DOI 10.15302/J-SSCAE-2018.06.020

DARPA 的颠覆性技术创新及其启示

曹晓阳[1]，魏永静[1]，李莉[1]，张科[2]，苗红波[1]，安向超[1]，刘安蓉[1]

（1. 中国工程科技创新战略研究院，北京 100088；2. 中国工程物理研究院，四川绵阳 621900）

摘要：作为开展颠覆性技术创新的典范，美国国防高级研究计划局（DARPA）被越来越多的国家、政府部门和大型企业所追随，其争相参照 DARPA 模式开展颠覆性技术创新。但是，至今鲜有能与 DARPA 相匹配的成就，对于如何才能再建一个辉煌的 DARPA 还没有共识。从最近十几年各类主体模仿 DARPA 的实践经验来看，DARPA 显性化的组织结构和运行机制是 DARPA 成功的基础，但不是精髓。本文从演化论的角度，分析了 DARPA 成长的历史过程，从成长环境、竞争态势、利益格局、价值追求等方面探讨了 DARPA 成功的原因。笔者认为 DARPA 的成功是与发展环境长期磨合、斗争的结果，坚定的信仰与初心、极低的本位主义、拆掉各种思想和利益之墙的格局、前瞻的战略视野是 DARPA 成功的重要支柱。通过 DARPA 的经验，本文认为要加快颠覆性技术的发展需要特殊的管理方式——“体外”特区。

关键词：颠覆性技术；颠覆性技术创新；DARPA；“体外”特区

中图分类号：T-01　　**文献标识码：**A

Enlightenment of Disruptive Technological Innovation of DARPA

Cao Xiaoyang[1], Wei Yongjing[1], Li Li[1], Zhang Ke[2], Miao Hongbo[1], An Xiangchao[1], Liu Anrong[1]

(1. Chinese Academy of Engineering Innovation Strategy, Beijing 100088, China; 2. China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, Sichuan, China)

Abstract: As the leader of disruptive innovation, the Defense Advanced Research Projects Agency (DAPRA) is followed by more and more countries, governments, as well as large enterprises. They followed the DAPRA's model to set up innovation management. However, almost no achievement comparable with the DAPRA was realized, and no consensus was reached on how to rebuild another noble DARPA. Viewing the experience of many copies of the DARPA, the explicit structure and operation mechanism are the bases of DARPA's success, but not the core. This paper, from the perspective of evolutionary theory, analyses the history of the DARPA, and discusses its success factors in terms of growth environment, competitive situation, interest structure, value pursuit and so on. We conclude that DARPA's success comes from long-term struggle with its development environment, and a strong belief, low selfish departmentalism, a pattern without restrictions from ideas and interests, and a perspective strategic vision are the very important support. From the model of the DARPA, we believe that building a special zone out of the system for innovation management is the key to speed up the disruptive technological innovation.

Keywords: disruptive technology; disruptive technology innovation; DARPA; special zone

收稿日期：2018-11-01；**修回日期：**2018-11-16

通讯作者：曹晓阳，中国工程科技创新战略研究院，工程师，主要从事颠覆性技术战略研究和创新问题研究工作；
E-mail: caoxiaoyang@caep.cn

资助项目：中国工程院咨询项目“工程科技颠覆性技术战略研究”(2017-ZD-10)

本刊网址：www.enginsci.cn

一、前言

颠覆性技术被称为“改变游戏规则”“重塑未来格局”的革命性力量 [1]，对人类社会有广泛且深刻的影响：推动人类文明的演进发展、影响世界强国的更替兴衰、决定一个组织的生死存亡、改变人们的生产生活。近代社会以前，虽然颠覆性技术不断诞生，并一直改变人类生产和生活方式，推动着人类社会的进步，但人们还没有形成主动识别、培育颠覆性技术的意识，颠覆性技术经历了漫长的“自然发展阶段”。

