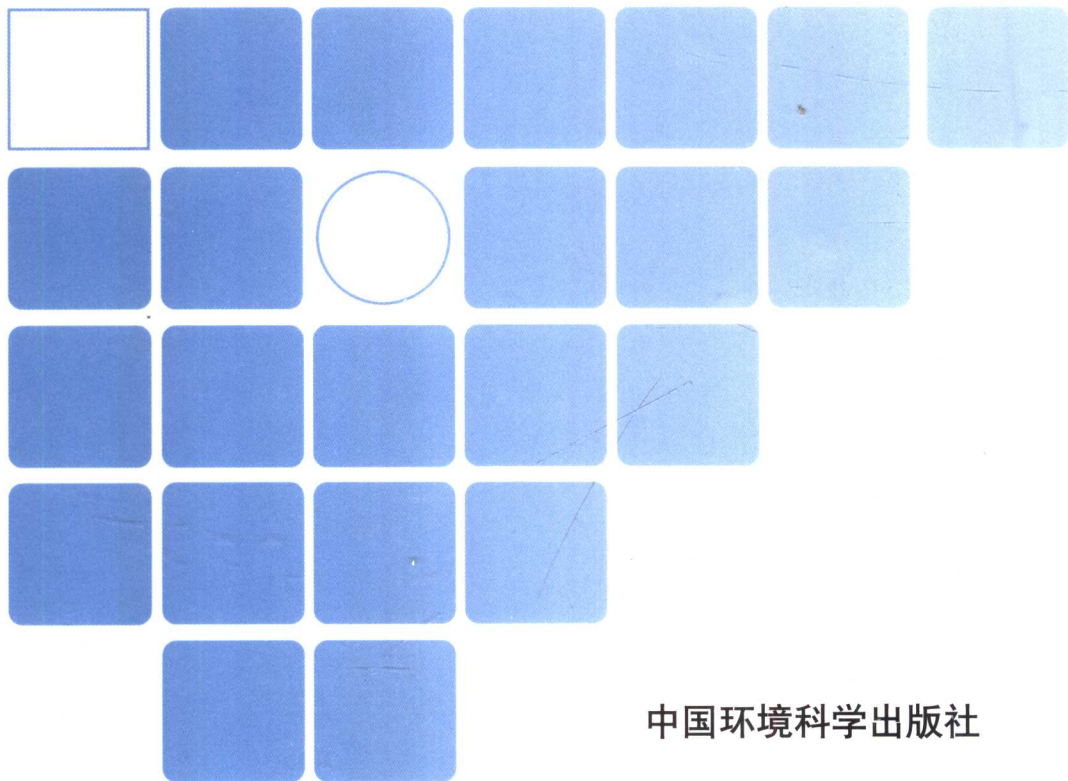


水污染控制技术

张宝军 主编

教育部高等学校高职高专环保与
气象类专业教学指导委员会 **推荐教材**



中国环境科学出版社

水污染控制技术

主 编 张宝军

副主编 王有志 赵建国 苏少林

主 审 冯启言

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

水污染控制技术/张宝军主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.3

ISBN 978-7-80209-513-7

I. 水… II. 张… III. 水污染-污染控制-高等学校: 技术学校-教材 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024620 号

责任编辑 黄晓燕 李卫民 孔 锦
责任校对 尹 芳
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 3 月第一版
印 次 2007 年 3 月第一次印刷
印 数 1—5000
开 本 787×960 1/16
印 张 30.5
字 数 550 千字
定 价 33.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前

本教材按照教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会确定的核心课程及教学大纲组织编写,旨在体现“懂设计、能施工、会管理”的高职高专教育培养第一线应用型人才的教学特点。本教材系统地介绍了水污染控制的各种处理方法、原理,重点讲解处理设备结构、构筑物工艺设计的基本知识和方法,结合当前水处理的应用情况,介绍常用处理方法的特点、适用情况和运行要求。

