

冷水表与热水表计量精度差异的影响因素分析

刘志杰, 张海鹏, 王小栋

(山东寿光检测集团有限公司, 山东 寿光 262700)

摘要 水表作为水资源计量与收费结算的核心器具, 其计量精度直接关系到供水企业与用户的切身利益, 对水资源高效利用与节水管理具有重要意义。冷水表和热水表因工作介质温度、使用环境和技术设计的不同, 在计量精度的表现上存在明显不同。本文对二者的基本特性进行对比, 从计量精度差异的直接技术因素、外部间接影响条件和计量标准与检测方法的不同出发, 根据具体的参数表格来深入论述, 说明温度、材料、环境、标准等各方面因素对于计量精度的作用机理, 以期水表选型、安装运维以及精度提高提供参考。

关键词 冷水表; 热水表; 计量精度; 传感器结构; 计量标准

中图分类号: TH71

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.08.023

0 引言

随着城市化进程加快与水资源管理制度的完善, 水表的计量准确性愈发受到重视。冷水表广泛用于居民生活用水、工业冷却用水等场合, 介质温度一般保持在 $0 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间; 热水表主要用于供暖、生活热水供应等场所, 介质温度多为 $40 \sim 90 \text{ }^\circ\text{C}$, 部分高温场景可达到 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 。温度差异造成介质物理性质发生变化, 再加上使用环境、材料选择、计量标准等各方面的因素, 使冷水表和热水表的计量精度稳定性和误差分布规律产生明显的差别。当前, 节水型社会建设对于水表计量精度的要求越来越高, 特别是智能水表的大范围使用使精度控制成为技术升级的主要方向, 分析两类水表计量精度差异的影响因素, 对提高计量器具可靠性、规范计量管理、保障供需双方权益有重要的现实意义。

1 冷水表与热水表的基本特性对比

1.1 工作原理差异

冷水表和热水表的主要工作原理都是利用流体力学的动量守恒和容积计量原理, 但是传感方式、动力结构的设计上有所改进^[1]。冷水表主流采用旋翼式或

者螺翼式的结构, 依靠水流冲击叶轮旋转来实现, 把水流的速度转变成叶轮的转速, 经过齿轮传动变为累计流量, 多采用机械或机械—电子混合计数, 结构简单、成本低, 适合于常温稳定的水流。热水表由于介质温度较高, 叶轮采用耐高温轻质合金或者陶瓷材料, 部分智能热水表使用电磁感应或者超声波传感技术代替传统的机械传动方式, 加强密封结构的耐高温设计, 减小高温对计量的影响。两款水表的工作原理不同是介质温度适应性技术上的差别, 不同的温度工况下计量精度的稳定性受到影响。

1.2 使用环境适应性

冷水表的使用环境温度范围狭窄, 大多在室内常温或者室外保温井内, 温度变化小, 对材料的耐温性、抗老化性能要求不高, 只需常温耐腐蚀性及结构稳定, 适应水质广泛。热水表使用环境高温并且温度变化大, 需要经受介质的高温及温差变化, 对材料耐高温、热稳定、抗蠕变的要求很高, 热水系统中有大量的杂质, 水表必须有更高的抗污性。为了表现两种水表在环境适应性上的差异, 下面列出核心的适应性参数对比。

由表 1 可知, 热水表在温度适配范围与波动承受

表 1 冷水表与热水表使用环境适应性参数对比表

适配参数	冷水表	热水表
介质温度范围	$0 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$ (常规), 最低可达 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ (防冻型)	$40 \sim 90 \text{ }^\circ\text{C}$ (常规), 最高可达 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ (高温型)
允许温度波动幅度	$\pm 5 \text{ }^\circ\text{C/h}$	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C/h}$ (特殊结构可达 $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C/h}$)
耐腐蚀性要求	耐常温自来水腐蚀, 部分适配轻度工业废水	耐高温水与微量水垢腐蚀, 需抗氧腐蚀

作者简介: 刘志杰 (1992-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 质量工程。

能力上显著优于冷水表，这一差异源于材料选型与结构设计的针对性优化，同时也使得热水表的制造成本与技术门槛高于冷水表，进而影响其计量精度的控制水平。

2 计量精度差异的直接技术因素

2.1 温度对介质物理特性的影响

温度是造成冷热两用表计量精度差异的主要直接因素，它通过对水流的粘度系数、密度等物理性质的影响来改变计量元件所受的力和运动状态。水的粘度系数随着温度的升高而急剧下降，20℃时的动力粘度为1.002 MPa·s，80℃时降至0.355 MPa·s，黏度降低使得叶轮转速增大，在对高温工况进行校准时，则会出现正偏差；温度升高后水的密度变小，会阻碍叶轮转动，两者相反而向叠加，最后计量误差由水表结构对这两个效应的平衡来决定。冷水表工作温度稳定，黏度和密度变化小，叠加效应可以忽略不计，计量精度容易控制；热水表工作温度跨度大，如果传感元件未采用温度补偿技术，则在不同的温度下计量误差会波动很大，在高温临界值附近容易超过允许的范围^[2]。

