

文章编号 :1001 - 4179(2006)08 - 0004 - 03

重庆饮用水受有机污染物污染的现状与对策

蒋绍阶¹ 张智瑞² 陈晓鹏³

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院,重庆 400045; 2. 中冶京城工程技术有限公司 动力与水资源所,北京 100176; 3. 石家庄市建筑设计院,河北 石家庄 050000)

摘要:由于工业的发展,特别是近年来化学工业的迅速发展,使重庆市饮用水资源受到了严重的污染。根据大量的调查资料,介绍了重庆市饮用水水源及自来水厂概况,分析了重庆市饮用水水源污染现状,探讨了水污染的原因。针对重庆市饮用水水源有机污染的现状,提出了保障人民饮用水安全的对策,同时也对下一阶段的研究工作做了展望。

关键词:饮用水; 有机污染; 对策; 重庆市
中图分类号: R123 **文献标识码:** A

1 重庆市饮用水水源及供水概况

重庆市饮用水水源主要依靠地表水,其中重庆市主城 9 区饮用水水源主要是长江和嘉陵江。根据《2004 年重庆市水资源公报》资料显示,长江、嘉陵江、乌江、涪江和渠江等 5 江全年水质均为 I 类,不能满足水域功能要求的监测断面占总监测断面数的 47.1%。据调查,重庆主城区两江水厂取水口一级水源保护区内尚有生活排污口、工业排污口、餐饮船舶污染源、垃圾堆放点等污染源 87 处,二级保护区内有污染源 33 处,其中工业排水点共有 39 处。

全市有城镇供水企业近 800 家,日供水能力约 700 万 m³,用水人口 1 200 万人,用水户 164 万户,其中家庭用户 148 万户。对重庆市主城区自来水厂的统计资料见表 1。

表 1 重庆市自来水厂与取水水源情况调查

水厂	水源					小计
	长江	嘉陵江	次级河流	水库或溪水	地下水	
市级水厂	5	7				12
区县级水厂	1					
建制镇水厂	5	5	2	74	2	88
自备水厂	23	36		44		103
合计	34	48	2	118	2	204

2005 年 6 月我们对市区及县、镇的部分水厂做了调研。从调研情况来看,重庆市供水设施落后,主城区几个新建水厂处理工艺相对比较先进,但仍然是常规处理工艺,难以有效去除有机污染物,按照建设部颁布的《城市供水水质标准》和《生活饮用水卫生规范》(卫法监发[2001]161号),非常规指标不能完全达标。区县水厂、自备水厂和建制镇水厂水质严格按照卫生规范评价指标评判,合格率更低,特别是贫困地区占的比例较大,城镇供水设施设备和工艺落后。目前,重庆市 683 个建制镇中,现有供水设施 556 个,用水人口 335 万,有 500 多个建制镇的供水设施需要改造。同时,各自来水公司乃至各水厂之间的水质检测评

价标准不统一,检测手段不完善,监督网络也不健全。

2 重庆市饮用水水源受有机物的污染状况

2002 年,重庆市废水排放总量 12.63 亿 t。其中,工业废水排放量 7.99 亿 t;城市生活污水排放量 4.64 亿 t。废水中化学需氧量(COD)排放量 25.04 万 t。其中大量未经处理的工业废水和生活污水直接排入水体,造成了水源的污染,阻碍了自来水管网的正常运行,致使供水安全性下降。

“中国环境优先污染物黑名单”中包括 14 种化学类别共 68 种有毒化学物质,其中有机物占 58 种。国家城市供水水质监测网重庆检测站现阶段已开展了其中 48 个项目的检测。根据 2002 年和 2003 年的水源水检测数据统计发现,有 21 项曾在水源水中检出,其中有 14 项为有机物(见表 2)。表 2 中所述项目中,有些物质的检出频率较高,如萘、荧蒽、苯并[b]荧蒽等多环芳烃类化合物、四氯化碳、四氯乙烯等挥发性卤代烃等。

