

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2026.07.005

降精度抄表对居民水量总分差不确定性的影响规律

钟子哲^{1,2}, 许萍¹, 刘阔³, 赵顺萍³, 孔祥达³, 徐强²,
胡承志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. 中国科学院生态环境研究中心 区域环境安全全国重点实验室环境水质学重点实验室, 北京 100085; 3. 北京市自来水集团有限责任公司, 北京 100031)

摘要: 供水管网区域总表与居民分表的水量计量差(总分差)是评估区域漏损的重要依据,其准确性至关重要。然而,在居民户表的实际水量计量中,普遍存在“降精度抄表”现象,可能导致总分差分析的统计误差,进而影响漏损评估结果。但目前对“降精度抄表”带来的定量影响缺乏研究。为此,收集了北京市20 000个居民户表的日用水量数据,计算了不同居民用户规模、抄表周期和计量精度组合时产生的总分差率,并量化了其不确定性区间宽度(UIW)。结果表明,随着用户规模和抄表周期的增加以及计量精度的提高,总分差率的离散程度逐渐减小,UIW呈现明显的下降趋势;当计量精度为0.01 m³时,可保证UIW达到可忽略的水平;但在计量精度为1 m³时,需达到一定的用户规模和抄表周期,以将UIW控制在2%以下为例,抄表周期分别为1、2、3和4周时,对应的最小用户规模分别为4 000、1 000、400和300户。该研究结果为居民总分差的准确分析提供了重要依据。

关键词: 区域漏损; 总分差; 降精度抄表; 不确定性; 计量精度

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2026)07-0032-07

Influence of Reduced-precision Meter Reading on Uncertainty of Residential Total Integrated Flow Difference

ZHONG Zizhe^{1,2}, XU Ping¹, LIU Kuo³, ZHAO Shunping³, KONG Xiangda³,
XU Qiang², HU Chengzhi²

(1. *Key Laboratory of Urban Stormwater System and Water Environment <Ministry of Education>, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China*; 2. *Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, State Key Laboratory of Regional Environment and Sustainability, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China*; 3. *Beijing Waterworks Group Co. Ltd., Beijing 100031, China*)

Abstract: The water metering difference between the total meter and residential sub-meters in a regional water supply pipe network (total integrated flow difference) serves as a crucial basis for evaluating regional water leakage, and its accuracy is of paramount importance. However, in the actual water metering of residential sub-meters, the phenomenon of “reduced-precision meter reading” is widespread. This phenomenon may lead to statistical errors in the analysis of the total integrated flow

基金项目: 国家自然科学基金资助面上项目(52170105)

通信作者: 徐强 E-mail: qiangxu@rcees.ac.cn

difference, thereby affecting the results of leakage assessment. Currently, there is a lack of research on the quantitative impact caused by “reduced-precision meter reading”. To address this gap, daily water consumption data from 20 000 residential meters in Beijing were collected. The total integrated flow difference rate generated under combinations of different residential user scales, meter reading cycles, and metering accuracies was calculated, and its uncertainty interval width (UIW) was quantified. The results showed that with the increase in user scales and meter reading cycles, as well as the improvement of metering precision, the degree of dispersion of the total integrated flow difference rate gradually decreased, and the UIW showed an obvious downward trend; when the metering precision reached 0.01 m^3 , the UIW could be maintained at a negligible level; however, when the metering precision was 1 m^3 , a certain user scale and meter reading cycle were required. Taking controlling the UIW below 2% as an example, the minimum user scales corresponding to meter reading cycles of 1 week, 2 weeks, 3 weeks, and 4 weeks were 4 000 households, 1 000 households, 400 households, and 300 households respectively. The findings of this study provide essential guidance for the accurate analysis of residential total integrated flow differences.