随着技术发展和美苏竞争，促使美国政府率先介入颠覆性技术创新，把颠覆性技术推进了发展的“快车道”。第二次世界大战后，苏联相继进行了核试验并成功发射人造卫星，震惊美国。美国政府反思军事科技创新体系，开始意识到需要有意识、系统性地培育高风险高回报的技术，以防止苏联的技术突袭。在此背景下，1958 年美国创建了先进研究计划局（ARPA），1972 年更名为美国国防高级研究计划局（DARPA）。DARPA 的宗旨就是开展“改变游戏规则”的高风险、高回报技术研发，“避免技术突袭并谋求对对手的技术突袭”。事实表明，通过 DARPA 模式培育了大量颠覆性技术，例如互联网技术、全球定位技术、隐身战机技术等，对保持美国军事技术领先优势，维护国家安全发挥了重要作用 [2,3]。

DARPA 模式逐步成熟，影响不断扩大，在美国政府、企业获得推广，并被世界大国、强国争相效仿。美国政府在国土安全、能源部等众多领域成立类 DARPA 的先进研究项目局，并形成相应独特的计划支持体系。近年来以互联网为代表的信息技术发展，使知识积累和技术创新加速，颠覆性技术层出不穷，颠覆性技术受到越来越多的企业、公众的重视。众多企业参与到主动培育颠覆性技术的行列。在“国家引导、技术推动、市场牵引”的共同作用和长期磨合下，美国形成了发端于国防战略需求，扎根于国家创新土壤，延展到国民经济体系，充分遵循颠覆性技术的规律特点的颠覆性技术创新体系，而 DARPA 正是这一体系的核心与精髓。本文从演化论的角度，分析 DARPA 颠覆性技术创新管理模式形成的历史过程，探讨了 DARPA 成功的原因，获得了相关启示。

二、DARPA 概况

（一）使命定位

DARPA 是美国国防部属下的一个行政机构，其使命是负责“改变游戏规则”的高风险、高回报技术研发，“避免技术突袭并谋求对对手的技术突袭”，保持美国在最新军事技术方面的领先地位。该局成立于 1958 年，现有工作人员 200 余人，其中多为各学科一流的专家、学者 [3,4]。

（二）组织模式与运行机制

DARPA 是典型的扁平化项目管理组织，以项目经理人制度为重要基础，采用“专业领域部门 – 技术项目经理人”的两级决策为核心的组织结构，具有高度的灵活性。在人事方面，DARPA 采用常任专职、常任兼职、聘任专职和聘任兼职等 4 种方式，并以项目经理与项目同进退的“有限管理”原则开展项目经理人的管理。在项目实施中，采用“招聘 – 制定愿景 – 启动项目 – 组合管理 – 技术转化”的方式开展项目管理，尤其是其在项目决策、投资、推进和退出流程中秉承的技术创新导向原则，采取头脑风暴会议等政策创新 [3~6]。

DARPA 设有 7 个技术项目办公室，100 名左右项目经理人，每年大概有 30 亿美元的预算分配给 200 多个研究项目。DARPA 的经费只占国家研究及开发（R&D）资金的不到 1%，以及国防部研究、开发、试验及评估（RDT&R）预算的不到 4%。DARPA 的组织结构如图 1 所示 [4]。

三、DARPA 开展颠覆性创新的经验分析

在“Everybody loves DARPA”的背景下，中外咨询机构、智库、学术界以及 DARPA 自身也开始探索 DARPA 的创新源泉、项目管理、组织模式或转化机制等问题，求证复制 DARPA 的可行性。一些部门或企业甚至聘用 DARPA 原局长或项目经理负责筹建和管理新成立的机构，如国土安全高级研究计划局（HSARPA）的首任副局长 Jane Alexander（原 DARPA 副局长），以及 Google 的先进科技与计划部（ATAP）的负责人 Regina Dugan（原 DARPA 局长），但是至今为止鲜有能与 DARPA 相匹配的成就，特别是建立已有 10 余年的 HSARPA 就饱受

