

# 检验检测科学仪器发展现状及建议

中国检验检测学会测试装备创新发展研究项目组

中国检验检测学会,北京 100125

**摘要** 介绍了检验检测科学仪器的行业现状,梳理了全球检验检测科学仪器的发展特点和趋势,分析了中国在该领域的发展现状、面临的机遇及存在的问题,提出了相应的发展建议。

**关键词** 检验检测;科学仪器;实验室分析仪器

检验检测科学仪器广泛应用于科研、国防、工业制造及人民生活等各个领域,其研发与制造能力是国家高新技术发展水平的重要标志。科学仪器被称作科学家的“眼睛”,被比作高端制造业皇冠上的明珠。习近平总书记在2018年7月13日召开的第二次中央财经委员会会议上强调“关键核心技术是国之重器,要培育一批尖端科学仪器制造企业”。《中华人民共和国科学技术进步法(2021年修订)》中第九十一条明确指出,对境内自然人、法人和非法人组织的科技创新产品、服务,在功能、质量等指标能够满足政府采购需求的条件下,政府采购应当购买;首次投放市场的,政府采购应当率先购买,不得以商业业绩为由予以限制。在2022年全国两会上,多位代表提出了加速国产科学仪器研制,支持国产设备和仪器采购等提案,说明不仅是中央层面,各行各业的专家也早已意识到促进国产科学仪器发展的重要意义。但目前国内检验检测科学仪

器与国外还存在着较大差距,是科学仪器国产化需要重点解决的问题之一。

## 1 检验检测科学仪器的行业现状

科学仪器是指科学技术上用于检查、测量、控制、分析、计算和显示被测对象的物理量、化学量、工程量和生物量等性质的器具或装置<sup>[1]</sup>。科学仪器是认识世界的工具,是提高人类自身和改造世界能力的基础与前提。检验检测科学仪器种类繁多,各国对于科学仪器概念的界定与统计标准不同,检验检测科学仪器通常是指实验室分析仪器。主要包括:色谱、生命科学、质谱、实验室自动化、原子光谱、分子光谱、表面分析、材料物性、通用仪器、实验室设备10类。

科学仪器是进行科学研究和科技创新的基础,在当今比拼科技实力的年代,全球对于科学仪器的

收稿日期:2022-05-20;修回日期:2022-06-02

基金项目:中国科学技术协会科学试验用仪器设备高层次专家研讨会活动(2022XSJLGCC1)

引用格式:中国检验检测学会测试装备创新发展研究项目组. 检验检测科学仪器发展现状及建议[J]. 科技导报, 2022, 40(11): 82-87; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.11.009

需求不断增长,据专业调查公司SDI(Strategic Directions International)统计<sup>[2]</sup>,2021年全球实验室分析和生命科学仪器市场规模已超过690亿美元,在全球科技快速发展的推动下,全球科学仪器行业市场规模将持续增长,预计到2026年全球实验室分析和生命科学仪器市场规模有望增加至1020亿美元,2021—2026年复合增长率为6.9%。随着中国、美国、日本、欧洲各国等主要国家对于科技研发投入的增长,预计全球科学仪器行业市场规模将继续增长。

### 1.1 全球科学仪器发展现状

全球科学仪器的发展可以追溯到文艺复兴时期,当时科学家既擅长于科学仪器使用,同时也是先进科学仪器的发明人,科学仪器和科学研究形成了明显的伴生关系。进入20世纪,科学技术特别是工业的高速发展使得科学研究工作出现了明显分工,一批高水平的科研人员独立出来成立专门制造科学仪器的公司,如卡尔·蔡司、岛津等。21世纪以来,美国、法国、德国、英国和日本等主要的科学仪器制造国家纷纷设立专项计划(资金)发展“重大科学仪器”,与此同时,中国、韩国等新兴国家加快科学仪器研发生产,全球科学仪器行业进入加速发展阶段。

全球科学仪器的市场区域分布主要在北美、欧洲、中国以及日本。根据SDI公布的数据显示,北美、欧洲、中国以及日本是全球科学仪器市场的主要消费地区。2015年北美地区实验室分析仪器市场规模占全球比重达36%,2019年这一比重下降34%,欧洲地区占比有所下滑,由2015年的29%下滑至2019年的27%。

