

引用格式: 刘俊杰, 陈迅, 黄蕾, 等. 中外饮用水水质标准的特色差异与本土化启示[J]. 标准化学报, 2026 (7): 116–125.

LIU Junjie, CHEN Xun, HUANG Lei, et al. Characteristics and Differences of Drinking Water Quality Standards between China and Foreign Countries and the Implications for Localization[J]. Journal of Standardization, 2026 (7):116–125.

中外饮用水水质标准的特色差异与本土化启示

刘俊杰¹ 陈迅^{2*} 黄蕾² 王龙³ 张金峰¹ 张正正²

(1.中海企业发展集团有限公司; 2.中国建筑科学研究院有限公司; 3.北京鑫安兴业房地产开发有限公司)

摘要: 【目的】进一步完善我国饮用水水质标准体系、提升饮用水安全保障能力, 为标准的本土化优化提供科学参考。

【方法】以全球饮用水水质标准为研究对象, 系统梳理美国、欧盟、日本等发达国家和地区及中国、伊朗、印度等发展中国家饮用水标准的建设历程、指标体系与管控特色, 从指标数量、分类逻辑、污染物覆盖范围及浓度限值等维度, 重点对比分析微生物、毒理性指标、消毒剂及消毒副产物等关键指标的中外差异, 并剖析造成差异的国情、技术等深层原因。【结果】各国饮用水水质标准的制定均与本国国情、产业发展、水资源特征及公共卫生需求深度绑定, 发达国家标准呈现法律支撑完善、动态更新及时、风险评估科学、管控全程化的特征, 发展中国家则突出国情适配、分级管控、基础安全优先的特点; 我国现行标准指标体系系统全面, 部分指标限值与发达国家相当甚至更严格, 同时兼顾地区污染差异, 但在新兴污染物前瞻性管控、标准动态更新机制等方面仍有完善空间。【结论】我国应借鉴国际先进经验, 结合本土水质污染特征与管理需求, 健全标准动态更新与风险预警长效机制, 强化微塑料、全氟和多氟烷基物质等新兴污染物管控, 完善全国饮用水污染物监测网络, 构建安全、优质、适配国情的饮用水安全保障体系。

关键词: 饮用水; 水质标准; 指标对比; 国内外差异; 水质安全

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.07.015

Characteristics and Differences of Drinking Water Quality Standards between China and Foreign Countries and the Implications for Localization

LIU Junjie¹ CHEN Xun^{2*} HUANG Lei² WANG Long³ ZHANG Jinfeng¹
ZHANG Zhengzheng²

(1.China Overseas Enterprise Development Group Co., Ltd.; 2. China Academy of Building Research;
3. Beijing Xin'an Xingye Real Estate Development Co., Ltd.)

Abstract: [Objective] This study is intended to further improve China's drinking water quality standards system, enhance the capacity for drinking water safety assurance, and provide scientific reference for the localized optimization of such standards. [Methods] Taking global drinking water quality standards as the research object, this paper systematically summarizes the development history, indicator systems and regulatory characteristics of drinking water standards in

基金项目: 本文受“十四五”国家重点研发计划项目“住房质量和品质提升关键技术与示范”(项目编号: 2024YFC3810400)资助。

作者简介: 刘俊杰, 硕士, 工程师, 研究方向建筑与土木工程标准化。

陈迅, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 研究方向水污染处理与土壤污染防控。

developed countries and regions, including the United States, the European Union and Japan, as well as in developing countries such as China, Iran and India. From the dimensions of indicator quantity, classification logic, pollutant coverage and concentration limits, it focuses on a comparative analysis of the Sino-foreign differences in key indicators including microbiological indicators, toxicological indicators, disinfectants and disinfection by-products, and further analyzes the underlying causes of such differences such as national conditions and technical levels. [Results] The development of drinking water quality standards in different countries is closely bound to their respective national conditions, industrial development, water resource characteristics and public health demands. Standards in developed countries are characterized by sound legal support, timely dynamic updates, scientific risk assessment and full-process regulation, while those in developing countries highlight the features of national condition adaptation, hierarchical regulation and priority to basic safety. China's current standard indicator system is systematic and comprehensive, with the limits of some indicators being equivalent to or even stricter than those of developed countries, and it also takes into account regional differences in pollution. Nevertheless, there is still room for improvement in the prospective regulation of emerging pollutants and the dynamic update mechanism of standards. [Conclusion] China should draw on advanced international experience, and in combination with the characteristics of local water pollution and management demands, improve the long-term mechanism for dynamic standard updates and risk early warning, strengthen the regulation of emerging pollutants such as microplastics and per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), perfect the national monitoring network for drinking water pollutants, and establish a safer, higher-quality drinking water safety assurance system adapted to national conditions.

