

供水水质监测及调度技术研究

上海市供水调度监测中心

论文集

主编 朱慧峰

上海科学技术出版社



供水水质监测及调度技术研究

上海市供水调度监测中心

论文集

主编 朱慧峰

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

供水水质监测及调度技术研究 / 朱慧峰主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5478 - 3064 - 2

I. ①供… II. ①朱… III. ①供水处理—水质监测—研究②给水处理—调度—研究 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 099345 号

供水水质监测及调度技术研究——上海市供水调度监测中心论文集
主编 朱慧峰

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13

字数 220 千字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 3064 - 2/X • 37

定价: 80.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

目 录

三峡水库运行调度对长江口水源地安全的影响

..... 朱慧峰 阮仁良 陈国光 顾耀龙 (1)

水库型水源致嗅物质甲基异苧醇-2 去除工艺探讨

..... 朱慧峰 陈国光 钱静汝 (6)

不同藻类产生致嗅物质处理技术的研究 陈国光 朱慧峰 钱静汝 (11)

消毒方式及消毒副产物控制研究 陈国光 朱慧峰 钱静汝 (16)

膜盘固相萃取- LC-MS/MS 同时检测水中内分泌干扰物双酚 A 和雌激素

..... 施 俭 景澍闽 (23)

微污染水源二氧化氯消毒副产物的存在分布与控制建议

..... 童 俊 朱慧峰 叶秋明 陈国光 (31)

高效液相色谱/串联质谱法测定饮用水及水源水中的呋喃丹和甲萘威

..... 景澍闽 施 俭 (37)

化学沉淀法去除水中汞的特性研究

..... 曾次元 赵 鉴 童 俊 王幸艳 任嫣婵 (43)

关于建立“上海水源地风险预警信息共享平台”的设想与构架 刁春晖 (49)

ArcGIS 中几种插值算法的比较..... 汪瑞清 (55)

黄浦江上游水源地水质污染分析与突发性水污染事件分级

..... 蒋增辉 曾次元 韩敏奇 赵平伟 朱慧峰 童 俊 (61)

在线固相萃取-二维高效液相-串联质谱法测定水中微囊藻毒素-LR

..... 施 俭 景澍闽 陆 峰 向 华 (69)

顶空固相微萃取-三重四级杆气质联用法测定水中 2-甲基异莰醇和土臭素

..... 俞 超 向 华 陆 峰 侯 磊 汪永喜 (74)

氢氟酸溶解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定海绵钛中硅、铁、锰及镁

..... 俞 超 蒋增辉 汪永喜 喻生洁 (82)

在水质分析实验室中实施能力验证计划 向 华 (86)

加拿大多伦多水务供水概况及基本水质特征 曾次元 顾 晨 徐贵泉 (89)

流动注射分析法测定地表水中的水合肼研究

..... 景澍闽 曾首元 朱慧峰 (96)

固定底物技术酶底物法检测上海地表水中肠球菌	
..... 陆志惠 韩敏奇 蒋增辉 曹霞霓	(102)
酶联免疫法测定上海原水中四环素浓度	
..... 韩敏奇 蒋增辉 陆志惠 曹霞霓	(106)
两种不确定度评定方法在金属铈价态分析中的应用	
..... 叶秋明 赵 鉴 曾次元	(110)
化学沉淀法去除水中铅的特性研究	
..... 赵 鉴 曾次元 童 俊 王幸艳 任嫣婵	(117)
火花源原子发射光谱法测定海绵钛中硅铁锰镁	
..... 俞 超 汪永喜 蒋增辉 曾次元	(124)
上海市二次供水水质状况的调查与研究	
..... 景澍闽 陆志惠 叶秋明 朱慧峰	(129)
LIMS 在水质检测实验室的应用	 俞红俭 (135)
供水调度应急、预警信息平台的设计与实现	 郁瑞镨 (140)
浅析供水调度管理的信息化	 沈 越 (148)
浅谈事业单位档案管理存在的问题及措施	 程云峰 (152)

浅谈城市智能化供水调度系统的应用	戈仲夷 (155)
促进事业单位人事劳资管理发展的思考	任嫣婵 (159)
关于行政事业单位完善内部控制,注重财务管理质量	沈自强 (162)
旋翼式水表倾斜安装对计量性能影响的试验性探析	张 伟 (165)
曝气吹脱法去除水中三氯乙烯等有机污染物的结果研究	
..... 向 华 施 俭 张 青 陆 峰	(169)
碱性化学沉淀法去除水中锌的特性研究	
..... 赵 鉴 童 俊 曾次元 王幸艳 任嫣婵	(175)
附录一 上海市供水水质管理细则	(181)
附录二 上海市供水调度管理细则	(186)

