



我国水处理混凝投药控制技术的研究与发展

崔福义 李圭白
哈尔滨工业大学

在水处理单元环节的自动控制方面,混凝投药是最困难的环节,因为它涉及的是一个复杂的物理化学过程,但由于混凝在水处理工艺中的重要地位,混凝投药也是最为人们关注的环节。几十年来,我国在混凝投药控制技术方面,经历了从无到有的发展历程,本文将对此进行回顾。

一、传统的人工投药控制技术

几十年来,我国的混凝投药控制技术十分落后,在相当长的一段时期内基本上采用原始的人工控制方式。传统的投药及控制方式有:

- 1、按药剂投加形态分为干投与湿投。干投是用干投机将固体药剂直接投入水中或投入溶解容器内,再投入水中,其计量与控制都是比较困难的,调节性能较差。湿投又可以分为重力式和压力式两种形式。
- 2、重力式投药。药液自高架溶液池中流出,经过恒液位水箱依靠重力作用投入水中。较早的一种投药控制调节方式是苗嘴调节。根据对投药量的要求,更换恒液位水箱出口苗嘴的规格,由水力学可知流出流量会发生改变。这是一种不能太频繁的间歇式调节方式,在 90 年代初期仍有个别水厂应用。另一种常见的调节方式是对投药管路上的阀门进行调节,观察转子流量计的指示,改变投药量。

- 3、压力式投加。传统上最常见的方式是采用离心式投药泵,将药液送入水中。调节方法是对投药管路的阀门调节、转子流量计指示。后来在 80 年代后期,开始出现了计量泵投药的应用。

无论上述何种投加与调节方式,都涉及一个重要的问题:如何决定当前投药量应该是多少。传统上采用的方法有:

- 1、经验法。操作人员根据工作经验、或者观察絮凝池矾花生成情况,决定投药量。
- 2、有的水厂根据试验或生产统计经验,制成浊度-矾耗对照表,作为决定投药量的依据。事实上,这是以原水浊度为控制参数的一种控制方法。
- 3、烧杯试验法。在 70-80 年代以后,越来越多的水厂采用烧杯试验作为确定投药量的参考方法。烧杯试验每天或每周进行一次。由于间隔时间长,而且许多水厂烧杯试验结果与水厂实际有一定的出入,因此多数水厂只是将烧杯试验结果作为参考。这里存在的一个问题是,烧杯试验条件不应是千篇一律的,每个水厂应该研究与该厂水处理工艺有相似性的特定烧杯试验条件。

上述各种方法都属于人工控制方法,都难以追随水质水量等因素的变化,对投药量进行及时准确的调节。投药的准确性不仅取决于操作人员的技术与经验,而且和操作人员的责任心有很大关系,工人的劳动强度也较大。由于投药控制技术落后,严重影响了水处理的质量,也造成药剂的较大浪费。

二、混凝投药控制技术的活跃研究

长期以来,许多研究者对混凝投药控制技术进行了广泛的研究,尝试了多种方法,较为典型的包括下述几种。

1、数学模型法

一些研究者希望建立一个描述投药量的数学模型,作为投药控制的依据。1964 年,苏州胥江水厂就建立了我国最早的投药量模型,其中包括原水浊度、温度、耗氧量等几个参数。后来,重庆高家花园水厂(1981 年)等也陆续建立了投药量模型,但是都一直未能实用。其中一个重要原因是受当时的自动化仪表水平限制,很少有几个水质参数能实现可靠的在线连续检测,更何况还涉及耗氧量等参数,至今未能解决在线检测问题。

进入 80 年代,在线检测仪表与控制技术发展较快,特别是计算机技术的进步为自动控制提供了关键性



手段,数学模型法混凝控制也有了实现的可能。兰州第一水厂于1983年在高浊度水的投药控制上首先建立了数学模型,主要根据高浊度水的泥沙浓度,用计算机控制混凝剂的自动投加,取得了成效^[1]。此后,有研究者对高浊度水投药控制数学模型进行了更深入的研究,提出了精度较高的比表面积模型,但未见应用报导^[2]。

早期的数学模型是前馈模型,难以实用。80年代后期,哈尔滨市第三水厂和上海石化水厂分别建立了前馈-反馈投药量数学模型,利用前馈水质模型粗调、以沉淀水浊度反馈微调修正的方式,用计算机自动控制投药,取得了一定的效果^[3、4]。

数学模型法未能获得推广,其原因包括:混凝的影响因素众多,准确建模困难;建立数学模型,需要长期大量的准确数据统计;涉及仪器仪表多,投资大,维护要求高;模型灵活性差,难以适应混凝剂品种改变、控制目标调整等变化。

2、模拟滤池(沉淀池)法

这是研究较多的另一种方法。利用一个小的模型滤池或沉淀池,使水处理生产系统中得到初步絮凝的水流过该模型,计算机控制系统以该模型的出水浊度来评价投药量是否合理,并作为调节投药量的依据。1984年,无锡中桥水厂报导了这种技术的试验研究^[5],有一些水厂将之作为控制投药量的辅助手段。

这种方法的控制过程有10-20min的时间滞后(水样流经模型的时间),在原水水质变化急剧的水厂不能适用。方法的准确性也较差,因为其依据是模型与原型(生产系统)的相似性,然而保证其相似是困难的。例如在原水浊度较高时,仅以一个小滤池模拟水处理全系统工况是不全面的。这些不足也限制了该方法的普遍应用。

