

专家洞察

IBM 商业价值
研究院

消费品企业如何实现 “智造”升级

基于工业大数据的建设路径

IBM

主题专家



林岚

IBM 大中华区
全球企业咨询服务部
大数据与技术创新
转型事业部总经理
linlan@cn.ibm.com



王威

IBM 大中华区
全球企业咨询服务部
消费品行业数据战略总监
wweiw@cn.ibm.com



文杰

IBM 大中华区
全球企业咨询服务部
智能制造总监
bjwjie@cn.ibm.com



邹佳琇

IBM 大中华区
全球企业咨询服务部
消费品行业数据战略高级顾问
shzoujx@cn.ibm.com



王莉

IBM 商业价值研究院
高级咨询经理
gbswangl@cn.ibm.com

扫码关注 IBM 商业价值研究院



官网



微博



微信



微信小程序

谈话要点

智能制造要从业务价值角度出发

智能制造可以通过业务驱动、技术支撑和组织保障三轮驱动，实现转型。

智慧工厂需要实现全链路价值优化

企业需要形成以生产为核心的横向价值链协同，以及纵向各层级的智能化。

转型路径应目标导向、循序渐进

企业智能制造转型，要以绩效为导向、由最高管理层自上而下、长期有序推进，切忌为了智能化而智能化。

柔性生产，迫在眉睫

生产线上，工厂调度正在紧锣密鼓地安排订单。突然，他发现，即将安排生产的某个订单中，有一部分供应商没有到料。他急得满头大汗，火急火燎地临时更换另一个产品进行生产，但由于两个产品的工艺路线不同，一个不小心，结果出错了，造成了极大的成本浪费。

车间里，机器正在轰隆隆地运转，一个批次的产品生产完毕，陆续被传送带送到质检员处检验。可是，由于生产设备老化，生产过程不稳定，导致产品质量出现大幅波动。这个批次都生产完了，到了最后的质检环节才发现问题，导致大量产品报废。

以上场景，在我国制造企业时有发生，反映出企业在计划、采购、生产等多环节上的问题。当前，我国制造业开展网络化协同、服务型制造和个性化定制的比例不高（见图1），未来还有很大的发展空间。那么，制造企业应当如何有效实现长效发展？本文将结合消费品行业，阐述基于工业大数据的智能制造升级之路。

消费品行业已经初步从满足基本消费需求转变为功能需求更细腻、体验诉求更突出的消费侧驱动模式。消费者的需求更加细腻多样，监管更加严格和全方位。小而美、迭代快的新品类、新品牌的加速涌现，对精细化管理的需求日益凸显。

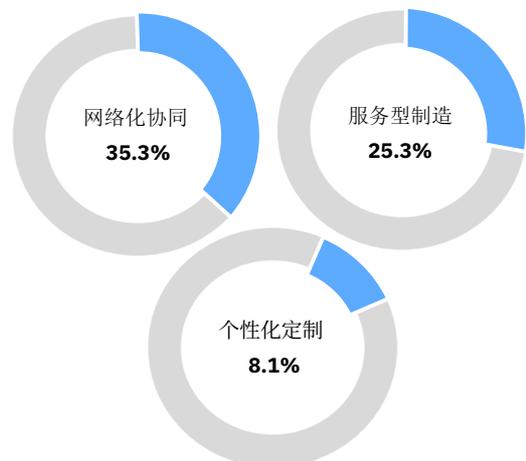
市场需求往价值链后端推导，设计 - 研发 - 计划 - 采购 - 生产 - 仓储 - 物流等环节的难点和痛点也显现出来：

- 竞争对手刚推出的新款饮料大受欢迎，生产商能否快速研发出新配方和口味，满足消费者的需求？
- 产品越来越多，如何安排生产计划是最为经济的？整体计划安排是否足够灵活？
- 产品多，辅料也越来越多，采购、生产、仓储、物流等调度如何有效衔接？
- 生产换线、排程、工艺和设备控制，如何做到有条不紊？

一言以蔽之，产品的多样化需求提升了制造体系的复杂性，更要求企业思考，如何在保证效率和成本的前提下，加强多品种、小批量的柔性生产能力？

图 1

我国制造业开展网络化协同、服务型制造和个性化定制的比例¹



制造转型，纵横协同

新的消费需求逆向牵引着生产和供应链进行数字化和智能化转型。企业需要形成以生产为核心的横向价值链协同，以及纵向各层级的智能化（见图 2）。纵向上，关注多层次融合和集成的智能制造核心体系，实现精益生产、柔性生产、数字化生产。同时，横向逐步拓展到全价值链的优化，寻求端到端的综合性平衡和整体价值最大化。

