美国主要颠覆性技术研发机构的管理机制比较研究
——以“类 DARPA”机构为例

王开阳
（中国科学技术信息研究所，北京 100038）

摘 要：近年来，美国政府新设立了一批“类 DARPA”颠覆性技术研发机构。本文通过构建“内部管理－外部网络”的简要分析框架，以 DARPA 为对比基准，对新设立机构的管理模式进行分析。研究显示，美国新设立的“类 DARPA”机构基本延续了扁平化组织结构、具有高度自主性的项目经理等 DARPA 特色制度，同时做出注重领域科技研发、强调技术转化以及增强与已有计划项目衔接等差异化制度调整。本研究对我国设立类似机构具有一定启示意义。

关键词：美国；颠覆性技术；研发机构；管理机制；DARPA 模式
中图分类号：G311；G323/327 **文献标识码**：A DOI：10.3772/j.issn.1009-8623.2022.12.006

颠覆性技术在我国科技创新发展中占有不可忽视的地位。党的十八大以来，党中央多次做出部署，超前布局前沿技术和颠覆性技术，持续激发科技创新蕴含的强大发展驱动力。对于科技管理部门而言，应当高度重视颠覆性技术研发项目的政策和管理问题。

在本研究中，颠覆性技术研发机构指的是以颠覆性技术的科研攻关和成果产出为目标的、具有完整制度规范的实体组织；该类型机构可以自主执行研发活动，也可以通过对外委托进行，需要注意的是该类型机构与其他机构建立的是研发合作关系，不是对后者实施政策性管理。从颠覆性技术研发机构管理的国际经验来看，以美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency，DARPA）为代表的美国颠覆性技术研发机构运作时间长、产出成果多，在国防科技等多个领域获得了巨大的成功。近年来，美国政府多个部门全新设立了一批“类 DARPA”机构，其用意是应对新一轮科技革命和产业变革，通过借鉴和改进 DARPA 的机构管理模式，意图在各自领域复制 DARPA 的辉煌成绩。通过分析这批类 DARPA 机构的管理机制情况，能够在彻底排除文化历史差异的基础上，更准确地展现美国颠覆性技术研发机构管理机制的核心部件，这对于更加深入地认识 DARPA 模式以及颠覆性技术研发机构管理机制具有重要意义，同时为我国设立类似机构提供政策借鉴。

1 颠覆性技术研发机构的研究及实践现状

1.1 相关研究

在本文中，颠覆性技术是能够对传统技术体系产生冲击和进行重构的技术创新。在新一轮科技革命和产业变革纵深发展的当下，颠覆性技术将有望深刻改变人类经济社会发展的基本范式，激发出前所未有的发展机遇和潜在挑战。颠覆性技术已经成为具有战略意义的技术类型，其中包括量子科技、新能源技术、前沿生物技术等。

作者简介：王开阳（1989—），男，博士，副研究员，主要研究方向为科技政策与战略。
项目来源：中国科学技术信息研究所面上项目“国外颠覆性技术研发项目管理机制研究”（MS2021-02）。
收稿日期：2022-09-26

颠覆性技术创新理论最初是由美国学者克里斯坦森在其著作《创新者的窘境》[1]中提出的，主要描述了某个技术虽然在重要指标上暂时落后于主流技术，但由于拥有被忽视的其他重要技术性能指标，以及随着持续的技术改进，最终慢慢超越了主流技术的现象，并将此类技术定义为“颠覆性技术”。

全球主要国家成立了一批政府或者企业主导的颠覆性技术研发机构，并且实现了机构的有效运作。近年来，聚焦政府主导颠覆性技术项目管理的研究多关注运作时间长、产出多的典型案例。其中，DARPA 的管理机制研究是热点之一。DARPA 在 2016 年发布的《DARPA 的创新》（Innovation at DARPA）[2]报告中总结自身半个多世纪的研发项目管理经验提出，强烈的技术创新使命感、高水平经理人的有限任期制、足够庞大的外部研讨和合作网络、明确的项目评审标准（即海尔迈耶问题）、扁平化管理机构、充分信任的放权、敢于冒险和准许失败的文化氛围等都是其成功的关键经验。Cheney 等[3]通过案例分析了 DARPA 众多颠覆性技术研发的具体过程，详尽列举了“捕食者”无人机、高清晰度显示技术、量子计算和个性化学习助理（PAL）等颠覆性技术项目的来源、管理方式和主要经验等。杨芳娟等[4]基于 DARPA 经验分析颠覆性技术创新项目的组织实施与管理，认为关键的项目管理措施在于：一是通过国防科技重大需求和重大问题进行项目需求的凝练，并将技术愿景转化成研究计划；二是公开遴选技术方案，实行项目经理主导的双轨制评审；三是分阶段动态资助，建立科学规范的目标管理制度；四是严格控制项目风险，宽容、鼓励勇于挑战的失败。总体来说，学界和政策界对 DARPA 模式的分析已经取得了一批相当深入的成果。