参加本教材编写的有徐州建筑职业技术学院张宝军(第1、9、10章)、黄河水利职业技术学院朱惠斌(第2章)、洛阳大学姚璐(第3章)、广东省环保学校刘铁梅(第4章)、黑龙江建筑职业技术学院王有志(第5、6章)、邢台职业技术学院赵建国(第7章)、邢台职业技术学院郭有才(第8章)、杨凌职业技术学院苏少林(第11、12章)。全书由张宝军担任主编并统稿,王有志、赵建国、苏少林担任副主编,中国矿业大学环境与测绘学院冯启言教授担任主审。

书稿在编写过程中参考借鉴了大量国内高校教材及专业文献资料(参考文献附后),在此向这些原作者表示衷心的感谢。

限于编者水平有限,教材中错误及疏漏在所难免,请读者批评指正。

**目
录**

第一章 水循环与水污染控制	1
第一节 水资源与水的循环	1
第二节 水体污染与水质指标	2
第三节 水质标准	8
第四节 水污染控制技术	13
第二章 水的物理处理	22
第一节 筛 滤	22
第二节 调 节	29
第三节 沉淀与上浮	35
第四节 气 浮	63
第五节 过 滤	73
第六节 离心分离与磁分离	107
第三章 水的化学处理	114
第一节 中 和	114
第二节 混 凝	121
第三节 化学沉淀	137
第四节 氧化还原	144
第五节 消 毒	154
第四章 水的物理化学处理	163
第一节 吸 附	163
第二节 离子交换	182
第三节 膜分离	192
第四节 浮 选	200
第五节 萃 取	206
第六节 吹脱与汽提	209

第五章 水的生物化学处理	215
第一节 微生物的新陈代谢及规律	215
第二节 污染物的降解及可生化性	221
第三节 水的生物化学处理技术	226
第六章 活性污泥法	229
第一节 活性污泥与活性污泥法	229
第二节 曝气原理与设备	236
第三节 活性污泥法运行方式	246
第四节 活性污泥法的工艺设计与运行管理	263
第七章 生物膜法	282
第一节 生物膜及其净化机理	282
第二节 生物滤池	285
第三节 生物转盘	295
第四节 生物接触氧化法	303
第五节 生物流化床	311
第六节 生物膜法的运行管理	315
第八章 厌氧生物处理	322
第一节 概 述	322
第二节 污泥的厌氧生物处理	327
第三节 污水的厌氧生物处理	342
第九章 自然生物处理	363
第一节 土地处理	363
第二节 稳定塘	374
第十章 污泥处理	382
第一节 污泥浓缩	382
第二节 污泥脱水与干化	394
第三节 污泥的消毒、干燥与焚烧	402
第四节 污泥处置与利用	405

第十一章 循环冷却水的处理	408
第一节 循环冷却水系统与水质处理	408
第二节 水垢的控制与处理	421
第三节 微生物的控制与处理	425
第四节 金属腐蚀与控制	432
第五节 循环冷却水系统工程案例	438
第十二章 水处理厂站的设计与运行管理	448
第一节 设计程序	448
第二节 水处理厂站的设计	450
第三节 水处理厂站的验收与调试	462
第四节 水处理厂站的技术经济指标与运行报表	464
第五节 水处理厂站运行管理人员的岗位职责	466
第六节 水处理厂站安全操作管理制度	470
第七节 水处理厂站主要水质指标的监控及仪表的维护	476
参考文献	479

第一章

水循环与水污染控制

第一节 水资源与水的循环

一、水资源

1. 水资源及其分布

水资源 (water resources), 是指现在或将来一切可能用于生产和生活的地表水和地下水源。地球上水的总量约有 $14 \times 10^8 \text{ km}^3$, 贮量相当丰富, 以不同的形式分布于不同的区域, 包括海洋水 (占 97.3%)、淡水湖水 (占 0.009%)、盐湖和内海水 (占 0.008%)、河流水 (占 0.000 1%)、土壤水 (占 0.005%)、地下水 (占 0.6%)、冰冠和冰川水 (占 2.1%)、大气水 (占 0.001%)。以海水贮量最大, 但因其含有大量的矿物盐类, 不宜被人类直接使用。在人类可利用的 2.7% 的淡水中, 又约有 75% 以冰冠和冰川的形式存在于地球的两极, 因此可被人类开发利用的淡水仅占总水量的 0.3%。

