

科技革命与国际秩序变迁的逻辑探析

郑 华 聂正楠

【摘 要】科技革命是人类社会发展的原动力,也是推动国际秩序变迁的核心要素之一。人类历史上发生的四次科技革命均是以科学理论进步为先导、技术突破为表征的整体性革命。在人类科技革命发展的进程中,科技革命与国际秩序之间交织互动,推动国际秩序经历了欧洲百年均势、东西方冷战以及“一超多强”等数次变迁。为深入探究科技革命与国际秩序变迁的内在逻辑和运作机理,本文从科学家、国家和国际体系三个维度对四次科技革命逐一展开了分析,认为科技革命是导致国际秩序变迁的重要因素之一,但国际秩序反过来也会影响科技革命的模式。例如:在第一、二次科技革命中,首先是科学革命引发了技术革命,然后推动了增强主权国家综合国力的迅速增大,进而导致欧洲百年均势秩序的生成与崩溃,这是科技革命(A)直接推动国际秩序变迁(B)的模式,即A—B模式;在第三次科技革命和人类当前正经历的第四次科技革命中,无论是冷战时期的两极均势,还是后冷战时期美国主导的自由霸权秩序,都是国际秩序(B)直接推动科技革命(A)的发展模式,即B—A模式。总的看,科学家的身份认同、国家能力和国际规则与规范在科技革命与国际秩序交织互动过程中,是导致国际秩序变迁模式产生差异的主要原因。从这一意义上讲,当前中美两国之间的科技竞争无疑会为后疫情时代国际秩序的发展趋势提供新的动力、思路和启示。

【关键词】科技革命;国际秩序;大国科技竞争;技术扩散;中美技术关系

【作者简介】郑华,上海交通大学国际与公共事务学院教授,博士;聂正楠,上海交通大学国际与公共事务学院,博士研究生,(上海 200030)。

【原文出处】《国际观察》(沪),2021.5.127~156

【基金项目】此项研究为教育部哲学社会科学研究重大攻关项目“美国国家安全战略研究”(项目编号:20JZD056)和“上海交通大学科技发展研究基金”资助的阶段性成果。

科学技术是推动人类社会向前发展的原动力,是国际政治中“权力”内核的重要组成部分,也是国际竞争、国际政治版图变迁的核心驱动因素之一。在人类社会进入威斯特伐利亚时代之后,其历史始终是沿着两条主线向前发展:一是因科技革命引发生产力、生产方式的变革进而推动人类社会进步的发展史;二是科技革命引发主权国家权力增长和实力对比发生变化进而推动国际政治版图发生变迁的历史。正因为如此,很多国际关系学者都将科技革命视为一个独立变量,因为它可以通过影响国家间

军事和经济力量的再分配推动国际秩序的变化。也就是说,任何一次科技革命都是一次国际政治权力的再分配过程,不仅会产生赢家和输家,改变行为者的偏好,而且还会导致新的规范和秩序的确立。^①从1648年威斯特伐利亚体系到维也纳体系、凡尔赛—华盛顿体系、雅尔塔体系,一直到后冷战时期美国主导下的“一超多强”体系,科技革命与国际秩序相互交织、激荡,最终引发国际秩序的变迁。当下的国际社会中正处于“百年未有之大变局”的背景下,^②由信息技术、生物技术、新能源技术等新技术支撑的新一轮

科技革命与产业革命,势必引发未来国际秩序的深刻调整。^③本文将在厘清基本概念和借鉴既有理论的基础上,通过解析人类四次科技革命的发展历程及其所产生的后果,深入剖析科技革命与国际秩序交织互动的内在逻辑和重要意义。

一、理论根基

关于“科技革命与国际秩序变迁之间的逻辑互动关系”,在为数不多的先锋派学者论述中,主要存在两种不同角度的看法:一种观点是从国际安全视角出发看待这一问题,认为科学技术进步推动了国际政治版图的变化,进而导致国际秩序变迁;^④另一种观点则是从国际政治经济学视角来解释这一问题,认为在大国间无战争的和平时期,守成大国与崛起大国之间的权力竞争主要以市场竞争、技术竞争的形式呈现在世人面前,其结果是国际政治可以推动重大技术的产生。^⑤

事实上,学界现存的研究成果主要彰显了国际安全与国际政治经济学这两种路径与范式。在国际安全的领域中,西方国际关系理论三大主流学派均对科技进步影响国际秩序变迁给予了充分关注,普遍将科学技术革命当作原因、把国际秩序的变迁作为结果加以研究。例如:现实主义普遍强调科技进步带动生产力的提升,进而对国家实力乃至国际秩序的变化产生重要影响,因而将科技实力作为国家综合国力的重要构成部分。^⑥自由主义学者相对乐观一些,认为技术的进步一方面使得国际合作更加容易起来,譬如信息与交通技术的进步拓宽了国家间的沟通渠道,增进了彼此间的相互了解与减少误解的发生,进而强化了国家间的相互依赖,为国际制度的建立和维持提供了坚实的基础;^⑦另一方面,技术进步还可以弱化国家的中心地位,有利于国家均衡发展并最终形成全球性社会,因为运输与信息技术的进步不仅可以让生产要素在全球流动更加容易,而且还可以激活更多的非国家行为体在国际社会中扮演不同的角色,推动跨国交流活动更加频繁紧密,^⑧有利于国家安全环境的改善,有利于世界总

体环境的稳定。^⑨建构主义学者普遍认为,技术进步引发何种安全环境的变化将取决于国家间的身份认同与规范认同,因为威胁的大小并非取决于一国所拥有武器的多少,而是该国如何解读他国的身份;^⑩另一方面,科技进步还可以影响甚至改变传统的安全观念,有利于世界政府的形成,^⑪例如杰弗里·赫莱拉(Geoffrey L. Herrera)就认为科技因素不仅可以影响、形成并发展安全观念,而且还可以推动这些观念嵌入到国际体系之中,进而推动国际秩序的转变。^⑫

在国际政治经济学领域,学者们对科技进步的起源和发生条件更为关注,他们引入国际关系变量并将此作为原因来探讨国际关系变迁如何影响或改变科技进步或技术变迁。例如,对于科技进步的起源问题,部分学者认为我们不仅要关注企业技术积累、国家人口与国内制度等国内因素,而且更应该从国际层面去寻找核心因素。^⑬还有一些学者比较关注国家安全对科技进步的推动作用,认为当一国过于关注国际安全时,该国科技进步会更快;而过于关注国内安全时,其科技进步就相对慢一些。^⑭国内也存在部分学者将大国拥有市场的广泛性作为影响技术变迁的关键要素,认为重大的技术变迁离不开霸权国家开拓出来的广泛市场的存在。但当霸权相对衰落时,国际市场规模一旦开始萎缩,那么该国的技术进步就会减缓乃至倒退。^⑮

综上所述,学界围绕“科技进步与国际秩序变迁的关系”问题虽然作出了重要贡献,但主要是从国际体系和主权国家层面出发来探讨二者之间的关系,忽略了科技进步与国际秩序变迁过程中“人”——科学家——的因素,进而忽略了科学家、国家和国际秩序三者之间的互动。其次,科技革命与国际秩序变迁的内在机理研究仍需进一步深入和细化,因为在科技革命与国际秩序变迁的漫长历史进程中,不时会出现一些反“常识”的现象,这些反常现象甚至会对大国竞争态势和国际秩序变迁产生巨大影响。因此,在“百年未有之大变局”的背景下,深究其内在发展、演变逻辑,不仅有助于我们把握影响事态发展的

关键,而且还有助于我们有效应对各种挑战。为此,本文将运用历史分析和比较的方法,从科学家、国家和国际秩序三个层面的互动进程中寻求答案。

二、概念再界定与分析框架构建

近年来,国内外学者围绕科技革命对国际秩序产生的影响问题做了大量研究,相关成果非常丰富,但概念界定的差异也同时造成了相关结论各执一词的结果。为深入探究科技革命与国际秩序变迁之间的互动关系和内在逻辑,我们需首先明晰相关概念的边界与内涵。

(一)关于科技革命、科学革命与技术革命

国外学界常常将“科学革命”与“技术革命”分开讨论。对于科学革命,国外学者常常围绕科学革命是过程还是结果、是蓄意的结果还是非蓄意的结果等问题存在争议,^⑥但总体而言,他们都将科学革命视为一种知识性、理论性的活动,而技术革命则常与工业革命、产业革命一并讨论,并多被视为一种应用性产品诞生与技术突破的现象。^⑦

