

国外名校名著

Mc
Graw
Hill Education

工业水污染控制

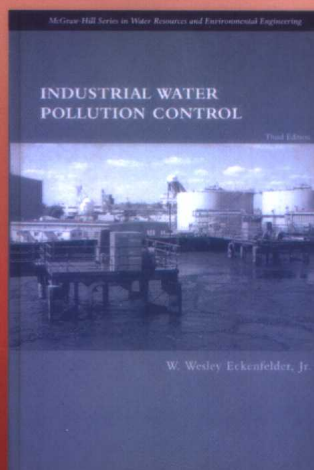
Industrial Water Pollution Control

(原著第三版)

Third Edition

[美] W. 韦斯利·艾肯费尔德 (小) 著
W. Wesley Eckenfelder, Jr.

陈忠明 李赛君 等译



 化学工业出版社

国外名校名著

工业水污染控制

(原著第三版)

[美] W. 韦斯利·艾肯费尔德(小) 著
陈忠明 李赛君 等译

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业水污染控制/ [美] 艾肯费尔德 (Eckenfelder, W. W. Jr.) 著; 陈忠明, 李赛君等译. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3

(国外名校名著)

书名原文: Industrial Water Pollution Control, Third Edition

ISBN 7-5025-5020-8

I. 工… II. ①艾…②陈…③李… III. ①工业废水-污染控制②工业废水-废水处理 IV. ①X52②X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 012586 号

Industrial Water Pollution Control, Third Edition/by W. Wesley Eckenfelder, Jr.

ISBN 0-07-039364-8

Copyright ©2000, 1989, 1967 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Chemical Industry Press and McGraw-Hill Education (Asia) Co.

本书中文简体字翻译版由化学工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2002-0172

国外名校名著
工业水污染控制
(原著第三版)

[美] W. 韦斯利·艾肯费尔德(小) 著

陈忠明 李赛君 等译

责任编辑: 满悦芝 徐世峰

文字编辑: 赵丽霞

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行
(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
北京管庄永胜印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 23 $\frac{1}{4}$ 字数 578 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5020-8/G·1329

定 价: 38.00 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

译 序

艾肯费尔德 (W. W. Eckenfelder, Jr.) 教授所著的《工业水污染控制》是为专业大学生编写的教材, 深受美国和其他国家环境工程教育界的喜爱。本书于 1967 年出版了第一版, 1989 年出版了第二版。自第二版出版以来, 水质标准发生了重大变化, 例如, 出水中需要对特定优先污染物和水生生物毒物进行控制, 为了达到新的水质标准, 人们在优化传统技术的同时, 还发展了许多新的处理技术。作者根据水污染处理技术的新发展和新成就, 对第二版进行了修订, 于 2000 年出版了第三版。译者现将该书最新的第三版译出, 介绍给广大读者。作者艾肯费尔德教授不仅具有渊博的理论和长期的教学经验, 而且具有丰富的实践经验, 因而使得本书能在阐述各种物理、化学和生物处理基本原理的同时, 强调如何把这些原理应用于解决各种实际工业水污染问题的处理设计中。本书各章取材丰富, 含有大量的实例和图表, 为读者提供了比较完整的理论和应用指导; 书中还推荐了各种参考文献并附有丰富的习题, 有利于培养自学能力、查阅能力和独立钻研能力。本书可以作为高等院校环境科学与工程学科相关专业的教材, 也可供有关研究人员及环境工程公司技术人员参考。

本书翻译工作由陈忠明和李赛君主持, 前者还做了统稿和编排等方面的协调工作。参加本书翻译的有北京大学环境学院的陈忠明 (作者介绍、前言、第 8 章、第 10 章、第 12 章、索引)、李赛君 (第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 9 章)、白郁华 (第 5 章)、张剑波 (第 7 章)、温东辉 (第 6 章) 以及北京大学化学与分子工程学院的何平 (第 3 章、第 11 章)。为了保证专业术语的一致性和全书的贯通性, 译者对原书附录的索引进行了反复讨论, 最后确定了统一的索引译文来指导各章的翻译。在译者相互校对的基础上, 陈忠明和李赛君通读了全书。

全部译稿承清华大学环境科学与工程系祝万鹏教授审校。祝教授在百忙之中抽出时间精心审阅译文, 提出了不少宝贵的意见, 并规范了一些专业术语, 其一丝不苟的精神使译者深受感动, 在此表示衷心的感谢。化学工业出版社教材出版中心为本书的中文版及时购买了版权, 相关人员为本书的出版付出了辛勤的劳动, 在此一并表示衷心的感谢。

原书存在一些文字、符号的错误和不当之处, 译者在译文中尽量予以订正或加以说明。由于译者的水平所限, 加之本书涉及的知识和处理工艺非常广泛, 译文中可能存在错误和不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