1.2 主要国家实践现状

部分国家意图在本国复制 DARPA 模式，并已经做出部分探索。日本于 2013 年设立的颠覆性技术创新计划（ImPACT），提出该项目高度聚焦颠覆性技术，建立了以经理人为核心的计划管理制度等显著管理特征[5]。英国于 2021 年提出将成立一个新的独立于政府的研究机构——高级研究与发明局（ARIA），以打造英国版 DARPA 为目标，将采用灵活的方式快速向英国最具开拓性的研究人员提供资助，避免不必要的官僚主义，并对失败有着极高的容忍度[6]。德国于 2019 年专门设立了与 DARPA 相似的飞跃式创新局（SPRIN-D），聘用具备专业技能、有合同期限和拥有巨大自主权的项目经理，结合巨大的政策容错空间，为颠覆性创新项目提供巨大支持[7]。但是，这些机构或者项目存续时间相对较短，而且其运作机制可能受到社会现实、政府模式、文化背景等方面的深层次影响，很可能降低经验总结和模式凝练的精确度。

1.3 类 DARPA 机构概况

近年来，美国政府部分部门模仿 DARPA 设立了各自下属的类 DARPA 机构，包括美国能源部设立的能源先进研究计划局（Advanced Research Projects Agency-Energy，ARPA-E），美国卫生和公众服务部设立的健康卫生先进研究计划局（Advanced Research Projects Agency for Health，ARPA-H），隶属美国情报总监办公室的情报先进研究计划中心（Intelligence Advanced Research Projects Activity，IARPA）。现将这三个部门和 DARPA 的特征性信息整理见表 1。

表 1　部分类 DARPA 机构情况

名称	成立年份	隶属部门（或机构）	机构预算
DARPA	1958	美国国防部	38.68 亿美元（2022 财年）
ARPA-E	2009	美国能源部	3.53 亿美元（2018 财年）
IARPA	2007	美国情报总监办公室	不公开
ARPA-H	2021	美国卫生和公众服务部	向国会申请 65 亿美元（2022 财年）

来源：ARPA-E、ARPA-H 和 IARPA 的官网信息。

2　分析框架

本研究通过对已有经典文献的梳理和分析，提出一个包含内部管理和外部网络的管理机制简要分析框架。Yu 等 [8] 根据已有企业颠覆性技术创新研究文献的细致梳理，从内部管理、外部联系、企业营销和技术管理 4 个视角提出了一个颠覆性技术研发的影响因素分析框架，认为已有研究更多聚焦于企业内部管理和外部联系，对特定的文化建设、资源调配和组织结构等论述较多，详尽提出了高级经理人经验缺乏等阻碍因素，并提出了相应的解决策略，部分要点见表 2。

Si 等 [9] 针对相似问题，提出了一个“颠覆性技术多层次影响因素”框架，包括个体、企业等 5 个层次，更加全面地分析了影响颠覆性技术研发的各个因素，部分要点见表 3。

综合表 2 和表 3 的文献梳理，并结合杨芳娟 [4]

表 2　企业颠覆性创新潜在影响因素

视角	影响因素	次级影响因素	问题举例
内部管理	人力资源	经理	高级经理人可能受限于自身经验
	—	雇员	缺乏颠覆性技术开发技能和风险意识
	组织文化	—	渐进性创新文化成为主流
	资源配置	—	过分强调短期财务目标
	组织结构	组织规模	过大的组织规模压制颠覆性创新
	—	分支机构	地理分割过大
	—	与初创公司的协同	具有颠覆性创新理念，但缺乏互补性资产
外部联系	—	—	外部关联机构不鼓励企业进行颠覆性创新
企业营销	—	—	过度关注现有消费者
技术管理	—	—	过度详尽的技术路线图阻碍颠覆性创新

