

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.20.005

二次供水设施调研及水质影响因素分析

靳军涛^{1,2}, 梁思宸^{2,3}

(1. 中广核环保产业有限公司, 广东 深圳 518000; 2. 深圳市水务<集团>有限公司, 广东 深圳 518031; 3. 哈尔滨工业大学 环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150006)

摘要: 为了解二次供水设施设备老化及运行管理风险等问题,调研了128处二次供水设施运行管理现状及水质情况,分析了二次供水设施水质存在的风险及影响因素并提出了改进建议。调研发现,二次供水设施存在水箱未上锁、通气孔未设置防蚊装置等密闭性差问题,部分二次供水设备及管材出现老化,水箱未按规定要求进行清洗,也未按要求安装在线监测及视频安防系统等;浊度、pH、游离氯、细菌总数、铝、铁等6项水质指标存在超标风险。通过水质及影响因素关联分析,建议二次供水设施水质改善首要措施是优化管理方式,工程改造优先安排建设年代在2005年以前、水泥材质的设施。

关键词: 二次供水; 水质; 影响因素; 优化措施

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)20-0032-06

Investigation of Secondary Water Supply Facilities and Analysis of Water Quality Influence Factors

JIN Jun-tao^{1,2}, LIANG Si-chen^{2,3}

(1. CGN Environmental Protection Industry Co. Ltd., Shenzhen 518000, China; 2. Shenzhen Water <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518031, China; 3. School of Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China)

Abstract: To solve equipment aging and operational management risks in secondary water supply facilities, the problems of 128 secondary water supply points were investigated by questionnaire. In addition, the water quality risk and influencing factors were analyzed. The results showed that the secondary water supply facilities have weak airtightness issues such as water tank not being locked and ventilation holes lacking anti-mosquito devices, part of facilities have equipment and pipe aging, and part of facilities did not clean, or install online monitoring, and video security systems in accordance with regulatory requirements. Moreover, the water quality indicators (pH, free chlorine, total bacteria, aluminum, and iron) are at risk of exceeding the standard. It was suggested that the primary measures to improve the water quality of secondary water supply facilities are to optimize the management mode through the correlation analysis of water quality and influencing factors, and the construction of cement facilities before 2005 should be prioritized.

Key words: secondary water supply; water quality; influencing factors; optimization measures

通信作者: 靳军涛 E-mail: 422362086@qq.com

二次供水是目前供水安全保障“最后一公里”治理的盲区,造成其水质恶化的因素主要包括管网和水箱经长时间使用发生腐蚀、水箱容积设计不合理、清洗消毒不及时以及运营管理不到位等^[1-3]。系统掌握二次供水设施现状特征并针对性开展改造工作,对保障龙头水达标有很好的促进作用。南方某区谋划建设优质饮用水示范区,在完成小区埋地管及入户管改造后,即将启动二次供水改造工作。区内共计 128 处泵房,截至调研开展时有 7 处由当地水务企业管理,121 处由小区物业管理。当前承接二次供水改造工作的水务企业对区内二次供水设施信息掌握不足,为了更有效地完成二次供水设施改造,对该区 128 处二次供水设施开展了系统调研,并选择 40 处二次供水设施进行水质检测,分析影响水质的关键因素并探讨改进措施。

1 调研对象及方法

1.1 问卷调研对象及方法

所调研的 128 处二次供水设施,包括泵前水箱 73 处、高位水箱 14 处、泵前水箱及高位水箱组合方式 35 处、叠压供水 6 处。所调查设施最早建成于 1992 年,7.8% 的二次供水设施始建于 2000 年以前,50% 以上建设于 2001 年—2010 年。通过问卷及走访的方式系统调研了该区 128 处二次供水设施情况,主要调查内容^[4-5]如表 1 所示。

