

污水处理厂技术工人培训用书

废水处理

佟玉衡 编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

污水处理厂技术工人培训用书

废 水 处 理

佟玉衡 编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

废水处理/佟玉衡编. —北京: 化学工业出版社,
2004. 7

污水处理厂技术工人培训用书

ISBN 7-5025-5868-3

I. 废… II. 佟… III. 废水处理-技术培训-自学
参考资料 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 077336 号

污水处理厂技术工人培训用书

废 水 处 理

佟玉衡 编

责任编辑: 陈 丽 董 琳

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 王素芹

封面设计: 于剑凝

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 16¼ 字数 444 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5868-3/G · 1586

定 价: 34.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是污水处理厂技术工人培训用书之一。

本书系统地介绍了废水处理各种方法的基本原理、工艺流程、设备构造、操作要点及控制与管理。全书共分六篇十二章，内容包括概论；废水的物理处理法，如重力分离、筛滤与离心分离；废水的化学处理法，如中和、电解、化学氧化和还原及消毒；废水的物理化学处理法，如混凝、吸附、离子交换、气浮、萃取、吹脱、汽提及膜分离；废水的生物处理法，如活性污泥法、生物膜法；污泥的处理与处置等。

本书可供从事城市生活污水和工业废水处理的技术人员、操作人员及管理人员学习与参考，也可作为污水处理操作工人岗位技能的培训教材。

前 言

随着社会的不断进步和经济的持续发展，环境问题越来越被人们所关注。污水处理及再生利用已成为改善环境和节水、实现可持续发展的重要工作。

改革开放以来，我国污水处理及再生利用工作取得了很大进展。截至 2002 年底，我国已有城市污水处理厂 537 座，处理能力为 3 578.5 万吨/d，其中有二、三级污水处理厂 399 座，污水处理率为 40%。同时，各种工业废水处理厂（站）遍布全国。今后几年将是我国污水处理事业大发展的时期。

由于我国污水处理事业起步较晚，与其他行业相比，尚缺乏成熟的运行管理经验，技术人员和管理人员不足，缺乏熟练的运行操作人员，许多污水处理厂建成后维持正常运行比较困难。部分已建成的污水处理设施运行效率不高，使污水处理设施的作用没有完全发挥出来，影响了应有的环境效益和社会效益。因此，迅速提高污水处理设施的运行管理水平和运行人员的整体素质、努力提高污水处理设施的运行效率已成为目前亟待解决的问题。为此，根据劳动部、原化工部颁发《三废处理》职业技能鉴定规范的要求，于 1998 年编写了《实用废水处理技术》一书。该书发行六年来，受到广大读者的欢迎。为了适应迅速发展的污水处理事业的要求，现将原书进行修订，再版更名为《废水处理》。原书内容作了如下调整：

- ① 补充了废水处理微生物学基础知识；
- ② 补充了活性污泥法的发展内容；
- ③ 补充了常用的水质标准和水质分析方法；
- ④ 原书的章节设置作了压缩调整。

本书是为从事污水处理操作和进行技术培训的广大技术工人、

工程技术人员及管理人员编写的。

由于编者水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2004年4月

目 录

第一篇 概 论

第一章 概述.....	1
第一节 废水的来源、种类及特征.....	1
第二节 废水中主要污染物质及其危害.....	4
第三节 废水水质指标.....	8
第四节 废水处理方法的概述.....	14

第二篇 废水的物理处理法

第二章 重力分离.....	20
第一节 沉淀的基础理论.....	20
第二节 沉淀池.....	27
第三节 沉淀池的强化与改进.....	43
第四节 沉砂池.....	49
第五节 隔油池.....	55

第三章 筛滤与离心分离.....	60
第一节 格栅.....	60
第二节 筛网.....	67
第三节 滤池.....	69
第四节 离心分离.....	87

