

循环流环型脱氮除磷工艺处理低浓度城镇污水

张大鹏^{1,2} 谢 丽¹ 宋乐平¹ 周 琪¹ 顾国维¹

(1 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室,上海 200092; 2 上海亚同环保实业有限公司,上海 200092)

摘要 结合我国低浓度的城镇污水处理情况,采用循环流环型生物脱氮除磷工艺显示出十分明显的优势。该工艺有效的将活性污泥法和氧化沟工艺结合起来,同时结合了完全混和反应器与循环反应器,优化了反应技术,运行更为稳定,有助于提高系统耐冲击负荷能力,提高处理污水的效率。对比目前较为流形的传统 A²/O 工艺,可节省能耗达 30% 以上,同时也能节省工程投资费用,运行管理方便。

关键词 循环流 传统 A²/O 工艺 城镇污水

Circulative channel flow process for N and P removal from low concentration urban sewage

Zhang Da-peng^{1,2}, Xie Li¹, Song Le-ping¹, Zhou Qi¹, Gu Guo-wei¹

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Aton Environmental Industrial Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Circulative Channel Flow Process (CCFP) was introduced in this paper due to its great advantages in nitrogen and phosphorus removal from urban sewage. Traditional activated sludge process and oxidation ditch process were integrated effectively in CCFP, with the combination of complete mixing and circulative flow in the process. Therefore, reactions in CCFP were optimized and stable operation could be achieved, which were helpful to increase wastewater treatment efficiency and also improve system capacity for organic impact loading. Compared with traditional A²/O process, CCFP had advantages in energy saving, with about 30% decreased in energy consumption. Results of analysis further indicated that the cost on construction and equipments of CCFP was much lower.

Keywords: Circulative flow; Traditional A²/O process; Urban sewage

我国的城镇污水处理厂主要进行生活污水和工业废水的集中处理,水质不确定因素多,波动范围较大,设计水质浓度与平均水质浓度往往有较大的差异,一般具有设计进水水质浓度较高、平均进水水质浓度很低的特点。另外,污水处理厂初期运行时水量不足也是值得考虑的因素。城镇污水处理厂一般需考虑日后 2~5 a 的发展空间,而在接近达到设计容量时则需要另行扩建并同样留有必要的发展空间。由此,我国城镇污水处理厂在实际运行过程中多存在负荷偏低的现象^[1]。究其形成原因,与水量

因素相比,水质因素的影响更突出。

伴随着社会经济高速发展以及环境污染的加剧,我国城镇污水处理的任务艰巨,所需投入的治理费用十分可观,因而对城镇污水处理厂的技术经济性能指标的要求也越来越高,这也促使着污水处理厂的处理技术向高效率、低能耗以及多元化的方向健康发展。

1 传统 A²/O 工艺处理低浓度城镇污水的不足之处

传统 A²/O 工艺在系统上可以称为最简单的同步脱氮除磷工艺,总的水力停留时间少于其他同类

工艺,且在厌氧/缺氧/好氧交替运行条件下,丝状菌不能大量繁殖,SVI 值一般均 <100 ,不会发生污泥膨胀。但是传统 A^2/O 工艺也有其不足之处,就处理我国长江以南地区低浓度及超低浓度城镇污水而言,会存在以下问题:

(1) 厌氧段、缺氧段搅拌所需的能量较大。为保证活性污泥、水体、污染物之间有良好的传质条件,厌氧池和缺氧池建议混合功率为 $5\sim 8\text{ W/m}^3$ ^[2],或要求清水条件下单位水体输入功率不低于 4.8 W/m^3 ^[3]。

(2) 好氧段易出现供氧与搅拌之间的矛盾。由于目前多采用充氧效率很高的微孔曝气设备,易使搅拌需气量大于生化反应需气量,而鼓风机曝气的搅拌效率较低,会导致能量的浪费。为保证有良好的固、液、气之间的传质条件,在现行规范规程中,要求曝气池的混合搅拌强度为每立方米污水供风量应大于 3 m^3 ^[4]。然而在水质浓度很低的情况下,会出现供氧满足要求、但不能同时满足搅拌要求。以长沙市岳麓污水处理厂的水质条件为例,充氧需气量在夏季大部分时间段内已不能够满足搅拌混合的要求,而在冬季时会远远超过实际所需充氧量,即搅拌混合强度的需气量占有绝对主导地位。

