

废水生物处理的 运行管理与异常对策

● 徐亚同 黄民生 编著



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

废水生物处理的运行管理 与异常对策

徐亚同 黄民生 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

废水生物处理的运行管理与异常对策/徐亚同,黄民生
编著. —北京:化学工业出版社,2002.12

ISBN 7-5025-4086-5

I. 废… II. ①徐… ②黄… III. 废水处理
IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086043 号

废水生物处理的运行管理与异常对策

徐亚同 黄民生 编著

责任编辑:夏叶清 董琳

责任校对:李林

封面设计:于兵

*

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
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 13 字数 343 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4086-5/X·221

定 价:32.00 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

前 言

水是我们地球上最为宝贵的资源之一，也是人类赖以生存不可缺少的基础物质。随着工农业生产的发展，人口的增长，我国的水环境已经普遍地受到污染，并成为今后国民经济可持续发展的隐患，为此有关部门已作出部署，兴建大批废（污）水生物处理系统，从根本上解决水体污染对经济发展、人体健康和环境的危害。

对已建污水生物处理系统运行状况的分析表明，有不少系统尚未正常地达标运行，有的运行费用过高。究其原因，除了有设备的质量问题，污水水质水量的变更，设计工艺的不合理以外，不少可归因于操作管理人员的经验和业务水平。

作者从事废水生物处理的教学、科研和推广应用工作三十余年，曾到数百家污水处理厂调研学习，帮助解决运行中的疑难问题，先后承接十余项国家或省市级的污水处理科研项目，还曾公派赴国外从事废水生物脱氮除磷的研究工作，承担过几十届废水生物处理的技术讲座。为了使大批新从事该领域工作的操作管理人员尽快熟悉和掌握本职业务，作者在以前编写出版的《废水生物处理的运行和管理》、《废水中氮磷的处理》、《废水生化处理》、《污染控制微生物工程》、《环境微生物学》、《环境微生物学技术手册》的基础上归纳整理编写本书，以期与国内同行交流探讨工作中的经验，使废水生物处理的运行管理提高到一个新的水平，力求在节约运行费用的前提下稳定地达标运行，为控制水环境的污染做出应有的贡献。

本书在介绍废水的性质，废水生物处理的原理，废水生物处理中常见的微生物类群，影响废水生物处理的主要环境因子的基础上，着重介绍了废水生物处理活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理、稳定塘、土地处理法、废水生物脱氮除磷等系统的培菌和挂

膜，运行状况的观察和评价；系统的调节和控制、不同处理系统日常运行管理方法、异常情况的对策以及污泥处理的方法；废水处理厂的管理与设备的运行和维护等。

本书由徐亚同教授完成第 1 章～第 12 章和第 16 章的初稿，由黄民生教授完成第 13 章、第 14 章、第 15 章的初稿，并共同对全书修改定稿，由黄民生教授完成文稿的输入编辑工作，本书在编写过程中曾得到史家樑教授等的帮助，张大鹏工程师和硕士研究生凌云同学完成了部分图表的制作，在此一并致谢。

限于作者水平，本书存在许多不足，敬请广大读者不吝赐教，批评指正。

徐亚同
2002 年 8 月

内 容 提 要

废水生物处理厂运行管理的关键是通过操作和管理获得长期稳定的达标和尽可能地降低运行费用，当发现运行中出现异常情况时，应采取必要的对策措施使之尽快地恢复。为此操作管理人员应学习必要的废水生物处理基本知识和掌握日常运行管理方法，在处理系统出现异常情况时采取有效的应对措施。

全书由两部分内容组成：第一部分简要地介绍了废水的性质，废水生物处理的原理，废水生物处理中常见的微生物类群，影响废水生物处理的主要环境因子等基础知识。第二部分重点介绍废水生物处理的活性污泥法，生物膜法，厌氧生物处理法，稳定塘法，土地处理法，生物脱氮除磷等系统的培菌挂膜和启动，运行状况的观察和评价，系统的调节和控制，各种处理系统日常运行管理方法、异常问题及其对策，污泥处理的方法以及主要设备的维护与管理等。