2. 我国水资源特点

我国地域辽阔, 年平均降水总量约为 $6.19 \times 10^3 \text{ km}^3$, 河川径流量为 $2.7 \times 10^3 \text{ km}^3$, 占世界河流量的 5.7%, 居世界第六位。但人均淡水资源占有量仅为 $2.3 \times 10^3 \text{ m}^3$, 只有世界人均水量的 1/4, 被列为世界 13 个贫水国家之一。水资源的地区分布也极不均匀, 径流量由东南向西北递减, 东南沿海湿润多雨, 西北内陆干燥少雨, 南北水资源相差悬殊。另外, 我国大部分地区冬春少雨, 夏秋多雨, 年降雨集中在汛期, 易造成一些地区旱、涝灾害频繁。

二、水循环

水在自然界呈循环状态。在太阳能及其他自然力作用下, 水的形态也在不断变化, 通过受热或遇冷的方式进行着固、液、气态的转化。地球上的循环水量, 每年大约为 $4.2 \times 10^5 \text{ km}^3$ 。

1. 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，凝为雨雪降落，称为降水。一部分降水沿地表流动，汇于江河湖海；另一部分渗于地下，形成地下水流。在流动过程中，地面径流和地下径流两种水流不时地相互转化或补给，最后复归大海。海洋—内陆—海洋的循环，称为大循环；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，使水流动的动力是地球引力。

2. 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，称为给水。使用后因丧失使用价值而排放的水，称为排水。为保证给水能满足水量、水质和水压要求而使用的工程设施，称为给水工程；为保证排水能安全可靠地排放而使用的设施，称为排水工程。给水工程和排水工程构成水的社会循环。

第二节 水体污染与水质指标

一、天然水体

1. 天然水体中的杂质

自然界中的水，在太阳照射和地心引力等作用下不停地流动和转化，通过降水、渗透和蒸发等循环方式而形成多种形式的水源。水在自然循环中会不同程度地有各种各样的杂质混入，而使水质发生变化。其杂质的来源基本分为两类：一是自然过程。例如，初期降水（包括雨、雪等）在到达地面之前各种有害物质的溶入；水对地层矿物中某些易溶成分的溶解；水流对地表及河床冲刷而带入的泥沙和腐殖质；水中各类微生物、水生动植物及其残骸等。二是人为因素（即生活污水和工业废水）的污染。这些水中杂质更为复杂，按形态（主要是尺寸大小）可分为悬浮物、胶体和溶解物三类，见表 1-1。

表 1-1 水中杂质分类

杂质	溶解物 (低分子、离子)		胶体		悬浮物			
	0.1 nm	1 nm	10 nm	100 nm	1 μm	10 μm	100 μm	1 mm
分辨工具	电子显微镜可见		超显微镜可见		显微镜可见			肉眼可见
水的外观	透明		浑浊		浑浊			

表中的颗粒尺寸系按球形计，各类杂质的尺寸界限是大体的范围。一般说粒径在 $100\text{ nm}\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ 属于胶体和悬浮物的过渡阶段。小颗粒悬浮物也具有一定的胶体特性，而当粒径大于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 时与胶体有明显差别。

从水的生活饮用和水处理技术的角度看：悬浮物的尺寸较大，易于在水中下沉或上浮。易于下沉的一般是大颗粒泥沙及矿物质废渣等；能够上浮的一般是体积较大而密度小于水的某些有机物。胶体状的物质颗粒尺寸很小。水中胶体通常包括黏土、藻类、腐殖质及蛋白质等。它们在水中长期静放，既不能上浮水面也不能沉淀澄清。悬浮物和胶体往往造成水的浑浊，而有机物如腐殖质及藻类等还造成水的色、臭、味，是影响工业使用和人类健康的主要因素，并给人以厌恶感和不快。

