

思考题库

[绪论 环境工程学的发展](#)

[和内容](#)

[第一章 水质与水体自净](#)

[第二章 水的物理化学处](#)

[理方法](#)

[第三章 水的生物化学处](#)

[理方法](#)

[第五章 大气质量与大气](#)

[污染](#)

[第六章 颗粒污染物控制](#)

[第七章 气态污染物控制](#)

[第八章 污染物的稀释法](#)

[控制](#)

绪论 环境工程学的发展和内容

0-1 名词解释：

环境：影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草地、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

环境问题：全球环境或区域环境中出现的不利于人类生存和发展的现象，均概括为环境问题。

环境污染：由于自然或人为（生产、生活）原因，往原先处于正常状况的环境中附加了物质、能量或生物体，其数量或强度超过了环境的自净能力，使环境质量变差，并对人或其它生物的健康或环境中某些有价值物质产生了有害影响的现象。

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

污染物质：引起环境污染的物质即为污染物质。

公害：由人为原因引起化学污染物滋事而产生的突发事件通常称为公害。

环境科学：研究人类环境质量及其保护的和改善的科学，其主要任务是研究在人类活动的影响下环境质量的变化规律和环境变化对人类生存的影响，以及改善环境质量的理论、技术和方法。

0-2 试分析人类与环境的关系。

"环境"一词是相对于人类而言的,即指的是人类的环境.人类与其环境之间是一个有着相互作用,相互影响、相互依存关系的对立统一体.人类从周围环境中获得赖以生存、发展的空间和条件,同时其生产和生活活动作用于环境,又会对环境产生影响,引起环境质量的变化;反过来,污染了的或受损害的环境也对人类的身心健康和经济发展等造成不利影响。

0-3 试讨论我国的环境和污染问题

0-4 什么是环境工程学？他与其他学科之间的关系怎样？

环境工程学应用环境科学、工程学和其它有关学科的理论和方法,研究保护和合理利用自然资源,控制和防治环境污染和生态破坏,以改善环境质量,使人们得以健康、舒适地生存与发展的学科。

环境工程学是环境科学的一个分支,又是工程学的一个重要组成部分,它脱胎于土木工程、卫生工程、化学工程、机械工程等母系学科,又融入了其他自然科学和社会科学的有关原理和方法。

0-5 环境工程学的主要任务是什么？

环境工程学应用环境科学、工程学和其它有关学科的理论和方法来研究控制环境污染、保护和改善环境质量,合理利用自然资源的技术途径和技术措施.因此,它有着两方面的任务:既要保护环境,使其免受和消除人类活动对它的有害影响;又要保护人类的健康和安全免受不利的环境因素损害.具体讲就是重点治理和控制废水、废气、噪声和固体废弃物,研究环境污染综合防治的方法和措施。

0-6 环境工程学的主要内容有哪些？

(1) 水质净化与水污染控制工程；

(2) 大气污染控制工程；

(3) 固体废弃物控制及噪声、振动与其他公害防治工程；

(4) 清洁生产、污染预防与全过程污染控制工程；

(5) 环境规划、管理和环境系统工程；

(6) 环境监测与环境影响评价。

第一章 水质与水体自净

1-1 名词解释

水污染：水体因接受过多的污染物而导致水体的物理特征、化学特征和生物特征发生不良变化，破坏了水中固有的生态系统，破坏了水体的功能及其在经济发展 and 人民生活中的作用，该状态为“水体污染”。

水质：水与其中所含的杂质共同表现出来的物理学、化学和生物学的综合特性。

水质指标：水中杂质的种类、成分和数量，是判断水质的具体衡量标准。

水质标准：由国家或政府部门正式颁布的有关水质的统一规定。

水环境容量：一定水体在规定的目标下所能容纳污染物质的最大负荷量。

水体自净：进入水体的污染物通过物理、化学和生物等方面的作用，使污染物的浓度逐渐降低，经过一段时间后，水体将恢

复到受污染前的状态。这一现象为"水体自净作用"。

水体污染物：凡使水体的水质、生物、底泥质量恶化的各种物质均称为"水体污染物"。

COD：在一定严格的条件下，水中各种有机物与外加的强氧化作用时所消耗的氧化剂量。

BOD：在水体中有氧的条件下，微生物氧化分解单位体积水中有机物所消耗的溶解氧量。

总固体：水中所有残渣的总和。（在一定温度下，将水样蒸发至干时所残余的固体物质总量）

1-2 试区别悬浮固体和可沉固体，区别悬浮固体和浑浊度，它们的测定结果一般如何表示？

如果将水样进行过滤操作，将滤渣在 $103\sim 105^{\circ}\text{C}$ 下烘干后的重量就是悬浮固体，结果以 mg/L 计。

而可沉固体是指将 1L 水样在一锥形玻璃筒内静置 1h 后所沉下的悬浮物质数量，结果用 mL/L 来表示。

浑浊度是指水中不溶解物质对光线透过时所产生的阻碍程度。一般来说，水中的不溶解物质越多，浑浊度也越高，但两者之间并没有固定的定量关系，因为浑浊度是一种光学效应，它的大小不仅与不溶解物质的数量、浓度有关，而且还与这些不溶解物质的颗粒尺寸、形状和折射指数等性质有关。将蒸馏水中含有 1mg/L 的 SiO_2 称为 1 个浑浊度单位或 1 度。由此测得的浑浊度称为杰克逊浊度单位（JTU）。

1-3 取某水样 250mL 置于空重为 54.3426 g 的古氏坩埚中，经过滤、 105°C 烘干、冷却后称其质量为 54.3998 g，再移至 600°C 炉内灼烧，冷却后称其质量为 54.3622 g。试求此水样的悬浮固体和挥发性悬浮固体量。

解：悬浮固体 228.8mg/L ；挥发性悬浮固体量 150.4mg/L 。

1-6 取某水样 100mL，加酚酞指示剂，用 0.1000mol/L HCl 溶液滴定至终点消耗盐酸溶液 1.40 mL。另取此水样 100 mL，以

甲基橙作指示剂，用此盐酸溶液滴定至终点用去 6.60 ml。试计算此水样的总碱度及各致碱阴离子的含量（结果以 mmol/L 计）。

解：总碱度 6.60mmol/L（酚酞碱度 1.40mmol/L）；

[OH-]0mmol/L；[HCO₃-]1.4mmol/L；[CO₃2-]3.8mmol/L。

1-7 取水样 100 ml 用 0.100 0 mol/L HCl 溶液测其碱度。现以酚酞作指示剂，消耗了 HCl 溶液 0.20 ml，接着再加甲基橙作指示剂，又消耗了 3.40 ml。试求该水样的总碱度和各种致碱阴离子的含量（结果以 mmol/L 计）

解：总碱度 3.60mmol/L（酚酞碱度 0.20mmol/L）；

[OH-]0mmol/L；[HCO₃-]3.2mmol/L；[CO₃2-]0.2mmol/L。



1-8 某水样初始 PH 为 9.5，取 100 ml 用 0.200 0 mol/L 溶液滴定至 PH8.3 时需 6.20 ml，若滴定至 PH=4.4 则还需加此液 9.80 ml。试求此水样中存在的各种致碱阴离子的浓度（结果以 mmol/L 和 的 mg/L 计）。



解：总碱度 64.00mmol/L（酚酞碱度 24.80mmol/L）；

[OH-]0mmol/L；[HCO₃-]14.40mmol/L（720mg/L）；[CO₃2-]24.80mmol/L（2480mg/L）。

1-9 有一水样取 100 ml 用 0.100 0 mol/L HCl 溶液测定其碱度，加入酚酞指示剂后，水样无色。再加甲基橙作指示剂，消耗

盐酸溶液量 5.20 ml，另取此水样 100 ml 用 0.025 0 mol/L 的 EDTA 溶液测其硬度，用去 14.60 ml。试求此水样的总硬度、碳酸

盐硬度和非碳酸盐硬度（结果以 mmol/L、度和 的 mg/L 计）。

解：总硬度 3.65mmol/L（260mg/L；14.6 度）；非碳酸盐硬度 1.05mmol/L（105mg/L；5.9 度）；碳酸盐硬度 2.60mmol/L（365mg/L；20.4 度）。

1-10 高锰酸钾耗氧量、化学需氧量和生化需氧量三者有何区别？它们之间的关系如何？除了它们以外，还有哪些水质指标可以用来判别水中有机物质含量的多寡？

重铬酸钾耗氧量，习惯上称为化学需氧量，是水样在强酸性条件下，加热回流 2h（有时还加入催化剂），使有机物质

与重铬酸钾充分作用被氧化的情况下测定的，它可将水中绝大多数的有机物氧化，但对于苯、甲苯等芳烃类化合物则较难氧化。严格说来，化学需氧量也包括了水中存在的无机性还原物质。通常因废水中有机物的数量大大多于无机还原物质的量，一般用化学需氧量代表废水中有机物质的总量。

