

通往

My anaerobic
sustainability story
Gatze Lettinga

可持续环境保护之路

UASB之父Gatze Lettinga的厌氧故事

— [荷] 赫兹·莱廷格 (Gatze Lettinga) 著

— 宫 徽 盘得利 王凯军 译



化学工业出版社

通往

**My anaerobic
sustainability story
Gatze Lettinga**

可持续环境保护之路

UASB之父Gatze Lettinga的厌氧故事

— [荷] 赫兹·莱廷格 (Gatze Lettinga) 著

— 宫 徽 盘得利 王凯军 译



化学工业出版社

· 北 京 ·

《通往可持续环境保护之路——UASB之父Gatze Lettinga的厌氧故事》包括了Lettinga教授对自己学术生涯中的经历、取得的成果的高度概括性评价。本书Lettinga教授希望传达给人们的一个观点,即当代高效固体厌氧消化技术和废水厌氧处理技术及其系统具有巨大应用潜力。本书通过作者的论述,希望提高人们对“可持续发展”理念的认识,因为在当前社会,这个词经常被严重误解。通过本书对诸多正规历史的回忆回顾,作者讨论了“环境保护”和“可持续发展”两个领域的诸多重要议题;同时作者也对在其职业生涯中做出诸多贡献的人们表达了谢意。

本书可供市政工程、环境工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校相关专业师生及广大环保爱好者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

通往可持续环境保护之路——UASB之父Gatze
Lettinga的厌氧故事/〔荷〕莱廷格(Lettinga,G.)著;
宫徽,盘得利,王凯军译.—北京:化学工业出版社,
2015.10

ISBN 978-7-122-25129-9

I.①通… II.①莱…②盘…③王… III.

①莱廷格, G.的厌氧故事②环境保护-可持续性发展-研究

IV.①K835.636.15②X22

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第210173号

本书中文版由原著作者Gatze Lettinga通过王凯军教授授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

责任编辑:刘兴春 刘 婧

责任校对:宋 玮

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京瑞禾彩色印刷有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张13½ 字数217千字 2015年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:138.00元

版权所有 违者必究



译者的话

我的博士导师赫兹·莱廷格 (Gatze Lettinga) 教授是升流式厌氧污泥床反应器 (UASB) 的发明人。作为国际厌氧生物技术领域的知名学者, 曾获得素有“环境科学诺贝尔奖”之称的美国“泰勒环境奖”(John and Alice Tyler Ecology Award), 并于2009年6月获得了第二届新加坡李光耀水奖。对于Lettinga教授最突出的贡献——研发UASB(EGSB)技术, 他却并未将其作为个人专利保护起来, 而是将这一技术公开, 并且明确声明“UASB反应器概念对所有人都是公开的, 特别是对发展中国家的人民, 这是我一直期望的”。

Lettinga教授不仅对世界厌氧技术的发展做出了卓著的贡献, 对中国厌氧技术的推动和促进也影响深远。时光荏苒, 回想我与Lettinga教授的相识已是29年前, 恰逢1986年在我国广州举办第三届国际厌氧消化会议, Lettinga教授第一次访问中国。作为世界著名学者, Lettinga教授风采卓越, 知识渊博, 平易近人, 给我留下了深刻的印象。二十几年前, 我作为一个刚刚研究生毕业、步入厌氧领域不久的年轻环保工作者, 当时贸然邀请他会议结束后到北京参观我们的中试实验。没想到他欣然应允, 甚至推迟了与有关部门的晚宴, 到北京东郊参观现场。在当时能与大师有面对面的交流机会, 并且研究的成果能够得到大师的认可, 我备受鼓舞。从此之后, Lettinga教授也和中国结下了不解之缘。20世纪90年代农业部、沼气协会和清华大学等院所多次邀请Lettinga教授来华讲学, 教授每次都欣然接受; 一直到2009年11月份, Lettinga教授还以七十多岁高龄, 不辞旅途劳顿, 专程赶来参加了清华大学、西安交通大学和巴西Pernambuco联邦大学在北京、西安举办的系列厌氧会议, 以实际行动支持我国厌氧技术的发展, 展现了一位国际学术大师对于事业的追求和博大的国际主义精神。

