

“数控一代”示范工程引领和推动共性使能技术在中小企业推广应用

魏峰^{1,2}, 周源², 薛澜²

(1. 中国工程院, 北京 100088; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

摘要: 数控技术是推动机械产品升级换代的关键共性使能技术。考虑到广大中小企业自身技术、资金等诸多障碍和市场失灵、组织失灵问题, 共性使能技术在推广应用中存在严重的“死亡之谷”现象。“数控一代”示范工程的工作方针是以需求为牵引、以创新为动力、以企业为主体、“用产学研金政”紧密结合、重点突破、成功示范。“数控一代”示范工程将数控技术应用到典型行业的机械产品中, 使装备和产品性能得到本质提升, 加快机械产品整体升级换代和企业向可持续发展转型升级的步伐, 在共性使能技术研发与企业创新生产之间的鸿沟上架起一座桥梁, 取得了显著的成就, 是共性使能技术推广应用的成功范例, 为进一步在各个行业、区域全面普及数控技术及开展“智能一代”机械产品创新应用工程提供有益借鉴并奠定坚实的基础。

关键词: 示范工程; 共性使能技术; 技术创新扩散; 中小企业; 转型升级

中图分类号: TP13 **文献标识码:** A

A Project Guide for the Numerical Control Generation Demonstration Project to Promote the Application of Generic Enabling Technology in Small and Medium Enterprises

Wei Feng^{1,2}, Zhou Yuan², Xue Lan²

(1. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 2. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Numerical Control (NC) technology is a key and generic enabling technology to promote the upgrading of mechanical products. Considering the barriers in technology and capital, among others that affect small and medium enterprises (SMEs) and that may lead to market failure and organization failure, there is a serious “Death Valley” phenomenon in the application of generic enabling technology. The working principle of the NC Generation Demonstration Project is to take demand as traction, innovation as driving power, and enterprise as the main body of technological innovation; and then to combine multivariate innovation between industry,

收稿日期: 2017-04-25; 修回日期: 2017-05-22

通讯作者: 周源, 清华大学公共管理学院, 副教授, 主要从事公共政策、创新政策、创新管理领域的研究工作;

E-mail: zhou_yuan@mail.tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“制造强国战略研究(二期)”(2015-ZD-15); 国家自然科学基金项目(L1524015, 71203117); 教育部人文社会科学研究基金项目(16JDGC011); 中国博士后科学基金项目(2016M601090); 清华大学绿色经济与可持续发展研究中心研究子项目(20153000181)

本刊网址: www.enginsci.cn

universities, academic research, finance, and government, break through at key points, and successfully demonstrate NC generation projects. The NC Generation Demonstration Project applies NC technology to the mechanical products of a typical industry, essentially improving the product performance. In general, it speeds up the overall upgrading of mechanical products and promotes the transformation and upgrading of an enterprise toward sustainable development. In this way, the NC Generation Demonstration Project bridges the gap between generic enabling technology R&D and enterprises' innovative production. This project has led to some remarkable accomplishments, and is a successful example of the application of generic enabling technology. The NC Generation Demonstration Project provides a helpful reference and establishes a solid foundation for the further implementation of the comprehensive popularization of NC technology in various industries and regions.

Keywords: demonstration project; generic enabling technology; technology innovation diffusion; small and medium enterprises; transformation and upgrading

一、前言

实施创新驱动发展战略是制造业转型升级的根本动力 [1,2]。近年来,中国逐步发展成为全球制造业中心,然而众多企业处于较低的生产效率和创新水平,供给与需求不匹配的结构性失衡问题已成为制约中国经济动能释放的关键所在。未来要以结构性改革为主线,深入推动供给侧结构性改革,不断通过创新驱动满足需求的升级和发展。制造业升级换代主要包括两个方面:一是新兴高新技术及其产业的发展;二是传统优势产业的发展,需要通过共性使能技术的推广应用带动其转型升级 [1,3]。

