

综述

高浓度有机废水处理技术的发展*

谷成, 刘维立

(南开大学环境科学系, 天津 300071)

摘要: 本文对高浓度有机废水的处理进行了一些探讨, 并主要讲述了 UASB 反应器的发展、特点及其在高浓度有机废水方面的应用。

关键词: 高浓度有机废水; 厌氧处理; UASB 反应器

1 前言

高浓度有机废水一般是指由造纸、皮革及食品等行业排出的, COD 在 2000 mg/L 以上的废水。据 1990 年的统计, 我国每年排放的酒精工业高浓度有机废水约 1200 万 t, 味精工业废水 250 ~ 400 万 t, 柠檬酸工业废水 110 万 t, 淀粉工业废水 1600 万 t^[1], 这些高浓度的有机废水, 含有大量的碳水化合物、脂肪、蛋白质、纤维素等有机物, 如果直接排放, 会造成严重污染, 目前正日益受到国内外的关注。

2 厌氧处理概况

传统的好氧曝气处理方法, 当进水 BOD₅ 浓度大于 1000 mg/L 时, 常因为浓度过高而导致水中缺氧, 最终将影响好氧过程的进行^[2]。另外, 从能源的角度看, 处理 1 kgCOD 耗电 1.3 ~ 1.8kwh, 而从回收能量方面看, 好氧处理毫无能量回收^[3], 所以用好氧法不宜进行对高浓度有机废水的处理。不过, 也有用序批式 (SBR) 曝气法处理啤酒废水获得成功的报道^[4]; 另外, 还有利用土地快速渗滤系统 (RI) 处理高浓度啤酒废水的研究^{[5][6]}。与好氧处理相比, 厌氧法在处理高浓度有机废水方面通常具有以下优点^{[7][3]}:

(1) 剩余污泥产生量少; (2) 产生的生物污泥易于脱水; (3) 需营养少; (4) 不需曝气所需的能量; (5) 甲烷作为产物, 是一种有用的终产物; (6) 能在较高的负荷下运行; (7) 活性厌氧污泥能保存几个月。

一般认为, 当原污水 COD_C 浓度在 1000 mg/L 时, 厌氧与好氧生物处理费用相当, 当污水中 COD_C 达到 4000 mg/L 时, 采用厌氧处理就会有能量剩余, 能量剩余的程度将随着原污水中有机物

浓度的提高而上升, 而且当采用高效厌氧反应器时, 容积负荷可高达 15 ~ 100 kgCOD/m³d, 所以说, 厌氧法是处理高浓度有机废水的一种切实有效的方法。

厌氧消化是一种普遍存在于自然界的微生物过程。有机物在厌氧消化过程中分为三个转化阶段。在第一阶段中, 不溶性大分子有机物 (如蛋白质、纤维素、淀粉、脂肪等) 经过水解而溶于水中, 使颗粒状的各种可见物“消失”了, 变成了均质溶液。在第二阶段, 接连发生两次产酸过程, 使溶液酸度增加, pH 值下降。在第三阶段, 有机物中的碳最终以甲烷和二氧化碳等气态产物形式逸出。

3 UASB 的发展及其特点

目前, 采用的厌氧法^{[1][3][8][9]}主要有普通消化池和厌氧滤床。而 UASB 作为一种高效厌氧处理技术, 近年来得到了广泛的应用。UASB 反应器是荷兰 Wageningen 农业大学的 Lettinga 等人于 1980 年初研制成功的, 到 1990 年, 国外建立的各种废水 UASB 处理厂达 205 座, 总容积 287722 m³^[10]。国内在这方面也有很多应用 UASB 的实践^[11~18]。

图 1 是 UASB 反应器的构造示意图。反应区为 UASB 反应器的工作主体, 其中装满高活性厌氧生物污泥 (下部为污泥床层, 上部为悬浮污泥层), 用以降解废水中的有机污染物。布水区位于反应区的底部, 其主要功能是通过布水设备将待处理的废水均匀布入反应区, 完成废水与厌氧活性污泥的充分接触。分离出流区位于反应器顶部, 其主要功能是通过三相分离器完成气液分离和固液分离。

UASB 的容积负荷可高达 50 ~ 100 kg/m³·d, 水力停留可缩短为 10 ~ 12 h, 这与污泥床层中保留有大量厌氧颗粒污泥是分不开的, VSS 平均浓

* 收稿日期: 1999 - 02 - 02

度可以达到 20 ~ 25 g/L。颗粒污泥大多呈卵形,直径 0.5 ~ 5.0mm,密度 1025 ~ 1080kg/m³,SVI 为 10 ~ 20ml/g,因此具有良好的沉降性和生物活性。颗粒污泥的微观结构与基质及基质与中间产物降解速率之比有关,例如,降解蔗糖的颗粒污泥分三层,外层和中间层分别主要由产酸菌和共生微生物群落组成,中心由产甲烷丝菌属组成。而处理蛋白质和氨基酸的颗粒污泥,因为酸化过程是限速过程,氨基酸难以降解和分子扩散,而是平均分布到整个颗粒中,并生成相应的代谢产物,结果,细菌在颗粒中不分层,呈均匀分布^[19~21]。根据 Hulshoffpol^[22],颗粒污泥化还具有以下的优点:

