

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.22.009

城镇污水治理设施补短板现状及对策

刘双柳, 徐顺青, 陈鹏, 高军, 徐毅
(生态环境部环境规划院, 北京 100012)

摘要: 针对全国城镇污水治理设施建设、运行及投融资现状进行了统计分析,结果表明,截至2017年底,全国城镇累计建成运行污水处理厂8 591座,污水处理能力达 $2.3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,城市、县城、建制镇污水处理率分别为94.5%、90.2%和49.4%。分区域看,东部地区设施水平较高,中西部次之。城镇污水治理设施存在区域设施治理水平分布不均、配套管网建设滞后、部分地区污水收集率低、资金投入不足等突出问题。为推进城镇污水治理设施补短板,从政府、用户、社会资本、绿色金融四个维度提出资金筹措建议,以期为相关政府部门提供决策参考。

关键词: 城镇污水; 治理设施; 补短板; 建设运行; 投融资

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)22-0054-07

Current Situation and Countermeasures of Municipal Wastewater Treatment Facilities to Strengthen the Weak Points

LIU Shuang-liu, XU Shun-qing, CHEN Peng, GAO Jun, XU Yi
(Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China)

Abstract: The statistical analysis has been carried on for the national municipal wastewater treatment facilities construction, operation and investment and financing situation. The results showed that by the end of 2017, 8 591 municipal wastewater treatment plants had been built, with the wastewater treatment capacity of 230 million m^3/d . The wastewater treatment rate in cities, counties and towns was 94.5%, 90.2% and 49.4%, respectively. By region, the eastern region has a relatively high level of facilities, followed by the central and western regions. Municipal wastewater treatment facilities are facing with prominent problems such as uneven distribution of regional treatment facilities, lagging construction of supporting pipe network, low wastewater collection rate in some areas and insufficient capital investment. In order to strengthen the short-board points of municipal wastewater treatment facilities, suggestions on fund raising have been put forward from the four dimensions of government, users, social capital and green finance, so as to provide decision-making reference for relevant government departments.

Key words: urban sewage; treatment facilities; strengthen the weak points; construction and operation; investment and financing

随着城镇化进程的加快,污水排放量随之激增, 城镇污水处理水平成为区域环境质量、经济发展潜

力以及社会发展水平的重要影响因素^[1-2]。部分地区污水处理能力与污水排放增量不匹配的矛盾逐渐凸显^[3-4],制约着生态文明进程和美丽中国目标的实现。“十三五”期间,国家发布的系列规划和政策文件,都对城镇污水处理提出要求。《国民经济和社会发展规划第十三个五年规划纲要》指出要加强环境基础设施建设,加快城镇污水处理设施和管网建设改造,推进污泥无害化处理和资源化利用,实现城镇生活污水、垃圾处理设施全覆盖和稳定达标运行。《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》提出2020年底,实现城镇污水处理设施全覆盖。中共中央、国务院《关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》(中发〔2018〕17号)明确提出加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理。《关于保持基础设施领域补短板力度的指导意见》(国办发〔2018〕101号)中,将生态环保领域列入基础设施补短板的重点任务之一。推进城镇污水设施建设,加快补齐短板,需要大量的资金保障,开展城镇污水治理设施现状研究,识别城镇污水治理设施补短板重点领域存在的问题,提出资金筹措建议,以期为有关政府部门推进城镇污水设施补短板工作提供决策参考。

1 城镇污水治理设施现状

1.1 建设情况

① 污水处理厂

近年来,全国城镇污水处理厂的数量和处理能力均呈稳步上升趋势,2011年—2017年污水处理厂数量增加4 049座,增长幅度为89.1%,新增污水处理能力为 $5\,802 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。截至2017年底,全国累计建成运行污水处理厂8 591座,形成污水处理能力 $2.3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。全国城市污水处理率达到94.5%,县城污水处理率达到90.2%,建制镇污水处理率为49.4%。

分区域看,东部地区设施水平较高,中西部次之,截至2017年底,东部地区累计建成运行污水处理厂3 805座,形成污水处理能力 $1.3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,城市、县城、建制镇污水处理率分别为95%、92.7%、50.8%;中部地区累计建成运行污水处理厂1 724座,形成污水处理能力 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$;城市、县城、建制镇污水处理率分别为94.7%、91.7%、22.2%;西部地区累计建成运行污水处理厂3 062座,形成

