



5G+工业互联网重点行业白皮书

中国联通

2023年4月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归撰写单位所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系牵头单位并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本单位将追究其相关法律责任。

前 言

2002年，党的十六大首次提出中国要走新型工业化道路。所谓新型工业化道路，即坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化之路。此后，作为建设现代化产业体系的关键，新型工业化在历次党的代表大会中均被提及。2022年10月，在党的二十大提出要推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国战略的目标之后，数字经济和以制造业为核心的实体经济深度融合，成为实现新型工业化的必由之路。

当前，我国数字经济仍处于发展的初级阶段，工业数字化低于发达国家平均水平，加快发展数字经济，推动实体经济与数字经济融合，重点应在工业数字化转型方面发力。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、应用模式和产业生态，工业互联网已全面融入45个国民经济大类，进入到规模发展新阶段。未来，当以工业互联网为方法和手段，以智能制造为主攻方向，进一步促进工业化和信息化在更广范围、更深程度、更高水平上的融合发展。

深化工业互联网在工业各细分行业应用，是工业化和信息化融合发展的重要任务。本白皮书从宏观层面分析了工业互联网发展的政策、市场环境、工业互联网发展的现状及挑战，重点选择电子制造、装备制造、石油化工、纺织服装、钢铁、矿山、汽车制造7大重点行业，深度分析各行业工业数字化转型的宏观环境、现状痛点，给出行业数字化转型的方法路径、典型应用场景，并对行业未来发展趋势进行展望。希望本白皮书的内容能够为业界伙伴开展工业互联网赋能行业发展业务提供借鉴参考。

目录

1 工业互联网产业基本概述	3
1.1 工业互联网宏观环境分析	3
1.2 工业互联网发展现状及趋势	5
2 电子制造行业	7
2.1 行业政策分析	7
2.2 行业现状及痛点	9
2.3 行业工业互联网转型路径	12
2.4 典型应用场景	14
2.5 发展趋势分析	17
3 装备制造行业	19
3.1 行业政策分析	19
3.2 行业现状及痛点	20
3.3 行业工业互联网转型路径	23
3.4 典型应用场景	25
3.5 发展趋势分析	29
4 石油化工行业	31
4.1 行业政策分析	31
4.2 行业现状及痛点	32
4.3 行业工业互联网转型路径	34
4.4 典型应用场景	36
4.5 发展趋势分析	44
5 纺织服装行业	45
5.1 行业政策分析	45
5.2 行业现状及痛点	47
5.3 行业工业互联网转型路径	50
5.4 典型应用场景	53

5.5 发展趋势分析	57
6 钢铁行业	60
6.1 行业政策分析	60
6.2 行业现状及痛点	61
6.3 行业工业互联网转型路径	63
6.4 典型应用场景	65
6.5 发展趋势分析	69
7 矿山行业	70
7.1 行业政策分析	71
7.2 行业现状及痛点	72
7.3 行业工业互联网转型路径	74
7.4 典型应用场景	75
7.5 发展趋势分析	81
8 汽车制造行业	82
8.1 行业政策分析	83
8.2 行业现状及痛点	84
8.3 行业工业互联网转型路径	88
8.4 典型应用场景	90
8.5 发展趋势分析	94
9 结束语	96

1 工业互联网产业基本概述

1.1 工业互联网宏观环境分析

(1) 工业互联网政策已实现国家、地方、产业集群等不同层次全覆盖

近年来，国家及相关部委持续出台工业互联网相关政策，为工业互联网发展提供有力支撑。“十二五”期间我国物联网、云计算和大数据等信息技术高速发展，为工业互联网的发展奠定了基础。在“十三五”时期，工业互联网发展迅猛，产业规模不断扩大。2017年，国务院发布了《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，为我国工业互联网发展指明了方向，并在工业互联网发展行动计划中明确了三年起步阶段重点任务。在“十四五”期间，工业互联网相关政策规划密集出台，我国工业互联网已步入发展的关键时期。2021年《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》重磅发布，为我国“十四五”期间工业互联网、工业大数据、工业软件等产业未来五年发展做出明确部署。同时，工信部在工业互联网创新发展行动计划中，提出5项发展目标，明确11项重点工作任务。

2022年4月，工信部发布《工业互联网专项工作组2022年工作计划》，推动工业互联网发展提档升级。我国工业互联网正步入发展的黄金期，进入产业深耕、赋能发展的新阶段。全国各省、区、市也相继发布了工业互联网相关政策，围绕工业互联网标识数量、工业互联网平台搭建、工业互联网与细分产业深度融合等方面提出了明确的发展规划。10月，党的二十大报告发布，报告明确提出，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。

2023年3月，国务院新闻办发布“加快推进新型工业化 做强做优做大实体经济”，指出推进新型工业化，是实现中国式现代化的必然要求，是全面建成社会主义现代化强国的根本支撑，是构建大国竞争优势的迫切需要，是实现经济高质量发展的战略选择。工业互联网作为新一代信息技术与实体经济融合的重要领域，成为我国两化深度融合的重要驱动，下一步亟须深化工业互联网创新发展，为推进新型工业化、建设制造强国提供强劲动力。

(2) 工业互联网是发展数字经济的重要引擎

当前，我国数字经济蓬勃发展，产业规模持续快速增长。从 2012 年至 2021 年，我国数字经济规模从 11 万亿元增长到超 45 万亿元，数字经济占国内生产总值比重由 21.6% 提升至 39.8%。“十四五”规划指出，到 2025 年，数字经济的核心产业增加值占 GDP 比重将达到 10%。数字经济已经成为助推我国经济未来高质量发展的重要力量。随着工业互联网从概念普及走向落地深耕，其对数字经济的推动作用也越发显著。据专家预测，未来 15 年我国工业互联网产业规模将超 11 万亿元。目前，工业互联网已经延伸至 45 个国民经济大类，加速贯通产业链和供应链上下游，已成为我国经济新的增长点。发展工业互联网对于支撑经济数字化转型，培育壮大经济发展新动能都具有十分重要的作用。下一步工业互联网的发展方向是虚实协同，成为数字经济和实体经济融合发展的新型载体，推动数字经济高质量发展。

(3) 工业互联网已覆盖我国多数重点行业，带动我国就业再增长

目前，工业互联网融合应用向国民经济重点行业广泛拓展，已覆盖国民经济 45 个行业，促进了我国就业的增长。2021 年，工业互联网带动就业总人数达到 2803.68 万人，新增 218.60 万人。制造业对工业互联网人才需求量最大，带动就业升级。工业互联网带动制造业转型升级需要大量 OT 与 IT 相结合的复合型人才，目前专业技术人员规模保持稳定，但一线产业工人的人才缺口较大，未来需要更多从事基础运维和服务的技能型人才支撑产业发展。

(4) 工业互联网在技术创新中不断突破，但核心技术仍存在短板

随着工业互联网的加速发展，催生出一系列新技术、新产品、新业态、新模式，有力的促进了实体经济提质、增效、降本、绿色、安全发展等成效。但在技术领域，中国关键核心技术仍存在短板和不足，新一代信息技术，包括 5G、大数据、云计算、人工智能，向制造业加速融合渗透，要加速推动工业互联网核心技术突破，围绕工业互联网设备、控制、平台、数据，从网络、数据和安全 3 个方面，加快技术成果转化和产品服务创新，补齐短板、做强产业发展基础、提升产业链安全水平是中国新型工业化的重要任务。随着新型工业化阶段到来，工业企业的增长模式正向质量效益型增长转变，走差异化创新路线的专精特新企业将迎来更多机遇。

1.2 工业互联网发展现状及趋势

经过不懈努力，我国工业互联网进入发展的快车道，应用场景不断扩展，相关技术日渐成熟、产业生态初步形成，已经从概念普及进入实践深耕阶段。当前，我国工业互联网在网络、平台、安全三大体系实现规模化发展。网络基础设施不断强化，企业内网、企业外网质量持续提升，推动建设 5G 虚拟专网、混合专网近 2800 个，高质量外网覆盖全国 300 多个城市；多层次平台体系加速构建，已建成双跨综合型、行业/区域特色型、专业技术型工业互联网平台体系，具有一定影响力的工业互联网平台超过 150 家，工业设备连接数量超过 7900 万台（套），服务工业企业超过 160 万家，工业 APP 超 59 万款；安全技术服务体系持续优化，工业互联网安全态势感知平台已监测覆盖全国 31 个省级平台，基本建成三级协同监测服务体系，国家工业互联网大数据中心已形成覆盖京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈的体系化布局，汇聚约 29 亿条工业互联网数据，覆盖约 703 万家企业。虽然目前我国工业互联网产业发展迅猛，但是在设备接入、跨 IT/OT/CT 域系统融合、平台赋能等方面有更广阔的提升空间，未来将面向工业核心生产环节持续渗透赋能。

此外，由于我国工业门类众多、差异巨大，数字化转型的重点和进展也各不相同。在对电子制造、装备制造、石油化工、纺织服装、钢铁、矿山、汽车制造等行业进行深入研究后，我们形成了重点行业工业互联网发展全景图，系统梳理了不同行业的行业特点、行业痛点、典型应用场景和未来发展趋势。

