

AICS 工艺在不同循环系统条件下污泥分布试验研究

崔志峰¹ 王凯军¹ 吾理之²

(1 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 2 阿克苏市供排水公司, 阿克苏 843000)

摘要 针对目前城市污水处理工艺中的交替式运行工艺存在的污泥分布不均匀、容积和设备利用率低的问题, 结合新型 AICS 工艺, 分别在无内循环、开启部分内循环和完全开启内循环系统三种情况下进行污泥分布试验研究。结果表明: 完全开启内循环系统时, 各反应池的污泥分布趋于均匀化, 池容利用率提高到 0.71, 系统同时呈现推流式和完全混合式两种水力特点。

关键词 AICS 工艺 污泥分布 池容利用率 循环系统

Experiment and research on problem of sludge distribution in AICS process

Cui Zhifeng¹, Wang Kaijun¹, Wu Lizhi²

(1. Beijing Environmental Protection Research Institute, Beijing 100037, China;

2. Xinjiang Aksu Water Co., Aksu 843000, China)

Abstract: Aimed at the present problems arisen in the alternated internal cyclic system (AICS) for municipal sewage treatment, such as the asymmetric distribution of sludge, the lower utilizable ratio of volume and equipment, and combined with a new process of AICS, the experiment was carried out in three conditions of none internal circulation, partial internal circulation and full internal circulation. By analyzing the result of experimentation, it could be recognized that at case of full internal circulation the sludge distribution make more homogeneous, the utilizable ration of tank volume is increase to 0.71, both the push flow system and continuous stirred systems are presented.

Keywords: Alternated internal cyclic system; Distribution of sludge; Utilizable ratio of tank volume; Circulation system

1 污泥分布问题

目前我国城市污水处理普遍采用的工艺有活性污泥法、氧化沟工艺和 SBR 工艺等。从技术的角度而言, 与欧美发达国家水平相当, 但是由于我国的实际国情, 完全照搬国外工艺会造成一定程度上的浪费, 因此寻求一种投资和运行费用低的污水处理工艺成为关键^[1]。

传统活性污泥工艺是最早的城市污水处理技术, 稳定性高、操作简便的特点使之成为应用最为广泛的一种好氧生化处理技术。氧化沟工艺 (Oxidation Ditch) 是一种低负荷、延时曝气改进的活性污泥工艺系统, 但延时曝气方式增大了运行能

耗。丹麦 Kruger 公司开发的三沟氧化沟工艺, 省去二沉池可节省投资, 但其存在污泥分布不均匀, 容积及设备利用率低^[2]的缺点。

SBR 工艺以其操作灵活多变、占地面积小、省略沉淀池等特点, 在我国成为发展迅速的污水处理工艺之一。从经典 SBR、ICEAS、CASS 到 DAT-IAT 再到交替运行的 UNITANK 工艺和三沟氧化沟等, SBR 工艺不断改进。但无论如何变化, 其各种变形工艺均存在着一定问题。因为 SBR、ICEAS 和 CASS 为间歇式、变水位处理工艺, 这样就会给污水的连续运行带来一定困难; UNITANK 和三沟氧化沟工艺解决了间歇式运行和变水位的问题, 但

却带来了污泥分布不均匀的问题。所有的这些问题都会带来池容利用率低的问题。

交替式内循环活性污泥工艺 (Alternated Internal Cyclic System, 简称 AICS 工艺) 是由北京市环科院总结国内城市污水处理经验后, 自行研制开发的污水处理工艺。该工艺在 SBR 改进工艺基础上集氧化沟循环式推流的特点和活性污泥完全混合的特点于一体, 又继承了 SBR 变种工艺连续进水、连续出水、恒水位和交替式运行的特点, 并且从根本上克服了 UNITANK 工艺和三沟式氧化沟中污泥浓度分配不均匀的现象, 提高了池容利用率和处理效率。本文是针对 AICS 工艺的现场运行的污泥分布试验研究^[3]。

2 试验条件及方法

2.1 试验对象及条件

本试验研究地点在新疆阿克苏污水处理厂, 研究的对象为好氧 AICS 工艺。新疆阿克苏污水处理工程规模为 6 万 m³/d, 采用水解—好氧 AICS 工艺。进水水质 COD_{Cr} 300 mg/L, BOD₅ 150 mg/L, SS200 mg/L, 出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级排放标准。

