

# 高质发展，智能制造

## 新蓝图，新四化



# 目录

<b>概要</b>	<b>03</b>
<b>中国智能制造发展现状: 成绩与挑战并存</b>	<b>04</b>
<b>“新四化”: 智能制造新蓝图</b>	<b>06</b>
描绘智能制造发展阶段	06
中国智能制成熟度	10
<b>践行六大举措: 加速智能制造转型</b>	<b>13</b>
1、确定价值场景	15
2、IT与OT融合的顶层架构设计	17
3、夯实数字化基础	17
4、引入核心应用	18
5、实现系统互联和数据集成	18
6、建立持续创新的数字化组织和能力	19
<b>结语</b>	<b>20</b>
<b>参考资料</b>	<b>21</b>

# 概要

中国的十四五规划将在2021年展开，未来五年将是打造数字经济新优势的重要阶段。以智能制造为契机推动制造业高质量发展，既是中国数字经济与实体经济融合发展的主攻方向，也是实现双循环新发展格局的关键突破口。

新冠疫情爆发以来，制造业企业大都经历了生产中断、供应链断裂、复工复产的过程，老牌企业多年积累的竞争优势有可能被颠覆，新生企业也有可能抓住机遇快速发展壮大，行业竞争格局有望被重塑。加之全球贸易格局不稳定，供应链风险加大，企业运营成本上升而利润空间不断受到挤压，布局以智能制造驱动的制造业数字化转型成为各大企业的重中之重。

然而，埃森哲2020年对包括中国在内的全球1,550位制造和工业企业高管进行的一项调研显示，三分之二的企业完全没有看到数字化投资在促进收入增长方面的作用。究其原因，我们发现很多制造企业陷入关注技术单点优化，轻视整体价值提升的误区，造成数据孤岛严重、设备和系统连通性差，并且在智能制造转型方面，市场上大部分供应商不具备集成解决方案能力，这些都造成企业投资不小，但见效甚微。

即便认识到以上问题，很多制造企业仍然不清楚如何突围、以快速推动转型。为此，埃森哲通过总结智能制造转型中领先企业的共性，并结合实际项目经验，以期给各行业不同发展阶段的企业一些借鉴与启发。

在本报告中，我们聚焦制造的核心环节，即生产计划与执行、供应链（含采购和仓储）、质量管理和设备管理环节的智能制造转型，并根据企业数字化技术与制造核心环节的融合深度，划分出自动化、信息化、网络化、智能化等四个核心能力，我们称之为智能制造“新四化”，并进行了成熟度分析。由此我们提出六大举措帮助企业螺旋式推进、持续进行智能制造提升。即，通过确定价值场景、制定信息技术（IT）和生产流程中的运营技术（OT）融合的顶层设计和规划、夯实数字化基础并引入核心应用、实现信息系统互联互通和数据集成，同时从人才方面建立持续创新的数字化组织和能力，从而，最终实现智能制造价值目标。

# 中国智能制造发展现状： 成绩与挑战并存

我国在上世纪90年代提出“信息化带动工业化，工业化促进信息化”，开始推进计算机辅助设计（CAD）、物资需求计划（MRP2）及企业资源计划（ERP）的应用，数字化制造阶段开启。随着互联网在中国的广泛应用以及人工智能技术的突破，制造业数字化转型不断深化和升级，真正的智能制造时代已经到来。<sup>1</sup>

2016年到2018年，我国实施了249个智能制造试点示范项目，企业智能制造部署从试水到逐步铺开；有关部门也陆续完成了4项智能制造国家标准的制定或修订工作，企业智能化标准更为规范。《2017—2018中国智能制造发展年度报告》显示，我国已初步建成208个数字化车间和智能工厂，覆盖十大领域和80个行业，初步建立起与国际同步的智能制造标准体系。在全球的44个灯塔工厂中有12个工厂位于中国，并且其中有7个为端到端灯塔工厂。<sup>2</sup> 预计到2020年，我国重点领域的制造企业关键工序数控化率将超过50%，数字化车间或智能工厂普及率超过20%。<sup>3</sup> 软件领域，2019年中国智能制造系统集成产业持续高速发展，同比增长20.7%。而全国工业互联网市场规模在2019年也已突破700亿元。<sup>4</sup> 硬件领域，在多

年来智能制造工程带动下，我国工业机器人、增材制造、工业传感器等新兴产业快速发展壮大，多种典型智能制造新模式推广应用，带动产业升级步伐明显加快。

然而，中国制造企业智能制造进一步推进提升还面临许多挑战。2020年，埃森哲对包括中国在内的全球1,550位制造和工业企业高管进行的一项调研显示，三分之二的企业完全没有看到数字化投资在促进收入增长方面的作用。究其原因，主要存在以下几个问题：

## 缺乏顶层设计

很多制造企业还未从战略层面绘制智能制造发展蓝图。这导致数字化转型缺乏思想领导和战略规划，缺乏总体业务价值目标规划和现状评估分析，因此难以将新技术与智能制造应用场景深度融合，而只能根据生产的实际需求进行系统局部建设或改造。因此企业陷入了重硬件轻软件、重局部轻整体的误区，投资不小却见效甚微。

## 关注技术单点优化，轻视整体价值提升

大部分企业将智能制造建设等同于技术和硬件投资。比如很多企业部署自动化生产线将独立的工序连接在一起，或者用自动化设备取代人工。表面看其自动化水平提高了，但却带来了更多问题，如产线比之前更缺乏灵活性，只能适应单一品种的生产；或者设备管理系统没有跟进而造成设备故障频繁，反而增加了设备维护工作量。还有些企业一味地追求系统功能的大而全，导致企业的数字化系统跟自身的管理和业务流程不匹配，最终导致投资的浪费与设备的闲置。

## 数据孤岛严重，软件系统集成度低

数据是智能制造的基石，然而工业数据孤岛普遍存在，目前仅有15.8%的企业实现数据统一和集中管理。<sup>5</sup> 企业越大，流程越多，遗留系统也更复杂，想要打破数据孤岛，连通信息技术和运营技术两界的数据难上加难。比如企业在不同时期部署了企业资源计划系统（ERP）、制造执行系统（MES）和仓库管理系统（WMS），由此导致物料管理功能中一些单据在多个系统重复录入，同一个数据在不同系统中多头管理，数据不一致问题严重。<sup>6</sup>

