

环境工程学知识点整理

2021 年 12 月 19 日夜

绪论与第一章水质标准和水体净化

1、水质是指水和其所含的杂质共同表现出来的物理学、化学和生物学的综合性质。

水质指标则表示水中杂质的种类、成分和数量，是判断水质是否符合要求的具体衡量标准。主要分为化学性指标、物理性指标、生物性指标。

2、COD：化学需氧量的简称，指在一定严格的条件下，水中各种有机物质与外加的强氧化剂（如 $K_2Cr_2O_7$ 、 $KMnO_4$ ）作用时消耗的氧化剂量，结果用氧的 mg/L 数来表示。

BOD：生物化学需氧量的简称，指在有氧的条件下，水中可分解的有机物由于好氧微生物的作用被氧化分解，这个过程所需要的氧量叫做生物化学需氧量，结果用氧的 mg/L 数来表示。

3、常用水质标准：《生活饮用水卫生标准》GB 5749—2006、《饮用水净水标准》CJ94-1999 、《地表水环境质量标准》GB 3838-2002 、《废水综合排放标准》GB8978-1996、

《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002

4、水体自净：污染物质随污水排入水体后，经过物理的、化学的与生物学的作用，污染物质被分散，分离或分解，最后受污染的水体部分的或完全的恢复原状的现象。

净化机理：1) 物理过程：稀释、扩散、挥发、沉淀、上浮等。2) 化学和物理化学过程：中和、絮凝、吸附、络合、氧化、还原等。3) 生物学和生物化学过程：进入水体中的污染物质，被水生生物吸附、吸收、吞食消化等过程，特别是有机物质由于水中微生物的代谢活动而被氧化分解并转化为无机物的过程。

第二章（1-2）水的物理化学处理方法

1、格栅：格栅由一组（或多组）相平行的金属栅条与框架组成，倾斜安装在进水的渠道，或进水泵站集水井的进口处，以拦截污水中粗大的悬浮物及杂质。

分类：按格栅形状分：平面格栅、曲面格栅；

按栅条间隙分：粗格栅 $e=50-100mm$ 、中格栅 $e=10-40mm$ 、细格栅 $e=3-10mm$ ；

按清除方式分：人工清除格栅、机械清除格栅、水力清除格栅。

格栅的清渣方法：1) 人工清除（与水平面倾角： $45^\circ \sim 60^\circ$ ）：设计面积应采用较大的安全系数，一般不小于进水渠道面积的 2 倍，以免清渣过于频繁。2) 机械清除（与水平面倾角： $60^\circ \sim 70^\circ$ ）过水面积一般应不小于进水管渠的有效面积的 1.2 倍。

2、沉淀的四种类型：

自由沉淀：悬浮颗粒浓度不高；沉淀过程中悬浮固体之间互不干扰，颗粒各自单独进行沉淀，颗粒沉淀轨迹呈直线。沉淀过程中，颗粒的物理性质不变。发生在沉砂池中。

絮凝沉淀：悬浮颗粒浓度不高；沉淀过程中悬浮颗粒之间有互相絮凝作用，颗粒因相互聚集增大而加快沉降，沉淀轨迹呈曲线。沉淀过程中，颗粒的质量、形状、沉速是变化的。化学絮凝沉淀属于这种类型。

区域沉淀或成层沉淀：悬浮颗粒浓度较高（5000mg/L 以上）；颗粒的沉降受到周围其他颗粒的影响，颗粒间相对位置保持不变，形成一个整体共同下沉，与澄清水之间有清晰的泥水界面。二次沉淀池与污泥浓缩池中发生。

压缩沉淀：悬浮颗粒浓度很高；颗粒相互之间已挤压成团状结构，互相接触，互相支撑，下层颗粒间的水在上层颗粒的重力作用下被挤出，使污泥得到浓缩。二沉池污泥斗中及浓缩池中污泥的浓缩过程存在压缩沉淀。

