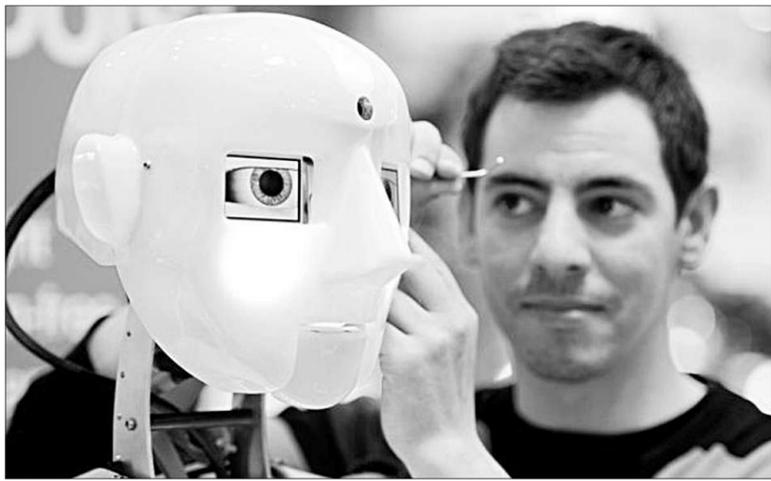


迎接孕育中的产业变革

——全球制造业发展趋势分析

□ 张丽娟 刘润生



全球制造业价值链将日益数字化

制造业对于国民经济、出口贸易、就业岗位、国家竞争力、科技创新均具有十分重要的意义。由科技驱动的新一轮产业变革正向我们袭来,增材制造、智能制造、数字化工厂、工业互联网、“工业4.0”、制造业服务化、资源节约型工厂、生物制造、协作和移动型企业、以人为本的制造等一系列创新的制造理念和模式不断涌现,全球制造业的新时代即将来临。把握现代制造业发展趋势,通过一系列举措振兴制造业和实体经济,无疑是各国抢占未来国力制高点的重要途径。

制造业发展格局继续快速全球化

随着人类社会生产力不断发展,世界经济进一步走向全球化,全球市场将扩至金砖国家等成熟经济体,“新钻11国”经济也将达到成熟,埃塞俄比亚、肯尼亚、乌干达等国家也将经历快速工业化进程。由于人口期望寿命增加,到2025年,世界人口可能会接近80亿,这将带来繁荣兴旺的全球中产阶级和新的潜在大市场。自2013年以来,仅亚洲和非洲就有约18亿人加入了全球消费层。受新兴经济体发展的驱动,全球制造业商品需求正在加速向发展中经济体转移。发展中国家新的消费群体往往需要截然不同的商品满足其个人需求,发达国家市场的消费者则需要更加丰富的产品和更快的产品周期。产业界将会转变商业模式以利用新机遇,制造业企业的服务功能将在其经营活动中占据更高比例。欧盟委员会联合研究中心进行的前瞻研究认为,在发达经济体,企业服务型活动和生产活动的比例正在改变,到2025年未来服务型活动可能占制造业就业的50%以上。

未来全球制造业格局将会继续调整。随着技术、通信及物流的发展,价值链的运作方式也产生了极大变化,一个产品的价值链可能涉及全球上百家公司及个人,价值链各部分联系也变得更加紧密、更复杂,更多的国家有机会参与其中。区域化的需求定制意味着生产体系会变得更加分散。越来越多的制造商会根据区位优势、市场需求以及价值链驱动的一系列其他因素,将其制造业链条混合分布在发达国家和发展中国家,使生产活动以理性的方式分布在世界的高成本地区和低成本地区。制造业价值链的环节被逐步拆分为不同国家的不同公司,对制造业价值链进行管理的能力极有价值。当前,制造业活动继续向具有比较优势的发展中国家转移,新兴国家正在不断提高劳动生产率。然而,先进国家拥有很多技术优势,它们有能力同其他国家一起参与分散在世界各地的制造业务,正在积极推动高价值制造业回流。

