

大国战略之智能制造

张璐璐 研究员

主要观点

- ▶ 以新一代信息技术与制造技术深度融合为特征的智能制造模式，正在引发新一轮制造业变革。从生产手段上看，数字化、虚拟化、智能化技术将贯穿产品的全生命周期；从生产模式上看，柔性化、网络化、个性化生产将成为制造模式的新趋势；从生产组织上看，全球化、服务化、平台化将成为产业组织的新方式。
- ▶ 随着中国制造业整体开始向附加值更高的机电产品、高新技术产品迁移，对加工或生产这些产品的设备本身的要求也随之提高，低精度、低可靠性、低效率的普通设备已经逐渐不能满足中国制造业企业的需要，对高精度、高可靠性、高度智能化的新一代智能制造设备的需求开始涌现。
- ▶ 智能化产业发展的终端应用领域，是智能制造的装备、产品乃至理念在生产和生活领域的应用。广义上讲，智能制造应用包含运用智能制造产品的行业与领域。如智能制造产品在制造行业、交通、电力、医疗、安防、军事、物流、家居、家电等领域的应用。狭义上讲，是智能制造装备的应用，主要是机器人的应用。
- ▶ 传统制造业的智能化升级道路，是融合了先进技术的转型升级。去年在《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》中出现了“个性化定制”、“柔性化生产”的提法，2016年的政府工作报告中再次出现，体现了中国政府在重点领域推进智能制造、大规模个性化定制、网络化协同制造和服务型制造的产业政策意图。中国制造的升级也是新动能突起和传统动能转型“双引擎”的新旧动能接续过程。
- ▶ 大型飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、智能绿色列车、节能与新能源汽车、海洋工程装备及高技术船舶、智能电网成套装备、高档数控机床、核电装备、高端诊疗设备等一批创新和产业化专项、重大工程受政策扶持力度大，投资空间广。

目录

一、 智能制造的特征和产业链	3
(一) 智能制造内涵和特征.....	3
(二) 智能制造产业链分析.....	4
二、 2015年智能制造发展情况及展望	7
(一) 全球市场格局.....	7
(二) 智能制造中国市场分析.....	10
三、 智能制造全球发展趋势	13
(一) 智能制造是第四次工业革命的核心.....	13
(二) 智能制造改变传统供需理念与生产方式.....	14
(三) 全球各国战略部署智能制造.....	15
四、 智能制造产业发展的驱动力	18
(一) 智能制造基础产业市场空间广阔.....	18
(二) 核心产业技术快速发展.....	19
(三) 应用产业需求层次提升.....	20
(四) 制度创新开辟投资空间.....	22
免责声明	26

一、 智能制造的特征和产业链

(一) 智能制造内涵和特征

智能制造在国际上尚无公认的定义，通常认为它是智能制造技术和智能制造系统的总称。1988年美国纽约大学 Prof. Wright 和卡耐基梅隆大学 Prof. Bourne 出版《智能制造》一书，首次提出智能制造概念。相继的，发达国家在制定制造业发展规划中也突出了智能制造概念。

表 1 智能制造概念

国家	提出时间
日本	1989 年提出智能制造系统
美国	1992 年美国大力支持关键重大技术，包括信息技术、新的制造工艺，智能制造技术
欧盟	1994 年启动 R&D 项目，将信息技术、分子生物学和先进制造技术中均突出了智能制造的位置。
加拿大	1994-1998 年发展战略计划提出智能制造。

资料来源：王志尧《剖析工业 4.0》

智能制造技术是在现代传感技术、网络技术、自动化技术以及人工智能的基础上，通过感知、人机交互、决策、执行和反馈，实现产品设计过程、制造过程和企业管理及服务的智能化，是信息技术与制造技术的深度融合与集成。其过程是生产过程中，将智能装备通过通信技术有机连接起来，实现生产过程自动化；并通过各类感知技术收集生产过程中的各种数据，通过工业以太网等通信手段，上传至工业服务器，在工业软件系统的管理下进行数据处理分析，并与企业资源管理软件相结合，提供最优化的生产方案或者定制化生产，最终实现智能化生产。

以新一代信息技术与制造技术深度融合为特征的智能制造模式，正在引发新一轮制造业变革。从生产手段上看，数字化、虚拟化、智能化技术将贯穿产品的全生命周期；从生产模式上看，柔性化、网络化、个性化生产将成为制造模式的新趋势；从生产组织上看，全球化、服务化、平台化将成为产业组织的新方式。

(二) 智能制造产业链分析

融入了新一代信息技术的智能制造领域的产业呈网状关联，更为复杂和多层面。核心是高端装备智能化和生产体系智能化。主要的产业群包括智能制造基础产业（智能制造装备为主）、智能制造核心产业（智能化环节）、智能制造应用产业以及系统集成服务四个层面。

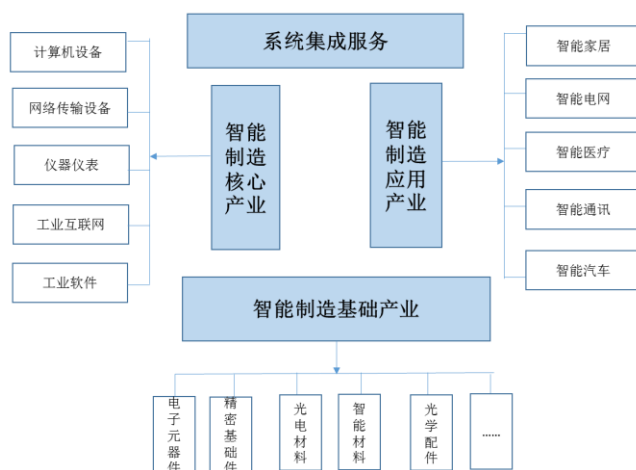


图 1 智能制造产业群

1. 智能制造基础产业

主要包括智能制造材料及智能制造装备。智能制造材料是构成智能化系统的最基本元件或材料，包括电子元器件、光学配件、精密基础件、光电材料、智能材料等，一般不具有独立应用功能。智能制造装备是具有预测、感知、分析、推理、决策、控制功能的各类制造装备的统称，是在装备数控化基础上提出的一种更先进、更能提高生产效率和制造精度的装备类型。更进一步理解智能制造装备的内涵是一种由智能机器人和人类专家共同组成的人机一体化智能系

统，它在制造过程中能进行智能活动，如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事，去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。工业机器人、服务机器人、数控机床和基础制造装备、智能仪器仪表、3D打印装备等都是重要的智能制造装备。其中，智能制造装备产业是智能制造基础产业的核心。

2. 智能制造核心产业

智能核心产业是构成智能化系统的核心功能组件，包括感知、传输、计算、控制等功能单元，具体涵盖计算机设备、网络传输设备、仪器仪表、集成电路、物联网技术和软件等。尤以工业互联网和工业软件为重要组成。