行业	行业特点	行业痛点	典型应用场景	行业发展趋势
电子制造	产品种类多、质量要求高、技术含量高、更新速度快、生产周期要求短	生产设备断点多、工艺复杂执行难、生产信息不同步、产品品质要求高、柔性生产难、物流效率低	协同研发设计、设备协同作业、生产现场监测、设备故障诊断、工艺合规检验、5G+AGV 线边物流配送、柔性生产制造、现场辅助装配、生产单元模拟、精准动态作业、电子实验室管理	电子行业由传统制造向智能制造发展，由单一管控向供应链协同制造转变，应用 5G、大数据、物联网、人工智能等前沿技术，逐步实现电子产业智能制造、绿色制造
装备制造	技术门槛高，产业链衔接紧密	数据难采集、企业上下游交互难	柔性生产制造、现场辅助装配、设备协同作业、现场设备采集监控、机器视觉质检、厂区智能理货、无人智能巡检	装备制造将朝着自动化、智能化、无人化迈进，人工智能、大数据等新技术的应用，使装备制造过程更加智能，工艺流程不断改进和提升，可靠性和生产效率也将不断提高。物联网和工业互联网的应用推广、行业生态价值网络的构建使企业内部要素紧密协作，上下游企业联系日益紧密，信息交互壁垒将被逐渐打破
石油化工	产业链长、协作厂商众多，价值网复杂	设备管理不透明、工艺知识传承难、产业链上下游协同水平不高、安全生产责任重、节能减碳压力大	智能建设施工、智能生产运营、智能仓储、园区安环	智能制造持续推进、工业互联网平台逐步成为石油化工园区的新基建、安环管理持续强化事前预防和事发第一时间处置、碳排放控制逐步转向碳资产管理
纺织服装	产业链长，离散程度高，劳动力密集型	库存积压、产能过剩、利润水平低、人才缺口大，老龄化严重、智能化程度低	3D 模拟设计、5G+工位机、工艺参数实时管理、AI 验布、5G+AMR 搬运机器人、虚拟现场服务	研发创新、智能化水平不断升级；出清高排放、高污染产能；产业结构升级；时尚变革加速
钢铁	流程长，工艺复杂，管理难度大	信息化发展不均衡、行业基础薄弱、生产过程黑箱化、协同生产能力弱	物流检斤、智能安防管理、5G+无人天车、智能铁水调度、一键炼焦、全流程质量管理、设备预测性维护、智能废钢判级	钢铁行业目前的发展趋势主要由发展智能制造、优化产业结构、推进绿色低碳和政产学研用强协调
矿山	资源开发，技术密集，安全风险大	高风险的安全环境、大量能源消耗、严重的环境污染、	采矿、物料运输、设备维护、安全监控、环境保护、资源管理、数据分析等	智能化、数字化、绿色化、高效化、安全化和可持续发展。未来将采用先进技术，如人工智能、大数据、物联网等，

		效率低下、资源浪费、技术滞后以及人才短缺		实现智能化生产和管理，同时注重环境保护和资源利用，提高生产效率和安全性，推动矿山行业实现可持续发展
汽车制造	产业链长，供应商数量众多，生产工艺复杂，法规要求严格	成本压力大，设施升级、安全性测试、数据安全、质量控制、法规和政策限制，数据采集和整合、数据质量、数据安全、数据使用效率等	5G+设备数据采集、线边物流和智慧仓储、5G+机器人协同控制、5G+XR 设备远程维护、5G+生产工厂能耗监控、机器视觉质检、5G+PLC 柔性生产制造、5G+设备预测维护、5G+车间厂间协同、安全穿戴管控、远程设备操控、工艺信息交互	新能源化、智能化、网联化、共享化

2 电子制造行业

电子制造行业指的是计算机、通信和其他电子设备制造业，是国民经济重要的战略性产业，也是高新技术产业部门中的重要行业，具有产业规模大、技术进步快、产业关联度强等特点，是我国经济增长的重要引擎之一。经过多年的发展，我国电子信息产业内生动力显著增强，增长态势稳固，涌现出了一批具有国际竞争力的电子信息制造企业。2012 年到 2021 年，我国电子信息制造业增加值年均增速达 11.6%，营业收入从 7 万亿元增长至 14.1 万亿元。2022 年，规模以上电子信息制造业增加值同比增长 7.6%，分别超出工业、高技术制造业 4 和 0.2 个百分点。在 5G、智能语音、计算机视觉、先进计算等新技术引领下，电子制造产业仍保持稳定增长，并出现较快增长的趋势。同时，在关键技术领域中，我国仍存在“卡脖子”的问题，导致电子制造行业发展受制，直接影响我国经济社会发展目标实现及综合国力提升。

2.1 行业政策分析

2022 年，我国电子制造产业整体运行呈现出“稳中有进”的态势，为工业经济增长做出突出贡献。

2022年9月，国务院办公厅发布《关于深化电子电器行业管理制度改革的意见》（以下简称《意见》），《意见》要求针对深化电子电器行业管理制度改革，进一步破除影响行业高质量发展的体制机制障碍，助力稳住经济大盘。一是进一步减少市场准入前监管要求，减轻企业负担，缩短新产品上市周期。企业可以更加快速地响应市场变化，及时推出满足用户多样化需求的产品。二是促进企业提升生产效率及自动化生产水平，开展技术和产品创新。在许可证有效期内，企业可以有序安排生产计划，减少行政许可办事需求。三是将工作监管重点从事前审批向事中事后监管转移，强化全生命周期监管，指导企业提升管理水平，促进企业诚信建设，加大违法违规行为的整治力度，营造文明诚信的市场生态。

2021年7月，工业和信息化部、科技部、财政部、商务部、国务院国有资产监督管理委员会、中国证券监督等6部联合发布《关于加快培育发展制造业优质企业的指导意见》（以下简称《意见》），《意见》指出要提高优质企业自主创新能力，支持参与制造业创新中心、国家工程技术研究中心等创新平台建设，承担国家重大科技项目、重大技术装备创新发展工程。引导参与信息技术应用创新重大工程，推广经验成果。推动产业数字化发展，大力推动自主可控工业软件推广应用，提高企业软件化水平。依托优质企业组建创新联合体或技术创新战略联盟，开展协同创新，加大基础零部件、基础电子元器件、基础软件、基础材料、基础工艺、高端仪器设备、集成电路、网络安全等领域关键核心技术、产品、装备攻关和示范应用。推动国家重大科研基础设施和大型科研仪器向优质企业开放，建设生产应用示范平台和产业技术基础公共服务平台。

2021年1月，工信部印发《基础电子元器件产业发展行动计划（2021—2023年）》（以下简称《计划》），《计划》指出推动关键共性技术攻关和产业化，一是建立健全电子元器件产业协调机制，加强央地合作，做好重点领域的检测分析和跟踪研究；二是统筹相关资源支持创新突破，鼓励制造业转型升级基金等加大投资力度，鼓励社会资本参与，吸引多元化支持；三是加强对电子元器件行业不正当竞争行为的预警和防范，维护公平竞争、健康有序的市场发展环境；四是推动电子元器件产业国内国际相互促进，与境外企业开展多种形式的技术、人才、资本合作，构建开放发展、合作共赢的产业格局。

中国电子制造业开始进入高质量发展的关键期，发展主要推动力逐步从规模

红利转向产业创新和数字化转型增值，产业发展进入“通过重研发，从低价值环节向高价值环节实质突破”的新阶段。

2.2 行业现状及痛点

2022年，我国电子信息制造业生产保持稳定增长，出口增速有所回落，营收增速小幅下降，投资保持快速增长。2022年，电子信息制造业实现营业收入15.4万亿元，营业成本13.4万亿元，实现利润总额7390亿元。

2022年，规模以上电子信息制造业增加值同比增长7.6%，分别超出工业、高技术制造业4和0.2个百分点。12月份，规模以上电子信息制造业增加值同比增长1.1%，较11月份上升2.2个百分点。2022年，主要产品中，手机产量15.6亿台，同比下降6.2%，其中智能手机产量11.7亿台，同比下降8%；微型计算机设备产量4.34亿台，同比下降8.3%；集成电路产量3242亿块，同比下降11.6%。



图 1 电子信息制造业和工业增加值累计增速

中国电子制造业主要分布在珠江三角洲、长江三角洲、环渤海和部分中西部地区，珠江三角洲产业集群、福州厦门电子带，包括：深圳、东莞、中山、惠州、福州、厦门等地，有超过十万家电子及相关产业的生产商，是全球电子产业制造及采购中心；长江三角洲产业集群，包括南京、无锡、苏州、上海、杭州、宁波、合肥、芜湖、马鞍山、南昌、赣州等地；环渤海产业集群，包括北京、天津、青岛、大连、济南等地；部分中西部地区，包括成都、西安、武汉、重庆、长沙等

地。



图 2 电子制造产业链上下游

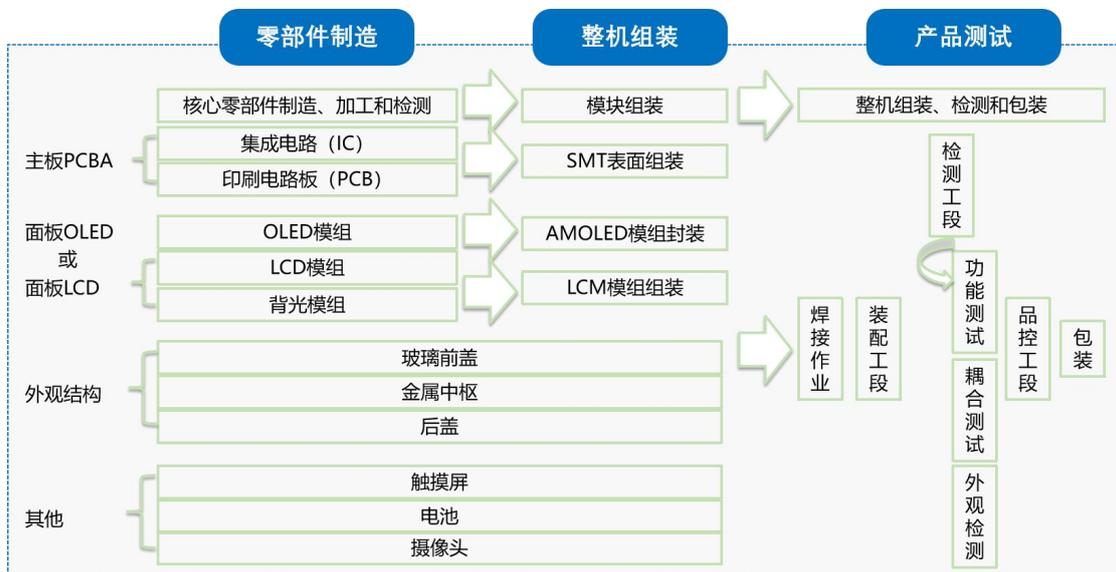


图 3 电子制造工艺流程图

在中国制造 2025 国家战略的推动下，作为信息化、自动化程度相对较高的电子制造业，围绕物料的储存、拣选、配送环节纷纷开始尝试导入自动化仓储物流设备和软件系统，但由于国外技术封锁、供应链向东南亚等地区转移等挑战，中国的电子制造企业的智能化转型升级进度迟缓，且目前电子制造业高度重视前端生产线的自动化，后端物料的储、拣、配环节却仍过度依赖传统人力，人工找料、领料、配送、人工核对纸质单据等的作业模式依然占主流地位，不仅浪费人力，而且效率低易出错、呆滞料易产生难消耗。