表 1 二次供水设施调研信息

Tab.1 Survey information of secondary water supply facilities

调查类别	主要内容
供水对象	多层、高层、多层+高层、商住结合、住宅
布置形式	常规变频+清水池、泵前水池、高位水池、叠压供水、管网直抽
运行参数	泵房前后市政压力、泵房进水管径、水泵参数、电机参数
水池情况	生活用水与消防用水是否分离(生消分离)、池壁材质、清洗频次、清洗单位、池(箱)加盖且密封性情况、加盖及上锁情况、通气孔防蚊虫(异物)进入池(箱)装置情况
其他设施	电气自动化系统、视频安防系统(含门禁)、环境保持系统(温度、湿度、防洪排涝、防火烟感)、水质监测系统
运行管理	运营主体单位(物业公司、水务专业公司)、运行清洗消毒和安全保障制度、水质检验报告

1.2 水质检测对象及方法

为全面了解该区二次供水的水质情况,在前期调研的基础上选择具有代表性的 40 处二次供水点进行水样采集及水质分析,所选二次供水采样点基本信息见表 2。

表 2 二次供水采样点基本信息

Tab.2 Basic information of secondary water supply sampling point 处

项 目		1995年— 2000年	2000年— 2005年	2005年— 2010年	2015年以后
水箱 内壁 材质	水泥	4	3	2	2
	瓷砖	3	3	2	1
	不锈钢	2	3	3	3
	PE+不 锈钢 (内衬)	1	1	3	4
运营主体	水务运营:2 物业运营:8	水务运营:2 物业运营:8	水务运营:2 物业运营:8	水务运营:2 物业运营:8	
注: 水务企业管理的二次供水全部采样,对应地选取相似条件的物业管理二次供水水质情况进行对比。生消分离与合建采取相似处理方式。					

对所采集的水样进行浊度、游离氯等 19 项指标的检测,指标检测方法采用国家标准方法。采样点选择的基本原则包括:

① 综合考虑建设年代、水箱内壁材质、管理形式、生消是否分离等多种因素。

② 为保证数据的可对比性,尽量选择满足所考察因素为变量,其他因素相似的采样点。例如,考察建设年代对水质的影响时,尽量选择建设年代差异变化,水箱内壁材质、管理方式等其他因素相似的采样点。

③ 所考察因素数据不足以支撑对比条件的,如水务企业管理的样本点较少,则采样时考虑全部覆盖。

④ 为提高数据可对比性,采用最值、平均值、分位值等分析方法;为识别关键影响因素,采用主成分分析法进行统计学分析。

2 二次供水设施现状情况

2.1 设施设备

二次供水设施设备主要关注是否进行生消分离,电气、水泵及管道的老化情况,水箱的材质及密闭性等。调研结果表明,71.1% 的二次供水设施进行了生消分离。泵站电气、水泵及管道均存在一定的老化现象,其中电气、水泵的老化比例为 25.8%,

管道老化更为严重,达到31.2%;同时存在电气、泵组及管道老化情况的调查点有27处,且27处调查点的建设年代均在2010年及之前。水箱(池)内壁的材质种类较多,有水泥、瓷砖、不锈钢等多种情况。122处设置有水箱的二次供水设施中普遍使用水泥水箱和瓷砖水箱,占比分别为37.7%和28.7%;而不锈钢材质(304)及不锈钢(304)内衬仅占15.6%及9.8%。调研发现,近滨海地区不锈钢水箱(304)外壁出现了“点腐蚀”或“茶渍腐蚀”现象,占不锈钢水箱总数的7%。外腐蚀严重影响美观,点腐蚀区时间过长可能会形成诱导自加速腐蚀进程,造成箱体穿漏,影响供水水质。水箱的密闭性问题较为突出,加盖上锁并做好“三孔”密封的比例仅占1/3,通气孔设置有防蚊虫装置的仅占50%。水务企业管理的泵房均能做到按标准加盖上锁,做好“三孔”密封。

