

废水处理工程及 实例分析

杨岳平 徐新华 刘传富 编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

废水处理工程及实例分析

杨岳平 徐新华 刘传富 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

废水处理工程及实例分析/杨岳平,徐新华,刘传富
编.—北京:化学工业出版社,2003.2
ISBN 7-5025-3509-8

I.废… II.①杨…②徐…③刘… III.废水处
理-工程技术 IV.X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 087827 号

废水处理工程及实例分析

杨岳平 徐新华 刘传富 编

责任编辑:王文峡

责任校对:蒋宇

封面设计:蒋艳君

*

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

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21½ 字数 525 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3509-8/G·933

定 价: 40.00 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

本书系统介绍了废水处理技术的基本原理、工艺流程、设计计算、操作管理等。全书分上、下两篇共十七章，上篇内容包括水与水体污染、废水的收集及预处理、物理处理法、化学处理法、物理化学法、生物处理法、污泥处理、废水的脱氮除磷、污水处理厂的设计等，下篇收集了八个主要行业废水处理工程典型设计实例三十余个。实例中介绍了工程概况、工艺流程、工艺特点、设计参数、主要建（构）筑物和设备、工程运行情况以及经济技术分析。内容完整，资料丰富，实用性强。

本书可作为高等学校环境工程专业《废水处理工程及设计》课程的教材，也可供给水排水专业教学使用和从事化工及有关专业的管理、设计、研究等工作的工程技术人员参考。

前 言

本书在阐述基本概念和基本理论的基础上，系统介绍了污水处理领域通用的各种技术单元，这些方法既适合于废水处理，也适用于给水处理。注意并吸收了废水处理的新理论和新技术，同时力求理论联系实际，反映国内外成功的实践经验，因而本书系统性和理论性较强。本书下篇收集了8个主要行业废水处理工程典型设计实例30余个，这些实例均是近年来比较典型且在实际运行中获得成功的。实例中介绍了工程概况、工艺流程、工艺特点、设计参数、主要建（构）筑物和设备、工程运行情况以及经济技术分析。所以本书具有一定的实用性。

本书可作为高等学校环境工程专业《废水处理工程及设计》课程的教材，也可供给水排水专业教学使用和有关工程技术人员参考。

参加本书编写的有浙江大学杨岳平（第二、三、五、六、八、十四章），徐新华（第一、四、十一、十三、十六章），刘传富（第七、九、十、十二、十五章）。杨万东、鲁奕良也参加了部分工作。全书由徐新华审阅。

因编写人员学术水平和时间、经验所限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2002年8月于浙江大学

目 录

上篇 废水处理工程基础

第一章 水与水体污染	3
第一节 水环境与水循环	3
一、水环境.....	3
二、水的循环.....	4
第二节 废水的来源与污染物	5
一、废水的来源与特性.....	5
二、污染物种类及水质指标.....	7
第三节 水质指标与水质标准	12
一、水质指标.....	12
二、水质标准.....	12
第四节 水污染对人类的危害	14
第五节 废水处理的基本途径与方法	16
一、按处理方法进行分类.....	16
二、按处理程度进行分类.....	17
第二章 废水的收集及预处理	18
第一节 废水的收集	18
一、污水管道设计.....	18
二、污水流量确定.....	19
三、污水流量变化系数.....	19
四、污水量计算.....	19
第二节 水量及水质调节	20
一、水量调节.....	20
二、水质调节.....	20
第三节 废水的提升	23
一、集水池.....	23
二、废水的提升.....	23
三、水泵全扬程计算.....	25
四、其他.....	26
第三章 物理处理法	27
第一节 筛滤法	27
一、格栅过滤.....	27
二、筛网过滤.....	29
三、颗粒介质过滤.....	30

