

# 交替活性污泥工艺发展类型及研究方向

戈 军<sup>1</sup>, 荆肇乾<sup>2</sup>, 吕锡武<sup>1</sup>, 韦海余<sup>3</sup>

(1. 东南大学环境科学与工程系, 南京 210096; 2. 南京林业大学土木工程学院, 南京 210037;  
3. 日照市城乡建设勘察测绘院, 山东 日照 276800)

**摘 要:** 交替活性污泥工艺是在一个反应器或一组反应器中通过时间或空间的交替实现对污水的处理。从最初的 SBR 到各种改良形式, 交替活性污泥工艺在控制系统、运行方式等方面迅速发展。传统的交替工艺只能适用于中小型污水处理, CAST、MSBR、UNITANK、多箱一体化工艺等通过运行方式组合, 既提高了对处理规模的适应性, 又能满足除磷脱氮要求。交替活性污泥工艺今后研究的重点是工艺组合优化, 提高灵活性, 特别是如何在单泥交替系统中解决除磷脱氮的矛盾, 同时也要注意相应配套设备的开发, 降低造价, 提高可靠性。

**关键词:** 交替活性污泥工艺; 间歇运行; 改良工艺; 除磷脱氮; 工艺组合

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-1556(2006)04-0059-04

## Evolution Types and Research Directions of Alternating Activated Sludge Process

GE Jun<sup>1</sup>, JING Zhao-qian<sup>2</sup>, LU Xi-wu<sup>1</sup>, WEI Hai-yu<sup>3</sup>

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. College of Civil Engineering, Nanjing Forest University, Nanjing 210037, China;  
3. Rizhao Urban and Rural Construction Prospecting and Mapping Institute, Rizhao 276800, China)

**Abstract:** Alternating activated sludge process completes the treatment in a single reactor or a group of reactors by time and spatial alternation. From the early SBR to the later modified forms, alternating activated sludge process has made rapid progress in control system, running mode and so on. Traditional alternating process can only suit medium-sized and small wastewater treatment while such processes as CAST, MSBR, UNITANK, and the integrated system with several tanks not only can meet the requirements of dephosphorization and denitrification but also can suit the larger-scale wastewater treatment. Future research emphasis of alternating activated sludge process should be laid on the optimization of process combination to enhance the flexibility, especially to solve the contradiction of dephosphorization and denitrification in the single sludge alternating system. Simultaneously, corresponding equipment should be developed to decrease the cost and improve the reliability.

**Key words:** alternating activated sludge process; intermittent operation; modified process; dephosphorization and denitrification; process combination

## 0 引 言

交替式活性污泥工艺是通过时间和空间的交替实现对污水的处理, 随着工艺的发展出现了多种形

式。传统的 SBR 工艺是在一个反应器中, 通过不同时间段内控制状态的转变实现处理功能, 适应较小规模的污水处理。随着自动控制水平的提高, 发展到多个池子并联运行, 单池随时间交替运行, 整个系统中不同池子间存在空间交替, 因而运行方式更加

灵活。

随着 SBR 工艺及其改良技术的发展,出现了 CASS、ICEAS、IA T-DA T、MSBR、UNITANK 等形式,交替式氧化沟也具有 SBR 系统的特点,故可以看作是 SBR 的改良形式。这些 SBR 改良系统往往连续运行,但仍有一部分处于间歇运行状态中,一般可通过 PLC 可编程序控制器控制反应器和设备在时间和空间上的切换,因此都可以看作交替活性污泥工艺。从交替活性污泥工艺的发展过程看,从最初的单池间歇运行到多池连续运行及 UNITANK、MSBR 的恒水位连续运行,自动控制水平有了很大发展,对不同处理规模和处理要求的适应程度也大大提高,特别是随着对除磷脱氮要求的提高,能够满足多级处理功能的交替工艺应用会更加广泛。

1 交替活污泥工艺类型

1.1 常规 SBR 工艺

交替活性污泥工艺最初的形式是 SBR 工艺,它能在一个池子中通过时序控制来实现进水、曝气、沉淀、排水和排泥的全部处理过程,处理构筑物比较简单,基建投资比较省。

SBR 工艺能形成理想的推流状态,有机物去除效率较高。污泥沉淀过程中没有进出水干扰,属理想的静止沉淀状态,沉淀效果较好。另外由于在整个工艺操作过程中,能形成一定的有机物浓度梯度,抑制了丝状菌繁殖和污泥膨胀<sup>[1]</sup>。

