

工业互联网与电子信息制造业 融合应用参考指南

(2023年)



编写说明

党的二十大报告强调，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，促进数字经济和实体经济深度融合，推进新型工业化，加快建设制造强国、网络强国、数字中国。工业互联网作为新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现路径，已成为第四次工业革命的重要基石、数字经济和实体经济深度融合的关键底座和新型工业化战略性的基础设施。

党中央国务院高度重视工业互联网发展。近年来，在政产学研用各方的共同努力下，我国工业互联网发展逐渐形成了自己的认识体系、实现路径和实践成果，构建了“中央举旗定向、政府引导规划、地方务实推进、产业联动发展”的中国模式，形成了“巩固、提升、创新”并行推进的中国方案，打造了“5G+工业互联网”、5G工厂等中国品牌。工业互联网新型基础设施初步建成，融合应用融入45个国民经济大类，产业规模突破1.2万亿元，为经济社会发展注入强大动力。

为推动工业互联网创新发展，加快工业互联网规模化应用，工业和信息化部开展了“链网协同”行动，推动工业互联网与重点产业链深度融合。编制行业融合应用参考指南是推进“链网协同”的重要行动举措，以帮助更多企业系统解答部署工业互联网面临的“为什么”“建什么”“怎么建”“找谁建”的

问题，为各行业建设工业互联网明确体系化、可落地的赋能价值，提供轻量化、可复制的建设指引，打造差异化、可操作的实践路径，汇聚多元化、可细分的供给资源。

电子信息是国民经济前沿性、基础性、战略性、支柱性产业，对产业转型升级、产业结构调整、经济增长方式转变都具有重大支撑作用。近年来，电子信息制造业不断推进工业互联网建设实践，提质、增效、降本、绿色、安全发展取得积极成效，数字化车间、“5G+工业互联网”和5G工厂示范标杆不断涌现。为加速推动电子信息制造企业数字化转型由点状探索迈向规模化普及，工业和信息化部指导工业互联网产业联盟，会同产学研用各方共同研究编制了《工业互联网与电子信息制造业融合应用参考指南》，旨在为电子信息制造业工业互联网建设过程中的需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和组织实施方法提供参考借鉴。

工业互联网与电子信息制造业融合应用总体还处于发展阶段，实施路径仍需要边探索边总结边推广边完善。后续还将根据实践情况和各界反馈意见，适时修订更新，通过不断释放工业互联网的服务赋能价值，促进电子信息制造业持续向高端化、智能化和绿色化迈进。

目 录

一、总则	1
(一) 适用范围	1
(二) 编制目的	1
(三) 编制框架	1
二、电子信息制造业融合应用需求与场景	2
(一) 电子信息制造业数字化现状	2
(二) 融合应用需求	3
(三) 融合创新应用场景	6
(四) “5G+工业互联网”应用	30
三、工业互联网与电子信息制造业融合创新实施架构	38
(一) 电子信息制造业融合创新实施架构设计思路	38
(二) 融合创新实施架构	40
四、工业互联网网络设施建设	42
(一) 建设现状	42
(二) 建设需求	43
(三) 建设部署	43
(四) “5G+工业互联网”	48
五、工业互联网标识解析体系建设	54
(一) 建设现状	54
(二) 建设需求	55
(三) 建设部署	56
六、工业互联网平台建设	59

(一) 建设现状	59
(二) 建设需求	60
(三) 建设部署	62
七、工业互联网安全防护体系建设	67
(一) 建设现状	67
(二) 建设需求	68
(三) 建设部署	69
八、组织实施	72
(一) 基本原则	72
(二) 实施流程	72
(三) 要素保障	76
附件一：典型解决方案案例	78
(一) 深圳创维-RGB——5G+8K 柔性全连接工厂	78
(二) 紫光股份——5G 工厂	87
(三) 台达吴江工厂——精益化管理与智能化制造	95
(四) 深圳博敏电子——PCBA 车间智能化改造	100
(五) 深圳麦克韦尔科技——模块化设计	104
(六) 常州同惠电子股份——中小企业数字化管理 ...	106
附件二：专业术语解释	107
(一) 中文专业名词	107
(二) 英文专业名词	111
附件三：编制单位	118

一、总则

(一) 适用范围

电子信息制造业通常指计算机、通信和其他电子设备制造业【国民经济行业分类(GB/T 4754—2017)行业代码39】，主要涉及计算机、通信设备、广播设备、雷达及配套设备、智能消费设备、半导体等电子产品的加工制造。该行业涉及产品种类繁多，生产过程形式多样，既包括精密半导体器件的刻蚀加工和测试封装，也包括核心电路板的贴片加工和组装测试，同时下游又涉及计算机、电视等各类终端消费品的组装生产。本指南主要聚焦中游制造领域，覆盖半导体或各类电子产品生产中普遍涉及的芯片加工、印刷电路板贴片、产品组装测试等关键环节，适用于具备上述生产场景的电子信息企业参考开展工业互联网智能化应用场景建设。

(二) 编制目的

本指南基于系统架构设计方法与国内外最新实践，通过对电子信息制造业应用需求、应用模式、建设场景、实施架构、部署组织等方面的系统分析，提出电子信息制造业工业互联网建设应用的方法论和实施路径，解答企业“为什么”“建什么”“怎么建”“找谁建”等问题，为电子信息制造业数字化转型提供一份具有参考意义的操作手册。

(三) 编制框架

指南共分为八个章节：第一章为总则。第二章从电子信息制造业融合应用需求与场景出发，梳理形成工业互联网应

用总体视图。第三章结合场景，基于工业互联网体系架构形成电子信息制造业总体实施架构。第四章至第七章深入剖析网络、标识、平台和安全的建设部署路径。第八章总结电子信息企业应用工业互联网开展数字化转型的方法步骤。最后，指南给出了工业互联网建设应用案例，供企业参考。

二、电子信息制造业融合应用需求与场景

电子信息是国民经济前沿性、基础性、战略性、支柱性产业，对产业转型升级、产业结构调整、经济增长方式转变都具有重大支撑作用。2021年，电子信息制造业实现总营收14万亿元，占工业营业收入比重达11.0%，已连续九年保持工业第一大行业地位，增加值比上年增长15.7%，增速创下近十年新高。2022年依然保持稳定增长，增加值同比增长7.6%，分别超出工业、高技术制造业4和0.2个百分点。

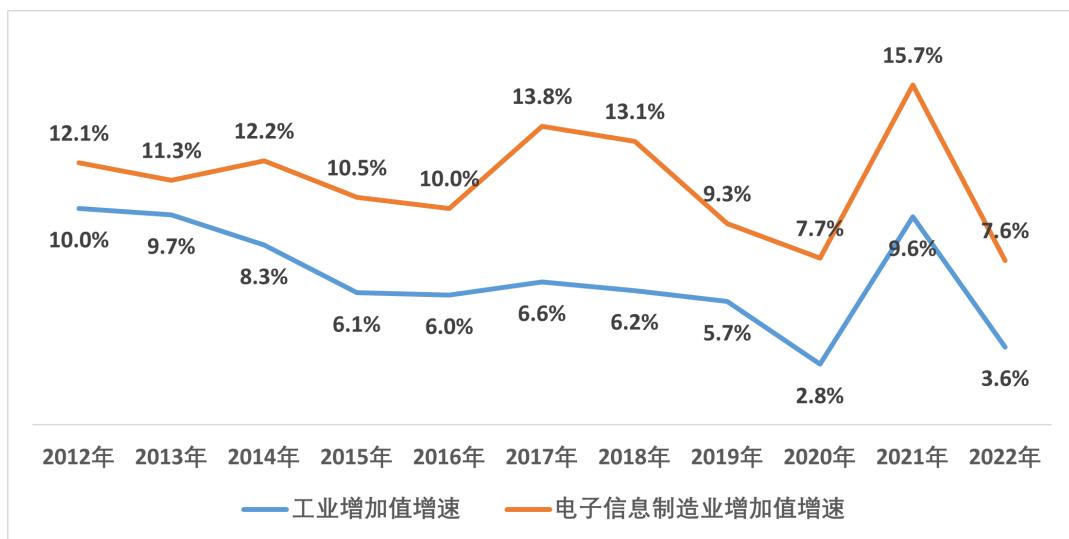


图 2-1 我国电子信息制造业运行情况¹

(一) 电子信息制造业数字化现状

¹ 参考：工信微报，2022年01月28日

电子信息制造业在数字化转型方面已初步具备良好发展基础，行业本身与新一代信息技术具有较高的相关性，故而信息技术在企业中的应用相对普遍。多数企业已在研发、制造、管理、供应链环节使用电子设计自动化（EDA）、企业资源计划（ERP）、制造执行（MES）、仓储管理（WMS）等信息化系统，工厂内部分环节已实现数据采集、集成和打通，支撑企业生产管理效率的显著提升和经营成本的有效节约，并能够满足少品种大批量、多品种小批量等不同生产模式需求。根据《中国两化融合发展数据地图（2021）》²统计显示，2021年电子信息制造业两化融合指数达到了62.1，在重点行业中排名靠前，数字化应用程度相对成熟。

（二）融合应用需求

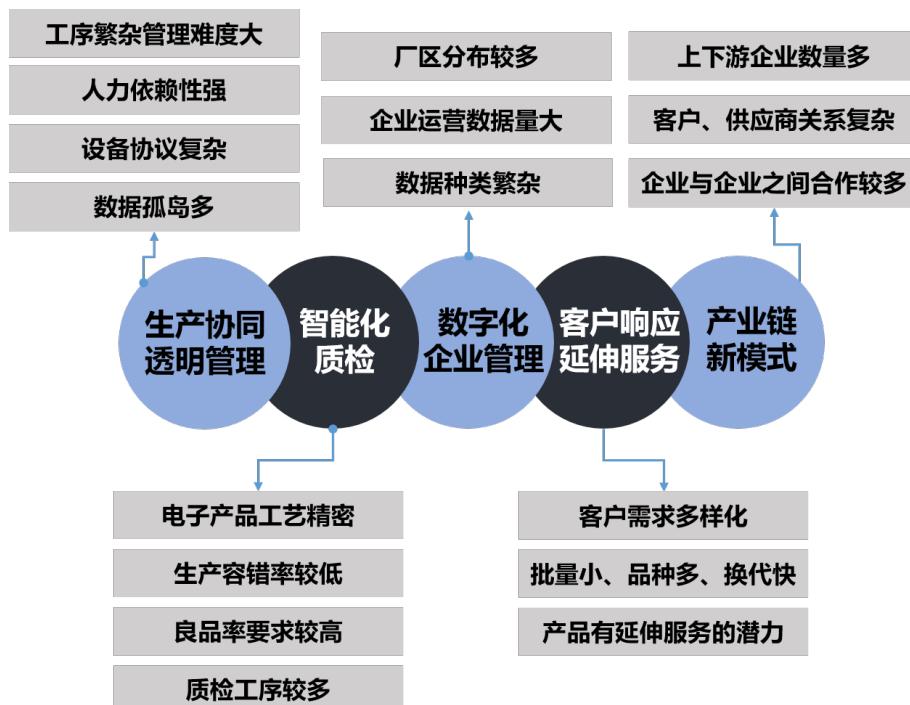


图 2-2 电子信息制造业需求图

² 参考：国家工业信息安全发展研究中心，《中国两化融合发展数据地图（2021）》，2021

电子信息制造业的数字化、网络化、智能化发展应发挥工业互联网核心支撑作用，通过融合应用助力电子信息企业全面降本增效、提升产品质量、助力业务增长、实现高效的供应链管理，拓展创新的产业链价值增值模式，打造智能、绿色、安全的生产体系。

一是电子信息制造业具有工序种类繁多、人力依赖性强等特点，亟需解决生产高效协同和透明管理问题。一方面除电路板表面组装技术（SMT）环节实现自动化生产外，电子信息产品的组装、测试等环节自动化程度较低，而且前后工序衔接过程中还需要大量人力进行转运、上料等操作，整体效率较低，因此企业需要进一步提升生产自动化水平；另一方面，电子信息制造业生产工序复杂繁多，以成品印刷电路板（PCBA）为例，单产品工序达 16 道，每道工序又有数个流程，如电镀工序就有磨板机、沉铜、电镀等流程，导致生产作业出错概率大、生产管理协同难度高，因此需进一步提升一体化管控水平，使制造过程透明、可控、高效。

二是电子产品工艺精密、容错率较低，对质量要求较高，亟需开展数字化的全流程质量管理。近年来电子信息产品不断向精密化发展，成为支撑工业控制、航空航天、高端装备等领域的重要产业，其对产品质量的要求也正快速上升，传统依靠人工进行质量检验与问题统计分析的方式已逐渐无法满足行业要求，而基于人工智能、大数据分析的在线质量检测、误检分析、质量优化等覆盖全流程的新型质量管理办法越来越受到行业关注。

三是电子信息企业管理流程复杂，且存在厂区分散的特点，亟需实现数据驱动的科学管理决策。大型电子信息企业通常具有设备多、员工多、部门多的特点，生产经营中产生的数据庞大且繁杂，导致企业管理难度大、决策效率低，需要依托工业互联网打通经营管理、生产执行等各层级系统，打造数据驱动的精益管理体系，提高市场响应速度和管理决策水平，优化资源配置效率。与此同时大型企业往往拥有多个厂区，各厂区分工承担研发、生产、仓储等业务职能，需通过网络互联、数据互通构建跨厂区管理能力，实现高效精准协同。此外，为了进一步提高企业管理决策的智能化水平，还应利用大数据、人工智能等技术开展数据智能分析，支撑实现科学精准决策。

四是电子信息制造业客户需求差异化显著，市场竞争相对激烈，亟需探索个性化生产、服务型制造等模式创新。以冰箱、空调为代表的消费电子产品具有批量小、品种多、换代快的特点，快速变化的市场需求对企业的个性化定制能力提出了更高要求，需要企业能够利用工业互联网及时响应客户需求，快速进行产品研发创新与柔性生产。为进一步提升客户黏性，相关企业还需深入探索“制造+服务”的模式，从单纯的生产加工转向提供智能产品并叠加远程操作、健康管理、娱乐消费等创新增值服务。

五是电子信息制造业产业链复杂，参与主体众多，资源配置效率有待提升，亟需打造数字化供应链产业链体系。一方面电子信息产品结构逐渐复杂，产业规模快速提升，行业

上游基础零部件供应商不断增多，聚集了大量的中小企业零散产能。另一方面电子信息制造业下游市场变化逐渐加快，客户需求不确定性日益增强。在上下游共同作用下，传统依靠线下协作的产业链供应链组织模式逐渐难以满足行业越发复杂的资源配置需求，如何通过数字化的方式进一步提高上游供应链组织、中游生产制造以及下游市场需求的协同水平，提升产业资源配置效率，已成为电子信息制造业未来发展所面临的重要挑战。

（三）融合创新应用场景

围绕电子信息制造业特色应用需求，行业内大中小企业开展了大量的工业互联网融合应用实践探索，初步形成了 28 大应用场景以及 88 项具体应用，涵盖研发设计管理、生产过程优化、车间内部管理、企业内部管理和企业外部服务五大重点领域。



图 2-3 电子信息制造业工业互联网应用场景

1. 研发设计管理

依托工业互联网实现设计流程中的数据贯通和业务协同，积累沉淀几何模型、仿真模型、工艺知识、分析算法各类研发设计资源，驱动形成各类产品研发创新模式，显著提升研发效率，缩短产品创新周期。

1.1 产品开发优化及全流程管理

企业基于数字化研发管理系统开展研发全过程精细化管理。**一是数字化研发设计**。运用数字化工具帮助研发人员更直观地进行研发设计，同时通过共享研发数据帮助其他生产制造、运维服务等部门实时了解产品的设计变更，并更快反馈产品设计缺陷。**二是产品研发全周期监控**。打通从设计任务书下达到产品设计定型的每个研发环节，实现审查、批准、变更等业务高效流转协同，促进研发全周期透明化，降低研发管理成本。**三是产品开发资源复用**。基于工业互联网系统自动存储结构模型、工艺图纸、程序代码等关键设计数据，实现开发资源的查询追溯、共享复用和自动调用，显著提升研发效率，降低设计成本。

案例 1：基于一站式云研发系统的高效研发管理

中兴通讯拥有 3 万多名研发人员，业务覆盖全球 100 多个国家和地区，需要面对多变的客户需求、大量的产品型号和复杂的业务协同。传统研发模式往往会因为流程冗长和协同不畅导致研发效率低下，数据异常和重复开发也提高了企业设计成本。

中兴搭建一站式云研发系统，将电子信息产品开发相

关代码库和研发测试流程全部搬上云端，打造可支持审核、测试、变更等环节实现自动化处理的研发运维一体化流水线。开发人员依托代码库可快速构建新的任务框架，并在提交代码后自动触发后续流程，监控关键研发指标进度并得到报警提示，在保障研发质量的前提下实现研发过程高效协同。

该系统支撑中兴每年构建研发代码超过 5000 万次，日构建峰值 30 万次，大型产品 3000 万行代码的构建周期缩短至 10 分钟以内，显著提高了研发设计效率，降低了新产品开发成本。

1.2 基于数字孪生的产品改进和工艺仿真

一是产品参数模型改进。企业可基于电子信息产品的几何、工艺、功能、质量、检测、运行环境等参数，构建产品的数字孪生模型，结合虚拟工厂和虚拟使用场景，确定产品参数是否符合实际生产和使用需求，并及时做出调整。**二是产品生产工艺仿真。**将产品导入虚拟产线中进行试生产，根据仿真结果优化调整产品生产工艺流程。以 SMT 为例，企业可基于工艺类型和 PCBA 正反面类型进行多产线生产的仿真模拟，提取各环节数据，发现生产过程中的问题并进行调整，提高新产品设计的效率，消除生产工艺变更的试错成本。

1.3 跨企业的研发设计协同

一是企业间的设计合作。电子信息产品的生产需要企业与不同的供应商对接合作，通过工业互联网构建由多个提供单一产品或服务的供应商组成的协同开发体系，将设计

任务拆解、分配到不同企业。**二是可追溯的跨企业研发管理体系。**基于工业互联网构建研发数据统一集中管理、图形化管理、历史数据可追溯的研发体系，参与研发单位共享研发资源，帮助单一中小企业克服研发资金投入不足、技术研发周期较长以及工艺壁垒较高等困难，提升行业整体研发水平。

2. 生产过程优化

基于大数据、人工智能等新一代信息技术与电子信息制造业生产制造流程的深度结合，推动行业生产作业、流程管控、质量检测等业务智能化升级，逐步实现生产的自动化、数字化、智能化，提高生产效率、生产质量，降低生产成本。

2.1 生产工艺优化

生产场景 1：SMT 贴片

SMT 生产流程中一般包含焊膏印刷、贴片、回流焊、检测等四个环节，利用设备将无引脚或短引线表面组装电子器件安装在印制电路板上。该场景下工业互联网带来四项创新应用：**一是自动化点料。**SMT 物料复杂，数量庞大，在产线上使用 X 射线对贴片物料进行自动计数，做到物料精细化管理。上线前点数确保物料足量供应，消除因缺料造成停线的损失；下线后对物料尾数进行点数后入库，有效降低物料损耗，节省生产成本。相较于人工作业，自动点料大大提升了工作效率及准确性，有效降低人力成本和物料损耗。**二是锡膏自动储存收发。**根据订单需求将信息指令发送至锡膏收发设备，锡膏从取出存储空间、回温处理到送至出料口全流程均可自动化进行。相较于人工操作，锡膏取料更精准、回温

更精确、送料更稳定，品质稳定性大幅提升。**三是自动化翻版及治具拆装。**电路板 A、B 两面均需进行 SMT 加工，且在加工过程中需有治具固定板材，防止变形，人工作业状态下生产效率低且拿取不当容易造成电路板损伤。使用智能化设备代替人员进行作业可有效解决上述问题，通过架设治具回流线将拆下的治具回流至线头实现闭环作业，也可提升生产效率。**四是产品质量监测。**SMT 贴片往往存在漏件、侧件、翻件、偏位、损件等常见问题，电子信息企业可通过工艺数据监控、机器视觉分析等方法获取产品品质信息，及时发现质量问题，并对错误产线进行响应，从而提升良品率，保障生产质量。

生产场景 2：DIP 插件

双列直插封装（DIP）是指不能被 SMT 贴装的大尺寸电子器件/电路板的插装工艺，其工艺流程按顺序一般可分为：电子器件成型加工、插件、过波峰焊、元件切脚、补焊（后焊）、洗板、功能测试。该场景下工业互联网带来三项创新应用：**一是制造环境智能实时监控。**DIP 插件对静电水平、灰尘密度等环境因素要求较高，通过智能环境监测设备采集环境数据并可视化呈现，方便企业对生产环境进行管控。**二是智能异型元件插装。**利用机器视觉识别和机械臂智能控制技术，实现自动识别电子器件并按照要求自动插装，将 DIP 插件全流程改造为智能化流水式产线，大幅提高插件效率和质量稳定性。**三是工艺参数监控。**波峰焊等生产设备需要实时监控预热区温度、焊接温度等工艺过程参数，通过智能化

系统对参数进行监控和调整，保证生产过程的稳定性，提高产品质量，降低机器宕机概率。

生产场景 3：PCBA 测试

PCBA 测试是指对 PCBA 板进行芯片程序烧录、线路通断情况以及电流、电压、压力等方面的测试，可分为在线测试、功能测试、老化测试、振动测试等，是整个 PCBA 生产流程中最为关键的质量控制环节，企业需要按照客户的测试方案对电路板的测试点进行测试。随着电子器件外形尺寸逐渐缩小、产品结构日趋复杂、上市周期不断压缩，其性能测试难度正快速提高。PCBA 智能化测试利用品检机器人、自动测试机等自动化测试设备以及可灵活配置的测试软件，可实现更加灵活的测试组合，应对复杂多变的检测需求，还将提升测试的可靠性，缩短测试时间周期。

生产场景 4：三防涂覆

三防涂覆是指对 PCBA 选择性喷射涂覆特殊配方涂料的一种新型涂覆工艺，利用涂覆层使电子产品达到绝缘、防潮、防漏电、防震、防尘、防盐雾等保护要求，从而提高线路板的健壮性，增加安全系数和使用寿命。工业互联网和机器视觉技术的使用带来两项主要创新应用：**一是智能化三防漆涂覆**。通过定位跟踪系统与自动化设备实现精准智能涂覆，保证涂覆效果，节省人力资源。**二是机器视觉质量检测**。利用工业摄像机、机器视觉技术、人工智能分析实现三防涂覆效果质检，代替人工目检，提高质检效率，降低漏检率。

生产场景 5：成品组装

成品组装是指将测试完成的 PCBA 板进行外壳组装，主要流程包括装前检查、组装、包装及出货。成品组装业务由于手工作业工序较多，需要极强的过程控制和品质管控能力。该场景下工业互联网可带来三项创新应用：**一是柔性自动化装配**。电子信息产品种类较多，订单一般存在小批量多品种的特点，建设柔性装配产线可以满足不同订单需求，也可快速进行切换，实现线体高效利用。**二是智能辅助组装**。电子信息企业部分手工组裝工序无法用自动化产线替代，可利用 AR 等智能技术辅助装配工人进行组裝，提高组裝效率，降低工人培训成本。**三是智能组裝检测**。电子信息企业可以通过视频监控+AI 分析实时把控组裝流程。视频采集组裝过程画面，通过 AI 识别错装、漏装等问题并及时进行响应，定期自动生成组裝错误分析报告以供相关单位参考借鉴，提高过程管控水平。

