

# 钢铁总排废水混凝过程的动态监测

刘前军<sup>1 2</sup>, 南 军<sup>2</sup>, 李圭白<sup>2</sup>

(1. 浙江省城乡规划设计研究院, 浙江 杭州 310007; 2. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘 要:** 利用光散射颗粒分析仪对钢铁总排废水的混凝过程进行动态监测, 分析了动态监测曲线, 探讨了仪器监测值与沉后水余浊的关系。结果表明, 动态监测曲线能直观地反映总排废水混凝过程中絮体逐渐聚集成长的变化过程; 在 PAM 最优投加量范围内, 仪器监测值随沉后水余浊的降低而增大, 在实际生产中自动投药系统可根据设定的监测值自动控制 PAM 投加量。

**关键词:** 钢铁总排废水; 混凝过程; 动态监测

中图分类号: X703 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2011)21-0093-04

## Dynamic Monitoring of Coagulation Process of Iron and Steel Total Discharged Wastewater

LIU Qian-jun<sup>1 2</sup>, NAN Jun<sup>2</sup>, LI Gui-bai<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Urban and Rural Planning, Design and Research Institute, Hangzhou 310007, China; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

**Abstract:** Dynamic monitoring of coagulation process of iron and steel total discharged wastewater was carried out using PDA2000, the dynamic monitoring curves were analyzed, and the relationship between the monitoring value and residual turbidity was discussed. The results show that the curves can intuitively reflect the aggregation and growth of flocs in coagulation process of iron and steel total discharged wastewater. In the PAM optimal dosage range, the monitoring value is increased with decrease of residual turbidity, so the PAM dosage can be controlled automatically by the dosage control system according to the setting monitoring value.

**Key words:** total discharged wastewater; coagulation process; dynamic monitoring

钢铁企业是耗水大户,也是废水排放大户,钢铁企业总排放口废水中污染物的性质及其含量和生产过程紧密相关,一般以悬浮物和油类等污染物为主。混凝是总排废水处理工艺的重要环节之一,但由于总排废水污染物浓度变化大、水质不稳定且浮油较多,其混凝过程的在线监测较难实现,相关研究内容基本处于空白<sup>[1~5]</sup>。

光散射颗粒分析技术采用透射光检测连续流水样的方式,光源与待测水样不发生直接接触,并且检测值 FI 为比值形式,不受透光壁面粘污的影响,因此,该技术能有效地避免原水中复杂成分对检测仪的影响,将其应用于钢铁总排废水混凝过程的动态监测具有明显的优势。在总排废水混凝过程中投加 PAM 可起到显著的助凝效果,既可以保证沉后水浊

度达标,减轻后续过滤单元的负荷,还可以减少污泥量,降低污泥处理成本,因此实现PAM最优投加量的自动控制具有重要意义。笔者利用PDA2000光散射颗粒分析仪对国内某大型钢铁公司总排废水的混凝过程进行动态监测,得到了PAM的最优投加量范围,并对监测曲线进行分析,研究了监测值与沉后水余浊的关系,以期为实际生产中PAM自动投药控制系统的运行提供指导。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用水样直接从钢铁总排污水处理厂的进水总渠中取得,现取现用。

试验中所投药液为污水处理厂生产中使用的聚合硫酸铁(PFS)和聚丙烯酰胺(PAM)溶液,均从生产用储液罐中取得,所取药液供当天使用。PFS原液为红褐色粘稠液体,相对密度约为1.47,pH值为0.6~1.0;使用时配制成浓度为10%的稀溶液,实测pH值为1.70~1.75。PAM溶液为固体PAM通过自动投药系统溶解而成,浓度为0.05%。

### 1.2 试验装置

试验分为两部分,第一部分为PFS静态混凝沉淀试验,第二部分为PFS和PAM联用时混凝过程动态监测试验。静态试验采用常规烧杯搅拌装置,包括烧杯、六联搅拌器和浊度仪等。动态试验装置如图1所示。

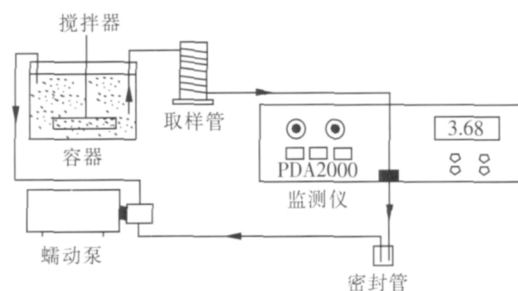


图1 试验装置

Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

采用连续运行方式,水样经蠕动泵进入PDA2000光散射颗粒分析仪,动态监测混凝效果。具体操作方法如下:①将分析仪预热10 min后,根据需要调节好仪器增益;②调节蠕动泵转速,使取样流速控制在0.07 m/s左右(取样管直径为3 mm);③搅拌器快搅速度设定为300 r/min,搅拌时间为1 min;慢搅速度设定为80 r/min,搅拌时间为4 min;④每30 s记录一次监测值;⑤动态监测结束后,水

