

文章编号:1673-9469(2009)02-0039-03

## 新型溶气气浮装置工作性能与试验研究

李福勤,常建闯,齐国瑞,田婵婵  
(河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**基于提高含油废水处理效率,对新型(管式反应、高效溶气)溶气气浮装置进行了试验研究。结果表明:在流量 $0.50\text{ m}^3/\text{h}$ 、PAC投加量 $60\text{ mg/L}$ 、回流比 $20\%$ 、溶气压力 $0.60\text{ MPa}$ 、絮凝速率 $0.80\text{ m/s}$ 条件下,该装置对含油废水中油和SS的去除率分别达到了 $96\%$ 和 $85\%$ ,去除效果良好,运行稳定,在含油废水及更为广泛的废水处理领域有着广阔的应用前景。

**关键词:**溶气气浮;管式反应器;含油废水;斜管

中图分类号: X552

文献标识码: A

### Working performance and experimental study of new type of dissolved air flotation apparatus

LI Fu-qin, CHANG Jian-chuang, QI Guo-rui, TIAN Chan-chan  
(College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

**Abstract:** A new type of dissolved air flotation apparatus with pipe type reaction and high-efficient dissolved air was studied for improving the treatment efficiency of oil wastewater. The results showed that the oil and SS removal rates of oil wastewater came up to  $96\%$  and  $85\%$  respectively under the condition of flow  $0.50\text{ m}^3/\text{h}$ , PAC  $60\text{ mg/L}$ , reflux ratio  $20\%$ , dissolved-air pressure  $0.60\text{ MPa}$  and coagulation rate  $0.80\text{ m/s}$ , which indicated that the new apparatus had high efficiency and stable operation in treating oil wastewater and would have broad application prospect in oil wastewater and other wastewater treatment field.

**Key words:** dissolved air flotation; pipe type reaction; oil wastewater; inclined tube

气浮技术作为一种高效、快速的固-液分离技术,已广泛应用于石油化工废水的处理,去除废水中油脂和悬浮物<sup>[1]</sup>。目前石化行业普遍采用的气浮技术是加压溶气气浮工艺和涡凹气浮工艺<sup>[2]</sup>。涡凹气浮工艺采用水力切割法制造微气泡,产生气泡较大,一般在 $100\mu\text{m}$ 以上,生成浮渣稳定性差,出水SS偏高<sup>[3]</sup>,这些限制了其在工程中的应用,因此加压溶气气浮已成为含油废水处理的优选工艺。但传统溶气气浮在工程应用中存在受原水水质影响较大,运行不稳定;溶气罐体积大,填料层经常堵塞;释放器易堵塞;分离负荷低;排泥、排渣操作不便等问题<sup>[4-6]</sup>。针对以上存在的缺点,开发新型溶气气浮装置具有现实意义。为此,本文对新型溶气气浮装置(管式反应、高效溶

气)工作性能进行了研究。

### 1 试验装置

在传统溶气气浮基础上充分吸收国内外溶气气浮先进技术,结合工程实践,对混合反应系统、溶气释放系统和分离系统进行了技术改造。试验装置及工艺流程见图1所示。

新型溶气气浮装置与传统溶气气浮相比主要有以下特点:

1)设计了先进的管式反应器,使混合、反应均通过管道快速完成。同时在絮凝过程中加入溶气水,产生“共聚作用”,使气泡结合进絮体内,提高分离效率,节约药剂。

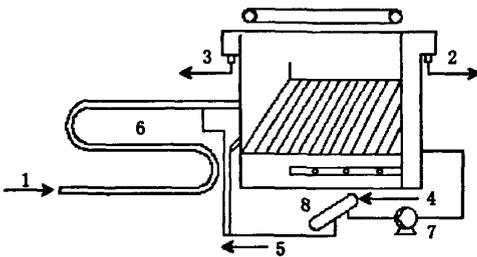
2)采用斜罐高压溶气方式,并在溶气罐入口增加了射流装置,溶气效率提高,罐内液位恒定,溶气罐体积缩小到传统溶气罐的六分之一。

