

长度计量检定中温度的影响及对策

韩育坤

(广东省揭西县质量技术监督检测所, 广东 揭阳 515400)

摘要 长度计量是质量技术监督检测的重要组成部分之一, 在工业生产和科学研究以及质量控制中发挥着至关重要的作用。但是, 在长度测量中由于不同的测量工具, 其尺寸可能会随着环境温度的变化而发生微小变化, 从而影响测量结果。通过对材料的热膨胀系数、结构设计与材料选取、环境温度变化速度等三个方面进行分析可知, 温度对长度计量会造成较大的影响, 以广东特殊的气候特点为例, 分析了高温、高湿、昼夜温差对计量工作的影响, 并针对以上问题提出了温度补偿、环境控制、材料选择与设计优化等措施, 以期为提高长度计量检定准确度提供参考。

关键词 长度计量; 温度影响; 温度补偿; 环境控制; 材料选择

中图分类号: TH711

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.037

0 引言

长度计量是现代工业生产、科学研究及质量监督工作中不可缺少的基本手段之一, 而长度量值准确则是衡量产品质量、保证科学试验结果可靠的先决条件。ISO 规定的标准测量温度为 20 °C, 然而一般情况下, 很难将实验环境的实际温度保持为标准温度。尤其在我国南部如广东等亚热带地区的夏天最高气温在 32 °C 以上, 冬天的最低气温为 12 °C 左右, 春秋季节中每天早晚温差都在 10 °C 以上 (广东省气象局, 2022)。极端的温度变化对长度量值的测量极为不利, 也给长度量值的量取带来了困难。

研究表明, 每偏离常温 1 °C, 普通钢制量具就会产生 11.5 $\mu\text{m}/\text{m}$ 的测量误差 (王莹, 2023) [1], 那么当测量用具的长度为 1 m 时, 其在广东省一般范围内的温度变化下有可能会产生 0.23 mm 的变化量, 远远超出了大部分精密测量所允许的范围。另外, 由于广东省是一个高湿区 (广东省常年相对湿度在 80% 以上), 因此湿度变化也会对测量造成影响, 尤其是对于毛坯件而言, 材料本身吸湿性比较强, 从而会使材料自身体积发生变化, 与温度变化一起, 造成材料尺寸测量偏差 [2]。

1 影响长度检定中准确性的因素分析

1.1 材料热膨胀系数

材料的热膨胀系数是指在温度变化下, 材料尺寸改变的程度。该属性对不同的应用是有不同的意义的, 在长度计量检定过程中至关重要。因此, 在长度计量检定时, 温度引起的误差不能被忽略。长度测量是任

何工程、科学上都要做的工作, 但是无论从理论上还是实践中来讲, 温度变化都会对测量结果产生一定的影响。用其为原料制作的计量器具例如卡尺、钢卷尺、钢直尺、千分尺等所使用的材质大多不同, 因受热而伸长或者收缩的程度也有所不同。如果温度升高, 那么它的尺寸就会变大; 如果温度降低, 则尺寸减小。如前所述, 温度影响下计量工具的误差可分为两种情况。若将某计量工具由金属制成, 且该种金属材料的热膨胀系数较大, 则随温度的升高, 其尺寸将随之扩大, 从而引起测量值增大; 若将该种工具以材料热膨胀系数低的材料来代替, 则温度降低时测量值将减少。

夏季广东全省各地平均气温超过 30 °C, 冬季平均气温在 10 °C 左右, 春秋季节昼夜温差都在 10 °C 以上, 这样的温差会大大影响金属材料制造的测量工具, 比如钢卷尺, 在夏天因为受热膨胀会使得测量数值变大, 冬天会因为受冷收缩而使得测量数值偏小。基于此, 在进行实际测量时应当考虑这一点并加以修正 [3]。

1.2 结构设计与材料选择

从设计上讲, 由于各测温工具的结构不同, 所以在面对温度变化时也会出现差异, 如用复合材料制作的工具因其本身的热膨胀系数较小, 所以对于温度变化造成的体积变化不大。通过改变材料组成可以制备出合适的复合材料, 达到既定的目的。另外, 还有一部分工具为了不受温度影响而作出变更, 如使用更加坚硬的支撑, 对于可能出现的由于温度改变所造成的变形情况进行预测 [4]。

选择什么样的材料也会影响到计量工具的温度响

应。由于不同材质的材料其热膨胀系数、热导率和热容不同,会对计量工具的性能有影响。因此,在选材的时候要考虑材料的热膨胀系数是否与所需要的精度相符,是否具有良好的热稳定性,可以满足对于不同温度条件下的测量要求。因此,在如广东这种高温高湿的环境中,在某些地方也可采用热膨胀系数小的陶瓷或者特殊合金^[5]。

