



第三节 流体通过固定床的压降

一、颗粒床层的简化模型

1. 床层的简化物理模型

把床层中的不规则通道简化成长度为 L_e 的一组平行细管，并规定：

- (1) 细管的内表面积等于床层颗粒的全部表面；
- (2) 细管的全部流动空间等于颗粒床层的空隙容积。





虚拟细管的当量直径:

$$d_e = \frac{4 \times \text{通道截面积} \times l_e}{\text{润湿周边} \times l_e} = \frac{4 \times \text{床层的流通空间}}{\text{细管的全部内表面}}$$

以 1m^3 床层体积为计算基准, 则:

$$d_e = \frac{4\varepsilon}{a_B} = \frac{4\varepsilon}{a(1-\varepsilon)}$$





2. 流体压降的数学模型

$$h_f = \frac{\Delta p}{\rho} = \lambda \frac{l_e}{d_e} \frac{u_1^2}{2} \quad u_1 \text{——流体在细管内的流速}$$

$$u = \varepsilon u_1 \quad u_1 = \frac{u}{\varepsilon} \quad u \text{——空床流速 (表观流速)}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p}{L} &= \lambda \frac{l_e}{L} \frac{\left(\frac{u}{\varepsilon}\right)^2}{2} \frac{a(1-\varepsilon)}{4\varepsilon} \rho = \left(\lambda \frac{l_e}{8L}\right) \frac{(1-\varepsilon)a}{\varepsilon^3} \rho u^2 \\ &= \lambda' \frac{(1-\varepsilon)a}{\varepsilon^3} \rho u^2 \quad \lambda' = \lambda \frac{l_e}{8L} \end{aligned}$$

λ' ——模型参数





3. 模型的检验和模型参数的估计

(1) Kozeny方程

Kozeny实验得到

$$\lambda' = \frac{K'}{\text{Re}'} \quad K' = 5.0 \quad \text{Re}' < 2$$

$$\text{Re}' = \frac{d_e u_1 \rho}{4\mu} = \frac{\rho u}{a(1-\varepsilon)\mu}$$

把 λ' 代入得:

$$\frac{\Delta P}{L} = K' \frac{(1-\varepsilon)^2 a^2}{\varepsilon^3} \mu u \quad \text{——Kozeny方程}$$





(2) Ergun方程

Ergun实验得到 $\lambda' = \frac{4.17}{\text{Re}'} + 0.29$

$$\frac{\Delta p}{L} = 150 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3 d_p^2} \mu u + 1.75 \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3 d_p} \rho u^2$$

$$\text{Re}' = 0.17 \sim 420$$

(3) 影响床层压降的因素:

操作状况 u	} 影响最大的是 ε
流体性质 μ 、 ρ	
床层特性 ε 、 a	

4. 因次分析法和数学模型法的比较 (自学)