采购：合理的原辅料安全库存设置和真实消耗情况跟踪，及不断优化并精确的配方；准确的采购和供应计划，确保原辅料供应的经济性和高效性。

生产管理：优化的基于终端客户需求的销售计划；基于算法的生产计划优化；支持灵活的多品种小批量生产的工艺；全面的生产统计核算。

生产执行：高效的生产资源调度；生产顺序的及时调整；灵活的产品配方和工艺组态；实时监控生产状态；基于工业大数据的工艺优化和改进。

仓储 / 物流：基于数据的库存和物流成本核算，及最优决策；整体供应链交付周期测算和优化。

企业管理：基于统一、全局视角的经营回顾；通过智能化手段为战略方向制定、未来经营预判提供参考。

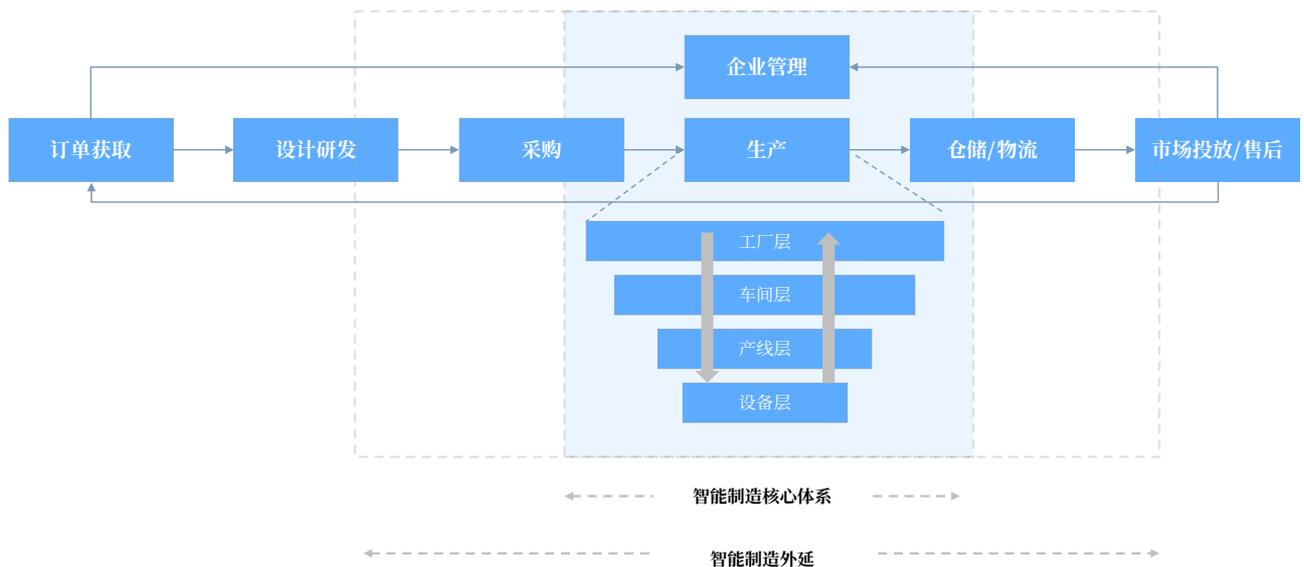
产品研发：快速迭代的产品研发；数据驱动的多样化产品组合；基于工业大数据的产品优化策略。

市场投放 / 售后：市场竞争和消费者需求的及时洞察；形成消费者需求与产品研发、产品生产之间的强联动关系。

最终，实现降本、增效、提质、节能四大层面的价值优化，实现长效发展、绿色发展。

此外，需要注意的是，企业智能制造转型，要以绩效为导向、由最高管理层自上而下、长期有序推进，切忌为了智能化而智能化，避免“战略规划轰轰烈烈，实际执行拖拖拉拉”，或“简单追求单点优化、短期速赢，而忽略了整体优化、长期发展”。

图 2
智能制造模式的内涵



智能制造，三轮驱动

从系统的角度，我们认为，智能制造可以分为四个阶段：孤岛型组织（未连接）、车间层面已连接、制造企业单元之间互联，以及企业价值链互联（见图 3）。国内大量的企业仍处于前三个阶段，面临着系列的挑战：

