

关于加强计量仪器自主创新的思考

方占军

(中国计量科学研究院, 北京 100013)

摘要: 文章首先分析我国计量科学仪器的发展趋势, 然后对加强计量科学仪器自主创新的必要性进行探讨, 最后再分析指出制约我国科学计量仪器自主创新主要因素的基础上, 就如何促进我国计量仪器研究和生产的自主创新以及促进我国计量科学仪器自主创新提出了粗略的对策和建议。

关键词: 计量; 科学仪器; 计量仪器; 自主创新; 仪器创新; 计量基准

中图分类号: G482

文献标志码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2012.03.004

Consideration about Enhancing Independence Innovation of Measurement Instrument

Fang Zhanjun

(China Institute of Metrology, Beijing 100013)

Summary: This article analyses first the development trend of the metrology scientific instrument of our country, then carries on a study to independent creative necessity of metrology scientific instrument, finally again analyze to point out the main factors independent innovation of metrology science instrument, in which how promote our country independence innovation and its countermeasure and suggestion.

Keyword: measurement, calculate, scientific instrument, measurement instrument, independent innovation, measurement basis

1 引言

计量科学仪器是保障国家计量单位统一、测量准确可靠并实现国际互认的科技手段, 是国家科技、经济和国防建设等的技术支撑, 是基础研究和高科技研究的技术基础, 也是我国发展国民经济, 提高综合国力的重要技术保障。随着经济全球化和科学技术的快速发展, 计量科学仪器的地位和作用日趋显著。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中已经明确提出, 要“建立国家标准、计量和检测技术体系, 研究制定高精度和高稳定性的计量基准和标准物质体系”。尽管我国计量仪器产业有了一定的发展, 但我国计量科学仪器产品绝大部分仍处于中低档技术水平, 高档、大型仪器设备几乎全

部依靠进口, 中档产品以及很多关键零部件国外公司占据大量的市场份额, 远远不能满足国民经济、科学研究、国防建设以及社会发展等各个方面日益增长的迫切需求。因此, 在新形势下, 加强计量科学仪器的自主创新, 对于推进科技创新, 加快经济发展方式转变和创新型国家建设具有重要意义。

2 计量仪器发展趋势

20 世纪量子物理学的成就为计量科学提供了飞跃发展的机会^[1]。量子物理学阐明了微观粒子的运动规律。微观粒子的量子特性与物体的宏观参数如形状、体积和质量等并无明显关系。因此, 利用量子现象来复现计量单位, 就可以从原理上降低各种宏观参数不稳定产生的影响, 减小所复现的计量

作者简介: 方占军(1965—), 男, 研究员, 主要研究方向: 时间频率计量。

收稿日期: 2011 年 2 月 1 日。

单位的缓慢漂移，计量基准的稳定性和准确度可以显著提高。更重要的是量子现象可以在任何时间、任何地点用原理相同的装置重复产生。不像实物基准，一旦由于事故而毁伤，就不可能再准确复制^[2]。而用量子现象复现计量单位则可保持计量基准量值的长期连续性。习惯上，人们将用量子现象复现量值的计量基准统称为量子计量基准。现今，计量仪器正经历从实物基准向量子基准的转变。几乎每一个新的量子基准的诞生都伴随着诺贝尔奖的重大成果。例如，朱棣文和菲利普斯等 1997 年诺贝尔物理奖的成果“激光冷却和陷俘原子”导致了激光冷却铯原子喷泉钟的诞生，使时间频率计量基准的测量不确定度达到了 10^{-16} 量级^[3]；根据德国冯·克里青 1985 年诺贝尔物理奖的成果“量子霍尔效应”产生了“量子霍尔电阻计量基准装置”；根据英国约瑟夫森 1973 年诺贝尔物理奖的成果“约瑟夫森效应”研制了“约瑟夫森量子电压计量基准”；等等。这些量子基准的建立使相关领域的测量水平得到了大幅提高。

3 加强计量仪器自主创新必要性

3.1 国家战略竞争的需要

计量仪器是科学研究和国防工业的重要基础。以国家时间频率计量基准体系为例。时间频率计量体系的准确度是反映一个国家战略竞争力的重要标志之一。高准确度时间频率标准是国民经济建设、国防建设和科学研究的重要技术基础，目前以广泛应用于全球卫星导航系统、深空探测、高速通信、电力电网、基础研究等领域。我们知道，时间频率在所有物理量中测量准确度最高，而基准钟是时间频率计量体系的源头，属于准确度最高的计量科学仪器。因此，高准确度时间频率基准钟的研制至关重要，是保证国家时间频率计量体系独立完整性的关键，关系到国家的核心利益。世界上最新研制完成的铝离子光钟的频率准确度已经进入 10^{-17} 量级^[4]。然而，如果一个国家不具备高水平时间频率基准钟的研制能力，就只能依赖购买先进国家的商品小铯钟和氢钟，或者使用 GPS 共享时间频率资源，来建立自己的时间频率计量体系。显然，如此建立的时间频率计量体系是完全依赖于国外发达国家的产品和技术，一旦发达国家对其尖端产品和技术采取封锁和禁运，必将导致整个时间频率计量体系的瘫痪，从而给国家安全带来严重威胁。

