

污水处理与回用

周倩倩, 蒲贵兵, 卫然. 基于统计分析的城市污水系统统计指标优化建议[J]. 净水技术, 2023, 42(7):73-80, 143.

ZHOU Q Q, PU G B, WEI R. Suggestion on optimization of statistical indices of urban wastewater systems based on statistics analysis [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(7):73-80, 143.

基于统计分析的城市污水系统统计指标优化建议

周倩倩¹, 蒲贵兵^{2,3,*}, 卫然²

(1. 重庆市城镇排水事务中心, 重庆 400010; 2. 重庆市住房和城乡建设技术发展中心, 重庆 401122; 3. 重庆市设计院有限公司, 重庆 400015)

摘要 城乡建设统计工作是一份由上至下的工作。在污水行业,《中国城乡建设统计年鉴》《重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴》的统计指标体系基本一致,均通过直接指标和间接指标等多指标维度统计了城市污水行业发展情况,但现行统计指标仍存在难以体现污水设施与城市开发建设的关系、污水收集处理系统能效体现不足及行业发展导向性不足等突出问题。为进一步指导污水行业良性发展,反映污水系统客观实际,按照“匹配性、成效性、导向性”的原则,以《重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴》为例,对现有统计指标体系提出了“4+5+7”的优化增补建议,包含人均综合污水产率、供排匹配度、干污泥产率、建成区排水管网密度 4 项匹配性指标,有效排水许可证办件率、污水厂进水浓度、污水厂尾水浓度、污水管网运维单价、污水设施运维单价 5 项成效性指标,污水厂单位碳排放量、污水厂单位能耗、污水厂单位药耗、污水厂单位水耗、再生水利用率、污水冷热资源利用率、污水生物质能利用率 7 项导向性指标,并通过统计分析对部分关键指标特征值进行了研究。“4+5+7”优化建议也可为全国污水行业统计工作提供优化建议参考,为管理人员和规划设计人员提供参考,为下一步深入推进污水系统提质增效提供支撑,有利于提升全国城市污水系统统计水平及数据应用。

关键词 统计年鉴 城市污水 统计指标 系统能效 导向性 指标特征值 提质增效

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2023)07-0073-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.07.010

Suggestion on Optimization of Statistical Indices of Urban Wastewater Systems Based on Statistics Analysis

ZHOU Qianqian¹, PU Guibing^{2,3,*}, WEI Ran²

(1. Chongqing Urban Drainage Affairs Center, Chongqing 400010, China;

2. Chongqing Housing and Urban-Rural Construction Technology Development Center, Chongqing 401122, China;

3. Chongqing Architectural Design Institute Co., Ltd., Chongqing 400015, China)

Abstract The statistical work of urban and rural construction system is a nationwide work from both nation level and local level. *Statistical Yearbook of Urban-Rural Construction in China* and *Chongqing Statistical Yearbook of Housing and Urban Rural Development System* have similar statistic indices for urban wastewater systems, stated as multiple direct and indirect indices. But those indices have had difficulties in directly stating relationships between urban wastewater systems and urban developments and showing the effectiveness of collection and treatment, as well as lacking of any orientation significance for further improvements. To achieve sustainable

[收稿日期] 2022-11-15

[基金项目] 重庆市川渝联合实施重点研发项目:城市雨污分流关键技术研究与应用(CSTB2022TIAD-CUX0009);重庆市建设科技项目:城市水系统健康评价指标体系研究(渝建科字 2022 第 31-80)、基于“按效付费”的城市水环境综合治理绩效评价指标体系研究(城科字 2021 第 7-12)

[作者简介] 周倩倩(1986—),女,硕士,高级工程师,研究方向为排水与污水管理,E-mail:710625564@qq.com。

[通信作者] 蒲贵兵(1981—),男,硕士,正高级工程师,研究方向为给水排水及环境污染控制,E-mail:376359537@qq.com。

development, to indicate the actual effectiveness of urban wastewater water collection and treatment, this research had brought out “4+5+7” strategy under the principle of “compatibility, effectiveness and orientation” for optimizing current statistical indices. There had been 16 indices advised in total, including comprehensive wastewater water yield per capita, compatibility of supply and wastewater water, dry sludge yield, density of drainage pipe network in urban area as 4 compatibility indices, ratio of valid drainage permit application, influent concentration of wastewater treatment plants (WWTPs), tail water concentration of WWTP, unit price of wastewater pipe network for operation and maintenance, unit price of wastewater facilities for operation and maintenance as 5 effectiveness indices, carbon emission of the WWTPs by unit, energy consumption of the WWTPs by unit, drug consumption of the WWTPs by unit, water consumption of the WWTPs by unit, utilization rate of renewable water resources, utilization rate of wastewater cold and hot resources, utilization rate of wastewater biomass energy as 7 orientation indices. Then this research had analyzed the key characteristic values of significant advised indices. “4+5+7” strategy could be potentially helpful for statistic work of urban wastewater systems nationally, helping administrative staffs and planning designer for a better understanding, providing technical support for further improvement on qualities and effectiveness, to achieve a better outcome in nationwide statistic data collecting, analysis, data application.

