

稳定塘改进措施研究进展

李松¹ 尹海龙¹ 薛红征²

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092;

2. 襄樊市公力工程咨询服务有限公司, 湖北 襄樊 441004)

摘要 针对传统稳定塘存在的问题, 综述了国内外稳定塘的研究和发展, 包括: 通过减小塘深、机械搅拌、跌水坡、加入导流墙、人造载体等途径提高有机负荷; 通过回流、分步进水、缺氧塘、鱼塘等方法来改善环境条件; 通过前置沉淀池、内置消化坑来避免池容减小等, 为国内稳定塘技术的进一步改进提供参考。

关键词 稳定塘 废水处理 有机负荷 环境条件 污泥淤积

Research Progress on the Advancement of Wastewater Stabilization Pond

Li Song¹ Yin Hailong¹ Xue Hongzheng²

(1. School of Environmental Science and Engineering Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Gongli Engineering Consulting Services Co. Ltd., Xiangfan 441004, China)

Abstract To overcome the shortcomings of traditional wastewater stabilization pond (WSP), the domestic and overseas researches and developments of the WSP were summarized in this paper, including increasing the organic load by reducing pond depth, mechanical stirring, hydraulic drop, baffles, attached-growth pond et al.; improving the environmental conditions by recirculation, step-feeding, anoxic pond, fish pond; avoiding the diminishment of available volume by proposed sedimentation pond and internal methane fermentation pits. It was hoped that this paper will provide possible references for the further improvement of WSP technology.

Keywords wastewater stabilization pond wastewater treatment organic load environmental condition silt accumulation

早在三千多年以前, 人们就采用池塘处理污水。美国第一个有记录的塘系统是 1901 年德克萨斯州的圣安东尼奥市修建的。欧洲最早且至今仍在运行的塘大概是 1920 年在德国巴伐利亚州慕尼黑市建造的塘, 处理该市生化处理厂的出水, 即作为三级处理用。我国也于 20 世纪 50 年代就开始了稳定塘技术的应用研究^[1]。

稳定塘具有显而易见的优点: ①可充分利用地形, 工程简易, 基建投资省; ②管理简单, 运行维护费低; ③能有效去除污水中的有机物和病原体, 处理效果稳定, 并能在一定程度上去除营养物质; ④无需污泥处理; ⑤可实现污水资源化, 使污水净化和综合利用相结合。因而, 稳定塘已经不仅是一项污水治理技术, 更是一种污水回用和资源回收的技术, 更符合

现代环境思想的要求。

但稳定塘也存在诸多缺点, 如: ①有机负荷低, 占地面积大; ②环境条件较差; ③污泥淤积, 使有效池容减小; ④处理效果受气候条件影响大; ⑤悬浮的藻类使出水 COD 较高, 导致稳定塘在我国的应用处于停滞不前的状态。目前我国的各类稳定塘的运行情况, 基本上是“三三制”, 即: 1/3 正常运行, 1/3 间断运行, 1/3 停止使用^[2]。

为了克服稳定塘的缺点, 国内外的学者们提出了下述种种改进措施, 减小了稳定塘的占地面积, 改善了其环境条件, 使稳定塘工艺处理效果更加稳定可靠。

1 提高有机负荷, 减小占地面积

稳定塘内生物浓度低, 处理负荷小, 可以通过改进供氧条件(如减小塘深、机械搅拌、跌水坡等)、改进水力条件(加入导流墙)、提高微生物浓度(加入载

基金项目: 国家高技术研发计划 863 资助项目(2003AA601020)

体)、控制出水等途径来提高处理负荷,减小气候对处理效果的影响。

1.1 减小塘深、机械搅拌

高效稳定塘通过减小塘深,机械搅拌强化藻类的增殖,产生有利于微生物生长和繁殖的环境,形成更紧密的菌藻共生系统,使有机物、氮、磷、病原体等污染物得以有效去除。

高效稳定塘的深度控制在 0.3~0.6 m,同时利用连续搅拌装置来促进污水与藻类的混合,从而加快生物反应、调节溶解氧浓度、均衡水以及促进氨氮从水中逸出,这样能更有效地去除有机物。高效稳定塘的细菌平均停留时间只有 4~10 d,较普通稳定塘的停留时间短了 7.1 倍,大大节省了占地面积^[9]。