当前电子行业管理模式存在很多弊端，物料信息通过纸质单据传递，信息核对流程繁琐，人工作业劳动强度大、且易出错；物料管理人员难以按照先进先出、

尾料优先等规则进行收发料，呆滞料易产生、难消耗，浪费严重；目前物料的配送均通过人力执行且依赖于人与人之间的信息传递，效率低下、易出错；前后道任务的作业人员各自为战，备料人员与物料使用人员之间缺乏沟通机制导致信息脱节；月、季度集中盘点时需要停线、停产，耗费大量人力且盘点效率低下，盘点数据不准确；人员操作无法及时防呆、防错；无法保证现场账物一致性。

(1) 设备管理不善：传统电子制造业的流水线方式需要依赖大量生产设备，因设备管理不善导致生产停产、贵重设备提前报废、产品质量隐患等问题将对企业造成巨大损失，特别是对产品一致性和可靠性要求高的电子元器件领域、对加工精度要求高的精密零组件和精密模具领域，生产设备的微小偏差都会造成产品质量的大幅下滑。

(2) 自动化水平低

中国是电子产品制造大国，但是从国际产业价值链分工来看，中国仍处于全球价值链中的中低端，以生产组装为主。虽然中国电子制造业自动化水平比较高，但组装环节仍需要大量人力。以富士康为例，作为苹果手机、平板的主要代工制造商，在深圳有超过 20 万名生产制造员工。

(3) 人工检测为主，品质管控难

随着电子信息技术的飞速发展，电子产品加速向小型化、精密化、集成化演进，对电子制造工艺的速度、精度、可靠性提出了更高的要求。传统人工检测方法仍存在主观性强、精度低等问题。

随着电子制造产业的不断发展，国内劳动力成本、原材料及工业用地的优势正逐渐丧失，在这样的环境下，企业纷纷进行数字化、智能化升级，打造更具柔性、更加灵活的生产线，走向高质量发展成为电子制造企业当前首要任务。

(4) 厂内物流效率低

以 PCB 生产制造企业为例，目前存在物料重量大、搬运距离长，人工送料准确性低，存在安全隐患和品控风险而且人员流动大、线边备料区码放杂乱，识别拣料效率低，物料交接需多次核对，费时费力，同时面临车间内环境恶劣，招工难等问题，串联各工艺流程，实现各生产设备之间板材的无人化配送和自动上下料是提升电子制造业生产效率至关重要的一部分。

(5) 生产信息不透明

电子制造属于典型的离散制造行业，生产工艺复杂、产品种类多。生产管理过程的复杂性，随着产品种类的增加，产品订单的减少，混线生产的增加，车间生产过程不透明，车间程序的执行无序，导致部分产品生产周期长，车间大量在制品积压流动性，产能有限下订单交付周期越来越不可控。

(6) 柔性生产难

电子离散制造业涉及的行业众多，发展不均衡，整个产业整体还处于以单机自动化为主和刚性自动化产线为主的状况，柔性自动化产线较少，真正实现基于订单的柔性自动化产线更少，OT 系统和 IT 系统难以实现互联互通。

近年随着通信技术、互联网以及人工智能的飞速发展，电子产业将会迎来新的变革。包括手机、平板、笔记本电脑、VR 行业等产品更加快速的更新迭代成为新的发展趋势。随着对这些产品的需求不断增加，预计到 2025 年，全球所有电子设备的数量约为 500 亿台。

随着技术的发展，电子设备的更新时间越来越短，功能越来越强大，类型也更加多样。企业为满足随时更新产品就需要快速更新生产线，而柔性制造就是电子设备企业的首选。拧紧作业作为电子设备行业中重要环节之一，成为自动化生产线提高生产效率、确保产品良品率、提高产品质量、缩短生产周期、有效改善产能的重中之重。

2.3 行业工业互联网转型路径

电子制造业对数字化转型需求强烈，信息化渗透加快电子制造业数字化转型的步伐，并推动电子制造企业从 B2C 向 C2B 模式转变。电子制造业数字化转型，以用户数据为驱动，企业互联网为架构，建设数字化工厂并推广多种智能应用场景。

电子制造行业数字化转型以统一数据中台为核心，以信息化建设为基础，通过研发工艺设计 PLM、生产过程管理 MES、仓储管理 WMS、数据采集与监视控制 SCADA、供应链管理 SRM、客户关系管理 CRM 等管理软件实施建设，实现企业研发设计管理、生产管理、库存管理、采购管理、计划管理、销售管理等多维应用场景数字化升级。

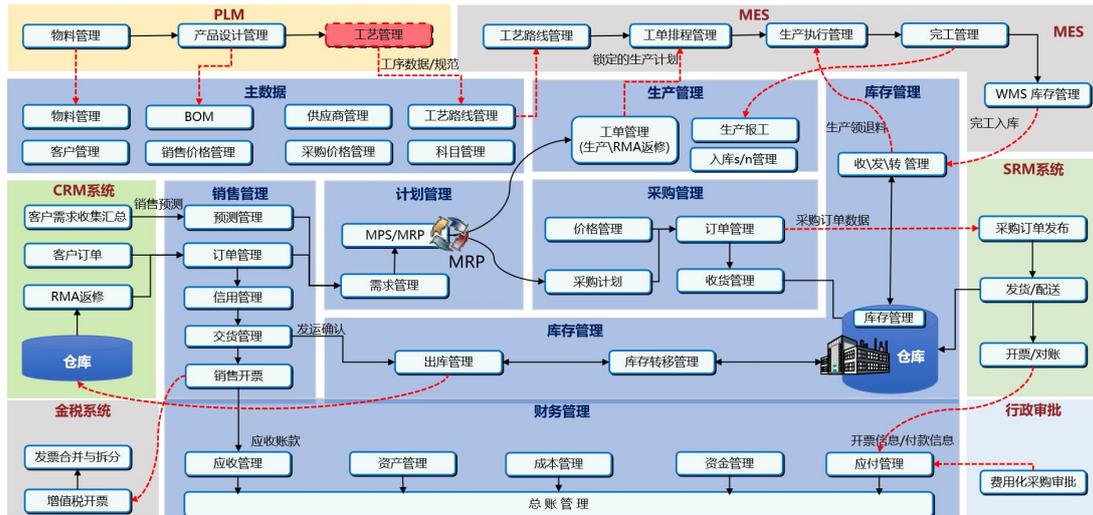


图 4 电子制造业数字化转型总体架构

(1) 数字工厂

数字化工厂以产品全生命周期的数据为基础，通过信息技术、广泛互联、信息交互等流程，满足消费者差异化、定制化的需求，提高生产的灵活性。电子制造业领先企业正采用一系列先进技术实现生产及整条供应链的数字化，包括大数据分析解决方案、端到端实现规划互联以及自控系统运用等，实现效率提升及批量生产高度定制化产品。

(2) 供应链协同管理

通过互联网平台实现采集物联网数据、生产操作数据、供应链数据、用户感知数据和企业经营数据，及边云协同实现供应链数据的横向集成和纵向集成，推动设计、制造、供应、服务等环节的并行组织和协同优化，形成集中采购、协同设计、电商销售、智慧物流、金融科技等创新服务。

(3) 柔性生产

电子制造业通过工业互联网平台建立定制化产品设计体系，使用户全流程参与需求交互、产品设计、生产制造、物流交付等产品全过程，形成基于用户数据驱动的闭环设计系统，提升产品设计效率，并快速响应用户需求，促进生产环节与用户需求的深度交互，实现柔性化生产。通过工业互联网平台采集汇聚传感器、设备控制器、立体仓库、AGV、物流机器人等设备数据，开展生产进度、物料管理、企业管理等深度分析，实现排产、仓储、运输和追踪的按需调度和优化，并实现采购供应优化的目的。

(4) 模型开发

一方面围绕设备管理，开发电子行业设备状态监测、设备故障分析、设备自主维护等模型，提高设备智能管控水平，在企业生产全环节，开发电子行业研发设计、预先排产、生产过程优化、精益管理等模型，优化企业研发生产管理各环节提质增效，并围绕产品质量管理，开发电子行业产品质量检测、产品全生命周期质量追溯等模型，提高产品质量管控精度。

2.4 典型应用场景

我国是电子制造业大国，全球大约 70%以上的电子产品均由中国进行制造和装配。电子制造行业的显著特征是企业规模大、劳动力密集、产品生命周期短、工艺变化大。随着我国人口红利流失、劳动力成本不断攀升以及制造业用工人数出现断崖式短缺，加之国际竞争的“双重挤压”与贸易战的多重影响，电子制造企业面临前所未有的挑战。采用机器换人、实现工厂自动化、智能化升级改造已经成为中国电子制造行业的战略举措。

(1) 产品 AI 质量检测

3C 产品体积较小，电子元器件数量多，对各工序中间产品的检验以及整机的检验提出了非常高的要求。以 PCBA 工序为例，PCB 板贴片时有几千上万个电子元件及上千个焊接测试点，最后组成一个线路板，配件多且小、布局非常密集，用错料或者检测不到位就会对产品质量造成巨大影响，并产生大量浪费。质检过程急需引入机器视觉和 AI 技术，最大限度提升质检效率和准确性。在生产、检测、包装各个工序当中，例如柔性电路板缺陷检测、成品包装检测、电镀、阻焊、蚀刻等工艺检测，引入 AI 质检可大幅提升测效率及精度。

(2) 设备统一管理

由于 3C 制造行业的加工设备种类多，而且通常是高精尖设备，如 CNC 设备、整机组装设备（机械臂等）、LCM 模组组装设备、表面贴装设备（贴片机、回流焊炉、丝印机、上下料机等）等。以某光电子器件企业智能化改造项目中涉及的设备为例，如自动贴片机每台价格在 300 万元左右，全自动贴片机价格则超过 350 万元/台，自动打线机单价在 120 万元/台，自动透镜耦合机单台约 50 万元/台，自动耦合机 20 万元/台，激光焊接机单价在 12 万元左右，其智

