

## 城市污水污染物排放量和污水集中收集率的计算

Cao, Yeshi; Ding, Yongwei; Kroiss, H.; Gao, Chuangchuang; Van Loosdrecht, M.; Daigger, G. T.

**DOI**

[10.12030/j.cjee.202410015](https://doi.org/10.12030/j.cjee.202410015)

**Publication date**

2025

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Chinese Journal of Environmental Engineering

**Citation (APA)**

Cao, Y., Ding, Y., Kroiss, H., Gao, C., Van Loosdrecht, M., & Daigger, G. T. (2025). 城市污水污染物排放量和污水集中收集率的计算. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 19(2), 259-268.  
<https://doi.org/10.12030/j.cjee.202410015>

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.



# 城市污水污染物排放量和污水集中收集率的计算

曹业始<sup>1,✉</sup>, 丁永伟<sup>2</sup>, KROISS H<sup>3</sup>, 高闯闯<sup>2</sup>, VAN LOOSDRECHT M<sup>4</sup>,  
DAIGGER G T<sup>5</sup>

1. 中持水务股份有限公司研发分公司, 宜兴 214213; 2. 苏州市排水有限公司, 苏州 215021; 3. 维也纳工业大学水质和资源管理研究所, 维也纳, 奥地利 1040; 4. 代尔夫特理工大学生物技术系, 代尔夫特, 荷兰 2629 HZ; 5. 密歇根大学土木和环境工程系, 密歇根州, 美国 48109

**摘要** 城市污水集中收集率是城市污水系统运行效率的关键指标, 城市污水污染物排放量是计算城市污水集中收集率的必需参数, 但城市污水系统较高溢流量和缺乏溢流监测带来计算城市污水排污量的困扰。为此, 应用城市污水系统模型和用水、污水处理、常住人口数等常规市政数据, 首次提出了根据污水处理厂进水流量和负荷计算城市污水污染物排放量和污水集中收集率的 2 种方法。以面积约 110 km<sup>2</sup>、常住居民近 100×10<sup>4</sup> 人口的城区污水系统为例, 展示了应用 2 种方法的所需数据、具体步骤和计算结果, 分析了 2 种方法各自的适用性。对流动人口、工商业活动和人日排污量等因素对城市污水污染物排污量的影响和估算进行了讨论。2 种方法对当下国内和国外一些国家的城市污水排污量、污水集中收集率的计算和城市污水系统运行效率的评估, 具有现实意义。

**关键词** 城市污水排污量; 污水集中收集率; 污水溢流; 污水处理厂; 城市污水系统; 城市水环境

城市污水集中收集率涉及到城市污水源、管网和外水入侵、污水处理厂设计和运行、溢流和接受水体质量各方面, 是城市污水系统运行效率的关键指标, 也是影响城市水环境质量的重要参数之一。近几年来, 全国范围内开展了污水处理厂提质增效和管网更新改造等一系列行动, 基本上消除了黑臭水体现象, 城市水环境状态得到了显著改善。今年 (2024 年) 提出了新目标: 力争到 2027 年污水处理厂进水 BOD<sub>5</sub> 浓度高于 100 mg·L<sup>-1</sup> 的城市生活污水处理厂规模占比达 90% 以上或较 2022 年提高 5%, 同时城市生活污水集中收集率达 73% 以上, 推进雨季溢流污染总量削减<sup>[1]</sup>。为了控制和减少城市污水溢流污染, 发达国家已投入巨大资源, 但仍面临不少困难, 今年 (2024) 新修改的欧盟水框架指令提出了城市水污染物收集率的新指标<sup>[2]</sup>。国内外水业界都面临着一系列的新的任务和挑战<sup>[3]</sup>。

城市污水排污量是计算城市污水集中收集率的必需参数。对那些管网管理良好的分流制和有溢流记录的合流制系统 (如 1.2 引用的苏黎世 Werdhölzli 污水处理厂和维也纳污水处理厂), 发达国家常根据污水处理厂进口负荷和溢流记录直接计算城市污水排污量<sup>[4]</sup>, 但对于管网状态较差和缺乏溢流监测的城市污水系统, 污水集中收集率计算仍有待解决。就国内而言, 由于较多管网外来水入侵、污水处理厂较低的处理能力 (特别在雨季)<sup>[5-6]</sup>, 污水处理厂进水污染物负荷常是管网收集城市污水污染物负荷的一部分<sup>[7-8]</sup>, 加以缺乏溢流监测, 难以由污水处理厂进水负荷直接计算城市污水污染物负荷<sup>[6-7]</sup>。因此, 开发结合国内情况且相对简单、易用的计算城市污水污染物排放量和污水集中收集率计算方法有一定的迫切性。本研究提出了应用城市生活污水系统模型, 利用服务区内用水量、污水处理量和常住人口数等常规市政数据, 根据污水处理厂进水流量和负荷计算城市污水污染物排放量和污水集中收集率的 2 种方法, 并以面积约 110 km<sup>2</sup>、常住居民约 100×10<sup>4</sup> 人口的城区污水系统为例, 展示了应用 2 种方法的具体步骤, 分析了 2 种方法的适用性, 提出用于估算不同经济发展水平的城市污水排污量和污水集中收集率的经验公式。

收稿日期: 2024-09-26 录用日期: 2024-12-29

第一作者: 曹业始 (1949—), 男, 博士, 总工艺师, 研究方向为城市污水处理过程优化、新工艺开发和城市污水厂运行、区域水污染控制及环境政策等, cao\_yeshi1949@hotmail.com ✉通信作者

## 1 途径和方法

### 1.1 城市污水系统

城市污水系统包括(图 1): 城市活动, 供(用)水; 污水收集和输送系统(管网), 入侵管网外来水; 污水处理厂; 溢流排放和受纳水体。模型参数、计算公式和模型验证可详见文献<sup>[5-6]</sup>。

