

# 国内外先进制造技术应用的 经验总结和借鉴

谭显春<sup>1</sup>, 刘峰<sup>2</sup>, 刘大成<sup>1</sup>, 郑力<sup>1</sup>

(1. 清华大学工业工程系, 北京 100084; 2. 中国科学技术促进发展研究中心, 北京 100038)

**摘要:** 本文对工业发达国家先进制造技术的推广经验进行了归纳, 总结出国内外先进制造技术应用的经验主要在于拥有完善的技术开发和推广体系、制定计划推动先进制造技术发展、大力扶持中小企业应用先进制造技术、积极推动技术开发应用的多方合作、政府投入巨资支持先进制造技术开发和应用等方面。通过借鉴上述经验提出促进我国先进制造技术应用推广的启示, 旨在为我国市先进制造技术推广服务模式 and 机制的设计提供参考。

**关键词:** 先进制造技术; 推广应用; 经验; 借鉴

中图分类号: F062.4 文献标识码: A

## 1 国外先进制造技术开发和推广服务体系

国外先进制造技术的研究开发与服务体系, 由政府所属科研机构、大学、企业和民间机构组成。各类机构所从事的活动各有侧重。政府所属科研机构多从事有关先进制造技术的应用基础研究、公益性研究及制定有关政策所需要的研究; 大学主要从事与先进制造技术有关的基础性研究; 企业多从事与先进制造技术有关的应用研究和技术开发; 民间机构活动领域横跨与先进制造技术有关的应用研究、技术开发和技术服务<sup>[1-2]</sup>。

### 1) 科学研究体系。

工业发达国家的科学研究体系, 主要由政府科研机构和大学组成, 有些发达国家的大型企业也在此体系之中。政府科研机构和大学主要从事跨学科领域、探索性很强的基础性研究(包括基础研究和应用研究)。它们对国家科学技术的发展、产业技术水平的提高, 起到了“知识源”的作用(见表1)。

### 2) 技术开发体系。

发达国家的技术开发体系主要由企业下属科研与技术开发机构组成, 其研究开发活动又特别集中在少数大公司中进行, 如美国的通用电气公司、德国的西门子公司, 他们都设有自己的科研机构。这类机构规模相当庞大, 装备精良, 人员素质很高, 是工业科技的中坚力量(见表2)。

### 3) 技术服务体系。

各国技术推广与技术服务体系的结构及国家支持的重点, 随政府科研机构的设置与运行方式、该类机构与企业联系的密切程度不同而各异(见表3)。

## 2 先进制造技术开发和应用战略

工业发达国家和新兴工业化国家都积极对先进制造技术的发展进行规划、资助、协调与管理, 它们力图通过正确的政策导向, 大量的经费支持, 对重大计划或项目的规划、参与和介入, 完善的基础设施和社会中介机构等措施来为先进制造技术的发展创造一个富有创造性和革新性的环境, 并从中起到调控、引导和促进作用。

1) 积极制定先进制造技术发展战略、计划与政策。

表1 工业发达国家的科学研究体系

国家	研究机构	研究经费	研究领域
美国	联邦政府科研机构(国家实验室)约700余个;3 611所大学,1/3的大学兼作研究;重要研发集中在约100所大学中进行	政府年度科研经费约占整个联邦政府科技经费总额的1/3	制造工程、电力电子、材料科学与工程
日本	政府国立和公立科研机构约700个;大学科研机构有880个	政府年度科研经费占政府科技经费总额的比例约为45%	基础机械、材料、生产系统、机器人、生物机械工学及微型机械等
德国	政府科研机构近300个;大学200余所	政府年度科研经费占政府科技经费总额的比例略高于1/3	结构材料、零部件制造及组装、控制与传感器、数控机床及数据处理、计算机辅助设计、自动化、工业机器人、电镀与涂层等

