

中国特色社会主义政治经济学

科学进步与现代化产业体系发展的 理论逻辑、历史演进与制度保障*

赵伟洪 张旭**

【摘要】本文从马克思主义政治经济学经典理论出发,结合科学史、产业史,分析科学进步与现代化产业体系发展的理论逻辑、历史演进以及科学进步引领现代化产业体系发展的制度保障,有助于完善对创新驱动发展战略的科学认识,夯实发展新质生产力的理论基础。科学的产生源于人的需要和为需要的生产。科学与生产、生产力建立起牢固的关系,呈现出科学—技术日益交叉融合、科学的建制化与科学研究的规模扩张、作为国家战略的科学科学计划、与国际政治经济格局交织的科学国际交流与竞争等重要特征。科学与产业的融合为主要国家建成现代化强国创造了历史机遇。对两次科学革命、三次技术革命与三次产业革命的历史关系与重要科技经济强国历史道路的梳理,有利于促进对第四次技术革命下的全球科技竞争态势与中国科技即将迈入高水平科技自立自强新阶段的理论认识。发展新质生产力要求进一步解放科学生产力。要以国家战略需求为导向,整体推进市场经济制度、完善科学教育人才体制机制、加快实数融合的机制建设,坚持高水平对外开放,健全国家创新体系,完善以科学进步促进现代化产业体系建设的制度保障。

【关键词】科学进步;现代化产业体系发展;理论逻辑;历史演进;制度保障

* 作者感谢中国社会科学院国情调研重大项目“国有企业高质量发展的实践路径”(GQZD2023001)的资助。

** 赵伟洪,中国社会科学院经济研究所副研究员;张旭(通信作者),中国社会科学院经济研究所教授,E-mail:jjs-zhangxu@cass.org.cn。

引文格式:赵伟洪,张旭. 2024. 科学进步与现代化产业体系发展的理论逻辑、历史演进与制度保障[J]. 政治经济学季刊,3(4):42-64.

Cite this article: ZHAO W H, ZHANG X. 2024. The theoretical logic, history evolution, and institutional guarantees of scientific progress and the development of modern industrial systems [J]. *Political Economy Quarterly*, 3(4): 42-64. (in Chinese)

一、引言

18世纪后期以蒸汽机和机器生产为特征的工业革命,是人类社会由农业社会步入现代社会的重大历史变革,实现了社会生产力的飞跃发展。科学与技术对社会生产力和经济发展起到革命性作用。第二次世界大战以后,发展经济学家在总结早期工业现代化国家的发展经验时,十分注重考察技术要素对经济增长特别是产业发展的促进作用。如索洛提出全要素生产率(Solow, 1957),罗斯托以技术进步和产业变革划分国家经济成长阶段(罗斯托,[1990]2001)。技术要素在经济学家们的生产函数中完成了由外生变量到内生变量的转变,而科学这一重要生产要素却难以进入经济函数^①。除了技术性问题外,对科学、技术、科技这几个范畴的区分及其关联的认识也并不统一^②。马克思将科学视为脑力劳动的产物,社会发展的一般精神产品(马克思和恩格斯,2019),技术则是科学在工艺上的应用。中国共产党在新中国成立之初就把科学现代化纳入国家现代化战略目标。三大改造完成后,我国就制定了《1956—1967年科学技术发展远景规划》,力求在重要的和急需的科学技术领域接近或赶上世界先进水平。党的十八大提出实施创新驱动发展战略,党的二十大提出高质量发展,建设现代化产业体系。党的二十届三中全会提出因地制宜发展新质生产力体制机制,完善以科技创新引领现代化产业体系建设的制度保障。针对现有研究重技术、轻科学的特点,本文着重对科学进步与现代化产业体系的理论逻辑、历史演进,以及我国完善科学进步促进现代产业体系所需的制度保障等问题展开论述。

二、科学进步与生产力发展的逻辑关系

马克思非常重视科学、生产与社会生产关系运动的研究,恩格斯认为没有一个人能像马克思那样,“把科学首先看成是历史的有力的杠杆,看成是最高意义上的革命力量”(马克思和恩格斯,1963)。首先,科学的产生源于人的需要和为满足需要的生产。恩格斯通过对19世纪各门自然科学的历史总结,指出,“科学的产生和发展一开始就是由生产决定的。……如果说,在中世纪的黑夜之后,科学以意想不到的力量一下子重新兴起,并且以神奇的速度发展起来,那

^① 《新帕尔格雷夫经济学大辞典》中有“技术”词条,却没有“科学”的词条,是这方面典型的例子。

^② 人们从科学、技术二词的词源,科学与技术关系中的主从,研究对象性质、目的、方式和范围等不同方面对科学和技术做出定义和比较。关于科学和技术争议的两种代表性观点是科学建构于技术和技术源于科学(董坤等,2018)。

么,我们要再次把这个奇迹归功于生产”(马克思和恩格斯,2009d)。“社会一旦有技术上的需要,这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”(马克思和恩格斯,2009e)。马克思在分析机器大工业时代科学的作用时指出,“机器劳动这一革命因素是直接由于需要超过了用以前的生产手段来满足这种需要的可能性而引起的”(马克思和恩格斯,2009c)。“自然界没有造出任何机器,没有造出机车、铁路、电报、自动走锭精纺机等等。它们是人的产业劳动的产物,……它们是人的手创造出来的人脑的器官;是对象化的知识力量”(马克思和恩格斯,2009c)。“资本只有通过使用机器(部分也通过化学过程)才能占有这种科学力量。”(马克思和恩格斯,1998)。在《资本论》第一卷中,马克思指出,“劳动生产力是由多种情况决定的,其中包括:工人的平均熟练程度,科学的发展水平和它在工艺上应用的程度,生产过程的社会结合,生产资料的规模和效能,以及自然条件”(马克思和恩格斯,2009a)。“应用机器,不仅仅是使与单独个人的劳动不同的社会劳动的生产力发挥作用,而且把单纯的自然力——如水、风、蒸汽、电等——变成社会劳动的力量”(马克思和恩格斯,2009c)。“各种不费分文的自然力,……它们发挥效能的程度,取决于不花费资本家分文的各种方法和科学进步”(马克思和恩格斯,2009b)。

其次,机器大工业的发展使科学转化成直接生产力。机器成为生产资料,是生产方式变革的起点,也是18世纪的产业革命的起点。“知识和技能的积累,社会智力的一般生产力的积累,就同劳动相对立而被吸收在资本当中,从而表现为资本的属性,更明确些说,表现为固定资本的属性。因此,固定资本的发展表明,一般社会知识,已经在多么大的程度上变成了直接的生产力,从而社会生活过程的条件本身在多么大的程度上受到一般智力的控制并按照这种智力得到改造”(马克思和恩格斯,1998)。当机器生产发展到以机器制造机器,以机器为主导的机器大工业就替代了以劳动者为主导的工场手工业。“大工业的原则是,首先不管人的手怎样,把每一个生产过程本身分解成各个构成要素,从而创立了工艺学这门完全现代的科学。社会生产过程的五光十色的、似无联系的和已经固定化的形态,分解成为自然科学的自觉按计划的和为取得预期有用效果而系统分类的应用”(马克思和恩格斯,2009a)。“大工业把巨大的自然力和自然科学并入生产过程,必然大大提高劳动生产率”(马克思和恩格斯,2009a)。“随着大工业的发展,现实财富的创造较少地取决于劳动时间和已耗费的劳动量,较多地取决于在劳动时间内所运用的作用物的力量,而这种作用物自身——它们的巨大效率——又和生产它们所花费的直接劳动时间不成比例,而是取决于科学的一般水平和技术进步,或者说取决于这种科学在生产上的应用”(马克思和恩格斯,2009c)。

