

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.23.011

# 城镇居民生活污水污染物产生量测算之季节特征

张 维<sup>1</sup>, 王诣达<sup>1</sup>, 孙永利<sup>1</sup>, 郑兴灿<sup>1</sup>, 刘 静<sup>1</sup>, 祝 磊<sup>2</sup>,  
高晨晨<sup>1</sup>, 顾 森<sup>1</sup>, 田腾飞<sup>1</sup>

(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:** 采用冬、夏两季15个24 h周期的数据,对常州某居民楼宇人均日生活污水排放量、人均日生活污水污染物产生量和污染物排放浓度的季节变化特征开展了研究。结果表明,被测试楼宇居民人均日生活污水排放量的季节变化不明显,冬季、夏季的平均值分别为237.38和243.33 L/(人·d);人均日生活污水污染物产生量、污染物排放浓度和浓度比值均呈现冬季较高、夏季较低的变化规律,人均日COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN和TP产生量的冬季平均值分别为130.97、68.87、10.24、17.10和1.62 g/(人·d),夏季平均值分别为119.10、47.55、8.94、13.50和1.45 g/(人·d);以上指标排放浓度的冬季平均值分别为552.01、287.79、43.59、72.28和6.86 mg/L,夏季平均值分别为491.26、196.42、37.25、55.76和5.96 mg/L;BOD<sub>5</sub>/COD、BOD<sub>5</sub>/NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub>/TN和BOD<sub>5</sub>/TP的冬季平均值分别为0.52、6.87、3.99和42.07,夏季平均值分别为0.40、5.33、3.52和32.99。

**关键词:** 居民楼宇; 生活污水污染物; 人均日产生量; 季节变化

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)23-0069-05

## Measurement of Domestic Sewage Pollutant Production and Its Seasonal Variation

ZHANG Wei<sup>1</sup>, WANG Yi-da<sup>1</sup>, SUN Yong-li<sup>1</sup>, ZHENG Xing-can<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>,  
ZHU Lei<sup>2</sup>, GAO Chen-chen<sup>1</sup>, GU Miao<sup>1</sup>, TIAN Teng-fei<sup>1</sup>

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

**Abstract:** The seasonal variation of per capita daily sewage discharge, per capita daily domestic sewage pollutant production and pollutant discharge concentration of a residential building in Changzhou were investigated by using 15 periods of 24 h data in winter and summer. The seasonal variation of per capita daily domestic sewage discharge was not obvious, and the average values in winter and summer were 237.38 L/(cap·d) and 243.33 L/(cap·d), respectively. The per capita daily sewage pollutant production, pollutant discharge concentration and concentration ratio were higher in winter and lower in summer. The per capita daily productions of COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub>-N, TN and TP in winter were 130.97 g/(cap·d), 68.87 g/(cap·d), 10.24 g/(cap·d), 17.10 g/(cap·d) and 1.62 g/(cap·d), respectively, and in summer were 119.10 g/(cap·d), 47.55 g/(cap·d), 8.94 g/(cap·d), 13.50 g/(cap·d) and 1.45 g/(cap·d), respectively. The average values of the above pollutant emission concentration were 552.01 mg/L, 287.79

mg/L, 43.59 mg/L, 72.28 mg/L and 6.86 mg/L in winter, and 491.26 mg/L, 196.42 mg/L, 37.25 mg/L, 55.76 mg/L and 5.96 mg/L in summer, respectively. The average values of  $BOD_5/COD$ ,  $BOD_5/NH_3-N$ ,  $BOD_5/TN$  and  $BOD_5/TP$  were 0.52, 6.87, 3.99 and 42.07 in winter, and 0.40, 5.33, 3.52 and 32.99 in summer, respectively.

