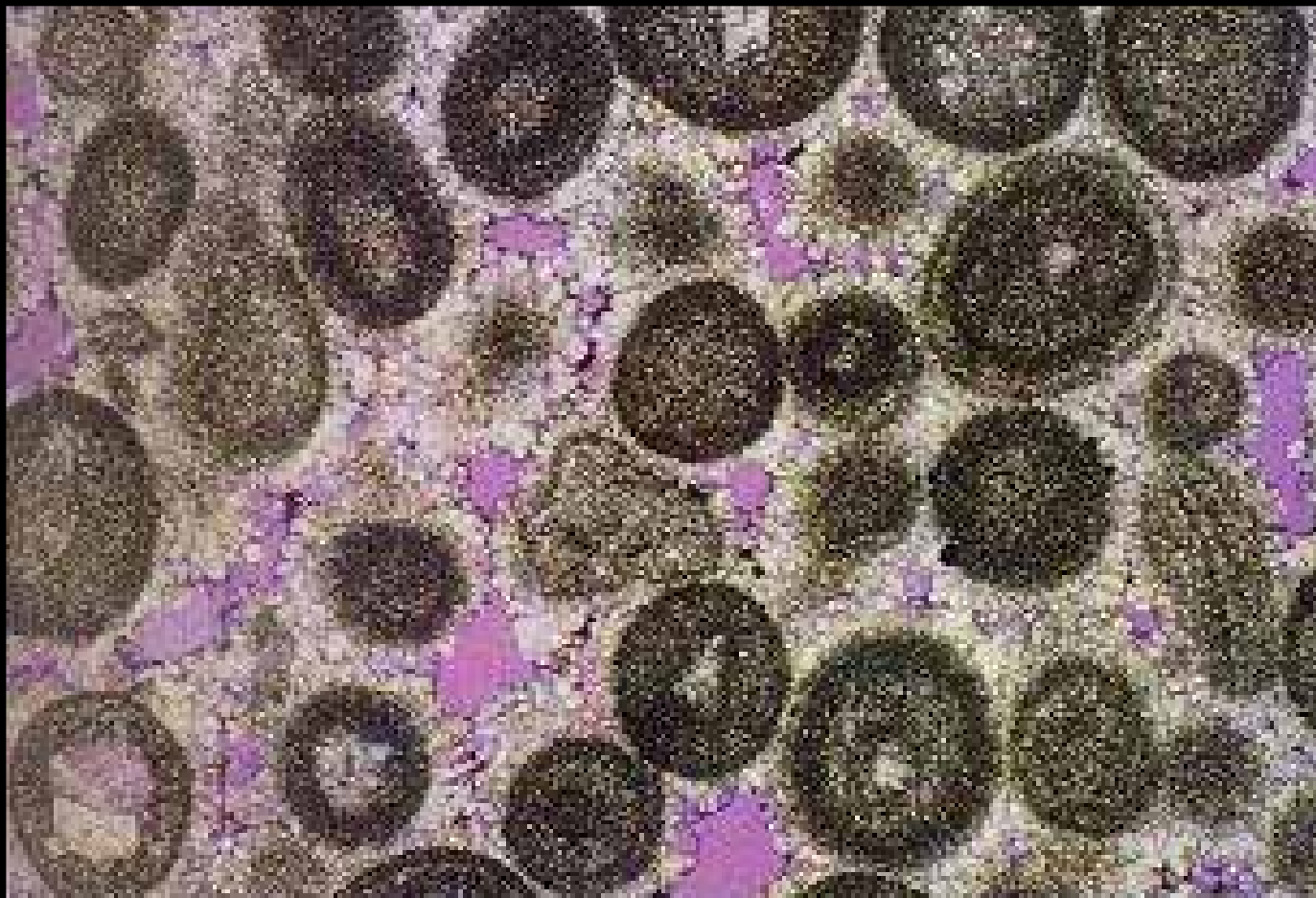
美石  
—— 设计 创意 景观 ——

2007/5/15 3:22pm





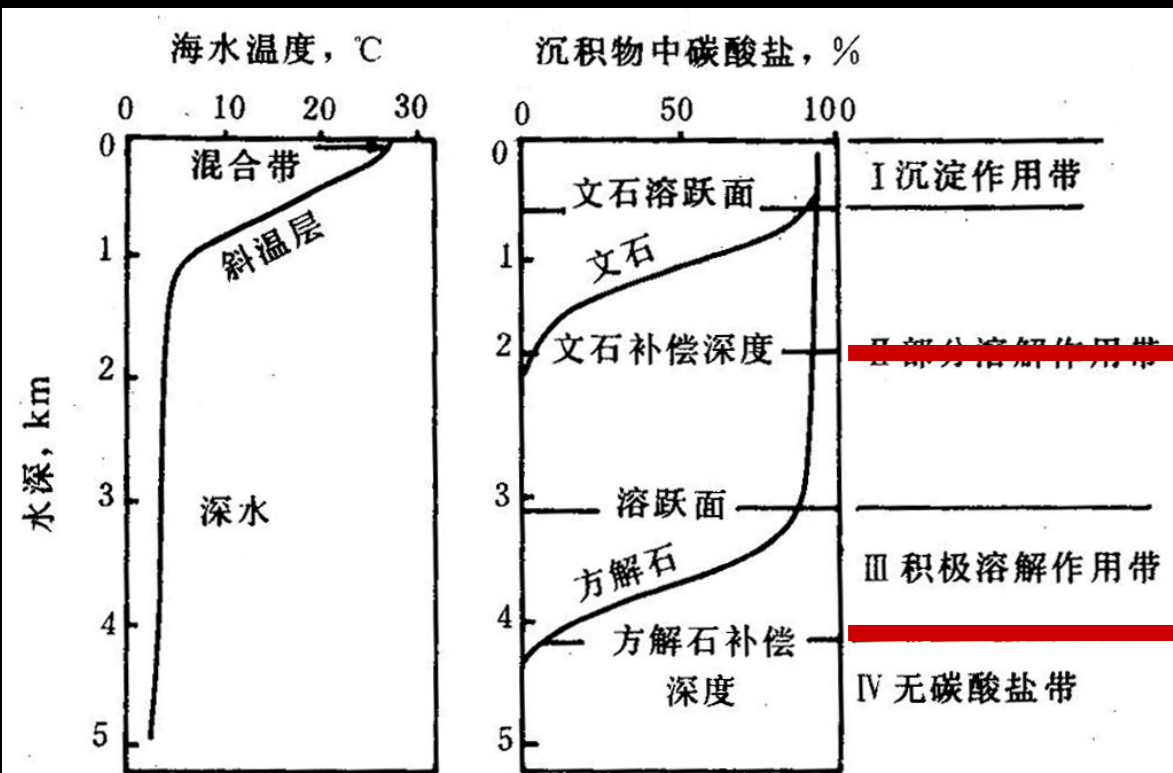
古风化壳型储层  
泥晶灰岩 板状膏盐假晶和晶溶孔，基  
质为泥晶方解石，正交偏光， $\times 25$ 。  
奥陶系马家沟组，河北省晋22井1357.0  
~1360.0m。



岩溶  
亮晶鲕粒灰岩 粒间溶孔，炭质沥青  
充填， $\Phi=3.27\%$ ， $K=9.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。正  
交偏光（+试板）， $\times 25$ 。  
三叠系飞仙关组，四川省邻水邻北2井  
2458.2~2458.6m。



