

· 研究报告 ·

饮用水异味原因、案例分析及检测应对措施

胡冠九¹, 吕欣²

(1. 江苏省环境监测中心, 国家环境保护地表水环境有机污染物监测分析重点实验室, 江苏 南京 210036; 2. 中国环境监测总站, 北京 100012)

摘要: 从致异味物质的性质、产生环节和感官类别3个方面, 分析了饮用水异味的来源, 以及因水厂净水剂、供水管网、工业污染、生活污染、复合污染等产生异味的原因。在对饮用水异味案例进行具体分析的基础上, 阐述了致异味物质的检测方法, 并提出饮用水异味事件的预防和应对措施。

关键词: 饮用水; 异味来源; 案例分析; 异味检测

中图分类号: X507 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2013)03-0013-04

The Sources, Case Study and Measures for Objectionable Taste and Odor in Drinking Water

HU Guan-jiu¹, LV Xin²

(1. Jiangsu Environmental Monitoring Center, State Environmental Protection Key Laboratory of Monitoring and Analysis for Organic Pollutants in Surface Water, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 2. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China)

Abstract: The sources of taste and odor (T/O) in drinking water were indicated based on the characteristics, the derivation origins and the sensory categories; the detailed cases were summarized by the classification of water purifying agent pollution, water supply problem, industry pollution, domestic pollution and combined pollution. The determination methods for the T/O substances were produced, and the prevention and treatment measures for the objectionable T/O incident of drinking water were suggested.

Key words: Drinking water; Taste and odor source; Case study; Measure

自2007年5月无锡太湖蓝藻暴发导致城区大范围的自来水发臭事件后, 饮用水中的臭和味引发的环境(以下统称“异味”)问题受到广泛的关注。水中异味破坏水的感官性状, 容易被用户感知, 是引起用户投诉的环境敏感问题之一。某些异味问题与化学或生物污染事件有关, 是水质管理中的一个难题, 严重时使人身体不适, 威胁公共健康, 处理、处置不当会极大影响社会和谐和政府形象。因此, 找出饮用水异味的来源并科学应对具有重要意义。

1 饮用水异味性质、来源分析

饮用水中异味问题较为复杂, 来源广泛。以致异味物质性质可分为化学性和生物性致味物质。

化学性致味物质包括工农业废水、生活污水排放及天然物质分解造成的化学物质(如刺激性气味的农药废水、芳香味的合成洗涤剂等), 以及水处理过程产生的化学品(如氯味的消毒副产物)。生物性致味物质包括水中微生物或藻类新陈代谢所产生的异味物质, 以及某些天然有机物(如腐殖质)在微生物作用下的分解产物, 如富营养化水体的腐臭味、坑道储存水的臭味等^[1-2]。

从致异味物质的产生环节上分, 主要有四个方

收稿日期: 2013-02-22

基金项目: 环保公益性行业科研专项基金资助项目(201209016)

作者简介: 胡冠九(1969—), 女, 江苏连云港人, 研究员级高级工程师, 主要从事环境监测工作。

面^[3]:一是水厂水处理时产生。如水厂未能有效去除水源水中的致臭物质(土臭素等),或水源水消毒后新增异味物质(氯胺化合物、氯代酚等消毒副产物),或在蓄水池、慢砂滤以及活性炭吸附单元由于微生物的作用而产生异味;二是管网输出厂水时产生。如管道生锈引起金属味,微生物分泌异味物质,或由于管材管质不佳、系统设计不周及系统操作不当引起异味;三是室内给水系统问题所致。如室内给水管道腐蚀引起苦味;四是外部环境污染事件导致。如湖体蓝藻暴发产生的恶臭味,企业违法排污引起的异味等。

从致异味物质的感官类别上分,根据饮用水异味轮状图法,将饮用水异味分成味觉异味、嗅觉异味、口/鼻异感等3类,共13种,包括土/霉味、气味/臭气味、草/木味、腐烂味、芳香味、鱼腥味、药味、化学品味等嗅觉异味8种,酸、甜、苦、咸等味觉异味4种,以及口/鼻异感1种^[2]。水是否有异味,与致味物质的浓度阈值有关,当水中浮游藻类总生物量质量浓度为12.7mg/L~18.1mg/L,产生轻微异味;为42.9mg/L~94.8mg/L时异味严重。致味物质在水中的含量不同,可能产生不同的异味效果,如水中 β -环柠檬醛 $<1\mu\text{g/L}$ 时,呈新鲜的青草味; $2\mu\text{g/L}\sim 10\mu\text{g/L}$,呈干草或木头气味; $>10\mu\text{g/L}$ 时,呈出类似烟草的气味^[1]。