国内学界普遍认为“科技革命”是“科学革命”与“技术革命”的合成词,存在广义概念与狭义概念之分。广义概念是指科学革命与技术革命的统称。例如,若按照广义概念,16世纪以来人类社会已经发生了五次科技革命:第一次科技革命大概发生在16~17世纪,以近代物理学突破为标志;第二次科技革命发生在18世纪中后期,以蒸汽机和机械革命为代表;第三次科技革命发生在19世纪中后期,以电气与运输革命为标志;第四次科技革命发生在19世纪中后期至20世纪中叶,以相对论与量子论革命为代表;第五

次科技革命发生于20世纪中后期,以电子技术革命为标志。事实上,只有第一次和第四次科技革命才是基础理论出现了重大突破,因而属于科学革命的范畴;而第二次、第三次和第五次科技革命主要侧重于技术层面的发明创造和实践推广应用,实际上属于技术革命的范畴。但若依据狭义的界定,科技革命则仅仅指上述的技术革命。^⑧此外,国内学界关于人类历史上究竟发生了几次科技革命,始终都是说法不一,^⑨详情如表1所示:

从表1中我们可以发现:历史上的科学革命与技术革命常常呈现出一种交织伴生的状态,且常常具有科学革命发生在先、技术革命爆发在后的规律性。但是随着时间的推移,科学革命向技术革命转化的速度日益加快,两者爆发的时间也逐渐接近,科学与技术逐渐趋于一体化,导致科学革命与技术革命发生的时间不断趋于同步。从这个角度而言,本文认为人类社会迄今为止应该是经历了三次科技革命:一是18世纪中后期以蒸汽机技术为代表(融合近代物理学理论)的科技革命;二是19世纪中后期以内燃机与电力技术为代表(融合了电磁理论)的科技革命;三是20世纪中后期以原子能技术与电子技术为代表(融合了原子核物理学理论)的科技革命。当下,人类社会正处于第四次科技革命的初期。这是一个以计算机、互联网、人工智能、大数据、云计算以及数字信息技术为核心的科技革命,体现了数理逻辑理论的重大突破。鉴于此,本文认为:科技革命是科学与技术相互融合为一个有机整体后所引发的革命,只有当科学与技术进行深度融合时引发的革命才能

表1 对16世纪以来科技革命的梳理^⑩

广义科技革命	时间	狭义科技革命	主要特征
第一次	16~17世纪	第一次科学革命	近代物理学诞生
第二次	18世纪中后期	第一次技术革命	蒸汽机与机械革命
第三次	19世纪中后期	第二次技术革命	电气与运输革命
第四次	19世纪中后期至20世纪中叶	第二次科学革命	相对论与量子论
第五次	20世纪中后期	第三次技术革命	电子技术革命

资料来源:作者自制。

真正称之为科技革命,详情如表2所示。

(二)关于国际秩序、国际体系与国际格局

学界对“国际秩序”“国际体系”和“国际格局”三个概念的混用几乎成为常态,其中对国际格局的认识较为一致,即国际格局是实力对比的体现,包含实力分布和国家间的关系结构两个基本要素。^①具体而言,国际格局大体上可表现为三种形态:单极格局、两极格局与多极格局。国际体系与国际格局不同,莫顿·卡普兰(Morton A. Kaplan)认为“国际体系可以被看作是一个没有约束力的政治系统”。^②沃尔兹(K. N. Waltz)将国际体系定义为“一系列互动的单元,从一个层次上来说,体系包括一个结构,结构是体系层次上的一个组成部分”。^③两人的论述表明:国际体系是单元与结构的集合,其内涵囊括国际格局,而国际格局只是国际体系中的结构成分。

对于国际秩序而言,英国学派的代表人物赫德利·布尔(Hedley Bull)认为,“国际秩序是指国际行为的格局或布局,代表国家、社会所追求的基本、主要的或普遍的目标”。^④但他关注的是相对静态的国际秩序,因而未对引起秩序变迁的相关条件展开论述。以此为基础,国内学者大都认为国际秩序是由原则和机制、^⑤价值理念与经济力量、^⑥利益格局、^⑦领导结构、国际组织、国际法及常规程序、^⑧国际规范、主导价值观、国际制度、^⑨大国的权力、利益和观念分配^⑩等要素构成,其变迁主要受制于权力、制度和规范这三者的实际变化。^⑪因此,本文认为国际秩序不像国际体系是描述国家行为体之间一种相互作用的客观状态,因为它本身不仅包含了物质性因素的存在,而且还囊括了人为建构的规则或规范等理念层

面的元素。

总的看,国际体系是对所有政治实体整体状况的概括,包含主权国家、国家集团、国际组织等行为体,强调单元与结构的整体性以及内涵上的宽泛性。国际格局的主体是主权国家或由主权国家组成的区域组织,主要强调单元间或单元与结构间的互动关系,如“一超多强”国际格局既包含了美、俄、中、日、印等主权国家,也包含了欧盟等国家集团。国际秩序——相比国际体系与国际格局所具有的相对客观性——是主权国家围绕权力分配、规则制定与观念主导等问题而形成的互动关系之综合体。也就是说,“国际体系是对国际关系整体状况的概括,最具宽泛性;国际格局则是对其中各行为体互动及其关系状况的描述,是国际秩序的重要基础。国际秩序则强调行为体互动和作用的规则性与规范性。”^⑫三者间关系是一种时序性关系,具体体现为国际体系形成后,国际行为体依据特定的权力分配与关系结构会形成相应国际格局,在此基础上进而形成以特定主导国为核心的国际秩序。然而,这种时序性并非是一种长期的必然存在,因为在国际体系稳定状态下或国际格局未发生变化的情境中,国家间也存在爆发战争的可能性,国际秩序也存在崩溃的现象。

(三)分析框架:“科学家—国家—国际体系”的三维互动

科技革命的内核是科学理论的突破与技术水平的大幅提升,而科学家则是科学理论突破与技术革新的原创者,肩负着实现科学理论创造与技术转化应用的使命和职责。近现代以来,科学家日渐成为推动国家发展与决定国家间竞争关系状态的重要智

表2 18世纪以来的科技革命

科技革命	时间	理论突破特征	技术突破特征
第一次科技革命	18世纪中后期	近代物理学	蒸汽动力
第二次科技革命	19世纪中后期	电磁理论	内燃机与电气技术
第三次科技革命	20世纪中后期	原子核物理学	原子能技术
第四次科技革命	21世纪初期	数理逻辑理论	信息技术

资料来源:笔者自制。

力资源,尤其是在人类进入当下的知识经济社会与信息社会之后,各国均高度重视通过智力资源竞争来谋求其在国际上的优势地位。^③在这个过程中,科学家作为流动的资源,其科学活动的方向与效果不仅能够直接影响国家权力的变化,而且还可以间接影响国际秩序的变迁。具体而言,一国对科学家的网罗与存储不仅能有效提升一国的科技实力,推动工业经济实力与军事实力的增长,而且还能为本国谋求更大的世界科学理论上的话语权,帮助其塑造科学创新的规则与规范,进而获取国家权力优势地位与价值优势位置,让该国在国际秩序中占据有利地位。

通过梳理四次科技革命与国际秩序变迁的历史史料,我们可以发现科学家在世界政治风云变化中扮演了至关重要的作用。具体而言,在前两次科技革命期间(18世纪至20世纪中期),物理学、数学等基础理论的突破与学科交融发展,共同促发了动力技术的革新(从机械动能到电能),带动了一些西方国家工业经济实力与军事实力的增长,催化了国家间对互动规则与规范主导权的竞争,进而导致了国际秩序的变迁,并逐步形成了一个日渐稳固的国际秩序。在后两次科技革命时期(20世纪中期至今),科技进步与国际秩序的互动关系从过去“前者推动后者”的单向关系,向“两者互相影响渗透”的双向关系演变,其根本原因就在于作为科学理论与技术载体的科学家的流动属性在全球化不断加深的背景下被进一步激发出来,导致国家间的战略竞

争及其对科学家的争夺更加激烈起来,从而影响和限制了科学家的流动性,其结果是,这种措施在推动了科学家流入国工业能力与军事实力提升的同时,也进一步削弱了科学家流出国的工业能力与军事实力,从而有力地影响了国家间实力结构的对比变化态势,但反过来又进一步加剧了国家特别是大国围绕国际秩序规则与规范主导权的竞争。本文将从“科学家—国家—国际体系”三个层面展开分析,力求通过探究三个层面的互动关系寻找出推动国际秩序变迁的主要动力和内在逻辑,具体研究思路如图1所示。

三、第一次科技革命与英国主导的欧洲均势秩序的确立(18世纪中后期至19世纪中期)

