

技术浪潮与大国兴衰

——基于报酬递增与报酬递减的解释逻辑^{*}

张倩雨

内容提要：尖端技术领域的重大突破现已成为一国能否在国际政治中取得并维系卓越地位的重要决定因素，是大国兴衰更替的关键内生动力。国家基于对技术浪潮及其特征的认识做出相应的战略选择，是技术要素作用于大国兴衰进程的关键所在。在新的技术浪潮到来时，国家需要通过从事高质量经济活动进入报酬递增的轨道，在学习效应和协调效应的共同推动下崛起为具有世界影响力的大国。在捕捉到技术潜力正在走向枯竭时，国家则需要通过新技术的提前布局 and 及时换轨，避免因过载效应和锁定效应陷入报酬递减，以实现大国地位的护持。未能如此行动的国家有可能被其他通过从事高质量经济活动进入报酬递增轨道的国家超越，最终失去大国地位。棉纺织业生产技术变迁中英国的选择以及汽车制造业技术路线变迁中美国和德国的选择体现了上述逻辑。

关键词：大国兴衰 技术竞争 报酬递增 报酬递减 战略选择

作者简介：张倩雨，中国社会科学院亚太与全球战略研究院助理研究员

以 2017 年美国在《国家安全战略》报告中首次明确将中国定位为“战略竞争对手”为标志，中美关系正式被推入一个以竞争为主线的时代。其中，技术竞争是中美战略竞争中最重要也是最关键的“战场”。这是因为，新兴技术的不断涌现正在推动国家权力的本质发生深刻变化，它不仅体现为

^{*} 本文系国家社科基金重大项目“近现代大国兴衰对中国式现代化的启示研究”（项目批准号：23&ZD038）的阶段性成果。感谢《当代亚太》编辑部约请的匿名评阅专家提出的宝贵意见。文责自负。

一国的军事或经济实力，更包括对技术基础设施的控制以及塑造全球技术格局的能力。可以说，新兴技术领域的重大突破已成为一国能否在国际政治中取得并维系卓越地位的重要决定因素，是大国兴衰更替的关键内生动力。在此背景下，深化技术与大国兴衰关系的研究，揭示在新的技术浪潮到来时技术要素作用于大国兴衰更替的内在机制，对于锚定中国式现代化的前进方向、应对美国对华科技打压具有重要的战略和现实意义。

一、大国兴衰的既有解释：回顾与反思

大国的兴衰与国家的兴衰是两个既有联系又有区别的概念。后者主要聚焦一国内部经济或军事实力的增减，前者则涉及国际比较，因为“大国”不仅要在经济和军事等方面拥有强大实力，还要能对国际事务产生重要影响。大国的兴衰是推动国际权力转移与国际体系变革的关键动力。因此，已有文献多从体系层次展开对大国兴衰规律的探讨，并着眼于历史周期的视角。

马克思认为，一国的兴衰与其国内占主导的生产方式是否适应生产力发展水平密切相关，而不同国家之间兴衰更替的核心则在于资本主义的内在矛盾。在平均利润率趋向下降规律的内在矛盾展开的过程中，诸如生产与消费的矛盾、生产扩大与价值增殖的矛盾以及人口过剩与资本过剩的矛盾等逐渐尖锐化，只能“通过扩大生产的外部范围求得解决”。^① 列宁进一步指出，“经济和政治发展的不平衡是资本主义的绝对规律”，^② 这一规律使资本主义国家间的力量对比发生变化，原来的均势遭到破坏，重新瓜分世界的斗争愈演愈烈。这种斗争导致霸权的衰落和转移。而一旦非资本主义世界被瓜分完毕，资本主义作为一种“不能单独存在的经济形态……必然要崩溃”，由资本主义主导的大国兴衰循环也将走向终结。^③

在此基础上，伊曼纽尔·沃勒斯坦（Immanuel Wallerstein）提出，作为世界经济体的资本主义世界体系构成大国兴衰的背景。^④ 因此，研究资本

① 《资本论》第三卷，人民出版社 2018 年版，第 273 页。

② 《列宁选集》第二卷，人民出版社 2012 年版，第 641 页。

③ 罗莎·卢森堡：《资本积累论》，董文琪译，商务印书馆 2021 年版，第 466 页。

④ Immanuel Wallerstein, *Historical Capitalism with Capitalist Civilization*, London: Verso, 1995.

主义经济运行规律将为理解大国兴衰提供镜鉴。尼古拉·康德拉季耶夫(Nikolai D. Kondratieff)曾对资本主义经济发展的长周期波动进行过较为系统的实证研究,并提出长波理论。^①约瑟夫·熊彼特(Joseph A. Schumpeter)深度剖析了经济长波的发生机理。他发现,技术创新将使经济首先偏离均衡,而后又重新回归均衡,如此循环往复,使得资本主义周期性地爆发经济危机。^②以大卫·戈登(David Gordon)为代表的积累的社會結構理论则关注資本积累过程中的制度因素,认为积累与制度之间经历着产生—发展—衰退—转型的循环,推动资本主义经济在增长与停滞之间更替往复。^③

国际关系研究者同样认为,“用圆圈比喻历史的发展要比用箭头更贴切……研究者可以通过感悟历史循环的频率、幅度和含义来预测未来”。^④在罗伯特·吉尔平(Robert Gilpin)看来,国际政治变革是一个连续的历史循环进程,“既没有起点,也没有终点”。当政治、经济和科技的发展导致国际体系内成员国之间实力差距不断拉大时,体系内部将发生权力重新分配的根本变革,变革的主要机制是霸权战争。一次霸权战争的结束是新的霸权国主导的国际政治周期的开端。^⑤乔治·莫德尔斯基(George Modelski)通过对1494年意大利战争以来的世界历史进行分期,系统提出了国际政治长周期理论。他同样认为,构成周期变动主线的是挑战者的出现及其与当时世界领导者之间的斗争(全球战争),并以新的世界领导者的产生为新一轮循环的开始。^⑥

还有一些学者尝试从多周期叠加与互动的视角讨论大国兴衰。例如,彼得·图尔钦(Peter Turchin)认为,历史动态应被视为农业生产周期、疾病暴发周期等较短的周期与康德拉季耶夫波动这类长周期相互重叠的结果,在

① Nikolai D. Kondratieff, “The Long Waves in Economic Life”, *The Review of Economic Statistics*, Vol. 17, No. 6, 1935, pp. 105-115.

② Joseph A. Schumpeter, *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, New York and London: McGraw-Hill, 1939.

③ David Gordon, “Stages of Accumulation and Long Economic Cycles”, in Terence K. Hopkins and Immanuel Wallerstein eds., *Processes of the World-System*, New York: Sage Publications, 1980, pp. 9-45.

④ John L. Gaddis, “International Relations Theory and the End of the Cold War”, *International Security*, Vol. 17, No. 3, 1992, p. 39.

⑤ 罗伯特·吉尔平:《世界政治中的战争与变革》,宋新宁、杜建平译,上海人民出版社2019年版,第8~12页。

⑥ George Modelski, *Long Cycles in World Politics*, Seattle: University of Washington Press, 1987.

此过程中，群体感、民族动力学（宗教同化和语言同化）和人口结构等机制相互作用，共同塑造帝国的扩张与衰落。^① 瑞·达利欧（Ray Dalio）在回顾过去 500 年财富和权力重大变化的基础上提出，世界秩序总是按照一定规律发生周期性变化，所有帝国和王朝都是在典型的大周期中崛起和衰落的，表现为长期债务和资本市场周期、内部秩序和混乱周期、外部秩序和混乱周期。^②

上述研究从体系层面讨论了大国兴衰的历史过程及影响因素，为后续研究提供了许多启发，但也存在进一步探讨的空间。一是既有研究多将大国的兴衰更替视为一种历史的周期循环，虽然莫德斯基提出的国际政治长周期理论包含了“正反馈”“演化学习”之类的进化思想，^③ 但后续研究却并未就此展开更深入的探讨，因而也无法回答大国兴衰更替如何使世界呈现一种螺旋向上的进化态势。并且，在各国相互依赖不断加深和核武器的相互确保摧毁机制的共同作用下，当前世界已进入“大国无战争时代”，大国的兴衰更替并不必然走向战争或危机。另一方面，技术要素在大国兴衰更替中的作用直到近些年才引起广泛关注，但既有研究尚未围绕技术与大国兴衰建立起一般性的分析框架。杰弗里·丁（Jeffrey Ding）虽讨论了技术扩散机制对大国兴衰的影响，^④ 但其关于引领通用技术的国际扩散将推动一国兴起的结论，反过来却无法很好地解释技术要素如何影响大国衰落。就此问题，我们可能需要继续追问，为何某项技术的潜力会被耗尽？它又如何导致了一国的大国地位难以为继？

有鉴于此，本文尝试引入“结构+能动性”的分析视角，通过讨论独立于国家意志的技术浪潮及其特征以及国家基于此做出的战略选择，揭示技术要素在大国兴衰更替中的作用及其机制，并以棉纺织业生产技术变迁和汽车制造业技术路线变迁中特定国家的选择为案例，对此进行检验。

① Peter Turchin, *Historical Dynamics: Why States Rise and Fall*, Princeton: Princeton University Press, 2003.

