

高锰酸钾复合药剂与粉末活性炭联用组合 对微污染源水的强化混凝效能

池秀静¹, 魏晓妹¹, 李洪源²

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 包头市自来水公司, 内蒙 包头 014010)

摘要: 通过对高锰酸钾复合药剂、粉末活性炭、预氯化工艺的对比及它们之间的联用组合工艺的试验研究, 证明高锰酸钾复合药剂与粉末活性炭联用组合对微污染水的除色、除味、降低出水浊度效果明显。从而为老水厂寻找了一种简便易行、经济有效的去污染手段。

关键词: 微污染水; 饮用水; 高锰酸钾复合药剂; 预氯化; 粉末活性炭; 强化混凝

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)01-0010-04

中图分类号: X52

Enhancing Coagulation with Composite Potassium Permanganate and Powder Activated Carbon in Light Polluted Drinking Water

CHI Xiu-jing¹, WEI Xiao-mei¹, LI Hong-yuan²

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Tap Water Company of Baotou City, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract The effect of composite potassium permanganate, powder activated carbon, pre-chlorination and related process combinations among them are studied. The results show that to composite potassium permanganate with powder activated carbon can remove color, odor and turbidity effectively. From the experiment, It could provide a practicable, economical, effective pollutant-removed means for old water factory.

Keywords light polluted water; drinking water; composite potassium permanganate; pre-chlorination; powder activated carbon; enhanced coagulation

1 源水的水质状况

近年来,受水土流失、水源污染等因素的影响,黄河水成分逐渐趋于复杂,有机成分增多,给水处理难度加大。水中有机物浓度的增高,不但对胶体产生严重保护作用,导致混凝剂药耗增加,水中铝的剩余量增高,而且产生大量的氯化消毒副产物,其中大部分对人体健康有较大的危害。

以黄河水作为饮用水源的内蒙古黄河二水厂一级配水池,在冬季水中氨氮含量达到 2.06~1.8 mg/L,浊度达到 13~40 度,色度达到 40~100 度,平均水温在 0℃~4℃,属于低温低浊微污染水体。该水厂采用预氯化工艺,不但不能使臭味下降,并且产生刺激性鱼腥味,同时,预氯化与有机物反应产生的致癌副产物,也逐渐引起人们重视,水厂正在寻求减少预氯剂量或用其它强化药剂取代预氯化的方法。所以经

济高效的强化给水处理效果,适应不断变化的源水水质,保障良好的饮用水水质,是一项亟须解决的课题。

2 强化混凝的方法

提高混凝效果是保证水质的重要环节。一般情况下,当在水中投加混凝剂和助凝剂后,由于混凝剂产生的电解质压缩包围在胶体颗粒周围的双电层,胶体因动电位降低或消除而失去稳定性,从而形成细小的颗粒,继而絮凝为大而密实的矾花,从而得到较为理想的沉淀水。但是,在冬季水源受到污染时,由于源水水温低、浊度低、有机物含量高,水体中的体系平衡发生变化,使胶体浊质的稳定性增加,朝着不利于混凝的方向发展。

本文所述强化混凝,即充分利用高锰酸钾复合药剂(CP)、次氯酸钠(NaOCl)的强氧化性和粉末活性炭(PACC)的吸附性能,以及它们之间的联用组合工

艺来强化混凝,以形成较大矾花的处理方法。高锰酸钾复合药剂可以氧化破坏胶体颗粒表面的有机涂层,降低胶体颗粒表面负电荷和双电层排斥作用,使水中胶体颗粒易于脱稳,从而达到有利于去除有机物和浊度的目的。并且高锰酸钾反应的中间产物二氧化锰对胶体具有良好的吸附性能。粉末活性炭因其巨大的比表面积和吸附能力,具有去除水中合成有机物、去色、去味等功能。这些方法不仅可以改善悬浮物的工艺性质,而且可以加速其形成沉淀,即强化混凝过程。