从近代科学创立到科学革命爆发之前这一历史时期常常被划分为三个阶段:第一阶段是文艺复兴时期的科学(1440—1540年);第二阶段是资产阶级革命初期时的科学(1476—1543年);第三阶段是科学的成年期(1650—1690年)。^④英国之所以能够成为人类第一次科技革命的发源地并非偶然,因为其自身的国力、国内政治形势和思想启蒙氛围为此次变革提供了强有力的支撑。众所周知,通过16世纪圈地运动、海外掠夺与奴隶贸易等罪恶手段英国实现了资本的原始积累,而1588年战胜西班牙“无敌舰队”则使其获得了海上优势。在国内政治层面,1688—1689年爆发的“光荣革命”及其所宣布的《权利法案》通过限制王权和扩大议会权力,奠定了英国君主立宪制的政治基础。此后,英国议会君主制逐渐形成并不

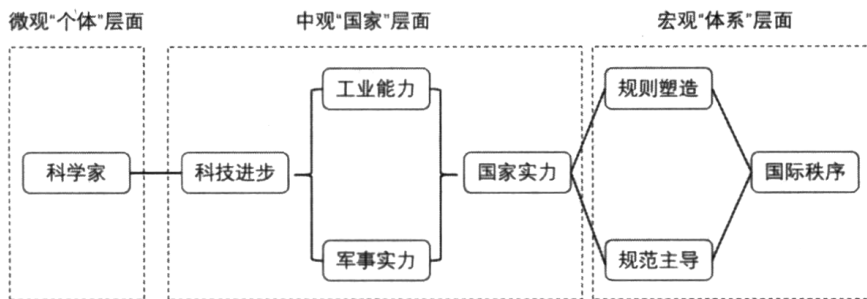


图1 “科技革命与国际秩序”互动过程

资料来源:作者自制。

断发展成熟起来。从思想启蒙层面看,英国文艺复兴运动比欧洲大陆发生的时间晚,但经过都铎王朝和伊丽莎白女王时代,英国作为民族国家的确立、工商业的蓬勃发展、与世界文化联系的日益密切以及对罗马教廷思想束缚的冲破等因素,共同推动了英国文艺复兴时期的思想大解放。

(一)从科学家从事科技创新的特点看,英国主要是在基础理论研究方面获得了重大突破,而后与产业革命相结合,进而催生了第一次科技革命

17世纪初至18世纪中后期,英国的艺术、人文和科学相互渗透、彼此交融,使得英国的科学理论取得了重大突破。例如:在化学方面,罗伯特·波义耳(Robert Boyle, 1627-1691年)从火的本质研究中发现氧气;约翰·道尔顿(John Dalton, 1766-1844年)把其在研究气体性质中推导出来的物理概念带到了传统化学中去,并提出了道尔顿分压定律。在物理学方面,艾萨克·牛顿(Isaac Newton, 1643-1727年)于1687年发表了《自然哲学的数学原理》,解释了牛顿三大运动定律和万有引力定律,人们运用牛顿的力学定律发现了海王星和冥王星,因而产生了天体力学、生物力学等交叉学科,为技术革新提供了重要的理论支撑,促进了产业革命的发展。

如果说科学是通过推演和计算的方式来探寻世界上的普遍规律,那么技术则是通过实验和工具来解决实际生活中的各种难题。科学的进步带动了技术发展,为技术革新提供了理论上的支持,而技术革新反过来又为科学的进一步发展提供了实践基础。众所周知,英国技术革新首先发生在纺织业领域。随着约翰·凯伊(John Kay)的飞梭、詹姆斯·哈格里夫斯(James Hargreaves)的珍妮机、理查德·阿克莱特(Richard Arkwright)的水力纺纱机和塞缪尔·克朗普顿(Samuel Crompton)的骡机的发明,纺织业的生产效率显著提高。随后,詹姆斯·瓦特(James Watt)在布莱克的量热学理论指导下,改良了旧版蒸汽机,并发明了新式的“单缸单动式”和“单缸双动式”蒸汽机,从而大大提高了蒸汽机的动力。

(二)在国家层面,第一次科技革命将英国推上了“世界工厂”的优势地位

随着蒸汽动力的技术不断突破以及逐步被应用到生产实践中,英国的纺织业、煤炭冶金业与交通运输业开始取得革命性发展,不仅改变了英国的产业结构,推动了英国经济蓬勃发展,综合国力迅速提升。例如:1770年,英国棉纺织工业的产值只有50万英镑,只占国民收入的0.5%;1812年,其棉纺织工业产值达到了2300万英镑,占国民经济总量的7%-8%;1848年,其棉布产量占世界总产量的一半以上。^⑤在煤炭方面,英国原煤产量在1800年和1830年间翻了一番;1830年至1845年间再翻一番;而在整个19世纪,英国的原煤产量增加了30倍,其煤产量占全世界总量的2/3。^⑥在生铁方面,1800年英国只占世界钢铁总产量的19%,到1850年则占到世界钢铁总产量的52%,其生铁产量甚至高于世界其他国家的总和。^⑦与此同时,蒸汽技术的突破还带来了英国人口的集聚,加速了城市化的发展,充实了工业劳动力。例如:1760年,英国人口在10万以上的城市只有伦敦一个,到1851年,已有7个人口超过10万的城市,而人口5万以上的城市也增加到了13个。^⑧在军事领域,以蒸汽为动力的舰船开始大量出现,并成为欧洲各大国争夺海上霸权的重要工具,欧洲大国海军的海战武器装备水平因而大大提高,其结果是,欧洲海军从帆船时代进入铁甲舰时代。^⑨总之,第一次科技革命显著提升了英国的科技、经济与军事等硬实力,使之迅速崛起为全球头号强国。

(三)在国际体系层面,英国凭借自身的实力优势建立了以本国为核心的欧洲国际秩序

随着拿破仑帝国在19世纪初的战败,英国、俄国、奥地利、普鲁士和复辟的法国在奥地利召开了国际关系史上有名的维也纳会议。该会议根据强权政治与正统主义等原则,通过战胜国对战败国财产的瓜分,重新划分了欧洲的政治版图,最后建立了维也纳体系,这是一种服务于欧洲主要大国的国际秩序。鉴于第一次科技革命成就了英国“日不落”帝国

的地位,同时也毫无疑问地促其成为维也纳体系的核心国家。具体而言,维也纳体系就是以英国为中心的欧洲均势秩序,它通过定期和不定期的国际会议机制,来协调和仲裁列强间的利益和矛盾,借此维护欧洲大国利益与均势格局。正因为如此,这一机制也被称为“欧洲协调”(Concert of Europe)机制,是现代意义上首个地区性安全国际机制,主要建立在两项原则之上:一是各大国要克制在欧洲扩张领土的野心,尽量避免发生大规模战争;二是当欧洲大陆的内乱或国家间争斗即将引发战争时,各大国要努力以和平方式解决争端。显然,这种大国合作共管欧洲事务的方式使“均衡、克制与合作”成为后拿破仑战争时期欧洲政治的重要标志性原则。^④

四、第二次科技革命与英国主导的欧洲均势秩序的崩溃(19世纪50年代至20世纪40年代)

与第一次科技革命集中爆发于英国的特点不同,第二次科技革命覆盖的地理范围更为广阔,德国、美国与日本在科技领域都取得了实质性进步与发展。其中,德国是第二次科技革命的急先锋,通过充分利用各种新技术和新装备,彻底完成了以农业为主体的经济形态向工业为主体的经济形态的转变。与此相对,英国在该时期由于受到了因循守旧、不善变通等因素的影响,其主导的欧洲均势秩序也因德国的崛起开始趋向崩溃。

(一)从科学家的角度看,德国之所以成为第二次科技革命的主要发源地,主要是它同时具备了诸多优势

首先,社会层面的改革为德国的科技发展提供了坚实的基础。19世纪中叶的德国由于推行了“普鲁士式”的土地革命,农民因而成为自由人,为资本主义农业和工业化的发展提供了充裕的劳动力。在此过程中,德国国内的容克贵族凭借“赎买”政策实现了其资本的原始积累,一方面通过从英法等国购买先进的机器设备并开设工厂的方式扩大自身的工业实力,另一方面通过将其经济实力扩充到庄园地产领域的方式为农业机械化创造条件。其次,国家对教育的重视与科技发展密不可分。早在德国统一