高锰酸钾耗氧量，习惯上称为耗氧量，测定快速，但不代表水中有机物质的全部总量。一般来说，在测定条件下水中不含氮的有机物质易被高锰酸钾氧化，而含氮的有机物就较难分解。因此，耗氧量适用于测定天然水或含容易被氧化的有机物的一般废水，而成分复杂的有机工业废水则常测定化学需氧量。

生化需氧量指在有氧的条件下，水中可分解的有机物由于好氧微生物（主要是好氧细菌）的作用被氧化分解无机化所需要的氧量。

除它们外，还有总需氧量、总有机碳等水质指标可用来判别水中有机物质含量的多寡。

1-11 试讨论有机物好氧生物氧化的两个阶段。什么是第一阶段生化需氧量 (L_a)？什么是完全生化需氧量 (BOD_u)？为什么通常所说的生化需氧量不包括硝化阶段对氧的消耗量？

在有氧的情况下，废水中有机物质的分解是分两个阶段进行的。第一阶段称为碳氧化阶段，主要是不含氮有机物的氧化，也包括含氮有机物的氧化，以及氧化后生成的不含氮有机物的继续氧化。碳氧化阶段所消耗的氧量称为碳氧化生化需氧量 (BOD)。总的碳氧化生化需氧量常称为第一阶段生化需氧量或完全生化需氧量，常以 L_a 或 BOD_u 表示。

水中的硝化细菌可氧化水中原有的氨和含氮有机物氧化分解出来的氨，最终转化成硝酸盐。由于硝化作用所消耗的氧量成为硝化生化需氧量，即第二阶段生化需氧量，常以 LN 或 NOD 表示。

通常所说的生化需氧量只是指碳氧化生化需氧量，即第一阶段生化需氧量 L_a ，不包括硝化过程所消耗的氧量 LN 。这是因为生化需氧量的定义只规定：有机物被氧化分解为无机物质。在第二阶段生物氧化中，有机物中的 C 变为 CO_2 ，N 变为 NH_3 ，均已无机化。因此并不关心继续氧化成 NO_2^- 、 NO_3^- 。同时，对于一般的有机废水，硝化过程大约在 5~7 天甚至 10 天后才能显著展开，所以 5 天的 BOD 测定通常是可以避免硝化细菌耗氧的干扰的。

$$BOD_5 \quad mg/L$$

1-12 某工业区生产废水和生活污水的混合废水的 BOD_5 为 300 ($20^\circ C$)，它的第一阶段生化需氧量是多少？(假定

$$k_1 = 0.23d^{-1})$$

解：第一阶段生化需氧量 323 mg/L。

1-13 某废水的 $BOD_5(x)=210 \text{ mg/L}$ ，试求此废水的 $BOD_{10(x)}$ 以及第一阶段生化需氧量，假定 $k_{(20)} d^{-1}=0.17$ ，假设上述废水改放在 30°C 条件下培养测定，试问 5 天的 BOD 应该是多少 ()？

解： 30°C 下 $BOD_5=281 \text{ mg/L}$ 。

1-14 三种不同污水水样在 20°C 下的 BOD_5 均为 350 mg/L ，而它们的 $k_{(20)}$ 值分别为 $0.25 d^{-1}$ 、 $0.36 d^{-1}$ 和 $0.47 d^{-1}$ ，试求每种水样的完全生化需氧量。

解： 372 mg/L ； 357 mg/L ； 351 mg/L 。

1-15 一学生测某废水的生化需氧量，星期二将水样放入 25°C 的培养箱内，到下星期一才作培养后测定，得 BOD 值为 206 mg/L ，已知此废水 20°C 的 $k_{(20)} d^{-1}=0.17$ ，试求它的 $BOD_5(x)$ 。

解： 167 mg/L 。

1-17 通常所说的水质标准和水质要求有什么区别？

由国家正式颁布的统一规定，对各项水质指标都有明确的要求尺度和界限，均为法定要求，具有指令性和法律性，有关部门、企业和单位都必须遵守，称为水质标准。

各用水部门或设计、研究单位为进行各项工程建设或工艺生产操作，根据必要的试验研究或一定的经验所确定的各种水质要求，这类水质要求只是一种必要的和有益的参考，并不都具有法律性。

1-18 为什么制定了地表水环境质量标准，还要制定废水的排放标准？

地表水环境质量标准只对地表水体中有害物质规定容许的标准限值，还不能完全控制各种工农业废弃物对水体的污染，为了进一步保护水环境质量，必须从控制污染源着手，制定相应的污染物排放标准。

1-19 什么叫水体自净？什么叫氧垂曲线？根据氧垂曲线可以说明什么问题？

进入水体的污染物通过物理、化学和生物等方面的作用被分散、分离或分解，最后，水体基本上或完全地恢复到受污染前的状态，这个自然净化的过程称为水体自净。当河流接纳废水以后排入口（受污点）下游各点处溶解氧的变化十分复杂，以各点离排入口的距离为横坐标，溶解氧量为纵坐标作图，即得氧垂曲线。氧垂曲线的形状会因各种条件（如废水中有机物浓度、废水和河水的流量、河道弯曲状况、水流湍急情况等）的不同而有一定的差异，但总的趋势是相似的。由氧垂曲线可以得到废水排入河流后溶解氧最低点的亏氧量，及从排入点到临界点所需的时间。

1-20 解决废水问题的基本原则有哪些？

在解决废水问题时，应当考虑下面一些主要原则：

- (1) 改革生产工艺，大力推进清洁生产，减少废水排放量；
- (2) 重复利用废水；
- (3) 回收有用物质；
- (4) 对废水进行妥善处理；
- (5) 选择处理工艺和方法时，必须经济合理，并尽量采用先进技术。

1-21 什么是“末端治理”？为什么要积极推进“清洁生产”工艺？你怎样认识“清洁生产”与“末端治理”的关系？

水处理中的“末端治理”是指排什么废水就处理什么废水。在解决工业废水问题时应当首先深入工业生产工艺中，与工艺人员相结合，力求革新生产工艺，尽量不用水或少用水，使用清洁的原料，采用先进的设备及生产方法，以减少废水的排放量和废水的浓度，减轻处理构筑物的负担和节省处理费用。

1-22 举例说明废水处理与利用的物理法、化学法和生物法三者之间的主要区别。

废水处理中的物理法是利用物理作用来分离废水中呈悬浮状态的污染物质，在处理过程中不改变其化学性质。如，沉淀法不仅可除去废水中相对密度大于1的悬浮颗粒，同时也是回收这些物质的有效方法。

化学法利用化学反应的作用来处理水中的溶解性污染物质或胶体物质。如：离子交换法可用于水的软化（去除 Ca^{2+} ）。

Mg²⁺) 和除盐 (去除水中全部或部分的阴阳离子)。

生物法主要利用微生物的作用，使废水中呈溶解和胶体状态的有机污染物转化为无害的物质。如：好氧生物处理主要是利用好氧微生物降解水中溶解和胶体状态的有机污染物。

1-23 一度水流量 $q=0.15\text{m}^3/\text{s}$ ，钠离子浓度 $p_1=2500\text{mg/L}$ ，今排入某河流。排入口上游处河水流量 $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ ，流速 $v=0.3\text{m/s}$ ，钠离子浓度 $p_0=12\text{mg/L}$ 。求河流下游 B 点处的钠离子浓度。

解：35mg/L。

1-24 一污水厂出水排入某一河流。排入口以前河流的流量 $Q=120\text{m}^3/\text{s}$ ， BOD_5 mg/L $=4$ ， $[Cl^-]$ mg/L $=5.0$ ， $[NO_3^-]$ $=3.0\text{mg/L}$ ；污水厂出水的流量 $q=8\text{m}^3/\text{s}$ ， $BOD_5=20\text{mg/L}$ ， $[Cl^-]=80\text{mg/L}$ ， $[NO_3^-]=10\text{mg/L}$ 。假定排入口下游不远处某点处出水与河水得到完全混合，求该点处的河水水质。

