

# 灯塔工厂引领 制造业 数字化转型

白皮书  
2021年10月

富士康工业互联网股份有限公司  
e-works 研究院  
中信戴卡股份有限公司

# 专家观点



## 李培根

中国工程院院士

数字化转型不仅仅是一种技术转型，更是一种认知转型，是一种思维方式与经营模式的转型，是涉及企业战略、组织、运营、人才等的一场系统变革与创新。企业数字化转型需要观念和意识的转型、需要良好的企业外部生态和内部生态、需要根据自身的条件判断选择具体的应用与步骤，同样也需要“灯塔”企业的经验指引，从而更好地迎接数字化转型。

## 胡坚波

中国信息通信研究院总工程师

数字化转型以数据作为关键要素，通过生产运营方式、产品服务模式和商业模式的系统性变革，实现运行效率、创新能力和盈利能力的全面提升。工业互联网是制造业数字化转型的路径和方法论，基于数据驱动、机理融合与虚实结合的决策闭环，一方面变革产业资源配置方式，提升运营效率，另一方面形成创新增强范式，带来全新的价值增长。在工业互联网赋能制造业数字化转型过程中，涌现了一批创新活跃、取得积极成效的示范工厂，形成了丰富的应用案例和路径参考，我们也期待这些实践经验能够赋能到各行各业，切实推动制造业数字化转型和高质量发展。

## 郑弘益

工业富联首席执行官

疫情带来了数字经济的大跃进，未来世界是基于泛在的数字连接，新型的5G移动通讯网络基础和数字科技将使物理世界进入全新数字新时代。工业互联网将网络与工业的连接提升质量和全新的商业模式，犹如数字化的森林，利用数据植树造林，树会扎根，树木也会日益茁壮，树林更会日新月异。工业富联通过数据采集、数据传输、数据中台，以及数据应用，带给制造企业无限创意的可生产、可量产、可定制、可预测的能力，并打造和谐生态。

## 李志广

中信戴卡股份有限公司 铝车轮六号工厂经理

中信戴卡建设并推广的“灯塔工厂”项目，带动了全球铝车轮制造行业生产、管理、研发的转型升级，探索了中信集团产融协同的新可能，推动了中信戴卡数字化发展的新模式，保持了行业地位和先进优势。当前，国内外发展环境都在发生深刻而广泛的变化，新一轮科技革命兴起，中信戴卡将坚持创新引领，攻克“卡脖子”关键技术，为中华民族伟大复兴贡献智慧与力量。

## 王雪

富士康郑州灯塔工厂负责人

面对技术工人短缺、产业质量稳定性及不确定性需求等问题，柔性自动化能大幅提升劳动生产率，数字化和人工智能技术帮助大幅减少质量缺陷并提升综合设备效率。数字化转型同时需要跨职能转型组织推动，以及产学研结合的技术攻关，最终以全球化的生态满足新型数字化智造升级。

## 刘宗长

博士 / 工业富联首席数据官

工业4.0的浪潮正在全球持续推进，利用数字技术提升企业生产能力将成为未来区域和产业发展的关键。云计算、AI、大数据等技术的产业化应用将驱动高端制造领域的研发、设计、制造与运行维护的模式转变。领跑的“灯塔工厂”们通过优化业务流程，改变生产部门员工的工作方式和使用技术方式，实现了运营系统的创新；通过大规模部署第四次工业革命技术，灯塔工厂正在借助新型商业模式拓宽收入渠道。2021年工业富联发起了灯塔领航者计划，携手“灯塔网络”成员及优秀的技术服务商将被成功验证过的数字化用例推广到更多制造企业，并在更多行业联合打造和发现新的灯塔。

## 黄培

博士 / e-works CEO / 总编

数字化的崛起正以迅猛的势头在各行各业内推动着无数的颠覆和转型，这是一个不可逆的潮流，它改变着企业的商业模式、研发模式、制造模式、服务模式、运营模式以及决策模式，推动着企业自身业务重塑及转型。当今世界，唯一的不变就是变，只有能够顺应数字化大潮的企业才能随需而变，实现可持续发展。一场制造业“灯塔”风潮席卷全球企业，灯塔工厂成为建设新标杆，“灯塔工厂”作为引路明灯，正带动一批企业迈上数字化转型之路。对于广大企业而言，积极推进数字化转型，打造数字化领先企业，将是企业决胜未来的必由之路！

# 前言



李 杰

鸿海科技集团副董事长

制造企业对数字化转型的认知在过去几年中发生了巨大的转变，率先实践数字化转型的行业先行者与跟随者之间的差距已日益显现。这意味着越来越多的制造企业已经开始突破“试点陷阱”，他们的数字化技术投资已经开始转化为运营指标的提升及财务回报，并实现了规模化的复制和向价值链各个环节的延伸。自2018年以来，世界经济论坛（WEF）与麦肯锡公司展开合作，共同发起了“灯塔网络”项目寻找制造业中的数字化转型典范，并将这些最优实践背后的方法路径进行总结，使之成为一个个生动详实的转型故事供其他制造企业参考。这些企业之所以称之为灯

塔，是因为他们成功运用数字化技术优化业务流程，改变了生产部门员工的工作方式及端到端价值链的协作形式，实现了系统化的运营模式转变，而这种转变带来的影响也体现在运营指标改善和财务回报方面。入选为“灯塔工厂”的企业也证明了他们在突破“试点陷阱”扩大应用规模方面的成功，这体现在有近1/3的入选企业成功打造两个以上的灯塔工厂，以及在抵御新冠疫情和供应链振荡中的优异表现。

“灯塔网络”项目之所以影响日益广泛，在于它并没有公式化的标准，没有让企业套用固化的框架，也并未使用评分的方式。其价值导向更加注重业务系统升级和创新技术应用带来的商业价值，强调企业全员参与的文化与组织能力支撑，以及在以客户为中心的端到端价值链中的改善，看重的是企业转型故事中的“可借鉴价值”。因此“灯塔网络”更具有广泛的适用性和不断演进的生命力。在过去三年评选出的90家成员中，涵盖了“单一生产场所”、“端到端价值链”和“可持续发展”三种类型的最优实践，每年评选出的新成员都会带来新的价值亮点，这说明虽然各个行业 and 不同企业之间面临的挑战不同，但成功的路径也不止一条。

在其中我们有幸看到一批率先探索的典型企业，包括工业富联作为最早加入“灯塔网络”的成员之一，也是此项目的持续推动者与受益者，在将灯塔引领的转型理念与方法传播给更多在数字化转型中探索的制造企业。

相信在大家的共建之下，会有更多企业携手点亮越来越多的灯塔，让更多制造企业能够源源不断驶向数字转型的价值新蓝海。

# 目录

3	<b>前言</b>
5	<b>一、“未来已来”，灯塔工厂是否遥不可及？</b>
6	一场全球的数字化革命正在迅速蔓延，数字经济成为增长新引擎
7	一场中国的数字化转型浪潮迅速兴起，智能工厂成为转型新路径
9	一场制造业“灯塔”风潮席卷中国企业，灯塔工厂成为建设新标杆
10	<b>二、破解WEF“灯塔工厂”的建设“秘辛”</b>
11	数解“灯塔工厂”
14	行业“灯塔”洞察
19	破解“灯塔工厂”秘辛
20	<b>三、探秘身边那些“近在咫尺”的“灯塔”</b>
21	工业富联：从制造巨头到工业互联网平台的蜕变
24	中信戴卡：打造柔性、闭环的制造系统，实现全球一致化生产
26	敏实集团：借数字化之力打造面向QCD的精益企业
28	海鸥住工：推动C2M模式转型，打造住宅工业领域的标杆
30	华润三九：创新驱动、提质增效、升级中药智造
32	<b>四、驱动“灯塔”工厂数字化转型的关键技术与趋势</b>
41	<b>五、破局数字化转型，打造面向未来的“灯塔”企业</b>
43	如何“点亮”企业灯塔？
48	如何“赋能”区域产业灯塔？
49	<b>六、“灯塔”之路，与你同行</b>

壹

# “未来已来”，灯塔工厂 是否遥不可及？



## 一场全球的数字化革命正在迅速蔓延，数字经济成为增长新引擎



从“结绳记事”到“文以载道”，从“电子计算”到“数据建模”，数字承载和见证了人类认识、改变世界的巨大进步。今天，随着新一轮科技革命和产业革命的浪潮席卷而来，特别是大数据、人工智能、移动互联网、云计算、5G等新一代信息技术的应用，人类进入数字经济时代。根据中国信通院发布的

《全球数字经济新图景（2020年）》，全球数字经济规模大、体量连年增加，2019年全球数字经济规模达到31.8万亿美元，全球数字经济GDP占比达到41.5%，数字经济在国民经济中地位持续提升，一场全球的数字化革命正在迅速蔓延，数字经济成为增长新引擎。

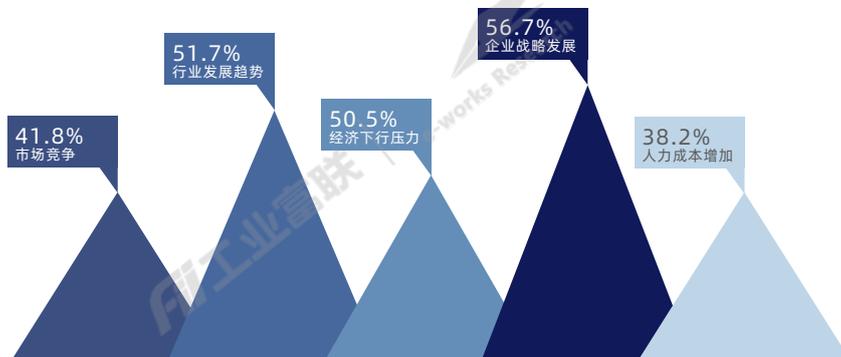


全球数字经济PEST分析

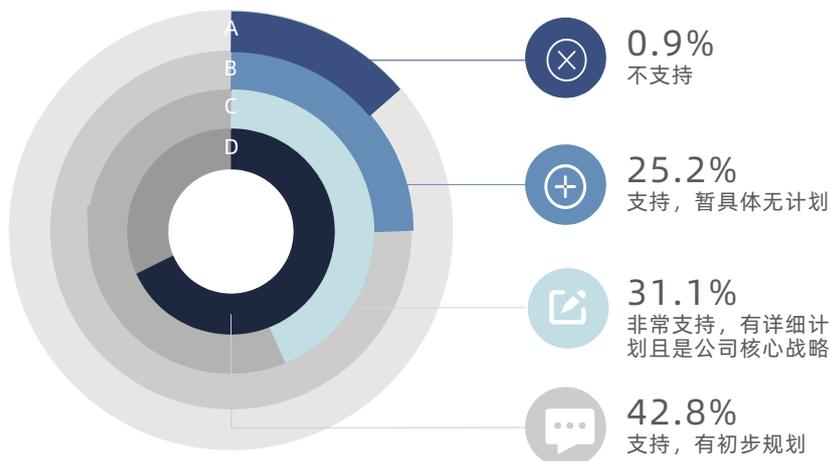
## 一场中国的数字化转型浪潮迅速兴起，智能工厂成为转型新路径

经历四十年改革开放和连续高速增长，中国经济增长进入中速平台和高质量驱动的阶段，处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。而2020年，一场突如其来的“疫情”让中国的制造企业接受了一次“抗震测试”，暴露出经营管理、研发管理等多方面的问题，在经历过人员不足、原材料短

缺、复工复产缓慢等困境，看到了数字化基础较好的企业“转危为机”之后，决策者们开始重新审视数字化转型对企业的价值与意义，并且在用实际行动加速企业数字化转型的进程，数字化转型已经成为中国制造业发展的“大势”。



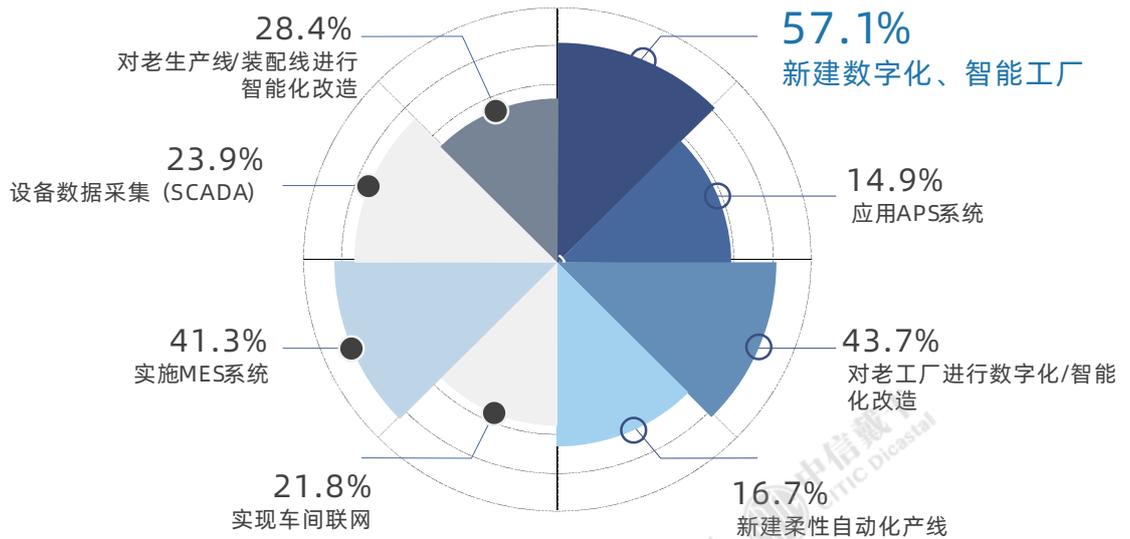
制造企业推进数字化转型的主要动因(来源: e-works)



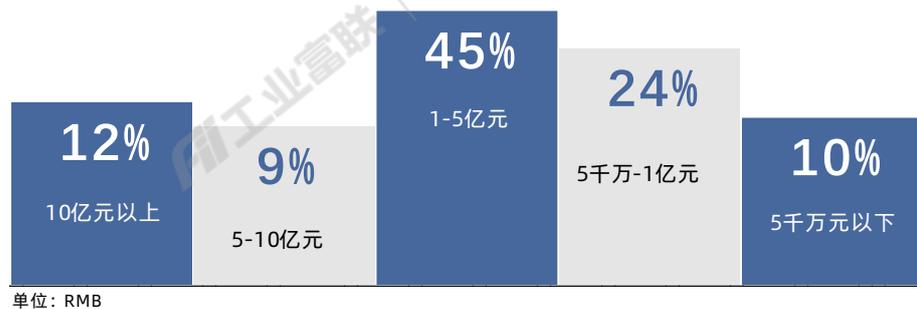
制造企业高层对数字化转型的态度(来源: e-works)

