

中国制造 2025 与工业 4.0 对比解析 及中国汽车产业应对策略

赵福全^{1,2}, 刘宗巍^{1,2}, 史天泽^{1,2}

(1. 清华大学汽车产业与技术战略研究院; 2. 清华大学汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要:面向新一轮科技革命, 各国相继提出了制造业转型升级战略。对广受关注的德国工业 4.0 和中国制造 2025 进行了对比分析: 两者的最终目标均指向智能制造体系, 然而其具体内涵有所不同。根据中国产业现状, 着重指出了以产业规模大、带动性强的汽车产业作为制造业转型升级载体的重要意义, 并对智能制造前景下汽车产业的变化与不变、挑战与机遇进行了系统梳理。在此基础上, 提出了汽车产业转型升级策略。

关键词:工业 4.0; 中国制造 2025; 智能制造; 制造业转型; 汽车产业

DOI: 10.6049/kjbydc.2016090736

中图分类号: F426.471

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2017)14-0085-07

Comparison and Analysis between Made-in-China 2025 and Industry 4.0: Coping Strategies for Chinese Automotive Industry

Zhao Fuquan^{1,2}, Liu Zongwei^{1,2}, Shi Tianze^{1,2}

(1. Tsinghua Automotive Strategy Research Institute, Tsinghua University;

2. State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In facing the coming technology revolution, transformation and upgrading are essential for manufacturing industries. Thus different coping strategies are proposed by each country. In this paper, the most influenced Industry 4.0 propose by Germany and Made-in-China 2025 strategy are compared and analyzed. The targets of both strategies are similar, aiming at future intelligent manufacturing system. While the contents are different depending on the different conditions of each country. Considering industry situation of China, we suggest that automotive industry should be the carrier of China industry revolution. The changing, challenges and opportunities for automotive industry influenced by intelligent manufacture system are discussed. Coping strategies for automotive industry transformation and upgrading are propose.

Key Words: Industry 4.0; Made-in-China 2025; Intelligence Manufacturing; Manufacturing Industry; Automotive Industry

0 引言

新一代智能化、网联化技术正逐渐与制造业深度融合, 不断形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点, 并引发了制造业转型升级。世界各国均制定了应对策略, 加大科技创新力度, 推动大数据、云计算、移动互联网、3D 打印等前沿技术的发展, 意图抢先建立起完善的智能制造体系, 完成制造业升级, 占得新技术革命先机。

在这方面, 具有代表性的有德国的工业 4.0、美国的工业互联网以及日本的机器人革命等战略, 其中又以德国工业 4.0 最引人瞩目。中国也提出了相应战略

行动纲领, 即“中国制造 2025”, 以应对全球产业竞争格局重大调整和中国经济发展进入新常态的双重挑战, 致力于在已有完备工业体系的基础上取得突破, 实现制造业由大变强的历史性转变, 最终建成制造强国, 支撑中华民族伟大复兴。可以说, 中国制造 2025 是国家放眼全球、谋划长远的重要战略部署。

然而, 制造业转型涉及范围广, 实现难度大, 又对未来社会、科技、经济等有着重大影响, 必须选取合适的切入点, 才能集中力量, 以点带面, 最终带动整个中国制造业升级转型。为此, 本文在对比辨析德国工业 4.0 和中国制造 2025 的基础上, 结合中国产业的实际情况, 指出中国可以借鉴工业 4.0, 以产业规模大、带动

收稿日期: 2017-01-05

基金项目: 中国工程院“制造强国战略研究”第一期项目(2013-ZD-4); 中国工程院“制造强国战略研究”第二期项目(2015-ZD-07)

作者简介: 赵福全(1963-), 男, 辽宁铁岭人, 博士, 清华大学汽车产业与技术战略研究院、汽车安全与节能国家重点实验室教授, 研究方向为汽车产业、企业运营管理、研发体系建设及技术路线; 刘宗巍(1978-), 男, 辽宁辽阳人, 博士, 清华大学汽车产业与技术战略研究院、汽车安全与节能国家重点实验室副研究员, 研究方向为汽车企业管理研究、产品开发流程与项目管理以及技术路线评估; 史天泽(1989-), 男, 河北石家庄人, 博士, 清华大学汽车产业与技术战略研究院、汽车安全与节能国家重点实验室助理研究员, 研究方向为汽车企业技术战略。