共性使能技术用以解决各行业机械产品升级换代面临的共性问题 [4,5],能够有效激活传统制造业的动能,推动其结构优化转型升级。共性使能技术的推广和应用是以技术的创新为基础,以市场为导向,以提高产业的核心竞争力为目标,将重点聚焦于创新技术在企业与企业、产业与产业之间的扩散。为抢占全球经济科技竞争制高点,一些国际组织和国家纷纷制定了共性使能技术的发展战略。2009年9月欧盟委员会发布了《欧洲关键使能技术发展共同战略》,2012年11月英国技术战略委员会公布了《2012—2015使能技术战略》。欧盟委员会认为,关键使能技术将极大促进通信、医疗器材、汽车及航空航天等领域的发展,提升未来10年欧盟的国际竞争力 [6]。

整体上看,共性使能技术所具有的外部性、共享性导致纯市场机制的供给不足,存在市场失灵现象。共性使能技术的超前性、风险性导致其技术创新活动尤为复杂,单一技术创新主体难以担负起技术创新扩散过程中的全部活动,存在组织失灵现象 [4,5,7]。针对中小企业,国内外推广共性使能技术面临的障碍是在政府重点资助的技术研究开发和产业界重点推进的创新及生产之间往往存在着

一条鸿沟,即“死亡之谷”现象 [7,8],导致其科研成果转化极为不畅。如果众多科研成果无法成功跨越“死亡之谷”,无法较好地转化为生产能力,并提高国家竞争力水平,那么科技投入效益便会大为降低,科技研发成果的价值也就无法得到充分体现。因此,政府有必要发挥引导和服务作用,通过有限的政府资源广泛调动企业及各类创新组织的积极性,促进创新链、产业链与金融链的有机融合,将共性使能技术与企业需求紧密结合,以使众多技术研究成果特别是面向众多行业领域的共性使能技术研究成果能够顺利越过“死亡之谷”,实现产业化并走向市场(如图1所示)。为了跨越这一鸿沟,多个国家和地区构建了技术创新体系,该体系包括技术研究、产品示范等,强调共性使能技术的研发和应用,尤其注重采用新的政策手段大力支持共性使能技术成果的产业化、市场化。例如,德国弗朗霍夫协会主要从事应用型共性使能技术研究,并联合各类科研院所向企业、行业提供技术和信息服务,实现科技成果的转化,协助企业特别是中小企业开发新产品,成功地在共性使能技术研发和产业应用之间架起一座协同创新的桥梁。

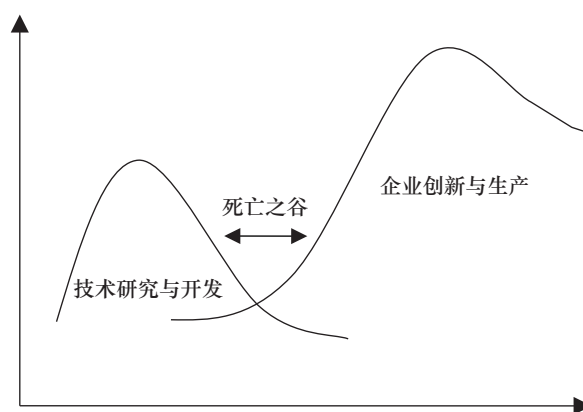


图1 科研成果转化中的“死亡之谷”现象

当前,在中国的科研成果转化过程中也存在突出问题,科技与产业之间的“两张皮”现象比较严重。中国的科技成果转化、专利转化率及专利推广率不但远低于西方发达国家,而且与新兴工业化国家相比也不具有优势,主要是在技术创新链中科技链和产业链之间存在着严重的脱节。

数控技术是先进信息技术与机械制造技术相结合的共性使能技术 [1,3]。机械产品的数控化创新有鲜明特征和本质规律,对制造业的转型升级具有重要的现实意义,将数控技术与各行业机械产品结合进行创新,可以引发机械产品发生根本性变化,使其功能、性能产生质的飞跃,从而全面提升制造业市场的竞争力水平。就数控技术而言,西方发达国家花费了60多年的时间进行推广应用并实现了基本普及。中国广大中小企业在数控化升级改造方面具有强大需求,然而考虑其自身技术、资金等各类障碍及市场与组织失灵现象,数控技术在与企业机械产品结合的创新过程中面临诸多困难。因此,需要开展政府引导的示范工程推动其在中小企业推广应用 [9,10]。按照制造业全局发展的战略部署,中国在“十二五”期间开展实施了“数控一代”机械产品创新应用示范工程(简称“数控一代”示范工程)。经过几年的实践证明,“数控一代”示范工程有效地引领和推动了数控技术在重点行业中小企业里的

