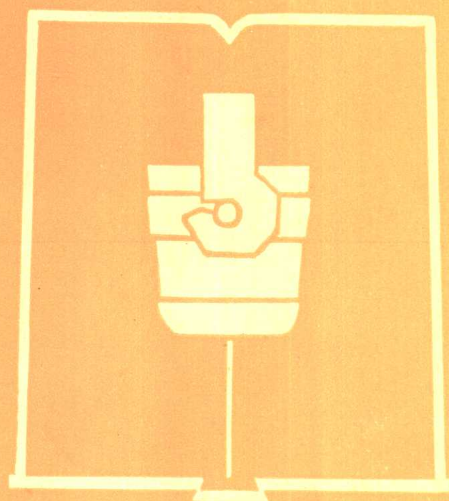


• 高等学校教学用书 •

废水治理工程

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

高等学校教学用书

废 水 治 理 工 程

西安冶金建筑学院 张希衡 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书
废 水 治 理 工 程
西安冶金建筑学院 张希衡 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 20 1/4 字数481千字

1984年6月第一版 1987年5月第二次印刷

印数5,501~10,400册

统一书号: 15062·4126 定价**3.35**元

前 言

本书是高等院校环境工程专业的教学用书，供120学时教学之用。

本书根据废水中污染物的不同存在状态，系统地介绍了各种分离处理与转化处理。重点介绍废水水质控制的单元方法，侧重于基础理论和基本知识。

为了理论联系实际，书中介绍了一些计算例题和国内外的应用实例，供教学中参考。

参加本书编写工作的有西安冶金建筑学院陈克任、张希衡(合编第一、二、十六、十七、二十二、二十三、二十四、二十五章)、王志盈(第八、九、十、十一章)、金奇庭(第十二、十三、十四、十五章)、昆明工学院杨靖中(第三、四、五、六、七章)、周里一(第十八、十九、二十、二十一章);由张希衡担任主编。

本书由西安冶金建筑学院于泮池主审。王志远参加了全书的审校工作。

兄弟院校和有关单位的同志对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

因编写人员的水平所限，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1983.3

目 录

前 言

第一篇 绪论	1
第一章 废水与污染物	1
第一节 水的循环	1
第二节 水污染与废水污染	2
第三节 废水	2
第四节 废水中的污染物	3
第二章 废水水质控制基础	7
第一节 废水水质	7
第二节 废水水质控制标准	9
第三节 控制废水污染的基本途径	12
第四节 废水水质控制方法的分类	13
第五节 污泥处理方法的分类	16
第六节 废水处理系统	16
第二篇 悬浮物及胶体的分离处理	19
第三章 重力沉降法	19
第一节 沉降过程的理论基础	19
第二节 普通沉淀池	27
第三节 斜板斜管沉淀池	34
第四节 凝聚和絮凝	38
第五节 澄清设备	46
第四章 浮力浮上法	48
第一节 隔油	48
第二节 气浮和浮选的理论基础	51
第三节 气浮方法及其流程	54
第四节 气浮处理系统的设计计算	57
第五章 离心分离法	59
第一节 离心分离法的理论基础	59
第二节 离心分离设备	60
第六章 过滤法	65
第一节 筛滤	65
第二节 粒状介质过滤	67
第七章 磁力分离法	76
第一节 基本原理	76
第二节 磁分离设备	80
第三节 磁力分离法在废水处理中的应用	83
第三篇 有机污染物的生物化学转化处理	86

第八章 生物化学转化概论	86
第一节 微生物及其生化特性	86
第二节 好气生物处理与厌气生物处理	90
第三节 生物处理方法分类	92
第九章 活性污泥法	92
第一节 基本原理	92
第二节 活性污泥法降解有机物的规律	94
第三节 活性污泥法设计运行参数	99
第四节 活性污泥法的运行方式	102
第五节 曝气原理与曝气池构造	106
第六节 活性污泥法系统的工艺设计	111
第七节 活性污泥法的发展	124
第八节 活性污泥法的运行管理	127
第十章 生物膜法	131
第一节 概述	131
第二节 基本原理	131
第三节 生物滤池	133
第四节 塔式生物滤池	141
第五节 生物转盘	143
第六节 接触氧化法	146
第十一章 自然条件下的生物处理	147
第一节 生物塘	147
第二节 养鱼塘	149
第三节 污水灌溉	150
第四篇 溶解态污染物的化学转化处理	154
第十二章 中和法	154
第一节 基本原理	154
第二节 酸性废水的中和处理	155
第三节 中和法处理碱性废水	162
第十三章 化学沉淀法	163
第一节 基本原理	163
第二节 氢氧化物沉淀法	165
第三节 硫化物沉淀法	169
第四节 其它化学沉淀法	171
第五节 铁氧体沉淀法	174
第十四章 氧化还原法	176
第一节 基本原理	176
第二节 药剂氧化法	180
第三节 药剂还原法	188
第十五章 电化学法	191
第一节 电解原理与设备	191
第二节 电化学氧化法	194

