DOI 10.15302/J-SSCAE-2022.05.003

长三角地区饮用水安全保障策略研究

楚文海[1, 2, 3, 4]，**杨旭**[1]，**肖融**[1]，**金伟**[1, 2, 3, 4]

（1. 同济大学环境科学与工程学院，上海 200092；2. 污染控制与资源化研究国家重点实验室，上海 200092；3. 长江水环境教育部重点实验室，上海 200092；4. 上海污染控制与生态安全研究院，上海 200092）

摘要：饮用水安全关系国计民生，我国政府一直高度重视饮用水安全保障工作。改革开放以来，在经济发展活跃、人口高度密集的长三角地区，水体环境污染给饮用水安全保障带来了巨大挑战；经过十余年的发展，长三角饮用水安全保障水平整体显著提升，有力促进了区域协调可持续发展，然而人民群众对水质安全和健康的要求也在逐渐提高，长三角超大城市群饮用水安全保障工作依然面临诸多挑战。由此，本文以长三角典型水源水质特征为切入点，总结了城市饮用水安全保障工作实施成效，从管理和技术两个维度，以及水源、水厂、管网（二次供水）三个方面剖析了饮用水水质进一步提升的现状问题，提出了健全生态补偿机制、协同修订水质标准、发展绿色高效净化技术、创新供水管理模式等措施建议，以期为长三角超大城市群和其他重点区域的饮用水安全保障和区域一体化发展提供参考与借鉴。

关键词：饮用水；长三角；安全保障；微量污染物；新污染物；绿色发展；智慧供水

中图分类号：X22　　**文献标识码：**A

Strategies for Guaranteeing Drinking Water Safety in the Yangtze River Delta

Chu Wenhai[1, 2, 3, 4], **Yang Xu**[1], **Xiao Rong**[1], **Jin Wei**[1, 2, 3, 4]

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Shanghai 200092, China; 3. Ministry of Education Key Laboratory of Yangtze River Water Environment, Shanghai 200092, China; 4. Shanghai Institute of Pollution Control and Ecological Security, Shanghai 200092, China)

Abstract: Drinking water safety is related to national economy and people's livelihood. China has always attached great importance to guaranteeing drinking water safety. Since China's reform and opening up in 1978, water environmental pollution has brought great challenges to drinking water safety in the Yangtze River Delta region owing to active economic development and high population density in the region. After over ten years of development, the overall level for guaranteeing drinking water safety in the Yangtze River Delta region has significantly improved, effectively promoting the coordinated and sustainable development of the region. However, as people's requirements for water quality and health gradually increase, work for guaranteeing drinking water safety in the megalopolis agglomeration of Yangtze River Delta faces various challenges. In this article, we analyze the water quality characteristics of typical water sources in the Yangtze River Delta region, and summarize the achievements in urban drinking water safety assurance of the region. Suggestions are proposed from two dimensions (i.e., management and technology) and three aspects (i.e., water source, water plant, and secondary water supply), including improving the ecological compensation mechanism, collaboratively revising

收稿日期：2022-07-18；**修回日期：**2022-08-22

通讯作者：金伟，同济大学环境科学与工程学院研究员，主要研究方向为水污染控制；E-mail: tjjinwei@tongji.edu.cn

资助项目：中国工程院咨询项目“水污染防治法实施情况评估研究”(2019-XY-01)；国家水体污染控制与治理科技重大专项课题“太湖流域饮用水安全保障工程技术与综合管理技术集成研究”(2017ZX07201005)

本刊网址：www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

water quality standards, developing green and efficient purification technologies, and innovating the water supply management model. These strategies can provide a reference for assuring drinking water safety and promoting regional integration in the Yangtze River Delta and other key regions.

