

德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”的比较及启示

李金华

摘 要: 2013 年 4 月,德国发布“工业 4.0”。2015 年 3 月,中国政府发布“中国制造 2025”,这是未来 10 年中国建设制造强国的行动纲领。比较德国“工业 4.0”和“中国制造 2025”,二者在背景、框架、优先发展领域、行动目标和路径等方面都存在差异。借鉴德国工业“4.0”,中国应配套制定“中国制造 2025”的行动细则,让相关原则、指导方针落地实施;设计未来制造业生产模式,构筑新生产模式下企业职工的培训 and 持续教育机制;引导构建制造企业联盟,搭建企业信息平台,推进新产品和制造技术的集成和开发,对接全球制造市场;建设适应先进制造业发展的配套基础设施体系,促进制造企业参与国际竞争。

关键词: 工业 4.0; 制造 2025; 制造强国; 第四次工业革命

中图分类号: F451.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2015)05-0071-09

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2015.05.009

一、问题的提出

2013 年 4 月,全球国际工业博览会在德国汽车、机械、电子制造业中心汉诺威召开。会上,德国“工业 4.0 工作组”公布了研究成果报告《保障德国制造业的未来:关于实施“工业 4.0”战略的建议》^[1](简称德国“工业 4.0”,后文简称“工业 4.0”),其目的是借助发挥德国制造业的传统优势,掀起新一轮制造技术的革命性创新与突破。报告的推出立即引起全球的广泛关注,产生了巨大的国际影响。两年后,即 2015 年 5 月,中国政府发布了《中国制造 2025》(后文简称“制造 2025”),提出要通过特殊政策和制度优势,突出创新驱动,依靠和发展高端装备制造业,打造中国品牌,形成中国创造,推出中国质量,完成中国由制造大国向制造强国的转变。有人称这是中国版的“工业 4.0”规划,是中国建设世界制造强国的行动纲领。

德国工业 4.0 面世后,中国的产业界和学术界都高度关注。李云志^[2]总结了工业 4.0 的概念及特征,构建了工业 4.0 时代标准通用的管理构架,以期为中国制造业升级提供理论参照。丁纯等^[3]分析了工业 4.0 的内容、动因、前景及其对中国的启示,提出中国要努力发展高端制造业。胡杰^[4]从中德两国拟开始“工业 4.0”合作的角度,提出了中国未来制造业的发展政策措施。黄阳华^[5]较深入地研究了“工业 4.0”面世的背景、核心内容、突破重点,并对比思考了这一战略规划与前三次工业革命的差别,分析了德国工业发展经验对中国制造业发展和产业政策的借鉴意义,如正确认识工业和工业化,产业政策向创新政策转变,拓展新型工业化道路的内涵及调整中小企业政策思路等。贺正楚等^[6]分析了“工业 4.0”的背景和内容,探讨了中国制造产业发展中存在的主要问题和实施“中国制造 2025”的紧迫性,并从中国特色新型工业化道路、工业技术与信息技术紧密结合、产业技术创新

基金项目: 国家自然科学基金项目“中国战略性新兴产业空间布局与发展路径”(71273276)

作者简介: 李金华,经济学博士,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、教授、博士生导师,中国数量经济学会常务副理事长兼秘书长(北京 100732)

联盟建设、绿色低碳发展等方面提出了实现“中国制造 2025”的对策建议。还有一些学者则分析了工业 4.0 对地区产业发展的影响,如兰建平^[7]分析了“工业 4.0”对浙江产业转型的影响;李政新^[8]、黄英艺^[9]则分别探讨了其对河南工业和泉州制造业发展的启示。不难发现,这些文献都是对“工业 4.0”的主要内容进行简要概述,而后据此对中国产业或制造业发展升级提出对策建议,且建议也基本属于原则性或普适性的。鲜见有对“工业 4.0”进行深度解读的成果,特别是将德国“工业 4.0”和“中国制造 2025”作详细比较研究的成果更是少见。

有别于前述文献,本文拟对德国“工业 4.0”和“中国制造 2025”从背景、框架、指导思想、突破重点以及行动方案进行深入全面的比较研究,据此思考中国制造强国的行动路径。

二、背景与框架的比较

(一) 背景

20 世纪 80 年代初起,世界发达国家开始了一股学界称为“再工业化”的浪潮。美国在 2009 年至 2012 年的三年间,先后推出了《重振美国制造业框架》(2009 年 12 月)、《先进制造业伙伴计划》(2011 年 6 月)与《先进制造业国家战略计划》(2012 年 2 月),旨在借助这些规划的实施,巩固美国制造业在全球的领先地位,优化制造业结构,增强制造业在全球的竞争力。日本政府也高度重视高端制造业的发展,进行制造技术战略图的大规模编制。2014 年,日本着手研制以 3D 造型技术为核心的制造技术项目研发,开发了代表世界顶尖水平的金属粉末造型用 3D 打印机;使用“小生产线”模式,建成了世界最短的高端车型生产流水线;通过小型设备、机器人和无人搬运机引入、无人工厂设计、细胞生产方式等革新,降低制造业生产成本,大幅提高制造产业竞争力。