科技研发带动市场增长,随着全球科技竞争愈演愈烈,科技创新已经成为各国提高综合国力的关键支撑,科学仪器作为一个国家科技进步的基石,已经被美国、日本、韩国、中国、欧盟各国等提到战略发展的高度。根据OECD(Organization for Economic Co-operation and Development)2021年3月18日公布的数据显示,2019年经合组织研发支出增长4%,研发强度(国内研发支出占国内生产总值GDP的比重)则从2018年的2.4%增长至近2.5%。其中美国首次突破3%,中国则从2.1%增长至

2.2%,以色列和韩国研发强度达到了4.9%、4.6%,研发强度最高。

全球科学仪器行业垄断越来越高。一方面表现为10年前的TOP 50榜单中,很多科学仪器企业都已经不存在了,例如:Varian、Life Technologies等被其他公司收购或兼并;另一方面表现为10年间前5家公司市场销售份额之和占全行业的比例从28%增长到36%,并且前十家公司的销售额之和已经占到总行业的50%。

全球科学仪器的发展趋势。一是自动化和智能化。随着人工智能的快速发展,科学仪器也显著受其影响。这首先来自于仪器的自动化,然后是结合软件和硬件的智能判断和预测,未来对实验人员的要求会越来越低,这也有利于仪器应用得越来越广泛。二是更高性能的追求。对于给出测量结果的科学仪器,大都首先追求灵敏度,其次是分辨率,然后是分析速度,这种追求没有止境。仪器的快速更新迭代,主要目标就是追求更高性能。至于稳定可靠性、容错性,是各种仪器必需的,仪器卖得越多,稳定可靠性就会越强。三是原位测量、追踪测量。目前,很多仪器都是取出样品、处理后再分析,不足以更好地表征样品的真实状态。例如,对于新冠病毒(SARS-CoV-2),均为取样分析,无法表征病毒在人体真实发生的原位状态,更无法追踪其发展过程。原位测量、对活体的追踪测量是仪器发展的必然趋势。四是便携式检测。仪器的小型化研究,达到同样性能,能够便携,永远是趋势。

上述是仪器技术的发展趋势,而从商业模式上看,赛默飞、丹纳赫、安捷伦、Waters等成功企业的经营模式大概有几种。一是数项单品持续保持全球1~2位。二是结合核心仪器开展消耗品业务,以提升利润水平,获得继续投入的动力。而最适合仪器配合消耗品的行业是生物制药和医疗行业。三是通过并购获得更多优势产品线。四是公司均已经成为公众公司,不再主要由原创人控制。

### 1.2 中国科学仪器发展现状

中国科学仪器的发展<sup>[3]</sup>可追溯到1901年上海科学仪器馆开始经销科学仪器,新中国成立后,成立一系列的分析仪器厂,开始发展国产科学仪器。但由于历史的原因,国产科学仪器发展相对比较缓

慢;此外改革开放后,中国用户开始大量使用进口仪器作为各行业发展工具,国产仪器研制和国产仪器企业的发展均遭受困境。

随着人们对发展科学仪器重要性认识的提高和国有经济体制改革的深入及民营企业的崛起,加上整个经济发展加速所起的带动作用,科技部从“九五”开始把科学仪器的研制和开发列入了国家科技攻关项目并逐渐增加投入,从“十一五”开始设立重大科学仪器开发专项;国家自然科学基金委员会也设立了重大科学仪器研制专项。国家层面的投资拉动下,商业投资也开始活跃,科学仪器的研究和产业的发展才逐渐开始走出低谷<sup>[4]</sup>。

根据SDI公布的数据显示,2009年中国科学仪器市场占全球市场的6%,2015年中国地区实验室分析仪器市场规模占全球的比重为10.4%,近年来,中国是全球实验室分析仪器市场增长最快的地区,2019年中国实验室分析仪器市场规模占全球的比重将增加至15%。随着中国对科学仪器的大力支持和发展,中国市场在全球科学仪器行业中变得越来越重要。