推广和应用,在共性使能技术研发与产品创新应用之间的鸿沟上架起一座桥梁,取得了巨大成效,是共性使能技术推广应用的成功范例,为下一阶段面向各个行业、区域全面普及数控技术积累了宝贵经验。

二、“数控一代”示范工程引领和推动数控技术在中小企业推广应用

(一) 数控技术是推动机械产品升级换代的关键共性使能技术

长期以来,制造业生产率增长主要源于科技创新和技术成果产业化。历史上产业结构调整 and 机械产品升级的实现历程如图2所示:蒸汽机技术使人力制作时代迈进机械化时代(工业1.0或机械一代);电气技术使机械工业由机械化时代迈进电气化时代(工业2.0或电气一代);数控技术正在使机械工业由电气化时代迈进数字化时代(工业3.0或数控一代);智能技术则将使机械工业由数字化时代跃升为智能化时代(工业4.0或智能一代) [3,11]。

历史上,机械产品的演化创新主要有两种方式 [1]:一是创新工作原理或工作装置,是极为重要的根本性的颠覆;二是创新机械运动的动力装置和传动装置。传统机械产品主要包括动力装置、传

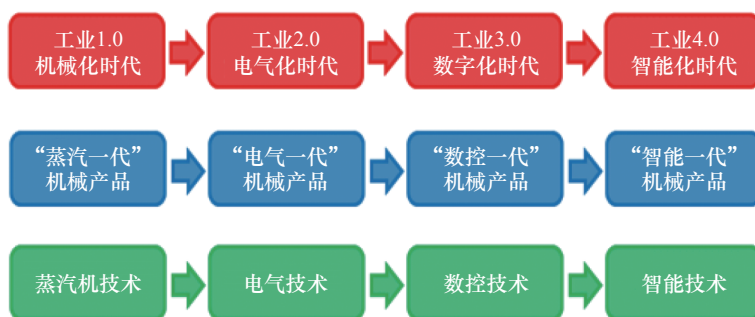


图2 机械产品升级历程（一代技术、一代产品、一代工业）

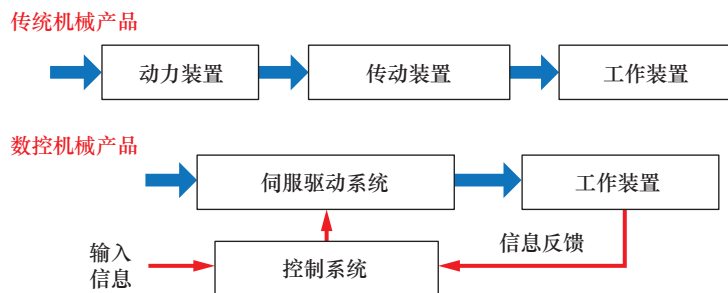


图3 传统机械产品和数控机械产品的结构

动装置、工作装置，机械产品的数控化即是对其动力装置和传动装置的创新（如图3所示）。

数控化创新具有典型特征和本质规律，可以应用于各类机械产品，并引起机械产品的升级换代和制造业的深刻变革。数控化的技术核心有两方面[1]：一是用伺服电机驱动系统代替传统的动力装置和传动装置；二是用计算机控制系统对机械运动和工作过程进行控制。数控技术可以使机械产品的内涵和性能发生根本性变化，是促进机械产品创新的典型共性使能技术。

应用数控技术进行机械产品创新的技术路线清晰明确、技术成熟稳定，能够广泛应用于各行业机械装备和产品的全面创新[1,3]：如建工建材机械、印刷和包装机械、纺织机械、轻工机械、金属加工机械、塑料加工机械、玻璃及陶瓷加工机械、电子元器件加工机械、食品饮料加工机械等各类机械装备，以及国防军工设备、交通运输设备、起重运输设备、工程机械设备、医疗仪器设备、科研教学仪器设备、办公用设备、服务业专用设备等各类机械产品。可以看到，数控技术能够普遍应用到各类机械装备和产品的创新，从而促进机械产品升级换代，引领整个机械工业产生深刻变革。

