

水 处 理 工 程

顾夏声 黄铭荣 王占生

叶书明 卜 城

清 华 大 学 出 版 社

水 处 理 工 程

顾夏声 黄铭荣 王占生

叶书明 卜 城

清 华 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书是把给水处理和废水处理两部分内容合并起来编写的教材。书中比较系统地介绍了水质及其有关标准, 水体污染与自净, 各种水处理方法的基础理论、设备、工艺设计和计算方法, 并附有一定数量的例题、思考题和习题。

本书可作为高等院校环境工程和给水排水工程专业的教材, 也可供从事给水、废水处理工程和环境工程专业的技术人员参考。

水 处 理 工 程

顾夏声等 编

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 32 1/2 字数: 806 千字

1985 年 9 月第一版 1985 年 9 月第一次印刷

印数: 00001~15000

统一书号: 15235·190 定价: 5.20 元

目 录

前言

第一章 水质及其有关标准	1
第一节 水的循环.....	1
第二节 水的性质.....	2
第三节 水质标准.....	13
第二章 水体污染与自净和水处理的基本方法	25
第一节 水体污染和生态系统.....	25
第二节 水体自净.....	27
第三节 水处理的基本方法.....	36
第三章 水质的预处理	46
第一节 格栅.....	46
第二节 筛网.....	47
第三节 调节.....	49
第四章 水的混凝	53
第一节 胶体的特性.....	53
第二节 胶体的结构.....	56
第三节 胶体的稳定性及其凝聚.....	59
第四节 水的混凝机理与过程.....	62
第五节 混凝剂种类和助凝剂.....	67
第六节 影响水混凝的主要因素.....	73
第七节 水与混凝剂的混合与絮凝反应.....	74
第五章 沉淀和澄清	83
第一节 自由沉淀.....	83
第二节 絮凝沉淀.....	87
第三节 拥挤沉淀(分层沉淀).....	89
第四节 沉淀池.....	90
第五节 澄清池.....	104
第六节 隔油池.....	108
第七节 高浊度水沉淀池.....	109
第六章 水的过滤	114

第一节	过滤的基本概念	114
第二节	快滤池	115
第三节	滤料及承托层	118
第四节	快滤池的冲洗	126
第五节	快滤池的设计	138
第六节	其它过滤设备	141
第七节	过滤技术的发展	146
第七章	消毒	150
第一节	消毒目的	150
第二节	饮用水消毒	150
第三节	废水的消毒	156
第八章	好氧生物处理	158
第一节	活性污泥法	159
第二节	生物膜法	203
第三节	氧化塘和污水灌溉	229
第九章	厌氧生物处理和污泥的处理与处置	240
第一节	概述	240
第二节	厌氧生物处理	242
第三节	热处理	255
第四节	脱水干化	257
第五节	综合利用	265
第十章	水的软化与除盐	269
第一节	概述	269
第二节	水的药剂软化法	274
第三节	离子交换的基本知识	276
第四节	水的离子交换软化	285
第五节	水的离子交换除盐	308
第六节	离子交换法处理工业废水的特点	317
第十一章	循环水的冷却及处理	325
第一节	循环水冷却原理	325
第二节	冷却构筑物	328
第三节	循环水冷却的基本知识	340

第四节	冷却塔热力计算原理	347
第五节	冷却塔空气动力计算	356
第六节	冷却塔设计计算	363
第七节	循环水处理的基本概念	373
第八节	循环水结垢与腐蚀的判别	379
第九节	循环水的处理	390
第十二章	水处理的其它方法	405
第一节	气浮(浮选)	405
第二节	离心分离	418
第三节	中和	423
第四节	吹脱	428
第五节	氧化还原	432
第六节	化学沉淀	441
第七节	吸附	446
第八节	膜分离	457
第九节	萃取	472
第十节	磁分离	479
第十三章	废水的深度处理与利用	484
第一节	废水深度处理的方法	484
第二节	城市污水深度处理实例	488
第十四章	给水、废水处理厂规划与设计	491
第一节	原始资料	491
第二节	厂址选择	492
第三节	处理工艺流程选择	493
第四节	处理厂平面及高程布置	496
第五节	配水、量水设备	501
附录		504
一、	空气管计算	504
二、	湿球温度 τ 与绝热饱和温度 t_B 数值相等的推导	505
三、	含盐量对平衡的影响	506
四、	饱和水蒸汽压力表(毫米汞柱)	510
主要参考书		511

