

美国国防制造技术 主要发展策略

——2012年美国国防制造技术发展动向

Key Development Strategy of American Defense Manufacturing Technology

北方科技信息研究所 高彬彬 李晓红 胡晓睿



高彬彬

副研究员,主要从事先进制造技术领域战略研究、情报研究。

近两年,美国将发展先进制造业作为提升经济实力、满足国防需求、确保全球竞争优势的重要战略举措。2012年美国推出若干重要举措,推动制造业发展,提升先进制造能力,例如2月发布《国家先进制造战略规划》,3月出台“国家制造创新网络”计划,7月发布《赢得本国先进制造竞争优势》报告,上述一系列制造业发展举措都将满足国防需求放在重要位置,必将促进美国国防

美国在加大先进制造研发投入力度、提高制造创新水平与能力、充分调动社会资源、完善创新体系等方面的具体做法值得我国借鉴。统筹考虑当前急需和未来长远发展需求,关注制造前沿技术、大力推动制造技术创新研究、明确重点方向等措施将对发展我国航空航天等国防领域制造技术具有重要意义。

制造技术的发展。在国防领域,为建设“快速响应、经济可行、覆盖武器系统全生命周期”的国防制造能力,美国实施国防专属的制造技术规划(ManTech)、先进制造企业、下一代敏捷制造等战略,围绕制造创新、数字化等关键问题,大力发展国防制造技术,其发展策略主要体现在“调研关键问题、确立核心目标、制定发展战略、明确重点方向”等一系列措施上。

通过调查,找出 国防制造能力薄弱环节

美国政府问责署(GAO)、国防部等政府机构从不同角度开展调查,发现目前武器装备制造中存在如下关键问题:(1)关键领域制造能力缺

失,本土制造能力下降。2012年国防部递交给国会的《国防工业基础能力调查报告》显示,在金属加工领域,铸造、锻造和机械加工等技术还不能满足火箭发动机、导弹发射系统、无人机、地面车辆等关键领域的制造需求。(2)武器系统研制项目成本上涨,进度延迟。GAO每年递交国会的国防采办审计报告显示,多数项目成本上涨、进度延迟。2012年审计报告透露,96个主要武器采办项目2011年预计总投资1.58万亿,但实际花费增长744亿,增幅约5%。增加的成本中,311亿是由生产效率问题导致,主要原因包括制造技术储备不足、工艺不够成熟等。

而在整个国家的制造业层面,美国政府的调查研究表明,制造业存在

诸多问题,具体表现在:一是对经济的贡献率相对下降,美国高技术工业产品出口占全球市场的份额由 20 世纪 90 年代末的 20% 下降到 2008 年的 11%,先进制造业领域对外贸易逆差额从 2003 年的 170 亿美元上涨到 2010 年的 810 亿美元。二是国内先进制造能力下降,许多先进制造企业为追求经济利益而在国外建厂,美国制造业就业人口从 1998 年的 1760 万降至 2010 年的 1150 万,国内制造能力下降,已基本丧失了发光二极管等一批先进技术产品的生产能力。三是制造业相关研发活动向海外转移,美国公司近年来在国外投入研发费用的增长速度比在本国快 3 倍;目前,美国制造业研发投入占 GDP 的比例仅列世界第七,次于韩国、日本、瑞士、以色列等国。美国国防工业基础与整个国家制造业密不可分,上述问题对国防制造能力必然产生影响。

因此,美国政府多次强调制造能力关乎国家安全,要加强本土制造、摆脱国外供应的风险,并大力发展快速响应、经济可行的制造能力。

围绕“快速响应、经济可行”的目标,制定各项战略

2012 年 1 月,美国总统与国防部长共同发布《维持美国全球领导地位:21 世纪美国国防的各项优先任务》国防战略指南,再次提出“建设强大健康,充满活力的国防工业”,将其作为未来防御政策的关键内容之一。国防部提交国会的国防工业能力报告也表明,国防工业必须成本效率高、供应充足。近期比较典型的国防制造相关战略,如国防部制造技术(ManTech)规划、先进制造企业、下一代敏捷制造等,都将“快速响应、经济可行”作为核心目标。

