

兼氧-AB 工艺处理屠宰废水工程性试验 及其微生物学特性研究

郑丹丹 陈玉谷 万秀林

(中国科学院成都生物研究所, 成都 610041)

摘要 废水处理试运行期间, 兼性厌氧调节池负荷率平均为 $0.50 \text{ kg COD}_{\text{Cr}} / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$, COD_{Cr} 去除率 31.15%; A 级污泥负荷 B_{Ts} 平均为 $4.78 \text{ kg BOD}_5 / (\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$, COD_{Cr} 去除率 53.37%; B 级 B_{Ts} $0.73 \text{ kg BOD}_5 / (\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$, COD_{Cr} 去除率 54.70%。处理出水几项主要污染指标达到《GB8978-88》污水综合排放标准, 其中 COD_{Cr} 103.1 mg/L (去除 88.77%), BOD_5 32.0 mg/L (去除 94.47%), SS 36.1 mg/L (去除 89.64%), 色度 26 倍 (去除 80.60%), pH 7.72。投入正式运行后, 出水水质稳定, 相对标准差 0.48。在兼性厌氧调节池生物膜中, 存在着厌氧发酵微生物区系; 好氧处理阶段的 A 级以细菌为主, B 级以原生动物和菌胶团为主, 原生动物占优势。

关键词 兼性厌氧-AB 工艺, COD_{Cr} 去除率, 屠宰废水, 微生物学特性。

内江肉联厂是全国大型肉联厂之一, 每日屠宰废水量可达 2000 m^3 。废水外观为血红色, 含猪毛、皮、细小碎肉、胃渣、粪便等, 味腥臭。废水受宰杀淡、旺季以及生产工艺的影响, 水质、水量很不均匀。

试运行期间, 净化站进水水质 COD_{Cr} 499.4—1519.4 mg/L , 平均 918.4 mg/L , BOD_5 平均 578.5 mg/L , SS 306.0—390.0 mg/L , 平均 318.5 mg/L , 色度 100—200 倍, pH 6.93—7.37。 $\text{BOD}_5 / \text{COD}_{\text{Cr}}$, 0.59—0.67, 平均 0.63, 其中 SS 值较低而 $\text{BOD}_5 / \text{COD}_{\text{Cr}}$ 较高, 这是由于废水在被提升至净化站之前经过了沉淀, 一些悬浮物和不易生化处理的物质已被去除。

1 监测指标与方法

试验期间水质监测项目有: COD_{Cr} , BOD_5 , SS , pH , 色度^[1]。

厌氧微生物培养采用 Hungate 厌氧操作技术, 微生物计数采用 MPN 法^[2]。

另外, 还对活性污泥进行活体观测^[3]。

2 技改前后工艺流程与处理效果

内江肉联厂于 1990 年建成日处理能力为 2000 m^3 的一级活性污泥法废水净化站(图 1)。由于设计上不合理, 投入运行一年多, 出水水质一直不能达标。处理后, 废水色深且发臭, COD_{Cr} 300 mg/L , BOD_5 180 mg/L , 色度 625 倍。1991 年夏对该项工艺实施技改。

工程性试验技改工艺的选择, 中科院成都生物所在过去污水处理已有成果的基础上, 借鉴 70 年代末由德国 Bothe Böhnke 教授创建的 AB 工艺处理城市污水的经验, 结合屠宰废水以及被改造项目原有设施的特点, 采用兼性厌氧-AB 工艺。改造后形成的新工艺流程见图 2。

技改费用共 14 万元, 约为总投资的 1/10。改造后, 经过培菌、调试, 1991 年 9 月投入试运行, 1991 年底通过正式验收。并经历了冬季水量大、浓度高的考验, 运行正常。处理系统中各级对有机物的去除见表 1。系统总的处理效果见表 2。

