文章编号:1672-058X(2013)06-0048-05

饮用水源突发性铅污染应急工艺的研究

胡静

(重庆市设计院,重庆 400013)

摘 要:对城市给水处理厂在不中断供水的情况下,运用现有的工艺流程,应对水源突发性铅污染进行了小试研究。试验结果显示:在所研究的混凝剂投加量范围内,PFS 对 Pb 的去除效果明显优于 PAC;原水的 pH 对于混凝除铅影响显著,而浑浊度对 Pb 的去除无明显影响;采用 Ca(OH)₂ 作为 pH 调节剂强化除铅效果明显优于 NaOH,将原水的 pH 控制在 9 左右,可确保混凝沉淀出水的 Pb 浓度小于 $10~\mu g/L$,但需加酸对出水的 pH 进行回调。

关键词:应急处理;除铅;强化混凝

中图分类号:0613.1

文献标志码:A

近年来,在我国各地饮用水水源突发性重金属污染事件时有发生,严重威胁到人民群众的饮水安全,给工农业生产造成无法挽回的巨大损失。突发性重金属污染事件呈现不可预见性、高峰值性以及短时效性的特点。故城市给水处理厂水源突发性重金属污染应急的研究应针对以上特点展开。铅是一种典型的有毒重金属元素,广泛用于制造蓄电池、电线、焊条、颜料、涂料以及防护材料等。因此,以我国目前各大水厂均采用的常规净水工艺为处理流程,选用铅作为突发性目标污染物,对城市给水处理厂在不中断供水以及最大限度依靠原有处理构筑物的情况下水源突发性重金属污染应急进行了研究。

1 材料与方法

1.1 试验装置

六联搅拌器:TA6 程控混凝试验搅拌仪(武汉恒岭科技有限公司),其运行程序如表1。

第1阶段 第2阶段 第3阶段 第4阶段 第5阶段 转速/ 时间/ 转速/ 时间/ 转速/ 时间/ 转速/ 时间/ 转速/ 时间/ (r/min) (r/min) (r/min) (r/min) (r/min) min min min min min 500 90 45 9 0 混凝 0.4 6 20 吸附混凝 300 20 500 0.4 90 45 9 20

表 1 搅拌器运行程序

收稿日期:2012-01-15;修回日期:2012-03-07.

作者简介:胡静(1982-),女,重庆市南岸区人,工程师,从事给排水工程设计.

1.2 主要实验试剂

Pb 储备液由 Pb(NO₃)₂(分析纯)溶于去离子水中配制,并加入 1%的硝酸(优级纯)进行酸化,用时提前 24 h 用江水进行稀释。混凝剂取自镇江市金西水厂实际生产所用的聚合硫酸铁(PFS,含铁量:176 g/L,比重 1.52)。聚合氯化铝为市售(PAC,Al₂O₃含量 27% ~28%,碱基度 60%)。其他所用试剂均为分析纯。硅藻土为 200 目(购自镇江)。粉末活性碳(国药集团)为 200 目。粉末沸石(产地镇江)为 200 目。

1.3 原水水质

根据试验需要,试验用原水分别采用长江镇江段原水加入一定量的 Pb 配制。具体水质如表 2。

	浑浊度/NTU	总碱度/(mgCaCO ₃ /L)	温度/℃	рН	$COD_{Mn}/(mg/L)$
长江原水	296 – 27	84 – 105	27 – 30	7.81 ~8.01	2.05 - 3.20

表 2 试验水质

1.4 实验方法

烧杯试验在六联搅拌器上进行。取1 L 含 Pb 的原水移至一系列搅拌桶中,加入一定量的混凝剂或吸附剂,搅拌程序见表1。总 Pb 的测定方法为预先在待测水样中加入硝酸进行酸化,充分混合后,静置取上清液经孔径 0.45 μm 的膜滤后进行检测,溶解态 Pb 的测定方法为预先将水样经孔径 0.45 μm 的膜滤后,再加入硝酸酸化而后进行检测。总 Pb 与溶解态 Pb 的浓度之差即规定为悬浮或颗粒态的 Pb 的浓度。

1.5 分析方法

Pb 浓度采用石墨炉原子吸收光谱法测定。仪器条件: SOLAR M 石墨炉原子吸收光谱仪。灯电流 0.15 Ma, 波长 283.3 nm, 通带宽度 0.5 nm, Ar 气流量 0.2 L/min。升温程序:

	温度/℃	时间/s	升温速率/(℃/s)	Ar 气流量/(L/min)
干燥	100	30	10	0.2
灰化	800	20	150	0.2
原子化	1 200	3	0	Off
清除	2 500	3	0	0.2

表 3 石墨炉升温程序(Pb)

