

《水污染控制工程》



沈耀良

Ph.D/Professor

2010-3-10

苏州科技大学

University of Science and technology of Suzhou(USTS)

《水污染控制工程》

第I篇



水质与废水处理概论

第1章 水质与水质标准

《水污染控制工程》

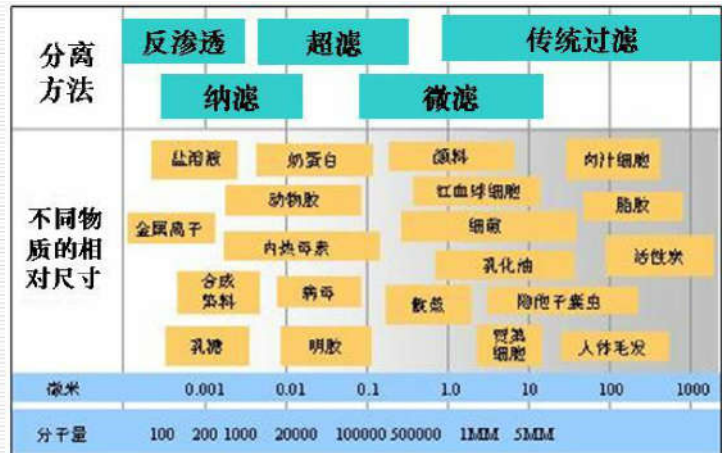
□ 主要内容

- [1.1](#) 水中杂质的种类与性质
- [1.2](#) 水体的污染与自净
- [1.3](#) 水质标准和排放标准



1.1 水中杂质的种类与性质

- 1.1.1 天然水体中的杂质
- 1.1.2 典型水体的水质特性
- 1.1.3 水和废水的水质指标



1.1.1 天然水体中的杂质

1.1 水中杂质的种类与性质

□ 天然水体

- 江河、湖海、水库、地下水等

□ 天然水体中杂质的来源

- 所接触的大气、土壤等自然环境以及人类的活动

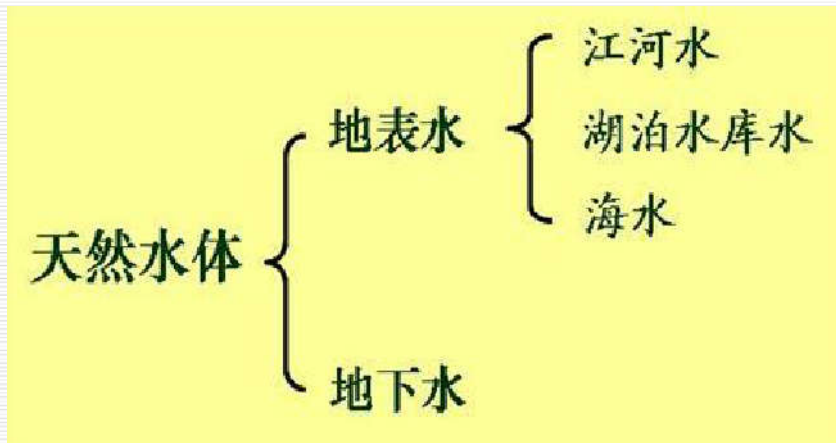
□ 天然水体中杂质之类型

- 按尺寸大小分——悬浮物、胶体颗粒、溶解物
- 按化学结构分——无机物、有机物、（微）生物等
- 按杂质来源分——天然物质和人为污染物

1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 天然水体的类别及其特征

- 天然水体的类别
- 不同的天然水体水质因流域特征、受扰程度的不同而异。



1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 悬浮物、胶体颗粒、溶解物

■ 悬浮物

- 泥沙类无机物及动植物生存过程中产生的物质或死亡后的腐败产物等有机物。尺寸大、不稳定、悬浮于水流中，易去除；

■ 胶体颗粒

- 主要为细小的泥沙、矿物等无机物和腐殖质等有机物。比表面积大，具有表面活性、带电、稳定存在与水中，较难以去除；

■ 溶解物

- 呈真溶液状态的离子和分子，如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_2 和 NH_3 等。不影响水体外观，难以去除。