2020年6月30日，中央全面深化改革委员会审议通过《关于深化新一代信息技术与制造业融合发展的指导意见》，提出将进一步加快制造业数字化、网络化、智能化步伐，加速“中国制造”向“中国智造”

转型。智能制造已成为推动制造业转型、加快制造业高质量发展的重要抓手，而智能工厂作为制造业转型的枢纽与核心备受企业青睐。



企业数字化/智能化转型的建设重点(来源: e-works)



单位: RMB

中国领先企业的智能工厂建设投资规模分布(来源: e-works)



## 一场制造业“灯塔”风潮席卷中国企业，灯塔工厂成为建设新标杆

制造企业组织、业务、产品和价值链的复杂性，为制造企业的数字化转型带来诸多障碍。事实上，数字化转型并非单项技术的应用，也不仅仅是个技术命题，更是一个战略和管理命题。因此，制造企业需要深度剖析数字化转型的需求和突破口，建立明确的数字化转型路线图。然而高层对数字化转型必要性、紧迫性和复杂性认识不足，企业内部已应用的系统孤岛纵横，重视自动化轻视数字化、转型效果不显著、持续投资难等问题严重制约了制造业的数字化进程，企业急需“灯塔”的指引。

随着世界经济论坛的“塑造先进制造和生产的未来”平台的全球灯塔网络的建立，一批“灯塔工厂”（Lighthouse Network）脱颖而出，成为“数字化制造”和“全球化4.0”的示范者，为各细分行业的制

造企业创新发展树立了标杆。“灯塔工厂”们革新制造业价值链的各个环节，持续推进精益改善，实现透明工厂，通过数据洞察驱动企业的业务运营与决策，采集和分析工业大数据，开发智能互联的创新产品，并推进预测性维护服务，催生了新的商业模式，被视为第四次工业革命的领路者，成为创新变革的工业表率。

对于入选灯塔工厂的企业而言，意味着在大规模采用新技术方面走在世界前沿，并在业务流程、管理系统以及工业互联网、数据系统等方面都有着卓越而深入的创新，能形成快速反应市场需求、创新运营模式、绿色可持续发展的全新形态。因此，“灯塔工厂”也成为中国广大制造企业的“新目标”。

### “灯塔工厂” 你准备好了吗？



-  是否实现了重大影响？
-  是否成功整合多个用例？
-  是否拥有可扩展的技术平台？
-  是否在关键推动因素中表现优异？

贰

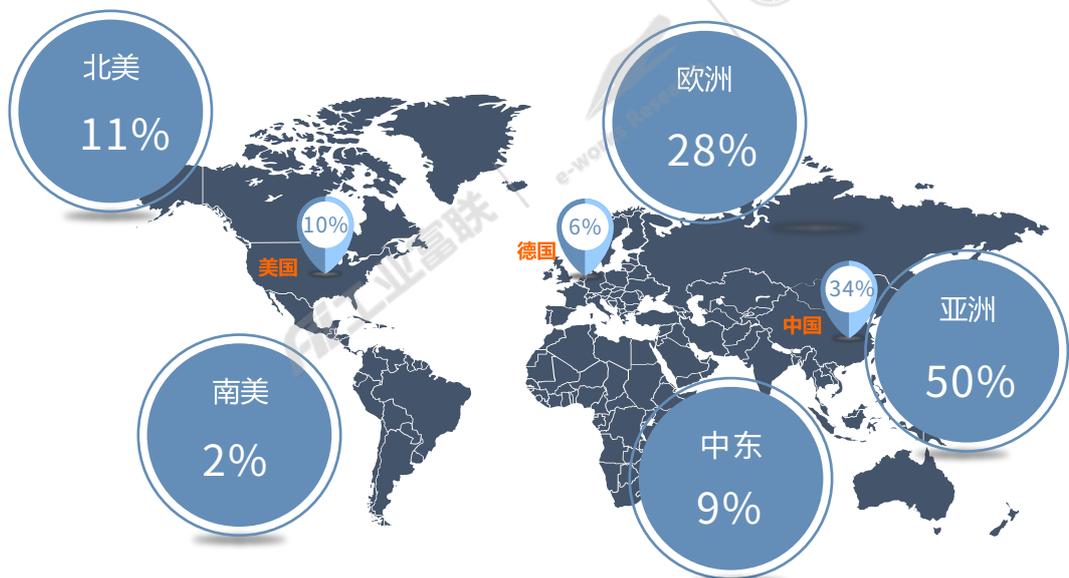
# 破解WEF“灯塔工厂”的建设“秘辛”



## 数解“灯塔工厂”

截止2021年9月，已有来自全球多个国家、不同行业的90家工厂入选“灯塔工厂”。其中，中国拥有31家“灯塔工厂”，分布在14个省或直辖市。长三角

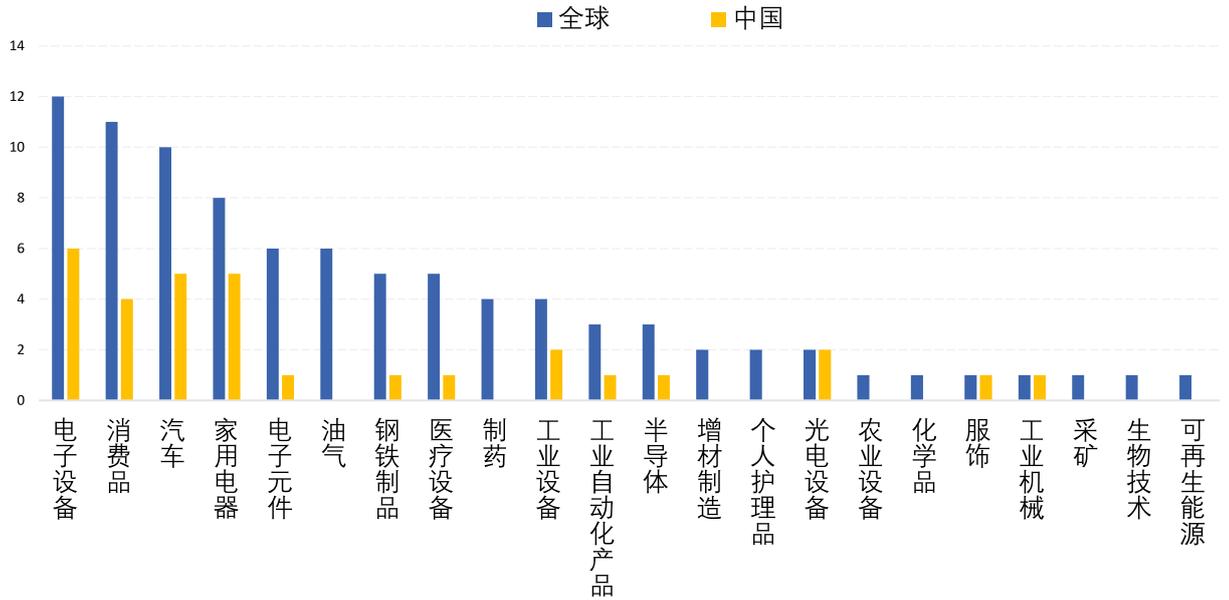
地区处于领先地位，共有11家，其中江苏省8家位居榜首，苏州市有5家。



全球“灯塔工厂”地域分布

“灯塔工厂”所属行业千差万别，截止当前，电子设备有12家“灯塔工厂”；其次是消费品11家、汽车10家、家用电器8家，其后分别是电子元件、油气各6家，钢铁制品、医疗设备各5家。中国31家“灯塔工厂”中，电子设备有6家，包括富士康4家工厂；汽车和家用电器行业各有5家；消费品行业有4家，包括本土品牌青岛啤酒1家；光电设备和工业设备行业各有

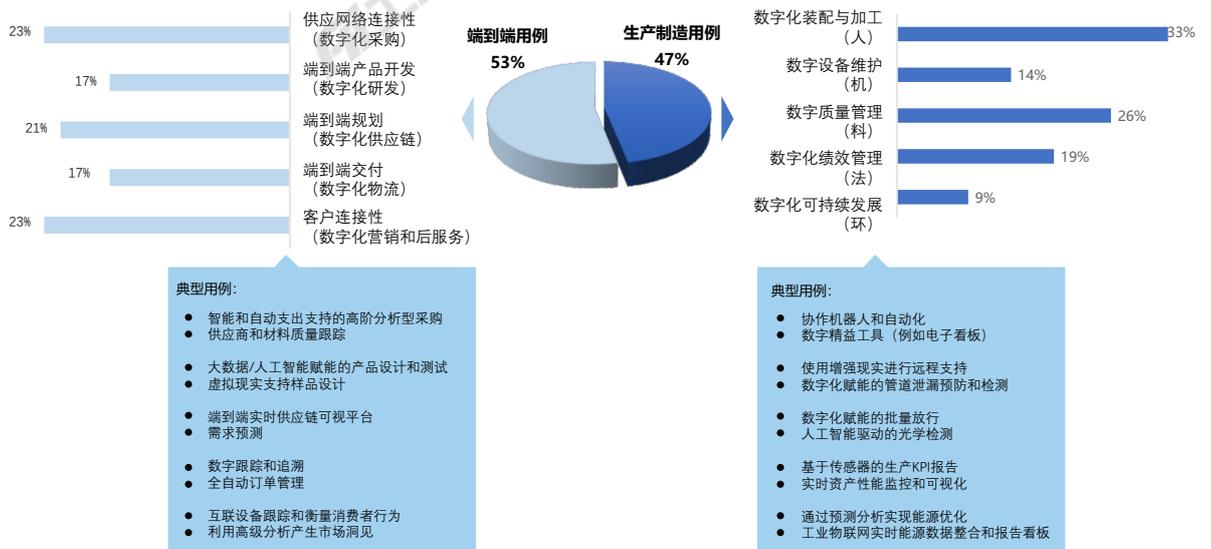
2家。“灯塔工厂”的行业分布从2019年第一批11个行业，延伸至2021年22个不同行业，增加了服饰、光电设备、农业设备、采矿、个人护理品等细分行业“灯塔”。由此可见，不仅仅是电子、汽车、消费品等大体量产业，各行业制造企业都有实现“灯塔工厂”目标的潜力和机会。



全球及中国灯塔工厂行业分布情况

90家灯塔工厂共计部署了124个应用案例，有的着眼于生产制造本身，有的侧重打通端到端价值链。根据统计，53%（2020年数据为35%）的应用案例已经跨越工厂的制造环节，延伸至端到端价值链，并且这种趋势越来越明显。此外，面对国际社会日益关注环境影响问题，2021年9月世界经济论坛评选出爱立信

（美国，刘易斯维尔）、汉高（德国，杜塞尔多夫）和施耐德电气（美国，莱克星顿）这三家“可持续发展灯塔”工厂。“可持续发展灯塔”工厂的实践表明，企业正在加速探索通过智能制造技术打造竞争力和可持续发展的双赢局面。



灯塔工厂分布及部分应用案例



全球及中国灯塔工厂行业分布情况

“灯塔工厂”分为四种业务与制造模式



## 行业“灯塔”洞察

全球90家“灯塔工厂”中，离散行业有58家，流程行业有32家。研究发现，不同行业“灯塔工厂”的建设具有不同的特征，例如服饰、日用品、食品饮料等为代表的消费品行业“灯塔工厂”更注重如何提升定制化水平，应对消费者市场，改善客户体验。钢铁制品、油气、化学品等为代表的流程行业“灯塔工厂”更关注提升生产效率，降低生产成本，以及如何提高能源使用效率，实现可持续发展。家用电器、汽

车行业等先进工业领导者将客户体验置于战略核心地位，开展大规模个性化定制和商业模式创新。机械装备行业“灯塔工厂”利用数字化解决方案与智能产线结合，实现高效率、低成本的多品种小批量生产。医药和医疗产品行业“灯塔工厂”偏向于通过突破性技术，降低质量波动，提升生产线效率和设备利用率。生物技术领导者正在以数据和算法为基础，拓展生物研究的边界，改变当前的科研方式。



### (1) 电子行业

结合“灯塔工厂”中电子行业“灯塔”的实践发现，该行业企业变革背景：

--消费者需求多样化，需要加快产品上市速度，提升客户体验及满意度

--消费者需求个性化，需要打通端到端价值链，

实现多品种小批量生产模式

--劳动力供不应求，需要提升设备自动化水平

--企业运营模式、商业模式创新

电子行业“灯塔工厂”建设主要集中在单个工厂内部的数字装配与加工、数字质量管理、数字化绩效管理、数字化可持续发展及数字设备维护。

主要应用类型	主要应用名称	KPI 影响
数字装配与加工	协作机器人和自动化	▲ 120% 员工人均产出
		▼ 65% 手工材料处理
	▼ 10% 制造成本	
	制程连接和追溯	▼ 100% 消除材料使用错误
	人工智能驱动的物料处理系统	▼ 22% 瓶颈工具闲置时间
	通过大数据分析 PLCs 进行生产周期时间优化	▲ 24% SMT 贴片性能
数字质量管理	柔性机器人和敏捷工作方式	▼ 60% 交付时间和在制品缓冲
		▼ 92% 手动检测
		▼ 55% 检测成本
		▼ 15% 客户投诉
	人工智能驱动的光学检测	▼ 10% 意外事件导致产品降级
		▲ 5% 产量
	用于良品率管理和问题根源分析的分析平台	▲ 2% 良品率
		▼ 20% 新产品上市时间
	数字化质量管理	▼ 21% 百万缺陷率
		▼ 59% 产品不合格率
▼ 99% 质量警报时间		
数字化绩效管理	数字化赋能的人机匹配	▲ 200% 劳动生产率
	利用高级分析技术调度和派遣	▲ 50% 人员效率
	与 OEM 进行高级分析来优化流程	▼ 50% 上市时间
	数字工具来增强员工之间的互联	▲ 28% 劳动效率
		▲ 15% 生产线平衡优化
数字化可持续发展	通过预见性分析优化能源	▼ 49% 能源消耗
	高级分析支持的可持续性优化	▼ 37% 单位能耗
		▼ 20% 碳排放
	基于 5G 传感器的数据收集来进行能源管理	▼ 97% 二氧化碳排放
数字设备维护	用混合现实开展维护工作	▼ 20% 诊断维修时间
	通过物联网进行预测性维护	▲ 7% OEE
	识别偏差问题根源的分析平台	▼ 34% OEE 计划外停机