解：BOD55.3mg/L； $[Cl^-]$ 10.8mg/L； $[NO_3^-]$ 3.5mg/L。

1-25 某生活污水经沉淀处理后的出水排入附近河流，各项参数如表1-17所示。试求：

(1) 2天后河流中的溶解氧量。

(2) 临界亏氧量及其发生的时间。

习题 1-25 附表

参数	污水厂出水	河水	混合
流量/ m^3s^{-1}	0.2	5.0	5.2
水温/ $^{\circ}\text{C}$	15	20	19.8
DO/ mgL^{-1}	1.0	6.0	5.8
BOD5(20)/ mgL^{-1}	100	3.0	6.7
$k_1(20)/\text{d}^{-1}$	0.2	—	—
$k_2(20)/\text{d}^{-1}$	—	0.3	—

解：D23.1mg/L；Dc3.7mg/L；tc0.6d。

1-26 一城市污水处理厂出水流量为 $q=20000 \text{ m}^3/\text{d}$ ， $BOD_5=30 \text{ mg/L}$ ， $DO=2 \text{ mg/L}$ ，水温 20°C ， $k_1 \text{ d}^{-1}=0.17$ ，将

此处水排入某河流，排放口上游处河水流量为 $Q=0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ ， $BOD_5=5.0 \text{ mg/L}$ ， $DO=7.5 \text{ mg/L}$ ，水温 23°C ，混合后水流速度 $v=0.5$

$k_2 \text{ d}^{-1}$ ，可取 0.25。

试求混合后溶解氧最低值及其发生在距排放口多远处？

解：Dc5.5mg/L；64800m。

1-27 一奶制品工厂废水欲排入某河流，各项参数如表 1-18 所示，问：

- 1. 如果废水不做任何处理，排入河流后，最低溶解氧量是多少？
- 2. 如果该河流规定Ⅲ类水体，要求溶解最低值不得低于 5.0 mg/L，工厂应该将废水的 BOD5(20)处理到不超过多少浓度时才能排放？

习题 1-27 附表		
参数	废水	河水
流量/ m^3/d	1 000	19 000
水温/ $^\circ\text{C}$	50	10
DO/ mg/L	0	7.0
BOD5(20)/ mg/L	1 250	3.0
$k_1(20)/\text{d}$	0.35	—
$k_2(20)/\text{d}$	—	0.5

解：18.7mg/L；20 mg/L。

m^3/h [CN⁻] BOD_5

1-28 有一含氮有机废水，最大流量为 100，=10 mg/L，=300 mg/L，DO=0mg/L，欲排入附近某河流。

该河流属于Ⅲ类水体，河水最小流量（95%保证率）为 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ，最小流量时流速为 0.2 m/s ，夏季
 $\text{DO}=7 \text{ mg/L}$ ，河水中原先没有

氰化物。假定昆季废水和河水水温均为 20°C ，估计此废水需要的处理程度。

解：95%。

TOP

第二章 水的物理化学处理方法

2-1 自由沉淀、絮凝沉淀、拥挤沉淀与压缩沉淀各有什么特点？说明它们的内在区别和特点。

悬浮颗粒在水中的沉降，根据其浓度及特性，可分为四种基本类型：

自由沉淀：颗粒在沉降过程中呈离散状态，其形状、尺寸、质量均不改变，下沉速度不受干扰。

絮凝沉淀：沉降过程中各颗粒之间相互粘结，其尺寸、质量会随深度增加而逐渐增大，沉速亦随深度增加。

拥挤沉淀：颗粒在水中的浓度较大，颗粒间相互靠得很近，在下沉过程中彼此受到周围颗粒作用力的干扰，但颗粒间相对位置不变，作为一个整体而成层下降，清水与浑水间形成明显的界面，沉降过程实际上就是该界面下沉过程。

压缩沉淀：颗粒在水中的浓度很高时会相互接触，上层颗粒的重力作用可将下层颗粒间的水挤压出界面，使颗粒群被压缩。

$$\rho_s \quad \text{g/cm}^3$$

2-2 水中颗粒的密度 $=2.6$ ，粒径 $d=0.1 \text{ mm}$ ，求它在水温 10°C 情况下的单颗粒沉降速度。

解： $6.77 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ 。

2-3 非絮凝性悬浮颗粒在静止条件下的沉降数据列于表2-22中，试确定理想式沉淀池过流率为 $1.8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 时的悬浮颗粒去除

率。试验用的沉淀柱取样口离水面 120 cm 和 240 cm 。p表示在时间 t 时由各个取样口取出的水样中悬浮物的浓度， p_0 代表初始的

悬浮物浓度。

习题 2-3 附表

时间 t/min	0	15	30	45	60	90	180
120cm 处的 p/p_0	1	0.96	0.81	0.62	0.46	0.23	0.06
240cm 处的 p/p_0	1	0.99	0.97	0.93	0.86	0.70	0.32

解：（1） $H=1.2m$ ，69.6%；（2） $H=2.4m$ ，61.9%。

2-4 生活污水悬浮物浓度 $300mg/L$ ，静置沉淀试验所得资料如表 2-23 所示。求沉淀效率为 65% 时的颗粒截留速度。

习题 2-4 附表

取样口离水面高度/m	在下列时间 (min) 测定的悬浮物去除率/%						
	5	10	20	40	60	90	120
0.6	41	55	60	67	72	73	76
1.2	19	33	45	58	62	70	74
1.8	15	31	38	54	59	63	71

解：

不同水深下的 $E \sim U$

时间/min		5	10	20	40	60	90	120
0.6m	$U/m/min$	0.12	0.06	0.03	0.015	0.01	0.0067	0.005
	$E/\%$	41	55	60	67	72	73	76
1.2m	$U/m/min$	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02	0.013	0.01
	$E/\%$	35.5	49.5	56.3	64.8	69.5	72.3	75.5
1.8m	$U/m/min$	0.36	0.18	0.09	0.045	0.03	0.02	0.015
	$E/\%$	29.3	43.7	51.3	61.8	66.5	70.3	74.5

根据上表数据绘制不同水深条件下的 $E \sim U$ 曲线，结合曲线求解。

2-5 污水性质及沉淀试验资料同习题 2-4，污水流量 $1\ 000\text{m}^3/\text{h}$ ，试求：

(1) 采用平流式、竖流式、辐流式沉淀池所需的池数及澄清区的有效尺寸；

(2) 污泥的含水率为 96% 时的每日污泥容积。

解：以平流式沉淀池为例：6 座池子，长 24m，宽 5m，有效水深 1.8m。

污泥的含水率为 96% 时的每日污泥容积 19.5m^3 。

2-6 已知平流式沉淀池的长度 $L=20\text{m}$ ，池宽 $B=4\text{m}$ ，池深 $H=2\text{m}$ 。今欲改装成斜板沉淀池，斜板水平间距 $l=10\text{cm}$ ，斜板长度 $=1\text{m}$ 。

$$u_0 \quad \text{m/h}$$

倾角 60° ，如不考虑斜板厚度，当废水中悬浮颗粒的截留速度 $=1$ 时，改装后沉淀池的处理能力与原池相比提高多少倍？

解：提高了 5 倍。

2-7 试叙述脱稳和凝聚的原理。

胶体脱稳的机理可归结为以下四种：

A 压缩双电层：带同号电荷的胶粒之间存在着范德华引力和由电位引起的静电斥力，这两种力抗衡的结果决定胶体的稳定

性。一般当两胶体颗粒表面距离大于 3nm 时，两个颗粒总处于相斥状态（对憎水胶体颗粒而言，两胶核之间存在两个滑动面内的

离子层，使颗粒保持稳定的相斥状态；对于亲水胶体颗粒而言，其表面吸附了大量的水分子构成水壳，使彼此不能靠近而保持稳

定。）

在水处理中使两胶体颗粒间距减少，发生凝聚的主要方法是在水中投加电解质。电解质在水中电离产生的离子可与胶粒的反离子交换或挤入吸附层，使胶粒带电荷数减少，降低 ζ 电位，并使扩散层厚度减小。

B 吸附电中和：胶粒表面对异号离子、异号胶粒或链状高分子带异号电荷的部位有强烈的吸附作用，使得胶粒表面的部位或全部电荷得以中和，减少静电斥力，致使颗粒间易于接近而相互吸附。

C 吸附架桥：如果投加的化学药剂是能吸附胶粒的链状高分子聚合物，或者两个同号胶粒吸附在同一完整版，请访问 www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