Keywords: drinking water; Yangtze River Delta; safety guarantee; micropollutants; emerging pollutants; green development; smart water supply

一、前言

长三角地处长江下游，是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一，在国家现代化建设大局和全方位开放格局中具有举足轻重的战略地位 [1]。改革开放以来，随着长三角地区经济的快速发展和人口的高度集聚，流域污染负荷不断增加，各种已知和未知的、人工和天然的、传统和新型的、原生和次生的污染物进入环境水体，加剧了流域水环境的恶化和湖泊富营养化，导致太湖蓝藻暴发频繁，复合污染、突发污染、跨界污染等问题突显，进而影响到饮用水水源和区域的供水安全。

党中央、国务院对生态环境保护、水污染防治和饮用水安全保障工作高度重视，近年来更是提出了一系列新思想、新举措。2015 年以来，出台了《关于加快推进生态文明建设的意见》《生态文明体制改革总体方案》《水污染防治行动计划》（简称“水十条”）等一系列重大决策、方案和计划。2017 年第十二届全国人大常委会通过了《中华人民共和国水污染防治法》的第三次修订，将“水十条”确立的各项制度措施规范化、法制化，同时也为保障我国城市供水安全提供了重要的法律保障。2019 年，国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，提出强化生态环境共保联治，推动环境协同治理，上海、江苏、浙江共同制定实施示范区饮用水水源保护法规，切实加强跨区域河湖水源地保护，探索建立长三角区域内原水联动及水资源应急供给机制，提升供水安全保障能力，为从区域层面协同保障饮用水安全奠定了政策基础 [1]。

近年来，国家水体污染控制与治理科技重大专项（简称“水专项”）所研发的技术与成果对我国饮用水水质改善与安全达标发挥了全面支撑作用，并建立了“从源头到龙头”全流程的饮用水安全保障技术体系，推动了我国饮用水领域科技水平大幅提升 [2]。长三角是我国改革开放的前沿阵地，更是中国高质量发展所依托的重要平台；该区域的水源水质特征和饮用水安全保障工作具有典型性和代表性。由此，本文以长三角典型水源水质特征为切入点，总结分析长三角地区城市饮用水安全保障工作实施成效与问题难点，并据此提出措施和建议，以期为长三角超大城市群和其他重点区域的饮用水安全保障和区域可持续发展提供参考。

二、长三角地区饮用水安全保障发展现状

（一）长三角典型水源水质特征

长三角地处长江流域下游，江河湖海通达，水系纵横交错，水量充沛，但水源水质相对较差。按照水源水质特征可分为江河、湖泊和河网三类典型水源（见图 1）。

以上海为代表的长江、黄浦江等江河型水库水源长期受到藻嗅和有机物的影响，且因地处长江最下游，水源水中农药、抗生素等微量污染物常有检出；有研究对上海水源水中的微量有机污染物进行了浓度调查，发现长江和黄浦江中典型农药阿特拉津的检出率为 100%，平均浓度分别为 20 ng/L 和 80 ng/L [3]；在常见抗生素中，磺胺类和大环内酯类抗生素的含量和检出率较高。

以苏南苏锡吴为代表的湖泊型水源太湖主要受藻类和有机物的影响，部分水厂的太湖原水藻类密度年平均大于 1×10^7 个/L，高藻期为每年的 7~8 月，达到 2×10^7~8×10^7 个/L。由于藻类含量高，藻源性次生代谢产物多，藻源性嗅味物质和含氮消毒副产

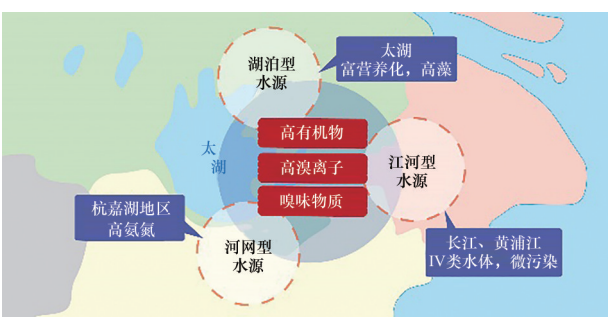

图 1　长三角水源水质特征

物前体物也相对较多；对多个以太湖为水源的水厂进行调研发现，水厂原水中含氮消毒副产物卤乙腈前体物水平较高，其生成潜能可达32 μg/L [4]。

以浙北杭嘉湖为代表的河网水源，一方面地处太湖流域南部，属太湖流域下游区，受上游来水水质影响较大，另一方面，河网交织，河道流速缓慢使得水体自净能力较差，水源水中氨氮和有机物污染严重。调查发现，部分河网型水厂原水的水质氨氮高达5 mg/L以上，且夏季氨氮浓度较低，冬季氨氮浓度较高 [5]。