在过去30年间, 我也有幸与Lettinga教授结下了深厚的师生之谊。在早期访问中国时, 每当探讨起三相分离器的设计等UASB的关键技术时, Lettinga教授却并未进行过深入解答, 他表示UASB技术是实际应用的问题, 如果想

深入了解UASB技术，今后有机会中国可以选人到荷兰进行实地学习。很多人对此不理解，误以为Lettinga教授对技术保密。我有幸于1991年前往荷兰Wageningen农业大学攻读博士学位，成为Lettinga教授的第一个也是唯一的来自中国大陆的博士生，这机会对我来说弥足珍贵，但不巧的是，我博士课题的研究方向并不是UASB(EGSB)技术。即便如此，Lettinga教授依然一直默默履行着对中国厌氧事业的承诺。我在荷兰学习期间，凡是有企业邀请他进行现场指导，Lettinga教授都会亲自驱车带我一同前往。正是通过几年在现场大量潜移默化的经历，间接使我对UASB技术有了全面、本质和深刻的了解，回国后我义无反顾地承担起UASB技术在中国产业化研究和推广工作。中国高效厌氧技术研究与应用始于20世纪80年代初期，郑元景、钱易等在采用UASB技术处理高浓度有机废水方面是第一代的开拓者。其后，我国胡纪苹、申立贤等研究者先后建立了不同类型废水的厌氧示范工程。但直到20世纪90年代中期，我们在UASB工艺的反应器设计、三相分离器、布水等关键技术的掌握和颗粒污泥培育上的问题都没有得到系统解决。90年代中期，我和左剑恶教授、贺延龄教授组成的第三代厌氧研究团队与山东十方环保公司共同承担了国家的产业化攻关课题，形成了相对完备的技术体系，进行了多领域、大范围的推广。其中十方公司到目前为止，建立了将近400多个UASB和EGSB反应器的工程，厌氧技术在中国迅速推广得益于这一工作。2009年的时候，我们在西安向Lettinga教授汇报这一工作，他认为十方公司的工作目前是世界上较大的和成功的对厌氧技术的推广。同样，我在项目结束时秉承Lettinga教授的教导，说服研究团队将UASB的成果在《UASB工艺的理论工程实践》一书中全部公布，期冀也能为我国厌氧技术的发展略尽绵薄之力。

回顾中国沼气技术发展的30年，很多专家学者为此做出了卓越的贡献，我与Lettinga教授横跨3个10年的交往仅仅是中国厌氧技术发展的一个缩影，更是Lettinga教授带着环保工作者的高尚情怀，以为全人类谋求共同福祉为宗旨，在以厌氧过程为核心的可持续环境保护道路上辛勤耕耘的一个缩影。可以说，Lettinga教授40余年的学术生涯已经成为世界现代高效厌氧技术发展史的另一个注脚。本书正是Lettinga教授在77岁高龄，花费2年多时间，基于历史见证者的经历和过来人的思考，通过高度概括评价自身历史，倾心写作而成的自传型著作。本书既包含厌氧技术领域的学术价值，也蕴含了Lettinga教授一生的哲学思考和智慧结晶。书中Lettinga教授传达了自己的观点，即当代高效固体厌氧消化

技术和废水厌氧处理技术及其系统具有巨大应用潜力，并鼓励人们通过应用厌氧技术，最终找到通向可持续环境保护的道路。可以预见，Lettinga教授的经验 and 见解，不仅有助于人们正确理解“可持续发展”理念，也将有益于促进我国建设可持续发展社会和发展生态文明。