(3) 运行管理的不便。由于存在上述矛盾,难以依据好氧段内 DO 来控制供氧量。例如,在采用 A^2/O 与氧化沟相结合的工艺中,当设置有多台表曝设备时,会出现部分不能自动开启的情况^[5]。

目前对于 A^2/O 工艺的研究大多关注于工艺流程的改进或是优化硝化、反硝化过程等工艺技术,而对反应器池型、水体流态对处理效果的影响等方面的研究则较少系统的报道。就处理工艺而言,反应器的形式及反应器中的流态决定着反应技术的先进性,因此如何将生物处理工艺同合适的反应器型式结合,优化反应技术,值得进一步考虑。

2 循环流环型(CCFP)工艺简介及特点

循环流环型生物脱氮除磷工艺(Circulative Channel Flow Process for Nitrogen and Phosphorus Removal,CCFP)是同济大学环境科学与工程学院与上海亚同环保实业有限公司联合研发的一种污水处理工艺,结合了传统 A^2/O 工艺和氧化沟工艺的部分特点。工艺流程上,与传统 A^2/O 工艺一致,但是运

行方式上摒弃了其单一的推流形式,选用了均匀对称的圆环形结构,水力流态上与氧化沟工艺的循环反应器相类似。如图 1 所示,污水与回流污泥进入厌氧段(A1),依次流经缺氧段(A2)、好氧段(O),池内水体流态非传统的完全混合,也非传统的完全推流式,而是将完全混合反应器和循环反应器有机地组合起来。厌氧段可以通过搅拌型潜水搅拌机对池内水体进行混合和搅拌,调节搅拌机的搅拌角度以达到最佳搅拌效果;而缺氧段和好氧段则是采用循环反应器即类似氧化沟的推流,采用推流型潜水搅拌机,通过搅拌机选型或开启数量来控制推流速度。

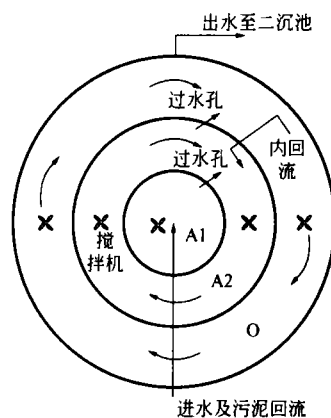


图1 循环流环型池体平面示意图

我们在苏州市相城区污水处理厂采用CCFP工艺进行了生产性试验(各段水深均为5 m,直径依次为21.4 m、37.4 m、57 m,相当于 $25\ 000\text{ m}^3/\text{d}$ 低浓度城镇污水的规模),试验结果表明CCFP工艺很好的解决了传统 A^2/O 工艺的一些缺陷:

(1) CCFP工艺有效地将活性污泥法和氧化沟工艺结合起来,结合了完全混合反应器与循环反应器,优化了反应技术,运行更为稳定,有助于提高系统耐冲击负荷能力,提高处理污水的效率。

(2) 采用CCFP工艺,厌氧段、缺氧段的混合功率可分别按 $4\sim 5\text{ W/m}^3$ 和 1 W/m^3 ;好氧段的推动能量可按 $0.5\sim 1\text{ W/m}^3$,相应达到 $0.15\sim 0.2\text{ m/s}$ 的水平流速。

