

引用格式: 朱悦, 周荣华. NASA 公私合营技术开发模式研究——基于空间技术任务委员会(STMD)视角[J]. 世界科技研究与发展, 2024, 46(5): 616–627.

NASA 公私合营技术开发模式研究^{*}

——基于空间技术任务委员会(STMD)视角

朱悦 周荣华^{**}

(上海市科学学研究所, 上海 200031)

摘要: 发挥好企业创新主体作用和政府组织作用, 有助于开展高效关键核心技术攻关。美国多个公共部门在重大科技项目上采用公私合营(PPP)模式, 其中尤其以美国航空航天局(NASA)的模式最为著名, 这种模式较大地提升了重大航天技术开发效能, 同时带动了产业发展。本文以 NASA 下属负责新兴空间技术开发的太空技术任务委员会(STMD)为研究对象, 分析该机构技术投资方向凝练机制和公私合营技术开发模式的运行机制, 总结 STMD 主导的 NASA 公私合营技术开发模式的特征有: 1) 多线程技术开发任务遴选模式; 2) 任务决策与计划执行模块联动模式; 3) 公私合营技术开发模式差异化设置模式。最后从强化政企合作技术攻关的战略布局、优化政府部门重大科技任务的遴选模式、建立差异化的政企技术攻关计划组合三个方面提出我国改进政企合作的对策建议。

关键词: 公私合营模式; 关键核心技术; 美国航空航天局; 空间技术任务委员会

DOI: 10. 16507/j. issn. 1006–6055. 2024. 05. 001

Research on Public–Private–Partnership Technology Development Model of NASA from the Perspective of the Space Technology Mission Directorate (STMD)^{*}

ZHU Yue ZHOU Ronghua^{**}

(Shanghai Institute For Science of Science, Shanghai 200031, China)

Abstract: Utilizing the innovative capacity of enterprises and the organizational role of governments can greatly enhance China's efforts in achieving breakthroughs in key core technologies. A number of Public sectors in the United States have adopted the public–private Partnership (PPP) model in major scientific and technological projects, especially the most famous model of National Aeronautics and Space Administration(NASA), which has greatly improved the development efficiency of major space technologies and promoted industrial development. This paper takes the Space Technology Mission Directorate (STMD) of NASA as the research object, analyzes the mechanism of the organization's technology investment direction and the operation mechanism of the public–private partnership technology development mode, and summarizes the characteristics

^{*} 上海市科技创新行动计划“上海培育科技领军企业创新生态对策研究——以国家战略科技力量功能实现为视角”(23692120700)

^{**} E-mail: binger120@126.com; Tel: 15050114469

of the NASA public-private partnership technology development mode led by STMD, including: (1) Multi-thread technology development task selection mode (2) task decision and plan execution module linkage mode (3) Differentiated public-private partnership technology development plan setting. Finally, the paper puts forward the suggestions to improve the cooperation from three aspects: strengthening the strategic layout of government-enterprise cooperation technology research, optimizing the selection mode of major scientific and technological tasks of government departments, and establishing differentiated combination of government-enterprise technology research plans.

Keywords: Public-Private-Partnership; Key Core Technology; National Aeronautics and Space Administration (NASA); Space Technology Mission Directorate (STMD)

2022 年 9 月,中央全面深化改革委员会第二十七次会议提出“健全关键核心技术攻关新型举国体制,要把政府、市场、社会有机结合起来,科学统筹、集中力量、优化机制、协同攻关”。随着新一轮科技革命与产业变革加速演进,科技创新成为我国赢得战略主动、从容应对外部环境变化的关键变量。关键核心技术是实现高水平科技自立自强的保证,实现关键核心技术自主可控,才能将发展主动权掌握在自己手里,抓牢新一轮科技及产业变革的发展新机遇。企业是产业主体、市场主体,更是创新主体,是我国关键核心攻关的重要力量,唯有充分调动企业参与国家科技创新工作的积极性,完善政企合作创新模式,才能提升我国关键核心技术攻关整体效能。

随着重大科技创新项目前沿性、复杂性、不确定性愈发提升,项目投入额度以及创新风险越来越高,美国多个公共部门在重大科技项目上开始采用公私合营模式(Public-Private Partnership, PPP),即在重大科技创新项目中引入私营企业,开展公共部门与私营部门联合创新。PPP 早期是指将私人资本引入公共部门基础设施建设项目,实现最优资源配置效率。目前,PPP 已被采用于多个领域。广义上看,PPP 是实现国家公共部门与私营机构互动的现代经济机制,是国家机关及管理部门促进商业活动的特殊形式;另一方面 PPP 作为解决社会和经济任务的经济机制^[1],通过创造公共部门与私营部门的共同利益,建立长期合

作伙伴关系,公共部门将基础建设的设计、融资、建设和运营转交给专业私营部门^[2]。在 PPP 模式中,政府的角色从基础设施项目的投资者、执行者和受益者,转变为政策制定者、监管者,并监督提供服务的质量和数量^[3,4]。美国国会对 PPP 模式定义为一种公共部门和盈利私营部门机构之间合同安排,在提供公共服务或发展公共基础设施过程中,资源和风险得到共享,利用私营部门的经济效益更有效地提供服务或基础设施^[5,6]。我国学者关于公私合营的研究集中于重大基础设施建设领域,研究重点涉及管理模式、绩效评价等方面。黄腾等^[7]从政府机构设置、项目成效评估、合同管理模式等方面比较了国内基础设施建设 PPP 模式,指出法规、政策、章程的合理性决定了 PPP 模式运行效率。政府激励措施可以有效增强企业在 PPP 项目中的参与度,相比于单纯政府资助,税收减免以及融资协助对企业的激励作用更大^[8]。PPP 项目绩效评价体系应随着项目差异和环境变化进行调整,绩效指标需要考虑经济性、效率性、效果性、公平性、可持续性等维度^[9]。

