

文章编号: 1673- 9620 (2009) 03- 0036- 04

KDF 去除饮用水中余氯和重金属离子的试验研究^{*}

王利平¹, 汪亚奇¹, 丁福圣¹, 郭迎庆^{1, 2}, 高乃云²

(1. 江苏工业学院 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2. 同济大学 污染控制与资源研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 选用铜锌合金滤料 KDF55 对自来水进行深度过滤处理, 研究其对水中余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 的去除效果。试验结果表明, KDF55 过滤器对水中余氯和重金属离子有较好的去除效果, 在 KDF55 滤料填充直径和高度均为 100 mm、滤速为 45 m/h 的条件下, 过滤器对自来水中余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 的去除率分别为 89.5%、77.9% 和 70.1%; 装置连续运行 10 d, KDF55 过滤器对自来水中余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 有稳定的去除效果。经 KDF55 处理可以极大地提高自来水水质, 保证饮用水安全。

关键词: KDF55 滤料; 饮用水; 余氯; 重金属离子

中图分类号: R 123; TU 991

文献标识码: A

Research on Removal of Residual Chlorine and Heavy Metal Ions in Drinking Water by KDF Media

WANG Li- ping¹, WANG Ya- qi¹, DING Fu- sheng¹, GUO Ying- qing^{1, 2}, GAO Nai- yun²

(1. School of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: KDF55, which is a kind of copper- zinc alloy, was used in this study to remove residual chlorine, Pb^{2+} , Cd^{2+} in advanced tap water treatment. The results show that the removal efficiency of residual chlorine and heavy metal ions by KDF55 filter is favorable. When the filter media KDF55's filling diameter and height are both 100 mm, and the filtration rate was 45 m/h, the removal rates of residual chlorine, Pb^{2+} , Cd^{2+} by this filter were 89.5%, 77.9% and 70.1% respectively. The removal rates of residual chlorine, Pb^{2+} , Cd^{2+} by KDF55 filter was stable, when the filtering equipment was running continuously for 10 days. The tap water quality can be improved rapidly by KDF55 filter, as the consequence, the safety of drinking water can be ensured.

Key words: KDF55 media; drinking water; residual chlorine; heavy metal iron

随着城市污水和工业废水排放量的不断增大, 饮用水水源受到不同程度的污染。在水源污染物中, 重金属离子是我国微污染源水中的主要污染物

之一, 采用常规的混凝- 沉淀- 砂滤- 加氯消毒净水工艺处理往往难以达到出水水质要求^[1]。在常规处理工艺中, 加氯消毒产生的卤代物对人体有致癌

* 收稿日期: 2008- 12- 26

基金项目: 国家科技重大专项资助项目 (2008ZX07421- 002); 常州科教城科研基金资助重点项目 (K2007201)

作者简介: 王利平 (1960-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 教授, 硕士, 主要从事水资源、水环境安全控制与治理研究工作。
©1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作用^[2]。同时, 随着生活水平的日益提高, 人们对饮用水的安全性和健康性要求越来越高, 城市自来水的深度净化处理受到高度重视^[3, 4]。

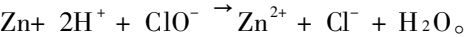
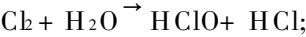
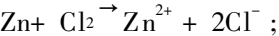
美国 KDF 液体处理公司生产的 KDF 过滤介质是一种高纯度的铜锌合金, 其中 KDF55 是 50% 铜和 50% 锌的合金, 可与水中的污染物质发生氧化还原反应, 研究表明该滤料对水中的余氯和重金属离子有良好的去除效果^[5]。

针对自来水中余氯和重金属的残留物污染问题, 笔者通过试验研究考察由 KDF55 作为滤料层的过滤器对自来水中余氯和铅、铬重金属离子的去除效果, 以提高饮用水的安全性。

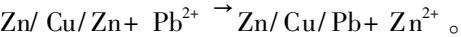
KDF55 过滤介质

KDF55 的作用机理

50% 铜和 50% 锌合金滤料 KDF55 颜色金黄, 呈颗粒状, 大小为 0. 145– 2. 00 mm, 表观密度为 2. 4– 2. 9 g/cm³。当与水接触时, 合金表面的铜、锌形成无数微小的原电池系统, 与污染物质进行电子交换。在去除余氯的过程中, 电位负的锌作为阳极发生氧化反应, 失去电子, 以锌离子形态进入水中; 铜阴极上发生游离氯的还原反应, 水和余氯成为电子的接受者, 生成氢离子、氢氧根离子和氯离子^[6]。反应方程式如下:



基于同样的原理, KDF55 可以去除水中的重金属离子, 如铅、汞、铜、镍、砷、镉、铝等。水中重金属离子被还原成不溶性的金属原子, 镀覆于 KDF55 合金表面^[7]。以铅为例, 其化学反应如下:



从 KDF55 去除水中污染物质的机理可以看出, 反应会引起锌离子含量微量上升^[8]。1994 年我国引进 KDF55 过滤介质用于生产家用净水器, 中国预防医学科学院、上海市卫生防疫站、安徽省蚌埠市卫生防疫站对过滤后的水质进行了长期应用和加标试验, 结果显示: 所测指标中锌符合《饮用天然矿泉水标准》, 其余指标符合《生活饮用水卫生标准》。

