

文章编号: 1006-6780(2001)02-0052-05

湖泊、水库水的流动电流响应特性研究

石颖¹, 杨万东¹, 王玉梅², 李圭白¹

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨自来水公司, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:近年来, 在国内多家以地表水为水源的水厂的混凝投药生产实践中已经较为成功地应用了流动电流自控投药系统, 而对于具有特殊水质特征的湖泊、水库水的流动电流响应特性尚未进行较为深入的研究, 本文将分别就藻类、腐殖酸、低浊对流动电流响应特性进行详细的探讨。

关键词:流动电流; 湖泊水库水; 混凝; 投药自控

中图分类号: TU991.2 文献标识码: A

Streaming current response characteristics of water in lakes or reservoirs

SHI Ying¹, YANG Wan-dong¹, WANG Yu-mei², LI Gui-bai¹

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Harbin Water Supply & Treatment Company, Harbin 150001, China)

Abstract: Presents the in-depth investigation of the influence of algae, humic acid and low turbidity on the flow current response characteristics of water in lakes or reservoirs for the successful application of flow current self-controlled coagulant dosage system.

Key words streaming current; lakes or reservoirs; coagulant; automatic dosage control

湖泊、水库水的主要特征通常表现为藻类含量高, 色度高, 低浊度。近年来在国内多个以湖泊、水库水为水源的水厂中, 已经使用了流动电流混凝投药自控系统来实现混凝投药的自控。经过长期的生产实践, 表明采用该自控投药系统对混凝剂的投加进行自动控制, 不仅可以取得良好的社会效益, 更会带来可观的经济效益。我们已经在实践中较为成功地应用了流动电流自控投药系统, 但对于湖泊、水库水的流动电流响应特性究竟如何尚未进行较为深入的研究, 本文将分别就藻类、腐殖酸、低浊度对流动电流响应特性进行详细的探讨研究。

1 湖泊、水库水中藻类对流动电流的影响研究

1.1 试验过程

藻种取自哈尔滨附近的水库水, 经镜检后观察到: 藻种主要是绿藻门, 包括衣藻属、小球藻属、栅裂藻属等。取一定体积水库水, 从中取出部分体积的水经真空抽滤截留其中的藻类, 然后将滤液与剩余原液按不同比例混合起来得到不同含藻量的原藻水。这样做的目的是为避免若以蒸馏水或自来水稀释含藻水原液, 会由于按不同倍数稀释的水样中各种溶质浓度不同, 产生的流动电流中背景电流不同, 而使测控仪上显示的总流动电流值失去可比性, 从而会干扰对含藻水流动电流响应性规律的分析。试验装置如图1所示。

首先取2L培养液, 加水稀释使其含藻量为 40×10^7 个/L, 检测其流动电流值。然后将此溶液取出1/5用砂蕊漏斗进行真空抽滤, 截留藻细胞, 将滤液与剩余原液混合, 这样混合液中藻类含量与原液相比降低约1/5, 大约为 32×10^7 个/L, 检测其流动电流值。再以混合液中取出1/4体积水按上述方法进行

收稿日期: 1999-05-18

基金项目: 国家重点科技攻关资助项目 (96-909-03-04-02)

作者简介: 石颖(1971-), 女, 哈尔滨工业大学博士后。

操作,则得含藻量为 24×10^7 个/L的含藻水的流动电流值。以此类推,取测后混合液的1/3、1/2及全部进行过滤,分别得到 16×10^7 个/L, 8×10^7 个/L和 0×10^4 个/L浓度含藻水的流动电流值。同样取含藻量为 1.0×10^8 个/L的含藻水按上述方法改变浓度,检测流动电流值。

1.2 试验结果与分析

图2为不同含藻量时的流动电流检测值的变化情况,可见流动电流检测仪对水中含藻量的变化有一定的响应。图2(b)表明当水中含藻量由 0×10^4 个/L增大为 10×10^7 个/L时,流动电流值随之显著下降;而在图2(a)可以看出,当藻类含量达到 24×10^7 个/L时,流动电流值不再随含藻量的增加而降低了,流动电流值与水中含藻量失去相关性,即检测仪对含藻量有一个流动电流值的检出极限,在含藻量超过这个极限时,流动电流检测值便不再与含藻量一一对应,即无相关性;在含藻量低于这个检出极限时,随藻类浓度增加,流动电流检测值降低,含藻量与流动电流呈负相关。