前普鲁士就开始高度重视本国科学教育的发展,并开启了意义深远的洪堡教育改革:一方面主张推行普遍义务教育,完善中学教育计划,特别是将数学和自然科学等基础课程定为学生必修课;另一方面反对国家行政干预教育和学术活动,推行充分的学术自由原则和“科学研究优先”的方针,导致其国民教育普及率显著上升。1871年德意志统一使得德国的工业化进程进一步加快,国家组织和设立了许多科学研究机构,十分注重将科学成果引入生产领域,因而逐步形成了高等教育与工业界紧密结合在一起的良好循环局面。其结果是,先进的工业科技文化在德国蓬勃发展,很快涌现了一批具有开创性精神的自然科学家,他们把基础理论研究、应用科学研究同生产过程紧密联系起来,互相渗透、相互促进。^⑤例如:在物理学领域,既有提出量子理论的开创者马克思·普朗克(Max Planck),也有相对论提出者的阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)。在化学领域,弗里德里希·维勒(Friedrich Wohler)从无机物人工合成了有机物——尿素,打破了只靠动植物有机体中的生命力才能创造出有机物的生命力论;尤斯图斯·李比希(Justus Liebig)从科学上说明了施肥的道理;凯库勒(Friedrich Kekule)提出了“苯理论”,奠定了原子价理论的基础。在实用技术领域,^⑥西门子最先将科技发明运用于工业生产领域,1866年他制造出第一架大功率直流发电机,首次完成了机械能向电能的转变;1879年他发明了电动机,实现了将电能转变为机械能的突破,并据此建造了第一条电车轨道。据相关文献记载,1851年至1900年间的重大科技创新和发明创造,有202项属于德国,超过英法总和,仅次于美国而居世界第二位。

(二)在国家综合实力方面,第二次科技革命为德意志帝国时期的经济飞速发展提供了契机

动能的转换与内燃机、电机的发明极大地提升了德国的工业生产效率。例如:在统一以前的1860—1870年,普鲁士的工业年平均增长率仅为2.7%,统一后的德国在头10年里的工业年平均增长率就提升

到了4.1%,而1880—1890年间的工业年平均增长率进一步提高到了6.4%。^③从工业增长角度看,德国在该时期的工业增长速度远超老牌资本主义国家,不仅如此,其工业生产总量还分别在1874年和1895年超过了英国和法国。在煤炭、钢铁生产方面,德国在1870—1913年间的煤炭开采量从3400万吨增至27730万吨,钢产量从17万吨猛增至1832万吨,铁产量从139万吨增至1931万吨。^④其结果是,到了第一次世界大战前的1913年,英美德三国在世界生铁产量的比重分别为13.3%、39.3%和24.1%,钢产量的比重分别为10.2%、41.5%和24.7%。^⑤这使得德国的钢铁产量仅次于美国,成为欧洲第一、世界第二的钢铁大国。

随着国家科技与军事实力的显著增强,主权国家对国家利益的界定往往越具扩张性,制定国家战略目标时也更野心勃勃。^⑥19世纪80年代后,德国因其经济实力的不断膨胀而使得本国的资产阶级不甘坐视其他国家纷纷霸占世界原料产地与市场的局面继续下去,因而开始向海外扩展自己的势力。1882年,德国工业家与银行家建立了德意志殖民协会,广泛宣传扩张政策,鼓吹殖民侵略;1883年,德国商人吕德里兹(Franz Adolf Lüderitz)不顾英国的反对而将南非盛产金刚石的安哥拉·佩昆那港(今吕德里茨港)宣布为德国的保护地。19世纪90年代德皇威廉二世(Kaiser Wilhelm II)执掌政权后,德国开始实行全速前进的“世界政策”,其核心内容就是推行殖民主义与海军扩张主义政策,旨在争夺世界霸权。时任德国外交大臣伯恩哈德·比洛(Bernhard Bulow)为这一政策辩护说:“要是我们没有强大的陆军与海军,没有巨大的威力,我们就不会幸福,在未来的世纪里,德国人民不是当铁锤就是当铁砧”。^⑦

(三)在国际体系层面,随着德国的统一与崛起,19世纪初期以英国为主导的欧洲均势秩序受到多重冲击

首先,在权力结构上,维也纳体系中的均势格局被打破,英国因错失第二次科技革命的发展机会而

导致其综合实力相对衰弱,而德国则借助第二次科技革命的契机快速崛起,并成为欧洲地区与英国相匹敌的同等强国。其次,在规则制定与国际社会主流价值方面,由于西方列强主导的国际社会正处于大国肆意抢占殖民地与市场的时代,维也纳体系支撑的“欧洲协调”秩序相应也是建立在维护英国霸权为核心的国际结构基础之上,因此,国际社会在强权政治横行无阻的背景下不可能形成统一且具有共识性的主流价值规范或规则。其结果是,狂热的帝国主义、民族利己主义、沙文主义和军国主义充斥着国际社会,因为当时大多数政治家和军事家都信奉“战争是上帝规定的法则”,只有用战争手段来解决争端才是“真理”。^⑧可见,在第一次世界大战前的国际社会中,军事实力是国家生存的主要手段,而国际秩序的建立与维护完全是以国家自身实力为基础,而非取决于相应的规则或制度。但是,一旦维持国际秩序主导国的实力相对下滑,该秩序的稳固性就必然面临冲击的危险。这表明英国主导的欧洲均势秩序随着德国的非和平崛起必然要面对最终崩溃的结局。

五、第三次科技革命与两极均势秩序(1945—1991年)

二战结束初期,受前两次科技革命的影响,科学技术与国际秩序互动关系逐渐由此前单向影响往双向影响演变的发展趋势。以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程等科学发明和技术应用为主要标志的第三次科技革命在美苏两极对抗的背景下逐步展开。为了占据优势打败对方,美苏均通过动用国家资源的方式,采取优先聚焦军工领域的国家战略,集中开展了竞争性科技研发活动,同时大力推动科学技术成果快速转化为军事和经济实力。

(一)科学家作为科技创新的原发动力成为美苏竞相争夺的主要对象

二战末期,美苏竞争初现端倪时就开始了对德国导弹专家的争夺。众所周知,20世纪30年代是德国宇航理论和火箭技术蓬勃发展的时期,出现了一

大批优秀的科学家。这些科学家便成为美苏在二战结束时高端人才争夺的主要对象。例如,德国火箭专家沃纳·冯·布劳恩(Wernher von Braun)带着自己的设计团队525人和积累13年的重要研究资料投奔了美占区,1945年9月他与115名德国顶级导弹专家和家属在美国的安排下去了美国。^⑧移居美国后,冯·布劳恩任美国国家航空航天局(NASA)的空间研究开发项目的主设计师,主持设计了阿波罗4号的运载火箭土星5号。NASA这样形容冯·布劳恩:“他是史上最伟大的火箭科学家。他最大成就是在担任NASA马歇尔太空飞行中心总指挥时,主持土星5号的研发,成功地在1969年7月首次达成人类登陆月球的壮举。”另一方面,苏联也动用国家力量在德国全境网罗人才,并承诺:只要参与过导弹研发工作的人员肯合作,都将在苏联占领区得到充足的实物和优越的工作岗位。^⑨1946年10月,德国导弹控制系统专家赫尔穆特·格罗特鲁普(Helmut Groettrup)和近6000名技术人员投奔了苏联,其中包括200名导弹工程师和他们的家人。这些人被安置在距莫斯科150公里处的赛尔戈湖中的一个小岛上,不仅帮助苏联完成与重建了V-2火箭导弹项目,而且还为后续多项导弹系统(R-10、R-12和R-14)提供了改进方案。

(二)从国家层面看,美国为赢得冷战的胜利在战时“大政府”运作模式上催生了巨大的军工复合体(Military-Industry Complex)

虽然美苏均采用“大政府”“大科技”的发展模式,但在具体操作上各有不同。其中,美国打造的“政府—工业—学术复合体”模式在冷战时期发挥着美国大科技(Big Science)发动机的作用。“曼哈顿计划”(Manhattan Project)的组织者和领导者、美国科学研究局(Office of Scientific Research and Development, OSRD)创立人范内瓦·布什(Vannevar Bush),为二战后美国的科技研发设计了行动纲要,并促使美国政府于1950年成立了美国科学基金会(National Science Foundation, NSF)。1945年10月,美国战争部长

罗伯特·帕特森(Robert Patterson)高度评价了美国科学家在维护国家安全中的作用,称“美国的实验室现在成为我们第一道安全防线”。众所周知,1949—1950年间“国家安全”开始成为冷战的首要议题,美国各政府部门为此在大学和工厂资助了大量的大型研发项目。截至1956年,美国国防项目的开支已占据全国工业研发项目总开支的一半以上。同时,政府还鼓励高校教学与科研相结合,这使得麻省理工学院和斯坦福大学一度成为美国的科技研发重镇。^⑩另一方面,苏联采用的是政府主导、科学家聚集起来集中研发的模式,即科学家和家属封闭生活在某个特定区域,享受优于平常百姓的物质生活,科学家与政府高官之间始终保持着高效沟通的绿色通道。例如,科罗廖夫(Сергей Павлович Королёв)曾是赫鲁晓夫最为赏识的科学家,甚至有权越级直接向赫鲁晓夫汇报。这种近乎“随意”的工作模式给苏联早期的外空技术发展带来了一定的效率和成果。^⑪1957年,苏联成功发射了人类第一颗人造地球卫星;1961年,又成功发射了第一艘载人飞船。为了能赶超苏联,夺回其在太空竞赛中的优势,美国加大了研发经费的投入,例如“阿波罗项目”的研发经费占联邦政府开支的2.2%,是“曼哈顿计划”的两倍多。^⑫