译者

2003 年 11 月 于燕园

前 言

本书自第一版面世至今已有三十多年的时间，第二版也有十多年了。这段时间里，水质标准发生了重大变化，传统技术得到了进一步优化，新技术也发展起来以满足日益严格的水质标准的要求。水质标准要求对出水中特定优先污染物和水生生物毒物进行控制，这使得很多传统的陈旧设备被淘汰。今天，在某种程度上，我们面临的挑战是要满足环境可承受能力和成本-效益的双方面的新要求。

为了阐述这些新挑战，本书回顾了现有的理论并介绍了当今技术在解决工业水污染控制上的应用。

本书没有详细阐释水污染控制具体领域的原理或理论，而是强调了这些理论在解决具体工业问题时的应用。想更详细了解这些理论发展的读者可以参看参考文献中的相关出版物和原文。

本书用了一些例子来说明在可行的情况下技术是怎样在具体的工业中得到应用的。章节后的习题都取材于现场试验。

本书旨在作为工业水污染控制相关课程的教材，对于工业工程师、政府机构和致力于开发技术解决工业水污染控制问题的咨询工程公司也是一本参考指南。

当然，一本书不可能回答所有具体的问题，但作者衷心希望本书可以为那些面临日益复杂的水污染控制问题的人们提供一些指导。

特别要感谢范德比尔特大学的 Alan Bowers 博士对“化学氧化”一章所做的贡献。

我还要感谢在本书编写过程中许多同事提出的有益意见和建议，特别是犹他州大学的 Robert W. Okey，南伊利诺伊大学（卡波恩德尔）的 Bruce DeVantier，亚利桑那州立大学的 Peter Fox，弗吉尼亚理工大学的 Clifford W. Randall 以及威斯康星大学（麦迪逊）的 Paul M. Berthouex。

W. Wesley Eckenfelder

作者介绍

本书作者艾肯费尔德 (W. Wesley Eckenfelder, Jr.) 教授在曼哈顿学院获土木工程学位, 在宾夕法尼亚州立大学和纽约大学获环境工程学位。1990 年, 他获得曼哈顿学院荣誉科学博士学位。他曾经担任曼哈顿学院副教授和得克萨斯大学教授, 目前是范德比尔特大学环境工程著名名誉教授。他是水科学 (Hydroscience) 咨询公司的创始人和 Weston Eckenfelder & Associate 公司 (现 Roy F. Weston 公司) 的合伙人, 而且是 AWATE Incorporated & Eckenfelder 公司的董事长。

他在很多机构长期开设水污染控制的教育课程, 包括曼哈顿学院、得克萨斯大学、范德比尔特大学、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协会等多家机构。亚洲、欧洲、非洲和拉丁美洲的 17 个国家都有他设立的课程和工厂。

他曾担任过 150 多个工业部门、市政当局、咨询公司和政府机构的顾问。

他在水污染控制方面著有 31 本书和 200 多篇技术论文, 其中包括《工业水污染控制》(McGraw-Hill 出版, 1967 和 1989)、《水质管理原理》(CBI 出版, 1980) 和《水污染控制》(Jenkins 出版公司出版, 1978)。这些书已被翻译成日文和中文, 其中一本被翻译成法文和意大利文。艾肯费尔德教授还担任很多学术刊物的编委, 如 *Water Technology Letters* (英国) 和 *Hazardous Waste and Hazardous Materials*。

他是很多技术协会的会员, 如“水污染控制联盟”(名誉会员)、“美国化学工程师学院”和“美国土木工程师协会”。他还是“国际水质协会”的名誉会员。

1974 年他因在环境化学方面的杰出成就被授予“合成有机化学制造协会”金质奖章, 1957 年获鲁道夫 (Rudolfs) 奖, 1981 年获“水污染控制联盟”的托马斯-坎普 (Thomas Camp) 奖。1988 年他获得美国化学工程师学院的劳伦斯-塞西尔 (Lawrence Cecil) 奖; 1999 年, 又获得美国环境工程师学院的格顿-莫斯酋公平 (Gordon Maskew Fair) 奖。

他还是得克萨斯州注册职业工程师。

内 容 简 介

《工业水污染控制》为艾肯费尔德 (W. W. Eckenfelder, Jr.) 教授所著的面向大学生的教材, 在美国和其他国家的环境工程教育界具有广泛的影响。本书根据水质控制标准的新要求和处理技术的新发展几经修订, 现已出现了第三版, 其内容包括: 工业废水的来源与特性; 废水处理过程; 预处理及初级处理; 混凝、沉淀、金属去除; 曝气与质量转移; 好氧生物处理原理; 废水处理的生物方法; 吸附; 离子交换; 化学氧化; 污泥的处理与处置; 其他处理方法。本书在阐述各种物理、化学和生物处理基本原理的同时, 强调了如何把这些原理应用于解决各种实际工业水污染问题的处理设计中。大量的实例和图表以及丰富的习题, 使得本书具有很强的可读性。

