

温度对长度计量检定的影响分析

赵晓欢*

(海南科瑞计量技术服务有限公司, 海口 570100)

摘要: 对长度计量的结果产生影响的因素有很多, 温度便是其中占据关键性地位的一个。从物理属性的角度来考虑, 温度变化会导致热胀冷缩现象, 进而影响到长度计量, 导致其检定准确性下降。为此, 在此次研究当中, 以温度误差的形成原因作为切入点, 从长度计量工具、长度计量标准(以米为基准)以及误差三个方面对温度计量检定工作进行了分析, 详述了温度与长度之间存在的关系和其对长度计量所产生的影响, 据此提出了行之有效的降低温度对长度计量检定影响的方案, 为长度计量检定工作的展开提供理论参考, 提高其准确性。

关键词: 温度; 长度; 计量检定

0 引言

长度计量检定会受到温度因素的影响, 为尽可能减少误差, 要深入了解温度误差形成原因, 尽可能降低这一因素对长度测量准确性所产生的消极影响。本文阐述了长度计量在实验工作领域中的重要应用, 对温度计量检定工作进行分析^[1], 探讨了温度与长度之间存在的关系和其对长度计量所产生的影响, 以期解决标准温度及检定中的误差, 提高计量环境温度的稳定性, 通过对计量检定设备进行恒温处理、温度补偿和误差修正来控制, 合理规划空调设备的安装位置, 提高工作人员专业水平。

1 温度误差形成原因

因为长度计量检定会受到温度因素的影响, 为尽可能减少误差, 要深入了解温度误差形成的原因, 尽可能降低这一因素对长度测量准确性的消极影响。研究发现, 在环境温度和测量设备温度为 20°C 时, 长度测量准确性非常高, 偏差可以完全忽略不计, 这意味着该温度为最佳长度计量检定温度, 测试工作中可维持在 20°C 的恒温状态进行。而若是恒温环境遭到破坏, 比如高于 20°C, 温度越高, 测量的准确性越低, 误差越大^[2]。

2 长度计量检定工具、标准及误差

2.1 长度计量工具

根据调研情况来看, 在实践中, 可用于长度计量检定工作的设备和仪器呈现出多样化的特点, 种类比较多, 部分设备仪

器的专业性比较突出^[3]。例如, 量块和平尺通常被应用到线性度的测量工作中; 平面晶体和平板通常被应用到平面度的测量工作中; 干涉显微镜、光切显微镜以及标准多刻线样品等通常被应用到更为精细的微小物品长度测量工作中; 游标卡尺和数码显卡尺等都可以被划分到游标类测量工具中, 在测量球体及不规则形状物体长度中发挥巨大作用; 外圆测微仪和数显测微仪等都是实践中应用率比较高的以表类形式出现的长度计量工具; 长方形直角尺和磁吸水平角度尺等测量工具在需要测量角度时是不可或缺的; 除此之外, 千分尺以及坐标和常规长度测量仪表的应用率也比较高。

2.2 长度计量标准

长度是最基础的一项测量数据, 其计量单位有许多, “米”为基准项。测量标准的准确度水平直接关系到测量精度^[4]。目前, 虽然已经对“米”进行了明确的界定, 但是因为测量长度的方法比较多, 不同的方法可能会导致最终测量结果的差异性, 影响测量精度。实践中, 一般会将氦氖激光器的波长作为传输中长度计量的参考。在对“米”这一长度概念进行分析之后, 可以通过测量标尺的基准线条间隔来对激光器波长进行确定, 应用率比较高的波段为 633 μm^[5]。但是, 真正的激光无法直接应用到长度计量检定工作中, 故利用激光干涉系统展开测量工作。

2.3 长度计量误差

长度计量检定工作中, 比较常见的两种误差分别是阿比原理误差和温度误差。阿比原理要求被测量长度与基准长度无差别, 或者是两者之间处于平行状态, 平行状态情况下可包含延

* 通信作者: 赵晓欢, 中级工程师, 研究方向为计量。E-mail: 2585559531@qq.com

伸,若无法满足此条件,其计量就会出现误差^[6]。关于温度误差,在长度计量的测量方法和标准中,温度本来就是必须要关注的参考项。

3 温度对长度计量所产生的影响

温度因素会影响长度计量的结果与准确性,所以在实践中许多有关长度计量的标准设置中都会出现环境温度相关的内容,整体要求比较高^[7]。长度计量中,必须要将温度控制在标准范围(20±2)°C内,一旦其误差过大,就会导致测量结果准确性降低。

3.1 温度与长度之间的关系

在研究与推导中,发现长度计量过程中,温度与长度之间存在关联性,且两者之间的变化是存在规律的。可得出以下公式: $\Delta L = LK(t - 20)$ 。 ΔL 指代大小变化, K 指代线性膨胀系数,如:(1)金属线性膨胀系数(单位:1/°C):铝(2.4×10^{-5});铜(1.7×10^{-5});铁(1.2×10^{-5})等;(2)塑料和橡胶线性膨胀系数(单位:1/°C):聚乙烯(1.5×10^{-4});聚丙烯(1.3×10^{-4})。 t 则指代温度,20则是指20°C,在测量标准中通常是以20°C作为基准环境温度。在前文中提及外径千分尺标准,长度测量项并非完全没有误差空间,只是需要将误差控制在允许的范围内^[8]。