类别	悬浮物	胶体颗粒	溶解物
尺寸大小	100nm~1mm	1nm~100nm	0.1~1.0nm
外观特征	浑浊甚至肉眼可见	光照下浑浊	透明

1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 无机物、有机物、（微）生物等

■ 无机物

- 溶解性离子、气体和悬浮性泥沙等。如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_2 和 NH_3 等。离子的存在使天然水表现出不同的含盐量、硬度、pH 和电导特性或使水体浑浊；

■ 有机物

- 常见的有腐殖质（土壤的有机成分，分子量几百至数万。与氯反应之生成物具有致癌性）类及一些蛋白质；

■ 微生物

- 包括原生动物、藻类、细菌、病毒等。使水体产生异味、增加色度、导致疾病

1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

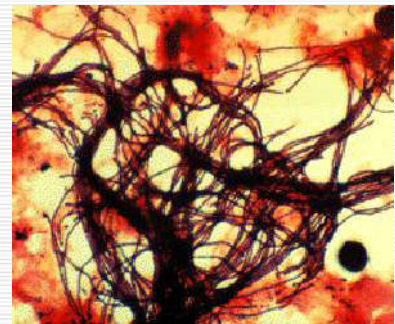
□ 人为污染物

- 随人类活动的不断拓展和人类社会生产种类及规模的不断扩大，导致天然水体中污染物的种类和数量不断增加；
- 大量的人工合成有机物（农药、杀虫剂和有机溶剂等）进入水体；
 - 多氯联苯、滴滴涕、六六六、四氯化碳等
- 全世界：已在水中检测出**2000**多种人工合成有机化合物物；
- 美国：在水中检测出**700**多种有机化合物物，其中**100**多种具有致癌、促癌、致畸和致突变性。

1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 地表水

- 受水体流经地区的地质条件、地形地貌以及气候条件的影响，地表水的水质有较大差异。
- 流经森林、沼泽地带的天然水体中腐殖质含量较高；流域地表不好、水土流失严重则导致水体浊度较高。
- 一般南方地区地表水中的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量高于北方地区，水的腐蚀性较强。



1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 江河水

- 不同地区自然条件及对水资源利用状况的不同，水质差别很大。同一河流的水质亦常因地域、季节和气候的不同而不同。发生水体富营养化问题的可能性较低。
 - 华东、中南、西南地区浊度较低（多为100~400NTU）。
 - 东北地区河流中的SS含量亦较低，浊度多在数百度以下。
 - 华北和西北SS含量高，变化幅度大，常含有大量泥砂（SS可高达几万mg/L），且变化大而快速。
- 含盐量和硬度均较低。含盐量多为70~900mg/L，硬度通常在50~400mg/L（以CaCO₃计）。

1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 湖泊、水库水

- 主要由江河水供给，水质特点与江河水基本类似；
- 流动性小，长期自然沉淀，浊度较低，透明度较高，利于浮游生物，特别是藻类的生长繁殖；
- 受到生活污水（点源）及含氮、磷的农田径流（面源）水污染后，氮、磷等物质将促进浮游生物的生长繁殖，而使其富营养化成为日趋严重的水污染问题；
- 湖泊、水库水面积较大，蒸发量大，矿物质易浓缩，其含盐量和硬度均较江河水高。

