

塔式生物滤池处理洗涤剂工业废水的模拟试验

李 峤* 邓家齐 王德铭

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

本项研究工作表明,塔式生物滤池在处理模拟洗涤剂工业废水时,能够适应和克服一般好氧生化法所不能解决的泡沫问题,并对废水中的 LAS 和 COD 具有一定的去除效果。根据实验结果,初步认为塔滤可应用于洗涤剂工业废水的生化处理,并向洗涤剂行业首次推荐这种废水生物学净化方法。从塔滤的生物膜中分离出了优势菌,经鉴定为一种气单胞菌(*Aeromonas* sp. D-4)。

关键词 塔式生物滤池,洗涤剂,气单胞菌

目前,在世界各国的洗涤剂工业中,应用得最多的是阴离子型表面活性剂,其中又以直链型烷基苯磺酸盐 LAS (Linear alkylbenzene sulfonate) 的用量最大。由于表面活性剂是合成洗涤剂的主要有效成分,故在洗涤剂的生产和产品的使用过程中,都会产生含有大量 LAS 的污水^[1]。

对于洗涤剂工业废水的处理,国外多采用物理化学方法;有关微生物对于洗涤剂的净化效果虽然有一些报道,如 Bogan 和 Sawger 曾经指出,微生物在去除污水中的洗涤剂方面起着重要作用^[10],但多数着重于确定洗涤剂产品的生物降解度和生物毒性,而关于能够有效地处理洗涤剂工业废水的生化装置及其有关工艺条件等方面的研究和应用则很少。在我国,大连市曾经报道用吹脱法去除印染污水中的 LAS。除山东潍坊合成洗涤剂厂曾用生物转盘法进行含活性物废水的小试外^[11],目前尚无其它生化处理技术。而且,潍坊厂是采用一种假单胞菌(*Pseudomonas* sp. B-3)纯培养进行生物转盘挂膜试验的。

由于洗涤剂工业废水含有大量表面活性物,用活性污泥法或接触氧化法进行生化处理时会产生很多泡沫,而至今又未能找到一种行之有效的消泡方法,因此,泡沫问题是目前洗涤剂工业废水未能应用生化处理的主要原因。本项研究工作选用塔式生物滤池进行洗涤剂工业废水生化处理的模拟试验,并以洗涤剂工业废水中的主要污染物 LAS 作为模拟试验的主要测定指标。

* 现在武汉大学环境科学系工作。

1986年10月21日收到。

材料与方 法

1. 塔滤的构造

塔式生物滤池的结构如图 1 所示,其主要组成包括以下几个部分:

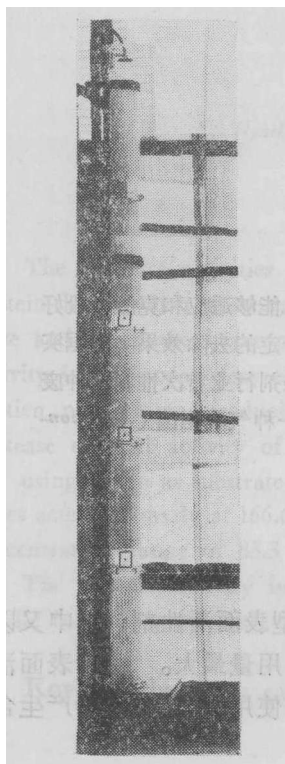


图 1 塔式生物滤池的构造

Fig. 1 The structure of the tower biological filter

塔身 用 5 mm 厚的有机玻璃围成的圆柱体。直径 0.175 m, 横截面积 $(0.0875 \text{ m})^2 \times 3.14 = 0.024 \text{ m}^2$ 。由 5 节连成, 其高度分别为 0.98 m, 0.70 m, 0.70 m, 0.70 m 和 0.68 m, 连同塔座(高 0.24 m), 塔身总高为 4.0 m。

滤料 从武汉市塑料十一厂购回塑料蜂窝填料(图 2)。内切圆直径 25mm。5 节滤料的高度分别为 0.62 m, 0.565 m, 0.565 m, 0.565 m, 0.66 m, 滤料总高度 2.975 m, 滤料总体积 0.0714 m^3 。

