

铝盐和铁盐在长江水源浊度去除中的混凝效果比较

艾德亥姆

(淮海大学水文水资源及环境学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 :以长江下游水为源水 ,通过一系列烧杯搅拌试验 ,研究聚合助凝剂对混凝效果的影响及其相对于金属盐混凝剂的投加时间 ,以期取得具有最大浊度去除率和最小残留铝离子浓度的最佳混凝剂投加量 .

关键词 水处理 ;凝聚-絮化 ;浊度去除 ;残留铝离子

中图分类号 :X522 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2001)02-0114-05

地表水通常含有悬浮物和胶体 ,这些物质来自土地侵蚀、植被腐烂、微生物体和产色化合物^[1] .大颗粒物质 ,例如沙子和泥渣 ,能通过简单沉淀去除很大部分 ,但比较细小的颗粒必须通过化学凝聚 ,使其先形成较大的絮凝体 ,再在随后的沉淀和过滤中去除 .凝聚和絮化过程对许多因素都比较敏感 ,例如 ,产生浊度物质的性质、混凝剂的类型和用量、水的 pH 值等类似因素 .

水的浊度是由于天然有机物(NOM)的存在造成的 ,并且各种有色腐殖质通常占主要部分 .这些物质中的大部分是可溶的 ,但仅这些黄色或桔黄色的有机腐殖质就使水不能被饮用 ,故通常用混凝过程去除它们^[2] .

1 源水性质

本次调查中所使用的天然源水取自于长江下游 .实验是在冬季做的 ,水温大约为 7℃ .源水水质分析如下 :浊度 /77.8 NTU ;pH 值 /7.5 ;碱度 /105 mg/L(CaCO₃ 计) ;Cl⁻ 浓度 /10.3 mg/L ;NH₃ 浓度 /0.50 mg/L(所有浓度均取平均值) .

2 试验中混凝剂的使用

在水处理中 ,最为广泛使用的混凝剂是硫酸铝和三氯化铁 ,另外 ,使用聚合高分子物质 PAM(聚丙烯酰胺)作为助凝剂 .一般来说 ,硫酸铝比三氯化铁更便宜 ,因此用得更多 .而铁盐比铝盐的优越之处在于 ,它能适应源水更大的 pH 值变化范围^[3] .影响水凝聚和絮化的主要因素有 :浊度、悬浮物、温度、pH 值、阴阳离子的组成和浓度、凝聚和絮化过程中搅拌的时间和强度、混凝剂和助凝剂(若需要)的用量和性质 .由于对于特定的水或废水 ,特定的混凝剂能取得最佳的效果 ,所以混凝剂要根据实验室或现场的混凝研究来选择 .通常 ,实验室通过烧杯搅拌试验就完全能为净水厂选择混凝剂 ,然而污水处理中既需要实验室研究又需要经常的现场研究^[3] .

正如世界上许多净水厂运行的那样 ,混凝过程的优化主要还是为了去除浊度 .浊度去除的效果千差万别 ,它取决于水的物理和化学性质以及运行条件 .烧杯搅拌实验被广泛地用来确定水处理中最佳的化学剂量^[1] .本文试图模拟原型的凝聚-絮化过程 ,讨论冬季长江下游源水在获得最佳浊度去除率情况下的混凝剂投加种类及用量 .混凝时常出现一些问题 ,它们主要是因为缓慢下沉的沉淀物或易碎的絮凝体很容易在反应池和砂滤池中的水压力下而支离破碎 .助凝剂的作用便在于在絮凝过程中改善絮凝体的沉降性和韧性 ,以节约混凝剂的用量 .作为助凝剂的聚合高分子电解质有阴离子型、阳离子型和非离子型 .它们通常和金属盐混凝剂一起使用 ,通过吸附架桥作用使絮凝体长得更大更有韧性 .目前中国使用最为广泛的聚合高分子电解质材料是聚丙烯酰胺 PAM(非离子型)及其水解物(阴离子型) .它们是长链的高分子物质 .在水处理过程中加

