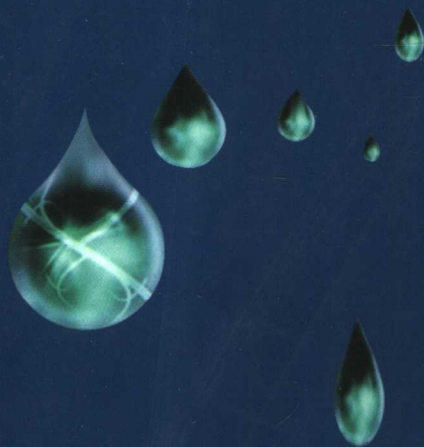


实用废水处理技术

第二版

李亚峰 佟玉衡 陈立杰 编



化学工业出版社

实用废水处理技术

第 二 版

李亚峰 佟玉衡 陈立杰 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍废水处理的基本原理、工艺流程、处理设备和运行管理,主要包括废水处理的基本知识、废水的物理处理法、废水的化学和物理化学处理法、废水的生物处理法以及污泥的处理与处置等内容。全书以介绍实用技术为主,并兼顾近几年发展与应用的新技术、新方法和新设备。

本书可供从事城市污水处理和工业废水处理的工程技术人员、操作人员以及管理人员学习、参考,也可作为污水处理工人的技能培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

实用废水处理技术/李亚峰,佟玉衡,陈立杰编.—2

版.—北京:化学工业出版社,2007.4

ISBN 978-7-122-00112-2

I. 实… II. ①李…②佟…③陈… III. 废水处理 IV. X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第034298号

责任编辑:陈丽

文字编辑:荣世芳

责任校对:宋玮

装帧设计:王璐

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张17 字数443千字 2007年5月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

本书第一版自 1998 年 11 月出版以来,深受广大读者的欢迎,先后印刷 7 次。为了满足从事废水处理操作和进行技术培训的广大技术工人、工程技术人员、管理干部的需要,在原《实用废水处理技术》的基础上,结合废水处理技术的发展及应用情况对原书进行了重新编写。

本书第二版仍然坚持第一版的编写风格,强调知识的实用性,语言的通俗性。在内容上增加了近几年在实际工程中已经得到广泛应用的一些新技术和新方法,如膜生物反应器、曝气滤池及一些高级氧化技术等。在结构上也作了一定的调整,由原来的 17 章增加到 22 章,力求知识体系更加合理。

本书共分为五篇二十二章。第一篇“废水处理的基本知识”主要介绍废水的来源与性质、废水处理的典型工艺及特点。第二篇“废水的物理处理法”主要介绍废水物理处理方法的基本原理和主要工艺特点。第三篇“废水的化学及物理化学处理法”主要介绍废水化学及物理化学处理法的基本原理和主要工艺特点。第四篇“废水的生物处理法”主要介绍废水生物处理法的基本原理和主要工艺特点。第五篇“污泥的处理与处置”主要介绍污泥浓缩、消化以及脱水等相关知识。本书可以作为相关领域的工程技术人员、大专院校师生的参考读物,也可以作为城市污水处理厂工程技术人员和操作工上岗培训的教材。

本书第一章至第十四章由李亚峰、佟玉衡、陈立杰编写;第十五章至第二十二章由陈立杰、佟玉衡、李亚峰编写。全书最后由李亚峰统编定稿。

由于编者知识水平有限,对于书中缺点和疏漏之处,请读者不吝指教。

编者

2007 年 1 月

第一版前言

《实用废水处理技术》是为从事废水处理操作和进行技术培训的广大技术工人、工程技术人员、管理干部而编写的。

根据化工部、劳动部颁发的《三废处理》职业技能鉴定规范的要求，本书比较系统地介绍了废水的性质、特征，废水处理的基本理论，废水的各种处理方法，主要废水处理设备的结构、特征、运行管理等内容，并有城市生活污水处理原理的内容介绍。本书是废水处理操作工进行职业技能鉴定培训、考核的必备参考书。

