

# 湘江株洲段水质挥发性有机物污染 现状及防治对策研究

汤株宁, 许智林, 文新宇, 杨 华, 吕 鹏

(株洲市环境监测中心站, 湖南 株洲 412000)

**摘 要:** 通过对湘江株洲市区段4个集中式饮用水源地的水体和常规监测断面采集水样监测, 用吹扫捕集-气相色谱法分析了湘江2006~2007年枯水期、丰水期和平水期水质中苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳和三溴甲烷共6种挥发性有机物(VOC)的含量, 分析得出了VOC污染现状, 探讨了其健康风险, 提出了VOC污染防治对策。

**关键词:** 株洲; 挥发性有机物; 污染现状; 防治对策

**中图分类号:** X522

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2008)00-0063-05

## Assessment and Countermeasure of Pollution Situation for Volatile Organic Compounds(VOC) from Water of Xiangjiang River in Zhuzhou

Tang Zhuning, Xu Zhilin, Wen Xinyu, Yang Hua, Lv Li

(Zhu Zhou Environmental Monitoring Central Station, Zhuzhou Hunan 412000, China)

**Abstract:** With purge-and-trap GC, the volatile organic compounds (VOC) for water from four drinking water sources and routine monitoring sections of Xiangjiang River in Zhuzhou are measured, such as benzene, toluene, xylene, chloroform, carbon tetrachloride and methyl bromide 3. From the result of analysis, we get the status quo of VOC. At the same time, we explore its health risks, and we propose VOC pollution prevention and control measures.

**Key words:** Zhuzhou; volatile organic compounds; pollution situation; countermeasure

近年来, 突发性环境污染事件的频发严重威胁着饮用水源安全, 其中60%是有机物污染所致<sup>[1]</sup>。有机物数量众多, 多数挥发性有机物(VOC)具有长期残留性(持久性)、亲脂性、生物蓄积性及高毒性等特性, 一旦进入环境后, 极易在生物体内累积起来, 并通过各种途径影响人类健康状况, 产生“三致”效应: 即使人体致癌、致畸和致突变作用。影响动植物的正常生长, 干扰或破坏生态平衡, 因此被很多国家列入优先控制污染物名单中<sup>[2,3]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 样品采集

根据湘江株洲段地表水不同功能水系, 选择市区4个水厂饮用水源水和4个常规监测断面水样(即每个断面按湘江江面从西到东分布为左、中、右平行的3个采样点, 左、右两点视江面宽度各距水岸30~50m, 取水深度0.5m)作为调查研究对象。

#### 1.1.1 饮用水源采样点

将市区自来水厂按四、一、二、三水厂从上游至

收稿日期: 2007-11-16

作者简介: 汤株宁(1965-), 男, 湖南常宁人, 株洲市环境监测中心站工程师, 主要研究方向为环境监测。

中游分布之序,在每个水厂取水口上游 100 m 处设置 1 个监测断面,2006~2007 年每月监测 1 次,共监测 22 次。其中二、三水厂因源水取自白石江段,水质很相近,故合为 1 个采样点位。

### 1.1.2 地表水采样点

在湘江株洲段设有朱亭、枫溪、白石和霞湾 4 个监测断面:朱亭是株洲市与衡阳市的交界断面,枫溪是对照断面,白石和霞湾是控制断面。并在 2006~2007 年每月监测 1 次,共监测 22 次。

### 1.2 监测项目

选择苯、甲苯、二甲苯 3 种苯系物;三氯甲烷、四氯化碳、三溴甲烷 3 种卤代烃;共 6 个 VOC 项目。

### 1.3 分析方法<sup>[4,5]</sup>

用吹扫捕集-气相色谱法,分析 VOC。经毛细管色谱柱分离,FID 检测器检测苯系物,ECD 检测器检测卤代烃,以外标法定量。

### 1.4 分析仪器和试剂

日本 SHIMADZU-GC-17A 型气相色谱仪,配 FID、ECD 检测器;美国 OI 公司 4 660 型 Eclipse 吹扫捕集样

品浓缩仪;纯水(不含苯系物),甲醇(色谱纯);苯系物和卤代烃由国家标准物质中心提供,根据需要用甲醇稀释到适当浓度。

## 2 挥发性有机物(VOC)污染现状

### 2.1 饮用水源评价标准及方法

评价标准:采用 GB3838-2002(地表水环境质量标准)中集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值进行评价。

