

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2022.01.01

关于计量科学技术发展若干问题的思考

周宁

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 计量与测量是密切相关但本质不同的两个技术专业, 不应混为一谈。建立基于测量行为综合模型的传感器计量检测技术体系, 是提升和健全传感器评价能力、研究解决传感器现场校准问题的重要途径。对于试验设施的综合评价, 应当全面考虑试验测试数据质量评价与试验环境仿真质量评价。

关键词: 计量; 测量; 测试; 传感器现场校准; 系统综合评价; 仿真质量评价

中图分类号: TB91

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2022)01-0001-08

Perspectives on the development of metrological science and technology

ZHOU Ning

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: Metrology and measurement are two closely related but different technologies that should not be mixed up. Establishing a technological system for transducers metrology examination on the basis of synthetic models of measurement behavior is an important way to enhance the transducer evaluation ability and support the research of transducer field calibration. The synthetic evaluation of experimental facilities should include evaluation of the quality of test data and evaluation of the quality of experimental environment simulation.

Key words: metrology; measurement; test; transducer field calibration; system synthetic evaluation; simulation quality evaluation

0 引言

计量与测量两种技术的密切关联是与生俱来的。没有计量, 测量数据就失去了意义, 而计量的核心内容——溯源所依赖的正是精密测量技术。随着现代科学技术的快速发展, 各种测量技术得到迅速拓展和提升, 相应地, 计量技术也在对测量精准度要求日益提高的背景下, 突破传统的、以静态测量误差为特征的基本模式, 向着包括动态特性、现场环境影响以及系统性评价等诸多要素的复杂要求方向多维度发展^[1-2]。许多场景下, 计量与测量(或测试)技术呈现出高度相似性, 以至于无论是计量专家还是测量专家, 都几乎“忘记”了彼此的专业区别。特别是计量科研人

员, 由于研究内容中较多内容与测量有关, 以至于产生了“计量就是测量”的“幻觉”, 在分析问题和立项论证时往往容易混淆两者的概念特征, 甚至出现“误用”测量学的理论和方法去分析计量学问题的现象, 这对我国计量科学技术的定位与发展十分不利, 对于未来我国高新科技产业赋予计量的使命可能会产生负面影响。因此十分必要就计量与测量的本质区别以及计量技术在传感器评价和系统评价方面的作用进行具体的梳理和分析。

1 计量与测量(试)的定义以及在技术层面上的关联与区别

计量与测量是在生产过程和试验过程中经常使用的工作术语。其中, 试验过程中的测量活动

收稿日期: 2021-12-13; 修回日期: 2022-01-26

引用格式: 周宁. 关于计量科学技术发展若干问题的思考[J]. 计测技术, 2022, 42(1): 1-8.

Citation: ZHOU N. Perspectives on the development of metrological science and technology [J]. Metrology & measurement technology, 2022, 42(1): 1-8.



通常被称为测试,其本质仍然是测量,只不过测量的环境和背景更为复杂多样。计量的基本手段是测量,是在特定标准条件下进行的精确测量,且测量结果要与可溯源的标准量进行比对,以确定被计量器具的准确程度。文献[3]中规定计量(Metrology)是实现单位统一、量值准确可靠的活动;计量学(Metrology)是测量及其应用的科学。

计量学也是研究测量、保证测量统一和准确的科学,主要研究量与单位(制),测量原理与方法,测量基准、标准的建立、保存及量值传递与溯源,测量器具及其特性,以及与测量有关的法制、技术和行政管理。计量学也研究物理常量(常数)、标准物质和材料特性的测量^[4]。可将计量和计量学理解为实践和理论的关系^[5]。