表2 工业发达国家的技术开发体系

国家	大型企业科研组织结构	各部门职责
美国	企业是主体,以“轴心和辐条”的模式来组织研究开发活动的	“轴心”是公司的综合研究所,研究的课题偏重于基础性、综合性,是几年之后才能取得实际应用的项目;“辐条”是指分散在公司下面的研究所,各研究所的研究项目是针对现有产品或即将问世的产品。
日本	企业是主体,设有研究开发部、生产技术部和事业部。	研究开发部和生产技术部下属的研究所分两种:中央研究所,主要从事基础、长期性研究和前沿技术的开发,在公司的研究开发体制中占有重要的位置;与中央研究所同级的其他研究所,从事通用技术的开发和未来4~5年将要商品化的产品和技术的开发工作。事业部下属的研究开发机构承担本部门新产品的开发和推进本公司直属研究所的成果商品化工作。
德国	企业是主体,大型企业中都设有研究开发中心,中心内设有研究部和发展部。	研究部从事长远课题的研究,发展部则进行新产品的设计和现有产品的改进。大型企业的研究开发机构中,都设有设备齐全的实验中心和提供各种数据的技术资料中心。

表3 工业发达国家的技术服务体系

国家	概况	主要机构
美国	组织实施制造技术推广计划,强化已有的国家实验室技术转移联合体的功能,在联邦政府航空航天局技术转让系统基础上,建立了全国技术转让计算机网络、国家技术转让中心及六个地区的技术转让中心,以利于将技术成果推向社会。	美国国家实验室技术转移联合体 美国国家技术转让中心(NITC) 美国全国技术转让计算机网络
日本	日本的政府科研机构均设有技术洽谈部门,负责对企业的技术指导和技术转移。	产业技术振兴协会 科学技术振兴协会 中小企业事业团等
德国	各类科研机构均设有专门部门从事技术转让活动,建立了工商会创新服务站、技术转让与创新促进代理处等,以及面向技术中介人的技术转让机构网络——技术联盟。此外,主要由风险投资公司、技术中介公司、管理咨询公司等组成的民营服务机构也活跃在各国的技术转让活动中。	高校技术转让网络 马普创新公司 弗朗霍夫协会 德国科研专利中心 科研机构的咨询中心和用户演示中心等

为了研究开发先进制造技术,提高在制造领域的研究水平,许多国家均从战略的高度制定了一系列的重大发展战略、计划与政策(见表4)。

2) 大力扶持中小制造企业对先进制造技术开发和应用。

中小制造企业是各国经济的重要组成部分,是劳动力就业的主要场所。例如,在美国,中小制造企业占美国制造企业总数的99%,创造的产值超过美

国制造业总产值的一半,吸纳的就业人数达到制造业总人数的2/3,美国商务部国家标准与技术研究院(NIST)称:“中小企业是美国工业的重要支柱”;在日本,中小制造企业占制造企业总数的99.3%,从业人员占制造业总人数的80.6%,产值占制造业总产值的55.5%;在德国,只有1.7%的制造企业人数超过1000人,近75%的企业职工人数少于100人,因此德国绝大多数制造企业是中小企业。但是长期

