

2014年中国智能工厂发展现状及趋势研究

随着智能制造在全球范围的快速兴起，智能工厂业已成为传统制造企业转型升级的主要突破方向。从狭义上来看，智能工厂是移动通信网络、数据传感监测、信息交互集成、高级人工智能等智能制造相关技术、产品及系统在工厂层面的具体应用，以实现生产系统的智能化、网络化、柔性化、绿色化。从广义上来看，智能工厂是以制造为基础，向产业链上下游同步延伸，涵盖了产品全生命周期智能化实施与实现的组织载体。针对于此，全国智能制造发展联盟秘书处行业研究工作组统筹相关资源，根据建立的智能工厂动态监测数据库，结合部分重点区域实地调研成果，对当前国内智能工厂发展现状、特征及问题进行了归纳与分析，并在此基础上对下一阶段发展趋势作出研判，提出了加快推进我国智能工厂建设的思考与建议。

一、发展现状及特征

随着新一轮产业变革和技术革命的快速兴起，现代工业信息化发展已迈入建设智能工厂的历史新阶段。为了紧抓这一发展机遇，在国家部署实施制造强国战略布局的背景下，企业加快推进信息技术与工业技术不断融合，一系列新模式、新业态、新特征日益凸显。

（一）制造强国已成国家战略，两化深度融合将以智能工厂建设为重要着力点

我国制造业已步入新常态下的攻坚阶段，制造强国成为国家战略布局。经过多年快速发展，我国已稳居世界制造业第一大国，对全球制造业的影响力不断提升。但随着全球经济结构深度调整，我国制造业面临新形势和严峻挑战。从国际来看，欧美等发达国家纷纷实施“再工业化”和“回归制造业”的发展战略，

印度、巴西等新兴技术体与我国在加工制造领域的同质化竞争力度持续加大，我国制造业面临“前后夹击”的双重挑战。从国内来看，经济发展正处于增速换挡和结构调整阵痛的关键节点，制造业潜在增长率趋于下降。总体来看，我国经济发展已进入以中高速、优结构、多挑战、新动力为特征的新常态阶段。加快转变经济发展方式，推进工业转型升级，实施制造强国战略已势在必行。目前，中国工程院、工信部、发改委、科技部等部门已开展制造强国战略研究，制定我国制造强国中长期发展战略规划《中国制造2025》，指出借助工业技术和信息技术的结合，推动我国制造业向创新驱动、质量效益竞争优势、绿色制造、服务型制造业转变，令我国到2025 年跻身现代工业强国之列。

两化深度融合是建设制造强国的战略制高点，智能工厂建设是两化深度融合的重要着力点。大力推动两化深度融合已成为抢占未来产业竞争制高点、加快制造业强国建设的战略选择和必由之路。推进两化深度融合是当今各国先进制造业发展面临的共同课题，我国提出的两化深度融合与德国提出的工业4.0。如出一辙、异曲同工、殊途同归，智能工厂是德国工业4.0 的主要内容和载体，是推动我国两化深度融合的重要着力点，是实现技术融合、产品融合、业务融合、产业衍生的主要载体。推进智能工厂建设，需要把握住“五化”，即产品的智能化、装备的智能化、生产的智能化、管理的智能化和服务的智能化，同时需要组织开展装备智能升级、工艺流程再造、基础数据共享、远程诊断维护等试点，逐步实现车间级、工厂级的智能化改造，探索不同行业智能工厂建设的标准和模式。

〈二〉智能工厂催生新业态新模式，为新一代信息技术产业发展开拓空间

智能工厂建设过程实质上是信息网络技术与制造技术融合，新业态、新模式不断涌现的过程。随着移动互联、物联网、云计算等信息技术创新体系的演

进以及与传统工业技术的融合创新，智能工厂将发展出全新的模式和业态。从新模式来看，在生产模式层面，智能工厂将实现由过去的“人脑分析判断+机器生产制造”方式转变为“机器分析判断+机器生产制造”的方式，形成高度灵活、个性化、模块化的生产模式；在商业模式层面，智能工厂将催生网络众包、异地协同设计、大规模个性化定制、远程诊断、精准供应链管理等新模式。从新业态来看，信息技术的升级应用，将会发展成为工业云服务、工业大数据、工业物联网、全生命周期管理、总集成总承包等新业态。