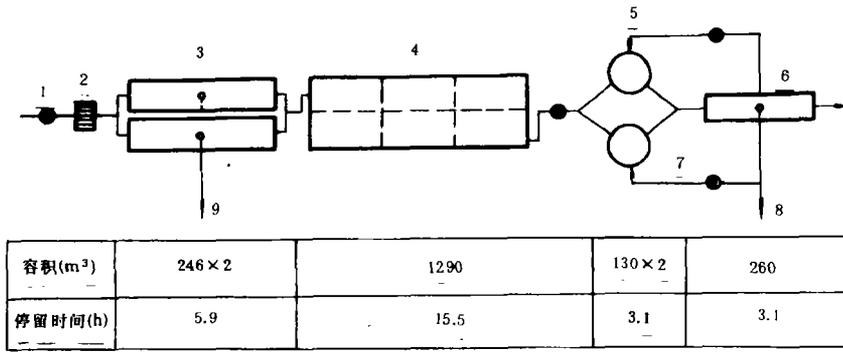


图 1 内江肉联厂废水净化站原有工艺流程

1. 泵 2. 格栅 3. 初沉池 4. 调节池 5. 射流曝气池
6. 二沉池 7. 回流污泥 8. 剩余污泥 9. 排渣

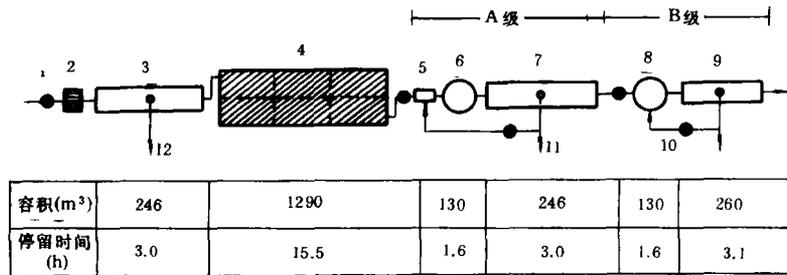


图 2 内江肉联厂废水净化站改造后工艺流程

1. 泵 2. 格栅 3. 初沉池 4. 兼性厌氧调节池 5. A 级集水井 6. A 级曝气池
7. A 级沉淀池 8. B 级曝气池 9. B 级沉淀池 10. 回流污泥 11. 剩余污泥 12. 排渣

表 1 兼性厌氧-AB 工艺中各级对有机物的去除效果

水样	废水中有机物含量			各级本身的去除率 (%)		各级去除的有机物占总有机物量比 (%)	
	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	$\frac{BOD_5}{COD_{Cr}}$	$\eta_{\uparrow COD_{Cr}}$	$\eta_{\uparrow BOD_5}$	$\eta_{\text{总} COD_{Cr}}$	$\eta_{\text{总} BOD_5}$
原水	918.3	578.3	0.63	—	—	—	—
初沉池出水	708.3	460.8	0.65	22.80	20.35	22.87	20.35
调节池出水	488.1	356.3	0.73	31.15	22.68	23.98	18.06
A 级出水	227.6	107.0	0.47	53.37	69.97	28.38	43.09
B 级出水	103.1	32.0	0.31	54.70	70.09	13.56	12.96

由表 1, 表 2 可见, 改造后废水净化的效果是令人满意的, 能达到国标《GB8978-88》现有企业一级标准和四川省《川 Q356-82》一类水域甲级标准。

3 工程性试验结果与微生物特性研究

3.1 兼性厌氧调节池的试验效果与微生物功能菌群分析

兼性厌氧调节池的负荷率为 0.25—0.68kg

COD_{Cr}/(m³·d), 平均 0.50Kg COD_{Cr}/(m³·d)。460.8mg/L 降为 356.3mg/L, 去除率为 23.98%; BOD₅/COD_{Cr} 由 0.65 升至 0.73。降为 460.8mg/L, 去除率为 23.98%; BOD₅ 从

表 2 兼性厌氧-AB 工艺的处理效果

测定项目	进水	出水	去除率(%)	废水排放标准	
				《GB8978-88》	省标《川Q356-82》
				(现有, 一级)	(一类, 甲级)
COD _{Cr} (mg/L)	1519.1-499.4 (918.3)	254.9-41.2 (103.1)	88.77	150	200
BOD ₅ (mg/L)	578.5 390.0-306.0 (348.5)	32.0 59.0-15.1 (36.1)	94.47 89.64	60	60
SS(mg/L)	7.37-6.93 (7.19)	7.79-7.63 (7.72)	-	100	200
pH	200-100	40-15		6-9	6-9
色度(倍)	(134)	(26)	80.60	80	70