Keywords: drinking water; water quality standards; indicator comparison; domestic and foreign differences; water quality safety

0 引言

饮用水安全关乎国计民生,对公众健康、社会稳定与可持续发展具有至关重要的影响。根据联合国《2000至2024年家庭饮用水与环境卫生进展:不平等问题特别报告》的调查结果,全球仍有四分之一人口(约21亿人)无法获得安全管理的饮用水,其中1.06亿人甚至直接饮用未经处理的地表水;另有34亿人缺乏安全管理的环境卫生服务。受污染的饮用水可能含有病原微生物、重金属或有机化学污染物,是导致多种疾病传播的重要途径,严重时可能引发大规模公共卫生事件。同时一个国家饮用水的安全状况也是国际社会评价该国发展水平的重要指标之一,直接影响国家形象与国际合作。因此,保障饮用水安全不仅有利于维护社会稳定,也是促进国际合作与可持续发展的重要基础。

近年来,随着全球工业化进程的加快,新型污

染物的挑战日益凸显,同时人们对饮水品质的需求却越来越高。面对饮用水水质复杂性日益增加的客观现状,制定科学严谨的水质标准成为保障饮水安全的核心手段^[1]。本文旨在通过对比我国与美国、日本、欧盟等发达国家和地区,以及伊朗、印度等发展中国家饮用水水质标准中的指标数量、浓度限值、污染物覆盖范围及管理体系等方面的异同,深入分析各国标准制定的理念导向与执行效能,以识别差异、借鉴国际经验,为我国饮用水水质标准的持续完善与有效实施提供科学参考,从而更好地保障公众饮水安全。

1 国内外饮用水标准建设情况

1.1 国内

新中国成立以来,我国饮用水水质标准经历了从无到有、从简单控制到系统化管理的深刻变革^[2]。近年来,我国饮用水安全在标准体系、监测

能力和处理技术等方面取得显著进展,但仍面临水源污染、城乡差异、新污染物威胁等多重挑战。

(1) 早期探索阶段(1950—1990年):从地方标准到国家框架初建。我国饮用水标准化工作起步于20世纪50年代。1956年,原卫生部颁布首部《饮用水水质标准(草案)》,设定15项基础指标,重点关注感官性状、细菌总数及砷、氟化物等常见毒理指标,初步构建了饮用水安全管控框架^[3]。这一阶段标准具有鲜明的“疾病防控导向”,主要针对水源性疾病(如霍乱、伤寒)和典型地方病(如氟骨症)。1959年修订的《生活饮用水卫生规程》将指标扩展至17项,新增了铅、锌等重金属限值要求,反映出对工业污染早期影响的初步警觉^[4]。

1976年,随着工业化进程加速,我国推出《生活饮用水卫生标准(试行)》,指标数量增至23项^[3],首次系统纳入汞、镉、六价铬等重金属污染物,并区分了集中式供水和分散式水源的管理要求。1985年发布的GB 5749-85标准进一步将指标扩充至35项,增加有机磷、有机氯农药残留等农业污染指标,标志着对工农业复合污染的初步响应。

(2) 体系完善阶段(1990—2006年):国际接轨与指标扩容。改革开放后,水污染问题日益复杂化。有机污染物、工业化学品和消毒副产物成为新的健康威胁。2006年发布的GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》实现了我国饮用水标准体系的里程碑式跃升。其中,指标数量激增至106项(常规42项+非常规64项)^[3],覆盖微生物、毒理金属、有机化合物、农药、消毒副产物等多维度风险。首次将三氯甲烷等消毒副产物纳入管控,引入“非常规指标”概念,允许地方根据污染特征选择性监测,增强标准的适应性。

(3) 质量提升:从数量增长到精准优化(2022版新国标)。2023年4月正式实施的GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》,代表我国水质管理进入质量导向新阶段。其核心变化体现为“三增一减一统一”:

