

# 新科技革命和产业变革趋势下中国科技强国建设之路

樊春良

中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190

**摘要** 中国建设世界科技强国需要抓住新科技革命和产业变革带来的机遇, 应对其挑战。在考察科技强国和科技革命概念的基础上, 通过总结科技革命产生和发展的历史经验, 分析新技术革命和产业变革对中国建设世界科技强国带来的机遇和挑战, 指出在新科技革命和产业变革的趋势下, 中国要建设世界科技强国就需要建设新型国家创新体系, 并提出了建设新型国家创新系统的发展思路和主要措施。

**关键词** 新科技革命; 产业变革; 科技强国; 新型国家创新系统

建设世界科技强国是新时代中国发展的宏伟目标, 实现这一目标要抓住新科技革命和产业变革带来的机遇, 应对其挑战。2018年5月28日, 习近平总书记在中国科学院第19次院士大会、中国工程院第14次院士大会上的讲话中强调了中国建设世界科技强国的重要意义, 他指出: “我们迎来了世界新一轮科技革命和产业变革同我国转变发展方式的历史性交汇期, 既面临着千载难逢的历史机遇, 又面临着差距拉大的严峻挑战。我们必须清醒认识到, 有的历史性交汇期可能产生同频共振, 有的历史性交汇期也可能擦肩而过。”<sup>[1]</sup> 面对新科技革命和产业变革飞速发展的趋势, 如何抓住机遇, 应对挑战, 是中国建设世界科技强国的一项重要内容。

本文在考察科技强国和科技革命概念的基础上, 总结科技革命产生和发展的历史经验, 分析新技术革命和产业变革对中国建设世界科技强国带来的机遇和挑战, 探讨在新科技革命和产业变革背景下中国建设世界科技强国建设的思路。

## 1 历史上和当代的科技强国

科技强国是一个历史发展的概念, 反映了科学与国家发展紧密结合的关系。在当代, 科技强国建设是一个既合作又竞争的国际环境上展开的。

### 1.1 科技强国的含义

科学和技术作为人类认识自然和改造自然的活 动, 长期以来两者是按各自道路发展的, 有时联系在一起。直到19世纪末期, 技术发展的来源主要不是科学家的研究, 而是没有受过科学训练的发明家和工匠的技术发明和改进。在18世纪工业革命时期, 技术创新来源于工匠和发明家的原创型发明和持续的技术改进, 与科学研究联系并不密切。到19世纪下半叶, 以电力、化工和内燃机为标志的第二次工业革命中, 科学研究为工业技术的发展提供了基础和源泉, 科学与技术开始紧密地结合在一起。进入20世纪, 科学和技术发展的步伐加快, 越来越紧密地联系在一起, “科学”与“技术”两个词也紧密地结合在一起使用, 科学和技术

收稿日期: 2018-06-30; 修回日期: 2018-09-23

基金项目: 国家自然科学基金应急项目(71741021)

作者简介: 樊春良, 研究员, 研究方向为科技政策、国际科技合作, 电子邮箱: fcl@mail.casipm.ac.cn

引用格式: 樊春良. 新科技革命和产业变革趋势下中国科技强国建设之路[J]. 科技导报, 2018, 36(21): 63-68; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.21.007

成为一个国家经济、社会和国防发展的重要因素。

与科学和技术两者关系的演化相联系,科学技术与国家的关系到19世纪下半叶显示出来。自近代科学革命(1543年哥白尼革命)开始,世界科学中心历经意大利、英国到法国,科学研究的主体主要是学者个人、学术组织和学会,科学与国家的关系并不密切。尽管法国国家支持科学的发展,建立国家科学院,但并不能表明科学技术已是决定国家强盛的因素。科学发展与工业能力的紧密联系在19世纪下半叶德国的发展中突出地显示出来,科学能力对国家经济地位的决定性影响最明显地表现在化学工业。自此,科学能力开始逐渐被承认是技术优越和工业成功的先决条件,科学开始成为国家的资源。政府开始利用和建立科学技术能力。进入20世纪,第一次世界大战、特别是第二次世界大战充分显示出科学技术是国家安全和军事力量的决定因素,科学技术成为一个国家强盛的重要因素。

