

文章编号: 1005-0523(2004)05-0066-04

自动投矾实现混凝处理的最佳工况

童祯恭¹, 周慧芳²

(华东交通大学 1. 土木建筑学院; 2. 职业技术学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 主要介绍了目前在给水处理厂投药自动控制系统中较为先进的SCD控制技术在南方某水厂的运用情况。水厂执行自动投药系统后不仅改善及保障了出厂水水质而且还节省电耗(10%—25%)及药耗(15%—25%),取得了较好的经济效益,同时为现场运行提供了宝贵的实践经验。

关键词: 混凝; 自动投矾系统; 流动电流(SC)

中图分类号: TU991.22

文献标识码: B

0 引言

混凝是整个水处理工艺系统中最重要的过程,也是最难管理的一个环节,它不仅影响到处理的全过程,并且还是制水成本的重要组成部分。水处理效果的好坏首先取决于投药是否及时、准确(即保证水质的前提下药耗最小)。然而,由于影响混凝效果的因素众多,并且变化频繁,要及时通过人工实现准确调节投药量是长期困扰工程界的一个难题。各种传统的自动化、半自动化方法,如检测影响混凝的各项参数(原水流量,浊度, pH, 碱度, 温度, 混凝剂量, 浓度, 效能等)的数学模型法; 检测原水流量, 浊度的一流量/浊度比例半自动法; 模型滤池法以及模型斜管法等, 都存在投资大, 可靠性低, 建模难, 精度差, 滞后时间长, 操作复杂等难以克服的缺点, 因此投药自动化一直是给排水工程技术人员的奋斗目标。

胶体在水中的稳定性是由它的带电电位 ξ 决定, ξ 越大, 胶体越稳定; 越小则越不稳定, 互相碰撞就可聚集成大颗粒而沉降。天然水中胶体大多带负电荷, 向水中加入带相反电荷的混凝剂, 就可使水

中胶体 ξ 降低, 直至发生聚沉。根据 DLVO 理论, 当 ξ 降至某一值时(其产生的排斥能峰小于胶粒布朗运动的动能时), 胶粒间即可相互碰撞而凝聚; 当 ξ 降为 0 时为理想状态, 此时水中胶体完全脱稳。因此, ξ 电位是反映胶体状态的理想参数, 但目前尚无法直接测定 ξ 电位。在 20 世纪 80 年代, 国际上出现了流动电流(Streaming Current, 简称 SC)控制法(即胶体电荷检测技术), 给投药自动化带来了新的生机。该控制法以在线检测与 ξ 电位正相关的流动电流这一项参数作为调节器的输入信号, 就可实现混凝剂加药的自动控制, 保证混凝处理的最佳工况。流动电流法特别适用于水处理工艺电解质混凝剂的加药控制, 它控制因子单一, 控制精度高, 可靠性高, 投资低, 操作简便, 具有提高水质, 节省药剂的明显效益, 为投药自动化在中小型水厂的全面普及应用创造了条件。

1 自动控制加药系统

为了达到混凝处理的最佳工况, 提高设备运行的自动化水平, 保证出水质量, 节省混凝剂用量, 目前都开始逐步对混凝剂人工加药系统进行改造。投

收稿日期: 2003-11-23

作者简介: 童祯恭(1972-), 福建武平县人, 同济大学在读博士, 华东交通大学讲师。

矾自动控制系统是利用流动电流原理,由微电脑控制在在线胶体电荷检测,用变频控制技术实现加药量的自动控制,即由PID调节器调节变频器以控制加药泵电机转速,从而调整混凝剂加药量。根据自动控制理论中的串级控制方法得出如图1所示的SCD的串级控制流程图。

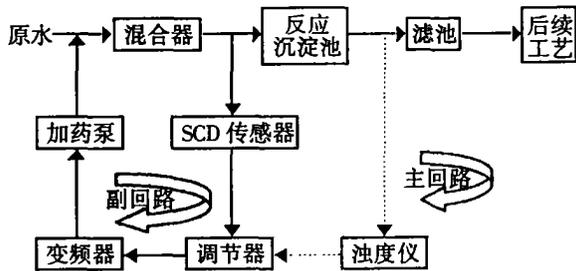


图1 SCD半级控制流程图

系统主要由SCD传感器、调节器、变频控制系统、加药泵组成。流动电流传感器是用于检测液体中胶体电荷量的装置,它是基于胶体化学理论而设计的。该传感器主要是由套筒、活塞和电极构成。活塞与套筒之间有很窄的狭缝,相当于一环形毛细管空间。活塞在电机驱动下做往复运动,流经的流体被吸入,挤出,使其在缝隙中快速流动。根据胶体化学理论,在固液相界面上由于固体物质的离解或对溶液中离子的吸附,会使固体表面某种电荷过剩,即固体表面带电,并吸引等电量的反电荷离子在它周围而形成固液相界面的双电层结构。因而产生了流动电流并被套筒两端电极检出,然后经整流,放大,滤波等信号处理过程输出。调节器具有模拟量的输入输出端口,同时也具有开关量的输入输出端口。SCD传感器中的检测值以标准电流信号(4—20 mA标准信号)传至调节器,与设定值对比判断,经PID运算后输出信号至变频器,变频器则根据PID调节器输出的信号得出运转频率从而对加药泵电机调速,使加药泵处于对应的工作状态之下,从而可以向水中投加定量的混凝剂。然后投加药剂的水样又流入传感器进行检测,并进行投药量的再调节。如此循环连续运作,实现连续自动调节加药量,保证混凝处理维持在最优工况。

