

张立尖. 上海市饮用水水质标准发展历程与 2025 新地标解读[J]. 净水技术, 2025, 44(4): 1-11.

ZHANG L J. Developing process of drinking water quality standards in Shanghai and interpretation of the 2025 new local standard[J]. Water Purification Technology, 2025, 44(4): 1-11.

上海市饮用水水质标准发展历程与 2025 新地标解读

张立尖*

(上海市供水调度监测中心, 上海 200085)

摘 要 【目的】为了深入了解上海市饮用水水质标准的发展历程, 对接《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)、《二次供水设施卫生规范》(报批稿)(GB 17051)、《城市供水水质标准》(报批稿)(CJ/T 206)等标准要求, 进一步强化从源头到龙头的供水全过程水质管理, 保障饮用水安全。【方法】展示 1927 年上海《自来水质清洁标准》和 1950 年的《上海市自来水水质标准》全文内容, 介绍 2018 年的《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2018) 指标情况、实施成效、修订背景和修订原则, 解读《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2025) 的主要内容、部分水质指标及其限值设定依据, 探讨饮用水水质标准制定和修订时的困难与应对策略。【结果】1927 年的标准是我国第一部饮用水水质标准, 1950 年的标准是新中国成立后的全国第一部饮用水水质标准, 2018 年的标准是我国标准体系建立后的全国第一部饮用水水质地方标准, 2025 年 6 月 1 日实施的上海市地方标准和国标《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022) 相比, 新增 5 项水质指标, 提标 38 项指标限值, 大幅度调整了标准参考指标, 充分体现了标准引领和上海特色以及供水全过程保障的理念。【结论】2025 新地标更加关注原水水质影响、更加关注处理工艺效果、更加关注指标风险变化、更加注重对接相关标准。针对饮用水水质标准制定和修订过程中面临的污染物的多样性、限值研究的复杂性和技术经济性等诸多难题, 提出了确定和动态更新饮用水优先污染物的应对策略。

关键词 生活饮用水 二次供水 末梢水(龙头水) 城市供水 水质标准 地方标准 标准解读

中图分类号: TU991 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-0177(2025)04-0001-11

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.04.001

Developing Process of Drinking Water Quality Standards in Shanghai and Interpretation of the 2025 New Local Standard

ZHANG Lijian*

(Shanghai Municipal Water Supply Dispatching and Monitoring Center, Shanghai 200085, China)

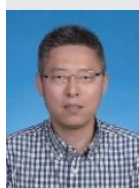
Abstract [Objective] To comprehensively understand the development of drinking water quality standards in Shanghai and align with the requirements of standards such as *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749—2022), the *Hygienic Specification for Facilities of Secondary Water Supply* (draft for appraisal) (GB 17051), and *Water Supply Quality Standards for Urban Water Supply* (draft for appraisal) (CJ/T 206), and further strengthen the comprehensive management of water quality throughout the entire supply process—from the source to the tap—this initiative aims to ensure the safety of drinking water. [Methods] Present the full text of *Shanghai Clean Tap Water Standards* (1927) and *Shanghai Tap Water Quality Standards* (1950), introduce the indicators, implementation effectiveness, revision background, and principles of *Standards for Drinking Water Quality* (DB31/T 1091—2018), interpret the main content and rationale for setting specific water quality indicators and limits in the *Drinking Water Quality Standards* (DB31/T 1091—2025), and discuss challenges and countermeasures in formulating and revising drinking water quality standards. [Results] The 1927 Shanghai standard was China's first drinking water quality standard, the 1950 standard was the nation's first

[收稿日期] 2024-12-28

[通信作者] 张立尖(1970—), 正高级工程师, 研究方向为城市供水水质保障与安全等, E-mail: lijian.zhang@163.com。

drinking water quality standard established after the founding of the People's Republic of China, and the 2018 standard was the country's first local drinking water quality standard following the establishment of China's standard system. Compared to the national *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749—2022), the Shanghai local standard, which will take effect on June 1, 2025, introduces 5 new water quality indices, upgrades the limits for 38 indices, and significantly adjusts the reference indicates. This fully reflects the concept of standard leadership, Shanghai's unique characteristics, and the comprehensive protection of the entire water supply process. [**Conclusion**] The 2025 new local standards places greater emphasis on the impact of raw water quality, the effectiveness of treatment processes, changes in indicator risks, and alignment with relevant standards. In response to the challenges faced during the formulation and revision of drinking water quality standards—such as the diversity of pollutants, the complexity of limit value research, and technical-economic considerations—the strategy proposes to establish and dynamically update priority pollutant lists for drinking water.

Keywords drinking water secondary water supply tap water urban water supply water quality standard local standard standard interpretation



张立尖,上海市供水调度监测中心副主任,国家城市供水水质监测网上海监测站站长,正高级工程师,上海市新污染物治理专家委员会委员。长期从事城市供水相关工作,在污染物调查与风险评估、供水水质检测与管理、水厂规范化管理、二次供水设施改造与管理等方面具有丰富的理论与实践经验。

上海市地方标准《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2025)将于 2025 年 6 月 1 日实施,这是 DB31/T 1091—2018 发布后的第一次修订。上海新的地方标准全面接轨国标《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),并与报批中的《二次供水设施卫生规范》(报批稿)(GB 17051)和《城市供水水质标准》(报批稿)(CJ/T 206)进行衔接,标准编制组在充分调研和论证的基础上,提出了符合上海供水实际、体现上海地方特色、引领上海供水发展的水质标准。本文在回顾上海市饮用水水质标准发展历程的基础上,总结分析上海地标 DB31/T 1091—2018 的实施成效、修订背景、修订原则和 DB31/T 1091—2025 的主要内容,重点解读部分水质指标及其限值设定依据;同时针对饮用水水质标准制定和修订工作,分析工作面临的困难与挑战并提出相应的应对策略。

