游晓旭, 李玉仙, 杨婷婷, 等. 北方某市二次供水服务现状调查与影响因素分析[J]. 净水技术, 2023, 43(4):73-78.
YOU X X, LI Y X, YANG T T, et al. Investigation of secondary water supply service status and analysis of influencing factors in a northern city[J]. Water Purification Technology, 2023, 43(4):73-78.

北方某市二次供水服务现状调查与影响因素分析

游晓旭,李玉仙*,杨婷婷,柴 文,高 乐
(北京市自来水集团有限责任公司,北京 100031)

摘 要 北方某市二次供水设施数量大且管理关系较为复杂,且该市供水企业并未进入到二次供水服务行业实行统一管理。为理清该市二次供水设施的运行管理总体情况,文章收集并整理了该市二次供水设施的相关信息,统计分析该市二次供水设施的主要类型及管理单位,结合用户投诉情况,分析影响二次供水服务的主要因素。该市以叠压供水设施为主,不同类型设施投诉比率没有太大差距,住宅物业管理存在问题相对较多,有提升空间。总结全国相近规模城市供水企业接收管理二次供水服务过程中的经验,该市若推动二次供水发展,需关注供水企业在设施改造、管理、成本等方面承担的责任。结合运行经验,提出在冬夏两季水箱余氯质量浓度应分别高于 0.25 mg/L 和 0.30 mg/L。

关键词 二次供水 叠压供水 水质投诉 龙头水水质 设施改造
中图分类号: TU991 **文献标识码**: A **文章编号**: 1009-0177(2023)04-0073-06
DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.04.009

Investigation of Secondary Water Supply Service Status and Analysis of Influencing Factors in a Northern City

YOU Xiaoxu, LI Yuxian*, YANG Tingting, CHAI Wen, GAO Le
(*Beijing Waterworks Group Co., Ltd., Beijing 100031, China*)

Abstract The quantity of secondary water supply facilities in a northern city is large and the management relationship is complex, and the water supply enterprise in the city has not entered the secondary water supply industry to implement unified management. In order to clarify the overall situation of the operation and management of the secondary water supply facilities in the city, the relevant information of the urban second water supply facilities were collected and collated in this paper, the main types and management units of the secondary water supply facility in the city were statistically analyzed. Combined with the data of hotline, the main factors affecting the service of second water supply were analyzed. Pressure-superposed water supply took the first place in the city. There was not much difference in the complaints rate of different types of facilities. There were relatively more problems in the secondary water supply facilities under the control of property management company, which needed improvment. The experience in the process of taking over the control of secondary water supply services by waterwork group across the country was summerized. If the city promoted the development of secondary water supply, it was necessary to pay attention to the responsibilities of waterwork group in terms of facility renovation, management, and cost. Combined with the operating experience, it was proposed that the residual chlorine mass concentration in the water tank should be higher than 0.25 mg/L and 0.30 mg/L in winter and summer.

Keywords secondary water supply pressure-superposed water supply water quality complaint tap water quality facilities renovation

随着我国不断深入的城市化进程,城市人口数 量的增长使得居住需求不断扩大,造成高层建筑的

[收稿日期] 2022-06-05
[基金项目] 北京市自来水集团有限责任公司科研项目(KJ220315)
[作者简介] 游晓旭(1984—),男,硕士,高级工程师,研究方向为给水处理技术及供水安全保障,E-mail:406723495@qq.com。
[通信作者] 李玉仙(1979—),女,博士,正高级工程师,研究方向为饮用水安全保障技术研究,E-mail:liyuxian790815@126.com。

数量显著增长。为解决高层建筑用水问题,二次供水设施作为城市供水管网的延伸处于迅速发展的阶段。目前大量的企业也进入到二次供水市场中,开发了大量新技术和新设备,而由于历史原因,二次供水设施仍存在产权混乱现象,以及建管分离、运行、维护、监管不到位的问题。

