

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.20.006

# 国内外生活饮用水水质标准中异味和新污染物指标探讨

彭建伟<sup>1</sup>, 董燕珊<sup>1</sup>, 黄泽宇<sup>1</sup>, 刘则华<sup>2,3</sup>, 党志<sup>2,3</sup>

(1. 佛山市三水佛水供水有限公司, 广东 佛山 528100; 2. 华南理工大学 环境与能源学院, 广东 广州 510006; 3. 华南理工大学 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广东 广州 510006)

**摘要:** 系统介绍了我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)中的异味和新污染物指标,并与部分发达国家和地区(美国、加拿大、澳大利亚、新西兰、新加坡和日本)的相关标准进行对比。关于异味指标,我国首次将土臭素和2-甲基异丙醇列为强制指标,是继日本之后世界上第二个将其列为强制水质指标的国家。同时,我国也是第一个将二甲基二硫醚和二甲基三硫醚列为水质参考指标的国家,有助于提高供水行业相关异味物质的检测能力。通过对比异味阈值和指标限值,发现有12种物质的限值浓度或其氯消毒副产物高于其对应异味阈值,即相关污染物浓度虽然满足水质标准,但仍可能使饮用水产生异味。对于新污染物,我国最新的水质标准中共包含8种物质,约占全球主要国家或地区相关标准纳入总数(12种)的67%,居世界首位。将新污染物纳入各国水质标准是未来发展的大趋势,但相关指标和限值还有待进一步优化。

**关键词:** 生活饮用水水质标准; 异味化学物质; 新污染物

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)20-0043-05

## Discussion of Odorant and Emerging Contaminants Items in Drinking Water Quality Standard of China and Other Countries or Regions

PENG Jian-wei<sup>1</sup>, DONG Yan-shan<sup>1</sup>, HUANG Ze-yu<sup>1</sup>, LIU Ze-hua<sup>2,3</sup>, DANG Zhi<sup>2,3</sup>

(1. Foshan Sanshui Foshui Water Supply Corporation, Foshan 528100, China; 2. School of Environment and Energy, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 3. The Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Cluster, Ministry of Education, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** This paper provides a detailed discussion on the odorant and emerging contaminant items listed in the *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2022) in China, comparing them with standards from the United States, Canada, Australia, New Zealand, Singapore, and Japan. Regarding odorants, China has included geosmin and 2-methylisopropanol as mandatory items in the water quality standards for the first time, becoming the second country after Japan to list them as compulsory water quality indicators. In addition, China is the first country to include 2-methyl disulfide and 2-methyl trisulfide as reference indicators in its drinking water quality standard, a significant step towards enhancing the monitoring of relevant odorants in China's water supply industry. The latest Chinese standard includes 12 chemical items with limit concentrations or their DBPs significantly higher than

通信作者: 刘则华 E-mail: zehualiu@scut.edu.cn

their corresponding odor threshold levels, meaning that while their concentrations may meet the standard, they could still cause odor issues in drinking water. Relating emerging contaminants, there were eight emerging contaminants listed in the latest drinking water quality standard of China, while there were twelve emerging contaminants have been listed in the standards of all countries or regions. The former accounted for 67% of the latter, which ranked the first. The inclusion of emerging contaminants in drinking water quality standards is a growing global trend, but the related items and limit concentrations should be more precisely defined.

**Key words:** drinking water quality standard; odorant compounds; emerging contaminants

饮用水水源、自来水处理工艺、供水管网和生活饮用水水质标准是保障饮用水安全的四个主要因素<sup>[1]</sup>,饮用水水源和水处理工艺往往因地而异,因而所有水厂的水质均需满足生活饮用水水质标准的强制规定是确保饮用水安全的重要举措。1985年10月,卫生部发布我国第一部有关生活饮用水的国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—1985),水质指标共35项,包括感官指标、理化指标、毒理指标、放射性指标、微生物指标和消毒指标。2006年12月29日,卫生部和国家标准化委员会发布GB 5749—1985修订版,即《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),该标准中水质指标共计106项。2022年3月15日,国家市场监督管理总局和国家标准化委员会发布GB 5749—2006新版,即《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),新标准已于2023年4月1日正式实施。为此介绍我国最新生活饮用水卫生标准中的异味化学物质和新污染物的两类指标,并与一些发达国家的水质标准进行比较和探讨,以期为我国饮用水卫生标准修编提供参考。