## 设备连通性差

设备作为企业的重要生产资料，一旦运行出现故障，轻则造成高昂的维修成本、影响企业生产，重则造成人身伤害、引发社会危机。为保障设备正常运行，将隐患消灭于萌芽状态，设备性能的实时监控非常必要。然而，对于国内许多企业来说，设备仅仅是生产制造的机器，没有接入生产管控系统，因此，这些设备的健康状态如何、何时需要维修、最佳设置参数是什么，管理者无从得知。

## 具备集成能力解决方案供应商少

工业制造覆盖的领域众多，系统架构十分复杂，不同企业所面临的研发、制造、流程管理需求都不尽相同，标准化的解决方案往往难以直接为生产企业所使用。同时，智能制造涉及的技术非常多，比如云计算、工业机器人、机器视觉、数字孪生等等，而这些技术还在不断快速演进。因此，企业对合作伙伴的要求非常高，他们不仅要帮助企业进行现状评估、建立智能制造的顶层规划，设计整体框架，还要对数字化、智能化技术的应用进行总体设计，实现IT与OT系统的集成。但是市场上大部分供应商专注于单一或者部分领域的解决方案，不具备一站式的集成解决方案能力，对于缺乏自身系统集成能力的制造企业来说，推进智能制造的障碍很高。

即便认识到以上问题，很多企业仍然不清楚该如何突围，以快速推动转型，实现总体价值提升。为此，埃森哲通过总结智能制造转型中领先企业的共性，并结合我们实际项目经验，以期给各行业不同发展阶段的企业一些借鉴与启发。

# “新四化”：智能制造新蓝图

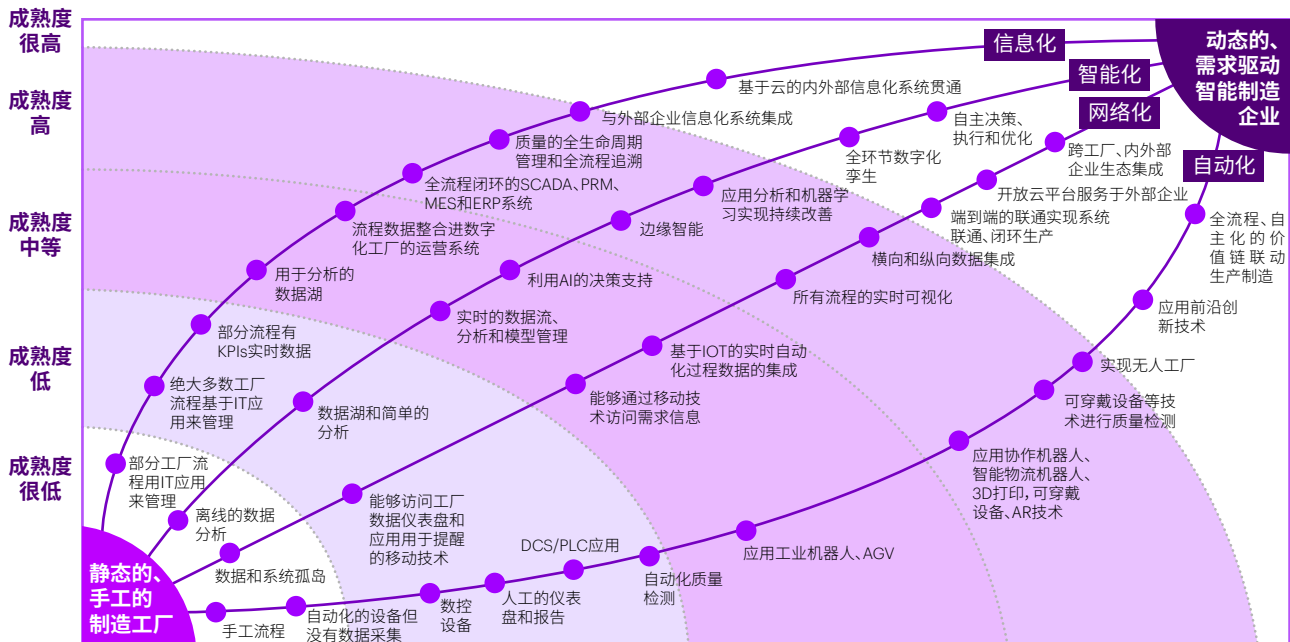
## 描绘智能制造发展阶段

在本报告中，我们聚焦制造的核心环节，即生产计划与执行、供应链（含采购和仓储）、质量管理和设备管理环节的智能制造转型。

随着人工智能、物联网、大数据分析和云平台等数字化技术与制造核心环节的融合应用，智能制造转型及发展随之迈入了新数字技术使能的自动化、信息化、网络化、智能化征程，我们称之为“智能制造新四化”（或简称“新四化”）。

“新四化”的最终目标是通过企业内外部价值链的互联互通，实现动态的、需求驱动的智能制造。在实现这一最终目标过程中，根据企业数字化技术与制造核心环节的融合深度而分为不同成熟阶段（图1）。

图1: 制造核心环节中的“新四化”成熟度模型



来源：埃森哲研究

## 自动化：

### 向生产制造全流程、自主化的价值链联动演进

自动化关注于生产装备智能化。制造企业可以利用自动化产线、数控机床、机器人、3D打印等新技术实现生产环节的人机协同以及整个产线、工厂的管控和流程优化，以实现提质增效、精益管控的目标。

如**华晨宝马**位于沈阳的生产制造基地投资于视觉识别技术、智能数据采集及分析、自动化创新及数字化生产流程四大技术领域，在

部分工作中使用机械完全代替人工的介入。目前，铁西工厂车身车间内拥有超过600台机器人，自动化率达到95%。<sup>7</sup>

IDC预计到2022年，50%的中国2000强制造商将对智能机器人流程自动化进行大量投资。<sup>8</sup>未来，人机协作、无人工厂将成为工业生产的重要模式，最终推动智能制造向生产制造全流程、自主化的价值链联动演进。

## 信息化：

### 向基于云的大范围内外部信息系统贯通演进

信息化关注于企业生产环节的软件系统应用。企业自动化程度的提升带来软件系统需求的增长。企业希望借助软件系统的互联互通实现端到端数据集成与应用，使生产过程更加透明、可视、可控。此外，制造企业自身的供应链愈发复杂、工厂分布从国内走向海外，因此工业软件和ERP等集成管控解决方案的云端部署或平台化需求成为信息化新发展方向。

