

DOI: 10.12046/j.issn.1000-5285.2020.01.011

· 美国经济社会发展研究 ·

美国的颠覆性技术创新： 基于创新型组织模式研究

沈梓鑫

(中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732)

摘要: 美国在二战以后能够在世界科技领域保持领先优势的重要秘诀, 源自于以 DARPA 为代表的创新组织机构在颠覆性技术上的突破性进展。DARPA 在诞生之初就将目标聚焦在具有长远战略价值的颠覆式创新项目上, 这在美国科技进步史上发挥了举足轻重的作用。文章对 DARPA 诞生的历史动因及其背后的产业政策逻辑进行剖析, 认为 DARPA 是基于战后国内创新挑战而进行的组织模式创新。本文在引入鲍维利安五类创新模式的理论基础上, 进行关联性分析, 认为美国作为领先型国家创新体系的主要优势在于科研创新体系的发展完善, 强调颠覆式创新能力的培养, 重视基础研究的商业化转化。其中, DARPA 模式是创新型组织模式的典型示范, 在组织特征、管理理念和制度安排方面有其独特优势。

关键词: 颠覆性技术创新; 产业政策逻辑; 创新模式分类; 组织特征

中图分类号: F062.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5285(2020)01-0091-10

一、引言

近年来, 颠覆性技术创新能力已经成为世界各大国之间进行战略博弈的重要抓手, 而能否抢占颠覆性技术创新先机的历史性机遇, 将决定我国是否在新一轮工业革命中赢得竞争优势。我国在 2016 年 3 月发布的“十三五”规划纲要中, 首次提出要“更加重视原始创新和颠覆性技术创新”的战略理念, 继而在 2016 年 5 月发布的《国家创新驱动发展纲要》中对该战略进行进一步阐释, 即“发展引领产业变革的颠覆性技术, 不断催生新产业、创造新就业”。2017 年 10 月, 党的十九大报告从战略高度明确创新是引领发展的第一动力, 在肯定创新驱动发展战略对我国经济建设具有重要推动作用的基础上, 强调应突出发展关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术。在 2019 年 10 月召开的党的十九届四中全会上, 进一步强调完善科技创新体制机制的重要内涵, 指出要加快建设创新型国家, 强化国家战略科技力量, 健全国家实验室体系, 构建社会主义市场经济条件下关键核

收稿日期: 2019-10-18

基金项目: 2020 年度中国社会科学院哲学社会科学创新工程; 中国社会科学院青年科研启动项目“国际竞争新形势下产业链重构新趋势与科技发展新策略研究”阶段性研究成果。

作者简介: 沈梓鑫, 女, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所助理研究员, 经济学博士。主要研究方向: 技术创新、产业政策、数字经济。

心技术攻关新型举国体制。

历史上的美国,为确立并巩固其世界级科技强国地位,早在1958年就成立了从事颠覆性技术开发的专门机构——国防部高级研究计划局(DARPA),初衷在于加强对高风险、高收益型原始创新项目的支持。凭借着国防部最高层的强力支持以及机构内部独特的研发战略,DARPA迅速跻身为美国首席创新机构,长年积极参与捕获颠覆性技术发展的开创性机遇,优先资助那些能够产生颠覆性影响的重大科技项目,始终处在二战后美国乃至世界史上重大科技突破的前沿位置,引导了互联网、半导体、全球卫星定位系统(GPS)、激光、无人系统等前沿技术的开创与发展,助力美国在科技研发方面巩固并扩大领先优势,从而遏制世界其他国家在科技创新实力上的赶超,被认为是美国颠覆性技术创新的发源地。

区别于等级森严的军事部门以及庞杂冗余的研究单位,DARPA组织精简灵活且富有冒险开拓精神,不仅是一个肩负着国家颠覆式创新使命的科技研发机构,还是一种突破传统模式并形成一套独特制度体系的创新型组织模式典型,它的成功经验对处于颠覆式创新能力建设初期的我国,具有极强的借鉴意义。余文安排如下。第一部分对DARPA诞生的历史动因以及背后的政策逻辑进行回顾和梳理;第二部分,在引入创新模式分类的基础上,对以DARPA为代表的创新型组织模式进行理论述评;第三部分,总结提炼DARPA模式的组织特征和运行机制;最后是文章的结论。

二、DARPA诞生的历史动因与政策逻辑

回顾美国的科技体系发展史,DARPA的诞生不仅受二战以后全球政治、军事和经济新格局所影响,而且与美国国内创新活动所面临的现实挑战有着密切关联。第二次世界大战是全球竞争格局产生巨变重要转折点,也是美国政治地位开始确立并谋求世界科技领先优势的分水岭。战争期间,美国在本土遭遇的几次侵袭促使美国加快了国防领域颠覆性技术研发体系的建设步伐。1940年,罗斯福总统批准成立了国防研究委员会(National Defense Research Committee,简称NDRC),一年之后又将其合并扩建为科学研究与发展局(Office of Scientific Research and Development,简称OSRD),任命万内瓦尔·布什为局长,由该机构负责协调与支持各个领域的军事科学研究计划,以解决战时美国在国防军事防御上的紧迫需求。

