

热点论坛

城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算之产污规律

孙永利¹, 张 维¹, 郑兴灿¹, 高晨晨¹, 祝 磊², 王诣达¹, 杨 超²,
刘 静¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 2. 江苏一环集团有限公司,
江苏 宜兴 214206)

摘 要: 选择常州市某居民楼宇开展居民生活污水污染物的源头产生量及规律研究。检测日的居民生活污水人均日排放量为 216 L/(人·d), 在 06:30—10:30 和 19:00—21:30 两个时段分别出现较高值, 最大时排放量和日均时排放量的比值为 1.92; 楼宇排水口 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 和 TP 日均浓度分别为 549、259、45.43、79.23 和 7.45 mg/L, 也出现了两个较高值, 其中第一个高峰时段提前至凌晨, 最大浓度与日均浓度的比值分别为 1.63、1.56、2.15、2.01 和 2.03; 人均日污染物产生量分别为 121、59、9.5、17.0 和 1.6 g/(人·d), 同样在 06:30—10:30 和 19:00—21:30 出现两个高峰时段, 但污染物产生量的时变化更加显著, 最大值和最小值的比值分别达到 15.68、19.68、9.22、14.16 和 14.20; BOD₅/COD、BOD₅/NH₃-N、BOD₅/TN 和 BOD₅/TP 日均浓度比值分别为 0.47、5.71、3.27 和 34.82, 其中 BOD₅/COD 比值波动不明显, 最大值与最小值的比值仅为 1.63, 而 BOD₅/NH₃-N、BOD₅/TN 和 BOD₅/TP 的比值波动较为明显, 均在 08:30—20:30 时段出现相对较大值。

关键词: 居民楼宇; 污水污染物; 人均产生量; 产污规律

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)06-0001-06

Emission Regularity of Daily Domestic Sewage Pollutant Production of Urban Residents Per Capita

SUN Yong-li¹, ZHANG Wei¹, ZHENG Xing-can¹, GAO Chen-chen¹, ZHU Lei²,
WANG Yi-da¹, YANG Chao², LIU Jing¹

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 2. Jiangsu Yihuan Group Co. Ltd., Yixing 214206, China)

Abstract: A residential building in Changzhou was selected for the research of quantity of raw domestic sewage pollutant production and time changes, and the data of 24 hours was analyzed. The daily production of domestic sewage per capita was 216 L/(p·d), with the higher value periods of 06:30 to 10:30 and 19:00 to 21:30, and the ratio of maximum hourly to daily average hourly was 1.92. The daily average COD, BOD₅, NH₃-N, TN and TP concentrations of raw domestic sewage discharged from the building were 549, 259, 45.43, 79.23 and 7.45 mg/L respectively, also with two higher value periods,

but the first higher period appeared earlier, and the ratios of the maximum concentration to the average daily concentration were 1.63, 1.56, 2.15, 2.01 and 2.03, respectively. Accordingly, the daily domestic sewage pollutants production per capita were 121, 59, 9.5, 17.0 and 1.6 g/(p · d), respectively, with also two higher value period of 06:30 to 10:30 and 19:00 to 21:30; but hourly variation of pollutants production was more obvious, with ratios of maximum to minimum value of 15.68, 19.68, 9.22, 14.16 and 14.20, respectively. Daily average concentration ratios of BOD_5/COD , BOD_5/NH_3-N , BOD_5/TN and BOD_5/TP were 0.47, 5.71, 3.27 and 34.82, the fluctuation of BOD_5/COD was not obvious with maximum to minimum ratio of only 1.63, but fluctuation of BOD_5/NH_3-N , BOD_5/TN and BOD_5/TP was obvious, with higher value period of 08:30 to 20:30.