本书可以作为高等院校环境科学与工程学科相关专业的教科书, 也可以作为研究机构和环境工程公司相关工程技术人员的参考书。

目 录

第 1 章 工业废水的来源与特性	1
1.1 不良废水的特性	1
1.2 美国国内有关废水处理要求的部分法规	3
1.3 废水的来源和特性	3
1.4 工业废水调查	5
1.5 废水特性——有机质含量的评估	9
1.6 测量废水的毒性.....	16
1.7 工厂废水的控制和再利用.....	21
1.8 暴雨水的控制.....	27
习题	29
参考文献	31
第 2 章 废水处理工艺	32
第 3 章 预处理及初级处理	40
3.1 调节.....	40
3.2 中和.....	48
3.3 沉淀.....	54
3.4 油的分离.....	63
3.5 酸液的吹脱.....	67
3.6 气浮.....	68
习题	74
参考文献	75
第 4 章 混凝、沉淀、金属去除	77
4.1 混凝.....	77
4.2 重金属去除.....	85
习题	96
参考文献	96
第 5 章 曝气与质量转移	98
5.1 氧输送机制.....	98
5.2 曝气设备	106
5.3 挥发性有机化合物的空气吹脱	114
习题.....	120
参考文献.....	121
第 6 章 好氧生物处理原理	122
6.1 有机物去除机制	122
6.2 生物氧化去除有机物的机制	125

6.3	温度的影响	147
6.4	污泥性质	152
6.5	可溶性微生物产物的形成	158
6.6	活性污泥法中的生物抑制作用	160
6.7	挥发性有机物的吹脱	163
6.8	硝化作用和反硝化作用	167
6.9	确定工艺设计参数的实验室和中试步骤	181
	习题	186
	参考文献	188
第7章	废水处理的生物方法	190
7.1	氧化塘和稳定塘	190
7.2	曝气塘	195
7.3	活性污泥法	207
7.4	生物滤池(滴滤池)	228
7.5	生物转盘	236
7.6	厌氧分解	239
7.7	厌氧处理的实验室评估	247
	习题	251
	参考文献	254
第8章	吸附	256
8.1	吸附原理	256
8.2	活性炭的性质	258
8.3	PACT ^R 过程	273
	习题	276
	参考文献	276
第9章	离子交换	277
9.1	离子交换理论	277
9.2	电镀废水的处理	280
	习题	283
	参考文献	283
第10章	化学氧化	285
10.1	引言	285
10.2	化学计量学	285
10.3	实用性	287
10.4	臭氧	288
10.5	过氧化氢	290
10.6	氯	292
10.7	高锰酸钾	294
10.8	氧化处理总结	294
10.9	水处理	296

习题.....	297
参考文献.....	297
第 11 章 污泥的处理与处置	299
11.1 污泥的性质和处置方法.....	299
11.2 好氧消化.....	301
11.3 重力浓缩.....	305
11.4 气浮浓缩.....	308
11.5 旋转鼓筛 (微滤池)	309
11.6 重力带式浓缩器.....	310
11.7 碟式离心机.....	310
11.8 篮式离心机.....	310
11.9 比阻.....	311
11.10 离心	314
11.11 真空过滤	317
11.12 加压过滤	319
11.13 带式压滤机	321
11.14 螺旋压滤机	322
11.15 沙层干化床	322
11.16 影响脱水性能的因素	323
11.17 污泥的土地处置	324
11.18 焚烧	327
习题.....	328
参考文献.....	329
第 12 章 其他处理方法	331
12.1 土地处理.....	331
12.2 深井处理.....	338
12.3 膜处理.....	339
12.4 磷去除.....	346
12.5 粒状滤料过滤.....	349
12.6 微过滤.....	353
参考文献.....	354
索引	355

第 1 章 工业废水的来源与特性

1.1 不良废水的特性

根据工业废水的性质和废水受纳水体规划利用的目标，废水在排放前必须除去各种有害成分。其除去的成分大致可归纳如下。

(1) 消耗溶解氧的可溶性有机物 因多数受纳水体需要维持最小溶解氧，可溶性有机物的存在会相应地限制受纳水体的代谢能力，因此受到有关排放标准的限制。

(2) 悬浮固体 静止河段的固体沉降会缩短河流正常水的生命。含有机固体的淤泥层由于逐渐分解而引起氧的消耗，并同时放出有害气体。

(3) 工业废水排放的优先污染物，如苯酚和其他有机物 它们的存在会使水产生异味和臭味，甚至会致癌。如果这些污染物在排放前未被除去，就有必要对水做附加处理。

(4) 重金属、氰化物和有毒有机物 EPA (Environmental Protection Agency, 美国环境保护局) 已列出了有毒的有机和无机化学品，并同时给出了它们的最大允许量，其中已确定的优先有机污染物都列在表 1.1 中。