表 4 工业发达国家制定先进制造技术发展策略、计划与政策

国家	主要计划	发起或实施机构	主要目标
美国	先进制造技术计划	联邦科学、工程与技术协调委员会	下一代智能制造单元与设备。 适用于快速而有效地设计新产品、工艺、设备及企业的集成化设计工具。 为确保企业能广泛了解和应用先进制造技术而进行的必要的基础设施的建设。
	技术再投资计划	国防部高级研究项目局、能源部、商务部国家标准与技术研究院	技术开发,在 5 年之内开发出具有明确或潜在军用与商业价值的新技术,以及利用现有技术开发出更好的产品和加工工艺。 技术推广应用,面向近期民用、军用产品与工艺推广当今新的科技成果。 制造技术的教育与培训,为长期巩固和加强国家工业基础而对劳动力进行必要的制造技术教育与培训,以提高劳动力素质。
	先进技术计划	商务部国家标准与技术研究院	微电子与电子制造、机床、先进汽车制造、化学加工、信息与通信、面向制造应用集成的技术、光电子制造、大型制造业中的材料加工技术,以及复合材料制造等。 制造应用集成的技术。
	面向制造应用的系统集成计划	美国商务部国家标准与技术研究院 (NIST)	制造系统环境,其中包括面向设计的信息协议、适用于电子元件信息交换的电子商务、框架集成、制造企业集成、生产/产品数据管理、快速反应制造、供应链集成、面向制造的虚拟环境及可视化等 15 个项目。 标准开发环境(其中包括应用协议开发环境、STEP 一致性测试、STEP 实施原型 3 个项目)。 试验平台与技术转让环境,其中包括先进制造系统与网络测试平台、适用于评价与优化产品和工艺设计的分析工具等 9 个项目。
日本	智能制造系统	日本通产省 (MITI) 1989	全面展望 21 世纪先进制造技术的发展趋势,先行开发下一代制造技术以解决全球制造业面临的共同问题,如提高产品质量和性能,促进科技成果转化,改善地球环境,推动全球制造信息、制造技术的体系化和标准化,快速响应制造业的全球化等。
	未来计划	日本科学振兴会 (JSPS)	
	风险企业型实验室计划	日本文部省 1995	促进创新性研究开发活动,为新工业和风险企业培养年轻的科技人才。
	促进创新性工业技术研究开发计划	日本通产省新能源与工业技术开发组织	资助工业界的基础研究开发项目,创造新工业、开发新技术,改善环境、提供稳定的能源供应,加速新工业的创建,促进中小企业实现工业现代化。
德国	2000 年生产计划	德国政府、企业界、科技界和工会组织	利用信息技术促进制造业的现代化;采用充分考虑人的需求和能力的生产方式;帮助企业增强市场竞争力;提高德国在制造领域的研究水平等。
	“质量保证计划”、“工作和技术计划”	德国教育、科学、研究与技术部	
韩国	高级先进技术国家计划	韩国科技部、工商部、能源部和交通部	到 2000 年把韩国的技术实力提高到世界一流工业发达国家水平。

以来,各国中小企业由于资金、技术、人力等问题不能及时采用世界上先进的技术成果,致使生产率较低,设备陈旧落后,如美国中小企业生产率的增长速度只相当于大型企业的 50%,这些使得它们在激烈的市场竞争中很难立足。为此各国政府都十分重视中小企业的发展,并积极采取相应措施(见表 5)。

3) 积极推动先进制造技术开发应用的多方合作。

近年来,各国政府非常重视各种形式的多方合

作,即打破政府、企业界和学术界之间的壁垒,鼓励它们广泛开展合作研究,这样有利于基础研究、应用研究与开发研究这 3 类研究的衔接,使科技成果能迅速应用到生产实践中。

美国、日本、韩国都积极推行“官产学研”大协作的科研管理体制,使科研机构不再游离于产业经济之外,而是成为产业技术开发的智囊(见表 6)。

4) 促进先进制造技术成果转化。

各国政府为加速先进制造技术成果转化,除了采用多方合作的方式外,还积极采用其他方式,在这方面,各国的作法各具特色(见表7)。

5) 政府投入巨额经费支持先进制造技术开发和应用。

工业发达国家政府自20世纪90年代以来大力支持先进制造技术开发和应用的情况(见表8)。

表5 工业发达国家大力扶持中小制造企业对先进制造技术开发和应用

国家	主要计划	发起或实施机构	主要目标
美国	制造业发展伙伴关系计划	美国商务部国家标准与技术研究院	建立面向中小企业的国家级技术服务网络。
日本	在各地建立172个技术中心		为中小企业提供咨询、试验、分析、培训员工等技术服务,并开设各类专题讨论会和教育课程,帮助企业提高自身的技术水平和生产经营水平。
德国	“中小企业研究合作计划”和“资本参与计划”	德国教育、科学、研究与技术部、经济部	中小企业与各类科研机构广泛开展合作研究,以改进企业的生产经营方式加速科技成果的实际应用。
英国	“迎接90年代计划”、“制造技术规划和实施研究计划”	英国政府	在中小企业的高中级管理人员中推广先进的技术和管理经验,使他们能够抓住市场机遇,开发出适销对路的产品。

