中國與世界秩序評論

世界政治中的权力转移与重大技术变迁

本期作者：黄琪轩

澄海全球發展與安全
高等研究院

主编：杨光斌
总第四期

（未经允许，不得引用）

中國與世界秩序評論

世界政治中的权力转移与重大技术变迁

本期作者：黄琪轩

主编：杨光斌

总第四期

澄海全球發展與安全
高等研究院
Chenghai Institute of Global
Development and Security

（未经允许，不得引用）

世界政治中的权力转移与重大技术变迁

黄琪轩

一、两个重叠的周期.....5

二、重大技术变迁的权力驱动.....9

三、二战后美国霸权护持及重大技术变迁.....19

四、二战后苏联和日本的技术变迁.....34

五、权力竞争与古代欧洲技术变迁.....54

六、中国的技术变迁：从古代到新时代.....72

七、结语与讨论.....84

阅读提示

在现代国际政治中，“重大技术变迁”与“大国权力转移”两种周期往往叠加出现。历史上，从 18 世纪英国崛起到 19 世纪末英德竞争，再到二战后美国面临苏联和日本的挑战，都体现出当领导国与崛起国因安全与经济利益展开激烈竞争时，会集中投入资金与资源研发关键技术。这既包括政府直接资助研发，也包括政府通过订单采购推动创新，尤其是在军用技术领域。政府对性能和可靠性的高要求，以及对成本的相对不敏感，能迅速催生高精尖技术，进一步带动民用产业发展，形成重大技术变迁。

二战后，美国在与苏联的军备和科技竞赛中，通过建立国防部高级研究计划署、国家航空航天局等机构，大规模资助科研院校与企业，带来核能、计算机、空间技术等突破。日本虽不具备完整的“超级大国”条件，但在崛起过程中，同样因与美国的经济竞争而强调技术自主研发，借助政府主导和企业配合，成功拓展半导体等高技术领域。

回溯欧洲近代史，葡萄牙与西班牙的航海

竞争、英国与荷兰的海上争霸、英法间的军工竞赛等，都在权力转移时期通过国家层面的政策介入、财政支持和军备需求，推动了航海技术、科学革命及第一次工业革命的发生。相应地，当大国衰落或竞争减弱，公共资源对科研的投入力度往往就会下降，重大技术突破的动力也随之减弱。

总体而言，“权力转移时期的紧迫性”与“大国竞争对技术的需求”是重大技术变迁的关键催化剂。领导国与崛起国为了维系或获取优势，往往在研发与采购领域采取高度集中的干预和支持，最终推动了新技术或新产业的集中爆发。这样形成的周期现象在“有核时代”或“无核时代”的历史中都屡见不鲜，成为理解世界政治与技术变迁互动关系的一条重要线索。

世界政治中的权力转移与重大技术变迁*

黄琪轩

作 者：上海交通大学国际与公共事务学院教授；上海市创新政策评估研究中心高级研究员；上海交通大学政治经济研究院兼职研究员

关键字：技术变迁、权力转移、军备竞赛、政企合作、世界政治

进入 21 世纪以后，人工智能、量子计算、大数据和物联网、ChatGPT 等技术不断涌现，新一轮产业与技术革命呼之欲出。如果有人问：在未来五十年的时间里，是否会出现技术革命？如果会，那么技术革命最可能出现在哪些国家？那么本文的回答是：很可能，而且重大技术革命很可能会出现在中美之间。本文试图展示：世界政治中的权力转移是重大技术变迁的重要驱动。重大技术变迁最可能出现在权力转移时期的领导国与崛起国。

*本文基于作者专著修改，参见黄琪轩著：《大国权力转移与技术变迁》，上海：上海三联书店 2024 年版。

一、两个重叠的周期

从事技术研究的学者一般有此共识，即技术进步充满不确定性。[1]技术进步的过程是不均衡的，时快时慢。有时候技术进步是爆炸性的；有时候技术进步则非常缓慢。长期以来，重大技术变迁持续吸引着研究者的关注。西蒙·库兹尼茨（Simon Kuznets）在获得诺贝尔经济学奖时发表的演讲指出："长期的、持续的经济增长的主要源泉来自于那些人类知识的重大突破。这些重大突破扩散到了世界大部分地区。我们可以将这些突破称之为划时代的创新。经济史的变迁或许可以被划分为不同的经济纪元。而划时代的创新以及它们所产生的独特的经济增长模式是每一个纪元的特征。"[2]库兹尼茨所谈到的人类知识

[1] 技术进步具有不确定性的相关研究，参见 Nathan Rosenberg, *Perspective on Technology*, New York, Cambridge University Press, 1976; Nathan Rosenberg, "Uncertainty and Technological Change", in Ralph Landau, Timothy Taylor and Gavin Wright, eds., *The Mosaic of Economic Growth*, Stanford: Stanford University Press, ,1996, pp. 334-353; Richard Nelson and Sidney Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

[2] Simon Smith Kuznets, Population, Capital, and Growth: Selected Essays, New York: Norton, 1973, p.166.

的重大突破与重大技术变迁呈现周期性的分布。

有时候，技术进步悄无声息；有时候，重大技术变迁集中出现，此起彼伏，出现技术革命。从表 1 我们看到：从 18 世纪开始，英国出现第一次技术革命以后，每隔一段时期，人类社会就会出现技术革命。人们普遍认为十九世纪中叶是蒸汽和铁路的时代。随后钢代替了铁，钢铁和电力时代来临。到了二十世纪二十年代，汽车和大规模生产时代来临。而二十世纪七十年代以后，人类社会又进入了“信息时代”和知识社会。在两百年间，世界历史出现了多次技术革命，这些都是重大技术变迁。

表 1 重大技术变迁的周期

技术革命	该时期的通行名称	核心国家	年份
第一次	产业革命	英国	1771
第二次	蒸汽和铁路时代	英国（扩散到欧洲大陆和美国）	1829
第三次	钢铁、电力、重工业时代	美国和德国追赶并超越英国	1875
第四次	石油、汽车和大规模生产时代	美国（起初与德国竞争世界领导地位），后扩散到欧洲	1908
第五次	信息和远程通讯时代	美国（扩散到欧洲和亚洲）	1971

资料来源：Christopher Freeman, *As Time Goes by: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, New York: Oxford University Press, 2002; Carlota Perez, *Technological Revolutions and Financial*

Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages, 2002.

不仅重大技术变迁存在周期，在国际关系史上，世界政治中的领导权兴衰同样存在周期，最吸引研究者目光的就是大国权力转移周期。如表 2 所示，国际关系史上，新兴大国周期性地崛起，守成大国多次衰落，世界政治会出现一轮又一轮的权力转移周期。国际关系史的权力转移周期在很大程度上与世界重大技术变迁的周期存在重叠。

表 2 大国权力转移的周期

时期与冲突	守成大国	崛起大国
15 世纪末 16 世纪初	葡萄牙	西班牙
17 世纪	荷兰	英国、法国
18 世纪中期到 19 世纪初	英国	法国
19 世纪末到 20 世纪初	英国	德国、美国
20 世纪五十年代 到七十年代	美国	苏联
20 世纪八十年代 到九十年代初	美国	日本

资料来源：根据 George Modelski, *Long Cycles in World Politics*, Basingstoke: Macmillan, 1987, p.40.

有研究指出，技术进步有着自己的变迁轨迹，

技术进步有自身的周期。[1]本文主要回答：世界政治中的重大技术变迁为何会呈现周期性的特征，它更可能在什么时段、什么地点出现？本文将融合国际关系史与世界技术史，试图展示：重大技术变迁的周期显著受到国际政治权力变迁的影响，大国竞争是世界技术变迁的重要驱动。大国权力转移时期往往是大国权力竞争最激烈的时期，正是在这一时期，领导国与崛起国之间的权力竞争显著推动了世界重大技术变迁。

本文一共七个部分，第一部分展示世界政治中的大国权力周期与重大技术变迁周期二者相互重叠；第二部分展示重大技术变迁背后的驱动力，尤其是权力驱动力；第三部分与第四部分分别展示在二战以后的“有核时代”，在世界政治权力转移时期，作为“守成国”的美国以及作为“崛起国”的苏联、日本，权力竞争如何驱动了重大技术变迁；

[1] 关于技术进步有着自身轨迹的研究，参见Giovanni Dosi, “Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change”, Research Policy, Vol.11, No.3, 1982, pp.147－162.关于技术进步的长波的研究，参见Christopher Freeman, Long Waves in the World Economy, Boston: Butterworths,1983; Christopher Freeman, As Time Goes by: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution, 2002.

第五部分对“无核时代”的古代欧洲展开比较历史分析，并展示本文发现同样适用于欧洲历史上的重大技术变迁；第六部分将参照古代与当代中国的经验，将本文的分析框架运用于中国技术变迁；最后一部分是结语与讨论。

二、重大技术变迁的权力驱动

不少研究关注技术如何塑造了世界政治。历史学家威廉·麦尼尔(William McNeil)等学者指出，一些关键性技术变迁推动了西欧中世纪的变革，使西欧步入近代社会。长矛、枪支、帆船以及书本等技术的出现改变了旧有国际体系，带来了十七世纪西欧封建制度的终结，推动了现代国家体系的建立。[1]人类学家本尼迪克特·安德森（Benedict

[1]参见William McNeil, *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force and Society since A.D. 1000*, Chicago: Chicago University Press, 1984; Geoffrey Parker, *The Military Revolution: Military Innovation and the Rise of the West, 1500-1800*, New York: Cambridge University Press, 1988; Carlo Cipolla, *Guns, Sails and Empires: Technological Innovation and the Early Phases of European Expansion, 1400-1700*, New York: Pantheon Books, 1965; Lusien Paul, Victor Febvre and Henri Jean Martin, *The Coming of the Book: The Impact of Printing, 1950-1800*, London: Verso, 1984; Ronard Deibert, *Parchment, Printing, and*

Anderson)则看到:十八世纪晚期和十九世纪早期,报纸的出现与民族主义兴起密不可分,也与民族国家发展息息相关。[1]但是,世界政治中的重大技术变迁是如何出现的?已有研究对此有着迥异回答,但均没有解决重大技术变迁出现的"时刻"与"地点"问题。

埃斯特•博塞拉普(Ester Boserup)指出人口密度影响城市规模,技术进步往往在城市周边出现,因此技术变迁是人口增长驱动的。朱利安·西蒙(Julian Simon)则展示,人口规模影响了潜在发明者的供给量。[2]如果说人口在驱动重大技术变迁,那么我们需要回答,为何重大技术变迁没有随着人口数量变迁而周期性地出现。世界政治中的技术落伍者中不乏人口大国。

Hypermedia: Communication in World Order Transformation, New York: Columbia University Press, 1997.

[1] 关于民族主义和印刷术,参见Benedict Anderson, *Imagined Communities: Reflections on the Origins and Spread of Nationalism*, London: Verso, 1991.

[2] 相关研究参见Ester Boserup, *Population and Technological Change*, Chicago: University of Chicago Press, 1981; Julian Simon, "The Effect of Population on Nutrition and Economic Well-Being", in Robert Rotberg and Theodore Rabb, eds., *Hunger and History: The Impact of Changing Food Production and Consumption Patterns on Society*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983, pp. 215-240.

有研究者强调国家政策的作用。克里斯托弗·弗里曼（Christopher Freeman）在研究日本经济赶超经验时发现，日本形成了一整套能够有效推进技术发展的制度安排，并提出了“国家创新系统”（National Innovation System）的概念。他将其定义为：公共部门与私人部门组成的一个能够在互动中激发、引入、改进以及扩散新技术的网络。相关研究展示：国家的教育、科学、贸易、金融、法律等制度与政策对技术进步具有重要作用。[1]同时由于“国家创新体系”所囊括的内容过多，相关理论难以清晰地验证。同时他们需要回答，在什么时期各大国愿意调整政策，推动重大技术变迁。

有研究者强调制度安排对技术变迁起到重要作用，良好的产权制度尤其关键。知识具有非竞争性以及非排他性，知识这一“公共品”特性给社会带来正的外部效应。作为创新者，他的研发活动给社会带来的收益多，而个人所获得的收益少。如果

[1] 关于国家创新体系的文献，参见Christopher Freeman, *Technology Policy and Economic Performance*, London: Pinter Publisher, 1987; Charles Edquist, *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organization*, London: Pinter Publisher, 1997; Richard Nelson, *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York: Oxford University Press,1993.

缺乏足够的激励，创新活动会非常匮乏。道格拉斯·诺斯（Douglass North）指出：有效率的组织需要在制度上做出安排，并确立所有权，以便造成一种刺激，将个人的经济努力变成私人收益率接近社会收益率的活动。[1]2024 年诺贝尔经济学奖得主德隆·阿西莫格鲁（Daron Acemoglu）和詹姆斯·罗宾逊（James Robinson）等人在其著作《国家为什么会失败》中指出，英国建立了包容性制度（inclusive institution）有助于其实现在技术革命中的领先地位。这个制度包括：在政治上，民众具有政治权利，能够参与政治活动，制衡领导人；在经济上，国家保护民众的财产权，建立自由竞争的市场，使人们有较高的生产积极性。这样的制度安排推动了重大技术革新。[2]制度主义者需要回答，在欧洲历史上的法国、德国以及二战后的苏联，在不具备所谓“包容性制度”的情况下，却成为驱动重大技术变迁的主力。具备“包容性制度”的英国，其技术发展却在二战之后表现平平。

[1] 道格拉斯·诺斯著，厉以平等译：《西方世界的兴起》，北京：华夏出版社 1999 年版，第 5 页。

[2] 德隆·阿西莫格鲁、詹姆斯·罗宾逊著，李增刚译：《国家为什么会失败》，长沙：湖南科学技术出版社 2015 年版，第 72-88 页。

长期以来，经济学、社会学、管理学等学科对科学与技术研究有着较多关注。政治学者马克·泰克（Mark Taylor）指出：对科学技术的研究长期存在“非政治”（apolitical）倾向，忽略政治要素对技术变迁的影响。[1]学者们倾向认为：技术进步有其自身规律，政治属性不强。政治学研究在这一领域长期乏善可陈。例如，在《牛津创新手册》中，几乎没有政治学对创新研究的章节。[2]而本文恰恰是要将“政治找回来”，尤其是要将世界政治找回来。

世界政治存在周期，新兴大国会崛起，守成大国会衰落，世界政治的领导权会更替。权力转移时期就是：崛起国迅速发展，逐步赶超和取代领导国的时期。在国际关系史上，这也是最危险、最不稳定的时期。领导国与崛起国双方容易出现冲突与战争。在过去 500 年中，有 16 个大国崛起，并威胁取代现有守成国的案例，其中有 12 次导致了战争。

[1] 马克·卡扎里·泰勒著，任俊红译：《为什么有的国家创新能力强》，北京：新华出版社 2018 年版，第 19-21 页。

[2] Jan Fagerberg, David Mowery and Richard Nelson, eds., *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press, 2005.

