

# 泰安市污水处理厂处理城市污水的研究

吕玉珍<sup>1</sup>, 王强<sup>2</sup>, 王玉军<sup>1\*</sup>, 付菁<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 泰安市城市排水管理处, 山东 泰安 271000)

摘要: 本文详细阐述了AB工艺的原理及A<sup>2</sup>O工艺的特点。并就测得的数据分析了COD<sub>Cr</sub>与BOD<sub>5</sub>之间显著的线性关系; 对年间、季度间的COD<sub>Cr</sub>去除率进行方差分析, 结果表明 COD<sub>Cr</sub>年间去除率存在一定差异, 季度间去除率稳定; 通过比较TP与TN的去除率, 分析了具有脱氮除磷功能的A<sup>2</sup>O工艺在实际运行中存在的问题。

关键词: AB工艺; A<sup>2</sup>O工艺; COD; TP; TN  
中图分类号: F 293.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-2324 (2008) 04-0589-07  
收稿日期: 2007-07-19  
作者简介: 吕玉珍 (1983-), 女, 硕士, 研究方向为水处理技术。  
\*通讯作者: Author for correspondence. E-mail: wangyi@sdau.edu.cn

THE REASERCH OF AB CRAFT TREATMENT IN URBAN SEWAGE  
LV Yu-zhen<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>2</sup>, WANG Yu-Jun<sup>1\*</sup>, FU Jing<sup>1</sup>

(1. Shandong Agricultural University, Taian 271018, China, 2. Taian Municipal Drainage Administrative Office, Taian 271000, China)

Abstract: This paper expatiates on the principle of AB craft and the characteristics of A<sup>2</sup>O craft. On the measured data analysing the significantly linear relationship between BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub>; and conducting variance analysis of the COD<sub>Cr</sub> removal rate for years and quarterly, The results showed the COD<sub>Cr</sub> removal rate subsist a certain difference for years and the COD<sub>Cr</sub> removal rate is stabile for quarterly; By comparing the TN and TP removal rate, analyzing the existing problems of A<sup>2</sup>O process with the Nitrogen and Phosphorus removal function in the actual operation.

Key words: AB craft; A<sup>2</sup>O craft; COD; TP; TN

## 1 AB工艺原理

AB工艺的3大明显特征是: (1) 不设初次沉淀池, (2) A段和B段的污泥回流系统单独分开, 互不相混, (3) A段和B段分别在负荷相差极为悬殊的情况下运行[3]。

### 1.1 开放系统原理

AB法是二段活性污泥法的一种改进形式, 其工艺流程如图1所示。在AB工艺中, 整个系统分成负荷截然不同的A段和B段。A段在相当高的负荷下运行, B段负荷较低[4]。A段和B段采用单独回流的方式, 在A段和B段曝气池形成两种特性不同的微生物群落。A段对进水水质、水量、pH及毒物等具有很强的适应性, 能为其后面的B段创造一个良好的进水条件; B段则属于低负荷活性污泥法, 可以以多种不同的方式运行[5]。

污水的收集、输送和污水处理系统是城市污水系统的两个子系统。城市污水一般包括生活污水和工业废水两部分。水质分析表明, 城市污水中含有许多具有生命力的微生物, 这些微生物来自人和动物的排泄物和一些发酵工业排出的废液。人体连续排泄的粪便细菌中约有5%~15%能在好氧或兼氧条件下存活并繁殖, 不断诱导出活性很强的微生物群落。一般污水排放点到污水处理厂的连接管道(沟渠)长达几千米至几十千米, 这实际上是一个中间反应器, 在此中间反应器中进行着有机物的分解及微生物的适应、选择和生长繁殖过程。泰安污水处理厂运行中观察到的现象表明, 污水中存在大量已适应原污水的微生物, 这些微生物具有自发絮凝性。当它们进入A段曝气池后, 在A段原有菌胶团的诱导促进下很快絮凝在一起, 絮凝物的结构与菌胶团类似, 絮凝的同时絮凝物与原有菌胶团结合在一起而成为A段中污泥的组成部分, 这些菌胶团具有较强的吸附能力和良好的沉降性能。在传统的活性污泥法中, 由于设置了初次沉淀池, 使得这部分活性很强的微生物还未能在污水处理系统中发挥作用就被去除了。这是AB工艺不设初沉池的原因[6]。