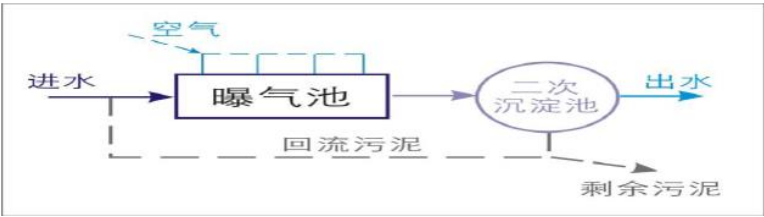
3、混凝：一种改变胶体颗粒性质，使它们能够彼此接近并附着，从而产生较大的絮体颗粒的方法。这一过程包括凝聚和絮凝两个步骤。凝聚是指使胶体脱稳并凝集为微絮粒的过程；而絮凝则指微絮粒通过吸附，卷带和桥连而成长为更大的絮体的过程。

原理：(1) 压缩双电层作用：混凝剂提供大量正离子会涌入胶体扩散层甚至吸附层，使 ξ 电位降低。当 ξ 电位为零时，称为等电状态。此时胶体间斥力消失，胶粒最易发生聚结。

(2) 吸附架桥作用：由高分子物质吸附架桥作用而使微粒相互粘结的过程。

(3) 网捕作用：沉淀物在自身沉降过程中，能集卷、网捕水中的胶体等微粒，使胶体粘结。

池型	优点	缺点	适用条件
平流式	1. 对冲击负荷和温度变化的适应能力较强； 2. 施工简单，造价低	采用多斗排泥，每个泥斗需单独设排泥管各自排泥，操作工作量大，采用机械排泥，机件设备和驱动件均浸于水中，易锈蚀	1. 适用地下水位较高及地质较差的地区 2. 适用于大、中、小型污水处理厂
竖流式	1. 排泥方便，管理简单； 2. 占地面积较小	1. 池深度大，施工困难； 2. 对冲击负荷和温度变化的适应能力较差； 3. 造价较高； 4. 池径不宜太大	适用于处理水量不大的小型污水处理厂
辐流式	1. 采用机械排泥，运行较好，管理较简单； 2. 排泥设备已有定型产品	1. 池水水流速度不稳定； 2. 机械排泥设备复杂，对施工质量要求较高	1. 适用于地下水位较高的地区； 2. 适用于大、中型污水处理厂



第三章 (1-4) 水的生物化学处理方法

1、废水处理中的生物：1) 细菌：单细胞微生物，是废水生物处理工程中最主要的微生物。2) 真菌：处理某些特殊工业废水；固体废弃物的堆肥处理。3) 原生动物、后生动物：原生动物主要以细菌为食；其种属和数量随处理出水的水质而变化，可作为指示生物，后生动物以原生动物为食；也可作为指示生物，如轮虫。4) 藻类：具有光合作用的自养型微生物，为单细胞或多细胞生物。藻类能通过光和作用放出氧气，对污水的净化具有重要的作用。

2、活性污泥：由细菌、菌胶团、原生动物、后生动物等微生物群体及吸附的污水中有机和无机物质组成的、有一定活力的、具有良好的净化污水功能的絮绒状污泥。C: N: P=100:5:1

3、序批式活性污泥法 (SBR 法)：SBR 工艺的基本运行模式由进水、反应、沉淀、出水和闲置五个基本过程组成，从污水流入到闲置结束构成一个周期，在每个周期里上述过程都是在一个设有曝气或搅拌装置的反应器内依次进行的。

优点：(1)工艺系统组成简单，不设二沉池，曝气池兼具二沉池的功能，无污泥回流设备；

(2)耐冲击负荷，在一般情况下（包括工业污水处理）无需设置调节池；

(3)反应推动力大,易于得到优于连续流系统的出水水质；

(4)运行操作灵活，通过适当调节各单元操作的状态可达到脱氮除磷的效果；

(5)污泥沉淀性能好，能有效地防止丝状菌膨胀；

(6)该工艺的各操作阶段及各项运行指标可通过计算机加以控制，便于自控运行。缺点：(1)容积利用率低；(2)水头损失大；(3)出水不连续；(4)峰值需氧量高；

(5)设备利用率低；(6)运行控制复杂；(7)不适用于大水量。

4、水力负荷计算： $LW = ET - PR + PW$ LW—最大允许污水水力负荷，cm/a；ET—土壤水分蒸发

损失量 cm/a；PR—降水量，cm/a；PW 最大允许渗滤率，cm/a 5、生物膜法：当有机污水或由活性污泥悬浮液培养而成的接种液流过载载体时，水中的悬浮物及微生物被吸附于固相表面上，其中的微生物利用有机底物而生长繁殖，逐渐在载体表面形成一层粘液状的生物膜。这层生物膜具有生物化学活性，能进一步吸附、分解污水中呈悬浮、胶体和溶解状态的污染物。降解机理：物质的传递：①空气中的氧溶解于流动水层中，通过附着水层传递给生物膜；②有机污染物则由流动水层传递给附着水层，然后进入生物膜；