Key words: urban residential building; domestic sewage pollutant; per capita production; emission regularity

按文献^[1]研制了城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算系统,2019年10月—12月选择常州市某高层楼宇开展了测试工作,通过调整优化,基本实现了居民人均日生活污水污染物产生量测算系统的成套化和标准化,具备在全国开展测算工作的基本条件,有望获得城镇居民生活排水相关基础数据,提升城镇污水处理行业的规划、设计、运行和监管水平。

通过约3个月的测试,已得到5组有效的测试周期数据,初步获得了该居民楼宇秋冬季节的人均日污水排放量、污染物浓度、污染物产生量和各污染物浓度比值及其时间变化规律。鉴于目前的测试结果仅为秋冬季节,不具有代表意义,故仅对某24h测试周期的数据进行初步分析。

1 项目概况

测试楼宇为2010年前后建设的28层高层住宅小区,一层为架空结构,楼宇内实际住户112户,试验期间入住率在80%左右,人员流动监控显示高峰期人口接近240人,人数较少时也在60人以上,基本可以满足测试要求。

在一楼出入口、一楼消防出口和地下停车场楼道间3个人员出入口安装了带有自存储功能的人员出入监控系统。对一楼架空区域的污水干管进行改造,并增设2个生活污水提升装置;鉴于错接混接改造的雨水立管排水无法进入污水提升装置,对所有改造后的雨水立管进行了二次截流改造,通过潜污泵提升至其中一个生活污水提升装置,有效保障了测试期间楼宇排放的所有污水均得到收集。

2 测试分析方法

严格按照标准化的采样程序,由测试系统自带

的哈希全自动采样器根据污水计量装置的取样程序完成水样采集,由常州市排水监测站安排专人现场采样,确保运输过程符合中国计量认证(CMA)检测的样品保存要求,采用国标法进行 COD 、 BOD_5 、 NH_3-N 、 TN 和 TP 五项水质指标的测试,并完成数据上传。

水量、时间间隔、人口当量等数据由城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算系统各功能单元自动获取并上传至数据计算平台。

3 结果与讨论

选取跨2个连续工作日的24h检测结果,对该楼宇的人均日污水排放量、污染物浓度、污染物产生量、污染物浓度比值及其时间变化规律等进行分析。

3.1 污水排放量

城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算系统测算的该楼宇居民人均日污水排放量为216 L/(人 · d),人均污水排放量的24h变化规律如图1所示。

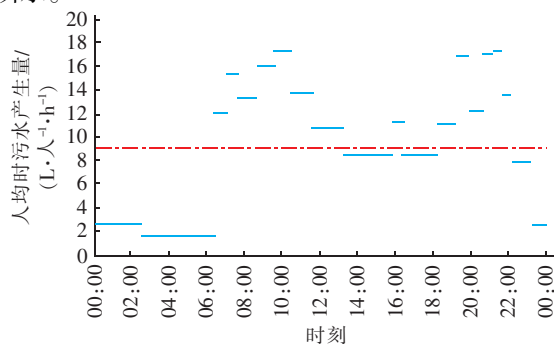


图1 居民楼宇生活污水人均时排放量24h变化

Fig. 1 Changes of discharge per capita of domestic sewage from residential building in hourly for 24 h

由图1可知:

① 人均排水量的两个高峰值分别出现在 06:30—10:30 和 19:00—21:30,每个时段的人均排水量均超过 12 L/(人·h),其中最高时段的瞬时人均排水量达到 17.25 L/(人·h),上午的排水高峰应与早起后的洗漱、大小便、早餐及长期居家人员的餐后保洁等行为有关;

② 晚间时段的排水高峰应与晚间的家庭就餐、洗漱、洗衣、洗澡等行为有关;

③ 12:00—18:00 期间的排水量并不高,说明下午居家人员的用水量相对不大;