1) 增加风险敏感指标。新增高氯酸盐(烟花

火药副产物)、乙草胺(新型除草剂)两类高健康风险污染物,强化源头防控。

2) 增加感官体验指标。纳入2-甲基异莰醇、土臭素(嗅阈值低至10 ng/L),推动饮用水从“安全”向“适饮”升级。

3) 增加消毒副产物管控。将一氯二溴甲烷等6项消毒副产物从“非常规”调整为“常规指标”,要求全流程监控。

4) 删冗余指标。移除硫化物、乙苯等13项多年未检出或已禁用物质(如六六六、滴滴涕),聚焦现实风险。

5) 统一城乡标准。取消农村小型供水的“放宽限值”条款,首次实现城乡水质评价一体化。

从我国饮用水标准的演变过程可以看出,我国对生活饮用水从“防病原、避中毒”的基础安全(20世纪50年代)转向“控风险、保健康”的综合管理(21世纪20年代),再到追求感官舒适性的民生需求升级。

1.2 国外

1.2.1 美国

早期(20世纪初之前),美国在饮用水管理上主要致力于控制肉眼可见的浑浊度、色度、气味以及引发霍乱、伤寒等水媒传染病的微生物。1974年,美国国会制定并颁布《安全饮用水法案》,正式授权美国环境保护局(EPA)制定饮用水相关的国家健康标准,EPA开始系统性地评估和管制特定污染物。此后,《安全饮用水法案》于1986年和1996年经历了2次重要修订。1986年的修正案要求EPA必须在特定时间内对83种特定污染物制定标准,并在此后每3年管制25种新污染物^[5];1996年的修正案要求EPA在制定新标准时,必须基于最佳可用科学进行健康风险评估,并考虑执行成本与技术可行性,同时要求EPA至少每6年对现有标准进行一次复审,确保其与最新科学进展同步。美国现行标准包括国家一级饮用水规程和国家二级饮用水规程两大类指标。国家一级饮用水规程为强制性标准,其核心指标为最大污染物浓度目标(MCLG)和最大污染物浓度(MCL)。其中,

MCLG基于健康考虑,代表水中污染物不会对健康造成已知或预期风险的水平(理想目标);MCL是法律允许的最高水平,是强制执行的标准。

1.2.2 欧盟

1973—1977年,欧共体环境行动计划首次提出制定统一饮用水标准,以保护公众健康和防止不公平竞争。1980年,欧共体首版饮用水指令(指令80/778/EEC)正式发布,首次建立全欧洲统一的饮用水标准,涵盖62项参数。1998年,欧洲首次对指令进行了修订,在修订的指令98/83/EC中,将原62项指标简至48项(瓶装水51项),删除29项,新增15项,新增项中包括苯、苯并芘、三卤甲烷等有机物指标,并明确各指标以用户水龙头处水样为准,确保终端安全^[6]。欧盟饮用水指令现行版本为2020年发布的指令(EU)2020/2184,较指令98/83/EC新增了微塑料检测要求,并调整了部分参数的分析方法,并于2024年发布了指令(EU)2024/1441作为对(EU)2020/2184的补充,专门针对饮用水中微塑料浓度的检测方法,明确了检测范围、技术标准和报告规范。

1.2.3 日本

为应对水俣病等公害事件,日本于1955年首次制定自来水水质标准,共16项指标,并于1957年颁布《水道法》,确立了“干净、充足、低价”供水原则。1993年,日本依据世界卫生组织(WHO)的指导原则,对《水道法》进行了大规模修订,将16项指标增至72项,对健康指标进行了强化;1998年增加了铀和亚硝酸盐氮指标项,1999年将二噁英、苯达松等4种除草剂纳入检测范围,使法典的技术水平得到进一步提升。2003年5月,日本发布第101号厚生劳动省令,废除原有“水质标准”和“监测标准”分类,并于2004年4月正式发布新标准体系。新体系涵盖三大类,即法定项目、管理目标项目和待讨论项目^[7]。日本现行的饮用水标准为《水道法》2019年修订版。新标准于2020年4月1日正式实施,其中法定项目51项,要求必须达标;管理目标项目27项,要求鼓励达标;待讨论项目45项,列为研究观察类。