在六十年代初由 Oswald 设计并在 Seehrl 建造了第一座高速率藻类塘以来,美国、德国、法国、新西兰、以色列、南非、新加坡等国家先后有了高速率藻类塘的应用,并取得了良好的运行效果^[4,5]。

1.2 跌水曝气

自然跌水曝气无能耗,维护管理简单,在稳定塘系统落差地势变化较大的情况下,采用连续的跌水坡可以增强曝气效果,提高出水 DO,为实现污水从厌氧处理到兼性和好氧处理的最佳流程创造了良好的条件。某市某稳定塘系统采用连续的跌水坡,每一次跌水曝气(或漫流曝气)后,DO 值都有一定的提高,图 1 给出了稳定塘系统 DO 值的变化^[6]。

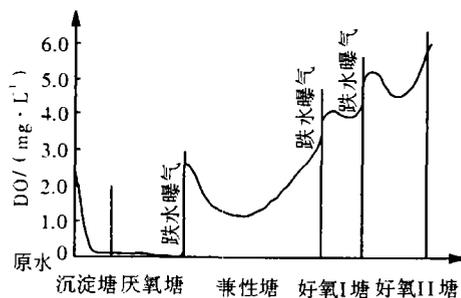


图 1 某市某稳定塘系统 DO 值的变化

1.3 导流墙

为了更好的形成推流式反应器,可以增大长宽比来改善处理效果,即采用狭长形的塘,但目前这一做法的效果还存在争议。事实上在原有塘中加入导流板可以很容易的增大长宽比,Pearson 等人的试验指出^[7],长宽比从 1:1 增加到 6:1 作用并不明显,但如果增大到 20:1 或者更大时,处理效果明显改善;类似的,如果稳定塘长宽比大于 100:1,消毒效果也

会明显改善。

Mattamana 和 Puetiboon 在泰国热带条件下的试验得出^[8]:导流板数量越多,流程就越长,扩散数相应就越小,更接近于推流条件。但其水质改善的原因是由于导流板促进了推流流态还是由于导流板有助于保持水体微生物浓度,目前尚无定论。

导流板可以横向、纵向或竖向布置,Middlebrooks 等人对其效果分别进行了研究,发现^[9]竖向布置的上下翻越导流板似乎不如水平导流板的效果,但纵向导流板与水平导流板效果相当。同时还指出,当导流板伸展太长达到塘宽的 90%时,在狭窄通道内会形成较高速度的射流,会加速水流向出口传输,降低效率,因而导流板似以中等流型的结果为最佳(约 70%左右)。

1.4 加入载体

在稳定塘内加入人造纤维载体是上世纪八十年代末九十年代初才兴起的新技术,在人造载体的周围会有生物膜生成,细菌、藻类、原生动物、高等动物等构成大量稳定的小生态系统,增加了生物数量和多样性,从而提高了其处理能力。赵庆良等人对载体的体积与处理效果的关系、填料上的生物膜、反应器底部积泥等进行了研究^[10],结果表明载体体积的增加将提高污染物的去除能力(表 1)。

表 1 载体的体积与处理效果的关系

载体体积占反应器有效体积的/%	COD 去除率/%	BOD ₅ 去除率/%	NH ₃ -N 平均去除率/%
0	10.5~63.5	62.1~85.3	24.8
11	25.0~66.2	67.2~90.1	29.5
22	46.1~70.1	72.2~95.7	39.7

