

计量校准周期的选择和调整方法探讨

姜艳艳

(龙口市检验检测中心 山东 龙口 265701)

摘要: 文章针对计量器具的校准周期问题,从校准周期的作用和确定原则、校准周期的确认依据、校准周期的确认调整方法及注意事项、现存问题和解决对策等方面进行探讨。研究证实:合理确认校准周期,采取科学的调整方法,能提高计量器具的精准度,为计量工作奠定基础。

关键词: 计量器具;校准周期;确认调整;解决对策

0 引言

计量器具就是各种测量仪器,在生活、生产、科研等领域广泛应用,对计量立法工作具有重要意义。校准是在规定条件下,确定计量器具示值误差的一组操作,校准周期则是两次校准之间的特定时间或条件设定。就目前而言,校准周期的选择和调整是计量管理工作的一个组成部分,直接关系到计量管理的有效性、经济性。校准周期过短,计量器具的管理经济性差,不仅增加了校准费用,还会影响正常的使用计划;校准周期过长,计量器具不合格风险增加,影响计量结果的精准度,甚至生产出废品,带来经济损失。以下结合已有研究成果和笔者实践经验,探讨了校准周期的选择、调整方法及改进措施。

1 校准周期的作用和确定原则

1.1 校准周期的作用

市场经济背景下,计量器具的使用非常普遍,在农业、工业生产中发挥出重要作用。以工业生产为例,使用计量器具能提高产品合格率,为企业带来良好的经济效益。然而,计量器具本身存在误差,会影响检测结果的准确性,这就必须按照规范要求校准。

合理确定校准周期是企业管理的一部分。首先,计量器具由物理材料构成,检测操作遵循一定的物理原理,即使同一厂家、同一批次的仪器,也会因为微小的差异造成示值误差,通过校准可最大程度上控制误差。其次,计量器具使用期间,会受到多种因素的干扰,并且影响到器具的使用寿命。合理的校准周期,能消除器具自身的干扰因素,保证计量器具的合格性,为企业生产提供优质服务,延长使用寿命。

1.2 校准周期的确定原则

现代制造业中使用的计量器具不仅类型多,而且数量大,不同器具所处环境、使用频率、维护保养、自身

稳定性不同,校准周期也是不同的。众所周知,校准周期过短,会直接提高校准费用;校准周期过长,可能导致计量器具失准、失效。因此,必须合理确定校准周期,遵循2个原则:第一,在一个校准周期内,最大程度上降低示值误差风险,将其控制在可接受范围以内;第二,在保证计量准确性的前提下,尽量降低校准费用。具体到某一个计量器具,确定校准周期要考虑2个因素:一是器具自身的特征,例如材质、结构、工作原理等;二是外部影响,例如气候环境、使用频率、维护保养、产品精度要求等。

2 校准周期的确认依据

2.1 国家规范

ISO和IEC组织共同制定的《检测和校准实验室能力的通用要求》中,对校准周期的表述是:“校准证书(标签)不应包含校准时间间隔的建议,除非与客户达成一致,该要求可能被法规取代”。可以从两方面理解这句话:一方面,如果厂家和客户达成一致,可以给出校准周期;另一方面,如果其他法规有明确规定,就可以忽略本条款。

《计量器具检定周期确定原则和方法》中提出,校准周期的确认应结合计量器具的本身特征、性能要求和使用情况;一般计量器具的测量可靠性目标 $R \geq 90\%$;可以采用一种方法分析测算,也可以采用多种方法。其中,测量可靠性目标 R ,是计量器具整体性能在重新确认时,依然保持在期望的合格范围内的概率,如图1所示。

《国家计量校准规范编写规则》中则提出,编写计量校准规范时可以给出校准周期的建议参考,并且要求送校单位结合各种因素,自主决定复校时间间隔。也就是说,校准工作严格按照规范标准执行,校准周期的确定也要参考规范标准,并且使用单位按照实际使用情况做出决定。