表 3　颠覆性创新在 5 个层次上的影响因素

分析层次	影响因素	要点
个体	经理人对颠覆性技术的感知	经理人对颠覆性技术风险和机会的把握
	经理人的惯性	经理人是否长期重视颠覆性技术
	经理人的能力	经理人能否引领研发项目
企业	企业战略	企业商业模式、未来发展方向选择等
	组织模式	组织结构、文化和组织能力
	企业资源	无形资产、当前资源水平和外部依赖情况
产业	市场需求	市场对于特定产品服务的需求水平
	产业规模	当前产业规模大小
国家（经济）	成熟性经济或成长性经济	经济增长势头
	政府治理水平	政策实施情况
	嵌入型社会影响	社会习俗影响
网络	风险投资	风险基金、天使投资人等
	产业联系	横向以及纵向供应商数量和分布
	正式的产业战略联盟	企业间合作网络

等对 DARPA 项目管理经验的总结，本研究认为在机构管理层面推动颠覆性技术研发需要考虑的关键因素包括：一是内部管理（具体包括组织战略、组织结构、资源配置，项目管理等），二是外部网络（包括与同一系统内的同级机构，以及与外部合作者网络之间的关系）。使用这一分析框架（见表 4），本研究将对类 DARPA 机构的管理机制进行比较分析。

表 4　颠覆性技术研发机构管理机制分析框架

关键因素	具体构成
内部管理	组织战略；组织结构；资源配置；项目管理
外部网络	与同级政府机构的关系；与外部合作者网络的关系

3　美国类 DARPA机构管理机制比较

3.1　类 DARPA 机构的管理模式特征比较

从前述分析，“DARPA 模式”特征主要包括具有强烈的前沿技术探索使命导向、扁平化组织结构、具有较大自主权的项目经理、不设置内部研发机构、建立广泛联系的外部关联网络等。以这些特征为基础，本研究将着重分析类 DARPA 机构在管理方面的差异部分。

3.1.1　ARPA-E 模式与 DARPA 模式的异同

综合已有资料显示，ARPA-E 与 DARPA 的基本管理制度大体一致，但 ARPA-E 相比较而言更重视成果转化。具体来说：（1）内部管理方面。首先，在项目管理中，ARPA-E 要求项目申请者要关注技术领域的“白色空间”（White Space）。美国科学院评估报告指出，ARPA-E 所谓的白色空间指的是“政府和私人研发资金资助范围的缺口，例如某个特定技术处于技术准备程度三级的状态，继续研发存在资金匮乏，或者稍稍超出当前技术水平边界的领域”[10]。其次，在组织战略方面，DARPA 的成果需求方是美国国防部，而 ARPA-E 并不存在一个固定的成果需求方（即使是主管部门美国能源部也不是它的固定需求方），所以它在项目管理机制中专门增设了技术转移环节。同时，要求项目在申请阶段就关注成果转化和应用的问题，以及要求申请者专门回答项目潜在的转化方向和目标等[11]。（2）外部网络方面。ARPA-E 的主要项目以内部承包为主，而不像 DARPA 通过大规模的对外项目委托，实现对各类研究力量的广泛调动[12]。

3.1.2　IARPA 模式与 DARPA 模式的异同

基于 Bonvillian 梳理的公开信息，IARPA 与 DARPA 的基本管理制度基本一致，但 IARPA 相比较而言总体上倾向于满足特定政府机构需求。具体来说，IARPA 与 DARPA 的管理机制差异主要在内部管理方面，IARPA 在外部网络方面和 DARPA 模式差别不大。首先，在项目管理中，IARPA 更多关注政府机构的情报类技术研发需求，特别是那些企业研发机构难以长期资助的前沿情报类技术，比如量子计算领域等。为了更好地满足政府机构的需求，在项目评估和评审时，都会邀请政府机构人员参加。其中，IARPA 在项目资助中采取“锦标赛”方式，根据相同的研发目标平行资助多个项目，由此希望产生针对一个问题的多个解决方案。“锦标赛”式的项目资助方式需要准确比较分析各个平行资助项目的进展和成果，这导致 IARPA 预算的 25% 是投入到独立测试和评估。其次，在组织结构方面，IARPA 同样设置了专门的技术转化管理部门。最后在资源配置特别是人才配置方面，IARPA 对项目经理在合规方面的要求较 DARPA 更高，这造成了其在吸纳项目管理人才方面存在显著障碍。同时，针对情报技术存在社会性、舆论性、文化性影响的特征，IARPA 比其他类 DARPA 机构更强调每个研发团队的跨学科属性。