（二）“数控一代”示范工程的组织和实施

2011年初，18位中国工程院院士联名提出了关于实施和开展数控技术在机械产品创新应用工程的相关建议，得到中共中央的高度重视。2012年，科学技术部、工业和信息化部、中国工程院联合国务院相关部委启动了“数控一代机械产品创新应用示范工程”，并出台了《数控一代机械产品创新应用示范工程“十二五”规划》。

“十二五”期间，“数控一代”示范工程坚持以数控技术的推广应用为引领，努力提高机械行业企业的自主创新能力，不断提升产品质量和生产效率，增加机械设备产品附加值，实现产品转型升级和机械装备的更新换代，促进我国机械工程领域的科技进步[12,13]。通过实施开展“数控一代”示范工程，突破了数控机械设备设计、专用控制、工艺优化等关键技术，形成了专业化设计工具、控制系统和工艺软件，广泛应用于重点行业的产品创新，并在重点区域进行推广应用，取得了积极成效，为进一步在全国范围内推动数控技术在各机械行业的全面普

及和应用奠定了坚实的基础（如图4所示）。“数控一代”示范工程的工作方针是以需求为牵引、以创新为动力、以企业为主体、“用产学研金政”紧密结合、重点突破、成功示范[13]。

需求牵引：始终以机械产品生产企业发展、机械产品制造业转型升级和地方支柱产业发展的需求作为目的；围绕企业业务过程，实现企业核心业务与数控技术的深度融合。

创新驱动：充分利用数字控制技术、计算机技术、功率器件技术、电机技术、数字化设计技术等高新技术成果，发挥科技引领和支撑作用，提高机械装备企业自主创新能力和综合竞争力。

服务企业：把“提高企业效益、效率”作为数控机械产品创新的根本目标，结合重点行业和地方支柱产业的发展，做“深”、做“透”、做“精”。

行业示范：选择印刷和包装机械、轻工建材机械、纺织机械、塑料及其他相关行业机械等一批产业带动性强、关联度高、具有典型代表性和显著影响力的制造业行业。

区域示范：根据区域“转方式、调结构”战略需求，在长江三角洲、珠江三角洲、中西部工业重点地区、东北老工业基地等区域，以专业镇、示范省市等形式，以地方政府和科技主管部门为依托组织实施。

组织形态：“用产学研金政”紧密结合，以市场为导向，企业为核心，多元创新主体围绕共同的目标协同创新。此外，强化组织保障，成立领导小组、专家组和专家咨询组，分别负责审批总体规划、协调指导工作，以及把握发展战略并提供技术指导和咨询。

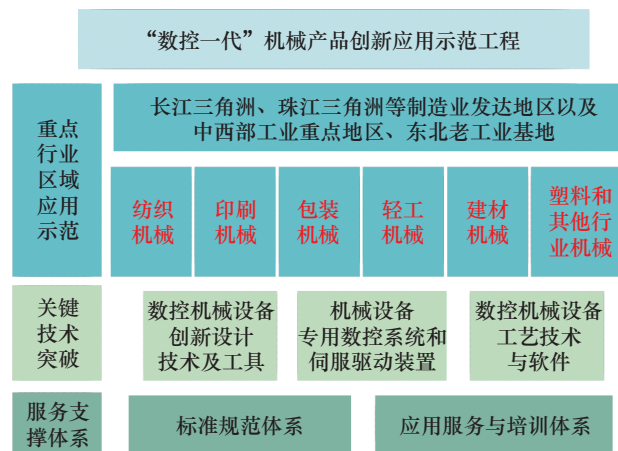


图4 “数控一代”示范工程总体框架

政策模式：示范工程以国家科技支撑计划的形式开展，以有限的财政投入积极调动各方积极性，有效撬动大量社会资源的投入。按照“下游考核上游、整机考核部件、应用考核技术、市场考核产品”的模式，实现数控技术的推广和应用。