兼性厌氧调节池的填料上附着黑色淤泥状生物膜。对其中的厌氧发酵微生物功能菌群计数, 其结果见表 3。

在兼性厌氧调节池中, 氧的分布不均匀, 微生物是混合型的。从计数结果看, 在生物膜中的厌氧发酵功能菌以厌氧发酵性细菌占优势, 比产酸细菌和产甲烷细菌高 3—4 个数量级。因此, 在兼性厌氧调节池中主要发生的是不完全消化反应, 由发酵性细菌将大分子有机物转化为小分子有机物, 提高了废水的可生化性(见表 1)。生物膜中的产酸细菌和产甲烷细菌联合作用, 将由发酵性细菌产生的一部分小分子有机物彻底降解, 完成厌氧发酵过程, 这一过程可去除废水中一部分有机物。

表 3 兼性厌氧调节池生物膜中各类厌氧发酵微生物功能菌计数(个/mg MLSS)

细菌种类	第一次计数结果	第二次计数结果
一般异养性细菌	7.4×10 ⁸	9.0×10 ⁷
硫酸盐还原细菌	2.2×10 ⁴	9.0×10 ³
蛋白厌氧氧化细菌	5.4×10 ⁴	2.1×10 ⁴
硝酸盐还原细菌	4.7×10 ²	7.8×10 ¹
产氢产乙酸细菌	6.8×10 ⁵	3.7×10 ⁵
同型产乙酸细菌	5.4×10 ⁵	3.7×10 ⁴
产甲烷细菌	2.0×10 ⁴	3.7×10 ³

由于屠宰废水水质、水量的特点, 处理系统中必须设有调节池。将调节池改为兼性厌氧调节池, 是对调节池功能的拓展, 使之不仅起调节水质、水量的作用, 还对废水进行预处理, 提高其可生化性, 以利于后面的好氧处理, 并可对废水起

一定的净化作用, 在不耗能的情况下去除一部分有机物。

3.2 A 级试验结果, 运行机理及其生物相研究

试运行期间, A 级曝气池的运行状况控制为: DO 为 0.5—1.0mg/L, SV₃₀ 为 30% 左右, MLSS 为 3.0—4.0g/L, 污泥回流比为 100%, 剩余污泥日排放量为 10m³/d, 该池污泥负荷 2.23—7.11kg BOD₅/(kg MLSS·d), 平均 4.78kg BOD₅/(kg MLSS·d)。在高负荷低溶氧的运行条件下, 只有耐污性强的原核生物能在其中生长, A 级正是借助细菌的絮凝、吸附作用, 将有机物吸附在活性污泥上, 进而进行降解, 产生的众多污泥将在 A 级沉淀池中沉降下来, 大部分有机物将随剩余污泥排出系统。在该阶段中, 借吸附、絮凝、分解和沉淀作用, 以较少的能耗取得较高的去除效率^[4]。废水经过 A 级后, COD_{Cr} 由 488.1mg/L 降为 227.6mg/L, 去除率为 28.38%; BOD₅ 由 356.3mg/L 降为 107.0mg/L, 去除率为 43.09%。BOD₅ 在该级的去除率为其他各级的 2—3 倍, 这一去除效果除与 A 级本身的运行机制有关外, 兼性厌氧调节池将难降解有机物较变为易降解有机物, 提高废水的可生化性也是一个重要因素。

另一方面, 原核生物对环境的适应能力较强, 可耐受废水水量、水质、pH 的变化, 有抗冲击

负荷的能力,并能忍受有毒化合物的影响,有抗毒能力。加之,由于 A 级中细菌数量大,密度高,突变和质粒转移的机率高,为 A 级活性污泥适应新环境提供了遗传学基础。再者,就整个兼性厌氧-AB 工艺而言,A 级是兼性厌氧调节池与高溶氧运行的 B 级之间的过渡。从兼性厌氧调节池流出的废水,溶解氧为零,若直接进入高溶氧运行的 B 级,势必给 B 级的正常运行带来不利影响。

综上所述,A 级可去除大部分有机物质,并对废水水质有调节和缓冲作用,为整个处理系统

的稳定运行提供保障。

A 级曝气池的活性污泥从外观上看呈棕黄色,显微镜观察发现,活性污泥以细菌为主,有较多的分枝状菌胶团和游离细菌,且常见到丝状菌,A 级的生物相与运行状况有一定相关性(表 4)。