试验期间处理水量为 2 100 m³/h, 由于在启动过程污泥浓度没有达到设计值, 该状态下平均污泥浓度只达到 960 mg/L, 低于设计平均污泥浓度, 但不影响对污泥分布运行规律的研究。后期平均污泥浓度升至 2 100 mg/L 左右。

AICS 工艺可分为 4 个主要运行阶段, 见图 1。阶段 A 和 C 为两个主工序, 阶段 B 和 D 是两个过渡工序, 它们的水流方向相反, 作用机理相同。

阶段 A 和 C: 污水从 1[#] 边池进入, 混合液通过 2[#]、3[#] 中间池, 到达 4[#] 沉淀池, 经澄清分离后排出。2[#]、3[#] 池末尾处有一部分混合液(按指示箭头) 分别回流至 1[#] 和 2[#] 池, 参与降解反应。

阶段 B 和 D: 1[#] 池停止进水, 开始静止沉淀。污水从 2[#] 池进入, 在 3[#] 池进行降解, 最后经 4[#] 池

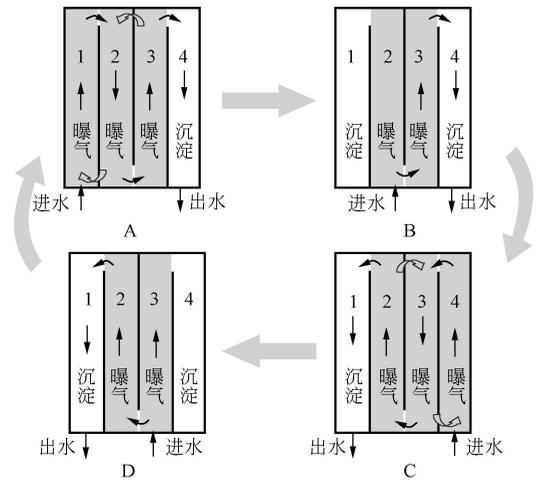


图 1 AICS 工艺运行模式示意

出水, 此时内循环系统关闭。

2.2 试验方法

对 AICS 分别在无内循环系统、开启部分内循环系统和完全开启内循环系统三种运行状态下研究污泥动态分布规律。不同状态下 AICS 工艺的测试条件见表 1。

为了研究各状态下的污泥分布规律, 分别在各状态下平均分布取样分析 MLSS, 每池间隔 24 m, 时间间隔 20 min。另外本测试试验只对曝气状态的反应池进行取样测定, 沉淀出水状态时的反应池不参与取样测定, 该反应池的污泥情况可由下一工序的污泥分布来推断。

3 试验结果及分析

3.1 污泥分布均匀问题

3.1.1 无内循环动力情形

无内循环系统时, AICS 工艺单个反应池的污泥分布与传统的推流式工艺类似, 但是此时工艺没有污泥回流, 必然造成系统前端污泥浓度较低, 池内污泥分布不均匀。主工序 A、C 对 AICS 反应池的污泥分布状况起主要作用(见图 2), 过渡工序 B、D 的影响并不大(见图 3)。

表 1 AICS 工艺运行周期及循环设备状态

运行方式	时间周期	内循环状态		
		边沟回流泵	中沟回流泵	边沟回流泵
无内循环系统	4 h 周期, 各阶段均为 1 h	关	关	关
开启部分内循环系统	4 h 周期, 各阶段均为 1 h	开	关	开
完全开启内循环系统	6 h 周期, 各阶段为 2 25 h, 0 25 h, 0 5 h, 2 25 h, 0 25 h, 0 5 h	开	开	开

