

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2013.00184

“信息化背景下的经济转型与社会管理：挑战与对策”专刊

# “第三次工业革命”、制造的重新定义与中国制造业发展

黄群慧，贺俊

(中国社会科学院工业经济研究所，北京 100836)

**摘要：**“第三次工业革命”的含义不仅限于通过机器对劳动的替代实现更低的生产成本，还在于通过先进制造技术与知识型员工和新的生产管理方法的有效结合达到产品多样性、产品开发周期、产品性能和产能灵活性的综合优化。它将改变制造业的要素投入结构和制造业企业竞争的关键资源基础、制造业的产业组织形态和国家间产业竞争的范式、国家的比较优势条件，从而重塑全球经济地理和产业分工格局。中国制造业的发展思路应当从过去的“强化比较成本优势”向“形成新的竞争优势”转变，产业政策应当在加快先进制造技术突破和制造基础设施建设的同时，注重先进制造技术和制造系统的示范、推广和应用，通过现代生产管理和制度政策环境的建设，将先进制造技术切实转为产业竞争力和现实经济利益，开辟符合中国自身产业基础和要素禀赋特征的独特的制造技术升级路径。

**关键词：**“第三次工业革命”；先进制造技术；技术经济范式；工业发展；制造；制造业

**中图分类号：**F403.6      **文献标识码：**A      **文章编号：**1674-4969(2013)02-0184-10

## 引言

由于不同的学者对经济技术发展过程的关注点不同，其对“第三次工业革命”的界定也会存在差异。以英国皇家工程院生物医学与生物工程学部主席 Kitney 院士为代表的学者认为，以系统生物学与合成生物学耦合为核心的生物技术突破正在酝酿人类的“第三次工业革命”。而以 Rifkin 为代表的未来学家认为，正在发展中的“第三次工业革命”则是基于互联网的通信技术和可再生能源系统融合发展的结果。本文接受英国《经济学家》杂志的观点，从工业生产所依赖的主导性制造系统的技术经济特征的角度来界定三次工业革命：第一次工业革命是 18 世纪中后期以后由于

蒸汽机的改良和大规模应用而形成的机械化生产方式；第二次工业革命是 20 世纪早期出现的以“福特制”为代表的流水线生产方式；而当前方兴未艾的“第三次工业革命”，是由于人工智能、数字制造和工业机器人等基础技术的成熟和成本下降，出现的以数字制造和智能制造为代表的现代制造技术对既有制造范式的改造，以及基于现代制造技术的新型制造范式，其核心特征是制造的数字化、智能化和个性化。

全球金融危机以后，除西方发达国家推动的新的全球投资贸易秩序形成、中国国内新一轮的市场化和收入分配改革等经济和社会性因素以外，“第三次工业革命”背景下制造技术的突破与

收稿日期：2012-12-18；修回日期：2012-01-09

基金项目：中国社会科学院工业经济研究所重点课题（2012）“‘第三次工业革命’对中国工业的影响”（GJSZD201204）

作者简介：黄群慧（1966-），男，研究员，主要研究方向为企业管理和工业发展。E-mail：huang.q.h@263.net

贺俊（1976-），男，副研究员，主要研究方向为技术创新。E-mail：econhejun@126.com

发展,很可能是影响未来中国长期经济社会发展方向和全球产业竞争力的最重要的技术性因素。

“第三次工业革命”以智能化、数字化、信息化技术的发展为基础,以现代基础制造技术对大规模流水线和柔性制造系统的改造为主体,以基于可重构生产系统的个性化制造和快速市场反应为特点,是一场嵌入在技术、管理和制度系统中的技术经济范式的深刻变革。“第三次工业革命”肇始于制造技术的突破和发展,但将先进制造技术转化为一国现实的产业竞争力和经济利益,却是生产设备与现场操作者的能力结构、微观企业的管理系统和宏观的制度政策框架相互适应、协同演进的复杂过程。这场变革不仅会改变制造业的要素投入结构和制造业企业竞争的关键资源基础,还将改变制造业的产业组织形态和国家间产业竞争的范式,将改变国家的比较优势条件,从而重塑全球经济地理和产业分工格局,并最终影响中国的产业升级和技术赶超路径。

国内外工业发展的历史表明,某个国家(企业)所掌握的制造技术的先进性并不能完全决定该国(企业)的制造和制造业竞争力。对“第三次工业革命”的内涵及其经济社会影响的分析,必须适当突破自然科学和工程技术学科的理论范畴,通过与经济学和管理学等社会科学的跨学科对话与交流,构建更具包容性和自洽性的语言体系和研究框架。

## 1 对制造和制造业经济功能的重新认识

按照传统的产业结构理论,发达市场经济国家的经济增长过程和发展中国家工业化后期,都将伴随着制造和制造业经济地位的相对弱化。从某种程度上讲,这些从经济规模(而不是产业性质)的角度理解经济发展过程和产业结构变迁的理论,对于制造和制造业所承担的经济功能的理解是偏向悲观的。

