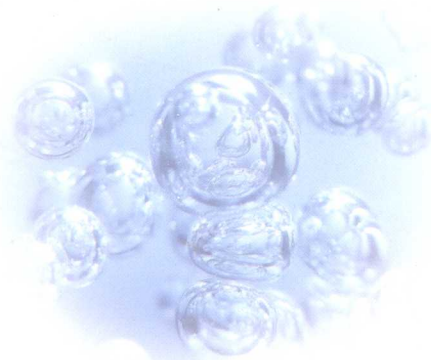


“十一五”国家重点图书出版规划



应用生物技术大系

Comprehensive Series of Applied Biotechnology



废水生物处理原理

Fundamentals of Biological Wastewater Treatment

[德] Udo Wiesmann

In Su Choi Eva-Maria Dombrowski 著

盛国平 王曙光 译



科学出版社

www.sciencep.com



应用生物技术大系

废水生物处理原理

Fundamentals of Biological
Wastewater Treatment

[德] Udo Wiesmann In Su Choi 著
Eva-Maria Dombrowski

盛国平 王曙光 译

科学出版社

北京

图字:01-2008-2611号

内 容 简 介

本书在阐述废水生物处理基本原理的基础上,广泛论述了废水生物处理理论和实践的最新进展。主要内容包括微生物的新陈代谢过程及该过程中的化学计量学和动力学,氧气在气液界面的传质,处理高浓度有机废水的厌氧工艺,持久性污染物生物处理的最新研究结果,生物法脱氮、除磷过程的化学计量学和动力学,活性污泥数学模型,以及废水生物处理中的膜技术等。

本书既注重基本知识和基本概念的介绍,又注重该领域的最新发展。本书可作为环境及相关专业高年级本科生及研究生的教材和参考书,也可供相关专业的教师及科技人员参考。

Originally published in the English Language by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstraße12, D-69469 Weinheim, Federal Republic of Germany, under the title "Fundamentals of Biological Wastewater Treatment." Copyright 2007 by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

图书在版编目(CIP)数据

废水生物处理原理/(德)Wiesmann, U. 等著;盛国平,王曙光译. —北京:科学出版社,2009

(应用生物技术大系)

书名原文:Fundamentals of Biological Wastewater Treatment

ISBN 978-7-03-024675-2

I. 废… II. ①W…②盛…③王… III. 废水处理-生物处理
IV. X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089039 号

责任编辑:李悦 席慧/责任校对:李奕莹

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年7月第一次印刷 印张:19

印数:1—2 800

字数:413 000

定价:65.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈明辉〉)

译 者 序

《废水生物处理原理》是环境专业的一部重要教材,它主要阐述废水生物处理的基本原理,同时也提供了工程方面的重要信息。作者 U. Wiesmann, I. S. Choi 和 E. M. Dombrowski 均长期在废水生物处理领域从事研究和教学工作,在废水生物处理方面具有丰富的经验。

社会进步和经济发展所产生的大量工业废水和生活污水需要得到有效的处理。因此,必须研发和优化高效、合理的废水处理工艺,以使废水经过处理后能够达标排放。在这一方面生物处理技术具有举足轻重的地位,这要求废水处理工程师和研究人员具有丰富的实践技能和理论知识。书中描述的解决废水生物处理问题的方法,是生化工程师基于系统的物质守恒原理所建立起来的,其作者努力呈现其数学推导过程。我们在翻译过程中深深体会到,该书体系独特,特色鲜明;作者既强调基础理论,又重视实际工程应用。我们期待它能够成为学生、工程师及研究人员的重要参考书。

该书回顾了微生物学和废水处理的历史发展,简要介绍了废水特性指标和相关法规,详细阐述了微生物的新陈代谢过程及其化学计量学,深入讨论了氧气在气液界面的传质及处理高浓度废水的厌氧工艺,扼要综述了持久性污染物生物处理的最新研究结果,也论述了废水脱氮、除磷过程的化学计量学和动力学,解释了活性污泥 1 号模型,介绍了废水处理中的膜技术,最后还介绍了如何实现生产过程和废水处理的有效结合。

