

国家计量基准自主可控能力建设路径探索

张楠

北京航天计量测试技术研究所, 北京 100076

DOI:10.61369/ETQM.2025100027

摘要 : 国家计量基准是重要技术基础设施, 关乎各行业测量精准性。本调研报告深入学习相关指示批示精神, 立足新发展阶段, 从四方面分析加强其自主能力建设的重要意义, 并深入剖析现状: 185项计量基准中, 完全自主可控的仅占21.6%, 部分自主可控占50.8%, 不能自主可控占22.2%, 暂停使用或改造的占5.4%。调研发现, 我国计量基准自主可控能力不足, 原因有相关制造业产业链薄弱、核心元器件生产能力退化、缺乏市场迭代、研发难度大、人才队伍薄弱、面临国际技术封锁、体系开放性不够等。为此, 报告提出四条建议: 加强政策引导, 优化产业链布局; 加强项目攻关; 增强体系开放性; 培养创新人才。调研还形成台账, 为强化能力建设和争取经费投入提供支撑。

关键词 : 计量; 自主可控能力; 政策引导

Exploration of the Path for Building the Capacity for Independent Control of National Metrological Standards

Zhang Nan

Beijing Institute of Aerospace Metrology and Testing Technology, Beijing 100076

Abstract : National metrological standards are important technical infrastructure and are related to the measurement accuracy of various industries. This research report thoroughly studies the spirit of relevant instructions and comments, and based on the new stage of development, analyzes the significant meaning of strengthening its independent and controllable capacity building from four aspects, and deeply dissects the current situation: Among the 185 measurement standards, only 21.6% are fully independently controllable, 50.8% are partially independently controllable, 22.2% are not independently controllable, and 5.4% have been suspended from use or are undergoing renovation. Research has found that China's capacity for independent control of measurement standards is insufficient. The reasons include weak industrial chains in related manufacturing industries, degraded production capacity of core components, lack of market iteration, high difficulty in research and development, weak talent teams, facing international technological blockades, and insufficient openness of the system. To this end, the report puts forward four suggestions: strengthen policy guidance and optimize the layout of the industrial chain; Strengthen project breakthroughs; Enhance the openness of the system; Cultivate innovative talents. The research also formed a ledger, providing support for strengthening capacity building and securing financial input.

Keywords : measurement; independent controllability; policy guidance

一、加强国家计量基准自主能力建设的重要意义

党的十八大以来, 习近平总书记对计量能力建设作出了一系列重要指示批示, 特别要求做实计量、建设好维护好使用好计量基准、计量标准等国家计量战略资源。习近平总书记多次强调, 关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的, 把关键核心技术牢牢掌握在自己手中^[1]。国家计量基准是国民经济和社会发展的重要技术基础设施, 是我国法定最高测量能力的标志, 也是统一全国量值的最高依据, 其技术水平关乎经济社会各行各业的精准性, 是科技创新、产业发展、国防建设、民生保障的重要基础。

推动和实现计量基准中关键设备和关键技术自主可控及国产化发展, 是我国未来计量发展乃至维护国家安全急需解决的战略问题。

1. 国家计量基准是国家的重要战略资源, 必须自主可控。计量基准的战略地位是由其在国家质量技术基础中的独特位置和其在经济社会发展, 以及在国家安全中发挥的重要作用决定的。计量基准位于国家量值传递(溯源)体系的源头, 具有很强的法制性、权威性和不可替代性, 全国的各级计量标准器具和工作计量器具的量值, 都需要直接或者间接地溯源到计量基准^[2]。计量基准能力水平关系到产业安全、粮食安全、科技安全、能源安全、

作者简介: 张楠 (1990.04—), 女, 汉族, 北京人, 硕士, 工程师, 研究方向: 计量发展。

生态安全、生命安全、生物安全等各领域安全，必须牢牢把握自己手中，实现自主可控。比如，温度测量范围的延伸和精度的提升，将能准确监测核反应堆内和航天器表面的极高、极低温度的微小变化，对保障核安全和航天安全具有重要意义；在金融领域，时间精确是金融结算的关键，股票1秒的交易量要超过10万笔，每笔交易的“时间戳”精度至少达到微秒级^[3]。

2.以量子计量基准研究为代表的技术战场成为大国争夺的焦点。2018年计量量子化变革以“恒定不变”的基本物理常数取代实物作为基准，可以随时随地高精度复现，打破了由国际计量局作为唯一权威标准的格局，谁占领了计量体系制高点，其他国家将与之进行“对标”校准，导致测量体系受制于人^[4]。当前，世界各国把强化计量发展作为塑造竞争优势的重要战略选择，积极抢占未来计量发展制高点和计量国际治理话语权，计量基准技术实力的争夺成为大国博弈的重要战场。比如，2021年美国国家计量院未来法案明确，美国政府将于2022到2026财政年度累计拨款给美国国家计量院70亿美元，其中平均每年用于科学技术研究和测量活动的拨款约10.53亿美元，主要用于人工智能、生物特征、温室气体、工程生物学等方面的测量研究和新型量值传递溯源技术研究^[5]。在我国，比如在质量基准“千克”定义的量子化研究方面，中国计量科学研究院完成的“能量天平质量量子基准研究”课题，使我国首次具备普朗克常数测量和千克基准稳定性绝对测量能力，成为国际上第4个可以独立测量普朗克常数的国家，步入国际计量前沿研究行列。该项研究对于建立我国独立自主的量子质量基准和计量体系，维护技术主权，应对国际单位制改革，取得“千克”重新定义话语权具有重要意义。量子化霍尔电阻、时间频率等计量基准研究的突破亦是如此。

