

小城镇污水处理的 SBR 运行模式

严素定¹, 陈玉成²

(1.湖北师范学院化学与环境工程系,黄石 435002; 2.西南大学资源环境学院,重庆 400716)

摘要:试验根据小城镇的现实经济状况,采用模拟配水研究了两种处理目标下 SBR 工艺处理小城镇污水的最佳运行模式。结果表明,综合考虑运行效率和运行成本,对于以 COD 去除为主要目标的小城镇来说,SBR 污水处理系统的最佳运行模式应为搅拌进水 60min、曝气 84min、沉淀 48min、排水为 36min、闲置 12min,每个运行周期为 240min。而对于以脱氮除磷为目标的小城镇来说,SBR 的最佳运行模式应为搅拌进水 60min、曝气 270min、停曝搅拌 120min、沉淀 120min、排水 30min,运行周期为 600min。

关键词:小城镇; 污水; SBR

中图分类号:X703.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-6504(2006)07-0089-03

小城镇污水主要是生活污水,其水质一般为COD<500mg/L,pH值6.5~7.5,BOD5<250mg/L,SS<500mg/L,含有一定的氮和磷且水质水量波动较大,可生化性好。随着大中型城市污废水的处理和日益重视,小城镇的污水处理已提上日程。现有的小城镇污水处理技术主要有好氧生物处理、厌氧生物处理、缺氧生物处理等三类,适合小城镇污水处理的工艺主要有传统活性污泥法、SBR法、氧化沟法、AB法、A²O法、生物滤池、蚯蚓生态滤池、生物接触氧化法^[1]。综合考虑小城镇自身的特点和各种处理工艺的适用范围及条件,SBR法在小城镇污水处理工艺中极具竞争力^[2-3]。考虑到目前小城镇污水处理的目标层次差异,本试验探讨了基于COD去除与基于脱氮除磷两种目标下SBR工艺的最佳运行模式。

1 材料与方法

1.1 活性污泥和试验配水

试验污泥采自某污水处理厂(氧化沟工艺)曝气池中的活性污泥;根据典型生活污水成分及排放标准^[4-5],试验污水以分析纯化学试剂配置,其成分及浓度见表1,测得水质为:COD200~450mg/L,TN30~40mg/L,NH₃-N10~20mg/L,TP5~10mg/L,pH7.0~7.8。试验水温25℃左右。

表1 人工配水方案

成分	浓度(mg/L)	功用
葡萄糖	360	提供碳源
可溶性淀粉	70	
尿素	32	
氯化铵	76	提供氮源
磷酸二氢钾	30	
磷酸氢二钾	5.3	提供磷源
氯化钠	35.5	
硫酸镁	38.8	
三氯化铁	0.075	

作者简介:严素定(1979-),女,硕士,从事环境工程微生物的研究,(电子邮箱)suediny@126.com。

1.2 试验装置

(1)自制 SBR反应器:四套相同规格的反应器并联,可同时运行且相互间不受影响,单个反应器有效容积为25L,尺寸为250mm×250mm×440mm。(2)全自动SBR反应器:一套,尺寸780mm×400mm×400mm,有效容积96L,用于驯化和培养活性污泥。(3)曝气装置:空气泵,粘砂块微孔曝气器,见图1。

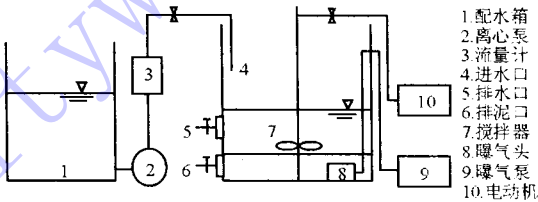


图1 试验装置

1.3 试验方法

(1)活性污泥驯化。按 BOD₅:N:P=100:5:1 的比例配置营养液,在全自动 SBR 反应器内驯化培养活性污泥。10d 后,观察到污泥呈浅黄色,镜检结果显示其中的原生动物大部分为钟虫和轮虫,SV₃₀为25%左右,表明污泥活性较高,已驯化成熟,可以进行 SBR 系统的稳定运行。

(2)试验方案。考虑到不同的受纳水体环境功能,设计了2种运行模式,对于三类以下的水域,COD是其主要控制指标之一,而对于三类以上的水域及相对封闭的水域(如湖泊、水库等),N、P是两个较为严格的控制指标。

基于COD去除的SBR运行模式:试验主要目的是降解有机物,去除COD,因此设定进水、曝气、沉淀、排水和闲置分别占整个运行周期的25%、35%、20%、15%和5%^[6],采用非均衡不完全设计共12种工况,分3组进行,第一组(A₁)周期为240min,第二组(A₂)为360min,第三组(A₃)为480min。在每组中,又分静止进水(B₁)、