3 试验方法与过程

本试验取内蒙古黄河二水厂一级配水池的源水为研究对象。采用烧杯搅拌试验来进行高锰酸钾复合药剂强化混凝、预氯化强化混凝、粉末活性炭强化混凝效果及联用组合处理工艺的对比。烧杯试验采用 SC956 六联定时变速搅拌器在室温下进行搅拌试验。在 6 个 1000 mL 的玻璃烧杯中分别加入 1000 mL 的水样,用移液管通过吸液的方法从使用的药液中抽取不同剂量的药液,加入水样中。同时开动搅拌器,快搅 1 min,转速为 200 转/min,先分别加入高锰酸钾复合药剂 (CP),3 min 后再分别加入次氯酸钠 (NaOCl),5 min 后提高转速至 300 转/min,分别加入粉末活性炭 (PACC)、聚合氯化铝 (PAC) 和聚丙烯酰胺 (PAM),慢搅 10 min,转速为 40 转/min。静置 30 min 后,用移液管抽取液面下 2 cm 处的上清液,测定浊度和其它相关的指标参数。浊度的测定采用美国 HACH2100 便携浊度仪,色度的测定采用美国 HACH DR/2000 分光光度计。热嗅的检测采用加热超过 60℃,多人检测,取平均值的方法。

处理 1 L 源水配制的药品浓度为:高锰酸钾复合药剂水溶液 (CP) 1 g/L;次氯酸钠水溶液 (NaOCl) 1 g/L;聚合氯化铝水溶液 (PAC) 10 g/L;聚丙烯酰胺水溶液 (PAM) 0.1 g/L;银川 325 目粉末活性炭水溶液 (PACC) 10 g/L;宁夏华辉 120×200 目粉末活性炭水溶液 (PACC) 10 g/L;宁夏华辉 80×100 目粉末活性炭水溶液 (PACC) 10 g/L。

4 试验结果

4.1 高锰酸钾复合药剂的强化混凝效果

表 1 是在 PAC 投量为 25 mg/L, PAM 投量为 0.1 mg/L 的条件下,单纯聚合氯化铝混凝、预氯化强化混凝、高锰酸钾复合药剂强化混凝对沉后水浊度的影响情况。工艺 4 高锰酸钾复合药剂 (CP) 投量为 3 mg/L,聚合氯化铝投量为 25 mg/L 时,沉后水浊度为 1.96 度。工艺 1 单纯聚合氯化铝投量为 25 mg/L

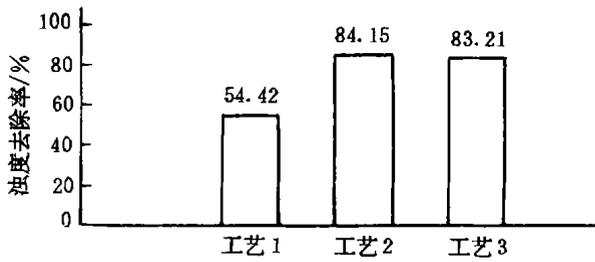
时,沉后水浊度为 3.91 度。高锰酸钾复合药剂 (CP) 强化混凝较单独聚合氯化铝 (PAC) 混凝沉后水浊度降低 50%。说明高锰酸钾复合药剂 (CP) 强化混凝除浊的效能要比单纯聚合氯化铝混凝的效能优越。工艺 4 与工艺 2 (投氯 2 mg/L, 原水厂工艺) 相比,沉后浊度降低了 35%。工艺 4 与工艺 3 (投氯 7.5 mg/L) 相比沉后浊度仅提高 3%。说明在达到相同处理效果时,高锰酸钾复合药剂 (CP) 强化混凝除浊的效能要比预氯化强化混凝节约药剂 60%。工艺 5 与工艺 3 (投氯 7.5 mg/L) 相比沉后浊度降低 31%,这说明高锰酸钾复合药剂 (CP) 强化混凝除浊最佳投量是一个范围,而不是一个点。本试验 CP 的最佳经济投量范围是 3~5 mg/L。

表 1 不同预处理工艺对沉后浊度的影响

| 序号 | 工 艺 | 沉后浊度 / 度 |
|----|-----------------------------------|----------|
| 1 | PAC+ PAM | 3.91 |
| 2 | NaClO+ PAC+ PAM (NaClO= 2 mg/L) | 3.01 |
| 3 | NaClO+ PAC+ PAM (NaClO= 7.5 mg/L) | 1.90 |
| 4 | CP+ PAC+ PAM (CP= 3 mg/L) | 1.96 |
| 5 | CP+ PAC+ PAM (CP= 5 mg/L) | 1.32 |