《废水生物处理原理》一书由中国科学技术大学盛国平博士和山东大学王曙光博士联合主笔翻译。第 1~6 章、第 8 章、第 10 章和第 11 章及附录部分由盛国平负责,第 7 章、第 9 章、第 12 章和第 13 章由王曙光负责。中国科学技术大学环境工程实验室和山东大学环境科学与工程学院的多位研究生参与了本书的初译工作,他们是中国科学技术大学的赵全保、岳正波、王进、倪丙杰、刘丽、谢文明、臧国龙和山东大学的张晓敏、卢磊、赵立健、石义静、刘菲菲、宋瑞红、滕少香等。这些研究生的加入大大加快了翻译速度。在此,我们向他们表示深深的谢意。最后全书由盛国平和王曙光统稿。

全书的翻译工作是在中国科学技术大学俞汉青教授的支持下开展的,他一直关心我们的翻译工作,在此表示诚挚的感谢。

正如在许多中译本专著的序言中所述,专业书籍的翻译是一项十分复杂的工作。限于译校者的水平,译著中难免会有一些不准确甚至错误之处,敬请读者不吝指正。

盛国平 王曙光

2009 年 3 月

前 言

水是生命之源。水是有限的资源,尤其在降雨量小、地表水少、地下水深和气温较高的国家尤其珍贵。节约用水和将已用水适当处理后进行回用是保证健康生活的必要条件。然而,直至 19 世纪后期,为避免疾病蔓延,大工业化城市的人们才开始意识到废水处理的重要性。处理后的水如何再利用仍然是个有争议的话题。本书作者认为应该继续促进水的循环利用,同时发挥废水生物处理在水循环中的重要作用。

现代工业废水处理理念正在从传统的“末端控制技术”发展到“分散式废水处理工艺”、“工艺集成水管理系统”,以及最终在某些场合尽可能达到“无水过程”,中心理念是节约用水。在传统概念中,工业生产和废水处理是截然分开的,导致污水处理厂经常需要处理几种不同性质混合起来的废水。工业废水处理第一阶段的特点通常是采样、水质测定、与水质排放标准比较、达标的处理水被排入地表水系中。几乎所有城市的废水处理都采用相同的方式。然而,采用特殊的工艺(分散式废水处理)似乎能更经济有效地处理某些工业废水,且处理后的水可被再次或多次利用,以节约淡水资源。废水处理的下一个发展阶段是实现生产过程和废水处理的有效结合,即“工艺集成水管理系统”(可持续的水资源使用、工业水的使用、清洁生产等)。

一般说来,在生产工艺规范时既考虑废弃物产生又考虑降低水和能源的消耗,可以改善环境质量。从这种意义上说生产工程师和环境工程师需要建立一个合作团队。在本书中,我们将详细论述废水处理的一些基本原理,以期较好地理解“末端治理”和“分散式废水处理”的过程。在最后一章,我们将介绍一些“工艺集成水管理”和“分散式废水处理”的例子。

目前有两种废水处理理念:水中污染物分离及其部分或全部矿化。分离过程基于流体力学(沉淀、离心、过滤、乳选)或者膜技术(微滤、超滤、纳滤和反渗透)。另外,一些物理化学过程(如吸附和絮凝等)也可以用于分离水中的溶解性物质或乳状物。水中的污染物可以通过生物和化学过程被矿化(如各种高级氧化技术)。在本书中,我们主要讨论废水生物处理过程。其他技术,如沉淀技术和膜技术,将在介绍活性污泥过程和膜生物反应器时讨论。

与化学氧化技术相比,生物处理的主要优点是:无须通过预处理除去胶体和分散的固体颗粒、能量消耗少、低成本和无须废气处理装置的开放式反应器。

与生物处理相比,化学氧化的优点是:不产生污泥、可以矿化一些难以被生物降解的物质且所需反应器体积较小。如果需要去除大量污染物,两种处理过程还可以结合使用,先是生物处理,然后是化学氧化。我们将重点讨论生物处理的基本概念。

由于工业化国家废水处理技术发展较早,“末端治理技术”常用于同时处理城市废水的工业污水处理厂或同时处理工业废水的生活污水处理厂。“分散式废水处理”仅在一个较大的污水处理厂负荷过重或者处理过程受到一些有害化合物的负面影响时才被使用。这样做的主要目的是通过过程控制优化工艺条件以降低曝气和泵提成本。

在工业快速发展且没有城市污水处理厂的國家，分散污水处理厂的建设和运行是必须的。要严格执行切实可行的处理工艺以确保在缺水和高水价地区进行中水回用，处理后水可作为农业灌溉用水或发电站、工厂的冷却水。此外，保护饮用水水源区、自然保护区和景观用水的水体也是非常重要的。与“末端治理”相比，“分散式处理”更加经济。