## 1 我国最新生活饮用水水质标准概述

相比GB 5749—2006,最新的生活饮用水水质标准GB 5749—2022将各指标项目名称由原来的常规指标、非常规指标和参考指标调整为现在的常规指标、扩展指标和参考指标。强制水质指标项目由原来的106项调整为现在的97项,包括常规指标43项和扩展指标54项,而水质参考指标由原来的28项调整为现在的55项。三氯乙醛、硫化物、氯化氰、六六六(总量)、对硫磷、甲基对硫磷、林丹、滴滴涕、甲醛、1,1,1-三氯乙烷、1,2-二氯苯和乙苯等12项指标在GB 5749—2006中为常规或非常规指标,新标准GB 5749—2022将其调整为参考指标。原水质

常规指标中的耐热大肠菌群指标不再列入最新的水质标准。扩展指标中新增高氯酸盐和乙草胺两项指标。原参考指标中的两种异味化学物质2-甲基异茨醇和土臭素调整为最新的扩展指标,而参考指标中新增二甲基二硫醚和二甲基三硫醚两种异味化学物质指标。

亚硝基二甲胺、全氟辛酸和全氟辛烷磺酸属于新污染物,被首次列为参考指标。新污染物是一类环境浓度极低却可以危害人体健康的物质,是当前环境研究热点<sup>[2-3]</sup>。将一些极有可能危害人体健康的新污染物列为参考指标反映了我国最新水质标准的前瞻性,同时对我国饮用水水质提出了更严格的要求。饮用水异味是一个全球性的挑战,有文献记载的饮用水异味最早可追溯到1854年,即美国波士顿地区的饮用水呈现黄瓜异味<sup>[4]</sup>。目前,仍有不少比例的饮用水异味无法确定其致嗅化学物质<sup>[5]</sup>。

综上,文中主要就异味物质和新污染物进行详细阐述。

## 2 异味化学物质指标

嗅和味是我国生活饮用水水质标准中的常规指标,标准规定饮用水应无异臭和异味。在我国最新水质标准中,异味化学物质指标大致可以分为两类:一类是可以使自来水产生明显异味,但其本身对人体健康并不构成危害,即仅影响自来水的感官,这是通常意义的异味化学物质。在最新的国家水质标准中,这类异味化学物质共计5种,即土臭素、2-甲基异茨醇、二甲基二硫醚、二甲基三硫醚和苯甲醚。另一类异味化学物质指标的设定主要出于健康考虑,因为它们达到一定浓度时会危害人体健康,但其指标限值却高于其本身或其主要氯消毒副产物的异味阈值,这类异味化学物质共12种,即甲苯、二甲苯、苯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、三氯苯

(总量)、挥发酚类(以苯酚计)、2,4,6-三氯酚、甲醛、乙苯和1,2-二氯苯和丙烯腈。表1列出了上述17种异味化学物质的异味阈值和我国水质标准限

值,并与日本、新加坡、美国、加拿大以及澳大利亚等国的饮用水水质标准中的相应异味化学物质指标限值进行对比。

表1 部分国家生活饮用水标准中的异味化学物质及相关限值

Tab.1 Odorous compounds and restricted concentrations in drinking water quality standards among countries worldwide  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