[1]尽管不是世界政治每一次权力转移都会导致战争，但是每一次权力转移都会驱使大国备战。“备战”而非“战争”是权力转移时期的常态。

为应对日益严峻的安全压力，双方会采取一系列措施来保障自身安全，包括加强军备、寻找盟友等。而推动技术变迁则是重要措施之一。正如经济史学家大卫·兰德斯所说：政府惟一不太考虑节约成本的领域是兵器制造，人们很少在杀人工具上计较价钱。[2]大国权力转移时期将世界政治中最重要的行为体——崛起国与守成国卷入其中，它们最具有推动重大技术变迁的“能力”，同时安全压力促使其推动重大技术变迁的“意愿”日益增强。在权力转移时期，崛起国与领导国政府不仅作为重大技术的资助者出现；同时还会作为采购者出现。

首先，就政府资助而言，在世界政治的权力转移时期，领导国与崛起国政府往往加大对技术，尤其是军用技术的研发资助。在 1957 年，美国国家科学基金的预算不到 1.73 亿美元；到 1967 年，这

[1] 格雷厄姆·艾利森著，陈定定、傅强译：《注定一战：中美能避免修昔底德陷阱吗？》上海：上海人民出版社 2019 年版，第 8 页。

[2] 大卫·兰德斯著，谢怀筑译：《解除束缚的普罗米修斯》，北京：华夏出版社 2007 年版，第 254 页。

一数字上升至 12 亿美元。同期美国国立卫生研究院的资金从 9.5 亿美元攀升至 38 亿美元。在苏联人造地球卫星上天之前，美国研发支出约占国内生产总值的比重为 1.5%，公共和私营部门份额大致相当；十年后，美国研发支出占国内生产总值的比重约为 3%，其中 70%由联邦政府提供。[1]在 1964 年，在美国飞机工业中，90%的研发经费来自政府拨款，其中最主要的资助者是美国空军。飞机制造需要精密机床，为满足飞机制造业的需求，美国政府又大力资助机床业。在 1950 年到 1957 年，美国机床产业的研发经费提高了八倍，均是在政府资助下完成。[2]在国家安全的压力下，大量重大技术研发从政府获得了充裕的资金。

其次，就政府采购而言，在世界政治的权力转移时期，领导国与崛起国政府往往加大对技术，尤其是军用技术的集中采购。社会学家维尔纳·桑巴特（Werner Sombart）就曾指出：“军事需求创造

[1] Linda Weiss, *America Inc.: Innovation and Enterprise in the National Security State*, Ithaca: Cornell University Press, 2014, p.32.

[2] 戴维·诺布尔著，李风华译：《生产力：工业自动化的社会史》，北京：中国人民大学出版社 2007 年版，第 7-9 页。

出了大宗需求”。[1]在美苏竞争时期，美国政府技术采购涵盖了微电子和信息技术，如计算机、软件、半导体、互联网，也涉及航空航天技术，如飞机、通信卫星、全球定位系统等。在星球大战计划实施早期，约有 90%的技术产品不符合联邦政府要求，且由于新技术产品价格高昂，普通消费者无人问津。联邦政府采购新技术产品的价格常常是市场价格的 12 倍。[2]随着持续的政府采购，大量高技术企业获得了市场和学习机会。在很长的时段，与安全相关的政府部门是先进技术产品飞机、半导体、计算机硬件软件的“主要用户”，乃至“唯一用户”。

为什么大国政府对技术的资助与采购等举措，有助于克服以往的技术瓶颈？因为政府资助与采购会从以下三个方面影响新技术的发展：支持的集中度；性能的优越性以及成本的敏感性。其一，就对技术支持的集中度而言，在世界政治的权力转移时期，领导国与崛起国政府往往将资源集中投向一些大企业。只有少数企业才能够承担如此大规模、高精度的科研和生产。在 1950 年，超过 90%的联

[1] 维尔纳·桑巴特：《战争与资本主义》，第 24 页、第 103 页。
[2] Linda Weiss, *America Inc.: Innovation and Enterprise in the National Security State*, 2014, p.80.

邦研发经费由国防部和原子能委员会（Atomic Energy Agency）控制。[1]集中的资源控制有利于集中力量克服技术瓶颈。当时美国政府科研合同的总额高达10亿美元,获得这些合同的有200家企业，其中10%的企业获得了40%的经费。资源集中投向重要企业，也集中投向顶级大学，19%的大学获得了三分之二的科研经费。[2]集中的技术支持,有利于集中资源克服技术瓶颈，带来重大的技术变迁。

其二，就技术性能的优越性而言，在世界政治的权力转移时期,领导国与崛起国政府往往会提高对技术性能的要求,以确保在军事竞争中获得技术优势。在美苏竞争时期，美国政府对技术精确性的要求达到相当严格的地步。1962年,美国飞往金星的“水手一号”火箭爆炸，这是由于助推器的控制程序“漏掉了一个字符”导致。核弹和载人航天的导航代码只要出现一次错误,就会导致整个任务失败。因此，美国国家航空航天局投入了大量资金和人力来应对挑战，提升软件的可靠性。[3]在20世纪

[1] David Mowery and Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America,* New York: Cambridge University Press, p.135.

[2] 戴维·诺布尔：《生产力：工业自动化的社会史》，第11页。

[3] 托马斯·黑格、保罗·塞鲁齐著，刘淘英译：《计算机驱动世界：

60 年代初，美国导弹的雷达系统平均 5-10 小时就会出现一次故障。美国在越南战场发射的导弹，有 66%出现故障，只有 9.2%能击中目标。美国军方加强对晶体管制造的技术水平并将晶体管和激光传感器配置到了高精度的炸弹中，制成了精准打击武器。[1]安全压力迫使大国政府投入大量资金，资助并采购高精度、高性能技术产品。

再次，就对技术成本的敏感性而言，在世界政治的权力转移时期，领导国与崛起国政府对技术的成本往往不那么敏感。这对商业投资而言是缺陷，但对重大技术变迁却是优点。1969 年，美国“阿波罗 11 号”宇宙飞船载人登月成功；1981 年，美国“哥伦比亚号”航天飞机发射成功……这些科学与技术进步，在短时期都难以看到商业回报。正是大国竞争，让政府忽视科技的短期商业回报，而重视安全与政治价值。此外，由于政府启动了诸多大规模研发项目，还培养了大量的技术人才。哈佛大学的艾肯（Aiken）计划受美国政府巨额资助。我们所熟知的华人计算机企业家王安（An Wang）就是

新编现代计算机发展史》，上海：上海科技教育出版社 2022 年版，第 123 页。

[1] 克里斯·米勒著，蔡树军译：《芯片战争：世界最关键技术的争夺战》，杭州：浙江人民出版社 2023 年版，第 61-63 页。

在离开艾肯项目后，于 1951 年建立了自己的实验室。[1]因此，政府对研发的资助与高新技术的采购不仅直接拉动了技术进步，也间接积累了技术能力，培养了技术人才，为实现重大技术变迁创造了重要条件。

三、二战后美国霸权护持及重大技术变迁

二战后，美国成为了世界政治的领导国。一般而言，国际秩序主要通过均势战略、霸权战略与制度战略来维系。面对崛起国的挑战，一个身处世界霸权的国家常常实施霸权战略，以寻求建立和维护地区与全球秩序。在美国处于领导国时期，它经历了几次大国崛起对其领导权构成的冲击。美国在技术政策上予以应对，孕育并促成了重大技术变迁。

（一）从国际竞争看美国政府与社会

大国权力转移给领导国带来了巨大的安全与经济竞争压力，进而影响领导国的政府与社会。从美国国内政治来看，在应对崛起国时，美国国

[1] Kenneth Flamm, *Creating the Computer: Government, Industry and High Technology*, Washinton, DC: Brookings Institution Press, 1988, p.59.

内一般都会有几个相应的变化。美国应对苏联挑战可被视为典型案例，其政府与社会变迁有几个方面的特征。

首先，在权力转移时期，美国政府会更加呈现“国家安全政府”的特点。面对苏联威胁，在国防科研部门的支持下，美国政治经济成为“隐蔽的发展型政府”（hidden developmental state）；[1]逐渐形成和发展出了“国家安全政府”（national security state）。[2]美国新成立了一系列机构，专注于军事技术。美国国防部的规模有了很大扩展。在二十世纪五十年代到六十年代，美国国防部和国家航空航天管理局（NASA）的资助几乎占到了所有产业研发资金的一半。[3]为国家安全需要，美国原子能委员会以及国防部为美国大学提供特殊经费。空军和海军成

[1] Fred Block, Matthew Keller and Marian Negota, “Revisiting the Hidden Developmental State”, *Politics & Society*, 2023, p.4.

[2] Linda Weiss, *America Inc.: Innovation and Enterprise in the National Security State*, p.23.

[3] Gunter Heiduk and Kozo Yamamura, *Technological Competition and Interdependence: The Search for Policy in the United States, West Germany, and Japan*, Seattle: University of Washington Press,1990, p.8.

为大学基础研究最重要资助者。美国政府不仅调整了以往的政府机构，还新成立了一些科研机构以促进技术进步。美国海军成立了海军研究局（Office of Naval Research）；1950年，美国政府继而又成了了国家科学基金（National Science Foundation）以整合美国科研资源。在苏联发射人造地球卫星后，美国政府于1958年又成立了美国国家航空航天局 （National Aeronautics and Space Administration）以应对苏联在空间领域的挑战。同年，美国政府还成立了国防部高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency）以推动美国军民两用技术发展。海军研究局、国家科学基金、航空航天局、国防部高级研究计划署等新机构的建立，在自由市场经济的美国集中了科研资源，形成强大的“国家安全政府”，极大推动了美国的科技进步。

其次，在权力转移时期，领导国的国内利益集团——军工复合体会随着崛起国的成长而获得发展机会。在权力转移时期，美国形成了一个比较特殊的政治经济集团——军工复合体。在 19 世纪末，英德权力转移的背景下，历史学家麦尼尔指出：英

国发展出了一个“军工复合体”。[1]早在十九世纪晚期二十世纪初期，尤其是在 1880 到 1905 年间，随着美国在世界政治中迅速崛起，美国国内就也随之涌现出了军工复合体的雏形。[2]美国总统德怀特·艾森豪威尔（Dwight Eisenhower）在 1961 年的离职演讲提及了“军工复合体”，使这一称谓逐渐流行。艾森豪威尔警告美国人民要防止军工复合体的势力扩张影响国家利益。从 1945 年到 1970 年，美国政府军事开支达到 1.1 万亿美元，这一数额超过了美国 1967 年所有产业和住宅价值总和。同时，受益于庞大的军事开支，美国工业体系中成长出庞大的国防工业体系。1945 年到 1968 年，为国防服务的工业部门提供了高达 440 亿美元的产品和服务，价值超过通用电气公司、杜邦公司和美国钢铁公司销售额的总和。[3]和美国军工复合体在 19 世纪末初现端倪的背景类似，苏联迅速崛起推动权力转移时

[1] 威廉·麦尼尔著，孙岳译：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，北京：中信出版社 2020 年版，第 195 页，第 224-245 页，第 236 页，第 251 页。

[2] Ben Baack and Edward Ray, “The Political Economy of the Origins of the Military-Industrial Complex in the United States”, *Journal of Economic History*, Vol. 45, No. 2, 1985, pp. 369-375.

[3] 戴维·诺布尔：《生产力：工业自动化的社会史》，第 5 页。

期的大国竞争，二战后美国军工复合体的形成和发展，离不开美苏权力转移的国际安全背景。

再次，在权力转移时期，美国高校与研究机构也会有相应调整，呈现出“冷战大学”的特征。在苏联强大的竞争压力下，二战后美国政府开始大规模资助研究型大学，并大规模资助基础科学研究。“这是有史以来，美国政府第一次大规模地调动国家机器，为大学科研提供资助。”[1]通过提高对大学资助比重、资助新兴学科发展、资助大学研究项目、支持大学扩充研究人员、增加购买科研设备、为研究生提供奖学金，美国政府显著促进了高等教育的发展和基础科学的进步。在美苏权力转移时期，美国联邦政府资助的研发占研发总额的比重在二分之一到三分之二之间。美国大学所从事的基础研究，很大部分是政府资助的。[2]不少美国院校把握住冷战契机，赢得快速发展。

有研究详细记录了斯坦福大学的情况：面临苏联挑战，斯坦福大学管理层认识到这是一个很好的

[1] Gunter Heiduk and Kozo Yamamura, T*echnological Competition and Interdependence: The Search for Policy in the United States, West Germany, and Japan*, p.7.