德国也在行动。自 2006 年以来,德国政府一直努力建立一种部门间的高技术战略协调机制,推动德国的技术革命、研究与创新,目的就是要通过不断的技术创新,确保德国产业的传统优势和强有力的竞争地位。2010 年 7 月,德国政府发布《高技术战略 2020》(High-Tech Strategy 2020 Action Plan),确定了未来德国的十大发展项目,其中一项就是要支持工业领域中制造技术的革命性研发和创新,这便是后来风行全球的“工业 4.0”。2011 年,汉诺威工业博览会上,德国人工智能研究中心董事兼行政总裁沃尔夫冈·瓦尔斯特尔提出,要在制造领域广泛应用物联网和服务网络等现代媒介,通过生产方式的变革掀起第四次工业革命,这可视作对“工业 4.0”概念的最初阐释。两年后,2013 年 4 月的汉诺威工业博览会上,由于欧洲最大的应用科学研究机构弗劳恩霍夫应用研究促进协会、德意志国家工程院以及西门子公司等的建议和推动,“工业 4.0”项目得以正式发布。

这一战略规划所以被称之为“工业 4.0”,是源自德国人对人类三次工业革命的称谓。18 世纪 60 年代,人类社会发生了以蒸汽机为代表的第一次工业革命,大机器生产取代了手工劳动;19 世纪 70 年代,自然科学开始同技术生产紧密结合起来,电力得到广泛应用,人类进入电气时代,这便是人类的第二次工业革命;20 世纪 50 年代起,原子能技术、航天技术、电子计算机应用、人工合成材料、分子生物等取得重大突破,科学技术有力推动了人类生产力的进步,形成了所谓的第三次工业革命。三次工业革命,德国人分别将其称之为“工业 1.0”、“工业 2.0”和“工业 3.0”。在德国人心中,此次的制造业技术革新是制造领域的颠覆性革命,具有划时代的意义,堪为第四次工业革命,故称之为“工业 4.0”。

“工业 4.0”激起了制造领域技术革命、技术竞争的新一轮浪潮,引起世界各国的高度重视,特别是一些经济大国。针对这一现实,2015 年 3 月,中国十二届全国人大三次会议上的《政府工作报告》提出,要实施“中国制造 2025”,这是中国首度提出的一个关于制造业发展的十年规划,目标直指“中国创造”、“制造强国”。同年 5 月,国务院正式发布了《中国制造 2025》。由于时间上的延续性和大背景的同质性,“中国制造 2025”也就被有些人看成了中国版的“工业 4.0”。

(二) 框架

“工业4.0”对全球制造业未来发展有着十分重要的影响，而“制造2025”则对中国制造业的发展有着极为重要的意义。“制造2025”与“工业4.0”是否有着关联？比较这两个重要文献的框架就可以有基本判断（如图1、2所示）。

