

有机废水处理 技术及应用

● 丁忠浩 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

有机废水处理技术及应用

丁忠浩 编著

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

有机废水处理技术及应用/丁忠浩编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.5

ISBN 7-5025-3803-8

I. 有… II. 丁… III. 有机废水-废水处理 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 023375 号

有机废水处理技术及应用

丁忠浩 编著

责任编辑: 董琳

责任校对: 顾淑云

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

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 29 字数 718 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3803-8/X·198

定 价: 65.00 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

序

有机废水处理对保护生态环境至关重要，环境科技工作者的集中研究促进了有机废水处理技术的不断发展。当前，迫切需要有更多的反映该领域的研究成果及工程经验的专著。《有机废水处理技术及应用》的出版正好满足了这种需要。

本书作者长期致力于废水处理技术研究，在有机废水处理方面取得多项引人注目的成果，本书是他根据多年从事环保治理技术研究和环保工程具体工作体会，在查阅大量国内外有关资料的基础上，编写而成。

该书是一本以应用技术为重点的专著，注重理论与实践的结合，系统地阐述了有机废水处理原理、处理技术和处理单元优化组合以及发展动态等方面，并大量结合了国内外废水处理的实例，具有广泛的实用性。

本书对从事有机废水处理科技工作者是一本很有价值的参考书，对有机废水处理技术的进一步推广和进步具有积极推动作用。

在6月5日“世界环保日”到来之际，这本书即将与读者见面，我衷心期待该书能对我国水处理技术的发展做出积极贡献。

卢寿慈

2002年5月10日

前 言

本书主要介绍有机废水处理技术及应用。高浓度工业有机废水主要来源于化工、造纸、皮革橡胶、染料和纺织印染、农药、焦化、石油化工、发酵（氨基酸与抗菌素）、医药与医疗以及食品（包括水果蔬菜与罐头、淀粉、制糖、酿酒、制奶及保健品、饮用品以及屠宰与肉类加工）等行业。这些工业废水严重污染环境，造成地面水体恶化，对人类健康和整个社会的可持续发展造成了威胁。为从根本上防止或减轻有机废水的污染，一方面应注重行业生产工艺的改革，另一方面应加强治理技术的改进，同时，生产运行管理对提高废水处理效果有着极为重要的作用。

废水处理是复杂的系统工程，有机废水处理技术也在不断地发展。作者根据长期从事环保治理技术的研究和环保工程工作的体会，并查阅大量国内外有关资料，编写成书。书中对有机废水处理原理进行全面系统的论述，尤其对部分精细化工行业有毒有机废水、高浓度有机废水处理技术进行广泛、深入的探讨研究。结合大量国内外废水处理实例，在有机废水处理原理、处理技术及其发展动态；废水处理工程设计、治理单元优化组合；技术经济评价等诸多方面，进行了系统的阐述，具有广泛的实用性。

本书共分十五章。考虑到本书的结构和实用性的特点，在前六章中对于各种新技术、新设备和新材料进行了介绍，主要以处理技术的工作特性为线索，重点介绍了关于有机废水处理技术原理。从第七章至第十五章，分章节介绍了造纸、化工、农药、染色染料和纺织行业、食品、制药、制革行业和氨基酸以及石油化工行业有机废水的治理技术、处理工艺及工程实例。在每章节中，从理论和应用角度针对各种技术适用条件、技术难点以及最新进展进行了详细讨论。在具体实例的阐述中，详细地列举了各种治理措施的工艺流程、治理设备和设施、设计参数以及实际运行情况。需要说明的是，作者通过各个章节逐步介绍各种新技术、新工艺、新设备和新材料，所介绍的内容实际上具有应用的普遍性，而不是仅仅局限于一种废水。

本书试图将理论与具体实用技术相结合，尽可能详细地介绍有机废水处理技术的理论依据，这对水处理工作者显然会有所帮助。但由于有机废水处理的复杂性，当前很多处理技术尚不成熟，本书难以概括其全，缺点错误难免，希望专家和广大读者批评指正。希望国内同行在参考本书过程中还需结合实际情况进行分析。本书可供从事环境保护科研、设计及生产的技术人员和管理人员以及大专院校环境保护专业的师生参考使用。