智能工厂的建设过程中创新极为活跃，为新一代信息技术产业发掘出新的增长点。移动互联、物联网、云计算、大数据等新一代信息技术在智能工厂的集成应用，带来产业链协同创新，催生和孕育出新业态和新模式，促进新一代信息技术的应用范围从消费者领域渗透到产品的研发设计、生产制造、过程管理等各个环节。伴随智能工厂建设逐渐向多行业延伸，新一代信息技术产业的发展空间在不断拓展。同时，智能工厂的建设是一个动态的、发展的过程，随着信息技术不断升级到新的阶段，智能工厂将衍生叠加出新活动新环节，新的工业发展模式和业态将不断出现。就目前来看，大规模个性化定制、网络众包、工业大数据、工业物联网、全生命周期管理、总集成总承包等都催生出了新的增长点。

〈三〉多个离散制造行业布局智能工厂建设，初步显现

产业链示范效应信息网络技术应用从流程行业向离散行业延伸，离散制造企业开始积极布局智能工厂建设。以钢铁、石化为代表的流程制造行业较早运用信息技术进行产业改造，自动化、数字化程度较高，为物联网、移动互联、云计算等信息网络技术在流程行业的融合应用奠定了良好的基础。相比之下，离散制造行业具有生产过程复杂、产品种类繁多、工艺路线和设备使用灵活、

车间形态多样等特点，离散制造企业底层自动化、数字化的基础较为薄弱，应用信息技术进行智能工厂建设的难度也相对较大。目前，信息技术应用已经从流程行业延伸到离散行业，汽车、电子、工程机械、航空航天等部分大型离散制造企业积极进行探索，将信息技术引入研发设计、生产制造、过程管理等环节，不断提升产品、装备、生产、管理和服务的智能化水平。

智能工厂促进企业间信息共享和业务协同，龙头离散制造企业智能工厂建设的产业链示范效应初步显现。智能工厂通过价值链以及信息网络，进行信息资源整合，能够实现产业链上各企业间的研发、设计、生产制造、供应链管理、服务等方面的无缝合作和综合集成，为龙头企业建设智能工厂发挥产业链示范带动效应提供了基础。目前，工程机械行业部分龙头企业已经建立以自身为核心、上下游企业间“链合”创新的研发体系，实现研发设计环节的协同创新，提升了行业整体研发设计水平；汽车行业部分龙头企业实行模块化设计和生产，推动相关零部件供应商加大资金投入和研发力度，有效降低产业链总成本的同时，实现零部件企业的同步开发、集成制造、系统供货等。

（四）企业间加快资本并购和战略合作，积极抢占智能工厂全生命周期解决方案的战略先机

企业通过资本并购实现产业链延伸，不断完善智能工厂相关产品链和技术布局。智能工厂建设是国内企业在当前和未来较长一段时期需要面对和规划的共同主题，意味着智能工厂相关设备、产品及系统具有广阔的市场空间，一批企业已开始提前布局，通过资本并购来实现相关产业链的延伸。华昌达收购工业机器人成套装备及生产线设备商德梅柯，实现了在工业机器人集成及焊装生产线方面的技术及产品的纵深化，提高了汽车整车生产线从搬运到焊接的全面自动化水平。通过收购拓明科技，东土科技进一步丰富产品线，拓展产业

链，切入工业控制网络大数据行业应用领域，完善其工业控制网络数据解决方案能力。上海新时达并购深圳众为兴，布局机器人运动控制行业，完善工业自动化控制产业链。

企业间通过战略合作加强各自优势发挥，实现以产品为核心的价值链协同。为了抢占智能工厂发展的巨大的市场空间，企业间就各自优势领域积极开展战略合作，瞄准智能工厂建设的全生命周期产品及解决方案。新松机器人与海信电器达成战略合作，双方将成立合作团队，发挥双方在系统集成和家电行业的优势，重点在自动化工厂规划、自动仓储物流、机器人自动化应用等方面展开合作。新松机器人以战略合作为契机深入挖掘家电行业的市场需求，实现系统解决方案在家电行业的大批量应用，推动家电行业制造模式的转型升级。软控股份与西门子建立智能工厂战略合作伙伴关系，进一步加强双方在橡胶轮胎行业和自动化领域的优势，面向全国及全球市场推出针对橡胶轮胎行业的智能工厂全生命周期解决方案。