再次,科学进步转化为直接生产力与生产关系的历史变革相适应。马克思指出,“固定资本在生产过程内部作为机器来同劳动相对立的时候,而整个生产过程不是从属于工人的直接技巧,而是表现为科学在工艺上的应用的时候,只有到这个时候,资本才获得了充分的发展,或者说,资本才造成了与自己相适合的生产方式。可见,资本的趋势是赋予生产以科学的性质,而直接劳动则被贬低为只是生产过程的一个要素。同价值转化为资本时的情形一样,在资本的进一步发展中,我们看到:一方面,资本是以生产力的一定的现有的历史发展为前提的——在这些生产力中也包括科学——,另一方面,资本又推动和促进生产力向前发展”(马克思和恩格斯,2009c)。马克思进而强调,“只有资本主义生产方式才第一次使自然科学为直接的生产过程服务,同时,生产的发展反过来又为从理论上征服自然提供了手段。科学获得的使命是:成为生产财富的手段,成为致富的手段”(马克思和恩格斯,2019)。自然科学因此获得了发展自身的条件。“这种资本主义生产第一次在相当大的程度上为自然科学的发展提供了进行研究、观察、实验的物质手段。由于自然科学被资本用做致富手段,从而科学本身也成为那些发展科学的人的致富手段,所以,搞科学的人为了探索科学的实际应用而互相竞争。发明成了一种特殊的职业。因此,随着资本主义生产的扩展,科学因素第一次被有意识地 and 逐级提升地加以发展、应用并确立起来,其规模是以往的时代根本想象不到的”(马克思和恩格斯,2009c)。

马克思曾高度评价资本主义利用科学创造的生产力,肯定了英国工业革命是18世纪的科学成就在资本主义生产方式下取得的发展。^①但是,这不代表资本主义是最适合发展和利用科学的生产关系,在这一方面马克思指出了资本主义生产方式的过渡性特征。“正像黄金不再是货币时,它不会丧失黄金的使用价值一样,机器体系不再是资本时,它也不会失去自己的使用价值。决不能从机器体系是固定资本的使用价值的最适合的形式这一点得出结论说:从属于资本的社会关系,对于机器体系的应用来说,是最适合的和最好的社会生产关系”(马克思和恩格斯,2009c)。“因为资本主义只代表社会里经济演进中的一个暂时阶段,而科学却是人类的永久财富。如果说资本主义先使科学成为可能,那么后来就会轮到科学使资本主义成为不必要”(贝尔纳,[2011]2015a)。

三、产业革命以来科学发展的重要特征

既然自然科学被资本用作致富手段,发明成了一种特殊的职业,通过服务

^① 马克思指出,“18世纪,数学、力学、化学领域的进步和发现,无论在英国、法国、瑞典、德国,几乎都达到了相同的程度。发明也是如此,例如在法国就是这样。然而,在当时它们的资本主义应用却只发生在英国,因为只有在那里,经济关系才发展到使资本有可能利用科学进步的程度”(马克思和恩格斯,2009c)。

于生产,科学得以创造自身发展的外部条件,科学渗透到经济基础和社会上层建筑多个领域。人类社会发展至今,已经历了两次科学革命、三次技术革命以及产业革命。当“科学一旦被树立为巩固经济和政治力量的一种手段,科学的进步也就成为政治和社会生活的一个因素”(贝尔纳,[2011]2015c)。科学发展出如下几项重要特征。

(一) 科学与技术日益交叉融合

科学因素介入生产过程,使得原来的人与自然之间的物质交换关系发生了根本的变化。早先的“人——生产”的直接的作用过程,在工场手工业时期转化为“人——技术——生产”的过程,在机器大工业时期,特别是机器体系形成后,则进一步发展成为“人——科学——技术——生产”的过程(张旭,2003)。科学从与技术的混合中独立出来,科学与技术的相互作用日益加强。18世纪的第一次产业革命,科学开始与生产牢固结合,但科学尚未构成技术发展直接的基础,反而力学通过对机器的研究取得进展。19世纪的第二次产业革命,直接以科学发现为基础的化学工业、电气工业形成,科学成为实现技术发展的主要执行者。20世纪,物理学和生物学的突破引领了第三次产业革命,原子能、电子计算机、空间技术、卫星技术、生物技术等产业发展起来,科学已完全和生产机构合为一体。科学融入一切生产方式以及组织,彼此相互交织的程度也越来越高。以科学为根据的各种工业活动的庞大规模和科学进步与技术进步互动的迅速发展,成为20世纪科学发展的标记性特征(贝尔纳,[2011]2015b)。

科学与技术建立起积极的双向反馈机制,促进两者不断进步(Mokyr, 2002)。20世纪中叶以来科学与技术互动呈现出周期缩短、频率加快、科学研究与技术应用的交叉性、扩展性和继承性等显著特征。半导体技术的发展生动展示了这些特征。一方面,第一次量子革命诞生了激光器和晶体管等器件,20世纪四五十年代,从第一只晶体三极管发明到第一个集成电路的发明只用了10年;1965年,摩尔定律预测了20世纪下半叶集成电路产业的高速发展^①。20世纪60年代,通信网络理论形成,80年代英国科学家发明了万维网,90年代互联网进入快速商业化时期。20世纪下半叶,主要发达国家信息技术产业的增长率及信息技术对经济增长的贡献率遥遥领先于石油、化工等产业(江泽民,2008)。21世纪以来,日益增长的数据生产、传输、存储和计算需求对信息技术提出新挑战,摩尔定律即将失效,急需发展突破CMOS器件性能瓶颈的新材料、新结构、新理论、新器件和新电路,且面临众多“没有已知解决方案”的基本物理问题的

^① 摩尔指出,集成电路上的晶体管数量每隔18~24个月翻一番,即处理器性能提升一倍,价格下降一半。这一定律被此后50年集成电路发展历史所证明。

挑战(骆军委和李树深,2023)。另一方面,第二次量子革命产生的量子计算和量子通信快速发展,量子计算机已超越经典计算机,正向可编程通用量子计算机阶段发展(李国杰,2010)。人工智能技术是计算机科学、数学、心理学、神经科学等多学科交叉融合的成果,引领21世纪人类由信息社会迈向智能社会(谭铁牛,2019;高文和黄铁军,2020)。深度学习算法与大语言模型(LLM)技术推动人工智能在近年来取得快速发展,呈现出技术的规模定律(Scaling Law),量子计算与LLM的结合正在开辟量子优势的新领域。自然科学研究方法由传统依赖实验数据的研究向利用大数据和计算机仿真模拟研究转变,利用AI的科学研究(AI for Research)是科技发展前沿方向。

(二) 科学的建制化与科学研究规模的日益庞大

科学革命以前,科学在社会经济生活中仅处于附属地位。16世纪的航海和商业贸易扩张,首次向科学提出稳定增长的需要。17世纪下半叶,英、法、意等国政府开始资助科学及技术应用,使经济、技术、科学相关从业者社会地位得以提升。伦敦皇家学会和法国皇家科学院的成立,标志着作为建制的科学产生了(贝尔纳,[2011]2015a)。18世纪工业革命以来,科学与产业的关联日益牢固,推动了科学的独立和组织化,发明成为一种专门的职业,以集体组织形式的科学研究活动成为一种新兴制度。几个世纪以来,科学研究的组织规模和形式从19世纪末期的私人科学时期,发展到20世纪二三十年代的工业科学时期,再到二战时期的国办科学时期,研究和费用增长到若干亿英镑,科学人员和设备的规模也大大扩展,国家权力动员和组织科学与工业、军事等密切合作(贝尔纳,[2011]2015b)。20世纪下半叶以来,以“人类基因组计划”为代表,科学组织发展到国际合作阶段。人类基因组计划耗时15年,预算经费30亿美元,包括美、英、法、德、日、中六国逾千名科学家参与,得到多国政府和研究机构的支持(于军,2013)。