1 上海市饮用水水质标准发展历程

1.1 1927 年的《自来水水质清洁标准》

1883 年 8 月 1 日,位于上海市杨浦区的杨树浦水厂落成,成为我国第一座现代化水厂。和上海市悠久的供水历史相对应的,上海市饮用水水质标准的研究和制定也始终走在全国前列。1927 年 9 月上海发布的《自来水水质清洁标准》被业界普遍认为是我国第一部饮用水水质标准,一些文章^[1-3]把标准名称描述为《上海市饮用水清洁标准》,经查询上

海市档案馆文献考证,标准名称为《自来水水质清洁标准》,该标准是 1927 年 9 月 9 日由上海特别市卫生局和公用局的专家共同议决,并于 9 月 15 日复议确定的(上海特别市政府成立于 1927 年 7 月 7 日)。标准共 19 项水质指标,包括物理测验 6 项,化学化验 10 项,细菌测验 3 项。表 1 展示了 1927 年《自来水水质清洁标准》,标准原文中的水质指标为中英文对照,游离安母尼亚中的安母尼亚来自于氨的英文 ammonia 的音译;水量和水压的单位分别使用了英制单位加仑和磅。这与杨树浦水厂是由英商自来水公司投资建设的历史密不可分。

1.2 1950 年的《上海自来水水质标准》

1950 年 5 月上海发布的《上海市自来水水质标准》,被普遍认为是新中国成立后的第一部全国饮用水水质标准,标准内容如表 2 所示。标准共 16 项水质指标,包括物理检验 3 项、化学检验 11 项、细菌检验 2 项。标准中铝的限值是 0.1 mg/L,铝在我国 1985 年发布的国家强制性标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)中没有被列为控制指标,后续的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)和《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)才将铝列为控制指标,限值均设定为 0.2 mg/L。从铝指标来看,1950 年的上海标准具有明显的先进性,考虑了使用铝盐混凝剂时的铝残留对水质的影响,充分体现了注重实际、指标引领的标准特征。此外,1950 年标

表 1 1927 年 9 月发布的上海《自来水水质清洁标准》
Tab. 1 Shanghai Clean Tap Water Standards Issued in Sep. 1927

项目	指标	标准限值
物理测验	摄氏温度 (temperature in centigrade)	数值
	浑浊 (turbidity)	矽砂标准十度
	色 (color)	白金钴标准 0~70
	味 (taste)	0
	嗅 (odor)	0
	沉淀渣滓 (sediments)	无藻质或动物
化学化验 (每百万分之分数)	游离铵 (游离安母尼亚) (free ammonia)	0.015~0.030
	胎中铵 (蛋白质安母尼亚) (albuminuria ammonia)	0.07~0.35
	弱硝酸盐 (nitrogen as nitrite)	0~0.000 1
	强硝酸盐 (nitrogen as nitrate)	0.3~1.6
	氯 (余酸盐内余质) (chlorine in chloride)	40~100
	需要氧 (required oxygen)	0.5~1.0
	铁 (iron)	0.5
	铅 (lead)	无
	硬度 (total hardness)	50
	定质总数 (total solid)	500
	每 CC 中细菌数 (bacteria per CC)	每立方公分中细菌数 50~100
细菌测验	大肠菌量 (每立特) (coli per lite)	每公升中大肠菌量 40~100
	病原菌种类 (pathogenic bacteria)	无
供给水量: 每人每日用水 15~30 加仑, 合 70~140 公升		
水压力: 自来水公司之锅炉蒸汽应在 100~150 磅 (合 45~70 公斤)		

准中大肠菌的限值是“一百公撮中不应存在”,公撮是容积单位,相当于 mL,限值要求也明显严于 GB 5749—85 中大肠菌不超过 3 个/L 的规定,与 GB 5749—2006、GB 5749—2022 要求相当。1950 年的上海标准从严控制微生物指标,充分体现了饮用水水质标准对于集中式饮用水防止介水性疾病爆发与传播,确保健康与安全的根本宗旨。

1954 年,国家卫生部发布了《自来水水质暂行标准》,这是我国最早的一部国家层面的饮用水标准,共 15 项水质指标。从水质指标来看,卫生部的标准很大程度上参考了 1950 年的上海标准。

1.3 2018 年的《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2018)

2018 年 6 月,上海市发布地方标准《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2018)^[4]。DB31/T 1091—2018 包括 49 项常规指标和 62 项非常规指标,和国标 GB 5749—2006 中 42 项常规指标和 64

项非常规指标相比,新增了亚硝酸盐氮、2-甲基异莰醇、土臭素、总有机碳、N-二甲基亚硝胺 (NDMA) 共 5 项水质指标,其中亚硝酸盐氮为常规指标,其他 4 项为非常规指标。DB31/T 1091—2018 针对上海市原水水质特征和水质管理要求,将国标 GB 5749—2006 中的锑、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三溴甲烷、三卤甲烷、氨氮共 6 项非常规指标调整为常规指标,地标中 49 项常规指标较国标提标 17 项,地标中 62 项非常规指标较国标提标 23 项。附录 A 水质参考指标较国标增加了乙酰甲胺磷、异丙隆、异养菌平板计数 3 项指标。

DB31/T 1091—2018 是我国标准体系建立后全国第一部关于饮用水水质的地方性标准。上海标准发布后,张家口市 DB1307/T 286—2019、深圳市 DB4403/T 60—2020、海口市 DB4601/T 3—2021 以及苏州市 (苏市水务〔2021〕376 号) 等各具特色的地方标准也相继出台。

表2 1950年5月发布的《上海市自来水水质标准》
Tab. 2 Shanghai Tap Water Quality Standards Issued in May 1950

项目	指标	标准限量(除有*者外皆以每百万分之分数计)
物理检验	浑浊度	10(砂标准)
	*色	20(白金铂标准)
	*嗅味	不得含有不正常之嗅味
化学检验	氢离子值	6.8~7.4
	碱度	200(以重碳酸钠计算)
	剩余氯	0.2
	氯化物	300
	固体总量	1 000
	总硬度	300(以碳酸钙计算)
	铁	0.5
	铜	0.2
	锌	5.0
	铝	0.1
	氟	1.0
细菌检验	*细菌	应在37℃及20℃2种温度中各培养24 h,前者结果每公撮中必须少于100个,后者结果与前者之比约为15:1
	*大肠菌	100公撮中不应存在
备注	1. 本标准不适用于深井饮水 2. 本表内所列各项除剩余氯不低于百万分之0.2外,均不得超过规定标准	

