

城市污水处理 ICEAS 工艺应用效果分析

居 华¹ ,江懋均²

(1.无锡市环境监测中心站 ,江苏 无锡 214023 ;2.无锡市环境科学研究所 ,江苏 无锡 214023)

摘要 :介绍 ICEAS 工艺在城市污水处理厂的设计应用 :工艺的确定、工艺流程及主要构筑物、主要技术经济指标 ,并对处理效果进行分析讨论。实践证明 ,该工艺具有占地小、工艺简单、处理效果好、运行稳定、适应性强、耐冲击负荷、剩余污泥少等优点。

关键词 :污水处理 ;ICEAS 工艺 ;曝气

中图分类号 :X703 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2007)S1-0100-03

城市污水一般采用二级生化处理 ,其工艺构成形式多样 ,从微生物生长载体形式分为活性污泥法、生物膜法等。从生化处理的具体形式分析 ,目前国内较普遍采用的有普通曝气法及其变型工艺、AB 法、标准 A/O 和 A²/O 法、氧化沟工艺和 SBR 工艺及其改良型 ,如 ICEAS 工艺、MSBR 工艺、UNITANK 工艺等。这些技术各有长短 ,很难说其中一种工艺具有绝对的优势。城市污水处理厂的工艺选择主要考虑进水水质和处理要求、处理规模和当地条件、处理工艺成熟度和可靠度等因素。

1 工艺的确定

无锡某城镇污水处理厂的来水由 70% 工业废水和 30% 生活污水组成 ,针对其排水水量及水质不均匀的特点 ,采用工艺应具备良好的耐冲击负荷能力。由于无锡地处江苏省太湖流域 ,污水处理厂工艺的选择须考虑脱氮除磷 ,因此具有耐冲击负荷能力强同时又有脱氮除磷功能的 SBR 工艺成为被优先考虑的工艺方案。

根据目前国情 ,于我中、小城市的污水处理厂(日处理污水量小于 1 万 m³)的建设 ,更适合选择 SBR 工艺^[1]。

SBR 工艺有很多种改良型工艺 ,各种 SBR 工艺的特点及适用范围见表 1^[2]。

ICEAS 工艺(间歇式循环延时曝气系统——设有前反应区的连续进水间歇排水工艺)是在 SBR 工艺基础上发展起来的 ,是 SBR 工艺的一种变型。具有脱氮除磷的效果 ,与其它 SBR 工艺相比具有处理流程简便、工艺灵活、操作简化、可抑制污泥膨胀、便于维护管理等优点。因此 ,该污水处理厂设计选用了 ICEAS 工艺。

2 工艺流程、主要构筑物和经济指标

2.1 工艺流程

该污水处理厂设计规模为 2 万 t/d ,设计采用 ICEAS 工艺 ,其工艺流程如图 1 所示。

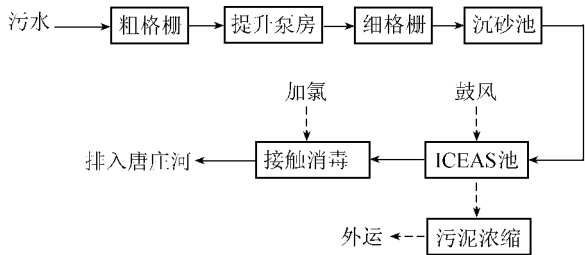


图 1 工艺流程

表 1 各种 SBR 工艺特点及适用范围

工艺名称	反应池分格	进水方式	是否回流	适用规模	工程实例
传统 SBR	单池、不分格	间歇交替进水	否	小型	沈阳采油厂
ICEAS	用隔墙分成预反应区和主反应区	连续进水	否	大、中型	昆明市第三、第四污水处理厂
DAT-IAT	用隔墙分成 DAT-IAT 池	连续进水	回流比为 200% ~ 400%	大、中型	天津开发区污水处理厂
CAST	分为选择区和主反应区	间歇交替进水	回流比为 20% ~ 35%	中、小型	镇江新区污水处理厂
UNITANK	用隔墙分成 3 池	间歇交替进水	否	中、小型	石家庄市经济开发区污水处理厂