1.1.2 典型水体的水质特征 **1.1 水中杂质的种类与性质**

□ 湖泊、水库水

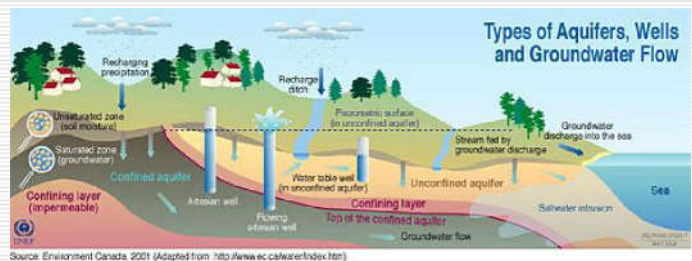
- 海水的主要特点是含盐量高，通常在7500~43000mg/L之间。其中含量最多的是氯化钠（NaCl），约占83.7%，其他盐类有MgCl₂和CaSO₄等；
- 目前，难以直接作为生活和生产的水源水。



1.1.2 典型水体的水质特征 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 地下水

- 由于地层的过滤作用，地下水中无悬浮物，透明清澈。
- 含有各种可溶性矿物质，含盐量、硬度均较高。含盐量一般在100~5000mg/L之间，硬度通常为100~500mg/L（以CaCO₃计）之间。
- 水质和水温终年稳定，较少受外界影响。
- 一般北方地区的地下水其硬度高于南方地区，属于高硬度结垢型水。



1.1.3 水和废水的水质指标 1.1 水中杂质的种类与性质

□ 定义与作用

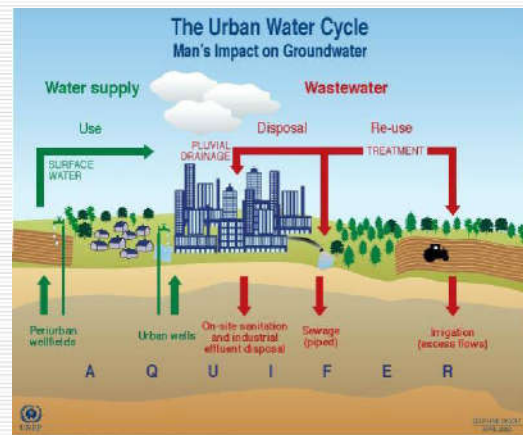
- 表征废水水质情况或定性定量地反映水和废水水质情况的参数指标。
- 了解废水的主要特性、研究和确定废水处理的工艺方法、监测和控制处理效果、协调排放水质和受纳水体间的水质关系、进行水质的综合管理和控制。

□ 类型

- 单项指标——反映废水中单种物质含量（各种有毒有害重金属、N、P等）。
- 综合指标——反映废水中某一类污染物浓度（有机物BOD、COD或固形物SS等）。

1.2 水体的污染与自净

- [1.2.1](#) 水中的污染物及来源
- [1.2.2](#) 废水的来源及其特征
- [1.2.3](#) 水体的污染及其类型
- [1.2.4](#) 水体的富营养化
- [1.2.5](#) 水体的自净



□ 污染物及其类型

- 因污染源不同，污染物的种类和性质有很大的差异；
- 按化学性质：有机污染物和无机污染物；
- 按物理性质：悬浮物、胶体颗粒和溶解性物质；
- 按污染物特征分：
 - 可生物降解有机物——耗氧有机污染物；
 - 难生物降解有机污染物；
 - 无直接毒害作用的无机污染物；
 - 有直接毒害的无机污染物。

□ 可生物降解有机物

- 包括碳水化合物、蛋白质、脂肪等自然生成的有机物；
- 性质很不稳定，可在有氧存在或无氧存在的条件下，通过微生物的作用转化（降解）为无机物。当上述过程在水体中强烈发生时，将导致水体发黑发臭，影响水体外观和环境，破坏水体功能；
- 工业有机废水和生活污水是其主要来源；
- 是污水处理中优先考虑去除的物质；
- 通常用 COD_r 、 BOD_5 、 TOD 、 TOC 等指标表示其含量。

