

# Hazard of Disinfection By-products in Drinking Water and Analysis of Its Detection Methods

Guili Sang

Shanghai Juxing Environmental Testing Co., Ltd., Shanghai, 200333, China

## Abstract

There may be residual by-products during the disinfection process of drinking water, which may cause significant harm to the human body and even increase the incidence of cancer. Therefore, it is necessary to do a good job in detecting disinfection by-products in drinking water. Based on this, this article first briefly analyzes the hazards of disinfection by-products in drinking water, and explores the detection methods for disinfection by-products in drinking water based on a certain detection project. According to the detection purpose of the project, improved headspace gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry are used to detect trichloromethane and dichloroacetic acid in the detection of disinfection by-products in drinking water, respectively, to determine the presence of trichloromethane and dichloroacetic acid by-products in drinking water.

## Keywords

drinking water for daily use; disinfection by-products; harm; test method

## 生活饮用水中消毒副产物的危害及其检测方法分析

桑桂丽

上海聚星环境检测有限公司, 中国·上海 200333

## 摘要

生活饮用水消毒过程中可能会有副产物残留, 可能会对人体造成较大危害, 甚至增大癌症发生率, 因此需做好生活饮用水中消毒副产物的检测工作。基于此, 论文首先简单分析了生活饮用水中消毒副产物的危害, 结合某次检测项目而探析生活饮用水中消毒副产物检测方法, 根据项目检测目的, 在生活饮用水消毒副产物检测中, 运用改良顶空气相色谱法、气相色谱-质谱法分别完成三氯甲烷、二氯乙烷的检测工作, 用于判断生活饮用水中是否存在三氯甲烷、二氯乙酸副产物。

## 关键词

生活饮用水; 消毒副产物; 危害; 检测方法

## 1 引言

水是生命之源, 在社会经济快速发展和工业规模持续扩大的过程中, 对水资源造成较大程度的污染和破坏。随着当前人们生活水平的提升, 对饮用水的安全性更为关注。虽经过消毒后的生活饮用水在外观上看不出太多异常, 且阻断了致病微生物的传播, 但三氯甲烷、二氯乙酸等消毒副产物可能会残留在生活饮用水中, 损伤中枢神经系统, 甚至致畸致癌, 因此, 为保证居民用水健康, 要加强生活饮用水消毒副产物的检测。

## 2 生活饮用水中消毒副产物的危害

随着越来越多的人逐渐意识到水质对健康的影响, 面对痢疾、伤寒、霍乱等饮用水传播的疾病, 在现阶段的生活

饮用水中不仅要通过消毒措施使饮用水中的致病微生物被全面消除, 还要正确认识生活饮用水中消毒副产物对居民用水健康产生的危害。在中国 2022 年 3 月 15 日正式发布的新版 GB5749—2022《生活饮用水卫生标准》中, 对消毒副产物指标作出修订<sup>[1]</sup>。

在饮用水消毒环节, 消毒剂与水中有机物发生反应生成的次生污染物即为消毒副产物。结合当前生活饮用水消毒的工作实践来看, 氯气或液氯、二氧化氯、次氯酸钠、漂白粉等含氯消毒剂和过氧乙酸、臭氧等含氧消毒剂是最常用的饮用水化学消毒剂。如果直接饮用未经消毒处理的水, 则可能引起发热、腹泻等症状, 严重的话还可能对人体生命造成严重威胁。但如果经过消毒处理的生活饮用水中, 三卤甲烷含量超过 49 $\mu\text{g/L}$ , 则会使人们患有膀胱癌的可能性大幅提高, 同时还会损害人体肾、肝等器官和中枢神经系统。从这一角度来看, 生活饮用水中的消毒副产物危害较大, 尤其是三氯甲烷等三卤甲烷物质以及二氯乙酸, 因此, 在新版 GB5749—2022《生活饮用水卫生标准》指引下对生活饮用

