

# 第二篇 陆源碎屑岩总论

---

- 第三章 陆源碎屑岩的成分
- 第四章 陆源碎屑岩的结构及粒度分析
- 第五章 陆源碎屑岩的构造和颜色

# 第四章 陆源碎屑岩的结构及粒度分析

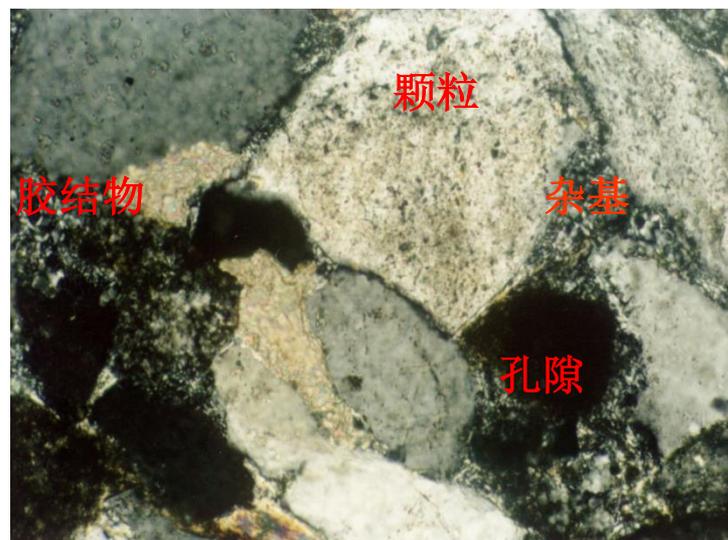
## ➤ 碎屑岩的结构

◆ **定义**：指碎屑岩内各结构组分的特点和相互关系。碎屑岩的结构总称碎屑结构。

- 碎屑颗粒的结构；
- 杂基和胶结物的结构；
- 孔隙的结构；
- 碎屑颗粒与杂基和胶结物之间的关系。

## ◆ 研究意义

- 鉴别描述、分类命名沉积岩的依据；
- 沉积岩成因分析的重要标志。



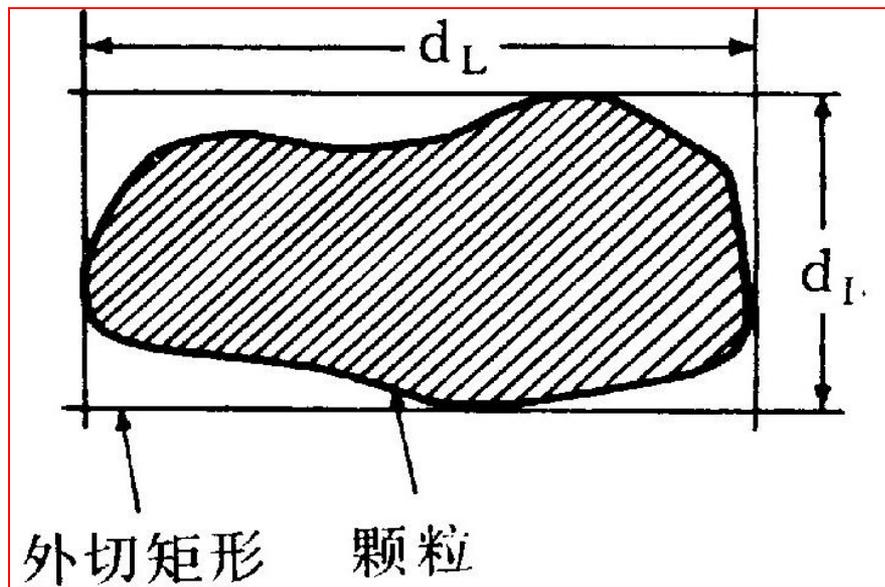
# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 一、粒度

■ 1.定义：碎屑颗粒的大小。

■ 2.表示方法：

➤ (1) 线性值——直观测量。



➤ 大、中、小三个直径

➤ 确定颗粒的最大投影面，做外切矩形，矩形的长边为颗粒的**最大直径** $d_L$ ，矩形的短边为颗粒的**中间直径** $d_I$ ；

➤ 做垂直于最大投影面并通过颗粒的最长截线，截线长度就是颗粒的**最短直径** $d_s$ 。

➤ (2) 体积值：用与颗粒同体积的球体直径表示。

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 一、粒度

### ■ 3、粒度的划分

■ 1) 中国：十进制分类体系

■ 2) 国际上：2的几何级数制分类体系（Udden-Wentworth）

● 克鲁宾（Krumbein）将2的几何级数制标度转化为 $\Phi$ 标度

$$\Phi = -\log_2 D$$

$D$ 为碎屑颗粒直径（mm）

表 4-2 “ $D$ ”与“ $\phi$ ”的换算关系

$D, \text{mm}$		$D = 2^n$	$\phi$ 值	$D, \text{mm}$		$D = 2^n$	$\phi$ 值
小数式	分数式			小数式	分数式		
8	8	$8 = 2^3$	-3	0.5	1/2	$1/2 = 2^{-1}$	1
4	4	$4 = 2^2$	-2	0.25	1/4	$1/4 = 2^{-2}$	2
2	2	$2 = 2^1$	-1	0.125	1/8	$1/8 = 2^{-3}$	3
1	1	$1 = 2^0$	0				

# 第一节 碎屑颗粒的结构

---

## ➤一、粒度

### ■3、粒度的划分

$\phi$  值分级标准提出后受到广泛重视，并且很快得到推广。这是由于它具备以下的优点：

- (1) 将颗粒直径用毫米表示的分数（或小数）变成了整数；
- (2) 大量出现的粗砂以下的较小粒度均表现为正数；
- (3) 在作图时，可不用对数坐标纸，因为已经将对数等间距坐标转换成了算术等间距坐标。

# 常用的碎屑颗粒粒度分级表

十进制					2的几何级数制	
颗粒直径(毫米)	粒 级 划 分			颗粒直径(毫米)		
>1000 1000~100 100~10 10~2	巨砾 粗砾 中砾 细砾	砾	巨砾 中砾 砾石 卵石	>256 256~64 64~4 4~2		
2~1 1~0.5 0.5~0.25 0.25~0.1	巨砂 粗砂 中砂 细砂	砂	极粗砂 粗砂 中砂 细砂 极细砂	2~1 1~0.5 0.5~0.25 0.25~0.125 0.125~0.0625		
0.1~0.05 0.05~0.005 (0.01)	粗粉砂  细粉砂	粉砂	粗粉砂 中粉砂 细粉砂 极细粉砂	0.0625~0.0312 0.0312~0.0156 0.0156~0.0078 0.0078~0.0039		
<0.01		粘土 (泥)	砂	<0.0039		

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 一、粒度

### ■ 4、粒度划分的习惯用法

我国石油矿区多采用十进制，这一分类方法便于记忆，用于定名也比较简单，同时基本上符合储油层研究的要求。但砾与砂的界限习惯上定在2mm，把2—1mm的碎屑称为巨砂。

碎屑颗粒粒度习惯用法分级表

粒级	粒径, mm
砾石	>2
粗砂	0.5~2
中砂	0.25~0.5
细砂	0.1~0.25
粉砂	0.03~0.1
泥	<0.03 (实际应用将其定位为0.01)

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 一、粒度

### ■ 5、碎屑岩的粒度分类和命名

#### ■ 粒度分类命名的具体原则：

##### ■ 1) 三级命名法

- $\geq 50\%$        $\times \times$  岩
- $50 \sim 25\%$        $\times \times$  质
- $25 \sim 10\%$       含  $\times \times$
- $< 10\%$       不参与命名



#### 举例：

- 2-0.5mm 60%
- 0.5-0.25mm 5%
- 0.1-0.25mm 35%

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 一、粒度

### ■ 5、碎屑岩的粒度分类和命名

#### ■ 粒度分类命名的具体原则：

#### ■ 2) 复合命名法

没有一个粒级  $\geq 50\%$ ，在  $50\sim 25\%$  的粒级不只一个。以含量为  $50\sim 25\%$  的粒级进行复合命名  
→ “\*\*—\*\*岩”，含量较多的写在后面。含量少的粒级按第一条原则处理。

含粗粉砂细砂—  
中砂岩

举例：

- 1-0.5mm 5%
- 0.5-0.25mm 40%
- 0.25-0.1mm 35%
- 0.05-0.1mm 20%

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤一、粒度

### ■5、碎屑岩的粒度分类和命名

#### ■ 3) 合并命名法

没有  $\geq 50\%$  的粒级 50 ~ 25% 的粒级也没有或只有一个, 将岩石全部粒度组分合并为砾、砂和粉砂三大级, 按前两条原则命名.

## 含粉砂砾—砂岩

举例:

- 10-2mm 26%
- 2-0.5mm 20%
- 0.5-0.25mm 14%
- 0.25-0.1mm 15%
- 0.1-0.05mm 20%
- $< 0.005\text{mm}$  5%。

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 二、分选性或分选程度

■ 碎屑岩中颗粒大小均匀的程度。

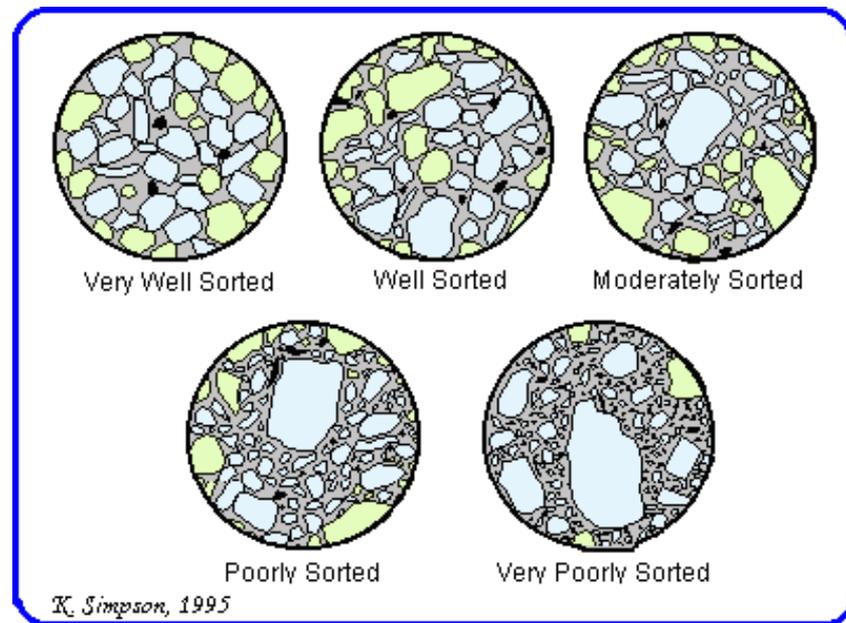
■ 定性分级：

■ 主要粒级成分含量 $>75\%$ ——分选好；

■ 主要粒级成分含量为 $50\sim 75\%$ ——分选中等；

■ 没有一种粒级成分能够超过 $50\%$ ——分选差。

■ 碎屑颗粒的分选随搬运距离和搬运时间的增加而变好。



# 第一节 碎屑颗粒的结构

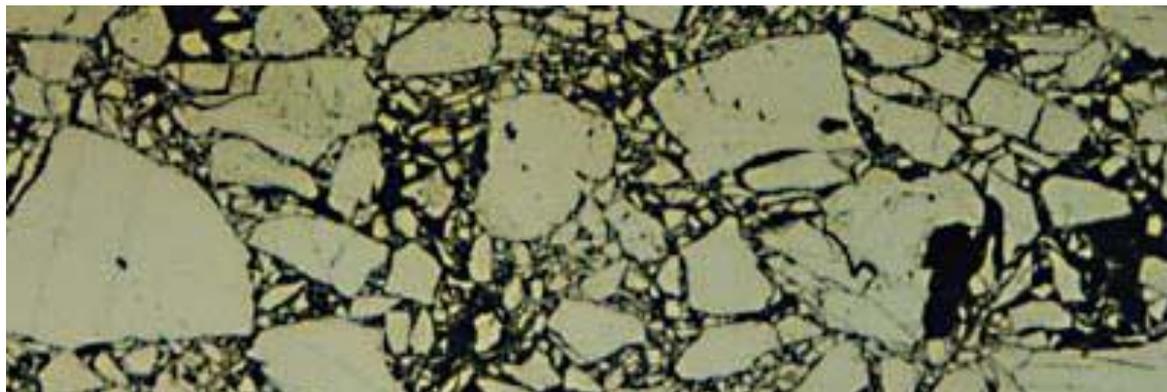
## ➤ 二、分选性或分选程度

分选好, 圆状



长距离高能量, 细粒被搬运, 剩余为粗粒

分选差, 棱角状



角砾, 短距离搬运

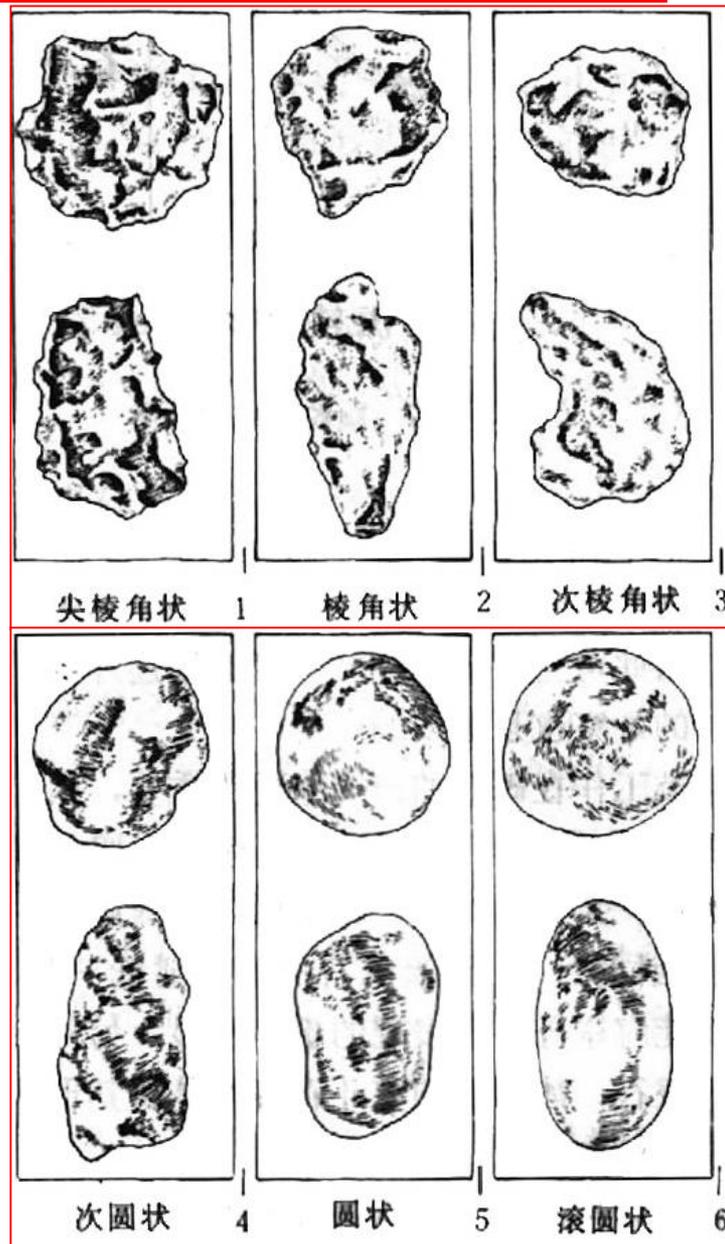
# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 三、圆度