表6 工业发达国家推动先进制造技术开发应用的多方合作

国家	主要措施
美国	将国家实验室推向市场第一线,鼓励它们与企业界联合开发一些重大计划,上面所述 AMT、TRP、ATP、MEP 等,也都是多方合作的计划。例如 ATP,针对每个具体项目,先由产业界或学术机构提交建议书,然后商务部国家标准与技术研究院(NIST)根据社会影响、技术水平、产业界参与程度、独创性等指标,通过公开竞争确定下来,规定每个项目应由企业、大学、联邦实验室共同开发,项目的经费由 NIST 和产业界各分担一半。
日本	日本科技厅计划建立一个联接 100 多个国家研究实验室和多个政府部门与机构的高速信息网络,建立这一网络的目的是为了进一步加强实验室与政府机构的合作。上面所述的“未来计划”、“风险企业型实验室计划”、“促进创新性工业技术研究开发计划”,均是采取“委托研究”与“合作研究”方式,即由计划发起单位委托给大学、国家研究实验室和企业,让它们进行合作研究。
韩国	韩国“产、学、研协同开发”的合作方式是通过企业、大学、政府研究机构共同组建“研究基金会”来实现的。到 1995 年,这类基金会已发展到 40 个,共有 768 家企业和 40 所大学参加。通过“产、学、研协同开发”,使企业技术开发投资的效率和研究成果的水平有了明显提高。“联系计划”和“先进技术计划”,这些计划也是由企业、大学、技术学院和政府科研机构联合实施的研究开发计划。

表7 工业发达国家促进先进制造技术成果转化

国家	主要措施
美国	美国政府允许国家实验室将一大批高科技成果应用于民用生产领域。放宽国防尖端技术用于民用的限制,将部分军事科研成果“解密”,使之更好地为民用服务。充分发挥技术咨询公司的作用,咨询公司经常发表一些有关先进制造技术的重大发展与动向的研究报告,引导和帮助企业实施先进制造技术项目。完善研究开发的基础设施环境。
日本	日本政府建立企业技术转让制度,直接出面组织大规模和重要的技术转让活动。将国家科技信息中心转变为一个覆盖全国主要城市科研机构和企业的联机系统,以进一步健全日本的全球技术扫描系统,并通过该系统向广大企业传播科技信息。通过 160 个市级工业研究所,帮助企业解决在新技术推广中遇到的难题。鼓励企业自主开发先进制造技术。
德国	德国政府贯彻“面向传播”的科研管理体制,鼓励科研院所、大学、工业协会、行业工会、地区性技术转让中心、创新中心向企业推广新技术,促进科技成果快速转化为新产品、新的生产过程。1997 年,德国政府推出“主导项目”计划——“促进科技成果快速转化为技术能力和新产品的新的尝试”。
英国	1991 年英国政府发起“工业单元支持计划”,该计划的目的是帮助高等院校获得管理、销售、法律和签约等方面的知识和经验,以促进高等院校向企业转让技术成果。1995 年,英国政府颁布在发表的题为《实现我们的潜力——科学、工程和技术战略》的基本国策。