Keywords statistical yearbook urban wastewater statistics indices system effectiveness orientation index characteristic values quality improvement and effectiveness

当前,《中国城乡建设统计年鉴》(2017年—2020年)^[1-4]已经构建了较为完善的城市污水统计指标体系,能够较好地反映城市污水系统现状,但指标大都局限于污水收集处理设施现状描述,难以直接体现污水收集处理系统与城市开发建设的关系,难以较好地体现污水收集处理系统能效,更难以满足新时期“碳达峰、碳中和”(简称“双碳”)目标下污水系统节能降碳及资源化开发利用的需要。为更好地了解城市污水系统功效,结合污水处理提质增效的深入实施及新时期“双碳”^[5-6]目标的要求,以重庆为例,分析《重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴》(2018年—2021年)^[7-10](简称《重庆统计年鉴》)与《中国城乡建设统计年鉴》的异同,剖析统计

指标体系存在的问题及适用性,提出更具现实参考价值及引导性的指标,推动全国在污水统计方面的指标优化,促进城市污水系统持续提质增效。

1 统计指标

1.1 城市污水发展概况

根据《重庆统计年鉴》(2018年—2021年)(表1),近年来重庆市城市污水行业发展迅速。其中:2021年相比于2018年,城区用水人口增加约7.82%,城市供水量增加约19.05%,城市污水处理量增长约24.85%,污水收集管网长度增加约25.61%,合流管网长度减少约27.64%,污水设施运维费用增加约65.85%。统计结果说明城区污水收集、处理设施更加完善,污水厂建设运维投入更加合理。

表1 2018年—2021年重庆市城市污水行业发展情况数据统计

Tab. 1 Statistics Datas of Urban Wastewater System Development Situation in Chongqing City from 2018 to 2021

年份	建成区面积/ km ²	城区用水人口/ 万人	城市道路长度/ km	供水量/ (m ³ ·a ⁻¹)	城市污水排放量/ (m ³ ·a ⁻¹)	城市污水处理量/ (m ³ ·a ⁻¹)	污水处理率	干污泥产量/ t	污水管网长度/ km	合流管网长度/ km	污水设施运维费用/ 万元
2018年	1 653	1 675	10 662	162 207 万	136 991 万	130 397 万	95%	283 365	10 826	2 554	148 579
2019年	1 681	1 712	11 337	171 289 万	146 857 万	143 594 万	98%	103 876	11 902	2 194	176 692
2020年	1 747	1 733	12 099	180 134 万	156 087 万	153 349 万	98%	26 2798	13 006	1 894	211 799
2021年	1 834	1 806	13 574	193 100 万	164 516 万	162 798 万	99%	292 692	13 598	1 848	246 419

注:城区用水人口含暂住人口,不含自建用水人口;相较其余几年,2019年干污泥产量统计数据明显异常,可能与当年数据统计有关,后续分析时将其作为极度异常数据,不纳入干污泥产率分析。

1.2 统计指标

对比《中国城乡建设统计年鉴》《重庆统计年鉴》与污水相关的统计指标(表2),其指标体系基本一致,重庆结合地方行业发展需求在国家统计指标

基础上增加了排水许可证、年度运行费用及污水再生利用方式等指标。总的来说,针对污水行业,无论是国家层面统计指标,还是重庆地方层面统计指标,可归纳分为直接指标和间接指标。直接指标包含综

表2 与污水相关的统计指标对比
Tab.2 Comparison of Statistics Indices Related to Urban Wastewater Systems

指标		《中国城乡建设统计年鉴》	《重庆统计年鉴》
直接指标	综合性指标	污水排放量	√
		污水处理总量	√
	产生	排水许可	×
		污水管道	√
	收集(管网)	雨污合流管道	√
		建成区排水管道密度	√
	处理(末端污水厂)	污水厂座数	√
		污水处理能力	√
		污水处理量	√
		干污泥处置能力	√
干污泥产生量		√	
干污泥处置量		√	
污水处置固定资产投资		√	
污泥处置固定资产投资		√	
资源化(市政再生水)	年度运行费用	×	
	生产能力	√	
	利用量	√	
	利用方式	×	
	管道长度	√	
间接指标	固定资产投资	√	
	建成区面积	√	
	城区用水人口	√	
	供水量	√	