$\Delta L = LK(t - 20)$ 可计算出在时间变化的情况下,温度会发生何种程度的变化。为提高测定的准确度,可以对该公式进一步推导转换为: $\Delta L = L\{k_1(t_1 - 20) - k_2(t_2 - 20)\}$,其中, k_1 和 k_2 所指代的是被测量目标与量规材料的线性膨胀因子,而 t_1 和 t_2 则指代被测量目标(温度)和检测仪器设备的温度。若被测量目标(温度)和检测仪器设备的外形比较复杂且多元化特点明显,该公式无法使用。举个例子来说,如果被测量目标为温度40°C时长度为200 m的铜杆,测量仪器为15外径千分尺,从温度条件上来看,铜杆温度远远超过基准温度,且存在20°C的误差,不在允许的范围内,测量仪器与温差满足规定允许误差范围。铜杆的主要成分为铜,其主轴材质线膨胀系数为 17.5×10^{-6} ,外直径选用钢制,套用公式来进行计算就可以发现,其所产生的偏差为81.5 μm。而若是外径千分尺的温度与铜杆温度相同,即由15°C上升至40°C,所出现的偏差大约为24 μm。

3.2 温度对长度计量的影响

在被测量目标和计量设备仪器的温度均为20°C时,长度计量不会出现误差,而若是被测量目标的温度超出允许的误差范围,测量结果的误差不单会受到温度影响,还会因为被测量目标和计量设备仪器的材质而出现不同的变化,这主要是因为,在材质不同的情况下,线膨胀系数也有所不同^[9]。反过来思考,若是被测量目标和计量设备仪器的温度与线膨胀系数都不存在差异性,那最终的测量结果便不会产生偏差。由此,可以得出结论:保持线膨胀系数一致的情况下,长度计量仅考虑温度这一影响因素即可。若是测量环境的温差超出允许误差,但被测量目标和计

量设备仪器的温度一致,温度误差必然存在。若被测量目标的体积比较大且形状不规则,计量结果的误差还会加大。而如果能保证检测环境温度在20°C,被检测目标与计量设备仪器的材质相同,线膨胀系数相同,几乎不会出现误差。

4 降低温度对长度计量检定影响的方案

4.1 对标准温度及允许误差进行明确

在实践中,长度计量检定设备仪器的种类比较多,比如游标卡尺和外径千分尺等,为了对其测量准确度进行保障,需要对标准温度及允许误差进行明确。计量仪器设备不同,其精密度要求也有所不同,在规定标准温度及允许误差范围时应当充分考虑到这一点,做出针对性的设置。比如说,千分尺的精密度要求比较高,可设置其标准温度为20°C,允许误差范围为0.5°C;游标卡尺的精密度要求比较低,可设置其标准温度为20°C,允许误差范围为2°C。在长度计量检定工作实践中,要减少测量结果的误差,就要对标准温度的允许误差范围控制。为此,应当对被检测目标的材质进行明确,选择与其相同或相近材质的标准装置,确保其热膨胀系数基本一致,如此可以尽可能降低温度变化所带来的影响。

4.2 提高长度计量环境温度的稳定性

结合实际情况,要想为长度计量检定工作提供最佳环境,就要对环境温度的可靠性与稳定性进行保障,而恒温室显然是最好的选择。恒温室可以对设备内部空间的温度保持稳定不变,应用此设备可以对环境温度进行精准地控制。将环境温度控制设备引入到实验室当中,可以自主调节至所需温度,灵活性特点较为突出,但因所涉及空间范围比较大,在实践中,考虑到操作难度,通常会选择在测量范围内增加隔热设备来保持环境温度的稳定性,避免外部温度影响到测量环境温度。除此之外,长度计量检定需要用到的工具还包括温度传感器和监测设备等,计量人员应该定期对其状态进行检查,并展开保养与维护,若发现监测设备无法正常使用,需要即刻上报进行维修处理,避免因监测不准确等问题导致误差扩大。

以外径千分尺为代表的一系列长度计量检定工具精度比较高,允许温度误差范围也比较小,所以在使用之前,必须要进行恒温处理,将其温度控制在19.5~20.5°C之间^[10]。实践中可进行以下操作:在实验室引入恒温设备,设定至所需温度之后将外径千分尺置入,对其进行恒温处理,使之温度保持在稳定状态。恒温处理这一环节可以使外径千分尺恢复至最初状态,消除温差产生的影响,提高测量精度。部分千分尺的准确度要求相对来说比较特殊,可以使用恒温台来进行操作。若实验室内没有恒温箱或恒温台,同样可以使用其他恒温设备来进行预热处理,使之达到标准温度并不变。预热处理可以避免因温差而导致的误差情况,因其操作比较简单,还能够一定程度上