2 饮用水异味事件案例分析

2.1 净水剂污染

2006年11月,文登市疾控中心对城区自来水监控点监测时发现,城区末梢自来水有异味。经调查,发现该市自来水公司使用的聚合氯化铝净水剂中含有挥发酚 0.014mg/L ,导致自来水中产生氯酚。而净水剂酚污染是由于装运净水剂的罐车曾经拉过含酚化工原料^[4]。

2.2 供水管网问题

2.2.1 自来水管破裂

2006年8月,解放军某部分队反映该单位的自来水有异味。经检测,水样有6项指标(pH值、臭和味、浑浊度、氨氮、亚硝酸盐氮和氨氮)超过国家饮用水卫生标准,最后查明是自来水管盲端破损,污染物渗入所致^[5]。

2.2.2 污水倒灌贮水池

2006年1月,大同市某居民楼反映自来水有异味。对用户家庭末梢水的检测结果显示,水样浊

度、氨氮、亚硝酸盐氮指标超标几倍至几十倍。经调查,该居民楼为贮水池二次加压供水,贮水池溢水口通过溢水管与污水井相通。由于污水井下水管道堵塞及溢水管逆水阀失灵,致污水通过溢水口倒灌贮水池,引起供水污染。进一步的水样检测结果表明,浊度、臭和味、氨氮、亚硝酸盐氮、化学耗氧量、细菌总数、总大肠菌群指标均超标,证实这是一起由生活污水通过供水管网引发的污染事件^[6]。

2.2.3 市政供水管网与其他水管相连

2001年4月,盐城城区某村居民饮用水颜色变黄,有异味,自来水样品中检出甲硝唑成分。经调查,事故发生地有一家制药化工企业,未经市建设部门和卫生行政部门批准,擅自将自备深井与市政供水系统连接,提供办公及甲硝唑、核酸等生产用水,酿致污染事故。2001年7月,盐城城区某村办工业园区自来水颜色变黄,并有明显的刺激性气味。自来水样品中邻甲酚含量明显超标,最终查明是某化工厂擅自将工业循环水与市政供水系统直接相连所致^[7]。

2.3 工业污染

2006年12月13日,文登市城区自来水出现异味。经对水源及其上游的排查,发现上游距水源支流1.5km处有一主要原料为苯酚生产鱼竿用树脂个体化工厂,该厂工业废水未做任何处理直接排出厂外。污水平时蓄积在距化工厂500m处 20m^2 的水湾中。12月1日文登市普降大雨,含酚废水冲入下游河流中,造成自来水出现氯酚异味^[4]。

2012年2月,镇江市自来水出现异味,引起社会广泛关注。该市水厂源水取自长江。通过对镇江水厂水源水、出场水、末梢水及沿江下游水厂水源水的检测,锁定源水中致异味物质为苯酚。经进一步现场调查和监测,确认在沿江码头卸货(含苯酚工业品)韩国籍货轮因装货舱体破裂,苯酚渗入压舱水中,行驶时排放含苯酚的压舱水污染了水源。

2.4 生活污染

2.4.1 水体富营养化

2000年夏秋之际,广东开平三埠镇居民反映自来水中有异味。经检测,出厂水和源水中发现蓝藻类和硅藻类等,出厂水中最高约有 2400L^{-1} ,源水中最高每升达几百万个。经调查,排除化学物品,以及人畜粪便或生活污水污染。最终发现因为源水中藻类生长及死亡过程中,在产生大量有机

物的同时也产生一种特殊气味,而水厂不能有效除去特殊气味所致^[8]。

2.4.2 生活污水排放

1997年7月下旬,临沂市区内一些居民反映自来水有异味,有人饮用后出现腹痛、腹泻等症状。经现场检验、调查,水源水受到引水工程沿途村庄生活污水、垃圾、人畜粪便污染,水厂备用水源受到村民洗刷衣物、放养鹅鸭,排放生活污染物污染,大量水源水未经过滤直接进入集水井输送到水厂,导致臭和味、肉眼可见物、亚硝酸盐氮、氨氮、菌落总数、总大肠菌群超标,取水口周围无有效的卫生防护措施,导致自来水生活性污染^[9]。