## (2) 汽车行业

结合“灯塔工厂”中汽车行业“灯塔”的实践发现，该行业企业变革背景：

--消费者需求个性化，需要打通端到端价值链

--为了维持竞争力，提高应对多种车辆配置的灵活性，降低制造成本

--提高产品质量、交付速度和客户满意度

--企业运营模式、商业模式创新

汽车行业“灯塔工厂”建设主要集中在单个工厂内部的数字化绩效管理、数字装配与加工、数字质量管理、数字设备维护，以及打通端到端价值链的端到端交付。

主要应用类型	主要应用名称	KPI 影响	
数字化绩效管理	在生产和维护过程中使用实时数字化绩效管理系统	▲ 6%	产量和员工参与度
	机器人运行数据分析	▼ 9%	每年机器人故障
	通过员工互联提升绩效	▼ 13%	消除浪费
数字装配与加工	机器视觉驱动的生产周期和换线优化	▲ 10%	机器生产效率
	通过自动导引车和协作机器人实现灵活的自动化	▼ 10%	单位成本
	协作机器人和自动化	▲ 5%	组装效率
数字质量管理	基于人工智能的视觉检测	▼ 100%	瑕疵率
	高级分析技术减少质量保证	▼ 80%	每千辆汽车事件数量
	基于物联网的制造质量管理	▼ 90%	生产质量瑕疵诊断时间
数字设备维护	数据分析和预测性维护	▼ 25%	冲床意外停机
	基于物联网技术的设备运行监控	▲ 90%	OEE
	数字化刀具生命周期管理	▼ 10%	刀具库存
端到端交付	端到端车辆交付追踪	▼ 30%	发货交付周期
	智能自动化物流运输	▼ 35%	物流成本
	数字化跟踪	▼ 10%	保修时间



### (3) 机械装备行业

结合“灯塔工厂”中机械装备行业“灯塔”的实践发现，企业变革背景：

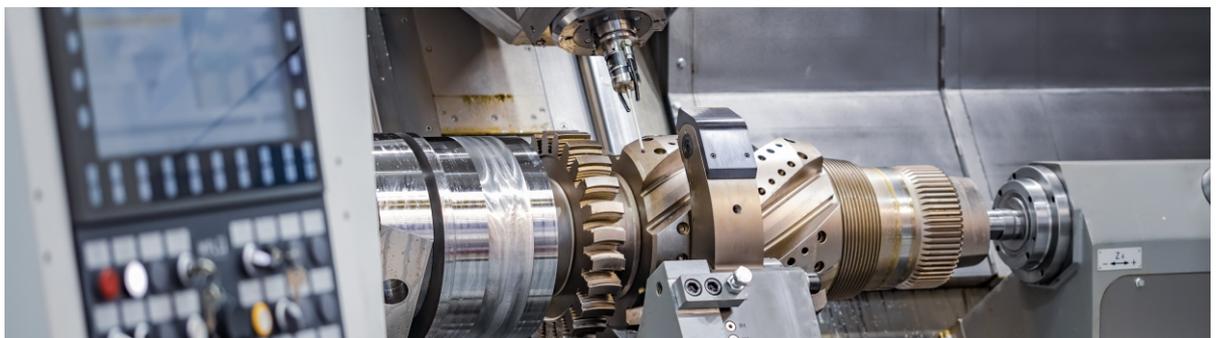
- 以竞争力的成本，大量生产最小批量的产品
- 柔性化生产线支持多品种换线生产
- 不影响质量前提下，缩短产品的交付周期
- 打通了端到端价值链，确保从供应商到消费者

的连接

--企业运营模式、商业模式创新

机械装备制造行业“灯塔工厂”建设主要集中在单个工厂内部的数字装配与加工、数字化绩效管理、数字质量管理，以及打通端到端价值链的端到端产品开发、端到端规划、供应网络连接性。

主要应用类型	主要应用名称	KPI 影响
数字装配与加工	数字化赋能的可变生产节拍时间	▼ 60% 生产周期
	通过模块化平台快速实现生产线的重新配置	▼ 30% 开发和发布时间表
	基于 RFID 的物料拉动系统	▼ 33% 劳动力
数字化绩效管理	灵活的自动化组装线	▲ 30% 劳动生产率
	用于监控 OEE 的数字看板	▲ 20% 资产利用率
	利用数字化技术进行操作员绩效管理	▼ 50% 生产周期
数字质量管理	生产过程实时监控与可视化	▲ 40% 效率
	自动光学检测	▲ 85% 效率
	利用高级分析进行质量监控	▼ 30% 确定现场质量问题用时
端到端产品开发	人工智能化质量管理体系	▼ 57% 客户投诉
	数字研发和工程	▼ 40% 设计迭代周期
	数字化产品开发	▼ 20% 研发周期
端到端规划	通过 3D 打印快速设计原型	▼ 89% 上市时间
	数字孪生工厂网络	▼ 生产周期和成本
	用数字线程贯穿生产流程	▲ 38% 一线员工生产率
供应网络连接性	端到端供应链可视化平台	▲ 6% 客户服务水平
		▼ 13% 库存水平
	数字化供应商绩效管理	▲ 30% 供应商质量
	▲ 25% 按时交付	



#### (4) 生物医药行业

结合“灯塔工厂”中生物医药行业“灯塔”的实践发现，该行业变革背景：

- 需求变化和增加，需要加强端到端管控
- 面临成本压力，需要提高生产率和良品率
- OEE存在波动，需要提升设备利用率

--降低人力劳动依赖度，提升创新速度

为应对变革需求，生物医药行业“灯塔工厂”建设主要围绕单个工厂内部的数字装配与加工、数字化绩效管理、数字设备维护、数字质量管理，以及打通端到端价值链的端到端规划。

主要应用类型	主要应用名称	KPI 影响	
数字装配与加工	通过混合现实实现换线	▼ 30%	换线时间
	人工智能引导的机器性能优化	▲ 21%	产量
	人工智能驱动的过程控制	▼ 50%	研发技术转移的速度
数字化绩效管理	生产周期监控和可视化数字工具	▼ 9%	生产周期
	数字化工具以增强员工之间的互联	▼ 30%	设计变更
端到端规划	端到端的实时供应链可视化平台	▼ 1700 万美元	库存
	基于动态仿真的实时生产调度	▼ 50%	劳动力
数字设备维护	设备故障先进分析	▼ 50%	设备故障
	用先进数据分析提高机器性能	▲ 10%	OEE
数字质量管理	质量偏差先进分析	▼ 80%	偏差
	用深度学习图像识别探测质量瑕疵	▲	成本规避



## 破解“灯塔工厂”秘辛

### 善用技术：第四次工业革命技术是“灯塔工厂”出现的重要推动力

第四次工业革命技术是“灯塔工厂”不断变革与创新的重要途径。作为全球制造业的灯塔，这些工厂主动拥抱趋势，在大规模采用新技术方面位居前沿。而通过对科技的前瞻性运用和大规模推广第四次工业革命技术，这些工厂取得了很好的经济效益和社会效益。

### 应时而生：三大抓手及两大基本点是“灯塔工厂”转型升级的核心要素

全球“灯塔工厂”建设重点围绕整个生产网络、端到端价值链和商业模式转型三个领域，打造卓越制造体系，打通端到端价值链，创新业务模式。与此同时，“灯塔工厂”以数字化能力和组织能力为两大转型基础，为技术创新和业务转型提供保障和支持。

### 着眼长远：“灯塔工厂”率先在可持续发展方面重点发力

“灯塔工厂”采用敏捷工作模式，坚持快速迭代、快速试错、持续学习、突破局限。他们深知员工技能提升是充分释放数字化转型潜力的关键，始终将员工培养列为重点工作。他们追求降本增效的同时，不忘践行绿色发展理念，利用新技术应对气候变化挑战，提升可持续发展能力。

### 勇敢前行：“灯塔工厂”的强光将照亮制造业的新格局

富士康、宝洁、施耐德电气、雷诺、强生等全球性公司旗下拥有多座“灯塔工厂”。由此可见，由单个“灯塔工厂”建设试点逐步向多个工厂铺开的大规模扩展方式很成功。而借鉴各个行业和地域“灯塔工厂”的成功经验和路径，其他制造企业能够充分释放自身的无限潜力。



叁

# 探秘身边那些“近在咫尺” 的“灯塔”



当前，全球经济形势错综复杂，人力资源、材料、能源、物流等成本不断攀升，加之新冠疫情的叠加影响，中国的制造企业面临着诸多严峻挑战。另一方面，也涌现出了一批强调自主创新，大力推进智能制造，全面拥抱数字经济的杰出制造企业，成为了“灯塔工厂”，他们向全世界展现了中国制造业极强的韧性。

以下遴选出国内部分“灯塔工厂”以及行业标杆，分享他们成功的经验，供更多企业学习参考。

## “灯塔工厂”之工业富联：从制造巨头到工业互联网平台的蜕变

工业富联发源于富士康——全球电子制造超级工厂。在工业4.0概念引发智能制造热潮之际，富士康的工业互联网构想初步成形。在“智能制造+工业互联网”双轮驱动战略之下，工业富联已成为一家能够提供智能制造整体解决方案的工业互联网公司。从制造巨头到工业互联网平台的蜕变，工业富联将告诉我们一个怎样的转型故事？

### 基于对制造服务的长期积累，灯塔工厂脱颖而出

工业富联持续追求制造工艺优化和精益创新。多年积累的模具、治具等精密工具的研制经验，为工业富联打造智慧工厂奠定了基础，工业软件的应用则打通“六流”（人流、物流、过程流、技术流、信息流、资金流），以数据驱动各个运营环节的价值协同。2019年，工业富联位于深圳的“柔性装配作业智能工厂”入选世界经济论坛“制造业灯塔工厂”网

络，作为智能制造的典范，成为全球首批16家“灯塔工厂”之一。

这也为富士康集团的数字化转型之路探明了方向，开始了以灯塔标杆为牵引的转型旅程。

2020年富士康集团完成了内部10座符合灯塔标准的工厂认证，并成为全球电子科技制造服务领域唯一拥有4座WEF“灯塔工厂”的企业，同时工业富联服务的中信戴卡也在今年成为“灯塔”新成员，这意味着灯塔引领的规模加速效应开始显现。工业富联推出的灯塔工厂整体解决方案，已经成功协助中信戴卡、敏实集团等各行业领军企业打造了灯塔标杆。并且，2021年工业富联又发起了灯塔领航者计划，携手“灯塔网络”成员及优秀的技术服务商将被成功验证过的数字化用例推广到更多制造企业，并在更多行业联合打造和发现新的灯塔。



## 灯塔转型五大核心举措



**转型核心举措一：打通业务流程的信息化平台,实现数字化六流(人/物/过程/金/讯/技术)管理, 以数据驱动各个运营环节的价值协同**

面向订单全生命周期管理, 实现客户订单的实时动态跟踪;  
面向供应链管理, 提高库存周转率, 减少停机待料频率;  
面向仓库管理, 优化仓库流程, 减少人员差错;  
面向生产过程监控, 实现可视、可追踪、高度柔性的生产过程监控。



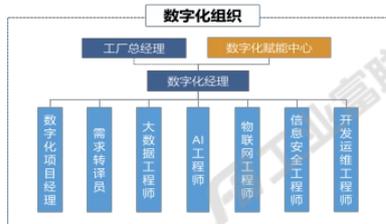
**转型核心举措二：SMT工厂自动化与智能化熄灯状态下的无人自主作业**

利用云端平台连接机器;  
生产第一线配有机器人无需特别配备工人, 实现无人值守的制造;  
配备基于人工智能的设备自动优化系统、智能自我维护系统, 减少60%的意外故障;  
使用人工智能自动测试, 减少50%的误判;  
基于物联网技术的喷嘴状态监控, 喷嘴寿命提高25倍。



**转型核心举措三：建设工业互联网平台软硬结合实现产业链协同**

IT与OT融合, 创新工业PaaS平台创新, 形成灵活扩展, 开发运营一体化的先进工业互联网平台, 加速富士康工业科技能力输出;  
实现安全连接, 打造高度安全的纵深防护体系, 为用户数据和平台运行提供全方位的安全保障;  
携手腾讯云, 基于“全集成”的服务理念, 利用自身丰富的制造知识、积累形成的完整产业生态, 构建工业互联网, 为产业全价值链、全要素数字化转型升级赋能。



**转型核心举措四：以敏捷组织为基础建设数字化组织**

数字化组织具有学习型组织和敏捷型组织的能力特征, 能够见“机”而行, 快速迭代, 为企业的战略实现持续服务。  
工业富联提出建设数字化组织, 帮助企业创造产生价值和保护已有价值的的能力。



**转型核心举措五：文化变革与持续人才培养**

打造“灯塔学院”与“工业互联网学院”, 产学研三位一体的学习平台, 从业务管理到技术应用, 提供理论、实训及专业场景的实践, 按照4P人才发展体系培养数字化人才, 赋能制造业文化变革与持续的人才培养。

## 工业富联“灯塔工厂”的转型成效

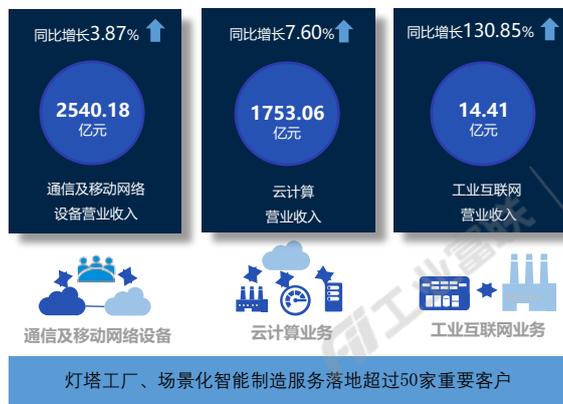


### 依托数字制造平台+灯塔工厂，打造灯塔集团

灯塔的价值在于指引前行之路。工业富联基于可复用的IT架构打造以数据贯穿内部运营流程的数字制造平台，基于全业务场景凝炼、整合灯塔工厂建设的五大核心途径，形成工业富联灯塔工厂规模化的快速复制能力。并且，依托智慧工厂顶层咨询规划的能力，工业富联帮助集团内企业打造智慧工厂。2020年10月，集团内部孵化、认证了10座智慧工厂。工业富联基于集团内智慧工厂的建设与运维服务，反哺解决方案，为走出集团、赋能行业龙头奠定基础。