锌与人体健康关系密切, 是人体生长和发育的一种很重要的常量元素, 其含量与心脏病、肝脾肿和癌症等有关。锌还是大多数酶的一种必要组成部

分, 对正常发育和生长都很重要。美国、俄罗斯、WHO、法国、比利时等饮用水标准均规定锌含量为 5 mg/L。由于我国各地水中含锌量一般都很低, 故《生活饮用水卫生标准》中规定饮用水含锌量不超过 1 mg/L, 《饮用天然矿泉水标准》中规定含锌量为 5 mg/L。

另据报道, 目前我国 50% – 60% 6 岁以下儿童和老年人处于缺锌状态, 需要补锌。因此, 经 KDF55 过滤介质后水中含锌量适当提高符合我国《饮用天然矿泉水标准》和世界上大多数国家的饮用水标准, 对人体健康是有益的。

KDF55 的经济性分析及与 GAC 比较

美国 KDF 液体处理公司将 KDF55 过滤介质与 GAC 进行了对比试验, 过滤水的分析结果见表 1, 水处理价格的分析见表 2。

表 1 过滤水分析

Table 1 Analysis of filtered water		
试验条件	KDF55	GAC
流量/ (L • min ⁻¹)	38	38
容器直径/ mm	203	203
装料容积/ m ³	0. 009 4	0. 028 3
进水余氯/ (mg • L ⁻¹)	5. 0	5. 0
出水平均余氯/ (mg • L ⁻¹)	0. 24	0. 54
去除率/ %	95. 3	81. 3
过滤器寿命/ h	2 886	281

表 2 水处理价格分析

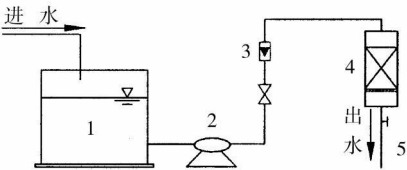
Table 2 Analysis of water treatment price		
试验条件	KDF55	GAC
处理水量/ L	6 507 550. 5	638 151. 0
最初成本/ 美元	216. 60	40. 00
更换介质的成本/ 美元	0. 00	360. 00
总成本/ 美元	216. 60	400. 00
处理每千克水的成本/ 美元	0. 33	0. 62
换床停止工作/ 次	无	9

试验证实: KDF55 介质比之 GAC 具有: 除氯效果好、通水量较高、工作寿命长、成本低等优点, 故具有较强的应用性。

2 试验部分

2. 1 试验装置及流程

据文献 [9], KDF 过滤器滤层的设计高度与直径之比为 1: 1。滤柱由有机玻璃制成, 其直径为 100 mm, 高度为 200 mm, 滤料装填高度为 100 mm。试验装置见图 1。



1- 水箱; 2- 水泵; 3- 流量计; 4- KDF 滤柱; 5- 取水口

图 1 试验装置

Fig 1 Schematic diagram of experimental set- up

2 2 原水水质和测定方法

试验用水为市政自来水供水, 其温度、pH 以及其他一些物理、化学指标相对稳定。原水水质及检测方法见表 3。

表 3 原水水质及检测方法

Table 3 Quality of the raw water and measure method

项目	检测值	GB5749- 2006	检测仪器或方法
pH	6.89	6.5- 8.5	pH 计
浊度/NTU	0.63	1	浊度仪
色度/倍	12	15	铂钴比色法
余氯/ (mg · L ⁻¹)	0.3	≥0.05	3, 3, 5, 5 四甲基联苯胺比色法
耗氧量 (以 O ₂ 计) / (mg · L ⁻¹)	2.1	3	COD _{Mn} 法
ρ (Pb ²⁺) / (mg · L ⁻¹)	0.0148	0.010	novAA- 300 型原子吸收光谱仪
ρ (Cd ²⁺) / (mg · L ⁻¹)	0.0076	0.005	novAA- 300 型原子吸收光谱仪

由表 3 可知, 试验原水中余氯质量浓度为 0.3 mg/L, 远大于我国《生活饮用水卫生标准》(GB5749—2006) 中规定的管网末梢水中余氯含量 ≥0.05 mg/L; Pb²⁺ 和 Cd²⁺ 的质量浓度分别为 0.0148 mg/L 和 0.0076 mg/L, 也超过了规定中的限值, 水质情况较差。

3 试验结果与分析

3 1 滤速对处理效果的影响

在 KDF 过滤器滤层高度与直径确定的情况下, 滤速是过滤效果的决定性因素。滤速直接影响滤料与待处理水体的接触时间长短, 接触时间愈长处理效果愈好。

为确定试验采用的滤速, 于 18, 27, 36, 45, 63, 81 m/h 滤速下, 考察其对余氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 去除效果的影响。其结果见图 2。