生产场景 6：半导体制造

半导体制造自动化程度较高，光刻机、刻蚀机、薄膜生长（ PVD-物理气相沉积、CVD-化学气相沉积等薄膜设备）、离子注入机等多数工艺流程设备可以实现自动化生产，该场景下工业互联网带来三项主要创新应用：**一是生产参数优化**。提高生产设备数据采集、边缘分析能力，对生产过程进行实时监控，以便及时调整工艺参数，提高生产效率和生产稳定性。**二是智能设备管理**。半导体生产设备具有结构复杂精密，对操作环境要求较高，自身经济价值较高，需要进行长时间稳定运行的特点，因而对运行维护具有更高的要求，基于设

备运行数据监控和基于 AI 分析的预测性维护可显著提升设备管理水平，延长设备使用寿命。**三是机器视觉检测修正。**半导体成晶体积微小，需要利用机器视觉进行质量检测，同时利用 AI 算法自适应调整，例如对掩模版上的图形做修正，使得投影到光刻胶上的图形符合设计要求。

2.2 质检测试优化

电子信息产品生产工序较多，全流程质量精细化管控难度大，需要采用自动测试产线来进行产品质量检测，利用机器视觉、人工智能、大数据等技术开展精确质检，分析质量问题出现原因等，可提高质量管理效率和产品合格率。**一是智能化检测产线。**利用机械臂、上下料机构、测试箱体设备、功能模拟板、测试夹具、测试治具等智能化硬件构建自动测试产线，实现锡膏覆盖率、外壳压力等测试数据的自动采集、存储、传输，并通过 MES 系统进行统计和分析。**二是质量归因分析。**通过大数据分析建立基于“数据+工业机理”的质量分析模型，利用统计模型、工艺模型、AI 模型等，对异常质量数据进行统计和根因分析，识别影响因素，降低误检率。**三是产品质量全流程追溯。**基于工业互联网标识解析的应用，对电子器件、产品进行打标。测试时，线体自动识别标识并获取物料的生产商、生产时间、生产工艺参数等信息，打通原料供应、电子器件生产、零部件生产、组装加工、售后运维等产品全生命周期的数据，结合质量追溯模型，实现产品全生命周期的质量跟踪。**四是跨厂区产品质量管控。**大型企业拥有多个厂区，不同厂区负责生产工单中的不同零部件生

产组装，需要利用工业互联网对质量数据进行统一监控、管理，对出现良品率波动的厂区进行及时反馈和问题分析，保证出货时各部件质量的一致性。

案例 2：联想质量归因分析

电子信息制造业产品批量大，设计生产参数多，一般会采用自动测试线进行产品质量测试。而产品测试指标面临几十种因素的干扰，一旦发生了误检将会影响整个自动测试线。在传统检测中，由于自动测试机台数据量庞大，人工分析误检率消耗大量时间和人力成本，并且根据分析人员经验不同，结论也会出现差别，增加了寻找失误原因的难度。为此，联想打造了人工智能系统——联想大脑，基于产品型号、生产流程等知识，构建 AI 模型，实时监控生产质量的误检率，计算得出真正影响误检率（比如设备失校准）的原因。针对百万级质量检验数据量，基于联想大脑的质量检验实现了数据归集、分析和在线报告问题的自动闭环，检验准确率比人工手段提高 20%，预期误检率降低 50%。



图 2-4 联想质量归因分析闭环

2.3 黑灯工厂

“黑灯工厂”指企业可以关闭作业区域的照明灯光，工厂所有的加工、运输、检测等生产任务均由机器完成，无须人力值守。在电子信息制造业中，原料管理、SMT 贴片、电路板检测等多个场景均可以实现无人值守的自动化运转，通过工业互联网对自动化产线进一步整合和升级，打通物料流和信息流，实现多个应用场景的无人化运行。**一是自动排程。**厂区系统接收到订单后，自动导入高级计划与排程（APS）系统，由 APS 根据当前工厂的产能计划、订单的交付时间等要素自动生成生产排程表，并下发到执行系统中。**二是基于数字孪生的智能生产管控。**“黑灯工厂”智能化产线基于数字孪生系统进行管控，系统除了帮助员工远程监控产线运行情况，还嵌入了生产数据模型库，产线可以根据排程自动调用库中的设备参数、工艺参数开始产品的全流程生产。**三是智能预测性维护。**“黑灯工厂”将所有设备进行了网络接入，在生产过程中实时采集运行时长、运行状态等数据，基于 AI 模型、机理模型等分析预测设备剩余使用寿命，提前预判设备故障，并根据设备信息自动生成维保任务计划。**四是在线检测。**基于智能质检设备，将所有的质量检测点嵌入产线中，实现生产与检测的交替进行。**五是线上物流。**利用智能物流设备支撑产线全部运输任务，长距离固定路径的原料、产品运输可使用高空轨道、地面线体实现，短距离半成品运输、

产线对接可使用无人叉车、智能 AGV 实现，指挥系统和物流设备、生产产线通过网络相互交换信息，保证线上物流运转流畅。

案例 3：中兴黑灯工厂

为进一步提升生产效率、提高产品质量、降低能源消耗，应对快速变化的客户需求，中兴基于工业智能、5G、大数据等工业互联网技术，在传统自动化工厂基础上进行智能化升级改造，打造面向通讯服务器生产的“黑灯工厂”。

具体来说一是 CPU 智能化在线质检，通过 AI 深度学习与 3D 机器视觉进行 CPU 底座弯针、断裂等安装缺陷检测。二是内存条精准装配，利用装配机械臂结合机器视觉定位、智能化槽位匹配等技术，实现了内存条精准插压，避免错插、漏插或插坏。三是无人化线上物流，通过应用“AGV+X”多设备柔性联动技术将 AGV 与生产环境中的货梯、货闸、自动门、线体等多种设备进行柔性连接，满足了跨楼层、跨区域的运输需求。与此同时 5G 连接、AI 调度也使物流运输调整更加灵活。四是智能化物料自动配送，利用 AI 智能计算与知识图谱等技术在云端构建生产智能管理与调度平台，为柔性的复杂混线生产体系提供精准的物料配送指导。五是动态化车间管理，通过构建全生产要素连接、可视与分析的管控模式，实现车间生产情况精准呈现、生产问题自动报警。

中兴通过建设通讯服务器“黑灯工厂”，实现产品不良率下降 34%，人均产出上升 113%，合同交付周期缩短 42%

的成效。

2.4 人机一体化协同

对于大中型电子信息企业而言，即使实现了较高水平的生产自动化，但在质检、组装等环节仍需大量人力，需要工厂从“机器换人”升级模式逐步向“人机协作”延伸拓展。通过机器和工人的协同作业，提高生产效率，提升决策水平。**一是人与装备的协同工作。**由智能机器人进行重复性高、精准性强的工作，由人进行复杂度高、柔性化强的工作，高效完成成品组装等个性化需求强的工序。**二是人与算法的协同决策。**通过数据建立机理模型，利用算法对工艺流程、产品参数、设备状态进行分析，为企业生产过程中的产线调整等决策提供支撑和辅助，提高决策水平。**三是人与设备的协同训练。**由于生产过程仍需大量人力，企业需要投入较多的工人培训资源。利用 AR、VR 等智能设备，结合智能产线为工人提供理论培训、技能实践和操作模拟，可有效提高工人技术水平，降低培训成本。

案例 4：富顶精密 AR 员工培训

随着制造设备的智能化程度提高，对操作人员的技术能力提出了更高的要求，传统的人员培训方式内容枯燥，培训周期长，培训效果差，增加了企业成本。富顶精密利用 AR 技术实现对员工的沉浸式培训，让员工通过 AR 系统模拟操作智能设备，实际感受产线的生产流程。该方式激发了员工的学习积极性，大大提升了培训的效果，员工培训

时间缩短 30%，有效降低了培训成本。

3. 车间内部管理

3.1 设备管理

基于无线传感、自适应感知、精确控制等技术，实现覆盖电子制造设备全生命周期的实时状态感知、远程故障诊断和预测性维护，有效降低设备运维成本，提高产品质量和生产可靠性。**一是设备运行状态检测。**基于工业互联网采集温度、电压、电流等数据，直观展示厂区内的贴片机、回流焊等关键设备的实时状态，帮助企业监控产线运行状态。**二是设备故障诊断。**利用大数据分析技术，对厂区各产线上的设备工作日志、历史故障、运行轨迹、实时状态等海量数据进行采集和分析，基于专家库和自学习机制建立故障智能诊断模型，实现故障设备精准定位、设备问题溯源归因。**三是设备预测性维护。**基于数据分析来预测设备关键零部件的寿命与潜在风险，预判故障出现的时间和原因，主动提前进行维护。如波峰焊机设备的温区继电器和温区接触器在缺乏维护情况下，可能导致预热温度不足或加热区超温，最后出现线路板焊尖、气孔、短路、漏焊、多焊等一系列产品问题。通过计算零部件寿命和工作状态，预测温度曲线，提前进行维护，可降低线路板的损伤概率。

案例 5：设备预测性维护

某电子原始设计制造商（ODM）厂商 SMT 车间有 15 条产线，三大核心设备均是重资产、重数据类设备。在过

去，车间设备运转综合效率为 70%，抛料的站点、吸嘴、料号难以进行统计和分析，因此尽管定时保养和更换，依然会发生非计划故障导致停机。厂商需要二十余名维护工程师基于自身经验，定期开展维保，并进行纸质记录。通过工业互联网建设，该公司将贴片机的压力、站位、供料器、物料号、速度、参数设置、端位、吸嘴、程序版本号等信息通过边缘平台进行采集、统计，并传输至系统中进行数字化建模，通过多因子分析工具（MFA）构建了设备故障预测模型，帮助工程师提前发现和预防设备故障问题，显著提升设备使用效率，减轻维护的频率和难度。设备运转综合效率从 70% 提升到 75%。降低了维护工程师人力成本以及吸嘴等备件维护成本。

3.2 能源管理

电子信息企业可依托工业互联网实现企业能源管理优化。**一是用能情况感知。**电子真空器件、电光源、印制电路板、信息化学材料和光纤光缆等细分领域耗能较高，需对生产设备能耗状况保持密切监控，通过先进网络技术可实时采集能耗数据，动态监控能源流向、负荷和异常信息，实现厂区能耗感知。**二是能源预测。**通过用能计划、设备定修计划等信息，构建能源消耗预测模型，开展中长期用能预测和基于数据驱动的能源实时动态预测，为能源优化调度提供决策支撑。**三是能效综合管控。**基于用能情况、生产需求、能源价格等建立优化调度模型，开展多能流协同管控，实现全局能源动态平衡与优化调度，保障供能平稳、节约。

3.3 仓储管理

电子信息企业可通过工业互联网实现仓储物流智能管控。**一是库存可视化感知。**中小企业或数字化转型起步阶段企业可利用信息化系统，针对库存情况、进库出库等数据进行可视化管理，帮助企业实时感知仓储库存情况。**二是智能物流管控。**利用物联网、无线定位、标识编码等技术，实现产品流通过程中的管控及定责。原料来料时打印唯一的身份ID标签，在后续的生产过程中通过扫描原料标签实现信息快速追溯，并将数据同步至信息化系统。**三是智能物流调度。**依托车间中央物流调度系统，打通智能物流设备，并部署调度优化算法，从而通过工业互联网系统实现智能化的物流路径规划、叫料预判、任务调度、交通管理等，解决复杂物流需求下调度效率低的问题。**四是基于数字孪生的库存优化。**基于数字孪生技术建立虚拟仓库，模拟仓库货品存储、出入库规划和物流路线等，及时根据不同库房的状态进行调整，以保证仓储的流畅运转，适用于拥有大型仓库或多个库房的电子信息企业。

4. 企业内部管理

通过打通电子信息企业内部各个管理环节，打造数据驱动、敏捷高效的扁平式经营管理体系，实现管控透明可视、市场变化及时响应、资源动态配置优化、战略决策智能分析等全新管理模式。

4.1 企业经营决策

电子信息企业部门多、组织架构复杂，规模较大企业往

往往具有多个厂区。针对企业经营决策，工业互联网主要带来三大创新应用：**一是面向制造专业板块的智能决策支撑**。广泛收集企业生产制造相关数据，结合人工智能、大数据等先进计算分析技术，基于“机理模型+数据分析”构建数据中台，打造领导驾驶舱，实现生产、质量、能源等业务的可视化展示与智能化分析。**二是面向经营专业板块的智能决策支撑**。基于集成化平台实现公司统计、财务、存货管控、采购、销售、物流等业务的可视化展示与智能化分析。**三是跨专业板块的综合智能决策支撑**。通过集成各业务领域数据，借助大数据分析技术实现多要素管控协同集成。

4.2 财务管理

随着企业业务发展，企业财务管理逐渐复杂，使用基于工业互联网的数字化财务应用并实现财务集中管控，将帮助企业节省财务人力成本。**一是资金业务智能管控**。基于工业互联网打通原有各类财务系统，建立财务分析模型和集中化管理体系，实现应收应付管理优化、票据现金实时管控等。**二是市场利润“预测式”核算**。通过集成采购系统、销售系统数据，构建企业业务盈利分析模型，实现对企业市场利润预判。**三是业财融合**。通过平台打通财务管理系统与相关业务系统，实现基于业务数据联动分析的成本、预算、收入精细化管控。

4.3 客户关系管理

电子信息企业产业链复杂，企业需要服务较多的下游用户客户，基于工业互联网可实现客户关系的数字化管理。—

一是客户感知。梳理产业链结构和企业关系，构建客户域数据中心，预测客户订单，挖掘链条中的潜在客户。**二是客户关系管理。**基于客户的需求、订单类型、账款周期等数据，形成可视化感知并进行综合分析，辅助企业持续深化客户关系，及时响应客户需求。**三是客户会员管理。**对于消费类电子产品制造企业，通过构建消费者会员管理平台等方式，提供会员信息注册、消费数据存储、售后服务反馈的渠道，提升用户体验，增加客户黏性。

4.4 人力资源管理

电子信息企业一般具有较多的劳动人员和工作岗位，需要利用工业互联网优化人力资源管理。**一是员工画像管理。**利用大数据，结合员工学历、技术证书、工作经历等资料数据，构建员工技能画像，帮助企业进行人员调度或培训。**二是岗位需求管理。**通过岗位职能、历史工作情况等数据，对生产岗位需求进行建模，应用匹配算法精确分析应聘人员能力和岗位需求的拟合程度并确定最佳人选，解决过去经验依赖的招工方式所存在的人岗匹配度低问题。**三是厂区员工管理。**利用系统集成员工门禁权限、定点打卡、饭堂账户等数据，结合人脸识别技术进行智能化管控，为员工在厂区的工作、生活提供便利服务。

4.5 合规与风险智能辅助决策

电子信息企业合规与风险管理是企业稳健经营运行的基本要求。**一是风险管理展现。**基于工业互联网建设风险管理平台，集成企业内外部监管要求，和企业现有业务系统

打通，进行风险分析，及时发现业务合规性风险。**二是新业务风险预测。**利用大数据技术收集行业风险案例，结合行业监管要求建立风险预测模型，利用模型对计划发展的新业务进行合规性检验，确保业务全流程的风险控制，帮助企业平稳发展。

4.6 数据资产管理

电子信息企业在经营生产的过程中会产生大量的数据，如客户数据、供应商数据等外部企业数据，波峰焊机器工艺参数、PCBA 板测试模型、供应链数据标准等生产现场数据，产品市场表现、售后反馈数据等内部运营数据，企业需基于工业互联网建立数据资产管理体系。**一是数据资产存储和保护。**通过直接连接系统、设备数据接口，实现数据自动采集记录，变革人工纸质记录方式，将有效提高数据采集效率，同时根据数据资产类型进行分类存储，并通过划分人员查看权限等方式进行分级保护。**二是数据资产标识和调用。**针对工艺参数、测试模型等数据，利用标识解析技术进行标识，便于企业在生产运营过程中快速调用所需数据模型。**三是数据资产交易和流通。**基于可信工业数据空间等基础设施开展专家知识、算法模型、训练数据集等数据资产的交易和流通，实现数据价值释放。

5. 企业外部服务

通过跨部门、跨层级、跨企业的数据互通和业务互联，推动产业链上下游企业之间共享客户、订单、产能等资源，进一步优化产业资源配置。同时基于产品能力和客户需求开

发延伸性服务，探索“制造+服务”新模式。

5.1 基于产品拓展服务

基于产品拓展服务是指为用户提供具有数据采集传输功能的智能化电子信息产品，企业通过对采集到的用户数据进行深度分析，提供辅助装配、远程控制、培训互动等新型拓展服务，提升产品使用性能。具体来说**一是监测类服务**。基于传感器内置数据采集、传输、分析模块，将传感器类型的电子产品打造成为面向设备或环境的智能监控装备，自动监测温度、湿度、压力等指标参数并提供分析预警服务。**二是知识类服务**。在AR/VR等智能终端中内嵌工业产品数据、结构等知识信息，构筑虚拟展厅，为用户提供与数字模型实时互动的沉浸式体验，以进行技能训练。同时还可与远端专家连线，实时共享场景，由专家远程指导现场工作人员进行装配或运维。**三是软件控制类服务**。智能化工业平板等设备可内嵌控制软件，通过网络连接多台智能设备，达到实时查看设备运转情况或远程操控设备的目的。

案例 6：迈瑞远程诊断和维修服务

医疗行业对于除颤仪、呼吸机、心电图机等电子设备的健康稳定运行要求较高，但传统医疗电子设备信息不可见，故障诊断效率低，维修难度大，现场服务响应慢，导致客户满意度较低。迈瑞建立远程服务平台和维修服务平台，为客户提供设备远程信息监控、故障预警、诊断维护等服务。具体来说迈瑞平台深度融合物联网、大数据、AI等技术，以设备综合效率为基础，采集设备运行相关的故障记

录、零件寿命、运行状态等数据，远程实时检测设备故障和易损件使用寿命，一旦发现停机风险，即在线发送警报，并通过故障分析系统对设备进行远程诊断，将知识库中的维修服务解决方案实时推送给服务工程师，服务工程师根据平台的自动派单情况，在 APP 中完成工单确认，并上门提供精准服务。此外，对于复杂的维修服务，可通过技术专家进行 AR 远程协助。

5.2 围绕产品打造服务

围绕产品打造服务是指围绕电子信息产品自身形态打造一系列增值服务，一般服务的形式和内容与电子信息产品的使用场景有着密切关系。**一是智能电器+新零售**。如智能冰箱中控可直接通过 Wi-Fi 接入网络并与 APP 相连，一方面实现冰箱温度监控、模式切换等功能，另一方面打通冰箱与新零售行业，通过冰箱直接购买食材并自动定位收货地址等。**二是智能电器+物联网**。如智能音响一方面可以内嵌多种可增值软件，包括电子图书、教育节目、音乐播放等，另一方面可以作为物联网智能控制中枢对家电进行连接，打通更多供应商，扩大服务目标群体，增加收益。

5.3 以客户为中心的精准营销

运用工业互联网打破各个业务部门的数据壁垒，整合用户数据，建立**以客户为中心的营销服务体系**。如手机、电脑等消费类电子产品，通过数据挖掘用户消费偏好，洞察用户核心需求，围绕核心需求开展服务，形成精准的营销路径，提高销售效率、服务质量以及用户满意度，提升从潜在意向

到真实订单的转化效率。

案例 7：PISCES 用户画像平台

消费类电子信息企业往往需要直接面对 C 端客户群体，传统以经验为导向的客户管理效率较低，多以广撒网的方式开展营销宣传。华为开发了 PISCES 用户画像平台，通过创建用户标签规则，快速分析用户特征，构建用户画像，深入洞察客户信息，围绕用户特点提供个性化推荐服务。例如 PISCES 可根据客户消费水平、应用场景、功能偏好，为客户相关账号投送对应的智能手机、平板电脑、智能手表等电子信息产品营销广告，以及为已拥有相关产品的客户提供符合其个人使用习惯的硬件维保、软件升级等增值服务。

5.4 基于客户需求的定制化

通过工业互联网建立定制化产品设计生产体系，使产品更贴合客户需求。**一是客户协同制造。**基于工业互联网使客户参与需求定义、产品设计、生产制造、物流交付等产品全生命周期过程，提升客户需求响应速度。**二是客户需求预测。**基于工业互联网打通销售平台数据，通过对销售数据分析捕捉市场风向，预测客户未来需求方向，动态调整研发与生产业务。**三是客户定制化产品。**基于数据分析的市场需求感知，结合可对订单进行精准跟踪的透明化、柔性化生产体系，根据用户的个性化需求开展定制化生产，提高产品吸引力。如在智能穿戴领域，用户可通过数字化系统指定相应文字，借助制造厂商的订单跟踪与柔性生产能力将文字篆刻至单件

无线耳机母盒上，打造客户专属电子产品。

5.5 供应链金融

电子信息制造业链条复杂冗长，链主企业可充分发挥龙头引领作用建设**工业互联网金融服务平台**，通过将上下游合作伙伴特定生产经营数据接入平台，开展金融信用建模，辅助合作伙伴获取融资贷款，提升供应链整体生存发展能力。

案例 8：点链供应链金融平台

中小型电子信息企业普遍面临体量小、现金流紧张等问题，导致融资困难、抗风险能力差。欣旺达作为行业龙头企业，其上下游连接了数量庞大的中小企业。为了提升产业链中小企业融资水平，欣旺达依托自身积累，孵化了点链工业互联网平台，连接数千家上下游企业，为 5000 余家企业提供产业链金融服务。目前有 2000 多家中小企业通过平台提供的信用融资、应收账款融资等方式累计融资超 25 亿，解决了众多中小企业面临的资金问题。

5.6 供应链协同

电子信息企业通过工业互联网连接供应链各参与主体，对供应链中关键企业生产系统的重要数据进行抽取和多维分析，开展供应链网络化协同与优化。**一是供应链监测**。实时跟踪物料消耗和原料信息，对订单情况进行实时监测，实现供应链透明化。**二是供应链预警**。结合供应链监测，对供应链中的稀缺原料、积压产品进行实时预警，预防爆仓或短缺问题。**三是供应链弹性调度**。收集用户的交货周期、物流质量、物流成本等需求，推动外部物流服务商集中管控、协

调运能，高效组织产成品发运和交付，实现多工厂协同供货、精准配送。**四是跨国供应链管理**。掌握跨国供应链供需数据，利用工业互联网进行全球供应链资源汇聚整合，保证在突发情况下供应链节点的可替换性。

案例 9：浪潮 JDM³供应链协同模式

当前全球制造业价值链正加速调整，许多电子信息企业面临着极为不稳定的供应链状态。部分企业由于缺单、缺货等问题无法开工，货仓积压、订单被砍等问题导致成本激增。浪潮信息打造 JDM 供应链协同模式，与用户端产业链进行融合，打通双方需求、研发、生产、交付等各环节，与供应商的库存、生产进度、物流、质量、结算等信息进行深度集成。浪潮在强有力的供应链协同体系支撑下，2020 年初面对武汉疫情在 10 天内完成了数十亿供货；在 2022 年上海疫情中，确保了 7 天完成交付。