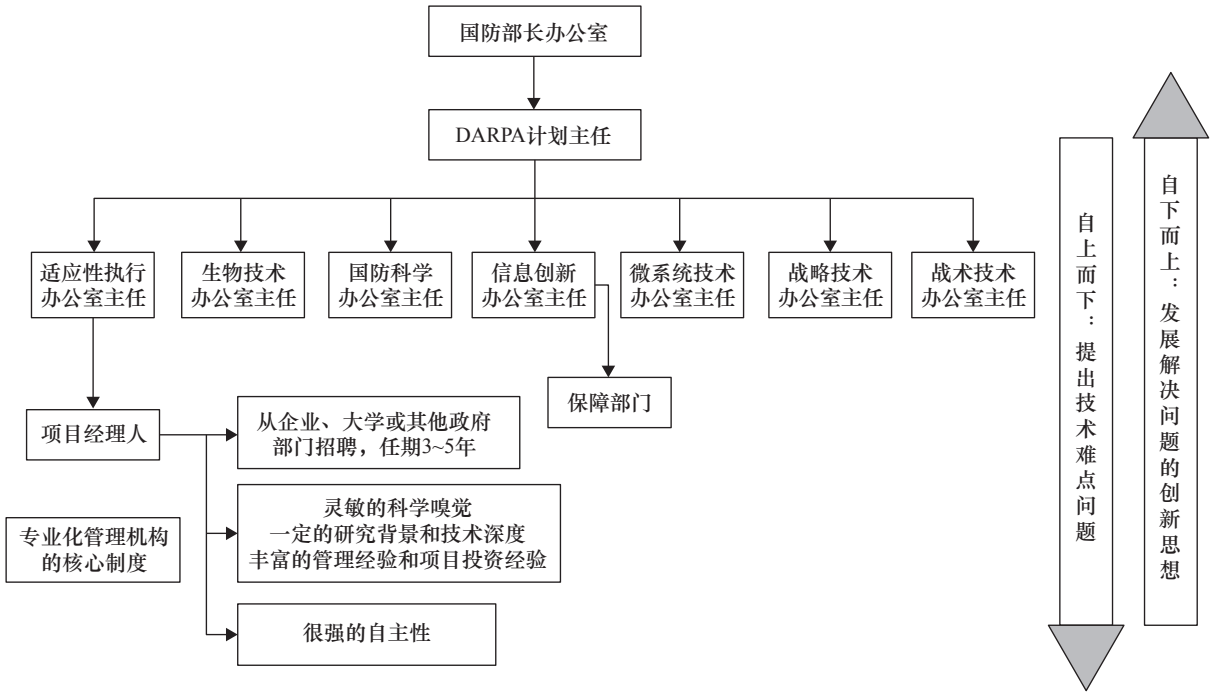

图 1　DARPA 的组织结构

诟病。总体来讲，对于如何才能再建一个辉煌的 DARPA 还没有共识，也无例可循。

从最近十几年各类主体模仿 DARPA 的实践经验来看，DARPA 显性化的组织结构和运行机制是 DARPA 成功的基础，但不是精髓。在阅读大量资料的基础上，笔者尝试从环境、战略的视角解读 DARPA 成功的原因。

（一）恶劣的生存环境是 DARPA 创新求变的主要驱动力

环境塑造组织，DARPA 也不例外。特别是在 DARPA 创办的最初十几年里，面临严重的生存挑战。

一是面临三军激烈的生存竞争。20 世纪 50 年代，是美国三军内斗最激烈的时期，导致美军重复建设、不成体系等问题十分严重，研发效率低下。时任美国总统艾森豪威尔对三军内斗深恶痛绝，并借苏联成功发射卫星给美国上下造成的巨大震撼，成立了 DARPA，用意之一就是破解各军种间的利益之争。这为 DARPA 和三军之间的冲突埋下了种子。在与三军的竞争中确保自身的生存也成为 DARPA 的核心利益，后续历史也表明，DARPA 险些因此而被撤销。

