

HEYANLING
BIANZHU

废水的 厌氧生物处理

FEISHUI DE YANYANG
SHENGWU CHULI

贺延龄编著



中国轻工业出版社

ZHONGGUOQINGGONGYECHUBANSHE

废水的厌氧生物处理

贺延龄 编著

中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

废水的厌氧生物处理/贺延龄编著. —北京: 中国轻工业出版社, 1998.1

ISBN 7-5019-2129-6

I. 废… II. 贺… III. 废水-厌氧处理 IV. X703

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第15220号

责任编辑: 龙志丹

*

中国轻工业出版社出版发行

(100740北京市东长安街6号)

三河市宏达印刷厂印刷 新华书店经销

1998年1月第1版 1998年1月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 18.125

字数: 471千字 印数: 1-3000册

定价: 35.00元

ISBN 7-5019-2129-6/X·008

前 言

厌氧处理技术的发展虽然已有百余年历史,但其飞速发展的势头出现在近20年间,这一快速发展势头也为世界各国对环境保护工作的空前重视和生物科学技术的发展所推动。随着现代高速厌氧反应器的出现以及对厌氧技术原理的深入认识,厌氧技术已为多种工业和生活废水的工业化处理提供了重要手段,它以低成本和能源的回收成为具有吸引力的技术,再一次引起世人瞩目。厌氧处理技术目前仍处在其百年发展历史上的高潮期。

近些年来,环境和发展的关系日益为国人所认识,为实现经济的可持续发展,环境保护工作必须受到高度重视,“环境保护是我国的一项基本国策”的概念已为越来越多的人所接受。我国水资源的匮乏和水污染的严重现状更使我国科研、管理和工程技术人员认识到发展水污染防治新技术的迫切性和重要性。过去十多年间,我国广大科技工作者在废水厌氧处理领域的研究和应用中取得了许多成果,积累了相当的经验,也有一些著述引进和介绍了不少国外研究与应用的成果,这些工作对我国水污染防治做出了积极的贡献。但是近年来,这一领域研究与实践的全面深入使作者感到研究和总结国内外最新成果并把它们介绍给国内同行仍是一件有意义的工作。

本书在写作过程中参阅和研究了国内外大量文献资料,并力图在照顾内容全面系统的前提下,以介绍国外80年代以来的最新理论和应用实践为主。本书在内容上包括了厌氧处理的微生物学和生物化学原理、工艺影响因素、废水性质等较为基础的理论及

其研究情况,同时介绍了反应器工艺、工艺与反应器设计和后处理等技术发展现状以及国外常采用的有关实验室研究方法。本书还列举了数十种不同废水的来源与特性、该种废水厌氧处理的理论与应用实例。作者认为,除了对废水厌氧处理的普遍规律的认识外,对特定废水特殊性的认识也是同样重要的,因此在应用实例的介绍中也包含有该废水水质和厌氧处理理论的介绍,通过对这些特定废水的介绍,希望读者能与一般理论的阅读相互对照,两者相辅相成,使读者能加深对厌氧处理技术的认识。作者希望书中若干新的理论研究成果、工艺技术、设计资料和某些新的思路以及若干应用实例能为研究、管理和设计人员在工作中提供某些便利或启发,作者也希望通过对本书的阅读能使以前对此接触较少的读者对这一技术的概貌有所了解。

为重点介绍国外较新进展,在材料引用上,本书以国外80年代和90年代的文献为主要参考资料,当介绍较新理论和应用内容时,写作较为详细。但为照顾内容的系统性,也需要介绍较为基础的内容,这时写作力求简要。以厌氧实验室方法一章为例,本书并不力图全面介绍已有分析方法,而仅以较新方法和常用方法为主。本书附录部分简要介绍了书中出现频率较多的缩略语,某些出现频率不多的缩略语则仅在正文中作了注释。