**Key words:** residential building; domestic sewage pollutant; per capita daily production; seasonal variation

研究季节变化对居民生活污水污染物产排规律的影响,对测算可表征不同地区居民生活产排污水平的人均日生活污水污染物产生量至关重要。采用中国城镇供水排水协会团体标准《城镇居民生活污水污染物产生量测定》(T/CUWA 10101—2021),对常州某居民楼宇的污水污染物产排情况开展了测试,获得了该楼宇居民冬、夏两季的人均日生活污水排放量、人均日生活污水污染物产生量、污染物排放浓度和浓度比值数据。笔者基于15个24 h测定周期的数据,分析了楼宇内居民生活污水污染物产生量的季节变化特征,以期为各地居民生活污水污染物产生量的测定和结果核算提供思路。

## 1 项目概况

本研究所选用的测试楼宇位于常州市钟楼区,为2010年左右建设的28层高层住宅楼宇,其中一层为架空结构,楼宇内住户共112户,试验期间入住率在80%左右<sup>[1]</sup>。在楼宇一楼出入口、一楼消防出口和地下停车场楼道间这3个人员出入口均安装了居民出入计数系统,进行居民出入时间的监控记录。试验系统显示高峰期人口接近240人,人数较少时也在60人以上,满足测试方法对居民人数的要求。此外还对楼宇污水干管、混错接改造后的雨水立管进行了改造,可确保楼宇排放的居民生活污水全部得到收集。

## 2 样品采集与分析

居民生活污水污染物产生量的测定严格按照T/CUWA 10101—2021标准进行,由测定装置自带的自动采样器根据取样程序完成24 h测定周期的水样采集,并按标准要求对COD、 $BOD_5$ 、 $NH_3-N$ 、TN和TP五项指标的检测。由城镇居民生活污水污染物产生量测算平台根据自动获取的测定周期各取样时间段的时间、污水量和楼宇内居民的进出数据,以及录入的楼宇人数初始值和水质检测结果,自动计算得到人均日生活污水排放量、人均日生活

污水污染物产生量以及污染物排放浓度。

## 3 结果与讨论

### 3.1 人均日生活污水排放量

冬季、夏季的居民生活污水排放量见图1。被测试楼宇居民的人均日生活污水排放量呈上下波动的特征,变化范围为195.55~286.11 L/(人·d),平均值为240.55 L/(人·d)。夏季、冬季测试期间常州的温度分别为22~28、10~17℃,人均日生活污水排放量的平均值分别为243.33和237.38 L/(人·d),夏季稍高于冬季,这可能与气温升高后居民洗澡、洗衣的用水量增加有关。夏季、冬季人均日生活污水排放量的最大值比值为1.07,最大值与平均值的比值分别为1.19、1.11,可见虽然气温相差了至少10℃,但污水排放量的波动并不显著,这可能与城市居民已形成较为固定的生活用水习惯有关。

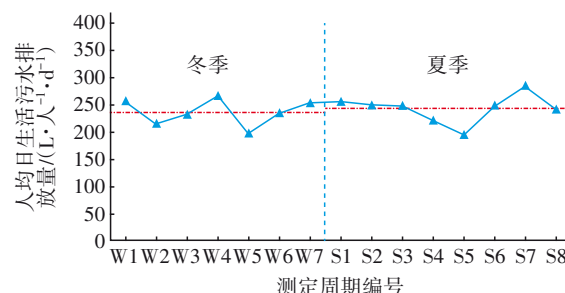


图1 人均日生活污水排放量的季节变化

Fig.1 Seasonal variation of per capita daily domestic sewage discharge

### 3.2 人均日生活污水污染物产生量

人均日COD、 $BOD_5$ 、 $NH_3-N$ 、TN和TP产生量的变化范围分别为97.60~147.83、32.64~80.78、7.40~12.57、11.53~19.26和1.28~1.92 g/(人·d),各类污染物产生量的季节变化见图2。可知,人均日生活污水污染物产生量表现出冬季较高、夏季较低的特征。冬季人均日COD、 $BOD_5$ 、 $NH_3-N$ 、TN和TP产生量的平均值分别为130.97、68.87、10.24、17.10和1.62 g/(人·d),夏季平均值分别为119.10、