Lettinga教授把自己的技术发明公开给全世界，力主环境技术要为全人类服务，人格魅力影响一代人。不仅如此，Lettinga教授在学术生涯末期，怀着为人类做出最终贡献的胸怀，尝试对其漫长经验进行回顾和总结，这并不是一项简单的工作。在2013年的春节，我与山东十方的企业家甘海南有幸前往阿姆斯特丹拜访Lettinga教授。Lettinga教授一方面自谦这份自传性质人生总结的价值，另一方面也坦承写著此书的困难。作为教授指导过的学生，在自身也从事了多年环保事业后，我也借此机会与Lettinga教授探讨了为何在世界范围内普遍存在可持续环境保护发展的阻碍，同时建议不妨以超越技术的眼光来叙述和解读Lettinga教授硕果累累的一生。在重新梳理了思路后，Lettinga教授在书中不仅介绍了诸多历史细节，更为读者展示了历史背后的故事。教授开发颗粒污泥的背后发生了什么？创新技术的应用为何会遇到社会阻力？为什么厌氧技术在工业领域比在市政领域发展顺利？为何无论荷兰还是中国，促进可持续环境保护措施施行的事情进展不尽如人意？教授为何对环境领域的专利申请持有一贯的否定看法？如何在环境保护过程中借鉴和追求自然过程对人类的启发？什么才是真正的创新而非只是追求“publish or perish”发表文章？以上诸多问题，相信同样困扰过很多人。教授贯穿本书的相关论述、丰富的经历、毕生的践行和对这些问题的思考，或许比技术本身更有意义，可以带给中国读者更多的启示。

作为中国的环境保护从业者，本书的翻译是向国际大师环境保护情怀的致敬。Lettinga教授桃李遍全球，并对推动我国厌氧技术发展倾注了大量心血，作为受益受教于导师教诲并同样致力于环境保护事业的学生，本书的翻译也是向传道授业师承情谊的致谢。本书初稿的第1~5章、第11章由宫徽翻译，第6~9章由盘得利翻译，第10~11章由王凯军翻译。王凯军校核了全书。华中科技大学的研究生袁鹏参与过第2、第3章的部分翻译工作。

限于译者水平和时间，不足之处请广大读者朋友批评指正。

王凯军

2015年9月于清华大学环境节能楼



目录

CONTENTS

● 第一章 ▶ 引言	1
● 第二章 ▶ 根源	11
● 第三章 ▶ UASB 系统在工业废水处理领域的 研发和应用	31
● 第四章 ▶ 下一代 UASB 反应器, EGSB 系统 或其他系统?	53
● 第五章 ▶ 进一步阐明厌氧废水处理机理—— 应用拓展	65
● 第六章 ▶ 高效厌氧污水处理技术在公共卫生 领域的应用需求	93
● 第七章 ▶ 高效厌氧污水处理在温暖 (亚) 热带 地区的应用	103
● 第八章 ▶ 在优化分散处理和回用生活污水和城市污水 (DeSaR) 模式上的进展	125

● 第九章 ▶ 厌氧污水处理的成熟期	139
● 第十章 ▶ 互补性的后处理和资源回收处理系统	171
● 第十一章 ▶ 坚持走可持续发展道路	183
● 后 记	196
● 致 谢	198
● 附录 I ▶ 名称缩写列表	199
● 附录 II ▶ Lettinga 教授指导的历年 博士生名单	204
● 参考文献	207

CHAPTER ONE

第一章

引 言



一、本书的写作动机

穷毕生之力，我一直致力于发展可持续环境保护工作。在本书中，我尝试对自己学术生涯中所经历的事情、取得的成果做一个概括性的评价。通过写作本书，我希望传达给人们一个观点，尤其是对青年人、企业家和学者，特别是来自发展中国家的人们，即当代高效固体厌氧消化技术和废水厌氧处理技术及其系统具有巨大应用潜力。我希望本书能鼓励他们通过应用厌氧技术，最终找到通向可持续环境保护的道路。

我从瓦赫宁根大学退休迄今已经12年多了，通过本书写作过程所付出的努力，希望可以对现在的和未来的、应用科学领域的和技术研发领域的研究者们提供一些观点和说明。如果可能的话，在更广阔的可持续发展意义层面，或许能对政策制订者们产生些影响。本书的另一个价值在于，避免历史上已经取得的、应受珍视的视野、理念和科学技术成就仅仅因为眼下过分追求创新的“潮流”而被错误的抛弃。如今，我已经到了77岁的年纪，某种意义上讲，希望自己这份最后的努力能为人类未来发展做出微薄贡献。至少，正是这份希冀激励我写完了本书。此外，本书也给我提供了一个宝贵机会，向那些在我职业生涯中做出诸多贡献的人们表达谢意。最后，我希望本书多多少少能提高人们对“可持续发展”理念的认识，毕竟这个词经常被严重的误解。