5.7 产业链协同

电子信息制造业存在大量的产品小批量试制需求，同时还存在众多的中小企业零散产能，但在传统的产业链组织模式下，供需双方信息难以高效流通，出现产业链运行不畅的现象问题。通过产业级工业互联网平台实现**网络化协同制造**。一方面连接下游客户个性化订单，另一方面连接中小企业产能，通过对双方数据的深度分析实现订单与产能的精准高效匹配，在提高中小企业市场订单的同时降低下游客户小批量个性化试制的成本。

³ Joint Design Manufacture，即联合设计制造

案例 10：捷配电子产业协同制造平台

中小型电子信息企业普遍面临订单获取难的问题，传统产业链组织模式下，企业主要依赖业务团队投入大量人力物力资源进行订单谈判拓展市场，成本较高而效率较低。捷配信息自主开发了电子产业协同制造平台，以“自营工厂+协同工厂”的模式，直连印刷电路板、柔性电路板等制造厂商。下游客户通过平台下单后，平台基于大数据、人工智能等技术将订单精准匹配至中小生产企业，组织各工厂开展协同制造，形成“柔性平台+刚性工厂”的新型产业链组织模式。在产能和订单的合理分配之下，中小协同工厂的人均产能平均提升 65%以上，为下游客户平均节省了 20%采购成本。

（四）“5G+工业互联网”应用

电子信息制造业具备较好的数字化基础，可以加快开展“5G+工业互联网”的高水平应用实践，通过充分利用 5G 广连接、低时延、大带宽的特性，推动生产现场与企业经营的升级改造，形成生产单元广泛连接、IT/OT 深度融合、数据要素充分利用、创新应用高效赋能的先进工厂。在电子信息制造业中，5G 的主要应用分为采集、控制、传输三大类。

1. 采集类

（1）工艺合规校验

电子产品在启动批量制造前，需要进行工艺合规校验，对首件产品的原材料、生产程序、工艺参数、产品质量进行

全面确认，验证产品批量生产的可行性。为了保证生产按照规定标准流程执行，综合利用工业相机、物联网传感器、激光雷达、智能仪表等设备，全方位监测企业生产原料、半成品和成品的各项指标，实时跟踪工作区域人工操作、设备运行的流程步骤，监测投料和配料数量等工艺信息。由于监控全流程涉及指标繁多，连接机器数量庞大，通过传统有线网络开展数据采集传输需要大量布线工作，难度大、成本高。**5G** 网络广连接的特性可以保证实时、同步追踪所有工艺流程监控点上的信息，并将采集的指标同步传送至边缘云平台。再利用人工智能、大数据、云计算等技术对工人实际操作工序、取料信息等进行分析，并与规定标准流程进行实时合规校对，分析找出颠倒顺序、危险操作和错误取料等问题，实现工艺检测自动告警。

(2) 企业生产协作

电子信息制造业在生产制造的过程中往往需要多类主体共同参与，具体来说包含客户参与的定制化研发生产，以及合作伙伴参与的复杂产品协同制造。**5G** 网络广连接的特性可以实现跨企业、跨主体的研发、生产数据高效流通，提升生产制造企业与合作伙伴、下游客户的协作水平。

(3) 生产现场监控

在电子信息企业的工业园区、车间等现场，往往需要对温度、湿度、静电量、人员流动、设备状态等信息进行广泛收集与动态监控。借助 **5G** 低时延、广连接的特性，可以对生产现场多类型数据进行大面积采集，并将数据快速回传至

现场监测系统，实现生产活动的高精度识别、自动化报警，为安全生产管理提供保障。

（4）生产能效管控

为有效监控生产能耗，企业需要长时间持续采集用能设备和能源计量器的数据。5G 网络凭借广连接、大带宽的特性，可满足大范围能源监测需求，对电、水、燃气等能源的消耗情况，及粉尘等污染物的排放情况进行统一监控，帮助企业实时了解能耗及排放状态，提高能源与污染管理水平。同时企业通过人工智能等先进算法，预测未来的用能需求，并自动制定节能计划，进一步挖掘企业的节能潜力。

2. 控制类

（1）柔性生产制造

电子信息制造业个性化需求较强，其订单具有小批量多品种的特点，对生产线柔性切换速度有较高要求。为了使企业可以根据订单需求更加快速、精准的调整工艺参数与产线布局，产线网络连接必须具有低时延、高稳定、灵活化的特性。将生产装备、物流机器人等现场设备接入 5G 网络，实现设备连接无线化，大幅减少网线布放成本，缩短产线调整时间。同时结合边缘系统部署柔性生产制造应用，支持生产线根据生产要求快速重构。

案例 11：柔性生产制造

华为与中国移动合作，在广东省松山湖工厂利用 5G 技术实现了柔性生产制造场景的应用。华为松山湖工厂手机生产车间原有网络布线约 9 万米，每条生产线平均拥有 186

台设备，生产线每半年随新手机机型的更新需要进行升级和调整，物料变更、工序增减等操作要求车间所有网线进行重新布放。每次调整需停工 2 周，以每 28 秒一部手机计算，一天停工影响产值达 1000 多万元。通过 5G 与工业互联网的融合应用，华为松山湖工厂把生产线已有的 108 台贴片机、回流炉、点胶机通过 5G 网络实现无线化连接，完成“剪辫子”改造，每次生产线调整时间从 2 周缩短为 2 天。

（2）远程设备操控

随着电子信息制造车间自动化程度的提高，产线人员不断减少，平均每个产线人员需要管理的区域逐渐变大，因此产生了产线远程控制的需求。设备操控短时数据流量大，需要运用 5G 网络保证低时延控制设备，通过在工业设备、摄像头、传感器等终端上内置 5G 模组或部署 5G 网关，设备操控员可以远程实时获得生产现场全景高清视频画面及各类终端数据，并通过设备操控系统实现对现场工业设备的精准操控，保证控制指令能得到快速、准确、可靠的执行。

（3）厂区智能物流

厂区智能物流场景主要包括线边物流和智能仓储。线边物流是指从生产线的上游工位到下游工位、从工位到缓冲仓、从集中仓库到线边仓进行物料定时定点定量配送。智能仓储是指通过物联网、云计算和机电一体化等技术共同实现智慧物流，提升仓储管理能力。两种物流场景均有多个数据点持续不断地进行数据流通，因此要求网络时延低、稳定性高。5G 网络可以保证厂区内自动导航车辆（AGV）、自动移动机

器人（AMR）、叉车、机械臂和无人仓视觉系统等软硬件设备的网络稳定连接与指令快速传输，结合 5GMEC+超宽带（UWB）室内高精度定位技术，可以实现物流终端控制、商品入库存储及搬运分拣等全流程作业的自动化、智能化。

案例 12：厂区智能物流

海能达打造新一代工业智慧园区，采用独立 5G 核心网完成整个工业园区的 5G 改造。结合边缘计算和网络切片技术建设一张覆盖园区的 5G 专网网络，通过 5G 室分进行覆盖，提供移动化、低时延、大带宽的“5G 管道”，同时搭建一个可视化的 MEC 边缘云平台，实现与生产系统运营平台的数据共享，为车间内各种生产应用提供需要的算力。海能达通过部署“5G+基站+MEC”，大大缩短从 AGV 到控制大脑的时延，实现 AGV 的规模化应用，大幅提升物料运输效率和管理水平。依托 5G 定位技术还实现了车辆入园路径自动计算和最优车位匹配。最终实现仓储人员减少 50%，每年降低成本超千万。

3. 传输类

（1）异地协同设计

部分电子信息产品生命周期短、升级换代迅速，因此新产品研发或旧产品调整频繁，对研发设计效率要求较高。工程师交换设计图纸和制造信息时，缺乏高效手段支撑大数据量的传递，导致研发效率低、成本高。5G 网络大带宽的特点，可以帮助工程师在短时间内传输大数据量的研发设计文件。基于 5G、数字孪生、AR/VR 等技术建设异地协同设计系统，

实时生成电子部件、设备、系统等数字模型，结合洞穴状自动虚拟环境（CAVE）仿真系统、头戴式 5G AR/VR、5G 便携式设备等终端进行模型展示，帮助异地设计人员对 2D/3D 设计文件进行协同修改与完善。同时 5G 网络可采集现场实验画面和数据，同步传送给不同地域的研发人员，帮助研发人员在线协同操作，联合攻关问题，加快研发进程。

（2）机器视觉质检

机器视觉质量检测对于图像清晰度要求较高，4G 网络难以承载持续不断的高清图像传输任务，以太网则会使得厂区布线过于复杂不利于维护。5G 网络具备传输高清图像及视频的能力，在生产现场部署接入 5G 网络的工业相机、激光扫描仪等质检终端，可以实时拍摄产品的高清图像，并通过 5G 网络传输至部署在 MEC 上的专家系统。专家系统即可基于人工智能算法模型进行实时质量分析，对比系统中的规则或模型要求，判断物料或产品是否合格，不仅能快速检测缺陷并自动报警，也能有效记录瑕疵信息，为质量溯源提供数据基础。

案例 13：机器视觉质检

格力电器的总装车间在部分工位安装了 5G 高清摄像头，将待检内容自动拍照后，摄像头通过 5G 网络上传图象至部署在 MEC 平台上的机器视觉质检应用，结合图形处理单元（GPU）的算力资源与数据模型进行实时比对检查，实现产品缺陷自动识别与判定结果快速回传，指导自动化产线对不良品进行分离操作。目前格力已在其总部总装生产

线的空调外观包装、空调自动电气安全测试等环节中部署了 5G 机器视觉质检应用，单车间机器视觉每年可为企业节约人工成本 160 万元。

(3) 现场辅助装配

电子信息产品品种多、结构复杂，装配环节多以人工为主，对工人经验依赖性强。5G 网络可以将装配现场的图像、视频、声音等海量数据实时传输至现场辅助装配系统中，系统对数据进行分析并生成辅助信息后，再通过 5G 网络下发至现场终端，实现操作步骤的 AR 呈现，帮助现场人员进行复杂设备的装配。此外，专家的指导信息、设备说明书、图纸、模型等数据也可通过 5G 网络实时同步至现场终端，提升现场操作人员装配水平，提高装配工作效率。

案例 14：现场辅助装配

传统装配现场依赖纸质资料和语音沟通，效率较低。某企业打造基于 5G+MEC 的互联工厂，实现基于 AR 眼镜的 5G 远程辅助装配。工人通过佩戴 AR 眼镜采集现场视频，同时从后台系统调取产品安装指导推送到 AR 眼镜上，实现了一边查阅操作指导一边开展装配作业的高效工作模式。当工人发现无法自行解决装配问题时，还可以通过 5G 网络联系远程专家，进行实时远程指导。

(4) 无人智能巡检

大型电子信息企业生产区域较多，人工巡检效率相对较低。通过在巡检机器人等设备中内置 5G 模组或部署 5G 网

关，利用 5G 网络帮助机器人采集传输现场视频、语音、图片等各项数据，并快速接收巡检系统下达的最新工作指令，自动完成检测、巡航以及数据记录、远程告警等工作，替代传统线下人工巡检，提高巡检工作效率。

三、工业互联网与电子信息制造业融合创新实施架构

(一) 电子信息制造业融合创新实施架构设计思路

当前电子信息制造业大部分大中型企业建设了相对完备的自动化、信息化系统，已积累了大量关键业务数据资源，各类系统对支撑实现业务流程的透明化管理发挥着核心作用。因此在设计工业互联网应用架构时，需充分结合已有的软件系统，采取叠加的设计思路，即在传统垂直的自动化、信息化架构基础上，综合运用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，构建工业互联网网络、标识、平台、安全系统，开展与现有各类制造系统的集成互通，实现更广范围的数据汇聚与更深层次的数据分析。电子信息企业日常生产经营业务仍在已有的自动化、信息化系统上运行，工业互联网则支撑全流程质量管控、生产工艺参数优化、企业精准决策等新型应用模式与业务形态，创造全新业务价值。

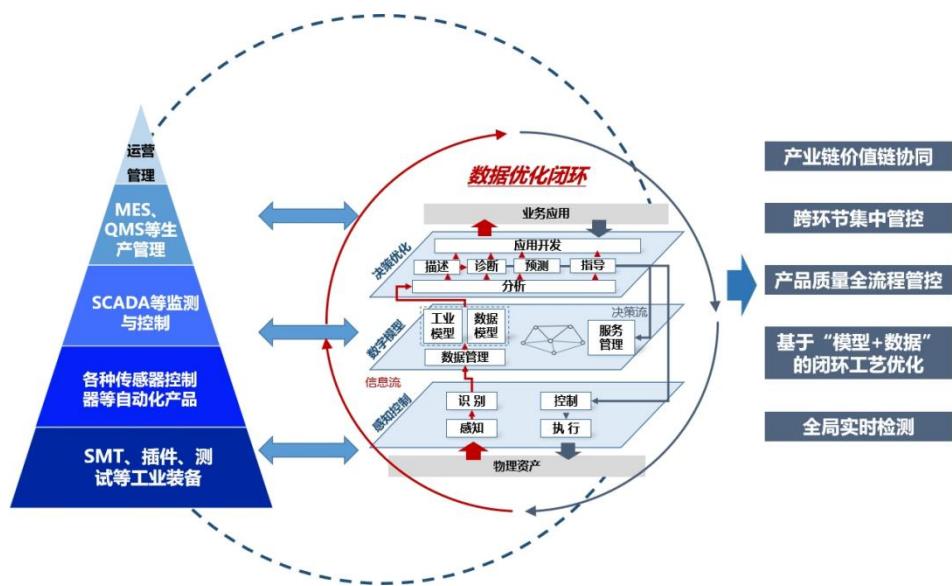


图 3-1 电子信息制造业融合创新总体实施架构

为支撑电子信息制造业应用需求，需重点在新型架构的设计思路下构建以下五大关键数字化能力：**一是泛在感知能力**。通过布设新的传感器、仪器仪表和检测设备，采集电子信息制造业生产过程中的波峰焊环境湿度、插件区域静电量、自动产线运转状态等设备、产品、环境数据，实现全要素、全产业链、全价值链的状态信息深度实时监测。**二是智能决策能力**。通过工业互联网平台广泛汇聚电子信息企业生产运营过程中产生的关键数据，结合工业机理模型及数据模型对数据资源开展深度分析，指导设备、车间、企业等各层次的业务优化。**三是敏捷响应能力**。电子信息企业需通过工业互联网拉通企业内部营销销售与生产制造等关键流程，同时实现与外部市场的数据协同，快速感知市场变化趋势并优化调整生产组织模式。**四是全局协同能力**。通过部署 5G、时间敏感网络（TSN）、软件定义网络（SDN）等新型网络技术，大幅提升电子信息产品生产制造过程的数据接入与传输效率，同时连接供应商、金融机构、仓储物流等行业主体，实现企业内外部资源的优化配置，提高产业链供应链运行效率。**五是动态优化能力**。加快人工智能、大数据等技术在电子信息全价值链的深度应用，构建虚实映射、动态优化的数字孪生系统，实现对关键业务流程的实时感知与动态调整。

为了实现上述数字化能力，需要构建面向融合创新应用的新型实施架构，全面支撑电子信息制造业提质、降本、增效、绿色、安全的数字化转型需求。

(二) 融合创新实施架构

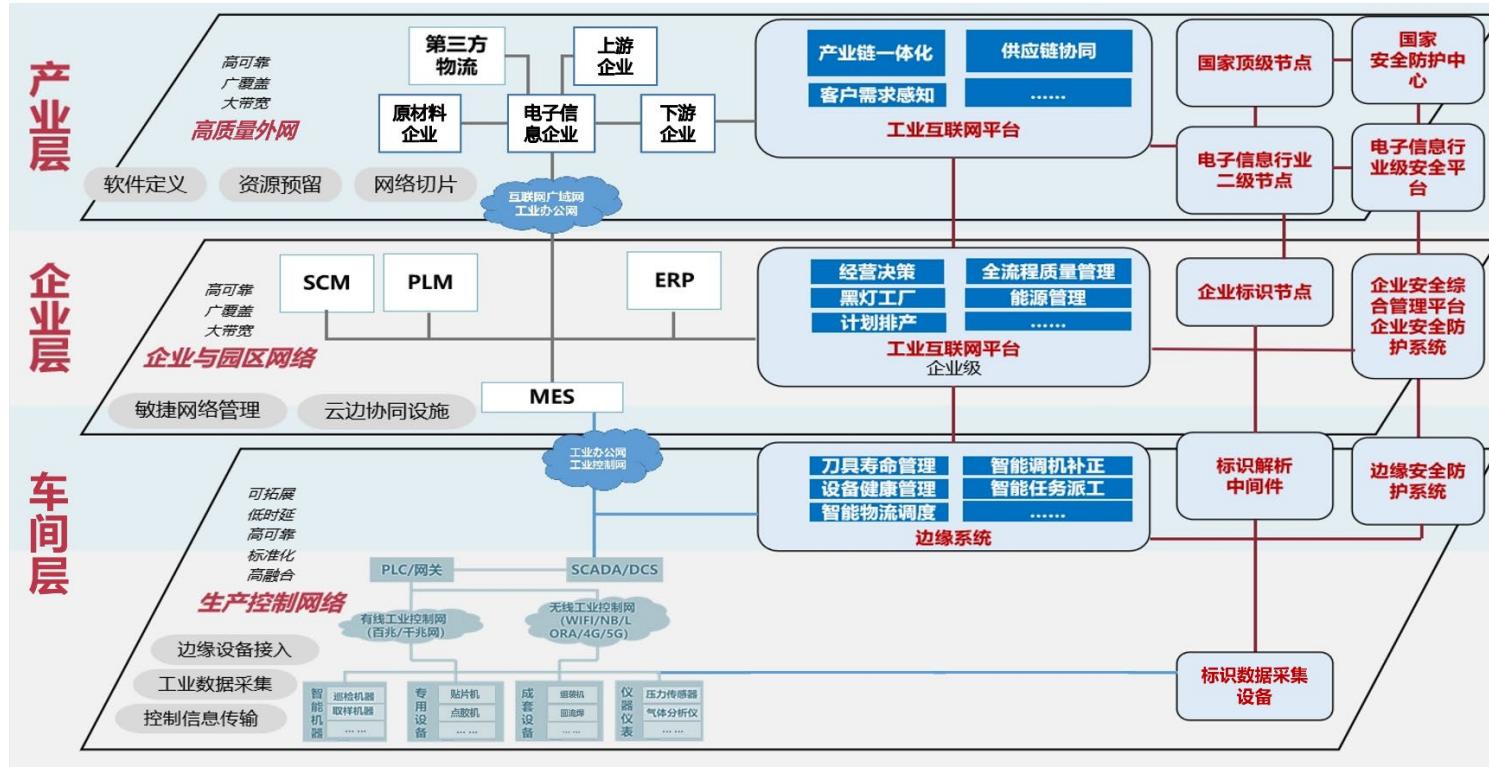


图 3-2 电子信息制造业融合创新实施架构⁴

⁴ 参考: 工业互联网产业联盟, 《工业互联网体系结构 2.0》, 2019

电子信息制造业与工业互联网融合创新应用的实施架构包含车间层、企业层、产业层三个层级，涉及网络、标识、平台、安全四大方面实施建设。

车间层由制造过程所涉及的热压焊机、锡膏焊机等各类生产设备、仪器仪表、控制系统组成。在车间层部署工业互联网，重点是通过对先进网络、边缘计算等技术的综合应用，一方面提升生产现场的数据采集与传输能力，并通过在边缘侧开展工业协议转换、数据集成与预处理，提高工业数据质量，为后续的数据分析与智能化应用奠定基础。另一方面，车间层工业互联网还需承载机器视觉质检等与生产管控密切相关、具有低时延和高可靠要求的智能化应用。此外，车间层还应重点关注相关设备安全与控制安全的风险。

企业层由企业生产制造、经营决策、产品全生命周期管理等各类业务系统组成。在企业层部署工业互联网，重点是通过集成化平台、广覆盖网络等部署，一方面提高各工序、各业务的运营效率，并结合数据分析、人工智能等技术提高决策水平。另一方面，企业层还需结合大数据、标识解析等技术，开展产品全生命周期追溯与管理。此外，企业层还应关注各工序业务系统交互的数据安全、网络安全及应用安全。

产业层由连接产业链供应链上下游的信息系统或平台组成。在产业层部署工业互联网，重点是通过跨企业网络连接与产业协同平台应用，提高企业间、区域间的数据交流效率，并基于全局数据分析，实现产业链供应链资源优化配置。产业层还需重点关注企业间交互过程中的各类安全风险。

四、工业互联网网络设施建设

网络是基础。工业互联网网络包括了企业内网和企业外网。典型技术包括传统的现场总线、工业以太网以及创新的TSN、确定性网络、5G等。工业互联网网络根据工业高性能、高可靠、高灵活、高安全等网络需求进行建设。

(一) 建设现状

一是OT现场中设备联网较少，协议种类较多。当前仍存在大量老旧设备难以联网，同时不同的电子信息产品制造环节使用的生产设备供应商分散，使用的通讯协议类型众多，ProfiNet、Ethernet/IP、Modbus TCP、EtherCAT、Powerlink、EPA、CC-link、EIP等协议并存应用，导致设备之间互联互通难度较大。

二是网络布局上存在不同的拓扑结构，需加强管理。企业在不同场景下会采取星型结构、环型结构、树型结构等多种拓扑结构，拓扑结构的复杂性给企业网络带来了较大的管理难度，同时大部分企业对于车间层、企业层、产业层的网络划分不够清晰，开展问题排查时效率较低。

三是领先企业5G应用探索较为深入，但行业总体应用有待提升。电子信息制造业一方面支撑着我国5G产业的高速发展，另一方面也成为5G技术创新应用的试验场和样板间，如中兴等5G领先供应商在自身产品生产中开展了大量前沿性的探索，打造南京滨江5G示范工厂。但从行业平均水平来看，众多行业腰部企业、中小企业5G应用仍然较少。

(二) 建设需求

加强网络能力，保证生产基础。针对基础的网络设施进行升级。有线网络可升级千兆光纤，满足车间层设备与系统之间的海量数据传输和监测控制需求，以及设备与设备之间的低时延协同作业需求；无线网络加快向 5G、WIFI-6 等新技术升级，并需要保证布局合理，避免对扫码枪等无线生产设备产生干扰。

提高设备联网率，打通数据流转环路。需要提高设备接入网络的比例，满足对设备和生产过程的数据采集需求，确保工人可实时监测和远程控制组装线、检测线等产线，同时应梳理设备网络接入协议，进行协议统一和兼容，确保数据集成打通。

优化网络结构，推动 OT/IT 融合。在新网络建设方面，加强网络结构与系统的前期规划设计，积极引入 5G、TSN 等新型网络技术，实现 OT/IT“一张网”。在旧网络改造方面，做好网络接口适配、协议兼容、设备升级等各项工作，加快 OT、IT 数据互通与信息融合。

(三) 建设部署

1. 车间层

在工厂现场，工厂内网主要连接工厂内部的各种要素，包括人员（如生产人员、外部人员）、机器（如贴片机、回流焊机等）、物料（如原材料、电子器件、PCBA 板等）、环境（温度、湿度、静电量）等。