3.1.3　ARPA-H 模式与 DARPA 模式的异同

综合白宫发布的 ARPA-H 制度的报告可发现，ARPA-H 与 DARPA 的基本管理制度基本一致，但 ARPA-H 相比较而言独立性要弱[13-15]。具体来说：（1）内部管理方面。首先，在项目管理中，与美国国立卫生研究院（NIH）研究主要是“好奇心驱动”相比，ARPA-H 的项目主要是“使用驱动”。ARPA-H 鼓励解决那些无法通过“传统研究方法或者商业化方法”解决的医学难题，此类难题有“高成本、高风险、长周期、已有研究忽视基础原理探索、涉及多方协调、潜在市场规模小”等特征。其次，在组织结构方面，ARPA-H 将成为 NIH 的下属机构，而没有拥有类似 DARPA 的相对独立性和较大自由性。（2）外部网络方面。ARPA-H 将与已

有的医学类前沿技术研发机构展开合作，包括美国生物医学高级研究与发展局（BARDA）和 DARPA 的生物技术办公室（BOT）等。另外，白宫报告指出，ARPA-H 相较 DARPA 处于更加复杂的外部环境，包括医学研发本身就涉及医院、医生、病人、医药生产企业等多方主体，同时面临更加严苛的专利审查和政策监管，这也将为 ARPA-H 的实际管理带来更复杂的挑战。

3.2　类 DARPA 机构管理模式的总体性差异

综合分析美国类 DARPA 机构的管理模式，可以总结得出其相对 DARPA 模式的差异。（1）内部管理方面，首先在组织战略方面强调成果运用。它们普遍强调技术应当进行转化利用，需求方可以是企业也可以是政府机构。其次是在项目管理方面，主要是限定研发的目标领域，采取灵活的项目管理方式。所有的类 DARPA 机构都强调要面向特定的领域，尤其是其创始政府部门所在的领域。ARPA-E 关注能源科技领域，ARPA-H 关注生物医药领域，IARPA 则关注情报科技领域。同时，在项目具体管理方面，使用了区别于以往 DARPA 模式的全新举措，并且设置了更加明确的研发方向指引。比如，ARPA-E 则在项目筛选方面强调白色空间，强化对项目申请的方向性指引。最后，在组织结构方面，根据组织战略适当改变组织结构，如 ARPA-E 和 IARP 都增加了技术转移部门。（2）外部网络方面，注重与已有机构和项目的衔接。ARPA-E 更多是把项目配置到内部机构，与外部机构的直接联系更多是进行技术前瞻和项目咨询。ARPA-H 明确隶属于 NIH，同时要与已有的各类项目做好配合。

4　结论与政策启示

通过对以类 DARPA 机构为代表的美国颠覆性技术研发机构管理机制进行分析，可以得到以下结论。一是美国颠覆性技术研发机构管理机制的设置具有较大的灵活性。类 DARPA 机构的管理机制对 DARPA 模式进行了显著的修改。它们在遵循了 DARPA 模式核心（使命型组织文化、扁平组织结构、项目经理制、容忍失败制度设计、外部联系网络等）的基础上，在组织战略、上下级关系、项目具体组织方式等方面都进行了调整，总体特征是更为聚焦单独领域、主动适应科层式管理以及融合包括“锦标赛”在内的新型管理举措。二是聚焦成果运用和技术转化成为新成立颠覆性技术研发机构的政策取向。其普遍压缩了传统 DARPA 模式中的自由探索空间,设置了相对具体的技术研发方向指引，反映出新成立类 DARPA 机构更强调研发攻关的目标导向，以及符合上级机构要求的直接需求。三是开始充分调动已有资源。新成立的类 DARPA 机构明确要和已有的研究力量进行衔接，如 ARPA-H 要和 NIH 已有机构充分合作，ARPA-E 则更多依赖内部机构进行项目承包。这与传统的 DARPA 进行广泛动员的模式存在显著差异性，也反映出新设立类 DARPA 机构不是照搬原有模式，而是主动适应当前研发政策环境。