② Ray Dalio, *Principles for Dealing with the Changing World Order: Why Nations Succeed and Fail*, New York: Simon & Schuster, 2021.

③ 陈晓晨：《国际政治长周期与体系进化》，载《现代国际关系》2004 年第 12 期，第 57 页。

④ Jeffrey Ding, *Technology and the Rise of Great Powers: How Diffusion Shapes Economic Competition*, Princeton: Princeton University Press, 2024.

二、技术浪潮、国家选择与报酬的变化方向：一个分析框架

结构（structure）与能动性（agency）是社会科学领域用来描述个体行动的一对概念。前者指在一定空间内普遍有效的、难以为个体主观意志所改变的客观存在，后者指个体所拥有的独立自主选择和开展行动的能力。正如马克思所言，“人们自己创造自己的历史，但是他们并不是随心所欲地创造……而是在直接碰到的、既定的、从过去承继下来的条件下创造”。^①可见，个体的行动受到客观结构的束缚，但也可在正确运用客观规律的同时发挥主观能动性，历史就在结构与能动性的交互作用中向前变化发展。在大国的技术变迁中，结构体现为独立于国家意志的技术浪潮，能动性反映在国家的战略选择上。国家行为体基于对技术浪潮及其特征的认识做出相应的战略选择，是技术要素作用于大国兴衰进程的关键所在。

（一）结构：独立于国家意志的技术浪潮及其特征

技术作为实现人的目的的一种手段，最初来源于对自然现象的捕捉和利用。而后，新技术通过进化，以某种渐进式或突变性的方式从先前已有的技术中被创造出来。^②技术的演进是一种缓慢的、有机的、累积式的不确定过程，人们无法事先知道哪些现象会被发现并转化为新技术的基础，也无法在众多可行技术中事先指出哪项技术最终会获得市场的认可。因此，技术创新几乎很难作为国家自上而下规划的结果。技术浪潮的生成与发展往往独立于国家意志之外，构成国家进行战略决策的结构性条件。相较于重大技术变迁是大国政治竞争的结果而非原因的观点，^③大国竞争可能只是加速了技术变迁的进程，而非塑造了它。

1. 技术发展潜力由学习效应和过载效应共同圈定

技术的本质是基于自然现象提炼出的有用知识，但要以人工制品（artefacts）为载体。例如，一架飞机体现着有关空气动力学的知识，一张芯片体现着有关半导体材料的知识。这就使得一项技术的发展潜力实际将由无形要素投入和有形要素投入共同圈定，并相应呈现报酬递增或报酬递减的发

① 《马克思恩格斯选集》第一卷，人民出版社 2012 年版，第 669 页。

② 布莱恩·阿瑟：《技术的本质》，曹东溟译，浙江科学技术出版社 2023 年版，第 18 页。

③ 黄琪轩：《大国权力转移与技术变迁》，上海三联书店 2024 年版，第 6 页。

展趋势。^①

经济发展所需要素大致可分为两类。第一类是土地、资本、劳动力等有形要素，这类要素具有稀缺性、不可再生性和使用的排他性等特征。由于环境承载力的限制，过载效应^②主导着有形要素的报酬变化方向。第二类是知识、技术等无形要素，这类要素不仅具有非消耗性和非排他性特征，还可通过学习积累实现自我创生。可见，学习效应主导着无形要素的报酬变化方向。^③ 在农业时代和早期的工业时代，受到当时生产力水平的限制，经济增长严重依赖有形要素的投入，因而呈现出连续增加相同量的投入所引起的产出增量越来越少的报酬递减趋势。而进入知识经济时代，无形要素在总要素投入中占比的增加改变了报酬变化的方向，推动经济增长进入连续增加相同量的投入所引起的产出增量越来越多的报酬递增状态。当前，现代经济已分化为两个相互关联、相互交织的部分——一是报酬递减法则主宰着的以有形要素为主要投入的行业（如农业、矿业、大宗商品生产行业等），二是报酬递增法则主宰着的以无形要素为主要投入的行业（如计算机、软件、制药、飞机、光导纤维和通讯器材等）。^④

技术的连续进步要以持续的要素投入为基础。一般认为，在以有形要素为主要投入的行业中，随着投入要素变得更稀缺或更昂贵，技术进步的势头将会放缓。而以无形要素为主要投入的行业，其所使用的核心技术所带来的发展潜力也会呈现先报酬递增而后转向报酬递减的特征。这是因为，技术总是以人工制品为载体，而人工制品通常以有形要素投入为主。随着有形要素投入的增加，其与无形要素的最优搭配将走向失当，从发挥技术潜力的角度而言，此时应该停止生产。^⑤ 例如，动力电池是当前技术密集型产品的重要代表，但其生产所需原材料存在耗尽和枯竭的前景，其能量密度本身也存在

① 需要说明的是，本文主要在边际意义上讨论报酬的变化方向。

② 这是笔者针对报酬递减具体机制提出的新概念，体现有形要素受环境承载力的限制，随着投入的增多最终会达到生产的上限。

③ 石涛、陶爱萍：《报酬递增：特殊性向普遍性转化的分析》，载《中国工业经济》2007年第4期，第8页。

④ W. Brian Arthur, "Increasing Returns and the New World of Business", *Harvard Business Review*, July-August 1996, pp. 101-109.

⑤ 张日波：《报酬递增思想的演进——以马歇尔为中心的考察》，浙江大学出版社2015年版，第60～61页。

极限。^① 即使是无形要素也并非无限可得。例如，预测认为，互联网上可用的人类文本数据将在 2028 年耗尽，而“高质量语言数据”可能在 2026 年前便耗尽。数据耗尽的前景引发了对人工智能技术进步可持续性的担忧。^②

2. 技术以协调效应和锁定效应作用于国家实力的增减

技术创新长期被视为推动国家发展的重要因素，但一个不容忽视的现象是，许多技术创新的发源国并未真正获得技术创新之于国家发展的正向回报。这是因为，技术创新是一个相互依赖、相互补充和协同进化的复杂过程，一项技术的演进升级有赖于其他互补技术的协同配合，并呼唤上下游产业的协同发展和生产组织方式的相应变革。

一方面，如果没有互补技术之间的协同配合，很多现实中的难题便难以得到实际解决，缺乏实际应用的技术创新将只存在于纸面。例如，较滑膛枪射程更远、精度更高的线膛枪早在 16 世纪末便已出现，但直到 19 世纪中期，一种与线膛枪适配的“米涅弹”的出现解决了弹丸填充的安全性问题后，线膛枪才逐渐被欧洲军队接受并普及。^③ 事实上，技术创新从来不是孤立发生的事件，而是经不同工序、不同技术之间相互衔接和协调配合，由产业链甚至整个工业体系协同实现的。例如，计算机诞生之初主要服务于战时科学计算，直到半导体技术发展推动计算机的运算速度提升、体积减小和价格降低，个人电脑时代才来临。而后，计算机的推广又为半导体技术提供了更多应用场景和更多市场反馈，促使其不断更新迭代。

另一方面，如果没有与技术创新相适应的生产组织创新，那么前者将只是一种“潜在的力量”，其潜在经济效益将难以得到激发。^④ 技术创新不能被简单理解为用一种新技术替代旧技术，它实际上是持续的技术、经济结构和

① 《中科院院士孙世刚：现有锂离子电池的能量密度已接近理论极限》，澎湃新闻，2022 年 11 月 9 日，https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_20660467。

② “AI Firms will Soon Exhaust Most of the Internet’s Data”，The Economist，July 23，2024，<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/23/ai-firms-will-soon-exhaust-most-of-the-internets-data>。

③ 约翰·齐曼编：《技术创新进化论》，孙喜杰、曾国屏译，上海科技教育出版社 2002 年版，第 313～316 页。

④ 张倩雨：《劳动力流动性、生产组织变革与后发工业赶超——对 19 世纪中叶至 20 世纪初美国、德国和俄国的比较研究》，载《世界经济与政治》2023 年第 1 期，第 87～120 页。

社会制度的转型过程。^① 例如，在从机械化向电气化过渡的时代，电动机所产生的多极点动力来源替代了蒸汽机所代表的中央动力来源，使得生产设备无须再按轴承位置摆放，免去了在工厂设置巨大的蒸汽动力中心和复杂的传动装置。^② 电动机相较于蒸汽机无疑是效率更高的技术。然而，由于引入电动机需要重新设置生产线乃至重建工厂，代价极其高昂，直到第一座中央发电站投入运营四十年后，美国才完成电气化转型。而后，“才到了真正有所成就的时候”。^③

