

【美】W. W. 赖文德 著 王 强 等 译

工业废水的活性污泥处理法

ACTIVATED SLUDGE TREATMENT OF
INDUSTRIAL WASTEWATER

中国环境出版社
China Environment & Building Press

W. W. 赖文德 著 王 强 等 译

工业废水的活性污泥处理法

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

中国环境出版社
China Environment & Building Press

工业废水的活性污泥处理法

(美) W.W. 埃肯费尔德

著

(美) J.L. 马斯特曼

姜文焯

编译

朱 光

中国建材工业出版社



(京)新登字 035 号

图字 01-97-0588

图书在版编目(CIP)数据

工业废水的活性污泥处理法 / (美)埃肯费尔德,

(美)马斯特曼著;姜文焯,朱光编译. —北京:

中国建筑工业出版社, 1997

书名原文: Activated Sludge Treatment of Industrial
Wastewater

ISBN 7-112-03273-3

I.工... II.①埃... ②马... ③姜... ④朱... III.工业
废水-活性污泥处理 IV.X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 14380 号

责任编辑:俞辉群 封面设计:冯彝净

Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater

W. Wesley Eckenfelder, JR., D.Sc., P.E.

Senior Technical Director

Jack L. Musterman, Ph.D., P.E.

Vice President Wastewater Management Division

Technomic Publishing Company, Inc. 1995

工业废水的活性污泥处理法

姜文焯 朱 光 编译

*

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

北京彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 12 字数: 292 千字

1997 年 9 月第一版 1997 年 9 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 7-112-03273-3

X · 38 (8416)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作者简介

W.W.埃肯费尔德, Jr. (科学博士, 注册工程师)

埃肯费尔德先生是田纳西州纳什维尔市埃肯费尔德工程顾问公司 (ECKENFELDER INC.)的荣誉主席和高级技术理事, 该公司是一家国际环境工程咨询公司。他是工业废水处理领域的最卓越的作家和讲学家。他已经为 200 多家工业、市政管理部门和政府机构提供咨询服务。埃肯费尔德博士已经发表了 200 多篇技术论文, 并且撰写和主编了 28 本著作, 包括令人瞩目的教材, 如《水质管理原理》、《废水处理设计和操作标准的建立》和《工业水污染控制》等。

J.L. 马斯特曼 (哲学博士, 注册工程师)

马斯特曼先生是田纳西州纳什维尔市埃肯费尔德工程顾问公司 (ECKENFELDER INC.)的副总裁和废水项目管理部主任, 并兼任英国工程有限公司(ECKENFELDER BINNIE, LTD.)的技术部主任。他是美国环境工程师协会会员和在 10 个州注册的工程师, 马斯特曼博士已有 20 多年国内和国际范围技术和项目管理的经验, 其中包括可处理性研究、工艺选择、详细工艺设计、处理设施的设计和启动, 以及废水处理厂故障排除等, 他是 50 多篇以工业废水处理为题材的出版物的作者。

编 译 者 简 介

姜文焯(土木环境工程硕士, 注册工程师)

姜文焯先生是美国德克萨斯州姜氏工程顾问公司的总裁, 该公司提供环境工程方面的国际工程咨询业务已有 20 年历史。姜文焯先生曾是埃肯费尔德先生的学生, 并在一起共事, 也是多年的好友。姜文焯先生已发表 30 多篇学术论文; 还曾撰写和编译数篇有关自来水厂和污水处理厂设计及垃圾渗漏液处理等方面的著作。姜文焯先生是有丰富工程咨询经验的土木环境工程专家, 工作业务范围广, 遍及美国、中南美洲及亚洲各地。

朱光(土木环境工程博士)

朱光先生为姜氏工程顾问公司的环境工程高级工程师, 从事工程设计和咨询工作。朱光先生在中国北京清华大学完成环境工程硕士学位后, 又在美国德克萨斯大学获土木工程博士学位。朱光相识并跟随姜文焯先生工作数年。在过去的 10 多年中, 朱光先生在中国、美国和其它国家已参与数十项工程设计和科学研究项目。近几年来在美国发表学术论文数篇并已多次在有关学术会议上发表学术演讲。