评价方法:按监测值和水污染指数评价。水污染指数 = (监测均值/项目标准限值) × 100%,水污染综合指数 = 水污染分指数的总和<sup>[6]</sup>。

#### 2.1.1 监测结果分析

2006~2007 年 4 个水厂源水选择的 6 个评价项目苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳和三溴甲烷一次监测值、各水期均值、年均值都未超过 GB3838-2002 标准限值,其中三溴甲烷在各水厂均未检出。监测结果见表 1。

表 1 2006~2007 年株洲市饮用水源地 VOC 测定范围和年均值对比

Tab. 1 VOC concentration of drinking water in Zhuzhou(2006~2007)

年份	评价项目	水厂源水一次监测值			年均值	测定范围
		一水厂	二、三水厂	四水厂		
2006	苯	0.025	0.044	0.034	0.034	0.011~0.089
	甲苯	0.005	0.014	0.005	0.008	0.005~0.039
	二甲苯	0.031	0.041	0.027	0.033	0.010~0.089
	三氯甲烷	0.017	0.022	0.021	0.021	0.011~0.035
	四氯甲烷	0.011	0.028	0.013	0.017	0.005~0.047
	三溴甲烷	—	—	—	0.005	—
2007	苯	0.021	0.041	0.029	0.031	0.010~0.088
	甲苯	0.005	0.015	0.005	0.008	0.010~0.038
	二甲苯	0.033	0.039	0.027	0.033	0.012~0.085
	三氯甲烷	0.018	0.021	0.020	0.019	0.010~0.032
	四氯甲烷	0.009	0.026	0.011	0.015	0.002~0.048
	三溴甲烷	—	—	—	0.005	—

从表 1 可以看出, VOC 5 个测定项目苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳最高值和均值,2007 年比 2006 年略有下降。

2006~2007 年 4 个水厂源总质量浓度(VOC 5 个测定项目年均值的总和)均值为 0.019 1 μg/L,总质量浓度测定范围为 0.002~0.089 μg/L,其中 2007 年总质量浓度均值为 0.018 5 μg/L,2006 年为 0.019 7 μg/L,同比略有下降,降幅为 -6.1%。说明 2007 年株洲市 4 个水厂源水水质挥发性有机物污染略有减轻。

#### 2.1.2 水污染指数评价

按水厂源水污染综合指数比较(见表 2),2006~2007 年污染综合指数均以二、三水厂为最高,大小顺序

均为二、三水厂>四水厂>一水厂,2007 年各水厂源水污染负荷比依次为 52.2%、26.9%、20.9%,同 2006 年比较升降幅度依次为 +2.7%、-0.8%、-1.7%,变化不明显。

按水厂源水左、中、右顺序比较,2007 年株洲市各水厂源水纵线污染负荷比大小顺序为右>左>中(每个采样段面分布 3 个平行点位,从江面由西向东依次称为左、中、右),其值分别为 36.2%、32.1%、31.7%,同 2006 年各监测点比较,升降幅度依次为 -0.3%、0、+0.3%,变化不明显,说明各点水质污染综合指数变化不大,但右测点明显高于左、中两点。

按水厂源水项目比较,VOC 5 个项目污染综合指数四氯化碳最高,其次是苯,大小顺序为四氯化碳>苯>

三氯甲烷>二甲苯>甲苯, 其中2007年污染负荷比依次为68.8%、27.6%、2.94%、0.59%、0.11%, 同2006年比较, 升降幅度依次为-0.6%、+0.4%、+0.3%、+0.07%、+0.02%, 变化不明显。可见, 四氯化碳和苯是首要污染物, 2007年两者之和为96.4%, 2006年为96.6%。