毫无疑问，我的职业生涯伴随着技术、应用科学和社会经济等各个层面的交互影响和作用。在整个生涯中，我一直饶有兴致地思考以下问题：“为什么、如何以及怎样理解可持续发展理念”，以及“在谋求可持续发展的道理上，我们为何会面对如此多的人为障碍和阻力，以及如何才能克服之”。

没有根基，就没有未来。

一直以来我都渴望在高等院校中获得学术职位。令人不胜感激，我成功做到了，在瓦赫宁根农业大学（WAU）谋得了一份挑战性的职位。我个人的观点是，若想以服务和社会为目标开展独立或合作性工作，高校是一个完美平台。无论怎样，虽然高校体制明显也有需要提高之处，但在20世纪70年代和80

年代的情况基本是这样的。

我会在后文中介绍一些我与瓦赫宁根大学的具体冲突。因为我相信，了解这些冲突对于在高校内和高校外建立我们所真正需要的学术环境是有帮助的。从认识本质的角度出发，可持续环境保护的含义不仅是提供和维持洁净的自然环境，还涉及其他的内涵，包括实现社会安全和平等、公正，以及理解社会运行机制的高质量民主等。这些内涵毫无疑问同样适用于生活中的其他领域，比如食品、能源的生产和供应、公民医疗等。

二、借助厌氧技术通向更可持续的社会

我了解厌氧学术大家庭中的很多人都持有和我一致的观点，即厌氧消化和厌氧废水技术有助于将目前消费型的社会转变为更可持续的社会。年轻一代和年长一代都认可：①保护环境需要系统方案，需要通过各种可能的技术手段实现水和物质的闭路循环；②只要存在需求，无论何时何地，厌氧消化和厌氧废水处理技术在某种程度上都应该成为这些技术手段的核心。它们组成了生命大循环的自然生物矿化过程（Natural Biological Mineralization, NBM），为新生命创造了基石。为了实现最优的资源保护，NBM过程应该由自然生物合成过程（Natural Biological Synthesis, NBS）所补充。不过我也同时认为，厌氧领域研究者所肩负的任务范围已经愈加宽泛，甚至超越了环境污染控制的局限，指向了社会的可持续发展层面。当然，这份宽泛使命是否能成功达成取决于我们自身的能力和意愿，以及能否通过密切“合作”使我们的视野超越自身的局限性。

1970年我首先在相对狭隘的厌氧废水处理领域开始研究工作，之后不久就开始思考诸多问题，在本书后面的章节我会陈述这部分内容。然而，我故事的主要组成部分是NBM和NBS领域，以及众多元素的生物闭合循环，包括碳、硫、磷、氮、氧和微量元素。正如我们所发现的，一个不能忽视的事实是还原过程，例如生物硫还原（ SR_{bio} ）和氧化过程组成的硫循环过程（ S_{bio} -cycle），为实际应用提供了极具挑战的积极可能。例如，通过将含硫化合物转化为生物元素硫，可以用于消除环境中恶臭物质。与其将生物硫还原过程视为令人头疼的问题，不如重视和利用其与硫循环过程中的氧化过程相结合的过程。Cees

Buisman是我2001年退休后瓦赫宁根职位的继任者，同时也是位于Leeuwarden的WETSUS研究中心的主任。他在这个领域做出了突出贡献。在过去的二三十年，厌氧学界的其他研究组也在生物硫循环和氮循环领域的方法学研究和技术研发上贡献良多，例如Juan Lema和Fernando Polanco分别领导的研究组。

三、动机虽好，但是为什么以及如何来从事厌氧领域的工作

我曾多次发现，许多厌氧技术的支持者对技术的发展历史知之甚少，尤其是对技术发展背后的内在原因和方式。因此，现在非常有必要追根溯源，更好地介绍厌氧领域的来龙去脉。在过去的数十年，我被反复问及如下问题。

