

浙江省大型科研仪器开放共享平台-国产科研仪器研发与应用专栏(062~067)

加快推进国产科研仪器“进口替代”的思考

袁 勇,付国春,戴灵豪,谢晓笑,张燕勤

(浙江中医药大学 资产与实验室管理处,浙江 杭州 310053)

摘要: 科学进步离不开科研仪器技术的发展,科研仪器自主研制已成为我国促进技术创新的强劲动力和人才培养的重要平台. 飞船发射、航母制造、北斗导航等高科技重大突破离不开我国自行研制的高端科研仪器,科技创新已成为当今各国提高综合国力的战略支撑. 每年我国对科研仪器的市场需求很大,但进口仪器占比 70%,部分高端仪器更是 100% 依赖进口. 由于高、精、尖科研仪器的核心技术、关键零部件被国外封锁,导致我国研发的高端科研仪器丧失国际竞争力. 针对上述现象,通过对国产科研仪器目前现状分析,就如何加强国家创新引导力来加快推进国产科研仪器高质量发展,从而提升在国际市场的竞争力,最终实现“进口替代”进行探讨.

关键词: 科研仪器;进口替代;自主研发

中图分类号: G311

文献标志码: B

文章编号: 1006-3757(2022)01-0062-06

DOI: 10.16495/j.1006-3757.2022.01.010

Thinking on "Import Substitution" for Domestic Scientific Instruments

YUAN Yong, FU Guo-chun, DAI Ling-hao, XIE Xiao-xiao, ZHANG Yan-qin

(Department of Asset and Laboratory Management, Zhejiang Chinese Medicine University, Hangzhou 310053, China)

Abstract: Scientific progress is inseparable from the development of scientific instrument technology. Independent research and development of scientific instrument has become a strong driving force to promote technological innovation and is an important platform for people to cultivate talents. Major high-tech breakthroughs such as spaceship launch, aircraft carrier manufacturing and Beidou Navigation are inseparable from China's own high-end scientific research instruments. Scientific and technological innovation has become a strategic support for nations to enhance their overall national strength. China has a great market demand for scientific research instruments every year, but imported instruments account for 70%, and some high-end instruments are 100% dependent on imports. As the core technologies and key components of high, precision and advanced scientific instruments are blocked by foreign countries, the high-end scientific instruments developed in China lose their international competitiveness. In view of the above phenomena, through the analysis of the current situation of domestic scientific research instruments, how to strengthen the national innovation guidance to speed up the development of high-quality domestic scientific research instruments, so as to enhance the competitiveness in the international market, and finally achieve the "import substitution" is discussed.

Key words: scientific instruments; import substitution; independent research and development

科研仪器是人类探索未知世界不可或缺的科学工具,科学家的发明创造和理论创新往往需要借助

科研仪器开展科学实验^[1-2]. 长期以来我国科研仪器市场受到国外挤压,尤其是核心技术、关键零部

收稿日期:2022-01-25; 修订日期:2022-03-01.

基金项目:浙江省高校实验室工作研究项目(YB201965)[Zhejiang University Laboratory Work Research Project(YB201965)]

作者简介:袁勇(1966-),男,硕士,主要从事实验仪器设备管理工作,E-mail:739137023@qq.com

通信作者:张燕勤(1971-),女,处长,主要从事资产与实验室安全管理工作,E-mail:syssl@zcmu.edu.cn.

件、原材料等被封锁,加上我国基础工业底子薄,生产工艺难以达到国外发达国家水平,导致高端科研仪器70%依赖于进口。为了改变这种受制于人的局面,早在“九五”时期我国就设立了重大科研仪器设备开发专项资金,将“科研仪器的研制和开发”列入国家科技攻关重大项目。现在国家把“加强高端科研仪器设备研发制造”写入了“十四五”规划和2035年远景目标纲要。毋庸置疑,为了振兴我国科研仪器的原始创新,国家推出了实施创新驱动发展战略。期待不久的将来我国自主研发的仪器在国内市场占据主导地位,在国际市场立于不败之地。国家的召唤唤醒了国内众多“沉睡”中的研发机构和研发团队,点燃了他们积极投身于科研仪器重大科技项目攻关的热情^[3-4]。