# 溶解的原因之一：深海中存在CaCO<sub>3</sub>补偿深度

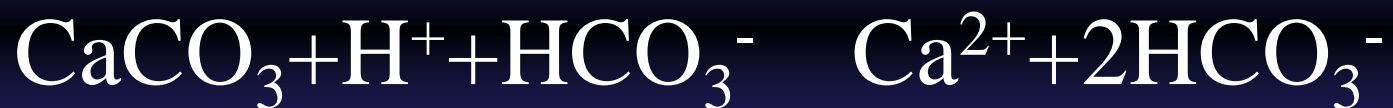


文石CCD面

方解石CCD面

现代热带海洋文石和方解石溶解度与成岩作用带示意图  
(据詹姆斯等, 1983)

**溶解的原因之三**：由于有机质的热演化和细菌的作用，在不同的成岩阶段，都可形成一定量的碳酸或有机酸，促使溶解作用的发生。





## 2. 碳酸盐矿物的转化作用和重结晶作用

( Inversion and Recrystallization of Carbonate Minerals )

### ( 1 ) 矿物的转化作用 ( Inversion of Minerals )

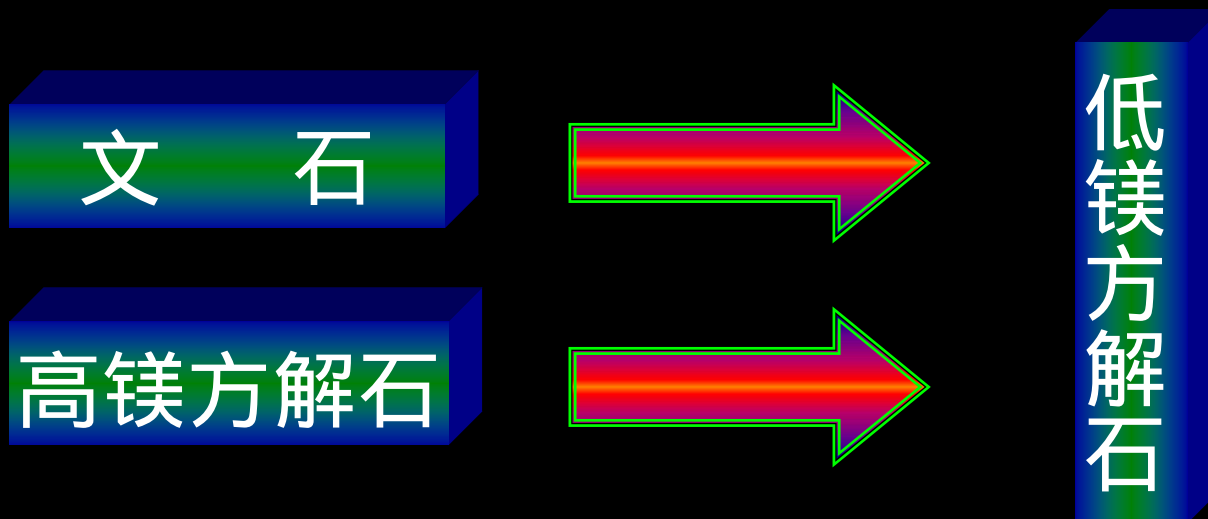
矿物的同质多象转化，即仅发生晶格和晶形的变化，并不发生化学成分的变化。

文石 (  $\text{CaCO}_3$  )  $\longrightarrow$  低镁方解石 (  $\text{CaCO}_3$  )

有化学成分的变化，但无晶格和晶形的变化。

高镁方解石  $\longrightarrow$  低镁方解石

# 方解石化 ( Calcitization )



## (2) 重结晶作用 (Recrystallization)

单纯的重结晶作用是指在成岩过程中，矿物的**晶体形状和大小发生变化**而主要矿物成分不改变的作用。

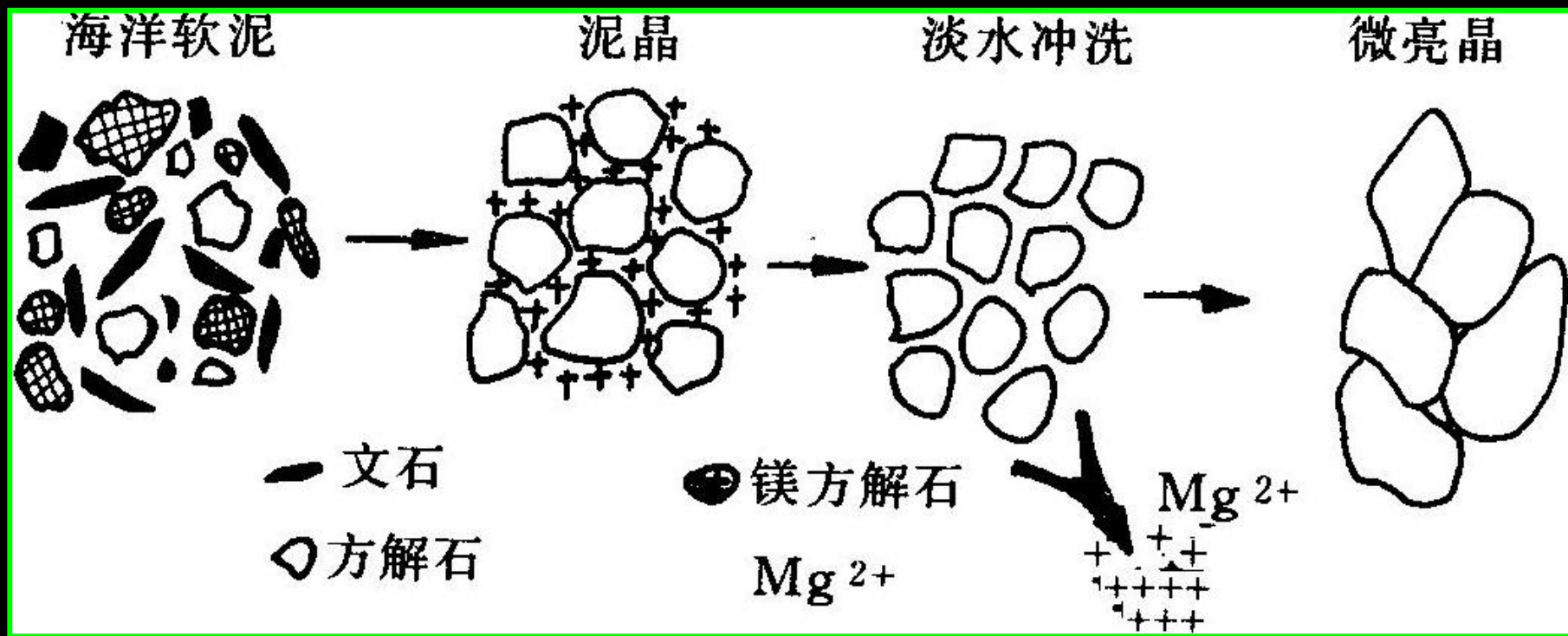
一般情况下趋向于出现**晶体长大**的现象，福克称之为“**进变新生变形**”作用。

特殊情况下也可能发生**晶体的缩小**，或称之为“**退变新生变形**”作用。



## 微亮晶的形成作用

某些古代泥晶石灰岩，其泥晶的粒径一般为 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ ，福克将这种方解石晶体称作“**微亮晶**”。





## 微泥晶的形成作用

由粒径仅 $1\ \mu\text{m}$ 左右的泥晶方解石组成，不透明，反向光下略带白色，福克称其为“**微泥晶**”。

微泥晶的原始成分可能也是镁方解石，在成岩作用过程中，由于富镁孔隙水产生的**镁离子的毒害效应**，阻碍了晶体的重结晶长大，最终只能形成极小的微泥晶结构。

### 3. 胶结作用 (Cementation)

**胶结作用**是一种孔隙水的物理化学和生物化学的沉淀作用，作用的结果是在粒间的孔隙中发生晶体生长，把碳酸盐颗粒或矿物粘结起来使之变成固结的岩石。





# (1) 碳酸盐胶结物的矿物成分和结晶形态

现代海洋碳酸盐  
胶结物的矿物成分

方解石 (低镁方解石)

