维普资讯 http://www.cqvip.com

微絮凝过滤中SCD自动控制投药系统干扰调控能力研究

李伟英 范瑾初

(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室，上海 200092)

摘要 针对某水库源水，通过中试试验结合理论分析，对SCD自动控制加药技术用于微絮凝过滤作了较为系统的分析和研究。试验结果表明，SCD抗干扰调控能力强，并指出某水库水采用流动电流自动控制混凝加药技术是可行的。

关键词 混凝控制 流动电流检测仪(SCD) 抗干扰

Research on the adjustment & control of coagulant dosage by SCD system's capability in the micro-coagulant filtration

Li Weiying, Fan Jinchu. State Key Lab. of Pollution Control & Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092

Abstract: The SCD technique has systematically analyzed and studied for the reservoir's water. The experiment results indicate: the SCD system capability of resistance various disturbance and adjustment is very good, and the technology of the coagulant dosage control by the SCD is satisfactory and practicable with micro-coagulant filtration of the reservoir's raw water.

Keywords: Coagulant control Streaming current detector Resistance to disturbance

混凝投药是净水系统中极为重要的环节。准确地投加所需药量不但是取得较好混凝效果的关键，而且是制水成本的主要组成部分。美国Gerdes等自1966年发明了流动电流检测仪(Streaming Current Detector，简称SCD)并发表了首篇关于SCD的论文[1,2]，从而将流动电流作为控制因子进行混凝投药的自动控制技术应用于生产之中。

设定值(Set Point，简称SP)是SCD反馈控制系统的基本参数，亦是控制系统的目标值。经过正常运行状态下SCD跟踪试验结果表明，SCD对加药量及原水浊度的变化均有灵敏的跟踪。现通过以下人为干扰试验来检测SCD的跟踪反应特性。

1 水源特点、试验内容及仪器设备

1.1 试验原水水质特点

某水库水质相对稳定，浊度较低(多在10 ntu左右，即使在台风季节也很少超过50 ntu)、细菌含量较少、藻类有所增加(与江河水相比较)。

1.2 测试项目及主要仪器设备

(1) 流动电流检测仪：SC5200型(美国Milton Roy公司生产)；(2) pH计：电子式(甘汞电极)；(3) 计量泵：A963-168S型(美国Milton Roy公司生产，内设变频器和与SCD连动的信号线)；(4) 浊度仪：2100N型(美国HACH公司生产)；(5) 温度计：0～50 C玻璃管水银温度计；(6) 六联定时变速搅拌机：DBJ-621型(共有六个搅拌器；中国湖北潜江搅拌机厂生产)；(7) 过滤罐：两套直径$\phi=280$ mm，高为4.5m的透明有机玻璃滤罐；(8) 秒表、流量计等。

2 SCD抗干扰调控能力试验

2.1 流量突变情况下的SCD自控系统工况

原水浊度变化幅度不大，加大系统处理流量，此时SCD将通过变频调整计量泵自动控制调节加药量，增加药量直至流动电流显示值SC接近或达到设定值SP(使$\Delta SC=(SP-SC)$差值减少以至于趋于零)。运行跟踪结果详见图1。

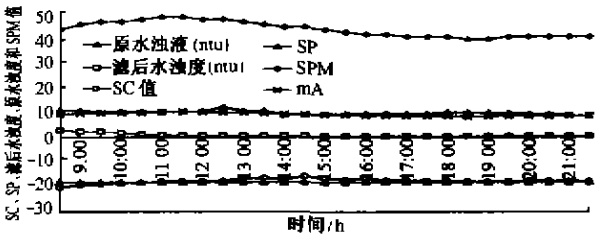

图1 流量突变时SCD自动跟踪试验图

图1中SP取－18.0。试验从上午8：30开始。

第一作者：李伟英，女，1968年3月生，工程师，现为同济大学环境科学与工程学院市政工程专业在读博士生。

维普资讯 http://www.cqvip.com

在 8：30～12：30 时，处理流量为 1.23 m^3/h，此间系统平均加药量约为 11.5 mg/L；在 12：30～21：30 时处理流量为 0.68 m^3/h，此间系统平均加药量约为 7.3 mg/L。在这种运行状态下，计量泵调节投加药剂量及系统跟踪需时约 1 h 方可稳定。