与当今发达国家相比,我国的自主研发能力尚弱,国产的高档科研仪器质量与国外相比仍有较大差距。习近平总书记在两院院士大会上指出,“我国基础科学研究和关键核心技术短板依然突出”,要“在关键领域、卡脖子的地方下大功夫”。尽管我国科研仪器经历了近30年发展,但比起发达跨国企业算刚刚起步。现在每当提起仪器采购时,尤其是高端仪器的采购,只要经费允许,不管出于何种需求,用户往往会选择进口品牌。如何打破这个瓶颈,实现国产科研仪器的“进口替代”已成为当今广泛关注的焦点问题,国内的专家学者也一直在孜孜不倦地探索着答案。本文通过国内研发水平与国外差距的对比,对早日实现国产科研仪器“进口替代”进行了一些浅薄思考。

1 国产科研仪器的“跛足”现象

创新驱动是国家为最终实现国产科研仪器“进口替代”目标而部署的国家战略,已成为企业追求高质量发展的“新引擎”。中国工程院院士金国藩在“2017中国光谱仪器前沿技术学术研讨会”上的致辞中强调“国家对仪器的发展很重视,一方面国家成立了自然科学基金委员会,支持仪器的原始创新。另一方面科技部设有重大科学仪器攻关项目,鼓励企业对仪器进行自主创新^[5]”。我国科研技术人员的研究能力很强,科研成果层出不穷,但国产科研仪器的研发为何迟迟难以有大的突破,成了科技创新的“跛足”。不提升我国科研仪器的研发能力,而过分依赖国外仪器设备进行科学研究,“卡脖子”风险就难以避免。

1.1 差在思想观念落后于创新发展

科研仪器在投入市场前需经过调研、分析、设计、研发、生产和测试等多个环节,周期相对漫长,研发团队需有足够耐心和坚定信念,任何急功近利思想都会前功尽弃。但周而复始枯燥的研发使科研人员有了“搞研发不如发表论文”的想法。论文可以每年发表,但科研仪器研制周期少则三年,二者牵涉的精力和承担的风险无法比拟,搞研发甚至会“竹篮打水一场空”。每年的绩效考评和职称评定都是科研人员心里过不去的一道坎。一些研发人员认为仪器研发获得成果的“含金量”不如其他重大项目取得的成效,因此科研仪器的研发创新难以成为当下科技创新主流。

1.2 差在产品整体质量落后

质量是科研仪器永恒的生命线,可靠性和稳定性是衡量仪器整体质量的重要指标,是维系仪器整体质量的中枢。可靠性是质量的核心,体现的是创新成效。稳定性是质量的灵魂,每个微小的元器件关乎科研仪器的安全稳定^[6]。单从仪器参数性能看,国产仪器已达到甚至超越了进口品牌,价格又有优势,但问津的用户甚少,关键原因就在于仪器的可靠性和稳定性落后于国外,根源是我国缺少核心研发技术以及核心零部件质量不过关。目前仪器行业现状就是国外品牌占据市场主导地位,国产仪器难有落脚之地。

1.3 差在研发成果转化率

我国科研仪器研发经过近30年发展取得了巨大创新突破,获得了诸多标志性成果。但由于成果转化激励政策不完善,出现了成果转化率低下突出问题。科研人员辛辛苦苦取得的创新成果仅仅用作论文发表和职称评审后就束之高阁,无暇顾及后续的成果转化、产品推广和市场营销,造成了“高科技”资源的浪费。一些不法外企通过购买我国自制的仪器,贴上外国公司标签,冒充进口产品来蒙蔽广大用户^[7]。与之形成对比的是,当前新冠疫情全球肆虐,但国内科学家众志成城,积极开展发病机理的深入研究,最终在世界顶级期刊发表大量有价值的创新成果。企业把成果研制成治疗新冠病毒的疫苗,通过市场给世界带来巨大社会和经济效益。中国科学院上海营养与健康研究所李昌厚教授认为,目前我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^[8]。当然科研成果转化成为技