随着科学技术复杂性、交叉性、高投入性日益显著,公私合作伙伴关系正越来越成为科技创新合作的一种重要形式。科技创新公私合营(Science, Technology, and Innovation Public-Private Partnership, STI PPP)模式涵盖了在区域、国家或国际层面以及城市规划、经济发展、基础设施开发、研发与知识技术转移、社会政策和环境保护等

不同领域中,公共和私营部门之间的合作^[10],是国家和企业之间的长期制度和组织联盟,在工业部门和科技研究领域实施具有重大经济社会重要性的项目和计划^[11]。STI PPP 能有效填补创新系统中空白,提高政府履行决策效率,更好应对新的社会挑战^[12],被认为是国家技术战略的重要组成部分^[13]。公共部门采用 STI PPP 是为高效提供公共基础设施,与合作伙伴建立复杂公共任务方面的解决能力,私营部门参与 STI PPP 的目的是增加隐性知识,促进自身技术系统整合和核心研发团队的发展^[14,15]。由于每个合作主体既有自身目标利益诉求,也有规避风险动机,因此科技新产品开发公私合营项目面临的风险和不确定性较高^[16]。

20 世纪 90 年代末到 21 世纪初,全球航天技术开发领域出现了几项重大 PPP 计划,政府部门期望引入私营部门以提升开展太空计划效率,如欧盟启动欧洲全球导航卫星系统计划(伽利略计划)、美国启动改进型一次性运载火箭计划(Evolved Expendable Launch Vehicle Program, EELV)计划、日本启动日本区域导航系统计划。然而,由于当时公私伙伴关系框架还不完善,上述 PPP 模式出现进度拖延、成本增加等不利因素,最终落入了推进效率低下的困境^[17]。近年来,美国 NASA 与私营部门合作方式发生了重大变革,从“成本+”模式过渡为新公私合营模式。2005 年之前, NASA 严格依照联邦采购规定“成本+”合同(Federal Acquisition Regulations Cost-plus),同波音和洛克希德·马丁等公司维持合作伙伴关系, NASA 不仅决定所需开发技术,并且直接决定技术开发方案,企业基于项目成本加上利润向政府报价,这样的合作方式降低了竞争性,使合作项目走向低效^[18]。依据新的《太空法案协议》(*Space Act Agreement*), NASA 与新合作伙伴签订新的公私合营协议,从垂直管理模式向水平管理模式转变,放

松技术开发监管力度,将管理和指导空间活动的权力委托给非 NASA 组织。NASA 按照项目里程碑向技术开发承包商支付报酬,这意味着承包商必须按时交付,否则就不会得到支付款项。这促使承包商能以更高效和更具成本效益的方式完成技术开发任务^[19]。让企业分担开发风险,也可以有效降低 NASA 太空开发的成本^[20]。实践结果显示,新的 PPP 模式极大地提升了技术开发效能。另据 NASA 报告,美国 SpaceX 公司能以 NASA 报价的三分之一完成猎鹰 9 运载火箭建造,表明引入私营企业能极大提升技术开发的经济性^[21]。

核心技术开发是美国 NASA 的基本职责之一, NASA 下属四大任务理事会负责航天任务技术开发活动^[22]。其中,成立于 2013 年的 STMD 负责识别和开发满足 NASA 目前与未来航天任务需要的颠覆性、创新性、跨界性技术,每年管理约 2500 个科技项目。从职能特点看, STMD 不独立承担技术开发活动,而是通过与各类主体建立不同合作伙伴关系来构建技术投资组合。与私营公司合作的公私合营模式是技术投资组合的重要组成部分,为 NASA 航天任务成功执行提供了坚实的技术支撑,并促进了美国航天企业健康发展。

近十余年来, NASA 与合作伙伴开展新型公私合营模式,通过 STMD 等下属技术开发机构与盈利性市场主体建立新型创新合作关系,有效提升了航天领域关键技术研发效率与经济性。这类公私合营运行模式对我国科技创新活动具有一定参考价值。但目前相关研究极其有限,缺少相关文献深入剖析这类公私合营技术开发模式的运行特点。因此,本文拟以 STMD 机构为研究对象,重点聚焦该机构技术投资方向凝练机制、公私合营运行模式等方面,总结 NASA 公私合营技术开发模式特征,并提出我国完善政企合作关键技术攻关模式的对策建议。

1 STMD 技术开发战略决策体系分析

STMD 设计了一套确定技术投资战略的决策体系,以科学地引导机构技术投资决策。由于早期技术具有极强的不确定性,要求技术开发组织机构制定科学、专业、清晰的技术开发规划。因此,为实现机构职责目标,STMD 制定了一套自上而下、层层传递的技术开发战略框架,以识别技术发展趋势、明确技术阶段成果、确定技术投资优先级,为合作伙伴提供准确的技术开发方向、科学评估技术开发进程,最大化提升资源分配效率,做到以更短时间、更低成本完成关键技术开发任务。整体技术发展战略架构由四部分组成,自上而下分布,分别为:超级驱动因素、战略推动、重要成果、技术挑战(图 1)。