在国外，许多发达国家已投入巨资，研制开发高准确度的时间频率计量体系。在美国，研制的全球卫星定位导航系统（GPS）由 28 颗低轨道卫星组成，每颗卫星载有 4 台原子钟，和地面控制中心的原子钟组一起构成连续运行的时间频率体系，其频率精度高达 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 量级，并溯源到美国国家标准技术院的时间频率基准。GPS 民用信号的定位精度为几十米，军用信号的定位精度达到了几米。GPS 已经被广泛应用于导弹发射、大地测量、交通以及抗灾救援等领域。欧洲伽利略计划总投资 35 亿欧元，建设由 30 颗中高度圆轨道卫星和 2 个地面控制中心组成^[5]的伽利略系统。该系统建成后，将为欧洲公路、铁路、空中和海洋运输、欧洲共同防务，甚至为徒步旅行者提供精度为 1 米的定位导航服务，从而打破美国独霸全球卫星导航系统的格局。此外，俄罗斯的全球卫星导航系统（GLONASS 系统）也正在建设中。

在我国，已立项建设北斗卫星导航系统，迄今发射了 6 颗北斗二代导航卫星。设计定位准确度为 10 米，要求星载原子钟的频率稳定度达到 2×10^{-13} ，地面中心站时间频率准确度为 2×10^{-14} ，相应地要求国家时间频率计量体系准确度为 7×10^{-15} 。由此可见，我国时间频率计量体系面临着严峻而现实的挑战。

3.2 支撑重点产业的发展

高水平计量科学仪器设备的缺失限制了重点行业的发展。例如，大型船舶和水面舰艇等的制造，其扭矩参数的准确一致，是船舶和舰船安全可靠的保障。目前，我国最大的扭矩基准只能测到 5kNm，无法满足大量程扭矩测量的需求。又如，我国取向硅钢（电力工业的主要材料）的生产设备和计量检测仪器全部国外垄断。蔬菜、水果中农药残余量，食品中有害物质的监控以及生命科学和环境变化的监测都离不开计量仪器。食品安全和保护生态环境关系到每个人的身体健康，不容忽视，开发精密的分析测量仪器势在必行。

3.3 提高国际贸易竞争力

国际贸易中需要对商品的质量和数量进行检验评价。为提高商品的竞争实力，检验数据的有效性、溯源性和国际互认性显得越来越重要。为减少双方重复检验费用，要实现检验数据的互认，这就要求国家计量基标准等效度的国际互认，而计量科学仪器是实现量值溯源和国际互认的技术基础和关

键手段。根据美国、加拿大、澳大利亚以及欧洲的研究表明,依赖计量的贸易量年度总值一般占GNP的50%~60%,贸易计量检测的费用达到贸易额的4%以上。因此实现国家基标准的国际关键比对已成为世界各国计量发展趋势,计量仪器的研究开发成为提高贸易竞争实力的战略资源。

4 计量仪器自主创新的制约因素与对策

“十一五”期间,我国计量科学研究在时间频率、电学、光学频率标准及测量领域取得了一批具有国际先进水平的科研成果。其中,“激光冷却铯原子喷泉时间频率装置”“量子化霍尔电阻基准”“碘稳频532nm Nd:YAG固体激光频率标准装置”“飞秒激光光学频率梳装置”等项目获得了国家科技进步奖一等奖和二等奖。近年来,开展的“激光冷却铯原子光学频率标准”“能量天平质量量子基准”“可编程约瑟夫森量子电压基准”“冷原子纳米尺度计量基准关键技术”等研究,进展顺利。这些项目的研究成果必将有力地推动我国计量仪器的进步。

但是,当前我国计量科学仪器自主创新存在3方面的制约因素:一是计量科学研究与仪器设备企业的结合度不足,一方面计量科技成果转化有待加强,另一方面仪器设备企业存在规模偏小、创新能力不足、竞争环境差等问题。二是我国中高端科学仪器设备“重引进、轻自主研发”现象较为严重,在此整体环境下,计量科学仪器发展战略有待明晰,必须自主研发无法从国外买到的计量科学仪器的政策和社会环境有待完善与加强。三是缺乏对包括计量基标准装置在内的高端分析测量仪器研制的持续支持,高端计量科学仪器发展的战略性国家意志有待提高。

为促进我国计量科学仪器自主创新,笔者提出如下对策和建议。

(1)从计量科学仪器的源头上加强计量科学及其创新方法研究,计量仪器“十二五”期间重点研

发量子物理、纳米、重力等计量基准以及服务汽车、钢铁、船舶、生命科学、民生等领域的计量、标准和高端测量仪器。

(2)加强计量科学研究与仪器设备企业的联合与融合,明确企业技术需求,明确国家需要,探索我国计量科学仪器创新发展之路。

(3)加强计量科学及计量科学仪器创新基地建设,加大计量科学仪器设备关键技术的研究和推广,整体提升计量科学仪器设备水平。

5 结语

每年国家花费大量资金进口计量仪器,而一些涉及国家安全的如超高频、超高精度、超高分辨率等计量仪器还遭到外国禁运。高端计量仪器对外依存度过高,严重地阻碍了我国科学研究的发展和创新成果的出现,在某些领域甚至对国家安全构成一定程度的潜在威胁。高端计量仪器的研制,技术要求高、研发投入大、研发周期长。面对这一巨大挑战,科研单位和生产企业要加强自主创新。本文在初步分析制约我国科学计量仪器自主创新因素的基础上,提出了粗略的对策建议,可望与计量界同行探讨如何促进我国计量仪器研究和生产的自主创新。

参考文献

- [1] 张钟华.量子计量基准概况及研究进展[J].中国测试,2009,35(1):1-8.
- [2] 李红莲.用于计量标准的交直流电阻标准转换的电感计算[D].保定:河北大学,2005.
- [3] 张钟华.量子计量基准的现状[J].仪器仪表学报,2011,32(1):1-5.
- [4] 张克.温度计量漫谈:温标(二)[J].中国计量,2011(4):52-55.
- [5] 段加权.欧洲打响伽利略计划经营权争夺战[J].科学之友,2004(4):41.