二、值得关注的几点问题

近年来，在两化融合相关政策的指导和推动下，我国工业实力持续提升，国内智能工厂建设稳步推进，加快了我国工业化和现代化进程。但不可否认，目前我国智能工厂建设还存在诸多值得关注的问题，主要表现在以下方面：

〈一〉行业对智能工厂认知程度不同，建设水平分化差距较大

智能工厂属于舶来词，在国外发达国家有比较丰富的实践基础和经验，但就我国而言，目前存在各个行业对智能工厂建设的认知程度不同，建设水平参差不齐的问题。关于智能工厂的认知主要有以下几个方面：一是智能工厂建设是采用三维数字化设计和仿真技术，实现产品研发设计的效率和质量；二是智能工厂建设是采用工业机器人、高端数控机床、PLC 等智能制造设备，提高制造装

备的自动化和智能化水平;三是智能工厂建设是把传感器、处理器、通信模块融入产品中,实现产品的可追溯、可识别、可定位;四是智能工厂建设是构建基于互联网的C2B 模式,实现产品个性化自主设计,满足消费者个性化定制需求等等。这些对智能工厂的认知主要集中在产品、装备、生产、管理、服务等某个方面以及研发设计、生产制造、售后服务等某个环节的智能化改造,全面性和系统性较为不足。而基于对智能工厂的不同认知,行业之间建设水平分化差距较大。

〈二〉智能工厂建设的系统性规划不足,全生命周期价值创造力有待增强

智能工厂建设是一项复杂的系统性工程,涉及研发设计、生产制造、仓储物流、市场营销、售后服务、信息咨询等各个环节,需要企业立足于围绕产品的全生命周期价值链,实现制造技术和信息技术在各个环节的融合发展。限于资金投入不足、智能生产设备和技术缺乏以及认知不够深入等因素,我国企业智能工厂建设整体来看缺乏系统性规划,覆盖的环节还有待完善。虽然大型龙头企业有相对长远的规划布局,但从总体上来看,我国企业建设智能工厂的全生命周期特征仍不明显。一是企业缺乏统筹规划,各部门、各业务板块之间资源整合力度还有待提高,特别是企业内部部门间的横向数据对接、信息共享和业务协同。二是企业普遍缺乏从产品研发、设计、生产、物流到服务的全信息流管理,难以实现全部环节的无缝衔接和信息集成。

〈三〉对外技术依存度仍然较高,安全可控能力有待进一步提升

一是从智能装备领域来看,国内智能装备市场国产化率仍较低。目前,国外品牌占据国内工业机器人市场的主导地位,国内工业机器人受制于基础工业的差距,在关键零部件伺服电机、减速器、控制器等方面自主研发生产能力较弱,与国外品牌相比,在精密度、可靠性和稳定性方面还有较大差距。我国数

控机床产业大而不强，国内生产高效汽车引擎、飞机发动机涡轮盘、飞机机身、高速列车头等的高端数控机床仍不同水平地依赖国外品牌。二是从工业控制领域来看，国内信息安全的形势较为严峻。国外相关建设与研究起步较早，已有较成熟的标准、产品、服务体系，同时检测认证、安全防护产品等核心技术及工具也较为成熟。国内缺乏自主可控的检测认证技术与工具，相关标准、安全咨询评估等方面仍处于探索建设阶段。目前，国内工业控制系统尚以国外产品为主，运维服务还主要依赖于国外供应商，可以说国内大多数工业控制系统仍基本处于不设防状态。