中国科学仪器企业发展主要有如下形式:(1)细分品类,慢慢扩充。该类企业历经多年慢慢积累,在众多竞争中能够在单品类中先取得国内领先,如北京普析通用仪器有限公司的紫外-可见分光光度计、北京东西分析仪器有限公司的原子吸收光谱仪、北京海光仪器有限公司的原子荧光光谱仪以及同方威视的拉曼光谱仪。然后慢慢扩充品类,扩充的速度比较缓慢。有些企业,开始扩展很快,研制推出了很多产品,但更新太慢导致失去竞争力,又砍掉了新增产品线。(2)先发展专用仪器或前处理设备,再发展通用分析仪器。这一类是中国特色的一种发展思路,避开国外企业的优势领域,抓住国内有机会的领域(如环境保护、食品安全)赢得发展机会。比如,广州禾信仪器股份有限公司在环境保护领域发展针对PM<sub>2.5</sub>和挥发性有机化合物(VOC)的质谱,获得发展机遇后,再开始发展高端通用的科学仪器基质辅助激光解析飞行时间质谱(MALDI-TOF)、气相色谱串联质谱(GC-MS)、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS);北京莱伯泰科仪器股份有限公司主攻食品安全、环境领域的前处理设

备,并收购了几家国外前处理设备公司,获得发展后,再开始发展质谱,如ICP-MS。(3)先上市,再利用资本扩张。该类企业的特点是产品品类扩充快,追求快速增长;但依赖股市,在兑现利益后,技术人员流失较快,会继续成立一系列技术类似的小公司。比如,聚光科技(杭州)股份有限公司此前侧重环保设备,上市前在分析仪器中仅有近红外(NIR)分析仪,上市后收购北京吉天仪器有限公司获得原子荧光(AFS),收购北京盈安科技有限公司获得X射线荧光光谱仪(XRF),后在此基础上发展ICP光谱和ICP-MS,继续发展GC-MS、液相色谱串联质谱(LC-MS)等高端科学仪器。天美集团此前生产高压液相色谱(HPLC)、气相色谱(GC)、紫外-可见分光光度计(UV-Vis)、天平等仪器与实验室设备,后在中国香港上市后,收购国外企业,分子荧光、天平、离心机比较强;GC、HPLC研发能力正在增强,并开始涉足GC-MS、同位素质谱等。

中国科学仪器的创新首先来自于科研领域,然后逐步向各个领域扩展。国家在环境监测、军工领域等均有特殊的准入制度,并早已明确表示支持国产设备,因此国产设备的投资发力点多在该领域。但这些领域,通用分析仪器的占比并不高,对核心分析仪器的技术提升有一定作用,但作用有限。近年来国内外特别重视生命科学、生物医药领域,国内在生物医药领域主要是进口仪器贴牌,国产科学仪器在该领域的发展属于起步阶段。国产前处理设备,物性材料设备,离心机等通用设备等,已经可以进入各类实验室,包括高校、国家级省市级检测单位、大型第三方实验室、大型企业。食品、医药、石化、材料、第三方实验室,中小型企业、区县级单位、科研院所的小型实验室,是国产仪器的主要使用单位。

基于上述应用领域,国产科学仪器具有以下特点:(1)用于科研的国产分析仪器很少。这同中国的基础科研不足有关,中国的国产仪器,大都没有走向国际,在国际上不被认可。(2)前处理、生命科学的小设备,发展较快。该领域不要求准确的测量,只是辅助应用,技术含量较低,国外大型公司不太重视,仅与国外小型企业竞争,实现局部领先较容易。(3)环境保护问题的日益严重,国家在环保领域投入力度加大,国产仪器制造厂商在国家政策

支持下大力发展,支撑了环保领域国产仪器的发展与进步。(4) 目前国家标准、行业标准以及团体标准多维同步推进,在制定标准时也已经明确,尽量吸引更多的国产仪器厂商参加,尽可能在国产仪器技术水平提高时推出相应的标准。