序 言

本书最初是作为“活性污泥工业设计与控制：理论与实践”一书的一个篇章，以简叙形式发表。目前已有许多介绍废水生物处理方法的佳作问世。但是，其中大多数著作着眼于城市生活废水处理。因此，作者感到一本以工业废水处理为题材的综合性教材不但有实用设计价值，并能给读者提供可读性很强的参考资料。

过去，工业废水处理基本上是针对去除 BOD 和悬浮物而言。但近几年来，工业废水处理着眼点已经转移到水生生物毒性，优先污染物和挥发性有机物等方面。这就要求我们考虑如何从运行上对生物处理工艺的设计和操作加以相应的调整，许多现有的处理厂也必须加以相应改造。本书将详细讨论因这些新要求而产生的有关活性污泥工艺的设计与控制方法。

两位作者在他们共计 60 多年工作经验的基础上，向读者展示他们的专项研究成果，其中包括造纸业工业、食品加工工业、化学工业、制药工业、以及纺织业在内的多类工业废水。通过 17 个章节例题、引导启发、数据分析及工艺设计方法，并逐项提出如何利用实验室方法和现场试验方法建立工艺设计数据的步骤。本书重点是在探讨如何设计及控制各种工业废水的处理，使出水达到美国工业废水排放的新法规。

符号及缩写一览表

a	去除有机物中转化为生物量部分所占分数, 以去除每单位质量有机物过程中产生的挥发性悬浮固体质量表示
a'	去除有机物中被氧化掉并用于转化为能量部分所占分数
a^*	去除每单位质量基质过程中产生的生物量, 以 $\text{mgTSS}/\text{mgBOD}$ 或 $\text{mgTSS}/\text{mgCOD}$ 表示
b	氧化掉的可降解性挥发性悬浮固体 (以 d^{-1} 表示)
b'	内源代谢氧系数 (以 d^{-1} 表示)
C_u	澄清池底流固体浓度 (g / L)
$C_{o,i}$	进水中组分 i 的浓度 (g / L)
$C_{L,i}$	出水液相中组分 i 的浓度 (g / L)
F/M	有机负荷, 以 $\text{lbBOD}/(\text{lbMLVSS}\cdot\text{d})$, 或 $\text{lbCOD}/(\text{lbMLVSS}\cdot\text{d})$ 表示
FL	污泥负荷, 以 mgBOD/gVSS 或 mgCOD/gVSS 表示
f_{sor}	S_o 中被生物吸收部分所占分数
$f_{i/c}$	进水 / 出水中 $\text{BOD}_s/\text{BOD}_u$ 的比值
f_x	进水中可降解 VSS 部分所占分数
f_d	进水可降解 VSS 中被降解掉部分所占分数
f_b	视为微生物量的 MLVSS 所占分数
f_{ibnd}	不可生物降解的生物量所占分数
f_{oi}	视为不能被生物降解或溶解的进水非挥发性固体所占分数
f_N	混合液中硝化菌所占分数
f_{air}	散发到空气中的 VOC 所占分数
G	固体通量 ($\text{lb} / (\text{ft}^2\cdot\text{d})$)
$(H_c)_i$	组分 i 的亨利常数
K_{la}	总质量转移系数 (d^{-1})
K_s	莫诺关系式中半饱和常数 (mg / L)
K_b	间歇生物降解速率系数 (d^{-1})
K	完全混合生物降解速率系数 (d^{-1})
K_1	哈登(Haldane)系式抑制系数
K_p	进水 VSS 的降解速率系数 (d^{-1})