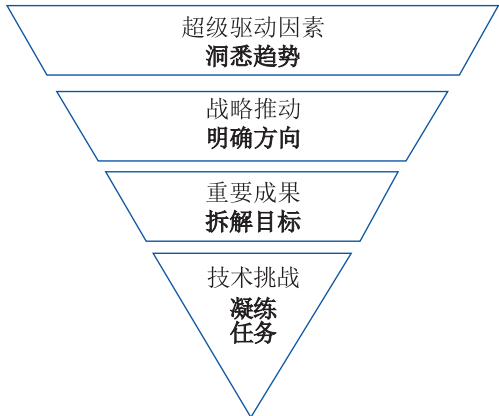


图 1 STMD 技术开发战略结构示意图

Fig.1 Strategic Architecture Diagram of STMD Technology Development

1) 超级驱动因素 (Mega-Drivers) ——洞悉技术发展趋势。首先 STMD 开展技术趋势分析,以识别未来几十年内已经塑造、正在塑造并将继续塑造民用空间工业格局的趋势,有助于将 STMD 战略框架与太空产业需求紧密联系起来。STMD 将趋势定义为超级驱动因素,并确定了四个 Mega-Drivers:降低进入太空门槛、推进太空民主

化、加快探索步伐、扩大空间利用(表 1)。

表 1 超级驱动因素方向汇总

Tab.1 Summary of Mega Drivers

超级驱动因素	具体内容
降低进入太空门槛	降低发射和太空飞行的价格,使传统太空参与者拥有更具成本优势的航天系统,使商业航天方案经济可行,使更多机构享受到太空技术带来的收益。
推进太空产业民营化	扩容太空产业参与者群体,提升产业内私人投资与商业收入。
加快探索发现步伐	运用技术创新加速通过机器人和人类太空探险。
扩大空间利用	开拓太空次级市场潜力,利用创新解决方案开辟新市场。

2) 战略推动 (Strategic Thrusts) ——明确技术开发方向。根据 Mega-Drivers 和生态伙伴的意见,STMD 制定了四个战略推动力,代表了 STMD 对于未来民用太空研究愿景的理解,这些推动力代表了 STMD 投资组合中的主要投资方向,预计将对太空产生重大影响。这四大战略推进方向包括:运输 (GO),实现安全高效的太空运输;登陆 (LAND),提升抵达外太空行星表面可行性;居住 (LIVE),使人类能够在太空和行星表面生活和探索;探索 (EXPLORE),利用机器人探索技术提升人类对未知边界的拓展能力。

3) 重要成果 (Outcomes) ——构建技术开发目标。在每个战略推进方向中,都要有成果衡量。根据不同战略推进方向,STMD 分解出对应推进方向下应完成的成果,这些目标被细分为由 STMD 提供的产品或能力,为确定技术发展方向与投资优先级提供战略支撑。例如,在运输 (GO) 战略推进方向下,战略目标是实现更经济实惠的太空访问和更高容量的深空运输系统。为实现战略目标,结合目前航天运输技术发展趋势,STMD 认为需重点发展能够实现快速太空过渡的核技术、用于地表和太空应用的低温储存及流体管理技术,以

及支持未来探索的先进推进技术等三个方向。

4) 技术挑战 (Technology Challenge) ——形成开发任务。技术挑战是实现重要成果 (技术开发目标) 过程中所缺少的能力, STMD 也是基于技术挑战 STMD 开展招标活动。每项重要成果 (技术开发目标) 有着多种潜在实现方法, 每个方法对应着一组能力, 当能力全部实现时, 重要成果完全实现。STMD 将上述能力转化为技术挑战, 与指定合作伙伴合作或公开招标, 开展技术开发, 完成一整套从技术趋势识别到具体任务制定的决策流程。

2 STMD 公私合营技术开发模式分析

STMD 针对不同技术所能实现的成果, 推出多个技术合作开发模式。其中, STMD 面向美国盈利性质主体, 推出了两项公私合营技术开发模式: “临界点” (Tipping Point) 与公告合作机会 (Announcement of Collaborative Opportunity, ACO)。STMD 通过以上两个模式向美国盈利性单位公开征集技术解决方案, 对符合要求的申请机构通过拨款资助、开放资源等方式, 降低企业创新成本, 进而助力关键技术开发, 促进技术知识的跨部门跨领域融合, 促进产业繁荣发展。以上两个模式在航天工业影响力显著, 一路支持了如 SpaceX、Blue Origin 等美国民营航天企业成长壮大。

2.1 两个模式运作情况

“临界点”项目是 NASA 公私合营开发模式的典范项目, 是由 STMD 组织管理, 向私营企业发放固定预算, 支持航天新兴技术合作开发的活动。“临界点”开始于 2014 年, 截至 2023 年共计发布 5 次, 总计立项 58 个项目, 资助金额超 6.4 亿美元^[23]。从合作企业看, “临界点”资助企业超 40 家, 其中多次开展合作企业有近 10 家, 这些企

业处于不同成长阶段、来自不同领域, 其中有老牌传统军工企业洛克希德·马丁, 也有新生代商业航天主机厂 SpaceX、Blue Origin, 也有如 Astrobotic Technology、Intuitive Machines 聚焦核心部件的初创企业^[24,25]。2020—2023 年“临界点”的资助金额显著提升, 共资助 5.2 亿美元, 占据以往总资助金额的 80%。近年来计划显著提升的资助金额可能与阿尔忒弥斯计划等 NASA 重点航天计划节点时间临近以及美国民营航天企业取得喜人成绩有关, 促使 NASA 加大对“临界点”拨款力度, 加速新兴航天技术研发。