在成书过程中，武汉科技大学李艳丽、吴迪、朱恒参与了大量的文字输入工作；胡光洲、刘子元、赵素芬、张惠灵、黄松荣、耿志毅、邹彬、胡敏、宪宏伟等和武汉安全环保研究院熊昌贵参加了本书撰写工作以及收集技术资料工作。本书部分章节还参阅了参考文献中所列的许多著作。在此一并表示感谢。

丁忠浩
2002年4月

目 录

第一章 废水处理技术概述	1
第一节 控制废水污染的基本途径	1
一、废水出路及污染控制	1
二、控制废水污染的基本原则和途径	1
第二节 废水处理基本方法	2
一、单元废水处理工艺	2
二、废水处理技术分类	3
三、废水处理系统	6
第三节 有机废水产生与处理技术简介	8
一、有机废水的来源	8
二、有机废水处理	9
第四节 水中有机污染物的迁移转化	12
一、分配作用	12
二、挥发作用	14
三、水解作用	17
四、光解作用	18
五、生物降解作用	20
第二章 沉降与气浮分离技术	22
第一节 分离过程概述	22
一、分离过程	22
二、固液分离的预处理	26
三、固液分离理论基础	30
第二节 重力固液分离	33
一、沉降与上浮法	33
二、泡沫吸附分离技术	42
三、离心分离法	47
第三节 凝聚与絮凝	54
一、凝聚与絮凝概述	54
二、凝聚与絮凝原理	55
三、无机凝聚剂和高分子絮凝剂	62
四、混凝设备	68
五、菌体絮团脱水机	70
第三章 渗滤分离技术	73
第一节 过滤分离	73
一、过滤基本原理	73

二、普通过滤法	75
三、真空过滤	80
第二节 压滤分离与离心分离	87
一、压滤机	87
二、深层过滤与离心过滤	93
三、动态过滤	95
第三节 膜处理技术	98
一、电渗析法	99
二、反渗透	110
三、超滤法	119
四、液膜分离技术	121
第四章 生物化学处理技术	130
第一节 水处理微生物学概述	130
一、微生物分类和生理特点	130
二、影响微生物生长的环境因素	136
三、生物处理工艺的应用范围	138
第二节 生物处理方法分类	140
一、生物处理工艺概述	140
二、废水生物处理工艺的发展方向	143
三、废水生物处理组合工艺	144
第三节 活性污泥法	144
一、活性污泥法概述	144
二、各种活性污泥法的特点	149
三、活性污泥法的发展	157
四、活性污泥法的操作管理	159
第四节 生物膜法	162
一、生物膜法的基本原理	162
二、塔式生物滤池	164
三、转盘式生物滤池（生物转盘）	164
四、浸没式生物滤池（生物接触氧化）	165
第五节 厌氧生物处理技术	167
一、厌氧生物处理的基本原理	168
二、好氧生物处理与厌氧生物处理的区别	171
三、污泥消化	172
四、厌氧处理设备	172
五、上流式厌氧污泥床试验设备及特性菌的驯化	174
六、UASB 法处理味精废水的研究	177
七、厌氧与好氧处理技术组合工艺	180
第六节 稳定塘和污水的土地处理	182
一、生物塘	182

二、养鱼塘·····	183
三、污水灌溉·····	184
第五章 其他有机废水处理技术·····	186
第一节 氧化还原处理技术·····	186
一、空气或纯氧氧化法·····	187
二、臭氧氧化法·····	187
三、氯系药剂氧化法·····	189
四、化学药剂氧化法·····	192
五、光辐射或放射性辐射催化氧化法·····	192
六、电氧化还原法·····	193
第二节 有机废水中致病微生物的处理·····	197
一、杀菌消毒的对象·····	197
二、杀菌消毒处理技术·····	198
第三节 吹脱与汽提·····	200
一、吹脱法的基本原理与应用·····	200
二、汽提法的基本原理与应用·····	201
第四节 萃取·····	203
一、溶剂萃取的基本原理·····	203
二、萃取新技术·····	205
三、萃取剂的选择与再生·····	205
四、萃取工艺过程·····	206
五、萃取设备类型和构造·····	207
六、萃取法在废水处理中的应用·····	208
第五节 离子交换法·····	209
一、离子交换剂的种类和性能·····	209
二、离子交换树脂的再生·····	210
三、离子交换法的装置·····	210
四、离子交换法在废水处理中的应用·····	211
第六节 热过程法·····	211
一、基本原理·····	211
二、蒸发设备·····	211
三、蒸发工艺·····	212
四、蒸发法在废水处理中的应用·····	212
第六章 有毒有机物处理技术·····	215
第一节 概述·····	215
一、有毒有机物的种类·····	215
二、有毒有机物的工业污染源·····	215
第二节 有毒有机物处理技术·····	217
一、有毒有机污染物的降解性·····	217
二、有毒有机物的处理技术·····	218

