

# PAC 和 PAM 复合混凝剂处理垃圾渗滤液的试验研究\*

李亚峰 杨严 王建

(沈阳建筑大学市政与环境工程学院 沈阳 110168)

**摘要** 确定 PAC 和 PAM 复合混凝剂对垃圾渗滤液进行处理的最佳工艺条件。向垃圾渗滤液中投加混凝药剂,以 COD 和浊度作为考察指标,根据单因素和正交试验确定其最佳的工艺条件。试验研究表明,在室温条件下,pH=5.5,PAC 的投加量为 1 000 mg/L,PAM 投加量为 15 mg/L、混凝反应 1 min(快速搅拌结束后)投加 PAM,对垃圾渗滤液中的 COD 和浊度去除率分别达到 60.23% 和 65.34%,为后续处理奠定了良好的基础。

**关键词** 垃圾渗滤液 PAC PAM 混凝沉淀

## Treatment of Landfill Leachate by Composite Coagulant of Polyaluminum Chloride and Polyacrylamide

LI Yafeng YANG Yan WANG Jian

(School of Municipal and Environmental Engineering, Shenyang Jianzhu University Shenyang 110168)

**Abstract** This paper discusses the optimum technological conditions for the treatment of garbage percolate with PAC and PAM composite coagulator. Regarding COD and turbidity as index and adding coagulant into garbage percolate, the optimum technological conditions are determined based on the single factor and orthogonal experiment. the results show that the removal of COD and turbidity in garbage percolate can reach 60.23% and 65.34% respectively at room temperature, with dosage of PAC and PAM respectively 1 000 mg/L and 15 mg/L and pH = 5.5, and also quickly adding PAM after 1 min of coagulation reaction. The study indicates that there has been good removal rate of COD and turbidity and laid good foundation for the treatment.

**Key Words** landfill leachate polyaluminum chloride (PAC) polyacrylamide (PAM) coagulation and sedimentation

### 0 引言

垃圾处理的方法主要有焚烧、堆肥和填埋等。据统计将近 87.5% 的固体废弃物用卫生填埋法处置<sup>[1]</sup>。垃圾填埋后将产生大量垃圾渗滤液,其来源主要有以下 3 种途径:①进入填埋场底部的大气降水、地表水和地下水等;②垃圾本身携带的水分;③垃圾分解过程中产生的水。渗滤液水质水量变化大、有机物浓度高、重金属及氨氮含量高,对周边环境及填埋场场底土层污染严重。目前垃圾渗滤液中 22 种有机化合物被列入我国和美国 EPA 环境优先控制污染物的黑名单中<sup>[2]</sup>。因而渗滤液的收集和处理已成为城市环境中亟待解决的问题。混凝沉淀法是水处理中常用的重要方法之一,对垃圾渗滤液进行预处理,不仅工艺简单,且可预先去除部分 COD、色度等有害物质,大大提高了垃圾渗滤液的可生化性,减少了后续处理的负荷。本次试验旨在运用 PAC 和 PAM 复合混凝剂对垃圾渗滤液进行预处理,考察对 COD 和浊度的去除效果。

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验水样

试验水样取自沈阳老虎冲垃圾填埋厂产生的垃圾渗滤液,采取避光保存。实验期间垃圾渗滤液水质指标如表 1 所示。

表 1 水样水质指标

COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	浊度	pH
8 500 ~ 12 000	330.5 ~ 340.2	6.5 ~ 8.5

#### 1.2 试验仪器与药品

试验仪器:六联搅拌机,2100N 型浊度仪,PH600 型 PH 计等。

试验药品:聚合氯化铝(PAC),聚丙烯酰胺(PAM)。

#### 1.3 试验方法

首先,以 150 r/min 的搅拌速度搅拌 1 min,再以 50 r/min 的搅拌速度搅拌 15 min,通过单因素对比试验确定 PAC、PAM 投加量以及反应最佳 pH 值,再通过正交试验确定最佳水力条件,在试验最佳条件的基础上,确定 PAM 的最佳投加时间。

