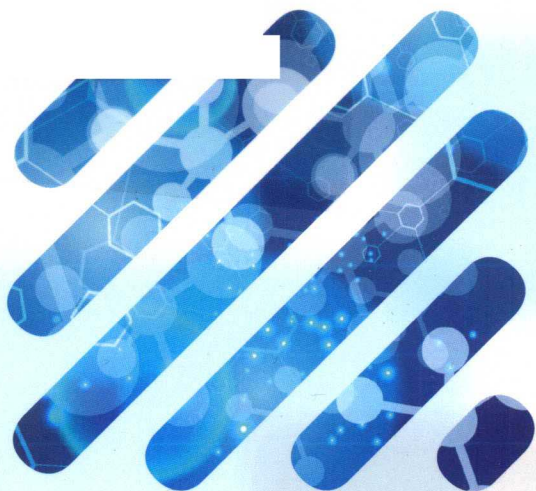




水体异味化学物质： 类别、来源、分析方法及控制

刘则华 谭奇峰 党志 尹华 著



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

水体异味化学物质：类别、来源、 分析方法及控制

刘则华 谭奇峰 党志尹 华 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

饮用水异味物质的筛查仅依靠气相色谱-质谱 (GC-MS) 联用仪等化学仪器存在速度慢和效率低等诸多不足。针对此问题, 本书作者建立了涵盖 800 余种异味化学物质数据库, 以期为饮用水异味的快速筛查提供便利。本书主要是该数据库成果的进一步扩展, 在介绍生活饮用水异味的定义、表征方法, 以及国内外饮用水异味事件的基础上, 分别就四类不同的异味化学物质, 即天然源异味化学物质、工业源异味化学物质、农药源异味化学物质及消毒源异味化学物质逐一进行介绍, 内容涵盖异味基本特征、异味来源、分析方法、形成机理和控制等。

本书适用于自来水供水行业、水质分析与监测领域相关同行以及相关环境决策者参考, 也可作为环境相关专业教师和学生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水体异味化学物质: 类别、来源、分析方法及控制 / 刘则华等著. —北京: 科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-060706-5

I. ①水… II. ①刘… III. ①饮用水—给水处理 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 040916 号

责任编辑: 朱 丽 李丽娇 杨新改 / 责任校对: 杜子昂

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 3 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2019 年 3 月第一次印刷 印张: 12

字数: 230 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

异味是水体污染的一种常见表现形式，可通过人的嗅觉或味觉感知。文献记载的水体异味最早可追溯到 1854 年，美国波士顿等地区的饮用水呈现黄瓜异味，但 160 多年后的今天，人类仍然受饮用水异味的困扰。例如，2014 年 1 月美国西弗吉尼亚州的化学物质泄漏事件，导致饮用水呈现欧亚甘草味，受影响人口 30 万人，其中有近 18% 的人出现恶心、头痛和头晕等不良症状。日本近 30 年来平均每年发生饮用水异味事件 100 余次，其中有不少异味事件未查明原因。水体异味发生时，大多依靠生产经验和现代化的化学仪器进行筛查。然而，可引起生活饮用水异味原因的物质种类很多，数目成千上万，在缺少相应指引的情况下，仅借助仪器分析手段想从众多的异味化学物质中寻找具体的异味原因目标物质，无异于大海捞针。针对饮用水异味成因确定的难点和我国近年来饮用水异味频发的现状，华南理工大学环境与能源学院的刘则华老师及其研究团队，建立了一个涵盖 800 余种异味化学物质的数据库。该数据库建立的目的，是为饮用水异味原因的快速筛查提供便利和有益的参考。在此之前，饮用水异味原因物质的筛查重仪器分析而轻异味特征等易致嗅化学物质本身，筛查有相当比例的不真实性。该数据库建立后，根据异味特征等信息，通过数据库相关数据搜索可将异味化学物质锁定在一个较小的范围，在此基础上再借助仪器分析手段甄别，从而大大节省异味物质筛查时间，为饮用水安全保障提供了一个切实可行的有效途径。

《水体异味化学物质：类别、来源、分析方法及控制》是上述数据库的扩展和应用，体现了一定的学术新颖性，对供水行业技术人员具有很强的参考性和实用性。我很高兴作为该书的最早阅读者之一并为其作序。



中国科学院生态环境研究中心研究员

中国工程院院士

2019 年 1 月

前言

饮用水（英文表述为 drinking water 或 potable water）是现代人类赖以生存的重要物质基础。饮用水的源水主要分为江河水、湖泊水和地下水等，其中江河水是我国饮用水的最大来源，占 80% 以上。随着我国经济的发展，生活水平不断提高，人们对生活质量的要求也越来越高，饮用水的水质成为大家关注的焦点之一。然而，与一些发达国家的直饮水相比，我国的饮用水水质仍有待提高。饮用水问题中，比较突出且亟待解决的是频繁发生的饮用水异味问题，仅在 2014 年的前 5 个月里，媒体报道的饮用水异味事件就多达 15 起。