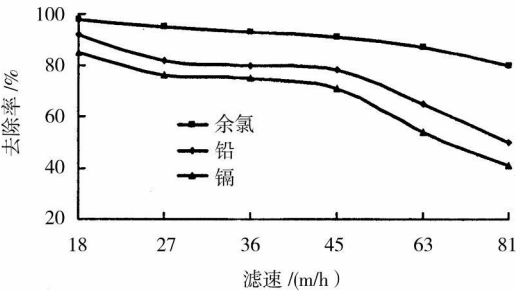


图 2 不同滤速下过滤器的去除效果

氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 的去除效果降低。当滤速由 18 m/h 增大到 45 m/h 时, 过滤器对余氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 的去除率降低趋势较缓; 当滤速超过 45 m/h 时, 去除率突然下降。由图中曲线的斜率可以看出, 滤速的增大对去除效果的影响很大, 低速过滤可以达到最佳的去除效果。但是, 考虑到实际应用中的处理流量, 试验中 KDF 过滤器采用的滤速为 45 m/h。

3. 2 KDF 对余氯、铅、镉的去除效果

在控制滤速为 45 m/h 条件下, KDF 过滤器连续运行 10 d, 每隔 24 h 取样, 测定 KDF 过滤器对余氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 的去除效果。连续运行期间, KDF 过滤器对原水中余氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 的去除效果见图 3。

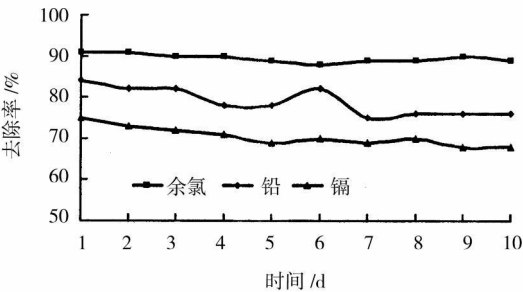


图 3 KDF 连续运行去除效果

Fig 3 Removal effect of chlorine and heavy metal in operation time

由图 3 可知, 试验采用的 KDF 过滤器在连续运行期间, 对试验原水中余氯、Pb²⁺、Cd²⁺ 的去除效果稳定, 始终有较好的去除效果。经统计, 其

平均去除率结果见表 4。

由表 4 可知，试验原水经 KDF 过滤器过滤后，余氯含量为 0.032 mg/L，去除率为 89.5%； Pb^{2+} 和 Cd^{2+} 的含量分别降为 0.003 3 mg/L、0.002 3 mg/L，远低于《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 中的限值，出水水质得到明显改善。说明 KDF 能够有效降低自来水中的余氯和微量重金属污染物，提高了饮用水的安全性。

表 4 45 m/h 滤速下过滤器的去除效果

Table 4 Removal effect of filter at 45 m/h filtering velocity

项目	ρ (mg · L ⁻¹)		去除率/%
	原水	出水	
余氯	0.300	0.032	89.5
Pb^{2+}	0.014 8	0.003 3	77.9
Cd^{2+}	0.007 6	0.002 3	70.1

4 结 论

①KDF 过滤器填充直径和高度固定，即均为 100 mm 时，滤速是影响过滤器去除效果的一个重要因素，滤速越低，去除效果越好。当试验原水余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 质量浓度分别为 0.3，0.014 8，0.007 6 mg/L 时，控制滤速为 45 m/h，连续运行期间过滤器对余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 的去除率分别为 89.5%、77.9% 和 70.1%。处理后出水的余氯含量很低，重金属离子质量浓度远低于《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 中的限值，原水水质

得到明显改善，提高了饮用水的安全性。②控制滤速为 45 m/h 时，连续运行期间 KDF 过滤器对试验原水的余氯、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 有稳定的去除效果，保证了长时间净化处理的出水水质。

参考文献:

[1] 王欣泽, 李冰, 王宝贞, 等. 饮用水深度净化工程处理效果 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 6 (3): 398- 405.

[2] 刘淑彦, 王秀衡. 饮用水深度净化技术的现状与发展方向 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35 (6): 711- 714.

[3] 刘文君. 给水处理消毒技术发展展望 [J]. 给水排水, 2004, 30 (1): 2- 5.

[4] 朱晓辉, 郗燕秋, 刘文君, 等. 新《生活饮用水卫生标准》揭示了饮用水安全消毒的必要性 [J]. 给水排水, 2008, 34 (11): 24- 26.

[5] James T Teakle. Pretreatment of reverse osmosis systems with KDF55 process medium [R]. Michigan: KDF Fluid Treatment, Inc., 1997: 1- 5.

[6] 张寿恺, 邱梅. 应用 KDF55 过滤介质从水中除氯 [J]. 给水排水, 2001, 27 (8): 37- 38.

[7] 熊仁军, 刘卫平, 习兴梅, 等. 铜锌合金滤料在水处理中的应用及改进展望 [J]. 工业安全与环保, 2004, 30 (10): 5- 8.

[8] 张寿恺, 邱梅. 水处理用的 KDF 和 MRPS 合金滤料 [J]. 净水技术, 2000, 19 (4): 31- 33.

[9] 张寿恺, 邱梅. KDF 过滤器设计 [J]. 给水排水, 1998, 24 (4): 56- 58.