注:√代表包含此指标,×代表不包含此指标。

合性指标以及反映污水产生(源头)、收集(过程)、处理(末端污水厂)和再生利用全过程的指标。综合性指标可以从水量上较好地反映是否有足够多的污水得到有效处理;污水产生源头指标(排水许可证)可以较好地反映源头污水排放管理情况;污水收集指标可以较好地反映污水收集管网建设及雨污合流制改造情况;污水处理指标可以较好地反映污水处理设施规模是否足够、污泥处置能力是否与污水规模匹配、厂区运行费用是否充足;再生利用指标可以较好地反映污水再生利用设施规模、实际利用量及再生水用途。间接指标包括与污水产生相关的城市建成区面积、城区供水量、用水人口等指标,可通过与直接指标对比,反映出城市开发建设的常规

排污量、单位人口排污量、供排匹配度(折污系数)等,为污水设施规模建设提供参考依据。

鉴于当前地方层面统计年鉴(《重庆统计年鉴》)与国家层面统计年鉴(《中国城乡建设统计年鉴》)的一致性,后续问题分析及指标优化等以重庆地方层面统计年鉴为例,结合地方特点,提出优化建议。

1.3 存在问题

①污水设施与城市开发建设的关系表现不足。当前,《重庆统计年鉴》有关污水设施的指标主要从量上统计了污水收集管网、处理设施、污泥处置设施的规模及污水排放处理总量,未表达出这些设施对当前的城市建设规模(城区人口)是否适宜,难以判断是否与当前的城市开发建设匹配。

②污水收集处理系统能效体现不足。《重庆统计年鉴》统计了污水产生排放量、收集处理量,但难以反映被收集处理的水是否全是污水、是否有外水混入,难以反映污水厂潜力挖掘的可能性及污染物削减效果,不利于未来对污水厂实施水量付费向水质付费的“按效付费”改革;统计了排水许可证的办理数量,但难以反映对排水户的监管情况,未能体现“应办尽办”;统计了污水厂运维费用,但缺乏污水收集管网养护费用统计,难以体现管网养护对系统能效的贡献。

③对行业发展导向性不足。一方面,在“双碳”背景下,以长距离污水输送、好氧生物处理为主要工艺的污水收集处理行业具有能源密集型高耗能特性(其碳排放量占全社会总排放量的1%~2%^[11]),其“高碳灰色”的普遍实际^[5],与低碳绿色渐行渐远。另一方面,《统计年鉴》通过统计再生水设施规模、利用量及利用方式反映了污水再生利用情况,但未能体现出再生利用量是否足够,更未能体现出污水中磷、冷热资源、生物质能、势能等资源的开发利用情况。现状统计指标缺乏对城市污水行业向节能降碳减排及资源再利用方面发展的引导。

2 统计指标优化研究

鉴于全国统计数据太大,指标体系及指标特征值仅能反映全国平均水平,难以反映地方特点。为此,在指标优化研究上,结合重庆地方特点,对《重庆统计年鉴》指标体系进行优化研究,并分析当前部分指标特征值,以反映重庆当前污水行业水平,为

国家层面统计指标的优化提供参考。

2.1 统计指标优化

在现有统计数据及统计指标的基础上,按照“匹配性、成效性、导向性”的原则重点补充优化部分统计指标。

①匹配性。正常情况下,指标应能反映出当前城市规模、城市人口、城市路网下配置了多少城市污水(含污泥)收集、处理能力,便于管理人员及规划设计人员参考,便于直观判断污水系统是否有大问题,便于为未来污水系统规模扩大提供参考依据。

②成效性。指标应能反映污水系统或某一方面的成效,便于判断收集的污水是否为正常城市污水、

是否有大量外水入侵、污水是否得到有效处理,便于判断污水收集、处理设施运维投入是否合理,应能满足城市污水处理提质增效及高质量发展的需要。

③导向性。指标要落实生态文明理念,体现生态优先、绿色低碳的要求,能够引导城市污水系统节能降碳和可持续发展。

2.2 优化后关键指标

按照上述原则,对《重庆统计年鉴》指标进行优化,建议补充表3所示“4+5+7”指标,并将之作为关键指标予以重点统计。同时,未来可视污水行业“双碳”发展,增加污水收集系统、污泥处置系统碳排放量等指标,以促进污水系统碳盘查及碳减排。

表3 《重庆统计年鉴》中增补的关键统计指标

Tab. 3 Key Statistical Indices of Urban Wastewater System in *Chongqing Statistical Yearbook*