表 1.1 EPA 列出的优先有机污染物

化合物名称	化合物名称
1. 萘 ^①	氯代苯酚 ^① (除以下列出以外,包括三氯苯酚和氯化甲酚)
2. 丙烯醛 ^①	21. 2,4,6-三氯苯酚
3. 丙烯腈 ^①	22. 对氯偏甲酚
4. 苯 ^①	23. 氯仿(三氯甲烷) ^①
5. 联苯胺 ^①	24. 2-氯苯酚 ^①
6. 四氯化碳(四氯甲烷) ^①	二氯苯 ^①
氯化苯(二氯苯除外)	25. 1,2-二氯苯
7. 氯苯	26. 1,3-二氯苯
8. 1,2,4-三氯苯	27. 1,4-二氯苯
9. 六氯苯	二氯联苯胺 ^①
氯代乙烷 ^① (包括 1,2-二氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷和六氯乙烷)	28. 3,3'-二氯联苯胺
10. 1,2-二氯乙烷	二氯乙烯 ^① (1,1-二氯乙烯和 1,2-二氯乙烯)
11. 1,1,1-三氯乙烷	29. 1,1-二氯乙烯
12. 六氯乙烷	30. 1,2- <i>trans</i> -二氯乙烯
13. 1,1-二氯乙烷	31. 2,4-二氯苯酚 ^①
14. 1,1,2-三氯乙烷	二氯丙烷和二氯丙烯 ^①
15. 1,1,2,2-四氯乙烷	32. 1,2-二氯丙烷
16. 氯乙烷(乙基氯化物)	33. 1,2-二氯丙烯
氯烷基醚 ^① (氯甲基、氯乙基和混合醚)	34. 2,4-二甲苯酚 ^①
17. 二(氯甲基)醚	二硝基甲苯 ^①
18. 二(2-氯乙基)醚	35. 2,4-二硝基甲苯
19. 2-氯乙基乙烯醚(混合醚)	36. 2,6-二硝基甲苯
氯化萘 ^①	37. 1,2-二苯基胍 ^①
20. 2-氯萘	38. 乙基苯 ^①

化合物名称	化合物名称
39. 蒽蒽(1,2-苯并蒽) ^①	78. 蒽
卤代醚 ^① (已列出除外)	79. 苯并(ghi)蒽(1,12-苯并蒽)
40. 4-氟苯基苯基醚	80. 芴
41. 4-溴苯基苯基醚	81. 菲
42. 二(2-氯异丙基)醚	82. 二苯并(a,h)蒽(1,2,5,6-二苯并蒽)
43. 二(2-氯乙氧基)甲烷	83. 茚并(1,2,3-cd)蒽(2,3-邻次苯并蒽)
卤代甲烷 ^① (已列出除外)	84. 蒽
44. 二氯甲烷(二氯代甲烷)	85. 四氯乙烯 ^①
45. 氯甲烷(氯代甲烷)	86. 甲苯 ^①
46. 溴甲烷(溴代甲烷)	87. 三氯乙烯 ^①
47. 溴仿(三溴甲烷)	88. 乙烯氯化物 ^① (氯乙烯)
48. 二氯溴甲烷	农药及其代谢物
49. 三氯氟甲烷	89. 艾氏剂 ^① (氯甲桥苯)
50. 二氯二氟甲烷	90. 狄氏剂 ^①
51. 一氯二溴甲烷	91. 氯丹 ^① (技术混合物和代谢物)
52. 六氯丁二烯 ^①	DDT及其代谢物 ^①
53. 六氯戊二烯 ^①	92. 4,4'-DDT
54. 佛尔酮 ^①	93. 4,4'-DDE(<i>p,p'</i> -DDX)
55. 萘 ^①	94. 4,4'-DDD(<i>p,p'</i> -TDE)
56. 硝基苯 ^①	硫丹及其代谢物 ^①
硝基苯酚 ^① (包括2,4-二硝基苯酚和二硝基甲酚)	95. α -硫丹
57. 2-硝基苯酚	96. β -硫丹
58. 4-硝基苯酚	97. 硫丹硫酸盐
59. 2,4-二硝基苯酚 ^①	异狄氏剂及其代谢物 ^①
60. 4,6-二硝基-邻甲酚	98. 异狄氏剂
亚硝酸 ^①	99. 异狄氏醛剂
61. N-亚硝基二甲基胺	七氯及其代谢物 ^①
62. N-亚硝基二苯基胺	100. 七氯
63. N-亚硝基-正丙基胺	101. 环氧七氯
64. 五氯代苯酚 ^①	六氯环己烷(全部异构体) ^①
65. 苯酚 ^①	102. α -六氯苯
邻苯二甲酸酯 ^①	103. β -六氯苯
66. 二(2-乙基己基)邻苯二甲酸	104. γ -六氯苯(林丹)
67. 丁基苯基邻苯二甲酸	105. δ -六氯苯
68. 二正丁基邻苯二甲酸	多氯联苯(PCB) ^①
69. 二正辛基邻苯二甲酸	106. 多氯联苯-1242(氯化联苯 1242)
70. 二乙基邻苯二甲酸	107. 多氯联苯-1254(氯化联苯 1254)
71. 二甲基邻苯二甲酸	108. 多氯联苯-1221(氯化联苯 1221)
聚核芳香烃 ^① (PAH)	109. 多氯联苯-1232(氯化联苯 1232)
72. 苯并蒽(1,2-苯并蒽)	110. 多氯联苯-1248(氯化联苯 1248)
73. 苯并蒽(3,4-苯并蒽)	111. 多氯联苯-1260(氯化联苯 1260)
74. 3,4-苯并蒽	112. 多氯联苯-1016(氯化联苯 1016)
75. 苯并(k)蒽(11,12-苯并蒽)	113. 毒杀芬 ^①
76. 1,2-苯并菲	114. 2,3,7,8-四氯二苯并对二噁英(TCDD) ^①
77. 蒽烯	