1.2.4 伊朗

伊朗伊斯兰共和国成立后,伊朗于1982年颁布首部“水法”,并整合了水资源管理,设立了区域水务局。1997年,伊朗国家标准化组织首次发布了自己的饮用水质量标准,代号为“ISIRI 1053”。这项标准的出台标志着伊朗开启了饮用水管理的国有化、标准化和法治化进程^[8]。伊朗现行的饮用水水质标准由伊朗标准与工业研究院于2003年正式颁布实施,包含两大核心标准:饮用水微生物安全标准(ISIRI 1011)和饮用水理化指标标准(ISIRI 1053);2008—2012年,基于世界卫生组织2004版《饮用水水质准则》,伊朗对标准进行了重要修订,强化了对重金属、农药残留和消毒副产物的管控要求;2019年起,针对全氟和多氟烷基物质(PFAS)等新兴污染物启动了标准评估,预计未来将正式纳入法定管控范围。

1.2.5 印度

1983年,印度标准局正式发布首个国家标准《饮用水规范》(IS 10500:1983),该标准主要参考世界卫生组织早期指导原则和英国标准。1991年,印度对该标准进行了首次修订,引入了“可接受限值”和“允许限值”双轨制,以适应印度水资源分布不均的国情。修订后的标准增加了铝、硼等参数,调整了TDS、硝酸盐和农药残留的限值要求。2012年,印度对标准进行了第二次修订,强化了微生物指标,新增了病毒学检测要求和隐孢子虫、贾第鞭毛虫检测方法。印度饮用水水质现行标准为2012年第三次修订版(IS 10500:2012),该版标准在指标和限值上全面对标国际标准;在架构体系上,实行可接受限值和允许限值双轨限值体系,其中可接受限值为理想水质标准,必须严格执行,允许限值为无替代水源时的临时放宽标准,但超标必须采取补救措施^[9]。

2 饮用水指标中污染物的类型

根据中国、美国、欧盟以及世界卫生组织饮用水相关标准的内容,饮用水中污染物主要分为四

大类。

(1) 微生物污染物。主要包括指示菌、致病菌及其他辅助监测微生物。其中, 指示菌能直观反映饮用水是否受特定微生物污染; 致病菌主要包括沙门氏菌、隐孢子虫、贾第鞭毛虫等, 会直接对人们的健康产生危害; 其他辅助监测微生物包括细菌总数、产气荚膜梭菌、蓝细菌等, 这类微生物指标可以弥补核心指示菌的“监测盲区”, 预警特定病原体和健康风险。

(2) 毒理指标污染物。饮用水中的毒理指标污染物主要分为强毒性重金属、有机污染物及无机非金属有毒物质。强毒性重金属包括铅、汞、砷、镉、六价铬等, 这类物质对人体的神经系统和主要内脏器官具有较强的损害, 砷还具有较强的致癌性。有机污染物包括挥发性有机物(如苯、四氯化碳、氯乙烯等)、半挥发性有机物(如苯并[a]芘、丙烯酰胺等), 以及农药及除草剂(如莠去津、敌敌畏等)。在这些物质中, 苯、三氯乙烯、四氯乙烯等挥发性和半挥发性有机物属于“三致”(致癌、致畸、致突变)物质, 莠去津、草甘膦等农药或除草剂有的具有较强毒性, 影响神经系统。无机非金属有毒物质包括氰化物、氟化物、硝酸盐等。其中, 氰化物属于急性中毒物质, 氟化物过量会损伤骨骼和神经系统, 硝酸盐类物质可导致蓝婴综合征。

(3) 一般化学污染物。主要包括铝、铁、锰、铜、锌等金属元素, 以及氯化物、硫酸盐等无机物。过量摄入铝和锰可能影响神经系统; 过量摄入铁、铜、锌会导致腹痛腹泻, 损伤内脏器官; 氯化物和硫酸盐会导致饮用水口感不适, 且会对肾脏、肠胃等器官造成影响。

(4) 消毒剂和消毒副产物。饮用水处理工艺中常用的消毒剂包括氯气、二氧化氯、臭氧、次氯酸钠等, 消毒副产物主要有三氯甲烷、溴酸盐、亚氯酸盐、氯酚类等。消毒剂过量会产生刺激性气味, 刺激呼吸道与皮肤黏膜; 消毒副产物危害更显著, 三氯甲烷、溴酸盐等具有致癌风险, 长期摄入可能增加患癌概率, 亚氯酸盐可能影响血液携氧能力, 氯酚