全书共有十七章，由长期从事废水处理技术工作的高级工程师佟玉衡编写。全书由董业广、刘勃安、王成荣等审阅。

编者
1998.8

目 录

第一篇 废水处理的基本知识	1
第一章 废水分类及水质指标	2
第一节 废水的性质及分类	2
第二节 废水中主要污染物质及其危害	3
第三节 废水水质指标	6
第二章 废水处理方法及典型工艺流程	11
第一节 废水处理方法概述	11
第二节 废水处理典型工艺流程及流程的确定	12
第二篇 废水的物理处理法	17
第三章 格栅与滤网	18
第一节 格栅	18
第二节 滤网	20
第四章 重力分离	23
第一节 沉淀的基础理论	23
第二节 沉砂池	26
第三节 沉淀池	31
第四节 隔油池	49
第五章 其他物理处理方法	52
第一节 离心分离	52
第二节 过滤	54
第三节 均和调节	60
第三篇 废水的化学及物理化学处理法	63
第六章 中和	64
第一节 基本原理	64
第二节 酸碱废水中和法	65
第三节 药剂中和法	65
第四节 过滤中和法	69
第七章 化学沉淀	72
第一节 概述	72
第二节 氢氧化物沉淀法	72
第三节 硫化物沉淀法	74
第四节 钡盐沉淀法	74

第八章 混凝	76
第一节 混凝机理	76
第二节 常用混凝剂	80
第三节 混凝装置与工艺过程	82
第四节 澄清池	87
第九章 氧化还原	91
第一节 氧化法	91
第二节 还原法	95
第三节 高级氧化新技术	96
第十章 电解	104
第一节 电解法基本原理	104
第二节 电解槽的结构形式和极板电路	106
第十一章 吸附	108
第一节 吸附的基本理论	108
第二节 吸附操作方式	111
第三节 吸附剂的解吸再生	112
第四节 吸附法在废水处理中的应用	114
第十二章 离子交换	117
第一节 离子交换剂	117
第二节 离子交换基本理论	119
第三节 离子交换的工艺过程	121
第十三章 气浮	124
第一节 气浮的基本原理	124
第二节 气浮方法及设备	125
第十四章 其他物理化学法	132
第一节 萃取	132
第二节 吹脱	135
第三节 汽提	137
第四节 膜分离法	138

第四篇 废水的生物处理法	147
第十五章 废水生物处理中的微生物	148
第一节 细菌	148
第二节 其他微生物	153
第十六章 活性污泥法	157
第一节 活性污泥法的基本原理	157
第二节 活性污泥评价指标及活性污泥法影响因素	160
第三节 曝气池的类型与构造	162
第四节 曝气方法与原理	165
第五节 活性污泥法处理工艺	173
第六节 活性污泥法脱氮除磷基本原理与主要工艺	187
第七节 活性污泥法的运行管理	191

第十七章 生物膜法	196
第一节 概述	196
第二节 生物滤池	198
第三节 生物转盘	206
第四节 生物膜法的运行管理	210
第五节 生物接触氧化	212
第六节 曝气生物滤池	214
第十八章 自然生物净化	216
第一节 氧化塘	216
第二节 人工湿地处理技术	217
第十九章 膜生物反应器	221
第一节 膜生物反应器的分类与特征	221
第二节 膜生物反应器的工艺流程及设计	223
第三节 MBR 反应器中膜污染及防治	225
 第五篇 污泥的处理与处置	 229
第二十章 污泥的性质与浓缩	230
第一节 污泥的性质与排除	230
第二节 污泥浓缩	234
第二十一章 污泥的厌氧消化	238
第一节 污泥厌氧消化机理	238
第二节 消化池的构造与运行方式	242
第三节 消化池的运行管理	247
第二十二章 污泥脱水、最终处置与利用	249
第一节 污泥脱水与干化	249
第二节 污泥的干燥与焚烧	257
第三节 污泥的最终处置与利用	260
参考文献	264

第一篇

废水处理的基本知识

第一章 废水分类及水质指标

第一节 废水的性质及分类

第二节 废水中主要污染物质及其危害

第三节 废水水质指标

第二章 废水处理方法及典型工艺流程

第一节 废水处理方法概述

第二节 废水处理典型工艺流程及流程的确定

第一章 废水分类及水质指标

第一节 废水的性质及分类

一、废水

水是自然界中宝贵的自然资源，是人类赖以生存的必要条件。然而，在人类的生产和生活活动中，从自然界中取用的水受到污染，改变了原来的性质，甚至丧失了使用价值，于是将其废弃外排，这种被废弃外排的水称为废水。导致取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（如冷却水等），因而用“废水”一词统称所有的废水比较合适。在水质污浊的情况下，两种术语可以通用。