[2] David Mowery and Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*, p.31.

契机，大学应该主动服务国家安全项目。斯坦福大学成为“冷战大学”的典型代表之一。早在在二十世纪四十年代末期，美国军方对斯坦福大学科学和工程研究资助已经成为工学院和物理系的主要经费来源。在 1960 年，美国联邦政府资助已超过诸多“冷战大学”研究经费的一半。在斯坦福大学，39%的运转经费来自联邦资助，其中 80%以上又给了工程和物理研究。[1]在 1975 年，美国联邦政府支付了研究型大学科学与工程研发资金的 67%，而州政府支付了 9.7%。[2]当时不少新兴学科，如空气动力学、冶金以及电子学、飞机引擎设计等是在军方资助下发展起来的。[3]联邦政府还资助大学建立计算机技术等新兴学科。为促进半导体研究，在美国政府资助下，大学开设大量新兴课程，设立新的研究生项目，为半导体工业培养人才。[4]

因此，权力转移时期，“冷战大学”的科研经

[1] 贝卡·洛温著，叶斌桂，罗燕译：《创建冷战大学：斯坦福大学的转型》，北京：清华大学出版社 2007 年版，第 120 页，第 181 页。

[2] 马克·卡扎里·泰勒：《为什么有的国家创新能力强》，第 92 页。。

[3] 戴维·诺布尔：《生产力：工业自动化的社会史》，第 7 页。

[4] David Mowery and Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*, p.135.

费、学科设置、人才培养等都更密切地与国家安全绑定在一起。从某种程度上讲，美国此时形成了“全政府”“全社会”的对苏科技竞争布局。

（二）技术资助、技术采购与技术革命

第三次技术革命以原子能、电子计算机、空间技术等发明和应用为主要标志。这些技术无一例外离不开大国权力转移时期，美国政府的资助与采购。新技术的研发与生产最初聚焦国家安全。以最具代表性的电子产业为例，美国军方需要发展飞机、弹道制导系统、通讯系统、控制设备、工业控制设备、高速电子计算机以及控制网络（如半自动地面防空警报系统），这些设备都需要晶体管。因此，美国以晶体管为代表的电子产业有了巨大发展。[1]美国政府在推动重大技术变迁出现的过程中，扮演的重要角色是作为技术的资助者与采购者。

美国政府作为研发资助者的角色，主要体现在：在面临苏联、日本以及日益崛起的中国时，联邦政府对研发的支出不断攀升。在苏联崛起时期，美国政府对关键核心技术的资助尤其显著。有研究指出，从1940年到1995年，美国政府对研发的投资占据

[1] 戴维·诺布尔：《生产力：工业自动化的社会史》，第8页。

了研发金额的大部分。与历史上政府支出相比，战后美国研发金额上升明显；与其它经合组织国家相比，美国研发金额也是独一无二的。[1]在研发方向上，美国政府还急剧扩展了军事科研投入。二战后，美国联邦政府对军事研发的支出至少占联邦研发支出的三分之二。[2]正是政府在安全领域大规模研发投入，带来了新的技术瓶颈的突破，孕育了新的产业集群。

二战后，以电子产业为代表的新产业集群的出现离不开美国政府资助。一位从业者回忆道，五角大楼的决策主导了电子工业的发展进程。直到1959年，超过85%的电子产品研发是由联邦政府资助的。[3]到1964年，仍有将近三分之二的电子设备产业的研发费用来自美国政府。[4]不仅晶体管、半导体的发明离不开政府资助，相关技术的改良也离不开政府资助。而美国政府的慷慨资助，恰恰是在美

[1] David Mowery and Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*, p.30.

[2] National Science Board, S*cience and Engineering Indicators* 2004, Arlington: National Science Foundation, NSB 04-1A.

[3] Kenneth Flamm, *Creating the Computer: Government, Industry and High Technology*, p.16.

[4] 戴维·诺布尔：《生产力：工业自动化的社会史》，第8页。

苏权力转移时期，国家安全驱动下展开的。

尽管日本崛起对美国的挑战主要集中在经济领域，美国政府仍积极资助重大技术予以应对。1987 年，美国国防部和美国一批芯片制造商成立了半导体制造技术联盟（Semiconductor Manufacturing Technology）。这一联盟一半是由产业界出资，一半由美国国防部出资，来应对来自日本的技术挑战。该联盟的重要使命之一就是拯救美国的光刻机，其中包括斥资 7000 万美元来为光刻机制造公司 GCA 提供资助。[1]美国政府还积极资助相关技术商业化，以应对日本竞争。美国政府相关资助为 20 世纪 90 年代互联网技术在民用领域大规模铺开奠定了基础。

面对中国崛起，尽管遭遇金融危机，贝拉克·奥巴马（Barack Obama）执政以后，加大了政府对技术进步的介入程度。在 2008 年，奥巴马赢得总统选举之初就承诺会加大基础科学研究，在十年内将基础研究经费翻番。同时，奥巴马政府还启动了新能源技术研发。奥巴马及其团队对空间技术十分重视，其中一个重要原因就是国防部开始关注中国太

[1] 克里斯·米勒：《芯片战争：世界最关键技术的争夺战》，第 102-104 页。

空技术进展。国防部官员认为，中国太空计划将会对美国防御卫星带来威胁。因此提高美国太空科技的整体实力是奥巴马政府上任后的目标之一。[1]在清洁能源技术方面，美国通过法案，为能源部提供 60 亿美元的贷款担保。以此为基础，贷款担保支持向私人贷款者提供 600 亿美元的贷款。美国政府积极推进，致力于向电动汽车、太阳能、风能、生物燃料等更高效能源过渡。通过对新能源技术投入，美国政府试图结束对中东石油的依赖以及对中国太阳能、韩国先进电池等国家和地区技术产品的依赖。美国政府用贷款担保等形式，推动电池、电动汽车和先进太阳能电池板的技术生产，为 30 个不同的项目提供 34 笔贷款，总额为 280 亿美元。正是这个项目为特斯拉（Tesla）提供了关键资金。美国政府不仅资助研发，还直接将资金投入特斯拉和太阳能厂商的生产制造。2009 年，美国能源部资助建立了能源前沿研究中心。在四年的时间里，能源部提供了价值 200 万至 400 万美元资金予以支持。到 2022 年，美国已建立了 41 个能源前沿研究

[1] Demian McLean, *Obama Moves to Counter China with Pentagon-NASA Link, The Washington Times*, Thursday, January 8, 2009.

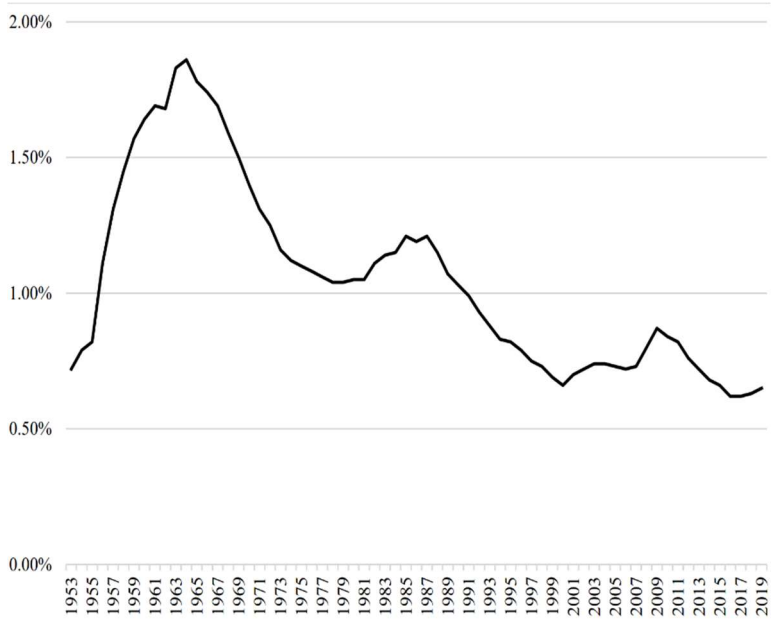
中心，这些中心要么位于大学，要么建立在政府实验室，雇佣各类专业的技术人员。[1]

在任职初期，特朗普任命了保守派米克·马尔瓦尼（Mick Mulvaney）作为行政管理和预算局（Office of Management and Budget）主任，试图削减制造与研发预算。但是美国国会仍顶住压力，维持了对制造和研发的相关拨款。2018 年，美国出台了《美国先进制造战略》（Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing）。该战略强调加强发展美国先进制造业，以强化美国在关键技术领域的地位。2019 年，美国国防部启动了对美国制造研究院（America Makes Institute）的新一轮拨款，相关资助会持续到 2026 年。尽管面临预算削减压力，特朗普政府摒弃早期做法，积极支持美国制造业，尤其是先进制造。上述美国政府介入技术进步的努力是在一个保守主义的共和党执政时期做出的。不难预判，随着特朗普再度上台执政，这一趋势仍将继续。美国政府大规模的资助、贷款、补贴为呼之欲出的第四次技术革命提供了重要的资金和技术准备。

[1] Fred Block, Matthew Keller and Marian Negota, “Revisiting the Hidden Developmental State”, pp.1-15.

政府资金占研发的比重最直接地体现了政府对科技的资助。每次遇到世界政治中新的大国崛起，美国研发经费占 GDP 的比重都会有所上升。如图 1 所示，在苏联迅速崛起时期，美国研发经费占 GDP 的比重上升最快；当苏联挑战势头减弱后，美国研发经费占 GDP 的比重随之下降。而在日本日益崛起的时期，美国研发经费占 GDP 的比重再度随之上升，由于日本对的挑战主要在经济方面，且日本国土面积相对狭小，人口规模相对较小，难以对美国构成全方位的挑战，因此美国研发经费的波动不及苏联时期。这一轮中国日益在世界舞台崛起，美国研发经费有了一轮上升以后再度出现波动。由于这一轮世界政治中大国权力竞争带来的波动时间较短，趋势性的变动也还不是很明显。这留待我们将来进一步观察。

图 1 1953 年-2019 年美国政府研发经费占 GDP 的比重波动（%）



资料来源：https://www.reuters.com/graphics/USA-ECONOMY/SPENDING/nmopargnxva/

在大国权力转移时期，美国政府不仅作为关键技术的资助者，同时还作为新产品的采购者。政府采购对推动新技术的开发起到了相当重要的作用。冷战时期美国政府技术采购促使产业与技术快速提升的例子有：微电子和信息技术（计算机、软件、半导体、互联网等）、航空航天、飞机、通信卫星

以及全球定位系统等。[1]如表3所示，在1962年，晶体管的平均价格为50美元。当时，国防部门采购了全部晶体管的产出，占据了100%的市场份额。随着技术改进，晶体管价格开始下降，民用需求也逐渐涌入。即使如此，在二十世纪六十年代中后期，国防需求仍然占据了晶体管总需求的一半以上。正是由于大规模的国防需求，使得半导体和晶体管有了进一步改进的机会。近年来，为应对中国崛起，美国政府重新调整了采购政策。2017年，美国总统特朗普签署了“购买美国、雇佣美国人”（Buy American and Hire American）行政命令。[2]2021年，拜登政府宣布实施“购买美国货计划”（Buy American），这和特朗普政策具有延续性，均是美国面临外部竞争的情况下，积极诉诸产业政策的一部分。

表3 晶体管的政府采购

年份	平均价格（美元）	国防生产占总产出份额%
1962	50	100
1963	31.6	94
1964	18.5	85

[1] Linda Weiss, *America Inc.: Innovation and Enterprise in the National Security State*, p.78.

[2] https://www.uscis.gov/archive/buy-american-and-hire-american-putting-american-workers-first

1965	8,33	72
1966	5.05	53

资料来源：David Mowery and Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*, p.133.

政府作为高新技术的资助者和采购者，对技术成本并不那么敏感；相反，在安全驱动下，政府却对产品的性能相当敏感，这有利于提高技术产品的精度。同时，政府资助与采购也比较集中，这有利于技术瓶颈的突破。因此，政府的介入，尤其是政府资助与政府采购，很大程度上促成了技术瓶颈的突破，推动了重大技术变迁。同时，政府对高技术产品的资助和采购，还能撬动私营部门在研发上跟进。在二十世纪五十年代，由于美国军方对电子产品有着大规模的需求，使得企业对军队的需求过于乐观。[1]这种乐观的估计也促进了各大公司增加了研发金额。政府采购撬动了私人企业研发的支出，大量美国企业试图通过研发向政府展示自己具有承担军事合同的能力。为获得政府订单，私人企业乃至会花自己的资金去展开基础研究。[2]政府大规

[1] Ernest Braun, *Revolution in miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics*, p.102.

[2] Rosenberg Nathan, “Why do Firms do Basic Research (with Their Own Money)?” *Research Policy*, Vol. 19, No. 2, 1990, pp.165-174.

