

厌氧消化器启动条件的试验研究

徐传兰 鄢达成 吴赤波

(黄石大学环境工程系)

摘要 本试验分种泥选择、启用条件研究和验证试验三步骤。把试验中的产气量作为有机物降解程度的参数指标。结果表明,消化器启动时的优化工艺条件为:消化污泥与浓缩污泥按 1:1 混合;废水稀释 0.8 倍;启动起始负荷为 0.25 kgCOD/kgVSS·d;相应体积负荷为 3 kgCODcr/m³·d;废水厌氧发酵的最佳 pH6.8—7.4。

关键词: 废水;污泥;厌氧消化器;正交试验。

厌氧设施存在启用周期长的问题,我们认为获得足量的种泥和合理的启用条件是尽快完成设施启动的关键。为此,进行了柠檬酸废水的厌氧处理研究。

一、试验用废水来源及性质

柠檬酸废水是以红薯粉为原料生产柠檬酸过程中产生的一种高浓度有机废水,本试验的废水主要取自经碳酸钙中和后的废糖水,其水质见表 1。

表 1 柠檬酸废水水质分析

项目	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	pH	温度(°C)
数据	25000— 30000	11000— 15000	3.5—4.0	40—60

二、种泥的选择

从当地条件和实际情况出发,我们取湖底泥、沟泥、消化池泥(酒厂)、浓缩池泥(纺织印染厂)作为种泥的选择对象。消化池泥为启用状况不良的消化污泥,浓缩池泥性质及其中主要金属元素分析见表 2。

试验用 500mL 葡萄糖瓶置于恒温水浴锅中,温度控制在 33°C 至 35°C。柠檬酸废水经稀释 1 倍后取 250 mL 一次性加入瓶中。空白样加入 250mL 的池塘水。瓶内混

合液体积为 500mL,污泥浓度为 3.96%,每日摇动二次,用排水集气法收集沼气。

本阶段试验进行了 9d,试验累计产气量见图 1—4。

由图 1—4 可见,消化污泥净产气量最高,其次是沟泥、浓缩池泥和湖底泥。在试验结束时测得的 pH 值见表 3。

由表 3 可见,消化池泥产气量虽最高,但试验结束时 pH 值却降到 5.5,其他泥样均升到 7.0 以上。因此,单独选用消化池泥作泥时,应该考虑 pH 值降低可能造成的影

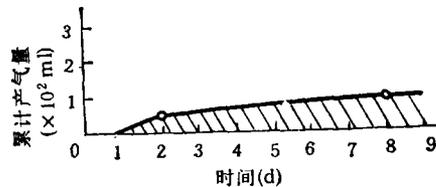


图 1 种泥为湖底泥的累计产气量曲线

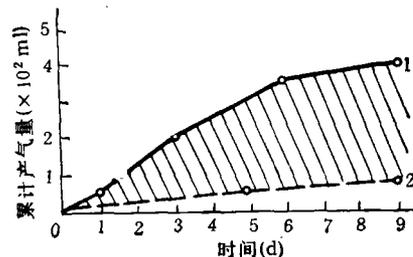


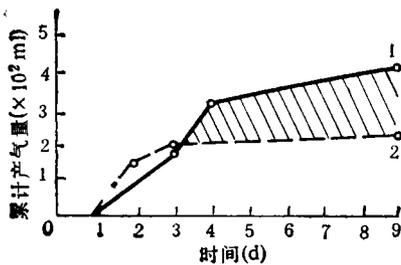
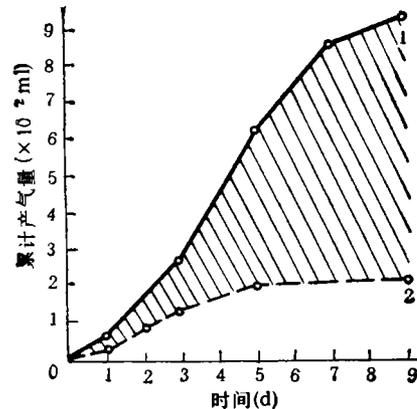
图 2 种泥为沟泥的累计产气量曲线
1. 投加料液时的产气量 2. 空白产气量

