流动电流混凝控制技术在我国的应用

崔福义 李圭白
(哈尔滨建筑大学市政环境工程学院)

自 1994 年起，流动电流技术逐渐在国内水厂大量应用，迄今已有愈百台国产设备在全国各地水厂运转，其范围覆盖了全国大部分省、市、自治区。国产设备是专门针对我国的水源水质、水处理工艺及应用条件进行研究设计的，因此绝大多数国产设备获得了良好的使用效果，取得了显著的社会效益和经济效益。

1 对水质的适应性

我国地域辽阔，水源水质复杂多变，原水水质条件较许多西方国家要恶劣得多，因而水处理混凝投药自动控制系统的应用具有更大的难度，对控制技术与设备的性能也提出了更高的要求。表 1 列出了对国产设备部分用户进行的调查结果，现就几种典型的水质条件分述如下。

表 1 部分国产设备用户原水水质调查表

用户的地理位置	用户的水源类型	使用期间的原水水质特征值	
东北、华北地区	江水	浊度（NTU）	11.6～4500
		pH	6.4～7.2
		最大高锰酸盐指数（mg/L）	25.4
	水库水	浊度（NTU）	4.0～1800
		pH	6.7～8.5
		最大高锰酸盐指数（mg/L）	11.6
华东、中南、西南地区	江水	浊度（NTU）	5.1～2300
		pH	6.5～7.9
		最大高锰酸盐指数（mg/L）	14.5
	湖泊、水库水	浊度（NTU）	3.0～1700
		pH	6.5～7.5
		最大高锰酸盐指数（mg/L）	1.3×10^{8}

1.1 原水浊度

应用中涉及的原水浊度在 3.0～4 500 NTU之间，其中有的水厂原水浊度不仅变化幅度大，而且变化快，如牡丹江四水厂在 1 h之内的浊度(NTU)变化达上千。原水浊度高给应用带来一定的困难，主要是易于对取样、检测系统造成堵塞、干扰等，需采取适当的预处理措施，必须加强清洗维护，并且在流动电流检测器的构造上加以改进。实践证明，在上述原水浊度变幅内，国产设备可以满足使用要求。同时也注意到，在浊度变化幅度大的条件下，SC--4000 型设备的效果更为理想。

1.2 藻类

研究表明，在水中含有大量藻类的情况下，流动电流仍随混凝剂量的变化有相应的响应，二者存在相

http://www.chinacitywater.org 中国城镇水网

关性。

南方许多水源水中含藻问题普遍，如深圳沙湾水厂，原水取自深圳水库，最高浊度仅有 60 NTU，含藻量最多却达 1.3×10^8个/L。这种低浊、高藻的原水水质给水处理及过程控制带来非常大的困难，而自从该厂使用国产流动电流自动投药设备后，不仅提高了水质保证率，而且可以节药 28.6%。类似的还有深圳龙岗水厂、武汉东湖水厂、昆明三水厂等。

1.3 有机污染物

有机污染物会对流动电流系统造成干扰。主要表现在：①有机物改变了水中胶体的表面特性，产生胶体保护现象；当有机物浓度较高时，电中和脱稳凝聚作用弱化，流动电流技术失去依据。②有机物对流动电流的检测造成干扰，它可能改变检测器探头的表面特性，对探头造成污染，使测定值发生偏差。对此专门进行的试验研究证明，在水中高锰酸盐指数≤10～20 mg/L时，随有机物浓度的升高，虽然检测、控制的灵敏度下降，控制设定值有所升高，但仍能进行有效控制。通常给水水源中有机污染物浓度不超过上述数值，而且对一个特定的水厂，原水中的有机物浓度一般变幅不大，因此对仪器的灵敏度加以适当调整补偿，控制系统可以正常工作。