上述由权威文献发布的关于计量的定义十分抽象,可以将其看作是现代计量学发展一百多年来的阶段性认识。随着社会工业水平的不断提升以及计量科学技术的相应发展,有必要在计量实践的基础上,对计量的本质进行更加深入具体的分析和理解,突出其特点,以适应日益扩大的计量科学应用领域的要求。当人们对计量的认识随着实践从静态领域扩展到动态领域时,传统概念将发生很大的改变(扩展),对计量工作本质上的深入理解将产生创新性的概念,这对于计量科学自身的发展,无疑将具有重大的推动作用^[6]。当然,新的计量概念应是向上兼容的,而不应是绝对意义上的“推陈出新”。通过对计量实践(特别是考虑动态校准的问题)的分析思考,可以得出如下结论:

除去有关法制和行政管理的内容,在技术层面上,计量工作的本质可以具体化地理解为“在溯源基础上,定量确定被计量设备特定功能行为特征参数量值的活动。”这些量值往往被作为评价的依据和基础。在这里,“特定功能”的概念不仅限于测量,也可以扩展至其它功能,例如控制性能、仿真试验系统功能等。这就意味着,计量服务的对象将不再局限于测量设备,突破了传统的固有概念。

对于现在广泛开展的静态计量校准,静态测量误差是其基本特征。对于动态计量校准,反映被校系统对于动态信号的测量行为特性的主要参数是其基本特征。在动态计量校准过程中,首先

必须对被校系统的响应特性进行分析(相对于静态校准,这是动态校准首要的研究内容^[7]),其次才是如何在溯源的基础上,确定其基本特征参数的量值。而对于仿真试验系统等大型复杂系统的计量工作首先要确定其特定功能行为特征参数都有哪些,然后再在溯源的基础上,定量确定这些特征参数的量值。

至于测量与测试的定义,文献[3]中规定测量是通过实验获得并可合理赋予某量一个或多个量值的过程。

相应地,测试工作的本质可以理解为:在试验过程中,获取客观存在的、对应于某一时间及某一空间位置的物理量真值。测试是测量的一种特殊应用场景。

在测量领域里,计量技术的应用对象是测量器具,计量结果往往成为评价测量数据质量的依据和基础,而测试技术的应用对象则宽泛得多。计量与测试的定义与本质明显不同,不能混为一谈。实际情况是,两者的基本手段都是测量,在工作实践中紧密相联、相互依赖,较易混淆。一旦发生概念混淆,可能导致计量科研工作迷失方向,与预设的目的失之交臂。

一般来讲,计量是测试的基准,是对测量赋值能力进行标准化评价的基础,其目的是对测试数据给出规范性的质量评价依据。没有计量,测量就蜕变为无基准的测度,各个测量数据之间无法比较,无法表达测量数据的确切含义,以至于无法准确辨识相关物理过程的状态,也就失去了测量的意义。在现实中也的确存在较长时间不进行计量校准却仍在继续使用测量器具的情形,主要原因有两方面:一是不具备计量校准的条件,如测量器具无法拆卸也无法进行在线校准;二是设计者和使用者均认可测量器具的性能漂移变化不会严重影响系统的主要功能。这种情况是有风险的,极端情况下风险巨大。最典型的例子就是两起波音737-MAX客机空难事故,起关键作用的攻角传感器偏差过大,未能得到及时校正,从而导致了空难的发生,也使世界航空巨头波音公司陷入了困境。所以说,计量是测量/测试数据的质量保障基础。

由于计量采用的是精密测量方法,并且计量科研人员对测量系统行为特性认识和掌握得比较

透彻，所以计量人员从事测量工作往往具有先天性的职业优势，经常承担高精度测量、测试类的科研工作。但计量与测量工作之间容易出现概念模糊、科研方向定位不清的现象，需要引起科研人员的重视。计量专业研究机构应当在纷繁的科研工作中，自觉坚持和维护计量科研业务的核心与优先地位，处理好计量类与测试类科研项目的比例平衡，确保事关全局的计量科研工作能够按规划有序持续发展，以高水平计量服务技术作为科研的主攻方向，避免陷入单纯的测试设备研发占用大量资源的被动局面。

