

# 生物膜工艺实现高效除磷的关键问题及技术路线

刘智晓<sup>1,2</sup> 崔福义<sup>1</sup> 王树涛<sup>1</sup> 赵志伟<sup>1</sup>

(1 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090; 2 首创爱华(天津)市政环境工程有限公司, 天津 300060)

**摘要** 目前工程实践中强化生物除磷(EBPR)仍以活性污泥工艺为主,生物膜工艺的EBPR还处于研究阶段。基于对生物膜实现EBPR基本条件的分析,提出了要实现生物膜EBPR至少要解决的三个问题:反应器构型的优化选择,运行模式的变换与运行周期的优化设定,以及要解决富磷污泥的排放与持留之间的矛盾问题。介绍了若干利用生物膜工艺实现EBPR的典型工艺路线及处理效果,以期为今后高效生物膜反应器EBPR的开发与研究提供借鉴。

**关键词** 生物膜 强化生物除磷 反应器构型 运行模式 淹没式固定床生物膜反应器

## Technical route and key problems in biological phosphorous removal by biofilm process with high efficiency

Liu Zhixiao<sup>1,2</sup>, Cui Fuyi<sup>1</sup>, Wang Shutao<sup>1</sup>, Zhao Zhiwei<sup>1</sup>

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Capital China Aihua (Tianjin) Municipal & Environmental Engineering Co., Ltd., Tianjin 300060, China)

**Abstract:** At present, activated sludge process plays a main role in enhanced biological phosphorous removal (EBPR) and the biofilm process is still under researching. Based on the systematical analysis of biofilm aiming at EBPR, it is proposed that three problems must be solved firstly. They are: adjusting the bioreactor configuration, transforming the operation mode and optimizing the operation period, and balancing the discharging and holding of the phosphorous-rich biomass. In this paper, some typical biofilm EBPR process routes and effectiveness are introduced aiming at giving some possible help for the developing and researching of high performance EBPR in biofilm reactor.

**Keywords:** Biofilm; Enhanced biological phosphorous removal(EBPR); Reactor configuration; Operation mode; Submerged fixed bed biofilm reactor

### 0 前言

目前,污水中磷的去除主要依靠悬浮生长活性污泥工艺生物除磷或化学除磷,而单纯利用生物膜法实现强化生物除磷(EBPR)的成功范例至今还不多见。相对于传统悬浮生长活性污泥工艺,生物膜工艺自诞生以来凭借其集约紧凑的占地、高效的除碳硝化性能及较低的污泥产率等特点而彰显优势,

构型各异的生物膜工艺一直是竞相追逐的热点研究领域,如曝气生物滤池(BAF)、流化床生物膜反应器(FBBR)、移动床生物膜反应器(MBBR)等,但是,利用生物膜工艺实现生物除磷的研究还很有限<sup>[1]</sup>,生物膜技术在实现EBPR方面一直面临挑战并因此遭受质疑<sup>[2]</sup>,如连续流淹没式生物膜系统,很多研究者认为,该工艺只能有效去除有机物及氨氮,但却不能有效除磷<sup>[3]</sup>;此外,固定床生物膜工艺在常规运行模式下难以实现高效生物除磷,须辅以化学除磷方能达

到严格的排放标准<sup>[4]</sup>,但化学除磷将产生大量的化学污泥并导致运行成本的提高,因此,如何提高生物膜工艺的除磷效能是摆在研究者面前的一个紧迫课题。

近些年,强化生物膜法除磷技术,如固定床生物膜工艺尝试通过运行模式的变换实现 EBPR<sup>[5]</sup>、生物膜与活性污泥的复合物工艺<sup>[6]</sup>等逐步得到了开发与应用,但是,这些改良式的生物膜工艺在实现 EBPR 方面仍然暴露出许多矛盾和弊端。如 BAF 为强化生物除磷而采用间歇运行模式,但这无疑为本已较为复杂的 BAF 控制回路又增加了控制系统上的复杂性;此外,如果反应器内部微生物主要以附着形式存在,那么要增强除磷效果必须加大排泥,这样势必导致生物膜上富磷污泥排放量与生物持有量之间的矛盾,同时,生物膜污泥排放量在实践中不像常规活性污泥工艺那样易于控制<sup>[7]</sup>。EBPR 对厌氧/好氧的交替环境有着极为苛刻的要求,与传统悬浮生长工艺不同,生物膜反应器中微生物主要以附着形式生长,要使其处于交替 A/O 状态则受时间和空间的制约,因此,要实现生物膜高效除磷将会面临很复杂的工艺难题,如反应器构型调整、运行模式优化及过程控制集成等一系列问题需要解决和优化。

