

水源水中溶解性有机物相对分子质量分布及工艺选择

李 辉¹ 冯兆敏¹ 胡克武¹ 刘文君² 王志伟² 林 毅²

(1 珠海市供水总公司,珠海 519020; 2 清华大学环境科学与工程系,北京 100084)

摘要 以珠海地区部分水源水为研究对象,采用超滤分离方法将其中的有机物分成相对分子质量不同的几种形态,考察了各相对分子质量组分在 TOC、UV₂₅₄ 方面的差异。结果表明:溶解性有机物在不同相对分子质量区间的分布反映了各水源的水质特征; 珠海的水源中河流地表水的溶解性有机物以相对分子质量小于 500 的小分子有机物和大于 10 000 的大分子有机物为主,而水库地表水中的溶解性有机物则以相对分子质量 3 000 ~ 10 000 的中分子有机物为主; 珠海水源水中有机物含量较低,采用混凝沉淀的传统水处理工艺即能达到良好的出水效果,不必增加其他工艺。在水源水质恶化的突发情况下,可采用预氧化、投加粉末活性炭等方法来加以控制。

关键词 水源水 超滤 有机物 相对分子质量分布 珠海市

0 引言

天然水源中有机物种类繁多,性质各异,且随着工业污染和水土流失的加剧,水源水中有机物含量逐渐增加,成分也越来越复杂^[1],传统处理工艺不能有效去除溶解性有机物,进入管网后可能有潜在的毒理学问题,因而如何有效地去除水中的有机物是当前给水处理的难点。各种水处理工艺对于有机物的去除效率相差很大^[2],这与水源水中有机物在不同相对分子质量区间的分布有很大的关联。因此了解水源水中有机物在不同相对分子质量区间的分布特性有助于给水处理工艺的选择,提高水处理的效果,并对处理效果做出预测。

目前测定给水中有机物总量的主要指标是总有机碳(TOC)等,此外,UV₂₅₄ 作为水中芳香环有机物的指标也有重要的参考意义。

测定有机物相对分子质量分布主要有两种方法,凝胶色谱法(Gel Permeation Chromatography,简称 GPC)和超滤膜法(Ultrafiltration,简称 UF)。其中,UF 法用一系列已知截留相对分子质量的超滤膜对水样进行分离,可以得到有机物的相对分子质量分布,此方法简单方便,无需昂贵的分析设备,而且可得到大量的分离水样,适合后续的水样分析,所以本研究采用 UF 法测定水源水中的有机物相对分子质量分

布。通过观察有机物表观相对分子质量在水源水中的分布,可以了解它与水处理工艺的相关关系。

1 试验方法

1.1 试验材料及预处理

(1) 微孔膜。0.45 μm 微孔膜采用天津津腾公司生产的直径 47 mm 滤膜。其预处理方法为:纯水煮 3 次(光滑面朝下,每次 30 min),放在冰箱中保存待用。

(2) 超滤膜。采用美国 Millipore 公司产品,其截留相对分子质量分别为 500、1 000、3 000、5 000、10 000。超滤膜的预处理方法为:纯水浸泡漂洗 3 次(光滑面向下,每次 60 min),放于冰箱备用。

(3) 超滤器。美国 Millipore 公司生产的 50 mL、150 mL(2 个)的搅拌式超滤装置,内有磁力搅拌装置。

1.2 膜过滤试验

将 0.45 μm 的微孔膜夹到抽滤器上,先过滤 300 mL 超纯水以清洗滤膜,过滤 250 mL 后将纯水液(包括滤过液和过滤器内剩余纯水)弃去,然后加入待测水样,弃去初滤液 150 mL,将滤过液收集,用于超滤膜过滤和 TOC、UV₂₅₄ 的测定。然后进行每级相对分子质量过滤,先过滤 100 mL 超纯水再过滤水样,水样初滤液 50 mL 弃去。超滤器中水样不能滤干,以防影响超滤性能。最后所得水样进行 TOC、UV₂₅₄ 和色度的测定。

膜过滤采用平行法,如图 1 所示。

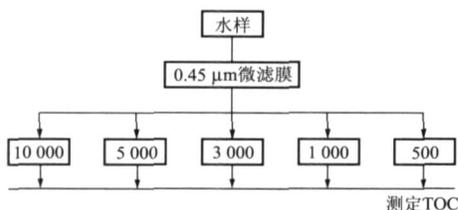


图 1 有机物相对分子质量测定流程

1.3 TOC、UV₂₅₄ 的测定

TOC 采用岛津 Vcph 型 TOC 仪进行测定。UV₂₅₄ 采用瓦里安紫外分光光度计测定。

2 水源水及其特性

珠海市位于珠江出海口西岸,面临南海,水源取自于西江磨刀门水道。将平岗取水口、广昌取水口以及挂定角取水口的原水引至各相应水库,再通过输水管道直供各水厂。本试验一共选取了三种水源水,分别为平岗取水口原水、广昌取水口原水和凤凰山水库原水,取样时间为 2006 年 9 月。三种水源水的特性如表 1 所示。