三峡水库运行调度对长江口 水源地安全的影响^①

朱慧峰^{1,3}, 阮仁良², 陈国光³, 顾耀龙⁴

(1. 华东师范大学环境科学系, 上海 200062; 2. 上海市水务局, 上海 200050;
3. 上海市供水调度监测中心, 上海 200002; 4. 上海市崇明县自来水公司, 上海 202150)

摘要: 长江口是上海重要供水水源地, 其供水安全保障度往往受制于长江上游来水的变化。自然状态的流域枯水季节, 盐水上溯, 常常导致上海供水困难。三峡水库建成后蓄水及其运行调度方式, 使长江口水源地咸潮入侵规律发生了明显变化, 成为影响长江口水源地安全的重要因素。本文全面分析了三峡水库运行调度对长江口水源地的影响, 总结了多年来长江口盐水入侵的变化规律, 并提出了减缓长江口咸潮入侵影响的对策建议。

关键词: 三峡水库 长江口 水源地 安全

Abstract: Yangtze River is an important water source for Shanghai. The security and safety of water supply was often subject to changes in the upper Yangtze River. Natural state of low flow season and salt water upstream often result in difficulties in Shanghai water supply. After the completion of the Three Gorges reservoir, the storage operation and dispatch had significantly changed salt-water intrusion in water source area. It had become the most important factors affecting the safe operation of Yangtze water source area. This paper had comprehensively analyzed the storage of the Three Gorges Reservoir which affect water source in Yangtze River estuary; summed up the regulation of salt water intrusion and proposed some suggestions to alleviated negative impact.

Key words: Three Gorges Reservoir; Yangtze River estuary; water source areas; security

长江口水域是上海市重要供水水源地, 同时兼具工农业取水、港口航运、行洪排水、滩涂利用等多种功能, 已成为上海市建设现代化国际大都市, 实现经济社会可持续发展的重要支撑。三峡工程建成后,

多次进行试验性蓄水。由于受流域旱情影响, 个别情况下会造成长江中下游地区城乡居民生产生活用水出现困难, 渔民歇业, 航运受阻。上海地处长江流域下游河口地区, 三峡工程蓄水造成长江口水源地咸潮

① 基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(课题编号: 2009ZX07632-03)。

入侵周期提前、入侵频率加大、入侵强度增强等不利情况,但也形成了冬季入海流量增加,起到了削峰补谷的作用,一定程度上缓解了冬季长江口咸潮入侵强度。

1 三峡工程建成后长江口水沙变化情况

1.1 长江口入海流量发生变化

长江径流量大,下游流量控制站大通站多年平均径流量为 $29\,400\text{ m}^3/\text{s}$,进入河口(徐六泾站)的年平均实测径流总量约 $9\,335\text{ 亿 m}^3$ 。长江径流有明显的季节性变化,5~10 月为洪季,径流量占全年的 71.7%,11 月至次年 4 月为枯季。

按照三峡水库平均下泄流量 $14\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 计算,三峡水库每年下泄水量约 $4\,510\text{ 亿 m}^3$,将近长江多年平均入海流量的 50%。也就是说长江入海水量有 50%是三峡下泄水量,另有 50%是三峡下游的洞庭湖、鄱阳湖、汉江等汇水补入长江中下游。为此,三峡水库蓄水对长江口入海流量有较大的影响,直接影响长江口咸潮入侵。三峡水库四次蓄水前后与大通流量的变化情况见表 1。第一次蓄水:2006 年 9 月 20 日三峡水库开始蓄水,至 10 月 27 日基本结束,蓄水 39 d,水位至 156 m。蓄水期间大通流量减少 $4\,300\text{ m}^3/\text{s}$,下降 20.3%。第二次蓄水:2007 年 9 月 26 日三峡水库开始蓄水,至 10 月 23 日基本结束,蓄水 29 d,水位至 156 m。蓄水期间大通流量减少 $21\,650\text{ m}^3/\text{s}$,下降 52.0%。第三次蓄水:2008 年 9 月 28 日三峡水库开始蓄水,至 11 月 9 日基本结束,蓄水 43 d,水位至 172.71 m。蓄水期间大通流量减少 $8\,875\text{ m}^3/\text{s}$,下降 24.0%。第四次蓄水:2009 年 9 月 15 日三峡水库开始蓄水,