① 专门化合物及其合同单列出的化学分类。

(5) 颜色与浊度 虽然颜色和浊度对于绝大多数水的应用并不是十分有害，但这在表观上使人不愉快。有些工业，例如纸浆和造纸业，目前尚无经济有效的除去颜色的方法。

(6) 氮和磷 当废水被排到湖、池和一些景观水体时，人们特别不希望存在氮和磷，因为它们的存在会引起水体的富营养化，而促进不希望存在的藻类的生长。

(7) 难降解物质 难降解物质难于被微生物降解，因而某些用水部门不希望存在难降解物质。难降解含氮化合物存在于纺织工业的废水中。有些难降解有机物还对水生生物有毒。

(8) 油和漂浮物 这些物质会造成对环境视觉效果的不良影响。在多数情况下会严格限制这些物质的排放。

(9) 挥发性物质 硫化氢和挥发性有机物会造成空气污染，通常会严格限制它们的排放。

(10) 水体毒性物质 在废水中，水体毒性物质的存在对水生生物产生毒性，一般严格限制它们的排放。

1.2 美国国内有关废水处理要求的部分法规

讨论联邦和州的法规不是本书的目的，但对工业废水污染控制现有法规的要求做简单的概述将有利于对读者的指导。这些法规的详细内容见 CFR (Code of the Federal Register, 联邦注册法典) 的备忘录。

1.2.1 大气

(1) NESHAP (National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants, 危险空气污染物的国家排放标准) 规定了有致癌作用的 VOC (Volatile Organic Complexs, 挥发性有机物) 排放总量和浓度的极限值。例如对苯而言，在废水中浓度超过 10mg/L 或 10Mg/a, 就需尾气捕集和处理，直至达标。

(2) NESHAP (见 40CFR, 第 61 部分) 规定了 60 种 VOC 的排放总量和浓度的极限值。超过排放总量和浓度极限值排放需尾气捕集和处理，直至达标。

(3) 职业安全和健康实施标准 控制硫化氢和暴露危险的污染物。

1.2.2 液体

(1) 联邦工业点源种类极限值 (Federal Industry Point Category Limits) (见 40CFR, 第 405~471 部分)

a. 它规定了原材料加工 (例纸浆造纸) 行业常规污染物的排放总量; 规定了合成化学品的常规污染物排放浓度值。

b. 它规定了非常规污染物 (金属和优先污染物) 的浓度极限值。

(2) 区域管理 (例如首先考虑大湖地区) 例如规定了总磷的浓度极限值。

(3) 州立的水质标准 根据应用类别, 州立水质标准规定了受纳水体在低流量 (即 7-Q10, 每十年平均七天低流量) 时, 污染物的极限值。

(4) 地方的预处理极限值 (见 USEPA, PB92-129188, 1987 年 12 月) 这些规定用于点源控制, 以及排放到 POTW (Publicly Owned Treatment Works, 公用设施) 的废水的控制。

1.3 废水的来源和特性

工业废水的体积和浓度通常以产品的单位来定义 [例: 对某一造纸厂的废水, 以每英

吨[●]纸浆产生废水的加仑数[●]或每吨纸浆产生废水的立方米数来表示；每英吨纸浆产生 BOD (Biologic Oxygen Demand, 生物需氧量) 的磅数[●]或每吨纸浆产生 BOD 的千克数来表示], 并通过统计分布表征其变化。任何一个工厂都存在废水流量特征的统计变化数据, 其变化的程度取决于制造产品的差异和产生废水的生产过程。不管操作是分批还是连续性的, 好的生产过程应产生最少的废料, 并能减少统计波动。分批操作的工序中显示流量连续变化的曲线见图 1.1。番茄加工厂的废水流量变化及其特性如图 1.2 示。