- 在孤岛型组织中，大量的系统都是烟囱式的，设备仪器之间不连通，数据分散，分析工作只能依赖纯手工开展。
- 在车间层面已连接的组织中，企业可以在车间层面进行一定程度的数据分析，然而车间与其它流程是断开的，缺乏人机料法环的完整数字化，也缺乏数据治理和分析。
- 在制造企业单元之间互联的组织中，企业可以在内部进行数据集成并开展分析，然而企业与外部的协作有限，供应链的透明度不足，缺乏对外部市场和客户的及时洞察。

而企业价值链互联的组织，能够面向最终用户、材料工程、工艺技术实现价值链优化重构。面向生态系统的企业价值链互联是智能制造的目标。

那么，企业如何才能实现智能制造的目标呢？通过三轮驱动的顶层设计、以灯塔工厂为支点的落地实施，能够帮助企业实现智能制造的目标。

三轮驱动，指的是业务驱动、技术支撑和组织保障：

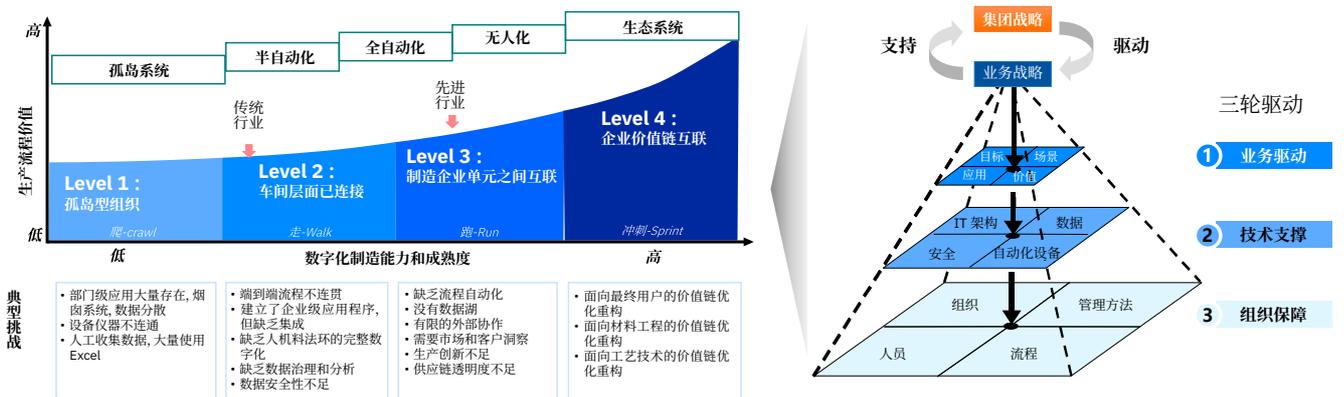
业务驱动：关注以生产为核心的端到端进度、质量、成本业务优化，和可持续发展；挖掘价值链不同环节、不同层级痛点，设计针对性业务场景和应用。

技术支撑：形成以工业互联网为骨架、工业大数据为血液的架构支撑；实现 IT、OT 技术的融合，推动各类技术的高效、安全部署和组合。

组织保障：构建数字化团队，形成新的组织机构、管理方法和工作技能；通过良好的组织管理，为智能制造提供组织支撑和人才保障。

下面，我们将展开阐述企业在业务驱动、技术支撑和组织保障这三个方面具体应当如何做。

图 3
三轮驱动，帮助企业实现智能制造的目标



消费品行业需求变化快，企业需要快速响应市场变化，进行决策优化，尤其是缩短 OTD 交付时间。

业务驱动

首先，在业务层面，建议形成一个以生产为核心的生产信息化与数字化能力图（见图 4），也方便摸排企业存在的不足和痛点，设计符合企业实际需求的业务应用场景。我们将企业常见的痛点以及智能制造能够帮助改善的环节总结为三大场景，下面分别进行介绍。

场景 1：供应链智慧决策

消费品行业的需求变化快，因此，企业需要快速响应市场变化，进行决策优化，尤其是尽可能缩短 OTD 的交付时间。

在供应链的各个环节，基于数据的决策每天都在发生。以液态奶生产线为例，计划经理的总体目标有两个：1. 保交期承诺；2. 优化库存。计划经理面对订单需求、物料配料和原料配套情况，决策日订单计划量。

在收奶、前处理、灌包装、成品仓储等生产车间也都设置了计划员，他们负责制定各个车间的计划。收奶计划员结合原料状态、设备产能、总体目标，决策收奶计划，保障生产平顺，产量达成；配料计划员结合配料供应能力、进料方产能和进料时间等，决策计划采购量；物料计划员结合物料供应能力、配料和原料配套等，决策计划产量；入库计划员，结合客户需求变更，决策订单优先顺序 / 计划库存量。