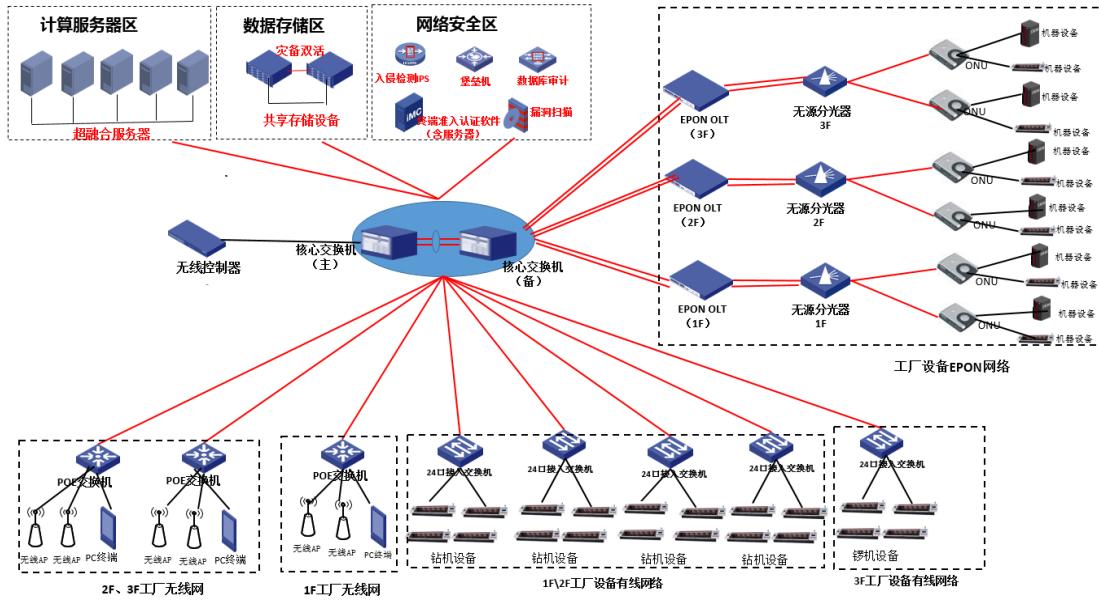


图 4-1 企业内网结构图

一是采用叠加模式。当目前已有的控制网络难以满足网络需求时，可在当前基础上基于 5G、TSN、工业 PON、确定性网络、SDN 等新型技术另外部署网络，用于对电子物料传送 AGV 小车、PCBA 板生产取放料机器人、3C（计算机、通讯、消费电子）电子机器视觉质检系统等新接入设备系统的控制与数据传输。

二是采用升级模式。在当前已有的 SMT 生产线、电子产品自动化组装测试线以及各类能效计量仪表、环境监测仪表的基础上，增加通讯接口，实现网络技术和能力升级。比如针对贴片机增加 5G 模组，采集生产信息、实装信息、吸嘴信息、供料器信息等各类型关键数据。

案例 15：东方日升全连接工厂网络建设方案

东方日升滁州基地生产网采用了 4 台光线路终端（OLT），每两台设备互为冗余备份。视频安防监控网采用

了 2 台 OLT，进行双归属冗余保护。办公环境的有线及无线设备接入采用同一套 OLT 设备进行承载，通过一套光纤链路对各自业务进行了硬管道网络隔离，2 台 OLT 使用 XGS-PON 板卡，双归冗余保护。光网络单元（ONU）根据接入设备的需求进行选型，支持设备 TYPE B、TYPE C 不同冗余保护类型，支持以太网供电，采用光电复合缆进行光通信并为摄像头供电，供电距离可达 800M。

基地采用了一级分光模式，从中心汇聚机房 OLT 分出的主干光缆通过光纤配线架分出多根光纤连接至楼层弱电室的配线柜，在配线柜中通过分光器将分散在各个业务场景的 ONU 设备连接起来（包括一部分在配线柜中的 ONU），形成点对多点的 ODN 网络，方案中的 ODN 网络支持长距通信，OLT 到 ONU 无传统以太网线的 100m 距离限制，满足多处设备 500M 以上的长距通信。

ODN 网络采用无源分光器，替代传统网络的有源汇聚交换机，免取电且无需弱电机房配套设施，节省大量人力和物力投入。该改造方案仅采用一次分光的结构即轻松做到设备全部连接，支持光纤到桌面、到机器，通过 ONU 单元承载所有信息点业务，扁平化的网络增加了系统的可靠性，降低了时延。

ODN 网管采用了 eSight⁵网管平台，把生产、视频安防监控、办公等业务网络统一管理起来。通过网管远程批量配置光终端，进行业务的自动下发和自动开通。同时通过

⁵ 华为公司的一款网管平台产品

eSight 自动生成的网络拓扑图，可结合车间内的地图来呈现，快速定位到设备的具体位置，维护人力减少到原来的三分之一。

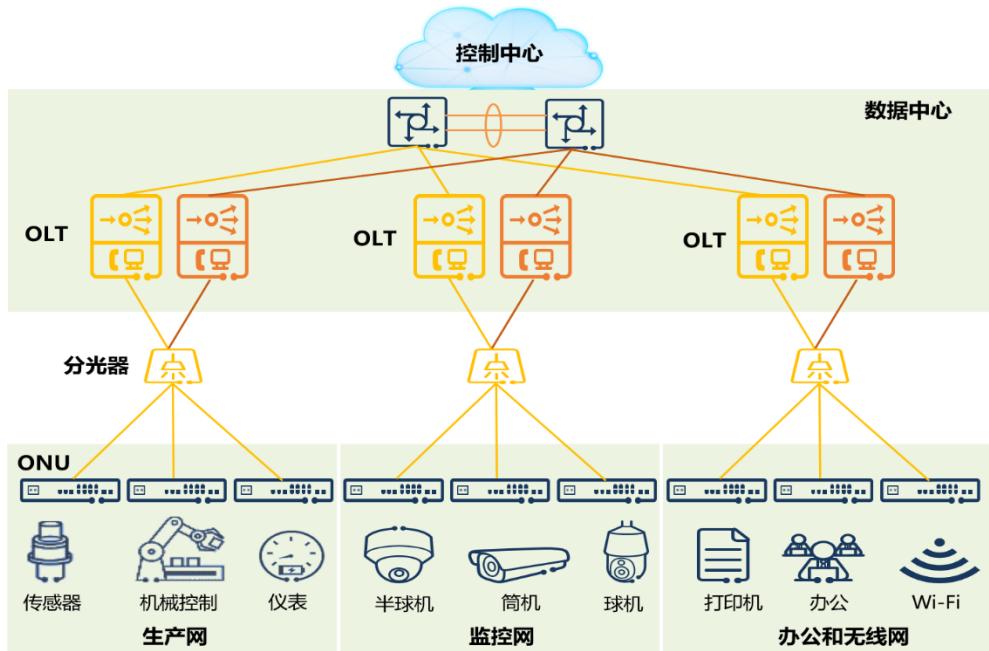


图 4-2 东方日升 F5G 全光光伏工厂组网架构

2. 企业层

大型电子信息企业（工厂）采用核心层、汇聚层、接入层网络架构搭建园区主干网，其中园区主干网核心层设备位于企业（工厂）数据中心内，汇聚层设备位于企业（工厂）区域汇聚机房，接入层设备位于传统的车间设备间（工业互联网边缘设备间）内。

园区网应 在一张物理网基础上，结合 VLAN 及 Overlay 等网络虚拟化技术，划分多业务网，同时支持办公、生产管理、视频（含视频会议）、语音等企业级应用。主干网配置出口网络设备（安全设备）连接企业对外专线和互联网出口，

以建设统一、安全可控的工厂外网出口，避免多出口导致的管理和安全风险。

企业/园区网络通过跨工序的信息化系统与生产控制网进行连接，实现生产数据、过程数据的采集，同时下传控制指令。根据“网络安全等级保护 2.0”相关规范的要求，两个工厂内子网络之间须配置防火墙、网闸、单向隔离设备等边界安全隔离控制设备。企业/园区网络也可基于 5G 局域虚拟专网实现，详见“（四）“5G+工业互联网”建设部署”。

3. 产业层

3.1 普通上网业务

普通上网业务采用非固定 IP 方式，上下行速率不同，优先保障下行速率。比较典型的普通上网宽带下行速率为 100Mbps~1000Mbps 之间。一般为楼宇或单元共享带宽的方式，随着接入用户数量的增加，下载速率有所下降，并可能出现网络拥堵情况。

3.2 高质量外网业务

（1）集团总部与生产工厂间的网络部署

总部与生产基地间的网络连接可以通过购买运营商工业互联网高质量专线，支撑企业的高质量业务。企业专线可为电子信息企业多生产工厂连通提供基于互联网的虚拟专线（如 SD-WAN、IPsec 等）、物理隔离的专线（如 MPLS-VPN、SDH/MSTP、OTN 等）、网络切片等定制化的资源。

企业与分支机构的互联多为星型组网，分支机构如在国

内，多租用运营商光纤专线物理直连省内分支机构，以保障数据传输的安全性；MSTP 则是同城互联中常用优选方案，成本低且较为稳定；跨省连接的企业则根据自身需求考虑 MSTP 或 MPLS-VPN 专线；涉及国际分支机构的企业，多采用 MPLS-VPN 或租用运营商境外网络或精品网络的方式连接。MPLS-VPN 由于在灵活性、扩展性等方面的优势，在企业外网中获得了广泛的应用。

（2）产业链上下游各协作企业的网络部署

产业链协同是基于电子信息企业、金融服务机构、供应商等行业主体的互联互通。对于该类业务，电子信息企业可以通过互联专线和普通宽带实现供应链数据的跨企业互通。某些企业如需与上下游生产单位进行数据实时交互，则应采用互联专线保证数据传输的安全性与可靠性；对于一些与合作单位有联系但数据传输需求不高的企业，考虑到成本问题，多选择普通宽带进行连接。

（四）“5G+工业互联网”

1. 5G 网络建设需求

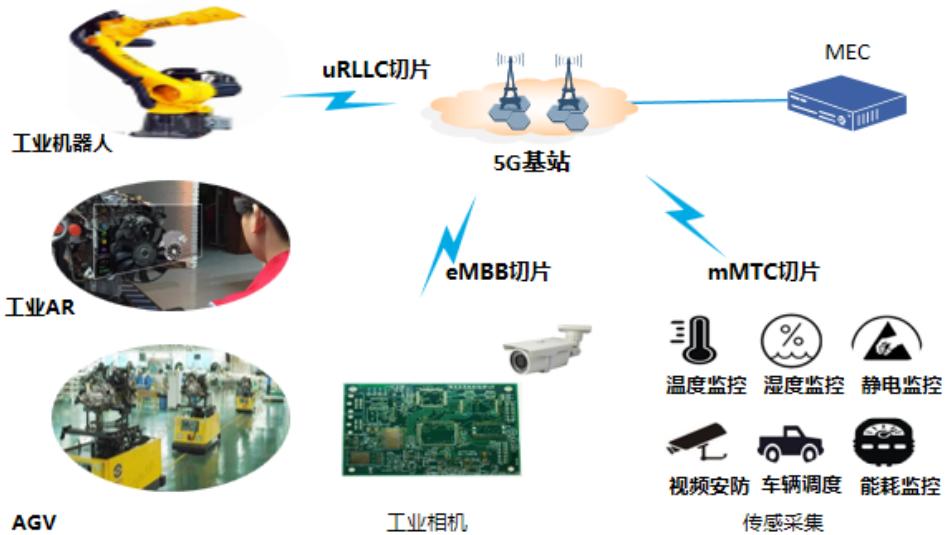


图 4-3 基于 5G 网络的应用

5G 作为无线通信的最前沿技术，可以有效改善电子信息企业目前存在的各类网络问题，主要的建设和应用均集中在车间层和企业层。

一是补足或替换性能不佳、覆盖不全的现场网络。借助 5G 网络低时延的特性，开展对电子物料运输 AGV、上下料机器人等更多类型现场装备的自动化控制，提高电子信息制造的全流程自动化水平。

二是解决生产现场网络带宽不足的问题。借助 5G 高宽带的特点，满足电子信息产品质量检测、生产现场及园区监控等高清视频传输需求，以及跨地域、跨企业设计图纸传输等海量数据流通的需求。

三是满足设备数量庞大的多并发、长持续、广连接需求。借助 5G 网络覆盖范围广的性能特点，实现对全厂 SMT、装配产线以及智能机器人等大量装备的数据采集，解决传统电

电子信息制造工厂设备联网率低的问题。

2. 5G 网络建设部署

下一代智能工业网络逐渐向以 5G 为核心的融合网络演进，融合工业以太网、TSN、IPv6+、F5G 等技术构筑工业互联网网络基础设施。根据电子信息企业对于成本、数据保密性和外部流通性的需求，可以选择 5G 虚拟专网、混合专网或独立专网三种 5G 网络建设方式。

一是建设部署 5G 虚拟专网，利用 5G 公众网络资源，提供一张时延和带宽有保障的、与公众网络普通用户数据隔离的虚拟专有网络。打造涵盖无线基站、核心网用户面及控制面的端到端共享公众网络，通过切片技术为用户提供具有特定 SLA 保障的逻辑专网。该方案成本较低，安全性较普通，适用于规模不大，数据敏感性较低的电子信息企业。

二是建设部署 5G 混合专网，具体来说是指以 5G 数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制方式，构建一张增强带宽、低时延、数据不出企的基础连接网络。5G 混合专网的核心网、用户面网元 UPF 在行业用户侧进行私有化部署，无线基站、核心网、控制面网元可根据客户需求灵活配置，为用户提供部分物理独享的 5G 专用网络，满足大带宽、低时延的需求。

三是建设部署 5G 独立专网，具体来说是指利用 5G 组网、切片和边缘计算等技术，采用专有无线设备和核心网一体化设备，构建一张增强带宽、低时延、物理封闭的基础连接网络，实现用户数据与公众网络数据完全隔离，提供物理

独享的 5G 专用网络。该方案成本高，安全性强，可靠性强，适用于规模较大，核心数据安全要求高的电子信息企业，也适用于希望自主运维的龙头企业。

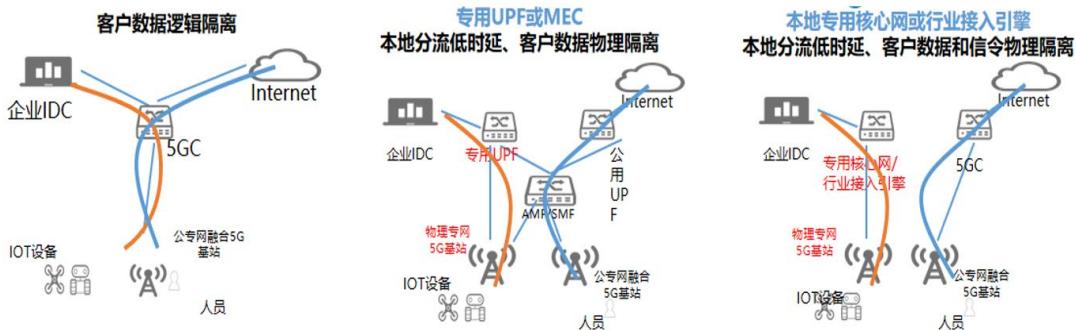


图 4-4 5G 虚拟专网、混合专网和独立专网

案例 16：苏州浪潮 5G 全连接工厂

苏州浪潮 5G 全连接工厂基于 5G+边缘计算产品，结合人工智能、物联网、云计算、大数据、边缘计算等技术能力，构建业务能力中心，形成工厂业务端到端一体化解决方案。工厂整合了云计算、大数据、物联网等新一代信息技术，集成 ERP、MES、WMS 等一系列信息系统，通过强化 5G+数字孪生车间数据应用，实现了工厂内人、机、料、法、环等生产要素的全连接，辅助生产计划执行、物流调度、人员管理、设备管控等。围绕生产 KPI 建立指标体系模型，对生产中各指标进行监控、报警、推送、分析，实现智能决策。

整体建设内容包括 5G 智慧工厂数据采集系统集成服务，5G 基站、核心网、网关、接入端设备管理，5G 智慧工厂工业质检集成服务等建设内容。通过引入 5G+数字孪生

技术，模拟生产线生产实况，对线体和设备运行状态进行远程监控和异常报警；通过数据中台统计产量、质量、物料、设备故障、设备综合效率等经营指标，对异常指标进行报警并推送管理者；追踪关键任务完成情况，帮助管理者进行事前预警、及时响应，提高生产异常处理效率。

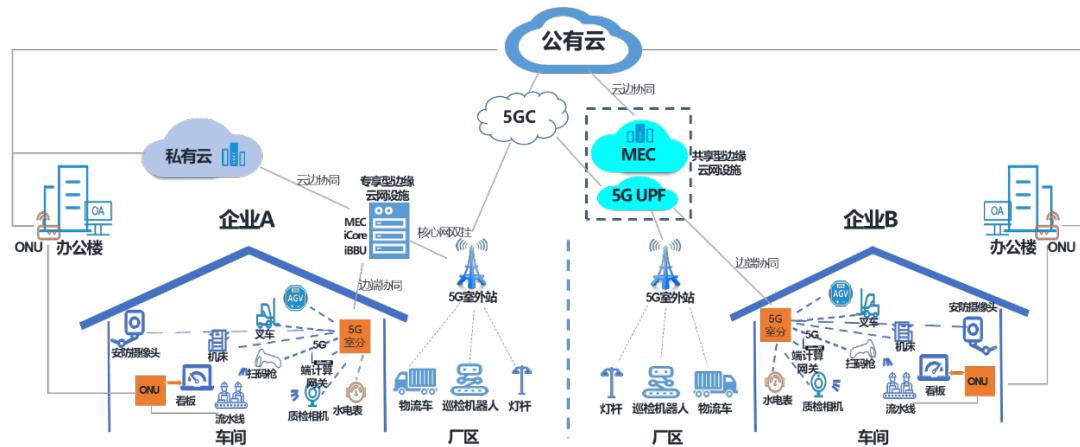


图 4-5 网络架构图

利用核心网双挂的 5G 部署方式，在识别和区分 5G 通信卡片后，需要进行公网访问的数据流向移动云平台，需要数据保密的流向 5G 核心网，保障了数据的安全性和 5G 网络的稳定性。在边缘侧，通过工业智能网关，对不具备 5G 通讯能力的设备通过有线或者 WIFI 的方式连接，通过网关转换协议接入 5G 网络，接入终端包括 PAD、PLC、AGV、摄像头等。5G 基站覆盖工厂二楼生产车间、一楼原材料仓、三楼交换机生产线，满足 AGV 运行轨迹全覆盖。在 MEC 侧，实现服务器虚拟化、容器化，保障 5G 边缘处理能力，最大程度扩大服务器的使用效率。采用 UWB 技术与射频识别（RFID）技术，精准定位在制品库存。托盘贴

RFID 标签，栈板贴 UWB 标签，将 PCBA 板 SN 号与托盘 RFID 标签绑定，托盘标签与栈板标签绑定。通过 UWB 基站识别区域内栈板位置，通过手持 PDA（5G 通信）查询栈板存放位置，提升在制品查找效率，减少停机时间，提高产品交付效率。

通过 5G 网络全覆盖，充分发挥 5G 网络优势，提高稳定性。通过物联网、人工智能、数字孪生等技术融合应用，提升车间生产协作效率和园区管理水平，降低人工成本和产品不良率。通过打造 IOT、数据共享平台、战情中心等数字化平台，构建企业新型的端到端数据价值体系，为工厂不断实现技术和应用创新建立体系优势。

五、工业互联网标识解析体系建设

标识是纽带。标识解析体系实现要素的标记、管理和定位由标识编码、标识解析系统和标识数据服务组成，通过为物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源分配标识编码，实现物理实体和虚拟对象的逻辑定位和信息查询，支撑跨企业、跨地区、跨行业的数据共享共用。

（一）建设现状

一是电子信息制造业编码应用场景广泛，但对工业互联网标识解析体系的建设应用仍处于早期阶段。电子信息制造业由于信息化程度相对较高，大部分企业均有针对设备、产品的编码管理体系，其中RFID等技术应用相对主流。但当前企业应用的编码方式以企业自主编制或是客户编制为主，对于工业互联网标识解析体系的应用相对较少，标识解析体系的赋能价值还有待于进一步挖掘。

二是部分开展建设的企业仅完成标识解析系统接入，具体业务应用仍有待挖掘。目前国内部分省市已经建设了电子信息制造业标识解析二级节点，行业整体也具备一定规模的标识注册量，但众多企业仅停留在标识解析系统接入阶段，具体业务应用频率相对较低，与行业需求紧密相关的标识解析应用场景仍需挖掘。

三是大量企业标识解析相关数据、业务管理还不完善。当前部分企业先行先试，逐步探索标识解析的落地应用，为

产品、设备进行了标识编码，但标识解析相关的数据和业务管理制度有所欠缺，管理系统也还需要进一步完善。

（二）建设需求

利用标识解析体系替换企业原有自研编码。电子信息制造业原材料和中间件的种类繁多，包含覆盖膜、内存条、电源等多种类型。当材料和工件来源不同时，不统一的编码方式会导致管理效率低下。为了有效避免这种混乱，可使用工业互联网标识解析体系替换原有编码系统，统一编码和解析方式将有效简化编码管理工作流程，同时也可解决跨企业编码交流问题。

强化标识解析在实际场景中的应用。一是可针对电子器件进行编码，可以满足原料管理、库存管理及产品生命周期管理等需求，提高生产流程的整体效率和质量水平。二是可针对 AGV、AOI 等设备进行编码，满足设备监测运维需要。三是可针对工艺控制模型、设备运行参数等虚拟实体进行编码，辅助电子信息产线的柔性切换。

完善标识解析数据、业务管理体系和系统的建设。一方面建立标识数据库，与编码主体进行对应，便于对编码主体的追溯和调用，例如通过对工艺模型进行标识注册和存储，可以在调整产线时做到快速调用相关数据。另一方面建立标识查询、管理、可视化等业务体系，帮助企业实现对标识整体应用情况的掌握。



图 5-1 电子信息制造业工业互联网标识解析功能架构

(三) 建设部署

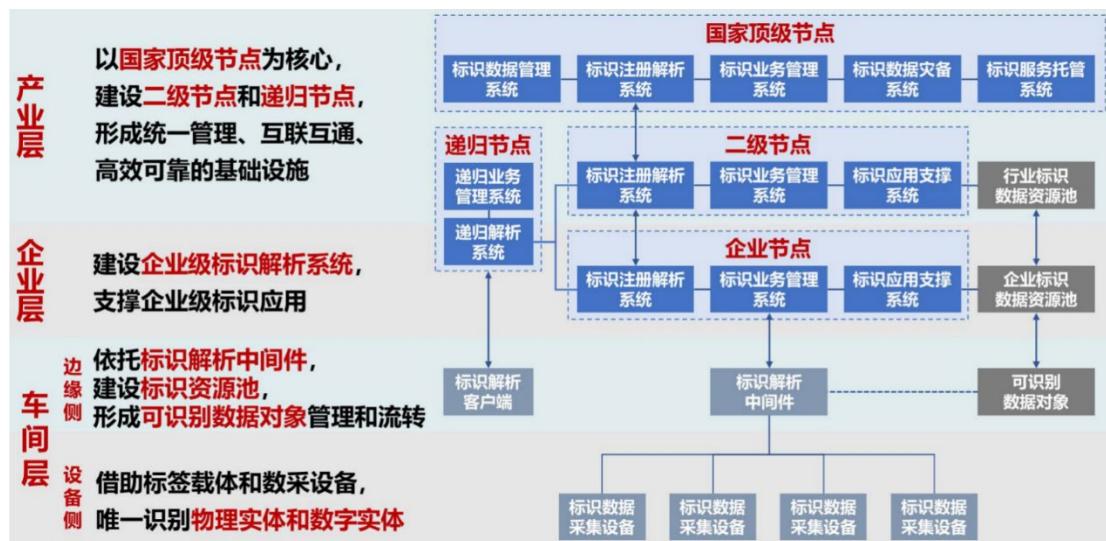


图 5-2 电子信息制造业工业互联网标识解析建设部署

1. 车间层

车间层借助标签载体和数采设备，依托企业节点标识注册功能，对电子信息制造业产业链、全流程中唯一识别的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体包含设备