诸如UASB和EGSB等高效厌氧技术是如何在这么短的时间内就实现技术突破的？为什么同期的其他技术，即使具有一样的吸引力，最终却没能取得成功？

厌氧技术的突破为什么发生在工业污水领域？

瓦赫宁根大学为什么又如何成为了该领域的领导者？

技术突破的时间点为什么发生在20世纪70年代早期？

为什么是你、你又是如何见证和参与了技术突破的发生？

你为什么 not 申请技术工艺专利？为什么不成立自己的公司？

厌氧消化以及厌氧废水处理领域的几位同事希望我能花些精力把我的经历和观点记录下来。我也曾尝试去写了几次，遗憾的是最后总是迷失在繁杂的细节中，写出的文字不能充分“可消化”。我毕竟不是一个职业作家，一旦没有截止日期来督促我，最后竟屡次未能坚持下来。我并不要写一篇冗长的故事，只想总结评价从1970年起我们研究组通过博士生培养和项目研究所取得的主要研究成果。然而在2013年2月我不得不改变了计划。Juan Lema发来电子邮件，告知我在6月将被Del Santiago大学授予Honoris Causa（HC）荣誉学位，他同时希望我参与随后在Santiago de Compostela召开的第13届厌氧大会。这是我所获得的第三个荣誉学位，在西班牙获得的第二个。这让我觉得本书的写作日程不

能再拖延了。在2001年，Valladolid 大学曾授予我荣誉学位，Fernando Polanco 为“教父”。2010年，希腊 Xanthi 的 Democritus 大学同样授予了我荣誉学位，Alexander Aicasides 为“教父”。毫无疑问，这些荣誉学位是对我，以及瓦赫宁根研究组同事们工作的认可。

我决定把本书视为，事实上我已经这么做了，对过往工作的首次全面评估。但是我的时间太有限了，导致本书的首个版本不能让我满意。令人欣慰的是，Santago 的经历极大地鼓舞激励了我，从7月起我重新开始了写作。本书需要不断的后续更新，因为评价和总结工作远远没有全部完成。我希望能找到时间、精力和激情来继续完善，同时也希望退休的同事们参与进来做相同的事情，甚至做一些更有趣的尝试。

四、避免抛弃根源

前面我提到了“抛弃根源”，这个现象或许历来有之，但目前已经到了非常严重的地步。抛弃根源引发的后果会很严重，就像一种自动过程难以阻止。人们应该通过尊重社会各个领域的传统来不计代价地阻止其发生。具体在我们专业领域内，需要尊重的传统就涉及厌氧技术。建议读者在脑中先记着这些问题，在后面章节我会挖掘更广、更深的内容。

考虑到厌氧系统发展起步时我自身就处于该领域，因此有必要先介绍一下我自己的渊源，的确有一些非常明确的事因导致我开始从事厌氧领域的研究。追思过去是一件奇妙的事情。万般事情发展起源都要经历类似“黑箱”的过程，我们人类自身的发展就经历着一个充满了无知、神秘、偏见、不公和其他丑陋事物的黑箱。我们对过去追溯越深，就越能发现人类因知识和技能的欠缺而无法从黑箱子脱离，我们对历史真相的了解也越有限，好在人类百折不挠。因此，我们这一代应该怀有感恩之心，是近代的前辈给黑箱带来了光明。诸多难以置信的进展奇迹般的成为现实，帮助我们建设更可持续的社会。

另一方面，回顾历史可以看到，人类为了逃离愚昧黑暗，付出了大量努力，以及艰苦的奋斗。看起来人类现在正走向一个更可持续发展的世界，一个让所有人享受乐趣的世界。无论怎样，伴随着厌氧技术和NBM&S方法的发展，环

环境保护领域在最近几十年进展颇多。虽然这仅仅是个开端，但我们看起来走在正确的路上。

仅仅大约一个半世纪以前，对于控制环境质量关键因素的认识，人类还处于非常无知的状态。科学领域也尚处于萌芽后的初级发展阶段。微生物学、生物化学、化学、物理等学科的发展尚不成熟。人类尚不了解固体废弃物、废水和受污染水源对人类健康的威胁。即使在华丽的凡尔赛宫里，当时的社会精英们也没有厕所可用。

