

文章编号 1005- 9369(2003)04- 0404- 04

强化混凝工艺及对去除有机污染物的影响

徐勇鹏, 崔福义

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 生态农业和小城镇建设需要优质饮用水, 水中有机污染物的去除对保证饮用水质至关重要。文章阐述了强化常规混凝工艺不但可以有效地去除水中的有机物, 而且是目前最为经济有效的手段, 并通过试验水厂常用混凝剂在不同混凝条件下的混凝效果加以研究。结果表明, 增加混凝剂投加量和降低 pH 值均能有效的去除有机物, 其中 pH 值的影响效果较大。

关键词: 有机污染物; 水处理; 强化混凝

中图分类号: X52; X32 | 012 | **文献标识码** A

近年来, 我国水源水质受到严重污染, 水中有机污染物的含量和种类不断增多, 1999年国家环保总局环境状况公报指出, 我国主要河流有机物污染普遍, 七大水系和三大湖泊都受到不同程度的污染, 黄河、珠江、松花江、淮河、辽河水域主要污染指标为高锰酸盐指数、氨氮……湖泊的主要污染指标为总磷、总氮、高锰酸盐指数。水环境遭受严重的有机污染^[1], 直接影响饮用水水质, 阻碍生态农业的发展, 威胁人们的健康^[2]。为了推进小城镇建设, 实现绿色食品、有机食品行业的良性循环, 保证生态农业的可持续发展以及人们的身体健康, 需要对饮用水中的有机物严重控制。我国卫生部于2001年6月颁布了最新的《饮用水卫生规范》, 首次对饮用水中的有机物指标做出限制, 规定饮用水中的高锰酸盐指数小于 $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。这对我国生态农业发展, 食品加工、农副产品加工、乳制品加工业的用水满足要求和农村小城镇居民饮水安全, 提供了可靠保证。如何采取有效措施提高有机污染物的去除效率保证水质满足标准, 是工程技术人员和研究人员需要面临的新课题。

研究表明, 处理污染水源水的主要技术有强化常规工艺技术和增加深度处理。深度处理主要有臭氧活性炭技术、生物活性炭技术、光催化氧化技术、膜过滤技术、生物预处理技术等^[3]。与深度处理技术相比, 强化常规处理在技术和经济上具有设备简化, 技术要求不高, 成本增加较少的优点, 可达到投资

少、见效快的效果。结合我国当前经济尚欠发达, 财力投入不足的国情, 要求普遍增加深度处理显著是不现实的, 强化常规处理无疑是最经济可行的办法, 其中针对有机污染物的去除方面, 强化混凝工艺是重要的措施^[4]。

1 强化混凝

常规处理包括混合、絮凝、沉淀(澄清)、过滤和消毒工艺。改进和强化常规工艺是目前控制水处理厂出水有机物含量的有效手段, 在常规水处理工艺中对有机物去除起主要作用的是混凝工艺^[5,6], 混凝工艺去除有机物的机理主要有三个方面: 带正电的金属离子与带负电的有机物胶体发生电中和而脱稳凝聚; 二是金属离子与溶解性有机物分子形成不溶性复合物而沉淀; 三是有机物在矾花表面的物理化学吸附^[7]。强化混凝就是为提高常规混凝效果所采取的措施, 是在保证浊度去除率的同时提高水中有机物去除率, 广义上就是通过改善混凝条件提高出水水质。美国水处理工作者普遍认为, 强化混凝是达到饮用水消毒/消毒副产物(D/DBP)条件第一实施阶段, 控制饮用水中天然有机物(NOM)的最佳方法之一^[8]。研究表明, 通过强化混凝处理, 可明显提高水中有机物的去除率, 技术的关键是控制好 pH。当 pH = 5~ 6 时加大混凝剂量能有效提高 NOM 去除率, Gill Grozes 等人发现 pH = 6 ± 0.2 时可使 NOM 去除率达到 65%^[8]。因为在低 pH 条件下, 离子态有机物减少, 而分子态有机物增多, 有机物溶解度下降, 它们相对容易吸附到大量存在的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 或 Al