保障检定效率，缩短检定时间。

4.3 通过温度补偿和误差修正来控制温度

千分尺的精度比较高，必须要对其温度进行控制，避免其对测量工作产生消极影响。对此，可以应用温度补偿和误差修正的方式控制温度，保障检定结果的精准度。在实践中，可以在计量设备仪器上安装温度传感器，实时监测计量设备温度以及测量环境温度，及时发现发生的变化，在其超出允许温度误差的范围之前进行补偿^[11]。计量检定员需要明确千分尺温度所发生的变化在测量结果上如何反映出来以及具体的影响程度，根据温度传感器记录的温度变化数据来进行计算，以此作为调整测量结果的依据，在修正调整之后，需要结合预期标准对修正结果进行验证，必要情况下可调整修正参数，以提高精准度。在制造千分尺时，对其基座和标准间尽可能选择符合标准的热膨胀系数较小的材质。对于对温度的感应比较敏感的千分尺，可以根据其热膨胀系数进行计算，以此来修正测量结果的误差。

4.4 对空调设备的安装位置进行规划

为调整实验室温度，实验室内通常会安装空调设备，而对其位置进行合理的规划可以有效控制室内环境的稳定状态，尽可能消除温度给长度计量工作所带来的消极影响^[12]。因空调设备在运行的过程中，自身会散发一定的热量，所以需要避开临近测量设备仪器的位置，消除局部热气所带来的温度变化。在安装时应当避免出风口对着计量仪器设备和计量检定区域的情况，提供出风口位置的合理性科学性可以让实验室内的空气流动更为均匀，保证均衡的环境温度，防止室内温度呈梯度式分布。除此之外，计量人员在日常工作中应当关注空调设备的状态，及时维护清洁，保障其正常运行^[13]。总的来说，对实验室和计量检定室内的空调位置进行合理规划与调整，保障空调的正常使用，可以消除部分计量检定工作中存在的不稳定因素，可以从更加细致的层面上来对测量环境温度进行控制，为长度计量检定创造更加优质的环境条件。

4.5 提高工作人员专业水平，避免人为误差

通过对计量检定人员进行培训，可以有效提高其专业水平，减少不必要的误差，保障计量检定结果的精准度。为此，计量单位可以引入虚拟现实(VR)技术^[14]，让工作人员进入还原实验室的虚拟环境当中进行高效练习，让他们认识到温度对检定结果造成的影响，使其自主思考如何应对这种局面并将筛选出的最佳方案应用到实践当中。除此之外，还可以引入人工智能系统，将工作人员在工作实践中的各项数据录入到系统当中，由系统为每一位工作人员量身定制针对性的培训方案，对可能会引发误差结果的错误操作行为进行纠正，让工作人员在培训中实现自我提升。同时，应当邀请专家以座谈会和讲座等形式对工作人员展开培训，更多地将

重点放在经验分享和实际案例分析上，让工作人员可以从中得到工作灵感，将经验与技术更好地结合起来，避免在长度计量检测中出现人为误差。

5 结束语

长度计量检定是许多行业在生产发展实践中无法避开的一个环节，测量结果的精准度甚至会对后续生产的诸多环节产生影响，而温度正是非常关键的一个影响因素。在实践中，应当对标准温度及允许误差减少，提高计量环境温度的稳定性，对计量检定设备进行恒温处理，通过温度补偿和误差修正来控制，合理规划空调设备的安装位置，提高工作人员专业水平，以此来降低甚至是消除温度对长度计量检定的影响。

参考文献

- [1] 秦秀伟,张扬.试论温度对长度计量检定的影响以及消除措施[J].建筑工程技术与设计,2020,(32):695-680.
- [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,(14):66-67.
- [3] 陈楠,郝世豪,尹雪.对温度之余长度计量检定的影响研究[J].中国设备工程,2020,(21):167-168.
- [4] 吴晓莉.减小温度对长度计量影响的方法[J].中国质量监管,2024,(03):82-83.
- [5] 黄文虎.长度计量检定中温度的影响及对策[J].大众标准化,2024,(08):196-198.
- [6] 黄志,陈茗,夏立群,等.横向火源下隧道火灾温度分布和烟气运动特性研究[J].中国计量大学学报,2024,(04):2096-2835.
- [7] 尹恒.长度计量仪器测量过程中误差控制研究[J].进展,2024,(09):193-195.
- [8] 房福生,田景武.尺寸法测量活塞式体积管标准装置标准容积的不确定度评定[J].油气田地面工程,2024,43(05):23-27.
- [9] 赵红霞.计量检测与质量管理的关系[J].中国质量监管,2023,(10):183-186.
- [10] 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):173-175.
- [11] 李金朝,于敬水,王林虎,等.长度计量器具使用中的温度控制问题研究[J].品牌与标准化,2024,(03):195-197.
- [12] 靳梦.关于温度对长度计量检定的影响分析[J].2020,(42):164-165.
- [13] 郑杏美.温度对长度计量检定的影响分析[J].2021,(11):221-233.
- [14] 常闯.温度变化对长度计量检测的影响分析[J].计量与测试技术,2021,(02):81-83.