未来消费者产品需求更趋个性化

未来一二十年,全球中产阶级队伍不断壮大。尤其是新兴经济国家的快速发展催生出大量的中产阶级人口。再过十年,全球中产阶级人数有望达到32亿。这些见多识广的消费者越来越希望制造商能够按需定制,为其提供个性化的产品和服务,或直接提出设计意见使企业生产出定制化产品。由机器人、增材制造等新型制造技术催生的个性化和定制化将成为未来制造业发展的关键驱动因素之一。这将使消费者在与制造商的关系中更加主动,与整个生产链的关系也更为密切。消费者根据个人选择将决定购买和交付模式。个性化的网上服务将日益广泛,因为这类服务能够保存个人偏好和尺寸,还利用新型可视化技术帮助消费者做出选择。

多样化的世界市场、分布式制造以及日益见多识广、繁荣兴旺的全球中产阶级将给产业带来多重挑战。新的全球市场将会引起消费选择的多样化,不同地区通常需要通过各具特色、定价策略不一的特定产品。产业界需要通过大幅提高市场分析能力,以准确把握消费者需求。产业界还需要努力通过自适应和模块化的机床、机器人等手段确保供应链的灵活性以及生产线的快速重组,满足不断变化的消费者需求。

“工业4.0”,直指新工业革命

□ 刘润生

在互联网的推动下,现实世界与虚拟世界日益紧密,使经济发展进入新的阶段,为制造业发展创造了新机遇。德国学术界和产业界积极推动“工业4.0”。他们认为,全球经济正处于第四次工业革命的开端,“工业1.0”是蒸汽机时代,“工业2.0”是电气化时代,“工业3.0”是信息化时代,“工业4.0”则是利用基于信息物理融合系统的智能化来促进产业变革的时代。

“工业4.0”代表智能制造时代的新思维

“工业4.0”的概念描述了由集中式控制向分散式增强型控制的基本范式转变,目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化产品与服务的生产模式。它意味着在产品生命周期内对整个价值创造链的组织和控制迈上新台阶,意味着从创意、订单,到研发、生产、产品交付和服务,再到废物循环利用,在各阶段都能更好地满足日益个性化的顾客需求。在这种模式中,传统的行业界限消失,并会产生各种新的活动领域和合作形式。创造新价值的过程正在发生改变,产业链分工将被重组。

由德国三大工业协会起草的《“工业4.0”白皮书》提出了关于“工业4.0”中,技术及组织的17个重要命题,展现了一幅全新的工业蓝图。

从人的角度来看,工作组设计将以人为本,体现了自组织性和自主性;“工业4.0”将为工人扩大工作范围,增强自身技能,学习更多知识,扩大行动空间创造机会;工作工具可辅助学习,实践社群将大大提高教学效率,信息技术技能培训份额日益增加;学习

全球制造业价值链将日益数字化

为应对经济全球化和市场地区化的趋势,企业的生产链将会分布于全球各地,并通过先进的信息通信技术连接起来。这要求用更先进的物流系统来制造和配送产品。企业将更加依赖于智能化、自动化、集成化的物流工具及资产追踪软件,实现对材料和产品的实时监控。随着消费者对商品和服务日益增长的定制化、个性化以及降低成本的需求,企业将不得不参与地区性经营活动。这种分布式制造有可能通过增材制造、软件增值服务等新型制造技术实现,新型信息通信技术则将使生产流程的不同环节实现数字互连。

从工业生产过程到物联网和云计算,普遍计算已经无所不在,与日常生活息息相关。日益复杂庞大的大数据和物联网将使制造企业更好地了解并优化其价值链从设计到分销的各个环节,并促进产品与服务相融合。这些发展将会实现数字化的智能工厂,即由数字模型、方法和应用程序组成网络,把制造设施的企划设计与制造流程本身整合起来,注重综合规划和流程监测,使制造流程更高效、更能灵活应变。自动化技术和先进机器人将减少劳动力需求,将使制造流程更高效,使生产接近零缺陷。未来十年,机器人技