限于作者本人水平,书中某些观点和认识可能有失偏颇,缺点甚至谬误也在所难免,在此诚恳希望得到读者的批评指正。

贺延龄

1996年10月

内 容 简 介

废水厌氧生物处理技术的研究与应用过去20年间发展迅速,已成为水污染防治的重要手段。本书较系统地介绍了厌氧技术的一般理论和应用及其最新进展。其内容包括微生物学和生物化学原理、废水性质与影响厌氧处理的环境因素、工艺过程的操作控制、工艺与反应器设计、后处理工艺、各类废水处理的理论与实例以及实验室研究方法等。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 水污染与废水厌氧处理	(1)
第二节 厌氧处理技术的优缺点	(3)
一、环境保护技术可行性的一般衡量尺度	(3)
二、废水厌氧处理技术的优点和不足	(5)
(一) 厌氧处理的优点	(5)
(二) 厌氧处理的不足	(8)
第三节 厌氧处理技术的发展	(9)
参考文献	(14)
第二章 废水厌氧处理的微生物学与生物化学原理	(16)
第一节 简介	(16)
第二节 复杂物料的厌氧降解阶段	(17)
第三节 水解阶段	(19)
第四节 发酵酸化阶段	(21)
第五节 产乙酸阶段	(23)
第六节 产甲烷阶段	(27)
第七节 一步或两步的厌氧处理的微生物学意义	(31)
第八节 缺氧条件下的其它生物降解作用	(33)
一、硫酸盐还原	(33)
二、脱氮	(34)
第九节 厌氧处理的动力学原理	(35)
一、简介	(35)

二、厌氧生物转化的速率与细胞产率	(36)
(一) 水解阶段不溶性底物的转化速率	(37)
(二) 溶解性底物的转化速率与细胞产率	(38)
参考文献	(40)
第三章 影响厌氧处理的环境因素	(42)
第一节 温度和湿度的波动	(42)
第二节 废水的pH值与pH值缓冲能力	(47)
一、pH值的重要性	(47)
二、pH值的缓冲能力	(48)
三、碱度	(49)
四、碳酸氢盐缓冲系统	(50)
五、以化学药品调节碱度	(52)
第三节 营养物与微量元素	(53)
参考文献	(54)
第四章 废水特性	(56)
第一节 废水COD和氮参数	(56)
一、可生物降解的COD	(56)
二、可酸化COD	(57)
三、生物抗性COD	(59)
四、废水COD的溶解性分类	(59)
五、可水解COD与已水解COD	(60)
六、COD的去除与COD去除率	(61)
七、氮参数	(64)
第二节 废水的厌氧生物可降解性	(64)
一、多糖	(65)
二、蛋白质与氨基酸	(67)
三、脂肪和长链脂肪酸	(68)
四、酚类化合物	(71)
(一) 单体的酚化合物	(72)

(二) 聚合物形式的木素和单宁	(75)
(三) 焦糖	(78)
第三节 废水中常见的有毒物质	(78)
一、无机毒性物质	(79)
(一) 氨	(79)
(二) 无机硫化合物	(82)
(三) 盐类	(82)
(四) 重金属	(84)
二、天然有机化合物中的毒性物质	(86)
(一) 非极性有机化合物	(87)
(二) 单宁类化合物	(93)
(三) 芳香族氨基酸	(95)
(四) 焦糖化合物	(98)
三、生物异型化合物	(99)
(一) 氯化烃	(99)
(二) 甲醛	(99)
(三) 氰化物	(99)
(四) 石油化学品	(100)
(五) 洗涤剂	(100)
(六) 抗菌素	(100)
参考文献	(100)
第五章 厌氧反应器工艺	(104)
第一节 厌氧工艺的有关名词解释	(104)
一、上流速度	(104)
二、水力停留时间	(104)
三、反应器中的污泥量	(105)
四、反应器的有机负荷	(105)
五、污泥体积指数	(106)
六、污泥的比产甲烷活性	(106)