### “智能制造+工业互联网”双轮驱动，构建平台型企业

工业富联提出“智能制造+工业互联网”双轮驱动发展战略，深度整合智能制造和工业互联网领域的软

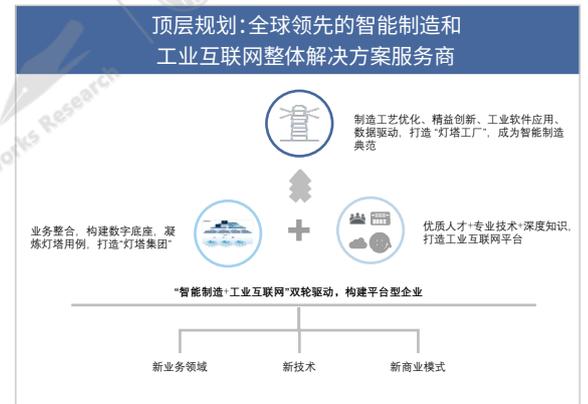


工业富联智能制造与工业互联网业务发展情况（2020年）

工业富联转型为平台型企业，基于自身的建设与内外部的赋能经验创新商业模式，以“灯塔工厂”的标准，形成包含软硬整合、顶层设计、管理运维的“灯塔工厂”整体解决方案，面向行业头部企业提供“灯塔工厂”咨询服务，切实帮助企业提质增效，进

一步打造竞争优势。通过数字化产品的制造创新，解决可制造性难题，实现更精密、更高效、更先进的制造技术；通过工业互联网助力更多产业创新和商业模式变革，给中国制造带来更多改变。

硬件要素，并基于优质人才、专业技术、深度知识的资源优势，打造跨行业跨领域工业互联网平台Fii Cloud，实现将制造系统和制造平台相结合，形成可对外服务的工业互联网平台能力底座，结合行业级和企业级应用对外进行科技服务，将解决方案能力拓展至全产业链以及电子、汽车、水泥、机械、医疗等垂直行业，基于应用场景不断开发新产品，不断完善端到端的企业数字化转型的解决方案。在致力于成为全球领先的智能制造和工业互联网整体解决方案服务商的愿景下，工业富联与超过400多伙伴建立深度合作的生态体系，为中国制造业数字化转型提供最佳路径。在不断打造行业级数字化转型道路上，协同区域政府和产业伙伴共同构建区域化科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新三重创新，实现地区人力培养、核心技术创新、资源共享融通的能力。



工业富联“智能制造+工业互联网”双轮驱动发展战略

一步打造竞争优势。

通过数字化产品的制造创新，解决可制造性难题，实现更精密、更高效、更先进的制造技术；通过工业互联网助力更多产业创新和商业模式变革，给中国制造带来更多改变。

## 中信戴卡：打造柔性、闭环的制造系统，实现全球一致化生产

中信戴卡是1988年中信集团创立的中国大陆第一家铝车轮制造企业，现已成为全球最大的铝车轮、底盘铝铸件供应商。同时，作为行业标准制定者，中信戴卡正积极建设智能化的生产管理平台，采用国际先进低压铸造、锻造、铸旋及差压铸造等技术工艺，生产轻量化的铝铸件产品及铝合金车轮，代表着世界汽车零部件加工的先进水平。中信戴卡一直坚持强化数字化建设促进效率提升，以实现集团内企业间高效协同、快速交付、品质保证与标准化。中信戴卡在全球拥有26个主要生产基地，遍及中国、北美、欧洲和非洲，对于每个制造基地生产的标准化、一致化是中信戴卡发展的重要内容之一。

### AI与平台的组合将海量数据转化为可全球共享的知识，推动中信戴卡高效协同和品质保证

面对全球客户的众多车型配套需求，以及不断向前发展的轮毂技术，中信戴卡积极开展新材料、新工艺研究，并不断提升同步开发的能力。基于为全球研发人员提供的协同研发平台，戴卡实现了跨时区7\*24小时无间断的全球协同设计、仿真与试验。通过AI+大数据技术的人工智能设计分析平台针对日积月累的海量产品数据进行处理，形成产品知识图谱，面向戴卡的全球研发机构共享，实现辅助方案寻优、轻量化设计与仿真，

以虚拟研发促进现实研发的效率提升。

质量是企业安身立命之本，对于行业领先者来说，质量更是拉开与同行差距的制胜法宝。围绕全集团质量和工艺水平提升的目标，戴卡利用AI、视觉检测、轮毂尺寸全数字化检测以及5G技术，打造了从质量到工艺的闭环。

质量是制造出来的。在机加工工艺提升方面，戴卡利用轮毂尺寸全数字化检测技术不仅实现了检测的自动化，而且通过检测尺寸数字化不断积累的加工数据，用以构建和优化刀补知识图谱，实现CNC机床自动闭环调优，形成质量闭环，提高一次成品率。同样的技术思路也应用于压铸质量的提升，已积累的X光片缺陷数据将形成全球统一标准，规避人为或产地因素导致的实际执行标准不统一的问题，实现X光检测的标准化。

数字化技术的应用变革了轮毂传统的设计与制造模式，数据驱动持续优化业务，帮助戴卡利用分散的资源构建全球共享的根因对策库，提高了协同效率与制造质量，帮助每个制造基地实现生产的标准化、一致化。而平台化技术与AI技术在轮毂制造场景的融合应用，也为中信戴卡未来赋能行业奠定了实践基础。



## 灯塔工厂建设五大核心途径



激光二维码自动识别、智能视觉识别以及工艺自动补偿、机器人及智能物流配送系统多种技术组合打造柔性的制造系统

### 最多的品种

14-24吋工艺自动切换, 32种颜色喷涂

### 最少的在制品

全混线生产, 零切换时间, 无在制品

### 最快的止损

状态全数字监控, 及时预警

### 最短的生产周期

洁净生产/烘烤分离



利用轮毂尺寸全数字化构建和优化刀补知识图谱, 实现CNC机床自动闭环调优

### 自动检测

机加尺寸的在线、快速、精准测量, 无需人员参与

### 智能刀补

智能分析尺寸不良根因, 模拟尺寸加工链,

自动计算最优刀补调整方案

### 自动闭环

调机参数自动解析和下发, 实现CNC机床自动闭环调整

### 持续学习

持续优化刀补知识图谱, 沉淀工艺经验



利用AI+视觉检测技术, 以及5G技术的融入, 实现全球X光智能评片与工艺闭环管控

### 智能评片

1000万张图片训练, 增强算法处理, 适应不同X光机

利用AI处理90%以上的评判工作

### 全球专家统一复判

通过国内5G网络传输、海外跨国专线传输X光片

### 缺陷趋势预警

将缺陷数据二次结构化, 建立缺陷与压铸的数学模型

### 调机远程指导

通过工业互联网平台下发调机指令或远程调机指导

打通现场层、工厂层、集团层, 构建数字化精益制造平台



### 数字化精益

实时全面的数据采集, 实现自动问题报警以及瓶颈分析  
数据驱动的持续改善闭环

### 制造协同

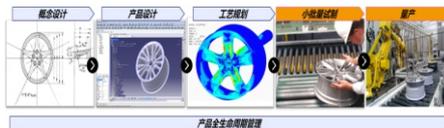
更关注现场人与人、人与设备的协作

整合分散资源, 提高现场协同效率

### 全球共享

利用数据积累构建统一的指标管理体系和共享的根因对策库

分岗位、分车间、分层级的模块化功能设计, 更易复制推广



利用人工智能设计分析平台AI+大数据技术的处理, 形成产品全生命周期知识图谱, 全球共享

### AI辅助方案寻优

深度学习图谱AI搜索, 助力快速方案策划

### 轻量化设计降本

数字孪生+AI实现自动化3D出图和结构轻量化

### 数字化仿真

全方位数字化工艺验证, 提高制造初期质量

## 中信戴卡转型成效

生产成本

↓ 33%

设备综合效率

↑ 21.4%

产品不良率

↓ 20.9%

交付时间

↓ 37.9%

## 敏实集团：借数字化之力打造面向QCD的精益企业

敏实集团以生产汽车内外饰件为主，经过30多年的迅猛发展，现已跻身全球汽车零部件的百强，生产工厂和研发中心遍布于亚洲、欧洲和北美洲。汽车零部件企业素来议价能力弱，价格受到主机厂的打压，而原材料成本却在不断上涨。因此，提高成本的管控能力和生产效率成为汽车零部件企业应对质量（Q）、成本（C）、交期（D）的首要课题。敏实集团利用数字化技术以产品研发、生产制造以及关键指标管控为突破口，提升成本控制能力、订单交付能力，以应对日益激烈的市场竞争。

### 以研发为龙头，打造面向QCD的产品设计模式

产品研发阶段决定了产品70%-80%的成本，涉及到用于制造产品的原材料选择、产品设计质量成本、产品设计造成的制造工艺性问题以及这些问题带来的返工和浪费等等。因此，敏实集团从研发设计端发力，升级产品研发体系，建立面向QCD的产品设计模式，采用DFM\DFQ\DFC设计手段，使得生产制造更

易于自动化，拦截设计过程中可能造成的可制造性问题，提高设计的质量、降低因设计缺陷造成的成本损失，从源头有效控制成本。

### 以成本和效率为导向，释放制造体系的潜能

面对众多整车厂的配套和高品质要求，敏实集团以精益制造为基础，攻关自动化、机器视觉、人工智能等技术在全制程的应用场景，数字化技术与柔性化技术结合，开发出11个应用案例，实现了高度的柔性自动化。柔性化产线引入了大量定制的自动化装备或生产辅具，以减少换模时间和人力，保证产品质量的稳定性。采用自动换模、载具智能存取设备，实现无人化作业，并提高现场的安全系数。对于复杂有变形的产品找出工艺共性，通过人机协作实现柔性化生产。通过不断推行精益和柔性化改造，使得生产成本的控制和个性化产品的交付能力不断跃升到新的水平。



项目	内容	价值
自动换模系统	模具仓储系统、换模台车及快速夹模系统	实现模具的快速更换 减少人力 作业安全性提升
模内热切或模外剪浇口自动化	模内将浇口热切去除或模外采用激光将浇口去除,并可激光打标	每台注塑机减少人力 节省修浇口时间 30 秒
修毛边及尺寸检测	采用智能视觉系统深度学习与机器人配合对产品修毛边及检测	换模时间缩短 减少人力 作业安全性提升
产品自动分拣	采用智能视觉系统与机器人配合对产品进行识别和分拣	提高分拣效率 减少人力 人均产值提升 1.8%
载具存取库	采用载具存储系统对不同载具进行自动配送与回收	实现更换的高度自动化 减少人力 作业安全性提升
涂装载具智能存取及自动更换	对载具实施数字化管理 利用 AGV 配送载具架, 自动上/下涂装线中的载具架	实现无人化作业
涂装件自动上下料	采用视觉系统配合机器人上/下涂装线中的产品,	实现无人化作业 减少人力 作业安全性提升 人均产值提升 2.7%
自动检测	智能视觉系统实施产品出货前检测, 自动判别和挑选不良品	减少人力 人均产值提升 1.8%
自动组装	针对具有共性的类似产品开发自动组装机, 进行多产品柔性生产	实现柔性装配 减少人力 降低一线人员劳动强度 改善一线人员作业环境
人机协作	对复杂的、有变形的产品找出工艺共性, 采用人机协作方式进行柔性生产	适度减少人力 适度降低人员劳动强度 改善一线人员作业环境
自动包装	规范和分类包材, 实施包装自动化、信息化	减少人力 降低一线人员劳动强度

### 以关键指标提升为驱动，推行全局精细化管控

围绕订单到交付全流程，敏实集团对标行业的最佳实践，面向生产、物流、供应链构建合理的关键指标体系，基于端到端的数字化贯通，利用实时的数据监控关键指标，通过指标的层层下探，发现问题，找

出决策因子，不断优化提升，保障决策的协同性、准确性和及时性，以数据驱动透明化的生产和供应链运营决策，实现全局精细化管控，进一步提升成本控制能力。

### 敏实集团转型成效



## 海鸥住工：推动C2M模式转型，打造住宅工业领域的标杆

海鸥住工成立于1998年，致力于建筑的内装工业化、定制的整装卫浴和全产业链的布局。主要提供高档卫灯洁具，陶瓷浴缸等定制整装卫浴空间产品服务。公司下辖18家分子公司，拥有9大制造基地，已经发展成为国内住宅工业化前沿与领军企业，公司正着力通过信息化和工业化融合打造新的住宅体验。

### 海鸥住工通过打造数据驱动的敏捷运营，满足消费者的定制化需求，实现从卫浴单品到C2M整装卫浴服务模式转型

随着中国住宅行业进入标准化、节能化时代，住宅项目从单体化装修进入住宅工业化进程。同时，房屋使用者对于更个性化与快速化装修需求增强，国内住宅装修供应商的业务模式快速转变，进入整装初期。供应商需要兼顾产品性价比的同时，提供更多个性化、人性化、环保化的产品。

面对市场需求和竞争，海鸥住工不断优化全价值链，通过信息化和工业化融合打造新住宅体验。以智能制造+工业互联网为指引，将大数据、云计算等新技术广泛应用于制造工艺和客户服务环节。通过更加精准的数字营销和贴近客户需求的柔性定制化方案、更加高效敏捷的集成供应链、卓越制造的智能工厂、数字化的产品和客户体验打造端到端全价值链运营体系，实现企业全面数字化转型。

定制化设计平台是连接客户的枢纽。海鸥住工通

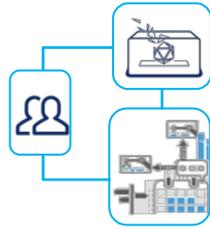
过定制化设计平台，将客户需求与工单信息互通。在工单的生产环节，通过集成供应链管理、卓越制造灯塔工厂，以及数字化客户体验等，对生产的状态、物料和生产交付的准时性进行精准追踪，提高用户的购买体验。基于该平台海鸥住工充分打通端到端的价值链，实现面向个人家庭的整装卫浴C端定制服务，也助力海鸥住工实现了业务模式的良好转型。

柔性制造是实现C2M的关键基础支撑。海鸥住工通过“云制造”控制平台，通过数据驱动柔性可重构的制造单元，通过边缘计算软硬件平台，从“端—边—云”三个层次，实现灵活分布式配置智能功能。通过这一矩阵式智能制造新模式，实现建筑部件的多品种、个性化和高弹性生产。

供应链协同是实现C2M的重要助推力。智能定制产品线对原材料、产线和产能的管理颗粒度更细。时效性也影响产品竞争力和客户满意度。因此，供应链上下游的同步与协同至关重要。海鸥住工通过集成供应链管理，打造数字化供应链，缩减成本的同时提高供应链运营效率。

海鸥住工紧跟时代发展趋势，积极拥抱数字化技术应用变革，将传统代工模式转型为C2M业务新模式，以用户需求为目标，打造新住宅体验，致力于成为住宅工业领域C2M模式转型领军企业。