另一方面，测量（试）是计量结果的应用场景。离开应用，计量工作将变得毫无意义。常规计量都是在标准环境下完成的，其结果可以作为典型值进行评价和相互比较。但随着社会工业和科技水平的不断提升，测量行为往往在复杂的工业过程和试验过程中实施，测量器具的使用环境与常规计量校准环境相比有着明显的差异，这就必然产生一个普遍的问题：在实际应用场景中，测试设备的测量行为特征是什么样的？由此引出了诸如现场校准、原位校准、在线校准、动态校准、环境特性校准、飘移特性校准等现代测试工程界普遍关注的问题。这些新的计量问题引导并要求计量科研人员走出常规的、标准的计量工作室，深入测试一线，与试验工程师合作，共同探索、分析和解决面向应用现场环境的计量校准问题。由此看来，计量科研工作可以分为两大类：第一类是在标准环境条件下开展的、以理论探索为特点的计量科研工作，例如新的计量校准原理及方法、新的标准源研制等，这类项目原理性、基础性较强；第二类是在使用环境下开展的、以应用场景为特点的计量科研工作，例如传感器在线校准、大型试验系统校准方法研究等，这类项目个性化色彩较重，实践性、应用性较强。这两大类科研工作的结果之间必须建立合理的理论联系，以便进行数据比较和溯源。

值得注意的是，人们对于常规的计量检定工作和第一类计量科研工作比较认同，这些都是计量专业人员从事的工作；而对于第二类计量科研工作的认识比较模糊，这类工作往往是设计人员或试验测试人员与计量人员合作才能完成的，例如产品的可计量性设计以及试验设备的现场校准

问题等。第二类计量科研工作是实现提升产品设计水平和复杂试验测试水平的关键，与计量工作密切相关，而在人们的认识里却经常不包括在计量工作的范畴之内。现在的测试人员越来越关心在使用环境下测试设备的计量校准问题，面向实际工作条件的测量设备校准是工程计量技术领域的普遍性难题，这对于测试人员和计量人员都提出了新的挑战，双方的关注领域在逐渐接近，但由于基础条件限制和专业分工的要求，永远不会重合，不会相互替代。计量科研人员应认识到，除了从事常规计量的人员之外，试验人员、设计人员同样也是计量科研的服务对象与合作伙伴，加强计量人员与测试人员的技术合作，才能应对计量与测试领域未来的挑战。

此外，从社会意义的角度来讲，计量与测量（试）最大的区别在于：计量工作是一种公益性行为，代表着社会利益和国家意志，具有较高的技术门槛，其社会影响力和职责专属性高度融合，不可须臾放松与懈怠。计量科技专业研究单位在计量科学进步的引领方面，负有无可替代的责任。计量溯源系统对于国家、企业来说属于核心机密，决不允许外人接近。与此形成鲜明对比的是，测试工作的社会属性本质上是一种商业行为，没有行政性的门槛，原则上也是可以通过贸易实现全球流通的。

总之，计量工作可以分为计量行业管理、计量检定服务和计量科学研究三大部分，其中计量科学研究，又可以根据环境条件分为第一类（标准环境下）常规计量科研和第二类（现场环境下）现场计量科研，前者探索的是普遍性的问题，后者解决的是个性化的问题，需要相关工程技术人员与计量科研人员密切合作才能完成。这样的划分，揭示了不同类型计量科研工作的特点，有利于今后在计量科研项目的规划、策划、组织和申报方面做出更合理的安排。

2 建立基于测量行为综合模型的传感器计量检测能力

众所周知，传感器广泛应用于各种生产过程、试验过程以及工业装备，是人类社会后工业化的基础。尽管现代工业已经进入追求自动化、信息化和智能化的时代，但依然摆脱不了对系统底层信息获取的绝对依赖，相对“古老”的传感器的