北方某特大型城市受客观因素制约,二次供水服务由社会多方力量独自运营,供水企业尚未进入到二次供水服务市场,实行统一有效管理。为了保障北方某市二次供水服务健康有序,确保供水系统“最后一公里”的水质安全,本研究主要对该市二次供水服务现状进行调查与影响因素分析,旨在理清影响二次供水水质及服务质量的主要因素,提出提高二次供水服务质量的建议措施。

1 二次供水设施现状

本研究调查收集了北方某市新建与改造的二次供水设施的相关信息,主要包含设施类型、地点、服务人口及管理单位等重要数据。在收集过程中,设施产权不清、监管不到位等问题会造成部分信息缺失,因此,基于收集到的数据分析该市二次供水设施现状及其分布特点。从收集的数据来看,二次供水设施主要分布在主城区,约占总数的 80%,数量最多的 CY 区占比达到 29%。二次供水设施的分布主要与高层建筑数量相关,因此,在人口较密集的 CY、HD 等核心区存在大量的二次供水设施,总体上符合该市人口分布规律。

1.1 二次供水设施主要类型

二次供水设施是生活饮用水对水压、水量的要求超过城镇公共供水管网能力时,通过储存、加压等设施经管道供给用户的供水方式[1]。经过长久发展主要有 3 种方式。

(1) 高位水箱:利用市政管网或低位水箱结合加压泵在用水量较小时向高位水箱补水,再通过水箱向用户供水,可以调节用水时段不同产生的压力变化[2]。

(2) 低位变频:市政水进入到低位水箱后,根据用水需求,利用变频泵进行二次加压向用户供水[3]。

(3) 叠压供水:不设置大容积水箱,从市政干管里直接抽水,利用管网压力并结合变频泵二次加压为用户供水[4]。

通过对该市二次供水设施设备情况进行调研,具体情况如图 1 所示。其中采用高位水箱方式的设施仅占总数的 3%,可见随着技术发展,高位水箱已经不是二次供水的首要选项;采用低位变频方式的设施占 37%;采用叠压方式的设施占总数的 60%,其中 3%为箱式叠压设施。依照此数据可以看出叠压供水已经成为北方某市二次供水的主要方式。

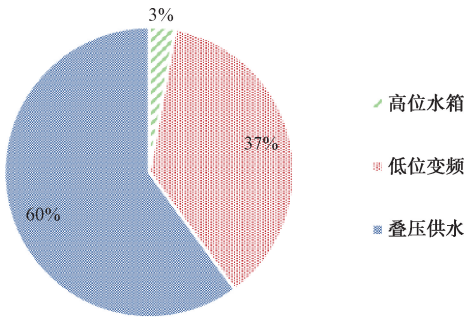

图 1 北方某市二次供水设施主要类型

Fig. 1 Main Types of Secondary Water Supply Facilities in a Northern City

1.2 二次供水设施管理单位统计分析

如图 2 所示,该市约 60.9%的二次供水设施由物业公司进行管理,产权归属于全体业主,由物业行使管理权。约 13.4%的二次供水设施归属于各类公共事业单位,多为学校、科研院所、医院及各级党政机关等,此类设施权属各异且具体管理职责情况较复杂。商业设施主要指酒店、购物中心等场所,此类设施一般由相关公司下属的物业管理公司负责,管理着约 5.5%的二次供水设施。另外约有 20.2%的二次供水设施无法确认详细信息,多由各类单位自管或区房管所代管。

