邹家庆　主编

工业废水处理技术

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

工业废水处理技术

邹家庆 主编

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

工业废水处理技术/邹家庆主编. —北京：化学工业出版社，2003.7
ISBN 7-5025-4614-6

Ⅰ.工… Ⅱ.邹… Ⅲ.工业废水-废水处理 Ⅳ.X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 053332 号

工业废水处理技术

邹家庆 主编

责任编辑：郭乃铎

文字编辑：刘莉珺

责任校对：郑 捷

封面设计：潘 峰

*

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心 出版发行

（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

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 29½ 字数 726 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4614-6/X·306

定 价：58.00 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

《工业废水处理技术》编写及审稿人员名单

主　　编　邹家庆

编 写 人

第一章　邹家庆

第二章～第四章　宋　军

第五章　李本玉

第六章　邹家庆（第一节～第六节）

陈国松（第七节～第十节）

第七章　陈怀满　罗　平

第八章　华凤琳　邹家庆

附　录　华凤琳

审 稿 人

第一章～第五章　周本省　王炳坤

第六章　王炳坤

第七章　邹家庆

第八章　王炳坤

前　言

随着我国人口的增加，工农业生产的发展和人民生活水平的提高，人们的环保意识逐渐加强，充分认识到水资源的短缺，从而对工业废水处理日益重视。为此我们编写了《工业废水处理技术》一书。

目前，有关工业废水处理的专著正在陆续出版。通常的编写方法是逐章介绍工业废水的各种处理方法［例如逐章节介绍：预处理（筛滤、中和等）、混凝、沉淀、深层过滤、化学氧化还原、吸附、离子交换、膜分离、其他相转移分离法、活性污泥法、生物膜法等］，但往往到此为止，而不再去逐一论述一些不同类型的工业废水（例如：含悬浮物废水、含油废水、含氰废水、含氟废水、含砷废水、含氨氮废水、含磷废水、含重金属废水、含有机物废水等）该如何处理。这对于一些初入门的废水处理工作者将感到十分不便。为此，本书本着实用和适度详尽的原则加强了这一方面的内容。即除了按一般的编写方法，先在第一章～第五章中逐章介绍工业废水的各种处理方法外，随后在第六章～第八章中，分别论述了一些典型工业废水的处理、工业废水的水质监测、工业废水处理的方案与系统，并在有关处加进了一些应用示例。

经南京工业大学前校长魏宝明教授与周本省教授的推荐，本书作为《工业水处理技术》（周本省主编）的姊妹篇，由化学工业出版社出版。出版社希望能写成一本面向全国工业废水处理工作者的工程技术性图书，为此我们邀请了一些专家学者参加本书的编写和审阅工作。本书可供从事工业废水处理的环保工作者、环境工程专业技术人员与环境管理人员学习，也可作为大专院校“工业废水处理”教材或教学参考书使用。同样适用于化工、石化、医药、轻工等行业的有关人员参考。

在编写过程中，南京工业大学有关领导及教师给予了热情支持。南京工业大学周本省教授、南京大学王炳坤教授在百忙中认真仔细地审阅了本书；南京工业大学周本省教授亲自对全书编排及有关章节给予了详细的指导，进行了大量的协调和组织工作；南京工业大学环境工程研究院宋军、李本玉、罗平承担了部分章节的编写，研究生陆雪梅在本书统稿过程中进行了大量繁琐而费时的具体工作。对此，一并表示衷心的感谢！

在此，还要感谢中科院南京土壤所陈怀满研究员，他亲自参与了第七章的编写与审阅；华凤琳工程师百忙中参与了第八章与附录的编写。对于他们的密切合作，表示衷心感谢。

由于本书编写时间仓促，再加上全书内容涉及的知识面广，本人的知识有限，书中不妥或错误之处谨请批评指正。来信请寄：南京市鼓楼区青石村98号502室，邹家庆收（邮编：210037，电话：025-3424354）。

谢谢！

邹家庆

2003年3月24日

试读结束：需要全本请在线购买：　www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书是一本关于工业废水处理的实用性工程技术书籍。内容全面，资料翔实。