入 PAM 可以减少混凝剂费用,使形成的矾花更大更重,增加沉淀率,减少铝盐混凝过程中产生的废污泥量,以及改善污泥性质,使之更易被浓缩^[1]。但是,虽然 PAM 在水处理过程中的使用无可非议,但它并不能扩大到所有情况的源水,并且助凝剂的作用主要取决于源水的性质。

3 烧杯搅拌实验过程

本次实验中使用的混凝剂是硫酸铝 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 、三氯化铁 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 和 PAM。实验前一天配制好浓度为 1% 的金属盐(硫酸铝和三氯化铁)混凝剂溶液备用。混凝实验在五联搅拌机上通过烧杯搅拌实验完成。每个 1000 mL 烧杯中都盛着不同浓度的混凝剂溶液。根据源水的浊度,选择的混凝剂溶液浓度分别为 5、10、15、20、25 mg/L^[4]。对水样的分析表明,水样具有足够的碱度,因此,除无机混凝剂外,无需加入其它化学药剂^[3]。在加入混凝剂后,测试所有水样的 pH 值(通常在 6.4~7.0 的范围内)。硫酸铝混凝剂的最佳 pH 值范围约为 4.5~8.0,对三氯化铁来说,约为 4~12^[3]。PAM 溶液按浓度为 0.01% 配制,使用时按照 0.0、0.05、0.1、0.5、1.0 mg/L 投加^[4]。在加入金属盐混凝剂后,立即加入助凝剂。在加入混凝剂时,控制转速为 2 r/s,1 min 后降至 1 r/s,并持续 20 min。水样经静置 20 min 后,通过直径为 15 cm 的滤纸(滤膜孔径为 0.45 μm)过滤,然后再测定剩余浊度。若用的是铝盐混凝剂,则还要测铝离子残留量。

4 结果分析

4.1 剩余浊度

最佳混凝剂的投加量,是根据固定时间沉淀后的浊度去除率和滤后水中的剩余浊度来确定的。本实验测定浊度用 Model HACH—2100N 浊度计。图 1 为初始浊度的去除过程,这主要是由于有效的混凝剂量、沉淀及过滤的作用。在低混凝剂浓度(5、10 mg/L)时,浊度的去除率也低,剩余浊度高(图 1 2)。这是由于加入的混凝剂量不够,不能吸附已完全电离的金属离子使之脱稳。在增加混凝剂浓度(10、15 mg/L)后,剩余浊度迅速降低,这是铝离子作用的结果。而铁离子在浓度为 5~25 mg/L 时不起作用,只在浓度为 25 mg/L 时有最佳的效果。GB5749—85^[5]中规定,饮用水的最高浊度为 3 NTU,与之相比,该水样处理后的剩余浊度是可接受的。