废水生物处理涉及生物、物理、生态、社会及经济各方面之间的相互作用，我们不可能考虑到所有的方面，但是本书提供了废水生物处理的基本原理和工程方面的重要信息，书中出现的描述和解决废水生物处理问题的方法是生化工程师基于某些系统的物质守恒原理建立起来的。作者将尽一切努力全面呈现其数学推导过程，尽量让研究生能够理解。读者对象也包括有兴趣了解更多有关基本原理且在废水处理领域工作的工程师、生物学家和化学家。

在本书中，我们在对微生物学和废水处理的历史发展进行回顾之后，将简单介绍一些废水特性指标和相关法规，另外还将介绍微生物的新陈代谢过程及该过程中的化学计量学，这对全面理解生化反应过程中物质守恒是非常重要的。鉴于对废水好氧处理过程的重要性，氧气在气液界面的传质也将详细讨论。厌氧工艺适于处理高浓度废水，本书也将进行详细论述。针对一些不容易被生物降解的、持久性的化工污染物，本书综述了一些最近的相关研究结果。另外，由于脱氮、除磷的重大意义，我们将单独用一章来论述脱氮、除磷过程的化学计量学和动力学。在过去的 20 年，关于活性污泥法模型的研究一直在发展。为了更好地理解活性污泥 1 号模型(activated sludge model number 1, ASM 1)以及关于脱氮的描述，我们将做详细的解释。各种膜过滤技术在污水处理厂可用来代替现在常用的二沉池，该技术在水的再利用和再循环过程中可能扮演重要角色，在本书中我们也将介绍给大家。因此，这与前面介绍的生产和废水处理集成管理系统以及分散式废水处理的观念是一致的。

写作过程中，本书被更新了很多次，Christine Heimerl-Rötsch 女士多次抄录我们的文稿，她的认真值得我们高度认可。非常感谢 Ing. Gregory Morgan 博士帮助修改语言表达，虽然我们努力修改文中的文法错误，但仍然有需要改进的地方。

如果没有许多本科生、研究生和技术员的参与，本书是不可能完成的。在此感谢他们的合作！

有些章节使用了很多变量和索引，因此并不容易理解，但是我们认为这样可以避免误解和混淆一些概念。

在过去的 25 年里，涌现了许多新的废水处理工艺，其中一些还被实际应用，同时有大量的论文发表。我们希望本书在“废水生物处理”这个重要而又有趣的领域能够提供一定的帮助。

作者

符号和缩写列表

符号	解释	单位(范例)	基本单位
<i>A</i>	表面积	m^2	L^2
<i>A</i>	膜的表面积	m^2	L^2
<i>A</i>	膜常数	$m \cdot h^{-1} \cdot bar^{1D-1}$	$L^2 \cdot M^{-1}$
<i>A^*</i>	膜常数	$g \cdot m \cdot h^{-2} \cdot bar^{-1}$	L^{-1}
<i>a</i>	体积比表面积	$m^2 \cdot m^{-3}$	$L^2 \cdot L^{-3}$
<i>a</i>	活度	—	—
<i>a</i>	系数	—	—
<i>a₁</i> 、 <i>a₂</i> 、 <i>a₃</i>	常数	—	—
<i>B</i>	膜常数	$m \cdot h^{-1}$	$L \cdot T^{-1}$
<i>Bi</i>	Biot 数	—	—
<i>B_V</i>	体积负荷	$g \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$	$M \cdot L^3 \cdot T^{-1}$
<i>C</i>	无量纲浓度	—	—
<i>C</i>	积分常数	—	—
<i>C^*</i>	平衡时气体在液相的无量纲浓度	—	—
<i>C'</i>	无量纲的溶解氧浓度	—	—
<i>c</i>	空气中特殊气体浓度	$g \cdot m^{-3}$	$M \cdot L^{-3}$
<i>c'</i>	溶液中溶解气体浓度	$g \cdot m^{-3}$	$M \cdot L^{-3}$
<i>c^*</i>	平衡时气体在液相的浓度	$g \cdot m^{-3}$	$M \cdot L^{-3}$
<i>D</i>	稀释率	h^{-1}	T^{-1}
<i>D_c</i>	临界稀释率	h^{-1}	T^{-1}
<i>D</i>	直径	m	L
<i>D</i>	扩散系数	$m^2 \cdot h^{-1}$	$L^2 \cdot T^{-1}$
<i>DC</i>	脱附容量	$g \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$	$M \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}$
<i>D_x</i>	<i>x</i> 方向的扩散系数	$m^2 \cdot h^{-1}$	$L^2 \cdot T^{-1}$
<i>Da_{II}</i>	Damköhler 数 II ($=\mu_{max} t_v$)	—	—
<i>d</i>	直径	m	L
<i>d_h</i>	水力直径	m	—
<i>E</i>	效率	$kg \cdot (kW \cdot h)^{-1} O_2$	$L^{-2} \cdot T^2$
<i>E</i>	停留时间密度	—	—
<i>E^*</i>	无量纲的效率	—	—
<i>e_A</i>	活化能	$kJ \cdot mol^{-1}$	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot N^{-1}$
<i>F</i>	停留时间分布	—	—