中国科学仪器的发展趋势。一是与标准化相关的领域,国产仪器距离科研要求尤其是尖端科研的要求较远。在各行各业,只要有同仪器相关的标准推出,国产仪器能够满足相应的标准内容才会得到市场的认可,才构成一定的销售。二是聚焦在样品前处理相关设备领域,发达国家主要大型企业更关注核心仪器技术及其消耗品,而在前处理市场,国内企业基本在与国外的小型企业竞争,具有本土化的优势,技术含量要求不高,但在样品前处理设备中国产设备占据了一定的优势。三是在线分析、便携分析,该领域需要的仪器自身的技术水准较低,但对配套采样和人工维护的要求较高,国内人工成本较低,在此领域依旧会占据领先优势。四是国产设备优先采购政策。随着国家优先采购国产仪器的政策出台,国产仪器可以得到进一步发展。同时,进口仪器企业会不断地考虑逐步在国内投产,国家的政策可以“先松再紧”,逐步吸引进口企业将核心技术的生产放在中国。

## 2 中国科学仪器发展存在的问题

### 2.1 自主研发不足,研究成果转化率低

在科研仪器进入自主研发初期,由于底子薄、欠账多、投入相对不足,中国科学仪器设备的原始创新、集成创新和引进吸收再创新能力比较薄弱,缺乏能有效带动和引领科学仪器产业发展的核心技术和关键部件,高端通用科学仪器设备研发和制造能力明显不足,新能源、新材料、环境、公共安全等战略性新兴产业和民生领域急需的、量大面广的科学仪器设备国产率明显不高。科学研究“空芯化”现象严重,关系国民经济命脉和国家安全等一些重点领域科学研究所需重要仪器设备受制于人现象已经凸现,严重制约着中国自主创新战略的实施<sup>[5]</sup>。此外,国家自然科学基金委员会和国家科技部设立的重大科学仪器研制和开发专项,一定程度

上促进了科学仪器的基础研究。但是面向市场需求,偏向应用的“产学研用”合作创新模式还未形成,科学仪器的转化率很低。与美国等发达国家相比,中国科学仪器研制与应用的速度、广度和深度仍显不足<sup>[6]</sup>。中国科学院上海营养与健康研究所李昌厚教授<sup>[7]</sup>认为,目前中国科技成果转化率大约在25%左右,真正实现产业化的不足5%,与发达国家80%的成果转化率和产业化差距甚远。当然科研成果转化为技术成果是一个复杂的过程,既需要来自高校、科研院所在原始创新方面的努力,更需要能将创新成果转化成可产业化的产品的企业的共同努力。

### 2.2 核心零部件研发不足,产业链孱弱

中国的中低端仪器特别是前处理设备已经取得了长足进步,不少品类已经实现国产化替代。一方面得益于该类仪器的技术门槛相对较低,有一部分已经实现国产化的研发;另一方得益于核心零部件可以采购,国外进口限制比较小。而对于高端科学仪器几乎完全依赖于进口,每年都要从国外进口大量的仪器<sup>[8]</sup>。高端科学仪器的研制主要受制于核心零部件,一方面是国外对高端仪器零部件的出口限制非常严,甚至有些不对外出售;另一方面更重要的是国内对核心零部件的研发不足,“卡脖子”问题明显突出。此外,国内科学仪器的加工业和制造业等还相对落后,产业链孱弱,使得国产科学仪器在稳定性、可靠性方面与发达国家产品存在一定的差距。而国外厂商不仅能提供先进稳定的设备,还能提供高品质的仪器配套耗材和完善的售后服务,进一步限制了国产仪器的发展。

### 2.3 市场认可度不够,推广应用难

在目前国家大力推广国产科学仪器的大背景下,国产仪器应用情况不容乐观,尤其是高端科学仪器的应用更是匮乏。由此说明国产科研仪器应用情况较差,市场认可度不高。认可度低意味着使用率低,这使得国产科学仪器研发生产的单位得到用户反馈的问题数较少,很难使企业持续改进和完善,不利于国产科研仪器行业的良性发展。造成这种局面的原因除了仪器自主研发本身的问题,还有一些客观因素。一是用户的传统观念根深蒂固<sup>[9]</sup>。在多数情况下,国产科学仪器的技术要求完全可以

