

“活性污泥-生物膜”处理废水复合生物工艺

HUOXINGWUNISHENGWUMOCHUJIFEISHUIFUHESHENGWUGONGYI

高等学校“十二五”规划教材



市政与环境工程系列研究生教材



王 兵 李巧燕 雷瑞盈 李永峰 著
孙彩玉 审

高等学校“十二五”规划教材
市政与环境工程系列研究生教材

“活性污泥 - 生物膜” 处理废水复合生物工艺

王 兵 李巧燕 雷瑞盈 李永峰 著
孙彩玉 审

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书简明扼要地介绍了“活性污泥-生物膜”处理废水复合生物工艺技术。第1~3章主要阐述废水生物处理悬浮生长培养系统和附着生长培养系统的设计依据与原则;第4~6章是对悬浮生长与附着生长培养系统制氢工艺建立与运行的探究;第7、8章主要介绍不同底物制氢性能的研究;第9~11章主要介绍强化污泥负荷冲击对制氢系统的影响。

本书可作为高等院校环境科学、环境工程专业的研究生教材,也可供相关专业高年级本科生教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

“活性污泥-生物膜”处理废水复合生物工艺/王兵等著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5603-4856-8

I. ①活… II. ①王… III. ①活性污泥处理-生物膜(污水处理) IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第172008号

策划编辑 贾学斌

责任编辑 刘瑶

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传真 0451-86414749

网址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11.25 字数 256千字

版次 2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-5603-4856-8

定价 28.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《市政与环境工程系列研究生教材》编审委员会

名誉主任委员:任南琪 杨传平

主任委员:周 琪

执行主任委员:张 颖 李永峰

委员(按姓氏笔画顺序排列):

马 放 王 鹏 王爱杰 王文斗 王晓昌

冯玉杰 田 禹 刘广民 刘鸣达 刘勇弟

刘晓烨 孙德志 岳莉然 李盛贤 那冬晨

陈 红 陈兆波 吴晓芙 汪大永 汪群惠

张 颖 张国财 季宇彬 周雪飞 赵庆良

赵晓祥 姜 霞 郑天凌 唐 利 焦安英

徐春霞 徐菁利 黄民生 韩 伟 曾光明

楼国庭 蔡伟民 蔡体久 颜涌捷 都昌杰

《“活性污泥-生物膜”处理废水 复合生物工艺》编写人员名单与分工

著 者:王 兵 李巧燕 雷瑞盈 李永峰

主 审:孙彩玉

编写人员:王 兵:第1~3章

雷瑞盈:第4、5章

李巧燕:第6、7章

李永峰:第8~11章和附录

文字整理、图表制作由王安娜、杜亚曼、党焯栋、秦建欣等完成。

前 言

近些年来,随着石油资源日趋严重不足,人类面临着能源供应短缺、燃料安全和环境污染压力的严峻挑战。因此,各国都在加速新能源的研究开发利用。我国的“十二五”规划也将能源的开发利用置于重点领域的首位,“十二五”时期将是我国现代化进程最快的时期,伴随着巨大的人口数量和持续的经济增长压力,环境污染的风险必将进一步加剧,环境污染问题势必成为全国性突出的环境问题之一。当今社会的竞争不只是经济和人才的竞争,同时也是能源的竞争。寻找和开发新能源引起了国际社会的广泛关注,而关注的焦点也大多集中在可再生资源的开发和竞争上、环境安全以及可再生资源高效利用等可持续发展的

问题。

中国在努力保持经济持续发展和人民生活水平提高的同时,已经面临着越来越大的减排压力。2010年,中国的CO₂排放量为83亿吨,是世界第一排放大国。我国是一个“多煤、少气、缺油”的国家,煤炭是我国能源中最主要的能源,能源日益短缺的大背景下,以寻求新能源减少碳排放量为途径,为解决全球气候变暖和石油短缺等问题,走可持续发展道路,寻求新能源是当今时代全人类需要共同面对的严峻问题,这一理念与全面建设和谐稳定的社会是相一致的。所以大力发展科技先导型、资源节约型、环境保护型的新型能源,已成为全世界迫切需要解决的难题。

