

纳滤膜净化地下水时预处理工艺的选择研究

李盛凯,薛 罡,汪永辉,乔玉玲

(东华大学环境科学与工程学院,上海 200051)

摘要 针对不同地下水水质,分别以活性炭、石英砂、锰砂进行预处理,采用纳滤膜工艺制取优质饮用水。旨在为不同地区、不同水质的地下水净化探索一种更为有效的预处理方法。研究表明,活性炭更适合用作有机污染物含量较高的浅层地下水的预处理,而石英砂、锰砂更适合用作铁、锰含量较高的深层地下水的预处理。也可以将几种预处理工艺联用,以获得更好的效果。

关键词 纳滤膜;地下水;饮用水;水处理

中图分类号 X703.1 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2005)03-0033-02

Pretreatment technology selection for groundwater purified by nanofiltration membrane

LI Sheng-kai, XUE Gang, WANG Yong-hui, QIAO Yu-ling
(College of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract To find effective pretreatment technologies for groundwater purification in different regions and with different water qualities, groundwater of different water qualities is pretreated by active carbon, quartz sand and manganese sand respectively before nanofiltration membrane technology is used to obtain drinking water of high quality. It is concluded that active carbon is the best suitable for the pretreatment of shallow groundwater with high organic pollutants, while quartz sand and manganese sand are effective in treating deep groundwater with high contents of iron and manganese. Better results can be acquired through the combination of these pretreatment methods.

Key words nanofiltration membrane; groundwater; drinking water; water treatment

地下水是我国许多城镇地区的重要水源。1949年初,由于工农业污染相对较轻,因此我国地下水净化技术的焦点主要集中在除铁、除锰^[1]。但是近年来,由于化肥、农药的广泛使用,以及人畜粪便、城市污水和工业废水的大量排放,污染地表水回灌等原因,地下水的污染日益严重。更不容乐观的是,地下水中污染物质不仅局限于简单的铁、锰等金属,而是呈现多元化、复杂化的趋势,许多地区的地下水源中有机物、硝酸盐等微污染物质含量大幅度升高^[2~4]。事实证明,传统的以去除铁、锰为主要目标的工艺对当前具有新污染特征的地下水的净化已呈现出一定的不适应性^[1],因此有必要探索一种能同时、高效地

去除地下水中多种污染物的新工艺。
一种新型的膜技术——纳滤膜的广泛应用,为受污染地下水的净化提供了新的思路。据文献[5~7]报道,国外地下水净化中已开始使用纳滤膜,对原水进行有效预处理也成为该技术的关键。本文以不同水质特征的地下水为研究对象,考察了活性炭、石英砂、锰砂不同预处理对纳滤膜的影响,旨在为纳滤膜净化地下水探索一种更为有效、合理的预处理工艺。

1 试验设计

1.1 工艺流程

纳滤膜试验工艺流程见图 1。

基金项目 霍英东基金优选资助课题(94004);上海市自然科学基金(04ZR14010)
作者简介 李盛凯(1978—),男,山东博兴人,硕士研究生,研究方向为给水处理. E-mail: shengkai2001@sina.com

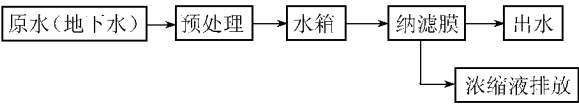


图 1 试验工艺流程

1.2 预处理选择

针对不同地区、不同水质的地下水,选择不同的预处理工艺。对浅层地下水,主要是有机物含量相对较高,可选用活性炭进行预处理,即活性炭-纳滤膜工艺;对深井水,主要是铁、锰含量过高,可选用石英砂或锰砂进行预处理,即石英砂-纳滤膜或锰砂-纳滤膜工艺。

1.3 试验材料

预处理单元:滤柱高度 1.5 m,有效滤层厚度 0.8 m,滤料下层铺设 0.15 m 大颗粒石英砂承托层。椰壳粒状活性炭粒径 0.68 ~ 2.0 mm,石英砂粒径 0.65 ~ 1.5 mm,锰砂含锰量(以 MnO_2 计)30% ~ 40%。

纳滤膜单元:卷式纳滤膜材料为芳香聚酰胺,孔径 5 nm,有效膜面积 0.4 m^2 。

2 结果与讨论

2.1 活性炭-纳滤膜工艺

活性炭预处理净化浅层地下水的处理效果见表 1。

结果表明,活性炭预处理对浊度、色度有很高的去除率,分别为 81.9% 和 75%,对有机物如 COD_{Mn} 、 UV_{254} 也有较高的去除率,都达到 50% 以上。浅层地