3.3 B 级试验结果、运行机理及其生物相研究

试运行期间,B 级曝气池的运行状况为:DO 2.0—3.0mg/L, SV₃₀ 30%左右,MLSS 4.0—

表 4 A 级曝气池不同运行状况下的生物相

系统所处状态	原核生物			原生动物
	游离细菌	丝状菌	菌胶团	
运行状况好	少量	较多短,小	很多大型,分枝粗大,新生者多	DO 高时,出现梨波豆虫,当负荷很低时,会出现钟虫,累枝虫
运行状况差	很多	很多,成片,成束	较多小型,与丝状菌交杂在一起	无

5.0g/L,污泥回流比为 40%左右,剩余污泥日排放量 5m³/d 左右。该池污泥负荷 0.62—0.84kg BOD₅/(kgMLSS · d),平均 0.73kg BOD₅/(kg MLSS · d)。废水经 B 级处理后,COD_{Cr} 从 227.6mg/L 降为 103.1mg/L,去除率为 13.56%; BOD₅ 从 107.0mg/L 降为 32.0mg/L,去除 12.96%。

B 级与常见活性污泥法一样,低负荷高溶氧下运行,主要起生物氧化作用。其活性污泥呈褐色,以菌胶团和原生动物为主,而原生动物占优

势,菌胶团较 A 级少,且体型小,分枝少。B 级是借细菌胞外酶、胞内酶对有机物进行分解氧化,并通过原生动物对水中有机物颗粒和游离细菌的吞噬作用来去除有机物。

经过兼性厌氧调节池和 A 级两个生物处理级的处理后,废水的冲击负荷被缓冲,大部分有机物被去除,进入 B 级的废水水质稳定,负荷低。B 级在这种良好状态下能够较稳定地运行,对废水进行最后的净化,确保良好的出水水质。

B 级的生物相也与其运行状况有关(表 5)。

表 5 不同运行状态下 B 级的生物相

系统所处状态	原核生物			原生动物
	游离细菌	丝状菌	菌胶团	
运行状态好	无	无	较多中,小型,新生者多	以桶纤虫,累枝虫为主
运行状态开始恶化	少量	少量	少量小型	桶纤虫占绝对优势
运行状态差	较多	少量	很少	波豆虫和活泼锥滴虫占绝对优势,很少的钟虫,累枝虫

4 兼氧-AB 工艺稳定性

图 3 反映的是兼性厌氧-AB 工艺投入正式

运行 4 个月中,进、出水 COD_{Cr} 的日变化。由图 3 可知,在这一期间,出水 COD_{Cr} 均不超过《川 Q356-83》(一类,甲级)标准,仅 4 次超出

《GB8978-88》(现有企业,一级)标准。因此,在正常的运行管理下,兼性厌氧-AB 工艺处理屠宰废水是能保证出水水质达标的。

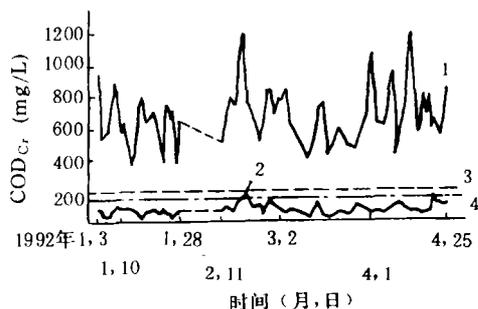


图3 正式运行时,兼性厌氧-AB 工艺进、出水水质日变化。

1. 进水 2. 出水 3. 四川省标准《川Q356-82》
(一类,甲级) 4. 国家标准《GB8978-88》
(现有企业,一级)

出水水质的波动情况,可以用相对标准差 $\gamma = \sigma/\mu$ (σ 为标准差, μ 为数学期望) 来表示。 γ 越大,水质波动也越大^[5]。内江肉联厂废水净化站投入正式运行的4个月里(1992,1,3—1992,4,25),出水 COD_{Cr} 平均值为 79.51mg/L(即 μ 值),标准差 σ 为 38.54,故 $\gamma = 0.48$ 。资料报道的对 AB 工艺的15个试验设备和 Krefeld 污水厂的出水测定, γ 上限为 0.6,而一级处理法一般为 1.0—2.0。可见,内江肉联厂废水净化站的兼性厌氧-AB 工艺的出水水质与一般 AB 工艺具有同等的稳定性,且高于一级处理工艺。

