

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.004

我国城市排水系统现状、问题与发展建议

邢玉坤¹, 曹秀芹¹, 柳 婷¹, 徐国庆¹, 杨 超², 卢长松², 何嘉伟²

(1. 北京建筑大学 城市雨水系统与水环境教育部重点实验室, 北京 100044; 2. 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100022)

摘 要: 随着城市化、工业化速度的加快,我国城市污水排放量逐年增长,污水处理设施规模逐年增大,但城市水环境治理依然存在问题。通过分析 2002 年—2016 年我国城市污水处理设施的发展与现状,发现我国污水处理设施的基础建设已经基本完成,污水排放量与末端处理设施能力的矛盾已得到缓解且污水处理设施留有余量,污水处理设施的建设由阶梯式的快速增长模式转变为随着城市人口变化与城市建设而变化的可持续发展模式。而城市水环境污染治理的主要方向已经转变为解决管网问题与水环境治理现状之间的矛盾,管网规模不足、混接问题严重、地下水入渗、合流制溢流、调蓄建设不足是未来排水系统应该解决的主要问题。

关键词: 管网问题; 排水系统; 污水处理设施; 水环境治理; 污水排放量

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0019-05

Current Status, Problems and Development Suggestions of Urban Drainage System in China

XING Yu-kun¹, CAO Xiu-qin¹, LIU Ting¹, XU Guo-qing¹, YANG Chao²,
LU Chang-song², HE Jia-wei²

(1. Key Laboratory of Urban Stormwater System and Water Environment < Ministry of Education > ,
Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2. Beijing Drainage
Group Co. Ltd., Beijing 100022, China)

Abstract: With the acceleration of urbanization and industrialization, the discharge of municipal wastewater and the scale of wastewater treatment facilities in China have been increasing year by year. However, there are still problems in urban water environment management. By analyzing the development and current situation of municipal wastewater treatment facilities in China from 2002 to 2016, the infrastructure of wastewater treatment facilities have been basically completed, the contradiction between the end treatment infrastructure capacity and wastewater discharge has been alleviated, and the wastewater treatment facilities have left the remaining treatment capacity, so the construction of wastewater treatment facilities has changed from a stepped rapid growth model to a sustainable development model dominated by urban population change and urban construction. At the present stage, the main direction of urban water environmental pollution treatment has been transformed into solving the contradiction between the problems of pipe network and the current situation of water environment

基金项目: 中国工程建设标准化协会编制资助项目(H16180、H18013); 市属高校基本科研业务费资助项目(X18182)
通信作者: 曹秀芹 E-mail: caoxiuqin@bucea.edu.cn

treatment. Insufficient length of pipe network, serious problem of misconnection of pipe network, infiltration of groundwater in pipe network, overflow of combined flow and construction of storage facilities are the main problems, which should be solved in future drainage system.

Key words: pipe network problem; drainage system; wastewater treatment facility; water environment treatment; wastewater discharge

近年来,污水处理厂出水标准不断提高,《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17号)要求到2017年底敏感区域城镇污水处理设施出水水质全面达到一级A排放标准,而某些地方区域更加严格,出水水质要求高于国家标准。尽管我国城镇污水处理厂的水质标准已经在不断提高,但我国城市水环境问题依旧突出。虽然黑臭治理的工作不断推进,但仍存在治理后的黑臭水体“逢雨便黑”的状况。

1 城市水环境治理方向

1.1 污水处理基础设施建设分析

近15年,我国城市污水处理设施总处理能力快速提高,污水处理设施基本完成由分散式小规模处理方式向大规模集中的标准化处理方式的转变。根据历年的《中国城市建设统计年鉴》,2002年—2016年,我国城市污水处理设施总处理能力由 $221.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 增至 $604.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,增长率为172.7%,污水处理率由39.97%增加到93.44%。

自2006年,我国污水处理设施总处理能力大于污水排放量,总体上解决了污水处理设施严重落后于污水处理需求上的矛盾,但部分地区矛盾依然存在,污水处理设施发展不均衡。至2010年,我国1817座正在运行的污水处理厂中负荷率不足60%的达670座,而这些污水处理厂的处理能力占全国总处理能力的25%^[1],2010年—2016年平均负荷率逐年增长并趋于平稳,污水处理设施余量超过 $130 \times 10^8 \text{ m}^3$,但是污水处理设施余量在全国的分布不均衡,西部与西北地区部分城市依然存在污水处理设施总处理能力小于污水排放量的问题。

从我国总体来看,污水处理设施建设对污水处理率的增长动力逐年减弱。2002年—2016年,污水处理设施建设速度总体略大于污水处理量的增加速度(见图1)。2010年—2016年污水处理设施余量与全年平均负荷率调查分析结果表明,2013年后污水处理率增速开始下降并趋于平稳,污水处理率不再随污水处理设施建设而快速增长,所以污水处理