因此可以说,只有科学发展成为国家财富和安全的一个因素,科学技术才与国家发展紧密结合在一起,“科技强国”一词才有了完整的内涵和现实意义,这开始于19世纪下半叶的德国。科技强国有两方面的内容:一是科学技术自身强大;二是科学技术为国家的强盛提供基础和支撑。第二次世界大战以后,美国成为世界头号科技强国。到20世纪70年开始,随着欧洲国家的复苏和日本的崛起,世界科技强国不再是美国一家独大,而是多个国家并存。

世界科技强国与世界科学中心的含义并不相同。世界科学中心的发展早于世界科技强国,世界科学中心不等于世界科技强国,科技强国也不一定就是科学中心,例如,可以说日本是一个科技强国,但并不是一个世界科学中心。

### 1.2 当代的科技强国

当今世界是一个相互依存又充满竞争的世界。一方面,科学技术发展国际化,使各国科学技术形成一个相互联系、彼此依存的网络,各个国家都是全球科技创新网络中一个或大或小的节点,而且各国在解决全球性问题方面有共同的利益;另一方面,各国又处于科技和经济竞争之中,在关键技术和核心技术领域存在封锁和遏制现象,在前沿科学和高技术发展是竞争对手。典型的是中美合作关系,今天美国与中国在科学上彼此是最大的合作伙伴<sup>[2]</sup>,在产业发展和贸易上也是紧密联系在一起,但在高技术和前沿技术上又是竞争对手。

在这样的环境下,中国建设世界科技强国既要开放和合作,与世界主要国家和国际科技组织开展充分的交流与合作,又要在前沿科学和高技术领域提高创新能力,增强核心竞争能力。

## 2 科技革命与世界科技强国

### 2.1 科技革命与工业革命

科学革命(scientific revolution)最初特指近代科学的产生,即从1543年哥白尼《天体运行论》的发表到1687年牛顿《自然哲学的数学原理》出版,建立了以科学观察、实验和逻辑推理为基础的科学观,改变了人类对自然界认识的图景和心智。“革命”用来指对自然认识的根本性变化或发展。后来,“革命”一词被广泛地描述科学发展上,例如,拉瓦锡的氧气发现被称为化学革命,更熟知的是20世纪初量子力学和相对论为主的现代物理学革命。根据不同的标准,可以对科学革命做不同的描述和解释。

技术革命指技术上的突破和变革,有多重含义,依赖于语境。主要用于科学技术自身上或在工业发展上,前者如基因测试技术,后者如蒸汽机的发明。技术革命用于描述工业技术的发展更常见。

工业革命通常是指英国第一次工业革命,起点约于1760年代,一直持续到1830年代至1840年代。在这个历史时期,人类生产逐渐转向新的制造过程,出现了以机器取代人力和牲畜力的趋势,并且出现大规模的工厂生产,取代个体工场手工生产。工业革命是技术革命,是以纺织机、蒸汽机发明带来的产业变革。19世纪下半叶以化学和电学为基础的第二次工业革命,科学成为技术的源泉。第三次工业革命则以计算机、半导体、互联网等引发的信息技术革命为代表,影响至今。今天以人工智能、大数据、生物技术等新兴科技的发展,正在引发一场新的产业变革,已被称为第四次工业革命<sup>[3]</sup>。

科学技术革命,或科技革命,是指科学技术的重大变革、特别是指以科学发展带来的技术变革,极大地促进或影响工业变革,带来工业革命。从第二次工业革命开始,工业革命与科技革命紧密联系在一起。在这4次科技革命和产业变革中,在技术范式、创新主体、科学与技术的关系以及支持制度等方面都呈现出不同的特点(表1)。