术的进步将使工人和机器人在工厂中和谐工作。

未来制造业将更加注重绿色化

未来气候变化的影响将更加显著,自然资源将日益稀缺,并且全球能源需求将不断增加。随着环境和社会问题的加深,材料和能源成本的增加,这将对制造业产生重大影响。全球各国政府很可能采用更加严格的产品环保标准,采用新的方式进行自然资源定价和生态系统服务(如清洁空气)定价。在更加富裕成熟的经济体中,消费者将日益根据社会和环境因素影响选择产品。环境和社会压力将会带来能够降低环境影响、提高环境恢复力、实现自然资源利用更高效和更合理的创新产品和服务的开发。

社会对“循环经济”的需求将使企业的商业模式进一步升级。资源稀缺、能源和废物处理成本上升将使制造业价值创造方式转向再使用、再制造、再循环、再回收、梯级利用等新模式。企业将会向服务和技术投资,以实现零浪费、零净能源和零环境影响的“三零”目标,还会投资于材料、部件、产品甚至工厂拆卸和再制造的各项管理技术以及微量资源回收技术。低价的清洁能源和有效的能源政策也是决定国家和制造商竞争力高低的关键。能源供应去碳化行动将

会加强生态创新的基础。例如,智能电网基础设施将使工厂能够优化其能量流动,扮演能源供应者和使用者的双重角色。工厂生产产生的热量和废物将会越来越多的成为能源来源,使工厂实现能源自足和碳中和。

全球制造业科技竞争日益白热化

科技创新是驱动产业变革的关键,将会提供广泛的财富创造平台,并有助于应对重大社会挑战,将引领全球制造业竞争。

纳米技术、微纳电子、光子技术、先进材料、工业生物技术、先进制造技术等关键使能技术将会继续得到开发和部署,为实现广泛的产品应用提供不可或缺的技术基础。大数据、物联网、先进传感器、机器人、增材制造、云计算和移动互联这些技术融入未来产品和网络,将会促进产品设计、制造、销售和方式使用的根本性转变,不断推动制造业向网络化、智能化、柔性化和服务化转型。建模与仿真正在作为支持21世纪制造的关键技术而兴起,对于材料设计、改善产品、完善过程、减少设计制造周期、降低产品的实现成本。材料仍然是影响先进制造企业竞争力的关键要素之一。大量重要材料的稀缺将会继续推动新型先进材料的研发,这将提升产品功能、降低产品重量、减轻环境负担、提高能源效率。由纳米技术和纳米材料衍生的新技术将会为这些发展提供支撑。

鉴于最近一次经济危机带来的严重恶果,许多国家政府近年来努力使制造业和实体经济在未来发展中占据更加重要的地位。发达国家纷纷制定战略政策,振兴本国制造业,依靠科技逐鹿全球价值链高端,抢占新的产业制高点。美国提出重振制造业战略,致力于将美国打造成吸引制造业发展的“磁石”,确保新一轮制造业革命就在美国发生。欧洲推出工业复兴战略,欲使工业重返欧洲。德国将“工业4.0”项目确定为十大未来项目之一,旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发和创新,将机器、软件、传感器和通信系统深度集成于信息物理融合系统。新兴经济体也不甘落后,印度、俄罗斯等国也纷纷制定政策措施,提高本国制造业竞争力。中国作为制造业大国,在工资、能源等要素价格上升以及环境挑战日益严峻的压力下,正在面临着发达国家蓄势待发和新兴经济体追赶比肩的两头挤压和双重挑战,通过科技创新实现向由“中国制造”向“中国智造”转变已经时不我待。

欧洲全面部署工业复兴战略

□ 刘润生

创新发展面临的机遇和障碍,欧盟委员会将据此开展重点工作。在先进制造领域,重点包括建立高价值制造“知识和创新社区”,建立可持续流程工业、未来工厂、光子技术、机器人等大型公私合作计划。

三是引导成员国在各自优势领域集中创新投资。通过欧洲结构和投资基金鼓励成员国在上述六个战略领域,结合本国区域及工业政策,在各自优势领域集中创新投资。

四是把数字技术作为提升欧洲工业生产力的核心。数字技术的变革力量和日益增长的影响遍及整个工业领域,将重新定义传统商业和生产模式,带来一系列潜在的新产品和服务创新。工业向数字时代的转型需要整合云计算、大数据、互联网新应用、智能工厂、机器人、3D打印和设计等众多新技术。欧盟委员会将在促进商业流程数字化和工业信息化中发挥重要作用。