污水处理能力 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,城市、县城、建制镇污水处理率分别为93%、84.8%、26.9%。

根据住建部发布的《中国城市建设统计年鉴》主要指标解释,污水处理率计算公式如下:污水处理率=(污水处理总量/污水排放总量)×100%。其中,污水处理总量指污水处理厂(或污水处理装置)实际处理的污水量,包括物理处理量、生物处理量和化学处理量;污水排放总量指生活污水、工业废水的排放总量,包括从排水管道和排水沟(渠)排出的污水量。污水量计算:a.可按每条管道、沟(渠)排放口的实际观测的日平均流量与报告期日历日数的乘积;b.有排水测量设备的,可按实际测量值计算;c.如无观测值,也可按当地供水总量乘以污水排放系数确定。根据污水处理率的定义,计算公式中分母(污水排放总量)可以较为真实地反映实际情况,而分子(污水处理总量)的统计数据则高于城镇生活污水实际处理值(因雨污合流造成雨水被作为污水计入)。

② 排水管道

近年来,城镇排水管道累计建成长度逐年递增,新建管道基本上均为雨污分流管道,与2011年相比,2017年雨污分流管道较之增加 $27.6 \times 10^4 \text{ km}$,增长幅度约72.3%,雨污合流管道增加量为 $0.8 \times 10^4 \text{ km}$,增长幅度为5.2%(见图1)。截至2017年底,全国城镇排水管道累计建设 $98.4 \times 10^4 \text{ km}$,城市和县城污水管道 $34.7 \times 10^4 \text{ km}$ 、雨水管道 $31.1 \times 10^4 \text{ km}$ 、雨污合流管道 $16.2 \times 10^4 \text{ km}$ 。

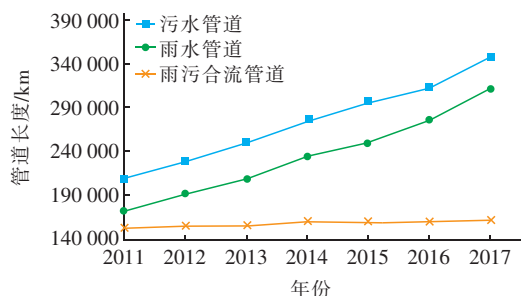


图1 2011年—2017年不同类别管道建设情况

Fig.1 Construction of different types of pipelines in 2011 – 2017

③ 污泥处置设施

一般来说,污水处理量与污泥产生量成一定的比例关系,2011年—2017年污泥产生量与污水处理量保持同步增长趋势(见图2)。2017年,全国城镇污水处理厂干污泥总产生量为 $1\,210 \times 10^4 \text{ t}$,处置量

为 $1\,100 \times 10^4$ t, 污泥处置率为 91.0%, 城市和县城分别为 90.3% 和 95.2%。分区域看, 东部地区城市、县城干污泥处置率分别为 88.6%、97.5%, 中部地区城市、县城干污泥处置率分别为 93.2%、94.3%, 西部地区城市、县城干污泥处置率分别为 95.7%、91.2%。

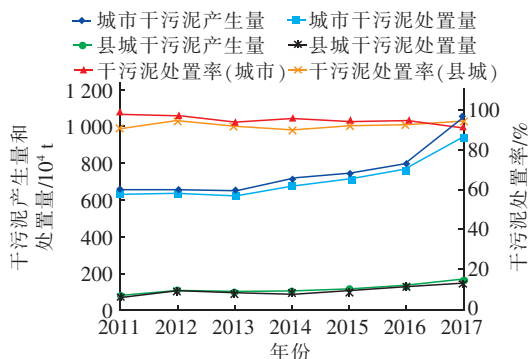


图 2 2011 年—2017 年干污泥产生和处理情况

Fig. 2 Production and treatment of dry sludge in 2011–2017

1.2 运行情况

根据 2011 年—2016 年的《中国环境统计年报》《中国城乡建设统计年鉴》，自 2011 年以来，随着城镇污水处理厂数量和污水处理量的持续增加，年度总运行费用也逐年增加（见表 1）。2016 年纳入环境统计的污水厂年运行费用约 540 亿元，吨水运行成本为 1.06 元。2011 年—2016 年，污水厂年均运行费用约 713 万元，运行成本为 0.83 ~ 1.06 元/ m^3 。