文石

镁方解石 (高镁方解石)

白云石

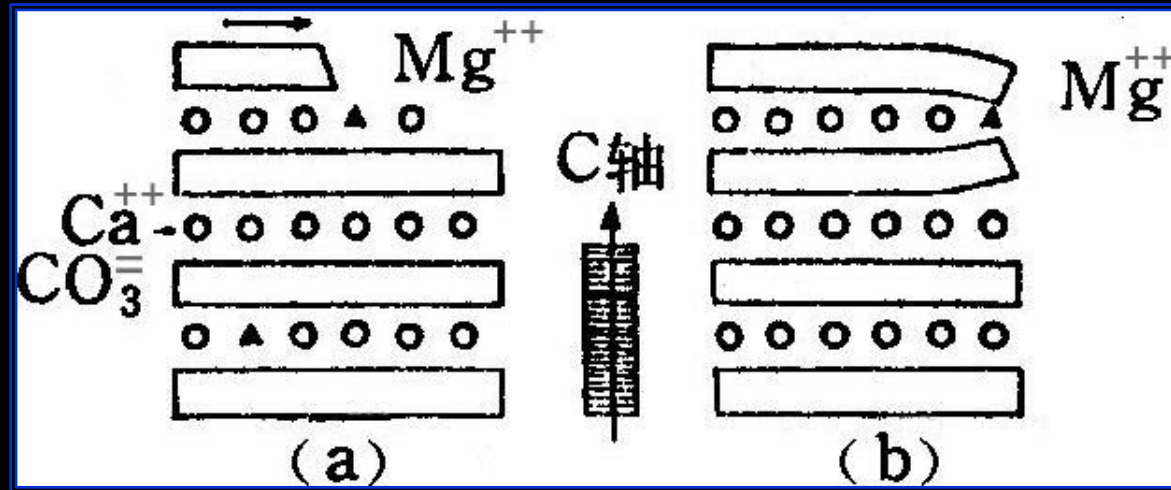
结晶形态

泥晶 (所有碳酸盐矿物)

纤维晶 (文石, 镁方解石)

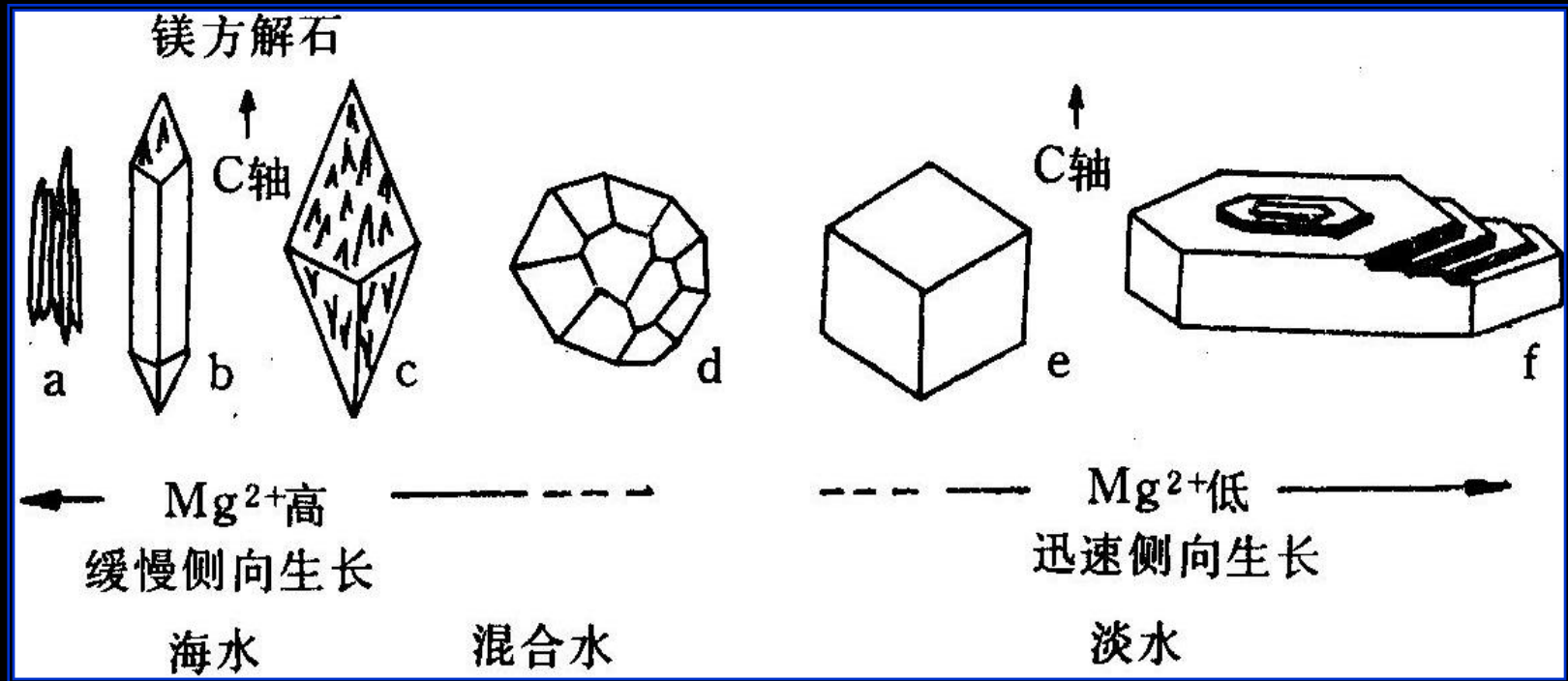
较粗的粒状晶体 (白云石, 方解石)

对于镁方解石的纤维状习性，福克提出**镁离子侧向“毒害”效应**的假说。



Mg<sup>2+</sup>进入正在生长的晶体顶端的Ca<sup>2+</sup>层内，若占据（a）所示的位置，不影响晶体的生长；若占据晶体边缘位置（（b）所示），由于Mg<sup>2+</sup>的半径较小，其上下的CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>层会把它包围起来，晶体构造发生变形，半径较大的Ca<sup>2+</sup>不能进入这一Ca<sup>2+</sup>层，从而限制了晶体侧向生长。