三、处理流程介绍·····	226
第七章 氨基酸工业废水处理技术·····	228
第一节 氨基酸工业污染现状·····	228
一、味精工业污染现状·····	228
二、柠檬酸工业污染现状·····	229
三、赖氨酸工业污染现状·····	229
第二节 氨基酸工业废水处理技术·····	230
一、味精工业废水处理技术·····	230
二、柠檬酸工业废水处理技术·····	234
三、赖氨酸工业废水处理技术·····	235
第三节 氨基酸工业废水处理工程实例·····	236
一、武汉周东莲花味精有限责任公司资源化处理味精废水实例·····	236
二、UASB-SBR 法处理味精废水工艺·····	237
三、河南莲花味精企业集团蒸发浓缩处理工程实例·····	238
四、杭州方大生物有限公司废水处理工程实例·····	240
五、无锡第二制药厂柠檬酸发酵废水厌氧-好氧处理实例·····	241
六、某赖氨酸有限公司厌氧-好氧工艺处理生产废水工程实例·····	242
七、南通柠檬酸厂利用光合细菌处理废水工程实例·····	243
八、两级厌氧-接触氧化-氧化塘工艺处理赖氨酸生产废水·····	243
第八章 造纸工业废水处理技术·····	245
第一节 造纸工业污染现状·····	245
第二节 造纸工业废水处理技术·····	246
一、厌氧消化·····	246
二、氧化塘处理法·····	246
三、土地处理灌溉法·····	247
四、膜分离技术·····	247
五、中和处理·····	248
六、碱回收技术·····	248
七、同向流斜板沉淀技术·····	249
八、射流气浮法·····	250
九、物理化学凝聚法·····	250
第三节 造纸工业废水综合治理实例·····	251
一、氧化塘处理法·····	251
二、膜分离技术·····	252
三、厌氧-好氧生化处理系统·····	252
四、厌氧法·····	253
五、用厌氧-好氧系统处理硫酸盐浆漂白废水·····	254
六、絮凝气浮法·····	255
七、氧化沟结合水解工艺处理造纸废水·····	255
八、碱回收技术·····	256

九、河南省新乡县华中造纸厂废水治理工程简介	257
十、开封市腾飞造纸厂废水治理工程简介	258
第九章 有机化学工业废水处理技术	261
第一节 化工生产的污染现状	261
一、化工行业水污染的特点	261
二、化工行业产生的主要污染物质	261
第二节 含酚废水的处理技术	265
一、概述	265
二、酚处理技术	267
第三节 丙烯腈生产废水处理	274
一、活性污泥法	274
二、氧化塔法	274
三、碱性水解	275
四、燃烧处理	276
五、湿式氧化法	276
六、注入深井	276
第四节 聚酯树脂生产废水处理	276
第五节 石油裂解生产废水处理	276
一、石油裂解生产中的污染物	276
二、石油裂解生产中的污染处理技术	277
第六节 合成橡胶厂废水处理	279
第七节 酚醛树脂生产废水处理	280
第八节 纤维板生产废水封闭循环回用技术	281
一、技术内容	281
二、应用实例	282
第九节 有机磷制剂生产废水处理	282
一、有机磷污染概述	282
二、磷的污染处理技术	283
三、废水的生物除磷工艺流程	289
第十节 有机氮生产废水处理	292
一、有机氮污染概述	292
二、有机氮处理技术	293
三、有机氮处理技术的选择	296
四、主要脱氮除磷活性污泥法功能	300
第十章 农药工业废水处理技术	302
第一节 农药工业污染现状	302
第二节 农药废水处理技术	302
第三节 农药废水的综合治理实例	303
一、A/O 工艺处理农药生产综合废水工程实例	303
二、液膜分离工艺处理含酚、含氟废水	306