表 1 2011 年—2016 年污水厂年度运行费用支出情况

Tab. 1 Annual operating expense of sewage treatment plants in 2011–2016

项 目	年度总运行费用/万元	平均每座污水处理厂年运行费用/(万元·座 ⁻¹)	平均处理单位污水运行费用/(元· m^3)
2011 年	3 071 639	676	0.83
2012 年	3 482 302	664	0.86
2013 年	3 935 525	743	0.92
2014 年	4 399 577	696	0.97
2015 年	4 773 638	721	0.98
2016 年	5 399 205	776	1.06
平均值		713	0.93

1.3 投融资情况

① 投资总量

依据目前的统计范围和口径，就城镇污水治理设施而言，其投资范围主要包含在城市环境基础设施建设的排水投资中。2017 年污水处理投资 684.2

亿元，比 2016 年增长约 7%，占排水总投资的比例均值为 33.6%。污泥处置投资 24.4 亿元，占排水投资的 1.2%。根据历年的《中国城乡建设统计年鉴》，2011 年—2017 年污水处理投资呈逐年增长趋势（见表 2），年均增长 10.2%，而污泥处置投资较稳定，无明显变化趋势，占排水总投资的比例均值为 1.6%。

表 2 2012 年—2017 年排水投资构成情况

Tab. 2 Composition of drainage investment in 2012–2017

项 目	排水投资总额/亿元	污水处理		污泥处置	
		投资额/亿元	占比/%	投资额/亿元	占比/%
2012 年	1 104.2	421.6	38.2	19.5	1.8
2013 年	1 259.3	530.2	42.1	26.7	2.1
2014 年	1 433.5	563.8	39.3	24.7	1.7
2015 年	1 474.2	613.4	41.6	20.1	1.4
2016 年	1 709.1	640.6	37.5	21.1	1.2
2017 年	2 038.4	684.2	33.6	24.4	1.2

② 投资结构

目前城镇生活污水设施建设的投资主体涉及政府、用户和社会资本等^[5-8]。

从政府主体看，中央财政起引导作用，以地方财政投资为主。中央财政资金渠道包括水污染防治专项资金、城市管网专项资金。其中，水污染防治专项资金仅一定比例（约 25%）支持污水处理设施建设，城市管网专项资金主要用于城镇污水收集。2017 年，中央财政支持规模约 220 亿元，约占城镇生活污水处理设施总投资的 30%，而其余资金主要由地方财政收取城市维护建设税和城市公用事业费附加、发行债券、引入社会资本等方式解决。

以水污染防治专项为例，统计分析中央和地方投入比例情况。根据地方报送的专项资金季度执行情况，筛选出 2018 年东、中、西部共 21 个省（市、区）水污染防治领域中央和地方投入情况。在包括吸引社会资金和其他投入情况下，2018 年中央与地方水污染防治投入比例均值为 1 : 1.6，东、中、西部地区分别为 1 : 2.5、1 : 0.7 和 1 : 1.5。仅比较财政资金投入情况，2018 年中央与地方水污染防治投入比例均值为 1 : 0.6，东、中、西部地区分别为 1 : 0.8、1 : 0.4 和 1 : 0.6。两种比较模式均呈现东部地方配套高、西部次之、中部最低特征。

从用户端收取的污水处理费可覆盖一部分运行成本。在我国，目前大部分的地区都没有一套规范

和统一的污水处理定价机制,且不同地区间收费标准参差不齐,费用征收率也存在很大差异^[9-12]。根据《中国环境统计年报》《中国城乡建设统计年鉴》,2011年—2016年各年污水处理费收入仅能覆盖当年运行费用的60%左右(见图3),不足部分由地方财政承担。