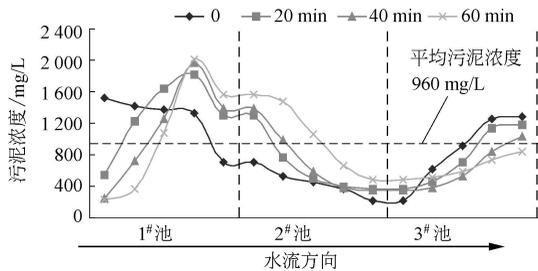


图2 阶段A污泥分布情况

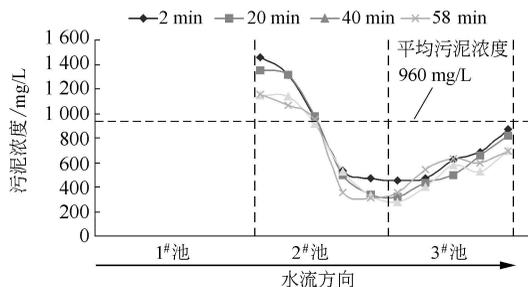


图3 阶段B污泥分布情况

阶段A和B中1[#]~3[#]反应池的污泥分布总体呈现不均匀的状况,各池间的污泥分布并没有随时间而发生太大的改变。而阶段C和D的分布结果与阶段A和B完全相同,因此由A、B两个阶段可以推断出整个系统在该状态下的污泥分布情况。

由图2和图3可以看到,系统呈现两侧污泥浓度高,中间污泥浓度低的分布情况,中间曝气池与两侧边池的污泥浓度比为0.55,池子间的污泥交换作用小,与UNITANK和三沟式氧化沟工艺污泥分布有些类似。这样污泥分布不均匀的情况必然会带来池容利用率降低和系统负荷分布不均匀的问题,进而影响到工艺的正常运行。

3.1.2 开启部分内循环系统情形

开启进水端边沟污泥回流泵后,系统获得部分循环动力,单个反应池中的推动力有所增强,并且有部分污泥混合液回流至前端污泥流失区。与无内循环系统相比,单池中污泥分布较均匀(见图4),参与降解的微生物比例增大,运行状况得到了一定改善。

首先,系统在20 min时就基本达到无循环系统60 min时的污泥分布状况,推流的作用特点有所增强。其次,系统运行过程形成的主流混合液(波峰)推进距离延长,各池间的污泥相互掺混作用得到加强。系统污泥浓度分布均匀化状况也有所改善,这是污泥相互掺混的结果。最后,中间曝气池与边池

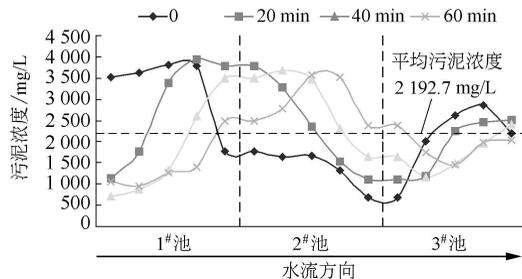


图4 沿池流动污泥分布情况

间的污泥浓度之比为0.83,其池容利用率达到0.6,与无内循环系统相比分别提高了近27%和9%。但仍然存在前面所述的问题。

3.1.3 完全开启内循环系统

完全开启内循环系统之后,在各反应池间形成了循环流动的水力流态,通过内循环系统不断地进行着污泥混合液的交换过程,与前两种情况相比,相邻池子间的污泥掺混程度明显加剧(见图5),各反应池间的平均污泥浓度分布趋于一致。

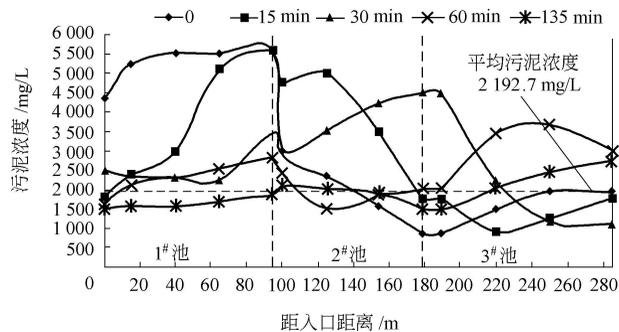


图5 沿池流动不同时间的污泥分布

与前两种情况对比可见,完全开启内循环系统时的中间曝气池与边池污泥浓度之比可达1.02,中间曝气池的污泥浓度还要稍高于边池的污泥浓度,由此计算所得的池容利用率为0.71。

综合上述三种各反应池的污泥分布情况(见图6),在逐步增大系统的循环动力后,各反应池的污泥浓度基本相等,污泥分布状况得到明显改善。因此,对于类似AICS这样一种交替式运行工艺,增加池子间的循环回流是必要的。它可以缓解交替式运行带来的系统污泥分布不均匀的现象,进一步提高好氧曝气系统的利用效率。