本书可作为废水生物处理厂操作管理人员上岗培训教材及工作中的指南，也可供从事环境科学与工程及相关科研、生产的设计院所和环保公司的技术人员以及有关院校师生参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 水循环与水资源	1
1.1.1 水循环	1
1.1.2 水资源	2
1.1.3 我国水资源的特点	3
1.2 水污染及其危害性	4
1.2.1 水污染现状	4
1.2.2 水污染的危害性	5
1.3 控制水体污染的途径	8
1.3.1 采用清洁生产工艺, 减少或消除污水的排放	8
1.3.2 加强管理, 健全污染控制有关法规	9
1.3.3 增加治理投入, 妥善处理废水	9
1.3.4 合理利用水体的自净能力	9
1.4 废水处理的方法与系统	10
1.4.1 废水处理方法	10
1.4.2 废水处理工艺系统	11
1.5 操作管理人员的职责	12
1.5.1 制订处理的目标和规划	12
1.5.2 熟练掌握本职业务	13
1.5.3 遵守规章制度	14
1.5.4 设备的维护及保养	15
1.5.5 加强成本核算	16
第 2 章 废水的性质	18
2.1 废水的性质及组成	18
2.1.1 废水的来源	18
2.1.2 废水的性质	19
2.2 废水的浓度指标和净化度指标	21

2.2.1	生物化学需氧量 (BOD)	21
2.2.2	化学耗氧量 (COD)	22
2.2.3	总有机碳 (TOC)	23
2.2.4	固体物质	24
2.2.5	氮	25
2.2.6	磷	26
2.2.7	其他	26
2.3	水样的采集	27
2.3.1	水样的种类	28
2.3.2	采样规则及方法	28
2.4	水样的保存	30
第3章	废水生物处理的原理	32
3.1	微生物的特点与废水的生物处理	32
3.1.1	种类多、分布广、代谢类型多样	32
3.1.2	繁殖快	33
3.1.3	代谢强度大	33
3.1.4	数量多	34
3.1.5	易变异	34
3.2	污染水体的自净现象	35
3.3	有机污染物的生物降解性	37
3.3.1	生物降解的巨大潜力	37
3.3.2	化学结构与生物降解的相关性	38
3.3.3	共代谢作用与生物降解性	39
3.4	有机污染物生物降解性的测试方法	39
3.4.1	测废水的 B/C (BOD ₅ 与 COD _{Cr} 比值)	39
3.4.2	测生物氧化率	40
3.4.3	测呼吸线	40
3.4.4	测相对耗氧速率曲线	41
3.4.5	测 COD ₃₀	42
3.4.6	模型实验	42
3.5	污染物的微生物降解与转化	43
3.5.1	生物组分的大分子有机物的降解	43
3.5.2	烃类化合物的微生物降解	45

3.6	废水好氧生物处理的原理	47
3.7	废水厌氧生物处理的原理	49
第4章	废水生物处理中主要的微生物类群	53
4.1	细菌	54
4.1.1	菌胶团细菌	54
4.1.2	丝状细菌	59
4.2	真菌	63
4.3	微型动物	64
4.3.1	植鞭毛虫类 (<i>Phytomastigina</i>)	68
4.3.2	动鞭毛虫类 (<i>Zoomastigna</i>)	68
4.3.3	变形虫类 (<i>Sarcodina</i>)	69
4.3.4	游动型纤毛虫类	69
4.3.5	匍匐型纤毛虫类	69
4.3.6	固着型纤毛虫类	69
4.3.7	吸管虫类 (<i>Sucteria</i>)	70
4.3.8	后生动物	70
4.4	微型藻类	71
第5章	环境因子对污泥微生物及处理效果的影响	73
5.1	温度	73
5.2	酸碱度	76
5.3	营养物质	80
5.3.1	营养在废水处理中的重要性	80
5.3.2	细菌所需的主要营养物质	81
5.4	毒物	82
5.5	溶解氧	87
5.6	氧化还原电位	89
5.7	渗透压	90
第6章	活性污泥法	91
6.1	活性污泥法的种类及其工艺流程	91
6.1.1	普通活性污泥法	91
6.1.2	阶段曝气活性污泥法	92
6.1.3	渐减曝气活性污泥法	94
6.1.4	吸附再生活性污泥法	94