二、国家计量基准自主可控能力不足的原因

1.相关制造业产业链自主可控能力薄弱。计量基准本身是科学仪器装置演化而来，与制造业能力息息相关。我国制造业产业基础依然薄弱，关键零部件、基础材料和核心元器件依赖进口的局面一时还难以改变。例如，目前我国的高端芯片生产力不足，加上近年来西方一些政治势力推动搞技术封锁、科技鸿沟、发展脱钩，导致我国在集成电路产业、通信装备产业、工业软件等部分领域的“卡脖子”问题日益严峻。目前我国在声学、电离辐射、化学、时间频率等领域的国产化设备较少，共有50余项计量基准装置所购置的核心进口设备，与国内厂商的技术指标差距较大，无法在短期内完成国产化替代。新冠肺炎疫情爆发、要素成本上升等因素导致部分加工组装和低端制造环节出现外迁趋势，致使我国制造业存在占比较早较快下降、空间布局不合理、区域发展不平衡不协调等问题^[6]。尽管我国拥有最完整的工业体系和“世界制造中心”地位，但是“大而不强”“全而不优”问题仍然突出。

2.部分计量基准核心元器件生产能力退化。部分计量基准的核心元件是20世纪由我国企业生产加工，但受市场以国家计量基准自主可控能力提升台账及技术人员退休等因素的影响，在国内

甚至于全球已经没有该类核心器件的生产和销售。原有制造厂家在市场的压力下，已经倒闭或转产，原有的仪器设备工作状态无法维持，原有的技术能力面临失传的境地。

3.部分计量基准核心仪器缺乏市场迭代。在部分国家计量基准的核心仪器中，也存在着我国具备一定的技术积累，但计量基准所需的核心仪器和元件缺乏市场，国内厂家无法承受研发和生产的成本，导致少数国外企业垄断全球该类高端设备的市场^[7]。即使短期通过国内厂商与科研院所的联合攻关，实现了核心仪器和元件的国产化，但联合攻关项目结束后，如无法持续投入，生产厂商在短期中用市场维持住相关能力，将来还将面临可控能力失传的困境。

4.部分计量基准核心部件研发难度和风险大。随着我国测量能力的整体提升，精密仪器研发有了必要基础，但相关学科依然大量缺乏具有专业背景及研发能力的人才团队和布局合理的人才梯队，人才储备跟不上发展需求，计量基准核心部件研制难度大，研发周期长。和我国面临的“芯片”难题一样，国家计量基准自主可控能力提升台账很难在短期内，通过科技攻关，一次到位解决计量基准自主可控的难题，还需要较长时间的技术积累^[8]。

三、相关意见建议

通过对我国计量基准自主可控现状和面临的问题分析可以看出，在全球面临“百年未有之大变局”的国际环境下，作为计量基准的“原材料”——国产精密仪器产业在技术、市场、竞争等方面存在差距，需要进一步加强顶层设计，统筹协调，整合国家、行业、企业等多方面资源，抓住重点领域和薄弱环节聚力攻关，在“十四五”期间继续加大计量基准自主可控支持力度，开展若干计量基准自主可控专项项目，保障国家计量基准量值溯源安全。

1.加强政策引导，优化制造业产业链布局。抓住计量基准国产仪器替代关键“卡点”精准施策。在国家层面专门组织相关技术人员进行全面系统梳理，找准计量基准主设备和配套设备所涉及的产业链、供应链的缺失环节，明确发力重点集中攻关。调整目前的产业扶持政策，“量身定做”服务计量基准等“大国重器”的产业政策，提高市场主体参与计量基准研制的积极性，在风险可控的前提下，采取“揭榜挂帅”工作机制，面向社会公开征集技术解决方案。坚持有所为，有所不为，重点加大对相关领域研究的支持力度，把有限资源优先投入最为急需的领域。对严重依赖进口且影响产业安全的高端精密仪器，给予经费支持，推动计量基准保存单位开展国产设备升级替代以及国产设备替代国外设备的技术考核和试验验证^[9]。在国家层面，设立计量基准专项研发、维护和技术改造经费，支持计量基准保存单位开展技术研究，重点组织开展关键设备、核心材料、先进工艺的技术攻关，补足基础科学研究短板，努力突破技术瓶颈，加快构建自主可控、安全可靠的国内生产供应体系，实现关键核心环节的自主可控。