工业互联网是实现智能制造的关键基础，是“互联网+协同制造”体系中的核心要素工业互联网是由“智能机器”+“网络”+“工业云平台”构成的“端管云”架构，能够实现机器与机器、机器与人、人与人之间的全面连接交互。这种互联不是数据信息流的简单传递，而是融合了智能硬件、大数据、机器学习与知识发现等技术，使单一机器、部分关键环节的智能控制延伸至生产全过程，促进了实现无人干预条件下的机器自组织、自决策、自适应生产，为智能制造的实现奠定了互联基础。

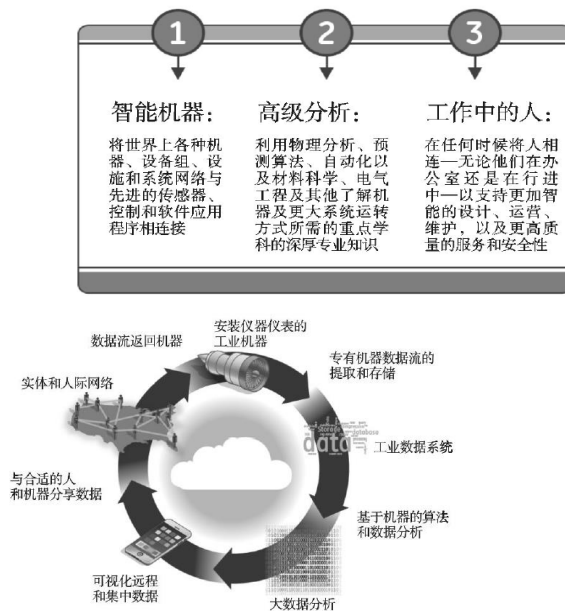


图 2 工业互联网的关键元素与数据循环

工业互联网使得生产可定义。传统工业生产极大地依赖固定模具和固定生产线，能源、原材料、机器、设备组和其他生产设施均按照最大生产需求配置，在闲置生产时段易造成极大浪费，生产过程中也无法灵活调整分配。在工业互联网条件下，机器和开源硬件的智能控制由软件完成，并通过互联将智能控制链条延伸至生产的各个环节，推动生产流程向可通过软件定义、管理和执行的智能化方向转变。比如，软件可以计算生产需求，灵活调整原材料库存；可以升级机器功能，加大其生产能力和适用范围；可以实现设备智能调配，按需配置其生产任务和工作负载，最终实现智能生产。

工业互联网使得生产动态可调整。传统工业企业的生产过程协同只能在企业内部各个部门之间、不同车间之间实现小范围协同。工业互联网突破了时空界限，集成了供应链、客户关系、制造执行、企业资源等系统，为整个供应链上的企业和合作伙伴搭建了信息共享平台，将生产过程协同扩大到了全供应链条甚至是跨供应链条上，实现了全生产过程优势资源、优势企业的网络化配置，实现了真正的社会化大协同生产。

当前我国工业互联网建设已经拉开帷幕，要集中力量突破一批关键核心技术，结合重大科技专项等的实施，加快攻克工业互联网感知层、网络层和应用层的关键技术。感知层是工业互联网识别物体、采集信息的终端环节，既包括机器、设备组、生产线等各类生产所需的智能终端信息采集技术，也包括RFID标签、传感器、摄像头、二维条码、遥测遥感等感知终端信息采集技术。网络层是工业互联网进行信息传输和处理的中枢环节。网络层包含工业异构异质网络的融合技术、工业装备和产品的智商技术、工业大数据的存取和利用技术、工业互联网体系架构技术等。应用层是工业互联网支撑行业智慧应用、实现广泛智能化的平台环节，通过信息处理实现智能决策，提供完整解决方案，主要涉及具有控制属性的嵌入式控制技术，以及具有交互属性的各种软硬件工具平台。

3. 智能制造应用产业

智能化产业发展的终端应用领域，是智能制造的装备、产品乃至理念在生产和生活领域的应用。广义上讲，智能制造应用包含运用智能制造产品的行业与领域。如智能制造产品在制造行业、交通、电力、医疗、安防、军事、物流、家居、家电等领域的应用。狭义上讲，是智能制造装备的应用，主要是机器人的应用。工业机器人主要包括弧焊机器人、点焊机器人、分配机器人、装配机器人、喷漆机器人及搬运机器人等多种专业形式，在50多年的实践中深入到自动化生产线的每个部分，广泛应用于汽车及汽车零部件制造业、机械加工行业、电子电气行业、橡胶及塑料工业、食品工业、木材与家具制造业等领域，同时也开始扩大到核能、航空、航天、医药、生化等高科技领域以及家庭清洁、医疗康复等服务业领域中。除了工业机器人，专业服务机器人和个人/家庭服务机器人近年来迅速

发展，在医疗保健、教育娱乐、家政服务、科学探测、防灾救援和国防军事等方面逐渐扩大应用

4. 系统集成服务

是指通过二维码、射频识别、软件等信息技术集成原材料、零部件、能源、设备等各种制造资源。由小到大实现从智能装备到智能生产单元、智能生产线、数字化车间、智能工厂乃至智能制造系统的集成。

二、 2015 年智能制造发展情况及展望

(一) 全球市场格局

1. 发达国家在智能制造主要产业占优势地位

在数控机床领域，美国、德国、日本三国是当前世界数控机床生产、使用实力最强的国家，是世界数控机床技术发展、开拓的先驱。当前，世界四大国际机床展上数控机床技术方面的创新，主要来自美国、德国、日本；美、德、日等国的厂商在四大国际机床展上竞相展出高精、高速、复合化、直线电机、并联机床、五轴联动、智能化、网络化、环保化机床。美国以宇航尖端、汽车生产为重点，因此需求较多高性能、高档数控机床，几家著名机床公司如辛辛那提(Cincinnati，现为MAG下属企业)、Giddings & Lewis (MAG 下属企业)、哈挺(Hardinge)、格里森(Gleason)、哈斯(Haas)等长期以来均生产高精、高效、高自动化数控机床供应美国市场需求。近年来，美国机床进口增长迅速，2010年美国机床进口金额为2.9亿美元，2014年增长至6.2亿美元，与进口增长相比，出口增长相对缓慢，2010年美国机床出口为4.3亿美元，2014年增长至4.97亿美元。德国政府一贯重视机床工业的重要战略地位，认为机床工业是整个机器制造业中最重要、最活跃、最具创造力的部门，特别讲究“实际”与“实效”。德国的数控机床质量及性能良好，先进实用，出口遍及世界，尤其是大型、重型、精密数控机床；此外，德国还重视数控机床主机配套件的先进实用性，其机、电、液、气、光、刀具、测量、数控系统等各种功能部件在质量、性能上居世界前列。如西门子公司数控系统，均为世界闻名，被竞相采用。2014年进口约6.9亿美元，出口达到13.5亿美元。日本十分重视数控机床技术的研究和开发。经过长达数十年的努力，日本已经成为世界上最大的数控机床生产和供应国。日本生产的数控机床部分满足本国汽车工业和机械工业各部门市场需求，绝大多数用于出口，2014年出口约9.4亿美元。目前日本的数控机床几乎已遍及世界各个国家和地区，成为不可缺少的机械加工工具。