表 2 浓缩污泥性质分析

项目	pH	色、嗅觉	挥发分(%)	总硫(%)	铜 (mg/kg 干泥)	锌 (mg/kg 干泥)	镉 (mg/kg 干泥)	铅 (mg/kg 干泥)	铬 (mg/kg 干泥)
数据	7.5	黑、臭	68.3	0.59	342.5	750.0	6.3	226.3	200.0

表 3 培养前后试样和空白样的 pH 值

取样时间	试 样				空 白 样			
	湖底泥	浓缩池泥	沟泥	消化泥	湖底泥	浓缩池泥	沟泥	消化泥
培养前	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
培养后	7.3	7.3	7.0	5.5	7.0	7.1	7.0	6.8

图 3 种泥为浓缩池泥的累计产气量曲线
1、2 同图 2图 4 种泥为消化池泥的累计产气量曲线
1、2 同图 2

响。

考虑到消化污泥和沟泥有限,在生产中可以消化污泥和浓缩污泥按一定的配比组合成种泥。

三、启用条件的研究

启用条件的确定仍在葡萄糖瓶内进行。按负荷计算每日需要加入的废水量,由注射器分两次注入。

在选定消化污泥配浓缩池污泥作为种泥的情况下,影响消化器启动的因素还有温度、负荷、pH、废糖水的稀释倍数等,每个因素又有多种水平,这其中也包括消化污泥和浓

缩污泥的合理配比。在诸多因素中,怎样调配各因素之间的关系才能使消化器稳妥启动,是在选定种泥后要考虑的另一个问题。如果将诸多因素的每种水平进行全面地搭配试验,势必要投入大量的人力、物力,拉长试验时间。为此,在决定最佳启用条件时,我们采用了正交试验法。以期在较短的试验时间内,用较少的试验次数,获得较为满意的结果。

主要试验因素及其水平分析如下:

(1) 温度 根据甲烷菌对温度的适应性,中温发酵温度宜控制在 30—35℃,高温发酵的温度宜控制在 50—55℃。柠檬酸废

糖水排出温度波动在 40—60℃ 之间,调节池温度约为 50℃,鉴于国内某厂中试温度控制在 40℃,在本试验中温度水平拟采用 50℃、40℃ 室温。

(2) 有机负荷率 适宜的有机负荷率应是使厌氧生化反应处于碱性发酵阶段,以利于有机物转化成甲烷生成物,亦即厌氧生化处理应以回收沼气为主要目的,出水水质不是控制的主要对象(实际上产气速率与 COD 去除率之间存在着相关关系),故在本试验

中,负荷率拟采用 0.25kg COD/kg VSS·d、0.54kg COD/kg VSS·d、1.08kg COD/kg VSS·d 三个水平。

(3) pH 甲烷菌生长最适宜的 pH 范围约在 6.8—7.2 之间,本试验 pH 值的水平定为自然值、6.8、7.5。自然值是在不投加任何化学试剂的情况下,溶液的 pH 由反应器内厌氧菌自行调节,以观察其可能产生的结果,6.8、7.5 为人为的调节,以保证甲烷菌所需要的 pH 范围,观察其结果。

表 4 试验因素水平表

水平	因素	混合液 pH 值	温度(°C)	污泥总浓度*	浓缩污泥占污	污泥负荷	柠檬酸废水
	A	B	C	泥总浓度比	(kgCOD/ kgVSS·d)	稀释倍数	
1	自然值	50	1	0	0.25	原液	
2	6.8	40	3	50	1.08	0.8	
3	7.5	室温	2	60	0.54	1.0	

* 污泥总浓度为消化污泥与浓缩污泥浓度之和。

对于影响因素及其水平的经验估计,经随机化后见表 4。

在正交表的确定中,暂不考虑因素间的交互作用,故选用 $L_{27}(3^{13})$ 正交表,见表 5。一共作了 27 个试样,每个试样作重复样一个。对其中的 4[#]、7[#]、27[#] 作对比试验的样号分别为 28[#]、29[#]、30[#]。4[#]、7[#]、27[#] 样中浓缩污泥占总污泥浓度的百分比为零,进料为柠檬酸废水,28[#]、29[#]、30[#] 的浓缩污泥浓度也为零,但进料是酒厂废水。