术成果是一个复杂的过程,并不是所有科研成果都具备商业价值。

1.4 差在基础工业薄弱和低端产品产能过剩

在科研仪器进入自主研发初期,我国经费投入有限,精密加工、装配工艺等基础工业较薄弱,一些高精尖科研仪器的研发会遇到瓶颈,如核心技术无法突破、核心零部件的原材料无法找到货源等。另外,国外对我国高端科研仪器进行打压,造成低端产品产能过剩、高端产品严重依赖进口的局面。产品要立足市场,企业必须每年拿出盈利的一部分用于再生产,仪器行业也不例外。国外发达企业一般会拿出 30% 左右利润投放到研发上。我国仪器生产企业数量多,但规模普遍不大,中小型企业占了一定比例,因此很少有企业能或愿意拿出 15%~20% 的利润投入到新产品研发,期盼国家能给予支持。此现象说明我国研制高端精密仪器的机制与国外相比尚不成熟,更多的企业愿意安于现状,缺少创新动力,使国产仪器的研发进展缓慢,更多时候处于低水平重复状态。

1.5 差在过度迷恋进口

如前所述,提起科研仪器购置,用户往往首先会想到采购进口品牌。据百科网数据统计,我国市场上 90% 以上的科研仪器被国外企业长期垄断,金额高达几千亿元^[9]。我校 2021 年新增的 20 台(套)单价 30 万元及以上教学科研仪器设备均为进口产品。客观的说,除了某些特殊领域由于国产仪器在精度、灵敏度、重复性等性能指标达不到用户需求而确需采购进口产品外,当前国产仪器基本可以满足国内大多用户需求,价格还比国外同档次低 20%~50%。但传统观念的根深蒂固和用户不切实际的盲目跟风,使目前过度迷恋进口品牌现象较为普遍,“进口优于国产”“买国产仪器基本上是浪费金钱和时间”的思想已深深烙印在用户心里^[10]。如目前海尔超低温冰箱的整体性能和产品质量已完全能满足国内用户需求,性价比也高,售后服务有保障,但多数用户还是热衷于进口品牌。又如用于教学的仪器,只是为了让学生掌握仪器的操作方法,而对试验数据的准确性没有任何要求,但用户在采购时只要经费允许还是愿意采购进口的。

1.6 差在盲目和恶性竞争

企业通常根据仪器的研发成本来制定合理的市场价格,并通过市场的良性竞争来推动仪器的进一步创新。但有的企业为了占领市场,期待更多用户

青睐自己研发的产品,会采取“价格战”的恶性竞争方式。企业本应从技术创新、合理价格、良好服务等方面着手来赢得市场,却演变成了盲目和恶性竞争,有的企业甚至通过牺牲售后服务成本来降低仪器成本,这样的操作毫无疑问破坏市场发展规律,扰乱了正常的市场价格体系,与促进国产科研仪器持续稳定健康发展的初心相违背。若企业只顾眼前利益,不从长远发展去布局,也许会获得一时利益,但最终必将输的体无完肤,失去更多用户的信任。如我国自主研发、成本价在 3.0 万元的原子荧光光度计,正常市场售价 7.5 万元,但个别企业为了抢占市场竟以 4 万元的低价参与竞争。企业之间一旦丧失了合作共赢的大局意识,结果将是企业之间长期处于信息不对称、闭塞状态,必难形成抗衡国外企业的坚固合力,久而久之国产仪器市场份额逐渐遭到萎缩。

2 国产科研仪器“进口替代”的动力

近年来随着我国信息、生物、新材料等高新技术的飞速发展,各行业对科研仪器的需求与日俱增。但国人对国外高端科研仪器的依赖性不减,国产化程度还是偏低。据重大科研基础设施和大型科研仪器国家网络管理平台查询的数据,2016~2019 年我国大型科研仪器整体进口率约为 70.6%^[11]。科研仪器已成为我国第三大进口产品,仅次于石油和电子元器件,高档大型仪器几乎全部依赖进口^[12]。正如金国藩院士指出的:“总体来看,我国自己生产的仪器设备在质量上和国外还是有差距”。为早日实现国产科研仪器设备的“进口替代”,一定要坚持走中国特色自主创新道路。这些年来国家在创新驱动的进阶道路上,一次又一次不遗余力地加以扶持。相信不久的将来,在国家 and 仪器行业多方布局下,高端仪器的自主研发一定不会成为我国科研仪器发展的桎梏。