作者简介 :居华(1973—),女 ,江苏无锡人 ,工程师 ,学士 ,从事环境科学研究和环境监测工作。E-mail :juhua321@sina.com

2.2 主要构筑物及设备参数

2.2.1 工艺设计参数

ICEAS 反应池是整个污水处理工艺的核心 ,它集初沉池、曝气池、沉淀池为一体 ,处理过程循环往复进行。ICEAS 反应池分预反应区和主反应区 ,反应池构造见图 2。

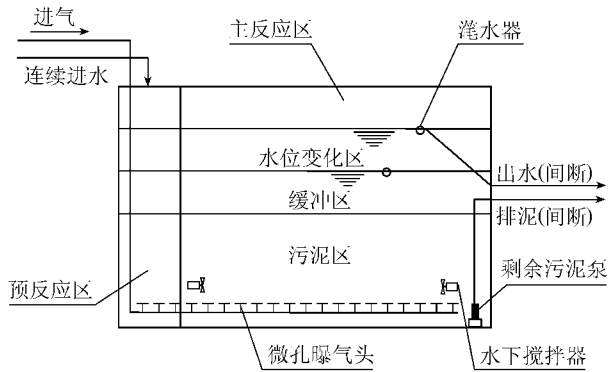


图 2 ICEAS 反应池构造示意图

ICEAS 反应池主要设计参数如下：
单座反应池设计流量 :1 万 m³/d ,共设二座反应池 ,总流量为 2 万 m³/d。
运行周期 6h ,其中搅拌 1 h ,曝气 3 h ,沉淀 1 h ,滗水 1 h。
污泥负荷 :BOD₅ 为 0.10 kg/(kg·d)
污泥质量浓度 3.2 g/L。

2.2.2 构(建)筑物

污水处理厂主要构筑物见表 2。

表 2 主要构(建)筑物

序号	名称	尺寸(m)	数量	结构形式	备注
1	闸门井及粗格栅	5.2×1.2×7.6	1	钢筋混凝土	地下
2	污水提升泵房	9.0×8.4×4.7	1	钢筋混凝土/框架	地下集水井 地上泵房
3	细格栅及沉沙池	15.1×0.8×2.36	1	钢筋混凝土	地上
4	ICEAS 反应池	60.0×30.45×5.0	2	钢筋混凝土	地上
5	鼓风机房	24.0×8.0×7.5	1	框架	地上
6	接触消毒池	27.0×8.5×4.5	1	钢筋混凝土	半地上
7	污泥井	4.5×4.5×4.0	1	钢筋混凝土	地上
8	污泥脱水机房	18.0×9.3×4.8	1	框架	地上
9	加氯间	16.2×6.0×4.1	1	框架	地上

2.2.3 设备

污水处理厂主要设备见表 3。

表 3 主要设备

序号	名称	主要技术参数	单位	数量	备注
1	粗格栅	XQ-800 型 ,B = 800 mm , b = 25 mm ,a = 75°	台	1	
2	细格栅	XQ-700 型 ,B = 700 mm , b = 10 mm ,a = 75°	台	1	
3	潜水排污泵	WQ2290-431 ,Q = 320 m ³ /h , H = 17 m ,N = 22 kW	台	5	4 用 1 备
4	双伞形曝气头	φ400	个	6640	
5	水下搅拌机	N = 11 kW	台	8	
6	滗水器	Q = 1 250 m ³ /h ,N = 2.5 kW	台	4	
7	污泥回流泵	WQ2120-201 ,Q = 65 m ³ /h , H = 8 m ,N = 3 kW	台	8	4 用 4 备
8	剩余污泥泵	WQ2155-410 ,Q = 15 m ³ /h , H = 7 m ,N = 0.75 kW	台	6	4 用 2 备
9	离心鼓风机	D70-61-1.5 ,Q = 70 m ³ /min , H = 5 m ,N = 90 kW	台	5	4 用 1 备
10	污泥井搅拌机	HRA-3800 ,N = 1.1 kW	台	1	
11	污泥脱水机	HJSP-50W ,N = 1.4 kW	台	2	1 用 1 备

2.2.4 技术经济指标

本工程总投资 7519 万元。运行成本为 0.66 元/m³ ,其中动力费 0.57 元/m³ ,药剂费 0.04 元/m³ ,人工费 0.05 元/m³。

3 处理效果分析与讨论

3.1 处理效果分析

该工程 2004 年 6 月投入试运行 ,目前运行状况良好。2006 年 1 月 ~ 9 月的实际进水和出水资料见表 4。污水处理厂设计进水和出水水质见表 5。

表 5 污水处理厂设计进、出水水质 mg/L

项目	ρ(COD)	ρ(SS)	ρ(NH ₃ -N)	ρ(TP)	ρ(BOD ₅)
设计进水	400	250	25	4.5	200
设计出水	60	20	10	1	20
设计去除效率/%	85	92	60	78	90

