

上海市 2009—2012 年生活饮用水管网水质监测分析

应亮, 毛洁, 张怡琼, 周晓鹂, 王懿霖, 陈嘉

摘要: [目的] 对上海市生活饮用水管网水质进行监测分析, 推进饮用水卫生监督信息化, 保障城市饮用水卫生安全。[方法] 应用上海市生活饮用水卫生监督预警控制平台, 收集 2009 年 5 月至 2012 年 12 月上海市生活饮用水管网水质监测数据并进行统计分析。[结果] 2009 年 5 月至 2012 年 12 月, 平台共连续收集 117 个管网的水质监测数据 5095 条, 水质合格率为 82.7%, 各年度合格率分别为 72.1%、83.3%、85.5% 和 85.9%, 差异有统计学意义 ($\chi^2=87.038$, $P<0.01$)。按照供水水源、供水单位级别等划分的 7 个不同地区的管网水质差异有统计学意义 ($\chi^2=638.014$, $P<0.01$)。共有 1087 项次指标超标。不同地区的管网水水样中, 除总大肠菌群和色度外, 消毒剂余量、菌落总数、浑浊度、铁、锰和耗氧量合格率差异均有统计学意义。[结论] 上海市生活饮用水管网水质总体情况良好, 信息化建设有利于保障城市饮用水的安全。

关键词: 饮用水; 管网; 水质; 监测

Monitoring on Drinking Water Quality in Shanghai Water Distribution System, 2009–2012 YING Liang, MAO Jie, ZHANG Yi-qiong, ZHOU Xiao-li, WANG Yi-lin, CHEN Jia (Agency for Public Health Inspection, Shanghai Municipal Health Bureau, Shanghai 200031, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To monitor the drinking water quality and promote informatization of drinking water health inspection, so as to safeguard drinking water quality in Shanghai. [Methods] Data of drinking water quality monitoring the municipal supply networks were collected and statistically analyzed by the Shanghai Drinking Water Health Inspection and Warning Control Platform. [Results] From May 2009 to Dec 2012, 5095 entries of drinking water quality data in 117 municipal supply networks were collected. The total qualified rate was 82.7%. The qualified rates were 72.1%, 83.3%, 85.5% and 85.9% for each selected year respectively with significant difference ($\chi^2=87.038$, $P<0.01$). According to different water sources and grades of water supply plants, the whole city was divided into seven districts, and the difference in drinking water quality among the seven districts was significant ($\chi^2=638.014$, $P<0.01$). A total of 1087 indices were not qualified. The differences in the qualified rates of disinfectant residual, total bacterial count, turbidity, iron, manganese, and chemical oxygen demand among 7 districts were significant, except total coliform group and color. [Conclusion] Drinking water quality in distribution networks in Shanghai is good in general, and informatization construction will safeguard urban drinking water quality.

Key Words: drinking water; network; water quality; monitor

上海市生活饮用水卫生监督预警控制平台(以下简称“平台”)是 2009 年由上海市卫生局卫生监督所建立。该平台是我国大陆地区卫生监督与信息化技术的首次结合, 具有信息收集、信息分析、综合展示及地理信息系统(geographic information system, GIS)展示 4 大功能, 平台通过信息化手段对生活饮用水卫生监测数据进行整合、分析和利用, 实现对生活饮用水水质的监督预警和科学管理, 为日常饮用水卫生监督、突发饮用水污染事件处置和重大活动饮用水卫生监督保障等提供了数据支持和技术支撑^[1]。本项研究将通过平台自

2009 年 5 月至 2012 年 12 月的管网水质监测数据的分析, 观察上海市生活饮用水管网水质的卫生状况, 为保障城市饮用水卫生安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

收集、整理来自平台自 2009 年 5 月至 2012 年 12 月的管网水质监测结果资料。

1.2 水样的采集

1.2.1 监测点设置 2009 年 5 月平台搭建之初, 根据最佳费用-效益比原则, 该市共设置 283 个管网水水质监测点^[2], 之后由于城市建设、管网改造和其他原因, 2012 年 6 月对监测点作了调整, 目前共有 215 个监测点。为确保研究的连续性, 将本次研究的对象设定为自 2009 年 5 月起一直沿用未经变动的监测点, 全市共计 117 个。