由试验知，当处理流量突变时，加药计量泵接收由 SCD 发出的信号后自动调节其运行频率以增大或减少加药量，保证 ΔSC 值最小，使处理系统正常运行。

2.2　加药量明显变化情况下的 SCD 自控系统工况

在平衡运行的系统突然停止加药后，流动电流值将有很明显的变化，过滤出水及其阻力均随之发生变化，即出水浊度增大。运行跟踪结果见图 2。

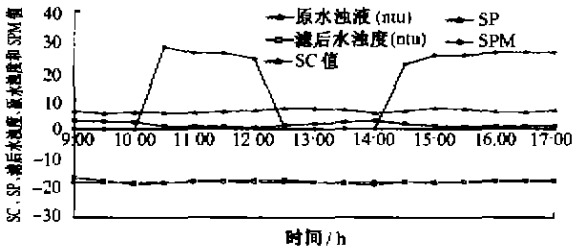

图 2　加药量突变时 SCD 自动跟踪试验图

图 2 中 SP 取－18.0，此间系统处理流量维持不变，试验从上午 9：00 开始。在 9：00～10：00 时，原水不加药而直接通过滤池，即此时加药量为 0；在 10：00～12：30 时，加药量约为 6.8 mg/L；在 12：30～14：00 时，人为停止加药，加药量为 0；在 14：00～17：00 时，重新恢复加药，加药量约为 6.8 mg/L。从图 2 可知，当加药量为 0 时，滤后水浊度（$C_{滤}$）明显变大，SC 值较小（绝对值大）。如在14：00（加药量为 0）时，$C_{滤}$＝2.7 ntu，SC＝－18.9，在 14：30（加药量约为 6.8 mg/L）时，$C_{滤}$＝1.63 ntu，SC＝－17.9。

由试验知，当加药量突变时，SCD 能很灵敏地反映出这一过程。

2.3　原水浊度明显变化时的 SCD 自控系统工况

系统运行中若原水浊度突然变化，此时自控系统的调节性能（主要表现在它能够及时地对突变水质作出反应）即 SC 值有明显变化，由此使处理系统加药量自调整增大。运行跟踪结果见图 3。

图 3 中 SP 取－18.0，此间系统处理流量维持不变。试验从上午 7：00 开始，在 7：30～14：00 时，原水浊度在 30.0～47.0 ntu 之间，平均加药量约为 15 mg/L；在 14：00～15：30 时，原水浊度在 12.7～15.1 ntu 之间，平均加药量约为 8.1 mg/L；在 15：30～16：30 时，原水浊度在 21.8～33.4 ntu 之间，平均加药量约为14.5 mg/L。在这种运行状态下，加药量及系统跟踪需时约 1 h 方能稳定。

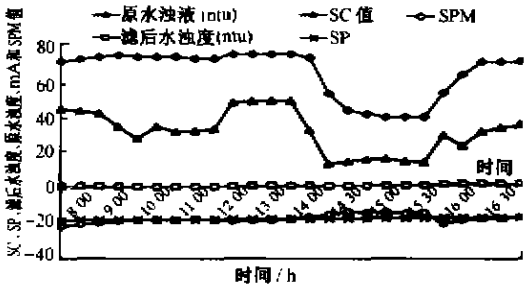

图 3　原水浊度突变时 SCD 自动跟踪试验图

由试验知，当原水浊度突变时，SCD 较灵敏地作出反应。如图 3 中，在 13：30 原水浊度为 31.4 ntu 时，SC＝－17.4，14：00 原水浊度为 12.7 ntu 时，SC＝－15.4。因此，流动电流自控系统通过对加过药的原水进行检测并经微机计算后将信号传递给变频调速计量泵，计量泵便连续不断地调节其工作频率以增大或减少加药量以保证出水水质。

2.4　海潮期 SCD 仪监控功能

为模拟海潮时期水中 NaCl（以 Cl^- 浓度计算）等电解质物质增加，本次试验在原水中加入食用 NaCl，采用 SCD 自动跟踪试验，运行跟踪结果见图 4。

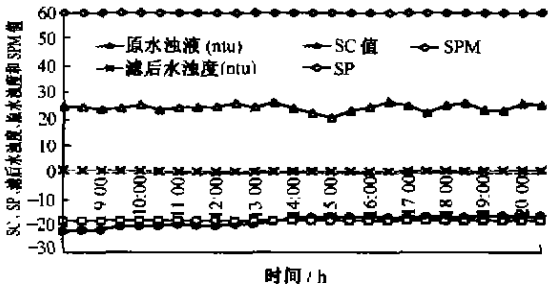

图 4　原水电解质突增（Cl^-）时 SCD 自动跟踪图

为研究水中电解质含量对 SCD 测定值影响，采用手动控制加药。

图 4 中 SP 取－18.0，此间系统处理流量维持不变，原水浊度在 20.6～26.7 ntu 之间，平均加药量约为 10 mg/L（搅拌试验所得最佳加药量为 15 mg/L），试验从上午 8：00 开始。在 8：00～10：00 时，原水中 Cl^- 量为 16.5 mg/L；在 10：00～13：00 时，原水中 Cl^- 量为 79 mg/L；在 13：00～20：30 时，原水中 Cl^- 量为 271 mg/L。从图中可知，当水中的 Cl^- 量由 16.5 mg/L 增加到 79 mg/L 时 SC 值由－20.2 增到－19.9；当水中 Cl^- 量由 79 mg/L 增加