2.2 传感器材料与结构差异

传感器是水表计量的核心部件，它的材料和结构设计决定了计量的精度，冷热水表在这方面的差别比较大。冷水表传感器大多为普通的黄铜、塑料等，叶轮用的是工程塑料或者铸铁，结构设计上注重低成本和流通性，传动采用普通齿轮组，不考虑高温的热胀冷缩，但是材料在高温下容易变形、磨损，在热水环境下会使得精度下降。热水表传感器要耐高温、抗热膨胀、抗老化，叶轮用不锈钢、陶瓷或者高温尼龙，热膨胀系数小，传动采用间隙补偿设计来抵消热胀冷缩的影响，防止卡滞或者传动失效；智能热水表的电磁、超声波传感器采用耐高温芯片和密封材料，通过温度传感器采集温度进行动态补偿。

2.3 流速与流量范围适配性

冷热两用表的流速和流量范围存在差别，会影响不同的工作状况下计量精度的稳定性。水表计量精度在规定的流量范围内，在最小、分界、常用、最大流量范围内均能保证，超过此范围误差会变大。冷水表的流量范围一般为0.05 m³/h到10 m³/h，适合于居民和小型商业等低流速、变流量工况，叶轮对中低流速进行优化，最小流量以下由于水流动力不足导致叶轮转动滞后，产生负偏差。热水表用在采暖、集中热水供应等地方，流量变化大，一般流量范围为0.1 m³/h~20 m³/h，部分工业热水表流量更大，结构上侧重于中

高流速的适应性，加强叶轮刚性和传动效率，减小高流速时的振动和磨损，采用宽量程传感技术提高精度范围。热水系统存在瞬间大流量冲击，热水表需要更强的抗冲击能力，防止叶轮变形或者传感器故障，冷水表对于瞬间大流量不适应，容易造成短期精度偏差。

3 外部条件对计量精度的间接影响

3.1 安装环境差异

安装环境差异造成水表的工作状态受到影响，从而使得冷热水表的计量精度不一样。冷水表的安装环境比较稳定，一般在室内水表井、墙角等地方，远离热源和振动源，多为水平安装，管道应力较小，可以避免水流扰动对计量造成影响。热水表大多装在锅炉、换热器附近，环境温度高、振动大，部分安装位置受限制，可能倾斜安装、前后直管段不够。高温引起的热胀冷缩会使水表与管接头受到不均匀的拉伸而产生变形，水流动受阻；振动会加大叶轮的振动频率，干扰转动速度，使传感器信号发生变化，从而使计量精度下降^[3]。

3.2 水质条件适应性

水质条件对于冷、热水表计量精度影响的路径及程度不同，主要是热水系统温度高容易造成水质恶化和杂质沉积。冷水表适合于国家标准的自来水，悬浮物及杂质含量少，对于表内流道和叶轮的磨损、堵塞风险较小，但是长时间使用之后由于杂质沉淀会使得叶轮转动阻力变大，产生计量负偏差。在热水系统中，高温促使钙、镁离子析出并形成水垢，附着在水表流道、叶轮和传感器表面，减小了流道截面，改变了水流速度分布，使得叶轮转速与实际流量不相适应，还会遮盖住传感器的探测面，阻断信号的接收和传递，造成计量误差。另外，高温会加快水中的氧气对金属件的腐蚀作用，生成铁锈等杂质，加重部件磨损和堵塞，影响计量精度。

3.3 维护周期与校准需求

冷热水表维护周期和校准要求不同，是由它们的工作环境以及部件损耗速度的不同所导致的，从而间接影响到长期计量精度的稳定。冷水表因工作条件温和，部件磨损、老化速度慢，所以常规维护周期可以定为6~8年，校准周期一般和维护周期一致，须定期检查密封性、清理表内杂物即可保持精度；对机械冷水表而言，长时间使用之后齿轮传动机构的磨损是造成精度下降的主要原因，校准的重点在于调整齿轮间隙和叶轮平衡。由于热水表受高温、高湿和水质腐蚀的影响，部件损耗速度明显增大，密封件老化、叶

磨损、传感器性能下降等现象更容易发生。一般的维护周期要短于 3~5 年,校准周期不能大于 2 年。校准的内容不单是机械部件的间隙调整和平衡校准,也要对智能热水表的温度补偿模块、信号采集模块进行调试,保证其在不同的温度工况下补偿精度。如果维护、校准不及时,则热水表的计量精度会很快偏离允许范围,而冷水表的精度衰减过程比较缓慢,对计量结果的影响有滞后性。