设施不足已经不是排水系统的主要问题。

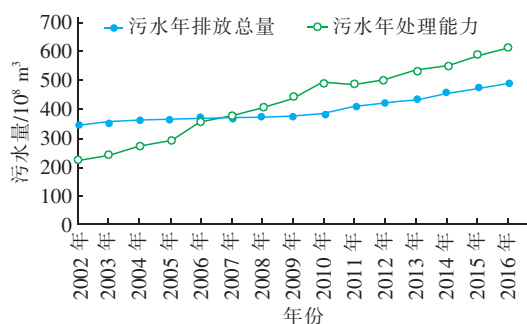


图1 污水排放量与污水处理能力

Fig. 1 Annual wastewater discharged quantity and annual wastewater treatment capacity

1.2 污水排放总量分析

用水总量主要包括生产运营用水、居民家庭用水、公共服务用水和其他用水,其中公共服务用水总量与其他用水总量占比在15%以下,基本不会引起总量的较大变化。因此,以生产运营用水量与居民家庭生活用水量的变化趋势表示排水总量的变化趋势。

分析结果表明,2002年—2006年生产运营用水量上升,但从2006年开始呈下降趋势。根据政策要求和技术发展,这一下降趋势不会逆转,且还有较为充分的下降空间。2002年—2016年人均生活用水量总体为递减趋势,但由于用水人数增长,居民家庭生活用水总量逐年提升。随着城市的不断发展,居民生活用水占比会越来越高,生产运营用水量占比会逐渐减小,且对总用水量变化的影响将会趋于稳定。由此,2016年后,居民生活污水排放将逐步上升为影响污水排放总量的主导因素,未来城市排水系统建设将由生产运营排水设施建设向生活污水排水设施建设倾斜。

根据用水量变化、污水排放量变化和污水处理厂处理能力变化可知,总体污水处理设施处理能力和污水排放总量的矛盾已经得到缓解,污水处理设施留有余量,但地区发展不平衡;总体污水处理设施建设对污水处理率的增长动力逐年减弱;污水处理设施的建设将由阶梯式的快速增长模式转变为随着

城市人口变化与城市建设而变化的可持续发展模式。污水处理设施建设基本完成,城市水环境污染治理的主要方向已经转变为解决管网问题与水环境治理现状之间的矛盾。

2 管网问题

2.1 管网建设不配套

根据2002年—2016年的《中国城市建设统计年鉴》,2006年—2016年全国排水管道长度持续增长(见图2),由261 379 km增长到576 616.51 km,增长了120%。东部地区经济发达,管网长度最大,增长率为108%;中部地区是我国经济发展的第二梯队,管网增长率为150%,由于其基数小,管网规模发展速度虽快,但管网规模仍较小;东北地区管网长度最小,增长率仅为66%,基数小,增长速度慢;西部地区管网建设增长率为164%,但该地区面积广,所以管网规模依旧过小。总体上我国管网现状呈现为“东部发达,西部落后,中部持续发展,东北发展动力不足”。同时,我国老城区管网建设施工较为困难,管网规模难以提升,管网规模整体提升以新建城区管网建设为主,未来城市管网会呈现出新城区发达,老城区较为落后的状态,所以我国老城区管网规模不足会是长期存在的问题。

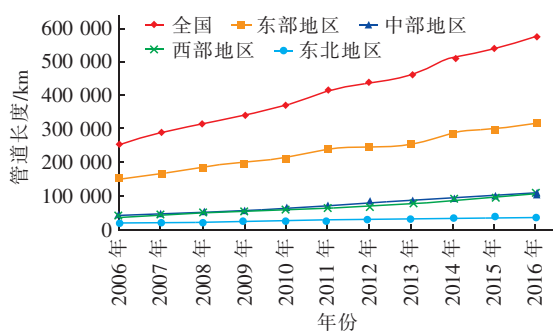


图2 排水管道长度

Fig. 2 Length of drainage pipelines

我国排水管网建设逐年发展,但管网规模依旧不足。管网建设滞后,导致污水收集不到位^[1];2006年建成区排水管道密度为7.77 km/km²,到2016年建成区排水管道密度为10.61 km/km²,管网密度与覆盖率较小。

排水管网整体规模小,国内各地区排水管网发展严重不平衡制约着我国污水收集率与污水处理总量的提升。但2006年—2016年间,我国管网设施建设固定资产投资占排水系统总投资的40%~60%,绝对值总体呈增长趋势,未来随着管网的建

设,污水收集率会有一定的提升。从现状来看,污水处理设施还留有余量,管网建设造成的污水量提升不会对污水处理设施造成冲击。即管网建设对污水处理设施的压力有一定的缓冲能力,两者可在未来实现协同持续发展。