科学的建制化是国家推动科学发展和应用以把握科学革命、产业革命历史机遇的主动行为,并通过科学交流和产业竞争的反馈向国际扩散,从而进一步强化了科学的建制化的发展趋势。法国在路易十四时期就开始了科学体制建制化进程,建立了中央集权的科学技术体制。18世纪后期拉瓦锡奠定了法国在化学领域的科学地位。大革命时期,法国成立法兰西科学院、国家技术学院等近代科学机构,推广标准化科学训练和研究,军事工业、交通运输业取得快速发展。19世纪初德国实施教育强国战略,推动了含经济、教育、科学在内的多领域制度改革。德国成立世界第一所现代化大学柏林大学,德国大学建立的实验室为化学和染料工业奠定了科学基础,德国化工企业最早在企业内部建立起工业实验室(刘立,1996)。1887年成立的帝国物理研究所,使纯科学研究从大学的

教育任务中脱离出来而专门化,也标志着国家对科学研究的直接介入和支持。19世纪中期,美国摆脱殖民地科学阶段,开启了现代科学的建制化过程。早期对基础科学研究的资助主要来源于炼油、钢铁、汽车等工业基金会和工业实验室。后来科学家纳什成功动员美国民用科学和军事的密切联合,在二战期间建立了大学—工业—军事的三方合作体系(罗滕伯格,[2000]2023)。战后美国成立国家科学基金会、国家高级研究计划署、国家卫生研究院和国家航空航天局,政府支持基础科学的科学体制正式形成。

(三) 作为国家战略的科学科学计划

自科学革命以来,科学与政府的联系便日益巩固。“各门科学在18世纪已经具有自己的科学形式,因此它们终于一方面和哲学,另一方面和实践结合起来了。科学以哲学为出发点的结果就是唯物主义(牛顿的学说和洛克的学说同样是唯物主义的前提)、启蒙运动和法国的政治革命。科学以实践为出发点的结果就是英国的社会革命”(马克思和恩格斯,2002)。17—18世纪,英国政府开始通过建立国立科学机构、实施专利法、推动科学教育促进科学研究。19世纪后期,资本主义向垄断资本主义阶段发展,垄断、帝国主义和战争向科学提出更加迫切的需要,政府开始直接参与军事相关科学研究和应用,国家级物理科学实验室建立,国家用于军事研究费用大大盖过纯粹科学研究和工业研究费用,科学研究的资金管理、组织管理、项目管理日益由政府主导(贝尔纳,[2011]2015b)。19—20世纪在科学革命、社会革命、产业革命集中发生的特殊背景下,科学的地位日益提高,成为国家战略的基础和重要部分^①。作为国家战略的科学发展的代表,国家科学计划和项目取得重要进展。计划科学的思想最初由列宁构想,经苏联科学规划工作会议明确于1931年执行,苏联科学院是实施科学计划的最重要科学部门。在计划科学思想指导下,苏联成功实践了早期的科技举国体制(雷丽芳等,2020)。二战以来,国办科学和计划科学向资本主义世界传播,以美国“曼哈顿计划”“阿波罗计划”以及“人类基因组计划”为代表。“曼哈顿计划”的成功使美国成为世界第一核大国,国家实验室体系成为美国国家创新体系重要部分;“阿波罗计划”塑造了美国在航空航天、材料科学等领域的领导力;“人类基因组计划”强化了美国在生物技术产业的领导力;美国互联网和计算机产业在科学理论、技术攻关、人才培养、产业发展等方面都依赖于美国国家高级研究计划署和国家科学基金会的支持(Block,2008)。欧盟、日本、中国等政府也相继提出国家科学计划。欧盟自1984年以来实施了8个研发框架

^① 一方面,国家经济、政治、军事、社会各个领域的发展战略都需要科学知识以备决策,并发展出来专门的制度。另一方面,科学研究上升成为特定的国家战略。

计划,正在推进“地平线欧洲”计划(2021—2027年)。日本1995年颁布《科学技术基本法》,实施的科学技术基本计划进入第6期。中国于2006年发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》,2016年在“863计划”基础上实施“973计划”。在引领科学革命和产业革命的战略性和技术领域,国家战略层面的科学计划大大强化了科学和产业竞争。以量子科学为例,美国、欧盟相继发布量子法案、行动计划或科技项目,计划持续五年到十年,在这些项目里政府投资金额最少18亿欧元,最高达数十亿美元。以美国为代表,2018年12月启动“国家量子倡议法案”,2019—2022财年投入30亿美元,2023年底发布的补充报告宣布将延续资助至2028年(National Quantum Initiative,2023);2022年8月,时任美国总统拜登签署《2022年芯片和科学法案》,拨款近8亿美元支持量子信息相关项目(潘建伟,2024);2023年11月,《国家量子倡议再授权法案》(United States Congress,2023)出台,意在推动与美国盟友开展量子研究工作合作,正式授权美国宇航局的量子研发活动,并在该机构建立量子科技研究所;2024年2月,美国国家科学技术委员会发布新版关键和新兴技术(CETS)清单(The White House,2024),包括先进计算、先进制造、人工智能、量子信息技术、半导体与微电子等18类技术领域;2024年5月6日,美国国务院公布美国国际网络空间和数字战略。

(四) 科学的国际交流与竞争在与世界政治经济格局交织中演化

20世纪诺贝尔自然科学奖的历史数据表明,20世纪以来科学进步呈现出由强国主导、少数科学机构主导的特征,世界科技中心迁移与世界经济中心迁移高度重合。1901—1999年457位获诺贝尔自然科学奖的科学家,其中美、英、德、法四国获奖人次占总获奖人次的76%,获奖人次分别为193人次、65人次、61人次、27人次。在获奖的185个科研机构中,7个机构获奖人次占总人次22%,23个机构获奖占总人次46%,37个单位获奖占总人次69%(路甬祥,2000)。21世纪,日本成为第五大获奖国家,美国获奖总数超过其他四国获奖总数^①。随着无机科学到有机科学的突破,人类对科学的需求也扩大到生态环境、海洋、气候、生命科学等重大领域,科学研究超出国界;多个国际科学组织建立,计算机和互联网技术运用和超级计算的发展,以及跨国科学合作项目的实行,促进了科学全球网络的构建。特别是经济全球化快速发展时期,依托跨国资本对产业链、价值链进行全球布局,合作研发的模式迅速发展,为传统科学大国外国家的科学进步创造了一定条件,全球科学网络的节点扩大并建立起日益复

^① 资料来源于诺贝尔奖官方网站,地址:<https://www.nobelpress.org/>。

杂的联系(Gui et al., 2019)。在科学革命、社会革命、产业革命集中发生的特殊背景下,科学政策成为国家地缘政治战略的重要内容。科学联盟与技术禁运由军事领域向经济领域扩大^①,主要科学强国继续巩固基础科学与应用科学研究的领导地位,以国家科技战略和国家创新体系吸收世界科学人才和成果,推动尖端科学成果产业化;同时,利用世界分工体系控制产业链、价值链和创新链,限制发展中国家的科学和产业的追赶;政府控制着尖端科学技术投资、合作交流、高技术产品贸易,通过再工业化战略、工业4.0战略、贸易战等多种方式,试图巩固科学和产业双重优势。21世纪,随着新一轮科技革命和产业革命即将迎来高潮,尖端科学技术发展的政治化倾向日益明显。2024年5月6日,美国国务院公布美国国际网络空间和数字战略当日,布林肯发表了“科技与美国外交政策的转型”的演讲(Blinken, 2024),提出当今的技术革新是与地缘政治对手竞争的核心,并以数字团结理念表明其技术外交的五条路线。