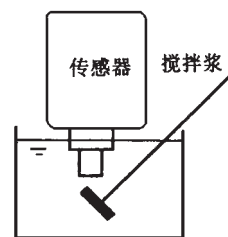
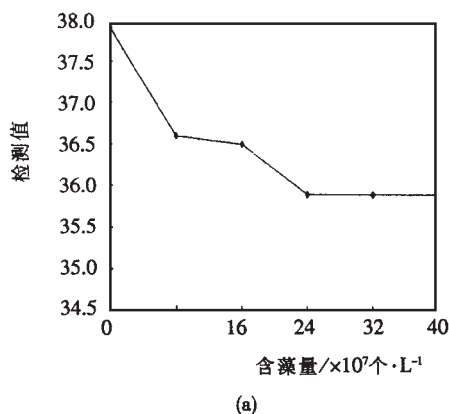
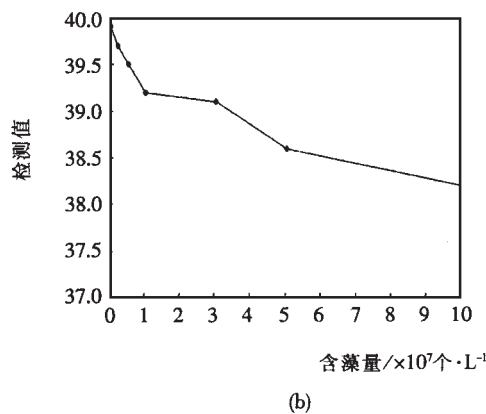


图1 试验装置图

Fig.1 Equipment of testing



(a)



(b)

图2 流动电流检测值随含藻量的变化

Fig.2 Effect of algae in water on streaming current value

对于含藻量的流动电流检出极限,可以用饱和吸附原理进行讨论。流动电流检测器对被测液体的电性质的特征检出,是以其中的带电粒子在探头表面上的特性吸附为前提的。吸附粒子的性质、数量以及吸附和脱附的动态平衡过程,都将对SCD探头表面的双电层结构产生不同程度的影响,因而会引起流动电流值的相应变化。质点在SCD探头上吸附平衡可以用朗格缪尔吸附等温式表示

$$Q = \frac{bc}{a+b+c} \quad (1)$$

式中: Q 为覆盖度,表示已吸附粒子占全部可吸附的粒子的百分数; c 为液体中的粒子浓度; a 、 b 为常数。

由式可见,在一定范围内,固体表面对粒子的吸附数量与粒子浓度成正比,因而液体中可被固体吸附的粒子浓度越高,SCD探头表面对这些特性粒子吸附越多,流动电流绝对值就越大。所以流动电流值是特性粒子在探头表面吸附率的函数。但是当固体表面的可吸附位置全部被占据,即 $Q=1$ 时,则达到饱和吸附,此后,再增加溶液中粒子浓度,也不可能再被固体表面所吸附。在这种情况下,探头表面的荷电量也已经达到饱和,由SCD所检测的流动电流值也相应地达到一个极限。因此SCD的检出上限可以看作是探头表面达到饱和吸附时的粒子浓度。

同样对于含藻水的检测灵敏度,在含藻量较低时,由朗格缪尔吸附等温式,固体表面对粒子的吸附数量与粒子浓度成正比,即探头对藻类浓度的灵敏度较高;而当含藻量较高时,固体表面吸附量随粒子浓度变化减小,即探头对藻类浓度的灵敏度变小;当含藻量超过检出极限以后,即固体表面吸附饱和以后,粒子浓度增加,固体表面吸附量不会增加,此时探头对藻类浓度的检测灵敏度接近零。

2 含藻水中流动电流传感器(SCD)对混凝剂的响应情况

通过检测不同投药量的含藻水的流动电流值,进一步讨论含藻水的流动电流值与混凝剂相关性。

2.1 试验过程

按1.2的方法来得到不同浓度的含藻水。采用图1所示装置进行测定。含藻水浓度分别为200, 500, 1000, 2000×10⁴个/L, 向水样中投加精制硫酸铝混凝剂, 使水中硫酸铝浓度分别为0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14mg/L和0, 5, 10, 20, 25, 30, 40mg/L, 读取流动电流检测值。