模的资助和采购对私营部门的研发起到了“以四两拨千斤”的效果。

从某种意义上来说，中国崛起对美国构成的挑战是苏联与日本挑战的复合体。美国未来将做出何种反应，做出多大幅度和程度的反应还有待进一步观察。但是我们大致可以判断，当苏联和日本对美国的战略竞争退却以后，中美技术合作的蜜月期已经过去。伴随中国在世界政治中地位的不断提升，中美技术竞争会更为凸显。从战后美国技术变迁的轨迹可以看出，在权力转移时期，国际安全的考虑是大国技术变迁的重要驱动。大规模技术资助与采购是美国的霸权护持战略的重要组成部门，也周期性地驱动、酝酿着重大技术变迁。

四　二战后苏联和日本的技术变迁

在权力转移时期，不仅领导国会加大对技术的资助与采购，促成重大技术变迁；在这一时期，崛起国也会出现相似的调整。苏联对美国的冲击更多是安全竞争，而日本对美国的冲击则更多是经济竞争。即便如此，无论是苏联还是日本，在迅速崛起对美国构成挑战之际，二者的技术变迁有诸多相似之处。

（一）权力转移与苏联技术变迁

在二战结束后初期，苏联经济业绩和发展速度被誉为是世界上最成功的发展案例之一。[1]在 1945 年到 1950 年短短五年间，苏联国民收入大致翻了一番。在这五年间，苏联工业产值，包括重工业产值，接近 1945 年的两倍。[2]苏联经济增长和由此带来的权力增长优势预示了世界政治权力转移的发生，苏联与领导国美国竞争日趋加剧。“美苏之间的对立现在变得更加紧迫，也更加直接。美苏之间对立史无前例。”[3]

这样的“权力转移”不仅影响美国对苏联的威胁感知，也影响苏联对美国的评估。作为崛起国的苏联对美国的敌对情绪显著上升。在莫斯科，到处弥漫着敌视美国的情绪；这种敌对情绪散布在苏联

[1] Robert Allen “The Rise and Decline of the Soviet Economy”, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 34, No. 4, 2001, p.860.

[2] Philip Hanson, *The Rise and Fall of the Soviet Economy: An Economic History of the USSR from 1945*, London: Longman, 2003, p.25.

[3] J.P. Nettl, *The Soviet Achievement*, London: Thames & Hudson, 1967, pp.223- 225.

各个层级。[1]有研究详尽分析了1946年苏联报纸内容，尤其着重分析了苏联官方报纸《真理报》中的社论和新闻，其中反美主义报道所占的比重非常高。相关新闻主要围绕几个主题展开：首先，美国军国主义和帝国主义，比如美国“原子弹外交”(atomic diplomacy）以及“美元独裁”（dollar dictatorship）；其次，美国和英国媒体中支持苏联的言论；再次，美国反动本质，如“垄断资本主义”、罢工、失业、通货膨胀以及经济危机。同时，苏联把美国外交政策视为“下流的勒索”与“粗野的法西斯主义”。[2]

双方对安全形势的判断使得美苏对相对收益的考虑上升；美苏双方也力图降低对对方的相互依赖。尽管美苏在二战期间有着较为紧密的合作，双方相互依赖增加了。但二战结束后，作为崛起国一方的苏联取得了较大权力增长优势，美苏开始力图减少对对方的依赖，包括贸易依赖与技术依赖。美

[1] Richard Herrmann, “Analyzing Soviet Images of the United States: A Psychological Theory and Empirical Study”, *Journal of Conflict Resolution*, Vol. 29, No. 4,1985, pp.665-697.

[2] Alexander Dallin, “America Through Soviet Eyes”, *Public Opinion Quarterly,* Vol. 11, No. 1, 1947, p. 27, p.37.

苏双方的发展模式更加强调“自主”。而封锁国际市场以及禁止技术转让被美国视为能够损害苏联经济的对外战略工具武器。[1]这些政策的具体实施主要有几种形式：

首先是出口控制。美国依靠巴黎统筹委员会（Coordinating Committee for Multilateral Export Controls）对苏联集团实施战略物资禁运。这一跨国贸易禁运是由领导国美国倡议发起，由主要西方大国协同实施。禁运物资有一系列名单，被称作“巴统清单”。其次是进口控制。美国主要通过关税来实施进口控制。美国及其盟友拒绝给予苏联集团等共产主义国家“最惠国关税待遇”（Most Favored Nation）。凭借自身经济体量的优势，美国通过实施技术进口限制，限制竞争对手的高技术产品进入本国市场。此举不仅缓解了美国高技术产业承受的国际压力，还限制了竞争对手通过出口获得资金、积累经验、积累制造能力。

早在1954年，苏联贸易代表就抗议以美国为代表的西方阵营在贸易上实施的诸多限制，提出削

[1] Bruce Parrott, *Trade, Technology, and Soviet-American Relations*, Bloomington: Indiana University Press, 1985, p.274.

减贸易壁垒、签署长期和多边贸易与支付协定、安排专家就贸易问题进行磋商、由商界代表进行会谈、发布贸易公报等建议。苏联代表还呼吁美苏双方做出努力，迅速地消除人为设置的贸易障碍。[1]但苏联代表的呼吁却没有得到美国回应。在 1958 年，苏联领导人赫鲁晓夫就美苏贸易问题致信美国总统艾森豪威尔。赫鲁晓夫在信中列出了一些苏联希望从美国购买的具有非军事用途的商品，同时也列出了一些苏联能出售给美国的产品，建议拓展美苏贸易。赫鲁晓夫的提议遭到了艾森豪威尔总统的婉拒。艾森豪威尔指出美国贸易是私人和公司的事情，而不由政府操办。[2]这些事实表明，在大国权力转移时期，即使有一方有意愿改善行为模式，但鉴于大国对“相对收益”的关注，单方面良善意愿也难以实现。

作为技术相对落后的国家，苏联担心它将长期

[1] Harold Karan Jacobson, “The Soviet Union, the UN and World Trade”, *Western Political Quarterly*, Vol. 11, No. 3, 1958, pp. 681-683.

[2] Harold Berman, “The Legal Framework of Trade between Planned and Market Economies: The Soviet-American Example”, *Law and Contemporary Problems*, Vol. 24, No. 3, 1959, pp. 525-526.

性依赖西方阵营。[1]因此，苏联对自主研发尤其强调。苏联自主研发的意愿可以从官方言论、政府文件以及科学家言论中看到。苏联国内不断出现对进口技术的批评。他们认为进口技术会导致对美国的政治和经济依赖，给苏联带来很大代价，还可能受到美国意识形态的污染和颠覆。[2]在1955年5月苏共中央和部长会议的讲话中，苏共领导人发表了措辞强烈言论，指出苏联存在一些人，顽固地迷恋旧有的、早应该淘汰的技术，谴责在苏联科学和技术停滞不前，已经严重损害了苏联国家利益。[3]这份讲话号召全国人民与技术上的保守主义势力做斗争。

为此，苏联技术进步更是需要政府的投入，主要体现在以下几个方面：首先，苏联对军事科研的投入增加，军事技术产出也相当丰硕。到了二十世纪五十年代，苏联不仅研制出了核武器，也掌握了核技术和远程导弹运输方法。此后，苏联又展开了

[1] Glenn Schweitzer, *Techno-Diplomacy: US-Soviet confrontations in science and technology*, New York: Plenum Press, 1989, p.100.

[2] Abraham Becker, “Main Features of United States-Soviet Trade”, *Proceedings of the Academy of Political Science*, Vol. 36, No. 4, 1987, p. 71.

[3] E. Zaleski, J. P. Kozlowski and H. Wienert, eds., *Science Policy in the USSR*, Paris: OECD,1969, p.394.

导弹、喷气式飞机和雷达等一系列对国家安全至关重要的新技术研发。[1]这些技术发展表明了苏联想要在关键性、战略性的技术领域具备自主能力的意愿。在 1958 年到 1961 年，苏联技术发明年均增长为 11.7%，是二十世纪四十年代技术发明年均增长率的五倍。在二十世纪五十年代后期，赫鲁晓夫执政时期，显著提升了苏联空间研究和导弹计划。在 1957 年，苏联成功发射了世界上第一颗人造卫星史普尼克（Sputnik），它在空间技术上的领先使得苏联信心陡增。[2]此后，苏联进行世界上首次太空载人飞行，尤里·加加林（Yuri Gagarin）成为人类第一个进入太空的宇航员。此后，苏联成功研制出载人飞船。苏联这些重大技术成就离不开当时巨大的政府投入。

其次，就技术发展的优先顺序来看，苏联军用技术优先于民用技术，重工业优先于轻工业。苏联有着先进的国防技术部门，但技术存在严重的“二元格局”。在军事工业采用大量高端技术同时，苏

[1] Bruce Parrott, *Trade, Technology, and Soviet-American Relations*, 1985, p.175.

[2] Philip Hanson, *The Rise and Fall of the Soviet Economy: An Economic History of the USSR from 1945*, p.31, p.62.

联民用产品却使用相当低端的技术。[1]在安全竞争压力下，苏联政府很少关注民用技术和消费者。出于安全考虑，苏联对军用技术向民用的转移进行了严格限制，国防技术外溢到民用部门相当有限。[2]

再次，苏联政府研发跨度显著拓宽。在美苏权力差距逐渐缩小时期，美苏两国的研究都力图涵盖尽可能多的科学和技术领域。安全考虑驱使苏联走出国际技术分工模式，专注全面技术发展。苏联政府还非常重视基础研究的进展。苏联在机械、电子工程、热物理学、燃烧物理学领域取得了巨大进步。苏联科学家分别于 1958 年和 1962 年获得诺贝尔物理学奖，并于 1964 年共同获得诺贝尔物理学奖。[3]美苏两国均有为数众多、训练有素的专业技术人员分布在科学研究的各个领域。他们打破国际技术的市场分工，研发活动相互重叠，研究方法有所异

[1] Miron Rezun, *Science, Technology, and Ecopolitics in the USSR*, Westport: Praeger, 1996, p.153.

[2] Erik Hoffmann, “Soviet Foreign Policy from 1986 to 1991: Domestic and International Influences”, *Proceedings of the Academy of Political Science*, Vol. 36, No. 4, 1987, p. 254.

[3] David Childs, *The Two Red Flags: European Social Democracy and Soviet Communism since 1945*, New York: Routledge, 2000, p.51.

同，研究结论可能相互补充或截然相反。换句话，他们很大程度上在从事“高水平重复劳动”。当时苏联研究几乎包括了科学研究所有领域。在苏联，你很少能找到一个领域，是苏联科学家没有涉及到的。美国科学家高度评价苏联同行的工作。他们看到苏联科学与技术成就突出，在数学、等离子体物理学、理论地震学、气候研究和理论天体物理学等领域，尤其受人尊敬。[1]苏联由此形成了军事主导、军民分割、全面覆盖的技术发展体系。

最明显的案例就是苏联研发的计算机。当时美国已经研究出了先进的计算机，这些计算机在很多非共产主义国家的零售商店都可以买到。当美国已经在计算机上占据主导设计时，苏联再开发一个技术模式，在经济上是很不划算的。由于美国在计算机技术上拥有绝对优势，出于经济上的考虑，很多国家在研发计算机系统时，都力图与美国主导的系统兼容。但是苏联却耗费了大量的资源来开发苏式计算机。

和美国类似，苏联成立了一系列科学技术机构

[1] Loren Graham and Irina Dezhina, *Science in the New Russia: Crisis, Aid, Reform*, Bloomington: Indiana University Press, 2008, pp.4-5.

以实施政府对技术进步的干预。尤其是 1955 年以后，这一趋势变得更为明显。苏联建立了一系列专业科学政策机构以促进研发。[1]中型机械制造部负责核武器研发；通用机械制造部负责战略导弹研发；航空工业部专门负责飞机以及飞机零部件研发等。美国在同一时期，也建立了类似新机构。这些机构都极大促进了高端技术投资和采购。每个政府部门都有具体分工，所负责的领域往往也与国家安全息息相关。

而到二十世纪七十年代尤其是二十世纪八十年代以后，苏联颓势明显，苏联的自主创新意愿，对美贸易等都相应调整。由于丧失权力增长优势，苏联也逐渐失去了迅速崛起时期在世界政治中来势汹汹的态势，美国出口政策开始转变。到二十世纪七十年代，美国联邦政府进一步放松了对技术出口战略控制与管制。在控制清单上，美国政府大规模削减了控制产品名目。技术出口管制的放松不仅表现在出口上，还表现在美苏科学界人员的交流上。在 1972 到 1973 年间，美苏科学家互访交换开始启

[1] John Thomas and Ursula Kruse-Vaucienne, eds., *Soviet Science and Technology: Domestic and Foreign Perspectives*, Washington: National Science Foundation and George Washington University, 1977, p.205.

动，美苏私人部门之间的贸易和技术合作受到鼓励。[1]

随着外部技术更容易获得，在 1981 年的苏共二十六届全国代表大会上，勃列日涅夫指出：军事研发投入需要减缓。[2]在 1981 年纪念布尔斯维克革命胜利讲话中，苏联领导人德米特里·乌斯季诺夫（Dmitri Ustinov)集中讲述了苏联经济面临的问题，并警告过度的军事准备是毫无意义的浪费。在 1981 年 12 月，苏联部长会议主席尼古莱·吉洪诺夫（Nikolai Tikhonov）指出“我们现在不得不从国防经费中大量抽取出资源。”[3]到二十世纪八十年代中期，苏联很多官员开始强烈支持苏联更多融入世界经济。[4]苏联领导层开始意识到，苏联需要引入跨国公司，需要融入世界经济，以防止苏联技术能

[1] J. Fred Bucy, “On Strategic Technology Transfer to the Soviet Union”, *International Security*, Vol. 1, No. 4,1977, pp. 27-28.

[2] Dan Strode and Rebecca Strode, “Diplomacy and Defense in Soviet National Security Policy”, *International Security*, Vol. 8, No. 2, 1983, p. 107.

[3] Russell Bova, “The Soviet Military and Economic Reform”, *Soviet Studies*, Vol. 40, No. 3,1988, pp. 385-405.

[4] Anders Aslund, *Gorbachev’s Struggle for Economic Reform*, Ithaca: Cornell University Press,1991, pp. 37-43.