□ 难生物降解有机物

- 主要包括人工合成的化合物（农药、脂类化合物物、芳香族氨基化合物、杀虫剂、除草剂等）及纤维素、木质素等植物残体；
- 化学性质稳定，不易被微生物利用和降解；
- 可在生物体内富集，大多具有很强的“三致”特性，对水体环境和人类具有很大的毒害作用；
- 难以用常规的方法进行有效的处理（去除）。

□ 无直接毒害作用的无机污染物

■ 颗粒污染物 (TS、SS等表示)

□ 泥砂、矿渣等，影响水体透明度和流态等物理形状。

■ 酸、碱类 (以pH表示)

□ 对水体使用功能和水处理工艺有重要影响。生活污水一般呈中性或弱碱性；工业废水常含有大量的酸、碱成分，是影响水体pH的重要来源。

■ 氮、磷等营养物质 (N、P)

□ 主要来源于生活污水及农业施肥 (径流)。是湖泊、水库水及海湾水体富营养化的主要污染物。

□ 难生物降解无机物

- 具有直接毒害作用，在低浓度时即可表现出毒性或以积累的形式形成慢性中毒危害。
- 主要有氰化物、砷化物、和重金属离子（汞、铬、镉、铜、钴等）。其中氰化物、砷化物和汞、铬、镉被公认为“六大毒性物质”。
- 此类物质危害最大，难以处理。
- 主要来源于各种工业生产过程中废水的排放。

□ 废水的来源及其类型

- 水体质量的恶化，是由通过各种途径进入水体的过量污染物引起的。
- 污染物是随生活和生产活动中产生的废水的排放而进入水体的。
- 根据污染物进入水体的途径不同，可将污染源分为点源（生活污水和工业废水的排放、突发性事故等）和面源（农业径流及初期雨水等）。
- 废水的类型
 - 生活污水、工业废水、城市污水（工业废水+生活污水）

□ 生活污水及其主要特征

■ 来源

- 居民在日常生活中的所排放的废水。其中包括厨房洗涤、淋浴、衣物洗涤及厕所冲洗设备所排放的废水。

■ 特征

- 水质、水量一般比较稳定，随季节、经济发展水平、生活条件、生活习惯及供水情况而异。
 - 混浊、色深、恶臭、微呈碱性；
 - 一般不含有毒有害物质；
 - 含有机物约60%（纤维、油脂、肥皂、蛋白质等）；
 - 含大量的细菌（包括病原菌及寄生虫卵等）。

1.2.2 废水的来源及其特征

1.2 水体的污染与自净

□ 生活污水及其主要特征

典型的生活污水水质

序号	指 标	浓度(mg/L)			序号	指 标	浓度(mg/L)		
		高	中常	低			高	中常	低
1	总固体 (TS)	1200	720	350	9	COD _{Cr}	1000	400	250
2	悬浮物 (SS)	350	220	100	10	溶解性COD _{Cr}	400	150	100
3	非挥发性	75	55	20	11	悬浮性COD _{Cr}	600	250	150
4	挥发性 (VSS)	275	165	80	12	总氮 (TN)	85	40	20
5	BOD ₅	400	200	100	13	氨氮 (NH ₄ ⁺ -N)	50	25	12
6	溶解性BOD ₅	200	100	50	14	总磷 (TP)	15	8	4
7	悬浮性BOD ₅	200	100	50	15	氯化物 (Cl ⁻)	200	100	60
8	总有机碳 (TOC)	290	160	80	16	碱度 (CaCO ₃)	200	100	50

1.2.2 废水的来源及其特征

□ 工业废水及其主要特征

■ 来源

□ 工业生产过程中的所排放的废水。

■ 类型

□ 生产废水—比较清洁、可直接排放或回用的废水；

□ 生产污水—污染程度较高、须经适当处理后方可排放的废水。

■ 特征

□ 成分复杂、大多具有危害性、水质水量波动大。



1.2.2 废水的来源及其特征

□ 工业废水及其主要特征

部分工业废水中的主要有害成分 (1)

