

某污水处理厂处理规模为 $24000\text{m}^3/\text{d}$ ，经预处理沉淀后 BOD_5 为 200mg/L ，要求经生物处理后出水 $\text{BOD}_5 < 20\text{mg/L}$ 。该地区大气压为 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$ ，要求设计曝气池的容积、剩余污泥量和需氧量。相关参数可按下列条件选取：

- (1) 曝气池污水温度为 20°C ；
- (2) 曝气池中混合液挥发性悬浮固体 (MLVSS) 与混合液悬浮固体 (MLSS) 之比为 0.75；
- (3) 回流污泥悬浮固体浓度取 8000mg/L ；
- (4) 曝气池中的 MLSS 取 3000mg/L ；
- (5) 污泥龄取 10d；
- (6) 二沉池出水中含有 12mg/L 总悬浮固体 (TSS)，其中 VSS 占 65%；
- (7) 污水中含有足够的生化反应所需的氮、磷和其他微量元素。

解：(1) 计算曝气池容积 V ：

① 按污泥负荷率计算：

参考《水污染控制工程》(第四版)下册 P124 表 12-1，取污泥负荷 $0.25\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLSS d})$ ，本题按平均流量计算，则

$$V = \frac{Q(S_0 - S_e)}{L_s X} = \frac{24000 \times (200 - 20)}{0.25 \times 3000} = 5760\text{m}^3$$

②按污泥龄计算：

取 $Y=0.6\text{kgMLVSS/BOD}_5$ ， $K_d=0.08\text{d}^{-1}$ ，则

$$V = \frac{QY\theta_c(S_0 - S_e)}{X_v(1 + K_d\theta_c)} = \frac{24000 \times 0.6 \times 10 \times (200 - 20)}{3000 \times 0.75 \times (1 + 0.08 \times 10)} = 6400\text{m}^3$$

取曝气池容积 6400m^3 。

(3) 计算曝气池的水力停留时间 t ：

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{6400 \times 24}{24000} = 6.4\text{h}$$

(4) 计算剩余污泥量：

① 按表观污泥产率计算：

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + K_d\theta_c} = \frac{0.6}{1 + 0.08 \times 10} = 0.333$$

计算系统排除的以挥发性悬浮固体计的干污泥量:

$$\Delta X_v = Y_{\text{obs}} Q (S_0 - S_e) = 0.333 \times 24000 \times (200 - 20) \times 10^{-3} \text{ kg/d} = 1439 \text{ kg/d}$$

$$\text{计算总污泥量: } \frac{1439}{0.75} \text{ kg/d} = 1919 \text{ kg/d}$$

② 按污泥龄计算:

$$\Delta X = \frac{VX}{\theta_c} = \frac{6400 \times 3000}{10} \times 10^{-3} \text{ kg/d} = 1920 \text{ kg/d}$$

③ 计算排放湿污泥量:

剩余污泥含水率按 99% 计算, 每天排放湿污泥量(以每天产泥 1920kg 计算):

$$\frac{1920}{1000} \text{ t} = 1.92 \text{ t (干泥)}, \quad \frac{1.92}{100\% - 99\%} = 192 \text{ m}^3$$

(5) 计算污泥回流比 R :

曝气池中悬浮固体浓度 (MLSS) 浓度: 3000mg/L, 回流污泥浓度: 8000mg/L,

$$8000 \times Q_R = 3000 \times (Q + Q_R)$$

$$R = \frac{Q_R}{Q} = 60\%$$

(6) 计算曝气池需氧量 O_2 :

$$O_2 = \frac{Q(S_0 - S_e)}{0.68} - 1.42 \Delta X_v = \left[\frac{24000 \times (200 - 20) \times 10^{-3}}{0.68} - 1.42 \times 1439 \right] \text{ kg/d} = 4310 \text{ kg/d}$$

(7) 计算空气量:

如果采用鼓风曝气, 设曝气池有效水深为 6.0m, 曝气扩散器安装距池底 0.2m, 则扩散器上静水压为 5.8m, 其他相关参数选择:

α 值取 0.7, β 值取 0.95, $\rho=1$, 曝气设备堵塞系数 F 取 0.8, 采用管式微孔扩散设备, $E_A=18\%$, 扩散器压力损失: 4 kPa, 20°C 水中溶解氧饱和度为 9.17mg/L。

扩散器出口处绝对压力:

$$p_d = p + 9.8 \times 10^3 H = (1.013 \times 10^5 + 9.8 \times 10^3 \times 5.8) \text{ Pa} = 1.58 \times 10^5 \text{ Pa}$$

空气离开曝气池面时, 气泡含氧体积分数为:

$$\varphi_o = \frac{21(1 - E_A)}{79 + 21(1 - E_A)} \times 100\% = \frac{21 \times (1 - 18\%)}{79 + 21 \times (1 - 18\%)} \times 100\% = 17.9\%$$

20°C 时曝气池混合液中平均氧饱和度为:

$$\bar{c}_s = c_s \left(\frac{p_d}{2.026 \times 10^5} + \frac{\varphi_o}{42} \right) = 9.17 \times \left(\frac{1.58 \times 10^5}{2.026 \times 10^5} + \frac{17.9}{42} \right) \text{mg/L} = 11.06 \text{mg/L}$$

标准状态下（20℃，脱氧清水）充氧量为：

$$\begin{aligned} O_s &= \frac{O_2 \cdot c_{s(20)}}{\alpha \left[\beta \cdot \rho \cdot \bar{c}_{s(r)} - c \right] \cdot 1.024^{(T-20)} \cdot F} \\ &= \frac{4310 \times 9.17}{0.7 \times (0.95 \times 1 \times 11.06 - 2.0) \times 1.024^{(20-20)} \times 0.8} \text{kg/d} \\ &= 8297 \text{kg/d} = 346 \text{kg/h} \end{aligned}$$

曝气池供气量为：

$$G_s = \frac{O_s}{0.28 E_A} = \frac{346}{0.28 \times 18\%} \text{m}^3/\text{h} = 6865 \text{m}^3/\text{h}$$

如果选择三台鼓风机，两用一备，则单台风机风量：3433m³/h（58 m³/min）。

（8）鼓风机出口风压计算：

选择一条最不利空气管路计算空气管的沿程和局部压力损失，如果管路压力损失为 5.5kPa（计算省略），扩散器压力损失为 4kPa，出风口风压为：

$$p = H + h_d + h_f = [5.8 \times 9.8 + 4 + 5.5 + 3(\text{安全余量})] \text{kPa} = 69.34 \text{kPa}$$