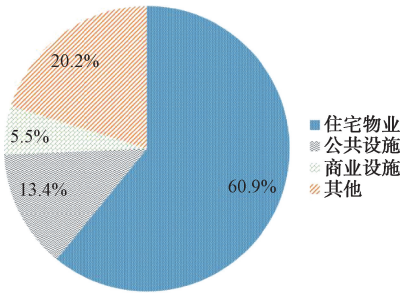

图 2 北方某市二次供水设施管理单位

Fig. 2 Management Units of Secondary Water Supply Facilities in a Northern City

2 二次供水服务质量主要影响因素

二次供水作为供水环节中最后一环可直接影响

龙头水水质,其中存在的水质安全风险是多方面的:水力停留时间过长造成余氯浓度降低,如深圳市二次供水设施发生过伤寒杆菌和诺如病毒的污染事件[5];二次供水水箱管理不当导致红虫滋生,如上海市 2007 年—2008 年因红虫问题发生的水质投诉达到总数的 10%[6]。经查在 1996 年—2006 年,我国饮用水突发污染事件中 14.8%发生在二次供水环节[7]。

为研究该市二次供水对龙头水水质的影响,收集了 2015 年—2018 年超过两万余条用户对于水质问题的投诉数据。根据用户居住地信息可以将问题划分为市政供水或二次供水,基于用户投诉情况,反映较强烈的主要是水黄、异味、异物、水混等现象,将两部分信息结合可以掌握不同区域、时间、供水范围发生的水质问题总体概况。投诉信息可以及时反馈用户对于龙头水的表观感受,了解龙头水水质的变化,利于大范围筛查龙头水水质情况,一定程度弥补了龙头水水质数据的缺失。在这些数据中,CY 区占比达到 20%,同时其问题发生趋势符合全市特点,有较强代表性,进一步结合区域内二次供水设施的情况,以此分析二次供水的设施类型与管理单位对龙头水水质的影响。

2.1 二次供水设施不同类型对供水服务的影响

从供水设施类型分析二次供水服务的风险。高位水箱供水模式存在较大的水箱或水池,水会产生滞留,从而造成余氯的衰减,若还有其他管理问题,则极易增加龙头水水质风险;低位变频供水模式也存在较大的水箱或水池,甚至有些小区会存在水箱生活用水和消防用水共用的情况,水也存在滞留问题;叠压供水模式没有储水功能,不产生滞留,但是该供水模式的大规模使用与推广势必会影响管网压力的均衡。毛青等[8]利用 FlowMaster 软件模拟了叠压供水在市政干管接入点的压力变化,发现用水量、干管管径、接入点距水厂距离及管网结构等因素均会影响接入点压力波动幅度与稳定时间。王欢欢等[9]利用 EPANET 软件评价叠压供水对市政供水管网上各节点的压力影响,发现在靠近水源的节点采用叠压供水时会造成管网上某些不利点产生负压。

为了准确分析不同供水设施类型对供水服务的影响,研究中将水质投诉情况与二次供水设施类型进行了相关性统计分析,以下以该市 CY 区为例进行分析。CY 区的二次供水设施数量占全市的 29%。此区域内设施类型的分布与全市一致,叠压供水设备数量占较大份额,为 60%,低位变频设备占比为 37%,高位水箱仅存 3%。此外,设施主要以服务人口为 1 000 人以下为主,设施规模越大数量越少,服务人口超过 2 500 人的设施较为少见。

经筛查,2015 年—2018 年每年约 2.4%的设施在其供水区域内因水质问题引发过用户投诉。将这些对于二次供水的投诉按照不同设备设施类型进行划分,再对比各类型的设施数量可计算出年均投诉率。结果如表 1 所示,3 种类型的投诉率非常接近,都处于较低水平。其中叠压供水的投诉率相对较高,为 2.5%,但 3 种类型相差不大,整体可靠性较高。

表 1 不同类型二次供水设施年均用户投诉率

Tab. 1 Average Annual User Complaint Rate of Different Types of Secondary Water Supply Facilities

