

KDF 滤料去除自来水中铅、铬和镉的试验研究

王利平¹, 丁福圣¹, 高乃云², 薛春阳¹, 郭迎庆^{1, 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化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 选用合金滤料(KDF55)对自来水进行深度处理,以研究对水中铅、铬和镉的去除效果。试验结果表明, KDF55 对水中重金属离子有较好的去除效果,在保证一定接触时间的条件下,对自来水中铅、铬和镉的去除率分别为 77.9%、86.5% 和 70.1%。研究表明:KDF55 对自来水中铅、铬和镉有稳定的去除效果。

关键词: KDF 滤料; 自来水; 过滤; 重金属

中图分类号: X799.3 文献标识码: B 文章编号: 1004-6933(2009)06-0073-03

Research on removal of lead, chromium and cadmium in drinking water by KDF medium

WANG Li-ping¹, DING Fu-sheng¹, GAO Nai-yun², XUE Chun-yang¹, GUO Ying-qing^{1, 2}

(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: Experiments were carried out to study the removal rate of lead, chromium and cadmium by KDF55 medium in drinking water advanced treatment. The results show that KDF55 has a good removal effect on heavy metals. In a certain detention time, the average removal rates of lead, chromium and cadmium were 77.9%, 86.5%, and 70.1%, respectively. The removal effect of KDF55 on lead, chromium and cadmium in drinking water was stable.

Key words: KDF medium; drinking water; filtration; heavy metal

随着城市和工业的快速发展,城市污水和工业废水的排放量不断增大,而且废水成分也越来越复杂,饮用水水源受到的污染越来越严重。在水源污染物中,重金属是主要污染物之一^[1]。水中重金属的存在对居民的身体健康构成潜在威胁,重金属进入人体后会在人体器官内累积,危害人体健康^[2-3]。采用常规的混凝、沉淀、过滤和加氯消毒净水工艺处理重金属污染的水源水,出水质量往往难以达到 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》的水质要求。针对自来水中重金属的污染问题,笔者选用合金滤料 KDF 对城市自来水进行深度净化研究,考察其去除自来水中重金属离子铅、铬和镉的效果,以提高饮用水的安全性。

1 试验部分

1.1 试验装置及流程

KDF 滤柱的设计依据资料^[4],确定滤层高度与直径之比为 1:1。滤柱由有机玻璃制成,其直径为 100mm,高度为 200mm,滤料装填高度为 100mm。滤料采用 KDF55 合金滤料,KDF55 是 50% 铜和 50% 锌的合金,颜色金黄,呈颗粒状,大小为 0.145~2.00mm,表观密度为 2.4~2.9g/cm³。该合金滤料对去除自来水中余氯及可溶性重金属效果较好^[5]。KDF55 滤料购自上海耕牛水处理设备有限公司。试验装置见图 1。

1.2 原水水质和测定方法

试验用原水为某市自来水,经多组试验测定其

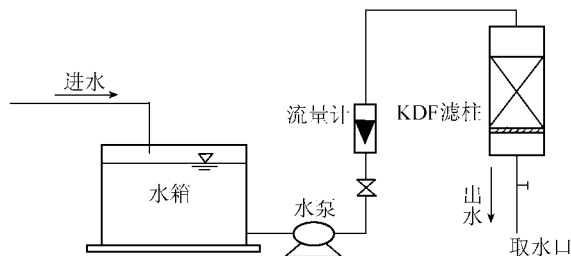


图1 试验装置示意图

余氯、pH 值以及其他一些水质指标相对稳定。其水质指标见表 1。

表 1 试验所用自来水水质

指标	检测均值	限值(GB 5749—2006)
$\rho(\text{余氯}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.23	≥ 0.05
pH	6.96	6.5~8.5
$\rho(\text{铅}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.0148	0.0100
$\rho(\text{铬}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.0133	0.0500
$\rho(\text{镉}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.0076	0.0050

