

混凝沉淀工艺对残余铝去除的影响

王志红¹, 崔福义²

(1. 广东工业大学建设学院, 广东 广州 510643;

2. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 本文通过饮用水除铝的一系列实验, 主要研究在给水处理流程中聚合铝(PAC)混凝剂种类、投加量、余浊等因素对残余铝的影响。混凝剂性能优劣应从除浊和除铝两方面来评价。除铝最佳投药量要低于除浊最佳投药量。提出除铝可以分为降低溶解铝和去除颗粒铝两种途径。余浊和残余铝在一定范围内呈线性相关关系, 此时除浊能同时有效去除颗粒铝。在此基础上对水厂生产运行提出了一些建议。

关键词: 饮用水 残余铝 给水处理 聚合铝

中图分类号: TU991.2

文献标识码: B

文章编号: 1000-3770 (2005) 07-0069-04

在我国新的生活饮用水卫生标准(2001年)中, 规定一、二类水质的饮用水中铝含量不得高于0.2mg/L。而全国部分城市的饮用水水质调查结果表明: 以铝不超过0.2mg/L为标准, 所调查的全国40座城市中有32.5%的城市饮用水铝浓度超标。而且, 我国的铝浓度控制指标还远劣于发达国家的水平, 如美国和欧共体等通行的指标是饮用水中铝不超过0.05mg/L^[1]。因此, 研究饮用水中铝的去除是亟待解决的有普遍意义的课题。

本文重点探讨混凝剂(以聚合铝为主)、混凝剂投加量、浊度等因素对残余铝的影响。该水厂是混凝澄清工艺的典型代表, 因此研究结论对类似水厂有普遍参考价值。

1 铝的形态与去除

水中的铝可分为溶解铝和悬浮颗粒铝两种形态, 其中溶解铝包括铝与天然有机物、氟化物、磷酸盐(脂)、硫酸盐(脂)和OH⁻等形成的络合物。在常温(18~25℃)下, 水中Al(OH)₃的溶解度很低, 正常时铝络合物的含量也不多, 水中的铝主要是颗粒铝。因此浊度在一定程度上反映了颗粒铝的含量。

根据水处理澄清工艺基本原理, 在水处理流程中, 通过去除浊度可以有效去除颗粒铝, 同时由于共

存物的去除或降低也可以部分去除溶解铝。特别是在混凝沉淀过程中, 混凝剂的水解反应程度影响颗粒铝和溶解铝的比例, 除浊能反映除颗粒铝的效果, 因此混凝沉淀过程对饮用水除铝有着重要的作用。

2 实验设计

2.1 实验室小试

这部分实验主要考察混凝剂性能和投加量对残余铝的影响。考虑到现在水厂普遍使用较多的是聚合铝, 选择聚合铝为考察对象。在实验室用六联搅拌机进行烧杯混凝实验。

原水采用配制水。取地表深层净土筛选后, 加自来水浸泡并静置沉淀后, 取中部浊液配制不同浊度的原水。

2.2 生产实验

2.2.1 水厂介绍

宾县某自来水厂日产水量为4000吨, 原水引自附近的水库, 采用常规的水处理流程: 原水→沉砂池→混合→隔板反应池→沉淀池→普通快滤池→加氯消毒→清水池→出水。

原水水质变化不大: 浊度20~100NTU, 铝含量0.1~0.2mg/L。其中11月平均水温0.5℃, 平均浊度80NTU, 平均铝含量0.20mg/L。6月平均水温15℃, 平均

收稿日期 2004-07-12

基金项目 国家自然科学基金(59778023)和黑龙江省自然科学基金(E9825)资助项目

作者简介 王志红(1975-)女, 博士生, 讲师, 研究方向为水处理 联系电话 020-38457309 E-mail: gdwzhihong@21.com.cn

浊度 20NTU,平均铝含量 0.12mg/L。原水中铝含量与浊度的变化基本一致,随浊度的升高降低相应升高降低。

水厂的沉淀池分为两组,分别采用斜管和小间距斜板,正常运行时混凝沉淀流程处理效果稳定,总沉水(即两组沉淀池处理后的混合水)余浊一般在 5 NTU 以下。以聚合氯化铝作为混凝剂,投药泵投药,投药量用 SC-3000A 型单因子混凝投药测控系统自动控制。

为考察水温变化的影响,实验主要安排在两个时期:6~7 月份和 10~11 月份,6~7 月份的水温基本在 8-18℃ 之间,10~11 月份的水温在 0~2℃ 左右。以沉淀池水温值表示。