在工业机器人领域，日本、美国、德国和韩国是工业机器人强国。日本号称“机器人王国”，在工业机器人的生产、出口和使用方面都居世界榜首；日本工业机器人的装备量约占世界工业机器人装备量的60%。美国是机器人的发源地，早在1962年就研制出世界上第一台工业机器人，尽管美国在机器人发展史上走过一条重视理论研究、忽视应用开发研究的曲折道路，但是美国的机器人技术在国际上仍一直处于领先地位，其技术全面、先进，适应性也很强。德国工业机器人的总数占世界第三位，仅次于日本和美国；德国工业机器人的研究和应用在世界上处于领先地位。韩国是工业机器人的后起之秀，于20世纪80年代末开始大力发展工业机器人技术，在政府的资助和引导下，韩国近几年来已跻身机器人强国之列。与此同时，工业机器人领域的全球知名生产厂商也主要集中在以日、美、德等为代表的发达国家，如，瑞典ABB，日本的发那科（FANUC）、安川电机（YASKAWA），德国的库卡（KUKA）、美国American Robot和意大利柯马（COMAU）等，这些厂商生产的工业机器人已成为一种工业标准在全球得到广泛应用。

在智能控制系统领域，欧美日等发达国家技术领先，厂商云集。以集散控制系统（DCS）为例，全球主要生产厂家有：瑞典ABB公司，美国艾默生（Emerson）、霍尼韦尔（Honeywell）、福克斯波罗（Foxboro）、西屋（Westinghouse），日本横河电机（Yokogawa）、日立（Hitachi）；德国西门子（Siemens）等；ABB公司持续多年保持全球DCS市场规模第一的位置。再看可编程控制系统（PLC）领域，PLC产品按地域分成三大流派：一是美国产品，二是欧洲产品，三是日本产品。美国和欧洲以大中型PLC而闻名，日本的主推产品定位在小型PLC上，以小型PLC著称。全球著名的厂商主要有：美国的A-B公司、通用电气（GE）公司、莫迪康（Modicon）公司（现为法国施耐德电气下属子公司）、德州仪器（Texas Instruments, TI）公司，其中A-B公司是美国最大的PLC制造商，其产品约占美国PLC市场的一半；德国的西门子（SIEMENS）公司、AEG公司，法国的TE公司；日本的三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等，在世界小型PLC市场上，日本产品约占有70%的份额。

在自动化仪器仪表领域，生产厂家主要集中在欧美日等发达国家。例如，美国、欧洲和亚洲（包括日本）的传感器市场约占全世界传感器市场的90%左右。全球变送器和执行器市场被以美国为代表的北美经济体，以德国、英国、法国为代表的欧盟地区，以及以日本为代表的亚太地区三个经济体瓜分。不管是压力变送器，还是温度变送器，占全球生产和销售市场份额最多的都是在自动化仪器仪表行业中处于领先地位的欧美日跨国巨头，如美国艾默生（Emerson）、霍尼韦尔（Honeywell）；瑞士ABB、恩德斯豪斯（E+H）；德国西门子（Siemens）；日本横河电机（Yokogawa）等。变频器行业市场集中度较高，技术门槛也比较高，市场占有率较高的和国外企业主要有：日本的三菱、富士、三垦力达、安川；美国的罗克韦尔、爱默生；欧洲的西门子、ABB、斯耐德、丹佛斯。再看控制阀，美国是全球最大的阀门供应商，有超过110家企业；德国的阀门生产企业有170多家，多数属于专业性很强的公司；日本的阀门企业共有706家，其中15家的产值占到了整个市场的70%。

在3D打印设备领域，欧美等西方发达国家在3D打印技术应用方面总体居于领先地位。3D打印产业排名前4位的企业分别是美国3D Systems公司、Stratasys公司，以色列Object公司和德国EOS公司，它们占据全世界近70%的市场份额，形成了寡头垄断的市场竞争格局。

2. 智能制造装备产业集中度高，跨国公司战略布局凸显全球化格局

智能制造装备的发展，从市场驱动力看，高度依赖于高端、精密、技术密集、集成制造发展需求，这种需求根本上源自有效缩短产品生产周期、大大提高产量的需求，国际规模劳动分工让消费品利润减小而要使用智能自动化技术来弥补的需求，以及消费者在使用材料微型化、触感和多功能性等方面的持续增加的要求，和更加严格的生产安全与可追溯性要求；从内在支撑力看，高度依赖于工程制造科学、技术基础与发展经验的积累，由此导致行业垄断性普遍很强，垄断力量主要来自发达国家领先跨国企业。

智能制造装备跨国企业主要集中在美国、德国及日本工业化发达国家中，且产业集中度高企。以智能控制系统为例，全球前50家企业排行榜中74%为美德日企业，入榜企业最多的是美国和德国，各有13家，其次是日本有11家企业，其后相对居多的国家是英国和瑞士，其中，排名前10位企业中有半数是美国企业，其企业竞争力可见一斑；在50家企业收入总额中，44%为前5家企业据有，第1位企业的收入是第10位的4倍、第50位的51倍，50位企业的收入中位是第14位企业，可见行业巨头企业垄断之势。

从企业战略发展来看，基于智能制造装备领域成熟性与垄断性，差异化、系统化、垂直并购是该领域企业追求技术优势增长及市场规模扩张最为常见的模式。领先的制造商着眼于全球市场网络，基本形成了全球化的创新研发、生产制造、销售服务布局。在技术战略方面，企业更加重视依托其核心技术产品的针对于特定应用领域的解决方案，以适应于用户更为个性化、高效能、低耗能等需求。

3. 亚太地区为市场争夺焦点，欧美将是未来市场关注点

从目前智能制造装备的销量数据看，亚太地区已成为智能制造装备制造商争夺市场的主战场，这是因为亚太等新兴市场地区工业化进程加快，资本投入和大型基础建设项目大幅增加，对智能制造装备需求量相应增加。

日本、中国、韩国、东南亚等地近年来在数控机床、工业机器人、智能控制系统等领域的销量显著上升。2014年，亚太地区工业机器人的销量139300台，同比增长41%。Marketline公司数据显示亚太地区是智能控制系统增长最快的市场。

虽然未来几年亚太地区依然是机器人、数控机床和智能控制系统等行业的主要出口市场，但同时欧美市场也要关注，原因一方面是包括德国在内的发达国家的自动化程度并没有想象中的高，依然有待加强；另一方面是来自现有控制系统的更新改造。