罗斯福执政时期,布什成为战时美国的最高科技顾问,一度引导国内形成一种在联邦政府强势主导下,产业界、政府和高校研究机构之间紧密合作、互动协同的高度融合的国家创新体系。在布什的建议下,许多以战时重大技术挑战为目标的任务导向型研究计划被安排在了组织架构相对灵活的国家实验室中,比如麻省理工学院的雷达实验室(MIT's Rad Lab)和从事核武器研发的洛斯阿拉莫斯国家实验室(Los Alamos),这些实验室在组织结构上实行的是扁平化管理,机构内部倡导非官僚化作风,实验室的历任负责人为科学家型管理者,团队成员由大批跨学科人才组成。这种组织模式促使战时国家实验室在基础研发阶段所实现的技术突破能够迅速转化进入同样受政府支持的应用性研发阶段,如原型生产、试验台测试和初始生产环节。在这个时期,由政府支持引导从基础研究阶段到应用性开发阶段的所有创新环节,并且鼓励政府机构、产业界和高校研究所等创新主体能够紧密协同、积极参与到创新活动中来,这一方面使得创新链条上的前端基础科学研究环节和后端应用性技术开发环节得以紧密关联,另一方面促使各创新主体之间也形成了高效的互动协同关系。也就是说,美国在二战后期形成的是一种以战时重大“技术挑战”任务为导向的关联型科研组织模式^①。

然而,随着战争结束以后的和平时期到来,这种组织模式的广泛采纳状态被彻底打破和颠覆了。二战结束以后,身居总统高级顾问要职的布什在深刻思考美国政府应如何延续其对科技研发事业的主导作用等问题之后,于 1945 年提交了一篇在美国科技界产生历史性重大影响的报告,即《科学: 无止境的前沿》(*Science: The Endless Frontier*)。在该报告中布什强调了基础研究对知识创造、技术进步和经济增长的重要性,并且主张战后美国政府应该将公共财政资助的重心转移到关乎经济可持续性增长以及国家安全等战略性前途的基础研究工作上来,该报告对未来美国政府在科技研发上的战略支持重点做了重新的调整与规划。在该报告的引导下,美国政府自二战结束以后,就开始将支持的重心集中在了创新链前端的基础研究环节上,也就是说二战后美国国内的主要创新组织模式从战时围绕重大技术挑战而组织的科技研发关联型创新模式转向了政府单一支持基础研究环节的非关联型创新模式^①。

布什之所以建议战后联邦政府应该将科研资助的重心倾注在创新链前端的基础研究阶段上,其主要原因在于,他认为基础研究是颠覆性技术创新的源头,且有必要警惕国防军事与科技研发之间形成永久性的紧密联系,从而威胁到联邦政府在科研体系中的绝对主导地位。^②在布什的战略规划中,他一是建议战后由政府成立专门的机构如国家科学基金委员会(NSF),来统筹管理和协调负责国内的基础科学研究项目,二是强调联邦政府在加强对基础研究资助的同时,将创新链中后期的技术开发、原型设计等环节移交给产业界来承担。

从二战以后至上世纪 70 年代末之间的美国科技发展情况来看,战时构建的关联型创新模式所带来的科技繁荣景象不复存在,战后美国形成的非关联型创新模式不断暴露出其在创新活动组织方面的内在固有缺陷,致使美国在战后面临着来自国外竞争对手和国内现实挑战的双重冲击。就国内来看,1945 年战争结束以后,美国国内流行的非关联型创新模式忽视了创新链后端的应用性技术开发环节,当联邦政府资助的基础研究项目在实验室完成了从研发到原型的重大突破之后,便失去了进一步进行商业化转化的动力和方向。这种组织模式上的缺陷使得二战以后美国的科学研究与应用性技术开发之间出现了一条鸿沟,表现为这一阶段的基础研究成果多数停留在实验室阶段,大批颠覆性科学研究成果由于无法进行后期的应用性开发和市场化转化而被迫“胎死腹中”,这种困境在多年后被命名为“死亡之谷”现象。从国际形势来看,随着 1957 年苏联先于美国成功发射两颗人造卫星的消息传来,苏联在航天领域的重大科技突破使得美国警醒地意识到自身作为全球科技领先国的地位正岌岌可危,该事件在给美国民众和军队造成了极大心理冲击的同时,也迫使美国政府开始认真反思当下创新模式的局限性。

正是在国内外巨大挑战的共同驱使下,美国政府开始考虑在国防部设立一个特殊机构——DARPA。1958 年,在艾森豪威尔的主持下,DARPA 可谓应运而生,该机构的成立初衷在于要帮助美国实现颠覆性技术创新上的突破,以保证美国能够继续维持全球科技领先者的地位。所以,DARPA 从一开始就将投资目标聚焦在具有长远战略价值的高风险高收益型颠覆式创新项目上,直接瞄准人造地球卫星和太空探索领域等前沿空间技术,不仅在科研投入和战略布局上为避免由于海陆空三军内斗所导致的各自为政、重复投资、不成体系等问题,转而从事一些跨军种、高难度并且关乎国家安全利益的重大项目,而且在组织模式上,尝试突破战后形成的非关联型创新模式,通过组织结构和运行机制上的创新,加强了基础研究与应用性研发环节之间的技术融合。

从比较经济学的角度出发,分五个历史阶段来重新审视 DARPA 诞生的前因后果(详见表 1),

^{①②}William Bouvillian, “The Once and Future DARPA”, the Chapter II of “How to Anticipate, Force, Events and Wild Cards in Global Politics”. Washington D. C., Brookings Institution Press, 2007, pp. 57-70.