地表淡水含 $Mg^{2+}$ 极少，毒害性极小，生成的碳酸钙矿物多为低镁方解石，常具菱面体晶形。

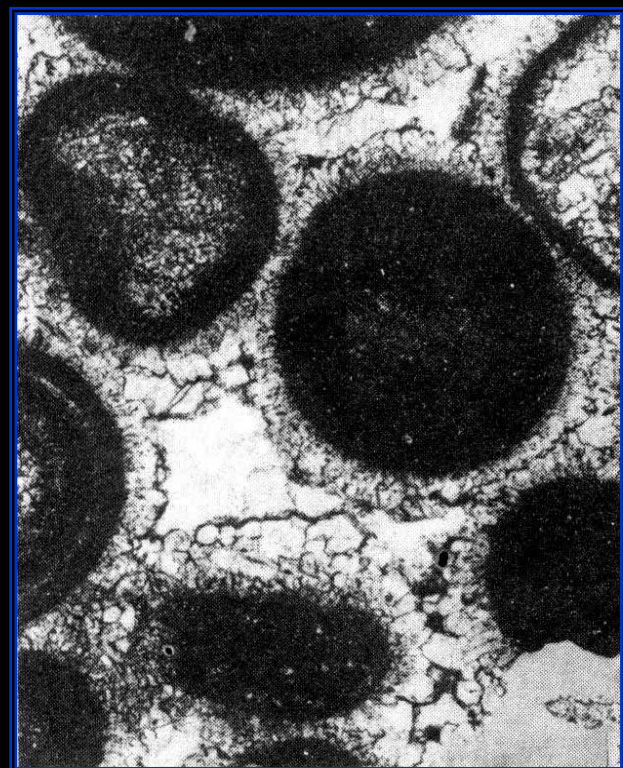
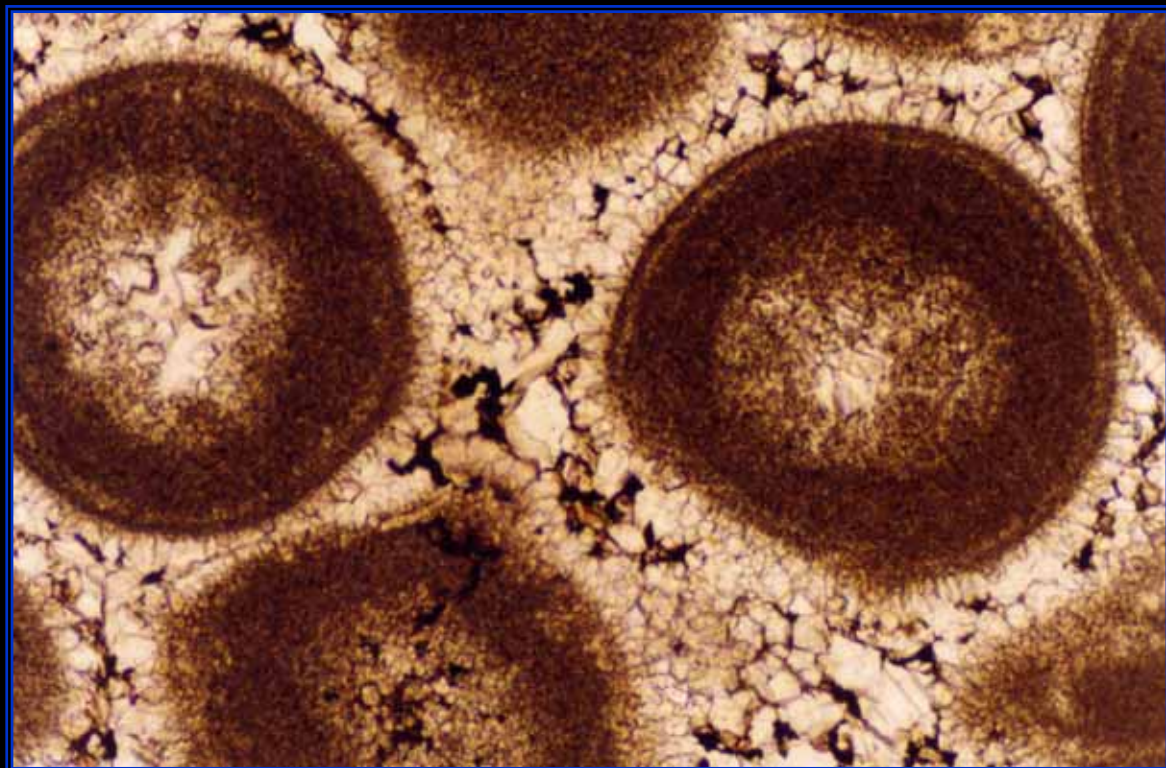


$SO_4^{2-}$ 和 $Fe^{2+}$ 对方解石的生长也具有选择性的毒害效应，但它们的含量微少。



## (2) 碳酸盐胶结物的世代

早期为薄边的纤维状、马牙状的无铁方解石，后期多为粒状方解石，按含铁量递减呈多期。





## 4.交代作用 (Replacement)

在碳酸盐沉积物或碳酸盐岩中，原来的矿物和组分为新矿物取代的作用叫交代作用。

碳酸盐岩中常见的交代作用有白云石化、去白云石化、硅化、石膏化和硬石膏化、去石膏化、菱铁矿化和黄铁矿化等。

## (1) 去白云化作用

方解石交代白云石的作用叫去白云化作用，交代完全时可形成交代石灰岩。

去白云化主要是在近地表、含石膏的白云岩或有石膏夹层的白云岩地区发生的，其过程是在富含硫酸盐的地下水的作用下进行的：



潮上带既可发生白云化也可发生去白云化。





一方面去白云化的副产物**泻利盐** ( $\text{MgSO}_4$ )  
**易溶**，故去白云化的岩石往往是**多孔而渗透性**  
**较差**的岩石，但另一方面，**去白云化形成的方**  
**解石比原来的白云石更易溶解**，又可使岩石的  
**渗透性变好**。

