

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.18.005

济南市城区综合给水与排水以及污染物排放定额研究

张水燕¹, 丁程程², 孙良¹, 张战朝¹, 王全勇³, 武道吉⁴

(1. 山东省济南生态环境监测中心, 山东 济南 250101; 2. 山东大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266237; 3. 中国城市建设研究院有限公司 山东分院, 山东 济南 250100; 4. 山东建筑大学 市政与环境工程学院, 山东 济南 250100)

摘要: 通过对济南市给排水管网、污水厂的调查和现场实测,提出了济南市城区综合给水排水定额、排污系数以及污染物排放定额等本地化数据。结果表明,居民生活用水定额为65~75 L/(人·d),城区表观综合给水定额为260~270 L/(人·d),表观综合排水量定额为280~330 L/(人·d),表观综合污水排污系数为0.95~1.09,排污系数接近甚至大于1,推断主要原因是存在无法统计的自备井以及地下水入渗现象,表观污染物排放定额分别为85.1 gCOD/(人·d)和11.1 gNH₃-N/(人·d)。

关键词: 综合给水; 排水; 污染物; 定额

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)18-0024-05

Study on Comprehensive Water Supply, Sewage Discharge and Pollutants Discharge Quotas of Jinan Urban District

ZHANG Shui-yan¹, DING Cheng-cheng², SUN Liang¹, ZHANG Zhan-chao¹,
WANG Quan-yong³, WU Dao-ji⁴

(1. Jinan Ecology and Environment Monitoring Center of Shandong Province, Jinan 250101, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Qingdao 266237, China; 3. Shandong Branch, China Urban Construction Design & Research Institute Co. Ltd., Jinan 250100, China; 4. School of Municipal & Environmental Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250100, China)

Abstract: Based on the investigation and field measurement of the water supply, sewage drainage network and the sewage treatment plant, this paper presents the localized data of comprehensive water supply and sewage discharge quota, pollutant discharge coefficient and pollutant discharge quota in Jinan urban district. The results showed that the water demand quota in households was in the range of 65–75 L/(cap·d). The apparent comprehensive water supply quota was in the range of 260–270 L/(cap·d). The apparent comprehensive sewage discharged quota was in the range of 280–330 L/(cap·d). And the apparent discharge coefficient was in the range of 0.95–1.09. The main reason why the discharge coefficient is close to or even greater than 1 may be the existence of self-provided wells that can not be counted, and the groundwater may be infiltrate into the pipe networks. As a result, COD and NH₃-N apparent discharge quotas were 85.1 g/(cap·d) and 11.1 g/(cap·d), respectively.

基金项目: 2019年度济南市科技计划社会民生专项(2019J3015); 2019年度山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY020705)

Key words: comprehensive water supply; sewage discharge; pollutants; quota

综合生活用水量研究是管理部门衡量、考核用水情况及合理评价其用水水平的依据,也是提高水资源利用效率、缓解城市水资源供需矛盾、实现计划用水和节约用水的前提和基础。综合排水量研究是核实污水量及污水厂进水水质,确定污水处理厂规模是否满足城市需要的基础工作。目前流域水质不达标的一个重要原因是城市生活污水处理能力不足,不能满足日益增长的城市化进程带来的污染量增加的需要。

现行国家标准中的给排水定额是根据国内不同区域而制定的,面向区域面积大,包容性大,而针对具体地方往往有所不同,甚至差异很大^[1]。关于用水定额的研究多以具体类目为对象^[2-6],而对综合用水的研究较少。因此针对济南实际情况进行调研总结,提出符合济南城市城区实际情况的给排水定额,对于当地给排水工程规划与设计是十分必要的。

通过对济南市给水量、污水处理厂处理量、直排污水量以及相关水质等数据的调查和现场实测,研究了济南市城区生活用水、综合给水定额和排污量等,提出了济南城区综合给水排水平衡关系,为城区污水处理设计提供了基础数据,同时也为其他地市给水排水平衡研究提供了借鉴。

1 综合给水定额

济南市城区以集中供水和自备井供水两种方式供水,根据济南市自来水公司的供水数据,2007年—2017年日均供水量集中在 $(80 \sim 100) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,供水量在2010年前比较平稳,维持在 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右;2013年—2017年供水量呈逐年递增的趋势,近5年年均增长率为2.18%。