总的看,美苏在冷战时期均把科研资金的绝大部分投入到了军事技术和太空技术方面,其民用科研经费必然处于被挤压状态,加之其开发出的科研成果因具有机密性而不能在一定时期内转化为民用,必然会造成其工业创新速度的相对下降,从而削弱其市场竞争力。在此背景下,美苏主导的国际秩序的基础必然会发生动摇。

(三)从国际层面看,美苏作为两个超级大国对国际秩序的构建和维持具有决定性作用,但双方之间的实力对比主要取决于各自综合实力的发展

美苏冷战是在核时代背景下进行的,而核武器所具有的大规模杀伤力首次让人类面临自我毁灭的能力。首先,核武器是冷战时期美苏竞争的重要领域,双方因拥有核武器而实现了“威胁平衡”(balance

of threat);^④其次,核战争“相互确保摧毁”(Mutual Assured Destruction, MAD)的本性使得战争没有赢家,因此,美苏在核武器领域的斗法难分伯仲;最后,为了打破“核僵局”,美国开始将军备竞赛拓展到外空领域,同时在遥遥领先计算机科技领域向苏联频频示威。^⑤例如,里根(Ronald Wilson Reagan)时期美国军事外层空间研究拨款在国家科学投资构成中的比例高达85%左右,比1975-1980年的62-64%增加了20个百分点以上。另一方面,美国为军事目的而开发的科学技术,多数只能用于军事工业,而且技术越向尖端发展,其同民用的距离就会越大。例如,在1957到1989年间,全球共发射了3196颗卫星和宇宙飞船,其中苏联发射了2147颗,美国发射了773颗,其中约60%为军用卫星,1/3为可拍照的军事侦察卫星。^⑥同时期,苏联科研经费总额的75%用于军事技术研究。但是,苏联政府着力打造的军工复合体超常规发展模式使得其科学军事化研究与社会生产和经济发展严重脱节,公众的消费需求难以得到满足,^⑦从而导致其国民经济发展迟缓,不仅难以继续支撑其与美国竞争下去,而且还注定了其在冷战中必然遭遇最后失败的命运。另一方面,美苏“两蚌相争”的发展态势使得日本和西欧的科技发展拥有更多的空间和机会,为国际格局朝着多极化发展、国际秩序朝着民主化前进创造了条件。

六、第四次科技革命与美国霸权秩序的衰落(1991年至今)

冷战结束后,美国依靠强大的综合国力成为全球霸权国家,建立了以美国主导的霸权秩序。^⑧与此同时,世界多极化也在发展。事实上,二战后建立的联合国和关贸总协定,为增进主权国家间政治、经贸往来构筑了多边平台,奠定了全球化发展的国际组织基础。后冷战时期,全球化发展的步伐不断加快。例如,资金、技术、人员、信息的全球化流动使得人类科学技术创新层出不穷,有力地推动了第四次科技革命的兴起,其中以算法、程序与数据等数理运算方法与逻辑理论发展为根基的信息技术和生物技

术成为这一轮科技革命的代表性技术。

(一)在当今世界互联互通的全球化背景下,科学家的跨国流动日趋频繁,推动人类社会开始进入第四次科技革命时代

科学家作为全球化时代知识资本流动的载体,其所拥有的“缄默知识”需要通过个体间的互动来实现共享和传播。^⑨科学家流动既具有积极的知识溢出效应,又是国家和机构获得竞争优势和组织声望的主要途径。例如:过去40年科学家流动变得越来越普遍,流动距离越来越大,科学家流动的重心正在以每10年700公里的速度向东方迁移;同时,科学知识生产的重心正在以每10年1300公里的速度向东方国家迁移。^⑩二战结束后相当长的时间里,全球科学精英在以不同形式向美国与苏联集聚或流动,但是到了20世纪90年代后,随着一些新兴工业国的出现,原本典型的智力外流国如中国、印度、巴西等新兴国家开始出现大量海外人才回流的现象。^⑪未来,科学家在中国城市与欧美城市之间将进一步趋于双向平衡流动的状态。“中—美—欧”作为全球科技三极的趋势将更加明显,中美、中欧和欧美将成为世界范围内科学家流动的三大主轴。例如,在现居海外城市受调查的科学家中,计划或考虑未来5年里来上海发展的比例为4.2%,来北京发展的为3.6%,来深圳发展的为2.2%。^⑫显然,科学家与知识精英的跨国流动带动了科学知识生产重心的转移,知识精英的跨国回流及其携带的知识、技术成为提高输入国科技实力的重要资源,其结果是促进了全球层面科学技术的交流与进步。总之,科学家在全球范围的跨国界流动成为人类第四次科技革命原动力生成机制的主基调。

(二)从国家层面而言,科学精英的全球范围内流动深刻改变着各国的科技和产业发展图景,从而有力地推动了知识技术的共享、传播、扩散和使用

后冷战时期的全球化浪潮使得超国家行为体——跨国公司、非政府组织迅猛发展,尤其是专业性的国际行会、国际组织在全球治理领域里发挥的积极作用

越来越明显,如国际民航组织(ICAO)和国际航协(ITAT)等。首先,专业性国际组织的数量不断增多。例如,冷战时期国际科技组织数量比冷战开始前增加了157个;冷战结束后不到30年的时间里科技组织数量增加了374个,增长率比冷战期间高出138%。^⑤其次,在涉及主权国家安全、国际安全的太空领域,加强国际对话与沟通的态势愈发明显。这一典型表现具体体现在全球卫星导航系统国际委员会(International Committee on Global Navigation Satellite Systems, ICG)的成立上。该组织于2006年建立,是联合国推动成立的政府间非正式组织,旨在促进民用卫星定位、导航、正时和增值服务及各种全球卫星导航系统的兼容性和互通性。该组织下设一个供应商论坛,由全球提供卫星导航服务的国家——美国的全球定位系统(GPS)、俄罗斯的格洛纳斯系统(GLONASS)、欧洲的伽利略系统(GALILEO)和中国的北斗系统(BeiDou)组成。最后,科学精英的全球范围内流动推动国家间的实力发展不平衡更加凸显,导致大国间的战略博弈进一步加剧。进入21世纪后,由于恐怖主义、金融危机等非传统安全问题更加突出,以美国为首的西方国家经济发展受到严重影响,经济恢复乏力;另一方面,以中国和印度为代表的非西方国家的群体性崛起,导致美国与新兴经济体国家间的竞争不断加剧。《2020年全球创新指数报告》(GIIR)数据显示:美国拥有25个领先的科技创新集群,是全球科技创新集群数量最多的国家;中国凭借17个全球领先的科技创新集群而排名世界第二。^⑥这一年,中国GDP总量也达到了美国GDP总量的74.8%。^⑦这表明两国实力差距已大幅缩小,不仅激化了中美之间的结构性矛盾,而且还促使美国加大了其对华科技遏制的力度。例如,特朗普(Donald Trump)政府上台后,战略竞争与遏制成为美国对华主要外交选项,美国不仅加大了其对华技术进出口和中国在美科技企业的限制,还加强了对来自中国的科学、技术、工程和数学(Science, Technology, Engineering, Math, STEM)相关专业留学生与学者学术交流的限制;拜登(Joe Biden)主政白宫后,中美科技竞争

态势依然紧张激烈,特朗普的政治遗产依然在发挥影响。

(三)在国际层面,美国作为全球霸权国家的实力有所削弱,其主导的国际秩序正在悄然发生变化

学界普遍认为,美国主导的战后国际秩序正在面临衰弱,世界正进入“百年未有之大变局”,国际秩序正朝着更为广泛的多边区域秩序方向发展。^⑧具体而言,现有国际秩序正面临来自权力结构变换、主导性价值转变与规则制定权竞争三个方面的冲击。首先,在权力结构上,新兴国家科技实力与综合国力的崛起加速了美国全球霸权地位的弱化,世界格局朝着力量更加均衡的格局演变;其次,在主导性价值理念方面,冷战时期美国主张并推广的所谓“自由民主的价值理念”难以应对全球恐怖主义、极端主义与民粹主义等多重因素的挑战,加之特朗普时期的美国主动从国际秩序捍卫者的角色中退出,使得这种冲击的效果进一步放大;^⑨最后,在规则制定权方面,由于特朗普时期的美国抛弃了此前美国建立的一系列制度与规则,不仅撕毁了《伊核协定》,而且还退出了《巴黎协定》和世界卫生组织,严重损害了其国际规则话语权,进而削弱了其国际地位。正如约翰·伊肯伯里(John Ikenberry)所言,“自由主义秩序正在崩溃,因为它的领导者美国放弃了它”。^⑩