每个计划员的决策制定，都需要数据的支撑，基于历史数据和当前数据，来决策未来应当如何应对。信息的透明协同对于决策的准确性和及时性至关重要。此外，人工决策带来的感知延迟、分析延迟、决策延迟和行动延迟，都会对订单交付周期带来直接影响。

根据精益制造的理念，制造时间和物流时间（如收奶 - 包装 - 运输 - 出入库等）属于精益制造增值时间；而沟通时间、决策时间和缓冲时间（如开会、信息传递、排产、备库策略、制造与物流的不确定性等）都属于精益制造不增值时间。

而数字化转型的目标是，将精益制造不增值的时间缩短到接近于无；以较小的库存，保证产品的快运转及低资金积压；优化仓库分布，缩短物流时间，减小物流成本。

通过引入人工智能、机器学习，以及物联网、信息物理系统、边缘计算等新兴技术，以数据为驱动，可以开展实时沟通，最短时间感知问题，减少不确定性，实现机器决策，从而有效地缩短订单交付周期，减少库存成本及物流费用，提升整体决策与执行效率。

图 4 智能生产信息化与数字化能力图



作为重点场景展开

消费品企业面临更加激烈的市场竞争，需要进一步优化供应端，尤其是生产的成本，进行成本的事前事中事后管理。

案例：某食品加工企业通过智能制造，实现订单响应时间减少14~24小时

某食品加工企业通过智能制造升级，实现了订单交付时间从 T+2 缩短为 T+1，大幅提升了效率。

该企业原来的作业模式在订单交付过程中含有大量等待时间，而且信息传递以人工沟通居多，制约了生产效率与管理水平，具体表现在：系统无覆盖，信息不同步，协同效率低；使用非专业系统，功能不完善，难以解决特定业务；系统之间的接口也不完善，主数据未打通，无法流畅对接。

通过智能制造升级，实现了作业模式精益化，以及智慧工厂 OTD（订单配送）过程信息系统全面覆盖与深度协同。采用 SOA（面向服务架构）式部署，实现了系统的专业化灵活式应用。通过 PSB（工厂服务总线）实现了各系统间全面连接，取代了点点对点的通信方式，消除了信息孤岛。

通过升级，该企业的订单响应时间减少 14~24 小时，增加了门店满意度。净菜沾水、冻货解冻时间点至发送门店时间点减少 14 小时，提高了菜品的质量。无需全部生产完成即可配送，减少了工厂的缓存量。此外，均衡生产，使得初加工设备使用时间增长，增大了产能利用率。

场景 2：精细化成本核算与优化

消费品企业面临着更加激烈的市场竞争，因此，需要进一步优化供应端，尤其是生产的成本，进行成本的事前事中事后管理。

随着渠道利润的日益压缩，消费品企业也需要逐步转变理念。事后才做成本核算是远远不够的，需要在事中，甚至事前就开始管控，进行生产端的精细化成本核算和优化。基于数字化互联互通的工业大数据，覆盖事前、事中、事后的成本管理策略，可为精细化成本管理提供有力保障。

事前：成本核算到产品构成和工艺路线

一方面，需要从不同维度精确、及时掌握不同批次产品的相关成本的精准信息，也即，将成本核算到产品构成；另一方面，越来越多的小批量、多工艺变换的特点，对成本信息的要求更全面，需要将成本核算到工艺路线。

可以采用三级考核策略来进行成本核算。在班组层面，选取实时工艺计算指标，进行每班考核，月累计分数。在车间层面，基于工艺路线，对加工生产过程中的每一步骤消耗和质量指标进行作业每日考核。在产品层面，按批次考核，工时和消耗实时计算，费用根据上期平摊。

以往，生产线上的水电煤等费用，都是均摊到每个产品上。后续进行精细化核算后，每个产品到底用了多少水电煤都是可以判断的，工艺路线上的每个生产操作环节（如消毒杀菌环节）的水电煤和生产成本也可以核算。