二、废水的性质

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，即污染物的种类、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 1-1 列举了我国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 100~350mg/L 和 100~400mg/L。各种工业废水的主要污染指标也用悬浮物和生化需氧量表示，但其浓度却相差悬殊。例如，水果罐头废水的悬浮物变化于 250~3500mg/L 之间，而人造纤维废水却只有 50~200mg/L；蔬菜罐头废水的生化需氧量为 100~6800mg/L，而板纸废水的生化需氧量却只有 50~200mg/L。表 1-2 和表 1-3 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。

表 1-1 我国生活污水水质

单位：mg/L

项 目	北京	上海	西安	武汉	项 目	北京	上海	西安	武汉
悬浮物	50~327	320.7		66~330	氯化物	124~128	141.5	80~105	
耗氧量	30~88	—		52~64	磷	30~34.6	—		
BOD ₅	90~180	360		320~338	钾	17.7~22	—		
氨氮	25~45	47.1	21.7~32.5	15~59.3	pH 值	7.35~7.7	7.31	7.30~7.85	7.1~7.6

表 1-2 电镀废水水质

单位：mg/L

项 目	含铬废水	含氰废水	混合电镀废水	项 目	含铬废水	含氰废水	混合电镀废水
悬浮物		300	—	Ni	1~2	—	5~58
硫酸	200~300	—	—	Pb	0.5~1	—	—
Cr(六价)	5~45	60	0~49	Al	12	—	—
Cu	0.2~0.4	—	2~36	CN		10~40	1~103
Zn		350	0.2~10	pH 值	2~3	3.5~9	—
Cd	1	—	0.5~4				

表 1-3 印染废水水质

单位: mg/L

项 目	棉 布	人造纤维	项 目	棉 布	人造纤维
色度(倍)	200	543	总硫化物	11	2.3
悬浮物	109	1064	酚	0.06	0.04
总固体	1410	3383	氰化物	0.01	0.13
耗氧量	218	215	苯胺	0.16	0.001
BOD ₅	240	297	铬(六价)	0.04	0.04
COD	717	1201	pH 值	9~10	6~8

三、废水分类

根据废水的来源,可将其分为生活污水和工业废水两大类。生活污水是指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;工业废水是指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,其中包括生活污水和工业废水。

根据废水中的主要成分,可分为有机废水、无机废水和综合废水。有机废水是指废水中污染物主要是有机物质;无机废水一般以无机污染物为主;综合废水是指废水中含有机污染物,也含无机污染物,并且两者含量都很高。

废水中如果某一种成分在污染物中占首要地位,则常常以该成分取名,如含酚废水、含氰废水、含氮废水、含汞废水等。

根据废水的酸碱性,也可将废水分为酸性废水、碱性废水和中性废水。

此外,还可以根据产生废水的工业部门或生产工艺来取名。如,焦化废水、电镀废水、造纸废水、化工废水、印染废水、农药废水、冷却废水等。

第二节 废水中主要污染物质及其危害

废水中的污染物质种类较多。根据废水对环境污染所造成危害的不同,可把污染物划分为固体污染物、有机污染物、油类污染物、有毒污染物、生物污染物、酸碱污染物、营养物质污染物及感官污染物等。

一、固体污染物

水中固体污染物质的存在形态有悬浮状态、胶体状态和溶解状态三种。呈悬浮状态的物质通常称为悬浮物,是指粒径大于 100nm 的杂质,这种杂质造成水质显著混浊。其中颗粒较重的多数是泥砂类的无机物,以悬浮状态存在于水中,在静置时会自行沉降。颗粒较轻的多为动植物腐败而产生的有机物质,浮在水面上。悬浮物还包括浮游生物(如蓝藻类、硅藻类)及微生物。

所谓胶体状态的物质是指粒径大致在 1~100nm 之间的杂质。胶体杂质多数是黏土性无机胶体和高分子有机胶体。高分子有机胶体是相对分子质量很大的物质,一般是水中的植物残骸经过腐烂分解的产物,如腐殖酸、腐殖质等。黏土性无机胶体则是造成水质混浊的主要原因。胶体杂质具有两种特性,一种是由于单位容积中胶体的总面积很大,因而吸附大量离子而带有电性,使胶体之间产生电性斥力而不能互相黏结,颗粒始终稳定在微粒状态而不能自行下沉。另一种是由于光线照射到胶体上被散射而导致混浊现象。