图1 AB法工艺流程图  
Fig.1 AB Process chart

## 1.2 生物相分隔原理

污水生物处理中，微生物对有机污染物的去除作用是通过初期的快速吸附和生物代谢作用完成的。AB法中A段的水力停留时间仅为30 min左右，它充分利用了活性污泥的初期吸附作用，但AB工艺中这种吸附作用及其吸附能力的保持与吸附再生活性污泥法不同，后者在接触池内进行吸附，在曝气池中恢复其吸附能力，能耗并没有减少。AB工艺中的A段则无再生池，其吸附能力的保持取决于两个因素。其一是污水收集、输送系统中随污水进入A段的微生物源源不断地在A段中得到“活化”；其二是由于在A段中的泥龄较短，仅为0.3~0.5 d，因而快速增殖的微生物具有很强的吸附和絮凝能力。也就是说在AB工艺中A段内的微生物主要是由活性强、世代期短的原核生物组成，这是其在高负荷、短停留时间和短泥龄条件下运行的依据。而B段的生物相与A段的明显不同，主要是由世代期长、较高等的真核生物组成[7]。

## 1.3 A<sup>2</sup>O工艺原理

常规的AB工艺在脱氮除磷方面不及A<sup>2</sup>O工艺。因此，泰安市污水处理厂的B段采用A<sup>2</sup>O工艺，将两者结合起来形成A+A<sup>2</sup>O工艺[8]，提高了污水处理厂的出水和回用水的水质要求。

A<sup>2</sup>O工艺是目前较为流行的具有一定代表性的污水生物脱氮除磷技术。该工艺的生化部分由厌氧、缺氧、好氧三区组成。工艺流程如图2所示[9]。

**1.3.1 各反应器单元功能**

- ①厌氧反应器，原污水进入，同步进入的还有从沉淀池排出的含磷回流污泥，本反应器的主要功能是释放磷，同时部分有机物进行氨化。
- ②污水经过第一厌氧反应器进入缺氧反应器，本反应器的首要功能是脱氮，硝态氮是通过内循环由好氧反应器送来的，循环的混合液流量大，一般为2Q（Q—原污水流量）。
- ③混合液从缺氧反应器进入好氧反应器——曝气池，这一反应器单元是多功能的，去除BOD，硝化和吸收磷等各相反应都在本反应器内进行。这三项反应都是重要的，混合液中含有NO<sub>3</sub>-N，污泥中含有过剩的磷，而污水中的BOD（或COD）则得到去除。流量为2Q的混合液从这里回流到缺氧反应器。
- ④沉淀池的功能是泥水分离，污泥的一部分回流厌氧反应器，上清液作为处理水排放[10]。本工艺具有以下各项特点：a. 本工艺在系统上可以成为最简单的同步脱氮除磷工艺，总的水力停留时间少于其他同类工艺；b. 在厌氧（缺氧）、好氧交替运行条件下，丝状菌不能大量繁殖，无污泥膨胀之虞，SVI值一般小于100；c. 污泥中含磷浓度高，具有很高的肥效[11]。d. 运行中无须投药，两个A段只用轻缓搅拌，以不增加溶解氧为度，运行费用低。