上海市饮用水水质标准的发展历程标志着上海在饮用水水质标准研究领域的国内领先地位,也是上海市供水事业发展与进步的最好见证。

2 上海市地方标准 DB31/T 1091—2018 的修订情况

2.1 实施成效

DB31/T 1091—2018 实施以来,上海市生活饮用水水质保障能力有了显著提升。2019年—2023年,全市出厂水浑浊度平均值为0.08 NTU,管网水浑浊度平均值为0.10 NTU,出厂水和管网水三卤甲烷总量平均值约为0.20,水质综合合格率稳定在99.9%以上。DB31/T 1091—2018 为促进全市水厂深度处理工艺改造、规范供水水质日常管理、保障全市供水水质安全发挥了极其重要的作用。

2.2 修订背景

2023年4月,GB 5749—2022 正式实施,随后

《二次供水设施卫生规范》(GB 17091—1997)和《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)等相继开展了修订工作。2023年1月,上海市人民政府办公厅印发的《上海市新污染物治理行动工作方案》中要求进一步完善饮用水水质技术与管控标准体系,加强难去除新污染物的高效去除技术研究,更好地满足人民群众健康需要。

为了全面接轨相关标准,全面落实上海市新污染物治理行动工作要求,全面加强供水全流程的水质管控,编制组启动了DB31/T 1091—2018的修订工作。

2.3 修订原则

(1)坚持对标对表,体现标准引领。对照国标GB 5749—2022、世界卫生组织(WHO)《饮用水水质准则》(2022年)^[5]、欧盟《饮用水水质指令》(2020年)^[6]、美国《国家饮用水水质标准》(2024年)^[7]和日本《饮用水水质标准》(2024年)^[8]等国内外最新标准,对部分水质指标及限值进行调整,确保上海市地方标准在完全符合国家强制性要求的同时,充分体现标准的引领性和指导性地位。

(2)坚持问题导向,体现上海特色。上海水源地存在藻类增殖、咸潮入侵、突发化学品污染等水质风险,净水环节存在消毒副产物、铝指标波动风险,输配环节存在水质劣化风险。本次修订坚持问题导向,充分考虑上海供水各环节的水质特征和潜在风险,就各环节的针对性指标,提出更加严格的控制要求。

(3)坚持目标导向,强化全过程管理。国标GB 5749—2022 明确,饮用水水质达标是指末梢水达标,也就是用户龙头水达标。本次修订坚持目标导向,充分考虑从源头到龙头的供水全流程水质管理要求,进一步完善供水全过程水质保障体系。

3 上海市地方标准《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2025)主要内容

3.1 水质指标及限值

3.1.1 总体情况

上海地标DB31/T 1091—2025 水质指标由原标准111项调整为102项,覆盖GB 5749—2022 全部97项指标,如表3所示。其中常规指标48项,和GB 5749—2022 相比提标21项,如表4所示;扩展指标54项,和国标GB 5749—2022 相比提标17项,如表5所示。

表 3 DB31/T 1091—2018、DB31/T 1091—2025 与 GB 5749—2022 对比情况
Tab. 3 Comparisons of DB31/T 1091—2018、DB31/T 1091—2025 and GB 5749—2022

指标类别	DB31/T 1091—2018	DB31/T 1091—2025	GB 5749—2022
常规指标/项	49	48	43
非常规指标或者扩展指标/项	62	54	54
总计/项	111	102	97
附录 A(参考指标)/项	27	35	55

表 4 DB31/T 1091—2025 中提标的常规指标
Tab. 4 Upgraded Conventional Indices in DB31/T 1091—2025

序号	常规指标	DB31/T 1091—2025	GB 5749—2022
1	菌落总数/(CFU·mL ⁻¹)	50	100
2	镉/(mg·L ⁻¹)	0.003	0.005
3	汞/(mg·L ⁻¹)	0.000 1	0.001
4	亚硝酸盐(以 N 计)/(mg·L ⁻¹)	0.1	1
5	三卤甲烷(总量)	该类化合物中各种化合物的实测浓度与其各自限值的比值之和不超过 0.5	该类化合物中各种化合物的实测浓度与其各自限值的比值之和不超过 1
6	二氯乙酸/(mg·L ⁻¹)	0.025	0.05
7	三氯乙酸/(mg·L ⁻¹)	0.05	0.1
8	溴酸盐/(mg·L ⁻¹)	0.005	0.01
9	亚氯酸盐/(mg·L ⁻¹)	0.4	0.7
10	氯酸盐/(mg·L ⁻¹)	0.4	0.7
11	色度(铂钴色度单位)/度	5	15
12	浑浊度(散射浑浊度单位)/NTU	0.5	1
13	铝/(mg·L ⁻¹)	0.15	0.2
14	铁/(mg·L ⁻¹)	0.2	0.3
15	锰/(mg·L ⁻¹)	0.05	0.1
16	溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	500	1 000
17	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	250	450
18	高锰酸盐指数(以 O ₂ 计)/(mg·L ⁻¹)	2	3
19	总有机碳/(mg·L ⁻¹)	3	5
20	总氯/(mg·L ⁻¹)	与水接触 ≥ 120 min, 0.5 ≤ 出厂水余量 ≤ 2; 末梢水余量 ≥ 0.05	与水接触 ≥ 120 min, 0.5 ≤ 出厂水余量 ≤ 3; 末梢水余量 ≥ 0.05
21	游离氯/(mg·L ⁻¹)	与水接触 ≥ 30 min, 0.5 ≤ 出厂水余量 ≤ 1.5; 末梢水余量 ≥ 0.05	与水接触 ≥ 30 min, 0.3 ≤ 出厂水余量 ≤ 2; 末梢水余量 ≥ 0.05