水中重金属离子测定方法采用 GB 7475—87《火焰原子吸收分光光度法》。检测仪器为德国耶拿分析仪器股份公司制造的 novAA-300 型原子吸收光谱仪。

2 试验结果与分析

2.1 滤速对处理效果的影响

自来水流经 KDF 滤柱的滤速决定滤料与待处理水体的接触时间,接触时间愈长处理效果愈好。因此,滤速对水中铅、铬和镉的去除有影响。试验滤速为 18 m/h, 27 m/h, 36 m/h, 45 m/h, 63 m/h, 81 m/h 时,考察滤速对水中铅、铬和镉去除效果的影响。其结果见图 2。

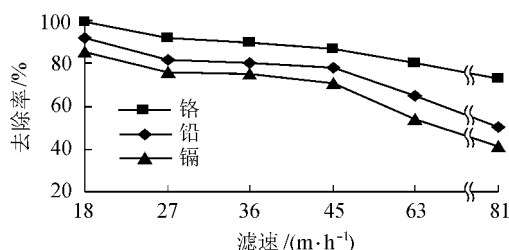


图2 滤速对重金属去除效果的影响

由图 2 看出,滤速低于 45 m/h 时,KDF 滤柱对 3 种重金属离子有较好的去除效果,滤速超过 45 m/h 时去除率明显下降。为保证较好的去除效果并结合实际应用中的处理流量,确定 KDF 滤柱的适宜滤速为 45 m/h。

2.2 KDF 对重金属的去除效果

在控制滤速为 45 m/h 条件下,进行连续通水试验,在不同运行时间,分别测定 KDF 滤柱对重金属离子铅、铬和镉的去除效果,其结果见表 2 所示。

表 2 KDF 滤柱去除重金属的效果

项目	原水质量浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	出水质量浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 / %	限值 (GB 5749—2006) / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
铅	0.0148	0.0033	77.9	0.0100
铬	0.0133	0.0018	86.5	0.0500
镉	0.0076	0.0023	70.1	0.0050

由表 2 可见,自来水中铅和镉的质量浓度已低于 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》中所规定的限值。经 KDF 滤柱净化后,出水中铅和镉的质量浓度达到《生活饮用水卫生标准》的限值要求。说明 KDF 对自来水中微量重金属污染物有很好的去除效果,达到了深度净化自来水、提高饮用水安全性的效果。

KDF 滤柱长时间连续通水运行,其去除重金属离子的效果及稳定性见图 3 所示。

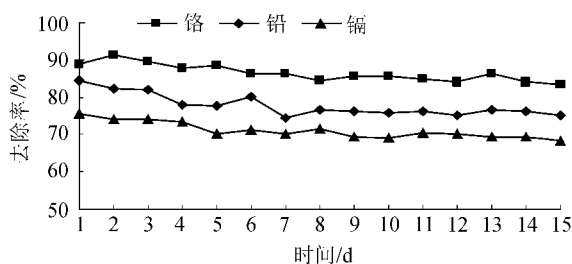


图3 KDF 连续运行去除重金属效果

由图 3 可见,试验装置连续运行 15 d,连续对处理出水进行监测,KDF 滤柱对水中重金属离子铅、铬和镉的去除效果稳定,始终达到较好的处理效果。

3 KDF 作用机理

KDF 净水原理是多方面的,其主要通过电化学反应去除水中的金属离子。在电解质溶液(自来水)中,合金滤料 KDF 表面的铜、锌形成无数极微小的电极而构成微电池,在原电池反应中,水中金属离子发生氧化还原反应而得以去除。几种金属离子电位大小如下^[6]:

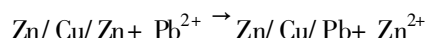
$$E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

$$E^0(\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}) = -0.13 \text{ V} > E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

$$E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / 2\text{Cr}^{3+}) = +1.33 \text{ V} > E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

$$E^0(\text{Cd}^{2+} / \text{Cd}) = -0.40 \text{ V} > E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

在电化学反应中,Zn 被氧化成 Zn^{2+} 进入水中,自来水中 Pb^{2+} 、 Cr^{6+} 和 Cd^{2+} 则被还原沉积在阴极上得以去除。以 Pb^{2+} 为例,其化学反应如下:



由此可见, 原水作为电解质, 流经合金滤料 KDF 时水的电势会发生急剧变化, 在还原环境下, 就会将水中的重金属离子还原为不溶性金属而去除掉, 而且电极电势差越大, 相应离子的去除率也越高。