效应强的汽车产业作为中国制造 2025 战略的实施载体。同时,分析了中国汽车产业在新一轮科技革命引发全球制造业转型升级前景下的机遇和挑战,提出了应对策略。

1 研究综述

面向智能化的转型升级是未来制造业发展的重要方向,各国均对此进行了大量研究和布局,其中以德国“工业 4.0”最为系统,影响也最为广泛。工业 4.0 是德国针对制造业发展不同阶段给出的定义,从工业 1.0 到工业 4.0 分别对应机械化、电气化、自动化和智能化^[1-3]。工业 4.0 的核心是:以智能工厂为核心,建立起一整套规模化、定制化的产品设计、生产和服务模式,真正实现工业由制造向“智造”转型升级。

针对制造业未来的转型升级,各国学者的研究和探索不断丰富。有研究提出,未来制造业的核心是通过“智慧”地调配、整合及利用资源,以更经济、便捷的生产方式,提供更多样、个性的产品和服务^[4-5]。工业 4.0 正是基于这一背景,面向生产方式全面变革的系统思考^[6-7]。这些由制造业智能化推动的生产方式变革,会深刻影响到经济、社会、产业的方方面面^[8]。当前,世界先进国家已开始了工业 4.0 的尝试性推广和开发,并对现阶段工业 4.0 推广的机遇进行了探索^[9-10]。Sipsas 等^[11]为工厂流水线配置了智能化的交互、建议系统,以减轻操作工人负担。Lee Jay 等^[12]对工业 4.0 的核心技术数字物理系统(Cyber-Physical System, CPS)进行了研究,指出在未来工厂中,数字物理系统和实际物理系统的交互将成为工厂信息化、智能化的关键。CPS 可在多个工业领域推广^[13-14],推广难点主要在于其准确性、可靠性以及基础设施开发等^[13-15]。此外,也有学者对 CPS 系统的自适应功能^[16]和人机交互^[16-17]等问题进行了研究。

国内学者的研究则以“中国制造 2025”的理论与实践分析为核心。大量学者提出“中国制造 2025”的核心方向为智能制造^[18-20],并对智能制造的意义、技术及实现方法进行了探讨^[21]。在智能制造应用方面,当前研究集中在飞行器、船舶智能化制造等方面。张伦彦(2013)对智能设备在航空工厂的应用进行了探讨。郭洪杰等^[22]对飞机装配智能化的关键技术进行了研究。姚明明等^[23]通过多个案例研究,指出了智能化背景下未来商业模式和技术创新战略。金青等^[24]则通过对德国工业 4.0 的参考研究,对苏南地区工业企业转型升级提出了对策与建议。同时,关于智能网联技术对城市交通和汽车产业的影响,也已有学者进行了前期研究^[25-26]。

然而,国内外研究针对德国工业 4.0 和中国制造 2025 两大国家战略的系统比较和综合分析尚不多见。特别是在制造业转型升级具体路径尚不明晰的当下,

通过对比研究探索中国的实践进路具有现实性和紧迫性。本文由此入手,展开研究。

2 德国工业 4.0 内涵

2.1 工业 4.0:智能制造体系

德国工业 4.0 自提出以来就广受关注,代表着老牌工业强国应对新一轮科技革命的前瞻思考与战略布局,其内涵就是以数据驱动的互联、互动的智能制造体系。该体系可分解为智能工厂、智能生产和智能物流,此外也涵盖智能设计和智能服务等,如图 1 所示。其中,智能工厂面向全产业链生态,处于最核心的位置,有着重要而广泛的内涵,它既是一个总体概念,也是一个实施平台^[10],代表着将需求、设计、生产、物流与服务等各个环节融合而成的一个智能整体。智能工厂既包括智能制造的基本架构、标准接口、基础设施,也包括实现信息与物理相连交互的信息物理系统(CPS),是充分互联协作的智能制造体系的数据中心、交互中心、判断中心、决策中心和控制中心。工业 4.0 本质上追求的是大规模制造与个性化定制生产的统一,最终指向“按需生产”的制造业“理想主义”境界。

2.2 德国工业 4.0 战略意图

德国提出工业 4.0 的背后有着深刻的战略思考,本文将其分析归纳为德国政府与工业界的危机意识、机遇意识和领先意识。

(1)危机意识。德国错失了前一轮互联网产业发展的先机,而低成本制造的发展中国家(包括中国)迅速崛起,互联网产业极强的美国开始制造业“回流”,对其产生了上下挤压的双重压力,使德国产生了强烈的危机意识。