例如2019年起全球领先的汽车零部件供应商**佛吉亚**实现了线上线下信息的双通融合

发展，构建出了符合佛吉亚经营实情的数字化智能协同管理平台。该系统通过设备巡检管理、Tooling模具管理、Top5、QRCI任务处理、月度优选项、Alert平台等典型场景模块，<sup>9</sup>以及生产线上运行MES系统，实现生产线之间、车间与车间的系统联通，最终实现所有产品各个工序的智能化生产和整个制造体系的智能控制管理。

未来，制造企业将在信息化的高成熟度阶段实现大范围内外部信息系统贯通。

## 网络化:

### 向基于通信技术、物联网、云的内外生态集成演进

网络化关注于大范围的制造核心环节的设备、系统、数据的互联互通。基于物联网(IOT)、云平台、5G通信的大范围数字化连接才能帮助制造企业实现跨业务、跨车间、跨工厂、内外部客户的协同,并向生态系统集成演进。

制造企业已将工业互联网视为制造资源汇集和能力开放的核心载体,增强创新能力、改造提升集成管控能力。**中联重科**发布的工业互联网平台ZValley OS, **徐工**发布的汉云平台,都是通过工业互联网平台赋能自身和客户的协同发展。

## 智能化:

### 向数字技术与制造业深度融合发展,实现生产制造的自主决策、执行和优化

智能化关注于制造核心环节的智能优化与决策。制造企业通过工业互联网、人工智能(AI)等新技术实现智能决策、制造核心环节全流程数字孪生,智能生产优化等,最终在智能化领域实现生产制造的自主决策、执行和优化。

领先企业围绕智能化构建其核心工程和生产系统,通过3D仿真、数字孪生技术确保实体机器和软件系统协调同步,释放以往未曾发现的成本效率。例如**吉利汽车**自主研发出中国第一套全流程汽车仿真生产系统。工程师在这个和真实工厂完全一样的仿真工厂里进行虚拟精准调校,在正式生产前就已经解决了一千多项、接近90%的核心技术问题。<sup>10</sup>



# 上汽大通智能制造“新四化”实践

上汽大通是上汽集团旗下的国际汽车品牌，产品覆盖全球48个国家和地区，在英国、澳大利亚和新西兰的销量名列中国汽车品牌首位。<sup>11</sup> 第四次工业革命和全球消费者日益增长的个性化需求，驱动了上汽大通的智能制造转型，实现了汽车行业的消费者到企业（C2B）大规模个性化智能定制模式，成为工业4.0下全球汽车行业变革中的典型“创新样本”。

## 自动化：全面智能升级，人机协作共创生产新模式

上汽大通将人机协作贯穿于整个生产流程，对生产车间进行了一系列智能升级。从全自动机器人、无人驾驶车对物料的转运、装箱，到智能排产系统进行生产计划编制，再到采用VC技术实现Cyber虚拟环境下的生产调试，上汽大通通过自动化的人机协同，不断提高工厂生产效率，创造了工业生产新模式。<sup>12</sup>

## 信息化：打通数据壁垒，驱动全供应链和生产线的信息化管控

上汽大通打通了产品、用户需求、制造过程中的数据壁垒，实现了全供应链和制造管理体系的数字化运营。当订单来到工厂，集数字化基因于一身的冲压车间、车身车间、涂装车间、总装车间共同协作，通过实行分布式制造，将复杂的零件做模块化供货，流水线式的加工链路变为生产线，跟随每一个订单的加工流程。同时，上汽大通基于行业领先的工程数据智能分析、数字化生产技

术、数字化质量管理体系和数字化供应链，令生产更加透明和高效。

## 网络化：拓展数字互联可达性，基于用户需求打造内外协同网络

上汽大通构建了七大数据平台——面向用户的“我行MAXUS平台”、“房车生活家”、“蜘蛛智选”和“蜘蛛智联”，为研发服务的“工程在线”，与下游经销商分享信息的“大通知乎平台”，和用于内部沟通的“i大通平台”——实现了数据在企业内外、以及全价值网络中的实时传输和分析共享。<sup>13</sup>

## 智能化：以用户需求推动智能制造价值实现

上汽大通以“定制化、智能化、国际化、年轻化”为战略目标，以用户需求为中心驱动整个制造体系智能化升级。公司使用自动化智能工程系统以鉴别数千种配置并得出最终方案；与南京联通战略合作，利用5G技术重新定义智能工厂，试点增强现实（AR）制造质量检测系统，进一步实现智能制造的价值。

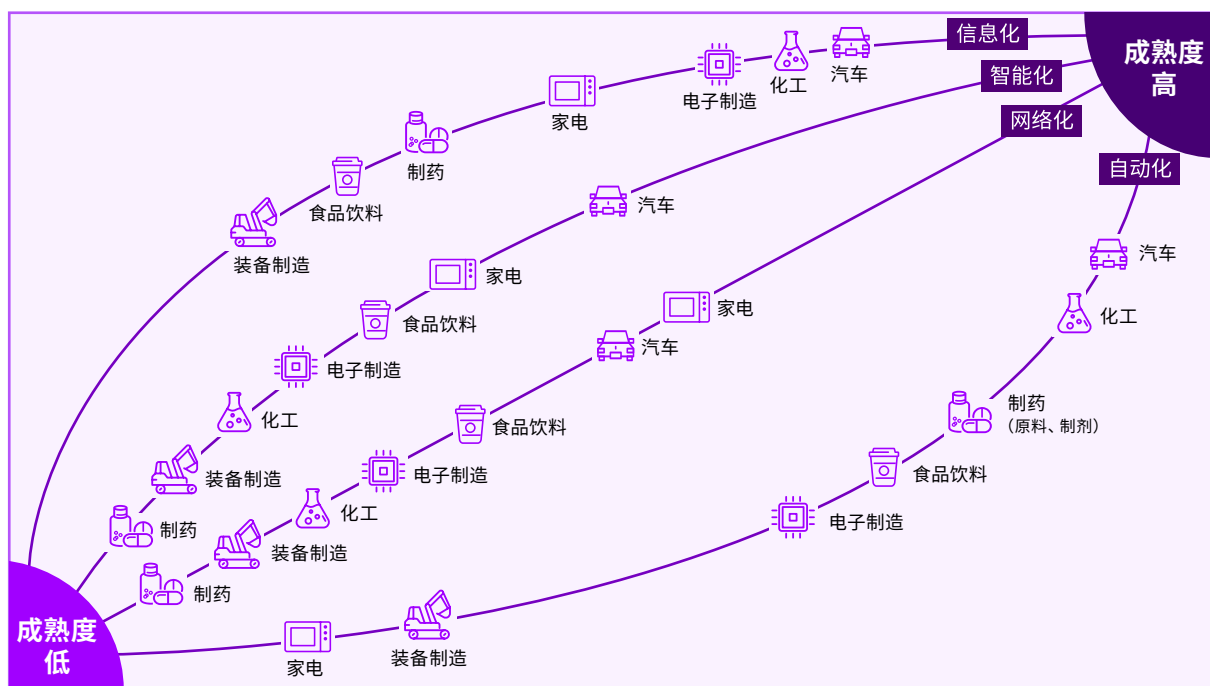
通过自动化、信息化、网络化、智能化的智能制造部署，上汽大通成立8年以来，始终保持着60%的复合增长率。<sup>14</sup> 企业大规模个性化智能定制能力进一步提升，可支持制造的车型款式多达10万亿种；从下单到交货只需不到4周的时间，缩短20%产品交付周期，实现了99.8%配置精确度，缩短了30%的加工及换线时间。<sup>15</sup>

