第二节 颗粒床层的特性

一、单颗粒的特性

1. 球形颗粒

体　　积　　$V = \frac{\pi}{6} d_p{}^3$

表 面 积　　$S = \pi d_p{}^2$

比表面积　　$a = \frac{S}{V} = \frac{6}{d_p}$　　(m^2 / m^3)

式中：d_p——球形颗粒的直径

2. 非球形颗粒——定义当量直径

在体积等效—体积当量直径 $V=\frac{\pi}{6}d_p{}^3$ $d_{ev}=\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$

表面积等效—面积当量直径 $S=\pi d_p{}^2$ $d_{es}=\sqrt{\frac{S}{\pi}}$

比表面积等效—比表面当量直径 $a=\frac{6}{d_p}$ $d_{ea}=\frac{6}{a}$

$$a=\frac{6}{d_{ea}}=\frac{S}{V}=\frac{\pi d_{es}{}^2}{\frac{\pi}{6}d_{ev}{}^3}$$

$$d_{ea}=\frac{d_{ev}{}^3}{d_{es}{}^2}=(\frac{d_{ev}}{d_{es}})^2 d_{ev}=\psi d_{ev}$$

$$\psi = \frac{\pi d_{ev}^{\ 2}}{\pi d_{es}^{\ 2}} = \frac{\text{与非球形颗粒具有相同体积的球的表面积}}{\text{非球形颗粒的实际表面积}}$$

称 ψ 为形状系数。对体积相同的实体，球形的表面积最小。

结论：任何非球形颗粒 ψ＜1

对非球形颗粒通常定义d_{ev} (简为d_e) 和 ψ：

$$V = \frac{\pi}{6} d_e^{\ 3} \qquad S = \frac{\pi d_e^{\ 2}}{\psi} \qquad a = \frac{6}{\psi d_e}$$

二、颗粒群的特性

1. 粒度分布的筛分分析

对大于70μm的颗粒，采用一套标准筛进行测量。常用泰勒标准筛：每英寸边长上开的孔数为目数。

2. 分布函数和频率函数

（1）分布函数：

i号筛子—筛孔尺寸dpi

F_i=（筛过量/试样总量）

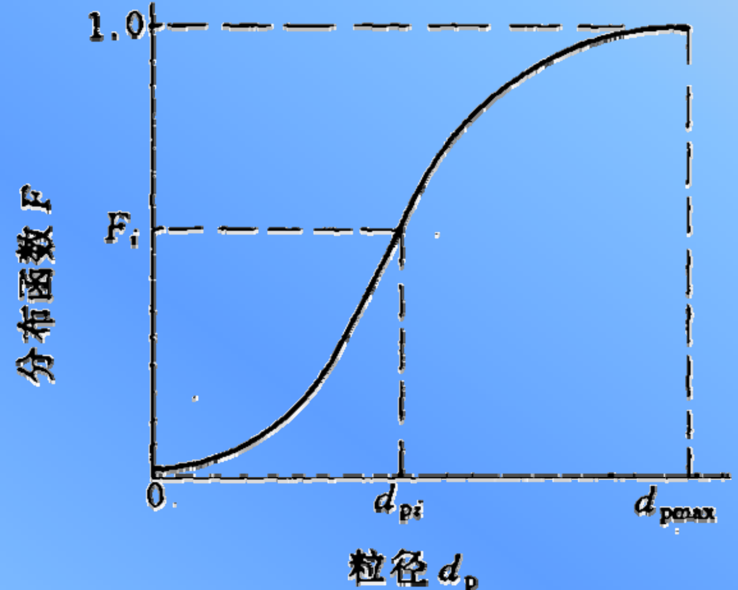

图 4-1 粒度分布函数

分布函数的重要特性

①对应于某一尺寸d_{pi}的F_i 表示直径小于d_{pi}的颗粒占全部试样的质量分率；

②在该批颗粒的最大直径d_{pmax}处，分布函数F_i =1。

（2）频率函数：

$$\bar{f}_i = \frac{x_i}{d_{i-1} - d_i}$$

$$d_{pi} = \frac{1}{2}(d_{i-1} + d_i)$$

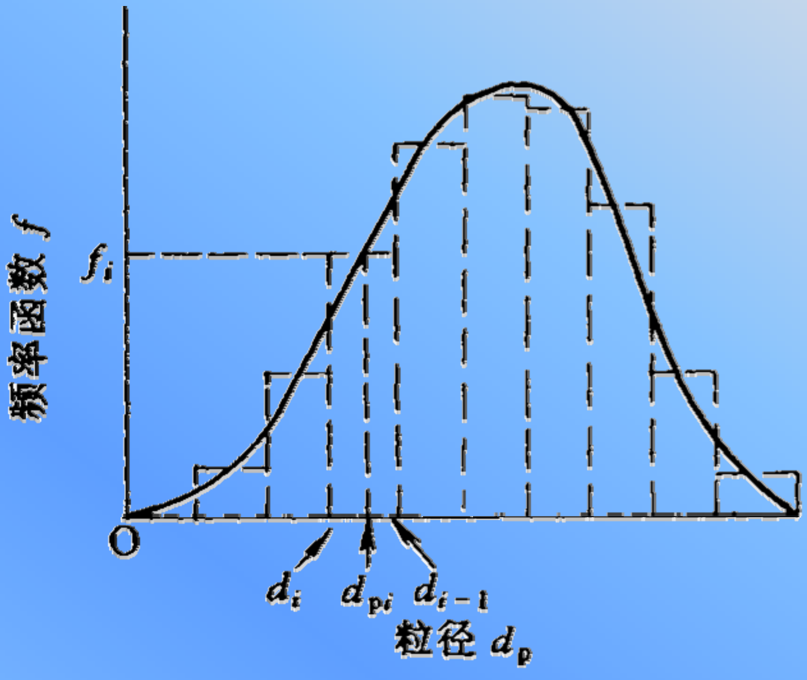

图 4-2 频率函数曲线

x_i=（某号筛面上的颗粒质量/试样总量）

频率函数的重要特性

① 在一定范围内的颗粒占全部试样的质量分率等于该颗粒范围内频率函数曲线下的面积；

② 频率函数曲线下的全部面积为1。

3. 颗粒群的平均直径

$$\frac{1}{d_m}=\sum\left(\frac{1}{d_{pi}}\frac{m_i}{m}\right)=\sum\frac{x_i}{d_{pi}} \quad 或 \quad d_m=\frac{1}{\sum\frac{x_i}{d_{pi}}}$$

式中：m—总质量

m_i—相邻两号筛之间的颗粒质量，其直径为d_{pi}；对非球形颗粒以（$\psi d_e)_i$代替式中的d_{pi}

三、床层特性

1. 床层空隙率

$$\boxed{\varepsilon = \frac{\text{床层体积}-\text{颗粒所占体积}}{\text{床层体积}}}$$

空隙率通过实验测得，一般乱堆床层的空隙率：

ε =0.47～0.7

2. 床层的各向同性

非球形颗粒乱堆时，各颗粒的定向应是随机的，即认为床层是各向同性的。其特点是：

$$\varepsilon = \frac{\text{某截面上的空隙面积}}{\text{床层截面积}}$$

但壁效应存在，当D/d_p较大时壁效应可忽略。

3. 床层的比表面积a_B

单位床层体积所具有的颗粒表面积称为床层的比表面积，以a_B表示。

$$a_B = \frac{ns}{V} = \frac{nva}{V} = \frac{V_p a}{V} = \frac{V(1-\varepsilon)a}{V} = (1-\varepsilon)a$$