1 国防部制造技术(ManTech)规划

制造技术(ManTech)规划是美国发展国防制造技术的首要投资机

表1 ManTech规划战略重点及其使能目标

战略重点	使能目标	
战略重点 1: 可以满足国防部需求的一种快速响应的、稳定的制造技术投资组合	1.1	实现美国制造企业广泛接洽,以确定制造技术优先发展领域
	1.2	对制造技术投资组合进行严格的内部分析,并确定优先投资领域
	1.3	及时、高效地交付国防必要的制造技术解决方案
战略重点 2: 积极保障高度互联和协同的国防制造企业	2.1	发展创新性、企业级的制造技术,推进协同的、网络化制造
	2.2	在整个国防工业基础范围内大力推广 ManTech 成果
战略重点 3: 积极保障对可制造性和制造工艺成熟度强有力的制度性关注	3.1	制定有效的政策和方法,评估和提升制造成熟度
	3.2	在整个国防采办周期内全面集成“面向可制造性的设计”
	3.3	与项目管理办公室和工业界合作,对 ManTech 重点领域的制造成本动因进行结构性分析
战略重点 4: 积极保障健康、充足和高效的国防制造基础设施和劳动力	4.1	积极促进制造基础设施和管理系统的投资与创新
	4.2	建立高素质、受过良好教育的国防制造人力资源

制,已持续实施 50 多年。其主要任务就是“为了经济、及时且低风险地开发、生产和维修国防系统,促进制造能力提升”。2012 年 11 月,国防部发布的《ManTech 规划 2012 年战略计划》报告中提出,由于未来 5 年美国军费预算紧缩,军费开支(包括基本投资和海外突作战行动两方面)比 2010 年的最高值下降大约 22% (考虑通货膨胀后),ManTech 规划将力争实现“快速响应、经济可行”的国防制造能力。

新发布的 ManTech 战略包含 4 个战略重点和 10 个使能目标(见表 1),其中战略重点 1 致力于投资可满足国防部需求的、快速响应的、稳定的制造技术,战略重点 2、3、4 将分别为企业层面的技术方案、制造成熟度、制造设施和劳动力提供保障。

2 国防部“先进制造企业”战略

2011 年,美国国防部提出“先进制造企业”战略,目标也是大幅提高军工企业的生产效率,降低成本,建设健康、高效、供应充足的国防工业。按照国防部 2011 年 9 月发布的《先进制造企业战略基准》报告的描述,

要成为“先进制造企业”,必须实现企业互联和企业内部的全数字化,具备敏捷智能的生产车间。企业互联可确保跨越企业界限的流畅互操作。企业内部全数字化可实现产品寿命周期内,设计、分析和制造信息完整集成。建立敏捷智能的生产车间,形成自适应的制造能力,可以快速响应作战需求。

“先进制造企业”是一套完整的战略,也是企业能力的表征,主要是通过实施“工业信息化基础设施”,“先进工程工具与实践”,以及“供应网络的集成与管理”三大发展策略,实现企业能够在当今全球化环境中,大大减少生产复杂系统的成本与时间,各项策略的具体目标如表 2 所示。

按照三大发展策略的部署,为形成对“先进制造企业”的统一认识,国防部将当前正在实施的多个相关计划的百余项措施加以集成和凝练,形成近期可操作的 7 项解决措施:(1) 开发相关工具,提高设计水平;(2) 增强互操作能力;(3) 开发和实施先进三维技术数据包;(4) 开发智能制造

表2 先进制造企业策略及目标

策略	目标
工业信息化基础设施	能够在设计、制造、试验和维护等各项操作之间,快速传送所有相关的数据,达到不失真、无误差、不丢失
先进工程工具与实践	避免产品研制生产过程中重复设计、重复制作样件和多次试验
供应网络的集成技术与管理实践	在性质不同、地理位置不同的组织之间建立紧密的联系与合作,大幅提高效率

工具和方法;(5)开发改进供应网络集成和管理的工具与方法;(6)开发与不断变化的产品需求相适应的制造方法;(7)开发提高产品可靠性和计算机网络安全程度的工具。

3 空军“下一代敏捷制造”战略

2012年5月,美国空军发布“下一代敏捷制造”计划,旨在实现更加快速响应的敏捷制造能力。下一代敏捷制造不仅关注武器系统的经济可承受性、交付速度,还关注要深入、持续地适应不断变化、复杂性不断提高的外部环境。空军指出,要实现下一代敏捷制造,必须满足以下技术要求:(1)在技术数据、建模仿真、分析等各个阶段广泛使用数字化产品信息;(2)对工业基础,如合作伙伴的能力要有深入的了解;(3)在设计阶段就考虑制造问题,实现可生产的设计;(4)柔性的、低成本的、可重构的车间级操作。