事中：实时反映、过程监控

我们可以在人机料法环测六个环节做好监控：

人：按班记录工时；设备运行时间精确到工序时间；将工序工时自动关联到半成品及成品的批次。

机：设备运行与产品配方和工艺要求相关联，实时获取运行数据；设备折旧及维修费用可精确到半成品和产品的批次。

料：细化工艺路线，到各工序的物料投入产出；增加自动称量、流量计、扫描等计量实施，实时获取和监控原辅料消耗。

法：半成品和成品可灵活配置工序及工艺指标要求；通过自动化技术实现工艺指标，预警偏差，规避风险，减少浪费。

环：通过自动计量或物联网采集高耗能和耗水工序的实时数据；将重点能耗和排污指标考核到具体班组；基于大数据优化能耗。

测：工序过程或半成品检验集成到工艺实时数据库，进行过程监控；将不合格品、废品的成本及时归集到各批次产品中。

事后：核算及优化

事后需要及时准确地进行生产成本核算，比如：主要材料、直接人工、维修费用、间接材料、机器折旧、生产能耗、其他制费等。在此基础上，制定必要的变革举措，比如：制定核算规则、建立精细化成本管理体系；设计业务流程，职责到具体岗位；设置综合统计分析岗，集约化核算组织；摆脱手工处理方式、实现自动数据采集等。此外，还可以开展持续的优化改进，比如：工序工时定额优化调整、产品工艺方案更为精准、产品物料消耗最经济批次、不断完善产品定价策略等。

除了事前事中事后的成本管理之外，数据驱动的设备浪费分析优化，也是精益化成本管理的重要举措。因此，需要整合设备运行数据，聚焦物耗、能耗、设备效率以及整体经济等四大抓手，利用量化损失、落实一线根因挖掘和高阶分析等方法，识别浪费源头并制定提升方案。

案例：某日化企业通过 PDCA 闭环管理，提高成本管理水平

作为大型集团型日化企业，该集团在生产管理方面存在三大痛点：首先，集团对于下属子公司的生产管理把控不足，难以开展生产运行管理和监控子公司的生产动态；其次，子公司的发展不平衡，如何开展子公司之间的调度、生产计划和统计；第三，有些子公司绩效好、利润高，而有些则较差，集团层面希望分析子公司绩效差异背后的原因。

为了解决上述生产管理痛点，该集团开展了生产运行的效率管控和成本管控，利用数字化系统进行数据采集，实现生产业务对计划、调度、工艺、执行、统计、分析全过程的闭环管理，实现系统功能对生产、能耗、计量、质量、安环、设备等领域的基本覆盖，基本实现日化生产统计业务“班跟踪、日平衡”。

该项目充分发挥了系统在日化生产运行管理中的核心作用；增强了总部对生产现场的动态监控与生产指挥能力，提高了生产运行效率和成本管理水平，为集团实现日化业务发展战略提供支撑。

质量是消费品绕不开的话题，因此需要端到端的质量分析和质量追溯。

案例：某乳制品企业建立全流程质量管理体系，实现效益提升

该乳制品企业希望通过质量管理，全面提升企业的管理水平和效益、减少质量损失。该企业与 IBM 结成战略合作伙伴，打造全产业链的品质监控和追溯体系。IBM 帮助其智能工厂在收奶、前处理、罐包装和成品仓储等环节开展全流程质量数据采集及分析。

在数据采集方面，实现了数据自动采集，减少操作工人工记录报表时间且保证数据源的真实有效性；而且生产过程所有参数实现全程连续记录，保证数据记录的准确性。

在数据分析方面，通过数据的自动分析，为质量预防提供依据，减少质量损失；通过设定预警值，系统进行实时预警，提高对异常问题提前发现的敏感性；通过固化质量数据分析流程及方法，提高对质量问题分析的效率；通过系统权限的控制，提高数据的保密性。

该项目在实施过程中不断创新，开展 8 个系统级创新，获得 1 个国家专利项目。最终实现了 1300 种检验方法电子化，93% 的检测数据能自动采集并上传，检验时间节省 1/3，效率提升了 20%。

