

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2022.03.12

对计量内涵及其发展重点的思考

何旋¹, 吴霞¹, 周自力²

(1. 航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095; 2. 中国航空研究院, 北京 100029)

摘 要: 针对当前计量工作存在滞后于产业发展、与产业需求脱节的问题, 从计量的基本理论、历史沿革和应用实践出发, 通过分析计量的内涵、计量与测量的关系, 并结合现阶段计量体系架构和实际工作开展情况, 探讨计量工作在管理、技术和理念等方面存在的问题, 聚焦测量需求、测量过程、测量标准、测量结果等测量体系组成要素, 提出计量与产业融合发展的切入点, 为当前质量强国、数字强国背景下充分发挥计量作用提供参考。

关键词: 计量学; 计量应用; 测量体系; 已知量; 测量模型; 测量秩序; 测量标准; 数据化

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2022)03-0079-07

Understanding of metrology connotation and thoughts on development focus

HE Xuan¹, WU Xia¹, ZHOU Zili²

(1. Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China;

2. Chinese Aeronautical Establishment, Beijing 100029, China)

Abstract: In view of the fact that the current metrology work lags behind industrial development and is divorced from industrial demand, starting from the basic theory, historical evolution and application practice of metrology, this paper analyze the connotation of metrology and the relationship between metrology and measurement, and discusses the existing problems in concept, technology and management of metrology in combination with current metrology system architecture and actual work. Focusing on the elements of measurement system such as measurement requirements, measurement process, measurement standards and measurement result, it puts forward the entry point of integrated development of metrology and industry, and provides a reference for giving full play to the role of metrology under the background of strong quality and digital power.

Key words: metrology; metrology application; measurement system; known quantity; measurement model; measurement order; measurement standard; digitization

0 引言

当前, 法制框架下的计量工作在管理机制、技术能力、运行模式等方面逐步表现出滞后经济社会发展的趋势。一系列政策措施的出台, 旨在解决各领域对精准测量测试的需求与计量供给不充分、不平衡、不全面之间的矛盾^[1], 在各界引发了广泛关注, 偏重仪器合格判定的

传统计量工作模式与面向产业应用过程测量需求的新兴计量理念产生了碰撞, 计量与测量这两个有所区别却又密切相关的概念未来应如何定位, 计量工作面临着怎样的发展机遇和挑战, 成为当前计量行业亟需解决的问题, 有必要厘清计量与测量的基本概念, 分析计量工作现状和存在的问题, 探索加强计量应用、充分发挥计量作用的切入点。

收稿日期: 2022-03-29; 修回日期: 2022-04-28

引用格式: 何旋, 吴霞, 周自力. 对计量内涵及其发展重点的思考 [J]. 计测技术, 2022, 42 (3): 79-85.

Citation: HE X, WU X, ZHOU Z L. Understanding of metrology connotation and thoughts on development focus [J]. Metrology and measurement technology, 2022, 42 (3): 79-85.



1 由测量定义引发的讨论

为了分辨计量与测量,姑且将计量与测量视为两个相互独立的对象。在此前提下,狭义的测量指生产生活中开展的具体测量活动,这种具体的测量活动已有明确的定义,即“通过实验获得并合理赋予某量一个或多个量值的过程^[2]”。然而,测量的这一定义是建立在多个前提的基础上的。

1) 测量不适用于标称特性。标称特性指不以大小区分的现象、物体或物质的特性,例如,人的性别。但对标称特性的这一解释存在一定的局限性。对于同一参数,测量的手段有很多种,不同的测量手段得出测量结果的准确程度也不一致,没有统一的标准赋值作为依据,任何测量结果都是无意义的。也就是说,没有标准赋值的狭义测量活动无法真实反应事物的客观特性,故用标准赋值的客观特性也可理解为“标称特性”。

2) 测量意味着比较并包括实体的计数。测量活动的手段是将一个已知量与未知量进行比较,实现对未知量的赋值。在生产生活中存在大量的未知量,已知量始终是有限的。测量长度要用到尺子,测量温度要用温度计,测量质量要用砝码。因为,尺子、温度计、砝码清晰展示了人们已经掌握的量值,即经过人们多次实践定义和固化的已知量。

3) 测量的先决条件是对测量结果预期用途相适应的量的描述、测量程序以及根据规定测量程序(包括测量条件)进行操作的经校准的测量系统。实施测量活动要对量值有明确的定义,测量程序规定了测量活动的具体操作流程,测量系统是开展测量活动的必要物质基础手段,因此,有必要强调“经校准的”测量系统。