2.2 行业规范

相比于国家规范,行业规范中对于计量器具校准周

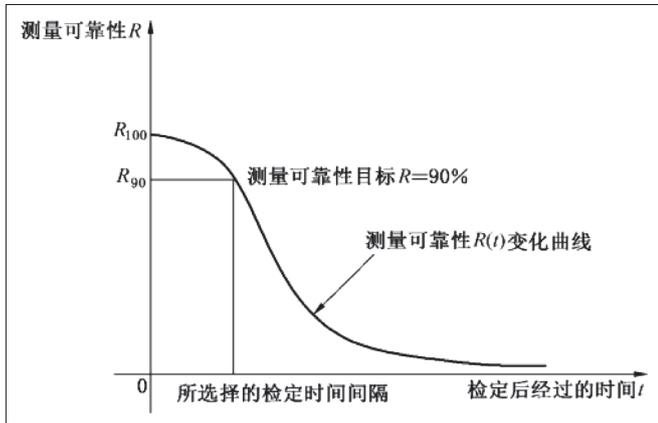


图1 测量可靠性R的变化示意图

期的规定更为灵活，例如：《漆包绕组线检测设备检定方法》中规定，伸长率试验仪、回弹角测试仪等的校准周期为1年；直流电阻试验装置、软化击穿试验仪等的校准周期为2年。

如果没有明确的规范，在实际生产中确定计量仪器的校准周期，主要采用以下3种方法：第一，参考计量检定规程，校准周期按照此规程中的检定周期执行；第二，参考校准规范，校准周期按照此规范中的复校时间间隔执行；第三，参考产品标准或技术条件，要综合考虑各种影响因素，然后采用一种或多种方法进行调整。

3 校准周期的确认调整方法及注意事项

3.1 确认调整方法

在《计量器具检定周期确定原则和方法》中，提出了反应法、最大似然估计法两种。前者是根据最近的检定结果，采用直接方法或简便算法调整检定时间间隔，分为固定阶梯法、增量反应法、间隔测试法。后者引入似然函数的概率分布理论，评价计量器具超出允许误差的情况，然后确定检定时间间隔，分为经典法、二项式法、更新时间法。此外，损失函数法近年来也得到了推广应用。以下对这些方法进行简要介绍。

3.1.1 固定阶梯法

计量器具使用过程中，经过一定的初始时间间隔后，如果实际性能超出测量可靠性目标R，就要缩短校准周期；反之则要延长校准周期，或维持原校准周期。校准周期的缩短或延长，首先取一个固定整月数，然后逐渐递减或递增即可完成调整。假设增量系数为a，减量系数为b，一般情况下要求a < b，拟调整的校准周期增/减量Δ计算方法为：

$$\Delta = aI_0, \Delta = bI_0 \quad (1)$$

式(1)中，I₀代表调整前的校准周期。例如：a取值0.2，b取值0.4，I₀为5月，那么调整后的增量为1个月，减量为2个月。

该方法的优点是成本低、响应快、实际调整时简单

易行，缺点是需要多次调整才能达到测量可靠性目标R。

3.1.2 增量反应法

该方法和固定阶梯法的原理、程序类似，只是在确定时间增量时，需要参考调整前的参数，调整前后的参数变化有函数关系。调整前、调整后的校准周期，分别是I_{m-1}、I_m，调整前、本次需要调整的时间增量，分别是Δ_{m-1}、Δ_m，那么这4个参数的关系是：

$$I_m = I_{m-1} [1 + \Delta_m (-R)^{1-y_m} (R)^{y_m}] \quad (2)$$

$$\Delta_m = \frac{\Delta_{m-1}}{2^{|y_m - y_{m-1}|}}, \Delta_0 = 1, y_0 = 1 \quad (3)$$

式(2)和式(3)中，I_m代表第m次检定时间间隔，Δ_m代表第m次调整的时间增/减量，R代表测量可靠性目标，代表计算因子，m代表检定调整序号。

该方法的优点是：计算程序简单，现实操作起来容易调整校准周期。缺点是：需要多次调整，才能达到测量可靠性目标R。

3.1.3 间隔测试法

相比于前两种方法，间隔测试法更为复杂，依据的不是一次鉴定结果，而是通过计算显著性水平限，判断检定结果和R之间的关系。如果检定结果和R存在的差异较大，就要调整校准周期，否则不进行调整。其中，显著性水平限的计算方法是：

$$\sum_{k=0}^g \frac{n!}{k!(n-k)!} R_u^k (1-R_u)^{n-k} = \alpha \quad (4)$$

$$\sum_{k=g}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} R_L^k (1-R_L)^{n-k} = \alpha \quad (5)$$

式(4)和式(5)中，R_u、R_L分别是显著性水平的上限、下限，n代表I间隔中检定的计量器具样本数量，g代表I间隔中的合格数量，α代表间隔测试的显著性水平，一般取值30%。得到结果后，如果R在R_u和R_L之间，不需要调整；如果R不在R_u和R_L之间，就要调整，可采用内插法或外延法，此处不再详细阐述。