表 4 2006 年 1 月 ~ 9 月进、出水水质(平均值)

mg/L

时间	ρ(COD)		ρ(SS)		ρ(NH ₃ -N)		ρ(TP)		ρ(BOD ₅)	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2006-01	533	48	469	10	24.0	8.46	7.97	0.47	311	10.4
2006-02	433	38	56	9	34.3	15.5	4.05	0.24	79.1	3.4
2006-03	703	46	690	12	35.6	10.3	9.89	0.26	376	7.1
2006-04	619	47	438	12	37.8	7.92	7.90	0.30	245	6.8
2006-05	420	47	108	8	42.4	18.8	2.22	0.14	251	10.3
2006-06	487	44	68	8	36.3	16.8	2.73	0.15	297	10.4
2006-07	204	29	162	9	21.6	6.40	1.25	0.10	100	6.6
2006-08	302	45	206	11	71.9	6.93	2.21	0.50	177	14.8
2006-09	304	34	78	7	33.2	4.44	2.47	0.31	107	8.9
平均	445	42	253	10	37.5	10.6	4.52	0.27	216	8.7

表 6 验收监测结果统计

项目	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{SS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{石油类})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{动植物油})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	pH 值
设计进水	400	250	25	4.5	200	/	/	/	/
实际进水	375	202	19.5	1.94	184	31.4	/	/	/
设计出水	60	20	10	1	20	/	/	/	/
实际出水	46	7	3.03	0.42	9.7	11.6	0.33	0.47	6.86~7.35
设计去除效率/%	85	92	60	78	90	/	/	/	/
实际去除效率/%	87.7	96.5	84.5	78.4	94.7	63.1	/	/	/
排放标准	60	20	8(15)	0.5*	20	20	3	3	6~9

注 :TP 按该项目环评中水质控制标准执行。

由表 4、表 5 可见 ,进水水质波动较大 ,但整个污水处理系统耐冲击负荷能力较强 ,处理效果稳定、明显 ,出水各项指标中 COD、SS、TP、BOD₅ 的月平均值均达到 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级 B 类标准。五项污染指标月平均去除效率分别为 89.7%、93.1%、69.6%、91.9%、95.2% 均高于污水处理厂设计指标。但 NH₃-N 有 3 个月出现超标现象(当水温 > 12℃ 时 ,排放标准为 8 mg/L ,当水温 ≤ 12℃ 时 ,排放标准为 15 mg/L) ,从实际进水水质来看 ,COD、SS、TP、BOD₅ 的进水水质基本符合污水处理厂设计指标 ,而 NH₃-N 的平均进水浓度则高于设计指标 50% 以上 ,因此 ,提高脱氮效率成为该污水处理厂需要解决的问题。实际运行中发现 ,在水位、供风等条件相同的情况下 ,活性污泥浓度越大 ,对压缩空气产生的阻力越大 ,水中的 DO 值就越小 ,在污泥浓度超过一定范围后(如 6 000 ~ 7 000 mg/L)硝化反应的进行将由于 DO 值过低(如低于 1 mg/L)而变得很困难 ,从而影响出水氨氮的达标。但如果污泥浓度过低(如低于 2 000 mg/L) ,则也会同时影响氨氮的去除。因此 ,污泥浓度的有效控制 ,对污水的生化处理是极为重要的。经过一段时间的调整运行 ,将污泥浓度控制在 3 000 ~ 5 000 mg/L 的水平(DO 约为 2 ~ 4 mg/L) ,NH₃-N 出水浓度得到了很好控制 ,7 ~ 9 月份出水浓度稳定达标 ,8 月份 NH₃-N 去除效率达到了 90% 以上。

后经当地环保部门验收监测 ,结果见表 6。

环保部门验收监测结果表明 ,废水经处理后 ,出水各项主要污染物指标均达到了当地环保部门的排放标准及 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级 B 类标准。废水处理设施对 COD、SS、NH₃-N、TP、BOD₅ 的平均去除效率均高于设计去除效率要求 ,处理效果较为明显。