根据上述试验方案,所得的试验结果及计算见表 5。本阶段试验进行了 7 天,试验起始和结束时的 pH 值见表 6。

对于试验结果的方差分析采用了有重复试验的方差分析方法。有重复试验的误差共有 2 项,一项为重复试验误差 Se_2 ,另一项为空列误差 Se_1 。 Se_1 除包含有随机因素的影响外,还包含着交互作用的影响。如果 Se_1

比 Se_2 不是显著的大,则认为 Se_1 只有试验误差,可把 Se_1 并入 Se_2 作为误差项处理。方差分析结果见表 7。

由方差分析表看出:温度(B)、污泥总浓度(C)、浓缩污泥占污泥总浓度的百分比(D)、污泥负荷(E)及废水稀释倍数(F)对试验过程中产气量有着显著影响。其中温度(B)、污泥总浓度(C)、污泥负荷(E)对产气量有显著影响,这与我们原来的认识是相同的。废水稀释倍数(F)对产气量有显著影响,说明消化器启用时,存在一个适宜的起始浓度。

在结果计算表中,最优工艺水平取 K_1 、 K_2 、 K_3 中最大的数,即 $B_1(50^\circ\text{C})$ 、 $C_2(3\%)$ 、 $D_2(50\%)$ 、 $E_2(1.08)$ 、 $F_2(0.8)$ 。但由于 pH 值这一因素实际上在试验过程中并未加以控制,各试样的 pH 处于自然值水平,最优工艺水平中的污泥负荷 E_2 的数值偏高,12[#]、19[#]

表 5 试验结果计算表*

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	试验结果		
	A	B	C		D			E		F			x_{i1}	x_{i2}	x_i	
1	1	1	1		1			1		1			-194	-227	-421	
2	1	1	1		2			2		2			2	158	160	
3	1	1	1		3			3		3			71	14	85	
4	1	2	2		1			2		3			44	-20	24	
5	1	2	2		2			3		1			221	190	411	
6	1	2	2		3			1		2			401	346	747	
7	1	3	3		1			3		2			-212	-196	-408	
8	1	3	3		2			1		3			-196	-248	-444	
9	1	3	3		3			2		1			-159	60	-99	
10	2	1	3		3			3		3			86	188	274	
11	2	1	3		1			1		1			-102	-16	-118	
12	2	1	3		2			2		2			669	278	947	
13	2	2	1		3			1		2			-205	-126	-331	
14	2	2	1		1			2		3			-44	-162	-206	
15	2	2	1		2			3		1			-221	-45	-266	
16	2	3	2		3			2		1			1	132	133	
17	2	3	2		1			3		2			203	-134	69	
18	2	3	2		2			1		3			-217	-196	-413	
19	3	1	2		2			2		2			392	643	1035	
20	3	1	2		3			3		3			327	55	382	
21	3	1	2		1			1		1			22	-167	-145	
22	3	2	3		2			3		1			238	321	559	
23	3	2	3		3			1		2			-159	65	-94	
24	3	2	3		1			2		3			283	-22	261	
25	3	3	1		2			1		3			-237	-300	-537	
26	3	3	1		3			2		1			-59	-6	-65	
27	3	3	1		1			3		2			-187	-296	-483	
K_1	2199		-2064		-1427			-1756		-11			$\Sigma 1057$			
K_2	1105		2243		1452			2190		1642						
K_3	-2247		878		1032			623		-574			$x_i = x_{i1} + x_{i2}$			

* K_1, K_2, K_3 分别为每列中凡是对应于 1, 2, 3 水平的试验数据相加之和。 x_{i1}, x_{i2} 为试验产气量, 为计算简便: $x_{i2} = x_i - 250, x_{i1} = x_i - 300$ 。

表 6 试验起始及结束时的 pH 值

试样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
起始 pH	3.5	7.0	7.0	6.0	6.5	6.8	6.0	6.5	6.5	7.0	6.8	7.0	6.5	5.5	6.5
结束 pH	3.5	4.0	5.0	3.4	4.9	4.7	3.2	5.0	4.0	5.1	5.1	5.1	7.0	3.7	5.0
试样号	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
起始 pH	6.5	6.8	6.8	7.2	7.5	7.2	7.2	6.8	6.8	7.0	6.8	6.8	6.8	6.7	6.8
结束 pH	4.5	4.4	5.5	4.7	5.2	6.1	4.9	7.0	4.2	5.1	4.8	4.4	4.6	4.2	4.1