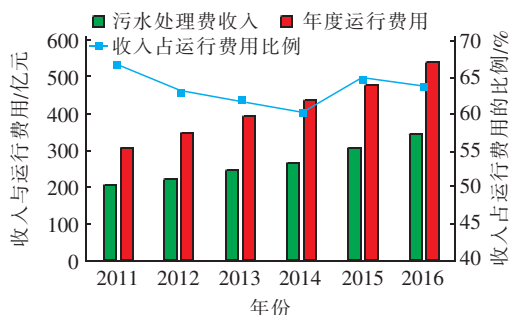


图3 2011年—2016年全国污水处理费收入情况

Fig.3 Income of sewage treatment fees in China in 2011 – 2016

社会资本主要是通过政府与社会资本合作(PPP)模式参与城镇污水治理设施建设。截至2018年12月底,采用PPP模式实施的污水治理项目共1 226个,投资需求4 460.6亿元,进入执行阶段的有454个,占比37%。

2 存在的问题

2.1 区域设施治理水平分布不均

2017年,全国建制镇污水处理率为49.4%,不足50%,分别低于城市、县城45.1个百分点和40.8个百分点。分区域看,除东部地区建制镇污水处理率较高(50.8%)外,中、西部地区均不足30%,治理水平均很落后。

2.2 配套管网设施建设滞后

目前,部分污水厂设计存在“重厂轻网”现象,设计处理规模偏大,管网却不配套,直接导致实际来水量严重不足。根据住房和城乡建设部2017年通报的《第二季度全国城镇污水处理设施建设运行情况》,全国城镇污水厂运行负荷率平均为82.1%,再如2018年7月份东莞市环保局通报的全市38家污水厂中有13家负荷率低于75%。另外,部分老旧城区为雨污合流制排水系统,雨污分流不彻底造成部分雨水经污水管网进入污水处理厂,增加了污水处理设施运营成本,降低了污水厂的运行效率。

2.3 污水处理工艺和设备不合理

目前我国很多城镇污水处理厂的治理规模、进

水污染物浓度等均与实际处理能力存在较大差异。一方面与部分城镇经济发展水平相对落后有关,另一方面部分处理设施建设过程中没有充分分析建设要求,与城镇实际情况结合不紧密。此外,也有部分城镇污水处理厂出于节约成本的考虑没有选择先进的污水处理设备,处理能力较低,甚至经常发生设备故障或损坏,导致污水处理工作效率大大降低。部分地区排水管网工程设计不合理,管道高低不平,导致污水排水不顺畅。此外,运营维护不及时,管道淤塞现象时有发生。

2.4 污泥处置能力不足

一般情况下,污水处理厂处理 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 生活污水可产生含水率为80%的污泥5~8 t。近年来污水处理厂的污泥产量随着污水处理量的增多而增加,对污泥的处理问题提出了很大的挑战,目前能够有效处理污泥的大型污水处理厂相对较少,即使建有污泥处理设备也可能因运行费用较高而难以正常运行,加上“重水轻泥”的认识误区,使得针对污泥处理的投资不足。近年来曝光多起污泥非法倾倒案件,如北京门头沟永定镇上岸村等地约6 000 t污泥的非法倾倒、无锡2 700 t污泥被倾倒长江、海宁5 000余吨制革污泥倾倒池塘等,污泥处理能力不足的矛盾日益凸显。

2.5 部分地区污水收集率“虚高”

出于统计口径差异等原因,部分地区实际污水收集率仍较低,与公开的污水处理率水平有较大差距。以深圳为例,2017年中央环保督察中发现,截至2016年底,深圳污水管网缺口超过4 600 km,全市污水收集率不足50%,而《中国城市建设统计年鉴》(2016年)公布的深圳市污水处理率已达97.6%。另外,2018年中央环保督察中发现,肇庆市区4座污水处理厂均以河涌收集污水,茂名市电白、化州等区(县)由于管网不完善,每天5万多吨污水直排环境,而《中国城市建设统计年鉴》(2017年)公布的肇庆、茂名两市污水处理率分别为94.5%和94.7%。类似污水直排的案例,在中央环保督察问题清单中屡见不鲜。由此可见,出于统计口径差异等原因,部分地区污水实际收集率和处理率远未达到90%以上的水平。

