

中国智能制造之路

——中国制造业企业智能化路径研究报告

2019年



智能制造的“何为”与“为何”

1

智能制造系统的构成要素

2

中国制造业企业智能化路径分析

3

中国智能制造面临的挑战与发展趋势

4

“何为” 智能制造

企业实现生产、管理、服务、产品智能化的全新生产方式

“智能制造”这一概念最早由美国学者P.K.Wright和D.A.Bourne在其著作《Manufacturing Intelligence》中出现，他们将智能制造定义为机器人应用制造软件系统技术、集成系统工程以及机器人视觉等技术，实行批量生产的系统性过程。工信部出台的《智能制造发展规划（2016-2020年）》中，将智能制造定义为基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。

艾瑞认为，**智能制造是通过新一代信息技术、自动化技术、工业软件及现代管理思想在制造企业全领域、全流程的系统应用而产生的一种全新的生产方式。**智能制造的应用能够使制造业企业实现生产智能化、管理智能化、服务智能化与产品智能化。

智能制造的内涵

把传感器、处理器、储存器、通信模块、传输系统融入产品，使产品具备感知、通信能力，可追溯、可识别、可定位



产品智能化



生产智能化

通过数控机床、工业机器人等生产设备的应用，融合物联网、大数据等技术，使生产过程可视、透明、可控、高效

服务智能化



管理智能化



ERP、MES、PLM等管理软件的应用使制造业企业的管理更加准确、更加高效、更加科学

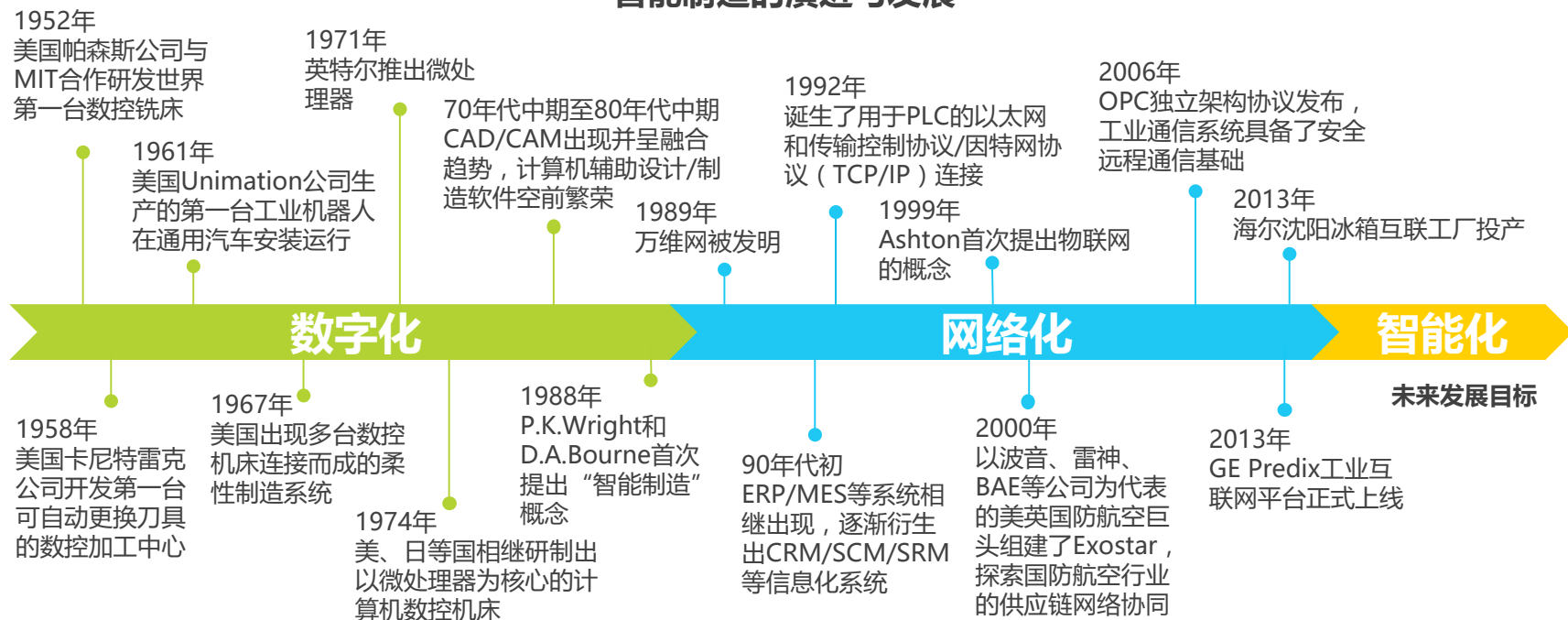
以产品智能化为基础，依托产品自身的可感知、可识别属性，拓展后续服务，从生产性制造向生产服务型制造转型

智能制造的起源与演变

起源：数字化制造 → 成长：网络化制造 → 目标：智能化制造

智能制造代表着先进制造技术与信息化的融合，尽管概念提出至今仅30年的时间，但智能制造的起源可以追溯至上世纪中叶，其发展与演进可以大致分为三个阶段：从上世纪中叶到90年代中期的**数字化制造**，以计算、通讯和控制应用为主要特征；从上世纪九十年代中期发展至今的**网络化制造**，伴随着互联网的大规模普及应用，先进制造进入了以万物互联为主要特征的网络化阶段；当前，在大数据、云计算、机器视觉等技术突飞猛进的基础上，人工智能逐渐融入制造领域，先进制造开始步入以新一代人工智能技术为核心的**智能化制造**阶段。但受限于人工智能技术的发展水平与制造业应用尚未成熟，目前的“智能制造”还远未达到“自适应、自决策、自执行”的完全智能化阶段，智能化制造仍是未来的主要发展目标。

智能制造的演进与发展



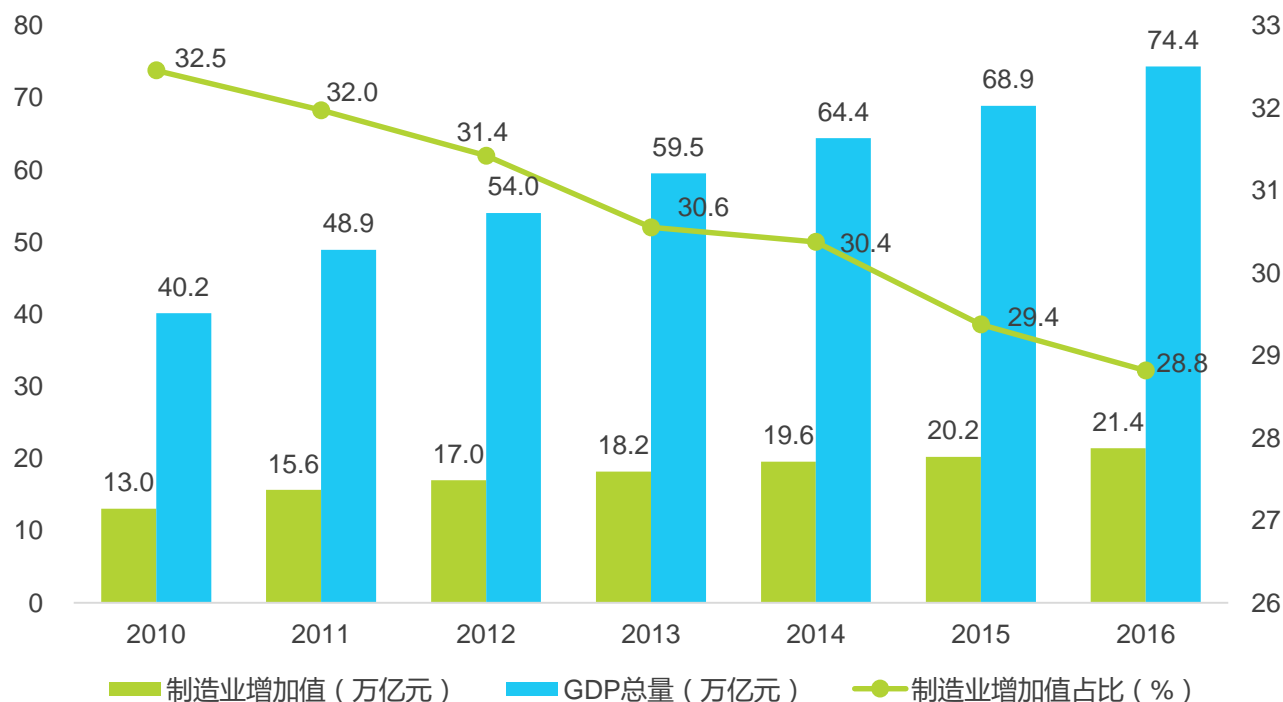
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

中国“为何”需要智能制造

智能制造是中国制造业转型升级、提质增效的必由之路

近年来，中国的经济发展已由高速增长阶段逐步转入高质量发展阶段，政府更加关注于优化经济结构、转换增长动力。制造业是供给侧结构性改革的主要领域，尽管制造业增加值在全国GDP总量中的比重呈下降态势，但以制造业为代表的实体经济才是中国经济高质量发展的核心支撑力量。2015-2016年，中国制造业增加值的同比增速仅为3.5%和5.9%，原料、土地、人力资源等生产要素成本的不断上涨使制造业本就不高的利润率很难提升。提高质量效益、转变生产方式是中国制造业必须要解决的问题，而发展智能制造正是中国制造由大到强的必由之路。