样静沉20 min,然后在水面下约30 mm处真空取样测定余浊。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PFS静态混凝试验结果

在不同的原水浊度条件下,考察沉后水余浊随PFS投加量的变化情况,结果见图2。可以看出,PFS的最优投加量在20~50 mg/L之间;当投加量<20 mg/L时,PFS的混凝效果不明显;当投加量>50 mg/L后,增加PFS投量不能有效提高对浊度的去除率,过量的药剂反而使得混凝效果变差、余浊略有升高。

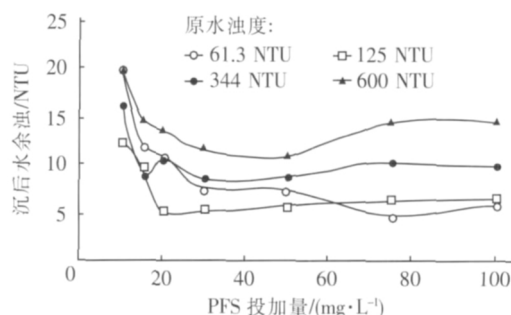


图2 沉后水余浊随PFS投加量的变化

Fig.2 Variation of residual turbidity with PFS dosage

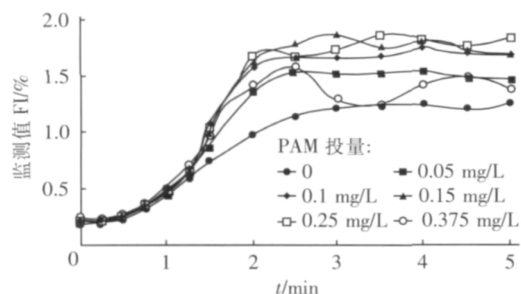
### 2.2 PFS和PAM联用混凝过程动态监测

进行PFS和PAM联用混凝试验时,将PFS投加量设为20 mg/L,在PAM投加量为0~0.375 mg/L的条件下,对混凝过程进行动态监测。

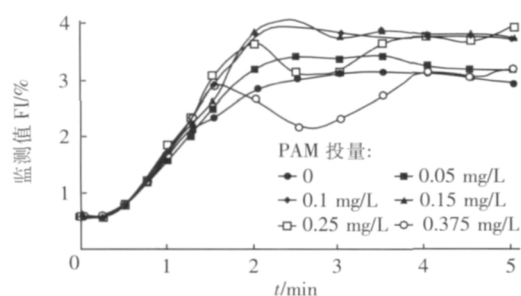
#### 2.2.1 混凝过程动态监测曲线分析

图3为不同原水浊度和PAM投量下的混凝过程动态监测曲线。可以看出,监测值较快地增至最大值后趋于稳定,直观地反映出总排废水混凝过程中絮体逐渐聚集成生长变大然后稳定的过程。当原水浊度较低时,投加PAM能明显缩短监测值达到最大值的时间,说明PAM的助凝作用加快了絮体的成长过程;监测值随PAM投量的增加而增大,说明PAM的助凝作用使得絮体颗粒粒径增大。在慢搅过程后期,监测曲线平直,这说明PFS和PAM联用时,在PAM的助凝作用下形成的絮体较为密实、不易破碎。但在图3(a)中PAM投量为0.375 mg/L时和图3(b)中PAM投量为0.25和0.375 mg/L时监测曲线局部呈现先下降后上升的波动,在图3(c)中PAM投量为0.375 mg/L时监测值呈缓慢增大的趋势。分析认为,在PAM投加量较高时,絮体形成过快、过大但较松散,在快搅作用下絮体容易破碎,会