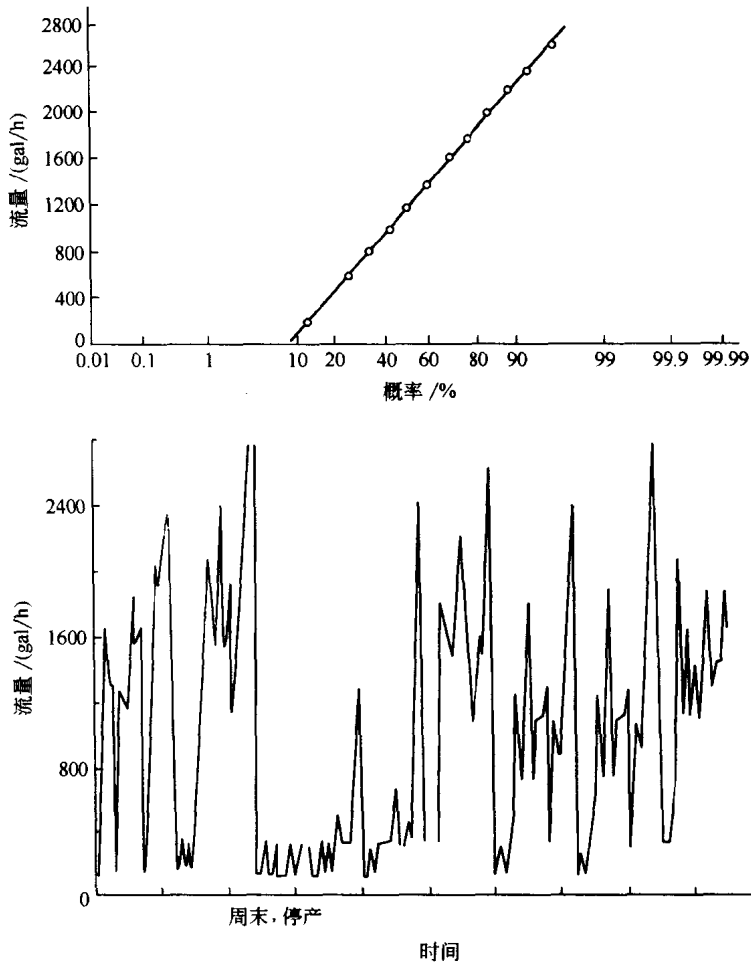


图 1.1 分批操作中流量的连续变化

(注: $\text{gal/h} = 3.78 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{h}$)

废水流量及其特性较大范围的变化同样表现在同类工业中, 例如纸板工业。随加工程序的变化、水的再利用和产品生产过程的不同, 其结果是不同的。几乎极少数工厂操作过程的次序是相同的。因此, 对一个工厂废水的监测通常需确定废水的负荷及其变化。若干行业的废水变化及其特性见表 1.2。由 11 个纸板工厂排放的悬浮固体 (SS) 和生物需氧量 (BOD) 的变化情况显示在图 1.3 中。

- 1 英吨 (ton) = 907kg。
- 1 加仑 = 3.78L。
- 1 磅 = 0.45kg。

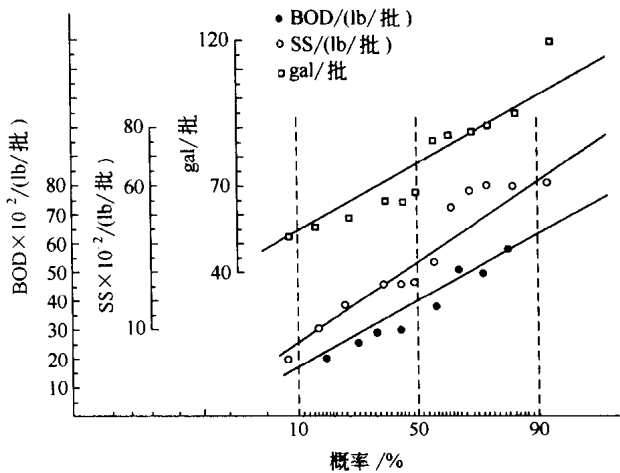


图 1.2 番茄加工废水流量的日变化和特性
(注: lb=0.45kg; gal=3.78×10⁻³m³)

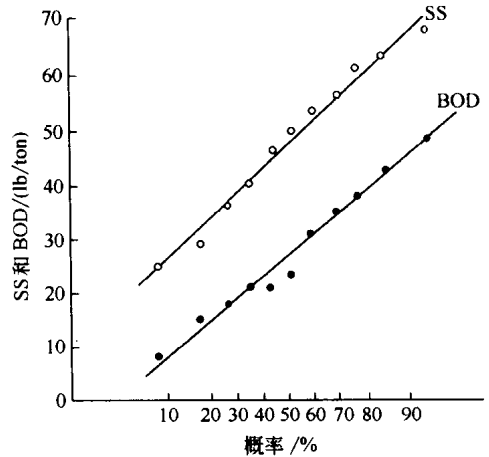


图 1.3 由 11 个纸板厂提供的 BOD 和 SS 的变化
(注: lb=0.45kg; ton=907kg)