④ 00:00—5:00 期间的排水量相对较低,最低时段的瞬时人均排水量为 1.56 L/(人·h)。

最大时排放量与日均时排放量比值为 1.92,最大时排放量与最小时排放量的比值为 11.09,城镇居民排水量的时变化特征明显,与楼宇内居民的生活情况基本吻合。

3.2 污染物浓度

被测试楼宇生活污水 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 和 TP 的日均加权浓度分别为 549、259、45.43、79.23 和 7.45 mg/L,各项指标的 24 h 浓度变化规律见图 2。

由图 2 可知,居民楼宇生活污水的 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 和 TP 浓度变化规律与排水规律基本吻合,也分别出现了两个高峰时段,但早上高峰时段的浓度值明显提前于污水排放量高峰值,自凌晨起就出现了较高值,更好地说明了夜间小便和早起大小便行为是污水污染物浓度较高的主要原因,而洗漱等行为则是排水量相对较高的主要原因;晚间的污染物浓度高峰值与污水排放量高峰值基本吻合,与晚间就餐及餐后清洗等行为有关;其他时段的污染物浓度相对较为平稳。

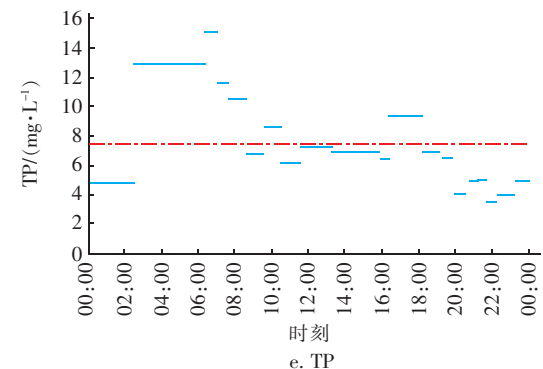
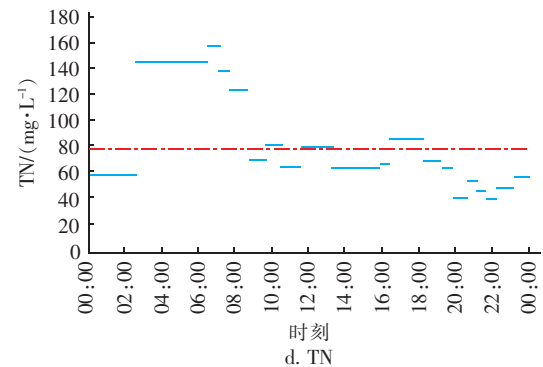
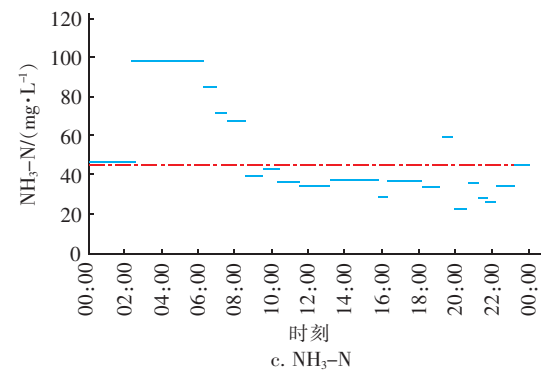
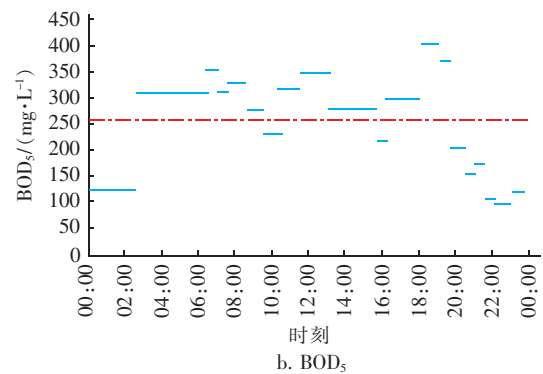
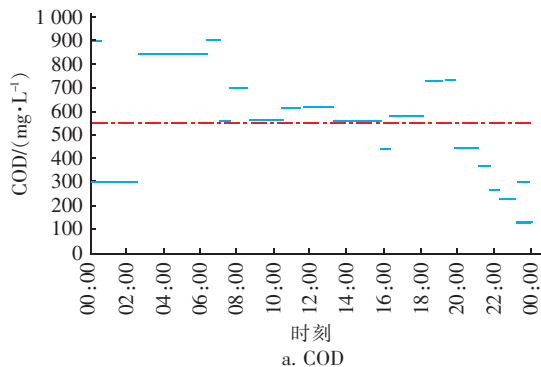