2.1 政策制定保障创新成效

科技创新发展是推动世界经济的重要力量,是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,是一个国家发展的根本动力^[13-14]。基于此,实现国产科研仪器的“进口替代”展现了我国原始创新能力在世界的引领作用,这是建设创新型国家的内在要求和必然选择。为了实现这个目标,就要加强创新政策的统筹协调,保障和推动科技创新活动的有序开展。如国家规定了“政府采购应当采购本国货物、工程和服务”、将“现代科学仪器设备”列入先进制造

产业中高技术产业化重点领域、“凡是符合条件的研发机构采购国产设备,将全额退还增值税”及“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”等等。归纳起来,国家正通过强化竞争政策和产业政策对创新加以引导,确保科研仪器质量提升工程的顺利实施,提高科研仪器的准确性、稳定性、可靠性,培育一批具有核心技术和核心竞争力的国产科研仪器品牌。

2.2 科技创新突破技术瓶颈

技术创新是实现“0到1”的突破,也是学习基础上的再创新,而科研仪器正是实现科技创新的“基石”和“利器”。技术创新体现了科技工作者自强不息、脚踏实地的实干精神,是打破“崇洋媚外”桎梏、实现“进口替代”的重要手段。在去年的全国两会上,全国政协委员蓝闽波提出:“我国的科研体量位列世界前茅,但产生这些成果的研究工具的研发和制造与此极不相称^[15]”。这一针见血指出了当前我国仪器行业在自主创新能力上存在的薄弱点以及与国际先进水平的差距,尤其在高端产品核心技术和关键零部件质量上难以突破。以美国为首的一些技术发达国家借着技术主权、专利保护等幌子对我国实施技术封锁,挤压我国仪器的市场份额,不择手段打压以华为为首的我国高新企业,企图遏制中国等技术追赶型国家的崛起。为此,国家有针对性地对科研仪器研发中急需解决的问题予以重点支持,同时组织多学科交叉的高水平团队花大气力解决核心技术和关键零部件质量的短板突出问题。通过国产科研仪器的原始创新,切实提高科研仪器整体质量,从而降低国人对进口产品的依赖性,为早日实现国产科研仪器的“进口替代”助力。

2.3 相互合作提升研发水平

我国科研仪器市场全球瞩目,国外跨国企业早已觊觎已久,上海、苏州、昆山、深圳等地已渐渐成为他们重点投资区域。外企不局限于对我国高端产品市场的垄断,现已向中低端产品市场进行渗透,使国内企业的生存空间严重遭到挤压^[10]。折射出我国仪器行业在世界上还处于“跟跑”阶段,短时期内难以与国外“并跑”或“领跑”。诚然,高端科研仪器摆脱依赖进口局面并非一朝一夕,更不可能“弯道超车”,但创新无界限。我们可以积极参与跨国家、跨组织的开放式创新,在科研仪器研发中与拥有绝对技术优势、完备产业体系、雄厚产业基础的外企建立

战略伙伴关系,引进其先进技术为我所用,并加以消化、吸收和再创新,迅速提升我国的技术能力。如高档激光干涉仪目前仅有极少数国家能够生产、高档质谱仪及其核心部件质量我国与国外差距很大等,我国可以引进国外产品。“崇洋媚外”的思想固然要摒弃,但并不意味将国外先进设计、生产、管理理念及核心研发技术等通通排斥在外。我们既要“吸收精华”,又要“剔除糟粕”,以坦荡开怀的姿态包容外资的融入,这样才有助于我国科研仪器研发水平整体的提升。当然我们也要保护好自主研发的科研论文、技术发明等创新成果。简而言之,盲目排外和盲目媚外都是错误的,能满足使用要求的国产仪器设备,我们要坚决、放心、大胆的使用。