下水中浊度、色度都较深井水高,而且有机物也偏高。活性炭预处理对浊度、色度及有机物的较高去除率在很大程度上减轻了后续纳滤膜的负担。虽然对铁、锰的去除不是太理想,但浅层地下水铁、锰含量也较低,对纳滤膜的影响不是太大。

2.2 石英砂-纳滤膜、锰砂-纳滤膜工艺

分别讨论石英砂-纳滤膜和锰砂-纳滤膜对深井水的净化效果,两者原水水质相同。以石英砂为预处理的深井水处理效果见表 2。以锰砂为预处理的深井水处理效果见表 3。

可见,石英砂、锰砂对浊度、色度和有机物的去除均不及活性炭明显,因为两者对这些物质的去除主要是通过截留作用,而活性炭通过自身所有的吸附能力达到对这些物质的去除。但石英砂对铁、锰砂对锰的去除则比活性炭有着更为明显的优势。深井水中的污染物质主要是铁、锰,通过石英砂或者锰砂的有效过滤,能充分减轻原水对纳滤膜的污染。

根据以上分析,如果原水中铁含量较高,可使用石英砂-纳滤膜工艺;如果原水中锰含量较高,可使用锰砂-纳滤膜工艺;在两者含量都较高的情况下也可以将石英砂和锰砂串联使用。

2.3 纳滤膜的净化效果

虽然不同的预处理效果存在差异,但纳滤膜对浊度、色度、有机物以及铁、锰都保持了较高的去除率,出水能够达到优质饮用水的标准。纳滤膜出水水质见表 1、表 2 和表 3。

表 1 活性炭-纳滤膜工艺净化浅层地下水

项目	pH 值	浊度/NTU	色度/度	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{UV}_{254}/\text{cm}^{-1}$	$\rho(\text{Fe})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Mn})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
原水	6.90	7.20	24.00	3.20	0.18	0.60	0.15
活性炭单元	6.90	1.30(81.9)	6.00(75.0)	1.06(66.9)	0.09(51.7)	0.55(8.3)	0.14(6.7)
纳滤膜单元	7.00	未检出(100.0)	未检出(100.0)	0.52(50.9)	0.03(65.5)	0.16(70.9)	0.03(78.6)

注:括号内数据为去除率(%)。

表 2 石英砂-纳滤膜工艺净化深井水

项目	pH 值	浊度/NTU	色度/度	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{UV}_{254}/\text{cm}^{-1}$	$\rho(\text{Fe})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Mn})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
原水	7.1	4.9	20.0	1.8	0.127	2.6	1.2
石英砂单元	7.1	2.8(42.9)	12.0(40.0)	1.6(11.1)	0.113(11.7)	1.12(56.9)	0.64(46.7)
纳滤膜单元	7.0	未检出(100)	未检出(100)	0.68(57.5)	0.042(62.3)	0.24(78.6)	0.07(89.1)

注:括号内数据为去除率(%)。

表 3 锰砂-纳滤膜工艺净化深井水

项目	pH 值	浊度/NTU	色度/度	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{UV}_{254}/\text{cm}^{-1}$	$\rho(\text{Fe})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Mn})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
原水	7.1	4.9	20.0	1.8	0.127	2.6	1.2
锰砂单元	7.0	3.2(32.7)	15.0(25.0)	1.7(5.6)	0.109(14.2)	1.44(44.6)	0.48(60.0)
纳滤膜单元	7.0	未检出(100)	未检出(100)	0.75(55.9)	0.38(65.1)	0.30(79.2)	0.05(89.6)

注:括号内数据为去除率(%)。

(下转第 78 页)

结合环境侵权的特殊性,笔者认为,在考虑环境侵权的精神损害赔偿时,应着重注意以下方面:①侵害强度。精神损害往往因人而异,主观性较强,难以具体度量,而侵害强度则是有形的、可测量的,在很大程度上能反映精神损害程度,直接影响侵权人是否承担赔偿责任和赔偿的数额。侵害强度可以参照环境标准来确定。②侵害时间。通常持续性的或间歇短的环境侵害应承担赔偿责任,一时性的、间歇长的可以不承担。侵害时间还要区分是在夜间还是白天,例如相同强度噪音对居民造成的侵害夜晚要大于白天。③侵害地点。侵害行为是在生活区还是工业区也影响损害赔偿标准。生活区对环境的要求相对较高,工业区环境污染控制标准相对较松,因而在生活区对环境权的侵害要承担比在工业区更重的责任。