第四章 水质水量调节.....	91
-----------------	----

第三篇 废水的化学处理法

第五章 废水的化学处理法.....	96
-------------------	----

第一节	中和	96
第二节	电解	103
第三节	化学氧化	108
第四节	还原与化学沉淀	114
第五节	消毒	116

第四篇 废水的物理化学处理法

第六章	废水的物理化学处理法	125
第一节	混凝	125
第二节	澄清池	138
第三节	吸附	145
第四节	离子交换	154
第五节	气浮	166
第六节	萃取	176
第七节	吹脱与汽提	184
第八节	膜分离法	189

第五篇 废水的生物处理法

第七章	废水处理微生物学基础	198
第一节	细菌的形态和构造	199
第二节	细菌的生理特性	203
第三节	细菌的生长与变异	208
第四节	其他微生物	210
第五节	废水生物处理中微生物的作用	218
第八章	活性污泥法	224
第一节	活性污泥法基本原理	224
第二节	活性污泥法的运行方式	230
第三节	曝气	235
第四节	曝气池的构造	248

第五节	活性污泥法工艺控制·····	253
第六节	活性污泥法的运行管理·····	265
第九章	活性污泥法的发展·····	273
第一节	生物脱氮除磷·····	273
第二节	间歇式活性污泥法·····	282
第三节	两级活性污泥法·····	295
第四节	氧化沟·····	301
第十章	生物膜法·····	327
第一节	生物滤池·····	327
第二节	生物转盘·····	341
第三节	生物接触氧化·····	348
第四节	生物膜法的运行管理·····	351
第十一章	氧化塘与灌溉·····	356

第六篇 污泥的处理与处置

第十二章	污泥的处理与处置·····	360
第一节	污泥的种类及特性·····	360
第二节	污泥浓缩·····	365
第三节	污泥消化·····	377
第四节	污泥脱水·····	392
第五节	污泥干燥与焚烧·····	412
第六节	污泥最终处置与利用·····	418
附录 ·····		420
附录一	污水排入城市下水道水质标准 (CJ 3082—1999)·····	420
附录二	地表水环境质量标准 (GHZB 1—1999)·····	421
附录三	污水综合排放标准 (GB 8978—1996)·····	431

附录四	城市污水处理厂污水污泥排放标准 (GJ 3025—93)	445
附录五	农田灌溉水质标准 (GB 5084—92)	448
附录六	生活杂用水水质标准 (CJ 25.1—89)	455
附录七	农用污泥质量标准 (GB 4284—84)	457
附录八	排水管道维护安全技术规程 (CJJ 6—85)	458
附录九	常用污水水质检验方法标准	465
(一)	城市污水 pH 值的测定——电位计法 CJ 26.1—91	465
(二)	城市污水悬浮固体的测定——重量法 CJ 26.2—91	468
(三)	城市污水易沉固体的测定——体积法 CJ 26.3—91	471
(四)	城市污水总固体的测定——重量法 CJ 26.4—91	473
(五)	城市污水五日生化需氧量的测定——稀释与 接种法 CJ 26.5—91	474
(六)	城市污水化学需氧量的测定——重铬酸钾法 CJ 26.6—91	481
(七)	城市污水油的测定——重量法 CJ 26.7—91	485
(八)	城市污水氨氮的测定 CJ 26.25—91	488
(九)	城市污水总氮的测定——蒸馏后滴定法 CJ 26.27—91	494
(十)	城市污水总磷的测定——分光光度法 CJ 26.28—91	500
(十一)	城市污水总有机碳的测定——非色散红外法 CJ 26.29—91	506
主要参考文献		510

第一篇 概 论

第一章 概 述

第一节 废水的来源、种类及特征

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。然而在人们的生活和生产活动中，从自然界中取用水的同时，使水又受到了污染，改变了自然界中水原来的性质，甚至使水失去了使用价值，于是将其废弃外排，这种被废弃外排的水称为废水。