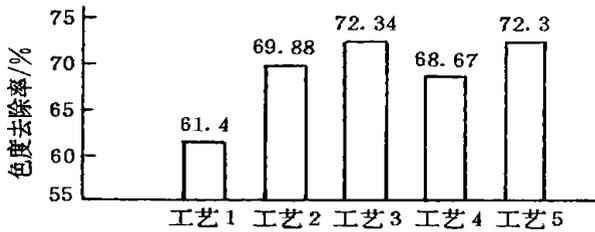
图 1 是在 PAC 投量为 25 mg/L, PAM 投加量为 0.1 mg/L 的条件下,单纯聚合氯化铝混凝、预氯化强化混凝、高锰酸钾复合药剂 (CP) 和氯组合工艺强化混凝对沉后浊度去除率影响结果。工艺 4 高锰酸钾复合药剂 (CP) 投量为 3 mg/L, 预氯投量为 1.2 mg/L 的除浊效果接近工艺 2 (投氯 7.5 mg/L), 但由于增加预氯投量可能导致出水的二次污染,因此,增加预氯投量在工艺上不可取。工艺 4 较工艺 1 (单纯聚合氯化铝) 去浊率提高 22%。说明高锰酸钾复合药剂 (CP) 和氯组合工艺 (其最佳投量配比为 CP: NaOCl = 3: 1.2), 可以减少源水厂预氯的投加量,进一步强化混凝,保证水质安全。

图 2 是在 PAC 投量为 25 mg/L, PAM 投加量为 0.1 mg/L 的条件下,单纯聚合氯化铝、预氯化强化、高锰酸钾复合药剂 (CP) 和氯组合工艺对滤后色度去除率影响结果。工艺 4 高锰酸钾复合药剂 (CP) 投量为 3 mg/L, 预氯投量为 1.2 mg/L 的色度去除率与工艺 2 (原水厂预氯化) 几乎相等,工艺 5 高锰酸钾复合药剂 (CP) 投量为 4 mg/L, 预氯投量为 1.7 mg/L 的色度去除率与工艺 3 (投氯 7.5 mg/L) 几乎相等。说明高锰酸钾复合药剂除色效果较预氯化没有明显提高,这需在今后的试验中继续探求其机理。本试验采用粉末活性炭在高锰酸钾复合药剂的基础上进一步强化混凝。



工艺 1 PAC+ PAM(PAC25 mg/L, PAM0.1 mg/L)
 工艺 2 NaOCl+ PAC+ PAM(NaOCl7.5 mg/L)
 工艺 3 CP+ NaOCl+ PAC+ PAM(CP3 mg/L, NaOCl2 mg/L)

图 1 几种预处理对沉后浊度去除率的影响



工艺 1 PAC+ PAM(PAC25 mg/L, PAM0.1 mg/L)
 工艺 2 NaOCl+ PAC+ PAM(NaOCl1.2 mg/L, 源水厂工艺)
 工艺 3 NaOCl+ PAC+ PAM(NaOCl7.5 mg/L)
 工艺 4 CP+ NaOCl+ PAC+ PAM(CP3 mg/L, NaOCl1.2 mg/L)
 工艺 5 CP+ NaOCl+ PAC+ PAM(CP4 mg/L, NaOCl1.7 mg/L)

图 2 几种预处理对滤后色度去除率的影响

4.2 粉末活性炭的种类选择

表 2 表明采用华辉 120× 200 目活性炭除浊、除色效果良好。而银川 325 目活性炭较华辉 120× 200 目活性炭与水的分离性差,沉后浊度、色度明显偏高,说明有部分活性炭穿透滤柱。而华辉 80× 100 目活性炭颗粒大,沉降快,无法充分发挥吸附效能。

试验观察到这与粉末活性炭的颗粒大小有关,颗粒粒径越小(如银川 325 目活性炭),所含溶解性灰分相对较多,就会穿透滤柱,影响沉后浊度和滤后色度。但颗粒粒径也不能过大(如华辉 80× 100 目活性炭),否则就会很快沉淀,影响吸附性。说明在选择粉末活性炭时,不能单纯凭借粉末活性炭吸附性能指标,需通过实验根据不同水质进行正确选择粉末活性炭。