OUR	氧利用速率 (h^{-1})
Q_o	废水进水流量 (MGD)
Q_R	回流污泥流量 (MGD)
Q_{air}	空气流量 (m^3/s)
q	比基质去除速率 ($\text{mg}/(\text{mgVSS}\cdot\text{d})$)
q_m	最大比基质去除速率 ($\text{mg}/(\text{mgVSS}\cdot\text{d})$)
r_i	组分 i 的生物降解速率 (g / s)
R_N	硝化速率 ($\text{mgNH}_3\text{-N} / (\text{L}\cdot\text{d})$)
R_{DN}	反硝化速率 ($\text{mgNO}_3\text{-N} / (\text{mgVS}\cdot\text{d})$)
SOUR	比氧利用速率 ($\text{mg} / (\text{gVSS}\cdot\text{h}^{-1})$)
S_i	间歇式处理过程中 SBOD 或 SCOD (mg/L)
S	平均 BOD 或 COD (mg/L)
$(\text{SCOD}_{nd})_{i/c}$	进水 / 出水中不可生物降解 SCOD (mg/L)
$(\text{SMP})_{nd}$	以 SCOD 表示的不可生物降解溶解性微生物产物 (mg/L)
S_o	进水中 BOD 或可生物降解 SCOD (mg/L)
SRT	固体停留时间 (d)
S_r	去降的 BOD 或 COD (mg/L)
S_e	出水中 SBOD 或可降解 SCOD (mg/L)
T	温度 ($^{\circ}\text{C}$)
t	曝气池水停留时间 (d)
u	澄清池底流速度 (ft / h)
V	反应器容积
V_i	组分 i 的挥发速率 (g / s)
W_i	组分 i 的加权系数
X_p	混合液中 PAC 浓度 (mg/L)
X_v	混合液挥发性悬浮固体(MLVSS) (mg/L)
X_i	进水中挥发性悬浮固体 (mg/L)
X_{oi}	进水中非挥发性悬浮固体 (mg/L)
X_d	生物量中可降解部分所占分数
θ	温度系数
θ_c	固体停留时间 (d)
μ_{max}	生物物质最大比生长速率 (d^{-1})
μ	生物物质比生长速率 (d^{-1})

目 录

作者简介	(3)
编译者简介	(4)
序言	(5)
符号及缩写一览表	(6)
第1章 导言	(1)
第2章 工业废水水质特征及其预处理方法	(3)
2.1 工业废水水质特征	(3)
2.2 工业废水预处理	(7)
2.2.1 均化调节	(8)
2.2.2 油脂的去除	(12)
2.2.3 重金属和氰化物	(12)
2.2.4 pH 中和	(15)
2.2.5 毒物和逸出气体的控制	(17)
第3章 生物氧化原理	(19)
3.1 生物氧化过程	(19)
3.2 污泥的产生	(21)
3.3 氧的需求	(25)
3.4 营养的需求	(29)
3.5 生物污泥的驯化	(31)
第4章 有机物去除反应动力学	(34)
4.1 基质去除机理	(34)
4.2 推流式反应动力学	(38)
4.3 完全混合式反应动力学	(40)
4.4 两级活性污泥法	(46)
4.5 活性污泥工艺中特殊有机物的去除	(46)
4.6 溶解性微生物代谢产物的形成	(53)
4.7 活性污泥法出水水质的变化	(56)
第5章 活性污泥工艺中的生物抑制作用	(60)
5.1 生物抑制作用的机理	(60)
5.2 生物抑制作用的测定方法	(62)
5.2.1 经济合作与开发组织(OECD)方法第 209 项	(62)
5.2.2 低进水量间歇式反应器法(FBR)	(62)
5.2.3 葡萄糖抑制制试验法	(64)
5.3 对硝化过程的抑制作用	(66)