空军制定了下一代敏捷制造的路线图,最终确定了4项战略重点,并且明确了每项战略的目标及重点关注的技术(表3)。

长期以来,空军通过开展各项研

究推动新技术、新材料在武器系统中的应用,以降低新型武器系统研制和改进现有型号的风险,缩短武器系统制造、维护周期时间,降低武器系统的采办和维护成本。2012年,空军提出下一代敏捷制造,更加强调适应不断变化的复杂外部环境,是对“快速响应、经济可行”目标的更高追求。

加大创新研发投入,明确技术发展方向

为促进制造技术研发,美国不仅加大了政府投资预算,还吸引制造业企业在国内投资。2012年2月,美国政府发布《国家先进制造战略规划》,提出扩大国家对先进制造研发的投资。2013财年美国政府先进制造研发投资预算为22亿美元,分别比2011和2012财年增长50%、19%。能源部、国家科学基金会等多个机构的先进制造研发预算增幅均超过50%。例如,对国家标准与技术研究所增加8600万美元投资,扩大在智能制造、生物制造和纳米制造领域的研究,向能源部能源效率和可再生资源办公室内部的先进制造办公

室投资2.9亿美元,扩大在创新制造工艺和先进材料方面的研发。2012年3月,美国政府宣布将用10亿美元的政府经费,并吸引10亿美元以上的社会资金,用于组建“国家制造创新网络”,促进制造技术创新研发。

为指明技术发展重点与方向,美国政府针对国防、国土安全等关键国家需求,组织工业界、学术界和政府部门共同研讨、遴选需要重点发展的制造技术。2012年7月,美国总统科技咨询委发布《赢得本国先进制造竞争优势》报告,将“推动创新”作为重要举措,明确了11项应优先发展的技术:先进传感、测量和过程控制,先进材料设计、合成和加工,可视化、信息和数字化制造技术,可持续制造,纳米制造,柔性电子制造,生物制造和生物信息学,增材制造,先进制造和测试设备,工业机器人,先进成形与连接技术。上述技术将是美国未来制造技术创新研究的重点方向,也是实现高效、低成本制造,提升制造能力的重要突破口。

国防部ManTech规划每年投资2亿多美元用于制造技术创新研究。2012年11月发布的ManTech规划战略计划公布了2012~2017财年的投资及预算情况,其中:2012财年已获批准的经费达2.2亿美元,未来5年的经费预算为10.3亿美元。重点技术方面,ManTech规划投资重点涉及复合材料、电子元器件与装置、金属材料、先进制造企业等领域。在复合材料领域,重点发展满足国防部需求的高温复合材料构件、轻量化复合材料构件、舰船用复合材料构件,以及其他一些特殊用途复合材料构件(共形天线罩)的制造技术。在电子元器件与装置领域,重点发展宽禁带和碳化硅装置、锂电池、先进封装与加工技术、红外传感器/激光器以及相应的零部件、微柔性显示技术等。在金属材料领域,重点发展材料加工、铸造、锻造以及连接技术,关键应

表3 “下一代敏捷制造”战略重点、目标与关键技术

战略重点	目标	关键技术
产品全生命周期数字化	通过采用数字化环境和工具,提高产品全生命周期效率	面向生产的数字化、面向维护的数字化、新一代的数字化技术等
制造技术前移	尽早地开发产品及其相关制造工艺	在设计 and 采办阶段中及早考虑制造问题、在科技开发过程中及早考虑制造问题等
快速响应的、集成的供应链基础	通过网络互联、软件工具等来优化供应链,并对供应链进行风险管理	企业集成、业务分析等
未来车间	实现柔性、自主的加工和装备,以及企业互联	高度自动化,车间指令/控制/通信,柔性、可重构的车间基础设施,新兴工艺技术的开发等

用领域包括防护装甲、经济可承受的车辆零部件、轻质薄壁结构件等,另外,还发展智能加工、钛粉末以及轻质合金加工等技术。在先进制造企业领域,重点发展包括能实现更佳设计的可制造性工具,“改进后三维技术数据包”的开发与实施、智能制造、供应链网络建模与集成、产品/过程数据的可互操作性等。

此外,国防部还设置了“工业基础创新基金”(IBIF),从2008年启动至今,每年投资3000万美元左右用于制造技术创新等。

健全创新体系, 促进技术转移应用

美国政府在推进创新成果在武器装备上的转移应用方面,扮演了重要角色,将从事创新活动的研究主体和创新成果的应用主体有机结合,构建政研联合的创新体系,通过广泛协调资源,促进创新成果的工程化、规模化应用。