上述分析鲜明展现了技术创新如何通过协调效应将技术的、社会的、经济的乃至政治的各种因素编织进一张“无缝之网”，从而形成卡萝塔·佩蕾丝（Carlota Perez）所说的“技术—经济范式”，即一场特定的技术革命得以运用以及利用这场革命重振经济并使之现代化的最有效方式。^④ 在该技术的潜力不断得到激发的过程中，与之相匹配的技术—经济范式将放大技术的报酬递增效果。

然而，也正因为技术—经济范式深嵌于社会实践、立法或其他制度框架之中，它在促进与自己相适应的技术创新的同时，也将阻碍于己不相适应的技术创新，即产生一种“包容—排斥”机制。在原技术的潜力逐渐耗尽而出现新的技术浪潮的萌芽时，与原技术相协调的互补技术、上下游产业、生产组织方式乃至社会制度等都将变得与新的技术演进趋势不相适应，它们会排斥新技术的引进和采用，这种锁定效应将进一步放大旧技术的报酬递减效果。只有当“已成为桎梏的旧交往形式被适应于比较发达的生产力的……新交往形式所代替”时，^⑤ 锁定效应才有可能被打破，由新技术驱动的报酬递增才能重新回归经济活动的中心，并通过与新的技术—经济范式的协调再次激发经济增长活力。

图 1 总结了技术的报酬递增和报酬递减特征及其发生机制。其中，学习

① Jan Fagerberg and Bart Verspagen, “Technology-Gaps, Innovation-Diffusion and Transformation: An Evolutionary Interpretation”, *Research Policy*, Vol. 31, No. 8-9, 2002, pp. 1291-1304.

② 陈其林：《产业革命之技术与制度层面的考察》，载《中国经济问题》2005年第4期，第11页。

③ Paul A. David, “The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox”, *The American Economic Review*, Vol. 80, No. 2, 1990, pp. 356-358.

④ Carlota Perez, *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham: Edward Elgar, 2002, p. 15.

⑤ 《马克思恩格斯选集》第一卷，第204页。

效应是指有关系统演进的知识需要结合脱胎于旧系统的实践经验才能为行为体所掌握，它体现了在以无形要素为主要投入的阶段或领域，先前知识累积得越多越有可能创生出新的知识。过载效应是指一种要素投入后产生的收益受到互补要素^①的约束，互补要素的稀缺性限制了该要素投入可发挥的最大效力。在以有形要素为主要投入的农业时代和早期工业时代，以及知识经济时代随技术制品大规模生产而来的有形要素投入不断增加的过程中，要素投入收益不断减少。技术在投入大规模生产后将通过协调效应或锁定效应进一步作用于国家实力的增减。其中，协调效应指系统间的互动关系会使单个系统在演进过程中带动相关系统协同变化，锁定效应则指外生因素的变化导致系统中最具前沿性与高收益的细分领域发生变迁，未及时换轨的行为体后续投入所产出的收益将不断减少甚至出现负收益。概言之，报酬递增反映了学习效应和协调效应的叠加，报酬递减则反映了过载效应与锁定效应的叠加。

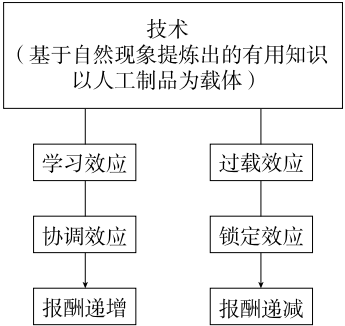


图1 技术的报酬递增与报酬递减及其发生机制

资料来源：笔者自制

（二）能动性：国家的战略选择

同一时段内，可能存在多种对国家实力产生积极作用的技术，但它们在潜力大小和持续时间方面存在差异。本文所指的能动性，主要关注国家如何在不同技术之间做出选择，及其能否推动国家真正走上实力积累之路。这与技术经济学研究者将某一技术初始优势的获取视为源于偶然事件的假定不

^① 任一产品的生产都需要多种要素投入，如土地要素、劳动力要素、资本要素、技术要素等，这些要素之间互补配合，相互协同，笔者将其称为“互补要素”。

同，在他们看来，被选定的技术并不一定是所有可行技术中最优的。^①但在技术与大国兴衰的讨论语境中，技术路线的选定一定是国家理性行为的结果，长期采取非理性行为的国家早晚被排除出大国的行列。并且，国家选定的技术路线必须能够有效解决物理世界的客观难题，否则无法使技术主导国在大国竞争中保持长期优势。^②这启示我们，对国家的行为选择进行研究既是必要的，也是有意义的。

1. 选择高质量经济活动以走上报酬递增的轨道

回顾世界技术变迁史不难发现，在历次技术浪潮形成并蔓延的过程中，一国的兴起总是与特定的产业发展相关联。由此带来的启示是，经济增长具有活动特定性（activity-specific），是许多高质量经济活动相互协同的结果。不同经济活动创造财富的能力不尽相同，只有高质量的经济活动才能富国裕民。换言之，国家走上富强之路的关键在于选择高质量经济活动，这是决定其经济发展效率、国际分工地位乃至国际政治影响力的先决条件。^③虽然不同历史时期的高质量经济活动并不相同，但本质特征却是一致的，即更细的分工、更高的生产率、更快的技术创新速度和更宽广的创新范围。^④由于协调效应的存在，具有以上特征的高质量经济活动不仅将带动上下游相关产业和技术的发展，还可能在全社会范围内引起生产组织方式的变革和各类制度的重构，最终反映为国家整体实力的提升和国际影响力的壮大。一言以蔽之，国家通过选择高质量经济活动走上报酬递增的轨道，并最终崛起为世界性大国。

有志于大国地位的国家需对该逻辑保持清醒认知，这一方面将指导它们规划本国的发展战略，另一方面也将影响其外交政策。前者突出体现为当前各国对战略性新兴产业的布局。战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有引领带动作用，知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的先进产业。它不仅代表着

① W. Brian Arthur, “Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events”, *The Economic Journal*, Vol. 99, No. 394, 1989, p. 116.

② 田野：《大国竞争的根源：基于报酬递增机制的分析》，载《中国社会科学》2022年第9期，第89、92页。

③ 埃里克·赖纳特：《富国为什么富，穷国为什么穷》，杨虎涛等译，中国人民大学出版社2010年版，第215～217页。

④ 杨虎涛：《国家发展的道路》，社会科学文献出版社2024年版，第28～29页。

新一轮科技革命和产业变革的方向，是培育发展新动能、获取未来竞争新优势的关键领域，还与国家安全密切相关，可直接影响一国发展军备的能力。若产业发展优势为他国所获，则可能转化为对本国安全的威胁。后者从 20 世纪 80 年代美国对日本和当前对中国的技术发展态度中可见一斑，即致力于遏制对手国战略性新兴产业的发展。此外，20 世纪 40 年代，美国曾针对二战后的对德政策起草过一份极为严苛的改造计划，即将德国拆分为两个独立的国家（避免规模经济），将鲁尔区列为国际共管区并拆除一切重工业（阻断报酬递增进程）。^① 其目的在于将报酬递增的经济活动移出德国，将其改造为“没有危险的农业国”。^②

2. 提前布局 and 及时换轨以避免陷入报酬递减的轨道

一项新技术自诞生到投入生产要经历技术难题不断解决、市场反馈带来技术更新和升级等过程，无形要素投入在此期间占有更大比重，因而将通过学习效应促使技术潜力不断得到释放，并通过协调效应推动使用该技术的国家不断累积财富和实力。这构成技术要素推动大国兴起的报酬递增进程。然而，随着技术日臻成熟和应用市场的不断扩大，在生产人工制品的过程中，有形要素投入比例将逐渐超过无形要素，通过过载效应使技术发展进入报酬递减的阶段，具体表现为技术潜力逐渐枯竭，对国家财富增加和实力积累的贡献不断减弱。在此过程中，若国家未对新技术进行提前布局或及时转换技术轨道，便将被锁定在旧的技术轨道上，其大国地位很可能为其他国家所取代，从而陷入衰落进程。

事实上，每一轮技术浪潮都是一次创造性破坏的过程，在创造新的经济结构的同时不断摧毁旧的经济结构。^③ 在此过程中，由原技术引领的报酬递增进程将被中断，旧的技术和生产组织方式将被淘汰，既有的人力资本和实物资本也将逐渐过时。正因如此，潜在的利益受损者将组织起来千方百计阻止国家开启技术转型进程，他们包括：在运用该技术的产业中进行了大量投资的工厂主和企业家，他们的资产价值将随新技术的应用而显著降低；低技

① 迈克尔·鲍尔弗、约翰·梅尔：《四国对德国和奥地利的管制（1945～1946）》，安徽大学外语系译，上海译文出版社 1980 年版，第 21～42 页。

② George McJimsey ed., *Documentary History of the Franklin D. Roosevelt Presidency*, Bethesda: University Publications of America, 2001, p. 148.