第一章 水质及其有关标准

环境工程学是近一、二十年来逐步形成的一门新兴的综合性学科。它涉及到构成人类生存的五要素——空气、水、食物、热和光——的各个方面，而目前比较着重于水和空气两方面。本书则主要讨论给水和废水处理的理论与技术。

第一节 水的循环

自然界中的水在太阳照射和地心引力等的影响下不停地流动和转化，通过降水、径流、渗透和蒸发等方式循环不止，构成所谓水的自然循环（图 1-1），形成各种不同的水源。

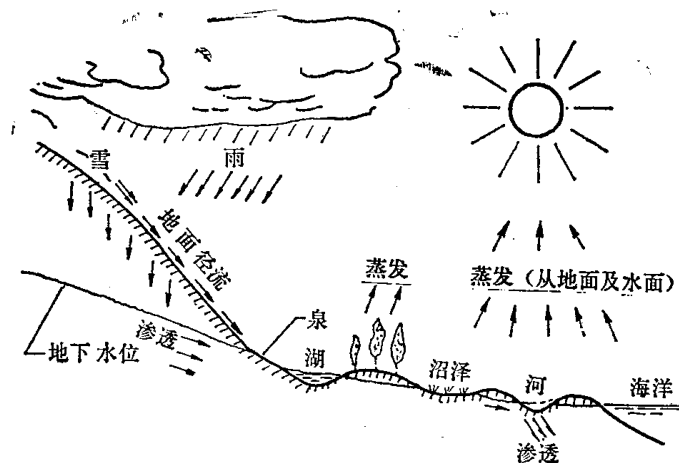


图 1-1 自然界中水的循环

在自然循环中几乎在每个环节都有杂质混入，使水质发生变化。

降水（包括雨、雪等）到达地面之后，除自然蒸发外，一部分流入江、河、湖、海、水库或池塘，成为地面水水源，另一部分渗入地层成为地下水水源。我国地面水水源，在南方较普遍，在北方则以地下水作水源的居多。

水是丰富的自然资源，也是人类环境的重要组成部分，地球上总量约有 136000 万立方公里，其中有 97% 以上分布在海洋中。淡水湖和河流的水量仅约 126000 立方公里，这些水除大量蒸发外，只有 37500 立方公里左右可供生活及工农业生产使用。至于土壤和岩层中的地下水，估计约有 840 万立方公里。

人类社会为了满足生活和生产的需要，要从各种天然水体中取用大量的水。生活用水和工业用水在使用后，就成为生活污水和工业废水，它们被排出后，最终又流入天然水体。这样，水在人类社会，也构成了一个循环体系。这个局部循环体系称为社会循环。社会循环中所形成的生活污水和各种工业废水是天然水体最大的污染来源。

虽然自然循环的水量只占地球上总水量的 0.031% 左右，而其中经过径流和渗流的约只有 0.003%，社会循环从中取用的水量又不过是径流和渗流水量的百分之二、三，亦即地球总水量的数百万分之一；然而，就是取用这在比例上似乎微不足道的水，却在社会循环中

表现出人与自然在水量和水质方面都存在着巨大的矛盾。水体环境保护和水治理工程技术的任务就是调查研究和控制解决这些矛盾，保证用水和废水的社会循环能够顺利进行。

第二节 水的性质

一、天然水中的杂质

水在自然循环中，无时不与外界接触。由于水极易与各种物质混杂，溶解能力又较强，所以，任何天然水体都不同程度地含有多种多样的杂质。当水源受到生活污水、工业废水及其它废弃物污染时，水中杂质将更趋复杂。所有各种杂质，按它们在水中的存在状态可分为三类：悬浮物、胶体和溶解物（表 1—1）。

水中杂质分类 表 1—1

分散颗粒	溶解物		胶体颗粒			悬浮物		
颗粒大小	0.1	1	10	100	1	10	100	1
	毫微米	毫微米	毫微米	毫微米	微米	微米	微米	毫米
外观	透明		光照下浑浊		浑浊		(肉眼可见)	