指标优化原则	指标名称	指标释义	指标意义
匹配性 (综合性)	人均综合污水产率/ [L·(人·d) ⁻¹]	综合污水量指标,城区居民每人每天综合污水产生量(含城区工业废水、正常人渗水),可用《重庆统计年鉴》中城市污水排放量与城市用水人口的比值表示	通过与正常值的对比,该指标既可反映城市污水厂建设规模与城市开发建设的匹配度,又可用于管理人员及建设单位决策污水厂是否该扩建,还有利于规划设计单位合理预判污水厂规模,并为污水收集率的核算提供支撑
	供排匹配度	《重庆统计年鉴》中城市污水处理量与城市供水量的比值,与折污系数相当	该指标可一定程度反映外水入侵及污水收集情况,也可作为污水厂规模建设的参考依据;与正常值(0.8~0.9) ^[12] 对比,过高说明污水系统有不同程度外水入侵;过低说明有部分污水未收集
	干污泥产率(泥水匹配度)/(t·m ⁻³)	每万吨污水的绝干污泥产量,可用《重庆统计年鉴》中干污泥产生量与污水处理量的比值表示	通过横向对比,该指标可一定程度反映城市污泥处置能力(设计规模)是否与当前污水处理能力匹配,也可间接反映污水收集系统是否正常
成效性	建成区排水管网密度/(km·km ⁻²)	单位面积城市建成区的市政排水管网数量,可用《重庆统计年鉴》中排水管道长度与城市建成区面积的比值表示	该指标可反映城市建成区市政排水管网建设情况,过低说明可能存在管网缺失或雨污合流严重
	有效排水许可证办证率	办理排水许可证并正常监管的排水户数量与应办尽办排水许可证的排水户数量的比值	该指标可反映对污水产生源头的排水户的监管情况,尤其是监管排入市政污水管网的污水是否正常达标,可从源头极大减少外水排入污水管网
	污水厂进水质量浓度/(mg·L ⁻¹)	以进水 BOD ₅ 浓度计	与污水集中收集率直接相关,也是未来污水处理按污染物削减量付费改革的重要依据,也可以便于监测的化学需氧量 COD 或氨氮浓度计
	污水厂尾水质量浓度/(mg·L ⁻¹)	以尾水 BOD ₅ 浓度计	与污水厂污染物削减量直接相关,也是未来污水处理按污染物削减量付费改革的重要依据,也可以便于监测的 COD 或氨氮浓度计,但进出水浓度统计指标应一致
	污水管网运维单价/(元·km ⁻¹)	单位长度污水管网每年度投入的运维费用	该指标可反映污水管网养护投入,过低说明养护投入不足,管网可能存在淤堵、破损等病患;过高可能存在资金的过度投入
	污水设施运维单价/(元·m ⁻³)	处理单位污水所需的污水设施(污水厂、污泥处置设施及管网)运维费用	该指标可反映当前污水处理费征收标准是否合理,也可反映污水设施运维投入,过低说明运维投入不足,污水厂可能存在安全、达标等隐患;过高可能存在向污水厂过度付费问题
导向性	污水厂单位碳排放量/(kg·m ⁻³)	污水厂处理每吨城市污水的碳排放量	该指标可反映污水厂碳排放水平,可促进污水厂碳盘查及碳减排,其计算可参照《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》 ^[13] 进行
	污水厂单位能耗 ^[14] /(kW·h·t ⁻¹)	处理每吨污水到达标排放消耗的电量(污水厂所有电量)	该指标可反映污水厂能耗水平,可促进污水厂节能降耗

(续表3)

指标优化原则	指标名称	指标释义	指标意义
	污水厂单位药耗 ^[14] /(kg·t ⁻¹)	处理每吨城市污水所需的絮凝剂用量	该指标可反映污水厂药耗水平,可促进污水厂节约药剂
	污水厂单位水耗/[m ³ ·(万m ³) ⁻¹]	处理每万吨污水到达标排放消耗的自来水	该指标可反映污水厂水耗水平,可促进污水厂节水及厂区自用再生水
	再生水利用率	达标排放的尾水再生利用为中水(市政杂用、环境景观补水等)的水量与污水处理量的比值,可用《重庆统计年鉴》中再生水利用量与污水处理量的比值表示	该指标可反映城市污水再生利用水平,是污水厂实现“碳中和”的重要措施
	污水冷热资源利用率	污水中冷热资源开发利用量与污水中冷热资源储量的比值	该指标可反映城市污水冷热资源开发利用水平,是污水厂实现“碳中和”的主要措施 ^[15] ,其计算可参照《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》 ^[13] 进行
	污水生物质能利用率	污水中生物质能开发利用量(厌氧消化并热电联产)与污水中生物质能储量的比值	该指标可反映城市污水生物质能开发利用水平,是污水厂实现“碳中和”的重要措施 ^[15] ,其计算可参照《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》 ^[13] 进行

2.3 新老指标对比

对比表 2、表 3 各指标,按“匹配性”优化新增后的指标将更能体现城市污水设施与城市发展的匹配度,避免城市污水设施过大或过小;按“成效性”优化新增后的指标将更能反映源头排水户的有效管理、污水污染物的有效收集、污水厂污染物削减效果及污水设施运维的资金投入是否合理,促进部分“量大质低”污水系统的不断完善及未来污水厂“按效付费”的改革;按“导向性”优化新增后的指标将更能反映污水设施的节能降碳及资源利用,有利于促进污水系统“双碳”目标的尽早实现。