从20世纪80年代至今,ManTech规划陆续资助建立了11个制造中心,如国防制造与加工中心、复合材料制造技术中心、海军金属加工中心等。这些中心通过协调国防部、工业界、学术界,提供制造技术研究、咨询等服务,为新工艺与装备的研制以及技术转移发挥了关键作用。2012年3月出台的“国家制造创新网络”计划将组建约15个制造创新机构,每个机构围绕一项技术,在政府投资的牵引下,联合政府、企业和院校等,力争7年之内实现独立运营,各个机构在全国范围内连成一个网络,达成制造水平的整体提升。作为首个试点,国防部于2012年8月牵头组建增材制造创新机构,由国家国防制造与加工中心管理,波音、洛克希德·马丁、诺斯洛普·格鲁曼、通用电气等40家企业,卡耐基梅隆大学、宾夕法尼亚州立大学等14所院校,美国制造技术协会、制造工程

师协会等11个非营利机构参与,着重促进增材制造技术的开发与应用。该机构由国防制造与加工中心管理,标志着新构建的国防制造创新网络将与国防制造中心有机结合,逐步形成更加健全强大的制造创新体系。

ManTech规划在2003~2005年期间启动的上百个工艺研究项目已经实现技术转移,在武器系统上获得应用,带来超过63亿美元的投资回报,成效显著。已经成熟运转多年的11个国防制造中心和即将陆续建成的15个国家制造创新机构将共同组成一个强大的创新体系,对促进技术创新成果转移到武器系统,实现工程化应用,打造快速响应、经济可行的国防制造能力具有重要意义。

注重吸收民用制造技术的优势

美国政府历来面向全社会开放国防领域研究,在制造技术方面也不例外,力争充分吸收社会智慧和民用先进技术提升国防制造能力。

政府为满足国防需求建立的多个发展计划,都面向社会发布需求。例如,国防部小企业创新研究计划(SBIR)/小企业科技成果转移计划(STTR),工业基础创新研究基金(IBIF)计划等,均广泛吸纳社会相关中小企业直接参与国防制造技术研发与创新,这种模式对增强国防创新能力发挥了重要作用。2011年12月,尽管政府预算面临巨大压力,但美国国会仍通过了一个新的议案,即将到期的SBIR/STTR计划的有关法律延续了6年,并规定用于SBIR计划的经费由原来占总研发经费的2.5%逐年增加,至2017年达到3.2%。美国宇航局路易斯安娜州政府签署未来5年的战略合作协议,意在借助地方政府、高校等研究力量,提升美国在航天航空材料和制造技术方面的研发与创新能力,满足国家航天发展需求。美国国防预先研究计划局

(DARPA)着手构建通过互联网集成“社会智慧”的“众包”设计平台,并先后在无人机、军用车辆等项目中应用,以广泛吸收创新策略和方案,实现创新与高效的设计,大幅提高武器系统研制效率和质量。在自适应车辆制造计划中,采用“众包”设计实现了作战支援车从概念设计到原型制造用时不足半年。

总之,为了最大程度地满足国防需求,美国政府多年来一直并将继续坚持以开放的视野,充分吸收、借鉴和集成民用制造技术的优势,使国防制造技术发展以整个国家的科技工业基础为平台,进而推动武器装备研制生产能力大幅提升。

总结与启示

目前,美国政府正以国家安全、振兴制造业等名义,强调本土制造,将制造创新摆在了前所未有的重视高度,并将满足关键的国防需求放在非常重要的位置,通过协调多方资源,注重创新成果工程化、商业化应用。总的来说,美国国防制造技术发展策略具有以下特点:(1)将“快速响应、经济可行”作为国防制造技术的核心发展目标;(2)以制造技术创新研究为基础;(3)注重吸收民用技术优势。

作为创新大国和军事强国,美国仍然高度重视制造创新、重视国防制造能力发展。因此,对于美国采取的各项制造业发展措施及实施效果,我们应该密切关注、深入研究、尽早行动、为尽快缩短差距提供基础。美国在加大先进制造研发投资力度、提高制造创新水平与能力、充分调动社会资源、完善创新体系等方面的具体做法值得我国借鉴。统筹考虑当前急需和未来长远发展需求,关注制造前沿技术、大力推动制造技术创新研究、明确重点方向等措施将对发展我国航空航天等国防领域制造技术具有重要意义。(责编 夏宛)