47.55、8.94、13.50 和 1.45 g/(人·d),与欧美、日本 等发达国家数据<sup>[2]</sup>的对比见表 1。

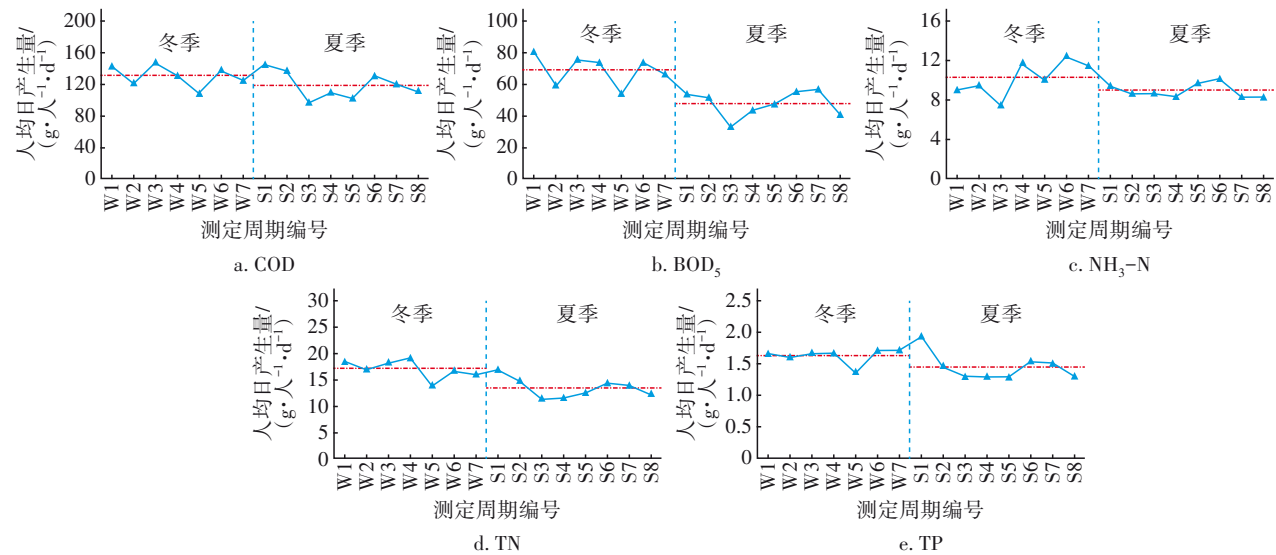


图2 生活污水污染物产生量的季节变化

Fig.2 Seasonal variation of domestic sewage pollutant production

表 1 不同国家居民人均日生活污水污染物产生量

Tab.1 Per capita daily domestic sewage pollutant production in different countries g·人<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
常州实测(冬季)	130.97	68.87	10.24	17.10	1.62
常州实测(夏季)	119.10	47.55	8.94	13.50	1.45
英国南方水务	—	60	8	11	2.5
日本	—	58±17	—	11±3	1.3±0.4
美国	—	50~120	—	9~22	2.7~4.5
德国	—	55~68	—	11~16	1.2~1.6

注：英国南方水务的TN数据为总凯氏氮；日本的污染物数据为平均值±标准偏差。

不同季节的人均日 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 产生量最大值与平均值的比值分别为 1.19、1.40、1.32、1.27、1.26,最大值与最小值的比值分别为 1.51、2.47、1.70、1.67、1.50,平均值、最大值、最小值及其比例关系见表 2。可见,季节变化对人均日 BOD<sub>5</sub>产生量的影响最为显著,NH<sub>3</sub>-N 次之。

表 2 不同季节居民人均日生活污水污染物产生量

Tab.2 Per capita daily domestic sewage pollutant production in different seasons

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
平均值/(g·人 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	124.64	57.50	9.55	15.18	1.53
最大值/(g·人 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	147.83	80.78	12.57	19.26	1.92
最小值/(g·人 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	97.60	32.64	7.40	11.53	1.28
最大值/平均值	1.19	1.40	1.32	1.27	1.26
最大值/最小值	1.51	2.47	1.70	1.67	1.50