2.5 复合污染

1999年3月前后,永安市自来水出现类似六六六农药异臭味,加热后臭味更浓。此事件持续时间长达20天,居民对此反映强烈。经检测,水源水(取自水库)、出厂水及末梢水的六六六、DDT、氯苯化合物、卤代烃、苯系物、硫化物、有机磷类农药均未检出,可排除农药污染及硫化物引起的异味。水源水检出柴油成分,pH值为6.30~6.41,偏酸性;总氮、总磷位值分别为1.28 mg/L和0.12 mg/L,均超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)3类水标准,也超过富营养化的限值(总氮和总磷分别为0.3 mg/L和0.02 mg/L);藻类生物量为 $1.7 \times 10^6 \text{ L}^{-1} \sim 2.9 \times 10^6 \text{ L}^{-1}$,依据生物量 $> 10^6 \text{ L}^{-1}$ 作为判别水体富营养化程度的标准,水源已属富营养型水体;检出的藻类中,螺旋鱼腥藻(一种典型的富营养型种类)占绝对优势,为85%。经深入调查,作为水源的水库水体受生活源、农药化肥、养殖、交通旅游、底泥污染以及生物性污染(死亡动植物尸体的污染),加上连续干旱少雨,日照充足,藻类大量繁殖,加重了水体的富营养化程度。因此,这次自来水异味是因为水源水的水库水体富营养化,引起藻类大量繁殖死亡的分解产物所致,而地理环境、水文气象、水产养殖及交通旅游是主要的污染诱导因素^[10]。

3 饮用水中异味物质的检测方法

导致饮用水异味的原因较多,异味物质因其组分复杂、含量很低,给定性、定量检测带来困难,因此选择合理的检测方法至关重要。目前,国内外检测水体异味的方法主要有感官分析法、仪器分析法、感官气相色谱法、传感器分析法以及免疫分析

法等^[2,11]。

3.1 感官分析法

有文字描述法、嗅阈值法^[12]、嗅觉层次分析法^[13]等,适用于确定待测水样是否有异于无臭水,评价人们在使用过程中的接受程度。其缺点是难以准确划分异味的类型,并无法测定低于嗅觉阈值的异味化合物。

3.2 仪器分析法

该方法依据异味物质反应生成物的颜色、发光和离子化原理,用气相色谱法(GC)、气相色谱-质谱(GC-MS)法、比色法、化学发光法等方法分析。鉴于水中大多数异味物质为挥发性、半挥发性有机物,GC-MS法是目前用于检测水中异味物质的最有效手段^[2],相应的样品前处理方法有蒸汽蒸馏萃取(SED)、液液萃取(LLE)、固相萃取(SPE)、固相微萃取法(SPME)、吹扫捕集法(PT)、封闭循环吹脱法(CLSA)、开环捕集法(OLSA)、搅拌吸附萃取法(SBSE)和分子印迹固相萃取法(MISPE)等^[14]。仪器分析法适用于定性、定量分析水中致异味物质的成分,有助于寻找异味的来源。

3.3 感官气相色谱法(SGC)

是在GC-MS的基础上增加了一个嗅觉测量器,样品经色谱柱分离后分成两路,一路通往质谱检测器,一路通往嗅觉测量器。嗅探器或臭味测试员在嗅觉测量器的出口处进行闻测,并记录气味,同时估计臭味的浓度。将所闻测的气味与总离子流图上相对应的质谱峰进行对比,从而测出所闻异味化合物的种类^[15],该方法可较好解决水中异味物质的鉴定问题。

3.4 传感器分析法

基于可检测水中异味物质的传感器,其关键在于开发对已知异味物质具有特异选择性和亲和性材料,作为传感器的敏感识别元件。如分子印迹聚合物,具有亲和性和选择性高、抗恶劣环境能力强、稳定性好、使用寿命长、应用范围广等优点,可望作为敏感元件,研制成耐受性强、低成本的分子印迹传感器,实现对水中异味物质快速定量检测^[2]。

3.5 免疫分析法

基于抗原-抗体反应原理,如酶联免疫吸附测定(ELISA)法,因其专一性强、灵敏度高、简便快速的特点,近年来在水质检测领域已有初步应用。但由于异味化合物的分子质量一般 < 300 ,不易得到高效价的抗体。将免疫分析与传感器分析结合,

研制出新型免疫传感器用于测定水中已知的异臭异味物质是一条可行的发展途径^[2]。

4 饮用水异味事件预防及应对措施

饮用水异味事件涉及面广,科学预防及有效处置,需要供水单位、化工生产企业等认真履职、各负其责,地方政府及相应的环保、卫生等监管部门从流域、区域水环境安全预警和风险管理的角度出发,加强信息沟通、协同监管^[16-17]。