设施类型	年均投诉率
高位水箱	2.0%
低位变频	2.3%
叠压供水	2.5%

分析 CY 区二次供水用户投诉的主要问题,投诉最多的是“水黄”。这类问题的成因较为复杂,一般是受水力条件改变影响,楼内立管管垢中铁元素的释放造成的[10];其余如“异味”“水混”等问题多由供水管网中的物理、化学因素引起。由于微生物问题很难被用户感知,投诉数据并不能反映微生物指标的变化。文献[11-12]数据表明,二次供水微生物风险也是一个不可忽视的因素,以某市为例,各市区二次供水水质合格率为 93.77%~97.9%,其中菌落总数是造成水质不合格的主要因素。

2.2 不同二次供水管理单位对供水服务的影响

CY 区二次供水设施的地理分布,主要集中在市区人口稠密和经济活动较频繁的地区。越靠近市中心密度越高,在远离市中心并且人口分布稀疏的地区高层建筑较少,二次供水设施的数量也随之减少。这些设施大部分由住宅物业管理,约占总数的 68%,高于全市均值。针对不同的设施管理单位,表 2 中列举了不同管理单位负责运行的二次供水设施产生投诉的年均投诉率情况。

对 4 年间的用户投诉依据管理单位性质进行划分,发现住宅物业管理约 68%的设施引发投诉数量占比达到 76%,投诉发生较为集中。结合不同单位

表 2 不同管理单位的二次供水设施年均用户投诉率
Tab. 2 Average Annual User Complaint Rate of Secondary Water Supply Facilities Managed by Different Units

管理单位	年均投诉率
住宅物业	2.8%
公共设施	2.4%
商业设施	1.6%
其他	0.8%

类型管理的设施数量与对应的 4 年间投诉数量得到年均投诉率。住宅物业管理的设施年平均投诉率最高为 2.8%,出现问题的几率最大,因此,提高住宅物业管理水平和能力非常有必要。

3 国内同类型城市供水企业在二次供水服务中的经验

部分国内相似规模的大型或超大型城市已施行供水企业负责管理二次供水服务的模式,并取得一定的成绩。而本文中的城市受客观情况所限,二次供水尚未统一管理,可借鉴具有相似情况的城市在推进此项工作中广泛的经验。通过对完成接管工作的企业相关管理人员进行访谈以及研究当地出台的政策文件后,本文以管理及资金问题为切入点,总结了供水企业在接管二供服务过程中的主要着力点。

在供水企业接收二次供水设施并进行管理的过程中,重点有以下几方面。

(1)供水设施的产权归属

《天津市供水用水条例》中要求将新建的二次供水设施的产权随同管理权同步移交供水企业,但是在实际执行中,产权仍归属于原有产权人。在其他地区,政策制定过程中均没有涉及设施的产权归属问题,多以推动优化二次供水设施管理为主,重在解决现实的管理难题。

(2)老旧设施改造过程中供水企业的角色定位

在老旧设施改造过程中,沈阳市供水企业负责设计、施工、监理、验收所有环节的工作,保证设施改造工程质量,由此带来的较大工作量与管理难度需要供水企业解决;上海市供水企业参与改造方案的审定、施工监管、工程验收等工作,通过控制改建中的关键环节掌握工程质量,减少了供水企业投入,但对企业的工程管理能力有较高要求;重庆市没有对老旧设施的施行统一的改造,业主对设施改造及管理有自主选择权,避免短期集中改造的压力。

设施的改造与后期的管理接收联系紧密,供水企业在改造工程中的投入可以减少管理责任移交的难度。并且,供水企业参与设计和验收等环节可以保证工程质量,有利于后期管理。

(3)不同的管理模式下供水企业的责任

各地供水企业对二次供水设施的管理差别体现在管理范围和管理深度的不同。上海市和天津市的供水企业实现了对新建及改建二次供水设施的全面管理。且两地均采用了“管养分离”模式,不同是上海市供水企业完全充当管理者,而天津市供水企业还负责部分二次供水设施的维修工作。两者对比发现,上海市的管理工作更加集中,天津市的企业压力更大。