2.2 管网存在混接问题

雨水管道和污水管道混接问题不仅打乱了排水的秩序,增加了管理的难度,同时也对城市水体造成污染。混接现象在我国各地都存在,2018年上海市对 1.3×10^4 km的雨水、污水管道进行了检测,发现混接点达1.3万余个,商户与单位混接占比超过70%。2017年北京二环内错接以雨水管线接入污水管线为主,共57处错接点,其中38处需要采取管理手段解决,19处需要实施工程措施解决;沈阳市建成区内的排水管网雨污混接点存在300多处^[2];渭南市排水管网的雨污混接点有1 703处^[3];常州、深圳、石家庄、天津以小区混接为主,主要是阳台洗衣、厨房污水经雨落管进入小区雨水管,混接点数量也较大;武汉也以小区混接为主,同时还存在部分老旧小区内部混接;西安地区城中村、文物保护地混接较多,以污水管接入雨水管为主。

混接问题的治理以管理、工程改造为主,管理手段实施可通过监管与法律途径解决,但工程改造涉及排查难、改造难和改造时间长等问题,尤其是老旧小区的混接改造会影响居民日常生活,同时施工时间与施工过程受限,所以时间更长。如上海、常州、深圳等地混接问题的改造已经进行了5年以上,投入了大量的人力物力,但只完成了部分地区的改造。各地区混接改造进度较慢,混接现象还将长时间存在,而先进行末端截流再逐渐进行内部改造是各地区最常用、最适合的方案。

2.3 管道入渗的问题

管道脱节、破损甚至与河道相通造成大量的外来水进入管道,在雨天时入渗量更大,对污水处理厂造成冲击。《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)》规定,经过结构性缺陷修复的污水管道和合流制管道,地下水入渗量占比不应大于20%,或地下水渗入量不大于70 m³/(km·d)。但实际情况超过了规定值,从我国部分地区调查结果来看,管道入渗量为污水量的42%~66%,但由于较高的夜间污水量排放,拉低了该比值,即实际入渗量的绝对值比调查数据高^[4]。同

时,我国使用时间超过15年的污水管道有 7.8×10^4 km,东部地区占61%;使用时间超过10年的有 12×10^4 km,东部地区占63%,这些存量设施破损会越来越严重,且由于其大部分集中于沿海地下水位较高地区,入渗量会进一步加大。

根据我国《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2016年版),入渗地下水量宜根据测定资料确定,一般按单位管长和管径的入渗地下水量计,也可按平均日综合生活污水和工业废水总量的10%~15%计,还可按每天每单位服务面积入渗的地下水量计。但在实际设计过程中大部分地区都无入渗量的资料,规范不明确且基础资料少。通常排水管网设计时未考虑入渗量或入渗量估计值偏小,造成管网管径偏小与下游污水处理厂或泵站设计流量偏小的叠加负面效果。

目前,明确各地管道破损程度与入渗量是主要工作,为设计提供了支撑,也便于管网修复工作的进行。同时,虽然管道破损检测与修复技术已经标准化,但管道的基础量大,所以工作量也十分庞大,需要的时间较长,技术的前期投资较高,目前管网修复工作进行较为缓慢,所以设计时应该根据管网的修复规划确定入渗量,宜取较大值,为其他管网将来的老化破损留有余量,同时为治理留有空间。

2.4 合流制截流与溢流

根据2002年—2016年的《中国城市建设统计年鉴》,2010年—2016年,我国合流制管道由104 772 km增长到108 569.99 km,略有增加。合流制管道主要集中在老城区,存在合流制管网旱季直排问题,但占比很小,合流制管道雨天溢流是主要问题。

我国合流制截流倍数较低,虽然规范标准中规定截流倍数为2~5(2014年前为1~5),但受资金限制,实际工程达不到规定值。大部分场次的降雨将使合流制管网下游的污水处理厂处理水量增加1倍^[5],同时,在雨天溢流管发生溢流的情况下,截流管内的合流污水为满流压力流,截流井的实际截流量大于设计截流量^[6],这就造成了雨天时污水处理厂的流量至少增加2倍以上,对污水处理厂造成水量冲击,超过了污水处理厂的负荷。为了保证污水处理厂安全,一旦截流的雨水量过多,必须采取安全措施让雨水超越、溢流^[6],从而使大部分截流污水得不到处理就直接排放。实际也存在当水量超过污

水处理厂的最大在线流量时,污水处理厂会关闭入口,保证污水处理厂的安全运行,从而使大量污水直接排入水体的情况。

截流倍数为0.5~2和大量截流倍数为2的存量设施使大量污水溢流,想要提升这部分存量设施的截流倍数可通过对截流设施改造和更新或增添截流管道铺设提升其在线截流倍数,我国有370座城市污水处理设施负荷率小于80%,所以在线截流倍数还有提升的空间。也可以通过增设调蓄设施间接提升截流倍数,既缓解了下游污水处理厂或泵站的压力,也减少了溢流污染。在污水处理设施余量不充足地区也可同时进行。

