

® 工业给排水 ®

# 气提反应器在油脂废水处理工程中的应用

贾立敏 王凯军 杜兵

**提要** 通过气提反应器(内循环式三相生物流化床)在油脂废水工程的成功应用,分析了不同负荷条件下的运行状况,并提出了适应油脂废水处理的气提反应器设计条件和主要参数。

**关键词** 气提反应器 流化床 油脂废水 处理

生物流化床技术自 70 年代发展以来,由于与一般生物技术相比具有处理效率高、占地少等优点,在废水生化处理中得到了广泛应用,但在多年的应用实践中人们发现,流化床技术仍存在一些工程上的问题需要解决,如气、液、固分离;提高传质效率;生物膜脱落分离等。因此近年来,国内外均开展了对新型流化床技术设备的开发研究,气提反应器即为其中一种。气提反应器(内循环式三相生物流化床)作为一种新型的三相流化床,是为了解决传统流化床存在的问题而发展起来的。本文主要结合气提反应器在油脂废水工程中的应用,基本确定了该种反应器在工程运行条件下的设计参数,为实现进一步工程化放大设计创造了良好的条件。

## 1 气提反应器

气提反应器是由 5 部分组成,即升流区、降流区、脱气区、沉淀分离区、曝气区。其工作原理为:在反应器中投加一定量的细小惰性载体,通过底部曝气头曝气,造成升流区与降流区之间出现一定的密度差,进而推动液体和载体在升流区与降流区间循

环流动。大多数载体进行循环流化,少数载体随气泡上升至脱气区,在这里完成气体释放,然后液固混合液便进入沉淀分离区,由于载体较悬浮污泥和水重,故载体向下沉降返回降流区中继续参与循环流动。出水和悬浮污泥从出水堰流出。

气提反应器不仅具有一般好氧流化床的共性,还具有以下特点:

### 1.1 流化性能好

气提反应器大部分载体都参与循环流动,因此不存在床中载体分层现象,各载体在床中所受到的摩擦、剪切基本相同,载体流化具有良好的均匀性,这为均匀的生物膜形成提供了条件。

### 1.2 氧的转移效率高

由于气提反应器在中心管曝气的截面积小于在整个床曝气时的截面积(传统流化床),同时大量液体循环会夹带一些细小的气泡,这样使气-液接触时间延长,从而提高了氧的转移效率。实测表明,空气利用率可达 30%~50%,动力效率可达  $2\text{kgO}_2/(\text{kW}\cdot\text{h})\sim 5\text{kgO}_2/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

### 1.3 载体流失量少,不需专门的脱膜设备

由于整个反应器内载体受到的剪切与摩擦基本上均匀一致,因此不会出现因生物膜增厚,载体变轻而在床内分层的现象(这是传统流化床的基本现象),所以既能在不增加脱膜设备的情况下,保证反应器中生物载体的膜不会过度增长,同时又不会流失载体,这样就大大简化了原来的流化床处理污水所需的辅助设备。

### 1.4 放大设计较容易

通过各个控制参数如液体的循环速度等来实现对气提反应器行为的控制。在设计时,只要保证关键参数相似就能得到相似的反应器行为。

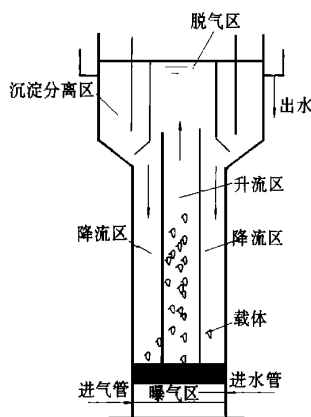


图 1 气提反应器结构示意图

气提生物反应器与传统的生物处理设施相比,具有如下特点:

(1) 生物量高、反应器体积小,生物量一般可达 20g/L ~ 40g/L,是传统活性污泥法的 5 ~ 8 倍。同时由于污泥龄的延长(一般为 20d),污泥产率低。

(2) 生物载体沉降速度可达 10m/h,不需设置专门的沉淀池。

(3) 耐冲击负荷能力强,处理效率高。由于气提生物反应器具有巨大的生物量,并且是典型的完全混合型生物反应器,因此对冲击负荷(水力负荷冲击和有机负荷冲击)抵抗能力强,能很快恢复到冲击前的状态,处理效率高。表 1 列举了气提反应器同传统生物反应器的特性比较。