2.2 试验结果分析

试验结果见图3(a)和(b), 可以看出硫酸铝投量较低时, 其SCD灵敏度较低, 随硫酸铝投量的增加, 灵敏度有所提高, 但超过一定投量以后, 其灵敏度又随投量增加而略有衰减。对于藻类浓度较高的水样, 在较低的混凝剂投量时SCD对混凝剂的灵敏度低于藻类浓度较低的水样; 而随混凝剂投量的增加, 其灵敏度增长幅度较大; 当混凝剂达到一定投量时, 其灵敏度高于含藻量较低的水样。对一定浓度的含藻水, 混凝剂投量在一个较大的范围内与SCD值有良好的相关性, 属于正相关关系。

产生上述现象的原因可以从以下几个方面来进行讨论。

2.2.1 探头表面吸附粒子双电层的改变

由流动电流的检测机理可知, 当混凝剂投入水中时, 水中正离子增加, 它与水中藻类颗粒胶体具有相反的电荷, 对水中胶体的表面电荷进行电中和及压缩双电层。随混凝剂投量的增加, 金属离子加强了对藻类胶体的电中和及压缩双电层作用。由于胶体表面电性质受混凝剂投量多少的影响, 而导致流动电流检测值的变化。因此在混凝剂投量较低时, 胶体表面电性质可能受到投药量的影响较小, SCD值随混凝剂投量变化较小, 即SCD对混凝剂的检测灵敏度较低。而当混凝剂投量较高时, 水中胶体表面电性质可能受投药量的影响较大, SCD值随混凝剂投量变化较大, SCD检测灵敏度升高。

在这一方面, 含藻水中的藻类与一般原水中的致浊物质的性质相类似。

2.2.2 藻类对混凝剂响应性的影响

由图3(a)可以看出, 在混凝剂投量小于10mg/L时, 随藻类浓度的增加, SCD的检测灵敏度降低。其主要原因可能是藻类分泌的生物高分子有机物对SCD检测灵敏度有较大的影响。藻类细胞外的这些生物高分子有机物质具有大量的羟基和羧基官能团, 能与混凝剂金属离子发生络合反应。从而使混凝剂的电中和和压缩双电层作用减弱, 随着水中含藻量的增大, 水中生物高分子也增多, 进而引起检测灵敏度下降。

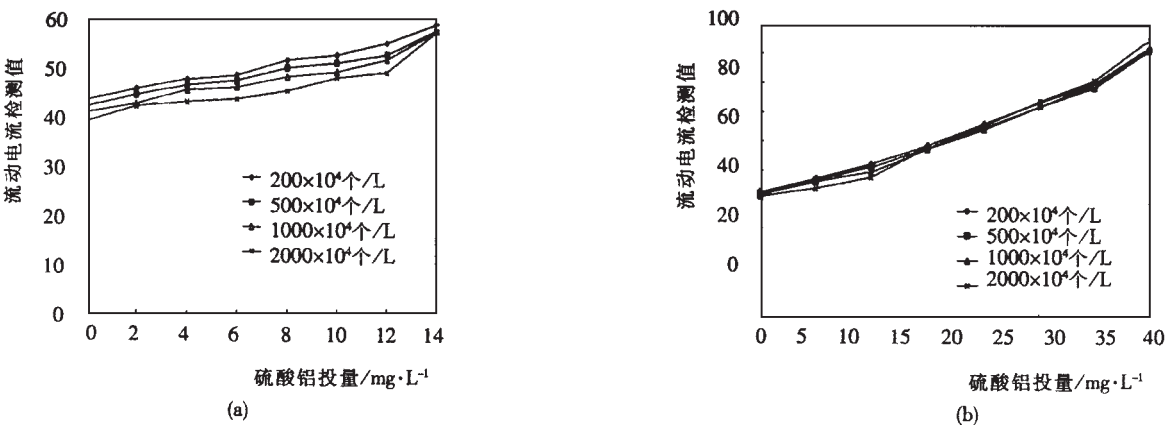


图3 不同含藻量原水流动电流值随投药量的变化

Fig.3 Effect of coagulant dosage on streaming current value in water with different concentration algae

3 湖泊、水库水中的腐殖酸对SCD的响应特性的影响

湖泊、水库中水的色度, 一方面是由于水中藻类的大量繁殖, 使水中的色度增大; 另一方面, 由于湖泊、水库中藻类死亡沉到水底形成腐殖质, 同样会造成水的色度。那么, 对于腐殖酸对SCD的响应特性的影响研究, 无疑在研究腐殖酸的混凝及投加混凝剂除色的自动控制方面具有一定积极的意义。