## 1 实现生物膜除磷须解决的关键技术问题

### 1.1 EBPR 生物膜反应器构型的选择

要实现生物膜除磷,必须为生物膜上聚磷菌(PAOs)的富集提供厌氧/好氧或厌氧/缺氧的交替环境,同时在厌氧段要提供足够的快速降解有机物,为实现这个目的,有两种不同反应器构型可供选择:

一是若采用单一生物反应器实现除磷,则需要单一反应器内部顺序提供厌氧/好氧环境,如间歇曝气生物膜反应器(SBBR)或 FBBR,常见的反应器构型见图 1,固定床 SBBR 在厌氧段需要循环回流强化搅拌功能(见图 1a);FBBR 在中心筒升流区域曝气进行好氧吸磷过程,而在外环筒区域不曝气处于厌氧状态进行释磷过程(图 1b)。

二是采用两个(组)单独的生物反应器,即厌氧/好氧系统,生物载体在反应器内以悬浮流化状态存在,并使生物膜载体在 A/O 系统内实现回流循环,但问题关键在于能否顺利将富磷生物膜污泥适度剥落并排出系统,这在工程实践中目前还难以实现,同时要求同步脱氮除磷时还面临硝化液回流与污泥回

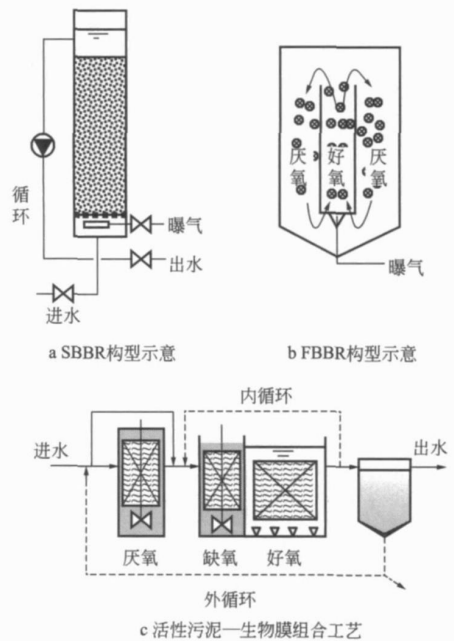


图 1 EBPR 生物膜反应器构型示意

流之间难以分离的矛盾。

单纯生物膜工艺很难真正意义上实现 EBPR,但复合工艺就完全有可能实现<sup>[2]</sup>,近些年涌现的/活性污泥-生物膜组合工艺(见图 1c)为实现高效生物除磷展现了前景,该工艺特点在于系统中微生物以悬浮(活性污泥)和附着(生物膜)两种形式存在,研究证明该技术可以实现高效脱氮除磷<sup>[6]</sup>。

### 1.2 实现运行模式的变换及运行周期的优化

可通过运行模式的变换及运行周期的设置使生物膜交替处于 A/O 环境,运行模式的变换可寻求通过时间或空间上的变换来实现,如采用间歇曝气/非曝气模式;或者通过周期性调整不同生物膜反应器之间的水流方向实现厌氧/好氧或厌氧/缺氧模式的顺序切换。

运行模式的转换可以强化对磷的去除效率。周健等人<sup>[8]</sup>对比研究了连续曝气和间歇曝气(曝气 1.0 h, 停曝 1.5 h)两种工况下折流式 BAF 的脱氮除磷效果,结论是连续曝气(气水比 5 B 1, HRT 为 8 h)模式下,TP 去除率最高只能达到 38.4%,出水 TP 无法达标,间歇曝气模式下 TP 能达到 5 城镇污水处理厂污染物排放标准 6(GB 18918) 2002) 的一级 B 标准,与连续曝气相比,间歇曝气对 TP 去除率提高了 20%~40%;顾丹亭等人<sup>[5]</sup>的研究也证明了间歇曝