③微生物的代谢产物如 H_2O 等则通过附着水层进入流动水层，并随其排走；④ CO_2 及厌氧层分解产物如 H_2S 、 NH_3 以及 CH_4 等气态代谢产物则从水层逸出进入空气中。在处理系统的工作过程中，生物膜不断生长、脱落和更新，从而保持生物膜的活性。

6、生物滤池的工作原理：含有污染物的废水从上而下从长有丰富生物膜的滤料的空隙间流过，与生物膜中的微生物充分接触，其中的有机污染物被微生物吸附并进一步降解，使得废水得以净化；主要的净化功能是依靠滤料表面的生物膜对废水中有机物的吸附氧化作用。生物滤池主要由池壁、池底、滤料、布水器等部分组成。滤料，即组成滤层的过滤材料。常以花岗石、安山岩、闪绿岩等较硬的岩石以及无烟煤等材料制成。

有机物的厌氧分解过程

(1)水解发酵阶段（也称酸化）：通过兼性水解发酵细菌（即产酸菌）的代谢活动，将复杂有机物——碳水化合物、蛋白质和脂类等发酵成为有机酸，醇类，CO₂，H₂，NH₃和H₂S等。

(2)产氢产乙酸阶段：通过专性厌氧的产氢产乙酸细菌的生理活动，将第一阶段细菌的代谢产物——丙酸及其它脂肪酸、醇类和某些芳香酸转化为乙酸，CO₂和H₂。

(3)产甲烷阶段：由产甲烷菌利用第一阶段和第二阶段产生的乙酸，CO₂和H₂为主要基质（还有甲酸、甲醇及甲胺）最终转化为甲烷和CO₂。产甲烷菌包括两种特异性很强的细菌：一种产甲烷菌主要利用H₂把CO₂还原为CH₄；另一种产甲烷菌主要以乙酸为基质（也可利用甲醇和甲胺），把它分解为CH₄和CO₂。

7、厌氧与好氧技术的联用：有些废水含有很多复杂的有机物，对于好氧生物处理而言是属于难生物降解或不能降解的，但这些有机物往往可以通过厌氧菌分解为较小分子的有机物，而那些较小分子的有机物可以通过好氧菌进一步分解。采用缺氧与好氧工艺相结合的流程，可以达到生物脱氮的目的(A/O法)。厌氧-缺氧-好氧法(A/A/O法)和缺氧-厌氧-好氧法(倒置A/A/O法)，可以在去除BOD和COD的同时，达到脱氮、除磷的效果。

第三章（5-8）水的生物化学处理方法

1、水体富营养化，是指在人类活动的影响下，氮、磷等营养物质大量进入湖泊、河口、海湾等缓流水体，引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖，水体溶解氧量下降，水质恶化，鱼类及其他生物大量死亡的现象。这种现象在河流湖泊中出现称为水华，在海洋中出现称为赤潮。

2、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）

	CODCr	BOD5	SS	NH ₃ -N	TN	TP	单位： mg/L
一级A标准	50	10	10	5（8）	15	0.5	
一级B标准	60	20	20	8（15）	20	1	

3、生物脱氮：氮的转化包括氨化、硝化、反硝化作用和同化作用，其中氨化可在好氧或厌氧条件下进行，硝化作用是在好氧条件下进行，反硝化作用在缺氧条件下进行。生物脱氮是含氮化合物经过氨化、硝化、反硝化，最终转变为N₂而被去除的过程。