济南市2014年、2015年和2016年的城区常住人口分别为369.26、372.61和375.72万人。根据济南市人口和总供水量的变化,可以得出济南市2014年、2015年、2016年的日人均综合给水量分别为258.3、258.7和265.6 L/(人·d),建议综合给水定额取260~270 L/(人·d)。

分别采用综合给水定额法和供水增长率法进行2020年总供水量预测。

① 综合给水定额法

济南市2014年、2015年和2016年的人口平均增长率分别为0.972%、0.907%、0.834%,近3年的人口平均增长率为0.904%。参照近3年人口平均增长率,到2020年,济南市城区的人口预计为389.49万人。按照综合给水定额可以得出2020年济南市日供水总量为 $(101.3 \sim 105.2) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

② 供水增长率法

根据济南近5年的总供水量增长率,可以得出济南市2020年的日供水总量为 $108.40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

通过上述预测,可以发现采用综合给水定额法预测的2020年日供水总量与采用供水增长率法预测的结果基本一致。

2 城区居民生活用水定额

居民生活用水定额是指单位时间内居民日常生活所需的饮用、洗涤、冲厕和洗澡等水量。居民生活用水在经济社会用水中占较大比例,对居民生活用水定额进行核算,可以进行较为科学的居民用水量预测、水平衡分析等,为城市用水规划提供科学依据。

居民生活用水量调查采用如下方式:①以问卷调查形式对济南市民的用水量进行调研。通过对回收的有效调查问卷进行分析,得到居民日均用水量。②通过读取小区用水量最大季节实地水表数据,得到居民最高日用水量。此次调研采用问卷和入户实测两种形式,问卷范围为济南市市区,包括历下区、历城区、槐荫区、市中区、天桥区,发出问卷1500余份,收回有效问卷777份。其中历城区的份数最多,为296份,占总份数的38.09%;其次为历下区,为185份,占总份数的23.81%;市内五区中槐荫区回收的有效问卷份数最少,为72份,占总份数的9.26%。调查的主要方式:在人口密集区如泉城路、黑虎泉、泉城广场等进行现场问卷调查;向企事业单位集中发放问卷;在典型社区上门调查。入户实测的对象为海尔绿城全运村、姚家小区、领秀城等社区,随机抽取了72家自来水用户。

① 平均日生活用水量

通过现场问卷的方式对居民用水情况进行了调研,济南市居民家庭生活用水量分布情况如图1所示。由图1可知,居民生活日平均用水量主要集

中于30~75 L/(人·d)之间,占总调查户数的52.4%。根据调查结果,济南市居民日均用水量为69.2 L/(人·d)。为了保证数据的客观性和准确性,去掉前后10%数据,可得济南市居民的日均用水量为64.8 L/(人·d),去掉前后20%数据,可得济南市居民日均用水量为62.6 L/(人·d)。综上所述,通过现场问卷的调查可得出居民日均生活用水量为63~70 L/(人·d)。

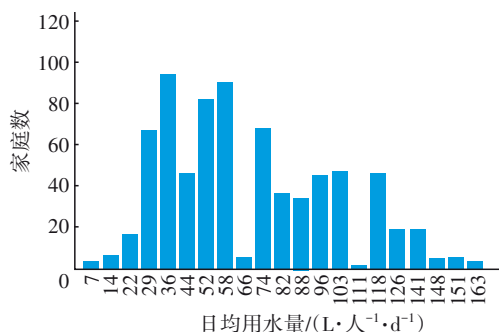


图1 家庭日平均用水量

Fig.1 Average daily water consumption of families

为了保证数据的客观真实性,调研组于2017年7月—8月(夏季)选取海尔绿城全运村、姚家小区、领秀城等社区住户作为调查对象,连续30 d记录72个家庭的水表数据,第一天用水量记为Q01,以此类推至Q30,平均用水量如图2所示。由图2可知,实测的济南市居民日平均用水量为73 L/(人·d)。这个数据与现场问卷的数据十分相近。综合上述分析,建议居民日均生活用水定额取65~75 L/(人·d)。