至 11 月 1 日基本结束,蓄水 47 d,水位至 171 m。蓄水期间大通流量减少 $18\,400\text{ m}^3/\text{s}$,下降 56.0%。

表 1 三峡水库蓄水对大通流量的影响

年份	蓄水开始时大通流量(m^3/s)	蓄水结束时大通流量(m^3/s)	蓄水高度(m)	蓄水天数(d)
2006	21 200	16 900	156	39
2007	41 650	20 000	156	29
2008	36 975	28 100	172	43
2009	32 800	14 400	171	47

分析结果表明,2006—2009 年三峡水库四次蓄水,大通流量均发生明显变化。2006 年及 2007 年蓄水到 156 m,其中 2006 年用时 39 d,2007 年用时 29 d,大通流量降幅差异很大,说明三峡水库蓄水时间越短,大通流量降幅越大;2008 年蓄水 43 d,但蓄水至 172 m,增加了 16 m,2009 年蓄水 47 d,蓄水至 171 m,蓄水高度基本相同,但是 2009 年适逢长江中下游干旱,大通流量下降幅度较大。三峡大坝到长江口距离为 1 800 km,从三峡水库蓄水到对长江口造成影响,一般会滞后 20 d 左右。因此,三峡水库蓄水时要充分考虑长江中下游地区的实际情况,适时调整蓄水速度。

1.2 长江口上游来沙量发生变化

历史上,长江上游来沙不断在河口区域堆积,形成了丰富的滩涂和众多的江心沙洲,为滩涂湿地资源提供了较稳定的物质来源。长江流域向下游输送的沙量巨大,其多年平均输沙量达 4.14 亿 t(统计时间为 1951—2005 年)。自三峡水库蓄水以来,长江上游来沙量明显减少,进入河口地区的泥沙量更是急剧减少。2006 年大通站年输沙量仅 0.85 亿 t,2007 年为 1.38 亿 t。目前,长江口和杭州湾的滩势进入新

的调整周期。南汇东滩和杭州湾北岸持续冲刷,江心沙洲白茆沙、东风西沙、扁担沙等-5 m 等深线以上面积减少,沙头冲刷严重,沙洲整体向下退缩。长江上游来沙量持续减少势必影响上海滩涂湿地资源总量,降低碳汇能力。

2 三峡水库运行调度对长江口水源地的影响

2.1 长江口水源地概况

上海目前饮用水水源主要由黄浦江上游、长江陈行水库以及部分内河和地下水组成,其中长江口陈行水库占全市原水供应量的 16%,黄浦江上游占 66%,内河和地下水占 18%。根据上海市供水专业规划,上海到 2020 年将构建两江并举、多库联动的水源地格局。长江口将形成青草沙、陈行和东风西沙三大水源地,原水服务人口将超过 1 500 万人,供应规模达到 1 125 万 m^3/d ,占全市原水供应量的 70%。但是,长江口北支、北港和南北槽等水域,大于 250 mg/L 氯化物含量的持续时间长,每年连续不可取水天数平均在 45 d 左右。长江口盐水入侵依然是长江口水资源利用的主要障碍。根据上海市水务局“长江三峡工程对河口水文情况和环境的影响”研究结果,冲盐送沙和通航流量可以兼顾,最少的冲盐流量要求在 10 000~20 000 m^3/s ,每年必须保证入海水量 5 473 亿 m^3 。据最新的研究成果,上海市水务局会同水利部长江勘测设计研究院上海分院,提出长江口分月调控水量要求,鉴于流域实际,建议要确保 10 000~15 000 m^3/s 。

2.2 三峡水库运行调度影响长江口咸潮入侵周期

长江口为中等强度的潮汐河口,咸潮

入侵是其自然现象,但受上游径流、潮汐动力、河口地形等因素的影响变化显著。2006 年秋季长江中下游遭遇百年一遇的干旱,加上三峡水库蓄水,造成长江口陈行水库取水口于 9 月 11 日遭受第一次咸潮入侵影响,咸潮入侵时间比往年提前近 2 个月,咸潮入侵数量多于往年 1 倍以上(共发生 14 次咸潮入侵),咸潮入侵周期加大(受影响天数达 8 d 以上)。