新能源开发利用这一研究领域,氢气是一种十分理想的载能体,氢气具有燃烧无二次污染、高效、可再生性等突出的特点,使得生物制氢的产业化进程备受世人的关注。随着能源与环境问题的日趋严重,氢能的研究日益受到重视。1997年联合国能源组织了由多个发达国家参与的“氢能执行合约”,将氢能的研究推向国际化,希望能开创氢能经济的新时代,也分别在1990年、1996年和2003年通过了关于氢能研究的法规,日本的欧共体也启动了相关的项目,加强氢能源的研究。所以,氢气作为一种理想的“绿色能源”,发展前景十分光明,人们对氢能源开发利用技术的研究也一直进行着不懈的努力。

本书从氢能源开发战略出发,着重讨论的悬浮生长与附着生长制氢系统的建立与运行,并研究运行参数对其产氢性能的影响,将能源开发与废水处理结合起来,建立起“活性污泥-生物膜”的新型工艺,工艺流程清晰,运行数据可靠,设计计算简明,便于读者借鉴和参考。

本书由东北林业大学、杭州电子科技大学和上海工程技术大学的专家们撰写。本书的出版得到黑龙江省自然科学基金(No. E201354)、上海市科委重点技术攻关项目(No. 071605122)、“上海市市教委重点科研项目(No. 07ZZ156)和国家“863”项目(No. 2006AA05Z109)的技术成果和资金的支持,特此感谢!博士生岳莉然、焦安英、韩伟、刘晓晔、万松和孙彩玉先后参加部分实验,王兵在文字整理和图表制作做出重要的贡献,向他们致谢。

本书因编写仓促,加之编写人员的水平所限,难免有疏漏及不妥之处,热忱希望读者批评指正。

编 者
2014年1月

目 录

第一篇 废水生物处理的悬浮培养和附着培养

第 1 章 废水生物处理概述	3
1.1 废水生物处理的作用	3
1.2 废水生物处理的分类	5
第 2 章 废水生物处理悬浮生长培养系统	11
2.1 理想悬浮生长培养系统	11
2.2 悬浮生长反应器培养系统	20
第 3 章 废水生物处理附着生长培养系统	35
3.1 附着生长反应器培养系统生物膜的特性	35
3.2 传质限制的影响	39
3.3 多种限制性营养物的影响	55
3.4 多物种生物膜	56

第二篇 “活性污泥 - 生物膜”处理废水复合工艺

第 4 章 连续流悬浮生长制氢工艺	63
4.1 厌氧发酵制氢直接可控影响因素分析	63
4.2 连续流悬浮生长制氢工艺的建立	65
4.3 厌氧发酵制取氢气和乙醇	69
第 5 章 连续流附着生长系统制氢工艺	72
5.1 连续流附着生长系统制氢工艺的建立	72
5.2 固定化污泥厌氧发酵生物制氢和生物制乙醇	76
第 6 章 连续流混合固定化污泥反应器发酵制氢	79
6.1 CMISR 反应器乙醇型发酵微生物菌群的驯化	79
6.2 不同 OLR 对 CMISR 反应器产氢效能的影响	82
6.3 CMISR 反应器厌氧发酵制取氢气和乙醇	87

第三篇 两种食品废水冲击下的生物制氢系统稳定

第 7 章 红糖废水乙醇型发酵启动/运行及蛋白废水冲击过程	93
7.1 红糖废水 CSTR 生物制氢反应器启动	93
7.2 红糖底物与大豆蛋白废水冲击过程	100

第 8 章 UASB 生物制氢系统运行与大豆蛋白废水冲击过程	103
8.1 USAB 运行参数与方案	103
8.2 结果分析	103
8.3 混合底物在 CSTR 和 UASB 中制氢效果对比	106

第四篇 厌氧系统的系统冲击与活性污泥强化恢复作用

第 9 章 连续流生物制氢系统的负荷冲击	113
9.1 CSTR 生物制氢反应器的运行特性	113
9.2 CSTR 生物制氢反应器的负荷冲击	117
第 10 章 强化污泥对生物制氢系统负荷冲击的恢复作用	122
10.1 厌氧发酵产氢污泥的强化	122
10.2 强化污泥对产气量及产氢量的影响	124
10.3 强化污泥对液相末端产物的影响	125
10.4 强化污泥对 COD 去除率的影响	126
10.5 强化污泥对 pH 值和 ORP 的影响	127
10.6 强化污泥对微生物生态变异性的影响	128
第 11 章 间歇培养中的负荷冲击	130
11.1 产氢菌的来源及培养液的组成	130
11.2 微生物生长分析	131
11.3 底物种类对厌氧发酵的影响	131
11.4 底物浓度对厌氧发酵的影响	136
附录 产酸发酵过程相关实验分析方法	139
参考文献	164
索引	168