■指碎屑颗粒的原始棱角被磨圆的程度,与颗粒的形状无关。

圆度分级——目估法将圆度分为四级:

- 棱角状——碎屑颗粒的棱角明显,无磨蚀。
- 次棱角状——碎屑颗粒的棱角普遍磨蚀,但原形明显。
- 次圆状——碎屑颗粒的棱角明显磨损,原形改变较大。
- 圆状——碎屑颗粒的棱角基本或全部消失,原形已消失,颗粒多呈椭球体、球体。



# 第一节 碎屑颗粒的结构

---

## ➤三、圆度

**影响因素：**取决于粒度大小、物理性质及磨蚀历史。

**在一定距离内：**

- ❖较大的颗粒一般比较小颗粒圆化的好；

- ❖硬度较小的颗粒比大的颗粒圆化好；

- ❖经长距离（或长时间）搬运的颗粒比短距离（或短时间）搬运的颗粒磨圆度好。

- ❖另外，搬运介质和搬运方式对颗粒圆度也有影响，如颗粒在风中搬运要比在水中更容易磨圆，而冰川的搬运则不易发生圆化作用。

# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 四、球度

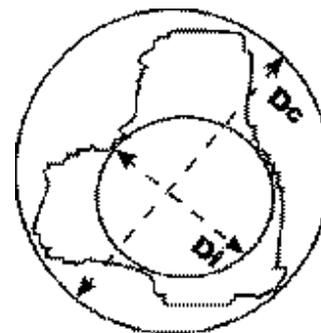
- **球度**：用来度量一个颗粒接近球体程度的一个定量参数。颗粒的最大球度值是1，最小值趋近于0。
- **最大投影球度法** (S. Need and Folk, 1958)：用与颗粒体积相同的球体的横切面积与该颗粒的最大投影面积的比值。

$$\text{球度} = \sqrt[3]{\frac{C^2}{AB}}$$

- 颗粒的三个轴愈接近相等，则球度愈高；反之，则低。

**影响因素**：取决于粒度大小、物理性质及磨蚀历史。

- ♣ **石英**：无解理，故搬运愈远，球度愈大；
- ♣ **云母**：虽经远距离搬运，其球度也可能较低。



# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 五、形状

■ 由颗粒中的A、B、C（长、中、短）三个轴的相对大小决定

■ 实际应用中常用形象的术语描述：

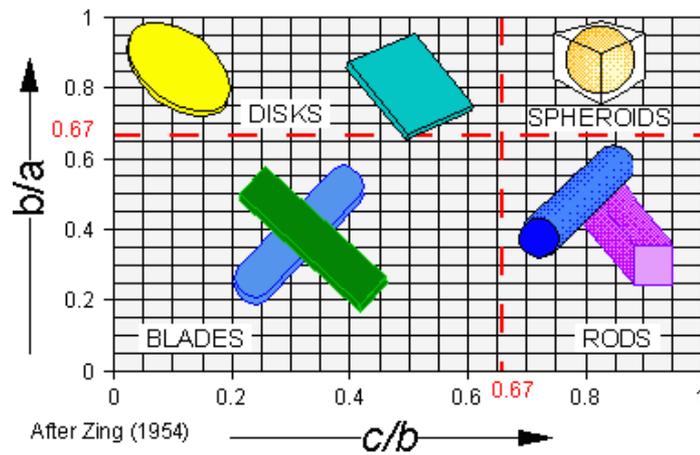
■ 粒状——颗粒各向等长，如石英；

■ 柱状——一向特长，柱面发育，如角闪石、磷灰石；

■ 板状——两向较长，一向较短，形如板片，如长石；

■ 针状——一向极长，两向极短，如石英中电气石包体。

■ 其它——放射状、纤维状等。



# 第一节 碎屑颗粒的结构

## ➤ 六、表面结构

- 是碎屑颗粒表面的形态特征，一般主要指表面的磨光程度及表面刻蚀痕迹。
- 成因：机械磨蚀作用、化学的溶蚀、沉淀作用
- 类型：
  - 毛玻璃表面（又称霜面）：在反射光下看表面模糊不透明。风成，如沙漠沙丘的石英砂粒；化学作用，如沙漠环境中溶解作用与沉淀作用交替进行。
  - 磨光面：是光滑的磨亮的表面，水力搬运的河流石英砂和海滩石英砂均具有这种外貌。
  - 刻蚀痕迹：是由碰撞作用造成的，如冰川环境形成的擦痕砾石、高速水流中碎屑颗粒间的相互碰撞形成的新月形撞痕和击痕。
  - 沙漠漆、冰川擦痕、撞击痕
- 古代砂岩常因成岩、后生作用使沉积物的原始表面结构受到改造，因而造成环境分析的困难。
- 另外，现在已经观察到的各种表面现象，不同的研究者又常作出不同的解释。
- 上述这些问题都需要在今后的研究工作中继续解决。

# 第一节 碎屑颗粒的结构

---

颗粒的**形状、圆度、球度、表面结构**与  
矿物颗粒的**结晶习性、解理、硬度、颗粒大小、**  
**搬运沉积介质条件**有关。

一般说来，颗粒的**形状和圆度**对**粗碎屑岩**的研究**意义更大。**

## 第二节 杂基和胶结物的结构

### ➤ 一、杂基的结构

- 分布于碎屑颗粒之间的，以悬移载荷方式搬运，与颗粒同时以机械方式沉积的，粒径一般小于0.03mm的细碎屑沉积物。

- 砂岩：粒度小于0.03mm（或 $>5\phi$ ）

- 砾岩：泥，粉砂甚至砂级颗粒

- 包括：

- 泥质结构—原杂基

- 鳞片结构、粒状结构—正杂基

- 原杂基和正杂基可作沉积环境的标志

## 第二节 杂基和胶结物的结构

杂基的含量和性质反映搬运介质的流动特性和碎屑组分的分选性，是碎屑岩结构成熟度的重要标志。杂基含量越高，表明岩石分选性和结构成熟度越低。碎屑颗粒和杂基的相对含量的关系包括以下两种：

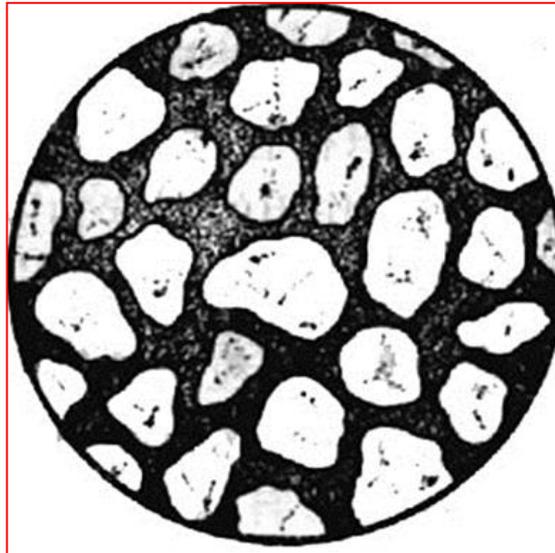
### ■ 杂基支撑

■ 杂基含量高，颗粒互不接触，在杂基中呈漂浮状。

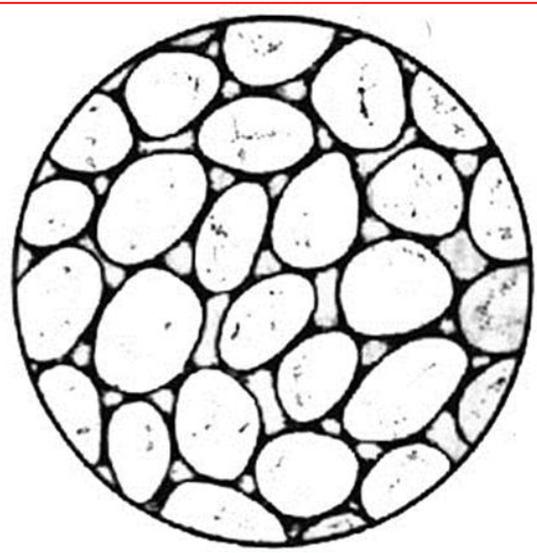
### ■ 颗粒支撑

■ 杂基含量低，碎屑颗粒含量高，颗粒之间相互接触。

杂基支撑



颗粒支撑



## 第二节 杂基和胶结物的结构

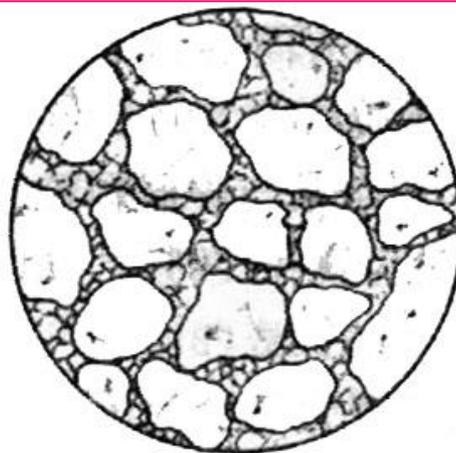
### ➤ 二、胶结物的结构

- 碎屑岩在沉积、成岩阶段，以化学沉淀方式形成于碎屑颗粒之间的各种自生矿物。胶结物的结构特点与本身的晶粒大小、晶体生长方式、结晶程度和分布的均匀性有关。其特点是由晶粒大小、晶体生长方式及重结晶程度决定的。
- 在碎屑岩中，胶结物主要为硅质、碳酸盐等，含量 < 50%，实际上，胶结物表现为孔隙充填结构。按照结晶程度胶结物为：
  - 非晶质结构：蛋白石、铁质、磷酸盐矿物等
  - 隐晶质结构：玉髓、隐晶质磷酸盐、碳酸盐等
  - 显晶质结构：粒状、带状/薄膜状、栉壳状、嵌晶式、次生加大

## 第二节 杂基和胶结物的结构



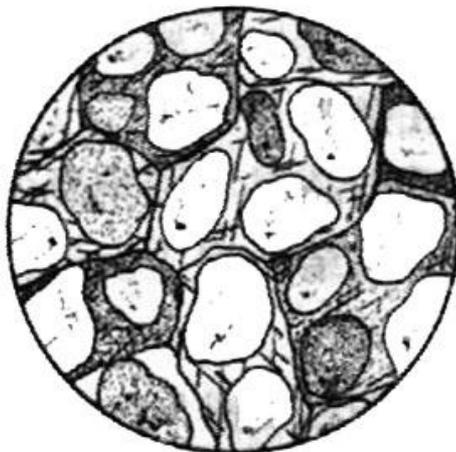
(a) 隐晶质结构;



(b) 粒状结构;



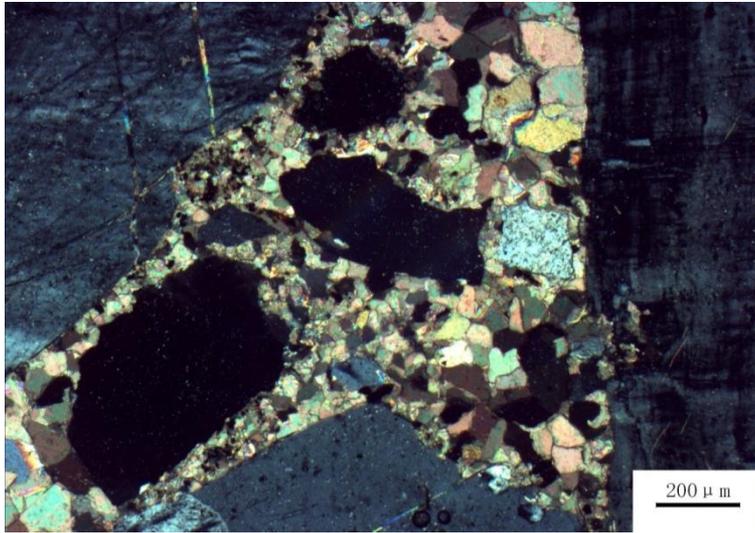
(c) 纤维状结构;