三、下一阶段趋势预测

随着信息技术与工业技术的不断深入融合，我国智能工厂建设实践将逐渐推进，下一阶段智能装备、物联网、3D打印等相关领域将得到蓬勃发展，呈现出以下发展趋势：

〈一〉在技术、市场及政策的驱动下，本土机器人企业有望在竞争中脱颖而出

技术进步及市场需求为本土机器人企业的脱颖而出提供了基础和空间。从技术进步方面来看，我国机器人行业起步较晚，还处于发展初期，本土企业不断推进技术进步，有望在未来几年内发展壮大成有国际竞争力的企业。从关键零部件来看，在控制器上，国内的新松机器人、埃斯顿、广州数控等企业支持自主配套研发，已完全掌握硬件开发技术，功能基本满足机器人的控制需求；在伺服电机上，汇川技术、华中数控、广州数控等企业已经实现小批量试用；在减速机上，南通振康、苏州绿的等企业已推出相对成熟的产品，虽然在扭转刚度、传动精度等方面与国外产品还有较大差距，但已经在额定扭转和传动效率等方面实现突破。从本体来看，在关节型机器人上，新松关节型机器人的负载

能力、定位精度和响应速度等指标已基本达到ABB 的水平，广州数控关节机器人的定位精度和新时达的定位精度及响应速度均已达到国际先进水平；在并联机器人上，国内新松机器人、广州|数控等企业的机器人在工作范围、重复定位精度和响应速度等方面与国外先进水平差距较小。从系统集成来看，新松机器人等国内企业在机器人系统集成技术方面已经达到国际先进水平。从市场需求方面来看，在产业转型升级、人力成本上升等因素的推动下，我国工业机器人的市场需求将爆发式增长，为本土机器人企业发展壮大提供广阔空间。国家和地方政府为本土机器人企业的发展壮大提供良好的政策环境。

国家出台了一系列支持机器人产业发展的政策，如在《“十二五”国际战略新兴产业发展规划》、《高端装备制造业“十二五”发展规划》、《智能制造科技发展“十二五”专项规划》中指出，要大力推进工业机器人及关键基础零部件的技术突破和产业化；由机械工业联合会牵头成立“中国机器人产业联盟”以推动我国机器人的产、学、研、用，加速机器人技术与产品在各行业中的普及应用；《关于推动工业机器人产业发展的指导意见》指出，到2020 年，形成较为完善的工业机器人产业体系，培育3-5 家具有国际竞争力的龙头企业和8-10 个配套产业集群；工业机器人行业和技术创新能力和国际竞争能力明显增强，高端产品市场占有率提高到45% 以上，机器人密度达到100 以上。这些政策主要集中在工业机器人的研发布局、核心零部件突破、应用引导等方面，注重产业本土化和全产业链布局，为本土机器人企业的脱颖而出提供了良好的环境。同时，各地政府纷纷开展机器人产业园规划和建设，目前，分布在国家高新区的机器人产业园已超过30 家。机器人产业园的建立，有利于发挥产业集群效应，发挥技术积累优势，分摊产业链协作研发成本，也有利于产业上下游与应用市场的对接，为本土机器人企业的发展壮大提供了肥沃的土壤。

〈二〉提前布局优势明显，工业物联网有望成为国内智能工厂赶超发展的关键抓手

我国物联网领域在技术、标准、基础设施等方面优势明显，为工业物联网的发展提供坚实基础。经过几年的发展，我国物联网发展的政策环境日趋完善，在技术研发、标准制定、基础设施等方面已具备一定优势，同时，积极布局物联网通用架构、数据与语义、标识和安全等基础技术研发，加快了物联网理念和相关产品及技术向生产制造领域的渗透和应用。在传感器、RFID、标识解析等特定技术领域已经拥有一定具有自主知识产权的成果。在传感器方面，我国企业已经在高端传感器和以MEMS为代表的新型传感器方面取得一定突破。在RFID技术方面，我国中高频RFID技术接近国际先进水平，超高频(800/900MHz)和微波(2.4-5GHz)RFID空中接口物理层和MAC层已具有明显的优势。在标识方面，我国物联网标识编码以自主设计并能够兼容多种编码方案为主，标识解析体系则基于国际主流标准进行扩展。我国在物联网国际化领域中的影响力不断提升，开始积极