2.6 资金投入总量整体偏低

现有资金投入规模和强度对于城镇污水治理设施建设保障仍显不足,难以满足补短板的需要。从

实际投资看,2016年—2017年,用于污水治理和污泥治理设施的投资约1400亿元,与《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》提出的投资需求(5644亿元,按年均测算,两年需投入2257亿元)仍有很大差距,而污染防治攻坚提出的目标又高于《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》要求,其投资需求更高,差距将更大。从资金来源看,财政资金特别是中央财政投入偏低,以城市管网专项资金为例,中央层面对管网建设的补贴额度平均每公里几十万元,但单位建设成本往往高达百万元,缺口部分需由地方配套,往往出现资金不到位、影响建设进度的情况。

2.7 资金投入结构不尽合理

城镇污水处理设施投资重点主要为管网、污水处理厂(站),针对污泥处置的投资不足。发达国家污泥处理投资成本占污水处理总投资成本的比例约为30%~50%,而我国仅为10%~20%,甚至更少。由于统计口径差异,有研究指出目前污泥无害化处置率仅50%左右,与官方公布的90%存在较大出入。随着污水处理量的增多,污泥产量也将大幅增加,而2011年—2017年用于污泥治理设施的投资额仅为污水处理设施投资额的4%,与增速不匹配。

2.8 污水处理收费机制不健全

目前大部分地区尚未建立规范和统一的污水处理定价机制,地区间收费标准差异显著,且收费标准偏低,未考虑污泥处置费用。大部分地区污水处理收费占比不足30%,如北京市自来水费为5元/ m^3 (第一阶梯),污水处理费为1.36元/ m^3 ,占比27%,再如中西部部分城市,污水处理收费占比更低,河南省郑州市自来水费为4.4元/ m^3 (第一阶梯),其中污水处理费为0.95元/ m^3 ,占比21.6%,陕西省铜川市南市区自来水费为3.8元/ m^3 ,其中污水处理费为0.7元/ m^3 ,占比仅18%。以上收费标准与发达国家相距甚远,如美国自来水费中有55%以上是污水处理费;丹麦污水处理费为自来水费的1.6倍;德国居民用水费为5欧元/ m^3 ,而污水处理费则达3欧元/ m^3 。另外,从全国看,2011年—2016年污水处理费收入仅覆盖当年运行费用的60%左右,大部分地区污水处理收费难以覆盖运营成本。

3 政策建议

加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理的目标,需要

大量的资金保障,结合现状研究从以下几方面提出资金筹措措施和建议。

3.1 各级财政加大资金投入、破解投资瓶颈

① 加大中央财政资金投入。统筹中央预算内投资生态文明建设专项、城市管网专项、水污染防治专项中支持城镇污水处理设施的资金投向,确保中部地区支持力度占资金需求的50%,西部地区支持力度占资金需求的60%。为确保有限的财政资金实现更好的示范效果,近期可优先支持长江经济带中上游等重点地区集中开展污泥处置设施建设,尽快扫清污泥处置障碍。因管网建设及改造资金需求较大,应制定长期目标,逐步解决投入不足问题。

② 强化绩效导向、倒逼地方政府加大投入力度。以中央环保黑臭水体整治专项督察为契机,以断面考核为抓手,促进地方政府控源截污,强化城镇污水收集处置对断面水质改善的作用,重视环境效果的发挥。坚持“党政同责、一岗双责”,落实地方政府主体责任,加大中央环保督察和环保专项督察力度,倒逼地方政府在地方本级财政资金、中央对地方专项转移支付及一般性转移支付中加大对城镇污水处理设施建设的投入,坚持工程建设与狠抓管理并重。指导和督促地方政府债券发行和落实项目管理责任,合理安排地方政府债券资金投向,重点支持城镇污水处理设施建设等污染防治攻坚亟需补短板的重点领域,加快地方政府债券资金拨付。

3.2 落实生产者付费原则、完善污水收费机制

从长远考虑,我国应按照补偿污水处理和污泥处置设施运营成本并合理盈利的原则,继续大幅度完善污水处理收费标准,根据东、中、西部经济发展水平和财力情况,建立差别化收费机制和动态调整机制,对东部地区建立起以污水收费来填补投资运行资金短板的机制,对中西部地区建立起污水收费为主、政府适当引导的投融资机制。在收费标准实现城市污水处理费标准与污水处理服务费标准大体相当;具备污水集中处理条件的建制镇全面建立污水处理收费机制,并同步开征污水处理费,收费标准应覆盖污水和污泥处置的运行成本。