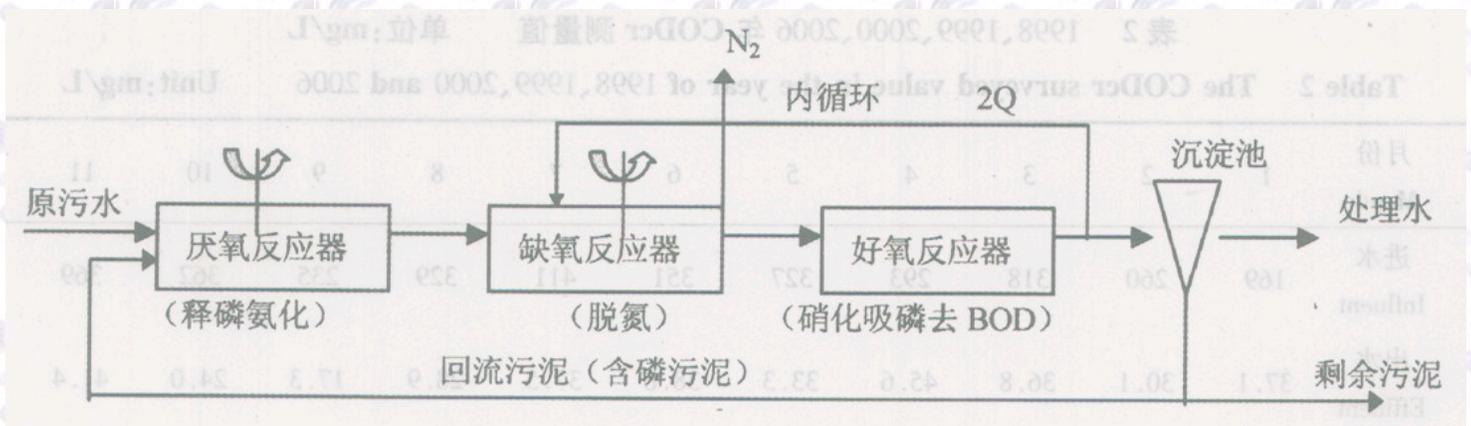


图2 A<sup>2</sup>O工艺流程图  
Fig.2 A<sup>2</sup>O process chart

## 2 数据处理与分析

### 2.1 进水COD<sub>Cr</sub>与BOD<sub>5</sub>之间的线性关系

以COD为自变量X，BOD为因变量Y，对进水COD与BOD进行线性回归计算可得：截距A=14.911，斜率B=0.2904，相关系数r<sup>2</sup>=0.8088。因此，回归直线方程为Y=0.2904X+14.911。

年份 Year	月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998	COD	169	260	318	293	327	351	411	329	235	362	369	489
	BOD	43.5	81.8	96.5	96.9	95.5	99.7	102	95.8	78.7	130	129	154
2000	COD	290	397	355	475	515	305	323	267	600	400	532	670
	BOD	98	112	130	149	153	140	102	102	224	164	157	244
2006	COD	-	291	557.5	708	-	669	359.3	646	-	-	385	412
	BOD	-	123	185.5	218	-	187	139	167	-	-	154	121

对相关系数 $r$ 进行显著性检验：当自由度 $\nu=N-2=30$ 时，查相关系数（ $r$ ）显著临界值表得 $r_{0.05}=0.306$ ，

$r_{0.01}=0.432$ ，实得 $r^2=0.8088 > r_{0.012}^2$ 。

检验结果表明：进水CODcr与BOD<sub>5</sub>之间的相关系数极显著，即CODcr与BOD<sub>5</sub>所建立的回归直线方程是极显著的，其可信度为99%以上。

明确CODcr与BOD<sub>5</sub>之间的线性关系，有非常重要的意义。如在监测中，测得进水CODcr的值以后，代入回归直线方程即可求得BOD<sub>5</sub>的大约值。根据大约值选择合适的稀释倍数，使测量过程简化，比实测值更为快捷，在运行控制中也发挥着重要作用。

## 2.2 CODcr去除率年间、季度间方差分析

F检验结果表明：CODcr去除率年间差异显著，季度间差异不显著。说明CODcr随年度变化随着年度进水水质差异存在一定的去除率差异；CODcr季度变化不明显，说明其受季节影响较小。而传统的活性污泥法受温度的影响显著，夏季温度高易产生污泥膨胀问题；冬季温度低生物活性低，CODcr去除率低。由此可见，在CODcr去除方面AB工艺明显优于传统的活性污泥法。

## 2.3 TP与TN去除率比较分析

以1998、2000、2006三年数据列表。

表2 1998、1999、2000、2006年CODcr测量值 单位:mg/L

Table 2 The CODcr surveyed value in the year of 1998、1999、2000 and 2006 Unit:mg/L