在兼性厌氧-AB 工艺中,兼性厌氧调节池可对入水水质波动进行调节、中和,同时, A 级的运行机制和生物群落特性使之对水质的变化有很强的缓冲作用。这两者的同时存在,使 B 级能在较稳定的状态下运行,为 B 级出水水质的稳定提供了“双重保险”。

5 结论

(1)内江肉联厂废水净化站经工程性($Q_r = 2000\text{m}^3/\text{d}$)试验表明,原处理工艺改造成兼性厌氧-AB 工艺是成功的。它充分利用了各类微生物

各自降解、絮凝、吸附、氧化分解有机物的能力,强化了处理效果,提高了出水质量。改造费用 14 万元,为建站总投资的 1/10,但效果明显。出水水质完全能够达到四川省《川 Q356-82》一类水域甲级排放标准和国家《GB8978-88》现有企业一级排放标准。工厂一年节省排污费 15.8 万元(扣除运行费用)。

(2)将调节池改造为兼性厌氧调节池,是一种节省费用且效果显著的改造方法。改造后,调节池除起调节水质、水量的作用外,还可以去除原污水中 23.98% 的 COD_{Cr} ,并可将其一部分大分子有机物转化为小分子有机物,提高废水的可生化性,为其后好氧处理提供优化水质。

(3)兼性厌氧调节池中生物膜的微生物学分析表明,在该池中存在着一个完整的厌氧发酵微生物区系,数量上居多的发酵性细菌将大分子物质分解为小分子物质,提高废水的可生化性,而产酸细菌和产甲烷细菌的厌氧发酵作用又可对废水起一定的净化作用。

(4)A、B 两级中活性污泥生物相的变化与各级运行状态和处理效果的变化有一定的相关性。对生物相进行经常性的观测,为运行人员提供系统所处状态的信息,具有快速、简便的特点,可作为物、化指标的一个重要补充。

(5)对屠宰废水的处理,厌氧-好氧联合工艺是一个发展方向。且以厌氧为辅,好氧为主的工艺更适用于屠宰废水,可保证出水水质的稳定,适应屠宰行业冬季为旺季的特点,而且管理方便,值得推广。

参 考 文 献

- 1 污染源统一监测分析方法编写组. 污染源统一监测分析方法(废水部分). 北京:中国标准出版社,1983:43-144
- 2 钱泽澍,闵航. 沼气发酵微生物学. 杭州:浙江科学技术出版社,1985:213-277
- 3 沈熹芳等. 微型生物监测新技术. 北京:中国建筑工业出版社,1990:119-402
- 4 Em. Ordinarius etc DAS AB-VERFAHREN ZUR BIOLOGISCHEN ABWASSER-REINIGUNG. 1990
- 5 李志强,高廷耀. 上海环境科学. 1987,6(6):18.

of sludge clogging, liquid shortcutting and aggregation of scum have been solved. The experiment of treating aerobic excess sludge studied in 120 liter reactor at 35°C shows that the organic pollutant removal efficiency of 51.4%—58% is reached corresponding to HRT=3.53—8.57 days. When HRT is fixed at 7.5 days, the organic loading rate, COD loading rate and average organic removal efficiency are 2.97 KgSS/(m³·d), 3.89 kgCOD/(m³·d) and 55.3%, respectively. The methane content of biogas is more than 66%.

Key words: two-phase digestion, anaerobic reactor, aerobic excess sludge treatment.

Production Test on Facultative Anaerobic-AB Process in Treating Slaughterhouse Wastewater and Its Microbiological Characteristics. Zheng Dandan et al. (Chengdu Institute of Biology Academia Sinica, Chengdu 610041); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 66—70

To treat the slaughterhouse wastewater of Neijiang Comprehensive Processing Plant, facultative anaerobic-AB process was used. During the trial operation, the loading rate of facultative anaerobic regulating tank was 0.50 kgCOD_{Cr}/m³, and its removal rate of COD_{Cr} (η COD_{Cr}) was 31.15% the sludge loading rate (B_{TS}) in A-stage was 4.78 kgBOD₅/(kgMLSS·d) and η COD_{Cr}=53.37%; in B-stage, B_{TS}=0.73 kgBOD₅/(kgMLSS·d) and η COD_{Cr}=54.70%. There was no problem for this process in compliance with the national standards, the effluent had COD_{Cr} 103.1 mg/L (η =88.77%), BOD₅ 32.0 mg/L (η =94.47%), SS 36.1 mg/L (η =89.64%), Color 26 times (η =80.60%), and pH 7.72. When this process was put into formal operation, its effluent quality remain stable with γ =0.48. Results indicated that this process was stable with high efficiency and low investment needed. It is an advanced process worth spreading. There was an anaerobic digestion microorganism community in the biomembrane formed on the support material in facultative anaerobic regulating tank; besides this, there were different biosystematics existing in A and B stages' aerobic tanks, A-stage is predominant in bacteria and B-stage in protozoa. The analysis of the microbiological characteristics of this process offer theoretical basis for using it to treat other kinds wastewater.