反应结束后静沉 40 min 取上清液,测 COD 和浊度。

#### 1.4 分析项目与方法

COD:重铬酸钾法;浊度:浊度仪法;pH 值:PH 计法。

### 2 结果与讨论

#### 2.1 PAC 投加量对垃圾渗滤液处理效果的影响

PAC 的投加量分别为 250,500,750,1 000,1 200 mg/L,静沉 40 min 后测定水样的 COD 浓度和浊度,两者去除率与 PAC 投加量之间的关系如图 1 所示。

由图 1 可以看出,当 PAC 投加量为 1 000 mg/L 时,对

\* 基金项目:辽宁省教育厅科技攻关项目(2009S084)。

COD和浊度的去除率达到最大,分别为45.19%和50.34%;继续增大PAC的投加量,COD的去除率下降,浊度去除率的提高渐缓,这是因为分散在水体中的胶体颗粒表面带有一定的电荷,电荷之间的电斥作用是胶体稳定的主要因素。胶体表面的电荷值常用电动电位来表示,投加絮凝剂PAC后电动电位发生变化,絮凝剂投加量不足时,电位降较小,絮凝不充分;絮凝剂投加量过大时电位降到零或反电位废水中胶粒被过多的絮凝剂所包围,失去同其他胶粒结合的机会,出现再稳定状态不易凝聚。因此投加量过大或过小都会导致COD去除率的下降。

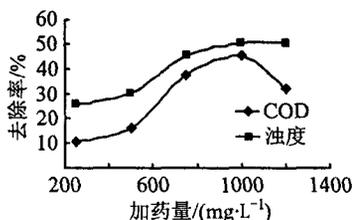


图1 PAC投加量对COD和浊度去除率的影响

将PAC投加到垃圾渗滤液中,会反应生成 $Al(H_2O)_6^{3+}$ 、 $Al(OH)_3$ 、 $[Al_6(OH)_{14}]^{4+}$ 、 $[Al_7(OH)_{17}]^{4+}$ 、 $[Al_8(OH)_{20}]^{4+}$ 和 $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$ 等成分,高价聚合离子对垃圾渗滤液胶体(一般胶体表面带有负电荷)既起到电性中和作用,同时又起到压缩电层作用,促使垃圾渗滤液胶体凝聚;而 $Al(OH)_3$ 在沉淀过程中,又能网捕部分小颗粒形成较大颗粒而沉淀<sup>[3]</sup>。综上所述,确定PAC投加量为1000 mg/L。

### 2.2 PAM投药量对垃圾渗滤液处理效果的影响

在PAC投加量为1000 mg/L的条件下,PAM投加量分别为1,5,10,15,20 mg/L时对COD和浊度的去除效果如图2所示。

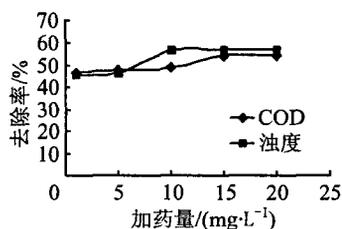


图2 PAM的投加量对COD和浊度去除率的影响

由图2可知,投加助凝剂PAM后COD和浊度的去除率都随PAM投加量的增加而增大;当PAM投加量分别为1,5,10,15,20 mg/L时对COD和浊度的去除率分别为46.25%、45.67%、47.45%、46.21、48.57%和56.72%、54.46%、57.18%、54.78%、57.16%。可以看出,当PAM的投加量为15 mg/L时,COD和浊度的去除率都达到了较高水平,继续投加PAM,COD和浊度的去除率上升并不明显,这是因为有机高分子絮凝剂对剂量较为敏感,有机高分子絮凝剂产生吸附链桥作用,投加量过多,胶体就会被若干个高分子链包围,再没有空白部分去吸附其他的高分子链,结果形成无吸附部位的稳定颗粒<sup>[4]</sup>。因此,确定PAM的投加量为15 mg/L。

