

洗涤剂废水处理工程实例

涂传青 马鲁铭 吴国荣 高廷耀

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 采用混凝沉淀—水解酸化—好氧移动床生物膜工艺处理含生物毒性成分的洗涤剂废水。运行结果表明,设计处理水量为 $450 \text{ m}^3/\text{d}$, 进水中 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、LAS、TCC - TCS 的浓度为 $1\,432 \text{ mg/L}$, 467 mg/L , 430 mg/L , 183 mg/L 和 35 mg/L 时, 处理后出水浓度分别降至 90 mg/L , 21 mg/L , 32 mg/L , 5 mg/L 和 0 mg/L 。出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的二级标准。处理工艺具有处理效果好、运行稳定且操作维护方便等特点。

关键词 洗涤剂废水 混凝 水解 好氧移动床生物膜

抗菌除臭剂 TCC(3, 4, 4 - Trichlorocarbanilide) 和 TCS(2, 4, 4 - Trichloro - 2 - hydroxydiphenyl) 具有良好的皮肤相容性, 能抑制细菌生长, 对人和动物无急、慢性毒性, 无致突变和畸形、无致癌性、无任何光敏化作用, 不会在体内积累, 被广泛应用于医疗、卫生、洗涤剂和化妆品中。但毒理学研究表明, TCC 和 TCS 对活性污泥中的原生动物和细菌具有较强的毒性。TCC 和 TCS 对活性污泥中原生动物 48 h 半数致死浓度(LC_{50})分别为 25 mg/L 和 23 mg/L 。对其中的细菌也有较强的毒性。当 TCC - TCS(1:1 混合)含量为 40 mg/L 时, 对需氧菌的抑制率为 16%, 含量为 80 mg/L 时, 抑制率为 45%; TCC - TCS 对厌氧菌的抑制较为敏感, 含量为 40 mg/L 时, 抑制率为 29.3%, 含量 80 mg/L 时, 抑制率为 63%^[1]。江苏某日用化工厂主要生产洗发液、沐浴液、香皂、牙膏和化妆品等日用品, 生产过程中加入了含氯代芳香烃结构的 TCC 和 TCS, 生产废水中含有大量难生物降解有机物, 而且有起泡和乳化等特性, 处理难度较大。

1 废水水质水量及标准

由于产品种类繁杂, 生产情况不稳定, 短时间内水质呈现无规则的动态变化。废水中有机成分复杂, 生物毒性较大。水量变化范围较大, 经统计该厂混合废水平均排放量为 $450 \text{ m}^3/\text{d}$, 主要包括生产废水和生活污水, 水质情况及要求的排放标准见表 1。

2 工艺流程

表 1 废水水质指标及排放标准

水质指标	pH	COD_{Cr} /mg/L	BOD_5 /mg/L	SS /mg/L	LAS /mg/L	TCC - TCS /mg/L
平均浓度	8.6	1 432	467	430	183	35
排放标准	6~9	150	30	150	10	

该厂废水属于中高浓度的有机废水, 含有部分较难生物降解的物质, 生物毒性较大。处理工艺必须消除或减少废水的生物毒性, 提高可生化性, 同时考虑工艺稳定性和经济性。经过小试和中试, 最终选择采用混凝沉淀—水解酸化—好氧移动床生物膜工艺。采用混凝沉淀预处理, 可大幅减少废水中的 TCC - TCS、SS 和 LAS, 降低后续生化处理系统的负荷^[2,3], 消除 TCC - TCS 对微生物的毒害作用。生化处理采用水解酸化—好氧移动床生物膜工艺, 经生化处理废水中的有机物被降解后进入二沉池, 出水经清水池排放口排放, 产生的污泥经浓缩和板框压滤机脱水后外运处置。废水处理工艺流程见图 1。