2.4 关键指标特征值

按照表 3 各关键指标释义,结合《重庆统计年鉴》进行分析,得出部分关键指标特征值。

2.4.1 匹配性指标特征值

①人均综合污水产率(表 4)。由表 4 可知,重庆市城市人均综合污水产率呈现典型的地域、经济特征,全市平均值已达 250 L/(人·d),经济最好的中心城区(主城区)最高[平均已达 304.47 L/(人·d)],经济次之的主城新区(渝西片区为主)及渝东北片区基本相当[平均值为 202.91~205.74 L/(人·d)],经济较差的渝东南片区最低[162.58 L/(人·d)],可作为污水厂规模建设的参考数据。各区域污水产率差异较大,尤其中心城区污水产率较高,除了与中心城区自身的产业功能定位(服务业为主)、经济条件较好、生活水平较高以及居民交际生活更频繁等息息相关外,还可能与部分远郊区县居民在中心城区

购物休闲消费相关。

表 4 重庆市 2018 年—2021 年人均综合污水产率分析 [单位:L/(人·d)]

Tab. 4 Annual Average Comprehensive Wastewater Productivity in Chongqing City from 2018 to 2021 [Unit:L/(Person·d)]

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018 年	280.73	179.35	171.66	143.68	224.08
2019 年	291.36	191.4	180.55	149.55	235.05
2020 年	304.27	203.55	192.26	164.48	246.74
2021 年	304.47	205.74	202.91	162.58	249.6

同时,该数据也可为污水集中收集率的修正核算提供支撑。污水集中收集率计算时 BOD₅ 取值 45 g/(人·d)^[16] 值得商榷,对中心城区可能比较适合。但对综合污水产率较低的主城新区、渝东北片区及渝东南片区而言,可能将与实际污水收集率产生较大甚至很大的偏差。以渝东南片区的污水产率 [162.58 L/(人·d)] 为例,理论上,即使污水中 BOD₅ 浓度取值常规污水 BOD₅ 质量浓度(150~200 mg/L)的上限 200 mg/L^[17],污水中 BOD₅ 也仅为 32.5 g/(人·d),以 45 g/(人·d) 的理论取值计算,将与实际情况产生 28% 左右的偏差;个别污水产率较低的区县,偏差将更大,2021 年,污水产率最低的彭水城区 [90.92 L/(人·d)],偏差将达 80%。事实上,若是再考虑到污染物在污水管网中的沉积衰减、反应衰减^[16]、外水(非生活污水)入侵稀释及管网漏损等的影响,偏差将更大。

②供排匹配度(表 5)。由表 5 可知,重庆市城

市污水量约为供水量的 84%, 与规范的 80% ~ 90%^[12] 比较吻合, 也基本与各区域经济情况吻合, 可作为污水厂现状规模是否足够及规模扩建的参考依据。其中, 中心城区、主城新区、渝东南片区基本相当; 但渝东北片区几年均明显高于其他区域, 说明渝东北片区部分城区雨水等外水入侵污水系统的情况可能比较严重(中央环保督察已经指出渝东北片区最大城市雨污合流现象严重的问题)。

表 5 重庆市 2018 年—2021 年供排匹配度

Tab. 5 Ratio of Urban Water Supply and Wastewater Capacity in Chongqing City from 2018 to 2021

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018 年	0.79	0.79	0.90	0.76	0.80
2019 年	0.81	0.85	0.96	0.81	0.84
2020 年	0.84	0.82	0.99	0.83	0.85
2021 年	0.83	0.83	0.96	0.83	0.84

③干污泥产率(表 6)。由表 6 可知, 2018 年—2021 年 4 年间, 除 2019 年干污泥产率极不正常外, 其余几年相差不大。中心城区较高, 主城新区次之, 渝东北片区最低, 除了可能与区域居民用水习惯、整体经济情况、产业功能布局、饮食习惯等有关外, 还可能与雨污(清污)混流情况有关, 这可能与供排匹配度中渝东北片区清汤寡水过多导致匹配度过高的结论基本一致。在城区经济及饮食习惯相差不大情况下, 中心城区干污泥产率可作为其余几个区域城市污泥处置能力规模扩建时的参考。

表 6 重庆市 2018 年—2021 年干污泥产率
[单位: t/(10⁴ m³)]Tab. 6 Analysis of Dry Sludge Productivity in Chongqing City from 2018 to 2021 [Unit: t/(10⁴ m³)]

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018 年	2.43	1.63	1.55	3.65	2.17
2020 年	1.90	1.51	1.41	1.30	1.71
2021 年	2.01	1.62	1.31	1.43	1.80

注: 2019 年干污泥产量统计数据极其异常, 作为异常数据不纳入分析。

④建成区排水管网密度(表 7)。由表 7 可知, 各城区排水管网密度基本相当, 每平方公里建成区市政排水管网长度大约在 15 km。说明经过近几年的污水系统提质增效及污水设施补短板, 各城区污水收集系统已渐趋完善。该数据可作为个别排水管网密度较低城区完善管网系统的参考数据, 也可作