布水器 铜质淋蓬头(图 3)。

流量计 LXS-67 型家用水表。

配水槽 由两只大塑料桶串联而成, 总体积 0.4 m^3 。

集水槽 用白铁皮制成。体积 0.081 m^3 。置塔滤底部, 收集出水。

沉淀槽 与集水槽相连, 体积 0.4 m^3 。

升水泵及电机 B 型单级离心水泵 $1 \frac{1}{2}$ B-17, 1.5 千瓦电机。

2. 材料及塔滤的运转

从武汉油脂化学厂总排污口取回污泥, 作为培养生物膜时微生物接种的来源。考虑到污泥中的微生物已经自然驯化, 我们便对污泥的培养、驯化和挂膜这三个步骤合而为一, 同时进行。模拟污水中添

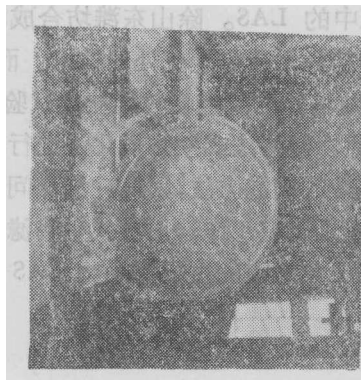


图 2 塑料蜂窝填料

Fig. 2 Plastic honeycomb filter.



图 3 喷淋配水

Fig. 3 The sprinkling of the wastewater.

加了淘米水、氮源及无机盐类作营养,同时添加洗涤剂。挂膜时,模拟污水从配水槽流经塔滤到沉淀槽,又通过升水泵回到配水槽,实行闭路循环。

视淘米水和合成洗涤剂的用量,可以将挂膜循环液分为 4 种配方(总体积 400L):

	1	2	3	4	
碳源	淘米水	20L	15L	10L	10L
	洗涤剂	16g	24g	32g	40g
					逐渐减少
					逐渐增多

氮源 蛋白胨、尿素、 NH_4NO_3 NH_4Cl 。

无机盐类 K_2HPO_4 、 FeCl_3 、 MgSO_4 、 FeSO_4 、 KNO_3 等

视生物膜的生长情况,氮源和无机盐类的用量灵活变动。

挂膜期间,每日换水两次。换水前,原水先经一段时间的沉淀,排去上清液(约占原水体积 40—50%),再用自来水补足总体积至 400L,同时添加营养物质和洗涤剂。每批挂膜循环液(即每次换水后)循环 4 次。

开始测定 LAS (亚甲蓝显色法)^[2,12] COD (快速测定法) 去除率后,每批模拟污水中的淘米水用量维持在 10L 左右,洗涤剂 40—80g (LAS 20—40 mg/L),氮源及无机盐的种类和用量同前。在这一期间,每日换水一次(方法同上,总体积仍为 400L),每批模拟污水循环六次。每次循环大约需要 100—120 分钟。模拟污水经过 6 次循环和沉淀共需 24 小时。

结 果

1. 塔式生物滤池对模拟污水中 LAS 的去除

如果以每天早上换水后新配制的模拟污水混合液(即第一次循环的进水)作为“塔滤的进水”,以经过 6 次循环并沉淀后的沉淀槽上清液作为“塔滤的出水”,则可测得模拟污

表 1 塔滤对模拟污水中 LAS 的去除

Tab. 1 The removal of LAS from the artificially prepared wastewater in tower biological filter

日 期 date	进 水 LAS mg/l influent	出 水 LAS mg/l effluent	去除率% removal rate
1984.9.15	6.63	1.93	70.89
9.16	6.40	1.80	71.88
11.6	22.26	9.12	59.03
11.7	22.55	8.77	61.11
11.8	22.79	8.65	62.05
12.20	32.38	13.22	59.20
12.21	28.18	11.95	57.60
1984.1.9	33.42	14.82	55.66
1.10	34.20	14.28	58.25
1.11	28.79	12.26	57.42
1.12	25.72	10.62	58.71
1.13	22.03	8.00	63.69

注:用 25 型或 30 型合成洗涤剂配制模拟污水;LAS 浓度为实测值

水经 6 次循环后的 LAS 去除率。结果见表 1。

由表 1 可见,当进水 LAS 为 20—40 mg/L 时, LAS 去除率为 55—65%; 当进水 LAS 为 5—10 mg/L 时, LAS 去除率可达 70% 以上。即在一定浓度范围内,当进水 LAS 浓度升高时,去除率反而降低。