气能强化常规生物滤池对磷的去除,他们对传统两级串联BAF运行模式进行了改良,在第二级BAF进行间歇曝气,曝气和停曝时间分别为2 h和1 h,系统采用好氧时段排水,厌氧时段不排水的间歇出水方式,试验发现,系统对TP的去除主要发生在采用间歇曝气的BAF中,其对TP的平均去除率为59%,系统对TP的去除率高达72%,当原水TP浓度为4.40~8.85 mg/L时,出水TP浓度为0.92~2.83 mg/L,平均为1.90 mg/L,表明曝气/间歇曝气两级生物滤池在保证对COD的去除效果前提下大大提高了系统的除磷率;类似的研究也发现间歇曝气模式可以解决传统BAF除磷率低的问题<sup>[9,10]</sup>。

上述的研究表明,可以通过运行模式的调整达到EBPR的目的,但这无疑在一定程度上增加了生物膜EBPR运行控制上的复杂性,而这种复杂性源于生物除磷对厌氧/好氧交替环境条件的苛刻要求,郑蓓等<sup>[11]</sup>采用厌氧滤池)间歇曝气生物滤池(IABF)组合生物膜工艺开展了生物膜除磷效能研究,厌氧滤池连续运行,两个IABF通过曝气控制实现A/O交替运行和连续流出水,并提出了/ACF0运行模式概念,但值得注意的是,ACF运行方式特点是需要周期性地排除厌氧富磷液并进行化学除磷,同时,在好氧段头1 h内还需要间歇曝气以改善出水水质,虽然该工艺对TP平均去除率达到85.2%,出水TP平均为0.59 mg/L,但笔者认为,周期性地排除厌氧富磷液虽然能延长反冲洗周期,但代价是需要辅以化学除磷,严格意义而言整个系统是生物和化学协同除磷,另外,由于采用了/ACF0模式运行,该生物膜组合工艺EBPR的过程控制也略显繁琐。

运行模式的转换还可以通过借助反应器间水流方向的切换实现EBPR目的。Falkentoft等人<sup>[12]</sup>推荐了利用生物滤池系统在连续流条件下实现反硝化和除磷的运行模式(见图2),进水首先到厌氧反应器(释磷),然后进缺氧反应器(以 $\text{NO}_3^-$ )N为电子受体吸磷),最后到好氧反应器(硝化),好氧反应器硝化液回流到缺氧反应器。反应器 $R_3$ 始终在好氧硝化模式运行,而反应器 $R_1$ 、 $R_2$ 通过硝化液交替回流实现厌氧/缺氧模式的交替切换,厌氧段进行释磷,缺氧段以硝酸盐为电子受体进行吸磷,从而实现脱氮除磷。

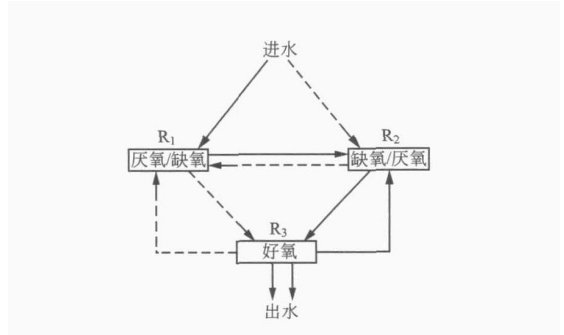


图2 利用生物滤池实现反硝化除磷的运行模式

Pak等人<sup>[13]</sup>利用两个串联的生物滤池实现了/低碳高磷0洗车废水的EBPR,途径是通过曝气/停曝切换及进水的转换,使得每个反应器内部出现交替的厌氧/好氧环境,当进水TP为12~28 mg/L时,对TP去除负荷可以达到 $25.4 \text{ g P/m}^3$ ,当HRT增加到8 h时,生物膜富磷污泥的P含量可以达到 $0.093 \text{ kg P/kg VSS}$ ,通过反冲洗去除富磷污泥从而实现生物滤池的EBPR。郑俊等人<sup>[14]</sup>也利用相似构型的两级串联BAF通过交替曝气及进水流向的切换实现了EBPR,结果表明,当交替曝气时间为12 h时除磷效果最好,对TP的去除率达到80.18%,在进水TP为3.13~4.91 mg/L时,平均出水TP为0.94 mg/L。