2.4 人才培养赶超国际水平

21世纪是高科技竞争,归根结底是人才竞争。邓小平早就提出“科学技术是第一生产力”,科学技术靠的是人,靠的是掌握先进技术的人才。我国每年对科研仪器需求市场很大,科技基础条件资源调查统计显示,“十八大”以来我国科研仪器设备以年均16%的速度增长^[16]。最近二三十年来,科学研究领域的学科交叉融合渐成趋势。当今世界科学前沿的重大突破与多学科交叉融合直接相关,重大原创性实用技术突破更多出现在学科交叉领域,创新驱动进入了一个前所未有的群体集聚时代^[17]。高端科研仪器研发涉及领域广、技术门槛高,毫无例外需要大量跨学科高科技复合型人才共同参与。由此可见,人才竞争是科技创新之根本,发挥人才的第一资源作用是占据未来市场的关键。但目前我国仪器行业研发基础相对薄弱,跨学科、跨专业、懂仪器的综合性人才奇缺,一方面长期以来难以吸引到优秀人才加入到科研仪器研发行列,有经验的研发、应用及工程技术专家更是稀缺。另一方面国内留不住人才,诸多高端人才不断让国际著名跨国公司用高薪从我国科研机构、生产企业挖走,造成了我国在仪器研发、生产、测试、使用等方面人才奇缺,难以与国外形成竞争,严重制约了我国科研仪器行业的迅速发展。因此,要赶超世界先进水平,加快培育复合型技术人才刻不容缓。同时要健全创新培养、用好和吸引人才机制,完善科技评估体系,建立良好的先进科研仪器研发氛围,支持和鼓励科研人员从事具有长远影响的创新型科研仪器研发,建立起一支耐得住寂寞的研发队伍^[18]。

3 结语

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。百年科学发展史和众多诺贝尔科学奖都证明,科学进步离不开科研仪器的进步和发展。据统计,诺贝尔奖获得者中与科研仪器有关的物理学奖占 72%,生理学或医学奖占 95%^[19]。由此可见,科研仪器对科学研究起到了至关重要的作用。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,才能提高我国科研仪器研发水平。经验告诉我们,在别人的地基上盖房子,楼越高风险越大。如果我们不掌握核心技术,迟早会被别人“卡脖子”。突如其来的新冠肺炎疫情,让世界认识了中国疫苗,见证了“中国速度”。同样在不久将来,在广大科研人员长久不懈努力下,国产科研仪器必将实现“进口替代”那一天,国人一定会享受到自主创新带来的时代红利。

参考文献:

- [1] 王肖波. 大型科研仪器平台的可持续管理[J]. 分析测试技术与仪器, 2020, 26(3): 196-203. [WANG Xiao-bo. Sustainable management in large-scale scientific instruments platform[J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2020, 26(3): 196-203.]
- [2] 王晋. 强化管理机制, 推进科研设施与仪器开放共享[J]. 分析测试技术与仪器, 2020, 26(1): 1-2. [WANG Jin. Strengthen management mechanism, promote open sharing of scientific research facilities and instruments[J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2020, 26(1): 1-2.]
- [3] 谭乐, 甘政鑫, 周颖. 国家重大科研仪器研制项目组织实施概况及成效分析—以中国科学院深圳先进技术研究院为例[J]. 中国科学基金, 2021, 35(4): 643-649. [TAN Le, GAN Zheng-xin, ZHOU Ying. Organization, implementation and effect analysis on national major scientific equipment and instruments development project: taking Shenzhen institutes of advanced technology, Chinese academy of sciences as an example[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35(4): 643-649.]
- [4] 毛献峰. 我国基础科学研究中重大科研仪器设备研

制情况分析—以 2012—2017 年国家重大科研仪器研制项目资助情况为例[J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(14): 93-95. [MAO Xian-feng. Analysis on the development of major scientific instruments and equipment in Basic science research in China-A case study of the funding of National Major scientific Instruments and equipment from 2012 to 2017 [J]. Industrial & Science Tribune, 2018, 17(14): 93-95.]