（二）智能制造中国市场分析

1. 中国成为全球最大的工业机器人销售和增长市场

在中国启动经济改革三十多年后，中国制造的商品已经遍布全世界，随着资本的逐步积累和技术实力的不断增强，中国的出口产品已经从低端的成衣鞋帽等低附加值产品向机械、电子甚至高新技术产品转移。根据中国海关总署的统计数据，近十年来中国机电产品出口额占比逐年提高，占总出口额的比例已从2002年的42%提高到目前的60%左右。随着中国制造业整体开始向附加值更高的机电产品、高新技术产品迁移，对加工或生产这些产品的设备本身的要求也随之提高，低精度、低可靠性、低效率的普通设备已经逐渐不能满足中国制造业企业的需要，对高精度、高可靠性、高度智能化的新一代智能制造设备的需求开始涌现。

2015年中国市场工业机器人超过75000台，同比增长36.6%。全球每售出3台机器人，就有1台卖到中国。在工业机器人类型方面，高端机器人增速加快。在应用领域方面，搬运上下料机器人仍居第一，占总销量的53%，同比增长109%；焊接销量占比19%，同比增长32%。在应用行业方面越来越广泛，在低端产能加速扩张，如陶瓷卫浴、家具制造、食品饮料、快消品、服饰鞋帽等；并进入到货币银行、仪器仪表、生物制药等新兴领域。汽车行业仍是工业机器人的第一大应用市场，其中零部件厂商需求大于整车厂，但要求较低。新能源汽车快速发展带来电池制造、换电站等新兴需求也给工业机器人带来了新的市场。3C产业是机器人密度最低的行业，但也是增长空间最大的行业。预计到2020年，我国工业机器人年销量将达到15万台，保有量达到80万台，将较“十二五”末新增40万台；到2025年，工业机器人年销量将达到26万台，保有量达到180万台，较

“十二五”末增加140万台。到“十三五”末，我国机器人产业集群年产值预计将突破1000亿元。

中国企业大约在2000年后才真正开始发展智能制造产业，相比在上世纪70年代就已经发力智能制造的发达国家，中国智能制造发展起步已经晚了几十年。但经过十多年的发展，中国在智能制造领域已经取得了一些成就，掌握如机器人技术、感知技术、复杂制造系统、智能信息处理技术等，同时建设了一批相关的国家级研发基地。

但整体而言，在智能制造技术的基础研究能力方面，中国的企业和高校与国际水准差距较大，导致原始创新匮乏。在设备方面，国内产品的可靠性相较国外品牌依然存在一定差距，中国目前核心零部件依靠进口，高端智能制造装备对外依存度高。近年来，除了加大自主开发力度，海外并购也成为企业获取关键技术的常见途径，而其中大部分的并购皆以技术为着眼点。

2. 智能制造装备经济规模快速增长

产业信息网发布的《2016-2022年中国智能制造装备行业分析及投资战略研究报告》显示，发展智能设备是中国制造业转型升级，由制造业大国向制造业强国转变的必经之路。截止2014年底智能制造装备产业规模超过7000亿元。根据国家《“十二五”智能制造装备产业发展规划》，到2020年，智能制造装备业将成为具有国际竞争力的先导产业，建立完善的智能装备产业体系，产业销售收入超过3万亿元，国内市场占有率超过60%，实现装备的智能化及制造过程的自动化。在未来5至10年的时间里，中国智能制造装备行业增长率将达到年均25%。2020年中国智能装备制造业产值将达到3万亿元。

智能制造装备产业的核心能力主要体现在关键基础零部件、智能仪表和控制系统、数控机床与基础制造装备、智能专用装备等四大领域。关键零部件是智能制造的基础，是提升智能制造产业核心能力的关键所在；智能仪表和控制系统是智能制造的核心，是信息技术和智能技术在智能制造装备上的重要载体，两者的质量与水平直接决定了主机产品的性能、水平、质量和可靠性；数控机床是智能制造的工作母机；智能专用设备是智能制造的关键主机，也是提升智能制造产业核心能力的重要环节。

3. 特色智能制造装备企业涌现

依托国家重点工程和重大科技专项的实施，一批国家急需、长期依赖进口、受制于国外的智能制造装备实现突破，如精密、高速加工中心，重型数控镗铣床，3.6万吨黑色金属垂直挤压机；用于百万千瓦超超临界火电机组、年产45万吨

合成氨、轨道交通等重大工程项目的国产控制系统，高精度压力/差压变送器、原子荧光光谱仪、油井多相流检测设备；直径为 6.34 米的土压平衡盾构机、直径为 11.22 米的泥水平衡盾构机；1600 吨级加氢裂化反应器、百万吨级乙烯工程三大离心压缩机组、百万吨级乙烯冷箱。

沈阳机床、大连机床两个集团的年销售收入均超过百亿，进入世界机床产业前 10 强。涌现出重庆川仪、京仪集团、浙江中控、和利时、新松机器人、三一重工、中联重科、瓦轴集团、沈鼓集团等一批具有国际竞争力的龙头企业，以及聚光科技、天瑞仪器、威尔泰等各具特色的智能制造装备企业。

4. 产业布局

国内的智能制造装备主要分布在工业基础发达的东北和长三角地区。以数控机床为核心的智能制造装备产业的研发和生产企业主要分布在北京、辽宁、江苏、山东、浙江、上海、云南和陕西等地区。近年来，辽宁与陕西的发展令人瞩目。同时，工业机器人将是未来智能制造装备发展的一个新热点，北京、上海、广东、江苏将是国内工业机器人应用的主要市场。此外，关键基础零部件及通用部件、智能专用装备产业在河南、湖北、广东等地区也都呈现较快的发展态势。

5. 政策扶持

(1) 中央-政策扶持

顶层设计和政府的统筹作用对新兴产业的发展起到重要的推动作用。其意义在于明确中国发展智能制造的发展原则、阶段目标、重点任务、技术路线和政策措施。鉴于智能设备对于中国制造业转型升级的重要作用，中国政府也在产业政策方面予以了高度关注，在《工业转型升级规划》中，中国政府明确了智能装备的发展方向，即集成创新一批以智能化成形和加工成套设备、冶金及石油石化成套设备、自动化物流成套设备、智能化造纸及印刷装备等为代表的流程制造装备和离散型制造装备，实现制造过程的智能化和绿色化；加快发展焊接、搬运、装配等工业机器人，以及安防、深海作业、救援、医疗等专用机器人。

(2) 地方-智能制造园区

在中央政府的意见指导下，地方政府以智能制造为新的行业增长契机，纷纷出台了更为详细的实施规划，成立智能制造工业园区，设立地区智能制造产业的发展目标。

宁波：北仑建立以智能装备研发园为“枢纽”、装备产业基地和高档模具基地为“两翼”的产业支撑平台，目前年产整机4,000多台、关键零部件9.6万台（套），实现总产值45亿元，成为全市乃至全省重要的智能装备生产基地。2015年底，该基地将实现智能装备“倍增计划”，即整机生产规模达到1万台以上，工业总产值达到100亿元以上。