表 2 重庆市饮用水水源污染物检出项目

项目	污染物类别	
无机物	砷、镉、铬、铜、铅、汞、镍	
有机物	氯代苯类	对-二氯苯、六氯苯
	酚类	苯酚、氯酚、对-硝基酚
	卤代烃类	三氯甲烷、四氯化碳、三氯乙烯、四氯乙烯
	多环芳烃	萘、荧蒽、苯并[b]荧蒽、苯并[a]芘
	农药类	乐果

2005 年 1 月份该站又对主城段的 4 座水厂水源水质进行了检测,按地表水环境质量标准二类水体评价,其检测部分项目数据见表 3。数据表明重庆市两江水源中有些项目超标严重,有些项目虽未超标,但也接近标准限值,说明重庆市两江水源均存在一定程度的有机污染。而造成污染的原因主要是来自冶金、化工、医药等行业的排污。

3 水源中有机污染物对健康的危害^[5~9]

有研究机构在重庆市主城区选取了具有代表性的 5 个采样

收稿日期:2006 - 05 - 10

作者简介:蒋绍阶,男,重庆大学城市建设与环境工程学院市政与环境工程实验研究中心主任,副教授。

点,提取了 3 个不同水期(春季平水期、夏季丰水期、冬季枯水期)的水源水中有机污染物(OE),对重庆市饮用水有机污染物的遗传毒性作了较多的研究工作。研究发现:所检测水厂的水源水中有机物在一定的剂量范围内均可诱导原代大鼠肝细胞 DNA 损伤,反映出重庆市的水源水与出厂水均受到不同程度的有机物污染。从分布看,嘉陵江污染重于长江。从季节看,受污染的程度大致为枯水期重于平水期,平水期重于丰水期。Ames 实验结果显示丰水期嘉陵江水源水致突变物污染较严重,长江水源水的致突变污染较轻。

表 3 主城段 4 座水厂水源水质部分检测结果 mg/L

项目	氨氮	乐果	总磷	总氮	耗氧量	COD	BOD ₅
类标准	0.5	0.08	0.1	0.5	4	15	3
水源	1.05	0.0007	0.18	0.96	1.41	3.8	1.1
水源	0.53	0.0006	0.10	1.76	1.43	1.9	3.5
水源	0.70	0.202	0.07	2.36	1.77	7.0	0.8
水源	0.70	0.249	0.08	2.37	1.97	5.8	1.6

注:表中、和均为水厂水源代号。

此外,采用人乳腺癌细胞增殖试验及啮齿动物子宫增重试验均显示重庆市应用水源水中的 OE 具有不同程度的模拟雌激素效应,即可能具有内分泌干扰效应。

就生物学效应而言,目前的分析都是基于体外细胞试验或动物实验,其结果还难于完全反应对人体、人群的健康危害。但对本市肺癌、肝癌及乳腺癌患者的调查研究发现,饮用水的有机污染是造成这些癌变多发的重要因素之一。这些研究作为重庆市水环境中有机污染状况及其对健康的危害提供了一些初步的线索,并为进一步的研究工作奠定了基础。

4 对策与措施

4.1 加强饮用水水源保护

加强水污染的控制,保护水源安全是保障重庆市及三峡库区饮用水安全的基本对策和治本措施。环境污染是威胁水源水质安全的根本原因,治理水环境污染能够有效地保障水源的安全。

控制和消除重庆市的水污染,须从控制废水、垃圾的排放入手。首先要加快实施渝西地区即上游地区次级河流的污染综合整治,抓住《三峡库区及其上游污染防治规划》实施的机遇,加强渝西地区次级河流水质目标责任考核,优先安排次级河流整治项目。同时加快整治主城区集中式生活饮用水源地一级保护区内的污染源,完善主城区截流管网和主城排水二、三级管网的建设,优先实施饮用水源保护区范围内市政排污口、工业排污口接入截流管网;并对二级保护区内城镇污染源、工业污染源和船舶污染源进行清理整治。还要进行广泛的宣传教育,提高公众环保意识。要把“防、治、管”三者有机地结合起来,尽快使水环境污染得到控制,并逐渐使水环境质量得以改善,有效保护水资源,促使重庆市水环境资源与社会经济的协调与可持续发展。