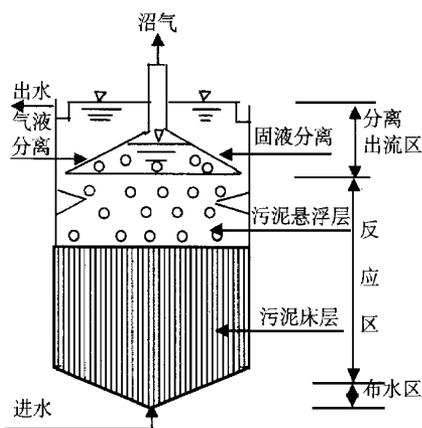


图1 UASB 示意图

(1) 细菌形成颗粒状的聚集体是一个生态系统,其中不同类型的种群组成了共生或互生体系,有利于形成细菌生长的生理生化条件并利于有机物的降解;(2) 颗粒的形成有利于其中的细菌对营养的吸收;(3) 颗粒使发酵菌的中间产物的扩散距离大大缩短,这对复杂有机物的降解是重要的;(4) 在废水性质突然变化时,颗粒污泥能维持一个相对稳定的微环境,使代谢过程继续进行。

一般来说,UASB 反应器中颗粒污泥的形成往往需要几个月的时间,但当向反应器中加惰性载体^[23]、颗粒活性炭^[24]、吸水聚合物^[25],及向废水中加入甲醇^[26]都可以缩短颗粒形成的时间。另外,采用改进的 UAHB 反应器^[27],即把 UASB 与厌氧滤床结合起来(称为升流式厌氧混合床“UAHB”),既可以减少传统的 UASB 反应器死体积,又可以缩短颗粒的形成时间^[25]。

为保证 UASB 正常工作,除需培养高沉降性、高活性的颗粒污泥外,三相分离器分离效果的好坏也是决定 UASB 成功的关键。由于厌氧工艺生物体的增殖速度慢,加上厌氧反应产生大量气体,

如果三相分离器分离效果不佳,将导致大量污泥随出水带走,使反应器内污泥浓度降低,最终导致整个 UASB 反应器崩溃。其作用可概括为以下两个方面:(1) 反应器顶部的悬浮污泥在这里发生沉淀,使出水浊度降低。(2) 分离并收集厌氧消化所产生的气体。国内外有许多这方面的研究^{[28][29][10][30]},但一般都是专利。

目前,对 UASB 的研究,主要集中在中温,而对如酒精糟液等温度较高的废水,采用高温 UASB 厌氧处理也是一种有益的尝试。与中温厌氧消化相比,高温厌氧处理有如下一些特点^[9]:

(1) 相对高的细菌生长率,这意味着高温下厌氧微生物有更高的活性,中温与高温的比较研究也表明,高温下,厌氧消化或废水处理到一定程度所需时间减少。(2) 高温下废水中的病原微生物可以更好地去除,因为高温下,嗜温的病原微生物更容易死亡裂解。(3) 嗜热菌尽管生长率高,但由于其相对高的死亡率,高温过程污泥的净增长率较低,因此剩余污泥量少。(4) 高温下溶液粘度低,因此废水与污泥易于混合,形成的颗粒污泥沉淀性能更好。

但高温厌氧也有一定的局限性:

(1) 它一般仅用于废水排放温度较高或有废热可利用的场合,否则加热废水需太多热量。(2) 高温下 NH₃ 和某些化合物毒性增加。

对于高硫酸盐废水的处理,也是当前研究的热点。一般认为硫酸盐还原菌(SRB)由于和甲烷菌(MB)竞争氢和乙酸产生初级抑制^{[31][32]},再者硫酸盐还原菌的产物硫化氢对产甲烷菌产生次级抑制,解决硫酸盐的抑制问题,较成功的方法是采用两相 UASB 反应器^[33],即将产酸相和产甲烷相分离,消减进水的高 SO₄²⁻含量对产甲烷过程的抑制影响,发挥硫酸盐还原菌和产甲烷菌各自的最大活性,实现高浓度硫酸盐废水的有效治理。

4 结论

与其它厌氧生物处理装置相比,UASB 以其处理能力大,处理效果好,操作简单等特点,正越来越受到人们的青睐,在处理悬浮物含量少的高浓度有机废水方面正发挥着越来越重要的作用。

参考文献:

- 1 申立贤. 高浓度有机废水厌氧处理技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1991
- 2 郑光景等. 生物膜法处理法水. 北京: 中国建筑工业出版社

