

热点论坛

城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算之方法构建

孙永利, 郑兴灿, 高晨晨, 张 维, 刘 静, 王诣达

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘 要: 构建了城镇居民生活污水污染物产生量测算方法,并设计研发了成套测算装备。该测算装备由污水收集计量装置、人员出入监控系统 and 数据处理平台构成,通过污水收集计量装置收集不同时间段楼宇内居民排放的所有污水,通过人员出入监控系统计算该时间段楼宇内的排污人口当量,据此计算该时间段的人均污水污染物产生量;将24 h划分为多个不等的时间段,并按上述方法分别收集计算各时间段的人均污水污染物产生量,加和即可求得本楼宇的居民人均日生活污水污染物产生量。选择太湖流域常住人口达到一定规模,生活排水可全收集、人员出入情况可全监控的居民楼宇进行初步测试,并有望形成标准化测试方法和成套装备,在全国范围内开展测试工作。

关键词: 城镇居民楼宇; 生活污水污染物; 人员出入监控; 污水收集计量

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0001-04

Calculation Method Construction of Daily Domestic Pollutant Production of Urban Residents Per Capita

SUN Yong-li, ZHENG Xing-can, GAO Chen-chen, ZHANG Wei, LIU Jing,
WANG Yi-da

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China)

Abstract: The calculating method of daily domestic pollutant produced per capital in urban area was established based on the residential buildings with a certain scale of permanent resident population, full covered domestic sewage collecting system and monitoring equipment of resident mobility. All the domestic sewage discharged by the residents in the buildings at different periods in a day was collected through the metering device, and the residents equivalent was calculated by the monitoring equipment of resident mobility. Therefore, the per capita domestic pollutant production rate in a certain period was determined by the data acquired above. The final daily domestic pollutant produced per capital was determined through collecting and summing up the pollutant amount in each time period of the 24 hours. According to this method, the sewage collection and measurement system, the monitoring equipment of resident mobility, and the data processing platform were designed and processed. The residential buildings in a certain city of Taihu Lake basin were selected for preliminary testing, and it is expected to form a standardized testing method and a complete set of test and calculation platform that can be applied to the nationwide test.

Key words: urban residential building; domestic sewage pollutant; monitoring of resident mobility; measurement of sewage collection

城镇居民人均日生活污水污染物产生量是生活污水处理工程设计的重要参数,也是《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》中提出的城镇生活污水集中收集率这一行业监管新指标统计计算和污水处理行业效能评估的重要基础指标。但国内外关于城镇居民人均日生活污水污染物产生量的相关研究不足,国内现有各种规范标准和文献中引用的人均日生活污水污染物产生量数据多数借鉴国外经验值,难以真实表征我国城镇居民日常生活排污情况。

1 前期测算方法及适用性

发达国家通常可直接利用城镇污水处理厂进水水质数据反推出居民生活污水量和污染物浓度,据此精准计算人均日生活污水污染物产生量,这主要得益于发达国家优良的城镇排水系统性能和污染物过程衰减研究成果。但我国绝大部分城市存在污水收集管网不健全、管道淤泥沉积、清水入渗入流、雨污水管道错接混接、工业废水排入等突出问题,城镇污水处理厂实际进水量和污染物浓度并不能准确反映居民生活污水污染物的产排情况。

据行业专家回忆,早在20世纪七八十年代,我国曾有学者通过收集特定人群每日粪尿排泄物的方式进行过人均生活污水污染物产生量的测算研究,但这种方法通常只收集了特定人群每日通过粪尿排泄物所形成的污染量,在社会经济尚不发达,拖地、洗衣、洗澡等用水量 and 污染物排放量不多,家庭厨房污染占比并不突出的历史时期,的确可以较准确地反映城市居民生活污水污染物的产生情况。但随着居民生活水平的不断提高,居民家庭各项用水比例发生了很大变化,厨房、拖地、洗衣、洗澡等日常生活用水的污染物产生量已经占较大比重,因此即使有收集和测试条件,这种方法也并不能如实反映当今时代居民生活污水污染物的产排量特征。

第一次全国污染源普查有力地推进了居民生活污水污染物产排情况的测算和统计工作,最近几年国家科研项目也增加了相关研究方向。国内高校、科研机构、行业主管部门多以居民小区出水总排口^[1]或典型居民家庭^[2]作为测试对象,进行过污水产排规律研究,但小区出水总排口测算方法多数只

是通过瞬时水样或多个瞬时水样混合样测定的污染物浓度,以及简单的浓度加和平均和固定的人口数量进行人均日生活污水污染物产生量计算,基本上难以精准地进行排水计量,也无法对该排水量所对应的人口数进行统计核算,其计算结果并不能准确表征城市居民生活污水污染物的实际产排情况。典型居民家庭测算方法存在样本数量少、个体差异影响大、污染物难以全面收集等一系列问题。