Keywords: regional water leakage; total integrated flow difference; reduced-precision meter reading; uncertainty; metering precision

供水管网漏损是国内外供水单位面临的普遍问题,而漏损的量化分析对解决漏损问题至关重要。漏损量化中最重要的一个指标是总分差,即在一个确定的区域范围内,区域总表计量水量与区域内分表计量水量之和之间的差异。近年来,针对居民住宅区,建设独立计量区(DMA)成为一项重要的漏损控制措施,它可以有效地支撑区域漏损的分析与评估,提高漏损分析与控制的精细程度^[1-2]。因此,总分差也常常在DMA中进行应用,来量化区域漏损^[3],包含总表与分表之间的管道漏失水量,以及总表和分表各自的计量误差。其中,造成计量误差的原因包括水表老化^[4]、口径选型不匹配^[5]、管网压力^[6]、数据缺失^[7]等。水表老化导致内部机械部件磨损或电子元件灵敏度退化,水表口径选型不当会使实际流量超出过载流量或长期低于分界流量,管网压力影响水流流态和始动流量,数据缺失导致计量数据统计错误。而管道漏失水量则依赖于总分差分析和计量误差分析。因此,在表具计量误差一定的情况下,为了准确分析管道漏失水量,必须保证总分差统计的准确性。

然而,总分差的准确性受到水量统计方式的影响较大,主要来源于统计居民分表读数时的“降精度抄表”现象。所谓的降精度抄表是指在读取水表读数时,人为地对数据进行截尾或四舍五入处理,

例如水表读数是 12.345 m^3 ,而记录的读数是 12 m^3 。如此读数降精度之后,相邻两个统计时刻的用水量就相应地产生了误差。在实际中,一个区域(特别是规模较小时)的统计总分差经常会出现剧烈波动的情况,给漏损分析带来了很大困难,这很大程度上就是降精度抄表造成的。然而,降精度抄表对总分差的计算结果到底产生多大影响,以及受何因素影响还缺少相应研究,制约了总分差应用的效果。

可以推测,统计规模应是一个重要的影响因素。这里的规模既包括统计的居民户数(空间规模),也包括统计时长(时间规模)。张佳欣等^[8]分析了居民用水模式与采样规模的关系,认为当规模达到2 000户日(一户日为一户一日的的数据)时,便可以得到稳定的用水模式。这说明增加居民规模可以有效降低数据的随机误差。此外,数据精度也是一个重要的影响因素。王子麒等^[9]基于DMA的流量数据,探讨了计量精度对流量模式的影响,发现当数据精度从 0.1 L 逐渐降至 1 m^3 的过程中,DMA呈现的流量模式会发生显著变化。上述研究明确了统计规模和计量精度是水量统计的重要影响因素,但其如何定量影响居民用户总分差尚不明确。针对这一问题,收集了北京市20 000个居民水表的日用水量数据,分析了用户规模、抄表周期和计量精度对总分差的影响规律,对完善DMA抄表管理策

略,提升总分差的准确性具有重要的指导意义。

1 数据采集与研究方法

1.1 数据采集

收集了北京市 53 个居民住宅小区共计 23 676 块居民水表 2023 年 1 月 1 日—29 日(冬季,代表用水量较小的情况)、7 月 1 日—29 日(夏季,代表用水量较大的情况)的日用水量数据用于分析。数据通过用户智能水表采集,计量精度为 0.001 m^3 。对上述原始数据进行初步分析后发现,有部分水表存在数据缺失或负值等异常,对存在数据异常的样本进行了剔除,得到了 21 551 个有效样本。然后,从中随机选取了 20 000 个样本用于后续分析。

对 1 月和 7 月的日均用水量进行了统计分析,结果见图 1。可以看出,7 月份与 1 月份相比,日均用水量明显偏向于高用水量区间。例如,平均用水量 $<200 \text{ L/d}$ 的用户占比在 1 月份超过 62.9%,而在 7 月份为 56.8%;平均用水量 $>800 \text{ L/d}$ 的样本占比在 1 月份为 0.88%,而在 7 月份为 1.51%。就户均用水量而言,1 月份为 185 L/d ,7 月份为 212 L/d 。