从SCD的串级控制流程图中可看出它有2个回路:以沉淀后水(即滤前水)的浊度作为主参数,浊度控制回路为主回路(主环);以SCD为副参数,经典的流动电流控制回路为副回路(副环)。主回路的主要作用是自行修正多种因素造成的SC设定值同实际要求值的偏差和漂移,使控制更加精确可

靠。由于该设定值的变化幅度较小,因此该回路是起微调作用,是对经典控制系统的补充和完善,并不是主要的控制回路。而副回路即流动电流控制回路则是该系统主要起调节作用的回路,其迅速及时地对各种影响混凝因素(如水质、负荷的变化等)作出反应,不断调节输出。当干扰来自于副环内,则无需主调节器动作,就将干扰克服于副环之中。只有当干扰较大或某些干扰副环本身不能克服时,才会引起沉淀出水浊度的变化,使其偏离给定值。此时主回路动作,根据偏差运算后改变SCD设定值的大小,再经副回路改变投药量的大小,使混凝效果达到最佳状态,最终使沉淀出水浊度回到给定值,使系统的调节品质和调节精度得到提高。

2 系统调试

南方某一水厂,以江水为水源,水厂原设计规模为5万吨/d,工艺流程为:原水→脉冲澄清池→重力式无阀滤池→清水池,其中脉冲澄清池有五座(每座处理能力为1万吨/d),对应五座无阀滤池。后因生产需要扩大规模至6万吨/d,新增的一万吨采用的工艺流程为:原水→拆板反应池→斜管沉淀池→虹吸滤池→清水池,斜管沉淀池1座(1万吨/d),对应1座虹吸滤池。水厂原来是采用人工投矾系统,根据经验对不同环境条件下的加药量控制。为了达到混凝处理的最佳工况,进一步提高现场设备运行的自动化水平,保证出水质量,节省混凝剂量,水厂在1999年进行加药系统的改造,实行自动投矾。考虑到经济问题,我们只购买了一套SCD设备,对新增的1万吨工艺水样检测然后根据PID运算得出投药量。对于老的5万吨系统(有3个加药点,分别对应2万吨、2万吨及1万吨),每个投药点根据新增1万吨的投药量乘以个相应的系数即可,实践证明这个方法不仅经济而且保证效果。当然每组构筑物的系数不一样主要根据长期的现场调试得出。新增1万吨的自动投药系统流程图如图2所示。

混凝剂加在管道混合器之前然后依靠混合器快速混合,再流入到反应池中进行脱稳反应。流动电流仪所测水样取自混合器后,与投药点的距离约为2 m。药剂快速混合后,胶体开始脱稳, ξ 降低。理论上 ξ 为0时,流动电流SC也为0,此时胶体最易聚合沉降。但由于取样口为混合器后,如果此时控制SC为0,则脱稳胶体形成的矾花进入反应池后就会被打破,大矾花甚至在管道中会沉降下来,这样

就会影响混凝效果.事实上,由于投药点与取样点距离太近,水中胶体也来不及完全脱稳的,因此使胶体 $\xi=0$ 的机率是很小的.如果 SC 为负值,说明投药量远远不够,因为它反映出胶体的双电层压缩不够,根据混凝理论可知这样的胶体不能聚合一起,因此也达不到混凝效果.如果控制 SC 为正值,

则说明水中胶体有脱稳的先决条件了,在反应一定时间后即有可能达到完全脱稳.但也要注意是否加药过量使混凝剂水解产物电荷发生变号问题.自动控制的平衡点是当 SC 实际检测值与设定值相等,此时系统维持在某一相对稳定状态.