场景 3：全方位质量把控

质量是消费品企业绕不开的话题，日趋严格的监管需求，和消费者对质量的关注，要求企业进行全方位的质量把控，开展端到端的质量分析和质量追溯。

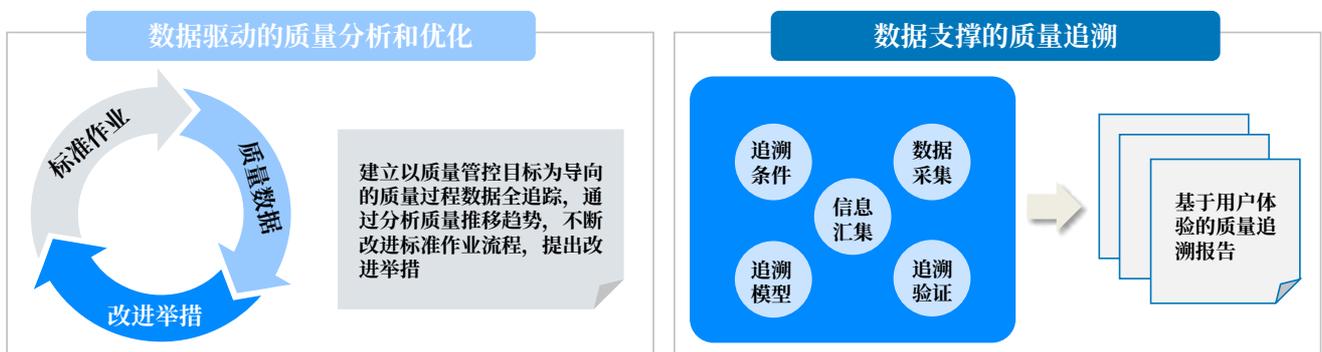
质量是管理出来的，而不是检测出来的。我们不应出现了质量事故才开始被动响应，而应当建立事前、事中、事后的质量控制，只有通过事前管理和数据驱动的业务分析，才能帮助生产企业严格把控质量。在人机料法环测六大层面，都可以通过数据进行过程管理，来判断生产现场是否出现了质量问题，以及未来是否会出现质量问题。

数据收集上来之后有什么用呢？一般来说，有两个层面的应用场景（见图 5）：

数据驱动的质量分析和优化。通过质量数据，判断生产过程中是否存在问题，进行早期控制预警，进而开展参数调整，再去查看生产过程中的质量是否回归正常。通过标准作业、质量数据和改进举措的闭环机制，建立以质量管控目标为导向的质量过程数据全追踪，通过分析质量推移趋势，不断改进标准作业流程，提出改进举措。

数据支撑的全链条质量追溯。从农田到餐桌，消费者对于产品是如何生产出来的、经过了哪些环节、这些环节的生产是否可视、什么时间点上的生产线、什么时间点下的生产线、仓储物流的过程、以及渠道流通的环节等都很感兴趣。通过数据能够帮助企业进行全链条的质量追溯。

图 5
数据驱动的全方位质量把控



技术支撑

业务需求离不开技术底座的支撑。智能制造需要形成以工业互联网为骨架、工业大数据为血液的架构支撑。为了支撑全域业务应用场景，需要搭建一个工业互联网与智能制造平台（见图 6）。这个平台需要具备四大能力：