四、科学进步与现代化产业体系演进的历史

科学与生产力发展的逻辑关系为科学进步转化为产业竞争力提供了理论基础,科学服务于生产已成为现代科学发展与现代化产业体系发展所共有的特征。

(一) 两次科学革命、三次技术革命与三次产业革命的历史关系

马克思在《资本论》中指出机器大工业推动了现代化产业体系的发展。“一个工业部门生产方式的变革,必定引起其他部门生产方式的变革。……有了机器纺纱,就必须有机器织布,而这二者又使漂白业、印花业和染色业必须进行力学和化学革命。……棉纺业的革命又引起分离棉花纤维和棉籽的轧棉机的发明”(马克思和恩格斯,2009a)。工农业生产方式的变革引发交通运输业的革命,带动了19世纪的铁路、船舶、电报体系的发展。变革了的生产和运输对机器的大量需求进而导致使用机器生产机器,生产资料从机器发展为机器体系。“机器的使用扩大了社会内部的分工,增加了特殊生产部门和独立生产领域的数量”(马克思和恩格斯,2009c)。第一次产业革命以纺织业等轻工业发展为先导,带动了铁路、钢铁、采矿、机器制造等重工业的发展;资本密集型的重工业进一步引起银行等金融服务业的发展。资本在竞争中追逐利润需要不断提高生产技术水平,就要求把科学发展到最高程度,发明新材料、新工艺、新产品,推动

^① 例如20世纪50年代美国麦卡锡主义流行与“巴黎统筹委员会”的设立。2018年11月至2022年2月,美国司法部的“中国行动计划”(China Initiative)对大量中国留美科学家做出刑事指控、逮捕,造成在美中国科学家加速流失。

产业结构高级化。科学通过指导通用性技术发明和应用,引领产业革命和现代化产业体系发展。第一次产业革命依赖的纺织机、蒸汽机和真空技术,以第一次科学革命特别是力学的发展为基础。第二次产业革命依赖的内燃机和电力技术,以电磁学和化学革命为基础。第三次产业革命依赖的原子能、计算机技术、生物技术、新材料,以20世纪科学革命为基础。21世纪脑科学、生物化学、纳米科学等交叉科学和技术的发展直接推动人工智能、生物技术、新材料、新能源技术的发展。科学进步推动产业体系发展的次序是:以工具机的革命为代表的机械化,以动力革命为代表的电气化,以控制革命为代表的智能化、数字化。每一次革命都在既往科学革命与产业革命所累积的科学知识、技术工具与产业基础上,创造出新的产业;旧的产业通过吸收新科学新技术,依托新产业的发展焕发生机,成为现代化产业体系坚实的物质技术基础。表1展示了科学革命以来科学进步、通用技术与现代化产业演进的历史关系。

表1 科学革命以来科学进步、通用技术与现代化产业演进

	科学中心与科学突破	通用技术演进	主导产业演进
17— 18世纪	英国:牛顿力学 法国:拉瓦锡现代化学	珍妮纺织机 瓦特蒸汽机	棉纺织、制铁、开矿
19世纪	英国:达尔文《物种起源》, 电磁感应,麦克斯韦方程组 德国:欧姆定律,能量守恒 定律、李比希有机化学 法国:孟德尔遗传学	贝塞麦转炉炼钢法,托马斯炼钢法 燃料和炸药制造 爱迪生发电站,摩尔斯电报机 西门子直流发电机 内燃机	钢铁、铁路、机器制造、 船运、电工业、化学工 业、石油工业
20世纪 上叶	德国:量子力学,相对论 美国:电子学、计算机科学、 曼哈顿工程	福特流水线技术 原子能,火箭 合成橡胶、塑料 雷达通信技术	汽车工业、电力工业、 化学工业、航空工业、 军工、石油工业
20世纪 下叶	美国:阿波罗计划、DNA双 螺旋结构与基因工程、信息 科学 英国:克隆、干细胞研究 日本:碳纳米管、半导体 德国:超导体	半导体、微电子技术、航空航天技 术、纳米技术、计算机技术、移动通 信、互联网、高铁技术、可再生能源 技术	计算机、电子信息、半 导体、航空航天、高铁、 生物技术、金融、保险、 教育、医疗、新能源
21世纪 以来	美国:量子纠缠、基因编辑、 量子计算 美、日、欧、中:纳米材料 中国:量子通信 美、欧、中、日:新能源	石墨烯,纳米芯片,超导体 物联网、云计算、大数据 人工智能(深度学习与大语言模型) 机器人 电池技术	人工智能、量子信息、 新能源、生物医疗、智 能制造、机器人、新 材料

备注:本表为笔者根据世界科学史、创新经济学及近年来科技文献等资料自行整理。

(二) 科学与产业的融合为各国建设现代化强国创造历史机遇

在18、19、20世纪,英、德、美、日四国,牢牢抓住科学革命和产业革命历史机遇,采用不同方式促成科学、教育、人才与经济现代化的协同发展,塑造具有竞争优势的主导产业,形成现代化产业体系,提供了具有一定代表性的历史经验。

英国是第一个现代工业化国家,经历了科学革命—技术革命—产业革命的渐进式发展过程(阎康年,1992),科学革命改造了科学方法论,并通过启蒙运动引发技术革命和产业革命(艾伦,[2009]2012),18—19世纪,英国产业体系从农业到轻工业过渡到重工业和金融业,棉纺织业、钢铁、煤炭、机器制造曾保持一个多世纪的领先地位,金融服务业至今引领世界。海外殖民贸易积累的资本与市场需求,农业革命提供的劳动力市场,为资本利用科学发明推动产业革命提供了前提。英国资产阶级政权的确立及产权制度、专利法的实施,为经济增长构建了适宜的制度环境(诺斯和托马斯,[1976]2009)。二战后,科学在英国现代化中的关键地位不断得到巩固,政府进一步促进科学研究、大学教育与产业的联合发展,确立了信息技术、生物医药、教育和金融等高科技产业的主导地位。

德国、美国在19世纪中后期迅速完成工业化,成为制造业强国。与英国不同,德国和美国现代化产业的起步充分借助英国科学家、发明家和企业的科学和技术。英国的产业革命建立在棉纺织业基础上,而德国、美国的先导工业部门则是重工业部门——煤炭和炼铁(哈巴库克和波斯坦,[1978]2002)。德国以科学强国和教育强国战略建立起一流的科学基础和国民教育体系,为科学密集型工业发展提供了科学和技术两方面人才储备(贝拉尼克和拉尼斯,[1978]1988)。在德意志关税同盟、铁路建设和军事工业带动下,钢铁、化工、煤炭、冶金、机械设备制造成为德国的主导产业。一战爆发前,德国建立起完整的工业体系。二战后,德国传统制造业迅速恢复,同时金融、保险、信息技术和专业服务等高附加值产业逐步兴起,近年来以工业4.0战略带动智能制造和传统制造业转型。相较德国,19世纪美国大量从欧洲引进技术,很少有真正的创造活动,但美国以科学管理与生产组织的变革形成大规模生产模式,塑造了美国制造业的竞争优势。19世纪中期美国的科学建制化为其在电力领域的发明创造奠定了科学基础。德国、美国在国家支持下建立起科学教育与工业应用的良好互动,确立了电力产业的世界领导地位。20世纪初,物理学家普朗克、爱因斯坦等掀起物理学的量子革命,科学与美国电力、化工产业的结合,以曼哈顿工程开启了20世纪中叶科学和创新的美国时代。二战后,美国政府加大对基础研究的