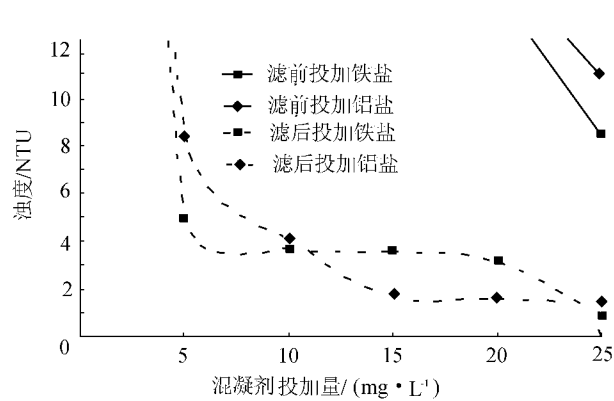


图 1 使用不同剂量的精制硫酸铝和三氯化铁的浊度去除曲线

Fig.1 Turbidity removal by different dosage of alum and iron

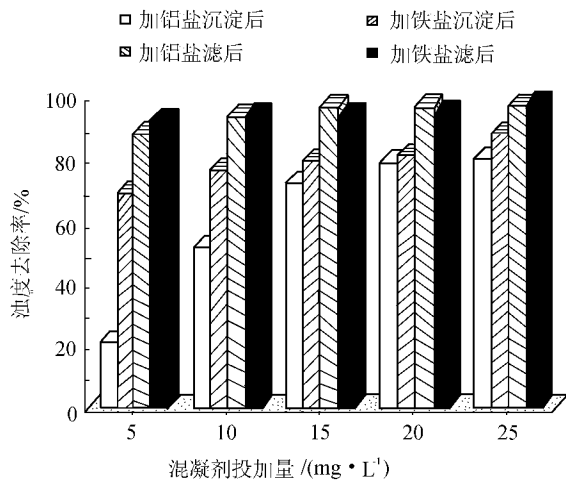


图 2 使用精制硫酸铝和三氯化铁的浊度去除率

Fig.2 Variation of turbidity removal by alum and iron

当混凝剂浓度更高时,就可有效脱稳,因为足够的可被吸附的正电荷的加入,中和了胶体所带的负电荷。大量的氢氧化铁和氢氧化铝的固体沉淀物通过吸附或网捕作用共同去除源水浊度。

当金属氢氧化物的浓度超过其溶解度时,浊度就通过混凝作用与絮凝体一起被去除^[6]。在烧杯搅拌实验中,三氯化铁絮凝体的形成比硫酸铝的更早也更大,产泥量却更少。

PAM 和混凝剂联合使用时,其在去除浊度时的效果显著。图 3 显示了 PAM 作为助凝剂使用时和不同浓度(15、25 mg/L)的铝盐混凝剂联合使用时的浊度去除效果有相当的差别。而浓度为 15、25 mg/L 的铝盐混凝剂单独使用时,浊度去除效果是差不多的(图 1)。

图 3 还显示,随着 PAM 剂量的增加,源水在经过沉淀和过滤后,剩余浊度也增加,尤其是当混凝剂浓度低(15 mg/L)时.但是在混凝剂浓度为 25 mg/L 时,剩余浊度仍然略偏高.若采用相同的混凝剂浓度(25 mg/L),可以得到:PAM 和铁盐联合作用的效果比和铝盐联合作用好(图 4).

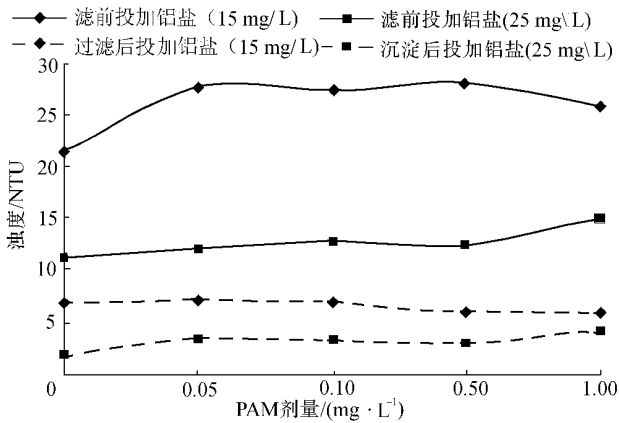


图 3 浊度去除量与同用量的精制硫酸铝和 PAM 关系曲线
Fig.3 Turbidity removal by different alum dosage coagulant(15 25 mg/L) and PAM

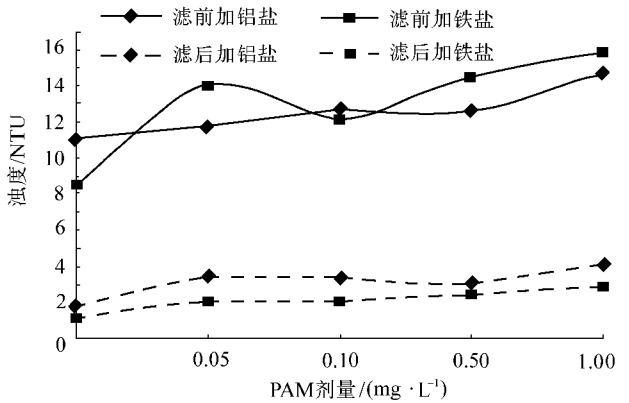


图 4 使用精制硫酸铝和三氧化铁不同情况下浊度去除量与 PAM 使用量关系曲线
Fig.4 Turbidity residual comparison for alum and iron by (25 mg/L) dosage using PAM