对于以SBR模式运行的固定床生物膜反应器,运行周期的合理设置可以直接影响生物膜内聚磷菌及其他相关功能菌群的活性及空间分布,并决定反应器的除污效能及动力消耗。有研究表明<sup>[15]</sup>,对于A/O模式下运行的淹没式生物滤池,厌氧周期设置长短对PAOs具有选择作用,当厌氧持续时间由3 h增加到6 h时,PAOs比释磷量可增加50%。Gieseke等人<sup>[16]</sup>利用微电极及荧光原位杂交技术(FISH)从微观尺度研究了SBBR同步脱氮除磷效能及微生物种群分布规律,研究表明,生物膜表层的好氧部分是硝化菌和PAOs的主要聚集区域,在此发生摄磷及硝化反应,因而存在对空间和溶解氧(DO)的竞争,因此,为了同时兼顾硝化效果,好氧段曝气时间应该足够长以保证PAOs和硝化菌对DO的需求;而Helness等<sup>[17]</sup>利用移动床SBR(KMT填料填充率53%)进行的研究发现,影响移动床SBR反应器EBPR的主要因素是厌氧周期,厌氧周期要足够长,以便可快速降解COD在厌氧条件下得到彻底去除,可见,不同的研究都表明运行周期对强化污

染物去除的重要性,因此,间歇模式下生物膜反应器运行周期模式的设定要针对工艺、水质特性及出水要求而优化确定。另外,有研究表明,反冲洗周期的设定对生物膜反应器除磷性能具有重要影响,研究表明,短周期的反冲洗比长周期对除磷更有利,短周期的反冲洗后生物膜活性恢复更快<sup>[10]</sup>。

### 1.3 解决富磷污泥的排放与持留足量生物浓度之间的矛盾

要实现生物膜工艺 EBPR,除了要解决上述两个关键问题外,还要实现富磷生物膜的有效、适度剥落并以剩余污泥形式适量排出系统。问题的关键在于:既要保证反应器持留足量的微生物量,又要将富磷、老化生物膜以剩余污泥形式及时排出系统,同时还要保证更新后的生物膜上菌群的代谢活性或实现活性的快速恢复。

传统活性污泥工艺可以根据工艺特性及出水要求,通过控制排放剩余污泥量实现对泥龄和 MLSS 的有效控制,但对于固定床生物膜工艺,则很难进行量化排泥控制,因为排出/剩余污泥的方式是通过反冲洗方式剥落生物膜和滤层截留杂质并将其洗脱出反应器实现的,排泥的数量很难准确控制。另外,常规生物滤池反冲洗也往往是迫于滤层达到了既定的过滤水头损失及更新生物膜要求而进行的,但在此基础上要考虑增加生物膜 EBPR 的要求,则反冲洗还要考虑如何适量排泥以满足生物膜系统除磷的要求,如何兼顾上述两方面要求目前还缺乏可靠的理论支持,研究也不多见。

对于移动床生物膜反应器,要实现生物膜厌氧/好氧过程的交替并使得富磷生物膜适度脱落而排出系统,目前实践上尚面临很大挑战,如 MBBR 工艺,其在除碳、硝化及反硝化方面具有优势,但是除磷目前最有效的办法是化学除磷<sup>[2,18]</sup>, MBBR 要实现 EBPR 面临的主要挑战是要解决生物膜载体随混合液回流与载体上富磷生物膜剥落并合理排泥之间的矛盾。

## 2 生物膜工艺实现 EBPR 典型工艺路线

### 2.1 活性污泥)生物膜复合工艺(IFAS)

如前所述,要实现单纯生物膜工艺 EBPR 在工程中实施起来还面临许多技术难题需要克服,而活性污泥法虽然实现 EBPR 相对容易,但是同步脱氮

除磷时存在除磷和硝化对 SRT 不同要求的矛盾,为此,将活性污泥与生物膜工艺进行耦合,将其相互影响和制约的因素分解,使不同的菌类生长在各自最佳环境条件下,因而使脱氮和除磷效果可以同时达到最佳,而且工艺的可控性增强<sup>[19]</sup>。典型的工艺如 HYBAS<sup>®</sup>,利用纤毛状生物膜除磷脱氮工艺(CNR 工艺)等。

IFAS 是极具发展前景的 BNR 工艺(Biological Nutrient Removal),IFAS 工艺的技术优势体现在其去除有机物和强化硝化反硝化<sup>[20]</sup>。但是通过工艺路线调整,即可实现同步脱氮除磷,工艺路线可有不同构型,列举其中一种 BNR 流程,见图 3,该工艺采用了 UCT/VIP 运行模式,在好氧区或缺氧区设置 Bioweb<sup>®</sup> 填料。中试系统试验表明<sup>[21]</sup>,在 IFAS 内可以成功实现 EBPR,研究显示,IFAS 内厌氧/缺氧/好氧各段污泥的分配与常规 UCT/VIP 活性污泥工艺不同,这归因于 IFAS 内设置 Bioweb<sup>®</sup> 填料后可以导致生物量在不同区域的重新分配,最明显的是厌氧区 MLSS 会低于常规 UCT/VIP 系统,而好氧段 MLSS 又高于常规工艺。