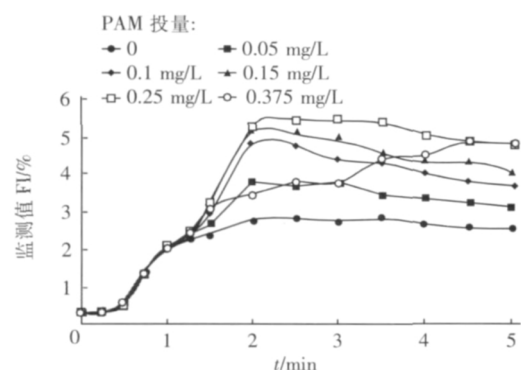
造成监测值减小,而随着之后慢搅时间的延长,破碎的絮体又会重新组合成更大的密实絮体,监测值也随之慢慢增大。



a. 原水浊度为 91 NTU



b. 原水浊度为 164 NTU



c. 原水浊度为 268 NTU

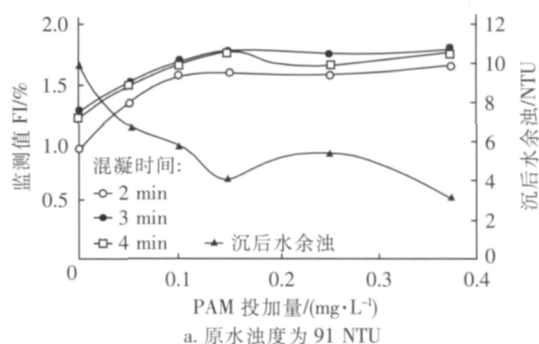
图 3 监测值 FI 随时间的变化

Fig. 3 Variation of detected value FI with time

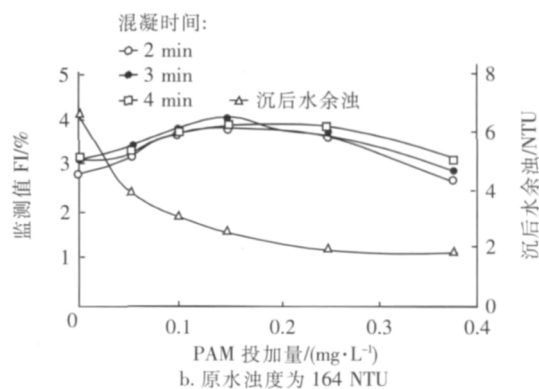
从试验现象来看,肉眼可见絮体的成长速度和尺寸随 PAM 投量的增加而增大。当 PAM 投量  $> 0.25 \text{ mg/L}$  时,絮体的形成速度明显加快,反应器内清晰可见粒径较大的絮体;絮体颗粒总数明显少于低投药量下的,整个悬浮液透光性明显增强;絮体沉降后堆积在反应器底部中心较小的范围内,与投药量较低时沉降絮体均匀分布在底部情况有明显区别。试验结果表明,PFS 和 PAM 联用混凝可显著减少絮体沉降形成的污泥量,在实际生产中可降低污泥处理费用。

## 2.2.2 监测值和沉后水余浊的关系

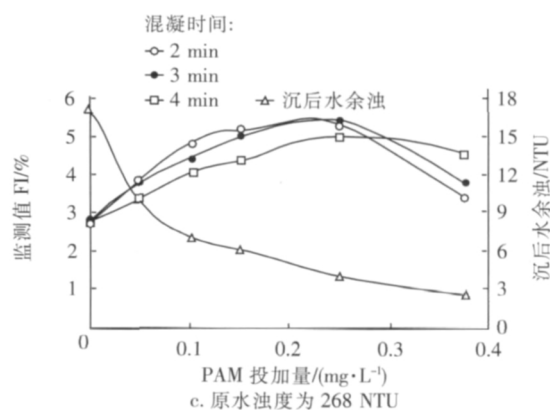
将图 3 中在不同 PAM 投加量下混凝 2、3、4 min 时的监测值 FI 和沉后水余浊绘于同一坐标中,得到如图 4 所示的监测值 FI 和沉后水余浊的关系。可以看出,当 PFS 投加量为  $20 \text{ mg/L}$  时,总排废水混凝中 PAM 的最优投加量为  $0.1 \sim 0.25 \text{ mg/L}$ 。当 PAM 投加量  $< 0.1 \text{ mg/L}$  时,无法保证沉后水余浊达到预期目标;当 PAM 投加量  $> 0.25 \text{ mg/L}$  时,易快速形成较松散的大颗粒絮体,不利于沉淀,对浊度的去除率没有明显提高,并且过高的投药量会造成不必要的浪费。



a. 原水浊度为 91 NTU



b. 原水浊度为 164 NTU



c. 原水浊度为 268 NTU

图 4 监测值 FI 和沉后水余浊的关系

Fig. 4 Relationship between FI and residual turbidity

图4表明,在PAM最优投加量范围内,混凝2、3、4 min时的监测值FI都能灵敏地反映出投药量的变化,且监测值和沉后水余浊具有单调相关关系,即监测值随沉后水余浊的降低而增大;在投药量较小时,监测值随沉后水余浊的变化趋势较为明显,即监测值的灵敏度较高,而随着投药量的增大,灵敏度有所降低。