2010-2016年中国制造业增加值及其占GDP总量的比重



来源：国家统计局。

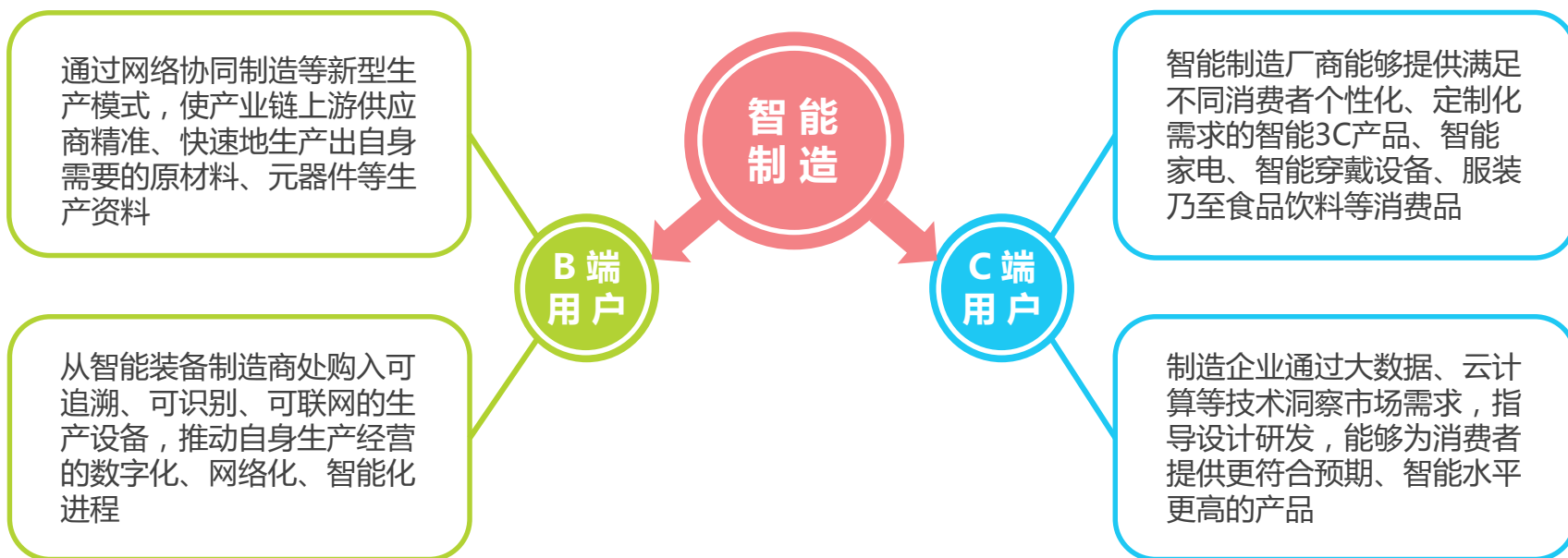
用户“为何”需要智能制造

B端用户需要智能装备与材料、C端用户需要智能产品与服务

制造业的产品种类繁多，从高端制造装备、航天飞机到家用电器、食品饮料等，用户既有工业、建筑业、服务业等领域的企业，也包括最普通的消费者，我们可以把智能制造的需求方简单分为“B端用户”和“C端用户”两种类型。

智能制造能够为B端用户带来准确性、适用性、耐用性更加符合自身生产要求的冶金、钢铁、石化等原材料；能够为B端用户生产拥有感知环境、互联互通、远程可控等特性的智能装备，推动B端用户的智能化发展。对于C端用户来说，智能制造能够实现消费者对商品的个性化、定制化需求，并持续提供更加优质、更加智能的产品。

智能制造对用户的核心价值



制造业企业“为何”需要智能制造

降低生产成本、提高生产效率、重塑生产方式

对制造业企业而言，构建智能制造系统的核心价值主要体现在**降低生产成本**、**提升生产效率**和**重塑生产方式**。基于生产现场数据与生产工艺、运营管理等数据的综合考量，企业能够实现更精准的供应链管理和财务管理，减少物料浪费，减轻仓储压力，降低运营成本；通过对“人、机、料、法、环、测”各环节数据的全面采集和深度分析，企业能够发现导致生产瓶颈与产品缺陷的深层次原因，不断提高生产效率及产品质量；引入高度柔性的以数控机床、机器人为主的生产设备，企业可以实现多品种、小批量的新型生产方式，推动生产模式由大规模生产向个性化定制生产进化。

智能制造对企业的核心价值

降低生产成本

减少物料浪费，减轻仓储压力；降低产品的不合格率，减少因产品质量造成的损失；通过数控机床、柔性产线、工业机器人等生产设备的应用，降低劳动力需求，减少人工成本

提高生产效率

大幅优化生产过程，改善生产工艺，加快生产速度；科学合理排产，提升设备利用率；提高生产执行精度，提升产品质量

重塑生产方式

实现大规模定制、智能产品远程运维、网络协同制造等多种新型生产方式，使企业快速响应市场需求，拓展商业模式，增加收入及利润来源

智能制造的“何为”与“为何”

1

智能制造系统的构成要素

2

中国制造业企业智能化路径分析

3

中国智能制造面临的挑战与发展趋势

4

智能制造系统的基本构成

智能制造系统=自动化设备+智能“神经系统”

智能制造是一种可以让企业在研发、生产、管理、服务等方面变得更加“聪明”的方法，我们可以把制造智能理解为企业在引入数控机床、机器人等生产设备并实现生产自动化的基础上，再搭建一套精密的“神经系统”。智能“神经系统”以ERP（企业资源计划系统）、MES（生产过程执行系统）等管理软件组成中枢神经，以传感器、嵌入式芯片、RFID标签、条码等组件为神经元，以PLC（可编程逻辑控制器）为链接控制神经元的突触，以现场总线、工业以太网、NB-IoT等通信技术为神经纤维。企业能够借助完善的“神经系统”感知环境、获取信息、传递指令，以此实现科学决策、智能设计、合理排产，提升设备使用率，监控设备状态，指导设备运行，让自动化生产设备如臂使指。

智能“神经系统”的基本架构



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

中枢神经——ERP+MES

打通ERP与MES的数据流是生产过程数字化的基础

ERP系统是企业最顶端的资源管理系统，强调对企业管理的事前控制能力，它的核心功能是管理企业现有资源并对其合理调配和准确利用，为企业提供决策支持；MES系统是面向车间层的管理信息系统，主要负责生产管理和调度执行，能够解决工厂生产过程的“黑匣子”问题，实现生产过程的可视化和可控化。ERP与MES两大系统在制造业企业信息系统中处于绝对核心的C位，但两大系统也都存在着比较明显的局限性。ERP系统处于企业最顶端，但它并不能起到定位生产瓶颈、改进产品质量等作用；MES系统主要侧重于生产执行，财务、销售等业务不在其监控范畴。

企业要搭建一套健康的智能“神经系统”，ERP与MES就如同“任督二脉”一般，必须要将两者打通，构成计划、控制、反馈、调整的完整系统，通过接口进行计划、命令的传递和实绩的接收，使生产计划、控制指令、实时信息在整个ERP系统、MES系统、过程控制系统、自动化体系中透明、及时、顺畅地交互传递并逐步实现生产全过程数字化。

ERP与MES的职能与集成



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

神经突触——PLC

机械装备和生产线的控制器，制造信息的采集器和转发器

PLC即可编程逻辑控制器，主要由CPU、存储器、输入/输出单元、外设I/O接口、通信接口及电源共同组成，根据实际控制对象的需要配备编程器、打印机等外部设备，具备逻辑控制、顺序控制、定时、计数等功能，能够完成对各类机械电子装置的控制任务。PLC系统具有可靠性高、易于编程、组态灵活、安装方便、运行速度快等特点，是控制层的核心装置。在智能制造系统中，PLC不仅是机械装备和生产线的控制器，还是制造信息的采集器和转发器，类似于神经系统中的“突触”，一方面收集、读取设备状态数据并反馈给上位机（SCADA或DCS系统），另一方面接收并执行上位机发出的指令，直接控制现场层的生产设备。

PLC的类型、结构及典型产品

类型	标准	结构	典型产品					
小型PLC	I/O点数小于256	整体式	三菱FX2N		西门子S7-200		欧姆龙CPM2A	
中型PLC	I/O点数在256~2048之间	模块式	西门子S7-300		A-B CompactLogix 5380			
大型PLC	I/O点数大于2048	模块式	A-B SLC05		西门子S7-400			

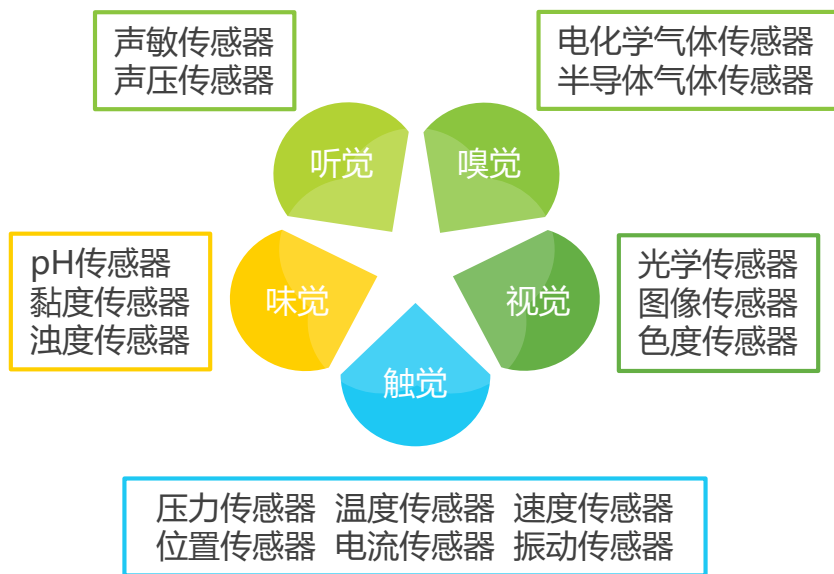
神经元——传感器与RFID标签

智能制造系统感知物理世界的最前端数据源

神经元是神经系统的基本组成单位，在智能制造“神经系统”中，担任此角色的就是与物料、在制品、生产设备、现场环境等物理界面直接相连的传感器、RFID标签、条码等组件。