将有助于厘清美国产业政策史的演进逻辑。美国在二战期间采取的是一种关联型创新模式,即以战时重大“技术挑战”为任务导向的关联型科研组织模式。这种科研体系随着战争的结束,以及布什在《科学:无止境的前沿》报告中强调基础研究的观点提出后,被彻底打破了。随着美苏冷战开始,美国在之后经历了一段倡导以基础研究为重心的管道型创新模式时期,科研体系逐渐呈现非关联型。1957年苏联伴侣号上天的消息传来,作为战略反思后的政策行为,美国政府在1958年成立 DARPA 的初期就提出要在这类机构中重拾二战时期关联型创新模式的传统,并且进行组织创新,使其能够肩负起从事颠覆式创新活动的使命。可见,DARPA 的设立除了是一种应对苏联军事威胁的防御措施以外,还是一种在制度层面上跳脱出非关联型创新模式框架的先锋尝试;不仅是对战时关联型创新模式传统的一种回归,也是基于战后创新活动所面临的现实挑战而进行的一次前所未有的组织模式创新。

20世纪80年代,面对来自日本和德国迅速崛起的强大制造力和技术赶超威胁,更是迫使美国彻底反思本国在产业竞争力上增速放缓的原因,主要归结为科研体系上的非关联型组织模式缺陷所导致的大量科研成果遭遇“死亡之谷”困境。至此,美国开始在战略主张上正式宣示向关联型创新模式回归,而敢于在制度层面上进行先锋尝试,并且在颠覆式创新领域内获得瞩目成就的 DARPA 模式则成为了一批被迫进行组织革新的传统部门争先研究和模仿的对象。例如,21世纪以后,伴随全球变暖和能源安全问题成为新的挑战,ARPA-E 就是能源局在借鉴 DARPA 模式的基础上,提出建立的一个组织融合程度更高的创新机构。2011年,美国先进制造业计划(AMP)中提出的美国国家制造创新网络(NNMI)布局,更是明确了美国将继续在关联型的科研创新体系下,研究并推广以 DARPA 为代表的创新型组织模式。这实质上是一种通过推动组织模式创新、应用与升级来巩固和扩大国家科技领先优势的产业政策设计。

表1 美国科技创新体系的演化发展史(1939-2018)

历史时期	1939-1945年	1945-1979年	1980-1999年	2000-2010年	2011年-至今
国际形势	二次世界大战	二战结束冷战开始	全球竞争新格局	能源危机和气候变化	制造业复兴
重要事件	曼哈顿计划(1942)	布什报告(1945年)	德日威胁(80年代初)	能源技术转化(21世纪初)	先进制造业计划(2011年)
创新活动	以战时重大技术挑战任务为导向	将重点导向基础研究	应对“死亡之谷”困境	重视研发和后期创新阶段	更加重视研发和后期创新阶段
组织特点	关联型创新模式(Connected)	非关联型创新模式(Disconnected)	关联型创新模式(Connected)	关联型创新模式强化(Connected+)	关联型创新模式继续强化(Connected++)
政策措施	NDRC(1940) OSRD(1941)	1957年苏联伴侣号上天,DARPA(1958)成立	拜杜法案(1980)、 SBIR(1982)、 SEMATECH(1987)、 MEP(1988)、 ATP(1988)	ARPA-E(2007)	NNMI(2012)

注:表格内容是作者在吸收 William Bonvillian (2014) ①观点的基础上,整理绘制而成。

三、创新模式的分类与创新型组织模式的理论述评

基于不同历史时期国际政治、军事和经济格局的变迁与重构,以及国内政治环境和科技能力的演变发展,美国政府适时采取各种有针对性的产业政策,对产业链上的不同创新环节进行阶段性的重点布局。正是在这一系列政策的引导下,美国在各个时期的创新活动呈现出不同的组织型态和模式特

① William Bonvillian, The new model innovation agencies: An Overview, *Science and Public Policy*, Vol. 41, No. 4, 2014, pp. 425-437.

点, 因此, 在这些创新模式的组织变迁背后实则存在着特定的理论逻辑和战略指向。

根据创新经济学者威廉姆·鲍维利安 (William Bonvillian)^① 的最新研究, 美国在不同历史阶段的创新活动有其特定的组织模式, 如果按技术的动态变化方式来进行分类, 传统的创新组织模式可以分为四类^②。本文认为, 这四类创新模式对应着不同的创新方式, 相互之间或有着层递关系, 或有着互补关系, 可谓各有利弊。而 DARPA 模式正是在融合这四种传统创新模式优势的基础上, 进行制度改革与重建之后, 形成的第五种创新型组织模式。如果将包括 DARPA 模式在内的几种创新活动组织模式进行分类, 则可分为以下五类:

(一) 管道型创新模式: 以基础研究为重心的创新模式

管道型模式 (The Pipeline Model) 是美国自二战结束以后至上世纪 70 年代末期间力主推广的一种主导性创新模式。这种模式的主要特点在于强调政府只需对创新链上的基础研究环节进行重点资助, 认为基础研究是创新的源头, 随着创新主体在基础知识层面实现前沿性的突破, 这些创新成果就会“自动定位”并寻找到市场应用的范围和方向, 以推动技术发明产品的功能性拓展。这种模式认为基础研究阶段的成果能够产生一种内生性的“技术推动”力, 来将这些基础研究成果进一步转化为具有市场前景的产品或者是能够产生利润收益的发明创造, 从而促进国民经济的增长。

在这种模式下, 美国政府通过 NSF、NIH 和 DOE 等机构资助了大量由高校和科研院所承担的尚处于基础研究阶段的研发活动, 比如搜索引擎开发、页岩气水力压裂和核磁共振成像等项目, 这为后来形成颠覆性影响的技术革命浪潮做了前期研究上的铺垫。^③ 然而, 这种模式的重大缺陷在于忽视基础研究与生产相脱节的问题“在颠覆式创新过程中, 联邦政府资助的基础研究与产业界资助的应用性研发之间存在着一条真空带所导致的‘死亡之谷’, 这使得大量基础性研发成果无法实现商业化”^④。

(二) 诱致型技术变迁模式: 受利基市场需求驱动的创新模式

诱致型技术变迁模式 (The Induced Model) 是一种以渐进式创新为主要内容的创新模式, 即引导企业在既定的产业内通过提升产品性能来实现渐进的、持续性的技术创新以满足新的市场需求。在这个过程中, 产业界的创新者能够发现和定位那些会对新技术做出敏感反应的利基市场, 从而在这些利基市场潜在需求的拉动下积极地从事技术改进或创新活动。这种创新模式是对以颠覆式创新为主要目标的几种创新组织模式的补充, 它更多地强调沿着既有技术轨道逐步升级的创新活动。

然而, 这种模式的缺陷在于它本身是一种不会对既有市场和传统部门产生革命性冲击进而开辟新市场的创新模式, 且它预设性地假定利基市场的巨大需求必然会诱致新技术成功为市场所接受。这表明该模式的研究不仅忽视了大量在“死亡之谷”阶段覆灭的基础研究成果, 而且排除了那些在市场规模化阶段由于市场失灵所导致的产品创新失败案例。

(三) 拓展的管道型模式: 在政府引导下从研发到商业化转化的创新模式

拓展的管道型模式 (The Extended Pipeline Model) 是一种高度凸显政府在整个创新体系中强势主导作用的创新模式, 它认为政府不仅重视对创新链前端基础研究环节的资助, 而且在后续的开发、原型、产品设计、示范、测试和执行阶段也起着重要的技术推动作用^⑤。它在肯定政府部门主导前期基

^{①②} William Bonvillian, Charles Weiss, “Innovation Dynamics, Change Agents, and Innovation Organization”, the chapter of “*Technological Innovation in Legacy Sectors*”, Oxford Scholarship Online, 2015, pp. 181-196.

^③ Peter L. Singer, *Federally Supported Innovation: 22 Examples of Major Technology Advances That Stem from Federal Research*. Information Technology and Innovation Foundation report, February 2014, <http://www2.itif.org/2014-federally-supported-innovations.pdf>, pp. 4-39.

^④ 沈梓鑫, 贾根良, 《美国在颠覆式创新中如何跨越“死亡之谷”》, 《财经问题研究》2018年第5期, 第90-98页。

^⑤ William Bonvillian, *All that DARPA Can Be*, *Policy Shop*, August 2015, pp. 53-61.

础研发环节的传统理念基础上,指出在高风险高收益的颠覆性技术创新领域,相比产业界私人企业的短视和风险规避倾向,以国防部为代表的政府机构^①更适合充当创新推动者和风险投资者角色,政府的战略性投资和公共政策作用不仅仅局限于弥补市场失灵或者校正系统失灵,还包括对新市场的创造与塑造。

这种模式超越了布什在二战以后单纯强调基础研究重要性的观点^②,将政府的资助范围拓展到包括基础研究商业化阶段在内的整个创新链,是一种对管道型模式进行改进、完善与拓展之后的创新模式。正是在这种组织模式的应用推广下,以 DARPA 为代表的国家安全政府机构^③在二战结束后所取得的一系列前沿突破如 GPS、英特网等技术,成功引领了二十世纪末二十一世纪初在电子、计算机和生物医药等行业内兴起的技术革命浪潮。

(四) 制造主导型模式:以产品升级为中心的创新模式

制造主导型模式(The Manufacturing-led Model)着重强调创新链后端的制造环节对技术创新的拉动作用,这种模式认为创新不仅与前端的研发环节有关,而且也存在于后端的生产环节中,例如在制造方面基于经验和专长而产生的新技术。这种模式认为,制造过程中的初始生产活动具有极高的创新性,即使产品的基础研发环节已经在制造阶段之前完成了,但是在产品的规模化生产阶段,厂商仍然要根据市场需求的变化对产品进行各方面完善,这包括以产品性能提高为目标的相关技术改进,以及为实现高效率、低成本规模生产而设计的新型管理体系,还有在实践中不断积累的“干中学”技能和实务经验等^④。