全书共分八章。在前五章中系统地介绍了工业废水的各种处理方法；如预处理、混凝沉淀、化学氧化还原、吸附、离子交换、膜分离活性污泥法、生物膜法等内容。在第六章至第八章中，分别论述了一些典型的工业废水的处理及一些应用实例、工业废水的水质监测以及工业废水处理的方案与系统。突出实用性。

本书可供从事工业废水处理的环保工作者、环境工程专业技术人员与环境管理人员使用，也可作为大专院校环境工程等相关专业教学参考用书。

目　　录

第一章　工业废水处理的概况 …… 1
第一节　工业废水的来源与性质 …… 1
一、工业废水的来源、特点与组成 …… 1
二、工业废水的分类 …… 1
第二节　工业废水中的主要污染物 …… 2
一、废水中主要污染物质及其危害 …… 2
二、水质指标 …… 2
（一）固体污染物 …… 2
（二）需氧污染物 …… 3
（三）油类污染物 …… 5
（四）有毒污染物 …… 5
（五）生物污染物 …… 6
（六）酸碱污染物 …… 6
（七）营养性污染物 …… 6
（八）感官性污染物 …… 6
（九）热污染 …… 7
第三节　工业废水处理的现状 …… 7
一、工业废水处理的必要性 …… 7
二、工业废水处理的现状与进展 …… 7
第四节　工业废水的集中处理与单独处理 …… 8
一、工业废水的集中处理 …… 8
二、工业废水的单独处理 …… 8
三、工业废水的清污分流 …… 9
第五节　工业废水处理的等级分类和基本方法 …… 9
一、工业废水处理的等级分类 …… 9
二、工业废水处理的方法 …… 10
参考文献 …… 10
第二章　工业废水的物理处理 …… 11
第一节　均和调节 …… 11
一、均量池 …… 11
二、均质池 …… 12
三、均化池 …… 15
四、事故池 …… 16
第二节　隔滤法和离心法 …… 17
一、格栅与筛网 …… 17

二、过滤 …… 21
（一）过滤机理 …… 21
（二）滤池的分类 …… 23
（三）滤池的构造 …… 23
（四）过滤方程 …… 29
（五）快滤池的管理 …… 31
（六）快滤池的设计 …… 36
（七）其他滤池 …… 37
三、离心分离法 …… 39
（一）离心分离原理 …… 39
（二）离心分离设备的类型、特点及设计计算 …… 40
第三节　澄清法 …… 43
一、沉砂与沉淀 …… 43
二、隔油与吸油 …… 56
第四节　应用实例 …… 61
一、某炼油厂的废水处理 …… 61
二、川西南矿区钻井的废水处理 …… 62
三、山东某油漆厂的废水处理 …… 63
参考文献 …… 65
第三章　工业废水的化学处理 …… 66
第一节　中和处理 …… 66
一、概述 …… 66
二、酸碱废水相互中和 …… 66
三、投药中和 …… 68
四、过滤中和 …… 70
第二节　化学沉淀处理 …… 73
一、形成难溶性化合物的沉淀处理 …… 73
（一）氢氧化物沉淀法 …… 73
（二）硫化物沉淀法 …… 76
（三）碳酸盐沉淀法 …… 78
（四）卤化物沉淀法 …… 78
（五）磷酸盐沉淀法 …… 79
二、形成其他化合物的沉淀处理 …… 79
（一）淀粉黄原酸酯沉淀法 …… 79
（二）铁氧体沉淀法 …… 80
第三节　氧化还原处理 …… 84
一、药剂氧化处理 …… 85
（一）空气氧化法 …… 85
（二）臭氧氧化法 …… 87
（三）氯氧化法 …… 91