2. LAS 去除率随循环次数的变化趋势

如果以每次循环开始时配水槽中的混合液作“进水”,以该次循环结束后沉淀槽中的上清液作“出水”,则可测得一次循环的 LAS 去除率,结果见表 2。

表 2 一次循环的 LAS 去除

Tab. 2 The removal of LAS in one circulation of wastewater

日 期 date		进 水 LAS mg/l influent	出 水 LAS mg/l effluent	去 除 LAS mg/l removal	去除率% removal rate	备 注 note
1984 年 1 月	15日	25.86	21.63	4.23	16.36	第三次循环, 120 分钟
	16日	29.04	25.40	3.64	12.53	第二次循环, 110 分钟
	17日	34.95	29.70	5.25	15.02	第一次循环, 130 分钟

表 1 和表 2 的实验结果表明,当进水 LAS 为 25—35 mg/L 时,一次循环的 LAS 去除率在 15% 左右;而在这一浓度范围内,模拟污水经 6 次循环后的 LAS 去除率可达 55% 以上。即增加模拟污水的循环次数, LAS 去除率可大幅度提高。

一般塔滤的高度均在 12 米以上。由于实验条件的限制,我们的实验塔滤只有 4 米高(利用了已有地形)。为此,我们观察了废水经过不同次数的循环后, LAS 的去除效果表明,经过 6 次循环之后的 LAS 去除率远大于 1 次循环的 LAS 去除率。我们让每一批模拟污水多次经过塔滤,这在一定意义上相当于延长了塔滤的实际高度。由此可见,通过适当增加循环次数而延长了塔滤的实际高度之后,可以提高 LAS 的去除效果。

3. 生物膜的形成及生物相观察

污泥的培养、驯化和挂膜同时进行经 3—4 天时间,生物膜开始形成,达 2mm 厚,经一周挂膜之后,生物膜可达 3—4mm 厚。正常情况下,衰老的生物膜不断更新,生物膜呈银灰色,厚度趋于稳定。

塔滤运行期间,对生物膜中的菌胶团、丝状菌和微型动物进行了光学显微镜观察。镜检生物膜发现有各种形态的菌胶团生长,如球状、分枝状、云状和蘑菇状等。而且大小不一,呈黄灰色。同时可见大量的丝状菌。若在生物膜生长不好时,丝状菌和菌胶团均较少。通常,正常生物膜中的菌胶团比丝状菌多,而在发黑生物膜中,主要是丝状菌,且菌胶团呈黑绿色。在塔滤运转过程中,经常可见生物膜中出现变形虫、鞭毛虫及各种游泳型纤毛虫。在生物膜持续生长良好之后,还可以看到数目可观的线虫和轮虫。有时,轮虫的纤毛盘缩在躯干内部。

在生物膜中还有一定数量的藻类生长,使塔身的某些部分呈明显的蓝绿色。这主要是因为塔身用有机玻璃制成,能透光。此外,模拟洗涤剂工业废水中还含有一定浓度的

磷,因而为藻类生长创造了条件。有人认为,生物滤池中常见的,而且数量最多的藻类是小球藻和栅藻^[9]。

在塔滤的生物膜中,经常可见一些丝状的硫磺细菌。已知 LAS 在微生物降解的过程中可产生 SO_3^- 和 SO_4^- 等代谢产物。同时,合成洗涤剂中含有大量的硫酸钠。当塔滤在高温季节运转时,由于缺氧,这些硫酸盐可经微生物的反硫化作用(无氧呼吸)被还原成 H_2S ,这就为一些硫磺细菌提供了有利的生长条件。因为这类细菌属于化能无机营养型,可以通过氧化无机物 H_2S 而获得能量。同时,由于丝状菌的表面积较大,有利于物质的吸收,故在不良环境中容易成为生存竞争的优胜者而大量生长。

4. 生物膜中优势菌种的分离和鉴定

采用添加洗涤剂的普通培养基,从塔滤生物膜中分离出了菌落特征明显不同的 6 种菌,编号为菌 1—6,其中以菌 6 的数量最多,初步认为是生物膜中的优势菌种。该菌系革兰氏染色阴性菌,不产芽孢,在显微镜下呈类球体,单个存在,能运动,并具有极端单鞭毛。菌落直径 2—5mm,圆形,乳白色,表面光滑,粘稠,有光泽,边缘整齐,质软,易挑起。兼性厌氧,生长温度范围 4—40℃,最佳生长温度 25—35℃。生长 pH 范围 6.4—9.0,最佳生长 pH 6.7—7.2。该菌为化能异养菌,在普通培养基上生长良好,也能利用硝酸铵作唯一氮源,葡萄糖作唯一碳原在无机培养基上生长。该菌具有降解 LAS 的能力^[6]。其主要生理生化反应见表 3。