七、科技革命与国际秩序互动的内在逻辑与发展趋势

国际社会无政府状态的本质使得科技革命成为主权国家综合国力提升的重要推动力。综观人类四次科技革命(A)和国际秩序(B)变迁的历程,以及基于从科学家、国家与国际体系三个维度的分析,我们可以清楚地看到第一、二次科技革命与国际秩序的互动与第三、四次两者之间的互动存在显著差异,即从A—B模式转向了B—A模式。

(一)国际规则与规范、国家能力和科学家的身份认同是促成不同历史时期科技革命与国际秩序差异性互动的内在逻辑

科技革命与国际秩序的差异性互动产生了内在

的逻辑,主要表现在以下三个方面:

1. 国际规则与规范是建立和维护国际秩序的前提条件

首先,第一、二次科技革命均诞生于欧洲,决定了欧洲大国必然是国际秩序的建立者和维护者,尽管当时的国际秩序是“欧洲秩序”。一战之后形成的凡尔赛-华盛顿体系依然以欧洲秩序为中心,真正全球层面的国际秩序尚未形成。国家间的共识性规则与规范只是初步达成,因而对相关国家行为的约束力较弱,无法对整个主权国家的行为形成强力制约。

其次,二战结束之初,伴随联合国、关贸总协定和国际货币基金组织等全球性国际组织的建立,真正全球层面的国际秩序才逐步建立起来,国际社会逐渐确立了“民族自决”与“集体安全”这两大国际理念,同时还建构了相应的国际规则和国际规范,既约束了国家间的互动行为,又规范了国家围绕科学家流动、科技与产业发展方向的竞争行为,有力地推动了第三次科技革命的发生和发展。从这个角度而言,国际规则与规范的建立与否直接影响了不同时期科技革命与国际秩序的互动模式。

2. 国家能力的大小直接决定了一国在国际秩序构建和维护过程中的地位和作用

从中观层面而言,科技革命与国际秩序的互动模式还受到主权国家能力的影响。这里的国家能力不仅是指政府作用于市场与社会的能力,而且也是指国家贯彻和实现自己目标和意志的能力。^⑥在第一、第二次科技革命时期,由于社会思想冲破了封建宗教观念的束缚,科学理论开始朝着百家争鸣的态势发展与突破。但是,该时期欧洲各国综合实力与国家能力总体上较弱,各国的主要精力集中在了应对外部威胁上面,因而缺乏干预或引导社会思潮与市场发展方向的意愿和能力,导致科技进步呈现出自由发展的状态。到了第三、四次科技革命时期,经历过一战和二战战火洗礼的主权国家,其政府对社会的管理能力普遍提升,其综合国力与国家能力也都得到了较为充分的发展。二战结束后,美苏因先

后成为拥核国家而实现了“威胁平衡”,进而造成东西方阵营形成权力均势。在此背景下,美苏为争夺国际规则的话语权和主导权,通过动用国家战略资源,采用不同科技管理模式,大力推动科技创新,同时运用国家权力干预科学家流动,以确保本国科技资源不流入他国。在后冷战时期,信息、技术、资本、生产流动的全球化浪潮推动了科学家和科技组织的跨国界流动,催生了基础科学的突破、应用技术的创新和产业革命的升级,导致美国主导的自由主义霸权秩序面临巨大挑战。显然,国家能力特别是大国能力的强弱变化可以直接影响当今科技革命与国际秩序的互动模式。

3. 科学家的身份认同直接决定一国实力的大小,进而决定该国在国际秩序构建和维护过程中的地位和作用

从微观层面而言,科学家的身份认同指的是其归属感。众所周知,科学精神与情怀是科学家的“职业属性”;国家与民族则是科学家的“身份属性”。因此,科学家的身份认同就是指他们对于“我是谁”以及“我立于何处”的理解。^⑦此外,人类科技革命发展的历程显示,科学家存在和聚集的地区始终都是基础科学研究和产业技术变革最为活跃的区域。在第一、第二次科技革命时期,科学技术水平相对较低,各国间经济社会交往与流动性较弱,科学家在国家认同问题上的身份属性相对比较稳定,其追求科学精神与信仰的职业属性占据主导地位。然而,人类经历的第一次世界大战和第二次世界大战,开始将“科学家”与“战争”联系在一起,科学家的国家身份属性也因此而逐步发生变化。如果说二战时期美国邀请英国和加拿大科学家共同加盟“曼哈顿计划”,不仅加快原子弹的研发速度,而且还实现了科学家的跨国界合作,那么美苏间战略竞争态势的缘起则直接表现为两国在二战末期对德国导弹专家的争夺。当德国火箭专家布劳恩与德国导弹控制系统专家格罗特鲁普分别带着自己的研究团队投靠美国和苏联之日起,德国科学家的身份属性就发生了变化,

尽管这种国家身份属性的变化并未影响其为美国或苏联在外空武器研发领域作出卓越贡献。从这一意义上讲,二战结束以来的国际秩序,无论是冷战时期的美苏均势秩序,还是后冷战时期美国主导的自由霸权秩序,都是以第三、四次科技革命为背景依托。一方面,国家间互动更加频繁,国际社会交流日益密切;另一方面,国家间的竞争和博弈更为激烈与复杂。例如,在当前全球化背景下的第四次科技革命中,资金、技术、信息的全球化流动极大地推动了科学家的全球化,科学家工作场域的变化更为频繁,导致科学家的国家身份属性也随之发生变化,不仅没有影响整个人类科学技术创新进程,而且还有力地推动了这一趋势的发展进程。但是,对于国家而言,尤其是对于大国而言,由于科学家身份认同的变化是发生在不同的国家之间,因此,科学家的流动方向势必对相关国家的整体实力产生重大影响,进而也一定会在科技革命与国际秩序互动模式上发挥关键性的作用。

(二)科技革命与国际秩序互动的未来发展路径

科技革命与国际秩序的互动在未来将主要表现在以下三个方面:

1. 科技革命依然会遵从科学革命到技术革命再到产业革命的发展逻辑路径

人类经历的科技革命历程显示:科技创新的原动力,无论是内生动力还是外来冲击,即无论是源自主权国家内部的国泰民安、经济富足、思想启蒙和科学探究精神盛行,还是源于外来威胁(external threat)的不断加大或国家间竞争的不断加剧,基础科学研究领域的创新始终都是最为原始的驱动力,而后才能扩展到技术应用领域,即以技术革命带动产业升级,进而引发产业革命,最后通过生产与交换的产业化和商业化实现社会财富的大幅增长。从这一意义上说,高等院校和科研院所担负着基础科学研究突破和“产学研”纽带的双重重任,发挥着一种不可替代的战略支撑作用,因为人类历史上的四次科技革命充分彰显了高等教育中基础理论研究与科技应用

相结合后所迸发出来的强大生产力及其对国家实力和国际秩序变迁的重大影响力。

2. 产业革命创造社会财富,提升国家能力,进而推动国际规则和规范的变革

人类历史上的前三次科技革命都充分显示:科技创新本身并不会增加社会财富,只有和工业化生产、市场结合并转化为经济收益后,才能提升国家的实力和能力。例如,苏联解体的教训表明:国家实力的增长不能单纯倚重“威望科技”(prestige technology),因为威望科技既不能充分转发为普遍用途科技(general purpose technology),也无法直接转化为国家财富,而且还会消耗国家巨大的科技资源与经济资源,进而削弱国家实力和能力。当前,西方民主观与治理理念在难民危机、金融危机和新冠肺炎疫情背景下暴露出了巨大的危机,以中国为代表的新兴国家治理理念与发展理念开始受到国际社会高度关注,从而推动了国际秩序观的重构。正如部分学者所言,当前国际秩序观正在从过去强调以纯粹个体理性为主导的西方中心主义逻辑观念朝着以强调关系理性与交往理性为主导的多元和谐共生理念转变。^①从这个角度而言,中国在关于未来秩序的讨论上不应执拗于中西方的“制度之争”,而应从全局出发,将重心放在全球各项治理议题中的有效解决方案上,在优化和创新国内治理制度的同时,为国际社会提供更好的发展理念与治理方案,最终推动国际规范与规则的转变。