经过几年的不懈努力，“数控一代”示范工程取得了丰硕成果，赢得企业界的普遍欢迎和赞誉。2016年6月，全国“数控一代”创新应用工程现场工作会上，科技部对“十二五”期间“数控一代”示范工程在实施过程中的经验、成就和改进方向进行了总结和分析 [2]。

（三）“数控一代”示范工程推动中小企业转型升级

1. 推动机械产品升级换代

“数控一代”示范工程是数控技术这一先进实用技术的推广应用工程，也是各行业各种类机械装备和产品应用共性使能技术进行革命性集成式创新的过程。工程围绕市场需求，通过应用技术创新，使科技创新成果与企业需求紧密结合，在重点行业研发突破了一大批先进的数控化装备。这一成果转化过程，是面向专业应用市场需求的再设计、再开发、再创新的过程。“十二五”期间，我国累计成功研制数控化设备 200 余种，推广应用 22 万套，建成 70 余条数控化示范生产线，培训了 2 万余人次的专业人才，取得了一系列创新成果，推动一大批示范行业里中小企业的机械产品升级换代 [2]。

2. 引领传统制造业重点行业转型升级

“数控一代”示范工程通过大力推广自主创新

的先进数控技术，促进了传统机械装备和产品的升级换代，有力推动了其在重点行业的广泛应用，显著提高了传统制造业的生产效率和产品质量，支撑量大面广的传统机械行业转型升级，取得了巨大的经济效益和社会效益。例如，在纺织机械行业，成功开发出数控横机装备，可进行各种材料、各种复杂花型的自动编织，每台设备效率相当于 8 台手摇织机，每个工人可同时操纵 6 台数控织机，单个工人的劳动效率提高了 48 倍，目前已在全国编织行业得到普遍应用，产生了显著的经济效益。再如，在塑料机械行业，大力推广伺服驱动的数控注塑机装备，对旧设备进行大规模技术改造，国内新生产的主流注塑机都已全面采用数控技术，实现了平均 50% 以上的节电效率，产生了显著的社会效益（如图 5 所示）。

3. 支撑制造业集中区域经济持续发展

“数控一代”示范工程紧密结合地方支柱性产业发展，有代表性地选取重点行业和重点区域先行示范。通过示范工程推动，电子制造装备、齿轮制造与工业机器人、汽车零部件制造装备、纺织机械等分别成为各地产业发展的新增长点，形成以点带面提升机械产品数控化率的热潮，培育和完善了区域内相关数控产品产业链，提升了区域内机械产品自主创新能力和产品附加值，促进产业集聚和集群发展。例如，针对湖北省汽车零部件制造企业对制造装备的实际需求，通过国产数控装备的示范应用及数控化改造，实现了汽车零部件加工装备的创新，提高了汽车零部件产业国产关键装备的占有率及数