(2)机遇意识。新一轮科技革命方兴未艾,万物互联、大数据、云计算、人工智能、机器学习、增材制造等技术都将在前所未有的广度和深度上影响制造业,这一前景使德国意识到制造业向智能制造转型升级的巨大机遇正在到来。

(3)领先意识。德国工业一直处在全球领先地位,其基础雄厚、经验积累充分、核心技术领先、产品质量过硬。德国希望能以此为基础,抓住历史机遇,为制造业插上互联、智能的腾飞之翼。更进一步,德国还希望通过本国产业升级主导全球制造业发展演进方向,掌握未来产业标准、体系的话语权,成为未来全球制造业的方案提供者、设备供应者、市场主导者,表现出深远的战略意图和超前的领先意识。

由此可见,德国提出工业 4.0,既是无奈之举,也是应对新技术变革的应战之举,更是谋求继续称霸制造业的战略之举。当然,智能制造不可能一蹴而就,即使作为传统工业强国的德国,目前也还行进在探索工业 4.0 的道路上。

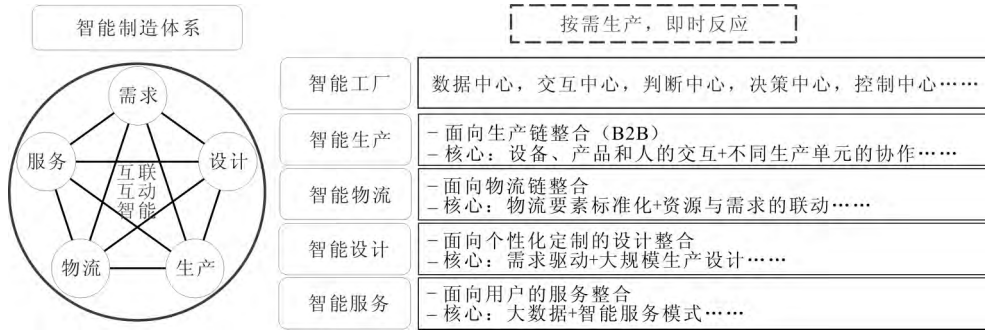


图 1 智能制造体系

2.3 汽车产业为德国工业 4.0 突破口

在推行工业 4.0 的进程中,德国选择汽车产业作为突破口,构建了以德国工程院为政府主管、弗劳恩霍夫协会为智囊、宝马等为整车制造商、博世等为汽车零部件制造商、西门子等为设备提供商,并以核心大企业带动中小企业的综合示范体系,如图 2 所示。在这一框架下,德国政府、行业、企业和智库分工明确、各司其职、凝聚合力,共同研究和推进实施工业 4.0。

德国以汽车产业作为工业 4.0 的突破口是经过深思熟虑的战略性选择与布局:一方面,工业 4.0 在越是

复杂的产业上实现,就越能产生更大的效果和价值。而产业链条长、核心环节多、涉及行业广、个性化消费需求强烈的汽车产业,既是工业 4.0 应用最难的产业,又是工业 4.0 潜在应用效果最大的产业;另一方面,德国具有全球领先的国际化汽车企业和众多品质一流的中小企业,前者提供了强大的产业基础和升级 4.0 的主导性力量,后者则可以在个性化生产中发挥重要作用。将中小企业有效集成于智能制造体系之中,也是工业 4.0 的重要实践和关键举措之一。此外,德国拥有全球领先的装备制造业,为升级 4.0 提供了强大支撑力量。