4 结 论

a. 合金滤料 KDF 对自来水中微量重金属离子铅、铬和镉的去除率分别达 77.9%、86.5% 和 70.1%, 其出水浓度远低于 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》中的限值, 可使处理后出水水质得到极大改善, 提高了饮用水的安全性。

b. 在控制滤速为 45m/ h 条件下, KDF 滤柱连续运行对自来水中铅、铬和镉有稳定的去除效果, 保证了出水的安全性。

c. KDF 对水中重金属离子铅、铬和镉的去除率排序为: 铬大于铅大于镉, 去除率与各离子电极电势

差成正比。电极电势差越大, 相应离子的去除率也越高。

参考文献:

[1] 崔玉川, 傅涛. 我国城市给水发展现状与特点[J]. 中国给水排水, 1999, 15(2): 52-54.
[2] 马军, 余敏, 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.
[3] ZAHIR F, RIZWI S J, HAQ S K, et al. Low dose mercury toxicity and human health[J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2005(20): 351-360.
[4] 张寿恺, 邱梅. KDF 过滤器设计[J]. 给水排水, 1998, 24(4): 56-58.
[5] 尤朝阳, 童艳, 王圣. KDF 滤料处理含重金属及苯酚污染水的研究[J]. 给水排水, 2005, 31(5): 58-61.
[6] 傅献彩. 物理化学[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 485-486.

(收稿日期: 2008-10-10 编辑: 高渭文)

(上接第 35 页)

参考文献:

[1] 张洪刚, 郭生练, 李超群, 等. 水文预报不确定性研究进展与展望[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2006, 24(1): 15-20.
[2] 周浩亮. 模糊数学基本理论及其应用[J]. 建井技术, 1994(4): 70-73.
[3] 陈守煜. 复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1998: 21-25.
[4] 徐静. 水文参量空间尺度转换方法及不确定性研究[D]. 南京: 河海大学, 2008.
[5] MARTZ W, GARBRECHT J. Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models

[J]. Computers and Geosciences, 1992, 18(6): 747-761.

[6] 任立良. 流域数字水文模型研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2000, 28(4): 1-7.
[7] SHREEDHAR M, VINCENT G, ROLAND K P. Treatment of precipitation uncertainty in rainfall-runoff modeling: a fuzzy set approach [J]. Advances in Water Resources, 2004, 27: 889-898.
[8] DUAN Q Y, GUPTA V K, SOROOSHIAN S. Shuffled complex evolution approach for effective and efficient global minimization [J]. Journal of Optimization Theory and Application, 1993(3): 501-521.
[9] DUAN Q Y, SOROOSHIAN S, GUPTA V K. Optimal use of the SCF-UA global optimization method for calibration watershed models[J]. Journal of Hydrology, 1994(3): 265-284.

(收稿日期: 2009-07-05 编辑: 陈吉平)

(上接第 57 页)

d. 对周边宾馆和酒店进行严格管理, 严禁污水和废物直接排入湖泊; 加强对游客环保意识的教育。

总之镜泊湖水质下降, 富营养严重, 应引起有关部门高度重视。不能仅考虑眼前的经济利益, 以牺牲环境为代价, 应从长远的利益考虑, 有计划、有序地开发, 合理利用湖泊环境资源。只有这样, 才能保持水资源的可持续利用。

参考文献:

[1] 刁淑荣. 白洋淀营养状况调查与研究[J]. 水资源保护, 1996(4): 50-53.

[2] 韩小勇. 巢湖水质调查与研究[J]. 水资源保护, 1998(1): 24-28.
[3] 吕兰军. 鄱阳湖富营养化评价[J]. 水资源保护, 1994(3): 47-53.
[4] 李文奇, 蔡金傍, 逢勇, 等. 洋河水库富营养化评价及防治对策[J]. 水资源保护, 2007, 23(2): 16-19.
[5] 王建中, 刘凌. 坡面氮、磷流失特征分析及预测[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2007, 35(4): 359-363.
[6] 庞清江, 李白英. 东平湖水体富营养化评价[J]. 水资源保护, 2003(5): 42-44.
[7] 周祖光. 海南省水资源现状与开发利用[J]. 水利经济, 2004, 22(4): 35-38.

(收稿日期: 2008-10-31 编辑: 徐娟)