ACO 自 2015 年开展以来, STMD 扶持超过 75 个项目, 支持这些协议的机构资源总估值约为 1450 万美元^[25]。

2.2 “临界点”运作模式

2.2.1 资助项目范畴

根据 NASA 定义, 临界点技术是指处于开发周期临界点的技术, 这类技术在接收资金资助后将快速熟化, 加快实现技术从实验室走向市场的过程, 并成功应用于公共部门以及商业应用领域^[26]。为更好识别临界点技术, 做出准确的投资决策, STMD 从技术预期、技术成熟度 (Technology Readiness Level, TRL)、商业前景三个维度列出了这类技术的评估标准。技术预期的评估标准是单笔投资将显著推进技术熟化, 并显著提升合作伙伴将技术市场化的能力; 技 TRL 的评估标准是申请单位在提交初步提案时, TRL 已达 4 级或以上; 商业前景的评估标准是商业计划在先前融资过程中得到优化迭代, 已具备将该技术推向市场的商业计划。

从 STMD 对该技术列出的标准看, “临界点”在国家创新体系中起到补充基础研究与技术应用间资金短缺的角色, 是帮助中等熟度技术跨过资

金短缺“死亡谷”的催化项目。中等成熟度技术已越过基础研究阶段,但远未达到推向市场程度,往往处于资助资金两头不靠的困难境地,一方面既无法享受高校院所的基础研究资助,另一方面此类技术缺少经过验证的商业模式,注重投资回报的风险投资机构考虑到技术商业化风险,普遍选择不进行投资。在以上资金两头不靠的困境下,许多这类技术缺乏资金进入下一个阶段,深陷“死亡谷”。“临界点”聚焦具有一定技术成熟度与初步商业计划的技术,精准解决这类科技的成果转化困难,在航天科技领域,架起了关键技术从实验室到市场的“快速路”。

2.2.2 对合作伙伴要求

合作伙伴在执行中必须配套一定价值的资源,STMD 希望通过引入共同投入机制,加强公共部门与私营部门利益绑定关系,以此保障私营部门的项目参与度。合作伙伴所投资价值按照所获得资助的比例确定,通常来说,合作伙伴需配套至少等价于 25% 的政府资助资源,但对于员工少于 500 人的中小企业,以上比例放宽至 10%,可以看出“临界点”希望鼓励更多中小企业参与,扩大竞争程度,带动产业整体发展。

2.2.3 直接资助模式

“临界点”遵循美国太空法资助协议,STMD 与合作伙伴签订固定预算合同,通过直接拨款的方式,帮助合作伙伴开发核心技术。在拨款方式上,STMD 采用里程碑支付形式,旨在将资金拨付节奏与技术成果挂钩,保障技术开发的方向正确、质量可靠。除了直接资金资助外,STMD 将向合作伙伴有条件地开放 NASA 资源。其中对申请机构最具吸引力的资源开放项目是,向符合条件的机构免费提供使用国际空间站内国家实验室机会,包括站内、站外所有设施设备,为合作伙伴提供空

间技术验证与展示的条件。此外,STMD 鼓励提案者使用由 NASA 开发的技术,包括 NASA 拥有专利以及计算机软件。

2.2.4 严格的评估与监管制度

“临界点”的项目征集采用提案审批制。为保障所选择合作伙伴可以胜任技术开发项目,STMD 设计了“两步走”提案评估机制,以体系化的评估机制确保合作伙伴质量。“两步走”评估机制由初步提案审核和最终提案两阶段组成。初步提案是强制性的,所有意向参与项目的机构都需要提交;最终提案是受邀制的,只有通过初步提案审核的候选单位才会被邀请提交最终提案。STMD 从技术相关性、技术预期、商业化能力、价格竞争性四个方面考察候选机构。例如在相关性上,申请机构需要证明申请开发技术与“临界点”标准、STMD 提出的技术挑战、NASA 任务的一致性。在商业化能力方面,考察技术对商业太空领域产生的影响程度,包括是否扩大存量市场、开辟增量市场、降低成本价格、增加选择面等。

在项目获批后,STMD 对获得资助的合作伙伴采取较强监督力度模式,以保障技术开发的方向正确性、进度可控性以及质量可靠性。例如,在项目状态跟踪上,STMD 设置了月度、半年度、年度等多个周期汇报点,要求申请机构就项目进展、关键性能指标、项目成本等进行项目状态报告,以动态评估项目绩效。在过程中产生的科技成果方面,STMD 要求有高时效性的告知权,要求合作伙伴在新发现、新发明、新改进出现的 3 个月内向管理部门披露,这可能是为了监管所拨付资金是否被用于项目相关科技创新活动上。

2.3 ACO 运作模式

2.3.1 加快中等成熟度技术商业化

ACO 与“临界点”一致,聚焦中等成熟度技

术,助力合作机构加快这类技术熟化,加快形成有利于国家航天任务底层技术,推进技术商业化进程,形成优质产品及服务。ACO 规定申请机构在初次提案提交时,所提出 TRL 至少达到 3 级。ACO 项目周期通常为 1~2 年。

2.3.2 间接资助模式

与“临界点”不同,ACO 遵循美国太空法案非资助协议,STMD 与合作伙伴没有直接资金往来,而是赋予合作伙伴使用 NASA 平台、设施、专业知识、技术、软件等资源的权限。在过程中,NASA 下属研究平台将作为中间载体,STMD 向研究平台拨款,研究平台向合作伙伴开放资源,共同参与研发。也就是说,STMD 以一种间接资助的方式,帮助合作伙伴促进技术知识融合,降低技术开发成本,进而加快中等成熟度技术走向应用进程。