参考指标由原标准 27 项调整为 35 项,和国标 GB 5749—2022 相比,35 项指标中有 28 项指标包含在国标 55 项参考指标当中,新增了 7 项指标,分别是异养菌平板计数(HPC)、甲胺磷、二氯一碘甲烷、2-乙基-4-甲基-1,3-二氧戊环(2-EMD)、2-乙基-5,5-二甲基-1,3-二氧六环(2-EDD)、抗生素(总量)和腐蚀性。

3.1.2 部分水质指标解读

1) 常规指标和扩展指标

和国标 GB 5749—2022 相比,上海地标 DB31/T

1091—2025 中新增了锑、亚硝酸盐(以 N 计)、2-甲基异莰醇、土臭素、总有机碳 5 项常规指标,新增了亚硝基二甲胺、溴化物和碘化物 3 项扩展指标(表 6)。部分水质指标解读如下。

(1) 锑

太浦河以及金泽水源地曾经多次发生锑污染,为了保障供水安全,本次修订仍然将锑列为常规指标,限值为 0.005 mg/L。

(2) 亚硝酸盐(以 N 计)

亚硝酸盐可用于表征水质稳定性。上海大多数

表 5 DB31/T 1091—2025 中提标的扩展指标

Tab. 5 Upgraded and Extended Indices in DB31/T 1091—2025

序号	扩展指标	DB31/T	GB
		1091—2025	5749—2022
1	硼/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.5	1.0
2	二氯甲烷/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.005	0.02
3	1,2-二氯乙烷	0.003	0.03
4	氯乙烯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 3	0.001
5	1,1-二氯乙烯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.007	0.03
6	三氯乙烯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.005	0.02
7	四氯乙烯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.005	0.04
8	苯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.001	0.01
9	氯苯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	0.3
10	1,4-二氯苯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.075	0.3
11	五氯酚/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.001	0.009
12	2,4,6-三氯酚/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	0.2
13	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.006	0.008
14	丙烯酰胺/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 1	0.000 5
15	环氧氯丙烷/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 1	0.000 4
16	亚硝基二甲胺/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 05	0.000 1
17	阴离子合成洗涤剂/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.2	0.3

表 6 DB31/T 1091—2025 中新增加的常规指标和扩展指标

Tab. 6 Newly Added Conventional and Extended Indices in DB31/T 1091—2025

水质指标		上海地 标限值	指标来源
常规指标	锑	0.005	国标扩展指标
	亚硝酸盐(以 N 计)/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	国标参考指标
	2-甲基异莰醇/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 01	国标扩展指标
	土臭素/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 01	国标扩展指标
	总有机碳/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	3	国标参考指标
扩展指标	亚硝基二甲胺/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.000 05	国标参考指标
	溴化物/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2	WHO
	碘化物/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	国标参考指标

水厂的消毒剂在出厂时以氯胺形式存在,输配过程中停留时间过长时会引发硝化现象,管网末梢水的亚硝酸盐通常会升高,为了提升输配管网运行管理水平,根据 5 年来的亚硝酸盐检测数据并参照

WHO 标准,本次修订将亚硝酸盐(以 N 计)限值由 0.15 mg/L 调整为 0.1 mg/L 。

(3) 氯酸盐和亚氯酸盐

水厂使用次氯酸钠消毒时,研究表明,当次氯酸钠的有效氯质量分数降低 1% 时,氯酸盐质量浓度会增加约 3 500 mg/L 。次氯酸钠存储时在遇光和受热条件下会发生自歧化反应形成氯酸盐。江苏省地标《饮用水次氯酸钠消毒技术规程》(DB32/T 4400—2022)^[9]要求生产商交付商品次氯酸钠时,氯酸盐含量不应超过有效氯质量分数的 5.4%,溴酸盐含量不应超过有效氯质量分数的 0.042%。为了进一步加强上海水厂对商品次氯酸钠的质量验收、存储和投加管理,本次修订将氯酸盐和亚氯酸盐 2 项指标限值由 0.7 mg/L 调整为 0.4 mg/L 。

(4) 2-甲基异莰醇和土臭素

2-甲基异莰醇和土臭素是典型的藻类、微生物代谢致嗅物质。上海四大水源地均是水库供水,原水经水库停留后普遍存在季节性藻臭味问题,水库停留时间越长,水质影响越大。此外金泽水源地在夏季还会遭遇上游太湖来水藻臭味物质的叠加影响。因此,为了保障饮用水感官性状稳定,无异嗅异味,本次修订将 2-甲基异莰醇和土臭素调整为常规指标,限值参照国标,均为 0.000 01 mg/L 。目前上海各供水企业中心化验室均配置了固相微萃取/气相色谱仪/质谱仪(SPME/GC/MS)设备,具备检测能力。

(5) 铝

流行病学研究证实,饮用水中的铝和老年痴呆症之间存在相关关系;饮用水中铝也会影响水的感官性状。受原水 pH 季节性升高影响,上海饮用水存在铝浓度季节性波动风险。基于标准可达性和上海实际,本次修订将铝指标限值由 0.2 mg/L 调整为 0.15 mg/L 。

(6) 总有机碳

总有机碳是表征水体有机污染程度的综合指标,美国、欧盟通常采用总有机碳而非高锰酸盐指数(以 O_2 计)来评价水体的有机污染程度。为了科学评价水中有机物情况,并与国际接轨,本次修订将总有机碳调整为常规指标,限值为 3 mg/L 。目前上海各供水企业的中心化验室均配置了总有机碳测定仪器,具备检测能力。

(7) 亚硝基二甲胺

亚硝基二甲胺是典型的含氮消毒副产物,原水中

含氮有机物较高时或者采用氯胺消毒时更加加以关注。基于亚硝基二甲胺对人体健康可能造成的危害以及上海近年来的检测数据,本次修订将亚硝基二甲胺限值由 0.000 1 mg/L 调整为 0.000 05 mg/L。

