

〔美〕W.W.埃肯费尔德 著
马志毅 译 李亚新 校

工业 水污染 控制

中国建筑工业出版社

工业水污染控制

〔美〕 W.W.埃肯费尔德 著

马 志 毅 译

李 亚 新 校

中国建筑工程出版社

(京)新登字 035 号

该书旨在应用现代最新的理论和技术,经济而有效地解决现今环境保护中工业水污染控制的实际问题。书中除理论阐述外,尚附有例题、习题、应用实例和参考文献。可作为环境保护,水资源和给水排水专业大学生、研究生的教科书,也可供同类专业工程技术人员参考。

* * *

责任编辑 刘爱灵
技术设计 马江燕
责任校对 杨凤荣

INDUSTRIAL WATER POLLUTION CONTROL

second edition-1989

W. Wesley Eckenfelder, Jr.

McGraw-Hill Book Company, New York

工业水污染控制

马志毅 译

李亚新 校

*
中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 12⁷/₈ 字数: 345千字

1992年2月第一版 1992年2月第一次印刷

印数: 1—6,100册 定价: 6.60元

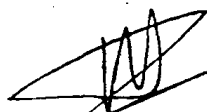
ISBN7—112—01479—4/TU·1101

(6515)

(中译本前言) 原文

PREFACE

It is with the greatest pleasure that I add a preface to the translation of my book by my good friend and colleague, Mr. Zhiyi Ma of the Taiyuan University of Technology. I feel it is critical today that technology transfer be increased in all parts of the world. This is particularly true when considering environmental problems. The increase of population and the rapid growth of industry have created unprecedented problems relative to pollution from organics, inorganics and toxic wastes. It becomes imperative that these problems be addressed in a timely and advanced technological manner. In order to achieve these objectives, more professionals must be trained. It is with that objective in mind that this book was written. I dedicate this translation to my many Chinese students and colleagues.



Wes Eckenfelder

中译本前言

我的书由我的好朋友和同事，太原工业大学的马志毅先生译成了中文。我以极其愉快的心情为该译本加写前言。我感到增强世界各地的科技交流是今天的主要任务，环境问题更是如此。人口的增加和工业的快速增长，已经造成了空前严重的问题，有机、无机和有毒废水的污染就是很好的写照。这就迫使我们应以现代先进的技术方式来对付这些问题。为此必须培养更多的专业人员。本书就是出于这种考虑而编写的。谨以此译本献给我的中国学生和同事。

（作者）

W.W.埃肯费尔德

作者简介

W·韦斯莱·埃肯菲尔德 (W·Wesley Eckenfelder, Jr.) 在曼哈顿大学获土木工程学位, 在宾夕法尼亚州立大学及纽约大学获环境工程学位。曾分别在曼哈顿大学、得克萨斯大学任教授, 现为万德比尔特大学的杰出 (distinguished) 教授。他是水科学咨询公司的创始人之一, 是韦斯莱·埃肯菲尔德 (现名洛依·韦斯顿) 公司的股东之一。从 1979 年至今任阿维尔 (AWARE) 股份公司● 董事会主席。

他曾在许多大学讲授“水污染控制”课程。如曼哈顿大学、得克萨斯大学、万德比尔特大学、澳大利亚的昆士兰大学、美国化学工程师学院以及化学制造者协会。

他曾在工业、市政、咨询公司, 政府部门 (如世界卫生组织, 联合国, ——译者注) 等 150 多个单位担任顾问。

他在水污染控制方面, 有 18 部著作及 200 多篇论文, 其中“工业水污染控制” (1967), “水质治理原理” (1980) 及“水污染控制” (1978) 等均已被译成了日文, 有一本译成了法文。

埃肯菲尔德教授是许多杂志的编辑顾问团成员。如《水技术通讯》(英国), 《有害废物和有害材料》等。他也是许多技术科学团体的成员, 如水污染控制学会, 美国化学学会, 美国化学