废水来源	主要有害成分
焦化厂	氰化物、苯、酚、焦油、砷、硫化物、热污染
炼油厂	油、苯=酚、硫醇、镍、钒、醛
化肥厂	苯类、酚、氰化物、汞、砷、磷、碱
化工厂	氰化物、苯类、酸、醇、醛、碱、硫化物、砷、萘
染料厂	苯类、醇类、镉、铬、镍、锌、酸、硝基化合物
合成橡胶厂	苯类、醇类、醛、铜、二氯丁烯、丁二烯
造纸厂	木质素、碱、多糖类、氯化物、硫化物、酚
印染厂	硫化物、硝基物、纤维素、铬、锌、洗涤剂、染料
电镀厂	氰化物、酸、镉、铬、锌、铜、镍
制革厂	铬、碱、悬浮物、硫化物、氯化物、洗涤剂

1.2.2 废水的来源及其特征

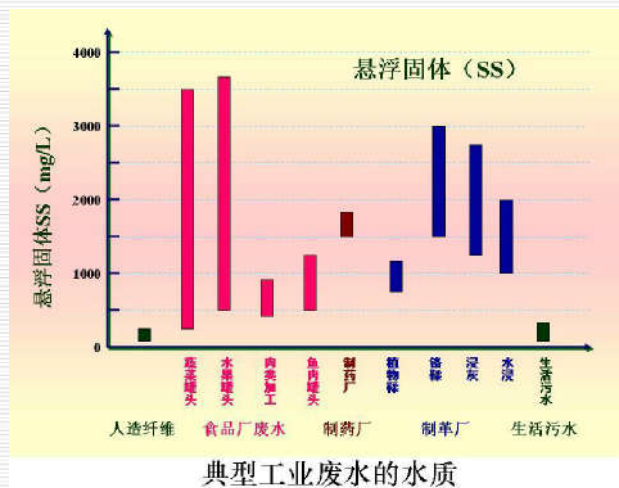
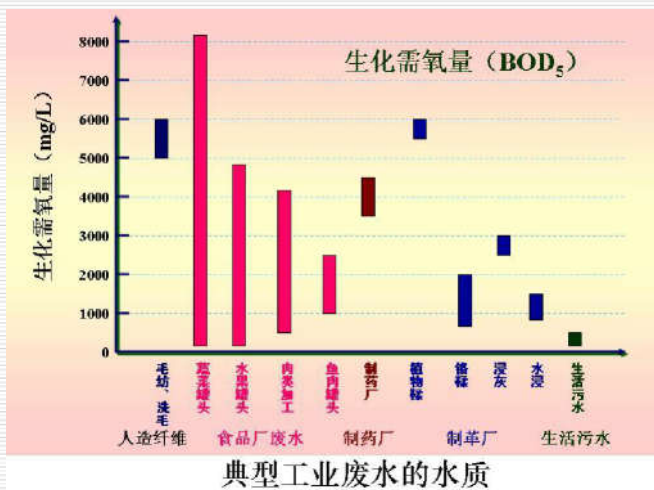
□ 工业废水及其主要特征

部分工业废水中的主要有害成分（2）

废水来源	主要有害成分
制药厂	氰化物、苯、酚、醇、汞、砷、悬浮物
化纤厂	酸、硫化物、醇、胺类、酮类、纤维素
制糖厂	悬浮物、氮、磷、糖类、纤维素
钢铁厂	铁氧化物、油、酚、氰化物、吡啶、酸、碱
有色冶金厂	汞、镉、锌、铅、砷、氰化物、氟化物、硼
油漆厂	苯、醇、酚、铬、铅、锰、钴、醛
铅锌厂	硫化物、镉、铅、锌、放射性元素
玻璃厂	油、苯类、醛、铜、锰、锌、铊、钒
铀水冶厂	悬浮物、锰、铀、镭、钍、钷、酸、碱