2008 年三峡蓄水对长江中下游长沙、株洲、湘潭等城市的供水和航运等造成一定影响。10 月 1 日大通流量 37 000 m^3/s ,至 11 月 3 日大通流量仅 17 500 m^3/s 。三峡水库自 10 月 26 日起加大下泄流量,同时长江中下游降雨量增加,才缓解了城乡供水矛盾。2009 年 9 月 15 日三峡水库开始蓄水,大通流量为 36 975 m^3/s ,至 11 月 1 日大通流量降至 14 400 m^3/s ,造成长江口水源地于 10 月 22 日就遭受第一次咸潮入侵。

2.3 三峡水库运行调度减缓冬季长江口咸潮入侵强度

三峡水库每年 9、10 月份开始蓄水,冬季能平衡下泄,起到削峰补谷的作用,缓解长江口咸潮入侵强度。2006 年末至 2007 年初,虽然长江中下游遭遇百年一遇的干旱,但冬季 1~3 月份大通流量基本保持在 10 000 m^3/s 以上,比历史上咸潮入侵严重的冬季 6 000~7 000 m^3/s 流量有明显增加。

数据说明(图 1),虽然 2006 年长江中下游遭遇百年一遇的干旱,但大通流量接近历史平均值,三峡水库起到了积极作用。三峡水库现有 32 台发电机组,每台发电机组下泄流量为 200 m^3/s ,合计下泄能力约为 6 000 m^3/s 。按历史数据计算,三峡汇水

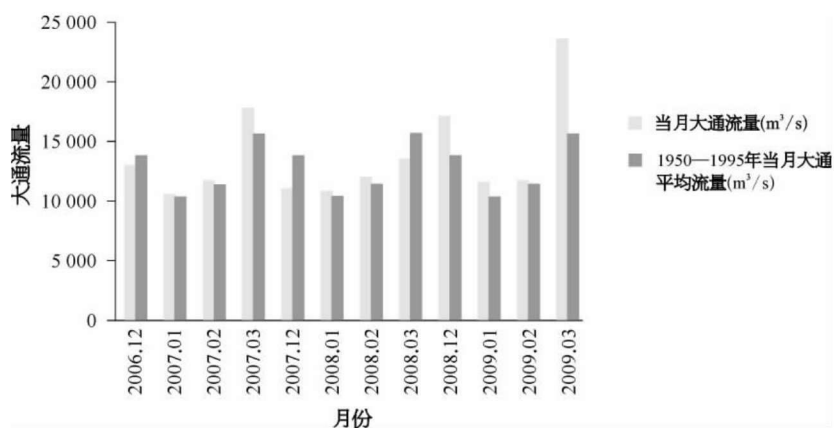


图1 2006—2009年典型月份大通流量

占长江中下游 50%，故冬季长江口的入海流量能维持在 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上。

综上所述,根据实测数据和理论分析可知,三峡水库水利工程对长江口咸潮入侵的影响主要表现为:冬季下泄流量增加,河口水体的氯化物峰值有所降低,连续不可取水天数有所减少;枯水年的 10 月和 11 月三峡水库蓄水,下泄流量减少,长江口咸潮入侵周期将提前,三峡蓄水期成为长江口水源地安全的主要影响时期。

2.4 流域来沙量减少影响长江口水质

长江的高含沙和大流量一直以来是水体自净的重要方式。三峡水库运行调度后,已造成长江口来沙量明显减少。流域来沙量减少,必然造成长江口生物清除能力降低。因此,长江口作为上海的重要水源地,氯化物浓度不应是唯一关心的指标,河口水环境的其他指标对水质的影响也很重要,如营养盐、COD 等。COD 和营养盐均呈现口内高、口外低的分布趋势,说明陆源排放是造成长江口水体中 COD 和营养盐分布特征的主要因素。在排污状况没有显著改善的情况下,长江径流量减少必将导致长江口内有机物、营养盐含量超标;加