● 这是一个环境治理科技咨询公司, 现以他的名字命名, 即已改称为埃肯菲尔德公司——译者注

工程师协会，美国土木工程师协会等。他还是国际水污染研究和控制协会的荣誉会员。

他1974年以其在环境化学方面的杰出贡献荣获 SOCMA 金质奖章，1975年获工业废水奖章，1981年荣获水污染控制协会发给的托马斯·坎普奖章，等等。

他是得克萨斯州注册的专业工程师。

译者序

埃肯费尔德 (W.W. Eckenfelder) 教授是水污染控制领域中享有国际盛誉的专家和学者。在这一领域中他具有丰富的学识工程实际经验和教学经验, 至今著有18部专著, 写了200多篇论文。该书是在1967年第一版的基础上, 利用新近的知识和技术加以充实、更新后于1989年问世的第二版, 是McGraw-Hill书籍公司所出“水资源与环境工程”系列丛书之一。

该书从追溯水污染的成因和确定工业废水的水质水量起, 切实地探讨了水回用、副产品回收和厂内控制等技术解决办法。接着依次论述了废水的初步处理、生物处理和化学处理以及污泥的处理和处置方法。其中如磷的去除, 化学氧化以及生物处理等章节突出反映了近年理论和实践中的新发展和新水平。

该书重点在于用现代最新的技术, 经济而有效地解决现代环境保护中工业水污染控制的实际问题。除一般理论阐述外, 尚有设计例题、应用实例、习题和参考文献。可作为环境保护、水资源和给水排水专业大学生、研究生的教科书和同类专业工程技术人员的工作参考书。

原书单位基本为英制, 为了方便我国读者, 译本除个别外, 尽量采用我国的法定计量单位。

埃肯费尔德教授也是译者在美国进修时的导师, 他曾多次表示, 但求他有用的知识能在中国传播。限于译者水平, 译文不妥之处在所难免, 诚恳希望指正。

译本之插图承蒙胡振国、张国兰、薛金兰等同志协助描制, 谨此致谢。

马志毅

前 言

从本书第一版问世至今已20年。其间不仅法规有很大变化,而且传统技术也有所改进,新的技术有所发展,以适应日益严格的水质标准。对于排水中各种重要污染物(又名优先 污染物—priority pollutants)以及水生物毒性等的限制,使得许多旧的传统处理设施已不适应。今天面临的任务就是要从环境许可和经济有效两方面来满足这些新的要求。

为完成这些新的任务,本书这一版综述了水污染控制方面现有的理论,并致力于将最新技术用于解决现今的工业水污染控制问题。

本书不准备详细论述水污染控制特定领域内的原则或理论,而是把重点放在运用这些理论去解决具体生产问题上。对于想进一步了解理论原委的人,可参考本书所列举的教科书和出版物。

如有应用的场合,也用具体实例来印证某种技术在生产过程中的具体应用。

习题是选用了实地经历的问题,用以证明技术的实际应用。

本书拟写成一本教科书,供学习工业水污染控制课程的大学生使用,同时也希望成为工业、政府部门以及工程咨询公司等单位工程技术人员的参考书,也是以最新技术去解决工业水污染控制问题的指南。

尽管一本书不可能解答所有的具体问题,但我希望本书能为

面对日益复杂的工业水污染控制问题而且希望得到解决的人们提供指导和解决的方向。

W·韦斯莱·埃肯费尔德

目 录

中译本前言

前言

第1章 工业废水的来源和性质	1
1.1 废水的不良特性	1
1.2 废水来源与特性	4
1.3 工业排水调查	7
1.4 废水水质——有机物含量估算	13
1.5 水回用和厂内废水控制	22
1.6 雨水控制	28
第2章 废水处理的工艺流程	34
第3章 预处理和初级处理	40
3.1 调节	40
3.2 中和	47
3.3 沉淀	52
3.4 油的分离	68
3.5 上浮	70
第4章 混凝和沉淀	83
4.1 混凝	83
4.2 重金属去除	97
第5章 曝气和传质	110
5.1 传氧机理	110
5.2 曝气设备	121
5.3 挥发性有机物的空气吹脱	135