目前欧盟内需不足,但内部市场仍有很大潜力。为充分释放成员国内部市场的潜力,提高生产效率,提升商业吸引力,欧盟将从以下三方面加速欧洲单一市场建设。一是加强能源、交通、通信等基础设施网络一体化,使欧盟内部市场无缝运作,这既响应

社会需求,又适应技术变革。二是加强内部市场开放一体化,继续积极推进无缝化的内部产品及服务市场,并高度重视商业服务业对于提升整体工业竞争力的重要作用。三是定期监测欧盟及其成员国的竞争力表现和商业环境,在欧盟层面提高立法质量和监管环境,使之更适宜、更稳定、更可预见。

到2015年全球约90%的经济增长预计将来自海外,进入国际市场将是欧盟保持竞争力的重要特征。贸易政策是欧盟国际政策的核心,欧盟委员会将全力促进欧盟企业以更有利的竞争条件融入全球价值链。欧盟委员会致力于通过WTO推动自由贸易,同时开展史无前例的双边自由贸易和投资谈判,并计划开展贸易防御措施。在国际市场进入方面,欧盟将加大经济外交,发出保卫其海外投资及利益的更强声音。在国际标准方面,欧盟将在其设定事实性标准的基础上,继续促进国际标准和监管合作,在加强国际标准的自主适应环境,改善研发,使企业进入国际市场。在知识产权方面,欧盟重视加强其知识产权保护,为欧盟企业增设更多的知识产权求助台,维护欧盟企业的先发优势和品牌。

4.0标准化路线图

《“工业4.0”白皮书》指出,“工业4.0”依赖于灵活、高素质、进行智能化操作的工人。信息物理融合系统将决定全球生产,机器设备都有自己的“身份”,可相互沟通并与周围环境交流,能分布式地自我组织。但是,只有整合信息物理融合系统,形成“系统的系统”,把分散的信息物理融合起来,才能获得新能力,这样才能持续优化未来工厂。当一切发展与“工业4.0”的参考架构一致,“工业4.0”的目标才能实现。

《“工业4.0”白皮书》提出了实现“工业4.0”亟待研究的五大主题。一是价值创造网的水平整合,包括新的商业模式、价值创造网的结构、价值创造网的自动化。二是整个生命周期内工程学的一致性。要现实世界和虚拟世界的融合,考虑现实世界和虚拟世界在各个层次的接口,要在机械制造、电气工程、计算机科学领域就模型达成共识。要运用系统工程方法,使产品、生产流程和生产系统实现融合。三是垂直整合和网络化的生产体系。要通过传感器数据分析优化过程控制。要研发智能、灵活、可变的智能生产系统,根据综合知识模型自主适应环境,改善研发、生产、维护和产品生命周期管理,提高资源效率。四是新的工作基础设施。要形成以智能辅助系统为媒介的新型协同工作形式,工作设计要使工人具备受能能力、创造能力和自我发展能力得到充分发挥,并保证工人健康舒适。五是跨领域技术。应该研发出无线联网一揽子解决方案,实现跨领域的全面运用。要构建满足安全要求的安全架构和策略的方法,把相关方法和工具融入信息物理融合系统。要研发出带参考架构和使用面向服务的分布式体系架构的工业4.0平台,为实现跨企业的网络化和集成创造条件。

本版稿件由中国科学技术信息研究所提供

工具不仅适用,而且能自动向使用者发挥作用。

从技术角度看,“工业4.0”系统简单易用,安全可靠,并能辅助学习;简单易用、普遍适用的问题解决方案范本使其他人也能参与工业4.0系统的设计和运行;产品和经营过程网络化、个性化会导致复杂性增加,同时解决问题的可能性更大,分析所有可能性并找到解决办法的速度会更快;资源利用效率受到持续规划、落实、监督和自动优化;智能产品在整个产品生命周期内可寻址、可识别;系统组件可寻址、可识别,支持对生产过程和生产系统虚拟规划;新的系统组件能够完全替代旧的系统组件,并且功能兼容;各系统组件发挥功用,为其他系统组件服务;新的安全文化要求“工业4.0”系统可信赖、有弹性且社会可接受。