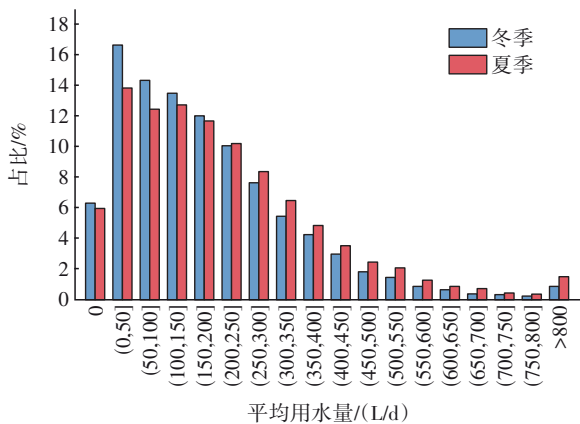


图 1 日均用水量占比直方图

Fig.1 Histogram of daily average water consumption distribution

1.2 研究方法

1.2.1 总分差率分析流程

独立计量区用户数一般不超过 5 000 户,因此,针对所采集的样本设置了 16 组用户规模,分别为 50、100、200、300、400、500、600、700、800、900、1 000、1 500、2 000、3 000、4 000、5 000 户。同时,设置了 4 种抄表周期(1、2、3 和 4 周)和 4 个计量精度 (0.001 、 0.01 、 0.1 和 1 m^3),用以系统评估不同计量参数组合对 DMA 总分差率统计的影响。

在数据集中,针对一定的用户规模 s ,随机无放回抽取 s 个样本;将抽出的样本组计算抄表周期 t 及计量精度 p 时总分差率;重复上述步骤,直至将总体中的样本耗尽或不足预设规模 s 为止;统计该规模下总分差率的分布特征。依次完成所有用户规模、抄表周期和计量精度条件下的总分差率计算。针对某些变量条件下总分差率样本量不足的情况(例如用户规模为 5 000 户、抄表周期为 4 周时,仅有 4 个总分差率数据),通过对样本组内各样本的初始读数进行重置,基于新的初始读数重新计算总分差率。最终确保任意三个变量组合条件下,总分差率数据不少于 200 个。图 2 给出了整体流程。