3.3 污染物排放浓度

被测试楼宇生活污水 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 的日均加权排放浓度变化范围分别为 393.91~634.76、131.74~323.11、28.87~53.60、46.54~79.23 和 5.24~7.53 mg/L,各项指标浓度的季节变化见图 3。可知,生活污水的 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 浓度与人均日污水污染物产生量的季节变化规律基本一致,也呈冬季较高、夏季较低的趋势,冬季排放污水的 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 的平均浓度分别为 552.01、287.79、43.59、72.28 和 6.86 mg/L,而夏季分别为 491.26、196.42、37.25、55.76 和 5.96 mg/L。其中,冬季排放污水的 COD、BOD<sub>5</sub> 平均浓度与德国污水厂的进水浓度相当,TN 平均浓度是德国污水厂进水的 1.4 倍,而 TP 浓度明显低于德国污水厂 8 mg/L 的水平;而夏季除 TN 外,其他指标浓度明显低于德国污水厂的进水浓度水平,这可能与国内外居民的饮食结构差异有关。

假设居民人均日污水污染物产生量一定,当人均日污水排放量由冬季的 237.38 L/(人·d)增加至夏季的 243.33 L/(人·d)时,理论上污染物浓度会降低至原来的 0.98,但实际上 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 的浓度分别降低至原来的 0.89、0.68、0.85、0.77 和 0.87,远低于理论值。可见,居民用水量变化可能仅是导致污染物浓度冬季高、夏季低的原因之一。

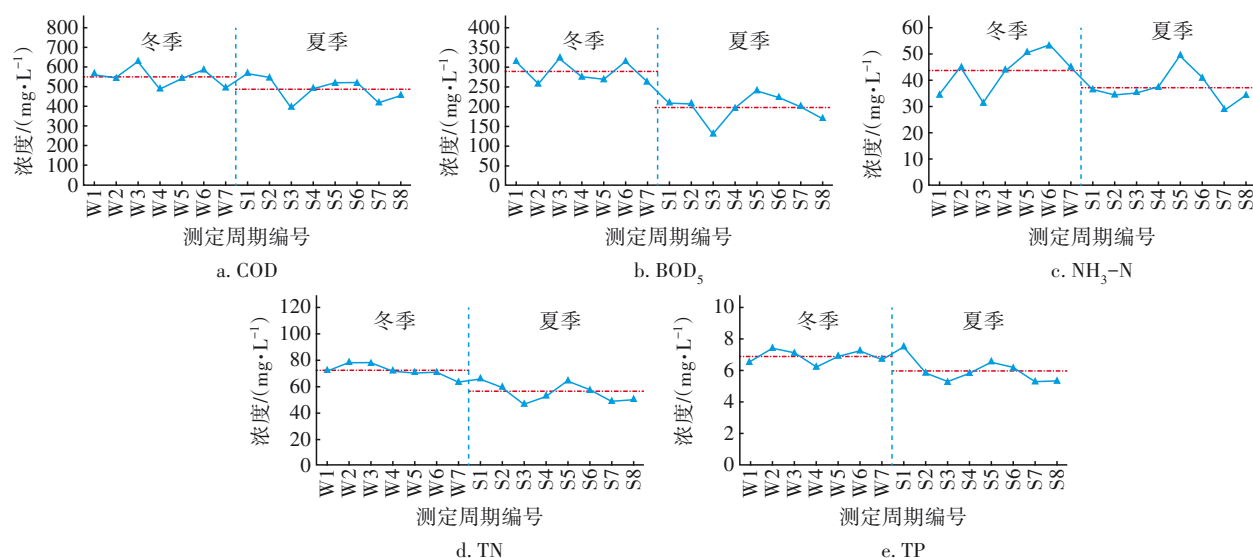


图3 生活污水污染物浓度的季节变化

Fig.3 Seasonal variation of domestic sewage pollutant concentration

不同季节 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 最大浓度与平均浓度的比值分别为 1.22、1.35、1.33、1.25、1.18, 最大浓度与最小浓度的比值分别为 1.61、2.45、1.86、1.70、1.44, 各指标浓度的平均值、最大值、最小值及比例关系见表 3, 季节变化仍主要表现为对 BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N 浓度的影响。对比表 2, 各指标的人均日产生量与污染物排放浓度的最大值/最小值、最大值/平均值的比例关系差异并不明显, 由此推测, 季节变化对居民生活污水污染物产生量的影响主要表现为楼宇污水污染物排放浓度的变化。当气温降低时, 不仅居民的用水量稍有减少, 饮食结构也会随之变化, 冬季人们更喜食热量高、较油腻的食物, 同时较低的环境温度也会使得人体维持生命活动的能量消耗减少, 而这可能是导致冬季污水污染物排放浓度升高的主要因素。