异味物质	限值原因	指标类别	嗅味阈值	中国	日本	新加坡	美国	加拿大		澳大利亚	
								健康标准	异味限值	健康标准	异味限值
土臭素	异味	扩展指标	(1.3~16)E-3	0.01	0.01						
2-甲基异莰醇	异味	扩展指标	(2.5~18)E-3	0.01	0.01						
苯甲醚	异味	参考指标	50	50							
二甲基二硫醚	异味	参考指标	0.16~4.00	0.03							
二甲基三硫醚	异味	参考指标	0.01	0.03							
甲苯	健康风险	扩展指标	25	700	400	700	1 000			800	25
二甲苯(总量)	健康风险	扩展指标	20	500	400	500	10 000	90	20	600	20
苯乙烯	健康风险	扩展指标	4	20	20	20	100			30	4
氯苯	健康风险	扩展指标	10	300			100	80	30	300	10
1,4-二氯苯	健康风险	扩展指标	0.3	300		300	75	5	1	40	0.3
三氯苯(总量)	健康风险	扩展指标	5	20						30	5
挥发酚类(似苯酚计) <sup>a</sup>	健康风险	扩展指标	31	2	5						
2,4,6-三氯酚	健康风险	扩展指标	2	200		200		5	2	20	2
甲醛	健康风险	参考指标	600	900	80						
乙苯	健康风险	参考指标	3	300		300	700	140	1.6	300	3
1,2-二氯苯	健康风险	参考指标	1	1 000		1 000	600	200	3	1 500	1
丙烯腈	健康风险	参考指标	3.9	100							

注: <sup>a</sup> 嗅味阈值高于其标准限值,但其氯气消毒产物的异味阈值较低,需注意。

17项异味化学物质指标中,扩展指标共计10项,分别为土臭素、2-甲基异莰醇、甲苯、二甲苯、苯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、三氯苯、挥发酚类(以苯酚计)和2,4,6-三氯酚,即强制指标。其他7项化学项目指标为参考指标,即非强制项目。土臭素和2-甲基异莰醇因其异味阈值极低,极易导致饮用水异味,是世界上最为熟知的两种水体异味化学物质。在我国发生的自来水异味事件中,异味元凶被确定为土臭素或者2-甲基异莰醇的案例较多<sup>[4]</sup>。因此,我国最新的水质标准将土臭素和2-甲基异莰醇列入强制指标具有重要的实际意义。虽然土臭素和2-甲基异莰醇是引起自来水异味的常见元凶,但到目前为止,仅我国和日本将其列为水质指标,且限值标准均为10 ng/L,该限值大于土臭素的最低异味阈值(1.3 ng/L)。需要指出的是,异味阈值因人而异。Yu等<sup>[6]</sup>的研究表明,北京和上海等地人群对2-甲基异莰醇更敏感,异味阈值分别为7.1和7.9

ng/L,与此相反,杭州和郑州的人群则相对不敏感,异味阈值分别为18.2和13.1 ng/L。将土臭素和2-甲基异莰醇的限值确定为10 ng/L可满足大多数用户不会感知自来水异味的实际需求。二甲基二硫醚和二甲基三硫醚是另外两种异味阈值极低的异味化学物质,其异味阈值最低低至10 ng/L,它们是2007年无锡自来水异味事件的致嗅物,在我国的地表水中经常被检出<sup>[7]</sup>。因此将其纳入水质标准具有重要的现实意义。但是截至目前,未有其他国家将其纳入水质标准中。在我国的饮用水水质标准中,甲苯、二甲苯、苯乙烯、氯苯、乙基苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯和2,4,6-三氯酚的限值标准是其对应异味阈值的5~1 000倍,即上述污染物浓度在符合我国生活饮用水水质标准的前提下,仍可能引起饮用水异味。我国水质标准对上述8种化学物质的限值和日本、新加坡、美国等国家的水质标准相似,值得借鉴的是加拿大和澳大利亚的水质标准中,上述

指标的限值分为健康指标和异味指标两项,在保证饮用水安全的同时,也可确定上述化学物质是否会

### 3 新污染物

因可能对人体或生物的健康构成危害,新污染物自20世纪90年代末以来成为广泛关注的焦点。我国的GB 5749—2006早已将邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯列为强制指标,而将双酚A、二(2-乙基己