呈溶解状态的物质,其粒径大约在 1nm 以下,主要以低分子或离子状态存在。这种杂质不会产生水的外表混浊现象。例如,食盐溶解于水,水仍然是透明的。低分子物质主要有有机酸、有机碱、氨基酸和碳水化合物等。呈离子状态的主要有阳离子 H^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+} 、 NH_4^+ 等和阴离子 OH^- 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等。

水中固体污染物质主要是指固体悬浮物。大量悬浮物排入水体，造成外观恶化、浑浊度升高，改变水的颜色。悬浮物沉于河底淤积河道，危害水体底栖生物的繁殖，影响渔业生产；沉积于灌溉的农田，则会堵塞土壤孔隙，影响通风，不利于作物生长。

二、有机污染物

这里的有机污染物是指以碳水化合物、蛋白质、氨基酸以及脂肪等形式存在的天然有机物质及某些其他可生物降解的人工合成有机物质。这些有机物质主要来自生活污水和一部分工业废水。

有机污染物排入水体后，使水体中的物质组成发生变化，破坏了原有的物质平衡。同时，它们也参与水体中的物质转化和循环过程，通过一系列物理、化学、物理化学和生物化学反应而被分离或分解，使水体基本或完全恢复到原来的状态，即原有的生态平衡得到恢复。这个过程就是水体自净。地面水体对有机物有一定的自净能力，废水排入水体后，如果水中有充足的溶解氧，而且还能够不断地从大气中得到补充，使溶解氧量保持在一定水平以上，说明进入水体的有机污染物没有超过水体的自净能力。这时有有机物在水体中进行的是好氧分解。

如果排入水体的有机污染物过多，大量消耗了水中的溶解氧，从大气补充的氧也不敷需要，这说明排入的有机污染物超过了水体的自净能力，水体将出现由于缺氧而产生的一些现象。当溶解氧长期处于 $4\sim 5\text{mg/L}$ 以下时，一般的鱼类就不能生存，如果完全缺氧，有机污染物将转入厌氧分解，产生硫化氢、甲烷等还原性气体，使水中动植物大量死亡，而且可使水体变黑变浑，发生恶臭，环境严重恶化。

三、油类污染物

油类污染物主要来自含油废水。水体含油达 0.01mg/L 即可使鱼肉带有特殊气味而不能食用。含油稍多时，在水面上形成油膜，使大气与水面隔绝，破坏正常的充氧条件，导致水体缺氧；油膜还能附在鱼鳃上，使鱼类呼吸困难，甚至窒息死亡；当鱼类产卵期，在含油废水的水域中孵化的鱼苗，多数产生畸形，生命力低弱，易于死亡。含油污染物对植物也有影响，妨碍通气和光合作用，使水稻、蔬菜减产，甚至绝收。

含有石油的废水进入海洋后，造成的危害是很明显的，不仅影响海洋生物的生长，降低海洋的自净能力，而且影响海滨环境。

四、有毒污染物

废水中的有毒污染物主要有无机化学毒物、有机化学毒物和放射性物质。

无机化学毒物主要是指重金属及其化合物。重金属元素不易或完全不能生物降解，大多数重金属离子及其化合物易于被水中悬浮颗粒所吸附而沉淀于水底的沉积层中，长期污染水体。某些重金属及其化合物能在鱼类及其他水生生物体内以及农作物组织内累积、富集而造成危害。人通过饮水及食物链的作用，使重金属物质在体内累积富集而中毒，甚至导致死亡。

有机化学毒物，主要是指酚、苯、硝基物、有机农药、多氯联苯、多环芳烃、合成洗涤剂。这些物质具有较强的毒性。如多氯联苯具有亲脂性，易溶于脂肪与油中，可能致癌，多环芳烃是致癌物质。