3.1 试验过程

试验所用腐殖酸为从英国泰晤士河水中提炼出的, 用蒸馏水配制成5.0g/L的溶液。由于固体腐殖酸在一般条件下溶解较慢, 将已配好的溶液倒入1L溶液瓶中, 放入超声波清洗器, 利用底部水流的

振动,从而加快腐殖酸的溶解速度,溶解待用。

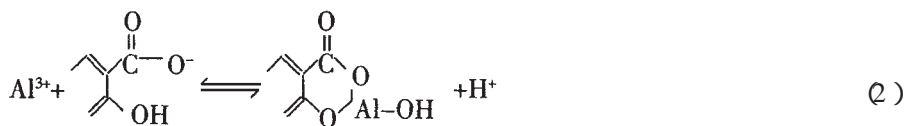
分别用蒸馏水稀释,配制15, 25, 45, 55, 75, 95, 110mg/L的不同浓度腐殖酸溶液,用SCD测定它们的流动电流值,如图4所示。

再选择腐殖酸的含量为25, 55, 75, 110mg/L时,分别向溶液中投加精制硫酸铝,使水中硫酸铝的浓度分别为0, 5, 10, 20, 30, 40mg/L,读取流动电流值。如图5所示。

3.2 试验结果与分析

试验结果表明,在未加混凝剂的情况下,腐殖酸对流动电流影响较小,只有其浓度达到25mg/L以后,才使SCD值有所下降,如图4所示。从图5可以看出含不同浓度腐殖酸(天然有机大分子物质)水的流动电流值与混凝剂投加量呈正相关性。并且随着腐殖酸浓度增大,SCD对混凝剂投量的响应略有减小,由于腐殖酸中含有酚羟基、羧基及较低数量的脂肪羟基^[1],笔者认为铝盐对腐殖质流动电流可能有如下作用。

腐殖酸与 Al^{3+} 的络合作用。 Al^{3+} 可以取代酚羟基上的某一个氢,生成腐殖酸铝络合物^[2-4]



这种络合作用使 Al^{3+} 进入腐殖酸结构,降低了其电中和作用,所以,腐殖酸浓度越高,铝盐的投入对流动电流的影响可能越小。

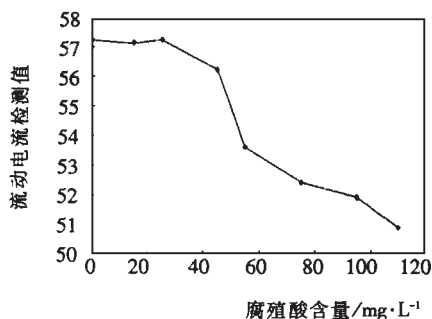


图4 腐殖酸对流动电流的影响

Fig.4 Effect of humic acid on streaming current value

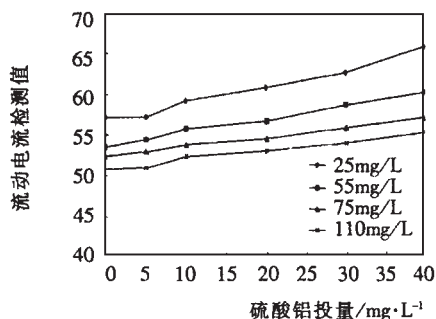


图5 不同腐殖酸含量原水流动电流值随投药量的变化

Fig.5 Effect of coagulant dosage on streaming current value in water with humic acid

4 低浊度湖泊、水库水对SCD响应特性研究

湖泊、水库水较为特殊的水质特征除了藻类、色度的存在外,另一个重要的特点就是普遍存在浊度比较低的现象。所有研究均证明^[5-7],对某一特定水质,将存在流动电流对浑浊度特定的检出范围。本文将就湖泊、水库水的流动电流值对浑浊度的检出下限进行研究。

4.1 试验过程

采用如前所述人工配制培养的含藻水,用美国HACH台式浊度仪检测其浊度为32NTU, pH8.5, 水温27℃,含藻量: 4×10^9 个/L。为了获得较低浊度的含藻水,同时,不会引起含藻水中所含成分的变化,选择多张定性滤纸重叠在一起过滤含藻水,用这种方法控制过滤出的含藻水的浊度分别为12NTU, 9NTU, 7NTU, 5NTU, 3NTU,放到容积为1000mL的烧杯中,将流动电流传感器置于其中,检测其流动电流值。如图6所示。