表 1 传统生物处理设备与气提反应器性能比较

传统生物处理设备		气提反应器	
缺点	原因	特点	优势
反应器容积过大	反应器污泥浓度低	生物载体,生物量大	生化反应器体积小
二沉池占地面积大	污泥絮体沉降慢	生物载体和脱落生物膜块沉降快	不需设二沉池
二次污染严重(噪声、臭味、烟雾)	好氧处理设备敞开式	生物载体,设备高大,顶部便于集中收集(封闭式)	二次污染轻且易于处理
处理效率低	污泥龄短	生物量大,产泥少,污泥龄长	处理效率高
稳定性较差(污泥膨胀)	悬浮生长活性污泥	固着生长微生物群	无膨胀现象生物稳定性好

因此气提反应器是一种高效新型污水处理装置

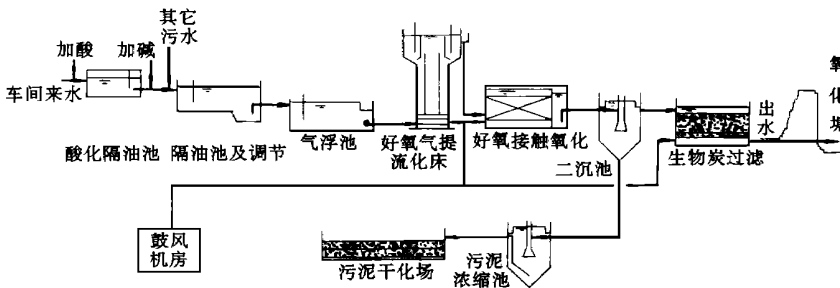


图 2 污水处理工艺流程图

置,特别适宜于处理高、中等浓度的有机废水。国内在 80 年代末开始进行气提反应器的实践,并且借鉴国外的研究成果针对一些关键技术开展研究,并基本确定了一体化气提反应器的设计、载体选择的方法等反应器的基本技术参数。笔者承担的北京某制油有限公司的污水处理工程,采用了 20m<sup>3</sup> 的气提反应器,是目前国内首次应用于废水处理的生产性装置。以下结合该工程实际运行情况,讨论气提反应器的工程应用及参数确定等问题(到目前为止南方某染料厂的污水处理工程已采用了单体容积达 120m<sup>3</sup> 的气提反应器,总容积已达 500m<sup>3</sup>,现正进行调试运行)。

## 2 油脂生产废水工艺流程确定

北京某制油有限公司废水的水质特性如表 2 所示。

表 2 北京某制油有限公司精炼油脂污水水质

项目	COD/mg/L	BOD/mg/L	SS/mg/L	油/mg/L	pH	水量/m <sup>3</sup> /d
数值	2 500 ~ 15 000	1 000 ~ 6 000	350 ~ 800	300 ~ 3 500	6 ~ 9	500

该公司属食用植物油精炼企业,排放的废水含油量高,有机物浓度高,水质波动大,但水中有毒物质少,可生化性好,因此国内外对该类废水的处理均采用物化 + 生化相结合的工艺。通过物化处理去除悬浮物和大部分的油,再经生化去除剩余的有机物。在生化处理工艺中,由于进水有机物浓度较高,通常采用厌氧-好氧处理工艺。在本处理工艺中,采用耐高负荷冲击的气提反应器代替厌氧工艺。污水处理工艺流程见图 2。气提反应器主要设计参数见表 3。

## 3 运行结果及讨论

### 3.1 污水处理工程全流程运行结果

全流程运行结果见表 4、表 5 和图 3,气提反应器运行结果见图 4。由表 4、表 5 和图 3、图 4 可见,在进水水质波动较大的条件下,气提反应器和好氧池均对污水的 COD 有较高的去除效率,平均总去除率达 90% 以上,其中气提反应器的 COD 去除率达 60% 以上,保证了好氧池的稳定运行。在超出设计水质近 3 倍以上的进水条

表 3 气提反应器设计参数

项目	尺寸	设计进水负荷 /kgCOD/(m <sup>3</sup> ·d)	载体材料	气水比	COD 去除率
参数	1.8m, H=6.0m, V=15m <sup>3</sup>	20 (HRT=1.0h)	0.2mm~ 0.4mm 陶粒	(7~10) 1	50%~60%