二是成立初期失去安身立命的业务。1958 年 10 月美国航空航天局（NASA）成立，国防部随即把 DARPA 的军用航天任务（该局的一项核心工作，占经费近 2/3）划给 NASA。DARPA 首次面对生存挑战。

三是生存环境恶化。首先是受越战影响，军方与学术界的关系也日益紧张，以致多数高校科研人员对国防部和国家安全政策的幻想渐渐破灭而拒绝参加国防科研项目。其次是在经济环境方面，美国联邦政府与工业界薪资差距显著扩大，联邦政府机构人才外流严重；加之高失业率也促使业界或高校人才流动减少，DARPA 吸引不到人才。再次是国防部科技管理政策转向和高层变动，使 DARPA 地位不断弱化，其项目不再为国防部长所关注、也不再介入主要国家政策问题。这些因素交织到一起，使得 DARPA 不再是美国的“科研高地”。

DARPA 成立最初的十几年经历了多次生存危机，数次面临被撤销的险地。面对巨大环境压力，促使该局进行三大转变：

一是，促使最初领导者思考和坚守 DARPA 的独特性。时任 DARPA 局长卢卡西克认为，这就像拥抱“死亡之吻”，因为独特性很难被认可。但正是这样的坚持种下 DARPA 的创新基因，才引起一

大批想改变世界、实现自我的“科学狂人”的价值认同，并欣欣向往之。

二是，做其他军种不愿承担的高风险、挑战性任务。失去主业后，该局不得不寻找出路，开始从事其他军种不愿意触碰的高难度、跨军种、与国家安全关系重大的项目，并最终确立了业务定位与自身地位。

三是，弱化了本位主义，使 DARPA 打破自身的利益屏障，不断改善与三军、工业界、科学界之间的关系，适时改进管理。正是这个艰难过程，造就了 DARPA 打破各种束缚颠覆性技术创新要素汇聚的显性和隐性之墙的能力，包括利益之墙、学科之墙、学派之墙、选才之墙、成败之墙。

（二）不忘初心，是 DARPA 避免陷入体系固化，保持创新活力的良药

在三军巨大竞争压力和科学家坚持的共同作用下，DARPA 始终不忘初心，围绕“开发未来武器系统”“保持美国的技术领先地位，防止潜在对手意想不到的超越”的使命定位开展工作，避免组织陷入体系固化，永葆创新活力。

一是，不忘初心，使 DARPA 坚守独特的事业定位，有效防止体系固化。一方面 DARPA 始终坚持最具挑战性的 S&T 阶段国防预算中 6.1~6.3 项的工作，也被统称为国防部“科学与技术计划”工作，项目成功或验证后即移交给军方进行进一步研发和最终使用。这种成熟一个放手一个的工作模式，避免 DARPA 陷入创新路径固化，保持创新活力。另一方面能坚守组织的独特定位，不唯利扩张。例如，在 20 世纪 60 年代到 70 年代初期，不时有声音建议将国防部的基础研究集中起来，划归 DARPA 统一管理，遭到几任局长的强烈反对。虽然早期因其偏向资助基础研究的情结，导致 DARPA 差点被撤销，但是他们清楚 DARPA 不是国防部的自然科学基金委员会。

二是，不忘初心，使 DARPA 有效抑制组织的自我膨胀，避免复杂组织对创新的吞噬。DARPA 没有实验室或科研设施。但是，美国国防部关于 DARPA 的指令是授予了其相关权限，DARPA 也的确根据项目需要建造和拥有过一些相应设施。但是不同的是，DARPA 的实验室或设施不会长期保留，而是随着项目的技术转化而转移出去。看是有悖常理的举措，却抑制了组织做大，防止组织因过多的自身利益和体系固化对创新活力的吞噬。