类会引发味觉异常、恶心, 还可能损伤肝脏功能。

3 国内外饮用水标准分析

3.1 指标框架与指标数量对比

(1) 我国现行GB 5749—2022中水质指标共97项, 其中常规指标43项、扩展指标54项。常规指标反映生活饮用水基本状况, 包括微生物指标(3项)、毒理指标(18项)、感官性状和一般化学指标(16项)、放射性指标(6项); 扩展指标反映地区水质特征, 含微生物指标(2项)、毒理指标(47项)、感官和一般化学指标(5项)。与国际标准相比, 我国标准在指标体系上更加系统全面, 关注新型污染物如高氯酸盐; 部分指标限值与发达国家相当, 甚至更严格, 既保障全民基本饮水安全, 又兼顾地区差异和风险变化。

(2) 美国EPA饮用水标准分为国家一级标准(NPDWRs, 94项强制指标)和国家二级标准(NSDWRs, 15项非强制指标)。一级标准包括微生物(7项)、消毒剂及副产物(7项)、无机物(16项)、有机物(53项)、全氟和多氟烷基物质(PFAS)^[10](7项)和放射性(4项)指标。特色是强调技术规范与健康风险管控并重, 如对微生物安全更侧重处理工艺要求。

(3) 欧盟现行饮用水指令(2020/2184/EU)共设56项指标, 分为微生物(2项)、化学物质(34项)、指示指标(18项)和输配系统风险评估(2项)4类。特色是采用预防性原则, 注重从源头到龙头全程管控, 对新兴污染物严格管控, 部分指标限值甚至比WHO标准更严格。成员国可增设指标, 但核心标准统一。

(4) 日本《水道法》规定51项法定水质基准项目(必达标)和27项水质管理目标项目(参考值, 含114余种农药), 另有47项需讨论项目。标准特点是严苛且系统, 微生物指标要求“零检出”, 部分化学物质限值严于国际标准。

(5) 伊朗现行标准(ISIRI 1053)设约60项核心指标, 分为物理特性、矿物质化合物、有机化合

物、消毒剂与消毒副产物和放射性物质等。特色是结合干旱地区特点,对氟化物(0.6~1.2 mg/L)和硝酸盐(50 mg/L)严格管控,与WHO标准接轨但部分指标更严。采用“因地制宜、健康优先”原则。

(6)印度标准(IS 10500:2012)包含50 余项指标,分为“可接受限值”和“无替代水源时允许限值”两级。特点是分级管控,如TDS(500/2000 mg/L)和硬度(200/600 mg/L),既对标国际又适应国情。强调“健康保障+国情适应”。

我国与主要国家和地区生活饮用水相关标准信息对比见表1。

3.2 标准主要指标对比

3.2.1 微生物指标

通过对比国内外饮用水标准中微生物指标的数量和限值可以看出(见表2),我国和美国指标的数量明显多于其他国家和地区。欧盟、印度、伊朗只对总大肠菌群和大肠埃希氏菌提出了限值要求;

日本只有总大肠菌群和菌落总数2项指标。我国对各类指示菌、致病菌及辅助检测微生物均设定了明确的限制要求;美国仅对总大肠杆菌设定了限值要求,其他均提出了处理技术要求。

3.2.2 毒理性指标

(1) 无机物

在无机物指标方面,通过比较各国的指标限值(见表3),可以看出:

1)我国与美国和欧盟在砷、镉、铅、汞等重金属指标方面设定的限值基本一致,同时我国为了防范工业污染与航天燃料泄漏,增加了钼、银、高氯酸盐指标。

2)日本在汞、氰化物、氟化物方面较我国管控得更加严格,并额外提出了对亚硝酸根离子和溴酸的管控。

3)在对铬的管控方面,我国和日本关注六价铬指标,美国、欧盟、印度和伊朗则关注总铬指标。

表1 我国与主要国家和地区生活饮用水相关标准信息对比

标准体系	中国 GB 5749—2022	美国 EPA NPDWR	欧盟 EU 2020/2184	日本水道法 (2019)	伊朗 ISIRI 1053	印度IS 10500:2012
生效时间	2022年	2024年	2021年	2020年	2016年	2012年
指标总数	97项 (常规43+扩展54)	一级标准94项 + 二级指南	56项	51项强制 + 27 项目目标管理	约60项	约50项核心参数
分类逻辑	分常规/扩展指标	分强制/非强制指标	分健康/指示 指标	分强制/推荐/研 究指标	部分指标分理 想值/允许值	分强制性/自愿性
特色指标	指标全面,尤其关注消毒副产物和感官指标	四种三卤甲 烷和五种卤乙酸总 量控制	全氟化合物 (PFAS) ^[11]	114种农药单独 管控	涵盖常规污染 物指标,关注 重金属和放射 性物质	侧重解决区域性 污染问题(如 氟、砷),但部 分限值较宽松