1.4 其他物质

应用中发现，水中干扰物质浓度不稳定造成的影响最大。如某水厂水源上游有工厂排放含石油类污染物质，排放是不连续的，以夜间排污为主，其时原水中含油量上升，导致该厂流动电流控制系统夜间灵敏度下降，控制失效，白天将探头清洗去除油污后工作正常。

未发现水中的各种无机离子成分对流动电流控制系统有明显干扰。虽然这些物质的浓度变化较大时会改变流动电流设定值，但对于特定的原水而言，一般其浓度是较为稳定的，因此不会影响控制系统工作。

2 对混凝剂的适应性

从流动电流混凝投药控制的原理出发，凡属电解质类混凝剂，如硫酸铝、三氯化铁、聚合铝、聚合铁等，其混凝过程以胶体电中和脱稳凝聚为主，该技术完全适用。采用铁盐为混凝剂的水厂以河南新乡一水厂为典型，其水源是黄河水，经水库预沉后年最高浊度为 300、最低为十几(NTU)，由于受造纸厂废水污染，氨氮经常超过 5 mg/L。在应用中，对水样进行一定的前处理，解决了铁盐中铁质在检测器上沉积的问题，得到了较高的灵敏度，出厂水浊度合格率提高了近 20%，节药率达到 20%以上。

流动电流检测器对混凝剂浓度有检出极限。据研究，该检出极限同水中浊度和混凝剂种类有关。在常规条件下，该检出极限所包含的有效检测范围覆盖了实际生产中可能的混凝剂投加量。

有些水厂使用的混凝剂质量不稳定，有效成分浓度或聚合度常有变化，在常规投药控制方式下，这一现象会产生问题。但流动电流技术是以水中胶体脱稳程度为标准，无须控制混凝剂总量或有效成分含量，这是该技术的一个重要优点。应用中还发现有的水厂因故连续向溶液池内放水，这实际上相当于混凝剂浓度不断降低的变浓度投药过程，这时常规投药是难以使混凝工况稳定的，而流动电流技术却很好地发挥了作用，随着混凝剂浓度的下降，控制系统不断地增加混凝剂流量，从而保持流动电流检测值的稳定，沉淀后水的浊度也相应保持稳定。

近年，有些水厂应用了无机盐与有机高分子复合混凝剂。此种混凝剂中的有机高分子添加量虽不多，但它的存在降低了流动电流检测器的灵敏度，在此情况下不宜采用该技术。

3 对水处理工艺的适用性

大量的应用实例证明，流动电流技术完全适合于传统的混合--反应--沉淀--过滤工艺。此外，流动电流控制技术在混合—澄清—过滤工艺中也得到成功应用。

在一些特殊水质条件下(例如含藻水或低浊水)，有的水厂采用混凝--气浮--过滤工艺，应用流动电流技术控制投药也取得了良好效果，昆明五水厂即是一例。

在直接过滤工艺中，目前国内尚无流动电流技术应用实例。从直接过滤原理来看，其过滤效能更加依

http://www.chinacitywater.org 中国城镇水网

赖于水中胶体杂质的表面电荷特性，因此改变胶体的表面特性是该处理工艺投药混凝的基本目的，这一工艺原理恰好与流动电流混凝控制原理相符合。在实践方面，国外有些水厂就是在直接过滤工艺中以流动电流技术控制混凝投药，皆获得成功。在国内，还需对该类应用的效能进一步加以探讨。

3.1 对混合设施的要求

通常，流动电流检测器的取样点设于投药混合之后。为了保证控制的有效性，要求充分混合而时间又不应过长，宜采取快速混合形式。

3.2 对投药设备与调节形式的要求

常规的投药设备有重力式投加和水泵投加两类。

重力式投加系统采用阀门调节方式，由于阀门规格、质量等问题，至今尚无成功的先例。

采用水泵变速调节能取得满意的效果。对离心泵采用变频调速调节时，需掌握好离心泵的工作条件，否则将使调节精度大为降低。采用离心泵，系统的投资较小，但控制的精度、稳定性等都不如计量泵，计量泵应是投药的首选设备。对计量泵还可采用变频调速与调行程的双调节方式，但这种方式投资较大。?br>