【作者简介】桑桂丽 (1986—), 女, 中国江苏如皋人, 本科, 工程师, 从事实验室质量管理和安全管理研究。

水进行检测时,通常无法运用单一检测方法确认消毒副产物含量,在该情况下,应根据生活饮用水检测项目实际情况确认检测内容,并相应地合理选择检测方法<sup>[2]</sup>。

### 3 生活饮用水中消毒副产物检测实例探析

#### 3.1 确定检测目的

经上述危害分析可知,为避免消毒副产物随生活饮用水而进入人体,需对生活饮用水中的消毒副产物进行检测。生活饮用水检测有着较高的复杂性,相较于一些较为单一的检测,水中不仅可能会含有有毒物质、漂浮物,还可能含有细菌、病毒,这就导致饮用水检测必须涵盖大量内容,否则就可能会导致指标缺失,无法准确、真实地反映出水质情况。在某次生活饮用水消毒副产物检测项目中,经初步分析后确认了该次检测项目的主要目的为检测得出生活饮用水样本中的三氯甲烷、二氯乙酸含量。

#### 3.2 检测难点及解决方案

结合以往检测经验,确定在该次生活饮用水检测项目中具有三大难点,如下所示:①三氯甲烷类消毒副产物在检测过程中,顶空进样时要求生活饮用水在顶空瓶内达到气液两相的动态平衡,而生活饮用水待测样本需加热后方可逸散至气层,但在待测样本持续受热过程中,随着受热时间的延长,待测样本将会出现不稳定现象,继而降低生活饮用水三氯甲烷类消毒副产物的检测精度。②二氯乙酸同样在生活饮用水中保持不稳定状态,在检测过程中,易在水样中、加标过程中出现损失,继而影响最终的二氯乙酸副产物检测结果。③二氯乙酸样本在水浴衍生后,需加入饱和碳酸氢钠,在该阶段需不断振荡放气,此时因溶液量一般,故在放气过程中,受到瓶内压力过大影响,易出现二氯乙酸样本外喷现象,由此则会损失样本,继而影响检测结果<sup>[3]</sup>。

在该次生活饮用水消毒副产物检测项目中,为避免上述问题的发生,提出了针对性解决方案,用于规避难点问题,主要措施如下:①检测三氯甲烷类消毒副产物时,要求将顶空瓶盖扣压紧实,充分固定铝盖,确保铝盖无法活动,在此基础上根据具体检测情况,精细化确定顶空进样时的加热时间,一批次样品以气相走样时长为依据确定顶空排样间隔时间,以此确保所有样品均可保持一致性受热条件,并连续性完成扎取样针、点击进样按钮过程,减少因受热时间不一而造成的检测不准问题。②为防止二氯乙酸因其不稳定状态而在水样中、加标过程中出现损失,对二氯乙酸进行检测时,可提前于现场加入含内标的甲基叔丁基醚萃取液,将二氯乙酸振荡萃取至有机相内,采用该方式提高样品回收率,保障检测精度。③生活饮用水检测二氯乙酸过程中,按滴加入饱和碳酸氢钠溶液,每滴过后旋紧衍生瓶螺口盖振荡放气,采用该方式以免二氯乙酸样本受到高压影响而外喷。此外,为保障振荡放气效果,应多频少量为原则进行放气,且要求尽可能提高饱和碳酸氢钠加入过程的平缓度,以此方

可有效解决该类问题。

#### 3.3 检测实例探析

该次生活饮用水检测项目结合以往难点经验确定了行之有效的解决方案,以下针对性分析三氯甲烷、二氯乙酸的检测要点。

##### 3.3.1 三氯甲烷检测

检测生活饮用水中的三氯甲烷时,所采用的方法为改良顶空气相色谱法,检测要点如下:

①仪器试剂。选用配备ECD电子捕获器的气相色谱仪、安捷伦自动顶空进样仪器、安捷伦毛细管色谱柱、微量注射器(100 $\mu$ L)、成套顶空瓶(20mL)、棕色广口瓶(100mL)。从试剂角度来看,所运用到的试剂包括1000 $\mu$ g/mL甲醇中三氯甲烷标准液、优级纯甲醇、分析纯氯化钠、优级纯抗坏血酸、纯水。除上述实际之外,所运用到的生活饮用水采集于2022年7月,采用随机抽样方式于当地采集。