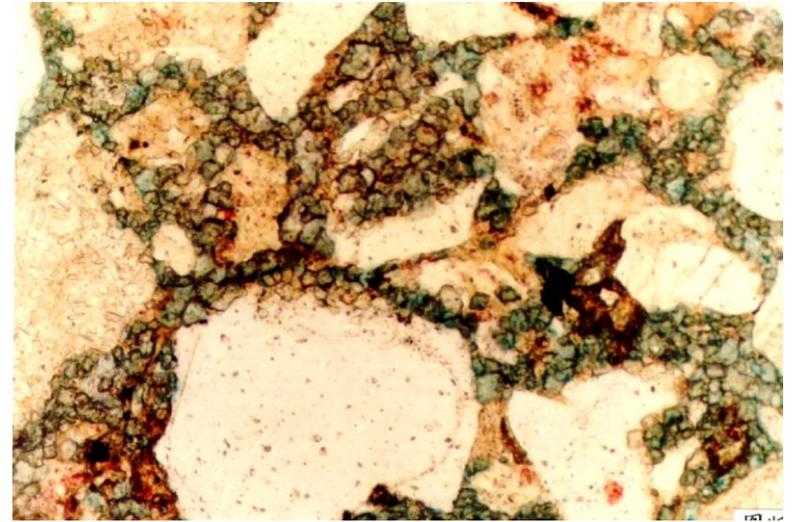
(d) 嵌晶结构

图 5-8 胶结物的结构

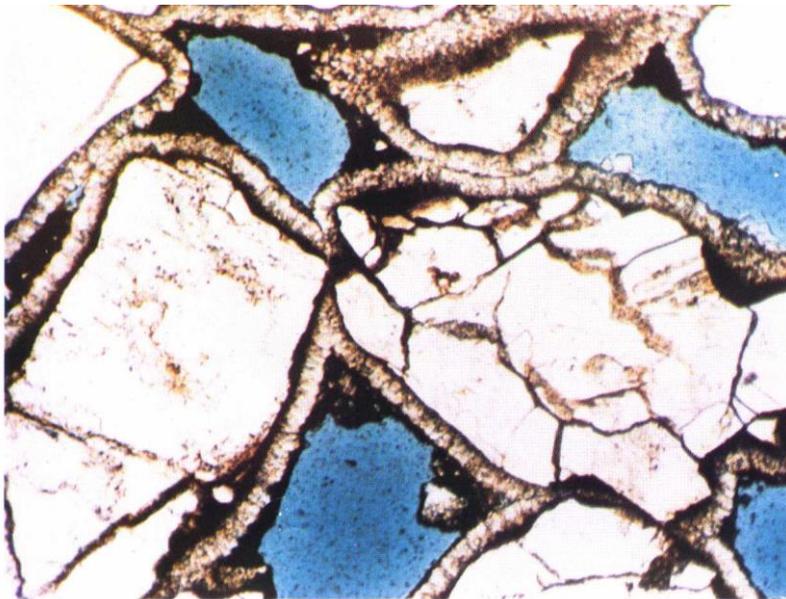
## 第二节 杂基和胶结物的结构



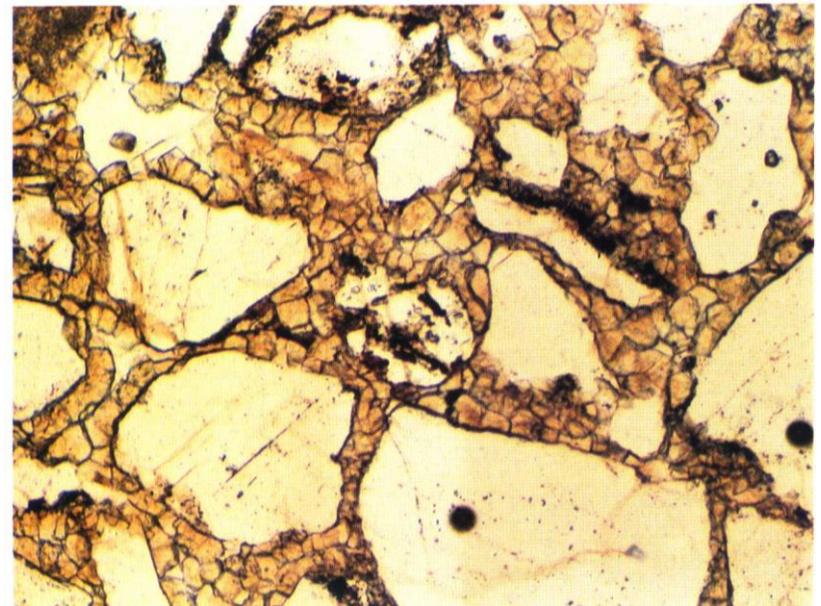
显晶粒状结构



显晶粒状结构，次生加大结构

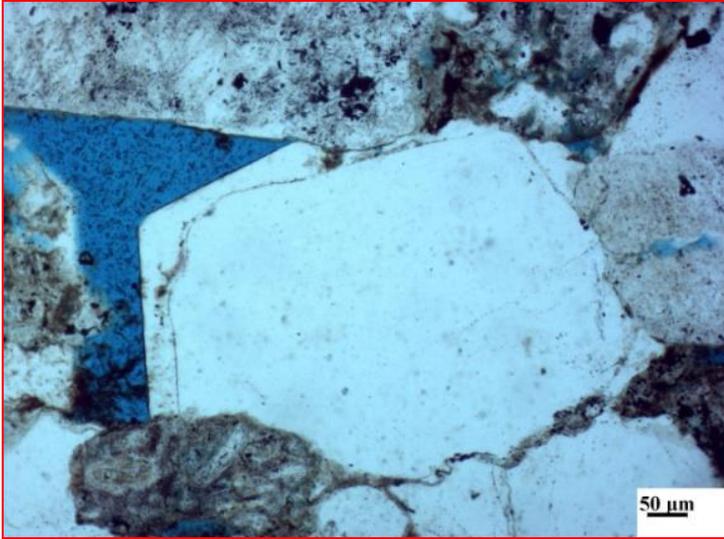


栉壳状结构

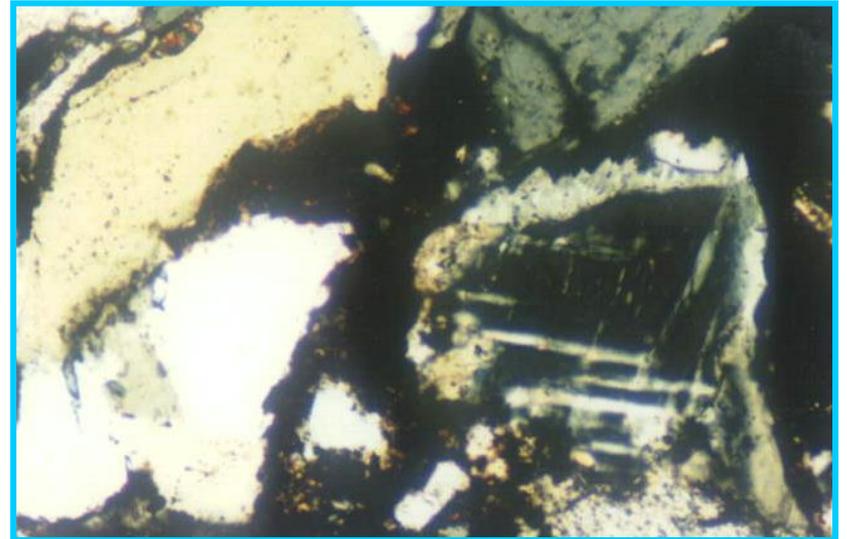


栉壳状结构

## 第二节 杂基和胶结物的结构



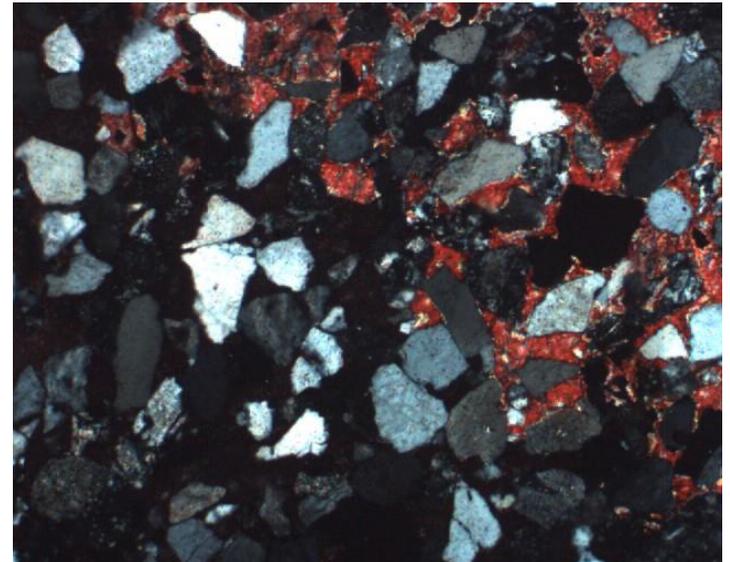
正交光下，石英颗粒与加大边同时消光



正交光下，长石颗粒与加大边不同时消光



嵌晶结构



嵌晶结构

## 第三节 颗粒支撑性质及胶结类型

碎屑岩中，胶结物或填隙物的分布状况及其与碎屑颗粒的关系称为胶结类型或者支撑类型。它首先和碎屑颗粒与填隙物的相对数量有关，其次和碎屑颗粒之间的接触关系有关。

### 一、支撑类型

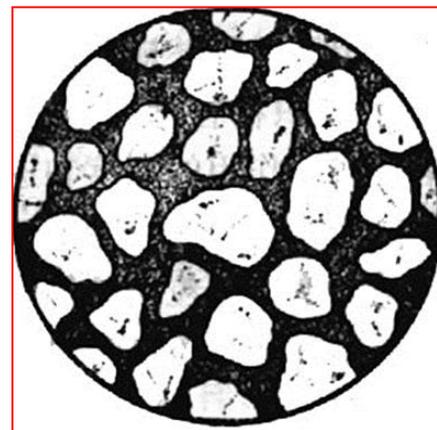
碎屑颗粒和杂基的相对含量的关系-同沉积

#### ■ 杂基支撑

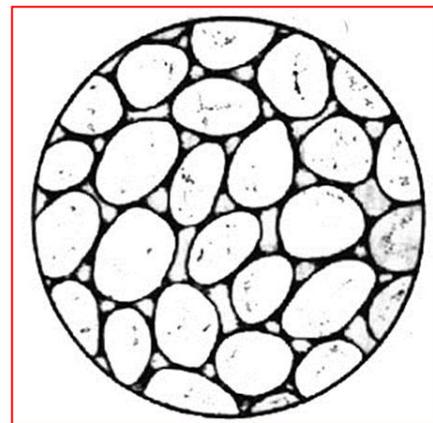
■ 杂基含量高，颗粒互不接触，在杂基中呈漂浮状。

#### ■ 颗粒支撑

■ 杂基含量低，碎屑颗粒含量高，颗粒之间相互接触



杂基支撑



颗粒支撑

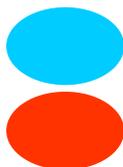
## 第三节 颗粒支撑性质及胶结类型

### ➤ 二、胶结类型

#### ■ 颗粒和填隙物的相对含量的关系

#### ■ 颗粒的接触关系

■ 点接触



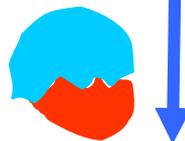
■ 线接触



■ 凹凸接触



■ 缝合接触



点接触 → 缝合接触



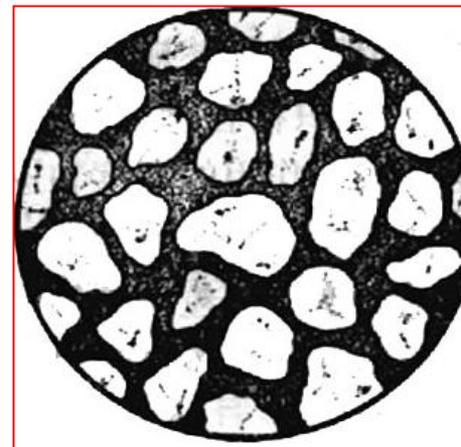
沉积物在埋藏成岩过程中经受压固、压溶等成岩作用的强度和进程，  
缝合接触——成岩程度深

## 第三节 颗粒支撑性质及胶结类型

### ➤ 胶结类型

#### ■ 基底胶结

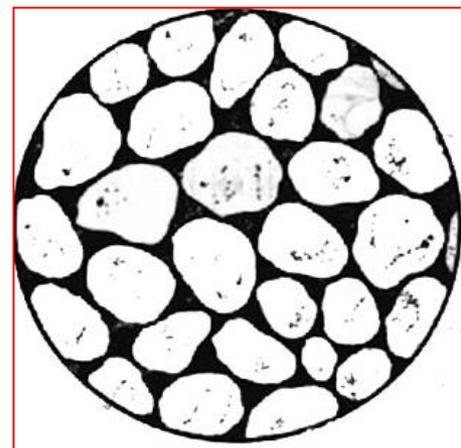
- 填隙物含量多，
- 碎屑颗粒呈漂浮状，
- 杂基支撑，重力流；



基底胶结

#### ■ 孔隙胶结

- 碎屑颗粒构成支架，颗粒支撑，点接触；
- 胶结物含量少，只充填在碎屑颗粒之间的孔隙中；



孔隙胶结

## 第三节 颗粒支撑性质及胶结类型

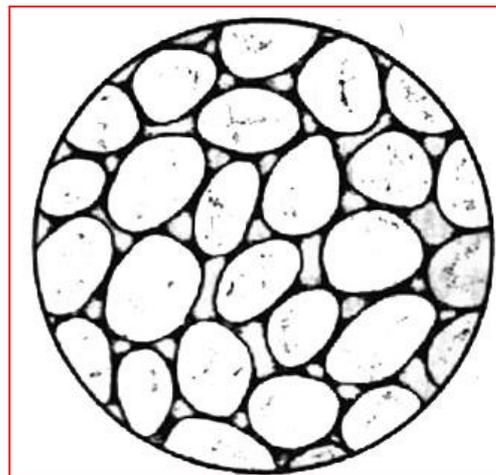
### ➤ 胶结类型

#### ■ 接触胶结

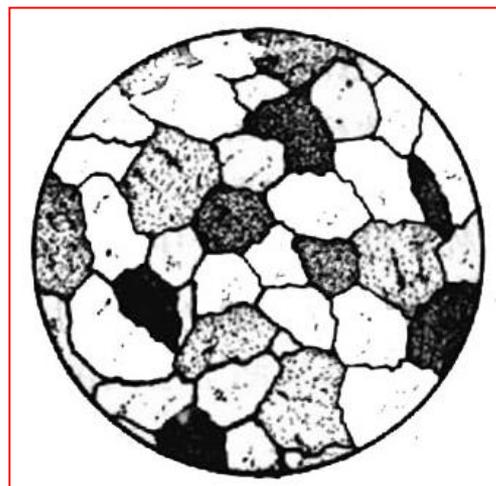
- 颗粒之间点接触或线接触，颗粒支撑；
- 胶结物含量很少，仅分布于碎屑颗粒相互接触的地方；