③ Joseph A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy*, London: Routledge, 2003, p. 83.

能劳动力和仅掌握与该技术相关的专用型技能的劳动者，他们的就业质量、生活状况等都将因新技术的应用而大打折扣；其他社会文化和宗教群体，他们的权力地位可能因长期持有的道德或规范价值与新技术相矛盾而遭到削弱。

曼瑟·奥尔森（Mancur Olson）曾梳理历史上出现过的两种应对技术创新阻力的方式：一是通过革命或战争摧毁既得利益者，二是拥有大片未开发土地的国家实施空间上的迁移。^① 此外，资产专用程度的降低^②和要素流动程度的提高^③也将一定程度上削弱既得利益者对于改变现状的抵制情绪。一国还可通过建构一种国家安全正在面临威胁的叙事团结国民，从而开启由技术创新带来的系统转型进程。^④ 不论采取何种应对措施，关键在于使国家打破锁定，跳出原技术报酬递减的轨道，并通过有步骤地探索科技、经济、社会 and 环境的长远未来，选定在下一阶段可能产生最大经济和社会效益的技术和产业作为新的布局方向，从而在新一轮技术浪潮到来时快速跃迁至新的技术轨道，重新开始报酬递增的积累。

图 2 是对本文分析框架的总结。总体而言，技术浪潮是一种独立于国家意志的客观存在，其发展潜力由无形要素投入和有形要素投入共同圈定，将经历先报酬递增而后转向报酬递减的发展过程，并通过协调效应和锁定效应作用于国家实力的增减。国家需要在技术浪潮到来时通过从事高质量经济活动进入报酬递增的轨道，从而逐渐崛起为具有世界影响力的大国，并在捕捉到技术潜力正在走向枯竭时，通过对新技术的提前布局 and 及时换轨避免陷入报酬递减，以实现大国地位的护持。未能如此行动的国家有可能被其他通过从事高质量经济活动进入报酬递增轨道的国家超越，最终失去大国地位。

为检验上述分析框架，本文将对棉纺织业生产技术变迁和汽车制造业技术路线变迁过程中特定国家的选择展开案例研究。棉纺织业是世界上最早实现工业化生产的部门。可以说，研究人类如何跨越“马尔萨斯陷阱”走上报

① Mancur Olson, *The Rise and Decline of Nations: Economic Growth, Stagflation, and Social Rigidities*, New Haven: Yale University Press, 1982.

② Carles Boix, *Democracy and Redistribution*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

③ Michael J. Hiscox, *International Trade and Political Conflict: Commerce, Coalitions, and Mobility*, Princeton: Princeton University Press, 2001.

④ 封凯栋：《国家的双重角色：发展与转型的国家创新系统理论》，北京大学出版社 2022 年版。

酬递增的历史，绕不开对棉纺织业生产技术变迁的分析。以内燃机为主要驱动力的汽车制造业曾推动美国和德国在 20 世纪上半叶崛起为世界工业强国。当前，汽车制造业正在经历由燃油驱动向电力和混合动力驱动的技术路线转型，预计将推动大国竞争格局再次发生深刻变化。对这两个案例进行研究兼具理论价值和现实意义。

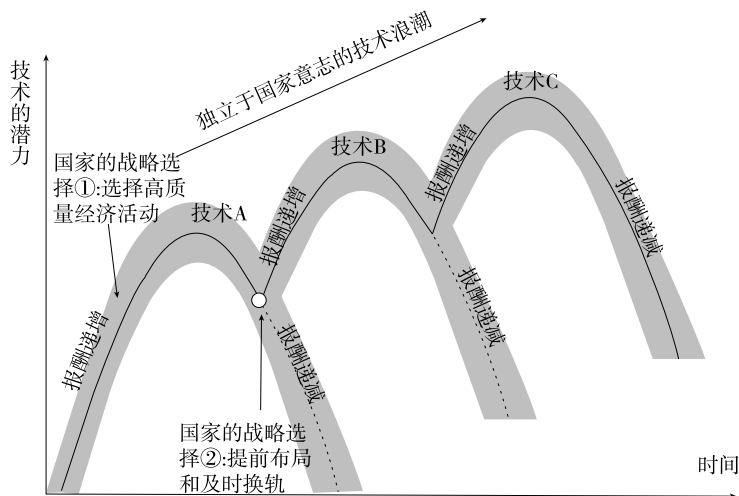


图 2 分析框架示意图

说明：灰色区域代表技术的协调效应，虚线代表若国家未如此行动的可能趋势

资料来源：笔者自制

三、棉纺织业生产技术变迁与英国的选择

棉纺织业在英国崛起成为世界性大国乃至全球霸权的过程中意义重大。英国工业革命的过程实质上就是棉纺织业发展的过程。^①可以说，英国经济的发展速度基本等同于棉纺织业的发展速度，其他工业部门的产值随棉纺织业的增长而上升，也随其崩溃而下跌。英国的成功也给同时期的其他国家树立了榜样，它们开始在国内建立棉纺织业，并将其视为增强国家实力的重要

^① Jonathan D. Chambers, *The Workshop of the World: British Economic History from 1820-1880*, London: Oxford University Press, 1961, p. 23.

方式。对这些国家而言，仿照英国建立一个以棉纺织业为核心的工业社会的理由非常清晰：它既是财富的来源，也是极其优越的战争工具。^①这一时期，棉纺织业成为现代经济繁荣的同义词。^②

（一）英国棉纺织业的发展

英国发展棉纺织业最初看起来是一个几乎不可能成功的尝试。一方面，印度在 16 世纪前一直是世界上最受欢迎的棉纺织生产者，印度棉布广泛销往东南亚、北非和欧洲；另一方面，过去英国主要发展毛纺织业和麻纺织业，由于本土不种棉花，棉纺织业所需原料完全依赖进口。然而，由于均为家庭手工生产，与同时期的其他棉纺织生产者相比，印度的棉纺织生产效率其实并不突出，其在全球市场如此畅销的原因主要在于后期加工工艺。通过印花、染色和着色，印度的棉纺织生产者给原本普通的棉布增添了价值，形成了深受不同市场喜爱的多种品类。^③由此可见，印度棉纺织业是一种“斯密式增长”，即由市场交易、劳动分工和专业化驱动的增长。它可能在一段时期内带来生产率的提升，但由于缺少无形要素（如技术、管理等）投入，有形要素投入所形成的固定的生产可能性边界仍然存在，因而从长期看，这种增长仍是报酬递减的。这便为英国通过增加无形要素投入在棉纺织业赶超印度提供了空间。

棉纺织业在英国的发展并非自然发生，而是当时的决策者基于重商主义原则做出的战略选择。当然，在选定棉纺织业作为扶植对象时，决策者几乎不可能预料到其在之后会产生如此大的颠覆性影响，他们或许只是不愿看到这一在日常生活中占据非常大比重的制成品进口自他国，从而导致金银的持续流出，又或许是棉纤维的“生态潜力”使其成为决策者眼中“正确”的选择。如前所述，毛纺织品曾是英国最重要的出口商品，但其生产所需的能源和土地均远大于生产同等数量的棉花制品。从羊毛向棉花的转换有助于突破增长的环境限制，且棉花因纤维更结实和相对同质的特点而在技术上较羊毛

① 斯文·贝克特：《棉花帝国：一部资本主义全球史》，徐轶杰、杨燕译，民主与建设出版社 2019 年版，第 147 页。

② Beverly Lemire, *Cotton: Textiles that Changed the World*, Oxford: Berg Publishers, 2011, p. 66.

③ Giorgio Riello, *Cotton: The Fabric that Made the Modern World*, Cambridge: Cambridge University Press, 2013, pp. 80-82.