1.2.2 废水的来源及其特征

工业废水及其主要特征



□ 废水的来源及其类型

■ 水体污染的实质

- 由于废水及污染物的过量排放，引起的对水体的正常生物循环或水体自净能力的破坏，从而破坏水体的原有正常使用功能或影响水生生物正常生长的现象。

■ 水体污染源

- 面源（农业排水、初期暴雨水等）；
- 点源（各种废水排放口）。

■ 类型

- 有机物污染、植物营养物（N、P）、热污染、油污染、无机物污染、有毒有害物污染、病源体污染。

1.2.4 水体的富营养化

□ 基本涵义

- 富含N、P元素的水体在适宜的光照和其他条件下，N、P作为水体植物营养物而使藻类过量生长，其死亡后通过异氧微生物的作用，耗尽水中DO，使水体质量恶化、甚至破坏水生态环境结构的现象。

□ 污染源

- 生活污水、工业废水、采用常规处理工艺的污水厂的出水排放；农业施肥及畜牧养殖等废水排放，使水体受N、P污染。

□ 主要危害

- 产生臭味、降低透明度、消耗DO、释放有毒物、提高制水成本、影响或破坏水生态环境。

□ 水体自净作用

- 水体在流动中或随时间的推移，水体中的污染物通过物理、化学和生物的作用，得到自然降解，使水体恢复原有质量状态的过程。

□ 水体自净容量

- 水体在正常生物循环过程所能同化的污染物的最大数量。

□ 水体自净的基本过程

- 物理作用过程；
- 生化作用过程。

□ 水体自净的物理作用过程

- 进入水体中的（不溶性）污染物在水流的作用下，随流扩散、迁移、吸附和沉降，使之得到有效的稀释；
- 通过竖向、横向和纵向扩散过程，使污染物浓度在整个河流断面上得到均化。
- 其实质是稀释，并未将污染物去除，但为其去除创造了良好的条件！



1.2.5 水体的自净

□ 水体自净的物理作用过程

稀释倍数 (n) ——参与废水混合的河水流量 Q_1 与废水流量 q 之比, 即 $n=Q_1/q=aQ/q$ 。反映了废水被河水稀释的程度。

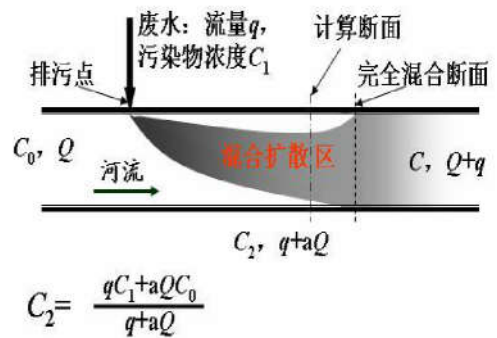


混合系数 (a) ——参与废水混合的河水流量 Q_1 与河水总流量 Q 之比,

即 $a=Q_1/Q$ 。其值与河流水流速度有关, 反映了废水与河水完全混合所需要的时间。

- *不完全混合断面
 - $v=0.2\sim 0.3\text{m/s}$, $a=0.7\sim 0.8$
 - $v>0.3\text{m/s}$, $a=0.9$
 - $v<0.3\text{m/s}$, $a=0.3\sim 0.6$
- *完全混合断面 $a=1.0$

