

中国如何应对新工业革命的挑战

黄群慧

当前，“第三次工业革命”引起了国内学术界、媒体、政府部门和企业的广泛关注。一般可以认为，“第三次工业革命”主要内容是人工智能、数字制造、工业机器人、添加制造（3D 打印）等基础制造技术突破和广泛应用而引起的工业系统变革，这将是**影响未来全球经济竞争格局和我国长期经济社会发展方向的最重要的技术经济变量**。因此，我国必须从战略高度给予高度重视，并在正确认识“第三次工业革命”本质的前提下，科学分析其可能给我国经济社会发展带来的挑战与机遇，积极采取长期战略性的应对措施。

一、对“第三次工业革命”的科学认识

国际金融危机后，世界主要发达国家认识到，制造业本身所蕴含的生产能力和知识积累是关系一国经济长期发展绩效的关键，以制造业为主体的实体经济的战略意义，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。于是，这些主要发达国家纷纷实施所谓“再工业化”战略，如美国提出“制造业复兴计划”、“美国制造业行动计划”，欧洲推出“未来工厂计划”。工业化国家的“再工业化”战略绝不是传统的工业化道路的重复和回归，而且通过寻找新的科技创新战略支撑点、加快突破先进制造技术来驱动制造业发展，进而促进经济长期稳定发展。在这种背景下，一些学者认识到，随着信息化技术的发展，制造业的数字化、智能化技术的突破和逐步深化将对整个工业带来革命性的变化，这对世界未来经济竞争格局具有广泛和深刻的影响，于是将这种变化和影响概括为“第三次工业革命”。

关于三次工业革命划分，从不同的标志可以有不同的描述，如表 1 所示。从制造范式看，第一次工业革命是指 18 世纪中后期以后由于蒸汽机的改良和大规模应用形成的机械化生产方式，第二次工业革命是指 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”，是指由于信息技术的发展而产生的个性化的数字制造和智能制造范式日益普及。第三次工业革命改变了今天的生产方式，大量大批生产模式变为快速响应消费者个性需求的高度柔性制造模式。

表 1 三次工业革命的划分

分类标志	能源	原材料	信息沟通	交通及基础设施	通用技术	制造范式
第一次工业革命	煤炭	熟铁	通信、印刷品	蒸汽轮、火车；运河、铁路	蒸汽机 (蒸汽时代)	单件小批机械制造
第二次工业革命	石油与电力	钢铁	电话、电报	汽车、飞机；高速公路、机场、港口	电动机 (电气时代)	大批量流水线制造
第三次工业革命	新能源	复合材料、纳米材料	互联网	新能源汽车；信息网络	计算机 (信息时代)	个性化的数字制造、智能制造

“第三次工业革命”不能简单理解为由人工智能、数字制造、工业机器人、3D 打印等个别新的制造技术和设备的出现和应用引起的制造技术系统的突变,其实质是由于信息技术的发展而引发的一个内涵丰富的、多层次的、已经发生突破但仍处于演进中的整个工业系统变革。“第三次工业革命”的突破性表现在已形成了一个“多维、立体”的新生产制造技术体系及技术经济范式。这个体系的底层是高效能运算、超级宽带、激光粘结、新材料等“通用技术”,中层是以人工智能、数字制造、工业机器人、添加制造(3D 打印)为代表的制造技术和工具,高层是应用了前述新的通用技术和制造技术的大规模定制生产系统、柔性制造系统和可重构生产系统。这个体系的有效运行形成了全球化生产、个性化制造、社会化制造等新的技术经济范式。“第三次工业革命”的演进性表现在这场变革还处于“梯度、渐次”推进过程中。例如,3D 打印技术产生于 1980 年代,早期是光固化成型、分层实体制造、熔融沉积成型、选择性激光烧结、三维印刷等非金属三维打印技术,主要应用于医疗器械、传统日用消费品等领域,近年来发展出电子束融化成型、选择性激光熔融、激光工程化净成型等金属三维打印技术,已经可以拓展到广泛的制造领域,但由于成本、材料等限制,现在全球产业规模也仅数十亿美元。

“第三次工业革命”之所以可以称之为“工业革命”,而非一般的“科技革命”,是因为其影响广泛而深远,不仅仅囿于科技的范畴,涉及到经济社会各个方面。还需说明的是,所以说在今天提出“第三次工业革命”的概念是恰当的,并不是因为人工智能、数字制造和工业机器人这些基础制造技术刚刚出现(事实上,这些基础制造技术的发明和工业应用大多已经历了几十年的时间),而是由于经过了长期的科学探索和技术积累,这些基础技术的技术成熟度和经济成本已经达到了使其在制造领域进行较大规模应用和推广的水平。例如,