②检测条件。在该次生活饮用水检测项目中,严格按照该条件检测生活饮用水中的消毒副产物。

③配制标准溶液。准备甲醇9mL,将其转移到容量瓶(10mL)后添加的标准液0.1mL,纯水定容后则可获得密度为10.0 $\mu$ g/mL的三氯甲烷中间液,在此基础上运用纯水将1mL中间液稀释定容,获得密度为100 $\mu$ g/mL的标准液1,同时运用纯水将10mL中间液稀释定容,获得密度为1000 $\mu$ g/mL的标准液2。

④绘制标准曲线。将不同量的标准液1分别装入7个顶空瓶内,纯水稀释,并按照上述解决措施立即压紧密封铝盖。在该情况下可得到不同质量浓度的三氯甲烷标准液,此时设置顶空参数,用于检测,分别将三氯甲烷质量浓度、峰面积作为标准曲线的横纵坐标,并借助外标法完成定量。

⑤结果分析。对最终的生活饮用水三氯甲烷检测结果进行分析,得出三氯甲烷色谱图,在该次生活饮用水检测中,色谱图出现明显的相邻峰,相邻峰分离效果较好。此外,完成标准曲线的绘制后得出三氯甲烷的浓度区间为2.00~100 $\mu$ g/L,相关系数0.99994,三氯甲烷质量浓度、峰面积之间具有良好的线性关系。对该次生活饮用水检测三氯甲烷项目的样本回收率进行测定,经重复性检测验证后,确定样本回收率区间为91.0%~99.0%,平均回收率达到95.8%。该次生活饮用水样本经检测后,发现三氯甲烷在生活饮用水样本中的质量浓度区间为1.10~15.67 $\mu$ g/L,低于标准限值。

##### 3.3.2 二氯乙酸检测

检测生活饮用水中的二氯乙酸时,所采用的方法为气相色谱—质谱法,检测要点如下:

①仪器试剂。所运用的仪器设备包括分液漏斗(50mL)、A级容量瓶、锥形试管(10mL)、棕色样品瓶(1L)、瓦里安质谱仪、瓦里气相色谱仪、载气为99.999%的氦气、瓦里安自动进样器。主要运用到的试剂包括色谱纯甲基叔丁

基醚、优级纯硫酸、优级纯碳酸氢钠、超纯水、色谱纯甲醇、分析纯硫酸钠。

②检测条件。气相色谱-质谱法检测生活饮用水中的二氯乙酸时,进样口温度为200℃,分流比为30:1,载气为氦气,流速为0.7mL/min。在该过程中涉及到升温条件。

③制备试剂。称取无水硫酸钠15g,将其溶解稀释定容,得到150g/L的硫酸钠溶液。准备盐酸氢钠,将其溶解至纯水内,得到其饱和融合。按照硫酸:甲醇=1:10的比例,将流缓慢添加至甲醇内,将其均匀混合后得到酸化甲醇,将其冷却后备用。将甲基叔丁基醚作为溶剂配制萃取用溶剂。

④制备萃取标准样本。按照多个浓度标准制备样本。萃取标准溶液时,准备硫酸1.5mL,将其添加至分液漏斗内,随后快速添加无水硫酸钠13g以及200μg/L三氯丙烷3.0mL,运用甲基叔丁基醚溶剂进行萃取,持续振动摇晃3min,完成萃取后取上层有机相,并运用锥底试管(10mL)存储<sup>[4]</sup>。