力进一步恶化。米哈伊尔·戈尔巴乔夫（Mikhail Gorbachev）强调“出口导向型发展”、推进国际贸易、加强苏联与外国在生产领域的合作以及与外国企业合资。此外，戈尔巴乔夫强调需要“促使苏联经济国际化”，提升苏联科研和技术国际化程度。

正是由于美苏关系改善，美国很快成为苏联最大出口国。1971 年，美国对苏联出口在西方工业化国家中位居第六；一年以后，美苏贸易额翻了三番，达到六亿三千七百万美元。此时美国已经成为苏联第二大出口国，仅仅位于西德之后；到了第三年，即 1973 年，美苏贸易协定签署的第二年，美苏贸易额比上年增加了两倍，贸易总额达到十四亿美元；而美国出口占到了十一亿九千万美元，是 1946 年以来的最高峰。此时美国已经成为西方世界苏联最大贸易伙伴。[1]由此可见，即便是计划经济的苏联，随着其权力增长的起伏，苏联国内的技术发展模式也在经历了从安全驱动、自主发展到经济推动、技术引进的转变。这样的转变幅度越大，苏联推动原创性重大技术变迁的可能性也就越小。

[1] Francis Rushing and Anne Lieberman, “The Role of U. S. Imports in the Soviet Growth Strategy for the Seventies”, *Journal of International Business Studies*, Vol. 8, No. 2, 1977, p. 33.

（二）美日竞争与日本技术变迁

在二十世纪八十年代，随着日本技术发展和产业成长，美国日益感受到来自日本的经济竞争压力。日本与苏联很大的不同在于日本缺少作为一个超级大国的基本条件。日本人口稀少、国土狭小、资源匮乏，《和平宪法》约束下的日本没有军队，只有自卫队，日本也没有制造核武器。鉴于日本还不是一个正常意义上的“大国”，因此她构成了一个“最不可能案例”。和苏联技术进步的轨迹类似，在迅速崛起以后，日本技术进步的轨迹也开始有所变迁，而且在很多方面和苏联有着惊人的相似。二战后，日本的技术进步大体可以划分为两个时期：在第一个时期，即从战后到二十世纪七十年代，日本发展还没有构成对美国的冲击，在技术上也大量依赖进口。当时日本对技术自主性的强调并不迫切，对基础研究和国防技术也并不重视。

1954年，日本首相吉田茂（Shigeru Yoshida）访问美国。他在访美期间指出：日本最希望把日本产品在美国市场上的占有率稳定下来。这样日本出

口导向型产业便可以长期依靠美国市场。[1]吉田茂抓住了日本发展的重点。这段时期日本在技术进步中主要贡献都在民用领域，如电子技术、光学仪器、半导体以及金属制造等。而在电子领域，日本也主要集中在民用电子技术产品的生产，比如录像机、电视机接收器、影碟机、音像器材、磁带录制设备、摄像机等。这些民用电子产品主要出口到海外市场。从 1955 年到 1975 年，日本出口扩大了 26.7 倍。日本出口增长率比世界贸易增长率高出一倍。从 1965 年到 1971 年，日本出口增量占资本主义国家贸易增量中，钢铁制成品占到 54%；汽车占 46%；民用电机电器占 90%；船舶占 54%；一般机械占 38%。[2]对此时的日本而言，什么类别的技术产品大量出口，什么类别的技术就能进展迅速。

到了二十世纪八十年代，随着日本的崛起，日本的技术发展进入第二个时期，美日权力增长差距引发了美国采取措施应对，进而导致日本技术变迁方向的改变。日本技术进步的政治考虑开始凸显，有不少资源开始转向军用技术。伴随着美日的冲突

[1] 高柏著，刘耳译：《日本经济的悖论——繁荣与停滞的制度性根源》，北京：商务印书馆 2004 年版，第 156 页。

[2] 都留重人著，马成三译：《日本经济奇迹的终结》，北京：商务印书馆 1992 年版，第 27-29 页。

与摩擦，美日两国民众对对方的认知也在相应调整。在二十世纪八十年代后期的一份民意调查显示：55%的日本人觉得美日关系并不友好；同时，77%的日本人认为，美国由于其自身经济困难指责日本。与此同时，73%的美国人认为，日本应该对美日贸易逆差负责，日本方面没有做出足够努力去改善美日贸易逆差。[1]在日本日益冲击美国世界政治经济领导权后，美日双方开始更多考虑相对收益。一项调查显示，美国人相信日本会在将来成为世界经济第一号强国。有86%的美国民众情愿看到美国和日本经济增长速度都放慢，而不愿意看到两国经济都增长，日本却增长更快。为拖垮日本经济，美国民众宁愿自身经济遭受负面影响。[2]随着苏联对美国权力竞争优势减弱，美国对日本威胁感知增强。

美国积极采取一系列措施加以应对，越来越不愿意出售技术给日本，引发了日本在政治上对技术政策做出调整。在1977年，日本防御白皮书表达

[1] Martin Weinstein, “Trade Problems and U.S.-Japanese Security Cooperation”, *Washington Quarterly*, Vol.11, No.1, 1988, pp. 19-20.

[2] Urban Lehner and Alan Murray, “Will the U.S. Find the Resolve to Meet the Japanese Challenge?”, *Wall Street Journal*, July 2, 1990, p. A1.

了对美国是否能保护日本的怀疑。日本感到国际局势日趋紧张，也感到日本防御需要有实质性变化，以防止亚洲太平洋地区安全环境出现意想不到的变化。[1]为适应产业界的要求，当时日本政府出台了一项著名的报告《七十年代的国际贸易与产业政策》（International trade and industry policies for the 1970’s)。报告表明，日本计划将知识密集型的产业（knowledge-intensive industry）作为优先发展的重点。报告敦促日本发展研发密集型的产品以及高附加值的产业，如计算机、飞机、核能设备以及特殊金属等，并发展精加工制造设备和组装技术，如电信设备、商务机、污染监控器材等。[2]

1982年日本的《空间发展长期愿望》政府白皮书展示，日本政策是要确保卫星开发的自主权，呼吁实现日本卫星的自主开发并最终出口卫星。1984年日本公布了最新的太空发展战略，呼吁日本在太

[1] Gregory Corning, “U.S.-Japan Security Cooperation in the 1990s: The Promise of High-Tech Defense”, *Asian Survey*, Vol. 29, No. 3, 1989, p.272.

[2] John Walsh, “International Trade in Electronics: U.S.-Japan Competition”, *Science*, Vol. 195, No. 4283, 1977, p. 1176.

空领域实现自主，尤其强调日本必须具备自身技术能力。[1]为了减少对美国IBM公司的技术依赖，在1985年到1990年间，日本政府还启动了西格玛项目（Sigma Project）。日本政府拨款223亿日元(约1.312亿美元)，旨在推广开放的、非专有的尤尼斯（Unix）操作系统。日本通产省对软件技术予以大规模资助。[2]在美日竞争的背景下，日本重视基础研究的政策持续了相当长的一段时期。1995年日本出台了科学技术基本法。根据该法案，日本政府每年在科学技术领域投入4—5万亿日元。[3]

最开始日本和美国合作生产FSX军机，最终日本坚持单独生产。对日本人来说加强防御和获得技术，二者是一回事。[4]日本转变技术政策固然有经济考虑，同时也离不开国际形势的变化。当时，“日本产业界和政府官员不断强调日本和美国的技术

[1] 克莱德·普雷斯托维茨著，于杰等译：《美日博弈：美国如何将未来给予日本，又该如何索回》，北京：中信出版集团2021年版，第199页，第213页。

[2] Marie Anchordoguy, *Reprogramming Japan: The High Tech Crisis under Communitarian Capitalism*, Ithaca and London: Cornell University Press, 2005, p.160.

[3] 西村吉雄著，侯秀娟译：《日本电子产业兴衰录》，北京：人民邮电出版社2016年版，第145页。

[4] 克莱德·普雷斯托维茨：《美日博弈：美国如何将未来给予日本，又该如何索回》，第215页。

差距，以此为理由来呼吁政府为日本科学技术发展提供更多的资金。一批企业家指出：日本需要发展自主的国防技术，以摆脱美国的技术封锁。”[1]在这样的背景下，日本基础研究得到了很大的提高。

在加强基础科学的同时，日本也显著拓宽了研发的范围。在1975年，日本电报电话公司组织了日立、富士通以及日本电气等三家公司，为日本的超大规模集成电路(very large scale integrated circuits)计划投入了200亿日元，为日本的电信系统提供技术和设备。[2]从二十世纪七十年代晚期以后，日本开始研发机器人、半导体芯片、微电子、计算机辅助制造以及高级材料、超导器材、激光以及光纤等技术。[3]

---

[1] David Friedman and Richard Samuels, “How to Succeed without Really Flying: The Japanese Aircraft Industry and Japan’s Technology Ideology”, in Jeffrey Frankel and Miles Kahler, eds., *Regionalism and Rivalry: Japan and the United States in Pacific Asia*, Chicago: The University of Chicago Press, 1993, p.257.

[2] Jeffrey Hart, *Rival Capitalism: International Competitiveness in the United States, Japan and Western Europe*, Ithaca and London: Cornell University Press, 1992, p. 79.

[3] Rustam Lalkaka, “Is the United States Losing Technological Influence in the Developing Countries?”

在二十世纪七十年代中期和晚期，日本国内出现了强有力的增加国防的呼声，日本开始感到问题日益紧迫。[1]日本政策的这一转向就是对国际局势做出的反应。从二十世纪七十年代中期到八十年代中期，尽管此时日本还没有核武器以及其它战略武器，但日本开始大规模扩展武备技术建设，使日本逐渐成为一个军事强国。日本的国防预算从二十世纪七十年代中期就开始就稳步上升，军事活动也有了很大的变化。在1977年，日本军费预算达到61亿美元，占世界的第九位；而十年以后，这个数字攀升到254亿美元，占世界的第六位。[2]具体到国防技术领域，日本更是业绩显著。从1978年到1983年五年间，日本国防研发增长了180%，而与国防研发相关的国防武器生产以年度7%-11%的速度上升。[3]同时，日本也开始试图摆脱对美国武器生产的依赖。

Annals of the American Academy of Political and Social Science, Vol.500, No.1, 1988, pp.42-433.

[1] Gregory Corning, “U.S.-Japan Security Cooperation in the 1990s: The Promise of High-Tech Defense”, p.272.

[2] Akira Iriye, “Japan’s Defense Strategy”, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 513, No.1, 1991, pp.45-46.

[3] Masashi Nishihara, “Expanding Japan’s Credible Defense Role”, *International Security,* Vol. 8, No.3, 1983-1984, pp. 180-205.

在二十世纪七十年代，在国防部和自卫队以及通产省官员的推动下，日本开始研发国产战斗机。这与三十年后，中国开始重新研发制造国产大飞机是惊人的相似。日本国产武器供给从1950年的39.6% 增加到1982年的88.6%。如果以1981年为基期，从1981年到1990年十年间，日本国内的武器生产总共增长了220%，这一速度远远快于日本经济发展速度。在这一时期，日本的产业增长只有143%。[1]日本开始把握与安全息息相关的国防技术和产品的主导权，提高自给率。通过努力，日本船只自己率达到了100%，军用飞机自给率为90%，弹药自给率为87%，枪支自给率为83%。[2]

随着日本崛起，日本技术模式开始转型，从技术依赖的技术进步模式开始转向“自给程度高”“覆盖范围广”“安全驱动强”的技术进步模式。日本开始着意摆脱对领导国美国的技术依赖。如果日本是一个具有更大疆域、更多人口的国家，如果日本的崛起势头能持续下去，日本政府的技术政策则可

[1] Reinhard Drifte, *Arms Production in Japan*, Boulder: Westview Press, 1986, pp. 11-34.

[2] Andrew Hanami, “The Emerging Military-Industrial Relationship in Japan and the U.S. Connection”, *Asian Survey*, Vol. 33, No. 6, 1993, pp.601-602.

能带来更为显著的、重大的技术变迁。

五、权力竞争与古代欧洲技术变迁

如果说二战后美国与苏联、日本的竞争是发生在“有核时代”，那么在无核时代，世界政治的权力转移对技术变迁的影响是否遵循类似的逻辑呢？在欧洲国际关系史上，大国权力转移的周期同样驱动了重大技术变迁周期的出现。正如经济史学家大卫·兰德斯所说：“欧洲的分裂带来了国家间的竞争，尤其是势均力敌的竞争。在这种竞争的条件下，科学乃成为国家的一项重要资产。不仅因为通过科学和技术可以装备新的器械，提高战争的技能；还在于科学和技术可以直接或者间接地带来经济的繁荣，而经济繁荣对于扩张权力大有裨益。”[1]如表 4 所示，历次欧洲的重大技术变迁背后的重要驱动力就是权力转移时期的大国竞争。从地理大发现开始，欧洲历史上的重大技术变迁就被大国权力转移塑造。

表 4　世界霸权竞争与技术革命

[1] 大卫·兰德斯著：《解除束缚的普罗米修斯》，第 31 页。

	霸权竞争	领导国	崛起国	政府行为	技术变迁
第一次	1479-1580	葡萄牙	西班牙	皇室资助航海事业、支持航海技术的改进	地理大发现
第二次	1604-1688	荷兰	英国与法国	成立皇家学会等，资助与军事技术相关的力学、弹道学研究	科学革命
第三次	1714-1815	英国	法国	资助与军事技术相关的研究，促成对蒸汽机的改进。	第一次技术革命
第四次	1871-1914	英国	德国	政府资助、采购，带动了钢铁、内燃机、有线电报等产业的发展。	第二次技术革命

资料来源：笔者自制

（一）地理大发现的大国竞争驱动

葡萄牙、西班牙在角逐霸权的过程中，对航海技术的推动给本文的论断做了很好的补充。在 15-16 世纪，造船和航海史上的大事件及其重大技术变迁离不开葡萄牙、西班牙权力竞争的推动。从 14 世纪开始，经济和政治上处于领先地位的卡斯蒂利亚（Castile）王国开始和葡萄牙政权分庭抗礼。[1] 随着西班牙的崛起，西班牙国王腓力二世（Felipe II）的霸权图谋日益明显。西班牙人认为：半岛的