投入,促进科学技术成果向产业转移,鼓励商业发明和创新,计算机、集成电路、生物医疗等高新技术产业和服务业取代传统制造业成为美国主导产业。

日本在二战后采用优先发展应用技术模式,以重工业的发展引领经济高速增长(汪同三和齐建国,1996)。20世纪60年代至80年代,日本政府加大科学研究投入并向基础研究领域倾斜,在物理、化学领域获得诺贝尔自然科学奖,建立以半导体主导的知识、技术密集型产业结构。日本政府特别是通产省在战后日本的科学、技术与经济发展中扮演了极其重要的角色。政府充分利用立法和财政激励措施鼓励半导体产业的研发和技术创新,还建立了促进公共和私人部门合作的产—官—学模式(弗里曼,[1987]2008)。1976年通过“VLSI研究联盟”组织集成电路攻关,帮助日本在20世纪80年代半导体市场份额超过美国。20世纪90年代以后,日本研发投入强度达到世界领先,在生物科技、环境科学、新材料研究等领域的投入不断增长。

马克思分析科学的积累时指出,“在各种对象化劳动中,科学是这样一种对象化劳动,在这里再生产,即‘占有’这种对象化劳动所需要的劳动时间,同原来生产上所需要的劳动时间相比是最小的”(马克思和恩格斯,2019)。纵观美英德日四国的现代化产业体系发展历程,除英国自发地以科学革命推动产业革命外,其他三国在现代化追赶之初均采用了技术引进和工业化战略驱动,在这一阶段,着力通过改进技术、促进规模化生产等方式实现现代化产业的物质技术基础,同时以国家科学教育建制化,投入巨大力量推动科学积累。到追赶中后期,科学基础和产业能力由跟跑到达并跑阶段,国家对科学投入规模和基础研究强度显著增加,注重以基础科学研究支撑高技术产业发展。德国在19世纪后期、美国在20世纪初、日本在20世纪80年代完成这一转型。据OECD研究,20世纪60年代,欧洲、美国和日本等10国研发支出水平在1亿~213亿美元;研发强度在0.6%~3.4%之间;每万人中研发人数在4~25个之间,美国研发人员总数最高,达47万余人(OECD,1968)。20世纪90年代,国家创新系统逐渐成为各国政府科技体制改革的重要目标和重点内容(OECD,2002)。

(二) 中国科技即将迈入高水平科技自立自强新阶段

我国科学和现代化产业发展是在错过第一、二轮科学革命和产业革命的条件下开始的。中华人民共和国成立以来,国家先后制定《1956—1967年科学技术发展远景规划》《1963—1972年科学技术发展规划》;政府推动科学机构和大学建设,以举国体制完成了“两弹一星”、牛胰岛素、青蒿素等重大科学和工程突破;大力推动国民教育,提高识字率;以重工业优先大力发展工业化,尽快解放科学生产力。我国成功构建了基本完整的工业体系、科学体系与教育体系,也

出现了科学发展与经济发展“两张皮”,科学需求与研究供给的匹配不平衡问题,计划经济下企业缺乏竞争和自主资源配置,科学研究和技术改造动力和能力不足,跨部门间创新资源协同与产业物质技术基础的落后相互制约等问题。改革开放以来,我国以经济体制改革牵引科学、技术、教育、社会各方面创新体制改革,实施科教兴国战略、人才强国战略,扩展国际科学交流与合作,完善科学基础设施和国家实验室建设。融入世界产业链、价值链和创新链,我国的综合国力全面上升,成为全球唯一拥有联合国产业分类目录中所有工业门类的国家,世界第一制造业大国,全球第二大数字经济体。2023 年,我国全年研究与试验发展(R&D)经费支出 33278 亿元,R&D 经费投入强度达到 2.64%(国家统计局,2024);2023 年我国研发人员全时当量为 724 万人年,稳居世界第一;在量子科技、生命科学、物质科学和空间科学等领域取得一批重大原创成果,在载人航天和月球探测技术方面处于世界领先地位。我国移动通信实现了从 2G 跟随、5G 率先商用到 6G 技术引领的跨越。截至 2023 年年底,我国境内发明专利有效量达到 401.5 万件,成为世界上首个有效发明专利数量突破 400 万件的国家(新华社,2024);科学技术发展即将迈入高水平自立自强新阶段。面对美国不断强化尖端科学技术领域的打压,以国家战略推动基础科学突破解决“卡脖子”难题,对于现代化产业体系建设更加急迫。以半导体为例,大力加强半导体基础研究,围绕下一代晶体管的材料、器件、工艺在欧洲和美国布局大量专利,就可以在芯片制造这个全球半导体产业链的“咽喉”部位设置“关卡”,有望解决半导体关键核心技术“卡脖子”难题。但是,对比美、日等半导体创新强国,我国的半导体基础研究受制于半导体学科建设滞后、半导体国家实验室数量和基础研究人员不足、半导体企业研究集中于基于国际半导体先进科技基础的二次创新、产学研协同创新机制不完善等问题(骆军委和李树森,2023)。产业链、价值链与创新链的高度融合,使科学技术和产业创新已演进到完善国家创新体系、打造创新生态系统的新阶段,推动科技自立自强,必须要健全新型举国体制,完善科技强国的制度保障。

五、完善科技创新引领现代化产业体系建设的制度保障

我国通过践行科学—技术—产业—经济增长的逻辑链条成功完成大规模快速工业化进程,作为世界第二大经济体、世界第一制造业大国和第二数字经济大国,我国对基础科学发现与科技、产业融合产生更广泛和高级的需求。2023 年 7 月,习近平总书记提出要整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加快形成新质生产力(人民日报,2023a)。2023 年 12 月,中央经

济工作会议强调要以科技创新引领现代化产业体系建设,发展新质生产力(人民日报,2023b)。党的二十届三中全会对健全因地制宜发展新质生产力体制机制作出系统部署。生产力的发展遵循量变质变规律,新质生产力更强调质的变革(方敏和杨虎涛,2024)。现代化产业体系是科学力量由观念的财富转变为实际财富生产手段和财富本身的重要载体。自第二次产业革命以来,所有引领产业革命的颠覆性技术均直接来自于科学基础理论的重大突破,产业革命的历史证明科学进步对人类社会生产力跃升起决定性作用。发展新质生产力要求推动科技创新和产业创新深度融合。健全新质生产力体制机制,加快形成同新质生产力更相适应的生产关系,须要对经济制度、科技创新制度和产业体系体制机制制作系统谋划、整体推进。

(一) 深化市场经济体制改革,完善有利于创新的市场经济基本制度

党的十八届三中全会提出,使市场对资源配置起决定性作用,更好发挥政府作用。党的二十届三中全会提出,更好发挥市场机制作用,既“放得活”又“管得住”。全面深化改革先后将知识、数据等纳入生产要素。在生产力发生质变的过程,即劳动者、劳动资料、劳动对象优化组合和更新跃升过程,高质量生产要素发挥重要作用。要培育知识、技术、数据等高质量要素市场,深化劳动、资本、土地等生产要素市场改革,促进高质量生产要素涌现、流动,向先进产业集聚。党的二十届三中全会重点强调构建全国统一大市场,推动市场基础制度规则统一、市场监管公平统一、市场设施高标准联通,健全国家标准体系。围绕要素市场化改革,要培育全国一体化技术和数据市场,健全劳动、资本、土地、知识、技术、管理、数据等生产要素由市场评价贡献、按贡献决定报酬的机制。在市场经济基础制度方面,要优化新业态新领域市场准入环境,营造有利于新业态新模式发展的制度环境。建立高效的知识产权综合管理体制,完善市场信息披露制度,构建商业秘密保护制度。