# 中国智能制造成熟度

本次研究中我们总结了埃森哲在智能制造领域的发现以及行业专家的观点，分析了不同制造行业“新四化”的特点和领先企业经验。我们发现，中国智能制造“新四化”总体处于夯实基础、探索高阶应用的阶段：自动化、信息化的成熟度快速提升，而网络化和智能化仍处在探索和试点阶段。

另一方面，拥有全球竞争力的行业和大企业成熟度相对领先。汽车、电子制造、化工等行业在自动化、信息化领域成熟度已经很高，而汽车和家电行业在网络化、智能化方面进行了更多实践与部署，成熟度较其它行业更高。（图2）。

图2: 典型行业在“新四化”中的成熟度



来源: 埃森哲分析, 专家访谈

## 数字化生产设备、“人机协同”应用等促进企业自动化程度不断提高

我国生产设备数字化率已经从2015年的42.9%<sup>16</sup>提升到2018年的45.9%<sup>17</sup>。总体看中国制造业基于新技术的自动化基础得到提升,但由于工艺和生产流程的特点,离散制造与流程制造自动化发展重点不尽相同。

流程制造企业广泛采用过程控制系统,生产过程自动化程度高,车间内工人主要负责管理和设备检修。如化工行业已实现高度自动化,正在向“全流程自动”和“装置无人驾驶”发展,全国1000多套炼油和化工生产装置中多数进行了分布式控制系统(DCS)的改造。

离散制造中仍存在不可被替代的人工操作流程。因此,为提高生产率、减少人工工作量和出错率,数控机床、柔性焊装机器人、自动上下料机器人、自动导引运输车(AGV)等机器人设备在离散制造企业普遍试点。在联想武汉产业基地,从物料进场,到贴片焊接、部件检测、组装和整机检测,再到最终包装与交付出场,整个流程已经实现了物料可追溯、电路板焊接自动检测、生产线安全的全自动监控、整机的全自动出厂测试、厂区物料运输的AGV机器人全自动运输,除了业内公认的难以自动化的人工组装部分,工厂已大幅提高了生产效率、降低了生产成本。<sup>18</sup>

## 信息化覆盖率近半,PLM、ERP、EMS部署和集成将成为重点

目前只有近半制造企业的 key 业务环节实现全面信息化。<sup>19</sup>汽车整车厂商、电子制造、家电、炼化、食品饮料等行业信息化率较高,大部分已经有完整的生产管理系统(MES、SCM、ERP、SCADA\DCS等)。制药行业MES的标准化应用很难实现,阻碍了MES系统的企业应用。

当大多数企业面临系统集成度低,数据孤岛现象严重等挑战时,领先企业已通过多个系统的互联互通实现横向协同和纵向集中管控。如**中化集团**以CRM、SRM、SCM、物流管理等系统的横向协同互联为重点,实现资金、物流、需求、供应、生产的全面协同;以DCS、MES系统的纵向运营洞察为重点,提升下属各企业工厂的自动化、信息化水平,促进成本、质量、安全控制的管理改善。<sup>20</sup>

产品生命周期管理(PLM)在大多数行业已经成为标配,但是仍需进一步与ERP、MES实现整合以帮助企业灵活应对新产品复杂性。同时工业软件和管理软件向平台化、移动化、服务化发展,被制造企业视为扩大协同范围、增加运营弹性、应对供应链复杂性的重要解决方案。

## 基于平台的网络化已经成为企业数据互联互通的基石

物联网、5G通信、云技术正在推动制造企业基础设施、管控模式变革。然而目前我国制造企业生产设备联网率仅为39.4%，<sup>21</sup> 大部分企业仍在探索基于物联网的设备数据采集及传输。

而领先企业已经在物联网建设、生产设备上云、基于云平台的ERP或MES、跨场景制造业云解决方案等领域进行试点，以推动核心制造环节的互联化、网络化进程。如**某领先化工企业**构建了一体化资产全生命周期管理平台；**某食品饮料企业**通过中央品控云平台打通生产、品控、物流和用户反馈流程，实现数据集成与分析。

**三一重工**部署了制造管理系统(MOM)。<sup>22</sup> 该系统上层集成了PLM、WMS等系统，下层连接IoT平台，是智能工厂生产制造的“指挥大脑”。MOM还包含统一生产数据模型，将排产进一步细化到人和设备。此外，三一重工还把分布全球的30万台设备接入平台，<sup>23</sup> 实现远程设备管理、故障风险预警。

## 智能化局部试点，领先企业实现基于AI的决策支持和优化

AI、大数据分析、云计算等数字技术已经被制造企业视为生产智能优化、管理智能决策的重要工具。领先制造企业已经成熟试点柔性制造、智能控制与协同、弹性供应链等应用并收获了新价值。IDC预计到2023年，50%的制造业供应链环节投资到供应链弹性和人工智能，并获得15%的生产率提升。<sup>24</sup>