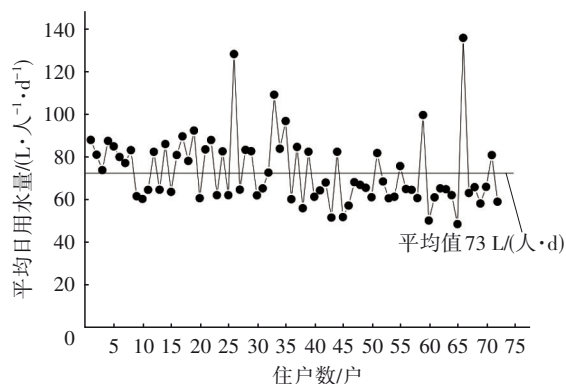


图2 济南市城区居民生活用水量实测数据

Fig.2 Actual data of average daily water consumption of per person

② 最高日用水量

实测的居民最高日用水量见图3。由图3可知,济南居民最高日用水量为97.2~137.2 L/(人·d),平均值为117 L/(人·d)。建议济南市居民最高日用水

定额取100~140 L/(人·d)。

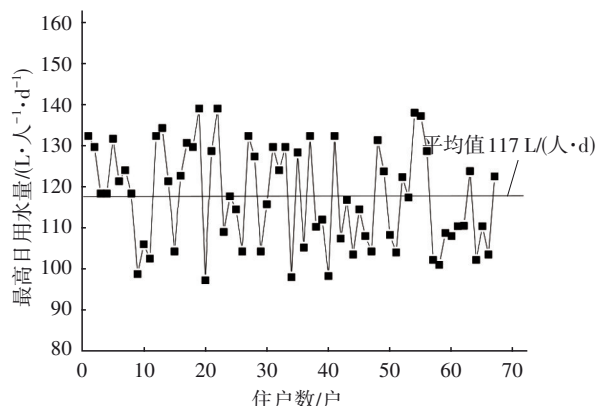


图3 居民高峰用水量

Fig.3 Peak water consumption of per person

3 表观综合排水定额

以济南市城区表观综合排水量进行定额统计计算,得到的排水定额为表观综合排水定额。表观综合排水量包括排至污水厂的污水、河道直排污水以及入渗污水管网的地下水等。

以2016年8月—2017年7月的污水量数据为基础进行分析。济南市大型污水厂日均处理总量为 $86.183 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,小型污水厂日均处理总量为 $8.92 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,中水站日均处理总量为 $4.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据排查监测结果,目前的污水直排水量为 $(6.23 \sim 7.48) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,平均值为 $6.86 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。由此可知,济南市非汛期污水总量为 $(102.66 \sim 123.24) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,平均日污水总量为 $106.56 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。济南市区2016年的常住人口为375.72万人,2017年常住人口约为379.12万人,人口按两年平均值(377.42万人)计,可得平均综合排水量为282.34 L/(人·d) [表观综合排水量为272.00~326.51 L/(人·d)],建议表观综合排水定额取280~330 L/(人·d)。根据表观综合排水定额预测,2020年济南中心城区的总污水排放量为 $(109.1 \sim 128.5) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。2017年实际处理能力合计为 $106.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,因此不能满足实际最大排水量需求,亟需扩大污水处理能力。

4 表观综合排污系数

表观综合排污系数是指表观综合排水量与给水量比值。需指出的是,济南城区还存在部分雨污混流管网,雨季时部分雨水混入污水使表观综合排水量增加,因此为避免雨水量的影响,在数据统计时剔除了雨季时的数据。济南市城区表观排污

系数变化情况如图 4 所示。统计时间为济南市 2015 年 1 月—2016 年 5 月(不含 2015 年 6 月—8 月雨季的数据)。由图 4 可知,济南市城区表观综合排污系数为 0.95~1.09。

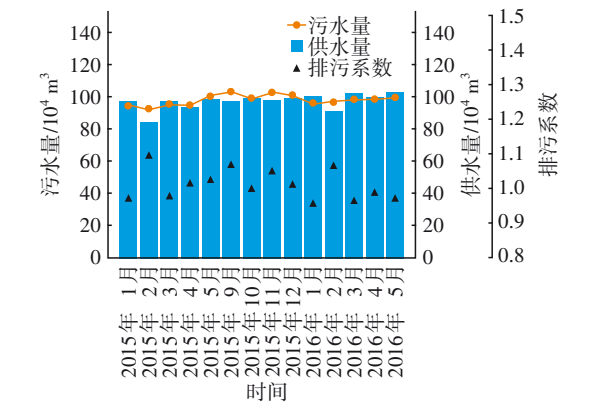


图 4 济南市城区 2015 年—2016 年排污系数的变化
Fig.4 Variation of sewage drainage coefficient of Jinan urban district from 2015 to 2016