4 计量标准与检测方法的差异

4.1 国际 / 国内标准体系对比

冷、热水表的计量标准体系根据其适用场景和技术要求的不同,在精度分级、技术指标设置上有所区别,从而决定了两种水表精度控制的方向。国内冷水表按照计量精度分为 1 级和 2 级,对不同的流量点给出了误差允许范围,并对水表的密封性、耐久性、抗干扰能力等指标做出了规范,适用于介质温度 $\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境;热水表按照《热水水表》(GB/T 32224-2015)标准,分成 1 级和 2 级精度,但是对于高温环境下做了耐热性、热稳定性和温度影响误差等专项规定,要求水表在规定的温度范围内计量误差波动符合要求。另外,还对材料的耐高温性能及密封结构作了更加严格的技术要求。国际标准上冷水表采用的是 ISO 4064 系列标准,热水表是在 ISO 4064 的基础上加上了 ISO 7278 系列标准的专项要求,主要是提高高温条件下计量稳定性和寿命指标。两种标准体系的不同之处使热水表在生产制造过程中要符合更多的专项技术要求,精度控制的复杂性比冷水表高^[4]。

4.2 检测环境模拟差异

冷、热水表计量精度检测由于环境模拟及检测参数设置的不同而造成检测结果不准确以及针对性不足。冷水表检测一般在常温($20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)常湿条件下进行,模拟正常的使用环境,检测介质为自来水或者去离子水,主要检测不同流量点的静态误差和动态误差,并做密封性、耐久性试验,不考虑温度变化及高温的影响。热水表检测要建立高温模拟环境,按照标准要求设置不同的温度梯度($40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$)来模拟实际使用时的温度变化工况,介质应为与实际出水水质接近的水体(含有少量杂质和矿物质),除了检测常规流量点误差外,还需做专项温度对计量精度影响误差、温度波动适应性误差等指标的检测,并测试高温下密封性和耐久性的检测,保证水表在全温度量程内精度不变。智能热水表还需对温度补偿模块的校准精度和信号传输稳定性进行检测,检测过程及

技术标准比冷水表更加复杂,检测设备的精度以及环境控制能力也更高。

4.3 误差允许范围界定

冷热水表误差允许范围的界定依据的是它的使用场合和技术特点,在不同的流量点和温度工况下会有差别,从而决定两种水表的计量精度水平。冷水表的误差允许范围在常温下设定,1 级水表在最小流量到分界流量区间内,允许误差为 $\pm 5\%$,在分界流量到最大流量区间内为 $\pm 2\%$;2 级水表对应的区间允许误差分别为 $\pm 10\%$ 、 $\pm 2\%$,误差范围不随温度变化而改变。热水表的误差允许范围要根据温度工况来定,在常规温度($40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$)下,1 级、2 级水表的流量点误差允许范围同冷水表一样,但是高温工况($\geq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$)下的误差允许范围可以适当放宽(1 级水表最小流量区间误差允许放宽到 $\pm 6\%$),并给出了温度影响误差的允许值,即在规定的温度范围内,温度的变化引起的附加误差不能超过 $\pm 1\%$ ^[5]。

5 结束语

冷水表和热水表的计量精度不同是由温度、材料、结构、环境、标准等因素造成的。温度是决定介质物理特性的重要因素。传感器材料和结构设计属于精度控制的关键部分,外部安装和水质环境保证精度稳定,计量标准、检测方法提供精度认定的依据。热水表由于在高温环境下工作,在精度控制、维护、技术要求上都比冷水表要高得多。精度优化主要针对温度补偿、耐高温材料研究、抗垢结构设计等;冷水表需要提高低流速计量精度和长期运行稳定性。智能计量技术的发展可以集成多参数传感与动态补偿算法,减小冷热表的精度偏差,提高智能化和可靠性。未来要健全计量标准体系、改进检测方法,按照节水需要推进水表技术革新和精确计量,支持水资源的高效使用。

参考文献:

- [1] 宿彬.高精度超声波智能水表关键技术及应用研究[D].杭州:中国计量大学,2023.
- [2] 杨智朋.水表高精度检定关键技术研究[D].烟台:烟台大学,2023.
- [3] 张军.相关性的 ADC 技术在超声波智能水表上的应用[J].数字技术与应用,2022,40(01):120-122.
- [4] 陈妃奋.基于深度学习的字轮式水表读数识别研究与应用[D].桂林:桂林电子科技大学,2021.
- [5] 王宗辉,陈富光,汪芳君,等.差分升级在物联网水表上的实现与应用[J].仪表技术,2021(04):10-13,35.