根据原水的水质情况,改变自动控制系统的设定值,通过 SC-3000A 型单因子混凝投药控制系统自动调节投药量,保证沉淀池的出水浊度满足实验要求。

实验在水厂的日间生产期间进行,取总沉水和滤后水为主要研究水样,隔 1.5~2h 取一次样,测其浊度、铝含量、pH 值等水质参数。原水的主要水质参数,包括浊度、铝含量、pH 值、水温等,每天测一次。

3 实验结果

3.1 聚合铝性能对余铝的影响

分别从 3 家净水剂厂取得聚合铝样品,分别以聚合铝 1,聚合铝 2 和聚合铝 3 作为代表性聚合铝类混凝剂产品,其主要技术指标如表 1。

表 1 聚合铝样品主要技术指标

指 标	聚合铝 1	聚合铝 2	聚合铝 3
产品形态	黄色粉末状固体	黄色粉末状固体	淡黄色粉末状固体
Al_2O_3 (%)	≥ 25	≥ 28	≥ 30
盐基度(%)	60~90	70~90	50~70
pH 值	3.5~5.0	3.5~5.0	3.5~5.0

在实验室用六联搅拌机进行烧杯混凝实验。原水采用配制原水。

固定原水水质条件不变,在相同的 Al^{3+} 投量条件下,研究不同的聚合铝产品对浊度和铝的去除效果。实验条件与结果列于表 2,其中的实验结果是

表 2 不同混凝剂实验结果对比

	实验 1		实验 2	
原水浊度(NTU)	35		105	
聚合铝投量(mg/L)	2.0		3.0	
沉淀水水质(平均值)	浊度(NTU)	Al(mg/L)	浊度(NTU)	Al(mg/L)
聚合铝 1	7.8	0.28	9.1	0.29
聚合铝 2	6.5	0.17	7.6	0.18
聚合铝 3	6.3	0.14	7.0	0.15

15 次重复实验的平均值。

尽管从技术指标上看各种聚合铝产品性质无显著的差异(表 1),但表 2 的结果说明,其混凝性能是不同的。在相同的原水水质条件下,投加相同量的混凝剂,不仅余浊不同,余铝也有明显的差别。

在原水浊度为 25~105 NTU 之间时,投加不同量的混凝剂,结果示于图 1 中,表明在取得相同的沉淀水浊度时,不同的混凝剂对应的余铝是不同的,而且有的差别是较大的。在本实验考察的 3 种混凝剂中,按余铝高低排序,依次为聚合铝 1、聚合铝 2、聚合铝 3,即聚合铝 3 可以在取得相同的沉淀水浊度条件下,使水中余铝浓度最低,其值仅是聚合铝 1 的大约 50%。

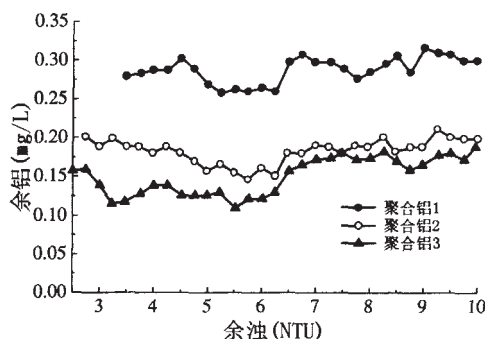


图 1 不同聚合铝产品的混凝效果

上述研究结果表明:1) 不能仅以产品的主要技术指标来判断铝盐混凝剂的优劣,以混凝实验来进行评价是必要的;2) 在选择混凝剂产品和评价混凝效果时,不仅要考虑浊度的去除情况,还应将余铝作为评价指标之一;3) 良好的混凝剂产品可以有效地减少余铝浓度,解决余铝控制问题,对此应予以充分的重视。

3.2 聚合铝投加量的影响

以性能较好的聚合铝 3 作为后续实验用混凝剂。在相同的原水水质条件下改变投药量,观察沉淀水水质,研究投药量对余浊和余铝的影响。

实验分别在原水浊度 35 NTU 和 105 NTU 条件下进行,结果如图 2 和图 3 (投药量以商品重量计)。

从图 2 和图 3 可以看出:1) 余铝的变化规律与余浊类似,即当投药量增加时,余铝先逐渐减少,达到一最低值后又逐渐增加;在某一投药量下出现余铝的最低值;2) 在同一组实验内,使余铝最低的投药量低于余浊最低的投药量。笔者认为,该现象的出现是由于在混凝沉淀过程中,存在如下的趋势:随投药