能制造核心技术装备投资达 23000 万元。企业在设备方面的高投入，以及设备本身的精密程度，都需要保证设备正常且高效的运转以及出现故障时能及时处理。因此，电子制造企业在生产过程中需要实时采集关键设备的运行状态信息，实时上报设备故障，建立专家库，从“被动修好”逐步过渡到预防性维护，提升设备 OEE。

基于 5G 网络基础能力及算法，可实现电子制造行业设备健康管理，解决客户生产线全流程监控管理需求，可以实现提高故障诊断效率，减少维修时间；优化点巡检计划，降低维护成本；降低重大故障和安全事故发生率。

(3) 生产智能化

随着电子行业竞争加剧，企业需要不断满足日益缩短的新品上市周期、对清洗和无铅焊料应用更加苛刻的环保要求，并能顺应更低成本以及更加微型化的趋势，这对电子制造设备提出了更高的要求。电子设备正在向高精度、高速度、更易用、更环保以及生产线更加柔性的方向发展。

以表面组装技术 SMT 为例，近年来，SMT 在电子制造行业中得到了广泛应用，为电子制造业提供一体化解决方案，使电子制造技术发生了巨大的变化。

SMT 生产大多处于小批量、多品种的生产模式。生产厂家在不断地开发新的产品，新的产品在市场上停留的时间越来越短，而制造商再也不能像以前一样靠一个产品长时间独霸市场。针对小批量、多品种的生产模式，SMT 设备的除了在换线速度上要快之外也要不断缩短在新产品的导入时间(NPI)。这要求设备硬件能力具有极强的包容性和适应性，同时，SMT 设备软件操作的简单易用性也可以为生产线使用者提供快速准确的数据。另一方面，为了满足快速灵活换线的要求，对于 SMT 设备本身的稳定性有着较高的要求，同时在新技术革命和经济社会发展新诉求的共同推动下，需求在深度和广度方面都发生了重大变化。

SMT 生产和制造复杂度、精准度、流程和规范等面临更高要求，产业转型升级为 SMT 设备市场带来机遇和挑战。当前，“转型升级”和“两化融合”正是体现这两方面推动因素作用下需求发生变化的标志性概念。降低人工成本，增强自动化水平是制造端技术转型升级的根本要求，也为 SMT 设备带来了强劲的需求动力。一方面，对生产和制造复杂度、精准度、流程和规范提出了更高要求；另一方面，劳动力等要素成本在上升，面临成本和效率的双重诉求。上述两方面的原

因催生了自动化、智能化和柔性化的生产制造、加工组装、系统装连、封装测试。

(4) AGV 智能化协同

电子制造行业生产方式复杂多变，既有多品种小批量生产，又有连续生产、混合式生产和大批量的生产，且产品生产周期短，产品更新换代快。此外，市场需求波动较大，通常是“预测+库存生产”的方式，临时插单现象较频繁。以某通信企业为例，其通信系统板块全年订单数约为 80000 个，订单平均批量小于 300 块，涉及 36 道工序，物料种类 40000 多种，机盘级产品种类多达 3000 余种，组合成不同配置的设备级产品达 600 余种，工艺路线和产品的复杂度高。因此，为了满足高效、可靠、柔性化、矩阵式生产需求，进一步缩短生产周期，实现大批量定制，需要更快速应变的物流体系，精准控制供应链和生产节拍。在此要求之下，多 AGV 柔性化协同，一方面契合了电子制造行业物流搬运的特殊需求，同时通过通讯效率的提升保证了配送信息的实时下达和协同配送效率。

(5) 云端测试管理

云测试需求凸显电子产品的可靠性要求高，生产过程中以及交付使用前要进行严格的测试。在电子制造企业，生产形式复杂多变，多品种、多型号并线生成较为普遍，因此产品测试复杂多样，一般可分为单元测试、集成测试和系统测试，包括信号质量测试、时序测试、功能测试、性能测试等多个种类。以某通信设备制造企业为例，其中一款网络产品有 200+测试用例，需要同时对 300 个产品进行拷机测试，之前是通过网线将几个 GB 大小的操作系统和测试软件加载到设备中进行测试，但人工插拔网线效率太低，而且存在安全隐患，现在希望通过测试管理云和 5G 技术，自动将操作系统和测试软件通过 5G 网络加载到设备中进行测试，大幅提升测试自动化水平。同时，测试管理云可以有效管理大批次产品的同步测试，有效缩短测试周期。

(6) 电子实验室管理

电子产品越来越高级，越来越智能，功能复杂，更新换代频繁，对于质量检测管理越来越严格，大部分电子制造企业都已建立了完善的电子实验室检测管理体系。电子制造生产工序复杂，为了保证质量，检测工序增多，电子产品认证测试项也越来越多，越来越严格，从外观检测、功能检测，到电磁防爆检测等，同时也引入更多高级测试技术，包括视觉检测和自动化检测等，替代部分传统人工

检测过程。

电子实验室产品测试项目多，测试流程繁琐，测试要求高，主要有功能测试（摄像头、音频输出、LCD/LED 显示、WIFI 测试等）、外观测试（缝隙、划痕、毛刺、丝印等检测）、老化测试（按键寿命、数据线接口插拔、触摸屏老化、按键帽老化等检测）、可靠性测试（跌落测试、高低温运行、压力测试、振动测试等）、认证测试（电气安全测试、防爆认证、电磁认证、产品检验认证等）。

通过电子实验室管理改造和升级，以提高产品可靠性检测质量、提高检测效率，实现多级管理目标。

- 检测设备集中管理：提升设备协同效率，提升设备利用率，减少宕机时间。
- 检测工序：实现检测工序的信息化和自动化，提升检测效率及准确率，替代人为干预及纸质记录方式。
- 检测结果：检测结果实现信息化管理，并积累检测数据，具备检测数据分析能力，提升产品可靠性。逐步实现智能化预测产品质量。
- 检测试剂管理：实现试剂全流程信息化管理，保证各工序及时补充检测原料试剂，记录试剂消耗及领用情况。

(7) AR 辅助装配

电子制造行业零配件种类多、型号多，装配相对复杂。以某型号预警机通信机柜为例，该机柜的体积仅有 2m，却有数十个模块、400 多个零件、3000 多根 线缆，生产过程中涉及到复杂的钳装、电装和布线等装配工艺。运用 AR 技术 可以更加直观地指导复杂设备的装配，提高装配质量，缩短装配周期。工人 佩戴 AR 眼镜，根据画面的指导，进行标准化的操作，可看到接下来的工作步骤、 面前设备或物品的信息、工作行动路线等，不仅可以避免出错，还可以提高效率， 缩短工人培训周期。

依托 5G 网络结合 MEC 可大大降低画面时延，提升渲染效率，从而提升用 户使用感知，增加实时性。

2.5 发展趋势分析

电子制造行业数字化转型不单专注于技术和运营战略，更为重要的是专注于 客户价值主张，用户数据将逐渐被当成数字资产所重视；未来电子制造行业将是

C2B 模式，即用户能够在全业务链进行数字化联系和定制，并直接参与互动和决策。因此，对于电子制造企业的数据协同、统一调度、精益生产提出了非常高的要求，未来的时代将会是个性化订单驱动的时代，为客户提供增值服务会成为行业的新增长点。

(1) 向 C2B 模式的柔性制造转变

数字化转型不单专注技术和运营战略，更是专注于客户价值主张，用户数据逐渐被当成数字资产重视；未来制造业将是 C2B 模式，即用户能够在全业务链进行数字化联系和定制，并直接参与互动和决策。企业侧通过系统结构、人员组织、运作方式和市场营销等方面的改革，依托企业互联网平台，以用户数据为驱动，实现产品设计优化、采购供应优化、生产过程管控、生产工艺参数实时控制，使生产系统能对市场需求变化作出快速的适应，同时消除冗余无用的损耗，力求企业获得更大的效益。

(2) 以数据洞察为驱动构建电子制造新价值网络

智能制造视角下的数字化转型是电子制造企业借助智能分析、大数据、云计算等技术，分析产品信息，更加主动、精准、高效地为下游客户提供服务，提高企业价值量延伸。例如基于平台的数据沉淀和模型应用，研发设备状态监测、故障诊断、预测性维护、自主控制等解决方案，提高设备智能管控水平，向用户提供增值服务。

(3) 用户增值服务成为行业转型重点

在个性化需求日益旺盛的环境下，企业通过建立定制平台，能够将用户提前引入到产品的设计、生产过程中，通过差异化的定制参数、柔性化的生产，使个性化需求得到快速实现，以此提升品牌价值，增加用户粘性。与之相匹配的，企业应将定制平台与智能制造系统中的研发设计、计划排产、制造执行等模块实现协同与集成，实现从线上用户定制方案，到线下柔性化生产的全定制过程；在企业后台建立个性化产品数据库，应用大数据技术对用户的个性化需求特征进行挖掘和分析，并反馈到研发设计部门，优化产品及工艺，基于用户需求新趋势开展研发活动。

3 装备制造行业

装备制造业是为经济各部门进行简单生产和扩大再生产提供装备的各类制造业的总称，即“生产机器的机器制造业”。装备制造业涵盖了国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）中全部行业，其范围具体包括金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，汽车制造业，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业，电气机械和器材制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，仪器仪表制造业等 8 个行业大类中的重工业（行业代码为 33-40）。装备制造业是工业的核心部分，承担着为国民经济各部门提供工作母机、带动相关产业发展的重任，可以说它是工业的心脏和国民经济的生命线，是支撑国家综合国力的重要基石。

装备制造业作为国家国际竞争力的重要标志，具有资本密集、技术密集和行业密集等特点，其发展水平是一个国家综合国力的重要体现，国家重大装备制造更是事关国家经济安全、国防安全的战略性产业，但是，中国自主品牌制造业的核心竞争力普遍不强，中低端产能过剩、竞争尤为激烈，很多产业的高端环节都被外资品牌牢牢掌控，装备制造业亟待升级转型。随着我国“制造业信息化工程”启动，信息化与工业化的高层次深度结合，以及在技术、产业和管理三个层面的深度融合，追求可持续化的发展模式是我国装备制造业转型和升级的重要途径。