2.2 运行管理

二次供水设施的运行管理均有相关标准规定,包括水质检测、安防、水箱清洗等。参照《二次供水工程技术规程》(CJJ 140—2010)中的规定要求,仅59.4%的调查点定期委托检定并出具检测报告,由水务企业管理的泵房均可提供定期的检测报告。仅有约50%的调查点定期邀请合格的清洗机构对水箱进行清洗,其中由水务企业管理的二次供水设施均委托经过备案的机构每半年清洗1次,并进行水质检测。79.7%的调查点未安装安防设施,仅有1.6%的调查点同时设有门禁、视频监控系统。按照规范制定设备运行操作规程的仅有57.0%,而由水务企业直接管理的泵房均设置有统一的操作指引及规程。

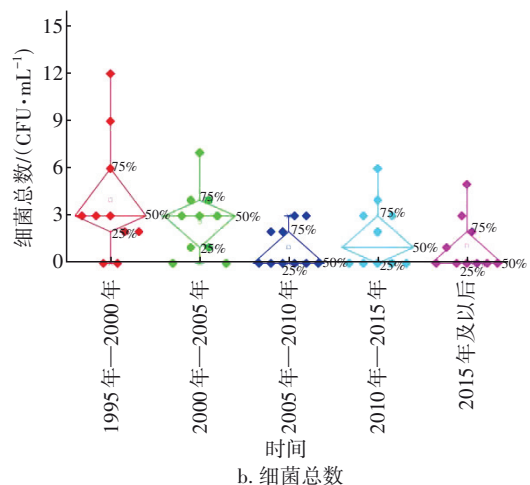
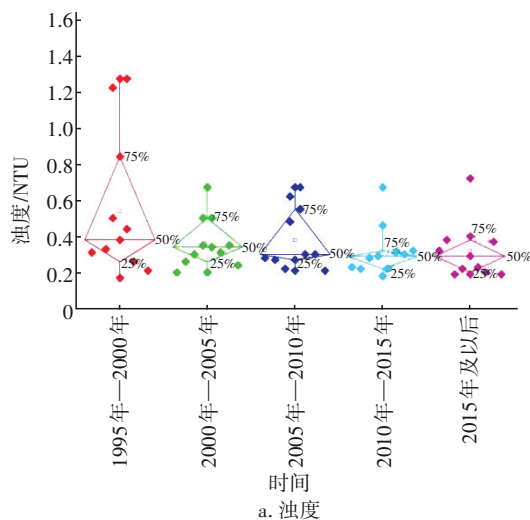
2.3 水质及其相关性特征分析

典型调查点的水质检测结果表明,二次供水水质达标率为96.7%。其中,浊度、pH、游离氯、细菌总数、铝、铁等6项指标存在一定的超标风险。为分析影响二次供水水质的因素,本次调研特选取建设年代、水箱材质、管理模式等不同情况的二次供水点,在同一天内进行样本采集及水质监测。

结合出现不达标情况的指标,选择浊度、pH、游离氯、细菌总数等四项指标进行分析,考察其受建设年代的影响,结果如图1所示。

由图1可知,二次供水设施使用年限越久浊度越高,其中1995年—2000年的浊度均值、中位值均

高于其他建设年代。2000年—2015年以后的浊度数值分布情况相似,从均值及中位值看,2000年—2005年的浊度值略高于2005年以后建成情况。而2015年以后建成的二次供水设施浊度差异并不明显。细菌总数随建设年代变化较为明显地分为两个阶段,1995年—2005年建成的二次供水设施细菌总数均值和分位数明显高于2005年以后建成的情况。而2005年以后建成的二次供水设施细菌总数差别不大。二次供水设施使用年限越久,游离氯浓度越低,1995年—2000年建成的二次供水设施游离氯值最低,而2015年以后建成的最高,2000年—2015年建成的二次供水设施游离氯差别不明显。从整体上来看,二次供水设施建成时间越长则水质越差,且2005年及以后建成的二次供水设施水质差异并不明显。如果考虑根据建设年代制定改造策略,则应优先对2005年以前建成的二次供水设施进行改造。