单池系统适用于处理规模较小的情况,随着处理规模的提高,需要连续进出水,出现了多池交替系统。随着水处理设备和自动控制水平的提高,SBR 工艺已经成为传统活性污泥革新工艺,在欧洲、美国、日本、澳大利亚等国家和地区已经广泛应用,在我国工业污水处理和小区生活污水处理等方面也得以广泛应用<sup>[2]</sup>。

常规 SBR 缺点是单池难以保证连续运行,多池并联运行时设备切换频繁,设备闲置率高。系统变水位运行,需要专门设置滯水器,增加了设备投资。

1.2 SBR 改良工艺

由于常规 SBR 工艺间歇进出水,实际应用中设备频繁切换,给操作带来很大不便,各种改良 SBR 工艺如 CASS、DA T-IA T、ICEAS、MSBR 等随之出现。

1.2.1 CASS 工艺

典型的 CASS (Cyclic Activated Sludge System) 反应器由选择器、厌氧区和好氧区三部分构

成,在选择器中进水与来自主反应区的回流混合液充分混合,利用进水中的有机物完成反硝化,随后污水流入厌氧区,聚磷菌释放磷,在好氧区中完成硝化和磷吸收过程,故具有一定的除磷脱氮功能。为实现处理功能,需要采取连续污泥回流措施<sup>[3,4]</sup>。

1.2.2 ICEAS 工艺

ICEAS (Intermittent Cycle Extended Aeration System) 工艺主要是在反应池前端增加一道隔墙,把反应区分成小体积的预反应区和大体积的主反应区,污水连续流进预反应区,通过隔墙下端小孔连续流入主反应区,沿池底扩散。水流潜入对主反应区扰动较小,可以在连续进水情况下完成沉淀和排水功能。由于主反应区曝气设备长期闲置,容积利用率不高,一般在 60 % 左右<sup>[5]</sup>。

1.2.3 DA T-IA T 工艺

DA T-IA T (Demand Aeration Tank-Inter-mittent Aeration Tank) 工艺将反应池用隔墙分成基本相等的两部分,污水连续流入处于曝气状态的 DA T 池,然后以层流速度流入交替处于曝气、沉淀、排水的 IA T 池,容积利用率为 66.7 %<sup>[6]</sup>,比 ICEAS 工艺略有提高,另外需要从 IA T 池到 DA T 池的污泥回流,回流比较大,运行费用较高。

1.2.4 MSBR 工艺

MSBR 工艺主要是通过设置两个交替作为出水池和反应池的 SBR 池来实现连续进、出水功能。MSBR 工艺根据进水水质和处理要求不同,可以有多种组合和运行方式。图 1 为典型的 MSBR 工艺系统布置示意图<sup>[7,8]</sup>。

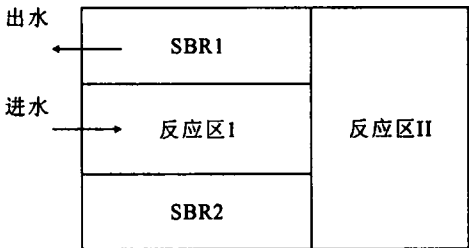


图 1 MSBR 工艺运行图

Fig. 1 Schematic diagram of MSBR process

污水由反应区 进入主反应区 ,SBR1 与 SBR2 交替作为出水池,可以交替处于曝气、缺氧搅拌和静止沉淀状态。在除磷脱氮的 MSBR 系统中往往将反应区 分隔成厌氧池、缺氧池和中间沉淀池。污水流入厌氧池后,与沉淀池回流污泥充分混合,利用进水中低分子有机物合成 PHB,释放磷。然后污水流入反应池区 ,在好氧状态下完成有机物降解、硝化和磷的吸收功能。在 SBR1 出水的情

况下,反应区 中混合液一部分靠回流泵的作用形成曝气池 缺氧池 中间沉淀池的混合液回流。通过缺氧池的反硝化,中间沉淀池沉淀污泥硝态氮含量会大大降低,部分污泥回流到厌氧池保证了磷的释放效果<sup>[9]</sup>。

整套系统通过周期性的控制过程实现恒水位连续进出水过程,不需要滗水器,这是常规 SBR、CASS、DAT-IAT、ICEAS 工艺所不能实现的。由于两个池子交替出水,一般存在两套污泥回流系统和一套混合液回流系统,控制要求、设备投资和运行费用都比较高。

1.3 交替式氧化沟

交替式氧化沟有二沟交替和三沟交替两种形式,沉淀池一般占用一条沟或者其中一部分,实际工程应用中三沟式氧化沟较为常见,我国河北邯郸市东污水处理厂及山东枣庄污水处理厂均采用三沟式氧化沟工艺。