^{D)} 1 bar = 10⁵ Pa.

续表

符号	解释	单位(范例)	基本单位
F_{O_2}	O_2 分子的扩散阻力	—	—
f_i	惰性物质占总生物质的比例	—	—
f_p	生物体中转化为颗粒产物的比例	—	—
ΔG^0	反应自由能变化	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{N}^{-1}$
g	重力加速度	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\text{L} \cdot \text{T}^{-2}$
h	搅拌桨和底部的距离	m	—
ΔH^0	焓变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{N}^{-1}$
H'	Henry 系数	$\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$
H	Henry 系数	—	—
H_g	Henry 系数	$\text{atm} \cdot (\text{mol}/\text{L})^{-1}$	$\text{N} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{L}^{-3}$
H	深池的高度	—	—
H	高度	m	L
I	电流	A	S
i	电流	A	—
i_{XB}	细菌体含氮比例和慢速降解底物中含氮比例	—	—
i_{XP}	细菌体颗粒性惰性有机产物中含氮比例	—	—
J	比传质速率 (体积通量)	$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{T}^{-1}$ $\text{N} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{T}^{-1}$
J_D	扩散通量	$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{T}^{-1}$
J_{D+C}	扩散和对流通量	$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{T}^{-1}$
J_o	标准体积通量	$\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{bar}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{T}^{-3}$
K	总传质系数	h^{-1}	T^{-1}
K	Boltzmann 常数	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \theta$
K'	氧气饱和系数	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
K_D	分解常数	—	—
K_e	平衡常数	—	—
K_e'	平衡常数	$\text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$	$\text{L}^3 \cdot \text{M}^{-1}$
K_{iH}, K_i	底物抑制系数	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
K_{iN}	非竞争抑制系数	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
K_L	总传质系数	$\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$
K_{La}	比总传质系数	h^{-1}	T^{-1}
K_m	米氏常数	$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{N} \cdot \text{L}^{-3}$
K_m	平衡常数	—	—
K_{OH}	水解饱和常数	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
K_P	Henry 系数	$\text{bar} \cdot \text{L} \cdot \text{g}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{T} \cdot \text{L}^{-1}$
K_S	底物饱和常数	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$

续表

符号	解释	单位(范例)	基本单位
K_{SH}	饱和常数	—	—
k	干燥空气系数(=0.2857)	—	—
k	反应速率常数	h^{-1}	T^{-1}
k_0	当 $T \rightarrow \infty$ 时,最大反应速率常数	—	—
k_L	液体界面的传质系数	$m \cdot h^{-1}$	$L \cdot T^{-1}$
k_{La}	液体界面的比传质系数	h^{-1}	T^{-1}
k_G	气体界面的传质系数	$m \cdot h^{-1}$	$L \cdot T^{-1}$
k_{Ga}	气体界面的比传质系数	h^{-1}	T^{-1}
k_d	衰减系数	h^{-1}	T^{-1}
k_s	细菌死亡系数	h^{-1}	T^{-1}
k_e	内源呼吸系数	h^{-1}	T^{-1}
L	长度	m	L
L	生物膜厚度	m	L
LD_{50}	半致死质量浓度	$mg \cdot kg^{-1}$	—
M	摩尔质量	$g \cdot mol^{-1}$	$M \cdot N^{-1}$
m	质量	g	M
N	摩尔数	mol	N
n	搅拌速度	s^{-1}	T^{-1}
n_i	液滴数	—	—
n_R	回流比	—	—
n_E	增厚程度	—	—
n_{PHB}	PHB 在细菌体内所占分数	—	—
n	串联反应器级数	—	—
OC	比充氧能力	$mol \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$	$N \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}$
OTR	氧转移速率	$g \cdot O_2 \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$	$M \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}$
OTE	氧转移效率	—	—
P	功率	kW	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$
p	压力	bar	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
Q	流量	$m^3 \cdot h^{-1}$	$L^3 \cdot T^{-1}$
R	半径	m	L
R	气体常数 [=8.314 J · (mol · K) ⁻¹]	$J \cdot (mol \cdot K)^{-1}$	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot N^{-1} \cdot \theta^{-1}$
R	阻力	m^{-1}	L^{-1}
R	截留率	%	—
R_t	实际截留率	%	—
r	反应速率	$mg \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$	$M \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}$ $N \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}$