芜湖：拟引资15亿建立智能装备制造园，该项目旨在建立年产10,000台套工业机器人本体裸机、核心零部件及外围设备的工业系统。项目建成后预计年产值将达到5亿元。

天津：围绕打造滨海“智造之城”，规划建设了环渤海地区首个高端智能装备战略高地—滨海新区智能制造装备产业园，致力于推动智能制造产业园区化发展，力争使新区成为中国智能制造装备的先行区和聚集地。

重庆：重庆成立两江机器人产业园，发展机器人产业的目标是在2020年达到1,000亿元，形成一条集总装、零部件、软件开发、后续服务为一体的完整的机器人产业链。

三、 智能制造全球发展趋势

（一）智能制造是第四次工业革命的核心

每一次工业革命都源于新技术的兴起与大规模应用，而成为一个时代经济发展的动力与国家竞争的焦点。总结而言，第一次工业革命是机械化时代，第二次工业革命是电气化时代，第三次工业革命是数字化时代，第四次工业革命是智能化时代。



图3 每一次工业革命都源于新技术的广泛应用

（二）智能制造改变传统供需理念与生产方式

随着数字化和智能化技术的深入应用，智能制造从产品设计、生产工艺、制造装备和运营管理等主要方面持续地推动工业的智能化和柔性化水平的提升。

1. 在产品设计方面，采用面向产品全生命周期、具有丰富设计知识库和模拟仿真技术支持的数字化智能化设计系统，在图形图像学、数据库、系统建模和优化计算等技术的支持下，可在虚拟的数字环境中并行地、协同地实现产品的全数字化设计，结构、性能和功能的计算优化与仿真，极大地提高产品设计质量和一次研发成功率。

2. 在加工工艺方面，广泛地采用加工过程的仿真优化、自适应控制等数字化智能化技术，可以极大地提高各种制造工艺的精度和效率，大幅度地提升整个制造业的工艺水平。

3. 在制造装备及系统方面，智能制造装备 柔性制造单元、数字化车间乃至于数字化工厂等智能化生产系统的广泛应用，将大幅度地提升生产系统的功能、性能和柔性，以及自动化与智能化程度。

4. 在管理方面，集成应用数字化智能化技术，形成计算机集成制造系统、智能化集成制造系统，甚至于数字化智能化制造企业，可实现产品的全生命周期优化及企业的资源最优利用与最佳模式运作，不仅可以有效地提高企业的市场反应速度和产品开发速度，同时可以大幅度地提高制造效益、降低产品成本和资源消耗，使制造业由资源高消耗型和环境高污染型转变为资源节约型和环境友好型，实现绿色制造。

5. 智能制造将引发企业生产方式和商业模式的重大变革。互联网、物联网、云计算和大数据等信息技术的强力支持下，智能工业企业可进一步地进行更大跨度的资源集成，方便地实现远程定制异地设计、协同生产、就地加工与服务，不仅使产品制造模式由批量生产向面向客户需求的定制化、个性化制造模式转变，同时，企业的生产组织模式及商业与服务模式等均发生根本性的变化，可在有效地提高产品服务质量的的同时进一步地降低产品成本、减少资源消耗。

总体而言，从制造业的发展趋势来看，未来的制造业的需求是多品种多批量、高质量低成本、柔性制造快速响应、节能减排环境友好。是个性化，产品全生命周期（设计、制造、运作等）需满足客户个性化需求。其次是定制化，从产能设计到制造，需要柔性化的生产线支撑，实现多品种产品生产的动态配置资源，最后是绿色化，企业应考虑如何提高能源利用效率，实现工业生产“绿色环保”。

(三) 全球各国战略部署智能制造

金融危机之后，发达国家纷纷抛出刺激实体经济增长的国家战略和计划，希望通过技术进步和产业政策调整重获制造业的竞争优势。发达国家从未放弃过制造业，而是不断实现制造业结构调整和转型与升级。

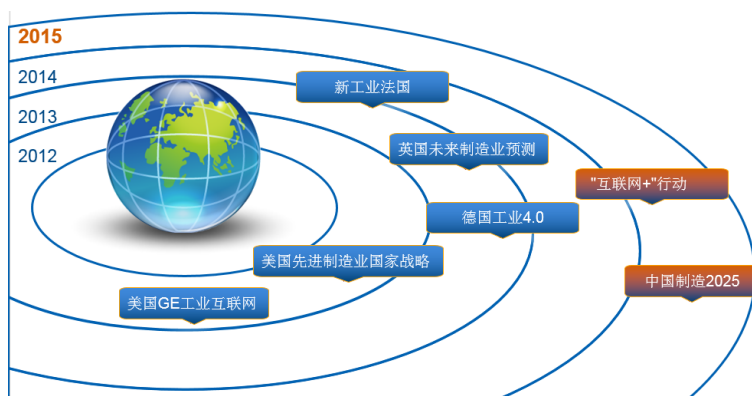


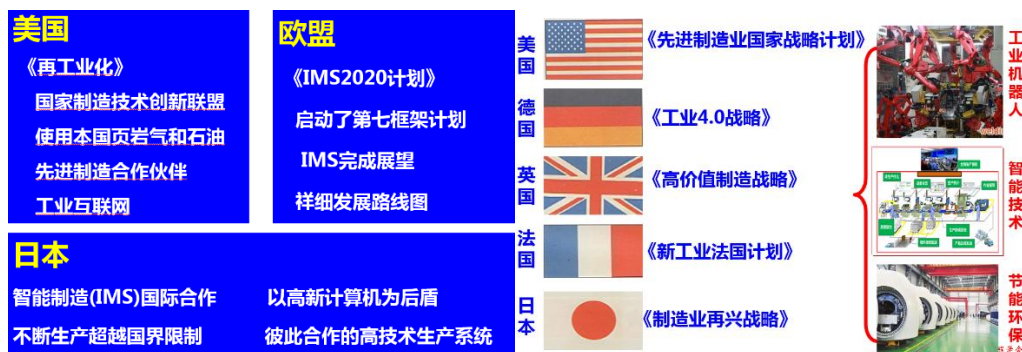
图 4 主要国家纷纷出台制造业创新战略

1. 德国工业 4.0 实施要点

德国工业 4.0 是德国政府提出的一个高科技战略计划。旨在提升制造业的智能化水平，建立具有适应性、资源效率及人因工程学的智慧工厂，在商业流程及价值流程中整合客户及商业伙伴。其技术基础是网络实体系统及物联网。利用物联信息系统将生产中的供应，制造，销售信息数据化、智慧化，最后达到快速，有效，个人化的产品供应。主要研究三大主题：一是“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；二是“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 仿真(设计、制造、装备、检测技术)、工业软件在生产过程中的应用等；三是“智能物流”，主要通过互联网、物联网、物流网，整合物流资源，充分发挥现有物流资源供应方的效率，而需求方，则能够快速获得服务匹配，得到物流支持。