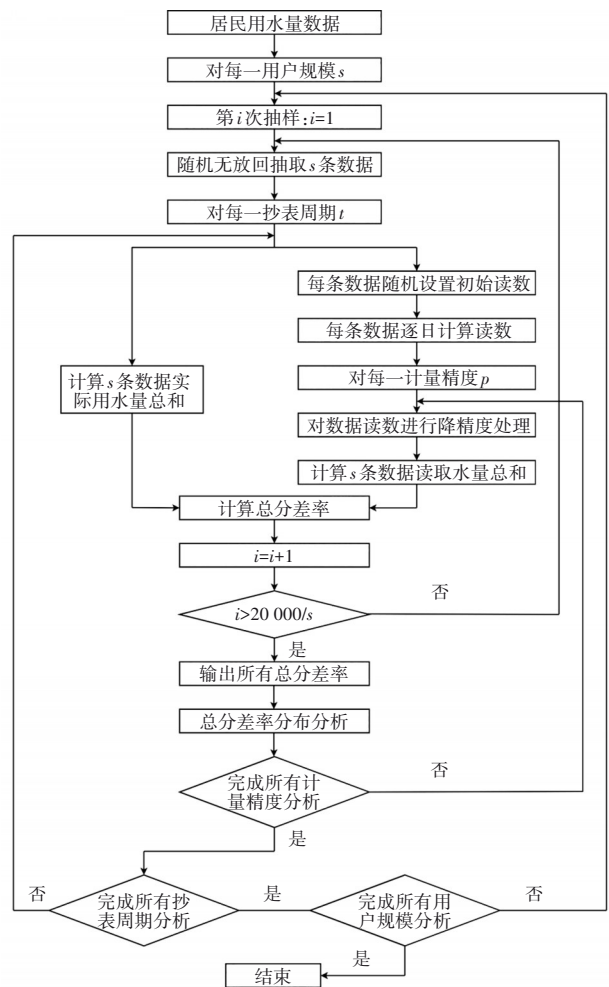


图 2 总分差率统计分析流程

Fig.2 Flowchart of total integrated flow difference rate statistical analysis

1.2.2 总分差率的计算方法

对任意 s 规模,首先计算抄表周期 t 时的实际用水量总和,作为总表数据(这里假设该 s 个用户由一

块高精度的水表计量总水量,并忽略其本身的计量误差)。然后为每个样本均匀随机分配初始读数,其中整数部分可任意设置,原因是本研究考虑的降精度最低降至整数位,在计算一段时间内用水量时,期末值减期初值后,整数部分将被消掉;而小数部分则假设均匀随机分布在0~1之间,精度为 0.001 m^3 ;初始读数设置完成后,基于抄表周期 t 内的实际用水量计算抄表周期末的读数。之后按一定的计量精度 p 对水表读数进行降精度处理(采用数据截尾和四舍五入两种方法,将高精度数据降为低精度数据),由降精度后的抄表周期末读数总和减去初始读数总和,计算读取水量总和,作为分表数据。根据实际用水量总和(总表数据)与读取水量总和(分表数据),计算用户规模 s 、抄表周期 t 及计量精度 p 条件下的总分差率。降精度后的读取水量与总分差率计算方法分别如式(1)和式(2)所示。

$$V_p = R_{t,p} - R_{0,p} \quad (1)$$

$$N_p = (V_p - V)/V \times 100\% \quad (2)$$

式中: V_p 是精度为 p 时的水表样本读取水量总和, m^3 ; $R_{t,p}$ 和 $R_{0,p}$ 分别是精度为 p 、抄表周期为 t 时期末和期初累计读数总和, m^3 ; N_p 为总分差率(即读取水量与实际水量的差率),%; V 为样本组内各样本实际用水量总和, m^3 。

1.2.3 总分差率的不确定性区间宽度计算

对特定组合条件下总分差率的初步分析发现,其均符合正态分布,并采用KS正态性检验(显著性水平为0.05,原假设为“总分差率服从正态分布”),结果发现各组合下总分差率的检验 p_{est} 值均远大于0.05,表明可接受原假设,即总分差率的分布特征与正态分布具有良好的拟合一致性。因此,本研究基于正态分布计算各条件下总分差率的置信区间,并以区间宽度表征总分差率的不确定性区间宽度(UIW)。UIW计算方法见式(3)。

$$\text{UIW} = 2 \cdot z_{\alpha/2} \cdot S \quad (3)$$

式中: S 为所有总分差率的样本标准差; $z_{\alpha/2}$ 为标准正态分布的双侧临界值,在95%置信区间下, $\alpha=0.05$, $z_{0.025}=1.96$ 。

2 结果与讨论

分析了不同规模和抄表周期条件下总分差率的分布,明确了UIW在不同条件下的变化规律,以及季节和降精度方法对结果的影响。其中,2.1节

至2.3节均是采用1月份数据和数据截尾降精度方式的结果,2.4节是数据截尾降精度方式下1月份与7月份的结果对比,2.5节是基于1月份数据对比数据截尾和四舍五入两种降精度方法的结果。

2.1 不同用户规模下的总分差率分布

分析了所有用户规模下的总分差率分布,发现其均为正态分布。采用1月份数据,当抄表周期为4周、计量精度为 1 m^3 时不同用户规模的总分差率分布见图3。

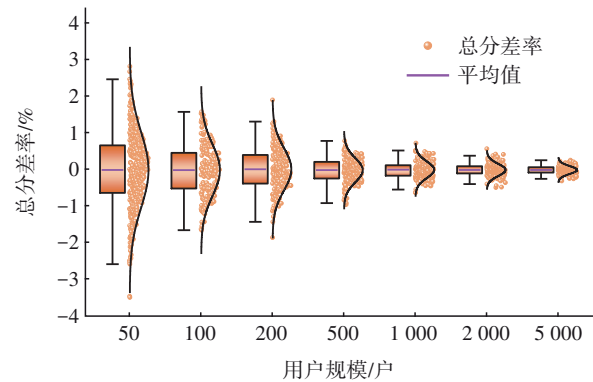


图3 抄表周期为4周、计量精度为 1 m^3 时不同用户规模下总分差率的分布

Fig.3 Distribution of total integrated flow difference rates under different user scales with meter reading cycle of 4 weeks and metering precision of 1 m^3