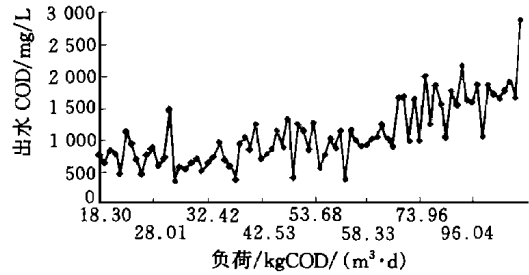


图 5 气提反应器负荷与出水 COD 的关系

件下,整个处理系统仍能保持较高去除效率,足以说明气提反应器在污水处理系统中的抗冲击负荷能力是较强的。

### 3.2 高负荷条件下的运行

高负荷运行结果见图 5,在 COD 负荷达到 50kgCOD/(m<sup>3</sup>·d) 以上时,效率仍可达到 60% 左右,出水水质也较稳定。说明气提反应器的抗冲击负荷很强,同时可确定在负荷 18kgCOD/(m<sup>3</sup>·d)~35kgCOD/(m<sup>3</sup>·d) 时其运行出水水质稳定性较好,此时的去除效率也较高。

### 3.3 低负荷条件下的运行

低负荷运行结果见图 6,由图 6 可见在负荷处于 8kgCOD/(m<sup>3</sup>·d)~15kgCOD/(m<sup>3</sup>·d) 时,出水稳定且去除率高。同时还发现,随着负荷的增大虽然

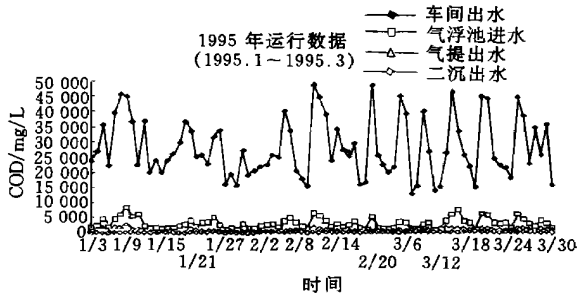


图 3 全流程的运行结果

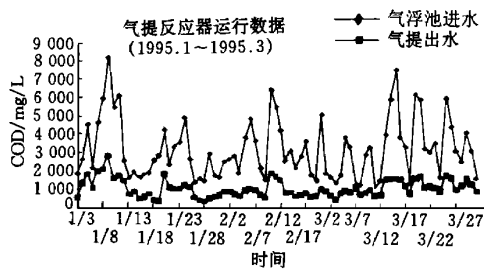


图 4 气提反应器的运行结果

表 4 1995.1~1995.3 运行结果

项目	车间出水	气提反应器			好氧池			气提反应器容积负荷 /kgCOD/(m <sup>3</sup> ·d)	好氧池容积负荷 /kgCOD/(m <sup>3</sup> ·d)
		进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%		
COD /mg/L	27 672 (12 516~48 512)	3 197 (1 158~8 249)	1 089 (354~2 847)	63.2 (12.9~86.3)	1 089 (354~2 847)	170 (149~336)	83.8 (72.4~92.8)	56 (18.3~158.4)	1.0 (0.04~3.4)

表 5 1997.8~1997.9 运行结果

项目	酸化隔油池			气提反应器			曝气池			总去除率 /%	进水量 /m <sup>3</sup> /d
	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%		
COD /mg/L	20 380 (33 159~10 210)	2 373 (1 145~5651)	87.3 (44.7~93.3)	498.6 (225.0~1 396)	165 (107~213)	63.6 (37~86)	165 (107~213)	34.460 (19.0~48.0)	78.3 (65.8~89.2)	91.94 (84.8~97.9)	367 (288~410)
BOD <sub>5</sub> /mg/L	11 472 (16 623~4 962)	1 233.52 (648~1 826)	88.9 (68.9~93.3)	184 (95~582)	48 (30~69)	70 (47~88)	48 (30~69)	7.2 (3.4~11.9)	84.6 (74.5~95.0)	95.5 (91.3~99.4)	
SS /mg/L	755 (516~1 130)	725.3 (321~1 324)	2.88 (-91~53)	143.3 (65~218)	76 (25~128)	45.55 (12~70.3)	76 (25~128)	9.58 (3.0~15.0)	86.7 (76.8~96.8)	93.1 (87~97.5)	
油 /mg/L	9 218 (5 900~13 258)	879.3 (410~1 450)	90 (84~93)	42.8 (22~61)	27 (7.9~40)	33.84 (-13~86)	27 (7.9~40)	6.72 (2.0~12.8)	70.82 (14.2~91.6)	83.0 (53.2~94.4)	