上咸潮入侵时的盐水倒灌,致使污染物不能顺畅排入口外得到稀释,将导致长江口环境容量大大降低,势必降低长江口内水环境质量。

3 结论与建议

3.1 结论

长江口是上海重要供水水源地,其供水安全保障度往往受制于长江上游来水的变化。自然状态的流域枯水季节,盐水上溯,常常导致上海供水困难。三峡水库建成蓄水后,长江口水源地咸潮入侵规律发生了明显变化,对长江口水源地产生了重要的影响,成为制约上海市供水安全的重要问题,引起业内重视,需开展进一步对策研究。

3.2 主要建议

(1) 加强流域管理。加快制定“长江流域水资源保护条例”,要从长江流域系统管理出发,通过流域管理与区域管理有机结合,统一规划、标本兼治、流域协调、区域负责、依法管理、强化监督,使长江生态环境恶化趋势得到尽快遏制,以推进长江流域经济社会与环境协调发展。

(2) 合理配置长江水资源。在分析跨

流域引水量及安徽省、江苏省和上海市用水量变化趋势的基础上,对长江中下游用水进行统一规划和合理调配,避免对长江口生态造成不利影响。为避免三峡蓄水对河口的影响,应统筹三峡蓄水期和特枯水情发生时的流域水量分配,确保咸潮期大通临界流量控制在 $10\,000\sim 15\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (每年 10 月到次年 4 月,可根据情况分月控制)。

(3) 开展长江口生态环境的跟踪监测和研究。通过对长江口代表性断面的潮量、流速、流向、含沙量、含盐度及水质的时空分布的监测、统计和分析,以掌握长江口水域自然变化的第一手资料,确保河口地区的生态安全和社会经济发展的需求。

(4) 优化三峡水库运行调度方案。加快建立三峡水库运行调度模型,综合考虑长江流域气候变化,科学把握三峡水库蓄水时间和速度,适当提前三峡水库蓄水时间。蓄水时要考虑长江中下游的流量变

化,如长江中下游干旱,则要降低三峡水库蓄水速度,尽可能减少对长江中下游和长江口咸潮的影响。

参考文献

- [1] 张嘉毅. 上海市水源安全保障战略[C]//太湖高级论坛交流文集,2004.
- [2] 陈吉余,何青. 2006 年长江特枯水情对上海淡水资源安全的影响[M]. 北京: 海洋出版社,2009.
- [3] 陈吉余. 21 世纪的长江河口初探[M]. 北京: 海洋出版社,2009.
- [4] 陈显利,徐野,李沈平,毕希. 加强我国供水安全保障能力建设的建议[J]. 中国给水排水,2009,25(14): 25-27.
- [5] 阮仁良. 上海市水源地的可持续利用和水环境治理措施[C]//上海市饮用水水源地战略研讨会论文集,2004.
- [6] 车越,杨凯,范群杰,张勇. 黄浦江上游水源地水环境演变规律及其影响因素研究[J]. 自然资源学报,2005,20(2): 163-171.

水库型水源致嗅物质甲基异 茨醇-2 去除工艺探讨

朱慧峰,陈国光,钱静汝

(上海市供水调度监测中心,上海 200085)

摘要: 蓝藻水华是近年来发生在水库型水源的严重环境灾害,给水库水质管理和供水安全敲响了警钟,蓝藻产生的致嗅物质也成为我国自来水厂迫切关注的水质问题。本研究对长江口某水库型水源突发嗅味问题进行了分析,确定 MIB-2 为水体主要致嗅物质。同时,采用不同水处理工艺对 MIB-2 的去除效果进行了研究,经试验研究及运行验证,提出常规工艺不能有效解决嗅味问题,采用粉末活性炭可以有效吸附嗅味物质,去除率可达 60%~80%,完全去除尚需采用深度处理工艺,从而全面改善水质。

关键词: 嗅味 MIB-2 常规处理 深度处理 粉末活性炭

1 概述

为保障经济社会的全面、协调和可持续发展,进一步改善饮用水水质,我国南方沿海某城市经过长期的科学论证和研究,于 2010 年在长江口规划建设了大型集中式饮用水水源地,水库面积近 70 km²,是国内最大的避咸蓄淡型河口江心水库。通过近两年的实际运行管理,水库水质总体稳定,安全可控。但是,由于上游来水总氮、总磷偏高,且水库建设初期设施尚不完善,水体流动性较差,夏季易造成水库局部水域产生较大规模蓝藻水华,并由此产生致嗅物质,影响供水水质。2010—2011 年夏季,供水企业陆续接到用户水质投诉,日投诉电话数高达 70 余件,虽经水厂取水头部投加粉末活性炭,仍不能彻底解决出厂