表 2 三种粉末活性炭对浊度和色度的去除效果

| 项 目 | 粉末活性炭种类 | | |
|-------|----------|---------------|--------------|
| | 银川 325 目 | 华辉 120× 200 目 | 华辉 80× 100 目 |
| 去浊率 % | 90.31 | 93.95 | 89.88 |
| 去色率 % | 72.79 | 77.21 | 70.59 |

4.3 粉末活性炭投加点的选择

表 3 是华辉 120× 200 目粉末活性炭(投量为 10 mg/L)投加顺序对去浊率、去色率的影响情况。工艺 1, 2, 3 是在预氯化条件下讨论粉末活性炭投加顺序对去浊率、去色率的影响情况。工艺 2(活性炭投加在 PAC 之前)分别较工艺 1(未投加活性炭)和工艺 3(活性炭投加在 PAC 之后)浊度去除率提高 16% 和 9%,色度去除率提高 1.2% 和 2.6%。工艺 3(活性炭投加在 PAC 之后)较工艺 1(未投加活性炭)浊度去除率仅提高 6%,色度去除率反而降低 1.5%。工艺 4, 5, 6 是在 CP: NaOCl= 3.5: 1.7 的配比条件下讨论粉末活性炭投加顺序对去浊率、去色率的影响情况。工艺 5(活性炭投加在 PAC 之前)分别较工艺 4(未投加活性炭)和工艺 6(活性炭投加在 PAC 之后)浊度去除率提高 9.3% 和 10.5%,色度去除率提高 9.4% 和 2.2%。工艺 6(活性炭投加在 PAC 之后)较工艺 4(未投加活性炭)浊度去除率降低 1.3%,色度去除率提高 1.2%。说明活性炭投加在 PAC 之前能充分发挥除浊、除色性能,而活性炭投加在 PAC 之后几乎不能去浊去污,甚至会恶化水的浊度和色度。

表 3 粉末活性炭投加顺序对浊度、色度去除率的影响

| 序号 | 工 艺 | 沉后浊度去除率 % | 滤后色度去除率 % |
|----|--|-----------|-----------|
| 1 | NaClO+ PAC+ PAM | 74.69 | 69.88 |
| 2 | NaClO+ PAC+ PAC+ PAM(PACC: 10 mg/L) | 90.32 | 71.05 |
| 3 | NaClO+ PAC+ PAM+ PACC(PACC: 10 mg/L) | 81.64 | 68.42 |
| 4 | CP+ NaClO+ PAC+ PAM | 83.21 | 68.67 |
| 5 | CP+ NaClO+ PAC+ PAC+ PAM(PACC: 10 mg/L) | 92.51 | 72.06 |
| 6 | CP+ NaClO+ PAC+ PAM+ PACC(PACC: 10 mg/L) | 81.91 | 69.89 |

经分析表明,经过高锰酸钾复合药剂(CP)的预氧化,降解了高分子有机物,产生微小絮体,其尺度与粉末活性炭尺度相近,这时投加粉末活性炭,再投加混凝剂 PAC,即可避免两者的竞争吸附,又使絮体对粉末活性炭颗粒的包裹作用最小,可以充分发挥粉末活性炭的吸附效率。如果粉末活性炭投加在混凝剂 PAC 之后,则在混凝剂的作用下,絮体颗粒变大,迅速将投入的粉末活性炭网捕、包裹起来,造成处理效果不好。

从表 3 还可以看出高锰酸钾复合药剂(CP)和华辉 120× 200 目粉末活性炭联用较预氯化去除浊度、色度效果明显。

4.4 不同工艺对嗅味的去除效果

表 4 是预氯化、高锰酸钾复合药剂、高锰酸钾复合药剂 (CP) 和粉末活性炭组合工艺对嗅味的影响情况。用高锰酸钾复合药剂或高锰酸钾复合药剂和粉末活性炭组合工艺 (粉末活性炭最佳经济投量为 10 mg/L) 取代预氯化, 冷嗅、热嗅均能达到标准。