年份 Year	月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998	进水 Influent	169	260	318	293	327	351	411	329	235	362	369	489
	出水 Effluent	37.1	30.1	36.8	45.6	33.3	38.8	37.5	28.9	17.3	24.0	41.4	31.1
	去除率(%) Removal rate(%)	78.0	88.4	88.4	84.4	89.8	88.9	92.3	91.2	92.6	93.4	88.8	93.6
1999	进水 Influent	332	392	698	394	537	634	385	308	206	350	242	394
	出水 Effluent	39.0	52.0	51.3	54.2	99.9	64.1	32.6	30.3	23.7	38.7	26.4	59.1
	去除率(%) Removal rate(%)	88.3	86.7	92.7	87.8	81.4	89.9	91.5	90.2	88.5	88.9	89.1	85.0
2000	进水 Influent	290	397	355	475	515	305	323	267	600	400	532	670
	出水 Effluent	55.9	87.7	87.7	38.7	74.6	698	27.4	41.0	46	54.8	41.4	40.2
	去除率(%) Removal rate(%)	80.7	77.9	75.3	91.9	85.5	77.1	91.5	84.6	92.3	86.3	92.2	94.0
2006	进水 Influent	-	291	557.5	708	-	669	359.3	646	-	-	385	412
	出水 Effluent	-	60.4	126.4	63.9	-	81.7	46.9	59.5	-	-	57.4	46.9
	去除率(%) Removal rate(%)	-	79.3	77.4	91.0	-	87.8	87.0	91.8	-	-	85.1	88.6

根据表2数据列出表3。

表3 三年、四个季度CODcr去除率

Table 3 The CODcr removal rate in three years and four quarters

季度 Quarter	CODcr去除率(%) Copcr removal rate(%)				合计
	1998年	1999年	2000年	2006年	
1	84.9	89.1	78	78.4	330.4
2	87.7	86.4	84.8	89.4	348.3
3	92	91.1	89.5	89.4	362
4	91.9	87.7	90.8	86.9	357.3
总和 Total	356.5	354.3	343.1	344.1	T=1398

根据表3数据进行方差分析列出表4、表5、表6。

表4 年间方差分析结果

Table 4 The variance analysis result of different years

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	显著水平
Variance source	Suni of square	Degree of freedom	Even standard	F value	Significance level
年间 Annual	145.835	3	48.6117	4.865	0.0194
误差 Error	119.915	12	9.9929		
总变异 Total variance	265.75	15			

表5 年间字母标记表示结果

Table 5 The letter marker result of different years

季度	均值	5%显著水平	1%极显著水平
Quarter	Average value	5% Level of significance	1% Nonconstant significance level
3	90.5	a	A
4	89.325	a	AB
2	87.075	ab	AB
1	82.6	b	B

表6 季度间方差分析结果

Table 6 The variance analysis result of different quarters

变异来源	平方和	自由度	F值	显著水平
Variance source	Suai of square	Degrea of freedom	F Value	Significance level
季度间 Quarterly	35.54	3	0.618	0.6168
误差 Error	230.21	12		
总变异 Total variance	265.75	15		

表7 1998、2000、2006年TP值 单位: mg/L

Table 7 The TP numerical value of 1998、2000 and 2006 Unit:mg/L

月份 Month	1998年TP			2000年TP			2006年TP		
	进水	出水	去除率(%)	进水	出水	去除率(%)	进水	出水	去除率(%)
	Influent	Effluent	Removal rata(%)	Influent	Effluent	Removal rate(%)	Influent	Effluent	Removal rata(%)
1	3.92	1.93	50.8	3.66	0.97	73.5	-	-	-
2	4.92	2.32	52.8	5.36	2.32	56.7	5.54	1.07	80.7
3	5.61	1.93	65.6	4.49	1.16	74.2	8.4	1.5	82.1
4	4.5	1.86	58.7	6.81	1.38	79.7	-	-	-
5	6.84	2.84	58.5	5.87	1.9	67.6	-	-	-
6	6.13	2.88	53	5.37	2.44	54.6	5.46	0.755	86.2
7	8.73	2.28	73.9	4.23	1.96	53.7	9.1	0.482	94.7
8	7.32	2.01	72.5	3.95	1.01	74.4	17	0.831	95.1
9	6.26	2.61	58.3	7.46	2.18	70.8	-	-	-