研究,似乎成了工业界永恒的主题。从家用电器到航空航天装备,传感器无处不在,并且经常成为决定系统性能与可靠性的关键因素。遗憾的是,我国本土研发的大部分传感器相比进口传感器(含合资生产),在性能、可靠性、信誉度方面均存在着明显差距。除了设计、材料和工艺相对落后,对传感器外在性能的认知和评价不全面也是产生差距的重要因素。通常,传感器厂家只给出一般使用条件下的基本性能数据,对于传感器在极限使用条件下的行为特征,大多数生产厂家和用户都未给予足够的关注。这就形成了对传感器本征特性认识和评价的缺陷,导致用户对于传感器在现场极端条件下的行为特征一无所知,对于出乎意料的测试(或使用)结果不知所措;厂商对传感器的“不良”表现虽急于改善,但却一筹莫展,无从下手。伴随着上百年的发展历史,传感器性能测试方法日益丰富和完善,其使用现场的测量行为特征逐渐成为各相关方关注的重点。随着试验测试的种类快速增加,解决传感器现场校准问题的呼声越来越高。实现传感器现场校准的难点在于传感器的应用条件多种多样,影响因素纷繁复杂,与常规计量所要求的标准条件、标准环境差异极大。真正在使用现场对传感器进行计量校准,目前在绝大多数情况下难以实现,必须建立一种把传感器在使用环境下的测量行为特征与实验室校准环境下的测量行为特征相互联结起来的技术途径和手段,才有可能推进传感器现场校准技术的进步。

考虑到上述需求,有必要提出一种能够全面表述传感器测量行为特征以供开展全方位评价的认知理论模型。假如把传感器的静态误差特性视为一个一维参数,即

$$S_e = e_0 \quad (1)$$

式中: S_e 为传感器测量功能行为特征参数,即误差特性; e_0 为传感器的静态误差值。

在静态输入条件下, S_e 可以视为常数,如图1所示, e 为传感器静态误差。

如果再考虑动态情况,传感器的误差特性可以表现为一个曲线,即

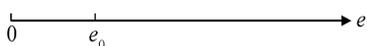


图1 传感器静态误差特性示意图

Fig.1 Schematic diagram of sensor static error characteristics

$$S_e = F(f) \quad (2)$$

式中: f 为传感器输入信号频率。在动态输入条件下,传感器误差特性是输入频率的函数,如图2所示,表示了常见的具有低通特性的传感器误差特性曲线。

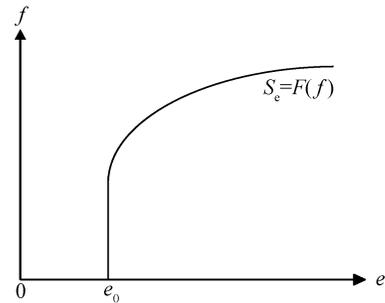


图2 传感器动态误差特性示意图

Fig.2 Schematic diagram of sensor dynamic error characteristics

若再增加环境因素,则传感器的误差特性可以表现为一个曲面,即

$$S_e = F(f, C_n) \quad (3)$$

式中: C_n 抽象性地代表各种相关环境因素(如温度、湿度、压力、重力、振动、冲击力、电磁干扰、空间辐射等)的环境因子。

在同时考虑动态输入和使用环境影响因素的情况下,传感器误差特性是输入信号频率及环境因子的二元函数,如图3所示。需要说明的是,图3中的环境因子 C_n 除了温度、力等少数传感器外,大部分因子只在正向区间有效。对于负向区间有效的环境因子,研究方法类似。

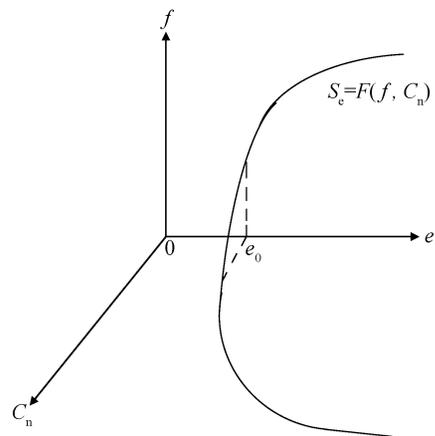


图3 同时考虑动态特性和环境特性的传感器误差特性示意图

Fig.3 Schematic diagram of sensor error characteristics when considering both dynamic behavior and environment