表1 历次科技革命的特点

名称	时间	主要突破性技术	创新者	科学与技术的关系	支持制度
第一次科技革命 (工业革命)	1760—1840年	蒸汽机	发明家	原始性的发明、持续的 技术改进 技术在前,科学在后	技术扩散 企业家和工厂制度
第二次科技革命	1870—1940年	电力,化学	科学家,发明家, 工程师	科学在前,技术在后 科学与技术的相互作用	大学、工业研究实验室,大 公司和金融支持
第三次科技革命	1940—2000年	信息技术 原子能、航天空间、 生物技术	科学家、大学、创 新公司	多个带头技术 科学的技术化和技术 的科学化 科学与技术存在复杂 的相互作用	政府的支持,大学、工业实 验室、大公司、创新小公司、 风险投资,采购政策等
第四次科技革命	2000年—至今	人工智能,大数据、 物联网、无人驾驶、 3D打印、基因工程、 新材料	科学家、大学、创 业者、创新公司、 用户、政府	物理、数字和生物领域 的交叉融合,互相促进	社会经济制度的适应性 国家战略框架 平台和网络 产学研用合作 科技金融

## 2.2 科技革命和产业变革的创新系统——信息技术革命的经验

科技革命是一个包含从科学、技术到产业的系统性变革,其发生和发展有着内在的机制,需要一个相适应的创新系统。下面以第三次科技革命的代表——在美国发生和发展的信息技术革命为例,分析促进科技革命产生和发展的机制和系统性因素。

信息技术是指计算机、半导体技术和通信技术的总和。这些技术从20世纪40年代起各自独立发展,到20世纪60年代起越来越紧密地联系在一起,形成一个复杂的系统,带来一场技术革命。在不同发展阶段,这些不同技术领域的突破和进展在不同程度上都是由政府、大学与企业的相互作用带来的。

通过对计算机、半导体、激光、互联网等领域的特点分析<sup>[4]</sup>,可以发现信息技术革命产生和发展具有如下特点:1) 有多个突破性技术(电子计算机、晶体管、激光、互联网等),各自产生和发展的动力和技术特点不一样,例如,计算机的产生是为了满足战争的需要,晶体管的发明则由产业技术发展需求促动的。每一类技术本身又在实践中改进和完善,计算机的发展随着材料的发展经历了更新换代,而半导体技术则随着制造技术的发展从晶体管走向集成电路、大规模集成电路

……;2) 每一个突破性技术的产生和发展的体制和机制特点不一样,计算机的发展早期由政府资助的大学承担,到了发展成熟阶段,企业开始发展重要的作用。而半导体技术,则一直是私营企业占主导地位;3) 这些技术发展之间存在着相互作用,常常是出乎意料的,例如,互联网不是政府计划设想好产生的,而是政府支持的不同技术的协同发展。而激光技术与光纤材料意想不到的结合,带来了光纤通讯;4) 科学技术革命和产业变革是一个不断深化的过程,其经济和社会效益也是一个不断深化和扩展的过程。

信息技术革命的例子表明,第二次世界大战以后美国在信息技术巨大发展的主要原因是联邦资助大学研究、联邦和私人资助工业研究以及在大学和工业之间流动的人所建立和组成的公司及其富有成效的相互作用:1) 联邦政府资助计划资助关于计算基本方面长期的研究,其实际效果要有很多年才能实现;2) 政府资助的学术研究和产业研发的相互作用是IT商业化一个重要的因素;3) 联邦政府对研究的支持往往是对产业投资的补充,而不是代替和抢占;4) 强有力的项目管理者和管理结构,提高了计算机研究的有效性<sup>[5]</sup>。换句话说,信息技术革命的产生与发展是由一个由政府和各不同创新主体构成的创新系统及一系列相关支撑制度所带来的。