### 2.3 pH值对垃圾渗滤液处理效果的影响

混凝剂(PAC)的投加量为1000 mg/L,助凝剂(PAM)的投

加量为15 mg/L的条件下,改变原水的初始pH值,考察pH值分别为4,5,6,7,8,9时对COD和浊度的去除效果,实验结果如图3所示。

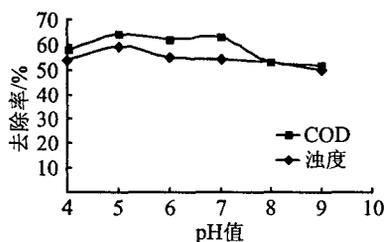


图3 pH值对COD和浊度去除率的影响

由图3可以看出,当pH=5时,对COD和浊度的去除率最高,分别为59.23%和69.34%;继续增加原水的pH值,COD和浊度的去除率都呈下降趋势,这是因为pH值对絮凝效果的影响主要与不同pH条件下铝离子的水解产物不同有关。垃圾渗滤液中残留腐殖酸的絮凝机理主要有电中和、吸附、捕获和架桥等。PAC主要的去除机理为电中和。有机质大分子中的羧基发生电离使其表面带负电荷,而PAC在一定的pH范围内会产生一系列带有大量正电荷的水解产物,从而发生电中和反应,形成铝腐殖酸盐絮体而沉降。当 $pH \leq 4.0$ 时,溶液中主要存在未水解的水合铝离子,随着pH值的升高,铝离子的水解产物依次为单羟基配合物、多羟基配合物或聚合物、氢氧化铝沉淀物,这些水解产物的混凝机理不尽相同,从而决定不同pH条件下的处理效果不同<sup>[5]</sup>。pH值在5左右对垃圾渗滤液有良好的处理效果。

### 2.4 最佳试验条件的确定

选定PAC投加量、PAM投加量、pH值作为影响处理效果的3个主要因素,每个因素选定3个水平,进行正交实验,如表2所示。

表2 正交实验表

序号	PAC投加量/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	PAM投加量/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	pH值	COD去除率/%
1	900	5	5.5	47.61
2	900	10	6.0	50.01
3	900	15	5.0	50.50
4	1100	5	5.0	49.02
5	1100	10	5.5	52.50
6	1100	15	6.0	49.30
7	1000	5	6.0	54.50
8	1000	10	5.0	48.00
9	1000	15	5.5	58.45
$K_{1,j}$	148.10	151.11	158.10	
$K_{2,j}$	150.80	150.50	153.80	
$K_{3,j}$	160.90	158.23	147.52	
R	12.81	7.70	11.00	

由表2可以看出,混凝试验的最佳试验条件为:混凝剂(PAC)的投加量为1000 mg/L,助凝剂(PAM)的投加量为15 mg/L,pH值为5.5。

### 2.5 PAM投加时间的确定

当 PAC 的投加量为 1 000 mg/L、PAM 投加量为 15 mg/L、pH=5.5、以 150 r/min 的搅拌速度搅拌 1 min，再以 50 r/min 的搅拌速度搅拌 15 min 的水力条件下，PAM 的投加时间分别为 0, 1, 3, 5, 9, 14 min 时对 COD 和浊度去除效果的影响如图 4 所示。

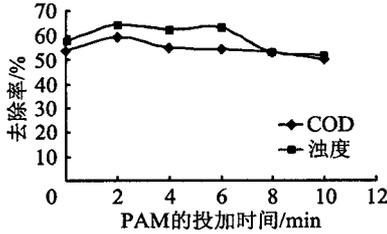


图 4 PAM 的投加时间对 COD 和浊度去除率的影响

由图 4 可见，混凝反应 1 min(快速搅拌结束后)投加 PAM 时对 COD 和浊度的去除效果达到最佳，去除率分别为 60.23% 和 65.34%。

3 结论

(1)PAC 和 PAM 复合混凝剂对垃圾渗滤液有良好的处理效果，为后续处理奠定了基础。

(2)在优化条件下，经过混凝处理后，垃圾渗滤液 COD 由 11 500 mg/L 降至 6 926 mg/L，去除率为 60.23%，同时浊度去除率为 65.34%。