第 6 章 温度对活性污泥工艺的影响	(67)
第 7 章 对活性污泥质量的控制	(73)
7.1 缺乏基质	(73)
7.2 生物选种培养器	(76)
7.3 好氧生物选种培养器的设计	(78)
7.4 污泥加氯	(81)
第 8 章 挥发性有机物的吹脱作用	(82)
8.1 挥发性有机物(VOC) 的散发	(82)
8.2 对散发出的挥发性有机物(VOC)的处理技术	(87)
8.2.1 生物滤床	(87)
8.2.2 逸出气体的回流	(88)
第 9 章 硝化和反硝化过程	(91)
9.1 硝化过程	(91)
9.2 硝化反应的动力学	(92)
9.3 硝化过程的抑制	(94)
9.3.1 间歇式活性污泥(BAS)硝化试验	(95)
9.3.2 连续进水式间歇反应器(FBR)硝化试验	(97)
9.3.3 高浓度废水的硝化过程	(98)
9.4 反硝化过程	(100)
9.5 硝化和反硝化系统	(103)
第 10 章 氧转移过程和曝气	(110)
10.1 氧的饱和度	(110)
10.2 氧的转移过程	(112)
10.3 曝气设备	(114)
第 11 章 活性污泥工艺	(119)
11.1 推流式活性污泥工艺	(119)
11.2 完全混合式活性污泥工艺	(120)
11.3 生物选种培养器活性污泥工艺	(120)
11.4 延时曝气法	(120)
11.5 氧化沟系统	(121)
11.6 曝气和上清液排除交替操作系统	(121)
11.7 高纯氧系统	(127)
11.8 深井曝气法	(128)
11.9 BIOHOCH*工艺	(129)
11.10 HOECHST 高效气浮工艺	(130)
11.11 高能活性污泥法	(130)
11.12 粉状活性炭(PACT) 的应用	(132)
11.13 厌氧-好氧系统	(137)
11.14 市政污水活性污泥处理厂中工业废水的处理	(137)

第 12 章 最终澄清过程	(141)
12.1 固体通量曲线的建立与应用	(141)
12.2 状态点分析法	(145)
12.2.1 回流比和表面负荷率波动的影响	(145)
12.2.2 流量波动的影响	(145)
12.2.3 设计上和操作上约束条件的识别	(146)
第 13 章 出水中悬浮物的控制	(151)
第 14 章 污泥的生物处置方法	(158)
14.1 好氧消化	(158)
14.2 好氧*厌氧消化	(161)
14.3 剩余活性污泥的浓缩	(162)
14.4 污泥脱水	(163)
14.5 利用土地处置污泥	(164)
第 15 章 以实验室和现场试验方法确定工艺设计参数	(166)
15.1 主要试验内容和步骤	(166)
15.2 反应器的操作	(167)
15.3 挥发性有机碳	(169)
15.4 降低水生毒性的方法	(169)
15.5 应用完全混合式活性污泥法处理溶解性废水的设计步骤	(171)
15.5.1 所需曝气池容积的计算	(171)
15.5.2 出水 COD 的计算	(172)
15.5.3 污泥产量的计算	(173)
15.5.4 需氧量的计算	(173)
15.5.5 营养需求量的计算	(173)
15.5.6 二次澄清池的计算	(174)
参考文献	(179)

第1章 导言

美国新环境法规对工业废水中众多的有机和无机污染物的排放加以限制。这样，在采用活性污泥法处理工业废水时，就要求对传统的设计方法加以修改。根据废水性质及所适用的允许排放量的限制，必须对许多工艺设计和/或运行控制参数加以考虑。这些参数如图 1-1 所示。