数据集成：能够对底层工厂层面各种自动化设备产生的数据进行集成；

数据计算：通过数据清洗、处理、计算、挖掘等，让集成的数据产生更高的价值；

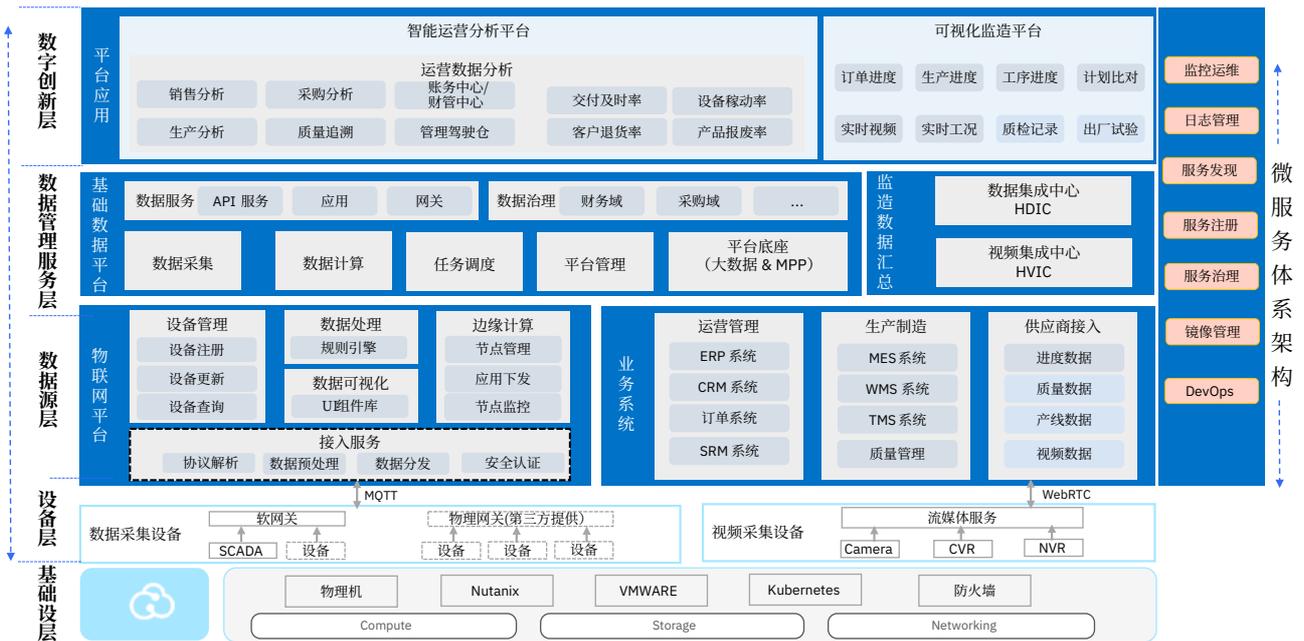
数据治理：提高数据的标准化和质量，更有效地应用数据；

数据服务：提供数据服务，实现全域业务应用场景。

在业务层面，平台需要实现端到端的数据应用、管理和集成。这就要求熟悉企业全价值链的业务，洞察端到端的运营难点和痛点，并设计优化方案。此外，还要建立数据治理的核心领域和保障机制，夯实数据基础。

在技术层面，平台需要具备敏捷性、扩展性和兼容性。平台需要支持微服务、短平快部署和配置；支持各类应用，包括 BI、AI、挖掘模型等；还需要拉通标准 / 非标接口，实现所有底层设备的接入，并且能够部署在不同的云架构上。

图 6
工业互联网与智能制造平台架构



组织保障

在组织层面，企业需要建立一体化的管理和组织机制，培养数字化人才梯队保障、实现敏捷型组织转变。

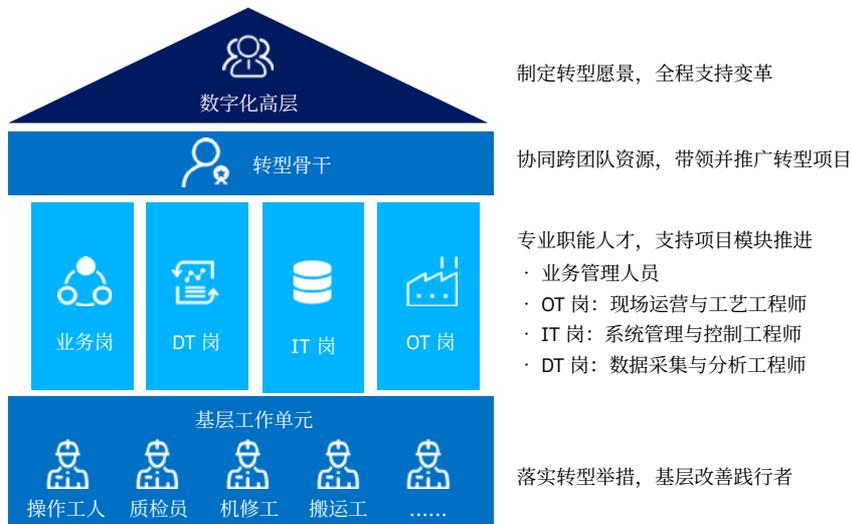
未来，企业可能需要从总体组织架构和企业文化层面，对运营模式进行调整，创建全新的、开放的、灵活的业务架构，支持生态系统的企业价值链互联。而墨守成规的线性流程将转变为高度动态化、智能化的业务流程，这也将打破部门壁垒，彻底转变工作方式以及实现价值的模式。各团队能够以迭代方式同时开展工作，享有更高的自主权，有助于显著提高生产力、创新力和产品面市的速度。

这也意味着，对人才的要求提高了。智能制造与传统生产模式差异较大，业务、DT（数据采集与分析）、IT（系统管理与控制）、OT（现场运营与工艺）技术融会贯通的复合型人才将是转型升级过程中的骨干（见图 7）。

与此同时，制造企业需要发展敏捷组织管理模式，建立合适的组织形式、机制、绩效体系，采用敏捷原则和设计思维，使得团队与智能化业务流程保持一致，为业务转型和技术创新提供保障和支撑。

图 7

制造业转型升级的人才基础



对标灯塔，稳健前行

行业内的灯塔企业在运营中融入数字化、网络化、智能化技术，实现了端到端价值链互联，成功提升了生产力，为可持续的盈利增长奠定了基础。其他企业可通过向灯塔企业的学习借鉴，稳步开展企业内部的智能制造转型，明确试点、优化、推广的升级路径，最终实现价值和竞争力的突破，实现可持续发展。