### 2.3 从科技革命和产业变革看世界科技强国建设

科技革命引领世界科技发展的方向和步伐,科技革命及其促动的产业变革带动着国家的经济和社会发展,是时代发展的一个主要动力。从科技革命和产业变革看,如果一个国家要成为世界科技强国,在科技发展的前沿和关键领域具有创新能力,并且与产业技术形成紧密联系和支持,对经济和社会发展带来持续的收益,需具有以下几个方面:

1)政府与市场相配合的机制。政府在基础研究、共性技术等市场失灵和系统失灵的领域发挥作用,并给予长期而持续的支持;而技术的产业化和商业化则需要市场机制。

2)科技革命和产业变革是在一个创新生态系统中展开的,要保持各行为主体(政府、企业、研究机构 and 大学)的定位、激励和相互作用,形成创新的合力。

3)体制机制和创新系统的建设,不仅要重视原始性创新和颠覆性技术的产生,而且要重视新技术的产业化和商业化的整个改进和发展过程。

4)企业创新主体的作用。新技术革命和产业变革形成的产业技术是沿着技术轨道在不断的应用中改进而发展的,同时又是一个系统,各组成部分之间存在紧密和复杂的相互作用。企业是新技术产生的主体,是技术应用和产业化的主体,企业的创新能力在新科技革命和产业变革中发挥着关键的作用。培育更多创新性企业,建设一个激励企业创新的政策与制度环境十分重要。

5)科技革命和产业变革是多种学科和多种技术相互作用而促动的,要保持多种学科和技术之间的相互促进。

## 3 新科技革命和产业变革对中国建设世界科技强国带来的机遇和挑战

### 3.1 当代新科技革命的特点

当代新一轮科技革命以物联网、大数据分析、人工智能、神经技术、纳米材料、先进储能技术、合成生物学和区块链等新兴技术为代表,可以分为数字计算、生物技术、先进能源技术、能源与环境技术4大领域,其特点是:新科技革命以数字技术为中心和基础;在一些重要的领域已经开始应用,具有广泛的应用前景;通过对新技术原理的研究、样机制造和示范发展,公共研究部门

在关键技术和新兴技术的发展中起着关键作用;社团和市民在发展和利用一些关键技术领域(如区块链、合成生物学等)起着日益重要的作用;新技术发展充满风险和不确定性,带来了重要的伦理问题,需要包容性和预防性治理,提倡开展“负责性的研究和创新”;围绕关键技术和新兴技术的研究和创新日益分布整个世界,国际合作及其规范和协议日益重要;随着各主要国家在相似的技术领域投入大量研究与创新的资助,技术发展进入日益强烈的竞争中,竞争不仅基于技术创新能力,而且依靠商业模式、平台和标准的竞争,特别是在公司层面<sup>[6]</sup>。

### 3.2 新科技革命和产业变革的机遇

新科技革命和产业变革为中国的发展提供了难得的机遇:第一,中国已融入世界新科技革命和产业变革的潮流中,紧随世界前沿,有些领域的发展与世界发展前沿同步;第二,中国科技实力经过改革开放40年代的发展已经得到大大提升,国家政策和支撑条件都有利于科技创新的大发展,中国有能力和潜力抓住新科技革命和产业变的机遇。

### 3.3 新科技革命和产业变革的挑战及应对

新科技革命和产业变革对于中国科技发展提出了巨大的挑战,对中国科技体制改革和创新系统建设提出了新的要求。

技术的不确定性,是技术的一个本质特点。技术的不确定性,不仅存在于技术发展的开端,即使当技术的可能性建立起来,其应用的方向和范围也是充满不确定的。技术的不确定性,不仅来源于技术的本身,而且于社会经济因素紧密相关<sup>[7]</sup>。当代新技术的发展正处于发展的早期,充满着不确定性。要促进新技术的发展和广泛应用,需要开放灵活的政策,需要保持技术来源多样性,保持研究和创新、创业的开放性,从不同的多样的途径探索新技术的发展和应用,避免过度集中在一个方向上。重塑公共部门在发展关键技术和新技术方面的重要作用;特别是加强企业的竞争能力,把技术能力与商业创新结合。