表 3 不同季节居民生活污水污染物浓度

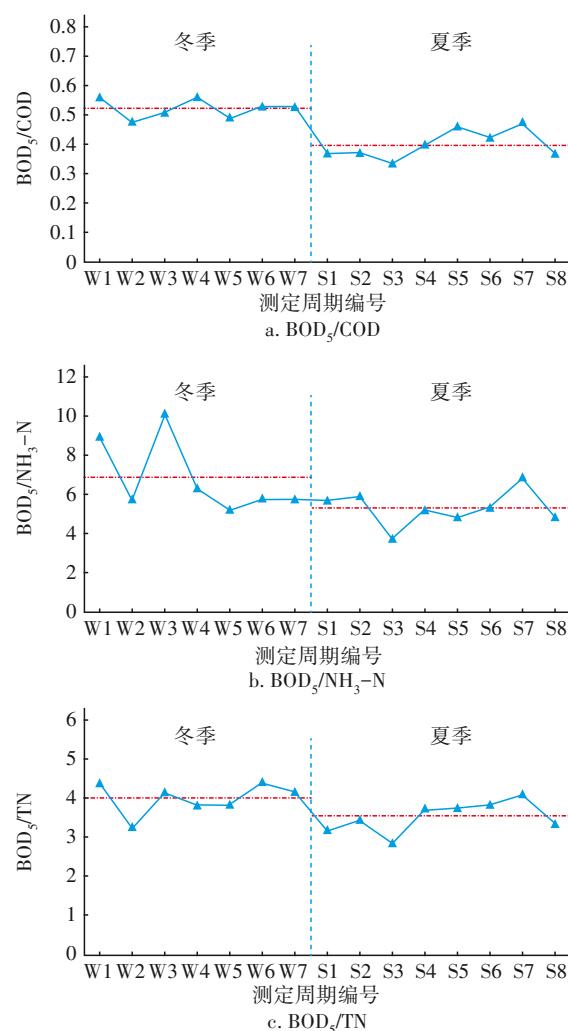
Tab.3 Domestic sewage pollutant concentration in different seasons

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
平均值/(mg·L <sup>-1</sup> )	519.61	239.06	40.21	63.47	6.38
最大值/(mg·L <sup>-1</sup> )	634.76	323.11	53.60	79.23	7.53
最小值/(mg·L <sup>-1</sup> )	393.91	131.74	28.87	46.54	5.24
最大值/平均值	1.22	1.35	1.33	1.25	1.18
最大值/最小值	1.61	2.45	1.86	1.70	1.44

### 3.4 污染物浓度比值

被测试楼宇居民生活污水的 BOD<sub>5</sub>/COD、BOD<sub>5</sub>/NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub>/TN 和 BOD<sub>5</sub>/TP 的变化范围分别为