七、反应器内的污泥停留时间	(107)
第二节 厌氧接触工艺	(108)
第三节 厌氧滤器(AF)	(111)
一、AF的原理与特点	(111)
二、AF的运行与影响因素	(113)
(一) 填料	(113)
(二) 反应器的堵塞问题	(115)
(三) 温度与pH的影响	(116)
(四) 反应器的填料高度	(117)
(五) 厌氧滤器的启动	(117)
三、AF的应用情况	(118)
第四节 厌氧流化床反应器(AFBR)	(120)
第五节 上流式厌氧污泥床反应器(UASB)	(123)
一、UASB反应器的概念	(123)
二、UASB反应器的启动和操作	(126)
(一) 污泥颗粒化的意义	(126)
(二) UASB反应器的初次启动	(127)
(三) UASB反应器的二次启动	(138)
(四) UASB反应器启动后的运行	(141)
三、有关颗粒污泥的理论	(145)
(一) 颗粒污泥的一般概念	(145)
(二) 颗粒污泥的特征	(147)
(三) 颗粒污泥特征形成的有关影响因素	(156)
(四) 颗粒污泥床的动力学行为	(158)
第六节 废水的高温厌氧处理工艺	(160)
一、概述	(160)
二、高温厌氧反应器	(162)
三、高温厌氧反应器的运行	(168)
(一) 关于颗粒污泥化	(168)

(二) 关于生物膜的形成	(168)
(三) 高温厌氧工艺的种泥和启动	(169)
(四) 高温厌氧污泥的活性与工艺稳定性	(170)
(五) 出水质量	(171)
四、工业废水的高温厌氧处理研究情况	(171)
参考文献	(173)
第六章 厌氧反应器和废水处理工艺设计	(181)
第一节 非复杂废水和复杂废水	(181)
一、非复杂废水	(181)
二、复杂废水	(182)
三、复杂废水厌氧处理中的问题	(183)
(一) 含不溶解物质的废水	(183)
(二) 含有引起浮沫或浮渣的化合物的废水	(185)
(三) 含有导致沉淀的无机化合物的废水	(185)
(四) 含有毒或抑制性化合物的废水	(186)
第二节 废水厌氧处理工艺流程的选择	(186)
一、非复杂废水的厌氧处理——预酸化的需要	(186)
二、复杂废水的厌氧处理	(188)
三、其它操作单元的选择	(191)
(一) 预处理的需要	(191)
(二) 后处理的需要	(191)
(三) 剩余污泥的处理	(193)
第三节 厌氧反应器设计	(193)
一、酸化反应器	(193)
二、厌氧反应器	(194)
(一) 反应器容积	(194)
(二) 进液系统	(200)
(三) 三相分离器	(204)
(四) 水封高度的计算	(207)

(五) 反应器形状、污泥排放和出水循环	(209)
(六) 材料与防腐	(209)
(七) 防止臭气释放	(210)
(八) 辅助设备	(210)
三、有关工艺设计计算	(211)
(一) 一般数据	(211)
(二) 加热和保温所需热量计算	(214)
第四节 废水厌氧处理工艺的成本	(216)
一、厌氧废水处理系统的投资和成本	(217)
二、9种工艺系统投资与运行成本的比较实例	(223)
(一) 比较研究的方法和假定条件	(224)
(二) 被比较的9种工艺系统的简短说明	(226)
(三) 投资与成本的比较	(228)
(四) 几种因素对投资与运行费用的影响	(231)
(五) 总的结论	(243)
参考文献	(244)
第七章 废水厌氧处理的后处理工艺	(246)
第一节 后处理的目标与工艺概述	(246)
第二节 废水中病原微生物和营养物的浓度	(247)
一、废水中病原微生物的浓度	(248)
二、营养物的浓度	(248)
第三节 使用稳定塘的后处理	(249)
一、稳定塘的分类	(249)
二、在稳定塘中除去病原微生物	(250)
三、在稳定塘中除去营养物	(257)
四、在稳定塘中除去有机物	(258)
第四节 活性污泥法后处理	(258)
一、概要	(258)
二、活性污泥法的生物除氮	(261)