3.3 规范实施PPP模式、引导社会资本加大投入

建议地方政府在财政可承受能力10%的红线范围内优先安排城镇污水处理PPP项目实施,建立城镇污水项目按效付费机制,加大对城镇污水处理项目运营维护效果的绩效考核,将项目绩效考核结

果与政府可行性缺口补助相挂钩,提高设施运行效率和项目环境效益。

3.4 完善绿色金融体系、破解企业融资瓶颈

设立绿色发展基金,采取市场化方式运作,将基金的10%用作城镇污水处理建设项目资金支持。积极支持符合条件的污水处理企业上市融资和再融资。创新信贷服务,探索利用污水处理等预期收益质押贷款。支持建设项目开展股权和债权融资,加大污水处理设施建设项目增信和融资支持作用。

3.5 提高财政资金效益,重点关注污水管网建设

近期中央资金优先支持《重点流域水污染防治规划》确定的580个优先控制单元的城镇生活污水处理设施建设。地方投入首先解决城市、县城污水处理厂未覆盖的问题,其次按照重点镇、建制镇、乡镇、场镇的顺序逐步推进乡镇级污水处理厂(站)和管网建设,确保2019年底全国3675个重点镇实现污水全收集全处理。对运行负荷较低的城镇,通过延伸管网,将周边乡镇、行政村一并接入。

3.6 完善体制机制,强化技术支撑

污水处理厂建设前夯实调查工作基础,合理设计建设规模。加大管网覆盖范围,实现城镇全覆盖,确保污水全部接管入网。因地制宜对老旧管网进行改造,新建管网实现雨污分流。加强城镇污水设施建设过程的监督指导,减少管网混接现象的发生。加大污水处理设施运营维护力度,确保设施的高效运行。妥善处置脱水污泥,结合当地经济社会现状、不同脱水污泥属性,因地制宜完善污泥处置设施。完善城镇污水、污泥处理处置技术标准,推进污水处理及再生利用、污泥处理处置及资源化利用等关键技术的研发、示范和推广应用。

3.7 统计污水收集率指标,真实反映污水处理水平

根据《中国城乡建设统计年鉴》,截至2017年底,全国城镇累计建设污水管道 34.7×10^4 km,雨污合流管道 16.2×10^4 km,约32%的污水收集管道为雨污合流制管道。雨污分流不彻底造成部分雨水经污水管网进入污水处理厂,由此造成污水处理率“虚高”。根据现有基础,建议相关主管部门从以下两方面进行统计口径的细化,使城镇污水处理率能更准确地反映实际情况:一是根据各地管网建设情况,开展城镇污水收集率的统计;二是根据晴天雨天、早期汛期污水处理厂进水量的变化,进行处理量中污水雨水处理比例的统计。

参考文献:

- [1] 李伟,徐国勋,鲁剑,等. 小城镇污水处理设施的特点及对策[J]. 中国给水排水,2012,28(6):29-32.
Li Wei, Xu Guoxun, Lu Jian, et al. Characteristics and countermeasures about sewage treatment facilities in small towns[J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(6):29-32(in Chinese).
- [2] 易建婷,张成,徐凤,等. 全国投运城镇污水处理设施现状与发展趋势分析[J]. 环境化学,2015,34(9):1654-1660.
Yi Jianting, Zhang Cheng, Xu Feng, et al. The status and developing trend of municipal sewage treatment plants in China[J]. Environmental Chemistry, 2015, 34(9):1654-1660(in Chinese).
- [3] 杨卓. 探析我国城镇污水处理厂现状与发展趋势[J]. 资源节约与环保,2018(2):77,79.
Yang Zhuo. Current situation and development trend of urban sewage treatment plants in China[J]. Resources Economization & Environmental Protection, 2018(2):77,79(in Chinese).
- [4] 郑江,宋文波,毛联华. 城镇污水治理行业2017年发展综述[J]. 中国环保产业,2018(11):20-24.
Zheng Jiang, Song Wenbo, Mao Lianhua. Development report on town sewage treatment industry in 2017[J]. China Environmental Protection Industry, 2018(11):20-24(in Chinese).
- [5] 陈旭,赵云皓,逯元堂,等. 城镇污水处理设施建设与运行投资预测分析[J]. 中国给水排水,2014,30(2):31-33,40.
Chen Xu, Zhao Yunhao, Lu Yuantang, et al. Investment prediction and analysis of construction and operation of urban sewage treatment facilities[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(2):31-33,40(in Chinese).
- [6] 张轶. 我国城市污水处理厂投融资模式分析[J]. 经济视角,2014(5):56-58.
Zhang Yi. Analysis on investment and financing mode of China's urban sewage treatment plants[J]. Economic Vision, 2014(5):56-58(in Chinese).
- [7] 李晓婷,汪冀. 基于PPP模式的城市污水处理工程投融资研究[J]. 中国环境管理干部学院学报,2012(1):41-44.
Li Xiaoting, Wang Ji. Research on financing of urban sewage disposal engineering based on PPP mode[J]. Journal of Environmental Management College of China, 2012(1):41-44(in Chinese).
- [8] 常杪. 中国城市污水处理设施建设投融资策略[J].