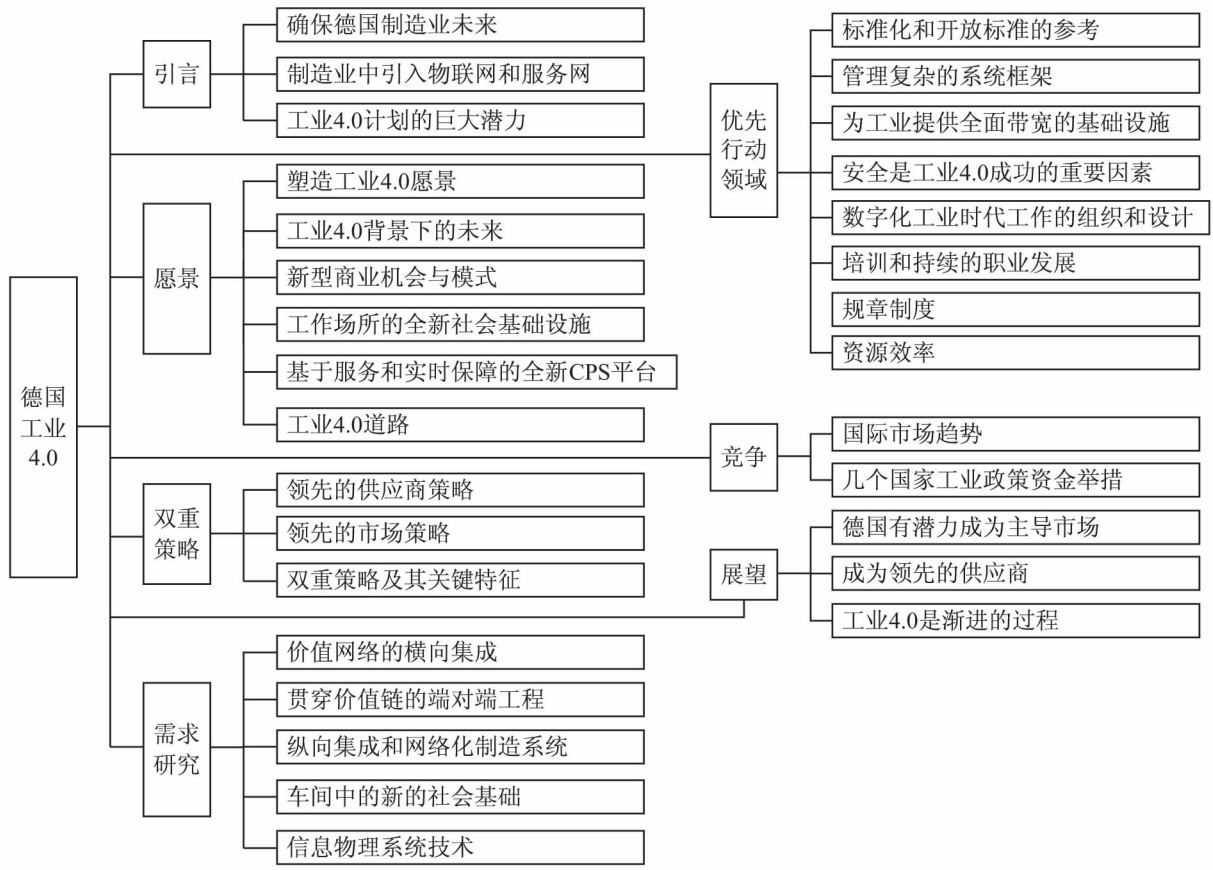


图1 德国工业4.0框架图

比较两个框架图可以发现：德国工业4.0包括7个部分，即远景目标、行动策略、支撑要素、优先发展领域、与他国的竞争策略等；中国制造2025分为4个部分，主要是形势和背景分析、基本指导原则、战略任务和重点发展领域以及支撑和保障体系。

共同之处，两个文献均有明确的工作目标、行动的方向或基本策略、重点或优先发展的领域、支撑或保障体系。虽然德国的目标是要保证制造业的领先地位，中国则是要跻身世界制造强国行列，但二者均是在对国际、国内产业发展形势进行研判后作出的决策，均指向先进制造业。从这个意义上讲，“制造2025”与“工业4.0”有共通之处。但显然，二者还是有重大差别。

在背景的描述上，“工业4.0”首先给德国制造业定位^{[1][P23]}：德国是全球制造业最具竞争力的国家之一，机械和装备制造业的自动化水平在全球领先，占据全球信息技术的显著地位；德国将要在世界制造强国的背景下展开“工业4.0”的实施，要始终保住制造强国的领先地位，引领全球制造业的发展。“制造2025”对中国制造业的定位^①：中国是制造大国而非制造强国，制造技术较之先进国家有较大差距；自主创新能力不强，关键技术或核心技术缺乏；能源利用效率低，环境污染严重；缺少

