

机械式温湿度计不确定度评定

邓 锐

汉中市质量技术监督检验检测中心 陕西 汉中 723000

摘 要: 本文围绕机械式温湿度计展开。阐述了其基于机械结构响应温湿度变化的测量原理与过程,分析了测量重复性、仪器示值误差、环境条件变化等不确定度来源,并详细介绍了各不确定度分量的评定方法。在此基础上,完成合成标准不确定度评定,最后依据测量需求选包含因子,评定扩展不确定度,为测量结果应用提供科学依据。

关键词: 机械式温湿度计; 不确定度评定; 测量重复性; 示值误差; 环境条件

引言: 在温湿度测量领域,机械式温湿度计因结构简单、无需外接电源等优势仍被广泛应用。为确保其测量结果的准确性与可靠性,深入剖析其测量原理及过程十分必要。同时,测量不确定度评定是衡量测量质量的关键环节,它涵盖测量重复性、仪器示值误差、环境条件变化等多方面因素引入的不确定度。准确评定这些不确定度分量,并进一步完成合成标准不确定度与扩展不确定度的评定,有助于全面了解测量结果的分散性与可信度范围,为实际生产、科研等活动提供科学、精准的测量依据。

1 测量原理及测量过程

机械式温湿度计作为一种传统的温湿度测量仪器,凭借其结构相对简单、无需外部电源等优势,在众多领域仍有着一定的应用价值。深入了解其测量原理及测量过程,有助于更好地使用和维护该仪器,确保测量结果的准确性。(1)机械式温湿度计的核心测量原理基于机械结构对温湿度变化的响应,将温湿度这两个物理量转化为指针的位移,进而直观地显示出测量值。其温度测量部分通常采用双金属片作为感温元件。双金属片由两种热膨胀系数不同的金属片牢固地结合在一起制成。当环境温度发生变化时,由于两种金属的热膨胀程度不同,双金属片会发生弯曲变形。这种弯曲变形量与温度变化量之间存在一定的线性关系,通过合理的机械传动机构,将双金属片的弯曲变形量放大并转化为指针的转动,使指针在温度刻度盘上指示出相应的温度值。(2)湿度测量部分则多利用毛发、尼龙等有机高分子材料的吸湿膨胀特性。这些材料在吸收空气中的水分后会发长度变化,且长度变化量与空气湿度密切相关。以毛发为例,毛发具有吸湿膨胀、失湿收缩的特性。当环境湿度增加时,毛发吸收水分而伸长;湿度降低时,毛发失去水分而缩短。通过巧妙的机械结构,将毛发的长度变化转化为指针的位移,使指针在湿度刻度盘上指示出当

前的湿度值。(3)在实际测量过程中,正确的操作方法对于获得准确的测量结果至关重要。首先,要将机械式温湿度计放置在规定的测量环境中。在放置前,应检查仪器是否正常,指针是否在零位附近(若仪器有调零装置,可进行适当调整)。放置位置应远离热源、冷源、风口以及直接的水汽源,避免外界因素对测量结果产生干扰。例如,不能将其放置在空调出风口附近,因为空调吹出的气流温度和湿度与周围环境可能存在较大差异,会导致测量结果不准确。(4)将温湿度计放置好后,需要等待一段时间,让仪器示数稳定。这是因为机械式温湿度计的感温、感湿元件对环境变化的响应需要一定的时间,只有当仪器内部达到热平衡和湿平衡时,指针所指示的温湿度值才能真实反映环境的实际状况。一般来说,等待时间根据仪器的性能和环境变化幅度而定,通常为几分钟到十几分钟。待仪器示数稳定后,即可读取指针所指示的温湿度值。读取时,视线应与刻度盘垂直,以避免因视角偏差而产生读数误差^[1]。

2 不确定度来源分析

2.1 测量重复性引入的不确定度

在测量工作中,测量重复性引入的不确定度是一个不可忽视的重要因素。在完全相同的测量条件下,即同一测量仪器、同一测量方法、同一测量人员、同一测量环境以及在短时间内对同一被测量进行多次重复测量时,测量结果却并非完全一致,而是存在一定的分散性,这种分散性便导致了测量重复性引入的不确定度。以机械式温湿度计测量温湿度为例,即便将其放置在温度和湿度相对稳定的实验室内,在不同时间对同一位置的温湿度进行多次测量,每次读取的数值都可能存在细微的差别。这是因为测量过程中存在诸多随机因素,如测量人员读数时的微小视觉误差、环境中的微小气流波动、仪器内部机械结构的微小振动等。这些随机因素相互交织,使得测量结果产生波动,进而引入了测量重