### 关键应用案例：



**数字营销和数字化产品设计：**更贴近客户需求及更精准的营销触达

**定制化设计**

定制化设计平台实现客户需求与工单信息的互通

**透明化订单**

对生产状态、物料和生产交付准时性进行精准追踪

**精准营销**

深挖目标人群需求，着重精准营销策略

### C2M模式



**集成供应链：**更加高效敏捷的供应链运营及财务成本

**订单拆分**

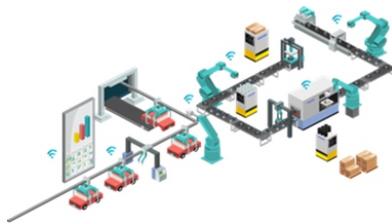
工厂借助智能定制订单平台进行任务调度、合理拆分

**自动协调原材料**

根据拆分后订单协调原材料，完成自动进入物流系统

**缩减成本**

C2M模式缩减了库存、物流、总销、分销环节



**智慧工厂：**更加卓越、更柔性的制造过程

**管理精细化**

MES系统导入，优化生产制造流程

机械手引入，提升自动化水平

借助数字看板，提高管理效率

**制造柔性化**

数据驱动的柔性可重构的制造单元

边缘计算软硬件平台实现灵活分布式配置



**数字化客户体验：**更精准的客户后市场服务及更优的客户体验

**提升客户体验**

AR/MR虚拟体验中心，提升方案采纳率和转化率

**增强服务敏捷度**

以微信小程序作为客户服务入口，建立客户数据档案

### 海鸥住工转型成效

生产效率  
↑ 30%

库存周转  
↑ 10%

产品良率  
↑ 8%

## 华润三九：创新驱动、提质增效、升级中药智造

华润三九医药股份有限公司是大型国有控股医药上市公司，主要从事医药产品的研发、生产、销售及相关健康服务。华润三九在“关爱大众健康，共创美好生活”使命的引领下，坚守“诚实守信，业绩导向，以人为本，创新发展”的价值观，践行“厚德诚朴、匠心做药”质量理念，履行社会责任，追求卓越绩效。十三五期间华润三九将“升级中药智造”作为重要战略举措，以“创新驱动”为着力点，以“提质增效”为目标，以“一纵一横”集成为实施手段，积极开展中药智造探索，并结合企业发展实际，循序渐进，确定了由自动化→数字化→智能化三步走的建设路径，打造“两化融合标杆示范单元”。

### 进行工艺优化升级，引入智能制造新技术，实现生产过程全自动化

采用机器人、智能传感器、视觉检测、AGV、人机协同等先进技术，实现配料、制膏、灌装、装盒、装箱、贴标、码垛、入库等生产过程的全自动化。其中配料制膏工序，采用固体物料自动上料，液体物料自动称量，实现批量扩大、物料投料、生产控制、清洁消毒、参数记录、含量监测全过程自动化；灌装工序采用先进灌装生产线，保障质量的同时提高生产效率。通过MES-SCADA-PLC实现软硬件控制系统互联，实现激光刻码信息同步设置；外包工序通过全自动装盒、在线检重、三维裹包，在线扫码、装箱码垛实现外包装全自动联线生产；通过拐角贴及图像识别实现自动扫码及三期校验；通过AGV配合WCS和WMS系统，实现包材按照生产节拍配送，成品自动入库，托盘自动流转。大大降低人员劳动强度，提高操作效率，减少人为失误，保证现场秩序。引入先进的

近红外光谱在线分析技术，通过数据建模，实现膏体多个含量参数的在线监测，并实现质量数据在线分析，为未来在线产品质量放行、连续生产做出积极探索。

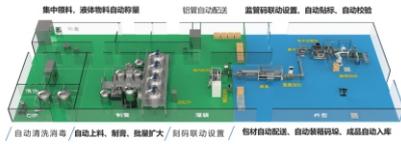
### 信息系统的纵向打通和横向集成

以SCADA为核心，实现从设备层到网络层到应用层的纵向集成，解决IT与OT断层的问题，打通信息孤岛，实现融合；同时，实现以MES为核心横向集成，MES、WMS、QMS、ERP等信息化系统互联互通，实现从生产计划下达、生产任务分解、生产指令下达、到物料请领、配送、称量到生产投料、包装、搬运入库、成本归集全部实现线上管控，共享原辅料、供应商、设备等主数据，统一录入口径，同时通过流程标准化，规范人员操作行为，使用流程节点触发制造过程可控，可跟踪。使药品生产更加规范、可控、高效。

### 结合精益理念，打造基于数据驱动的智能运营平台

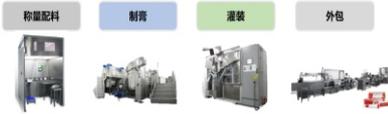
华润三九结合精益生产理念，通过两化融合建设，改变原来传统的生产管理方式，依靠先进的信息技术、通讯技术、物料网技术实现穿透管理，对生产状况实时掌握，快速响应，并通过生产大数据累积、分析，不断改善生产运营水平，形成新型生产运营管控能力。通过对质量、工艺、设备等过程数据进行实时采集、自动统计分析，可为MES系统为中心的信息化系统提供数据基础，同时为车间实现精益改善、工艺质量优化、设备预防性维护提供数据支撑。最终以可视化的方式指导生产运营改善，做到以数据驱动质量、效率、成本的改善与提升。

关键应用场景：



厂房布局优化

厂房布局精益化设计：设备模块化设计，尽量缩短物料输送管路，减少残留；合理安排人流物流，减少搬运浪费，避免交叉污染。



生产工艺优化

重构工艺流程，匹配配料模式优化及设备自动化，实现中间品全自动配制；制膏单次处理批量扩大50%，提高批生产效率。配料方式优化，减少次数提高效率；较大宗原辅料自动上料，并实现密闭投料，液体物料在线称重自动投料、打通全流程阶段性连续化生产。



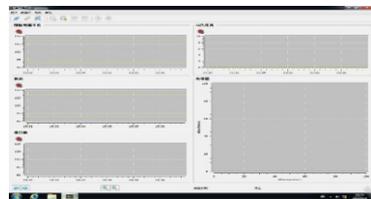
自动化升级

配料制膏全过程采用主CPU+子模块协同控制，配合称量模块和智能传感器，实现生产配方自动调用和运行，液体物料可在线称重和自动投料。包装工序引入工业机器人，完成小盒自动装箱和大箱的自动码垛，实现全自动联线生产。成品通过视觉检测技术，实现打印信息的自动复核和不合格品的自动剔除，合格品经AGV小车自动入库。



洁净室环境合规节能管控

硬件上有二次回风、双表冷和蒸汽热盘管等节能设计，软件上基于EMS温湿分控空调系统，结合温湿度、压差智能传感器、通过PID比例调节和VAV变风量调节，实现房间温湿度、压差在线监测与自动控制，数据超限报警，历史数据自动存档和备份。



关键质量参数在线监控

引入PAT技术，基于近红外光谱仪实现膏体含量在线检测、数据接入SCADA系统，可实现生产过程工艺趋势监控，生成工艺指纹图谱，监督生产全过程，降低质量风险；结合含量在线监测及PLC控制参数，可进一步指引产品工艺优化及能耗改善。



系统横向集成和纵向打通

实现以MES为核心横向集成，MES、WMS、QMS、ERP等信息化系统互联互通，优化业务流程，提高效率；以SCADA为核心的设备层到网络层到应用层的纵向集成，打通信息孤岛。



生产数据采集与分析

利用IOT技术，连接底层设备，实时采集并形成数据仓库，采用大数据挖掘，开发数据分析模型14套，有效支持精益生产管理、指导工艺参数优化和设备运行维护管理，支撑工厂卓越运营。

华润三九标杆车间转型成效

产能利用率

↑83%

人均产值

↑75%

单位成本

↓14%

年产量 (件)

↑94%

肆

# 驱动“灯塔”工厂数字化转型的关键技术与趋势



云计算、大数据、移动互联网、物联网、人工智能等新兴信息技术与制造业的深度融合，正在引发对制造业研发设计、生产制造、产业形态、商业模式、业务运营、决策方式、组织形态、企业文化等方面的深刻变革。根据对全球90家“灯塔工厂”变革案例及亮点分析，数字化、自动化能力的提升是普遍建设的方向，企业通过实现设备的互联互通，结合工业软件的应用，实现IT/OT融合。此外，通过新一代信息技术与制造的融合，将数字化技术广泛应用于工厂运营中，也是“灯塔工厂”不断变革与创新的重要途径。

## 人工智能加速制造业场景落地

人工智能技术近年来用于语音识别、视觉识别、智能驾驶等诸多领域，也延伸至制造业的生产与服务中，提升生产管控能力，创新运营模式。

--引导机器性能的优化，将各领域各环节的经验、工艺参数和模型数字化，形成全生产流程、全生命周期的数字镜像，并构造从经验到模型的机器学习系统，以实现从数据到模型的自动建模；

--驱动生产过程管控，协助建设深度感知智能生产系统，使生产系统具备敏捷感知、实时分析、自主决策、精准执行、学习提升等能力，使设备状态自感知、自诊断、故障预警，全面提升生产效率和管控能力；

--协助产品设计和测试，智能化诊断产品质量，实时地调整生产过程参数，减少产品缺陷，显著提高产品质量；

--通过云端连接或将训练好的人工智能系统封装到产品等方式，赋予产品智能化响应外界变化和用户需求的能力。

在物联网、大数据、云计算等技术的驱动之下，人工智能技术不断发展，尤其是人工智能与大数据分析应用正加速在制造业的落地，产品、质量、运营、能耗等都可以通过人工智能和大数据分析算法进行分析。

工业富联

—  
全球X光智能评片

边缘侧AI自动化、标准化完成毫米级缺陷识别，AI人工智能处理90%以上的评判工作，1000万张图片训练；高维特征模型深度学习；增强算法处理，适应不同X光机。

海尔青岛工厂

—  
互联工厂智慧服务云平台

以人工智能主导转型，包括搭建从用户下单、智能生产到用户体验迭代的大规模定制平台和远程人工智能技术支持的互联工厂智慧服务云平台。

丹佛斯天津工厂

—  
基于AI机器视觉的检验系统

质检工位基于人工智能机器视觉的检验系统，以零误差率完成每一次高精度的部件质量检验。

### “灯塔工厂”人工智能相关应用

人工智能化质量管理体系	▼	57%	客户投诉
基于 AI 的产品质量优化	▼	80%	废品率
基于人工智能的视觉检测	▲	70%	劳动效率
	▼	100%	瑕疵率
用深度学习图像识别探测质量瑕疵	▲		成本规避
基于人工智能的自动化控制	▼	60%	质量偏差
	▼	10%	意外事件导致产品降级
人工智能赋能的光学检测	▼	55%	检测成本
	▲	5%	产量
	▼	92%	手动检测
	▼	15%	客户投诉
	▼	80%	每十亿部件缺陷率
	▼	50%	贴片印刷偏位率
	▼	33%	不良率
	▼	55%	客户抱怨
人工智能赋能的安全管理	▼	80%	不安全行为
基于 AI 的图像识别	▼	50%	成本收益损失
基于 AI 的原材料选择	▼		原材料成本
	▲	21%	产量
用人工智能引导机器性能优化	▼	50%	逸散排放
	▲	100%	生产能力
用人工智能加快整个船队规模化实施数字化的速度	▲	60 倍	生产效率
基于人工智能的 BOF 温度控制	▼		成本
用人工智能模型预测和控制硅	▼	33%	质量变动
部署 AI 驱动的动态流程控制模型	▲	10%	产量
人工智能赋能的物料处理系统	▼	22%	瓶颈工具闲置时间
	▲	50%	研发技术转移的速度
	▼	20%	非计划停机
	▲	20%	半成品
	▲	40%	过程能力
	▼	30%	保修索赔
	▼	95%	质量不良率
	▼	21%	转换成本
	▲	35%	客户满意度
	▼	11%	能源强度
人工智能赋能过程控制	▲	75%	劳动生产率
	▲	31%	机器效率
	▼	12%	维护成本
	▼	3%	报废成本
	▼	95%	产损率
	▲	23%	数控设备综合效率
	▲	92%	预测效率
	▲	10%	研发周期效率
	▼	50%	误判下降
	▼	50%	交付不含
▼	66%	产品开发时间	
▼	67%	合同团队规模	
▲	10X	扩展速度	
利用大数据/人工智能的产品设计和测试★	▼	50%	研发周期
	▼	40%	库存成本
	▲	35%	月度销售

★：打通端到端价值链 其他：单个工厂内部

## 新技术与工业互联网广泛融合

互联网带宽的增长，传感技术的发展，计算和存储能力的迅速提升，IT架构向组件化和微服务转型将带动工业互联网的广泛应用。5G与人工智能、大数据、云计算、边缘计算、AR/VR等技术相结合，全面应用到工业互联网的各核心环节，在不同行业形成多个应用场景。

--对工厂的设备和已销售的高价值产品进行远程监控和预测性维护；

--通过对物联网采集的数据进行分析，帮助企业分析各类设备或产品的状态，实现对异常状态的预警或报警，从而实现预测性维护，避免非计划停机；

--通过对运输车辆的数据采集，可以掌握车辆运行的位置，以及运输货品的状态，实现制造商、第三方物流和货主的信息交互，实现运输资源的充分应用；

--用于对污染物的监控、对无人值守的设备、对石油管道的远程监控和故障诊断等。

美图科技	— 物联网和分析平台集成	美图科技的大批量先进半导体存储器制造厂开发了集成物联网和分析平台，确保可以实时识别制造异常，同时提供自动化根本原因分析。
福田康明斯	— 打通端到端全生命周期数据	福田康明斯通过物联网及人工智能技术，打通端到端全生命周期数据，从设计、生产直至后市场服务。
工业富联	— 工业PaaS平台创新	进行工业PaaS平台创新，形成灵活扩展，开发运营一体化的先进工业互联网平台，加速富士康工业科技能力输出。