表 7 方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性	最优水平
B	596289.9	2	298145.0	15.7	**	B ₁
C	538311.8	2	269156.0	14.2	**	C ₂
D	268735.6	2	134368.0	7.1	**	D ₂
E	438630.5	2	219315.3	11.6	**	E ₂
F	147408.0	2	73704.0	3.9	*	F ₂
误差 S _e	814021.4	43	18930.7			
总和	2803397.2	53				
F _α	F _{0.05} (2,43) = 3.22 F _{0.01} (2,43) = 5.16					

* 表示显著。
** 表示高度显著。

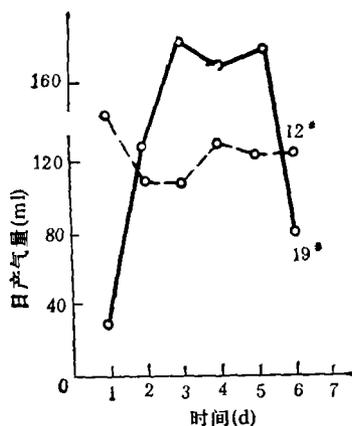


图 5 12[#]、19[#] 样产气量曲线

的产气曲线(见图 5) 以及起始、结束的 pH 值就说明了这一点。

高温下的 19[#] 试样,控制条件与最优水平相同,但起始的 pH 值为 7.2,结束时的 pH 值为 4.7,产气量呈下降趋势。高温下的 12[#] 试样,其控制条件是 B₁(50℃)、C₃(2%)、D₂(50%)、E₂(1.08)、F₂(0.8),起始 pH 值为 7.0,结束时的 pH 值为 5.1,产气量呈下降趋势。这说明高温发酵时,由于 pH 值的影响,其污泥负荷应控制在 1.08 以下。

中温的 13[#]、23[#] 样,试验结束时的 pH 值为 7.0,均比起始的 pH 值高,说明 pH 值在试验过程中有增加的趋势,其负荷均为 0.25。

说明中温发酵时,其起始污泥负荷可控制在 $\geq 0.25 \text{kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{kgVSS}\cdot\text{d}$ 。

4[#]、7[#]、27[#] 的对比试验样 28[#]、29[#]、30[#] 的产气量呈下降趋势,其结束时的 pH 值见表 6。由此可见,单独使用消化污泥时,应预先采取措施以防酸败。

经以上分析,优化条件中的污泥负荷将采用 $0.5 \text{kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{kgVSS}\cdot\text{d}$,但在该负荷时,设施能否启动,还需要在较大的容器中作动态验证试验才能决定。

四、连续验证试验

连续动态试验拟采用的优化工艺条件是: B₁(50℃)、C₃(2%)、D₂(50%)、E₃(0.5)、F₂(0.8)。总污泥浓度采用 2% 是因为消化污泥有限,它实际上并不影响验证试验结果,因为当总污泥浓度发生变化而负荷不变的条件下,一定浓度的料液进料量也就不同。试验流程见图 6。

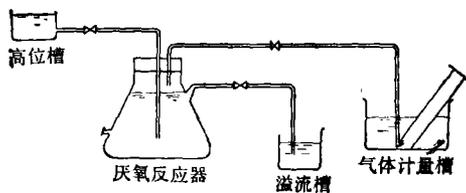


图 6 试验流程图

柠檬酸原糖废水经稀释 0.8 倍注入高位槽,再经调节流量后进入 4.5L 厌氧瓶中厌氧发酵,产的沼气经气体计量槽计量后排放。厌氧反应器置于恒温室内,室内温度由自控装置进行调节。主要仪器为水银接点温度计。

反应器内柠檬酸废水经导管从底部进入,以便和底部的污泥首先接触,避免发生短流。试验过程中每日充分摇动 2—3 次,使污泥与污水充分接触,防止造成局部酸化,因为厌氧增殖率很低,溢流的污泥基本返回。

