

废水生物处理 基本原理和方法

南京大学生物学系 编

江苏科学技术出版社

废水生物处理 基本原理和方法

南京大学生物学系

《废水生物处理基本原理和方法》编写组

江苏科学技术出版社

废水生物处理基本原理和方法

南京大学生物学系

出版: 江苏科学技术出版社

发行: 江苏省新华书店

印刷: 盐城地区印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张11.25 字数240,000

1980年11月第1版 1980年11月第1次印刷

印数 1—1,500册

书号 15196·043 定价 0.96 元

责任编辑 冯育北

前 言

我国《环境保护法》(试行)规定,要积极处理工矿企业和城市生活的废水、废气、废渣等有害物质。废水如果不加处理,任意排放,势必污染江、河、湖、海和地下水,直接影响到工业用水和饮用水的质量,以及农作物、林木、禽畜和鱼虾的生长繁殖。有时,其残毒可以在动、植物体中积累,人们吃了这种有毒的粮食、鱼、虾、果蔬,可以直接危及健康。七十年代初期以来,我国不少工厂和城市虽然陆续开展了废水处理工作,但与《环境保护法》(试行)的要求还有很大距离。当前,有更多的工矿企业正在积极开展废水处理工作。

处理废水有多种方法,通常分为物理的、化学的和生物的三大类。物理方法常用的有沉淀、过滤、溶剂萃取、渗析、离心分离、浮选、电渗析、反渗透等。化学方法常用的有中和、化学氧化、还原、络合、复分解和化学絮凝、离子交换等。生物方法分为好气性生物处理和厌气性生物处理两大类。用生物方法处理废水,国外早在二十世纪初已经开始。多年来国内外的生产实践证明,它是比较有效、经济、可靠的废水处理方法。因此,在废水处理工作中,推广生物处理方法以控制污染,仍然是当前的主要措施。

我校为了适应环境保护工作开展的需要,受江苏省有关环境保护部门的委托,曾于一九七五年至一九七七年间,举办了三期工业废水生物处理短训班,并编写了短训班教材,着重讲述有关废水生物处理的基本原理和基本方法。

教学实践证明，使用该教材可以达到预期的教学目的，效果较好。最近，我们以该教材为基础，经过修改补充，编写成《废水生物处理基本原理和方法》一书。近年来，废水生物处理技术发展很快。厌气生物处理法除在污泥处理方面应用日增外，对很高浓度的有机废水也开始应用。在生物滤池法和活性污泥法两类基本的好气生物处理方法的基础上，又发展了一些新技术、新工艺，例如深水曝气法、纯氧曝气法、多层曝气法、管道曝气法、接触氧化法等。有的在国内已应用和发展，有的还在试验。但是，这些新技术的基本原理和方法，仍与当前我国生产上常用的表面加速曝气池、生物转盘、塔式生物滤池等方法基本上相同。因此，本书以这些基本的生物处理方法的讲述为重点，希望能起到举一反三的作用。本书既可作为培训有关技术人员的教材，也适合具有中学以上文化水平，从事废水生物处理工作的人员阅读参考。由于我们水平有限，书中可能有不少缺点甚至错误，期待读者批评指正。

南京大学生物学系
《废水生物处理基本
原理和方法》编写组
一九八〇年五月

目 录

绪 论

一、生物和水	1
二、污水的种类及其对生物和人类的影响	1
三、水质污染的防治	5

第一篇 废水生物处理微生物学基础

第一章 废水生物处理中的微生物	8
第一节 废水处理中各类微生物的形态构造	8
一、细菌	8
二、放线菌	14
三、酵母菌	14
四、霉菌	15
第二节 菌胶团	16
第二章 微生物的生理特性	18
第一节 微生物的营养类型	18
第二节 微生物的营养要素	20
一、能源	20
二、碳源	20
三、氮源	21
四、无机元素	22
五、生长因素（生长辅助因素）	23
六、水	23
第三节 微生物的呼吸作用	23
一、好氧性微生物呼吸作用	24