传感器能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，传感器使智能制造系统有了触觉、味觉、嗅觉等感官。RFID标签具有读取快捷、批量识别、实时通信、重复使用、标签可动态更改等优秀品质，与智能制造的需求极为契合。通过射频识别技术，企业可以将物料、刀具、在制品、成品等一切附有RFID标签的物理实体纳入监测范围，帮助企业实现减少短货现象、快速准确获得物流信息等目标。

传感器与智能神经系统“五感”



RFID标签在智能制造系统中的典型应用场景



神经纤维——工业通信网络

工业通信网络种类繁多，现阶段仍以有线通信网络为主

企业在日常经营过程中，研发、计划、生产、工艺、物流、仓储、检测等各个环节都会产生大量数据，要让海量数据在智能制造神经网络内顺畅流转，就要综合利用现场总线、工业以太网、工业光纤网络、TSN、NB-IoT等各类工业通信网络建立一套健全的神经纤维网络。工业通信网络总体上可以分为有线通信网络和无线通信网络。

有线通信网络主要包括现场总线、工业以太网、工业光纤网络、TSN（时间敏感网络）等，现阶段工业现场设备数据采集主要采用有线通信网络技术，以保证信息实时采集和上传，对生产过程实时监控的需求。

无线通信网络技术正逐步向工业数据采集领域渗透，是有线网络的重要补充，主要包括短距离通信技术（RFID、Zigbee、WIFI等），用于车间或工厂内的传感数据读取、物品及资产管理、AGV等无线设备的网络连接；专用工业无线通信技术（WIA-PA/FA、WirelessHART、ISA100.11a等）；以及蜂窝无线通信技术（4G/5G、NB-IoT）等，用于工厂外智能产品、大型远距离移动设备、手持终端等的网络连接。

工业通信网络主要类型

现场总线主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的数字通信以及这些现场控制设备和高级控制系统之间的信息传递问题，是连接智能现场设备和自动化系统的全数字、双向、多站的通信系统。

NB-IoT 是基于蜂窝网络的窄带物联网技术，它支持海量连接、有深度覆盖能力、功耗低，适合于传感、计量、监控等工业数据采集应用，可满足这些应用对广覆盖、低功耗、低成本的需求。

工业以太网采用TCP/IP 协议，和IEEE 802.3 标准兼容，实现了以太网TCP/IP 协议与工业现场总线的融合，是在标准以太网协议基础上修改或增加一些特定的功能而形成的。

TSN是基于以太网标准的确定性实时通信机制，定义了极其准确、极易预测的网络时间，有效地解决了工业数据采集数据在以太网传输中的时序性、低延时和流量整形问题。



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

强有力的躯干——智能制造装备

数控加工中心、装配机器人等制造装备是柔性生产的保障

企业打造智能制造系统的核心目的是实现智能生产，智能生产的落地基础即是智能制造装备。智能制造装备是指具有感知、分析、推理、决策、控制功能的制造装备，它是先进制造技术、信息技术和智能技术的集成和深度融合。目前智能制造装备的两大核心即是数控机床与工业机器人。

数控机床是一种装有程序控制系统的自动化机床，该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，通过信息载体输入数控装置。数控机床的数控系统经运算处理由数控装置发出各种控制信号，控制机床的动作，按图纸要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来，能够较好地解决复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题。工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行。工业机器人在汽车制造、电子设备制造等领域广泛应用，有点焊/弧焊机器人、搬运/码垛机器人、装配机器人等多种类型，能够高效、精准、持续地完成焊接、涂装、组装、物流、包装、检测等工作。

数控机床与工业机器人在智能制造系统中的典型应用

数控加工中心



集铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能于一体，适用于形状较复杂，精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产

焊接机器人



由机器人本体、焊接电源、焊接装备（送丝机、焊枪）等部分组成，主要用于完成弧焊、点焊、激光焊接、激光切割等工作

装配机器人

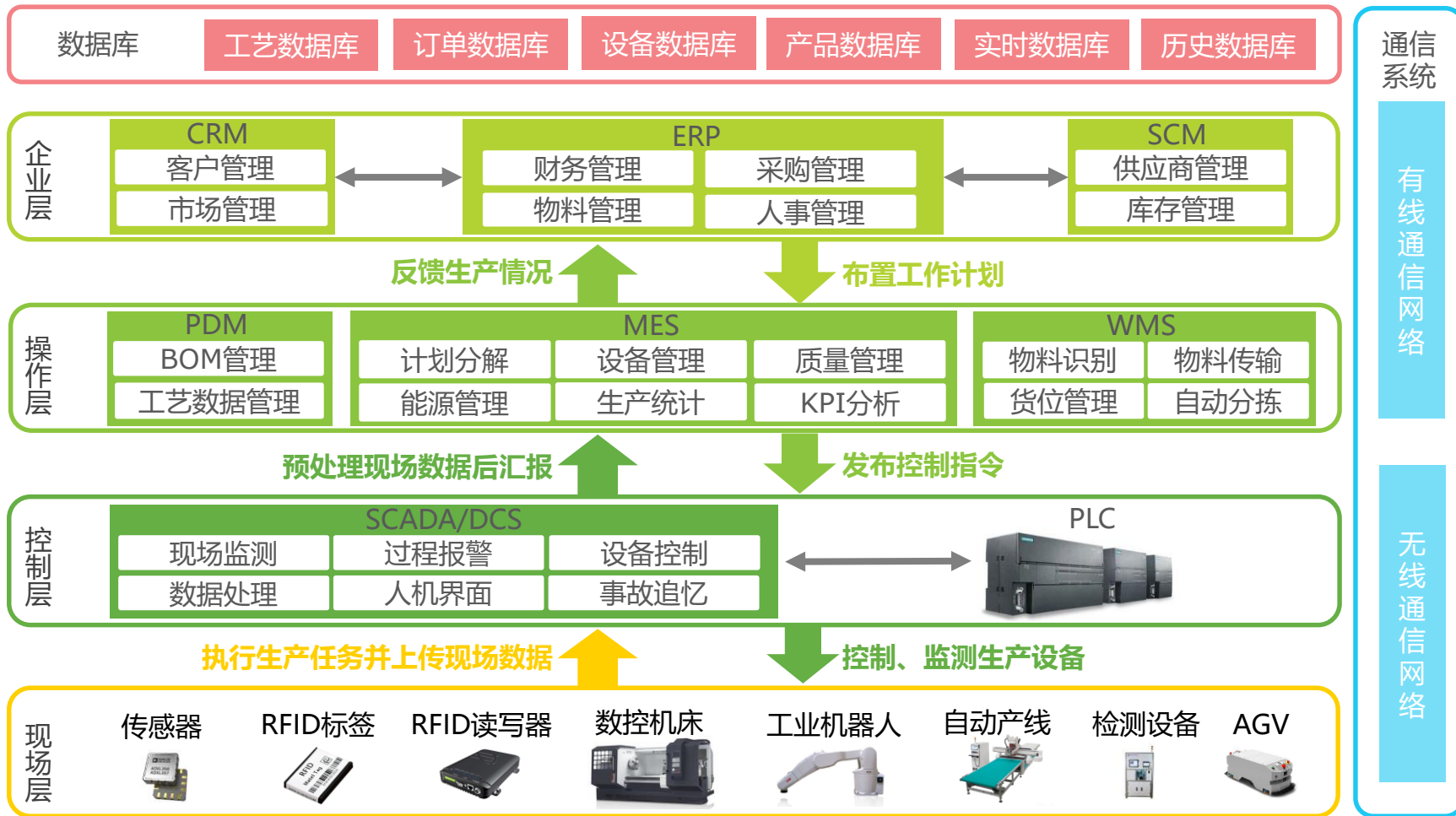


装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备，主要用于电器制造、汽车及其部件、计算机、机电产品及其组件的装配等方面

智能制造系统的整体架构

智能制造要素是构建智能制造系统的基本组成单位

典型智能制造系统架构



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

智能制造的“何为”与“为何”

1

智能制造系统的构成要素

2

中国制造业企业智能化路径分析

3

中国智能制造面临的挑战与发展趋势

4

实现路径千差万别，总体思路可以总结 iResearch 艾瑞咨询

智能化之路——智造要素→智造能力→智能制造系统

制造业是一个极其庞大的领域，涵盖了30个大类行业、191个中类行业、525个小类行业。由于涉及的行业、领域众多，不同行业及领域的企业在生产运营中的主要关注点各异，即便同行业的不同企业需要解决的问题也是千差万别，因此制造业企业智能化不存在“放之四海而皆准”的普适路径。艾瑞认为，制造业企业实现智能化要从自身的核心痛点出发，在合理且有延续性的整体规划与顶层设计的基础上，沿着**智能制造要素→智能制造能力→智能制造系统**的发展方向，分阶段且持续性的获取智能制造要素，建立、完善、扩展企业在研发设计、生产制造、物流仓储、订单获取、产品服务各个环节的“智造能力”，最终形成完整、高效、科学的智能制造系统。

本部分对制造业企业生产活动中各个环节的六种典型智能制造能力从预期收益、实施难度、成本下降、资金投入、时间跨度五个维度进行分析评价，并以此为基础提出智能化路径示例。