对于中国来说,加强企业的创新能力、促进更多的创新型企业成长尤为重要,一是新技术最终能否获得应用,取得广泛的社会效益,要由企业完成,二是具有激烈的国际竞争中,主要依靠商业模式竞争为主的竞争或者缺乏长久的竞争力,而缺乏核心技术的公司发展会受到遏制,就像当前“中兴事件”所充分显示的。

新科技革命和产业变革远远超过了科学技术自身的范围,进入社会和日常生活领域。应对新技术革命和产业变革的挑战,不仅需要在科技和创新方面应对,也需要在伦理、法律和社会层面应对,特别是在中国科技创新从“跟跑”“并跑”转向“领跑”阶段,在伦理、法律和社会层面规制和监管新技术的发展尤为重要。正如在细胞重编程与干细胞研究方面做出多项领跑世界水平成果的中国科学院院士周琪在谈到基因编辑时指出的:“在取得巨大进展的同时,我们必须清醒地认识到,中国基因编辑技术的研究和应用仍然处于一个相对无序的状态,在系统科学布局以及相关的伦理学、监督管理和法律法规方面相对薄弱,亟待加强。基因编辑技术使得快速改造人类、动植物和微生物基因成为可能,其中一些特定的遗传改变可能会给人口和生态环境安全带来危机。同时,基因编辑作为一项关键技术,下游应用涉及众多领域,我国在监管上还存在很大空白。”<sup>[8]</sup>

新科技革命和产业变革带来的挑战是整体性的,需要系统地应对。

## 4 新科技革命和产业变革下中国科技强国建设的发展思路 and 系统构建

新时代中国特色社会主义现代化的建设目标和世界新科技革命和产业变革发展趋势,要求从整体上构建新型国家创新体系。新型国家创新系统的基本特点是以促进原始性创新和引领性突破性技术的产生为导向,以多样化的创新主体的互动和联结为支撑,带动产业、经济和社会的可持续发展,并与国家贸易、安全等方面密切互动并提供支持。建设新型国家创新体系,要在宏观上明晰发展思路,采取有效的措施。

### 4.1 发展思路

构建新型国家创新体系主要包括以下几方面内容:1)以政府、市场和社会三者正确的定位和相互的关系为基础。政府在国家战略、市场失灵和系统失灵等领域发挥作用,继续在保证科学自主性和支持基础研究方面起着必要的作用;完善市场机制在促进技术发展的公平竞争和商业化方面的作用;鼓励社会团体和市民参与新技术的发明和治理;2)加强产业技术创新体系和区域创新体系的建设,促进产业源头技术的产生,提高产业核心技术能力,促进区域创新协同发展;3)培育以企业为创新主体的、多样性的生态创系统;4)

重塑公共研究机构,加强国家目标导向的基础研究和高新技术的源头供给,加强和共性技术的供给;5)加强大学科研与教育的结合,加强自由探索导向的基础研究,培育多样化人后备人才;6)重视科技创新的法律、文化和社会环境。

### 4.2 当前应采取的主要措施

1)开展战略研究,制定新时代国家创新和发展规划。2005年制定的《国家中长期科学和技术发展规划(2006-2020)》,对十几年来中国科学技术和创新发展起到了重要的指导和促进作用。面对新时代国家发展目标、世界新科技革命发展的机遇和挑战以及中国科技创新实力的提高等新的发展形势和条件,需要开展战略研究,制定新时代中国科学技术和创新发展的中长期规划,为支撑科技强国的新型国家创新体系建设提供宏观指导。