## “灯塔工厂”物联网相关应用

基于物联网技术的设备运行监控	▲	90%	对标 OEE
基于物联网技术的喷嘴状态监控	▲	25 倍	喷嘴寿命
通过物联网进行预测性维护	▲	7%	OEE
通过物联网进行能源管理	▼	10%	能源成本
用先进的工业物联网技术优化流程	▼	1500 万美元	材料和质量成本
基于物联网的制造质量管理	▼	90%	生产质量瑕疵诊断时间
数字化和物联网能源管理系统	▲	27%	OEE
控制系统的物联网基础设施	▼		能耗和成本
基于物联网的制造系统	▼	4000+	从铁路交通管理到钢厂流程控制等各种应用程序
生产网络（包括代工厂商）的实时可视化	▼	10%	材料成本
基于工业物联网的先进流程自动化	▼	50%	材料隔离时间
基于工业物联网的智能工厂	▼	两位数	成本
使用工业物联网和高级分析提升良品率和产量	▼	22%	报废
工业物联网实时能源数据汇总与报告仪表盘	▲	4%	良品率
以先进工业物联网应用于流程优化	▼	15%	能源消耗
物联网使描述性分析增强员工之间的互联	▲	15%	天然气产量
物联网赋能的制造质量管理	▲	5%	OEE
物联网赋能的安全管理	▼	99%	质量警报时间
高级 IIoT 应用于过程优化	100%		员工安全覆盖
基于工业物联网实时传感器的数据聚合，用于能源、废气排放、废水和水的管理	▲	8.5%	溅射 OEE
	▼	10%	每年能耗
	▼	16%	每名员工节能
	▲	30%	工厂管理控制系统能源效率

★：打通端到端价值链 其他：单个工厂内部

## 增材制造成最受关注的颠覆性技术之一

自1986年首家增材制造公司3D Systems成立以来，由于其能快速制造出各种形态的结构组织，对传统的产品设计、工艺流程、生产线、工厂模式、产业链组合产生深刻影响，成为了制造业最具代表性和最受关注的颠覆性技术之一。

--航空航天领域，增材制造由于其独特的应用优势，可满足高精度、复杂形状、小批量的生产要求，正在成为此领域中广泛使用的技术；

--汽车领域，增材制造在汽车的开发、设计、制造和销售过程中发生了巨大变化，实现更安全的轻量

化设计、更低的成本、更短的开发与制造周期等；

--在生物医疗领域，增材制造不仅仅局限于假肢、植入物和医疗模型，也可以利用此技术制作微型工具，进行精确和复杂的手术，降低风险。

当前，世界各国都在积极推动增材制造技术的研究、开发与应用，随着材料的多样化，软件深入应用以及增材制造设备的发展，增材制造技术还将广泛应用各行各业产品开发，以及企业从批量生产到个性化定制的转型，特别是在个人消费品领域彻底颠覆传统的制造方式。

Rold	— 快速设计原型	意大利Rold公司通过3D增材制造快速设计原型，缩短了新产品推出后的上市时间。
欧洲某消费电子产品制造商	— 打造一体化的数字化制造能力	为了解决新产品上市速度过慢的问题，该公司创办了一家新公司，生产可完全定制化的产品，它构建了一个增材制造生产网络，打造了一体化的数字化制造能力，确保制造业务的快速规模化。

### “灯塔工厂”增材制造相关应用

增材制造 3D 打印	▼	25%	销货成本
	▼	60%	周期
	▼		上市时间
增材制造（3D 打印）★	▼	40%	交付时间
通过 3D 打印快速设计原型	▼	89%	上市时间

★：打通端到端价值链 其他：单个工厂内部



## 数字孪生探索“杀手级”应用

数字孪生并不是一种单元的数字化技术，而是在多种使能技术迅速发展和交叉融合基础上，通过构建物理实体所对应的数字孪生模型，并对数字孪生模型进行可视化、调试、体验、分析与优化，从而提升物理实体性能和运行绩效的综合性技术策略，是企业推进数字化转型的核心战略举措之一。数字孪生技术在各个行业有广泛的应用场景。其中，在制造业的典型应用包括：

- 产品的运行监控和智能运维；
- 工厂运行状态的实时模拟和远程监控；

- 生产线虚拟调试；
- 机电软一体化复杂产品研发；
- 数字营销。

数字孪生迅速成为热潮，源于数字化设计、虚拟仿真和工业互联网（工业物联网）等关键使能技术的蓬勃发展与交叉融合。目前，围绕数字孪生技术的讨论更多地还集中在概念探讨阶段，我国制造企业真正开展的实际应用还处于初期阶段，但可以明确的是数字孪生可以为企业带来实实在在的价值，只是在现阶段还需要在产品运维和工厂运行监控等领域找到自己的“杀手级”应用。

上汽大通

— 汽车的定制化服务

客户可以使用网络应用程序定制和下单，随后便可以追踪生产状态，这得益于该公司根据客户订单需求，使用3D仿真和数字孪生技术实现汽车的定制化。

MODEC

— 数字孪生运用于冶炼工厂

将高级分析运用于预见性维护，将数字孪生运用于冶炼工厂，借助专有数据平台加速开发，并在油船上大举利用新算法。

## “灯塔工厂”数字孪生相关应用

数字孪生规划	▲	13%	产能
	▼	32%	HVAC 能耗
数字孪生技术支持的可持续发展	▲	19%	能效
	▲	5%	发电量
可持续发展的数字孪生	▼	38%	能源
数字孪生	▼	65%	运营第一年的停机时间
生产中使用数字孪生	▼	35%	筹备周期
	▲	8%	效率
用于远程生产优化的数字孪生	▼	6%	库存
使用数字孪生进行柔性生产	▲	900%	上市速度
用于生产优化的数字孪生	▲	23%	轻质催化瓦斯油产量
可持续性的数字孪生	▼	3%	年度二氧化碳排放吨数
数字孪生工厂网络 ★	▼		生产周期和成本
用 3D 数字孪生来开发和测试产品 ★	▼	30%	新产品开发时间
用数字孪生模拟客户系统 ★	▲	70%	检验效率
	▲	25%	上市速度
	▼	38%	生产周期
用于产品设计和测试的 3D 仿真/数字孪生 ★	▼	50%	研发前置时间
	▼	70%	产品开发

★：打通端到端价值链 其他：单个工厂内部

## 通过数据挖掘和优化分析支撑决策与业务

工业大数据具有更强的专业性、关联性、流程性、时序性和解析性等特点。当前，工业大数据已成为智能制造与工业互联网的核心，其本质是通过数据挖掘和优化分析，帮助企业发现价值缺口、发现和管理不可见的问题、实现无忧可控的生产环境，以及更好地为用户提供定制化的产品和服务。

当前，工业大数据的应用主要集中在两个方向：

--通过对自身产品或设备运行状态的监测，为客户提供运维管理、运营优化等服务，提升企业服务质量；

--通过对生产过程中全部机器设备的运转情况进行监测，开展对设备的健康评估、性能预测和故障诊断，

最大程度地降低非计划停机率，帮助提升企业在生产运营中的产能与效率。

工业大数据是推进工业数字化转型的重要技术手段，需要“业务、技术、数据”的融合。这就要求从业务的角度去审视当前的改进方向，从IT、OT、管理技术角度去思考新的运作模式、新的数据平台、应用和分析需求，从数据的角度审视如何通过信息的融合、流动、深度加工等手段，全面、及时、有效地构建反映物理世界的逻辑视图，支撑决策与业务。

博世汽车无锡工厂

核心工艺环节应用大数据分析

通过构建一套工业物联网框架，在信息上链接所有新装的设备状态传感器和切削工装，将数据可视化，利用日益强大的数据分析（包括诊断性分析、预测性分析和规范性分析）来生成个性化的报告。

青岛啤酒

大数据赋能产品设计和测试

面对消费者日益攀升的个性化、差异化和多元化需求，采用了新型商业模式，在整个价值链上下游重新部署了智能数字化技术，其中大数据被用于赋能产品设计和测试。



### “灯塔工厂”大数据相关应用

机器人运行数据分析	▼	9%	每年机器人故障
	▲	4%	交付精度
用于远程生产优化的分析平台	▲	70%	出厂质量
	▲	2%	柴油产量
预测分析进行能源优化	▼	8%	二氧化碳排放量
设备故障先进分析	▼	50%	故障
数据分析和预测性维护	▼	25%	冲床意外停机
资产预测分析	▲	2%	能源效率
预见性维护汇总设备和流程数据	▲	30%	工具寿命
对关键电机进行预见性维护		10 万美元	成本节约
用先进数据分析提高机器性能	▲	10%	OEE
通过预见性分析优化能源	▼	2% - 7%	能源 (燃气、蒸汽)
预见性分析技术支持的数字化维护系统	▲		组件寿命
识别偏差问题根源的分析平台	▼	34%	OEE 计划外停机
偏差根源识别分析平台	▼	80%	流程故障
基于历史和传感器数据的预见性维护数据整合	▲	17%	设备综合效率
	▲	13%	设备综合效率
质量偏差先进分析	▼	80%	偏差
焊接质量预测	▼	50%	减少补焊
利用高级分析进行质量监控	▼	30%	确定现场质量问题用时
	▲	30%	机器寿命
通过预测分析提高质量监控	▲	2%	息税前利润
	▼	40%	废品
	▼	15%	不良率
	▲	80%	检验精度
用于良品率管理和问题根源分析的分析平台	▼	20%	新产品上市时间
用于远程质量优化的高阶分析平台	▲	13%	流程质量
通过大数据分析在线机器人优化周期时间	▲	10p.p.	OEE
	▼	32%	维护成本
基于历史和传感器数据的预测性维护聚合数据	▼	60%	装配过程 质量偏差
	▼	20%	计划外的维修
	▲	2.3%	瓶颈机床 OEE
使用高级分析预测供应商的材料质量	▼	40%	质量事件
	▼	41%	报废成本
高级分析支持的市场洞察	▼	75%	创新提前期
通过高级分析优化生产计划	▼	55%	生产周期
远程生产优化的分析平台	▲	7%	OEE
	▲	18%	测试能力
利用大数据分析的供应风险预测 ★	▼	32%	采购材料成本
现场质量故障整合、优先级排序和高级分析的解决问题方式	▲	43%	两年内年度回报率
通过大数据分析生产线 plc 进行生产周期时间优化	▲	24%	SMT 贴片性能
	▼	20%	碳排放
高级分析支持的可持续性优化	▼	18%	单位能耗
	▼	37%	单位能耗
高级数据分析平台 ★	▲	95%	直通率
大数据/人工智能赋能的产品设计和测试 ★	▼	50%	研发周期

★：打通端到端价值链 其他：单个工厂内部

## 智能化工业机器人成未来主要发展方向

工业机器人在制造业中的优势主要体现为自动化、高效率和安全性。随着工业机器人在现代制造业发展过程中的价值越来越突出，多机器人协同、人机共融机器人、复合式工业机器人、云化机器人（或工业机器人云平台）都是未来工业机器人的主要发展方向。

### “5G+云计算”催生更多新场景

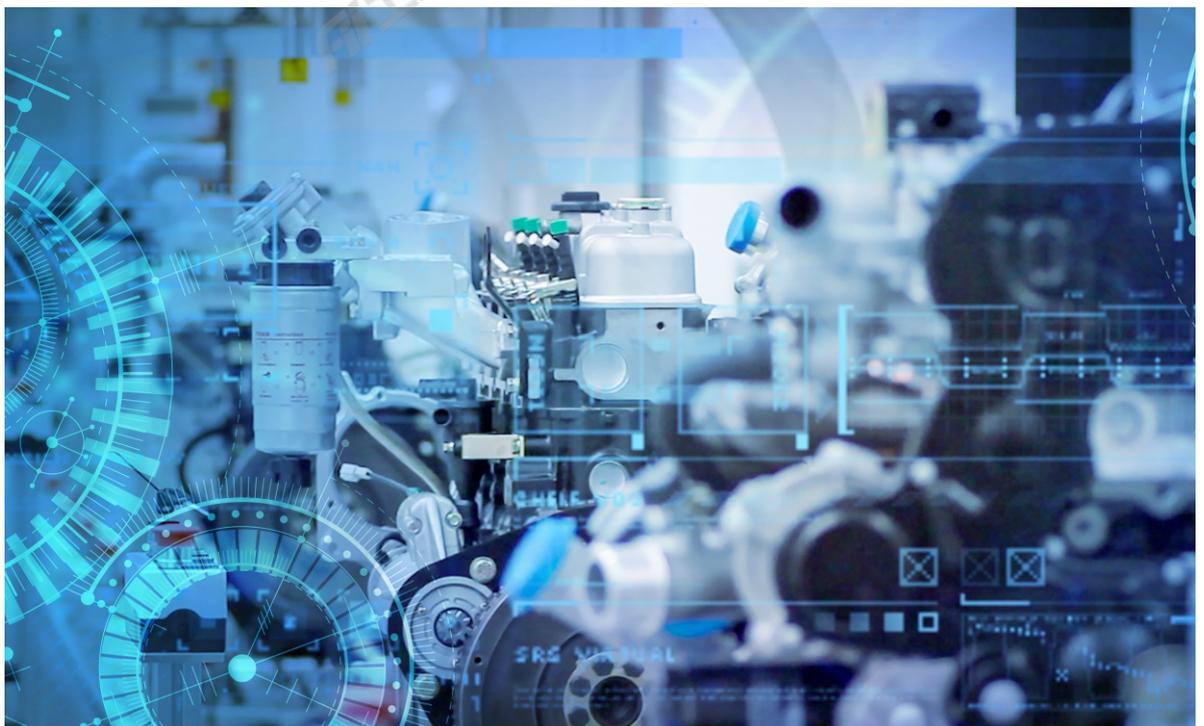
随着5G技术的深入，势必会出现瘦终端、宽网络和大云端，更多需要强大算力、海量存储的应用将在云端兴起，5G也将为云端和终端之间的连接提供强大的支撑，为工业互联网、大数据、人工智能、AR/VR、机器视觉、机器人应用等提供重要的技术支持。

### 绿色制造助推节能减碳的技术变革

在百年未有之大变局的2021年，一场广泛而深刻的经济社会系统性变革正加速推进。中国在“碳达峰”、“碳中和”双碳目标的大背景下，越来越多的企业以“数字能源”赋能企业节能减碳，通过定制化部署

数据采集、网络连接、群控、云计算和AI等核心技术，建立厂域能源管理中关键数据的采、传、存、管体系，打破设备管理“信息孤岛”，实现能源信息的实时互通，再通过可视化管理平台及远端中央监控等技术，整合了水电气、消防、安全、环保等厂务系统，帮助企业挖掘潜藏节能空间，达成提质增效，节能减碳的目标，最终实现可持续发展。

总体来看，除了上述典型的技术应用外，“灯塔工厂”还大规模应用了云计算、机器人、5G等前沿技术，来打通端到端价值链。但仅仅应用技术完成数字化改造，远称不上“灯塔工厂”，而是需要通过一系列关键技术的赋能，实现商业模式、产品研发模式、生产模式、质量管理模式和消费者服务的全方位变革，让产业链的链接形式随着消费者需求灵活变化，这样才称得上是“灯塔工厂”。