3)根据浅层理论,气浮分离区加装斜管,提高分离效率,缩短停留时间,减小池体体积。

4)采用新型防堵释放器,产生气泡均匀细小,末端宽流道设计,使其无堵塞现象。

5)具有完善的排渣、排泥系统,且采用全自动控制,使其不受人为操作的影响。

其中以管式反应和高效溶气释放系统为核心技术。



1-进水; 2-出水; 3-排渣; 4-空气; 5-溶气水;  
6-管式反应器; 7-循环泵; 8-溶气罐

图1 试验装置及工艺流程图

Fig.1 Test equipment and process flow diagram

## 2 试验方法

本试验装置设计流量  $0.50 \text{ m}^3/\text{h}$ ,原水采用胜利油田某污水站来水进行配制,pH值  $6 \sim 7$ ,SS浓度  $60 \text{ mg/L} \sim 65 \text{ mg/L}$ ,油浓度  $55 \text{ mg/L} \sim 60 \text{ mg/L}$ 。原水泵前投加混凝剂后,由原水泵加压进入管式反应器,并在其中部加入部分溶气水,反应后进入气浮池接触分离,气浮后清水由底部清水槽排出,浮渣由气浮池上部排出。溶气系统采用部分回流加压溶气。实验连续运行,运行中调整药剂投加量、回流比、溶气压力及反应器管径等参数,以出水SS和含油量考察气浮处理效果。

## 3 结果与讨论

### 3.1 反应器流速

管式反应器通过控制管道内流速提供相应的反应强度,达到较好的絮凝效果。试验条件下管径与出水水质的关系如表1所示。

由表1可以看出,在反应器不变径的情况下流速增快,反应强度增加,颗粒碰撞速率增大,所以絮凝效果  $\varphi 15$  较  $\varphi 20$  好,但流速过快,导致紊流程度过高,水力作用易造成矾花破碎,影响絮凝效果,因此管径  $\varphi 12$  时出水水质又开始变差;反应器设置了变径的  $\varphi 12 + \varphi 15$  出水水质最好,说明对于水力絮凝过程,水流速度应逐步减小,有利于提高颗粒碰撞效率。如上所述,管式反应器流速控制在  $0.80 \text{ m/s}$  左右较好,设计管道扩径,反应效果更佳。

### 3.2 回流比

回流比是指回流加压溶气水水量与处理水量的体积比。回流比的大小,直接影响到气浮效果、设备投资及日常运行费用。在确保出水水质的情况下,应尽量减小回流比,以降低运行费用。不同回流比对废水中油和SS的去除效果见图2所示。

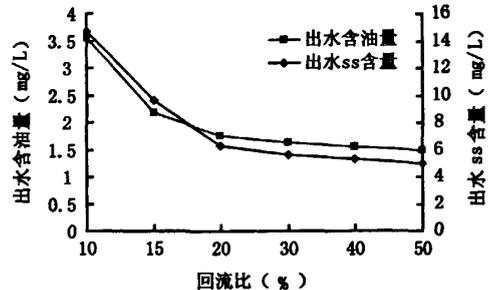


图2 回流比与出水水质的关系

Fig.2 Relations between recycle ratio and effluent quality

表1 管径(流速)与出水水质的关系

Tab.1 Relations between diameter and effluent quality

出水水质	管径(mm), 管长(m), 流速(m/s)			
	$\varphi 12, 30, 1.25$	$\varphi 15, 30, 0.80$	$\varphi 20, 30, 0.45$	$\varphi 12 + \varphi 15, 10 + 20, 1.25 + 0.80$
含油量(mg/L)	2.15	1.97	3.77	1.67
悬浮物(mg/L)	14.5	8.70	17.4	7.80