同时作了两个平行试验,混合液装瓶体积占容积的 67%,pH 值每天测定 2 次,进、出水 COD_{Cr} 每天测定一次,进水流量每天

表 8 验证试验平均值

日期	进料量 (L/d)	出水 (pH)	COD _{Cr} (×10 ³ mg/L)		进料负荷		产气率		COD _{Cr} 去除率 (%)	水力 停留 时间 (d)	备 注
			进水	出水	kgCOD _{Cr} /kgVSS·d	kgCOD _{Cr} /m ³ ·d	日产气 (×10 ³ ml/d)	转化率 (m ³ / kgCOD)			
6月6—9	3.024	7.2—6.4	9.464	3.768	0.54	6.4	2.255	0.13	60.2	1.5	停止进料待 pH 回升
10—11	1.872	7.0—7.5	9.800	4.724	0.35	4.1	2.290	0.24	51.8	2.4	
12—16	1.782	7.0—6.4	30.578	15.186	0.96	12.1	2.146	0.08	50.3	2.5	
17—25	—	—	—	—	—	—	0.690	—	—	—	
26—27	1.440	7.3—7.4	9.702	4.007	0.26	3.1	2.218	0.27	58.7	3.1	
28—29	1.440	7.3—7.4	9.604	3.506	0.25	3.1	2.600	0.30	63.5	3.1	
30—7月1	1.440	7.3	9.653	2.703	0.25	3.1	3.550	0.35	72.0	3.1	
2—3	1.440	7.4—8.3	9.800	1.901	0.26	3.1	4.750	0.42	80.6	3.1	

测定 2 次,污泥的 P_v、MVSS 每 5 天测定 1 次。

试验从 6 月 6 日至 7 月 3 日,试验中升温受到限制,实际温度 40℃ 至 42℃,为中温发酵。其中 2 号厌氧装置试验数据均值见表 8,运行状况见图 7。

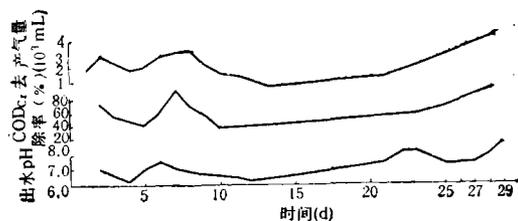


图 7 运行状况曲线

连续动态验证试验表明,在室温为 40—42℃,厌氧瓶内温度约为 37—38℃,污泥总浓度为 2%,消化污泥和浓缩污泥配合比为 1:1,原糖废水稀释倍数为 0.8 条件下,启动时的起始负荷为 0.25kgCOD_{Cr}/kgVSS·d,相应的体积负荷为 3kgCOD_{Cr}/m³·d。这一数值高于一般情况下的起始负荷值,且起始 COD_{Cr} 的去除率一般不低于 50%。可以预料在温度为 50℃ 时,其起始负荷值会高于 3kgCOD_{Cr}/m³·d。

正交试验的中温 (39—40℃) 条件下,负荷值为 0.25kgCOD_{Cr}/kgVSS·d,消化污泥与浓缩污泥配比 1:1,稀释倍数为 0.8 时,污泥

浓度为 3% 的试样产气量高于浓度为 2% 的试样产气量,二者负荷值与连续动态试验有较好的吻合性。

连续动态验证试验最初几天 COD_{Cr} 转化率为 0.13m³/kgCOD,去除率为 60.2%,经过 30d(其中还包括由于 5d 的超负荷运行而停止进料,待 pH 回升的 10d 时间)的驯化, COD_{Cr} 转化率达到 0.46m³/kgCOD,去除率达到 85%。表明经过较短时间的驯化,污泥活性已接近最好水平。

试验期间,除开始的第一个星期出现污泥上浮现象外,到试验结束时止,污泥 30min 沉降比一般在 35—36%,说明污泥有较好的沉降性能。试验结束时的 pH 值达到 8.3,取样作 30min 沉降比,有气泡不断上升,且不易沉降。