更适合采用机械化生产。^①

在尚未确立棉纺织业的竞争优势时，面对印度棉布的大量侵入，英国采取了高关税保护和限制国民消费双管齐下的举措。一方面，针对印度棉布从价税从1685年的约10%一路飙升至1712年的68.3%；另一方面，1700年的《禁止进口棉织物法》和1720年的《禁止使用棉织物法》规定，进口和使用印度棉布的行为违法，违者将被处以一定数额的罚金。^②由此，英国棉纺织生产者实现了对国内市场的独占，在严密的保护下获得了免受外来竞争的发展机遇。而在棉纺织业通过持续的技术引进获得竞争优势后，英国开始推行自由贸易，通过向外输出制成品达到遏制他国棉纺织业发展和垄断世界工业利益的目的。但在推行制成品自由贸易的同时，英国却又立法禁止技术出口，如禁止技能工匠向外移民或受雇于他国生产商，禁止向外输出与棉纺织生产相关的机械和器具，^③通过对技术外溢的严格控制护持自身霸权地位。

（二）因选择高质量经济活动而走上报酬递增的轨道

发展棉纺织业并推动其实现机械化生产对当时的英国而言确实是正确的选择。一方面，以技术和技能为代表的无形要素在要素总投入中占比的增多，使棉纺织业在发展壮大中形成了学习效应，一次创新将催生连绵不绝的接续创新。另一方面，技术创新进一步推动生产组织方式、资源配置模式等领域的变革，在棉纺织业发展壮大中产生了协调效应。学习效应和协调效应的叠加，促使英国经济走上报酬递增的轨道，进而开始对世界事务产生排他性影响。其主要体现如下。

第一，一个制造工序机械化所带来的生产率提升会对其他工序形成改进的压力，通过前向和后向联系，任何一个工业部门的技术改进及其影响都将逐渐渗透到整个经济领域。英国棉纺织业的技术变革大致始于1733年飞梭的发明。织布速度的加快对纺纱的速度提出了新要求，而后促成珍妮纺纱机和水力纺纱机的相继发明。纺纱速度的明显提高又使织布速度相对落后，为

① Giorgio Riello, *Cotton: The Fabric that Made the Modern World*, pp. 241-242.

② Patrick O' Brien, Trevor Griffiths and Philip Hunt, "Political Components of the Industrial Revolution: Parliament and the English Cotton Textile Industry, 1660-1774", *Economic History Review*, Vol. 44, No. 3, 1991, pp. 395-423.

③ 张夏准：《富国陷阱：发达国家为何踢开梯子》，肖炼、倪延硕译，社会科学文献出版社2007年版，第93～94页。

保持平衡，力织机于 1785 年应运而生。纺纱机和织布机作为一对互补技术的协同演进，推动英国棉纺织业生产效率显著提升。在 18 世纪的印度，将 100 磅的原棉纺成纱线大约需要 5 万小时。而在 1790 年的英国大约只需 1000 小时；到 1795 年，工时缩短至 300 小时；在 1825 年后，工时进一步缩短为 135 小时。^① 同时，纺纱和织布效率的提升又对机器提出新的要求，即获得比水力和畜力这类无法稳定供给的自然力更可靠且更有效率的动力来源，否则棉纺织业的进步很快就会受到限制，^② 由此推动蒸汽机的改良。到 1820 年，棉纺织业已成为名副其实的“蒸汽工业”。^③ 纺织机器和蒸汽机的应用又对生铁、钢、煤炭等提出更大需求，进而引发采矿和冶炼技术的进步，并在随后推动交通领域发生巨大变革。^④

第二，棉纺织业在当时的英国引导并塑造了一种崭新的经济活动组织制度，在由该制度开启的经济进程中，高速增长和不断创新成为常态。随着技术的革新与发展，英国的棉纺织业为满足不断增长的订单量而出现了细化分工和扩大生产规模的需求，工厂制这种新的生产组织方式应运而生。蒸汽机的安装进一步消除了工厂只能沿河流布局的区位限制，此后，工厂制得以在不同地区和不同行业流行和推广，日益成为一切工业领域的主导性生产组织方式。^⑤ 生产组织方式的变革反过来又进一步推动了技术创新。工厂制是一种有效的缄默知识获取制度。工厂将所有工人集中到同一空间，他们之间的生产效率便可一目了然地进行比较，而后便能通过提供针对性的技术指导和设立激励措施提高工人的生产效率。同时，工厂也是工程师、机械师、技师、工头以及劳工就机器运行原理、故障解决方式、生产工序改进等充分交

① Stephen Broadberry and Bishnupriya Gupta, “Cotton Textiles and the Great Divergence: Lancashire, India and Shifting Competitive Advantage, 1600-1850”, Centre for Economic Policy Research, Discussion Paper No. 5183, 2005, p. 39.

② Edward Baines, *History of the Cotton Manufacture in Great Britain: With a Notice of its Early History in the East, and in All the Quarters of the Globe*, Cambridge: Cambridge University Press, 2015, p. 220.

③ 费尔南·布罗代尔：《十五至十八世纪的物质文明、经济和资本主义》第三卷，顾良、施康强译，商务印书馆 2017 年版，第 725 页。

④ Rondo Cameron, *A Concise Economic History of the World: From Paleolithic Times to the Present*, New York: Oxford University Press, 1989, pp. 180-181.

⑤ 马瑞映、杨松：《工业革命时期英国棉纺织产业的体系化创新》，载《中国社会科学》2018 年第 8 期，第 191~194 页。

换看法的场所。^①

第三，由于高度依赖疆域之外的原料供应和产品市场，英国为棉纺织业的产业扩张和持续增长建立了一种以军事强权为支撑的、从殖民地低成本进口原料和向殖民地出口加工制成品的全球贸易模式。正是这种“战争资本主义”（帝国扩张、土地掠夺和奴隶制）帮助英国获得了获取原料的稳定途径和活跃的产品市场。通过将遥远的“边缘地带”纳入这一由棉纺织品织成的全球贸易网络，英国成为世界上第一个现代的“出口导向型经济体”。18世纪末，英国棉布出口占其生产总量的2/3，其中超九成进入非洲和美洲市场。^② 1783~1814年，棉布出口占英国总出口的60%，年均出口增长率超过12%。^③ 更令人吃惊的是，产自印度的棉花被运到英国进行生产后再以制成品的形式运回印度，其销售价格居然比印度本地生产的棉布更低。到19世纪初时，棉纺织业的全球贸易已使英国国库岁收增长了16倍。^④ 当时英国的统治者清楚地认识到，以棉纺织业为代表的制造业是国家财政收入的重要来源，国家发展依赖其所协助缔造的工业世界。

（三）未及时换轨而陷入报酬递减的轨道

从传统的、报酬递减规律主宰的农业部门向报酬递增的制造业的转型，是英国历史上收益最大的一次转型，它使英国经济增长率达到历史最高水平。然而，随着土地和劳动力等有形要素的供应接近极限，过载效应逐渐取代学习效应，导致棉纺织业增长势头放缓。同时，工厂制这种曾对棉纺织业发展起推动作用的生产组织方式，在19世纪后半叶新的技术浪潮到来时却显得并不合时宜。与新的生产力发展趋势不相协调的生产组织方式进一步阻碍了英国对更新技术的采用，最终将英国锁定在旧的技术轨道上。过载效应和锁定效应相叠加，导致英国经济陷入报酬递减的轨道，军事实力也随之削弱，最终不得不将对世界的主导权拱手让人。其主要体现如下。

第一，以军事强权为支撑，英国在发展以棉纺织业为核心的全球贸易模

① 乔尔·莫基尔：《雅典娜的礼物：知识经济的历史起源》，段异兵、唐乐译，科学出版社2010年版，第132~150页。

② 斯文·贝克特：《棉花帝国：一部资本主义全球史》，第53页。

③ Giorgio Riello, *Cotton: The Fabric that Made the Modern World*, pp. 269-270.

④ Patrick O' Brien and Stanley L. Engerman, "Exports and the Growth of the British Economy from the Glorious Revolution to the Peace of Amiens", in Barbara L. Solow ed., *Slavery and the Rise of the Atlantic System*, Cambridge: Cambridge University Press, 1991, p. 185.

式的过程中，逐步建立起了世界最大的殖民帝国。这便导致，即使其棉纺织品的技术含量和质量水平较低，工厂主或企业家仍无须耗资更新固定资产或追求先进技术，便可源源不断地从殖民地获得巨额利润。^①相反，引进新的生产设备意味着要淘汰尚未报废的设备，这将极大增加生产成本。由此带来的结果是，英国国内技术进步的速度逐渐放慢，有形要素超过无形要素在要素投入中占据更大比重，并因供应趋向极限而产生过载效应，导致原来由技术驱动的经济增长潜力随着时间的推移逐步耗尽。1860年以后，英国的棉纺织业几乎再未出现过任何重要的技术进步。^②

第二，以电力、内燃机、钢铁冶炼和有机化学为核心技术投入的新的技术浪潮在19世纪最后25年悄然而至，对生产组织方式提出了新的要求。然而，在当时的英国，工厂主和企业家不愿冒着失去对生产的控制这一风险引入新的生产组织和管理模式，此时已转向自由放任政策的英国政府完全信赖资本的逐利性，没有鼓励他们做出改变。^③结果导致美国和德国的企业在相继实现规模化经营和职业化管理时，工厂制下的分包体系和授权手工技术人员进行管理仍是英国工业的主要特征。^④这种与新的技术浪潮不相适应的生产组织方式将英国锁定在了旧的技术轨道上，并通过锁定效应不断放大报酬递减趋势。直到1913年，美国和德国凭借更新的工业产品相继崛起为世界第一和第二大工业国时，棉纺织品仍在英国出口中占有38%的比重，^⑤并形成了英国从美国和德国进口第二次工业革命制成品和对外出口第一次工业革命制成品的工业贸易结构。

（四）小结

回顾英国的兴衰历程可以看到，棉纺织业生产技术变迁在其中扮演了非常重要的角色。通过将工厂制下的机械生产技术引入棉纺织业，英国开启了经济报酬递增的进程，并随之崛起为当时的世界工业强国乃至全球霸权。然

① 邓久根、贾根良：《英国因何丧失了第二次工业革命的领先地位？》，载《经济社会体制比较》2015年第4期，第36～37页。

② H. J. 哈巴库克、M. M. 波斯坦主编：《剑桥欧洲经济史》第六卷，王春法等译，经济科学出版社2002年版，第43～44页。

③ 约翰·克拉潘：《现代英国经济史》中卷，姚曾虞译，商务印书馆1986年版，第179页。

④ William Lazonick, "The Cotton Industry", in Bernard Elbaum and William Lazonick eds., *The Decline of the British Economy*, Oxford: Clarendon Press, 1986, pp. 18-51.