(8) 溴化物和碘化物

上海长江水源地在枯水期极易遭遇咸潮入侵,氯化物质量浓度会由通常的 20~30 mg/L 上升到 60~150 mg/L,极端情况下,甚至接近 200~250 mg/L。氯化物升高时,溴化物和碘化物会同步升高。原水氯化物升高时,水处理工艺中的臭氧氧化和氯化消毒工艺会增加溴酸盐、溴代三卤甲烷、碘代三卤甲烷、溴代卤代酸等挥发性和非挥发性消毒副产物的产生风险。因此本次修订新增溴化物和碘化物指标。参照 WHO 标准,溴化物限值确定为 2 mg/L;参照 GB 5749—2022,碘化物限值为 0.1 mg/L。

2) 参考指标

上海地标参考指标总计 35 项,此次修订做了大幅度调整,和原标准相比,新增了 24 项指标,删除了 16 项指标,更改了石油类(总量)的限值。部分水质指标解读如下。

(1) 二氯一碘甲烷

含碘离子的原水经氯消毒和氯胺消毒后均会形成碘代三卤甲烷,易导致水体出现具有医药特性的气味和口感。二氯一碘甲烷^[10]是典型的碘代三卤甲烷,据报道,美国 111 座水厂中有 85 座检出了二氯一碘甲烷,且检出频次要高于三溴甲烷。上海长江口水源地在遭遇咸潮入侵时,原水中碘化物浓度会明显升高,氯化消毒过程中也会形成二氯一碘甲烷,因此本次修订新增二氯一碘甲烷指标,限值为 0.01 mg/L。

(2) 二甲基二硫醚和二甲基三硫醚

水体中的硫醚类物质一般来源于天然水体中藻类、生活污水及工业废水中的含硫氨基酸、表面活性剂及其他含硫化合物等。饮用水中的二甲基二硫醚主要表现为异常臭味。二甲基二硫醚和二甲基三硫醚的嗅阈值均为 0.000 03 mg/L 左右。超过该值时,对嗅味敏感的人群会感到水中存在腐烂味、大蒜味。本次修订参照 GB 5749—2022,将二甲基二硫醚和二甲基三硫醚的限值均确定为 0.000 03 mg/L。

(3) 2-EMD 和 2-EDD

2-EMD、2-EDD 是 2 种环状缩醛化合物,主要用于生产聚酯树脂、合成橡胶、染料和有机过氧化物

等。这 2 种物质有明显的化学品臭味,是饮用水嗅味轮图中的代表性化学品^[11]。西班牙巴塞罗那^[12]、美国俄亥俄^[13]和英国伦敦^[14]都曾发生过 2-EMD 和 2-EDD 的污染事件,黄浦江上游的太浦河 2022 年—2023 年也曾多次发生污染事件。基于文献对嗅阈值的相关研究,上海地标将 2-EMD 和 2-EDD 的限值均设定为 0.000 02 mg/L。

(4) 抗生素总量

饮用水中的抗生素是国内外广泛关注的一类污染物,长期摄入可能会对人体健康造成影响,如耐药菌的产生等。基于编制组对磺胺嘧啶、磺胺间甲氧嘧啶、磺胺甲恶唑、磺胺间二甲氧嘧啶、磺胺二甲基嘧啶、磺胺喹噁啉、甲氧苄啶、氧氟沙星、洛美沙星、双氟沙星、氟罗沙星、林可霉素、红霉素、罗红霉素和甲砒霉素等 15 种抗生素的调查结果,确定磺胺嘧啶、磺胺间甲氧嘧啶、磺胺甲恶唑、磺胺间二甲氧嘧啶、磺胺二甲基嘧啶 5 种磺胺类抗生素的总量不应超过 0.000 2 mg/L。

(5) 腐蚀性

饮用水在供水管网输配过程中会发生腐蚀现象。日本水质标准^[8]采用朗格利尔指数(LSI)(来判别水的腐蚀性,美国国家环境保护局(EPA)在饮用水 Secondary Standards^[15]中也有腐蚀性指标。上海部分水厂采用投加二氧化碳工艺来调节进厂原水的 pH,水中投加二氧化碳后,水的化学稳定性会发生变化进而影响水的腐蚀性,上海地标加入了腐蚀性的控制要求,同时参照日本的水质管理目标,设定限值为-1~0。LSI 的计算可参考《反渗透海水淡化产品水水质要求》(GB/T 43230—2023)^[16]。

(6) 双酚 A

双酚 A 是一种广泛用于塑料制品(如食品容器、奶瓶、矿泉水瓶)的化学原料,具有类雌激素作用,低剂量长期暴露可能导致内分泌失调、儿童性早熟等健康问题。因其难降解特性,双酚 A 已在地表水、地下水甚至饮用水中被检出,成为全球饮用水安全的重要关注对象。双酚 A 被列入《上海市重点管控新污染物清单》(2023 年版),上海地标参照国标 GB 5749—2022 将双酚 A 限值确定为 0.01 mg/L。

(7) 全氟化合物

全氟化合物由于在沉积物、地表水和空气等各种环境介质和生物体内甚至人群血液中检出而受到广泛关注。因其持久性、生物蓄积性、远距离环境迁

移特性以及对于包括人类在内的哺乳动物的毒性效应,全氟辛酸(PFOA)于2019年被列入《斯德哥尔摩公约》,全氟化合物2023年被列入了我国《重点管控新污染物清单》(2023年版)和《上海市重点管控新污染物清单》(2023年版)。上海地标参照国标GB 5749—2022将PFOA限值确定为0.000 08 mg/L,全氟辛烷磺酸(PFOS)限值确定为0.000 04 mg/L。

3.2 生活饮用水水源水质要求

上海市水源地位于开放性河流,容易受上游和取水口周边突发事件的影响,存在水源水质大幅度波动的潜在风险,本次修订进一步完善了生活饮用水水源水质要求。增加了水源水质不能满足《地表水环境质量标准》(报批稿)(GB 3838)要求,但又限于条件限制需加以利用时,应采用相应的净水工艺进行处理,处理后的饮用水水质应满足GB 5749—2022要求;当水源发生藻类增殖引发异嗅、异味时,应增加2-甲基异莰醇、土臭素等指标的检测频次;当水源地发生锑、石油等化学品污染时,应加强特征污染物的检测频次,并开展风险源分析。