通过对测量定义的分析可得到以下结论:测量无法完全表征被测对象的客观特性;开展测量活动要有“已知量”作为标尺;量值的定义、测量程序、测量系统应满足一些必要的控制要求。这几个结论都指向一个核心:狭义测量活动得到的结果必然是发散的。要使测量结果收敛,得到准确可靠的测量结果,必须限定测量的边界条件,实现对测量过程的控制。

2 计量的内涵和与测量的关系

计量是“测量及其科学的应用^[3]”。从计量的定义上看,计量要对测量活动的准确性、有效性负责。从计量的实践上看,计量也与测量有着非常密切的联系^[4-5]。为了探讨计量和测量的关系,前文的分析将计量和测量强行分割开,单独讨论了“狭义测量”。事实上,广义的测量应涵盖测量理论、测量方法、测量标准、测量仪器、测量程序、测量结果等要素,各要素共同支撑具体测量活动的实施,这些要素的研究和应用属于计量范畴:计量定义了测量单位,形成了包含测量误差、测量不确定度等内容的测量理论,建立了一批用于量值传递的测量标准,通过计量检定校准业务保证了测量仪器的溯源,等等。因此,单独讨论计量、测量是无意义的。没有测量,计量就失去了其存在的目的;没有计量,任何测量结果都失去了价值。

1) 计量源于测量,服务于测量

早期的测量从“计数”开始,逐步有了“量”的概念。人们通过无数次的简单测量活动,开始以自然界物体的物理尺寸作为测量的基本单位。随着贸易发展和科学技术进步,在一定地区内提出了统一“标准”的要求,才有了度量衡的产生,逐步发展到现代计量。这种“标准”的要求是生产生活的客观需要,也是测量发展的必然结果。测量的“标准”,逐步统一了行业、地区的测量标尺,使人们能够在同一个测量坐标系下开展测量活动,进而促进贸易发展和科技进步。

2) 测量标准源于测量数据,服务于测量数据

无数次的简单测量活动使某些特定物体的量值属性趋于收敛,逐步实现了量值的定义,具有了早期计量器具的特征,进而发展出了近现代的测量标准。虽然“大数据”是不久前提出的概念,但不可否认,经过数千年历史数据积累、人类社会自发选择和近代科学技术进步,测量数据这个大数据群体正持续发挥作用,已在某种程度上完成了数据的分析、挖掘和利用,为测量标准的不断建立奠定了基础。可以说,测量标准是历史测量数据的产物,同时,为新的测量数据的产生提供依据。

3) 测量标准是计量特点的集中体现

要实现单位统一、量值准确可靠,首先要实现量值的完整准确定义。测量标准是海量测量数据经过标准化后的承载,是已知量的载体,是人们实现量值定义的重要手段。生产生活中需要测量的各类量值,最终都要溯源至测量标准复现的量值,测量活动才有意义。因此,测量标准是最能够体现计量特点的物化载体。

4) 计量与测量是“一体两面”的关系

“一体”是指计量和测量的目的高度一致,解决的都是量化问题,都是通过对已知量的定义实现未知量的赋值。“两面”是指计量与测量在对未知量进行赋值的活动中发挥不同的作用:计量的作用是对已知量进行定义,并将已知量传递到测量应用领域;测量的作用是利用经定义的已知量,通过与未知量的比较,实现对未知量的赋值。

计量的核心内涵是经定义的已知量,以及对已知量的量值进行传递。目前,我国基本建立了能够覆盖基本量和导出量的计量基标准,以及由计量基准、计量标准、计量器具、计量技术规范等要素组成的量值传递体系,实现了现有法制计量框架下已知量的定义和传递。但在测量应用领域,计量工作仍存在一些问题,量值定义和量值传递的任务有待进一步践行。

3 重新审视“法制计量”与“产业计量”

要在测量应用领域充分发挥计量的作用,首先要对现有计量体系中各要素之间的关系进行分析。我国计量工作主要包括科学计量、法制计量和产业计量^[6],科学计量为计量体系整体水平提升提供源源不断的动力,产业计量在具体的应用实践中发挥作用,法制计量将在实践中形成的成熟经验固化成管理要求。计量具有准确性、一致性、溯源性、法制性等基本特点^[7],其中,准确性、一致性、溯源性具有明显的技术特征,而法制性是为保证技术要求能够实现的管理手段,由此产生了法制计量的概念。实际上,法制计量和产业计量都是为满足不同应用场景测量需求而进行的计量活动,为了便于人们理解与传统法制计量的区别,产业计量强调从单参数计量到多参数