去白云化的同时伴有**去石膏化**作用。



## (2) 石膏化和硬石膏化作用

石膏和硬石膏交代碳酸盐矿物或组分的现象叫石膏化和硬石膏化。

## (3) 去石膏化作用

石膏和硬石膏晶体被碳酸盐矿物交代的現象叫去石膏化。



在白云石被方解石交代的同时，石膏的溶模孔隙还可以为方解石充填，这一过程即为**去石膏化作用**。





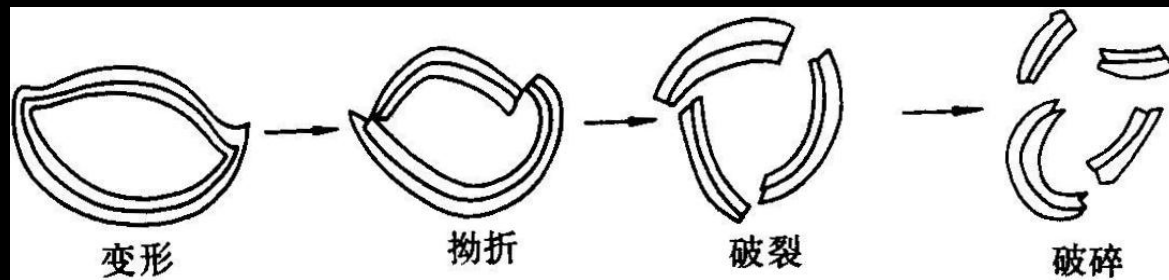
## 5. 压实和压溶作用

### ( Compaction and Pressure Dissolution )

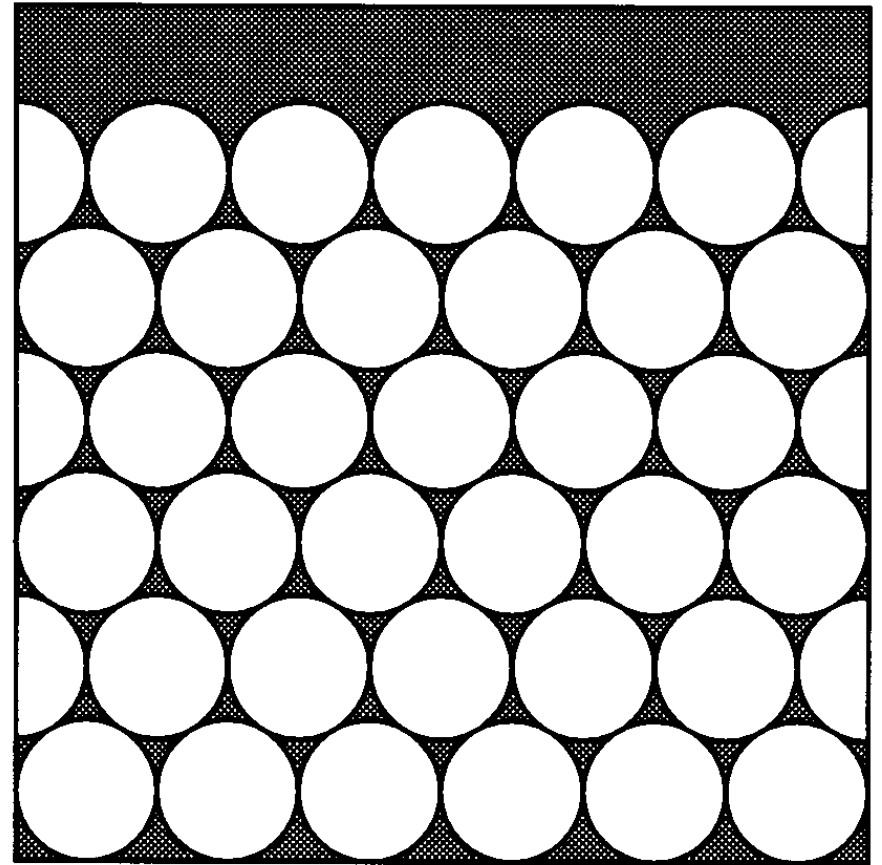
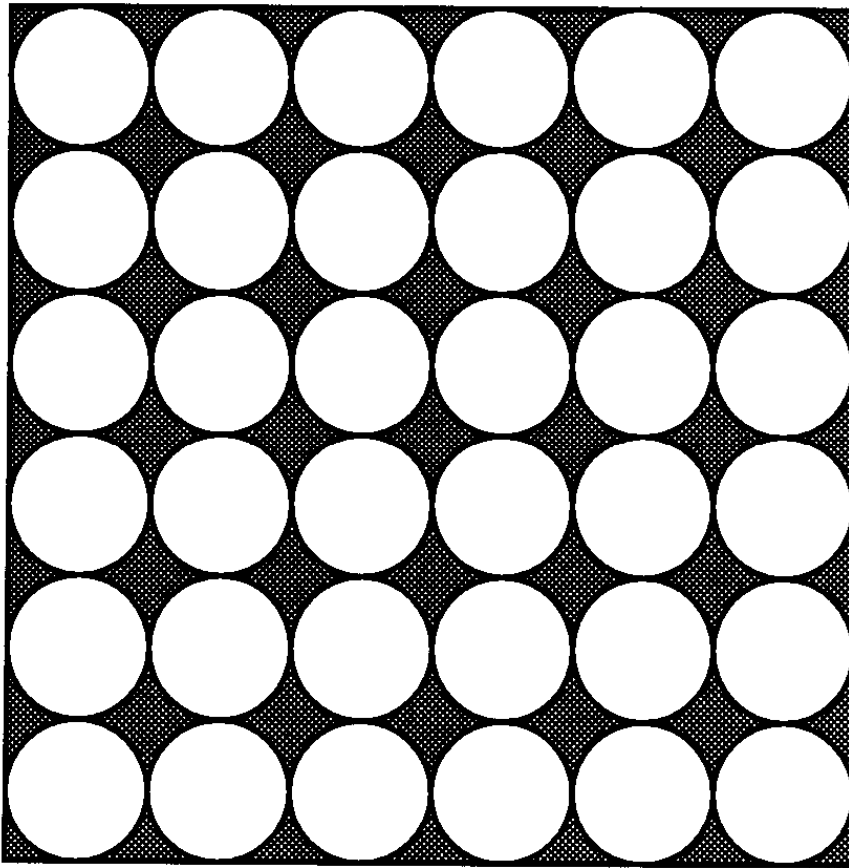
碳酸盐沉积物在上覆层的负荷压力下，发生孔隙流体的减少、孔隙度降低、沉积物密度增加、体积减小、颗粒变形破裂、甚至引起颗粒和岩石局部溶解的作用。