三、活性污泥法处理有机磷农药废水·····	309
四、普通活性污泥法处理有机磷农药废水·····	311
五、兼氧串联好氧工艺处理农药废水·····	312
六、深井曝气法处理有机磷农药废水·····	315
第十一章 染料工业和纺织印染工业废水处理技术 ·····	317
第一节 染料工业污染概述·····	317
一、染料工业生产废水特点·····	317
二、染料生产废水的危害·····	318
第二节 染料工业污染治理技术·····	319
一、染料工业污染治理技术简述·····	319
二、染料工业废水处理实例·····	320
第三节 纺织印染工业污染概述·····	325
一、纺织印染工业污染情况·····	325
二、印染废水污染特点·····	326
第四节 纺织印染工业废水处理技术·····	327
一、印染废水的生物处理技术·····	327
二、物理与化学处理组合技术·····	337
第十二章 食品工业废水处理技术 ·····	339
第一节 食品工业废水概述·····	339
一、食品工业废水种类·····	339
二、食品工业废水特点·····	339
第二节 啤酒工业废水处理技术·····	339
一、啤酒废水概述·····	339
二、啤酒废水处理工艺与工程实例·····	340
第三节 其他制酒工业废水处理技术·····	348
一、其他制酒工业废水概述·····	348
二、其他制酒生产废水处理工艺与工程实例·····	349
第四节 酒精工业废水处理技术·····	352
一、酒精工业废水概述·····	352
二、玉米酒精糟液处理方法·····	352
三、薯干酒精糟液废水处理方法·····	354
第五节 淀粉及制粉糖工业废水处理·····	359
一、淀粉及制粉糖工业废水来源·····	359
二、淀粉及制粉糖工业废水处理工艺·····	359
第六节 乳品及饮品工业废水处理·····	361
一、厌氧(水解)-好氧生物处理工艺·····	361
二、厌氧处理工艺·····	362
三、两级生化处理工艺·····	362
四、生物接触氧化-喷射曝气塔处理饮料废水·····	362
第七节 屠宰与肉类加工废水处理技术·····	363

一、概述·····	363
二、肉类加工废水处理工程实例·····	363
第十三章 制药工业废水处理技术 ·····	371
第一节 制药工业污染概述·····	371
一、制药工业的污染来源·····	371
二、制药工业有机废水特征·····	373
第二节 抗菌素生产废水的处理技术·····	374
一、制药生产废水处理方法·····	374
二、生物化学反应和有机物生化降解·····	375
第三节 制药工业废水处理工程实例·····	380
一、某制药厂庆大霉素好氧处理·····	380
二、大型抗菌素厂生产废水生化处理工艺·····	381
三、湖北某医药公司制药废水处理工程·····	381
四、武汉市某中药制药厂废水处理工程·····	383
五、好氧法处理制药废水·····	384
六、麦迪霉素废水两级好氧处理工艺·····	384
七、卡那霉素制药废水预曝-A/O 处理·····	385
八、缺氧-好氧法废水处理工艺·····	386
九、天津某中药厂废水处理·····	386
第十四章 制革工业废水处理技术 ·····	388
第一节 制革工业废水特征·····	388
一、制革工业废水概述·····	388
二、制革废水特征及危害·····	389
第二节 制革工业废水处理技术及工程实例·····	392
一、制革厂脱毛废水处理·····	392
二、废水生化曝气处理技术实例·····	393
三、废水射流曝气处理技术实例·····	396
四、废水氧化沟处理技术实例·····	398
五、南京制革厂废水氧化沟处理技术·····	401
六、皮革少污染工艺废水综合治理方法·····	403
七、浙江省衢州市制革厂制革废水应用实例·····	404
第十五章 油脂和石油化工工业废水处理技术 ·····	405
第一节 含油废水污染概述·····	405
一、含油废水污染·····	405
二、石油类污染物排放标准·····	407
第二节 含油废水处理技术·····	409
一、含油废水的处理概述·····	409
二、含油废水的处理技术·····	410
第三节 油脂和石油化工工业废水处理技术及工程实例·····	419
一、武汉油脂化学厂污水处理改造工程实例·····	419