计算断面上污染物浓度 C_2



□ 水体自净的生化作用过程

■ 生化自净过程

- 废水进入河流后，除得到稀释外，其中的（可生物降解）有机物在微生物的作用下，进行氧化分解，使水体水质得到恢复的过程。

■ 生化自净的实质

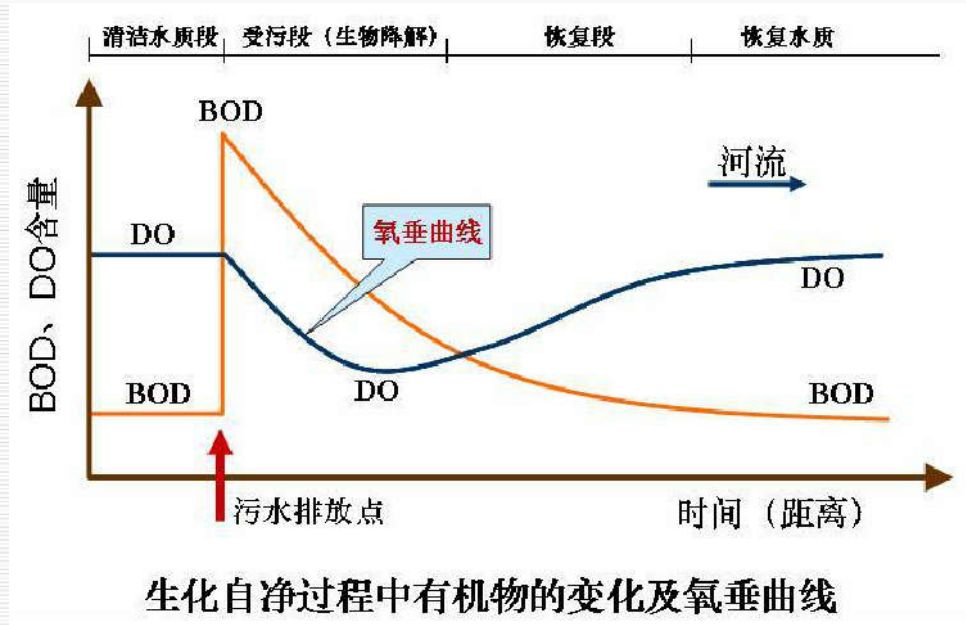
- 水体的生化自净使其自净过程的实质，它实现了对污染物的转化和去除。

■ 影响因素

- 复氧：大气复氧、植物光合作用、水体中原有氧；
- 耗氧：有机物生物降解、硝化作用、底泥分解、植物呼吸。

1.2.5 水体的自净

□ 水体自净的生化作用过程



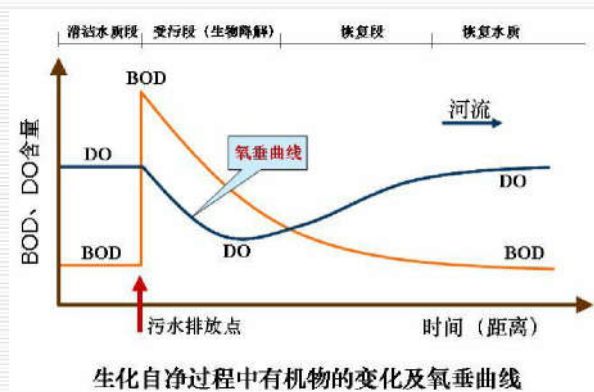
1.2.5 水体的自净

1.2 水体的污染与自净

□ 研究氧垂曲线的工程意义

- 及时了解废水排放后所引起的河流控制断面上水质的变化情况；
- 为确定废水中污染物的最高允许污染物排放量及废水的处理程度提供依据。

氧垂曲线的涵义是什么



1.3 水质标准与排放标准

- [1.3.1](#) 水体的功能
- [1.3.2](#) 水环境质量标准

1.3.1 水体的功能

1.3 水质标准与排放标准

□ 水体的类型

- 江、河、湖、海、地下水

□ 水体的功能

- 生活及工农业生产用水水源
- 水上交通运输
- 渔业水产养殖
- 体育、娱乐及游览
- 排放废水的受纳水体



□ 基本定义

- 为满足水体使用功能而提出的水体应达到的水质量要求；
- 政府机构、职能部门制定；具有多种功能的水体质量须满足其最高标准。

□ 基本类型

- **水质标准**：为符合不同使用功能而规定的水体中各种污染物的最大允许浓度；
- **排放标准**：废水中污染在单位时间内的允许排放量或排放废水中各种污染物的最大允许浓度。