天然水中的杂质 表 1—2

悬浮物质及胶体物质	细菌——有致病的和对人体无害的	
	藻类及原生动物——臭味、色度和浑浊度	
溶解物质	泥砂、粘土——浑浊度	
	溶胶——如硅酸胶体等	
	高分子化合物——如腐植质胶体等	
	其它不溶性物质	
	钙	重碳酸盐——碱度、硬度 碳酸盐——碱度、硬度
盐	镁	硫酸盐——硬度 氯化物——硬度、腐蚀锅炉
	类	钠
铁盐、锰盐——味色、硬度、腐蚀金属		
体		氧——腐蚀金属
		二氧化碳——腐蚀金属、酸度
		硫化氢——臭味、酸度、腐蚀金属
	氮	
	其它溶解性物质	

一般说来,地面水较浑浊、细菌较多、硬度较低,而地下水则较清、细菌较少,特别是深层井水,细菌更少,但硬度较高。

表 1—2 指出天然水中通常可能含有的杂质及其对工业使用和人类健康的主要影响。

我国河水的化学性质,具有从东南沿海向西北内陆过渡的明显的地带性分布特征。矿化度由东南沿海的约 50 毫克/升递增至西北内陆的 1000 毫克/升左右,总硬度由 0.5 毫克当量/升左右增至 9 毫克当量/升以上。表 1—3 列出了一些天然水的成份。表 1—4 是清华大学给水水质化验结果。

二、废水的成份和性质

(一) 废水的来源及分类

废水的成份取决于废水的来源,来自房屋卫生设备和来自工厂生产设备的废水显然是不同的。河流沟渠中的废水成份取决于各种不同来源的废水成份,即使是同一来源的废水,其成份也不是固定不变的,逐时逐季的变动比较显著。

废水包括生活污水和工业废水两大类。

天然水成份

表 1—3

项 目	地 面 水		地 下 水	
	黄 浦 江	松 花 江	北京某深井水	宁夏同心县地下水
Ca ²⁺	27.7	12.0	68.3	217.5
Mg ²⁺	9.0	3.8	24.3	170.9
Na ⁺ +K ⁺	28.7	6.8	33.8	—
HCO ₃ ⁻	70.0	64.4	251.3	260.6
SO ₄ ²⁻	27.0	5.9	62.6	2174.8
Cl ⁻	44.0	1.0	35.5	934.4
含盐量	216.0	93.9	475.9	4944.0

注: 单位: 毫克/升

清华大学各水井及管网水质检验结果 (1982 年 10—11 月)

表 1—4

取样地点	9003 (井)	印刷 (井)	北 院 (井)	停车场 (井)	高压锅 炉 房 (井)	七公寓 水 房 (管网)	环工实验 室 115室 (管网)	备 注
挥发酚	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	<0.001	0.000	(1) 南0楼、南九楼、1号楼水房、西43楼1—101管网; 细菌总数均<1个/升大肠菌群均<3个/毫升
氰化物(CN ⁻)	0.000	0.000	0.000	<0.001	0.000	0.000	0.000	
砷(As)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
铬(Cr)	0.001	<0.001		0.001	<0.001	0.001	0.001	
pH 值	7.44	7.40	7.37	7.40	7.63	7.64	7.52	

续上表

耗氧量(O ₂)	0.50	0.56	0.60	0.40	0.68	0.62	0.74	(2)根据所检项目结果,符合生活饮用水水质标准。
氨氮(N)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
亚硝酸盐氮(N)	0.000	<0.001	0.000	<0.001	0.000	0.000	<0.001	
硝酸盐氮(N)	4.0	2.5	4.0	2.5	4.0	3.0	3.5	
硫酸盐(SO ₄)	45.5	49.0	49.0	52.0	50.0	52.5	52.5	
氯化物(Cl)	19.8	17.0	23.60	21.00	20.6	18.9	21.0	
总碱度(CaCO ₃)	204	205	229	218	208	214	218	
酚酞碱度(CaCO ₃)	0	0	0	0	0	0	0	
总硬度(CaCO ₃)	233	250	270	258	238	255	254	
硬度(度)	13.0	13.9	15.1	14.4	13.3	14.3	14.2	
钙盐(CaCO ₃)	139	145	158	149	135	160	158	(3)本表录自北京市自来水公司水质化验报告。
游离二氧化碳(CO ₂)	6.80	4.8	10.80	7.62		7.6	7.20	
总铁(Fe)	<6.01	0.06		<0.01	0.10	0.00	0.02	
锰(Mn)	0.00	0.01		0.00	0.00	0.00	<0.01	
氟化物(F ⁻)	0.10	0.15		0.15	0.25	0.20	0.25	
磷酸盐(PO ₄)	0.04	0.05	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	
镁盐(CaCO ₃)	104	105	112	109	103	95	96	
细菌总数(个/毫升)					0	0	0	
大肠菌群(个/升)					<3	<3	<3	