3. 新兴国家正在经历科技“跨越式”发展,其庞大国内市场产生的“外溢效应”将助其在未来国际秩序中占据有利地位

国际社会的无政府状态以及全球化时代国家间的相互依赖,将不可避免地导致高科技在发展过程中出现“技术扩散”和“技术封锁”的两难困境。众所周知,高科技产品产业化、市场化的过程实际上就是一个技术扩散的过程;如果技术霸权国家为了维护其霸权地位和科技发明优势而刻意阻断技术扩散进程,势必会生成逆全球化浪潮的孤立主义,不利于国

家财富的持续稳定增加;而且在历史的长河中,任何国家的创新能力仅能维持短暂的一个阶段。^②当前,美国等一些西方发达国家的经济发展陷入低迷,新兴市场国家和发展中国家占全球经济总量的比重已接近40%,对世界经济增长的贡献率已经达到80%,表明以中国、印度为代表的新兴国家经济体不仅能够吸收和借鉴世界顶尖科技的过程中实现“跨越式”发展,而且其“外溢效应”还能在一定程度上助其实现后来居上的发展目标。世界知识产权组织连续多年发布的《专利合作条约》和《全球创新指数》可充分佐证这一发展态势。在这意味着这些国家在未来的国际秩序中也能够占据更加有利的地位。

八、结语

当前,人类正在经历由人工智能、生命科学、物联网、机器人等技术革新组成的第四次科技革命,这些创新会带来物理空间、网络空间和生物空间三者的融合。一方面,伴随着全球化的发展以及技术扩散速度的加快,从第一次科技革命到第四次科技革命的周期逐步缩短,从基础理论研究突破到社会财富增加的进程缩短,高科技在提升公众生活质量的同时也加剧了国家间的竞争;另一方面,国际秩序变迁的周期相应缩短,从由英国主导的百年均势、美苏长达45年的冷战对峙再到后冷战时期的一超多强的变迁速度也在加快,二者呈正相关曲线分布。新冠肺炎疫情全球蔓延以来,美国主导的社会治理模式暴露出诸多弊端,而中国的治理模式愈发显示出其优越性,中美战略竞争加剧。但是,这种战略竞争不同于以往历史上的大国竞争,因为其竞争焦点不是军事实力和领土的扩张,而是权力竞争引发的国际规则、标准、贸易和科技的全方位竞争。应当承认,美国依靠“全球顶尖科技人才聚集”产生的红利,依然能在一定程度上确保其科技创新势头不减,但特朗普上台以来美国政府持续在美华人科学家和留学生问题上采取打压政策,势必产生“多米诺骨牌”效应,美国或将不再是国际优质科技人才的首选目标国家,这将为包括中国在内的新兴市场国家网罗天

下英才提供了历史机遇,同时也为其持续崛起并构建新的国际秩序提供了历史机遇。

注释:

① Daniel W. Drezner, "Technological Change and International Relations," *International Relations*, Vol. 33, No. 2, 2019, pp. 286-303.

② 习近平:《共同构建人类命运共同体——在联合国日内瓦总部的演讲》,新华网, <http://cpc.people.com.cn/n1/2017/0120/c64094-29037658.html>, 登录时间:2020年4月5日。

③ 李克强:《准确把握世界科技革命产业变革新趋势》,新华网, http://www.xinhuanet.com/politics/2017-06/25/c_1121206210.htm, 登录时间:2020年4月5日。

④ Maurice Pearton, *The Knowledgeable State: Diplomacy, War, and Technology Since 1830*, London: Burnett Books, 1982; Mikael Nilsson, "The Power of Technology: U. S. Hegemony and the Transfer of Guided Missiles to NATO During the Cold War, 1953-1962," *Comparative Technology Transfer and Society*, Vol. 6, No. 2, 2008, pp. 127-149; Daniel R. Headrick, *Power over Peoples: Technology, Environments, and Western Imperialism, 1400 to the Present*, Princeton: Princeton University Press, 2010; Carina Meyn, "Realism for Nuclear-Policy Wonks," *The Nonproliferation Review*, Vol. 25, No. 1-2, 2018, pp. 111-128.

⑤ Ronald J. Deibert, *Parchment, Printing, and Hypermedia: Communication in World Order Transformation*, New York: Columbia University Press, 1997, p. xi, 329; Geoffrey Herrera, *Technology and International Transformation: The Railroad, the Atom Bomb, and the Politics of Technological Change*, Albany: State University of New York Press, 2006; 黄琪轩:《大国权力转移与技术变迁》,上海:上海交通大学出版社,2013年版;任琳、黄宇韬:《技术与霸权兴衰的关系——国家与市场逻辑的博弈》,载《世界经济与政治》,2020年第5期,第131-153页。

⑥ Kenneth N. Waltz, *Theory of International Politics*, New York: McGraw-Hill, 1979; Robert Gilpin, *War and Change in World Politics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

⑦ R. Cooper, *The Economics of Interdependence: Economic Policy in the Atlantic Community*, New York: Columbia University Press, 1980, pp. 105-106.

⑧E. Morse, "Transnational economic processes," *International Organization*, Vol. 25, No. 3, 1971, pp. 373-397.

⑨R. Rosecrance, *The Rise of the Trading State: Commerce and Conquest in the Modern World*, New York: Basic Books, 1985, pp. 23-26.

⑩Alexander Wendt, *A Social Theory of International Politics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 256.

⑪Alexander Wendt, "Why A World State Is Inevitable: Teleology and the Logic of Anarchy," *European Journal of International Relations*, Vol. 9, No. 3, 2003, pp. 491-542; Geoffrey L. Herrera, *Technology and International Transformation: the Railroad, the Atom Bomb, and the Politics of Technological Change*, New York: State University of New York Press, 2006.

⑫Geoffrey L. Herrera, *Technology and International Transformation: the Railroad, the Atom Bomb, and the Politics of Technological Change*, p. 4.

⑬M. Taylor, "International Linkages and National Innovation Rates: An Exploratory Probe," *Review of Policy Research*, Vol. 26, No. 1-2, 2009, pp. 127-149.

⑭M. Taylor, "International Relations Theory and Technological Power," Philadelphia: The 102nd Annual APSA Meeting, 2006.

⑮Qixuan Huang, "International Institution, Market Extent and Innovation in East Asia," ITEC Beijing Forum, 2007.

⑯Margaret Osler, *Rethinking the Scientific Revolution*, New York: Cambridge University Press, 2000, pp. 3-13.

⑰C. P. Snow, *The Two Cultures and The Scientific Revolution*, New York: Cambridge University Press, 1961, pp. 30-43.

⑱冯昭奎:《科技革命与世界》,北京:社会科学文献出版社,2018年版,第13页。

⑲何传启:《第六次科技革命的战略机遇》,北京:科学出版社,2012年版;冯昭奎:《科技革命发生了几次——学习习近平主席关于“新一轮科技革命”的论述》,载《世界经济与政治》,2017年第2期,第4-24页;白春礼:《五次科技革命得出三大启示》,新华网, http://www.cas.cn/xw/zyxw/yw/201405/t20140525_4126137.shtml, 登录时间:2020年4月24日。

⑳根据何传启:《第六次科技革命的战略机遇》一书整理,北京:科学出版社,2011版。

㉑周方银:《对当前国际格局的聚类分析》,载《现代国际关系》,2000年第12期,第40-43页;阎学通:《国际格局的变化

趋势》,载《现代国际关系》,2005年第10期,第5-6页。

㉒[美]莫顿·卡普兰著,薄智跃译:《国际政治的系统和过程》,上海:上海人民出版社,2008年版,第49页。

㉓[美]肯尼斯·沃尔兹著,信强译:《国际政治理论》,上海:上海人民出版社,2003年版,第53页。

㉔[英]赫德利·布尔著,张小明译:《无政府社会——世界政治中的秩序研究》,上海:上海人民出版社,2015年版,第18-20页。

㉕袁鹏:《我们为什么探讨国际秩序变迁?》,载《现代国际关系》,2014年第7期,第1-3页;杜幼康、葛静静:《印度的国际秩序观》,载《复旦国际关系评论》,2014年第1期,第181-201页。

㉖苏长和:《从历史维度认识国际秩序的演进》,载《现代国际关系》,2014年第7期,第3-4页。

㉗刘丰:《国际利益格局调整与国际秩序转型》,载《外交评论》,2015年第5期,第46-62页。

㉘刘鸣:《国际体系与世界社会、国际秩序及世界秩序诸概念的比较》,载《社会科学》,2004年第2期,36-44页。

㉙阎学通:《无序体系中的国际秩序》,载《国际政治科学》,2016年第1期,第1-32页。

㉚门洪华:《地区秩序建构的逻辑》,载《世界经济与政治》,2014年第7期,第4-23页。

㉛唐世平:《国际秩序变迁与中国的选项》,载《中国社会科学》,2019年第3期,第187-203页。

㉜杨洁勉:《中美应对国际体系转型的战略和举措》,载《国际问题研究》,2007年第3期,第22-27页。

㉝夏立平、田博:《论国际新智缘政治的范式与影响》,载《同济大学学报(社会科学版)》,2020年第6期,第53-63页。

㉞[英]约翰·德斯蒙德·贝尔纳著,伍况甫等译:《历史上的科学(卷二)——科学革命与工业革命》,北京:科学出版社,2015年版,第287页。

㉟[法]保尔·芒图著,杨人梗、陈希秦、吴绪译:《十八世纪产业革命:英国近代大工业初期概况》,北京:商务印书馆,1997年版,第153-171页。

㊱刘祚昌、光仁洪、韩承文:《世界通史(近代卷)》,北京:人民出版社,1999年版。

㊲[法]保尔·芒图著,杨人梗、陈希秦、吴绪译:《十八世纪产业革命:英国近代大工业初期概况》,第216-218页。

㊳Arnold Toynbee, *Lectures on the Industrial Revolution of the 18th Century in England*, Cambridge University Press, 2011,

pp. 35-36.