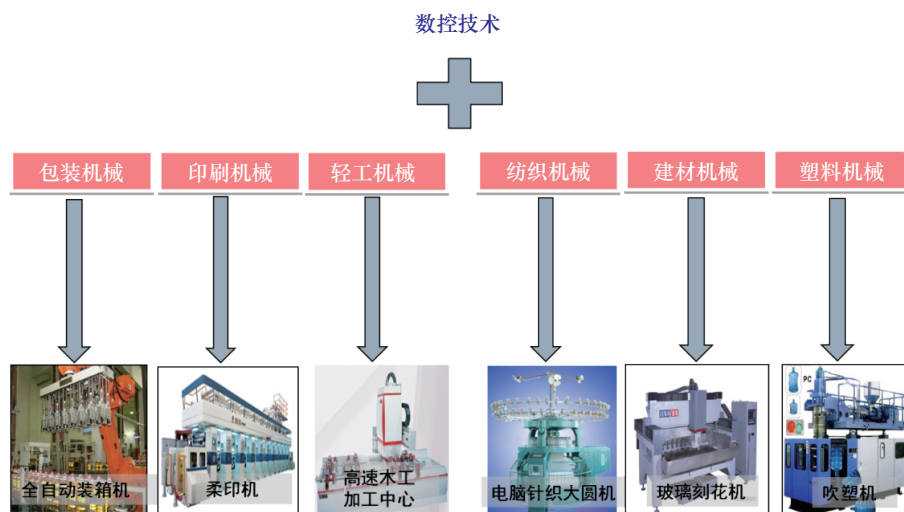


图 5 数控技术扩散和机械产品创新

控化率。在湖北千里汽车长廊围绕汽车底盘、发动机、变速箱、液压等汽车关键零部件的多家生产企业推广应用数控装备，进行传统装备的数控化改造，其主要技术指标已达国际先进水平。再如，围绕重庆市齿轮行业企业的需求，在制齿工艺及装备数控化技术研究、数控制齿装备研发、数控制齿装备应用示范及产业化等方面开展工作，向重庆市齿轮加工行业推广应用各类数控装备约 5 000 台，其中数控机床达 3 000 多台，为促进区域经济发展做出了重要贡献。

三、“数控一代”示范工程的启示和意义

(一)“数控一代”示范工程成功的属性分析

1. 政策特性

针对市场失灵，政府发挥了重要的引领和推动作用。“数控一代”示范工程以国家科技支撑计划的形式开展实施，从中央到省、市层面出台了多项相关配套政策，将企业、大学、科研机构及其他相关组织等各方资源整合起来，推动了产学研合作向纵深发展，共同开展数控技术及产品的研发与应用。示范工程有效提升了传统产业企业的创新能力和创新效率，解决了市场经济条件下共性使能技术在供给与扩散过程中的难题。

“数控一代”示范工程以有限的财政投入，有效撬动了企业和金融机构大量社会资本的投入，为工程顺利开展提供资金保障。在市场经济条件下，共性使能技术推广应用过程中的市场和组织双重失灵的特性，为政府的介入提供了充分的理论依据。政府的作用就是弥补市场缺陷、提高创新资源配置

效率、保障共性使能技术的有效供给。示范工程在开展过程中，政府积极引导并提供服务，基于国家产业发展战略和企业技术需求，激励科研、金融等机构主动参与经济建设。图 6 为重庆市在多个领域调动各方资金投入“数控一代”示范工程的情况。

2. 技术特性

技术创新是根本动力。从 20 世纪 70 年代开始，中国在数控技术领域经过多年的持续攻关，数控装备制造和数控系统已形成较完备的共性使能技术研发体系。国产经济型数控系统已主导国内市场，中档数控系统形成了产业规模，高档数控系统也已经掌握关键技术。数控技术的稳定性、可靠性、适用性和安全性不断提高，为推广普及数控技术、提高机械产品创新能力奠定了较为坚实的基础。中国的数控技术已发展到了成熟稳定、质量可靠的阶段，推广应用的基础条件已经成熟。

“数控一代”示范工程是数控技术这一先进实用技术的推广应用工程。数控技术作为共性使能技术与机械产品工艺相结合，可以实现机械设备的数字化控制，引发机械产品发生根本性的变化，使产品的功能极大丰富、性能发生质的飞跃，形成革命性集成式的创新，可以提升机械产品的质量水平和市场竞争力。

3. 组织特性

针对组织失灵，“数控一代”示范工程是“产学研金政”相结合的一个典型示范和成功尝试，真正实现了研发实践和创新需求来源于企业，创新活动由企业主导，创新投入以企业为主体，创新成果主要应用于企业，其中高校、科研院所发挥支撑