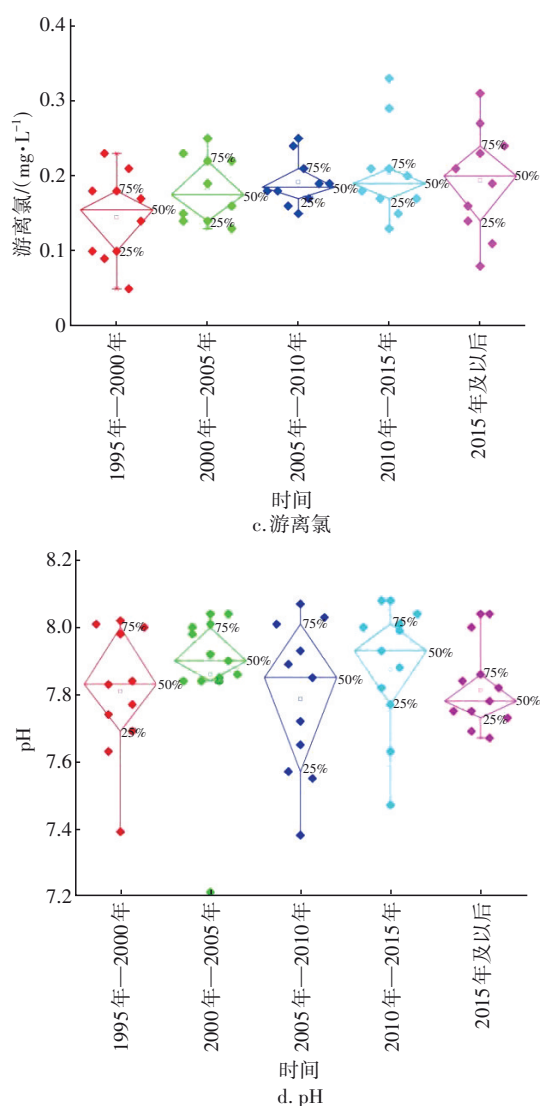


图1 不同建设年代二次供水设施水质情况

Fig.1 Water quality of secondary water supply facilities in different construction years

不同材质的二次供水设施水质(见图2)分析表明,PE内衬不锈钢、不锈钢及瓷砖材质的水箱中浊度、游离氯及细菌总数的平均值及中位值差异不大,其中不锈钢水箱水质数值分布更为集中,即水质稳定性更好;瓷砖水箱波动相对最大。水泥材质的水箱与其他材质水箱相比,水质明显下降,表现为浊度和细菌总数高15%~20%,而游离氯低5%左右。从pH看,水泥水箱最高,瓷砖水箱最低,PE内衬不锈钢和不锈钢材质水箱差异较小。水泥材质水箱建成时间较长,加之杂质释放及表面粗糙对浊度、游离氯及细菌滋生都有影响,相比较而言,不锈钢和瓷砖更为平滑,杂质释放量较少^[6]。总体来看,选择不锈钢或瓷砖的水箱对水质保持更为有利。