0.33~0.56、3.73~10.17、2.83~4.40、25.11~48.66, 具体见图 4。





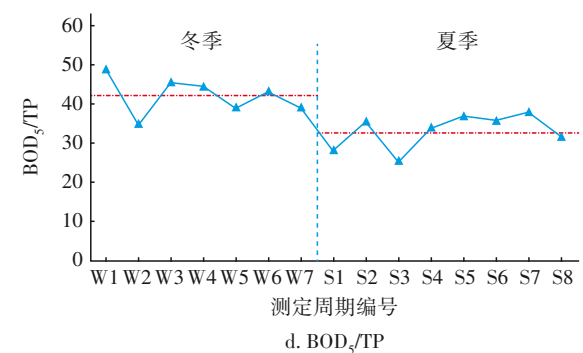


图4 污染物浓度比值的季节变化  
Fig.4 Seasonal variation of pollutant concentration ratio

由图4可知,生活污水的BOD<sub>5</sub>/COD、BOD<sub>5</sub>/NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub>/TN和BOD<sub>5</sub>/TP值同样呈现出冬季较高、夏季较低的特点,冬季各指标比值的平均值分别为0.52、6.87、3.99和42.07,夏季平均值分别为0.40、5.33、3.52和32.99。虽然冬季各类污染物的排放浓度均有升高,但相对来说,BOD<sub>5</sub>受到的影响最大,而这对冬季低温条件下城镇污水处理系统的生物脱氮除磷其实是有利的。各指标比值的平均值、最大值、最小值及其比例关系见表4。

表4 不同季节居民生活污水污染物浓度比值  
Tab.4 Concentration ratio of domestic sewage pollutant in different seasons

项 目	BOD <sub>5</sub> /COD	BOD <sub>5</sub> /NH <sub>3</sub> -N	BOD <sub>5</sub> /TN	BOD <sub>5</sub> /TP
平均值	0.46	6.05	3.74	37.23
最大值	0.56	10.17	4.40	48.66
最小值	0.33	3.73	2.83	25.11
最大值/平均值	1.68	2.72	1.55	1.94
最大值/最小值	1.23	1.68	1.18	1.31

4 结论

- ① 被测试楼宇居民的人均日生活污水排放量的季节变化不明显,夏季、冬季人均日生活污水排放量的平均值分别为243.33和237.38 L/(人·d),夏季稍高于冬季。
- ② 被测试楼宇居民的人均日污水污染物产生量和污染物排放浓度均呈冬季高、夏季低的特点:人均日COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN和TP产生量的冬季平均值分别为130.97、68.87、10.24、17.10和1.62 g/(人·d),夏季平均值分别为119.10、47.55、8.94、13.50和1.45 g/(人·d);COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、

TN和TP排放浓度的冬季平均值分别为552.01、287.79、43.59、72.28和6.86 mg/L,夏季平均值分别为491.26、196.42、37.25、55.76和5.96 mg/L,除用水量变化的影响外,还可能与居民冬夏季饮食结构的变化存在较大关系,有待进一步研究。

③ 被测试楼宇居民污水的BOD<sub>5</sub>/COD、BOD<sub>5</sub>/NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub>/TN和BOD<sub>5</sub>/TP的冬季平均值分别为0.52、6.87、3.99和42.07,夏季平均值分别为0.40、5.33、3.52和32.99,冬季高于夏季,这与季节变化对居民生活污水BOD<sub>5</sub>产生量及其排放浓度的影响最大有关。

5 特别说明

- ① 鉴于污水污染物输送过程中的自然沉积、衰减问题,以上数据结果仅代表被测试楼宇居民生活污水的水量、污染物浓度和污染物总量,不宜作为城镇污水处理厂进水污染物浓度的推荐值。
- ② 以上所有数据结果仅用以表征变化趋势或说明变化规律,不具有统计意义。

参考文献:

[1] 孙永利,张维,郑兴灿,等.城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算之产污规律[J].中国给水排水,2020,36(6):1-6.  
SUN Yongli, ZHANG Wei, ZHENG Xingcan, et al. Emission regularity of daily domestic sewage pollutant production of urban residents per capita [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(6): 1-6 (in Chinese).

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.室外排水设计标准:GB 50014—2021[S].北京:中国计划出版社,2021.  
Ministry of Housing and Urban-rural Developing of the People's Republic of China. Standard for Design of Outdoor Wastewater Engineering: GB 50014-2021 [S]. Beijing: China Planning Press, 2021 (in Chinese).

作者简介:张维(1983-),女,河北廊坊人,硕士,高级工程师,研究方向为城镇排水与污水处理以及城镇水环境治理技术、标准与政策。  
E-mail:chinawei1983@163.com  
收稿日期:2022-06-16  
修回日期:2022-08-15

(编辑:沈靖怡)