[基金项目] 上海市公共卫生三年行动计划“上海市生活饮用水卫生监测、预警及监督体系优化建设”项目(编号: GWIII-39)

[作者简介] 应亮(1972—), 男, 硕士, 副主任医师; 研究方向: 公共卫生监督; E-mail: liangyingsh@2008.sina.com

[作者单位] 上海市卫生局卫生监督所, 上海 200031

1.2.2 监测时间和频率 自 2009 年 5 月平台搭建运行起至 2012 年 12 月, 每月监测 1 次。

1.2.3 监测指标 借鉴卫生部城市生活饮用水检测网络试点工作的指标选择, 综合上海本地实际情况, 确定消毒剂(根据供水单位水消毒工艺不同分别为游离性余氯、一氯胺、二氧化氯)、菌落总数、总大肠菌群、色度、浑浊度、铁、锰、耗氧量、氨氮共 9 项指标^[2], 2010 年起氨氮指标不再监测, 为确保研究的连续性, 本次研究的指标为上述除了氨氮外的 8 项指标。

1.3 检验方法和评价依据

检验方法按照《生活饮用水标准检验法》(GB/T 5750—2006) 进行, 在监测指标中, 消毒剂余量和浑浊度为现场检测, 其余指标为采样后送专门检验机构进行检测。

评价依据为《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006), 监测指标中有一项不合格即判定为该监测点水样不合格。

1.4 统计分析

监测结果通过网络直报进入平台数据库, 通过平台将上海市按照供水水源、供水单位级别(考虑到不同级别供水单位存在在水处理工艺差异)等的不同分为 7 个不同的地区(表 1), 使用平台自带查询统计模块(BIEE 数据挖掘工具)进行统计描述, 并使用 SPSS 13.0 统计软件对全市及不同地区的结果进行统计分析。

表 1 上海市供水 7 个地区划分标准

地区编号	地理位置	主要供水单位	水源
A	北部和西北部	市级及区(县)级供水单位	长江水
B	中心城区	市级供水单位	长江水或黄浦江水*
C	中心城区	市级供水单位	黄浦江水*
D	西部和南部	区(县)级及以下供水单位	黄浦江或其支流、内河河道
E	东部	市级、区(县)级及以下供水单位☆	长江水或黄浦江水*
F	东部	区(县)级及以下供水单位	黄浦江支流水或地下水△、内河河道
G	西南部	市级供水单位	黄浦江水

[注]*: 2011 年中改为长江水; △: 2012 年后正逐渐改为长江水(尚未全部完成); ☆: 2011 年中均由市级供水单位供水。

2 结果

2.1 全市管网水水质合格情况

以《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 评价 2009 年 5 月至 2012 年 12 月全市管网水水质监测合格率为 82.7%, 共有 1 087 项次指标超标, 主要不合格指标为耗氧量和锰, 分别占超标指标的 59.3% 和 25.1%。

4 年间管网水合格率依次为 72.1%、83.3%、85.5%、85.9%, 各年度水质合格率逐年上升, 差异有统计学意义($P < 0.01$), 见表 2。

表 2 不同地区管网水监测指标合格率情况[合格数(n), 合格率(%)]

指标	A 地区($n=1384$)		B 地区($n=528$)		C 地区($n=703$)		D 地区($n=1399$)		E 地区($n=264$)		F 地区($n=512$)		G 地区($n=305$)		χ^2	P
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
大肠菌群	1384	100.0	526	99.6	702	99.9	1399	100.0	264	100.0	512	100.0	305	100.0	9.22	>0.05
菌落总数	1383	99.9	527	99.8	699	99.4	1382	98.8	261	98.9	481	93.9	296	97.0	92.86	<0.01

表 2 上海市 2009—2012 年管网水水质监测合格率

年度	监测样品数	合格样品数	合格率(%)
2009	883	637	72.1
2010	1404	1169	83.3
2011	1404	1201	85.5
2012	1404	1206	85.9
合计	5095	4213	82.7

[注]*: 卡方检验, 年度间比较, $\chi^2=87.038$, $P < 0.01$ 。

2.2 不同地区管网水水质监测结果合格情况

全市 A、B、C、D、E、F、G 7 个地区管网水水质合格率分别为 99.1%、93.9%、82.8%、65.6%、82.6%、70.7%、87.2%, 差异有统计学意义($P < 0.01$), 见表 3。除 D、F 地区外, 其他地区 2012 年合格率均超过 95%。