伍

# 破局数字化转型，打造面向未来的“灯塔”企业





亨利·大卫·梭罗曾经说过：“灯塔是所有目光的焦点”。每当进入未知的领域，人们总会聚焦目光，在黑夜中点亮象征意义的灯塔，成为后续探索的指向标。从2018年世界经济论坛携手麦肯锡启动全球“灯塔工厂”网络项目开始，中国“灯塔工厂”数量不断增加，看到他们在各自行业中取得了实效，越来越多的中国企业由观望转变为投入转型升级，这颗“灯塔”的“种子”也在广大企业心中生根发芽。

根据调查显示，制约企业数字化转型的因素主要包括专业人才不足、技术能力缺乏、管理与流程原因、观念认识不清晰、无成功案例借鉴、转型方向不明等等，聚光灯下的“灯塔工厂”们给出了答案，他们本着开放的心态，接纳专业的服务咨询团队，深入应用数字化技术，借助自身及外部力量重塑数字化组织，并将自己的光（应用案例）照亮了更多制造企业数字化转型的前行之路。但“灯塔”并不是终点，而是要借鉴更多成功的方法、路径加速整体产业乃至整个中国制造数字化转型的进程，打造面向未来的灯塔企业。

### 企业数字化转型 制约因素

- 管理与流程原因 29.7%
- 观念认识不清晰 27.0%
- 无成功案例借鉴 25.7%
- 转型方向不明晰 25.7%
- 企业文化因素 19.6%

53.9%

52.1%

36.3%

### TOP 3



专业人才不足



资金投入有限



技术能力缺乏

## 如何“点亮”企业灯塔？

“灯塔工厂”的经验证明，四种独特的技术能力是决定技术实施成功与否的关键因素，即：战略能力、可扩展的物联网基础架构、重视能力提升、员工的积极参与。此外，生产系统创新和端到端价值链创新是帮助灯塔企业适应工业4.0的两条主要“扩张路径”。但企业的数字化转型并非是简单的运用数字化技术就能达到目的的，而是需要站在战略的高度，结合具体的企业现状、需求等制定有效的实施路径来稳步推进的，从局部扩展到企业、集团全局，乃至整个价值链。

根据工业富联对内打造和对外服务多家“灯塔”

经验，我们认为在客户需求、产业政策、竞争环境、颠覆性技术的驱动下，构成中国制造业转型升级的核心要素包括“三大抓手”及“两大基本点”、“三大抓手”即卓越运营体系、全场景客户价值和业务模式；“两大基本能力”即数字化能力和组织能力。工业富联借助于“智能制造+工业互联网”的双轮驱动，提出从商业模式、价值链协同、关键技术突破、数字化组织与人才这四个方面的解决方案，驱动制造企业“点亮”灯塔。



三大抓手及两大基本点构成中国制造业转型升级的核心要素



三种抓手的灯塔工厂实施路径

具体而言，成为“灯塔”，实现数字化转型有如下主要路径：

## 以“卓越制造”为指引从灯塔工厂到灯塔企业

对于很多制造企业，特别是中小制造企业而言，数字化转型面临“不会转”、“不能转”、“不敢转”和成本高共性问题，经验不足、技术资源的匮乏、方法欠缺成为迈不过去的坎。因此，制造企业要推进数字化转型，必须明确数字化转型战略，制定数字化转型规划，然后实现规划的落地。制定数字化顶层规划需要把握精益化-自动化-数字化-智能化的主线，以不损失效率为前提，追求极致的精益，提升柔性自动化能力，推行全场域互联透明，实施以价值为导向的智能化应用。因此，企业智能制造能力的诊断评估、端到端制造体系规划与设计能力、卓越制造转型规划能力都是构建数字化规划的关键。

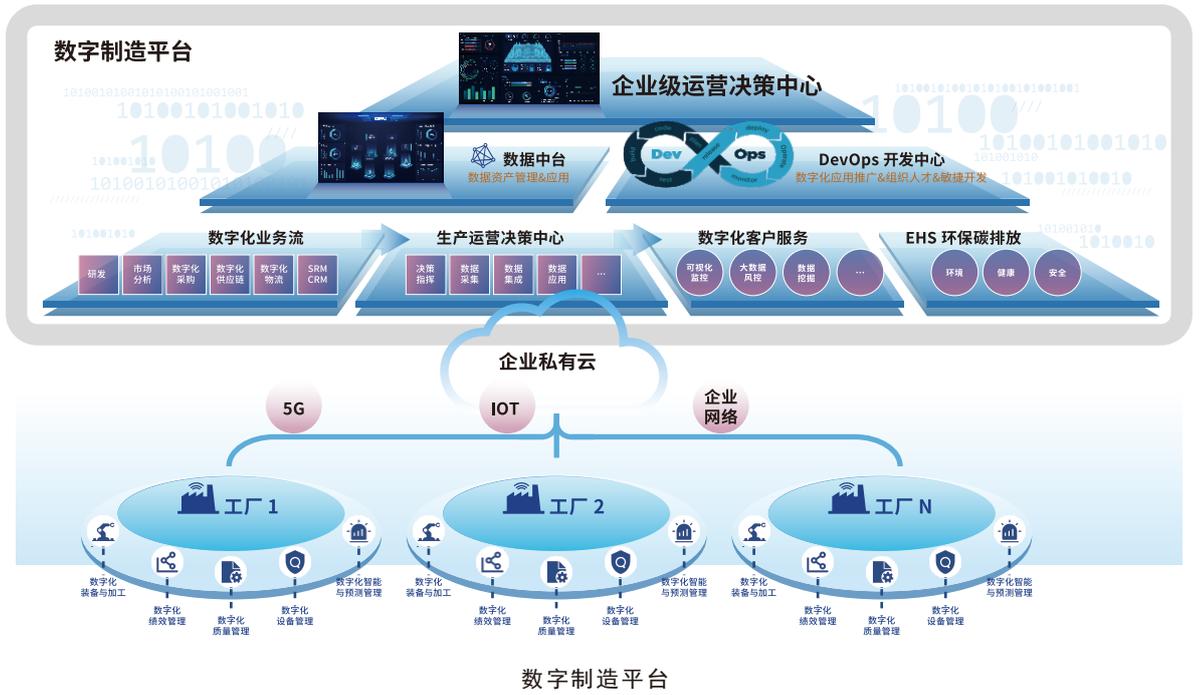
凭借着深厚的制造积累和大胆的数字探索，工业富联成功打造了WEF世界首批灯塔工厂，完成了厂域级单点应用与集成建设，而后这一套能力很快在富士康各个厂区得到复制，随即孵化了10座内部“灯塔

工厂”。在此基础上，工业富联将这些能力与服务整合，针对集团化企业打造了“灯塔工厂+数字制造平台”的新方案模式，并赋能8个行业（电子、汽车、机械、制造、能源等）龙头企业，推进“灯塔工厂”建设，工业富联探索“规模化打法”，通过数字制造平台助力集团型企业实现从灯塔工厂到灯塔集团发展，跨越单点应用实现规模化效应。

这也意味着，工业富联已经成功地建立了一套灯塔工厂的孵化体系，在未来更大的蓝海中与更多的企业一同实现数字化转型的宏伟蓝图，从厂域级单点应用与集成、数字化平台到规模化应用，打造了一条灯塔工厂（单厂域、系统）——灯塔企业（灯塔+平台）——产业/区域集群（智造谷）的规模化应用之路。目前，基于区域工业互联网平台赋能，工业富联的智造谷模式已在衡阳、晋城和佛山三处落地。其中，佛山智造谷则主要立足粤港澳大湾区，依托“灯塔工厂”示范引领地方产业发展，重点建设“一中心一基地两院”，最终将佛山智造谷建设成集生产、示范、教育、科研、科普于一体的大湾区灯塔工厂。



灯塔工厂全场景方案



数字制造平台

### 以“全场景客户价值”为导向打通端到端价值链

以客户为中心，创造客户价值的最大化是企业数字化转型的重要指标。通过业务全面服务化，构建开放合作的价值模式，快速响应、满足和引领市场需求，最大化获得价值效益，来加速业务体系和业务模式的创新，推进企业传统业务的转型升级。全场景客户价值是围绕客户全场景需求，定义新的产品和服务价值点，同时依托企业端到端价值链的数据打通，实现针对客户需求的敏捷响应与产品的服务化运营。不同类型的企业需要重点关注不同的价值链优化，如供

应商到市场投放的价值链，企业管理到售后服务的价值链，研发到消费者的价值链等。

常见的全场景客户价值导向的灯塔设计框架包括：以订单为主线，面向终端消费者，在电商经济的影响下面临短交期压力；通过以订单全生命周期为主线的动态优化实现精准计划、柔性生产、快速配送；以产品为主线，面向企业客户，产品定制化程度高，并且客户在产品质量和售后服务方面要求较高，通过产品全生命周期管理实现敏捷研发、产品质量保证和持续性的后市场服务。



以客户价值为导向的业务模式创新加速企业数字化转型

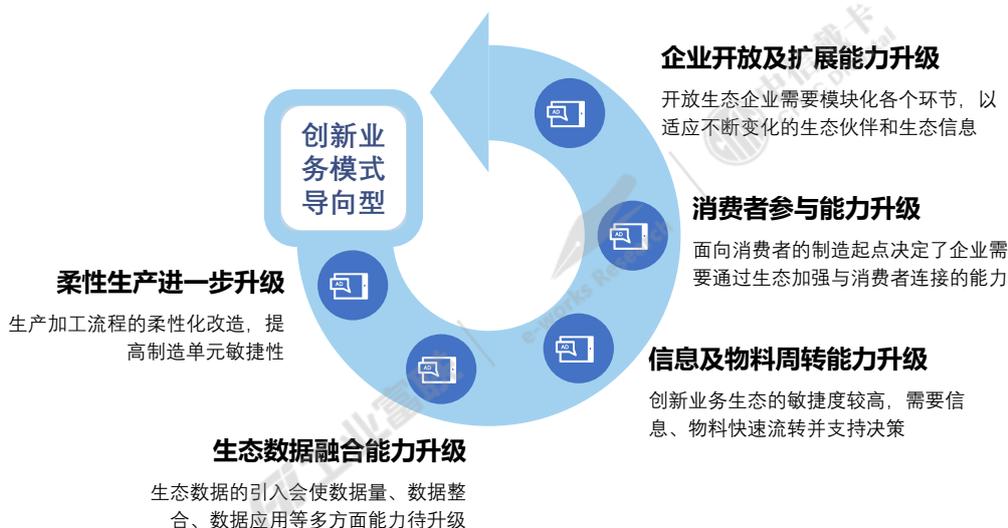
## 以“创新业务模式”为契机革新商业模式

技术的进步和全球化意味着更多的商机，也意味着更多的威胁。因此，企业的管理者们通常将业务模式的创新放在与产品/服务/市场创新和营运创新放在同等位置。相较于产品和服务的创新，业务模式的创新包含业务的扩展、提供产品和服务的方式等各个方面，典型的业务模式转型包括：智能化生产、网络化协同、服务化延伸和个性化定制。

创新业务模式下企业本身需要形成以C端消费者为出发点的生态协作模式，这对企业的敏捷度、柔性度、开放度、智能决策度都提出了更高的要求。具体

来说，需要柔性生产进一步升级、生态数据融合能力升级、信息流转决策能力升级、物料周转能力升级、企业开放及扩展能力升级。

创新业务模式将不仅仅依赖于技术的创新，如物联网的广泛应用、工业互联网平台的搭建、系统集成和融合技术的成熟，更多需要依赖于生态的构建，生态内数据资产共享、保护、服务利益分配等一系列问题亟待解决。如工业富联通过构建工业互联网平台和生态，打破传统供应链的上下游纯买卖关系，将生态伙伴绑定一体成为新的供应方为终端客户提供敏捷的、创新的、高效的、全面的服务。



创新业务模式导向型灯塔工厂

## 以“数字化应用”为重点夯实数字化基石

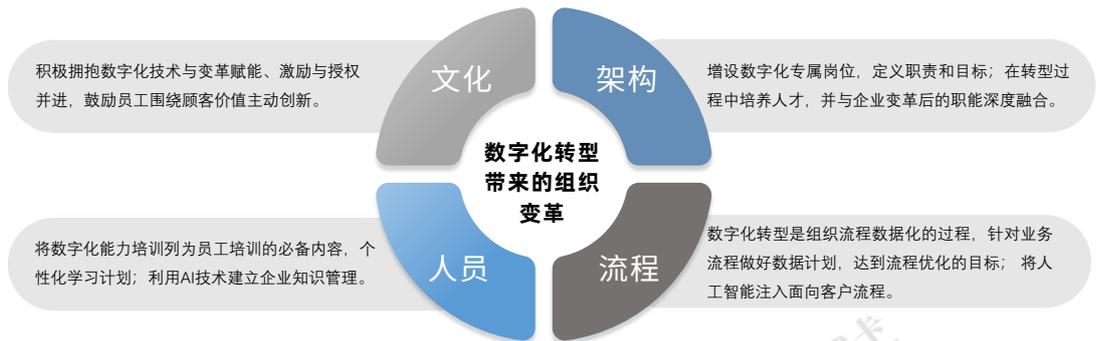
数字化能力的构建是企业数字化转型的基础，包括数字化战略能力、需求分析能力、数字化技术应用能力、数字化运营能力、数字化组织与人才等等，而对于制造企业而言，“数字化应用”是企业数字化运营体系构建重要组成部分，通过场景化软硬件数字应用的部署，打造统一的数据治理体系、多级协同的工业互联网架构、云端服务化的系统平台以及智能制造

技术平台。例如，通过MES/WMS/AGV/HR/ESOP/APS等数字化应用打通人、机、料、法、环，实现制造资产的协同配置与信息打通，打造包含计划调度、生产执行、质量管控、设备运维等业务的生产过程管控闭环；通过数据中台、企业运营决策中心、物联网平台等数字化应用，打造以数据驱动的企业数据决策与运营管理平台；通过数字化应用实现业务流程优化、操作与控制优化、生产管控协同优化、供应链协同优化等工厂智能化集成优化。

## 以“数字化组织”为基础推动企业组织变革

企业的数字化是一场深层次的变革，组织也随之发生着深刻的变化。将业务特点和数字技术有机地结合，使组织向更为扁平的结构过渡是敏捷的数字化组织设计的核心思路。每个企业都有其独特的文化，数字时代的组织需要具有利他、赋能、协同和共赢等多方面特点，才能将企业的数字文化内化并固化。此

外，数字化组织需要数字化人才的支撑，人才需要深刻理解数字化对企业运营和管理的重要意义，并掌握核心的数字技术在工作中的应用。企业的数字化转型之路上打造数字化组织的关键挑战在于组织和人才，在于如何建立专门的数字化项目实施团队，建立领导与敏捷化组织，制定数字化人才培养的计划和通道。