世界环境,2006(2):27-29.

Chang Miao. Investment & fund collecting strategy on urban sewage treatment infrastructure in China [J]. World Environment,2006(2):27-29(in Chinese).

- [9] 谭雪,石磊,陈卓琨,等. 基于全国227个样本的城镇污水处理厂治理全成本分析[J]. 给水排水,2015,41(5):30-34.

Tan Xue, Shi Lei, Chen Zhuokun, *et al.* Cost analysis of the municipal wastewater treatment plant operation based on 227 samples in China [J]. Water & Wastewater Engineering,2015,41(5):30-34(in Chinese).

- [10] 谭雪,石磊,马中,等. 基于污水处理厂运营成本的污水处理费制度分析——基于全国227个污水处理厂样本估算[J]. 中国环境科学,2015,35(12):3833-3840.

Tan Xue, Shi Lei, Ma Zhong, *et al.* Institutional analysis of sewage treatment charge based on operating cost of sewage treatment plant—An empirical research of 227 samples in China [J]. China Environmental Science, 2015,35(12):3833-3840(in Chinese).

- [11] 李挺. 城市污水处理厂的运行成本分析与管理[J]. 纳税,2017(7):39.

Li Ting. Operation cost analysis and management of urban sewage treatment plants[J]. Tax Paying,2017

(7):39(in Chinese).

- [12] 柯水洲,吴雨晴,高静思,等. 城镇污水处理服务费定价研究[J]. 环境工程,2017,35(3):57-61.

Ke Shuizhou, Wu Yuqing, Gao Jingsi, *et al.* Study on the service fee pricing for municipal sewage treatment plants [J]. Environmental Engineering,2017,35(3):57-61(in Chinese).



作者简介:刘双柳(1987-),女,河北保定人,硕士,工程师,主要从事环保投融资和环境规划管理政策研究工作。

E-mail: liusl@caep.org.cn

收稿日期:2019-04-28

(上接第53页)

给水排水,2019,35(22):87-90.

Yin Xiaobin. Upgrading and reconstruction practice of a county sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater,2019,35(22):87-90(in Chinese).

- [4] 张双,陈贵生,杨仁凯,等. 高密度沉淀池在污水处理厂提标改造工程的应用[J]. 中国给水排水,2019,35(24):80-84.

Zhang Shuang, Chen Guisheng, Yang Renkai, *et al.* Application of densadeg in upgrading and reconstruction of a WWTP [J]. China Water & Wastewater,2019,35(24):80-84(in Chinese).

- [5] 陈秀成. 嘉兴联合污水处理厂提标改造工程设计及经验总结[J]. 中国给水排水,2020,36(4):47-52.

Chen Xiucheng. Design and experience summary of the upgrading project of Jiaxing United Wastewater Treatment Plant [J]. China Water & Wastewater,2020,36(4):47-52(in Chinese).



作者简介:黄志心(1983-),男,福建南安人,硕士,高级工程师,主要从事市政给水排水规划设计研究工作。

E-mail:75748862@qq.com

收稿日期:2020-06-07