四、微滤机过滤	31
第二节 重力法	32
一、沉砂池	32
二、沉淀池	33
三、隔油池	37
第三节 离心法	39
一、离心分离的原理	39
二、离心分离方式	39
第四章 化学处理法	41
第一节 中和法	41
一、酸性或碱性废水的中和	41
二、酸性废水中和处理的方式和设备	42
三、碱性废水中和处理的方式和设备	44
第二节 混凝沉淀法	44
一、混凝原理	44
二、影响混凝效果的因素	45
三、混凝剂和助凝剂	46
四、混凝处理流程及设备	47
第三节 氧化还原法	49
一、氧化法	50
二、电解法	54
三、高级氧化技术	57
第四节 吸附法	58
一、吸附法基本原理	58
二、吸附工艺及设备	60
第五章 物理化学法	62
第一节 离子交换法	62
一、离子交换剂	62
二、离子交换的基本理论	64
三、离子的交换过程	66
四、树脂的再生	67
五、离子交换系统与设备	68
六、设计计算	70
第二节 膜分离技术	71
一、电渗析	71
二、反渗透	72
三、超滤	73
第三节 萃取法	73
一、原理	73
二、萃取剂的选择	75

三、萃取工艺及设备	76
第四节 吹脱法与汽提法	77
一、吹脱法	77
二、汽提法	79
第六章 生物处理法	83
第一节 废水生化处理基础	83
一、生物处理法的基本原理	83
二、微生物生长的影响因素	87
三、生物处理法的分类	88
第二节 活性污泥法	89
一、传统活性污泥法	89
二、吸附生物氧化法	99
三、间歇式活性污泥法	100
四、延时曝气法	100
第三节 生物膜法	101
一、生物接触氧化法	101
二、塔式生物滤池	103
三、生物转盘	103
四、生物膜废水处理技术新进展	104
第四节 厌氧生化处理	104
一、厌氧生物处理原理	104
二、普通厌氧消化池	107
三、厌氧接触消化池	108
四、上流式厌氧生物反应器	109
五、两相厌氧消化池	112
六、厌氧滤池	113
七、厌氧流化床	114
第七章 污泥处理与处置	116
第一节 污泥的来源、特性及处理方法	116
一、污泥的来源	116
二、污泥的特性	116
三、国内外污泥的处理与处置现状	117
第二节 污泥的浓缩及预处理	119
一、污泥的浓缩	119
二、污泥的预处理	121
三、污泥的消化	122
第三节 污泥脱水	124
一、过滤的基本理论	124
二、过滤介质	125
三、过滤脱水设备	126

第四节	污泥的最终处置及综合利用	129
一、	污泥的最终处置	129
二、	污泥的综合利用	133
第八章	废水的除磷脱氮	135
第一节	化学除磷技术	135
一、	化学除磷原理	135
二、	化学除磷工艺	136
三、	其他化学除磷方法	139
第二节	生物除磷技术	139
一、	生物除磷原理	139
二、	生物除磷工艺	140
第三节	汽提法除氨技术	142
一、	原理	142
二、	氨气脱除塔	143
三、	影响除氨效果的主要因素	143
第四节	生物脱氮技术	144
一、	生物脱氮原理	144
二、	生物脱氮工艺	147
第五节	同步脱氮除磷技术	150
一、	传统活性污泥工艺	150
二、	巴颠甫 (Bardenpho) 脱氮除磷工艺	151
三、	氧化沟脱氮除磷工艺	152
第九章	污水处理厂的设计	153
第一节	设计程序	153
一、	设计的前期工作	153
二、	扩大初步设计	154
三、	施工图设计	155
第二节	流程的选择	155
一、	影响流程选择的因素	155
二、	工业废水与城市生活污水共同处理	156
第三节	废水处理厂平面及高程布置	157
一、	平面布置	157
二、	高程布置	158
第四节	污水处理厂的验收与运行管理	160
一、	污水处理构筑物的验收	160
二、	污水处理厂的调试	160
三、	污水处理厂的运行管理	161
四、	污水处理厂的水质监测	161
五、	污水处理厂运行的自动控制	161