注:本校水井都是深井,给水未经消毒。单位除 pH 和注明者外均为毫克/升。

生活污水是居民在日常生活中所产生的废水,包括厨房洗涤、沐浴、衣物洗涤等的废水及冲洗厕所的污水等。这种水的成份取决于居民的生活状况,而成份的变化情况则与居民的生活习惯有关。假如生活状况相似,则各地污水中杂质的平均总量应当相近;但是杂质的浓度却不一定相近,它是与用水量有关的,用水越多,浓度越稀。

工业废水是在工业生产过程中所排出的废水,其成份主要决定于生产过程中应用的原料和化学品。不同的工业生产产生不同性质的废水,同类工业如采用的生产工艺过程不同,产生的废水也不同,即使是同一来源的废水,其成份也会有变化的。

各种工业废水性质虽不相同,但除冷却水等较清洁的废水可以直接排入水体或经某些处理后循环使用外,多半具有危害性。这种较清洁,不经处理即可排放的工业废水称为生产废水(相对净废水也称较净废水),而玷污较严重,须经处理后,方可排放的工业废水称为生产污水。

工业废水是生产污水和生产废水的总称。

城市污水（城市废水）是指排入城镇排水管道的生活污水和工业废水。

（二）废水水质指标

表示废水水质污染情况的重要指标有有毒物质、有机物质、悬浮物、pH 值、颜色、温度等；其中悬浮物、pH、颜色、温度等也是给水的重要水质指标。

1. 有毒和有用物质

生活污水一般不含有毒物质，但含有大量有机污染物和相当数量的氮、磷、钾等肥料物质。

生产污水所含的某些污染物质往往对人体和生物有毒害作用。例如：化工厂甲脂、氰化钠车间所排出的污水含有剧毒物质氰化物，乙醛生产中排出的污水含有汞，焦化厂污水中含有大量酚等等。但是，这些有毒物质往往又都是有用的工业原料，应当加以回收利用。因此，有毒和有用物质的含量是污水处理与利用工作中的重要水质指标，应通过水质分析加以确定。

2. 有机物

有机物进入水体后，将在微生物作用下进行氧化分解，使水中溶解氧逐渐减少。当水中有机物较多，氧化作用进行得太快，而水体不能及时从大气中吸收足够氧来补充消耗的氧时，水中的氧就可能降得很低，例如，低于 3—4 毫克/升，这时就会影响鱼类的生活。当水中溶解氧耗尽后，有机物甚至开始腐化，发出臭气，影响环境卫生。有机物又是很多微生物（包括病原细菌）生长繁殖的良好食料。有毒有机物更将直接危害人体健康和动植物的生长。因此，废水中有机物的浓度也是一个重要的水质指标。

由于有机物的组成比较复杂，要想分别测定各种有机物的含量比较困难。一般采用生化需氧量和化学需氧量（化学耗氧量）两个指标来表示有机物的含量。如果水中的有机物含有毒性，则需要分别测定这些有毒物质的数量。

（1）生化需氧量 生化需氧量(BOD)表示在有氧的情况下，由于微生物（主要是细菌）的活动，可降解的有机物稳定化所需的氧量。图 1-2 示有机物的氧化和微生物细胞合成

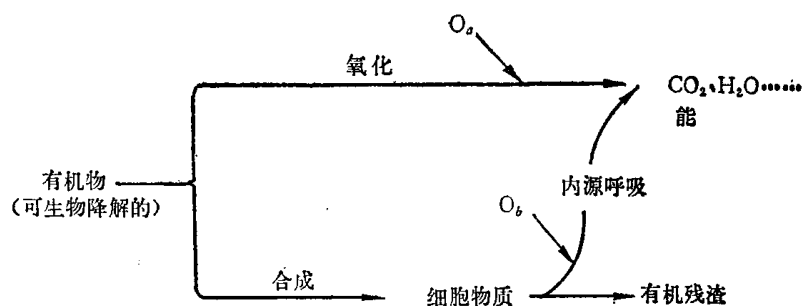


图 1-2 氧化合成的关系

的关系。在图中， O_a 为微生物氧化被吸收的有机物的一部份所消耗的氧量， O_b 表示微生物内源呼吸所消耗的氧量。 O_a 和 O_b 之和即表示所产生的 BOD。单位常用单位体积污水所消耗的氧量（毫克/升）来表示。生化需氧量越高，表示水中有机物越多。