4.2 建立水环境动态检测与预警系统

目前,重庆市水环境监测手段及能力较为有限,多数检测机构还不能完成《地表水环境质量标准》要求的全部基本项目,特别是对于目前国际社会极为关注的、危害较大的持久性有机污染物(POP_s),如滴滴涕(DDT)、六氯苯、多氯联苯(PCBs)、二恶英(PCDD/Fs)等,更不能进行有效的检测;并且监测时段单一,仅分别在丰水期、平水期和枯水期开展每月 1 次的常规监测,还不能全面掌握水环境质量的动态变化情况。

因此,应当加大对水环境监测的投入,从而加强有机物监

测、水生生物监测、地表水质自动监测和污染源在线监测能力,实现对长江流域重庆段水质的动态监控;建立应急监测与处置系统,提高污染事故的应急反应能力。该系统应分步骤分模块实施,最终形成一个体系,主要包括:纳污能力分析系统。主要功能为水体承载能力分析、纳污总量分析、纳污总量分配管理等。数据处理系统。主要功能为实验室数据、移动实验室数据、排污口数据等。分析评价系统。主要功能为水质分析评价、数据整汇编、水环境质量预警预报等。监督管理系统。主要功能为省界监督管理、入江排污口监督管理、供水水源地监督管理等。处理系统。主要功能为污染事故处理、水污染联防等。此外,还可以根据水源保护的需要增加相应的功能模块,为确保重庆市饮用水源地水质安全提供有效的技术支撑。

4.3 采用饮用水处理的新技术

2005 年 6 月 1 日起,我国开始实行最新的《城市供水水质标准》,与现行的国标《生活饮用水卫生标准》(1985 年颁布)相比,检测项目由 35 项增加到 93 项,包括一些分量检测,总项目达 101 项。饮用水水源水中有机污染物的存在给重庆市的饮用水安全保障提出了更大的挑战。

目前,重庆市水处理以传统的处理工艺为主,该工艺具有投资省、运行稳定和维护管理简便等优点,但由于受其净化能力的限制,对水中有机物的去除能力较低,尤其是对水中可溶性分子有机物的去除效果更差。因此,对现有水厂进行工艺改造,实施饮用水处理的新技术是保证饮用水安全性的必要途径。

(1) 强化常规处理。对于主要是由天然发生的有机物造成污染的地区,实施强化混凝技术是最经济适用的。重庆大学实验研究结果发现^[6],在控制最优投加量和最优 pH 值条件下,PAC 对 UV₂₅₄和 TOC 的去除率均可达到 50%~65%;而三氯化铁的 UV₂₅₄和 TOC 的去除率普遍可达到 60%~75%和 50%~75%,在相当高的混凝剂投加量时的 UV₂₅₄去除率可超过 90%。国内外的大量研究表明^[7],通过优化和强化常规处理工艺条件,对水处理进行动态过程控制,不仅使水处理成本最低,还可以使水中有机污染物特别是天然发生的有机物得到较好的去除。

(2) 预氧化。采用不产生有害副产物或产生安全量副产物的化学药剂,对原水进行预氧化处理,来强化分解水中的污染物,或者转变水中污染物的形态,使它在后续的工艺中,能够进一步强化去除或降低水中的有机污染物,例如采用高锰酸钾、臭氧和二氧化氯等强氧化剂。重庆约有 11 个水厂采用二氧化氯消毒,对其进行改造即可实现预氧化去除水中的许多有机化合物如腐殖质、三卤甲烷的前体物等。

(3) 推广臭氧—活性炭深度处理工艺。借鉴国内外去除有机物的成功经验,积极推广臭氧消毒和生物活性炭深度处理工艺。

(4) 采用其他消毒方式。可以用作饮用水消毒剂的物质很多,其中以二氧化氯、臭氧、氯胺的研究最多,同时也是最有应用前景的。研究表明^[8],在 pH 为 6~9 时,对大肠杆菌和病原体的消毒效率从高到低为:O₃>ClO₂>氯胺;而消毒持久性的高低顺序则为:氯胺>ClO₂>O₃。几种消毒剂的三卤甲烷形成势和总有机卤形成势的高低顺序为^[9]:O₃>ClO₂>氯胺>Cl₂。