如果在上述模型的基础上再添加上时间要素 t , 则传感器误差特性就是上述三维空间中的曲面随时间变化的情景, 它反映了传感器在特定时间区间内、不同工作环境条件下对于输入信号标称全频域范围信号测量的误差特性的变化规律。

$$S_e = F(f, C_n, t) \quad (4)$$

一般来讲, 随着时间 t 的增加, e_0 增大, 通频带变窄, 传感器对环境的非敏感区间变小。

上述提出的传感器误差特性综合模型, 只是对于传感器典型特性的初步总结, 如果未来发现还有其它影响传感器测量行为特征的基本特征因素, 同样可以在现有模型的基础上继续添加和修改, 形成传感器的“全息”模型。应当指出, 上述综合模型是有条件的, 即传感器本征参数在安装前后保持不变。对于有变化的传感器(如部分测力传感器), 由于情况特殊, 待今后专题讨论。

上述综合模型全面覆盖了传感器的典型测量行为特征, 能够表征或揭示传感器在各种使用条件下的外在表现, 可以作为全面认识和评价传感器主要性能的基础和依据。该模型不能直接解决传感器本身的固有技术问题, 但能够为探寻和研究这些技术问题的原因及解决办法提供一条基本路径, 使得传感器厂家和用户在研发和选择传感器时, 有基本的研发路径或选择依据。

围绕上述综合模型, 建立健全基于溯源的传感器性能检测校准体系(包括技术与装备、标准等), 应成为计量专业研究机构现在就予以足够重视并列入中长期规划的基础性、公益性科技战略发展方向之一。并且, 这个概念还应从狭义的传感器扩展至各种具有独立测量功能的仪器和设备, 以满足种类繁多的测试设备现场校准需求。目前, 只有静态(一维)计量校准体系相对比较完善, 其它维度的计量校准体系研究有些刚启动(比如动态特性校准方法), 有些尚未开始(比如基于溯源的多物理场耦合环境构建技术及其相关静、动态校准方法)。所以多维度的计量校准体系研究是一项十分艰巨而重要的历史使命, 建立多维度的计量校准体系对现有的各相关物理量的计量校准技术提出了新的、更高的要求; 它的建立有望显著提升人们对于传感器等测试设备特性的认识和运用水平, 进而增强对于客观物理世界状态及变化的感知能力。因此建立多维度的计量校准体系

也是我国计量科学技术推动社会生产力在未来10至30年间转型升级的重要支撑点。

对于用户来说, 大部分情形下并不一定需要对传感器作全方位的计量校准, 只要重点研究某些关键指标即可, 但是对于计量部门来说, 应逐步具备全维计量校准能力, 以应对各种各样的用户需求。培养这样一种基于测量行为综合模型的传感器计量检测能力, 需要大量的科学研究、技术准备和基础设施建设, 总体投资大、耗时长, 需要做长期规划、分阶段推进。在制定规划时, 应优先满足重点客户的关键需求, 并在此基础上逐步完善。

3 系统综合评价的一般性表述

本世纪以来, 我国高新科技产业快速发展的标志之一就是各类各型试验系统的建设取得了丰硕成果, 这为相关工程科学技术研究以及型号装备研制创造了不可或缺的基础性科研条件和试验手段。由此产生了对于这些大型试验系统的综合评价原理和方法的需求, 并且这些需求日益显示出复杂性与迫切性。对于大型试验系统的综合评价建立在相关计量校准技术基础之上, 并且以可溯源的校准数据为依据, 但制定综合评价的准则、标准文件、给出评价结果, 应当由行业专家、用户与管理者共同完成。综合评价与计量校准是两件既密切联系又不相同的工作。综合评价的基本组成要素是“计量测试数据”和“分析判读标准”。

综合评价方法应当能够以最简捷的方式使试验实施单位(含设计建造、维护使用、测试与数据分析等职能)、用户和行业管理者就试验设施最主要性能参数的定义、构成与评价达成共识, 形成标准, 以便同类试验设施之间相互比较, 并使用户对试验数据的可信度和适用性做出客观与快捷的评估。综合评价结果的使用者(用户)所关心的是试验过程中试验对象所表现的主要行为特征, 以及其与真实应用环境中的主要行为特征的相符程度。其核心应由两大部分组成: 试验测试数据质量(以下简称数据质量)和试验环境仿真质量(以下简称仿真质量)。