二、厌氧性微生物呼吸作用	25
三、兼性微生物呼吸作用	25
第四节 微生物处理废水的基本作用	27
第三章 微生物的生长繁殖和生长规律	29
第一节 微生物的生长繁殖	29
一、测定细胞物质增长的方法	30
二、测定细胞数目的方法	30
三、霉菌生长量测定法	30
第二节 微生物的生长规律	31
一、微生物的生长曲线	31
二、微生物生长曲线在废水处理中的应用	33
第三节 废水生物处理中影响微生物生长繁殖的环境因素	33
一、温度	33
二、氧	34
三、酸碱度 (pH值)	35
四、营养物质	35
五、有毒物质	36
第四章 微生物在自然界物质转化中所起的作用	37
第一节 微生物在碳素循环中的作用	38
第二节 微生物在氮素循环中的作用	39
一、氨化作用	40
二、硝化作用	40
三、反硝化作用	40
四、固氮作用	40
第三节 自然界硫及磷的转化	40
一、硫的循环	40
二、磷的循环	41
第五章 活性污泥的培养驯化和塔式生物滤池、 生物转盘挂膜概述	43

第一节	活性污泥的培养和驯化	43
一、	什么叫活性污泥	43
二、	活性污泥的培养（又称培菌）	43
三、	活性污泥的驯化	44
第二节	塔式生物滤池和生物转盘的挂膜	45
第六章	微生物学实验	45
第一节	显微镜的构造和使用	45
第二节	活性污泥和生物膜中常见微生物的形态观察	48
第三节	细菌的染色和观察	49
第四节	微生物大小的测量和计数	52
第五节	培养基与灭菌	56
第六节	纯种分离	61
第七节	菌种的脱酚性能测定	63
第八节	污水细菌学常规检验	64

第二篇 工业废水处理的生物学方法

第一章	工业废水的处理方法	69
第一节	物理的方法	69
第二节	化学的方法	70
第三节	生物学的方法	72
第四节	有机废水的微生物分解原理	72
一、	厌气的分解	72
二、	好气的分解	73
第二章	厌气发酵	75
第一节	甲烷发酵的机理和各种条件	76
一、	甲烷发酵过程中有机物的分解	76
二、	实验室装置	77
三、	种培养（厌气细菌的培养）	78
四、	发酵温度	78

五、废水的组成	78
六、污泥浓度	79
七、阻碍物质	79
第二节 各种工业废水的处理	80
第三节 处理装置和运转管理	80
第四节 稀薄废水的处理	83
第三章 生物滤池	83
第一节 生物滤池的构造	84
第二节 生物滤池的作用原理	84
第三节 生物滤池的条件	85
一、生物膜的培养	85
二、生物滤池的处理能力	85
三、空气的供给	86
第四节 组成滤池生物膜的生物	86
第五节 生物滤池中肉眼可见的动物	87
第四章 塔式生物滤池	87
第一节 塔式生物滤池的结构	88
一、塔身	88
二、滤料	88
三、布水器	89
四、集水器	89
五、通风	89
第二节 塔式生物滤池的作用原理	89
第三节 生物膜的形成	90
第四节 有效细菌的筛选和扩大培养	90
第五节 处理效果	92
第六节 影响处理效果的各种因素	92
一、水力负荷对处理效果的影响	92
二、有机负荷对处理效果的影响	93

三、塔高的影响	93
四、高温和高负荷对处理效果的影响	93
第七节 塔式生物滤池的设计参数的计算	93
第五章 生物转盘	96
第一节 生物转盘的构造和作用机理	96
第二节 生物膜的培养	98
第三节 影响处理效果的各种因素	98
一、营养	99
二、温度	99
三、pH	99
四、溶解氧	99
五、进水流量	100
第四节 生物转盘的处理效果	101
第五节 生物转盘的设计和计算	101
第六章 表面加速曝气池的运转管理	103
第一节 表面加速曝气池的结构和工艺流程	104
第二节 活性污泥的培养和驯化	106
第三节 表面加速曝气池的运转管理	108
第四节 关于表面加速曝气池运转管理上的一些基本问题	110
一、活性污泥法的基本原理	110
二、营养	111
三、温度	112
四、氢离子浓度	112
五、溶解氧	113
六、负荷量	114
七、污泥浓度	115
第五节 污泥膨胀	115
一、污泥上浮	116
二、污泥膨胀	117