从图3可以看出,总分差率的离散程度随用户规模的增加逐渐减小。用户规模为50户时,总分差率分布在 $-4\% \sim 3\%$,95%置信区间宽度UIW(以下所述UIW均为95%置信区间下的值)为4.06%;当用户规模扩大为500户时,UIW降低至1.29%;当用户规模达到3000户时,UIW进一步降低至0.52%,此后随着用户规模增大,UIW稳定在0.5%以下,即使用户规模进一步增加,也无法使总分差率范围显著收窄。上述结果说明,即使是抄表周期达到4周(相当于1个月,为典型的供水单位对居民用户的抄表周期),当DMA户数较少时,由于居民户表的数据被降精度到了 1 m^3 ,也会产生较大的总分差率随机误差,进而影响DMA漏损分析的准确性。解决这一问题的方法是,尽量增大分析的用户规模,即避免建设规模过小的DMA。与张佳欣等^[8]的研究结果类似,增大用户规模可显著降低不确定性,但其关注用户规模对用水模式曲线的影响,而本研究重点关注降精度抄表条件下用户规模对总分差率的影响。

2.2 不同抄表周期下的总分差率分布

分析了不同抄表周期下的总分差率分布,发现其均为正态分布。以 200、500、1 000 和 2 000 户 4 个常见 DMA 用户规模和 1 m^3 计量精度为例,不同抄表周期的总分差率分布如图 4 所示。

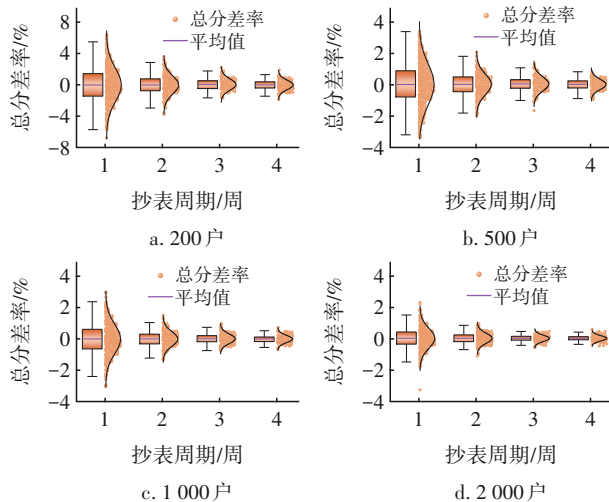


图 4 计量精度为 1 m^3 时不同抄表周期下总分差率的分布
Fig.4 Distribution of total integrated flow difference rates under different meter reading cycles with metering precision of 1 m^3

从图 4 可以看出,总分差率的离散程度随抄表周期的增加逐渐减小。以 200 户的用户规模为例,当抄表周期为 1 周时,UIW 为 8.32%;当抄表周期延长为 4 周时,UIW 降低至 2.28%。在其他用户规模下,也均呈现出 UIW 随抄表周期增加而降低的规律。这说明,为了提高总分差率分析的准确性,在 DMA 规模已固定无法增加的情况下,可以通过增加抄表周期来减少总分差率的不确定性。从图 3 和图 4 总分差率的 UIW 分布可知,各次计算的总分差率有正有负,这也是在实际中供水单位分析 DMA 的总分差时,结果“时正时负、时大时小”的主要原因所在。因此,在实际中增大 DMA 规模和增加抄表周期,是减小户表降精度所致误差的重要措施。