表 3 气单胞菌 D-4 的主要生理生化反应
Tab. 3 The main biochemical reactions of *Aeromonas* sp. D-4

项 目	石蕊牛奶试验	硝酸盐还原	厌氧硝酸盐产气	吡啶反应	甲基红试验	U.P 反 应	接 触 酶	氧 化 酶	淀 粉 水 解	硫 化 氢	酪氨酸酶及黑色素	葡萄糖发酵	肌 醇 发 酵	乙 醇 发 酵	7.5% 盐 生 长	尿 素 分 解	无氮培养基生长
结果	产酸凝固	+	—	+	+	—	+	+	+	—	—	+	—	—	—	—	—

注:还原硝酸盐成亚硝酸盐;发酵葡萄糖产酸但不产气

经查检索表^[3],该菌为假单胞菌科一种气单胞菌(*Aeromonas* sp.)。我们将其编号为 *Aeromonas* sp. D-4。

讨 论

1. 泡沫

在模拟试验过程中,没有添加任何消泡剂,也未出现因产生泡沫而妨碍塔滤运转的情况。可见,塔式生物滤池处理洗涤剂工业废水的最大优点是在处理过程中无需采用机械搅拌及其它曝气手段,其横截面积(即“发泡面积”)也比曝气池小得多,加之塔滤在布水过程中水流由上向下的喷淋作用,所以在塔滤内很少产生泡沫,保证了塔滤的正常运转。

2. 洗涤剂工业废水的营养配比问题

洗涤剂工业废水中的主要污染物是阴离子型的表面活性剂烷基苯磺酸盐,即 LAS,而LAS主要由碳、氢两种元素组成,可为微生物提供碳素营养。同时,洗涤剂助剂中还含有一定量的硫、磷和钠。所以,在利用合成洗涤剂配制模拟洗涤剂工业废水时,主要考虑添加了钾、铁、钙、镁等元素和氮源。另外,在微生物培养驯化过程中,为了补足微生物的碳源,还添加了淘米水,并通过洗涤剂的选择和驯化,使能够利用 LAS 的微生物大量生长繁殖。尔后,再逐渐减少淘米水的用量,增加洗涤剂的用量,其目的是企图使洗涤剂代替淘米水而作为微生物生长的碳源。

由于我们的试验规模较小,不可能引用生活污水,所以是通过投加含氮的化学药品来提供氮源的。在处理工业废水时,如果通过添加化学试剂来提供氮素营养,势必增加废水的处理成本,而且有可能造成二次污染,因此在生产性处理污水装置运转时可引用部分生活污水进行混合。

3. 塔高和循环

据有关资料报道,去除率与塔滤滤料的高度有一定的比例关系。例如,采用塔滤处理晴纶废水时,滤层高度从 8 米增加到 12 米,有机物的氧化能力可提高 30%^[5]。我们的实验结果也表明,通过适当增加循环次数而延长了塔滤的实际高度之后, LAS 的去除率大幅度提高。换句话说,塔滤中 LAS 的去除是随滤池高度的变化而变化的,增加塔高,可以提高去除效果。

然而,如果塔滤足够高,则可采用连续进水(即一次进水)。这样,进水中的 LAS、COD 浓度基本恒定,因而塔内不同高度的滤料上生长着的微生物种类和数量也会是基本恒定的。但是由于塔滤不够高而采用循环进水之后,不同的循环次数开始时废水中的 LAS 和 COD 浓度就会显然不同(如第三次循环开始时的 LAS 和 COD 浓度低于第二次循环开始时的浓度),这就会影响到塔内原来生长着的微生物的活性。从一次循环的 LAS 去除结果(表 2)可以看出,不同循环次数的去除率不尽相同,原因之一就在于此。此外,每一批模拟污水通过多次循环之后,由于微生物的生长繁殖而累积的代谢产物也会影响微生物的生理活性。而且,某些代谢产物(如 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}_3$ 等基团)的累积及其对于 LAS 分子的修饰作用还可能会影响采用亚甲蓝显色法测得的 LAS 残留量。可见,工程塔滤可望获得更好的 LAS 去除效果。

4. 塔滤的通风和空气量计算

塔滤氧化有机物时所需要的空气量可用下式来计算^[1]:

$$q = \frac{L_a - L_t}{n\% \times 300}$$

q ——处理 1m^3 废水所需要的空气量 (m^3)

L_a ——滤池进水的 BOD_{20} (mg/l)