### 3 我国先进制造技术应用推广的启示

先进制造技术是使一个国家和地区制造业强盛的关键所在,是企业兴旺发达的重要途径,是企业赢得市场竞争的有力武器。工业发达国家作法给了我们很多有益的启示。

1) 政府在企业应用先进制造技术的过程中起着重要的作用。

表8 工业发达国家政府支持先进制造技术开发和应用

国家	投入经费
美国	1994年各级政府部门在“先进制造技术计划”、“技术再投资计划”、“先进技术计划”、“制造业发展伙伴关系计划”上的投资金额分别为14亿、4.72亿、2.89亿和1.17亿美元。
日本	1995年在“未来计划”、“风险企业型实验室计划”、“促进创新性工业技术研究开发计划”上的投资分别为1亿、2.34亿和1.37亿美元。
德国	在“质量保证计划”、“保护环境的生产计划”、“微系统技术计划”上分别投资3.5亿、1.68亿和9千万马克;在“中小企业研究合作计划”、“资本参与计划”上共投资约12.1亿马克。
英国	在“联系计划”、“先进技术计划”、“工业单元支持计划”上的投资分别为1.94亿、1.65亿和400万英镑。
韩国	在“先进制造系统”项目上,至2002年投资总额已达到5.95亿美元。

企业发展和应用先进制造技术是微观经济行为,但深深受到环境背景的影响和作用。其中,在创造一个利于微观经济发展的宏观环境方面,政府大有作为。一些工业发达国家和新兴工业化国家都积极对先进制造技术的发展进行规划、资助、协调与管理,它们力图通过正确的政策导向,大量的经费支持,对重大计划或项目的规划、参与和介入,完善的基础设施和社会中介机构等措施来为先进制造技术的发展创造一个富有创造性和革新性的环境,并从中起到调控、引导和促进作用。

在政府和市场的双重作用下,一些发达国家已经形成了完善的先进制造技术的研究开发与服务体系,有力地推动了先进制造技术的开发和应用,提高了本国和地区的产业竞争力。这个服务体系由政府所属科研机构、大学、企业和民间机构组成。各类机构所从事的活动各有侧重。政府所属科研机构多从事有关先进制造技术的应用基础研究、公益性研究及制定有关政策所需要的研究;大学主要从事与先进制造技术有关的基础性研究;企业多从事与先进制造技术有关的应用研究和技术开发;民间机构活动领域横跨与先进制造技术有关的应用研究、技术开发和技术服务。

#### 2) 先进制造技术的应用需要政府大力投入。

先进制造技术涉及面广,技术难度大,其研究与推广应用都需要投入大量的人力、物力和财力。综观发达工业国家和新兴工业化国家在先进制造技术的发展上,政府均投入巨额经费,而地方、企业、高校和研究院所也投入了相当大的力量。因此,在我国大力发展现代制造业的情况下,应把推动先

进制造技术在制造业企业中的应用作为科教兴市的重要工作,政府应设法在资金上给予大力支持,并出面组织、协调先进制造技术的各项工作。

3) 促进产学研结合,建立先进制造技术供需链条,重点在应用。

应建立一套有效的从企业先进制造技术需求诊断、方案设计、二次开发到后续的培训服务等的一条龙的先进制造技术供需链条,使先进制造技术从科学的殿堂走入经济建设的主战场。作为国家级工程研究中心,应把重点放在技术要求高、具有广阔应用前景的基础研究上;而地方科研院所、大学和大企业,应根据现有的科研实力和物质基础,建立关键技术和实用技术重点实验室,将某些关键技术和实用技术的研究开发放在这一级;同时,在这些科研院所、大学或大企业建立地区级或省级的推广应用中心,重点放在人才培训和科技成果的推广应用上;作为企业,应主动与科研院所、大学相结合,将研究重点放到与自身发展有关的技术上,以尽快将科技成果转化为生产力。

4) 以人为本、培育人才,积极开展先进制造技术的教育与培训。

竞争是企业成功的动力,而各种竞争最终都归结为人才竞争,人才是企业最宝贵的财富。像文中前面提到的柔性制造、集成制造、敏捷制造、智能制造、绿色制造等,这些都需要创新性、多面手型、自律性、合作型人才。因此,为提高企业整体素质,应把人才教育与培训当作一件大事来抓。美国在其先进制造技术发展战略里,就将积极实施先进制造技术的教育与培训作为重点内容。

## 参考文献:

- [1] 徐禄平,方杰. 国内外技术创新服务体系[M]. 北京: 新华出版社, 2002.  
 [2] 北京市技术创新与生产力促进中心. 北京制造业[M]. 北京: 中国对外翻译出版公司, 2000.