- [5] 金国藩. 国家重视国产科学仪器研制与开发—“2017 中国光谱仪器前沿技术学术研讨会”上的致辞[C]//2017 年中国光谱仪器前沿技术研讨会论文集. [JIN Guofan. National emphasis on the development and development of domestic scientific instruments -a speech at the 2017 Chinese spectral instrument frontier technology symposium [C]//2017 Chinese Spectral Instrument Frontier Technology Symposium proceedings.]
- [6] 李昌厚. 我国分析仪器与国外的主要差距及发展中的主要问题探讨[EB/OL]. (2021-04-09) [2022-01-20]. [https://www. instrument. com. cn/news/20210409/577215.shtml](https://www.instrument.com.cn/news/20210409/577215.shtml)
- [7] 王静, 朱嘉伟. 我国仪器设备行业可靠性现状综述[J]. 科技创新与应用, 2020(28): 67-69.
- [8] 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) [2022-01-15]. <https://www.instrument.com.cn/news/20190606/486644.shtml>
- [9] 高端科学仪器受制于人, 中国一年进口 3364 亿, 国产该如何突围?[EB/OL]. (2021-07-30). [2022-01-20]. [https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1706704701100918920&wfr=spider&for=pc](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1706704701100918920&wfr=spider&for=pc)
- [10] 邱焯, 刘凌, 李惟庚, 尹洧, 左书轩, 高峰, 孔维恒, 刘鑫, 王强. 国产科学仪器发展现状研究[J]. 分析仪器, 2021(3): 185-189. [QIU Ye, LIU Ling, LI Wei-geng, YIN Wei, ZUO Shu-xuan, GAO Feng, KONG Wei-heng, LIU Xin, WANG Qiang. Research on the development of domestic scientific instrument industry [J]. Analytical Instrumentation, 2021(3): 185-189.]
- [11] 超七成依赖进口, 我国科研仪器发展之路任重道远[EB/OL] (2020.8.20). [2022-01-20]. [https://www. antpedia.com/news/83/n-2431183.html](https://www.antpedia.com/news/83/n-2431183.html)
- [12] 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, 31(2): 117-121. [WANG Bing-li, HUANG Bing-qing. Domestic scientific instruments: problems and solutions [J]. Journal of Minnan Normal University (Natural Science), 2018, 31(2): 117-121.]

- [13] 霍莹,董君枫,袁园,王旭,张爱,姚婧婧,孙品阳,沈如群. 高等医学院校科研仪器国内外采购现状与启示[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11):257-260. [HUO Ying, DONG Jun-feng, YUAN Yuan, WANG Xu, ZHANG Ai, YAO Jing-jing, SUN Pin-yang, SHEN Ru-qun. Current situation and enlightenment of domestic and international procurement for scientific research instruments in medical colleges and universities [J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(11):257-260.]
- [14] 袁勇,王辉,关旻,王博,王林燕,戴灵豪. 高校实验仪器设备采购立项系统设计与探索[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(1):266-269. [YUAN Yong, WANG Hui, GUAN Yang, WANG Bo, WANG Lin-yan, DAI Ling-hao. Design and exploration of project approval system for university experimental equipment procurement [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021, 40(1):266-269.]
- [15] 许欢. 科研仪器设备是实现科学创新的必要条件[J]. 中国纤检, 2021(6):54-56. [XU Huan. Scientific instrument and equipment is necessary to realize scientific innovation [J]. China Fiber Inspection, 2021(6):54-56.]
- [16] 预见 2022:《2022 年中国科学仪器行业全景图谱》(附市场规模、竞争格局和发展趋势等)[EB/OL]. (2022-01-09)[2022-01-22]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1721445322464718438&wfr=spider&for=pc>
- [17] 李洁琼. 新华网评:在“卡脖子”的地方下大功夫[EB/OL]. (2018-05-29)[2022-01-22]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1601794336336020523&wfr=spider&for=pc>
- [18] 白雪洁. 全球产业变革新趋势及对我国科技发展的影响[EB/OL]. (2021-04-19)[2022-01-23]. <http://www.ecorr.org/news/industry/2021-04-19/179804.html>
- [19] 门伟莉,张志强. 机构属性的诺贝尔科学奖分布规律研究[J]. 情报学报, 2019, 38(9):907-920. [MEN Wei-li, ZHANG Zhi-qiang. Research on the Nobel prize in science based on institutional attributes [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2019, 38(9):907-920.]