水嗅味问题。为此,供水管理部门会同原水、供水企业针对饮用水嗅味问题开展专项研究,并就常规处理、深度处理和粉末炭吸附工艺去除嗅味物质的效果进行了试验研究及运行验证,最后确定了在水源地原水泵站集中投加粉末活性炭的应急处置方案,改善了出厂水水质。

2 水库藻类生长规律和致嗅物质分析

2.1 水库藻类生长规律分析

长江口径流量大,污染源较少,水质总体良好。根据环保部门历年的监测数据,按照国家《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)评价,符合国家地表水Ⅱ~Ⅲ类标准。但水体营养盐,特别是总氮、总磷指标值偏高,造成水库建成运行后,容易形

成局部蓝藻大规模水华。

供水部门在库内设定多个水质监测点进行长期监测,监测点基本按照进水口到出水口等距离分布,发现库内一年四季均存在浮游植物群落。其中,冬季生物量组成主要是硅藻,5、6 月份以绿藻门为主,硅藻和蓝藻在部分区域交替成为第二

大种群,7、8 月份藻类生长进入高发期,库内平均生物量激增,尤以蓝藻门为主,特别是颤藻属和鱼腥藻属。9 月份以后气温逐步下降,生物量也整体回落,硅藻、隐藻门生物量逐步上升。2011 年 7 月至 2012 年 10 月藻细胞总数变化如图 1 所示。

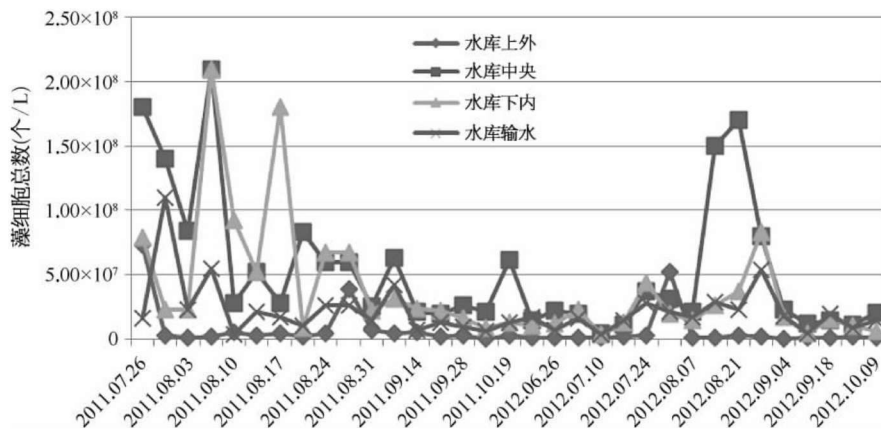
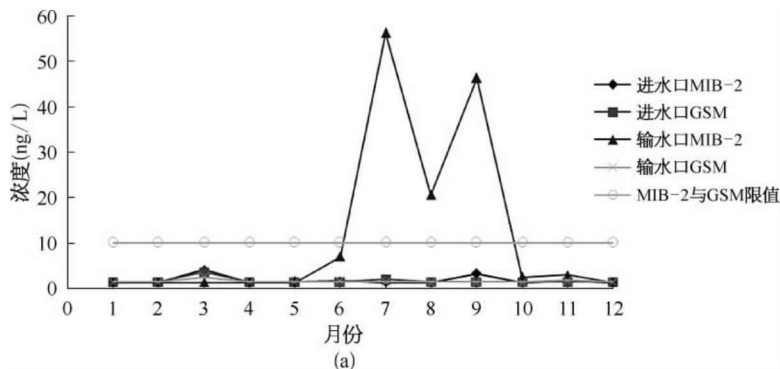


图 1 2011 年 7 月至 2012 年 10 月藻细胞总数变化

2.2 水库致嗅物质分析

藻类植物门是所有植物中最古老、最原始的低等类群。其中,蓝藻衰亡时没有足够的自溶酶进行快速分解,一般需要 4~5 周以上才能腐烂,产生严重的腐臭、腥臭气味;绿藻衰亡时产生自溶酶帮助分解,一般 1~2 周左右可以全部分解,进入底泥形成泥炭层;硅藻也可产生大量自溶