2.3 不同条件下的总分差率 UIW 变化规律

图 3 和图 4 为特定条件下总分差率的分布情况,而图 5 反映了各变量组合条件(用户规模、抄表周期、计量精度)下的 UIW。当用户规模和抄表周期固定时,总分差率的 UIW 随着计量精度的提高而减小。高精度(0.01 m^3)计量始终对应最小的 UIW,即使在用户数量较少、抄表周期较短的情况下,仍

能有效压缩 UIW。相比之下,低精度(1 m^3)计量的 UIW 始终最大。每提升一个计量精度($1 \text{ m}^3 \rightarrow 0.1 \text{ m}^3$, $0.1 \text{ m}^3 \rightarrow 0.01 \text{ m}^3$),UIW 降幅约为 90%,这是因为更高的计量精度能更精准地记录用水量,减少了统计误差。王子麒等^[9]分析了计量精度对 DMA 入口流量模式真实性的影响,认为精度达到 0.01 m^3 时,可基本保证 DMA 入口流量模式的准确性,而本研究则进一步明确了计量精度达到 0.01 m^3 时,总分差率的统计误差在各种用户规模和抄表周期下均可降至可忽略的程度(低于 0.2%)。

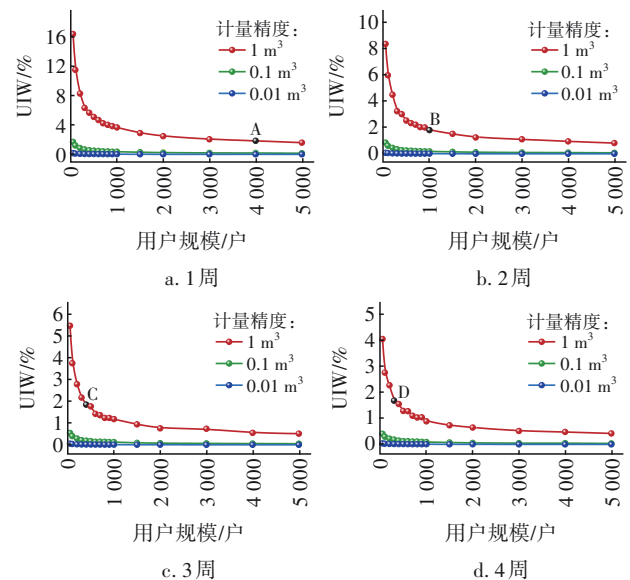


图 5 不同条件下的总分差率 UIW

Fig.5 UIW of total integrated flow difference rate under different conditions

当计量精度和抄表周期固定时,总分差率的 UIW 随着用户规模的增加而降低,且前期迅速下降,后期缓慢降低。以抄表周期为 4 周、计量精度为 1 m^3 时为例,在用户规模从 50 户增加到 5 000 户的过程中,UIW 从 4.06% 下降至 0.42%,这表明用户规模越大,个体用户的降精度抄表带来的误差在整体中互相抵消。

当计量精度和用户规模固定时,总分差率的 UIW 随着抄表周期的延长而降低。以用户规模为 200 户、计量精度为 1 m^3 时为例,在抄表周期由 1 周增加到 4 周的过程中,UIW 从 8.32% 下降至 2.28%,这表明较长的抄表周期包含更多的用水行为,减少了短期用水统计时降精度抄表带来的误差。

2.4 季节因素对总分差率 UIW 的影响

居民用水量存在显著的季节差异性,整体呈现

出夏季高、冬季低、春秋两季介于二者之间的规律^[10]。本研究中,1月和7月的户均用水量平均值分别为185和212 L/d。为了探究季节因素对总分差率UIW的影响,分别采用1月和7月的数据,对比分析了计量精度为1 m³、抄表周期为1周和4周时的总分差率UIW,结果如图6所示。