[1] 瓦尔特·伯尔奈克著，陈曦译：《西班牙：从十五世纪至今》，上海：上海文化出版社 2019 年版，第 1 页。

统一是西班牙走向全球霸权的关键一。西班牙的使节写道：“赢得还是失去（葡萄牙）将意味着赢得还是失去全世界。”[1]出于霸权竞争需要，葡萄牙和西班牙双方开始资助新的航海技术，以期扩张海洋势力、积攒实力。

在西班牙日益挑战葡萄牙领导权时，葡萄牙国王若昂二世（João II）积极鼓励学者投入到与航海相关的课题研究中。[2]葡萄牙的首都里斯本（Lisbon）是当时世界科研探索的前沿，是测试世界各种观念的实验室。来自欧洲各地天文学家、科学家、地图绘制师和商人都指望从葡萄牙获得关于非洲地形的最新信息。由于航海竞争的需要，葡萄牙尤其重视改进航海技术、重视信息收集、提升武备水平并积极绘制地图。葡萄牙人利用造船业和航海技术的最新发展，尤其在船体建造、大三角帆与横帆装置方面推动了航海技术进步。15 世纪末和 16 世纪初，葡萄牙和西班牙的霸权竞争把双方的

[1] 威廉森·默里、麦格雷戈·诺克斯、阿尔文·伯恩斯坦著：《缔造战略：统治者、国家与战争》，时殷弘等译，北京：世界知识出版社 2004 年版，第 129 页。

[2] 罗纳德·芬德利、凯文·奥罗克著，华建光译：《强权与富足：第二个千年的贸易、战争和世界经济》，北京：中信出版社 2012 年版，第 164 页。

航海事业推向一个前所未有的高度。历史学家费尔南·布罗代尔（Fernand Braudel）指出：“说三角帆源自葡萄牙，这是无论如何都不会有疑问的。”[1]

正是在当时国际竞争的背景下，西班牙国王才能在摇摆不定后耗巨资资助远洋航行。哥伦布正是在这样的国际竞争背景下，才能成功游说西班牙统治者伊莎贝拉一世（Isabel I）和裴迪南二世，利用西班牙与葡萄牙之间的竞争关系来鼓吹自己的宏图大略。[2]西班牙政府的介入不仅有助于人员招募，尤其解决了资金筹措的问题。当时人们普遍认为哥伦布的远洋航行极其危险，哥伦布很难招募到船员。最终，西班牙王室只好诉诸武力强征海员。西班牙王室还发布公告，承诺如果加入哥伦布远洋航行队伍，则可以免除民事纠纷和刑罚处罚。跟随哥伦布的远洋航行变成了罪犯和债务人的避难所。[3]哥伦布向美洲的首次航行，这次航行“一共花了

[1] 费尔南·布罗代尔著：《15 至 18 世纪的物质文明、经济和资本主义》（第一卷），顾良、施康强译，北京：三联书店 1992 年版，第 477 页。

[2] 罗杰·克劳利著，陆大鹏译：《征服者：葡萄牙帝国的崛起》，北京：社会科学文献出版社 2016 年版，第 23 页。

[3] 约翰·阿伯特著，周琴译：《哥伦布、大航海时代与地理大发现》，北京：华文出版社 2019 年版，第 39 页。

225 万马拉维迪，装备费用政府出 140 万，有 60 万来自个人，最后 25 万是薪水，也由政府支付。政府投资占了近 73%。哥伦布第二次远征航行总预算费用达到 500 万马拉微迪，约为第一次的 2.5 倍。这些钱基本上是由政府出面筹措的。”[1]这些巨额经费，没有西班牙王室的帮助是难以实现的。而西班牙王室的巨额投资，离开当时葡西霸权竞争的背景是难以实现的。正是在葡萄牙、西班牙霸权竞争的推动下，双方斥巨资资助航海技术的改进与远洋航行，才有了改变世界的地理大发现。

（二）英荷霸权角逐与科学革命

在 16 世纪晚期和 17 世纪，欧洲出现了一轮工业发展的热潮，曾被誉为一次“工业革命”。这是第一次技术革命之前的技术革命。尽管这次技术创新，无论在科学理论还是技术运用层面，都不能和 18 世纪的工业革命相比，但这一次变迁却让人类从依赖木材和水力变成了日益使用铁和煤。[2]要理解 17 世纪出现的科学革命和技术变迁，同样离不

[1] 塞·埃·莫里森著：《哥伦布传》（上），陈太先，陈礼仁译，北京：商务印书馆 1995 年版，第 150 页。

[2] 约翰·贝尔纳：《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 316 页。

开当时国际竞争的背景。英国与荷兰的霸权争夺在有力推动产业与技术变革。

到十七世纪早期，荷兰成为世界霸权；英国内战结束后，权力增长迅速。崛起的英国进一步挑战荷兰的世界政治经济霸权。英国领导人相信：倘若荷兰人能掐断英国的贸易航线，不仅会威胁英国贸易，而且会威胁英国的安全。因此，英国要创建一只击败荷兰人的主力作战舰队。[1]拉动科技发展的是权力转移时期的军事需要。大规模军事投入伴随大规模军事采购与革新。1632 年，英国皇家海军的军火库中拥有 81 门铜炮和 147 门铁炮。在 1652 年 3 月和 4 月，为准备对荷兰战争，英国亟需 335 门炮来装备海军。同年 12 月，英国军需部增加 1500 门铁炮，还要增加同样数目的炮车，需要 11 万 7 千发圆头和双头炮弹，五千枚手榴弹和一万两千桶火药。这些军需的极大增长，促进了很多行业技术的发展。这不仅促进了炼铜、炼锡、炼铁技术发展，且对改进铸造技术是巨大的刺激。[2]在 1642 年之前，英国舰队超过半数的舰船是武装起来的商船；但在

[1] 威廉森·默里、麦格雷戈·诺克斯、阿尔文·伯恩斯坦：《缔造战略：统治者、国家与战争》，第 164 页。

[2] 罗伯特·金·默顿：《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，北京：商务印书馆 2000 年版，第 237 页。

1652 年到 1654 年第一次英荷战争期间，英国舰队中的商船比重已不到三分之一。英国和荷兰舰船上配备的舰炮数量越来越多，火力也越来越猛。在 1682 年到 1688 年，荷兰建造了 27 艘舰船，其中有七艘舰船上配置了 90 门火炮；在接下来的十年时间里，荷兰人建造了 78 艘舰船，战舰上配备的舰炮数量都在 36 门以上。[1]

而随着军事竞争的需要，国家日益重视科学与技术的发展。在荷兰和英国甚至有了科学教育的开端，两个竞争的国家都坚决支持航海技术发展，效仿西班牙和葡萄牙建立航海学校。核算经度需要博学的天文学家和航海员花上几十年的甚至几个世纪的时间。为了帮助解决经度测量问题，1675 年英国政府在格林威治（Greenwich）设立了皇家天文台。[2]在 1644 年，英国第一个科学社团在伦敦成立。一群年轻的科学家建立名为“哲学学院”（Philosophical College）的科学社团组织。[3]到

[1] 杰里米·布莱克著，李海峰、梁本彬译：《军事革命？1550-1800 年的军事变革与欧洲社会》，北京：北京大学出版社 2019 年版，第 53-54 页。

[2] 约翰·贝尔纳：《历史上的科学（卷二）：科学革命与工业革命》，第 319；第 365-366 页。

[3] Rodney Carlisle, *Inventions and Discoveries*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2004, p.200.

了 1660 年，查理二世复辟以后，授予“哲学学院”一份特许状，把它纳入了“以促进自然知识为宗旨的皇家学会”（Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge），这就是英国皇家学会的雏形。[1]

在当时大国竞争下的逻辑下，学会倡导科学应该转向探寻实用知识。罗伯特·胡克（Robert Hooke）在主持皇家学会工作期间，为皇家学会订立了章程，指出科学应该是具有实用价值的工程和发明，而不是去探讨道德、形而上学以及政治。[2]弗朗西斯·培根（Francis Bacon）则强调自然哲学应该有能力给帝国政权提供支持。[3]我们可以看到：“在 17 世纪的英格兰这一最著名的研究团体所进行的研究中，平均大约有 10%的项目涉及军事技术方面。”[4]在英荷竞争的背景下，17 世纪的英国也涌现出了一批在科学革命中享有盛誉的学者。

当时最著名的科学家如艾萨克·牛顿（Isaac

[1] E. N. Andrade, *A Brief History of the Royal Society*, London: Royal Society, 1960, pp.5-10.

[2] Rodney Carlisle, *Inventions and Discoveries*, p.200.

[3] 约翰·亨利著，杨俊杰译：《科学革命与现代科学的起源》，北京：北京大学出版社 2023 年版，第 177 页。

[4] 罗伯特·金·默顿：《科学社会学：理论与经验研究》（上册），北京：商务印书馆 2003 年版，第 284 页。

Newton），其力学体系的建立是科学革命的重要成果。而牛顿本人就是英国皇家学会的成员。在当时英国和荷兰霸权竞争的背景下，军事竞争的环境吸引牛顿对相关领域做出研究。牛顿关于反作用力原理不仅是力学中的一个基本定律，也是理解炮术中的反冲现象所必需的知识。[1]牛顿在其《自然哲学的数学原理》中尝试计算了空气阻力对弹道轨迹的影响。[2]牛顿在该书的第二卷中，以相当大的篇幅致力于讨论不同媒质对射弹的阻力。[3]此外，著名的科学家罗伯特·胡克由于发表了著名的弹性定律而闻名。胡克关于自由落体的研究，就是外部弹道学早期理论必不可少的部分。有研究者称："胡克的研究使军事研究与纯科学之间的确定关系明朗化了。"[4]另外一位科学家埃德蒙多·哈雷（Edmond Halley）也是在这个背景下的产儿。很多人知道哈雷是因为哈雷彗星，而哈雷在天文学上的精密计算离不开当时他对弹道学的研究。哈雷指出英格兰"必须成为

[1] 罗伯特·金·默顿：《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，第 249 页。
[2] 罗伯特·金·默顿：《科学社会学：理论与经验研究》（上册），第 280 页。
[3] 罗伯特·金·默顿：《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，第 250 页。
[4] 同上，第 244-245 页。

海洋的主人，其海军力量必须超过任何邻国”。为实现这个目标，哈雷的研究密切关注当时军事竞争以及相关技术的改进，还鼓动同事从事关于空气对射弹阻力的研究。他说：牛顿正在研究同一个问题。[1]另外一个以“波义耳定律”而闻名的科学家波义耳（Robert Boyle），其研究同样和当时英国的军事需求密不可分。波义耳已经意识到他的发明与内部弹道学之间的关系，他曾向皇家学会提议“应分析当火药燃烧时，真正膨胀的是什么”[2]

在权力转移时期的荷兰尽管不如英国科学家的业绩这么突出，也取得了不俗的成绩。有研究者指出：17 世纪，科学和现在一样是一项国际性的事业，而不可否认的是荷兰发挥了先锋作用。[3]荷兰此时涌现出不少重要的科学家，出现了科学发明的高峰。当时大多数科学家所关注的运动定律和弹道学，这些研究的提出适应了发展炮兵的当务之急。[4]而当时许多著名的科学家所关注的领域都和当时霸

[1] 同上，第 247-248 页。
[2] 罗伯特·金·默顿：《科学社会学：理论与经验研究》（上册），第 281 页。
[3] 马尔腾·波拉著，金海译：《黄金时代的荷兰共和国》，北京：中国社会科学出版社 2013 年版，第 219-229 页。
[4] 大卫·兰德斯：《解除束缚的普罗米修斯》，第 26 页。

权竞争下的军事技术密切相关。在 17 世纪的前四十年里，荷兰经历了一个创新大爆炸时期。在英荷竞争加剧期间，荷兰的科学与技术成就表现不俗。从 1590 年到 1790 年期间颁布的几乎所有专利，都是源于 17 世纪的前四十年。但是英荷争霸期过后，荷兰的发明创新就明显放慢了。[1]因此，欧洲的科学革命在这一时期兴起并非偶然，英荷霸权竞争很大程度催生了科学革命。

（三）从大国权力转移看两次技术革命

世界科技史上的第一次技术革命发生在 18 世纪 60 年代。技术革命首先发生在英国，继而法国也开始了技术革命。在第一次技术革命以前，英国与法国经历了激烈的权力竞争。在击败荷兰以后，英国逐渐崛起为世界政治经济霸权。

在英法霸权竞争中，英国和法国在安全驱使下，两国政府对技术与产业的干预也显著加强。麦尼尔就指出：此时英国政府对市场的大规模干预促进了英国的工业革命，并有助于确定其前进的道路。[2]在

[1] 查尔斯·金德尔伯格著，高祖贵译：《世界经济霸权：1500-1900》，北京：商务印书馆 2003 年版，第 151 页。

[2] 威廉·麦尼尔：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，第 185 页。

英法霸权竞争期间，法国政府对产业与技术的介入同样在加强。1775 年，迫于英国巨大军事压力，法国杰出化学家和行政管理官员安托万·拉瓦锡（Antoine-Laurent de Lavoisier）奉派参加法国的火药委员会，并在兵工厂任职。在拉瓦锡指导下，法国建立了一个中央计划下的硝石产业体系，并建立了以科学实验为基础的国家实验室。贝尔纳宣称："这可能是当时世界上最好的实验室"。[1]正是在这个高度集中化的生产实践与国家实验室里，拉瓦锡获得了一系列关键知识并完成了一系列重要化学实验。[2]同样是在英法竞争的背景下，法国企业家和政府官员认识到了新的冶炼方法有巨大价值。法国工业界巨头德·温德尔（François Ignace de Wendel）男爵与巴黎金融家协力推动了一项大型冶炼工厂勒克勒佐（Le Creusot）的建设计划。法国政府积极支持，予以无息贷款帮助解决了冶炼厂初期建设的费用。法国国王路易十六（Louis XVI）就从 4000 股中认购了 333 股。该冶炼厂于 1785 年