为个别排水管网密度较高城区纠正排水管网数据(可能存在统计错误或将小区等地块管网纳入统计的情况)的参考数据。

表 7 重庆市 2018 年—2021 年建成区排水管网密度分析 (单位: km/km²)Tab. 7 Analysis of Drainage Network Density in Built-Up Areas of Chongqing City (Unit: km/km²)

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018 年	12.38	13.23	13.14	15.10	12.9
2019 年	13.36	14.56	14.41	15.00	13.98
2020 年	15.10	15.66	14.51	14.20	15.13
2021 年	15.49	14.81	14.85	15.07	15.15

2.4.2 成效性指标特征值

在 5 个成效性指标中, 仅污水设施运维单价(表 8)可根据现有《重庆统计年鉴》分析得出, 有效排水许可证办件率、污水厂进水浓度、污水厂尾水浓度、污水管网运维单价难以分析得出, 但可简单分析近年排水许可证办证情况(表 9)。

由表 8 可知, 重庆市各区县城区污水设施运维单价(仅含污水处理厂运维费用)普遍高于现行重庆市城市居民污水处理费征收标准(1 元/m³), 主城新区、渝东北片区、渝东南片区尤其明显, 说明现行污水处理费征收标准不足以补偿污水设施运行所需, 若再加上污水管网及污泥处置设施的运维费用, 则现行污水处理费征收标准(1 元/m³)将远远不够, 还需财政补贴大量经费。其中, 中心城区的污水设施运维单价远低于其他区县, 可能与中心城区污水设施规模化效应有关。

表 8 重庆市 2018 年—2021 年城市污水设施运维单价 (单位: 元/m³)Tab. 8 Unit Price of Operation and Maintenance of Wastewater Treatment Facilities in Chongqing City from 2018 to 2021 (Unit: yuan/m³)

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018 年	0.89	1.43	1.66	1.42	1.14
2019 年	0.95	1.57	1.62	1.94	1.23
2020 年	1.05	1.78	1.76	2.30	1.38
2021 年	1.14	2.02	1.85	2.60	1.51

由表 9 可知, 近年来, 尽管各区县排水许可证办件猛增(2021 年约为 2018 年的 38 倍), 但相较于重庆市 1 834 km² 的建成区而言, 共计办理 12 106 个排水许可证远远不足以反映排水户的真实情况, 更

与排水许可“应办尽办”的原则相去甚远,也难以体现对已办理排水许可证的排水户的监管情况。以重庆某区为例,193 km²的城市建成区,2021年末开展污水处理提质增效自评估时,辖区内初步排查排水户约30 000户,但实际排水许可证仅总计发放了737个,办证率仅约为2.46%;若参照该区估计,1 834 km²的重庆城市建成区,排水户总量约为28.51万户,办证率仅约为4.25%。为此,仅统计办证户数意义不大,应优化为既能反映排水户总量又能反映排水户办证情况的指标,即有效排水许可证办证率;或者在《重庆统计年鉴》中增加排水户总数的指标,有效排水许可证办证率可根据排水户总数和排水户办证数进行换算。

表9 重庆市2018年—2021年排水许可证统计
(单位:个)

Tab.9 Amount of Approved License of Wastewater Discharging in Chongqing City from 2018 to 2021 (Unit: Number)

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市合计
2018年	65	187	49	18	319
2019年	485	413	315	45	1 258
2020年	1 148	719	496	111	2 474
2021年	1 801	9 158	993	154	12 106

2.4.3 导向性指标特征值

在7个导向性指标中,仅再生水利用率(表10)可根据现有《重庆统计年鉴》分析得出,其余污水厂单位碳排放量、单位能耗、单位药耗、单位水耗、污水冷热资源利用率、污水生物质能利用率6项指标难以分析得出。尽管2021年重庆市再生水利用量已达1 843万m³,但从表10可以看出,重庆市再生水利用率整体偏低(仅为1.13%),且区域极不平衡(渝东北片区、主城新区远高于中心城区及渝东南片区),与国家层面关于再生水的要求及《重庆市城市排水(污水、雨水)设施及管网建设“十四五”规

表10 重庆市2018年—2021年再生水利用率统计

Tab.10 Statistics and Analysis of Utilization Ratio of Reclaimed Water in Chongqing City from 2018 to 2021

年份	中心城区	主城新区	渝东北片区	渝东南片区	全市平均
2018年	0.51%	1.48%	3.15%	0.93%	1.09%
2019年	0.57%	1.43%	3.08%	0.93%	1.12%
2020年	0.59%	1.68%	2.70%	0.69%	1.15%
2021年	0.60%	1.72%	2.42%	0.64%	1.13%