水中溶解杂质极为复杂，主要包括：（1）基本上以阳离子和阴离子形式存在的溶解性物质，如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} ，而地下水还有 Fe^{2+} 和 F^{-} 等；主要溶解在水中的 O_2 、 CO_2 气体，有时还含有 N_2 、 SO_2 和 H_2S 。这些物质用常规的混凝、沉淀、过滤等方法难以去除。（2）当天然水体中含有有机高分子物质（如腐殖酸等）以及有机杂质——活性生物体（如藻类、细菌、病毒、原生动物等），通过混凝、沉淀、过滤可以去除。对人体健康构成威胁的病毒、细菌等必须通过消毒杀菌方可杀灭。（3）由于现代工业的发展，水污染的程度日益加重，当水中含有 Hg 、 Cr 、 Cd 、 Pb 、 Se 、 As 、氰化物等无机类有毒物质，多环芳烃、芳香族氨基化合物、有机汞、酚类化合物等有机类有害物质，以及人工合成的有机磷农药、有机氯等有毒物质时，水处理工艺将更为复杂。

2. 天然水体的性质

按照水源的分类，概括说来有以下几种情况：

江河水易受自然条件影响，水较浑浊，细菌较多，含盐量和硬度较低。而地下水因受地层渗滤过程的净化，水质较清，细菌较少，特别是深层井水细菌更少，但含盐量和硬度较高。湖泊及水库水由于多由河水供给形成，水质与河水类似；但由于湖（或水库）水流动性小，贮存时间长，经过长期自然沉淀，一般浊度较低，多数含藻类较多；湖（或水库）水受风浪冲击后水质变化较大，受生活污水污染后易产生富营养化。

海水含盐量高，而且所含各种盐类或离子的重量比例基本一定，这是海水与其他水源不同的一个显著特点。其中氯化物含量最高，约占总含量 89%，硫化物次之，再次为碳酸盐，其他盐类含量极少。海水一般须经淡化处理后方可作为居民生活用水。

二、水体污染

1. 水体污染的概念

水体（waterbody），是河流、湖泊、沼泽、水库、地下水、冰川、海洋的总称。

它不仅包括水，而且也包括水中的悬浮物、底泥及水生生物等。

水体因接受过多的杂质，而使其在水体中的含量超过了水体的自净能力，导致其物理、化学及生物学特性改变和水质的恶化，从而影响水的有效利用，危害人体健康，这种现象称为水体污染（waterbody pollution）。在自然情况下，天然水的水质也常有一定变化，但这种变化是一种自然现象，不属于水体污染。

水体一旦受到污染，会降低水的质量，直接或间接地危及人类的生存和危害健康。造成水体污染的原因主要有：点源污染与面源污染（或称非点源污染）两类。点源污染来自：未经妥善处理的城市污水（生活污水与工业废水）集中排入水体。面源污染来自：农田肥料、农药以及城市地面的污染物，随雨水径流进入水体；随大气扩散的有毒有害物质，由于重力沉降或降雨过程，进入水体。

2. 水体污染的类型

水体污染源（waterbody pollution source），是指向水体排放污染物的场所、设备和装置等。按造成水体污染的原因可将水体污染源分为天然污染源和人为污染源；按受污染的水体可分为地面水污染源、地下水污染源和海洋污染源；按污染源释放的有害物质种类分为物理性污染源、化学性污染源、生物性污染源；按污染的分布特征可分为点污染源、面污染源、扩散污染源。

由自然因素造成的污染，称为天然污染。如地面水渗漏和地下水流动将地层中某些矿物质溶解，使水中的盐分、微量元素或放射性物质浓度偏高而使水质恶化。人类的生产和生活活动使水体污染，称为人为污染。人为污染是当前水体污染的主要污染源。

（1）物理性污染

热污染，主要来源于热电站、核电站、冶金和石油化工等工厂的排水。

放射性污染，来源于核生产废物、核试验沉降物、核医疗研究单位的排水。

（2）化学性污染

无机污染包括：重金属污染，来源于矿物开采、冶炼、电镀、仪表、电解以及化工等工厂排水；砷污染，来源于含砷矿石处理、制药、农药和化肥等工厂的排水；氰化物污染，来源于电镀、冶金、煤气、洗涤、塑料、化学纤维等工厂的排水；氮和磷污染，来源于农田排水、粪便排水、化肥、制革、食品、毛纺等工厂的排水；酸碱和盐污染，来源于矿山、石油、化工、化肥、造纸、电镀工厂排水。