“智造能力”的五星评价体系



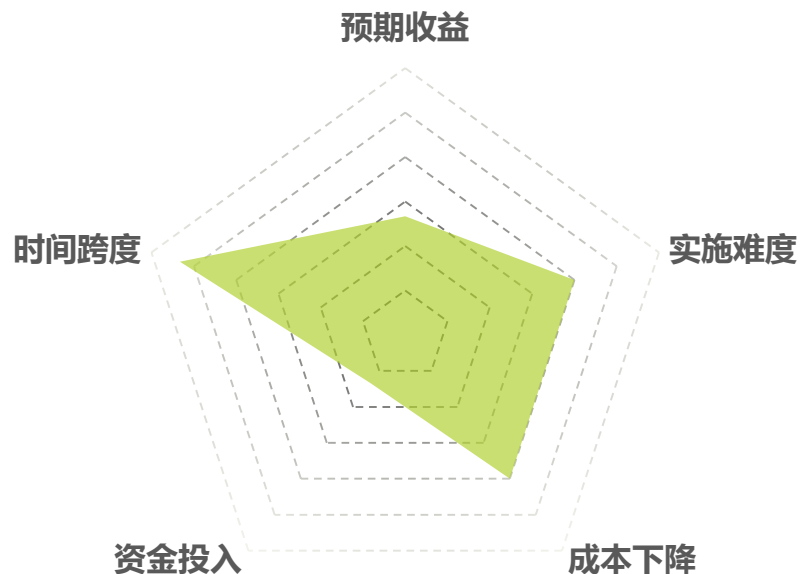
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

数字化设计

缩短研发周期、降低研发成本、对接制造环节

数字化设计是智能制造系统的源头，是企业实现数字化、智能化道路上必须要突破的关键点。制造业中的设计包括产品设计、工艺设计、工艺优化、样品制造、检测检验等一系列过程。传统的研发设计流程是以模块分立形式，按照顺序完成开发，产品开发周期长且质量得不到保证。而数字化设计借助计算机辅助设计软件（CAX）、三维设计与建模工具等技术能够赋予企业将研发过程全面数字化、模型化，实现研发设计流程的高度集成、协同与融合，大幅缩短产品开发周期，降低开发风险和开发费用。目前CAX类软件在国内制造业企业中已有一定程度应用基础，但从发展趋势及与智能制造系统的契合程度来看，第三代产品设计语言MBD（基于模型的设计）技术将成为数字化设计的主武器，MBD的应用将打通数字化设计与数字化制造，使三维模型成为制造的唯一数据源，让产品模型在整个生命周期得到充分利用。

数字化设计的五维评价雷达图



第三代产品设计语言——MBD

MBD是将产品的所有相关设计定义、工艺描述、属性和管理等信息都附着在产品三维模型中的数字化定义方法

Advantage

- 减少30-40%的模型不一致
- 大大简化检验过程
- 降低对专门技能的要求
- 减少为车间解读图纸所需的时间

Challenge

- 对工艺标准化程度要求高
- 模型格式的转换难度较大
- MBD实施过程中需要研发、生产、质检等部门的协同，推进阻力大

来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

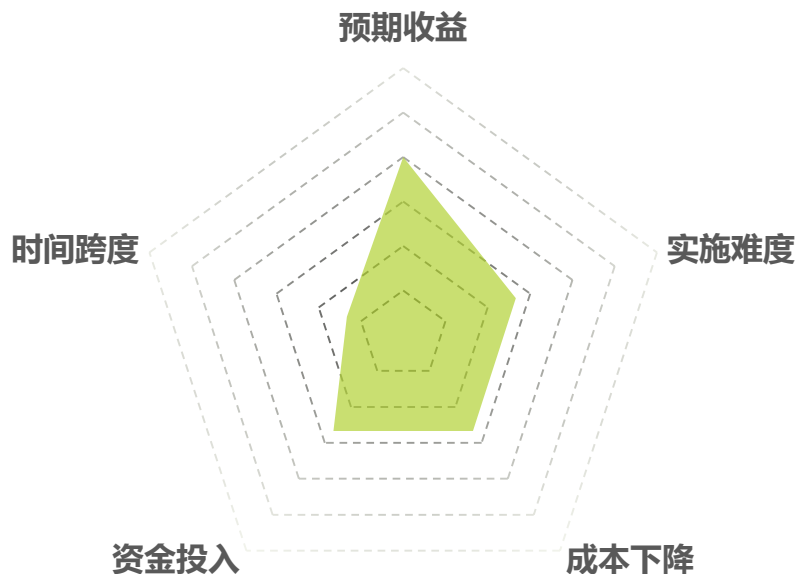
智能制造单元

提升设备使用率带动企业加快生产节奏，增加产出与效益

智能制造单元是针对离散加工现场，将一组能力相近的加工设备和辅助设备进行模块化、集成化、一体化的聚合，使其具备多品种少批量产品的生产输出能力。对于离散制造领域的中小型企业来说，打造智能制造单元是开启智能化道路行之有效的切入点，其最大的作用在于提升设备开动率，加快生产节奏，“简单粗暴”的通过增加产出来提升企业收益。

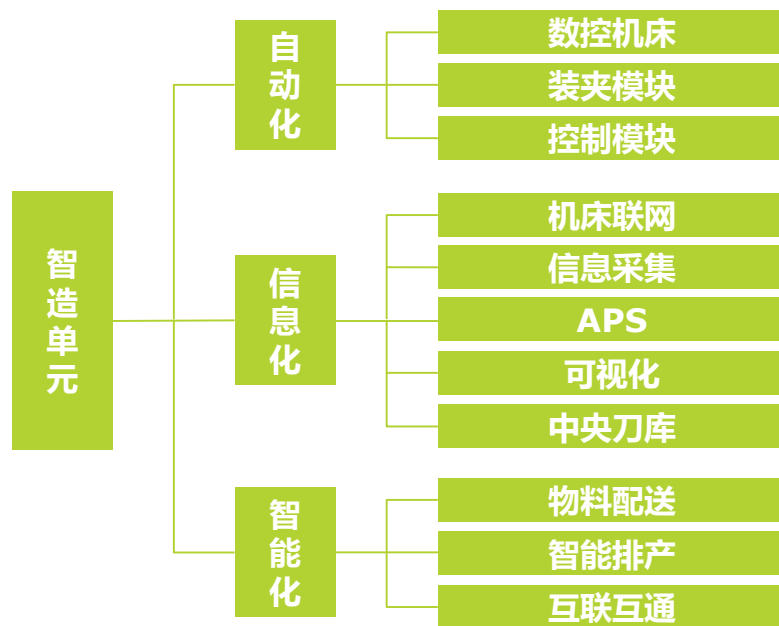
奇步自动化控制设备有限公司推出的“智造单元”是智能制造单元的成熟范式之一。“智造单元”是一种模块化的小型数字化工厂实践，整个单元由自动化模块、信息化模块和智能化模块三部分组成，以“最小的数字化工厂”实现企业在多品种小批量乃至单件自动化的生产智能化。

智能制造单元的五维评价雷达图



来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

实践——奇步“智造单元”的模块组成



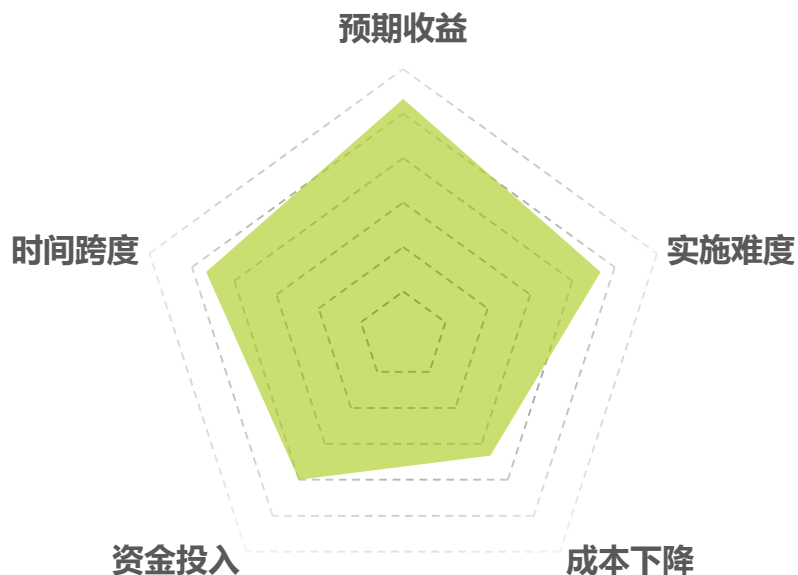
来源：奇步自动化。

生产全过程数字化

打通数据→整合优化→互联互通→降本增效

生产全过程数字化是将“人、机、料、法、环”五个层面的数据连接、融合并形成一个完整的闭环系统，通过对生产全过程数据的采集、传输、分析、决策，优化资源动态配置，提升产品质量管控。生产全过程数字化需要企业在人员配备、自动化设备、设备连接、环境感知等各方面具备良好的基础，即前文中提到的智能“神经系统”包含的要素必须齐全。在此基础上，生产全过程数字化的重点工作是打通各种数据流，包括从生产计划到生产执行（ERP与MES）的数据流、MES与控制设备和监视设备之间的数据流、现场设备与控制设备之间的数据流。有条件的企业可以自主研发或委托开发生产数字化集成平台，将不同生产环节的设备、软件 and 人员无缝地集成为一个协同工作的系统，实现互联、互通、互操作。