温度高，在一定范围内微生物活力强，消耗有机物快，但需氧多，并且有机物被氧化和合成的比值随微生物和有机物的种类而异，所以用 BOD 来衡量有机物，仅可作相对的比

较。BOD 只是间接表示有机物的含量。

由于温度影响微生物的活动，测定生化需氧量须规定一个温度。BOD 测定起源于英国，英国河水夏季的最高平均温度为 65°F (18.3°C)，所以当时采用 65°F 作为测定 BOD 的标准温度。现在大多数国家改用 20°C 作为 BOD 测定的标准温度。

在有氧的情况下，废水中有机物的分解一般是分两个阶段进行的（图 1-3）。在第一阶段（亦称碳化阶段）中，主要是有机物被转化成无机的二氧化碳、水和氨；在第二阶段（亦称硝化阶段），主要是氨被转化成亚硝酸盐和硝酸盐。由于碳化作用而消耗的氧量，称为碳化需氧量；由于硝化作用消耗的氧量，则称为硝化需氧量。因为氨是无机物，所以作为有机污染的指标只采用碳化需氧量（常即称为生化需氧量），不包括硝化所需的氧量。

当温度为 20°C 时，一般的有机物（生活污水和性质与之相近的生产污水中的有机物）需 20 天左右才能基本完成第一阶段的氧化分解过程。这就是说，要确定第一阶段的生化需氧量（简称总生化需氧量或完全生化需氧量，以 L_a 或 BOD_n 表示）至少需 20 天左右，这在实际应用中是有困难的。英国河川从内地至出海处全部水流时间不超过 5 天，所以当初英国采用 5 天作为测定 BOD 的标准时间。后来又发现，这时所测的生化需氧量已有一定的代表性。因此目前大多数国家都采用 5 天作为测定的标准时间（所测结果称为 5 天生化需氧量，用 BOD_5 表示）。根据试验研究，一般有机物的 20°C 五天生化需氧量，约为第一阶段需氧量的 70% 左右，但必须注意某些生产污水的五天生化需氧量，与第一阶段生化需氧量可相差很大或者比较接近。硝化需氧量可以用 NOD 表示，总的硝化需氧量则以 L_n 或 NOD_n 表示。

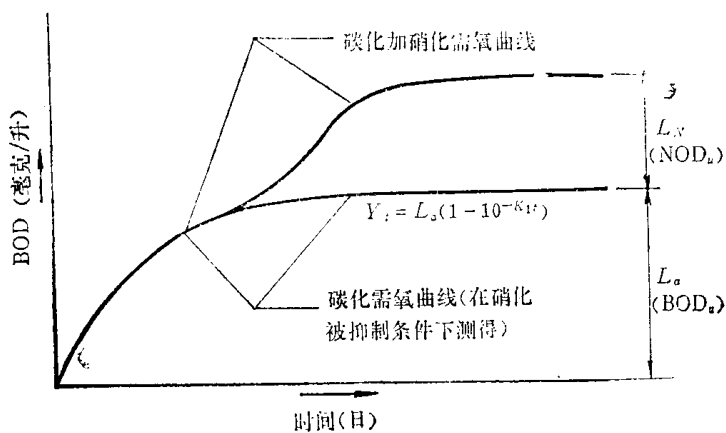


图 1-3 碳化和硝化需氧曲线

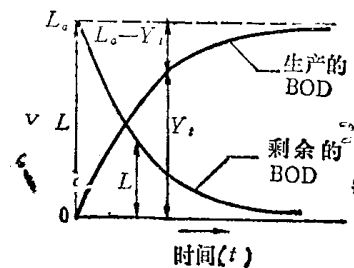


图 1-4 BOD 曲线

20°C BOD_5 已是国际公认的 BOD 标准。但是由于某些原因，有些国家测定温度不用 20°C 而用 30°C 或 35°C ，有些国家的测定时间用 7 天。考虑水体自净作用时，又常要用到第一阶段生化需氧量。所以为了便于比较和计算，需进行 BOD 的换算。