(1) 供水单位应加强日常管理,建立严格的管理制度和操作规程,建立健全水污染突发事件应急预案,提高处置突发事件的能力;建立管网、蓄水池定期检查与维护制度,规范供水网络系统的设立,严格区分自来水管管道和生活污水管道;严密监测取水口、出厂水水质,适时掌握供水水质情况;健全备用水源替换程序。

(2) 各化工生产企业要严格执行有关法规,规范排污口建设,实现废水浓度、总量达标排放;做好企业自备深井和工业用水管理,不得擅自将自备深井或企业循环冷却水管与市政供水管网直接相连。

(3) 政府部门应认真贯彻国家有关水源水保护的法律法规,合理设立生活饮用水水源保护区,必要时设立备用水源,确保水源安全;牵头组织相关部门定期开展对辖区内化工生产企业安全用水专项执法检查,消除事故隐患;加大饮用水安全保障资金投入力度;通过多种形式,广泛宣传饮用水卫生与安全知识,提高广大群众自我保健意识。

(4) 环保部门应加强水源管理和保护,严格把关化工项目立项审批;建立健全企业污染物信息库,加大对饮用水上游企业污水治理达标排放的监管力度;加强对水源水取水口周围水质状况的监测,必要时开展自动监测;加强对源水中新型污染物的检验方法研究和标准的修订;提出严格控制农事活动和污染源的相关合理建议。

(5) 卫生部门要加强饮水卫生管理力度,做好日常的管网末梢水(即到达用户的自来水等)监督检查,加强对水质卫生动态监测,密切掌握水中污染物的浓度变化情况;加强对出厂水质非标指标

检验方法的研究和标准的修订。

[参考文献]

- [1] 周勤,孙伟. 给水中的致味物质及其检测方法[J]. 工业水处理, 2004, 24(1): 5-7.
- [2] 张平,谢思桃,倪中华. 饮用水中异臭异味的检测方法[J]. 给水排水, 2008, 34(增刊): 208-213.
- [3] 黄璐,李树平,周巍巍,等. 饮用水中臭和味问题分析及去除方法[J]. 给水排水, 2012, 38(2): 114-119.
- [4] 于力强,陈超. 一起酚严重污染城市自来水的调查[J]. 预防医学论坛, 2009, 15(1): 92-93.
- [5] 董利勇,荆随宁,王建洪. 某部一起自然水异味的调查[J]. 解放军预防医学杂志, 2008, 26(2): 142.
- [6] 杜祥. 一起由生活污水污染高层二次供水事件的调查[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(2): 65.
- [7] 唐才昌,陆金凤. 由城区三起自来水污染事故引发的思考[J]. 公共卫生管理, 2009, 25(1): 4, 78-79.
- [8] 吴若宁. 一起自来水中异味事故的调查[J]. 中华预防医学杂志, 2004, 38(1): 46.
- [9] 张晓敏,凌再田,周副家,等. 一起自来水污染事件的调查[J]. 预防医学文献信息, 1998, 4(2): 189.
- [10] 杨明金,陈建明,林良珍,等. 一起城市自来水异味原因分析与处理[J]. 福建环境, 2002, 19(1): 19-21.
- [11] 熊小庆,周驰. 饮用水中气味有机物来源及检测方法[J]. 环境监测管理与技术, 1999, 11(5): 9-11.
- [12] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 四版, 中国环境科学出版社, 2002.
- [13] American public health association, american water works association, water environment federation. Standard methods for the examination of water and wastewater [N]. Washington, DC, USA: American Public Health Association Press 2012(22).
- [14] MARCZAK M, WOLSKA L, CHRZANOWSKI W, et al. Microanalysis of volatile organic compounds (VOCs) in water samples—methods and instruments [J]. Microchim Acta, 2006, 155(3-4): 331-348.
- [15] BEATA P, WALDEMAR W. Application of gas chromatography—olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages—A review [J]. Food Chemistry, 2008, 107: 449-463.
- [16] 蒋兆峰,何广立,韦镇萍,等. 一起生活饮用水异味事件的调查[J]. 现代预防医学, 2011, 38(6): 1139-1140, 1143.
- [17] 俞露,陈吉宁,曾思育,等. 区域水环境安全预警系统框架的建立及应用[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(6): 7-10.

启 事

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中,以数字化方式复制、汇编、发行信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。