连结，团聚成絮凝体而被除去。

D 网捕作用：含金属离子的化学药剂投入水中后，金属离子会发生水解和聚合，并以水中的胶粒为晶核形成胶体状沉淀物，或者沉淀物析出时吸附和网捕胶粒与之共同沉降下来。

2-8 铝盐的混凝作用表现在哪些方面？

铝盐/铁盐在水处理中发挥的三大作用：

A pH 值偏低，胶体及悬浮物浓度高，投药量尚不足的反应初期，以 Al^{3+} 或 Fe^{3+} 和低聚合度高电荷的多核羟基配合物的脱稳凝聚作用为主；

B pH 值和投药量适中时，以高聚合度羟基配合物的桥连絮凝作用为主；

C pH 值较高，胶体及悬浮物浓度较低，投药充分时，以氢氧化物沉淀形式存在的网捕絮凝作用为主。

2-9 混合和絮凝反应主要作用是什么？对搅拌各有什么要求？

混合的目的是迅速均匀地将药剂扩散于水中，溶解并形成胶体，使之与水中的悬浮微粒等接触，生成微小的矾花。这一过程的要求：搅拌强度大，产生激烈紊流，混合时的流速应在 1.5m/s 以上，混合时间短（不超过 2 分钟），一般为 $10\sim 30\text{s}$ 。

反应设备的任务是使细小的矾花逐渐絮凝成较大颗粒，以便于沉淀除去。反应设备要求水流有适宜的搅拌强度，既要为细小絮体的逐渐长大创造良好的碰撞机会和吸附条件，又要防止已形成的较大矾花被碰撞打碎。因此，搅拌强度比在混合设备中要小，但时间比较长，常为 $10\sim 30\text{min}$ 。

2-11 澄清池的工作原理与沉淀池有何异同？

澄清池是完成水和废水的混凝处理工艺（水和药剂的混合、反应以及絮凝体与水分离）的设备。澄清池中起到截留分离杂质颗粒作用的介质是呈悬浮状态的泥渣，即在反应阶段加入一定浓度的悬浮泥渣，或在反应池中保持一定浓度的悬浮泥渣。水中的悬浮颗粒与混凝剂作用而形成微小絮凝体后，一旦在运动中与相对巨大的泥渣接触碰撞，就被吸附在泥渣颗粒表面而被迅速除去。因此，保持悬浮状态的、浓度稳定且均匀分布的泥渣区是决定澄清池处理效果的关键。

沉淀池是利用水中悬浮物质自身重力完成水固分离的设备。

2-12 常见澄清池有哪几种？各有什么优缺点？适用于什么情况？

根据泥渣与水接触方式的不同，分为两大类型：

(1) 泥渣循环分离型：让泥渣在垂直方向不断循环，在运动中捕捉原水中形成的絮凝体，并在分离区加以分离。常用的澄清池中属于泥渣循环分离型的有机械加速澄清池、水力循环澄清池。

(2) 悬浮泥渣过滤型：靠上升水流的能量在池内形成一层悬浮状态的泥渣，当原水自下而上通过泥渣层时，絮凝体被截留。常用的澄清池中属于悬浮泥渣分离型的有普通悬浮澄清池、脉冲澄清池。

2-15 水中悬浮物能否黏附于气泡上取决于哪些因素？

实现气浮分离过程的必要条件是污染物粘附在气泡上。这与气、液、固三相介质间的相互作用有关。根据热力学的概念，气泡和颗粒的附着过程是向使体系界面能减少的方向自发地进行的。 $\theta \rightarrow 0$ ，该物质不能气浮； $\theta < 90^\circ$ ，该物质附着不牢，易分离； $\theta \rightarrow 180^\circ$ ，该物质易被气浮。其中： θ 为气、颗粒与水的接触角。

2-17 水的软化与除盐在意义上有何差异？

水的软化是降低水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量，防止管道、设备结垢的处理。

水的除盐则是降低部分和全部含盐量的处理。

2-18 水的软化方法有几种？各有什么特点？

① 加热软化法——借助加热把碳酸盐硬度转化成溶解度很小的 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀出来，达到软化的目的。此法只能降低碳酸盐硬度，不能降低非碳酸盐硬度。目前在工业上已经很少采用了。

② 药剂软化法

在不加热的条件下，用化学药剂将 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 以 CaCO_3 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的形式沉淀，以去除绝大部分 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，达到软化的目的。常用药剂法为石灰法、石灰-纯碱法、石灰-石膏法。由于 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在水中仍有很小的溶解度，所以经此法处理后的水仍有残余硬度，仍然会产生结垢问题。

③ 离子交换法用离子交换剂上的可交换离子 Na^+ 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 交换，其他阴离子成分不改变。该法可彻底地脱除水中的

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，较前两个方法优越。

2-19 离子交换树脂的结构有什么特点？试述其主要性能。

废水处理中常用的离子交换剂为离子交换树脂。它是人工合成的高分子化合物，由树脂本体（母体）和活性基团两个部分组成。树脂本体通常是苯乙烯的聚合物，是线性结构的高分子有机化合物。因树脂本体不是离子化合物不具有离子交换能力，而经适当处理加上活性基团后，才成为离子化合物，才具有离子交换能力。活性基团由固定离子和活动离子组成，前者固定在树脂网状骨架上，后者则依靠静电力与前者结合在一起，两者电性相反，电荷相等。

2-21 试述离子交换工艺的操作程序。

离子交换的运行操作包括交换、反洗、再生、清洗四个步骤。

（1）交换：离子交换剂上的可交换离子与溶液中其他同性离子间的交换反应，主要与树脂性能、树脂层高度、水流速度、原水浓度以及再生程度有关。

（2）反洗：目的在于松动树脂层，以便再生时再生液分布均匀，同时还及时清除积存的杂质、碎粒和气泡。

（3）再生：交换反应的逆过程，用较高浓度的再生液恢复树脂的交换能力。

（4）清洗：将树脂层中残余的再生废液清洗掉，直至符合出水水质要求。

2-22 试述离子交换工艺在废水处理中的应用范围。

（1）软化

一般采用钠型阳离子交换柱（固定型单床），再生液用饱和 NaCl 溶液。图 2-55 钠型离子交换柱。

（2）除盐

需用 H^+ -型阳离子交换柱（金属离子与 H^+ 交换）与 OH^- -型阳离子交换柱（各酸根离子与 OH^- 交换）串联工艺。图 2-56 H^+ -柱和 OH^- -柱串联除盐。

（3）重金属废水的处理和金属的回收

2-23 活性炭吸附的基本原理是什么？

吸附作用主要发生在活性炭内部细孔的表面，每克吸附剂所具有的表面积称为比表面积，活性炭的比表面积可达 $500 \sim 1700 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

活性炭的吸附量不仅与比表面积有关，而且还取决于细孔的构造和分布情况，这些细孔的构造主要和活化方法及活化条件有

关，细孔的大小不同，在吸附中所引起的主要作用也就不同，其中大孔主要为扩散提供通道，影响扩散速度；过渡孔在吸附质孔

径小时影响扩散速度，小孔决定吸附量；在吸附质分子大时，影响吸附速度，小孔此时不起作用图 2-57 活性炭的微孔结构。

活性炭的吸附特性不仅与细孔构造和分布情况有关，而且还与活性炭的表面化学性质有关。

2-24 吸附等温线有几种？各种等温线的意义何在？

吸附等温线按形状可分为几种类型，其中有代表性的有 Langmuir（朗格缪尔）型、BET 型和 Freundlich（弗伦德利希）型。

2-25 活性炭吸附操作有几种类型？各有什么特点？

活性炭吸附操作类型：间歇吸附，连续吸附，流化床吸附。

2-26 试分析几种膜分离技术的原理和特点与应用

1. 电渗析——在直流电场的作用下，利用阴阳离子交换膜对溶液中阴、阳离子的选择透过性（即阳膜只允许阳离子通过，阴膜只允许阴离子通过），使溶质与水分离的物化过程。

2. 渗析法——在半透膜高浓度溶液的一侧施加足够的压力（超过溶液的渗透压），使溶剂从高浓度一侧向低浓度一侧流动的过程。随着反渗透膜制造技术及装置的迅速发展及完善，反渗透工艺已在海水及苦咸水淡化、饮用水处理、高纯水制备等领域得到了较多的应用，在电镀、食品工业等废水处理方面也有应用。

3. 微滤、超滤和纳滤等——依靠压力和膜进行工作，制膜的原料也是醋酸纤维素或聚酰胺、聚砜等，但删去热处理工序，使制成的膜孔径较大，能够在较小的压力下工作，而且有较大的水通量。微滤技术适合于去除胶体、悬浮固体和细菌，现多用于取代深床过滤，降低出水浊度，强化水的消毒，有时也作反渗透的预处理。超滤能去除相对分子量大于 $1000 \sim 100000$ 的物质，如胶体、蛋白质、颜料、油类、微生物等。纳滤又称低級反渗透，可分离相对分子量大于 $200 \sim 400$ 的物质。