Key words: facultative anaerobic-AB process, slaughterhouse wastewater, production test, microbiological characteristics.

A Study on the Treatment of Paint Wastewater by a Sequencing Biological Batch Reactor. Zhou Yuexi et al. (Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 71—73

In this paper, the research was made on the treatment of paint wastewater by a sequencing biological batch reactor. The experimental results demonstrate that the biological batch system can effectively remove organic matter. With the experimental time sequence (flow-in 1 h., anaerobic 6 h., aerobic 14 h., setting 1 h. and flow-out 1 h.), the removal rate of COD is 84%—96% (influent COD is 1000—4000 mg/L).

Key words: sequencing biological batch reactor, paint wastewater.

The Effects of the UV Light on the Catalase (CAT) Activity of Several Species of Aquatic Plants. Li Hongwen et al. (Suzhou Institute of Urban Construction and Environmental Protection,

Suzhou 215008); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 74—77

By testing the volume of O₂ which is released after the CAT of the plants exposed to exceeded UV decomposed H₂O₂, the CAT activity of the exposed plants is determined. The results show that the CAT activities for three plant species, *Azolla imbricata*, *Lemna minor*, *Alternanthera philoxeroides*, obviously rose respectively after they had been exposed to exceeded UV in different hours. But the maximum values of the CAT activities for three plant species is vary with different species. There is a maximum value of the CAT activity for *Azolla imbricata* which is exposed to exceeded UV in 72 hours. There is a maximum value of the CAT activity for *Lemna minor* which is exposed to exceeded UV in 24 hours. There is a maximum value of the CAT activity for *Alternanthera philoxeroides* which is exposed to the exceeded UV in 8 hours. The CAT activities for three plant species decreased respectively in some hours after the influence of the UV had been withdrawn. This shows that there obviously are stimulative affects of the exceeded UV on the CAT active for three plants. Meanwhile, the tissues and metabolism of the exposed plants are injured by the exceeded UV. It finally leads up to decrease the CAT activity of the exposed plants. The ecological effects of various plant species on the exceeded UV are different.

Key words: Catalase (CAT). Ultraviolet (UV), *Lemna minor*, *Azolla imbricata*, *Alternanthera philoxeroides*.

Improvement in the Pretreatment Method of Samples for the Determination of Sulfides in Wastewater. Wu Yuzhen. (Nanning Environmental Monitoring Station, Nanning 530012); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 78—80

The pretreatment method of samples, known as N₂-blowing method, for the determination of sulfides in wastewater has been further studied and improved. The improvement includes the test apparatus, pretreatment procedure, acidity and temperature used in the pretreatment, and the volume of reaction bottle. Particularly, a multihole blowing ball was used to replace the single hole blowing pipet, and a mixture of NaOH, EDTA and TEA was used as the blowing-absorbing solution instead of ZnAc₂-NaAc. Then a step-wise pressure procedure has been suggested. The studies on the recovery and precision of the improved method and the comparative determination of six different kinds of industrial wastewater show that the improvement has seen an obvious effectiveness and the recovery increases from 40% for the original method to over 95% for the improved method. The blowing time is shortened by 25%. The apparatus is easy to operate.

Key words: N₂-blowing method, multi-hole blowing ball, sulfide.

Quality Control for the Analysis of Volatile Organic Pollutants by GC-MS. Sun sien et al. (The Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 81—86

This paper described the Quality control for the analysis of volatile organic pollutants by GC-MS according to the US EPA CLP programme. The criteria of quality control in the process of analysis were presented. Five samples have been analysed in order to demonstrate the procedure. This method is used to quantify most volatile organic compounds having boiling points below 200°C and compounds are insoluble in water. The practical quantitation limit