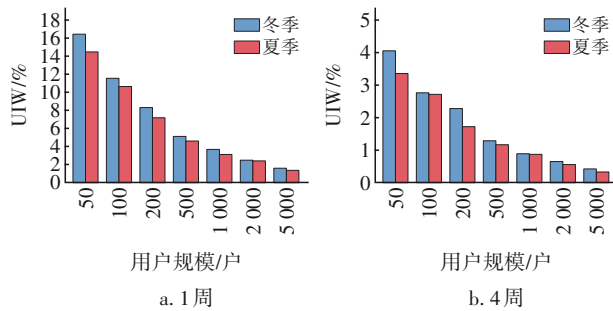


图6 计量精度为1 m³、抄表周期为1周和4周时不同季节的总分差率UIW

Fig.6 UIW of total integrated flow difference rate under different seasonal conditions with metering precision of 1 m³ and meter reading periods of 1 week or 4 weeks

从图6可以看出,在抄表周期为1周和4周时,相比于冬季,各用户规模下夏季的总分差率UIW均有所下降,相对降幅为1.7%~24.4%,平均为11.9%,而夏季户均日用水量较冬季提升约14.6%。这说明用水量的增加,可有效降低UIW。前述结果中用户规模与抄表周期的增加,本质上也是增加统计范围内的用水量。基于居民用水量的季节变化规律,可以推断出春秋两季的总分差率UIW介于夏冬两季之间。

2.5 降精度抄表对总分差率UIW的影响

针对数据截尾法与四舍五入法这两种常见的降精度抄表方式可能带来的水量总分差率影响,本研究针对前述用户规模、抄表周期、计量精度条件,对比分析了两种方法下UIW的差异,发现两种方法得到的结果几乎完全一致。

以1月份样本截尾法得到的UIW为横坐标,四舍五入法得到的UIW为纵坐标进行线性拟合,得到线性拟合方程 $y=x$,决定系数(R^2)为99.9%,这表明截尾法与四舍五入法引起的总分差率UIW无显著差异。以1 m³的计量精度为例,该现象原因在于:从单次抄表读数误差来看,截尾法为舍弃读数小数部分仅保留整数位,其单次读数误差区间为(-1,0] m³;四舍五入法是以0.5 m³为进舍分界点,其单次读

数误差区间为(-0.5,0.5] m³。而用水量统计误差为两个单次抄表读数误差的差值,因此两种抄表方式的用水量统计误差区间均为(-1,1) m³,且整体呈对称分布。

2.6 总分差率统计准确性的保障策略

上述结果表明,用户规模增加、抄表周期延长以及计量精度提高均能降低总分差率的UIW。在统计学中,降低随机误差的方法包括提高单次测量精度和增大样本量两种。因此,对应本研究内容,提高单次测量精度的方法是提高计量数据的精度,即在总分差分析时,保留水表数据的更多小数位数;增大样本量的方法则是增加DMA的用户数或拉长分析周期。因此,对各变量在实际中的应用给出了优化策略。

在实际中,供水单位统计的用户用水量数据大多仅保留至整数位,但应用了智能水表的用户,其用水量原始数据具备保留多位小数的功能。因此,在总分差分析中,建议采用精度达0.01 m³和0.1 m³的数据,此时,在任意的户数与抄表周期下,UIW均低于2%(见图5),可保证总分差率的统计具有较高准确性。

若水量数据仅能保留至整数位,为了保证单次总分差率统计具有较高的准确性,供水单位则可根据所期望的UIW确定相关的用户规模和抄表周期。例如,若以2%作为期望的最大UIW,在计量精度为1 m³时,4种抄表周期(1、2、3和4周)对应的最小用户规模如图5中黑球点A、B、C、D所示,分别为4000、1000、400和300户。其含义是,若抄表周期为1周,则至少需要统计4000户的用水量数据;若抄表周期为2周,则至少需要1000户;若抄表周期为3周,则至少需要400户;若抄表周期为4周,则至少需要300户。反过来,若用户规模已确定,也可根据图5所示的曲线,获得满足期望UIW时的最短抄表周期。该结果可以为合理设定用户规模和抄表周期提供依据。