3.2 ICEAS 工艺特点

从以上分析可知 ICEAS 工艺具有如下特点 :①工艺简洁、布置紧凑 ,能大幅度节约占地和节约能耗 ;②多池并联组合 ,运行灵活 ,扩建方便 ;③泥龄

长 ,且污泥稳定 ,沉降脱水性能好 ,剩余污泥量少 ;④半静止状沉淀 ,表面水力和固体负荷低 ,沉淀效果好 ;⑤具有脱氮、除磷功能 ;⑥自动化程度高。本工程根据废水特点及场地小等实际情况 ,并结合以上特点确定 ICEAS 工艺作为主体处理工艺。

3.3 ICEAS 技术组成

ICEAS 技术主要由预处理段、生物处理段和后处理段组成。预处理段由格栅及沉沙池组成 ;生物处理段由 ICEAS 反应池组成 ,采用膜片微孔曝气器作为充氧手段 ,在主反应区内按程序周期运行 ;后处理段由泥处理系统组成。

a. 该污水处理厂采用平流式沉沙池 ,平流式沉沙池构造简单、处理效果好、工作稳定且易于排除沉沙。当废水流过沉沙池时 ,由于过水断面增大 ,水流速度下降 ,废水中挟带的无机颗粒将在重力作用下下沉 ,而比重较小的有机物则仍处于悬浮状态 ,并随水流走 ,从而达到从水中分离无机颗粒的目的。

b. 经过预处理的污水连续进入反应池前部的预反应区 ,在预反应区内污水中的大部分可溶性 BOD 被活性污泥微生物吸附 ,并一并从预反应区隔墙下部的孔眼以低速(0.03 ~ 0.05 m/min)进入主反应区^[3]。污水在主反应区内按照“搅拌、曝气、沉淀、滗水”的程序周期运行 ,使污水在反复的“好氧——缺氧”中完成去碳脱氮 ,在反复的“好氧——厌氧”中完成除磷。因此 ,ICEAS 反应池是连续进水而间断排水的。各过程的历时和相应设备的运行均由计算机自动控制。

3.4 污泥回流问题

传统 ICEAS 工艺无污泥回流 ,本工程 ICEAS 工艺中增设了活性污泥内部回流(将主反应区内的活性污泥回流至预反应区) ,预反应区内污泥浓度较高 ,DO 浓度较低(通过曝气头控制为缺氧型) ,具有 AB 法 A 段的吸附性质。污泥回流的设置有利于反应池污泥浓度的控制和提高预反应区的吸附作用 ,还可大大减少各反应池活性污泥系统的差异 ,方便生产控制。

(下转第 106 页)

[4] SHARMA V K , O 'CONNOR D B. Ferrate(V) oxidation of thiourea :a premix pulse radiolysis[J]. Inorg Chim Acta ,2000 , 31 :40-44.

[5] SHARMA V K. Ferrate(VI) oxidation of pollutants :a premix pulse radiolysis[J]. Rad Phys Chem 2002 65 349-355.

[6] DELUCA S J ,CHAO A C ,SMALLWOOD C. Removal of organic priority pollutants by oxidation-coagulation[J]. J Environ Eng- ASCE ,1983 ,109 36-46.

[7] WAITE T D ,GRAY K A. Oxidation and coagulation of wastewater effluent utilizing ferrate(VI) ion[C].//International Conference on the Chem for Protection of the Environment , 1984 :407.

[8] JIANG Jia-qian ,WANG S ,PANAGOULOPOULOS A. The ex- ploration of potassium ferrate(VI) as a disinfectant/coagulant in water and wastewater treatment[J]. Chemosphere ,2006 ,63 (2) 212-219.

[9] JIANG J Q ,YIN Q ,ZHOU J L ,et al. Occurrence and treatment trials of endocrine disrupting chemicals (EDCs) in wastewaters [J]. Chemosphere 2005 61(4) 544-550.

[10] GUISU P ,MYONGJIN Y ,HYUNOOK K ,et al. Comparison be- tween ozone and ferrate in oxidizing geosmin and 2-MIB in Wat[EB/OL]. [http://www.riverinstitute.com/conferences/ off-flavours/Documents/POSTER.2005-30-34](http://www.riverinstitute.com/conferences/off-flavours/Documents/POSTER.2005-30-34).