为了研究装备(或产品)在典型环境下的特定功能行为特征, 往往需要人工搭建一个重现真

实使用环境特点的仿真试验环境，并在其中开展试验测试活动。大型试验设施大部分是基于物理仿真原理的地面试验设备群，对它们的综合性试验参数的评价除了试验测试数据质量之外，还必须考虑环境仿真的质量，比如风洞中的流场品质、全机气候环境试验中的温度场/湿度场/雨参数质量等；有时还应考虑试验环境质量补偿，例如航空发动机室内试车台周边的流场扰动效应等。

数据质量是一个重要参数，表征了在特定环境仿真条件下，试验对象所表现出的行为特征值的测量误差，但不全面，因为综合评价还可能涉及到对真实使用环境仿真程度的评价。仿真质量表征了该试验设施的人工环境与真实使用环境之间的特性差异。很显然，这两个环节缺一不可，且只有紧密结合，才能满足用户所关心的试验设施综合评价要求。

所以，一般试验设施的性能应主要从试验测试数据质量和试验环境仿真质量两方面来表征。试验设施的综合评价，不仅应包括试验测试数据质量评价，同时也必须包括试验环境仿真质量评价，如公式(5)所示。

$$A=B\oplus C \quad (5)$$

式中： A 为试验设施综合评价结果； B 为试验测试数据质量评价结果； C 为试验环境仿真质量评价结果； \oplus 为某种形式的融合，不一定是简单相加。

公式(5)表达了试验设施综合评价一般性的构成，也体现了构建试验设施综合评价理论和技术体系的通用性原则。

只要试验环境不是真实的使用环境，就会有试验环境仿真质量的评价问题，这个问题对于试验结果及其价值通常具有较明显的影响，应当做出客观的仿真质量评价。如果只有数据质量评价，对于整个试验设施的综合评价是不全面的，这方面计量专业人员应当突破单纯计量型的概念，把握好自己的站位。

需要指出的是，公式(5)体现了广义的、普适性的试验设施综合评价构成原则。对于类似风洞等复杂的试验设施，必须同时考虑 B 和 C 的影响；对于无仿真的实装试验，比如野战环境下的装备试验、大多数飞行试验等，没有仿真质量评价问题，此时 $C=0$ ；相反地，对于纯数字仿真试验设施来说，没有测试数据质量评价问题， $B=0$ ；后

两种情况均是第一种情况的特例。

在公式(5)中，若要实现仿真质量评价，需要对人工环境与真实环境的相似原理以及人工环境的实现方法开展深入的分析研究，探寻若干具有关键作用的、独立的特定仿真质量特征参数(C 的主要构成元素)及其确定方法，在充分验证的基础上形成行业评价规范。各种试验仿真环境的构成与原理千差万别，个性化特点明显，需要专业人员开展专题研究，这方面的研究工作目前尚未系统性地开展，也是未来仿真科学领域必须面对的重要研究课题。

相比较而言，公式(5)中的数据质量评价结果(B)是以计量校准技术为基础获得的，比较成熟，但仍存在不少关键问题有待解决。这种系统综合校准技术的准确表述应是“面向试验系统综合评价的计量校准技术”，该技术与“现场计量校准技术”有两个主要区别：一是关注的是大型试验系统的综合性试验参数，而不仅仅是单台测试设备的指标；二是目标为大型试验系统综合性试验参数评价服务，而不仅仅是单台测试设备的检定校准。