表 1.2 一些典型工业废水的特性和流量变化

废 水	概率(%)流量/(gal/单位产品)			概率(%)BOD/(kg/单位产品)			概率(%)SS/(kg/单位产品)		
	10	50	90	10	50	90	10	50	90
纸浆造纸 ^①	11000	43000	74000	17.0	58.0	110.0	26.0	105.0	400.0
纸板厂 ^②	7500	11000	27000	10	28	46	25	48	66
屠宰场 ^③	165	800	4300	3.8	13.0	44	3.0	9.8	31.0
啤酒厂 ^④	130	370	600	0.8	2.0	44	0.25	1.2	2.45
制革厂 ^⑤	4.2	9.0	13.6	575 ^⑤	975	1400	600 ^⑤	1900	3200

① 每英吨 (ton) 纸产品。

② 1000 lb 活杀质量。

③ bbl 啤酒。

④ 生皮的磅数; 硫化物以硫计算, 由 260mg/L (10%)~1230mg/L (90%) 变化。

⑤ As mg/L。

注: 1. gal=3.78×10⁻³m³。

2. lb=0.45kg。

3. ton=907kg。

4. bbl=0.164m³。

1.4 工业废水调查

工业废水调查涉及制定一个利用水和产生废水全过程中物流平衡的设计过程和建立针对特定操作过程以及整个工厂操作程序的废水特征变化监测机制。调查的结果应使水的平衡和再利用成为可能, 并最终能揭示废水处理中的流量和强度的变化。

流量测定方法的选择通常取决于被测定样品的物理位置。当废水通过污水管时, 通常可以测得水的流速和深度, 并通过连续性方程计算流量。因为 $Q=AV$, 部分充满圆形管的面积可通过图 1.4 给出的深度求得, 此法仅适用于部分充满截面为常数的污水管。水的平均流速可用两个人孔间浮标法测定的表面流速的 0.8 倍来估算。

较正确的测量可用一个流量计来进行。对于沟渠, 可筑一个小堰按照上述方法测定明渠中深度和流速以估算出流量。在某些情况下, 流量是通过对一个水流用泵连续抽水, 从泵速和时间算得。一个工厂的总废水量也可应用堰或另外合适的测量装置测得。在有些情况下,

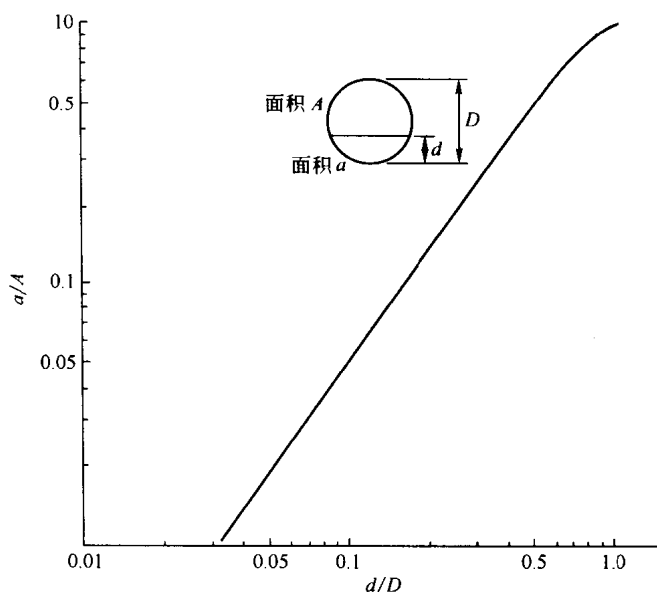


图 1.4 部分充满污水管的废水流量测定

日废水量是通过记录工厂水的日消耗量来估算的。

通过收集必要的信息，很容易地将一般处理程序归纳为以下四个步骤。

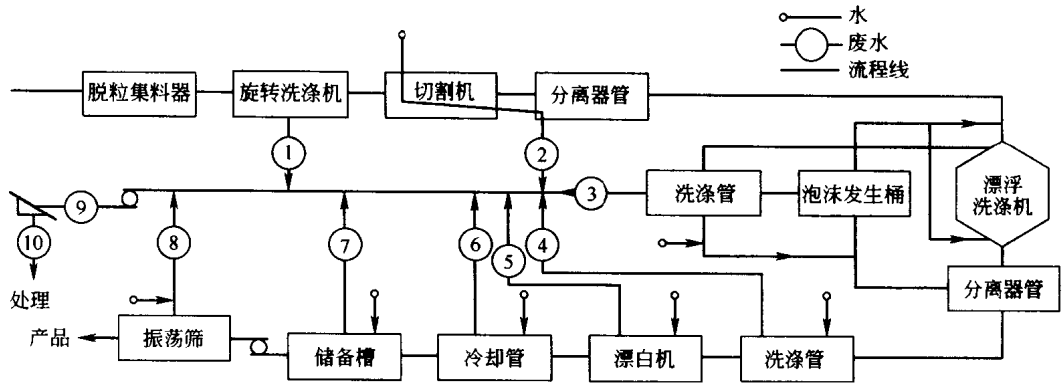
(1) 通过对工厂的工程师的咨询和各种操作程序的调研，绘制出污水管道图，并应标出可能的样品站和预测流量的大致数量级。