三、活性污泥法的生物除磷	(270)
四、厌氧、好氧结合工艺的特点	(271)
第五节 硫化物的氧化	(273)
一、简介	(273)
二、硫化学	(274)
三、硫化物的去除方法	(275)
四、去除硫化物的生物氧化方法	(277)
(一) 硫循环与硫化物的生物氧化	(277)
(二) 硫化物的有氧生物氧化工艺	(280)
参考文献	(285)
第八章 各类废水厌氧处理的理论与应用实例	(289)
第一节 厌氧处理工艺应用情况简介	(289)
一、厌氧处理工艺目前的应用	(289)
二、厌氧处理工艺的发展趋势	(292)
第二节 食品与发酵工业废水的厌氧处理	(294)
一、概述	(294)
二、酒精与溶剂废水的厌氧处理	(304)
(一) 糖质原料发酵法酒精废水的厌氧处理	(305)
(二) 淀粉质原料发酵法酒精、白酒和溶剂废 水的厌氧处理	(319)
三、啤酒废水的厌氧处理	(331)
(一) 啤酒废水的来源与特性	(331)
(二) 啤酒废水厌氧处理的实例	(336)
四、味精废水的厌氧处理	(340)
(一) 味精废水的来源与特性	(340)
(二) 味精废水厌氧处理的实例	(342)
五、淀粉废水的厌氧处理	(345)
(一) 淀粉废水的来源与特性	(345)
(二) 淀粉废水厌氧处理的实例	(347)

六、乳清加工废水的厌氧处理	(350)
(一) 荷兰Borculo乳清加工厂废水来源与特性	(350)
(二) 乳清加工废水厌氧处理中试研究	(352)
(三) 生产规模厌氧处理系统的设计 与厌氧-好氧系统运行情况	(354)
七、制糖废水的厌氧处理	(357)
八、豆制品废水的厌氧处理	(359)
九、柠檬酸废水的厌氧处理	(360)
十、其它食品和发酵工业废水的厌氧处理	(363)
第三节 制浆造纸工业废水的厌氧处理	(364)
一、制浆造纸工业的废水污染和废水特性	(364)
(一) 制浆造纸工业的废水污染概况	(364)
(二) 制浆造纸工业废水的来源与特性	(366)
(三) 制浆造纸废水的毒性	(374)
二、制浆造纸废水厌氧处理的应用情况	(379)
三、中性亚硫酸盐半化学浆(NSSC)废水的厌氧处理	(385)
(一) 加拿大Lake Utopia造纸厂NSSC废水的 中试和3000m ³ UASB厌氧处理系统	(385)
(二) 加拿大MacMillan Bloedel造纸厂处理NSSC 废水的7000m ³ UASB系统及其前期研究	(389)
四、热磨机械浆(TMP)和化学热磨机械浆(CTMP) 废水的厌氧处理	(396)
(一) 芬兰Kotka浆厂TMP和CTMP废水的 厌氧处理	(396)
(二) 加拿大QRP浆厂的TMP和CTMP废水的 厌氧处理	(402)
(三) 挪威NSS制浆造纸厂废水的厌氧处理	(407)
五、漂白亚硫酸盐制浆造纸废水的厌氧处理	(409)
六、小型草浆厂黑液厌氧处理应用及研究现状	(415)