按照经典的产业结构理论,由于工业化中后期工业的边际生产率不断下降,并最终低于服务

业的边际生产率,工业在国民经济中的比重将出现下降,而服务业的比重则逐步提升;从产业内部价值链的角度看,制造业不仅是价值链上价值创造能力最低的环节,而且常常是导致资源破坏、环境污染、血汗工厂等经济社会问题的根源。

与这些基本判断相对应的主流产业经济学和国际投资理论认为,发达市场经济国家产业升级的过程就是不断把制造向发展中国家进行转移,而引导国内的经济资源向品牌经营和技术研发环节集中的过程;相应地,发展中国家产业赶超的过程就是不断由处于“微笑曲线”低端的制造环节向附加值更高的营销和研发环节跃迁的过程。

可以看出,主流产业经济学主张的通过“去制造”或“去制造业”实现产业升级和经济增长的命题,严重依赖于三个相互关联的基本假设:1)产业的规模(而不是产业的经济属性)对于经济发展是重要的;2)制造和制造业的价值创造能力必然低于其他的价值链环节和其他产业;3)制造与营销、研发等价值链环节是相互独立的,各价值链环节在空间上的集聚和在企业内部的一体化都不会影响其他价值链环节的创值能力。

然而,随着技术进步和学术界对制造和制造业认识的深化,传统理论赖以成立的三个基本假设都受到了越来越严重的理论和现实挑战。首先,制造业对于国民经济的贡献主要不是体现为制造业直接创造的价值或制造业在国民经济中的比重,而是体现为制造业所蕴含的生产性知识的复杂性。美国哈佛大学和麻省理工学院等机构的一份合作研究显示,在过去60多年间,由生产性部门的产品复杂性所反映的一国生产性能力,是所有预测性经济指标中能够最好地解释国家长期增长前景的指标,国家间的生产性能力差异能够解释国家间收入差异的至少70%,而专用设备、仪器仪表、医疗器械、化学工业和数控机床等制造业是生产性部门中产品复杂度最高的行业<sup>[1]</sup>。这种从能力视角重新阐释制造业经济功能的要点是,虽然制造业在发达市场经济国家的经济总量

中的比重不断下降,但制造业本身所蕴含的生产能力和知识积累却是关系一国经济长期发展绩效的关键。因此,制造业对于国民经济的意义,不仅仅在于该部门直接创造了多少经济价值,更体现在它对于国民经济长期增长的驱动作用。其次,工业的生产效率仍然存在大幅提升的空间。虽然现在制造业占美国国民生产总值的比重不足20%,但美国超过2/3的研发投资是在制造业部门实现的。也就是说,即便在以服务经济为主的美国,制造业仍然是国民经济中最具有创新活力和动态效率的部门。统计显示,在1987到2010年的14年间,美国的制造业产出增长了46%,同期劳动生产率却上升了122%。这表明,制造业仍然能够通过提高劳动生产率为社会提供高质量的工作机会。最后,现代制造技术的发展使得制造已经不仅仅是“实现”创新的一个环节,而是直接成为创新体系的一部分,成为创新能力转化为产业竞争力的关键资源。在传统的创新模型中,产品生产的一般模式是“产品设计—产品开发—产品制造”。所谓的创新主要指的是实验室的产品设计和开发,制造的作用就是把创新转化为产品。而随着虚拟制造技术的发展,“设计、开发和制造”的一体化产品发展使传统的“线性”创新过程变为一体化的“并行”创新过程,制造现场像实验室一样成为创新的场所,制造资源成为企业创新系统的一部分。制造能力不仅决定了制造环节本身的竞争力,而且影响到了产品创新和设计环节的价值创造能力。例如,平板显示、数控机床、新能源电池等高技术产品的技术发源地都是美国,但日本、韩国和德国等国家在产品技术学习的基础上,通过制造技术的创新和改善,最终在产业竞争中赶超了美国,是制造能力的弱化最终侵蚀了美国在这些领域的技术竞争力和产业竞争力<sup>[2]</sup>。

需要强调的是,这里讲的制造和制造业地位的提升,并不是传统制造和基于传统制造的传统制造业的地位提升。在产业结构和产业价值链上

发挥核心作用的,是体现了“复杂生产性知识”的制造和制造业;具有更高生产效率和能够影响整个创新系统创新效率的制造,是应用了现代先进制造技术的先进制造和先进制造业。也正因此,金融危机以后,以美国为代表的西方发达工业国家提出的复兴制造业的战略并不是恢复传统制造业的生产能力,而是加强其基于先进制造技术的先进制造业的国际竞争力。从复兴制造业的政策思路 and 手段看,金融危机以后美国制定的“制造业复兴计划”、“美国制造业行动计划”和欧洲推出的“未来工厂计划”等一系列产业政策安排,并不是简单通过抑制本国向中国等发展中国家的制造业直接投资来复兴其制造业,而是通过加快突破和应用先进制造技术,同时为先进制造技术的突破和应用创造适宜的市场和要素环境,来促进形成发展制造业的新的经济区位优势(表1)。