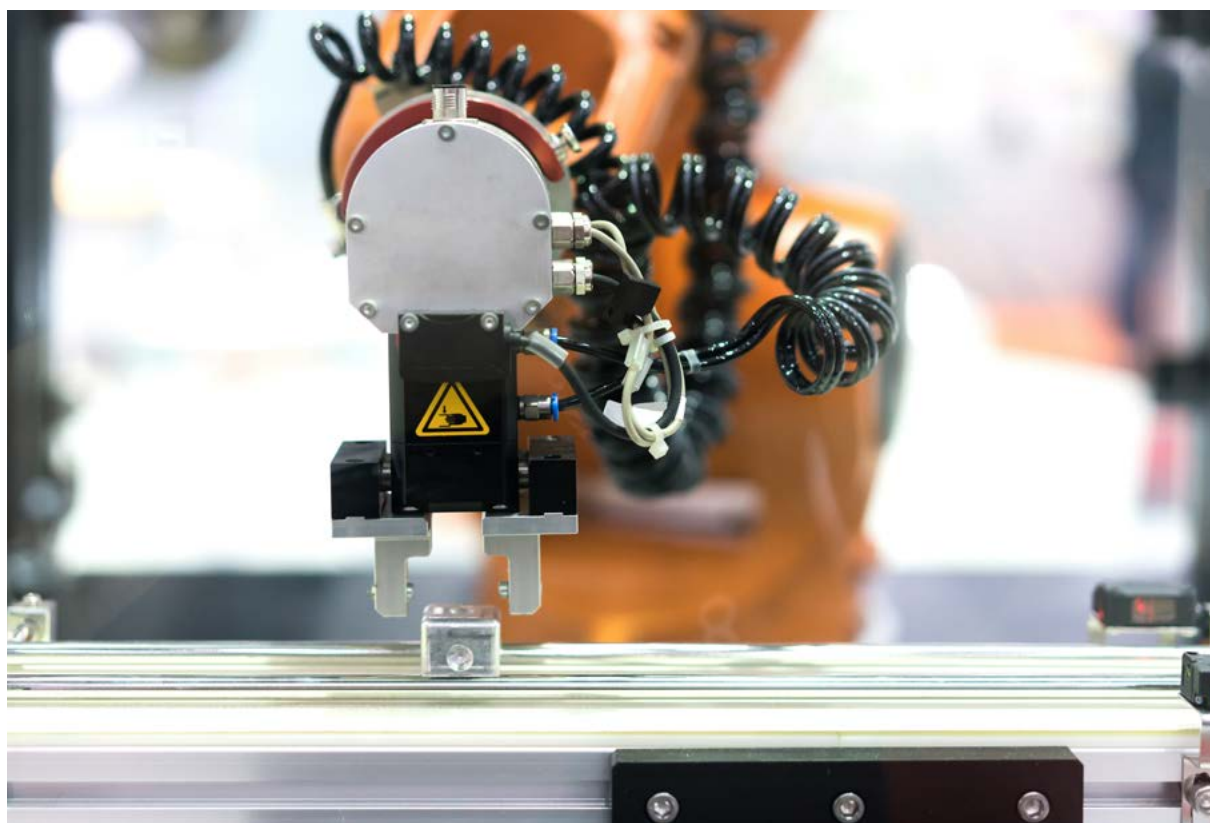
例如**宝马集团**通过应用视觉识别技术对刚刚完成喷涂的车身进行自动缺陷检测并完成快速响应，同时引入大数据分析技术优化喷涂工艺。<sup>25</sup> **联想**通过应用机器学习构建了智慧物流系统。该系统可挖掘出“订单-客户-路线”之间的复杂关系，动态生成智能调度方案。与人工派车方案相比，该系统可有效降低44.1%的运输里程，平均用时减少42.9%。<sup>26</sup>

# 践行六大举措： 加速智能制造转型

领先企业已将智能制造和数字化转型置于企业战略高度。他们围绕智能制造构建核心工程和生产系统，从而提高效率；他们确保实体机器和软件系统协调同步，释放以往未曾发现的成本效率。

基于领先企业的最佳实践和埃森哲在智能制造领域的经验，我们认为企业智能制造建设是一

个持续推进的过程。即智能制造应始于顶层设计和规划，在确定实现的价值场景后，通过夯实数字化基础并引入核心应用，实现信息系统互联互通和数据集成以实现智能制造价值。而企业也需要将这一过程以螺旋式推进，以帮助企业的智能制造实施不断改进、提升。



# 联想：以数据智能为核心的智能制造发展

早在2013年，联想集团就针对自身的特点及需重点解决的问题启动了以数据智能为核心的转型。在这一过程中，联想以精益化为基础，持续推进自动化，加速数字化应用落地，不断探索智能化场景，逐渐形成了覆盖企业全价值链的智能化技术和管理体系。<sup>27</sup>

## 基于AI的排产规划与用工匹配

联想利用AI技术解决了复杂的笔记本电脑生产排产和用工匹配问题。全球每售出8台笔记本电脑就有1台来自联想旗下的合肥生产基地联宝科技。针对其庞大的生产排程问题，联想打造了使用多交互增强学习优化网络和基于注意力机制的最优化网络的人工智能排产方案，通过模拟多变的生产场景来自动匹配最佳排产策略。部署该方案后，相比人工排产，排产耗时从原来的每天6小时缩短到1.5分钟；生产效率提升了16%。<sup>28</sup>而且随着数据的积累和模型的训练，智能排产模型的能力还会进一步提高。

联宝科技还实施了基于AI技术的智能计划和智能用工系统平台，可以覆盖产线对员工的需求预测到保留等全周期管理，并对人员、岗位、技能和绩效进行动态匹配调整。

## 基于数字孪生的预测性维护

联想还试点了5G智能工厂生产线设备预测性维护解决方案。通过虚拟出来的真实生产环境，该方案可以让管理者在线浏览整个生产设施

情况并提供3D情境下生产信息。经过对海量的设备数据进行分析后，系统利用机器学习训练出设备的数据模型，并将该模型应用于设备状态、健康寿命的预测中，从而实现预测性维护。

## 基于机器学习的智能配送

为了降低联想城市配送中心运营成本，提升服务质量，联想应用了基于机器学习的智慧物流系统。综合考虑产品数量、种类、运单数量、体积以及配送地址、客户类型、服务时长等多种因素，通过强化学习建立模型，挖掘出“订单-客户-路线”之间的复杂关系，最终动态生成智能调度方案。与人工派车方案相比，智慧物流系统可有效降低运输里程44.1%和平均用时42.9%，提升车辆装载率32.6%，减少车次46.0%。<sup>29</sup>

## 多个企业级平台实现内外部融合

基于iLeapCloud（云平台）、LeapIOT（工业物联网平台）、LeapHD（大数据平台）以及LeapAI（企业级人工智能平台）为基础的联想工业互联网平台，可以让企业生产行为和管理智能化：通过数据实时跟踪生产运行状况，让企业随时了解产线状态；通过融合多元数据来帮助企业更加清晰地了解业务状况，实现产线与系统之间的融合互通；而在运营智能端，该平台则可以优化产线运行，从而降低生产成本，提升业务敏捷度，实现柔性制造。