2 改善环境条件

有机负荷过高或者气候突变时,稳定塘可能产生臭气,改善环境条件常用的方法有回流、分步进水、缺氧塘等。而在夏季,水生植物塘内的植物给蚊子产卵及幼虫的生长提供了适宜的条件,因而常常会出现蚊虫孳生的现象,引入食蚊鱼或者其它捕食蚊子幼虫的鱼类能够在一定程度上改善这一现象。

2.1 回流和分步进水

Abbott 首次于 1958 年在南非 Wynbery-Muizenberg 塘处理系统将富含 DO 的第四个塘出水回流至初始厌氧塘,回流比为 1,成功防止了臭气的产生^[12];在南非,Durban 塘系统中将第二个塘的出水的 15% 回流至初始厌氧塘,成功消除了臭味;在以色列,

Dan Region 塘系统于 1969 年初始化运行时发现臭气问题,随即从第四个塘出水回流至初始厌氧塘,回流比取 1~1.5,臭气随即消失;最新的报道又指出最佳的回流比应根据气候条件和有机负荷在 1.5~2.5 范围内调整。

采取回流措施有下述优点:①与运行良好的塘系统中首个兼性塘的最大有机负荷相比,引入回流最大有机负荷可以增大三倍以上。(见表 2);②在首塘的进水口处保持有氧环境,抑制了污水经过管网后产生的腐臭;③在首塘中引入了藻类,即使有机负荷非常高,首塘的上层水体仍保持有氧状态;④增强了处理效果的季节稳定性。使塘有机负荷和处理效果的季节变化平缓;⑤增加了塘底部沉积污泥的分布面积,这点在采用分步进水后效果更加明显。

表 2 Dan Region 回流比与最大有机负荷的关系

	夏季	夏季	冬季	冬季	冬季
回流比	2.0	1.0	1.0	1.5	2.0
最大负荷 BOD ₅ g/(m ³ ·d)	60	45	28	35	40

回流系统的费用主要取决于回流比,进而取决于初始塘负荷和回流水水质。

分步进水也能增加最大有机负荷,可以与回流同时采用。图 2 所示的塘系统是由 Shelef 设计的,回流比为 1.5~2.0,在亚热带气候条件下,最大有机负荷可达到 40~60 g BOD₅/(m³·d)^[13,14]。

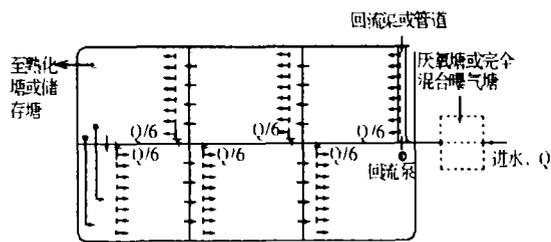


图 2 回流与分步进水联用兼性塘系统

2.2 缺氧塘

完全厌氧塘的体积负荷最低为 100 g BOD₅/(m³·d),兼性塘的最高负荷为 15 g BOD₅/(m³·d),而缺氧塘的负荷介于两者之间。缺氧塘与厌氧塘一样可通过沉淀去除 SS,其底部也为完全厌氧环境,它与厌氧塘的区别在于接近水面的部分。白天缺氧塘的氧化还原电位会升高,尤其在水面部分往往会高出缺氧条件(约 100~300 mV^[15])。Almasi 的试验证实了这一点,同时他还研究了水面出现的藻类(鞭毛藻、眼虫藻、衣藻等),在白天它们会发生光合作用产氧,虽然产氧量不足以在水体内产生可测量的溶解

氧,但它对氧化还原电位有明显影响,会将 H₂S 转化为 S 或者硫酸盐,防止臭气的产生,不过夜晚仍然会有 H₂S 放出^[16]。

2.3 鱼塘

放养鱼类可以捕食蚊子幼虫,减少蚊虫孳生的情况。

同时放养鱼类对塘水水质的进一步净化有一定作用。滤食性鱼类以藻类为食,从而减少塘出水中的藻类;草食性鱼类可以加速碳、氮、磷、微量元素和无机盐食物链中的迁移转化,进而建立良好的物质流、能量流平衡^[17]。