在具体实施策略上，我们建议制造企业可以集中精力开展以下三个优先任务：

1. 充分挖掘数据的价值。

为实现智能制造的可视性和智慧运营，数据是关键所在。建立敏捷、可扩展和兼容的工业互联网与智能制造平台架构，促进高度安全的数据整合。

通过实时获取和分析数据，优化整体供应链计划，实现高效的生产资源调度、快速迭代的产品研发、最优的仓储物流决策和强力的消费者联动。

2. 在制造流程中融入技术。

在制造流程中融入新兴技术，打造具有“思考”能力的制造流程。实现 IT、OT 的技术融合，推动各类技术的高效、安全部署和组合。IBM 2021 年全球 CEO 调研显示，大部分企业领导认为 IoT（物联网）、云计算、人工智能等技术将会是未来的核心技术，而业绩出众企业对这些技术的乐观程度远超其他企业。²

利用 IoT 设备实时监控生产状态，预测潜在的故障和偏差，可以规避风险，减少浪费。一旦出现偏差，AI 模型还可以提供关键控制设置，使制造流程重回正轨，恢复最优的运营参数。这样可以有效避免质量问题和生产中断。

3. 培养数字能力，打造全新企业体验。

许多企业仍然缺乏智能制造所需的专业知识和技能，尤其是数据分析、云计算、AI、物联网等相关领域。一方面，企业需要重塑现有员工的技能，开展个性化的学习，培养企业的数字能力；另一方面，可以通过招聘和生态系统合作伙伴来弥补技能差距。

为实现面向生态系统的企业价值链互联，还需要打造全新的企业体验。“体验”的概念正从客户层面扩展到为客户服务的员工、企业本身乃至整个生态系统层面。采用以人为本的设计理念，打造富有吸引力的客户体验、员工体验以及合作伙伴体验，有助于发挥差异化的优势，实现更高的价值。

需要思考的重要问题

- 您在生产制造上遇到哪些挑战？
- 您打算如何实现智能制造升级？
- 您准备从哪里起步？

备注和参考资料

- 1 “工信部：企业数字化研发设计工具普及率已达 69.3%”。
新浪财经。20190920。 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=16451757590716350752>
- 2 “识别‘必需’：制胜后疫情时代”。IBM 商业价值研究院。
202104。 <https://www.ibm.com/cn-zh/services/insights/c-suite-ceo>

选对合作伙伴，驾驭多变的世界

在 IBM，我们积极与客户协作，运用业务洞察和先进的研究方法与技术，帮助他们在瞬息万变的商业环境中保持独特的竞争优势。

IBM 商业价值研究院

IBM 商业价值研究院 (IBV) 站在技术与商业的交汇点，将行业智库、主要学者和主题专家的专业知识与全球研究和绩效数据相结合，提供可信的业务洞察。IBV 思想领导力组合包括深度研究、专家洞察、对标分析、绩效比较以及数据可视化，支持各地区、各行业以及采用各种技术的企业做出明智的业务决策。

访问 IBM 商业价值研究院中国网站，免费下载研究报告：
<https://www.ibm.com/ibv/cn>

© Copyright IBM Corporation 2021

IBM Corporation
New Orchard Road
Armonk, NY 10504
美国出品
2021 年 9 月

IBM、IBM 徽标、ibm.com 及 Watson 是 International Business Machines Corp. 在世界各地司法辖区的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。以下 Web 站点上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表：ibm.com/legal/copytrade.shtml。

本档为自最初公布日期起的最新版本，IBM 可随时对其进行更改。IBM 并不一定在开展业务的所有国家或地区提供所有产品或服务。

本档内的信息“按现状”提供，不附有任何种类（无论是明示的还是默示的）的保证，包括不附有关于适销性、适用于某种特定用途的任何保证以及非侵权的任何保证或条件。IBM 产品根据其提供时所依据协议条款和条件获得保证。

本报告的目的仅为提供通用指南。它并不旨在代替详尽的研究或专业判断依据。由于使用本出版物对任何组织或个人所造成的损失，IBM 概不负责。

本报告中使用的数据可能源自第三方，IBM 并不独立核实、验证或审计此类数据。此类数据的使用结果均“按现状”提供，IBM 不作出任何明示或默示的声明或保证。

国际商业机器中国有限公司
北京市朝阳区北四环中路 27 号
盘古大观写字楼 25 层
邮编：100101

LYMBDB5Q-CNZH-00