从组织角度来看,新的价值创造网融合产品、生产和服务,使劳动分工更加灵活;合作和竞争会导致产生新的经济和法律组织;系统构架和业务流程符合可适用的法律框架,且新的法律解决方案会促成新的合同模式;在新兴市场将存在调节地域附加值的机会。

德国政府实施重大项目大力支持“工业4.0”

为了使德国成为智能化生产系统领先国家,引领新工业革命,德国政府在德国高技术战略2020中把“工业4.0”确定为十大未来项目之一。该项目由德国联邦教研部与联邦经济技术部联手投入2亿欧元。其研发主题包括:“智能工厂”,重点研究智能化生产系统及过程,以及网络化分布式生产设施的实现;“智能生产”,主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互

动以及3D技术在工业生产过程中的应用等。

德国政府实施该项目有着重要的技术、经济和社会与政治考虑。在嵌入式信息系统领域,德国已经处于领先地位,特别是在汽车和机械工程行业。此外,嵌入式信息系统的网络化以及智能监控和自主决策对于工业生产与服务的重要性将日益增加,生产和物流还有很大优化潜力,新型商业模式有待开发,交通、卫生以及环境和能源等重要需求领域还需要开发新的应用服务。

2014年德国政府出台的新一轮高技术战略继续把“工业4.0”列为战略重点,并重视信息安全问题。战略还明确,为了企业和雇员利益着想,将会考虑“工业4.0”对劳动力市场和不同雇员群体的影响问题。另一方面,鉴于产品、生产流程和服务日益相互联系,形成了潜力巨大的智能服务,这些服务会改变产品组合,通过建立新的知识平台来优化操作,联邦政府希望在智能服务方面为德国企业提供支持,以确保完全控制整个价值链。

德国行业协会为推进“工业4.0”积极献力献智

为推进未来项目“工业4.0”的落实,德国三大工业协会——德国信息通信技术协会、德国机械设备制造业联合会和德国电气电子工业协会还共同建立了“工业4.0平台”秘书处,以吸引并协调资源参与本次革命。《保障德国制造业的未来:关于实施“工业4.0”战略的建议》和2014年发表的《“工业4.0”白皮书》就归功于这三大工业协会的努力。德国电气电子和信息技术协会还于2013年发表了德国首个工业

确保下一轮制造业革命就在美国发生

□ 刘润生

制造业在美国经济中举足轻重,可谓支撑创新,又攸关国家安全。鉴于最近十年来美国制造业衰退十分严重,美国政府近年来通过持续重视加强国内生产,正在努力使美国制造业复兴奠定基础,正在加强美国制造业对于美国创新事业的重要作用,欲“确保下一轮制造业革命就在美国发生”。

新技术激发创客、发明家和创业者的新运动

制造业在美国GDP中占12%,却占全美研发人员的60%,占私营部门研发的75%,占有美国专利的大多数。美国制造业企业更具创新力,超过30%的制造业企业称它们在2008年—2010年开展了创新,而其他企业这一比例仅为13%。对许多技术而言,生产过程中的能力增强与新的学习、研发设计活动密切相关。

另一方面,新兴技术正在成为美国制造业优势的新来源,正在刺激美国制造业创业。从激光切割到数控雕刻机,再到3D打印机,快速成型新技术显著降低了原型开发成本。快速、不贵的试验、调整、测试和定制能力鼓励企业选址贴近美国市场,并为制造业创新创业开启新的大门。这些工具的创新正在激发一场由创客、发明家和创业者推动的获取正在美国软件和数字化设计方面具有重大优势——生产了全球软件的80%,在大数据分析和传感器领域领先,超级计算机拥有量占全球过半。这有利于美国在互联网设备和产品数字化设计、试验及组装的时代占据领先地位。