① 参见中华人民共和国国务院《中国制造2025》第一部分 <http://www.gov.cn>。

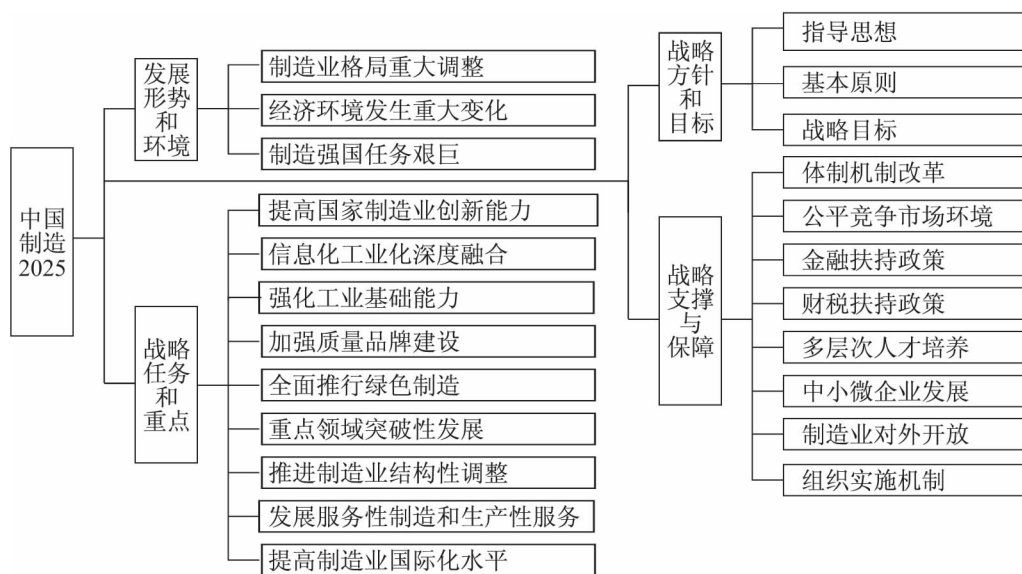


图2 中国制造2025 框架图

世界著名品牌，产业结构不合理，生产性服务业发展滞后。这表明，中国将要在制造业水平还不很先进、制造技术还较落后的基础上实施“制造2025”，跻身制造强国的行列。

在框架上，“工业4.0”突出了行动策略，即所谓的供应和市场双重策略。“制造2025”则强调了行动的指导思想和基本原则。“工业4.0”一直强调要建立一个物理系统，即所谓的CPS（Cyber-Physical System），这一系统包括智能的生产机器、数据资料存储介质、生产资料和生产设备从入厂到出厂的整合、物流过程的数字化、信息技术的端对端等多个子系统。“制造2025”则较注重体制机制的改革以及政府的组织实施。“工业4.0”关注了未来新背景下新型就业机会、就业模式、培训。“制造2025”关注的则是工业领域多层次人才培养。“工业4.0”注意未来几个发达国家的举措、制造业国际市场的趋势。“制造2025”注意中国制造业的对外开放和国际化水平。特别地，“工业4.0”是将行动方案和战略目标锁定在第四次工业革命，力图通过充分利用信息通讯技术和网络物理系统等手段，推出革命性的生产方法，实现制造业向智能化转型，形成以智能制造为主导的第四次工业革命；而“制造2025”则是提出制造领域信息化和工业化的深度融合，促成中国制造由大变强，没有提出第四次工业革命的概念。由此看来，“工业4.0”与“制造2025”显著地存在着差异。

三、目标与优先或重点领域的比较

作为发展和强盛制造业的重要文件，“工业4.0”和“制造2025”均提出了优先行动或重点发展的领域，这些重点领域从属于各自的工作目标和整体框架，其主要内容可对比列示如下（如表1所示）。

由表 1 可知,工业 4.0 的重点发展领域是 8 个方面: (1) 建立一个适用于所有合作伙伴公司产品和服务的参考框架,这一框架由标准、规定、技术说明等构成,涉及的对象包括制造过程、设备、工程、软件等; (2) 通过建模、仿真等手段,建立管理复杂对象和系统的工具,特别是对于中小企业,要给工程师提供方法和工具,保证其在虚拟的世界中使用恰当的模型描述真实的世界; (3) 扩大德国宽带互联网基础设施,保证制造业高运行可靠性和数据链路可用性,保证宽带的简单、可扩展、安全、可用且支付得起; (4) 建立确保制造过程和产品安全、保险的措施和系统,涉及集成的安保战略和标准,产品、工艺和机器身份识别的独特性和安全性,从“工业 3.0”到“工业 4.0”的安全转移策略,用户友好的安全解决方案,商业管理安保,盗版产品打击,数据保护等; (5) 采取“社会技术”方法,将持续的职业发展措施和技术软件架构进行紧密配合,提供一个单一的、连贯的解决方案,促成智能、合作和自我组织的相互作用,保证人们的工作愉快、安全与公平,保证竞争优势; (6) 通过学院立方体、最佳实践网络等方式,调查工作场所获取的知识和技能,发展数字化技术学习的新方法,推广“工业 4.0”所特有的学习内容和跨领域合作,开展职业及学术培训和持续的职业发展; (7) 通过共同的法律合约,以促进创新的方式制定标准,以确保新技术符合法律和监管框架的发展,确保企业数据、数据交换责任、个人资料、信息物理系统通信的保密性和完整性; (8) 采用和发展“效率工厂”倡议的成果,在制造环境和现代化生产线中提高资源效率,降低运营成本,使用尽可能低的资源数量,实现最大化的输出。