⑤样本测定与结果。在该次生活饮用水二氯乙酸检测项目中,借助质谱检测器完成检测,以1s为检测时间,溶剂扫描时间延迟10min,共检测时间为37.16min,采用离子化模式完成检测,扫描区间为50~300m/Z。采用自动化方式进行进样,在实际检测中将进样量设定为1μL。该检测项目主要运用质谱定性方式完成检测,运用内标法展开定量检测。在具体检测过程中,于当地取生活饮用水样本,样本量为30mL,将其添加至分液漏斗,运用上述制备萃取方式对生活饮用水样本进行预处理,并按步骤完成检测。在此基础上则可得到标准质谱图,并确定该生活饮用水样本中的二氯乙酸含量,经实践检测后确认,二氯乙酸在该生活饮用水样本中的质量浓度区间低于国家标准限值,为7.9~14.5μg/L<sup>[5]</sup>。除此之外,结合以往检测经验来看,检测生活饮用水中二氯乙酸时易受到其自身性质以及高压条件的影响出现回收率较低的情况,影响最终检测结果精度等,在该次检测实验中,充分按照上述解决方案进行控制,在检测现场内提前添加含内标的甲基叔丁基醚萃取液,将二氯乙酸振荡萃取至有机相内,采用该方式提高样品回收率,保障检测精度,并在具体检测过程中按滴加入饱和碳酸氢钠溶液,每滴过后旋紧衍生瓶螺口盖振荡放气,采用该方式以免二氯乙酸样本受到高压影响而外喷,同时辅以振荡放气,以此保障了检测精度,并在一定程度上提高了回收率区间,回收率区间表现为90.1%~102.8%。

### 3.4 整体结果分析

在该次生活饮用水消毒副产物检测项目中,主要的检测对象为三氯甲烷、二氯乙酸,在实际操作期间,分别采用改良顶空气相色谱法、气相色谱-质谱法检测生活饮用水中的三氯甲烷、二氯乙酸质量浓度。在实际检测过程中,所采集的生活饮用水均取自当地,由此提高了该次生活饮用水消毒副产物检测结果的可用性,此外,选择两种检测方法保障了检测结果精度,避免了相互干扰问题。经改良顶空气相色谱法、气相色谱-质谱法实践检验后,最终发现在该次当地生活饮用水检测项目中,三氯甲烷、二氯乙酸在生活饮用水样本中所检出的质量浓度区间分别为1.10~15.67μg/L、7.9~14.5μg/L,均低于国家标准限值,由此可见该地生活饮用水安全性有所保障。此外,经解决方案处理优化后,改良顶空气相色谱法、气相色谱-质谱法的样本回收率区间分别为91.0%~99.0%、90.1%~102.8%,结果优异,证明该次所提出的解决方案切实可行,能够在检测实践中发挥良好作用。

## 4 结语

综上所述,消毒副产物可危害人体健康,在生活饮用水质量把控过程中,应做好消毒副产物的检测工作。在某次检测项目中,检测人员对生活饮用水样本进行了初步判断,最终确认各类饮用水细菌以及丙烯酰胺为主要检测目的。在具体检测过程中,采用改良顶空气相色谱法检测生活饮用水中的三氯甲烷含量,进一步选择气相色谱-质谱法检测二氯乙酸,以实际检测结果为依据,判断生活饮用水安全性。

### 参考文献

- [1] 孙煜,邢月梅,张静,等.山东省某区2018—2022年城市饮用水氯化消毒副产物的健康风险评估[J].安徽预防医学杂志,2024,30(2):129-133.
- [2] 袁波,刘塞纳,胡超,等.在线超滤-离子色谱法同时测定生活饮用水5种消毒副产物[J].农产品加工,2024(6):67-70.
- [3] 李凤,刘万年,马建敏.建立同时测定生活饮用水中5种消毒副产物的离子色谱方法[J].现代疾病预防控制,2024,35(3):184-188+207.
- [4] 费娟,于洋,郑浩,等.次氯酸钠消毒饮用水中消毒副产物健康风险评估[J].环境卫生学杂志,2023,13(9):686-691.
- [5] 周闰,杨丽,吴宇伉,等.无锡市不同生活饮用水中两类消毒副产物三卤甲烷及卤乙酰胺的浓度比较[J].环境与职业医学,2023,40(4):456-461.