① 任何日 BOD 与 L_a 间的关系 试验研究表明，生物氧化反应的速度决定于微生物和有机物的含量，至于水中溶解氧的含量只要能满足微生物生命活动的需要就可以了。在反应中，微生物的含量在开始时是增加的，但到一定时间（对一般的污染水约一天）后微生物的含量就受有机物含量的限制而达到一个最高值。此后，反应速度基本上只决定于有机物的含量。因此，可以说，在第一阶段的反应中，有机物在各时刻反应的速度和该时刻水中有

机物的含量成正比。由于有机物可用生化需氧量来表示，所以也可以说，废水中有机物在各时刻的耗氧速度和该时刻的生化需氧量成正比，即：

$$\frac{d(L_a - L)}{dt} = K_1' L \quad (1-1)$$

$$\frac{dL}{dt} = -K_1' L \quad (1-2)$$

式中 L_a ——第一阶段 BOD (毫克/升)；
 L ——任何时日 t 存有的 BOD (毫克/升)；
 K_1' ——耗氧常数 (日⁻¹)。

积分，

$$\int_{L_a}^L \frac{dL}{L} = -K_1' \int_0^t dt$$

$$\therefore \ln \frac{L}{L_a} = -K_1' t \quad (1-3)$$

或

$$\lg \frac{L}{L_a} = -K_1 t \quad (1-4)$$

式中 $K_1 = 0.434 K_1'$

因此，

$$\frac{L}{L_a} = e^{-K_1' t} \quad (1-5)$$

或

$$\frac{L}{L_a} = 10^{-K_1 t} \quad (1-6)$$

如 Y_t 为 t 时日内所吸收的氧量或所满足的 BOD，则

$$Y_t = L_a(1 - e^{-K_1' t}) = L_a(1 - 10^{-K_1 t}) \quad (1-7)$$

多年来当水温为 20°C 时，常采用 $K_1 = 0.1$ 日⁻¹。这是英、美等国对污染河水实测所得的平均值。但近年来发现 K_1 值随水质不同而有很大的差异，其范围从 0.05 至 0.3 日⁻¹ 或更大，其正确数值可通过试验确定。

下面介绍一种确定 K_1 和 L_a 的近似法。此法是根据 $1 - e^{-K_1' t}$ 和 $K_1' t(1 + \frac{K_1' t}{6})^{-3}$ 的近似性所得到的关系式 (式 1-8) 来进行图解的。

$$\left(\frac{t}{Y_t}\right)^{1/3} = (2.3 K_1 L_a)^{-1/3} + \frac{K_1^{2/3}}{3.43 L_a^{1/3}} t \quad (1-8)$$

式中 Y_t —— t 时日内所满足的 BOD；

K_1 ——耗氧常数；

L_a ——第一阶段 BOD。

显然，上式是一直线方程。根据不同日子的 BOD 测定结果，并作图 (如图 1-5)，即可求得相应于 BOD 测定培养温度时的 K_1 及 L_a 值。对于一般的污染水， t 如限制在 10 天以内，误差不大。但如水中的硝化细菌较多，则应采取措施，避免干扰。