酶帮助分解,遗留的细胞壁沉积成硅藻土。为此,判断水库水体产生的异嗅物质主要由蓝藻在新陈代谢过程中产生。同时,水质嗅味投诉事件的出现也具有一定的规律性,夏秋季节多发,且秋季尤其明显。根据对水库藻类品种的分析可以发现在蓝绿藻衰退后和上升阶段,用户嗅味反映最强烈。



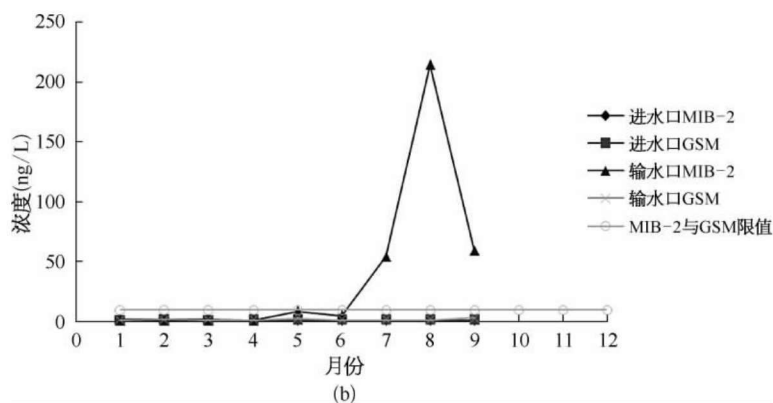


图 2 2011 年和 2012 年水库中 MIB-2 与 GSM 含量对比
(a) 2011 年; (b) 2012 年

为更好地应对原水臭味问题,供水部门对水库水体臭味物质进行分析。取水厂原水经 SDE 富集后,通过 GC-MS 进行定性和定量分析,发现水库原水甲基异茨醇-2(MIB-2)明显偏高。国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)附录 A 及日本的饮水标准明确,甲基异茨醇-2 和土臭素的限值为 10 ng/L;法国相关资料提出,当 MIB-2 浓度在 5 ng/L 时,便会产生 2 级嗅阈值。根据有关资料和水厂原水的检测数据,确定水库水体中致嗅物质主要是 MIB-2。

由图 2 可以确定,每年 7~9 月份,水库 MIB-2 超标情况非常严重,超标时间可长达 50 多天,而且水库出水 MIB-2 变化也很大。

3 不同水处理工艺对 MIB-2 的去除效果

3.1 常规处理工艺

A 水厂设计供水能力 148 万 m³/d,其中 112 万 m³/d 采用常规处理工艺,即折板反应池、平流式沉淀池和 V 形滤池;另有 36 万 m³/d 采用臭氧生物活性炭深度处理,即折板反应池、V 形滤池、炭滤池。A

水厂就常规处理工艺去除 MIB-2 的效果进行了研究,发现常规处理对 MIB-2 的处理效果有限,约 20%。同时,发现在藻类含量很高的水体,预氯化对臭味改善作用不大,甚至引入致嗅物质(表 1)。

表 1 水厂常规处理工艺对 MIB-2 的去除效果

日 期	08.02	08.10	08.22
A 水厂原水(ng/L)	25.46	113.14	409.68
A 水厂出厂水(ng/L)	26.46	119.34	417.10
去除率(%)	-3.9	-5.4	-1.8

3.2 粉末活性炭投加工艺

粉末活性炭是一种具有多孔结构、巨大比表面积和吸附能力的粉状炭。粉末炭对于饮用水中大部分有机污染物、有机臭味物质的去除具有广泛适用性。同时使用比较方便,可以根据饮用水臭味的实际情况决定短期或长期处理藻类暴发期的臭味问题。

(1) 水厂取水头部投加粉炭,浓度设定 30 ppm。今年夏季各水厂从 8 月 16 日下午起投加粉炭,至 9 月 2 日 9 时停止。9 月 7 日至 10 月 12 日又投加粉炭,两次共投加粉炭 52 d,但由于投加粉炭距离太近,效果并

不理想,去除效果在14%~30%(表2)。

表2 水厂常规处理+投加粉炭工艺对 MIB-2 的去除效果

日 期	08.26	09.10	09.26
A 水厂原水(ng/L)	25.42	119.39	271.87
A 水厂出厂水(ng/L)	17.92	103.14	212.37
去除率(%)	29.50	13.61	21.84