2.3.3 成果跟随发明者

ACO 最大限度给予合作伙伴保留无形资产的权利。合作伙伴保留所形成的知识产权所有权,产生的关键数据资源将不被公开,只用于政府公共事务目的。此外,在合作技术开发过程中,即使是 NASA 科研机构形成对合作伙伴有利的商业机密数据,NASA 也将为合作伙伴保密,最长达 5 年,保护合作伙伴的商业利益。综上所述,合作伙伴不仅能利用 NASA 创新资源进行深度创新,还享有过程中产生的知识产权归属权,以及任何有价值科研数据的长期独占权,不论是哪方率先发现的,合作伙伴拥有足够时间借助以上无形资产,提前进行技术及商业布局,赢得竞争主动权。

2.3.4 实施两步走提案评估流程

ACO 同样采用两步走提案评估流程,申请机构被要求先提交迷你提案(Mini Proposal),STMD 组织评估,向通过迷你提案阶段的申请机构发出邀请,提交最终提案。STMD 要求申请机构在提案

中围绕目标一致性、技术方法、商业影响、管理方法、资源使用计划等方面进行阐述。整体评估维度与“临界点”类似,唯一区别是增加了资源使用的考核,要求申请机构提供完成技术开发目标所需的资源以及使用计划。STMD 根据自身投资组合情况、所请求资源、战略布局等方面,选择合适的申请机构执行。

3 启示

NASA 负责机构组织空间技术任务委员会的两项公私合营模式自 2013 年开始,以接近年度发布的形式,每轮持续吸引近 10 家企业参与联合技术开发,与 SpaceX、Blue Origin 等知名企业建立长期合作关系。通过分析 STMD 技术开发战略决策体系、“临界点”与 ACO 运行模式(图 2),本文认为上述公私合营技术开发模式长年成功运行得益于以下 3 个方面。

3.1 多线程技术开发任务遴选模式

STMD 技术发展战略结构是多线程并行的凝练模式,为政府机构凝练重大科技任务展示了一套科学化的项目遴选模式。从结构上看,这套模式打开了以需求为导向的任务凝练“黑箱”,展示了“技术趋势—攻关方向—重要成果—技术挑战”传导路径,将技术趋势细化为具体能力提升点位,这种颗粒度不断细化的凝练模式有利于寻找最合适合作伙伴,进行精准技术投资。从运行模式看,这套战略结构采用多线程并行推进模式,在战略架构层面为不同项目交叉赋能提供了便利,促进各项合作伙伴在不同学科、领域、要素上交叉融合,以融合创新加速技术开发进程,创造新知识、新发明、新技术、新模式。在此技术发展战略结构下,2012—2021 年间,STMD 管理了超 9000 个太空技术项目,每项活跃项目都是严格依照技术发