#### ■ 镶嵌胶结

- 碎屑颗粒线、凹凸、缝合接触，有时不能将碎屑与胶结物分开，颗粒支撑；
- 压溶作用成因

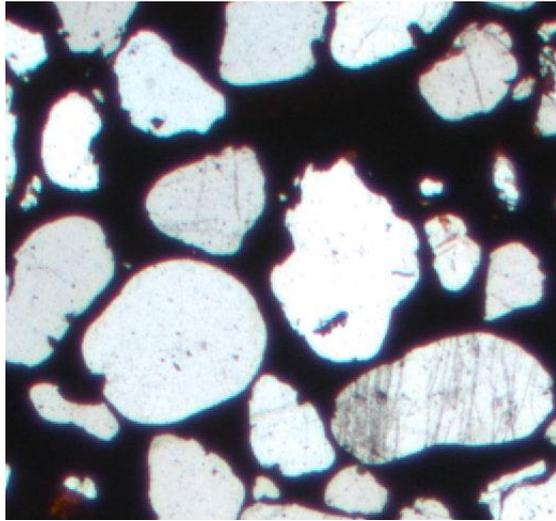


接触胶结

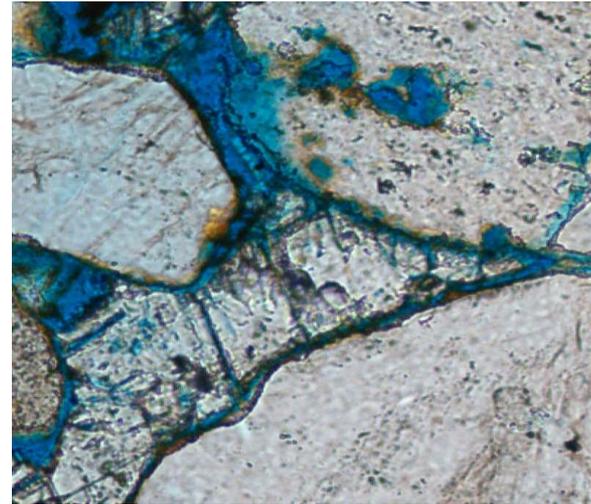


镶嵌胶结

### 第三节 颗粒支撑性质及胶结类型



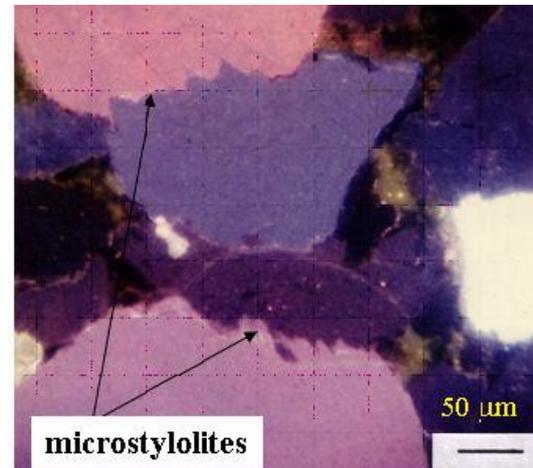
铁质胶结物的基底式胶结



钙质胶结物的孔隙式胶结



接触式胶结

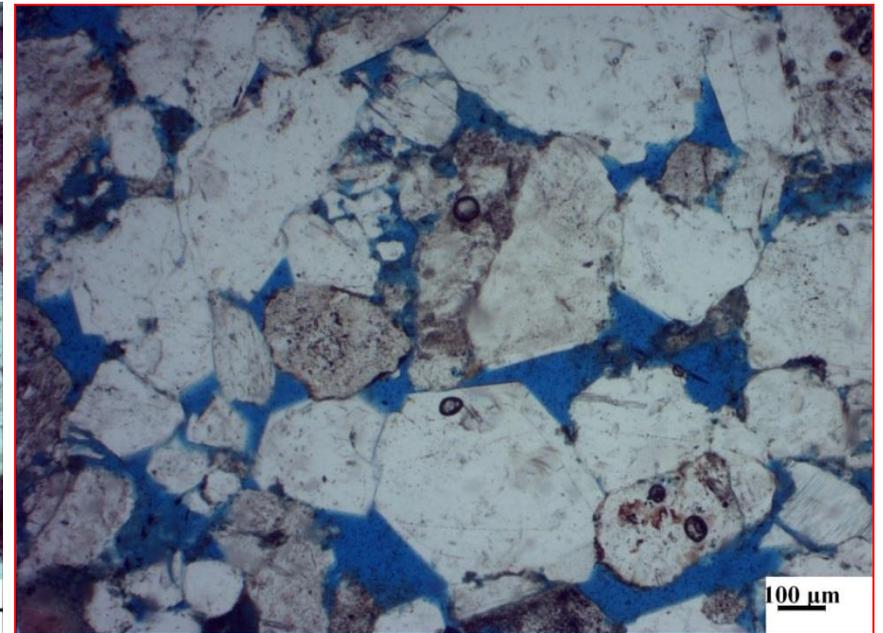
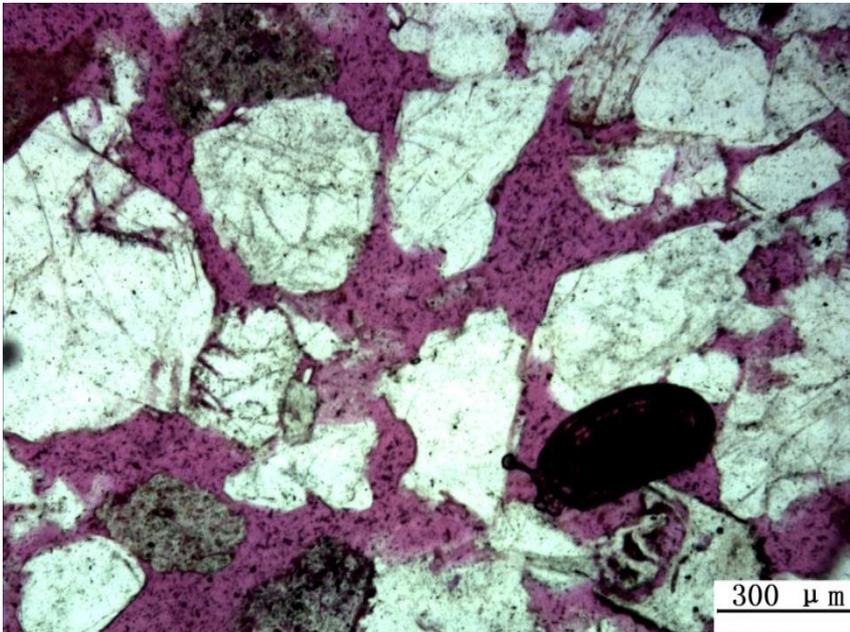


镶嵌式胶结

# 第四节 孔隙结构和结构成熟度

## ➤ 一、孔隙结构

- **孔隙空间**：岩石未被颗粒、填隙物充填的空间，包括孔隙和喉道。
- **孔**：岩石颗粒包围着的较大的空间。
- **喉**：两个颗粒间连通的狭窄部分。



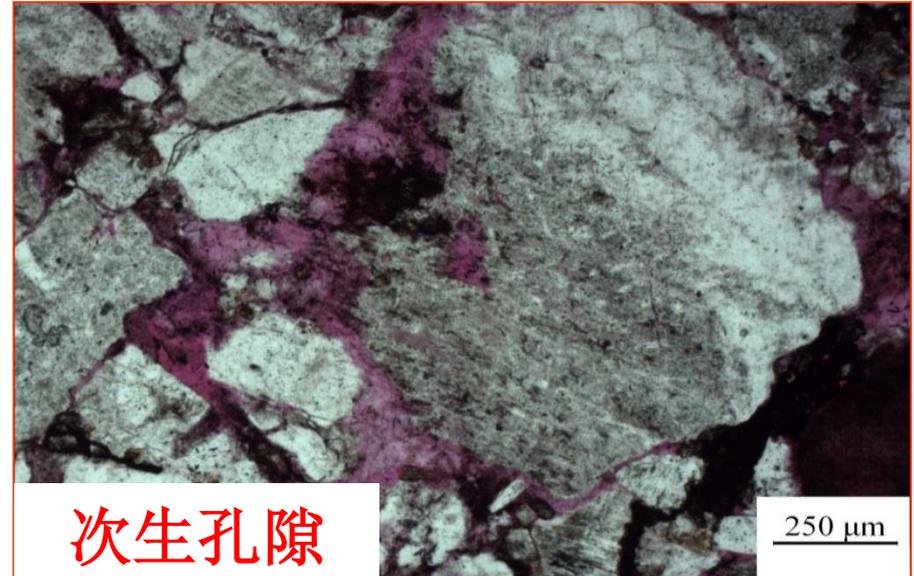
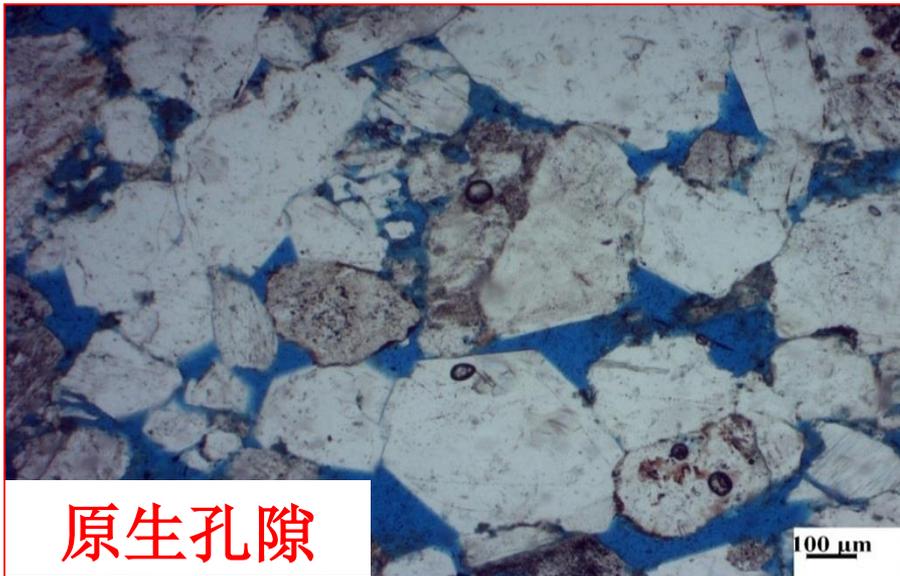
# 第四节 孔隙结构和结构成熟度

## ➤ 一、孔隙结构

### ■ 根据孔隙的形成阶段，孔隙可分为：

■ **原生孔隙**：沉积物在沉积时就已形成并一直保存至今的孔隙，包括原生粒间孔隙和杂基内微孔隙。

■ **次生孔隙**：埋藏过程中由于各种成岩作用（溶蚀、收缩、破裂、重结晶等）而新产生的孔隙。包括溶解孔隙、收缩孔隙、破裂孔隙。



## 第四节 孔隙结构和结构成熟度

---

### ➤ 一、孔隙结构

- **孔隙结构**：岩石所具有的孔隙和喉道的几何形状、大小、分布及其相互连通关系。
- ◆ 孔隙反映了岩石的储集能力，喉道的形状、大小则控制着孔隙的渗透能力；一个喉道可连通两个孔隙，每个孔隙可连通多个喉道。
- ◆ 常用的储层物性参数—孔隙度、渗透率

## 第四节 孔隙结构和结构成熟度

---

### ➤ 二、结构成熟度

- **结构成熟度**：是指碎屑岩沉积物在风化、搬运和沉积作用的改造下接近终极结构特征的程度（福克，1954）。
- **理想的终极结构**：
  - 分选、磨圆好
  - 粘土杂基含量低
  - 碎屑等大球体
  - 颗粒支撑结构和化学胶结填隙物

## 第四节 孔隙结构和结构成熟度

---

### ➤ 二、结构成熟度

- ①结构成熟度高（杂基 $\leq 5\%$ ）：颗粒分选磨圆好，具明显的颗粒支撑结构和较多化学胶结填隙物。
- ②结构成熟度中等（杂基 $5-15\%$ ）：颗粒分选磨圆中等，具颗粒支撑结构和一定量的化学胶结填隙物。
- ③结构成熟度低（杂基 $\geq 15\%$ ）：颗粒分选磨圆较差，具明显的杂基支撑结构和很少的化学胶结填隙物。
- 成分成熟度和结构成熟度可以一致，也可以不一致。如粉砂的成分成熟度较高，但颗粒的磨圆较差。

## 第五节 粒度分析

---

概述：碎屑岩粒度可以判别沉积环境及水动力条件，碎屑岩的储油物性与粒度密切相关。粒度分析方法有：

◆ 1. 筛析：是对砂级颗粒进行粒度分析最常用的方法，结果比较精确。适用于砂和弱胶结的岩石

◆ 2. 沉降分析：适用于粉砂，粘土分析，目前也用于砂的分析

① 移液管法：以斯托克沉降定律为分析依据

② 沉降管法：直接观察颗粒堆积速度

◆ 3. 薄片粒度分析——固结紧密的岩石（粒算法）

薄片分析法分：点计法，线计法，带计法等三种

# 筛析记录表

颗粒直径		重量 (g)	重量百分比 (%)	累积重量百分比 (%)
Mm	Φ值			
>1	>0	2.12	0.53	0.53
1~0.75	0~0.4	7.72	1.93	2.46
0.75~0.60	0.4~0.72	61.18	15.29	17.75
0.60~0.50	0.72~1.0	49.18	12.29	30.04
0.50~0.43	1.0~1.2	35.52	8.88	38.92
0.43~0.40	1.2~1.3	40.72	10.18	49.10
0.40~0.30	1.3~1.75	83.02	20.75	69.85
0.30~0.25	1.75~2.0	13.75	3.44	73.29
0.25~0.20	2.0~2.32	79.18	19.79	93.08
0.20~0.15	2.32~2.72	23.73	5.93	99.01
0.15~0.12	2.72~3.0	2.10	0.52	99.53
0.12~0.10	3.0~3.3	0.58	0.15	99.68
0.10~0.09	3.3~3.5	0.24	0.06	99.74
0.09~0.075	3.5~3.75	0.30	0.08	99.82
0.075~0.06	3.75~4.0	0.80	0.07	99.89
<0.06	>4	0.82	0.21	100.10