3.3 水厂净水工艺过程水质要求

水厂净水过程是去除原水中化学和微生物污染物的关键环节,净水工艺运行与管理水平直接影响出厂水水质。为了确保用户龙头水水质稳定达标,必须加强水厂净水工艺过程水质控制。上海地标要求水厂应根据设施设备情况、净水工艺能力及水质管理目标,管控净水工艺全过程水质;原水进厂前采用次氯酸钠预氧化工艺时,应对进厂原水中的消毒副产物进行检测与控制;水厂采用臭氧-生物活性炭深度处理工艺时,应按照《净水厂用煤质颗粒活性炭选择、使用及更换技术规范》(DB31/T 451—2021)控制臭氧投加量;活性炭滤池进水的余臭氧应保持稳定,控制在0.1 mg/L以下,余氯应控制在0.05 mg/L以下;出厂水浑浊度宜控制在0.1 NTU以下;出厂水消毒剂余量应根据水厂净水工艺、管网输配距离、中途泵站加氯情况和季节变化等因素确定。

浑浊度在美国EPA饮用水标准中归为微生物指标^[7],国内标准中归为感官性状指标。上海地标创新性地提出“出厂水浑浊度宜控制在0.1 NTU以下”,这在国内外水质标准中都是首次。最大限度地降低出厂水浊度对于全面提升供水水质安全保障能力和水平意义重大。

3.4 水质检验及评价要求

管网水、管网末梢水和末梢水极易混淆,供水行业通常重点关注管网水和管网末梢水;而国标GB 5749—2022则更加关注末梢水。

基于上海供水实际和国标要求,上海地标增加了管网末梢水的定义,管网末梢水是指“水厂供水范围内公共输配管网末端或者距离水厂最远端的管网水”,上海地标对原有的管网采样点设置要求进行了细化;增加了“管网末梢水的采样点比例不少于10%”的要求;针对国标GB 5749—2022中提出的末梢水是指“出厂水经输配水管网输送至用户水龙头的水”的定义,上海地标增加了末梢水的采样点设置要求,末梢水采样点应设置在用户水龙头处,采样点数量宜根据水厂规模及服务人口确定。

上海地标要求水质评价按照《城市供水水质标准》(报批稿)(CJ/T 206)执行;同时按照严格控制出厂水、最终控制末梢水的原则,分别提出了水质达标率目标,要求出厂水 $\geq 99\%$ 、管网水 $\geq 98\%$ 、管网末梢水、二次供水、末梢水和综合达标率 $\geq 97\%$ 。

行标CJ/T 206报批稿对水质达标率的统计做了颠覆性修订,水质达标率包括指标达标率、样品达标率和综合达标率,在计算综合达标率时都是统计的样品达标率,而不是以往的指标达标率。以往饮用水中部分指标适当放宽的情形得到了严格控制,个别水质指标不达标意味着水样不达标,直接影响达标率统计结果。达标率的统计方法变化对于供水全过程水质保障工作提出了更加严格的要求。

3.5 小结

上海地标DB31/T 1091—2025主要有以下几个特点。

(1)更加关注原水水质影响。标准针对上海原水易受藻类增殖、锑、咸潮等的影响,将锑、二甲基异莰醇、土臭素列为常规指标;将溴化物、碘化物列为扩展指标;将二氯一碘甲烷列为扩展指标。

(2)更加关注处理工艺效果。标准创新性地要求水厂出厂水浑浊度宜控制在0.1 NTU以下,针对氯胺消毒和混凝剂种类并结合近年来的检测数据,要求从严控制铝、亚硝酸盐(以氮计)和含氮消毒副产物亚硝基二甲胺等直接受水厂处理工艺影响的水质指标。

(3)更加关注水质风险变化。标准中对参考指标做了大幅度调整,删除了我国供水行业几乎从不

开展检测的二恶英、石棉等水质指标,新增了直接影响上海水源地水质的2-EMD、2-EDD、抗生素等水质指标,新增了评价管网水易结垢还是易腐蚀的腐蚀性指标。

(4)更加注重对接相关标准。上海地标参考国际通行做法,将评价有机污染的总有机碳列为常规指标,根据国标 GB 5749—2002 关于末梢水的水质保障要求,针对性地提出了末梢水采样点的设置要求和检测要求,解决了困扰供水行业对于末梢水的检测难题;上海地标按照行标 CJ/T 206 达标率评价方法,提出了具有上海特色的出厂水、管网水、管网末梢水、二次供水和末梢水的水质管理目标。

4 水质标准制定和修订工作面临的困难与应对策略

饮用水水质标准与人体健康密切相关,安全的饮用水必须确保一个人终身饮用也不会对健康产生明显危害^[17]。然而随着新污染物的不断出现以及人民群众对高品质饮用水的期待,饮用水水质标准在制定和修订过程中面临着许多困难与挑战。

4.1 困难与挑战

(1) 污染物的多样性

水中污染物种类繁多,不同地区的污染物也各有特点。除传统污染物如重金属、农药、病原体等外,微塑料、抗生素激素药物残留、纳米材料、全氟化合物(PFAS)等新污染物不断出现,其毒理机制和长期健康影响尚不明确。我国香港饮用水水质标准分为食水标准、感官准则、监察名单和观察名单^[18]。除了食水标准 60 项参数和感官准则 10 项参数有明确的限值外,监察名单和观察名单均没有设定限值。监察名单包括 37 项化学品参数和 4 项微生物参数,观察名单包括 686 项化学品参数和 1 项辐射参数。香港水质标准基于水中污染物的多样性、复杂性以及最新的科学研究成果设立了监察名单和观察名单,其中监察名单主要是用于进行监察性监测,包括在香港饮用水中含量十分低或低于检测水平并远低于对健康造成风险水平的参数以及标志供水系统卫生情况的微生物指标;而观察名单则主要包括尚未有科学实证确立潜在健康风险的参数。污染物的多样性、复杂性和地区差异性对于确定水质标准水质指标造成了巨大困难与挑战。