量的增加,混凝剂的有效利用率降低、“泄漏”增加,水中铝的浓度增加;随浊度的去除,铝相应得到去除。在出现浊度最低值之前,浊度是随投药量的增加而降低的,当投药量较低时混凝剂能得到有效利用,铝也伴随浊度的去除而逐渐降低;当投药量较高时则以混凝剂的“泄漏”趋势为主,铝呈增加的趋势。在浊度最低值之后,则无论是混凝剂的“泄漏”还是浊度的增加,都使铝呈增加的趋势。

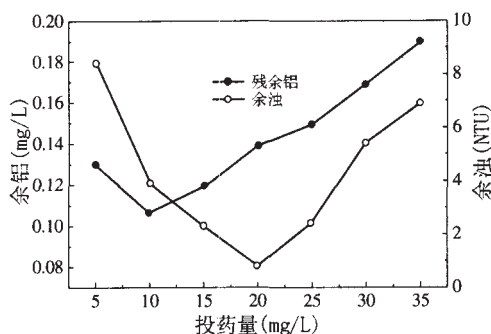


图2 混凝剂投量对余浊和余铝的影响
实验条件:原水浊度 35 NTU;水温 11.8℃;pH 值 7.74

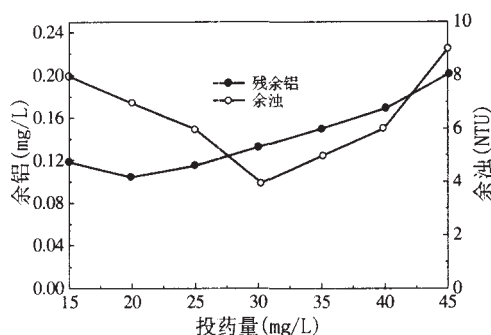


图3 混凝剂投量对余浊和余铝的影响
实验条件:原水浊度 105 NTU;水温 11.5℃;pH 值 7.28

分析图 2 和图 3 表明,选择混凝剂最佳投量时应兼顾余浊和余铝的情况,单纯追求余浊最低,将加大余铝量,而且较高的投加量在经济上也是不合理的。

3.3 余浊与余铝的相关性

由于铝在水中的溶解度较低,大部分以颗粒铝的形式存在,经过混凝沉淀之后,水的余浊与余铝之间应存在一定的相关性。

实验条件:原水浊度 18 NTU,水温 14℃,总沉水 pH 值 7.5。在生产沉淀池末端取总沉水水样,余浊对余铝的影响见图 4。由图 4 可以看出,经沉淀以后,随着余浊的减少余铝也减少;当余浊低于 7 NTU 时余铝随余浊降低的幅度变小,余铝含量相对比较稳定,为 0.13~0.15mg/L。

以过滤水水样,研究余浊对余铝的影响试验结

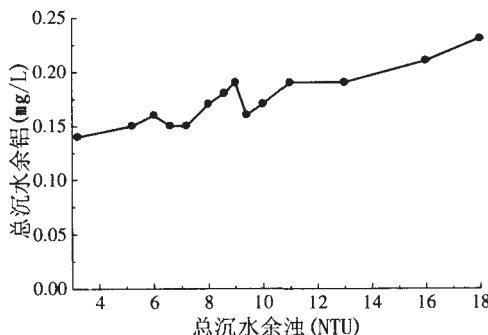


图4 总沉水余浊与余铝关系

果表明,过滤水的余铝和余浊呈良好的线性关系,随余浊的减少余铝减少。当过滤水余浊降低为 1.5 NTU 时,余铝相应降低为 0.05mg/L;当余浊继续降低至 0.1 NTU,余铝可降低到 0.02mg/L。这可作如下解释:一方面,水中的溶解铝以离子态存在,在沉淀过程中难以直接去除,当一些能与铝形成络合物的共存物随浊度一起被去除时,溶解铝被间接去除,含量有所降低,在正常情况下由于络合态的铝并不多,这部分的变化较小;另一方面,随着浊度的降低,悬浮颗粒铝伴随着浊度胶体一起被去除,含量降低与浊度去除基本呈线性关系,变化幅度相对溶解铝要明显。总的反映出余铝随余浊减少而减少。沉淀过程中当浊度降低到 7 NTU 时,剩余的颗粒铝较少而细小,已难以沉淀去除,因此余浊进一步降低对余铝的影响不大。滤后水的余浊低于 0.1 NTU 时,由于浊度胶体的去除,附着在胶体上的颗粒铝进一步去除,可溶性铝络合物因共存成分的去除含量很低,则余铝主要由实验水温和 pH 值下的溶解铝组成,约为 0.02mg/L,比较难去除。