系统综合校准技术的基本原则依然是试验测试数据可溯源。问题在于，综合性试验参数很可能来自于一个测量数据链上各级测量结果的融合，而这个数据链上的数据演化(递进)关系是否是刚性(不变)的？如果是不变的，就可以采用常规的方法为最终试验数据建立溯源关系，按各部分的误差合成总的试验数据误差。然而，许多大型试验系统具有系统构成复杂、多状态运行的特点，其测量数据链上的本征参数可能会随着环境、时间、试验对象或其它随机因素变化(比如风洞试验模型、天平安装过程中的可变参数)，这种变化甚至是不可知的，形成了一个时变系统，就好比被校准的电子仪器内部的电阻、电容在变化，这给计量校准带来了很大的困难。因此，如何对具有时变特性的测试系统开展计量校准并给出合理的评价准则，成为了大型试验设施综合评价中数据质量评价工作首先要解决的基础性技术问题。为解决这个问题，必须在系统综合评价的大原则指导下，找出包含时变参数的最小子单元及其时变规律，再结合实际需求，寻找可行的补偿或表征方法。当然，最理想的情况是在试验系统设计

时就考虑测量数据链刚性结构的问题,使之具备本质的时不变特性。例如,现在某些先进风洞具备了自动校准功能,能够大大提高测量数据链的刚性水平。系统综合校准技术是一项新的专业技术,需要试验、测试和计量人员共同努力,协同创新,才有可能实现技术突破。公式(5)中的 \oplus 表示某种形式的融合,如何操作,需要根据具体的需求决定,但同一类评价对象的 \oplus 定义和操作必须是统一的,才能使得综合评价结果可以相互比较。

4 结论

现代计量学的发展始于20世纪60年代,其背景是建立在相对论和量子物理理论基础上的物理学研究取得突破性的进展^[5]。而将这些理论性的突破广泛应用于计量实践的进程,在我国才刚刚开始。自主创新与“领跑世界”的需求,大大激发了从传感器到各种大型试验设施的研发与建设使用,同时也产生了大量不同使用环境下的计量校准要求,从静态校准到动态校准,从实验室校准到现场校准,从单一传感器校准到试验系统校准,从地面条件下的校准到空间环境下的校准,这一系列突出的需求变化,明显冲击着几十年来以“实验室条件下的静态校准”为基本特征的传统计量体系。这些都激励和推动着我国计量科学技术行业突破传统的思维定式,用创新的理论和实践赋予计量科学新的概念和认知,以更高的高度、更广的视角去看待计量科学技术的发展路径,充分认识计量与测量的辩证关系,牢记和坚持计量科学技术的社会作用和使命,依靠技术创新实现计量行业社会公益性与经济盈利性的统一,在实现自身跨越式发展的同时,助力全社会,完成本世纪前半叶民族复兴“两步走”的宏伟发展战略目标。

综合各方面信息,建议计量科学技术战略规划编制部门着力关注以下四个重点:

第一个重点是量子计量技术。量子技术在计量领域的应用,实际上包含了两个重要方面:一是量子型标准器的小型化、芯片化及其实用化;二是量子测量技术(通常用于精密、超精密测量,建立高标准溯源链)。由于量子计量技术研究涉及专业内容很多,本文不再赘述。

第二个重点是培养基于测量行为综合模型的传感器计量检测能力。培养这种能力的主要目的是为研究传感器使用现场测量行为特征而建设实验室条件下的使用环境仿真校准的试验平台,为实现对于传感器性能的全面评价和现场校准提供技术支撑。它需要,也同时会促进,现有各项常规计量校准技术(比如静/动态校准及环境仿真)的进一步发展。另外,在理论研究方面,研究范围也可以扩展到多参数综合测试设备的应用计量特性。

第三个重点是面向试验系统综合评价的计量校准技术。这项技术作为试验系统综合评价技术支撑的一部分,为试验系统的最终试验数据建立溯源链,给出综合误差。其难点是如何处理具有时变特点的溯源链的综合误差合成问题。

第四个重点是新型测量设备的校准技术。改革开放40多年来,我国引进了种类繁多的先进测量设备,自主研发的新型测量装备的种类和数量也在快速增长。然而相应的计量校准技术却远远落后于需求,导致海量的测量数据没有质量保障,造成了社会资源的极大浪费,还深深埋下了隐患。作为计量管理部门和科研机构,相关单位应从需求的紧迫性、重要性入手,义无反顾地推动和承担针对这些新型测量设备的计量校准科研攻关与技术体系构建工作,以技术创新为抓手,以适应需求为原则,努力在满足社会公益性要求的同时,实现经济效益最大化。