(2) 制定测样和分析时间表。为此，流量加权的连续混合样是最理想的，但实际情况往往是要么条件不具备，要么因取样人员不能总是在现场而难于做到。取样周期和频率要按照研究对象的性质来确定。一些连续过程的样品以小时为单位测得，并取 8h、12h、甚至 24h 的混合样。但由于水样显示较大的波动性，可能需要取 1h 或 2h 的混合样供分析。由于大多数工业废水处理已建立一定程度的平衡和储存容量，多数样品很少需要频繁的采样。在分批排放时应编排分批取样过程。

(3) 制定一张物流平衡图。在调研后，根据收集数据及分析样品的结果，可获得了一张经周密考虑的废水排放源的物流平衡图。关键问题是如何使个别源的累加值接近测量的总污物量，以评价调研结果的正确性。对于一个谷物加工厂，其典型的物流平衡图如图 1.5 所示。

(4) 建立一套有意义的废水特征统计变化值。如上所述，某些废水特征的变化情况对废水处理厂的设计具有重要意义，根据已获得的数据可画出概率图，表明其出现的频率。

对样品的分析控制取决于两个方面，即样品的特征和分析的最终目的。例如，在取样时，必须当时测定单个水样的 pH 值，因为在某些情况下，取混合水样时，在水样混合时会发生酸碱废水的中和，这会给其后的设计提供错误的信息。对某些水力停留时间较短的生物处理设计，确定 BOD 负荷变化需要取 8h 或更短时间的混合样。而对停留时间为数天的完全混合条件下的曝气塘，则 24h 的混合样就足以满足要求。在需要确定生物处理营养需求而进行氮、磷等成分测定时，由于生物系统具有一定的缓冲能力，因此取 24h 混合样即可。但是有一个例外，即存在毒性排放物的情况，由于少量毒物会完全破坏生物处理过程，因此如果已知毒物的存在，连续监测样品是必要的。显然，此类物质的存在，在废水处理设计中需分开考虑。另一些废水处理过程可能也需要对取样方案进行类似考虑。



线	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
由→	洗涤	切割	管道	管道	漂白	冷却	储存	振荡	排水管	筛
至→	排水 管								筛	处理
流量/(m ³ /min)	82.0	102	39.3	68.0	17	92.6	63.9	7.9	472.9	457
BOD/(kg/d)	1125	1035	176	438	275	733.5	83.7		3870	2813
COD/(kg/d)	1638	2088	250	464	392	963	86.4		5850	4491
SS/(kg/d)	819	1116	82.8	126	64.8	239	23		2475	765
VSS/(kg/d)	783	1062	43	41	41	120	17		2115	855
分析:										
BOD/(mg/L)	9830	7112	3130	4600	11300	5630	918		5730	6200
COD/(mg/L)	14000	14400	4450	4780	16100	7280	950		3670	6030
SS/(mg/L)	6950	7660	1460	1300	2670	1830	250		3670	1170
VSS/(mg/L)	6690	7290	760	420	1710	910	190		3140	1030

图 1.5 某一谷物加工厂的废水流量和物流平衡图

由工业废水调查所得的数据往往易变，因此通常采用统计分析。可变数据的统计分析为过程设计提供了基础。这类数据要按照废水的特定特性出现的频率来报告，即按出现废水的某个特性数值的时间可能性不超过 10%、50%、90% 三种情况来报告，BOD 的 50% 概率接近等于中值。在这个方法中，可变数据的线性相关性显示在图 1.6 中。任何值（如流量、BOD 或 SS）出现的概率可通过作出的概率图求得，同时也可通过标准计算机程序求得。

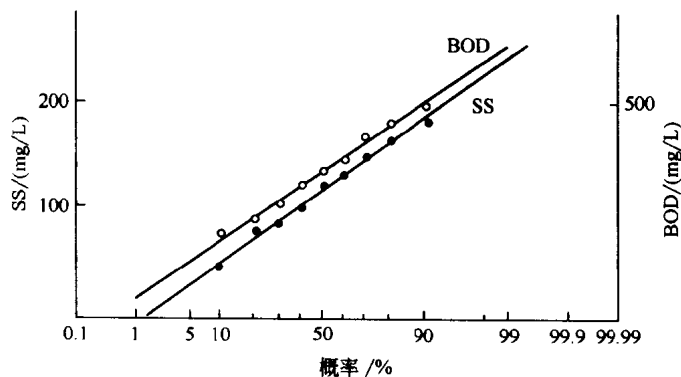


图 1.6 未处理废水 BOD 与 SS 出现的概率