# 第五节 粒度分析

---

## ➤ 一、粒度参数和粒度资料图解

### ■ (一)、粒度资料图解

#### ■ 1. 直方图和频率曲线

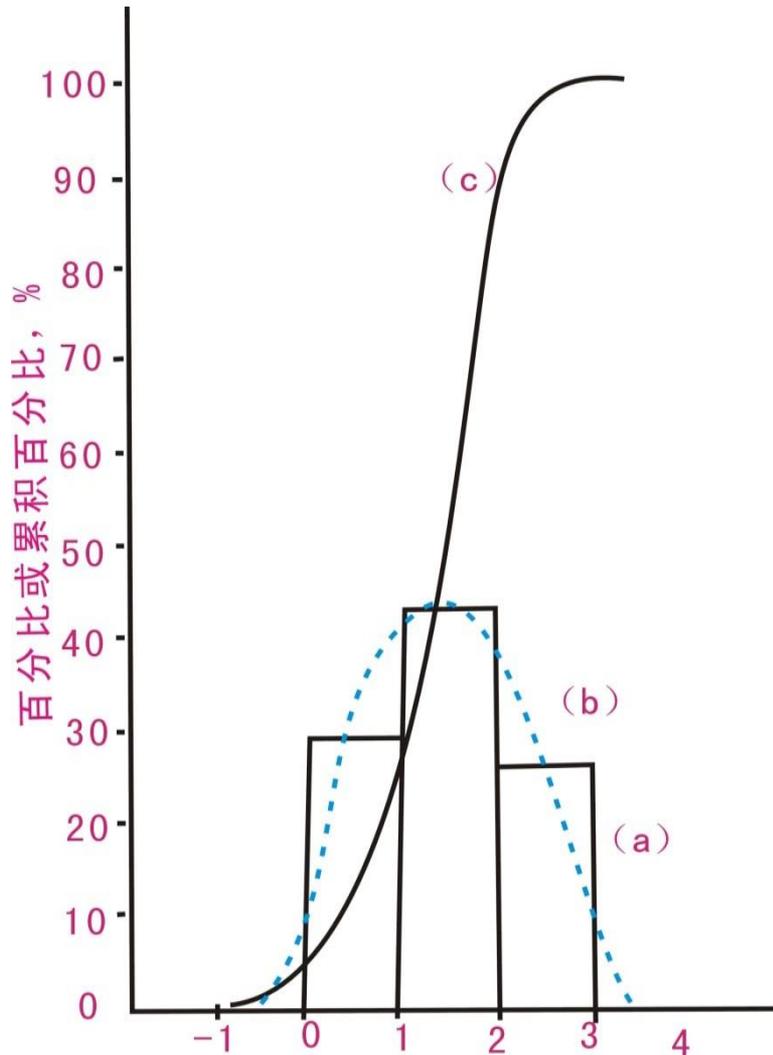
##### ➤ (1) 直方图

- 表示样品的粒度分布情况。特别是分选程度
- 横坐标是  $\phi$  值标度；纵坐标是算术百分坐标。
- 一系列长方形组成，长方形底边长度代表粒度区间；高度代表每个粒度区间的重量百分比。

##### ➤ (2) 频率曲线图

- 将直方图上各方块顶边中点连接起来，绘制成的光滑曲线

# 第五节 粒度分析



青岛海滩某砂样  
的粒度曲线

(a)直方图; (b)频率曲线图  
(c)累积曲线

# 第五节 粒度分析

峰或众数:  
直方图中的高  
方块或频率曲  
线中的高点

单峰 分选好  
↓  
双峰  
↓  
多峰 分选差

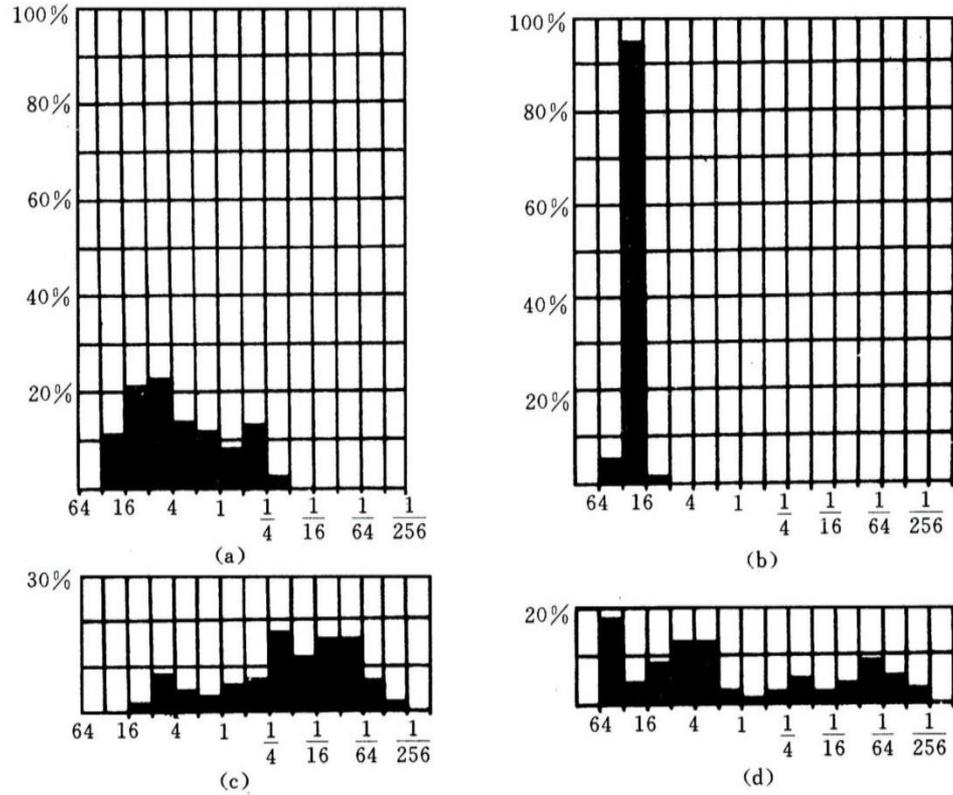


图 4-9 不同成因碎屑沉积物的粒度组分直方图  
(转引自 H.B. 瓦索也维奇, 1958)

(a) 砂质卵石砾石, 克拉代克(阿拉斯加)的河流冲积(据奥丁); (b) 海岸细卵石层, 朗格比格(美国)(据温特华斯); (c) 含碎石的冰川砂, 依利诺斯(据奥丁); (d) 雨水冲刷斜坡上的堆积物, 梅格兰达(据温特华斯)

# 第五节 粒度分析

---

## ➤ 一、粒度参数和粒度资料图解

### ■ (一)、粒度资料图解

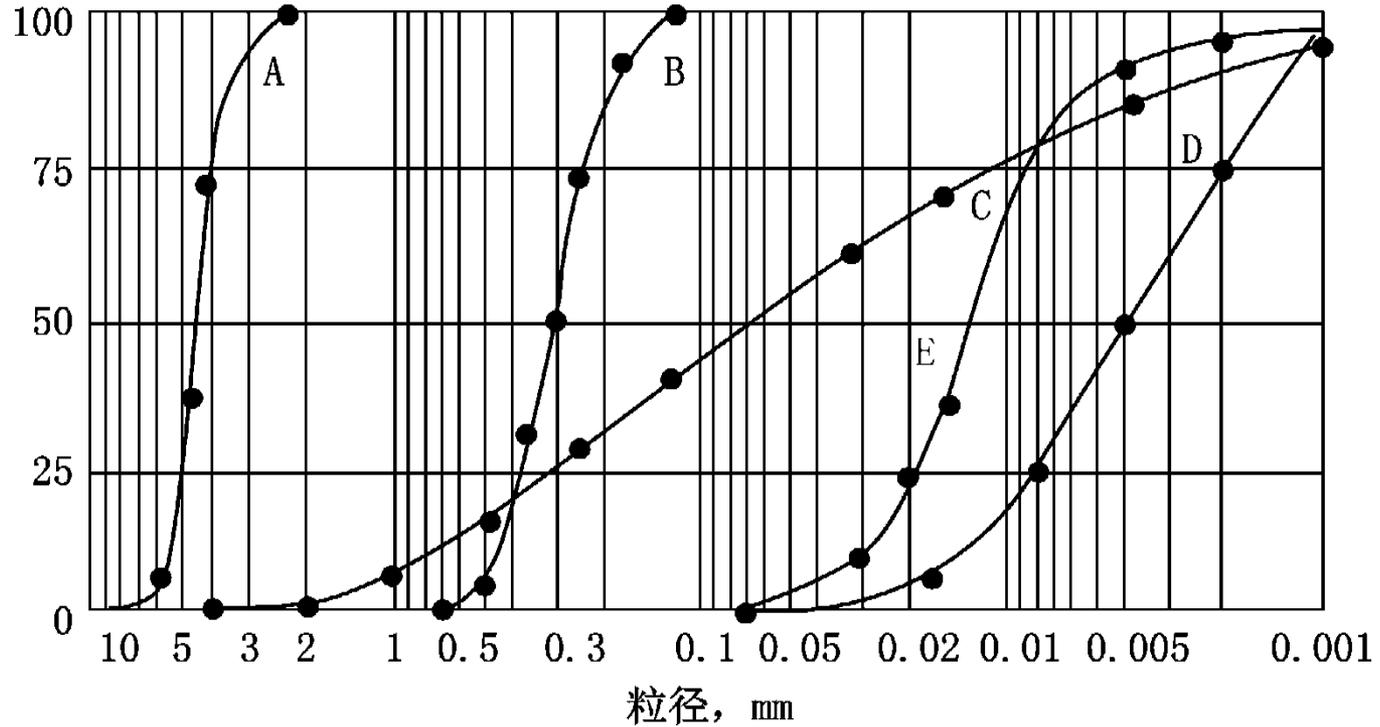
### ■ 2. 累积曲线

用粒度累积百分比数值作图

■ 横坐标——粒径

■ 纵坐标——各粒级累积含量

# 第五节 粒度分析



不同成因碎屑沉积的累积曲线

A-海滨砾岩; B-海滨砂; C-冰川沉积物; D-页岩; E-黄土

# 第五节 粒度分析

## ➤ 一、粒度参数和粒度资料图解

### ■ (一)、粒度资料图解

#### ■ 3. 概率累积曲线

■ 横坐标——粒径  $\phi$  值,

■ 纵坐标——概率百分数标度

■ 用累积重量百分比作图

■ 表现为相交的几个直线段

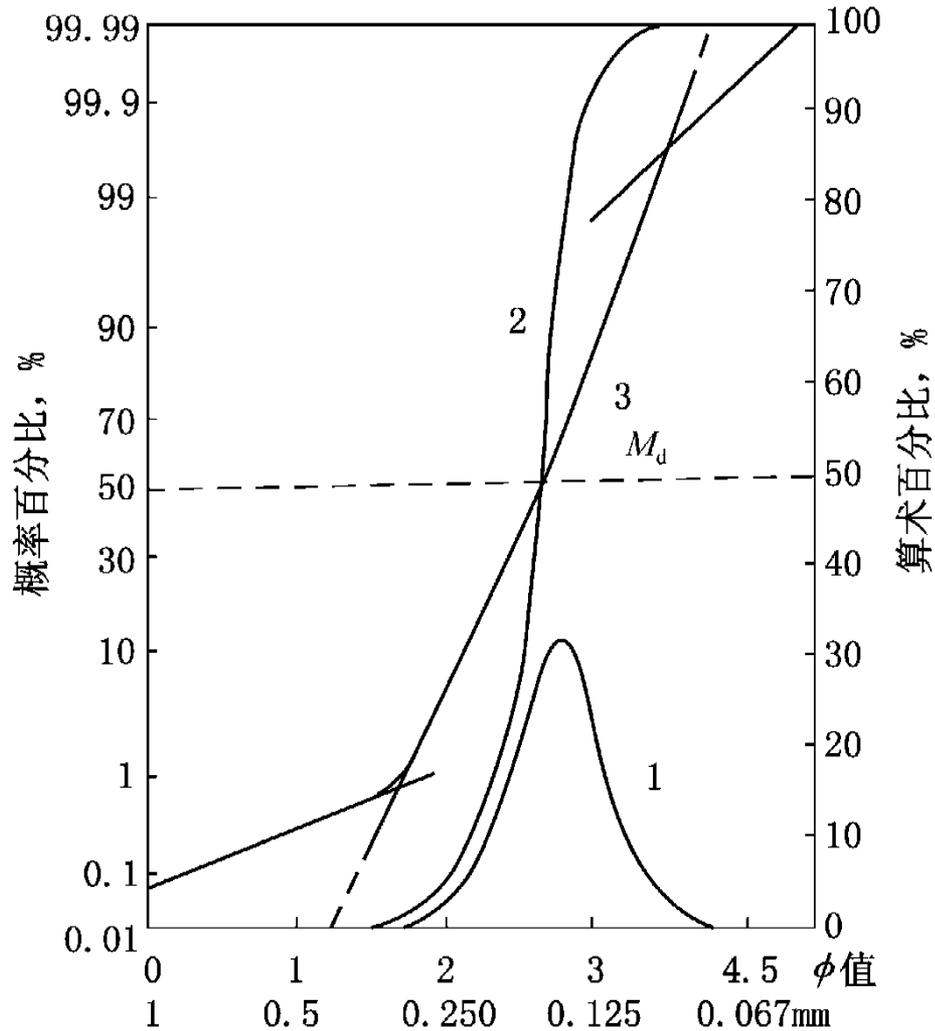
■ 碎屑沉积物（岩）粒度一般包括三个次总体

A. 悬浮搬运组分

B. 跳跃搬运组分

C. 滚动搬运组分

# 第五节 粒度分析



## 常用的三种 粒度曲线

- 1、频率曲线;
- 2、累积曲线
- 3、概率值累积曲线

# 第五节 粒度分析

## ➤ 一、粒度参数和粒度资料图解

### ■ (二) 粒度参数

#### ■ 平均粒径和中值——粒度的集中趋势

$$\blacksquare M_z = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$$

■ 中值Md是累积曲线上50%对应的粒径。

#### ■ 标准偏差和分选系数——分选程度

$$\blacksquare \sigma_1 = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_5) / 6.6$$