表 3 不同地区 2009—2012 年管网水水质合格率

地区	监测样品数	合格样品数	合格率(%)
A	1384	1371	99.1
B	528	496	93.9
C	703	582	82.8
D	1399	918	65.6
E	264	218	82.6
F	512	362	70.7
G	305	266	87.2
合计	5095	4213	82.7

[注]*: 卡方检验, 不同地区间比较, $\chi^2=638.014$, $P < 0.01$ 。

2.3 4 年间不同地区管网水水质变化趋势情况

该市 A、B、C、D、E、F、G 7 个地区管网水水质从 2009 年至 2012 年的水质合格率变化趋势见图 1。由图可见除 D 地区外, 其他地区管网水合格率均呈上升趋势。

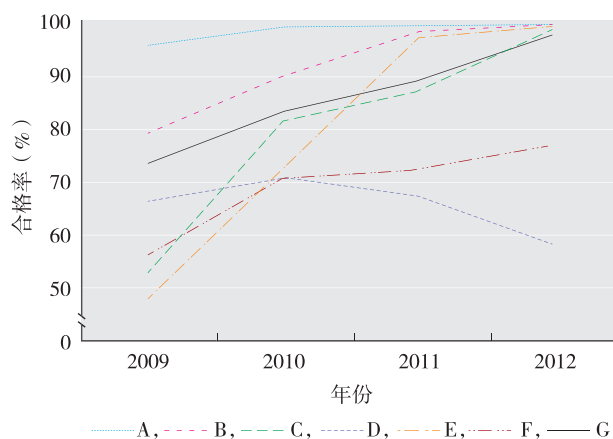


图 1 2009—2012 年不同地区管网水水质监测合格率变化趋势

2.4 不同地区管网水水质监测指标的合格率

在该市 A、B、C、D、E、F、G 7 个地区管网水各监测指标中, 除总大肠菌群和色度外, 消毒剂余量、菌落总数、浑浊度、铁、锰和耗氧量合格率差异有统计学意义, 见表 4。

续表 4

指标	A 地区 (n=1 384)		B 地区 (n=528)		C 地区 (n=703)		D 地区 (n=1 399)		E 地区 (n=264)		F 地区 (n=512)		G 地区 (n=305)		χ^2	P
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
色度	1 384	100.0	526	99.6	702	99.9	1 395	99.7	264	100.0	512	100.0	305	100.0	10.00	>0.05
浑浊度	1 382	99.9	527	99.8	687	97.7	1 399	100.0	264	100.0	497	97.1	303	99.3	71.39	<0.01
铁	1 384	100.0	527	99.8	702	99.9	1 383	98.9	257	97.3	508	99.2	304	99.7	35.53	<0.01
锰	1 382	99.9	523	99.1	694	98.7	1 221	87.3	239	90.5	468	91.4	295	96.7	289.14	<0.01
耗氧量	1 376	99.4	508	96.2	601	85.5	999	71.4	247	93.6	434	84.8	285	93.4	566.22	<0.01
消毒剂余量	1 384	100.0	526	99.6	702	99.9	1 399	100.0	261	98.9	492	96.1	304	99.7	129.86	<0.01

3 讨论

近年来,随着人民生活水平的日益提高,对生活饮用水卫生安全的要求也越来越高,2009年至2012年期间,随着全市水源地和集约化供水建设,上海生活饮用水水质提升明显,全市管网水水质监测合格率从72.1%上升至85.9%。除D、F地区外,其余地区2012年管网水监测合格率均已经超过95%。