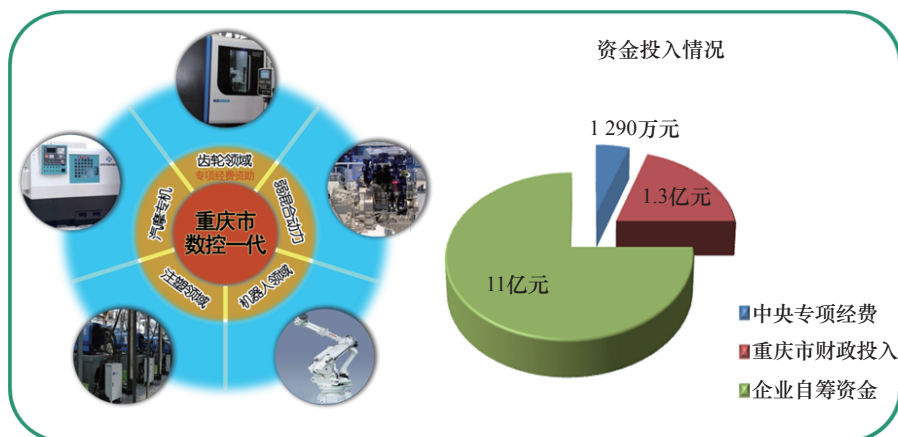


图 6 重庆市在多个领域调动各方资金投入“数控一代”示范工程

和促进作用。数控技术作为制造业关键的共性使能技术，其推广应用是一项复杂的系统工程，单纯依靠企业、大学或科研院所任何一种组织力量，都是不够和不现实的。只有在基于产业发展战略和企业真正技术需求的前提下，将企业、高校、科研院所及各类创新组织的资源、力量、智慧整合起来，才能推动数控技术在企业的推广应用。

多元化创新组织扮演了协同合作角色，应用研究中通常需要构建一个跨学科且紧密合作型的研究团队，在机械产品的数控化研制过程中，既涉及数控技术基础问题，又涉及机械产品的工艺需求，产学研之间形成创新集群开展合作至关重要。为实现机械产品数控化升级的目标，各创新组织有针对性地开展产业需求研发，既有明确的科研分工，同时又与其他组织进行频繁的信息互通、资源交换，以及开展各种不同形式的合作，形成了一大批产学研合作应用示范项目以及创新成果。

4. 市场特性

“数控一代”示范工程以广大制造业企业为核心主体，紧密围绕生产过程中的实际需求开展创新应用。广大制造业企业在机械产品的数控化升级方面需求强烈，数控技术及产品在中国具有广阔的潜在应用市场空间。只有解决科研成果转化环节的“搭桥助力”问题，以及从源头上解决科研项目的产业关联度问题，才能成功跨越“死亡之谷”。在此过程中，企业不再是单纯的生产机构，而是经济活动和技术创新的主体，企业在机械产品创新活动中要成为创新应用的主要实践者。

示范工程在开展过程中，以市场化的理念为先导，以问题为切入点，运用经济杠杆和市场调节方式撬动广泛的市场资源投入，调动了企业、高校、科研院所、金融等多元创新主体的积极性并提供相关辅助支撑，动员和组织了量大面广的制造业企业，在市场经济的原则下克服各种障碍并主动开展数控化机械产品的创新和应用，以市场化方式加快数控技术向中小企业推广应用的步伐。

(二) “数控一代”示范工程的重要意义

中国要成为制造强国，不但要实现前沿技术、战略高技术的突破，而且要关注量大面广的传统制造业实现转型升级，走跨越式发展道路。促进共性使能技术从实验室走向市场，实现转移转化既

是实施创新驱动发展战略的关键任务，也是客观存在的难题。由于过去很多公益性科研院所经过了企业化改制，而中小企业存在技术资金等障碍，该问题在传统制造业尤为突出，因此，“数控一代”示范工程的实施具有深远的战略意义并产生了积极的现实效益。

“数控一代”示范工程的实施有效地解决了科技和产业脱节的“两张皮”问题，跨越了科技成果转化不畅的“死亡之谷”，引领和推动数控技术的推广应用，促进关键共性使能技术在传统制造业重点行业中的创新应用，实现产业转型升级。“数控一代”示范工程在共性使能技术研发与企业创新生产之间架起一座桥梁，是一个成功典范（如图7所示）。

“数控一代”示范工程瞄准需求开展产品创新，运用经济杠杆和市场调节方式，通过有限的政府资源广泛调动各类社会资源的积极性，促进创新链、产业链与金融链的有机融合，实现多元创新个体协同合作，将共性使能技术与企业需求紧密结合，在多个行业不断开发出多种数控化机械产品并推广应用，有效落实了《促进科技成果转化法》，具有普遍的代表性，可以为后续开展相关共性使能技术的推广应用提供有益借鉴。