⑤ Giorgio Riello, *Cotton: The Fabric that Made the Modern World*, pp. 269-270.

而，在新的技术浪潮到来时，英国却未能在更新技术方面提前布局和及时换轨，结果在棉纺织业生产技术潜力逐渐耗尽的过程中陷入了报酬递减的轨道。制造业的衰落导致军事实力也逐渐开始走下坡路，最终导致英国控制海外殖民地的能力显著下降，无力再与兴起于第二次工业革命中的美国和德国竞争。

四、汽车制造业技术路线变迁与美国和德国的选择

19 世纪后半叶，作为主要动力源的蒸汽机在生产过程中日益显现出各种不足，如体积过于庞大和运转速度过低导致生产规模扩大和产量提高的前景受到限制。到 19 世纪 70 年代初，第一次工业革命的技术潜力已基本耗尽，“其后数十年压抑停滞的状况宣示了工业革命已步入迟暮之年”。^① 建立在旧的动力技术基础上的工业部门如何摆脱束缚、实现突破，成为推动经济从报酬递减轨道重回报酬递增轨道的关键所在。在此背景下，能否通过采用更新技术实现工业制造业的突破性发展，成为当时各国面临的新的重大课题。

（一）美国 and 德国汽车制造业的发展

19 世纪 70 年代，内燃机的发明带来了动力技术的重大突破，被视为第二次工业革命的核心投入。“石油密集型”的内燃机相较于“煤炭密集型”的蒸汽机是一种由更高等级能量驱动的动力机械，将对生产力的提升做出更大贡献。^② 内燃机取代蒸汽机成为工业生产新的动力源后，以内燃机驱动的新型交通工具陆续出现，推动交通运输业发生“颠覆性”变革。其中，汽车制造业在 20 世纪上半叶取得突破性发展，推动以其为主导产业的美国 and 德国相继跻身世界工业强国行列。汽车制造业被视为工业文明发展的杰出代表，其产业链覆盖的工业门类十分广泛，处于众多工业部门的交汇点且具有强大的上下游产业关联效应，因而在现代工业体系中稳居核心地位，有着“现代工业王冠上的璀璨明珠”之称。在整个 20 世纪，汽车制造业一直是衡量一国工业技术实力和创新能力的重要标尺。

汽车制造业在 20 世纪初的美国 and 随后的德国实现突破性发展，可从两

^① 大卫·兰德斯：《解除束缚的普罗米修斯：1750 年迄今西欧的技术变革和工业发展》，谢怀筑译，华夏出版社 2007 年版，第 238 页。

^② 贾根良：《第三次工业革命与工业智能化》，载《中国社会科学》2016 年第 6 期，第 93 页。

国实施的贸易保护和产业集中政策加以解释。值得注意的是，它们的产业扶植政策并未表现出针对汽车制造业的直接干预，而是主要通过对整体经济的普遍支持来发挥作用。^①正是经此“刻意”或称“人为”的发展过程，美国 and 德国相继实现了对当时先进工业国英国的赶超。

在美国，贸易保护带来了产业培植与市场拓展之间的良性循环。同时，美国还高度重视交通运输业在经济发展中的基础性作用。亚历山大·汉密尔顿（Alexander Hamilton）曾言，“几乎没有什么措施能比改善公路和开凿运河以取得巨大进步更有远见”。^②美国在19世纪后半叶大力投资建设包括公路和高速公路在内的交通基础设施，解决了汽车因配套基础设施不完善而难以大规模采用的问题。到20世纪初时，汽车制造业已成为美国经济的支柱产业之一，其贡献的税收大约占到当时美国财政收入的20%。^③

在德国，国家支持企业通过兼并联合成巨型企业以削弱竞争。^④19世纪后半叶，德国还建立起能为产业发展提供长期资本的银行体系。这些产业银行直接参与工业企业的建立和经营管理，并为其提供巨额贷款，通过与工业本身的积极力量相结合，促成了德国的工业化。^⑤自1886年卡尔·本茨（Karl F. Benz）发明世界第一辆汽车到第一次世界大战前夕，德国汽车制造业已发展为一个独立的工业部门，工人数超过5万，年产量达2万辆。^⑥尽管遭遇了第二次世界大战的重创，良好的技术积累和工业基础在20世纪50年代帮助德国快速恢复，此后，德系品牌汽车开始占领欧洲乃至全球市场。^⑦

（二）因选择高质量经济活动而走上报酬递增的轨道

汽车制造业在美国和德国崛起为世界工业强国的过程中发挥了高质量经

① Hubertus Bardt, “New Tasks for Industrial Policy in Germany”, *European State Aid Law Quarterly*, Vol. 19, No. 4, 2020, p. 430.

② 韩毅、张兵：《美国赶超经济史》，经济科学出版社2006年版，第210页。

③ H. N. 沙伊贝等：《近百年美国经济史》，彭松建等译，中国社会科学出版社1983年版，第198页。

④ 李工真：《德意志道路——现代化进程研究》，武汉大学出版社2005年版，第145~146页。

⑤ 科佩尔·平森：《德国近现代史：它的历史和文化》，范德一等译，商务印书馆1987年版，第315~316页。

⑥ Robert E. Cole et al., *The American and Japanese Auto Industries in Transition: Report of the Joint U. S. -Japan Automotive Study*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1984, p. 49.

⑦ “A Brief History of German Automotive Engineering”, NES Fircroft, November 5, 2021, <https://www.nesfircroft.com/resources/blog/a-brief-history-of-german-automotive-engineering/>.

济活动所具有的报酬递增作用。一方面,以科学研究为支撑的有用知识的积累,通过学习效应推动着知识规模的持续扩大和知识密度的不断提高。另一方面,与汽车制造相关的技术创新还通过协调效应带动了关联产业乃至生产组织方式的协同演化。学习效应和协调效应的叠加,推动美国和德国相继走上了报酬递增的轨道。其主要体现如下。

第一,前次工业革命中的技术创新大多来自工匠和技师的长期实践经验和直觉,第二次工业革命中的技术创新则主要是科学家和工程师自觉地将新兴科学研究成果应用于生产领域的结果。相较于经验和直觉的不可言说特质,基于科学研究得到的知识更易复制也更易传播,也就更容易通过学习效应造就川流不息的创新局面。^①汽车的设计与制造离不开多学科的融合与交叉,在该领域积累的严谨的科学知识将支撑更大范围和更深层次的科学研究和开发活动。在此过程中,知识规模逐渐扩大,知识密度不断提高。正是意识到这一时期工业技术创新愈发依赖新的科学发现,研究型大学、工程技术学院等教育领域的制度化建设成为各国竞逐富强的重要抓手。德国在19世纪中期便已建立结合了教育功能和科学知识优势的研究型大学,以及拥有以科学为基础且与生产相分离的内部研发实验室的企业。^②同时,国家还出资支持自然科学实验室和人文图书馆的发展。1830~1870年间,德国在这方面投资每十年便翻一番,推动其在医学、化学和物理学等领域的研究实力迅速攀升到世界领先地位。^③到20世纪初时,德国已建立起覆盖科学研究和技术应用、从初等学校到博士培养的复杂的教育系统。^④科技进步对德国经济增长的贡献率超过41%。^⑤美国对科学研究特别是工业研发的重视则被认为受到了德国的重要影响。一个包含广泛的培训科学家和工程师的创新系统极大

① 乔尔·莫基尔:《雅典娜的礼物:知识经济的历史起源》,第87~92页。

② 邢来顺:《迈向强权国家——1830年~1914年德国工业化与政治发展研究》,华中师范大学出版社2002年版,第138页。

③ Joseph Ben-David, *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971, pp. 186-192.