出水水质浓度略有提高,但去除效率也有所提高。因此可以认为气提反应器较适宜在较高的负荷条件下运行。

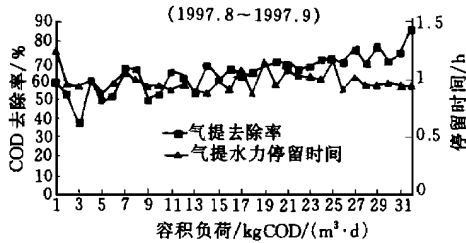


图6 气提反应器 COD 负荷与其去除率的关系

### 3.4 冲击负荷条件下的运行

为了考察负荷变化较大的条件下,气提反应器的运行情况,特进行了几日连续采样分析,其结果如图7所示,由图7可见在进水浓度变化较大的条件下,出水水质基本较为稳定,但去除率随负荷的降低而减少。

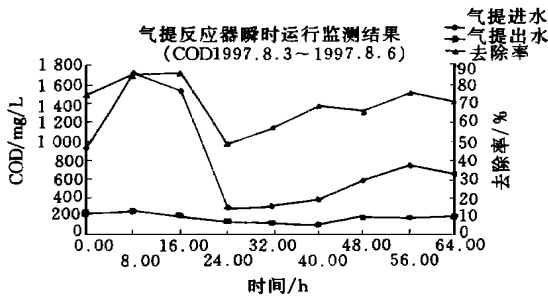


图7 气提反应器冲击负荷运行结果

### 3.5 其它参数的讨论

在气提反应器运行中,水力停留时间 HRT 的考核是一个较重要的参数(参见图6),由于此次运行中进水量基本稳定在  $14\text{m}^3/\text{h} \sim 16\text{m}^3/\text{h}$ ,故 HRT 一般为  $1.0\text{h} \sim 1.3\text{h}$  左右,而从如此短的水力停留时间来看,气提反应器的效率是较高的。

### 4 结论

(1) 气提反应器是在传统流化床的基础上开发的高效好氧反应器,它克服了传统流化床的弱点,实现了在好氧的条件下,采用较高的负荷处理高浓度污水,通过油脂废水处理工程实践证明,气提反应器的工程化应用是较为成功的,为生产装置放大设计提供了较好的设计依据。

(2) 在短期的高负荷冲击条件下,气提反应器仍

可保持较高的有机物去除率,如在油脂废水处理中,负荷可达  $35\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  以上;在低负荷  $8\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 10\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  的条件下运行仍保持较高的效率,说明气提反应器可在不稳定的负荷条件下稳定地运行。

(3) 当采用气提反应器与好氧接触氧化工艺处理油脂污水时,气提反应器的工程设计参数建议如下:

设计负荷为  $18\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 25\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ;

设计水力停留时间 HRT 为  $1.0\text{h} \sim 1.5\text{h}$ ;

气水比可控制在 7:1 或更小;

COD 的去除效率一般为  $60\% \sim 70\%$ 。

### 参考文献

- 1 Azad H S. Industrial Wastewater Management Handbook. McGraw-Hill Book Company, 1976
- 2 贝雷. 油脂化学与工艺学. 轻工出版社, 1989
- 3 贾立敏. 食用植物油工业废水处理工艺研究. 给水排水, 1998, 24(6)

▲作者通讯处:100037 北京市环境保护科学研究院  
电话:(010)68332299-2300 68515588 呼 5573  
收稿日期:1998-9-1