曝气进水后加搅拌曝气(B₂)、搅拌进水加搅拌曝气(B₃)、搅拌进水加曝气(B₄)等4种方式,见表2。

表2 基于COD去除的SBR运行模式优化试验设计

工况	周期 (min)	进水 (min)	曝气 (min)	沉淀 (min)	排水 (min)	闲置 (min)
A ₁ B ₁	240	静止进水 60	曝气 84	48	36	12
A ₁ B ₂	240	进水+曝气 60	曝气+搅拌 84	48	36	12
A ₁ B ₃	240	进水+搅拌 60	曝气+搅拌 84	48	36	12
A ₁ B ₄	240	进水+搅拌 60	曝气 84	48	36	12
A ₂ B ₁	360	静止进水 90	曝气 126	72	54	18
A ₂ B ₂	360	进水+曝气 90	曝气+搅拌 126	72	54	18
A ₂ B ₃	360	进水+搅拌 90	曝气+搅拌 126	72	54	18
A ₂ B ₄	360	进水+搅拌 90	曝气 126	72	54	18
A ₃ B ₁	480	静止进水 120	曝气 168	96	72	24
A ₃ B ₂	480	进水+曝气 120	曝气+搅拌 168	96	72	24
A ₃ B ₃	480	进水+搅拌 120	曝气+搅拌 168	96	72	24
A ₃ B ₄	480	进水+搅拌 120	曝气 168	96	72	24

基于脱氮除磷的SBR运行模式: 试验的主要目的是脱除污水中的氮和磷,根据脱N除P的要求,将SBR的运行方式设计为搅拌进水、曝气、停曝搅拌、沉淀和排水^[7],设定4个工况。见表3。在不同进水COD浓度、TN浓度、NH₃-N浓度、TP浓度下,测定出水COD、TN、NH₃-N、TP浓度、SV₃₀、MLSS、SVI等指标。

表3 SBR脱氮除磷运行工况表

工况	周期(h)	时段分配(h)				
		搅拌进水	曝气	停曝搅拌	沉淀	排水
C ₁	8.5	1	4	2	1	0.5
C ₂	10	1	4.5	2	2	0.5
C ₃	12	1.5	5	3	2	0.5
C ₄	14	1.5	6	4	2	0.5

2 结果与讨论

2.1 基于COD去除的SBR运行工艺

每个周期进水15L,混合液为19L,将12种工况分为3组运行,运行结果见表4。

表4 COD去除工艺中各工况的运行结果

工况	SV ₃₀ (%)	MLSS(g/L)	SVI	C _i (mg/L)	C _e (mg/L)	η _{COD} (%)
A ₁ B ₁	24.0	4.39	54.67	434.34	33.78	92.22
A ₁ B ₂	22.0	4.38	50.23	434.34	27.03	93.78
A ₁ B ₃	24.0	4.34	55.30	434.34	28.96	93.33
A ₁ B ₄	24.0	4.28	56.07	434.34	25.10	94.22
A ₂ B ₁	21.0	3.70	56.76	352.80	17.64	95.00
A ₂ B ₂	21.0	3.75	56.00	352.80	26.07	92.61
A ₂ B ₃	22.0	4.01	54.86	352.80	21.56	93.89
A ₂ B ₄	22.0	3.73	58.98	352.80	24.50	93.06
A ₃ B ₁	22.0	4.19	52.51	359.92	34.05	90.54
A ₃ B ₂	20.0	3.75	53.33	359.92	23.35	93.51
A ₃ B ₃	23.0	4.11	55.96	359.92	33.07	90.81
A ₃ B ₄	22.5	4.01	56.11	359.92	29.18	91.89

注:C_i为进水COD浓度,C_e为出水COD浓度,下同

从表4可以看出,各运行工况出水COD均可达到国家污水排放标准(60mg/L)。进一步对各参数进行方差分析,发现在试验条件下,各运行工况仅对SV₃₀、

MLSS有影响,而对SVI、出水COD浓度及其去除率无明显影响,见表5。

表5 COD去除工艺的参数字方差分析

		SV ₃₀ (%)	MLSS(g/L)	SVI	出水 COD(mg/L)	η _{COD} (%)
周期	A ₁	23.5 a	4.35 a	54.07 a	28.72 a	93.39 a
	A ₂	21.5 b	3.80 b	56.65 a	22.44 a	93.64 a
	A ₃	21.87 b	4.02 b	54.08 a	29.91 a	91.69 a
方式	B ₁	22.33 ab	4.09 a	54.65 a	28.49 a	92.59 a
	B ₂	21.0 b	3.96 a	53.19 a	25.48 a	93.33 a
	B ₃	23.0 a	4.15 a	55.37 a	27.86 a	92.68 a
	B ₄	22.83 a	4.01 a	57.05 a	26.26 a	93.06 a

注:表中数值后的英文字母表示显著性比较结果

为了确定最优工况,以运行周期(以运行时间表示)、曝气量(以曝气时间表示)、出水COD浓度和COD去除率等4个指标作为决策变量。在这4个指标中,前2个反映运行成本,后2个反映运行效果。其中运行周期、曝气量、出水COD浓度为负向指标,COD去除率为正向指标。