# (1) 物理压实作用 (Compaction)

早期发育的胶结作用或白云石化作用，极大地妨碍碳酸盐沉积物压实作用的进行。



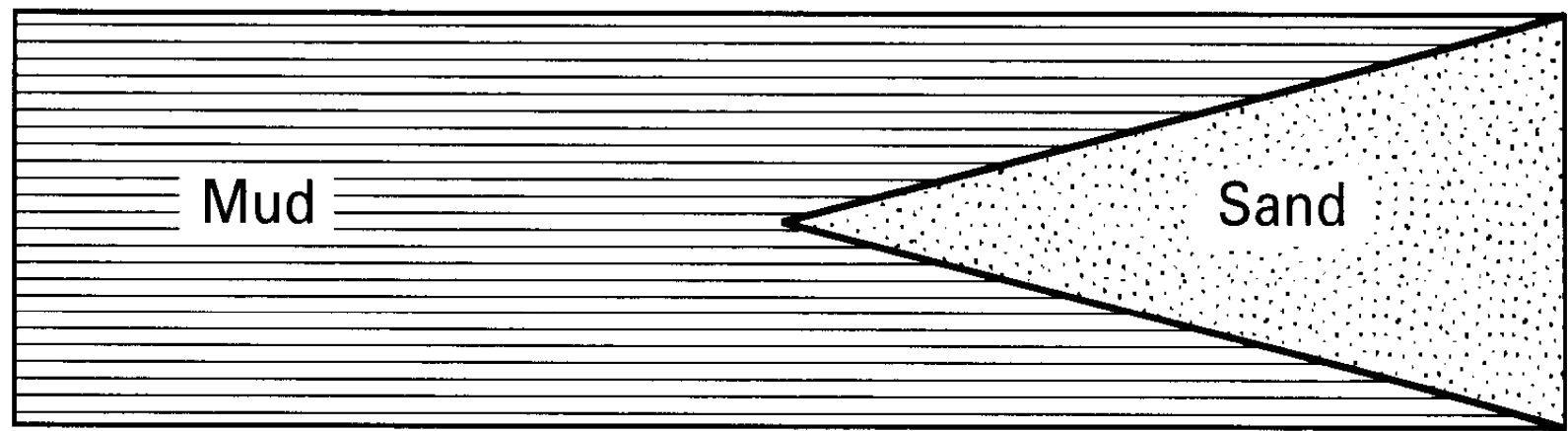
C-III-2, 压实作用, 鲕粒被压碎, 单偏光。



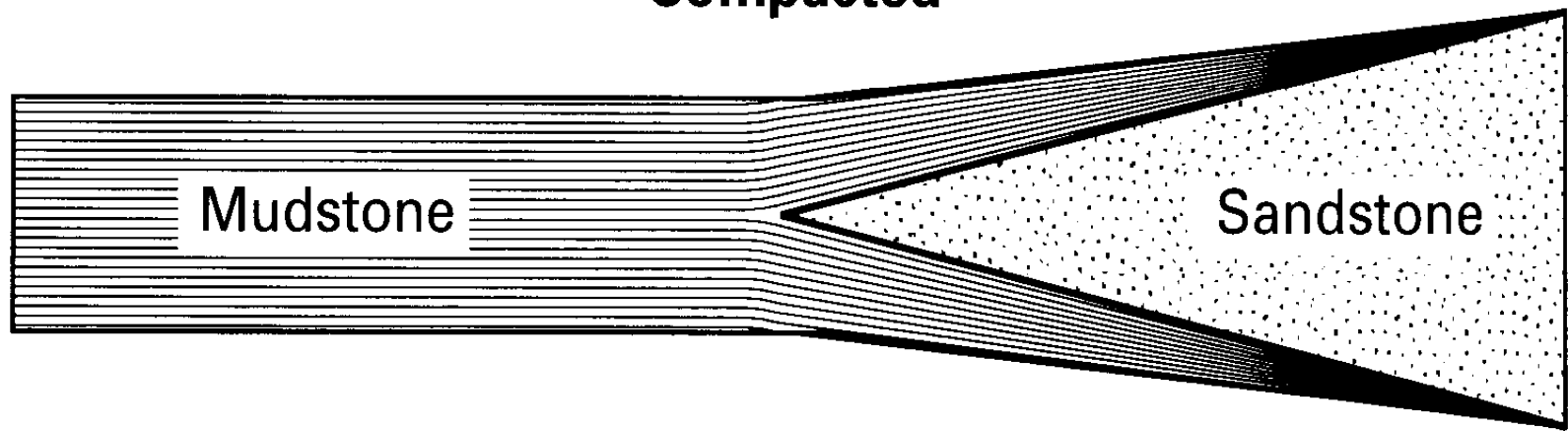
压实效应：水排出、最紧密堆积、孔隙减少、变致密



### Uncompacted



### Compacted





## (2) 化学压实作用——压溶作用 ( Pressure Dissolution )

**压溶作用**指在负荷或应力作用下，在颗粒、晶体和岩层之间的接触点上，受到最大应力和弹性应变，化学势能不断增加，使应变矿物的溶解度提高，导致在接触处发生局部溶解。

主要的压溶构造：

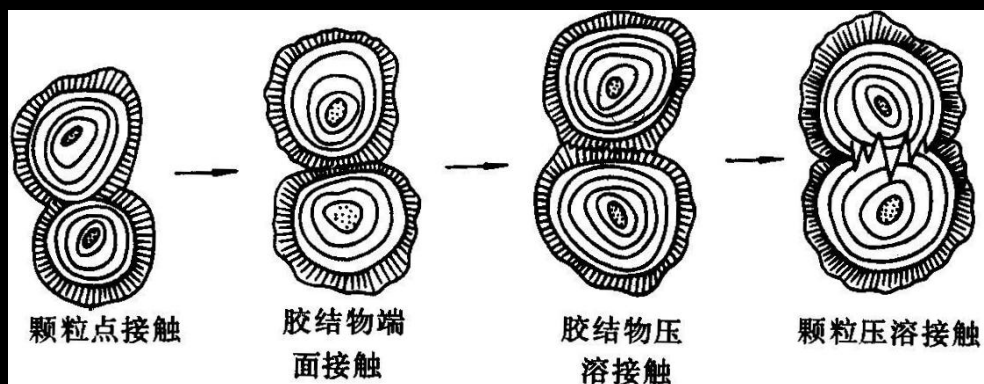
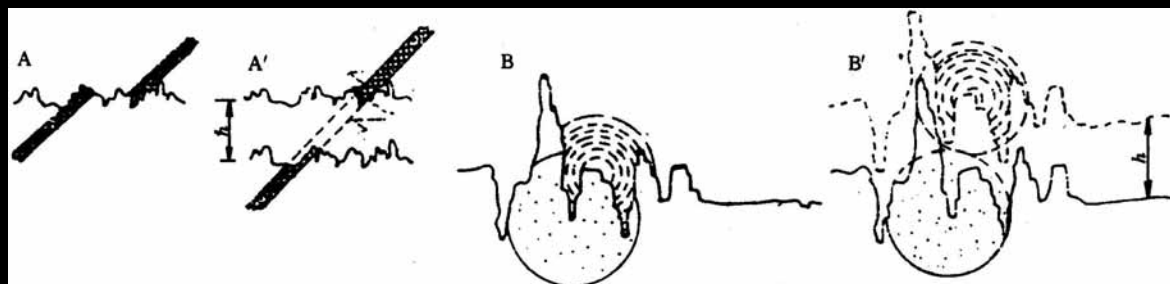
- (1) 缝合线
- (2) 颗粒间的微缝合线
- (3) 未缝合的缝，粘土缝、马尾丝脉、马尾丝缝、帚纹状纹层、波状纹层、假缝合构造