$$\blacksquare S_o = P_{25} / P_{75}$$

#### ■ 偏度( $SK_1$ )——判别粒度分布的不对称程度

■ 正、负偏态

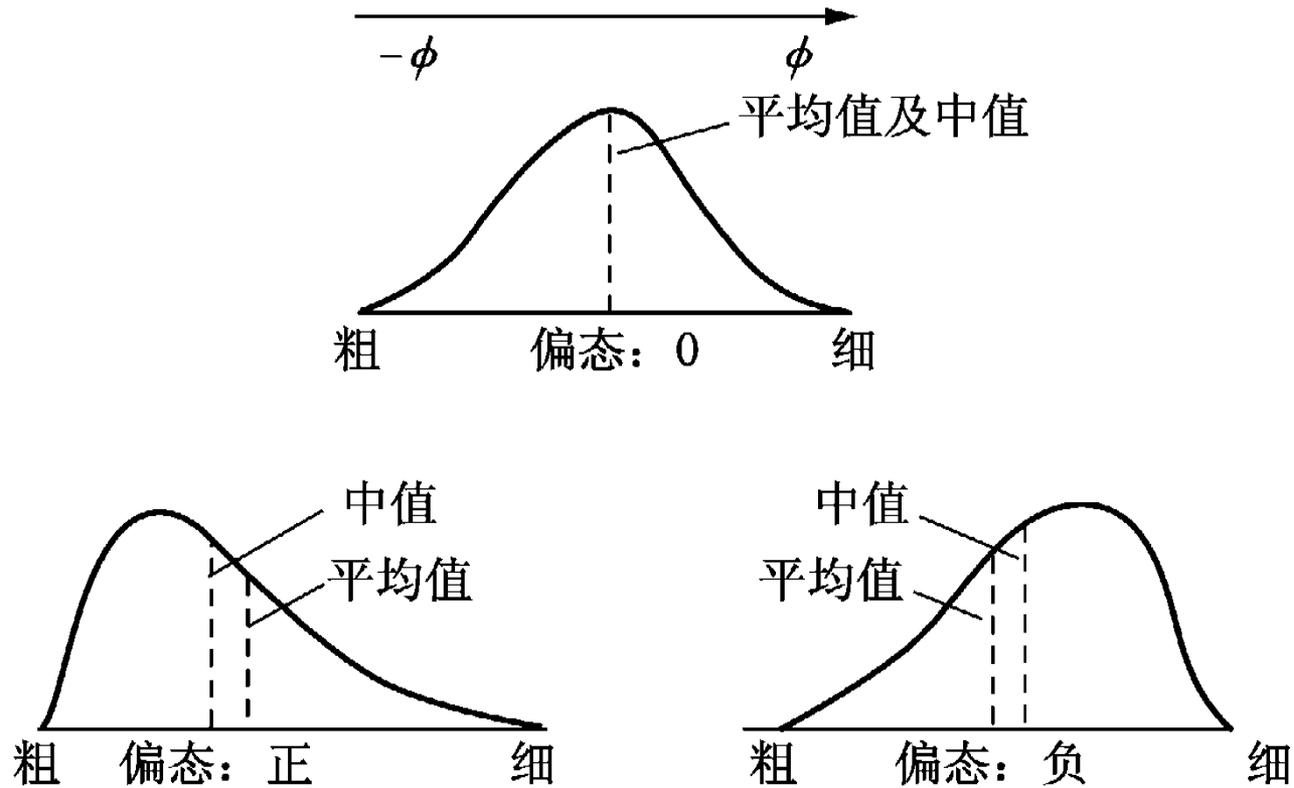
#### ■ 峰度(尖度)——频率曲线尖锐程度

# 第五节 粒度分析

表 4-4 常用的粒度参数

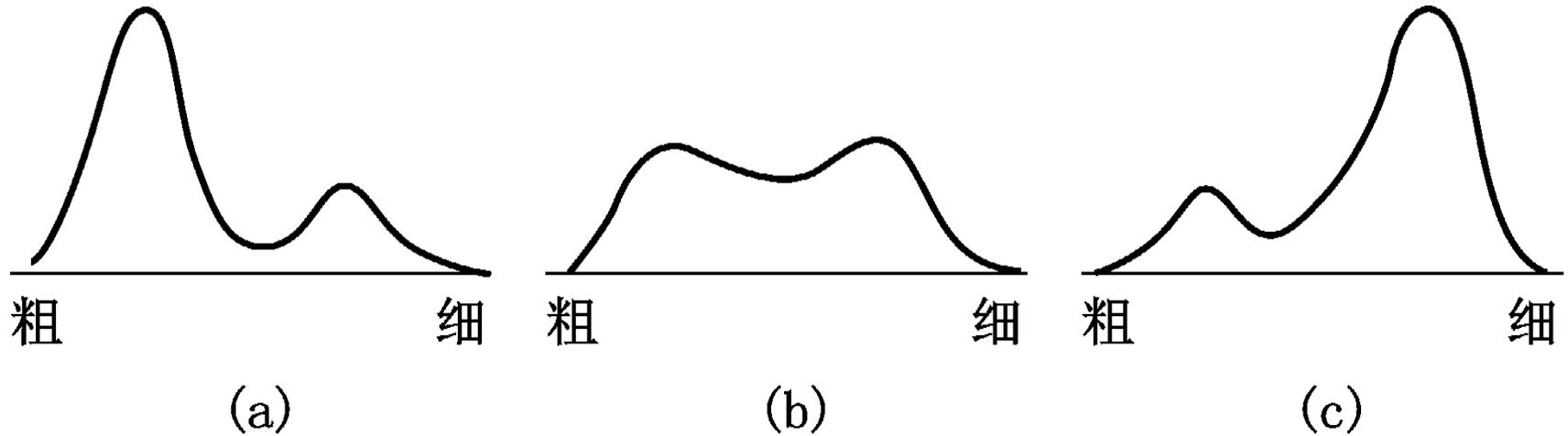
名 称	特拉斯克	福克和沃德
中值	$M_d = P_{50}$	$M_d \phi = \phi_{50}$
平均粒径	$M_Z = \frac{P_{25} + P_{75}}{2}$	$M_Z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$
分选	$S_0 = \frac{P_{25}}{P_{75}}$	$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$
偏度	$SK = \frac{P_{25} \cdot P_{75}}{M_d^3}$	$SK_1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$
峰度	$K_G = \frac{P_{75} - P_{25}}{2(P_{90} - P_{10})}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

# 第五节 粒度分析

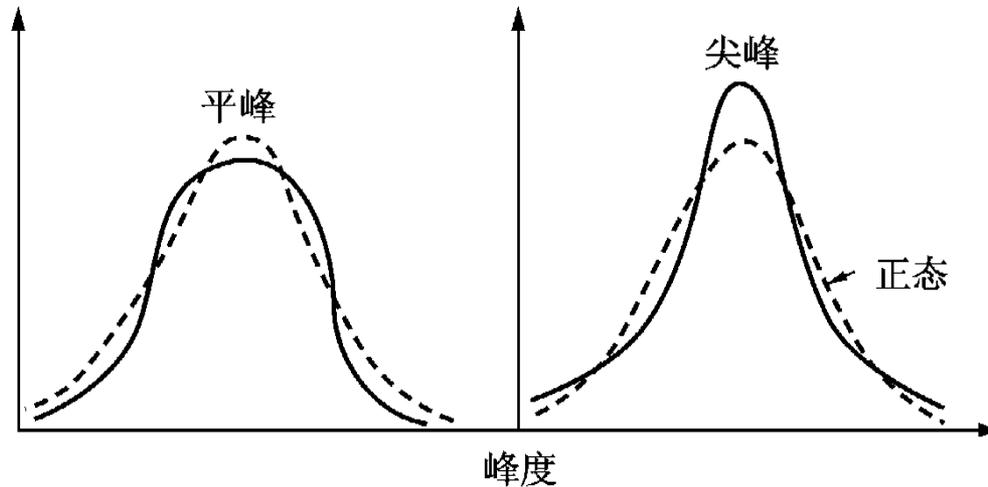


不同偏度的频率曲线形态 (据费里德曼, 1961)

# 第五节 粒度分析



双峰态频率曲线



不同峰度的频率曲线形态

# 第五节 粒度分析

## ➤ 二、粒度分析在区分沉积沉积环境中的应用

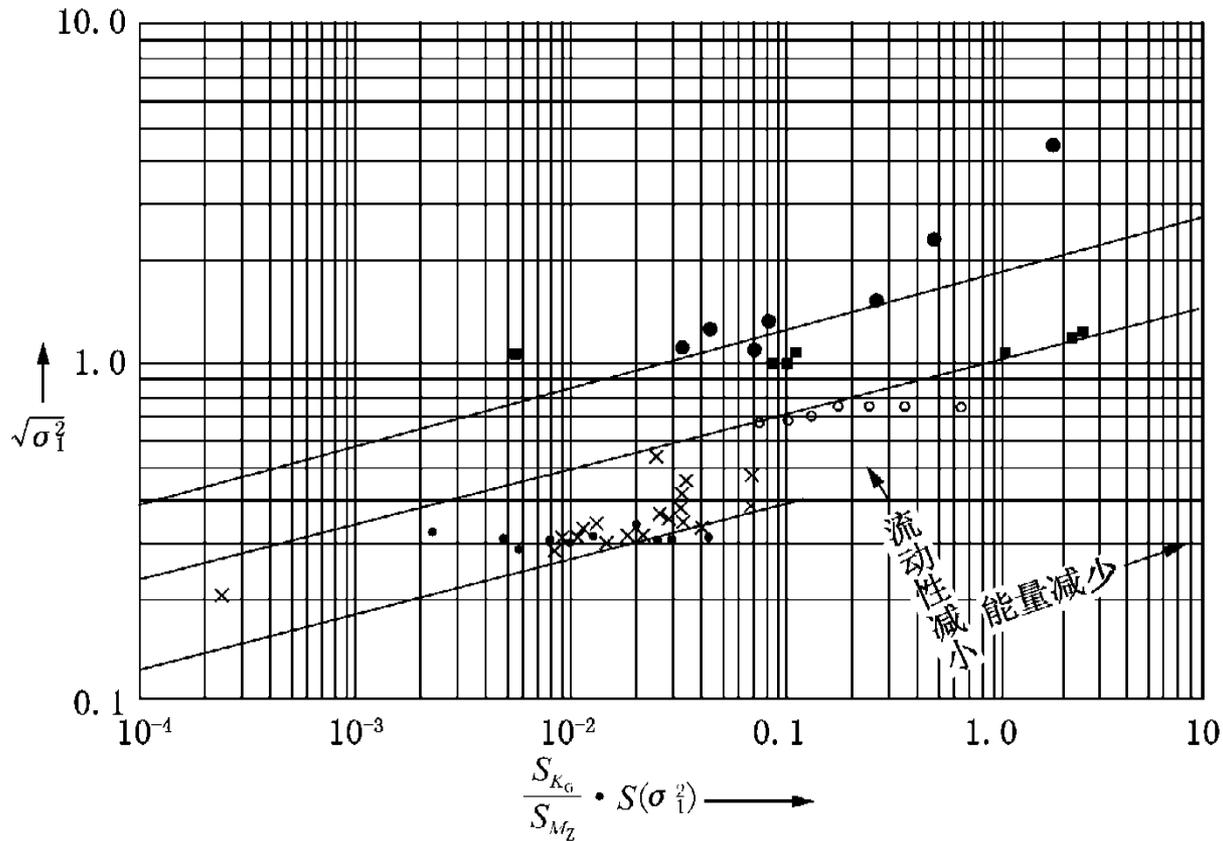
### ■ (一)、粒度判别函数及成因图解

鉴别沉积环境	判别公式	鉴别值	函数平均值
风成沙丘与海 滩海	$Y_{\text{风成: 海滩}} = -3.568M_z + 3.7016$ $\sigma_1^2 - 2.0766S_{K1} + 3.1135K_G$	风成 $Y < -2.7411$ 海滩 $Y > -2.7411$	$\bar{Y}_{\text{风}} = -3.0973$ $\bar{Y}_{\text{海滩}} = -1.7824$
海滩与浅海	$Y_{\text{海滩: 浅海}} = 15.6543M_z + 65.7091$ $\sigma_1^2 + 18.1071S_{K1} + 18.5043K_G$	海滩 $Y < 65.3650$ 浅海 $Y > 65.3650$	$\bar{Y}_{\text{海滩}} = 51.9536$ $\bar{Y}_{\text{浅海}} = 104.7536$
浅海与河流 (三角洲)	$Y_{\text{浅海: 河流}} = 0.2852M_z - 8.7604$ $\sigma_1^2 - 4.8932S_{K1} + 0.0482K_G$	浅海 $Y > -7.4190$ 河流 $Y < -7.4190$	$\bar{Y}_{\text{浅海}} = -5.3167$ $\bar{Y}_{\text{河流}} = -10.4418$
河流(三角洲) 与浊流	$Y_{\text{河流: 浊流}} = 0.7215M_z - 0.4030$ $\sigma_1^2 + 6.7322S_{K1} + 5.2927K_G$	河流 $Y > 9.8433$ 浊流 $Y < 9.8433$	$\bar{Y}_{\text{河流}} = 10.7115$ $\bar{Y}_{\text{浊流}} = 7.9791$