(2) 限值研究的复杂性

编制标准时往往要对照 WHO、美国 EPA、欧盟、日本等先进水质标准,再结合本地区原水水质特征、水厂处理工艺、水质检测数据和最新研究成果并基于标准引领性、先进性和可达性原则来确定水质指标及其限值。确定限值需要基于大量的科学研究,包括流行病学调查和毒理学研究。比如 2022 年 WHO 针对 PFOA 和 PFOS 提出的临时指南值是 100 ng/L^[19],在收到来自不同利益相关方的 25 份评论后对外解释,临时指南值不是健康基础值,WHO 也未在文件中表示这是一个安全的暴露水平。2024 年 4 月美国 EPA 针对 PFOA 和 PFOS 确定的限值均是 4 ng/L^[7]。美国 EPA 标准中有两个限值,分别是最大污染物水平目标(MCLG)和最大污染物水平(MCL)。MCLG 是非强制执行的公共卫生目标,是指饮用水中对人的健康没有已知或预期负面影响的污染物最大限量。MCLG 仅考虑公共卫生风险,包括孕妇、发育中婴幼儿、儿童、老年人和免疫力低下个体等敏感人群,不考虑检测或处理技术有效性的限制。如果污染物已知或可能是致癌物,EPA 会将 MCLG 设定为 0。由于当前的技术限制,有时供水系统无法达到 MCLG 设定的水平。MCL 是强制执行的标准,是公共供水系统输送给用户的饮用水中允许的污染物最高限量。美国标准中 PFOA 和 PFOS 的 MCLG 均为 0,而 MCL 均为 4 ng/L。由此可以看出,限值研究与确定极其复杂和困难。

(3) 技术经济可行性

饮用水水质标准需要和当地的社会经济发展水平相适应,制定严格的水质标准可能需要高昂的治理和检测成本。比如说高氯酸盐在烟火制造、军火工业和航天工业中作为强氧化剂有广泛的应用,而我国又是传统的烟花制造消费大国和航天大国,且高氯酸盐生产分布全国各地,部分地区饮用水中存在高暴露情况。水专项全国调查发现,我国地表水和地下水中高氯酸盐的检出率很高,其中长江流域污染最严重,平均质量浓度为 16.68 $\mu\text{g/L}$,部分监测点高氯酸盐质量浓度达到 105 $\mu\text{g/L}$ 。因此高氯酸盐被列入国标 GB 5749—2022,限值为 0.07 mg/L。现有的传统水处理工艺对高氯酸盐几乎无去除效果,膜处理技术几乎是仅有的可行选择之一,采用膜处理工艺需要对水厂进行升级改造,且水处理运行成本高昂。因此严格水质标准可能推高水价,会引发

公众的广泛关注与讨论,同时会加重低收入群体的负担,可能引发社会公平性问题。在制定水质标准时,如何平衡水质要求与社会经济发展水平和公众承受能力,如何有效沟通,增强公众对水质标准的理解和支持,确保标准的可行性,也是重大挑战。

4.2 主要应对策略

2022 年国家发布的《新污染物治理行动方案》明确,要对重点行业中重点化学物质生产使用的品种、数量、用途等信息建立化学物质环境信息调查制度;要对重点地区、重点行业、典型工业园区建立新污染物环境调查监测制度;要以高关注、高产(用)量、高环境检出率、分散式用途的化学物质为重点,建立化学物质环境风险评估制度;要动态制定化学物质环境风险优先评估计划和优先控制化学品名录,动态发布重点管控新污染物清单,动态更新有毒有害水污染物名录。

2025 年 1 月 15 日,团体标准《饮用水优先控制污染物筛查技术规程》公开向社会征求意见,该标准为了规范饮用水水质标准的制修订以及饮用水污染物监测与评估和风险因子管控等相关工作,规定了饮用水中优先控制污染物筛查原则、筛查方法、优先控制污染物清单建立等内容,该规程列出了饮用水优先控制污染物筛查的具体流程,主要包括建立优先控制污染物观察清单、提出优先控制污染物清单两个步骤。其中观察清单主要基于饮用水风险物质数据库及毒理资料经筛查后产生,而优先控制污染物清单则是在观察清单的基础上经监测评估、风险排序和研讨论证后确定。规程要求饮用水优先控制污染物筛查工作宜每隔 5 年定期开展一次,实现动态筛查;同时要求定期评估已进行管控的饮用水优先控制污染物清单中水质指标的合适性,评估是否有必要进行修订及更新。

团体标准《饮用水优先控制污染物筛查技术规程》的做法类似于美国 EPA 建立的污染物候选清单(CCL)制度。CCL 制度是根据美国 1996 年修订的《安全饮用水法》设立的,EPA 要定期更新 CCL,并评估是否将清单中的污染物纳入监管。至今已发布了 5 期 CCL,分别是 CCL1(1998 年)、CCL2(2005 年)、CCL3(2009 年)、CCL4(2016 年)、CCL5(2022 年),CCL6 也已经于 2023 年 4 月 18 日完成提名工作,正在评估提名的污染物及其他相关数据与信息,确定是否将其纳入 CCL6 草案,后续将公开草案并

征求公众意见。

针对污染物的多样性、限值研究的复杂性和技术经济性等诸多难题,建立并完善污染物筛查、评估等相关制度,确定和动态更新饮用水优先污染物是制定和修订饮用水水质标准的根本保障。上海地处长江流域和太湖流域下游,水源地水质主要受上游来水影响,因此对上游的工业园区如吴江工业园区、常熟氟化学园区的污染物类型、排放量等进行长期跟踪和评估就显得十分重要,通过省际协作及时掌握污染物登记、使用、排放、处置等关键信息,逐步建立起上海市饮用水水质观察清单和饮用水优先污染物清单,相关污染物的清单可为今后水质标准制定和修订工作打下坚实基础。