3.1 行业政策分析

作为国之重器，我国装备制造行业发展对于我国社会进步至关重要。装备制造业目前正处于向中高端迈进的关键时期，是“十四五”时期我国经济高质量发展的重要基础。2021 年 12 月，工业和信息化部、国家发展改革委等八部门联合发布了《“十四五”智能制造发展规划》，要求到 2025 年，智能制造装备和工业软件技术水平和市场竞争力显著提升，市场满足率分别超过 70%和 50%。培育 150 家以上专业水平高、服务能力强的智能制造系统解决方案供应商。在装备制造领域满足提高产品可靠性和高端化发展等需要，开发面向特定场景的智能成套生产线以及新技术与工艺结合的模块化生产单元。建设基于精益生产、柔性生产的智能车间和工厂。大力发展数字化设计、远程运维服务、个性化定制等模式。2022 年 9 月，工业和信息化部发布《5G 全连接工厂建设指南》，强调针对

行业百万量级生产资源协同设计、泛在感知、设备预测性维护、提升生产效率、保障人员健康与安全等需求，推进航空制造、船舶制造、汽车制造与工程机械制造等重点领域，提升装配加工、质量监测、产品交付、远程服务等关键能力，促进协同研发设计、设备协同作业、现场辅助装配、机器视觉质检、厂区智能物流、虚拟现场服务等典型场景普及应用。2023年2月，工业和信息化部、国家发展改革委等七部门联合印发《智能检测装备产业发展行动计划（2023—2025年）》，明确提出到2025年，突破50种以上智能检测装备、核心零部件和专用软件，部分高端装备达到国际先进水平，推动100个以上智能检测装备示范应用，培育一批优秀场景和示范工厂。

在政策大力支持、数字技术驱动、产业创新赋能环境下，近年来我国装备制造业取得了历史性成就，产业规模持续扩张，2012-2021年，装备工业增加值年均增长8.2%，至2021年底，装备工业规模以上企业达10.51万家，比2012年增长近45.30%。产业结构持续优化，造船三大指标保持领先，造船国际市场份额连续12年居世界第一，新能源汽车产销量连续7年稳居世界第一，工业机器人产量达36.6万台，稳居全球第一大市场。

3.2 行业现状及痛点

(1) 装备制造业行业现状

装备制造业是为国民经济发展和国防建设提供技术装备的基础性产业，其发展水平在一定程度上集中体现了国家的综合实力。得益于国家产业政策的大力扶持和全球产业格局的转变，我国装备制造业已经取得举世瞩目的发展成就，形成了门类齐全、具有相当规模和一定水平的产业体系，成为我国经济发展的重要支柱产业。

近年来，装备制造产业规模持续扩张，2020年，我国装备制造业整体营业收入规模达到39.92万亿元，同比增长4.89%，增速较上一年有所上升。2021年近九成装备制造行业利润较上年增长，其中，利润规模最大的电子行业增长38.9%；金属制品业受集装箱需求旺盛带动，利润增长28.7%，增速创近年新高。2022年5月份，随着国内疫情防控形势总体向好，装备制造业回升明显，复工复产加快，生产也由降转增。“十四五”时期是我国制造强国建设的关键五年，我国已

成为全球第一大工业国，是全球最大的装备制造市场之一，装备制造业作为我国工业领域的核心产业将持续稳步增长，预计 2025 年总体规模将突破 48 万亿元。

尽管我国装备制造业的发展取得了令人瞩目的成就，但是随着当今世界金融贸易格局多变、市场竞争日益激烈，全球产业结构和分工格局面临新的调整，作为国民经济的生命线，我国装备制造业面临这前所未有的风险和挑战，因此，加快发展高端装备制造业，聚焦智能装备制造、航空装备、海工船舶装备、高端能源装备等重点领域，发挥标杆行业的带头示范效应具有重要意义。

(2) 高端装备制造业发展现状

高端装备制造业是以高新技术为引领，处于价值链高端和产业链核心环节，决定着整个产业链综合竞争力的战略性新兴产业，是现代产业体系的脊梁，是推动工业转型升级的引擎。随着国家产业政策的大力支持，装备制造业转型升级加速，作为国之重器的高端装备制造业，在智能制造装备、航空装备、海工船舶、高端能源装备等领域都取得了长足的发展。

智能制造装备是具有预测、感知、分析、决策等功能的各种类型制造装备统称，是先进制造技术、信息技术以及人工智能技术在制造装备上的集成和深度融合，是高端装备制造业的重点发展方向和信息化工业化有机融合的具体表现。智能制造装备产业包括高档数控机床、智能测控装置、关键基础零部件、工业机器人、重大集成智能装备等产业体系，产业规模日益增长。2020 年市场规模突破 2 万亿元，在“中国制造 2025”战略的不断落实与推进以及物联网、云技术、人工智能等新兴技术的推动下，我国智能装备行业将保持较快增长。从产业链看，智能装备制造行业产业链的上游为各类原材料、核心零部件及工业机器人制造商等、中游智能制造装备研发设计和生产制造以及下游终端应用，例如，可应用于数码 3C 制造、汽车制造、电池制造等领域。从行业运行特征看，智能制造装备行业以系统集成成为支点，制造工艺智能化为突破口，融合下一代工业网络（例如，5G+TSN+OPCUA 融合的网络），同时，人工智能技术、以工业机理为基础“自下而上”生长的工业互联网平台等都将驱动智能制造装备行业快速发展。但是，我国智能制造装备行业仍然存在创新能力不足、对外依存度较高、产品国际竞争力弱、高质量人才培养与维持困难且技术发展不同步等问题。

航空装备制造是航空装备产业链的关键环节，包括军用航空装备和民用航空

装备两大类，主要包含航空部件制造和航空装备整机，其中航空部件制造可分为机体、发动机及机载设备三大部分。近年来，我国航空装备产业规模持续扩大，2020年我国航空装备产业规模达1028.9亿元，同比增长10.1%。航空工业是高投入、高产出的技术密集型产业，掌握了核心关键技术并拥有系统综合集成的能力，就意味着可以引领航空技术发展方向并拥有市场主导地位。近年来，我国航空制造业企业不断提升国际主力机型结构部件、金属型材、金属零部件等方面的生产能力和产品质量，逐步成为世界航空制造业重要的组成部分，在整机制造、航空发动机制造等高附加值领域中不断取得技术突破，目前已实现在军用领域的整机生产和民用领域的干线、支线飞机研制与商业化运营，多款航空发动机已投入使用。随着我国参与航空装备国际分工程度的深化，民营航空技术企业在航空研发制造领域进展迅猛。在军民融合持续加深下，国产替代进程有望进一步加快。

海洋工程装备是指海洋油气资源及其他资源在勘探及开采、加工、储运等过程需要的大型工程装备以及在管理、后勤服务等方面的辅助装备，具有技术要求高、投入高、产业辐射能力强，对国民经济带动作用大等特点，是集先进制造、新材料等高新技术于一体的朝阳产业。21世纪以来，我国海洋工程装备制造业发展取得了长足进步，特别是海洋油气开发装备具备了较好的发展基础，在环渤海地区、长三角地区、珠三角地区初步形成了具有一定集聚度的产业区，涌现出一批具有竞争力的企业（集团）。2020年，海洋工程装备制造业销售收入总额达到（规模以上工业企业销售收入之和）439.58亿元，同比增长54.29%，高于工业企业整体水平（增长0.34%）。2021年，我国海洋工程装备行业营收规模达到约593亿元。作为我国战略性新兴产业高端设备制造的发展重点，随着云计算、大数据、人工智能、量子信息、移动通信等新一代信息技术的不断突破，海洋工程装备将向信息化、自动化、智能化转型发展，多功能自升式平台、立柱式生产平台、深水钻井船、深水半潜式平台、海工装备检测等关键技术水平也将不断提升，助力我国由海工装备制造大国向海工装备制造强国转变。但是，海工装备制造业仍然面临着配套装备国产能力不足、技术创新能力较弱、产业结构不均、专业人才缺乏等行业问题。

(3) 装备制造业行业痛点

近年来，尽管我国装备制造业取得了令人瞩目的发展成就，但是仍然在基础

制造、产业链、创新能力等方面存在不足。

基础制造水平滞后问题已成为制约装备制造业发展的瓶颈。长期以来，为整机和成套设备配套的诸如轴承、液气密元件、变频、传感器、仪器仪表等核心零部件国产化水平不高，大多依赖进口；铸造、锻造、焊接、热处理、表面处理等基础工艺落后。

产业链发展不均，低端装备产能过剩，高端严重不足的矛盾突出，部分产业链甚至会有供应链断链风险，在高性能材料、精密制造工艺、先进装备及核心部件等方面又无法满足产业需求，这些都严重影响装备制造业的健康发展。

自主创新动力不足，专业技术人才缺乏已经成为影响装备制造业发展的突出问题。目前，装备制造业关键技术依赖引进，原创性技术成果少，产、学、研、用结合不紧密，产业共性应用技术研发缺位，公共试验检测平台缺乏，社会科技成果转化率低等问题突出。

3.3 行业工业互联网转型路径

工业互联网是新一代信息技术与制造业深度融合的产物，通过对人、机、料、法、环、测等要素的全面互联，构建起全要素、全产业链、全价值链全面连接的新型生产制造和服务体系，帮助企业获取高效网络协同化的能力，以及基于数据的智能决策，达到运营的持续优化，业务的创新和资产价值的最大化，是数字化转型的实现途径。从具体的实施路径来说，我国工业互联网发展逐步形成了三大路径：一是局部改造路径。工业企业的智能化改造，主要侧重工程内部，将设备、系统等连接加强数据采集，以实现企业提质增效等需求。二是系统建设路径。工业企业、ICT 企业等依托原有能力，结合工业互联网发展需求发展工业互联网平台。三是协同发展路径。在工业互联网理念引导下加强工业与产品、企业上下游和用户的协作，推动工厂系统和产品、企业上下游和用户互联，提升企业间信息交互与服务协作能力。