第一篇 废水生物处理的悬浮 培养和附着培养

第 1 章 废水生物处理概述

1.1 废水生物处理的作用

废水处理的目的是去除排放后可能危害水环境的污染物。从传统上讲,废水处理的重点在于对消耗接纳水体溶解氧(DO)的污染物的去除,因为水中 DO 浓度的减少会危及水生生物。这些需氧污染物是水体中微生物的食物,在新陈代谢过程中需要利用水中的氧气。并且,与高等水生生物相比,微生物能够在比较低的溶解氧浓度下生存。多数需氧污染物是有机化合物,而氨是一种重要的无机化合物。因此,早期的废水处理系统被设计成为去除有机物质的系统,有时包括将氨态氮氧化为硝态氮。当今建立的许多工艺仍然如此。随着工业化持续发展和人口增长,人们认识到另一个问题,即富营养化问题。富营养化是指水体中植物和藻类过度生长,使湖泊和河口加速老化的现象。这是由于氮和磷等营养物排入水体引起的。因此,工程师们开始注重设计有效的、成本低廉的废水处理系统来去除这类污染物。过去 20 年中的许多研究都注重这类处理方法。直到最近,人们才开始重视有毒有机化学物质的排放问题。这些有毒物质中有许多是有机物,去除需氧物质的工艺方法也能够去除有毒有机物。因此,目前许多研究都转向有毒有机物在处理系统中的归宿和对处理系统产生的影响。

确定废水处理系统中生物处理的作用的最有效方法是制定该系统的工艺流程图,如图 1.1 所示。通过流程图可以跟踪四种类型的污染物,箭头宽度表示污染物质通量。这四类污染物是:溶解性有机物(SOM)、不溶性有机物(IOM)、溶解性无机物(SIM)和不溶性无机物(IIM)。多数情况下,不溶性无机物的微生物转化速率很低。因此,不溶性无机物通常由初级物理单元操作分离,然后再处置。当废水量很大时,污染物的浓度相对较低。工程师们以最有效的方法分离污染物,并且尽可能地进行浓缩,减少污染物的体积。对于废水中的不溶性污染物,可以由物理沉淀单元分离去除。因此,物理沉淀通常是污水处理工艺系统中的第一个单元操作。沉淀池的出水(溢流)中含有进水中的所有溶解性污染物组分和少量不溶性组分。大部分不溶性组分从沉淀池底部排出,呈浓悬浮浆状态,称为污泥。溢流液和沉淀污泥都需要进一步处理,生物处理这时就可以发挥作用了。

多数用来分解或转化溶解性污染物的单元操作都是生物处理单元。这是因为,在反应物浓度非常低时,生物处理比化学和物理单元更加有效。在生物处理中,溶解性污染物或者被转化为无毒形式的物质,如二氧化碳或氮气,或者被转化为容易分离的颗粒状的微生物细胞物质。此外,微生物在生长过程中,能够吸附先前的单元操作中没能去除的不溶性有机物,并通过物理单元分离去除。所以,物理单元操作的出水相对清洁,通常只需很少或者不需任何额外处理就可以排放。用物理单元分离的不溶性物质,一部分被回流到生物处理单元中,另一部分进入后续的处理工艺,做进一步处理。

生物处理的另一个主要用途是处理污泥,如图 1.1 所示。初级污泥是在生物处理之前

由沉淀单元产生的污泥。二级污泥是由生化处理单元中微生物细胞的生长,以及微生物细胞吸附不溶性有机物产生的污泥。由于废水来源多样,初级污泥的性质变化多样,而二级污泥的性质比较单一,主要是微生物细胞。有时将这两种污泥混合处理,有时也分别处理。在处理污泥时,生物处理单元的效率与污泥性质密切相关。