在创新经济学中,以韩国为代表的东亚经济体属于创新追赶型国家,是贯彻这种创新模式的优秀典范。它们引进发达国家的先进技术,在对这些技术资源努力消化、吸收的基础上,进行市场化转化和本土化改造,完成再创新,并且依托低成本和低工资等后发优势,迅速实现规模化生产,以此获得生产制造能力上的跃升。该模式是一种由市场需求驱动,且与创新链前端的基础研发环节相割裂的创新模式,它忽视了国家创新体系中以技术前沿突破和新市场创造为目标的原始性创新能力的培养,并不适用于领先型国家创新体系的建设。

(五) 创新型组织模式:创新要素高度融合的创新模式

创新型组织模式(Innovation Organization Model)是一种在实现技术供给和市场需求双重目标的基础上,关注创新链前端到后端以及整个创新生态体系建设的制度融合型创新模式。这种模式超越了其他四种类型模式,它强调创新活动不仅要满足管道型模式和拓展的管道型模式所要求的技术供给,以及诱致型模式和制造主导型模式所关注的技术层面市场需求,而且还需要通过将创新链上各个层面

^① 注释:有关这类美国政府机构,在历史上,如何通过创建多种混合公私资源的杂交型创新机构,以政府支持型风投基金的形式,充当最早的风险投资商,引导了美国的颠覆式创新事业。详见作者的前期研究《美国在颠覆式创新中如何跨越“死亡之谷”?》,《财经问题研究》2018年第5期,第90-98页。

^② 注释:在1945年,时任科学发展局主任的万内瓦尔·布什在向杜鲁门总统呈交的报告《科学——没有止境的前沿》中,最主要的着重点就是讨论基础研究的重要性,布什在该报告中曾写道“基础研究将导致出新的知识。它提供科学上的资本。它创造了这样一种储备,而知识的实际应用必须从中提取。……今天,基础研究已成为技术进步的带路人,这比以往任何时候都更加明确了。……一个新的基础科学知识方面依靠别国的国家,其工业发展将是缓慢的,在世界贸易竞争中所处的地位将是虚弱的,而不管它的机械技术如何。(摘自[美]万内瓦尔·布什《科学:没有止境的前沿》,范岱年、解道华等译,北京:商务印书馆,2005年,第12页。)

^③ 注释:此处的国家安全政府(National Security State,或者翻译为国家安全国家)意指由那些以国家安全为目标,并且和私营部门保持紧密合作关系的联邦政府机构所共同构成的一种广泛政治组织,诸如以国防任务为核心的美国国防部(DoD),以及为保持国家科技优势做出过重大贡献的中央情报局(CIA)、能源部(DoE)、卫生部(NIH)、国家航空航天局(NASA)、国家科学基金会(NSF)等部门均属于国家安全政府机构。参看 Linda Weiss, *America Inc.?: Innovation and Enterprise in the National Security State*, New York: Cornell University Press, 2014, pp. 21-50.

^④ William Bonvillian, *All that DARPA Can Be*, Policy Shop, August 2015, pp. 53-61.

的生产要素进行全新的系统整合和组织重构，来建设更为高效的创新生态体系。

这种创新模式强调在组织运行中各创新主体能够紧密合作、共同参与，特别是要加强公共部门与私人企业之间的互动协同关系；技术供给和市场需求双重驱动下的研发与生产活动能够创造更多的颠覆式创新和渐进式创新成果；通过技术层面的研究和发明创造，推动经济结构的转型升级，创造更高的社会价值；组建经验丰富和背景多样化的人才团队；打破传统部门内的既得利益格局，营造良好的创新环境；创建覆盖整个创新链的战略体系布局^①。这些创新模式的关键要素在 DARPA 的组织特征中均有所体现，是针对 DARPA 模式进行概念性总结的前提。

本文认为，如果将上述五种创新模式的组织特点从国家体系维度到产业组织维度进行对比（见图 1），将能够更加清晰地将这五种创新模式的类型及其所代表的创新方式进行关联性分析。基于这种模式分类，不仅能够看出美国在主要创新方式上的演进脉络，而且还能够更加深刻地理解美国国家创新体系发展背后的战略意图。