二、乳化含油废水治理技术·····	421
三、神龙汽车有限公司含油废水治理工程·····	422
四、石油开发洗井废液处理技术·····	422
五、风景游览区餐饮含油废水集中治理工程·····	422
六、混凝沉淀法治理钻井废水·····	423
七、油轮压舱含油废水处理技术·····	424
八、油码头含油废水处理技术·····	424
九、油田含油废水处理技术·····	425
十、油库含油废水处理技术·····	425
附表 1 美国国家环保局列出的主要有机污染物 ·····	427
附表 2 生物处理系统对主要有机污染物的处理效率 ·····	440
附表 3 废水处理技术中常用名词的英文缩写及中英对照 ·····	447
参考文献 ·····	449

第一章 废水处理技术概述

第一节 控制废水污染的基本途径

一、废水出路及污染控制

1. 废水出路

工业废水和生活污水的出路主要有：①排放于自然水体；②工农业利用；③处理后回用。由于污水排入水体后，必然对环境造成污染，破坏生态环境，损害人体健康，影响自然水的有效利用。为保护环境水体免遭污染，污水排入水体应以不破坏该水体的原有功能为前提。

污水排入水体后，有些可降解的污染物（如有机物）有一个逐步稀释、降解的自净化过程，对于废水污染，自然水体有一定的接纳能力，自然水体的接纳能力受到水体使用功能的约束。当持久性污染物随污水稳态排入河流，经过混合过程到达充分混合段后，持久污染物的最后稀释扩散浓度有一极限值。因此对不同污染物在浓度和总排放量上都必须实行污染控制。

2. 废水污染控制

我国为保护环境，实现废水污染控制目标，进行了水污染防治立法，制定了许多环境标准、排放标准和其他法律规定，建立了一整套监督管理体制，加强水污染的监督管理。在水污染总量控制、防治地表水、地下水污染、推行先进生产工艺和加强城市污水处理、重要水体监测与标准确定、生态饮用水源保护和维持水体自然净化能力等方面做了很大的努力。其目的就是防止污染环境，保护水体的使用价值。

废水污染控制的涵义包括两个方面：①研究废水对自然水体的污染规律，以便采取措施，维护水体自然净化能力；②控制废水水质，不使它对环境造成污染。因此污水在排放前应根据具体情况给予适当处理。

二、控制废水污染的基本原则和途径

控制废水污染的基本原则是：加强生产管理，禁止跑冒滴漏；清洁生产，节约资源能源；综合利用，减少污染负荷；加强治理，达标排放。合理规划，提高接纳水体的自净能力。对废水治理工程来说，主要任务是降低废水的污染程度。其基本途径可从以下两方面入手。

1. 减少污染因子的产生量

废水和其中的污染物是一定的生产工艺过程的产物，因此解决废水污染问题，首先要从改革生产工艺和合理组织生产过程做起，尽量使污染因子不产生或少产生。这方面的措施有：加强生产管理，改变生产程序，变更生产原料、工作介质或产品类型。如实现水的循环（闭路循环）使用以及在生产中降低化学品的用量和用比较容易处理的化学品代替较难处理的化学品等。

例如，目前正在广泛研究中的各种干法生产工艺（如干法印染）就可以从根本上消除废水的产生。在棉纺织厂，以羧甲基纤维代替淀粉，以洗涤剂代替肥皂，以硫酸代替醋酸，以

过氧化物代替次氯酸盐,可使废水中的 BOD 值总的降低 50%~80%。味精生产中采用等电-离子交换新工艺可使高浓度味精废水中的 COD 值降低 50%~60%。无氰电镀工艺的研究成功,从根本上消除了剧毒物质(氰)的产生,代之以另外的低毒或微毒污染物。采用酶法制革以代替灰碱法,不仅避免了危害性大的碱性废水的产生,而且酶法脱毛废水稍加处理,即可成为灌溉农田的肥水。采用离子交换法代替汞法电解制取氢氧化钾,可完全杜绝含汞废水的产生。在电镀等工艺过程中,采用逆法冲洗,就可以少排放废水。但是改革生产工艺是一项牵涉面广的工作,必须由生产工艺人员与废水处理技术人员密切合作。要积极慎重,不能对生产造成不良的影响。

为尽量使废水少产生或不产生,应尽量重复使用废水。废水的重复使用有循环和接续两种方式。在一般情况下,废水再利用的必要条件是要做适当的处理。例如,洗煤废水和轧钢废水,经澄清、冷却降温后,均可循环使用。城市污水经高级处理后,可用作工业用水。在国外,废水的重复使用已作为一项解决环境污染和用水资源贫乏的重要途径。