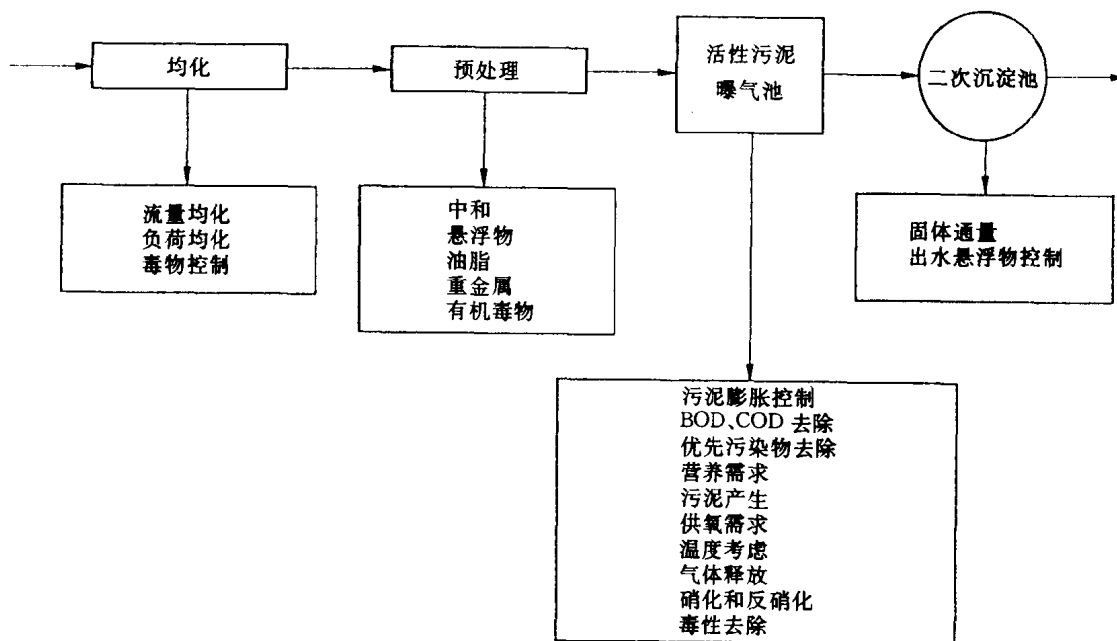


图 1-1 工业废水活性污泥法处理工艺设计和运行控制参数

为了达到预测出水水质的目标，处理厂必须对废水进水的水质加以限制。这一要求一般可以通过对流量和负荷的均衡调节来达到。对一些影响到工艺运转效果的因素（如温度，含盐量和有毒性化合物）的波动，需要用均化调节池和/或分流池加以控制。

预处理技术是用来控制废水的特性，使废水不会对活性污泥处理法的顺利运转产生不良影响。预处理技术包括利用中和方法控制 pH 值，以及油脂的去除。如果废水中含有悬浮物，就要求用沉淀或气浮的方法加以去除。其原因在于这些悬浮物的存在将会降低活性污泥中活性生物的含量，并使剩余污泥的浓缩和脱水更加困难。重金属也应该用预处理的方法加以去除，以避免产生金属含量很高的剩余活性污泥，从而影响污泥的最终处置。

如果废水中含有毒性有机物，应该用实验鉴别方法来确定其生物可降解性，如果发现废水中某一特定有机物是有毒的和不可生物降解的，应该采用点源处理技术在废水产生处加以控制，降低其毒性。

在活性污泥工艺中，出水水质与有机物/微生物比值(F/M)或污泥泥龄(SRT)有关。污泥的产生和氧的需求依赖于废水特性和 SRT 值。许多工业废水中缺乏营养成分，就必须在废水中投加氮和/或磷。

易生物降解的废水，例如来自食品加工工业的废水，会促进丝状菌的过度生长而造成污泥膨胀。这种情况，就要求通过工艺上的改进，如采用推流式工艺或使用生物选择器，来实施污泥质量控制。

在寒冷气候条件下的低温操作，会造成生物反应速率上的下降。这一困难通常靠提高曝气条件下混合液挥发性悬浮固体(MLVSS)含量来加以克服。另外，随着对曝气池散发气体的日益关注，曝气池加盖会愈加常见。但这一改进会带来曝气池内水温的升高，从而造成污泥絮体的解体和出水水质的恶化。在这类条件下，废水进水必须要先经冷却。我们对城市废水的硝化和反硝化过程已非常了解。但在工业废水中存在许多抑制硝化微生物的有机物成分。因此，在这类状况下，要求我们在设计上加以改进以确保硝化过程有效进行。在最近几年中，主要工业废水处理中的侧重点已转移到水生毒性控制上。许多工业废水，特别是来自化学工业的废水，要求用点源处理技术来降低其毒性。此外对某些工业废水，也可在曝气池内投加粉状活性炭以吸附不可生物降解的有毒有机物。