划》的“主城都市区不低于20%,缺水地区不低于25%”目标差距极大。

3 结论与建议

新时期,污水行业以污水量、污水设施(含管网、污泥)建设量为主的国家层面统计年鉴(《中国城乡建设统计年鉴》)及地方层面统计年鉴(《重庆统计年鉴》)现行统计指标已难以满足污水处理由规模化增长向存量提质增效过渡的需要,也难以反映污水系统成效,更难以满足深入推进污水处理提质增效及“双碳”目标的要求,有必要按照“匹配性、成效性、导向性”的原则进行优化增补。结合现行统计指标及污水系统发展需要,分析增补了16个指标,具体如下。

①匹配性指标中的4个指标(人均综合污水产率、供排匹配度、干污泥产率、建成区排水管网密度)、成效性指标中的污水设施运维单价及导向性指标中的再生水利用率共计6个指标特征值可由现行《重庆统计年鉴》分析换算得出。

②成效性指标中的有效排水许可证办证率、污水厂进水浓度、污水厂尾水浓度、污水管网运维单价4个指标及导向性指标中的污水厂单位碳排放量、单位能耗、单位药耗、单位水耗、污水冷热资源利用率、污水生物质能利用率6个指标共计10个指标特征值需在《重庆统计年鉴》中新增。

同时,根据《重庆统计年鉴》,结合重庆特点,对部分指标特征值进行了分析研究,并对指标特征值反映出来的污水系统当前问题进行了剖析,有利于通过统计促进城市污水系统提质增效,提升统计数据的高价值利用。指标特征值分析结果如下。

①重庆市各区域人均综合污水产率分析表明各区域人均综合污水产率差异较大,污水收集率核算时,关键参数BOD₅浓度不应按照45 g/(人·d)统一取值,否则,将与实际污水收集率产生较大甚至很大的偏差。BOD₅理论浓度建议根据各地生活习惯、经济水平、用水水平、节水水平等自身实际情况,由各地修正确定。

②重庆各片区供排匹配度分析表明,渝东北片区城市污水系统可能存在外水入侵严重的情况。各省、城市、城市片区间可通过该指标对比分析外水入侵的可能性。

③重庆市污水设施(仅污水厂)运维单价分析

表明,现行城市污水处理费征收标准远低于运维单价,在主城新区、渝东北片区、渝东南片区尤其明显。同时,建议污水设施运维费用的统计应加入污水管网及污泥处置设施的运维费用,以为下一步污水处理费的改革提供支撑。

④重庆再生水利用率分析表明当前污水再生利用水平极低且区域极不平衡。全国污水行业统计可纳入再生水利用率分析,以促进各省市尤其是缺水城市的可再生水推广利用。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2018 年中国城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. 2018 statistical yearbook of urban-rural construction in China [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2019.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2019 年中国城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. 2019 statistical yearbook of urban-rural construction in China [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2020.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2020 年中国城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. 2020 statistical Yearbook of Urban-Rural Construction in China [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2021.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2021 年中国城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Statistical Yearbook of Urban-Rural Construction in China(2021) [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2022.
- [5] 沈耀良. 城市污水处理技术: 走向低碳绿色[J]. 苏州科技大学学报(工程技术版), 2021, 34(3): 1-16.
SHEN Y L. Municipal wastewater treatment technology: Towards low carbon and green[J]. Journal of Suzhou University of Science and Technology (Engineering and Technology Edition), 2021, 34(3): 1-16.
- [6] 付加锋, 冯相昭, 高庆先, 等. 城镇污水处理厂污染物去除协同控制温室气体核算方法与案例研究[J]. 环境科学研究, 2021, 34(9): 2086-2093.
FU J F, FENG X Z, GAO Q X, et al. Collaborative control method and case study of greenhouse gases in urban sewage treatment plants[J]. Research of Environmental Sciences, 2021, 34(9): 2086-2093.
- [7] 重庆市住房和城乡建设委员会. 重庆市建设系统统计年鉴 2018[M]. 重庆: 中国统计出版社, 2019.
Commission of Housing and Urban Rural Development of Chongqing. Statistical yearbook of Chongqing construction system 2018[M]. Chongqing: China Statistics Press, 2019.
- [8] 重庆市住房和城乡建设委员会. 重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴 2019[M]. 重庆: 中国统计出版社, 2020.
Commission of Housing and Urban Rural Development of Chongqing. Chongqing statistical yearbook of housing and urban rural development system 2019[M]. Chongqing: China Statistics Press, 2020.
- [9] 重庆市住房和城乡建设委员会. 重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴 2020[M]. 重庆: 中国统计出版社, 2021.
Commission of Housing and Urban Rural Development of Chongqing. Chongqing statistical yearbook of housing and urban rural development system 2020[M]. Chongqing: China Statistics Press, 2021.
- [10] 重庆市住房和城乡建设委员会. 重庆市住房和城乡建设系统统计年鉴 2021[M]. 重庆: 中国统计出版社, 2022.
Commission of Housing and Urban Rural Development of Chongqing. Chongqing statistical yearbook of housing and urban rural development system 2021[M]. Chongqing: China Statistics Press, 2022.
- [11] 王洪臣. 我国城镇污水处理行业碳减排路径及潜力[J]. 给水排水, 2017, 53(3): 1-3, 73.
WANG H C. Carbon emission reduction path and potential of urban sewage treatment industry in China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 53(3): 1-3, 73.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市排水工程规划规范: GB 50318—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Code for urban wastewater and stormwater engineering planning: GB 50318—2017 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017.
- [13] 中国城镇供水排水协会. 城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
China Urban Water Association. Guidelines for carbon accounting and emission reduction in the urban water sector [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2022.
- [14] 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 中华人民共和国生态环境部, 中华人民共和国工业和信息化部. 污水处理及其再生利用行业清洁生产评价指标体系[S/OL]. (2019-08-28) [2022-11-15]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/gg/201909/W020191024490538661206.pdf>.
National Development and Reform Commission of the People's Republic of China, Ministry of Ecology and Environment of the

