

# 《环境工程学二》一小时速成

标签：#环院专业课 #知识点整理

本页面存在一个 **已渲染的 PDF 版本** (<https://cdn.jsdelivr.net/gh/Xzonn/xz-pdf/Environmental-Engineering-II-1-Hour-Review.pdf>)。

## 1 名词解释

### 1.1 水环境容量

- 概念：在给定**水域范围**和**环境水文条件**、规定**排污方式**和**水质目标**的前提下，**单位时间内该水域最大允许纳污量**，称作水环境容量。即一定水体在规定的**环境目标**下所能容纳污染物质的最大负荷量称为水环境容量。
- 分类：根据污染物在水体中的归趋，水环境容量主要可分为两个部分：
  - 稀释容量：指在给定水域的本底污染物浓度低于水质目标时，依靠稀释作用达到水质目标所能容纳的污染量。
  - 自净容量：指由于沉降、吸附、化学反应、生物降解等物理、化学和生物作用，给定水域达到水质目标所能自净的污染量。
- 影响因素：
  - 水体特征，如水文参数、背景参数、自净参数和工程因素等。
  - 污染物特征，如物理性质、化学性质、生物降解性等。
  - 水质目标。
- 作用：水体自净能力的存在，使得自然环境对污染物质具有一定的容纳能力。水环境容量既反映了满足特定功能条件下水体的**水质目标**，也反映了水体对污染物的**自净能力**。

### 1.2 水体自净

- 概念：污染物进入水体后，水体在**其环境容量的范围**以内，经过一系列复杂的**物理、化学、物理化学和生物化学**的作用，使污染物浓度或毒性**逐渐降低**，经一段时间后**恢复到**受污染前的状态，这一过程称为水体自净。
- 分类：水体的自净过程很复杂，按其机理划分有：
  - 物理过程：污染物质经过稀释、混合、扩散、挥发、沉淀等过程，浓度得以降低。
  - 化学及物理化学过程：污染物质通过中和、氧化、还原、吸附、络合等反应使其浓度降低。
  - 生物化学过程：污染物质中的有机物，由于水体中微生物的代谢活动而被分解、氧化并转化为无害、稳定的无机物，从而使浓度降低。

### 1.3 混凝

- 概念：是指通过**添加化学药剂**（混凝剂），**破坏**原水中胶体和悬浮颗粒形成的**稳定分散体系**，使其凝聚为具有明显沉降性能的**絮凝体**，使其可用**重力沉降法**予以分离的过程，是给水 and 废水处理工艺中的一种单元操作。混凝是从投加化学药剂（混凝剂）到最终形成絮凝体（矾花）的整个过程。
- 混凝是**凝聚作用**与**絮凝作用**的合称，凝聚指水中胶体脱稳并形成微絮体的过程，絮凝指絮粒通过吸附、卷带、桥连而成长为肉眼可见的絮凝体的过程。

### 1.4 膜污染

- 概念：是指在膜分离过程中，由于原水中的微粒、胶体粒子或溶质分子，与膜之间存在物理化学作用或机械作用，从而在膜表面及膜孔内部吸附或沉积，致使出现膜孔变小或堵塞、膜过滤阻力增大、膜通量不可逆下降等膜水力性能降低的现象。

1.5 消毒副产物（Disinfection By-products, DBPs）

- 概念：是指饮用水源水中的各类有机物（包括天然有机物和人工合成有机物）在消毒过程中，与消毒剂发生化学反应而生成的一类有毒有害的物质。
- 主要物质：三卤甲烷（trihalomethanes, THMs）、卤代乙酸（haloacetic acids, HAAs）、溴酸盐（BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>）、亚氯酸盐（ClO<sub>2</sub><sup>-</sup>）、卤化氰（cyanogen chloride/bromide, XCNs）、卤代乙腈（haloacetonitriles, HANs）、卤代硝基甲烷（HNMs）、卤代酮（halogenated ketones, HKs）、卤代酚（halophenols）、醛类（aldehydes）等。

1.6 高级氧化法（Advanced Oxidation Processes, AOPs）

- 概念：泛指在水处理反应过程中有大量羟基自由基·OH参与的化学氧化技术。
- 原理：利用氧化剂、催化剂、光辐射、超声波等产生活性极强、氧化还原电位极高（E<sub>0</sub> = +2.80 V）的羟基自由基·OH，再通过其与有机污染物之间的加合、取代、电子转移等使污染物全部或接近矿化。