引起饮用水异味原因的物质多种多样，有天然源异味化学物质，也有工业污染产生的化学物质等。此外，引起饮用水异味的化学物质浓度水平往往极低，多在 $\mu\text{g/L}$ 甚至 ng/L 以下。因此，仅依靠现代化的分析仪器难以快速找出异味来源。饮用水异味化学物质的快速筛查成为解决我国饮用水异味问题的关键一环。针对上述难题，作者认为解决问题的关键是建立一个有效的饮用水异味化学物质数据库，即对每种异味化学物质标上特征信息。当饮用水异味发生时，可根据这些特征信息对疑似异味化学物质进行预先筛查，从而将目标物质圈定在一个较小的范围。在此基础上再结合现代化的仪器分析手段，对疑似异味化学物质做进一步的确认，从而极大地提高筛查效率，为饮用水异味化学物质的快速确定提供一种有效的途径。

作为我国著名的供水企业，广东粤海水务股份有限公司居安思危，对我国的饮用水异味问题特别关注，且一直努力思索和探求解决饮用水异味问题的良策。在解决饮用水异味这一难题上，刘则华课题组的想法和广东粤海水务股份有限公司的思路不谋而合，因而有幸与该公司合作，于 2014 年 8 月正式建立了“水体异味研究”项目。通过双方的共同努力，现已顺利建成了一个涵盖 800 余种水体异味化学物质的数据库。该数据库将所有异味化学物质按来源共分为四类，即天然源异味化学物质、工业源异味化学物质、农药源异味化学物质和消毒源异味化学物质。同时，为更好地介绍此数据库并充分发挥其应用价值，特以水体异味化学物质数据库为中心，撰写本书。

本书共 5 章，按照饮用水异味特征和异味化学物质类别来组织章节。第 1 章对国内及国外如日本、美国和欧洲等国家或地区的生活饮用水异味问题进行概述，进而指出建立水体异味化学物质数据库的重要性和撰写本书的主要目的。第 2 章系

统总结了天然源异味化学物质的主要生物来源，并对我国近年来发生的天然源饮用水异味事件进行案例分析。第3章总结和分析了工业源异味化学物质影响饮用水异味的类别、机理和处理对策。第4章简要介绍了农药源异味化学物质及其在环境中的浓度水平。第5章总结和介绍了消毒源异味化学物质的形成机理和控制方法。本书写作分工如下：第1章由刘则华、尹华完成；第2章由刘则华、党志完成；第3章和第4章由刘则华、谭奇峰完成；第5章由刘则华完成。全书由刘则华统稿，广东粤海水务股份有限公司的王樊、彭鹭、杨创涛、练海贤、路晓锋等参与书稿的校正，研究生罗琼、王浩、张俊、钟姝姝、万一平和汤钊协助校正。

本书的成果主要来自广东粤海水务股份有限公司“水体异味研究”项目(D8144320)，同时也得到了国家自然科学基金(21107025; 21577040)、广东省科技计划项目(2015A020215003)和广州市科技计划项目(201510010162)的资助。特别感谢曲久辉院士、任南琪院士、杨敏研究员和邢新会教授，以及广东粤海水务股份有限公司的徐叶琴、李冬平、孙国胜、林青的大力支持和指导。曲久辉院士特别为本书作序，在此深表谢意。同时，对广东粤海水务股份有限公司所有参与此项目的工作人员一并表示衷心的感谢。此外，特别感谢科学出版社朱丽编辑的热心指导和认真校核。

为方便水体异味化学物质数据库的使用，以及尽可能地发挥该数据库的实际应用价值，我们还将此数据库建立了一个网络化的共享平台，除了本书列出的200余种优先异味化学物质可供检索外，其他未在本书中列出的异味化学物质也可通过网络化共享平台检索(<http://odor.guangdongwater.com>)。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

刘则华

华南理工大学环境与能源学院

工业聚集区工业污染控制和生态修复教育部重点实验室

谭奇峰

广东粤海水务股份有限公司

2019年1月

目 录

序

前言

第 1 章 生活饮用水异味问题概述	1
1.1 我国生活饮用水异味问题简介	1
1.2 生活饮用水异味及表征	3
1.3 水体异味测定方法	4
1.3.1 感官检测	4
1.3.2 标准稀释倍数法	8
1.3.3 化学仪器检测	19
1.4 国外生活饮用水异味问题概述	21
1.4.1 日本生活饮用水异味问题	21
1.4.2 美国饮用水异味问题	26
1.4.3 欧洲饮用水异味问题	28
1.5 小结	28
第 2 章 天然源异味化学物质	30
2.1 优先天然源异味化学物质	30
2.2 天然源异味化学物质的研究概况	30
2.3 天然源异味化学物质的生物来源	33
2.3.1 产天然源异味化学物质的主要生物	33
2.3.2 产天然源异味化学物质的影响因素	50
2.3.3 主要微生物的分离及其产异味物质能力研究	54
2.4 天然源异味化学物质的分析方法	63
2.5 我国天然源饮用水异味事件及原因解析	81
2.5.1 内蒙古金海水库异味事件	81
2.5.2 内蒙古画匠水库天然源水体异味事件	83
2.5.3 河北省洋河水库天然源异味事件	86
2.5.4 北京密云水库天然源水体异味问题	89
2.5.5 江苏无锡天然源水体异味问题	93
2.5.6 上海黄浦江天然源水体异味问题	95