3.2 池容利用率问题

池容利用率就是指曝气状态下微生物量与总微

■ 关闭循环系统 ■ 开启部分循环系统 □ 完全开启循环系统

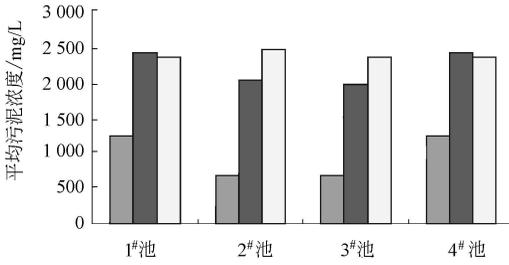


图6 不同循环动力下的污泥分布

生物量(曝气与非曝气状态之和)之比。其中,污泥浓度的变化(也即污泥分布均匀性的变化)将直接影响到池容利用率的大小 f_a 。

$$f_a = \frac{\sum_{i=1}^2 V_{si} X_{si} t_{si} + \sum_{i=1}^{n-2} V_{mi} X_{mi} t_{mi}}{\sum_{i=1}^2 V_{si} X_{si} t + \sum_{i=1}^{n-2} V_{mi} X_{mi} t} \quad (1)$$

式中 X_{mi}, X_{s1}, X_{s2} ——分别为中间曝气池、边池 1, 2 参与反应的平均污泥浓度, mg/L;

t_{si}, t_{mi}, t ——分别为边池、中间曝气池和一个周期的反应时间, h;

V_{si} ——边池的体积, m^3 ;

V_{mi} ——中间曝气池的体积, m^3 ;

n ——反应系统中反应池个数^[4]。

由此可见,提高池容利用率可以通过改变时间、容积和污泥浓度三个变量。如果池容确定之后,可以通过改变时间和系统的污泥分布状况来提高池容利用率。

提高周期时间,使 AICS 工艺的运行时间由 4 h 变为 6 h,使污泥混合液的推进距离继续延长。同时提高主次工序时间比,可以将池容利用率由原来的 0.51 提高到 0.63,增加了近 11%。

污泥分布的不均匀,影响到参与有机物代谢的微生物量,影响了污泥龄、产泥系数等与微生物相关的参数的计算,也会降低池容利用率。从三种不同试验结果来看,回流量的倍数越大,曝气池与边池的污泥浓度之比越高,池容利用率就越大,见表 2。

从以上分析可得,在无循环系统时,由于系统推动力严重不足,池容利用率仅为 0.51;在开启部分

表 2 不同循环状态下 AICS 反应器曝气池与边池污泥浓度之比

循环系统类型	无循环	开启部分循环	完全开启循环
曝气池与边池的污泥浓度之比	0.55	0.83	1.02
池容利用率	0.51	0.60	0.71

内循环系统增强动力后,池容利用率上升至 0.6;在完全开启循环系统之后,系统内的污泥分布趋于合理化,池容利用率逼近极值 0.71,系统的处理效果也有所改善。经计算,在完全开启内循环系统的状态下,其池容利用率要比无内循环系统时提高近 20%。

由此可见,污泥分布的均匀性影响着池容利用率的高低,池容利用率的下降会引起以下变化:处于曝气状态的污泥量有可能减少,容易造成设计污泥龄的偏差,引起产泥量的变化,导致污泥处理量的变化;曝气部分的污泥量减少,影响到脱氮或除磷效果;使交替式运行的好氧工艺偏离设计轨道,导致处理效率下降;设计的单位水量的投资和运行费用增高。

因此如何解决污泥分布的均匀性问题、切实提高池容利用率成为设计过程中的一个关键性问题。

3.3 水力流态问题

3.3.1 水流呈现很明显的推流特性

通过三种循环动力对比试验,发现 AICS 反应器系统表现出很好的推流特点,微生物反应的基质降解推动力大。对沿反应器流动进行基质浓度示踪监测发现,其基质降解曲线完全符合推流式反应器的降解规律。

另外,AICS 工艺则是通过相邻两池之间的循环回流形成类似于氧化沟的循环跑道的水力流态,从这个角度而言,AICS 工艺具有氧化沟工艺的水力学特征,也具有推流的特点(见图 7)。

3.3.2 具有完全混合式特点

系统各反应池顺次要经历两次峰值浓度变化,最终污泥浓度维持于 2 g/L 附近(平均污泥浓度为 2.192 7 mg/L),第一次波峰在推进过程中,其浓度值也在逐渐下降。这些都说明了系统运行过程中具有自身的调节与混合作用,使污泥逐渐趋于均匀化分布。由此可见,系统在波峰推流运行过程中,并未