1.7 污泥膨胀

- 污泥膨胀是活性污泥处理系统运行过程中出现的一种异常现象。
- 主要特征：污泥结构松散，质量变轻，沉淀压缩性能差；SV 值增大，有时达到 90 %，SVI 达到 300 以上；大量污泥流失，出水浑浊；二次沉淀难以固液分离，回流污泥浓度低，有时还伴随大量的泡沫的产生，无法维持生化处理的正常工作。
- 分类：污泥膨胀分为丝状菌膨胀和非丝状菌膨胀。
  - 活性污泥中丝状细菌的大量生长并从絮粒中向外伸展，极大地阻碍了絮粒之间的凝聚与压缩，导致污泥 SVI 高，引起污泥的膨胀，其出现频率及程度同丝状细菌数量呈正相关，称为丝状菌膨胀。
  - 非丝状菌膨胀主要发生在废水水温较低而污泥负荷太高的时候，此时细菌吸附了大量有机物，来不及代谢，在胞外积贮大量高粘性的多糖物质，使得表面附着物大量增加，很难沉淀压缩。

1.8 序批式活性污泥法（Sequencing Batch Reactor, SBR）

- 概念：是一种间歇运行的活性污泥法。该工艺通过在时间上的交替来实现传统活性污泥法的整个运行过程，将调节池、曝气池和二沉池的功能集于一池，进行水质水量调节、微生物降解有机物和固液分离等。
- 运行过程：进水、反应、沉淀、排水、静止和排泥。
- 特点：操作灵活，耐冲击负荷，可防止污泥膨胀，运行管理自动化，可脱氮除磷，易实现推流式流态，出水水质很好，占地面积和基建投资小。特别适用于中小水量的污水处理。
- 发展：如间歇式循环延时曝气法（intermittent cycle extended aeration system, ICEAS）、循环式活性污泥系统（cyclic activated sludge technology, CAST）、连续曝气-间歇曝气串联工艺（demand aeration tank-intermittent aeration tank, DAT-IAT）等。

1.9 曝气生物滤池（Biological Aerated Filter, BAF）

- 概念：是将生物接触氧化法与过滤法工艺相结合的一种好氧生物膜法废水处理工艺，其不设沉淀池，通过反冲洗再生实现滤池的周期更替，在废水的二级处理中曝气生物滤池体现出处理负荷高、出水水质好、占地面积省等特点。

1.10 厌氧氨氧化（Anaerobic Ammonium Oxidation, Anammox）

- 概念：指在厌氧或者缺氧条件下，厌氧氨氧化微生物以 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 为电子受体，以 CO<sub>2</sub> 为主要无机碳源，氧化 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为氮气的生物过程。该过程的总反应式为：NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + 1.31 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 0.066 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 0.13 H<sup>+</sup> → N<sub>2</sub> + 0.26 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 0.066 CH<sub>2</sub>O<sub>0.5</sub>N<sub>0.15</sub> + 2 H<sub>2</sub>O。
- 该过程是一种新型自养生物脱氮反应，反应可降低 50 % 的曝气量、无需外加有机碳源，且污泥产生量小，相对于传统硝化/反硝化脱氮工艺具有显著优势，对处理含高氨氮废水特别是低有机碳源废水具有重大的潜在实际应用价值。

2 习题讲解

2.1 碱度的计算

- 测定方法：中和滴定法，标准浓度盐酸滴定，分别以酚酞和甲基橙作指示剂计算滴定耗用的盐酸溶液量，得到酚酞碱度 P = [OH<sup>-</sup>] + [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] 和甲基橙碱度（总碱度）T = [OH<sup>-</sup>] + 2 [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] + [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]。
- 计算方法：如表 2-1 所示。

表 2-1 碱度计算方法			
滴定结果	[OH <sup>-</sup> ]	2 [CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
P = 0	0	0	T

滴定结果	[OH <sup>-</sup> ]	2[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
$P < \frac{1}{2}T$	0	$2P$	$T - 2P$
$P = \frac{1}{2}T$	0	$T$	0
$P > \frac{1}{2}T$	$2P - T$	$2(T - P)$	0
$P = T$	$T$	0	0

## 2.2 硬度的计算

- 测定方法：EDTA 络合滴定法。总硬度记为  $H$ ，总碱度记为  $S$ 。
- 计算方法：如表 2-2 所示。

表 2-2 硬度计算方法

滴定结果	碳酸盐 (暂时硬度)	非碳酸盐 (永久硬度)	负硬度
$S < H$	$S$	$H - S$	0
$S = H$	$H$	0	0
$S > H$	$H$	0	$S - H$

- 单位换算：
  - 硬度 1 mmol/L = 100 mg/L (以 CaCO<sub>3</sub> 计)
  - 硬度 1 度 = 10 mg/L (以 CaO 计)
  - 硬度 1 mmol/L = 56 mg/L (以 CaCO<sub>3</sub> 计) = 5.6 度
  - 硬度 1 度 = 17.9 mg/L (以 CaCO<sub>3</sub> 计)