尽管生物处理在废水处理中扮演着重要的角色,但是如果向一个废水处理设施的参观者询问所使用的某一生物处理的名称,其回答往往不能表明该生物处理的原理和性质。事实上,对于活性污泥这一最常见的单元操作,甚至早在其生物处理性质弄清以前就已经被命名。因此,在开始学习各种生物处理单元之前,首先需要搞清楚生物处理是什么和它能干什么。

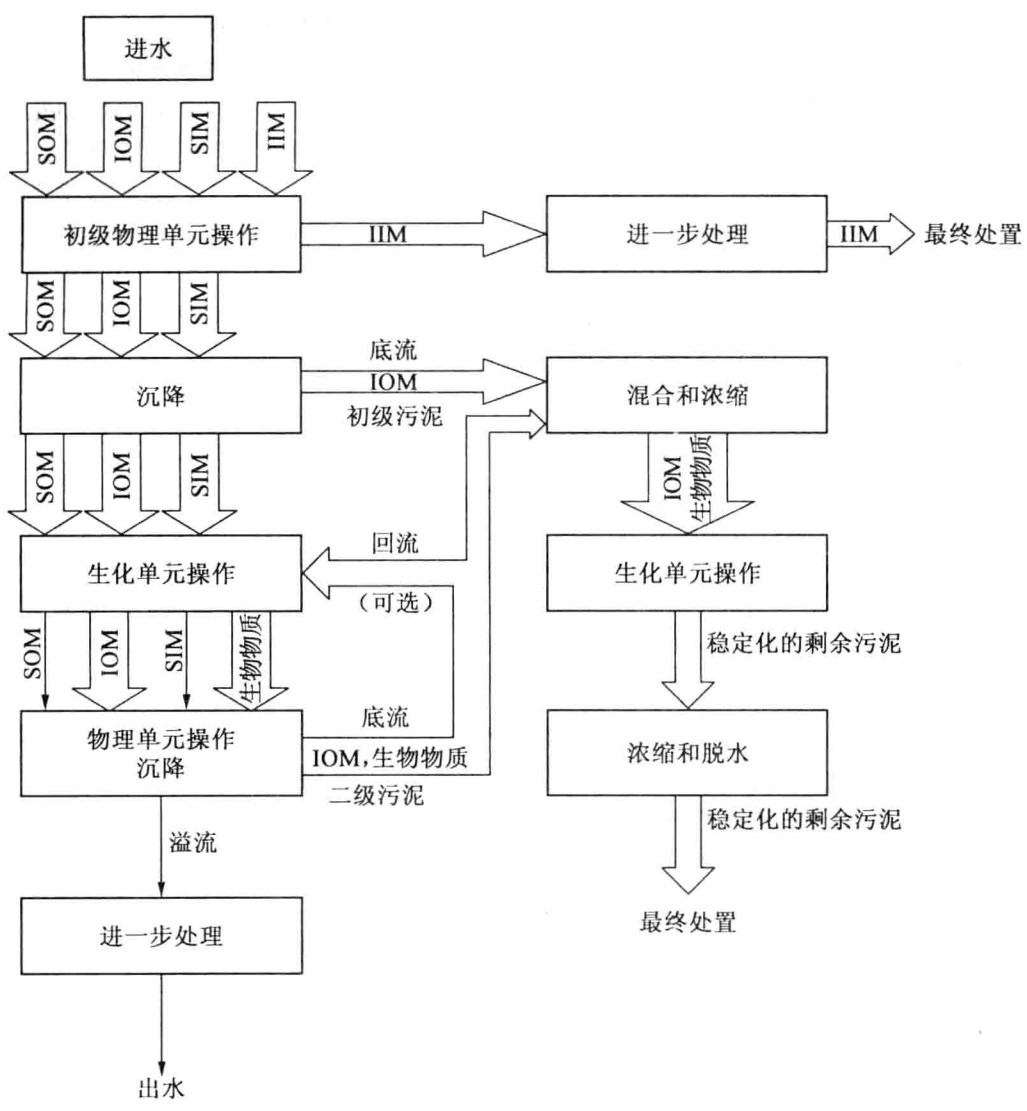


图 1.1 生物处理单元的废水处理典型流程示意图

续表 1.1

名称	缩写	生物反应区构型	处理目的									
			溶解性有机物去除			不溶性有机物稳定化			溶解性无机物转化			
			好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧	
多点进水	SFAS	多点进水的 CSTR 串联或扩散推流	×							N		
生物法去除营养物	BNR	都有污泥回流										
生物除磷		CSTR 串联	×	×							P ^②	
分段反硝化		CSTR			×					N		D ^③
分段硝化		CSTR								N		
序批式反应器		完全混合批式	×	×	×					N	P	D
单级污泥系统		CSTR 串联, 内回流	×	×	×					N	P	D
好氧消化	A/AD											
传统好氧消化	CAD	CSTR				×				N		
缺氧/好氧	AD	CSTR 串联				×						
厌氧接触	AC	有污泥回流的 CSTR		×			×					
升流式厌氧污泥床	UASB	上流式污泥床反应器		×			×					
厌氧消化	AD	CSTR					×					
氧化塘		都有污泥回流										
完全混合曝气	CMAL	CSTR	×			×				N		
兼性/曝气	F/AL	大而浅的池子串联	×		×	×	×	×		N		D
厌氧	ANL	大而深的池子		×			×					

注:①硝化。

②磷摄取和释放,要求同时有好氧区和厌氧区。

③反硝化。