从试验结束时的 COD_{Cr} 转化率 0.46m³/kgCOD、去除率 85% 和 pH 值 8.3 看,表明此时可以增加消化器的负荷值。

就产气量和 pH 值的关系看,负荷值的增加以不使 pH 降到 6.8 以下为宜,来保证最佳产气量和最大去除率。因为增加负荷而引起 pH 值下降,在时间上有一天的滞后期,所以可借助于 pH 值的下降程度来调整负荷增加量,以避免产气量与 COD_{Cr} 去除率大起大落的现象。

消化污泥和浓缩污泥以 1:1 比例配合呈

现出较优水平,究其原因我们认为: 消化污泥 pH 值为 6, 而厌氧消化酶促反应的最适 pH 值在 6.8—7.4 之间, 消化污泥的 pH 与最适 pH 范围有较大偏离, 因而酶的活性降低. 从种泥选择阶段和优化条件确定阶段也可以看出消化污泥由于酶活性降低所导致的结果(见结束时的 pH 值). 以 1:1 的比例与浓缩污泥混合使用时, pH 为 7.2, 使酶促反应处在最适 pH 范围之内, 酶表现出较大的活力.

至于浓缩池污泥中含的铜、锌、镉、铅、铬、硫等有毒有害元素, 折算成溶液浓度后, 基本在允许浓度范围内. 折算后, 锌、硫的浓度分别为 5mg/L 和 39mg/L. 锌浓度虽较高, 但可能由于硫离子的存在, 使锌及其他重金属离子形成硫化物沉淀, 同时也使硫的浓度得以降低, 因此在试验过程中没有产生不良影响.

在验证试验中, 我们还发现最佳产气时的 pH 值范围在 6.8—7.4 之间. 产气量与去除率之间存在相关关系(见图 8).

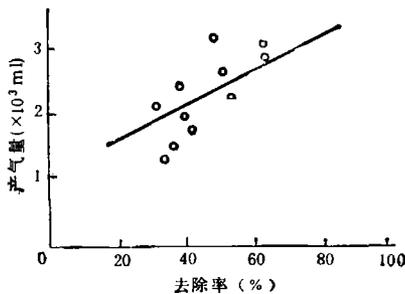


图 8 产气量与 COD_{Cr} 去除率的相关性

将数据处理后得到一元线性回归方程:

$$y = 1.06 + 0.025x$$

式中: y ——每日产气量 (L/d); x —— COD_{Cr} 去除率(%)。

相关系数 $r = 0.693 > 0.684(1\%)$, 说明 x, y 的直线关系在 0.99 水平上显著. 根据回归方程可估计在某一产气量下的 COD_{Cr} 的去除率, 从而帮助我们进一步了解废水的

处理程度.

1988 年 8 月将上述试验结果用于指导工业装置的启动, 污泥混合液体积占消化器有效容积的 30%, 启动过程是稳定的, pH、产气量没有出现大起大落的现象.

五、结 论

1. 用酒厂消化池污泥与浓缩池污泥 1:1 配比作为种泥处理柠檬酸废水是可行的. 增加污泥浓度有利于提高体积负荷和处理能力.

2. 试验表明, 中温条件下, 污泥浓度为 2%, 消化污泥与浓缩污泥按 1:1 比例混合, 废糖水以 0.8 倍的水稀释, 启动起始污泥负荷为 $0.25 \text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{kgVSS}\cdot\text{d}$, 相应的体积负荷为 $3 \text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3\cdot\text{d}$, 对完成启动, 缩短启用时间是有利的.

3. 柠檬酸废水厌氧发酵过程的最佳 pH 值范围在 6.8—7.4 之间, pH 值与产气量关系密切, 可作为消化器运行管理的指标. 小厂或条件较差的企业亦可以用简单易测的 pH 值控制消化器的启动与运行.

4. 工业规模的消化器在启动前, 用正交试验法作小试, 找出启动时的优化工艺条件, 可减少启动的盲目性, 并保证消化器的稳妥启动.

致谢: 清华大学王占生、胡纪萃教授, 同济大学胡家骏先生曾对本文提出过宝贵意见, 我系高工刘国珠和刘先利同志给予帮助, 在此一并感谢!