“制造 2025”确定的重点发展领域是 10 个: (1) 集成电路及专用装备、信息通信设备等新一代信息技术; (2) 高档数控机床和机器人; (3) 以大型飞机、新一代运载火箭、重型运载器为代表的航空航天装备; (4) 深海探测等海洋工程装备及高技术船舶; (5) 绿色智能、高速重载轨道等先进轨道交通装备; (6) 电动汽车、燃料电池汽车等节能与新能源汽车; (7) 超大容量水电机组、核电机组、重型燃气轮机等电力装备; (8) 大型拖拉机及其复式作业机具、大型高效联合收割机等高端农业装备; (9) 金属功能材料、高性能结构材料、功能性高分子材料、特种无机非金属材料 and 先进复合材料等新材料; (10) 针对重大疾病的化学药、中药、生物技术药物新产品及高性能医疗器械等。

对比“工业 4.0”和“制造 2025”的重点突破领域,前者主要集中于制造业生产模式、生产环境、安全保障、制度建设、员工培训等;而后者则主要集中于生产制造的一些重要行业,并且这些行业多数是于 2010 年公布的应重点发展的战略性新兴产业。因此,从重点突破的领域看,“工业 4.0”已经不再把技术、品牌等作为发展目标,而是转向生产模式、生产管理、生产安全等更高层面的制造

表 1 优先行动或重点发展领域对比表

德国工业 4.0	中国制造 2025
标准化和开放标准的参考框架	新一代信息技术产业
建立管理复杂系统的工具	高档数控机床和机器人
建设提供全面宽带的基础设施	航空航天装备
设计、网络、系统等全面安全措施	海洋工程装备及高技术船舶
数字化时代工作的组织和设计	先进轨道交通装备
持续的职业培训和发展	节能与新能源汽车
规章制度建设	电力装备
提升原材料、人力、财务资源效率	农机装备
	新材料
	生物医药及高性能医疗器械

资料来源: 工业 4.0 工作组,德国联邦教育研究部 《机械工程导报》,2013 年 7-9 月; 中华人民共和国国务院 《中国制造 2025》, <http://www.gov.cn>。

理念。在德国,制造业已达到一种新境界;在全球,德国制造已是一个符号、一种象征^①。“工业 4.0”追求的是以网络化、智能化为主要特征的新工业革命生产模式。这一模式不仅要在制造技术上实现革命性的突破,还要引致生产组织方式和社会经济方面的深刻变化,引致人类生产力的巨大飞跃。显然,这是“制造 2025”没有论及的。

四、目标、路径、前景的比较

在执行目标、行动路径以及未来前景规划上,“工业 4.0”和“制造 2025”也有着重大差别,两者对比的结果如表 2 所示。

表 2 目标、策略及前景比较表

	德国工业 4.0	中国制造 2025
目标	提升德国全球竞争力;确保未来德国制造业的领先水平	2025 年,进入制造强国行列;2035 年,达到世界制造强国中等水平;2049 年,进入世界制造强国前列
路径	企业建立全球性信息物理系统(CPS);通过价值网络实现横向集成;建设贯穿整个价值链的端到端工程数字化集成;建设纵向集成和网络化制造系统	体制机制改革;建设公平竞争市场环境;金融扶持;财税政策支持;制造业对外开放;支持中小微企业;组织实施机制
前景	成为机械和设备制造的市场领导力量;成为全球瞩目的 IT 集群地;成为在嵌入式系统和自动化工程领域领先的创新者;成为一个高度熟练的和充满干劲的劳动力;供应商和用户间距离相近且在某些领域紧密的合作;形成先进的研究和培训设施	国家制造业创新能力提升;信息化工业化深度融合;核心基础零部件、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础能力强化;制造产品质量和品牌提升;制造业绿色发展和主要产品单耗达到世界先进水平,建成绿色制造体系;大中小企业协调发展,制造业布局优化;制造业与服务业协同发展;制造业国际化水平提升

资料来源:工业 4.0 工作组,德国联邦教育研究部《机械工程导报》,2013 年 10-12 月;中华人民共和国国务院《中国制造 2025》,http://www.gov.cn。

由表 2 可知,“工业 4.0”的目标是引领第四次工业革命,确保德国制造业的未来始终处于领先地位。“制造 2025”则是计划通过三个“十年”的努力,使中国进入世界制造强国的前列。

在行动路径上,“工业 4.0”突出“智能”、“网络”、“系统”;要建设 CPS,将物联网和服务网广泛应用于制造领域,对制造产品的全生命周期、完整制造流程模块进行集成和数字化,构筑一种高度灵活、具备鲜明个性特征的产品与服务新生产模式;由于标准化、组织工作和产品的可获得性是实施“工业 4.0”的重大挑战,故而该项目鼓励德国企业参与实施“工业 4.0”,并将通过领先的供应商策略和领先的市场策略来实现战略目标。“制造 2025”则更多地集中于市场准入制度、政府经济职能转变、行政审批制度改革、市场环境建设、政策支持等,技术研发、科技成果转化、创新能力设计等仍然作为实现战略目标的行动路径,政府在行动过程中的作用有着明显体现。