有机污染包括：酚类化合物污染，来源于炼油、焦化、树脂等工厂的排水；苯类化合物污染，来源于石油化工、焦化、农药塑料、染料等工厂的排水；油类，来源于采油、炼油、船舶以及机械、化工等工厂的排水。

（3）生物性污染

病原体污染，来源于粪便、医院污水、屠宰畜牧、制革生物制品等工厂排水。

霉素污染，来源于制药、酿造、制革等工厂的排水。

三、污水的性质及污染指标

1. 污水的来源

污水是人类在自己的生活、生产活动中用过并为生活或生产过程所污染的水。污水包括生活污水、工业废水、被污染的降水及各种排入管渠的其他污染水。

(1) 生活污水

生活污水，是指居民在日常生活中排出的废水。生活污水的成分取决于居民的生活状况及生活习惯。我国地域广阔、情况复杂，即使生活状况相似，各地污水中杂质的成分和浓度也不尽相同。

(2) 工业废水

工业废水，是在生产过程中排出的废水。其成分主要取决于生产工艺过程和使用的原料，工业废水也包括因高温（水温超过 60°C ）而形成热污染的工业废水。不同的工业生产产生不同性质的废水，同类工业采用不同的生产工艺过程，产生的废水也不相同。

工业废水性质各异，多半具有危害性，未经处理不允许排放。但冷却水和在生产过程中只起辅助作用或只是温度稍有上升的水，因未被污染物污染或污染很轻，此时可采取冷却或简单的处理后重复使用。这种较清洁、不经处理即可排放的废水称为生产废水；而污染较严重、必须经处理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。

(3) 城市污水

城市污水是排入城镇排水系统的污水的总称，是生活污水和工业废水的混合液。我国多数城市污水属此类。在合流制排水系统中，城市污水还包括降水。城市污水中各类污水所占的比例，因城市的排水体制不同而有差异。城市污水的水质指标、污染物组成、形态及含量也因城市不同而存在差异。

2. 污水的物理性质及指标

(1) 水温

生活污水的年平均温度相差不大，一般在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ；许多工业排出的废水温度较高。水温升高影响水生生物的生存，水中的溶解氧随水温的升高而减小；加速污水中好氧微生物的耗氧速度，导致水体处于缺氧和无氧状态，使水质恶化。城市污水的水温与城市排水管网的体制及生产污水所占的比例有关。一般来讲，污水生物处理的温度在 $5\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 色度

生活废水的颜色一般呈灰色。工业废水则由于工矿企业的不同，色度差异较大，如印染、造纸等生产污水色度很高。

(3) 臭味

臭和味是一项感官性状指标。天然水是无色无味的。水体受到污染后产生气味，影响了水环境。生活污水的臭味主要由有机物腐败产生的气体造成，主要来源于还原性硫和氮的化合物；工业废水的臭味主要由挥发性化合物造成。

(4) 固体含量

水中所有残渣的总和为总固体(TS)，其测定方法是将一定量水样在 105~110℃烘箱中烘干至恒重，所得含量即为总固体量。总固体主要由有机物、无机物及生物体组成，按其存在形态分为：悬浮物、胶体和溶解物。总固体包括溶解物质(DS)和悬浮固体物质(SS)。悬浮固体由有机物和无机物组成，根据其挥发性能，悬浮固体又可分为挥发性悬浮固体(VSS)和非挥发性悬浮固体(NVSS)两种。挥发性悬浮固体亦称灼烧减重，主要是污水中的有机质；非挥发性固体又称灰分，为无机质。生活污水中挥发性悬浮固体约占 70%。

溶解固体的浓度与成分对污水处理效果有直接影响，悬浮固体含量较高能使管道系统产生淤积和堵塞现象，也可损坏污水泵站的设备。如果不处理直接排入受纳水体，能造成水生动物窒息，破坏生态。

3. 污水的化学性质及指标

(1) 无机物指标

无机物指标主要包括氮、磷、无机盐类和重金属离子及酸碱度等。

污水中的氮、磷为植物的营养物质。对于高等植物的生长来说，N、P 是宝贵物质，而对于天然水体中的藻类，虽然是生长物质，但藻类的大量生长和繁殖，能使水体产生富营养化现象。