参 考 文 献

- [1] 井出哲夫等(张自杰等译), 水处理工程理论与应用, 中国建筑工业出版社, 1986 年.
- [2] 中国科学院数学所统计组, 常用数理统计方法, 科学出版社, 1979 年.
- [3] 《正交试验法》编写组, 正交试验法, 国防工业出版社, 1976 年.
- [4] 钱泽树, 阎航, 沼气发酵微生物学, 浙江科学技术出版社, 1986 年.

(收稿日期: 1989 年 8 月 16 日)

standard concentration.

Directed by the model, the plant species and afforestation pattern were designed, and the capacity of plants for SO₂ and the amount of SO₂ released in Yiyang were established.

Key Words: model, vegetation, control, air pollution.

The Avoidance of Eel Larvae (*Anguilla japonica* Tem. et Schl.) in the Solution Containing Copper Ions. Zhn Jiang (Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(4), 1990, pp.31—34

The avoidance of eel larvae (*Anguilla japonica*) in the solution containing copper sulfate (as Cu²⁺) has been studied in a flowing water system under the laboratory conditions: water temperature 16.5 C, pH 7.43, water hardness (CaCO₃ and others contained) 220 mg/L and saturation of DO 62—68%. The larvae used for the experiment were collected from the Minjiang River, Fujian Province. Their lengths ranged 46—69.5 mm, and their weights 174—227 mg. The experiment illustrated that the eel larvae was highly sensitive to copper, because the avoidance action was observed at the level of 0.001 ppm of copper ions. However, below the level of 0.001 ppm, the avoidance was not so obvious, but the larvae all avoided the test solution as its concentrations increased to 0.064 ppm. The results indicated that the concentrations of avoidance against copper was much lower than that of MATC derived from acute toxicity test.

Key Words: avoidance, eel larvae, (*Anguilla japonica*), copper.

Estimation of Fishery Losses Caused by Water Pollution in a Country of Jiangsu Province. Ge Jigi (Department of Agricultural Economics, Nanjing Agricultural University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(4), 1990, pp. 34—37

Based on the fundamental principles of environmental economics, the fishery losses caused by water pollution in the area can be calculated in three parts: loss of resources, loss of accidents and expense of protection from pollution impact. The calculative methods of the said every items of losses and a case study are also presented, according to the author.

Key Words: fishery losses, water pollution.

Improvement of Removing Rate of Nitrate in

Drinking Water with the CARIX Process. Gong Wenli (Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(4), 1990, pp.38—41

The paper describes treatment of drinking water using CARIX ion exchange process. The combined application of a weakacid ion exchanger in the free acid form and an anion exchanger in the bicarbonate form provides a combined removal of nitrate, sulfate and hardness from drinking water. Carbon dioxide is used for the simultaneous regeneration of both resins. In order to improve the regeneration efficiency of nitrate, the application of additives like CaCO₃ or MgO has been studied. The dosage of different quantities of MgO has been investigated with respect to an optimization. MgO should be added at the concentrations above 0.4%. Furthermore, the usual mixed bed was compared with a compound bed, consisting of several short single beds. Under the raw water conditions of the test, over 50 BV of water could be treated, whereas regeneration required about 5 BV of water.

Key Words: CARIX process, nitrate, drinking water.

Research on the Starting Conditions of An Anaerobic Digester. Xu Chunlan, Yan Dacheng, Wu Chibo (Department of Environmental Engineering, Huangshi University, Hubei Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(4), 1990, pp. 42—48

The primary intent of this research is to explore optimal starting conditions of an anaerobic digester. Anaerobic treatment of wastewater has many advantages, but it takes a long time for the digester to start running, so that the equipment cannot bring into full play. The authors investigated starting conditions of anaerobic treatment in a acitric acid factory, found that the conditions were optimized by using orthonal design. The experimental results were applied to the industrial equipment for treating wastewater and got a satisfactory benefit.

Key Words: starting conditions, anaerobic digester.

Automatic and Continuous Determination of Aromatic Compounds in the Ambient Air Using Capillary Column Gas Chromatograph. Wulan Sendan, Tong Qing, Liu Yansen (Inner Mongolia Monitoring Center for Environmental Protection, Huhehot): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(4), 1990, pp.49—53

An automatic and continuous analysing device of aro-