数控技术作为关键共性使能技术是关乎国家产业全局升级发展的重要基础。发挥中国社会制度优越性开展“数控一代”示范工程树立了共性使能技术推广应用的成功范例，有望加快机械产品整体升级换代的进程，并为“十三五”期间在示范工程基础上进一步在各个行业、区域全面开展“数控一代”推广应用工程，以及“十三五”期间开展“智能一代”

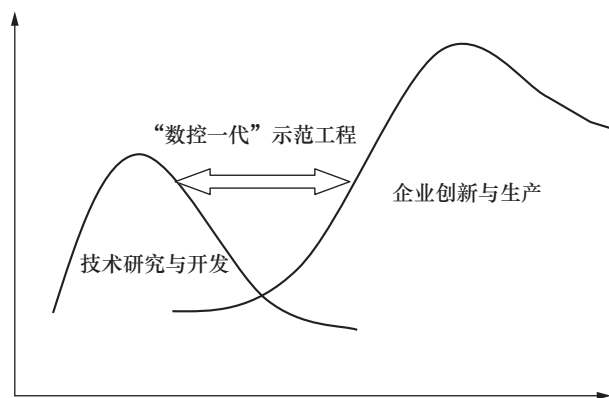


图7 “数控一代”示范工程在共性使能技术研发和企业创新生产之间成功架起一座桥梁

示范工程和“十四五”期间开展“智能一代”推广应用工程奠定坚实的基础。有望早日实现制造强国建设“工业 2.0 补课, 3.0 普及, 4.0 试点示范”的战略目标。

参考文献

- [1] 周济, 邵新宇, 周艳红. “数控一代”机械产品创新工程的战略意义和技术路线 [J]. 中国机械工程, 2012, 23(1): 1-6.
Zhou J, Shao X Y, Zhou Y H. Strategic significance and technical route of “NC generation” mechanical product innovation project [J]. China Mechanical Engineering, 2012, 23(1): 1-6.
- [2] 万钢. 贯彻落实全国科技创新大会精神, 大力推动数控一代创新工程 [R]. 泉州: 2016.
Wan G. Implementing the spirit of national science & technology innovation conference and promoting the NC generation innovation project [R]. Quanzhou: 2016.
- [3] Zhou J. Digitalization and intelligentization of manufacturing industry [J]. Advances in Manufacturing, 2013, 1(1): 1-7.
- [4] 干勇. 中国工业化中后期过渡阶段产业共性技术支撑体系建设研究 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
Gan Y. Research on industrial generic technology support system of China's industrialization mid-to-late transition stage [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.
- [5] 李纪珍. 我国产业共性技术供给和扩散的发展历程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
Li J Z. The development phases of industrial generic technology supply and diffusion in China [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.
- [6] Commission of the European Communities. Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU [R]. Brussels, 2009.
- [7] 傅家骥. 技术创新学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
Fu J J. The theory of technological innovation [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998.
- [8] Auerswald P E, Branscomb L M. Valleys of death and Darwinian seas: Financing the invention to innovation transition in the United States [J]. The Journal of Technology Transfer, 2003, 28(3): 227-239.
- [9] Zhou Y, Zhang H, Ding M. How public demonstration projects affect the emergence of new industries: An empirical study of electric vehicles in China [J]. Innovation Management Policy & Practice, 2015, 15(2): 1-23.
- [10] Robertson P, Patel P. New wine in old bottles: Technological diffusion in developed economies [J]. Research Policy, 2007, 36(5): 708-721.
- [11] Blainjofson E, McAfee A. 第二次机器革命 [M]. 北京: 中信出版社, 2014.
Blainjofson E, McAfee A. The second machine age [M]. Beijing: China CITIC Press, 2014.
- [12] 魏峰, 周源, 薛澜. 中国制造数控一代产品升级与有组织创新——以泉州数控一代创新工程为案例 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(6): 110-116.
Wei F, Zhou Y, Xue L. Upgrade and organized innovation of China's NC generation products: A case study in Quanzhou city [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(6): 110-116.
- [13] 中国机械工程学会. “数控一代”案例集 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2015.
China Mechanical Engineering Society. Cases of CNC machinery equipment [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2015.