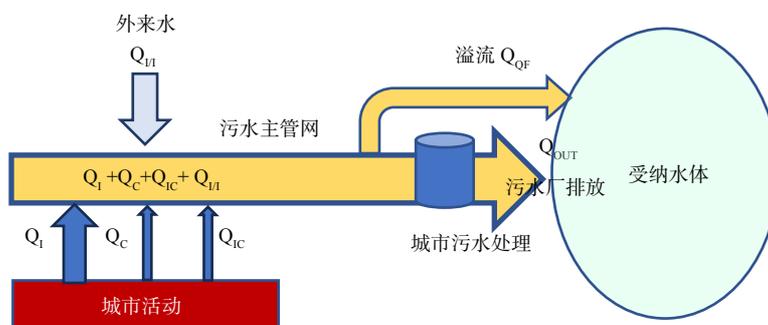


图 1 城市污水系统水量平衡简化模型

Fig. 1 The simplified model of hydraulic flow in urban sewage system

( $Q_i$ : 常住居民排放污水;  $Q_c$ : 通勤/旅行者排放污水;  $Q_{ic}$ : 工商业排放污水;  $Q_{in}$ : 外来水;  $Q_{of}$ : 溢流;  $Q_{out}$ : 污水处理厂出水,  $m^3 \cdot d^{-1}$ )  
( $Q_i$ : Sewage discharge from inhabitants activities;  $Q_c$ : Sewage discharge from commuters activities;  $Q_{ic}$ : Sewage discharged from industry and commercial activities;  $Q_{in}$ : Extraneous water into sewer pipes;  $Q_{of}$ : Overflow;  $Q_{out}$ : Effluent flow of sewage treatment plant,  $m^3 \cdot d^{-1}$ )

### 1.2 城市污水污染物的 3 类来源

城市污水集中收集率为污水处理厂进水的污染物负荷 (loadings of wastewater treatment plants, WL) 与污水管网收集的城市污水污染物负荷 (urban sewage pollutant loadings, UL) 之比 (WL/UL)。污水管网内未被输送到污水处理厂处理的污染物负荷称为污染物溢流负荷, 包括合流制系统溢流 (combined sewer overflow, CSO)、部分分流制系统的溢流 (separate sewer overflow, SSO) 和管网外漏的污染物负荷。溢流负荷对管网收集城市污水排放负荷 (UL) 之比为溢流比, 污水集中收集率+溢流比=1。城市污水集中收集率与污水处理厂进水浓度相关但有所不同: 满足污水处理厂进水 BOD 浓度要求并不意味着同时达到一定的污水集中处理率的要求<sup>[6]</sup>。

理解城市污水的来源和组成有助于计算城市污水排污量 (负荷, UL) 和污水集中收集率。城市污水排污量 (UL) 为 3 类活动排污量之和 (图 1、式 (1)): ①常住居民 (inhabitants) 生活活动产生的污水排污量 (负荷, IL), 可由人日排污量 PE (personal equivalent, 详见 2.3) 乘以常住居民数计算; ②流动人口 (commuters) (通勤/旅行者) 生活活动产生的污水排污量 (负荷, CL); ③工商业 (如食品加工、旅游业和餐饮等) 活动产生的污水排污量 (负荷, ICL)。

$$UL = IL + CL + ICL \quad (1)$$

由于部分常住居民和外地通勤者在城市污水系统服务区内工作, 上述 3 类排污量之间互有交叉。3 类负荷、特别是后 2 类对城市污水污染负荷的贡献随城市/地区不同的经济发展水平和产业结构而有所不同。因此, 城市污水排放负荷的计算具有一定的不确定性, 需要合理地简化。

实践中常用  $UL/IL (1 + (CL+ICL)/IL)$  比值表达流动人口和工商业污染负荷对 UL 的贡献大小<sup>[4,9-11]</sup>。工商业及旅游业经济发达地区, CL 和 ICL 对城市污水污染负荷的相对贡献不可忽略。瑞士苏黎世市常住居民  $45 \times 10^4$ , 另有每日  $25 \times 10^4$  通勤者 (许多来自邻近地区到该市工作, 早到晚归)。以苏黎世 Werdhölzli 污水处理厂进水 COD 负荷和人日 COD 排污量  $PE_{COD}/120 \text{ g} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  (详见 2.3) 作为单位的当量人口 (Population equivalents, 详见 2.3) 为当地常住居民数 1.3 倍, 表示该市污水排污量 (UL) 约为常住居民排污量 (IL) 的 1.3 倍<sup>[10]</sup>。奥地利维也纳常住居民  $190 \times 10^4$ , 另有每日  $19 \times 10^4$  流动人口 (主要是旅游者), 以维也纳污水处理厂进水 COD 负荷和  $PE_{COD}/120 \text{ g} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  作为单位的当量人口约为当地常住居民排污量 1.3 倍<sup>[11]</sup>。全德国和奥地利城市污水厂进水 COD 负荷与用  $120 \text{ g COD} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  为单位的当量人口与常住

居民数之比 2023 年分别为 1.28 和 1.45，德国各州此比值在 1.04~1.45 之间<sup>[4]</sup>。

新冠疫情期间与新冠疫情前相同期间污水处理厂进水特征的变化反映了流动人口和工商业活动对城市污水排污量的影响。2020 年 2 月至 4 月新冠疫情期间，北京部分外来务工人员 and 居民未从春节假期后返回，相当大部分商业活动暂停。相对于 2019 年相同期间，北京老城区污水处理厂的进水 COD 负荷减少了 34%<sup>[12]</sup>。同样，由于新冠疫情的影响，2023 年 3 月至 5 月期间，相对于 2022 年相同期间，上海老城区污水处理厂进水 COD 负荷减少了 38%<sup>[13]</sup>。与北京情况不同，在新冠疫情期间，上海城区进出人员很少，可基本排除流动人口的影响，工商业活动（ICU）暂停是污水处理厂进水负荷减少的主要原因。以上案例均为经济高度发达城市。3.1 将讨论不同经济发展水平和行业结构城区流动人口和工商业活动对城市污水排污量具体影响。

### 1.3 重要系统参数

1) 用水量、污水处理厂进水量和污清比。城市污水系统服务区内用水量（售水量）与服务区内管网收集的原污水（ $Q_I+Q_C+Q_{IC}$ ，图 1）有直接的数量对应关系，是表征城市污水系统不可或缺参数。欧洲一些国家的设计规范常将用（售）水量简化为城市活动排放的原污水量<sup>[9]</sup>，国内设计规范采用换算系数表示二者之间的数量关系（原污水量=售水量·换算系数）<sup>[14]</sup>。为了便于对比，本文将服务区用水量作为服务区的原污水量。如前所述，原污水量由 3 类活动组成。由于国内大多数一、二线城市内原有制造业已被移出城区，本文中工商业主要是服务业和旅游业。按专业惯例，3 类活动产生污水称为城市生活污水。污清比为污水处理厂进水（处理）量与对应服务区内用水量（原污水）之比<sup>[9,15]</sup>。除原污水外，污水处理厂进水量包括入侵管网外来水（ $I/I$ ）。当旱季渗漏水（infiltration）与入流水（in-flow）量较小时，设计污清比与国内设计指南截流比（污水雨季处理量/旱季处理量）<sup>[14]</sup>相近。污清比与污水集中收集率（溢流比）大小密切相关<sup>[4,6]</sup>，是表征城市污水系统性能的不可或缺参数之一<sup>[6-8]</sup>。