生产全过程数字化的五维评价雷达图



来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

生产全过程数字化的闭环系统



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

智能物流仓储系统

iResearch

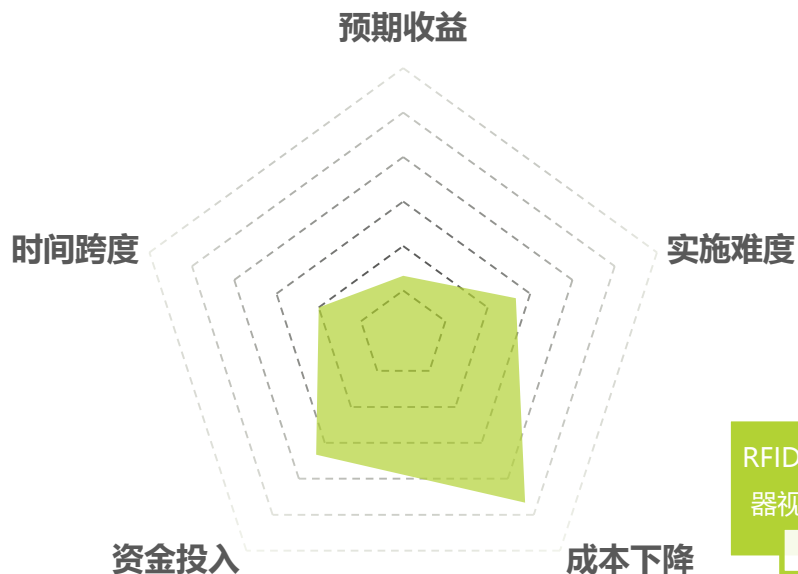
艾瑞咨询

让一切物理实体流动起来，节省空间、时间与人力资源

物流仓储是制造业中极为重要的一环，如果说通信网络是智能制造系统的神经纤维，那么物流仓储则视为智能制造系统的血管。智能物流仓储系统的应用能够使原材料、辅助物料、在制品、制成品等物理对象在各个生产工序间顺畅流转，并通过提升仓库货位利用效率、提高仓储作业的灵活性与准确性、合理控制库存总量、降低物流仓储人员需求数量等方式大幅压缩物流仓储成本。

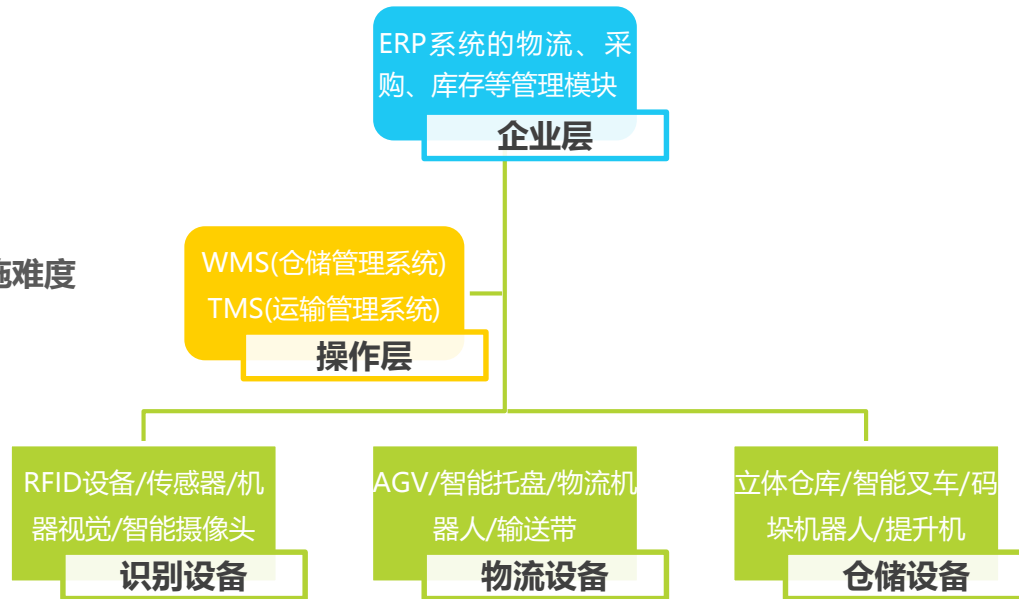
智能物流仓储系统尽管不直接参与产品的生产，但作为整个智能制造系统中的重要子系统，其组成架构也与之类似，分为设备层、操作层、企业层，设备层包括仓储设备、物流设备、识别设备；操作层由WMS、WCS、TMS等软件构成；企业层则对接ERP、CRM、SCM等管理软件的采购、计划、库存、发货等模块，融入总系统的闭环中。

智能物流仓储的五维评价雷达图



来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

智能物流仓储系统架构



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

大规模定制平台

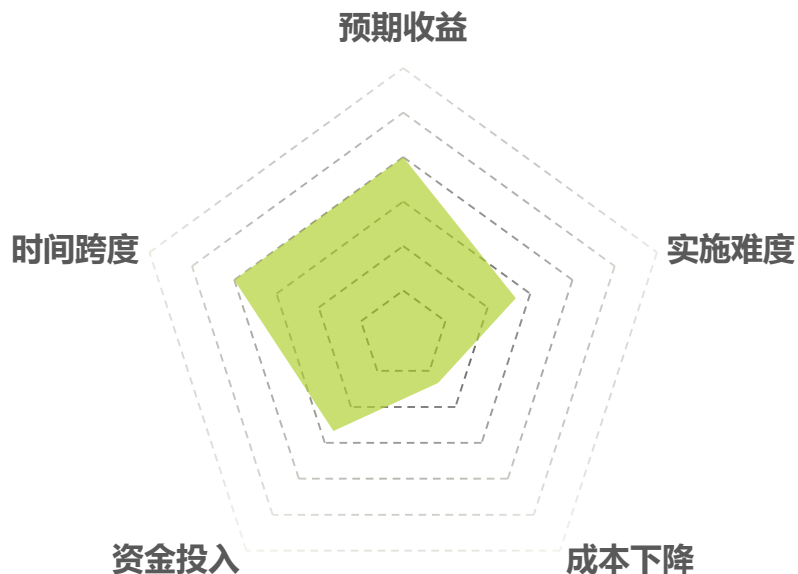
iResearch

艾瑞咨询

打造向大规模定制转型的入口，提升品牌价值与用户粘性

销售是所有企业的核心业务之一，智能制造系统中的销售智能化除了应用CRM等软件管理销售业务外，更为重要的是在订单获取层面发挥作用。在当前个性化需求日益旺盛的环境下，企业通过建立定制平台，能够将用户提前引入到产品的设计、生产过程中，通过差异化的定制参数、柔性化的生产，使个性化需求得到快速实现，以此提升品牌价值，增加用户粘性。与之相匹配的，企业应将定制平台与智能制造系统中的研发设计、计划排产、制造执行等模块实现协同与集成，实现从线上用户定制方案，到线下柔性化生产的全定制过程；在企业后台建立个性化产品数据库，应用大数据技术对用户的个性化需求特征进行挖掘和分析，并反馈到研发设计部门，优化产品及工艺，基于用户需求新趋势开展研发活动。

大规模定制平台的五维评价雷达图

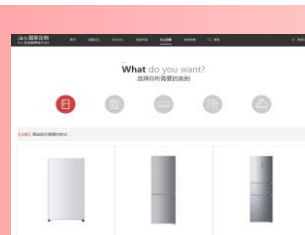


来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

实践——海尔智家定制平台

海尔智家定制
by COSMOPlat

平台端



- 提供模块定制、众创定制、专属定制三种定制模式
- 用户可在社区提交需求与想法，设计师领取后共同设计

迅速响应

定制订单



- 一条生产线能够生产500余种型号冰箱
- 订单交付周期仅7天
- 生产全程可视化，用户可随时监控

工厂端

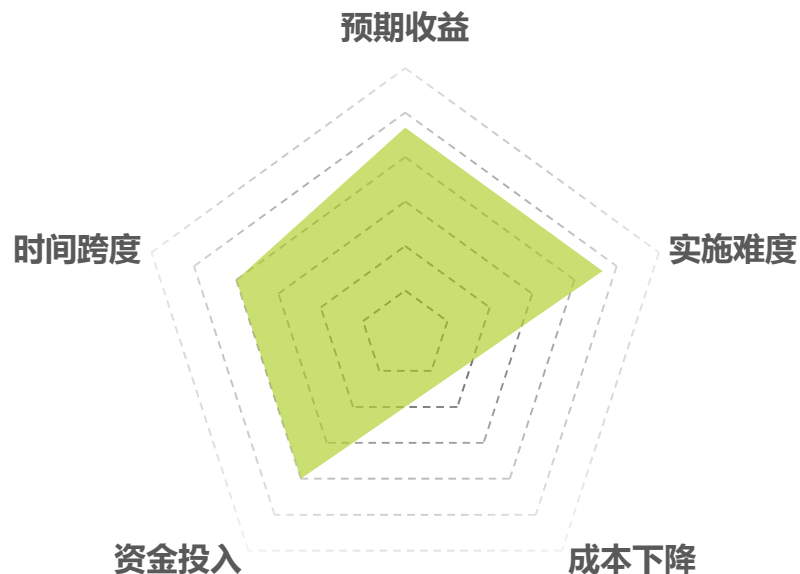
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

产品远程运维服务

以智能化服务拓展商业模式，推动价值链向后延伸

智能制造视角下的产品服务是借助云服务、数据挖掘和智能分析等技术，捕捉、分析产品信息，更加主动、精准、高效的给用户提供服务，推动企业价值链向后延伸。远程运维服务即是典型的制造企业智能化服务模式，企业利用物联网、云计算、大数据等技术对生产并已投入使用的智能产品的设备状态、作业操作、环境情况等维度的数据进行采集、筛选、分析、储存和管理，基于上述数据的分析结果为用户提供产品的日常运行维护、预测性维护、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务。远程运维服务可以有效降低设备故障率，提升设备使用率与使用寿命，既能减轻制造商的负担，又能显著提升产品价值。远程运维对于企业产品的智能化程度要求较高，产品必须配备开放的数据接口，具备数据采集、通信模块；企业还需建立远程运维服务前端平台与后端数据中心，采集产品数据并基于大数据分析计算，向用户提供增值服务。