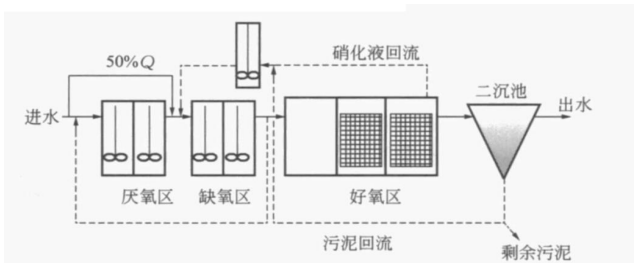


图 3 IFAS 的同步脱氮除磷工艺控制原理(UCT/VIP 流程)

第一座生产规模采用 IFAS 工艺的污水处理厂于 2003 年在美国科罗拉多州 Broomfield 县建成,污水处理厂采用了 HYBAS<sup>®</sup> 工艺,该工艺将 MBBR 与活性污泥工艺有机结合,在好氧池内填充了 48% 的 KMT<sup>®</sup> 生物填料,运行表明, HYBAS<sup>®</sup> 即使在较低的好氧泥龄(2~4 d)和水温下(12~14 e),该系统仍然显示出优异的硝化能力;全年在进水 TP 6.9~8.7 mg/L 时,出水 TP 基本能维持在 1 mg/L 以下<sup>[22]</sup>,2005 年的夏季,在进水 TP 达到 10 mg/L 时,通过 EBPR 出水 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ) P 可低于 0.5 mg/L<sup>[2]</sup>。

CNR 工艺也属于典型的泥膜复合工艺,CNR 是在常规活性污泥工艺好氧段设置纤毛状生物膜,好氧池中微生物以附着和悬浮两种生长方式存在,好

氧段生物膜上繁殖了大量自养菌,可以实现高效的硝化;另外,纤毛状生物膜的独特结构使得生物膜内部可发生同步硝化反硝化,增强了系统的脱氮性能;悬浮态活性污泥在厌氧/缺氧/好氧段循环,可以采用较低的SRT运行强化EBPR。北京方庄污水处理厂原有工艺为A/O工艺(见图4),改造工程采用了CNR工艺(设计规模4万m<sup>3</sup>/d),运行结果表明,CNR出水COD<sub>G</sub>、BOD<sub>5</sub>、SS、总氮、氨氮和总磷均达到GB 18918) 2002一级A标准<sup>[23]</sup>,出水水质见表1。

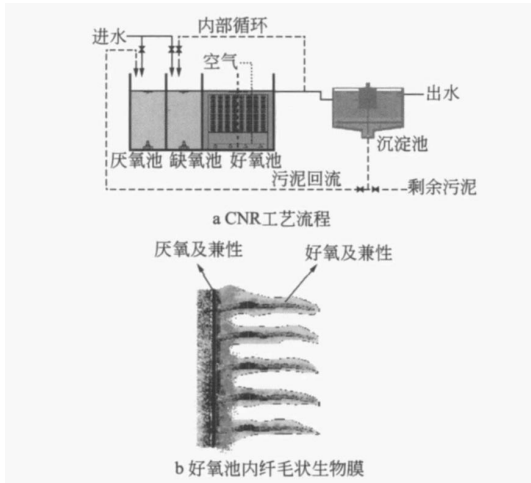


图4 CNR同步脱氮除磷工艺示意

表1 北京方庄污水处理厂CNR工艺运行效果<sup>[23]</sup>

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP
进水/mg/L	560	310	345	76	68	8.2
出水/mg/L	40.1	9.8	9.2	8.2	1.6	0.3
去除率/%	93	97	98	89	98	96