基)己二酸酯、邻苯二甲酸二乙酯和邻苯二甲酸二丁酯列为参考指标。我国最新的水质标准在此基础上新增3项参考指标,即亚硝基二甲胺、全氟辛酸和全氟辛烷磺酸。虽然将新污染物纳入生活饮用水卫生标准是全球各国未来发展的大趋势,但是到目前为止,将新污染物纳入生活饮用水水质标准的国家或者地区仍然较少。为方便比较,表2列举了将新污染物列为饮用水水质指标的情况。

表2 不同国家或地区饮用水水质标准中的新污染物情况

Tab.2 Emerging contaminants in drinking water quality standards among different countries or regions

目标物	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$							
	中国	澳大利亚	日本	新加坡	美国	新西兰	欧盟	加拿大
亚硝基二甲胺(NDMA)	0.1	0.1		0.1				0.04
全氟辛烷磺酸(PFOS)	0.04	0.07						0.6
全氟辛酸(PFOA)	0.08	0.56						0.2
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	8	10		8	6	9		
二(2-乙基己基)己二酸酯(DEHA)	400				400			
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	3		200					
邻苯二甲酸二乙酯(DEP)	300							
双酚A(BPA)	10		100				2.5	
邻苯二甲酸丁苄酯(BBP)			500					
雌二醇(E2)			0.08					
炔雌醇(E2)			0.02					
壬基酚(NP)			300					

到目前为止,已有12种新污染物被纳入一些国家或地区的饮用水水质标准,其中我国最新的生活饮用水水质标准中共有8种,占总数12项的67%,是世界上饮用水水质标准中新污染物指标最多的国家,其次是日本6项,澳大利亚5项,加拿大3项,以及美国和新加坡均为2项。我国水质标准对亚硝基二甲胺的限值为 $0.1\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,与澳大利亚和新加坡的相同,但高于加拿大的 $0.04\ \mu\text{g}/\text{L}$ 。此外,其他国家或地区暂无相关标准。邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯是我国生活饮用水标准中的强制指标,限值为 $8\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,与新加坡的相同,略高于美国的 $6\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,低于澳大利亚的 $10\ \mu\text{g}/\text{L}$ 和新西兰的 $9\ \mu\text{g}/\text{L}$ 。此外,以色列、阿曼、菲律宾、韩国和阿联酋的水质标准中该指标限值均为 $8\ \mu\text{g}/\text{L}$ <sup>[8]</sup>。在我国最新的饮用水水质标准中,全氟辛烷磺酸和全氟辛酸的限值分别为 $0.04$ 和 $0.08\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,严于澳大利亚的 $0.07$ 和 $0.56\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,更严于加拿大的 $0.6$ 和 $0.2\ \mu\text{g}/\text{L}$ 。此外,欧盟对全氟烷基类物质的总量做了不大于 $0.5\ \mu\text{g}/\text{L}$ 的限定。我国最新水质标准对二(2-乙基己基)己二酸

酯的限值为 $400\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,与美国的限值相同,而其他国家或地区暂无相关标准。我国水质标准对邻苯二甲酸二丁酯和双酚A的限值分别为 $3$ 和 $10\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,分别远严于日本的 $200$ 和 $100\ \mu\text{g}/\text{L}$ 。此外,日本的水质标准中雌二醇、炔雌醇、壬基酚以及邻苯二甲酸丁苄酯的限值分别为 $0.08$ 、 $0.02$ 、 $300$ 和 $500\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,其他国家或者地区暂无对上述新污染物进行相关限定。总的来说,当前将新污染物列为饮用水水质指标尚处初级阶段,更加科学合理的标准限值还有待进一步完善。比如,日本饮用水水质标准中双酚A设定为 $100\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,但全球144个城市生活污水处理厂的数据显示,污水出水中所检测到的双酚A最高浓度仅为 $3.1\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,即实际生活饮用水中双酚A浓度几乎不可能超过 $100\ \mu\text{g}/\text{L}$ <sup>[9]</sup>。上述事实说明,饮用水中双酚A的浓度只有在大于 $100\ \mu\text{g}/\text{L}$ 的情况下才会对人体健康产生危害,否则将双酚A纳入水质标准似乎没有必要,因此,针对双酚A需要设定更为合理的限值。需要指出的是,欧盟标准中双酚A的限值为 $2.5\ \mu\text{g}/\text{L}$ ,从生活饮用水中可能出现的浓度