[1] 约翰·贝尔纳：《历史上的科学（卷二）：科学革命与工业革命》第 411 页。

[2] 文一著：《科学革命的密码——枪炮、战争与西方崛起之谜》，北京：东方出版社 2021 年版，第 400 页。

开始投入生产。[1]权力转移时期的竞争压力促使了此类投资项目的启动。

由于英法霸权竞争的压力，政府对技术自主性的诉求也在提升。在英法霸权竞争的过程中，凡是感觉到供应（如碱或糖）会被战争中断，就会促成法国政府着力用技术来解决产品供应问题，相应就会促进法国化学工业的发展。竞争压力促成了技术进步，也有助于法国在化学方面维持几十年的优势。英国科学家汉弗里·戴维（Humphry Davy）用电解法制取了金属钾和钠，这对法国的有重要意义。尽管英法两国交战，但是法国皇帝拿破仑仍在 1808 年颁奖给戴维，戴维也欣然接受。[2]

在英法角逐霸权的过程中，对第一次技术革命起到关键作用的技术与发明家也相继涌现。在英法两国政府基于安全的采购下，他们不断创新，不断突破以往的技术瓶颈。历史学家埃里克·霍布斯鲍姆（Eric Hobsbawm）指出：英国海军直接为技术创新和工业化做出了重大贡献。英国海军吨位从 1685 年的约 10 万吨增加到 1760 年的 32.5 万吨。

[1] 威廉·麦尼尔：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，第 155 页。

[2] 约翰·贝尔纳：《历史上的科学（卷二）：科学革命与工业革命》，第 414 页。

英国海军队对枪炮的需求也大为增长。战争使得军队成为铁制品的最大的消费方。像对技术革命起到关键作用的约翰·维尔金森（John Wilkinson）等厂商，之所以其业务迅速发展壮大，其中一项重要原因就在于他获得了英国政府的火炮合同。而英国冶铁中心南威尔士的冶铁产业更是严重仰仗英国战争。为了交付货物，冶铁商人就需要不断引进技术革新的办法。[1]在 18 世纪末期的法国，在金属冶炼方面要想赶超英国的冶炼成就的话，生产规模必须有大幅度增加，而唯一的主顾就是海军。[2]英法霸权竞争促使政府对关键技术产品的采购不断扩大。

有人曾预言瓦特根本制造不出他的发动机，因为当时的制造水平无法满足它所需要的加工精度。因为不能有效保证活塞处密封，活塞处的泄漏会导致大量能量损失。[3]1774 年，威尔金森取得了一台车床的专利，这台机器最初目的是用来为铸造大炮的镗孔。没有对精度的要求，就难以出现第一次技

[1] 埃里克·霍布斯鲍姆著，梅俊杰译：《工业与帝国：英国现代化历程》，北京：中央编译出版社 2016 年版，第 38 页。
[2] 威廉·麦尼尔：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，第 156 页。
[3] 西蒙·富迪著，董晓怡译：《突破：工业革命之道》，北京：中国科协技术出版社 2020 年版，第 46 页。

术革命的关键技术——蒸汽机的改良。正是威尔金森的天才努力，才保证了瓦特“可以保证直径 72 英寸的汽缸在最差的地方加工误差也不会超过六便士硬币的厚度（即 0.05 英寸）。”如果没有金属工艺的改进，并能制造出精确的圆柱体，制造蒸汽机是不可能的事情。[1]

第二次技术革命的标志性成果是内燃机、电力等技术的发明与普及。而第二次技术革命的出现和当时德国与美国在世界政治中迅速崛起以及作为领导国的英国对德国、美国崛起的回应密不可分。与美国相比，德国依靠海外市场的经济成长模式对英国构成的挑战与冲击更为迫切与直接，英德两国从经济竞争走向了军备竞赛，并最终走向了战争。[2]在 19 世纪末 20 世纪初德国迅速崛起时期，英德的竞争日趋加剧。

在权力转移背景下，我们可以观察到政府开始更积极地介入技术变迁。与法国和英国相比，德意志加入到科学运动的潮流更晚。但德国的官僚集团纪律性很强，尽管德国人的独立性不强，但德国能

[1] 大卫·兰德斯：《解除束缚的普罗米修斯》，第 2-3 页。
[2] 黄琪轩：《大国经济成长模式及其国际政治后果》，载《世界经济与政治》，2012 年 9 期，第 114-122 页。

用强大的组织来弥补他们所缺少的个人首创精神。到 19 世纪，德国培养了一批熟练的科学家，组织编写好了科学课本，还制出了一批科学技术仪器。[1]同时，在权力转移背景下，政府也积极支持与技术变迁相关的教育事业发展。19 世纪后期的德国，出现了许多中等专科学校和工艺学校。这些学校不仅有应用技术的职业培训，还不断推动并强化了一个新趋势，即德国的高等教育日益重视纯科学与基础科学研究，具有研究型大学特征的高等教育机构随之发展壮大。此时德国的科学技术与产业发展联系紧密，在德国的高等教育中，科学研究和科学家的重要性进一步提升，尤其是在化学工业、电工技术和精密光学领域更是如此。德国这种研究型大学的模式不久以后就传到了美国等国家，比如说美国的约翰斯·霍普金斯大学（Johns Hopkins University）就仿照了德国研究型大学模式。[2]德国教授们建立了一个科学帝国，成为全世界科学家的典范。而他们的使命很清楚，即科学为国家服务，

[1] 约翰·贝尔纳：《历史上的科学（卷二）：科学革命与工业革命》，第 425-426 页。

[2] J·E·麦克莱伦第三、 哈罗德·多恩：《世界科学技术通史》，上海：上海世纪出版集团 2007 年版，第 421-422 页。

特别为军事目的服务。[1]

在权力转移的背景下，英国和德国积极推动技术进步，包括对技术的资助与采购不断提升。像德国的克虏伯（Krupp）和英国的阿姆斯特朗（Armstrong）这样生意兴隆的大公司，如果事先不能保证找到买主，也不敢冒险付出飞速增长的试验和试制费用。在此背景下，类似的“军工复合体”等利益集团开始出现。1855 年，武器制造业曾经落后于民用机器制造业。在 19 世纪 80 年代以前，技术改革的建议往往是由私人发明家提出来的。他们想说服当权者去改革现有武器制造水平或生产方法。1886 年，安全压力下的英国皇家海军不再听从军械局的意见。海军采购官员与英国的武器制造商建立了更直接、密切的联系。[2]而在过去，欧洲各国的陆军和海军还从没有这样做。

第二次技术革命的关键技术之一的内燃机，其工作原理就是引导性的爆炸：气体在某一有限空间（如汽缸）内迅速膨胀，推动物体（通常是活塞）向指定方向运动，而内燃机的原始雏形是火枪。亨

[1] 约翰·贝尔纳：《历史上的科学（卷二）：科学革命与工业革命》，第 429-430 页。

[2] 威廉·麦尼尔：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，第 224-251 页。

利·贝西默（Henry Bessemer）是英国发明家，他从事大炮设计试验时发现了熔融矿石吹风炼钢法。贝西默在发明的炼钢工艺是第二次工业革命时期的一项杰作。[1]在 19 世纪 90 年代，德国军火制造商克虏伯使用领先的钢铁技术大规模制作先进的军事武器。[2]我们看到在国际竞争压力下，欧洲政府还充当新技术的购买者，以确保潜在市场的存在。

出生于意大利的工程师“无线电通讯之父”古列尔莫·马可尼(Guglielmo Marconi)于 1896 年移居英国。1899 年，马可尼的通讯系统第一次被应用于英国海军演习。马可尼也从英国皇家海军那里得到第一份合同。到 1913 年，英国的皇家海军的每艘船都可以与伦敦的海军部进行通信。因此在第二次技术革命中，新技术的出现和推广离不开当时欧洲大国权力竞争的逻辑。由于英国德国的大国竞争，双方政府力促改进交通运输工具、电话、无线电、汽车运输、飞机等重大技术，使人们有可能一次调动和指挥几百万人参与战争。正是英国和德国对霸权的争夺，为内燃机、钢铁、铁路、无线电、可互

[1] 乔尔·莫基尔：《雅典娜的礼物：知识经济的历史起源》，第 89 页。

[2] 威廉·麦尼尔：《竞逐富强：公元 1000 年以来的技术、军事与社会》，第 233 页。

换部件以及大规模生产等技术的出现和发展创造了条件。

六、中国的技术变迁：从古代到新时代

如果说欧洲的大国竞争，尤其是大国权力转移时期的国际竞争在推动重大技术变迁的出现。那么，古代中国由于国际竞争烈度的不足，致使她缺乏欧洲这样的重大技术变迁。

（一）“李约瑟之谜”的政治经济

李约瑟（Joseph Needham）在其著作《中国科学技术史》（第一卷）的序言中提出：尽管中国的技术水平曾达到西方无法企及的水平，但值得思考的是：中国文明中的哪些抑制因素阻止了现代科学的兴起。而现代科学则在16世纪的欧洲的兴起，并成为现代世界秩序形成的基本因素之一。[1]事实上，古代中国的技术进步也存在起落。贾雷德·戴蒙德（Jared Diamond）就指出：中国的发明创造也是引人注目的，随着时间而起伏不定，直到公元

[1] Joseph Needham, *Science and Civilisation in China, Vol. 1*, New York: Cambridge University Press, 1956, preface, p.4.

1450 年左右，中国在技术上比欧洲更富于革新精神也先进得多，甚至也大大超过了中世纪的伊斯兰世界。中国的一系列发明包括运河、闸门、铸铁、深钻技术、牲畜挽具、火药、风筝、罗盘、活字印刷、瓷器、船尾舵、独轮车等，但是接下来中国就不再富于革新精神。[1]总体而言，我们可以看到，在古代中国存在激烈的外部竞争环境的时期，技术上往往能取得显著的进展。而当外部威胁消失，外部竞争压力降低的时候，技术上会裹足不前乃至存在倒退的情况。春秋战国诸侯国之间的竞争让各诸侯国面临严峻的外部环境；宋代与游牧民族的竞争让宋面临同样严峻的外部环境。因此，春秋战国时期与宋代，是古代中国科学、技术以及思想上的两个高峰。

在春秋战国时期，在水利方面，西门豹的“引漳入邺”，李冰父子修筑的“都江堰”，以及水工郑国开凿的“郑国渠”等，都是当时世界上罕见的大型水利建设工程。都江堰水利工程被誉为“世界水利文化的鼻祖”，是全世界迄今为止年代最久，唯一保留下来的大型水利工程。它在规划、设计与施

[1] 贾雷德·戴蒙德著，谢延光译：《枪炮、病菌与钢铁：人类社会的命运》，上海：上海译文出版社 2000 年版，第 273 页。

工方面具有相当高的技术水平。不断的征战刺激了军事技术与各种工艺的发展，尤其是冶炼业的发展。冶铁鼓风炉的进步、铸铁冶炼技术的发明、铸铁制造工艺的进步、铸铁柔化技术的发明，渗碳制钢技术的发明，采矿技术的进步使得冶铁手工业有了很大的发展体系的产量和质量不断提高。[1]春秋战国时期的冶铁技术有了重大的发展。“在鼓风炉的使用方面，中国人领先欧洲人一千五百多年。这使中国人能够使用铸铁，把生铁精炼为熟铁。到公元前 200 年，中国人已经了解了铁的铸造，而这最早在 14 世纪后期才到达欧洲。”[2]战国时期用柔化退火制造可锻铸件的技术以及多管鼓风技术是冶金技术的重要成就，这样的冶炼技术比欧洲早了二千年左右。建国后出土的越王勾践剑在地下埋藏了两千多年，出土时仍熠熠发光，剑刃极其锋利，剑身丝毫不见锈斑。战国史专家杨宽指出：春秋战国时期冶铁技术的改进是和冶铁鼓风炉的改进分不开的。渗碳制钢技术的适应了当时社会大变革中发展生产的需要和战争的需要。这一技术对革新生产技术和

[1] 杨宽著：《战国史》，上海：上海人民出版社 2016 年版，第 586 页。

[2] 乔尔·莫基尔著，陈小白译：《富裕的杠杆：技术革新与经济进步》，北京：华夏出版社 2008 年版，第 236 页。

扩大社会生产，改变战争的方式起了重要的作用。

战国末年，中国的工匠已经利用磁石的特性发明了一种正方向、定南北的仪器，叫做司南；而且他们还发明了计时的仪器，就是后世所谓的滴漏。这时科学上的发明往往被利用到兼并战争中去。战国工匠利用机械轮轴制作的弩，已成为最有力的进攻手段。战国末年已经出现了连弩之车。当时测算箭在空中飞行的轨迹，摸索飞行物体各部分比重以及空气的阻力，也形成空气力学的萌芽。[1]

到了古代中国技术大爆发的另一个时代——宋代，历史学家欧阳泰指出：毫无疑问的是，宋朝在技术，经济，科学，文化方面都是历史上的巅峰时代。[2]历史学家迪特·库恩（Dieter Kuhn）乃至将这一时期的技术进步冠名为发生在 11 和 13 世纪之间宋代的“工业革命”。在这一时期，踏板织布机、手工提花机等各种机器层出不穷，中国的技术发明不断涌现。他指出：在 1000 多年前，中国的宋朝就作为世界上“最先进的文明国家”出现了，