第3章 工业源异味化学物质	97
3.1 优先工业源异味化学物质	97
3.2 工业源异味化学物质致饮用水异味概述	111
3.2.1 工业源异味化学物质致饮用水异味事件	111
3.2.2 工业源异味化学物质致饮用水异味的影响	113
3.2.3 微量工业源化学物质致饮用水异味	116
3.3 工业源化学物质致饮用水异味的对策思考	124
第4章 农药源异味化学物质	126
4.1 优先农药源异味化学物质	126
4.2 农药源异味化学物质在环境中的浓度	130
第5章 消毒源异味化学物质	131
5.1 优先消毒源异味化学物质	131
5.2 消毒源异味化学物质的形成机理与控制	134
5.2.1 消毒源异味化学物质的形成机理	134
5.2.2 消毒源异味化学物质的控制	161
参考文献	165

第1章 生活饮用水异味问题概述

1.1 我国生活饮用水异味问题简介

近年来，我国生活饮用水异味事件频发，仅 2014 年前 5 个月就有 15 起被曝光，差不多每周一起（表 1-1）。水体异味已经同大气雾霾污染一样，成为公众关注的热门话题。生活饮用水有异味便说明该水受到了一定的污染，没有达到饮用水卫生标准。异味问题会引起居民对生活饮用水安全的担忧，甚至会造成广大居民的恐慌。据报道，随着我国城镇化的进一步推进，我国的生活饮用水水源水质有进一步恶化的趋势，其主要特征如下所述（张晓健等，2013；张晓健，2014）。

表 1-1 我国 2014 年 1~5 月经媒体报道的生活饮用水异味事件

时间	地区	水源	影响人口（万人）	嗅味特征	原因
5 月	江苏省靖江市	长江水	64	农药味	不详
5 月	湖北省武汉市江夏区	长江水	68	刺鼻气味	工业排污，具体原因不详
4 月	甘肃省兰州市	黄河水	362*	异味	苯超标
4 月	江苏省盐城市	河水	815*	腥臭味	不详
3 月	江苏省连云港市	长江水	69	异味	不详
3 月	甘肃省兰州市	黄河水	362*	消毒水味	氨氮超标
3 月	湖南省长沙县	河水	小于 1	腥臭味	不详
3 月	安徽省宿州市	地下水	160*	发黄，有异味	不详
2 月	上海市	长江水	200	霉味，化学酸味，苦味	咸潮入侵
2 月	上海市崇明区	长江水	70	塑料、橡胶味	挥发酚超标
2 月	湖北省随县潭潭镇	水库	5	臭味	不详
2 月	江苏省盐城市	人工湖		刺鼻腥臭	氯气过量
2 月	广东省广州市	—	0.13	发臭发黑	不详
1 月	山西省天镇县	—	20*	臭味	糠醛厂排污
1 月	浙江省杭州市	钱塘江	大于 120	塑料、油漆味和农药味	邻叔丁基苯酚

*指该地区的总人口，具体影响人数不详

（1）饮用水水源以地表水为主，地下水为辅，水质受到污染。据报道，地表水水源占全国城市供水量总量的 80%以上，水质不能满足水源水质标准的比例约占 1/3。在 2333 个地表水源地中，I、II 类水质水源地 1297 个，III 类水质水源地 921 个，IV 类水质水源地 79 个，V 类及劣 V 类的水质水源地 36 个。而在 1669 个

地下水水源地中，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ类水质水源地 1409 个，Ⅳ类水质水源地 167 个、Ⅴ类水质水源地 93 个。由于水源水质受到污染，全国约 1.3 亿居民供水的水源水质没有达到标准。全国共有城市供水自来水处理厂 4553 个，其中以地表水为水源的自来水处理厂 2577 个，以地下水为水源的自来水处理厂 1976 个。全国公共供水自来水处理厂中，水源水质不能稳定符合饮用水水源要求的水厂 2556 个，涉及供水总规模达 1.47 亿 t/d，影响用水人口 1.9 亿人。2002~2009 年期间，根据全国 36 个重点城市地表水源水检测结果（1.2 万个地表水源水样）（图 1-1），满足《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）Ⅱ类水体水质要求的样品比例分别为 24.8%、17.2%、21%、18.3%、11.5%、17.0%、5.62%和 8.58%，总体上仍呈下降趋势。