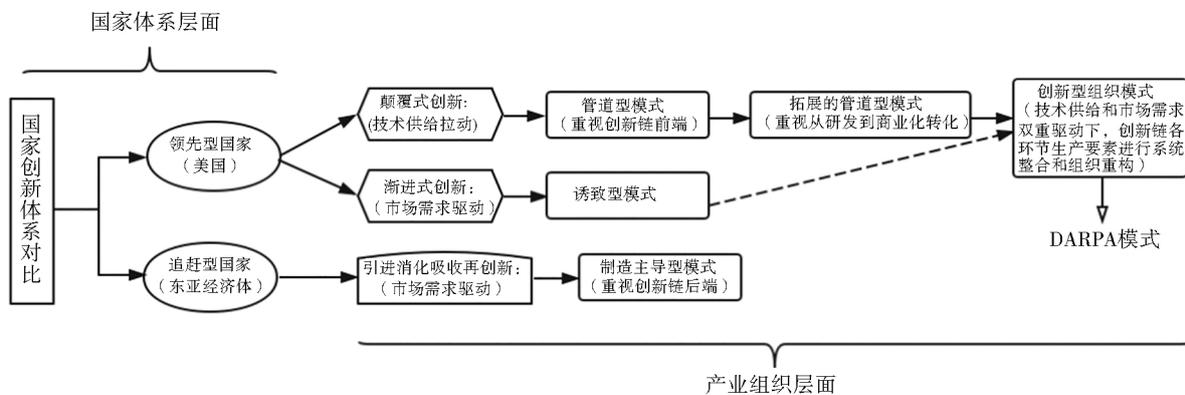


图 1 基于创新模式分类的关联性分析示意图

来源：作者绘制

美国是技术领先型国家创新体系的典型代表，美国国内的整个科研创新体系不仅发展成熟而且相对完善，在颠覆式创新和渐进式创新两种创新方式下的创新活动均创造了令人瞩目的科技创新成就。前者涉及技术轨道的变更，以引领科技前沿的颠覆性技术创新突破为主要目标，而后者致力于沿着既有的技术轨道进行连续性的小创新，以不断提高和改善产品的性能。这两种创新方式分别对应不同类型的组织创新模式，管道型模式、拓展的管道型模式和创新型组织模式主要致力于促进颠覆式创新，而诱致型模式则以渐进式创新为主。美国在二战以后为了维持和巩固自身的技术领先优势，长期注重本国颠覆式创新能力的培养，从管道型模式到拓展的管道型模式直至创新型组织模式，首先都对创新链前端的基础研究环节非常重视，始终强调前沿的基础性探索是颠覆性技术创新的源头，其次，随着现实挑战的出现，进行战略调整，改进后的产业组织创新模式除了强调基础研究重要性之外，还更加注重创新链前端到后端的技术转化效率与组织融合程度，这也正是当前美国国家创新体系的核心竞争优势。

四、DARPA 作为创新模式的组织特征

DARPA 作为一种新型创新组织模式的典型示范，它不仅具备“拓展的管道型模式”的优势特

① William Bonvillian, Charles Weiss, "Innovation Dynamics, Change Agents, and Innovation Organization", the chapter of "Technological Innovation in Legacy Sectors", Oxford Scholarship Online, 2015, pp. 181-196.

点,能够在政府的引导下有效地推动创新成果从基础研究走向生产和应用性环节,而且还凸显出了“创新型组织模式”的关键性要素,在人员和机构层面上均构建了高效的互动协同机制,致力于在体制僵化的传统部门内打破既得利益格局,在此基础上充分有效地推动颠覆式创新成果转化。DARPA在组织架构和运行机制上呈现出的优势特点,表现为项目管理、人才招聘以及资金调配等多个方面都有其独特的制度安排。

(一) DARPA 营造的创新环境特征: 组织架构的灵活性

DARPA 是一个“小核心、大外围”的扁平化组织,机构内的专业人数仅仅控制在 240 人左右,大量启用非固定性的技术外包人员,自上而下仅仅包括局长——办公室主管——项目经理 3 个层级的管理体系,而组织机构则采取只有 1 个局长办公室和多个业务办公室在内的两层机构。DARPA 自成立之初就以“精简而灵活”著称,组织管理模式呈现扁平化特征,在这个环境内,由于人数较少,以至于根本建立不起严密的等级制度和层级关系,从 DARPA 局长到负责具体项目的经理人之间只有 2 个级差,这不仅大幅缩短了决策流程,而且最大限度地规避了官僚体系对创新的效率影响,营造了自由宽松的创新环境。

以解决“高风险、高收益”型重大军事技术难题为导向的 DARPA,在组织内营造的是一种甘于冒险的创新氛围,在团队文化上建立“强调信任”和“允许失败”的容错机制,在人事管理上借鉴现代企业管理方式,首创短期的项目经理负责制。项目经理人在经费管理和成员安排上,被赋予极大的自主权,这种灵活宽松的制度环境允许他们将有限的精力集中在更为重要的创新任务上:(1) 了解现在或者即将到来的军事挑战;(2) 识别能够解决这些挑战的潜在新技术;(3) 组建以这些新技术为核心的研究者共同体;(4) 将技术的应用性开发与商业化转化任务交接给军事服务方或者对口的商业部门^①。

(二) DARPA 组建的创新团队特征: 卓越人才的多样性

DARPA 坚持以一种不拘一格的态度挑选出具有战略眼光的项目经理人才,采取以任务为导向的项目经理短期聘任制(通常为 3-5 年),将全球顶级的技术人才汇聚于此,组成一个多元化背景的创新团队。这些项目经理人才来自企业、高校、国家实验室、政府机构等部门,具有从事理论探索、实验操作或者政策实施等多方面的丰富经历和知识储备,这些多元化背景的卓越人才共同组成 DARPA 的精英智囊团。在 DARPA 内部的创新网络中,来自各个环节的专家以及具有不同学科背景的创新者能够进行面对面的沟通交流,通过项目之间的团队协作和人才流动,实现创意、研究、天赋、资源之间的碰撞。特别是当具有理论背景的高校研究者和掌握实用开发经验的企业技术专家同时受雇于 DARPA 项目,为国防部政府采购订单提供技术服务的时候,创新链前端的基础研发环节和后端的应用开发环节之间实现了人才、知识和资源的创造性融合。