（四）高锰酸盐氧化法…… 97
（五）湿空气氧化…… 98
二、药剂还原处理…… 100
三、催化氧化处理…… 104
四、光催化氧化处理…… 105
五、微电解法处理…… 108
六、电解处理…… 109
第四节　应用实例…… 116
一、上海硫酸厂中和-絮凝-氧化法处理硫酸废水 …… 116
二、黄石市无机盐厂硫酸亚铁还原法处理含铬废水…… 117
三、广西磷酸盐化工厂沉淀氧化法处理黄磷废水…… 119
参考文献…… 120
第四章　工业废水的物理化学处理…… 121
第一节　混凝法…… 121
一、基本原理…… 121
二、混凝剂…… 125
三、混凝过程与设备…… 128
四、澄清池…… 131
第二节　浮选法…… 132
一、基本原理…… 132
二、浮选剂…… 133
三、浮选流程与设备…… 134
第三节　吸附…… 137
一、基本原理…… 137
二、吸附剂及其解吸再生…… 140
三、吸附操作与应用…… 143
第四节　离子交换…… 144
一、离子交换剂…… 144
二、离子交换的基本原理…… 146
三、离子交换的工艺过程…… 147
第五节　膜分离技术…… 151
一、电渗析…… 151
（一）电渗析的原理与过程 …… 151
（二）电渗析膜 …… 152
（三）电渗析的操作控制 …… 153
（四）电渗析法在水处理中的应用 …… 154
二、反渗透…… 154
（一）反渗透的基本原理 …… 154
（二）反渗透膜 …… 155
（三）反渗透装置 …… 156

（四）反渗透法在废水处理中的应用 …… 157
三、超滤 …… 158
（一）超滤的基本原理 …… 158
（二）超滤膜 …… 158
（三）超滤设备和超滤的工艺流程 …… 159
（四）超滤技术在废水处理中的应用 …… 159
四、隔膜电解 …… 159
第六节　其他处理方法 …… 160
一、萃取 …… 160
（一）基本原理 …… 160
（二）萃取剂的选择及再生 …… 161
（三）萃取的工艺过程和设备 …… 161
（四）萃取法在废水处理中的应用 …… 163
二、汽提 …… 164
（一）基本原理 …… 164
（二）汽提设备 …… 164
（三）汽提法在废水处理中的应用 …… 165
三、吹脱 …… 166
（一）吹脱法的基本原理 …… 166
（二）吹脱的设备 …… 167
（三）吹脱法在废水处理中的应用 …… 167
四、蒸发 …… 167
（一）基本原理 …… 167
（二）蒸发设备 …… 168
（三）蒸发的工艺系统 …… 169
（四）蒸发法在废水处理中的应用 …… 170
五、结晶 …… 170
（一）基本原理 …… 170
（二）结晶的设备 …… 171
（三）结晶法在废水处理中的应用 …… 172
六、焚烧 …… 172
（一）基本原理 …… 172
（二）焚烧设备 …… 173
（三）焚烧法在废水处理中的应用 …… 174
第七节　应用实例 …… 174
一、某化工总厂合成氨工艺冷凝液的处理 …… 174
二、某染料厂染料废水的处理 …… 176
三、某厂含盐染料废水的处理 …… 177
参考文献 …… 178
第五章　工业废水的生物处理 …… 180

第一节　活性污泥法…… 180
一、概述…… 180
二、活性污泥法的运行方式…… 182
（一）传统活性污泥法 …… 182
（二）渐减曝气法 …… 183
（三）分步曝气法 …… 183
（四）生物吸附法 …… 183
（五）完全混合法 …… 184
（六）延时曝气法 …… 185
（七）克劳斯(Kraus) 法 …… 185
（八）高负荷曝气法 …… 185
（九）氧化沟法 …… 185
（十）纯氧曝气法 …… 186
（十一）间歇式活性污泥法 …… 187
三、曝气原理与曝气池的构造…… 187
四、活性污泥法的运行管理…… 196
五、活性污泥法的发展…… 203
第二节　生物膜法…… 208
一、概述…… 208
二、生物滤池法…… 210
三、生物转盘法…… 219
四、生物接触氧化法…… 222
五、生物膜法的运行管理…… 222
六、活性污泥法和生物膜法的比较…… 224
第三节　厌氧生物处理法…… 225
一、概述…… 225
二、厌氧生物处理法的发展…… 226
三、厌氧消化过程的控制参数…… 230
（一）有机负荷 …… 230
（二）厌氧消化时间 …… 230
四、厌氧消化过程的运行管理…… 230
（一）温度 …… 231
（二）pH 值 …… 231
（三）有毒物质 …… 231
（四）营养物质的配比 …… 231
（五）搅拌 …… 232
（六）污泥的培养与驯化 …… 232
（七）运行管理 …… 232
五、厌氧生物处理法的特点…… 232
第四节　稳定塘与湿地处理…… 233

