



水处理工程

第十五讲 活性污泥处理系统的工艺设计





设计内容

- ① 选定工艺流程；
 - ② 曝气池（区）容积的计算及曝气池的工艺设计；
 - ③ 计算需氧量、供气量以及曝气系统的计算与设计；
 - ④ 计算回流污泥量、剩余污泥量与污泥回流系统的设计；
 - ⑤ 二次沉淀池池型的选定与工艺计算、设计。
-



原始资料与数据

- ① 应处理的原污水的日平均流量 (m^3/d)、最大时流量 (m^3/h)、最低时流量 (m^3/h)。
- ② 原污水和经一级处理工艺处理后的主要各项水质指标
 - BOD_5 、 BOD_u (溶解性、悬浮性)
 - COD (溶解性、悬浮性)
 - TOC
 - SS (非挥发性、挥发性)；
 - 总固体 (溶解性、非溶解性)；
 - 总氮 (有机氮、游离氮、硝酸氮、亚硝酸氮、氨氮)；
 - 总磷 (有机磷、无机磷) 等
- ③ 处理水的出路及各项指标应达到的数据，其中主要的是 BOD 和 COD 的去除率及处理水浓度。
- ④ 对所产生的污泥的处理与处置的要求。
- ⑤ 原污水中所含有的有毒有害物质、浓度，微生物对其有无驯化的可能。



应确定的主要各项参数

- BOD—污泥负荷率 (COD污泥负荷率)
 - 混合液污泥浓度 (MLSS、MLVSS)
 - 污泥回流比R
-



- BOD污泥负荷率（或COD污泥负荷率）与处理效果以及处理水BOD值（COD值）之间的关系，**确定 K_2 值**；
- BOD污泥负荷率（或COD污泥负荷率）与污泥沉降、浓缩性能的关系，**确定SV（%）与SVI**；
- BOD污泥负荷率（或COD污泥负荷率）与污泥增长率的关系，**确定Y及Kd（即a和b值）**
- BOD污泥负荷率（或COD污泥负荷率）与需氧量、需氧率之间的关系，**确定a'和b'值**。



确定处理工艺流程

- 综合考虑现场的地理位置、地区条件、气候条件以及施工水平等客观因素，综合分析本工艺在技术上的可行性和先进性以及经济上的合理性等。
- 对那些工程量较大，投资额较高的工程，需要进行多种工艺流程方案的比较，以期使所确定的工艺系统是优化的。
- 对工程量较大的污水处理工程，一般都采取工程招标方法，并组织有关专家评审，选定其中技术合理、经济适宜的最佳方案实施。

曝气池（区）容积的计算

根据
$$N_s = \frac{QS_a}{XV} \quad \text{kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$$

$$N_v = \frac{QS_a}{V} = N_s X \quad \text{kgBOD}_5 / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

求得
$$V = \frac{QS_a}{XN_s} \quad (\text{m}^3) \quad V = \frac{QS_a}{N_v} \quad (\text{m}^3)$$

式中： N_s 为BOD-污泥负荷率； N_v 为容积负荷； Q 为污水设计流量 m^3/d ； S_a 为原污水的 BOD_5 值（ mg/L 或 kg/m^3 ）； X 为曝气池混合液悬浮固体浓度（MLSS）（ mg/L 或 kg/m^3 ）； V 为曝气池容积（ m^3 ）



BOD – 污泥负荷率的确定

- 污泥负荷率在微生物对有机污染物降解方面的实质即为F/M值。微生物增殖期不同，污泥负荷率也不同，有机物降解效果也不同。因此，确定污泥负荷率，首先定必须结合处理水的BOD₅值（S_e）考虑。
- 对完全混合式的曝气池（区），污泥处在减速增长期，污泥负荷率N_e与处理水BOD浓度（S_e）之间的关系通过下列数学推导过程确定。

$$\frac{S_0 - S_e}{X_v t} = K_2 S_e$$



根据污泥负荷

$$N_r = \frac{QS_0}{X_v V} = \frac{QS_0(S_0 - S_e)}{X_v V(S_0 - S_e)} = \frac{Q(S_0 - S_e)}{X_v V \frac{S_0 - S_e}{S_0}}$$