(划片机、装片机等)、人员、电子产品(硬盘、主板、处理器等)，虚拟实体包含订单、仓单、物流单、模型算法(如工艺参数、机理模型)等。边缘侧部署标识解析中间件，形成可识别数据对象的管理和流转能力，同时与电子信息制造业工业软件实现接口对接，协助企业进行标识注册和解析。

2. 企业层

电子信息制造业上下游相关企业应以独立建设或托管建设的方式建设企业节点并接入电子信息制造业二级节点。企业节点应依托设备层与边缘层建设的能力，与企业内部工业软件、工业互联网平台实现横向对接打通，为企业提供工业互联网标识注册、解析、统计、数据存储等能力，形成企业标识数据资源池。

3. 产业层

电子信息制造业头部企业或具备相关服务能力的电子信息企业可申请建设标识注册服务机构(即指二级节点)，负责建设和运营二级节点服务器，一方面面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，另一方面与国家顶级节点对接，实现分级管理、全网解析。

案例 17：工业互联网标识应用

传统PCBA板生产过程中，经常需要针对不同的来料花费大量的时间调试机台参数，非常依赖工人经验。广州裕申电子科技有限公司在印制电路板PCBA生产流程中，首先要求供应商对原材料进行标识注册，同时对事先通过实验获得的工艺配方进行标识注册并放置在工艺配方标识

库中。在收到订单后，裕申电子利用设备对原材料二维码进行扫描，查询至原材料供应商的企业节点处获取原材料参数信息，然后将设备+原材料的组合信息发送至工艺配方标识库中发起匹配请求，获得最佳工艺配方后即可通过配方的标识码直接套用设备参数设置并启动生产流程，全过程通过标识解析系统自动完成。以覆盖膜生产为例，系统通过原材料标识自动获得如 PI 厚度、离型纸厚度等信息，再与数字化的作业指导书智能匹配形成推荐参数组合，15 分钟内即能完成产线调试并开始正式生产。通过应用工业互联网标识，有效降低生产过程中对工人经验的依赖，规避人员操作风险，提升生产过程的信息化管理和工艺标准化管理水平，良品率也提升到 98%，人力成本下降 33%。

六、工业互联网平台建设

平台是中枢。工业互联网平台包括边缘层、IaaS、平台层和应用层四个层级，相当于工业互联网的“操作系统”，用于实现数据汇聚、建模分析、知识复用与应用创新。

（一）建设现状

一是现场设备数据采集方法较为基础，多数企业未开展数据集中管控。部分中小型电子信息企业对于现场设备的数据采集依赖人力进行，通过纸质计数、PDA 扫码、人工录入等方式记录设备数据，数据管理较为分散，难以实现集中汇聚与分析，也无法实现基础数据的清洗预处理。

二是在 PCBA 等部分领域已建立设备通讯协议标准，但行业推广应用仍需一定过程。2022 年中国电子电路行业协会发布了《印制电路板制造设备通讯协议语义规范》，着力解决各个生产设备间缺乏通讯规范、需大量修改和适配的困境。但标准面向广泛企业的推广应用仍需时间。同时在除 PCBA 外的其他电子信息领域仍面临数据实时采集差、互联互通程度低等问题。

三是大型企业开展了大量平台建设，但基于数据深度分析的数字化应用仍需拓展。电子信息制造业是支撑工业互联网发展的重要领域，因此行业大型龙头企业也普遍重视自身平台建设，但具体应用以智能仓储等可视化应用为主，基于数据深度分析的柔性排产、计划优化等相对较少。

四是产业层平台发展态势良好，新模式新业态培育处于

领先地位。电子信息制造业产业复杂，中小企业众多，具有更强的资源配置优化需求，为产业层平台提供了广阔发展空间，如 PCBA 分布式制造、数字化供应链金融等领域均已培育形成成熟度较高的商业平台。

(二) 建设需求

一是完善边缘层，加强数据实时采集能力。一方面电子信息制造业存在大量的高价值装备，如 SMT 贴片机、光学检测仪器等，具有更迫切的设备运行状态监测需求。另一方面，随着电子信息制造业小批量订单增多，企业也需提升柔性生产与订单跟踪能力。为此企业开展平台建设时，应提高边缘层数据采集能力，加强对生产现场的透明化管控。

二是平台建设需具备兼容不同协议的能力，统一设备数据格式。面对电子信息车间生产设备品牌不一、通讯协议复杂的现状，工业互联网平台应具有兼容多类型协议，实现数据集成统一管理的能力。

三是开发符合行业特色的工业智能 APP。电子信息制造业生产涉及多种特色的数据分析应用需求，如上板、印刷、回流焊、检测等过程工序的工艺机理分析，产线切换和机器人的智能调度，元件、电路板的机器视觉检测分析等，企业在开展工业互联网平台建设时应进一步聚焦更具有行业特色与应用价值的智能 APP。

四是加速推动产业级平台的建设应用。对于电子信息大型龙头企业，可依托自身的链主地位与资源优势建设产业级

工业互联网平台，为中小企业提供订单匹配、供应链金融等产业服务，挖掘新型业务市场。对于电子信息中小企业，可加快应用云 ERP、云 MES 等云化软件，并加强与产业级平台数据联通，获取订单等产业资源。

结合工业互联网体系架构 2.0 及电子信息制造业业务功能要求，电子信息制造业工业互联网平台整体功能架构如图所示：

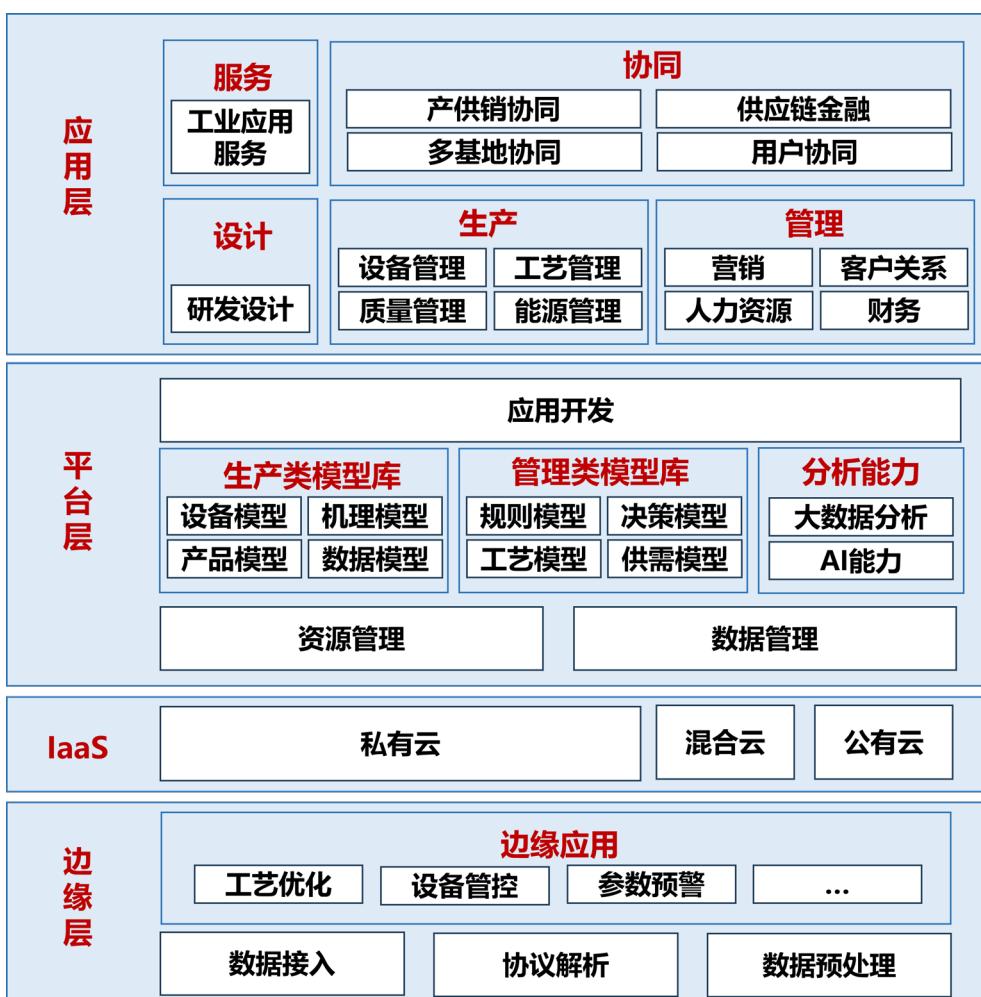


图 6-1 电子信息制造业工业互联网平台功能架构

电子信息制造业工业互联网平台以边缘层建设为基础，平台层通用能力及工业模型为核心，应用层场景化应用为关

键，汇聚电子信息制造业生产、经营等核心数据，支撑电子信息制造业研发、生产、经营等内部业务转型，开展分布式生产、供应链金融等新模式、新业态探索。其中边缘层对自动贴片机、自动插件机等接入设备进行数据采集、协议解析和边缘智能处理，为平台汇聚海量生产设备数据，同时承载工艺优化、电子产品机器视觉质检、自动化设备管控等车间产线所需应用。IaaS 层提供计算、网络和存储资源，形成虚拟和物理环境。平台层在提供各种能力组件、数据库、数据处理算法等通用能力之外，还提供行业工艺模型库、管理模型库等行业特色模块，同时提供相应模型、微服务的开发平台，支持行业知识的沉淀复用及场景化应用的快速开发。应用层主要提供研发、生产、管理、服务、协同等各领域工业 APP，满足电子信息制造业各业务场景数字化转型需求。

（三）建设部署

根据电子信息制造业需求，工业互联网平台部署可以分为车间级、企业级和产业级三大层级，通过不同层级的平台建设，满足电子信息制造业不同层级的业务需求。

1. 车间层

车间级平台部署在生产制造车间，依托边缘网关或服务器集群，向下提供设备接入、协议解析等服务，向上提供设备、产线关键数据，并基于边缘云原生等云化架构运行工艺优化、设备管控等应用，支持在生产车间实现设备、工艺的及时优化。

车间平台依托工厂内服务器集群，通过容器化技术搭建私有云平台，并基于私有云平台构建车间级平台的平台层和应用层。平台层聚焦生产制造相关能力供给，除具备数据库、模型库、微服务组件等通用化平台能力之外，还包含工艺模型库等专业化能力，用于承载电子信息制造设备对象模型、电子产品生产工业机理模型以及相应的训练优化。应用层提供研发设计、设备管理、能源管理、安全管理等与生产制造密切相关的工业 APP，满足生产制造环节的不同业务需求。

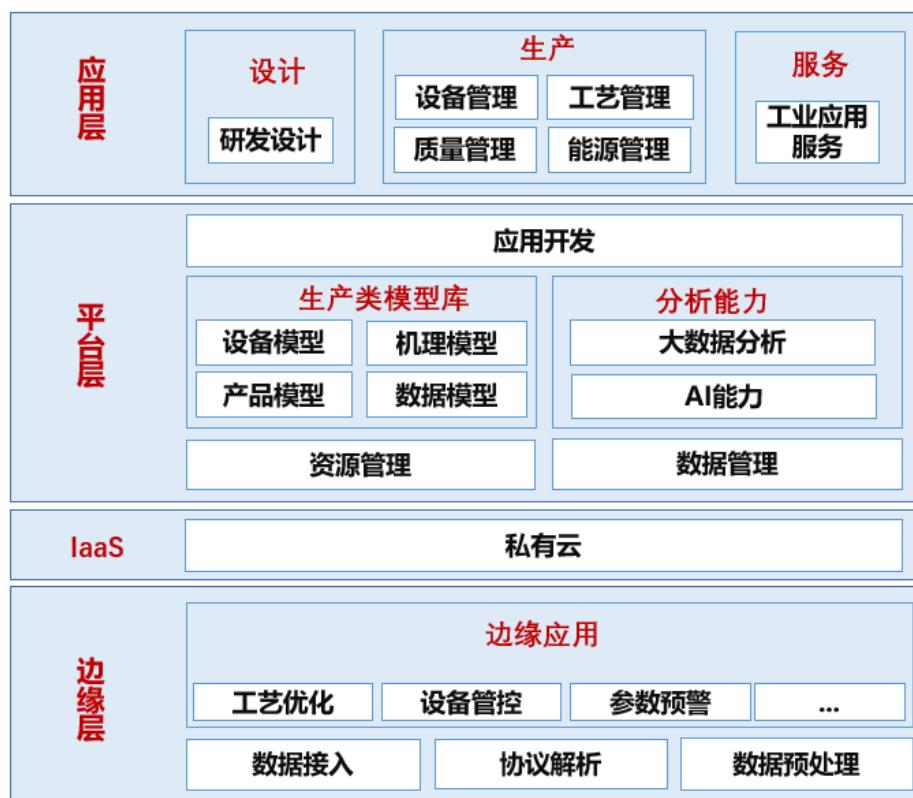


图 6-2 车间级工业互联网平台部署架构

2. 企业层

企业级工业互联网平台聚焦经营管理、内部协同等业务需求，依托企业内部服务器，建立以私有云为基础的平台层

及应用层。对于中小企业或数字化基础较差的企业，可以使用混合云作为起步。

企业级平台的平台层在具备资源管理、数据管理、应用开发等通用能力之外，提供管理模型库，包含供需模型、规则模型、角色模型等。平台层向下从车间级平台层获取生产数据，同时汇聚经营、人力等业务数据，向上支撑管理、服务相关 APP 应用。应用层聚焦企业经营管理，依托平台层组件，提供营销销售、客户关系管理、人力资源管理等管理领域工业 APP、研发设计 APP 以及电子信息产品售后服务 APP。



图 6-3 企业级平台部署架构

3. 产业层

电子信息制造业产业级工业互联网平台聚焦产能对接、供应链金融等产业层面的业务需求，依托大型龙头企业自身服务器构建的公有云基础服务或第三方公有云服务，汇聚产

产业链上下游、供应商、产业园区等相关产业资源，打造行业公共服务能力。

平台层主要包含资源管理、数据管理等通用能力，以及产能对接、供应链金融等相关数据分析工具。应用层提供云 MES、云 ERP 等云化管理系统，同时提供供应链金融、产能对接报价等相关工业 APP。

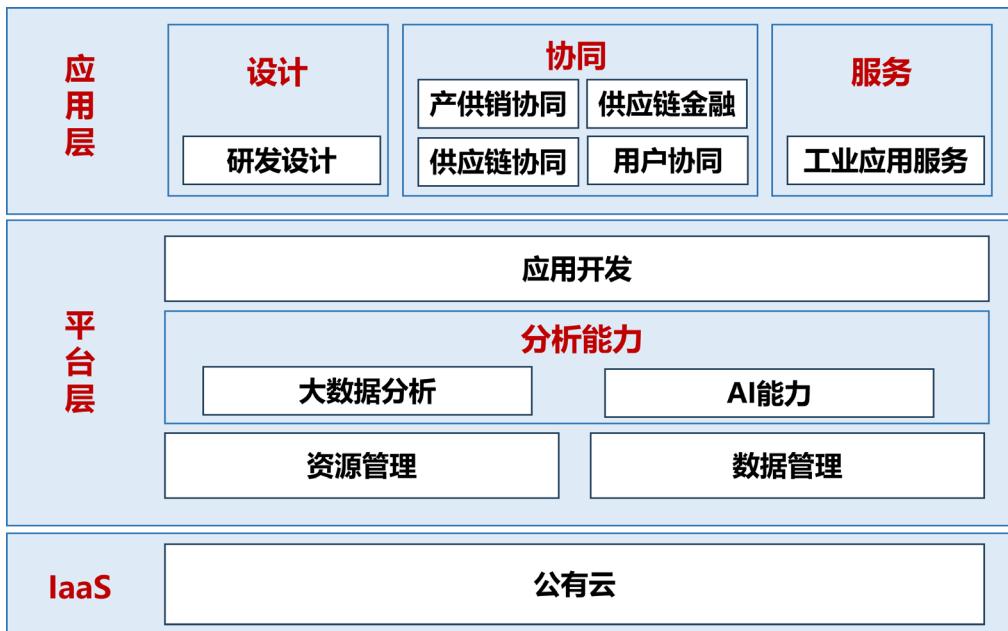


图 6-4 产业级平台部署架构

案例 18：浪潮工业互联网平台

浪潮云工业互联网平台是浪潮依托浪潮云构建的综合性赋能型平台，核心是浪潮云，能力以企业和伙伴赋能为主，重点面向电子信息制造业打造了平台解决方案。2023 年 08 月发布云洲工业互联网平台 V5.0，平台融合了机器视觉、工业大数据等算法模型，满足电子信息企业从数据采集、传输、存储到数据治理和使用的全流程需求。

平台边缘层通过广泛部署的设备终端，采集工业企业现场的数据，实现“数据上平台”。IaaS 层以浪潮云为基础，为区域、园区和企业提供公有云和私有云服务。平台层实现“数算”功能，提供工业物联网中台、工业数据中台和工业智能开发中台、工业数字孪生等工具和服务，基于海量的工业现场数据、企业运营数据和产业链数据，通过数据资产化与工业模型展开分析优化，助力企业打造智能决策能力。应用层包含了工业 APP、服务市场和运营门户三部分，工业 APP 涵盖了研发设计、供应链管理、生产制造、质量管控、运营管理、仓储物流、安全生产、节能减排等应用环节；服务市场是浪潮生态伙伴的第三方应用服务产品，供电子信息企业针对自身痛点进行选择和拓展；运营门户则为电子信息企业打造了平台运营服务能力，实现平台精细化运营。



图 6-5 浪潮云洲工业互联网平台 V5.0 架构

七、工业互联网安全防护体系建设

安全是保障。电子信息制造业在《联网工业企业所属行业网络安全分类指导目录》中被划分为二类行业，安全要求级别相对较高。企业需根据工业互联网企业网络安全分类分级防护系列规范要求，对自身进行安全分级管理，围绕设备、控制、网络、平台、工业 APP、数据等多层级构建网络安全体系，加强监测预警、应急响应、检测评估等技术手段，开展安全机制建设。

（一）建设现状

设备安全方面，硬件裸露情况较多。车间回流焊、波峰焊、AOI 等设备多数处于长期运转状态，缺乏足够的时间停机进行系统更新和补丁改进，部分设备未连接安全工控机，运转过程直接暴露于网络中。

网络安全方面，主要依赖软件实现安防。大部分企业采用安全防护三件套，即防火墙、入侵检测和杀毒软件，未建设隔离网关、安防系统等。部分企业还存在网络边界划分不清晰的安全问题。

数据安全方面，数据规范化防护较少。多数企业可以意识到企业数据安全保障的重要性，但仍有大量企业未对生产制造过程中出现的数据进行分级分类。也有部分企业建立了比较全面的数据库进行数据归类存储，但需完善数据库管理机制。

平台安全方面，企业过于依赖平台服务商。对于采用了

工业互联网云平台的企业，会将平台的数据安全交由云服务提供商管理。大型龙头企业一般选择将平台服务架设在私有云上，安全防护能力相对较强，而中小企业可采取的措施相对较少。

安全管理方面，管理制度需要进一步落实。电子信息制造业部分企业还未开始安全可视化及管理制度的建设，虽有部分企业已制定数据安全、网络安全、安全应急等管理制度，但也存在监管负责团队人数较少的问题，在安防检测、应急处理的时候可能出现落实不到位的情况

(二) 建设需求

针对电子信息制造业安全防护现状，需要着重从以下六方面切入：

设备安全方面，主要关注边缘智能设备安全，涉及如贴片机、波峰焊等智能装备，温度、湿度等各类智能仪表以及其他类型智能设备，需强化单个设备系统的安全保障，解决设备裸露问题。

控制安全方面，主要关注自动化贴片机、焊接机等关键设备产线的工控安全，重点聚焦“系统信息收集与工控数据篡改”等典型网络攻击方式，加强工控安全入侵风险识别与防御。

网络安全方面，主要关注生产现场、企业园区以及跨企业协同等不同层级的网络安全威胁，涉及现场总线、工业以太网及 5G 等多种网络类型，加强网络安全保障。

数据安全方面，应按照数据防护级别分类施策，还应定期复查数据分级情况，在经营变化、系统改建等情况下能够

及时更新数据分级分类清单，优化调整防护措施。

平台安全方面，重点关注与平台相关的设备、基础设施以及数据安全，需强化平台安全系统，还需在企业与平台的接口处增加安全软件进行保护。

安全管理制度方面，需要组建安全管理专门团队，统筹企业内部安全审查、漏洞修补、应急响应等工作，做到及时消除安全隐患，防御外部入侵，并对企业的安全情况有深入实时的了解。

(三) 建设部署

为确保电子信息制造业不同类型业务的安全，应建设如下的安全功能架构：

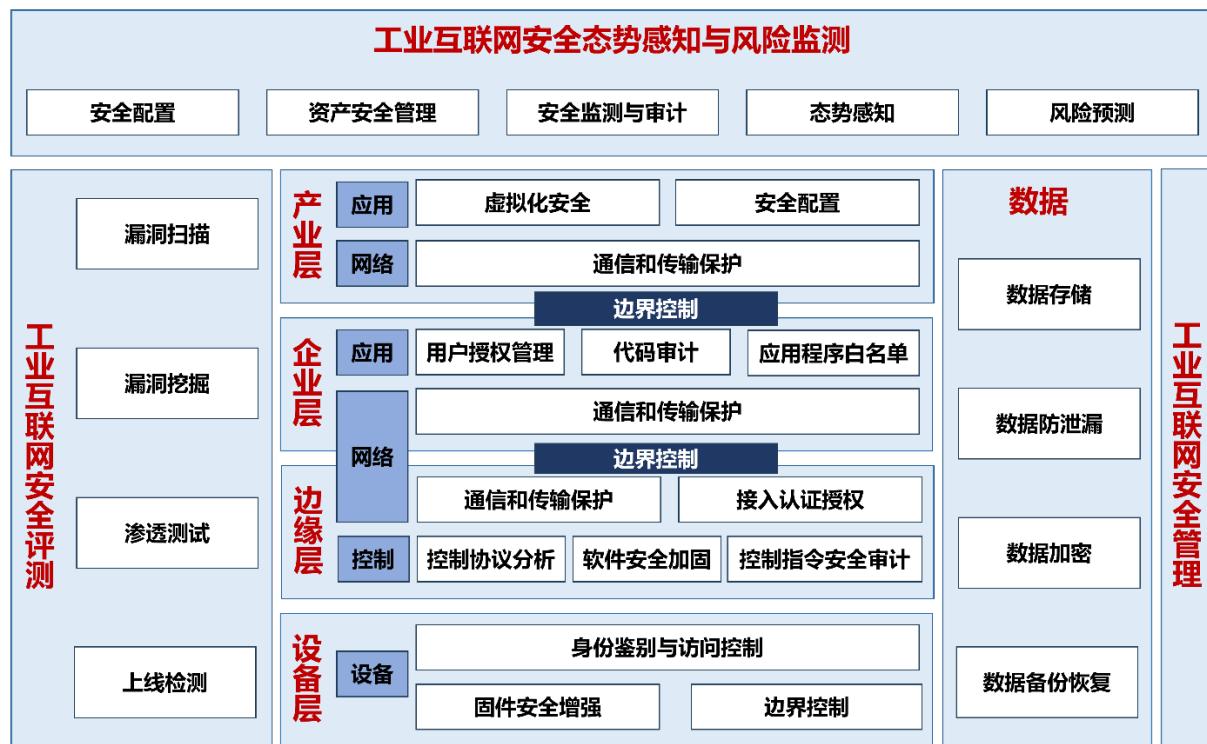


图 7-1 电子信息制造业安全功能架构

安全功能架构具体包括设备安全、控制安全、网络安全、

平台安全和数据安全，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测、安全态势感知与风险监测。

设备安全主要包含智能装备的软件安全与硬件安全，硬件方面需采用经过安全增强的设备固件，从操作系统内核、协议栈等方面进行安全增强。软件方面应关注工控设备的安全漏洞及补丁发布，如无静电的贴片应用场景中，根据工作环境制定工业传感器相应保护措施，保障其工作状态安全与数据采集的准确可靠。