沈阳市和重庆市接收了部分地区的二次供水设施管理工作,区别在于接收地区的划定。沈阳市的政策允许条件较好、管理规范的物业继续管理二次供水设施,先接收条件不好的设施以保证这部分居民的用水安全;重庆市的政策是由业主决定对二次供水设施的改造及接管,尊重了居民的选择权利。

对二次供水设施实施全面接管或部分接管,多需要根据当前设施隐患问题严重程度以及接管的经济性综合考虑。而供水企业实行接管后如果可以将设施的运行、养护、维修等工作交予有资质的服务商负责,能够达到资源的优化分配,使供水企业集中于规则制定,可以提高管理效率,避免人员机构臃肿。

(4)改造及管理二次供水产生的成本

各地的设施改造工作以政府主导为主,这项工作中各地企业均承担了不同程度的资金压力,这是供水企业履行社会责任的体现。在接管之后产生的管理成本,政府在政策上均给予了一定的支持,主要方式为允许供水管理单位收取二次供水费用,这在一定程度上抵消了企业的管理成本。

在供水企业改造或接管二次供水设施之前,对总体投入进行全面准确的核算,可以更合理地制定二次供水的收费额度,从而保证企业利益。

4 保障二次供水龙头水水质的主要建议措施

根据抽取的现场采样结果,与该市的二次供水设施建设改造的服务商反映情况,发现对水质主要控制手段与投诉反映的水质问题关系较为密切的水质指标包括菌落总数、氯气及游离氯制剂、电导率、浑浊度。为提升二次供水服务质量,减少“黄水”

“水混”“异味”等问题的投诉,降低菌落总数反映的微生物安全风险,二次供水设备设施管理部门应该增强对二次供水设备的管理,确保居民龙头水供水水质安全。

首先,规范二次供水设施的设计、施工和验收。二次供水设备(包括水箱)的安装及管路管件应符合饮用水卫生标准的要求,采用水箱的二次供水设备应设置水箱液位控制,通过液位控制确保供水安全。

其次,强化二次供水设施及泵房的日常管理。二次供水设施管理单位应建立、健全各项日常管理制度,有具备相应的专业技能、熟悉设备的技术性能和运营要求的专职工作人员;建立蓄水池、水箱定期检查清洗消毒制度、管道阀门的定期巡检制度以及水泵机组和仪器的定期保养制度;泵房巡检应包括月度巡检、季度巡检和年度巡检。

再次,强化对二次供水水箱的水质监测。前期研究发现,用户投诉的水质问题与余氯的控制相关性较大。研究[13-14]表明,余氯含量降低会出现“微生物滋生”“黄水”等问题,有时浑浊度上升产生“水混”现象或出现异臭。考虑到不同季节的温差造成的余氯浓度衰减速率的差异性,同时为满足生活饮用水卫生标准规定——保障龙头水余氯质量浓度不低于 0.05 mg/L,夏季应确保二次供水水箱余氯质量浓度不低于 0.30 mg/L,冬季余氯质量浓度不低于 0.25 mg/L。二次供水管理单位应根据水质监测情况适当进行补氯,以确保龙头水余氯浓度符合饮用水卫生标准要求。

最后,强化老旧小区楼内立管改造。为了防止由于老旧管网带来二次污染的风险,建议更改小区的老旧立管。

5 结论

(1)通过整理水质投诉与设备设施信息总体掌握了该市二次供水概况,从用户投诉比例来说,3 种设施的投诉率十分接近(均低于 3%),叠压供水投诉比例稍大,总体而言设施可靠性较高。以现有情况而言,该市住宅物业发生投诉比率更高,并且潜在影响规模较大,应加强对物业管理的二次供水设施监管,提高物业对二次供水设施的管理水平和能力。以上基于现有数据对该市二次供水的了解较为粗略,所有设施的信息需要进一步筛查并及时更新,同时结合不同地区供水水质特征、市政管网分布及管网压力调配、区域用水特点等因素可以更好地对出现的二供水质问题做出分析,有助于大范围内降低二供水质风险。