总之,正确确定环境侵权的民事赔偿范围,才能使受害人合法权益得到有效保护;而且不断完善我国的环境侵权民事责任制度,才能更好地解决环境侵权纠纷、保护受害人利益和有效防止环境侵权行为。有学者建议应当建立环境损害赔偿的社会化制

(上接第 34 页)

3 不同预处理对纳滤膜通量的影响

研究中考察了纳滤膜通量的变化。不同预处理工艺的膜通量变化见图 2。

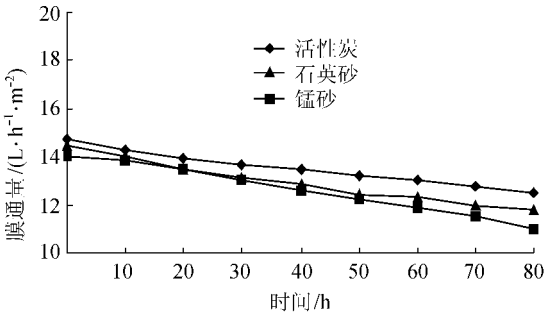


图 2 不同预处理下膜通量的变化

活性炭-纳滤膜工艺中膜通量在 80 h 内下降了 15%,石英砂-纳滤膜、锰砂-纳滤膜工艺的膜通量分别下降了 18.6%和 21.4%,可见石英砂、锰砂预处理工艺导致膜通量的下降更快。分析认为,膜通量的降低除与膜本身性能下降有关外,更主要的还是石英砂、锰砂对大分子物质的过滤吸附性能没有活性炭强,导致原水中很多大分子最终进入膜中,纳滤膜对这些物质的截留使得膜通量下降更快,运行周期更短。这也是纳滤膜在工程应用中需要解决的问题之一。

4 结论与建议

a. 在采用纳滤膜净化受污染地下水时,活性炭

度,如环境损害赔偿基金和环境责任保险制度,分散赔偿费用和赔偿责任,笔者认为比较可行的。在环境污染与破坏不断加剧的今天,一方面需综合运用已有的制度措施,遏制环境侵权行为,保护受害人合法权益;另一方面,还要在总结经验的基础上,借鉴国外先进制度和立法经验,不断完善我国的环境侵权民事责任制度。

参考文献:

[1] 金瑞林.环境法学[M].北京:北京大学出版社,1990.43.
[2] 王利明,杨立新.侵权行为法[M].北京:法律出版社,1996.284,285.
[3] 王利明.民法·侵权行为法[M].北京:中国人民大学出版社,1993.455,456.
[4] 王明远.环境侵权行为研究[J].科技与法律,1994(4):39.
[5] 曹明德.环境侵权法[M].北京:法律出版社,2000.168.
[6] 张新宝.中国侵权行为法[M].北京:中国社会科学出版社,1995.37,345.
[7] 原田尚彦.环境法[M].于敏译.北京:法律出版社,1999.53.

(收稿日期:2003-12-29 编辑:舒建)

预处理更适用处理有机物含量较高的浅层地下水,而石英砂、锰砂更适用于处理铁、锰含量较高的深井水。

b. 研究结果为以地下水为饮用水水源的小城镇地区提供了工程借鉴,并为不同地区、不同水质的地下水净化提出了可供选择的预处理方案。

c. 增加膜的运行周期、防止膜通量下降过快以及减少膜污染是工程中必须考虑的问题,这方面期待着更加深入的研究。

参考文献:

[1] 薛罡.地下水生物法除铁锰及优质饮用水净化理论及应用[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001.
[2] 胡国臣,张清敏,王忠,等.地下水硝酸盐氮污染防治研究[J].农业环境保护,1999,18(5):228~230.
[3] 田中.地下水在呻吟[J].沿海环境,2002(5):22~23.
[4] 莫汉宏,安凤春,杨克武,等.除草剂对地下水的污染及预测[J].中国药理学与毒理学杂志,1997,11(2):135.
[5] Oh J I. Application of low-pressure nanofiltration coupled with a bicycle pump for the treatment of arsenic-contaminated groundwater[J]. Desalination,2000,132(1~3):307~314.
[6] van der Bruggen. Nanofiltration as a treatment method for the removal of pesticides from ground waters[J]. Water Supply, 1999,17(1):55~63.
[7] Kiso Yoshiaki. Rejection properties of non-phenylic pesticides with nanofiltration membranes [J]. Journal of Membrane Science,2000,171(2):229~237.

(收稿日期:2004-08-12 编辑:舒建)