放射性物质是指具有放射性核素的物质。这类物质通过自身的衰变可放射出 α 、 β 、 γ 等

射线。放射性物质进入人体后会继续放出射线，危害机体，使人患贫血、恶性肿瘤等疾病。

五、生物污染物

生物污染物是指废水中含有的致病性微生物。废水及生活污水中含有许多微生物，大部分是无害的，但其中也可能含有对人体与牲畜有害的病原菌，例如，制革厂废水中常含有炭疽杆菌，医院污水中含有病原菌、病毒等。生活污水中含有能引起肠道系统疾病的细菌和寄生虫卵等。

六、酸碱污染物

酸碱污染物是指废水中含有的酸性污染物和碱性污染物。酸碱物质具有较强的腐蚀性，可以腐蚀管道和构筑物；排入水体会改变水体的 pH 值，干扰水体自净，并影响水生生物的生长和渔业生产；排入农田会改变土壤的性质，使土地酸化或盐碱化，危害农作物。

七、营养物质污染物

这里的营养物质是指氮、磷。在人类活动的影响下，生物所需的氮、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。这种现象称为富营养化。水体出现富营养化时，浮游生物大量繁殖，因占优势的浮游生物的颜色不同，水面往往呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等。这种现象在江河湖泊中称为水华，在海中则叫作赤潮。

八、感官污染物

感官污染物是指废水中能引起人们感官上不愉快的污染现象者，如使水质产生浑浊、恶臭、异味、颜色、泡沫等。

九、热污染

有些废水水温较高，当排入水体后，会造成水体的热污染，使水中溶解氧降低，危害水生生物生长甚至导致其死亡。

废水中的各种污染物对环境和人类的危害程度和作用方式是不同的。表 1-4 为废水中的主要污染物及其危害特征。

表 1-4 废水中的主要污染物及其危害特性

分 类	污 染 物	主要 危害 特征												
		浊度	色度	恶臭	传染病	耗氧	富营养化	硬度	毒性	油污染	放射性	酸化	易积累	易富集
1. 致浊物	尘、泥、土、砂、灰、渣、屑、漂浮物	○	●	●	●	●	●		●	●	●		○	
2. 致色物	色素、染料		○						●					
3. 致臭物	胺、硫醇、硫化氢、氨			○		●	●		●					
4. 病原微生物	病菌、病毒、寄生虫		●		○	●	●		●					
5. 需氧有机物	碳水化合物、蛋白质、氨基酸、木质素、脂肪酸	●	○	○	●	○	●	●						
6. 植物营养素	硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、磷酸盐、有机氮、洗涤剂		●	○		●	○						○	
7. 无机有害物	酸、碱、盐类							○					●	
8. 重金属	汞、镉、铬、铅、砷、铜		●						○				○	○

续表

分 类	污 染 物	主要 危害 特征												
		浊度	色度	恶臭	传染病	耗氧	富营养化	硬度	毒性	油污染	放射性	酸化	易积累	易富集
9. 易分解有机毒物	酚、苯、醛、有机磷农药		●			○			○					
10. 难分解有机毒物	DDT、666、狄氏剂、艾氏剂、PCB、多环芳烃、芳香烃					●			○				○	○
11. 硫、氮氧化物	二氧化硫、氮氧化物											○		

注：●表示危害程度较重；○表示危害程度较轻。

第三节 废水水质指标

水质指标是对水体进行监测、评价、利用以及污染治理的主要依据。在考虑和研究污水处理流程和其最终处置方法时，首要的条件是全面掌握废水在物理、化学和生物学等方面的特征。为此，必须对废水按规定指标进行全面的分析监测。此外，在废水处理装置的运行管理中，为了控制和掌握废水处理装置的工作状态和处理效果，也必须定期对处理过程中的废水按一定的指标进行监测。

水质的分析监测应按国家规定的标准进行。

水质指标可以概括分为物理指标、化学指标和生物指标。

一、物理指标

1. 固体物质

废水中的固体物质包括悬浮固体和溶解固体两类。悬浮固体是指悬浮于水中的固体物质。在水质分析中，将水样过滤，凡不能通过滤器的固体颗粒物称为悬浮固体。悬浮固体也称悬浮物质或悬浮物，通常用 SS 表示，是反映废水中固体物质含量的一个常用重要水质指标，单位 mg/L。