通过对美国新成立颠覆性技术研发机构的管理机制的比较分析，可以对我国成立类似实体提出政策建议。一是围绕国家实验室等新型研发机构的管理机制设计，要特别强调灵活主动的政策取向，在制度机制设计时遵循因地制宜、持续调整的原则，杜绝完全照搬国内外既有模式。二是进一步强化技术转化。避免过多设置纯粹自由探索的项目，并且在项目前期就要和潜在技术应用机构保持紧密沟通。三是充分利用外部资源。注重与已有的科研院所进行有效合作，以及与已有的科技计划项目有效衔接，实现资源利用效率的最大化。■

参考文献：

[1] 克里斯坦森 . 创新者的窘境 [M]. 北京：中信出版社，2014：1-10

[2] DARPA. Innovation at DARPA[EB/OL]. (2016-07-01)[2022-02-21]. https://www.darpa.mil/attachments/DARPA_Innovation_2016.pdf.

[3] Cheney D, Van Atta R. DARPA's process for creating new programs[C]. Bonvillian W, Van Atta R, Windham P. The DARPA Model for Transformative Technologies: Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency. Cambridge: Open Book Publishers, 2019: 229-287.

[4] 杨芳娟，梁正，薛澜，等 . 颠覆性技术创新项目的组织实施与管理——基于 DARPA 的分析 [J]. 科学学研究，2019，37（8）：1 442-1 451.

[5] 彭春燕 . 日本设立颠覆性技术创新计划探索科技计划管理改革 [J]. 中国科技论坛，2015（4）：141-147.
[6] 张娟 . 英国成立高级研究与发明局拟打造英国版 DARPA[EB/OL].（2021-05-21）[2022-06-05]. http://www.casisd.cn/zkcg/ydkb/kjzcyzxkb/kjzczxkb2021/zczxkb202104/202105/t20210521_6036191.html.
[7] 鲍悦华 . 颠覆式创新策动：德国飞跃式创新局的经验与启示 [EB/OL].（2021-10-26）[2022-06-05]. https://dtech.ckcest.cn/news/toDetail?id=1634712602901906.
[8] Yu D, Hang C C. A reflective review of disruptive innovation theory[J]. International Journal of Management Reviews, 2010, 12(4): 435-452.
[9] Si S, Chen H. A literature review of disruptive innovation: What it is, how it works and where it goes[J]. Journal of Engineering and Technology Management, 2020, 56(Apr./Jun.): 101568.1-101568.21.
[10] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. An assessment of ARPA-E[EB/OL]. (2017-01-01) [2022-06-05]. http://nap.edu/24778.
[11] 樊春良，钱进 . 美国 ARPA-E 是如何支持变革性技术发展的 [J]. 创新科技，2021，21（4）：35-48.
[12] Bonvillian W. DARPA and its ARPA-E and IARPA clones: a unique innovation organization model[J]. Industrial and Corporate Change, 2018, 27(5): 897-914.
[13] White House. ARPA-H concept paper[EB/OL]. (2021-09-30)[2022-06-05]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/ARPA-H-Concept-Paper.pdf.
[14] White House. ARPA-H fact sheet[EB/OL]. (2021-09-30)[2022-06-05]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/ARPA-H-Fact-Sheet.pdf.
[15] White House. ARPA-H frequently asked questions[EB/OL]. (2021-09-30)[2022-06-05]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/09/092921-ARPA-H-FAQ.pdf.

A Comparative Study of the Management Mechanisms of Major US Disruptive Technology R&D Agencies: Taking DARPA-like Agencies as an Example

WANG Kai-yang
(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: In recent years, the US government has established a number of new “DARPA-like” disruptive technology R&D organizations. By constructing an “internal management - external network” analysis framework, this paper compares and analyzes the management models of these newly established organizations, with the aim of identifying the key points that should be followed in the management of disruptive technology organizations. The study shows that the new “DARPA-like” institutions basically continue the characteristic system of flat organizational structure and highly autonomous project managers, while emphasizing more on domain R&D and technology transformation than before, and focusing on the interface with existing programs and projects. This study has certain implications for the establishment of new R&D institutions and other similar institutions in China.

Keywords: the U.S.; disruptive technologies; research institutions; management mechanisms; DARPA model