## 2 “第三次工业革命”的技术经济特征

首先,“第三次工业革命”源于新兴制造技术和制造工具的突破,但“第三次工业革命”的技术内涵绝不仅限于3D打印、计算机模拟等个别制造技术和工具的新发展和新应用,而是一个内涵丰富的、多层次的制造技术系统的持续创新过程。首先,“第三次工业革命”是一个“多维、立体”的生产制造技术体系概念。其底层是高效能运算、超级宽带、激光黏结、新材料等“通用技术”或“使能技术(enabler technology)”,中层是以人工智能、数字制造、工业机器人为代表的制造技术和工具,顶层则是应用了前述新的通用技术和制造技术的大规模生产系统、柔性制造系统和可重构生产系统。“技术系统观”对于准确理解“第三次工业革命”具有至少两个方面的重要启发:

1)“第三次工业革命”的发生和发展不是少数关键制造技术的突破,也不是对既有制造技术和设备的简单集成,而是基础技术、制造技术(或工具)和制造系统各个层次的技术内部以及不同

表 1 美国制造业行动计划

战略目标	思路	措施
推动创新与制造业的发展和扩张	推进财政改革和税法，减少行政管制和其他结构性的经营成本，创造就业	国会要求相关部门减少管制的成本和负担；改革目前的双重课税；国会修改《萨班斯-奥克斯利法案》，降低创业企业公开上市的门槛；将侵权诉讼的成本由目前占 GDP 的 2% 下降到 2020 年的 1%；到 2021 年财政负债减少 4 万亿美元
扩大出口，减少贸易赤字，增加市场覆盖率，对其他国家的贸易保护做出反应	利用多边对话促进形成新的贸易协定，加强知识产权保护、标准实施和出口控制，以促进高附加值投资和出口	评估和培育美国的技术标准，推进自愿协商的标准制定过程；推进完善对外出口控制系统；启动自由贸易谈判；促使中国实施永久性的专门知识产权活动；培育新兴技术标准，推进全球技术合作；更多地使用反倾销手段来抵制不合理定价和补贴
充分利用美国能够参与未来技能竞争的人才的能力和潜力	培养下一代的创新者、研究者和技能工人	通过移民政策改革吸引全球高端人才；扩大科学、技术、工程和数学教育，并促进其与工厂的结合；小企业管理局设立项目鼓励退休管理者为企业家提供指导和咨询服务；针对 21 世纪制造设立现代学徒制度
通过智能创新和制造实现下一代生产率	培育国家先进制造集群、网络和合作关系，优先安排研发投资，部署新的制造工具、技术和实施，加速新奇产品的商业化和服务提供	创造国家先进制造业集群网络和智能工厂生态系统；应用计算建模和模拟技术促进美国高效能运算能力达到超大规模级；通过国家数字工程和制造协会，促进中小代工企业的建模和模拟技术应用；加速国家实验室和大学的知识产权共享和产业化
通过下一代供应链网络、先进物流和基础设施创造竞争优势	开发和部署具有智能性、可持续性、灵活性的能源、交通、生产和信息基础设施	促进基础设施领域的公私合作，私有化大型基础设施项目；授权进出口银行资助国内的基础设施项目；通过鼓励能效提升，降低能源需求；改进网络基础设施

资料来源：文献[3]。

技术层次之间交互融合、相互促发的群体性、系统性的突破过程。制造技术区别于产品技术的特点决定了，驱动这个过程的技术力量不仅体现为实验室的技术研发，更体现为底层技术在高层技术的应用，尤其是在工作现场的实践应用。

2) 虽然大规模生产和柔性制造并不是近年才出现的新的生产方式，但利用人工智能和数字制造等新兴制造技术和工具改造传统生产方式却属于“第三次工业革命”的范畴。这不仅是因为传统生产方式与新兴制造技术的融合改变了传统生产方式的要素投入结构和生产绩效，更因为“第三次工业革命”虽然一定程度上收缩了传统生产方式，尤其是大规模生产的适用范围，但大规模生产和大规模定制仍然在模块化架构和流程化技术范式的产品领域具有广泛的应用空间。因此，“第三次工业革命”不是“扼杀”和“替代”传统生产方式，而是“改造”和“增强”传统生产方式。将大规模生产等传统生产方式置于“第三