国有企业是国家战略科技力量的重要组成部分,保障战略安全,引领产业方向,提供社会公共服务,是中国特色社会主义的重要物质基础和政治基础。《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》(以下简称“决定”)提出,“推动国有资本向关系国家安全、国民经济命脉的重要行业 and 关键领域集中,向关系国计民生的公共服务、应急能力、公益性领域等集中,向前瞻性战略性新兴产业集中”。战略性新兴产业和未来产业是现代化产业体系的先导,布局新质生产力必须破解我国在集成电路、工业母机、医疗装备、仪器仪表、基础软件、工业软件、先进材料等多领域面临的“卡脖子”问题。国有企业负担提升产业链供应链韧性和安全性,加强基础研究解决“卡脖子”难题的重要战

略使命。国资委提出推动中央企业加快打造原创技术策源地和现代产业链链长。“十三五”期间,中央企业研发投入年均增长 14.5%,过去两年研发投入均超过万亿元。2023 年中央企业战略性新兴产业投资增速达到 32%,营业收入首次超过 10 万亿元。2024 年国有资本金将拿出 83% 的经营预算用于支持企业科技攻关和产业升级(人民日报,2024)。近年来,国有企业在集成电路、5G 通信、高速铁路、大飞机、燃气轮机、工业母机、能源电力领域取得了自主创新成果。

非公有制经济也是重要的创新主体。民营经济贡献了国内 70% 以上的技术创新成果(习近平,2018)。近年来,我国一些顶尖民营科技企业已经具备世界领先的科学研发投入和研发能力。华为连续数年稳居 ICT 领域专利申请世界范围第一大企业地位,2023 年华为研发投入在全球企业中位居第五,在我国企业中排行第一(European Commission, 2023)。在以大语言模型为代表的生成式人工智能领域,据《产权组织生成式人工智能专利态势报告》,2014—2023 年间,我国的生成式人工智能发明超过 3.8 万项,是排名第二的美国的六倍(WIPO,2024)。近年来美国对我国一批科技单位实体实行严厉制裁,间接反映我国国家科技机构和一批民营科技领军企业的科技创新能力达到世界顶尖水平^①。对民营企业进一步放宽市场准入是我国培育国内市场,构建以内循环为主体的新发展格局的必要条件。“决定”提出,制定民营经济促进法,深入破除市场准入壁垒,推进基础设施竞争性领域向经营主体公平开放,推进能源、铁路、电信、水利、公用事业等行业自然垄断环节独立运营和竞争性环节市场化改革,吸引民营企业进入相应行业市场,还提出完善民营企业参与国家重大项目建设长效机制,支持有能力的民营企业牵头承担国家重大技术攻关任务,向民营企业进一步开放国家重大科研基础设施。宏观的基本市场制度和立法完善与微观层面民营企业创新活力结合,有利于加快传统行业基础设施高端化和智能化、数字化,有利于推动民营企业科技能力和产能与国家科技战略需求和战略资源整合,进一步形成新型举国体制优势。

(二) 构建以科技体制为核心的全面创新体制机制

教育与人才培养既是科学知识体系生产的前提,又是科学再生产的结果,科学与产业的结合为科学积累创造物质生产条件。面对技术“卡脖子”问题,劳动力难以适应新产业、新业态而造成大量结构性失业问题,行业和区域市场壁垒抑制国内市场超大规模优势问题,产学研融合发展机制不协调等重要问题,党的十八大提出实施创新驱动发展战略。习近平总书记指出,“传统意义上的

^① 2018 年以来美国不断强化对华为的芯片断供,2022 年《芯片和科学法案》实施以来,美国对华企业和科技机构的制裁扩展到半导体、人工智能、量子科技等领域。

基础研究、应用研究、技术开发和产业化的边界日趋模糊,……科技创新活动不断突破地域、组织、技术的界限,演化为创新体系的竞争,创新战略竞争在综合国力竞争中的地位日益重要”(中共中央文献研究室,2016)。创新驱动发展战略是打通科技创新—结构变迁—效率变革的现代化产业体系逻辑链条(中国社会科学院经济研究所课题组,2024)的国家创新战略,需要统筹推进经济、教育、科技、人才体制机制一体化改革以完善创新体制机制。构建全面创新体制机制,以深化科技体制改革为核心,以科技发展、国家战略需求为导向,以顶层设计、系统筹划,自上而下协同推动。20世纪科学发展进入国办科学阶段,科技创新和高技术产业的举国体制在许多科技强国均有成功先例。国家创新体系发展为不同经济制度国家整合科技创新力量和优势资源,实现协同创新发展的重要制度。“决定”围绕国家创新体系建设,在科技组织管理,科技成果参与分配,企业创新激励和风险兜底,高等教育的基础学科、新兴学科、交叉学科建设和拔尖人才培养,高校创新成果转化,职业教育人才培养等多个方面作出具体的制度改革部署。深化教育科技人才体制机制一体改革,要落实到国家创新体系和新型举国体制上。要完善党中央对科技工作集中统一领导的体制,构建协同高效的决策指挥体系和组织实施体系,保证科技创新和产业创新活力紧密围绕国家战略科技需求,筑牢科技创新根基和底座。

(三) 健全促进实体经济和数字经济深度融合制度是构建现代产业体系的着眼点

习近平总书记指出,“数字经济具有高创新性、强渗透性、广覆盖性,不仅是新的经济增长点,而且是改造提升传统产业的支点,可以成为构建现代化经济体系的重要引擎”(习近平,2022)。量子科学和生命科学发展,使科学从直接作用于物质生产深入到物质和生命演化的全部过程,科学、技术、产业的边界日益模糊,传统三次产业的划分已经不适于科学和产业的发展。数据成为生产要素和劳动对象,意义如同物理化学领域元素之于物质。数字产业化和产业数字化的发展趋势日益加强。党的二十届三中全会“决定”以传统产业、战略性新兴产业、未来产业的划分来定义现代产业体系结构,就加强新领域新赛道制度供给,完善战略性新兴产业发展政策和治理体系,以国家标准提升引领传统产业优化升级,支持企业用数智技术、绿色技术改造提升传统产业,强化环保、安全等制度约束,对我国现代化产业体系作出整体布局。数字经济可以说是当前阶段新质生产力的综合质态,是促进新科技、新能源、新产业融合发展的新质生产力代表(洪银兴,2024)。在科学交叉、技术集群、产业融合的大趋势下,健全促进实体经济和数字经济深度融合制度是建设现代化产业体系的重要着眼点。我国数字经济规模全球第二,已建成全球规模最大的5G网络,在5G标准化和人工智

能标准化领域,我国稳列世界第一梯队。我国建成14个国家超算中心,超算互联网正在加快建设。2024年《政府工作报告》提出推动加入《数字经济伙伴关系协定》。健全数字经济发展体制机制,完善数据产权、交易、分配、监管各环节政策和法令,推动数据跨境流动,加快制定国家标准体系,依托超大规模市场优势,助推我国的数字技术加速从标准化到产业化,成为具有世界竞争力的数字产业。