(3)通过对垃圾渗滤液的混凝沉淀处理确定了最佳试验条件：在室温条件下，PAC 的投加量为 1 000 mg/L、PAM 投加量为 15 mg/L、pH=5.5，PAM 投加时间为混凝反应 1 min 后(快速搅拌结束后)。

参考文献

[1]颜丽辉,吴银彪.城市生活垃圾处理带来的二次污染问题[J].中国环保产业,2003(4):16-17.  
 [2]齐普荣,孙博,孙婷婷,等.垃圾渗滤液处理技术的新进展[J].资源调查与环境,2009,30(3):209-211.  
 [3]李志伟,孙力平,吴力.PAC 和 PAM 复合混凝剂处理垃圾渗滤液的研究[J].中国给水排水,2009,25(23):85-87.  
 [4]吕春华,李亚峰.垃圾渗滤液预处理方法的研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2007:24-35.  
 [5]邓国志,何宗健.絮凝法强化处理垃圾渗滤液的试验研究[J].中国资源综合利用,2003(3):32-34.

作者简介 李亚峰,男,1960 年生,教授,博士,主要从事水污染控制理论与技术研究。

(收稿日期:2010-06-21)

(上接第 8 页)

高,油滴乳化加剧使分离效率下降。高转速还会使装置使用寿命及运行可靠性受到限制,增加运行成本。

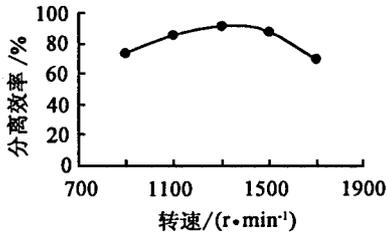


图 5 转速与分离效率之间的关系

5.3 分流比的影响

分流比与分离效率的关系曲线如图 6 所示。分流比对分离效率影响不显著,分流比在 8%~12% 范围内时,分离效率较高。当其他条件一定时,适当减小分流比,随溢流排出的水相应减少,分离效率得到提高。但是中心油核的直径应大于溢流口直径,这样分离出来的油浓度才有可能达到预期要求。因此分流比过大或过小都不利于提高分离效率。

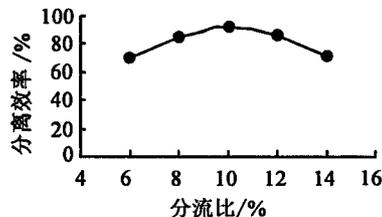


图 6 分流比与分离效率之间的关系

6 结语

本文分析了影响动态旋流器性能的主要结构参数,研究了旋转栅、长径比及溢流嘴对性能的影响规律;利用 CFD 技术对动态旋流器进行了数值模拟研究,分析了不同工艺参数包括进口流量、分流比及转速对旋流器分离性能的影响规律。研究发现,当处理流量为 11 m<sup>3</sup>/h、转筒转速为 1 300 r/min、分流比为 10% 时,分离效率最高。论文所做的工作为动态旋流器的设计和工程应用提供依据。

参考文献

[1]Gay J C. Rotary cyclones will improve oil-water treatment and reduce requirement/weight on offshore platforms[R]. Society of Petroleum Engineers, SPE 16571, 1987.  
 [2]SCHUMMER P, ANSELME R. Test 2 x 25 m<sup>3</sup>/h prototype of the TOTAL CEP/NEYRTEC rotating cyclones[R]. Internal Report, March 1987.  
 [3]周力行.多相湍流反应流体力学[M].北京:国防工业出版社,2002:385-386.  
 [4]陶文铨.数值传热学[M].西安:西安交通大学出版社,2001:66-68.

作者简介 袁作建,1974 年生,工程师,1998 年毕业于西南石油学院石油天然气化学工程专业,主要从事油气集输、HSE 监督管理工作。

(收稿日期:2010-10-15)