角度来看似乎更为合理。

#### 4 结论

① 我国最新饮用水水质标准首次将土臭素和2-甲基异莰醇列为强制水质指标,利于各水厂对上述两类异味化学物质的实时把控,同时提升对异味化学物质的监测能力。与此同时,我国最新的饮用水水质标准首次将二甲基二硫醚和二甲基三硫醚列为参考指标,对相关行业具有重要的引导作用。

② 甲苯、二甲苯、苯乙烯、氯苯、乙基苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯和2,4,6-三氯酚等指标在我国饮用水水质标准中的限值是其相应异味阈值的5~1 000倍,即上述污染物浓度在符合我国生活饮用水水质标准的情况下,但仍可能导致饮用水异味,因而在异味筛查中需关注这些异味化学物质的浓度水平。建议水质标准修编时参考澳大利亚和加拿大的水质标准,对这些化学物质同时设定健康和异味两类指标限值。

③ 我国最新饮用水水质标准纳入8种新污染物,指标数量在所有国家或地区中排第1位。将新污染物指标纳入饮用水标准是未来生活饮用水水质标准的新趋势,但具体指标及其相应限值还需进一步探讨和完善。

#### 参考文献:

- [1] 李秀虹,刘则华,林青,等.中日两国自来水水质的重要影响因素全面对比分析[J].中国给水排水,2018,34(20):24-30.  
LI Xiuhong, LIU Zehua, LIN Qing, *et al.* Comprehensive comparison of important factors influencing drinking water quality between China and Japan [J]. *China Water and Wastewater*, 2018, 34(20): 24-30 (in Chinese).
- [2] WANG H, LIU Z H, YIN H, *et al.* Bisphenol analogues in Chinese bottled water: quantification and risk evaluation[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 713: 136583.

- [3] LUO Q, LIU Z H, YIN H, *et al.* Migration and potential risk of trace phthalates in bottled water: a global situation [J]. *Water Research*, 2018, 147: 362-372.
- [4] 刘则华,谭奇峰,党志,等.水体异味化学物质:类别、来源、分析方法及控制[M].北京:科学出版社,2019.  
LIU Zehua, TAN Qifeng, DANG Zhi, *et al.* *Odorous Compounds in Water: Category, Source, Analytical Method and Removal* [M]. Beijing: Science Press, 2019 (in Chinese).
- [5] WANG C M, YU J W, GALLAGHER D L, *et al.* Pyrazines: a diverse class of earthy-musty odorants impacting drinking water quality and consumer satisfaction[J]. *Water Research*, 2020, 182: 115971.
- [6] YU J W, AN W, CAO N, *et al.* Quantitative method to determine the regional drinking water odorant regulation goals based on odor sensitivity distribution: illustrated using 2-MIB [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2014, 26(7): 1389-1394.
- [7] ZHANG X J, CHEN C, DING J Q, *et al.* The 2007 water crisis in Wuxi, China: analysis of the origin [J]. *Journal of Hazardous Material*, 2010, 182 (1/3) : 130-135.
- [8] LIU Z H, DANG Z, LIU Y. Legislation against endocrine-disrupting compounds in drinking water: essential but not enough to ensure water safety [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28: 19505-19510.
- [9] WANG H, LIU Z H, ZHANG J, *et al.* Insights into removal mechanisms of bisphenol A and its analogues in municipal wastewater treatment plants [J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 692: 107-116.

作者简介:彭健伟(1984-),男,广东佛山人,大学本科,工程师,主要从事水质监测工作。

E-mail: jianwei-peng@163.com

收稿日期:2023-04-25

修回日期:2023-09-02

(编辑:丁彩娟)