## 2.2 固定床生物膜工艺

目前的实践证实,通过工艺路线的调控,固定床生物膜工艺是完全可以实现EBPR的。以BAF为例,可采用SBR运行方式来实现EBPR;也可以采用多格BAF并联运行,每格BAF通过交替A/O状态的转换实现连续流模式下固定床生物膜反应器的EBPR。Goncalves等<sup>[24]</sup>采用了五格升流式BAF(见图5),一格BAF进水时处于厌氧状态,而其他四格BAF此时依次有两个区:缺氧区和好氧区,为了克服转换期间的水质恶化,在厌氧段结束后又设置了一个30min/过渡期进行曝气,以改善出水水质,反冲洗设置在好氧期结束。中试系统进出水水

质表明,当进水PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> )P平均为7.2mg/L时,出水PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> )P平均为1.1mg/L,TKN削减率可以达到90%,COD<sub>Cr</sub>、TSS也都获得了高的去除率。虽然该系统通过污水流向切换及运行模式的调整实现了EBPR,但是控制系统的复杂性也不容忽视。

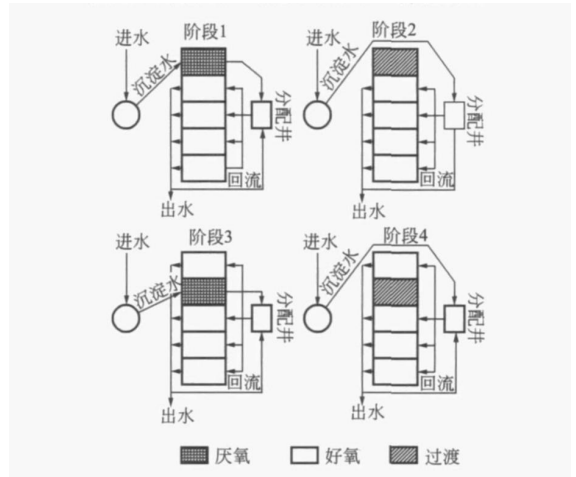


图5 五格BAF交替运行模式

## 3 结语

(1) 在生物膜反应期内可以实现EBPR,但实现EBPR关键需要突破三个制约瓶颈,主要是要选择适宜的反应器构型利于实现EBPR,解决运行模式转换及运行周期的合理设定以及实现富磷生物膜污泥的合理排放。

(2) 在生物膜工艺内实现EBPR,增加了运行控制复杂性,一定程度上削弱了生物膜法的技术优势。

(3) 活性污泥与生物膜的复合工艺解决了传统工艺在脱氮除磷上难于调和的矛盾,既能实现EBPR,又能实现高效硝化反硝化,可以采用短泥龄及较低的水力停留时间设计或运行,复合工艺无论是在新建污水处理厂还是原有工艺升级改造方面,都展示出了良好的发展和应用前景。

## 参考文献

- Li J, Xing X H, Wang B Z. Characteristics of phosphorus removal from wastewater by biofilm sequencing batch reactor (SBR). *Biochemical Engineering Journal*, 2003, (16): 279~ 285
- Rogalla F, Johnson T L, McQuarrie J. Fixed film phosphorus removal flexible enough?. *Wat Sci Tech*, 2006, 53(12): 75~ 81
- Wang B Z, Li J, Wang L, et al. Mechanism of phosphorus removal by SBR submerged biofilm system. *Wat Res*, 1998, 32(9): 2633~ 2638