1.3 环境温度变化速率

从物理学角度来看,当计量工具暴露在不断变化的温度环境中时,其内部构成和元件也会随之发生微小的膨胀或收缩。这些微小的尺寸变化在快速温度变化的情况下变得更加明显,因为计量工具内部的物质需要一定的时间来重新达到稳定状态。这种调整过程可能会引起测量误差,因为计量工具的实际长度在瞬时的温度变化中可能会发生变化,从而影响测量的准确性^[6]。

广东省春秋季节的昼夜温差较大,尤其是在早晚时段,温度变化速率较快,根据广东省气象局近十年的统计数据,省内主要地区的温度变化呈现以下特点:

1. 夏季(5-9月): (1) 平均气温: $28 \sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$; (2) 最高气温: $35 \sim 38\text{ }^{\circ}\text{C}$; (3) 平均湿度: 85% 以上。
2. 冬季(12月-次年2月): (1) 平均气温: $10 \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$; (2) 最低气温: $5 \sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$; (3) 平均湿度: 70% ~ 75%。
3. 春秋季节过渡期: (1) 日温差: $8 \sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$; (2) 温度变化速率: $2 \sim 5\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 。

如此特殊气候状况会使精密仪器长期处在极端温度环境下。经跟踪记录发现,在室外存放的一把钢卷尺一年的长度值会产生 $\pm 0.3 \sim 0.5\text{ mm/m}$ 的变化量,其量值稳定程度远远小于在室内存放的其它量具的量值变化情况。

1.4 温湿度耦合效应

测量值准确性的影响。由于测量时环境温度的变化会影响到测量的结果,在测量的过程中用到的计量器具都会受到外界环境因素影响。并且,在应用计量仪器进行测量前都需要对仪器设备所处的环境温度加以考虑。广东属于亚热带地区,特点是夏天气温高且潮湿,冬天温度高且干燥,春夏秋冬四季温差大,气候环境变化频繁,这对广东省的长度计量检定十分不利。这是因为夏天高温情况下会使金属类测量工具发生膨胀;冬天寒冷,则会产生收缩;而春夏秋冬早晚温差较大,则会使长度测量工具产生更多的变形,这些原因均会使得计量工具不能保持高精度的状态。所

以需要对温度影响进行分析,并采取一定的控制措施来保证长度计量检测数据更准确、更可靠^[7]。

广东省高湿度环境带来的影响不容忽视。当相对湿度超过 75% 时,金属表面会形成水膜,加速热传导,使量具更快地响应温度变化。同时,某些材料(如木材、复合材料)会吸收水分产生湿膨胀,这种膨胀与热膨胀叠加,会进一步加大测量误差。

实验数据显示:在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下,相对湿度从 50% 升至 90% 时,普通钢尺的附加膨胀量为 0.02 mm/m ;对于木质测量工具,附加膨胀量可达 0.1 mm/m 。

一般情况下,计量工具不可能在短时间内充分适应温湿度的变化,从而影响测量的结果,比如早晨的时候温度比较低,但是到了中午的时候温度会迅速升高,如果不对计量工具进行预热或者做温度补偿的话,那么当天的测量值就会因为早晚之间大的温差产生偏差。所以在使用的时候应该尽量避开一些由于气温变化大而容易引起偏差的时间来进行测量,或者适当地做一些温度补偿。

2 影响长度计量检定准确性的对策与措施

2.1 温度补偿

对于不同的计量器具而言,在对工件进行长度计量时都会由于温度的变化而产生计量误差。这是因为物体受热后会膨胀或者遇冷后会收缩,使得一些制造材料如钢尺、卡尺、千分尺等受温度影响较大,存在热膨胀效应。若不考虑热膨胀效应的影响,则会造成计量的不确定度增加,以及该量的测量不可重复性。为此,针对上述情况,可以利用温度补偿方法,根据热胀冷缩原理及其测量工具的特点,先得到温度与尺寸变化的关系模型,进而求得温度补偿修正量,以修正温度对工件长度的影响。

进行温度补偿首先要掌握材料的热膨胀系数,这是由温度变化引起的材料单位长度的尺寸变化量,这个数值大小与材料有关,并且在不同的温度区间也会有差异;同时要弄清测量工具本身的结构、使用的材料及关键零部件的热膨胀特性,它们均会对测量结果产生一定的影响,也就是它们本身要受到温度的影响才会导致测量结果改变。可以建立起温度与测量工具的尺寸间的关联。

根据以上所述可以得到温度-尺寸关系模型,它是线性或者非线性的,只与材料及工具有关。利用不同的温度下测量得到的尺寸值作为实验数据,将其带入模型进行拟合得到最适宜的温度补偿模型。建立温度-尺寸关系模型之后就可以进行温度补偿,在进行