控制安全主要包含控制系统安全和控制协议安全，具体来说涉及控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全策略，需进行电子信息制造业工业控制网络、工业主机和工业控制设备的安全配置，建立工业控制系统配置清单，定期进行配置审计。

网络安全建设主要通过边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等安全策略确保企业内外网的安全。如在回流焊应用场景中，现场核心模块通讯应采用相应安全隔离设备（工业防火墙、工业网闸等），并限制访问量与访问频率，防止安全威胁对控制系统的冲击影响。

平台安全主要建设内容包括部署应用防护系统，建立健全应用安全管理规范。如在AOI检测场景中，针对不同用户设立不同权限管理，进行业务应用访问控制，并定期强制用户修改密码，防止账号外泄。

数据安全需按照《工业和信息化领域数据安全管理办法（试行）》，针对企业数据进行分级分类管理，开展数据全生命

周期安全防护体系建设，涵盖数据收集、存储、使用、加工、传输、提供、公开等重要流程。以数据储存安全为例，应加强校验技术、密码技术等安全防护技术的全面应用，开展实施异地容灾备份，杜绝存储系统与公共网络直连，降低数据外泄安全风险。

安全管理方面，一是建立健全安全机制，制定安全工作的总体方针和安全策略。二是完善安全机构，设立安全管理工作的专业职能部门，配置安全主管、安全管理等各个层级的安全专岗，定期进行常规安全检查。三是加强安全运维，详细记录运维操作日志，建立统一的应急预案框架，制定重要事件的应急预案，并定期进行应急预案的培训和演练。

安全评测方面，应使用技术手段对工业互联网安全防护对象进行测试和评价，掌握了解工业互联网全生命周期安全状态，主要包括漏洞挖掘、边界防护、渗透测试等技术。

安全态势感知与风险监测方面，通过技术手段实现对安全威胁的发现识别、理解分析、响应处置，主要包括安全监测审计、安全态势感知等关键技术。

八、组织实施

（一）基本原则

总体规划、分步实施。电子信息企业应从自身业务流程出发，制定企业建设、应用工业互联网的顶层规划，明确发展战略方向与具体实施蓝图；企业应根据自身实际情况确定分阶段、分步骤的实施计划，科学合理推进具体项目实施。

夯实基础、创新驱动。企业围绕自身工业互联网建设需求，一方面应加强信息化、自动化补课与系统适应性改造，推动开展数据治理。另一方面应积极探索人工智能、大数据、5G 等先进技术应用。

标准先行、应用落地。在企业开展工业互联网应用时，应同步加强标准化建设工作，将试点性项目建设经验进行总结固化；依托行业以及企业内部工业互联网标准，稳步推进集团后续项目、分子公司项目的实施建设。

制度配套、安全保障。企业应加强项目组织管理，建立工业互联网推进的配套制度、运行机制和责权体系；重视安全在工业互联网应用中的保障作用，构建安全可控的信息技术体系。

（二）实施流程

企业开展工业互联网建设应用可按照“八步走”的实施流程，涉及“现状评估、战略规划、组织准备、总体设计、方案设计、实施准备、实施建设、成效评估”全生命周期工作，形成环环相扣、紧密连贯的工作逻辑。

1. 现状评估

应用科学的评估方法，对电子信息企业的装备、系统、网络、数据等数字化基础建设，以及研发、生产、销售、服务等关键业务数字化情况进行评估诊断，为总体规划和建设实施提供指导。具体来说**一是业务流程诊断**。应开展对研发、生产、销售等具体业务流程的梳理，明确关键业务痛点与应用需求。**二是工业互联网功能需求分析**。结合当前工业互联网技术发展趋势，结合企业业务需求，明确企业转型应具备的网络、平台、安全具体能力要求与指标参数。**三是数字化现状评估分析**。全面摸清企业在电子信息制造设备产线、生产经营基础信息化系统等方面的情况。**四是开展自主定级**。参照工业互联网企业网络安全分类分级防护相关标准，落实与自身等级相适应的安全防护措施。

2. 战略规划

综合考虑电子信息制造业智能化、绿色化、高端化发展趋势，结合企业自身发展战略愿景、目标和市场定位，参考自身当前技术、资金等资源保障能力水平，科学合理规划工业互联网建设总体方向与业务领域应用目标，形成分阶段的工程实施计划蓝图。具体来说**一是战略研判**。企业需分析自身在电子信息制造业的价值链地位与下一步发展方向，明确在终端电子产品及高端电子器件研发、电子信息产品生产加工制造以及消费电子产品品牌建设等不同领域的投资比例与先后顺序。**二是建设目标策划**。在明确工业互联网建设方向后，应规划设计在不同业务领域希望达到的建设预期目标，

围绕企业产品研发、质量管控、生产作业等具体业务领域建设一套业务指标体系。**三是开展蓝图规划**。结合各业务领域的转型目标，制定工程实施项目、建设时间周期、具体资金预算等内容。

3.组织准备

为支撑好工业互联网战略规划落地执行，电子信息企业需开展配套的组织优化，**一是推动组织架构变革**。推动传统垂直科层式的组织架构向扁平化的组织架构发展，适应工业互联网建设应用后的业务流程。**二是建设项目执行监督机构**，设立包括企业中高层在内的项目领导推进小组，成立专家咨询委员会，制定项目年度资金预算与投资计划，对战略规划中涉及的新业务和新组织进行建设和调整等。**三是加强资源保障**，结合总体实施项目规划所需的资金预算与筹措渠道。

4.总体设计

结合战略规划，面向电子信息制造业全业务流程，生产制造企业应联合工业互联网战略咨询规划单位、电子类工程设计单位、工业互联网解决方案供应商与集成商等相关主体，共同制定项目建设蓝图，明确网络、标识、平台、安全等方面建设重点，根据需求迫切程度、技术基础和资金情况等，规划项目建设先后顺序、建设目标和阶段建设内容，并根据建设内容对应调整企业业务流程和管理流程，指导项目建设实施。

5.方案设计

按照总体设计要求，电子信息企业应与相关单位共同设

计详细实施方案，包含 SMT 产线、DIP 产线以及自动测试、组装、封装产线等自动化系统升级方案，标识体系建设方案，5G 等新型网络设计改造方案，工业互联网平台以及安全防护体系建设方案等，每个方案包括面对具体应用场景所采用的技术、装备、软件等详细解决方案、投资概算、人员安排、进度安排等，指导具体实施建设。

6. 实施准备

在具体项目实施前，**一是完善具体项目管理机制**。成立围绕具体项目的专职工业互联网团队，并积极吸纳与培养相关人才。**二是加强人才培训**。针对企业管理层、执行层等各层级骨干力量，开展工业互联网应用培训，提高数字化转型基本认知与技能水平，为项目实施与后期应用、运维奠定基础。**三是开展数据整理准备**。对项目所涉及的设备和业务数据点进行梳理，同时建立数据点编码规则。

7. 实施建设

根据建设方案，项目实施团队进驻现场，分阶段开展项目建设，具体来说，**一是底层设备自动化与网络设施改造**。包含升级完善 MES、ERP 等基础信息化系统。对于老旧的贴片机、插件机等进行接口升级改造。开展电子信息企业 OT/IT 网络改造，部署应用 5G、工业 PON 等新型网络技术，提升数据传输能力。部署应用机器人、AGV 等智能化设备，提高电子物料运输、上下料抓取等业务自动化水平。针对 SMT 贴片等生产流程，升级老旧手动及半自动化产线。**二是企业数据治理实施**。主要包括制定数据治理政策，建立数据质量框

架并进行数据清理，构建数据目录，实施主数据管理等内容。

三是工业互联网开发部署。具体来说包含工业互联网标识解析体系的标识码建立、中间件部署、企业节点建设，工业互联网平台的软硬件部署、功能配置、应用开发与功能测试，还有工业互联网安全的防护体系建设与风险监测评估。

8. 成效评估

企业工业互联网系统上线运行一定阶段后，开展工业互联网应用成效评估，同样从业务、运营、管理、技术、组织等角度对企业实施工业互联网后的成效进行全面评估，分析当前成效和预定目标的差距，并基于此开展新一轮的工业互联网优化建设。

(三) 要素保障

加强组织保障。在战略层面，大型集团型电子信息企业应建立工业互联网专家咨询委员会，负责企业长周期工业互联网建设的战略性、全局性、专业性决策咨询。在战术层面，企业应建立具由一把手领导的总体项目推进团队，负责协调企业内部各业务部门资源。在执行层面，企业应建立具有电子信息以及工业互联网复合背景的项目专业执行团队，负责具体项目组织实施。

完善制度保障。电子信息企业应建立工业互联网融合应用责任机制、持续改进机制和应用评价机制，制定高效合理可行的管理与建设应用效果的考核指标体系。通过加强对企业项目组和各单位工业互联网建设与实施情况和效果的评

估考核，发挥考核导向作用，充分调动各级领导和全体员工的积极性和创造性，从制度上保障工业互联网融合应用有效落实。

夯实人才保障。电子信息企业在推进工业互联网应用过程中，应建立健全工业互联网相关复合型人才建设机制。一方面需加强外部高级人才引进，提升企业工业互联网力量。另一方面还需通过人才轮岗等制度创新，培育企业自身复合型工业互联网人才。与此同时企业还应从各方面对相关人才予以倾斜照顾，确保人才引得进、留得住、用得好。

强化资金保障。工业互联网项目需要进行大量的咨询规划、软硬件采购与长期持续运维，涉及到众多资金支出条目。企业应根据自身的转型需求与资源情况，合理设置建设目标，建立分阶段、分批次的资金投入计划和资金投入保障措施，通过多种融资渠道确保资金投入到位。

附件一：典型解决方案案例

（一）深圳创维-RGB——5G+8K 柔性全连接工厂

1.案例综述

深圳创维-RGB 电子有限公司作为创维集团旗下最大的电子产业公司，主要生产经营彩色电视机、监视器、显示器、通讯器件等多种电子硬件设备。创维所属行业为家电制造业，总体上呈现出小批量、多品种、自动化信息化程度低、劳动密集、订单驱动的特点。近年来彩电市场的整体表现不佳，主要面临新增需求疲软、换新需求减少、手机平板等小屏内容生态繁盛分流用户时间、消费群体年轻化等困境，同时传统制造水平也无法很快适应电视大屏化、功能智能化、产品形态多样化的转变。同时诸如工业互联网、VR、数字孪生、5G、视觉检测、AGV 运输等新的技术也不断的出现，并逐步向生产环节渗透。为更好抓住机遇，为家电行业探索 5G 新方向和新应用，实现降本增效、增加产品竞争力、打造行业示范、赋能中小微企业，创维依托技术优势先试先行。

创维 5G+8K 柔性全连接工厂深度融合 8K、AI、工业互联网等新一代信息技术，自研创维 DMSPlat 工业互联网平台，解决制造过程应用层面亟需解决的多场景互通难、系统间融合性差、哑巴设备等问题，以实现制造环节信息系统从传统 IT 架构向工业互联网平台架构转变，形成大数据驱动的、覆盖制造全生命周期的数字化生态制造系统。在平台应用层面定制化开发了智能化工业 APP，集成 APS、WMS、MES 生

产执行、EMS 设备管理、可视化系统等，对工艺、物料、制造执行、设备、质量等环节的业务进行了并行协同优化，可对外提供定制化方案。采用 5G+8K+AI+工业互联网等新技术，在企业全球各生产基地应用核心生产场景，促进产业链中小企业数字化转型，推动了家电行业数字化转型。

“创维 5G+8K 柔性全连接工厂”入选 2021 年工信部工业互联网创新应用案例，同时入选 2021 年工信部工业互联网试点示范项目。

2. 行业挑战

创维作为彩电行业的龙头，在实施柔性工厂数字化转型中存在以下行业痛点：

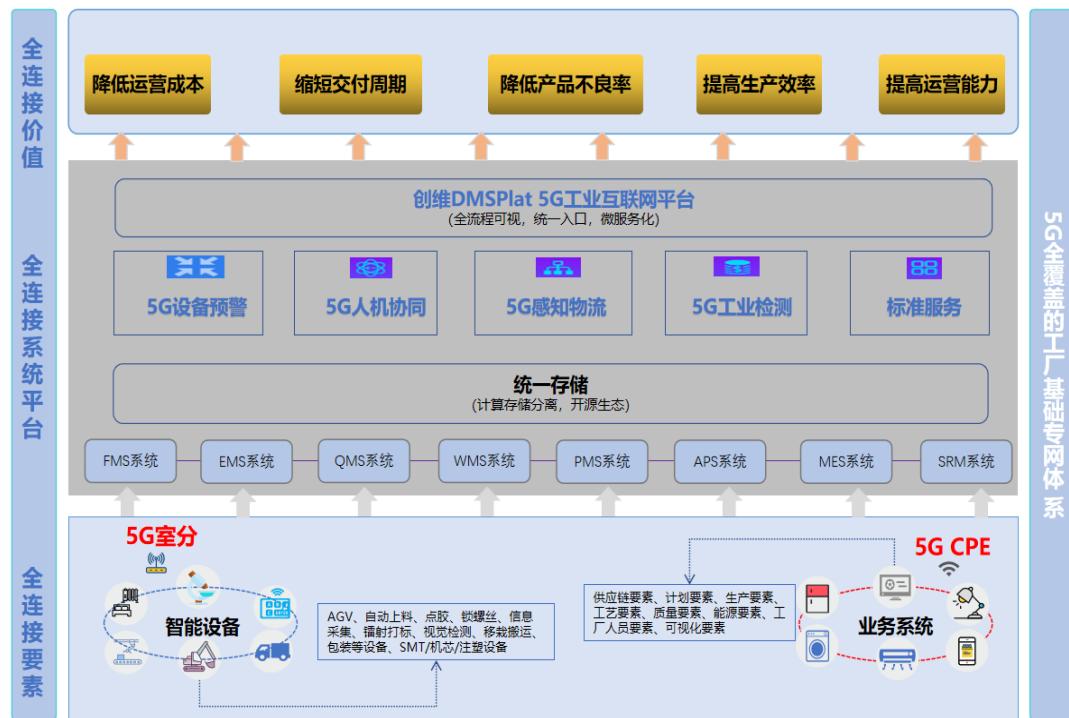
一是传统产能向高价值产能转型难，希望利用 5G、8K、AI 等新兴技术优化生产资源，提升产品生产效率和产品质量，提高议价能力。二是全球跨区域工厂关键制造过程质量管控难，各生产基地、线体设备和人员水平存在差异，需要利用数字化手段对制程质量进行管控，并突破时空限制提供知识分享和专家指导。三是中小企业信息化建设能力不足，需建立工业互联网平台，解决产业链供需信息协同问题，让中小企业以最低成本共享创维信息技术资源，充分发挥龙头企业对中小企业的引领作用。四是家电产品迭代快、品种多，对柔性化生产要求高，家电制造具有多品种、迭代快、小批量混线生产、设备种类繁多、生产现场实时信息反馈要求高以及质量控制日趋严格的行业特性。现有制造模式难以满足全球不同市场对产品多样化和个性化的需求。

本案例围绕新型显示行业传统生产模式的实际痛点以及企业数字化制造能力提升的迫切需要，结合新一代 5G 技术及工业互联网平台基础，着力建设设备全连接与工业系统全连接的 5G+8K 柔性全连接工厂，实现彩电制造重点 5G 工业场景的落地应用，为家电行业探索 5G 新方向和新应用提出新思路，对内降本增效、增加产品竞争力、打造行业示范，对外赋能中小微企业。

3.解决方案

（1）解决方案技术架构

5G+8K 柔性全连接工厂建设方案的技术架构主要包括 3 个层面，分别是制造全要素连接、制造全系统统一平台、制造价值输出。一是全连接要素，面向工业生产制造全流程，以连接制造设备、制造流程要素为基础，实现设备、系统互联互通，生产流程并行协同。二是全连接系统平台，基于开放环境部署应用，提供一套微服务解决方案，实现快速、可扩展、可持久化、高吞吐量、低延迟。面向工业各环节场景，为设备连接、系统连接提供平台基础，平台向下可以承接海量异构数据、向上可以支撑各种工业应用开发。同时为设备、人机协同、感知式物流、工业视觉场景提供平台基础及技术输出。三是全连接价值，设备、系统全连接以后，通过平台实现各环节业务的价值体现，实现降低运营成本、缩短交付周期、降低产品不良率、提高生产效率的目的。



附图 1-1 5G+8K 柔性工厂建设方案技术架构

(2) 建设内容及功能特点

一是建设 5G SA 基站，实现工厂级全覆盖，下沉专用园区级 UPF 和 MEC，提供低时延数据转发和边缘云存储、计算能力，为 5G 全连接工厂提供工业互联网+企业私有云+边缘云融合的整体网络基础架构。二是建设 DMSPlat (Digital manufacturing system plat) 数字化制造系统平台，对下连接设备、物料、产品，对上连接工业软件应用系统，形成生产制造环节全连接、生产要素高效协同的 5G 全连接工厂。DMSPlat 平台通过互联互通贯穿各制造系统，实现了制造流程的数字化、生产过程的可视化，对于内部产品质量、生产效率、人员优化等起到了很大的作用，实现了对内的协同制造。三是将强大的网络和平台能力渗透到生产环节，落地四

大核心生产场景。四是形成可复制、可推广、易落地、低成本的数字化制造整体解决方案，为工业企业提供“一站式”“模块化”的数字化制造系统服务。

(3) 主要应用场景

基于创维 DMSPlat 数字化制造工业互联网平台，利用 5G“广连接、大带宽、低时延”的技术特点，重点建设四大应用场景。

① 5G 预警式设备管理应用场景

基于 5G 工业互联网网关，采用边缘计算技术对制造过程设备的多源异构数据解析，重点对 SMT 生产车间的 SPI、印刷机、贴片机、回流焊、AOI 光学检测仪等设备进行实时数据采集。通过 5G 网络接入数字化制造工业互联网平台与 MES 系统生产数据联通，最终实现设备的预警式远程运维。



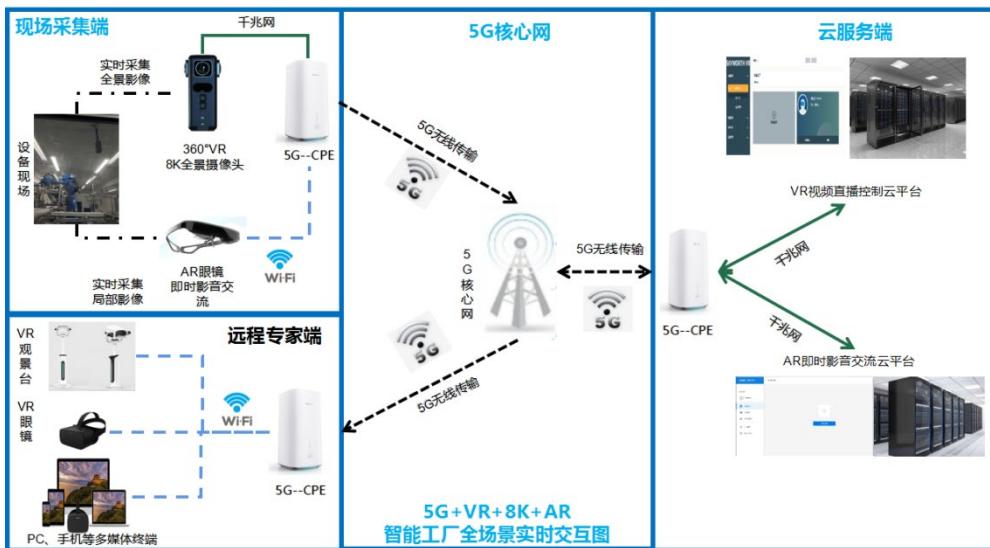
附图 1-2 5G 预警式设备运维场景

通过 5G 数采网关机芯—模组—整机车间的线体设备，

重点对生产车间的 SPI、印刷机、贴片机、回流焊、AOI 光学检测仪、模组贴合设备、整机视觉检测设备、整机自动包装等设备进行数据采集。现已部署单线核心设备连接 55 台，辐射 15 条线体，共计 825 台。

② 5G+8K+VR/AR 的智慧远程运维场景

通过 5G+8K+VR/AR 融合技术应用，搭建智慧检修平台，对现场进行全方位、低时延、全场景监控。实现工厂端生产线体设备、工艺、物流、人员、质量、安全等高清场景实时远程交互、全程跟踪、记录和回放，技术专家及管理者能远程全方位掌握工厂生产现场高效决策解决问题。



附图 1-3 5G+8K+VR/AR 远程运维场景

创维彩电生产过程中使用大量高精尖设备，创新采用 5G+8K+VR/AR 技术，实现了多基地多线体远程连接总部平台技术专家，可快速消除设备故障。现已在深圳、广州、南京、内蒙投入使用。

③ 5G+WMS+AGV 智能物流

结合 5G 低时延的技术特点，依托数字化制造平台研发仓储管理系统，采用“5G+WMS+AGV”实现感知式的智能生产输送，园区物流智能化管理。厂内 WMS 系统自主触发物流需求、视觉 AGV 自主智能路径规划，场外车辆预约管理系统管理物流车辆，实现生产运输场内到场外的智能化，大幅提升生产输送协同效率及降低 AGV 故障率，降本增效的同时创新了生产输送模式。