3 结论

① 随着用户规模和抄表周期的增加以及计量精度的提高,总分差率的离散程度逐渐减小,UIW呈现明显的下降趋势,且在初期迅速下降、后期缓慢降低。

② 为了保证总分差率统计结果的准确性,

DMA规模不宜过小。若以UIW<2%作为总分差率最大允许误差的临界点,在计量精度为1 m³条件下,4种抄表周期(1、2、3和4周)对应的最小用户规模分别为4 000、1 000、400和300户。

③ 用户水量的计量精度达到0.01 m³时,则UIW可低于0.2%,可以大幅提升总分差率统计的准确性。

④ 针对现状规模偏小的DMA(如少于500户),建议至少以月为周期进行总分差率统计分析,从而减小因数据精度不足导致的分析误差。

参考文献:

- [1] 宋浩浩,孔祥达,侯本伟,等. 基于流量监测数据的DMA用水特征分析[J]. 中国给水排水, 2025, 41(5): 44-51.
SONG H J, KONG X D, HOU B W, et al. Analysis of DMA water consumption characteristics utilizing flow monitoring data[J]. China Water & Wastewater, 2025, 41(5): 44-51 (in Chinese).
- [2] SPEDALETTI S, ROSSI M, COMODI G, et al. Improvement of the energy efficiency in water systems through water losses reduction using the district metered area (DMA) approach[J]. Sustainable Cities and Society, 2022, 77: 103525.
- [3] 李露,余健,李栋,等. 基于DMA技术的小区漏损控制案例分析[J]. 给水排水, 2016, 42(3): 115-118.
LI L, YU J, LI D, et al. Case analysis of community water loss control based on DMA technology[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(3): 115-118 (in Chinese).
- [4] COUVELIS F A, VAN ZYL J E. Apparent losses due to domestic water meter under-registration in South Africa [J]. Water SA, 2015, 41(5): 698-704.
- [5] 郭进奎,林怡. 水表合理选型研究 [J]. 给水排水, 2019, 45(S1): 159-163, 165.
GUO J K, LIN Y. Study on rational selection of water meters[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(S1): 159-163, 165 (in Chinese).
- [6] MUSAAZI I G, SEMPEWO J I, BABU M, et al. Assessing the impact of working pressure on water meter registration[J]. AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 2021, 70(6): 822-831.
- [7] 张佳欣,何鑫,翟元鑫,等. DMA数据质量评估与错误数据识别方法 [J]. 给水排水, 2020, 46(3): 134-138.
ZHANG J X, HE X, ZHAI Y X, et al. Data quality assessment and error data identification methods for DMAs[J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(3): 134-138 (in Chinese).
- [8] 张佳欣,张磊,强志民,等. 采样规模与数据采集周期对城市居民用水模式不确定性的影响 [J]. 给水排水, 2021, 47(10): 134-139.
ZHANG J X, ZHANG L, QIANG Z M, et al. Influences of sample size and datalogging period on the uncertainty of urban residential water consumption pattern [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(10): 134-139 (in Chinese).
- [9] 王子麒,徐强,郑成志,等. 数据采集设置对DMA流量模式的影响 [J]. 中国给水排水, 2022, 38(8): 20-24.
WANG Z Q, XU Q, ZHENG C Z, et al. Influences of data acquisition settings on the DMA flow patterns [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(8): 20-24 (in Chinese).
- [10] 贺鹏鹏,吴凤媛,马晓妍,等. 居民家庭生活用水量的季节性变化及对二次供水设计的影响 [J]. 给水排水, 2025, 51(3): 92-96, 103.
HE P P, WU F Y, MA X Y, et al. Seasonal changes in household water consumption and their impact on secondary water supply design [J]. Water & Wastewater Engineering, 2025, 51(3): 92-96, 103 (in Chinese).

作者简介:钟子哲(2001—),男,吉林通化人,硕士研究生,从事供水计量损失控制方法研究。

E-mail: 2108140323004@stu.bucea.edu.cn

收稿日期:2025-10-21

修回日期:2025-12-26

(编辑:李德强)