# 1 确定价值场景

智能制造正在从技术和解决方案驱动转向商业价值驱动。企业应首先考虑要通过智能制造实现什么目标、当前业务模式和产品是否要创新，再据此做核心业务流程的再造，最后评估智能制造带来的新业务模式、新业务流程的价值。

领先企业会根据自身特点识别最需实现的价值领域，而后将技术与应用场景紧密结合，通过部署相应智能化系统实现价值挖掘。制造核心环节中的典型价值领域以及供参考的行动指南（图3）。

图3: 制造核心环节中的价值领域及行动指南

有形与无形价值领域	行动指南
生产	<ul style="list-style-type: none"><li>• 实现设备互联、数据集成。通过IOT、电子看板等建立核心生产系统的数字化基础。建立设备层到工厂层甚至跨工厂的精益生产体系，实现产能均衡、工艺参数自动调节、场内物流路径优化。</li><li>• 打造智能制造单元是开展智能制造转型的有效切入点。</li><li>• 运用数字化工具和改进方法提升人机协作效率；将3D仿真、数字孪生应用于生产线仿真、优化工艺和生产流程。</li><li>• 平台化远程运维与管理系统，实现基于认知技术、机器学习的资产管理系统预测故障并提供决策建议，利用IOT技术实现资产自愈。</li></ul>
质量	<ul style="list-style-type: none"><li>• 实现来料、过程、成品的质量检验智能化，特别是对于质量的全生命周期管理和全流程追溯。</li><li>• 运用新技术更早、更明确地识别潜在质量问题。</li><li>• 利用认知技术检测细微问题，并通过系统提供实时警报，以及详细、准确、及时的决策建议。</li></ul>
供应链	<ul style="list-style-type: none"><li>• 提高供应链数据和流程的可视性以跟踪关键环节，预测危机并避免供应链中断。</li><li>• 基于大数据分析的可见性、基于人工智能的路线优化、基于平台的各方数据整合、无人物流管理、自动化立体仓库等都可以增加供应链弹性。</li></ul>
管理与智能决策	<ul style="list-style-type: none"><li>• 在设备数字化的基础上，加强信息管理水平，提高生产过程管控智能化。其次，构建大数据分析能力，使“数据”转化为“洞察”，实现决策智能。</li><li>• 成本管理是企业管理的核心和重点，成本控制也是智能制造的重要维度之一。</li><li>• 数字化工具，如大数据分析、AI在人类员工的知识共享、管理、指导、完善下才能发挥独特优势，提供决策支持。</li></ul>

来源: 埃森哲研究

## 生产

领先企业通过部署具有深度感知、决策支持、自动执行功能的智能产线并通过IoT和AI技术、基于云的管控系统，建设设备层到跨工厂的协同，实现全企业范围内的产能均衡。

在实现柔性生产过程中，智能设备及其产生的数据被智能制造领先企业视为与生产设备同样重要的资产。因此领先企业一方面进行资产管理智能化、运维过程无人化等资产管理系统和模式转型；另一方面利用智能工具进行数据分析与管理，如利用AI等技术增强数据分析、清理和识别以提升数据质量。IDC预计到2024年，40%的设备制造企业将利用IoT数据智能诊断未决问题，并自主解决。<sup>30</sup>

埃森哲与某企业开发实施了设备预知性平台。该平台通过对设备历史故障几率、维修成本、业务影响程度进行分析，并结合设备属性，对设备进行分类排序；根据设备历史故障大数据分析建立设备预知性模型；接收设备传感器数据，利用预知性模型分析数据，进行设备健康性实时分析；对设备故障出现概率进行分析，提前预知设备故障出现的时间和影响，安排检维修计划。设备预知性平台上线后，设备非计划停工时间最大减少至75%，设备生产效率提升5%到25%，设备总体成本降低至15%至30%，项目投资回报率超过10倍。<sup>31</sup>

## 质量管理

质量检验智能化，以及质量全生命周期管理和全流程追溯已经成为领先企业利用新技术实现价值增长的重要领域。国家也通过对质量管控的力度加大而驱动企业部署智能化解决方案。

领先企业已经利用AI、机器视觉检测、区块链等新技术支持人工替代，实现来料、过程、成品的质量检验或全生命周期质量管理与追溯，克服人工操作中易疲劳、个体差异大、效率低等缺点。

例如联想人工智能实验室打造了笔记本屏幕良品率检查方案。该方案突破了屏幕缺陷多样性、不确定性的挑战，用软硬件紧密结合的人工智能方案，实现了精准且量化地检测屏幕缺陷，从而解放人工，使效率提高30%以上。<sup>32</sup>

## 供应链

平台化供应链管理系统可提升供应链流程的可视性，降低供应链风险。领先企业已经部署了该系统，实现了基于大数据分析、人工智能技术的路线优化、信息整合、无人物流管理、自动化立体仓库等功能，进而实现危机预测并避免供应链中断。

埃森哲与某离散制造企业合作开发并实施了一套基于分析技术的模型，对其旗下某地工厂突发供应链断裂所造成的财务和运营影响进行快速量化。该模型能够提供依赖性、瓶颈和预测恢复时间等信息，并通过分析，给出客观的优先级排序，使企业能够快速采取相应措施，有效应对高风险敞口因素，并找到替代的供应商，尽可能降低供应链突发事件对生产造成的影响。

## 管理与智能决策

在设备数字化的基础上，领先企业利用IOT和监控技术，通过与MES和ERP等信息系统的融合，提高生产过程可控性和智能化。其次，领先企业还构建大数据分析能力，使“数据”转化为“洞察”，再由洞察产生行动。最后，领先企业从组织、管控、能力角度同步提升，真正实现“感知-洞察-评估-响应”这一闭环流程的运转与循环提升。

此外，领先企业通过数字孪生等新技术确保实体机器和虚拟数字系统协调同步，释放以往未曾发现的成本效率，从而提高投资回报率。



## 2 IT与OT融合的顶层架构设计

随着智能制造的发展，企业应用、数据架构、运营架构都面临新的挑战，企业传统IT技术已经难以满足生产流程管理的需求。OT和IT的融合是未来成功实现智能制造的基础。此外，企业智能制造转型的成功首先依赖于前瞻性的顶层设计，从这一阶段就开始关注变革的影响及应对。