剩余浊度高和浊度去除率低的情况的出现(图 5、6),可能是因为 PAM 的剂量过多.我们可把它解释为:混凝剂中聚合物的吸附作用足够产生一个完全电离的、稳定的悬浮状态. PAM 连同金属盐混凝剂加入到中等浊度的源水中,会有破坏粒子间聚合架桥作用趋势,因为聚合的粒子不够,便会导致矾花体积的减小和已处理水剩余浊度的增加.由于源水的初始浊度为 77.8 NTU,碱度为 105 mg/L(CaCO₃ 计),所以并不需要添加碱度和助凝剂^[6].

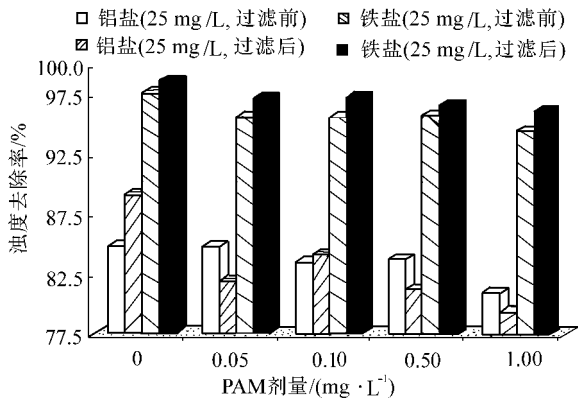


图 5 使用精制硫酸铝和三氯化铁不同情况下浊度去除率与 PAM 使用量的关系
Fig.5 Variation in turbidity removal by alum and iron using PAM

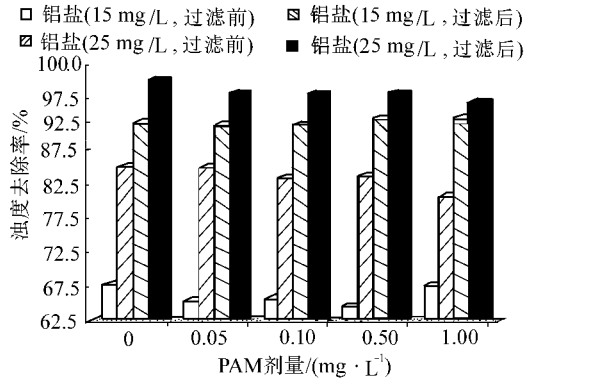


图 6 使用不同剂量精制硫酸铝(15 25 mg/L)情况下浊度去除率与 PAM 使用量的关系
Fig.6 Turbidity removal by alum(15 25 mg/L) dosages using PAM

4.2 残留铝离子

铝在已处理水中出现或在配水系统中以沉淀形式存在,都与这几个问题有关:浊度增加,消毒效果降低,水能损失和潜在的危害健康的效果^[7].

由于用铝盐作混凝剂,已处理水中铝的浓度可能比源水中更高.迄今为止,许多研究都试图控制饮用水中超标的残留铝.所以,饮用水中铝的存在是有一个不可接受的浓度的.本文在这个部分提出了一个用原子吸收分光光度计确定已处理水中铝离子浓度的方法.残留铝的测量试验标准如下:在试管中加 10 mg,且 pH 值为 4.2 的缓冲溶液,然后加入 15 mL 蒸馏水,再加 10 mL 指示剂(C₂₂H₂₃N₃O₉),最后加 10 mL 已过滤的水.晃动水样,使之成为均匀的混合