1992 年，1M 数据的平均传输成本为 222 美元，但到 2010 年，该成本大幅下降到 0.13 美元；同期，1G 数据存储的成本从 569 美元大幅下降到 0.06 美元。

二、“第三次工业革命”影响与挑战

第一，由于制造过程的数字化智能化，直接从事生产制造的人数的将减少，逐步实现少量“现代知识型员工”对大量“传统简单劳动者”的替代，劳动力成本在整个生产成本中的比例也将随之下降。这将会弱化我国的要素成本优势，并可能恶化我国的收入分配结构。

“第三次工业革命”加速推进了先进制造技术应用，必然会提高劳动生产率、减少劳动在工业总投入中的比重。那么，在国际竞争中，劳动低成本的优势将在形成竞争优势方面大打折扣。对于我国而言，进入 21 世纪后，中国劳动力成本增速显著高于发达国家。2000-2009 年，中国以美元计价的劳动者小时工资年均增速为 13.7%，而同期 OECD 国家平均为 6.5%，德国为 6.6%、法国为 7.9%、澳大利亚为 8.7%、英国为 4.5%、美国为 3.3%、日本为 0.8%。而发达国家引导的“第三次工业革命”，会使得我国长期以来基于劳动成本低所形成的比较成本优势加速弱化。与此同时，伴随着先进制造技术发展可能导致的制造业从发展中国家向发达国家的“逆转移”，基于先进制造技术的工作岗位也会随之转移，从而破坏我国产业工人的劳动报酬增长机制。而且，在一般劳动者素质不能够大幅度提高的情况下，“第三次工业革命”的推进会造我国劳动者的失业或者被锁定在低附加值的简单劳动环节中，劳动者收入改善的相对速度有可能进一步放缓。

第二，“第三次工业革命”加快了制造业和服务业深度融合的趋势，二、三产业的界线日趋模糊化，我国一味地强调提升服务业所占比例的产业结构调整方向和产业政策导向需要重新审视。

在智能化制造技术以及互联网平台推动下，消费者可以直接参与到产品设计到产品生产过程中，这不仅使得制造过程更适应消费者的个性化要求，而且研究设计过程、生产制造过程和消费过程可以紧密结合，设计、开发、制造和使用的“线性过程”将发展成“一体化并行”过程。新兴制造技术不仅仅可以改变了制造企业的生产过程，也可以改变产业组织形态，提高小型化、分散化经营的经济性。例如，以 3D 打印机为代表的个性化制造和网络开放社区的发展将大大促进以个人和家庭为单位的“微制造”和“个人创业”等极端分散组织方式的发展。从整体产业意义上看，这使得制造业和服务业空间上更为集中，制造业和服务业逐步融合，这进一步加剧了制造业服务化的趋势。从这个意义上说，围绕我国产业结构政策辩

论的“工业比重是否太高、服务业比重是否太低”这种制造业和服务业非此即彼式问题是具有狭隘性的，单纯从统计意义上的产业比重角度来判断产业结构的合理性是不合适的。考虑到制造业本身所蕴含的生产能力和知识积累对一国经济长期稳定发展的战略意义，产业结构调整方向不能一味地强调提升服务业所占比例，必须重新审视我国服务业的发展战略，摒弃制造业和服务业此涨彼消的机械论，转而从两者的内在衔接关系角度入手，围绕如何提升我国制造复杂工业品能力来制定我国服务业发展战略。我国未来的工业化进程将在相当长时期内保持制造业和生产性服务业相互增强发展的局面。

第三，在“第三次工业革命”的制造范式下，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”，传统“雁阵理论”所预言的后发国家产业赶超路径可能被封堵，这意味着我国产业升级和工业化进程在一定程度上会受到抑制。