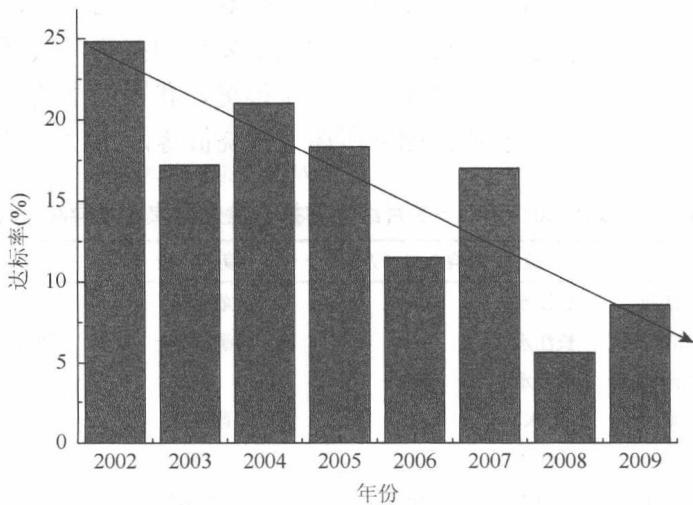


图 1-1 重点城市Ⅱ类地表水水质达标率趋势（张晓健，2014）

（2）自来水处理厂升级改造相对滞后。自来水处理厂的净水工艺仍以常规处理为主，主要去除对象是黏土类颗粒物和病原微生物，对溶解性污染物去除能力有限。据住房和城乡建设部调查，我国采用常规水处理工艺的水厂比例达 94.8%（表 1-2）。在水源污染和新国标实施等因素的驱动下，深度处理工艺得到不断推广，但总比例仍然较低。

表 1-2 城市供水地表水厂水处理工艺统计（张晓健，2014）

项目	个数	总规模（亿 t/d）	规模百分数（%）
地表水厂	2577	1.91	100
常规处理工艺水厂	1981	1.81	94.8
深度处理工艺水厂	43	0.09	4.7
简易处理和未处理水厂	553	0.01	0.5

(3) 突发性水源污染事件频发, 严重威胁城市供水安全。据中国国家统计局年鉴显示, 2000~2014 年我国共发生 15747 起突发事件, 平均每年发生近 1050 起, 其中与水体污染相关的突发事件占近 50%。

(4) 监管不力, 自来水水质达标率低。我国现行的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 于 2007 年 6 月 1 日正式实施, 共包含 106 项水质指标。其中常规指标 42 项, 要求立即实施, 而非常规指标 64 项, 由各省确定实施进度要求, 但不晚于 2012 年 7 月 1 日实施。目前存在的主要问题是因缺乏有效监管, 企业和地方自报的供水水质合格率很高, 但实际的合格率偏低。据 2009 年住房和城乡建设部调查, 在调查的 2048 个地表水厂和 1570 个地下水厂中, 有 23% 的地表水厂和 46% 的地下水厂不达标 (指 42 项常规指标, 但不包含微生物指标)。其中, 地表水厂水质不达标的项目主要有消毒剂余量 (25%)、浑浊度 (17%)、 COD_{Mn} 、氨氮、肉眼可见度、色度等; 而地下水厂水质不达标的指标主要有消毒剂余量 (70%)、浑浊度 (13%)、氟化物、铁、锰、总硬度、硫酸盐、肉眼可见物、硝酸盐、氯化物、砷、色度和 COD_{Mn} 等。

针对自来水水质安全, 有效的行政对策包括: ①加大饮用水安全的政府监管力度; ②加速推进供水水质信息公开; ③加大对现有城市供水设施的更新改造和建设力度; ④加大应急供水能力建设; ⑤深化供水体制改革; ⑥加强饮用水水源的水质保护和风险管理; ⑦加大对饮用水安全的科研支持力度。

饮用水异味问题实际上是一个环境微污染问题, 即导致异味的原因物质浓度很低 ($\mu\text{g/L}$ 甚至 ng/L 以下)。低浓度的异味化学物质很难快速确定, 这对快速筛查致嗅原因提出了挑战。例如, 2013 年 3 月到 2014 年 1 月连续 5 次发生的杭州饮用水异味事件, 从异味的发生到初步判断邻叔丁基苯酚为其主要元凶, 花费了八九个月的时间。虽然水体异味事件近年才被人们所广泛关注, 但实际上它并不是一个“新问题”, 早在 19 世纪 50 年代美国波士顿就暴发了饮用水异味问题 (Blake, 1948)。我国在 1980 年后, 也陆续有不少学术论文涉及饮用水异味问题 (车显信等, 1982; 程海龙, 1990; 黄显怀, 1994; 吴添天等, 2015; 周洋等, 2016)。然而, 到目前为止, 中国仍未出版过相关水体异味的专著。国外对天然源异味化学物质的研究很多, 但只有少数研究涉及工业源异味化学物质。鉴于我国的具体国情和水体异味问题的高发性和高难度, 很有必要对相关研究做一个系统的整理, 以期为我国的水体异味问题的快速解决提供有意义的参考。