硝化反应，是在好氧条件下，将NH₄⁺转化为NO₂⁻和NO₃⁻的过程。反硝化反应，是指在无分子

氧的条件下，反硝化菌将硝酸盐氮(NO₃⁻)和亚硝酸盐氮(NO₂⁻)还原为氮气的过程。

4、生物除磷：在厌氧-好氧或厌氧-缺氧交替运行的系统中，利用聚磷微生物具有厌氧释磷及好氧（或缺氧）超量吸磷的特性，使好氧或缺氧段中混合液磷的浓度大量降低，最终通过排放含有大量富磷污泥而达到从污水中除磷的目的。

生物强化除磷工艺：1) 利用聚磷菌在好氧条件下对污水中溶解性磷酸盐过量吸收作用，沉淀分离而除磷。2) 普通活性污泥法通过同化作用可去除磷 12%~20%。具生物除磷功能的处 70%~80% 满足排放要求。

5、污泥体积与脱水率计算公式：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_{s_2}}{P_{s_1}} = \frac{100 - P_{w_2}}{100 - P_{w_1}}$$



6、

7、污水土地处理系统的净化机理十分复杂，它包含了物理过滤、物理吸附、物理沉积、物理化学吸附、化学反应和化学沉淀、微生物对有机物的降解、植物吸收等过程。因此，污水在土地处理系统中的净化是一个综合净化过程。主要为：BOD 的去除、磷和氮的去除、悬浮物质的去除、病原体的去除、重金属的去除

8、土地处理工艺类型

慢速渗滤系统：适用于渗水性能良好的土壤、砂质土壤及蒸发量小、气候润湿的地区。污水净化效率高，出水水质优良。污水进入系统后，部分被作物吸收，部分渗入地下，部分蒸发散失，流出处理场地的水量一般为零。

快速渗滤系统：快速渗滤土地处理系统是一种高效、低耗、经济的污水处理与再生方法。适用于渗透性能良好的土壤，如砂土、砾石性砂土、砂质垆垆等。灌水与休灌反复循环进行，使滤田表面土壤处于厌氧——好氧交替运行状态，依靠土壤微生物将被土壤截留的溶解性和悬浮有机物进行分解，使污水得以净化。

地表漫流系统：地表漫流系统适用于渗透性的黏土或亚黏土，地面最佳坡度为 2%~8%。废水以喷灌法或漫灌法有控制地在地面上均匀地漫流，流向设在坡脚的集水渠，少量废水被植物摄取、蒸发和渗入地下。地面上种牧草或其他作物可防止土壤流失，尾水收集后可回用。湿地处理系统：湿地处理系统是一种利用低洼湿地和沼泽地处理污水的方法。

污水有控制地投配到种有芦苇、香蒲等耐水性、沼泽性植物的湿地上，废水在沿一定方向流行过程中，在耐水性植物和土壤共同作用下得以净化。

地下渗滤处理系统：将污水投配到距地面约 0.5m 深，有良好渗透性的底层中，藉毛细管浸润和土壤渗透作用，使污水向四周扩散，通过过滤、沉淀、吸附和生物降解作用等过程使污水得到净化。地下渗滤系统适用于无法接入城市排水管网的小水量污水处理。

9、人工湿地的类型：按水流方式差异可分为：表面流湿地、水平流湿地、垂流湿地、由以上类型湿地自由组合而成的复合流湿地。

第四章（1-3）水处理工程系统与废水最终处置

1、排水工程系统：将污水、废水和城市降水系统有组织地排除与处理的一整套工程设施为排水系统。通常由管道系统和污水处理系统组成。

排水系统的体制：1) 合流制：将生活污水、工业废水和雨水混合在同一套沟道内排除的系统，分为：直排式和截留式；2) 分流制：将污水和雨水分别在两套或两套以上各自独立的沟道内排除的系统。分为：完全分流制（有污水排水系统，又有雨水排水系统）、不完全分流制（只有污水排水系统，没有完整的雨水系统）、半分流制（既有污水排水系统，又有雨水排水系统。在雨水干沟上设雨水跳越并可截流初期雨水和街道冲洗废水入污水沟道）。