续表

符号	解释	单位(范例)	基本单位
r'	呼吸速率	$\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3} \cdot \text{T}^{-1}$
r_x	细菌生长速率	$\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ MLSS	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3} \cdot \text{T}^{-1}$
S	底物浓度	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ¹⁾ , $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$, $\text{N} \cdot \text{L}^{-3}$
SOTR	标准氧转移速率	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3} \cdot \text{T}^{-1}$
S^*	无量纲的溶解氧浓度(= S'/K')	—	—
S	选择性	—	—
T	温度	K, °C	θ
t	时间	h	T
t_R	平均停留时间	h	T
t_{RC}	临界平均停留时间	h	T
t_{RX}	细菌平均停留时间(=污泥龄)	h	T
t_{RXC}	临界污泥龄	h	T
U	电压	V	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T} \cdot \text{A}^{-1}$
V	体积	m^3	L^3
v	速度	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$
w	流速	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$
\bar{w}	平均速度	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$
X	菌体浓度	$\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ MLSS	$\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
X^*	无量纲的菌体浓度(= X/K')	—	—
x	局部坐标	m	L
x	摩尔分数	—	—
y	摩尔分数	—	—
$y_{X-O/XC}$	菌体内氧/碳摩尔分数比	—	—
Y	产率系数	—	—
$Y_{X/S}^0$	细菌基于底物生长的真实产率系数	$\text{g MLSS} \cdot (\text{g COD})^{-1}$	—
$Y_{XC/SC}^0$	细菌碳含量的真实产率系数	$\text{g C} \cdot (\text{g COD})^{-1}$	—
$Y_{X/S}$	细菌基于底物生长的表观产率系数	$\text{g MLSS} \cdot (\text{g COD})^{-1}$	—
Z	无量纲的局部坐标	—	—
z	局部坐标	m	L
Bi	Biot 数	(= $w \cdot d \cdot D^{-1}$)	
Da	Damköhler 数	(= $\mu_{\max} \cdot t_R$)	
Da _{II}	Damköhler 数 II	(= $\mu_{\max} \cdot R^2 \cdot D^{-1}$)	
Fr	Froude 数	(= $n^2 \cdot d \cdot g^{-1}$)	