第三节 电化学还原法	195
第四节 电解浮上和电解凝聚	197
第五篇 溶解态污染物的物化分离技术	200
第十六章 热过程法	200
第一节 蒸发法	200
第二节 结晶法	207
第三节 冷冻法	211
第十七章 吹脱法与汽提法	212
第一节 吹脱法的基本原理	212
第二节 吹脱设备及其计算	214
第三节 解吸气体的最终处置	217
第四节 吹脱法处理废水举例	218
第五节 汽提法的基本原理	219
第六节 汽提设备及其计算	221
第七节 汽提法处理废水举例	223
第十八章 萃取法	225
第一节 溶剂萃取的基本原理	225
第二节 萃取剂的选择与再生	226
第三节 萃取工艺过程	227
第四节 萃取设备及计算	229
第五节 萃取法在废水处理中的应用	231
第十九章 吸附法	232
第一节 吸附理论	232
第二节 吸附剂	236
第三节 吸附工艺过程及设备	237
第四节 吸附法在废水处理中的应用	240
第二十章 离子交换法	241
第一节 离子交换剂	241
第二节 离子交换平衡	243
第三节 离子交换动力学	245
第四节 离子交换工艺过程	246
第五节 离子交换设备	249
第六节 离子交换系统的设计	250
第七节 离子交换法在废水处理中的应用	252
第二十一章 膜分离法	254
第一节 反渗透法	254
第二节 超滤法	259
第三节 电渗析法	260
第四节 液膜分离技术	268
第六篇 污泥处理	272
第二十二章 污泥及其稳定处理	272
第一节 污泥的种类和性质	272

第二节 污泥的生物稳定	275
第三节 污泥的化学稳定	286
第二十三章 污泥的去水处理	286
第一节 污泥的浓缩	286
第二节 污泥的脱水	292
第三节 污泥的干燥、焚化和湿式氧化	298
第四节 污泥的综合利用和最终处置	301
第七篇 废水处理站的设计	302
第二十四章 废水处理系统的设计	302
第一节 设计原则与程序	302
第二节 收集设计资料	303
第三节 选择废水处理流程	303
第四节 站址选择及总体布置	304
第二十五章 附属设施的设计	307
第一节 站内输配水设备	307
第二节 废水泵房	312

第一篇 绪 论

第一章 废水与污染物

第一节 水的循环

水是分布最广而又十分重要的自然资源。地球上约有136000万立方公里的水。存在于地面上者，称为地面水；贮于地下者，称为地下水。地面水体包括海洋、湖泊、江河、水库、沼泽、冰地和冰川等。地下水分潜水和承压水；涌出地面者，叫泉水。地球上的水是处于川流不息的循环运动中。水的循环有两种基本类型：自然循环和社会循环。

一、水的自然循环

由自然力促成的水循环，称为水的自然循环。海水蒸发为云，随气流迁移到内陆，与冷气流相遇，凝为雨雪而降落，称为降水。一部分降水沿地表流动，汇于江河湖泊；另一部分渗入地下，形成地下水流。在流动过程中，两种水流不时地相互转化或补给，最后又复归大海。这种海洋→内陆→海洋的循环，称为大循环。那些在小自然区域内的循环，称为小循环。不论何种循环，使水蒸发的基本动力是太阳热能，使云气运动的动力是密度差造成的大气环流，使水流动的动力是重力。