工业互联网作为新一代信息通信技术与工业深度融合的产物，是新一轮工业革命的关键支撑，其发展具备以下几个发展阶段，阶段一：工厂/车间内部的互联。工厂车间内要素的互联往往成为制造企业尝试转型的第一次尝试，工厂数字化改造从底层开始突破，与云计算结合，将工厂内部设备、应用云化，打造数据

连接的虚拟工厂，连接制造企业工厂内部各生产要素，为工厂可视化运营和决策提供了基础。第二阶段，平台赋能信息互通。依托工业互联网、数据中台、业务中台等平台服务，将企业原有系统进行纵向集成和横向打通，消除企业内部的信息孤岛，帮助企业从全局角度优化现有的业务流程，并站在整体角度，通过多方信息的汇总来支撑企业优化决策。阶段三，组织外部协同。通过构建上下游的价值网络，替代传统的价值链模式，获取开放协作和多方在线协同能力，通过更加快速的数据共享、智慧协作，打通企业上下游产业链，企业的研发、设计、生产等环节的信息共享将加速产品生产周期，所有环节通过数据网络的交互方式进行连通，所有的产品、服务和个性化需求将通过柔性化的生产网络被极大地满足。阶段四，产业生态融合。更多的垂直行业将行业经验和知识以及数据资产以产品化、服务化的形式上架到云平台，并开放给上下游企业，甚至跨行业用户，使得知识、经验等以交叉和规模化网络形式在各个行业以变现，知识通过跨企业、行业的协作，发挥出更大的价值，同时也催生了更新的商业模式和新业态。另外，人工智能、区块链等平台型数字化技术也将推动制造业进入更加全面的业态化发展。

装备制造业仍然是工业互联网应用最广泛的行业，在工业互联网应用样本中占比大概接近一半。工业互联网的核心是数据驱动的智能优化闭环，通过对工业系统的实时数据采集、传输、处理、分析、决策与反馈控制，与工业知识结合，形成新的优化范式，并反馈于物理世界，创造更大的价值。“数据驱动+行业机理知识”的优化范式是数字化转型的基本范式和方法论。工业互联网的一个基本任务就是将行业内部各个业务涉及的物理机理、模型和知识进行数字化，并以自动化的形式呈现和提供服务。大量的数据来源于 IT 系统或是生产现场，为构筑优化模型提供了原始的数据来源。将获取的数据与行业机理模型和知识结合在一起的时候，成就了数字化转型的基本范式和方法论。

将工业互联网服务于企业的不同层级，通过数据+知识的组合服务模式，构筑企业各类应用的驱动内核，通过设备、车间、企业和跨企业等不同层面的输出，可以形成创新范式的变革、产品体系的智能化、生产制造模式的自动化和柔性化，资源组织方式网络化协同，包括重塑和构筑商业模式的创新，这些点共同形成了数字化转型的基本面。

3.4 典型应用场景

从需求明确、实际操作性高、复制推广性强等因素进行考虑，从装备制造行业中遴选出协同研发设计、远程设备操控、设备协同作业、柔性生产制造、现场辅助装配、机器视觉质检、设备故障诊断、厂区智能物流、无人智能巡检、柔性制造产线、生产现场监测场景。

(1) 协同研发设计

协同研发设计主要包括远程研发实验和异地协同设计两个环节。针对设计工具采购成本高、设计资源利用率低等问题，工业互联网平台提供了多平台设计角色接入的可能，共同参与设计工作提供协同设计的服务模式，实现设计资源的优化集成、模糊设计需求的柔性处理与智能推送，促进产品全生命周期各个主导角色共同参与产品的设计，包括用户、设计师、工程师、销售人员的协同。另外，通过工业互联网汇聚基础的设计能力，制造资源，协同产品设计，打造标准化的设计云资源池、产品池和能力池。采用先进的工业互联网平台架构，云计算，大数据等技术，实现海量多源异构数据的接入和处理，支持产品设计资源的高速交互、下载和上传，可通过定制化来满足多样化的设计需求。在远程研发方面，利用 5G 及增强现实/虚拟现实（AR/VR）技术建设或升级企业研发实验系统，实时采集现场实验画面和实验数据，通过 5G 网络同步传送到分布在不同地域的科研人员；科研人员跨地域在线协同操作完成实验流程，联合攻关解决问题，加快研发进程。异地协同设计是指基于 5G、数字孪生、AR/VR 等技术建设协同设计系统，实时生成工业部件、设备、系统、环境等数字模型，通过 5G 网络同步传输设计数据，实现异地设计人员利用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（Pad）等终端接入沉浸式虚拟环境，实现对 2D/3D 设计图纸的协同修改与完善，提高设计效率。

(2) 远程设备操控

远程设备操控是指综合利用 5G、自动控制、边缘计算等技术，建设或升级设备操控系统，通过在工业设备、摄像头、传感器等数据采集终端上内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备，通过对设备操作现场的网络升级改造，增强网络传输可靠，并获得低时延保证，实现工业设备与各类数据采集终端的实时互联，设备

操控员可以通过 5G 网络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进行现场指令的派发，即通过操作手柄、方向盘等操纵装置，来模拟现场设备的指令生成情况，通过 5G 网与远端设备侧的 PLC 进行信息交互，有效保证控制指令快速、准确、可靠执行。另外，结合大数据技术可以实现对设备的行为预测和对操作人员的操作指令进行合规性监测，在设备和操纵同时实现双侧监控，保障了设备运行的安全和稳定性。

(3) 设备协同作业

设备协同作业是指综合利用 5G 授时定位、人工智能、软件定义网络、网络虚拟化等技术，建设或升级设备协同作业系统，在生产现场的工业设备，以及摄像头、传感器等数据采集终端上内置 5G 模组或部署 5G 网关，通过 5G 网络实时采集生产现场的设备运行轨迹、工序完成情况等相关数据，并综合运用统计、规划、模拟仿真等方法，将生产现场的多台设备按需灵活组成一个协同工作体系，对设备间协同工作方式进行优化，根据优化结果对制造执行系统（MES）、可编程逻辑控制器（PLC）等工业系统和设备下发调度策略等相关指令，实现多个设备的分工合作，减少同时在线生产设备数量，提高设备利用效率，降低生产能耗。柔性生产制造是指数控机床和其他自动化工艺设备、物料自动储运设备通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备接入 5G 网络，实现设备连接无线化，大幅减少网线布放成本、缩短生产线调整时间。通过 5G 网络与多接入边缘计算（MEC）系统结合，部署柔性生产制造应用，满足工厂在柔性生产制造过程中对实时控制、数据集成与互操作、安全与隐私保护等方面的关键需求，支持生产线根据生产要求进行快速重构，实现同一条生产线根据市场对不同产品的需求进行快速配置优化。同时，柔性生产相关应用可与企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）、仓储物流管理系统（WMS）等系统相结合，将用户需求、产品信息、设备信息、生产计划等信息进行实时分析、处理，动态制定最优生产方案。

(4) 现场辅助装配

现场辅助装配是指现场工作人员通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备，实现 AR/VR 眼镜、智能手机、PAD 等智能终端的 5G 网络接入，采集现场图像、视频、声音等数据，通过 5G 网络实时传输至现场辅助装配系统，系统对数据进行分析处理，生成生产辅助信息，这些现场的数据和视频通过 5G 网络下发至现

场终端，可以结合 AR 和 VR 技术，通过头戴式眼镜等终端，使专家远程便可体验亲临现场的环境，利用数据库同步，机器视觉的算法处理和图像叠加等处理手段，实现操作步骤、装配环节的可视化呈现，帮助现场人员进行复杂设备或精细化调试和装配。另外，专家的指导信息、设备操作说明书、图纸、文件等也可以通过 5G 网络实时同步到现场终端，现场装配人员简单培训后即可上岗，有效提升现场操作人员的装配水平，实现装配过程智能化，提升装配效率。

(5) 机器视觉质检

机器视觉质检是指在生产现场部署工业相机或激光器扫描仪等质检终端，通过内嵌 5G 模组或部署 5G 网关等设备，实现工业相机或激光扫描仪的 5G 网络接入，采集产品的相关信息，如产品质量的高清图像。视觉质检的具体应用有缺陷检测、尺寸检测、瑕疵检测，质检准确率可到达 99.99%，检测精度 0.01mm 通过 5G 网络传输至部署在 MEC 上的专家系统，专家系统基于人工智能算法模型进行实时分析，对比系统中的规则或模型要求，来判断物料或产品是否合格，实现缺陷实时检测与自动报警，并有效记录瑕疵信息，为质量溯源提供数据基础。同时，专家系统可进一步将数据聚合，上传到企业质量检测系统，根据周期数据流完成模型迭代，通过网络实现模型的多生产线共享。

(6) 设备故障诊断

设备故障诊断是指在现场设备上加装功率传感器、振动传感器和高清摄像头等，并通过内置 5G 模组或部署 5G 工业网关等设备接入 5G 网络，实时采集设备数据，传输到设备故障诊断系统。企业设备首先具备数字化、网络化的基础，同时在本地部署故障诊断知识和数据样本，建立设备故障知识图谱，设备故障诊断系统负责对采集到的设备状态数据、运行数据和现场视频数据进行全周期监测，对发生故障的设备进行诊断和定位。通过数据挖掘技术、大数据等技术，建立智能诊断预测模型，通过设备实时运行数据的输入对设备运行趋势进行动态智能分析预测，并通过网络实现报警信息、诊断信息、预测信息、统计数据等信息在多个平台的发送，利用云平台，可实现设备上云，将设备的状态、故障情况通过网络上传至云平台，可在多个地域，多个终端查看设备的故障情况，为多地域的多个用户提供设备状态和故障信息的查看。

(7) 厂区智能物流

厂区智能物流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，实现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，降低仓储成本、提升运营效率、提升仓储管理能力。厂区物流领域的数字孪生大屏、自动分拣机器人等技术已经逐渐成熟，基本实现了信息化与智能化。物流环节引进诸多辅助技术助力自身服务能力的提升，例如数字孪生中心、大件分拣系统、车载称重、AR量方、无人驾驶货车等。通过内置5G模组或部署5G网关等设备可以实现厂区内自动驾驶车辆（AGV）、自动移动机器人（AMR）、叉车、机械臂和无人仓视觉系统的5G网络接入，部署智能物流调度系统，结合5G MEC+超宽带（UWB）室内高精定位技术，可以实现物流终端控制、商品入库存储、搬运、分拣等作业全流程自动化、智能化。