2) 人日排污量和当量人口。人日排污量的指标参数包括：COD、BOD、氮、磷和 SS<sup>[16-17]</sup>。其大小与经济发展水平相关，一般而言，发展水平越高，其值越大<sup>[17]</sup>。国内排水设计规范列出人日排污量范围<sup>[14]</sup>：40~60 g BOD·(人·d)<sup>-1</sup>（相当 80~120 g COD·(人·d)<sup>-1</sup>）、8~12 g N·(人·d)<sup>-1</sup>、0.9~2.5 g P·(人·d)<sup>-1</sup>。具有代表性的人日排污量值常用 PE（personal equivalent）表示，用作为计算污染量的单位。由污水处理厂进口污染物负荷（WL）除以 PE 值被定义为当量人口（population equivalents），广泛用于表示城市生活污水排污量（负荷）和城市污水厂设计<sup>[16]</sup>。将当量人口与 PE 相乘即得到以质量表达的相关污染量（负荷）。由于 PE 代表人日 24 h 内的排污量，部分常住居民在当地工商业就业，所以除了家庭和公共活动产生的排污量中相当大部分外，由公式 PE·常住居民数算得的常住居民生活排污量同时也包含了部分工商业活动排污量，进一步讨论见 3.1。

3) 稀释倍数。稀释倍数（dilution factor, DF）为污水管网里全污水量（原污水+外来水： $Q_I+Q_C+Q_{IC}+Q_{II}$ ，图 1）与管网收集城市活动排放原污水量之比，可由式 (2) 或 (3) 计算<sup>[5,18]</sup>。

$$DF = (SCWC \cdot \text{常住居民数} + Q_{II}) / (SCWC \cdot \text{常住居民数}) \quad (2)$$

$$DF = (PE_{COD}/SCWC) / COD_{IN} \quad (3)$$

式中：SCWC（specific comprehensive water consumption）为个人综合日均用水量，L·(人·d)<sup>-1</sup>； $Q_{II}$  为外来水量，m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>； $PE_{COD}$  为人日 COD 排放量，g·(人·d)<sup>-1</sup>； $COD_{IN}$  为污水处理厂进水浓度，mg·L<sup>-1</sup>。

稀释倍数数值表征了污水系统外水入侵程度，也是表征城市污水系统性能的不可或缺参数<sup>[19]</sup>。与稀释倍数（DF）对应的外水占比（管网中外来水与全污水之比）可由 (DF-1)/DF 计算。污水集中收集率由公式 (4) 计算<sup>[5,8]</sup>

$$\text{污水集中收集率} = \text{污清比} / \text{污水稀释倍数} \quad (4)$$

污清比/污水稀释倍数（污水厂处理量/污水管网里全污水量）≥1（100%）对应污水处理厂污水全收集和处理的，溢流可忽略不计。

稀释倍数用以研究和表征整个污水系统外水入侵（图 1）。系统内子系统（如居民小区、泵站服务区）或局部区域也有相对应外水入侵数值，这些数据对辨识系统内外水入侵分佈和程度不可或缺，但与整个系统

外水表征值没有直接相等关系。考虑现国内相当部分管网运行现状,应用夜间流量等方法<sup>[9]</sup>在靠近污水厂进水口处主干管实测系统外水入侵数据常有困难,故采用以进水浓度作为特征因子(稀释)<sup>[5,18]</sup>计算系统污水稀释程度。

模型假设包括<sup>[5,8]</sup>:①污水系统服务区内制造业很少,工商业活动排放的污水成分与生活污水相近;②管网里污水输送过程中降解和外来水污染忽略不计(“干净”外来水),污水在输送过程中充分混合,稳态;③系统边界可以是管网复盖的整个城市污水系统或子系统或局部区域。相关参数值选用和污水在管网中反应等对计算结果的影响将在 3.1 和 3.2 讨论。

## 2 结果

### 2.1 研究区域

本研究区域为长三角地区某市老城区。该市经济高度发达,服务业、旅游业繁荣,外来务工人员众多。老城区污水系统管理和运行效率详情可参见文献<sup>[20]</sup>。区内有 A、B 和 C3 座城市污水处理厂,设计总处理量为  $36 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,其中 A 污水处理厂  $18 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 、B 污水处理厂  $14 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 、C 污水处理厂  $4 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。排水系统采用分流制,污水主干长度约 310 km,支管长约 1 700 km,管网全覆盖,基本没有化粪池。由于地处河网地区,地下水水位和河道液位均较高。服务片区内没有其他污水处理厂和自备水源。售水量和污水处理厂进水量 5—9 月期间增加一般不超过 10%,全年变化不大。污水厂出水在全年基本不外加碳源情况下满足江苏省太湖地区排放标准(COD,  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $\text{NH}_4^+ \cdot \text{N}$ ,  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; TN,  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; TP,  $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )<sup>[21]</sup>。3 座污水处理厂服务面积约  $110 \text{ km}^2$ ,较老城区行政边界多约 5%。考虑一些老城区常住居民在相邻工业园区上班,将老城区常住居民数作为 3 座污水处理厂服务区常住居民数。本研究采用 2021 年数据:污水处理量  $34.2 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,用水量  $26.1 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,年均运行污清比 1.3,接近设计污清比 1.4。累计降雨量 1 580 mm。人均日综合用水量(SCWC)  $229 \text{ L} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$ 由 2020 年老城区行政边界人口普查常住居民数( $92.4 \times 10^4$  人口)和区内日售水量计算。据长三角区域发达城市的研究<sup>[22]</sup>,计算中采用的 PE 值为:  $120 \text{ g COD} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$ 、 $15 \text{ g N} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  和  $1.8 \text{ g P} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$ ,与西欧国家和新加坡的人日排污量相近<sup>[4,23]</sup>。

### 2.2 流量法

该法主要原理是应用稀释法<sup>[4,18]</sup>计算管网里全污水量,其与污水处理厂进水量差值为溢流量,污水处理厂进水量对全污水量之比即污水集中收集率。所需参数包括:SCWC、 $\text{PE}_{\text{COD}}$ 、污水处理厂进水流量和 24 h  $\text{COD}_{\text{IN}}$  流量加权浓度(进水粗格栅前集水井 24 h 混合样)、常住居民数。本节采用 A 污水处理厂说明流量法的应用,该厂服务区内常住居民数约  $46 \times 10^4$  人口,污水处理厂设计日均处理量  $18 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,2021 年日均处理量  $17.1 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,服务区内日均售水  $12.8 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,年均运行污清比 1.3。