在未来前景上,“工业 4.0”是要使德国成为第四次工业革命的引领者,成为世界市场领先的供应商;要巩固德国的国际竞争地位,推动解决全球所面临的资源短缺、能源利用效率以及人口变化等问题;在“工业 4.0”下,德国制造领域的所有元素和资源整合达到一个全新的社会—技术互动水

^① 德国机械设备制造协会(VDMA)2013 年发布的一份调研报告表明,德国大部分的工程公司均认为其制造技术处于世界领先地位,主要竞争对手来自国内企业,而后才是落在后面的美国和意大利的竞争者。

平; 全部智能产品均具有独特的可识别性, 在整个生命周期内随时确认自身的损耗程度; 一些有特殊产品个性需求的客户将能直接参与到产品的设计、制造、预订、计划、生产、运作和回收各个阶段; 而且, 企业员工可以根据生产形势和目标的变化, 调整生产步骤, 调节和配置智能制造资源网络, 提高生产效率。而“制造 2025”将使中国制造业创新能力和信息化水平大幅度提升, 制造业结构优化, 产品质量显著提高, 制造的著名品牌显著增多。

不难发现, “工业 4.0”的愿景更微观、具体, 更多关注的是制造的产品、制造的过程、制造的模式; 而“制造 2025”则更宏观、更抽象, 更多关注的是制造技术、制造业结构、制造水平等。

五、借鉴与启示

从前文的比较不难发现, “工业 4.0”和“制造 2025”无论是在框架、结构还是在关注点、目标指向上, 二者都存在显著不同。简单地认为“制造 2025”是中国版的“工业 4.0”似有牵强。但作为世界先进制造强国对未来制造业发展的战略规划, “工业 4.0”对中国制造业发展的借鉴和启示意义则是显而易见的。

(一) 配套制定中国“制造 2025”更加具体的行动细则, 让相关原则、指导方针落地实施

中国“制造 2025”是新形势下未来中国制造业发展的行动纲领, 是国家层面的制造业发展战略。但相比“工业 4.0”, 其还需要具体的行动细则以保证指导思想、基本原则、战略目标的落地实施。

同样是国家战略的“工业 4.0”, 在论及具体问题时, 分析了面临的挑战, 并给出了建议采取的行动。例如, “工业 4.0”提出要在生产工程、机械工程、工艺工程、自动化工程、IT 和互联网中建立标准化参考框架, 并且具体建议成立一个组专门处理标准化问题; 瞄准关键术语, 制定“工业 4.0”专用词汇表; 制定自下而上的地图, 概述目前存在的标准化架构; 设计适当的旗舰项目, 以展示成功开发和部署的参考构架等。在如何提高能源利用效率方面, 提出的具体做法是, 在制造生产过程中随时关闭不工作的设备以减少能源消耗, 即便在很短的间歇空隙, 也要停止机器人的工作, 保证其处于一种“网络唤醒模式”; 通风设备也要及时调整速度, 按需控速, 以节约能源。这种细致、详尽的描述是“制造 2025”所不具备的, 也是值得借鉴的。因此, “制造 2025”有必要对所提出的纲领性原则、任务设计出具体行动方案, 如怎样加强关键核心技术的研发? 怎样提高创新设计能力? 如何推进制造过程智能化? 如何推进信息化和工业化的深度融合? 如何加强互联网在制造领域的应用? 等等, 要对这些问题给出具体的行动方案, 保证这些目标任务的落地实现。

(二) 设计未来制造业生产模式, 构筑新生产模式下企业职工的培训 and 持续教育机制

在发展未来制造业时, “工业 4.0”设计了具体的制造业生产模式, 即将资源、信息、物品和人进行互联, 从而造就物联网和服务网, 而后将信息物理系统技术一体化应用于制造业和物流行业。在这种模式下, 制造企业将建立一个全球网络, 信息物理系统 CPS 将集合全部企业的生产设施、机械设备和存储系统等信息, 企业能够相互独立地交换信息、触发动作和联动控制。这是一种与现时生产模式完全不同的全新生产模式, 是革命性、颠覆性的生产模式, 与第一、二、三次工业革命一样, 具有划时代的意义。它代表着未来制造业生产模式的方向, 也应该是中国未来制造业可供选择的生产模式。

回顾三次工业革命的成就, 每一次工业革命都在生产模式上有着革命性的突破。中国要成为制造强国, 生产模式必须适应世界发展潮流。因此, 现阶段应大力推进先进的网络基础设施建设, 加强与战略性伙伴国家在网络基础设施建设的协调, 提高互联互通能力, 加快规划和设计适合国际潮流、具有国际竞争力的先进制造生产模式。