**表2 2006~2007年株洲市4个水厂3个水期水质污染综合指数评价**

**Tab.2 Water pollution composite index evaluation in 3 water seasons for 4 Waterworks in Zhuzhou (2006~2007)**

水期	2006年		2007年	
	综合指数	负荷比/%	综合指数	负荷比/%
枯水期	0.0419	36.7	0.0376	37.4
丰水期	0.0398	35.1	0.0334	33.3
平水期	0.0316	28.2	0.0293	29.3
全年	0.1134	100	0.1003	100

**表3 2006~2007年4个断面VOC测定范围和均值对比**

**Tab.3 VOC concentration of the mean and determination of 4 sections(2006~2007)**

年份	评价项目	水厂源水一次监测值				水期均值	测定范围
		朱亭	枫溪	白石	霞湾		
2006	苯	0.016	0.034	0.044	0.221	0.079	0.010~0.356
	甲苯	0.005	0.005	0.014	0.599	0.156	0.005~0.911
	二甲苯	0.014	0.027	0.041	0.069	0.038	0.010~0.125
	三氯甲烷	0.019	0.021	0.022	0.041	0.026	0.011~0.075
	四氯甲烷	0.007	0.013	0.036	0.036	0.021	0.001~0.066
	三溴甲烷	—	—	—	—	0.005	—
2007	苯	0.019	0.029	0.041	0.213	0.074	0.010~0.358
	甲苯	0.005	0.005	0.015	0.649	0.155	0.005~0.881
	二甲苯	0.016	0.027	0.039	0.073	0.037	0.010~0.122
	三氯甲烷	0.018	0.020	0.021	0.049	0.025	0.011~0.077
	四氯甲烷	0.008	0.011	0.026	0.035	0.020	0.001~0.062
	三溴甲烷	—	—	—	—	0.005	—

从表3可以看出, VOC 5个测定项目苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳, 最高浓度值、项目年均值, 2007年比2006年略有下降, 但幅度不明显。

2006~2007年4个断面总质量浓度均值为0.054 μg/L, 其测定范围为0.001~0.911 μg/L, 其中2007年总浓度均值为0.0531 μg/L, 2006年为0.0541 μg/L, 同比略有下降, 降幅为-1.85%。说明2007年株洲市4个断面水质挥发性有机物污染略有下降。

**2.2.2 水污染指数评价**

按断面污染综合指数比较, 2006~2007年污染综合指数均以霞湾断面为最高, 大小顺序为霞湾断面>白石断面>枫溪断面>朱亭断面。2007年各断面水污染负荷比依次为55.6%、23.5%、12.4%、8.49%, 与2006年比较变化不明显。

按断面左、中、右顺序比较, 2007年株洲市各断面纵线污染负荷比大小顺序为右>左>中, 其值分别为

按水厂源水污染综合指数年度比较, 从表2可以看出, 2007年株洲市4个水厂全年水质污染综合指数比2006年各有下降。枯水期污染最为严重, 其次是丰水期和平水期, 与2006年比较, 升降幅度依次为+0.7%、-1.8%、+1.1%, 变化不大。

**2.2 湘江株洲段水质评价标准及方法**

评价标准和评价方法与2.1饮用水源评价标准及方法相同。

**2.2.1 监测结果分析**

2006~2007年4个断面选择的6个评价项目苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷、四氯化碳和三溴甲烷一次监测值、各水期均值、年均值都未超过GB3838-2002标准限值, 其中三溴甲烷在各采样断面中均未检出。监测结果见表3。

36.8%、32.1%、31.1%。说明右测点水质污染综合指数明显高于左、中两点, 而左、中两点差别很小。2006~2007年各点水质污染综合指数变化不大。

按断面项目比较, VOC 5个项目污染综合指数最高的是四氯化碳, 其次是苯, 大小顺序为四氯化碳>苯>三氯甲烷>甲苯>二甲苯, 其中2007年污染负荷比依次为54.6%、41.2%、2.45%、1.33%、0.44%, 与2006年比升降幅度变化不明显。可见, 四氯化碳和苯是首要污染物, 2007年两者之和为95.8%, 2006年则为96.1%。