2.5 管网调蓄设施建设存在不足

我国有224座城市污水处理设施负荷率大于90%,污水处理设施与截流量不匹配。调蓄设施可以缓解合流制截流与初期雨水截流导致的在线流量的压力,将初期雨水和部分溢流污水收集到调蓄设施,等到旱季时再将其逐渐送入污水处理厂。美国、日本、德国等发达国家都较早开展了调蓄设施的研究与建设,而我国雨水调蓄设施建设起步较晚,目前上海、昆明、天津、广州和武汉等地已有调蓄池的应用,《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017)也于2017年7月1日正式实施。

调蓄设施是缓解在线流量压力的重要设施,但是与我国城市污水处理设施相比还处于滞后状态。同时,由于调蓄设施中的污水水质指标太低,在天津、常州、上海等大部分地区存在调蓄污水冲击污水处理厂深度处理工艺的情况,没有对应的处理设施致使调蓄污水无法得到处理。

3 结论

① 我国城市污水处理设施处理能力已经大于污水排放量,污水处理基础设施的严重落后与污水排放的矛盾总体已经解决,但污水处理设施发展不均衡问题还需解决。污水处理设施建设对污水处理率的增长动力逐年减弱,解决管网问题成为现在的主要目标,也是减轻城市水体污染最有效益的手段。

② 我国整体管网规模小、内部发展不均衡,造成了污水收集量低。未来应该更加注重管网建设,扩大管网规模,提高污水收集量与收集率。

③ 各地管网混接问题较多,污水无法排入污水处理设施,一定程度上减少了污水收集量,应加强管网混接改造和混接末端截污。

④ 混接管网入渗量较大,且老旧管网多集中于沿海地下水位较高的东部地区,同时,我国对管网入渗量的估计值较小,从设计角度减少了下游污水处理厂的负荷,因此应加强管道破损检测与修复工作,提高入渗量估计值,合理确定污水处理设施的设计流量。

⑤ 在污水处理设施满负荷地区应增加调蓄设施。同时,应建设与调蓄设施对应的专用于初期雨水和合流制管道截流的低浓度混合污水的设施,避免低浓度污水对污水处理工艺的冲击,减少污水处理厂超越溢流。

参考文献:

- [1] 仇保兴. 我国城镇污水处理发展的状况和面临的挑战[J]. 给水排水,2010,36(2):1-3.
Qiu Baoxing. Development status and challenges of municipal wastewater treatment in China[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36 (2): 1 - 3 (in Chinese).
- [2] 石国琦,常明,靳方园,等. 沈阳市黑臭水体治理进展及典型案例[J]. 环境工程学报,2019,13(3):550-558.
Shi Guoqi, Chang Ming, Jin Fangyuan, *et al.* Treatment progress and typical case analysis of the black and odorous water bodies in Shenyang City, China [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2019, 13 (3): 550 - 558 (in Chinese).
- [3] 李晓静,陈勇,胡本刚,等. 城市地下排水管道评价体系探究——以渭南市为例[J]. 测绘,2018,41(5):208-213.
Li Xiaojing, Chen Yong, Hu Bengang, *et al.* Research on evaluation system of urban underground drainage pipeline—A case study of Weinan City [J]. Surveying and Mapping, 2018, 41 (5): 208 - 213 (in Chinese).
- [4] 唐建国. 工欲解黑臭必先治管道——《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南》解读[J]. 给水排水,2016,42(12):1-3,137.
Tang Jianguo. The interpretation of “Urban black and odorous water treatment—Technical guide for the management of drainage outlet, pipelines and inspection wells” [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42 (12): 1 - 3, 137 (in Chinese).
- [5] 陈玮,程彩霞,徐慧伟,等. 合流制管网截流雨水对城镇污水处理厂处理效能影响分析[J]. 给水排水,2017,43(10):36-40.
Chen Wei, Cheng Caixia, Xu Huiwei, *et al.* Analysis on the effect of intercepted rainwater in combined sewer on the treatment efficiency of urban wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43 (10): 36 - 40 (in Chinese).
- [6] 曹秀芹,江坤,徐国庆,等. 污水截流井的设计优化分析[J]. 给水排水,2017,43(12):20-24.
Cao Xiuqin, Jiang Kun, Xu Guoqing, *et al.* Analysis of design optimization of sewage intercepting well [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43 (12): 20 - 24 (in Chinese).



作者简介:邢玉坤(1994-),男,陕西宝鸡人,硕士研究生,研究方向为黑臭水体治理、污水管网设计。

E-mail:790481965@qq.com

收稿日期:2019-10-18