3 避免污泥淤积引起的有效池容减小

在第一级稳定塘内会出现污泥淤积现象,其速度取决于进水中难降解固体的浓度,通常进水通过格栅和沉沙池之后,污水中难降解固体浓度较低,但由于有机物和微生物的沉淀,出现污泥淤积现象是不可避免的。减少污泥淤积量常用的方法有前置沉淀塘和加入消化坑(或超深厌氧池)等。

3.1 沉淀塘

前置沉淀塘实质是较深的厌氧塘。进水 SS 能得到较大程度的截留,有机物也在厌氧状态下,被部分降解为可溶的小分子有机物。作为预处理设施,可省去污泥处理及处置设施。但运行若干年后,将失去功能而报废^[18]。

3.2 消化坑(或超深厌氧池)

厌氧消化是去除污水中有机物的重要途径之一,如果稳定塘足够深,就可以形成悬浮污泥层。在厌氧分解过程中产生的 CO₂、H₂、CH₄ 等气体在水中以细小气泡形式逸出,在上升过程中捕捉、粘附一些细小的悬浮颗粒,上升至一定高度时气泡有可能破裂,所携带的颗粒即在重力作用下而下沉,在下沉过程中一旦粘附上气泡则又随着气泡上升,这样上上下下就形成了悬浮污泥层。人流污水通过这一密集,有大量厌氧微生物的污泥区得到了很好的净化^[19]。

但是由于污水携带的热量容易散发,以致水温较低,消化速度不尽如人意。Oswald 开发的高级综合稳定塘系统中第一个兼性塘底部加入了消化坑,将可沉降的有机物集中到一个较小的区域内,避免了氧气的进入和污水携带的热量散发。与传统的厌氧塘相比,该系统能够更有效的去除 SS、BOD,产生更少的臭气,同时还能去除部分寄生虫、细菌、病毒、重金属、卤代烃等。

消化坑的体积可以参考沉淀池污泥斗的设计,污水从靠近消化坑底部处引入,入流速度足够小(小于 2.5 m/d)、消化坑足够深,绝大部分可沉降颗粒会留在消化坑内。消化坑的水力停留时间至少为 1 天,几乎能去除全部 SS。由于污泥停留时间很长,因此消化程度受温度的影响很小^[20]。

从 St. Helena 和 Hillister 的运行经验来看^[21,22],厌氧消化进行得非常彻底,前者已经运行 27 年没有清泥,且观测表明几乎没有底泥淤积,后者也已运行 17 年,观测表明坑内还有足够的容积再运行 10 年。

4 结 语

传统观点中稳定塘不过是一个或者几个充满污水的池塘,占地面积大且影响周边环境,而事实上稳定塘技术经过近年来的发展,一方面通过减小塘深、机械搅拌、跌水坡等改善了供氧条件,加入导流墙改善了水利条件,加入人造载体提高了塘内微生物浓度,从而大大提高了有机负荷,有效的减少了占地面积;另一方面通过回流、分步进水、缺氧塘、鱼塘等方法来改善了环境条件;还通过前置沉淀池、内置消化坑来保证稳定塘长期有效的运行,因而已经成为一项先进而且经济的污水回用技术。

此外,由于稳定塘出水中含有藻类有机悬浮物,稳定塘常组合沉淀池、间歇砂滤、砾石滤墙、微滤、气浮、土地处理、人工湿地系统,加入化学药剂等其它处理工艺或方法^[10,23-25],以去除出水中的藻类,满足不同出水水质的要求。