6.1.5	完全混合活性污泥法	95
6.1.6	批式活性污泥法	96
6.1.7	生物吸附氧化法 (AB 法)	99
6.1.8	延时曝气活性污泥法	100
6.1.9	氧化沟	101
6.1.10	投料活性污泥法	102
6.1.11	活性污泥法的运行参数	102
6.2	活性污泥的培养和驯化	103
6.2.1	培菌前的准备工作	103
6.2.2	培菌方法	104
6.2.3	培菌过程中生物相的演替	105
6.2.4	驯化	107
6.3	废水生物处理系统运行状况的评价	108
6.3.1	巡视	108
6.3.2	污泥性状	110
6.3.3	活性污泥生物相的观察及其对运行状况的指标作用	118
6.3.4	水质的化学测定及其对运行的指导意义	125
6.4	活性污泥系统的调节与控制	130
6.4.1	SV 法	130
6.4.2	MLSS 法	130
6.4.3	F/M 法	131
6.4.4	MCRT 法	133
6.4.5	调节回流污泥量	134
6.5	活性污泥系统的运行管理	135
6.5.1	气——维持曝气池合适的溶解氧	135
6.5.2	水——保持匀质匀量地进水及合适的营养	138
6.5.3	泥——改善污泥的质量	144
6.6	异常问题及解决对策	150
6.6.1	污泥性状异常及解决对策	150
6.6.2	水质测定中异常现象及解决对策	152
6.6.3	工业废水处理中生产不正常时的运行对策	153
第 7 章	生物膜法	156
7.1	生物膜法的种类及工艺特点	157

7.1.1	生物滤池	157
7.1.2	塔式生物滤池	159
7.1.3	曝气生物滤池	162
7.1.4	生物转盘	165
7.1.5	接触氧化法	166
7.1.6	生物流化床	170
7.2	挂膜	173
7.3	生物膜法系统微生物的特点及与运行管理的关系	174
7.3.1	生物膜系统微生物的特点	174
7.3.2	判断生物膜功能的指标性生物	175
7.3.3	生物膜系统运行中应特别注意的问题	177
7.4	生物滤池的运行管理及异常对策	179
7.4.1	影响生物滤池处理效果的因素	179
7.4.2	生物滤池的运行及管理	180
7.5	生物转盘的运行管理及异常对策	184
7.5.1	生物转盘的日常运行及管理	184
7.5.2	异常问题及其解决对策	186
7.6	生物接触氧化与流化床的运行管理及异常对策	188
7.6.1	填料的选择	189
7.6.2	防止生物膜过厚、结球	190
7.6.3	及时排出过多的积泥	190
7.6.4	二沉池的运行管理	191
第8章	厌氧生物法	193
8.1	厌氧生物法的工艺流程和特点	193
8.1.1	化粪池	193
8.1.2	厌氧生物滤池	194
8.1.3	厌氧接触法	194
8.1.4	升流式厌氧污泥床反应器 (UASB)	195
8.1.5	分段厌氧消化法 (两相厌氧消化法)	197
8.1.6	厌氧流化床、膨胀床法	198
8.1.7	序批式厌氧活性污泥法	198
8.1.8	厌氧生物法的特点	198
8.2	工业废水的厌氧生物降解性能	200

8.3	厌氧生物处理的运行管理	201
8.3.1	运行正常时的管理方法	201
8.3.2	厌氧生物处理装置的启动	205
8.4	运行异常时的对策	207
第9章	稳定塘法	212
9.1	稳定塘的发展历史	212
9.2	稳定塘的类型	212
9.3	稳定塘净化废水的原理	215
9.4	稳定塘中的微生物	216
9.5	稳定塘的运行管理	217
9.5.1	运行参数	217
9.5.2	池形	218
9.5.3	混合	218
9.5.4	污泥的沉积	218
9.5.5	好氧塘和兼性塘的运行	218
9.5.6	厌氧塘的运行	219
9.5.7	曝气塘的运行	220
9.5.8	精制塘的运行	220
9.5.9	排水的变更策略	220
9.5.10	投产	221
9.5.11	日常管理	221
9.5.12	运行数据的测定	222
9.5.13	安全	222
9.6	稳定塘的异常问题及其对策	223
第10章	土地处理法	228
10.1	土地净化污水的原理	229
10.2	土地处理污水的方法	230
10.3	应用实例	231
10.4	土地处理场的运行及管理	235
10.4.1	污水土地处理系统的选择	235
10.4.2	负荷率	236
10.4.3	灌水方式	236
10.4.4	预处理	237