达到用户的需求,有些指标甚至优于进口设备,但是很多用户在面对国产仪器的时候存在疑虑,“国产仪器不行”的观点在很多用户心里根深蒂固,这对国产仪器的发展带来很大阻碍。二是缺乏科学的验证评价体系<sup>[10]</sup>。国内对国产科学仪器缺乏一个客观、公正、有权威的验证评价平台。现阶段中国已经具备了一定的研发大型设备的能力,但由于国内没有翔实权威技术验证数据,无法有效帮助国产仪器验证和推广,导致国内的检测机构不熟悉、不了解国产检测仪器设备的适用范围、稳定性和准确性。同时,国产检测仪器设备生产厂商由于没有相应的推广平台,也无法进行相应的对比、验证实验,对国产仪器设备的推广和研发也造成了很大限制。三是用户体验差,售后服务不足<sup>[11]</sup>。随着仪器设备的多样化和高精尖的发展,用户越来越重视设备的体验度和售后服务。国产仪器体验差除了研发者对设计认识不足外,软件友好性一直是国产设备的薄弱环节,软件不够简洁、操作复杂、与实际脱节等。同时,国产设备的售后服务观念薄弱,仪器设备出了问题之后,响应速度和服务质量不尽如意。此外,国产设备售后的应用开发不足,导致设备的使用率大大降低,久而久之变成了空置的仪器。

### 3 国产科学仪器的发展建议

#### 3.1 加大基础研究,鼓励“产学研用”发展模式

国产科学仪器的创新和发展本质上依赖于基础研究,未来应继续加强基础研究指导以及加大对国产科研仪器的科技投入,鼓励科学仪器行业取得重大开创性的原始创新成果,抢占国际科技竞争的制高点。鼓励“中国首创”,由中国最先创造或改进的科学仪器不仅能够打破外国垄断,更能在市场采纳中占据先机,获得应用迭代的初始条件,进而为借助马太效应实现持续创新和市场扩散奠定基础。由于仪器的研发技术门槛高,涉及材料、电子、机械、自动化等诸多学科和领域,研发周期漫长,回报周期长,因此,政府需要有长期持续投入的决心。此外,要特别注重知识产权保护,加强成果保护意识,为后期的成果转化奠定基础。鼓励成果转化,完善激励政策,构建优势互补、无缝衔接、快速响应

的“产学研用”协同科技攻关体系。科学仪器的“产学研用”合作体系应以政府为主导,加强宏观管理,营造有利于科学仪器开发应用的政策环境;以企业为主体,提高科学仪器的技术转化能力与制造水平;以高校和科研机构为技术核心,实现科学仪器的理论研究突破和技术的不断创新;以市场为导向,满足不同细分用户的需求。通过整合政府、企业、高校、科研机构等各方面资源,同时围绕市场规律,在各个不同主体间形成有效互动,强强联合。

#### 3.2 加大核心零部件基础研究,完善产业结构

针对科学仪器核心零部件研发不足、严重依赖进口的困境,要加强核心零部件的基础研究,特别是材料、电子、机械、自动化等学科和领域的基础研究。重视跨国技术并购,高端科学仪器创新所涉及的知识中,很多都是需要经过长期摸索和积累才能获得的缄默性知识,并且往往被发达国家企业严密保护起来。跨国技术并购是解决技术能力积累难题和引进一部分核心技术的重要方式。注重仪器消耗品的研发。消耗品作为仪器售后的重要组成部分,对推动仪器的发展和售后收入具有重要的作用。针对产业链孱弱的问题,积极鼓励国外仪器厂商在国内建厂,不但可以汲取仪器制造上下游的核心工艺、技术,还可以培养大量的专业技术人才。此外,自建工艺链或产业链往往因投入大、周期长、短期回报低导致公司无法长期维持,国家应该出台政策激励自建工艺链或产业链的企业,在研发补贴,减税、退税等方面给予一定的政策支持。

#### 3.3 完善评价体系,提高服务质量

针对国产科学仪器市场认可度不够,推广应用难的问题,要进一步加强并完善相关的评价体系,企业自身要提升仪器的售后服务环节。一是具体落实国产仪器优先采购政策。尽管国家出台一系列的支持国产仪器的政策,但实际效果并不明显,相应的政策需要进一步落实。比如:2021年的科学技术进步法中明确提出,对境内自然人、法人和非法人组织的科技创新产品,在功能、质量等指标能够满足需求的条件下,应该优先采购。对于国产科学仪器的功能和质量等指标,行业内没有明确的规定,建议出台相应的团体标准等,为国产设备的采购及后续仪器评价提供参考依据。二是建立客观