2)建设和完善国家科技决策咨询制度。2017年2月6日,中央全面深化改革领导小组第32次会议审议通过了《国家科技决策咨询制度建设方案》,提出建设国家科技决策咨询委员会。中共科学技术部党组(2018)1号文件提出“落实国家重大科技决策咨询制度,组建国家科技咨询委员会”<sup>[9]</sup>,国家科技决策咨询制度建设正在有序地开展。下一步工作需要建立国家科技决策咨询委员会的章程,明确规定委员会的职能、人员构成、工作范围和运行机制,明确委员会与决策层、科技管理部门以及国家其他科技咨询机构之间的关系。

3)建立长期持续的技术预见和科学前沿跟踪。在国家层面建立技术预见系统,广泛吸取产学研各方面专家参加,使之成为制度化、可持续的活动;加强科学前沿的跟踪和调研,使各个科学情报研究和监测机构形成一个整体的网络,全面、及时反映世界科学技术的进展,为国家决策提供有力的支持。

4)加强学科交叉融合研究。加强跨部门、跨领域和跨学科之间的合作,在国家重点研究计划中设立交叉学科主题的研究计划,加强和完善国家自然科学基金对学科交叉融合的支持,鼓励科学研究部门和产业部门联合发起跨部门的研究计划。

5)改进政府与企业之间的关系。重新思考政府支持企业技术创新的定位,应集中在市场失效和公共技术领域,从支持重点企业转向采取支持共性技术,改善企业的创新环境,增强企业的动力和能力。

6) 推进公共研究机构的改革。重塑国立研究机构的战略定位,加强战略性技术和公共技术的支持。进一步扩大研究机构的自主权。新建的国家实验室应该明确定位,建立适当的运行机制。

7) 发挥区域和城市在科技发展中的作用。鼓励区域和地方建设各有特点的区域创新体系,探索城市在科技发展中的功能。

8) 加强新兴技术的伦理指导和伦理治理。近年来,中国在新兴技术的伦理指导方面已取得很大的进步,需要在实践中落实和改进,并建立适合的治理和监管机制。

### 参考文献(References)

- [1] 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话[EB/OL]. (2018-05-28) [2018-06-10]. [http://www.xinhuanet.com/politics/2018-05/28/c\\_11229013-08.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2018-05/28/c_11229013-08.htm).
- [2] National Science Board. Science and engineering indicators[M]. Alexandria: National Science Foundation. 2018: 5-124.
- [3] 克劳斯·施瓦布. 第四次工业革命:转型的力量[M]. 李箐, 译. 北京: 中信出版社, 2016.
- [4] Steil B, Victor D, Nelson R R. Technological innovation and economic performance[M]. Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2002.
- [5] CSTB, NRC. Innovation in information technology[M]. Washington: National Academy Press, 2003.
- [6] OECD. Science, technology and innovation outlook[R]. Paris: OECD. 2016.
- [7] Rosenberg N. Uncertainty and technological change: Studies on science and the innovation process[M]. World Scientific, 2009: 153-172.
- [8] 周琪. 基因编辑在中国[N]. 光明日报, 2018-08-12(第10版).
- [9] 中共科学技术部党组关于坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导推进科技创新重大任务落实深化机构改革加快建设创新型国家的意见[EB/OL]. (2018-05-16) [2018-06-10]. <http://www.most.gov.cn>.

## The road to build China into a strong scientific and technological country under the trend of new scientific and technological revolution and industrial transformation

FAN Chunliang

Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China

**Abstract** To build a strong scientific and technological country in the world, China needs to seize the opportunities brought by the new science and technology revolution and industrial transformation and meet its challenges. Based on the examination of concept of science and technology power, science and technology revolution, this paper summarizes some experience of the science and technology revolution, and analyzes the opportunities and challenges brought by new science and technology revolution and industrial transformation for China to construct science and technology power. It is pointed out that to build the world science and technology power, China needs to build the new national innovation system under the trend of new technology revolution and industrial transformation, and put forward new thinking and main measures for constructing the new national innovation system.

**Keywords** new scientific revolution; industrial transformation; science and technology country; new national innovation system



(责任编辑 陈广仁)