第 6 章 生物氧化原理	145
6.1 有机物去除的机制	145
6.2 生物氧化去除有机物的机理	147
6.3 污泥质量的考虑	167
6.4 硝化和脱氮	171
6.5 工艺设计参数的选定	180
第 7 章 废水生物处理法	189
7.1 湖塘和稳定池	189
7.2 曝气塘	195
7.3 活性污泥法	211
7.4 生物滤池	232
7.5 生物转盘	240
7.6 厌氧分解	246
第 8 章 吸附	266
8.1 吸附理论	266
8.2 活性炭的性质	270
8.3 粉状活性炭处理法 (PACT法)	286
第 9 章 离子交换	293
9.1 离子交换理论	293
9.2 电镀废水处理	298
第 10 章 化学氧化	302
10.1 臭氧	302
10.2 过氧化氢	304
10.3 氯	309
10.4 湿式空气氧化	312
第 11 章 污泥处理和处置	314
11.1 处置污泥的特性	314
11.2 好氧消化	315
11.3 重力浓缩	319
11.4 气浮浓缩	324
11.5 离心	327
11.6 比阻	332

11.7	真空过滤	338
11.8	压力过滤	342
11.9	砂床干化	346
11.10	污泥的土地处置	348
11.11	焚化	354
第12章	其它处理方法	358
12.1	土地处理	358
12.2	深井处置	367
12.3	膜法	369
12.4	除磷	378
12.5	过滤	383
参考书目	393
附录单位换算表	398

第 1 章

工业废水的来源和性质

1.1 废水的不良特性

根据工业的性质和受纳水体中水资源的主要用途，废水在排放前必须对其中的许多成分加以去除。这些成分可归纳为下列几类：

1. 能造成溶解氧损耗的溶解性有机物。由于大多数受纳水体都需要保持最低限度的溶解氧，所以溶解性有机物的含量要加以限制，以便能与受纳水体的同化能力相适应，或者能符合特定的排水限度。

2. 悬浮固体、固体物质在河流相对静止的区段中沉积下来会损害河流中水生生物的正常生活。含有有机性固体的污泥层会逐渐分解，造成溶解氧降低并产生难闻的气体。

3. 微量有机物。如果受纳水体要用作饮用水源，而工业废水中含有酚或其他有机物时，就会使水产生不良的嗅和味。要是排放之前没有把这些污染物去除掉，水就需作进一步处理。

4. 重金属、氰化物和有毒有机物。美国国家环境保护局（EPA）已规定了一系列有毒有机物和有毒无机化学物质，现今多把这规定看作具体许可限度。所规定的重要污染物列于表1-1。

5. 色和浊度。尽管对大多数用水也许并无妨害，但颜色和浑浊很不雅观，会引起美学方面的问题。对某些工业，如纸浆、造纸，目前尚无经济的脱色方法可用。

6. 氮和磷。当向湖、塘或其他娱乐水域排水时，都不希望排水中含有氮和磷，因为它们可以促进富营养化，激发不必要的藻类生长。

EPA 规定的重 要有机污染物

表 1-1

序号	化 合 物 名 称	序号	化 合 物 名 称
1	醛	26	1,3-二氯苯
2	丙烯醛	27	1,4-二氯苯
3	丙烯腈		二氯联苯胺
4	苯	28	3,3-二氯联苯胺
5	联苯胺		二氯乙烯(1,1-二氯乙烯)
6	四氯化碳	29	1,1-二氯乙烯
	除二氯苯以外的氯化苯	30	1,2-反式-二氯乙烯
7	氯苯	31	2,4-二氯酚
8	1,2,4-三氯苯		二氯丙烷, 二氯丙烯
9	六氯苯	32	1,2-二氯丙烷
	氯化乙烷(包括 1,2-二氯乙烷, 1,1,1-三氯乙烷和六氯乙烷)	33	1,2-二氯丙烯
10	1,2-二氯乙烷	34	2,4-二甲酚
11	1,1,1-三氯乙烷		二硝基甲苯
12	六氯乙烷	35	2,4-二硝基甲苯
13	1,1-二氯乙烷	36	2,6-二硝基甲苯
14	1,1,2-三氯乙烷	37	1,2-二苯肼
15	1,1,2,2-四氯乙烷	38	乙基苯
16	氯乙烷	39	蒽蒽
	氯烷醚类(氯甲基, 氯乙基, 以及 混合醚类)		卤烯类(列于他处者除外)
17	(双氯甲基)乙醚	40	4-氯苯苯醚
18	双(2-氯乙基)乙醚	41	4-溴苯苯醚
19	2-氯乙基乙烯乙醚(混合醚)	42	双(2-氯异丙)醚
	氯化萘撑	43	双(2-氯乙氧基)甲烷
20	2-氯萘撑		卤化甲烷(列于他处者除外)
	氯化酚(除已列入别处的, 包括三 氯酚和氯化甲酚)	44	二氯甲烷
21	2,4,6-三氯酚	45	氯甲烷
22	对氯间甲酚	46	溴甲烷
23	氯仿(三氯甲烷)	47	溴仿(三溴甲烷)
24	2-氯酚	48	二氯溴甲烷
	二氯苯类	49	三氯氟甲烷
25	1,2-二氯苯	50	二氯二氟甲烷
		51	氯二溴甲烷
		52	六氯丁二烯
		53	六氯环戊二烯