评价、从实验室计量到现场计量、从关注器具到关注数据的转变。在厘清计量与测量关系的基础上,有必要重新审视这三个转变。

3.1 单参数计量和多参数评价

人们通常用单参数计量与多参数综合评价来区分法制计量与产业计量的技术特征。但实际生产生活中,真正意义上的“单参数计量”往往是不存在的。国家计量检定规程作为法制计量的典型产物,通常也会对环境条件做出要求。以钢卷尺为例,在一次计量活动中,要考虑钢卷尺的几何量和所处环境的温度,并规定在使用中超过温度要求范围,则需要考虑温度和长度之间的耦合关系,对测量数据进行修正^[8],得出最终测量结果。类似这样一个简单的典型法制计量活动,其关注的被测参数也至少有长度、温度两个参数。

在特定测量任务中,测量需求方关注的量值一般只有一个,例如用钢卷尺测长度,人们只关注测出的长度量。然而,对长度量产生影响的参数是多元的。任何一项测量活动都需要考虑对测量结果产生影响的各类参数,这些参数的量值并不是该项测量活动最关注的输出,但对测量结果构成影响,也需要通过测量手段获得的,本文将这些参数称为测量的“控制参数”。实际开展的测量或计量活动,普遍具有多参数综合评价的需求,不因该项活动属于法制计量或产业计量有所区别。

3.2 实验室计量和现场计量

关注实验室还是现场,也被认为是法制计量和产业计量的一项区别。在部分测量活动中,由于现场测量环境与实验室计量环境差异大,在实验室进行计量溯源的仪器不能直接用于现场测量,从而出现了在测量现场对仪器进行计量标定的需求,回避了测量现场各项控制参数定量分析,但却可能为测量带来新的系统误差问题。

控制参数定量分析不应回避。在这个问题上,法制计量的做法是科学的。国家计量检定规程作为开展计量检定活动的技术依据,必须明确检定条件,包括温度、湿度、环境清洁程度、振动、电磁干扰和腐蚀性气体等^[9],这些环境条件必然来源于某些应用场景的测量需求,人们将这些环境条件涉及的控制参数进行定量分析后,固化于

规程中,进而在计量实验室内准确复现。应认识到,国家计量检定规程不具有普适性,按照规程实施计量操作得出仪器合格的结论,其含义是在规程规定的环境条件下,采用该仪器进行测量活动,其测量结果才具有溯源性。突破这些环境条件的应用场景,应针对实际测量需求建立新的计量要求,而不是直接将计量工作移动到现场。

3.3 关注器具和关注数据

测量仪器是实施测量活动的必要物质手段。通常认为,法制计量趋于将测量仪器作为重点关注对象,将测量仪器的检定作为测量活动评价的主要手段。我国针对依法管理的计量器具提出了较为明确的应用场景,主要是贸易结算、安全防护、环境监测、医疗卫生等场景^[10]。首先,这些应用场景关乎公共利益,为避免公共事件的发生,存在依法管理的必要性。更重要的是,这些场景在技术层面存在着一些共同特点,这也在一定程度上决定了国家计量检定规程的内容是为满足公共利益领域或相似应用场景的实际测量需求而设置的。

在这些应用场景中,测量工作往往在控制参数复杂程度较低的环境中进行,人们对这些控制参数进行准确量化,最大限度地减小了其对仪器性能的影响,仪器本身合格就成为了解决这些领域测量需求的重要条件。我们认为法制计量偏重关注仪器本身,是建立在各类测量控制参数量值已经完成了量化和固化的基础上,测量需求分析完整。而开展产业计量工作,有些测量环境控制参数极其复杂,测量需求分析不完整,因此有必要强调关注数据的重要性。事实上,无论法制计量或产业计量,其最终关注的对象都是测量数据。

4 加强计量应用的几个切入点

测量活动的实施,需要具备能够满足需求的测量技术、测量系统、测量方法、测量流程等,这些支撑测量活动的物质基础、技术条件和管理手段构成了测量体系。为了实现测量活动的闭环控制,完整的测量活动可以简单概括为三个步骤:①测量需求输入测量体系;②测量体系输出测量结果;③验证测量结果满足测量需求。研究这一测量体系,应从三个角度分析:①测量体系的输