第五章大气质量与大气污染

1、大气结构：由下至上依次为

对流层：大气最接近地面的一层，平均厚度 12km。大气总质量 90%集中在这一层。温度随高度增加而降低；空气对流；温度、湿度等各要素水平分布不均匀。

平流层：距地面高度为 50-60km。总质量只占大气总质量的 5%。35-45km 处为同温层，35km 以上气温随高度而上升。15-35km 处集中了大部分的臭氧 O_3 ，可吸收太阳辐射。

中间层：距地面 80-85km，气温随高度增加而下降，几乎没有水蒸气和尘埃，大气透明度好。

暖层：中间层顶到 800km 的高度，气体密度低，呈电离状，对无线电通讯极为重要。

散逸层：位于 800km 以上，气体粒子以高速运动逸向星际空间。

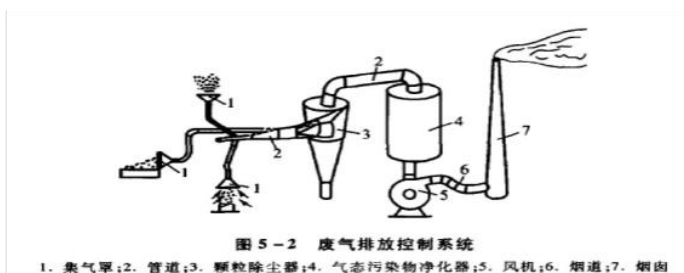
2、大气污染是指由于人类活动和自然过程引起某种物质进入到大气中，呈现出足够浓度达到足够的时间，并因此而危害了人群的舒适、健康和福利或危害了环境的现象。

污染物种类：颗粒污染物、气态污染物、一次大气污染物、光化学烟雾、细微颗粒物污染、酸沉降、全球变暖和气候变化、臭氧层破坏。

3、中华人民共和国国家标准环境空气质量标准（GB3095 - 1996）

主题内容与适用范围：规定了环境空气质量功能区划分、标准分级、污染物项目、取值时间及浓度限值，采样与分析方法及数据统计的有效性规定。适用于全国范围环境空气质量评价。环境空气质量功能区分类：一类区为自然保护区、风景名胜区和其它需要特殊保护的地区。二类区为城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区。三类区为特定工业区。环境空气质量标准分级（环境空气质量标准分为三级）：一类区执行一级标准、二类区执行二级标准、三类区执行三级标准。

4、废气排放控制系统



- 1) 污染物的捕集：对工艺过程中散发的含污染物的气流进行收集。采用集气罩，按污染物位置、围挡情况及气流方向可分为密闭集气罩、半密闭集气罩、外部集气罩及吹吸式集气罩。
- 2) 颗粒污染物的控制：机械除尘器、过滤式除尘器、静电除尘器及湿式除尘器
- 3) 气态污染物的控制：种类繁多，其控制方法和设备可分为两大类：分离法和转化法。
- 4) 污染物的稀释法控制：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。

第六章颗粒物污染控制技术

1、文丘里洗涤器：

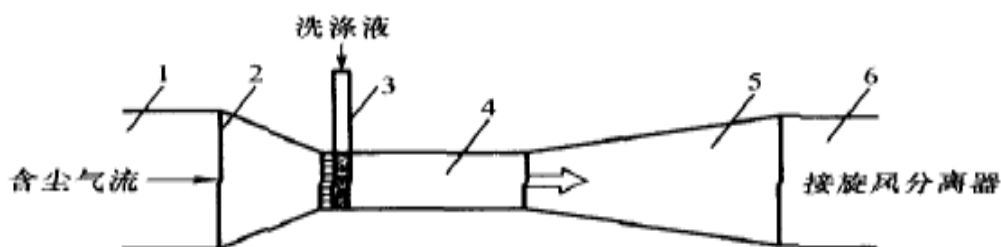


图 6-39 文丘里洗涤器示意图

1. 进气管; 2. 收缩管; 3. 喷嘴; 4. 喉管; 5. 扩散管; 6. 连接管

除尘器系统的构成:文丘里洗涤器、除雾器、沉淀池、加压循环水泵

除尘过程: 含尘气体由进气管进入收缩管后, 流速逐渐增大, 气流的压力能逐渐转变为动能; 在喉管入口处, 气速达到最大, 为 $50 \sim 180\text{m/s}$; 洗涤液（一般为水）通过沿喉管周边均匀分布的喷嘴进入, 液滴被高速气流雾化和加速; 充分的雾化是实现高效除尘的基本条件。

