



新型 UniFed SBR 生物除磷脱氮工艺

赵晨红, 彭永臻

(北京工业大学 水质科学与水环境恢复工程重点实验室, 北京 100022)

摘要: 介绍了新型 UniFed SBR 工艺的运行方式、在除磷脱氮方面的特点及其在实际污水处理厂的应用实例。其特点是在 SBR 运行周期的沉淀和排水阶段, 将进水均匀地引入沉淀污泥层, 以取得反硝化和厌氧放磷所需的适宜条件。与复杂的连续流生物脱氮除磷工艺相比, 该工艺采用单池运行, 不需物理分区和污泥回流即可达到较高的除磷脱氮效率, 还可减少基建投资。

关键词: UniFed SBR 工艺; 单一池; 除磷脱氮

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2006)12-0014-03

New UniFed SBR Process for Biological Nitrogen and Phosphorus Removal

ZHAO Chen-hong, PENG Yong-zhen

(Key Laboratory of Beijing Water Quality Science and Water Environment Recovery Engineering,
Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The paper introduces a new UniFed SBR process in its operation modes, characteristics in nitrogen and phosphorus removal and the practical application in a wastewater treatment plant. The main characteristic of the UniFed SBR process is that the influent is introduced to the settled sludge layer during the settling and decant period of a SBR operation. Therefore, suitable conditions for denitrification and anaerobic phosphate release are achieved. Compared with the complex continuous flow processes for biological nitrogen and phosphorus removal, the UniFed SBR process employs a single tank operation without any physical zone separation or sludge recycling to obtain a high nitrogen and phosphorus removal efficiency. The construction cost is low.

Key words: UniFed SBR process; single tank; nitrogen and phosphorus removal

要在单池 SBR 工艺中实现除磷脱氮, 就需要在池中按时间顺序依次创造缺氧、厌氧和好氧条件。SBR 运行周期中的沉淀和排水阶段为在上清液和污泥层中产生缺氧或厌氧条件创造了机会, 其进水方式也为在池子的某些区域引入厌氧或缺氧条件提供了可能性。基于以上原理, 澳大利亚的“废水管理和污染控制合作研究中心”(简称 CRCWMPCL) 和

Queensland 大学的 Jurg. Keller 教授等人发明了一种 SBR 工艺的运行方法, 其工作要点是: 在单一的 SBR 池中, 沉淀和排水时就开始进水, 污水由反应器底部进入, 直接、均匀地布水至沉淀污泥层; 进水/排水/沉淀阶段可同时完成, 这就先后创造了良好的缺氧和厌氧环境, 既能有效地进行反硝化脱氮, 又能有效地进行厌氧放磷。这样在单一的 SBR 池中的每个



周期均可取得生物除磷脱氮工艺所需的特定条件,该工艺已被命名为 UniFed SBR 工艺,并已申请了国际专利(国际专利号为:5525231)。UniFed SBR 工艺是一种不需要对反应池进行物理分区或污泥回流(循环)、具有新颖的进水系统设计和运行策略、仅在单一的 SBR 池中就能实现很高的除磷脱氮效率的新工艺。

1 UniFed 工艺介绍

UniFed 工艺最早起源于 20 世纪 70 年代的澳大利亚,在开发了“Bathurst Box”系统(用一个深的矩形水池作为单一池的活性污泥处理技术)的基础上,澳大利亚有 120 座污水厂采用了 IDEA(间歇滯水延时曝气)工艺。之后,又相继开发了在美国和加拿大称为 CASS、在澳大利亚称为 ICEAS 或 bio-P IDEA 的类似工艺。IDEA 的脱氮效果不错,但除磷效果较差,为此研究人员在主池进水口处用隔板建立了厌氧区,在此区取得了生物除磷所要求的厌氧条件,形成了 bio-P IDEA 工艺。到了 20 世纪末,出于对已有的污水处理设施进行最小的结构和设备改型、用较少的投入就能改善出水水质的目的,开发出了能在单一池中、不需要隔板或循环就能达到很好的除磷脱氮效果的 UniFed 技术。