图 2 呈现了 2021 年 A 污水处理厂进水 COD 浓度和对应的污水稀释倍数。表 1 陈列了雨、旱天和全年进水 COD 浓度均值、对应污水稀释倍数均值和污水集中收集率均值,其中雨天定义为日降雨量  $> 5 \text{ mm}$  当天与第 2 天,其余为旱天。由图可见,进水 COD 在  $90 \sim 800 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间变化,早、雨天浓度差别明显。雨、旱天进水浓度均高于指标要求的  $\text{BOD}_5 > 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ <sup>[1]</sup>,说明管网状态良好。稀释倍数在 1~6 之间变化,早、雨天差别明显,2021 年旱天均值为 1.5,相当于管网污水中外来水(流入水和渗漏水)为 1/3;雨天均值为 2.0,相当于管网中污水量一半为外来水;年均值为 1.7,相当于全年平均管网中外来水占比为 40%(表 1),与 2018 年实测数据<sup>[20]</sup>相符。

图 3 呈现了 2021 年与 A 污水处理厂相关流

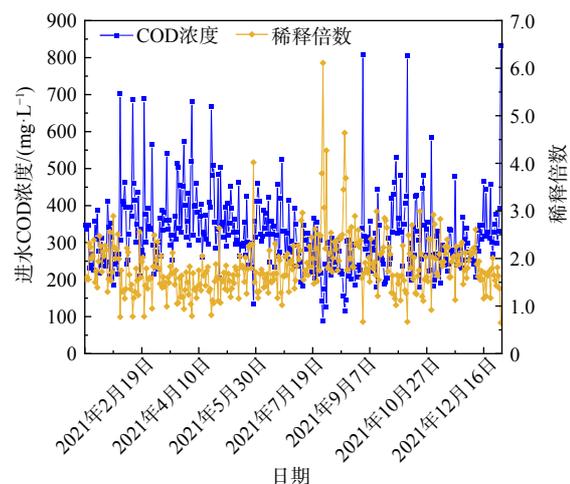


图 2 2021 年 A 污水处理厂进水 COD 浓度和对应污水稀释倍数

Fig. 2 The influent COD concentration of A-sewage treatment plant and the corresponding dilution factor in 2021

量和降雨记录，蓝线为计算得出的全污水流量，红线为污水处理厂进水流量（处理量），棕黄色为降雨量，绿色部分为全污水流量减去实际处理量，即溢流量。由图可见，整个雨季（5—9月）溢流频繁。7月28日的日降水达全年最大值133 mm，进水COD浓度下降至全年最低值 $90 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ （图2），全污水流量高达 $75\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，溢流量高达 $55\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，全污水和溢流量分别约为当天污水处理量的3.8倍和2.8倍；同时，进水负荷下降至最小值（详见2.2）。这些数据和与西欧国家的相关设计规范所强调的吻合：即使分流系统，仍存在雨水入侵管网，在一定条件下，其量可达数倍于收集的原污水<sup>[24]</sup>，因此在管网和污水厂设计和运行中不容忽视。雨季平均污水稀释倍数（2.0）大大超过设计（1.4）和运行污清比（1.3），是导致雨季溢流频繁的主要原因。图3同时显示，即使旱季污水处理厂进水日均COD浓度达 $355 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，仍有少量溢流发生，由于溢流量较少，对地表水水质影响易被忽略。

图4显示了2021年A污水处理厂管网内全污水量由小到大的分布、进水污水量和服务区日均售水量（原污水量）。由图可见，全年约250 d出现程度不同的溢流，其中约100 d全污水量是售水量的2倍，10 d全污水量是售水量的3倍。全污水量相当日均全污水量为 $22\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，实际污水处理厂A日均进水污水量为 $17.1\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，由于全污水浓度与污水处理厂进水浓度相同，流量比即为负荷比，可计算得到年均污水集中收集率为77%，大于指标要求的73%<sup>[1]</sup>，与此相对应的溢流比为23%。应用同样方法可算得旱、雨季污水集中收集率分别为89%和65%（表1）与此相对应的溢流比分别为21%和35%。若采用 $\text{PE}_{\text{COD}}/90 \text{ g COD}\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$ （相当 $45 \text{ g BOD}_5\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$ ），年均污水集中收集率将高达103%。可见，PE值对污水集中收集率有显著影响，选用适当的PE值是获取正确污水排污量和收集率条件之一，3.1将对此做进一步讨论。

由日均全污水（ $22\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ）和日用水量（ $12.8\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ）之差得日均外来水为 $9.2\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，占管网内全污水量的42%，为用水量（原污水量）的72%。由日均全污水和日均COD浓度（ $320 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）得污水处理厂服务区污水COD负荷（UL）为 $70400 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ ，以 $\text{PE}_{\text{COD}}/120 \text{ g}\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$ 为人日COD排放单位，此COD负荷相当 $58.7\times 10^4$ 当量人口，服务区常住居民 $46\times 10^4$ 人，当量

表 1 A 污水处理厂 2021 年旱、雨天和全年进水 COD 浓度、对应的污水稀释倍数和污水集中收集率平均值

Table 1 The average influent COD concentration, corresponding dilution factor and sewage collective ratio of dry, rainy days and the whole year of A-sewage treatment plant in 2021

类别	进水COD浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	稀释倍数	污水集中收集率
旱天	355	1.5	89%
雨天	277	2.0	65%
全年	320	1.7	77%

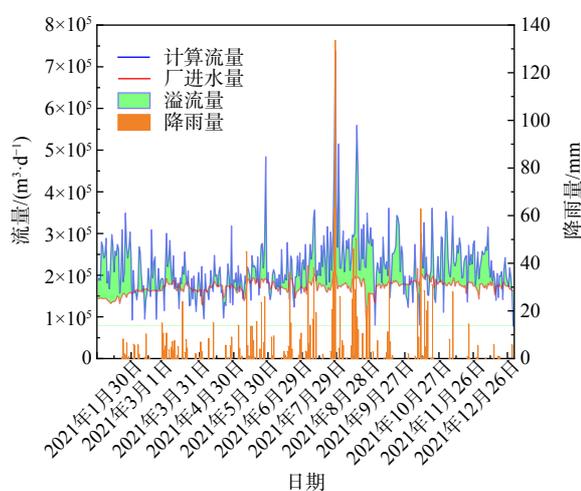


图 3 2021 年 A 污水处理厂进水污水量、计算全污水量、溢流量和降雨量<sup>[6]</sup>

Fig. 3 The actual influent flow, calculated full influent flow and overflow of A sewage treatment plant and precipitation in 2021