从上述重点领域不难看出另外一种趋势,这就是计量科学技术未来的发展越来越依赖于多学科之间的相互交融,而不是以往的专业单打独斗。各专业交叉融合形成有机整体,才能够形成更高层次上的体系优势,以应对社会科技发展对计量行业提出的新要求。这不仅要求计量科研人员深入了解用户需求,紧密结合用户共同攻关,同时也要求计量科研领军人才必须能够做到跳出计量看计量,能够在更高的系统层次(而不仅仅是计量专业)上做到统观全局、准确站位、明晰战略、把握方向,做到不唯书、不唯上、不唯洋、不从众,只求真理。没有具备这种能力的领军人才,计量科学技术将难以适应未来向高层次发展的社会需求和国家要求,这一点,同样应当引起计量科学战略与规划编制者们的注意。

参考文献

- [1] 梁志国,张大治,吕华溢. 动态校准,动态测试与动态测量的辨析[J]. 计测技术,2017,37(1):30-34.
LIANG Z G, ZHANG D Z, LV H Y. Discussion on dynamic calibration, dynamic test and dynamic measurement[J]. Metrology & measurement technology, 2017, 37(1): 30-34. (in Chinese)
- [2] 周宁,鲁敏. 面向工作条件的传感器校准[J]. 计测技术,2018, 38(4):6-9.
ZHOU N, LU M. Working condition-oriented calibration of transducers [J]. Metrology & measurement technology, 2018, 38(4):6-9. (in Chinese)
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. 通用计量术语和定义: JJF1001-2011[S]. 北京:中国质检出版社,2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. General terms in metrology and their definitions: JJF1001-2011 [S]. Beijing: China ZhiJian Publishing House, 2012. (in Chinese)
- [4] 国防科技名词大典综合卷编委会. 国防科技名词大典(综合)[M]. 北京:航空工业出版社,兵器工业出版社,原子能出版社,2002.
Editorial Board of Glossary of Defense Science and Technology Terms (Synthetic Study). Glossary of defense science and technology terms (synthetic study) [M]. Beijing: Aviation industry press, The Publishing House of Ordnance Industry, China Atomic Energy Press, 2002. (in Chinese)
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. 新中国计量史[M]. 北京:中国质检出版社,2016.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Metrology history of China [M]. Beijing: China ZhiJian Publishing House, 2016. (in Chinese)
- [6] 杨军,张力,李新良. 动态计量技术发展中的几个关键问题[J]. 计测技术,2021,41(2):8-21.
YANG J, ZHANG L, LI X L. Several primary problems in the development of dynamic metrology [J]. Metrology & measurement technology,2021,41(2):8-21. (in Chinese)
- [7] 周宁. 加强传感器动态校准技术研究[J]. 计测技术, 2021,41(2):119-123.
ZHOU N. Discussion on the research of dynamic calibration technology for transducers [J]. Metrology & measurement technology, 2021,41(2):119-123. (in Chinese)

(本文编辑:李佳蓉)



作者简介:周宁(1961—),男,研究员,博士,中国航空学会计量分会副主任委员,中国空气动力学学会测控专业委员会委员。1983年,本科毕业于天津大学电子工程系,1989年,硕士研究生毕业于中国航空研究院飞行器仪表与测试专业,2014年,博士研究生毕业于北京航空航天大学经济管理学院。1983—1999年,在原航空航天部634所从事数据采集系统的研制工作,曾获航空航天部青年优秀科技论文一等奖2次、三等奖1次,并编制了行业标准(HB6489-91)。1999—2016年,先后在中国航空工业第二集团公司、中国航空工业集团公司基础技术研究院从事科研管理工作;2016—2021年,任航空工业北京长城计量测试研究所专务。