第六节	活性污泥中常见的微生物和原生动物	121
第七节	活性污泥活性的恢复	122
第八节	结束语	123
第七章	表面加速曝气池的设计和计算	123
第一节	设计数据	124
一、	设计所需要的资料	124
二、	各部分尺寸控制数字	124
第二节	完全混合曝气沉淀池容积计算	127
第三节	圆形合建式完全混合曝气沉淀池各部尺寸计算	128
第四节	曝气器的充氧原理和计算	129
一、	选择叶轮型式应考虑的因素	129
二、	叶轮充氧原理	130
三、	计算公式	131
第五节	圆形合建式完全混合曝气沉淀池容积和各部尺寸计算实例	133
第八章	氧化池（氧化塘）	140
第一节	什么叫氧化池	140
第二节	氧化池的类型	141
一、	清水型	141
二、	黄色鞭毛藻型	141
三、	中间型	142
四、	兰针藻型和栅列藻型	142
五、	眼虫藻—色藻型	143
第三节	污水的负荷量	144
第四节	除去营养盐的效果	145
第五节	氧化池中藻类的生产量	145
第九章	几种处理工业废水的新工艺	146
第一节	一种处理印染废水的新工艺	146
第二节	高速吸附—生物氧化法	148

第三篇 废水生物处理中常见的微型动物和藻类

第一章 废水生物处理中常见的微型动物	153
第一节 生物、动物和微型动物	153
第二节 动物的分类原则和命名	154
第三节 微型动物在废水生物处理中的作用	155
一、净化作用	155
二、指示作用	156
第四节 废水生物处理构筑物中常见的微型动物	157
一、原生动物简述	157
二、后生动物简述	183
〔附录〕 废水生物处理中常见的微型动物检索表	196
第五节 外界环境因素对废水中微型动物的影响	202
第六节 培菌驯化期间微型动物类群的演迭	205
一、游离细菌活跃期	206
二、污泥形成期	206
三、污泥增长期	206
四、污泥增长突变期	206
五、污泥正常运转期	206
第七节 污泥膨胀时微型动物的反应	208
第八节 工作方法	208
第二章 废水生物处理中常见的藻类	212
第一节 藻类的通性	212
第二节 废水生物处理中常见的藻类	213
一、兰藻门	214
二、绿藻门	215
三、裸藻门	219
四、金藻门	220

五、硅藻门	221
-------------	-----

第四篇 废水生物处理的控制与分析

第一章 概 述	226
第一节 天平与称量	226
一、分析天平	226
二、称量方法	228
三、称量准确度的计算	229
四、天平使用规则	230
第二节 量具的使用及其他基本技术	231
一、量具的使用	231
二、洗涤	234
三、试剂	236
四、蒸馏水	237
第三节 水样的采取和保存	238
第四节 分析结果的数据处理	240
一、有效数字及其一般计算规则	240
二、分析结果的准确度	241
三、水质分析结果的表示方法	244
第二章 分析方法的选择和基本概念	244
第一节 容量分析	245
一、容量分析的基本知识	245
二、容量分析的各种方法	253
第二节 比色分析法和分光光度法	260
一、比色分析法	260
二、分光光度法	263
第三章 废水生物处理的控制分析	264
第一节 基本操作	264
一、称量练习	264