污水中的无机盐类，主要指污水中的硫酸盐、氯化物和氰化物等。硫酸盐来自人类排泄物及一些工矿企业废水，如洗矿、化工、制药、造纸等工业废水。污水中的硫酸盐用 SO_4^{2-} 表示，可以在缺氧状态下，由硫酸盐还原菌和反硫化菌的作用，还原成 H_2S 。氯化物主要来自人类排泄物。某些工业废水含有较高的氯化物，它对管道及设备有腐蚀作用。污水中的氰化物主要来自电镀、焦化、制革、塑料、农药等工业废水。氰化物为剧毒物质，在污水中以无机氰和有机腈两种类型存在。除此以外，城市污水中还存在一些无机有毒物质，如无机砷化物，主要以亚砷酸和砷酸盐形式存在。砷会在人体内积累，属致癌物质。

污水中重金属主要有汞、镉、铅、铬、锌、铜、镍、锡等。重金属以离子状态存在时毒性最大，这些离子不能被生物降解，通常可以通过食物链在动物或人体内富集，产生中毒现象。上述金属离子在低浓度时，有益于微生物的生长，有些离子对人类也有益，但其浓度超过一定值后，即有毒害作用。需要说明的是，有些重金属具有放射性，在其原子裂变的过程中会释放一些对人体有害的射线，主要有 α 射线、 β 射线、 γ 射线及质子束等；产生这些放射物质的金属主要是镭

系和铜系元素，这些物质在生活污水中很少见，在某些工业废水如采矿业及核工业废水中会出现。一般情况下在城市污水中的含量极低。放射性物质能诱发白血病等疾病。

酸碱污染物主要由排入城市管网的工业废水造成。水中的酸碱度以 pH 值反映其含量。酸性废水的危害在于有较大的腐蚀性；碱性废水则易产生泡沫，使土壤盐碱化。一般情况下城市污水的酸碱度变化不大，微生物生长最佳酸碱度为中性偏碱，当 pH 值超出 6~9 的范围，对人畜就会造成危害。

(2) 有机物指标

城市污水含有大量的有机物，其主要是碳水化合物、蛋白质、脂肪等物质。由于有机物种类极其复杂，难以逐一定量，但上述有机物都有被氧化的共性，即在氧化分解中需要消耗大量的氧，所以可以用氧化过程消耗的氧量作为有机物的指标。在实际工作中经常采用生物化学需氧量 (BOD)、化学需氧量 (COD)、总有机碳 (TOC)、总需氧量 (TOD) 等指标来反映污水中有机物的含量。

①生物化学需氧量 (bio-chemical oxygen demand, BOD)。在一定条件下 (水温 20℃)，好氧微生物将有机物氧化成无机物 (主要是水、二氧化碳和氨) 所消耗的溶解氧量，称为生物化学需氧量，单位为 mg/L。

污水中的有机物分解一般分为两个阶段进行。在第一阶段，主要是将有机物氧化分解为无机的水、二氧化碳和氨，称碳氧化阶段；在第二阶段，氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐，称硝化阶段。生活污水中的有机物一般需要 20 天左右才能完成第一阶段，完成两个阶段的氧化分解需要 100 天以上。在实际工作中常用 5 日生化需氧量 (BOD₅) 作为可生物降解有机物的综合浓度指标。5 天的生化需氧量 (BOD₅) 占总生化需氧量 (BOD_u) 的 70%~80%，即测得 BOD₅ 后，基本能折算出 BOD_u 的总量。

②化学需氧量 (chemical oxygen demand, COD)。在污水中的有机物按被微生物降解的难易程度可分为两类：可生物降解有机物和难以被生物降解有机物。这两类有机物都能被氧化成无机物，但氧化的方法完全不同。易于被微生物降解的有机物，在有氧、温度一定的条件下，可以用生物化学需氧量 (BOD) 测定出其含量；而难以被微生物降解的有机物，不能直接用生物化学需氧量表现出来，所以 BOD 不能准确地反映污水中有机污染物质的含量。