1.2 生活饮用水异味及表征

嗅 (odour) 和味 (taste) 是生活饮用水的常规指标, 在我国的生活饮用水水质卫生标准中, 要求饮用水无异嗅和异味。本书中所指的“生活饮用水异味”既

包含“异嗅”，也包含“异味”，习惯上都称之为生活饮用水“异味”。这和其他国家的饮用水标准类似，例如，美国环境保护署的饮用水标准中使用“odour”来描述异嗅和异味（U. S. EPA, 2009），加拿大和日本等国家的饮用水标准中则同时使用“taste”和“odour”（Health Canada, 2014；刘则华等，2016）。嗅觉和味觉共同构成了人类和动物的化学感受系统，这两种感受系统的合作为生存、觅食、繁衍等活动提供了重要的保障，具有长期的生理意义和生存意义。经过长期的生物进化，生物的化学感受系统能够快速、灵敏、特异地检测识别复杂的气体和液体环境中大量不同的物质，是迄今性能最佳的化学检测系统（秦臻等，2014）。生活饮用水异味即饮用水中的单个或混合化学物质可以被人体的嗅觉或味觉所感知。因为人类感知的高灵敏度，这些化学物质的存在浓度水平可以极低。例如，ng/L 级的土嗅素和 2-甲基异莰醇（2-MIB）等物质便足以被人类所感知（陆娴婷等，2003）。为有效地应对水体异味问题，在欧洲、美国、日本等发达国家和地区，通常募集一些符合标准的健康人员，通过较长时间的特殊培训使其成为嗅味专业人员，再通过他们的嗅觉和口感，对不同异味化学物质用简单的词语进行描述和评价，目的是把人的感官性状描述和水中存在的化合物建立有效的联系。目前广为熟知的是 Suffet 等于 1987 年提出的生活饮用水异味车轮法（drinking water taste and odour wheel，图 1-2），该方法的概念最早可追溯到 1916 年（李勇等，2009；Suffet et al., 1999）。随着异味化学物质的增多，异味表述词汇也越来越多。为方便比较，我们将这些描述词汇进行了整理，并列出了代表性的化学物质，具体见表 1-3。

1.3 水体异味测定方法

1.3.1 感官检测

水体异味主要可以通过人的感官和化学仪器这两种方法来评价。所谓人的感官分析是指通过人的嗅觉或味觉来判断气味的类别和强度。由于气味分析的特殊性，目前还没有统一的标准。目前感官分析法在水质检测中主要是借助食品工业上的检测方法，有以下 3 种类型（陆娴婷等，2003）。

（1）TON（threshold odour number）法，即稀释倍数法。TON 法是用无臭水稀释样品至刚好能感知气味的临界点时，稀释倍数的值。美国和英国等发达国家采用此法作为生活饮用水的水质标准。原国家环境保护总局《水和废水监测分析方法（第三版）》中采用 TON 法来检验嗅味。

（2）OII（odour intensity index）法，即异味强度指数法。OII 法是指在一定温度下，用无臭水将水样反复稀释一倍至刚好能感知气味的临界点时，由气味感知员报出稀释次数的值，OII 法不对气味进行描述。该法与 TON 法类似。