溶解固体也称溶解物，是指溶于水的各种无机物质和有机物质的总和。在水质分析中，是指将水样过滤后，将滤液蒸干所得到的固体物质。

溶解固体与悬浮固体两者之和称为总固体。在水质分析中，总固体是将水样在一定温度下蒸干后所残余的固体物质总量，也称蒸发残余物。

2. 浊度

水的浊度是一种表示水样的透光性能的指标，是由于水中泥沙、黏土、微生物等细微的无机物和有机物及其他悬浮物使通过水样的光线被散射或吸收而不能直接穿透所造成的，一般以每升蒸馏水中含有 1mgSiO₂（或硅藻土）时对特定光源透过所发生的阻碍程度为 1 个浊度的标准，称为杰克逊度，以 JTU 表示。浊度计是利用水中悬浮杂质对光具有散射作用的原理制成的，其测得的浊度是散射浊度单位，以 NTU 表示。

浊度的测定方法有分光光度法和目视比色法两种，这两种方法测定的结果单位是 JTU。另外，还有使用光的散射作用测定水浊度的仪器法，浊度计测定的结果单位是 NTU。

3. 臭和味

臭和味是判断水质优劣的感官指标之一。洁净的水是没有气味的，受到污染后会产生各种臭味。常见的水臭味有霉烂臭味、粪便臭味、汽油臭味、臭蛋味、氯气味等。臭味的表示方法现行是用文字描述臭的种类，用强、弱等字样表示臭的强度。比较准确的定量方法是臭

阈法，即用无臭水将待测水样稀释到接近无臭程度的稀释倍数表示臭的强度。

4. 温度

温度也是一项重要指标。水温的变化对废水生物处理有很大影响，水温通常用刻度为 0.1°C 的温度计测定。深水可用倒置温度计，用热敏电阻温度计能快速而准确测定温度。水温要在现场测定。

5. 色泽和色度

色泽是指废水的颜色种类，通常用文字描述，如：废水呈深蓝色、棕黄色、浅绿色、暗红色等。色度是指废水所呈现的颜色深浅程度。色度有两种表示方法：一是采用铂钴标准比色法，规定在1L水中含有氯铂酸钾(K_2PtCl_6)2.491mg及氯化钴($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)2.00mg时，也就是在1L水中含铂(Pt)1mg及钴(Co)0.5mg时所产生的颜色深浅为1度(1°)；二是采用稀释倍数法，将废水按一定的稀释倍数，用水稀释到接近无色时的稀释倍数。

6. 电导率

水中存在离子会产生导电现象。电导是电阻的倒数，单位距离上的电导称为电导率。电导率表示水中电离性物质的总数，间接表示了水中溶解盐的含量。电导率的大小同溶于水中的物质浓度、活度和温度有关。电导率用 K 表示，单位为 S/cm 或 $1/(\Omega \cdot \text{cm})$ 。

二、化学指标

1. 生化需氧量

生化需氧量(全称生物化学需氧量，习惯上用英文缩写“BOD”表示)是指在温度、时间都一定的条件下，微生物在分解、氧化水中有机物的过程中，所消耗的溶解氧量，其单位为 mg/L 或 kg/m 。

微生物在分解有机物过程中，分解作用的速度和程度与温度和时间有直接关系。有机物在好氧微生物的作用下降解并转化为 CO_2 、 H_2O 及 NH_3 的过程，在 20°C 条件下，一般需要10~20天才能完成。为了使测定的BOD值有可比性，在水质分析中，规定将水样在 20°C 条件下，培养五天后测定水中溶解氧消耗量作为标准方法，测定结果称为五日生化需氧量，以 BOD_5 表示。如果测定时间是20天，则结果称作20天生化需氧量(也称完全生化需氧量)，以 BOD_{20} 表示。生活污水的 BOD_5 约为 BOD_{20} 的70%左右。BOD反映了水中可被微生物分解的有机物总量。BOD值越大，则说明水中有机物含量越高，所以，BOD是反映水中有机物含量的最主要水质指标。BOD小于 $1\text{mg}/\text{L}$ 表示水体清洁，大于 $3\sim 4\text{mg}/\text{L}$ 则表示水已受到有机物的污染。

2. 化学需氧量

以 BOD_5 作为有机物的浓度指标，也存在着一些缺点：①测定时间需5天，仍太长，难以及时指导生产实践；②如果污水中难生物降解有机物浓度较高， BOD_5 测定的结果误差较大；③某些工业废水不含微生物生长所需的营养物质，或者含有抑制微生物生长的有毒有害物质，影响测定结果。为了克服上述缺点，可采用化学需氧量指标。