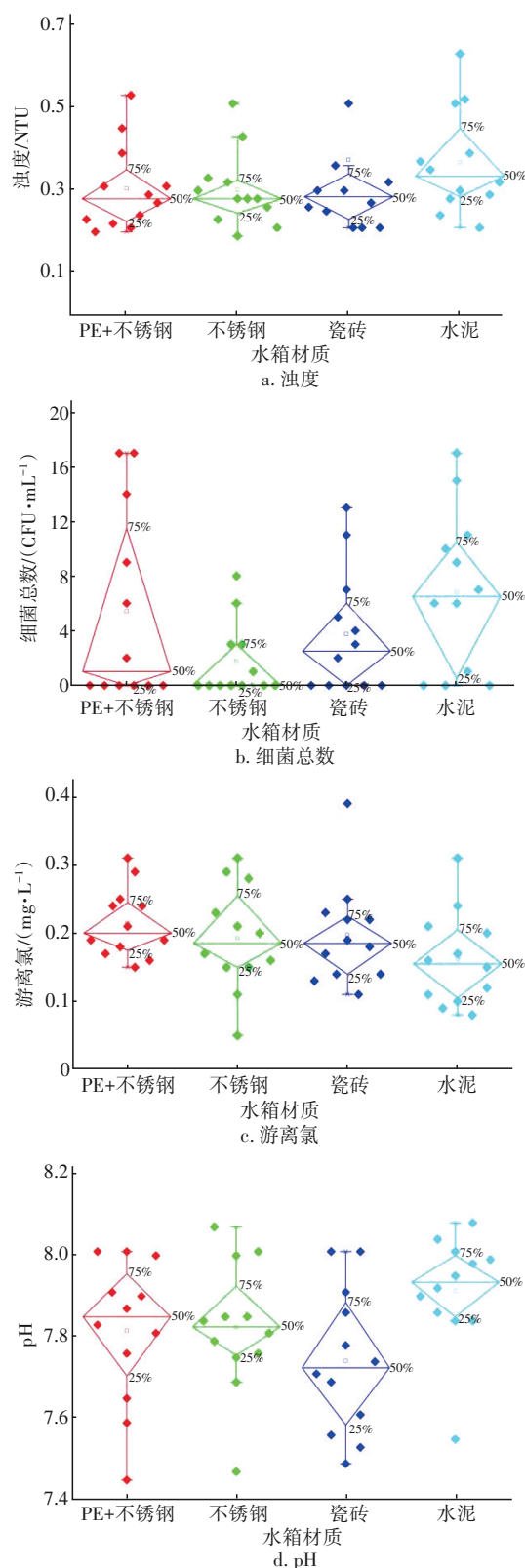


图2 不同材质二次供水设施水质情况

Fig.2 Water quality of secondary water supply facilities with different materials

此次调研还分析了两种管理方式对水箱内水

质达标率及各项指标的影响。结果表明,水务企业管理下的二次供水点总体达标情况更理想,达标率为100%,而由小区物业管理的总体达标率为91%。通过对各指标均值的分析可知,物业管理的水箱内浊度略高于水务企业管理的水箱,游离氯值则明显低于水务企业管理的水箱,细菌总数明显高于水务企业管理的水箱。总体来看,水务企业管理形式有较大优势^[7-8]。调研结果也显示水务企业管理的7处泵房均能做到半年一次的规范清洗,并能提供水质检测报告,而121处由物业管理的泵房仅有61处能做到选择有备案的清洗机构进行半年一次的规范清洗。另外,水务企业管理的泵房在水箱密闭性维护方面工作更为到位,规章制度及操作指引等文件体系建设更为完善。

利用主成分分析法对二次供水水质的影响因素进行分类、降维处理,提取主要的影响因子。并根据因子在各离子上的载荷来判断各类因素对二次供水水质的影响以及影响程度。采用SPSS软件对采样数据进行主成分分析,结果如图3所示。