（下转第 215 页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

到16%，水化反应比较平稳，说明生石灰含量不是越多越好，故生石灰含量以A_2即16%最佳。若再增加，则性能不会有太大的变化，相反成本会上升。

2.4.3　磷石膏含量对性能的影响

磷石膏的引入会大幅度提高材料的强度性能，这是因为磷石膏中的$CaSO_4$与水化铝酸钙反应生成水化铝硫酸钙即钙矾石的缘故，呈针状结晶的钙矾石晶体形成网络结构，从而进一步增强材料的机械性能，所以随着磷石膏含量的增加材料的强度性能也逐渐提高。但磷石膏中还含有有害F^-与PO_4^{3-}，它们会延缓胶凝材料凝结硬化的时间，故随着磷石膏含量的增加，它们的负面影响也随之增大。从曲线分析中也可以看出，当磷石膏由零增加到3%，抗压强度与软化系数均有较大幅度提高，而从3%提高到6%，则相对平稳。因此，磷石膏含量以B_2即3%为最佳。

3　结　论

(1) 改性后的黑液可有效地激发粉煤灰的活性，可以与石灰、磷石膏等一起组成一种新型的胶凝材料，其抗压强度能达到GB5010-85标准中MU20烧结红砖的标准。

(2) 粉煤灰黑液胶凝材料的最佳配比为石灰16%，磷石膏3%，粉煤灰81%，固液比14%。该材料经自然养护28 d后抗压强度达到≥20 MPa，软化系数≥0.90，吸水率≤12.6%。

(3) 粉煤灰黑液胶凝材料可大量利用工业废渣粉煤灰、磷石膏及黑液，本工艺简单，能耗低，且不产生二次污染，为治理污染，保护环境，以废治废实现粉煤灰与黑液的资源化开辟了一条有效途径。

参考文献

1　中国环境年鉴编委会. 中国环境年鉴. 北京：中国环境年鉴出版社，1996. 483～485

2　管宗甫. 碱对粉煤灰活性激发的研究. 粉煤灰综合利用，1996(1)：22～24

3　金卓仁. 外加剂在生产粉煤灰免烧砖中的作用. 硅酸盐建筑制品，1994(1)：7～9

4　贺仲维. 模糊数学及其应用. 天津：天津科学技术出版社，1983. 188～214

5　黄士元. 粉煤灰-$Ca(OH)_2$-H_2O系统中反应动力学. 硅酸盐学报，1986(1)：14～16

(收稿日期：2000-03-09)

(上接第211页)

到271 mg/L时(对应的时间为13：00～20：30)，SC值由－19.9变化到－16.9。因此，随着Cl^-增加，SC值有所上升。在同一原水的情况下，水中突增Cl^-量小于100 mg/L时，SC值较原来变化不大($|\Delta SC|<0.3$)。当水中突增Cl^-量大于100 mg/L时，SC值较原有明显变化($|\Delta SC|>3.3$)，且SC值变大(绝对值变小)。由此，在生产运行中，当水中检测含有大量的Cl^-时(在100 mg/L以上)，可以将原设定值上调1～3个SC单位作为此时的设定值。因而，在海潮期(水中含有大量电解质)，SCD能作出反应并正确指导加药。

3　系统节药量试验

在SCD自动加药系统中，只要给出正确的SP值并且是计量泵能在高效段工作，就能保证过滤出水水质在3 ntu以下，可满足过滤周期长达30 h。这与同期生产运行(人工加药)相比，平均节省约30%左右的混凝剂药量，结果见表1。

4　结　论

通过SCD抗干扰调控能力的试验研究表明：

表1　系统节药量试验结果

时间	生产平均加药量/mg·L⁻¹	试验平均加药量/mg·L⁻¹	平均节药率
1998年4月	8.8	7.0	(8.8－7.0)/8.8=20.5%
1998年5月	12.8	8.0	(12.8－8.0)/12.8=37.5%
1998年6月	13.6	8.8	(13.6－8.8)/13.6=35.3%

(1) SCD控制投药技术对水源中各种常见干扰均能作出有效地响应并可及时调节，一般抗干扰时间不会超过1 h。在水处理厂中，其运行一般都在正常生产条件下，且前述干扰情况既不可能经常出现又不会有如此大的变化幅度，因此，SCD混凝控制投药系统针对类似某水库水源并采用$Al_2(SO_4)_3$作为混凝剂时，其抗负荷能力较强，某水库水采用流动电流自动控制混凝加药技术是可行的。

(2) 试验期间，与同期生产运行(人工加药)相比，平均节省混凝剂药量约30%。这在水厂运行费用等经济效益上均有着深远意义。

参考文献

1　Steven K Dentel. Kristine M Kingery. Using streaming current detectors in water treatment. J. JAWWA, 1989. (1):85～94

2　Steven K Dentel, Angela V Thomas, Kristine M Kingery. Evaluation of the streaming current detector-2 continuous flow tests. Water Research, 1989, (4):423～430

(收到修改稿日期：2000-12-25)