## 电梯井道的排水问题

随着我国建设事业的发展,电梯的使用越来越频繁。在现行的《建筑设计防火规范》(GB16-87)修订本和《高层民用建筑设计防火规范》(GB50045-95)中对消防电梯的排水都有明确规定,消防电梯的井底应设排水设施,排水井容量不应小于  $2.00\text{m}^3$ ,排水泵的排水量不应小于  $10\text{L}/\text{s}$ 。但对于非消防电梯井道的排水未作要求。事实上,在灭火过程中,水通过楼层平面向四周漫延,它不仅从消防电梯的启闭泄入消防电梯井道内,还流入旁边的非消防电梯的缝隙中,消防电梯井内有排水设施,而流入非消防电梯井道内的水却无处可去,因此笔者认为:不论是消防电梯还是普通电梯的电梯井底都必须设置排水装置。

普通电梯井道的排水设施一般分两种情况考虑:有消防电梯时,普通电梯井道的井底排水可通过地漏形式接至消防集水井;没有消防电梯时,可在其井道底设排水集水坑,或在建筑物最低处设集水坑,预埋排水管,预留电源。以备排水泵提升污水之需。另外,消防排水泵的启动与关闭应以集水坑的水位加以控制,其电源要求应与建筑物电源等级相匹配。

(徐红萍)

**Experiment and Verification of Refuse Leaching Liquid** ..... *Chen Zhe*(18)

**Abstract :**The Experiment and verification of refuse leaching liquid treatment are presented taking the practical process design of the Buzhenling Refuse Landfill Yard in Ningbo City ,Zhejiang Province as an example ,and also a theoretical investigation on the experimental results in given as well. These shall be helpful to determine the engineering parameters in designing the technical process of leaching liquid treatment of urban refuse landfill yard.

**Study on the Mechanism of Suspended-Moving Simultaneous Air Water Backwashing** ..... *Yuan Zhiyu et al*(21)

**Abstract :**The principles and hydraulic feature of suspended-moving simultaneous air water backwashing of filters are presented in this paper. The behavior of air bubble at the fluidized filtration bed in the course of backwash has been discussed. It is considered that the synthetic effects of bubble oscillation ,the mixing infiltration of bubble tail and the trail force of high speed upward moving air bubbles improve the performance of backwash of this unit operation. Also some design parameters for different filtrating media are recommended.

**Vapor Stripping Reactor for Oil-Grease Wastewater Treatment** ..... *Jia Limin et al*(25)

**Abstract :**Vapor Stripping Reactor (tri-phase inner cycling fluidized biological bed) has been applied successively for oil-grease wastewater treatment. The operation at different loading conditions is discussed and the design criteria and parameters suitable for oil-grease wastewater treatment are proposed.

**Application of A/O Process in Refinery Wastewater Treatment** ..... *Wang Peifeng et al*(29)

**Abstract :**The study shows that the A/O Process can effectively degrade and eliminate the ammonia nitrogen and total nitrogen in Refinery Wastewater. The parameters and factors of the A/O Process in normal operation condition have been determined on the basis of large quantity of experimental data.

**Design of Lateral Flow Air-Floating-Sedimentation Tank with Inclined Plates** ..... *Guan Jihai et al*(32)

**Abstract :**The seasonal water quality fluctuation in surface water body will be high in the north of this country and this problem will be solved fairly by newly developed air-floating-sedimentation tank with both functions of floatation and sedimentation. With a practical project the guideline ,main parameters and cautions in designing of lateral flow air-floating-sedimentation tank are summarized in this paper.

**Causes and Measures behind Shock-loading of Activated Sludge System to Treat the Petro-chemical Wastewater**

..... *Sun Guangyue et al*(35)

**Abstract :**The presentation and distinction of an activated sludge system treating petro-chemical wastewater in case that in was impacted by shock loading are described. Also the causes to make up and the measures to prevent and amortize the shock loading are presented.

**Brief on Stabilizing High Pressure Fire Water Supply System** ..... *Jiang Wenyuan*(38)

**Abstract :**Fire water system with pressure stabilizing devices (stabilizing pumps of pneumatic tank) will be classified into temporary high pressure water supply system in this country ,although some people identified it as high pressure water supply system. The special points of this water systems differing to the that namely high pressure water supply system. The special points of this water systems differing to the that namely high pressure water supply system and temporary high pressure water supply system are discussed and the author thinks that the name of stabilizing high pressure water supply system is convenient and necessary. Also the classification ,features technical problems of this type of fire water supply system are described.

**Design of Automatic Sprinkling Fire System** ..... *Pan Zhenqin*(41)

**Abstract :** The author 's opinions related to the automatic sprinkling fire system design such as the nozzles ,pipeline