入和输出能否相匹配;②测量体系的内在结构能否保证体系正常运行;③测量体系整体运行模式能否满足科技和产业发展需求。

4.1 把握测量体系的输入和输出

想要获得令人满意的测量结果输出,首先要实现对测量需求的完整准确定义^[11-12],分析可能对测量结果产生的影响并加以控制,才能获得准确的测量结果。类似问题没有引起足够重视的部分原因是由于大量量具直接应用于日常生活中的测量,一定范围内的测量不准确是可以接受的。但在某些领域,精密测量尤为重要。例如,航空发动机推力的测量原理很直观,在发动机轴心平行线上安装测力传感器即可,但事实上其影响因素非常复杂,需要考虑各类控制参数进行全面的测量需求分析:①发动机的设计轴线和实际轴线是否重合?在实际气流扰动下实际轴线会出现怎样的变化?②在发动机试车试验的高温和振动条件下,用于发动机推力测量的测力传感器漂移如何?③发动机支架不是刚体,在推力作用下会产生变形,从而改变推力方向,这对推力大小的测量将产生怎样的影响?

真实的航空发动机试车试验中,情况远比理论分析复杂,必须对控制参数进行分析。具体方法应是在固定其它控制参数的前提下,分步改变某一控制参数,逐一分析各控制参数与系统输出之间的关系,获取覆盖所有控制参数的试验模型,与航空发动机理论模型相结合,找到各控制参数与测量输出之间的修正因子,构建测量模型,从而完成测量需求的完整准确定义。需要注意的是,类似的复杂测量问题,很难对控制参数进行完整的量值定义和描述,须找到关键重要控制参数对被测量影响的变化趋势、逻辑关系或函数关系,形成的测量模型须通过大量数据分析不断进行迭代优化,直至测量模型基本稳定、影响因素准确量化、系统状态可复现。因此,准确把握测量需求与测量输出之间的关系,是实施有效测量活动的关键。

4.2 规范测量体系的内在秩序

保证测量活动顺利实施,要具备相应的测量技术,或具备将测量技术固化于其中的测量仪器,并配套这一技术或仪器的量值溯源手段,即要实

现测量活动的技术可达,在此基础上,实现测量活动的合理控制。目前,核查标准被广泛应用于测量过程控制中,其原理是用与被测物相似、具有较好稳定性的物体作为盲样,在实验室条件下和现场测量环境中分别测量并比对测量结果,如测量结果一致则认定测量过程得到有效控制^[13]。这种做法是将测量过程的影响量视为黑箱处理,回避了控制参数和测量需求分析的问题。事实上,并不是每一个测量场景都能找到适用的核查标准,如前文提到的航空发动机推力测量,其复杂的测量环境决定了不存在如此稳定的物体能够作为核查标准。

为实现对测量活动的真正控制,需要在测量需求准确完整定义的基础上,在技术手段具备的前提下,建立一套能够保证在实际操作层面参数可测量、可溯源的标准规范和作业指导书,才能从计量本身的技术属性出发,保证测量体系的规范化、标准化管理。标准规范是落实顶层计量要求的体现,是指导具体测量工作的遵循,也是计量活动历史经验固化的结晶。部分发达国家在计量法律法规中对测量的管理提出了要求,俄罗斯计量法提出参考测量方法的概念,这是指一系列通过认证的测量方法,用于评定采取其它方法测量同一量值取得测量结果的正确性。这个概念必然是在完备的标准规范体系的基础上提出的,体现了测量体系内部秩序的高度规范。我国法制计量体系能够如此健全,其重要原因之一就是固化形成了一套能够满足特定场景测量需求的技术规范体系。各产业领域也应从测量需求出发,建立包含测量技术、测量系统、测量方法、测量流程的体系化标准规范和作业指导书,以此实现测量过程有效控制。

4.3 建立数据形式的测量标准

测量结果的有效性最终需要溯源至测量标准。在我国,测量标准按其用途分为计量基准和计量标准^[2],多数以一套实物装置的形式存在。限于以往的科学技术水平,难以将已知量直接以数字的形式准确描述,从而利用某些理化现象的规律建立了一系列标准装置,通过标准装置间接给出,实际上是试图通过模拟量的建立实现数字量的表达。近年来,随着数字经济、数字强国等概念的

提出,传统工作模式与数字化发展趋势不匹配愈发成为制约计量发挥作用的热点问题,计量本身急需数字化,大量数字化测量设备得以应用,如三坐标测量机、高速摄像机等。但实际上,这些具有数字化特征的测量设备同样需要校准,虽然新的校准需求会带动一批数字化校准技术发展,但从测量参数、到测量仪器、到测量标准的多级溯源链条和线下计量工作模式没有得到根本上的改变和提升,实际上是数字化技术在现有计量工作模式下的应用。