2 试验结果与讨论

2.1 铅在原水中的形态分布

小试首先考察了 Pb 在原水中的形态分布状况。当原水 pH = 7.85 时,原水与 Pb(NO)₃ 溶液接触 24 h 后,在 Pb = 300 ~ 400 μ g/L 范围内时,铅在原水中主要以颗粒形态存在,占 Pb 铅浓度的 94.96%。由 Pb(OH)₂的电离常数 ($pK_{b,1}$ = 3.02, $pK_{b,2}$ = 7.52)可以推算出,在 pH = 7.85 时,溶解态的 Pb 主要以 Pb(OH)⁺以及其聚合态 Pb₂(OH)²⁺ 等形式存在,理论上约占总 Pb 浓度的 4.27%,与上述结论差异极小,故可认为采用本试验的方法模拟受 Pb 污染的原水是可行的。在水处理中,悬浮颗粒和胶体颗粒较容易通过常规的混凝澄清工艺去除。因此"溶解态" Pb 的去除是出水水质能否达标的关键。

2.2 混凝剂种类及投加量对 Pb(Ⅱ)去除效果的影响

试验选用聚铁和聚铝研究了在原水中 Pb 含量超标 10 倍和 40 倍的情况下混凝剂投加量对其去除效果

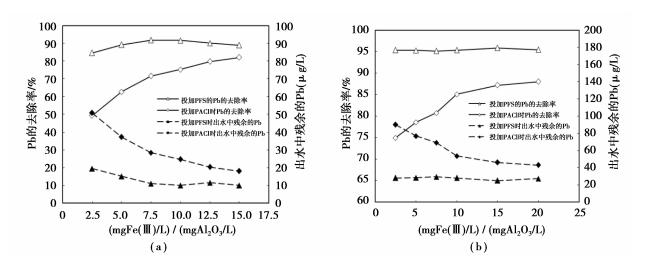


图 1 混凝剂种类及投加量对 Pb 去除效果的影响

2.3 pH 对 Pb(Ⅱ)去除效果的影响

原水 pH 的变化直接影响了 Pb 的形态分布,对于混凝除铅的影响较大。因此,实验分别考察了 PFS = 5.0 mg/L,PAC = 7.5 mg/L 时,pH 对 Pb 的去除效果的影响(图 2 所示)。实验结果显示,随着 pH 的增大,无论采用 PFS 还是 PAC 作为混凝剂,Pb 的去除率都得到了明显提高。对于 PFS 而言,Pb 的去除率在 pH = 6 ~ 9 的范围内增幅十分显著,而在 pH = 9 ~ 11 的范围内增幅趋于缓慢,在 pH = 9 时存在一个突变。这主要是由于随着 pH 的增大,溶解态的 Pb(OH) $^+$ 以及其聚合态 Pb₂(OH) $^{2+}_2$ 或 Pb₄(OH) $^{4+}_4$ 逐渐向 Pb(OH) $_2$ (S) 沉淀转变。与此同时,由于反应 FeO(OH) \longleftrightarrow FeOO $^-$ + H $^+$ (pKa = 9.0) $^{[2]}$ 的存在,当 pH > 9 时,絮体表面带负电,吸附作用增加显著。而对于 PAC 而言,当 pH = 8 时,也存在向 Al(OH) $_3$ 向 Al(OH) $_4$ 转变的情况。综上所述,调整 pH 值是强化混凝除 Pb 的一种非常有效的措施。

2.4 浑浊度对 Pb 去除效果的影响

小试考察了在不同浑浊度条件下,浑浊度对 Pb 的去除效果的影响,原水分别取于雨天和晴天(图 3 所示)。结果显示,浑浊度对 Pb 的去除效果并无显著的影响。

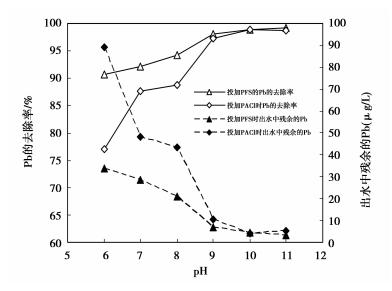


图 2 pH 对 Pb 去除效果的影响(Pb = 366 μg/L)

2.5 不同 pH 调节剂对混凝去除 Pb 的强化效果

实验进一步讨论了在与水厂实际生产投加相同量聚合硫酸铁(约2.5 mg/L)时,不同的 pH 调节剂对强化混凝除 Pb 效果的影响(图4所示)。实验结果显示,采用 Ca(OH)2 作为 pH 调节剂时 Pb 的去除效果明显优于 NaOH,当 pH = 9 时沉淀出水的 Pb 浓度能被严格控制在 10 μg/L 以下,达到《生活饮用水卫生标准》GB 5749—2006 的要求。实验还同时考察了沉淀出水的浑浊度以及 pH 值的最终情况(图5 所示)。结果表明,采用 Ca(OH)2 作为 pH 调节剂时浑浊度的去除效果也更优,故可以认为 Ca(OH)2 除了能调节原水的 pH 外,还能起到微絮凝和提供混凝凝聚核心的作用,这也是其对混凝除 Pb 强化效