下篇 水处理工程实例分析

第十章 城镇污水处理工程实例	165
第一节 城镇污水特征	165
第二节 城镇污水一般处理工艺	166
一、城镇污水处理工艺选择的准则.....	166
二、城镇污水处理工艺.....	166
三、城镇污水处理工艺的典型流程.....	167
第三节 工程实例分析	169
一、浙江某镇污水处理工程设计方案.....	169
二、某住宅小区污水处理回用工程设计实例.....	179
第十一章 食品工业废水处理工程实例	190
第一节 食品工业废水来源及特性	190
第二节 食品工业废水的处理方法	192
第三节 食品工业废水处理实例	193
实例一 浙江一星饲料 800t/d 大豆制油工程废水处理工程	193
一、设计水质水量及处理要求.....	194
二、污水处理工艺流程.....	194
三、主要建、构筑物尺寸及设计参数.....	195
四、主要设备.....	198
五、处理效果.....	198
实例二 浙江某淀粉化工有限公司废水处理工程	198
一、设计水质水量及处理要求.....	199
二、污水处理工艺流程.....	199
三、主要建、构筑物尺寸及设计参数.....	199
四、主要设备.....	200
五、运行情况.....	200
实例三 浙江某屠宰厂废水处理工程	200
一、设计水质水量及处理要求.....	201
二、污水处理工艺流程.....	201
三、主要建、构筑物尺寸及设计参数.....	202
四、主要设备.....	202
五、运行情况.....	203
实例四 唐山某啤酒废水处理工程	203
一、设计水质水量及处理要求.....	204
二、污水处理工艺流程.....	204
三、工艺设计说明.....	204
四、主体工艺参数及主要污染物去除情况分析.....	205
五、废水处理站主要技术经济指标.....	206
第十二章 轻工业废水处理工程实例	207

第一节 废纸造纸工业废水处理	207
一、废水来源及水量水质特征	207
二、造纸废水一般处理方法	209
三、造纸废水处理实例	209
四、浙江某瓦楞纸厂废水处理工程实例	212
第二节 制革工业废水处理	217
一、废水来源水量水质特征	217
二、制革工业废水一般处理方法	220
三、浙江某皮革厂废水处理工程实例	224
第十三章 化学工业废水处理	232
第一节 化工废水的来源及特点	232
一、废水的来源	232
二、化工废水的特点	233
第二节 化工废水处理实例	234
实例一 微电解-接触氧化法处理甲壳素生产废水	234
一、甲壳素废水的特点	234
二、设计水量、水质	235
三、污水处理工艺流程	235
四、调试运行结果	235
五、结论	236
实例二 经纬化工厂2,4-二氯氟苯生产废水处理	236
一、设计水质水量及处理要求	236
二、污水处理工艺流程	237
三、主要建、构筑物尺寸及设计参数	237
四、主要设备	240
五、运行情况	240
实例三 浙江某化学有限公司医药化工废水治理工程	241
一、设计水质水量及处理要求	241
二、污水处理工艺流程	241
三、主要建、构筑物尺寸及设计参数	242
四、主要设备	242
五、运行情况	243
第十四章 纺织印染废水处理工程实例	244
第一节 废水的来源与特性	244
一、棉纺染色废水的来源及水质特性	244
二、毛纺染色废水的来源及水质特性	246
第二节 印染废水处理工艺	247
第三节 工程实例	250
实例一 江苏某纺织印染有限公司废水处理工程	250
实例二 浙江某毛纺染整厂废水处理工程设计	257