液.静置 20 min 后 取一些溶液 用 760MC 光谱仪检测 吸收波长设为 520 nm.图 7 显示 随着铝盐混凝剂剂量的增加 残留铝离子浓度降低 从而剩余浊度也降低.该图表明 在剩余浊度和残留铝离子间存在某种关系.通过增加混凝剂量 使铝离子和胶体粒子结合 形成密实的矾花 而矾花可以通过沉淀和过滤去除.这样 大部分的铝离子就可 通过过滤去除.游离的铝离子浓度与浊度有很大关系.作为一个控制铝离子的运行指标 浊度应保持在小于或等于 0.2 NTU^[7].在很大程度上 已处理水中浊度的产生是由于残留铝以不稳定或未被过滤的 $Al(OH)_3$ 的形式存在^[8].图 8 显示了 PAM 和铝盐混凝剂 (15.25 mg/L) 联合使用时的残留铝离子浓度 它造成了已处理水中的高浊度(图 3).增大 PAM 的剂量 铝盐混凝剂浓度不同 (15 25 mg/L) 的两份处理液中的残留铝离子浓度均会显著提高.很显然 这种情况下的主要原因是由于过滤水的高浊度导致了残留铝离子的高浓度.

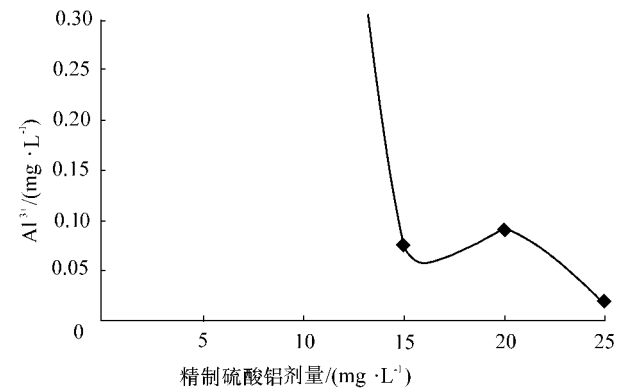


图 7 铝离子残余量
Fig.7 Residual Aluminum curve

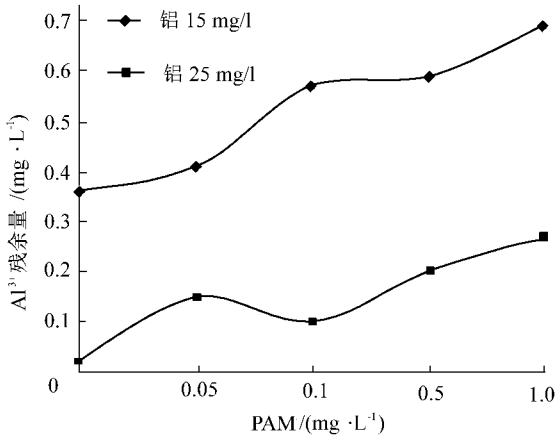


图 8 使用 15 25 mg/L 铝盐情况下铝离子残余量
与 PAM 使用量关系曲线
Fig.8 Residual aluminum curves for alum dosages
(15 25 mg/L) adding PAM

5 结 论

- a. 由于源水浊度中等 所以硫酸铝和三氯化铁混凝剂在去除浊度时的效果差不多.很明显 随着混凝剂用量的增加 去除效果也越好.当硫酸铝的用量达到较合理的 15 ~ 20 mg/L 时 可以达到最高浊度去除率 98% ~ 99%.但硫酸铝在絮凝过程中会产生较多的污泥 这可能会给沉淀池的污泥去除和污泥脱水带来不便.但硫酸铝比三氯化铁更便宜 因此其使用也更为广泛.
- b. 有时候 可以通过在水处理过程中加入 PAM 使混凝剂用量减少 并降低已处理水中的剩余浊度.但本次试验因为源水浊度中等 不需要使用 PAM 仅加入金属盐混凝剂就可得到饮用水标准中可接受的效果.因为这种情况下 PAM 的添加会使混凝剂过量 导致胶体重新稳定 反而使已处理水中的剩余浊度增加.
- c. 若剩余浊度增加 已处理水中的铝离子浓度也会增加.但硫酸铝浓度为 25 mg/L 时 残留铝离子浓度也会很低(图 7).只要 PAM 的添加导致剩余浊度高 已处理水中的铝离子浓度也会高.但是 要求最终铝离子浓度达到 0.05 mg/L 是比较困难的.在实际运行时残留铝离子浓度能处理到 0.2 mg/L 时 从卫生角度而言还是可以被接受的^[7 9].
- d. 出于经济方面的考虑 对于冬季长江下游段源水最佳的硫酸铝的浓度为 15 ~ 25 mg/L 与铁盐混凝剂相比 , 这个值可以得到很好的剩余浊度和最小的残留铝离子浓度.值得一提的是 硫酸铝比铁盐混凝剂产品便宜得多 因此 我们可以确定地说 对于饮用水水源为长江下游段源水时 在冬季 使用低剂量的硫酸铝作混凝剂就可以得到 GB5478—85 规定的饮用水水质的出水.