复性不确定度,影响测量结果的准确性和可靠性^[2]。

2.2 仪器示值误差引入的不确定度

在机械式温湿度的测量过程中,仪器示值误差引入的不确定度是一个关键影响因素。机械式温湿度计作为一种测量仪器,在制造环节就不可避免地存在制造误差。例如,其内部用于感受温度变化的双金属片,在加工时难以保证其材料属性、尺寸精度等完全符合设计要求,这会导致双金属片在不同温度下的弯曲变形量与理论值存在偏差;湿度测量部分的毛发或高分子材料,其吸湿膨胀特性也可能因制造工艺的限制而存在个体差异。即便仪器经过了专业的校准,在使用过程中,机械部件的磨损、老化等问题也会逐渐凸显。随着使用时间的增加,机械结构的配合间隙可能增大,传动部件的磨损会使指针的转动精度下降,从而导致仪器示值发生变化。这些因素综合起来,使得机械式温湿度计的测量结果与真实值之间存在差异,进而引入了仪器示值误差导致的不确定度,影响测量结果的准确性和可靠性。

2.3 环境条件变化引入的不确定度

在机械式温湿度的测量工作中,环境条件变化引入的不确定度是影响测量结果准确性的重要因素。测量环境的温度、湿度、气压等条件并非恒定不变,这些变化会对测量结果产生显著影响。以环境温度波动为例,机械式温湿度计内部存在诸多机械部件,如用于温度测量的双金属片、用于湿度测量的毛发或高分子材料等。温度波动时,这些机械部件会发生热胀冷缩现象。不同材料的热膨胀系数不同,热胀冷缩的程度也不一致,这会导致机械部件之间的配合关系发生改变,进而影响测量精度。例如,温度升高时,部件可能膨胀,使指针转动出现偏差;温度降低则可能导致部件收缩,产生类似问题。此外,环境气压的变化也不容忽视。气压变化可能会对湿度测量产生干扰,影响湿度测量部分高分子材料的吸湿膨胀特性,使得湿度测量结果偏离真实值,从而引入不确定度,降低测量结果的可靠性^[3]。

3 不确定度分量评定

3.1 测量重复性引入的不确定度评定

在温湿度测量工作中,评定测量重复性引入的不确定度对于确保测量结果的准确性和可靠性至关重要。(1)需在完全相同的测量环境和测量条件下开展工作。将机械式温湿度计放置在稳定的温湿度环境中,确保测量期间环境条件无明显波动。然后,对该稳定环境的温湿度进行多次重复测量,一般建议测量次数为10次及以上,以保证数据的充分性和代表性。(2)每次测量完成后,详细记录测量结果。之后,运用统计分析方法对这

些测量数据进行处理。计算测量结果的算术平均值,以此作为测量结果的代表值。同时,计算出测量结果的实验标准差,该标准差反映了多次测量结果的分散程度。

(3)以实验标准差作为测量重复性引入的不确定度分量,它直观地体现了由于各种随机因素导致的测量结果波动,为后续不确定度的合成和测量结果的评估提供了重要依据^[4]。

3.2 仪器示值误差引入的不确定度评定

在温湿度测量领域,准确评定仪器示值误差引入的不确定度,对于提升测量结果的可靠性意义重大。(1)评定仪器示值误差引入的不确定度,首要步骤是依据温湿度计的校准证书或技术说明书。校准证书是专业机构对仪器进行校准后出具的权威文件,其中详细记录了仪器在各个测量点的示值误差情况;技术说明书则是仪器制造商提供的产品性能参数说明,也会给出仪器的示值误差范围等相关信息。(2)在获取仪器的示值误差范围后,通常假设示值误差服从均匀分布。均匀分布意味着在给定的误差范围内,每个误差值出现的概率是相等的。基于这一假设,采用相应的计算方法,如利用均匀分布的标准不确定度计算公式,即可确定仪器示值误差引入的不确定度分量。该分量反映了仪器自身误差对测量结果不确定度的影响程度,为后续的测量不确定度综合评定提供了关键数据^[5]。