1) BOD₅、COD、DOC 等。

符号	解释	单位(范例)	基本单位
Mo	Monod 数	$(\equiv S_0 \cdot K_S^{-1})$	
Mo'	改进的 Monod 数	$(\equiv c^* \cdot k'^{-1})$	
Ne	Newton 数	$(\equiv P \cdot d^{-5} \cdot n^{-3} \cdot g^{-1})$	
Pe	Peclet 数	$(\equiv w \cdot d \cdot D^{-1})$	
Pe'	改进的 Peclet 数	$(\equiv \bar{w} \cdot L \cdot D_x^{-1})$	
Re	雷诺数	$(\equiv \bar{w} \cdot d \cdot \nu^{-1})$	
Sc	Schmidt 数	$(\equiv \nu \cdot D^{-1})$	
Sh	Sherwood 数	$(\equiv k_L \cdot d \cdot D^{-1})$	
Sm	Semenov 数	$(\equiv k_L \cdot a \cdot \mu_{\max}^{-1})$	
Y	氧迁移数	$\left[\equiv \frac{K_L \cdot a \cdot V}{d^3} \left(\frac{\nu}{g^2} \right)^{1/3} \right]$	
希腊符号			
α	转化率, 去除率	—	—
α_w	废水的传质效率和干净水的比值	—	—
β	沉淀池的分离效率	—	—
β	渗透系数	—	—
β_w	20°C 下废水中溶解氧浓度和干净水中的比值	—	—
γ	活度系数	—	—
γ_w	$\alpha_w \beta_w$, 20°C 下废水中最大氧传质速率和干净水中的比值	—	—
δ	结合层厚度	m	L
ϵ	孔隙率	—	—
η	缺氧细菌的水解速率和好氧细菌的比值	—	—
η	效率系数	—	—
η	动力黏度	$g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$
θ	温度影响系数	—	—
μ	比生长速率	d^{-1}	T^{-1}
μ	迂曲度	—	—
μ_{O_2}	氧气分子的扩散速率	$m \cdot s^{-1}$	$L \cdot T^{-1}$
ν	运动黏度	$m^2 \cdot s^{-1}$	$L^2 \cdot T^{-1}$
ξ	阻力系数	—	—
π	维数	—	—
π	渗透压	bar	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
ρ	密度	$g \cdot m^{-3}$	$M \cdot L^{-3}$
Σ	求和	—	—

符号	解释	单位(范例)	基本单位
σ	表面张力	$N \cdot m^{-1}$	$M \cdot T^{-2}$
σ	无因次方差	—	—
σ^*	无量纲表面张力	—	—
σ_t	时间变量	s	T
τ	无量纲时间	—	—
φ	电流的相位	—	—
索引			
arith	算术平均值		
A	活性自养微生物		
A	空气		
Alk	碱度		
a	吸附		
a	反应器出口		
a	空气		
ae	好氧		
an	厌氧		
ap	表观		
ax	缺氧		
b	后		
b	吹风机		
c	饼		
cat	催化剂		
cf	错流		
C	对流		
CO ₂ -O	CO ₂ -氧		
CO ₂ -C	CO ₂ -碳		
CO ₂ -C/S-C	CO ₂ -碳/底物-碳		
CO ₂ -C/S-O	CO ₂ -氧/底物-氧		
CO ₂ -N	中和氨氧化过程中产生的 H ⁺ 所需的 CO ₂		
\sum	求和		
d	每日		
d	衰减		
d	直径		
d	溶解的		

符号	解释
索引	
D	脱氮菌
D	扩散
DO	十二烷基
D+C	扩散和对流
e	出水
e	内源的
eff	有效的
ex	过量的
E	酶
ES	酶-底物复合物
ET5	Emulgin ET5
f	膜污染
f	外来的
f	几乎不含氧
g	齿轮
G	气体
G	代
H	活性异养微生物
H	水解
i	脉冲
i	惰性的
i	抑制剂
i,j	成分
L	液体
max	最大值
m	膜
m	电机
M	混合后
M	混合点
ML	混合液
MLSS	混合液悬浮固体
N	氮
N	再生原料

符号	解释
索引	
NB	<i>Nitrobacter</i>
ND	溶解性有机氮
NH	溶解性 NH_3 和 NH_4
$\text{NH}_4\text{-O}_2$	NH_4 氧化所需的氧
$\text{NH}_4\text{-N}$	氨氮
NO	硝酸盐和亚硝酸盐氮
NO_2	亚硝酸盐
NO_3	硝酸盐
NS	<i>Nitrosomonas</i>
o Influent	标准化到 $c'=0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
org. P	溶解性有机磷
oTS	有机干物质
O_2	氧气
p	渗透
p	颗粒性产物
po	孔
pw	过程用水
P	磷
PM	初级原料
PO_4	正磷酸盐
P-P	溶解性无机聚磷酸盐
rt	快速测试
R	反应器
R	循环
s	底物
spec	specific, 比
S	废水
SC	底物-碳
SO	底物-氧
SS	易降解底物
St	标准测试
t	总的