10	8.48	2.36	72.2	6.82	1.35	80.2	-	-	-
11	5.9	1.74	70.5	6.73	1.42	78.9	8.31	0.490	94.1
12	4.43	1.35	69.5	8.53	2.06	75.8	3.22	0.547	83.0
平均 Average value	6.09	2.18	63	5.77	1.68	70	8.15	0.811	90.0

由表7和表8可以看出1998年当进水TP为3.92-8.73 mg/L, 均值6.09 mg/L, 出水波动于1.35-2.88 mg/L, 均值2.18 mg/L, 相应的TP去除率较高, 在50.87-73.9%之间变化, 均值为63%; 当进水TN为35.24-46.2 mg/L, 均值39.49 mg/L, 出水波动于21.36-28.19 mg/L, 均值24.77 mg/L, 相应的TN去除率较低, 在27.0-45.4%之间变化, 均值37%。

2000年当进水TP为3.66-8.53 mg/L, 均值5.77 mg/L, 出水波动于0.97-2.44 mg/L, 均值1.68 mg/L, 相应的TP去除率较高, 在54.6-80.2%之间变化, 均值70.0%; 当进水TN为29.08-46.57 mg/L, 均值36.88 mg/L, 出水波动于21.63-32.5 mg/L, 均值25.97 mg/L, 相应的TN去除率较低, 在13.7-45.6%之间变化, 均值仅为27.4%。

2006年当进水TP为3.22-9.1 mg/L, 均值8.15 mg/L, 出水波动于0.482-1.5 mg/L, 均值0.811 mg/L, 相应的TP去除率最高, 在80.7-95.1%之间变化, 均值90.0%; 当进水TN为46.9-77.7 mg/L, 均值55.54 mg/L, 出水波动于30.2-54.1 mg/L, 均值42.26 mg/L, 相应的TN去除率较低, 在4.0-37.7%之间变化, 均值仅为23.9%。

总体看来A<sup>2</sup>O工艺脱氮除磷效果尤其是除磷效果优于传统的活性污泥法。传统的活性污泥法脱氮效率仅为20-30%, 除磷效果更差。1998、2000、2006年泰安市污水处理厂TP平均去除率分别为63%、70%和90%, 明显高于传统活性污泥法。1998年TN平均去除率为37%, 高于传统活性污泥法, 2000年TN平均去除率仅为27.4%, 2006年TN平均去除率仅为23.9%, 与活性污泥法相差不大。

表8 1998、2000、2006年TN值 单位: mg/L

Table 8 The TN numerical value of 1998、2000 and 2006 Unit:mg/L

月份 Month	1998年TN			2000年TN			2006年TN		
	进水	出水	去除率(%)	进水	出水Effluent	去除率(%)	进水	出水	去除率(%)
	Influent	Effluent	Removal rata(%)	Influent		Removal rate(%)	Influent	Effluent	Removal rata(%)
1	35.24	25.72	27	29.08	21.68	25.4	-	-	-
2	39.54	28.19	28.7	29.78	21.63	27.4	49.5	46.9	5.3
3	44.37	27.21	38.7	33.41	24	28.2	49.9	47.9	4.0
4	38.13	27.67	27.4	40	25.54	36.2	-	-	-
5	38.9	23.23	40.3	35.3	25.67	27.3	-	-	-
6	36.35	24.27	33.2	40.84	32.5	20.4	60.6	50.3	17.0
7	39.1	21.36	45.4	33.06	28.06	15.1	77.7	54.1	30.4
8	35.3	21.5	39.1	35.25	24.83	29.6	56.2	35.0	37.7
9	37.19	22.92	38.4	46.57	25.35	45.6	-	-	-
10	46.2	25.74	44.3	36.64	24.89	32.1	-	-	-
11	38.43	23.45	39	45.04	31.38	13.7	46.9	31.4	33.0
12	45.1	25.98	42.4	37.54	26.12	28.3	48.0	30.2	37.1
平均 Average value	39.49	24.77	37	36.88	25.97	27.4	55.54	42.26	23.9

为更清晰的看出TP与TN去除率之间的差别, 对1998、2000二年的TP、TN去除率进行比较如图3所示。

由TP与TN去除率比较图可以看出1998、2000二年TP去除率较高, 都在50%以上, 明显高于TN的去除率。二年TN的去除率均偏低, 都在50%以下, 1998年优于2000年。