次工业革命”之外，认为“第三次工业革命”就是个性化制造和大规模定制替代大规模生产的观点是错误的、危险的。相反，对于中国这样的以规模化制造为基础的制造业大国，利用新兴制造技术和工具对传统生产设备和制造系统进行改造和提升，不仅是参与“第三次工业革命”的主要方式，更是中国参与全球先进制造技术竞争的独特优势所在。

其次，“第三次工业革命”所涉及的各项制造技术并不是并行发展的，不同技术的技术成熟度和产业化程度存在较大的差异。例如，由于信息技术的快速发展以及信息存储、传输和处理成本的大幅下降，主要基于信息技术的高效能运算和虚拟设计的应用领域近年来获得了快速的拓展。美国最大的 50 家制造业企业已经全部应用了高效能运算技术。福特汽车公司将高效能运算和计算机辅助工程定位于产品开发过程的基础性技术驱动力。卡特彼勒公司利用计算机辅助设计技术，

将重型推土机的产品开发周期从原来的 6 到 9 个月缩短到不到 1 个月。德国和日本等工业强国也纷纷出台计划和政策, 加大对高效能运算的研发和应用支持。德国在斯图加特大学设立了专门的高效能运算中心, 为德国的企业应用和学术研究提供高效能运算服务。在新材料技术和激光等基础技术进步的推动下, 3D 打印技术正由传统日用消费品和教学实验设备向医疗器械、汽车、航空等新领域快速渗透, GE 等医疗器械公司不仅用 3D 打印技术制造牙冠、膝盖骨骼和人造鼻等软组织, 甚至开始结合生物结构分析的技术生产液体疫苗。法国飞机发动机制造商 Snecma 和 GE 全球研究中心合资成立的 CFM 国际, 已经开始借助 3D 打印技术研制飞机用涡轮风扇发动机的关键零部件。工业机器人和人工智能不仅在传统大规模生产领域加速替代传统的机械生产和手工劳动, 而且开始与新兴技术融合, 加速战略性新兴产业的产业化进程。位于美国硅谷的 Tesla 公司利用工业机器人和人工智能生产的纯电动汽车 Roadster, 一次充电的续航里程已经可以达到 393 km。可重构生产系统是美国为代表的先进工业国家, 为迎接全球制造和个性制造, 解决大规模定制系统无法很好解决的产品成本和产品多样性、产品性能之间的冲突, 所做的战略性技术准备, 目前仍然处于科学研究和概念设计的阶段。

“第三次工业革命”对于企业运营管理的含义, 不仅仅限于通过机器对人的替代实现生产成本的大幅下降, 而且通过基于信息化的机械、知识、管理和技能等多种要素的有机结合, 实现生产成本、产品功能多样性、产品质量和性能、新产品开发周期和产能灵活性等运营绩效指标的综合优化和提升。

1) 产品多样性提高。全球化促进了消费者需求的多样性, 传统的“细分市场”概念已经不能很好地刻画消费者的偏好差异, 大规模定制正朝着更为极端的个性化定制方向发展。柔性制造系统通过生产多种类型的产品模块来丰富消费者的

产品选择空间, 而以可重构生产系统和 3D 打印为代表的新的制造系统, 则通过制造系统自身的架构变化为消费者提供更加丰富的产品选择。

2) 产品质量和性能大幅提升。按照产业组织理论的定义, 产品的质量可以分为“搜寻质量”和“经验质量”。前者指消费者通过观察即可以判断的产品质量, 后者指消费者经过足够时间的使用后才能够辨别出的产品质量。搜寻质量的高低通常取决于制造流程中最后组装环节的水平, 而经验质量则由整个生产过程的稳定性决定。现代制造技术系统不仅通过提升生产线的自动化程度最大限度地降低了各个生产环节的误差, 而且通过引入在线产品检测工具实现了对生产误差和产品质量的全程监控。这种源于精益制造的质量管理方法通过过程控制(而不是事后检验)实现了对全部产品(而不仅仅是抽样产品)质量的保障。

3) 产能灵活性提高。在传统生产方式下, 即便产量略超过设备的最大设计产能, 也必须投资整条生产线才能满足超过最大产能的非计划需求。现代制造通过制造系统自身的模块化和制造设备与设计方案的兼容性, 大大提高了生产系统的柔性, 从而能够根据市场需求规模的变动动态调整产能。

4) 新产品生产周期进一步缩短。随着计算机辅助制造等产品开发技术的进步, 新产品推出的速度不断加快。传统的大规模生产和大规模定制的制造系统都是针对特定模块或产品设计和工作的, 它们充其量仅能满足产品在功能和结构方面的微小的改进或调整。而可重构制造系统则可以通过制造系统自身的调整, 快速生产出结构和功能有显著改变, 甚至突破性变革的新产品, 因而大大提高了对市场的反应能力。可以看出, 与大规模生产和柔性制造相比, 现代制造技术和制造系统突出了市场快速反应、个性化需求和灵活产能等新的运营绩效维度。