试读结束：需要全本请在线购买：　www.ertongbook.com

一、概述…… 233
二、氧化塘运转的特点…… 234
（一）光对运转的影响 …… 234
（二）温度对运转的影响 …… 234
（三）水质对运转的影响 …… 234
（四）氧化塘运转的水力学条件及其影响 …… 235
三、稳定塘的种类…… 235
（一）好氧塘 …… 235
（二）厌氧塘 …… 236
（三）兼性塘 …… 236
（四）曝气氧化塘 …… 237
（五）塘田和鱼塘 …… 238
（六）人工湿地 …… 238
第五节　应用实例…… 239
一、厌氧-好氧活性污泥法处理鱼品废水 …… 239
二、厌氧-好氧生物接触氧化法处理对苯二甲酸生产废水 …… 240
三、鸭儿湖氧化塘处理化工废水…… 242
参考文献…… 243
第六章　一些典型工业废水的处理…… 244
第一节　含悬浮物废水的处理…… 244
一、含悬浮物废水的来源及特性…… 244
二、含悬浮物废水的处理方法…… 244
三、含悬浮物废水处理的应用实例…… 244
第二节　含油废水的处理…… 246
一、含油废水的来源及特性…… 246
二、含油废水的处理方法…… 247
三、含油废水处理的应用实例…… 254
第三节　含酚废水的处理…… 256
一、含酚废水的来源及特性…… 256
二、含酚废水的处理方法…… 256
三、含酚废水的应用实例…… 259
第四节　含氰废水的处理…… 266
一、含氰废水的来源及特性…… 266
二、含氰废水的处理方法…… 266
三、含氰废水的应用实例…… 271
第五节　含重金属废水的处理…… 272
一、含重金属废水的来源及特性…… 272
二、含重金属废水的处理方法…… 274
三、重金属废水处理实例…… 279
第六节　含磷废水的处理…… 280

一、含磷废水的主要来源及特性…… 280
二、含磷废水的处理方法…… 281
三、含磷废水处理的应用实例…… 286
第七节　含氟废水的处理…… 288
一、含氟废水的来源及特点…… 288
二、含氟废水的处理方法…… 288
三、含氟废水处理实例…… 290
第八节　含砷废水的处理…… 291
一、含砷废水的来源及特点…… 291
二、含砷废水的处理原理和方法…… 291
三、含砷废水处理实例…… 293
第九节　含氨氮废水的处理…… 294
一、含氨氮废水的来源及特点…… 294
二、含氨氮废水的处理原理和方法…… 294
三、含氨氮废水处理实例…… 298
第十节　含有机物废水的处理…… 300
一、含有机物废水的来源及特点…… 300
二、含有机物废水的处理原理和方法…… 300
三、工业有机废水处理实例…… 310
参考文献…… 310
第七章　工业废水的水质监测…… 312
第一节　工业废水样品的采集…… 312
一、采样部位的布设…… 312
二、采样的时间与频率…… 312
三、采样的安全防护…… 313
第二节　工业废水水样的保存与管理…… 314
一、水样保存的要求…… 314
二、容器材质的选择…… 314
三、水样的预处理…… 315
四、推荐的水样保存技术…… 316
五、水样的管理…… 319
第三节　工业废水水质的常规监测…… 320
一、悬浮物的测定…… 320
二、色度的测定…… 322
三、BOD_5 的测定 …… 324
四、COD 的测定 …… 328
五、溶解氧的测定…… 333
六、氨氮的测定…… 336
七、硝酸盐氮的测定…… 343
八、亚硝酸盐氮的测定…… 346