式中

$$\frac{S_0 - S_e}{S_0} = \eta$$

因此

$$N_f = K_2 \cdot S_e / \eta$$

因为

$$f = \frac{MLVSS}{MLSS}$$

故得

$$N_s = \frac{QS_0}{XV} = K_2 S_e f / \eta$$

一般，对于城市污水，BOD-污泥负荷多取0.3~0.5kgBOD5/(kgMLSS.d)，SVI在80-150mL/g之间



混合液污泥浓度的确定

- 采用较高的活性污泥浓度 (MLSS) 能够减少曝气池的有效容积，是经济的，但是，**污泥浓度过高会对系统带来不利影响。**
 - 污泥浓度高增加了混合液的粘滞性，扩散阻力增加，供氧利用率下降；
 - 污泥浓度过高，影响二沉池污泥的沉降时间和性能，SVI较高，污泥回流浓度 (X_r) 降低，反过来影响混合液浓度 (降低)；
 - 污泥浓度的提高，会增加二沉池的负荷，使其造价提高，同时，污泥回流量也越大，使污泥回流设备的造价和动力费用增加。



根据物料衡算 $\left(\frac{dX}{dt}\right)V = RQX_r + \Delta X - Q(1+R)X = 0$

所以
$$X = \frac{RQX_r + \Delta X}{Q(1+R)} \approx \frac{R}{1+R} \cdot X_r = \frac{R}{1+R} \cdot \frac{10^6}{SVI}$$

因此，可以计算曝气池的容积

$$V = \frac{S_0 \cdot Q}{N_s \cdot X} = \frac{Q \cdot (S_0 - S) \cdot f}{X_v \cdot N_s \cdot \eta}$$



例题

- 采用完全混合活性污泥法处理城市污水。其流量为 $10000\text{m}^3/\text{d}$ ， $\text{BOD}_u=200\text{mg}/\text{L}$ ，要求出水 $\text{BOD}_u\leq 6\text{mg}/\text{L}$ 。已知： $\text{MLVSS}=0.8\text{MLSS}$ ， $K=0.1\text{L}/\text{mg}\cdot\text{d}$ ， $K_d=0.1\text{d}^{-1}$ ， $Y_T=0.5$ ， $\text{SVI}=96$ 。计算所需曝气池容积运行的生物固体停留时间和生物量浓度，决定合适的污泥回流比。



- ① 需氧量及供气量的计算
 - ② 鼓风曝气系统的计算与设计
 - ③ 机械曝气装置的设计
-



活性污泥系统的日平均需氧量按照下式计算

$$O_2 = a'QS_r + b'VX$$

生活污水的 a' 介于0.42-0.53, b' 介于0.188-0.11之间。其值的确定根据下式:

