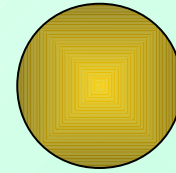
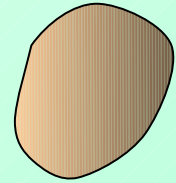


## 3.2 颗粒及颗粒床层的特性

### 3.2.1 单颗粒的特性参数



球形颗粒



非球形颗粒

#### (1) 描述颗粒形状

##### ① 颗粒的球形度 $\Phi$

球形度  $\Phi = \frac{\text{与颗粒等体积的球形颗粒的表面积}}{\text{颗粒的表面积}}$

$$\text{公式表示: } \Phi = \frac{A_s}{A} \leq 1$$

表明：颗粒形状接近于球形的程度；

$\Phi \uparrow$ ，则颗粒越接近于球形。

球形颗粒 = 1

## ② 颗粒的比表面积 $a$

$$a = \frac{\text{颗粒表面积}(m^2)}{\text{颗粒体积}(m^3)} = \frac{A}{V}$$

说明：  $V$  相同时，  $a \downarrow$  ， 则颗粒越接近球形。

球形颗粒比表面积：

$$a_s = \frac{A_s}{\varphi V} = \frac{\pi d_s^2}{\frac{\pi}{6} d_s^3} = \frac{6}{d_s}$$

$a$  与  $\varphi$  关系：  $a = \frac{A_s}{\Phi V}$

## (2) 描述颗粒大小

### ① 等体积当量直径 $d_v$

指：与颗粒体积相等的球形颗粒的直径。

$$\text{即： } V = V_s = \frac{\pi}{6} d_s^3 \rightarrow d_v$$

$$\text{因此， } d_v = \left(\frac{6V}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$d_v$  与  $a$ 、 $\Phi$  关系：
$$a = \frac{A_s}{\Phi V} \Rightarrow V = \frac{A_s}{\Phi a}$$

$$d_v = \left(\frac{6V}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{6\pi d_v^2 / a\Phi}{\pi}\right)^{1/3} = \left(\frac{6d_v^2}{a\Phi}\right)^{1/3}$$