配套地, 先进的制造模式对企业员工提出了新的要求, 必须根据制造模式及时设计建立制造业员工的培训和持续教育机制。制造业的生产实践表明, 单个劳动者的生产效率并不取决于劳动者的年龄, 而是更

取决于其所从事某种工作岗位的时间、工作组织方式和工作环境。如果更长的工作时间可以保持并提高劳动生产率,那么,就十分有必要协调和改变相关的工作环境。可以肯定的是,决定制造业竞争力的不仅是技术、市场、商业模式,还会有高素质的企业员工,以及适应于生产模式的新的社会基础设施和工作场所。故而,中国需要抓紧制定制造业和为制造服务的相关行业员工的培训计划,包括健康管理、终身学习、职业路径、可持续培训、团队结构、知识管理等;要建立全新的协作工作方式,使得员工的工作可以脱离工厂,通过虚拟的、移动的生产方式开展;要长远规划,长远设计,不断培养适应未来制造环境的高素质科研人员和产业工人。

(三) 引导构建制造企业联盟,搭建企业信息平台,推进新产品和制造技术的集成和开发,对接全球制造市场

按照工业 4.0 的设计,未来制造业的生产是物联网和服务网结合下的团队协作生产,要引导和鼓励企业组建制造业联盟,协作研发新产品,开发新技术。作为借鉴,中国需要高度重视企业联盟的建设,以企业联盟生命周期为主线,对联盟的功能体系进行整体和远景规划。可以在领军企业和骨干企业间建立生产技术联盟,实行强强联合;也需要在中小企业间建立生产技术联盟,实行集小成大、集小成强。

要搭建企业联盟信息平台,整合集成企业的基础信息、产品信息、核心设备生产能力信息、生产流程信息、原材料信息、技术参数信息、一般财务信息、人力资源信息以及其他动态信息等,这些信息要通过企业联盟局域网络,实现成员间的流通和共享;要通过企业信息平台实现协同设计、协同生产、协同运输,破解不同地域联盟成员在产品的设计、制造过程中合作的难题;要通过企业信息平台,形成工作流,整合企业系统和资源,有效利用制造资源、设备资源和人力资源等。

要根据全球制造市场的变化,不断扩大企业联盟的信息平台的容量和功能,在总体框架下构建不同功能的子系统,有效实现企业的决策支持、工作流管理、订单管理、合同管理、招投标管理、知识管理、培训管理、客户关系管理、利益分配管理等。平台要能迅速组织生产资源,集合人、财、物,及时设计开发出质量优、成本低的新产品。同时,平台要能有效管理生产流或工作流,达到生产过程的高效和优化;能有效实现企业领导者、管理者、经纪人、客户、项目监理和生产工作的沟通联络,为系统内工作人员创造宽松、和谐的工作环境;能为决策者提供可靠有用的数据,便于其科学高效决策;能进行各类活动、知识、数字的记录、归类和挖掘,为员工提供公共资料、文档等各种知识服务等。总之,保证企业生产准确及时,适应千变万化的全球制造市场。

当然,信息平台并不是完全开放的。它必须是高度安全可靠的,必须能保证联盟企业的最大化利益。

(四) 建设适应先进制造业发展的、配套的基础设施体系,促进中国制造企业参与国际竞争

工业 4.0 设计了未来制造业生产模式,这种新模式给企业和产业基础设施建设提出了极高要求,没有质量好、成本低、效率高、服务优的配套基础设施,中国“制造 2025”就难以落地实践。

基础设施建设是一个国家和地区经济发展的必要前提,同样是一个发达产业发展壮大的先决条件。人类产业发展的历史表明,基础设施建设在工业化初期与中期都发挥过先导性作用。美国五大湖工业区^①、德国鲁尔工业区^②等著名工业区,以及 20 世纪 50 年代后,由于第三次工业技术革命兴起而催生的一些新兴工业区,如美国的“硅谷”、印度的班加罗尔工业区、日本的九州岛工业区、意大利东北部和中部的新兴工业区、德国南部的慕尼黑工业区、英国苏格兰中部的工业区等都是运河、铁路网和公路网以及信息网络的建设得以发展起来的。特别是新近兴起的世界著名新兴工业区,更是由于发达的 IT 产业和信息网

① 美国东北部的五大湖(苏必利尔湖、密歇根湖、休伦湖、伊利湖和安大略湖)工业区位于美国五大湖、密西西比河、俄亥俄河以及阿巴拉契亚山脉之间,含俄亥俄、威斯康星、印第安纳、密歇根、纽约、宾夕法尼亚等 6 个州的部分地区。五大湖工业区煤、铁矿资源丰富,是美国重要的工业基地、著名的“制造业带”,也是美国的城市化中心。