10.4.5	环境卫生	237
10.4.6	植被选择	237
第 11 章	生物脱氮	238
11.1	水体的氮污染	238
11.2	生物脱氮的原理	241
11.3	生物脱氮系统的基本工艺流程	247
11.4	生物脱氮系统的运行管理	252
11.4.1	污泥负荷	252
11.4.2	废水的 C/N	253
11.4.3	回流比	253
11.4.4	缺氧池与好氧池容积的比例	254
11.4.5	缺氧池的搅拌方式	254
11.4.6	温度	255
第 12 章	生物除磷	257
12.1	水体的磷污染	257
12.2	生物除磷的原理	257
12.3	生物除磷系统的基本工艺流程	260
12.4	生物除磷系统的运行管理	270
12.4.1	注意废水的碳磷比 (BOD_5/TP)	270
12.4.2	脱磷池的管理	270
12.4.3	控制 DO	271
12.4.4	降低 $NO_3^- - N$ 浓度	271
12.4.5	控制合适泥龄	271
12.4.6	减少 ESS	271
12.4.7	污泥的处置	272
12.4.8	其他	273
第 13 章	格栅和沉淀池	275
13.1	集水池	275
13.2	格栅井	275
13.3	沉砂池	276
13.4	初沉池	277
13.4.1	初沉污泥的性质与初沉池的作用	277
13.4.2	悬浮物的去除	279

13.4.3	油脂的去除	280
13.4.4	影响初沉池运行的因素	280
13.4.5	初沉池的日常管理及异常问题解决对策	281
13.5	二沉池	284
13.5.1	二沉污泥的性质和二沉池的作用	284
13.5.2	二沉池异常问题及其解决对策	286
第 14 章	污泥处理	288
14.1	污泥的类型和性质	289
14.1.1	污泥类型	289
14.1.2	污泥性质及其指标	289
14.1.3	污泥的流动特征与输送	292
14.2	污泥的浓缩	292
14.3	污泥的脱水与干化	296
14.4	污泥的化学法稳定	312
14.5	污泥的生物法稳定	314
14.6	污泥的资源化利用与最终处置	317
第 15 章	废水处理厂的管理与设备的运行和维护	323
15.1	废水处理厂的设备管理要点	323
15.2	废水处理厂的设备资料管理	327
15.3	废水处理厂主要设备运行管理与维护	328
15.3.1	泵的运行管理与维护	328
15.3.2	鼓风机的运行管理与维护	333
15.3.3	表面曝气机的运行管理与维护	337
15.4	废水处理厂的工程验收与试运转	338
15.4.1	工程验收	338
15.4.2	试运转	339
15.5	废水处理厂的其他管理工作	340
15.5.1	安全生产	340
15.5.2	劳动管理	346
15.5.3	技术经济分析	346
第 16 章	废水生物处理生产实例	348
16.1	某石化股份有限公司水质净化厂废水处理	348
16.1.1	概况	348

16.1.2	水量与水质	348
16.1.3	处理工艺流程	349
16.1.4	构筑物及主要设备	349
16.1.5	处理效果及技术经济	350
16.1.6	运行经验与问题讨论	350
16.2	上海同兴林厂废水处理	352
16.2.1	废水的水质水量	352
16.2.2	生产中遇到的问题及解决办法	353
16.3	某试剂总厂污水处理	357
16.3.1	概况	357
16.3.2	主要设备和规格	357
16.3.3	废水处理工艺	358
16.3.4	主要废水处理构筑物	359
16.4	某衬布厂废水处理	360
16.4.1	概况	360
16.4.2	水量与水质	361
16.4.3	废水处理方案和工艺	361
16.4.4	构筑物及主要设备	363
16.4.5	技术经济分析	364
16.4.6	运行管理注意事项及其对策	365
16.4.7	调试运行记录	366
附录	368
附录一	活性污泥生物相观察	368
附录二	活性污泥中丝状微生物的鉴别	371
附录三	废水生化处理的模型试验	374
附录四	活性污泥耗氧速率、废水可生化性及毒性的测定	375
附录五	工业废水中常见有机物 COD、BOD、B/C、生化可降 解性及动物半致死量值	378
参考文献	386