因此，IT与OT的融合需要在业务层和技术层进行顶层架构设计和组织设计，乃至进行部门重组。领先企业会在制定智能制造规划时就从业务架构、应用架构、数据架构和技术架构等领域综合考虑IT和OT系统融合的路线图，同时考虑在技术层面利用统一规划的云平台、IOT系统、工程技术实现IT和OT从数据到系统的融合。

## 3 夯实数字化基础

智能制造需要企业在生产全过程数字化的基础上实现智能化，因此需要企业自动化设备和产线、信息系统架构、通信基础设施、安全保障等方面具备坚实的基础。例如IOT等基础网络建设到位，设备的自动化和开放程度较高，支持多种数据采集手段，可扩展、安全稳定的IT基础架构，包括信息系统安全和工控系统网络安全的安全体系等。

领先企业通过部署数控机床、以及工业协作机器人、增材制造装备等智能设备以及智能产线实现无人车间，再通过物联网或工业互联网架构、电子看板等建立核心生产系统的数字化基础。

因此对于其它企业来说，从生产自动化入手将是夯实数字化基础的突破口，例如离散企业可以从打造智能制造单元开始。智能制造单元是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，帮助企业提升设备利用率，优化生产。在生产自动化的基础上，企业可以着手通过部署IOT、5G通信网络等基础设施以实现智能产线、车间以及信息系统的互联互通。

## 4 引入核心应用

目前，ERP、MES、PLM、先进生产规划及排程系统（APS）等智能制造必须的核心应用系统并未得到普及。例如在制药行业，两化融合要求的“普及先进过程控制和制造执行系统”并未得到普遍实施和部署。

为了加速智能制造进程，当制定了发展规划、夯实数字化基础后，制造企业应积极投资于

核心应用系统。尤其是在新冠疫情后，制造企业应更加关注管理创新能力提升和供应链弹性部署。因此，ERP、PLM、MES、SCM等智能制造核心应用部署应成为企业智能制造建设要务。IDC 预计2023年，ERP、PLM和CRM将成为中国制造业IT应用市场中前三大投资领域，占比分别达33.9%、13.8%和12.8%。<sup>33</sup>

## 5 实现系统互联和数据集成

目前，制造企业数据孤岛、系统割裂导致不同部门之间的数字化对抗情况严重，造成企业重复投资，智能制造为企业收入带来的回报远低于预期。因此，实现系统互联互通和数据集成将促进企业的跨业务单元和职能部门进行协作，实现价值最大化和全面智能化。

现阶段企业智能制造发展的关键在于实现从设备层到工厂层甚至到外部企业的数据纵向集成，以及跨业务部门和组织、跨资源要素的数据横向集成，最终融合成数据闭环系统，即形成我们所谓的数据供应链。

领先企业将数据供应链与数字化平台视为智能制造的新基建。他们正在集成内部从设计到销售的数据，以及外部客户、供应商的数据，实现实时的数据汇总、分析、模型管理、决策支持。同时领先企业还借助数字化协同平台实现系统集成与互联互通。

例如**富士康**智能制造转型的重要举措既包括建设打通业务流程的信息化平台，实现人、物、过程、资金、信息、技术这六大数据流管理；还包括建设工业互联网平台，以软硬结合的方式实现产业链协同。<sup>34</sup>

**双星轮胎**创立了全球轮胎行业第一个全流程“工业4.0”智能化“绿色工厂”。双星轮胎建立了全生命周期数据统一平台Teamcenter、信息物理系统（Cyber-Physical Systems）、PLM、MES和全集成自动化（TIA）等系统，从而实现了轮胎生产和管理信息的全程可视化。通过“企业互联化、组织单元化、加工自动化、生产柔性化、制造智能化”的生产管理模式，双星实现了智能定制、智能排产、智能送料、智能检测、智能仓储和智能评测。

## 建立持续创新的数字化组织和能力

建立持续创新的体系架构和数字化组织在实现智能制造价值目标中扮演重要角色。智能制造的持续演进需要企业尽可能地提高组织架构的灵活性与响应能力，并充分发挥员工潜能，即建立柔性组织。在柔性组织中，组织将更为扁平，这样才可以随着业务需求变化而动态匹配人才生态系统。柔性组织需要在“一把手”的带领下，激发员工人人参与的积极性，基于业务需求和员工的能力灵活调动以满足智能制造持续发展的需求。

想要建立柔性组织，则需要企业重新规划人才与组织战略。首先重新定义工作内容。数字技术打破了固化的职位和组织结构，工作内容和人才配置也发生改变，毕竟企业领导者希望数字技术能够给企业创造更多就业以及价值增长机会，而不是取代人类员工。其次，重新定义员工团队。柔性组织中需要员工、机器和自由职业者密切协作，共同构成一个全新的团队。因此，一方面企业

应实现人机协作，把握智能制造“新四化”发展需求与增强员工能力之间的平衡，另一方面应拓展人才生态系统，构建规则、资源池和工具，让员工能够获得所需技能。

而在创新体系与能力建设方面，企业应纵横联合，从内到外构建创新体系。一方面，企业应该与员工、客户、消费者、供应商、合作伙伴、初创企业加强创新合作和培育；另一方面成立专门的创投团队管理创新，如孵化器、创意中心、创业工厂等，并给予这些机构更多机制体制自由，动态、灵活配置内外部资源，形成持续创新文化和体系。

# 结语

展望未来，企业需要客观评估其自身智能制成熟度，制定清晰具体的战略目标，在试点推进的过程中灵活调整转型路径，并遵循以下准则加速智能制造进程。

## 1、从技术驱动转向价值驱动

智能制造是系统工程，需要有清晰的总体规划和长期持续的投资。因此企业必须以业务价值为导向，系统性地审视业务流程中需要数字化改造的方面，兼顾硬件和软件，将技术与管理相结合，发掘商业价值。

## 2、从关注局部转向关注集成

要打通数据链条，敏捷响应需求，企业需要集成不同业务流程的系统、横跨IT和OT的系统，还需要完成从单个工厂到企业价值链集成、从内部系统的集成到实现跨供应链集成。

## 3、借力云平台和算力

工业互联网的快速发展令平台的定义发生了本质的变化。借力云上平台和算力，企业如能快速应用新技术，结合既有系统重新整合规划，能极大扩展其系统的学习能力和适应性，为进一步的发展奠定基础。