2. 美国、欧盟、日本智能制造战略

共性战略措施：(1):对新兴产业的补贴和扶持；(2):对前沿技术（未来技术）研发的扶持；(3):对中小企业的扶持；(4):对竞争环境的优化；(5):对新产品市场的培育；(6):对人才培养的改革。



图表 5 美日欧智能制造战略

美国	欧盟
原材料消耗下降20%	机床重量体积下降到50%
加工废屑下降90%	加工中废弃物下降50%-60%
能耗下降25%	机床能耗下降30%-40%
锻模寿命提高10倍	机床报废利用率100%再利用
装备零件毛坯趋向于近净成形加工	

图 6 美国、欧盟未来 20 年先进制造目标

2014 年 9 月美国成立数字设计与制造创新机构，工业界成员除了军工制造业，还包括机械制造业、流程制造业、软件业的诸多巨头与中小创新企业。创新的方向必然是全生命周期和全价值链数字化以及智能化。因此，该机构的研究方向和相关项目将是对美国国防部以及工业界智能制造发展思路的直观反映。美国智能制造设想达到目标是，一是先进制造企业目标，即统一标准，统一设计研发流程程序、标准、3D 标注，产品数据包；二是智能机器目标，即开发工业软件新旧机床通用，适应刀具修改、加工、测量一体化；三是先进分析目标，即预先评估，解决产品设计一次成功、制造零缺陷、制造过程污染最小、追求制造理想化最高境界。



图7 美国的数字设计与创新

3. 中国制造 2025

(1) 实施内涵

“中国制造 2025”将成为传统制造企业打造智能工厂的标杆。将重点实施：一是创新五大工程，即制造业创新中心建设、智能制造、工业强基、绿色发展、高端装备创新五大工程。二是围绕一条主线，即以体现信息技术与制造技术两化深度融合为主线。三是实现四个转变，由要素驱动向创新驱动转变；由低成本竞争优势向质量效益竞争优势转变；由资源消耗大、污染物排放多的粗放制造向绿色制造转变；由生成型制造向服务型制造转变。

(2) 五大措施

一是在重点领域试点建设智能工厂、数字化车间，推进制造过程和重点产品智能化，培育发展新型生产方式。

二是结合行业“十三五”发展规划的编制工作，突出重点领域智能制造发展任务。

三是发挥标准引领作用，开展智能制造标准体系的研究制订，构建智能制造标准体系。

四是采取多种形式开展智能制造试点示范工作，形成智能制造产业生态体系。

五是发挥政府导向作用，坚持龙头企业为主体，建立以资本为纽带的智能制造产业联盟，瞄准智能制造核心环节和共性关键技术，协同突破。



图8 中国制造2025

四、 智能制造产业发展的驱动力

(一) 智能制造基础产业市场空间广阔

世界经济正在经历深度调整，以智能制造为核心的制造业变革与全球分工新格局正在孕育。智能制造产业化与应用在世界范围内尚在萌芽与探索中，中国这样的发展中国家只要把握住机遇亦存在突破空间。

1. 智能制造装备发展空间大

在国际市场上，中、高档机床数控系统主要由以日本发那科公司、德国西门子公司为代表的少数企业所垄断，其中发那科占一半左右。在国内市场上，主要规模生产企业有20多家，以华中数控、广州数控、大连大森、北京凯恩帝、南京华兴等5家企业为代表。中国国产机床目前只有30%的数控化率，与发达国家60%~70%的水平存在很大差距，存量机床的数控化率只有10%左右。从产品结构来看，机床行业的增长主要依靠低端普通机床的带动，高中档机床所占比例不断减少，重型机床市场走势趋缓，因而目前行业的发展道路并不健康。

而智能制造装备的重要领域工业机器人，目前我国工业机器人密度及保有量远低于发达国家。我国制造业自动化程度尚处于较低水平，距制造业发达国家尚有很大的差距。2014年，我国每万名产业工人所拥有的工业机器人数量仅为30台，远低于韩国的437台、日本的323台、德国的282台，刚超过国际平均水平55台的二分之一。我国工业机器人的低使用密度和可见的高人力成本、劳动力结构性短缺将使中国机器人市场拥有巨大的潜力。以工业机器人应用最为成熟的

汽车产业为例，发达国家的机器人密度大都超过每万工人 1000 台的水平，中国汽车行业机器人密度为 281，与其他国家相比，中国汽车行业的机器人密度为台湾的 1/2，德国的 1/4。非汽车行业仅为 14，为台湾的 1/9，德国的 1/11。机器人配备量与产业发展要求不符，未来提升空间巨大。

2. 新行业应用扩展空间大

机器人是应用比较广泛的智能制造装备。工业机器人与服务机器人在多种行业与领域需求广泛。在全球范围内除汽车产业外其他产业的工业机器人应用都尚在发展初期，机器人密度普遍不高。此外，机器人技术的应用领域随人类社会不断发展不断扩张，新的应用方向不断出现。以我国的新松机器人为例，产品应用行业近年来逐渐从汽车行业扩展到电子电气、工程机械、烟草、印刷、造纸、食品、医药、军工等多种领域。而智能服务方面的产品还存在缺口，多样化的需求为未来机器人产业化发展创造出了极大的市场。

3. 进口替代空间大

目前中国高档数控系统和功能部件仍然主要依靠进口。国内高档系统的自给率不到 5%，约有 95% 依赖进口，其中日本成为主要的进口国，约占 1/3；国产中高档数控系统总和不到 20%。许多其他的高端零部件与装备也大量依赖进口，中国集成电路进口额超过了石油进口额。

随着我国制造业水平逐渐提高，对高端装备需求与日俱增，受制于国外技术垄断和供给力量的约束，进口替代需求强烈。同时自主品牌的发展和实力的壮大也将加快进口替代。

（二）核心产业技术快速发展

1. 核心零部件的自主研发力度加大

中国企业大约在 2000 年后才真正开始发展智能制造产业，相比在上世纪 70 年代就已经发力智能制造的发达国家，中国智能制造发展起步已经晚了几十年。但经过十多年的发展，中国在智能制造领域已经取得了一些成就，掌握如[机器人](#)技术、感知技术、复杂制造系统、智能信息处理技术等，同时建设了一批相关的国家级研发基地。

从核心零部件国产化看，控制器、伺服电机和减速器是机器人的三大核心零部件。过去核心零部件过度依赖进口，严重制约着行业发展。目前国内大部分本体制造企业，均实现控制器自主生产，在核心零部件上取得了突破。随着我国智

能制造企业对核心技术的突破和规模效应的提升，与国外机器人的差距将逐步缩小，在某些单品上已经在逐渐赶超国外企业，例如新松机器人的优势产品 AGV 已经达到国际先进水平，不但占据了国内汽车行业整车装配生产线 80% 的市场份额，还走出国门销往美国通用、福特等国外汽车厂商。