完善有利于创新的市场经济基本制度,健全全面创新体制机制建设,健全促进实体经济和数字经济深度融合制度,还需要与更完善的对外开放体制机制相互促进,以更好利用国内国外两个市场、两种资源。科学史和产业史表明开放创新与自主创新是互相促进的创新活力源泉。美国将技术革新视作地缘政治竞争的核心,以“小院高墙”^①策略巩固美国在关键技术领域的竞争力,倒逼我国加快推进高水平的科技自立自强。同时我们要深刻把握经济全球化向更高水平的制度型开放的时代趋势,坚定地扩大我国参与全球创新网络的广度和深度,推动向高标准技术和贸易制度对接的同时,充分利用“一带一路”平台,以“一带一路”科技创新行动计划和“一带一路”立体互联互通网络基础设施建设,推动全球科技创新网络向有利于我国发展的格局调整。

参考文献

- 道格拉斯·诺斯,罗伯特·托马斯. 2009. 西方世界的兴起[J]. 厉以平,蔡磊,译. 北京:华夏出版社.
- (original language) NORTH D C, THOMAS R P. [1976]. *The rise of the western world: A new economic history*[M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- 董坤,许海云,罗瑞,等. 2018. 科学与技术的关系分析研究综述[J]. 情报学报, 37(6): 642-652.
- DONG K, XU H Y, LUO R, et al. 2018. Review of the research on relationship between science and technology[J]. *Journal of the China Society for Scientific and Technical Information*, 37(6): 642-652. (in Chinese)
- 方敏,杨虎涛. 2024. 政治经济学视域下的新质生产力及其形成发展[J]. 经济研究, 2024, 59(3): 20-28.

^① 美国的“小院高墙”政策是一种对华科技防御策略,这个概念最早由“新美国”智库的高级研究员萨姆·萨克斯在2018年提出。这个策略的核心在于美国将专注于保护那些直接关系到国家安全的特定技术和研究领域(即“小院”),并在这些领域周围建立高墙(即策略边界),实施更严密的封锁措施。这个政策的目的是遏制中国的高科技项目,打压中国的科技进步,破坏中国与其他国家在科技研发领域的国际合作。

- FANG M, YANG H T. 2024. New quality productivity and its formation and development from the perspective of political economy [J]. *Economic Research Journal*, 59(3): 20-28. (in Chinese)
- 高文, 黄铁军. 2020-02-18(20). 从信息社会迈向智能社会[N]. 人民日报.
- 国家统计局. (2024-02-29)[2024-08-06]. 中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html.
- 哈巴库克 H J, 波斯坦 M M. 2002. 剑桥欧洲经济史(第 6 卷)[M]. 王春法, 张伟, 赵海波, 译. 北京: 经济科学出版社: 403.
- (original language) HABAUKUK H J, POSTAN M M. [1966]. *The Cambridge economic history of Europe (volume VI)* [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- 洪银兴. 2024. 新质生产力及其培育和发展[J]. *经济学动态*, (1): 3-11.
- HONG Y X. 2024. New quality productivity and its cultivation and development [J]. *Economic Perspectives*, (1): 3-11. (in Chinese)
- 江泽民. 2008. 新时期我国信息技术产业的发展[J]. *上海交通大学学报*, 42(10): 1589-1607.
- JIANG Z M. 2008. Development of IT industry in China in the new age[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 42(10): 1589-1607. (in Chinese)
- 克里斯托夫·弗里曼. 2008. 技术政策与经济绩效: 日本国家创新系统的经验 [M]. 张宇轩, 译. 南京: 东南大学出版社.
- (original language) FREEMAN C. [1987]. *Technology, policy, and economic performance: Lessons from Japan* [M]. London: Pinter Publishers.
- 雷丽芳, 潜伟, 吕科伟. 2020. 科技举国体制的内涵与模式[J]. *科学学研究*, 38(11): 1921-1927, 2096.
- LEI L F, QIAN W, LV K W. 2020. The connotation and mode of “whole-nation system for science and technology” [J]. *Studies in Science of Science*, 38(11): 1921-1927, 2096. (in Chinese)
- 李国杰. 2010. 信息科学技术的长期发展趋势和我国的战略取向[J]. *中国科学: 信息科学*, 40(1): 128-138.
- LI G J. 2010. Long-term development trends of information science and technology and China's strategic orientation[J]. *Scientia Sinica (Informations)*, 40(1): 128-138. (in Chinese)
- 刘立. 1996. 德国工业中科学制度化及其对我国工业研究的启示[J]. *自然辩证法研究*, 12(2): 48-52.

- LIU L. 1996. The institutionalization of science in German industry and its implications for industrial research in China[J]. *Studies in Dialectics of Nature*, 12(2): 48-52. (in Chinese)
- 路甬祥. 2000. 规律与启示——从诺贝尔自然科学奖与 20 世纪重大科学成就看科技原始创新的规律[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 20(4): 3-11.
- LU Y X. 2000. Law and Enlightenment—Viewing the laws of the scientific original innovation from the Nobel Natural Science Prize and significant scientific achievements of twentieth century[J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences)*, 20(4): 3-11. (in Chinese)
- 罗伯特·艾伦. 2012. 近代英国工业革命揭秘: 放眼全球的深度透视[M]. 毛立坤, 译. 杭州: 浙江大学出版社: 371.
- (original language) ALLEN R C. [2009]. *The British industrial revolution in global perspective*[M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- 骆军委, 李树深. 2023. 加强半导体基础能力建设点亮半导体自立自强发展的“灯塔”[J]. 中国科学院院刊, 38(2): 187-192.
- LUO J W, LI S S. 2023. Strengthen building of basic reach capacity for semiconductor research to light up “beacon” towards realizing the self-reliance and self-improvement of semiconductors[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 38(2): 187-192. (in Chinese)
- 罗斯托 W W. 2001. 经济增长的阶段: 非共产党宣言[M]. 郭熙保, 王松茂, 译. 北京: 中国社会科学出版社.
- (original language) ROSTOW W W. [1991]. *The stages of economic growth: A non-communist manifesto*[M]. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- 马克·罗滕伯格. 2023. 美国科学史—学科卷[M]. 刘晓, 吴晓斌, 康丽婷, 译. 北京: 中国科学技术出版社: 163.
- (original language) ROTHENBERG M. [2000]. *History of science in United States: An encyclopedia*[M]. New York: Routledge.
- 马克思, 恩格斯. 1963. 马克思恩格斯全集(第 19 卷)[M]. 1 版. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 372.
- 马克思, 恩格斯. 1998. 马克思恩格斯全集(第 31 卷)[M]. 2 版. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 92, 168.
- 马克思, 恩格斯. 2002. 马克思恩格斯全集(第 3 卷)[M]. 2 版. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 537.
- 马克思, 恩格斯. 2009a. 马克思恩格斯文集(第 5 卷)[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 53, 440, 444, 559.