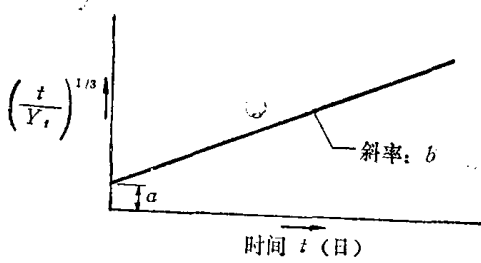


图 1-5 图解法求 K_1 及 L_a

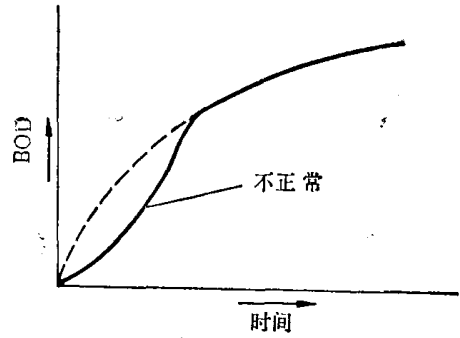


图 1-6 耗氧曲线

在图中，可以看出，

$$a = (2.3K_1L_a)^{-1/3} \quad (1-9)$$

$$b = \frac{K_1^{2/3}}{3.43L_a^{1/3}} \quad (1-10)$$

$$\therefore K_1 = 2.61 \frac{b}{a} \quad (1-11)$$

$$L_a = \frac{1}{2.3K_1a^3} \quad (1-12)$$

② K_1 与温度的关系 利用阿累尼乌斯经验公式可求得 K_1 与温度的关系如下：

$$K_{1(T)} = K_{1(20)}\theta^{T-20} \quad (1-13)$$

式中 $K_{1(20)}$ —— 20°C 时的耗氧常数；

$K_{1(T)}$ —— $T^\circ\text{C}$ 时的耗氧常数；

θ ——温度系数。

温度系数 θ 随温度而稍有变化，在 10°C —— 30°C 时，一般采用 1.047，所以在此温度范围内：

$$K_{1(T)} = K_{1(20)}[1.047]^{T-20} \quad (1-14)$$

③ L_a 与温度的关系 对于一给定水样不但耗氧常数 K_1 随温度上升而加大，同时 L_a 也随温度增加而增大，可以认为 L_a 与 K_1 呈正比关系，因此可得：

$$L_{a(T)} = L_{a(T')}[1 + \beta(T - T')] \quad (1-15)$$

当 $T' = 20^\circ\text{C}$ 时， $\beta = 0.02$ ，

$$\therefore L_{a(T)} = L_{a(20)}[0.02T + 0.6] \quad (1-16)$$

式中 $L_{a(T)}$ —— $T^\circ\text{C}$ 时的第一阶段 BOD；

$L_{a(20)}$ —— 20°C 时的第一阶段 BOD。

应当指出，在研究废水分解所需氧量进度的变化时，有时会由于水样中缺乏适当的微生物以及存在着还原性物质等原因，而使开始时的耗氧速度不很正常，如图 1-6 所示。水中如有有毒物质存在，则甚至可能无法测出其 BOD。

(2) 化学需氧量 化学需氧量(化学耗氧量)表示利用化学氧化剂氧化有机物所需的氧量，单位也以单位体积污染水所消耗的氧量(毫克/升)来表示。目前常用的氧化剂为重铬酸钾。

这样测得的需氧量称为重铬酸钾耗氧量 (DOC 或 OCD)，或称化学需氧量 (COD 或 COD_{Cr})。在本书中，如未特别说明，所谓化学需氧量都指用重铬酸钾所测得的耗氧量。废水的化学需氧量越高，表示所含的有机物越多。

化学需氧量测定可将大部分有机物氧化，并且也包括了水中所存在的无机性还原物质，但不包括硝化所需的氧量。

(3) 化学需氧量与生化需氧量的比较 生化需氧量基本上能反映出有机物进入水体后，在一般情况下氧化分解所消耗的氧量(反映了能被微生物氧化分解的有机物的量)，所以比较符合实际情况，在卫生上可以较为直接、较为确切地说明问题，缺点是完成全部检验需时五天，对于指导生产实践，不够迅速及时，且毒性强的废水可抑制微生物的作用而影响测定结果，有时甚至无法进行测定。用重铬酸钾所测得的化学需氧量，几乎可以表示出有机物全部氧化所需的氧量，它的测定不受废水水质的限制，并且在数小时内即能完成，缺点是不能反映被微生物氧化分解的有机物的量。所以，一般说，在水污染控制工作中，以采用生化需氧量作为有机物的指标较为合适，但在没有条件或受到水质限制而不能作生化需氧量测定时，可用化学需氧量代替。有机废水的 BOD_5 值与 COD 值之比大于 0.3 时，一般被认为是可生化的。

如果废水中各种有机物的相对组成没有变化，那末，化学需氧量和生化需氧量之间，应有一定的比例关系。一般说， $COD > \text{第一阶段 } BOD > BOD_5$ 。

(4) 总有机碳和总需氧量 总有机碳和总需氧量也都是间接表示有机物含量的指标，都可用仪器测定，测定迅速，但设备比较昂贵。

将水样在高温下燃烧，有机碳即氧化成二氧化碳，量测所产生的二氧化碳的量，即可求出水样的总有机碳(TOC)，单位常以碳(C)的毫克/升来表示。在作有机碳分析时须采取措施去除无机碳的干扰。