(8) 无人智能巡检

无人智能巡检是指通过内置5G模组或部署5G网关等设备，实现巡检机器人或无人机等移动化、智能化安防设备的5G网络接入，替代巡检人员进行巡逻值守，采集现场视频、语音、图片等各项数据，自动完成检测、巡航以及记录数据、远程告警确认等工作；相关数据通过5G网络实时回传至智能巡检系统，智能巡检系统利用图像识别、深度学习等智能技术和算法处理，综合判断得出巡检结果，有效提升安全等级、巡检效率及安防效果。通过缩短智能巡检周期，不但避免巡检遗漏，还能提高维护管理的劳动生产率和自动化维护水平。通过巡检机器人巡检数据进行集中存储和集中监测显示，监测数据包括巡检结果记录、巡检设备、巡检内容、巡检时间、巡检结果。系统不但可以采集每次巡检数据，还能按照多种条件进行巡检记录的模糊检索，方便后期追溯管理。

(9) 柔性制造

柔性制造单元已广泛的应用在多品种小批量类离散制造行业，离散制造行业中，面向行业客户的机械、装备、工业用品等产品的制造多为多品种小批量的生产模式，单工位具有适应加工多品种产品的灵活性。通过无线来支持柔性产线的多工位联接具备更高灵活性。在产线调整过程中，IT人员不需要介入进行配置调整，产线员工不需要进行网线插拔和检测工作，可以做到网络联接的完全柔性化。5G能提供更高的可靠性、更多终端的联接能力以及更低的时延。从而更好

的承载 OT 网络的控制信令通信，支持更多的产线设备直接基于 5G 接入网络。将 5G 引入生产线，使设备摆脱束缚，通过与云端平台的连接，进行功能的快速更新和拓展，并且允许自由移动和拆分，在短期内实现生产线的灵活改造。5G 网络的 SDN、NFV 和网络切片功能，能支持企业根据不同的业务场景灵活编排网络架构，按需打造专属传输网络。另外，在 5G 的赋能下，产线上的工业云化机器人可更加敏捷、安全地进行人机协作，通过高可靠、低时延的传输网络实现机器人的远程实时控制。

(10)生产现场监测

生产现场监测是指在工业园区、厂区、车间等现场，通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备，各类传感器、摄像头和数据监测终端设备接入 5G 网络，采集环境、人员动作、设备运行等监测数据，回传至生产现场监测系统，对生产活动进行高精度识别、自定义报警和区域监控，实时提醒异常状态，实现对生产现场的全方位智能化监测和管理，为安全生产管理提供保障。搭建工业园区、厂区、车间等现场的数字孪生模型，对实时获取的生产数据进行数据清洗与格式匹配，并自动映射至对应的虚拟模型，进行高度拟实化的实时联动仿真，同时对获取的生产数据进行统计，在大屏、平板、手机等多个终端上进行生产现场的可视化展示。

3.5 发展趋势分析

近年来，装备制造行业迎来了变革性的进步，但是仍然存在产业基础薄弱、产业链供应链存在断链风险、产业发展环境尚需改善等。近年来，国家通过出台一系列政策文件和行动指南，包括《“十四五”智能制造发展规划》、《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》、《国家智能制造标准体系建设指南》《5G 全连接工厂建设指南》、《智能检测装备产业发展行动计划（2023—2025 年）》，明确以智能制造为主攻方向，以数字化转型为主要抓手，推动工业互联网创新发展。加快科技自立自强、提升产业基础能力和产业链现代化水平、推动高端化智能化绿色化转型。针对感知、控制、决策、执行等环节的短板弱项，加强产学研用联合创新，推动先进工艺、信息技术与制造装备深度融合。突破装备数字化核心技术，加速技术成果转化和产品迭代升级，打造特色装备产业集群。

工业互联网作为装备行业数字化转型升级的重要引擎，通过融合新型网络、先进计算、大数据、人工智能等新一代信息通信技术与制造技术，实现工厂全要素互联、装备全流程数字化管控、产业链全面互通。工业互联网加速装备制造业由生产型制造转向服务型制造，两者的创新融合是实现产业升级和经济提速增效的重要驱动力。

(1) 装备数字化制造新融合

随着 5G、云计算、大数据、人工智能等新兴技术逐渐成熟，IT 与 OT 呈现相互融合，双向赋能的趋势。党的二十大报告指出，“加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。”数字技术的融入，给装备制造业高端化、智能化、绿色化转型发展带来了广阔的空间。5G 专网与工业内网融合形成新型网络体系，推动装备制造企业从以往的单工厂网络互联逐渐升级到一总部多基地跨区域互联。随着厂区现场装备网络化改造和智能化升级，工厂人、机、料、法、环、测六大生产要素实现全面互联，赋能生产单元广泛连接、企业生产管理全面增效。5G 与 AI、大数据、云计算等技术的融合，使得 5G 技术真正走进生产现场，核心生产环节涌现出一批 5G 高阶应用场景（5G+AI 质检、5G+PLC 柔性产线等），促进 IT/OT 的深度融合，为装备制造企业提质、降本、增效带来新动能，赋能产业数字化高质量发展转型。

(2) 装备数字化管理新升级

传统工业设备运维成本高，管理难度大，故障情况多发，管理体系不完善。针对设备管理效率低等瓶颈问题，2021 年《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》指出要加快重点工业设备上云，聚焦高耗能设备、通用动力设备、新能源设备、智能化设备等重点设备，加快优质设备上云解决方案培育。通过装备上云管理，构建数字化管理、诊断、运维措施，能够大大提升设备利用率和管理效率。然而，当前设备上云管理仍然面临上云战略思想确实、海量设备数据难采集、多元数据协议难解析、复杂数据分析难处理等挑战。因此，未来仍需围绕设备连接、平台管理、应用赋能，打造状态监测、故障预警、智能运维、智能分析等一系列创新场景应用，实现装备一体化管理新升级。

(3) 能力融通互补新模式

当前围绕装备行业数字化转型发展目标，国内已涌现出一批优质的垂直类或功能类的工业互联网平台，大大提升了装备制造企业生产运营效率。然而，行业

目前仍然存在供需对接不畅通、基础信息库建设不完善、跨界人才培养机制不平衡等问题，亟需建立一批具备公共服务属性的工业互联网综合平台，提供政策推广、供需对接、信息服务等各类综合性服务，针对广大企业提供专家库、方案库等基础信息、场景匹配、专家座谈、社区运营等公共基础服务，提升数字化转型供给侧能级。面向工业企业，提供企业咨询、数字化成熟度评价、线上线下人员培训、专家指导等服务，激发工业企业需求侧活力，实现集应用推广、供需对接、产教融合为一体的综合服务平台，强化企业数字化转型能力，赋能产业经济高质量发展。

(4) 产业协同发展新生态

推动装备制造业数字化转型新发展必须要打团体赛。目前,我国装备制造业产业体系完备,但产业链协同性不足，产业链上下游企业尚未实现互联互通，协同生产能力仍然存在薄弱环节。因此，强化产业链协同仍然是当前的一项重要任务。未来，仍需持续推动装备制造业工业互联网生态共建，以开放共赢理念携手各领域优秀合作伙伴，整合生态各方优质资源，推动链主企业转型、标杆工厂打造、产业园区提级、中小企业赋能，从而共同构建行业数字化产业链、培育数字化生态，形成“数字引领，携手创新，普惠共赢”的数字化生态共同体。

4 石油化工行业

石油化工行业作为基础性产业，为下游产业提供大量基础性原料和重要能源支撑，是国民经济稳定运作的重要保障。石油化工行业产业链长、协作厂商众多，价值网复杂，是工业互联网应用的主要落地行业之一；行业固有的高危属性使得安全环保责任巨大；同时，作为碳排放量最大的行业之一，是节能减碳治理的重点。

4.1 行业政策分析

产业升级、安全环保、绿色低碳是石油化工行业的政策主线，2021年3月，国家《十四五规划和2035年远景目标纲要》提出“深入实施智能制造和绿色制造工程，发展服务型制造新模式，推动制造业高端化智能化绿色化”，明确了包

括石油化工行业在内的制造业的发展方向；同时，提出针对石油化工产业的进一步要求，包括“加快化工、造纸等重点行业企业改造升级，完善绿色制造体系”和“推进钢铁、石化、建材等行业绿色化改造”；此外，也对石油化工行业安全生产提出明确要求，“建立企业全员安全生产责任制度，压实企业安全生产主体责任。加强安全生产监测预警和监管监察执法，深入推进危险化学品等重点领域安全整治”。2022年4月，《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出“制定能源、钢铁、有色金属、石化化工、建材、交通、建筑等行业和领域碳达峰实施方案”，石油化工行业成为低碳转型的重点行业。工信部、发改委等六部门《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》进一步明确了行业发展目标，“到2025年，石化化工行业基本形成自主创新能力强、结构布局合理、绿色安全低碳的高质量发展格局，高端产品保障能力大幅提高，核心竞争能力明显增强，高水平自立自强迈出坚实步伐”，同时细化了产业升级（创新发展、数字化转型）、安全环保、绿色低碳等方面的发展目标，包括“建成30个左右智能制造示范工厂、50家左右智慧化工示范园区”、“大宗产品单位产品能耗和碳排放明显下降，挥发性有机物排放总量比‘十三五’降低10%以上，本质安全水平显著提高，有效遏制重特大生产安全事故”、“持续在危险化学品企业开展‘工业互联网+安全生产’建设”等。应急管理部关于印发《化工园区安全风险智能化管控平台建设指南（试行）》和《危险化学品企业安全风险智能化管控平台建设指南（试行）》的通知（**应急管理部5号文**）提出已经认定公布的化工园区和涉及重大危险源的取得危险化学品安全生产、使用许可证的企业应参照两个指南，全面开展平台建设。在“化工入园”政策持续推进的背景下，园区成为石油化工行业运行的主要载体，园区和企业的数字化安全应急建设需要持续强化。