### 3 讨论

脱氮除磷效果较好的A<sup>2</sup>O工艺, 在实际运行中为何脱氮效果并不是很好。可能存在的原因: ①好氧反应器曝气强度不够, 缺少硝化反应的溶解氧, 从NH<sub>4</sub>-N到NO<sub>3</sub>-N的转化不完全。②缺氧反应器中有机物浓度偏低, C/N比值过小, 缺少反硝化的碳源。③内循环量过小, 好氧反应器中的NO<sub>3</sub>-N只有少部分参与了反硝化过程。④好氧区出水溶解氧水平比较高, 致使回流液中携带的大量溶解氧进入缺氧段, 使缺氧程度不充分, 影响了反硝化反应的正常进行。⑤排除的剩余污泥处理不及时, 结合入细胞的有机氮最终水解和氨化, 重新将NH<sub>4</sub><sup>+</sup>释放出来。⑥缺氧区活性污泥泥龄过长, 不利于异氧兼性细菌的生存, 影响反硝化速率; 好氧区泥龄过短, 不利于自养型细菌的生存, 影响硝化速率。⑦缺氧反应器搅拌不充分, 产生的N<sub>2</sub>释放速度太慢。

对以上可能出现的问题, 建议采取: a. 控制好氧区曝气强度在一定的范围内。b. A段的BOD<sub>5</sub>去除率在适当的范围内不宜过高, 同时宜将BOD/N的比值控制在偏保守的范围内(如≥5)。c. 内循环量控制在2Q左右。d. 及时排泥。

e. 增加好氧段泥龄，创造亚硝酸细菌的最适宜生长条件，增加此类菌的数量，以便于硝化过程顺利进行[8]。缩短缺氧区泥龄，提高反消化速率。f. 增强缺氧段搅拌强度，使产生的 $N_2$ 迅速释放出来。