再选择上述过滤出的五种浊度的含藻水,分别向其中加入0mg/L, 10mg/L, 20mg/L, 30mg/L, 40mg/L的精制硫酸铝,按图1装置图所示方法,检测不同浊度的含藻水在不同精制硫酸铝投量下的流动电流值。如图7所示。

4.2 试验结果与分析

从图6可以看出,即使含藻水的浊度低到3NTU,随着含藻水浊度的升高,流动电流检测值也相应

地减小,说明对于这种含藻水流动电流检测值对浊度的检出极限可以达到3NTU以下。再由图7可以看出,含藻水浊度即使降低到3NTU,流动电流值仍然随投药量的增加而增大,即呈正相关关系。

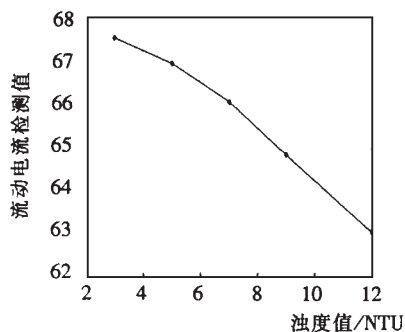


图6 含藻水的浊度对流动电流值的影响

Fig.6 Effect of turbidity in algae water on streaming current value

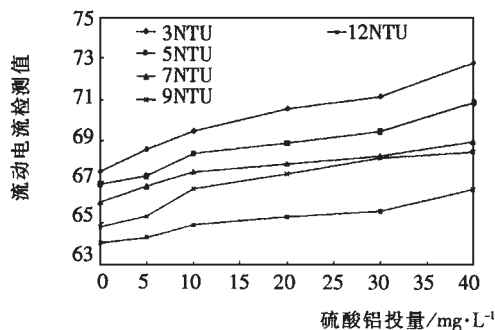


图7 不同浊度含藻水的流动电流值随投药量的变化

Fig.7 Effect of coagulant dosage on streaming current value of water with different turbidity

5 结论

综上所述,湖泊、水库水中的含藻量、腐殖质含量、低浊等特殊性质对流动电流检测灵敏度的影响,都与投加混凝剂后颗粒物质在探头表面的电动特性有关。根据本文的试验情况小结如下:

1. 湖泊、水库水中的含藻量与流动电流值存在相关性,并且随藻类浓度的增加,流动电流值降低,即呈负相关。水中的含藻量对流动电流存在一个检出极限,当含藻量超过这个极限时,流动电流检测值便不能与含藻量一一对应,即无相关性。对于一定浓度的含藻水,混凝剂在一个较大范围内其投量与流动电流值有良好的相关性,属于正相关关系。

2. 在未加混凝剂的情况下,腐殖酸对流动电流影响较小,只有其浓度大于 25mg/L 时,才使SCD值有所降低。不同浓度腐殖酸的水的流动电流值与混凝剂投加量呈正相关性,但灵敏度受腐殖酸浓度的影响。

3. 湖泊、水库水中的浊度与流动电流呈负相关性,检出极限可以低至3NTU。这种低浊的含藻水的流动电流值与混凝剂的投加量有正相关关系。

参 考 文 献:

- [1] Van Breeman A N. The fate of fulvic acids during water treatment[J]. Water Research, 1979, 13: 771.
- [2] RANDTLE S J, JEPSEN C P. Chemical pretreatment for activated carbon adsorption[J]. J.Am. Water Works Assoc., 1981, 73: 411.
- [3] Thomas R. Hundt, Charles R O'Melia. Aluminum-Fulvic. Acid interactions, mechanisms and applications[J]. Journal, AWWA, 1988, 16(4): 208.
- [4] Mohamad R Farvardin, Anthony G Collinss. Preozonation as a aid in the coagulation of humic substances—optimum preozonation dose[J]. Water Reseach, 1989, 23(3): 307-316.
- [5] 曲久辉. 流动电流基本特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 1992.
- [6] 崔福义. 流动电流投药控制工艺技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 1994.
- [7] 李亚强. 流动电流在混凝控制中的应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 1990.