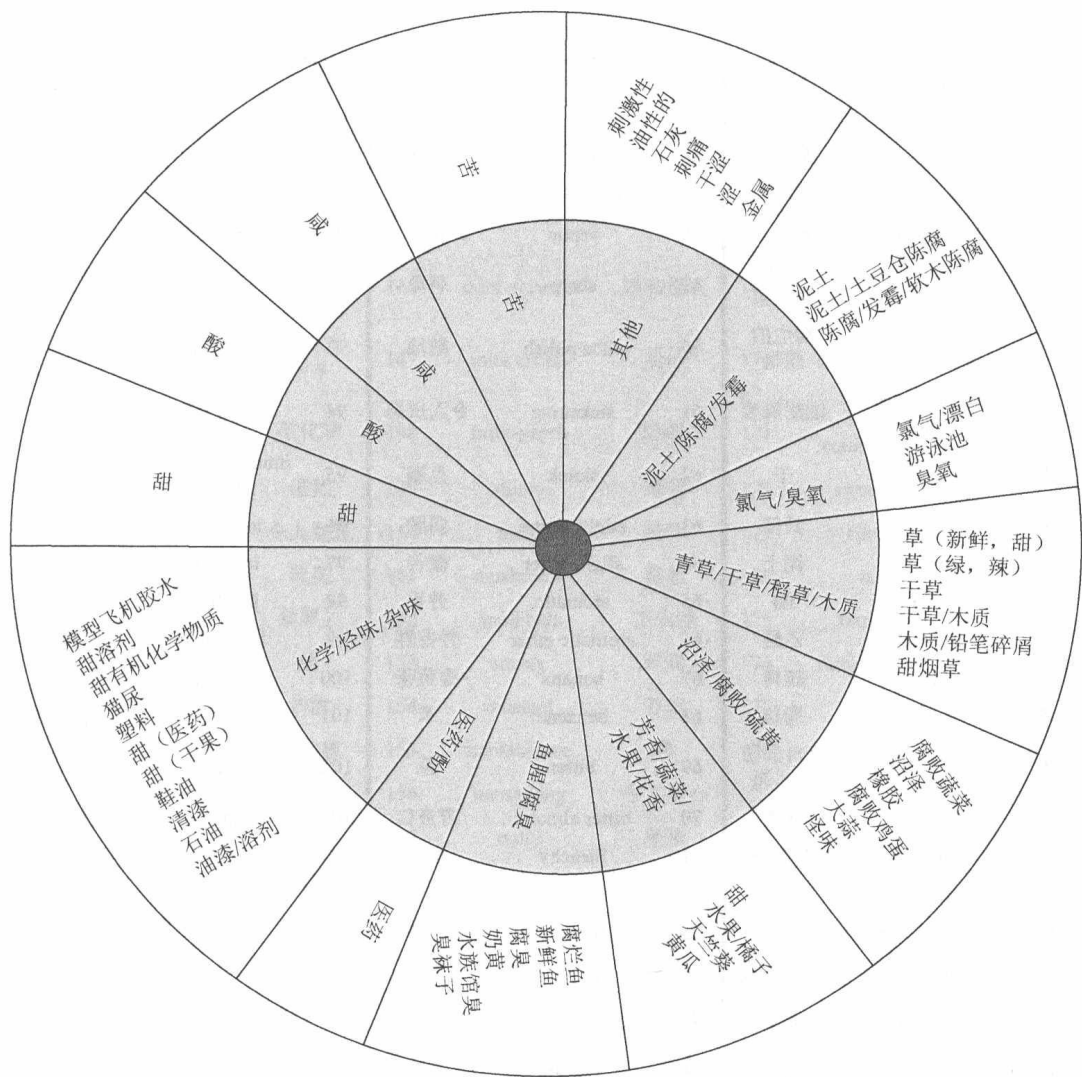


图 1-2 生活饮用水异味车轮图 (Suffet et al., 1999)

表 1-3 异味化学物质异味描述中英文对照表

序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味
1	acetone	丙酮	8	apple aroma	苹果芳香	15	citrus-orange-fatty	柑橘-橙子-脂肪
2	acid	辛辣的	9	apricot	杏味	16	cocoa	可可
3	alcohol	乙醇味	10	chicken soup	鸡汤	17	coconut	椰子
4	almond	杏仁	11	chloroform	氯仿	18	coconut-peach	椰子-桃子
5	amine	胺味	12	chocolate	巧克力	19	coffee	咖啡
6	ammonia	氨臭味	13	cilantro	芫荽叶	20	corky	软木塞霉味
7	apple	苹果味	14	citrus	柑橘	21	coumarin	香豆素

续表

序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味
22	cream	奶油	55	rotten egg	臭鸡蛋	88	green sweet	绿香
23	creosote	杂酚油	56	rum like	朗姆酒	89	hay	干草
24	crude oil	原油	57	sandalwood	檀香	90	hazelnut	榛果
25	dairy creamy	乳制品	58	septic	腐败	91	burnt sugar	焦糖
26	decayed cabbage	腐败 卷心菜	59	sharp	刺鼻	92	herb	草药
27	decayed horseradish	腐烂的 辣根	60	shoe polish	鞋油	93	holly leaf	冬青叶
28	dense sweet honey	浓甜蜂蜜	61	sickening	令人厌恶	94	holly oil	冬青油
29	dry	干	62	skunk	臭鼬	95	immature green fruit	未成熟 青果
30	dung	粪便	63	slight amine	弱胺	96	iodoform	碘仿
31	earthy	泥土	64	slight bitter	微苦	97	irritating	刺激性
32	ester	酯	65	aromatic	芳香	98	jackfruit	菠萝蜜
33	ethereal	乙醚	66	aromatic ether	芳香醚	99	lactic acid	乳酸
34	eucalyptus	桉树	67	banana	香蕉味	100	lavender	薰衣草
35	fatty	脂肪	68	benzene	苯	101	leafy	绿叶
36	fatty fruit	富含脂肪 的水果	69	bitter	苦	102	leek	韭菜
37	fecal	粪便	70	bitter almond	苦杏仁	103	lemon	柠檬
38	fermented aroma	发酵香	71	bleachy	漂白	104	lemon cleaner	柠檬洗液
39	fishy	鱼腥	72	burnt	烤焦	105	smoked incense	熏香
40	perspiration	汗	73	flowery	花香	106	solvent	溶剂
41	phenol	酚	74	foul	恶臭	107	sour	酸
42	pineapple	菠萝	75	fresh cut hay	新割干 草味	108	sour acid	酸
43	pine needle	针叶	76	fragrant	芳香	109	spearmint	薄荷
44	pleasant	愉快	77	fruity	水果	110	special aroma	特殊香
45	potato	土豆	78	garlic	大蒜	111	special pungent	特殊 刺激性
46	potato bin	土豆仓	79	gasoline	汽油	112	spicy	辛辣
47	puckery	涩	80	geraniums	天竺葵	113	stable	牛棚
48	pungent	刺激性	81	glue	胶水	114	stagnant onion	陈腐洋葱
49	pungent orange	刺激性 柑橘	82	grassy	青草	115	stale	陈腐
50	putrid	腐败	83	grease	油脂	116	stench	恶臭
51	rancid	腐臭	84	green	绿草	117	stink	恶臭
52	repulsive	令人厌恶	85	green citrus	青柑橘	118	strange	奇怪
53	rose	玫瑰	86	green grass	绿草	119	strawberry	草莓
54	rotten cabbage	腐败 卷心菜	87	green pepper	青椒	120	strong fruit	味道强烈的 水果