收稿日期: 2002- 12- 26

(OH)₃等颗粒上, 发生共沉淀, 导致有机物去除率有较明显的上升^[9]。本文增加一些对比实验, 进一步探讨混凝剂量和混凝的pH变化对有机物去除的影响。

2 试验部分

2.1 混凝试验

采用ZR1-6型六联搅拌机进行烧杯试验, 模拟混凝沉淀工艺。原水是实验室配制而成; 取距地表1 m深左右的泥土溶于水, 经沉淀筛选得到高浊度储备液, 根据试验需要配制成所需浊度的水样; 然后使用腐殖质改变有机物含量, 调节COD_{Mn}使其控制在需要的范围内。试验在1 L的已经配制好的水样中投加一定量的混凝剂, 快速搅拌(300 r·min⁻¹) 1 min, 然后慢速搅拌(50 r·min⁻¹) 15 min, 最后静沉20 min, 然后取上清液测浊度、COD_{Mn}、UV₂₅₄等指标。其中混凝剂采用精制硫酸铝。

2.2 结果分析与讨论

2.2.1 混凝剂投加量的影响

首先考查混凝剂投加量对强化混凝效果的影响。分别对不同原水浊度下不同浊度、不同有机物含量的水样进行试验。图1在水温12℃, pH=7.2, 原水浊度40 NTU, COD_{Mn}在5 mg·L⁻¹情况下进行的一组试验, 因为, 这组原水参数和北方常见天然水体各项

指标比较接近。试验结果, 硫酸铝投加量对浊度和有机物的去除效果的影响见图1。由图1可见, 随着混凝剂投加量的增加, 浊度、COD_{Mn}、UV₂₅₄的去除率也随之提高。当混凝剂增加至35 mg·L⁻¹时, 浊度的去除率达到最大值80%。但随着投加量的增加, UV₂₅₄、COD_{Mn}的去除率仍有提高, 当投药量为45 mg·L⁻¹时, 分别达到47.22%和52.55%。随着投药量的继续增加, UV₂₅₄、COD_{Mn}去除率提高变得缓慢。这表明增加混凝剂的投加量能有效提高浊度的去除同时也能提高有机物的去除。对于混凝工艺, 去除有机物的投药量高于除浊的投药量, 而且有机物指标UV₂₅₄的去除效果高于COD_{Mn}; 这是因为水中有机物一般以三种形态存在: 悬浮态、胶体、溶解态。混凝对悬浮固体和胶体的去除效果较好, 对溶解态有机物的去除效果相对较低。水中的悬浮固体和胶体主要表现为浊度, 因此, 要提高溶解态有机物的去除需要投加大量混凝剂, 此时就表现为去除有机物的投药量高于除浊的投药量。另外, 在有机物指标中, UV₂₅₄大多代表腐殖质类的有机物^[10], 这类有机物含有羧基和羟基功能团, 带有负电性, 混凝剂水解形成的带正电的产物是通过电中和作用去除有机物的, 而COD_{Mn}代表水中可以被氧化的有机物, 其中有少量的无极性有机物, 它们的混凝效果不佳, 所以, UV₂₅₄的去除效率高于COD_{Mn}。