如硬度离子、色素等，有

些较大分子的有机物也可被除去。

2-29 微滤、超滤、纳滤和反渗透有何区别？

微滤、超滤和纳滤等——依靠压力和膜进行工作，制膜的原料也是醋酸纤维素或聚酰胺、聚砜等，但省去热处理工序，使制成的膜孔径较大，能够在较小的压力下工作，而且有较大的水通量。微滤技术适合于去除胶体、悬浮固体和细菌，现多用于取代深床过滤，降低出水浊度，强化水的消毒，有时也作反渗透的预处理。超滤能去除相对分子量大于1000~100000的物质，如胶体、蛋白质、颜料、油类、微生物等。纳滤又称低级反渗透，可分离相对分子量大于200~400的物质，如硬度离子、色素等，有些较大分子的有机物也可被除去。

2-30 试述加氯消毒的原理。

1、氯气溶于水后发生水解反应，生成的次氯酸HOCl是弱酸，又发生离解反应，平衡受水中氢离子浓度的影响。当 $\text{pH} > 4$ 时，溶于水的 Cl_2 几乎以HOCl和 OCl^- 的形式存在，极少以 Cl_2 的形式存在。当 $\text{pH} = 7$ 时，HOCl约占80%， OCl^- 约占20%。一般认为， Cl_2 、HOCl、 OCl^- 均具有氧化能力，而不少研究表明 Cl_2 、HOCl、 OCl^- 三者中，HOCl的杀菌能力最强。

2、当水中有氨存在时，氯和次氯酸极易与氨化合成各种氯胺，各种氯胺水解后，又会生成HOCl，因此它们也具有消毒杀菌能力，但不及HOCl强，而且杀菌作用进行得比较缓慢。

3、氯还可以与水中其他杂质特别是还原性物质起化学作用，如 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 NO_2^- 、 S^{2-} 等无机性还原物质以及一些有机性还原物质。

2-31 水消毒与杀菌的区别？

水消毒是用物理、化学方法去除水中的病原菌、病毒和寄生虫，以保证人类用水的安全和卫生。其目的是水中的病原细菌和其他对人体健康有害的微生物。消毒和杀菌不同。杀菌是杀灭水中一切微生物。生活污水和某些工业废水中含有大量细菌，有时还含有较多的病原细菌、病毒和寄生虫卵等。通过一般的废水处理，它们也还不能全部被去除，为了防止疾病的传播，在排入水体之前，也需要进行消毒。

2-32 除氯以外，还有哪些消毒方法？发展前途如何？

（一）物理消毒法

1、加热消毒 消耗大量燃料，只适合于少量饮用水。

2、紫外线消毒

紫外线消毒与氯消毒相比，具有以下优点：①消毒速度快，效率高。据试验，经紫外线照射几十秒钟即能杀菌。一般大肠杆菌的平均去除率可达98%，细菌总数的平均去除率可达96.6%。此外还能去除加氯法难以杀死的某些芽孢和病毒。②不影响水的物理性质和化学成分，不增加水的嗅和味。③操作简单，便于管理，易于实现自动化。

紫外线消毒的缺点是不能解决消毒后在管网中再污染的问题。电耗较大，水中悬浮杂质妨碍光线投射等。

(二) 臭氧消毒

臭氧在常温常压下为无色气体，有特臭，强氧化剂，且极不稳定，分解放出[O]，[O]具有强氧化能力，是除氯以外最活泼的氧化剂，能杀灭病毒、芽孢等具有顽强抵抗力的微生物。臭氧消毒接触时间短，不受水中氨氮和pH的影响，能氧化水中的有机物，去除水中的铁、锰，并能去除嗅、味和色度，还能完全去除水中的酚。

但是，臭氧法的主要缺点是基础建设投资大，耗电量大；臭氧在水中不稳定，容易分解，因而不可能在配水管网中保持持续的杀菌能力；臭氧需边生产边使用，不能储存；当水量和水质发生变化时，调节臭氧投加量比较困难。

(三) 重金属消毒

银离子能凝固微生物蛋白质，破坏细胞结构，达到杀菌目的。消毒方法有：利用表面积很大的银片与水接触，或用电解银的方法，或使水流过镀银的砂粒等。此法的缺点是价格高，杀菌慢，只能用于少量饮用水的应急消毒。至于长期饮用重金属离子消毒的水对人体有何影响，尚无定论。

在杀灭湖泊或水库中的藻类时，硫酸铜是最常用的化学药剂。

(四) 综合消毒法

各种消毒法结合使用已为国外水厂提倡。如：臭氧—氯消毒，其步骤为：先用臭氧氧化水中酚和杀灭病毒，改善水的物理性质，然后在水中加氯，保证管网中的灭菌能力。有的水厂也用臭氧—紫外线—氯消毒。

TOP ▲

第三章 水的生物化学处理方法

3-1 水中微生物主要分哪几类？分别简单讨论它们在废水处理过程中所起的作用。

细菌等各类微生物的种类与数量常与污水水质及其处理工艺有密切关系，在特定的污水中，会形成与相适应的微生物群落。

细菌是单细胞微生物，废水处理设备中出现的细菌种类很多，对净化污水有重要作用的细菌有无色杆菌属（*Achromobacter*）、产碱杆菌属、芽孢杆菌属、黄杆菌属、微球菌属及假单胞菌属，其中假单胞菌属是最具有代表性的污水处理的活性细菌之一，地球上存在的天然有机物都可以为假单胞菌属的细菌所分解。

真菌种类繁多，污水处理中分离出的真菌主要是霉菌，大多数真菌都是好氧菌，他们具有在温度较低的环境条件下生长繁殖的能力，适宜生存的 pH 范围是 2~9。

藻类都是具有光合作用的自养型微生物，能通过光合作用放出氧气，对污水的净化具有重要的作用。

原生动物是极微小的能运动的微生物，通常为单细胞生物，生物处理中常见的原生动物有肉足纲、纤毛纲、纤毛纲和吸管纲的动物，原生动物不仅能吞噬部分有机物、游高细菌，降低污水浑浊度一些原生动物还能分泌黏液，促进生物污泥絮凝，当运行条件和处理水质发生变化时，原生动物的种类也随之变化，因此，原生动物能起指示生物的作用。

后生生物在水处理设备中不常出现，轮虫是后生动物的典型代表，可非常有效的吞食分散和絮凝的细菌及颗粒较小的有机物，轮虫是好氧生物净化程度的有效指示生物。

在生物处理中，净化污水的第一和主要承担者是细菌，而原生动物是细菌的首次捕食者，后生动物是菌的二次捕食者。

3-2 试简单说明活性污泥法净化污水的基本原理。

向生活污水中不断注入空气，维持水中有足够的溶解氧，经过一段时间后，污水中即生成一种絮凝体，这种絮凝体是有大量繁殖的微生物构成的，易于沉淀分离，使污水得到澄清，这就是活性污泥”。微生物和有机物构成活性污泥的主要部分，约占全部活性污泥的 70% 以上，活性污泥的含水率一般在 98% ~ 99% 左右，具有很强的吸附和降解有机物的能力，可以达到处理和净化污水的目的，活性污泥法就是以悬浮在水中的活性污泥为主体，在有利于微生物生长的环境条件下和污水充分接触，使污水净化的一种方法。

3-3 污泥沉降比、污泥浓度和污泥指数在活性污泥法运行中有什么作用？良好的活性污泥应具有哪些性能？

污泥沉降比 (SV)：指曝气池混合液在 100ml 量筒中静置沉淀 30min 后，沉淀污泥占混合液的体积分数(%)，污泥沉降比反映曝气池正常运行时的污泥量，用以控制剩余污泥的排放，他还能及时反映出污泥膨胀等异常情况。

说明污泥难于沉淀分离。

污泥龄(θ_c)指曝气池中工作的活性污泥总量与每日排放的剩余污泥量的比值，单位是天(d)，它表示新增长的污泥在曝气池

中的平均停留时间，即曝气池工作污泥全部更新一次所需时间。污泥龄和细菌的增长处于什么阶段直接相关，以它作为生物处理过程的主要参数是很有价值的。

3-4 试比较推流式曝气池和完全混合曝气池的优缺点。

推流式曝气池呈长方形，水流形态为推流式，污水净化的吸附阶段和氧化阶段在一个曝气池中完成，进口处有机物浓度高，

沿池长逐渐降低，需氧量也是沿池长逐渐降低。处理工业废水时的 BOD5 负荷为 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg(BOD5)/[kg(MLSS)·d]}$ ，MLSS 浓度为

$1.5 \sim 3.5 \text{ g/L}$ 。普通活性污泥法对有机物(BOD5)和悬浮物去除率高，可达到85%~95%，因此特别适用于处理要求高而水质比较稳定的废水。它的主要缺点是：①不能适应冲击负荷；②需氧量沿池长前大后小，而空气的供应是均匀的，这就造成前段氧量不足，后段氧量过量的现象，而要维持前段足够的溶解氧，就会造成后段氧量大大超过需要而浪费。此外，由于曝气时间长，曝气池体积大，占地面积和基建费用也相应增大。