公正的仪器验证、评价体系。集中对国产仪器进行参数验证,为国产设备的推广和应用提供数据支撑。还可对国产检测设备的功能改进、升级换代提供发展方向。三是企业要提升产品的售后服务。一方面是要提升对仪器本身的售后服务,包括对仪器本身的不断优化,仪器故障的快速响应及维护等;另一方面要积极拓展仪器的应用服务,为客户不断挖掘仪器的潜在应用及满足客户需求的定制化服务。

## 4 结论

当前,新一轮科技革命和产业变革方兴未艾,全球科技创新进入了空前密集的活跃期,科学技术以前所未有的力量驱动着经济社会的发展。谁拥有先进的科研仪器,谁就能在当代科学研究中掌握主动权和话语权。近几十年来,国家设立了一系列支持科学仪器研发的资金和政策支持,促进了国产科学仪器的巨大发展。近年来,国家又出台多项政策支持国产设备采购,国产科学仪器迎来进一步发展的的大好局面。

与此同时,也应该清楚地认识到,国产科学仪器尤其是高端科学仪器,跟国外还有不小差距。唯有通过科技创新,以企业为主体以市场为导向,面向世界科技前沿,面向广大用户需求,投入研发资金,才能提高中国科研仪器研发水平。

**致谢** 项目组主要工作成员孙公伟、卞利萍、刘华琳、夏扬、王文璐、刘会兰、黄秀、范博文、邢志对本文的撰写提供帮助。

## Development status and countermeasures of inspection and testing scientific instruments

Group on Test Equipment Innovation and Development Research, China Inspection and Testing Society

China Inspection and Testing Society, Beijing 100125, China

**Abstract** The current situation of inspection and testing scientific instruments is introduced. The development characteristics and trends of global inspection and testing scientific instruments are sorted out. Then China's development status, opportunities and problems in this field are analyzed, the existing problems are pointed out, and corresponding countermeasures and suggestions are put forward.

**Keywords** inspection and testing; scientific instruments; laboratory analytical instruments ●

## 参考文献 (References)

- [1] 李扬, 吴鸣, 欧阳峥峥, 等. 日本先进科学仪器国家资助计划政策及发展现状研究[J]. 科技促进发展, 2016, 12(2): 196-203.
- [2] SDI publishes global assessment report: Laboratory analytical and life science instrument market will exceed \$69 Billion in 2021[EB/OL]. [2021-03-04]. <https://www.prnewswire.com/news-releases/sdi-publishes-global-assessment-report-laboratory-analytical-and-life-science-instrument-market-will-exceed-69-billion-in-2021-301240078.html>.
- [3] 金钦汉. 对于我国科学仪器发展战略的几点思考[J]. 现代科学仪器, 2004(4): 3-8.
- [4] 邱焯, 刘凌, 李惟庚, 等. 国产科学仪器发展现状研究[J]. 分析仪器, 2021(3): 185-189.
- [5] 杨文海. 我国科学仪器设备产业发展现状和策略[J]. 教育探索, 2013(20): 186-187.
- [6] 袁勇, 付国春, 戴灵豪, 等. 加快推进国产科研仪器“进口替代”的思考[J]. 分析测试技术与仪器, 2022, 28(1): 62-67.
- [7] 李昌厚. 我国分析仪器及应用的发展现状和最新进展[EB/OL]. [2019-06-06]. <https://www.instrument.com.cn/news/20190606/486644.shtml>.
- [8] 李天柱, 高皓天, 王亚东, 等. 高端科学仪器的创新特性与产业发展思路[J]. 科技和产业, 2021, 21(2): 109-114.
- [9] 王兵丽, 黄冰晴. 浅谈国产科学仪器的现状及发展[J]. 闽南师范大学学报(自然科学版), 2018(2): 117-121.
- [10] 解静, 尚士进, 邱焯, 等. 北京市科学仪器装备行业发展研究与服务模式探索[J]. 分析仪器, 2020(5): 152-156.
- [11] 孙剑. 浅谈国产生命科学仪器的问题与不足[J]. 技术与市场, 2017, 24(2): 125, 127.



(责任编辑 刘志远)