最初,活性污泥的运行是间歇方式。每个曝气阶段结束时,污泥形成,沉降,排出澄清后的废水,污泥留在生物反应器中。随着这种分批运行方式的不断重复,悬浮污泥数量逐渐增加,在规定时间内有机物的去除更加彻底。尽管这种悬浮性污泥的增加伴随着污染物去除能力的提高,但是早期的研究人员并不清楚其中的原因。他们用“活性”来表示污泥的特性,并因此给出名称。由于需要比较大的处理设备,使用间歇方式减少。但是,在 20 世纪 70 年代,由于对小型装置来说运行灵活,人们又重新对间歇式反应器的使用产生了兴趣。现在间歇式反应器被称作序批式活性污泥反应器(SBRAS)系统,已经在市政和工业废水的处理中得到了使用。

由于处理废水的流量增加,通过采用类似于推流式反应器的长曝气池,将早期的间歇式运行转化成连续流,其后增加了沉淀和污泥回流,这样的系统称为传统活性污泥(CAS)系统。人们曾试验过各种改良的推流式反应器,其中一种为沿曝气池长度方向在不同点进水,即所谓的多点进水活性污泥(SFAS)。20 世纪 50 年代中期,多位工程师开始倡导采用有污泥回流的 CSTR 替代 CAS 反应器,这是因为前者具有内在的稳定性。这种稳定性,再加上微生物群落维持在相对稳定的生理状态方面的优点,使得完全混合活性污泥(CMAS)

法得到广泛的采用,尤其是在工业废水处理方面。然而这种方法产生的污泥并不像其他有浓度差的系统产生的污泥那样容易沉降,所以目前使用的许多生物处理系统是在一个大的 CSTR 之前将几个小的 CSTR 串联在一起,从而获得所需的环境条件,这种系统称为选择器活性污泥(SAS)系统。其他一些创新工艺也采用了串联 CSTR,如高纯氧活性污泥(HPOAS)系统等。

1. 生物法去除营养物

生物法去除营养物(BNR)系统是废水处理中最为复杂的生化操作之一。与活性污泥系统一样,它也有几种形式,见表 1.1。生物除磷系统本质上是 CSTR 串联的活性污泥系统,其中第一个生物反应器是厌氧的,促进特异储磷菌的生长。分段硝化和反硝化系统通常采用带污泥回流的单个 CSTR,以便将氨转化为硝酸盐,硝酸盐转化为氮气。它们通常在现有系统之后,作为深度处理系统。序批式反应器在完成碳氧化后,也能够通过控制厌氧和缺氧阶段,去除磷和氮。如果不进行这种控制,则其类似于去除溶解性有机物的 SBRAS。最复杂的 BNR 系统是利用一种生物污泥通过多个带回流的串联 CSTR,按顺序完成碳氧化、硝化、反硝化和除磷作用。在串联的 CSTR 系统中,有好氧、缺氧和厌氧。单级污泥 BNR 系统的一个关键特点是反应器从下游到上游的内部回流。今后,许多城市废水处理建设是将现有的活性污泥系统转化为 BNR 系统。