上述分析说明,饮用水除铝,可以从降低颗粒铝和降低溶解铝两方面入手。颗粒铝基本上可以通过除浊来解决。本实验中当总沉水余浊为 ≤ 7 NTU 时,认为颗粒铝大部分被去除,余铝主要是溶解铝和部分细小的颗粒铝。溶解铝和细小的颗粒铝是可以在一定的水质条件下转化为可去除的颗粒铝的。以下的实验将致力于考察溶解铝与水温、pH 值的关系,寻求降低溶解铝的方法。为数据的可比性,基本控制总沉水样的余浊都在 7 NTU 左右,颗粒铝含量不高而且基本相同,此时余铝值的变化可认为基本反映溶解铝的变化。

3.4 沉后水余浊与过滤水残余铝的相关性

沉淀水的余浊和余铝对过滤的处理效果有着重要的影响,控制总沉水余浊低于 10 NTU,此时沉淀

水余铝低于 0.2mg/L(见图 4),研究沉淀水水质对过滤水余铝的影响,结果如图 5 所示。

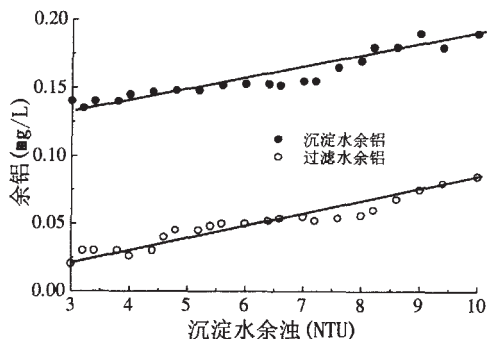


图 5 沉淀水水质对过滤水余铝的影响关系图
实验条件:原水浊度 25 NTU;水温 14.5℃

由图 5 看到,过滤水余铝含量随沉淀水余浊和余铝的增加而逐渐增加:当沉淀水余浊由 3 NTU 上升至 10 NTU 时,过滤水的余铝与沉淀水余浊呈现较好的线性关系,由 0.02mg/L 升至 0.08mg/L。而且控制沉淀水余浊在 7 NTU 以内,可以有效地使过滤水余铝基本低于 0.05mg/L。

这是因为沉淀水的余浊和余铝呈相同的递增趋势,沉淀水余铝随余浊增加而增加,导致滤池的铝负荷也相应增加,过滤水的余铝也即铝泄漏量增大。因此可以控制一个合理的沉淀水余浊值来降低出水的铝含量,该合理值的选取原则可参考如下:1) 保证过滤水余铝低于饮用水水质标准的要求值;2) 余浊值不宜取太低,避免不必要地增加投药量。本实

验中,以发达国家(欧共体、美国等)的水质标准中铝不得高于 0.05mg/L 考虑,沉淀水的余浊可控制为 7 NTU。

4 结 论

在选择混凝剂时应将余铝作为考核指标之一。性能良好的混凝剂,应能达到除浊和除铝的双重目的。

投药量对余铝有重要的影响。除铝最佳投药量低于除浊最佳投药量。生产上确定投药量时应二者兼顾。

饮用水处理过程中,除浊可以在一定程度上有效去除颗粒铝。存在一个合适的沉淀水余浊值,低于此值时颗粒铝能被大部分去除。本实验中,该值为 7 NTU 左右。该沉淀水余浊值应作为水厂确定铝盐投量的因素之一。此时,过滤水余铝基本低于 0.05mg/L。

过滤工艺可以在一定程度上降低络合态的溶解铝,当过滤水余浊降低至 0.1 NTU 时,可以将过滤水余铝控制在 0.02mg/L。

参考文献:

- [1] 崔福义,李名锐,王志红,等.饮用水中铝的危害、来源及现状[J].哈尔滨建筑大学学报,1997,30(6):51-54.
- [2] 王志红,崔福义.水厂残余铝的影响因素试验研究[J].水处理技术,2004,30(2):110-112.

REMOVAL OF RESIDUAL ALUMINIUM BY COAGULATION AND SEDIMENTATION PROCESSES

Wang Zhi-hong¹, Cui Fu-yi²

(1. School of Architecture, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China;

2. School of Municipal and Environment, Harbin University of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The effect of the kinds and dosing quantity of PAC coagulant and residual turbidity etc on residual aluminium in the course of water supply was studied through a series of experiments for aluminium removal for drinking water. The performance of coagulant should be evaluated from two respects of turbidity and aluminium removals. The optimal dosing quantity for aluminium was lower than that for turbidity removal. Two ways to remove aluminium were put forward, which could be divided into lowering dissoluble aluminium and removing particulate aluminium. To a certain extent, residual turbidity is linear relationship with residual aluminium; at that time, the way to remove turbidity could effectively remove aluminium particulates.

Key words: drinking water; residual aluminum; water supply treatment; PAC

珍惜水、保护水，让水造福人类