污水可进入三沟中间任一个,两个边沟交替作为出水池和反应池。周期运行中边沟一般处于缺氧搅拌 好氧 沉淀 出水过程交替,周期运行时间一般在 6~8 h。工艺流程简单,没有初沉池和强制性回流措施,污泥分布主要靠水流推流形成,污泥分布很不均匀,实际运行中边沟污泥浓度往往是中间沟的两倍以上,容积利用较低,处理效果不稳定<sup>[10~12]</sup>。由于构造和运行方式限制,实际运行中一般难以出现厌氧释磷状态,除磷效果不好。

1.4 UNITANK 工艺

UNITANK 是比利时史格斯公司专利技术,目前已经在世界 100 多个污水处理厂得以应用,我国石家庄高新区污水处理厂、南京市城北污水处理厂、上海石洞口污水处理厂等近 10 个城市污水处理厂采用了该技术。UNITANK 主体工艺如图 2 所示。

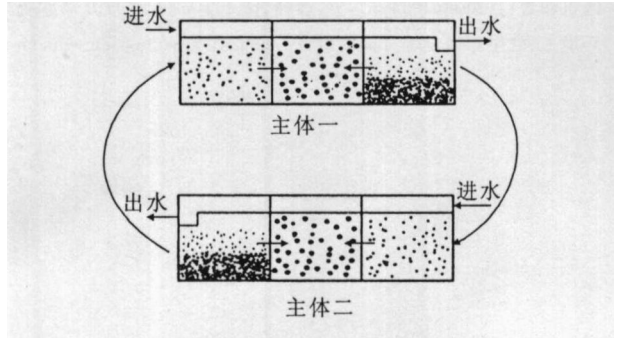


图 2 UNITANK 主体工艺图

Fig. 2 Main schematic diagram of UNITANK

该技术运行方式与三沟式氧化沟类似,不同的是三沟氧化沟是环形廊道形式,一般采取机械曝气,

UNITANK 是一个分隔成三格的矩形反应单元,可鼓风曝气,也可机械曝气。池子一体化建设,可共用池壁和底板,布置紧凑,基建投资省。每个池子都设置曝气和搅拌系统,外部两个池子设有溢水堰,既可充当曝气池又可作为沉淀池。系统恒水位连续运行,固定堰出水,运行方式是交替的,一个运行周期分为主段、过渡段和沉淀段。按一定方式运行可以除磷脱氮,但由于难以形成理想的厌氧状态,除磷效果不佳<sup>[13]</sup>。该工艺进出水和排泥系统有待于进一步完善,特别是外部的两个池子应在水力负荷、结构方面进行调整,以兼顾到沉淀要求<sup>[14]</sup>。

1.5 多箱一体化活性污泥工艺

多箱一体化活性污泥工艺借鉴 UNITANK、三沟式氧化沟的运行方式,通过多格方形池子状态转换来实现处理功能,其中有两个池子交替作为出水池和反应池。靠水流换向流动对反应器内污泥进行分配,没有污泥回流和混合液回流措施。根据具体除磷脱氮要求可采取三格或者多格布置。最典型的是五箱一体化活性污泥工艺,如图 3 所示,在五格反应池中通过厌氧、缺氧、好氧和沉淀交替,实现一体化除磷脱氮功能。

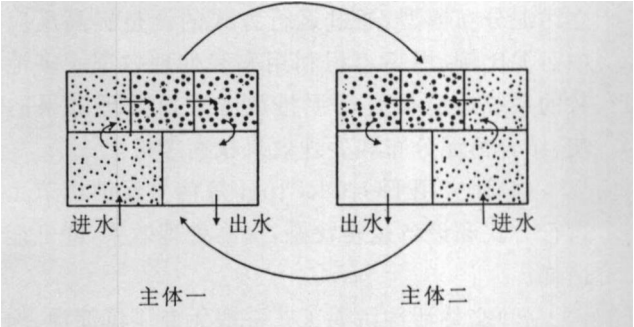


图 3 五箱一体化活性污泥主体工艺图

Fig. 3 Main schematic diagram of activated sludge process of integrated system with 5 tanks

五箱一体化活性污泥工艺在流态上接近于完全推流,但每个池子在反应阶段又处于完全混合状态,推流状态保证了高效处理率,单池完全混合状态使进入的污水很快混合均匀,稳定进水水质,对冲击负荷具有较强的适应能力。由于反硝化菌和聚磷菌特别适合在厌氧/缺氧、好氧交替中生存,因而在该工艺交替系统中能取得竞争优势,保证了较高的除磷脱氮效率。反应池五格分布,两个交替出水池考虑到混合液沉淀要求,设计要比其他三格池子大些,但每个出水池的体积也仅占反应器总容积的 1/4 左右,容积利用率达到 70% 以上,比三沟式氧化沟和 UNITANK 有大幅度提高<sup>[15]</sup>。