2. 好氧消化

好氧消化是在悬浮生长式生物反应器中好氧分解不溶性有机物。

一般,好氧消化池是一个停留时间长的 CSTR,允许有足够的时间使大部分有机物转化为二氧化碳。尽管消化不是主要目的,但也会发生。好氧消化经常用于处理溶解性工业废水生物处理中的剩余污泥,或者作为小型一体化系统处理家庭生活污水。传统好氧消化(CAD)使微生物始终处于好氧状态。缺氧/好氧消化(A/AD)使微生物在缺氧和好氧条件之间不断循环,从而利用消化形成的硝酸盐作为电子受体代替氧气,降低曝气和控制 pH 值的成本。有时,小型处理厂没有初级沉淀,使不溶性有机物的好氧消化与溶解性有机物的去除以及剩余污泥的稳定化等在同一个生物反应器内进行。在这种情况下,系统通常被认为是一个延时曝气活性污泥工艺。

3. 厌氧接触法

在厌氧条件下,在带回流的 CSTR 中去除溶解性有机物的处理过程称为厌氧接触法(AC)。它也可用于处理含有溶解性和不溶性的混合性有机物,与活性污泥法类似。有关的微生物分为两类:第一类微生物负责将进水中的有机物转化为乙酸、分子氢和二氧化碳。有短链挥发性脂肪酸积累,有与腐殖质类似的稳定不溶性物质残留;第二类微生物负责将乙酸、分子氢和二氧化碳转化为甲烷气体。厌氧接触法非常适合作为可生物降解 COD 高于 4 000 mg/L 的预处理,因为它比活性污泥法和蒸发法便宜,但是质量浓度需要低于 50 000 mg/L。与活性污泥系统相比,其主要优点在于能量消耗低,剩余污泥少,能产生甲烷气体。然而,厌氧接触法的出水需要做进一步处理,因为其出水仍然含有许多好氧生物可降解的溶解性产物。

4. 升流式厌氧污泥床反应器

与厌氧接触系统一样,升流式厌氧污泥床(UASB)反应器的主要目的是在厌氧条件下

去除溶解性有机物,同时产生甲烷气体。UASB系统与厌氧接触法的区别是没有外部沉淀池。废水从反应器底部引入,以与污泥沉降速度相当的速度向上流动,形成一个污泥床,并得以保持。反应器需要一个特殊的区域能够使产生的气体逸出而又不会夹带污泥颗粒。这类反应器中的活性污泥呈密实颗粒状,含有产甲烷菌和产酸菌。因为UASB中的污泥停留时间长,比厌氧接触法更适合处理浓度比较低的废水。事实上,已经证实UASB能够有效地处理城市污水。

5. 厌氧消化

到目前为止,厌氧生物法最大的用途是通过厌氧消化(AD)对不溶性有机物进行稳定化处理。厌氧消化中的微生物群落与厌氧接触法中的相似。厌氧消化是最古老的废水处理方法之一,然而由于其生态系统复杂,它仍是科学研究和新工艺开发的课题。近来设计人员倾向采用CSTR消化池,因为其反应条件均匀一致。有些人采用有回流的CSTR,因为可以使用比较小的生物反应器。

6. 氧化塘

氧化塘是没有下游沉淀池回流污泥的悬浮生长式生物反应器。此名称来源于其建造方式和外观。历史上,它们曾被建造成巨大的土池子,其大小就像典型的“岛屿礁湖”。最初,氧化塘没有内衬,但是,事实证明这样是不可行的,因为氧化塘内的物质可能会渗漏到地下水中。因此,新型设计要求使用防渗内衬层。氧化塘内的环境条件比较宽,取决于混合程度。如果氧化塘混合充分曝气,则整个塘可能是好氧的。但是,如果混合程度比较低,颗粒物会沉积,就会形成缺氧和厌氧区。完全混合曝气塘(CMAL)通常归类为完全混合反应器,用于去除溶解性有机物,不溶性有机物稳定化和进行消化作用。兼性/曝气塘(F/AL)也有混合,但是混合程度不足以使所有颗粒物都处于悬浮状态。因此上层区域往往是好氧的,而底层含有厌氧沉积物。厌氧塘(ANL)没有特意进行混合,其中发生的混合过程主要是内部气体释放产生的。