续表

序号	化 合 物 名 称	序号	化 合 物 名 称
54	异佛尔酮	83	2,3-0-苯撑芪
55	萘	84	芪
56	硝基苯 硝基酚类(包括2,4-二硝基酚和 二硝基甲酚)	85	四氯乙烯
57	2-硝基酚	86	甲苯
58	4-硝基酚	87	三氯乙烯
59	2,4-二硝基酚	88	氯乙烯 杀虫剂和代谢物
60	4,6-二硝基邻甲酚 亚硝胺类	89	艾氏剂
61	N-亚硝基二甲胺	90	狄氏剂
62	N-亚硝基二甲胺	91	氟丹(技术混合物和代谢物) DDT和代谢物
63	N-亚硝基二-n-丙胺	92	4-4'-DDT
64	五氯酚	93	4-4'-DDE(<i>p, p'</i> -DDX)
65	酚 酞酸酯类	94	4,-4'-DDD(<i>p, p'</i> -TDE) 硫丹和代谢物
66	双(2-乙基己基)酞酸盐	95	α -硫丹
67	丁基苯基酞酸盐	96	β -硫丹
68	二-n-丁基酞酸盐	97	硫丹硫酸盐 异狄氏剂和代谢物
69	二-n-正辛基酞酸盐	98	异狄氏剂
70	二乙基酞酸盐	99	异狄氏剂醛 七氯和代谢物
71	二甲基酞酸盐 多核芳香烃	100	七氯
72	1,2-苯并蒽	101	七氯环氧化物 六氯环己烷(全异构体)
73	3,4-苯并芪	102	α -六氯化苯
74	3,4-苯并萤蒽	103	β -六氯化苯
75	11,12-苯并萤蒽	104	γ -六氯化苯
76	蒽	105	δ -六氯化苯 多氯联苯(PCB)
77	萸烯	106	PCB-1242(亚老哥尔1242)
78	蒽	107	PCB-1254
79	1,12-苯并芪	108	PCB-1221
80	芴	109	PCB-1232
81	菲		
82	1,2,5,6-二苯并蒽		

续表

序号	化 合 物 名 称	序号	化 合 物 名 称
110	PCB—1248	113	毒杀芬
111	PCB—1260	114	2,3,7,8—四氯二苯对二噁英 (TCDD)
112	PCB—1016		

7.难以生物降解的物质。这类物质对某些水质要求可能是不希望出现的。洗涤剂中所含的ABS(烷基苯磺酸盐)基本上是不可降解的,常会形成持久性泡沫飘浮于水面。有些难降解有机物对水生物具有毒害。

8.油及飘浮物。这些东西有碍观瞻,多数情况都按规定予以限制。

9.挥发性物质,硫化氢和其他挥发性有机物会造成空气污染问题,常按规定加以限制。

1.2 废水来源与特性

工业废水的数量和浓度一般按产品的产量来表示(例如,对于纸浆造纸废水,就表示成每吨纸浆排水多少立方米,每吨纸浆产BOD多少公斤),其性质的变化按统计分布决定。任何一个工厂其废水流量特性统计下来都会有所变化,而变化的大小则取决于产品品种的多少,排污的工艺操作以及生产是连续进行还是间歇进行。采取良好措施、控制跑冒滴漏,将会减小流量的统计差异。某一间歇生产过程的流量典型变化曲线示于图1-1。某一工厂厂内排水量及排水水质的变化状况示于图1-2。

类似的工业,如纸板工业,由于各自的操作规程、水的回用以及生产工艺的改革等都有差别,故废水的流量和水质变化都很大。各厂生产工艺、操作规程很少有完全相同的,因此通常都必须进行工厂废水监测以确定其排污负荷及其变化状况。表1、2给