图4(a)表明,当原水浊度较低时,絮体达到最大尺寸的时间稍长,故混凝反应2 min时的监测值比3、4 min时的偏小;图4(c)表明,当原水浊度较高时,一方面较大的絮体在长时间的搅拌作用下容易破碎,另一方面絮体达到最大尺寸的时间较短,在4 min时部分大的絮体已经开始下沉,故反应4 min时的监测值比2、3 min时的偏小。这说明监测值存在时间效应,因此在实际生产中有必要通过现场调试选择一个最佳取样点,为自动投药控制系统提供灵敏准确的监测值。

以上结果表明,选取合适的取样点,自动投药控制系统能根据设定的监测值自动控制PAM投加量;但是当投药量超过最优投加量时,监测值和沉后水余浊之间无明显相关性,此时自动投药系统将无法正确地控制投药量,因此在生产中应避免出现投药量过量的情况。

### 3 结论

① 在试验条件下,钢铁总排废水混凝的PFS

最优投加量为20~50 mg/L;当PFS投加量为20 mg/L时,助凝剂PAM的最优投加量为0.1~0.25 mg/L。PFS和PAM联用时,PAM的助凝作用明显,可缩短絮体形成时间,增大絮体颗粒粒径,显著减少絮体沉降形成的污泥量,降低污泥处理费用。

② 混凝过程动态监测曲线能直观地反映出总排废水混凝过程中絮体逐渐聚集成长的变化过程。在PAM最优投加量范围内,监测值随沉后水余浊的降低而增大,因此在实际生产中,自动投药系统可根据设定的监测值自动控制PAM投加量,但需选取合适的取样点,且避免出现投药量过量的情况。

### 参考文献:

- [1] 欧阳丽,王晓明. 钢铁厂综合废水处理回用工程设计[J]. 中国给水排水, 2008, 24(20): 73-76.
- [2] 沈丽娜,陈文敬. 炼钢废水治理及回用[J]. 中国给水排水, 2010, 26(2): 68-70.
- [3] 范伟,吕军,陆必云,等. 大型钢铁公司生产废水的处理与回用[J]. 中国给水排水, 2010, 26(6): 80-84.
- [4] 阳卫国. 钢铁企业生产废水的深度处理及资源化综合利用[J]. 中国给水排水, 2010, 26(12): 115-117.
- [5] 张振海,常静,黎蓓. 邯钢外排水处理现状浅析[J]. 工业水处理, 2010, 30(7): 90-92.

电话:(0571) 85116173

E-mail: lqj0712@163.com

收稿日期: 2011-04-12

(上接第92页)

### 参考文献:

- [1] Vrecko D, Hvala N, Carlsson B. Feedforward-feedback control of an activated sludge process: a simulation study[J]. Water Sci Technol, 2003, 47(12): 19-26.
- [2] Ingildsen P, Jeppson U, Olsson G. Dissolved oxygen controller based on on-line measurements of ammonium combining feedforward and feedback[J]. Water Sci Technol, 2002, 45(4/5): 453-460.
- [3] Kalker T J J, van Goor C P, Roelvelde P J, et al. Fuzzy control of aeration in an activated sludge wastewater treatment plant: design, simulation and evaluation[J]. Water Sci Technol, 1999, 39(4): 71-78.
- [4] Caulet P, Lefevre F, Bujon B, et al. Automated aeration management in wastewater treatment: interest of application to serial basins configuration[J]. Water Sci Technol, 1998, 37(12): 35-42.
- [5] Serralta J, Ribes J, Seco A, et al. A supervisory control system for optimizing nitrogen removal and aeration energy saving consumption in wastewater treatment plants[J]. Water Sci Technol, 2002, 45(4/5): 309-316.
- [6] Ayesa E, Grau P, Sagarna J M, et al. A supervisory control strategies for the new WWTP of Galindo Bilbao: the long run from the conceptual design to the full-scale experimental validation[J]. Water Sci Technol, 2006, 53(4/5): 193-201.
- [7] 王凯军, 沈光范. 活性污泥膨胀的机理与控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [8] 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法(第3版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

E-mail: tanzhenjiao@126.com

收稿日期: 2011-06-14