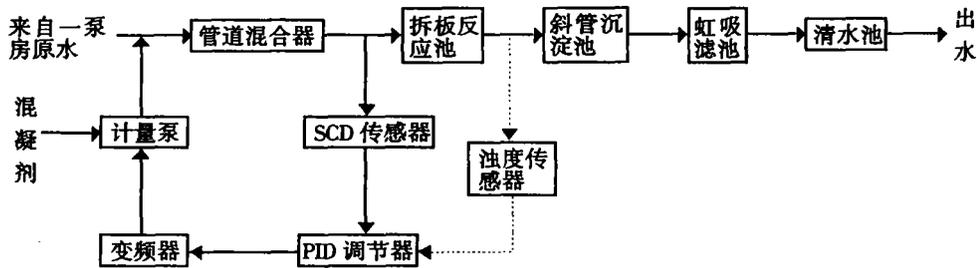


图2 自动投药系统流程图

调试主要是围绕 SC 设定值的大小而进行的. SC 值的大小反映了混凝处理的工况.实践证明在整个工艺过程中,要获得最佳投药,SC 给定值并不是一个定值,它受到原水浊度、流量、温度、pH 值等参数的影响;同时,采用不同的混凝剂时,SC 的设定值也不一样.我们在水厂一年多的调试运行,得出了在各种不同条件下 SC 设定值的数值.例如,同一种混凝剂,在其他条件相同的情况下,冬天 SC 的设定值比夏天要高 5 左右;当采用不同混凝剂时,SC 设定值也不相同,例如,当采用硫酸铝或三氯化铁时,SC 给定值为 50,而用聚合物作混凝剂时,SC 给定值为 40;当原水浊度突然比平时暴涨几百倍时,SC 值只须比平时调高 10 左右便能快速稳定水质;当水质、流量等因素在较小范围内变化时,SC 值也能反应出其变化,即本系统的抗干扰能力也较强.根据现场调试得出在不同环境条件下 SC 设定值的大体值,然后再根据滤前水的浊度值(设定为 5 NTU 为基准,根据工艺人为设定)对其进行修正(即前面说的主环微调).比如滤前水浊度值为 5 NTU 对应的 SC 设定值为 50,对变频器频率为 30 Hz;当滤前水浊度为 10 NTU 时说明投药量不够,因此要加大投药量.根据滤前水检测浊度值(10 NTU)与设定值(5 NTU)的偏差,由 PID 调节器运算后得出 SC 的设定值应提高到 55.由于 SC 设定值改变,因此副环马上动作,根据 PID 运算得出变频器新的频率(如 35 Hz)从而加大投药量以适应新的平衡.反之当滤前水浊度为 1 NTU 时,说明可以降低点投药量,同样根据浊度偏差计算出 SC 设定值可下降到 40,再

由 PID 调节器根据新的 SC 设定值计算出变频器新的频率(如 25 Hz),如此反复运行一直到一个平衡点附近.

需要说明的是,整个系统的调节是个连续线性过程.SC 设定值的改变是个缓慢的连续过程,同样变频器的频率变化也是个连续过程.即频率从 25 Hz 到 35 Hz 的变化是连续升上去的而不是一次阶跃.

实际运行中发现,传感器检测室吸附表面是由塑料材质制成的,原水中某些大分子有机物因其吸附亲力明显强于无机胶体,会造成有害物质对吸附表面的优先吸附,而传感器探头的脏污、磨损等因素可导致控制信号的缓慢漂移,从而引起检测信号的减弱或失真.因此,在运行中必须对检测室进行定时的清洗.若探头磨损厉害,则必须进行更换.运用中还发现 PID 参数值的大小对整个系统的灵敏度及准确性有很大影响,我们经过长时间的调试及总结才大致确定其数值范围.

3 自动控制系统实际应用效果

经过近 2 年的运行实践证明,采用自动投药系统可以实现混凝处理的最佳工况.在原水水质相对稳定的条件下,自动投药系统控制滤前水浊度合格率达 100%,较人工控制高 5 个百分点,而稳定性则高出一倍.因为在原水水质及运转工况等有微小变化波动时,人工控制难以进行精确和及时调节,而自动投药系统则能做到这点.表 1 为 2001 年 7 月一

9月净水指标统计数据.

表1 2001年7月~9月净水指标统计数据

| | 7月 | 8月 | 9月 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 净水量(吨) | 1 568 300 | 1 601 420 | 1 602 600 |
| 合格净水量(吨) | 1 536 934 | 1 553 377 | 1 570 548 |
| 净水合格率(%) | 98 | 97 | 98 |
| 相对于同期节省药量(%) | 20 | 18 | 21 |

本系统具有如下特点:系统自动化水平高、运行稳定可靠、维护量小,劳动强度大大降低;降耗节能效果明显,加药泵功率大为降低,而且变频调速运行,节电10%—25%;明显改善沉淀池出水水质,出厂水浊度长期稳定在0.5NTU左右,对原水的环境条

件变化的适应能力很强,尤其在汛期可自动调节加药量,维持正常的运行工况;从上表可知,混凝剂耗量大大减小,最小加药量取得了最佳混凝效果,节约混凝剂15%—25%;具有良好的经济效益和环保效益,同时有较高的投入产出比.

参考文献:

- [1] 杨万东. 串级调节在流动电流法混凝控制中的应用[J]. 给水排水, 1998. 8
- [2] 李禄广. 水厂投药自动控制系统探讨[J]. 给水排水, 1998. 10
- [3] 童祯恭. 浅析水厂自动投药控制系统. 华东交通大学学报, 2001. 3

Attaining the Optimal Coagulation by Performing Automatic Chemical Dosing Systems

TONG Zheng-gong¹, ZHOU Hui-fang²

(School of Civil Eng. and Arc. ; 2. College of Vocation and Technology, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this paper, it discusses the SCD automatic chemical dosing control systems which is the most advanced one now in a south waterworks. Having performed the system, the factory makes great profits from it. It not only improves the water quality but also saves energy (10%—25%) and coagulant (15%—25%). Also, it gives us some practical experiences.

Key words: coagulation; automatic chemical dosing system; SC