该方法的优点是：操作成本低，而且充分运用了数理统计知识。缺点是：要严格控制检定时间间隔，并且要保证初始间隔估计是正确的，这两个方面具体操作时存在一定难度。

3.1.4 最大似然估计法

以经典法为例，是进行可靠性分析，建立似然函数。假设计量器具的测量不确定度，按照指数函数变化；超差和测量不确定度，按照指数增长。通过推断，先确定超差出现时间，然后得出似然函数：

$$L = \prod_{i=1}^n [f(\frac{I_i}{2})]^{X_i} [R(I_i)]^{1-X_i} \quad (6)$$

式(6)中，n代表观察到的检定样本数量；I_i代表第i次观察到的检定时间，第i次检定合格X_i=0，检定不合格X_i=1。

假设可靠性函数 R 、失效时间概率分布函数，均是指数函数，可以得到：

$$R(Li) = e^{-\lambda Li} \quad (7)$$

$$f\left(\frac{Li}{2}\right) = \lambda e^{-\lambda \frac{Li}{2}} \quad (8)$$

似然函数取对数，然后两边取偏导数，当 $\frac{\partial}{\partial \lambda} \ln L = 0$ 时，可以得到：

$$\lambda = \frac{X}{I - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n XiIi} \quad (9)$$

式(9)中， $X = \sum_{i=1}^n Xi$ 是观察到的检定不合格数量， $I = \sum_{i=1}^n Ii$ 是观察到的检定时间总和。计算得到可靠性函数及系数 λ ，利用可靠性目标就能确定调整值。

该方法的优点是：相比于二项式法、更新时间法，操作简单、费用较低，有助于实现可靠性目标。缺点是：建立可靠性模型时，只能使用指数模型。

3.1.5 损失函数法

损失函数法作为一种新的方法，是对产品质量和技术特性波动情况的关系进行量化，对计量管理和质量经济损失的关系进行量化，然后建立数学模型：

$$L(y) = K(y - m)^2, K = \frac{A}{\Delta^2} \quad (10)$$

式(10)中， $L(y)$ 代表损失函数； K 代表系数； y 代表实测值； m 代表目标值； A 代表损失金额； Δ 代表容许误差。可见，产品技术特性测量值和目标值之间的偏差大小，决定了产品质量，有助于评价计量管理工作的经济性。

3.2 注意事项

3.2.1 满足基本要求

如果使用单位从成本的角度出发，想要延长校准周期。那么计量机构应结合计量器具一次校准合格情况，按照规范给出复校时间间隔建议。如果使用单位想要缩短校准周期，计量机构也可以满足这个调整要求。延长校准周期时，需要证明计量仪器的性能良好，使用单位需提供以下证明资料：(1) 最近3年的校准证书，满足计量要求，而且测量结果的误差在允许范围内；(2) 最近3年的核查数据均合格，且没有出现单方向偏移的情况；(3) 计量器具及其检验操作的管理文件，严格按照规定方法执行。

3.2.2 综合考虑影响因素

结合实践，影响校准周期的因素包括：(1) 计量器具本身特征，包括材质、结构、工作原理、稳定性等；(2) 生产厂家给出的建议；(3) 使用环境，包括温度湿度、使用频率、维护保养、磨损趋势等；(4) 计量器具的失准情况；(5) 校准成本；(6) 测量精确度要求。综合考虑以上因素，对校准周期进行确认和调整，才能最大程度上达到测量可靠性目标 R 。

3.2.3 校准日期连续问题

在实际校准工作中，一些使用单位会要求计量机构调整校准日期，原因主要有3个：(1) 不希望日期出现明显变化；(2) 方便内部管理；(3) 防止内外部审核时判定为不符合项目。对于这一问题，如实记录校准日期是计量管理的基本要求，不能随意调整。针对最后一个原因，如果计量器具发生故障，仪器送检、仪器停用，校准日期不连续也是合理的。

3.3 典型案例

以电子天平为例，本次校准数量共计15台，实际分度值 d 为0.001g，属于高准确度 II 级。

第一步，分析校准结果的不确定度，主要来源于天平分辨力、天平测量重复性、标准砝码，分别建立测量模型，计算出合成标准不确定度，结果为0.433 mg。取置信概率95%、 $k=2$ ，得到扩展不确定度为0.866 mg。

第二步，由固定的计量人员，每3个月对电子天平校准1次，出现示值误差、重复性、偏载误差，说明校准不合格，此时需要启动天平的自动校准功能。

第三步，根据校准数据和似然估计函数，计算得到 $\lambda=0.0067$ ， $I=15.44$ ，即电子天平的理想校准周期为15个月。

4 校准周期确认工作现存问题及解决对策

4.1 现存问题

校准周期确认工作中主要存在以下问题。

4.1.1 规范中的校准周期固定

计量器具使用单位确认校准周期时，多数执行国家计量检定规程，但是这个规程中的校准周期是固定的，具有普适性，并没有考虑到不同企业、不同单位的实际情况。如此一来，检定人员执行规程时不切实际，也不利于生产企业调整生产方案。

4.1.2 对检定人员的依赖性

确定计量器具的首次校准周期时，非常依赖于检定人员的经验，并且考虑到设备特征、使用条件、外部环境、尺寸公差要求等，从而初步判断合理的校准周期。然而，不同检定人员的经验不同，做出的判断也就存在差异。