三是，不忘初心，使 DARPA 坚定信念，保持远见卓识，支撑众多重大颠覆性技术发展。颠覆性技术创新牵引的作战概念和装备，会严重冲击现有使用习惯或作战条令，在军种阻力巨大，需要 DARPA 引领颠覆性技术研发并完成演示才能得到军方的接受。同时由于技术不成熟，配套不完备，研发过程会面临严峻挑战和众多挫折。例如在隐身飞机方面，DARPA 顶住了美国空军的反对意见，克服众多困难，研发了“海弗兰”隐身验证机。正是由于坚定信念和远见卓识，才使美军率先拥有了隐身技术，并逐渐改变了空中作战样式。

（三）超越军种、行业、领域的格局和前瞻的战略视野是颠覆性技术创新的重要支撑

DARPA 项目发展的基本路径是问题 – 思想 – 人才 – 项目（群）。问题是 DARPA 颠覆性技术创新的重要支撑。DARPA 的独特定位使其能超越军种、行业、领域，甚至学科学派，在国家安全战略大格局下思考重大需求问题，更易催生颠覆性技术的视野和远见，推动颠覆性技术创新所需新思想、新理念的开拓。在 20 世纪 50 年代末，美国军方的共识是，其指挥与控制系统不能满足日益复杂和快速多变的军事环境下快速决策的紧迫需求，1961 年肯尼迪总统要求军队需要改善指挥与控制系统，在该国防安全重大问题提出以后，国防部指派 DARPA 负责此项目。为此 DARPA 成立了信息处理技术办公室（IPTO），并邀请麻省理工学院约瑟夫 · 利克莱德（J.C.R. Licklider）教授出任首任主任。虽然是军方的迫切需要和总统钦定的问题，但是 DARPA 没有陷入军种的眼前需求和具体问题，而是基于利克莱德提出“人机共生”的思想，认为人机交互是指挥与控制问题本质，并就此开展长期、持续的研究工作。此后，IPTO 遵循着利克莱德的思想逐渐开辟出计算机科学与信息处理技术方面的很多新领域，培育出 ArpaNet 等跨时代性的颠覆性技术，产生了深远的影响。

DARPA 多位局长就强调过问题的重要性。例

如，罗伯特 · 斯普罗尔（Robert Sproull）在 2006 年的一次访谈中就认为，缺乏大问题限制了其他机构效仿 DARPA 模式 [7]。同时，从问题转化为解决问题的思想是颠覆性技术创新的关键。DARPA 的伟大之处正是它总能够在恰当的时机推倒一堵堵阻碍思想汇聚之墙，打破禁锢思想的藩篱，造就了其识别好思想的能力，这点甚至比具备想出好思想的能力更重要。

（四）高流动性是保持创新活力的源泉

DARPA 保持平均每年大约 25% 的人员流动率，其中局长岗位流动更大，至今局长的实际平均任期大约为 30 个月左右。思想来自于人才，这种高流动性，首先，不断流入新鲜血液，带来新思想、新碰撞成为创新的源泉。其次，高流动率打破创新的天敌 —— 思维惯性和惰性。DARPA 认为人的思维惯性和惰性是创新的天敌，因而无人可以持续创新，通过人员的轮换才能不断带来新思想。最后，高流动性从某种程度上避免了官僚主义滋生。为避免官僚主义、保持结构精简，DARPA 对研究人员的聘用期一般不会超过 6 年。

（五）技术信仰是 DARPA 创新的精神支撑

一是基于技术信仰的价值认同，是 DARPA 的核心凝聚力。DARPA 是一个追求创新梦想的平台，而不是谋取高薪的地方。对于“疯狂的科学家们”在 DARPA 的短暂工作所期望获得的是将想法变为实际的颠覆性成功，是能在某种程度上影响历史的成就感，奖励的多少并不能成为他们进行“无穷想象与创造”的直接评判。正是基于这种技术信仰，DARPA 还是吸引了大量优秀人才不计薪酬差异或降薪加入，在某种程度上将一些以利益为目的的人士挡在了门外。