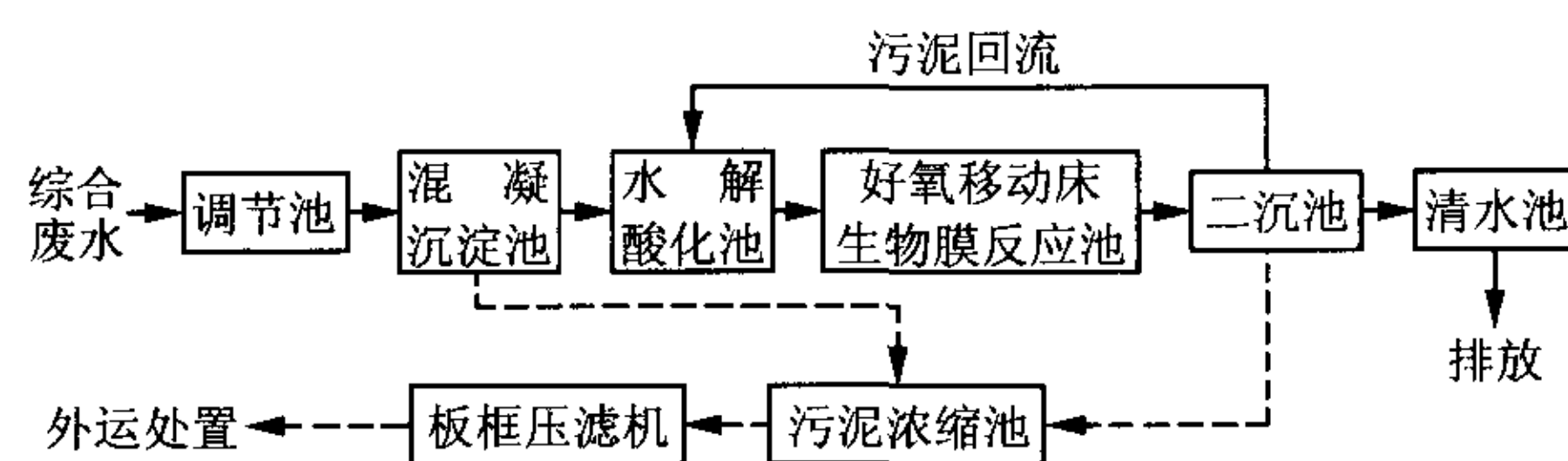


图 1 废水处理工艺流程

3 主要构筑物

废水处理工艺流程中的主要构筑物见表 2。

废水处理工艺设备的运行采用 PLC 控制, 完成水泵、加药计量泵和风机等的启闭, 并有过载保护和

表 2 主要构筑物

构筑物名称	说 明
调节池	10 m×5 m×3.5 m, 有效水深为 3 m, HRT=8 h
混凝沉淀池	4.7 m×2 m×3.5 m, 有效水深为 3 m, HRT=1.5 h
水解酸化池	11 m×5 m×3.5 m, 有效水深为 3 m, HRT=8 h
好氧移动床生物膜反应池	10 m×4 m×5 m, 有效水深为 4.5 m, HRT=8 h
二沉池	直径 4 m, 有效水深为 3 m
污泥浓缩池	3 m×3 m×3.5 m, 有效水深为 3 m

液位报警功能。

4 调试运行与处理效果

4.1 调试运行

工程竣工后,接种的厌氧和好氧污泥取自附近的城市污水处理厂,分别投入水解酸化池和好氧移动床生物膜反应池。闷曝 2 d 后,用生活污水和不含 TCC-TCS 的生产废水按一定比例搭配进行调试直至运转正常,期间不断加大生产废水的含量以缩短驯化时间。水解酸化池和好氧移动床生物膜反应池挂膜成功后,使用含 TCC-TCS 的综合废水调试混凝沉淀池。最后按照设计的自控模式运转。

4.1.1 水解酸化池

进水后第 7 天弹性填料表面有一层薄而均匀的灰黑色生物膜形成。填料表面附着的微生物分泌胶质粘膜,覆盖已形成的膜层,膜层不断增厚且由内向外扩展,最后形成成熟的生物膜。水解酸化池调试阶段对 COD_{Cr} 和 LAS 的处理效果见图 2。由图 2 可知,随着驯化时间延长,对 COD_{Cr} 和 LAS 的去除效率不断增加。运行 30 d 后 COD_{Cr} 和 LAS 的去除率分别为 37.9% 和 52.7%,并趋于稳定,微生物生长达到稳定状态,水解酸化池挂膜成功。

4.1.2 好氧移动床生物膜反应池

好氧移动床生物膜中的微生物对阴离子表面活性剂的降解能力较强,虽然驯化期间 LAS 浓度不断增加,泡沫却逐渐减少。调试阶段对 COD_{Cr} 和 LAS 的处理效果见图 3。由图 3 可知,启动 30 d 后, COD_{Cr} 和 LAS 的去除率分别达 83.5% 和 83.1% 并趋于稳定。挂膜成功后,镜检可观察到菌胶团结构紧密,并有钟虫、轮虫等原生和后生动物出现。反应池采用穿孔管鼓风曝气,气水比为 15:1,泥水混合液中溶解氧浓度 DO 为 2 mg/L 左右。风机参数 $Q_s=334.8 \text{ m}^3/\text{h}$, $P=49 \text{ kPa}$, $N=7.5 \text{ kW}$,1 用 1 备。