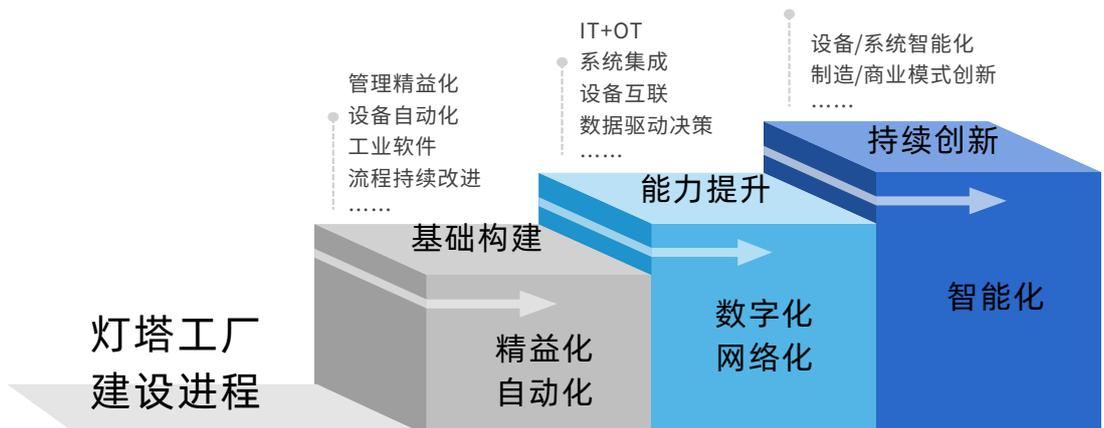
总体而言，“点亮”灯塔工厂应围绕企业的中长期发展战略，根据自身行业、产品、工艺、设备等方面的特点，合理规划建设蓝图和实施路径，并在灯塔工厂的建设过程中，结合工厂数字化、智能化成熟度模型，定期进行能力评价，调整并优化规划和路径。通常情况下，制造企业实现灯塔工厂需要经历三个不同阶段：

**阶段一：基础构建阶段。**该阶段的工厂以基础的规范化建设为主，重点在企业的管理基础、研发基础、管理信息化基础及IT基础的建设。通过先进管理方法的推行，结合自动化车间（产线）、信息系统的部署，实现数字化的管理，打造出基于精益化、自动化的灯塔工厂建设的雏形。本阶段的主要特征：管理精益化、设备自动化、核心系统部署、业务流程精细化。

**阶段二：能力提升阶段。**该阶段的工厂围绕卓越运营体系、全场景客户价值和创新业务模式构建灯塔工厂建设的核心数字化能力和组织能力等全方位的“灯

塔”能力。企业在自动化的基础上，更强调系统与系统、系统与设备、设备与设备、人与设备、人与系统之间互联互通，通过IT与OT的深度融合，实现跨业务、跨部门的集成体系和工厂级的数据交互与信息共享。本阶段的主要特征：互联互通、数据驱动、协同共享。

**阶段三：持续创新阶段。**该阶段的工厂全面采用数字化/智能化装备和智能化系统，具备状态自感知、实时分析、自主决策、精准执行的特征，各类资源得以智能的分析和利用，实现基于模型驱动的业务优化和持续创新，实现产业链协同并行新的制造模式和商业模式。本阶段的主要特征：模式创新、模型驱动、高度智能化、高度协同。



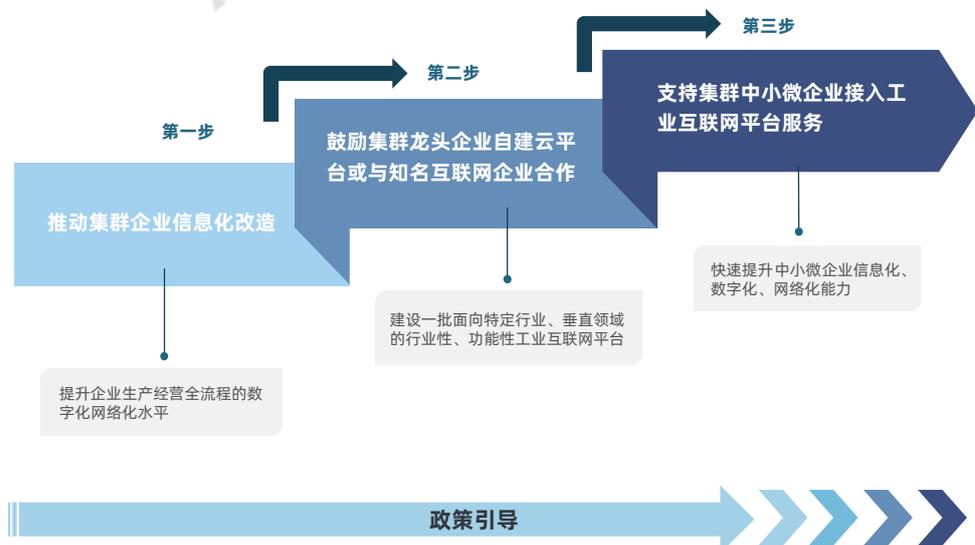
## 如何“赋能”区域产业灯塔？

产业集群已成为拉动区域经济发展、提高产业竞争力、实现跨越式发展的重要方式，是产业现代化发展的主要形态。产业集群的主导产业以制造业为主，从价值链的角度看，目前我国各地的产业集群尚处于全球价值链的中低端，盈利较少的生产制造环节能力较强，而研发、设计及市场营销、品牌等环节较弱。

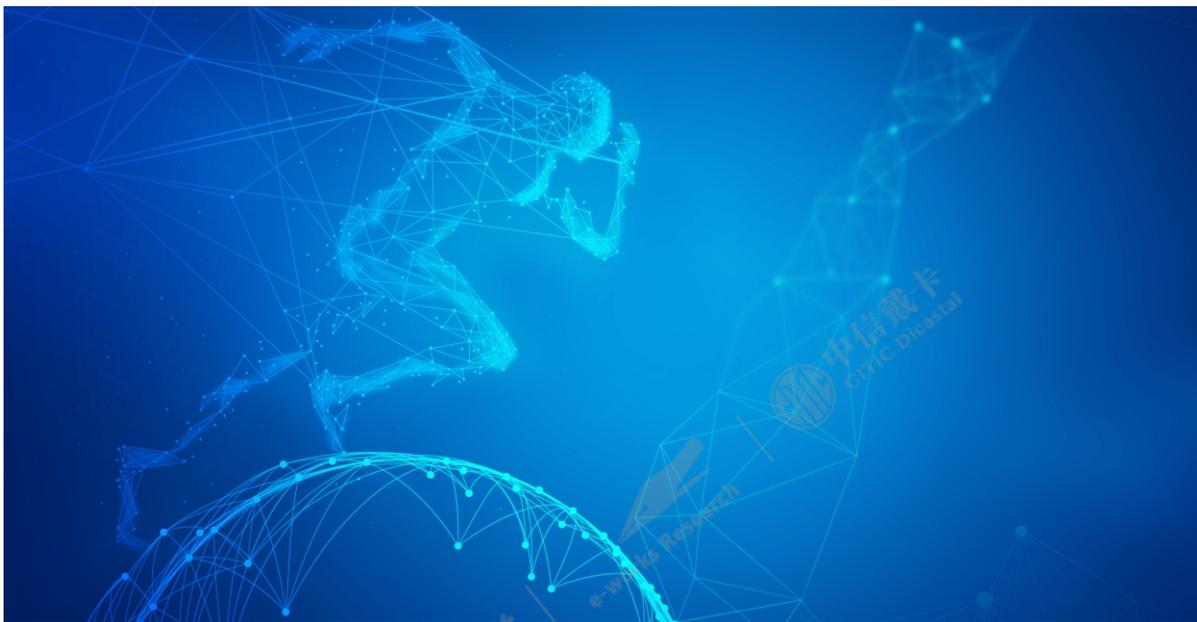
因此，提高集群竞争力，加强集群创新必将是未来推动产业集群发展的主旋律。产业集群本身就是创新的源泉，要充分利用集群所产生的共享资源、专业化分工与合作关系，以及建立在信任与承诺基础上的社会关系网络，扩大企业可以利用的资源边界、加速知识与技术的交流与转移，采用数字化转型等手段提高集群内企业生产效率，进行生产模式、管理模式乃至商业创新，实现集群内企业高质量发展，提升产业集群的综合竞争力，形成一批具有高附加值、高集群

力，能引领国际行业发展，跨区域发展的产业集群。

产业集群的数字化转型路径的第一步是推动集群企业信息化改造，支持新一代信息技术在集群企业研发设计、生产管控等各环节的深度融合和集成应用，提升企业生产经营全流程的数字化网络化水平；第二步，鼓励集群龙头企业自建云平台或与知名互联网企业合作，建设一批面向特定行业、垂直领域的行业性、功能性工业互联网平台，推动产业链资源要素协同；第三步，支持集群中小微企业接入工业互联网平台服务，快速提升企业信息化、数字化、网络化能力。同时，政府部门应该从政策层面加强引导，促进集群产业链上下游企业开展纵向分工协作，鼓励龙头企业构建线上线下相结合的大中小企业创新协同、产能共享、供应链互通的新型产业生态，促进各集群企业间开展横向联动融通。



# “灯塔”之路，与你同行



当前，全球范围内以大数据、云计算、物联网、人工智能、5G等新一代信息技术为核心的新一轮科技革命和产业变革正在加速，我国也已经进入了由高速增长阶段向高质量发展阶段转变。在这历史的交汇期，数字化转型可以助推我国新一代信息技术产业发展，带来企业效率的提升。因此，数字化转型是必要性的，也是紧迫性的。

“灯塔工厂”作为数字化转型的领跑者，在业务、组织、IT等诸多方面都树立了典范，并大规模整合应用相关技术，借此实现重大的财务和运营效益。同时，从某种意义上说，“灯塔工厂”也在传递一个关键的信号——未来已来。随着“灯塔”效应的持续，新的“灯塔”被点亮，都将激励越来越多的企业迈向“灯塔”，投身智能制造、数字化转型的浪潮中。

然而，数字化转型不是一个简单的技术采购，而

是一个长期的旅程，是一种新能力的获得，需要通过跨部门、跨业务环节、跨层级的业务集成与协同优化，实现业务数字化、网络化和智能化发展，以实现数据驱动的业务运行和资源配置方式变革。

“灯塔工厂”也不是企业转型的终点，而是一个从生产网络、端到端价值链、支持性职能等多方面持续改进的过程。因此，对于中国制造业而言，以“灯塔”为契机，打造更多的灯塔工厂，建设灯塔网络，打造灯塔企业，赋能灯塔行业，让灯塔经验能帮助更多的产业实现转型升级，引领更多的中国企业点亮灯塔之路。这一路工业富联愿与你相伴，共同书写“灯塔”故事。

未来的本质是数字创新，我们用制造见证了人类时代的变迁，我们正在以全新的姿态迈向数字经济时代。

## 编撰团队

黄培博士	e-works CEO、总编
许之颖	e-works 主编
张荷芳	e-works 研究院总监
刘宗长博士	工业富联首席数据官
王熙莹	工业富联战略市场专家
左赣鸿	工业富联卓越制造咨询总监
李志广	中信戴卡股份有限公司铝车轮六号工厂经理
曾澄	信润富联数字科技 CEO
冯建设博士	信润富联数字科技首席技术官
孙亚婷	e-works 执行主编
张洋	e-works 研究员、分析师

## 特别鸣谢

敏实集团有限公司  
广州海鸥住宅工业股份有限公司  
华润三九医药股份有限公司

## 关于工业富联

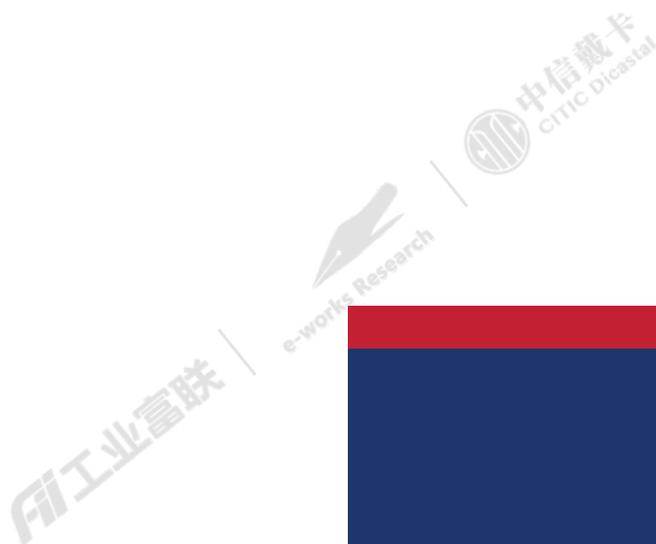
富士康工业互联网股份有限公司（简称“工业富联”；股票代码：601138），成立于2015年3月，于2018年6月在A股上市，总部位于广东省深圳市。主要业务包含通信及移动网络设备、云计算、工业互联网，2020年营业收入超过4300亿元。工业富联致力于成为全球领先的智能制造及工业互联网整体解决方案服务商，始终坚持“智能制造+工业互联网”双轮驱动发展战略，以3×3的产品和业务架构逐层融合，从材料、工具、装备到工业大数据、工业人工智能和工业软件，打通智能制造与工业互联网涉及的“三硬三软”核心要素，向云、网、端一体化的方向，形成众多产品和解决方案。

## 关于e-works Research

e-works研究院（简称e-works Research）是e-works（数字化企业网）专门从事两化融合、智能制造的研究、分析机构，研究领域包括智能制造、工业互联网，以及工业软件的市场、技术与应用研究。依托雄厚的行业资源、强大的智力资源，e-works Research长期致力于提供面向政府的产业规划服务、面向企业的咨询服务、面向厂商的市场研究服务，形成了政府决策与软科学研究、企业两化融合评估与诊断、产业调研与研究并行发展的业务格局。

## 关于中信戴卡

中信戴卡股份有限公司（以下简称中信戴卡）是中国中信集团公司于1988年投资组建的中国大陆第一家铝车轮制造企业，中信戴卡经历了产品差异化、开拓OEM市场、集团化商业模式创新、产业规模跨越发展及多元化、国际化五个发展阶段，是全球最大的铝车轮和铝制底盘零部件供应商；国内铝车轮出口量第一；全球汽车零部件百强第58名。



## 版权声明

凡是在广告、新闻发布稿或促销材料中使用本白皮书或提及白皮书内容都需要预先获得工业富联的许可。如需获取许可，请联系微信公众号“工业新基建”后台咨询。本白皮书仅用于业界交流，请勿用作其他商业目的。

获取更多有关信息，请访问

<https://www.fii-foxconn.com>