(三) DARPA 建构的创新机构特征: 公私部门的融合性

DARPA 自成立之初就将眼光定位于高风险、高难度的颠覆式创新领域上,承担的是以重大技术挑战为目标的任务导向型研究计划。DARPA 模式不仅沿袭了“拓展的管道型模式”所强调的注重创新链前后端关联性的特点,而且在机构层面上还凸现出“创新型组织模式”推行的公共部门与私人部门相融合的机制特点。

DARPA 每年的政府预算经费大约在 30 亿美元左右,这笔经费将通过 DARPA 的项目管理机制被合理有效地划拨给从事颠覆性技术研发的具体研究机构。DARPA 主要分四步骤对项目进行阶段性控制:(1) 对具有明确军事应用目标的基础性研究工作先期资助;(2) 与初创型企业签署技术开

发合作协议,对基础研究成果进行应用性技术开发;(3) 经由 DARPA 将技术转移给相关军种,由军种通过招标方式进行原型机试生产;(4) 待原型机成熟后,经由政府采购率先将产品提供给军方使用,在保证军方订单能够维持研发单位和生产企业基本运营的前提下,尝试引入私人资本支持,再逐渐推向民用市场。^①

在颠覆性技术的应用培育过程中,DARPA 的作用不仅包括对基础科学的资助,还包括几个方面的功能“集中资源投入特定领域和特定方向;随时准备打开新机遇之窗;在科技开发方面调节公共机构与私人机构的交互合作,包括私人风险资本与公共风险资本直接的交互,以及帮助商业化”^②。DARPA 作为美国国家创新体系中的先锋机构,实际发挥了“企业家型国家”作用,在生产性投资和创新活动中充当创新不确定性和风险的主要承担者,塑造和创造新市场,通过公共部门和私人部门形成的混合杂交型创新网络去引导私人资本进入颠覆式创新领域中,直接或间接地促进任务导向型国防科技目标的实现。

(四) DARPA 引导的创新扩散特征: 内部结构的自主性

DARPA 模式的一大成功要素在于 DARPA 内部形成了一种“岛屿-桥梁模型”(Island/Bridge Model)结构,在这种结构之下,创新团队被放置于一个受保护的“岛屿”环境,与那些可以摧毁它的官僚影响相隔离,让团队成员能够专注地集中于创新过程^③。这种“岛屿-桥梁”模型是一种先进的制度安排典范,它帮助组织内部实现“嵌入式自主性”(Embedded Autonomy),一方面在团队核心成员与总统内阁成员之间建立较为直接的长效沟通“桥梁”,创新团队既可以通过局长跟政府或者总统内阁维持联系,保证了信息传递的可靠性,另一方面,在“岛屿”环境下形成的缓冲地带作为一种保护性制度屏障,将创新团队与自上而下的短期政治压力相隔离,让团队成员在允许失败的创新氛围下,自由地进行实验,以此保持机构内部的自主性。

在国防部这种体制僵化的传统部门中,DARPA 这种“岛屿-桥梁”结构打破了既有的利益格局,摆脱了官僚主义的政治阻碍,为创新成果的出现和扩散提供了灵活可靠的制度环境。

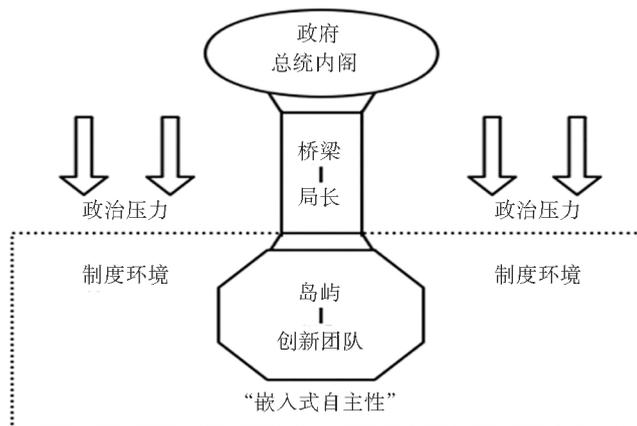


图 2 DARPA 内部的“岛屿-桥梁”结构示意图

来源: 作者绘制

① 蔡军霞,王静远等《从美国 DARPA 看我国军民融合科技创新体系建设》,《中国经贸导刊》2017 年第 8 期,第 60-62 页。

② 沈尤佳《美国科技革命的隐蔽基础: 一个理论经济学的分析框架》,《天府新论》2017 年第 1 期,第 119-131 页。

③ William Bonvillian, All that DARPA Can Be, *Policy Shop*, August 2015, pp. 53-61.