九、总氮的测定…… 350
十、凯氏氮的测定…… 353
十一、总磷的测定…… 355
十二、硫化物的测定…… 358
十三、氰化物的测定…… 361
十四、氟化物的测定…… 365
十五、硒的测定…… 368
十六、总砷的测定…… 371
十七、总镉的测定…… 373
十八、总铬的测定…… 376
十九、六价铬的测定…… 378
二十、铜的测定…… 379
二十一、总汞的测定…… 381
二十二、锰的测定…… 385
二十三、镍的测定…… 387
二十四、铅的测定…… 389
二十五、锌的测定…… 391
二十六、有机磷农药的测定…… 393
二十七、挥发酚的测定…… 397
二十八、甲醛的测定…… 402
二十九、苯胺类的测定…… 404
三十、硝基苯类的测定…… 405
三十一、烷基汞的测定…… 408
三十二、苯并［a］芘的测定 …… 410
三十三、石油类和动植物油的测定…… 412
三十四、阴离子表面活性剂的测定…… 415
参考文献…… 417
第八章　工业废水处理的方案与系统…… 419
第一节　工业废水处理方案的优化规划与设计原则…… 419
一、工业废水处理方案的优化…… 419
二、工业废水处理方案的设计…… 420
第二节　工业废水处理方案的评审…… 420
一、工业废水处理方案的评审原则…… 420
二、工业废水处理方案评审的示例…… 421
第三节　工业废水处理系统应用示例…… 422
一、染料工业废水处理系统…… 422
二、制药工业废水处理系统…… 423
三、农药工业废水处理系统…… 424
四、化工工业废水处理系统…… 425
五、造纸工业废水处理系统…… 426

六、炼油工业废水处理系统 …… 427
七、钢铁工业废水处理系统 …… 427
参考文献 …… 428
附录　不同水的水质标准与工业废水的排放标准 …… 430
一、地表水环境质量标准(GB 3838—2002) …… 430
二、污水综合排放标准(GB 8978—1996) …… 437
三、海水水质标准(GB 3097—1997) …… 445
四、生活饮用水卫生标准(GB 5749—85) …… 449
五、农用污泥中污染物控制标准(GB 4284—84) …… 453

第一章　工业废水处理的概况

第一节　工业废水的来源与性质

一、工业废水的来源、特点与组成

（一）废水

水是宝贵的自然资源，是人类赖以生存的必要条件。在人类生活和生产活动中，从自然界取用了水资源，经生活和生产活动后，又向自然界排出受到污染的水。这些改变了原来的组成，甚至丧失了使用价值而废弃外排的水称为废水。由于废水中混进了各种污染物，排进自然界水体，日积月累，最终将导致自然界中的某一水系丧失使用价值。

目前“废水”和“污水”两个术语用法比较混乱。就科学概念而言，“废水”是指废弃外排的水；“污水”是指被脏物污染的水。不过，有相当数量的生产排水并不太脏（如冷却水等），因而用“废水”统称比较合适。只在水质污浊不可取用的情况下，两个术语才可通用。

废水包括生活污水和工业废水。工业废水是指工业生产过程中废弃外排的水。

（二）工业废水的特点与组成

工业废水对环境造成的污染危害，以及应采取的防治对策，取决于工业废水的特性。即污染物的种类、性质和浓度。工业废水的水质特征，不单依废水类别而异，往往因时因地而多变。工业废水的特点主要表现为：①排放量大；②组成复杂；③污染严重。对废水水质常用两项最主要的污染指标来表示，也就是指悬浮物和化学需氧量。不同的工业废水，其水质差异很大。以化学需氧量为例，较低的也在250～3500mg/L之间，高的常达每升数万毫克，甚至几十万毫克。