参考文献：

[1] Hammer M J. Water and wastewater technology(Second Edition [M]. USA :John Wiley & Sons Inc. ,1986.282.
[2] Gregor C J. Optimizing natural organic matter removal from low turbidity waters by controlled pH adjustment of aluminum coagulation[J]. J Wat Res ,1997 31(12) 2949 ~ 2958.
[3] Reynolds T D. Unit operations and processes in environmental engineering[M]. Boston ,Massachusetts ,USA :PWS-KENT Publishing Company ,

1982.23 ~ 24.

[4] Schulz C R. Surface water treatment for communities in development countries[M]. Canada :John Wiley & Sons Inc ,1984.265 ~ 271.

[5] GB 5478—85 饮用水水质标准[S].

[6] Benefield L D ,Judkins J J ,Weand B L. Process chemistry for water and wastewater treatment[M]. New jersey, USA :Prentice-Hall Inc ,1982.229 ~ 230.

[7] Van Benschoten J E. Measuring aluminum during water treatment methodology and application[J]. Journal AWWA May 1990.71 ~ 78.

[8] Koether M C ,et al. Low-cost polymeric aluminum coagulant[J]. Journal of Envir Engrg ASCE ,1997 ,123(9) 859 ~ 864.

[9] Driscoll C T. Chemistry and fate of Al(iii) in treated drinking water[J]. J Envir Engrg ASCE ,1988 ,114(1) 21 ~ 37.

Effect of Aluminium and Iron Salts in Coagulation on Turbidity Removal of Yangtze River

Adham Halawik

(College of Water Resouces and Environment ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098 ,China)

Abstract : This article tries to obtain the optimal coagulant dosage for turbidity removal and the minimum concentration of the residual aluminium . The effect of polymeric coagulant aids and relative to the addition of primary metal coagulants are investigated in a series of jar tests. The work is applied no the raw water from the down stream of the Yangtze River(YR)

Key words : water treatment ; coagulation-flocculation ; turbidity removal ; aluminium residual

《水资源保护》征订启事

人类生活和一切生产活动都离不开水,水资源的开发利用和保护业已成为当前我国国民经济发展中的一个极其重要问题.《水资源保护》是一份以技术性为主兼顾学术性和管理性的技术性期刊.它以宣传贯彻国家的水资源保护方针政策,反映国内外水资源保护的先进科学技术,促进我国水资源保护和水环境保护工作为宗旨.本刊为季刊,国内外公开发行.其主要任务是探讨我国水资源保护的技术政策、科学技术及实践中的重大问题;及时反映国内外在水资源保护领域中的新颖实用技术和科技信息;推广全国各地在水资源保护工作中的成果和经验;报导有关国内外学术会议、技术交流等消息动态.

本刊主要读者对象:全国从事水资源保护工作的水利、环保及相关领域的工作者,有关工程技术、科研人员、管理干部以及大专院校的师生.

本刊主要栏目:热点专栏、方针政策、综述述评、研究探讨、工程技术及措施、管理、评价、监测、水环境污染治理、优化配置、水权与水价、节水技术、成果推广及经验交流,专题讲座、国外动态、书刊评介、科技简讯等.

征订方式:本刊 2001 年改为 A4 国际标准开本,定价全年 4 期共 24 元.欲订阅者请直接向编辑部汇款订阅(汇款附言栏务请注明“订 2001 年《水资源保护》”)或向《全国非邮发报刊联合征订服务站》网站(网址:www.LHZD.com)下载“电子订单”并订阅本刊.

地址:南京西康路 1 号 河海大学《水资源保护》编辑部

邮编:210098 电子信箱:kkb@hhu.edu.cn