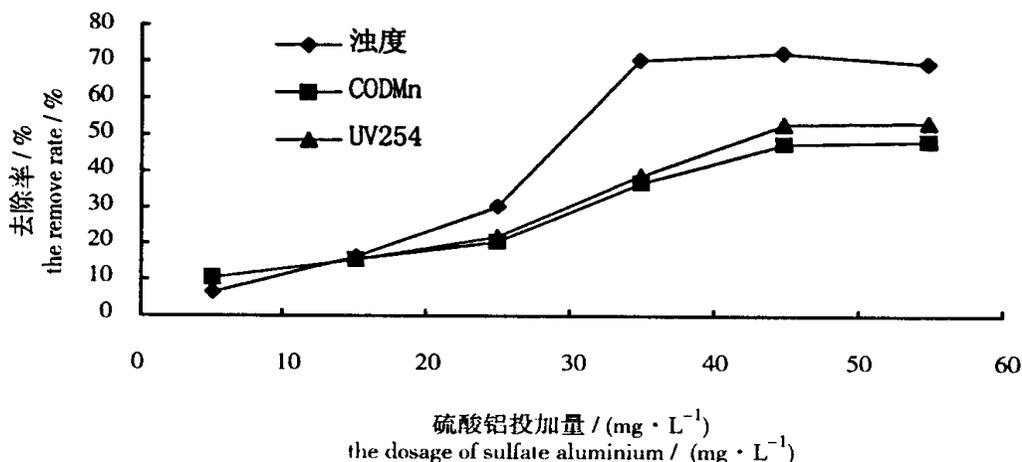


图 1 投药量对水质指标去除效果的影响

Fig 1 Effect of dosage on removal of water quality parameters

2.2.2 pH 值的影响

由于在水温恒定的原水中, pH对混凝效果的影响较大, 每种混凝剂通常都有自己最佳的pH范围。本试验继续考查pH对硫酸铝混凝效果的影响。采用北方水厂通常在水温5~20℃时使用的硫酸铝投

加量20 mg·L⁻¹, 固定硫酸铝投加量在这个范围, 原水水样和2.2.1中的相同, 调节pH进行试验, 在投加混凝剂的同时, 用0.10 mol·L⁻¹的盐酸和氢氧化钠调节pH在4.0~9.0之间, 试验结果如图2。

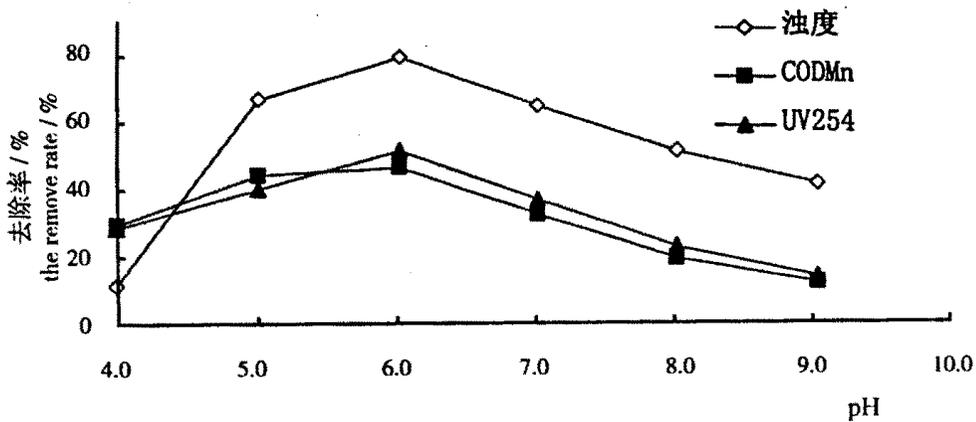


图 2 pH 对水质指标去除效果的影响

Fig 2 Effect of pH on water quality parameters

从图2可知,随着 pH 由小变大,浊度和有机物的去除效率先是增加,在 pH=5.0~6.0 之间有机物的去除效果最佳;在 pH=6.0~9.0 之间浊度的去除效果最佳;随着 pH 的继续增加,混凝条件的碱度增大,浊度和有机物的去除率呈降低趋势。结果表明,混凝去除浊度的最佳 pH=6.0~9.0,而去除有机物的最佳 pH=5.0~6.0。其原因是 pH=6.0~9.0 时,硫酸铝水解产物带的正电荷对水中胶体的凝聚作用效果明显,浊度去除率增加;由于 pH 能影响混凝基团的类型,富里酸和腐殖酸的离解度^[11],随着 pH 的降低,当 pH=5.0~6.0 时,混凝剂水解产物带正电基团的电荷量增加,正电荷密度高,对水中溶解态有机物的电性中和、吸附作用更加明显;另一方面离子态有机物减少,而分子态有机物增多,有机物溶解度下降,它们相对容易吸附到大量存在硫酸铝水解产物 $Al(OH)_3$ 等颗粒上,发生共沉淀,最终导致有机物去除率有较明显的上升,从而提高有机物的去除效率^[12]。高 pH 时则相反。在除浊和除有机物方面 pH 的最佳范围存在不同,因此,在实际工程中,应根据原水水质情况的实际情况调节 pH 在适当的范围,达到最佳的混凝效果。尤其是对低浊度有机物含量高的水质情况,应考虑调节 pH。