表2 国内外饮用水水质标准的微生物学指标对比

项目	中国	美国	欧盟	日本	印度	伊朗
总大肠菌群	不应检出	0.05	0个/mL	不应检出	不应检出	不应检出
大肠埃希氏菌	不应检出		0个/mL		不应检出	不应检出
菌落总数/ (MPN·mL ⁻¹ 或 CFU·mL ⁻¹)	100	处理技术要求	仅对瓶装水和桶 装水有要求	100		
贾第鞭毛虫	<1个/10 L	处理技术要求				
隐孢子虫	<1个/10 L	处理技术要求				

4) 各国饮用水标准中, 印度砷的限值较宽松 (为0.05 mg/L), 可能反映其地下水砷污染较为普遍, 标准制定考虑了现实可行性。伊朗对汞的限值最宽松 (0.006 mg/L), 可能与其工业结构或环境本底值有关。

5) 我国和美国对饮用水中的铊含量设定了明确的限值, 且我国限值更为严格 (0.0001 mg/L)。

(2) 农药

农药普遍具有较强毒性, 通过比较各国的指标限值 (见表4), 可以得出以下结论:

1) 在农药类指标管控方面, 各国表现出较大差异。中国和美国分别对12种和13种农药指标提出了强制性限值要求, 但仅有莠去津 (Atrazine) 1个指标重合, 差异源于两国农业结构、农药使用习惯及标准制定依据的本质区别。

2) 欧盟采用全类别强制模式, 不列举具体

农药种类, 而是对所有有机农药及其代谢物、降解产物统一设定两项强制性限值, 单一农药限值 (0.1 μg/L) 和农药总量限值 (0.5 μg/L)。日本的《水道法》中, 虽然管控的农药指标种类最多 (114种), 但所有指标均列入水质目标管理项目, 未在法定标准 (需强制执行) 中体现。

3) 印度和伊朗饮用水标准中, 强制性农药指标的数量相较于中国和美国标准明显增加, 其中, 印度涉及18种, 伊朗涉及33种。同时, 印度18个强制性指标中, 77% 的指标为其特有。重合的指标中, 其限值要求也较美国更宽松, 如甲草胺 (美国限值 2 μg/L、印度限值20 μg/L)。差异性的根本原因是印度和伊朗均为农业大国, 且农药使用具有“品类杂、用量大、本土特色强”的特点, 需通过更多指标覆盖特有污染风险, 而中美已形成“优势作物+主流农药”的精简管控体系。

表3 各国饮用水标准中毒理性无机物指标对比

单位: mg/L						
项目	中国	美国	欧盟	日本	印度	伊朗
砷	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01
镉	0.005	0.005	0.005	0.03	0.003	0.003
六价铬	0.05			0.05		
总铬		0.1	0.05		0.05	0.05
铅	0.01	0.01	0.005	0.01	0.01	0.01
汞	0.001	0.002	0.001	0.000 5	0.001	0.006
氰化物	0.05	0.2	0.05	0.01	0.05	0.07
氟化物	1.0	4	1.5	0.8	1.5	0.5 ~ 1.5
亚硝酸根离子				0.04		
锑	0.005	0.006	0.01			0.02
钡	0.7	2			0.7	0.7
铍	0.002					
硼	1.0	0.004	1.5	1.0	1.0	0.5
钼	0.07				0.07	0.07
镍	0.02		0.020		0.02	0.07
银	0.05					
铊	0.0001	0.002				
硒	0.01	0.05	20	0.01	0.01	0.01
高氯酸盐	0.07					

表4 各国饮用水标准中农药指标对比

类型	中国	美国	欧盟
指标情况	12种强制指标	13种强制指标	全类别强制模式
管控特点	技术支撑精准管控，对指标实行成本优化的“动态调整”	技术支撑精准管控，对指标实行成本优化的“动态调整”	以“全类别+严限值”构建最全面的防护网

类型	日本	印度	伊朗
指标情况	114种目标管理指标	18种强制指标	33种强制指标
管控特点	通过系统性监测和风险评估，引导供水单位主动管控农药污染	适配当地农业类型，农药与作物的关联强，历史残留的“被动管控”	干旱环境下农药具有持留特性，体现了对进口农药的“无差别管控”