- 马克思, 恩格斯. 2009b. 马克思恩格斯文集(第6卷)[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 394.
- 马克思, 恩格斯. 2009c. 马克思恩格斯文集(第8卷)[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 188, 195-196, 197-198, 279-280, 340, 367, 359.
- 马克思, 恩格斯. 2009d. 马克思恩格斯文集(第9卷)[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 427.
- 马克思, 恩格斯. 2009e. 马克思恩格斯文集(第10卷)[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 53.
- 马克思, 恩格斯. 2019. 马克思恩格斯全集(第37卷)[M]. 2版. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社: 268, 320, 202, 574.
- 潘建伟. 2024. 量子信息科技的发展现状与展望[J]. 物理学报, 73(1): 010301.
- PAN J W. 2024. Quantum information technology: Current status and prospects [J]. *Acta Physica Sinica*, 73(1): 010301. (in Chinese)
- 人民日报. 2023a-09-09(1). 习近平在黑龙江考察时强调 牢牢把握在国家发展大局中的战略定位 奋力开创黑龙江高质量发展新局面[N]. 人民日报.
- 人民日报. 2023b-12-13(001). 中央经济工作会议在北京举行[N]. 人民日报.
- 人民日报. 2024-07-27(02). 今年超八成国有资本金将用于支持科技创新国资国企做强做优做大[N]. 人民日报.
- 谭铁牛. 2019. 人工智能的历史、现状和未来[J]. 求是, (4): 39-46.
- 汪同三, 齐建国. 1996. 产业政策与经济增长[M]. 北京: 社会科学文献出版社: 264.
- WANG T S, QI J G. 1996. *Industrial policy and economic growth* [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press. (in Chinese)
- WIPO. (2024-07-03)[2024-08-06]. 产权组织数据显示, 中国发明人申请的生成式人工智能专利最多[EB/OL]. https://www.wipo.int/pressroom/zh/articles/2024/article_0009.html.
- 习近平. 2018. 在民营企业座谈会上的讲话[M]. 北京: 人民出版社: 4-5.
- 习近平. 2022. 不断做强做优做大我国数字经济[J]. 求是, (2): 4-8.
- 小威廉·贝拉尼克, 吉斯塔夫·拉尼斯. 1988. 科学技术与经济发展: 几国的历史与比较研究[M]. 胡定, 译. 北京: 科学技术文献出版社: 16.
- (original language) BORANEK W Jr, RANIS G. [1978]. *Science, technology, and economic development: A historical and comparative study*. New York: Praeger Publisher.
- 新华社. (2024-09-18)[2024-09-20]. 我国按折合全时工作量计算的研发人员总量

- 稳居世界第一[EB/OL]. <http://www.xinhuanet.com/20240918/ad98df43209d4984941541444523753c/c.html>.
- 阎康年. 1992. 科学技术和产业革命的内在机制与世界历史发展[J]. 历史研究, (2): 134-144.
- YAN K N. 1992. The internal mechanisms of science, technology, and industrial revolutions in world historical development[J]. *Historical Research*, (2): 134-144. (in Chinese)
- 于军. (2013-11-27)[2024-08-06]. “人类基因组计划”回顾与展望: 从基因组生物学到精准医学[EB/OL]. http://www.big.cas.cn/xwdt/kyjz/201311/t20131127_5747608.html.
- 约翰·德斯蒙德·贝尔纳. 2015a. 历史上的科学-卷二-科学革命与工业革命[M]. 伍况甫, 彭家礼, 译. 北京: 科学出版社: 284, 344, 379.
- (original language) BERNAL J D. [2011]. *Science in history: volume 2: The scientific and industrial revolutions*[M]. London: Faber and Faber Ltd.
- 约翰·德斯蒙德·贝尔纳. 2015b. 历史上的科学-卷三-我们时代里的自然科学[M]. 伍况甫, 彭家礼, 译. 北京: 科学出版社: 545, 554, 555.
- (original language) BERNAL J D. [2011]. *Science in history: volume 3: The natural science in our time*[M]. London: Faber and Faber Ltd.
- 约翰·德斯蒙德·贝尔纳. 2015c. 历史上的科学-卷四-社会科学: 结论[M]. 伍况甫, 彭家礼, 译. 北京: 科学出版社: 918, 926.
- (original language) BERNAL J D. [2011]. *Science in history: volume 4: The social sciences: Conclusion*[M]. London: Faber and Faber Ltd.
- 张旭. 2003. 论马克思的科技与生产力思想[J]. 理论学刊, (2): 41-43.
- ZHANG X. 2003. On Marx's thought of sci-technology and productive forces[J]. *Theory Journal*, (2): 41-43. (in Chinese)
- 中共中央文献研究室. 2016. 习近平关于科技创新论述摘编[M]. 北京: 中央文献出版社: 81.
- 中国社会科学院经济研究所课题组. 2024. 结构变迁、效率变革与发展新质生产力[J]. 经济研究, 59(4): 4-23.
- Research Group of the Institute of Economics of CASS. 2024. Structure changes, efficiency changes and development of new quality productive forces[J]. *Economic Research Journal*, 59(4): 4-23. (in Chinese)
- BLINKEN A J. (2024-05-06)[2024-08-06]. Technology and the Transformation of U. S. Foreign Policy[EB/OL]. <https://www.rsaconference.com/library/presentation/usa/2024/government%20leader%20keynote>.

- BLOCK F. 2008. Swimming against the current: The rise of a hidden developmental state in the United States[J]. *Politics & Society*, 36(2): 169-206.
- European Commission. (2023-12-18) [2024-08-06]. The 2023 EU industrial R&D investment scoreboard. joint research Centre[EB/OL]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1e5c204f-9da6-11ee-b164-01aa75ed71a1/language-en>.
- GUI Q C, LIU C L, DU D B. 2019. Globalization of science and international scientific collaboration: A network perspective[J]. *Geoforum*, 105: 1-12.
- MOKYR J. 2002. *The gifts of Athena: Historical origins of the knowledge economy*[M]. Princeton: Princeton University Press: 22.
- National Quantum Initiative. (2023-12-01) [2024-08-06]. The national quantum initiative supplement to the president's FY 2024 budget released [EB/OL]. <https://www.quantum.gov/the-national-quantum-initiative-supplement-to-the-presidents-fy-2024-budget-released/>.
- OECD. 1968. *Review of national science policy: United States*[M]. Paris: OECD.
- OECD. 2002. *Dynamising national innovation systems*[M]. Paris: OECD.
- SOLOW R M. 1957. Technical change and the aggregate production function[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3): 312-320.
- The White House. (2024-02-12) [2024-08-06]. White house office of science and technology policy releases updated critical and emerging technologies list[EB/OL]. <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2024/02/12/white-house-office-of-science-and-technology-policy-releases-updated-critical-and-emerging-technologies-list/>.
- United States Congress. (2023-11-03) [2024-08-06]. H. R. 6213, the national quantum initiative reauthorization act [EB/OL]. <https://science.house.gov/2023/11/the-national-quantum-initiative-reauthorization-act>.

The Theoretical Logic, History Evolution, and Institutional Guarantees of Scientific Progress and the Development of Modern Industrial Systems

ZHAO Weihong ZHANG Xu

(The Institute of Economics of the Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, China)

Abstract: This paper commences from the classic theories of Marxist political economy, integrating the histories of science and industry to analyse the logic and

historical characteristics of scientific progress and the development of modern industrial system, as well as the institutional guarantee that scientific progress leads the development of modern system, This analysis is instrumental in refining the scientific understanding of innovation-driven development strategies and in solidifying the theoretical foundation for the development of new qualitative productive forces. The genesis of science stems from human needs and the production aimed at satisfying these needs. A robust relationship is established between science, production, and productivity, characterised by an increasing intersection and integration of science and technology, the institutionalisation of science and the expansion of research scales, the positioning of science as a national strategy alongside scientific planning, and the international exchange and competition in science within the context of the global political economy. The convergence of science and industry has created historical opportunities for major nations to build themselves into modern powerhouses. By summarising the historical relationships of the two scientific revolutions, three technological revolutions, and three industrial revolutions, as well as the historical paths of major techno-economic powers, this paper fosters a theoretical understanding of the global technological competition under the fourth technological revolution and the new phase of China's science and technology entering a period of high-level self-reliance and strength. The development of new qualitative productive forces demands further liberation of scientific productive forces. Oriented by national strategic needs, it is imperative to promote the perfection of the market economic system, the mechanisms of scientific education and talent, accelerate the construction of mechanisms for the integration of real and virtual economies, and to consolidate the national innovation system. This will ensure a robust institutional framework for the advancement of modern industrial construction propelled by scientific progress.

Keywords: science progress; modern industrial system development; theoretical logic; historical evolution; institutional guarantees