完全混合法的流程与普通法相同，该法有两个特点：一是进入曝气池的污水立即与池内原有浓度低的大量混合液混合，得到了很好的稀释，所以进水的水质的变化对污泥的影响降低到了很小的程度，能够较好的承受冲击负荷；二是池内各点有机物

浓度(F)均匀一致，微生物群性质和数量(M)基本相同，池内各部分工作情况几乎完全一致，由于微生物生长所处阶段主要取

决于 F/M，所以完全混合法有可能把整个池子的工作情况控制在良好的同一条件进行，微生物活性能够充分发挥，这一特点是推流式曝气池不具备的。

3-5 常用的曝气池有哪些型式？各适用于什么条件？

推流式曝气池：推流式曝气池为长方形渠道形池子，常采用鼓风曝气，扩散装置设在池子一侧，使水流在池子中呈螺旋状前进，前段水流与后段水流不发生混合，为运转和维修方便，常将所需要的曝气池总容积分为可独立操作的两个或者更多的单元，每个单元包括几个池子，每个池子由1~4个折流的渠道组成。

完全混合式曝气池：废水进入反应池与池中混合液充分混合，池内废水组成，F/M、微生物群的组成和数量完全均匀一致。这种曝气池多为圆形、方形或多边形池子，常采用叶轮式机械曝气，为节省占地面积，可以把几个方形池子连接在一起，组成一个长方形池子。

循环混合曝气池(氧化沟)：循环混合曝气池多采用转刷曝气，其平面形状像跑道，转刷设在直段上，转刷转动使混合液曝气并在池内循环流动，使活性污泥保持悬浮状态，从整体上看，流态是完全混合的，但一般混合液的回流量为进水量数百倍以上，流速较大，在局部又具有推流的特征。

3-6 普通活性污泥法、生物吸附法和完全混合曝气法各有什么特点？根据细菌增长曲线看，这几种运行方式的基本区别在

什么地方？试比较它们的优缺点。

普通活性污泥法又称传统活性污泥法。曝气池呈长方形，水流形态为推流式。污水净化的吸附阶段和氧化阶段在一个曝气池中完成。进口处有机物浓度高，沿池长逐渐降低，需氧量也是沿池长逐渐降低。普通活性污泥法对有机物（BOD₅）和悬浮物去除率高，可达到85%~95%，因此特别适用于处理要求高而水质比较稳定的废水。它的主要缺点是：①不能适应冲击负荷；②需氧量沿池长前大后小，而空气的供应是均匀的，这就造成前段氧量不足，后段氧量过量的现象。需要维持前段足够的溶解氧，就会造成后段氧量大大超过需要而浪费。此外，由于曝气时间长，曝气池体积大，占地面积和基建费用也相应增大。

完全混合法的流程与普通法相同。该法有两个特点：一是进入曝气池的污水立即与池内原有浓度低的大量混合液混合，得到

了很好的稀释，所以进水的水质的变化对污泥的影响降低到了很小的程度，能够较好的承受冲击负荷；二是池内各点有机物浓度

（F）均匀一致，微生物群性质和数量（M）基本相同，池内各部分工作情况几乎完全一致。由于微生物生长所处阶段主要取决于

F/M，所以完全混合法有可能把整个池子的工作情况控制在良好的同一条件进行，微生物活性能够充分发挥。这一特点是推流式

曝气池不具备的。

生物吸附法又叫接触稳定法或吸附再生法。活性污泥法净化水质的第一阶段是吸附阶段。良好的活性污泥与生活污水混合后10~30min内就能基本完成吸附作用，污水中的BOD₅即可去除85%~90%。生物吸附法就是根据这一发现发展起来的。污水和活性污泥在吸附池内混合接触0.5~1.0h，使污泥吸附大部分悬浮物、胶体状物质及部分溶解有机物后，在二沉池中进行分离。分离出的回流污泥先在再生池内进行2~3h的曝气，进行生物代谢，充分恢复活性后再回到吸附池。吸附池和再生池可分建，也可合建。生物吸附法采用推流式流型。由于吸附时间短，再生池和吸附池内MLSS浓度可分别达到1.0~3.0和4.0~10.0g/L，BOD₅负荷0.2~0.6 kg(BOD₅)/[kg(MLSS)·d]。在污泥负荷率相同时，生物吸附法两池总容积比普通法要小得多，而空气量并不增加，因而可以大大降低建筑费用。其缺点是处理效果稍差，不适合处理含溶解性有机物较多的废水。

3-7 试简单说明附着生长系统处理废水的基本原理。

当污水与滤料等载体长期流动接触，在载体的表面上就会逐渐形成生物膜。生物膜主要是由细菌（好氧菌、厌氧菌和兼性菌）、菌胶团和大量的真菌菌丝组成。生物膜上纤虫类、轮虫类及寡毛类等微型生物出现的频率也较高。在日光照射的部位还生长藻类，有的滤料内甚至还出现昆虫类。由于生物膜是生长在载体上的，微生物停留时间长，像硝化菌等生长世代期较长的微生物也能生长。所以，生物膜上生长繁育的生物种类繁多，食物链长而复杂是这种处理技术的显著特征。

3-8 高负荷生物滤池和塔式生物滤池各有什么特点？适用于什么具体情况？

高负荷生物滤池是在解决和改善普通生物池在净化功能和运行中存在的问题的基础上发展起来的。高负荷生物滤池的BOD₅容

积负荷是普通生物滤池的6~8倍，而且其容积负荷可高达普通生物滤池的10倍。因此，滤池的处理能力得到大幅

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

度提高；而水力负荷的加

大可以冲刷过厚和老化的生物膜，促进生物膜更新，防止滤料堵塞。但出水水质不如普通生物滤池，出水 BOD_5 常大于 30mg/L 。

塔式生物滤池是根据化学工程中气体洗涤塔的原理开创的，一般高达 $8\sim 24\text{m}$ ，直径 $1\sim 4\text{m}$ 。由于滤池高如塔，使池内部形成

被风状态因而改善了通风。当污水自上而下滴落时，产生强烈紊动，使污水、空气、生物膜三者接触更加充分，可大大提高传质

速率和滤池的净化能力。塔式生物滤池负荷远高出高负荷生物滤池高。滤池内生物膜生长迅速，同时受到强烈水力冲刷，脱落和更

新快，生物膜具有较好的活性。为防止上层负荷过大，使生物膜生长过厚造成堵塞，塔式生物滤池可以采用多级布水的方法来均

衡符合。

3-9 生物滤池设计中，什么情况下必须采用回流？

进水 BOD 浓度过高时，为防止上层负荷过大，使生物膜生长过厚造成堵塞，必须采用处理水回流稀释。如塔式生物滤池，进水 BOD 浓度应控制在 500mg/L 以下。

3-10 生物转盘处理废水的基本原理。

生物转盘运转时，污水在反应槽中顺盘片间隙流动，盘片在转轴带动下缓慢转动，污水中的有机污染物为转盘上的生物膜所吸附，当这部分盘片转离水面时，盘片表面形成一层污水薄膜，空气中的氧不断溶解到水膜中，生物膜中微生物吸收溶解氧，氧化分解被吸附的有机污染物。盘片每转动一周，即进行一次吸附-吸收-氧化分解的过程。转盘不断转动，污染物不断被氧化分解，生物膜也逐渐变厚，衰老的生物膜在水流剪切作用下脱落，并随污水排至沉淀池。转盘转动也使槽中污水不断的被搅动充氧，脱落的生物膜在槽中呈悬浮状态，继续起净化作用，因此生物转盘兼有活性污泥的功能。

3-11 氧化塘有哪几种形式？它们的处理效果如何？适用于什么条件？

氧化塘又称为稳定塘或生物塘，是一种类似池塘（天然的或人工修建的）的处理设备。氧化塘净化污水的过程和天然水体的自净过程很相似，污水在塘内经长时间缓慢流动和停留，通过微生物（细菌、真菌、藻类和原生动物）的代谢活动，使有机物降解，污水得到净化。水中溶解氧主要由塘内生长藻类通过光合作用和塘表面的复氧作用提供。