2006年年底，国家卫生部会同各有关部门修订并颁布了《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006），大幅提升了水质管控指标数量和限值要求，为我国饮用水安全保障能力提升带来了新的历史机遇，同时也为保障居民饮用水安全的国家战略需求提供了重要的标准支撑。长三角亦不例外，实现该区域饮用水全面达标势在必行。而2007年之前，长三角地区城市水厂多为常规工艺、管理方式相对粗放，难以将上述受污染水源处理为达标水，长三角饮用水安全保障工作面临较大挑战。

（二）长三角饮用水安全保障现状水平

十多年来，我国城市饮用水安全保障能力取得了长足进步，在水源保护、水质净化、安全输配以及监测预警、应急处置、安全管理等方面的技术成熟度显著提高，已初步形成“从源头到龙头”全流程的饮用水安全保障技术体系，实现了规模化应用和业务化运行，有力支撑了饮用水水质改善与安全达标，全国城市出厂水供水水质达标率由2009年的58.2%提高到近年的96% [6]。自“十一五”以来，长三角作为国家水体污染控制与治理科技重大专项的主要实施区域，通过“政产学研用”联合攻关，创新技术研发，开展了从源头到龙头饮用水安全保障的关键技术研究和示范应用，形成了以臭氧–活性炭为核心的饮用水安全多级屏障成套技术（见图2）；同时创新管理模式，编制并发布了上海市《生活饮用水水质标准》（DB31/T1091—2018）和《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》（DB32T 3701—2019），以及《江苏省城镇供水厂臭氧–生物活性炭工艺运行管理指南》等重要技术导则、规范与指南，有力地支撑了长三角饮用水安全保障能力整体提升 [7]。

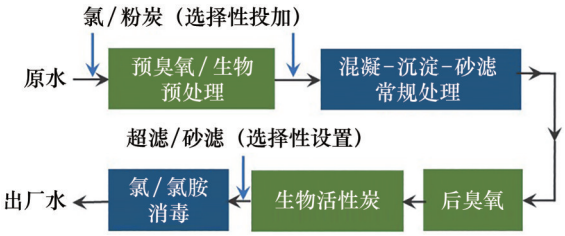

图2 长三角地区典型饮用水处理工艺流程

上海作为超大型城市，为了提升城市供水安全，经过十余年的发展，目前已建成由长江水源青草沙水库、陈行水库、东风西沙水库和黄浦江上游太浦河金泽水库构成的“两江四库”水源地，其中以长江水源为主，其供水量占全市供水量的70%；黄浦江水源为辅，其供水量占全市供水量的30%。基本形成“两江并举、集中取水、水库供水、一网调度”的原水供应格局 [8]，显著提升了2400万人口超大城市的水源抗风险能力。通过实现供水集约化和水厂有序深度处理改造，提高了水厂应对藻类、致嗅物质、典型消毒副产物的防控能力，出厂水水质得到显著提升，稳定达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）和上海市《生活饮用水水质标准》（DB31/T1091—2018）要求，解决了长期困扰上海的饮用水异臭味问题。

江苏在太湖设有多个水源地，无锡市和苏州市均主要以太湖水为水源，是典型的湖泊型水源城市。江苏针对太湖水源水质特点和供水特征，突破了饮用水传统局限于水厂净化的界限，开发了备用水源与原水预处理协同的多水源优化调度技术，研发了以控藻和有机物为目标的预处理和深度处理技术，建立了以臭氧–生物活性炭为核心的协同净化与多级屏障饮用水处理新工艺（见图2），在无锡、苏州、吴江等城市以太湖水为水源的13座水厂（4.7×10^6 m^3/d）及其供水区域进行综合示范，出水水质稳定达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）和江苏省地方标准《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》（DB32T 3701—2019）要求，受益人口超过1000万，同时在江苏省太湖沿线全面推广应用，整体提升了江苏太湖流域饮用水安全保障能力，基本消除了饮用水藻类、嗅味、典型消毒副产物等广大群众反映强烈的水质问题 [9]。