投加粉炭后,各相关水厂出厂水甲基异苧醇-2 超标仍较严重(表3)。

表3 各相关水厂出厂水 MIB-2 含量 (ng/L)

日 期	A 水厂	B 水厂	C 水厂
08.18	265.12	277.39	300.39
08.22	417.10	303.30	289.53
08.29	26.46	38.39	31.91
09.05	143.43	151.94	193.13
09.08	103.14	159.14	169.20
09.19	187.64	257.69	267.40

(2) 原水泵站投加粉炭。为全面掌握原水泵站集中投加粉末活性炭对 MIB-2 的去除效果,开展了泵站投加粉末活性炭生产性试验。根据实验室小试结果,确定粉炭选型为煤质炭,粉炭投加浓度分别是 10 mg/L、15 mg/L、20 mg/L。水样取样点设置主要根据原水泵站到达相关水厂(泵站)的时间,共设定 7 个水样取样点。

最近的采样点距离原水泵站 3 h,最远的距离 10.7 h(表4)。

表4 各水厂取水口到水厂距离及输水时间和设计供水能力

水厂	取水口到水厂距离 (km)	输水时间 (h)	设计供水能力 (万 m ³ /d)
A	32.3	5.5	40
B	52.4	9.7	10
C	51.5	9.3	10
D	51.3	9.0	60
E	22.7	6.3	40
F	44.5	6.7	70
G	62.7	14.0	140
H	74.1	23.5	7
I	49.4	8.2	148
J	34.7	6.1	28

3.3 预臭氧生物活性炭工艺

A 水厂采用预臭氧生物活性炭水处理工艺,能有效去除 MIB-2。当前臭氧加注 0.5 mg/L,甲基异苧醇-2 去除率为 39.3%~54.3%,后臭氧加注 0.6 mg/L,甲基异苧醇-2 去除率为 49.4%~72.2%。当前臭氧加注量 0.8 mg/L,甲基异苧醇-2 去除率为 48.19%~56.44%,后臭氧浓度增加提高了甲基异苧醇-2 的去除效果。因此,即使夏天甲基异苧醇-2 最高 400 ng/L 以上,出厂水也能控制在标准的 10 ng/L 以下(表5)。

表5 A 水厂采用臭氧生物活性炭深度处理工艺 MIB-2 去除率

日 期	原水(ng/L)	前臭氧加注 0.8 mg/L(ng/L)	去除率(%)	后臭氧加注 0.4 mg/L(ng/L)	去除率(%)	出厂水 (ng/L)
08.22	474.00	245.54	48.19	149.84	38.97	<1.27
08.24	271.87	118.41	56.44	43.09	63.60	<1.27
09.13	46.08	20.24	56.07	1.86	90.81	<1.27

4 结论和建议

4.1 主要结论

(1) 明确水库原水主要致嗅物质为 MIB-2(二甲基异茨醇),采用次氯酸钠预氯化 and 常规处理工艺不能有效去除水中高浓度嗅味物质。

(2) 通过在水泵站投加粉末活性炭以延长粉末炭吸附时间,可有效提高对原水致嗅物质 MIB-2 的吸附效果,与现有常规处理工艺形成水质相对有保障的应急技术措施。

(3) 臭氧生物活性炭深度处理工艺能有效去除原水致嗅物质 MIB-2。对 MIB-2 含量最高浓度达到 474 ng/L 的原水,通过深度处理工艺,出厂水浓度可以控制在国家标准以内。

4.2 几点建议

(1) 加强水质监测。建设国家、地方和企业三级水质监测网络,对水库及周边

水域水质进行实时监测。每天分时段检测库内、库外水质指标,并采取水力调控、生物处理、人工预防等手段及时应对水库水质变化。

(2) 推进长江原水深度处理工艺。预臭氧生物活性炭处理工艺可以有效去除水体致嗅物质,改善水质。同时,也可以为水厂提供一定的水质净化富余能力,为突发性原水水质下降或水污染事故提供应急保障。

(3) 开展粉末活性炭在输水管道沉降机理研究。需针对粉末活性炭在长距离输水管道的输移机制,开展其不同浓度、不同流速下的沉降性能研究,以确定管道输送最佳不淤流速。

(4) 加强流域水资源保护。加强与水利部长江委等部门协调,参照长江口咸潮入侵机制研究的经验,逐步建立和完善长江口氮、磷等敏感指标监测站网,加强预警、预报和预控。