来自工业废水处理的生物污泥，可能会显著有别于来自城市污水处理的活性污泥。这一变化将会影响到最终澄清池的设计。在工业废水处理中，出水中高度分散的悬浮物是常常会碰到的，这样就要求用投加化学药品的方法来去除这些悬浮物。

第2章 工业废水水质特征及其预处理方法

2.1 工业废水水质特征

工业废水的排放限制中，通常是以 COD 值或 TOC 值（而不用 BOD 值）作为出水许可参数。因为与 5 天 BOD 分析法相比较，COD 值和 TOC 值在测定方法上更为简便，能迅速地判断废水水质。若水中含生物毒性物质时，COD 及 TOC 仍可指示有机物浓度，而这些生物毒性物质对 BOD 测定过程常会引起干扰。不过，由于 COD 值和 TOC 值都同时包括测定“可生物降解”与“不可生物降解”有机物的测定，因此必须对这些 COD、TOC 测定值进行校正，来确定哪些是在活性污泥处理工艺中可以被去除的有机物。下面是一些常用准则可用来判断有机物的生物降解性与其分子结构之间关系。

- 含有羧基(R-COOH)、酯类(R-COO-R)或羟基(R-OH)的非毒性脂肪族化合物属易生物降解有机物。而含有二羧基(HOOC-R-COOH)的化合物需要比单羧基化合物更长的驯化期。

- 含有羰基(R-CO-R)或双键(-C=C-)的化合物属中等程度可生物降解的化合物，并且驯化过程很缓慢。

- 含有氨基(R-NH₂)或羟基(R-OH)化合物的生物降解性依赖于与基团所键接的碳原子的饱和程度，并按如下顺序而趋于下降：伯碳原子 > 仲碳原子 > 叔碳原子。

- 卤代(R-X)化合物的生物降解性随卤素取代程度的提高而下降。

对各种纯有机化合物，表 2-1^[12] 列出测定的 COD 值、BOD₅ 值和理论需氧量(THOD)，及这三个指标中任意两个值之间的关系。表 2-2^[12] 列出几种未经处理的工业废水和个别工业废水中的 BOD₅ 值、COD 值和 TOC 值之间的关系。从表 2-1 和表 2-2 所提供的数据，我们可以得到如下结论：

- 可降解的芳香族化合物有比可降解的脂肪族化合物稍高的 BOD₅/COD 比值；而对于所列出的可降解的芳香族和可降解的脂肪族化合物，两类化合物均有比生活污水(0.37)更高的 BOD₅/COD 比值。

- COD 与 TOC 的比值（见表 2-2）依原废水中存在的特殊有机物而有很大不同，并且在 TOC 与 BOD₅ 或与 COD 之间没有相关关系。生物处理后的出水一般会在这些参数之间表现出较一致的相关关系。这一相关关系不能根据进水水质来预测，而必须通过实验来确定。

由于活性污泥处理工艺只能去除可生物降解的有机物，处理后出水中遗留的 COD 应该由如下成分构成：进水中携带的不可生物降解有机物[(SCOD_{nd})_i]、残留可生物降解有机物（以溶解性 BOD 为表征），以及在废水处理过程中产生的溶解性微生物代谢产物(SMP)。实际上 SMP 是不可生物降解的有机物（又可表示为 SMP_{nd}），此有机物含溶解性 COD（或 TOC），但不含 BOD。试验数据表明，SMP_{nd} 为进水中可生物降解 COD 值的 2% 至 10%^[28]。