3.3 对水量变化的适应性

水量的变化会反映到控制系统中，表现为流动电流值的变化。一般当流量的瞬时变化不很大时，凭流动电流单一因子就可有效地进行投药量调节，对此已有许多应用实例，有的流量变幅达 48%仍实现了有效的控制。当然，有条件时在控制系统中增加流量参数，应能取得更为稳定迅速的控制效果。

还应注意到，流量的变化即处理系统负荷的变化，即使在混凝剂单耗(相应的流动电流值)不变的情况下，有时沉淀后水的浊度也会变化，这就要求调整混凝剂单耗，也就是流动电流设定值应有相应的调整，对此单纯靠增加流量检测是不够的。在流量变化较大的情况下，若对出水稳定性要求较高，宜采用 SC—4000 型设备。如镇江金山水厂水量变化最大可达 50%～66.7%，采用 SC—4000 型设备，其沉后水浊度波动仅为 1.0 NTU 左右，药量调节及时，水质合格率达 100%。

4 控制系统设计与运行管理

4.1 取样系统的设计

正确取样是进行正常控制的前提。对水样的基本要求是：①对整体有良好的代表性，取样前混凝剂与原水已经充分混合，取样口应位于水流横断面的合理位置上；②不应含有对测定造成干扰的物质(如大量粗大的泥砂、漂浮性杂质、气体等)，不应形成大的絮凝体；③水样流量应稳定，不中断。

与此相应，在取样系统的设计上应注意：①取样位置适当，取样口形状设计合理；②尽量减少取样系统的滞后时间，取样管路不应太长，管径不应过大；③防止取样系统堵塞；④对水样预处理；⑤尽量用重力式自流取样，只在确有必要时才采用取样泵；⑥取样系统应有冲洗装置。

4.2 水样的预处理

水样预处理装置应能去除测定干扰物质，并能连续工作，保证检测器不中断工作，一般要求有除砂、排气、拦截漂浮物等功能。良好的预处理装置可以对检测器起到保护作用，延长其使用寿命，减少维护工作。

4.3 运行中的维护管理

流动电流是一个相对值。流动电流设定值一般根据对沉淀水浊度的要求确定，其正确与否关系到控制的结果。在运行中，流动电流设定值是可能发生变化的，其原因有如下两类：①水质、水处理工况等发生大的变化会使工艺系统的处理能力变化，需要通过调整设定值来加强混凝或减弱混凝(加大或减少混凝剂单耗)；②流动电流检测器在使用过程中的磨损、脏污等会使检测信号发生漂移、波动或灵敏度降低。

针对设定值变化的前一种原因，应在使用中加强观察，必要时人工更改设定值或采用 SC—4000 型设备。对后一种原因，应考虑加强维护工作，如坚持对检测器探头定期清洗、强化水样预处理、必要时更换检测器探头。

5 技术经济分析

http://www.chinacitywater.org 中国城镇水网

在保证水质方面，沉淀水浊度合格率平均提高了 9.5 个百分点；在节药方面，平均节约 26.1%。由于成套控制设备的投资与相应水处理系统的规模关系不大，所以水处理系统规模越大、控制设备的投资效益越好，投资回收期越短。例如，按上述平均数据测算，一套 10×10^4 t/d的水处理系统年节省药费 18.55 万元，采用国产设备(SC--3000 型)相应的投资约 12 万元，即投资回收期约 0.65 年。

参考文献

1 崔福义，曲久辉，李虹等.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，1994；20(8)：42～47

2 崔福义，陈卫，李虹.流动电流串级投药控制系统的特性评价.中国给水排水，1995；11(2)：30～33

http://www.chinacitywater.org
中国城镇水网