# 第五节 粒度分析

## ➤ 二、粒度分析在区分沉积沉积环境中的应用

### ■ (一)、粒度判别函数及成因图解



## 第五节 粒度分析

---

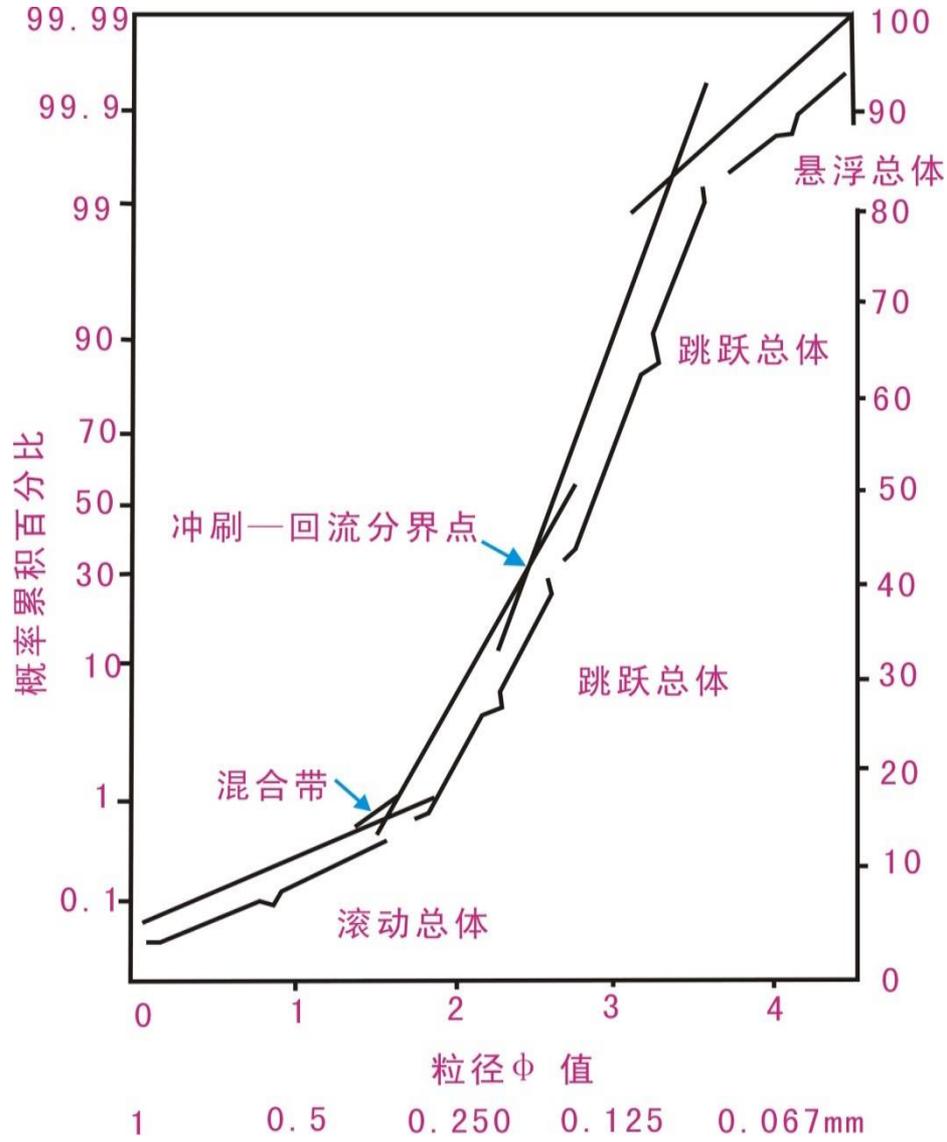
### ➤ 二、粒度分析在区分沉积环境中的应用

#### ■ (二)、用概率累积曲线区分沉积环境

一个理想的粒度概率曲线包含三个次总体：

- ①悬浮搬运组分：最细的颗粒，一般小于0.1mm。大多数沉积物中都包含一些从悬浮状态沉积下来的细粒组分。
- ②跳跃搬运组分：大小一般在0.1mm至1mm。跳跃次总体是沉积样品中分选最好的组分，它往往作为主要部分构成沉积物的格架。
- ③滚动（或称牵引、推移）搬运组分：最粗粒的组分，沿底面滑动、滚动、拖曳前进。