图2 楼宇污水 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP 的 24 h 变化规律

Fig. 2 Changes for 24 h in COD, BOD₅, NH₃-N, TN, TP concentration of domestic sewage from residential building

检测日不同测试时段 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 和 TP 浓度变化范围分别为 234 ~ 896、99 ~ 403、

22.8~97.7、40.9~159 和3.53~15.1 mg/L,体现了不同排水时段的污染物浓度波动特征。其中最大浓度与日均浓度的比值分别为1.63、1.56、2.15、2.01和2.03,最大浓度和最小浓度的比值分别为3.83、4.08、4.29、3.89和4.28。

24 h 各指标浓度的最大、最小值及比例关系如表1所示。

表1 居民生活污水污染物浓度

Tab.1 Pollutants concentration of domestic sewage discharged from residential building

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
日均浓度/ (mg·L ⁻¹)	549	259	45.43	79.23	7.45
最大值/ (mg·L ⁻¹)	896	403	97.7	159	15.1
最小值/ (mg·L ⁻¹)	234	99	22.8	40.9	3.53
最大/日均	1.63	1.56	2.15	2.01	2.03
最大/最小	3.83	4.08	4.29	3.89	4.28

3.3 污染物产生量

按文献^[1]计算获得不同时段的人均居民生活污水污染物产生量,加和确定人均日 COD、BOD₅、NH₃-N、TN 和 TP 产生量分别为121.56、58.79、9.45、16.97和1.62 g/(人·d)。各类污染物产生量的24 h变化规律见图3。

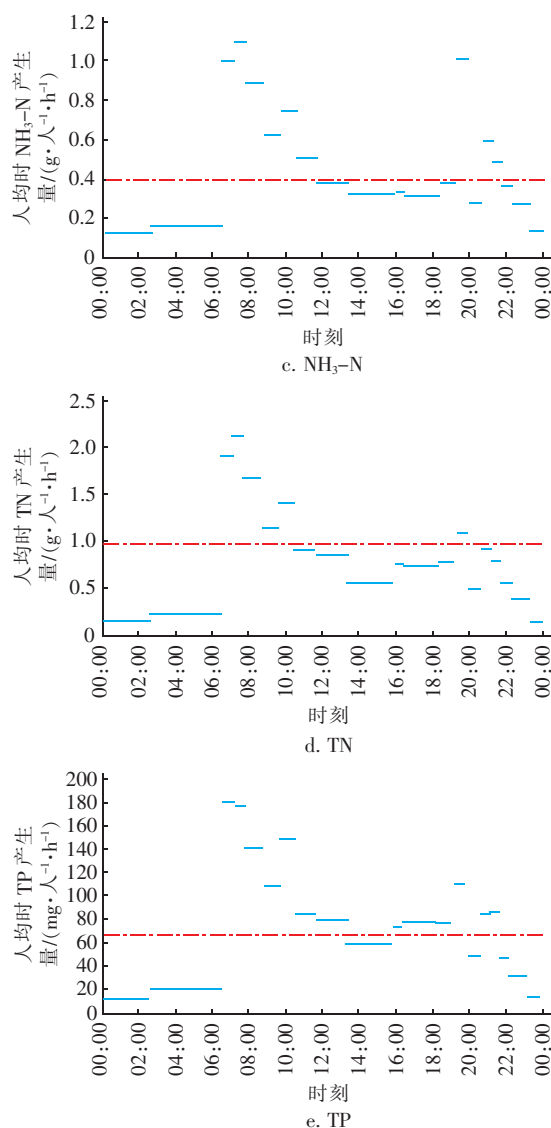
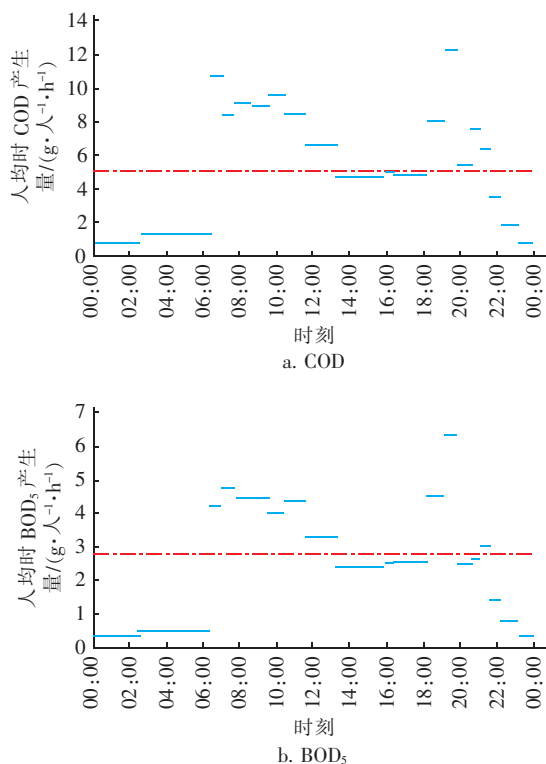