实际百分比由废水类型和系统操作中所采用的污泥停留时间(SRT)决定。

几种有机化合物 COD 和 BOD₅ 测定值与理论需氧量(ThOD)的对照

表 2-1

化合物分族	ThOD	COD 测定值 (mg/mg)	BOD ₅ 测定值 (mg/mg)	COD	BOD ₅	BOD ₅
				ThOD (%)	ThOD (%)	COD (%)
脂肪族(Aliphatics)						
甲醇(Methanol)	1.50	1.05	0.92	70	75	88
乙醇(Ethanol)	2.08	2.11	1.58	100	76	75
乙二醇(Ethylene glycol)	1.26	1.21	0.39	96	29	32
异丙醇(Isopropanol)	2.39	2.12	0.16	89	7	8
马来酸(Maleic acid)	0.83	0.80	0.64	96	77	80
丙酮(Acetone)	2.20	2.07	0.81	94	37	39
丁酮(Methyl ethyl ketone)	2.44	2.20	1.81	90	74	82
醋酸乙酯(Ethyl acetate)	1.82	1.54	1.24	85	68	81
草酸(Oxalic acid)	0.18	0.18	0.16	100	89	89
本族平均值(Group Average)				91	56	64
芳香族(Aromatics)						
甲苯(Toluene)	3.13	1.41	0.86	45	28	61
苯甲醛(Benzaldehyde)	2.42	1.98	1.62	80	67	82
苯甲酸(Benzoic acid)	1.96	1.95	1.45	100	74	74
对苯二酚(Hydroquinone)	1.89	1.83	1.00	100	53	55
邻-甲酚(O-Cresol)	2.52	2.38	1.76	95	70	74
本族平均值				84	58	69
含氮有机物(Nitrogenous Organics)						
单乙醇氨(Monethanolamine)	2.49	1.27	0.83	51	34	65
丙烯腈(Acrylonitrile)	3.17	1.39	nil	44	0	—
苯胺(Aniline)	3.18	2.34	1.42	74	44	61
本族平均值				58	26	63
难降解有机物 (Refractory)						
叔丁醇(Tertiary butanol)	2.59	2.18	0	84	0	—
甘二醇(Diethylene glycol)	1.51	1.06	0.15	70	10	—
嘧啶(Pyridine)	3.13	0.05	0.06	2	2	—
本族平均值				52	4	—

注: 选自参考文献^[1]。

2.1.1

工业废水和加工废水的 BOD₅, COD 和 TOC 特性

表 2-2

工业和加工废水	BOD ₅ /COD	COD/TOC
丙烯腈(Acrylonitrile)	0.19	2.0
丁二烯--苯乙烯((Butadiene-Styrene)	0.05	3.8
对异丙基苯(Cumene)	0.12	5.6
EDC--直接(EDC-Direct)	0.49	1.6
EDC--次氯氧化(EDC-Oxyhydrochlorination)	0.64	1.8
氧化乙烯(Ethylene Oxide)	0.35	17.0 ^①
链烯烃(Olefins)	0.25	3.4
聚苯乙烯(Polystyrene)	0.44	3.3
聚氯乙烯(Polyvinylchloride PVC)	0.10	1.9
氧化丙烯(Propylene Oxide)	0.45	5.0
丙二醇(Propylene Glycol)	0.48	4.9
丙烯四聚物(Propylene Tetramer)	0.34	0.7
生活污水(Domestic Sewage)	0.37	3.4
合成橡胶(Synthetic Rubber)	0.51	3.9
尿素(Urea)	0.79	0.8
氯乙烯(Vinyl Chloride)	0.04	0.9

①TDS > 20000mg/L .