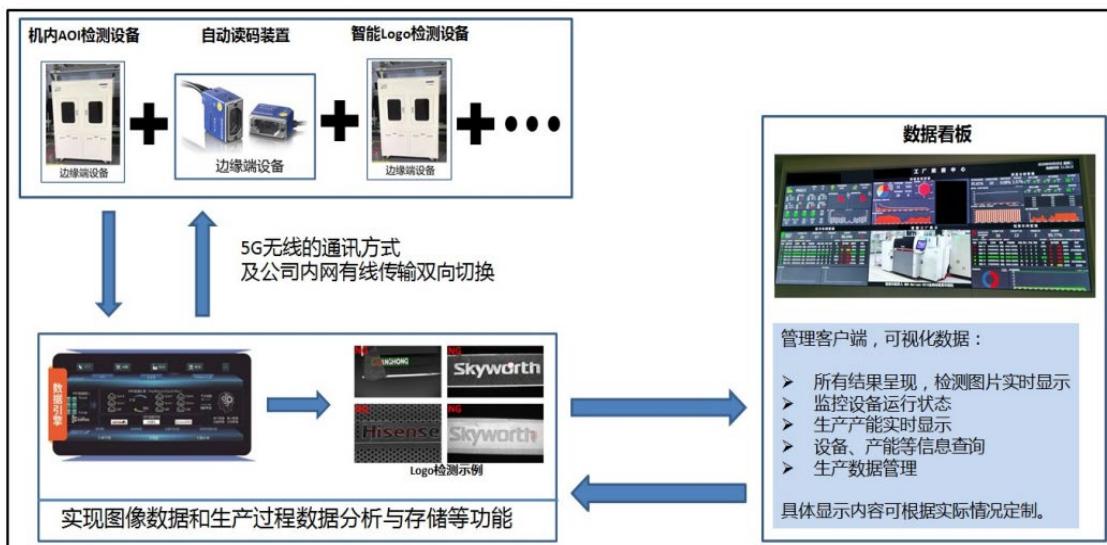
附图 1-4 5G 智慧物流场景

深圳石岩总部制造基地占地面積 5000 平米，高度 6 米，托盤庫 1840 個存儲位，8 台穿梭母車、8 台穿梭子車。流量 82.73PL/小時。件箱庫庫位 7560 個，流量 687.3 箱/小時。件箱庫存儲區有 6300 個搁板式存儲貨位，1260 個 SMT 灯光拣

选货位。

④ 5G 工业视觉检测应用

大量图像数据通过 5G 传输到云端，通过深度学习框架，经由训练获得非标准化视觉检测特征，最终打造出通用化、智能化的瑕疵检测能力，并将训练结果部署到 5G 边缘云，以快速响应生产需求。5G 工业视觉检测将广泛应用在彩电整机视觉检测。



附图 1-5 5G 工业视觉检测场景

创维在行业内率先采用低成本自主研发核心视觉质检技术，并大规模覆盖成熟应用在多品类流测采集、LOGO 铭牌检测、后壳标签及条码视觉检测、纸箱标签及条码检测、TV 综合界面功能检测、注塑 LOGO 视觉检测、整机内观检测、整机易错后壳及支架检测、机芯 WIFI 质检核数、后壳螺钉有无视觉检测、5G+机器视觉 AI 质检、高精 AI 视觉定位模组点胶、贴合设备等 14 大品类核心生产质检关键工序，

合计 181 台。

4.应用成效

对比传统制造模式，单线自动化在线检测率从 10% 提升至 80%，检测工序作业节拍由原来 15 秒/台，缩短至 3 秒/台，人均产出效率比传统产线提高 17%，效率同比提升 26%，停产时间下降 5%，工序自动化率达到 40%，远超出行业平均水平。自研 5G+AI 车间眼智能视觉检测，截至目前已实现经济效益 2827.16 万元，内部全球基地实施推广后预计累计经济效益超 3 亿元。自研 5G 工业互联网平台推广到国内外 9 大基地，助力制造流程数字化，减少外购成本 100 万/套（按照推广南京基地用于小米客户需求核算），9 大生产基地共减少 900 万元成本。

(二) 紫光股份——5G 工厂

1. 案例综述

紫光股份有限公司是主营信息电子产业的中国高科技 A 股上市公司。目前，紫光股份的核心业务基本覆盖 IT 服务的重要领域。硬件方面提供智能网络设备、存储系统、全系列服务器等为主的面向未来计算架构的先进装备。软件方面提供从桌面端到移动端的各重点行业的应用软件解决方案。技术服务方面涵盖技术咨询、基础设施解决方案和支持服务。

紫光股份工厂案例采用了 5G+AI+IOT、工业互联网等技术，支持从下单到生产、交付的全流程闭环管理，人均产能提升 5.1 倍，柔性生产换线时间从 7 小时缩短为 3 分钟，生产过程减少碳排放 16%。同时，基于全方位的数据采集、治理和应用，实现从产品研发到方案适配，从供应链到交付链，从内部管理到外部营销全面的数字化转型，实现了数据驱动企业管理形态变革的创新实践。

2. 行业挑战

(1) 生产依赖人，换线慢，柔性差

传统以生产组装为主，组装、检测等环节需要大量人力，切换订单效率低，柔性差。

(2) 物流管理效率低，手工统计易出错

生产物料的备料和配送慢，仓储运作效率低；存储货位无计划，造成货位库存堆积，出入库速度慢；全程手动记账，不实时，易出错。

(3) 计划决策缺数据，时效差，急单响应不及时

数据分散在市场、设计、生产、仓储等系统中形成信息孤岛，数据不透明，跨系统跨部门协作效率低；人为纸质统计分析效率低，不实时不精准；异常响应迟缓，组织效率提升难；决策个人经验驱动，片面粗放，没有数据支撑；插单急单较多，需实现急单响应，大批量定制化订单导致常缺料，供应商调货响应不及时。

（4）质量业务凭经验，主观性、易出错

服务器产品加速向小型化、精密化、多样化演进，对服务器制造工艺的速度、精度、可靠性提出了更高的要求。未提炼各业务中的经验形成模型，依赖个人主观判断造成了供应链级的质量检测难管控、产品外观检测效率低、人工质量检测标准不统一、产品缺陷漏检率高等问题。

（5）设备未联网，生产及维修效率难提升

工厂设备联网率低，设备数据未深挖，未发掘深层次价值，SMT 设备无法支持柔性制造。

3.解决方案

（1）技术架构及功能

以紫光萧山 5G 工厂（新华三服务器产品的生产工厂）为例，新华三团队全面参与紫光股份构建，以新华三工业互联网平台为代表的数字化解决方案运用到紫光股份工厂的各方面。紫光股份工厂建设包括 1 座立体仓库、2 条柔性生产线、5 个关键系统、40 多个机械手、50 多台 AGV、200 多台自动化设备、1400 个 RFID、3000+各类传感器。

依照新华三“工业数字大脑”计划，具体的紫光股份工厂

整体结构能够从边缘层到 IaaS 层、PaaS 层以及 SaaS 层提供全方位的能力，从业务角度来看，紫光股份工厂能够支持端到端的业务系统及供应链协同。例如通过各种先进的系统集成，如 PMS（项目管理系统）、OOS（在线下单系统）、MES（生产执行系统）、APS（高级生产计划管理系统）、QMS（质量管理系统）、WMS（仓储管理系统）以及 DMS（发运管理系统）等实现下单排产、生产加工的全流程自动化，达到企业内部精益、柔性及自主的业务管理及互联、智能的上下游供应链管理的作用。

智慧工厂整体架构 - 数字大脑



数字化解决方案领导者



附图 1-6 紫光股份工厂架构图

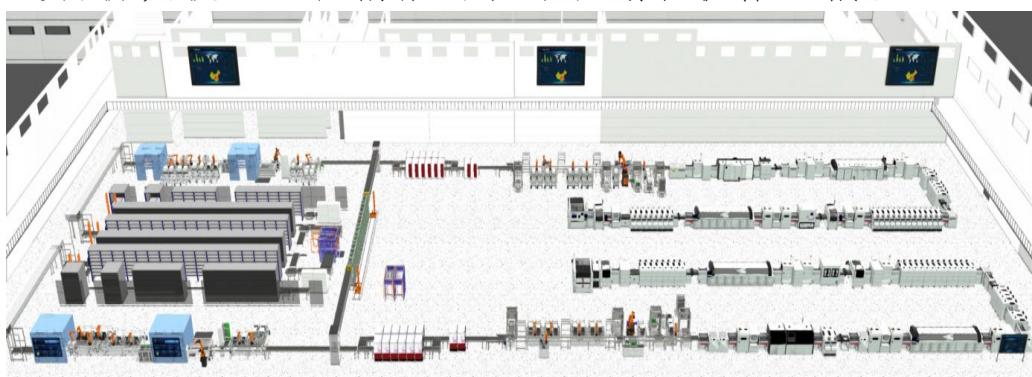
工厂智能化生产主要体现在五大方面。一是智能计划调度，采购需求快速传递，按需送货，实现物料和供应商动态管理。二是智能物流管理，现场高效的精准执行，基于数据的实时分析，实现人、机、物、法的有机融合。三是智能生

产管理，产品工艺设计创新，单板加工无人化。数字化生产管理，生产数据全程追溯。四是智能设备管理，基于工业物联网平台的设备智能管控，设备运行监测及预测性维护。五是智能质量管理，全过程质量数据精准实时获取降低运作成本，质量数据多维度智能分析，提前消除质量隐患。

（2）应用实施

①智能生产管理

基于数字孪生的全产线仿真。基于工业 4.0 理念，通过数字孪生手段，充分考虑可靠性和灾备设计规范，结合新华三产品特点、全面定制化需求开展智能生产线的规划，提前发现规划中存在的问题和隐患。同时，对生产线局部工序动作进行仿真模拟，提前做好动作规划和机器人编程。



附图 1-7 紫光股份工厂模拟图

自动化生产。为配合服务器产品大规模定制化的客户需求，新华三携手紫光股份工厂团队通过产品和工艺协同设计创新，设计并搭建了产品全流程加工过程的高度自动化的 SMT 产线，实现了自动化插件、波峰焊工装自动化，并对传统的测试整合实现自动化测试、机器人等应用，产线自动化

率约 90%。特别是业界首创服务器 CTO 整机物料前加工自动化+物料配送对接自动化+订单混线生产，实现生产 0 换线，支撑单个合同中少到 1 台，多至上万台的定制化服务器生产，支持任意配置下单，产线订单无感知切换。

②智能物流管理

为支撑大规模定制化生产，实现物料的高效和按需精准高效配送，新华三携手紫光工厂团队和合作伙伴在工厂的仓储物流和配送环节采用了立体仓库、自动化多穿库、AGV，结合 AI 赋能的 WMS、WCS 系统，实现生产物料的按时备料和按需配送，仓储运作效率提升 50%以上。

立体仓库。通过 AI 智能学习历史出入库数据，进行冷热度分析，更新物料储存策略，实现存储货位智能分配，出入库效率提升 20%。

AGV。根据调度系统实现物流路径智能规划，确保生产物料高效配送。利用 5G 高带宽，低时延的特点，新华三在紫光股份工厂 AGV 小车和立库充分应用 5G 技术。



附图 1-8 工厂 5G 应用情况

③智能计划管理

一是实现了基于全流程的智能排产，实现 0~4 小时的急单响应，急单满足率提升 50%。二是基于生产排程智能拉动物料到货，实现生产物料和供应商的实时动态管理。

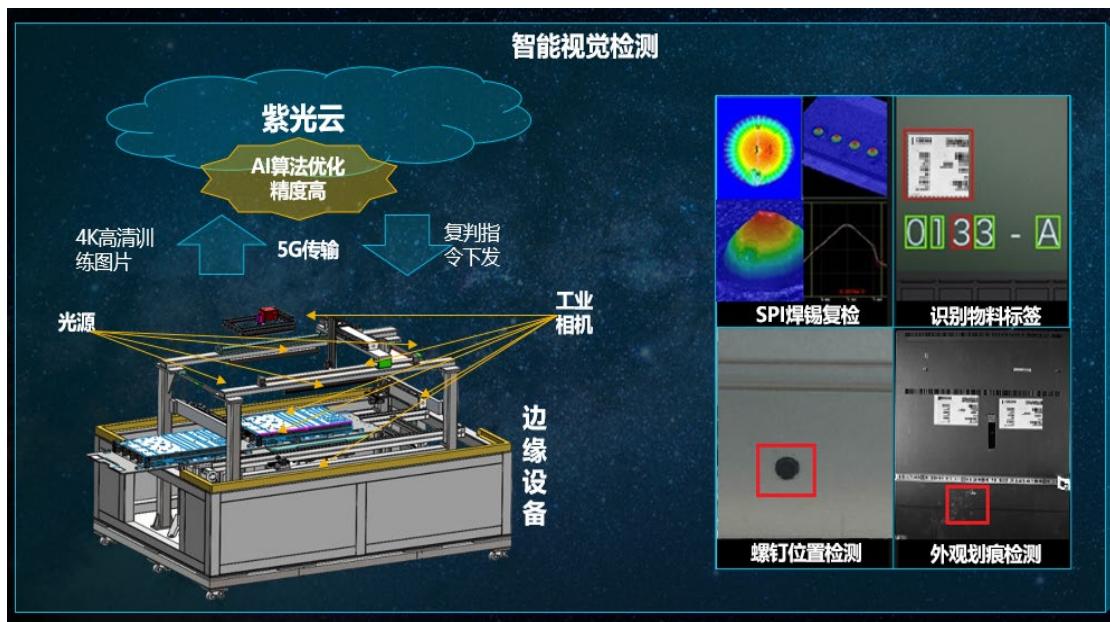


附图 1-9 智能生产计划管理流程图

④智能质量管理

SPI/AOI 检测方案创新。利用 5G 技术实现 4K 图片的高速传输和检测结果的即时回传，从传统的在线“一人一机”变革到离线“一人多机”，可减少 67% 的检测人员；SPI 机器复判引入 AI 技术，复判的准确率提升了 50%。

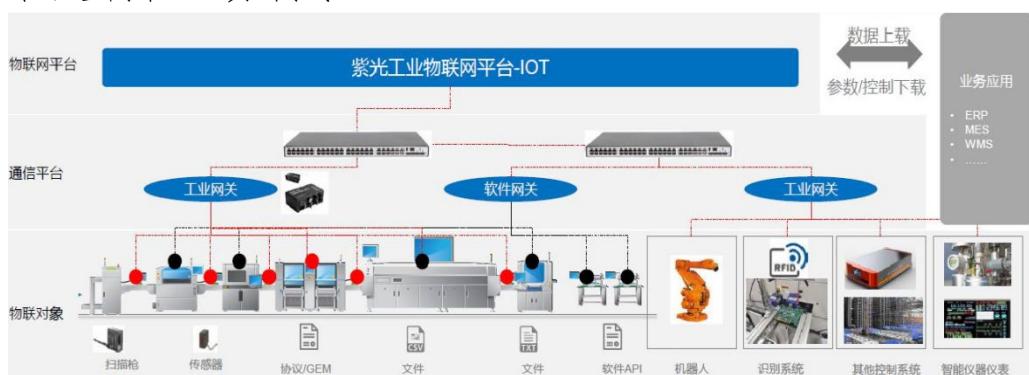
智能整机外观检测。基于 AI 智能赋能的算法技术，推动检验效率提升，实现整机外观无人化检测，提高 40% 检测效率和不良品的 100% 检出。



附图 1-10 智能视觉检测方案

⑤智能设备管理

新华三在紫光工厂通过 IoT 对全厂生产物流设备的连接和数据采集，实现设备的可视化和统一化管理；通过对设备数据监测和分析可实现设备的异常主动预警、预防性维护等智能化应用，使设备稼动率提升 15%；利用 5G、AI 等新技术，实现设备和轨道的智能化调度与控制，满足产线的柔性化和定制化业务需求。



附图 1-11 设备管理解决方案

4.应用成效

完成建设后，企业在多方面取得了成效，仓储管理方面，仓储运作效率提升 50%以上，出入库效率提升 20%；生产排程方面，实现 0-4 小时的急单响应，急单满足率提升 50%；质量管理方面，减少 67%的检测人员，复判的准确率提升了 50%，提高 40%检测效率和不良品的 100% 检出率；设备管理方面，设备稼动率提升 15%。

(三) 台达吴江工厂——精益化管理与智能化制造

1. 案例综述

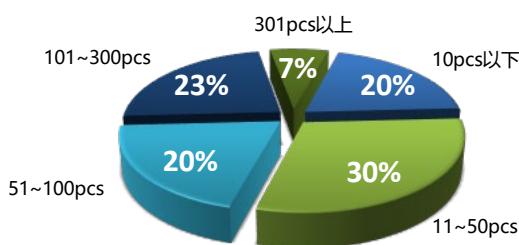
台达创立于 1971 年，目前台达在大陆设有广东东莞、江苏吴江、安徽芜湖、湖南郴州四个主要生产基地，并正在重庆建设第五个生产基地。2016 年开始，台达持续推进智改数转，同时将阶段性成功经验逐步拓展至泰国、印度等地的厂区。电子信息制造业属于高科技行业，随着终端电子产品种类越来越丰富，更新换代周期越来越短，以及个性化需求越来越多，电子产品呈现出典型的多品种小批量生产特点。如生产计划管理复杂，物流管理要求高，在制品管理难度大，质量管理严格，设备维护管理要求高等。同时，经过多年的发展，电子信息制造业自动化程度相对较高，具备典型的制程工艺以及配套的自动化设备。因此电子信息制造业普遍都具备一定的自动化和信息化的基础，在面对持续加剧的市场竞争以及多种因素叠加的不确定性时，电子信息制造业需要以更强的韧性和敏捷性来应对各种挑战。因此，设备产线的数字化、智能化建设成为电子信息制造业数字化转型建设的下一步重点。

在电子信息制造业数字产线建设的过程中，设备产线与数字化系统的互联互通是关键。互联互通并不只是简单的将设备接口与软件相连接，其重点在于如何将数字化管理中需要的信息数据和指令通过智能互联功能层进行水平或垂直的交互，进而将设备站别、设备参数、制程参数、品质数据

等信息进行采集、处理和分析，输出决策或决策辅助信息，进而指导工人或直接指导设备进行优化调整，实现有效的闭环优化管理，提高产线的自适应、自感知、自调整。

2. 行业挑战

台达吴江某工厂，生产可编程控制器，生产线为典型的多品种小批量柔性生产，其机种涉及 138 种以上，工单类型超过 5 种，差异化工序 23 种，每日换线次数超过 15 次，单一产线最大产能可达 46.8K pcs/月，其中 93% 的工单生产数量低于 300 个。



附图 1-12 工单状态分布

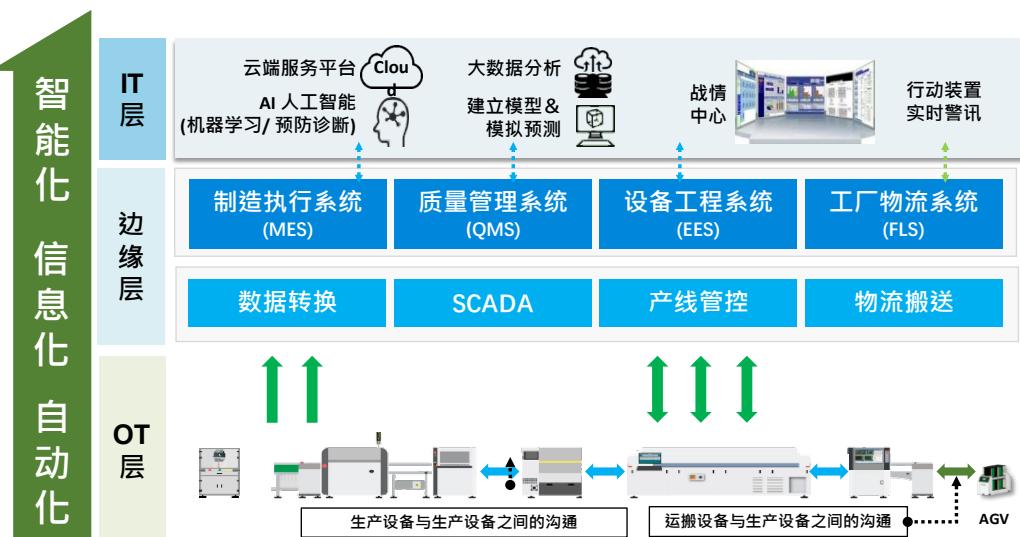
基于该生产线的特性，其主要痛点为：①多品种小批量生产导致换线时间长，影响生产效率。②产线配套人员多，效率和产值低。③设备种类多，不同品牌设备信息模型及通讯协议不一致，造成联网应用整合难。④设备联网信息有限，闭环管理和自动换线困难。产线虽然有信息采集，但多为过站信息，设备站别、设备参数、制程参数、品质参数等信息有限，难以做到实时数据分析、自我调整和闭环管理。⑤产线在制品和产品追溯困难。⑥多样少量生产造成物流配送实时性差，带来生产停顿，以及设备稼动率降低等问题。

同时，仅有设备自动化无法满足整体需求，需结合与多个工业软件 MES、WMS 等的集成，与设备机联网智能化串接整个生产流程，打通材料入库到产品产出的生产制造全过程，有效且智能的管理信息流与实物流。

3. 解决方案

电子信息制造业有比较好的精益制造基础，台达制造将精益化管理和智能化制造进行有机结合，在制造本身的制程工艺合理精益化的基础之上，推行自动化、信息化、数字化、智能化等工程的建设，即“精益制造”。

精益智造通过数字化、智能化建设，深化全方位、全要素管理，提升企业效率、盈利能力和市场竞争力，其内容涉及精益管理、自动化、信息化、数字化及智能化等内容。其中，基础工艺工程（IE）是精益智造的基础，通过基础 IE 开展精益管理工作，建立标准的生产流程、作业方法和评估体系，在此基础上开展精益智造。



附图 1-13 生产线整体解决方案

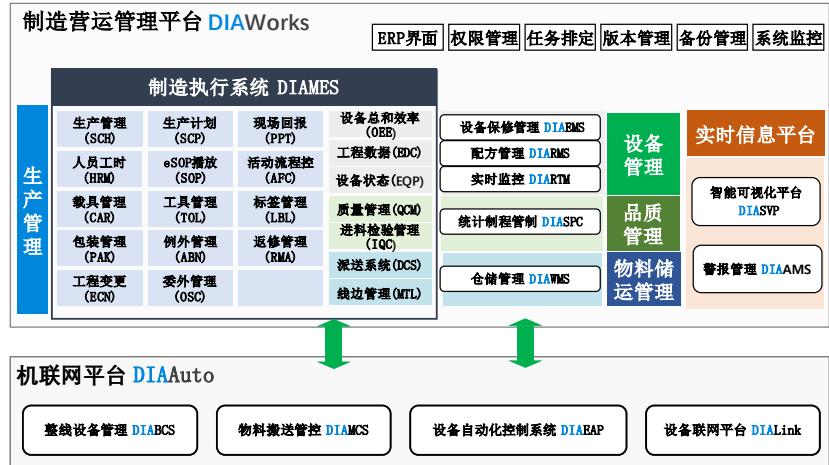
依据电子信息制造业领域累积的实践经验，结合先进制造技术及新型 ICT 技术，构建从设备层、联网控制层、车间管理层到智能应用层的整线解决方案，整体提升生产线效率，如下图所示。

设备产线层具备自感知、自适应、自调整和自决策等能力，可满足企业智能化、无人化生产需求。以台达擅长的电子组装业为例，具备 SMT 和 DIP 线核心自动化设备和产线构建的能力，并以标准化的互联互通设计，可兼容各主流厂商的软硬件，达到快速构建完整产线系统的能力。

机联网平台采用标准化设计，充分考虑下位机和上位系统的应用特点，将 IT 与 OT 深度融合，形成基于标准信息模型的机联网互联互通能力。

制造运营平台是工厂的核心枢纽，以制造执行系统为核心，对上接收 ERP 生产指令与产品咨询，对下整合生产车间制造流程，实现生产标准化、信息化，整合品质管理、设备管理、物流储运管理，实时掌控人、机、料、法、环、测等数据，实现产品履历追溯与品质监控，降低库存与成本。