从图 2 可以看出,随着回流比的增大,气浮出水中悬浮物和油含量降低,处理效率提高,但回流量在 30% 以上时,回流比对出水水质的影响趋势变化较小,而设备投资和耗能将大大增加,综合考虑回流比大小的影响因素,回流比选取 20% 为宜。

### 3.3 溶气压力

在气浮过程中,絮体上升需要溶气水提供足够数量的微细气泡。根据亨利定律,加大溶气罐中的压力,可以增大空气在水中的溶解量。所以溶气压力的大小直接影响到出水的处理效果,改变溶气罐压力,考察其对废水中油和 SS 的去除效果,结果见图 3。

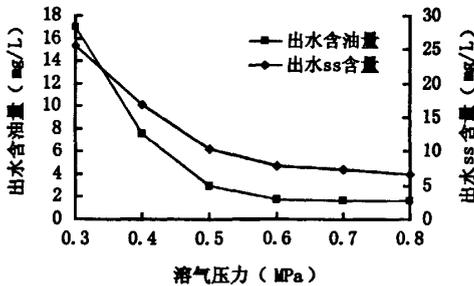


图3 溶气压力与出水水质的关系  
Fig.3 Relations between dissolved-air pressure and effluent quality

由图 3 可以看出,随着溶气压力的增大,出水中含油量和 SS 含量逐步降低,但压力增大到 0.70 MPa 后,油和 SS 的浓度降低趋势变化平稳,考虑到电耗等因素,试验确定溶气压力控制在 0.60 MPa 为最佳。

### 3.4 PAC 投加量

PAC 是常用的无机高分子絮凝剂,具有用量小、成本低、絮凝效果好等优点。改变 PAC 投加量,考察其对废水中油和 SS 的去除效果,结果见图 4。

从图 4 中可以看出,在不加药剂的情况下,气浮装置对 SS 和油的去除效率很低,只能达到 44% 和 70% 左右。随着 PAC 投加量的增加,气浮出水油浓度和 SS 浓度降低,且在 PAC 投加量小于 60 mg/L 时,出水水质变化明显;投加量在 60 mg/L ~ 90 mg/L 之间时,出水稳定且水质较好;投加量大于 90 mg/L 后,因为过量的絮凝剂会滞留在水中,出水水质稍有恶化。从技术和经济方面考虑,PAC

投加量选择 60 mg/L 为宜。

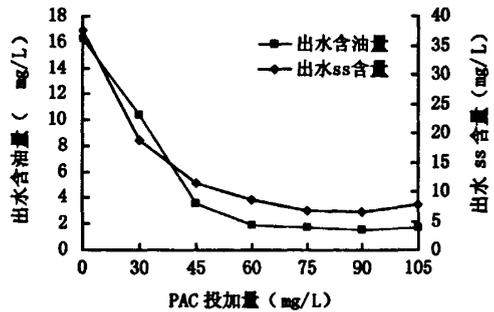


图4 PAC投加量与出水水质的关系  
Fig.4 Relations between PAC dosing quantity and effluent quality

### 3.5 稳定性实验

为了考察新型溶气气浮装置运行稳定性,选择胜利油田某污水处理站进行了连续试验。工艺参数:回流比 20%,溶气压力为 0.60 MPa,空气流量 0.15 m<sup>3</sup>/h ~ 0.20 m<sup>3</sup>/h, PAC 投加量 60 mg/L,絮凝流速 0.80 m/s。试验结果见图 6 所示。

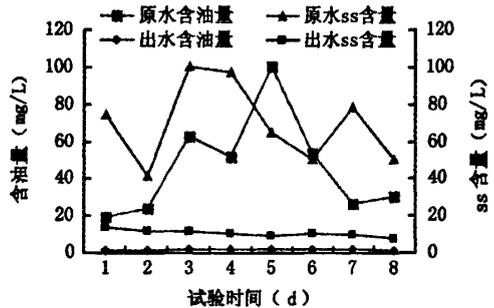


图5 气浮装置对含油废水的处理效果  
Fig.5 Treatment effect of oil wastewater by air flotation equipment