第 1 章 绪 论

废水生物处理是 19 世纪末出现的治理污水的技术，发展至今已成为世界各国处理城市生活污水和工业废水的主要手段。目前国内已有上万座污水生物处理厂（站）投入运行。调查数据显示，运行情况良莠不齐。从存在的问题分析有：原设计工艺不当；投入运行后水质水量与原设计指标有较大出入；设备质量差、损坏后未及时修复等；此外，均与操作管理不当有关。国内工业废水生物处理系统大多从 20 世纪 80 年代以后投入运行，操作人员绝大多数由本厂其他工种人员转行而来，未经系统培训，大多以主观经验来进行运行管理，因此有必要对上岗位操作人员进行系统的培训，提高操作管理水平，使之长期达标运行。

1.1 水循环与水资源

水是地球上人类最宝贵的一种自然资源，生命起源于古代的海水之中，一切生物皆离不开水。水既是人体组成的基础物质，又是新陈代谢的主要介质，其含量占体重的 $2/3$ 。生物体内的化学反应皆在水溶液中进行。由于水有极大的热容量，因此水在调节地球上气温时起着巨大的作用，可以避免温度的剧变。

1.1.1 水循环

地球表面的水在太阳照射下，不断地被蒸发，并汽化为水蒸气，植物亦可借助蒸腾作用进行这一过程。水蒸气上升到空中形成云，又在大气环流的作用下移动到各处，遇适当的条件时即成为雨或雪等而降落到海洋和陆地。由于陆地地形的关系，迎风坡等地面降水量大于其他地面，陆地地表降水量大于海洋洋面。这些降落下来的水分一部分渗入地下成为土壤水或地下水；另一部分可顺着地

表径流汇入江河、湖泊，并最终汇入海洋，因此在陆地表面存在着水向海洋的流动，在大气高空水蒸气从海洋上空向陆地运动。地表水经植物吸收后再经枝叶蒸腾进入大气层，地面洋面水又可经蒸发进入大气层。这种过程循环往复，永无止境，构成自然界中的水循环，见图 1-1。

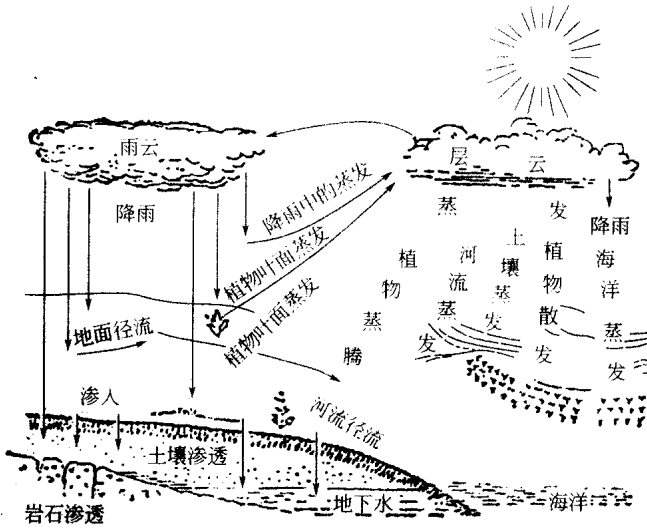


图 1-1 自然界中的水循环

1.1.2 水资源

表 1-1 为地球上水资源的分布。地球上的水总量约为 $1.36 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，似乎是取之不尽，用之不竭，但其中 97% 以上为海洋的咸水，地球上淡水总量为 $3.8 \times 10^7 \text{ km}^3$ ，只占全球总水量的 3%。在这些淡水中，南、北极的冰帽和冰川又占去了 3/4，江、河、湖泊等地面水总量约为 $2.3 \times 10^5 \text{ km}^3$ ，约占全球总水量的 0.01%，地表土壤和地下岩层中含有多层淡水，总计约为 $8.4 \times 10^6 \text{ km}^3$ 。因此，人类易于利用的淡水约占全部淡水的 20% 左右，而直接能取用的江、湖淡水仅占全部淡水的 0.5%，可见，能供人类直接利用而且易于取得的淡水资源是十分有限的。