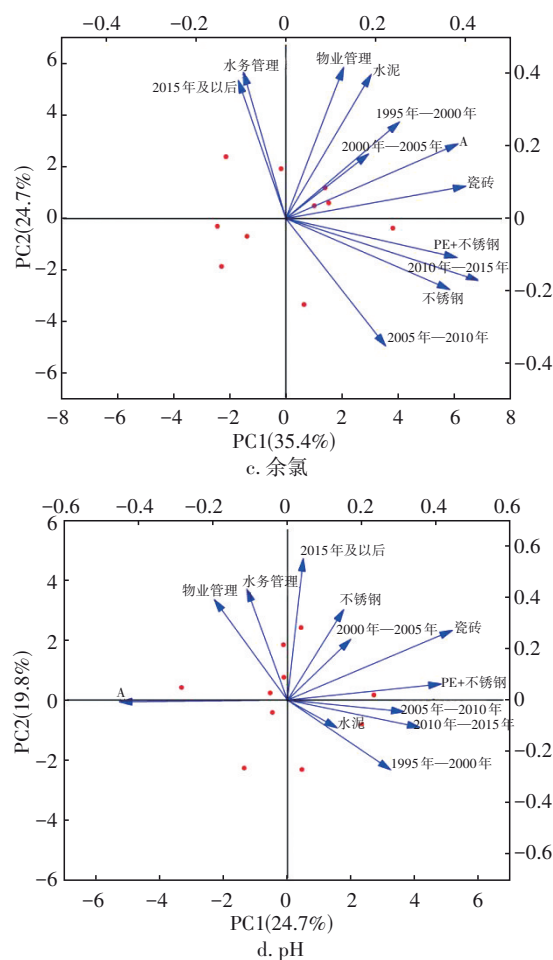
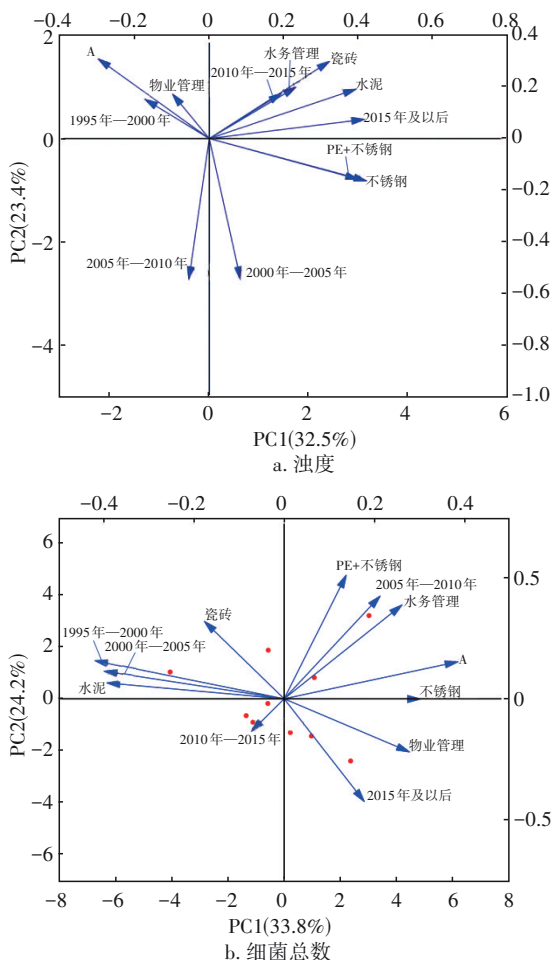


图3 二次供水水质影响因素主成分分析

Fig.3 Principal component analysis of influencing factors of secondary water supply qualities

通过各因素间的夹角分析因素间的相关性,在浊度和余氯的主成分分析图中,水务管理及物业管理夹角接近 90° ,呈明显的负相关关系,说明管理方式对水质的影响最大,这与前述现状调研及水质统计分析数据分析结果相似。建设年代根据水质情况聚类为1995年—2005年、2005年—2010年、2010年及以后三个阶段。材质中PE内衬不锈钢和不锈钢材质相关性较大,并与水泥材质呈明显负相关关系。细菌总数和pH的主成分分析图中相应的规律较少,细菌总数的测定主要原理是计数,存在一定的偶然性。影响pH变化的机理复杂,无论是统计数据还是主成分分析,规律性均较弱。综上,在管理不到位的情况下,着力提升管理水平对提升水箱水质作用最为明显。同时,建设年代及水箱材质也会在一定程度上影响水质情况,使用以不锈钢材质为主的水箱效果较其他材质更优。

3 结论与建议

① 所调研的128处二次供水设施存在水箱未上锁、通气孔未设置防蚊装置等密闭性问题,以及设备和管材老化、未按规范要求进行水箱清洗、未安装在线监测及视频安防系统等现象。