一个典型的 UniFed SBR 运行周期包括三个阶段:进水/排水/沉淀阶段、曝气阶段、闲置阶段,如图 1 所示。

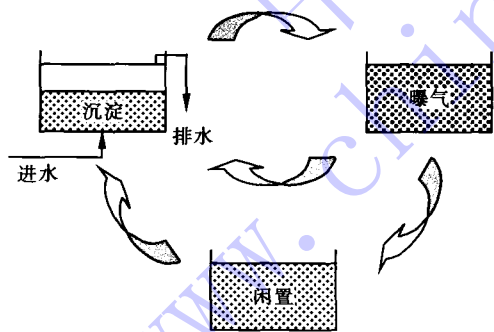


图 1 UniFed 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of UniFed process

UniFed 工艺与普通 SBR 工艺的主要区别在于进水和运行方式,具体如下:

① UniFed SBR 工艺是在污泥的沉淀和浓缩阶段将进水均匀地引入池底,均匀布水至沉淀污泥层;该工艺的关键是实现进水与出水的分离,所以需要控制较小的进水流速,以防因池底污泥受到扰动

而影响上层出水水质。

② 采用进水顶出水的排水方式,在 SBR 池顶部设置锯齿型溢流堰。

③ 进水/排水/沉淀三个过程可同时进行,节约了工作时间,使 SBR 的工作周期缩短。

④ 进水/排水/沉淀阶段结束后即进入曝气阶段。曝气阶段结束后可进入闲置阶段或开始下一个周期。

2 除磷脱氮原理

UniFed 工艺在除磷脱氮方面具有以下特点:

① 在进水/排水/沉淀阶段,由于不曝气,而在池中形成缺氧环境,前一周期污泥层中的硝酸盐/亚硝酸盐(NO_3^-)利用后一周周期不断流入的进水中的 COD 而迅速发生反硝化,或者利用被污泥絮体捕获的、缓慢降解的 COD 进行反硝化。

② 池子底部污泥层中的 NO_3^- 经反硝化后,在池底可形成严格的厌氧环境,进水中的溶解性 COD 是厌氧放磷阶段所需 COD 的主要来源。上清液中虽然含有对除磷工艺有害的 NO_3^- ,但它不与污泥接触,所以并不会影响池底已形成的厌氧环境。

③ 在进水/排水/沉淀阶段,先后发生了缺氧反硝化作用和厌氧放磷反应,这两个过程均要消耗进水中的易降解 COD,在后续曝气阶段 COD 得到进一步降解,还发生了硝化作用和好氧吸磷。

④ 由于反应池中的大部分生物体(活性污泥)浓缩于池底,同时进水也从底部进入池中,所以所有的进水及其所含的 COD 都能与生物体密切接触,从而在每一个循环中,进水中的大部分生物体与高浓度 COD 相接触,由此使底部成为很强的“选择区”或“接触区”,这往往会改善污泥的沉降性能,并能有效和彻底地完成 SBR 的运行全过程。

⑤ 在反应池底部产生了高的 F/M 值,可使絮凝体细菌快速生物吸附有机物,缓慢生物降解的颗粒 COD 在厌氧条件下通过厌氧发酵产生更多的易生物降解 COD,易生物降解 COD 的存在对聚磷菌的内碳源的积累是有利的,这些积存下来的碳被用于在曝气阶段磷酸盐的吸收过程,因此会促进对磷的去除。

⑥ 进水/出水/沉淀阶段同时进行,使得 SBR 的循环运行更加高效,这是因为一些重要的生化反应都在同一时间内完成,因此也节约了沉淀和出水阶段的“非生产”时间。

3 工程实例

UniFed SBR 新型脱氮除磷工艺经过了小试、中试研究后^[1],现已成功地应用于实际污水处理厂中^[2],如澳大利亚新南威尔士州的巴瑟斯特市(Bathurst, NSW)生活污水处理厂自1998年10月起就采用了UniFed SBR工艺,证实了其运行效果。该厂的UniFed矩形池长为37 m,宽为12.5 m,高为3.1 m,有效容积为1 435 m³,处理水量为850 m³/d,水力停留时间为47 h,固体停留时间为23 d。图2列出了UniFed SBR每个周期中各阶段的运行时间。