④ Otto Keck, "The National System for Technical Innovation in Germany", in Richard R. Nelson ed., *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York: Oxford University Press, 1993, p. 122.

⑤ 邢来顺:《德国工业化经济—社会史》,湖北人民出版社2003年版,第287页。

地促进了先进的科学和工程知识在美国的利用和扩散。^①

第二，汽车制造业就像一块磁铁持续吸引着相关产业的投入，其发展带动了各类上下游产业和技术的协同发展。可以说，整个 20 世纪，没有其他产业能够像汽车制造业这样建立起如此广泛的前向和后向联系。^② 其中，意义最深刻的莫过于对石油工业所起的带动作用。内燃机问世之初以煤气为主要燃料。由于煤气的获得不能脱离供气管或发生炉这样的气源装置，机动性的缺乏造成煤气驱动的内燃机很难被大规模应用。以内燃机为动力的汽车制造业的快速发展，产生了对替代性燃料的急迫需求，直接促成石油开采和加工业的出现和壮大。20 世纪的最初 20 年，石油加工业是公认的为满足汽车需求而成长起来的特定行业。^③ 石油这种液体燃料的引入反过来又极大地加速了汽车制造业的发展。以美国为例。1900 年时，美国私家车产量仅为 0.4 万台，1920 年已达到 190.6 万台，到 1929 年时，产量已突破 445 万台。^④ 汽车制造业的发展还对公路、桥梁、隧道等道路基础设施的完善提出了要求，并通过提升资源的跨区域配置效率，在更大范围内激发了新技术的潜在经济效益。

第三，汽车的普及推动了交通运输成本的不断降低，形成了可以利用由规模经济和范围经济所带来的空前成本优势的潜力，由此产生了变革生产组织方式的需要。德国很早便认识到，在新的技术条件下，经济上的巨型组织要比中小型企业更有效率也更易指挥。通过在这些巨型组织中持续不断地进行技术创新，德国企业的海外竞争力得到显著提升。可以说，德国工业发展的核心动力便是大型工业领先企业的组织能力。^⑤ 同样值得关注的是，19 世纪末 20 世纪初美国大型企业的迅速增多，还与发端于福特汽车工厂的依托

① David C. Mowery and Nathan Rosenberg, "The U. S. National Innovation System", in Richard R. Nelson ed., *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, pp. 35-36.

② 大卫·兰德斯：《解除束缚的普罗米修斯：1750 年迄今西欧的技术变革和工业发展》，第 437 页。

③ Stanley L. Engerman and Robert E. Gallman eds., *The Cambridge Economic History of the United States, Volume 3: The Twentieth Century*, New York: Cambridge University Press, 2000, p. 849.

④ B. R. 米切尔：《帕尔格雷夫世界历史统计：美洲卷 1750~1993 年》，贺力平译，经济科学出版社 2002 年版，第 402 页。

⑤ Alfred D. Chandler, Jr., *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge: Harvard University Press, 1990, p. 407.

流水线进行大规模生产的工业模式相互呼应，协同演进。^① 流水线将生产从节点式操作变为线性流程。零部件以预定的速度传送到工人面前，他们只需执行简单重复的操作即可完成组装，从而极大提升了劳动生产率，大幅降低了生产成本。1908年T型车刚刚推出时的售价为1000美元，而到1924年时，售价已降至不足300美元，成为世界上第一款普通家庭也买得起的汽车，推动美国成为“车轮上的国度”。^②

（三）因不同的选择而走上不同的报酬变化轨道

20世纪70年代两次石油危机所带来的油价飙升，给汽车制造业的技术进步带来挑战。甚至有观点认为，汽车制造业自第二次世界大战结束就已陷入技术停滞状态，整个产业几乎没有任何新的技术突破，微小的改进仅存在于零部件领域。^③ 由此，过载效应逐渐取代学习效应，导致重点发展燃油驱动的大排量重型汽车的美国和德国随之陷入报酬递减的轨道。在此期间，日本和韩国的汽车制造商通过引入微电子技术生产出了耗油量更小的轻型小排量汽车，受到市场的广泛青睐，从而跻身世界汽车制造强国行列。不过，这种技术改进只在一定程度上放缓了燃油汽车的报酬递减趋势，真正推动汽车制造业重回报酬递增轨道的是21世纪初逐渐兴起的电动汽车技术，它带来了原有技术路线和产业链的颠覆性变革。

当前，电动汽车制造已成为新的高质量经济活动。它不仅意味着简单的车辆制造，还涉及关键矿产加工、动力电池研发、车辆架构设计、配套充电设施乃至智能网联和自动驾驶等技术的协同演进与升级。在这个复杂的产业生态系统中，学习效应和协调效应将共同推动在该领域集中布局的国家走上报酬递增的轨道。从动力来源看，燃油汽车向电动汽车的转型将极大减少对化石燃料的需求，而对生产动力电池所需的关键矿产的需求则大幅提升。这不仅使关键矿产储备国的战略地位得到提升，也将提升那些具有较强矿产加工能力的国家的全球影响力。从架构设计看，过去以燃油发动机和变速箱为核心的技术体系逐渐被以电池、电机、电控为核心的“三电”系统所取代，汽车制造业将在新的技术路线上重新形成学习效应，燃油汽车上百年的关键

① 韩毅、张兵：《美国赶超经济史》，第141页。

② 大卫·兰德斯：《解除束缚的普罗米修斯：1750年迄今西欧的技术变革和工业发展》，第437页。

③ Stanley L. Engerman and Robert E. Gallman eds., *The Cambridge Economic History of the United States, Volume 3: The Twentieth Century*, p. 886.

技术积累在电动汽车领域将无用武之地。而在动力电池的研发与制造中掌握核心技术的国家，将很容易实现关联产业的技术升级乃至整体经济实力的提升。从配套基础设施看，电动汽车的普及要以充电基础设施体系的完善为支撑，同时还需国家做好配套电网建设保障，并加强配套供电服务和监管。^①这对国家的公共产品供给能力提出了更高要求。

然而，在这场汽车制造业的颠覆性技术变革中，传统燃油车企、石油集团等既得利益者构成了国家技术换轨的巨大阻力，无法妥善应对和破除既得利益者的反对和抵制的国家将因锁定效应而加速国家实力的报酬递减趋势，而成功跃迁至新的技术路线的国家则很可能重回报酬递增的轨道。

美国电动化转型的最大阻力来自石油工业，由埃克森美孚（Exxon Mobil）和科氏工业（Koch）等行业巨头支持的团体在美国多地开展游说活动，反对针对燃油车的零排放强制要求和建设充电桩的公共投资计划。^②政府则回应以明确而坚决的电动汽车支持政策。在推动动力电池技术突破方面，美国高度重视各部门的协调互动以弥合电池供应链生态系统中的合作缺口，如能源部、国防部、商务部和国务院联合组建联邦先进电池联盟，能源部资助的多家实验室与美国三大电池行业协会共同组建锂桥联盟（Li-Bridge）。^③在促使汽车制造业回流方面，2022年出台的《通胀削减法》宣布，将投资3690亿美元支持电动汽车、关键矿物、清洁能源及发电设施的发展，前提是受惠产品所用电池的矿产原材料至少40%（2027年升至80%）来自美国或美国的自贸协定伙伴，最后组装需在美国本土或北美地区进行。^④能源部实施的“先进技术汽车制造”贷款项目也要求资助方位于美国境内。在培育本国电动汽车消费市场方面，美国积极完善充电基础设施建设，并通过开展公共采购和为购买电动汽车提供税收减免等方式带动电动汽车销量。

① 《国家发展改革委等部门关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见》，中国中央人民政府网，2022年1月10日，https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/21/content_5669780.htm。

② Gavin Bade, “The Oil Industry vs. the Electric Car”, Politico, September 16, 2019, <https://www.politico.com/story/2019/09/16/oil-industry-electric-car-1729429>。

③ 孔繁颖：《“再铸强权”：美国对华大容量电池产业的战略竞争》，载《国际论坛》2024年第4期，第114页。

④ “H. R. 5376-Inflation Reduction Act of 2022”, U. S. Congress, August 16, 2022, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376>。