照片 V-11 藻鲎压溶作用

图为藻鲎遭受压溶作用，并形成缝合线。

莲沱L<sub>1</sub>T-15-B3 单偏光 照片长边长7.5 mm



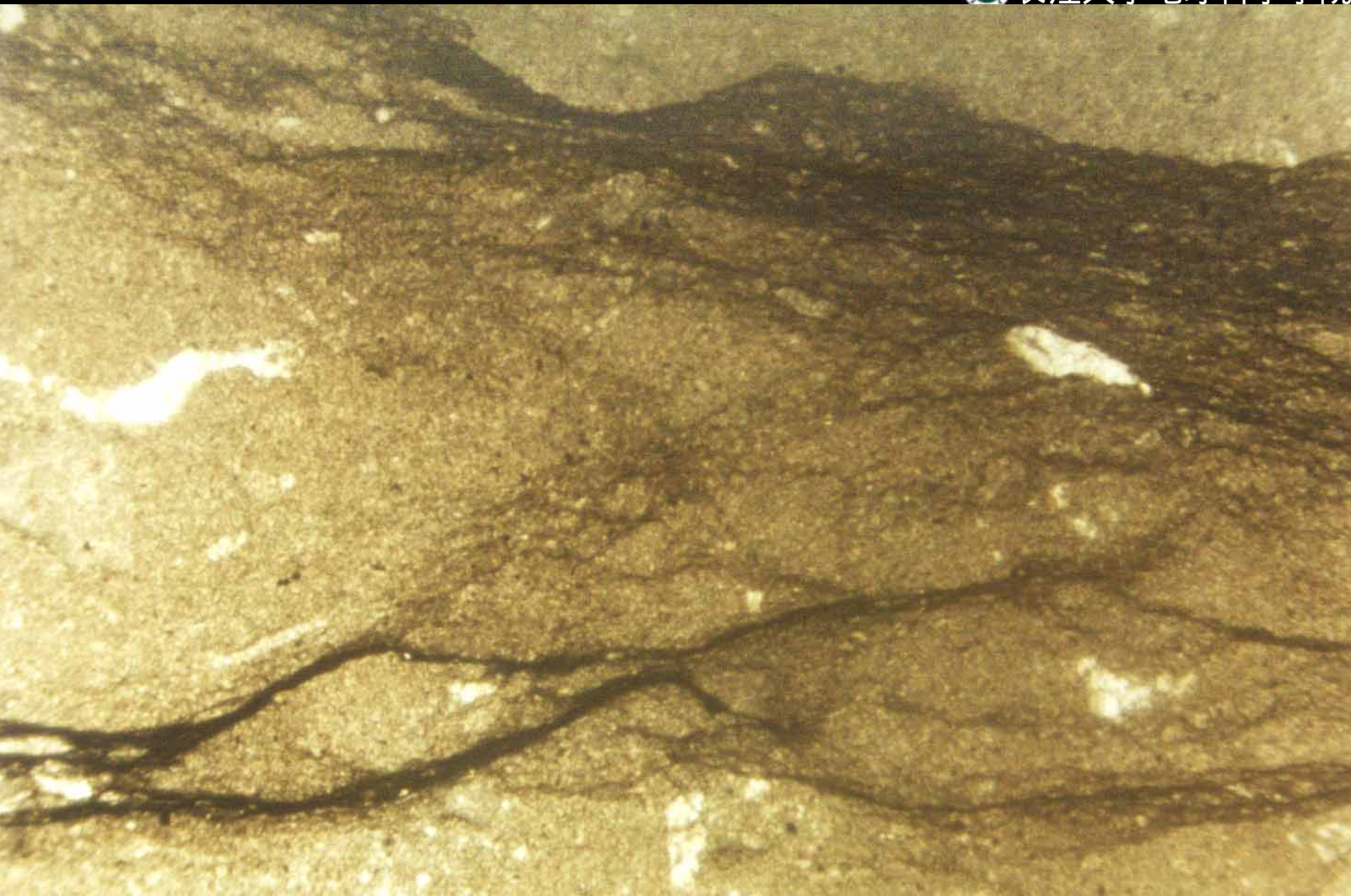






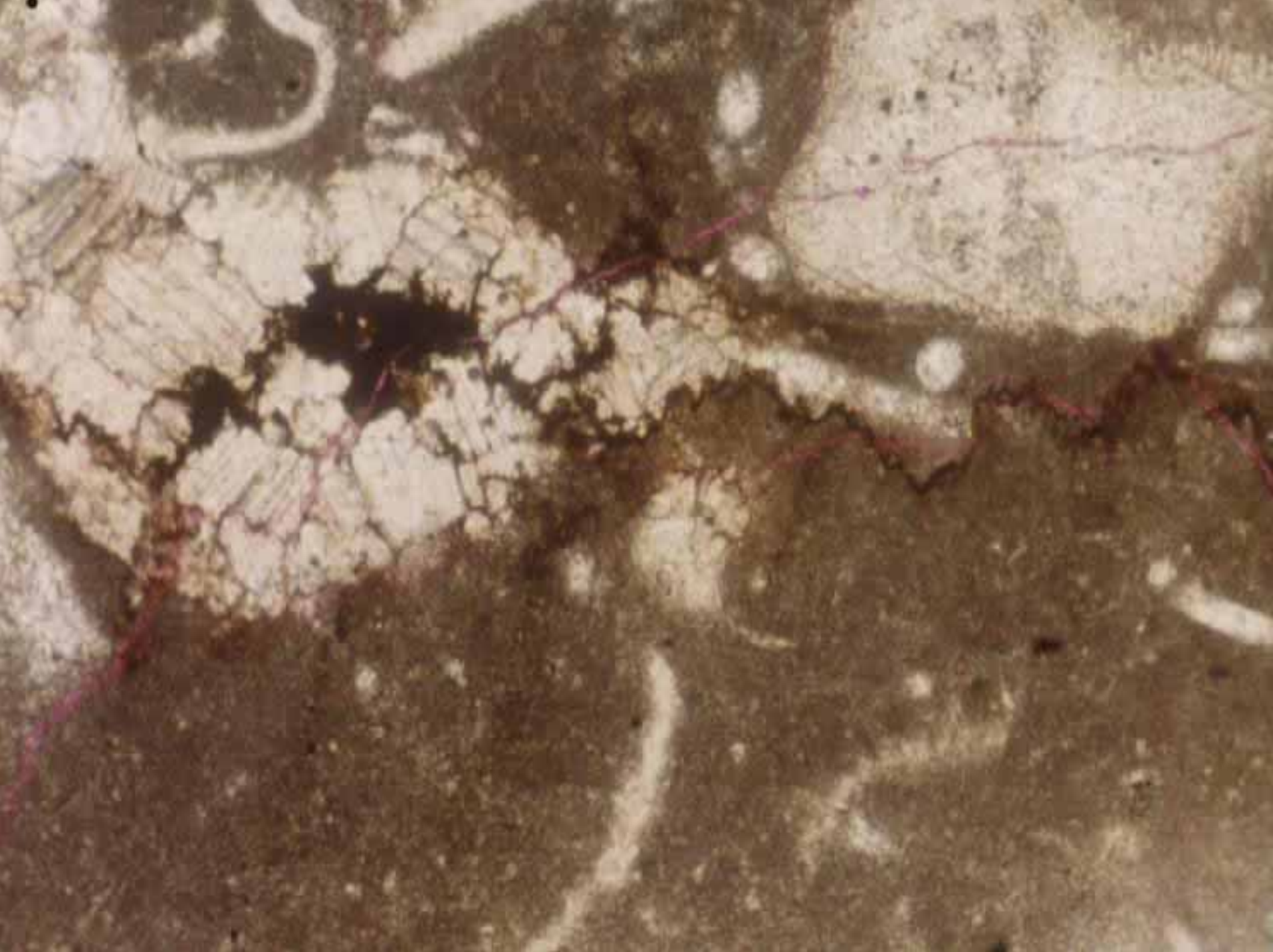




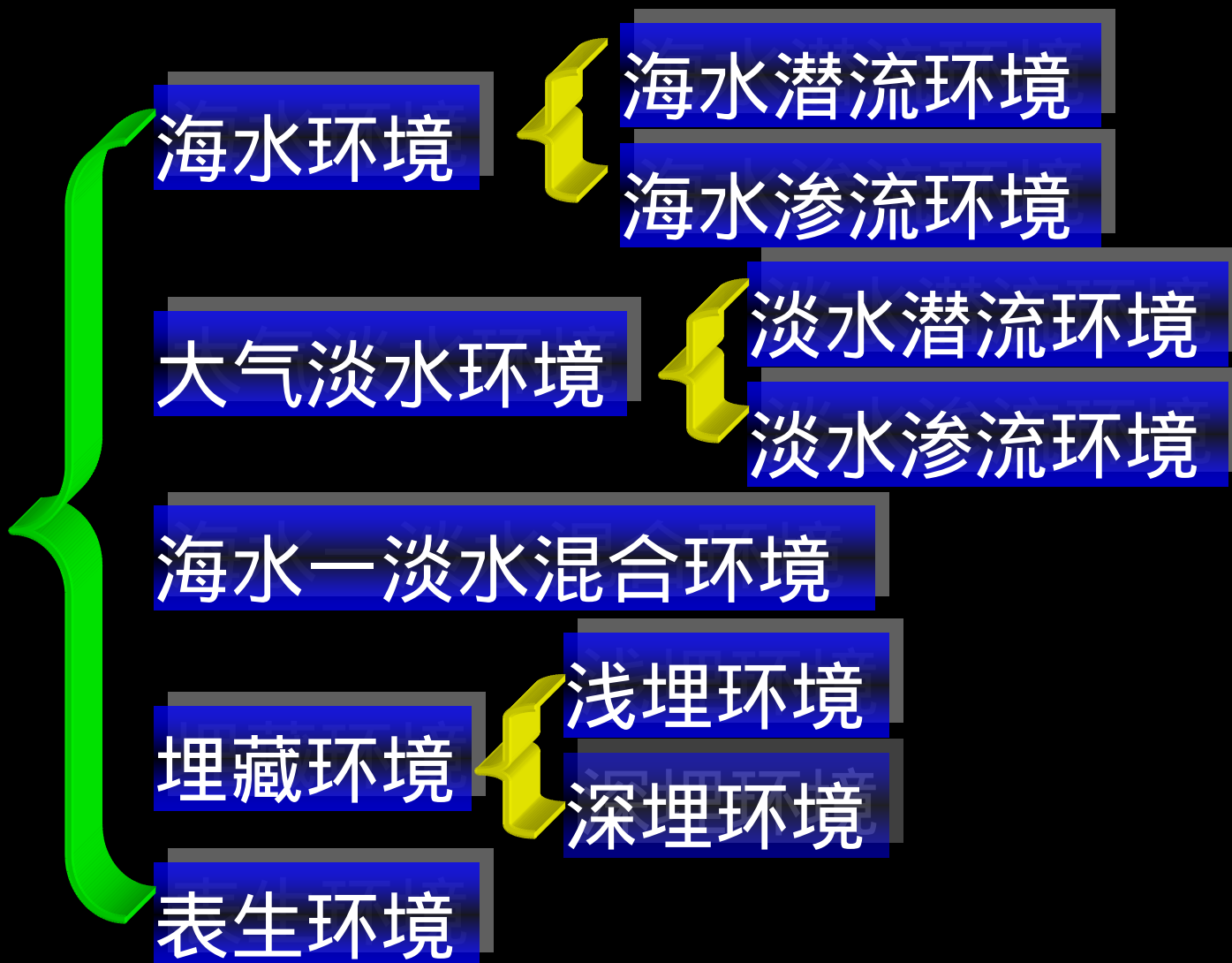


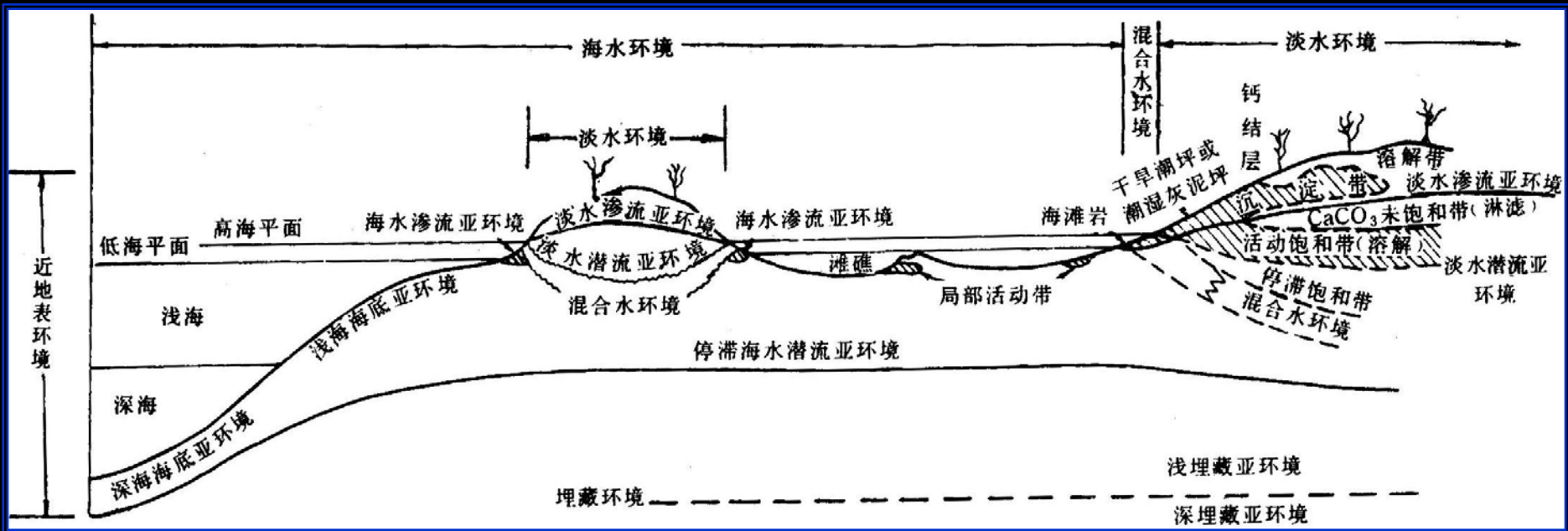
缝合线群





## 二、碳酸盐岩的成岩作用环境





每种沉积环境会发生不同类型的成岩作用



### 三、成岩序列和成岩阶段

任何碳酸盐岩成岩地质体都是多种成岩作用的综合产物。