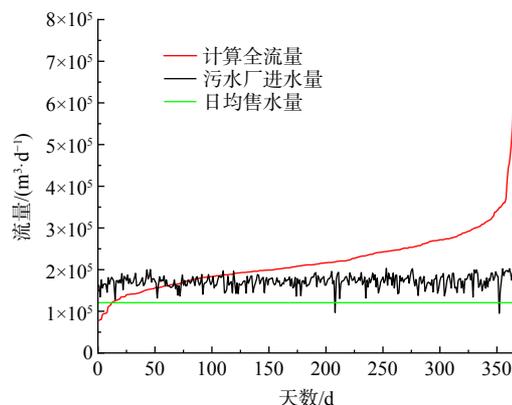


图 4 2021 年 A 污水处理厂计算全污水量分布图、污水处理厂进水量和售水量

Fig. 4 The calculated full inflow, actual influent flow of A sewage treatment plant and sale water volume at the service area of A sewage treatment plant in 2021

人口/常住居民数比为 1.27, 流动人口和工商业排放 COD 折算约  $12.7 \times 10^4$  当量人口, 约占城区污水 COD 负荷的 21.6%, 占常住居民排放 COD 负荷的 27.6%。

流量法原则上可用于计算日均、旱季和雨季甚至更短时间区段污水集中收集率和溢流量。当系统进一步按网格划分时, 结合在线网格流量和浓度数据, 该方法可用于计算各网格污水负荷、外来水、污水收集率和溢流量, 这些情况有助于加深对整个污水系统的理解, 提高污水系统更新、改造的投资效率<sup>[25]</sup>。

### 2.3 负荷法

该法以污水处理厂进口污染物负荷作为指标参数。大于常住居民排污量 (IL) 作为旱季负荷, 其平均值为城市污水排污量 (负荷, UL), 低于 IL 为雨季负荷。按此定义, 2021 年 3 厂雨天数在 140 d 左右。污水处理厂进口年平均负荷 (WL) 对旱季平均值 (UL) 之比为污水集中收集率。

图 5 显示了 2021 年老城区内 3 座污水处理厂进水 COD 日负荷和降雨量。共同特点: 5—9 月期间, 对应于低浓度进水、高稀释倍数和溢流负荷 (图 2、3), 污水处理厂进水 COD 负荷下降明显。7 月底大降雨数日内, A 污水处理厂进水 COD 负荷低至  $20\,000 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$  以下, 约为旱季最大值  $140\,000 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$  的 1/7; B 污水处理厂的 COD 负荷低至  $11\,309 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ , 约为旱季最大值  $105\,480 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$  的 1/9; C 污水处理厂负荷低至  $4\,040 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ , 约为旱季最大值  $20\,975 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$  的 1/5。氮和磷负荷呈现了同样的特征。

表 2 汇集了 3 座污水处理厂进水 COD 负荷相关参数值。呈现以下特点: ①城市污水排污量 (负荷, UL) 明显大于常住居民污水排放负荷 (IL), 3 厂各自当量人口/常住人口数分别为 1.27、1.23 和 1.24, 说明 3 厂服务区流动人口和工商业活动对城市污水排污量贡献显著; ②日均 COD 负荷 (WL) 与常住居民排放负荷 (IL) 相近, 为服务区污水排污量 (UL) 的 77%, 意味着年均 23% 老城区污水排污量经溢流排放; ③3 厂各自雨天进水日均 COD 负荷约为年均进水负荷 (WL) 80%、服务区污水排污量 (UL) 的 64%, 后者意味着雨季约 1/3 老城区污水经溢流排放, 与流量法算得 A 污水处理厂的值相近 (见 2.2); ④除 C 污水厂外, 其他 2 厂服务城区污水 COD 排污负荷 (UL) 约为设计值的 80%。

表 2 2021 年 3 座污水处理厂进水常住居民排污、全年和旱、雨天日均 COD 负荷和设计负荷值

Table 2 The average influent COD loadings of inhabitants, the whole year, dry and rainy days and the design COD loadings of the three sewage treatment plants in 2021

污水处理厂	进水日均常住居民 COD负荷 (IL) / ( $\text{kg COD} \cdot \text{d}^{-1}$ )	污水处理厂进水日均 COD负荷 (WL) / ( $\text{kg COD} \cdot \text{d}^{-1}$ )	旱天进水日均 COD负荷 (UL) / ( $\text{kg COD} \cdot \text{d}^{-1}$ )	雨天进水日均 COD负荷/ ( $\text{kg COD} \cdot \text{d}^{-1}$ )	设计进水日均 COD负荷/ ( $\text{kg COD} \cdot \text{d}^{-1}$ )
A污水处理厂	56 400	55 043	71 351	45 014	99 000
B污水处理厂	45 100	43 584	55 780	35 452	70 000
C污水处理厂	11 280	10 735	13 906	8 874	14 000
3厂和	112 780	109 362	141 037	89 340	183 000

由污水处理厂进水日均 COD 负荷 (WL) 和服务区污水排污量 (UL) 计算得 3 座厂污水集中收集率分别为 78%、78% 和 77%。与流量法算得的 A 污水处理厂值 (77%) 几乎相同 (见 3.2), 间接验证了 2 种方法的可行性。总人口当量/常住居民数比为 1.3, 与北京<sup>[12]</sup>、上海<sup>[13]</sup>、苏黎世<sup>[10]</sup> 和维也纳<sup>[11]</sup> 情况相近。

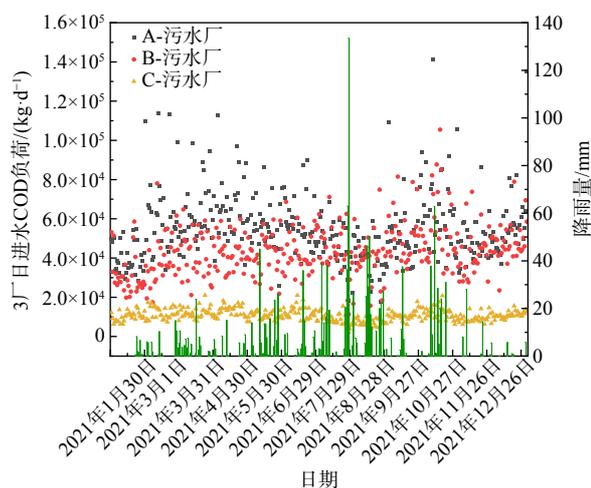


图 5 2021 年 3 座污水处理厂进水 COD 负荷和降雨量

Fig. 5 The influent COD loadings of the three sewage treatment plants and precipitation in 2021