美国的情况反映出，面对既得利益者迟滞技术转型的阻力，国家支持电动化转型的举措要表现得旗帜鲜明且果断坚决，否则很可能被锁定在旧的技术路线。^① 在这方面，德国的表现不尽如人意。由于预期技术转型可能带来大规模失业和社会动荡等问题，德国政府最初在汽车制造业技术路线变迁中表现出犹疑甚至抗拒的态度，这被视为德国经济奇迹走向终结的原因之一。^② 而在意识到电动化转型的战略意义后，德国推出的扶植政策也不及美国的明确且坚决。一方面，其试图通过逐步提高汽车排放标准倒逼传统燃油车企转型，但后者倾向于采用节能效率更高的燃油发动机及变速器技术，在尽可能少地使用电动技术的前提下实现减排目标。^③ 另一方面，德国出台了一系列购买电动汽车的支持政策，试图以购车税收优惠和补贴等方式为电动汽车开辟消费市场，但受制于本土电动汽车制造商实力较弱和燃油车企转型缓慢等问题，其电动汽车市场需求、市场规模和保有量的增长很大程度上是美国和中国电动汽车制造商进入的结果。2015～2023年，德国大众在欧洲电动汽车市场占比从27%降至20%，中国汽车制造商则从5%增至15%，特斯拉的市场占比则基本稳定在10%。^④

电动汽车制造是一个正在兴起的新兴产业，各国就此展开的竞争远未到达决出胜负的阶段，但我们仍能借助数据一窥一定程度被锁定在旧技术路线的德国和成功跃迁至新技术路线的美国在该领域的发展趋势。2024年前三季度，德国大众虽然仍在全球十大汽车制造商中排名第二，占有10.1%的市场份额，^⑤ 但在全球电动车市场中则已被甩在了靠后的位置。2024年，美国电动车制造商特斯拉以17.6%的市场占有率位居纯电动车（BEV）销量冠军，中国电动车制造商比亚迪则以17.2%的占比排名第二，大众的市占率仅4.1%，难望美国和中国之项背。而在插电混合式电动车（PHEV）领域，

① 李巍等：《电动汽车革命：大国产业竞争“新赛道”》，载《国际经济评论》2023年第4期，第109页。

② Wolfgang Münchau, *Kaput: The End of the German Miracle*, London: Swift Press, 2024.

③ 吴泽林：《欧盟推进电动汽车产业：动因、影响和挑战》，载《国际关系研究》2024年第5期，第9～10页。

④ *Global EV Outlook 2024: Moving towards Increased Affordability*, International Energy Agency, April 2024, pp. 93-94, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>.

⑤ 参见集邦咨询2024年前三季度全球汽车集团销售占比榜单，<https://www.trendforce.cn/presscenter/news/20241224-12421.html>。

比亚迪以 37.7% 的市占率高居榜首，大众甚至未能上榜，梅赛德斯奔驰则以 2.8% 的市占率排在第六位。^①

（四）小结

汽车制造业具有技术密集、产业链长、分工细和关联产业多等特点，是当之无愧的高质量经济活动。20 世纪上半叶，美国和德国凭借发展燃油汽车走上报酬递增的轨道，相继实现了对英国的赶超，但在 21 世纪初电动汽车技术路线转型中，两国却因不同的战略选择而走向了不同的报酬变化轨道。当前，电动汽车制造因关联产业更加多元、技术的升级迭代速度更快以及两用性特征更加突出，而被世界各国视为对国家安全和大国竞争具有重大影响的战略性新兴产业。基于对电动汽车制造业报酬递增的特性及其在未来大国竞争中所具有的战略价值的理性预期，美国、欧盟、中国、日本、韩国、印度和越南等国正在这一新赛道上积极布局，陆续出台产业政策和开展经济外交以谋划在这一领域的新优势。也许在不久的将来，我们将看到国际权力格局出现新的变化。

五、总结与启示

大国的兴衰构成人类历史演进的一条重要线索，在相当长的时间内引领着历史的基本走向。因此，大国兴衰探源是国际关系甚至社会科学领域如文学母题一般反复出现的永恒主题。本文聚焦技术要素在大国兴衰中的作用及其机制，从“结构+能动性”的视角出发，在梳理出独立于国家意志的技术浪潮所具有的主要特征的基础上提出，国家基于对技术浪潮及其特征的认识做出相应的战略选择，是技术要素作用于大国兴衰进程的关键所在。

具体而言，技术浪潮具有两个主要特征，一是技术发展潜力由学习效应和过载效应共同圈定，二是技术以协调效应和锁定效应作用于国家实力的增减。学习效应和协调效应的叠加将推动技术系统走上报酬递增的轨道，过载效应与锁定效应的叠加则将使技术系统转向报酬递减。在新的技术浪潮到来时，国家需要通过从事高质量经济活动进入报酬递增的轨道，从而崛起为具有世界影响力的大国。在捕捉到技术潜力正在走向枯竭时，国家则需通过对新技术的提前布局 and 及时换轨避免陷入报酬递减，以实现对其大国地位的护

^① 参见集邦咨询 2024 年纯电动车（BEV）和插电混合式电动车（PHEV）销量占比榜单，<https://www.trendforce.cn/presscenter/news/20250220-12477.html>。

持。未能如此行动的国家有可能被其他通过从事高质量经济活动进入报酬递增轨道的国家超越，最终失去大国地位。棉纺织业生产技术变迁中英国的兴衰历程，以及汽车制造业技术路线变迁中美国和德国的兴与衰是对上述逻辑的生动诠释。

需要说明的是，本文并不希冀挖掘大国兴衰的充要条件，而是尝试发现其必要条件。正如芭芭拉·格迪斯（Barbara Geddes）所言，由众多复杂因素共同引致的复合结果很难为单一理论所解释。^① 大国兴衰便是这种无法被简单解释的复合结果。历史上存在一些国家“理性地”选取高质量经济活动却仍在技术竞争中落败的案例，这些案例可从三个角度加以理解。一是同一领域存在更易为市场所接受的技术路线，如英法 20 世纪 60 年代联合研制的超音速客机相较于亚音速客机虽然技术层次更高，但与后者相比盈利相当有限，且因环保原因而遭强烈抗议，不得不退出民航市场。二是特定技术路线因“过于超前”而缺乏互补技术的协同配合，只能是实验室产品而难以量产，如日本 20 世纪 80 年代构想的人工智能计算机很难突破当时的算力限制。三是对处在大国技术竞争中的国家而言，其产业技术发展的实际成效还受对手国对外技术政策的制约，如冷战时期美国对苏联严格的出口管制。未来可对这些案例做深入研究。

本文相较于既有研究至少在如下两方面做出了超越。其一，就国家兴衰而言，初始禀赋与政策选择孰轻孰重一直是学界争论的重点。本文对技术浪潮的主要特征与国家恰当的战略选择相搭配的重要性的强调，既克服了禀赋决定论所蕴含的“国家的命运从一开始就决定好了”的潜在消极导向，也规避了基于政策选择的观点所无法解释的诸如“为何某些政策只在特定国家取得了良好成效”的现象。其二，本文基于报酬变化的逻辑对技术要素作用于大国兴衰的原理和机制进行分析，提出在技术领域，报酬递增的具体发生机制包括学习效应和协调效应，报酬递减的具体发生机制则包括过载效应和锁定效应。这些机制揭示了技术要素如何通过启动报酬递增来推动国家兴起，又如何因陷入报酬递减导致国家衰落，为理解和诠释近现代大国兴衰提供了一套理论框架。在以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业的关键时期，本研究或将为中国的政策实践提供学理参考。

^① 芭芭拉·格迪斯：《范式与沙堡：比较政治学中的理论构建与研究设计》，陈子恪等译，重庆大学出版社 2012 年版，第 19 页。

Abstracts

Technological Waves and the Rise and Fall of Great Powers: An Analytical Framework Based on Increasing and Decreasing Returns

Zhang Qianyu

Abstract: Major breakthroughs in cutting-edge technologies have emerged as critical determinants of whether a nation can attain and sustain preeminence in international politics, constituting a fundamental endogenous driver in the rise and fall of great powers. The strategic choices nations make based on their comprehension of technological waves and their characteristic features represent the pivotal mechanism through which technological factors influence great power trajectories. Upon the emergence of new technological waves, nations must engage in high-quality economic activities to activate increasing returns, ascending to global prominence through the combined influence of learning effects and coordination effects. When technological potential approaches exhaustion, nations must proactively position themselves for emerging technologies and execute timely trajectory shifts to avoid descending into decreasing returns precipitated by overload effects and lock-in effects, thereby preserving their great power status. Nations that fail to implement such strategic adaptations will inevitably be surpassed by those that successfully engage in high-quality economic activities. Britain's strategic decisions during the technological transformation of cotton textile production and the respective choices of the United States and Germany during paradigmatic shifts in automotive manufactory exemplify this analytical framework.

Key words: Rise and fall of great powers; technological competition; increasing returns; decreasing returns; strategic choice

About the Author: Zhang Qianyu, Assistant Researcher at the National Institute of International Strategy, Chinese Academy of Social Sciences (NIIS CASS).

Logic, Strategy, and Impact: U.S. Industrial Chain Restructuring by Decoupling from China from a Securitization Theory Perspective

Yang Yong and Hu Yuan

Abstract: As China's national strength continues to grow and