“第三次工业革命”同时会对企业的组织管理结构提出新的要求, 从而改变企业的市场竞争

战略。工业发展的历史表明,每一次新的制造范式的出现都是特定的社会制度和经济因素发挥作用的产物;反过来新的制造范式又会改变经济要素的投入结构和组织方式,并对既有的制度和管理体系提出新的要求,从而推进微观企业管理模式、中观产业组织方式和宏观制度环境的变革。因此,制造范式的更迭不仅是制造技术的变革,更是与这些技术相适应的企业管理方式和社会制度基础的变革。与先进制造技术相适应的企业组织管理方式和社会制度政策环境,决定了先进制造技术在生产领域应用的广度和深度,同时与制造技术的先进性共同决定了新的制造技术能够在多大程度上转化为一国的产业竞争力。

20世纪初期由福特公司开创的流水线生产方式,使得企业可以通过扩大产能来降低成本。相应地,企业竞争战略的重点是,生产出功能和质量可接受的产品来满足“主导性”的消费需求;大规模生产与市场容量的扩张相结合,共同确立了大企业在产业组织形态方面的主导地位。而为了更好地发挥大企业基于规模经济和范围经济的竞争优势,职能型的组织管理结构、所有权与经营权相互分离的现代企业制度应运而生<sup>[4-5]</sup>。20世纪70年代以后,由丰田公司不断发展和完善的精益制造方式,将制造企业市场竞争的焦点从成本转向了产品的多样性和性能,企业不仅要向市场提供成本足够低的产品,而且要以高质量的产品满足细分市场的差异化需求。

与新的竞争战略相适应,由大企业主导的整个供应链的密切合作为准时制造提供了产业组织保障;而与企业内部的精益制造相适应,组织内跨部门的积极协作、具有多元知识背景的员工参与的“重型项目组织方式”,以及终身雇佣、轮岗等有利于员工技能提升和积淀的工作安排,发挥了重要的作用<sup>[6]</sup>。在“第三次工业革命”的背景下,复杂的制造技术系统使得产业组织结构由传统的大企业主导型和供应链主导型向产业生态型转变;企业竞争战略的重点既不是形成足够大的

规模,也不仅是有效的供应链管理,而是如何在不断变化的动态环境中获得和保持动态能力,战略柔性相对于运营效率变得更加重要。对于产业生态系统中的平台型企业,其竞争战略由过去的产品战略向平台战略转变。平台战略的核心是,为所在的产业生态系统提供互补性的产品和服务创新,并与生态系统中的支持性企业形成积极的“正反馈”效应<sup>[7]</sup>。那些能够对消费者需求做出更快反应的生态系统及其中的企业才能获得更强的生存能力。消费者在创新系统中的作用,不仅仅是购买产品,为创新者提供经济收益,而且是直接参与产品和服务的创新过程,成为积极的创新主体。例如,在以3D打印为代表的个性化制造系统中,消费者不再被动接受,或仅仅从企业给出的产品清单中选择自己喜好的产品,而是亲身参与产品的设计过程,并直接成为产品生产者。相应地,企业的组织结构必须进一步扁平化,从而更快地获得消费者的需求和技术信息。同时,为了把握不断变化的市场需求和新的技术机会,为了适应破坏性创新和公司内部创业的要求,企业的所有权和控制权由公司的董事会和管理层向更接近市场的创新单元“下沉”。

### 3 先进制造技术发展带来的机会与冲击

历史上每一次制造技术和制造系统的革命都会重塑全球产业竞争格局,如大规模生产成就了美国工业强国的地位,柔性制造实现了日本制造业的赶超。在剧烈的技术变革过程中,谁能够成为最终的胜出者,一方面取决于新的制造技术范式与哪个国家或地区的要素优势更加适应;另一方面则取决于哪些国家或地区能够培育形成新的更加适应新技术突破和应用的管理和政策环境,从而最大限度地分享新技术创造的经济价值。目前国内学术界有关“第三次工业革命”对我国工业发展可能产生的冲击的论述,更多地从“机器替代劳动、从而削弱我国的要素成本优势”的角度展开<sup>[8]</sup>。我们认为,单纯从成本角度理解“第

三次工业革命”的影响,是偏颇的。由于“第三次工业革命”是一场系统性的技术经济变革,其对全球产业竞争格局的影响将是多层次、多方面的。应当从更广泛的运营管理和经济社会影响的层面来理解“第三次工业革命”对中国经济社会发展可能产生的深刻影响。对未来中国的经济社会发展而言,“第三次工业革命”既是挑战,也是机遇。