由老城区 3 座污水厂旱季日均 COD 负荷之和  $141\ 037\ \text{kg COD}\cdot\text{d}^{-1}$  (表 2, UL), 可算得老城区城市污水总 COD 排污量, 其与 3 座污水处理厂常住居民 COD 排放量 (IL)  $112\ 780\ \text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$  (表 2) 的差值 ( $30\ 145\ \text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$ ) 来自通勤者和工商业活动, 约为城区污水 COD 负荷 (UL) 的 21.4%, 与流量法算得值 (21.6%) 几乎相同 (见 2.2)。若以  $\text{PE}_{\text{COD}}/90\ \text{g COD}\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$  (相当  $45\ \text{g BOD}_5\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$ ) 作为人日 COD 排放单位, 常住居民排放负荷 (IL) 将减少 25%, 污水集中收集率将大于 100%。与流量法一样, 选用适当的 PE 值对用负荷法准确计算污水集中收集率至关重要 (见 3.1)。

图 6 显示了 2021 年 A 污水处理厂日进水 COD 负荷由小到大的分布。低负荷 (左端) 对应雨天, 高负荷 (右端) 对应旱天。雨季期间, 管网内全污水量增加显著 (图 3), 但进水 COD 负荷明显下降 (图 6)。全年约 300 d 进水 COD 负荷低于或远低于设计值, 10 d 进水 COD 负荷高达  $120\ 000\ \text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$  (或以上), 约为设计负荷 ( $99\ 000\ \text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$ , 表 2) 的 1.2 倍, 出水水质仍满足排放标准, 同样的现象也适用于 B 污水处理厂和 C 污水处理厂。因此, 尽管维持硝化菌的数量以确保氨氮硝化是一个须注意的问题, 但一般而言, 生物处理单元能应对雨季进水污染负荷的变化。

为了进一步提高污水集中收集率 ( $\geq 85\%$ ), 该市老城区排水机构在积极筹划。①增加现有污水处理厂水力负荷 (例如, 将污清比提高到约 1.6, 即水力负荷由现在的  $36\times 10^4\ \text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  提高到  $42\times 10^4\ \text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ )。为此, 正在核算现有污水处理厂最大允许水力负荷 (特别是二沉池) 和可用于扩展土地面积。②研究采用调蓄池 (离线或在线) 的可行性, 包括其位置、容积和控制。③根据当地水文数据和投资—效益分析, 选择适宜污水处理厂污清比、调蓄容积和二者最佳配合<sup>[6]</sup>。④充分调查、研究现有管网的状态, 辨识需要重点修复的所在地段和具体位置, 在此基础上开展整治和修复<sup>[26]</sup>。

负荷法基于假定旱天管网内外渗漏很少, 城市污水污染物负荷几乎全被输送到污水处理厂。管网质量好, 算出结果越接近真实状态。但对那些管网外水入侵量较多的城市污水系统 (包括雨、旱季污水浓度变化不明显、旱季期间其污水处理厂进水负荷低于常住居民排放负荷) 或经济欠发达城市污水系统 (3.1 中第 3 类城市), 负荷法难于估算城市污水污染物负荷 (UL)。因此, 负荷法的应用限于那些管网质量较好、外水入侵量较少或经济发达的城市污水系统。

### 3 讨论

#### 3.1 3 类城市流动人口、工商业贡献和人日排污量

为了较快对城市污水集中收集率进行估算, 可按经济发展水平和产业结构, 将城市分为 3 类: 1 类, 直辖市、省会和部分一线发达城市, 这些城市的特点是外来务工和旅游者多, 服务业繁荣; 2 类, 中等发达城市, 净流动人员可不计, 服务业发展水平一般; 3 类, 欠发达的城市或城镇 (如内地部分城市或城镇), 服务业欠发达, 不少人员外出务工, 实际居住人口可能低于登记常住人口。2、3 类城市流动人口/工商业排污对城市污水排污量贡献不大或可忽略。3 类城市各自人日排污量 (PE) 也或有差别。表 3 列举了 3 类城市对应的流动人口/工商业影响、PE 值和当量人口/常住居民比和用于估算城区污水排污负荷 (UL) 公式, 其中 PE 值上下限可参见国内设计规范<sup>[14]</sup>。据此简化城区生活污水负荷 (UL) 的计算, 再由污水处理厂进水负荷 (WL) 对污水集中收集率进行初步估算。现有案例较多集中在 1 类城市, 2、3 类较少, 为获知经验公式中具体参数值和相对应的条件, 仍需积累更多案例。

污水系统服务区常与所在行政区划边界不完全重合, 而一般常住人口常依后者登记和计算。应根据 2 个区域面积差异大小计算污水系统服务区内常住人口数, 然后根据该地供水机构提供人日均用水量 (SCWC) 计算污水系统服务区内用水量。当服务区内有排污强度较大的制造业或工业园区, 可对城市污水系统模型加以修正: ①修订个人日排放负荷, 如增加 PE 值 (如  $\text{PE}_{\text{COD}} > 120\ \text{g}\cdot(\text{人}\cdot\text{d})^{-1}$ ); ②在质量平衡中加入单独的工业项, 如文献<sup>[12]</sup>所建议。

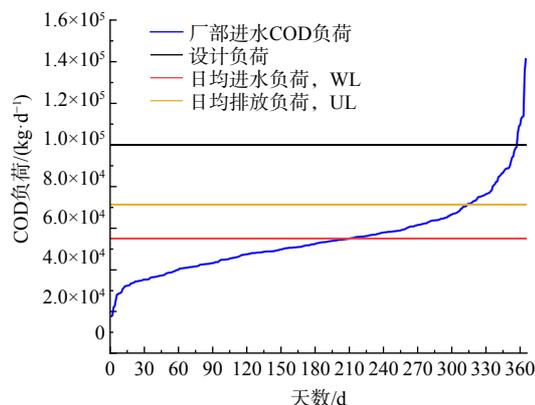


图 6 2021 年 A 污水处理厂进水 COD 负荷分布, 日均进水 COD 负荷和日均城市 COD 排放负荷

Fig. 6 Topography diagram of daily influent COD Loading and daily average influent COD loading of A sewage treatment plant and daily average COD loading of urban discharge in 2021