# 第五节 粒度分析

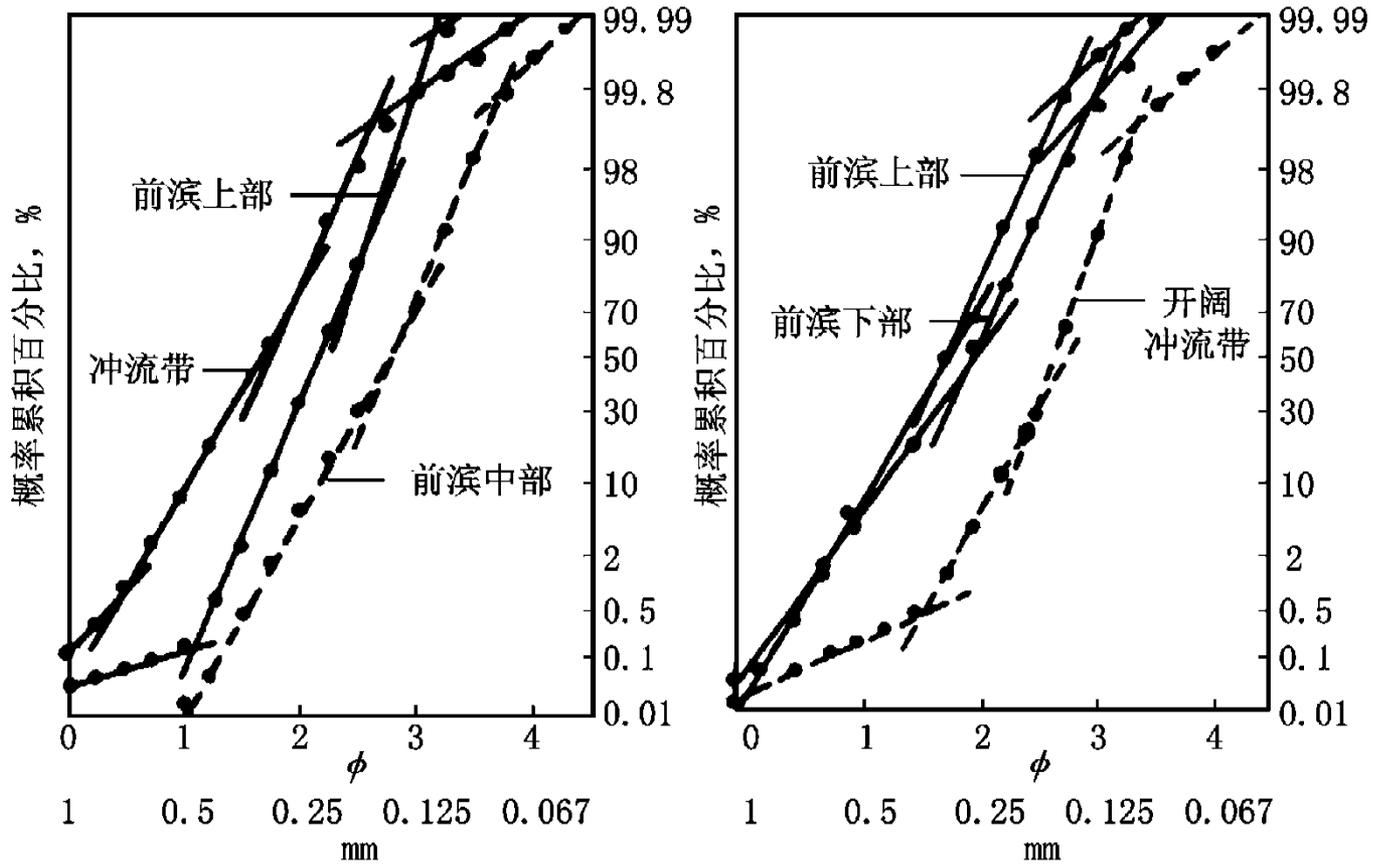


多数砂质沉积物的概率图包括三个直线段。直线段的斜率代表着分选性，线段愈陡说明分选程度愈好。

用概率累积曲线区分沉积环境

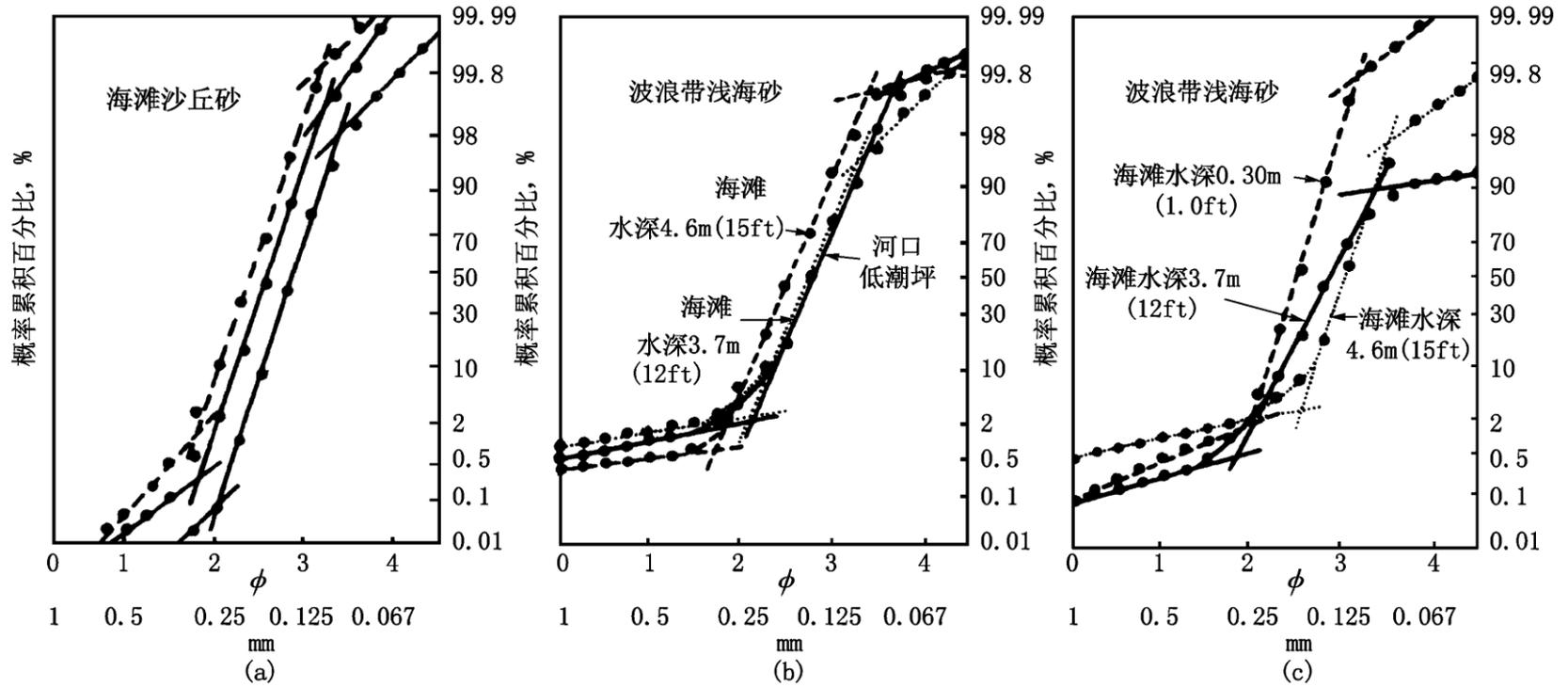
粒度概率图及粒度次总体

# 第五节 粒度分析



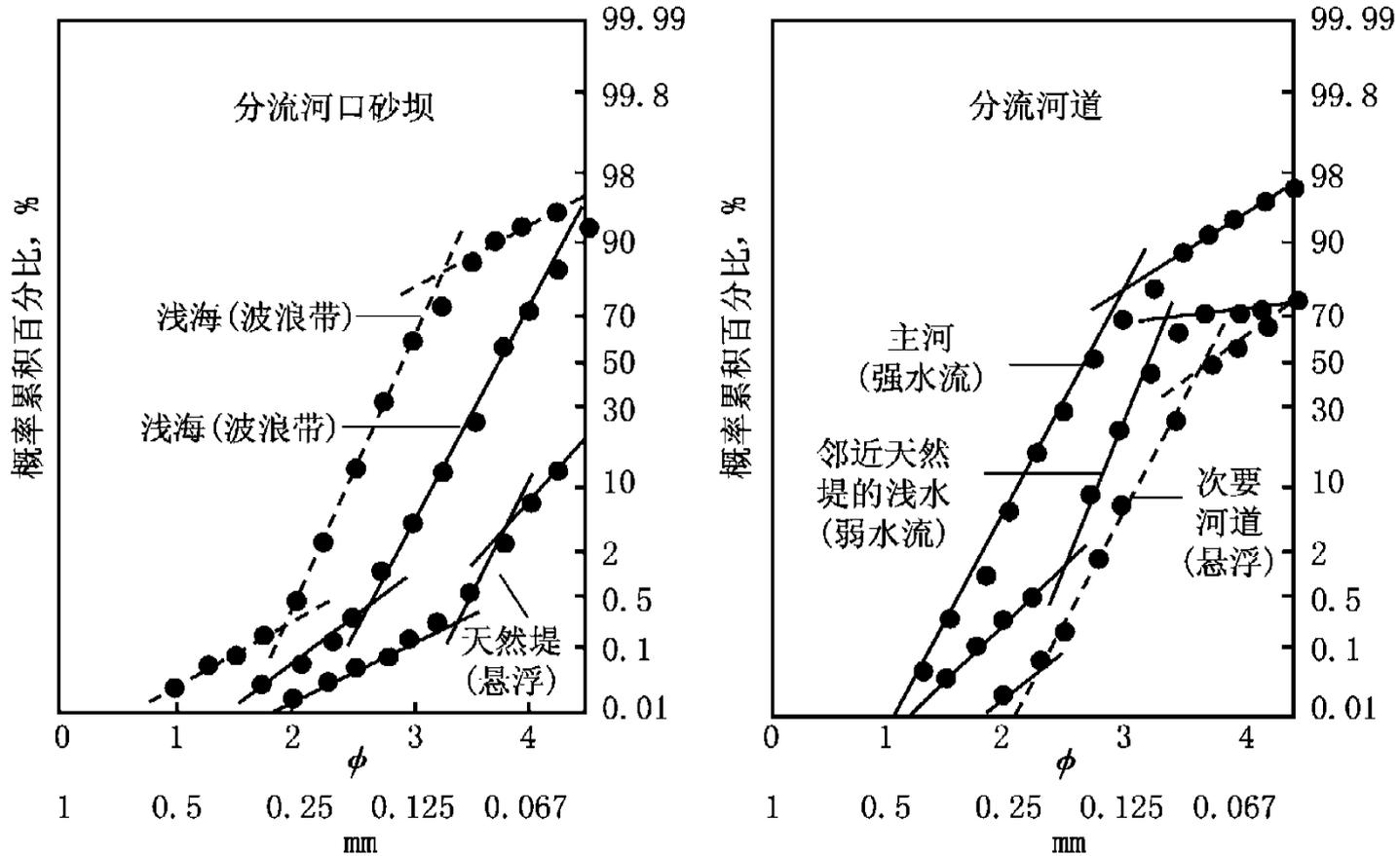
海滩砂的粒度概率图

# 第五节 粒度分析



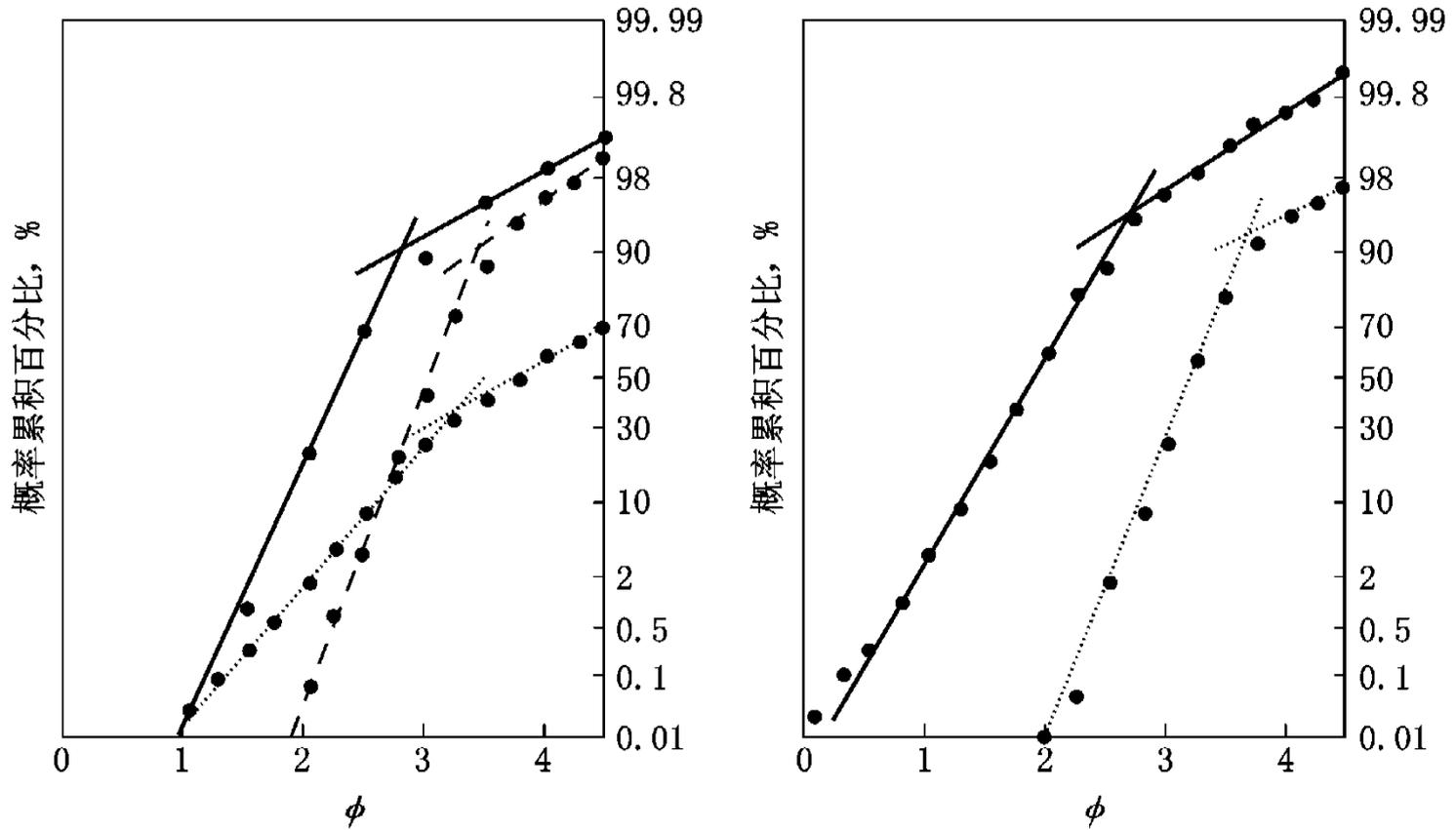
海滩沙丘砂和波浪带浅海砂的粒度概率图

# 第五节 粒度分析



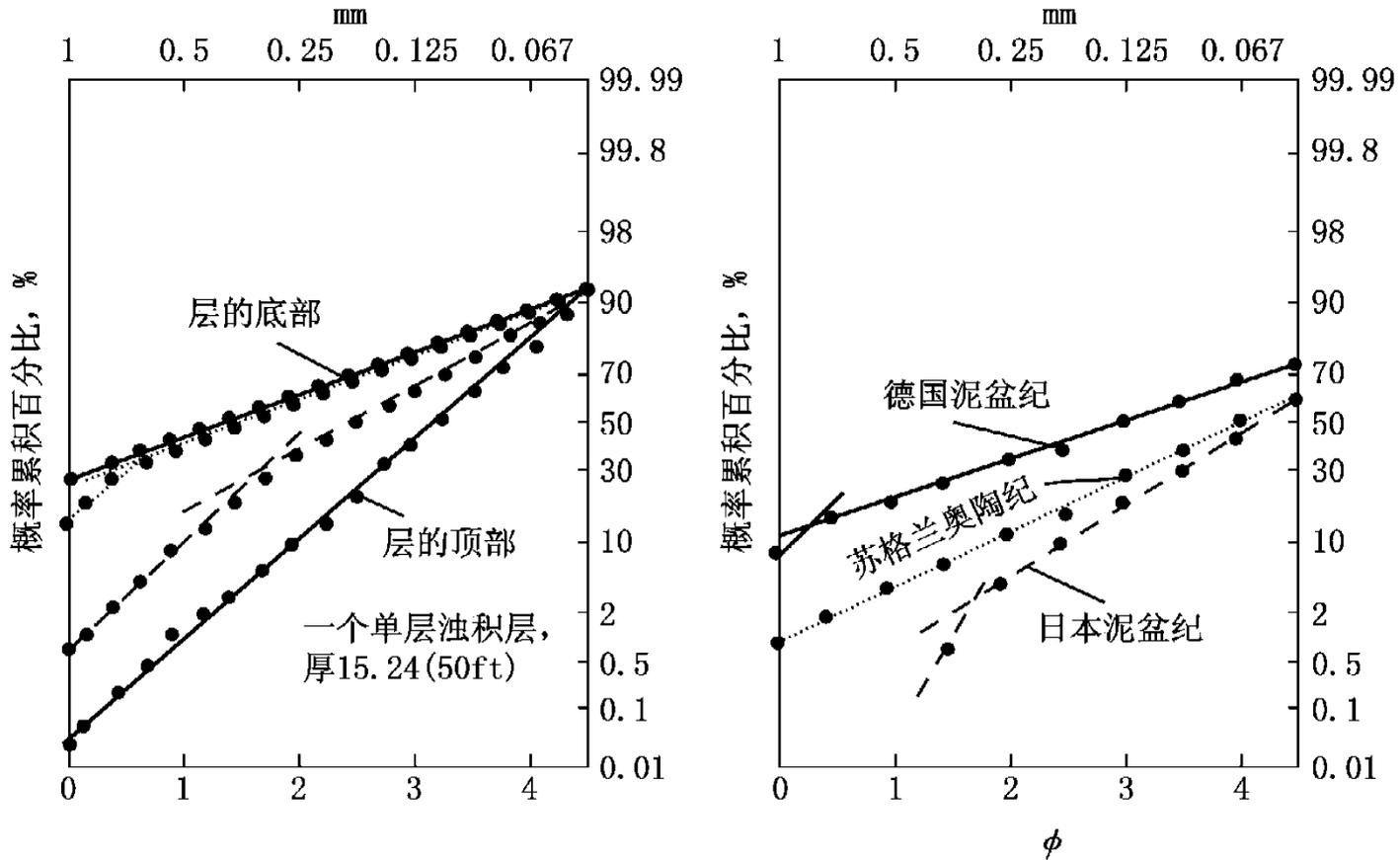
支流河口沙坝及支流河道砂的粒度概率图

# 第五节 粒度分析



现代河道砂的粒度概率图

# 第五节 粒度分析



浊流沉积的粒度概率图

# 第五节 粒度分析

---

## ➤ 二、粒度分析在区分沉积环境中的应用

### ■ (三)、C—M图

■ 应用每个样品的C值和M值绘制的图。

■ C值：累积曲线上1%对应的粒径，代表水动力搅动开始搬运的最大能量；

■ M值：累积曲线上50%处对应的粒径，代表水动力的平均能量。

■ M值为横坐标，C值为纵坐标。

# 第五节 粒度分析

## ➤ 二、粒度分析在区分沉积沉积环境中的应用

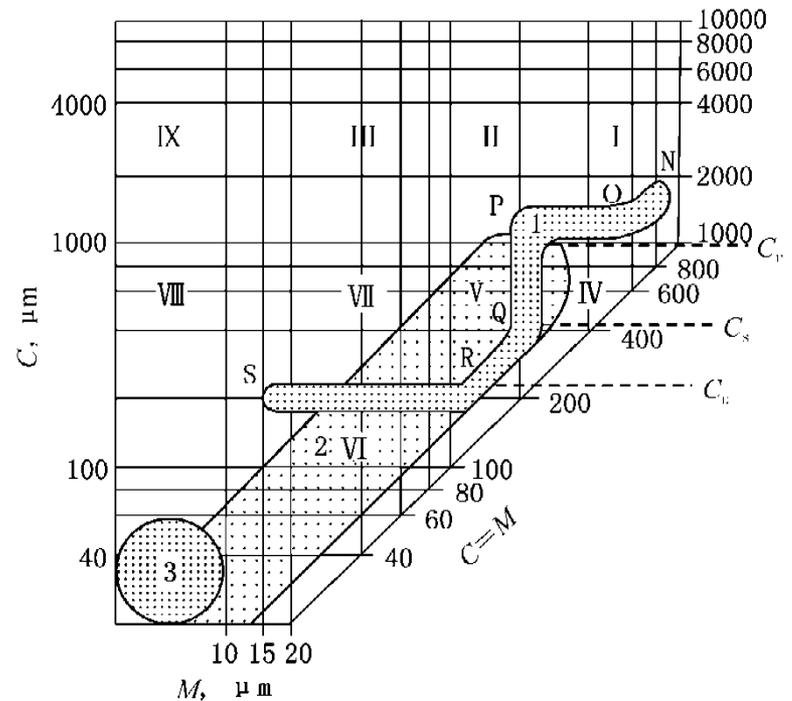
### ■ (三)、C-M图

N ——— O ——— P ——— Q ——— R ——— S  
滚动搬运    滚动为主    悬浮为主    递变悬浮    均匀悬浮

### ■ 1.牵引流沉积的C-M图

➤ QR段—递变悬浮段

➤ RS段—均匀悬浮



1.牵引流沉积； 2.浊流沉积； 3.静水悬浮沉积

# 第五节 粒度分析

## ➤ 二、粒度分析在区分沉积沉积环境中的应用

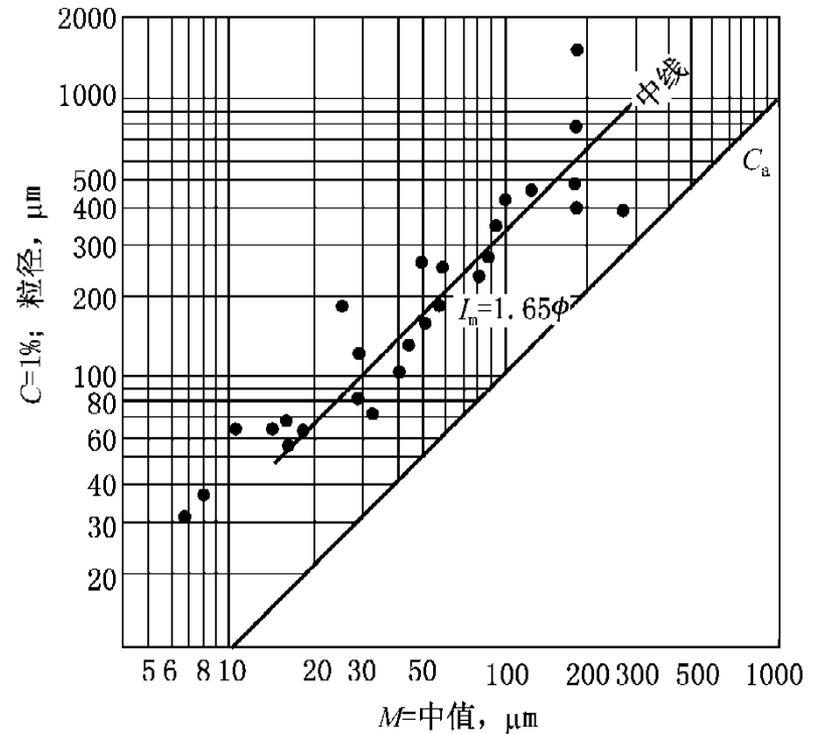
### ■ (三)、C-M图

#### ■ 2. 浊流沉积的C-M图

➤ 平行于C-M基线——递变悬浮

➤  $I_m$ 小——分选好

$I_m$ : 点群平均线与C-M基线的距离



浊流沉积C—M图

# 本章重点

## ■ 颗粒的结构

### ■ 粒度

#### ■ 分级方案

#### ■ 三级命名法、复合命名法、合并命名法

### ■ 圆度——分级方案

### ■ 球度、形状

### ■ 分选——分级方案

### ■ 结构成熟度

## ■ 填隙物的结构

### ■ 杂基、胶结物、胶结类型、支撑类型

## ■ 孔隙结构

# 预 习

碎屑岩沉积构造的概念

碎屑岩构造的各种类型、概念、特征、成因、环境意义

流动成因构造 ★★★★★

■ 层理 ★★★★★

■ 波痕、槽模、沟模、渠模、冲刷充填、截切构造  
★★★

同生变形构造 ★★

暴露成因构造；

化学成因构造；

生物成因构造★★★★；