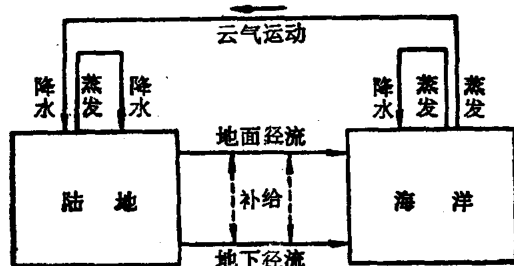


图 1-1 水的自然循环

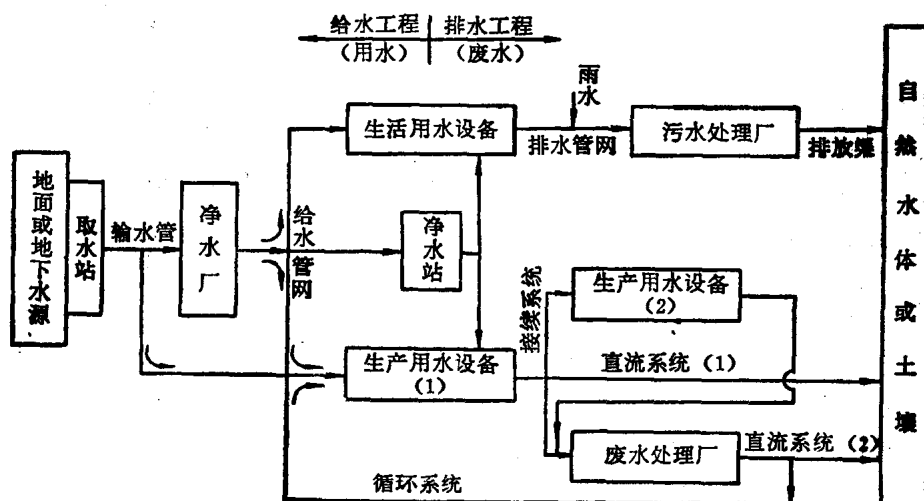


图 1-2 水的社会循环

水的自然循环见图1-1。

二、水的社会循环

由人的因素促成的水循环，称为水的社会循环，它是直接为人类的生活和生产服务的。取之自然而直接供生活和生产使用的水，称为用水。使用后因丧失使用价值而排放的水，称为废水。为保证用水能满足使用要求（水量、水质和水压）的工程设施，称为给水工程；为保证废水能安全可靠排放的工程设施，称为排水工程。由给水工程和排水工程构成水的社会循环（见图1-2）。

第二节 水污染与废水污染

水在循环过程中，不可避免地会混入许多杂质（溶解的、胶态的和悬浮的）。在自然循环中，由非污染环境混入的物质称为自然杂质或本底杂质。社会循环中，在使用过程中混入的物质称为污染物。但是，目前由于环境普遍地受到污染，污染环境和非污染环境的界限有时很难区分。

自然水体受到来自废水、大气、固体废料中污染物的污染，叫做水污染。废水对水体、大气、土壤、生物体的污染，叫做废水污染。可见，水污染的“水”是“受害者”，废水污染的“废水”是“肇事者”。但是，造成水体污染的主要因素是废水，因此，“废水污染控制”的涵义包括两个方面：（1）控制废水水质，不使它对环境造成污染；（2）研究废水对自然水体的污染规律，以便采取措施，保护水体的使用价值。本书重点介绍控制废水水质的原理和方法。

第三节 废 水

水在社会循环过程中，由于使用而丧失了使用价值，于是废弃外排，这种被废弃外排的水称为废水。导致用水丧失使用价值的基本原因是水中混进了各种污染物。

在技术文献和实际应用中，“废水”和“污水”两个术语的用法比较混乱。就科学概念而言，“废水”是指废弃外排的水，强调其“废弃”的一面；“污水”是指被脏物污染的水，强调其“脏污”的一面。但是，有相当数量的生产排水是并不脏的（如冷却水），因而用“废水”一词统称所有的排水，比较合适。在水质污浊的情况下，两种术语可以通用。

根据废水的污浊程度，废水分为净废水和污水两种。例如，对于循环水，前者称为净环水，后者称为浊环水。

根据废水的来源，可分为生活污水和工业废水两大类。前者是人们生活过程中排出的废水，主要包括粪便水、浴洗水、洗涤水和冲洗水等；后者是工业生产中排出的废水。此外，由城镇排出的废水，叫做城市废水，其中既包括生活污水也包括工业废水。

根据污染物的化学类别，可分为有机废水和无机废水两种。前者主要含有机污染物，具有生物降解性；后者主要含无机污染物，无生物降解性。

根据毒物的种类不同，也可把废水分为含酚废水、含汞废水、含氰废水等。应当指出，“含汞废水”仅表明其中主要毒物是汞，但不意味着汞的含量最多，或者汞是唯一的污染物。

此外，还可根据产生废水的工业部门或生产工艺来命名。例如，焦化厂废水和食品厂

废水，电镀废水和冷却废水等。

第四节 废水中的污染物

根据对环境造成污染危害的不同，废水中的污染物可大致区分为以下几个类别：固体污染物、有机污染物、有毒污染物、营养性污染物、生物污染物、感官污染物、酸碱污染物、热污染物、其它污染物等。