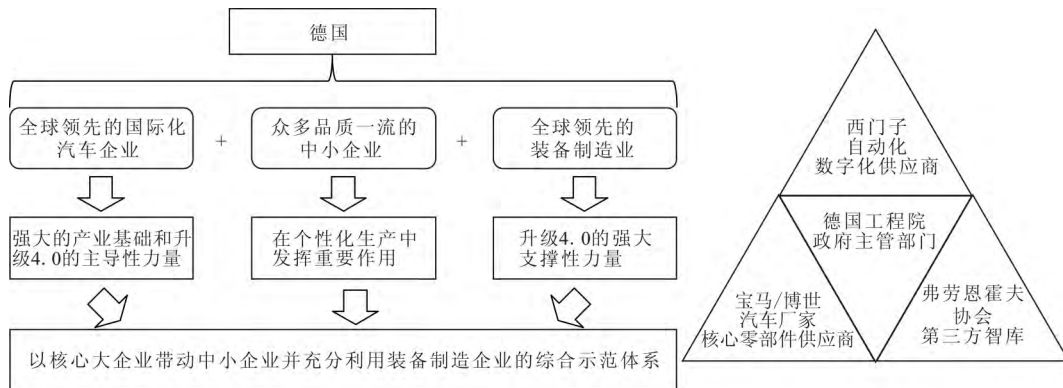


图 2 德国选取汽车产业作为工业 4.0 突破口

3 中国制造 2025 与德国工业 4.0 对比解析

3.1 中国制造 2025 简介

中国制造 2025 是针对中国制造业“大而不强”的现状提出的,其目的在于抓住新一轮科技革命引发产业变革的重大历史机遇,依托较强的信息产业实力,通过工业化与信息化的深度融合,实现建成制造强国的战略目标。这是一个长远的战略蓝图,计划通过 3 个 10 年的努力,最终将中国建设成为引领世界制造业发展的制造强国,而目前的中国制造 2025 则是第一个 10 年行动纲领。

中国制造 2025 提出,要引导社会各类资源聚集,推动优势和战略产业快速发展,并明确将新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、先

进轨道交通装备、节能与新能源汽车、新材料等 10 个产业列入重点领域;谋求实现由要素驱动向创新驱动、由低成本竞争优势向质量效益竞争优势、由粗放制造向绿色制造、由生产型制造向服务型制造的四大转变,确保中国制造业顺利完成转型升级。

3.2 中国制造 2025 与德国工业 4.0 异同

中国制造 2025 和德国工业 4.0 都是在全球制造业转型背景下提出的国家应对战略,其相似性和关联性是显而易见的,然而由于中德两国国情和产业现状的差异,两个战略又有明显不同。两者的异同比较辨析如表 1 所示,可以看到,中国制造 2025 与德国工业 4.0 在最终目标、战略定位和需要解决的共性问题上是基本一致的。但在时间跨度、个性问题和涵盖内容方面则有所不同。其中,最为核心的区别在于:德国制造业基础良好,产品品质一流,只需关注如何从工业 3.0 到

工业 4.0 的转型;而中国制造业基础薄弱,还须考虑质量保障、自主研发、先进技术、创新能力、基础工业积累等方面的建设。也就是说,工业 4.0 中未体现创新、质

量和研发等内容,并不是这些因素不重要,而是因为德国已经解决了这些问题;而对于中国而言,这些恰恰是不容忽视的重要内容。

表 1 中国制造 2025 与德国工业 4.0 异同

项目	中国制造 2025	德国工业 4.0
相同点	最终目标	✘智能制造体系,即基于充分互联互动的协同体系,实现大规模、定制化生产
	战略定位	✘全球制造业转型背景下的长期战略
	共性问题	✘标准缺失:包括产业内标准、产业间标准和国际标准 ✘产业安全问题:数据安全和智能设备的安全性 ✘中小企业集成问题:在制造业转型过程中融入中小企业
	时间跨度	✘有具体时间规划 ✘2025 年缩小差距,重点突破,初步实现制造强国 ✘2035 年进一步提升 ✘2049 年步入制造强国前列
不同点	个性问题	✘未规定实现智能制造的明确时间节点
	涵盖内容	✘工业基础良好,产品品质一流
		✘工业 3.0 到工业 4.0 的转型
	✘质量保障、自主研发、先进技术、创新能力、基础工业积累等方面的建设	

正因如此,在工业 4.0 升级浪潮面前,中国面临“两难”抉择:一方面如不加紧转型,可能遭到时代的淘汰;另一方面中国工业基础薄弱,部分企业尚未达到工业 2.0、3.0 的水平,基础研发能力和质量保证能力薄弱使中国进军工业 4.0 异常困难。然而科技进步和产业转型乃大势所趋,中国别无选择,不论基础如何都必须积极参与到这一轮竞争中来,否则可能错失历史机遇,将来差距更大,更加难以追赶。为此,唯有“边补课、边追赶”,踏实努力,前瞻布局,逐步缩小与发达国家的差距,最终实现赶超。

4 中国制造 2025 背景下的汽车产业

4.1 汽车产业应当成为中国制造 2025 的载体

对于中国这样的大国,必须以实体经济即制造业作为国民经济的主体,建设制造强国势在必行。在新一轮科技革命引发全球制造业转型升级的大趋势下,中国虽然面临严峻挑战,但也拥有全球最大的本土市场、体系健全的制造业体系、发达的互联网产业等优势^[27]。如能坚定战略目标,选准突破方向,做好顶层设计,加快落地实施,中国制造业的转型升级将大有可为。