参与国际标准的制定工作，并牵头制定了首个国际物联网总体标准《物联网概览》。我国无线通信网络和宽带覆盖率较高，为物联网发展提供基础设施支持。

工业物联网已进入实质性应用推进阶段，积极推动智能工厂实现赶超发展。目前，我国工业物联网在汽车、钢铁冶金、石油化工、工程机械、橡胶轮胎等行业应用较为突出，主要集中在智能工厂领域的生产工艺优化、产品设备监控、供应链管理、工业安全生产管理等环节。如部分汽车企业通过运用工厂物联系统管理车间，将车间中的机器、人员、物料、工艺、图纸、刀具等生产要素进行无线联网，实时采集车间中任何需要监控、连接、互动的物体或过程，

建立实时的生产管理信息上传下达系统。部分橡胶轮胎企业通过传感器、RFID 技术、工业以太网和现场总线技术的应用，实现生产过程数据的实时采集，生产设备的远程监控和预警显示，促进企业生产向“精益生产”以及“敏捷制造”的柔性化生产模式转变。

（三）增材制造概念已得到普及， 3D 打印领域或有较大进步

国内较早开展增材制造相关研究和应用工作，在概念层面已基本实现普及。增材制造诞生于20 世纪80 年代后期，是采用材料逐渐累加的方法制造实体零件的技术，是传统减材制造方式的重要补充，具有绿色环保、制造成本低、生产周期短等明显优势，已成为第三次工业革命的标志性生产技术之一。我国自20 世纪90 年代初，在国家科技部等多部门持续支持下，西安交通大学、华中科技大学、清华大学、北京隆源公司等较早进行典型成形设备、软件、材料等方面的研究和产业化工作，并获得了重大进展。随后，西北工业大学、北京航空航天大学、华南理工大学、南京航空航天大学、上海交通大学、大连理工大学、中北大学、中国工程物理研究院等单位开展了探索性的研究和应用工作。目前，国内增材制造领域有北京太尔时代、北京隆源、武汉滨湖、陕西恒通等较早开展技术研发和应用，拥有自身核心技术的企业，也有湖南华曙、先II伍三维、紫金立德、飞尔康、峰华卓立等刚成立不久的企业。

在技术、材料、应用服务等方面已具备一定基础，我国3D 打印领域有望获得较大发展。从技术方面来看，我国增材制造技术的自主创新能力处于世界领先地位，在利用选择性激光烧结(SLS) 技术制造大型零部件领域，我国走在3D 打印技术发展最为成熟的美国之前。从材料方面来看，国内有些金属材料(铝、铁等)与国外的差距相对较小，最有希望实现进口替代。在设备方面，目前新松机器人等龙头企业正拟研发打印金属材料的3D 打印设备，以增强设备的市场

竞争力。随着国外3D 打印设备专利的到期以及实际工业应用需求的存在，我国3D 打印设备或有较大发展。从应用服务方面来看，在全球范围内，3D 打印应用服务产值比设备与材料产值合计略高，我国不断探索和创新应用服务模式以实现率先突破。目前，金运激光等企业已介入3D 打印服务运营，建立“3D 打印云工厂”，欲构建3D 打印生态圈，一旦获得成功，发展前景非常广阔。未来3D 打印将以数字化，网络化为基础，实现直接制造、桌边制造和批量定制等新的制造方式，并将在智能工厂领域得到广泛应用。

四、思考与建议

〈一〉做好顶层设计，有序开展应用示范试点

一是研究制定国内智能工厂发展战略及规划。围绕全球前沿发展趋势，结合重点行业具体建设情况，明确国内智能工厂建设的核心思路、阶段目标、主攻方向、发展路径和保障措施。

二是研究提出国内智能工厂建设的共性模型。立足产品全生命周期，围绕智能工厂的主要环节和重点领域，根据不同行业的具体特性，以企业为主体提出适用于产用双方的建设模型，并根据技术和市场的变革情况持续更新完善。