根据来源不同，废水可分为生活污水和工业废水两大类。

生活污水是指人们在日常生活活动中所排出的废水，这种废水主要被生活废料和人的排泄物所污染，污染物的数量、成分和浓度与人们的生活习惯、用水量有关。

生活污水一般并不含有有毒物质，但是，它具有适于微生物繁殖的条件，含有大量细菌和病原体，从卫生角度来看，具有一定的危害性。

工业废水是指在工业企业生产过程中所排出的废水。根据污染程度不同，工业废水又可分为生产废水和生产污水。所谓生产废水是指污染程度较轻，不经处理即可排放或回用的工业废水，例如冷却水等。而生产污水是指那些污染较严重，需经处理后方可排放的工业废水。

工业废水类型繁多，工业废水的特征是水量差别悬殊，水质成分复杂。

生产污水所含有的污染物质，概括起来可分为以下几种。

(1) 固体物质 包括不溶性、难溶性和可溶性固体。排放含有高浓度无机性固体物质污水的工厂有选煤厂、钢铁厂等。而排放含有高浓度有机性固体物质污水的工厂有造纸厂、制糖厂、肉类加工厂等。

(2) 耗氧物质 包括有机物和无机物两种。有机物主要是能为微生物降解的有机物，主要来源于以动、植物为生产原料的工厂。无机物主要是还原性物质，如硫化物、氨等，这类污染物质来源广泛，如制浆造纸、纤维等工业。

(3) 有机合成物质 包括合成洗涤剂、多氯联苯等一些高稳定的合成物质，难于为微生物所降解，排出含有这类物质污水的工厂主要是有机化工厂。

(4) 有毒物质 其中重要的有氰、铬、铅、汞、镉及它们的化合物。此外，还有有机磷、酚、醛等。含有这类物质的污水多来源于机械加工、化工等工业。

(5) 油类物质 主要来源于石油化工、机械加工等工业。

(6) 无机化合物 包括各种水溶性氯化物、盐类及其他各种酸、碱物质，主要来源于各类化工厂。

(7) 放射性物质 也就是各种可裂变物质，主要来源于原子反应堆、有关的工业部门和医疗部门。

(8) 高色度和高臭味物质 含有这类物质的污水多来自制革、造纸、染整以及某些化工厂等企业。

决定生产污水特征及其成分的首要因素是工业类型、生产工艺与生产过程所用的原料，其次则是生产用水的水质及给水系统的形式。

工业废水的种类繁多。

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有机污染物，也含无机污染物，并且两者浓度都很高的废水。

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命名,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。

在实际废水处理中,城市污水占绝大部分,由于有大量各种不同的工业废水泄入,因此,现代的城市污水是工业废水与生活污水的混合液,其成分与性质,各城市间差别也很大,一般通过调查研究和分析、测定来判定。

废水造成的污染危害,以及应采取的防治措施,都取决于废水的特征,即污染物的种类、成分和浓度。

我国生活污水的水质资料见表 1-1,其中最主要的两项污染指标是悬浮物和生化需氧量,其浓度分别为 100~350mg/L 和 100~400mg/L。因此,悬浮物和 BOD₅ 的污染就成为生活污水的主要特征。各种工业废水的主要污染指标也用悬浮物和 BOD₅ 表示,但其浓度相差悬殊。例如,水果罐头加工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;蔬菜罐头加工废水的 BOD₅ 为 100~6800mg/L,而板纸废水的 BOD₅ 只有 50~200mg/L。两种工业废水的水质分析资料见表 1-2 和表 1-3,可以看出,悬浮物和 BOD₅ 以外,有毒污染物、感官污染物和酸碱污染物也是工业废水的重要特征。

表 1-1 我国生活污水水质 / (mg/L)

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

表 1-2 电镀废水水质

/(mg/L)

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

表 1-3 印染废水水质

/(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	1 064	酚	0.06	0.04
总固体	1 410	3 383	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	1 201	pH 值	9~10	6~8

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浑浊。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。高分子有机胶体是分子量很大的物质，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浑浊的主要原因。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浑浊现象。

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浑浊现象。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。成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。这时有机体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再需要，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4~5mg/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，严重恶化环境。

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