二、标准溶液的配制及其浓度的标定	266
第二节 活性污泥的性质	269
一、污泥沉降	269
二、污泥浓度 (MLSS)	269
三、污泥指数 (SVI)	270
四、污泥灰分和挥发性污泥 (MLVSS)	270
第三节 悬浮物、总固体和总固体的灼烧减量	271
一、悬浮物	271
二、总固体	272
三、总固体的灼烧减量	275
第四节 pH值	276
第五节 氨氮	280
第六节 总氮	283
第七节 化学耗氧量——高锰酸钾法 (COD _{Mn})	287
一、酸性高锰酸钾法	288
二、碱性高锰酸钾法	292
第八节 化学耗氧量——重铬酸钾法 (COD _{Cr})	293
第九节 溶解氧	296
第十节 生物化学需氧量 (BOD)	300
第十一节 氰化物	304
一、硝酸银容量法	305
二、吡啶联苯胺比色法	308
第十二节 挥发酚	310
一、溴化容量法	311
二、比色法	314
第十三节 色度去除率	317
第十四节 硫化物	319
第十五节 氯化物	322
第十六节 磷酸盐	325

一、钒酸铵比色法	326
二、钼蓝比色法	327
第十七节 废水的生物检测	329

附 表

一、工业“废水”排放标准	339
二、重要元素的原子量表(1971年)	340
三、常用 pH 值指示剂表	341
四、常用试剂的分子量及当量表	342
五、浓酸及氨液的比重、百分含量及当量约数对照表	344

绪 论

一、生物和水

水是生物赖以生存的必不可少的物质，即使从生物的演化史来看也是这样，地球上出现了水才产生了生命。水是生物体内含量最多的物质，约占我们体重的 $2/3$ 。要保持我们健康的身体，每天需要 $2\sim 3$ 升的水。一个人如果丧失了相当于他体重 20% 的水，就要死亡。

植物也同样需要水。1 公顷玉米，从发芽、结实到枯萎需要吸收和蒸发 $3,000$ 米³ 的水。大多数植物生产 1 克干重的植物体，需要 $400\sim 800$ 毫升的水。

水对于生物的吸收、消化、输导、代谢、排泄以及体温的调节有重要的作用。绿色植物利用光来进行光合作用，通过光合作用，能量可直接或间接地为一切生物所利用。

本来地球上并不缺少水，可是由于人口的增加和工农业的发展，水逐渐被污染了。而且水质污染现在正以全球的规模在不断地扩大。因此污水如果不加处理任意排放，其后果是严重的。

二、污水的种类及其对生物和人类的影响

为了要弄清楚水质污染对于各种生物或生态系的影响，

首先要了解水域是由什么样性质的废水，即由什么样的物质所污染的。实际上，污染的水域大多数情况是由几种不同的废水复合污染所引起的。现在把造成水质污染的主要废水列举如下：

- (1) 下水和粪尿，
- (2) 工业废水，
- (3) 矿山废水，
- (4) 农业废水，
- (5) 石油系废水，
- (6) 放射性废水，
- (7) 热排水等。

(一) 下水和粪尿

人类在生活上排出的废水，含有大量发酵性有机物。下水的BOD为100~300ppm。每个人排出的下水量，虽然随各人的生活方式而有很大的差异，但可以从水的利用状况来推算。每个人每天排出的粪尿大约有1升，其中粪约100克，尿约1升。

下水道完备的地区，下水和粪尿一起，由生活污水厂处理后，排入江河。在没有下水道的地区，下水经水沟直接流入河流。而粪尿大多数情况是从厕所掏出以后，用来肥田。如果粪尿没有经过处理，直接流入河流，这是引起富营养化的原因。因为尿中含有总氮达5,000ppm，磷达1,300ppm。粪尿中的氮大部分是从尿中的尿素来的。氮、磷这类营养盐类，即使经过处理，仍难除掉。所以即使把处理水放入河流，仍可引起富营养化。

河水和海水的富营养化，可使藻类大量繁殖，形成“水花”或“赤潮”，而使鱼、虾、贝类大量死亡。

此外，农村中家禽、家畜所排出的废水，也可以污染水质。