在过去，对于生活在社会底层的众多人们来说，提升改变他们糟糕的生存环境看起来是几乎不可能的。我最近从书上看到，迄今为止在这个地球上所有生活过的人类中，高达99%的人类不得不尝试在恶劣条件下去谋求生存。即使在当代世界，亦有数十亿极度贫困的人口，仍然生活在触目惊心的恶劣状况中。不过我想，现在的局面不像历史上那样让人绝望。消除社会贫困和摆脱悲惨境地是可能的。以我的观点看，其中一个方法是广泛使用基于厌氧工艺的技术，尤其是确保其得以有效施行。我将会在本书中进一步阐述支撑此观点的理由。

五、20世纪70年代以来环境技术的发展历程

自从高效厌氧技术被引入到中、低浓度有机废水处理领域，尤其是1972年UASB工艺发明后，厌氧废水处理技术（AnWT）迅速被社会和业界广泛接受。对于传统院校在污水处理领域培养出来的卫生工程师来讲，这是完全出乎预料的结果。他们对厌氧技术有根深蒂固的偏见，认为其“黑箱”特性难以阐明，且工艺稳定性差，更不要提厌氧过程常伴有的“异味”问题。对他们中的大多数人来讲，受到那个年代荷兰实际情况的限制，他们并不真正对工业废水处理领域发生的进展感兴趣（因为不在其专业视野内），因此也选择对厌氧技术的发展视而不见。那么，当时间来到2013年情况又是怎样呢？事实上，大部分卫生工程师对现代高效厌氧技术的作用和潜力，尤其是其在公共卫生领域的应用潜力依然理解甚浅。无论是历史上，还是现在，卫生工程专业领域的教科书都没能及时更新厌氧领域的研究进展。很明显，教科书的作者们和使用者们都不希望厌氧技术获得其应有的关注，尤其是在推动可持续发展的领域内。这直接

导致的后果是，至今依然只有很少一部分卫生工程师具备足够相关知识和理解。这严重阻碍了现代高效厌氧技术在污水处理领域的应用和推广，我将就此举出一些可以令人清醒的例子。

不过令人欣慰的变化是，在过去30年间，废水处理不再仅仅是卫生工程学科的垄断领域。我们可以看到，越来越多具有良好生物技术背景的专家进入废水处理领域，甚至在社会决策过程中发挥重要作用。不过，这仅仅是工业废水领域的情况，同时也不是世界范围内普遍发生的变化，仍然有很多国家处在陈旧的模式中。传统体制下的旧有集团成功设置了诸多阻碍，防止事情向好的方向发展。然而，我们相信假以时日，历史发展进程终将走上正确的轨迹，毕竟厌氧技术的优势十分明显。不过，这会是一个非常耗时耗力的历程，尤其是期待在公共污水领域发生类似的变化。因为事情不仅是简单利用厌氧技术取代昂贵且不可持续的传统污水处理系统，还需要同时对社会废弃物（包括废水）的收集和运输体系进行大幅度革新。与其说这是技术问题，不如说是社会问题。

在本书中，读者可以从历史的高度了解高效厌氧反应器的历史起源和发展，尤其是UASB和EGSB反应器的前生今世。这些高效厌氧工艺经过研发后用于处理中、低浓度的废水。通俗地讲，他们可以被视为高效升流化粪池的更新升级。传统的化粪池常用于市政污泥中易生物降解物质的稳定化（矿化）和长期储存。事实上从反应器结构上来讲，新型厌氧反应器并不复杂，不过一旦仔细研究优化其运行，事情就不再像看起来那么简单。事实上，厌氧消化和厌氧废水处理系统具有高度复杂的结构。我们逐渐增长认知，就像慢慢睁开双眼一般，揭示厌氧系统中的奥秘。

这本自传的主线是自然生物矿化和合成（NBM&S）系统，以及为数众多的元素/化合物闭合循环。这是一个令人叹为观止的物质转化路线。其中的矿化部分基于众多复杂厌氧过程的发生，正是这个过程使得矿物元素从死亡有机体释放出来，也正是这个过程使得新的生命历程通过好氧和发酵生物过程再次发生。NBM&S概念与宇宙生命的神秘起源紧密结合在一起。我们人类作为一种可以对环境做出反应的生物，就像希望达到进化的终点一样，渴望阐述清楚这个过程。对于一些人来说，他们很难去真正理解和思考这个问题。但是就现在而言，我认为条件已经成熟。我们应该理解，NBM&S过程是组成可持续环境保护概念的真正基础。这个领域吸引了来自世界各地具有众多学科背景的学者们，他们富