化学需氧量 (COD) 是用化学氧化剂氧化污水中有机污染物质，待氧化成 CO₂ 和 H₂O，测定其消耗的氧化剂量，用 mg/L 来表示。常用的氧化剂有两种，即重铬酸钾和高锰酸钾。重铬酸钾的氧化性略高于高锰酸钾。以重铬酸钾作氧化剂时，测得的值称 COD_{Cr}；用高锰酸钾作氧化剂测得的值为 COD_{Mn}。

化学需氧量 (COD) 能反应出易于被微生物降解的有机物，同时又反映出难于被微生物降解的有机物，能较精确地表示污水中有机物的含量。

对于同一种水样，如果同时测定 BOD_u 和 COD 两个数值有较大的差别；COD

数值大于 BOD_u ，两者的差值大致等于难于被生物降解的有机物量。差值越大，表明污水中难于被生物降解的有机物量越多，越不宜采用生物处理方法。所以， BOD_5/COD 的比值，是用来判别污水是否可以生化处理的标志。一般认为比值大于 0.3 的污水，基本能采用生物处理方法。据统计，城市污水 BOD_5/COD 的比值一般为 0.4~0.65。

COD 的测试需要时间较短，一般几个小时即可测得，较 BOD 方便。但只测得 COD 值，仅能反映总有机物的含量，并不能判别易于被生物降解的有机物和难于被生物降解的有机物所占的比例，所以，在工程实际中， BOD_5 与 COD 要同时测试，两项指标共同作为污水处理领域的重要指标。

③总有机碳 (total organic carbon, TOC)。TOC 的测定原理为：将一定数量的水样，经过酸化后，注入含氧量已知的氧气流中，再通过铂作为触媒的燃烧管，在 900℃ 高温下燃烧，把有机物所含的碳氧化成二氧化碳，用红外线气体分析仪记录 CO_2 的数量，折算成含碳量即为总有机碳。在进入燃烧管之前，需用压缩空气吹脱经酸化水样中的无机碳酸盐，排除测试干扰，单位为 mg/L。

④总需氧量 (total oxygen demand, TOD)。有机物的主要组成元素为碳、氢、氧、氮、硫等。将其氧化后，分别产生 CO_2 、 H_2O 、 NO_2 和 SO_2 等物质，所消耗的氧量称为总需氧量，以 mg/L 表示。TOD 和 TOC 都是通过燃烧化学反应，测定原理相同，但有机物数量的表示方法不同：TOC 是用含碳量表示，TOD 是用消耗的氧量表示。在水质条件较稳定的污水，测得的 BOD_5 、COD、TOD 和 TOC，数值上有下列排序：

$$TOD > COD_{Cr} > BOD_u > BOD_5 > TOC$$

(3) 生物性质及其指标

污水中生物污染物是指污水中能致病的微生物，以细菌和病毒为主。主要来自生活污水、制革污水、医院污水等含有病原菌、寄生虫卵及病毒的污水。污水中的绝大多数微生物是无害的，但有一部分能引起疾病，如肝炎、伤寒、霍乱、痢疾、脑炎、脊髓灰质炎、麻疹等。

污水生物性质检测指标为大肠菌群数、大肠菌群指数、病毒及细菌总数。大肠菌群数是每升水样中含有的大肠菌群数目，以个/L 表示；大肠菌群指数是指查出一个大肠菌群所需的最少水样的水量，以 mL 表示。

第三节 水质标准

水质标准是用水对象所要求的各项水质参数应达到的指标和限值。不同的用水

对象，要求的水质标准不同。

一、给水水质标准

1. 地表水环境质量标准

国家环保总局于 2002 年颁布《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。该标准规定基本项目为 24 项，补充项目 5 项、特定项目 40 项以及上述各项的对应分析方法。

依据地表水使用目的和保护目标，水域划分为 5 类：

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、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、稚鱼的产卵场等。