造成表观综合排污系数偏大且部分数据大于 1 的原因,一个是自备水的水量统计不足,由于地下水开采的严格控制,该部分未统计在内的水量较少,而另一个原因可能是由于在污水输送的过程中,地下水的渗入导致污水量增加。中水站进水氨氮浓度从南向北逐渐降低(见图 5),说明污水管网存在地下水入渗的可能性较大。

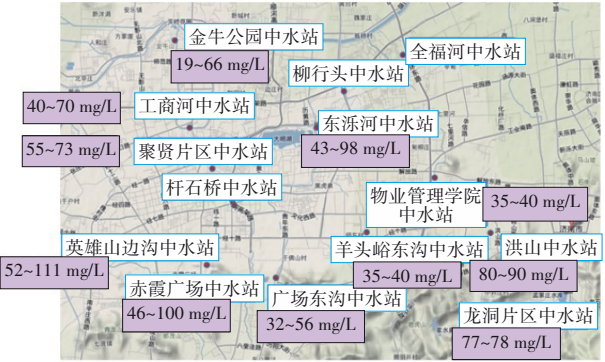


图 5 不同区域中水站进水氨氮指标分布
Fig.5 Variations of NH₃-N concentration of wastewater treatment stations

济南市区地形南高北低,南部区域地势坡度大,北部区域地势平坦,且地下水位较高,污水管网埋设较深。因此,北部区域污水管网中地下水渗水量要比南部区域大。生活污水中氨氮在污水管网中处于厌氧或缺氧环境,不会因硝化反应降低。推断市区中水站因地下水汇入量比例不同,导致氨氮

浓度呈现南高北低的现象。因此,可以推断济南市排污系数接近甚至大于 1 的主要原因是地下水渗入污水收集管道系统。

5 表观污染物排放定额

以综合污水表现出来的实际污染物浓度进行定额统计计算,因此将污染物的排放定额称为“表观污染物排放定额”。济南市 2016 年 8 月—2017 年 7 月 COD 和氨氮排放量分别如表 1、2 所示。

表 1 济南市 2016 年 8 月—2017 年 7 月 COD 排放总量
Tab.1 Total COD emissions in Jinan City from Aug. 2016 to Jul. 2017

污水收集地	COD 平均浓度/(mg·L ⁻¹)	平均水量/(m ³ ·d ⁻¹)	总 COD/(t·d ⁻¹)
第一污水厂	222.90	364 701	81.29
第二污水厂	314.06	221 039	69.42
第三污水厂	401.00	209 008	83.81
第四污水厂和大金厂	294.00	67 039	19.71
临港开发区污水处理厂	92.39	21 920	2.03
高新区污水处理厂	491.93	49 000	24.10
其他小型污水处理厂	479.92	18 291	8.78
金牛公园污水站	199.47	12 000	2.39
赤霞广场污水站	347.33	4 000	1.39
边沟污水站	398.25	3 000	1.19
其他中水站	479.92	27 000	12.96
直排污水	204.00	68 600	13.99

表 2 济南市 2016 年 8 月—2017 年 7 月氨氮排放总量
Tab.2 Total NH₃-N emissions in Jinan City from Aug. 2016 to Jul. 2017

污水收集地	氨氮平均浓度/(mg·L ⁻¹)	平均水量/(m ³ ·d ⁻¹)	总氨氮/(t·d ⁻¹)
第一污水厂	35.07	364 701	12.79
第二污水厂	47.94	221 039	10.60
第三污水厂	34.26	209 008	7.16
第四污水厂和大金厂	34.63	67 039	2.32
临港开发区污水处理厂	12.35	21 920	0.27
高新区污水处理厂	59.74	49 000	2.93
其他小型污水处理厂	34.63	18 291	0.63
金牛公园污水站	37.39	12 000	0.45
赤霞广场污水站	66.54	4 000	0.27
边沟污水站	65.40	3 000	0.20
其他中水站	72.32	27 000	1.95
直排污水	31.73	68 600	2.18