② 二次供水水质中浊度、游离氯及细菌总数、pH、铝、铁等6项指标存在超标风险。从统计数据及主成分分析看,二次供水设施建成时间越长,水质越差,并呈现阶段性差异特征。1995年—2005年、2005年—2010年及2010年以后三个阶段水质差异较为明显。PE内衬不锈钢、不锈钢及瓷砖材质的水箱水质较好且差异不大,其中不锈钢水箱水质更为稳定,而水泥材质水箱水质最差。从管理方式看,水务企业管理的二次供水点较小区物业管理的形式优势显著。

③ 建议从整体上对128处二次供水设施进行分类改进。其中管理不到位的情况下着力提升管理水平对提升水质作用最为明显,需重点关注运行清洗消毒和安全保障制度的执行,以及水箱的密闭性等。工程改造对象优先安排建设年代在2005年前、水泥材质的二次供水水箱。在材质选择上,宜选用不锈钢(304),在近滨海地区考虑更高级别的防腐要求,宜选用316L不锈钢。

参考文献:

- [1] 姚黎光, 张晓平, 廖军, 等. 上海市二次供水优化布局与水质保障技术示范[J]. 中国给水排水, 2017, 33(14): 25-28.
YAO Liguang, ZHANG Xiaoping, LIAO Jun, et al. Demonstration of optimal layout and water quality protection technology for secondary water supply in Shanghai [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(14): 25-28 (in Chinese).
- [2] 林明利. 我国城市“最后一公里”饮用水安全保障问题与对策建议[J]. 净水技术, 2020, 39(2): 1-5.
LIN Mingli. Problems and proposals for drinking water safety guarantee of “the Last Kilometer” [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(2): 1-5 (in Chinese).
- [3] 李建宇. 二次供水改造工程与优质饮用水入户工程结合的做法探讨[J]. 中国给水排水, 2020, 36(24):

1-4.

LI Jianyu. Discussion on the combination of the secondary water supply reconstruction project and high quality household drinking water project [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(24): 1-4 (in Chinese).

- [4] 郭杨, 林国峰. 江苏省居民二次供水设施建设改造及管理[J]. 中国给水排水, 2019, 35(4): 30-34.

GUO Yang, LIN Guofeng. Reconstruction and management of resident secondary water supply facilities in Jiangsu Province [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(4): 30-34 (in Chinese).

- [5] 康利民, 吴俊奇. 不同季节的二次供水水质调查及分析[J]. 给水排水, 2018, 44(2): 48-52.

KANG Limin, WU Junqi. Investigation and analysis of water quality secondary water supply in different seasons [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(2): 48-52 (in Chinese).

- [6] 蒋福春, 孟庆彬. 苏州市城区二次供水安全的探索与实践[J]. 中国给水排水, 2018, 34(24): 14-18.

JIANG Fuchun, MENG Qingbin. Exploration and practice on the safety of secondary water supply in Suzhou [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(24): 14-18 (in Chinese).

- [7] 周广安, 张鲁洋, 孙静克, 等. 二次供水管理新模式的探索与实践[J]. 中国给水排水, 2015, 31(18): 8-10.

ZHOU Guang'an, ZHANG Luyang, SUN Jingke, et al. Exploration and practice of new pattern for secondary water supply management [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(18): 8-10 (in Chinese).

- [8] 陶涛, 信昆仑. 二次供水设施运行管理权探讨[J]. 中国给水排水, 2013, 29(14): 1-4.

TAO Tao, XIN Kunlun. Discussion on operation management right of secondary water supply facilities [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(14): 1-4 (in Chinese).

作者简介:靳军涛(1985—),男,山东东营人,博士,高级工程师,主要从事优质饮用水全流程保障、智慧水务等工作。

E-mail:422362086@qq.com

收稿日期:2021-08-11

修回日期:2021-10-08

(编辑:丁彩娟)