2. 智能控制的技术支撑迅速发展

以智能机器人为例，智能机器人的环境感知传感技术日新月异。随着光学、声学、触感以及超声传感器的发展，智能机器人已经获得越来越接近于人类的感知能力。软银近期推出的 Pepper 显示服务机器人性能又上新台阶。大数据、云计算提高服务机器人人工智能水平。随着大数据技术的发展，为服务机器人提供了很多冗余的条件；云计算技术更是可以随时通过网络更新补充服务机器人的数据库。有了大数据和云计算技术，服务机器人可以轻松获取大量信息资源，在作决策时方案优选的能力越来越强，人工智能水平不断提高。生物材料的发展使得智能机器人的人机互动性越来越好。未来服务机器人可以身着类似皮肤的材料，与人类亲密互动，促进购买需求。

3. “走出去”吸纳先进技术

制造企业海外输出产能、品牌、技术及生产方式等，将有利于提升自身竞争优势。一是通过海外直接投资设厂，在绕开贸易壁垒，进入目标市场的同时，输出国内部分过剩产能，促进国内产业结构升级。二是通过资本并购、战略合作或设立研发中心等方式对外进行投资，能够充分利用国外技术资源，吸收和借鉴国外先进研发成果，将先进技术反馈至国内。三是实施海外推广布局，建立跨国学习机制和开放的企业文化氛围，构建适应跨国经营的组织和管理体系，将进一步激发创新活力，增强企业自主创新能力。

在全球经济缓慢复苏、“一带一路”以及制造强国战略加快实施等新形势下，我国制造企业紧抓发展机遇，探索外向型发展模式的创新，将“走出去”作为智能制造以外提升国内制造业竞争力的重要抓手之一。

（三）应用产业需求层次提升

1. 基本需求：劳动力结构性短缺问题凸显

我国人口自然增长率从 20 世纪 60 年代开始持续下降，劳动年龄人口增长率从 80 年代末进入下行通道且有下滑加剧之势。随着“人口红利”的逐渐消失，农村富余劳动力逐渐减少，我国即将步入从劳动力过剩向短缺转折的“刘易斯拐点”。伴随着劳动力供给减少的是劳动力成本的快速上升。从国际比较看，中国东部沿海地区制造业人员平均工资达到每月 2500 元至 3000 元，而越

南为每月 1000 元人民币，印度更低至 600 元人民币，中国制造业正在丧失成本优势，全球制造业基地正在向劳动力成本更低的东南亚转移，中国制造业面临前所未有的压力。我国制造业企业大多属于加工贸易型企业，产品附加值低，人力成本大幅上升压缩了加工企业的盈利空间，成本倒逼制造商向智能高效生产模式转型。

2. 发展需求：人工替代需求上升，劳动生产率与经济效率的提升的要求推动制造业生产模式的转化

智能制造的使用在降低劳动力成本、替代特殊制造行业、提升投资回报率，进而提高制造业整体效率方面作用愈发显著。在韩国，机器人能将劳动力开销降低 33%，在日本为 25%，在加拿大为 24%，在美国和台湾地区则为 22%。在所有可自动化的工作岗位中，目前只有 10% 实现了自动化。美国波士顿咨询公司预测，到 2025 年底，全球 25 大出口国工业机器人投资的年增长率将从目前的 2%-3% 加速至 10%。带来成本的降低和效率的提高。未来十年，在全球的工厂中，价格更低、性能更佳的机器人将加速替代人工。工厂的劳动力开销将降低 16%。全球的自动化率到 2025 年将达到 23%。同时，一些制造业的特殊工种的人工替代也将迅速提升。在我国，很多强度大、重复性高、条件恶劣的制造业工种出现招工难、用工荒，机器人在特殊领域的应用作用凸显。

3. 提高需求：国民经济发展，人均收入水平提升，服务性需求愈发强烈

近年来，国民经济保持中高速增长，人均收入水平持续快速增加，随着经济改革深化与结构调整的政策深入，高技术产业、现代服务业等新兴产业集群逐步成为经济发展新引擎，人们也越来越追求更高的生活质量。机器人、可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能制造终端产品在医疗、教育、养老、物流、消费等行业的应用越来越广泛。通过与信息网络等现代技术的结合，推动生产、管理和营销模式变革，重塑产业链、供应链、价值链。

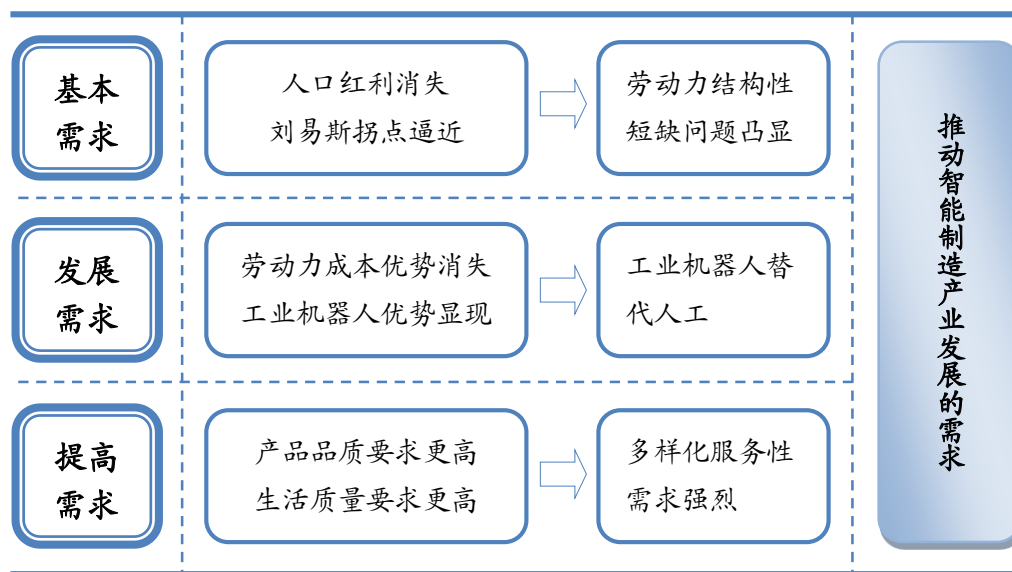


图9 需求层次提高

（四）制度创新开辟投资空间

《中国制造2025》是中国制造业的发展蓝图，也是智能制造产业政策指引。概括而言，制造业晋级之路的制度供给主要通过产能出清、传统产业转型升级与鼓励新兴产业创新三个方面。

1. 化解过剩产能

确立“消化一批、转移一批、整合一批、淘汰一批”的原则，分业分类施策，化解产能过剩矛盾。实施对产能严重过剩行业的动态监测分析，建立完善预警机制，引导企业主动退出过剩行业。同时综合运用法律、经济、技术及必要的行政手段，加快淘汰落后产能。