② 鲁尔工业区位于德国西部、莱茵河下游支流鲁尔河与利珀河之间的地区,在北莱茵-威斯特法伦州境内,形成于 19 世纪中叶,是典型的传统工业地域,被称为“德国工业的心脏”。其突出的特点是,以采煤工业起家,炼焦、电力、化学、钢铁发达,具备完整的机械制造业体系。

络得以兴盛,进而促使这些地区工业化和城市化。

工业化是一个国家进步和发展的必经阶段,而在工业化过程中,制造业的发展水平是工业化程度的重要标志。与传统农业生产对基础设施的需求相比,工业化对基础设施有着更高的要求。基础设施作为制造业的先导产业,与很多制造业部门具有关联效应。基础设施的结构和水平与现代制造业水平是相辅相成的,良好的基础设施可以优化产业结构,提升制造业水平。一般而言,制造业由低到高的演变,通常是轻纺工业→钢铁工业、化学工业等→汽车等高加工度工业→电子通信产品等技术密集型工业。这期间,基础设施在工业化初期与中期对制造业发展的先导作用十分明显。一方面,基础设施建设降低了生产成本和运输成本,提高了劳动效率,扩大了消费需求和投资需求,进而促进制造业的不断升级;另一方面,制造业的迅速增长又将产生对基础设施的巨大需求,反过来诱发基础设施投资。二者形成互为因果、相互促进的双向互动关系。

要实现“制造 2025”的远景,必须建设与中国制造业配套的基础设施体系,其中重要的是信息基础设施和为制造服务的现代服务业。信息基础设施包括网络、硬件设备、基础软件,为制造服务的互联网、云计算、大数据,国家工业基础数据、企业试验检测数据和计量数据等;为制造部门服务的供水、供电、道路、交通设施、仓储设备、邮电通讯设施、排污、绿化等环境保护和灾害防治设施;为企业员工生活服务的服务业、金融保险机构、住宅和公用事业、公共交通、运输和通讯机构、教育和保健机构、文化和体育设施、社会福利设施等。这些基础设施是企业信息化的前提,没有这些基础设施,就不可能有企业的信息化,就没有未来中国“制造 2025”。建设制造业基础设施是一项规模宏大的系统工程,需要巨大的资金投入,也需要一大批高新技术先行,还需要动员大批中小企业和民间资本投入,使得基础设施建设成为“制造业 2025”战略实施的先行和重要推力。

德国的制造业发展史表明,不论企业大小,没有自主知识产权和核心竞争力,没有创新,仅靠低价和仿制,企业没有前途,产业不会发展。在德国,超过 99% 的公司都属于中小型企业,而恰恰是这些中小企业,在工业方面高度活跃,成为德国工业的主体和脊梁。因而,德国政府十分重视动员和引导中小企业参与“工业 4.0”进程。在中国,中小企业接近市场,接近用户,对市场反应灵敏,转型快,是市场经济体制的微观基础,理当成为实施“制造 2025”的重要力量。因而,要引导中小企业积极寻找机会参与技术创新联盟,形成工业园区;要通过整合先进科学技术资源,提高中小企业的创新能力,帮助企业掌握行业主导产品的关键技术或核心技术,鼓励企业参与国际竞争,通过创新驱动来增强其国际竞争实力。

参考文献

- [1] 工业 4.0 工作组. 德国联邦教育研究部. 德国工业 4.0 战略计划实施建议[J]. 机械工程导报 2013 (7-12).
- [2] 李云志. “工业 4.0”时代的管理架构研究[J]. 管理观察 2014 (8).
- [3] 丁纯, 李君扬. 德国“工业 4.0”内容、动因与前景及其启示[J]. 德国研究 2014 (4).
- [4] 胡杰. 从德国“工业 4.0”看中国未来制造业的发展[J]. 民营科技 2015 (12).
- [5] 黄阳华. 德国“工业 4.0”计划及其对我国产业创新的启示[J]. 经济社会体制比较 2015 (3).
- [6] 贺正楚, 潘红玉. 德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”[J]. 长沙理工大学学报(社会科学版) 2015 (3).
- [7] 兰建平. 工业 4.0 对浙江产业转型的影响及对策思考[J]. 统计科学与实践 2015 (4).
- [8] 李政新. 德国工业“4.0”对河南工业升级的启示[J]. 区域经济评论 2015 (2).
- [9] 黄英芝. 德国“工业 4.0”战略对泉州制造转型升级的启示[J]. 泉州师范学院学报 2015 (1).

(责任编辑 朱 蓓)