## 4、从单兵作战转向合作共赢

制造业的数字化转型规模巨大且复杂，仅靠企业自己摸索困难重重。相比单兵作战，与生态伙伴进行协同能够加速数字技术在业务场景的应用，提升投资回报的确定性。

# 参考资料

- 1 WEF — 全球“灯塔工厂”网络: 来自第四次工业革命前沿的最新洞见 (2020年)
- 2 澎湃 — [关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知](#) (2020年)
- 3 澎湃 — [关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知](#) (2020年)
- 4 中国工业新闻网 — [屈贤明: 从机电一体化到智能制造 传统产业并不“传统”](#) (2019年)
- 5 WEF — 全球“灯塔工厂”网络: 来自第四次工业革命前沿的最新洞见 (2020年)
- 6 工业和信息化部、财政部·智能制造发展规划 (2016—2020年)
- 7 赛迪 — 2019中国智能制造发展白皮书 (2019年)
- 8 两化融合服务平台 — [中国两化融合发展数据地图 \(2019\)》系列解读之十四](#) (2019年)
- 9 慧都科技 — [智能制造领域轻与重的七大“误区”，你犯了几个?](#) (2019年)
- 10 中国新闻网 — [华晨宝马铁西工厂 一展“智”造之美](#) (2020年)
- 11 IDC — [2020年中国制造业十大预测——技术创新成制造业发展新动能](#)
- 12 艾瑞 — [奥哲携手制造业巨头 共话后疫情时代数字化发展之路](#) (2020年)
- 13 央视财经 — [揭秘中国智能化无人工厂: 未来每2分钟将有一辆高端家用汽车下线](#) (2019年)
- 14 [上汽大通官网简介](#) (2020年)
- 15 上汽大通官网 — [致敬改革开放40周年, 全球首家全新C2B定制工厂运营 ——上汽大通全能家旅MPV G50正式下线](#) (2018年)
- 16 搜狐 — [上汽大通数字化转型实践: 是什么支撑了C2B智能定制模式创新成功?](#) (2019年)
- 17 新浪财经 — [上汽上半年销量下滑30% 上汽大众前6月销量仍降37.18%](#) (2020年)
- 18 上海汽车报 — [为汽车行业贡献一个“定制化”模式](#) (2020年)
- 19 工信安全、两化融合服务联盟 — [中国两化融合发展数据地图](#) (2016)
- 20 工信安全、两化融合服务联盟 — [中国两化融合发展数据地图](#) (2018)
- 21 联想集团 — [联想智能制造白皮书](#) (2020版)
- 22 工信安全、两化融合服务联盟 — [中国两化融合发展数据地图](#) (2018)
- 23 中国化工信息周刊 — [中化陈宝树: 如何成为一家科技驱动的创新平台公司?](#)
- 24 工信安全、两化融合服务联盟 — [中国两化融合发展数据地图](#) (2018)
- 25 三一集团新闻 — [灯塔工厂“最强大脑”立项! 三一将迈入全面智能时代](#) (2020年)
- 26 [“AI+制造”的三类典型场景是什么?](#)
- 27 IDC — [挖掘制造业产业链各环节价值, 共建产业生态](#)
- 28 钛媒体 — [5G应用部署即将落地, 华晨宝马的工业4.0“智造”篇章](#) (2019年)
- 29 艾瑞网 — [人工智能如何真正赋能制造业? 联想的经验值得借鉴](#)
- 30 IDC — [IDC发布2020年中国制造业十大预测——技术创新成制造业发展新动能](#) (2020年)
- 31 埃森哲 — [智能制造——跨入精益管理新时代](#) (2020年)
- 32 中国日报 — [从制造到零售, 联想计算机视觉技术持续推动行业智能广泛落地](#) (2020年)
- 33 IDC — [2023年中国制造业IT应用市场规模将达到66.16亿美元](#) (2019年)
- 34 通信产业网 — [专访富士康工业互联网CEO郑弘孟: 布局人工智能 打造“六流”](#) (2018年)
- 35 联想 — [联想智能制造白皮书](#) (2020版)
- 36 光明网 — [柔、敏、质 联想定义智能制造新标准](#) (2020年)
- 37 网易新闻 — [以核心技术推动智能化变革, 联想打造人工智能商用标杆](#) (2020年)

## 研究指导：

**江崇龙** 埃森哲大中华区董事总经理，工业X业务主管

## 研究团队：

**童 华** 埃森哲商业研究院资源事业部研究经理

**邓 玲** 埃森哲商业研究院研究经理

**宋 涵** 埃森哲商业研究院思想领导力高级研究员

## 鸣谢：

**曹卫锋、王柯、王昕、陈旭宇、王晶晶**

## 关于埃森哲

埃森哲公司注册成立于爱尔兰，是一家全球领先的专业服务公司，在数字化、云计算与网络安全领域拥有全球领先的能力。凭借独特的业内经验与专业技能，以及翘楚全球的卓越技术中心和智能运营中心，我们为客户提供战略与咨询、互动营销、技术和智能运营等全方位服务，业务涵盖40多个行业，以及企业日常运营部门的各个职能。埃森哲是《财富》全球500强企业之一，目前拥有约50.6万名员工，服务于120多个国家的客户。我们秉承“科技融灵智，匠心承未来”的企业使命，致力于通过引领变革创造价值，为我们的客户、员工、股东、合作伙伴与整个社会创造美好未来。

埃森哲在大中华区开展业务30余年，拥有一支1.7万多人的员工队伍，分布于多个城市，包括北京、上海、大连、成都、广州、深圳、香港和台北等。作为可信赖的数字化转型卓越伙伴，我们正在更创新地参与商业和技术生态圈的建设，帮助中国企业和政府把握数字化力量，通过制定战略、优化流程、集成系统、部署云计算等实现转型，提升全球竞争力，从而立足中国、赢在全球。

详细信息，敬请访问埃森哲公司主页[www.accenture.com](http://www.accenture.com)以及埃森哲大中华区主页[www.accenture.cn](http://www.accenture.cn)。

## 关于埃森哲商业研究院

埃森哲商业研究院针对全球企业组织面临的重大问题，洞悉发展趋势，提供基于数据的深入见解。我们的研究团队包括近300名研究员和分析师，分布于全球20个国家，并与MIT、哈佛大学等世界领先研究机构建立长期合作关系。将创新的研究方法与工具与对客户行业的深刻理解相结合，我们每年发布数以百计的拥有详实的数据支持报告、文章和观点，解构行业与市场趋势，洞察创新方向。敬请访问埃森哲商业研究院主页[www.accenture.com/research](http://www.accenture.com/research)。