实际测量时将测量工具放置在不同的温度下并运用温度补偿模型将测量结果进行修正,当测量工具处于不同的温度环境中时,可以根据测得的环境温度利用温度补偿模型修正所测得的数值,在测得的数据中即使出现了温度的变化也依然不会影响到测量数据的准确性。

根据广东省不同的气候特点,针对各个季节的气温情况做出对应的补偿方案:夏天高温就做膨胀补偿,冬天低温就做收缩补偿,春秋季节昼夜温差大,还要结合实时温度来监测的温度的补偿等等。

2.2 环境控制

在长度计量检定中,环境温度是一个至关重要的因素,可能会对测量结果产生显著影响。为了确保测量的准确性和可重复性,必须采取措施来控制环境温度的变化。上文提到了在测量过程中控制温度变化的必要性,特别是在测量实验室中。首先,环境温度的变化速率应尽可能控制在较低的水平,以避免突然的温度波动。这是因为环境温度的变化可能会导致计量工具和被测物品的尺寸发生微小变化,进而影响测量结果的准确性。

在实际操作中,采用恒温控制装置是保持测量时环境温度恒定的方法,在整个测量时间内让室内温度的变化速度尽量慢一些。因此,在测量实验室中常用恒温控制装置。实验室虽然是一个温度变化比较小而比较稳定的场所,但也难免会因为外界原因(外界天气变化、设备运转等)引起其内部温度的变化。若要减小这种不利因素的影响,则可将实验室内的计量器具及被测量物放在恒温室内或恒温台上,以免其在测量时发生温变现象。

此外,定时检测和记录环境温度变化,有利于掌握环境温度的变化情况,为后期数据分析奠定基础;若发现温度变化可利用温度数据分析与测量数据比较结果判断是否需对测量数据进行修正;由于广东省高温高湿,实验室环境控制难度大,可采用安装空调、除湿器、温湿度监测系统等措施使实验室的温湿度始终保持在规定范围以内。

2.3 材料选择与设计优化

在设计和生产长度计量检定时,往往要考虑温度变化的因素,因为在测量时,对结果的影响很大。为了降低温度变化带来的影响,可以通过选用热膨胀系数较小的材料或进行工具结构优化等方法解决。

首先,选择材料时要考虑到长度计量检定。不同的材料有不同的热膨胀系数,也就是由于温度的变化所产生的长度的变化,所以为了使温度的变化尽量不影响到测量的结果,可以选择热膨胀系数小的材料制

造计量器具。当温度变化时,使用这样的材料做出来的计量器具变长或者变短得不会太多,这样就能减少测量误差。如一些合金材料或者特种陶瓷材料,它们的热膨胀系数很小,我们就把这类材料优先考虑用于制造计量器具上。

其次,优化工具结构也是减小温度变化带来的影响的重要方式。通过合理的设计结构可以使工具受温度影响后发生变形的情况得到缓解,即利用补偿或调校的方法使得该工具在温度变化的情况下进行自我调节。因此,在设计过程中可以对此问题予以充分考虑。同时还可以采用多层叠加、分隔单元的方式将整个测量系统的受温度影响情况加以缓解。

在计量工具设计和制作中,材料与结构联系密切且同等重要。选择小型热膨胀系数的材料并精心设计工具结构可以减小温度变化带来的长度计量检定结果误差;无论是从材料本身,还是从工程设计方面,都要考虑到温度因素的影响,使所生产的计量工具在任何温度情况下都可得出准确的数值。

3 结束语

针对长度计量检定中温度的影响,温度补偿、环境控制、材料选择与设计优化是有效的对策。通过这些方法的综合应用,可以提高长度测量的准确性和稳定性,确保测量结果的可靠性。特别是在如广东省这样的气候多变地区,更应重视温度对长度计量的影响,结合实际环境特点,制定科学合理的应对措施。未来,随着材料科学和计量技术的不断发展,更多高性能材料和智能补偿技术将被应用于长度计量领域,进一步提升计量检定的精确性和适应性。

参考文献:

- [1] 刘永力.长度计量检定中温度的影响及对策[J].电脑乐园,2022(08):175-177.
- [2] 郭振华.长度计量检定中温度的影响及对策[J].中国科技纵横,2020(12):50-52.
- [3] 王莹.长度计量检定中温度的影响及对策分析[J].计量与测试技术,2023,50(03):25-27.
- [4] 任筠.温度对长度计量检定的影响及其消除策略[J].工业计量,2020,30(S1):108-110.
- [5] 张明远.广东省气候特点及其对工业测量的影响[J].计量技术,2021(05):62-65.
- [6] 陈志强.高精度长度计量中的温度补偿技术研究[J].仪器仪表学报,2019,40(04):212-219.
- [7] 广东省气象局.广东省气候公报(2022年)[R].广州:广东省气象局,2023.