有激情，与我一起组成了快速成长的研究组，为我们的科研生涯贡献毕生精力。

高效厌氧技术及其后处理是一个极具前景和令人鼓舞的研究领域，我将描述我在这个领域中所获得的一些经验和体会，例如多个工艺系统是如何以及为什么成功出现的，以及它们是如何和为什么积极影响了我对“可持续发展”这个概念的理解，尤其是对于人类未来何去何从的思考。在故事的开头，我会从各个方面陈述尊重传统渊源的重要性。此外，我会先就我个人的渊源进行介绍，同时也介绍一下厌氧消化技术和厌氧废水技术在环境领域的应用（第一章、第二章），随后是下面的章节。

① UASB、EGSB和其他高效厌氧处理工艺在工业废水处理领域的研发和成功推广，以及在技术层面和操作层面提高这些工艺的必要性 and 背景（第三章和第四章）。

② 为了提高运行效果和进一步扩展应用范围，针对厌氧消化和厌氧废水处理工艺所进行的基础理论研究。我将具体介绍我们在此领域所做的努力（第五章）。

③ 厌氧消化及厌氧废水处理技术在公共卫生领域的应用和发展，以及20世纪冲水马桶过于轻率的大规模推广所造成的深远影响。因为该系统不仅阻碍了厌氧技术的应用，同时也阻碍了污染物稳定化处理的实现（第六章）。

④ 通过使用更复杂的或者创新的UASB和化粪池组合系统，一体式高效厌氧废水处理系统可行性得以成功演示，具体包括热带地区（第七章），以及在中温带地区夏天的使用情况。这为在公共卫生领域应用优化后的厌氧技术开启了一扇门（第八章）。

⑤ 对于UASB/EGSB这样的工艺系统，以及厌氧废水处理概念，若希望其在商业化的社会和市场中获得优势地位，不得不付出众多努力，以及大学高校院所为了传播知识，在商业化和产业化方面的努力（第九章）。

⑥ 基于NBM&S的互补型后处理技术、资源回收技术和稳定化技术的研发（第十章）。

在本书论述过程中，我有意对工业废水领域和公共市政污水领域进行了区分。从很多角度讲，这两个区域之间都存在巨大差异，尤其是在行业领域内部事宜的规划和管理角度上。如前文所提及，很多事涉及的不仅是技术问题。以我的观点，诸多模糊不清的社会、文化和心理因素阻碍了厌氧技术及理念的推

广，而事实上，厌氧技术恰恰是实现可持续环境保护所迫切需要的。所以在本书的部分内容中，在解释应用推广所遇到的阻力和困难时，我时不时会超出自身的专业范畴来讨论这些社会问题。不过，这些论述并不涉及复杂高深的社会理论。而对于技术层面的论述，我认为也希望，即使是专业外的普通人士也可以轻松理解这些内容。这是我的初衷。社会每一位公民都应该知晓这些社会问题的众多细节，因为这正是防止整个社会走向崩溃的正确方式。

本书第五章主要为从事环境生物技术领域研究的人员所写，内容涉及我们在提高科学认知上的诸多努力。在第六章，受布伦特兰夫人（Gro Harlem Brundtland）和一些观察家如托马斯·莫尔（Thomas More）、德日进（Teilhard de Chardin）等观点的启发，我做了一个大胆推测，即假设我们真的成功实现了可持续环境保护后，社会将会是怎样的景象。思考这些问题很有意义，它可以让我们更好地理解如何才能处理那些不可避免的问题，如何能够阻止一些不必要问题的发生，以及如何能够回馈大自然所慷慨赋予我们的一切。

研发和推广厌氧技术以及互补性工艺仅仅是第一步，我们还需要把精力放在消除社会各领域随处可见的诸多瓶颈和阻碍上。既然本质上讲主要是社会问题，而不是技术问题，所以至少以我的观点来看，我们需要重点关注如何把我们的社会从诸多丑陋的、固执的，甚至虽然成立不久却极其顽固的旧有结构框架中解放出来，尤其是在那些被讳莫如深的自私、以及毫无价值的竞争所主导的领域。总之，任重而道远。