浙江嘉兴是典型的河网型水源地，地处太湖流域末端，河网交织，地势平坦，河水流速较缓，水

源水质曾常年处在IV类到劣V类。嘉兴针对重污染河网水源高氨氮、高耗氧量的重污染水质特征，开展了水源地生物–生态湿地修复技术、原水生物预处理、强化常规处理及深度处理技术等关键技术研发与示范，形成高氨氮高有机物河网水源生物–生态修复与处理集成技术体系，建成国内首家规模性微污染水源的湿地治理工程，示范水厂饮用水水质稳定达到国家《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）。

三、长三角地区饮用水安全保障面临的挑战

（一）跨界饮用水水源保护实体性制度缺失

江浙沪三地的产业结构、经济发展策略以及地理位置决定了各地对水域功能的定位不同。例如，太浦河上承东太湖，下接黄浦江，流经江苏吴江、浙江嘉善、上海青浦等地。虽然形成了同饮一江水的格局，但上下游对太浦河的功能定位并不相同。在江苏段主要作为泄洪通道、运输航道和工农业用水水源，沿岸纺织印染行业密集；下游为上海金泽水库和浙江嘉善提供重要的饮用水源。跨界饮用水水源地存在供水方与受水方、水源涵养区与汇集区域分属不同行政区域等特征，由于供水区域或水源涵养区要以牺牲当地经济社会发展的机会为代价进行水源保护及整治，导致供水方或水源涵养区对水源保护的积极性不高。“上游要吃饭，下游要喝水”，上下游相关利益的冲突是实施跨省界饮用水水源保护的难点和堵点，存在各地分散立法和实体性制度缺失问题 [10]。

（二）水源微量污染物复合污染普遍存在

我国水源污染普遍，污染物种类多，组分复杂，微量有机污染物的复合污染是该地区饮用水的基本特征。上海的长江和黄浦江水源、江苏的太湖水源、浙江嘉兴的河网水源中曾检出《地表水环境质量标准》（GB3838—2002）和《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）中管控指标之外的农药、抗生素等药物，双酚类/全氟类等工业品，多环芳烃、多氯联苯、藻毒素等微量有机污染物（也被称为新污染物），形成复合污染。其来源可大致分为以下几类。

（1）外源污染，包括农业面源污染和工业/生活点源污染。譬如，农药的不科学滥用、畜禽养殖粪污的不规范排放、水产养殖饵料药物的不合理使用等可导致农药、抗生素等药物进入到水源地；以及由于上游地区工业废水和生活污水处理对微量污染物的削减效能较低，工业化合物、个人护理用品及其中间体等污染物被排放至环境水体。

（2）内源污染，由于上游氮、磷等污染物排放量超过受纳水体环境容量，太湖、青草沙水库（长江水源）、金泽水库（黄浦江水源）等浅水型湖库水源水体富营养化问题凸显，藻嗅、藻毒素等代谢产物频繁出现。

（3）次生污染，水源水中的部分原生污染物进入到水厂后，可与水厂投加的消毒剂、氧化剂等化学药剂发生化学作用，结构和形态产生变化，形成消毒副产物等次生污染。如某些抗生素等微量污染物经过水厂氧化或消毒工艺后，虽然其浓度显著降低甚至不再检出，但是可能转化为毒性未知的次生产物。

这些标准外微量污染物在水源水中的浓度水平通常为纳克（ng/L）到微克（μg/L）级，由于含量较低，短期内不会造成突发性危害，但这些微量污染物往往以混合形式存在，在环境水体中的污染行为可产生协同或拮抗效应。微量污染物复合污染已逐渐成为各级城市关注的主要水源水质问题之一 [11]。

（三）工艺流程较长、药剂投加较多

我国水体污染治理是一个长期而艰巨的工作，长三角亦不例外，水源复合污染问题无法在一个较短的周期得到彻底的解决，自来水厂不得不通过增加和延长工艺流程，投加氧化剂、混凝剂、助凝剂、消毒剂等化学药剂来确保水质达标。工艺的延展和药剂的投加，实现了水厂将受污染水源处理为达标饮用水的目标，降低了目标控制污染物的浓度水平，但同时也造成了一些无机和有机二次污染物的出现 [12,13]。