5 结语

1883 年上海诞生了我国第一座现代化自来水厂,1927 年诞生了我国第一部饮用水水质标准,1950 年和 2018 年的上海标准也是国内引领者,上海作为我国城市供水事业发展的先驱,始终走在水质标准研究和编制的前沿。

上海地标 DB31/T 1091—2025 针对上海原水水质特征、水处理工艺现状和水质保障目标与要求,较国标 GB 5749—2022 新增 5 项指标,提标 38 项,大幅度调整水质参考指标,进一步强化水厂净水处理工艺精准管控和末梢水水质保障,充分体现了从源头到龙头的全过程水质保障理念。

针对饮用水水质标准制定和修订过程中面临的污染物的多样性、限值研究的复杂性和技术经济性等诸多难题,提出了确定和动态更新饮用水优先污染物的应对策略,提出了长期跟踪评估直接影响上海水源地水质的上游工业园区的污染物并逐步建立上海市饮用水优先污染物清单的工作设想。

参考文献

- [1] 李贵宝,周怀东,刘晓茹.我国生活饮用水水质标准发展趋势及特点[J].中国水利,2005(9):40-42.
LI G B, ZHOU H D, LIU X R. Development trend and characteristic of standard for domestic drinking water quality in China[J]. China Water Resources, 2005(9):40-42.
- [2] 潘玥,王可新.我国饮用水水质标准变迁的研究[J].能源技术与管理,2014,39(6):17-19.
PAN Y, WANG K X. Research on the changes of drinking water quality standards in China [J]. Energy Technology and Management, 2014, 39(6):17-19.

- [3] 宋兰合, 由阳, 李宗来, 等. 饮用水水质标准体系研究[J]. 中国给水排水, 2016, 32(6): 1-6.
SONG L H, YOU Y, LI Z L, et al. Study on framework of drinking water quality standards [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(6): 1-6.
- [4] 朱慧峰. 上海市《生活饮用水水质标准》解读与高品质饮用水目标的展望[J]. 净水技术, 2018, 37(8): 39-44.
ZHU H F. Reading of Shanghai Water Quality Standards for Drinking Water and prospects for high quality drinking water targets[J]. Water Purification Technology, 2018, 37(8): 39-44.
- [5] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality (fourth edition incorporating the first and second addenda) [M/OL]. [2025-03-02]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.
- [6] European Union. DIRECTIVE (EU) 2020/2184 [R/OL]. (2023-12-23) [2025-03-02]. <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng>.
- [7] United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations [EB/OL]. [2025-03-02]. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/enghttps://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/>.
- [8] Ministry of Welfare. Water quality standards[EB/OL]. [2025-03-02]. http://www.env.go.jp/water/water_supply/kijun/index.html.
- [9] 江苏省市场监督管理局, 江苏省住房和城乡建设厅. 饮用水次氯酸钠消毒技术规程: DB32/T 4400—2022 [S/OL]. [2025-03-02]. https://sthjt.jiangsu.gov.cn/art/2023/2/1/art_83586_10738877.html.
Jiangsu Provincial Administration for Market Regulation, Jiangsu Provincial Department of Housing and Urban Rural Development. Technical specification for disinfection of drinking water by sodium hypochlorite: DB32/T 4400—2022 [S/OL]. [2025-03-02]. https://sthjt.jiangsu.gov.cn/art/2023/2/1/art_83586_10738877.html.
- [10] 魏源源, 刘燕, 刘东银, 等. 饮用水消毒碘代副产物的毒理学研究及其形成过程[J]. 癌变 畸变 突变, 2009, 22(5): 404-408.
WEI Y Y, LIU Y, LIU D Y, et al. Toxicological study and formation process of iodinated by-products in drinking water disinfection [J]. Carcinogenesis, Teratogenesis & Mutagenesis, 2009, 22(5): 404-408.
- [11] LIPPS W C, BRAUN-HOWLAND E B, BAXTER T E. Standard methods for the examination of water and wastewater [M]. 24th ed. Washington: American Public Wealth Association, 2023.
- [12] ROMERO J, VENTURA F, CAIXACH J, et al. Identification of 1,3-dioxanes and 1,3-dioxalanes as malodorous compounds at trace levels in river water, ground water, and tap water [J]. Environmental Science & Technology, 1998, 32(2): 206-216.
- [13] NOBLET J, SCHWEITZER L, IBRAHIM E, et al. Evaluation of a taste and odor incident on the Ohio River [J]. Water Science Technology, 1999, 40(6): 185-193.
- [14] DRINKING W I. Objectionable taste and odour in water supplies in North-East London between January and March 2010 [EB/OL]. [2025-03-02]. <https://paperzz.com/doc/7988196/objectionable-taste-and-odour-in-water-supplies-in-north>.
- [15] United States Environmental Protection Agency. National secondary drinking water regulations [EB/OL]. [2025-03-02]. <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/>.
- [16] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 反渗透海水淡化产品水水质要求: GB/T 43230—2023 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Water quality requirements of product water of seawater reverse osmosis desalination: GB/T 43230—2023 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.
- [17] 刘文君, 王小钊, 王占生. 饮用水水质标准的发展: 从卫生、安全到健康的理念 [J]. 给水排水, 2017, 53(10): 1-3, 61.
LIU W J, WANG X M, WANG Z S. The development of drinking water quality standards: From hygiene, safety to health concepts [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 53(10): 1-3, 61.
- [18] 香港水务署. 香港食水标准 [EB/OL]. [2025-03-02]. <https://www.wsd.gov.hk/tc/core-businesses/water-quality/>.
Hong Kong Water Supplies Department. Hong Kong water standards [EB/OL]. [2025-03-02]. <https://www.wsd.gov.hk/tc/core-businesses/water-quality/>.
- [19] World Health Organization. PFOS and PFOA in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality [R/OL]. [2025-03-02]. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/pfos-and-pfoa-in-dw-comments-responses-21.11.23.pdf?sfvrsn=71261026_1.