产品远程运维的五维评价雷达图



实践——徐工集团基于Xrea工业互联网平台提供工程机械设备远程运维服务



来源：艾瑞咨询研究院根据专家访谈及公开资料自主研究及绘制。

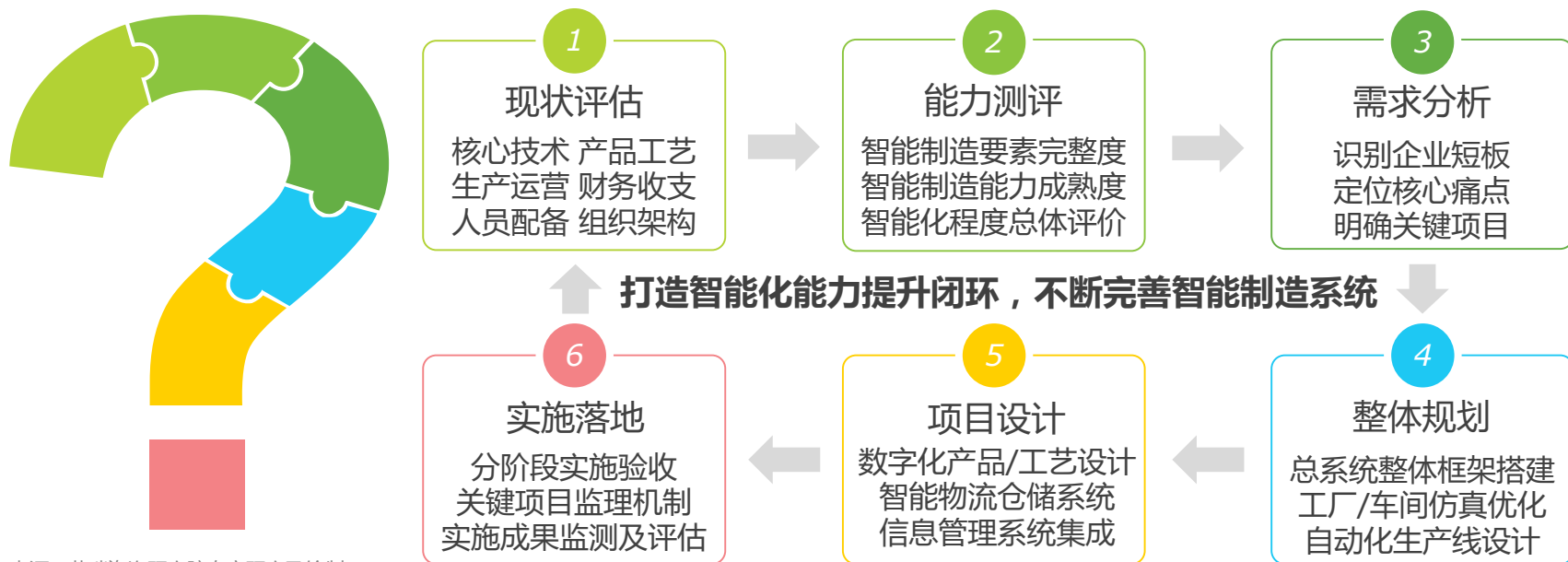
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

落地基石——整体规划与顶层设计

解决“我是谁，我在哪，我要干什么”三大问题

智能制造系统的整体规划与顶层设计是制造业企业正式踏上智能化道路的第一步，企业在这一环节要为“我是谁、我在哪、我要干什么”三大问题寻找答案：首先要明确“我是谁”，详细扫描企业自身的核心竞争力、运营情况、财务状况、人员配备、组织架构等基础条件；而后通过智能制造能力成熟度模型等工具进行智能程度自评与诊断，了解企业缺失的智能制造要素、已具备和尚未具备的智能制造能力，精准定位企业目前所处的智能化阶段，搞清楚“我在哪”；在回答了前两个问题的基础上，以企业发展的核心痛点为切入点，以获取关键“智造能力”为阶段性目标，以搭建完整、高效、科学的智能制造系统为发展方向，按照统一架构和统一标准规划设计智能制造系统总体实施方案及核心要素能力解决方案，确保企业在智能化之路上知道“我要干什么”。

智能制造系统整体规划与顶层设计的主要内容及流程



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

智能化路径示例No.1

破解“多品种、小批量”困局——智造单元+智能物流仓储

Alpha公司是一家生产发动机连杆的汽车配件厂商，随着业务的发展和客户的增加，Alpha公司的产品线不断拓展，生产车间由3个增加至10个。生产规模扩大、产品种类增加给Alpha公司带来了设备利用率不足、交货期难以保证、物料及在制品积压严重等一系列问题，亟需智能化转型来应对生产经营中的重重挑战，保持竞争活力。

智能化路径示例No.1

痛点



生产排程不合理、刀具管理混乱、换装调试时间长、良品率提升等因素导致OEE（设备综合效率）较低



物料出入库手续繁琐、生产备料速度慢、在制品流转难以管理等因素导致库存成本增加，产品无法按时交付

路径

智造单元

按照局部停产、分段施工的方式，为各车间配置智造单元，使各车间均能实现多种型号连杆生产自由切换

智能物流仓储系统

引入立体仓库、码垛机器人与AGV，通过WMS系统管控，使原材料与在制品在各个生产工序间快速流转

数字化设计

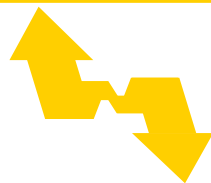
在工艺标准化的基础上，利用CAD、CAE等计算机辅助设计与PDM集成，使设计研发过程数字化、模型化

生产全过程数字化

全面打通生产各环节数据流，通过对生产全过程数据的采集、传输、分析、决策，提升产品质量管控

效用

- 产能提升25-50%
- OEE提升20%以上
- 仓库货位周转率提高10-30%



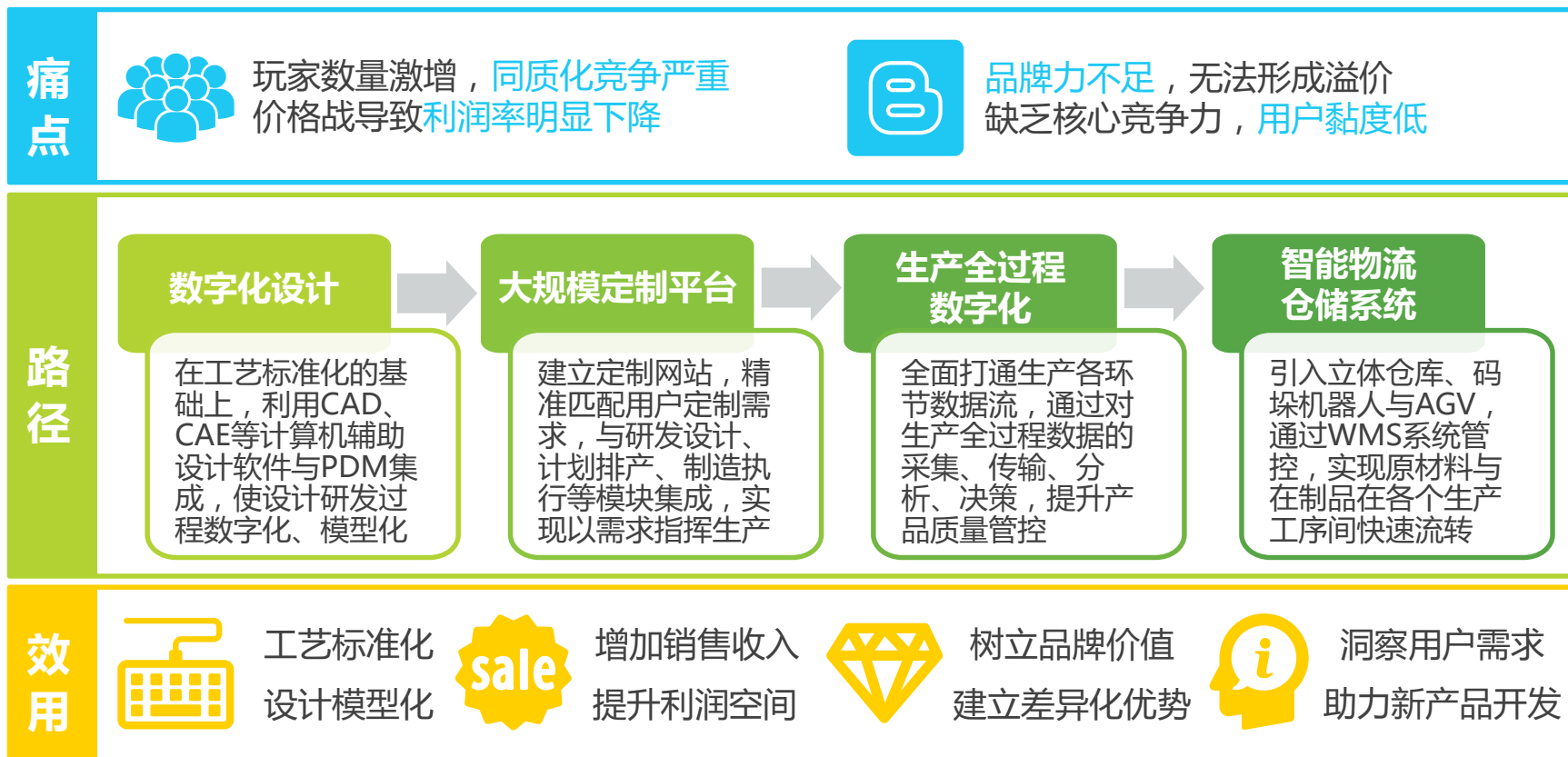
- 良品率下降30-60%
- 产品交付时间减少15-30%
- 库管人员需求减少30-50%