制造业创新再受重视刺激美国制造业变革

自经济衰退结束以来,美国制造业再次复苏,美国制造业产出增加了30%,增长速度约为总体经济增速的2倍,这是1965年以来制造业超过经济增速为最长的一次。自2012年2月以来,美国制造业直接新增就业64.6万,增速为过去20年之最。此外,制造业还维持了制造业供应链上及其所在社区的大量就业。由于劳动生产率高、市场庞大且透明、能源价格低、创新领先,管理咨询公司的调查显示,美国再次成为企业投资的最佳目的地,美国制造业竞争力恢复也正在吸引生产回归。

美国制造商加快了在美研发投入。白宫报告显示,自2003年以来,美国制造业研发强度超过韩国以外的任何国家,由8%增至近11%。美国制造业研发投入历史新高,达到2020亿美元,约占美国私营部门研发总支出的75%。处于新技术前沿的制造业企业特别加大了研发投入,例如,精密加工在美研发投入增长48%,仅2010至2011年就增加了近50亿美元。老牌制造商如福特和通用电气正在利用快速成型等新技术开发新产品。

白宫报告还显示,创业者创办新企业的增长速度为20多年之最。随着新公司成立,现有公司扩张新设工厂,美国制造业设施数量自1999年以来首次增长。2013年,新开办工厂的数量超过1400个,广泛分布于21个重要制造业产业的19个,如化工、电子和机械。快速成型技术网络正在为创新创业提供平台。例如,3D打印服务及在线市场Shapeways有1.6万多个在线商店,其中94%生产和销售其首批产品的成本不到1000美元。一场由创客、玩家和发明家推动的全国运动正在酝酿,通过网络和Quirky、Kickstarter等诸多平台,他们正在把“自己动手做”提升为“美国制造”。

政府大力促进本国制造业创新创业

奥巴马政府一直致力于振兴美国制造业,先后出台了《重振美国制造业政策框架》和《国家先进制造业战略计划》,成立了白宫制造业政策办公室,启动了五年出口倍增战略,并大幅增加研发投入。为扩大制造业创新创业优势的新源泉,美国政府把刺激美国创新作为美国制造业议程的一项核心要务,把推进制造业先进水平的计划摆在优先地位,特别强调政产学研合作以及战略计划中提出的可使多行业受益的使能技术,如机器人技术、材料开发、信息物理融合系统。美国联邦政府的制造业研发投入由2011年的14亿美元增至2014年的19亿美元,增加了35%。

为通过政产学研合作加强美国制造业,奥巴马政府启动先进制造伙伴关系计划。该计划包括四个部分:一是提高美国国家安全相关行业的制造业水平。二是实施材料基因组计划,拟通过注重实验技术、计算技术和数据库之间的协作和共享,把先进材料研发周期减半,把成本降低到现有的一半。三是实施国家机器人计划,投资下一代机器人技术。四是开发创新的、能源高效利用的制造工艺。

作为重振国内先进制造业的另一项重大举措,奥巴马于2012年提出投入10亿美元,组建由15家制造业创新研究所组成的制造业创新网络,并在近两年的国情咨文中都加以重申。2013年7月,奥巴马政府还提出十年内使制造业创新研究所数量达到45家,以便在下一轮高技术制造业岗位竞争中战胜中国、德国等竞争对手。

美国政府重振美国制造业的政策正在加码升级。2014年6月,奥巴马又宣布了新行动。一是超过90位市长和地方领袖响应总统号召,承诺开展“市长创客挑战”活动,扩大本地物理场所以及新型制造和原型制作设备的获取途径,刺激制造业创业,激发年轻人从事制造业和工程职业。二是为创业者提供便利,使之能够利用700多家研发实验室的价值50多亿美元的先进设备。三是加大材料基因组计划投资,将该计划投入超过1.5亿美元,确保美国在先进材料发明制造领域领先。2014年10月,美国总统奥巴马听取先进制造伙伴关系第二届指导委员会的报告建议,决定从促进创新、加强人才培养、营造有利商业环境三个方面采取进一步举措,包括:将投入3亿美元支持先进材料、先进传感器和数字化制造技术创新;劳工部将投入1亿美元发起“美国学徒资助计划”;商务部“制造业扩展计划”将投入1.3亿美元在10个州建立地方性技术服务中心,为制造业中小企业服务。