化学需氧量(也称化学耗氧量，习惯上用英文缩写“COD”表示)是指在一定条件下，用强氧化剂氧化废水中的有机物质所消耗的氧量。常用的氧化剂有重铬酸钾和高锰酸钾。我国规定的废水检验标准采用重铬酸钾作为氧化剂，在酸性条件下进行测定。所以有时记作“ COD_{Cr} ”，一般简写为COD，单位为 mg/L 。

化学需氧量COD的优点是较精确地表示污水中有机物的含量，测定时间仅需数小时，且不受水质的限制。缺点是不能像BOD那样反映出微生物氧化有机物，直接地从卫生学角度阐明被污染的程度；此外，污水中存在的还原性无机物(如硫化物)被氧化也需消耗氧，

所以 COD 值也存在一定误差。

测定 COD 采用的是强氧化剂,对大多数的有机物可以氧化到 85%~95% 以上,所以,同一种水质的 COD 一般高于 BOD,其间的差值能够粗略地表示不能为微生物所降解的有机物。差值越大,难生物降解的有机物含量越多,越不宜采用生物处理法。因此 BOD_5/COD 的比值,可作为该污水是否适宜于采用生物方法处理的判别标准,故把 BOD_5/COD 的比值称为可生化性指标,比值越大,越容易被生化处理。一般认为此比值大于 0.3 的污水,才适于采用生化处理。生活污水的 BOD 与 COD 的比值大致为 0.4~0.8 范围。对于一定的废水而言,一般说来, $COD > BOD_{20} > BOD_5$ 。

3. 总需氧量

总需氧量 TOD 是指水中的还原性物质在高温下燃烧后变成稳定的氧化物时所需要的氧量,结果以 mg/L 计。TOD 值可以反映出水中几乎全部有机物(包括 C、H、O、N、P、S 等成分)经燃烧后变成 CO_2 、 H_2O 、 NO_x 、 SO_2 等时所需要消耗的氧量。此指标的测定,与 BOD、COD 的测定相比,更为快速简便,其结果也比 COD 更接近于理论需氧量。

4. 总有机碳

总有机碳 TOC 是间接表示水中有机物含量的一种综合指标,其显示的数据是污水中有有机物的总含碳量,单位以碳(C)的 mg/L 来表示。一般城市污水的 TOC 可达 200mg/L,工业污水的 TOC 范围较宽,最高的可达几万 mg/L,污水经过二级生物处理后的 TOC 一般小于 50mg/L。

5. 总氮 TN、氨氮 NH_3-N 、凯氏氮 TKN

(1) 总氮 TN 为水中有机氮、氨氮和总氧化氮(亚硝酸氮及硝酸氮之和)的总和。有机污染物分为植物性和动物性两类:城市污水中植物性有机污染物如果皮、蔬菜叶等,其主要化学成分是碳(C),由 BOD_5 表征;动物性有机污染物质包括人畜粪便、动物组织碎块等,其化学成分以氮(N)为主。氮属植物性营养物质,是导致湖泊、海湾、水库等缓流水体富营养化的主要物质,成为废水处理的重要控制指标。

(2) 氨氮 NH_3-N 氨氮是水中以 NH_3 和 NH_4^+ 形式存在的氮,它是有机氮化物氧化分解的第一步产物。氨氮不仅会促使水体中藻类的繁殖,而且游离的 NH_3 对鱼类有很强的毒性,致死鱼类的浓度在 0.2~2.0mg/L 之间。氨也是污水中重要的耗氧物质,在硝化细菌的作用下,氨被氧化成 NO_2^- 和 NO_3^- ,所消耗的氧量称硝化需氧量。

(3) 凯氏氮 TKN 是氨氮和有机氮的总和。测定 TKN 及 NH_3-N ,两者之差即为有机氮。

6. 总磷 TP

总磷是污水中各类有机磷和无机磷的总和。与总氮类似,磷也属植物性营养物质,是导致缓流水体富营养化的主要物质。受到人们的关注,成为一项重要的水质指标。

7. pH 值

酸度和碱度是污水的重要污染指标,用 pH 值来表示。它对保护环境、污水处理及水工构筑物都有影响,一般生活污水呈中性或弱碱性,工业污水多呈强酸或强碱性。城市污水的 pH 值呈中性,一般为 6.5~7.5。pH 值的测定通常根据电化学原理采用玻璃电极法,也可以用比色法。