按断面污染综合指数年度比较, 从表4可以看出, 2007年株洲市4个断面枯水期污染最严重, 其次是丰水期和平水期, 其污染负荷比分别为37.5%、33.6%、28.9%。全年水质污染综合指数比2006年略有下降, 升降幅度依次为-0.1%、-1.0%、+1.2%, 变化不大。

表4 2006~2007年株洲市4个断面3个水期  
水质污染综合指数评价

Tab. 4 Water pollution composite index evaluation in three  
water seasons for 4 Sections in Zhuzhou (2006~2007)

水期	2006年		2007年	
	综合指数	负荷比/%	综合指数	负荷比/%
枯水期	0.086 2	37.6	0.082 9	37.5
丰水期	0.079 2	34.6	0.073 9	33.6
平水期	0.063 8	27.7	0.063 4	28.9
全年	0.228 8	100	0.220 7	100

### 2.3 健康风险分析<sup>[7]</sup>

#### 2.3.1 苯系物的毒性和来源

苯具有致癌、致畸和致突变作用；甲苯有致突变和致畸作用，对泌尿系统及肌肉骨骼发育有损伤；二甲苯有致畸作用，影响肌肉和骨骼的发育。

苯系物是石油、化工、炼焦产生的废水、废气，同时苯系物作为重要的溶剂及工业生产原料有着广泛的应用，在油漆、农药、医药、有机化工等行业的废水中含有较高浓度的苯系物。苯系物可以通过化工废水和废气进入水环境和大气环境，由于苯系物微溶于水，大气中的苯系物可以通过降水凝集直接或间接进入地表水中。

#### 2.3.2 卤代烃的毒性和来源

三氯甲烷、四氯化碳、三溴甲烷：各组份具有明显的致突变作用，且存在良好的剂量反应关系。动物实验也证明了三氯甲烷、三溴甲烷的致癌性。大量流行病学调查表明，长期饮用氯消毒的饮用水，死于消化和泌尿系统癌症的危险性增加，并和其他癌症的死亡率呈线性关系。

挥发性卤代烃的来源有两个方面，一方面是饮用水氯化消毒过程中产生的，以三卤甲烷（THMS）为代表；另一方面是化工行业、金属部件清洗、洗衣业的干洗中用到的氯仿、四氯化碳、三氯乙烯、四氯乙烯和溴仿等清洗剂进入地表水和渗透到地下时，造成的水体污染。美国129种优先控制污染物中竟有25种是挥发性卤代烃，我国68种优先控制污染物中也有10种是挥发性卤代烃。

## 3 结论

1) 2006~2007年株洲市四个水厂水源水VOC浓度范围为0.002~0.089  $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.0191  $\mu\text{g/L}$ 。水源水中最主要的有毒有机污染物是四氯化碳和苯，两者之和的污染负荷比高达96%以上，其他4种污染物三氯甲烷、二甲苯、甲苯和三溴甲烷所占比例很小，污染负荷比总和约4%。二、三水厂源水在饮用水源中有毒有机物污染最严重，饮用水源地均为枯水期污染最严重，其次是丰水期和平水期。2007年度与2006年度相比，有毒有机物污染有所下降。

2) 2006~2007年湘江株洲段4个断面VOC平均浓度为0.054  $\mu\text{g/L}$ 。水质中最主要的有毒有机污染物是四氯化碳和苯，两者之和的污染负荷比占95%以上，其它4种污染物三氯甲烷、二甲苯、甲苯和三溴甲烷所占比例不足5%。霞湾断面在4个断面中有毒有机物污染最重，且4个断面均为枯水期污染最严重，其次是丰水期和平水期。有毒有机污染物污染2007年比2006年略有下降。

3) 虽然2006~2007年株洲市饮用水源水、湘江地表水选择的6个VOC监测项目均没有超过国家标准，但VOC等微量有毒有机污染物具有生物积累、放大效应，可通过鱼类、蔬菜等进入人体，产生致癌、致畸和致突变作用，即“三致”效应。另外，常规的自来水处理工艺尚不能有效地去除源水中微量VOC等有毒有机污染物，因此湘江株洲段地表水特别是饮用水源水VOC污染仍然存在较大的健康风险。