在突破口选择方面,汽车具有产业规模大、带动效应强、涉及产业多、影响范围广、产品数量众多、质量要求高、需求多元化、资源技术资金人才密集等特点,作为制造业的“集大成者”,是“中国制造 2025”的最佳载体,理应成为最佳切入点。这是从 3 方面进行考量的:

(1)汽车产业在国民经济中占有重要地位。中国汽车产销量在过去 15 年间增长了 10 倍以上,至 2015 年分别达到 2 450.3 万辆和 2 459.8 万辆,连续 7 年位居世界第一,远超美国巅峰时期约 1 800 万辆的市场规模。《汽车工业年鉴》对规模以上汽车企业的统计数据

显示,中国汽车工业总产值由 2001 年的 4 433.2 亿元增加到 2014 年的 42 324.2 亿元,在全国工业总产值中占比已超过 4%;汽车工业增加值则由 2001 年的 1 055.6 亿元增加到 2014 年的 9 174.3 亿元,在全国 GDP 总量中占比达到 1.44%。同时,中国汽车保有量远未饱和,随着经济的发展、城镇化进程的推进以及海外出口的增长,中国汽车产业仍将持续增长,进一步奠定国民经济支柱产业的地位。因此,以汽车产业作为制造业转型的切入点,对中国经济和社会均具有重要意义。

(2)汽车产业本身的特点适合智能化技术的应用。汽车是由多种材料、各种机构集成的机电一体化的高速运动的复杂产品,涉及总成和零部件数千个、供应商数百个、系统模块数十个。其高度追求规模效益,即使较小的整车制造商往往也有每年数十万台的产量。同时,汽车产品要运行 10 年以上,在世界各地使用,具有研发投入高、开发周期长的特点,还要考虑安全、节能、环保、可靠、智能等各种各样的功能和性能指标,必须在各种条件下保证大批量满足动力性、经济性、乘适性等基本功能需要。汽车产品的复杂性和开发难度为智能化技术提供了充分的应用空间。相应地,汽车产业由智能化转型升级带来的提升也将十分可观。

(3)汽车产业具有巨大的产业关联性和带动性,可以有效推动整个制造业转型升级。如图 3 所示,汽车产业以整车产品的研发、制造、销售为主线,其产品研发、生产、销售和服务直接关系到国民经济多个部门,贯穿原材料、机械、电子、能源、金融、服务以及基础设施建设等各个领域,涉及人才、管理、技术、品牌等诸多要素,是与几乎所有现代民用产业的方方面面都有关联的立体式产业网络。在发展中,汽车产业的转型升级对众多相关领域和产业的发展提出了直接要求和目标,更对制造业整体转型升级具有强烈的拉动和引领作用。

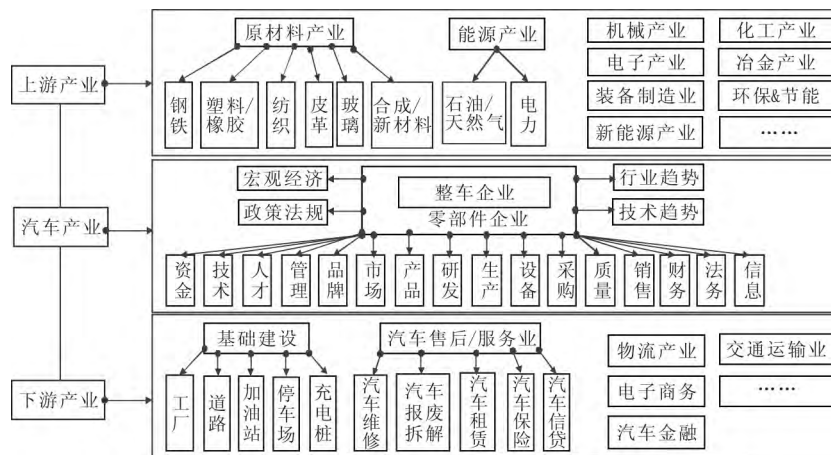


图 3 汽车产业的巨大关联性和带动性

由于规模性、复杂性、关联性无可比拟, 汽车产业的实力可以代表一个国家制造业的整体水平。纵观全球, 汽车强国无一不是制造强国。如前所述, 德国也选择汽车产业作为工业 4.0 的载体。因此, 本文提出, 国家应明确选取汽车产业作为制造业转型升级的突破口, 这对于实现建设制造强国的宏伟目标将具有深远的战略意义。