续表

序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味	序号	odour	嗅/味
121	strong raw potato	强烈生土豆	144	melon-pumpkin	甜瓜-南瓜	167	pepper	辣椒
122	strong tomato	强烈西红柿	145	methane gas	甲烷	168	perfume	香水
123	strong unpleasant amine	强烈不愉快胺	146	mild pleasant	温和愉快	169	sweet	甜
124	strong wind flower	强烈风信子	147	milk cream	奶油	170	sweet cream	甜奶油
125	sulfide	硫化物	148	milk-peach	奶-桃	171	sweet coumarinic	甜香豆素
126	sulfur	硫黄	149	minty	薄荷	172	sweetish	有点甜
127	suffocating	令人窒息	150	mold	霉味	173	syrup	糖浆
128	sweat	汗臭	151	mushroom	蘑菇	174	tar	焦油
129	violet	紫罗兰	152	mothball	卫生球	175	terpene	萜烯
130	waxy	蜡	153	musty	陈腐	176	thick smoky	浓烟
131	burnt sweet	焦甜	154	mustard	芥末	177	thiol	硫醇
132	butterscotch	奶油咸	155	naphthalene	萘	178	tobacco	香烟
133	buttery	黄油	156	nauseating	令人恶心	179	tropical fruit	热带水果
134	camphor	樟脑	157	nutty	坚果	180	turpentine	松节油
135	cellar	酒窖	158	oil fatty	油脂	181	urine	尿
136	celery	西芹	159	olefinic	烯烃	182	unpleasant	不愉快
137	cherry	樱桃	160	onion	洋葱	183	vanilla	香草
138	lemon oil	柠檬油	161	onion garlic	洋葱大蒜	184	vegetable	蔬菜
139	liquor	酒精	162	orange peel	柑橘皮	185	vinegar	醋
140	maple-caramel	枫叶	163	peach	桃子	186	windy cognac	白兰地
141	meat	肉	164	peach-apricot	桃子-杏	187	whisky	威士忌
142	medicine	医药	165	peanut	花生	188	whisky roasted peanut	威士忌炒花生
143	melon	甜瓜	166	penetrating	刺鼻			

TON 法和 OII 法适用于检测严重污染的水样，但在反复稀释的过程中易造成挥发组分的损失，使数据不可靠，缺乏重现性，而且不能描述样品气味的具体特征，从而存在失去一些有用信息的可能。因此，OII 法和 TON 法这两种方法的指导意义十分有限。

(3) FPA (flavor profile analysis) 法，即嗅味层次分析法。国外目前特别活跃的气味检测法是 FPA 法。FPA 法最初应用在食品工业，1981 年在美国水行业开始

采用,美国《水和废水标准检验法》第 17 版已将 FPA 法作为标准法。该法由一个气味感知员小组来对水样的气味进行评价,最后将各个气味感知员的结果综合得出统一的气味特征和气味强度(常分为 7 个等级)。这种方法要求对气味感知员进行严格的培训并经常用专门的有嗅物来校正其嗅觉反应,因此能给出比较可靠的、有用的气味信息,并可据此粗略推测水中大致的气味化合物。国内供水行业常采用粗略的文字描述法,由单个人用词句描述嗅味特征,并按 6 个等级报告嗅味的强度。

1.3.2 标准稀释倍数法

为确保水质感官上的达标,美国和英国等发达国家仍采用稀释倍数法对饮用水进行评价,其限值标准是不大于 3。现对英国环保局分析家常务委员会(Standing Committee of Analysts Environment Agency, UK)制定的 2014 年《饮用水异味测定手册》[*The Determination of Taste and Odour in Drinking Waters* (2014)] 进行详细的介绍。

1. 概述

1) 方法

手册中关于水体异味的测定方法基于有限个人的主观判断,可分为如下 4 种方法。

方法 1: 在常温下,由一个人对水的异味(异嗅和异味,下同)进行简单、快速的评价,以定性确定该水是否含有异味。在取样现场或实验室,经特殊培训过的个人可以进行初步评价。若判断有异味,则进行下一步检验。