(3) 消毒副产物 (DBPs)

DBPs主要分为：有机DBPs，如三卤甲烷 (THMs)、卤乙酸 (HAAs) 等；无机DBPs，如溴酸盐、亚氯酸盐、氯酸盐。通过对比各国的指标限值 (见表5)，可以得出以下结论：

1) 欧盟是全球唯一实现“列举关键DBPs+全类别兜底”的地区，对未列明有机DBPs要求“单一≤0.1 μg/L、总量≤0.5 μg/L”。对THMs和HAAs实行总量管控，要求THMs的4种组分总量不大于0.1 mg/L，HAAs的5种核心组分总和不大0.06 mg/L。

2) 美国在THMs和HAAs的管控上与欧盟类

似，实行总量管控，要求THMs总量不大于0.08 mg/L，HAAs的总量不大于0.06 mg/L。日本对THMs提出了总量和单组分管控要求，对HAAs设定了单组分管控要求，且部分组分限值较其他国家和地区更为严格。

3) 印度仅对THMs提出了单组分限值要求，对HAAs和含氮DBPs未制定管控措施，主要原因是印度国内农村供水占比高 (80%无深度处理)，且检测能力有限，只能优先防控最易检出的THMs。伊朗对THMs和HAAs未设定总量控制限值，对单组分提出了限值要求，但增加了对部分卤乙腈类物质

表5 各国饮用水标准中消毒副产物指标对比

单位：mg/L						
项目	中国	美国	欧盟	日本	印度	伊朗
三氯甲烷	0.06			0.06	0.2	0.1
一氯二溴甲烷	0.1			-	0.06	0.06
二氯一溴甲烷	0.06			0.03	0.1	0.1
三溴甲烷	0.1			0.09	0.1	0.1
三卤甲烷 (以上4个总和)	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					
总三卤甲烷		0.080	0.100	0.1		
卤乙酸		0.060	0.060			
二氯乙酸	0.05			0.03		
三氯乙酸	0.1			0.2		0.05
二氯乙腈						0.02
二溴乙腈						0.07

的管控要求,这体现了与国际最新研究成果和风险管理趋势接轨的意图。

4) 中国对三卤甲烷实行总量管控和单组分限值管控。在总量管控上,中国采用了“比值和管控”的方法,即“各组分实测值与限值比值的和 ≤ 1 ”。该方法是基于本土“水源多样、污染差异大”国情的创新设计,既保留了单组分风险的精准防控,又通过比值平衡实现了工艺灵活性。

3.2.3 消毒剂指标

在消毒剂指标的管控方面(见表6),相较于其他国家和地区,我国消毒剂指标体系最为全面,涵盖游离氯、总氯、臭氧、二氧化氯4类核心消毒剂,且针对每类消毒剂均明确了与水接触时间、出厂水和末梢水限值、出厂水余量、末梢水余量4个关键环节的标准,形成了从水处理过程到终端用

水的全流程管控。

美国和日本未对消毒剂的“与水接触时间”“余量分阶段要求”等过程性指标作出规定,核心聚焦于最终残留限值。欧盟未对消毒剂本身作出限制,仅通过加强管控消毒副产物的含量达到饮用水健康的管控目标。

印度和伊朗作为发展中国家,在消毒剂指标的管控方面,核心目标是满足最基础的安全需求,避免大规模水源性疾病传播,而非“精细化控制残留”。因此两国仅对游离氯的余量进行了管控。

4 结语

本文以全球饮用水水质标准为研究对象,系统梳理了中国与美国、欧盟、日本等发达国家及伊

表6 各国饮用水标准中消毒副产物指标对比

项目	参数	中国	美国	欧盟	日本	印度	伊朗
游离氯	与水接触时间/min	≥ 30					
	出厂水和末梢水限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤ 2					
	出厂水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.3					
	末梢水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.05				≥ 1	≥ 0.2
总氯	与水接触时间/min	≥ 120					
	出厂水和末梢水限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤ 3					
	出厂水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.5					
	末梢水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.05					
臭氧	与水接触时间/min	≥ 12					
	出厂水和末梢水限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤ 0.3					
	出厂水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	-					
	末梢水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.02					
二氧化氯	与水接触时间/min	≥ 30					
	出厂水和末梢水限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤ 0.8					
	出厂水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.1					
	末梢水余量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≥ 0.02					
氯胺	指标限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		4.0				
氯	指标限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		4.0				
二氧化氯	指标限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		0.8		0.6		
余氯	指标限值/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)				1.0		