4.2 智能制造时代下的汽车产业

面向未来的智能制造时代, 汽车产业必将发生全方位改变: 其一, 汽车产品形态和能力将发生改变。智能汽车将成为行业发展的战略制高点, 汽车不仅是移动工具, 更将成为人类的亲密伙伴; 其二, 汽车使用模式将发生改变。未来汽车使用模式的发展方向是“轻拥有, 重使用”的汽车共享, 这使得同时兼顾国民用车需求和节约型汽车社会建设成为可能^[16]; 其三, 汽车产业链条将发生改变。智能制造将使汽车这种大宗、复杂商品的个性化定制生产真正成为可能, “需求端”与“生产端”直接连通, 消费者与工厂直接对话将成为常态; 其四, 产业格局将发生改变。目前互联网产业风起云涌, 各领域新技术发展日新月异, 汽车产业也将受到巨大的跨界冲击。汽车产品的全新需求与互联网时代的技术进步相结合, 一定会催生全新的商业模式和产业生态, 从这个意义上讲, 汽车产业将被重塑, 而最终主导全新汽车产业重塑的未必一定是传统汽车企业。

然而, 尽管即将面对诸多深刻变革, 汽车产业仍有不变之处: 那就是汽车的本质属性不会改变。汽车的功能可以简单表示为: 自由移动的工具 + α , 前者正是汽车的本质属性, 后面的 α 则代表其它功能, 这些功能无论多少, 都属于锦上添花的辅助, 因为汽车产品首先必须解决点对点安全、快速、便捷、舒适的移动问题。从这个意义上讲, 互联网只是汽车企业推进紧密合作、有效分工、深度融合的手段和工具, 互联网企业可以运用这一手段和工具, 传统汽车企业同样可以, 这并不能成为必然颠覆的理由。简言之, 对于汽车产业而言, 要做的事并没有变, 只是做事的方法必须改变。“变”意

味着汽车产业必须用互联网思维来审视如何把汽车造得更好、用得更好; “不变”则是指切不可用互联网的要求和标准去理解汽车。

因此, 对于汽车产业的升级转型而言, 一方面要有足够的定力, 始终把核心目标置于汽车产品的本质属性上, 即打造更优秀的自由移动工具上, 充分发挥网联和智能技术的优势, 并力争将其用到极致, 以更快、更好、更便宜、更灵活地向客户提供优质汽车产品。另一方面, 要以积极的心态主动接纳和尝试新的变化, 借助互联网思维和技术手段把 α 做好、做到极致。

5 新形势下中国汽车产业的机遇、挑战及应对策略

5.1 机遇

在新一轮科技革命引发全球制造业向智能制造转型升级的新形势下, 深刻的变局正在到来, 中国汽车产业面临两大机遇:

(1) 在智能化和网联化的影响下, 全球制造业格局将发生重塑, 未来汽车产业的发展也将与现在大不相同, 从而为后来居上创造更大的可能。在智能制造体系下, 汽车的设计、生产、销售和使用, 以及相关服务、交通、管理、维护、备件、回收与再利用、金融、保险以及信用等可能完全不同, 新的模式中孕育着无限可能和商机。

(2) 中国大市场的引领作用将日益凸显, 而在把握中国消费者的需求方面, 本土企业具有先天优势。中国庞大的市场规模、复杂的使用环境、不断升级的法规标准和本土消费者对新技术如智能互联等的追捧, 将迫使所有在中国市场竞争的国际车企加大本土化开发力度, 继而以此为基础, 反哺其它市场, 把“中国特色”推向世界。这也将为中国汽车产业的转型升级创造前所未有的历史机遇。

5.2 挑战

工业 4.0 也给中国汽车产业带来了巨大挑战, 即产

业基础全面落后,能否融入智能制造体系成为严峻考验。

目前,中国制造业整体水平仅在工业 2.0~3.0 之间,虽然汽车产业总体情况稍好,但产业基础仍有明显不足。特别是众多中小型零部件企业存在全方位的综合差距,除了管理运营水平和生产研发设备不足之外,更存在质量保障能力低、专业化程度不高、缺乏核心技术以及没有足够的经验积累等硬性短板。“万物互联”时代将对汽车每个总成乃至零部件的品质和生产一致性提出更高要求。例如,各种生产设备充分网联后,原本可以实现 $1+1=3$ 的高效运作,但此时假如某一台机器由于质量问题停止运转,那么所有相联的机器都将受到影响,甚至整个生产过程都会被迫停止下来,从而导致 $1+1<2$ 的效应,使生产效率反而降低。因此,基本功不过硬的企业将无法融入智能制造体系,与其它企业建立 B2B 合作管理;而如果不能融入,也就意味着终将被淘汰。