方法 2: 在可控的环境下,由一群人对脱氯但无稀释的水进行异味评价,对水中存在的异味进行描述,并对异味的强度进行记录。如果该无稀释的脱氯水样被认为无嗅无味,则无须继续测定。这种情况下水样的异味值(TON)为 1,也就是说此水样的稀释倍数为 0,可以被消费者所接受。

方法 3: 如果在上述方法 2 中,脱氯但无稀释的水样中检测到了任何异嗅和异味,将用空白水样对此水进行一系列稀释,并定量测定该水样的 TON。稀释水样的异味强度由一组检验员来测定,而 TON 的大小取全组检验员的几何平均值。得到该水样的 TON,也可计算其稀释倍数。需进一步确认该水是否安全,是否在一段时间内水质发生了不正常的变化。

方法 4: 在净水处理厂使用在线异味检测仪,在测定时增加水样的温度可以放大异味的强度。

方法 2 和方法 3 主要直接评价水质是否符合英国水质基准中有关异味的限值

(图 1-3), 即水样中的异味是否可以被消费者所接受, 或者该饮用水是否发生了不正常变化。这些方法虽然可以得到用于可比较的数值, 以及可以判断水质是否符合要求, 但是, 与其依赖水质标准来判断, 不如在实验室之外展开必要的调查工作, 以确认水中检测到的异味能否被消费者所接受, 或者该异味源自水质的不正常变化。当水样中存在异嗅, 该水可能同时含有异味 (嗅觉和味觉)。然而, 当水中含有明显的异味 (味觉) 时, 不一定含有异嗅化学物质, 一些溶解性的金属 (如铁、锰、钾、钠和锌) 能够通过味觉测定。一些居民反映饮用水有异味、口感差, 快速辨别这样的异味有助于快速阐明原因所在。有不少异味 (味觉) 可能和特殊的净水处理问题相关。味觉特别敏感的个人可以从饮用水源水或者饮用水中发现异味, 从而在饮用水输送到居民前就做出早期预警, 也有利于对净水处理厂做出补救措施, 防止或减少输送系统中的饮用水异味 (味觉) 问题。需要注意的是, 这些味觉特别敏感的人不能够参与饮用水异味的常规评价。

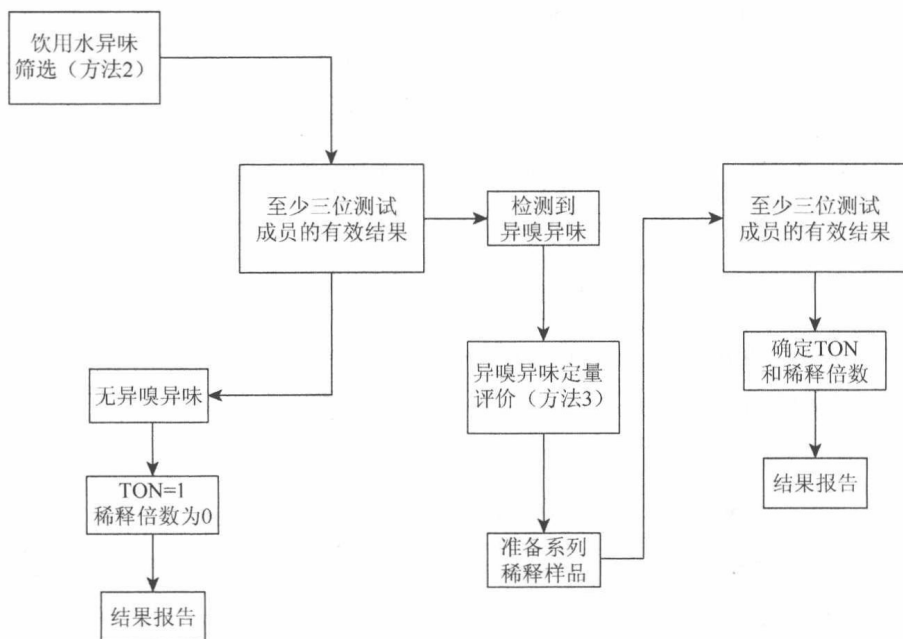


图 1-3 饮用水异味筛查流程图 (方法 2 和方法 3)

在进行味觉测试时, 样品必须安全。在方法 2 和方法 3 中, 为以防万一, 测试小组成员不能吞下测试水样, 因为要考虑在进行水样的异嗅异味测定时测试成员所面临的潜在危险。表 1-4 列出了一些导致水产生异嗅 (和可能的异味) 的化学物质, 并给出了相应的阈值。实际的异味阈值因人而异, 由人的感觉器官灵敏度不同而有所差异, 这些差异范围可达 2~3 个数量级。表 1-4 中的数值仅表明它们致嗅的潜能。