智能化路径示例No.2

以产品差异化突出重围——数字化设计+大规模定制平台

Beta公司是一家机械键盘生产厂商，近年来游戏市场的持续火爆带动机械键盘市场的新进玩家数量激增，为应对激烈的市场竞争，拓展商业模式，提升品牌价值，Beta公司准备由批量化生产向大规模定制模式转型。

智能化路径示例No.2



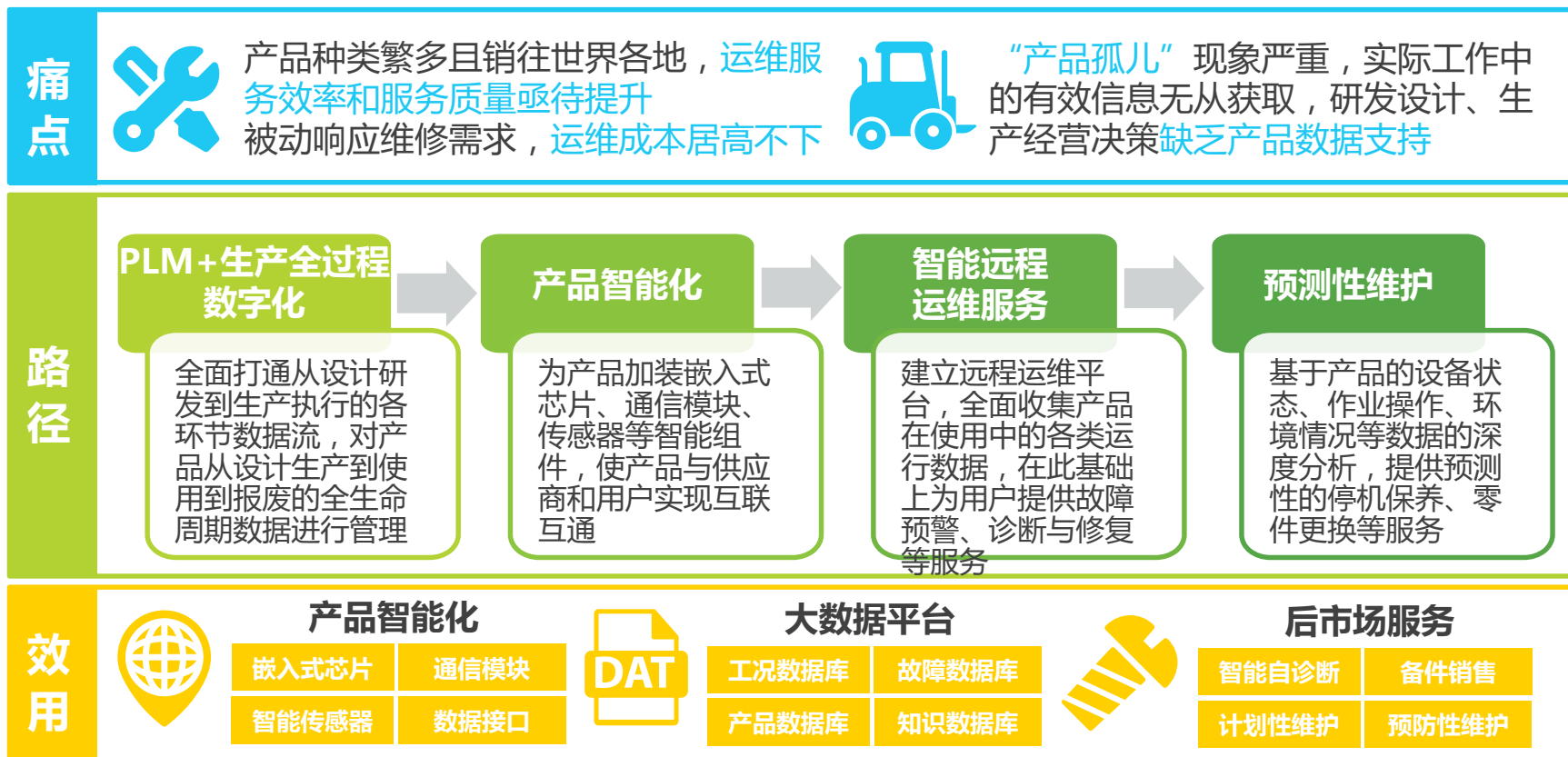
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

智能化路径示例No.3

抓住产品后市场的广阔空间——PLM+智能远程运维服务

Gamma公司是一家主要从事高端农业机械研发制造的大型装备制造企业，Gamma公司在企业战略探索过程中，确立了以研发生产智能化产品、为客户提供智能远程运维服务作为企业的未来发展方向。

智能化路径示例No.3



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

智能制造的“何为”与“为何”

1

智能制造系统的构成要素

2

中国制造业企业智能化路径分析

3

中国智能制造面临的挑战与发展趋势

4

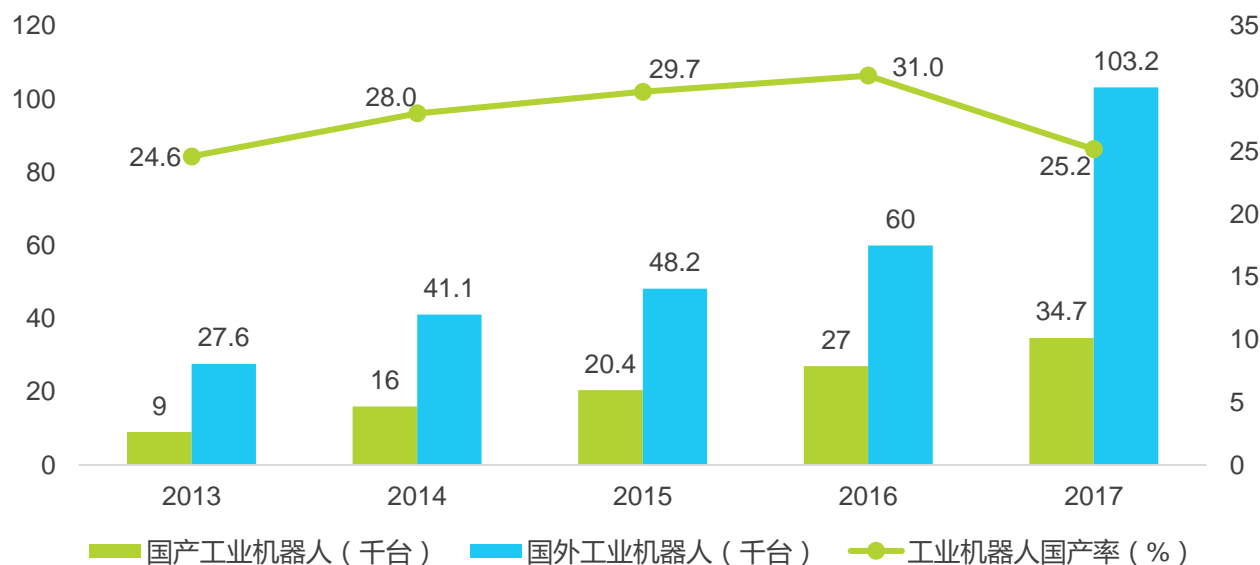
中国智能制造面临的挑战（1/3）

关键装备、核心零部件受制于人，短期内难以实现国产替代

智能制造系统中涉及大量的数控加工中心、工业机器人、嵌入式芯片等各种高端制造装备和核心零部件以及ERP、MES、CAD等各种工业软件，而上述装备、零部件以及工业软件的核心技术在国外，国内制造企业只能大量进口。目前，我国近90%的芯片、70%的工业机器人、80%的高档数控机床和80%以上的核心工业软件依赖进口。这造成国内制造业企业智能化改造成本居高不下，严重制约我国智能制造的整体进展。

以工业机器人为例，根据国际机器人联合会（IFR）的数据显示，中国已经连续六年成为工业机器人第一消费大国，2017年中国工业机器人销量达到了13.8万台，全球占比达到36%。而其中仅有3.5万台是由国内工业机器人制造商生产，国产率仅为25.1%，比2016年的31%还下降了近6个百分点。由此可见，中国制造业企业在提升自动化水平时优先选取的是选购国外品牌的工业机器人，国产机器人尽管发展较快，但短时间内难以满足智能制造的需求。

2013-2017年中国工业机器人销量及国产率



来源：艾瑞咨询研究院根据国际机器人联合会（IFR）数据研究及绘制。

中国智能制造面临的挑战（2/3）

小微企业难以融入智能化发展浪潮

在全国规模以上工业企业中，84.2%的企业属于小型企业，规模以下（年主营业务收入2000万元以下）尚有200余万家小微企业。广大小微企业是制造业的根基，其智能化水平很大程度上影响着中国智能制造工程的实施效果。然而从《中国制造2025》战略提出以来，由于自有资金不足、信息化基础薄弱、缺乏相关人才等多方面因素的影响，大部分中国制造业小微企业只能羡慕大企业申请智能制造试点示范项目、围观大企业开展轰轰烈烈的智能化改造，自己却难以融入智能制造的发展浪潮。相比于大中型企业，小微企业的智能化之路面临更大的试错成本和不可控风险，稍有不慎就会危及生存。

中国制造业小微企业发展智能制造面临的困境



资金不足

2017年，中国30余万家规模以上小型工业企业平均利润额仅为750.5万元，如果没有外来资本注入和专项资金扶持，面对动辄数十万元的高端数控机床和工业机器人，纯靠企业自身的资本投入很难短期内实现自动化



信息化基础薄弱

大部分小微工业企业尚未构建完整的信息化系统，《2018年中国制造业痛点分析报告》数据显示，制造业企业的数字化设备联网率仅为39%、MES普及率只有18.1%，范围如缩小到小微企业，工业软件的普及率只会更低