一、固体污染物

固体物质在水中有三种存在状态：溶解态（直径小于1纳米）、胶体态（直径介于1~100纳米之间）、悬浮态（直径大于100纳米）。但在水处理技术中，分离直径介于100~1000（甚至2000）纳米的固体微粒同样采用分离胶体微粒的凝聚法，故可把胶体微粒的上限扩大到1000~2000纳米。此外，水质分析中习惯于把固体微粒分为两部分：能透过滤膜（孔径因材料不同而异，约为3~10微米）的叫溶解性固体（DS），不能透过者叫悬浮固体或悬浮物（SS）。两者合称为总固体（TS）。

在紊动的水流中，悬浮物能悬浮于水中。但悬浮是有条件的和暂时的，一旦维持悬浮的条件（水的紊动）消失，它就从水中分离出来，比重大于1的沉于水底，小于1的浮于水面。通常把前者叫做沉降性悬浮物，后者叫做漂浮性悬浮物。沉降性悬浮物中能在技术操作时间（一般不大于2小时）内从标准沉降管沉降分离的，叫可沉物；难于沉降分离的，叫难沉物。

悬浮物是一项重要的水质指标。悬浮物的主要危害是造成沟渠管道和抽水设备的堵塞、淤积和磨损，造成接纳水体的淤积和土壤孔隙的堵塞，造成水生动物的呼吸困难，造成给水水源的浑浊，干扰废水处理和回收设备的工作。由于绝大多数废水中都含有数量不同的悬浮物，因此去除悬浮物就成为废水处理的一项基本任务。

溶解物的含义很不统一，有时指真正的溶解固体，有时还包括胶体物质。溶解物质主要指无机盐类，当浓度高时，对农业和渔业有不良影响。

二、有机污染物

绝大多数有机物具有一个共同的特征—生物可降解性，因此能消耗水中的溶解氧；待氧消耗殆尽时，造成水体的腐败。

所谓生物可降解性，是指有机物可被微生物逐渐分解转化的特性。在有溶解氧的条件下，水中生活着好氧微生物和兼性微生物，它们在吸收利用有机物的生化过程中，要消耗水中的溶解氧。当消耗量大于补充量时，溶解氧浓度就要降低。当氧浓度低于某一限值，水生动物生活就受到影响。例如，鱼类要求氧的限值是4毫克/升。如果低于此值，会导致鱼群大量死亡。当溶解氧消耗殆尽时，厌氧微生物和改变了代谢方式的兼性微生物就生活于水中，进行厌气分解。这时，代谢产物中的硫化氢对生物有致毒作用，硫化氢、硫醇和氨等还能散发出刺鼻的恶臭，缺氧的还原环境中产生的硫化铁能使水墨黑，底泥冒泡，泥片向水面泛起。这就是水质腐败的现象，严重地影响环境卫生。根据耗氧和腐败两种共同危害，特将有机物划分为同一污染物类别。有时，将有机污染物直接称为耗氧（或需氧）污染物。

有机物种类繁多，通常用综合指标间接表示其含量多少。最常用的指标是生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）和化学耗氧量（OC）。好氧微生物分解有机物时，要消耗

溶解氧，有机物浓度越高，消耗的溶解氧也越多。用生化过程中消耗的溶解氧量来间接地表示有机物的多少，称为生化需氧量。同理，在使用化学氧化剂氧化分解有机物时，用与消耗的氧化剂量当量相等的氧量来间接表示有机物的多少，称为化学需氧量（以 $K_2Cr_2O_7$ 为氧化剂），或称耗氧量（ $KMnO_4$ 为氧化剂）。BOD、COD和OC的计量单位均采用毫克（氧）/升（水）。

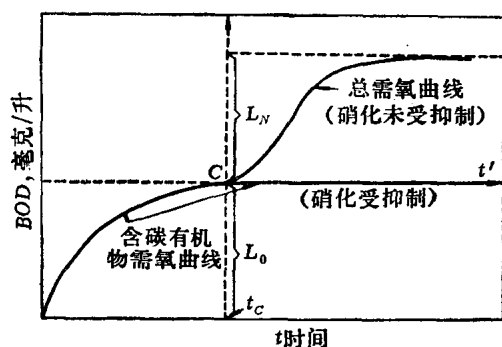


图 1-3 含碳BOD和含氮BOD

必须指出，有机物生化耗氧的过程很长，而且具有明显的阶段性。在第一阶段，首先把不含氮有机物分解成二氧化碳和水，把含氮有机物转化为氨。这个过程称为氨化或无机化，参与分解的是异养性微生物。在第二阶段，氨依次被转化为亚硝酸盐和硝酸盐，这个过程称为硝化，参与转化的是化能