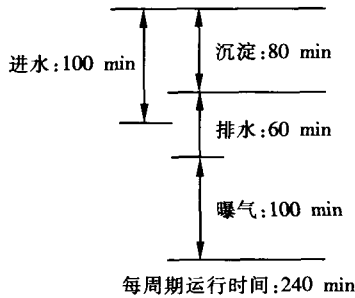


图2 UniFed SBR 每周期各阶段运行时间

Fig.2 Cycle times used in UniFed SBR operation

由于有部分工业废水的排入,该污水厂的进水COD、N、P浓度略高于澳大利亚典型的生活污水,其COD/TN可达10左右。在6个月的跟踪测试分析中发现平均进水COD、BOD₅、NH₄⁺-N、TN、TP、TSS分别为563、210、37、54.5、9.7、280 mg/L;平均出水COD、BOD₅、NH₄⁺-N、TN、TP、TSS分别为29、2、0.5、5、1、13 mg/L;对COD、氮、磷的去除率均高于90%。表1为1998年10月—1999年4月期间澳大利亚采用不同工艺的污水厂的典型出水水质。可见UniFed工艺在去除有机物及氮、磷等营养物质方面具有突出的优越性。

表1 采用不同工艺的污水厂的典型出水水质

Fig.1 Typical effluent quality of various wastewater treatment plants mg · L⁻¹

参数	连续流工艺	IDEA	UniFed SBR
BOD ₅	10	5	2
TSS	20	15	13
NH ₄ ⁺ -N	2	1	0.5
TN	20	7	5
TP	10	5	1

4 工艺特点及适用范围

与传统除磷脱氮技术相比,UniFed SBR工艺有许多优点:只有一个单一的池子;无循环流;不设额

外的池子或用隔板分区;无需加化学试剂;基建费用较低;占地、设备和运行费用比传统工艺少20%;运行操作灵活,除了总水力停留时间以外,其他运行参数均未完全固定。在其投产运行后可对整个循环中各个工序的运行时间进行调整和优化,使之适应由于昼夜交替或季节变化带来的水质或水量波动。

UniFed SBR工艺适用于中小型污水处理厂,可用于对市政污水和工业废水的处理,包括纺织厂、旅馆、办公室、医院产生的废水和食品、啤酒废水等,未来还可能应用于炼油、化工和矿物行业产生的废水。该工艺对原水的C/N要求较高(如Bathurst污水厂进水COD/TN为10左右),在一定的C/N范围内,原水的C/N越高则其除磷脱氮效率越高。

UniFed SBR工艺可分阶段建设,以适应城市的发展及其规划调整。

5 结语

UniFed SBR工艺可在单池中达到较高的除磷脱氮效率。进水分配系统的引入和新颖的运行策略使循环时间得到了100%的利用,缩短了沉淀和出水阶段的“非生产”时间,同时在反应器底部先后形成了缺氧和厌氧环境。与传统的连续流除磷脱氮工艺所要求的4~6个池子的系统相比,大大减少了基建投资,与间歇流工艺相比,可使系统进一步简化,不需额外的池子或独立的区,无循环,运行灵活。UniFed SBR工艺的主要缺点是运行操作较复杂,实现其时间上的自动控制并不难,关键是需要根据原水水质的变化对其进行模糊控制和智能控制。目前国内对UniFed SBR新型脱氮除磷工艺的运行参数、影响因素及其智能控制的研究尚属空白,国外的相关报道也不多,因此还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Keller J, Subramaniam K, Gösswein J, et al. Nutrient removal from industrial wastewater using single tank sequencing batch reactors[J]. Water Sci Technol, 1997, 35(6): 137-144.
- [2] Keller J, Watts S, Battye-Smith W, et al. Full-scale demonstration of biological nutrient removal in a single tank SBR process[J]. Water Sci Technol, 2001, 43(3): 355-362.