五、结语

本文首先对美国国防部高级研究计划局诞生的历史动因及其背后的产业政策逻辑进行剖析,认为 DARPA 是在二战结束后严峻的国际形势和国内挑战等多重因素驱动下成立的颠覆式创新机构,它除了是一种应对苏联军事威胁的防御措施以外,还是基于战后创新活动所面临的现实挑战而进行的一次组织模式创新。从比较经济学的视角来看,美国政府在不同的历史时期确立、复制和推广 DARPA 模式是一种通过推动组织模式创新、应用与升级来巩固和扩大国家科技领先优势的产业政策设计。

美国在二战结束以后之所以能够巩固并扩大在技术创新领域中的领先地位,一个主要原因在于以 DARPA 为代表的创新型组织模式在制度层面上的突破,制度上的革新、示范与引领促使美国在颠覆式创新领域内产生一批举世瞩目的成就,如互联网、智能义肢、全球定位系统(GPS)、机器人、半导体、微型无人机等,这些颠覆性技术的出现对美国乃至全球科技的发展产生相当深远的影响。正是由于美国国内存在一批 DARPA 这样的机构,着眼于高风险、高收益型的颠覆式创新活动,加之有完善的创新体制机制支撑,这些颠覆式创新成果得以实现高效的应用化转化,美国企业在几乎所有科技领域的全球产业链上逐步掌握关键核心技术的主导权。随着全球一体化的深入,美国创新型企业凭借其在科技领域的先发优势加快建构跨国生产网络,注重全球产业链的整体布局,进一步扩大领先优势。

本文在引入创新经济学家威廉姆·鲍维利安的创新模式分类框架基础上,将五种类型的组织模式及其所代表的创新方式进行关联性分析,探讨美国作为领先型国家创新体系的优势与特点:一是,科研创新体系发展完善,在颠覆式创新和渐进式创新两方面均获得瞩目成就;二是,长期重视颠覆式创新能力的培养,强调前沿的基础性探索是颠覆性技术创新的源头;三是,重视基础研究的商业化转化,通过组织模式创新来提高创新链前端到后端的技术转化效率。本文认为,DARPA 模式是一种创新型组织模式的典型示范,在制度安排上体现出独特的组织特征:其一,组织架构精简,营造了宽松自由的创新环境;其二,人才引进多样化,组建了多元背景的创新团队;其三,公私部门融合度高,建立了高效的创新机构运行机制;其四,内部结构灵活自主,有助于创新成果的出现与扩散。

当前恰逢新一轮科技革命和产业变革的机遇期,我国科技部门以瞄准世界科技前沿为主要方向,肩负着打造世界科技强国的历史使命。研究美国 DARPA 模式的创新经验将有助于我国推进科技创新体制机制的改革,对我国颠覆性技术创新的激发、识别和评估具有重要的启示意义。基于本文的研究,笔者提出以下几点政策建议:第一,尝试成立类 DARPA 的科研管理协调机构,对不同市场的需求信息进行收集、汇总、研究,为创新战略的制定和统筹提供支撑,促进军民两用颠覆性技术的协同开发;第二,发挥政府风险投资的先导作用,加强公共部门与私人部门之间的投资合作关系,由政府风险投资充当行业先导和信息传递者,激励和吸引更多的私人资本进入基础研究与商业化生产之间的融资真空地带,促进颠覆性技术的商业化转化;第三,在对颠覆性技术项目的资助和管理方面,考虑同时资助多个机构,在项目进展过程中,尝试搭建一种公开透明的良性竞争平台,采取平行竞争和阶段性评估、筛选与淘汰的方式,确保项目资金的有效运作。

(责任编辑:徐 瑶)

veal many factors such as the “transparency” of the behavior residue left by the dead ,the interpreting wisdoms of the part of the living as rhetorical audience ,the critical competence of the living in intertextual analysis. Leaving aside individual dialogue between the living and the dead ,such dialogue on a national scale has much to do with then inheritance and innovation of a national culture ,and much to do with human civilization to survive and thrive.

Why isn’ t “Drunk Monk” a problem?

——A Brief Discussion of the Image of Drunk Monks in Song Dynasty’ s Poetry LI Xiao-rong

Abstract: In the Song Dynasty’ s poetry , there were many different types of monks , such as poetry monks , painting monks , calligraphy monks , chess monks , medical monks , feng shui monks and other images of monks , of which the most special cultural history significance was Drunk Monk. On the one hand , in strict accordance with the Buddhist precepts , monks couldn’ t drink any alcohol , on the other hand , the subject matter of drunk monk was more common in poetry and painting at that time. This seemingly contradictory phenomenon actually reflected multiple important historical and cultural information: (1) it was the result of the secularization and popularization of Buddhism in the Song Dynasty; (2) it was the result of the influence of writing poetry and drinking as a fashion at the same time in interaction between poets and monks; (3) It had shown the aesthetic realm of Shuo Tong and Zong Tong in the Zen Buddhism.

Disruptive Technology Innovation in the United States: A Study Based on the Innovation Organization Model

SHEN Zi-xin

Abstract: The key reason why United States could stay ahead of the world in the field of science and technology after World War II was the breakthrough in disruptive technologies made by the innovation organizations represented by DARPA. At the beginning of its birth , DARPA focused its attention on disruptive innovation projects with long-term strategic value which played an important role in the history of technological advancement in the United States. It holds the opinion that DARPA is an organizational model innovation based on the domestic innovation challenges after World War II. Based on the introduction of Bonvillian’ s five innovation models , this paper conducts a correlation analysis and argues that the main advantages of the United States as the leading national innovation system are the development of research and innovation system , the emphasis on the cultivation of disruptive innovation , and the attention paid to the commercialization of basic research. Among them , the DARPA model is a typical demonstration of the innovation organization model , which shows superiority in organization characteristics , management concepts and institutional arrangements.