由表 1 可知,2016 年 8 月—2017 年 7 月,济南的污水 COD 日平均排放量为 321.06 t/d,氨氮的日平均排放量为 41.75 t/d。济南市 2016 年的常住人

口375.72万人,2017年常住人口约为379.12万人(根据人口平均增长率为0.904%计算),研究时段内按两年度常住人口平均值377.42万人口计算,可以得出,济南市城区表观污染物排放定额分别为85.1 gCOD/(人·d)和11.1 gNH₃-N/(人·d)。根据预测,2020年济南中心市区的人口为389.49万人。由此可以得出,2020年济南的污水污染物COD和氨氮的排放量分别为331.5和43.2 t/d。

6 结论

该项目通过问卷调查、实地调研、专家咨询和查阅资料等方式,明确了济南有关生活用水和综合排水的相关数据,可为小清河水质达标的方案研究提供数据支撑。主要研究结论如下:

① 济南市城区综合给水定额为260~270 L/(人·d),居民平均日生活用水定额为65~75 L/(人·d),最高日用水定额为100~140 L/(人·d)。

② 济南市城区表观综合排水定额为280~330 L/(人·d),表观污染物排放定额分别为85.1 gCOD/(人·d)和11.1 gNH₃-N/(人·d)。

③ 根据定额结果进行预测,2020年城区综合给水量为(101.3~105.2)×10⁴ m³/d,污水量为(109.1~128.5)×10⁴ m³/d,污水污染物COD和氨氮的排放量分别为331.5 t/d和43.2 t/d。

④ 济南市城区污水表观综合排污系数为0.95~1.09,排污系数接近甚至大于1,推断主要原因是存在无法统计的自备井以及地下水渗入污水管道导致。

参考文献:

- [1] 张伟光,陈隽,王红瑞,等.我国用水定额特点及存在的问题分析[J].南水北调与水利科技,2015,13(1):158-162.
- ZHANG Weiguang, CHEN Juan, WANG Hongrui, et al. Analysis of water consumption quota characteristics and existing problems [J]. South-to-North Water Transfers

and Water Science & Technology, 2015, 13(1): 158-162 (in Chinese).

- [2] 钱伯宁.济南市城市用水定额编制[D].武汉:武汉大学,2004.
- QIAN Boning. Compilation of Water Use Quota in Jinan City [D]. Wuhan: Wuhan University, 2004 (in Chinese).
- [3] 上海市供水管理处.上海市用水定额系列修编[R].上海:上海供水管理处,2012.
- Shanghai Water Supply Management Office. The Series Revision of Shanghai Water Quota [R]. Shanghai: Shanghai Water Supply Management Office, 2012 (in Chinese).
- [4] 程丽萍,李清欣,邹伟.企业用水定额的编制与探讨[J].黑龙江水利科技,2001,29(1):57-58.
- CHENG Liping, LI Qingxin, ZOU Wei. The compiling and discusses of enterprise water quota [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2001, 29(1): 57-58 (in Chinese).
- [5] 陈学福,关洪林,刘军武.湖北省工业和城市生活用水定额研究[J].中国农村水利水电,2002(4):32-33,35.
- CHEN Xuefu, GUAN Honglin, LIU Junwu. Study on the water quotas of industrial and domestic uses in Hubei Province [J]. China Rural Water and Hydropower, 2002 (4): 32-33, 35 (in Chinese).
- [6] 阎官法,贾涛,郝利民,等.工业用水定额的制订与管理研究[J].地域研究与开发,2006,24(5):120-123.
- YAN Guanfa, JIA Tao, HAO Limin, et al. Formulation and management of industrial water quotas [J]. Areal Research and Development, 2006, 24(5): 120-123 (in Chinese).

作者简介:张水燕(1981-),女,河北衡水人,博士,正高级工程师,研究方向为环境监测和水污染控制。

E-mail:zhangsy200085@163.com

收稿日期:2020-07-30

修回日期:2020-11-26

(编辑:丁彩娟)