(3) 由于好氧段不存在供氧与搅拌之间的矛盾,同时推流式潜水搅拌机的推流效率远高于鼓风机曝气的搅拌效率,利于节能。

(4) 连接管线简洁、设备较少,利于运行管理。从图1可看出,连接管线十分简洁。另外,苏州市相

城区污水处理厂的应用实例表明,CCFP 工艺可采用空气提升装置实现内回流,相应地可以节省价格昂贵的穿墙泵,同时流量可大幅度地进行连续调节且十分方便。

(5) 与传统 A²/O 工艺相比,工程投资少。

3 运行能耗对比

作者针对低浓度的城镇污水处理,以长沙市岳麓污水处理厂为实例,就起决定性作用的指标——生化池的能量消耗,对比 CCFP 工艺与传统 A²/O 工艺运行过程中的运行费用。设计规模为 4 万 m³/d,水质条件参照长沙市岳麓污水处理厂的设计条件(见表 1)。考虑到工作原理上,CCFP 工艺与传统 A²/O 工艺是相同的,处理的城镇污水水质浓度较低,兼之污泥回流等因素的影响,可以忽略推流型态与完全混合型态的差异性,因而采用相同的污泥负荷、容积负荷、反应时间等设计参数。设计污泥浓度 MLSS 取 3 000 mg/L,厌氧段、缺氧段和好氧段 HRT 分别取 1 h、3 h 和 7 h,有效水深取 5 m。采用电动单级高速离心鼓风机,微孔曝气管充氧方式,充氧效率按 25% 计。好氧段 DO 水平控制为 2 mg/L。夏季及冬季平均水温分别按 24 ℃、15 ℃。

表 1 长沙岳麓污水处理厂主要进出水水质指标

水质指标	COD _{Cr} /mg/L	BOD ₅ /mg/L	pH	SS /mg/L	总氮 /mg/L	氨氮 /mg/L	总磷 /mg/L
设计进水水质	300	130	6~9	250	30	20	3
平均进水水质	150	65	6~9	100		12	1.8
设计出水水质	60	20	6~9	20	20	8(>12 ℃) 15(≤12 ℃)	1

传统 A²/O 工艺于厌氧段、缺氧段设置搅拌机,能量密度按 6 W/m³ 配置,需电耗 40 kW。CCFP 工艺厌氧段、缺氧段和好氧段均设置潜水搅拌机,能量密度分别按 5 W/m³、1 W/m³ 和 0.5 W/m³ 配置,约需电耗 19 kW。CCFP 工艺节省能耗达 50%。

传统 A²/O 工艺至少需满足气水比为 3 的要求,即供气量大于 83 m³/mm。CCFP 工艺由于辅有循环水流,供气量仅考虑供氧需求。在不考虑循环水流提高充氧效率时,在水质浓度较低或温度较低的情况下,供气量将较传统 A²/O 工艺少。根据水质浓度出现的频率,分别计算对应频率下的供风量,见表 2。可以看出,同传统 A²/O 工艺相比,CCFP 工艺在供气方面可以节省较大的能量,在夏季可节

省约 11%,在冬季可节省约 28%。设春秋季节的供气量为夏冬季的平均值,传统 A²/O 工艺和 CCFP 工艺运行时平均需气量分别为 88 m³/min 和 71 m³/min。供风设备采用目前已成熟使用、性能先进的电动单级高速离心鼓风机,风压采用 5.5 m,相应的运行功率分别约为 78 kW 和 63 kW。即 CCFP 工艺节能近 20%。

表 2 CCFP 工艺和传统 A²/O 工艺供气量对比

季节	出现频率	BOD ₅ /mg/L	NH ₃ -N /mg/L	供风量/m ³ /min	
				CCFP 工艺	传统 A ² /O 工艺
夏季	25%	120	14.5	114	114
	75%	70	11	69	83
	平均			80	91
冬季	20%	125	15	94	94
	80%	70	11.5	53	83
	平均			61	85

总体上,CCFP 工艺与传统 A²/O 工艺平均运行能耗分别为 82 kW 和 118 kW。CCFP 工艺节省能耗达 30%。对于 CCFP 工艺的 O 段而言,在实际应用中,节能效果还将体现在以下几个方面:

(1) 如果将缺氧池中所发生的硝化反硝化作用这一因素考虑在内,则传统 A²/O 工艺好氧池中供氧与搅拌之间的矛盾将更显突出,节能效果会进一步受到限制,而 CCFP 工艺能够真正地作到低能耗的概念。