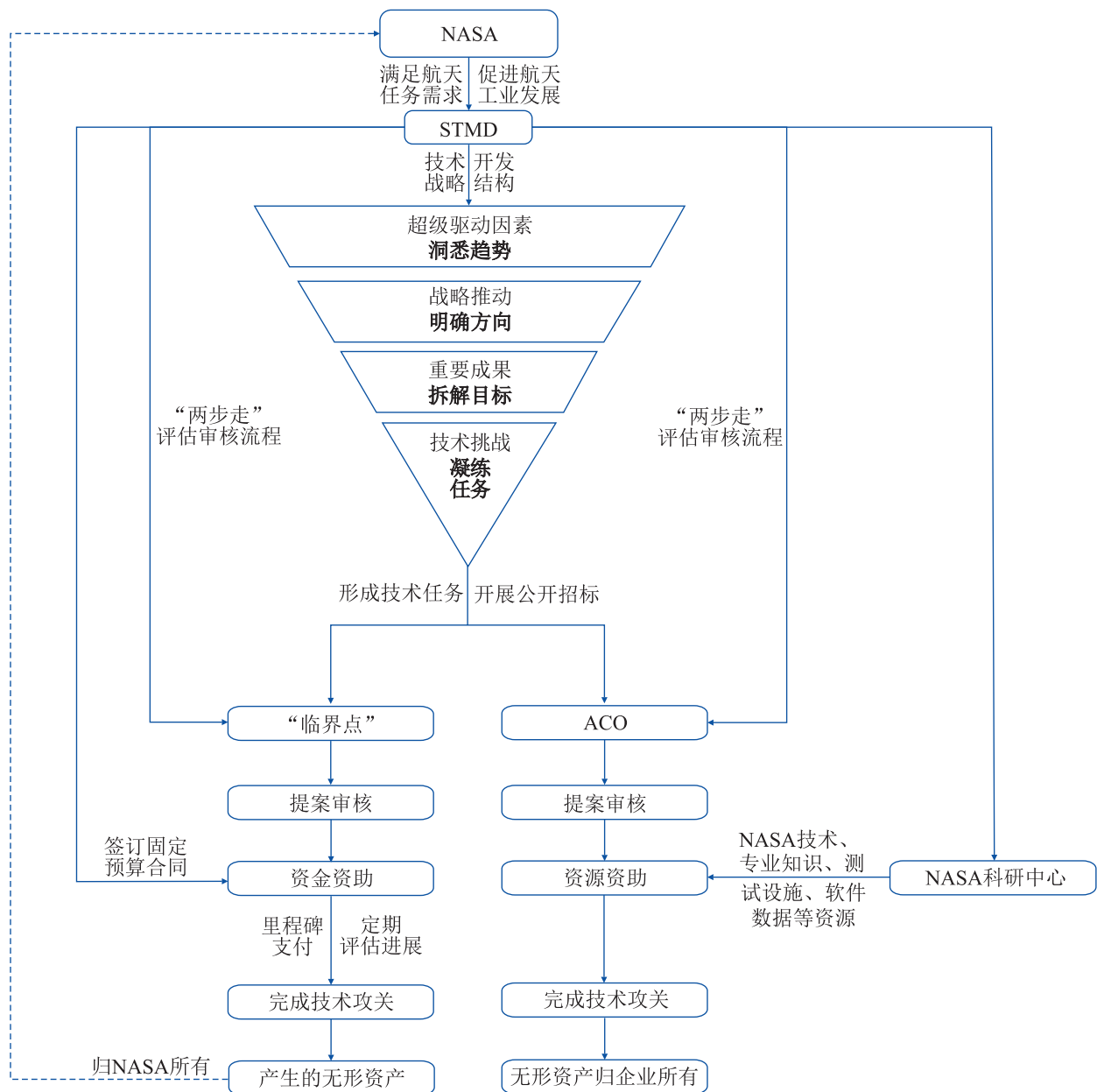


图 2 STMD 主导公私合营技术开发模式流程简图

Fig. 2 Flowchart of STMD-led PPP Program

展战略结构,从众多初选项目中层层筛选而出。例如,在 2021 财年,STMD 新立项大约 750 个新项目,这些项目从大学、研发载体、工业界、个人和其他政府机构的 3200 余份提案中挑选。

3.2 联动任务决策与计划执行模块模式

在前文提到的公私合营模式中,STMD 主要职能是遴选开发任务与推进公私合营模式,这两

项职能衔接的好坏将影响公共机构的资助资金与创新资源的利用效能。为做出精准技术投资决策,STMD 走出了任务决策与计划执行两组职能模块相互赋能的联动模式。在任务决策模块,STMD 层层解构 NASA 航天任务需求与生态伙伴需求,产出多个技术挑战,以这些技术挑战为目标,进行公开招标,为计划执行传递了发起基点。在计划执

行模块, STMD 通过执行公私合营技术开发模式, 进一步扩大在企业界的合作伙伴关系网络, 引入更多生态伙伴参与到 STMD 技术开发决策体系中, 促进凝练形成更能准确反映公共部门以及产业发展需求的开发任务, 更好引导后续的公私合营模式。

3.3 差异化公私合营技术开发模式设置

“临界点”与 ACO 走出完全不同模式, 形成了相互平衡、相互补充的公私合营技术投资组合。具体而言, “临界点”与 ACO 组成直接技术投资与间接技术投资组合, STMD 以专项技术开发资金的形式, 直投给“临界点”合作伙伴, 直接解决中等熟度技术产业化缺乏资金的棘手问题, 得以吸引寻求资金资助以及政府背书的市场主体参与竞标。ACO 中, STMD 不与合作伙伴产生资金往来, 但 STMD 给予合作伙伴最大自由度与支配权, 开发成果的知识产权归开发者所有, 涉及的商业机密政府延迟公开, 并且 NASA 科研资源全面支持合作伙伴科技创新, 有助于吸引寻求国家科技创新资源的新兴技术企业, 这类主体适应于创新企业管理思路, 更适应于灵活开放的技术任务开发监管形式。

4 公私合营模式所面临挑战

以科技创新为导向的公私合营模式在不同发展阶段面临不同挑战。

第一, 科技创新导向公私合营模式在发展初期很可能因为制度不完善导致缺少私营单位参与或参与度有限等问题。正如前文所述, NASA 原先采用的是任务导向的垂直技术开发政策, 即 NASA 垂直指导整个技术开发任务, 包括指定技术承包商, 决定技术开发方法等方面, 此种模式造成承包商间缺少竞争、开发费用不断提高的负面影响。

面对以上存在问题, NASA 向行业公开征集优秀提案, 配合多样化技术开发计划, 扩大私营部门合作伙伴网络, 吸引更多参与者, 并在公私合营项目去中心化, 将指导以及管理技术开发的权力下放给技术承包商, 并设置里程碑支付机制以及知识产权豁免机制, 刺激了私营部门创新活力, 提高了公私合营项目效能。

第二, 在成功扩大私营参与者群体, 并调动参与者积极性基础上, 科技创新导向的公私合营项目还需在技术开发方向凝练机制上加以完善。以往政府部门主导的科技项目侧重于基础研究问题, 这些科技项目涉及的技术成熟度较低, 缺少概念验证过程, 商业化路径不明, 较难说服私营合作伙伴参与进一步的科学技术研发。STMD 主导的公私合营项目不仅考虑项目的技术价值, 同时要求行业内私营部门定义技术商业价值, 并与利益关联者直接开展技术开发合作, 促进产业发展。

第三, 由于给予私营单位较大管理技术开发项目权限, 未来 STMD 主导公私合营项目可能演变为更为松散的技术开发外包模式, 随着这类模式的深入实施, 可能会削弱 STMD 以及 NASA 其他科研机构的本身创新能力。因此, 在促进私营企业发展同时, 以 STMD 为代表的 NASA 科研机构需保持维持自身创新能力, 一方面保持引导公私合营项目发展方向的能力, 另一方面降低应对未来航天任务技术开发项目的创新风险, 通过专业人才引育、科技创新载体建设、创新生态营造等举措, 持续培育机构自主创新能力。