计量的数字化提升须从量值的源头也就是测量标准的数字化开始。标准参考数据概念的提出,或许为测量标准的数字化呈现形式给出了答案。我国将参考数据作为一项计量学概念定义为“由鉴别过的来源获得,并经严格评价和准确性验证的,与现象、物体或物质特性有关的数据,或与已知化合物成分或结构系统有关的数据^[2]”。美国自上世纪中叶就开始了标准参考数据的研究和立法,其对标准参考数据的解释更为直观,认为标准参考数据可以是物质理化特性的定量信息、实物的可测量特征、系统的工程特性、测量系统的计量特性等^[14]。从这个定义上看,美国标准参考数据的应用范围非常广泛,可以涵盖材料特性分析、工艺控制、合格判定乃至计量校准等全过程。

理论上,经过严格的重复性、稳定性等考核给出某一参数在特定条件下的可复现量值,该量值就具有成为标准参考数据的可能。这从本质上区分了标准参考数据与一般商用数据和科学数据的区别,赋予了标准参考数据典型的计量学特征,是一种能够直观表征被测物特性、体现计量量化内涵、具有一定数字化特征的测量标准呈现形式。根据计量的量化内涵,计量工作本身具有典型的数据化、数字化特点,在技术可达的前提下,用数字量来呈现已知量的量值是能够体现计量工作特点的最直接途径。标准参考数据相关研究或将推动测量标准走出实验室,促进计量与工程应用领域的产品性能指标、工艺控制参数、测试评价数据建立起更紧密的联系,实现计量与产业活动中测量测试的有效融合,引导计量工作数字化发展。

5 总结

众多对计量与测量、法制计量与产业计量等概念的理解及各概念之间关系的讨论,实际上是对计量工作内涵的认知不深入、不一致的体现。计量工作涉及范围广,在实施层面不可避免带来差异化分工,计量工作人员各司其职,分别从事行业管理、学术研究或具体的检定校准业务,从不同侧面接触计量工作,一定程度上限制了整体性计量理念的形成,也必然带来认识上的分歧。本文主要是从理论和技术的角度提出加强计量应用的几个切入点,但不应是解决当前计量问题的唯一途径。总的来说,计量工作者要在工作理念上有所转变,回归计量的初心,这样才能在产业活动中真正发挥计量的作用。

1) 回归计量的量化特点

经定义的已知量固化于测量标准中,又通过测量标准逐级传递到测量应用层,分布在各计量技术机构的不同层级的标准装置也就成为了普遍认可的已知量载体。但应认识到,标准装置不应成为已知量的唯一呈现形式。随着科学技术进步,只要坚持计量的量化特点,传统的计量建标工作思路也会随之打开,更能适应实际应用需求的多种形式的测量标准将成为可能。

2) 回归计量的技术属性

计量趋于被视为一项监管手段。我国计量法律法规体系架构不可谓不完备,但落实这些法律法规和政策要求必须依托技术手段,而目前国家计量检定规程作为法制计量技术活动的主要遵循,只能覆盖部分领域的测量需求。企业为落实计量要求,制定了一系列涵盖测量标准管理、测量仪器管理、测量人员管理等方面的制度,而很少在技术层面有所突破,基层管理制度成为落实顶层管理要求的主要手段。缺少计量技术支撑,再完备的计量管理体系也难以发挥作用。当前,计量工作有必要回归其技术属性,以技术要求落实管理要求,将计量工作真正做实。

3) 回归计量工作的使命

计量工作的使命是保证单位统一、量值准确可靠。但现实中似乎更重视计量证书的获取,而非计量实际作用的发挥,不关注量值是否真正得

到控制,在一定程度上导致了法制计量要求在各领域的不合理应用。要认识到,测量手段如果不适用于实际需求,其所测得的量值再准确也是没有应用价值的,为其提供量值传递服务的包含各级测量标准在内的整个量值传递链条也就失去了意义。因此,开展计量工作,要坚持从解决产业活动中的实际测量需求出发,才能引导建立真正有应用价值的计量体系。