自养性微生物（硝化菌）。两阶段的耗氧情况见图1-3。生活污水的氨化过程历时20天左右，氨化的结果表明有机物已无机化了。有机物在20天内消耗的溶解氧量，叫做20天生化需氧量，用 BOD_{20} 表示。显然，这个测定时间太长了，难于指导生产实践。一般均采用5天的测定时间，在此期间所消耗的溶解氧量叫做5天生化需氧量，以 BOD_5 表示之。各种废水的水质差异很大，其 BOD_{20} 或 BOD_5 值相差悬殊。但就某一种废水而言，两者的比值却有一个固有的稳定值。例如，生活污水的 $BOD_5:BOD_{20}=0.7$ 。一般说来， $COD > BOD_{20} > BOD_5 > OC$ 。

除以上几种测定有机物的方法外，目前又发展了测定总需氧量（TOD）和总有机碳（TOC）两种方法。在900℃的高温下，以铂为催化剂，使水样气化燃烧，然后测定气体载体中氧的减少量，作为有机物完全氧化所需的氧量，称为总需氧量。如在相同条件下，测定气体中的 CO_2 增量，从而确定水样中碳元素的含量，用以判定有机物含量，称为总有机碳。总需氧量和总有机碳的特点是测定迅速，但设备较复杂，而且TOD和TOC与BOD和COD之间没有固定的相关性。实际应用时，尚需建立其相关式。

三、有毒污染物

废水中能对生物引起毒性反应的化学物质，称为有毒污染物。工业上使用的有毒化学物质已超过12000种，而且每年还以500种以上的速度递增，因而已成为人们最关注的污染物。

毒物对生物的效应有急性中毒和慢性中毒两种。急性中毒的初期效应十分明显，严重时会导致死亡。毒物对鱼类的急性中毒剂量，通常以极限耐受中量（或半数死亡浓度TLM）表示，即在24小时或48小时内使供试鱼类50%致死的毒物浓度。慢性中毒的初期效应很不明显，但长期积累可引起突变、致畸、致癌、致死，甚至引起遗传性畸变。目前，对微量毒物尚缺乏合理的判定标准。

大多数毒物的毒性与浓度和作用时间有关，浓度越大，作用时间愈长，致毒后果愈严重。此外，毒物反应还与环境条件（温度、pH值、溶解氧浓度等）和有机体的种类及健康状况等因素有关。

废水中的毒物有三大类：无机化学毒物，有机化学毒物，放射性物质。

1. 无机化学毒物 主要包括重金属离子、氰化物、氟化物和亚硝酸盐等。

重金属一般指比重大于4~5的金属,约有45~60种之多。但废水中的重金属主要是指汞、铬、镉、铅、镍、锌、钴、铜、锰、钛、钒、钼、锑、铋等,特别是前4~5种。此外,砷和硒的化学性质与金属相似,铍(比重1.84)也很毒,为了实用上的方便,也归重金属之列。

含汞[Hg(Ⅰ)]废水来源于氯碱工厂、炸药厂、纸浆厂、造纸厂、农药厂、冶炼厂、温度计厂及电子工业。急性中毒时,无机汞和有机汞的毒性相当。慢性中毒时,由于有机汞易被吸收和积累,长期毒性效应十分严重。甲基汞能大量积累于脑中,引起乏力、末梢麻木、动作失调、精神混乱、疯狂痉挛,造成先天性疾病和死亡。

含铬[Cr(Ⅵ)]废水来源于冶炼厂、合金厂、染料厂、皮革厂、木材厂、橡胶厂、电镀车间。Cr(Ⅵ)的毒性远大于Cr(Ⅲ)。铬中毒时能使鼻膈穿孔,皮肤及呼吸系统溃疡,引起脑膜炎和肺癌。

含镉[Cd(Ⅱ)]废水来源于合金厂、冶炼厂、农药厂、磷肥厂、陶瓷厂、颜料厂、电池厂、电镀车间及矿坑排水,其中80%来自电镀车间。镉中毒时引起全身疼痛,腰关节受损,骨节变形,有时还会引起心血管病。