该工艺目前处于开发试验阶段,设备相对较为复杂,缺乏相应的可靠设备,要在生产实际中应用还需要进行相应配套设备的开发。

## 2 交替活性污泥工艺的研究方向

随着自动控制水平的提高,适应多种处理要求的交替活性污泥工艺会有新的发展和提高,相应于配套设备的研究开发、可靠性水平的提高,交替活性污泥工艺由于基建投资省、能耗低(无回流或者回流比低)、易于自动控制等优点会大大显示出来。当前交替活性污泥工艺的研究方向和重点如下:

(1) 进一步深入研究交替活性污泥工艺处理机理,特别是在交替活性污泥工艺中取得良好的除磷脱氮效果,结合微生物学原理研究交替工艺中聚磷菌、硝化菌、反硝化菌等优势培养控制。

(2) 交替活性污泥工艺的主要优点是不回流或者回流量低,如何通过优化工艺组合设计,在保证处理效率的同时减小回流率或者避免回流,降低能量损耗。

(3) 研究交替活性污泥工艺中污泥分布规律,建立污泥分布模型,通过运行方式的调整提高反应区中污泥比例,提高容积利用率和处理效率。多池交替的系统还应研究污泥排放方式对处理效果的影响,结合污泥分布和处理效果权衡考虑。

(4) 研究用 DO、ORP、pH 等信号反馈调节工艺运行方式和设备运转状态,提高处理效果,降低能量消耗。

(5) 交替活性污泥工艺一般无专用沉淀池,通过优化沉淀区设计,如增加填料、降低表面负荷等手段,保证出水池污泥沉淀性能良好。

(6) 交替活性污泥工艺的重要缺点就是设备复杂,国产化程度低,闲置率高。优化工艺设计,提高设备利用率,同时加快相应配套设备的研究开发,降低建设成本也是一项重要的研究内容。

## 3 结 语

交替活性污泥工艺层出不穷,工艺运转的灵活

性和自动化水平不断提高,能逐渐适应除磷脱氮等不同处理功能的要求。如何通过进一步优化工艺设备组合,利用在线监测信号反馈控制等手段对工艺设备进行灵活控制,提高处理效率,降低能耗和设备闲置率,都是该类工艺今后研究和发展的重点。

### 参考文献:

- [1] 王凯军,宋英豪. SBR 工艺的发展类型及其应用特性[J]. 中国给水排水,2002,18(7):23-26.
- [2] 周震,谭振江. 中小型城市污水处理厂的优选工艺[J]. 中国给水排水,2000,16(10):21-24.
- [3] 熊红权,李文彬. CASS 工艺在国内的应用现状[J]. 中国给水排水,2003,19(2):34-35.
- [4] 沈耀良,王宝贞. 循环活性污泥系统(CASS)处理城市废水[J]. 给水排水,1999,25(11):5-8.
- [5] 周震. SBR 工艺的分类和特点[J]. 给水排水,2001,27(2):31-33.
- [6] 王秀朵,周震. DAT-IAT 工艺处理城市污水[J]. 中国给水排水,1999,15(1):15-17.
- [7] 王闯,杨海真,顾国伟. 改进型序批式反应器(MSBR)的试验研究[J]. 中国给水排水,2003,19(5):41-43.
- [8] 李探微,彭永臻,高旭,等. 一种新的污水处理技术——MSBR 法[J]. 给水排水,1999,25(6):10-12.
- [9] 任洁,顾国伟. MSBR 系统的特点及其除磷脱氮的机理分析[J]. 给水排水,2002,28(1):22-24.
- [10] 王雅昌,高嵩. 三沟式氧化沟的活性污泥特性[J]. 中国给水排水,2000,16(4):52-54.
- [11] 吴昊. 三沟式氧化沟污泥分布不均的改善[J]. 中国给水排水,2001,17(10):53-55.
- [12] 周律,钱易. 浅议三沟式氧化沟的设计[J]. 给水排水,1998,24(1):6-9.
- [13] 冯凯,杭世2. UNITANK 工艺处理城市污水工程实践[J]. 给水排水,2002,28(3):1-4.
- [14] 熊杨,刘章富,杨羽寒. 一种新型除磷脱氮工艺——廊道交替池[J]. 给水排水,2001,27(11):27-29.
- [15] 荆肇乾. 五箱一体化活性污泥工艺除磷脱氮特性研究[D]. 东南大学硕士学位论文,2003.

通讯作者:吕锡武(1954—),男,教授,博士生导师,主要从事水处理、环境工程、生态修复等方面的研究。E-mail:xiwulu@seu.edu.cn