⑨张炜、郑宏：《影响历史的海权论——马汉〈海权对历史的影响〉(1660-1783)浅说》，北京：军事出版社，2000年版，第15-16页。

⑩[美]迈克尔·曼德尔鲍姆著，军事科学院外国军事研究部译：《国家的命运：19世纪和20世纪对国家安全的追求》，北京：军事科学出版社，1990年版，第4-5页。

⑪丁建弘：《德国通史》，上海：上海社会科学院出版社，2012年版，第226页。

⑫发现无线电波的亨利希·赫兹(Heinrich Hertz)、发现X光的威廉·伦琴(Wilhelm Rontgen)以及著名实用科学家维尔纳·西门子(Werner Siemens)等都是该领域杰出的代表人物。

⑬樊亢、宋则行：《外国经济史(近代现代)》第二册，北京：人民出版社，1981年版，第110页。

⑭吴友法、黄正柏主编：《德国资本主义发展史》，武汉：武汉大学出版社，2000年版，第147-148页。

⑮Wilfried Feldenkirchen, Die Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebiets 1879-1914, Wiesbaden: Steiner Verlag, 1982, p. 170. 转引自钱乘旦总主编：《德国通史(第四卷)》，南京：江苏人民出版社，2019年版，第346页。

⑯唐世平：《一个新的国际关系归因理论》，载《国际安全研究》，2014年第2期，第3-41页。

⑰The World War I Document Archive, "Bülow's 'Hammer and Anvil' Speech before the Reichstag", https://wwi.lib.byu.edu/index.php/B%20C3%BClow%20s%20Hammer_and_Anvil%20Speech_before_the_Reichstag, 登录时间：2020年4月28日。

⑱丁建弘：《德国通史》，第289页。

⑲范海虹：《苏联与美国外层空间竞争研究(1945-1969)》，北京：九州出版社，2014年版，第27页。

⑳解宏乾：《纳粹科学家何去何从 美苏人才争夺战》，载《国家人文历史》，2015年第5期，第58-61页。

㉑David Reynolds, Science, Technology, and the Cold War, in Arne Odd Westad ed. Cambridge History of the Cold War, Vol. 3, Cambridge University Press, 2010, p. 380.

㉒范海虹：《苏联与美国外层空间竞争研究(1945-1969)》，北京：九州出版社，2014年版本。

㉓Paul Musgrave and Daniel Nexon, "Defending Hierarchy from the Moon to the Indian Ocean: Symbolic Capital and Political Dominance in Early Modern China and the Cold War," International Organization, Vol. 72, No. 3, 2018, pp. 591-626.

㉔John Lewis Gaddis, Long Peace: Inquiries into the History of the Cold War, Oxford University Press, 1989, p. 78.

㉕John Lewis Gaddis, Strategies of Containment: A Critical Appraisal of American National Security Policy during the Cold War, Oxford University Press, 2005, p. 358.

㉖Desmond King-Hele et. Al. eds., The RAE Table of Earth Satellites 1958-1989, 4th ed., Farnborough, UK: Royal Aircraft Establishment, 1990, pp. iv-vii.

㉗David Reynolds, Science, Technology, and the Cold War, in Arne Odd Westad ed. Cambridge History of the Cold War, p. 399.

㉘[美]约翰·伊肯伯里著，门洪华译：《大战胜利之后：制度、战略约束与战后秩序重建》，北京：北京大学出版社，2008年版，第215-236页。

㉙OECD, The OECD Innovation Strategy: Getting A Head Start on Tomorrow, Paris: OECD, 2010.

㉚Mathias Czaika and Sultan Orazbayev, "The Globalisation of Scientific Mobility 1970-2014," Applied Geography, Vol. 96, No. 4, 2018, pp. 1-10.

㉛林琳：《智力流动与经济发展研究综述》，载《经济评论》，2009年第2期，第147-160页。

㉜《2020“理想之城”——面向2035的全球科技创新城市》，新华网，http://www.xinhuanet.com/tech/2020-10/22/c_1126642800.htm，登录时间：2020年10月22日。

㉝《国际组织年鉴》电子数据库：《关键词：Science; Technology; Science and Technology》，<https://ybio.brillonline.com/ybio/>，登录时间：2020年11月10日。

㉞WIPO：《2020年全球创新指数：谁为创新出资？》https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_gii_2020.pdf，登录时间：2021年5月6日。

㉟《2020年国民经济和社会发展统计公报》，http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227_1814154.html，登录时间：2021年5月6日。

㊱Barry Buzan and Ole Wæver, Regions and Powers: The Structure of International Security, Cambridge: Cambridge University Press, 2003; Barry Buzan, "A World Order without Superpowers," International Relations, Vol. 25, No. 1, 2011, pp. 3-25; Henry Kissinger, World Order, New York: Penguin, 2014; 阎学通：《无序体系中的国际秩序》，载《国际政治科学》，2016年第1期，第1-32页；[美]阿米塔·阿查亚：《“美国世界秩序的终结”与“复合世界”的来临》，载《世界经济与政治》，2017年第6期，

第14-25页;唐世平:《国际秩序的未来》,载《国际观察》,2019年第2期,第29-43页。

⑥孙天昊、盛斌:《墙还是梯子?——美国在全球化进程中的价值冲突与特朗普政府的选择》,载《美国研究》,2019年第4期,第21-35页。

⑦John Ikenberry, "The Next Liberal Order," *Foreign Affairs*, Vol. 99, Iss. 4, 2020, pp. 133-142.

⑧[美]西达·斯考切波著,何俊志、王学东译:《国家与社会革命——对法国、俄国和中国的比较分析》,上海:上海人民出

版社,2007年版。

⑨吴玉杰:《科学情怀与中国知识分子的身份认同》,载《当代作家评论》,2017年第5期,第165-170页。

⑩郭树勇、于阳:《全球秩序观的理性转向与“新理性”——人类命运共同体的理性基础》,载《世界经济与政治》,2021年第4期,第4-32页。

⑪Joel Mokyr, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, New York: Oxford University Press, 1990, p. 206.

A Logical Exploration of the Relationship between Scientific and Technological Revolutions and the Change of International Orders

Zheng Hua Nie Zhengnan

Abstract: Scientific and technological revolution play as the role of the driving force for the development of human society and one of the core elements to promote the change of international order. The four scientific and technological revolutions in human history are in some sense led by the progress of scientific theories and characterized by technological breakthroughs. Driven by the scientific and technological revolution, the international order has gone through changes from the "Concert of Europe" to the Cold War between East and West, and to the US dominated system in the course of the scientific and technological revolutions. This paper has analyzed the four scientific and technological revolutions and their impacts on international orders one by one from the perspectives of scientist, state and international system in order to delve into the internal logic and operating mechanism of the revolution of science and technology and the change of international order, arguing that scientific and technological revolution is one of the important factors leading to the change of international order, but the latter can also affect the former's pattern. For example, it is found that scientific and technological breakthroughs, along with the movement of scientists and the diffusion of technology, have accelerated the growth of power, changed the power structure in the international system and promoted the change of the international order in the process of the first two scientific and technological revolutions. This paper proposes a model in which the technological revolution directly contributes to the transformation of the international order, which we can call A-B mode, but the opposite is also true in the last two scientific and technological revolutions, which we can call B-A mode. In summary, the identity of scientists, national capabilities and international rules and norms account for the main factors leading to the difference of international order change patterns in the interwoven interactions between scientific and technological revolution and international order. In view of this, the ongoing science and technology competition between China and the United States will undoubtedly provide new motivations, ideas and inspirations for the development of the international order in the post-pandemic era.

Key words: Scientific and Technological Revolution; International Order; Scientific and Technological Struggle between Powers; Technology Diffusion; China-US Relation on Technology