第七章气态污染物控制

1、燃烧转化类型及特点

直接燃烧: 浓度高于爆炸下限的废气可在炉、窑中直接燃烧, 并可回收热能。在石油工业和化工中, 主要以“火炬”燃烧。将废气连续通入烟囱, 在末端进行燃烧。安全、简单、成本低, 但不能回收热能。

热力燃烧：分为三步：a.燃烧辅助燃料，供预热能量；b.高温燃气与废气混合达到反应温度；c.废气在反应温度下充分燃烧。据废气与火焰接触状态不同，分配焰燃烧和离焰燃烧两种。

催化燃烧：催化剂存在使燃烧反应温度较低。优点：温度低、燃料耗量小，减少回火和火灾危险。缺点：催化剂贵，需再生，投资大。预处理要求严格，不能用于使催化剂中毒的气体。

表 7-5 各类燃烧的特点

燃烧种类	直接燃烧	热力燃烧	催化燃烧
燃烧温度	自热至 1100℃ 进行氧化反应	预热至 600 ~ 800℃ 进行氧化反应	预热至 200 ~ 400℃ 进行催化氧化反应
燃烧状态	在高温下滞留短时间,生成明亮火焰	在高温下停留一定时间,不生成火焰	与催化剂接触,不生成火焰
特点	不需预热,能回收废气中热能,只用于浓度高于爆炸下限的气体	预热耗能较多,燃烧不完全时产生恶臭,适用于各种气体	预热耗能较少,催化剂较贵,不能用于使催化剂中毒的气体

第九章固体废物管理系统

- 1、固体废物：人类一切活动（包括生产与生活）过程产生的、对原过程已不再具有使用价值而被废弃的固态或半固态物质，通称为固体废物。
- 2、危险废弃物，凡能引起或导致人类与动物死亡或严重疾病的废物称为危险废弃物（或有毒有害废物），具有易燃性、腐蚀性、化学反应性、浸出毒性、放射性与其它毒性

鉴别与标准： 1996 年，我国开始实施《危险废弃物鉴别标准》(GB 5085.1 ~ 5085.3)

3、减少固体废物产量的途径：

- (1) 减少原料，延长产品寿命：产品设计改革与技术改进，不影响产品性能，适当降低单位产品材料用量，并延长其使用寿命。如汽车寿命由 10 年 ↑ 12 年，美国可节约钢材 540 万 t/a
- (2) 废物回收：回收垃圾中可利用的成分，如废纸类、金属类与玻璃等。
- (3) 提高产品用次：主要体现在城市居民生活中商品包装物的重复使用。如商品包装袋（盒）

第十章城市垃圾处理技术

- 1、压实，是为了减小固体废物表面体积、提高运输与管理效率的一种操作技术。

压实机械分为：水平压实器、三向垂直压实器、回转式压实器。

- 2、破碎，是减小垃圾的粒度，使之质地均匀，从而降低孔隙率、增大密度的过程。意义：破碎可使垃圾密度增加 25%~60%，且易于压实，还可减少臭味，防止鼠类繁殖，破坏蚊、蝇滋生条件。对于大规模运输，物料回收、最终处置及提高城市垃圾管理水平，具有重要意义。

2、分选技术的分类

表 10-1 分选技术设备与应用评述

分选技术	分选的物料	预处理要求	应用评述
风力分选	适于较轻的可燃物分离	不需要	利用垂直或水平气流分选轻质可燃物,亦可用于重组分中金属、玻璃等物质的分选,适用于大规模垃圾转运站和处置场
磁选	铁金属类	破碎、风选	利用各种物料磁性的差异,在不均匀磁场中实施分选,适用于大规模工业固体废物与城市垃圾转运站与填埋场
筛选	玻璃类	预先破碎与风选为宜	利用振动或滚动作用,将碎玻璃由筛孔分离,主要适用于熟胚中碎玻璃的筛分
静电分选	玻璃与非铁金属类	破碎、风选与筛选	依据导电性能的差异,由垃圾中分离出玻璃与铝等
光电分选	玻璃类	破碎、风选	依据透明度的差异,由垃圾中分离出玻璃