第十五章 冶金工业废水处理工程实例	264
第一节 煤气洗涤废水处理工程实例	264
一、废水来源及水量、水质.....	264
二、一般处理方法.....	264
三、煤气洗涤水处理试验.....	264
四、煤气洗涤水处理工程实例.....	267
第二节 轧钢厂废水处理工程实例	272
一、轧钢厂废水的来源及特性.....	272
二、轧钢废水处理方法.....	273
三、上海宝钢总厂冷轧厂废水处理工程.....	276
第三节 焦化废水处理工程实例	278
一、焦化废水来源及水量、水质特征.....	278
二、焦化污水一般处理方法.....	280
三、某焦化厂焦化污水处理工程实例.....	281
第十六章 煤炭及石油工业废水处理工程实例	284
第一节 煤炭工业废水	284
一、煤炭开采废水及处理.....	284
二、煤加工废水来源及处理.....	285
第二节 炼油废水	287
一、废水来源及水量、水质特征.....	287
二、炼油厂废水处理方法与原则.....	291
三、炼油废水处理单元及构筑物.....	293
四、深度处理方法.....	298
第三节 石油化工污水	299
一、生产工艺与废水来源.....	299
二、石油化工厂水处理方法.....	300
第四节 工程实例	304
实例一 国内炼油污水回用实例.....	304
实例二 国内石油化工废水回用实例.....	306
实例三 氧化沟在新集煤矿污水处理中的应用.....	308
第十七章 金属制品加工工业废水处理工程实例	310
第一节 金属制品加工工业种类、工艺及废水的产生	310
一、金属制品加工工业种类.....	310
二、金属制品加工工艺和废水的产生.....	310
第二节 电镀工艺及废水来源	311
一、电镀工艺.....	311
二、废水来源.....	311
第三节 电镀废水处理方法	312
一、处理方法概述.....	312
二、含氰废水处理.....	313

三、含铬废水处理	316
四、含金、银废水处理	319
五、含多种金属离子混合废水处理	319
第四节 金属制品加工工业废水处理实例	320
实例一 电镀厂废水闭路循环系统	320
实例二 镀锌钢管及涂敷钢管生产废水处理	322
实例三 嘉善品辉精机有限公司电镀废水处理工程	324
主要参考文献	328

上篇 废水处理工程基础

第一章

水与水体污染

第一节 水环境与水循环

一、水环境

地球表面上水的覆盖面积约占四分之三。水是宝贵的自然资源，是人类生活、动植物生长和工农业生产不可缺少的物质。水是一切生命机体的组成物质，是生命发生、发育和繁衍的源泉。水是生物体新陈代谢的一种介质，生物从外界环境中吸收养分，通过水将各种养分物质输送到机体的各个部分，又通过水将代谢产物排出机体之外，因此水是联系生物体的营养过程和代谢过程的纽带，水参与了一系列的生理生化反应，维持着生命的活力。水还对生物体起着散发热量、调节体温的作用。是人体（以及各种生物体）中含量最多的一种物质，约占体重的三分之二。每人每天约需 5L 水，没有水就没有生命。

生产和生活用水，基本上都是淡水。地球上全部地面和地下的淡水量总和仅占总水量的 0.63%。随着社会发展和人们生活水平的提高，生产和生活用水量在不断上升。人类年用水量已近 $4 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，全球有 60% 的陆地面积淡水供应不足，近 20 亿人饮用水出现短缺。联合国早在 1977 年就向全世界发出警告：水资源不久将成为继石油危机之后的另一个更为严重的全球性危机。近年来多种渠道的报道都在告诫人类面临着水源危机。据估计，全球对水的需求，每 20 年将增加一倍，但水的供应却不会以这种速度增加。目前拥有世界人口 40% 的约 80 多个国家正面临着水源不足，并使其农业、工业和人民的健康受到威胁。人类不但需水量大，而且随着工农业的迅速发展和人口增长，排放的废污水量也急剧增加，使许多江、河、湖、水库，甚至地下水等都遭受不同程度的污染，使水质下降。而水质的优劣直接关系到工农业生产能否正常进行，关系到水生生物的生长，更关系到人体的健康，因此，水质的优劣极为重要。

天然水可分为降水、地表水和地下水三大类。天然水体又是江、河、湖、海等水体的总称。所有的天然水体总是要和外界环境密切接触，它在运动过程中，会将接触到的大气、土壤、岩石等所含的多种物质挟持或溶入，使自身成为极其复杂的体系。大多数天然水体的 pH 值为 3~9，其中河水 pH 值为 4~7，海水 pH 值为 7.7~8.3。