“第三次工业革命”对中国制造业的负面影响和冲击是比较明显的。首先,从成本结构的角度看,“第三次工业革命”确实可能进一步弱化中国的要素成本优势。根据美国研究机构的计算,按照劳动生产率调整后的综合劳动成本,中国的劳动力成本是美国南部州的 35%左右,到 2015 年左右将达到后者的 60%左右。未来 5~10 年中美劳动力成本之间的差距将快速缩小。如果发达国家加快推进先进制造技术应用,通过机器对劳动的替代来减少劳动力的比重,提高劳动生产效率,中国的比较成本优势可能会加速弱化。

其次,从综合的竞争绩效角度看,“第三次工业革命”对中国工业产品竞争力产生的更加重要的影响,更多地不在于弱化了中国的成本优势,而在于国外企业可能通过利用先进制造技术在维持“可接受成本”的基础上,针对快速变化的市场需求,提供较中国产品种类更丰富、功能更齐全、性能更稳定、使用更人性化、环境更友好的产品。20 世纪 80 年代,日本企业利用柔性制造和精益制造,实现了对美国和欧洲企业的赶超。日本企业通过结合新的制造技术和生产管理方法而形成的竞争优势,并不是更加低廉的产品价格,而是通过精细化制造提供了价格合理且质量更好的产品。

“第三次工业革命”是对企业运营绩效的一次全面优化。这种优化不仅仅是改变了不同要素的投入比重,更重要的是改变了投入要素的质量和性质。仅仅从劳动的角度看,“第三次工业革命”

虽然减少了对简单劳动的需求,但同时增加了对知识和知识型员工的需求。在机器与人的关系方面,传统的大规模生产与“第三次工业革命”的根本区别在于,在前一种制造技术范式下,劳动是成本,最优的制造决策是如何尽可能减少人工,降低人工成本;而对于经先进制造技术改造形成的新的制造系统,劳动是成本,但更是战略性资产,最优的战略决策是如何通过知识型员工和机器的最优匹配来最大化企业的价值。因此,“第三次工业革命”不是降低了对劳动的要求,而是提高了对劳动的要求,是劳动者技能和知识结构的深刻转变,是工业人力资本内涵的又一次深化。而与先进制造技术相适应的新的生产要素的形成,恰恰是中国这样的发展中国家遇到的最大挑战。

最后,“第三次工业革命”可能对中国产业升级和产业结构优化形成抑制。“第三次工业革命”不仅可能削弱中国的传统比较优势,而且有利于发达国家形成新的竞争优势。由于制造领域技术创新机会的涌现,制造的价值创造能力大幅提升,从而在产业价值链上的战略地位将变得与研发和营销同等重要,过去描述价值链各环节价值创造能力差异的“微笑曲线”有可能变成“沉默曲线”,甚至“悲伤曲线”。发达工业国家不仅可以通过发展工业机器人、高端数控机床、柔性制造系统等现代装备制造业控制新的产业制高点,而且可以通过运用现代制造技术和制造系统装备传统产业来提高传统产业的生产效率,通过装备新兴产业来强化新兴技术的工程化和产业化能力。同时,由于现代制造系统与服务业的深度融合,发达国家在高端服务业形成的领先优势也可能被进一步强化。“第三次工业革命”为发达工业国家重塑制造业和实体经济优势提供了机遇。曾经为寻找更低成本要素而从发达国家转出的生产活动有可能向发达国家回溯(近年来,以福特、GE 为代表的美国制造业企业已经明显加大了在本土的投资规模),导致制造业重心再次向发达国家偏移,传统

“雁阵理论”所预言的后发国家产业的赶超路径可能被封堵。

从机会和积极的角度看,首先,“第三次工业革命”为中国工业发展创造了新的增长机会。“第三次工业革命”不仅会导致工业机器人、3D打印机等新的制造系统和生产设备产业的发展,这些产业还会带动信息产业、新材料产业以及工业设计等生产性服务业的增长。最重要的是,新的制造方式的应用不仅提高了既有产业的生产效率和市场容量,而且使得传统生产方式下无法生产的产品工程化和产业化成为可能。例如,美国Tesla公司就是利用工业机器人和人工智能等现代制造技术生产出了技术较为成熟的新能源汽车。这意味着,先进制造技术不仅可以拓展既有产业部门“迂回生产”的链条,而且可以创造新的产业部门,为中国在全球进入新一轮经济衰退期时培育发展战略性新兴产业、寻找新的增长点提供方向和机会。

其次,先进制造技术终归是在工厂和制造环节的应用,中国庞大的制造基础为先进制造技术和相关产业的发展提供了巨大的潜在市场和应用场所。不同于产品技术,制造技术的突破和创新往往是伴随着实践应用的持续改进过程。应用了先进制造技术和设备的综合工艺水平的高低,不仅取决于制造技术和生产设备的先进性,更取决于生产装备操作者的技能、知识和现场的生产管理水平。20世纪80年代,日本在柔性制造系统领域实现了对美国的赶超。20世纪80年代中后期,美国企业大规模赴日学习取经的时候惊奇地发现,日本企业的设备远没有美国企业的复杂,日本对美国的此次赶超,不是因为日本企业的技术设备更先进,而是因为日本企业通过持续的现场学习,形成了全新的质量管理理念和一套扎实的、能够发挥机器和员工最大潜能的生产管理操作流程。更有趣的是,由于设计部门和技术部门的脱节,美国柔性单元在设计上存在的冗余复杂性不仅损失了设备的稳定性,而且成为现场操作