表 3 3 类不同经济发展水平城市流动人口、工商业对城市污水排污量影响和 PE 值、当量人口/常住人口数和  
建议用于初估 3 类城市污水排污量公式

Table 3 The influence of commuters, industry and commercial activities to urban sewage loadings, PE values、Population Equivalents/inhabitants and the proposed formulas for estimation of urban sewage loadings of three categories of the cities with different economic development levels

城市分类	流动人口/ 工商业影响	PE值	当量人口/ 常住人口数	初估城区污水负荷 (UL)公式
1类	+	上限	1.0~1.4	PE上限值·(常住人口数·(1.0~1.4))
2类	轻微	中间值	~1	PE中间值·常住人口数
3类	可忽略或负面	下限	~1	PE下限值·常住人口数

### 3.2 管网内污水输送过程中的物理、化学反应

污水在管网输送过程中经历的一系列复杂物理、化学过程是一个经典研究题目<sup>[27]</sup>。模型假设“干净”外来水的在一定程度上补偿了忽略 COD 的在线损失可能导致对计算结果的影响，低溶解氧浓度限制了氮的在线损失，与磷相关的生物和化学反应发生在液、固两相。因此，为简化起见，污水收集率计算常忽略碳、氮、磷在管网输送过程中的损失<sup>[4,18]</sup>。但当有机物在输送过程中有机物降解显著，如化粪池仍在广泛使用或固体沉积严重，忽略 COD 在线损失算出的溢出率可能高于实际值。在这样的情况下，可用总氮或总磷作为参数计算城市污水排污量和污水集中收集率<sup>[4,18]</sup>。本研究用总氮和总磷作为指标参数算得的 A 污水处理厂所在污水系统污水集中收集率与用 COD 作为指标参数算得到结果非常相近。为避免 COD 在线降解影响集中收集率计算，建议在有条件的情况下，除 COD 外，同时用总氮和总磷计算污水集中收集率。

### 3.3 中长期展望

本研究老城区所在城市经济高度发达，其污水系统运营效率在长三角、珠三角地区均属上游<sup>[20]</sup>。但与发达国家相比，主要差距：1) 污水处理厂进水浓度仍较低；2) 在目前城市污水集中收集率 78% 情况下，溢流较频繁。

对本研究中城市及老城区而言，缩小差距 1 的措施包括：①大幅度提高用水效率<sup>[28]</sup>，将人均日综合用水量 (SCWC) 由现在的  $230 \text{ L} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  降到约  $170 \text{ L} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$  的水平 (现若干西欧国家 SCWC 约  $150 \text{ L} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$ )<sup>[14,23]</sup>，由此将老城区供水从现在  $26 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  降到  $20 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，污水 COD 浓度由  $320 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  提高到约  $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；②对现有收集系统 (污水和雨水) 进行全面评估、升级和改造 (而非仅限于对现有管网的物理修复)<sup>[26]</sup>，将年均污水稀释倍数由现在 1.7 降到 1.4，日均全污水量由 2021 年  $44.2 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  减少到  $28 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。缩小差距 2 的措施包括：①扩大污水处理厂雨季处理能力，由 2021 年  $34.2 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  增加到  $48 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，污清比提高到 2.6；②结合调蓄和湿地等“灰绿”技术。在用水量减少、污水厂有限扩容的情况下，将污水集中收集率提高到 >95%，从根本上减少溢流<sup>[5-6,28]</sup>，通过进一步提高城市污水系统投资和运行效率，显著改善城市水环境质量。这些工作需要各相关部门遵循综合水管理原则，充分配合，结合经济—环境效益，老城区经济发展规划、人口、防洪、防涝和气候变化等因素，制定中长期 (5~10 年) 规划并加以执行。

## 4 总结

为进一步改进城市水环境质量，国内城市污水处理的重点正在由以污水体积为基准的高处理率转向以污染物质量为基准的高收集率。进一步增加城市污水系统投资和运行效率，提高城市污水集中收集率成为今后相当长时期内城市水环境保护任务之一。城市污水排污量是计算城市污水集中收集率的必需参数。除了流动人口和工商业活动产生的污染量，国内污水系统较高溢流量和城市经济发展不同水平是开发国内城市污水排污量计算方法需考虑的因素。

1) 本研究应用开发的污水系统模型，首次提出了 2 种计算城市污水排污量和污水集中收集率的方法：①应用污水处理厂进口流量推算城市污水排污量的流量法；②应用旱季污水处理厂进口污染物负荷推算城市污水排污量的负荷法。2 种方法可互为补充，负荷法应用限于那些管网质量较好、外水入侵量较少的城

市污水系统。为避免 COD 在线降解影响污水集中收集率计算,建议在有条件情况下,除 COD 外,同时用总氮和总磷计算污水集中收集率。当系统中有机物降解显著,如管网系统内仍大量使用化粪池或固体沉积严重,可用总氮或总磷作为参数计算城市污水排污量和污水集中收集率。

2) 成功展示了 2 种方法用于面积约 110 km<sup>2</sup>, 常住居民近 100×10<sup>4</sup> 人口的城区污水系统所需数据和具体步骤,并在计算过程中对系统运行进行了分析和评估。