二、工业废水的分类

工业废水是区别于生活污水而言的，含义很广。由于工业类型繁多，而每种工业又由多段工艺组成，产生的废水性质完全不同。难以明确共性和进行简单分类。影响工业废水所含污染物多少及其种类的因素主要有：

① 生产中所用的原材料；

② 工业生产中的工艺过程；

③ 设备构造与操作条件；

④ 生产用水的水质与水量。

实际上，工业废水成分非常复杂，每一种工业废水都是多种杂质和若干项指标表征的综合体系，人们往往只能以起主导作用的一两项污染因素来对工业废水进行描述和分类。

根据废水中的主要化学成分，从化学分类出发，可分为有机、无机废水两类。但一个工厂排出的废水，是各车间与工段的混合废水，往往既含有有机污染物又含有无机污染物，对这种一个厂或一个地区混合在一起的总排放的废水，又称为“综合废水”。

按需氧和毒性两项重要污染指标，结合所含污染物本性加以分类，又可分为无害无毒、无机有害、无机有毒、有机有毒、有机需氧等五类。

废水中如果某一种成分在污染物中占首要地位，则常以该成分取名，如含酚废水、含氰废水、含氮废水、含汞废水等。详见本书第六章。

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。

工业冷却用水常占该企业总用水量的三分之二以上。直接排放或以低循环率循环利用，都会造成对受纳水体的热污染，再加多少总受少量污染物混进，也无法达到排放标准，都会产生危害。近年来，控制热污染已经提到日程上来考虑，所以无论是在丰水区的江南，还是在缺水区的北方，各工业企业都应提高工业冷却水的循环率，提高浓缩倍数，在技术允许的条件下把排污水量减少到最低程度。对不得已还得外排的部分，作为热源和低化学需氧量的水源，用于生化处理的配水加以综合处理。

第二节　工业废水中的主要污染物

一、废水中主要污染物质及其危害

了解废水中污染物的种类、性质和浓度，对于废水的收集、处理、处置设施的设计和操作，以及环境质量的技术管理都是重要的；对于该废水危害环境的评价，也是至关重要的。

废水中污染物种类较多。根据废水对环境污染所造成危害的不同，大致可划分为固体污染物、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、需氧污染物、营养性污染物、感官污染物和热污染等。

二、水质指标

为了表征废水水质，规定了许多水质指标。主要有化学需氧量、有毒物质、有机物质、悬浮物、细菌总数、pH 值、色度、氨氮、磷、生物需氧量等。一种水质指标可能包括几种污染物的综合指标，而一种污染物也可以造成几种水质指标的表征。如悬浮物可能包括有机污染物、无机污染物、藻类等，而一种有机污染物就可以造成 COD、BOD、pH 值等几种水质指标的表征。

（一）固体污染物

固体污染物以三种状态存在于水中。存在形态有悬浮物、胶状物和溶解状化合物三种。

1．悬浮物

水中呈悬浮状态的物质称为悬浮物，是指粒径大于 100nm 的杂质。这种悬浮物的存在，造成水质显著混浊。其中密度较大的颗粒多数是泥砂类的无机物，以悬浮状态存在于水中，经静置会自行沉降。密度较小的颗粒多数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）及微生物与菌泥。密度与水相近且细度较小的颗粒，常在水中漂动，静置也难以沉降，造成水质混浊。

2．胶体状杂质

水中固体污染物粒径介于 1～10nm 之间的杂质，称为胶体状杂质。胶体状杂质多数是黏土性无机胶体和高分子有机物胶体。高分子有机物胶体的分子量很大，一般是水中的植物残骸经过腐烂降解的产物，如腐殖酸、腐殖质、多聚醣等。黏土性无机胶体是造成水质混浊的主要原因。胶体状杂质具有两种特性，一是单位容积胶粒的总表面积很大，往往吸附大量离子而带有电性，使胶体团粒之间产生电性排斥力而不能互相集聚在一起，颗粒无法自行增大下沉，所以始终稳定在胶体状态。二是当光线照射到胶体将被散射，而导致水体呈浑浊

试读结束：需要全本请在线购买：　www.ertongbook.com