符号	解释	
索引		
th	理论的	
T	温度	
v	体积相关的	
VOC	挥发性有机碳	
w	水	
XA	自养生物量	
XH	异养生物量	
X	局部坐标	
XC	细菌-碳	
XO	细菌-氧	
XC/XO	细菌中碳/氧比值	
XC/SC	细菌中碳和底物中碳的比值	
X/O ₂	细菌量/氧	
X/S	细菌量/底物	
z	局部坐标	
0	进水	
数字索引		
20	温度 20℃	
*	饱和的	
—	均值	
20	应用于温度 20℃下	
20,0	应用于 20℃和溶解氧浓度为 0 mg O ₂ · L ⁻¹	
缩写		
AAO	anaerobic anoxic oxic	厌氧/缺氧/好氧
ADP	adenosine diphosphate	二磷酸腺苷
AO	anaerobic oxic	厌氧/好氧
ASM	activated sludge model	活性污泥模型
ASCE	American Society of Civil Engineers	美国土木工程师学会
ATP	adenosine triphosphate	三磷酸腺苷
ATV	Abwasser Technische Vereinigung	
BOD	biological oxygen demand	生化需氧量
BWB	Berliner Wasserbetreiber	
CA	cellulose acetate	醋酸纤维素
CFD	computational fluid dynamics	计算流体力学
COD	chemical oxygen demand	化学需氧量
CSTR	completely stirred tank reactor	完全混合反应器

符号	解释	
缩写		
DNA	deoxyribonucleic acid	脱氧核糖核酸
DMSO	dimethylsulfoxide	二甲基亚砜
DOC	dissolved organic carbon	溶解性有机碳
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.	
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V.	
EDS	endocrine disrupting substances	内分泌干扰物
EPA	Environmental Protection Agency	环境保护局
EPS	extracellular polymer substances	胞外聚合物
FM	ratio of feed to biomass	污泥负荷
LDS	lignin degradation system	木质素降解系统
MAP	magnesium ammonium phosphate	磷酸铵镁
MBR	membrane bioreactor	膜生物反应器
MLSS	mixed liquor suspended solid	混合液悬浮固体
MLVSS	mixed liquor volatile suspended solid	混合液挥发性悬浮固体
NDSA	naphtalene disulfonic acid	萘二磺酸
NSA	naphtalene sulfonic acid	萘磺酸
PA	polyamide	聚酰胺
PAN	polyacrylnitrile acid	聚丙烯腈酸
PAO	phosphate-accumulating organism	聚磷菌
PES	polyethensulphone	聚醚砜
PFU	plug-forming unit	柱塞形成单元
PHB	polyhydroxybutyrate	聚羟基丁酸酯
PP	polypropylen	聚丙烯
PSU	polysulphone	聚砜
PUDF	polyinylidenfluoride	聚偏氟乙烯
RB5	reactive black 5	活性黑 5
RDR	rotating disc reactor	转盘反应器
RNA	ribonucleic acid	核糖核酸
SCP	single-cell protein	单细胞蛋白
SRB	sulfur-reducing bacteria	硫酸还原细菌
SS	suspended solid	悬浮固体
UASB	upflow anaerobic sludge blanket	上流式厌氧污泥床
VFA	volatile fatty acid	挥发性脂肪酸
VOC	volatile organic compound	挥发性有机物
WWTP	wastewater treatment plant	污水处理厂

目 录

译者序	
前言	
符号和缩写列表	
第 1 章 废水收集和处理的演变	1
1.1 古代给水和废水管理系统	1
1.2 中世纪给水和废水管理系统	2
1.3 最早的微生物学研究	6
1.4 最早的废水管理——直接排放到土壤和水体中	9
1.5 河流、土壤或实验中的有机物矿化——是化学过程还是生物过程?	10
1.6 早期的废水生物处理过程	11
1.7 霍乱流行——是水中或土壤中细菌引起的吗?	12
1.8 早期的活性污泥法实验	13
1.9 取样和测量	14
1.10 废水排放的早期法规	15
参考文献	16
第 2 章 废水水质表征和标准	19
2.1 废水水量和日变化	19
2.2 污染物	20
2.2.1 概述	20
2.2.2 溶解性物质	21
2.2.3 胶体物质	24
2.2.4 悬浮固体	25
2.3 溶解性有机质总含量的测试方法	26
2.3.1 生化耗氧量	26
2.3.2 化学耗氧量	27
2.3.3 总有机碳和溶解性有机碳	27
2.4 废水排放法规	29
2.4.1 引言	29
2.4.2 德国法规	29
2.4.3 欧盟指导方针	31
参考文献	32
第 3 章 微生物新陈代谢	33
3.1 细菌(真细菌)组分和形态学评述	33
3.2 蛋白质和核酸	35