二是在技术信仰的基础上允许失败，激发起 DARPA 研究人员的创新热情。在论及 DARPA 的颠覆性技术的创新文化上，都会想到其“允许失败”的创新态度 [8]。的确 DARPA 在投资上的失误率与它在历史上所缔造的辉煌相比，是“毫不逊色”的，但不能简单对此归结为“允许失败”。DARPA 对失败的宽容是建立在紧随时代的战略眼光与超乎寻常的创造能力基础上，是不过分聚焦成败，关注短暂的、平庸的结果。这样更能激发研究人员的创新热情和挑战欲，营造良好的创新文化氛围。

三是在技术信仰基础上“强调信任”的创新精神对于团队创新研究的“有序开展”起到了至关重要的作用。相较于传统研究机构，DARPA 授予了项目经理与项目研究人员较大的自主权利。当研究人员对某一项目产生一个大胆的想法时，他可以将这种想法平等地与同事或者项目经理交流；而项目经理也能够将“大脑风暴阶段”所形成的成熟的概念有效地传达给 DARPA 局长，并争取他的支持。在 DARPA“强调信任”的创新精神的影响下，项目研究人员更自主地愿意成为 DARPA 这个“利益同盟”的推动者。

四、相关启示

DARPA 的成长历程太值得回味，历史上 DARPA 是非常不起眼的“小机构”，存在诸多问题，面临严峻的生存挑战，长期徘徊在“生死边缘”。比如，失去核心业务不得不去啃“硬骨头”；和三军有严重竞争很长时间找不到业务定位；待遇不好，招不到优秀人才（20 世纪六七十年代 DARPA 的项目经理平均年龄在 30 岁左右），甚至局长的位置都长期空缺；还被国防部赶出五角大楼，变成了远赴西伯利亚的“流放者”，这和当前闪耀明星的形象格格不入。但是看似“有悖常理”才是事实真相；正是“有悖常理”才能做好颠覆性技术创新。从 DARPA 的故事可以得到以下重要启示。

（一）颠覆性技术创新最大的阻力是组织自己

作为能使传统行业“投资、产业、技术、人才、规则”归零的革命性力量，颠覆性技术不是单纯的技术本身，而蕴含了管理和技术两大冲突。一方面，作为新生变轨技术，颠覆性技术往往与现有的配套技术体系、产业体系，甚至商业基础、商业模式不适应，在它成长过程中和现有技术体系存在巨大冲突；另一方面，现有的管理体系是阻碍甚至排斥颠覆性技术发展。一是现有价值网络扼杀新兴颠覆性技术的萌芽。新颠覆性技术会重构现有模式和格局，

在组织内面临资源、流程、价值观的严重冲突 [9]，几乎不可能获得成长空间。二是利益冲突使内部无法厚植颠覆性技术创新的土壤。组织内部利益固化形成的思想之墙、利益之墙、部门之墙、团派之墙，使组织内部没有接纳新兴颠覆性技术的土壤。三是机构僵化抹杀颠覆性技术创新活力，组织机构的固化，运行模式的僵化，形成严重的路径依赖，在组织内很难激发颠覆性技术的创新活力。

由于技术和管理两大冲突，颠覆性技术难以在传统组织内部孕育成长。面对颠覆性技术变革，在原有轨道上越优秀、管理越好的企业失败得越快。在人才、技术、资金各方面占优的行业巨头，往往是颠覆性变革的失败者。如柯达公司“发明了数码相机，却被数码相机颠覆”。

DARPA 的故事也印证了这一判断，DARPA 在成立时美国军工复合体已经面临利益固化、创新僵化的问题，难以培育“改变规则”的颠覆性技术，为了应对苏联的技术突袭，美国在军工复合体之外成立了 DARPA。而 DARPA 成功的重要原因，就是在极端环境下实施了自我革命，压制了本位主义、破除了各种阻碍、防止组织的僵化，克服了传统组织的一些固有缺点，保持创新的活力。DARPA 的故事告诉我们，颠覆性技术创新最大的阻力是组织自己，要成功开展颠覆性技术创新需要深刻的自我革命。