$$\frac{O_2}{X_v V} = a' \frac{QS_r}{X_v V} + b' = a' N_{rs} + b'$$

$$\frac{O_2}{QS_r} = a' + \frac{X_v V}{QS_r} b' = a' + b' \frac{1}{N_{rs}}$$

供气量计算

$$G_s = \frac{R_0}{0.3E_A} \cdot 100$$

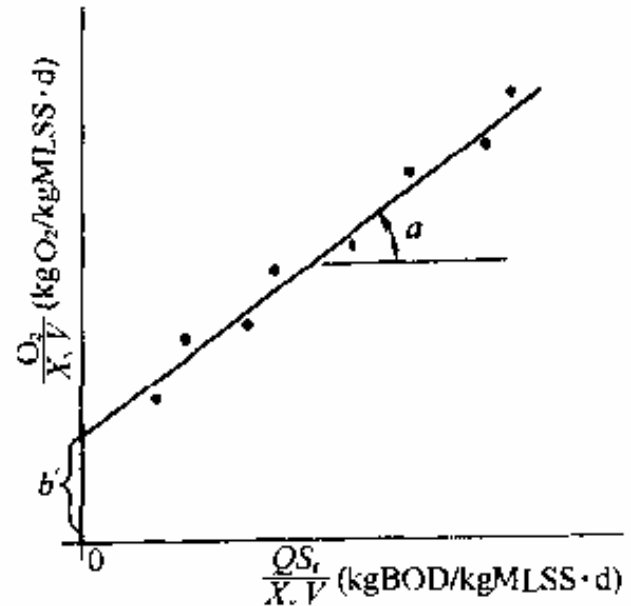


图 4-10 a' b' 值图解确定法



● 空气扩散装置的选定与布置

- 空气扩散装置应具有较高的氧利用率和动力效率，具有较好的节能效果；
- 不易堵塞，便于维护管理；构造简单，便于安装，工程造价及装置成本低。
- 结合考虑污水水质、地区条件以及曝气池池型、水深等。
- 根据计算出的供气量和每个空气扩散装置的通气量，服务面积、曝气池池底面积等数据，计算确定空气扩散装置的数目，并对其进行布置。



● 空气管道系统的计算与设计

- 一般规定，从空压机的出口到空气扩散装置的空气输送管道，一般使用焊接钢管；
 - 空气管道一般敷设在地面上，接入曝气池的管道应高出池水面0.5m，以免产生回水现象；
 - 空气管道的干、支管流速为10~15m/s，通向空气扩散装置的竖管、小支管为4~5m/s。
-



机械曝气装置的设计

- 主要是选择叶轮的型式和确定叶轮的直径。选择叶轮的型式时要考虑叶轮的充氧能力、动力效率以及加工条件等。叶轮直径的确定主要取决于曝气池的需氧量，使所选择的叶轮的充氧量能够满足混合液需氧量的要求。
- 一般平板叶轮或伞型叶轮直径与曝气池直径之比在 $1/3 \sim 1/5$ 左右；而泵型叶轮以 $1/4 \sim 1/7$ 为宜。叶轮直径与水深之比可采用 $2/5 \sim 1/4$ ，池深过大，将影响充氧和泥水混合。