3.3 环境条件变化引入的不确定度评定

在温湿度测量过程中,环境条件变化引入的不确定度评定是确保测量结果准确可靠的重要环节。(1)要全面分析测量过程中环境条件的变化情况。这包括监测测量期间环境温度、湿度、气压等参数的波动范围和变化趋势。例如,通过放置高精度的环境监测仪器,实时记录测量现场的环境数据,明确环境参数在测量过程中的动态变化。(2)确定环境条件变化对测量结果的影响程度。这需要深入研究机械式温湿度计的工作原理和性能特点,分析环境参数变化如何影响仪器内部的机械部件、感温感湿材料等,进而导致测量误差的产生。(3)结合相关资料和经验,对环境条件变化引入的不确定度分量进行合理评定。查阅相关技术文献、仪器手册以及过往类似测量项目的经验数据,综合考虑各种因素,采用科学的方法估算出环境条件变化引入的不确定度分量,为测量结果的准确性和可靠性提供有力保障。

4 合成标准不确定度及扩展不确定度评定

4.1 合成标准不确定度评定

在温湿度测量不确定度评定工作中,合成标准不确定度评定是极为关键的环节,它综合考量了测量过程中

各种因素对测量结果的影响,能够准确反映测量结果的综合分散性。(1)完成测量重复性、仪器示值误差、环境条件变化等引入的不确定度分量评定后,需依据不确定度的合成方法将这些分量进行合成。在实际测量场景中,各个不确定度分量通常相互独立,不存在明显的相关性。例如,测量重复性引入的不确定度主要源于测量过程中的随机误差,而仪器示值误差引入的不确定度则与仪器自身的性能和校准情况相关,环境条件变化引入的不确定度则受测量现场的温度、湿度、气压等因素影响,这些因素彼此独立,互不干扰。(2)鉴于各不确定度分量的独立性,采用方和根的方法进行合成计算。具体而言,先将各个不确定度分量平方,然后将平方后的结果相加,最后对所得和开平方,得到的结果即为合成标准不确定度值。这一计算过程综合考虑了各个不确定度分量对测量结果的影响,通过方和根的方式将分散的不确定度分量整合为一个综合的量值,从而更全面、准确地反映了测量结果的综合分散性。合成标准不确定度为后续扩展不确定度的评定以及测量结果的最终表达提供了重要依据,是评估测量结果可靠性的关键指标。

4.2 扩展不确定度评定

在温湿度测量不确定度评定体系中,扩展不确定度评定是连接理论评定与实际应用的重要桥梁,它能使测量结果的不确定度表述更贴合实际需求。(1)完成合成标准不确定度的评定后,便进入扩展不确定度评定环节。此时,需依据实际测量需求和应用场景,审慎选择合适的包含因子。包含因子的选取并非随意为之,而是要综合考虑多方面因素。例如,在要求高精度、高可靠性的精密测量场景中,如科研实验、高端制造等,为了确保测量结果的准确性,降低风险,往往会选择较大的包含因子,以覆盖更广泛的不确定度范围,保障测量结果的可信度;而在一些对精度要求相对宽松、风险可承受的常规测量场景,如一般的环境监测、工业生产中的

过程控制等,可选择较小的包含因子,使测量结果的不确定度表述更简洁、实用。(2)选定包含因子后,通过将合成标准不确定度与包含因子相乘,即可得到扩展不确定度。扩展不确定度以更直观、易懂的方式反映了测量结果的可信度范围,它能够让用户清晰地了解测量结果在多大范围内是可靠的,从而更好地将测量结果应用于实际生产、科研等领域,为决策提供科学、可靠的依据,避免因测量结果表述不准确而导致的错误判断和决策失误。

结束语

综上所述,对机械式温湿度计测量不确定度的评定是一个全面且严谨的过程。从深入理解其测量原理与过程,到精准分析不确定度来源,再到细致评定各不确定度分量,最终完成合成标准不确定度与扩展不确定度的评定,每一步都紧密相连、不可或缺。这一评定体系不仅有助于准确评估测量结果的可靠性与准确性,更能为实际应用提供科学依据。在科研、工业生产及环境监测等众多领域,依据该评定结果,使用者可合理判断测量数据的可信度范围,从而做出更为科学、精准的决策,保障各项工作的顺利开展与高质量完成。

参考文献

- [1]卓华,王栋.数字式温湿度计相对湿度修正值的不确定度评定[J].计量与测试技术,2024,50(10):29-32.
- [2]郭冬梅.机械式温湿度计湿度测量结果的不确定度评定[J].百科论坛电子杂志,2020,000(011):83-84.
- [3]刘鑫.数字式温湿度计温度、湿度修正值测量不确定度评定[J].中国计量,2023,(02):106-109.
- [4]倪雪飞,王玲.数字温湿度计温度校准方法的探讨[J].计量与测试技术,2020,47(08):69-70+73
- [5]陆奇.计量校准结果有效性评定[J].设备管理与维修,2020(12):153-155