研究表明,上海市不同地区管网水水质差异主要与水源地、供水单位制水工艺有关,进一步加强水源防护,优化供水单位水处理工艺,是确保上海地区管网水水质的重要保证。在2010年底,上海市生活饮用水水源主要依靠黄浦江,随着青草沙水源地的全面建成并投入使用后,长江原水供应能力大幅度提升。以B、C地区为例,两者均位于上海市中心城区,均由市级供水单位供水,在2011年青草沙水库长江水源启用之前,前者由长江、黄浦江水源供水,后者全部由黄浦江水源供水,从2009—2012年上海市地区管网水水质监测合格率趋势可知,后者管网水水质监测合格率明显较前者低,2012年两地区均使用青草沙水源后,管网水监测合格率趋于相近。良好的制水能力在一定程度上能弥补水源对水质的不良影响,上海市市级集中式供水单位在2010年后逐步在混凝、沉淀、过滤、消毒等常规处理工艺的基础上,增加臭氧氧化和生物活性炭吸附过滤的深度处理工艺,较以往传统的水处理工艺来说,臭氧氧化将大分子有机物变成小分子有机物,有利于活性炭对有机物的吸附,两者联用可以更有效地发挥各自的优势,对有机污染物的去除效果更显著^[3],A、C、G等以市级集中式供水单位供水的地区水质有明显的提高,尤其是对长期受制于区内点源和非点源污染以及上游江浙来水^[4]的黄浦江水源来说,效果尤为明显。以D、G两地区为例,两者均使用黄浦江水源,在2009年前后两者管网水合格率差异无统计学意义,随着G地区在2011年后对水厂制水工艺进行了深度处理改造后,确保了在水源限制的前提下仍能保持95%以上的管网水合格率,而D地区其供水单位多为乡镇小型供水单位,还有部分为自建设施供水单位,本身水处理工艺比较落后,该地区管网水水质合格率近年来呈下降趋势,近年内还连续发生多起突发饮用水污染事件。陈国光等^[5]的研究表明,上海中心城区现有管网对管网水质影响不大,目前该市各地区的管网改造都在逐步进行中,即不管是中心城区的B、C地区,还是偏远的A、E、G地区,虽然管网改造进度各不相同,但是2012年管网水合格率均在95%以上,差异无统计学意义($\chi^2=6.593, P>0.05$)。

从指标合格率来看,菌落总数、浑浊度、消毒剂余量3项指标合格率最低的均为F地区,耗氧量、锰合格率最低的是D地区,铁合格率最低的为E地区。F地区在2011年前有近半数供水单位使用地下水作为水源,使用的制水工艺仅为除铁、除锰和二氧化氯消毒。经监督检查后发现,该地区菌落总数和消毒剂余量超标的原因是部分供水单位为了降低制水成本,未正常使用二氧化氯进行水质消毒,导致出厂水消毒剂余量不足,引起管网水微生物指标的超标。近年来上海地下水环境质量受到工业排放的“三废”,农业施用的化肥农药,生活垃圾等不合理处置因素的影响^[6],对水质产生一定影响,而上述使用地下水的供水单位对原水也不进行混凝、沉淀的处理,结果导致水质浑浊度超标。同时,浑浊度也影响了消毒剂的消毒效果,也是引起该地区微生物指标超标的原因之一。D地区受限于其原水和供水单位水处理工艺落后,耗氧量和锰较高的原因与其主要使用的是黄浦江及其支流和内河河道水源,区内供水单位也多使用传统的水处理工艺有关。

上海市生活饮用水卫生监督预警控制平台的建立和运行,为卫生监督机构积累了更全面的生活饮用水水质数据,本研究对上海市2009—2012年管网水水质监测结果的分析,充分反映了上海管网水水质特点和存在的主要问题,为卫生行政部门制订决策和卫生监督机构实施监管提供了翔实的依据,有助于进一步推进上海市生活饮用水卫生监督管理的效果。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1]毛洁,张怡琼,应亮,等.上海市生活饮用水卫生监督预警控制平台应用[J].中国公共卫生,2011,27(6):773-774.

[2]应亮,毛洁,陈嘉,等.上海市集中式供水单位水质监督监测网络构建[J].中国公共卫生,2010,26(1s):82-84.

[3]李灵芝,周云,王占生.饮用水深度处理工艺对有机污染物的去除效果[J].中国环境科学,2002,22(6):542-545.

[4]乐林生,吴今明,鲍士荣,等.上海市安全饮用水保障技术[J].给水排水,2005,31(9):5-10.

[5]陈国光,乐林生,康兰英,等.上海市城市管网水质研究及对策[J].给水排水,2005,31(12):13-17.

[6]李金柱.上海地区浅层地下水有机污染基本特征[J].上海国土资源,2012,33(2):25-28.

(收稿日期:2013-07-24)

(英文编审:金克峙;编辑:洪琪;校对:张晶)