图3 人均时 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP 产生量 24 h 变化

Fig.3 Changes for 24 h in hourly production of COD, BOD₅, NH₃-N, TN, TP per capita

由图3可知,各项污染物指标的人均日产生量出现两个高峰时段,分别为06:30—10:30和18:30—21:30,产生量较低的时段出现在00:00—04:30,与城市居民生活习惯基本一致,也与污水排放量和污染物浓度变化规律一致。不同时段居民楼宇人均时污染物产生量最大值和时均值的比值分别为2.43、2.57、2.79、3.01和2.68,最大值和最小值的比值分别为15.68、19.68、9.22、14.16和14.20,说明在污染物浓度和排水量叠加的情况下,人均污染物产生量的时变化更加显著。

不同时段居民楼宇人均时污染物排放量最大

值、最小值及相关比例关系见表 2。

表 2 居民生活污水污染物产生量

Tab. 2 Production of domestic sewage pollutant per capita

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ - N	TN	TP
时均值/ (g · 人 ⁻¹ · h ⁻¹)	5.07	2.45	0.39	0.71	0.07
最大值/ (g · 人 ⁻¹ · h ⁻¹)	12.31	6.29	1.10	2.13	0.18
最小值/ (g · 人 ⁻¹ · h ⁻¹)	0.79	0.32	0.12	0.15	0.01
最大/时均	2.43	2.57	2.79	3.01	2.68
最大/最小	15.68	19.68	9.22	14.16	14.20

3.4 污染物浓度比

被测试楼宇居民生活污水的 BOD₅/COD、BOD₅/NH₃ - N、BOD₅/TN 和 BOD₅/TP 比值分别为 0.47、5.71、3.27、34.82,不同取样时段的比值如图 4 所示。