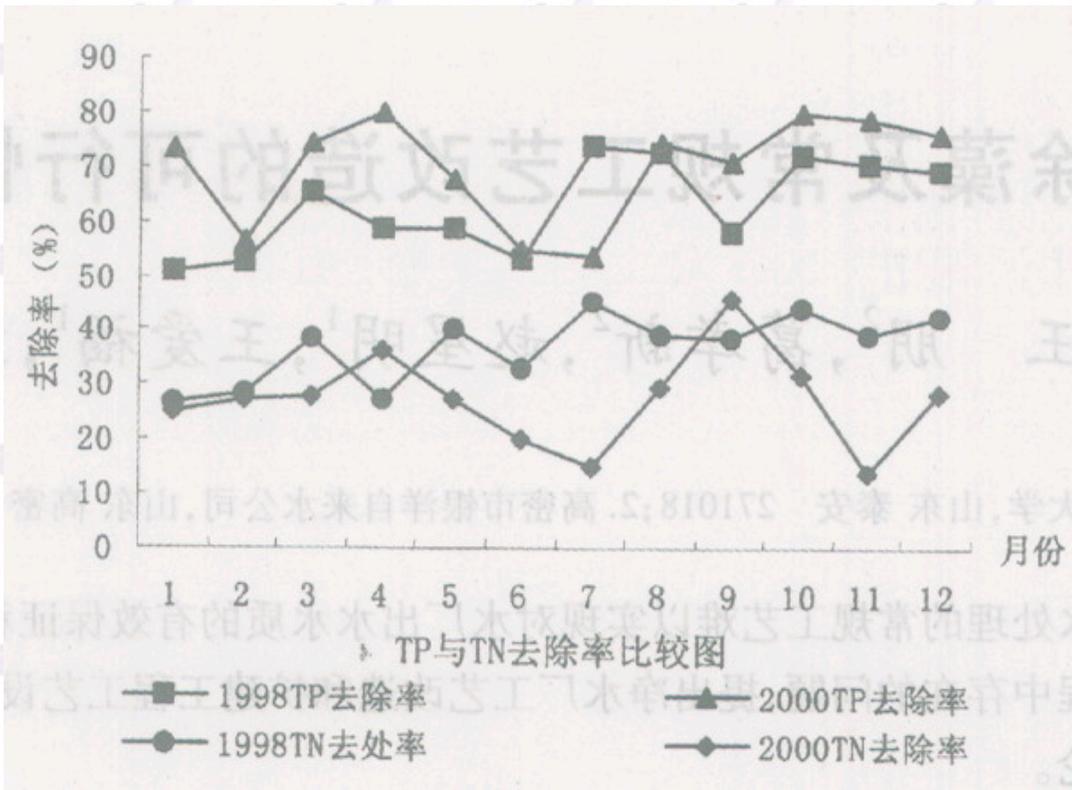


图3 TP与TN去除率比较图

Fig.3 The comparison of TP and TN

#### 4 AB工艺的局限性

AB工艺：对于处理城市污水来说，即使进水中的有机物全是易降解的也难以满足AB工艺脱氮除磷的要求。AB法工艺的A段对 $BOD_5$ 、COD的去除率可高达60%~70%，在这种情况下，将B段改进为生物脱氮系统时，很可能面临碳源不足的问题。解决碳源不足的方法一般有两种：一是从系统外补加碳源。可投加甲醇或选择含易生物降解COD组分高的工业废水与城市污水混合；二是从系统内部寻找碳源，可采取的措施包括：(1)将污泥消化液回流至B段。(2)调节A段运行，降低对 $BOD_5$ 、COD的去除率，若原污水有机物浓度较低，还可超越A段，污水直接进入B段改进的脱氮除磷系统等[1]。因此，泰安市污水处理厂的B段采用 $A^2O$ 工艺，将两者结合起来形成 $A+A^2O$ 工艺。

#### 5 结论

通过对进水CODcr与 $BOD_5$ 的线性分析，结果表明CODcr与 $BOD_5$ 之间有极显著的线性相关性，其可信度在99%以上。

CODcr去除率年间、季度间方差分析结果表明，AB法工艺处理污水，CODcr去除率高，且比较稳定，随年间由于进水水质的变化存在一定差异，季度间变化不明显。

通过TP与TN去除率比较，可以看出， $A^2O$ 工艺脱氮除磷效果尤其是除磷效果明显优于传统活性污泥法，但在实际运行中脱氮效果不是很理想。

克服运行中脱氮方面存在的问题，提高脱氮效率是有必要的。

总之，AB工艺处理污水，处理效率高，污染物去除种类多，运行稳定，优于传统活性污泥法。 $A^2O$ 工艺在氮磷脱除方面存在优势，但要解决运行中出现的问题。

#### 参考文献

[1] 何国富, 华光辉, 张波. AB法工艺的水处理功能及其局限性 [J]. 青岛建筑工程学院学报, 2001, 22(1): 69-71  
 [2] 孙迎雪, 武福平, 徐栋. 气浮-AB工艺处理食品加工废水 [J]. 工业用水与废水, 2004, 35(8): 68-69  
 [3] 黄建峰. AB工艺在城市污水处理中的应用前景 [J]. 甘肃环境研究与监测, 1999, 12(2): 104-105  
 [4] 张志刚, 孟广明, 刘志强, 等. AB法污水处理工艺的特点及技术管理 [J]. 青岛建筑工程学院学报, 2003, 24(3): 57-59  
 [5] 黄建峰. AB活性污泥法污水处理技术的消化和创新 [J]. 广州化工, 2003, 32(3): 18-20  
 [6] 林宏伟, 刘爱兰. AB法处理黄姜-皂素生产废水的研究 [J]. 邵阳师范高等专科学校学报, 2006, 26(6): 47-50  
 [7] 施万胜, 李燕, 张雁秋. AB法工艺优化脱氮除磷的探讨 [J]. 中国环保产业, 2005, 3: 29-31

[9] WANG Xiaolian, WANG Shuying. Anoxic Biological Phosphorus Uptake in A<sup>2</sup>/O Process. PENG Yongzhen [J]. Chinese J. Chem. Eng., 2005, 13 (4) : 516 - 521

[10] 魏庆芝. A<sup>2</sup>/O 工艺处理氨纶废水的应用研究 [J]. 江苏环境科技, 2006, 19(5): 30-33

[11] 周斌. 改良型A<sup>2</sup>O工艺的除磷脱氮运行效果 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(7): 46-48

[返回](#)