（四）龙头水质安全存在隐患

我国城市供水系统并不是一根管子直达居民家中，而是自来水进入到小区后储存到水池或水箱，再加压至居民家中，即二次供水。长三角高层建筑发展迅速，新老小区共存，水箱和水池众多且分散，部分水龄长、水温高、密闭性不强，内衬材

料、清洗消毒、运行维护与管理存在盲点和薄弱点，易产生出厂水达标而龙头水质超标的风险。

四、长三角地区饮用水安全保障策略建议

针对上述问题和挑战，从管理和技术两个维度，以及水源、水厂、管网（二次供水）三个方面，提出如下策略建议。

（一）健全生态补偿制度，协同推进水源地保护

2019年发布的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》明确要求完善跨流域跨区域生态补偿机制、健全区域环境治理联动机制 [1]；2021年发布的《长江三角洲区域一体化发展水安全保障规划》提出要打造互联互通的水资源供给保障体系，提升城乡供水保障能力 [14]。建议在长三角地区积极开展跨界水源生态补偿试点，以太浦河为例，仅以一市一县之力治理太浦河，效果难以保障。在《中华人民共和国水污染防治法》《太湖流域管理条例》《长江保护法》等国家立法的基础上，上海、江苏、浙江三地应继续加强共保联治，通过建立上下游“成本共担、效益共享、合作共治”的机制 [15]，探索制定科学的监测、评价、考核和补偿制度，在《上海市饮用水水源保护条例》《江苏省人大常委会关于加强饮用水源地保护的决定》《浙江省饮用水水源保护条例》等各自地方立法的基础上，通过跨区域协同立法打破行政区划和职能部门的界限，解决流域上下游发展与保护失衡的问题，推动三地协同发展，保障饮用水源安全。

从长江流域尺度探索建立上下游生态补偿的评估机制，允许省际间排污交易。流域上游承担生态环保责任，流域下游对上游地区为改善和保护生态环境和水资源付出的努力做出补偿。同时需要强化流域合作协作，坚持生态补偿权利与责任对等，在现行激励机制基础上，按照污染者、使用者、受益者付费原则，经济发达的下游地区向经济欠发达的上游地区予以补偿，鼓励跨区域、跨水系供水开展生态补偿工作。

（二）制定新污染物优控清单，协同修订水质标准

2017年修订后的《中华人民共和国水污染防治法》第六十九条增加了“开展饮用水水源污染风险调查评估，筛查可能存在的污染风险因素，并采取相应的风险防范措施”等内容，为源头防控微量污染物的复合污染问题提供了法制保障。因此，建议从国家层面开展科技攻关，研究复合污染水质分析方法和综合健康效应评价方法，建立效应引导的高风险污染物筛查与识别技术，筛选制定长江上、中、下游地区大型水源中的微量新污染物优先控制清单。

基于新污染物优先控制清单，开展污染物成组毒性评估与浓度限值推导研究，并以污染物的检出率、浓度水平、水厂处理效果以及对其实施优先控制的必要性和可行性等因素作为评价指标，借鉴国内外水质标准及准则对相关污染物的浓度限值要求，考虑我国污水及饮用水处理工艺现状及其技术水平，制定优控污染物标准限值，协同更新与修订完善《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）《地表水环境质量标准》（GB3838—2002）和《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）有关指标和限值要求。

考虑到不同地区水源污染类型和饮用水处理技术水平不尽相同，当地政府可根据本地区实际情况，联合国内具有相关研究经验的高校和科研院所，对照国标，制定地方饮用水水质标准。例如，2016年上海市发布《水污染防治行动计划实施方案》，明确提出强化水环境标准体系研究和建设，并于2018年颁布了全国第一部生活饮用水水质地方标准——上海市《生活饮用水水质标准》（DB31/T1091—2018）；同年，浙江省颁布了浙江省现代化水厂评价标准（2018版）；2019年江苏省颁布了全国第一部省级层面水厂内部质控的地方标准《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》。这些地方标准既满足国家标准要求，又结合长三角区域规划要求和经济发展能力，满足人民对优质饮用水的迫切需求。未来，长三角各省市可充分考虑该地区水源水质特征和供水保障能力，制定长三角区域标准，以标准引领有序推动长三角水源联合调配、净水工艺改造、管理水平提升和供水水质提高。