L_t ——二次沉淀池出水的 BOD_{20} (mg/l)

n ——生物滤池氧的作用百分数
300——在标准大气压下, 1m^3 空气中含有 300g 氧

塔滤运转结果表明, 一次循环的 COD 平均去除量为 57mg/l (表4)。按 $\frac{\text{BOD}_5}{\text{COD}} = 0.45$ 计^[8,13,14], 则 $\text{BOD}_5 = 0.45 \text{ COD} = 0.45 \times 57 = 25.65 \text{ mg/l}$ 。

表 4 一次循环的 COD 去除
Tab. 4 The removal of COD in one circulation of wastewater

日 期 date		进 水 COD mg/l influent	出 水 COD mg/l effluent	去 除 COD mg/l removal	去除率% removal rate	备 注 note
1984 年 1 月	15日	615	587	28	4.55	第三次循环, 120 分钟
	16日	632	574	58	9.18	第二次循环, 110 分钟
	17日	644	558	86	13.35	第一次循环, 130 分钟
平 均 值		630	573	57	9.03	120 分钟

又 $\text{BOD}_{20} = 1.46\text{BOD}_5^{[4]}$, 所以 $\text{BOD}_{20} = 1.46 \times 25.65 = 37.5 \text{ mg/l}$ 。即 $L_a - L_t = 37.5 \text{ mg/l}$ 。取 $n = 5^{[4]}$, 即“大气氧的利用率”(或称“氧吸收率”)为 5%, 代入原式, 则:

$$q = \frac{37.5\text{mg/l}}{5\% \times 300\text{g/m}^3} = 2.5$$

即每处理 1m^3 模拟污水(一次循环)所需的空气量为 2.5m^3 , 也就是说, 每处理 0.4m^3 模拟污水(一次循环, 取 120 分钟)需要 1m^3 空气。

塔滤是自然通风的, 因此通风状况主要取决于塔滤内外的气温差(一般认为, 塔滤内的气温与水温相同, 所以通风状况应取决于塔外气温与塔内水温之差)。当塔外气温 > 塔内水温时, 空气在塔滤中由上向下流动; 如果气温 < 水温, 则空气通过塔滤由下向上流动^[4]。

关于生物滤池温度差与空气流速的关系, 皮雷 (Piret) 等人总结出了一条关系曲线^[7], 表明温差越大, 空气流速越大。

我们在模拟试验的过程中, 每日均对水温 and 气温进行了监测。统计结果表明, 不同季节的温差为: (ΔT : 温差 = 气温 - 水温)

夏季: 上午 $\Delta T = -1 \sim -3^\circ\text{C}$, 下午 $\Delta T = 2 \sim 4^\circ\text{C}$

秋季: $\Delta T = -1 \sim -5^\circ\text{C}$

冬季: $\Delta T = -3 \sim -11^\circ\text{C}$ (由于安装了加热棒, 温差一直比较恒定)

取温差(绝对值)为 8°C , 则由 Piret 曲线得知空气流速约为 42 厘米/分。又已知塔滤的横截面积为 0.024 m^2 , 故经 120 分钟(一次循环), 流经塔滤的空气体积为:

$$0.42\text{m/分} \times 120\text{分} \times 0.024\text{m}^2 = 1.2\text{m}^3$$

计算结果表明, 我们的塔滤装置基本上能满足空气需要量。从温差分析来看, 温差(绝对值)为 8°C 的情况不多, 但由于温差多为负值, 即空气在塔滤中的流动是由下向上, 这与空气借助塔滤的抽风作用而在塔内的流动方向一致, 因而补足了部分空气量 (事实上, 取温差为 -8°C 时的计算结果会大于取温差为 8°C 时的计算值。如果将 Piret 的关系曲线进行反向延长, 就可以清楚地看到这一点)。但是, 夏季温差(绝对值)太小时, 则塔滤通风欠

佳;同时由于 ΔT 为正值,气流由上向下流动会与抽风气流发生抵消;又由于水温高,导致溶解氧减少,所以厌氧层增厚,生物膜发臭、发黑,大片脱落,处理效果会明显降低。

结 语

实验结果表明,塔滤在处理模拟洗涤剂工业废水时,既能适应和克服一般好氧生化法所不能解决的泡沫问题,同时对 LAS 和 COD 又具有一定的去除作用。这就表明了选用生化法中的塔式生物滤池处理洗涤剂工业废水的可能性。

我们认为,在治理洗涤剂工业废水的过程中,塔滤是有希望付诸实施并取得成功的一种工艺方法。这是因为,采用塔式生物滤池处理洗涤剂工业废水,至少具有以下特点:

1. 由于洗涤剂废水产生的泡沫较多,实践已表明常用的生物学方法对这类废水不适宜,而应用塔滤处理洗涤剂工业废水在我国还没有先例。

2. 利用塔滤的横截面积较小这一特点,结合采用喷淋配水,且不需机械搅拌,因此可以达到控制泡沫的目的,而这正是洗涤剂工业废水生化处理的关键所在。

3. 由于电荷效应,阴离子型的表面活性剂 LAS 易与生物膜发生吸附。而且,LAS 的化学结构比较容易被微生物破坏,因此适当考虑采用废水停留时间较短的塔式生物滤池。

4. 如前所述,处理洗涤剂工业废水的生物膜中有较多的丝状菌生长。由于滤池载体既为丝状菌的生长提供了良好的物质条件,反过来又可以从空间位置上限制它们的生长,因此不存在着污泥膨胀的问题,故丝状菌可以充分发挥其能在恶劣环境中生长并且处理效果好的优点,这也是采用塔滤处理洗涤剂工业废水的有利之处。

5. 塔滤占地面积小,可解决工厂用地紧张的困难。模拟试验表明塔滤还具有构造简单、投资少、管理方便、适应性强、电力消耗小而且产生的污泥较少等优点。

诚然,要将塔滤应用于洗涤剂工业废水的生化处理,还需要做更多的工作,如进行可行性验证等。因此,在此小试的基础上可进行扩大试验,进一步摸索和探讨塔滤运转的工艺条件及有关技术指标(如最佳 LAS 进水浓度等),以确定塔滤对洗涤剂工业废水的净化能力和相应的临界条件,从而不断补充和完善处理洗涤剂工业废水的工程塔滤的设计参数。

参 考 文 献

- [1] 上海市科学技术交流站,1975。废水生化处理。114—124 页。上海人民出版社。
- [2] 中国医学科学院卫生研究所,1983。水质分析法。第四版,205—207 页。人民卫生出版社。
- [3] 中国科学院微生物研究所细菌分类组,1978。一般细菌常用鉴定方法。科学出版社。
- [4] 北京市市政设计院等,1975。污水生物处理。9—26 页。中国建筑工业出版社。
- [5] 北京地区给水排水技术情报网,1979。污水生物处理。100—105 页。中国建筑工业出版社。
- [6] 李岍等,1988。*Acromonas* sp. D-4 降解 LAS 的研究。水生生物学报,12(2): 154—162。
- [7] 张自杰,1977。生物滤池的降解功能及其影响因素。国外公害防治,(4): 27—38。
- [8] 肖志成等,1983。BOD₅ 和 COD 的理论相关原理及其应用的初步探讨。环境科学,4(5): 75—81。
- [9] 周永欣等,1983。水生生物与环境保护。80 页。科学出版社。
- [10] 徐浩译(H. J. 李姆著)。1975。工业微生物学。532—534 页。科学出版社。
- [11] 曹孝全等,1983。微生物降解污水中洗涤剂的初步试验。轻工环保,(1): 13—17。
- [12] APHA-AWWA-WPCF, 1980. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th ed. pp. 530—536, Wash. D. C.

- [13] Ballinger, D. G. and Lishka, R. J., 1962. Reliability and Precision of BOD and COD Determination. *J. W. P. C. F.*, **34**: 470—477.
- [14] Janardan, K. G., 1975. Oxygen Demand Parameters: Correlation of BOD₅ With COD. *Water and Sewage Works*, **122**(10): 62—65.
- [15] Wilber, C. G., 1971. The Biological Aspects of Water Pollution, pp. 145—155. Springfield, Charles C. Thomas.

A SIMULATED TEST ON THE TREATMENT OF DETERGENT INDUSTRIAL WASTEWATER BY TOWER BIOLOGICAL FILTER

Li Qiao* Deng Jiaqi and Wang Deming

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan*)

Abstract

The present work is the first attempt in our country to seek an effective method for the treatment of detergent industrial wastewater. By using artificially prepared detergent industrial wastewater, it reveals that the tower biological filter can effectively overcome the foaming problem that cannot be solved by other general aerobic biological wastewater treatment methods, and it reduces the concentration of LAS and COD in wastewater to some extent. Owing to the positive results, this method has now been recommended to some detergent industries for future application. The dominant bacteria in the biological membrane of the filter have also been isolated and identified as *Aeromonas* sp. D-4.

Key words Detergent, LAS, COD, filter, *Aeromonas* sp. D-4

* Environmental Science Department, Wuhan University