加强生产管理可杜绝人为造成的许多废水污染问题。例如不合理地用水冲洗地面并使污水任意溢流,频繁改变生产工艺及倒料,倒料时大量漏失,任意向下水道倾倒余料及剩液等。因此,加强生产管理也能减少废水的污染危害程度。

2. 减少污染因子的排放量

必须充分考虑有用物质的回收利用:改革生产工艺可以减少污水量及其中污染物含量,但仍会有一定量的污水排出。因此,应该大搞综合利用,“变废为宝”。一般根据污染源的情况在特定工序或车间,设置专门的回收利用装置。如:腈纶纤维生产中的硫氰酸钠,粘胶纤维中的酸汇和锌的循环使用及染整生产中丝光淡碱和染料的回收利用等。含有某种污染物的废水一旦形成,控制废水污染的基本方法是尽可能回收有用物质。工业废水的污染物质,都是在生产过程中进入水中的原材料、半成品、成品、工作介质和能源物质。排放这些污染物质将污染环境,造成危害;反之若加以回收,便可变废为宝,化害为利,成为有用的物质,既防止了污染危害又创造了财富。如味精废水处理中先加强谷氨酸和菌体蛋白的回收,可取得很好的经济效益,并减少了污水量和污染物的浓度。回收利用的途径十分广阔,各行各业都有很大潜力可挖。

应尽量采用经济合理、工艺先进的水处理技术,提高处理效果。污水处理往往需要几种单元组合起来才能达到预期效果。如何组合要从技术和经济上最合理来考虑,这是一个比较复杂的问题。总的来说,应根据具体污水的水质水量、排放和回收要求,以及各厂的地形、地势、自然气候条件、可能使用的面积、基建投资条件全面分析研究选择最佳方案。不可能有一个完全通用的模式,更不应该生搬硬套。

总之,不论采用何种措施,用水单位最终总会或多或少地排出一部分废水。因此,采用各种水质控制措施,提高接纳水体的自净能力,是防止废水污染的重要环节。

第二节 废水处理基本方法

一、单元废水处理工艺

单元废水处理工艺是针对特定的污染物设计的一个分离过程。其原则流程示于图 1-1。随着废水的性质不同,选用的分离方法与设备各异。同时分离过程是个熵减小的过程,这就是需要外界对体系做功。分离过程涉及添加物料(吸收剂、溶剂、表面活性剂、吸附物质、离子交换树脂、液膜和固膜材料等)和引进能量(包括热、电、磁、静压力、离心力等)等

工程问题。废水处理工艺按照其主要作用原理，可将各种单元处理工艺分为下列几类，见表1-1。

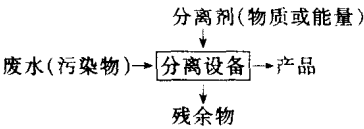


图 1-1 污染物的分离

表 1-1 废水处理工艺分类

分类	单元处理法	主要设备	主要处理对象
物理法	调节	调节池	水质、水量
	格栅、筛网	格栅、筛网	大的悬浮物
	自然沉淀	沉淀池	悬浮物
	自然浮上	浮选池	悬浮物、胶体物
	过滤	过滤池	悬浮物
	蒸发	蒸发器、供热设备	溶解物
	结晶	结晶器、热交换器	溶解物
	反渗透	反渗透器	溶解物
	超滤	超滤器	溶解物
化学法	中和	反应池、沉淀池	酸、碱等
	氧化还原	反应池	溶解物
	凝聚	混凝池、沉淀池、浮选池	悬浮物、胶状物
	电解、电凝聚	电解、电凝聚器	溶解物
物化法	吸附	吸附塔	溶解物、胶状物
	离子交换	交换器	溶解物
	电渗析	电渗析器	溶解物
	萃取	萃取塔	溶解物
生化法	好氧生物膜法	生物滤池、生物转盘	有机物
		塔滤池、生物流床	有机物
	好氧活性污泥法	曝气法、沉淀池	有机物
	厌氧消化法	消化池、供热设备	有机物