人员的技术障碍,从而成为这些设备在实际使用过程中不能很好地发挥制造柔性的重要原因<sup>[9]</sup>。一劳永逸的先进设备投资并不能保证先进制造技术在现代工业生产中发挥最大的技术经济效益。

只要有危机意识和战略认识,充分利用中国的制造基础优势,调动企业技术突破和应用的积极性,在制造基础与先进制造技术融合的过程中,不断完善、改进生产设备以及与之匹配的人员知识结构和生产管理方法,形成中国独特的制造技术和制造业升级路径,中国完全有可能成为“第三次工业革命”的赢家<sup>[10]</sup>。

#### 4 建议形成中国制造业新的竞争优势的战略部署

“第三次工业革命”的运营管理和产业竞争含义,要求中国的制造业发展战略从过去不断强化“成本优势”向构筑新的“综合竞争优势”转变。在过去资本、技术和管理要素相对稀缺的情况下,中国制造业之所以能够快速发展,主要是因为充分利用了低廉要素成本和庞大市场规模的比较优势,即“以市场换技术”、“以低要素成本吸引资本和技术管理要素的集聚”。中央政府的宏观导向加上地方政府的利益诉求,使得中国工业用资金、环境和劳动等要素价格被人为抑制,与产业相关的财政、税收、金融、土地等方面的政策都服从于降低企业投资和运营成本的目标。这种“成本导向型”产业政策对于促进中国快速形成基本的工业生产能力和起到了重要的作用。但随着这种发展模式负面影响的累积,地方政府恶性竞争导致的过度进入和产能过剩以及要素市场的扭曲,已经严重阻碍了中国工业的创新发展。在各种要素价格的抑制和控制变得越来越没有空间的情况下,未来中国的工业发展战略必须朝着形成新的竞争优势(而不是人为抑制产品成本)的方向转变。相应地,产业政策必须围绕新的战略思路及时进行调整,甚至突破。

1) 加快制定实施我国的“先进制造技术突破

和应用计划”,加快推进先进制造技术的推广和扩散。为加快推进先进制造技术发展,美国的《制造业行动计划》提出,要通过技术创新和智能制造实现下一代生产率;加快部署新的制造工具和技术创新和实施,应用计算机建模和模拟技术促进美国高效能运算能力达到超大规模级,促进建模和模拟技术的工业应用,加强科学、技术、工程和数学教育,并促进这些学科与工厂的结合。欧洲的《未来工厂计划》则提出,要加大对现代制造技术的研发投资和政府企业间合作,加快发展可持续的绿色制造、ICT 智能制造、高效能制造和基于新材料的制造。在技术领先国家已经先行一步的情况下,中国应尽快制定和实施符合中国产业结构调整要求的“先进制造技术突破和应用规划”,并制定相应的产业政策和实施细则,加大前沿制造技术和设备的技术突破力度,积极推广应用先进适用制造技术,特别是加大先进制造技术对中国具有比较优势的大规模生产的改造和提升。

2) 以现代“母工厂”建设为抓手,推进中国的先进制造技术和设备应用能力的提升,以及现代生产管理方法的改进与创新。目前政府对企业创新活动的扶持过度倾向于实验室建设和产品技术创新,而对生产制造环节的扶持、引导不足。建议借鉴日本的“母工厂”做法,遴选设备先进、系统管理能力强、现场管理工作扎实的工厂进行重点建设和投资,将这些“母工厂”建设成为中国先进制造技术突破、应用的场所,建设成为先进制造技术和先进现场管理方法持续改善的“现场实验室”,从而最终以点带面地推进中国制造水平的整体提升。

3) 建设完善高效能运算、工程数据库等先进制造技术基础设施。目前中国以华大基因研究中心等为代表的高技术企业和中国科学院计算技术研究所等一批公共科研机构,实际上已经在高效能运算等领域积累了较强的技术能力。政策的关键是依托这些企业(科研机构)和技术设施,建

设国家层面的真正能够面向全社会提供公共服务的技术基础设施。建议建立国家高效能运算研发中心和高效能运算服务中心,在加快高效能运算前沿技术突破的同时,重点加快促进既有的高效能运算技术储备转化为商业应用和公共服务。建议加快推进国家级工程数据库建设。工程数据库建设可以采取政府出资、独立非盈利性社会组织运营的组织方式,数据库数据采取会员企业自愿提供、共同分享的工作方法,形成持续投入、有效运营的可持续发展机制。