表 1 三种水源水特性参数

取样点	TOC / mg/L	pH	色度 / 度	浊度 / NTU	氨氮 / mg/L	UV ₂₅₄ / cm ⁻¹	COD _{Mn} / mg/L	铁 / mg/L	锰 / mg/L
平岗泵站	1.85	7.6	13	4.8	0.32	0.043	2.83	0.125	0.103
广昌泵站	1.91	7.4	16	21.5	0.38	0.060	2.52	0.341	0.085
凤凰山水库	2.34	7.0	13	2.16	0.54	0.045	2.67	0.082	0.044

3 试验结果与分析

三种水源水各级 TOC、UV₂₅₄ 数据见图 2、图 3。

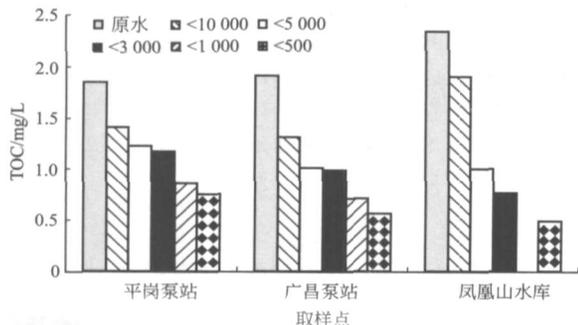


图 2 珠海水源水中各相对分子质量区间有机物 TOC

数据显示,地处下游的广昌泵站与上游平岗泵站的水源水相比,水中的有机物含量以及氨氮值略

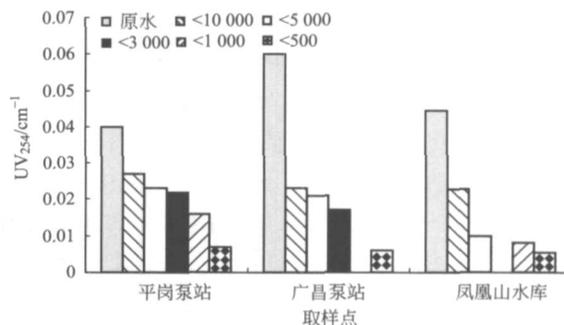


图 3 珠海水源水中各相对分子质量区间有机物 UV₂₅₄

高,表现出接纳沿途生活污水的特征。凤凰山水库 UV₂₅₄/TOC 偏低,表明了水中的有机物多数来自周边森林的土壤腐殖质。

3.1 珠海水源水中 TOC 随相对分子质量的分布特性

珠海水源水中的有机物 TOC 分布如图 2 所示。其中水源水(平岗泵站、广昌泵站、凤凰山水库)中小相对分子质量有机物,在小于 500 相对分子质量区间的百分比分别为 41%、30%和 21%。相对分子质量小于 500 的小分子有机物亲水性强,主要由亲水酸、蛋白质、氨基酸、低分子糖类组成,其所占比例也与藻类生长相关。相对分子质量居中的有机物(3 000~10 000)在凤凰山水库中的含量达到总量的 48%。而平岗、广昌水源水中的比例为 29%和 26%。平岗、广昌、凤凰山水库的水源水中,相对分子质量大于 10 000 的 TOC 含量分别占到总量的 24%、31%和 19%。

不同处理工艺对各相对分子质量有机物去除特点见表 2。传统工艺所能去除的大部分是相对分子质量大于 10 000 的有机物,对于大于 3 000 的有机物,混凝沉淀也能有效去除。所以对于珠海水源水,传统的给水处理工艺可以比较有效地去除水中有机物的主体部分。

表 2 处理工艺对不同相对分子质量的 TOC 去除能力^[2]

相对分子质量区间	混凝沉淀	生物处理	活性炭吸附
> 10 000	有效去除	增加	部分去除
10 000 ~ 3 000	有效去除	部分去除	增加
3 000 ~ 1 000	部分去除	部分去除	有效去除
1 000 ~ 500	增加	部分去除	有效去除
< 500	基本无效	有效去除	部分去除