5.3 应对策略

制造业转型升级是一项复杂的系统工程,涉及方方面面,国家必须做好顶层设计,在政府、行业、企业与科研机构各方的通力协作下步步推进。同时,中国汽车产业无论在产业基础还是技术水平上,都与德国有较大差距,整体水平尚处在工业 2.0~3.0 阶段,要承担制造业转型载体的重任,还需加大力度加紧追赶。为此,本文提出以下应对策略:

(1)系统顶层设计是推动制造业转型升级的保证。对于国家而言,必须充分认识此次升级对于中国制造业的深远意义,切实做好顶层设计和战略主导,同时还要担负起标准制定、基础建设、安全与保密提升、人力资源培育和创新激励等各方面的重任,并以不断深化体制改革、完善金融和财税等政策措施、健全人才培养体系、建立灵活高效的实施机制、营造良好的创新发展环境作为实践中国制造 2025、建设制造强国的战略支撑与保障。对于行业而言,应加快推动国家战略举措落地,构建行业内和跨行业的融合协作平台,组织研讨互动,加强跨界协同,并以龙头产业中的若干核心企业为中心,凝聚连接相关中小企业,形成集成创新和智能制造的有机整体。而企业自身则要站在产品全生命周期的角度来考虑和切实推进各环节升级,同时以变革性的创新思维,认识和迎接互联网时代和工业 4.0 背景下的产业变革^[28]。最后,高校、科研院所及第三方智库应深入研究转型期的模式、装备、技术等,做好高参,为国家理清发展战略、制定产业规划、形成统一标准献计献策,为企业加速提升制造水平和“互联”合作程度提供技术和智力支持,同时承担起培养合适人才的重要任务。

(2)作为转型升级的载体,中国汽车产业还需要“边补课、边追赶”。具体而言,汽车产业的转型升级必

须坚持 3 个并重:一是传统汽车技术与电气化、智能化、信息化技术并重。不断推动新一代信息化技术与传统汽车技术融合发展,在提升传统汽车技术的基础上,着力发展智能装备和智能产品,推动生产过程智能化,培育新型生产方式,全面提升汽车企业研发、生产、管理和服务的智能化水平;二是技术变革与商业模式并重。不仅要重视技术革新本身,而且要积极思考和尝试新的商业模式及其带来的新机遇。在这方面,技术革新是实现智能制造的基础,是制造业转型的推动力量,而新的商业模式则是技术发挥充分作用的保障,是制造业转型的引导力量;三是国家主导与企业跨界并重。工业 4.0 背景下,汽车产业将与互联网产业、电子信息产业有更多交互,企业的跨界发展将成为趋势。这种交融既需要企业主动跨界合作,也需要国家主导进行协调和引导。当然,以上 3 个并重的前提是中国汽车企业必须下大力气尽快补课,正如前文所述,只有早日在高质量制造、基础创新上有所突破,面向工业 4.0 的转型升级才有基础和保障。

6 结语

本文对德国工业 4.0 和中国制造 2025 进行了对比辨析,指出了两国推行制造业转型升级战略所面临的共性问题 and 个性问题,强调中国别无选择,唯有“边补课、边追赶”,以期在新一轮全球产业格局重塑中实现赶超。在此基础上,着重论述了以汽车产业作为中国制造 2025 载体和突破口的重要战略意义,分析了未来智能制造时代汽车产业所面临的机遇和挑战,并针对中国制造业特别是汽车产业的转型升级提出了应对策略。

本文认为,中国应坚定地以汽车产业为龙头,推动制造业转型升级。在实施过程中则应坚持“三个并重”的努力方向,即传统汽车技术与电气化、智能化、信息化技术并重,技术变革与商业模式并重,以及国家主导与企业跨界并重。同时,更要踏踏实实认真补好基础课,以此推进汽车强国建设,为实现制造强国的战略目标提供强大助力。

参考文献:

- [1] OESTERREICH T D, TEUTEBERG F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of industry 4.0: a triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry[J]. Computers in Industry, 2016, 83: 121-139.
- [2] 赵福全, 刘宗巍. 工业 4.0 浪潮下中国制造业转型策略研究[J]. 中国科技论坛, 2016(1): 58-62.
- [3] EROL S, JAGER A, HOLD P, et al. Tangible industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production[J]. Procedia CIRP, 2016, 54: 13-18.
- [4] CHAPLIN J C, BAKKER O J, DE SILVA L, et al. Evolvable

- assembly systems; a distributed architecture for intelligent manufacturing[J]. IFAC-PapersOnLine, 2015, 48(3): 2065-2070.
- [5] FALLER C, FELDMÜLLER D. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs[J]. Procedia CIRP, 2015, 32: 88-91.
- [6] KOLBERG D, ZUHLKE D. Lean automation enabled by industry 4.0 technologies[J]. IFAC-PapersOnLine, 2015, 48(3): 1870-1875.
- [7] WEYER S, SCHMITT M, OHMER M, et al. Towards industry 4.0-standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems[J]. IFAC-PapersOnLine, 2015, 48(3): 579-584.
- [8] BAUER W, HAMMERLE M, SCHLUND S, et al. Transforming to a hyper-connected society and economy-towards an "industry 4.0"[C]. 2015.
- [9] STOCK T, SELIGER G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0[J]. Procedia CIRP, 2016(40): 536-541.
- [10] WANG S, WAN J, ZHANG D, et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination[J]. Computer Networks, 2016(101): 158-168.
- [11] SIPSAS K, ALEXOPOULOS K, XANTHAKIS V, et al. Collaborative maintenance in flow-line manufacturing environments; an industry 4.0 approach[J]. Procedia CIRP, 2016(55): 236-241.
- [12] LEE J, BAGHERI B, KAO H. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems[J]. Manufacturing Letters, 2015(3): 18-23.
- [13] OROJLOO H, AZGOMI M A. A method for evaluating the consequence propagation of security attacks in cyber-physical systems[J]. Future Generation Computer Systems, 2017(67): 57-71.
- [14] CHEN R. An intelligent value stream-based approach to collaboration of food traceability cyber physical system by fog computing[J]. Food Control, 2017(71): 124-136.
- [15] SANISLAV T, MOIS G, MICLEA L. An approach to model dependability of cyber-physical systems[J]. Microprocessors and Microsystems, 2016(41): 67-76.
- [16] GEROSTATHOPOULOS I, BURES T, HNETYNKA P, et al. Self-adaptation in software-intensive cyber-physical systems; from system goals to architecture configurations[J]. Journal of Systems and Software, 2016(122): 378-397.
- [17] WITTENBERG C. Human-CPS interaction-requirements and human-machine interaction methods for the industry 4.0[J]. IFAC-PapersOnLine, 2016, 49(19): 420-425.
- [18] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015(17): 2273-2284.
- [19] 黄群慧, 贺俊. 中国制造业的核心能力、功能定位与发展战略——兼评《中国制造 2025》[J]. 中国工业经济, 2015(6): 5-17.
- [20] 潘健生, 王婧, 顾剑锋. 我国高性能化智能制造发展战略研究[J]. 金属热处理, 2015(1): 1-6.
- [21] 朱剑英. 智能制造的意义、技术与实现[J]. 机械制造与自动化, 2013(3): 1-6.
- [22] 郭洪杰, 杜宝瑞, 赵建国, 等. 飞机智能化装配关键技术[J]. 航空制造技术, 2014(21): 44-46.
- [23] 姚明明, 吴晓波, 石涌江, 等. 技术追赶视角下商业模式设计与技术创新战略的匹配——一个多案例研究[J]. 管理世界, 2014(10): 149-162.
- [24] 金青, 李葵, 宋非凡. 苏南工业企业面向工业 4.0 的新产品模型与制造范式研究[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(7): 48-56.
- [25] 夏劲, 郭红卫. 国内外城市智能交通系统的发展概况与趋势及其启示[J]. 科技进步与对策, 2003(1): 176-179.
- [26] 赵福全, 匡旭, 刘宗巍. 面向智能网联汽车的汽车产业升级研究——基于价值链视角[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(17): 56-61.
- [27] 赵福全, 刘宗巍. 我国建设汽车强国的战略判断[J]. 汽车工程学报, 2014(5): 313-318.
- [28] 赵福全, 刘宗巍. 汽车强国战略视角下的本土企业定位分析[J]. 汽车科技, 2014(6): 1-5.

(责任编辑:云昭洁)