3) 进一步讨论了流动人口、工商业活动和人日排污量等因素对城市污水污染物排放量的影响,提出了用于估算经济发展水平不同城市污水排污量的经验公式。

本研究所介绍的城市污水排污量的计算方法相对简单、易用,对当下国内和其它一些国家的城市污水系统污水集中收集率的计算和系统运行效率的评估,具有现实意义。

## 参考文献

- [1] 住房和城乡建设部,生态环境部,国家发展和改革委员会等. 深入打好城市黑臭水体治理攻坚战实施方案[R]. 北京: 2024.
- [2] European parliament. Directive (Eu) 2024/of the European parliament and of the council of concerning urban wastewater treatment (recast)[C]. Brussels, 2024: 11.
- [3] 王殿常,赵云鹏,陈亚松,等. 我国城市水环境治理的现状与困境分析[J]. 给水排水, 2023, 49(11): 25-31.
- [4] DWA Working group BIZ-1.1. Wastewater treatment plant neighbourhoods. performance report for municipal wastewater treatment plants trends of energy consumption[J]. DWA, International Special Edition 2022/2023: 12-19.
- [5] 曹业始, ABEGGLEN C, 刘智晓, 等. 改造国内当前污水管网需要综合考虑的四个因素[J]. 给水排水, 2021, 47(8): 125-137.
- [6] 曹业始, KROISS H, VAN LOOSDRECHT M, 等. 进一步改善城市网-厂-水体污水系统升级改造和运行效率的四点看法[J]. 给水排水, 2024, 50(4): 137-144.
- [7] DWA(德国水协会). Design of wastewater treatment plants in hot and cold climates October[R]. Hennef, Germany, 2019: 26-27.
- [8] 曹业始, 吴军, 刘智晓, 等. 改造国内污水管网系统需要综合考虑的四个因素: 定量分析[J]. 给水排水, 2022, 48(10): 45-55.
- [9] ATV, standard ATV-DVWK-A 198. Standardisation and derivation of dimensioning values for wastewater facilities: ISBN 3-924063-63-X[S]. Hennef: ATV, 2003: 12-13.
- [10] ERZ(苏黎世污水处理和回用局). The disposal and recycling department of Zurich[R]. Zurich: ERZ, 2020. <https://www.erz.ch>.
- [11] EBSWIEN(维也纳污水处理厂). Process and technical data [R]. Vienna: 2020. <https://wien.gv.at>.
- [12] 郑江, 李群, 刘垚, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情期期间城镇再生水厂低负荷运行实践[J]. 给水排水, 2020, 46(5): 1-7.
- [13] 周骅, 蒋玲燕, 薛松. 上海静默管理期间污水厂进水波动分析及运行策略[J]. 中国给水排水, 2022, 38(19): 1-7.
- [14] 上海住建委, 中华人民共和国国家标准. 室外排水规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021 年.
- [15] DNAVA(丹麦水协会). The wastewater companies sewer networks are challenged, in: Annual report[R]. Water In Figures, 2022: 50.
- [16] HENZE M, HARREMOËS P, JANSEN J L C, et al. Wastewater treatment: Biological and chemical processes[M]. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1997: 25.
- [17] METCALF & EDDY I AECOM. Wastewater engineering treatment and resource recovery[M]. Fifth Edition, 2014 by McGraw-Hill Education, New York: 216.
- [18] SOLA K J, BJERKHOLT J T, LINDHOLM O G, et al. Infiltration and inflow (I/I) to wastewater systems in Norway, Sweden, Denmark, and Finland[J]. Water, 2018, 10(11): 1696.
- [19] DIRCKX G, BIXIO D, THOEYE C, et al. Dilution of sewage in Flanders mapped with mathematical and tracer methods[J]. Urban Water Journal, 2009, 6(2): 81-92.
- [20] DAI X H, XU G Z, DING Y W, et al. Online storage technology of the separate sewage system: Demonstration study in a typical plain river network city[J]. Water 2022, 14: 3194.
- [21] 江苏省环保厅, 江苏省质量技术监督局. 太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值: DB 32/1072-2018[S]. 南京: 江苏省环境科学研究院, 2018.
- [22] 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(3): 1-6.
- [23] CAO Y S, TANG J G, M HENZE, et al. The leakage of sewer systems and the impact on the "black and odorous water bodies" and WWTPs in China[J]. Water Science and Technology, 2019, 79(2): 334-341.
- [24] DWA Standard DWA-A 118 Hydraulic. Dimensioning and verification of drain and sewer systems: ISBN: 978-3-940173-51-5[S], Hennef: DWA, 2006: 13-14.
- [25] VAN LUIJTELAAR H, BAARS E J. Digital planning of wastewater flows in the city of Amsterdam[M]. International Conference on Urban Drainage, 2002: 1-11.
- [26] SOLA K J, BJERKHOLT J T, LINDHOLM O G, et al. What effect does rehabilitation of wastewater pipelines have on the share of infiltration and inflow water (I/I-water)?[J]. Water, 2021, 13(14): 1934.
- [27] NIELSEN P H, RAUNKJÆR K, NORSKER N H, et al. Transformation of wastewater in sewer systems-a review[J]. Water Science and Technology, 1992, 25(6): 17-31.
- [28] 曹业始, KROISS H, VAN LOOSDRECHT M, 等. 城市污水系统的改造: 污水稀释倍数, 污水厂处理量和污水集中收集率[C]//中国工程院工程科技学术研讨会-第二届城市与重大基础设施韧性研讨会, 第七届城市防洪排涝国际论坛, 上海, 2024 年 11 月 19 日.

(责任编辑:陶雪)

## Calculation of municipal sewage pollutant loadings and centralized sewage collection ratio

CAO Yeshe<sup>1,\*</sup>, DING Yongwei<sup>2</sup>, KROISS H<sup>3</sup>, GAO Chuangchuang<sup>2</sup>, VAN LOOSDRECHT M<sup>4</sup>, DAIGGER G T<sup>5</sup>

1. CSD R & D Ltd., Yixing 214213, China; 2. Suzhou Drainage Co. Ltd., Suzhou 215021, China; 3. Vienna University of Technology, The Institute of Water Quality and Resource Management Vienna 1040, Austria; 4. Delft University of Technology, Biological Technology Department, Delft 2629, The Netherland; 5. The University of Michigan, Civil and Environment Engineering Department, Michigan 48109, USA

\*Corresponding author, E-mail: [cao\\_yeshi1949@hotmail.com](mailto:cao_yeshi1949@hotmail.com)

**Abstract** The centralized collection rate of urban sewage is a key indicator of the operational efficiency of urban sewage systems, urban sewage pollutant loading is an essential parameter for calculating the sewage collection ratio. The high overflow of urban sewage systems and lack of monitoring data pose difficulties in calculating sewage collection ratio. By using the urban sewage system model and regular domestic water consumption and sewage treatment information, this study first time proposed two methods, which were based on the influent flow and pollutant loadings of the sewage treatment plant to calculate the urban sewage pollutant loadings and sewage collection ratio. The applicability of two methods was demonstrated including the required data, specific steps, and calculation results by a case of an urban area with almost 110 km<sup>2</sup> square meters and nearly 100×10<sup>4</sup> inhabitants in a city in the Yangtze Delta area. The applicability of each method was discussed. Furthermore, the effects of the commuters, industry and commercial activities, personal discharge load on the estimation of sewage collection ratio in the cities at different levels of economic development are discussed and analyzed. The methods introduced in this study had practical significance for calculating the sewage collection ratio and evaluating the operation efficiency of urban sewage systems in China and part of the other countries.

**Keywords** urban sewage pollutant loads; centralized collection rate of urban sewage pollutants; sewage overflow; urban sewage systems; municipal wastewater treatment plants; urban aquatic system