(一) 草浆黑液的性质	(416)
(二) 草浆黑液的厌氧处理	(418)
七、硫酸盐法化学浆(KP)废液蒸发冷凝水 的厌氧处理	(420)
(一) KP废液蒸发冷凝水的特性	(420)
(二) 日本清水公司处理KP浆厂蒸发冷凝水 的厌氧工艺	(421)
八、其它制浆造纸废水厌氧处理	(426)
第四节 含硫酸盐废水的厌氧处理	(427)
一、简介	(427)
二、关于硫酸盐废水厌氧处理的微生物学 研究进展	(428)
(一) 硫酸盐还原菌(SRB)和产甲烷菌 (MB)对氢的竞争利用	(429)
(二) SRB和MB对乙酸的竞争利用	(430)
(三) SRB和产乙酸菌对VFA的竞争利用	(435)
三、废水厌氧处理中硫化合物的毒性	(436)
(一) 硫化物的抑制作用	(436)
(二) 亚硫酸盐的抑制作用	(438)
(三) 阳离子的抑制作用	(438)
四、含硫酸盐废水的厌氧处理工艺	(439)
五、含硫酸盐废水厌氧处理应用实例	(443)
第五节 含脂类废水的厌氧处理	(446)
一、概述	(446)
二、含脂类废水厌氧处理实例	(448)
(一) 肉联厂废水的厌氧处理	(448)
(二) 油脂化工厂废水的厌氧处理	(452)
第六节 其它工业废水的厌氧处理	(453)
一、甲醇废水的厌氧处理	(453)

二、含酚的石油化工废水的厌氧处理	(456)
三、苯甲醛和苯甲酸废水的厌氧处理	(458)
四、制药废水的厌氧处理	(461)
五、麻类加工废水的厌氧处理	(463)
六、纺织印染废水的厌氧处理	(465)
第七节 城镇污水的厌氧处理	(469)
一、概述	(469)
二、64m ³ UASB的城镇污水厌氧处理示范工厂	(472)
三、哥伦比亚Bucaramanga的污水厌氧处理系统	(479)
四、其它城镇污水处理的UASB系统	(485)
(一) 印度Kanpur的城镇污水厌氧处理系统	(485)
(二) 印度Mirzapur的城镇污水厌氧处理系统	(488)
参考文献	(490)
第九章 厌氧实验室研究和分析方法	(502)
第一节 沼气的测定	(503)
一、液体置换系统	(503)
二、沼气组成的测定	(505)
(一) 沼气组成测定的意义	(505)
(二) 沼气组成的气相色谱法测定	(505)
(三) 利用液体置换系统测定沼气组成	(507)
(四) 甲烷的COD换算	(507)
第二节 挥发性脂肪酸(VFA)的测定	(509)
一、VFA的滴定法分析	(509)
二、VFA的气相色谱法分析	(511)
第三节 碱度的测定	(514)
一、碱度与碳酸氢盐碱度	(514)
二、碱度的溴甲酚绿-甲基红指示剂滴定法分析	(515)
三、碱度的电位滴定法分析	(516)
四、碱度的分步滴定法分析	(518)

五、碳酸氢盐碱度和VFA分析的联合滴定法	(519)
第四节 COD的测定	(522)
一、COD的重铬酸钾滴定法测定	(522)
二、COD的比色法测定	(524)
第五节 硫酸盐和硫化物的测定	(525)
一、硫酸盐的络合滴定法测定	(525)
二、硫酸盐的质量法测定	(527)
三、硫化物的甲基蓝比色法测定	(528)
第六节 总氮、氨态氮和有机氮测定	(530)
一、总氮(凯氏氮)的测定	(530)
二、比色法测定氨态氮	(533)
三、滴定法测定氨态氮	(535)
第七节 总固体、挥发性固体、总悬浮物、挥发性悬浮物 和灰分的测定	(536)
一、意义和原理	(536)
二、总固体和挥发性固体的测定	(536)
三、总悬浮物和挥发性悬浮物的测定	(537)
第八节 厌氧污泥的产甲烷活性测定	(538)
一、目的	(538)
二、测定所用的装置	(539)
三、测定的条件	(539)
四、测定步骤	(542)
五、结果的计算	(542)
第九节 厌氧生物可降解性测定	(544)
一、目的与原理	(544)
二、测定的条件	(544)
三、测定所用装置	(545)
四、测定步骤	(545)
五、结果计算	(546)