2 新测试方法构建

城镇居民人均日生活污水污染物产生量也即特定人群每天产生的污水污染物总量与排污人口总数的比值。鉴于人口流动特征,无论以楼宇、小区、社区,还是以固定人群为监测单位,都很难精准收集这些特定人群24 h生活产生的所有污水污染物,因此这并不是一种具有可操作性的测试方法。为此如何根据特定区域内人群的生活规律和人员流动特征,将24 h时间段拆分为不同时间跨度的多个时间间隔,精准计算每个时间间隔特定区域内的人口数量(或当量),准确收集每个时间间隔特定区域内居民实际排放的所有污水,测定污染物浓度,据此计算该时间间隔特定区域内居民的污水污染物产生总量和人均污染物产生量。最后将24 h内各时间间隔的人均污水污染物产生量累加,即可计算获得居民人均日污水污染物产生量,同理也可计算居民人均日污水排放量数据。

这种方法的假定条件是人在每个时间段的排污规律不会因所处环境条件的改变而发生很大的变化,也就是说无论是在楼宇内生活、在写字楼办公,还是在其他场合工作,其在特定时间间隔的排污行为是差不多的,因此可以根据特定时间间隔特定人群的排污量计算该时间间隔的人均污水污染物产生量。在这种情况下,将24 h取样周期细分为更多的时间间隔,可使每个时间间隔的人员数量相对稳定,有效解决居民楼宇人员出入变化对测定结果的影响,使计算结果更加趋近于真实值;污水收集计量系统达到设定容积才启动取样程序,也就是说每个时间间隔收集的水量是恒定的,时间间隔长度主要取决于楼宇内居民的实际排水规律,这就意味着用水高峰期的时间间隔缩短,用水低谷期的时间间隔延

长;选择常住人口相对较多的居民楼宇,可有效解决个体排污差异、非常规排污事件(如醉酒呕吐、腹泻等)或排污行为改变对测试结果的影响问题。

实现上述功能,需要开发并设计加工满足相关功能要求的污水收集计量装置、人员出入监控系统 and 统计分析平台。

2.1 污水收集计量装置

污水收集计量装置主要由居民楼宇生活污水提升装置和计量装置两部分组成,各部分实物图见图1。居民楼宇生活污水收集提升装置主要由水泵和调节水池组成,用于将楼宇内居民排放的所有生活污水(含雨水立管排放的生活污水)及时输送至污水计量装置。居民楼宇需要的生活污水提升装置数量取决于楼宇内污水总管和旱季排污的雨水立管的数量和位置分布。用于接收厨房和卫生间排水的生活污水收集提升装置,需选用带切割功能的提升水泵;带有化粪池的居民楼宇,生活污水收集提升装置需设置于化粪池前;为避免漂浮物问题,原则上调节水池容积不宜过大,应以保障污水泵安全运行,污水及时排出为基本原则。



图1 污水收集计量装置

Fig.1 Measurement device of sewage collection system

污水计量装置主要用于精准收集、计量和均匀混合每个时间间隔楼宇内居民产生的污水,并自动完成每个时间间隔的取样工作,主要由进水管、取样池、取样调节池、采样器等功能单元构成。虽然也可使用在线分析仪表完成水质检测工作,但为确保实验数据的准确性,原则上推荐利用采样器的标准取样程序进行自动取样,并交由有资质的化验室进行分析化验。

取样池容积应根据楼宇内常住人口数量、居民生活污水排放特征和自动采样器取样瓶数量确定,鉴于自动采样器取样过程及相关泵阀开关时间要求,取样池停留时间以40~60 min,水量变化系数以

不低于1.5为宜,取样池内需设置搅拌机、液位计、阀门控制的排水管等;取样调节池用于取样期间居民排放污水的临时存储,一般可按15~20 min停留时间或取样池容积1/3设计;按设计液位、时间周期和特定启动条件三种方式设置取样程序,为保障样品的均匀性,原则上取样前应设置3~5 min的混合搅拌时间;取样程序结束后排空取样池,开启取样调节池阀门,进入下一个取样时间间隔。

2.2 人员出入监控系统

城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算需要的另一个重要数据是每个取样时间间隔内的排污人口当量,也即产生该排污量的人口数量,由取样时间间隔起始点的人口基准值和该时间间隔内出入楼宇人员停留时间的折算当量计算,各时间间隔的起点和终点由计量装置的取样程序确定。第一次取样前需对楼宇内的人口基准值进行摸底调查,以后各取样时间间隔起始点的人口基准值由人员出入监控系统自动统计计算;各时间间隔内进出人员的折算当量可由该时间间隔内所有进入楼宇人员自进入楼宇到本次时间间隔结束的时间总和,扣减所有离开楼宇人员自离开楼宇到本次时间间隔结束的时间总和,除以该时间间隔总时长计算获得,计算结果为正值代表该时间间隔排污人口当量增加,负值代表该时间间隔排污人口当量减少。以某城市楼宇为例,如14:00—15:00取样时间间隔内,14:15有10人离开楼宇,则10人离开楼宇到本次时间间隔结束的总时间为 $10 \times 45 \text{ min} = 450 \text{ min}$;14:45有20人进入楼宇,则20人进入楼宇到本次时间间隔结束的总时间为 $20 \times 15 \text{ min} = 300 \text{ min}$,据此可计算14:00—15:00取样时间间隔内出入楼宇人员停留时间为 $300 - 450 = -150 \text{ min}$,人口当量为 $-150/60 = -2.5$,如14:00—15:00取样时间间隔起始点人数200人,则该时间间隔人口当量为 $200 - 2.5 = 197.5$ 人。