4) 协同推进中国战略性新兴产业的培育和先进制造技术的发展。一方面,先进制造技术的突破离不开战略性新兴产业的支撑。例如,云计算、云储存、新材料等新技术和新产品是现代制造技术和制造系统的基础技术,这些领域的技术突破常常成为制造技术突破的瓶颈。另一方面,战略性新兴产业的发展离不开现代制造技术的推动。首先,多数战略性新兴产业仍然处于实验室的概念化和初步设计阶段,以数字制造为代表的现代制造技术可以大幅提高新产品设计的可制造性,缩短战略性新兴产业的工程化、产业化周期,有利于抢占战略性新兴产业发展的先机。其次,在新兴产业市场化的初期,传统的大规模生产并不适用于这种市场容量小、高度细分的市场结构。在这种情况下,可重构生产系统和添加制造等个性化制造就能够充分发挥其多品种、小批量、低成本的优势。因此,战略性新兴产业的发展必须与现代制造技术的研发、应用结合起来,协调推进,通过战略性新兴产业的发展,为先进制造技术突破提供应用场所和市场支撑;通过先进制造技术的发展,为战略性新兴产业的工程化、产业化提供工艺保障。

5) 促进新的服务业态的发展,促进基于商业模式创新的服务业与制造业的融合。服务形式的要素投入和服务型产品多是以“无形资产”的形式存在,相比于过去的实物产品,工业设计、系

统软件等技术和产品更容易被剽窃、复制和模仿。因此, 为了鼓励服务型产品的创新, 中国就必须对过去主要服从于有利于国内企业技术引进和学习的知识产权保护框架和机制的做法适时地进行调整。同时, 由于现代制造的应用多是伴随着商务模式创新的服务和技术协同创新的过程。与传统产业的技术创新相比, 新兴技术和商务模式的创新具有更大的不确定性。在这种情况下, 过去以“扶持”为主的产业政策思路就要逐渐向“以改善企业经营环境”为主的政策思路转变, 因为“扶持”性产业政策更适用于, 在已经明确了技术路线和商业模式的条件下, 对企业投资进行促进和激励; 而加强、完善经营环境对企业的服务能力, 则更有利于创业和中小企业的发展, 有利于产业生态多样性的增强和动态竞争能力的形成。

## 参考文献

[1] Hausmann R, Hidalgo C A, Bustos S, et al. The Atlas of

Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity [M/OL]. (2011) [2012-12-17].

[2] <http://www.cid.harvard.edu/documents/complexityatlas.pdf>.

[3] Pisano G P, Shih W C. Producing Prosperity [M]. Boston: Harvard Business Review Press, 2012: 15-18.

[4] Council on Competitiveness. “Make”: An American Manufacturing Movement [M/OL]. (2011)[2012-12-17].

[5] <http://www.compete.org/publications/detail/2064/make/>.

[6] 阿道夫·A·伯利, 加德纳·C·米恩斯. 现代公司与私有产权[M]. 北京: 商务印书馆, 2005: 78-85.

[7] 小艾尔弗雷德·钱德勒. 规模与范围: 工业资本主义的原动力[M]. 北京: 华夏出版社, 2006: 211-216.

[8] Womack J P, Jones D T, Roos D. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production [M]. New York: Harper Collins Publishers, 1990: 87-92.

[9] Cusumano M A. Staying Power: Six Enduring Principles for Managing Strategy and Innovation in an Uncertain World [M]. Oxford: Oxford University Press, 2010: 22-31.

[10] 冯飞. 第三次科技革命对中国的影响[N]. 经济参考报, 2012-06-26(9).

[11] Jaikumar R. Postindustrial Manufacturing [J]. Harvard Business Review, 1986(1): 101-109.

[12] 黄群慧, 贺俊. “第三次工业革命”: 科学认识与战略思考[N]. 光明日报: 理论版, 2012-12-14(11).

# The Third Industrial Revolution, Redefinition of Manufacturing and Chinese Industry's Development

Huang Qunhui, He Jun

(Institute of Industrial Economics, CASS, Beijing 100836, China)

**Abstract:** Against the background of TIR, a series of advanced manufacturing technologies that penetrating, integrating and reshaping manufacturing industries may redefine the role of manufacturing in economic development and innovation system. As the productivity and value creation of manufacturing would be improved dramatically, the role of manufacturing is likely to be changed from production to an innovative resource that carries knowledge, information and new organizational management methods. Manufacturing would be the battle front of international industrial competition again. As a far-reaching techno-economic paradigm shift, TIR would change the structure of resource input, the industrial organization of manufacturing, the global economic geography and international industrial division of labor, and finally impact China's path of industrial upgrading and technological catch-up.

**Key words:** the Third Industrial Revolution; advanced manufacturing technology; techno-economic paradigm; industrial development; manufacturing; manufacturing sector