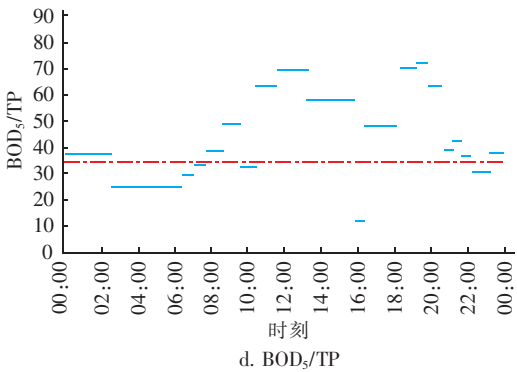
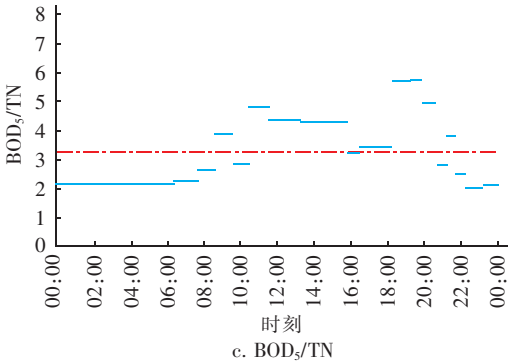
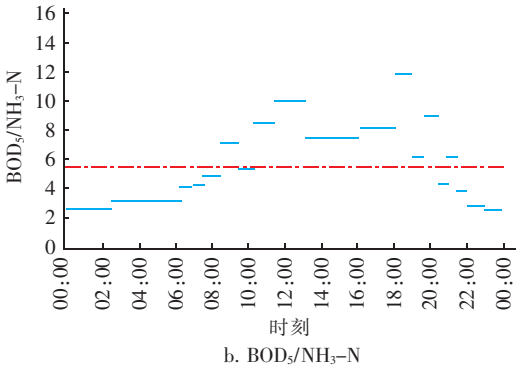
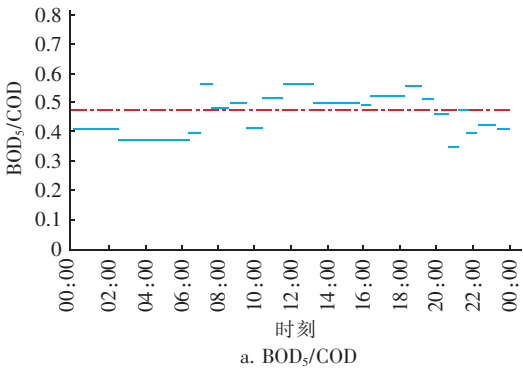


图 4 楼宇生活排水 BOD₅/COD、BOD₅/NH₃ - N、BOD₅/TN、BOD₅/TP 比值 24 h 变化

Fig. 4 Changes of BOD₅/COD, BOD₅/NH₃ - N, BOD₅/TN, BOD₅/TP of domestic sewage from residential building for 24 h

由图 4(a) 可知,检测日楼宇居民生活污水的 BOD₅/COD 比值为 0.35 ~ 0.56,波动并不显著,最大值与最小值的比值仅为 1.63,说明居民生活污水的 BOD₅/COD 比值相对平稳。

由图 4(b)、(c) 可知,检测日 08:30—20:30 楼宇居民生活排水的 BOD₅/NH₃ - N 和 BOD₅/TN 比值大部分高于平均值,最大值分别达到 11.85 和 5.78,表明做饭、洗碗、洗衣、拖地等产生的居民日常生活污水碳氮比相对较高;而居民生活夜间排水的 BOD₅/NH₃ - N 和 BOD₅/TN 比值普遍低于平均值,仅为 2.69 和 2.02,表明夜间产生污水的碳氮比相对较低,可能是城镇污水处理厂碳源最不足的时段。

由图 4(d) 可知, BOD₅/TP 的变化趋势与 BOD₅/TN 基本类似,也在 08:30—20:30 出现较高值,最大值达到 57.90,而较低时段也达到 23.44,基本上可以满足生物除磷的碳磷比需求。