应该指出,pH 值不是一个定量的指标,不能说明废水中呈酸性(或呈碱性)的物质的数量。

8. 非重金属无机有毒物质

(1) 氰化物(CN) 氰化物是剧毒物质,急性中毒时抑制细胞呼吸,造成人体组织严重缺氧,对人的经口致死量为0.05~0.12g。

排放含氰废水的工业主要有电镀、焦炉和高炉的煤气洗涤,金、银选矿和某些化工企业等,含氰浓度约20~70mg/L之间。

氰化物在水中的存在形式有无机氰(如氰氢酸HCN、氰酸盐 CN^-)及有机氰化物(称为腈,如丙烯腈 $\text{C}_2\text{H}_3\text{CN}$)。

我国饮用水标准规定,氰化物含量不得超过0.05mg/L,农业灌溉水质标准规定为不大于0.5mg/L。

(2) 砷(As) 砷是对人体毒性作用比较严重的有毒物质之一。砷化物在污水中存在形式有无机砷化物(如亚砷酸盐 AsO_2^- ,砷酸盐 AsO_4^{3-})以及有机砷(如三甲基砷)。三价砷的毒性远高于五价砷,对人体来说,亚砷酸盐的毒性作用比砷酸盐大60倍,因为亚砷酸盐能够和蛋白质中的硫反应,而三甲基砷的毒性比亚砷酸盐更大。

砷也是累积性中毒的毒物,当饮水中砷含量大于0.05mg/L时就会导致累积。近年来发现砷还是致癌元素(主要是皮肤癌)。工业中排放含砷废水的有化工、有色冶金、炼焦、火电、造纸、皮革等行业,其中以冶金、化工排放砷量较高。

我国饮用水标准规定,砷含量不应大于0.04mg/L,农田灌溉标准是不高于0.05mg/L,渔业用水不超过0.1mg/L。

9. 重金属

重金属指原子序数在21~83之间的金属或相对密度大于4的金属。其中汞(Hg)、镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)毒性最大,危害也最大。

(1) 汞(Hg) 汞是重要的污染物质,也是对人体毒害作用比较严重的物质。汞是累积性毒物,无机汞进入人体后随血液分布于全身组织,在血液中遇氯化钠生成二价汞盐累积在肝、肾和脑中,在达到一定浓度后毒性发作,其毒理主要是汞离子与酶蛋白的硫结合,抑制多种酶的活性,使细胞的正常代谢发生障碍。

甲基汞是无机汞在厌氧微生物的作用下转化而成的。甲基汞在体内约有15%累积在脑内,侵入中枢神经系统,破坏神经系统功能。

含汞废水排放量较大的是氯碱工业,因其在工艺上以金属汞作流动阴电极,以制成氯气和苛性钠,有大量的汞残留在废盐水中。聚氯乙烯、乙醛、醋酸乙烯的合成工业均以汞作催化剂,因此上述工业废水中含有一定数量的汞。此外,在仪表和电气工业中也常使用金属汞,因此也排放含汞废水。

我国饮用水、农田灌溉水都要求汞的含量不得超过0.001mg/L,渔业用水要求更为严格,不得超过0.0005mg/L。

(2) 镉(Cd) 镉也是一种比较广泛的污染物质。镉是一种典型的累积富集型毒物,主要累积在肾脏和骨骼中,引起肾功能失调,骨质中钙被镉所取代,使骨骼软化,造成自然骨折,疼痛难忍。这种病潜伏期长,短则10年,长则30年,发病后很难治疗。

每人每日允许摄入的镉量为0.057~0.071mg。我国饮用水标准规定,镉的含量不得大于0.01mg/L,农业用水与渔业用水标准则规定要小于0.005mg/L。

镉主要来自采矿、冶金、电镀、玻璃、陶瓷、塑料等生产部门排出的废水。

(3) 铬(Cr) 铬也是一种较普遍的污染物。铬在水中以六价和三价两种形态存在,三价铬的毒性低,作为污染物质所指的是六价铬。人体大量摄入能够引起急性中毒,长期少量摄入也能引起慢性中毒。