缺乏人才

制造业小微企业的从业人员多以熟练技工居多，而企业搭建智能制造系统需要管理、技术等多方面人才，尤其是既懂业务又懂智能制造的复合型人才更是紧缺，从外部招聘极为不易，内部培养又需要大量时间和精力投入

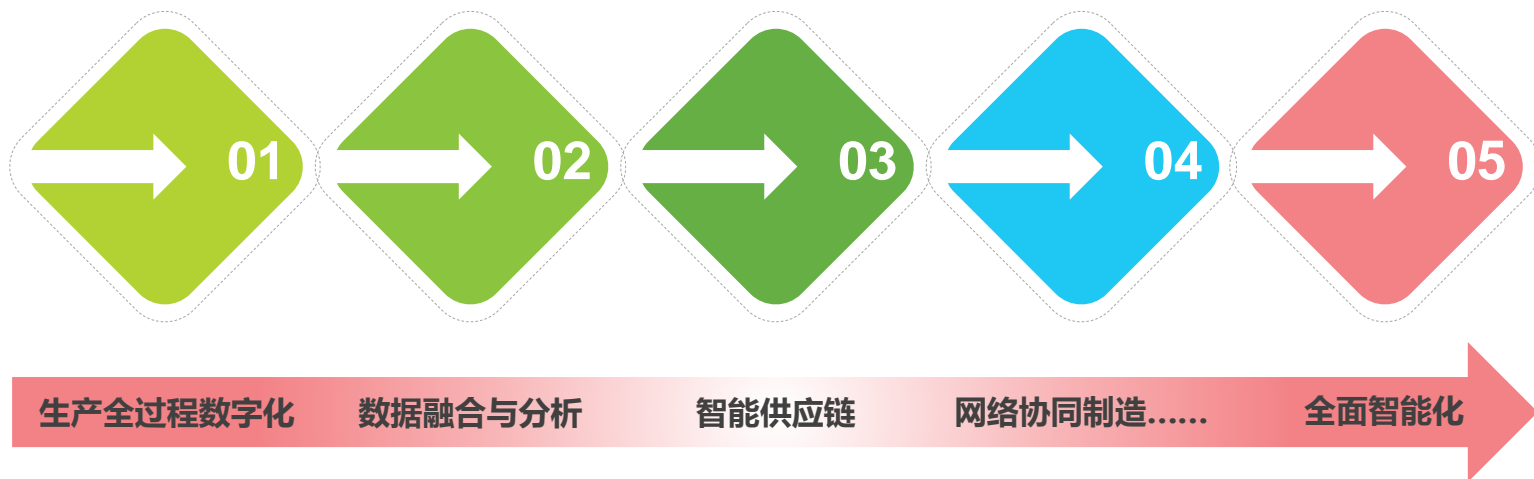
中国智能制造未来的发展趋势（1/3）

流程领域有望率先实现智能化

智能制造系统是一个覆盖设计、物流、仓储、生产、检测等生产全过程的极其复杂的巨系统，企业要搭建一个完整的智能制造系统，最困难也是最核心的部分就是生产过程数字化。尤其是对于生产工艺复杂、原材料及原器件种类繁多的离散制造领域，产品往往由多个零部件经过一系列不连续的工序装配而成，其过程包含很多变化和不确定因素，在一定程度上增加了离散型制造生产组织的难度和配套复杂性，要做到生产全程数字化、可视化、透明化殊为不易。

与离散领域显著不同的是，流程领域的生产流程本质上是连续的，被加工处理的工质不论是产生物理变化还是化学变化，其过程不会中断，而且往往是处于密闭的管道或容器中，生产工艺相对简单，生产流程清晰连贯，生产全过程数字化难度相对较低。流程领域企业接下来要做的是在全面贯通整合各阶段数据的基础上，运用人工智能的深度学习、强化学习（主要是动态规划方法）进行实时数据分析和实时决策，并进一步将智能系统延伸至供应链、生产后服务等各个环节，最终实现全面智能化。

流程领域企业智能化“流程”



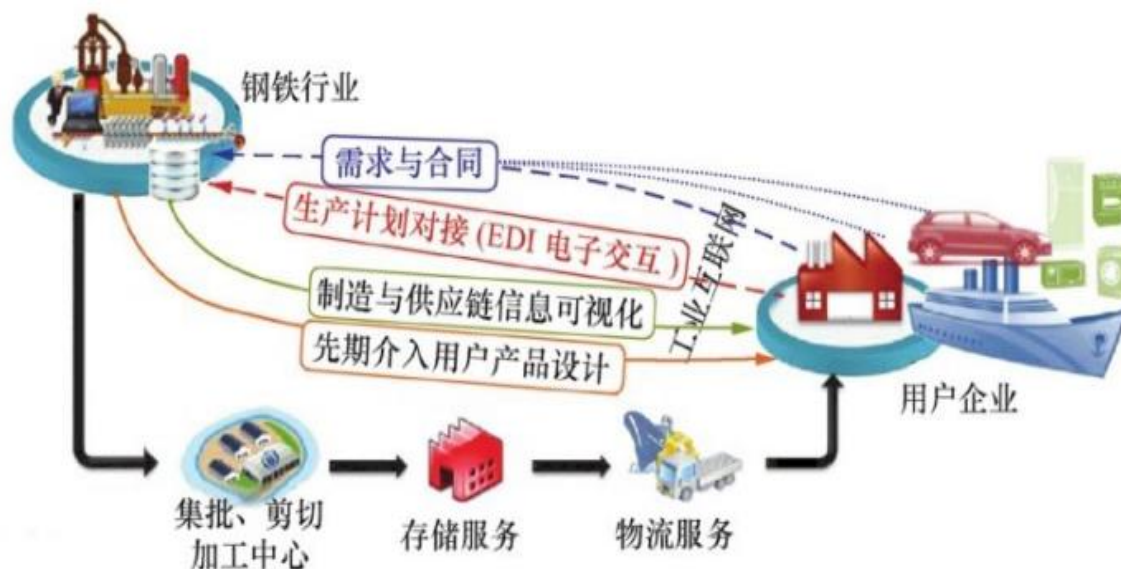
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

中国智能制造未来的发展趋势（2/3）

供应链协同倒逼产业链上游企业“上马”智能制造

制造业企业智能化的动力本源是响应市场需求，这点在消费品制造领域尤为明显，乘用车、家电、3C、服装、医药、食品等直接面向消费者的制造业企业搭建智能制造系统的主要目的即是实现高度柔性生产，快速、准确地实现消费者对产品的个性化、定制化需求。如果我们把视角向上推，对于原材料工业和装备工业的企业而言，智能化浪潮前沿的消费品制造厂商即是他们的市场所在，要跟上客户多品种、小批量的生产节奏，就必然要大幅提升自身的产品创新能力、快速交货能力以及连续补货能力。快速变化的市场需求从消费端沿着产业链不断向上传导，下游企业生产方式的颠覆与创新迫使上游供应商融入智能化浪潮，智能制造倒逼机制就此形成。在这种倒逼机制的作用下，产业链上游企业要主动适应变化，实现柔性生产，基于供应商先期介入思维，通过网络协同制造确立竞争优势，否则将面临被市场淘汰的风险。

供应链协同范例——宝钢集团EVI体系



宝钢以EVI（先期介入）+EDI（电子数据交换系统）为核心，基于iBaosteel平台（慧创平台）形成了面向汽车行业战略用户的全程供应链协同管理解决方案，从战略用户的车型计划导入开始，按照用户需求开发，通过零部件常规拉动式订货需求计算和地区公司及总部营销部门的需求确认后，下发对应的制造单元进行生产，生产准发后由总部物流部门安排出厂发运及在途跟踪，实现智能补货、科学排产、精准配送。

中国智能制造未来的发展趋势（3/3）

5G的应用将开启“万物互联、万物可控”的智能制造新时代

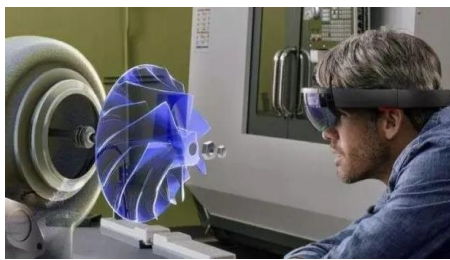
工业通信网络是智能制造系统中极为重要的基础设施，无线通信网络作为其重要组成部分，正逐步向工业数据采集领域渗透，但目前使用的WiFi、Zigbee和WirelessHART等无线通信网络尚无法满足智能制造对于数据采集的灵活、可移动、高带宽、低时延和高可靠等通信要求，仅能充当有线网络的补充角色。然而随着5G商用部署的临近，无线通信网络在工业领域的应用将迎来爆发式增长。与传统的工业无线通信网络相比，5G比4G实现单位面积移动数据流量增长1000倍、数据传输速率峰值可达10Gbps、端到端时延缩短5倍、联网设备的数量增加10到100倍。5G一旦实现工业领域应用，将成为支撑智能制造转型的关键使能技术，5G将分布广泛、零散的人、机器和设备全部连接起来，构建统一的互联网络，帮助制造企业摆脱以往无线网络技术较为混乱的应用状态，推动制造企业迈向“万物互联、万物可控”的智能制造成熟阶段。

5G在智能工厂中的典型应用场景



云化机器人

云化机器人通过5G网络连接
到云端控制中心，通过大数据
和人工智能对生产制造过程进
行实时运算控制，大大降低机
器人本身的硬件成本和功耗



工业AR

AR设备通过超低延时的5G网
络与云端连接，获取必要的信
息，保证AR眼镜显示内容与
AR设备中摄像头的运动保持
同步，满足实时性体验的需求



物流追踪

5G网络可为企业提供从仓储
管理、物料流动、在制品跟踪
到产品配送全流程需要的广覆
盖、低功耗、强连接、低成
本的通信保障