[11] GRAY K A ,WAITE T D. Coagulation and precipitation studies of the ferrate(VI) ion[J]. Abstr Pap Am Chem Soc ,1983 , 186 :48.

[12] LI W ,LI Y M. Use of ferrate pre-oxidation in enhancing the treatment of NOM-rich lake waters[J]. Water Science and Technology 2004 4(4) :121-128.

[13] DELUCA S J ,CHAO A C ,SMALLWOOD Jr C. Ames test of ferrate treated water[J]. J Environ Eng-ASCE ,1983 ,109 : 1159-67.

[14] 马军 ,刘伟 ,盛力 ,等 .腐殖酸对高铁酸钾预氧化除藻效 果的影响[J].中国给水排水 2000 ,16(9) 5-8.

[15] LEE C. Oxidation of humic substances by environmentally friendly oxidants iron(VI) and hydrogen peroxide[EB/OL]. 2005 .<http://wwwlib.umi.com/dissertations/preview/3164139>.

[16] MA J ,LIU W. Effectiveness and mechanism of potassium fer- rate(VI) preoxidation for algae removal by coagulation[J]. Water Research 2002 36 871-878.

[17] FUTABA K. Viral Inactivation By Potassium Ferrate[J]. Wat Sci Technol ,1995 31 :165-168.

[18] GILBERT M B ,WAITE T D ,HARE C. Analytical notes :an investigation of the applicability of ferrate ion for disinfection [J]. J Am Water Works Association ,1976 68 :495-497.

[19] VIRENDER K S ,FUTABA K ,HU J ,et al. Ferrates(iron(VI) and iron(V)) :environmentally friendly oxidants and disinfec- tants[J]. Journal of water and health 2005 03 45-58.

[20] LEE Y ,UM I H ,YOON J. Arsenic(III) oxidation by iron (VI)(ferrate) and subsequent removal of arsenic(V) by iron(III) coagulation[J]. Environ Sci Technol 2003 37 :5750 -5756.

(收稿日期 2006-11-02 编辑 高渭文)

(上接第 102 页)

3.5 污泥膨胀问题

ICEAS 反应池前段有一预反应区 ,即生物选择区 ,它的设立可较好地抑制污泥膨胀。污泥膨胀是由于丝状菌的过渡增长引起的 ,生物选择器是应用生物竞争的原理 ,在曝气池中造成某种有利于选择性发展菌胶团细菌生长的生态环境 ,使菌胶团细菌迅速增长 ,抑制丝状菌过渡繁殖 ,从而控制污泥膨胀。根据选择器内部运行条件不同 ,可分为好氧型、缺氧型和厌氧型 ,本工程采用缺氧型生物选择器。

3.6 消毒问题

氯消毒目前在水处理中仍得到较广泛的应用。氯(液氯)价廉 ,但有毒 ,腐蚀性很强 ,在运输、贮存和使用过程中 ,都须严格管理 ,存在一定的环境风险。氯消毒虽能较快地杀灭水中病菌 ,但消毒过程中会产生有害副产物。考虑到以上因素 ,厂方决定改用紫外线消毒技术。紫外线消毒设备易于安装 ,运行和管理都非常方便 ,更重要的是紫外线处理作为一种物理处理方法 ,不向水中添加新的物质 ,消毒后的

水中不会产生消毒副产物。

4 结 语

采用 ICEAS 工艺进行中、小型城市污水处理厂的设计是可行的。该工艺无污泥膨胀问题 ,工艺简单 ,运行效果稳定 ,出水水质良好。工艺占地小 ,剩余污泥量少 ,处理成本低 ,适应性强 ,运行方式灵活。本工程 ICEAS 工艺中设置了活性污泥回流 ,有利于控制反应池污泥浓度和提高预反应区的吸附作用 ,方便生产控制。

参考文献 :

[1] 黄儒钦 ,杨敏 .活性污泥法的发展及其工程选择[J].四川环境 2001 20(1) 27.

[2] 王维斌 ,吴凡松 .小型污水处理厂的设计[J].中国给水排水 2002 ,18(3) 57.

[3] 沈耀良 ,王宝贞 .废水生物处理新技术——理论与应用 [M].北京 :中国环境科学出版社 ,1999 :111.

(收稿日期 2006-12-29 编辑 徐 娟)