天然水体中通常含有三大类物质，即悬浮物质、胶体物质和溶解物质，如表 1-1 所列。

表 1-1 天然水体的组成

分 类	主 要 物 质
悬浮物质	细菌,病毒,藻类及原生动物,泥沙,粘土等颗粒物
胶体物质	硅,铝,铁的水合氧化物胶体物质,粘土矿物胶体物质,腐殖质等有机高分子化合物
溶解物质	氧,二氧化碳,硫化氢,氮等溶解气体,钙,镁,钠,铁,锰等离子的卤化物,碳酸盐,硫酸盐等盐类,其他可溶性有机物

二、水的循环

水的循环分为自然循环与社会循环。

1. 自然循环

自然界中的水并不是静止不动的，在太阳能的作用下，通过海洋、湖泊、河流等广大水面以及土壤表面、植物茎叶的蒸发与蒸腾作用形成水汽，上升到空中凝结为云，在大气环流——风的作用下又以雨、雪、雹的形式降落到地面。这些降落下来的水分，在陆地上分为二路流动：一路在地面上汇成江河湖泊，称为地面径流；另一路渗入地下，形成地下水，称为地下渗流。这二路水有时相互交流转换，最后都注入海洋。与此同时，一部分水经过地面与水面的蒸发以及植物吸收后茎叶的蒸腾又进入大气圈中。这种循环往复的过程称自然界水的循环。如图 1-1 所示。

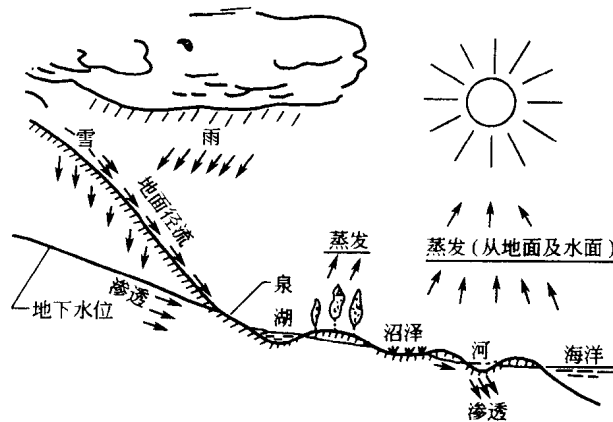


图 1-1 自然界水的循环

据推算，整个地球的降水量每年约 $4 \times 10^5 \text{ km}^3$ ，每年自然循环的水量约占地球上总水量 ($14 \times 10^8 \text{ km}^3$) 的 0.03%，在这些循环水量中又只有约 1/4 降落到陆地的表面，这些降水到达地面后，其中约有 56% 的水量为植物蒸腾、土壤与地面水体蒸发所消耗，34% 形成地面径流，10% 渗入地下补充地下水，形成地下径流。

2. 社会循环

人类为满足生产与生活需要，要从自然界取大量的水。这些水经使用后就成为生活污水和生产废水，排入自然水体。这样，水在人类社会中也构成了一个局部的循环体系，即水的社会循环。

如图 1-2 所示水循环系统。

每人每天至少要 5L 水，加上卫生方面的需要，全部生活用水量约 40~50L/d 以上。生活水准越高，用水量也越大。一般来说，发展中国家平均人均日用水量约 40~60L，发达国家则达到 200~300L。当然，用水量的大小与不同地区的气候条件、生活习惯有关。

工业更是用水大户，据统计，工业用水一般要占城市用水的 70%~80% 左右，各种行业，如发电、冶金、石油、化工、纺织、印染、造纸都是用水大户。表 1-2 所列为各类产品的单位用水量。

农业则是另一用水大户，不少国家尽管工业用水量很大，但农业用水量仍大大超过工业用水量。即使发达国家如美国、日本其农业用水量约为工业用水量的 2~3 倍。中国是一个农业大国，农业是主要的用水与耗水部门。据统计，长江流域每亩水稻田的需水量约为