$$\text{因此， } d_v = \frac{6}{\Phi a}$$

## ② 等比表面积当量直径 $d_a$

与非球形颗粒比表面积相等的球形颗

粒的直径

$$a = a_s = \frac{\pi d_s^2}{\frac{\pi}{6} d_s^3} = 6 / d_s \rightarrow d_a$$

因此,  $d_a = 6 / a$

$$\text{比较: } d_V = \frac{6}{\Phi a}$$

$$\text{得: } d_V = d_a / \Phi$$

$$\Phi = \frac{d_a}{d_V} (d_a \leq d_V)$$

## 3.2.2 混合颗粒的特性参数

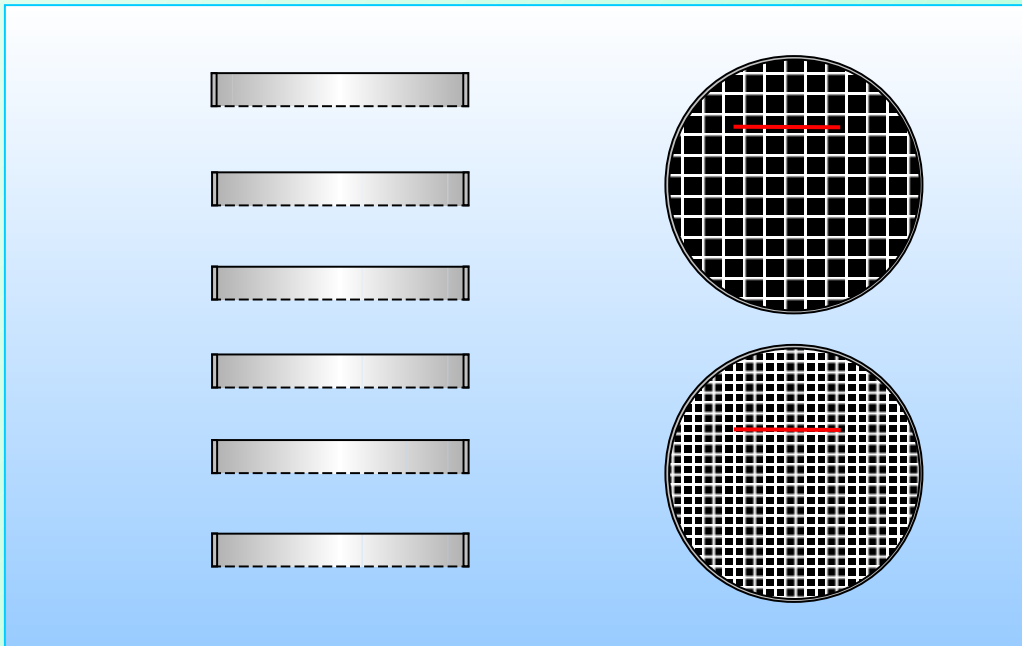
### (1) 颗粒的筛分尺寸

**标准筛：**有不同的系列，常用泰勒标准筛。

**筛号（目数）：**每英寸长度筛网上的筛孔数目；

**筛过量：**通过筛孔的颗粒量；

**筛余量：**截留于筛面上的颗粒量。



## ① 颗粒的筛分尺寸

算术平均:  $d_{pi} = \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$

几何平均:  $d_{pi} = \sqrt{d_{i-1}d_i}$

## ② 筛分尺寸与颗粒特性参数的关系

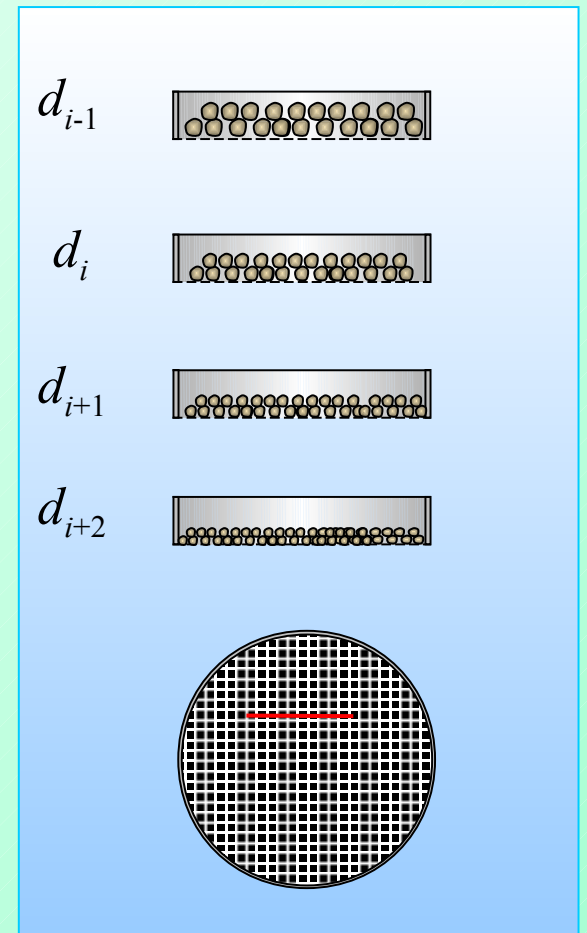
颗粒不是明显的长或短:  $d_{ai} = \frac{\Phi + 1}{2} d_{pi}$

颗粒在某方向上略长:  $d_{ai} \approx d_{pi}$  (长短比 < 2)

## (2) 颗粒群的平均特性参数

### ① 平均比表面积:

$$a_m = \sum w_i a_i = \sum w_i \frac{6}{d_{ai}}$$

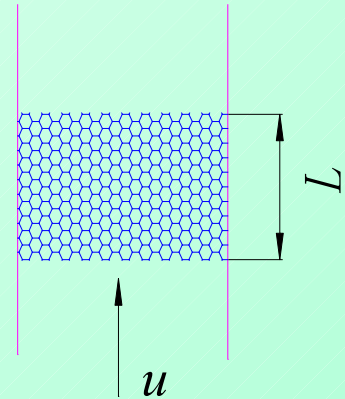


## ② 颗粒群的等比表面积当量直径

$$d_{am} = \frac{6}{a_m} = \frac{1}{\sum w_i \frac{1}{d_{ai}}}$$

### 3.2.3 颗粒床层的特性

颗粒床层 = 颗粒 + 空隙



#### (1) 床层空隙率

① 定义：床层中，空隙所占体积分率。

$$\varepsilon = \frac{V_B - V}{V_B} = 1 - \frac{V}{V_B}$$

表明：床层堆积的松散程度；

$\varepsilon \uparrow$ ，空隙越大，床层越松散；

$\varepsilon$  对流体流过床层的阻力影响很大。

## ② 影响床层空隙率的因素

(a) 装填方法: 干装  $\epsilon \downarrow$   
 $\epsilon \uparrow$  湿装

### (b) 颗粒特性的影响

颗粒形状:  $\Phi \downarrow, \epsilon \uparrow$ ;  $d_p / D \downarrow, \epsilon \downarrow$

靠壁面处: 壁效应, 使  $\epsilon \uparrow$

粒径分布: 颗粒均匀,  $\epsilon \uparrow$ ; 颗粒光滑,  $\epsilon \downarrow$

## ③ 空隙率测量 —— 充水法、称量法

### (2) 床层的自由截面积

即: 床层中空隙的面积 (流体的流通

面积)。

$$S_o = \frac{S - S_P}{S} = 1 - \frac{S_P}{S}$$

自由截面积分率。



$S_0$  与  $\varepsilon$  关系：同样表明颗粒堆积的松散程度

均匀颗粒，则  $S_0 \uparrow$  ，  $\varepsilon \uparrow$

(3) 床层的比表面积  $a_B$

$$a_B = \frac{\text{床层中颗粒的表面积}}{\text{床层体积}} = \frac{A}{V_B}$$

忽略颗粒相互重叠减少的面积，则：

$$a_B = \frac{A}{V_B} = \frac{A}{V/(1-\varepsilon)} = a(1-\varepsilon)$$

$$a_B < a$$