表 3 三种循环模式下进出水水质及去除率

循环系统类型	流量 / m ³ /h	COD _{Cr}			BOD ₅			SS		
		进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%	进水/mg/L	出水/mg/L	去除率/%
无循环	2 053	221.84	96.43	56.53	110.59	26.23	76.28	110.53	36.19	67.26
部分循环	2 158	241.13	97.56	59.54	121.87	25.02	79.47	111	27.01	75.67
完全循环	2 047	261.96	49.81	80.99	145.33	17.57	87.91	165.5	41.29	75.05

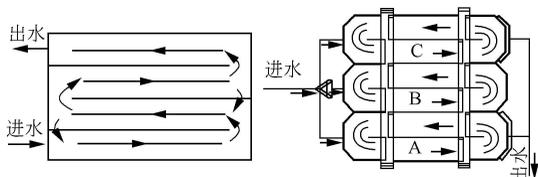


图 7 AICS 工艺与三沟式氧化沟水力流态对比

因污泥流失而造成部分区域微生物量的缺少(进而导致 F/M 过大),相反通过内循环系统来弥补污泥流失区域和削弱浓度波峰值,进而达到污泥的均匀分配,因此具有完全混合式的特征,进一步提高了系统的抗冲击负荷能力。

3.4 有机负荷问题

无内循环系统时,由于 AICS 工艺的结构决定了其较强的推流特性,污泥混合液随水流向系统后端移动,这样导致了池内各点污泥分布不均匀。污泥分布的不均匀就会引起系统内有机负荷分布不平衡,进而造成供氧不平衡,在很大程度上助长了丝状菌的生长,发生污泥膨胀现象。

在开启部分内循环系统时,缓解污泥分布不均匀状况,但仍未达到理想状态。

当完全开启内循环系统后,系统各点的回流增加,每一部分均会有系统后端的污泥补充,既可提高溶解氧浓度,又增加了回流点污泥浓度,成功解决了污泥分布不均匀的问题,使池内各点有机负荷均匀一致,有效地抑制了丝状菌的生长,同时系统表现出良好的推流特性。

从实际运行结果来看,系统微生物群体呈现多样性特点,微生物种群从低级的原生动物到较高一级的后生动物,尤其是钟虫类纤毛虫为原生动物的优势种群,与丝状菌一起附着在菌胶团上,构成了污水处理系统的微生态系,从而显示出系统较强的净化功能。

4 结论

在三种不同的循环模式下,分别测定一段时间的进水平均水质(见表 3)。

综合三种测试结果可知,随着系统循环动力增大,污泥分布也逐渐均匀化;随着主次工序的时间比例增大,污泥分布也更加合理化。所以,在三种运行状态下,以完全开启内循环系统时 AICS 工艺的系统污泥分布最接近理想化,系统的运行更趋于合理。该状态下各反应池之间污泥浓度分布基本一致,池容利用率达到理想化数值。工艺的推流式和完全混合的双重特点明显表现出来,工艺基质降解推动力大,微生物生长活跃,系统处理效率高,出水水质更好。

交替式内循环活性污泥(AICS)工艺通过增设内循环系统解决了交替式运行工艺(UNITANK 和三沟式氧化沟)存在的污泥分布不均匀带来的诸多问题,使池容利用率得到了较大的提高,达到降低投资和运行费用的目的,为类似的交替式处理工艺的设计和运行提供了参考建议。

参考文献

- 1 王凯军,贾立敏著.城市污水生物处理新技术开发与应用.化学工业出版社,2001
- 2 周律,钱易.浅议三沟式氧化沟的设计.给水排水,1998 24(1):6~9
- 3 崔志峰,王凯军,贾立敏,等.交替式内循环活性污泥工艺(AICS)的应用.中国给水排水,2004 20(9):56~58
- 4 王凯军.曝气、沉淀一体化活性污泥工艺设计方法和问题讨论.给水排水,1999 25(3):12~15

◎通讯处:100037北京市西城区北营房中街59号
 电话:(010)88362293-814 88361872
 E-mail:cuizhifeng@vip.sina.com
 收稿日期:2005-08-28
 修回日期:2006-04-23