朗、印度等发展中国家饮用水标准的建设历程、指标体系与管控特色,从指标框架、核心污染物限值、管控逻辑等维度开展多维度对比分析,厘清了各国标准的差异特征与形成根源。研究表明,各国饮用水水质标准的制定均与本国国情、工业发展水平、水资源特征、农业生产模式及公共卫生需求深度绑定,同时也在不同程度上对标世界卫生组织准则,形成了兼具本土适配性与国际接轨性的管控体系。

从国际来看,不同国家和地区的饮用水标准各有鲜明特色:美国以《安全饮用水法案》为法律支撑,构建了“强制+非强制”的两级指标体系,强调基于最佳可用科学的健康风险评估,实行标准每6年复审的动态更新机制,对农药、全氟和多氟烷基物质(PFAS)等新兴污染物的管控具有前瞻性;欧盟秉持预防性原则,构建了“健康+指示”的简约指标体系,注重从源头到龙头的全过程管控,采用“全类别+严限值”的农药与消毒副产物管控模式;日本标准秉持“严苛化、精细化”原则,微生物指标要求“零检出”,部分化学物质限值严于国际标准,构建了“法定+管理目标+待讨论”的三级指标体系,对农药实行大品类覆盖的监测管控,兼顾强制达标与风险预警;伊朗、印度等发展中国家

则立足本国水资源短缺、区域污染突出、检测能力有限的国情,采用“理想值+允许值”的分级管控模式,优先保障基础饮水安全,同时针对性强化区域特征污染物(如氟、砷)的管控,实现国际标准与本土实际的适配。

整体而言,发达国家饮用水标准呈现法律支撑完善、动态更新及时、风险评估科学、管控全程化的特征,发展中国家则突出国情适配、分级管控、基础安全优先的特点,各国标准的制定逻辑与管控模式为我国饮用水标准的进一步完善提供了丰富的国际经验。

下一阶段,我国应健全标准动态更新与风险预警长效机制,强化新兴污染物管控。借鉴美国标准周期性复审和欧盟前瞻性管控新兴污染物的经验,建立“风险监测—科学评估—分阶段纳入”的工作体系,持续跟踪微塑料、PFAS、新型农药等新型污染物的环境赋存特征与健康风险,结合本土毒理数据与检测技术发展水平,分批次将高风险新型污染物纳入扩展指标甚至常规指标;同时完善全国饮用水污染物监测网络,建立区域特征污染物清单,提升标准对新型污染风险的预警与应对能力。

参考文献

- [1] 张岚.谈对2022年版《生活饮用水卫生标准》的理解与认识[J].中国给水排水, 2023(22): 1-5.
- [2] 施小明.《生活饮用水卫生标准研究》[M].1版.北京: 科学出版社, 2023.
- [3] 李崇善, 郭明, 马成雄.我国生活饮用水卫生标准发展研究[J]. 甘肃科技, 2012, 28(21): 1-7.
- [4] 姜愚烽, 黄露.我国《生活饮用水卫生标准》的发展与更新[J]. 预防医学论坛, 2023(1): 79-80.
- [5] 汤利华, 许嘉炯, 徐建华. 美国饮用水水质标准[J]. 净水技术, 1995(1): 27-32.
- [6] 高圣华, 韩嘉艺, 叶必雄, 等. 欧盟饮用水水质指令(2020/2184)分析及启示[J]. 环境卫生学杂志, 2022, 12(2), 131-136.
- [7] 高圣华, 赵灿, 叶必雄, 等. 国际饮用水水质标准现状
- 及启示[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(12): 1094-1099.
- [8] 曹华, 谢书缘. 多维度视角下的伊朗水资源问题探析[J]. 阿拉伯世界研究, 2023(2): 132-157.
- [9] Vennu V. Drinking water, sanitation, hygiene, and health conditions in India: Findings from the national sample survey[J]. Journal of Family Medicine and Primary Care, 2024, 13(4), 1535-1543.
- [10] Liu L Q, Qu Y X, Huang X J, et al. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in Chinese drinking water: risk assessment and geographical distribution[J]. Environmental Sciences Europe, 2021(1).
- [11] 王伟杰, 王洪涛. 全氟与多氟烷基化合物的生态风险现状与分析技术研究进展[J]. 岩矿测试, 2025, 44(2): 174-188.