5 对我国开展科技创新攻关工作的建议

STMD 的公私合营技术开发模式为我国推动政企合作形式关键技术攻关工作提供了借鉴和启

示,本文提出以下建议。

5.1 加强政企合作

面向高投入科技项目的公私合营模式,发达国家进行过探索尝试,但成功案例有限,主要难点是如何增加私营部门参与度。近年来 NASA 推行的公私合营技术开发模式引入了公开竞争机制,在固定预算下,以结果为导向,拥抱一切形式的开发路径与管理方式,最大程度给予企业研发自由、管理自由,吸引了一批带着互联网思维等新兴经营理念的企业群体加入国家科技项目,促进新知识、新技术、新模式的加速应用,带动了本土航天工业的发展。

以上经验对优化我国企业在技术攻关中互动模式有一定借鉴意义,并提出 3 条建议。一是**健全关键核心技术攻关体系架构**。在政府发挥关键核心技术攻关的组织及决策基础上,最大程度赋予科技项目牵头主体执行自主权,给予项目承担主体执行空间,激发企业主体参与科技项目的积极性。二是**进一步强化企业科技创新主体地位**。完善企业在关键核心技术攻关中“出题者”“答题者”和“阅卷人”作用,提升企业在重大科技项目参与权。三是**优化政企合作对接机制**。围绕重点领域重大科技问题,推动龙头企业牵头,联合高校、院所、产业链上下游企业,组建创新联合体,开展有组织科研。

5.2 优化政府部门重大科技任务遴选模式

重大科技项目任务凝练是很难的工作,要凝练“真问题”,以便于集中有限资源突破最急迫的“卡脖子”问题。同时,任务之间要有联系,不能孤立,为多条技术攻关线路内知识、技术、要素融合提供可能,做到多条技术路线相互赋能。本研究中,STMD 机构建立一套技术开发战略结构,形成了层层解构的科技任务凝练机制,通过“技术趋

势—攻关方向—重要成果—技术挑战”传导路径,将航天技术发展趋势细化为具体科研任务。同时,任务与任务之间存在关联,有利于不同学科、领域的知识及技术相互交叉,整体提升科技项目推进效率。

该机制设计对我国重大科技项目任务遴选模式有一定借鉴价值,因此提出 3 条建议。一是**摸清关键技术发展趋势**。围绕不同重点产业领域,联合行业主管部门、高校院所、科技领军企业、投资机构,定期开展关键技术研讨会,跟踪技术最新发展态势,摸清国内相关技术现状底数,预判未来技术发展方向。二是**革新科技任务凝练机制**。推广门径式任务凝练机制,依照“技术趋势—攻关方向—技术挑战”关口流程筛选,层层筛选出符合当前与未来国家科技产业需求的科技任务,实现科技任务凝练机制的科学化、标准化、阶段化。三是**布局多线任务并行的推进机制**。按照“技术成熟度”“关键核心指标”等科研管理指标,划分技术攻关任务组群,探索多任务并发、并行、串联等推进模式,促进异质性知识、技术交叉融合,提升关键核心技术攻关效率。

5.3 建立差异化政企技术攻关计划组合

在面向关键核心技术攻关的政企合作中,政府部门如能精准把握各类企业需求要点,设计从企业需求出发的合作创新计划,将在高效用好公共资源基础上,降低政府、企业各方科技创新风险,提升技术攻关效能。STMD 主导的两项公私合营模式从领域内科技企业不同创新需求出发,差异化技术的资助模式与运营模式,最大程度吸引处于各个成长阶段科技企业参与。近年来,我国倡导企业发挥创新主体作用,通过“揭榜挂帅”等新型举国体制模式,开展政府组织企业主导的关键核心技术攻关。面对当前需求愈发迫切、复

杂度不断加大的技术创新趋势,政企合作的创新组织模式亟需快速迭代,需要从不同企业需求角度出发,设计差异化的政企合作科学项目机制,广泛吸引各领域科技企业参与关键核心技术攻关,分散创新风险,提升创新效率。

对此提出 3 条建议。一是依据不同合作伙伴优化项目模式。聚焦不同产业领域以及企业发展阶段异质性,给予满足不同企业发展需求的资源配置、项目管理的制度支撑,建立政企紧密联动的协同创新模式。二是依据不同技术类型优化利益分配模式。针对具有颠覆可能性的早期阶段技术,发挥企业成本控制、机制灵活的优势,政府考虑以签订商业合同形式支持企业技术攻关,高效率加速早期技术熟化。针对具有一定技术成熟度的产业共性技术问题,考虑政企共同开发的模式,企业牵头组建创新联合体开展联合攻关,政府向联合体开放国家实验室、大科学基础设施等高能级创新资源,项目牵头机构制定成果转化收益、无形资产分配机制,赋予企业充分项目自主权,激发各类企业参与积极性。三是推动大中小企业融通创新。深入推进大中小企业的合作对接,优先支持大中小企业联合申报重点研发项目、重点工程项目,打造一批具有典型性的大中小企业融通创新模式,并加以复制推广。