三是开展重点行业智能工厂应用示范。依托战略、规划及模型，选择钢铁、石化、机械、纺织、电子等行业，围绕推广普及智能制造单元—智能车间—智能工厂，组织开展三维仿真设计、装备智能升级、生产流程再造、供应链协同管理、远程诊断维护等试点，培育一批行业智能工厂应用典型，探索智能工厂模式推广普及新机制，逐步实现行业层面的车间级、工厂级的智能化改造。

〈二〉创新管理手段，切实增强安全可控能力

一是着力构建智能工厂发展相关的软硬件支撑体系。继续组织实施智能制造发展专项、高档数控机床与基础制造装备科技重大专项，以及“数控一代”装

备创新工程行动计划，研究增设面向2030 的智能制造科技重大专项，推进智能工厂关键软硬件产品产用联合攻关工程，制订核心软件、硬件、系统、装备的替代路线图，突破核心电子器件、高端芯片、关键材料核心技术和产业化瓶颈，全面提升面向智能工厂的设计工具、制造执行系统、产品全生命周期管理、工控系统及整体解决方案的自主提供能力。

二是支持企业围绕智能工厂开展组织形态与商业模式创新。以互联网产业创新发展为引领，以工业物联网为支撑，以激发传统企业互联网转型内生动力为着力点，鼓励制造企业发展基于互联网的个性化定制、O2O 、网络众包、云制造等新型制造模式，鼓励IT 企业发展支撑工业转型发展的传感器网络、工控网络、无线宽带、工业云、工业大数据、工业APP 等新的解决方案和应用体系。

〈三〉依托行业联盟，逐步完善创新服务体系

一是成立国家层面的智能工厂创新服务体系工作组。由行业主管部门牵头，以相关行业联盟为主要载体，成立智能工厂创新服务体系工作组，由主管部门分管领导担任工作组组长，由联盟负责人担任执行组长，聘请院士级专家为工作组顾问，以参与智能工厂建设的产用双方企业为主体成员，构建联席会议机制，定期沟通解决实际问题，共同推进体系建设工作。

二是开展针对智能工厂建设与创新需求的全面服务。围绕智能工厂建设模式在重点行业的推广应用，指导地方政府、行业协会、中介组织创新组织方式，建立和完善网络化、专业化、社会化的智能工厂创新服务体系，开展成果转化、检验检测、人才培养、标准推广、方案咨询等服务，打造实体业务与网络平台的融合运行机制，探索以企业为主体的市场化运作模式。

三是研究建立智能工厂创新服务体系发展基金。发挥政府资金的杠杆和乘数效应，引导整合社会资金，探索建立智能工厂创新服务体系发展基金。该基

金将在运作模式上采取政府引导、市场运作的模式，尊重市场规律，借鉴国际国内成功的产业发展基金管理运作经验，紧密结合国家重大战略决策，着力于市场化运行智能工厂创新服务体系各项功能。

一方面与地方相关园区基地紧密合作，参股区域性投资基金，逐步形成智能工厂创新服务体系的全国布局；另一方面参股社会资本，引导其科学合理有序地开展智能工厂创新服务相关业务。

（四）深化部省合作，联合打造协同发展平台

一是部省共建一批智能工厂发展创新基地。围绕智能工厂的研发设计、生产制造、过程管理等环节，立足产品、设备、管理、服务、生产五个维度，加强区域信息技术产品及服务提供商与工业企业的合作对接，以模式探索和前沿突破为导向，部省共建一批特色鲜明、创新活跃、成效显著的智能工厂发展创新基地，实现产业链重点环节智能工厂建设对上下游的带动作用，构建区域内的智能工厂创新生态体系。

二是引导智能工厂跨区域资源整合和信息共享。在国家和地方行业主管部门的联合引导下，以京津冀一体化等战略方针为契机，以产用双方的区域代表性企业为主体，以专题调研、现场诊断、项目申报、平台建设为主要方式，组织开展跨区域的产用交流与沟通，实现互利共赢的产用合作，并逐步落实完善为常设机制，促成实际项目落地，扩大示范效应，提升国内智能工厂整体建设水平。