- 出版社,1983
- 3 郑光景等. 污水厌氧处理. 北京中国建筑工业出版社,
 - 4 记荣平等. SBR法在扬州啤酒厂废水处理中的应用, 环境工程, 1996;12, 8~10
 - 5 郭廷忠等. 土地快速渗滤处理啤酒废水的土柱模拟实验. 上海环境科学, 1993;3 18~21
 - 6 郭廷忠等. 土地快速渗滤处理啤酒废水的工程试验研究. 上海环境科学, 1995;10, 28~30
 - 7 Use of the Upflow Sludge Blanket(USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment, Especially for Anaerobic Treatment, Biotechnology and Bioengineering, 1980
 - 8 张希衡等. 废水厌氧生物处理工程. 中国环境科学出版社, 1996
 - 9 贺延龄. 废水的厌氧生物处理, 中国轻工业出版社, 1998
 - 10 G. Legginga and L. W. Hulshoff POL. UASB - Process design for various types of wastepapers, Wat. Sci. Tech. 1991; 24, 8, 87~107
 - 11 刘志杰等. 处理啤酒废水的生产性 UASB 反应器常温下培养颗粒尼的过程及工艺条件. 中国沼气, 1994;11, 3~7
 - 12 孙勤等. 污水处理厂 UASB 污泥处理的试验研究. 水处理技术, 1997;10, 306~308
 - 13 胡纪萃等. UASB 工艺处理啤酒工业废水中试运行规律的研究,
 - 14 徐向阳等. 染化废水生物处理技术的研究. 环境科学学报, 1998;3, 153~159
 - 15 周苏平等. UASB - 接触氧化法处理沭麻废水. 江苏环境科技, 1996;2, 29~31
 - 16 陈玉谷等. UASB 反应器处理酒精废液颗粒污泥形成过程的研究, 环境科学学报, 1994;3, 113~118
 - 17 陆正禹等. UASB 反应器常温下处理啤酒废水的生产性启动研究, 中国给水排水, 1995;14, 3, 7~13
 - 18 刘翠英等. 常温上流式厌氧污泥床反应器处理 V_{B12} ·淀粉混合废水的研究. 环境工程, 1996;10, 11~15
 - 19 Effect of degradation kinetics on the microstructure of anaerobic biogranules, Wat. Sci. Tech. 1995;31. 8, 165~172
 - 20 Aerbert H. P. Fang. Effect of substrates on the UASB process, Energ Technol Proprep 21st century, 1, 190~197
 - 21 G. Yang and G. K. Anderson. Effects of wastewater composition on stability of UASB Journal of Environmental Engineering 119(5), 958~977
 - 22 Hulshoff POL, L. W. The Phenomenon of Granulation of Anaerobic Sludge. Ph. D. Thesis. The Netherlands; Wau, 1989
 - 23 王林山等. UASB 反应器中加入惰性载体促进颗粒污泥的生成. 环境导报, 1996;3, 12~14
 - 24 周律等. UASB 反应器快速启动的试验研究, 环境科学, 1996;4, 54~56
 - 25 刘军博士论文. Study on promoting efficiency of Up Flow Anaerobic Sludge Blanket process by improving granulation, Department of Civil Engineering, the Graduate School of Engineering, Yamaguchi Univ. Japan.
 - 26 Nishiwaki. M. and Kiriya, An addition of methanol to wastewater contributes to shorten the UASB start-up period, Journal of Japan Society on Water Environment, 1994; 17, 795~804
 - 27 Performance of Laboratory anaerobic hybrid reactors with varying depths of media, Environmental Technology letter, 1986;7, 445~452
 - 28 陈春光等. UASB 反应器内部的三相分离器的试验研究, 四川环境, 1995;14, 3, 1~4
 - 29 黄晓东等. UASB 的主要设计问题. 环境工程, 1997;4, 16~18
 - 30 Gatzelerringa and Hulshoff pol, Advanced reactor design operation and economy, Wat. Sci. Tech, 1986;18, 2, 1626~1634,
 - 31 O. MIZVNO, The behavior of sulfate-reducing bacteria in acidogenic phase of anaerobic digestion, Wat. Res, 1998; 32, 5, 1626-1634,
 - 32 A. Visser. R. Gao & G. lettinga, Effects of PH on methanogenesis and sulphate reduction in thermophilic (55 °C) UASB reactors, Bioresource Technology 1993;44, 113~121
 - 33 竺建荣等. 二相厌氧消化工艺硫酸还原菌的研究, 环境科学, 1997;11, 42~44

谷成 男, 25岁, 南开大学环境科学与工程学院, 环境工程与管理系, 硕士, 主要从事高浓度有机废水的降解研究。

Development of Technology of High Concentration Organic Waste water Treatment

GU Cheng, LIU Wei-li

(Department of Environmental Science, NanKai University, Tianjin 300071)

Abstract: The treatment of high concentration organic wastewater is discussed in the paper, the development, characteristics and application of UASB reactor to high concentration organic wastewater are described.

Key word: high concentration organic wastewater; anaerobic treatment; UASB reactor