含铅[Pb(Ⅱ)]废水来源于冶炼厂、合金厂、印刷厂、蓄电池厂、炸药厂、颜料厂、制药厂等。铅中毒时引起贫血,肠胃绞痛,知觉异常,四肢麻痹。

含镍[Ni(Ⅱ)]废水来源于合金厂、冶炼厂、银精炼厂、铸造厂、烟火厂、印刷厂和电镀车间。镍中毒时引起皮炎、头疼、呕吐、肺出血、虚脱、肺癌和鼻咽癌。

含锌[Zn(Ⅱ)]废水来源于合金厂、冶炼厂、颜料厂、钢材镀锌工厂和粘胶纤维厂等。锌中毒时能损伤胃肠等内脏,抑制中枢神经,引起麻痹。

含铜[Cu(Ⅱ)]废水来源于冶炼厂、电机厂、农药厂、制药厂、颜料厂、电镀车间。铜能抑制酶的作用,并有溶血作用。铜中毒时引起脑病、血尿和意识不清等。

含锰[Mn(Ⅱ)]废水来源于合金厂、干电池厂、玻璃厂、陶瓷厂、颜料厂、染料厂、油漆厂、烟火厂。锰中毒时能引起头疼、关节炎、痉挛、哭泣、狂笑、表情混乱。

含铍[Be(Ⅱ)]废水来源于合金厂、飞机厂、原子反应堆和宇航工业等。铍中毒能引起急性刺激,招致结膜炎、皮肤炎、溃疡、肿瘤和肺部肉芽肿大(铍肺病)。

含砷[As(Ⅲ)]废水来源于合金厂、制药厂、农药厂、制革厂、染料厂、陶瓷厂、玻璃厂、蓄电池厂、稀土金属工厂等。砷中毒时能引起中枢神经紊乱,诱发皮肤癌等。

含硒[Se(Ⅳ)]废水来源于印刷厂、颜料厂、染料厂、玻璃厂、农药厂、核能和平利用工厂。硒中毒时能引起皮炎、嗅觉失灵、婴儿畸变,并与肿瘤有关。

作为毒物,重金属具有以下特点:(1)其毒性以离子态存在时最为严重,故通称重金属离子毒物;(2)不能被生物降解,有时还可被生物转化为更毒的物质(如无机汞被转化为烷基汞);(3)大多数重金属离子能被生物富集于体内,既危害生物,又能通过食物链危害人类。

含氰[CN⁻]废水来源于电镀车间、金属热处理车间、选矿厂、农药厂、制药厂和有机玻璃厂,以及焦炉、发生炉、高炉等煤气洗涤水中。慢性中毒时能引起细胞内窒息、组织缺氧、脑部受损等,终因呼吸中枢麻痹而导致死亡。

含氟[F⁻]废水来源于玻璃厂、陶瓷厂、晶体管厂、磷肥厂、农药厂以及电子工业。氟中毒时,能腐蚀牙齿,引起骨骼变脆和骨折。氟对植物的危害很大,能使之枯死。

含硫〔S²⁻〕废水来源于人造纤维厂、染料厂、印刷厂、橡胶厂、皮革厂、造纸厂、制药厂、烟火厂、化肥厂等。酸性条件下，硫化物能转变成剧毒的硫化氢而逸出。硫中毒时，引起呼吸麻痹和昏迷，最终导致死亡。

亚硝酸盐通常是含氮有机物生物降解的中间产物，它能使幼儿产生变性血红蛋白，造成人体缺氧。亚硝酸盐在人体内能与仲胺生成亚硝胺，具有强烈的致癌作用。

2. 有机化学毒物 种类繁多，常见的有酚、醛、苯、硝基化合物、多氯联苯和有机农药等。

含酚〔C₆H₅OH〕废水来源于焦化厂、煤气站、制药厂、塑料厂、树脂厂、制革厂、炸药厂、木材防腐厂和石油化工厂等。酚有蓄积作用，对人和鱼类危害很大。它使细胞蛋白质变性和沉淀、刺激中枢神经系统，降低血压和体温，麻痹呼吸中枢。

含有多氯联苯〔PCB〕的废水来源于电力工业和塑料工业。它能引起面部肉瘤、骨节肿胀、全身性皮炎、肝损伤等，并有致癌作用。在鱼及鸟体中蓄积量极高，通过食物链使人中毒。

有机农药（杀虫剂、杀菌剂、除草剂、选种剂等）分有机氯、有机磷和有机汞三大类。有机氯（DDT、六六六、艾氏剂、狄氏剂等）的毒性大，稳定性高，对甲壳类有剧毒。DDT能蓄积于鱼脂中，高达12500倍，使卵不能孵化。有机磷（对硫磷、内吸磷、敌百虫、敌敌畏等）的毒性大，但稳定性低。有机汞对人和动物的毒性较强，且有蓄积能力。