## 4 防治建议及对策

### 4.1 防治建议

1) 尽快完善环境质量标准体系，将微量有机物纳入标准体系。

2) 进一步开展饮用水源地监测规划设计工作，划定水源保护区，严禁破坏保护区内及上、下游的环境，严密监控水质。

3) 将具有毒性的微量有机物监控监测纳入株洲市水源地的常规监测，强化有毒有机物的治理和排放总量控制力度。全面掌控水质第一手变化资料，健全有机物监控和预警机制，发现异常及时追查源头，定期发布水源地水质安全报告。

### 4.2 防治对策

1) 积极采取高效率防治对策，推行洁净生产和循环水生产工艺，大力发展节水节能型工业，从源头减少污水排放量，严格监管各污染源的有机物超标排放。

2) 切实加强城市污水处理厂的建设和管理，加大投入，积极研究污水处理新技术新流程。

3) 实施开展有机物综合评价技术和预警系统的研究，建立饮用水源地有机物的控制体系，杜绝新污染的产生。在枯水期特别要对二、三水厂和霞湾断面采样点位进行重点监测苯、四氯化碳两种首要有毒有机污染物浓度，查清污染源。

4) 加强有机废水的综合治理。有机废水成分复杂、有机物含量高，处理难度大。目前对于有机废水的治理，主要是使用物理、化学和生物的方法，或者是联合应用。多年来，环保专家及工程技术人员一直在积极研究和开发建造成本和运行费用都较低的先进生物处理工艺，但由于工业有机废水中，存在多种有害物质对生化反应的抑制效应还没有得到很好的解决，且

其研究进展比较缓慢。国内外应用的物化处理技术主要有气提、吹脱、吸附、电解、混凝沉淀、萃取、絮凝、超滤、电渗析、反渗透和离子交换等。据最近文献研究<sup>[8]</sup>,有毒难降解有机污染物的物化处理法主要采用吸附法、混凝法和萃取法等,其中应用最多的是吸附法。目前,国内外主要采用活性炭吸附,该法对去除水中溶解性有机物非常有效,如2006年国内松花江污染应对的紧急措施即采用活性炭吸附法。研究表明,在水质的净化过程中,活性炭成功地起着双重作用——过滤和吸附,并且可以缩短再生周期,有利于有机物的去除。因此,积极推广应用活性炭吸附法对有机废水进行治理具有现实的经济和环保效益。

#### 参考文献:

[1] 刘昕宇,冯玉君,刘玲花,等.黄河重点河段水环境有毒有机物污染现状分析[J].水资源保护,2004(3):37-38.

- [2] 王彻华,彭彪.长江干流主要城市江段微量有机物污染分析[J].人民长江,2001,32(7):20-22.
- [3] 李青山.松花江有机有毒物污染状况调查及防治对策研究[J].水资源保护,1995(3):13-19.
- [4] 国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编辑委员会.水和废水监测方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [5] 卓海华,郑红.吹扫捕集装置在测定地表水中挥发性有机物的最佳测试条件[J].环境监测管理与技术,2005,17(5):44.
- [6] 叶文虎.环境质量评价学[M].北京:高等教育出版社,1994.
- [7] 贺振东.环境污染物与毒性(有机篇)[M].成都:四川科学出版社,1985.
- [8] 申森,王振强,付慧坛.水体中有机物污染的治理技术[J].科技咨询导报,2006(14):70-71.

(责任编辑:罗立宇)

---

## 王汉青校长在《中国教育报》 撰文阐述办学理念

1月18日,《中国教育报》刊载王汉青校长阐述办学理念的专论《厚德博学 和而不同:当代大学应追求的品格》。文章指出,高校必须将“厚德博学”的高教价值观深深扎根于办学理念之中,根据办学定位将“厚德博学”的要求具体化;“和而不同”作为大学组织的办学理念,包含三个要义:一是讲和谐,二是讲大局,三是讲创新。

王汉青校长认为,建设和谐文化、培育大学精神应是当前高教界探讨的重点,高校的文化建设,特别需要从传统文化汲取营养,“厚德博学”与“和而不同”的理念,应该成为当今高等教育文化建设和人才培养的重要指导思想。