(下转第 143 页)

- assessment in rural river water, sediment and aquatic organisms in Wujiang District, Suzhou City [J]. World Latest Medicine Information, 2019, 19(46): 293-296.
- [13] 黄静伦. 基层政府财政预算绩效管理探究——以苏州市吴江区盛泽镇为例[J]. 市场周刊, 2017(11): 91-92, 101.
HUANG J L. Research on performance management of financial budget of grassroots government——Taking Shengze Town, Wujiang District, Suzhou City as an example [J]. Market Weekly, 2017(11): 91-92, 101.
- [14] 舒林. 基于水环境控制单元的襄河流域水污染防治研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2020.
SHU L. Research on water pollution prevention and control in Xianghe River Basin based on water environment control unit [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2020.
- [15] 黄娟, 逢勇, 邢雅因. 控制单元核定及水环境容量核算研究——以江苏省太湖流域为例[J]. 环境保护科学, 2020, 46(1): 30-36.
HUANG J, PANG Y, XING Y N. Study on control unit verification and water environmental capacity calculation——A case study of Taihu Basin in Jiangsu [J]. Environmental Protection Science, 2020, 46(1): 30-36.
- [16] 逢勇, 陆桂华. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
PANG Y, LU G H. Theory and application of water environmental capacity calculation[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [17] 汪益纯. 合并型乡镇交通与用地一体化规划策略研究——以苏州市吴江区桃源镇为例[C]. 成都: 2019年中国城市交通规划年会论文集, 2019.
WANG Y C. Research on integrated planning strategy of traffic and land use in integrated township——Case of Taoyuan Town, Wujiang District, Suzhou City[C]. Chengdu: Proceedings of the 2019 Annual Conference on Urban Transportation Planning in China, 2019.
- [18] 赵元元, 马一星. 水网地区都市近郊新市镇城市设计实践——以苏州平望新镇区为例[C]. 成都: 2020中国城市规划年会论文集, 2021.
ZHAO Y Y, MA Y X. Urban design practice of new towns in the suburbs of water network area; Case study of Pingwang New Town in Suzhou[C]. Chengdu: Proceedings of China Urban Planning Annual Conference 2020, 2021.
- [19] 平措卓嘎. 浅谈我国跨行政区河流域水污染治理管理机制[J]. 首都师范大学学报(社会科学版), 2012(s1): 187-189.
PINGCUO Z G. Discussion on the management mechanism of trans-administrative river basin water pollution[J]. Journal of Capital Normal University(Social Sciences Edition), 2012(s1): 187-189.

(上接第80页)

- People's Republic China, Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic China. Assessment index system of cleaner production in sewage treatment and recycling industry[S/OL]. (2019-08-28) [2022-11-15]. <https://www.ndrc.gov.cn/xgk/zcfb/gg/201909/W020191024490538661206.pdf>.
- [15] 郝晓地, 李季, 张益宁, 等. 污水处理行业实现碳中和的路径及其适用条件对比分析[J]. 环境工程学报, 2022, 16(12): 3857-3863.
HAO X D, LI J, ZHANG Y N, et al. Analysis on the path and applicable conditions of carbon neutrality in wastewater treatment industry [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2022, 16(12): 3857-3863.
- [16] 孙永利, 吴凡松, 李文秋, 等. 城市生活污水集中收集率和污水处理厂进水浓度问题的思考[J]. 给水排水, 2023, 59(1): 41-46.
SUN Y L, WU F S, LI W Q, et al. Reflections on the centralized collection rate of municipal sewage pollutants and the influent concentration of wastewater treatment plants[J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 59(1): 41-46.
- [17] 蒲贵兵, 古霞, 苏定江, 等. 基于等效原则的溢流污染物控制研究[J]. 给水排水, 2021, 57(2): 46-50.
PU G B, GU X, SU D J, et al. Study on overflow pollutants control based on equivalence principle [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 57(2): 46-50.