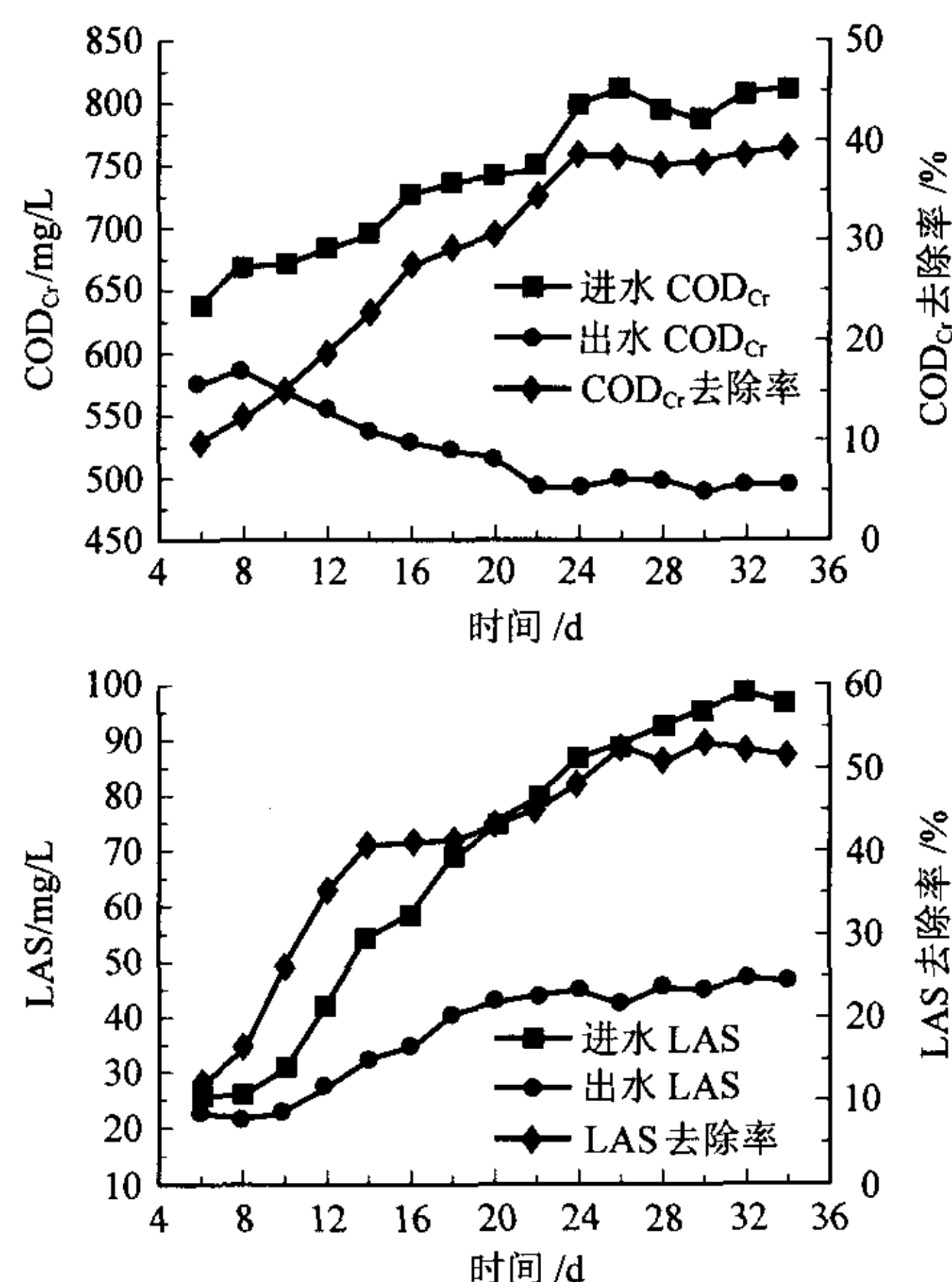


图 2 水解酸化池对 COD_{Cr} 和 LAS 的去除效果

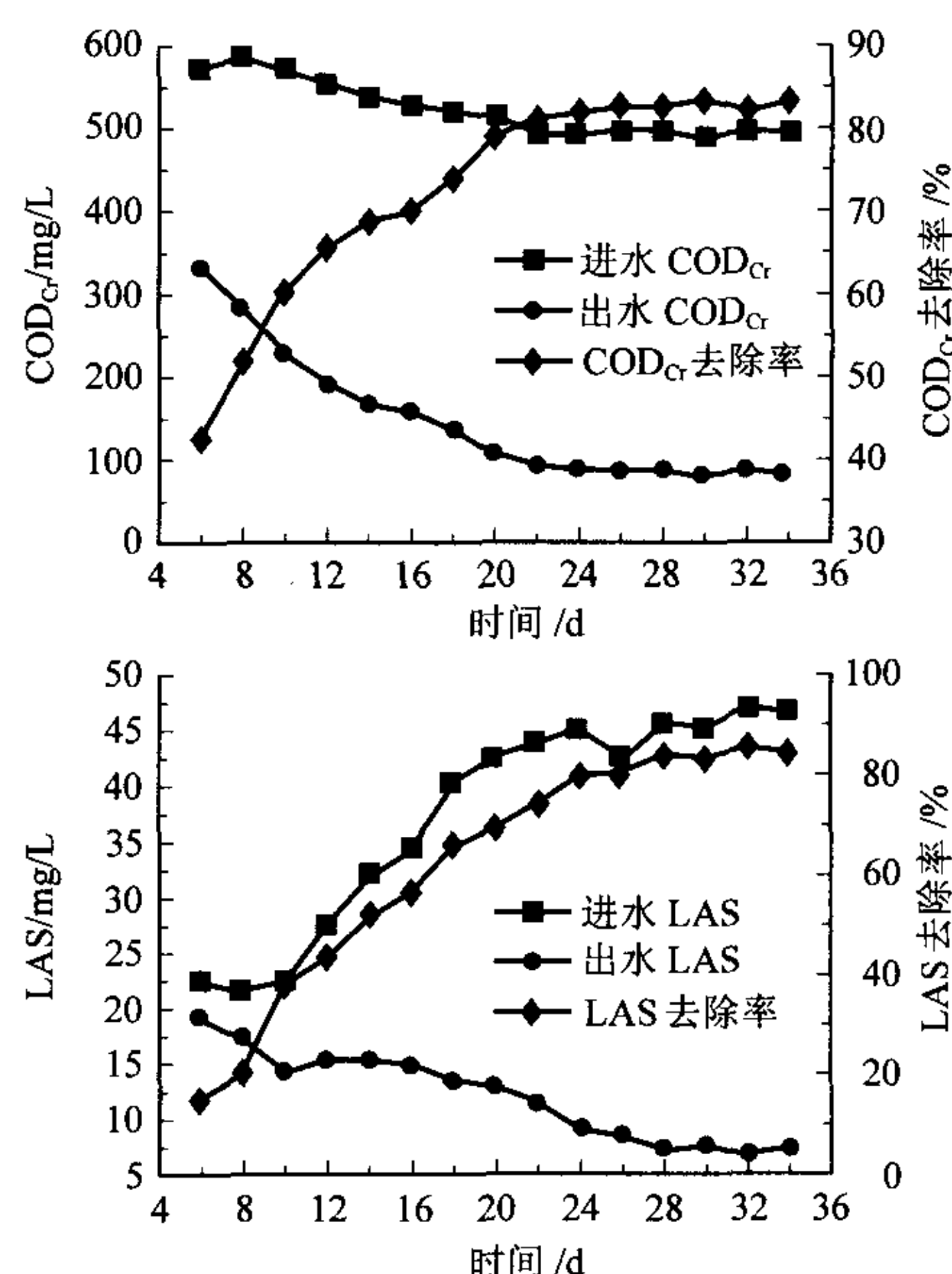


图 3 好氧移动床生物膜反应池对 COD_{Cr} 和 LAS 的去除效果

4.1.3 混凝沉淀池

水解酸化池和好氧移动床生物膜反应池挂膜成功后,将实际含 TCC-TCS 的生产废水先经混凝沉淀处理,然后进入生化处理系统进行生物降解。调试混凝沉淀池运行参数 pH 为 7~8, PAC 投加量为 50 mg/L, PAM 投加量为 1 mg/L。

4.2 处理效果

工程经过 3 个月的调试运行,出水的各项水质

指标均达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的二级标准,并顺利通过了当地环保部门组织的验收。各处理构筑物对废水的平均处理效果详见表 3。

表 3 各处理构筑物的平均出水水质与处理效果

项 目	pH	COD _{Cr} /mg/L	BOD ₅ /mg/L	SS /mg/L	LAS /mg/L	TCC-TCS /mg/L
调节池	7.8	1 238	456	370	163	35
混凝沉淀池	7.5	865	326	125	80	0
水解酸化池	6.8	538	234	78	36	0
二沉池	7	90	21	32	5	0
总去除率/%		92.7	95.3	91.3	96.9	100