污泥回流系统的设计

- 分建式曝气池污泥回流系统包括污泥提升装置和污泥输送的管渠系统。

污泥回流量

$$Q_R = RQ$$

$$R = \frac{X}{X_r - X}$$

$$X_r = \frac{10^6}{SVI}$$

污泥的提升设备主要是污泥泵、空气提升器和螺旋泵。比较广泛采用螺旋泵。螺旋泵由泵轴、螺旋叶片、上下支座、导槽、挡水板和驱动装置组成

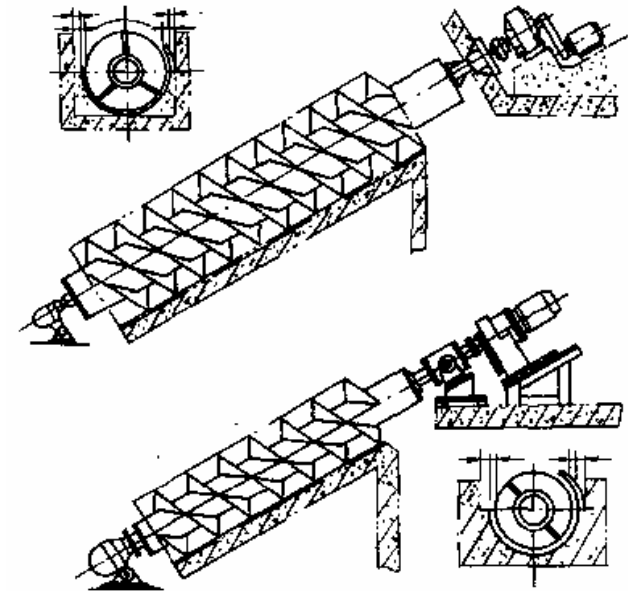


图 4-87 螺旋提升泵的基本构造图



剩余污泥及其处置

剩余污泥量

$$\Delta X = Y(S_0 - S_e)Q - K_d V X_v$$

生活污水: Y 介于 0.5~0.65 之间, K_d 介于 0.05~0.1 之间。
城市污水的 Y 介于 0.4~0.5, K_d 0.07 左右。

工业废水: 成分复杂, 需要实际测定。Y 与 K_d 以

$$\frac{\Delta X}{X_v V} \sim \frac{(S_0 - S_e)Q}{X_v V} \text{ 做图求得}$$

ΔX 是以干重形式表示的挥发性悬浮固体, 应将其换算成湿重的总悬浮固体量:

$$\Delta X = Q_w f X_r$$

所以
$$Q_w = \frac{\Delta X}{f X_r}$$

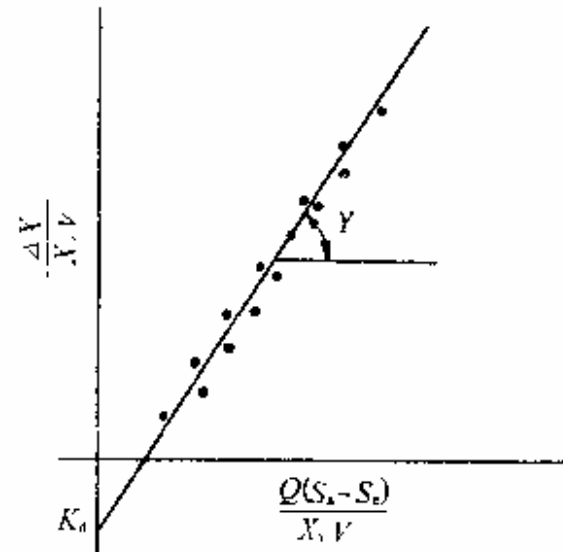


图 4-9 Y、K_d 值确定图解法



二次沉淀池的设计

- Kynch、Fitch、Dick等人分别提出和推导出各种设计计算二次沉淀池的方法
- 假定混合液在沉淀筒中的静止沉淀试验，可以反映混合液在二次沉淀池中的真实情况。因此静止沉淀试验所得的数据可以作为设计时的依据。
- 二次沉淀池要同时考虑澄清和浓缩的要求。
- 静止沉淀时，成层沉降速度(即泥层B的下沉速度)决定于悬浮固体的浓度。此速度决定了二次沉淀池的澄清能力。由此，即可算出二沉池所需的表面积。
- 二沉池的浓缩能力决定于所要求的底流浓度(排出二沉池的回流活性污泥的浓度)。根据沉速是固体浓度的函数以及物料平衡原理，可以按所要求的底流浓度推算出二沉池所需的表面积。
- 根据以上(3)及(4)算得的两个表面面积，选择大的数值作为二沉池的设计面积。在一般情况下，浓缩是设计的控制因素。



二次沉淀池的构造和计算

- 二次沉淀池的进水部分要仔细考虑，应使布水均匀并造成有利于絮凝的条件，使泥花结大。
- 二沉池中污泥絮体较轻，容易被出流水挟走，因此要限制出流堰处的流速，可在池面布置较多的出水堰槽，使单位堰长的出水量不超过 $10\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ 。
- 泥污斗的容积，要考虑污泥浓缩的要求。在二沉池内，活性污泥中的溶解氧只有消耗，没有补充，容易耗尽。缺氧时间过长可能影响活性污泥中微生物的活力并可能因反硝化而使污泥上浮。故浓缩时间一般不超过 2h 。



$$A = \frac{Q}{q} = \frac{Q}{3.6u}$$

式中：A为澄清区表面积，m²；Q为废水设计流量，用最大时流量，m³/h；u为成层沉淀效率，q为表面负荷m³/m²·h或m/h

例题：P183



思考题

- ① 活性污泥系统的设计包括哪些内容。
 - ② 总结曝气池容积的计算方法，并结合例题计算。
 - ③ 二次沉淀池的设计中应考虑哪些要素。
-



谢谢!