5 下一步的研究工作

(1) 在有机污染物物检测方面。对于目前国际社会极为关注的、危害较大的 POPs,如内分泌干扰物(EDCs)、滴滴涕(DDT)、六氯苯、多氯联苯(PCBs)、二恶英(PCDD/Fs)等,国外采用高分辨率色谱—质谱联用技术(HRCC/HRMS, HRLC/HRMS)来

准确地进行定性及定量分析,但这种技术对设备和技术要求较高,应寻找适合我国国情的检测方法和技术。

(2) 在饮用水处理有机物的关键设备和材料方面。目前国内生产臭氧发生器产品质量与国外产品相比还有较大差距,研究开发质量可靠、高效及适用性强的新型国产空气干燥、净化及臭氧发生设备。针对不同水源有机物污染情况,去除的有机物的种类,进行不同活性炭品种的优选,研究活性炭孔隙大小及分布对不同有机物去除的影响,研究、开发适合于吸附特殊有机污染物活性炭品种。

(3) 在有机污染物控制技术方面。在国内外现有研究成果的基础上,进一步优化臭氧生物活性炭工艺;研究 NOC 对 POPs 去除的影响,去除不同特征的有机污染物的最佳工艺设计参数和运行条件。

膜技术被称之为 21 世纪的水处理技术,对于水中有机污染物中分子量较小的 POPs 可以采用纳滤膜进行处理,但目前我国膜产品的稳定性有待于进一步的提高,同时膜处理的高造价和膜污染也是亟待解决的问题。

(上接第 3 页)

mm 的泥沙颗粒含量沿程减小,说明细颗粒越来越少,粗颗粒越来越多,清水冲刷引起河床自动调整,泥沙颗粒粒径逐渐增大。2003、2004、2005 年泥沙中值粒径的沿程变化幅度明显加大。三峡大坝坝下游主要控制站 2004 年枝城泥沙中值粒径小于其 2002、2003 年的中值粒径,而 2004 年沙市与监利两站的中值粒径均大于其相应的 2002、2003 年的中值粒径。2005 年泥沙的中值粒径与 2004 年相比,除宜昌站中值粒径无变化外,其余各站中值粒径均小于其相应 2004 年的中值粒径。这种现象表明蓄水引起的坝下游清水冲刷,泥沙中值粒径沿程增大。

表 2 2003~2005 年长江中下游主要水文站径流量和输沙量统计

项目	多年平均		径流量距平百分率/%	2003 年		径流量距平百分率/%	2004 年		2005 年	
	径流量/亿 m ³	径流量/亿 m ³		径流量/亿 m ³	径流量/亿 m ³		径流量/亿 m ³	径流量/亿 m ³	径流量/亿 m ³	径流量/亿 m ³
枝城	4 465	4 232	- 5	4 218	- 6	4 545	2			
沙市	3 945	3 924	- 1	3 901	- 1	4 211	7			
监利	3 575	3 663	3	3 735	4	4 036	13			
螺山	6 454	6 371	- 1	5 980	- 7	6 429	0			
汉口	7 112	7 380	4	6 773	- 5	7 443	5			
大通	9 051	9 248	2	7 884	- 13	9 011	0			

项目	多年平均		输沙量距平百分率/%	2003 年		输沙量距平百分率/%	2004 年		2005 年	
	输沙量/亿 t	输沙量/亿 t		输沙量/亿 t	输沙量/亿 t		输沙量/亿 t	输沙量/亿 t	输沙量/亿 t	输沙量/亿 t
枝城	5.11	1.31	- 74	0.804	- 84	1.17	- 77			
沙市	4.45	1.38	- 69	0.956	- 79	1.32	- 70			
监利	3.63	1.31	- 64	1.06	- 71	1.40	- 61			
螺山	4.15	1.46	- 65	1.23	- 70	1.47	- 65			
汉口	4.04	1.65	- 59	1.36	- 66	1.74	- 57			
大通	4.33	2.06	- 52	1.47	- 66	2.16	- 50			

4 主要认识

根据三峡水库蓄水以来水文泥沙观测分析,可得到以下初步认识:

(1) 1991~2005 年与 1990 年前相比,长江上游水量变化不大,但输沙量减少明显,如寸滩站年均输沙量减少约 32%。其中尤以嘉陵江减沙最为明显,其减幅达到 75%。

(2) 2003、2004 年,三峡水库围堰发电期入库站清溪场站年

参考文献:

- [1] 朱毅,田怀军.长江、嘉陵江(重庆段)源水有机物提取物的类刺激素活性评价.环境污染与防治,2003,(2).
- [2] 舒为群,田怀军.长江、嘉陵江(重庆段)源水有机提取物的致突变活性及其季节变化.环境污染与治理,2002,24(8).
- [3] 田怀军,舒为群.长江流域某市饮用水雌激素污染物初步研究.第三军医大学学报,2004,26(19).
- [4] 孙安龙,贾庆良.重庆市原发性肝癌的危险因素.中国肿瘤,2000,9(3).
- [5] 汪洋,贾庆良.重庆市人群肺癌、肝癌和乳腺癌危险因素研究.中国慢性病预防与控制,2000,8(1).
- [6] 刘宗源.饮用水处理中强化混凝去除有机物的试验研究.重庆大学(硕士论文),2003.6.
- [7] 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.
- [8] John. C. Hoff and Edwian E. Geldreich. Comparison of the biocidal efficiency of alternative disinfectants. AWWA, 1981, 73(1).
- [9] P. M. Hucketal. Pilot scale evaluation of ozone and other drinking water disinfectants using mutagenicity:esting. Ozone Science & Engineering, 1989, 11(3).

(编辑:常汉生)

输沙量分别减少 53% 和 63%。2005 年入库沙量 2.54 亿 t,比多年均值偏少 43%,但比 2003 年和 2004 年入库沙量则分别偏大 20% 和 53%。

表 3 三峡水库坝下游主要控制站不同粒径级沙重百分数对比

范围/mm	时间	沙重百分数/%						
		黄陵庙	宜昌	枝城	沙市	监利	螺山	汉口
d>0.125	多年平均		9.0	6.9	9.8	9.6	13.5	7.8
	2003 年	10.8	14.0	25.8	26.6	19.4	21.0	16.2
	2004 年	4.2	8.9	22.5	31.7	39.7	28.0	25.0
	2005 年	1.0	5.4	12.6	23.9	28.4	22.9	18.6
中值粒径	多年平均		0.009	0.009	0.012	0.009	0.012	0.010
	2003 年	0.007	0.007	0.011	0.018	0.021	0.014	0.012
	2004 年	0.006	0.005	0.009	0.022	0.061	0.023	0.019
	2005 年	0.005	0.005	0.007	0.013	0.025	0.010	0.011

注:宜昌、监利多年平均资料统计年份 1986~2002,枝城资料统计年份 1992~2002,沙市资料统计年份 1991~2002,螺山、汉口资料统计年份 1987~2002。

(3) 2003 年 6 月至 2005 年 12 月,三峡入库(清溪场站)悬移质泥沙 6.28 亿 t,出库(黄陵庙站)悬移质泥沙 2.51 亿 t。不考虑三峡库区区间来沙,水库淤积泥沙 3.77 亿 t,水库排沙比为 40%。

(4) 由于三峡水库拦沙作用影响,坝下游输沙量减少幅度较大,含沙量明显变小,悬沙颗粒有所变粗。长江中下游干流枝城—大通各站 2003 年的减少幅度从 74%~52%自上而下递减,2004 年的减少幅度为 84%~66%,2004 年的减少幅度大于 2003 年;2005 年枝城—大通各站输沙量减少幅度则分别为 78%~50%。

由于泥沙问题十分复杂,限于观测资料的范围和频次,且目前三峡水库还处于蓄水初期,三峡水库泥沙淤积和坝下游水沙变化规律分析还是初步的,还需要更多观测资料的检验。因此在下一阶段需进一步加强三峡库区及坝下游水文泥沙和河道地形原型观测工作,密切监视三峡水库泥沙冲淤及坝下游河道冲刷状况,开展长江中下游河道动态监测,深入研究泥沙运动规律,及时调整和采取相关措施,以确保三峡水库及长江中下游地区的长治久安。

(编辑:黄鹤鸣)