智能应用层基于人工智能、大数据分析、机器视觉等技术的自动缺陷分类、预测性维护、质量精进管理等，降低对人力经验不稳定性的依赖，提高质量管理水平。



附图 1-14 制造运营平台与机联网平台

4.应用成效

智能化实施后，车间效益大幅提升，人均产值提升 3-5 倍，产能提升 70%，生产使用面积降低 35%。

(四) 深圳博敏电子——PCBA 车间智能化改造

1.案例综述

深圳市博敏电子有限公司成立于 1994 年，是博敏电子股份有限公司(股票代码 603936)的全资子公司。致力于提供特种 PCBA、陶瓷基板、无源器件的设计、研发、生产、贴装等一站式服务和解决方案，是中国电子电路行业百强企业之一。在新一轮科技革命和产业变革的时代趋势下，博敏电子把握数字化、网络化、智能化带来的历史性机遇，加快制造业转型升级，提高供给对需求的适应性和灵活性，形成新的增长动力。

2.行业痛点

博敏电子未启动工业互联网建设之前，企业运营管理未达成高度信息集成化、智能化管理模式。各部门信息系统虽然能独立完成生产运营管理，但数据互联互通效率低，协同制造力不足。

3.解决方案

博敏电子致力于打造成为全球最值得信赖的电子电路供应商，不断引进行业领先水平的设备，如尖端压机、真空蚀刻线、全自动 LDI 曝光机（100% LDI）、在线 AOI 检验设备、六轴数控钻孔机与成型机等。同时，采用独特的层间对位控制技术及检测技术控制工艺，大力发展具有自主知识产权的特种印刷电路绿色高效生产技术，形成成套的智能设计、智能制造与体系标准，实现高效设计、绿色生产、智能制造为一体的电子信息化平台，打造先进设计、柔性化、可

为客户量身定制型生产线。

博敏电子规划建成一套在离散制造模式下的实时交互、高效协同的 PCBA 生产制造车间智能管理与决策集平台，实现生产制造过程和决策的自主协调、智能优化和持续创新。通过结合 PCBA 行业生产特点（大批量生产+个性化定制）及其工艺流程，博敏电子紧紧围绕 PCBA 产品的工艺设计、计划排产、生产制造、检验等关键业务环节，融合 CPS(Cyber-Physical System, 信息物理系统)、物联网、工业互联网等新一代信息技术和工业机器人、智能装备等先进制造技术，实施集加工、物流、检测等智能装备、物联智能感知、产品数字化工艺设计、车间制造执行管理系统（MES）、企业资源计划（ERP）系统等智能制造系统。博敏电子突破 PCBA 生产过程中钻孔、电镀、图像转移、外观检测等关键工艺环节，实现从订单获取、工程设计、生产计划、车间制造过程到产品交付、售后服务等业务环节的集成化、一体化管控及优化运行的生产制造过程智能管理与决策。最终，博敏电子有效提升 PCBA 生产制造企业的产品设计、柔性制造及综合管控能力，树立 PCBA 行业的生产制造过程智能管理与决策集成新模式，引领 PCBA 产业结构的优化升级和信息化发展。总体构架可以分为四层：设备物联层、网络传输层、平台层、应用层。

博敏电子应用的系统包括商业智能系统（BI），经营管理层包括企业资源计划系统(ERP)、人力资源管理系统(HR)、办公自动化系统（OA）、财务管理系（K3）、审计管理系

统、客户关系管理系统(CRM)、自动报价管理系统(AQS)、工程设计自动化系统(EAS)、项目管理系统(PMS)、实验室管理系统(LMS)、生产排程系统(APS)、制造执行系统(MES)、品质管理系统(QMS)、设备管理系统(EMS)、能耗管理系统、物流管理系统(TMS)、智能仓储系统(ISS)、供应链管理(SCM)、员工考评管理。博敏电子系统建设情况及导入时间如下图。



附图 1-15 PCBA 车间智能管理与决策集成平台的数字化建设情况

生产控制层采用自动化、柔性化、智能化加工装配设备或生产线；配置数据采集系统，建立实时数据平台，能充分采集制造进度、现场操作、质量检验、设备状态等生产现场信息；采用了仓储物流信息化系统。博敏电子通过打造一套实时交互、高效协同的PCBA生产制造车间智能管理与决策集平台，实现生产制造过程和决策的自主协调、智能优化和持续创新，并总结出一套技术成熟、经济适用的PCBA智能化建设经验，在深圳市乃至全国电子信息制造业中进行推广。

具体研究内容包含四个方面，分别是车间智能设备层、智能感知层、制造过程智能管理层、智能化决策与集成层。采用三维计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）、计算机辅助工艺规划（CAPP）、计算机辅助制造（CAM）、设计和工艺路线仿真等工具，实现数字化设计生产能力。建立涵盖各层面数据信息的企业核心数据库，同时，建立了信息安全保障机制。

4.应用成效

运营成本降低 10.9%，产品研制周期缩短 13.3%以上，生产效率提升 1.3 个百分点到 98.5%，产品不良品率降至 3.3%，综合能源耗降低 9.2%。

（五）深圳麦克韦尔科技——模块化设计

1.案例综述

深圳麦克韦尔科技有限公司创始于 2006 年，是国家高新技术企业。麦克韦尔主营产品包括电子雾化器、电子雾化器的关键零部件及相关设备，产品广泛应用于消费电子、健康及医疗雾化等领域。麦克韦尔拥有强大的基础技术研究、技术创新应用及生产制造能力，是全球最大的电子雾化设备制造商。根据沙利文电子雾化设备行业研究报告，2020 年就收益而言，麦克韦尔占全球市场份额的 18.9%。麦克韦尔围绕“技术制造领先、同心多元化、技术品牌化”的核心战略，实现了雾化科技在消费电子、健康及医疗领域的全产业链布局。

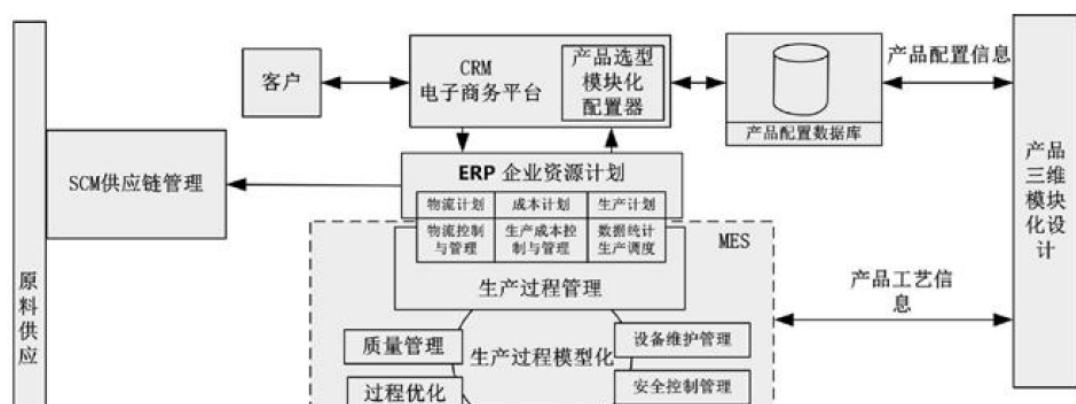
2.应用场景

以产品设计数据流为主线，通过三维产品模块化设计和仿真、工艺流程设计和仿真，建立产品配置数据库和工艺参数数据库，并将最终的设计、工艺文档通过网络体系投入智能设备端进行加工和生产，以解决多品种、小批量研发和生产难题。产品及零部件模块化设计后，生产设备和物流体系基于三维设计和仿真结构开展柔性生产。麦克韦尔在设计过程中也会同步针对历史产品数据进行储存形成数据库，并根据数据积累不断升级工艺，为新的产品设计奠定基础。

3.解决方案

电子雾化设备的研发设计过程利用产品的三维数字样机，对产品的装配过程统一建模，在计算机上实现产品从零

件、组件装配成产品的整个过程的模拟和仿真。这样，在建立了产品和原材料数字模型的基础上，就可以在产品的设计阶段模拟出产品的实际生产过程。依据设计好的装配工艺流程，通过对每个零件、成品和组件的移动、定位、夹紧和装配等过程进行干涉检查模拟，当系统发现存在干涉情况时报警，并给出干涉区域和干涉量，以帮助工艺设计人员查找和分析干涉原因。



附图 1-16 产品三维模块化设计与生产关系图

4. 应用成效

实施后，产品研发周期缩短 12%，成本降低 15%。

(六) 常州同惠电子股份——中小企业数字化管理

1.案例综述

常州同惠电子股份有限公司创建于 1994 年，是国家级高新技术企业。公司致力于电子测量仪器的技术与产品研发，在精密阻抗测量领域具有近三十年的测试理论、测试技术和实践经验的积累。公司拥有丰富的产品线，包括电子器件参数测试仪器，绕线元件测试仪器、电气安规测试仪器、台式数字多用表、数据采集器/记录仪、自动电源/电池测试系统等。

2.企业工业互联网建设情况

作为中小企业，同惠电子工业互联网呈现点状建设，企业基于信息技术手段编制详细生产作业计划，并基于人工经验开展生产调度。利用信息系统，通过录入安全库存、采购提前期、生产提前期等制约要素，实现 MRP 运算。生产过程中的产品信息采用条形码、二维码、电子标签等识别技术进行记录和追溯。对于需要远程运维的产品，使用了新技术（物联网、云计算、大数据、人工智能）实现产品远程监测与控制、自动分析与故障处理和运维信息追溯。

企业应用了 PLM、ERP、OA 等信息化系统，MES 系统正在建设中，企业数据分布在各个系统中，采用数据库点对点的集成方式。

3.应用成效

企业进行智能化改造后，在生产效率、经营效益、不良品率、单位产值能耗、能源利用率等方面的综合效益提高了 10-20%。

附件二：专业术语解释

（一）中文专业名词

[1]边缘计算：边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台（架构），就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

[2]边缘智能：边缘智能是边缘计算和人工智能结合的新范式，在边缘侧提供的高级数据分析、场景感知、实时决策、自组织与协同等服务。

[3]工业控制网络：工业控制网络指是用于连接生产现场设备与系统，实现自动控制的工业通讯网络。

[4]企业内网：在工厂或园区内部，用于生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。

[5]企业外网：以支撑工业全生命周期各项活动为目的，用于连接企业上下游之间、企业与智能产品、企业与用户之间的网络。

[6]确定性网络：确定性网络指在一个网络域内为承载的业务提供确定性业务保证的能力，这些确定性业务保证能力包括时延，时延抖动，丢包率等指标。

[7]时间敏感网络：通过数据传输最大时间来划分的一种实时性网络，具有时间同步、延时保证等确保实时性的功能。旨在为以太网协议建立“通用”的时间敏感机制，以确保网络

数据传输的时间确定性。

[8]信息模型: 信息模型是工业互联网全要素、全价值链、全产业链在信息空间的标准化表达。通过定义统一的建模架构和标准化的描述语言，实现异构设备、系统和应用之间的信息交互。

[9]现场总线: 连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。

[10]网络切片: 网络切片是一种按需组网的方式，可以让运营商在统一的基础设施上分离出多个虚拟的端到端网络，每个网络切片从无线接入网到承载网再到核心网上进行逻辑隔离，以适配各种各样类型的应用。

[11]工业大数据: 工业大数据即工业数据的总和，即企业信息化数据、工业物联网数据，以及外部跨界数据。其中，企业信息化和工业物联网中机器产生的海量时序数据是工业数据规模增大的主要因素。

[12]机理模型: 机理模型亦称白箱模型，是根据对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对象或过程的数学模型，机理模型的优点是参数具有非常明确的物理意义。

[13]专家系统: 专家系统是人工智能早期的一个重要分支，是一类具有专门知识和经验的计算机智能程序系统。

[14]基础设施安全: 指工业互联网系统所使用的服务器、

存储、云资源等设备的安全。

[15]网络安全：指工业互联网系统与应用、用户、协作方等实现互联的网络及网络边界的安全。

[16]应用安全：指支撑工业互联网业务运行的各类信息系统、标识解析业务及应用程序的安全等。

[17]数据安全：指工业互联网业务过程中涉及到的标识编码数据、标识解析业务数据、用户数据等各类数据的安全。

[18]安全管理：指配套的物理和环境安全、安全管理制度、安全管理人员、安全建设、安全开发、安全运维等安全管理要求。

[19]工业互联网标识解析体系：工业互联网标识解析体系是工业互联网网络体系的重要组成部分，是支撑工业互联网互联互通的神经枢纽。标识编码：能够唯一识别物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源的身份符号。

[20]标识解析系统：能够根据标识编码查询目标对象网络位置或者相关信息的系统，对物理对象和虚拟对象进行唯一的逻辑定位和信息查询，是实现全球供应链系统和企业生产系统的精准对接、产品全生命周期管理和智能化服务的前提和基础。

[21]国家顶级节点：是指一个国家或地区内部最顶级的标识服务节点，能够面向全国范围提供顶级标识解析服务，以及标识备案、标识认证等管理能力。

[22]二级节点：是面向特定行业或者多个行业提供标识

服务的公共节点。

[23]企业节点：是指一个企业内部的标识服务节点，能够面向特定企业提供标识注册、标识解析服务、标识数据服务等，既可以独立部署，也可以作为企业信息系统的组成要素，企业节点需要与二级节点对接，从而接入标识解析体系中。

[24] 洞穴状自动虚拟环境（CAVE）：是一个立方体形状的沉浸式立体显示环境。通常由三面（或四至六面）方形屏幕构成。计算机生成同一场景、不同视角的立体图像并通过投影机投射到对应的屏幕上，用户佩戴立体眼镜，置身于立方体内部，可获得完全的视觉沉浸感。除投影仪和屏幕构成的立体显示系统外，一个典型的 CAVE 系统还包括立体声系统以及跟踪用户头部和手部运动的定位跟踪系统。

(二) 英文专业名词

[25]VPN: 虚拟专用网络，在公用网络上建立专用网络，通过对数据包的加密和数据包目标地址的转换实现远程访问。VPN 有多种分类方式，主要是按协议进行分类。VPN 可通过服务器、硬件、软件等多种方式实现。

[26]OT 网络: 用于连接生产现场设备与系统，实现自动控制及信息采集的工业通讯网络。

[27]IT 网络: 用于连接信息系统与终端的数据通信网络。

[28]5G: 第五代移动通信技术（5th Generation Mobile Communication Technology，简称 5G）是具有高速率、低时延和大连接特点的新一代宽带移动通信技术，5G 通讯设施是实现人机物互联的网络基础设施。

[29]F5G: 全称是 The 5th Generation Fixed Network，即第五代固定网络，包含了全光接入网和全光传送网两大部分。

[30]ODN: 指光分配网，是基于 PON 设备的 FTTH 光缆网络。其作用是为 OLT 和 ONU 之间提供光传输通道。从功能上分，ODN 从局端到用户端可分为馈线光缆子系统，配线光缆子系统，入户线光缆子系统和光纤终端子系统四个部分。

[31]OLT: 光线路终端，指的是用于连接光纤干线的终端设备。

[32]MEC: 多接入边缘计算（Multi-access Edge Computing），是一种网络架构，允许计算、网络和移动服务提供商将一些计算和基于云的流程转移到网络环境的边缘，

从而实现更好的性能、延迟和安全性。

[33]TSN: 时间敏感网络 (Time-Sensitive Networking) , 是 IEEE 802.1 TSN 工作组开发的一系列数据链路层协议规范的统称，用于指导和开发低延迟、低抖动，并具有传输时间确定性的以太网局域网，是传统以太网在汽车等特定应用环境下的增强功能实现。

[34]SDN: 软件定义网络 (Software Defined Network) , 通过将网络设备的控制面与数据面分离开来，从而实现了网络流量的灵活控制，使网络变得更加智能，为核心网络及应用的创新提供了良好的平台。

[35]PON: 无源光纤网络 (Passive Optical Network) , 网络采用点到多点结构的单纤双向光接入网，由网络侧的光线路终端，光分配网和用户侧的光网络单元组成。

[36]MPLS: 多协议标签交换 (Multi-Protocol Label Switching) , 是一种在开放的通信网上利用标签引导数据高速、高效传输的新技术。多协议的含义是指 MPLS 不但可以支持多种网络层面上的协议，还可以兼容第二层的多种数据链路层技术。

[37]MPLS-VPN: 是指采用 MPLS 技术在运营商宽带 IP 网络上构建企业 IP 专网，实现跨地域、安全、高速、可靠的数据、语音、图像多业务通信，并结合差别服务、流量工程等相关技术，将公众网可靠的性能、良好的扩展性、丰富的功能与专用网的安全、灵活、高效结合在一起，为用户提供高质量的服务。

[38]SDH: 同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy)，是为不同速率的数字信号的传输提供相应等级的信息结构，包括复用方法和映射方法，以及相关的同步方法组成的一个技术体制

[39]MSTP: 多业务传送平台(Multi-Service Transport Platform)，是指基于 SDH 平台，同时实现以太网等业务的接入、处理和传送，提供统一网管的多业务传送平台。

[40]OTN: 光传送网(optical transport network)，网络的一种类型，是指在光域内实现业务信号的传送、复用、路由选择、监控，并且保证其性能指标和生存性的传送网络

[41]SD-WAN: 软件定义广域网络（ software-defined networking in a wide area network ），是一系列技术的集合，主要概念是将软件定义网络（ SDN ）的技术应用在管理广域网络（ WAN ）。

[42]IPsec: 互联网安全协议（ Internet Protocol Security, IPsec ），是一个协议包，通过对 IP 协议的分组进行加密和认证来保护 IP 协议的网络传输协议簇(一些相互关联的协议的集合)。

[43]Ipv6+: 是 IPv6 下一代互联网的升级，是面向 5G 和云时代的 IP 网络创新体系。

[44]UWB: 超宽带（ Ultra Wide Band, UWB ），是一种无线载波通信技术，它不采用正弦载波，而是利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据，因此其所占的频谱范围很宽。

[45]IaaS: 基础设施即服务，是指用户通过互联网可以从

完善的计算机基础设施获得服务，主要提供了虚拟计算、存储、数据库等基础设施服务，通常分为三种用法：公有云、私有云和混合云。其中公有云通常指第三方提供商为多个用户提供能够使用的云；私有云是为一个客户单独使用而构建的，因而提供对数据、安全性和服务质量的最有效控制；混合云是公有云和私有云两种服务方式的结合。

[46]SaaS：软件即服务，软件即是通过网络提供软件服务的模式，厂商将应用软件统一部署在自己的服务器上，客户可以根据自己实际需求，通过互联网向厂商定购所需的应用软件服务，按定购的服务多少和时间长短向厂商支付费用。

[47]PaaS：平台即服务，是将应用的运行和开发环境作为一种服务提供的商业模式。PaaS 使用户无须过多考虑底层硬件，便可以方便地构建应用。PaaS 能将现有各种业务能力进行整合，具体可以归类为应用服务器、业务能力接入、业务引擎、业务开放平台。向下根据业务能力需要测算基础服务能力，通过 IaaS 提供的 API 调用硬件资源，向上提供业务调度中心服务，实时监控平台的各种资源，并将这些资源通过 API 开放给应用用户。

[48]ERP：企业资源计划系统为企业提供了一个统一的业务管理信息平台，将企业内部以及企业外部供需链上所有的资源与信息进行统一的管理，这种集成能够消除企业内部因部门分割造成的信息隔阂与信息孤岛。

[49]MES：旨在加强 MRP 计划的执行功能，把 MRP 计划同车间作业现场控制，通过执行系统联系起来。这里的现

场控制包括 PLC 程控器、数据采集器、条形码、各种计量及检测仪器、机械手等。MES 系统设置了必要的接口，与提供生产现场控制设施的厂商建立合作关系。

[50]WMS: 仓库管理系统，通过入库业务、出库业务、仓库调拨、库存调拨和虚仓管理等功能，对批次管理、物料对应、库存盘点、质检管理、虚仓管理和即时库存管理等功能综合运用的管理系统，有效控制并跟踪仓库业务的物流和成本管理全过程，实现或完善企业的仓储信息管理。

[51]SCADA: 数据采集与监控系统，是以计算机为基础的生产过程控制与调度自动化系统。它可以对现场的运行设备进行监视和控制。应用于电力、冶金、石油、化工、燃气、铁路等诸多领域。SCADA 是工业互联网数据的重要来源，肩负着数据采集、测量、各类信号报警、设备控制以及参数调节等功能。

[52]APS: 高级计划与排程 (Advanced Planning and Scheduling)，是解决生产排程和生产调度问题的系统。

[53]PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)，专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。它采用一种可编程的存储器，在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。

[54]PCBA: 成品印刷电路板，(Printed Circuit Board Assembly)，是印刷电路板空板经过 SMT 贴片、DIP 插件等

工艺后的成品印刷电路板，其生产过程泛指整个印刷电路板加工过程。

[55]FPCA: 成品柔性印制电路板，(Flexible Printed Circuit Assembly)，是以聚酰亚胺或聚酯薄膜为基材制成的一种具有高度可靠性，绝佳的可挠性成品印刷电路板。具有配线密度高、重量轻、厚度薄、弯折性好的特点。

[56]SMT: 表面组装技术，(Surface Mounted Technology)，是一种将无引脚或短引线表面组装电子器件安装在印制电路板的表面或其它基板的表面上，通过再流焊或浸焊等方法加以焊接组装的电路装连技术。

[57]DIP: 双列直插封装 (Dual In-line Package) 是一种集成电路的封装方式，集成电路的外形为长方形，在其两侧则有两排平行的金属引脚，称为排针。DIP 包装的元件可以焊接在印刷电路板电镀的贯穿孔中，或是插入在 DIP 插座上。

[58]PVD: 物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition, PVD) 技术是指在真空条件下采用物理方法将材料源 (固体或液体) 表面气化成气态原子或分子，或部分电离成离子，并通过低压气体 (或等离子体) 过程，在基体表面沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术。

[59]CVD: 化学气相沉积 (Chemical Vapor Deposition) 是把含有构成薄膜元素的气态反应剂引入反应室，在晶圆表面发生化学反应，从而生成所需的固态薄膜并淀积在其表面。

[60]ODM: 用于表示企业类型，指的是原始设计制造商 (Original Design Manufacturer)，由采购方委托制造方提供

从研发、设计到生产、后期维护的全部服务，而由采购方负责销售的生产方式。

[61]RFID: 射频识别 (Radio Frequency Identification)，其原理为阅读器与标签之间进行非接触式的数据通信，达到识别目标的目的。

[62]PDA: PDA (Personal Digital Assistant)，又称为掌上电脑，工业级 PDA 主要应用在工业领域，常见的有条码扫描器、RFID 读写器、POS 机等都可以称作 PDA。

附件三：编制单位

工业互联网产业联盟
深圳市宝安区工业和信息化局
中国信息通信研究院
中兴通讯股份有限公司
联想集团
华为技术有限公司
浪潮集团有限公司
中国联合网络通信集团有限公司
深圳创维-RGB 电子有限公司
鹏鼎控股(深圳)股份有限公司
格创东智科技有限公司
台达电子企业管理（上海）有限公司
新华三技术有限公司
深信服科技有限公司
上海美嘉林软件科技股份有限公司