(2) 如果将由水量不足而引起的负荷偏低因素考虑在内,CCFP 工艺更具优势。

(3) 由于循环水流可提高氧利用效率,实际上 CCFP 工艺曝气需风量会更低些。

(4) 当进水浓度更低时,节能效果将更为显著。

4 投资分析对比

4.1 土建费用

CCFP 工艺采用圆形池体,而传统 A²/O 工艺通常采用矩形池体。以受力条件最为不利的外环墙体(高度均按 6 m、平均壁厚均按 0.4 m 计)为例,CCFP 工艺的外墙钢筋混凝土用量为 290 m³,而采用正方形时为 328 m³(采用长方形时所需钢筋混凝土用量将更大)。实际上,圆形池体的受力条件均匀,平均壁厚、钢筋密度等结构数据会略低些。因此,CCFP 工艺的外墙造价会省 11% 以上;而在总体

高密度澄清池工艺简介

谢 钦

(福州城建设计研究院,福州 350001)

摘要 简述了由法国得利满公司开发的新型高效澄清池——高密度澄清池的工艺原理,介绍了采用高密度澄清池的工艺设计。并结合工艺流程特点,探讨了该新型澄清池的运行效能。表明高密度澄清池具有体量小,产水量大,效能优异的特点。

关键词 高密度澄清池 活性泥渣回流 工艺原理 设计参数

1 主要优点

高密度澄清池的主要优点包括:

- (1) 出水水质好,通过斜管分离产生优质的出水。
- (2) 耐冲击负荷,在较大范围内不受流量或水质负荷变化的影响。
- (3) 运行成本低,与传统工艺相比,节约 10%~30% 的药剂。
- (4) 排放的污泥浓度高,可达 30~550 g/L,一

上 CCFP 可以节省土建费用。

4.2 设备费用

CCFP 工艺与传统 A^2/O 在鼓风机、微孔曝气、内外回流设备方面是一致的。潜水搅拌机方面,前者数量稍多但配置功率低,后者较少但配置功率高,CCFP 工艺略高但相差不大。

CCFP 工艺采用三环嵌套布局,管渠布置衔接十分便捷,特别是在内回流方面。由于 A^2 段和 O 段均可看作是完全混合型式,故回流位置可依实际情况任意选择,甚至是多点选择。并且工艺内回流管线很短,水头损失小,从而提升水头也较小,利于节能。苏州相城污水处理厂 CCFP 工艺中采用空气提升器进行混合液回流,实践证明,采用设置多点空气提升器的方式,辅以空气流量计及调节阀,具有运行更安全稳定、流量可随意调节的显著优点,也能代替价格昂贵的高性能内回流泵,具有显著的经济效益。

5 结语

随着污水处理技术的进步与成熟,污水处理系

体化污泥浓缩避免了后续的浓缩工艺,与静态沉淀池相比,水量损失非常低。

(5) 沉淀效率高,结构紧凑减少了土建造价并且节约建设用地。具有适应性广、效率高等特点,在给、污、水、以及工业废水处理中必将具有广泛的应用前景。

2 特点

高密度澄清池的工艺特点包括:

- (1) 设有外部污泥循环系统把活性污泥从污泥

统有着向集约化发展的趋势,有利于减少污水处理厂的总体占地面积,易于日常的操作管理。本文的分析表明,针对我国城镇污水处理厂,与传统 A^2/O 工艺相比,采用 CCFP 工艺具有十分明显的优势,可节省能耗达 30%,同时也能节省工程投资费用,运行管理方便。CCFP 工艺在实际应用过程中已显示出其优越性,具有较好的应用前景。

参考文献

- 1 邵林广. 南方城市污水处理厂实际运行水质远小于设计值的原因及其对策. 给水排水, 1999, 25(2): 1~13
- 2 CECS 149: 2003 城市污水生物脱氮除磷处理设计规程
- 3 CJ/T 109: 2000 潜水搅拌机
- 4 CECS 97: 97 鼓风曝气系统设计规程
- 5 吴昊, 刘庆巨, 李强利, 等. 氧化沟工艺运行中常见问题与解决方法. 给水排水, 2002, 28(5): 26~29

8. 通讯处: 200092 上海市鞍山路 310 弄 11 号 601 室

E-mail: ythb@163.com

收稿日期: 2006-06-01