[1] 杨宽：《战国史》，第 48,页，第 587-589 页，第 598 页。

[2] 欧阳泰著，张晓铎译：《从丹药到枪炮：世界史上的中国军事格局》，北京：中信出版社 2019 年版，第 17 页。

而且呈现出现代资本主义最为显著的特征。[1]在宋朝，也面临类似的外部环境，北方游牧民族对宋的统治构成了严峻的威胁。宋朝的统治者面对强大的邻邦，它必须严阵以待，积极应对它们的入侵。“从 979 年到 1041 年间，宋朝的军队增加了三倍，达到了 125 万余人。政府每年都要生产大量的武器，包括数以万计的箭头和数以千计的盔甲。军费开支耗费了政府大约四分之三的收入。”[2]欧阳泰看到：从 1127 年到 1279 年，也就是南宋时期，人类经历了从使用最初级的火器（如火药箭）到发展出一套精密武器（如火枪、各种原型枪）的技术发展。在北宋之前，中国连一件火器都没有。而在宋朝统治的三个世纪里。人类在军事技术上取得了 21 世纪前最为迅速的技术发展。从某种意义上来说，现代战争是从中国宋朝开始的。古代中国四大发明中的三项发明，指南针、活字印刷术与火药都与宋代密切相关。

在 1100 年左右宋朝的铁产量可以匹敌 600 年之后的欧洲的铁产量。这种铁是当时世界上最先进

[1] 迪特·库恩著，李文锋译：《儒家统治的时代：宋的转型》，北京：中信出版集团 2016 年版，第 272 页，第 270 页。

[2] 尹佩霞著，赵世瑜、赵世玲、张宏艳译：《剑桥插图中国史》，济南：山东画报出版社 2002 年版，第 99 页。

的技术炼制出来的，使用了煤炭和焦炭。这是欧洲几个世纪后工业炼铁的标志性特色。庞大的宋朝制铁工坊雇佣了上千人，他们操作鼓风机，大大领先于同时代欧洲设备。[1]因此英国学者约翰·霍布森（John Hobson）乃至宣称，工业化的起源不应该从英国的经济史中去寻找，而应该从古代中国寻找。古代中国的“工业奇迹”有着漫长的历史，并在宋代达到顶峰，比英国进入工业化阶段要早了约 600 年。正是由于宋代许多思想和技术向西方世界的传播，才极大地促进了西方世界的兴起，这正是西方文明的东方起源。[2]

从 1450 年到 1550 年，中国的战争越来越少，力度越来越低，中国军事革新也放慢了脚步，这时恰好是欧洲军事加速革新的时期。接连爆发的残酷的大规模战争成为欧洲技术进步的推力。15 世纪 80 年代，欧洲所有的火枪都已经更新换代。以至于 16 世纪初，葡萄牙把这些新式火枪带到中国时，中国开始积极仿制。在清朝时期，大清的军事发展开始停滞，因为缺少实战。所以这个时期中国军队经

[1] 欧阳泰：《从丹药到枪炮：世界史上的中国军事格局》，第 17-18 页。

[2] 约翰·霍布森：《西方文明的东方起源》，第 47 页。

济松弛，军事革新缓慢。[1]古代中国的技术大发展时期，常常是外部竞争压力最严峻的时期，和西方世界的大国竞争促成重大技术变迁是同样的机制。

（二）中国的“技术引进”与“自立自强”

新中国成立以后，中国技术政策的走向也几经调整，总体而言经历了“之字型”（zig-zag）的变迁。在 20 世纪 50 年代，中国主要是“技术引进”，主要引进来自苏联的技术；从 20 世纪 60 年代开始，中国实施了相当长一段时期的自主创新战略；改革开放以后，中国技术路线发生变化，“技术引进”再度占据上风；直至进入新世纪以后再次有显著转向，更加强调实现“自主创新”、实现“高水平科技自立自强”。而中国技术政策的这几次波动，也可以从大国权力竞争的视角来理解。

新中国的技术发展开始于“技术引进”。在新中国成立前夕，中国共产党领导人就提出了“一边倒”的对外政策构想，并将其付诸实施。由于中苏形成稳定的同盟，苏联为中国的安全提供了比较稳固的保障。这一时期中国政府推进技术进步的重点

[1] 欧阳泰：《从丹药到枪炮：世界史上的中国军事格局》，第 4-6 页。

是“技术引进”“学习强者”，向苏联学习。“一五计划”期间，苏联把对社会主义国家科学技术援助总数的一半给了中国。李富春后来说：我国第一个五年计划，如果没有苏联的帮助，就不可能有如此巨大的规模和速度。[1]在“一五计划”期间，苏联援建的 156 项重点工程均集中在重工业，军事工业占相当大的比重，共计 44 项，其中航空工业 12 项、电子工业 10 项、兵器工业 16 项、航天工业 2 项、船舶工业 4 项。[2]在中国科技实力薄弱、美苏大国竞争的背景下，依靠苏联帮助，中国为今后科技事业的发展打下了坚实的基础。

随着中国经济发展与技术成长，中苏实力对比开始出现变化。中国社会主义建设的成绩显著增强了中国在社会主义阵营内的影响力。不少东欧国家开始学习中国发展模式，改造本国集体农庄。捷克斯洛伐克、阿尔巴利亚、蒙古、越南等国家纷纷模仿和推广中国经验。在苏共二十大以后，各社会主义国家越来越重视中国领导人的意见。不少人表示，当今世界上最权威的共产主义理论家是毛泽东。当

[1] 沈志华主编：《中苏关系史纲》，北京：社会科学文献出版社，2011 年版，第 161 页，第 158 页。

[2] 董辅礽主编：《中华人民共和国经济史》（上卷），北京：经济科学出版社 1999 年版，第 269 页。

人们就一个问题争论不休时，不少社会主义国家的领导人会说：等着听毛泽东同志发表意见。[1]社会主义阵营内部各国的权力格局开始发生改变，这是社会主义阵营内的“权力转移”。这一结构性的大国实力变迁深刻影响了中苏关系。

二十世纪五十年代末六十年代初，中苏关系持续恶化。苏联陆续终止了对华技术援助，撤走在华专家。大量在建的钢铁厂、火电站被迫中断。从 1964 年起，苏联在中国北部边境大规模增兵。1965 年 3 月，在莫斯科会议上，中苏两党关系公开破裂。1969 年 3 月发生了“珍宝岛”事件，中苏在边境爆发武装冲突。1969 年 9 月，国际社会又盛传苏联对中国设在新疆罗布泊的核试验基地有空袭的计划。当时，中国领导人提出对美国和苏联的霸权要“两面开弓”“两个拳头打人”。中国与美苏两个超级大国对抗，当时安全形势的严峻程度可想而知。

中苏关系变迁让中国领导人调整政策，强调通过自力更生，实现技术的自主可控，实现科技的自立自强。实现技术自主可控的一项重大方案就是“三线建设”。在“备战、备荒、为人民”方针指

[1] 沈志华主编：《中苏关系史纲》，第 163-168 页。

引下，“三线建设”的实质是一个以国防建设为中心的备战计划。中国共产党依靠中国自身力量推动中国工业化进程，抢时间把三线建成战略大后方。日益严峻的安全环境，促使当时中国领导人对战争危险做了严峻估计，从为最坏的可能出发，立足于早打，大打，立足于几个方面都来打。备战成为影响党的政治战略和经济战略的重要因素。[1]与三线建设直接相关的是“三五”计划的制定。中国依靠自身努力掌握了卫星发射技术，开发了核技术并发展了核能产业，人工合成了结晶牛胰岛素。这是一个“以我为主”的时期，中国领导人推动科技自立自强的抱负让中国积累了技术经验，锻炼了技术人才，提升了技术能力。

随着中国外部环境的改善，“技术引进”再度被提上议事日程。二十世纪七十年代是中国外交的一个转机，中美关系逐渐改善。在 1972 年 2 月，美国总统尼克松访华前夕，美国政府宣布放宽对华技术出口限制。在 1973 年，亨利·基辛格（Henry Kissinger）向周恩来表示：如果苏联对中国发起攻击，美国政府可以为中国提供一系列帮助，如供

[1] 胡绳著：《中国共产党的七十年》，北京：中共党史出版社 1991 年版，第 429 页。

应技术设备。[1]美国逐步放松了对华技术出口限制的同时，影响了中国对外经济政策与技术政策。在文革结束后，中国开始了一场“洋跃进”。中国领导人希望通过大规模购买西方技术，提升中国技术水平。[2]在 20 世纪 70 年代末，中国已签署的对外合同金额高达 70 亿美元，预计总金额高达约 400 亿美元。[3]从西方大规模引进技术的尝试，带来了建国以来最严重的财政赤字。在 1977 年，中国的财政赤字为 12 亿美元;到 1979 年则高达 45 亿美元。[4]随着安全环境的改善，外部技术更容易获得，“技术引进”成为主导政策，随着“和平与发展”成为时代主题，此前大量的自主创新项目被放弃，，国产大飞机项目就是那个时期下马的。

随着中国的经济发展，中国日益在世界舞台崛

[1] Aaron Friedberg, *A Contest for Supremacy: China, America, and the Struggle for Mastery in Asia*, W. W. Norton & Company, 2011, p. 79.

[2] Tianbiao Zhu, “International Context and China’s Business-Government Relations”, in Xiaoke Zhang and Tianbiao Zhu, eds., *Business, Government and Economic Institutions in China*, Palgrave Macmillan, 2018, pp.200-201.

[3] Barry Naughton, *The Chinese Economy: Transitions and Growth*, Massachusetts: MIT Press, 2007, p.78.

[4] John Gittings, *The Changing Face of China: From Mao to Market*, Oxford University Press, 2006, pp.54-55.

起，中国的外部环境再度改变，在 2006 年的全国科技大会上，时任中共中央总书记、国家主席、中央军委主席的胡锦涛发表了讲话——《坚持走中国特色自主创新道路为建设创新型国家而努力奋斗》。到了唐纳德·特朗普当选总统以后，美国相应的政策调整更为显著。随着“新的动荡变革期”出现，“科技自立自强”再度成为政策的主基调。在 2022 年中国共产党的二十大报告中，习近平总书记指出，“我们加快推进科技自立自强，全社会研发经费支出从一万亿元增加到二万八千亿元，居世界第二位，研发人员总量居世界首位。基础研究和原始创新不断加强，一些关键核心技术实现突破，战略性新兴产业发展壮大，载人航天、探月探火、深海深地探测、超级计算机、卫星导航、量子信息、核电技术、新能源技术、大飞机制造、生物医药等取得重大成果，进入创新型国家行列。”[1]中国再度走向科技自立自强，并取得了瞩目的业绩。大国权力转移不断驱动着重大技术的变迁。崛起的中国正致力于走自主创新道路，建设世界科技强国。

[1] 参见 www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm

七、结语与讨论

在世界技术史上，重大技术变迁往往呈现周期性的波动。有时候，技术进步比较缓慢；而有时候，重大技术变迁却在一段时间里集中出现，出现了技术革命。和以往的答案不同在于，本文试图从国际政治的变迁来寻找重大技术变迁的驱动力。世界重大技术变迁往往受大国竞争驱使。权力转移时期是大国竞争最激烈的时期，在这一时期往往催生重大技术变迁。

对重大技术变迁而言，能力和意愿都很重要。而世界政治中的领导国与崛起国既有能力，又有意愿推动技术革新。领导国与崛起国是世界政治中的大国，是技术潜力最强劲的国家，因此它们有能力；无论是进攻抑或是防御，都依靠关键技术，因此它们也有意愿。为驱动重大技术变迁。领导国与崛起国的政府会采取一系列措施，比如加大关税保护、实施贸易禁运、扶植战略产业等，而其中有两项措施显著地影响了技术进步的强度和方向。第一项措施是政府资助。在大国权力转移时期的安全压力下，政府资助更集中，有利于化整为零，整合力量解决技术难题。第二项措施是政府采购。一般而言，高

科技产品在面世早期，造价往往过于高昂，普通消费者难以承受。在大国权力转移时期的安全压力下，政府采购对成本不那么敏感，这有利于企业收回巨额的技术投资；而政府采购对产品的性能相当敏感，这有利于提高产品的精度。因此，在权力转移时期，领导国与崛起国的政府会加大对技术的资助与采购，国际竞争带来了新技术的投资机会与消费市场。在这一时期，在领导国与崛起国两个国家，突破技术瓶颈的可能性在显著提高。国际政治出现周期性的权力转移，重大技术也相应出现周期性的变迁。

当大国技术竞争的安全维度凸显时，在技术领域，“国家引导的发展”会驱使崛起国与领导国国内政治经济呈现至少以下五个方面的特点：首先，更加强调“技术自主”，不断促使参与各方“技术民族主义”抬头；其二，更加侧重“安全驱动”，政府在权衡“安全”与“发展”资源时，服务“安全导向”的技术投入会迅速增长；其三，更加重视“政府介入”，安全驱动的紧迫性常常让国家更为直接地介入技术发展，扩充政府规模，扩大政府职能；其四，更为呈现“集中参与”，国内经济更可能呈现集中性、垄断性等特征；其五，更加强化“军工集团”，集中的科研资助与产品采购，集中的企

业与院校参与，塑造了一个活跃的国内集团。

尽管目前中国的技术短板还很多，进入新世纪以来，中国的创新型国家建设也取得了丰硕的成果，重大技术变迁的萌芽已初见端倪，崛起的中国在积极致力于成为世界科技强国。值得关注的是，在国际关系史与大国技术史上，推动了重大技术变迁“这只是万里长征走完了第一步”。诸多成功推动了大国技术变迁的国家并没有赢得大国技术竞争。这是未来研究需要关注的议题，即赢得大国技术竞争需要有怎样的政治经济安排。重大技术变迁是引人入胜的研究领域，本文的探索也是开放性的。我希望自己的后续研究和他人的研究能继续为这一重要议题提供新视角与新解答。



中國人民大學
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA



澄海全球發展與安全
高等研究院