鉴于居民楼宇人员进出情况的特殊性,为尽量降低对楼宇内居民生活的影响,原则上该人员出入监控系统不做人员身份识别,不做每个个体在楼宇内停留时间的具体分析,只记录每个时间点的人员进出数量,也就是说人员出入监控系统只记录某时间点有多少人员进入楼宇,有多少人员离开楼宇。

2.3 数据计算平台

在取样阶段,污水收集计量装置和人员出入监控系统是两个独立运行的系统,但每次取样时间间

隔的起始和终止时间又是由污水收集计量装置的控制
系统决定的,也就是说人员出入监控系统的排污
人口当量数据计算有赖于污水收集计量装置提供
的起始和终止时间。但受限于楼宇内频繁的人员
出入和不同时间段人均用水量的明显变化,通常
难以人为控制污水收集计量装置每个时间间隔
的起始和终止时间,并根据起始和终止时间人工
统计计算每个时间间隔内的人口当量变化情况,
为此需建立数据计算平台,实现污水收集计量
装置和人员出入监控系统的功能耦合,自动根
据污水收集计量装置反馈的起始和终止时间,
计算每个时间间隔的人口当量,并结合人工输入
的第一次取样前摸底调查的楼宇内人口基准值
和每个时间间隔的污染物浓度化验值,自动进
行人均日污水污染物产生量、人均日排水量等
指标的计算。

3 试验楼宇要求

鉴于对人员出入情况的监控要求和污水输送
过程的无损耗控制要求,本方法主要用于对独栋
楼宇或满足楼宇选择要求,距离较近的数栋楼
宇进行测试,不适用于小区总排放口测试。

为保障被测试楼宇生活污水的全收集,原则
上被测试楼宇应以高层建筑为主。鉴于多数楼
宇排水需使用污水提升装置,为降低系统复杂
性,应尽量选择旱季污水排放口(不含雨水立管)
不超过3个的居民楼宇,排放口相对较多时,可
结合实际条件对多个排放口进行合并收集,并
做好各项防倒流措施。

为避免个别居民非正常状况对测试结果
的影响,应尽量选择常住人口数量相对较多的
楼宇,结合前期调研结果,所选择居民楼宇的
入住户数应不少于120户,或常住人口应不少
于300人,单栋楼宇不能达到常住人口数量要
求的,也可选择周边区域内多个符合条件的楼
宇开展联合测试。

为确保对楼宇内的人员出入情况进行连续
监控和精准统计计算,原则上楼宇出入口不宜
超过5个。

污水收集计量装置需要约1个常规车位的
安装空间,居民小区应具备装置运输和吊装条
件;为降低污水提升管道对测试结果的影响,
计量装置安装点与污水排放口之间的最大距
离应不超过50 m。

4 结语

作为城镇居民生活污水收集率行业管理的
重要基础指标,城镇居民人均日生活污水污染
物产生量的准确计量已经成为提升行业管理
能力和水平的重

要问题。所提出的居民日生活污水污染物产
生量测算系统设计方案已于2019年5月得到
专家认可,并耗时3个多月完成了试验场地选
择、设备产品研发和测算平台开发工作,9月
初在太湖流域某城市居民小区进行了装置安
装和试验性测试,已经成功完成近10次的24
h取样测试,基本实现预期目标。目前正在对
测试数据进行分析研究,接下来将进一步加
强对相关设备产品和测算平台的研究开发和
标准化工作,并选择全国不同地区、不同类
型的城市楼宇开展测试工作。

参考文献:

- [1] 赵海霞,王淑芬,崔建鑫,等. 城镇生活污染排放系数调查与核算——以常州市为例[J]. 环境科学学报, 2016,36(7):2658-2663.
Zhao Haixia, Wang Shufen, Cui Jianxin, et al. Investigation and calculation of sewage discharge coefficient of urban domestic pollution: A case study in Changzhou City [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2016,36(7):2658-2663(in Chinese).
- [2] 王钟. 典型城市居民家庭排水产生污系数研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.
Wang Zhong. Investigation on Sewage Coefficient in Wastewater from Urban Family [D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2009(in Chinese).



作者简介:孙永利(1975—),男,山东威海人,博士,正高,主要从事城市水体和污水处理的技术与政策研究,承担国家和省部级科研课题、子课题20余项,获中国专利优秀奖1项,国际水协(IWA)科技创新全球最高奖1项,省部级科技进步一等奖3项、二等奖4项、三等奖6项。授权专利38项,其中发明专利20项。

E-mail: tjsunyongli@163.com

收稿日期:2019-10-17