参考文献

- [1] MINNIBAEVA A, VASLAVSKAYA I, KOSHKINA I, et al. Improving the Mechanisms of Public-private Partnership [J]. International Journal of Financial Research, 2021, 12(2): 242-250.
- [2] BJÄRSTIG T, SANDSTRÖM C. Public-private Partnerships in a Swedish Rural Context-A Policy Tool for the Authorities to Achieve Sustainable Rural Development? [J]. Journal of Rural Studies, 2017, 49: 58-68.
- [3] VIAN T, MCINTOSH N, GRABOWSKI A, et al. Hospital public-private Partnerships in Low Resource Settings: Perceptions of How the Lesotho PPP Transformed Management Systems and Performance [J]. Health Systems & Reform, 2015, 1(2): 155-166.
- [4] AZAMI-AGHDASH S, SADEGHI-BAZARGANI H, SAADATIM, et al. Experts' Perspectives on the Application of Public-private Partnership Policy in Prevention of Road Traffic Injuries [J]. Chinese Journal of Traumatology, 2020, 23(3): 152-158.
- [5] NORMENT R. Public Private Partnerships Reminders [EB/OL]. [2007-12-26]. <http://ncppp.org/>.
- [6] NORMENT R. The National Council for Public-Private Partnerships [EB/OL]. [2007-12-26]. <http://ncppp.org/>.
- [7] 黄腾, 柯永建, 李湛湛, 等. 中外 PPP 模式的政府管理比较分析 [J]. 项目管理技术, 2009(1): 9-13. (HUANG Teng, KE Yongjian, LI Zhanzhan, et al. Comparative Analysis of Government Management of PPP Model Between China and Foreign Countries [J]. Project Management Technology, 2009(1): 9-13.)
- [8] 柯永建, 王守清, 陈炳泉. 私营资本参与基础设施 PPP 项目的政府激励措施 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2009, 49(9): 1480-1483. (KE Yongjian, WANG Shouqing, Chen Bingquan. Government Incentives for Private Capital Participation in Infrastructure PPP Projects [J]. Journal of Tsinghua University (Natural Science), 2009, 49(9): 1480-1483.)
- [9] 韩喜艳, 刘伟. 基于 KPI 方法的公私合营 (PPP) 项目绩效综合评价研究 [J]. 建筑经济, 2019, 40(1): 45-50. (HAN Xiyan, LIU Wei. Research on Performance Evaluation of Public-Private Partnership (PPP) Project Based on KPI Method [J]. Construction Economics, 2019, 40(1): 45-50.
- [10] MEISSNER D. Public-private Partnership Models for Science, Technology, and Innovation Cooperation [J]. Journal of the Knowledge Economy, 2019, 10: 1341-1361.)
- [11] ANDREEVA G, KAZBEKOVA L, DOSMAILOV A. Stimulating the Development of Public-private

- Partnership in the Field of Science and Innovation [J]. Reports of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2019(3): 107-113.
- [12] ADAMS J, JAFFE A. Bounding the effects of R&D: An Investigation Using Matched Establishment-firm Data [J]. The Rand Journal of Economic, 2019, 27(4): 700-722
- [13] EDLER J, MEYER-KRAHMER F, REGER G. Changes in the Strategic Management of Technology: Results of a Global Benchmarking Study [J]. R&D Management, 2002, 32(2): 149-164.
- [14] GASSMANN O, VON ZEDTWITZ M. Trends and Determinants of Managing Virtual R&D Teams [J]. R&D Management, 2003, 33(3): 243-262.
- [15] ASAKAWA K, SOM A. Internationalization of R&D in China and India: Conventional wisdom versus reality [J]. Asia Pacific Journal of Management, 2008, 25: 375-394.
- [16] 宋辉. 利益相关者视角下的科技创新领域公私合作(PPP)模式构建研究[J]. 科学管理研究, 2019, 37(2): 146-151. (SONG Hui. A Study on the Model Construction of Public-private Cooperation (PPP) in Science, Technology and Innovation from the Perspective of Stakeholders [J]. Scientific Management Research, 2019, 37(2): 146-151.)
- [17] HASHIMOTO M. Public-private Partnerships in Space Projects: an Analysis of Stakeholder Dynamics [D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- [18] MAZZUCATO M, ROBINSON D. Co-creating and Directing Innovation Ecosystems? NASA's Changing Approach to Public-private Partnerships in Low-earth Orbit [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 136: 166-177.
- [19] ANDERSON C. Rethinking Public-private Space Travel [J]. Space Policy, 2013, 29(4): 266-271.
- [20] 毕勋磊, 刘剑, 张志强. 公私合营研发组织模式研究——基于NASA-SpaceX合作研发案例研究[J]. 世界科技研究与发展, 2018, 40(1): 95-103. (BI Xunlei, LIU Jian, ZHANG Zhiqiang. Research on Public-private Technology R&D Partnerships: Lessons Learnt from the Case of Partnerships between NASA and SpaceX [J]. World Science and Technology Research and Development, 2018, 40(1): 95-103.)
- [21] NASA Associate Deputy Administrator for Policy. Falcon 9 Launch Vehicle NAFCOM Cost Estimates [EB/OL]. [2011-08-11]. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/01/586023main_8-3-11_NAFCOM.pdf.
- [22] RODGER E. Foresight, Strategy and Futures Studies for Defense and Security [M]. USA: Springer, 2023: 35-45
- [23] NASA. NASA Announces New Public-Private Partnerships to Advance 'Tipping Point,' Emerging Space Capabilities [EB/OL]. [2015-11-19]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-announces-new-public-private-partnerships-to-advance-tipping-point-emerging-space-capabilities/>.
- [24] NASA. Past Opportunities & Selection Announcements [EB/OL]. [2022-11-22]. <https://www.nasa.gov/space-tech-industry-partnerships/>.
- [25] NASA. NASA Selects 12 Companies to Collaborate on Key Technology Development [EB/OL]. [2022-04-08]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-12-companies-to-collaborate-on-key-technology-development/>.
- [26] NASA. Space Tech Industry Partnerships [EB/OL]. [2023-04-25]. <https://www.nasa.gov/space-tech-industry-partnerships/>.

作者贡献说明

朱悦: 选题与构思, 论文框架设计, 论文撰写与修改;

周荣华: 选题与构思, 数据采集与加工。