3.2 珠海水源水中 UV₂₅₄ 随相对分子质量的分布特性

珠海水源水的有机物 UV₂₅₄ 分布如图 3 所示,

水源水中(平岗泵站、广昌泵站、凤凰山水库)的有机物 UV_{254} 在小于 500 相对分子质量区间的比例分别为 18%、10% 和 12%。相对分子质量居中的有机物(3 000 ~ 10 000 相对分子质量区间),平岗水源水中的含量比例达到总量的 28%,而在凤凰山水库中的比例为 33%。平岗、广昌、凤凰山水库的水源水中,大于 10 000 相对分子质量的 UV_{254} 占到总量的比例分别为 33%、62% 和 49%。

有关资料显示,相对分子质量大于 3 000 的有机物是水中紫外线吸收的主体,而相对分子质量小于 500 的有机物紫外吸收很弱^[2],因而所测定珠海水源水结果中 UV_{254} 随相对分子质量的分布特性与 TOC 基本相符。

3.3 珠海现有工艺对有机物的去除

珠海现有水处理采用传统工艺(混凝—沉淀—过滤)。由于原水水质良好,TOC 基本在 2 mg/L 左右, $COD_{Mn} < 4$ mg/L。结合三种水源对应水厂出厂水 TOC(见图 4)、 COD_{Mn} (见图 5),可以得出平岗、广昌、凤凰山水库相应水厂 TOC 的去除率分别为 35%、42%、36%, COD_{Mn} 的去除率分别为 25%、54%、48%,这是由于传统工艺对中大相对分子质量的有机物有良好的去除效果。如要进一步提高珠海水源水中有机物的去除率,应考虑能有效去除小分子有机物的工艺。

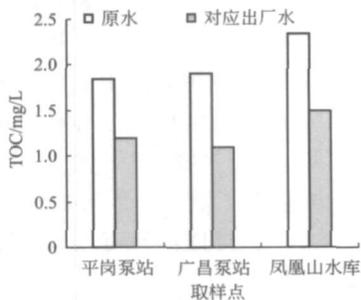


图 4 珠海水源水有机物去除情况

目前珠海水源水中有机物含量较低,虽然现有的传统工艺对其总去除率不高,但出厂水完全符合国家标准,不必增加其他工艺来控制水中的有机物。在水源水质恶化的突发情况下,可采用预氧化、投加粉末活性炭等方法来加以控制。

4 结论

(1) 溶解性有机物在不同相对分子质量区间的

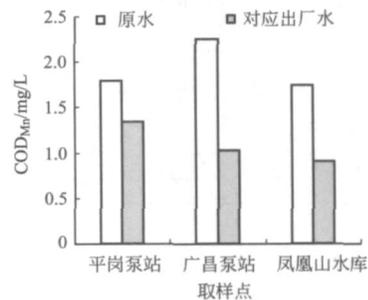


图 5 珠海水源水 COD_{Mn} 去除情况

分布反映了各水源的水质特征。

(2) 在珠海的水源水中,河流地表水的溶解性有机物以相对分子质量小于 500 的小分子有机物和相对分子质量大于 10 000 的大分子有机物为主;而水库地表水中的溶解性有机物则以中分子有机物(相对分子质量 3 000 ~ 10 000)为主。

(3) 珠海水源水中有机物含量较低,采用混凝沉淀的传统水处理工艺即能达到良好的出水效果,不必增加其他工艺来控制水中的有机物。在水源水质恶化的突发情况下,可采用预氧化、投加粉末活性炭等方法来加以控制。

参考文献

- 1 Frimmel F H. Characterization of natural organic matter as major constituents in aquatic systems. *Journal of Contaminant Hydrology*, 1998, 35: 201 ~ 216
- 2 王占生,刘文君. 微污染源饮用水处理. 北京:中国建筑工业出版社, 1999
- 3 李爽,张晓建,范晓军,等. 水源水中不同分子量区间有机物的分布及控制对策. *环境科学学报*, 2003, 23(3): 327 ~ 331
- 4 吴菁,邱兰,仇荣亮,等. 珠江源水中 THMF 的分子质量分布及其特征研究. *中国给水排水*, 2006, 22(3): 43 ~ 47
- 5 董秉直,曹达文,范瑾初,等. 黄浦江水源的溶解性有机物分子量分布变化的特点. *环境科学学报*, 2001, 21(5): 553 ~ 556
- 6 岳舜琳,周云. 水中溶解性有机物分子量分布测定方法评价. *净水技术*, 2002, 21(2): 37 ~ 40

2 通讯处: 519020 广东省珠海市粤海中路 2083 号 珠海市供水总公司

电话: (0756) 8132625

E-mail: water_lihui@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-11-07

修回日期: 2007-12-17