（二）加快颠覆性技术发展需要独特的管理方式——“体外”特区

从 DARPA 的成功经验来看，一个组织成功开展颠覆性技术创新需要独特的管理模式——“体外”特区（DARPA 是国防部的“体外”特区），即需要建立一个不受组织现有价值网络禁锢的特区。现实确实如此，当前面对颠覆性创新，无论国家、行业巨头都选择在现有体系之外设置新的管理架构，如 DARPA、GoogleX 以及当下流行的 XLab。从 DARPA 的经验来看，“体外”特区有以下特点。

使命定位：以创新为使命，以调动全社会的资源为手段，把创新建立在整体生态之上。

业务定位：超越所有业务、部门，不陷入具体方向。只做萌芽段，项目得到验证便转到其他部门，不被创新链捆死。

体制机制：成立专门“机构”，运行不进入现有的价值网络（资源、流程、价值观）。机构规模要小、管理要扁平化、项目要灵活。

实施保障：“削去屁股”，压制本位主义，不把位置坐在具体业务方向和部门上，培养大格局和长距视野。“砍掉手脚”，不做大实体，保持灵活性，避免陷入机构固化。“推倒隔墙”，推倒各种阻碍思想、人才汇聚之墙，包括思想之墙、利益之墙、部门之墙、业务之墙、团派之墙。

致谢

本文引用的史料主要来自清华大学黄四民教授整理的 DARPA 故事和黄四民教授执笔的咨询报告《DARPA 的颠覆性技术创新之路》，在文章撰写中也得到了黄四民教授的指导与帮助，在此表示衷心的感谢！

参考文献

[1] Christensen C. The innovator’s dilemma: When new technologies cause great firms to fail [M]. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

[2] David T. DARPA’s disruptive technologies [J]. MIT Technology Review, 2001, 104(8): 42–46.

[3] 郝君超, 王海燕, 李哲. DARPA 科研项目组织模式及其对中国的启示 [J]. 科技进步与对策, 2015, 32(9): 6–9.
Hao J C, Wang H Y, Li Z. Research on DARPA’s projects organization and its implication for China [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2015, 32(9): 6–9.

[4] 智强, 林梦柔. 美国国防部DARPA 创新项目管理方式研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(10): 12–22.
Zhi Q, Lin M R. The management of DARPA and its implication to China [J]. Science of Science and Management of S. & T., 2015, 36(10): 12–22.

[5] 袁成. DARPA 实施颠覆性技术创新的各方利益分析 [J]. 现代军事, 2017 (5): 105–109.
Yuan C. Analysis of the interests of all parties by DARPA implementing subversive technological innovation [J]. Modern Military, 2017 (5): 105–109.

[6] 贾珍珍, 石海明. 美军颠覆性技术创新秘诀何在 [J]. 军事文摘, 2015 (9): 54–57.
Jia Z Z, Shi H M. What are the secrets of disruptive technological innovation in the US military [J]. Military Digest, 2015 (9): 54–57.

[7] 黄四民. “机缘巧合” 在DARPA 颠覆性创新中的作用 [N]. 学习时报, 2016-02-18 (07).
Huang S M. The role of ‘opportunity coincidence’ in DARPA’s disruptive innovation [N]. Study Times, 2016-02-18 (07).

[8] 贾珍珍, 曾华锋, 刘戟锋. 美国颠覆性军事技术的预研模式、管理与文化—— 以美国国防高级研究计划局(DARPA) 为例 [J]. 自然辩证法研究, 2016, 32(1): 41–45.
Jia Z Z, Zeng H F, Liu J F. The Pre-study mode, management and culture of disruptive military technologies—With the DARPA as a case [J]. Studies in Dialectics of Nature, 2016, 32(1): 41–45.

[9] 克莱顿 · 克里斯坦森. 创新者的窘境 [M]. 胡建桥译. 北京: 中信出版社, 2014.
Christensen C M. The innovator’s dilemma [M]. Translated by Hu J Q. Beijing: CITIC Publishing House, 2014.