现代市场竞争中，规模经济并不重要，重要的是范围经济，也就是说市场竞争的关键是企业具有快速响应市场个性化需求的品种适应能力，提高生产系统的柔性成为市场竞争的另外一个关键要求。“第三次工业革命”背景下数字化和智能化的现代制造技术，满足了这种范围经济的要求，提升了制造环节的价值创造能力，使得制造环节在产业价值链上的战略地位变得与研发和营销同等重要，甚至超越其他的价值创造环节，因此，“微笑曲线”状的产业价值链有可能变成“沉默曲线”、甚至“悲伤曲线”状的价值链。对于我国而言，在当前的国际分工格局下，我国作为后发国家，一直是凭借比较优势通过承接发达国家产业转移在劳动密集型产业和劳动密集环节形成初步的制造基础，占据了“微笑曲线”的底部，并进一步通过产品的模仿性创新和原始创新试图向“微笑曲线”的两端发展，以实现技术和产业的升级赶超。但随着现代制造技术和制造系统的大规模应用，发达工业国家不仅通过产品创新和品牌优势占领价值链的两端，还可以通过现代制造技术来提高制造环节和制造产业的生产效率，从而形成整个产业链的竞争优势。因此，“第三次工业革命”为发达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，我国的原有的赶超发达国家的产业发展路径因被可能封堵而需要调整，我国的工业化进程也会受影响。

三、应对“第三次工业革命”的战略思考

面对“第三次工业革命”对我国的经济发展的挑战，我国既要有紧迫感，也要有信

心。这种紧迫感并不是类似于 2007 年我国应对国际金融危机所需要的那种“应激反应”的紧迫感，而是长期发展战略应对的紧迫感；而信心则建立在我国已经是一个制造业大国、拥有巨大市场和最完备的工业体系这样的工业基础上。只要有危机意识和战略认识，充分利用我国的制造优势，调动企业技术突破和应用的积极性，促进现场的持续改善，我国完全有可能将“第三次工业革命”转化为经济发展和工业化进程的新动力。

第一，依靠信息技术促进制造业与现代生产性服务业“双轮驱动”、融合发展。未来我国工业化战略的核心是如何促进制造业与现代生产性服务业的相互增强发展。信息技术是服务业与制造业融合的“黏合剂”，是促进产业结构升级和发展方式转变的驱动力，信息化和工业化的融合是未来我国经济发展的必然趋势。为了促进我国制造业和现代生产性服务业的融合发展，我国未来要大力发展行业性、区域性、产业链协同等公共服务平台，重点提供工业设计、在线管理、电子商务、信息情报等方面的服务，要创造条件将信息技术融入到产品研发设计、生产制造、经营管理等各个环节之中，大力发展数字制造、人工智能、工业机器人以及增量制造，提高制造的敏捷性和柔性，为大规模定制化生产提供可能。

第二，加快制定实施我国的“国家先进制造技术突破和应用规划”，建设和完善高效能运算、工程数据库等国家级先进制造技术基础设施。我国应该效仿美国的“制造业行动计划”和欧洲的“未来工厂计划”，尽快制定和实施符合自己产业结构调整要求的“国家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。同时，建设国家高效能运算研发中心、高效能运算服务中心、工程数据库等国家层面的公共技术基础设施，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。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。

第三，借鉴日本的“母工厂”做法，实现我国产业赶超路径从“承接制造+产品创新”向“产品创新+工艺创新”的转型。在“第三次工业革命”背景下，研发和制造日益融合，仅仅依靠跟进模仿进行产品创新无法实现中国产业赶超。产品技术和工艺技术融合发展的技术趋势决定了中国必须坚持产品创新和工艺创新同时推进的全面自主创新道路。现代制造要求在产品设计阶段就能够充分体现产品稳定性、可靠性和可制造性等工艺要求，在这种情况下，产品设计和生产工艺之间的互动变动越来越重要。当生产过程特殊或不易于理解时，产品设计所需要的决策参数就不容易形成，这时，不掌握足够工艺制造能力的企业或国家不仅无法完成后续工程化和产业化，连产品设计本身都无法顺利完成。而且，我国基本国情也决

定了必须坚持产品创新和过程创新同时推进的全面自主创新道路。在具体进行工艺创新过程中，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”建设成为我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试验田，从而最终以点带面地推进我国制造业素质的整体提升。

第四，未来的产业规划和政策要强调支持用先进制造技术改造传统生产方式，突出“先进制造技术”、弱化“先进制造业”概念。“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”大规模生产等传统生产方式。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”就是用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。对于我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，因此必须在产业规划和政策中给予重点支持。为了提高产业政策的操作性（主要是降低扶持对象选择的难度），我国政府现在的产业规划和政策通常都要确定重点、优先发展的部门和产业进行扶持，很少具体到产业内部具体的产业环节和技术领域。国内外的工业发展经验表明，任何制造业产业都可能创造高附加值的产品，任何所谓的高技术行业都可能包含大量的低技术环节。因此，应对“第三次工业革命”的产业规划和政策应该指向产业的特定价值链环节——“先进制造”，而不应该支持特定的产业——“先进制造业”。

（作者：黄群慧，中国社会科学院工业经济研究所党委书记、研究员）