1.3.2 水环境质量标准

1.3 水质标准与排放标准

□ 水质标准

■ 水质标准的类型

- 生活饮用水水质标准
- 城市供水水质标准 (CJ/T206-2005)
- 工业企业用水水质标准
- 农业用水水质标准
- 渔业用水水质标准
- 娱乐用水水质标准
- 城市杂用水水质标准 (GB/T18920-2002)
- 食品及饮料类水质标准
- 游泳池用水水质标准
- 地表水环境质量标准 (GB3838-2002)

国际标准

国家标准

地区标准

行业标准

企业标准

□ 水质标准

■ 地表水环境质量标准

- **I类**：主要适用于源头水、国家自然保护区；
- **II类**：主要适用于集中式生活饮用水水源地一级保护区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场所等；
- **III类**：主要适用于集中式生活饮用水水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区；
- **IV类**：主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；
- **V类**：主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

注：同一类水域兼有多种功能的，依最高功能划分类别。

1.3.2 水环境质量标准

1.3 水质标准与排放标准

□ 水质标准

地表水功能区划质量标准（I~V类水）（摘录）
(GHZB 1-1999)

指标 (mg/L)	类别				
	I类	II类	III类	IV类	V类
COD _{Cr}	<15	≤15	≤20	≤30	≤40
BOD ₅	<3	≤3	≤4	≤6	≤10
TP	≤0.02	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤0.2
NH ₄ ⁺ -N	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤1.0	≤1.5
DO	≥饱和率90%	≥6	≥5	≥3	≥2
挥发酚	≤0.002	≤0.002	≤0.005	≤0.01	≤0.1
氯化物	<250	≤250	≤250	≤250	≤250
Cr ⁶⁺	≤0.01	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1

□ 排放标准

■ 浓度控制标准

- 对排放口废水中不同污染物所规定的最高允许排放浓度；
- 污水综合排放标准（GB8978-1996）；
- 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）。

■ 总量控制标准

- 对某一排物口或一定区域内若干排污口所规定的在一定时间内不同污染物排放量的最高限值。

1.3.2 水环境质量标准

1.3 水质标准与排放标准

□ 排放标准

国家污水综合排放标准（GB8978-1996）（摘录）

第一类污染物最高允许排放浓度（mg/L）（表1）

序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.05
2	烷基汞	不得检出
3	总铬	1.5
4	总镉	0.1
5	六价铬	0.5
6	总砷	0.5
7	苯并（a）芘	0.00003

国家污水综合排放标准（GB8978-1996）（摘录）

第二类污染物最高允许排放浓度（mg/L）（表2）

序号	污染物	最高允许排放浓度		
		一级	二级	三级
1	pH	6~9	6~9	6~9
2	色度（倍）	20	30	—
3	CODcr	60	120	—
4	BOD ₅	20	30	—
5	SS	20	30	—
6	NH ₄ ⁺ -N	15	25	—
7	挥发酚	0.5	0.5	2.0

1.3.2 水环境质量标准

1.3 水质标准与排放标准

□ 排放标准

城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）（摘录）

基本控制项目最高允许日均排放浓度（mg/L）（表1）

序号	污染物	最高允许排放浓度		
		一级（B）	二级	三级
1	pH	6~9	6~9	6~9
2	色度（倍）	30	40	—
3	COD _{Cr}	60	100	—
4	BOD ₅	20	30	—
5	SS	20	30	—
6	NH ₄ ⁺ -N	8（15）	25（30）	—

城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）（摘录）

部分一类污染物最高允许排放浓度（mg/L）（表2）

序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.001
2	烷基汞	不得检出
3	总铬	0.01
4	总镉	0.1
5	六价铬	0.05
6	总砷	0.1

致谢



THANKS

for your keeping the water quality
after you use it.