2. 传统产业转型和升级

传统制造业的智能化升级道路，是融合了先进技术的转型升级。去年在《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》中出现了“个性化定制”、“柔性化生产”的提法，2016年的政府工作报告中再次出现，体现了中国政府在重点领域推进智能制造、大规模个性化定制、网络化协同制造和服务型制造的产业政策意图。中国制造的升级也是新动能突起和传统动能转型“双引擎”的新旧动能接续过程。

3. 新兴产业的支持和培育

《中国制造 2025》中，对智能制造创新产业规划提出，组织实施大型飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、智能绿色列车、节能与新能源汽车、海洋工程装备及高技术船舶、智能电网成套装备、高档数控机床、核电装备、高端诊疗设备等一批创新和产业化专项、重大工程。开发一批标志性、带动性强的重点产品和重大装备，提升自主设计水平和系统集成能力，突破共性关键技术与工程化、产业化瓶颈，组织开展应用试点和示范，提高创新发展能力和国际竞争力，抢占竞争制高点。到 2020 年，上述领域实现自主研制及应用。到 2025 年，自主知识产权高端装备市场占有率大幅提升，核心技术对外依存度明显下降，基础配套能力显著增强，重要领域装备达到国际领先水平。

参考文献:

1. Peter C. Evans, Marco Annunziata: 《工业互联网 打破智慧与机器的边界》，GE 梦想启动未来，2013 年 5 月 28 日。
2. 乔永远: 《异曲同工的工业互联网，工业 4.0 和中国制造 2025》，国泰君安证券，2015 年 3 月 12 日。
3. 陈超: 《中国制造 2025: 寻找模式突围和隐性冠军》，中万宏源证券，2015 年 3 月 12 日。
4. 高坤: 《风口浪尖下的中国制造 2025T-C-C-C 四条主线相得益彰》，东兴证券，2015 年 3 月 31 日。
5. 章诚: 《站在大数据角度看制造，颠覆正悄然发生》，华泰证券，2015 年 6 月 9 日。
6. 章诚: 《“制造 2025”，未来十年中国不能输的战争》，华泰证券，2015 年 5 月 1 日。
7. 杨迪，叶含勇（记者）: 《“智能化”将领衔未来十年中国制造业》，新华网，2014 年 10 月 17 日。
<http://news.xinhuanet.com/tech/2014-10/17/c-1112874247.htm>
8. 何晓晴（记者）: 《“中国制造 2025”投资靶点：智能制造的巨大风口》，21 世纪经济频道，2015 年 3 月 26 日。
<http://finance.ifeng.com/a/20150326/13582617-0.shtml>
9. 《中国制造 2025》，国务院，2015 年 5 月 19 日。
10. 《2015 全球工业机器人统计报告》，兴趣部落，2016 年 3 月 27 日
<http://buluo.qq.com/p/detail.html?bid=15070&pid=6147175-1459083304>
11. 《2015 年日本，美国和德国数控机床行业发展现状对比分析》，中国产业信息网，2015 年 12 月 1 日。
<http://www.chyxx.com/industry/201512/363801.html>
12. 《2015 年中国智能制造装备产业发展现状》，中国产业信息网，2015 年 12 月 2 日。

- <http://www.chyxx.com/industry/201512/363774.html>
13. 《工业互联网是实现智能制造的关键基础》，中自数字移动传媒网，2015年7月14日。
- <http://news.ca168.com/201507/43142.html>
14. 《机器人替代人工渐成全球趋势，将影响制造业发展》，网易新闻，2015年2月12日。
- <http://news.163.com/15/0212/12/AI8LB6CB00014AEE.html>
15. 《浅析我国智能制造系统架构》，搜狐公众平台，2016年2月15日
- <http://mt.sohu.com/20160215/n437530573.shtml>
16. 《全面解析智能制造产业链 3D打印成重点》，搜狐公众平台，2015年10月26日。
- <http://mt.sohu.com/20151026/n424138979.shtml>
17. 《世界智能制造装备产业发展总体现状和趋势（二）》，上海行业情报服务网，2013年11月21日。
- <http://www.hyqb.sh.cn/tabid/337/InfoID/11331/frtid/1023/Default.aspx>
18. 《世界智能制造装备产业发展总体现状和趋势（一）》，上海行业情报服务网，2013年11月18日。
- <http://www.hyqb.sh.cn/tabid/337/InfoID/10486/frtid/1023/Default.aspx>
19. 《我国智能制造产业链结构及投资机遇分析》，控制工程网，2016年2月19日。
- <http://article.cechina.cn/16/0219/07/20160219074309.htm>
20. 《智能制造和工业软件发展白皮书（2015版）》，百度文库，2015年7月14日。
21. 马宏建（编辑）：《中国制造2025投资策略》，《资本市场》，2015年。
22. 《产业关键共性技术发展指南（2015年）》，工信部，2015年12月11日。
23. 《李克强公开课：经济增长要靠“双引擎”》，中国政府网，2015年11月10日。
- <http://finance.sina.com.cn/china/hgjj/20151109/010023710096.shtml>
24. 《2015年三季度国内智能制造发展现状及趋势》，经信委子站群，2015年10月10日。
- <http://www.wtoutiao.com/p/N6fIGc.html>
25. 《世界智能制造装备产业发展总体现状和趋势（一）》，上海行业情报服务网，2013年11月18日。
- <http://www.hyqb.sh.cn/tabid/337/InfoID/10486/frtid/1023/Default.aspx>
26. 《新经济战略投资系列·上辑 先进制造业》，2016年1月12日。
27. 《2015-2025年中国智能制造装备行业发展现状调研与市场前景预测报告》，中国产业调研网，2016年。
28. 王喜文：《全球工业4.0与中国制造升级》，工信部国际经济技术合作中心，JIC投资沙龙演讲实录，2015年11月6日。

29. 刘云柏:《互联网思维下的智能制造及其应用》,《电子产品可靠性与环境试验》,2015年03期。
30. 李克强:《催生新的动能,实现发展升级》,国务院先进制造与3D打印专题讲座演讲实录,2015年8月21日。
31. 王志尧:《剖析工业4.0》,JIC投资沙龙演讲实录,2015年11月9日。
32. 《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录(公开征求意见稿)》。
33. 文玉春:《制造升级主题下的投资机会分析》,2015年12月25日。
34. 尹福臣:《智能产业链及智能产业集群》,2016年2月2日。
35. 尹周平:《智能制造的关键技术与最新应用》,中国制造业智能制造与智能工厂研讨会演讲实录,2015年3月21日。
36. 傅建中:《智能制造装备的发展现状与趋势》,《机电工程》,2014年8月第31卷第8期。

免责声明

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，可能会随时调整。报告中的信息或所表达的意见不构成任何投资、法律、会计或税务方面的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。在任何情况下，本报告中的信息或所表达的建议并不构成对任何投资人的投资建议，中国建银投资有限责任公司不对投资者的投资操作而产生的盈亏承担责任。本报告的版权归中国建银投资有限责任公司所有，任何机构和个人未经书面许可不得以任何形式翻版，复制，刊登，发表，篡改或者引用。