4.1.3 校准周期调整存在不足

确定首次校准周期后，计量管理人员会根据多次确认结果、计量器具的使用情况，对后续的校准周期进行调整。而且调整要满足不超差、经济性两个原则，这两个原则本身就是对立的，实际操作起来有一定难度。

4.2 解决对策

4.2.1 完善检定规程

随着科学技术不断进步，计量器具的性能也明显提高，为了适应校准工作的要求，必须采用现代化的检定方案，对检定规程进行完善。例如：借助于计算机、网络、

人工智能等技术,应用在检定工作中,对检定程序进行改进,从而修订规程中的不足、填补空白,提高计量器具的准确度。在检定工作中,也应该引入新技术、提出新标准,保障计量器具的使用性能。

4.2.2 提高人员素质

计量检定工作具有较强的专业性,要求检定人员具备扎实的理论知识、熟练的操作技能、良好的职业道德。针对目前部分鉴定人员素质不足的问题,首先应当提高准入门槛,优先选择有学历、有技术、有经验的人才;其次,落实培训学习活动,树立终身学习理念,跟上新时代技术发展的步伐,更好地适应检定工作需求。

4.2.3 科学确定周期

如上文所述,调整计量器具的校准周期,既要满足基本要求,又要综合考虑影响因素。针对实际操作存在难度的现状:一方面,要总结经验、吸取教训,充分发挥出检定人员在校准周期判断上的主观优势;另一方面,将两种或多种调整方法联合起来,起到取长补短、互相验证的效果,保证调整结果的科学性。

5 结语

综上所述,合理确定计量器具的校准周期,在保证计量准确性的同时,有利于降低校准费用。文章详细介绍了校准周期的调整方法,针对检定工作现存问题提出解决对策,希望为从业人员提供借鉴,充分发挥出计量器具的性能作用。

参考文献:

- [1] 孙杰,戴军,孙晓茜. 计量器具现场校准、检定、测试管理方法的探讨[J]. 智能城市,2019,5(21):105-106.
- [2] 张俊丽. 自动测试系统及其测试仪器校准周期确定研究[D]. 郑州:郑州大学,2016.
- [3] JJF 1139-2005, 计量器具检定周期确定原则和方法[S].

作者简介:姜艳艳(1978.08-),女,汉族,山东龙口人,大专,工程师,研究方向:计量校准。

(上接第88页)

固定在底架横梁吊座模块翻转焊接工装上,底架横梁吊座模块翻转焊接工装包括变位机和底架横梁吊钩模块夹紧工装。底架横梁吊座模块紧固在底架横梁吊座模块翻转焊接工装上后,对底架车下吊座、补强筋板与底架横梁焊缝进行焊接,通过变位机翻转,将所有焊缝均变为平焊形式,保证了焊接速度与焊接质量。

底架组装时,在工位一底架骨架组装工位,将底架横梁吊座模块与其他底架横梁一起进行底架骨架组装,在底架骨架组装工装上布置底架车下吊座定位销,以此保证底架车下吊座相对位置精度。在工位三底架翻转焊接工位取消底架车下吊座的组装与焊接工序,大幅减少了底架翻转焊接工位作业时间,在生产过程中将本工位当日完工率提高至100%,保证了底架产线全部工位2h工作制节拍的顺利推进。

4 结语

本文通过利用模块化组装的方法将底架车下吊座与底架横梁预组装成底架横梁吊座模块,将分别在底架骨架组装工位组装焊接底架横梁,在底架翻转焊接工位组装焊接底架车下吊座,优化为在底架骨架组装工位将底架横梁吊

座模块与其他横梁同时组装,取消底架翻转焊接工位组装焊接底架车下吊座工步的模块化组装模式,突破了底架产线底架翻转焊接工位耗时长、占用人工多的瓶颈,是模块化组装思想在轨道客车组装工艺中的一次突破性尝试,为模块化组装思想在轨道客车行业的推广与运用提供了有利借鉴与指导。

参考文献:

- [1] 谢绍兴. 出口突尼斯内燃动车组凹底底架组装工艺研究[J]. 轨道交通装备与技术,2016(06):9-11.
- [2] 张政民,王忠平,王海,等. 成都地铁车顶模块化组装工艺及优化[J]. 金属加工(冷加工),2014(17):9-11.
- [3] 戴述炎. 通用货车底架组装夹具的设计及应用[J]. 铁道车辆,2000,38(04):33-34.
- [4] 徐会庆. 轨道车辆车内顶板模块化工艺研究与实施[J]. 轨道交通装备与技术,2014(04):1-4.

作者简介:张天放(1993-),男,汉族,河北唐山人,硕士,助理工程师,研究方向:轨道车辆组装精度研究。