## 2.3 耗氧速率常数 $k_1$ 和初始有机物浓度 $L_a$ 的计算

- 用实验测得该水样的一组不同日时的 BOD 值。
- 根据测定结果，以培养天数  $t$  为横坐标， $\left(\frac{t}{x_t}\right)^{\frac{1}{3}}$  为纵坐标，其中  $x_t$  为  $t$  时日内所降低的有机物浓度，作图。
- 在图中可得一直线。此直线在  $y$  轴上的截距为  $A$ ，它的斜率为  $B$ 。
- 则  $k_1 = 2.61 \frac{B}{A}$ ， $L_a = \frac{1}{2.3k_1 A^3}$ 。

## 2.4 水中氧的消耗与溶解

- 求混合后参数：
  - 流量： $Q_{\text{mix}} = q + aQ$ ，流速较高时可认为  $a = 1$ 。
  - BOD<sub>5</sub> 初始值： $\text{BOD}_{5\text{mix}} = \frac{\text{BOD}_{5\text{污}} q + \text{BOD}_{5\text{河}} aQ}{q + aQ}$ 。
  - DO 初始值： $\text{DO}_{\text{mix}} = \frac{\text{DO}_{\text{污}} q + \text{DO}_{\text{河}} aQ}{q + aQ}$ 。
  - 水温： $T_{\text{mix}} = \frac{T_{\text{污}} q + T_{\text{河}} aQ}{q + aQ}$ 。
  - 有机物初始浓度： $L_0 = \frac{\text{BOD}_{5\text{mix}}}{1 - 10^{-k_1 t}}$ 。
- 温度校正：
  - $k_{1(T)} = k_{1(20)} \times 1.047^{T-20}$ 。
  - $k_{2(T)} = k_{2(20)} \times 1.016^{T-20}$ 。
- 确定初始亏氧量：
  - 查表得温度为  $T$  时水的饱和溶解氧量  $S$ 。
  - 求出初始亏氧量  $D_0 = S - \text{DO}_{\text{mix}}$ 。
- 求时间为  $t$  时的亏氧量： $D_t = \frac{k'_1 L_a}{k'_2 - k'_1} (e^{-k'_1 t} - e^{-k'_2 t}) + D_0 e^{-k'_2 t}$ 。
- 确定临界亏氧量及其发生的时间：

- 时间:  $t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \lg \frac{k_2}{k_1} \left[ 1 - \frac{D_0(k_2 - k_1)}{k_1 L_0} \right]$ 。
- 临界亏氧量:  $D_c = \frac{k_1}{k_2} L_0 \times 10^{-k_1 t_c}$ 。

## 2.5 考虑水体自净能力的废水处理程度计算

- 根据物料平衡关系及《地表水环境质量标准》中的氰化物和溶解氧的最大容许浓度分别计算出河流可容纳的氰化物、BOD<sub>5</sub> 浓度。
- 结合《污水综合排放标准》中规定的氰化物、BOD<sub>5</sub> 浓度确定按哪个浓度计算各自的处理程度。
- 最后比较氰化物和 BOD<sub>5</sub> 所需的处理程度，取较高者作为该废水的处理程度。

## 2.6 颗粒沉降速度公式

- 先按斯托克斯区计算  $u$ ，然后求出雷诺数  $Re$ ，比较是否满足  $Re < 1$ 。

## 2.7 絮凝沉降等效率曲线

- 生活污水发生絮凝沉淀，去除率  $E$  不仅取决于沉淀速度，还与深度有关。
- 计算各个时间内总去除率:  $E = E_0 + \frac{u_1}{u_0} P_1 + \frac{u_2}{u_0} P_2 + \dots + \frac{u_n}{u_0} P_n$ 。
- 绘制总去除率与停留时间的关系曲线，求出所求去除率下对应的停留时间  $t$ 。
- 截流速度  $u = \frac{h}{t}$ 。

## 2.8 沉淀池设计

- 设计过程的一些参数因人而异，应注意以下几点：
- 为了应对突发性故障，应至少设计两座沉淀池。
- 污水处理厂为了节约成本和占地等目的，一般沉淀池个数取偶数为佳。
- 具体参考课本中的一些经验参数。
- 求出截流速度  $u_0 = q_0$ ，设计过流率  $q = \left( \frac{1}{1.25} \sim \frac{1}{1.75} \right) u_0$ ，设计沉淀时间  $t = (1.5 \sim 2.0) t_0$ 。池面积  $A = \frac{Q}{q}$ 。

## 2.9 曝气池相关计算

- 曝气池有效容积：
  - 选择合适的污泥龄  $\theta_c$ 。
  - 由公式  $\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y Q_0 (S_0 - S)}{V X} - k_d$ ，求得  $V$ 。
- 每天排除污泥量：由公式  $\theta_c = \frac{V X}{Q_w X_u}$ ，求得  $Q_w$ 。
- 回流比：
  - 对二沉池求质量守恒，有  $(Q + Q_R) X = (Q - Q_w) X_e + (Q_R + Q_w) X_u$ 。
  - 设  $X_e$  很小，可以忽略，可求得  $Q_R$ 。
  - 回流比  $R = \frac{Q_R}{Q}$ 。