氧化塘可分为好氧氧化塘、兼性氧化塘、曝气氧化塘和厌氧塘四类。

3-12 什么叫氧化沟？它有什么优点？

氧化沟（循环混合曝气池）多采用转刷曝气，其平面形状像跑道。转刷设在直段上，转刷转动使混合液曝气并在池内循环流动，使活性污泥保持悬浮状态。从整体上看，流态是完全混合的，但一般混合液的平均流量为进流量的数百倍以上，流速较大，在局部又具有推流特征。氧化沟断面可为矩形或梯形，有效深为 0.9~2.5m。

污泥通过设于沟内的污泥收集器排除。一般采用两个池，交替进行曝气和沉淀操作。氧化沟流程简单，施工方便，曝气转刷易制作，布置紧凑，是一种有前途的活性污泥处理法。

3-13 试比较厌氧法和好氧法处理的优缺点和使用范围。

厌氧生物处理是在无氧的条件下，利用兼性菌和厌氧菌分解有机物的一种生物处理法。厌氧生物处理技术是最早仅用于城市污水厂污泥的稳定处理。有机物厌氧生物处理的最终产物是以甲烷为主体的可燃性气体（沼气），可以作为能源回收利用；运转费也远比好氧生物处理低。因此在当前能源日趋紧张的形势下，厌氧处理作为一种低能耗、可回收资源的处理工艺，受到世界各国的重视。最近的研究结果表明，厌氧生物处理技术不仅适用于污泥稳定处理，而且适用于高浓度和中等浓度有机废水的处理。有的国家还对低浓度城市污水进行厌氧处理研究，并取得了显著进展。

3-14 试扼要讨论影响消化的主要因素。传统消化法和高速消化法各有什么特点？

1、温度

甲烷细菌对温度的变化十分敏感，所以温度是影响厌氧生物处理的主要原因。消化时间（指产气量达到总气量的90%时所需要的时间）与温度有关。高温消化比中温消化时间短，产气率稍高，对寄生虫卵的杀灭率可达90%，而中温消化的杀灭率更低。高温消化耗热量大，管理复杂，因此，只有在卫生要求较高时才考虑采用高温消化。

2、酸碱度

甲烷细菌生长最适宜的pH范围是6.8~7.2，若pH低于6或高于8，正常消化就会被破坏。因此，消化系统内必须存在足够的缓冲物质，如重碳酸盐。

3、负荷

负荷是厌氧处理过程中决定污水、污泥中有机物厌氧消化速率快慢的综合性指标，是厌氧消化的重要控制参数。负荷常以投配率来表示。投配率指每日加入消化池的新鲜污泥体积或高浓度污水容积与消化池容积的比率。投配率需适当。

4、碳氮比

有机物的碳氮比（C/N）对消化过程有较大影响。实验表明，碳氮比为（10~20）：1时，消化效果较好。

5、有毒物质

污泥中的有毒物质会影响消化的正常进行，因此必须严格控制有毒物质排入城市污水系统。主要的有毒物质是重金属离子和

某些阴离子。

3-20 从活性污泥曝气池中取混合液 500ml，盛于 500ml 量筒中，半小时后沉淀污泥量为 150ml，试计算活性污泥的沉降比。曝气池中的污泥浓度为 3000 mg/L，求污泥指数，你认为曝气池运行是否正常？

解：污泥指数 100mL。

第五章 大气质量与大气污染

5-1 简述导致酸雨、温室效应以及臭氧层破坏的原因。

5-2 简述大气污染控制的含义和内容。

典型的大气污染控制系统一般包括污染源的控制，废气排放控制系统（粉尘污染物的控制，气态污染物的控制）和稀释扩散控制等几部分。

1. 污染源的控制——大气污染控制的重点是控制污染源，将污染工艺更换为少污染或无污染工艺是最理想的方法，改革生

产工艺，对原材料进行加工，尽量减少大气污染物的生成量。

2. 废气排放控制系统

为使废气污染物能达标排放，通常采用如图所示的典型控制系统，用集气罩 1 将污染源产生的污染物收集起来，经颗粒除尘装置 3，再进入气态污染物净化器 4，经风机 5 进入烟囱 7，由此排入大气，再经历扩散稀释过程，达到大气质量标准。现将系统各步控制简述于后。

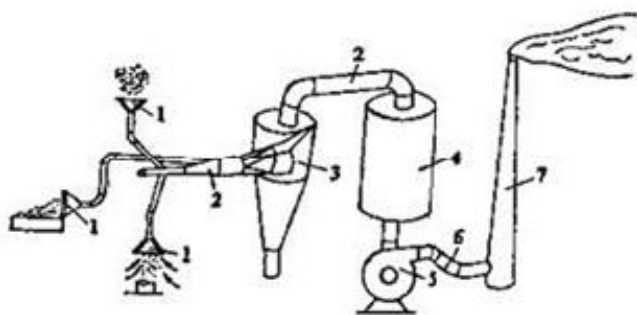


图6-2 废气排放控制系统

1.集气罩；2.管道；3.颗粒除尘器；4.气态污染物净化器；5.风机；6.烟道；7.烟囱

3. 稀释扩散控制

稀释法就是采用烟囱排放污染物，通过大气的输送和扩散作用降低其“着地浓度”，使污染物的地面浓度达到规定的环境质量标准。

5-3 根据我国《大气环境质量标准》的二级标准，求出 SO_2 、 NO_2 、 CO 三种污染物的日平均浓度限值。

解：

SO_2	0.15	mg/m^3
NO_2	0.08	mg/m^3
CO	4.00	mg/m^3

5-4 成人每次吸入的空气量平均为 $500cm^3$ ，加入每分钟呼吸15次，空气中颗粒物的浓度为 $200\mu g/m^3$ ，试计算每小时沉积于肺泡内的颗粒物质量，已知该颗粒物在肺泡中的沉降系数为0.12。

解：10.8微。

5-5 简述颗粒污染物和气态污染物控制方法和设备。

1、颗粒污染物控制的方法和设备主要有四类：

(1) 机械力除尘器：包括重力沉降室、惯性除尘器和旋风除尘器。

(2) 过滤式除尘器：包括袋式过滤器和颗粒层过滤器。

(3) 静电除尘器：包括干式静电除尘器和湿式静电除尘器。

(4) 湿式除尘器：包括泡沫除尘器、喷雾塔、填料塔、冲击式除尘器、文丘里洗涤器等。

2、气态污染物控制方法和设备可分为两大类：分离法和转化法。

分离法是利用污染与废气中其它组分的物理性质的差异使污染物从废气中分离出来，如物理吸收、吸附、冷凝及膜分离等；转化法是使废气中污染物发生某些化学反应，把污染物转化成无害物质或易于分离的物质，如催化转化、燃烧法、生物处理法、电子束法等。

5-6 为什么说烟囱排放是废气控制系统的重要部分。

所谓稀释法，就是采用烟囱排放污染物，通过大气的输送和扩散作用降低其着地浓度，使污染物的地面浓度达到规定的

环境质量标准。虽然废气的排放控制应依靠各种控制技术和净化装置，但是，对于那些难以去除的有毒物质要降到很低的浓度。

其净化费用可能是相当高的，而以净化脱除为主，辅之烟囱排放稀释，则经济上是合理的。同时，无论采用什么控制方法和净化

装置，其尾气中仍含有少量有害物质，即使有些尾气中不含有害物质，也因其中几乎没有氧气而对人类呼吸不利，也必须用烟囱

(排气筒)排放稀释。所以烟囱是废气排放控制系统的重要组成部分。烟囱排放本身并不减少排入大气的污染物质，但它能使污

染物从局地转移到大得多的范围内扩散。利用大气的自净能力使地面污染物浓度控制在人们可以接受的范围内。所以在工业密度

不大的国家和地区，它一直是直接排放废气的常用工业方法。在某些情况下，烟囱可能是控制大气污染最通用和经济的方法。

$\Delta d_p / \mu m$									
第六章 颗粒污染物控制									
ΔR_i									

6-1 某一除尘装置处理含尘气体，入口粉尘的粒径分布和分级效率如附表所示。试求该除尘装置的总效率。

习题 6-1 附表

粉尘粒径 μm

0.5~5.8 5.8~8.2 8.2~11.7 11.7~16.5 16.5~22.6 22.6~33 33~47.47

分级效率 η_{di}	61	85	93	96	98	99	100	100
------------------	----	----	----	----	----	----	-----	-----

解： $\eta=86\%$ 。

6-2 一单层沉降室处理含尘气流，已知含尘气体流量 $Q=1.5\text{m}^3/\text{s}$ ，气体密度 $\rho_G=1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ，气体黏度 $\mu=1.84\times 10^{-5}\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。

颗粒真密度 $\rho_p=2101.2\text{kg}/\text{m}^3$ ，沉降室宽度 $W=1.5\text{m}$ ，要求对粒径 $=50\mu\text{m}$ 的尘粒应达到 60% 的捕集效率。试求沉降室的长度。