处理后出水的总 COD (可表示为 TCOD_{deg}) 可以用如下诸项成分之和来计算: 可生物降解的和不可生物降解的溶解性 COD($\text{SCOD}_{\text{deg}} + \text{SCOD}_{\text{nd}}$), 加上由处理后出水中悬浮物(TSS_e) 产生的“颗粒”性 COD。如果这些悬浮物基本上是属于由处理后出水带出的活性污泥絮体, 这部分 COD 值估计约为 1.4TSS 。因此, 处理后出水总 COD 可由如下诸公式来表明:

$$\text{TCOD}_e = (\text{SCOD}_{\text{nd}})_e + (\text{SCOD}_d)_e + 1.4\text{TSS}_e \quad (2-1)$$

$$(\text{SCOD}_{\text{nd}})_e = \text{SMP}_{\text{nd}} + (\text{SCOD}_{\text{nd}})_i \quad (2-2)$$

$$(\text{SCOD}_{\text{nd}})_i = \text{SCOD}_i - (\text{SCOD}_d)_i \quad (2-3)$$

活性污泥处理工艺进出水中可生物降解 SCOD 可以分别以 BOD₅ 与完全 BOD (BOD_u) 的比值来估计。进水中 (以 i 表示) 或出水中 (以 e 表示) 完全 BOD 可分别表示为 f_i 或 f_e 。如假设 $\text{BOD}_u = 0.92\text{SCOD}$, 则进水中 (仍以 i 表示) 或出水中 (仍以 e 表示) 可生物降解 SCOD 值可由下式来估计:

$$(\text{SCOD}_d)_{i/e} = \frac{(\text{BOD}_5)_{i/e}}{f_{i/e} \cdot 0.92} \quad (2-4)$$

经合并公式(2-1)至公式(2-4)，处理后出水 TCOD_e 值可由下式来计算：

$$(\text{TCOD})_e = \text{SCOD}_i - \left[\frac{(\text{BOD}_5)_i}{f_i \cdot 0.92} \right] + \text{SMP}_{nd} + \left[\frac{(\text{BOD}_5)_e}{f_e \cdot 0.92} \right] + 1.4 \text{TSS}_e \quad (2-5)$$

经由例题（例 2-1）来说明如何计算生物处理工艺出水 TCOD 值。

【例 2-1】

进水 TSS =忽略此项（假设废水为溶解性）；

进水 $\text{SCOD}_i = 300 \text{ mg/L}$ ；

进水 $(\text{SBOD}_5)_i = 192 \text{ mg/L}$ ；

出水 $(\text{SBOD}_5)_e = 10 \text{ mg/L}$ ；

出水 $\text{TSS}_e = 20 \text{ mg/L}$ 。

【解】 用公式(2-5)计算出水 TCOD 值。

假设进水 SBOD_5 为 BOD_u 的 80%(即 $f_i = 0.8$)，而出水溶解性 BOD_5 为 BOD_u 的 65%(即 $f_e = 0.65$)，并且 BOD_u 值为 SCOD 的 92%，则：

$$(\text{SCOD}_{nd})_i = 300 - \left[\frac{192}{0.8 \times 0.92} \right] = 39 \text{ mg/L}$$

$$(\text{SCOD}_d)_e = \left[\frac{10}{0.65 \times 0.92} \right] = 17 \text{ mg/L}$$

再假设 SMP_{nd} 值为进水可生物降解 COD 的 8%，则：

$$\text{SMP}_{nd} = (300 - 39) \times 0.08 = 21 \text{ mg/L}$$

所以，出水总 COD 为

$$\text{TCOD}_e = 39 + 17 + 21 + (1.4 \times 20) = 105 \text{ mg/L}$$

BOD 、 TOC 和 COD 分析可说明废水中可降解和不可降解有机物的“大概”浓度。这些参数决定了活性污泥处理工艺中的有机物去除动力学、氧的需求量、曝气池容积和污泥产生量。另外，对来自某些行业的原废水，还需要对其水质特征作进一步的分析，来确定其中某些化合物的浓度，尤其是对微生物有抑制性或毒性的化合物、可能会在活性污泥中累积的化合物以及那些受空气或液体排放法规限制的化合物。这些化合物包括重金属、溶解盐类、硫化物、油脂以及挥发性有机化合物(VOC)和半挥发性有机化合物(SVOC)。它们在