(2)若供水企业进入到二次供水服务市场过程,应以优化现实管理水平为出发点,掌控好老旧设施改造过程中的设计、验收等关键环节,合理有序推进接收工作。在管理二次供水服务过程中,供水企业专注于监督管理,聘请专业服务供水进行具体运营,可优化管理效率。收取二次供水服务费用可减轻供水企业管理压力,为长期可持续的服务提供保证。

(3)接管后的运营过程中为了确保二次供水模式下龙头水的水质安全,二次供水设备设施管理部门应该强化对二次供水水箱的水质监测,确保龙头水出水余氯质量浓度高于 0.05 mg/L,并根据水质监测情况适当进行补氯,以确保龙头水余氯浓度符合饮用水卫生标准要求。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 二次供水工程技术规程: CJJ 140—2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical specification for secondary water supply engineering: CJJ 140—2010[S]. Beijing: China Architecture and Industry Press, 2010.

[2] 常金秋. 二次供水设施改造与屋顶水箱的取舍[J]. 给水排水, 2009, 45(s1): 371-373.
CHANG J Q. Choice of secondary water supply facility renovation and the trade-off of roof water tank[J]. Water and Wastewater Engineering, 2009, 45(s1): 371-373.

[3] 徐洪福, 邓佑锋, 许仕荣. 深圳市二次供水增压方式节能探讨[J]. 给水排水, 2013, 49(s1):47-50.
XU H F, DENG Y F, XU S R. Discussion on energy saving of secondary water supply pressurization in Shenzhen[J]. Water and Wastewater Engineering, 2013, 49(s1): 47-50.

[4] 朱寅春, 王小鹏, 王定宝. 叠压供水系统适用性分析[J]. 净水技术, 2015, 34(s1): 122-124, 131.
ZHU Y C, WANG X P, WANG D B. Applicability analysis of network pressure-superposed water supply system[J]. Water Purification Technology, 2015, 34(s1): 122-124, 131.

[5] 李贤冠. 二次供水卫生管理存在的问题与对策分析[J]. 中国社会医学杂志, 2013(1): 71-72.
LI X G. Analysis of the problem and the strategy of hygiene management in secondary water supply[J]. Chinese Journal of Social Medicine, 2013(1): 71-72.

[6] 王海亮, 周云, 孙坚伟, 等. 二次供水常见水质问题及防治技术[J]. 净水技术, 2010, 29(4): 71-74.
WANG H L, ZHOU Y, SUN J W, et al. Common water quality problems and control technology for secondary water supply[J]. Water Purification Technology, 2010, 29(4): 71-74.

[7] 王强, 赵月朝, 屈卫东, 等. 1996—2006 年我国饮用水污染突发公共卫生事件分析[J]. 环境与健康杂志, 2010(4): 328-331.
WANG Q, ZHAO Y C, QU W D, et al. Investigation of drinking water contamination incidents in China during 1996—2006[J]. Journal of Environment and Health, 2010(4): 328-331.

[8] 毛青, 陈盛达, 李树平, 等. 叠压供水与市政管网水力作用模拟与分析[J]. 中国给水排水, 2019, 35(13): 62-66.
MAO Q, CHEN S D, LI S P, et al. Simulation and analysis of hydraulic interaction of pressure-superposed water supply and municipal pipe network [J]. China Water and Wastewater, 2019, 35(13): 62-66.

[9] 王欢欢, 刘书明, 姜帅, 等. 无负压供水模式下管网水力模拟与安全评价分析[J]. 环境科学, 2013, 34(1): 163-168.
WANG H H, LIU S M, JIANG S, et al. Hydraulic simulation and safety assessment of secondary water supply system with anti-negative pressure facility[J]. Environmental Science, 2013, 34(1): 163-168.