（三）发展绿色处理技术，进一步提升净水水质

我国改革开放四十多年来的社会经济高速发展给资源开发和生态环境保护带来了前所未有的压力，水源复合污染类型和复杂程度不同于其他发达

国家，发达国家的饮用水处理技术经验并不完全适用。因此，针对我国不同类型水源复合污染特征以及净水工艺冗长、运维耗能、药剂量大等突出问题，未来应以稳定达标和健康保障为核心，并从绿色简约、清洁低耗及环境友好等方面提升未来水处理系统效能。发展绿色高效水处理技术，例如开发高性能、抗污染、低能耗的绿色物理分离技术，研发具备广谱性、低副产物和持续消毒能力的安全消毒技术，攻关基于新能源、新材料、新理念的饮用水清洁净化技术等，从而构建适合我国水源水质特征的城市饮用水处理技术体系，进一步提升我国饮用水安全保障能力。

（四）创新二次供水管理模式，发展智慧供水系统

解决二次供水问题，必须创新管理模式。管理模式的改革难点涉及到二次供水设施的产权归属、维修和改造费用筹措、居民配合以及人员安置等问题。针对二次供水设施存在的建设和管理多元化，监管职责不明确，运行维护责任不到位，改造费用难落实等问题，住房和城乡建设部会同国家发展和改革委员会、公安部、卫生和计划生育委员会于2015年2月印发了《关于加强和改进城镇居民二次供水设施建设与管理确保水质安全的通知》（建城〔2015〕31号）。各地应依照国家和地方相关法规，结合各自实际情况，有针对性地采取适合本地区的管理模式；同时要加强对二次供水管理人员的专业培训，使水质检测人员、消毒人员具备专业化的上岗资格；申请信息公开，通过多媒体平台宣传饮用水法规，使城区居民与相关单位共同监督管理。

应进一步加强在二次供水设备、龙头水质保障技术、在线监测、远程监控及自动化技术等方面进行研究，发挥长三角的信息技术优势，深度融合人工智能、大数据、物联网，发展供水智能物联网与在线监测大数据平台，并且通过一些城市试点形成可借鉴、可复制、可推广的经验和做法，确保先进技术的采用落地落实，为保障城镇居民饮用水“最后一千米”安全提供科技支撑。

五、结语

十余年来我国以及长三角的饮用水安全保障工作取得了重大成效，切实提高了饮用水水质，让老百姓喝上了放心水；然而人民群众对水质安全和健康的要求也在逐渐提高，长三角超大城市群饮用水安全保障工作依然面临诸多挑战。未来随着我国生态环境保护力度持续加强，水源水质将会持续改善，水处理技术工艺将会朝着更绿色、更清洁的方向发展，饮用水水质将实现从“合格、达标”向“优质、健康”转变。

参考文献

[1] 中华人民共和国国务院. 长江三角洲区域一体化发展规划纲要 [M]. 北京: 人民出版社, 2019.
State Council of the PRC. Outline of the regional integration development plan of the Yangtze River Delta [M]. Beijing: People's Publishing House, 2019.

[2] 全国人大. 全国人大常委会水污染防治法执法检查组第一次全体会议文件 [R]. 北京: 全国人大, 2019.
the NPC of the PRC. Document of the first plenary meeting of the law enforcement inspection group of the water pollution prevention and control law of the NPC Standing Committee [R]. Beijing: the NPC of the PRC, 2019.

[3] Sun S N, Chen Y N, Lin Y J, et al. Occurrence, spatial distribution, and seasonal variation of emerging trace organic pollutants in source water for Shanghai, China [J]. Science of the Total Environment, 2018, 639: 1–7.

[4] Zhang R H, Wang F F, Fang C, et al. Occurrence of CX_3R-Type disinfection byproducts in drinking water treatment plants using dON-rich source water [J]. ACS ES&T Water, 2021, 1(3): 553–561.