从图 6 可以看出,气浮装置的出水水质稳定,在进水 SS 和油含量低于 110 mg/L 的情况下,出水悬浮物含量 ≤ 15 mg/L,含油量 ≤ 2 mg/L,去除率分别达到 85% 和 96%。而传统溶气气浮处理相近水质的油田污水,对油的去除率在 75% ~ 85%<sup>[1]</sup>,说明新型溶气气浮装置工作性能显著提高。

## 4 结论

1) 新型溶气气浮装置以管式反应和高效溶气释放系统为核心技术,与传统溶气气浮相比,具有溶气释放效果好、浮选效率高、占地面积小、运行稳定等特点。  
(下转第 58 页)

## 4 结论

1) 置换通风的新风除湿过程应根据当地气候条件来确定,除西北干燥地区外,应加设除湿设备,以保证及时排出室内湿负荷。

2) 置换通风系统不能解决结露问题,它只能在一定程度上缓解结露的严重程度。要解决结露问题应从新风的处理状态点和室内相对湿度两方面进行考虑。

3) 地板供冷系统中,室内的相对湿度和温度一样,是一个重要的控制参数。实时监测与控制,并采用一定措施,才能保证地面不结露。

## 参考文献:

- [1] 张 焯. 地板辐射空调系统的研究分析[J]. 南京师范大学学报, 2003, 3(2): 31-34.
- [2] 徐 宁. 谈地板辐射供冷的应用与推广[J]. 低温与特气, 2007, 25(4): 1-3.
- [3] 蔡 宁. 地板辐射供冷结合置换通风复合式系统的应用研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2007.
- [4] 苗 平. 湿空气对人体舒适性的影响[J]. 洁净与空调技术, 2003, (3): 13-16.
- [5] 赵荣义, 范存养, 钱以明, 等. 空气调节[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [6] 郁文红, 杨 昭. 辐射冷却技术与住宅空调[J]. 节能, 2005, (6): 42-44.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第 41 页)

2) 试验得出新型气浮装置最佳工艺参数为: 回流比 20%, 溶气压力 0.60 MPa, 反应器设置扩径且速率控制在 0.80 m/s 左右。

3) 新型气浮装置处理含油废水, 在试验条件下对油和悬浮物的去除率分别达到 96% 和 85%, 出水水质良好, 运行稳定, 在含油废水及更为广泛的废水处理领域有着广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 谷玉洪, 刘凯文, 周光元. 3 种气浮设备处理油田污水的试验[J]. 油气田地面工程, 2000, 19(4): 21-22.
- [2] 李健光. 涡凹气浮在石化污水预处理中的应用[J]. 石油化工安全环保技术, 2007, 23(3): 38-39.

- [3] 陈 红, 张 坚. 高效气浮的技术关键及对含油废水的净化效果[J]. 钢铁, 2001, 36(5): 66-68.
- [4] 申龙涉, 刘德俊, 姜维民, 等. 组合式气浮装置在油田废水处理中的应用[J]. 工业水处理, 2007, 27(2): 86-87.
- [5] 王颀军, 李福勤, 王宏伟, 等. ADAF 处理油田采出水的应用研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(17): 53-55.
- [6] 张玉芳, 徐志霞, 张志刚, 等. 加压溶气气浮法处理矿井水中悬浮物的研究[J]. 河北建筑科技学院学报, 2004, 21(3): 8-11.
- [7] 吴 莎. 光合细菌-膜生物反应器处理 VB<sub>12</sub> 废水的研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(1): 23-26.
- [8] 吴 莎. 光合细菌处理 VB<sub>12</sub> 废水降解动力学研究[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(3): 242-245.

(责任编辑 闫纯有)