总需氧量(TOD)表示在高温下燃烧化合物而耗去的氧，单位以氧的毫克/升表示。

图 1-7 表示城市污水中有机物指标大致的相互关系。

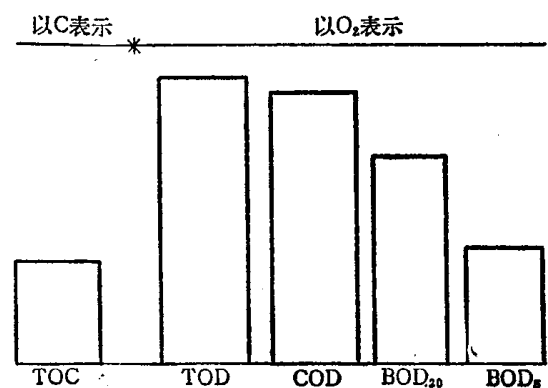


图 1-7 有机污染指标间的大致关系。

3. 悬浮物

水中的污染物质，根据它的物理特性，可分为可沉物及漂浮物，胶体物和溶解物等几类。在水质分析中，则常用过滤的方法将杂质分为悬浮物和溶解物。这时胶体的一部分就包括在悬浮物内，另一部分包括在溶解物内。悬浮物会阻塞土壤的空隙，形成河底淤泥等，但其中很多也是有用的物质，一般可用较简单的方法，如筛滤、沉淀等，使它们与废水分离。

沉淀设备中，悬浮物的去除率是衡量沉淀效果的重要指标。

沉淀设备中沉淀下来的物质，如果主要是有机物质，常称为污泥，如果主要是无机物质，则称为沉渣。

污泥所含水量，常以含水率表示，即单位重量污泥所含水的重量百分数。因为污泥含水率一般都很大，比重接近于一，所以可以认为污泥的体积和其中固体物质含量的百分数成反

比。如含水率 $P_1(\%)$ 的污泥体积为 V_1 ，则含水率减小到 $P_2(\%)$ 时，其体积 V_2 可按下列式求得：

$$V_2 = V_1 \frac{100 - P_1}{100 - P_2} \quad (1-17)$$

沉渣一般含水较少，渣粒或渣块较大、较重，比重大于 1，所以通常以湿度表示其中所含的水量。湿度是指单位体积沉渣所含水的体积百分数。沉渣的湿度、比重、重量与体积的关系，可用下列式表示：

$$V = \frac{G}{r} \cdot \frac{100}{100 - P} \quad (1-18)$$

式中 V ——沉渣体积（米³/时）；

G ——干渣重量（吨/时）；

r ——干渣单位体积重量（吨/米³）；

P ——沉渣湿度（%）。

当湿度以 P_1 变到 P_2 时，沉渣体积仍可假定和其中固体物质的含量百分数成反比。

4. 溶解物

一般的说，水中溶解物越多，所含的盐类也越多。溶解物的测定对于某些处理方法的选择有一定的重要意义。例如，采用离子交换法处理水质时，水中所含盐份如特别多，将大大增加离子交换树脂的再生次数，有时甚至使离子交换法不适用。有些生产污水中还含有溶解气体，如 H_2S 、 CO_2 等。

5. pH 值

pH 值也是污染指标之一。生活污水一般呈弱碱性。某些生产污水的 pH 值变化极大，应充分掌握其变化规律。强酸性的污水对混凝土管道有腐蚀作用。pH 值对水中生物及细菌的生长活动也有影响，因而影响污水处理和水体自净过程。对于饮用水，pH 值太高或太低都不适宜，一般应在 6.5—8.5 之间。

6. 油脂

油脂类物质排入水体后，将漂浮在水面上，形成一层薄膜，阻止大气中的氧溶入水中，从而影响水体的自净作用。油脂含量多时，也会影响某些水处理设备的正常运行。当污水中油脂含量高时，应该考虑回收和利用。

7. 颜色

色素虽然不一定有害，但带有颜色的水容易令人生厌，因此也是一个重要的污染指标。遇到有色污水时，首先应查明来源和浓度，并考虑染料的回收，必要时，应考虑利用没有颜色的废水或天然水体加以稀释，或采用化学及生物化学的方法进行处理。

8. 温度

根据废水的温度，可以确定在回用或处理之前是否需要冷却或加热。对于冷却塔，水温的测定也是很重要的。

9. 微生物

生活污水和某些生产泥水含有大量的微生物，其中可能有对人体健康有害的病原微生物。生活污水中可含有引起肠道传染病的细菌和寄生虫卵。制革厂生产污水中可含有炭疽菌。这类