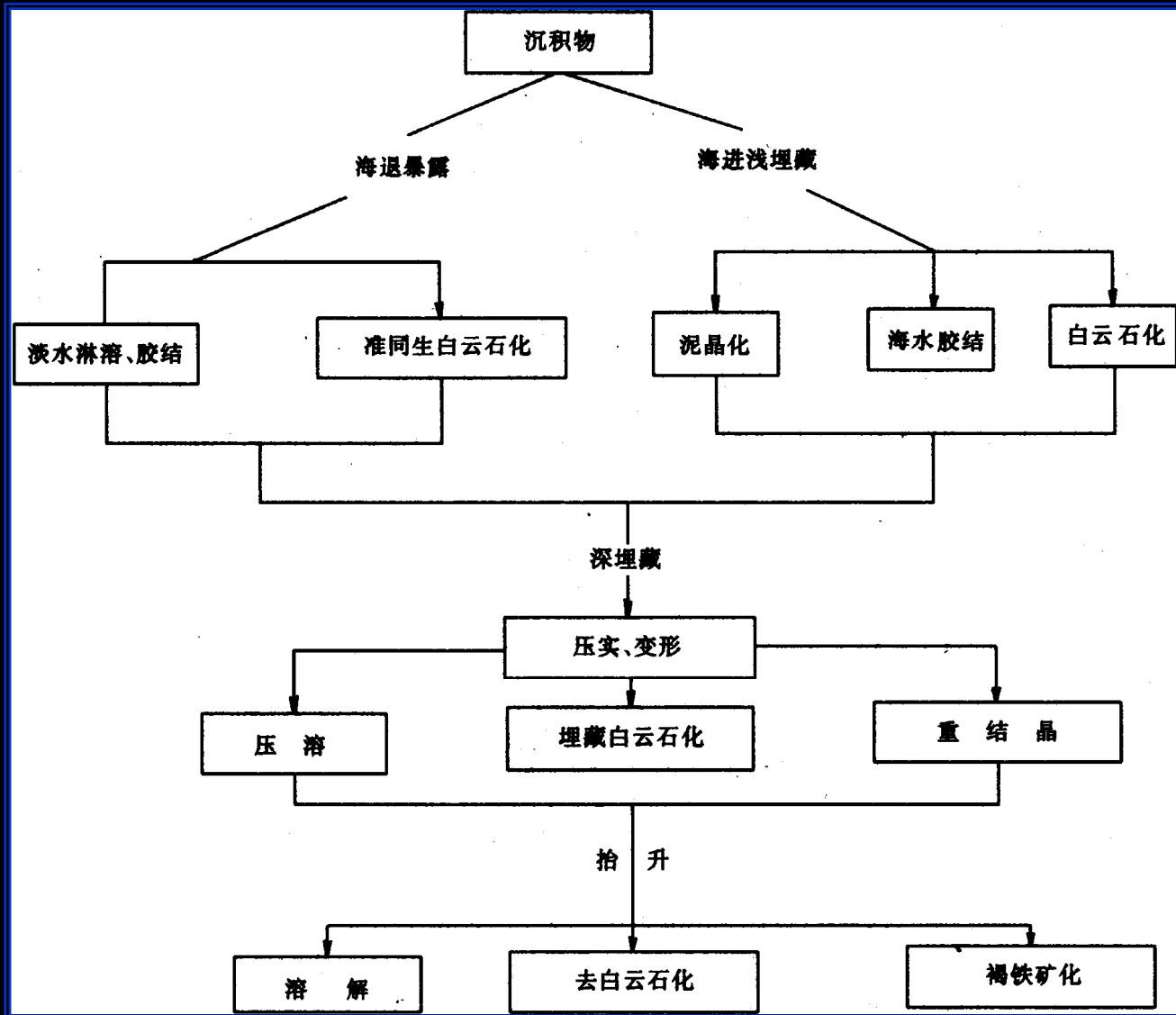
不同成岩作用随成岩环境的变迁而不断改变，同类成岩作用也可以形成于不同成岩阶段。

在不断演化的成岩环境控制下，每一碳酸盐岩地质体都有其特定的成岩序列和成岩阶段。

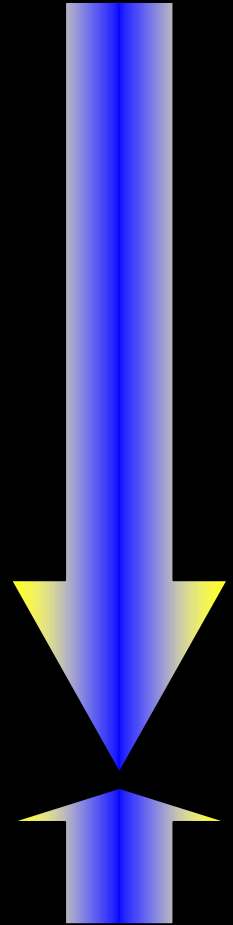


# 成岩序列是在同一成岩体中各类成岩作用发育和演化的次序。

不同的碳酸盐岩沉积体具有不同成岩序列



- **同生阶段**——大气淡水环境、海底环境、混合水环境对应
- **早成岩阶段**——浅埋藏环境
- **中成岩阶段**——中、深埋藏环境
- **晚成岩阶段**——深埋藏环境
- **表生阶段**——表生环境







# 本节要点：

- 成岩作用的主要类型（重点）