参 考 文 献

- 1 刘华波,杨海真. 稳定塘污水处理技术的应用现状与发展[J]. 天津城市建设学院学报,2003,9(1):19-22
- 2 董良德,张 民,陆上岭等. 我国稳定塘废水处理的现状简述[J]. 污染防治技术,1995,8(1):52-56
- 3 Oswald, W J. Introduction to advanced integrated wastewater ponding systems [J]. Water Science and Technology, 1991, 24(5):1-7
- 4 池金萍,安 丽,黄翔峰等. 高效藻类塘在污水处理中的研究及应用前景[J]. 四川环境,2004,23(5):28-30
- 5 陈 鹏,周 琪. 高效藻类稳定塘处理有机废水的研究和应用[J]. 上海环境科学,2001,20(7):309-311,356
- 6 祁佩时,王宝贞,赵福明等. 寒冷地区短停留时间稳定塘研究[J]. 中国给水排水,2000,16(10):6-9
- 7 Pearson H W, Mara DD, and Arridge H A. The influence of pond geometry and configuration of facultative and maturation waste stabilization ponds [J]. Water Science and Technology, 1995, 19(12):145-152
- 8 Muttamara S and Puetpaiboon U. Nitrogen removal in baffled waste stabilization ponds [J]. Water Science and Technology, 1996, 33(7):173-181
- 9 Muttamara S and Puetpaiboon U. Roles of baffles in waste stabilization ponds [J]. Water Science and Technology, 1997, 35(8):275-284
- 10 Middlebrooks E J, Middlebrooks C H, Reynolds J H, et al. Wastewater Stabilization Lagoon Design, Performance, and Upgrading [M]. New York: Macmillan co., 1982
- 11 Qingliang Zhao and Baozhen Wang. Evaluation on a pilot-scale attached-growth pond system treating domestic wastewater [J]. Water Research, 1996, 30(1):242-245
- 12 Abbott AL. The Wynberg-Muizenberg sewage treatment scheme [J]. J Proc Inst Sewage Pruf 1962, 3:224-236
- 13 Shelef G. New design of step-fed facultative stabilization ponds with recirculation in arid and semi-arid zones [J]. Report No. 12/93 to the Water Commission office, Israel, 1993
- 14 Shelef G., Kanarek A. Stabilization Ponds with recirculation [J]. Water Science and Technology, 1995, 31(12):389-397
- 15 Chapentier J, Florentz M, David C. Oxidation-reduction potential (ORP): Way to optimized pollution removal and energy savings in the low load activated sludge process [J]. Water Science and Technology, 1987, 19(2):645-655
- 16 Almasi A. Wastewater treatment mechanisms in anoxic stabilization ponds [D]. UK: University of Newcastle upon Tyne, 1994
- 17 黄学平, 王金保, 高延红. 稳定塘常见问题与解决方法探讨[J]. 江西化工, 2004, (4):41-43, 60
- 18 李献文. 城市污水稳定塘设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990
- 19 汪慧贞, 吴俊奇, 曹秀芹. 超深厌氧塘的技术特性[J]. 环境工程, 1997, 15(3):16-18
- 20 Oswald W J, Green F B, Landquist T J. Performance of methane fermentation pits in advanced integrated wastewater pond systems [J]. Water Science and Technology, 1994, 30(12):287-295
- 21 Green F B, Bernstone L S, Lundquist T J et al. Advanced integrated wastewater pond systems for nitrogen removal [J]. Water Science and Technology, 1996, 33(7):207-217
- 22 Middlebrooks E J. Upgrading pond effluents: An overview [J]. Water Science and Technology, 1995, 31(12):353-368
- 23 Middlebrooks E J. Review of rock filters for the upgrade of lagoon effluents [J]. J Water Pollution Control Fed, 1988, 60:1657-1662
- 24 Nurdogan Y and Oswald W J. Tube settling of high-rate pond algae [J]. Water Science and Technology, 1996, 33(7):229-241
- 25 Pearson H W. Expanding the horizons of pond technology and application in an environmentally conscious world [J]. Water Science and Technology, 1996, 33(7):1-9

收稿日期:2005-10-27

第一作者简介:李 松, 1981 年 8 月生,男,同济大学环境科学与工程学院硕士生,主要从事水污染控制及数学模拟研究。联系电话:021-65901231;手机:13818664693;Email:felisong@gmail.com