- 4 Clark T, Stephenson T, Pearce P A. Phosphorus removal by chemical precipitation in a biological aerated filter. *Wat Res*, 1997, 31(10): 2557~ 2563
- 5 顾丹亭, 傅金祥, 李微. 曝气/间歇曝气两级生物滤池去除 COD 和 TP 研究. *中国给水排水*, 2007, 23(21): 70~ 72
- 6 Nam H U, Lee J H, Kim C W, et al. Enhanced biological nutrients removal using the combined fixed film reactor with bypass flow. *Wat Res*, 2000, 34(5): 1570~ 1576
- 7 Morgenroth E, Wilderer P A. Controlled biomass removal: the key parameter to achieve enhanced biological phosphorus removal in biofilm system. *Wat Sci Tech*, 1999, 39(7): 33~ 40
- 8 周健, 刘明月, 龙腾锐, 等. 折流式曝气生物滤池强化脱氮除磷效能的研究. *中国给水排水*, 2007, 23(23): 11~ 14
- 9 李强, 张学洪, 魏彩春, 等. 间歇曝气对曝气生物滤池影响的试验研究. *湘潭大学自然科学学报*, 2007, 29(3): 93~ 96
- 10 Arna P, Arnold E, Wilderer A. Enhanced biological phosphorus removal in a semi full-scale SBBR. *Wat Sci Tech*, 2001, 43(3): 167~ 174
- 11 郑蓓, 龙腾锐. 厌氧预酸化) 间歇曝气生物膜系统的生物除磷性能. *环境科学*, 2008, 29(5): 1127~ 1232
- 12 Falkentoft C M, Harremoës P, Mosbaek H, et al. Combined denitrification and phosphorus removal in a biofilter. *Wat Sci Tech*, 2000, 41(405): 493~ 501
- 13 Pak D, Chang W. Factors affecting phosphorus removal in two biofilter system treating wastewater from car washing facility. *Wat Sci Tech*, 2000, 41(405): 487~ 492
- 14 郑俊, 程晓玲, 汪荣. 交替曝气时间对两级生物滤池除磷的影响. *中国给水排水*, 2008, 24(23): 29~ 32
- 15 Goncalves R F, Rogalla. Optimising the A/O cycle for phosphorus removal in a submerged biofilter under continuous feed. *Wat Sci Tech*, 2000, 41(405): 503~ 508
- 16 Gieseke A, Arnz P, Amann R, et al. Simultaneous P and N removal in a sequencing batch biofilm reactor: insights from reactor and microscale investigations. *Wat Res*, 2002, 36: 501~ 509
- 17 Helness H, Å degaard H. Biological phosphorus removal in a sequencing batch moving bed biofilm reactor. *Wat Sci Tech*, 1999, 40(405): 161~ 168
- 18 Wang X J, Xia S Q, Chen L, et al. Nutrients removal from municipal wastewater by chemical precipitation in a moving bed biofilm reactor. *Process Biochemistry*, 2006, (41): 824~ 828
- 19 刘俊新, 丛丽, 王宝贞. 生物膜与活性污泥结合工艺脱氮除磷研究. *中国给水排水*, 2000, 16(12): 1~ 5
- 20 Sriwiryarat T, Ungkurate W, Fongsatitkul P, et al. Effects of dissolved oxygen on biological nitrogen removal in integrated fixed film activated sludge (IFAS) wastewater treatment process. *Journal of Environmental Science and Health*, 2008, 43(5): 518~ 527
- 21 Sriwiryarat T, Randall C W. Performance of IFAS wastewater treatment processes for biological phosphorus removal. *Wat Res*, 2005, 39: 3873~ 3884
- 22 廖足良. 采用 HYBAS<sup>®</sup> 工艺升级改造传统活性污泥工艺. *中国给水排水*, 2006, 22(12): 21~ 25
- 23 李春山. 利用纤毛状生物膜的除磷脱氮工艺-CNR 同步除磷脱氮工艺. 见: 全国中小城镇市政污水处理工程技术工艺高级研讨会论文集, 2005, 成都
- 24 Goncalves R F, Le Grand L, Rogalla F. Biological phosphorus uptake in submerged biofilters with nitrogen removal. *Wat Sci Tech*, 1994, 29(10011): 135~ 143

& 通讯处: 300060 天津市河西区卫津南路 21# 新金龙大厦北 401

电话: 13902031010

E-mail: water.china@163.com

收稿日期: 2008 - 09 - 05

修回日期: 2008 - 12 - 17

## 武汉市以管网建设为重点加快污水处理设施建设

武汉市确定污水收集管网建设先行的思路, 投入巨资在市区各主次干道建设完善了污水收集设施。2006 年与 2007 年共新建污水管网 57.38 km, 2008 年建设截污管渠总长 35.66 km。

根据城市规划, 武汉市及时调整/ 十一五期间污水收集系统建设计划, 将污水收集系统建设和城区规划建设相统一, 遵循老城区管网逐步建设改造、新城区道路管网按照雨污分流一次性配套的总体思路, 从 2006 年开始计划分四年规划建设 110 km 长的截污管渠, 将城区污水

全部截流到污水收集系统, 实现污水处理率 90% 以上的既定目标, 发挥污水处理厂的最大处理效率。老城区污水收集系统建设点多、线长, 建设中涉及到大量的拆迁、深基坑施工以及现有公路穿越问题。为了保证工程进度, 市政府将所有拆迁任务落实到单位, 责任到人, 形成整体合力, 累计拆迁面积达 2.7 万 m<sup>2</sup>。为了保证过境国道道路通畅, 全部采用顶管技术, 解决了多项技术难题, 累计完成顶管施工长度达 3.5 km。

(通讯员 许小平)