各项指标比值 24 h 的最大值、最小值等情况见表 3。

表 3 楼宇居民生活污水相关指标比值

Tab. 3 Pollutant index ratios of domestic sewage from residential building

项 目	BOD ₅ /COD	BOD ₅ /NH ₃ - N	BOD ₅ /TN	BOD ₅ /TP
日均值	0.47	5.71	3.27	34.82
最大值	0.56	11.85	5.78	57.90
最小值	0.35	2.69	2.02	23.44
最大/日均	1.19	2.08	1.76	1.66
最大/最小	1.63	4.41	2.86	2.47

4 结论

① 完成了常州市某高层楼宇人均日生活污水污染物产生量测试,初步获得了该居民楼宇秋冬季的人均日污水排放量、污染物浓度、污染物产生量和各污染物浓度比值及其时间变化规律。

② 被测试楼宇测定日的居民生活污水日排放量为 $216 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$,最高时段和最低时段的瞬时人均排水量分别为 17.25 、 $1.56 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{h})$,最大时排放量与日均时排放量比值为 1.92 ,与最小时排放量的比值为 11.09 ,排水量的时变化特征明显。

③ 被测试楼宇测定日的污水 COD 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 和 TP 的日均浓度分别为 549 、 259 、 45.43 、 79.23 和 7.45 mg/L ,其中最大浓度与日均浓度的比值分别为 1.63 、 1.56 、 2.15 、 2.01 和 2.03 ,最大浓度和最小浓度的比值分别为 3.83 、 4.08 、 4.29 、 3.89 和 4.28 。

④ 被测试楼宇测定日的居民人均日 COD 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 和 TP 产生量分别为 121.56 、 58.79 、 9.45 、 16.97 和 $1.62 \text{ g}/(\text{人} \cdot \text{d})$,不同时段的人均时污染物产生量最大值和时均值的比值分别为 2.43 、 2.57 、 2.79 、 3.01 和 2.68 ,最大值和最小值的比值分别为 15.68 、 19.68 、 9.22 、 14.16 和 14.20 ,可见,人均污染物产生量的时变化指标较其他指标更加显著。

⑤ 被测试楼宇居民生活污水的 BOD_5/COD 、 $\text{BOD}_5/\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 BOD_5/TN 和 BOD_5/TP 日均浓度比值分别为 0.47 、 5.71 、 3.27 、 34.82 ,其中 BOD_5/COD 波动不明显,最大值与最小值的比值仅为 1.63 ,而 $\text{BOD}_5/\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 BOD_5/TN 和 BOD_5/TP 波动较明显,均在 $08:30-20:30$ 时段出现相对较大值,其他时段比值相对较小。

5 特别说明

① 所有以天为计数单位的数据都是由每个时段测定值或计算值的加和或加权平均获得,是真实的累计值。

② 所有以小时为计数单位的数据都是基于每个取样时段测定结果或计算结果的折算值,仅用以表征变化趋势或说明变化规律,不具有统计意义。

③ 图中的横线长度代表每次取样的时间长度,横线越长代表该取样时段的时间越长。

④ 鉴于污染物输送过程中的自然衰减问题,上述测算结果仅代表被测试楼宇居民生活污水的水量、浓度和污染物总量,并不代表城镇污水处理厂进水水质推荐值。

致谢:本测试系统由中国市政工程华北设计研究院总院有限公司负责概念设计和日常维护,江苏一环集团有限公司负责整体设计、加工和安装,宜兴市普天视电子有限公司负责人员出入监控系统和数据测算平台的设计与调试;常州市排水管理处负责管道改造和装置安装运维的组织协调,常州市排水监测站负责取样和分析化验,被测试楼宇物业公司及全体业主全力配合了测试工作,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] 孙永利,郑兴灿,高晨晨,等.城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算之方法构建[J].中国给水排水,2019,35(24):1-4.
Sun Yongli, Zheng Xingcan, Gao Chenchen, et al. Calculation method construction of daily domestic pollutant production of urban residents per capita[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(24):1-4 (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:2020-01-13