III 类 主要适用于集中式生活饮用水水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区。

IV 类 主要适用于一般工业用水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。

2. 城市供水行业水质标准

建设部根据我国各地区发展不平衡的现状及城市的规模，于 1992 年将自来水公司划分为 4 类：

第一类为最高日供水量超过 100 万 m^3/d 的直辖市、对外开放城市、重点旅游城市和国家一级企业的自来水公司（以下简称水司）；

第二类为最高日供水量超过 50 万 m^3/d 的城市、省会城市和国家二级企业的水司；

第三类为最高日供水量为 10 万 m^3/d 以上、50 万 m^3/d 以下的水司；

第四类为最高日供水量小于 10 万 m^3/d 的水司。

同时建设部组织编制了《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》，规定了四类水司的水质标准，其中对三、四类水司的出水标准的要求基本与国家标准 GB 5749—85 相同，此标准代表我国 20 世纪 80 年代国内水平；二类水司标准参照世界卫生组织（WHO）的水质标准，代表 20 世纪 80 年代国际水平；一类水司标准指标值取自欧洲共同体（EC）标准，其中包括感官性状指标 4 项，物理及物理化学指标 15 项，不希望过量的物质指标 24 项，有毒物质指标 13 项，微生物指标 6 项，硬度有关指标 4 项，共 66 项，该水质标准反应了 20 世纪 80 年代国际先进水平。

3. 生活饮用水水源水质标准

《生活饮用水水源水质标准》所列的水质项目主要有四项：第一类为感官性状指标，这项指标主要包括水的浊度、色度、臭和味及肉眼可见物等，这类指标虽然

对人体健康无直接危害，但能引起使用者的厌恶感。浊度高低取决于水中形成浊度的悬浮物多寡，并且有些病菌和病毒及其他一些有害物质可能裹挟在悬浮物中，因此饮用水水质应尽量降低水的浊度。第二类指标为化学物质指标。水中含有一些如钠、钾、钙、铁、锌、镁、氯等人体必需的化学元素，但这些物质浓度若过高，会对人们的正常使用产生不良影响。第三类为毒理学指标。主要是水源污染造成的，如源水中含有汞、镉、铬、氰化物、砷及氯仿等物质，这些物质对人体的危害极大，常规的给水处理工艺很难去除这些物质，因此，要想控制这些有害物质在饮用水中的浓度，应主要控制水源的污染。第四类指标为细菌学指标，这类指标主要列出细菌总数及总大肠菌数和游离余氯量。另外还有一类为放射性指标，这类指标含两项即总 α 放射性、总 β 放射性。放射性指标为最近两次水质标准修订所增项目，这两项指标过高能引起人体白血病及生理变异等现象。

卫生部 2001 年颁布的《生活饮用水水质卫生规范》，着重要求饮用水源中有害物质的最高容许浓度，共计 64 项。规定了生活饮用水及其水源水水质卫生要求，适用于城市生活饮用集中式供水（包括自建集中式供水）及二次供水。

4. 工业用水标准

不同的工矿企业用水，对水质的要求各不相同，即使是同一种工业，由于生产工艺过程不同，对水质的要求也有差异。一般应该根据生产工艺的具体要求，对原水进行必要的处理以保证工业生产的需要。

食品工业用水水质标准与生活饮用水基本相同。

在纺织和造纸工业中，水直接与产品接触，要求水质清澈，否则会使产品产生斑点，例如铁、锰过多能使产品产生锈斑。

石油化工、电厂、钢铁等企业需要大量的冷却水。这类水主要对水温有一定要求，同时易于发生沉淀的悬浮物和溶解性盐类含量也不宜过高，以免堵塞管道和设备；藻类和微生物的滋生也要控制，还要求水质对工业设备无腐蚀作用。

电子工业用水要求较高，半导体器件洗涤用水及药液的配制，都需要高纯水。

二、排水水质标准

为了保障天然水体不受污染，必须严格限制污水排放，在排放前还要进行无害化处理，以保证对天然水体水质不造成污染。

我国排放标准分为两类：第一类为一般排放标准，第二类为行业排放标准。一般排放标准包括《工业“三废”排放试行标准》（GBJ 4—73）、《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）、《农用污泥中污染物控制标准》（GB 4284—84）等。行业排放标准包括《造纸工业水污染物排放标准》（GB 3544—2001）、《船舶污染物排放标准》（GB 3552—88）、《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB 4287—92）、《肉类加工工业水污染物排放标准》（GB 13457—92）等。这些行业标准可作为规划、