为了消除量纲的影响,将各指标数值进行转换。

正向和负向指标分别按 $x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ 和 $x' = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}$ [8]

进行转换。然后以4个指标转换值的平均数作为综合指数进行评价,见图2,从图2可以看出,综合考虑运行成本和运行效果,则A₁B₄为最优工况(其综合指数为0.843),即运行周期240min,其中限制性曝气搅拌进水60min、曝气84min、沉淀48min、排水36min、闲置12min。

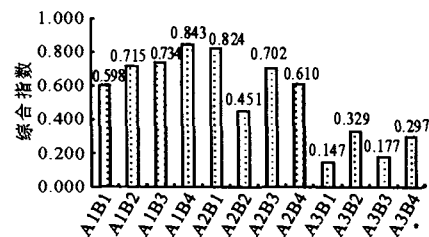


图2 COD去除工艺最优工况的确定

2.2 基于脱氮除磷的SBR运行工艺

每个周期进水20L,混合液25.4L,4种工况的运行结果见表6,并进一步计算污泥负荷。

为了确定最优工况,选取运行周期(以运行时间表示)、曝气量(以曝气时间表示)、出水COD浓度、COD去除率、COD污泥负荷、出水TN浓度、TN去除率、TN污泥负荷、出水NH₃-N浓度、NH₃-N去除率、NH₃-N污泥负荷、出水TP浓度、TP去除率、TP污泥负荷等14个指标为决策变量。在14个指标中,前2个反应运行成本,后12个反应运行效果。与COD去除工艺类似,经计算得出C₂为最优工况(综合指数为0.765),即运行周期为10h,其中搅拌进水1h,曝气4.5h,停曝搅拌2h,沉淀2h,排水0.5h。



表 6 脱 N 除 P 工艺中不同工艺的处理效果

周期 (h)	SV ₃₀ (%)	MLSS (g/L)	SVI		COD	TN	NH ₃ -N	TP
8.5	33	5.39	61.22	C ₁ (mg/L)	307.2	33.91	20.68	7.20
				C ₂ (mg/L)	35.90	11.17	6.20	0.52
				η (%)	88.31	67.06	70.02	92.81
				污泥负荷	0.1267	0.0140	0.085	0.0030
10	22	3.85	57.14	C ₁ (mg/L)	352.8	33.08	21.09	6.88
				C ₂ (mg/L)	47.04	5.17	4.34	0.71
				η (%)	86.67	84.37	79.42	89.68
				污泥负荷	0.1732	0.0162	0.0104	0.0034
12	19.5	3.98	48.99	C ₁ (mg/L)	414.96	34.12	18.20	7.86
				C ₂ (mg/L)	37.54	8.27	7.44	1.24
				η (%)	90.95	75.76	59.12	84.21
				污泥负荷	0.1642	0.0135	0.0072	0.0031
14	27	4.93	54.77	C ₁ (mg/L)	356.4	31.64	19.85	5.85
				C ₂ (mg/L)	29.7	5.79	4.14	0.86
				η (%)	91.67	81.70	79.17	85.28
				污泥负荷	0.0976	0.0087	0.0054	0.0016

3 结论

综合考虑运行效率和运行成本,对于三类以下的水域,COD 是其主要控制指标之一,其 SBR 污水处理系统的运行模式应为搅拌进水 60min、曝气 84min、沉淀 48min、排水为 36min、闲置 12min,每个运行周期为 240min。而对于三类以上的水域及相对封闭的水域(如湖泊、水库等),N、P 是两个较为严格的控制指

标,其污水处理的 SBR 运行模式应为搅拌进水 60min、曝气 270min、停曝搅拌 120min、沉淀 120min、排水 30min,运行周期为 600min。

[参考文献]

- [1] 周律,米金套,吴春旭,等. 中小城市污水处理投资决策与工艺技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [2] 杨鲁豫,王林,王宝贞. 适宜中小城镇的水污染控制技术[J]. 中国给水排水,2001,17(1):23-25.
- [3] 陈玉成,郑永华,严素定,等. 三峡库区重庆段小城镇污水处理现状及对策[J]. 中国给水排水,2004,20(5): 8-31.
- [4] 王光龙,蒋廉洁. 污水集中处理厂污水中金属(重金属)的分布[J]. 重庆环境科学,2002,24(5): 48-52.
- [5] 姚重华. 废水处理计量学导论[M]. 北京:化学工业出版社, 2002. 47-50.
- [6] 张统. 间歇式活性污泥法污水处理技术及工程实例[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [7] Ketchum E Rustrian. Biological nutrient removal in a SBR treating domestic wastewater[J]. Water Science Technology, 1999, 40(8): 25-32.
- [8] 陈玉成,吕宗清,李章平. 环境数学分析[M]. 重庆:西南师范大学出版社,1998.

(收稿 2006-01-19;修回 2006-03-13)