笔者按 涉及计量内涵和发展方向的重大课题研究本不在笔者能力范围内,但作为一名基层计量工作者,有责任和义务在计量事业改革发展的关键时期略尽绵薄之力。在前人研究成果的基础上,借此文章抛出浅显的认识和观点,形成的分析和结论多处于萌芽阶段,对计量和测量的深层认知、理论储备和实践经验仍存在较大不足,希望本文能起到抛砖引玉之作用。在此恳请计量战线同仁、科研院所同事和产业界朋友对文章中的不足之处和错误观点进行讨论和批判,共同探索计量在当今科学技术进步和产业发展中的定位,创新计量管理和技术手段,践行计量精准量化的初心和使命,构筑由量值定义的大千世界。

参考文献

- [1] 国务院. 计量发展规划(2021-2035年)[Z]. 北京: 中国工商出版社, 2021.
The State Council. Metrology development plan (2021-2035) [Z]. Beijing: China Industry and Commerce Press, 2021. (in Chinese)
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. 通用计量术语及定义: JJF1001-2011[S]. 北京: 中国质检出版社, 2011.
State Administration for Market Regulation. General measurement terms and definitions: JJF1001-2011[S]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2011. (in Chinese)
- [3] BIPM. International vocabulary of metrology—basic and general concepts and associated terms: JCGM200: 2012[S]. 2012.
- [4] 金华彰. 对计量、测量的理解和认识[J]. 中国计量, 2014(4): 18-20.
JIN H Z. Understanding and awareness of metrology and measurement [J]. China metrology, 2014 (4): 18-20. (in Chinese)
- [5] 金华彰. 再谈“计量”[J]. 中国计量, 2016(6): 62-64.
JIN H Z. On "metrology" [J]. China metrology, 2016

- (6): 62-64. (in Chinese)
- [6] 周自力, 于连超. 从计量的宗旨出发谈《计量法》的修订[J]. 中国市场监管研究, 2020(11): 16-17.
ZHOU Z L, YU L C. On the revision of measurement law from the purpose of measurement[J]. Research on market regulation in China, 2020(11): 16-17. (in Chinese)
- [7] 顾龙方, 陈意华, 宋明顺. 计量学的新进展[J]. 中国计量学院学报, 2002, 13(4): 15-18.
GU L F, CHEN Y H, SONG M S. New progress in metrology [J]. Journal of China institute of metrology, 2002, 13(4): 15-18. (in Chinese)
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. 钢卷尺检定规程: JJG 4-2015[S]. 北京: 中国质检出版社, 2015.
State Administration for Market Regulation. Verification regulation of steel tape: JJG 4-2015[S]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2015. (in Chinese)
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. 国家计量检定规程编写规则: JJF 1002-2010[S]. 北京: 中国质检出版社, 2010.
State Administration for Market Regulation. Compilation rules of national metrological verification regulations: JJF 1002-2010 [S]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2010. (in Chinese)
- [10] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于调整实施强制管理的计量器具目录的公告[EB/OL]. [2020-10-26]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/jls/202010/t20201026_322641.html.
State Administration for Market Regulation. Announcement on adjusting the catalogue of measuring instruments subject to compulsory management[EB/OL]. [2020-10-26]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/jls/202010/t20201026_322641.html. (in Chinese)
- [11] 周自力, 李太景, 于亚楠, 等. 计量性及计量性设计[J]. 计测技术, 2018, 38(5): 1-4.
ZHOU Z L, LI T J, YU Y N, et al. Metrological characteristics and design of metrological characteristics [J]. Metrology and measurement technology, 2018, 38(5): 1-4. (in Chinese)
- [12] 梁志国, 张大治. 复杂系统的计量性设计与评估[J]. 计测技术, 2017, 37(5): 1-6.
LIANG Z G, ZHANG D Z. Metrological characteristics design and evaluation of complex systems [J]. Metrology and measurement technology, 2017, 37(5): 1-6. (in Chinese)
- [13] 赵建东, 宋如春, 王成春. 测量标准和核查标准的区别[J]. 中国质量技术监督, 2013(12): 68.
ZHAO J D, SONG R C, WANG C C. Difference between measurement standard and verification standard [J]. China quality and technical supervision, 2013 (12): 68. (in Chinese)
- [14] 114th Congress of U. S. Public Law[Z]. 1968.

(本文编辑: 郑燕)



第一作者:何旋(1987—),男,黑龙江人,高级工程师,主要从事脉冲力、冲击加速度、转速等动态参数校准技术研究,大型试验设施计量保障、计量数字化等综合性技术研究,以及计量政策制度研究,先后参加20余项计量顶层制度设计、计量校准装置研建、计量测试技术课题。