另外,比较图1和图2可知,在混凝剂投加量为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的最佳投加量情况下, pH=5.0~6.0 的有机物去除效率较 pH=7.5 左右的去除率增加了近1倍,说明 pH 对强化混凝的影响较大。而且在水厂运行可变费用中混凝剂所占的比例较大^[13],调节 pH 可达到节省混凝剂加量的目的,出水效果相当,因此,调节混凝时的 pH 处于最佳范围,可以降低混凝剂的投加量。

3 结 论

本文讨论的强化混凝工艺及其对有机污染物的去除影响,结论如下:

- 3.1 当前在我国,强化混凝是解决有机污染水源影响生态农业的发展,威胁人们身体健康的最现实可行、有效的方法;
- 3.2 强化混凝通过改善混凝条件提高有机物的去除效果,是降低水中消毒副产物的第一阶段。强化混凝是控制饮用水中天然有机物(NOM)的最佳方法之一;
- 3.3 增加混凝剂投加量和降低 pH 都能有效的提高有机物的去除效果,其中 pH 是主要影响因素。对于混凝剂硫酸铝,在除浊方面 pH 的最佳范围是 pH=6.0~9.0;除有机物的范围是 pH=5.0~6.0。

参 考 文 献

- [1] 张燕,王志奇,陈英旭.微污染水源水的控制技术[J].环境污染与防治,2001,23(2):69-71.
- [2] 袁志彬.饮用水中有机物的状况及其检测方法[J].水处理技术,2002,28(5):249-252.
- [3] 王志飞,胡海修.饮用水中的天然有机物去除方法探讨[J].净水技术,2002,21(1):10-12.
- [4] 邓忠良,朱云,肖锦.强化混凝用于微污染水源水处理[J].工业水处理,2002,22(8):4-6.
- [5] 袁志彬,王占生.给水厂净水工艺的发展及其比较[J].净水技术,2002,21(2):5-7.
- [6] 游晓宏,陈晓琼.混凝技术及其发展[J].工业水处理,2002,22(11):7-9.
- [7] 王占生,刘文君.微污染水源饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [8] Christian Volk, Kimberly Bell, Eva Ibrahim, et al. Impact of en-

- hanced and optimized coagulation on removal of organic matter and its biodegradable fraction in drinking water [J]. Water Research, 2000, 34(12): 3247- 3257.
- [9] 董秉直, 曹达文, 范瑾初. 最佳混凝投加量和pH去除水中有机物的研究[J]. 工业水处理, 2002, 22(6): 29- 31.
- [10] W. 斯塔姆著, 汤鸿霄译. 水化学——天然水体化学平衡导论[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [11] James K, Edzwald, Tobiasson E. Enhanced coagulation: US requirements and a broader view [J]. Water science and technology, 1999, 40(9): 63- 70.
- [12] Seung-Hyun Kim, Byung-Hyun Moon, Hyang-In Lee. Effects of pH and dosage on pollutant removal and floc structure during coagulation [J]. Microchemical Journal, 2001, 68: 197- 203.
- [13] 崔福义, 石明岩, 赵天慧. 给水处理系统高效经济运行研究之——策略与模式[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999, 32(6): 5- 8.

Influence on removal of organic pollutant of water with enhanced coagulation

XU Yong-peng¹, CUI Fu-yi²

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin University of Technology, Heilongjiang Harbin 150090, PRC)

Abstract: The development of ecotype agriculture needs to provide high quality drinking water and the construction of small towns can not be departed from potable water. The removal of organic pollutant matter in drinking water is important. In this paper, it was introduced that the removal of organic pollutant substance of water with enhanced coagulation was an efficient and economic method at present. With experiment it is proved that both of the increase of dosage and the decrease of pH can enhance the removal of organic substance effectively and it is concluded that the change of pH can remove organic matter more efficiently.

Key words: organic pollutant substance; drinking water treatment; enhanced coagulation

作者简介: 徐勇鹏(1977-), 女, 黑龙江人, 现任哈尔滨工业大学市政环境工程学院助教, 在读博士, 主要研究方向给水处理。