二、废水处理技术分类

废水处理技术可概括为以下三大类。

(1) 分离处理 通过各种力的作用，使污染物从废水中分离出来。一般说来，在分离过程中并不改变污染物的化学本性。

(2) 转化处理 通过化学的或生物化学的作用，改变污染物的化学本性，使其转化为无害的物质或可分离的物质，然后在进行分离处理。

(3) 稀释处理 稀释处理既不能把污染物分离出来，也不能改变污染物的化学本性，而是通过稀释混合，降低污染物的浓度，达到使其无害的目的。

(一) 分离处理

污染物在废中的存在状态，可分为离子分散态、分子分散态、胶体分散态和悬浮物分散态四类。在任一状态的分散粒子上都作用有许多外力，但由于离子的颗粒大小、粒度分布不同，物理和化学特性各异，所以各种外力对它们产生的总效应也不一样。例如，对悬浮物而

言,重力和离心力的作用十分明显,而分子力就微不足道。对分子或离子物质起作用的主要是化学键力,而重力和离心力就不起作用。由此可见,四类污染物的分离方法各不相同。

1. 离子分离方法

离子分离方法见表 1-2。在五种离子分离法中,前三者不需要外加电力,后两者需要外加电力。电渗析法和后面提到的反渗透法及超滤法都是借助膜的作用,又统称膜过程法。

2. 分子分离方法

分子分离方法见表 1-3。在这 11 种方法中,第 1~5 种属于溶质分子扩散法,第 6~10 种属于溶剂(水)分子扩散(或析出)法,第 6~9 种方法都是靠热量转移而实现的结果,也可统称热过程法,第 11 种方法是先使溶质分子从固体中扩散到溶剂中,再进行溶质和溶剂的分离。

表 1-2 离子分离方法分类及原理

离子分离方法	分离介质	主要分离原理	作用方式
1. 离子交换法	固体离子交换剂	质量作用定律	废水中有害离子与阳离子(或阴离子)交换剂上的同号离子互相交换而被分离。交换剂可再生使用
2. 离子吸附法	离子吸附剂	吸附差别	废水与吸附剂相接触,离子态污染物与电性相反的活性基相吸,从而被分离。吸附剂可再生使用
3. 离子浮选法	离子浮选剂	界面分离原理	废水与表面活性物质相接触,离子态污染物吸着在其活性基上,通过气浮分离出来
4. 电解沉积法	电场及电极	电化学沉积	金属阳离子在电解槽中移向阴极,经放电后沉积在阴极上,从而得到分离和回收
5. 电渗析法	电场、离子交换膜	选择性渗透	在电场作用下离子能选择性地透过阴阳离子交换膜而被浓集,废水则得到净化

表 1-3 分子分离方法分类及原理

分子分离方法	分离介质	主要分离原理	作用方式
1. 吹脱法	普通空气	扩散原理	挥发性分子与空气充分接触,使溶解的气态和挥发性污染物扩散到空气中
2. 汽提法	水蒸气	扩散原理	采用水蒸气直接加热废水至沸腾,挥发性分子便同水蒸气一起逸出,冷凝后,可将逸出的污染物一起回收
3. 萃取法	液体萃取剂	溶解度差别	污染物充分溶于萃取剂后与废水分离,污染物再与萃取剂分离去除或回收,萃取剂得到再生
4. 吸附法	固体吸附剂	吸附差别	污染物吸附于吸附剂后与废水分离,吸附剂经再生后使用。分子筛吸附剂可选择性分离不同大小的分子
5. 泡沫吸附法	表面活性剂	界面分离原理	极性溶质分子(污染物)吸附于表面活性物质上,再通过气泡将其带到水面,刮除分离
6. 结晶法	热量与冷量	利用过饱和度	通过蒸发和降温,使废水中固体物质——污染物达到饱和,多余的污染物便可结晶析出
7. 蒸发法	热量	蒸汽压不同	加热废水(或同时减压)至沸腾,使水汽化,即可达到浓缩分子态污染物的目的
8. 冷却法	冷量	热交换原理	通过热废水与干冷空气的直接接触,或者使热废水与低温介质间接接触,以降低废水温度
9. 冷冻法	冷量	物相变化	降低废水温度,使水结冰,达到高度浓缩和分离溶质(污染物)的目的
10. 反渗透法	压力梯度和膜	分子扩散速率差	向废水表面施加巨大压力,使水分子透过半透膜,达到分离和浓缩盐类溶质的目的
11. 浸取法	溶剂	溶解度差别	固体中的污染物充分溶于溶剂后与固体分离,污染物再与溶剂分离去除或回收,溶剂得到再生