3. 放射性物质 放射性是指原子裂变而释放射线的物质属性。对人体有危害的电离辐射有X射线、α射线、β射线、γ射线及质子束等，当其通过物质时会产生离子。废水中的放射性物质主要来自含有铀、镭、钍、钷等稀有金属的生产和使用过程，如核试验的降落物、原子反应堆和核燃料的再处理过程、医疗单位和试验室、原料冶炼厂等。废水中的放射性物质一般浓度较低，主要引起慢性辐射和后期效应，如诱发癌症（白血病），对孕妇和胎儿产生损伤，缩短寿命，引起遗传性伤害等。放射性物质的危害强度是与剂量、性质和分布状况有关。半衰期短的，其作用能在短期内衰退消失；半衰期长的，长期接触有蓄积作用，危害甚大。

四、营养性污染物

氮和磷是植物和微生物的主要营养物质。废水中含有多量的氮和磷（特别是磷），如氮和磷的浓度分别超过0.2和0.02毫克/升时，会引起水体的富营养性变化，促使藻类大量繁殖，在水面上聚积成大片的水华（湖泊）或赤潮（海洋）。当其在冬季大量死亡时，水中的BOD值猛增，导致腐败，恶化环境卫生，危害水产业。含氮废水主要来自氮肥厂、洗毛厂、制革厂、造纸厂、印染厂、食品厂和饲养厂。含磷废水来源于磷肥厂、含磷洗涤剂厂等。生活污水经生物处理后，含氮和磷的有机物转化为无机氮和磷，也是造成营养性污染的重要途径。

此外，BOD、温度、维生素类物质，也能触发和促进富营养性污染。

五、生物污染物

生物污染物主要指废水中的致病性微生物及其它有害的有机体。废水中的绝大多数微生物是无害的，但有时却能含有各类致病微生物。例如，生活污水中可能含有能引起肝炎、伤寒、霍乱、痢疾、脑炎的病毒和细菌，以及蛔虫卵和钩虫卵等；制革厂和屠宰厂的

废水中常含有炭疽杆菌和钩端螺旋体等；医院、疗养院和生物研究所排出的废水中含有种类繁多的致病体。生物污染的卫生学指标有细菌总数和大肠菌群数两种。必要时，还应对可疑的单项致病体进行培养和鉴定。除致病体外，废水中生长有铁菌、藻类、水草或贝壳类动物时，会堵塞管道和通水设备等，也属于生物污染之列。

六、感官污染物

废水中的异色、浑浊、泡沫、恶臭等现象，虽无重大危害，但能引起人们感官上的极度不快。对于供游览和文体活动的水体而言，感官污染造成的危害更为严重。色度混浊的废水来自印染厂、纺织厂、造纸厂、焦化厂、煤气站等。气味恶臭的废水来自炼油厂、石油化工厂、化肥厂、橡胶厂、制药厂、焦化厂、皮革厂、屠宰厂等。引起恶臭的化学物质有硫化氢、硫醇、二甲基亚硫酸盐、胺、氨、丁烯、酪酸、丙酮、丙烯醛、乙醛、氯酚、苯和甲苯等。

七、酸碱污染物

酸碱污染主要由进入废水的无机酸和碱造成，一般借助pH值反映其含量水平。酸性废水来自化工厂、矿山、金属酸洗工艺等，其危害主要表现在对金属及混凝土结构材料的腐蚀上。碱性废水来自制碱厂、漂染厂、化纤厂等，它易产生泡沫，使土壤盐碱化。各种动植物及微生物都有各自适应的pH值范围，pH值的变化或超过适应范围，都能抑制生化反应，造成危害，严重时导致死亡。

八、热污染

废水温度过高引起的危害，叫做热污染。其危害表现在：融化和破坏管道接头，破坏生物处理过程，危害水生物和农作物，加速水体的富营养化进程。

九、其它污染物

有些废水含有相当多的油类，它除易引起水面火灾外，漂浮在水面或覆盖在土壤颗粒表面的油还能阻碍复氧过程，危及生物的生命过程；另外，石油等还具有毒性。

有些废水中含有有害气体（如氰化氢、硫化氢等），当其逸出时，会造成中毒。在酸性条件下，硫化物和氰化物会转化为硫化氢和氰化氢等毒气，应特别注意。

表面活性物质（特别是合成洗涤剂）已成为废水中的重要污染物了。它能产生大量泡沫，影响水体复氧和水域美观，导致水管及附件渗漏，还能携带细菌及使毒物飞扬，浓度高时还能对植物起毒害作用。