解：4.1m。

μm

6-3 含尘粒直径为 $1.09\mu\text{m}$ 的气体通过一重力沉降室，宽 20 cm，长 50 cm，共 8 层，层间距 0.124 cm，气体流速是 8.61 L/min，并观测到其捕集效率为 64.9%。问需要设置到多少层才能得到 80% 的捕集效率？

解：10 层。

6-4 简述旋风除尘器中影响粉尘捕集效率的因素 d_{c50}

1、入口风速（或者流量）：入口流量增大（即入口风速）， d_{c50} 降低，因此除尘效率提高。但风速过大，粗颗粒将以较大的速度到达器壁而被反弹回内旋流，然后被上升气流带出，从而降低除尘效率。一般入口风速 12~20m/s。

2、除尘器的结构尺寸：其他条件相同时，筒体直径越小，尘粒所受的离心力越大，除尘效率越高；筒体高度的变化对除尘效率的影响不明显；适当增加锥体长度，有利于提高除尘效率；减小排气管直径，对除尘有力。若将除尘器各部分的尺寸进行几何相似放大时，除尘效率会有所降低。

$\because F_c \propto dp^3, F_g \propto dp, \therefore$ 大颗粒所受的离心力大，除尘效率高，又 $d_c \propto \sqrt{\gamma p}$

1. 尘粒的粒径与密度：

$\therefore \rho_p$ 越小越难分离

$$d_c \propto \sqrt{\mu} \therefore d_c$$

4、气体温度，温度升高，气体粘度增加，而 d_{c50} 加大，除尘率降低。

5. 灰斗的气密性，即使除尘器在正压下工作，锥体底部也可能处于负压状态。若除尘器下部不严而漏气，会将已落入灰斗中的粉尘重新扬起带走，使除尘率降低。实验证明，当漏气量达除尘器处理气量的 15% 时，除尘率几乎为零。

6-6 有一单一通道板式电除尘器，通道高为 5 m，长 6 m，集尘板间距离为 300 mm，处理含尘气量为 600 m³/h。测得进出口含尘浓度分别为 9.30 g/m³ 和 0.5208 g/m³。参考以上参数重新设计一台静电除尘器，处理气量为 9000 m³/h，要求除尘效率 99.7%，问需要多少通道数？

解：31 个通道。

6-7 某厂家想购一台电除尘器，其净化含尘浓度为 25 g/m³ 的烟气，要求净化后浓度不超过 0.5 g/m³，其烟尘的粒度分布如附表所示。

习题 6-7 附表						
$\Delta d_p / \mu m$						
粒径范围 $\Delta R / \%$	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2
入口	3.5	8.0	13.0	19.0	45.0	11.5

某外商有一板间距为 30 cm 的板式电除尘器，其颗粒的切割直径为 0.2 μm ，该除尘器的多依奇方程形式为：

$$\eta = 1 - \exp(-k d_p)$$

d_p μm

式中：——颗粒直径，；

k

——经验常数。

该除尘器能否满足厂家的需求？

解：不能满足厂家的需求。

6-11 简述产生液界面的的方式，为什么文氏洗涤器可以达到很高的捕集效率？

文丘里洗涤器的除尘包括雾化、絮凝和脱水三个过程。前两个过程在文丘里管中进行，后一过程在脱水管中完成。含尘气流进入进接管，流速逐渐增加，在喉管中气流速度最高，可达 50m/s，气液相对速度很大，在高速气流冲击下，喷嘴喷出的水滴被高度雾化，喉管处的高速低压使气流达到过饱和状态，同时尘粒表面附着的气膜被冲破，使尘粒被水湿润，因此，在尘粒与水滴或尘粒之间发生激烈的碰撞和絮凝。从喉管进入扩散段后，速度降低，静压回升，以尘粒为凝结核的过饱和蒸汽的凝结作用进行很快。凝结有水分的颗粒继续凝聚碰撞，小颗粒凝并成大颗粒，很容易被其他除尘器或脱水器捕集下来使气体得到净化。

TOP

第七章 气态污染物控制

7-3 简述物理吸附与化学吸附的区别。

吸附剂和吸附质之间通过分子间作用力（范德华力）产生的吸附称为物理吸附。物理吸附是一种常见的吸附现象。由于吸附是分子间作用力引起的，所以吸附热较小，一般在 41.9kJ/mol 以内。物理吸附因不发生化学作用，所以在低温下就能进行。被吸附的分子由于热运动还会离开吸附剂表面，此为解吸（吸附的逆过程）。物理吸附可形成单分子吸附层或多分子吸附层。由于分子间作用力是普遍存在的，所以一种吸附剂可吸附多种吸附质。但由于吸附剂和吸附质的极性强弱不同，某一种吸附剂对各种吸附质的吸附量是不同的。

化学吸附是吸附剂和吸附质之间发生化学作用而产生的吸附。是由于化学键力引起的。化学吸附一般在较高温度下进行，吸附热较大，相当于化学反应热，一般为 83.7~418.7kJ/mol。一种吸附剂只能对某种或几种吸附质发生化学吸附，因此化学吸附具有选择性。由于化学吸附是靠吸附剂与吸附质之间的化学键力进行的，所以只能形成单分子层吸附层。当化学键力大时，化学吸附是不可逆的。

化学吸附和物理吸附并不是孤立的，往往相伴发生，只是由于吸附质，吸附剂及其他因素的影响可能某种吸附是主要的。

第八章 污染物的稀释法控制

$\gamma_{1.5-10}$ γ_{10-30} γ_{30-50} $\gamma_{1.5-30}$ $\gamma_{1.5-50}$

8-1 在气压为 400 mb 处，气块温度为 320 K，若气块绝热下降到气压为 600 mb 处，气块温度变为多少？

并判断各层大气的稳定度。

表 8-17

高度 z/m	1.5	10	30	50
气温 T/K	198	197.8	197.5	297.3

解： $\gamma_{1.5-10} 2.35\text{K}/100\text{m}$ 不稳定； $\gamma_{10-30} 1\text{K}/100\text{m}$ 中性； $\gamma_{30-50} -4.99\text{K}/100\text{m}$ 稳定；

$\gamma_{1.5-10} 1.75\text{K}/100\text{m}$ 不稳定； $\gamma_{1.5-10} -2.05\text{K}/100\text{m}$ 稳定。

8-3 某城市火电厂的烟囱高 100 m，出口内径 5 m。出口烟气流速 12.7 m/s，温度 100℃，流量 250 m³/s。烟囱出口处的平均风速 4 m/s，大气温度 20℃。试确定烟气抬升高度及有效源高。

解：中性条件下，69.8m，169.8m；不稳定条件下，80.3m，180.3m；稳定条件下，59.3m，159.3m；

8-4 位于平原农村的某工厂，有一座高 80 m、出口内径为 1.5 m 的烟囱，其排放情况如下： $v_s = 20\text{m/s}$ ， $T_s = T_a$ ， $T_g = 165^\circ\text{C}$ ， $\bar{u} = 15\text{m/s}$ 。试用国际推荐公式计算中性情况下的有效烟囱高度。

解：19.3m。

8-5 某烟囱高度 120 m，出口内径 5 m， $v_s = 13.5\text{m/s}$ ， $T_s = 418\text{K}$ ， $T_a = 288\text{K}$ ， $x \leq 10H_s$ ，大气中性层结，源高处的平均风速为 4 m/s。试用密兰德、布里克斯（）、国标等公式计算烟流抬升高度。

解：烟气抬升高度采取密兰德公式：96.2m。

8-6 地面源正下风方向一点上，测得 3 min 平均浓度为 $3.4 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$ ，试估算该点 2 h 的平均浓度。假设大气稳定度为 B 级。

解：1.3?0-3g/m³。

8-8 某污染源排出 SO_2 量为 80 g/s ，有效源高为 60 m，烟囱出口处的平均风速 6 m/s。在当时的气象条件下，正下风方向

500 m 处的 $\sigma_y = 35.3 \text{ m}$ ， $\sigma_z = 18.1 \text{ m}$ ，试求正下风方向 500 m 处 SO_2 的地面浓度。

解：27.5mg/L。

8-11 某污染源排放量为 80 g/s ，烟气流量为 $265 \text{ m}^3/\text{s}$ ，烟气温度为 418 K，大气温度为 293 K。这一地区的背景浓度为 0.05 mg/m^3 ，设计 $\sigma_z/\sigma_y = 0.5$ ， $\bar{u} = 3 \text{ m/s}$ ， $m = 0.25$ 。试按《大气环境质量标准》的二级标准来设计烟囱的高度和出口直径。