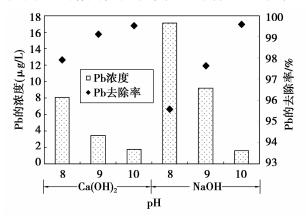


图 4 不同 pH 调节剂对混凝除 Pb 的强化效果(Pb = $358 \mu g/L$)

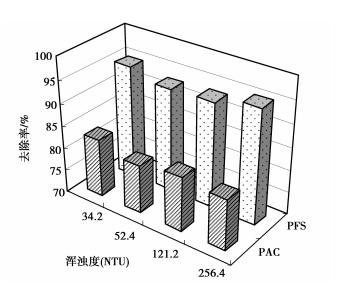


图 3 浑浊度对 Pb 去除效果的影响(Pb≈400 μg/L)

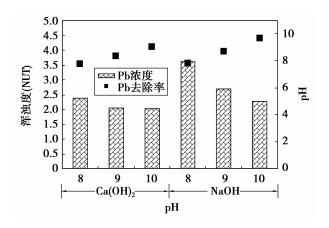


图 5 使用不同 pH 调节剂沉淀出水的 浑浊度以及 pH 的对比 (Pb = 358 μ g/L)

果更优的重要原因。但值得注意的是当原水的 pH 值大于 9 时,沉淀出水的 pH 值均大于 8 不满足《生活饮用水卫生标准》,需要加酸进行回调。建议优选 $Ca(OH)_2$ 作为 pH 调节剂。

3 结 论

- (1)在所研究的混凝剂投加量范围内,PFS 对 Pb 的去除效果明显优于 PAC。随着投加量的增加,两种不同种类混凝对 Pb 的去除效果呈两种不同的变化趋势。随 PFS 投加量的增加,Pb 的去除率并无明显的变化。而随着 PAC 投加量的增加,Pb 的去除率增加十分明显。PFS 对 Pb 的去除效果明显优于 PAC。
 - (2) 原水的 pH 对于混凝除铅影响显著,而浑浊度对 Pb 的去除无明显影响。
- (3) 采用 Ca(OH)₂ 作为 pH 调节剂强化除铅效果明显优于 NaOH,将原水的 pH 控制在 9 左右,可确保混凝沉淀出水的 Pb 浓度严格小于 10 μg/L,但需加酸对出水的 pH 进行略微的回调。

参考文献:

- [1] 张晓健. 松花江和北江水污染事件中的城市供水应急处理技术[J]. 给水排水,2006,32(6):6-12
- [2] 常青. 水处理絮凝学[M]. 北京:化学工业出版社,2003
- [3] LUIS C. Arupk Sengupta. Arsenic Removal Using Polymer-Supported Hydrated Iron (III) Oxide Nanoparticles: Role of Donnan Membrane Effect[J]. Environ Sci Technol, 2005, 39,6508-6515
- [4] 马军,余敏伟,刘伟. 高锰酸钾预处理去除饮用水中微量铅效能研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报,2000,33(3):35-38
- [5] ENHANCED C. Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual [M]. United States: Environmental Protection Agency, 1999
- [6] 姚娟娟, 高乃云, 尚亚波, 等, 饮用水源砷污染的应急处理工艺研究[J]. 中国给水排水, 2007, 23(21):15-19
- [7] 江澜,王小兰. 铬的生物作用及污染治理[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2004,21(4):325-328

Study on Emergent Treatment for Lead Pollution in Water Source

HU Jing

(Chongqing Architectural Design Institute, Chongqing 400013, China)

Abstract: The bench scale testings are performed to investigate emergent treatment for lead pollution in water source by using the existing process in drinking water treatment plant under the situation not breaking off water supply. The results show that, in the range of studied coagulant dosage, Pb removal efficiency by PFS is significantly better than that by PAC. The effect of pH on lead removal by coagulation is significant, but the turbidity is not. Using Ca (OH) ₂ as a pH regulator to enhance the Pb removal is better than NaOH. As a result, adjusting pH of the raw water around 9 by adding Ca (OH) ₂ can ensure the concentrations of Pb in effluent below 10 μg/L, but acid is needed to make the finished water at neutral pH.

Key words: emergent treatment; lead removal; enhanced coagulation

责任编辑:田 静