[5] Fu Q, Zheng B H, Zhao X R, et al. Ammonia pollution characteristics of centralized drinking water sources in China [J]. Journal of Environmental Sciences, 2012, 24(10): 1739–1743.

[6] 林明利, 秦建明, 张全斌. “从源头到龙头”的饮用水安全保障技术体系及其应用 [J]. 环境工程技术学报, 2019, 9(4): 362–367.
Lin M L, Qin J M, Zhang Q B. Establishment and application of drinking water insurance technology system from water source to tap [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2019, 9(4): 362–367.

[7] 楚文海, 杨旭, 周子翀, 等. 形成针对太湖流域三类水源的综合解决方案实现典型和新型污染物的协同控制 [J]. 净水技术, 2021 (40): 6–11.
Chu W H, Yang X, Zhou Z C, et al. Comprehensive solutions for three types of water sources in Taihu Lake basin based on the water quality characteristics: Realizing the integrated control of typical and emerging pollutants [J]. Water Purification Technology, 2021 (40): 6–11.

[8] 上海市水务局. 上海市供水规划(2019—2035年) [EB/OL]. (2019-07) [2022-09-01]. http://swj. sh. gov. cn/ghjhua/20200910/f1ad9739169a4804a9d6332704e147cc.html.
Shanghai Water Authority. Shanghai water supply planning (2019—2035) [EB/OL]. (2019-07)[2022-09-01]. http://swj.sh.gov.cn/ghjhua/20200910/f1ad9739169a4804a9d6332704e147cc.html.

[9] 住房城乡建设部水专项实施管理办公室. 水专项成果专报第1期: 水专项江苏太湖流域饮用水安全保障成效显著, 促进全省

城镇供水跨越发展 [R]. 北京: 住房城乡建设部水专项实施管理办公室, 2019.
Water Special Office of the Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Special report on the national major science and technology project of China No. 1: Jiangsu Taihu Basin drinking water safety guarantee project has achieved remarkable achievement and promoted the development of urban water supply across the Province [R]. Beijing: Water Special Office of the Ministry of Housing and Urban-Rural Development, 2019.

[10] 何艳梅. 长三角示范区饮用水水源水质安全与实体性制度协同立法 [J]. 环境污染与防治, 2022, 44(2): 278–284.
He Y M. Drinking water source quality safety and collaborative legislation on related substantial system in Yangtze River Delta Demonstration Area [J]. Environmental Pollution and Control, 2022, 44(2): 278–284.

[11] 曲久辉. 对未来中国饮用水水质主要问题的思考 [J]. 给水排水, 2011, 47(4): 1–3.
Qu J H. Consideration of the main problems of drinking water quality in the China future [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 47(4): 1–3.

[12] Ike I A, Karanfil T, Cho J, et al. Oxidation byproducts from the degradation of dissolved organic matter by advanced oxidation processes—A critical review [J]. Water Research, 2019 (164): 114929.

[13] Ding S K, Deng Y, Li H W, et al. Coagulation of iodide-containing resorcinol solution or natural waters with ferric chloride can produce iodinated coagulation byproducts [J]. Environmental Science and Technology, 2019 (53): 12407–12415.

[14] 中华人民共和国水利部.《长江三角洲区域一体化发展水安全保障规划》正式印发 [EB/OL]. (2021-07-07)[2022-06-18]. http://www.mwr.gov.cn/xw/sjzs/202107/t20210707_1527658.html.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. *Water security plan for the integrated development of the Yangtze River Delta Region* was officially issued [EB/OL]. (2021-07-07) [2022-06-18]. http://www.mwr.gov.cn/xw/sjzs/202107/t20210707_1527658.html.

[15] 侯立安, 赵海洋, 高鑫. 创新驱动下饮用水安全保障的绿色发展 [J]. 工程研究—跨学科视野中的工程, 2016 (8): 351–357.
Hou L A, Zhao H Y, Gao X. Green development of the safeguard for the drinking water safety driven by innovation [J]. Journal of Engineering Studies, 2016 (8): 351–357.