第二章 废水水质控制基础

第一节 废水水质

废水造成的污染危害，以及应采取的防治措施，都取决于废水的特性，即其中污染物质的种类、性质和浓度。废水的水质特征，不单依废水的类别而异，而且因时因地而异。

表2-1、2-2、和2-3列举了国内外生活污水的水质资料，其中最主要的两项污染指标是悬浮物和生化需氧量，其浓度范围分别为100~350和100~400毫克/升。多数工业废水的主

要污染指标仍为悬浮物和生化需氧量，但其浓度却相差悬殊。例如，水果罐头废水的悬浮物变化于250~3500毫克/升之间，而人造纤维废水却只有50~200毫克/升；蔬菜罐头废水的生化需氧量为100~6800毫克/升，而板纸废水的却只有50~200毫克/升。表2-4和2-5列举了两种工业废水的水质分析资料，可以看出，除悬浮物和生化需氧量外，有毒污染物、感官污染物和酸碱污染物的出现，是其重要特征。

我国生活污水水质(毫克/升)

表 2-1

项 目	北 京	上 海	西 安	武 汉
悬浮物	50~327	320.7	—	66~330
耗氧量	30~88	—	—	52~64
BOD ₅	90~180	360	—	320~338
氨 氮	25~45	47.1	21.7~32.5	15~59.3
氯化物	124~128	141.5	80~105	—
磷	30~34.6	—	—	—
钾	17.7~22	—	—	—
pH值	7.35~7.7	7.31	7.30~7.85	7.1~7.6
污泥容量(%)	0.83~1.56	—	1.48~1.55	0.2

美国生活污水水质(毫克/升)

表 2-2

指 标	含 量	指 标	含 量
总固体	500	溶解氧	0
挥发性	350	BOD ₅	200
固定性	150	总 氮	50
悬浮物	300	有机氮	20
挥发性	250	氨 氮	30
固定性	50	亚硝酸氮	0.05
溶解固体	200	硝酸氮	0.20
挥发性	100	氯化物	100
固定性	100	碱度	100
耗氧量	75	脂肪	20

苏联生活污水水质

表 2-3

项 目	每人每日污物量(克)	浓 度 (毫克/升)
悬浮物	35~50	150~800
氨 氮(N)	7~8	30~130
氯化物(Cl ₂)	8~9	30~150
磷酸盐(P ₂ O ₅)	1.5~1.8	6~30
钾 (K ₂ O)	3	—
耗氧量(O ₂)	5~7	20~120
BOD ₂₀	30~50	600~1000 (用水量50升/人·日)
		300~500 (用水量100升/人·日)
		150~250 (用水量200升/人·日)

电镀废水水质(毫克/升)

表 2-4

水质指标	含铬废水	含氰废水	混合电镀废水	
			含量范围	平均值
悬浮物	—	300	—	—
硫酸	200~300	—	—	—
Cr(VI)	5~45	60	0~49	11
Cu	0.2~0.4	—	2~36	17
Zn	—	350	0.2~10	4
Cd	1	—	0.5~4	1.5
Ni	1~2	—	5~58	24
Pb	0.5~1	—	—	—
Al	12	—	—	—
CN	—	10~40	1~103	28
pH值	2~3	3.5~9	—	—

印染废水水质(毫克/升)

表 2-5

水质指标	棉 布	人 造 纤 维
色度倍数 ^①	200	543
悬浮物	109	1064
总固体	1410	3383
耗氧量	218	215
BOD ₅	240	297
COD	717	1201
总硫化物	11	2.3
酚	0.06	0.04
氰化物	0.01	0.13
苯 胺	0.16	0.001
铬(VI)	0.04	0.04
pH值	9~10	6~8

①达到基本无色所需稀释倍数。

第二节 废水水质控制标准

废水水质控制的基本目的有三：(1) 满足废水再用(循环再用与接续再用)对水质的要求；(2) 满足有价物质回收工艺对水质的要求；(3) 满足废水排放对水质的要求。

任何生产工艺对废水再用水质的要求基本上应和对工业用水的要求相同。各种生产过程对工业用水的水质都提出了各自的水质标准，这里不再赘述。同理，各种回收工艺也对废水水质提出各自的水质要求，不符合这些规定时，就得进行一定的水质控制(预处理)。

前已述及，废水中的污染物质会造成严重的环境问题。为了保护环境不受污染和危害，排放的废水必须符合国家规定的标准。

排放工业废水时，必须符合《工业“三废”排放试行标准GBJ₄-73》的有关规定。根据水体的不同用途，提出不同的排放标准。对饮用水源和风景游览区的水质，要严禁污染；对渔业和农业用水，要保证动植物的基本生长条件，动植物体内有害物质残毒不得超过食