表 4 不同预处理工艺对嗅味的去除效果

| 序号 | 工 艺 | 嗅味 级 |
|----|--|------|
| 1 | 源 水 | 3.5 |
| 2 | NaClO+ PAC+ PAM (NaClO 2 mg/L) | 2.5 |
| 3 | CP+ NaClO+ PAC+ PAM (CP: NaClO = 3.5: 1.7) | 1 |
| 4 | CP+ NaClO+ PACG+ PAC+ PAM (CP: NaClO = 3.5: 1.7, PACG 10 mg/L) | 0 |

5 结 论

(1) 采用高锰酸钾复合药剂 (CP: NaClO = 3: 1.2 或 3.5: 1.7) 和粉末活性炭的组合工艺, 对降解

有机物, 提高去油、去嗅、去色能力效果明显。具有很好的强化混凝、减少预氯投量的效果

(2) 高锰酸钾复合药剂 (CP) 与次氯酸钠 (NaOCl) 的配比应大于 2, 本试验 CP: NaOCl = 3: 1.2 或 3.5: 1.7 且高锰酸钾复合药剂 (CP) 投加在次氯酸钠 (NaOCl) 之前。

(3) 粉末活性炭宜投加在高锰酸钾复合药剂 (CP) 之后, 混凝剂聚合氯化铝 (PAC) 和聚丙烯酰胺 (PAM) 之前。为了降低高锰酸钾复合药剂 (CP) 对粉末活性炭的吸附性的负面影响

(4) 对高锰酸钾复合药剂的除色机理尚需进一步探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 许国仁, 李圭白. 高锰酸钾复合药剂对水中微量有机污染去除效能的研究 [J]. 给水排水, 1999, 25(17): 14-16.
- [2] 张小满, 曾达文. 常规水处理工艺应用粉末活性炭技术的最佳投点选择探究 [J]. 给水排水, 1998, 24(2): 29-31.

《黄土高原生态水文研究》一书出版发行

水作为生态系统的基本环境要素, 与生态系统的各个部分融为一体, 相互影响, 相互作用而共同构成一个具有互馈作用的生态水文系统。作为生态学与水文学之间的一门边缘学科——“生态水文学”正在兴起, 它是将水文学知识应用于生态建设和生态系统管理的一门科学。长期以来, 生态学家注重探究水对生态系统内物质循环与能量转化方式以及生态系统组分的影响。但另一方面, 生态系统也处于不断变化之中, 生态系统结构和功能的变化也将导致生态系统内水的循环过程、水量转化与平衡等发生显著的改变, 如退化生态系统与恢复后的生态系统的水文循环有着显著的不同。同时, 随着生态系统的变化, 水文过程的转变并不是一种在水的数量和质量变化上的简单重复或逆变。

黄土高原作为一个退化生态系统恢复的典型, 区域性水土流失治理在社会、经济和生态等方面都取得了举世瞩目的成就。水土保持作为恢复生态学的重要内容, 大规模、高强度的水土保持也正在改变着区域水文系统的各个部分。随着区域治理向纵深发展, 探究区域水土保持对水文系统的正反效应, 对黄土高原的水土保持实践, 丰富生态水文学都具有重要的理论和实践意义。

正是基于上述思想, 《黄土高原生态水文研究》从发展区域生态水文学角度, 简要论述了生态水文学的研究内容与方法, 以及发展历程; 结合黄土高原水土保持生态建设的实践, 从不同时间和空间尺度重点论述了黄土高原水土保持生态建设的水文效应及其研究方法, 主要包括: 生态水文学基础、水土保持措施的水文效应机理、黄土高原深层土壤水资源及其持续利用、水土保持对地表径流的作用等。

本书资料详实, 方法多样, 内容丰富, 其成果对发展生态水文学和黄土高原水土流失的科学治理都将具有重要的参考价值。它可供从事国土整治、水土保持、水文学、地理学、土壤学等方面的科技人员、广大干部和大专院校的师生参考。全书共分 10 章, 约 29 万字, 定价 30 元。有需要者, 请与中国科学院水利部水土保持研究所生态水文组王炜联系。

地址 陕西 杨凌 西农路 26 号;

邮政编码 712100;

联系电话 (029) 7012426

E-mail xmmu@ms.iswc.ac.cn