4.3 成本分析

工程总投资约 147 万元,主要包括土建费、设备与材料费等。单位废水处理运行费用为 1.46 元/m³,主要包括电费、药剂费和人工工资等。其中废水处理设备实际使用功率为 18.7 kW,电价按 0.6 元/(kW·h)计,则电费为 270 元/d(0.6 元/m³);混凝沉淀选用的药剂为 PAC 和 PAM,其投药量分别为 180 mg/L 和 2 mg/L,药剂费为 200 元/d(0.44 元/m³);人均工资按 900/月计,编制为 3 人,则人工费为 90 元/d(0.2 元/m³);化验费和维修费等通过统计约为 100 元/d(0.22 元/m³)。

5 讨论

(1)经过混凝沉淀预处理,几乎全部的 TCC-TCS 被沉淀去除,SS 和 LAS 也大幅下降,消除了废水对后续生化处理系统中微生物的毒害作用,减小了有机负荷,保证了后续生物处理工段的高效运行。但应妥善处置沉淀污泥,避免污泥中的 TCC-TCS 和 LAS 对环境造成二次污染。

(2)水解酸化反应池可去除大量的 LAS 和 COD_{Cr},降低了后续好氧移动床生物膜反应池处理的负荷,增加了处理系统的可靠性和稳定性。同时,运行结果表明经酸化水解处理后,废水的可生化性得到了改善,有利于后续的好氧处理。另外,采用水解酸化处理降解了部分 LAS,可避免产生大量的泡沫。因此水解酸化处理是后续好氧生物处理高效运行的关键。

(3)水解酸化池出水再经好氧移动床生物膜处理,在进水 LAS 和 COD_{Cr} 浓度分别为 36 mg/L 和 538 mg/L 时,处理后出水 LAS 和 COD_{Cr} 浓度满足 10 mg/L 和 150 mg/L 的排放标准,去除率分别达到 83.5% 和 83.1%。由此看来,好氧移动床生物膜

处理对 LAS 和 COD_{Cr} 有着较高的去除率,对出水达标排放起着重要作用。LAS 等有机物虽然在水解酸化处理中有一定的去除率,但降解得很不彻底,需要在好氧处理中进行较完全的降解。

(4)好氧移动床生物膜反应池结合了生物接触氧化法和好氧生物流化床的特点,强化了污染物、溶解氧和生物膜的传质效果^[4]。以密度接近水的悬浮填料投加到曝气池中作为微生物的生长载体,依靠曝气和水流提升作自由翻转。该悬浮填料是以聚丙烯为主要材料的圆柱形塑料制品,柱体空心,内有多叶翼片,外径为 50 mm,高为 100 mm,比表面积为 280 m²/m³,密度为 (0.96~0.99) × 10³ kg/m³。好氧移动床生物膜反应池具有挂膜容易、填料不易堵塞、处理效率高、能耗低等优点。

6 结论

(1)采用混凝沉淀作为洗涤剂废水预处理工艺,可将废水中 TCC 和 TCS 完全沉淀去除,消除对后续生物处理中微生物的毒害。预处理段对 COD_{Cr} 和 LAS 的去除率分别为 30.1% 和 50.9%,水解酸化对 COD_{Cr} 和 LAS 的去除率分别为 37.9% 和 52.7%,大幅降低了有机物处理负荷,并成功解决了产生泡沫的问题,为后续好氧处理创造了良好的运行条件。

(2)混凝沉淀—水解酸化—好氧移动床生物膜工艺处理洗涤剂废水,对 COD_{Cr}、BOD₅、SS、LAS、TCC-TCS 的平均去除率分别为 92.7%、95.3%、91.3%、96.9% 和 100%,出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的二级标准。

参考文献

- 1 崔蕴霞,肖锦. TCC/TCS 对生物处理过程中微生物的抑制作用. 上海环境科学, 1998, 17(4): 33~34
- 2 李天琪,张翼飞,何涛,等. 混凝—活性污泥法处理表面活性剂废水. 中国给水排水, 2003, 19(11): 67~68
- 3 祁梦兰,郝瑞霞. 化学混凝法处理合成洗涤剂废水. 化工环保, 1989, 9(2): 81~85
- 4 季民,薛广宁,董广瑞,等. 移动床生物膜反应器处理生活污水. 中国给水排水, 2003, 19(2): 56~57

@通讯处:200092 上海市密云路 588 号同济大学城市污染控制国家工程研究中心

电话:(021)65982106

E-mail: tu3300@sohu.com

收稿日期:2004-06-15

修回日期:2004-12-18