2. 加强项目引导，加大核心技术研发力度。开展针对我国原有已具备基准核心设备和元器件自主可控能力恢复与提高专项。联合原有厂商相关技术人员，抓紧时间恢复基准备件的生产能力，防止原有核心技术失传，并在此基础上，充分利用现代先进技术，进行自主可控能力升级。设立长期自主可控研究性项目。针对国内技术基础研究尚不充分的领域，并同步开展其他替代技术方案的探索，支持国家计量基准自主可控能力实现弯道超车。加强计量基础理论和核心技术的原始创新。实施“量子度量衡”计划，重点研究基于量子效应和物理常数的量子计量技术及计量基准、标准装饰小型化技术，突破量子传感和芯片级计量标准技术，形成核心器件研制能力。研究人工智能、生物技术、新材料、新能源、先进制造和新一代信息技术等领域精密测量技术^[10]。开展测量不确定度、测量程序与有效性评价、计量作用机理和效能评价等理论研究。

针对相对成熟技术开展联合攻关。联合国内有实力的科研院所及生产厂商的研发力量，开发国家计量基准专用计量仪器仪表及计量级传感器，逐步提高我国计量基准自主可控度。建立计量基准装置备份试验平台，针对无法一步到位实现替代的设备，可先采用项目支持研制的自主可控设备建立备份基准装置，并长期考察备份基准装置的稳定性和可靠性，持续联合研发并不断迭代升级，推进该类基准早日实现自主可控。对未来15–30年内可能的计量技术革命进行分析预测，提前锁定未来发展方向，采用换道超车的方式，提前布局、提前谋划，打造部分领域的先发优势。形成核心技术领先欧美、重点技术比肩欧美的态势。

3. 增强国家计量基准体系的开放性，不断提升计量基准技术能力水平。按照计量法和计量基准管理办法的相关要求，创新国家计量基准全链条管理机制，建设好维护好使用好计量基准，全面系统审视和梳理我国计量基准体系，建立并完善计量基准建立、改造、维护和管理的科学评价和国家报告制度，以开放、合

作、共享为原则完善管理机制，切实发挥出国家计量基准战略资源在国民经济和社会发展中的战略作用。集结优势技术力量，发挥新型举国体制优势，发动政产学研各方面的精锐力量，依托重大科技创新示范区和实力雄厚的科研机构，建立国家计量基准策源地，鼓励更多有能力的大专院校、科研院所等技术机构参与研究和申请建立国家计量基准，探索建立计量基准战略备份制度。进一步优化计量基准建设工作机制，支持国家战略科技力量、计量技术机构和科技企业牵头组建若干计量创新联合体，推动国家计量基准与原创性、引领性基础研究融通发展，努力突破技术瓶颈，加快补齐我国计量基准技术短板，努力在全球计量竞争版图中占据一席之地。

4. 培养创新型科技人才，完善计量人才发展机制。人才是第一资源。紧盯国际前沿，培育一批一流计量科学家，支持一批计量科技创新团队建设。鼓励计量技术机构创新岗位设置，建立首席计量师、首席工程师、首席研究员等聘任制度。完善创新人才培养模式，强化科学精神和创造性思维培养，加强科教融合、校企联合等模式，培养早就一大批青年科技人才。加强计量专业领域技术带头人和青年人才队伍培养与引进，吸引科技领军人才和高效优秀毕业生从事计量研究工作。赋予科研团队在人才引进、职称晋升、人才评价、经费使用等方面更大的自主权，让团队有足够的资源和能力激励科研人员“啃硬骨头”，从而使理论研究和技术攻关协调发展。加快完善人才发展机制，大力激发人才创新创造活力。加强计量领域相关职业技能等级认定，改革注册计量师的职业资格管理模式，推进注册计量师职业资格与工程教育专业认证、职称、职业技能等级、职业教育学分银行等制度有效衔接。建立与完善高层次人才引进机制，打通引进使用流程中的痛点，形成有利于人才施展的科研环境。建立国际组织计量人才库和国际计量合作专家团队，支持科技人员开展多层次国际计量交流合作。

参考文献

- [1] 郑俊,王语欣.国家档案局科技项目计量分析及发展建议 [J].科技发展战略研究,2024,8(06):61–70.
- [2] 王江南,龚亮,卢晓华.以国家计量发展规划引领标准物质高质量发展 [J].中国计量,2024,(12):47–50+57.
- [3] 纯水电导率量值国际计量互认结果首次公布 [J].上海质量,2024,(11):87.
- [4] 31项国家计量技术规范发布 [J].上海质量,2024,(11):86.
- [5] 崔靖雨.国家标准与行业标准的原油静态计量对比分析 [J].石油化工自动化,2024,60(06):89–92.
- [6] 国家市场监督管理总局开展计量标准监督检查工作 [J].铁道技术监督,2024,52(09):43.
- [7] 国家轨道衡计量站拓展大质量计量服务新领域 [J].铁道技术监督,2024,52(09):48.
- [8] 国家新能源汽车储能产业计量测试中心简介 [J].中国计量,2024,(09):31–32.
- [9] 国家市场监督管理总局发布33项国家计量技术规范 [J].铁道技术监督,2023,51(11):71.
- [10] 陈岳飞,赵鑫,王理,李刚,陈川,于连超.创新驱动发展战略下计量科技创新实现路径研究 [J].中国测试,2023,49(09):23–30+62.