1.2.2 附着生长式培养

不同类型附着活性污泥系统见表1.2。

表 1.2 不同类型附着活性污泥系统

名称	缩写	生物反应区构型	处理目的										
			溶解性有机物去除			不溶性有机物稳定化			溶解性无机物转化				
			好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧		
流化床生物反应器	FBBR	有曝气室的流化床											
好氧		流化床	×								N ^①		
厌氧		流化床		×									
缺氧		转盘			×								D ^②
生物转盘接触器	RBC	大滤料填充塔	×						N				
滴滤池	TF	淹没式小滤料填充塔	×		×				N			D	

续表 1.2

名称	缩写	生物反应区构型	处理目的									
			溶解性有机物去除			不溶性有机物稳定化			溶解性无机物转化			
			好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧	好氧	厌氧	缺氧	
填充塔		淹没式小滤料填充塔	×		×					N		D
厌氧滤池	AF	淹没式大滤料填充塔		×								

注:①硝化。

②反硝化。

1. 流化床生物反应器

流化床生物反应器(FBBR)能够在三种生化环境中的任何一种状态下运行,环境的性质决定着生物反应器的功能。流化床系统反硝化是最早得到开发的功能之一,因为所有参加反应的物质都以溶解态存在。纯氧能够提供高浓度溶解氧,在好氧流化床中很快得到了应用,其主要目的是去除溶解性有机物,也可用于消化。厌氧流化床系统也得到了开发,用以处理溶解性废水。流化床系统的重要特点在于它能够保持非常高的活性污泥浓度,因而能够使用体积小的生物反应器。这是因为系统中生物膜的载体颗粒非常小,其单位体积表面积非常大。通过控制上向流速度,使颗粒保持流化状态,能够达到比其他附着生长式系统更好的传质效率。FBBR的主要用途是工业废水处理。

2. 生物转盘接触池

旋转生物接触池(RBC)是原始工艺在现代的重新应用,去除溶解性有机物和将氨转化为硝酸盐。微生物附着生长在转盘上,其作用机理与悬浮生长式系统相同,但其能量效率更高,这是因为氧传质通过半淹没式转盘的旋转完成。这类反应器广泛用于生活污水和工业废水的处理。

3. 滴滤池

滴滤池(TF)是填充塔式的好氧附着生长式生物反应器。在20世纪60年代中期以前,滴滤池是用石头做的,由于结构上的原因,其高度限制在2m左右。现在,滴滤池采用塑料介质,类似于吸附塔和冷却塔中的填料,空隙大,质量轻,自我支撑高度为7m左右。滴滤池主要用于去除溶解性有机物和将氨氧化为硝酸盐。传统上,滴滤池一直用于中小型装置处理城市污水,降低运行成本。但是,自引入塑料介质后,滴滤池便作为其他生化处理单元的预处理。这是因为它能够以相对低的运行成本降低基质浓度,这是好氧处理的优点之一。滴滤池对不溶性有机物的降解效果相对比较差,因此不能用于此目的。

4. 填充床

填充床生物反应器利用淹没式介质作为载体,介质颗粒为几毫米。设计和运行水流可以是上向流或下向流。由于载体颗粒小,填充床不但是生化处理单元,也可以像物理滤池一样发挥作用。填充床的主要用途是处理溶解性无机物,特别是硝化和反硝化,这取决于所形成的生化环境。填充床也用于去除溶解性有机物,特别是在低浓度情况下。

5. 厌氧滤池

厌氧滤池(AF)这一名称,似乎表明它使用着与填充床类似的载体,但实际并非如此。

它是一种含有与 TF 塑料载体相似的填充塔。与 TF 不同的是,AF 是在淹没状态下运行,使微生物群落保持厌氧状态。它的主要用途是处理高强度废水,将大部分有机物转化成为甲烷。微生物在滤池中附着于固体介质上生长,水流可为上向流或者下向流。若为上向流,悬浮污泥可能积累,必须定期排除。尽管 AF 是附着生长式系统,但厌氧状态决定了其处理特性。