[10] 李礼, 李玉仙, 王敏, 等. 管垢差异对水源切换后铁释放程度的影响及其黄水风险判断[J]. 给水排水, 2016, 52(s1): 273-277.
LI L, LI Y X, WANG M, et al. The iron release rules of the pipes with different scale when water source switch and red water risk prediction[J]. Water and Wastewater Engineering, 2016, 52(s1): 273-277.

[11] 肖贵勇, 崔宝荣, 邓慧伶, 等. 北京市丰台区 2003~2009 年二次供水水质检测结果分析[J]. 现代预防医学, 2011, 38(14): 2703-2705.
XIAO G Y, CUI B R, DENG H L, et al. Analysis of the monitoring results of the secondary water quality in Fengtai District of Beijing from 2003 to 2009[J]. Modern Preventive Medicine, 2011, 38(14): 2703-2705.

[12] 王芸, 张琨, 王绍华, 等. 2013—2015 年北京市西北部山区 3 种类型饮用水水质分析[J]. 职业与健康. 2016, 32(23): 3261-3263.
WANG Y, ZHANG K, WANG S H, et al. Analysis on water quality of three types of drinking water in northwest mountainous area of Beijing from 2013—2015[J]. Occupation and Health, 2016, 32(23): 3261-3263.

[13] 李相宜, 赵蓓, 游晓旭, 等. 供水管道管材的特性及应用综述[J]. 净水技术, 2021, 40(7): 52-59.
LI X Y, ZHAO B, YOU X X, et al. General review of characteristics and application for water supply pipeline materials [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(7): 52-59.

[14] 乔淼, 陆桥君. 一起生活饮用水污染蜡样芽胞杆菌的检测与分析[J]. 江苏预防医学, 2019, 30(6): 679-680.
QIAO M, LU Q J. Detection and analysis of bacillus cereus in a drinking water pollution [J]. Jiangsu Journal of Preventive Medicine, 2019, 30(6): 679-680.

(上接第 22 页)

[42] 李甲琳, 陈桂顶, 杨忠莲, 等. 水培蔬菜与潜流湿地组合工艺净化农村生活污水尾水[J]. 净水技术, 2019, 38(10): 94-100, 123.
LI J L, CHEN G D, YANG Z L, et al. Tail water purification of rural sewage by combined processes of hydroponic vegetables and subsurface flow wetland [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(10): 94-100, 123.

[43] 张文艺, 罗鑫, 刘明元, 等. 常州市武进区农村生活污水处理示范工程[J]. 中国给水排水, 2012, 28(12): 75-78.
ZHANG W Y, LUO X, LIU M Y, et al. Rural domestic sewage treatment demonstration project in Wujin District, Changzhou City[J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(12): 75-78.

[44] 郭迎庆, 黄翔峰, 张玉先, 等. 太湖地区农村生活污水示范工程处理工艺的选择[J]. 中国给水排水, 2009, 25(4): 6-9.
GUO Y Q, HUANG X F, ZHANG Y X, et al. Selection of treatment process for rural domestic sewage demonstration project in Taihu Lake region[J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(4): 6-9.

[45] 曲波, 谭学军, 顾俊, 等. 县(市)域农村污水处理设施集约化运行管理方式与应用[J]. 中国给水排水, 2016, 32(22): 34-38.
QU B, TAN X J, GU J, et al. Intensive operation management of sewage treatment facilities in rural areas in one county territory [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(22): 34-38.

[46] 陈锐, 崔贤程, 黄天寅, 等. 分散式农村生活污水处理设施统一管理模式研究——以平望镇为例[J]. 给水排水, 2020, 56(9): 15-19, 59.
CHEN R, CUI X C, HUANG T Y, et al. Research on unified management mode of decentralized rural domestic sewage treatment facilities: A case study of Pingwang Town [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(9): 15-19, 59.