3、胶体电荷法

由混凝理论知道,常规混凝过程就是水中胶体杂质电荷特性改变的过程,通过测定胶体电荷来控制投药量是混凝控制的根本性方法。最初,曾有研究试图用控制ζ电位实现混凝控制,后来又有胶体滴定等研究,但都由于不能实现在线检测而无法成为混凝自动控制技术。

此外,还有一些采用各种技术的尝试。如沙市水厂在1978年试用了按电导率差值控制投药的技术^[6]。

在80年代后期,由于混凝控制技术没能取得突破,一些引进技术设备、具有较高自动化程度的水厂,在混凝环节仍采用了按流量比例控制等简易的控制技术,不能随水质变化对投药量进行自动调节,成为水厂控制技术的“瓶颈”。

三、投药控制技术的突破与发展

80年代,国际上出现了流动电流投药控制技术,其关键是通过测量流动电流,实现了对水中胶体电荷的在线连续检测。

1989年,流动电流投药自动控制技术被首次介绍到了国内^[7],随后国内对该项技术开展了全方位、系统化的研究,包括了基础理论、检测技术、工艺技术、设备开发、产业化应用等各个方面,解决了检测器制造等一系列技术难点,并采用微电脑控制器进行控制,开发出适合中国国情特点的流动电流混凝投药自动控制系统。1991年,国内首套引进流动电流检测设备建立的投药控制系统投入使用^[8]。由于当时引进的检测器属初级产品,控制部分是286普通微机也不适应连续运行,因此这套设备运行几年后已被新型产品替换。但首次应用所取得的开创性成果,为后续研究奠定了基础。1992年,首套国产流动电流混凝控制系统在牡丹江应用成功^[9]。与流动电流技术相配合,还将变频调速技术应用于包括计量泵和离心泵在内的投药泵的调节。在应用中,流动电流技术得到了不断的改进,发展出了流动电流-浊度串级反馈控制系统、流量-流动电流前馈-反馈控制系统等^[10]。

流动电流技术在我国许多水厂获得了较普遍的应用,已被列入我国“城市供水行业2000年技术进步发展规划”,成为水处理混凝控制的主导技术之一^[11]。

流动电流技术是基于电荷的控制技术,不适合一些特殊水质情况,例如黄河高浊度水和某些污染较严重的水质。絮凝脉动检测技术成功地解决了这一问题。该技术测量水中杂质絮凝过程中尺寸的相对变化,检测过程不受水中杂质玷污的影响。我国将国外尚处于实验室研究阶段的该项技术进行了应用开发,并于



1992 年首次成功地应用于黄河高浊度水的投药控制^[12]。

流动电流和絮凝脉动检测技术的应用成功，解决了从常规浊度水到高浊度水的全浊度系列、从较清洁水到污染严重水的全水质的投药控制问题，开创了混凝投药控制的新局面。

与投药控制技术相对应，自 80 年代后期起，投药设备的发展也较快，计量投药泵得到了较多的应用，而且较为普遍地采用变频调速技术对计量泵的工况进行调节。这一设施上的进步，也为混凝投药自动控制技术的应用创造了基础条件。

四、展望

技术进步是无止境的。同任何技术一样，混凝投药控制技术也在不断地进步。近年来，流动电流和絮凝脉动检测技术在日臻完善，已经形成了系列化产品。最近，又有应用水下摄影和计算机处理技术进行投药控制的研究报导^[13]。随着水质在线检测仪表的发展、完善与普及，水厂自动化系统的进步，新一代数学模型、模糊控制等方式也将出现。可以预计，水处理投药控制技术将出现更加丰富、完善的局面，这将促进水处理系统自动化、现代化水平的提高，为生产安全饮用水提供可靠的技术保证。

参考文献

- 1、兰州市自来水公司、洛阳有色金属加工设计研究院，“电子计算机自动控制 100 米直径辐射式沉淀池净化工艺”，城镇供水，N.4，1986 年；
- 2、陈保平、金同轨，“高浊度水处理时聚丙烯酰胺与水中泥沙颗粒表面积关系的研究”，西安冶金建筑学院学报，N.2，1985 年；
- 3、王大志、柳秉洁，“混凝剂投加量数学模型”，中国给水排水，V.4，N.4，1988 年；
- 4、钟淳昌等，“数学模型加矾自动化技术”，中国给水排水，V.54，N.5，1989 年；
- 5、黄鸣崎等，“自动加矾先驱性装置——模拟滤池的试验研究”，中国给水排水，V.6，N.1，1990 年；
- 6、国家建委武汉给排水设计院、沙市自来水公司，“沙市水厂自动投药装置”，给水排水，N.2，1979 年；
- 7、崔福义，“混凝剂投加的优化自动控制——检测器法的试验研究”，给水排水，N.3，1989 年；
- 8、崔福义、洪觉民、李圭白、陈保华，“流动电流单因子凝聚投药自动控制生产性试验研究”，给水排水，N.5，1991 年；
- 9、崔福义、曲久辉、李虹、李圭白，“国产流动电流投药控制系统的基本性能与应用评价”，给水排水，N.8，1994 年；
- 10、崔福义、李圭白著，《流动电流及其在混凝控制中的应用》，黑龙江科技出版社，1995 年；
- 11、汪光焘主编，《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》，中国建筑工业出版社，1993 年；
- 12、于水利、李圭白、孙景浩，“高浊度水絮凝投药自控系统生产试验”，中国给水排水，V.12，N.1，1996 年；
- 13、杨凯人，“显示式絮凝控制系统（FCD）在水厂的应用”，中国给水排水，V.16，N.3，2000 年。