4.2 行业现状及痛点

行业总体运行平稳有序。中国石油和化学工业联合会《2022年中国石油和化工行业经济运行情况》显示，2022年我国石油和化工行业营业收入较2021年增长14.4%、进出口总额比上年增长21.7%，营业收入和进出口总额均再创新的历史纪录。

行业盈利能力下降。中国石油和化学工业联合会数据显示，全行业规模以上企业实现利润总额 1.13 万亿元，同比下降 2.8%；营收利润率为 6.8%，同比下降 1.2 个百分点；全行业亏损面 19.4%，同比上升 3.9 个百分点。在行业收入增长的情况下，利润总额和利润率双双下降、亏损扩大，显示全行业盈利能力显著下降。

智能制造取得显著进展。《“十四五”原材料工业发展规划》指出，“我国原材料工业关键工序数控化率 65.7%，其中石化企业 73.8%，高出全国平均水平 21.7 个百分点”。

安全生产需常抓不懈。应急管理部通报显示，“2022 年，全国共发生化工事故 127 起、死亡 143 人，同比减少 3 起、11 人，分别下降 2.3%和 7.1%。其中较大事故 7 起、死亡 24 人，同比减少 2 起、11 人，分别下降 22.2%和 31.4%。未发生重特大事故”。尽管安全事故和损失有所下降，但安全生产仍需常抓不懈。

全行业碳排放量巨大。北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目，在 2022 年 11 月发布的《中国石化行业碳达峰碳减排路径研究报告》显示，2021 年，中国石化行业总能源消耗约为 1.95 亿吨标准煤，二氧化碳排总放量约 4.45 亿吨，占当年全国二氧化碳排放总量的 4%左右。

化工入园政策持续推进。中国石油和化学工业联合会化工园区工作委员会调研数据显示，截至 2020 年底，全国重点化工园区或以石油和化工为主导产业的工业园区共有 616 家，其中国家级化工园区（包括经济技术开发区、高新区等）48 家。目前全国已形成石油和化学工业产值超过千亿的超大型园区 17 家；产值在 500 亿到 1000 亿的大型园区 35 家，100 亿到 500 亿的中型园区 219 家，产值小于 100 亿的小型园区 345 家。其中超大型和大型园区产值占比超过化工园区总产值的 50%。

目前，我国石油化工行业需要进一步提升行业效率和企业盈利能力、实现收入与利润同步增长，同时更加高效得满足安全生产、绿色低碳方面的合规要求，主要存在如下问题：

(1) 智能制造需扩展

当前石油化工行业在智能制造方面已取得一定的成效，打造了一批标杆示范项目。但智能制造需要在深度与广度上进一步扩展，一方面在企业内部实现智能

制造从单点突破到全流程覆盖，形成端到端的智能化协作链；另一方面，推进智能制造在全行业的普及，尤其是在石油化工中小企业中的普及，形成上下游一体的智能制造协同网络。

(2) 安全生产责任重

石油化工行业固有的高风险性质（如易燃易爆、有毒有害等危化品密集）和长期快速发展积累的深层次问题逐步暴露，使得全行业安全生产形势严峻；海洋石油、氢能利用等新兴领域风险突显，带来风险隐患叠加；不少企业特别是中小企业安全设计水平低、安全投入不足、自动化控制系统不完善，从业人员素质技能不高，进一步放大了安全风险。

(3) 节能减碳压力大

“十四五”期间逐步纳入碳市场的八个高能耗、高排放行业中，石油和化工行业占两个（石化行业和化工行业），是国家碳排放监管的重点行业；发改委、工信部等四部门发布的《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南(2022年版)》，不仅进一步明确了政策监管和引导措施（引导改造升级、加强技术攻关、促进集聚发展、加快淘汰落后），而且所附 17 个细分行业节能降碳改造升级实施指南中，10 个属于石油化工行业（炼油、乙烯、对二甲苯等行业）。

(4) 企业园区协同待强化

在“化工入园”政策持续推进的背景下，园区是石油化工企业运营的主要载体，园区与区内企业需要分工协作、相互配合，更好得落实政府的产业布局政策、满足安环监管要求，实现园区与企业共同高质量发展。

4.3 行业工业互联网转型路径

石油化工作为国民经济的重要基础和支柱产业，为国民经济的快速健康发展做出了积极的贡献，其产业升级，不仅需要新装备、新工艺和新型催化剂，也迫切需要先进制造技术、信息技术和管理技术。数字化和智能化水平的提升已成为提高企业竞争力和实现可持续性发展的重要手段。通过数字化智能化转型推动传统产业基础设施、生产方式、创新模式持续变革，不断提高全要素生产率，大幅提升产业能力和质量。在物联网、大数据、人工智能以及 5G 通信等新一代信息技术的推动下，世界石油化工行业的数字化智能化水平将会越来越高，数字化智

能化转型也将成为未来石油化工企业持续提质降本增效、实现高质量发展的有效途径和必由之路。

(1) 以增强泛态感知与控制为基础，加强底层数据分析

通过工业互联网平台，利用泛在感知技术，采集油田地质勘探、钻井、开采、运输、炼化、销售领域的多源设备、异构系统、运营环境、人员等数据，实现对油田、运输管道、炼化工厂运行状态的全面感知，实时通过生产、监测、控制、操作者、安全和环境等相关的仪表电气与智能设备，获取生产、安全、环境等实时数据，以便远程感知和控制现场设备与生产。通过大范围、深层次的数据采集和异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据采集体系，实现全面感知和控制。

在原油开采装置、炼化重点装置、运输管道、成品油销售等关键节点部署机器学习和深度学习算法，在边缘控制器上集成分析引擎，实现对装置的自动调整和优化。在设备管理、质量管控、智能巡检场景下，可以部署云端的机器学习模型和深度学习模型，在模型、数据、服务三方面实现底层数据挖掘应用。

(2) 以数字平台为核心，构建服务中台

服务中台由业务中台和数据中台构成，主要面向业务领域，将通用和公共的业务应用与数据分析等功能以微服务、中间件和专业软件容器等形式固化在系统中，实现业务与数据知识的沉淀和推广应用，构建行业共享服务能力。

生产运营业务服务中台能够及时获得生产执行相关数据，包括原油进厂、产品产量、产品库存、装置运行、设备运行情况、能耗情况、安全环保情况、市场动态等信息，保障企业的安全、平稳生产；以高度可视化的方式展示企业的整体运营情况，并实现对指标的下钻分析和对标分析；能够及时掌握企业装置运行状态、开停工和检修情况、库存资源情况，及时获知非正常生产状况，为突发事件应急指挥提供支撑；集成采购、销售等系统，实现供应链的可视化，为供应链的整体优化提供支撑。

(3) 以智能场景为牵引，打造推广典型应用

基于共享服务中台，提供行业共享能力，促进业务应用“积木式”快速构建。将通用和公共业务应用功能沉淀，支持“积木式”应用的敏捷开发与集成，快速响应用户需求。

依托工业互联网平台实现各工业软件的集成与数据融合，建立以 MES 为中心的生产制造平台，集成整合物料移动、生产平衡、生产统计和能耗管理等业务模块信息系统；建立以 ERP 为核心的运营管理平台，集成整合财务会计/管理会计/资金管理模块、生产计划和控制、物料管理、销售和分销、物资管理、工厂维护、项目管理等业务模块的信息化系统。通过数据集成与整合，建立覆盖生产、运营全流程的一体化优化能力，提高了数据分析频度，将事后总结变为事中控制、事前预防，将价值数据的表象钻取挖掘，并基于反馈优化生产执行动作，发掘影响价值的根源，实现预测分析、滚动分析，全面支撑业务改进和生产经营决策。

4.4 典型应用场景

场景一：智能建设施工场景

通过打造 5G 专网结合工业互联网平台实现现场多元数据的泛在感知，对实时采集的数据，结合部署在边缘云(MEC)上的模型和算法，可以实现现场施工质量管理信息化、现场作业可视化、风险预警实时化，大幅提升石化工程项目管理的生产安全、施工质量、人员合规等痛点问题。本次重点介绍：厂区及现场 HSSE 智能管控、管道施工智慧化管控、装置现场可操作性智慧化服务、施工进度智能分析。

(1) 厂区及作业现场 HSE 智能管控

厂区及作业现场 HSE 智能管控项目，以门禁、车辆识别、人员识别、图像识别、红外警戒、二维码等关键技术，辅以移动摄像头+固定摄像头+无人机拍照、智能安全带、各类传感器等硬件工具，利用互联网为通道，形成各个子项目系统集成和数据共享，实现作业人员从培训、进厂、作业、离厂的全过程智能化管理，厂区全封闭管理，及时发现人的不安全行为和物的不安全状态，全面提高厂区及作业现场 HSE 管控能力。

(2) 管道施工智慧化管控。

包含 3 个子项，分别为：管道智能清洁安装、无损检测智能评定成套技术、管道焊接智能化管理。管道施工智慧化管控项目：是围绕提高管道施工质量水平和管理效率开展。

管道智能清洁安装项目：以智能机器人为工具，开发拍照+管道爬坡+焊缝打磨+杂物抓取+清扫等关键技术，实现管道的清洁化安装，缩短物理工厂开车吹扫时间；

无损检测智能评定成套技术：以无损检测大数据案例为基础，开发无损检测胶片数字化和智能评片成套技术；

管道焊接智能化管理：结合管道焊接施工二次设计软件，以及管道焊接数字化管理系统，开发管道材料现场施工 APP，提供实时的材料状态，对材料从预制到安装的进展进行全生命周期监控，保证施工进度和质量。

(3) 装置现场可操作性智慧化服务。

包含 3 个子项，分别为：三维模型本地化审查、管道碰撞智能预测、工艺装置智能专家技术审查。装置现场可操作性智慧化服务项目都是围绕着提高物理工厂生产运行过程的可操作性和优化运行推进，提高设计质量。

三维模型本地化审查：以设计单位提交的三维模型，借助审查软件，实现远程审查，有效避免了传统会议集中审查的时间统筹难、会议组织和差旅成本高、审查深度不够、审查质量不高、后期设计变更多等弊端；

管道碰撞智能预测：在三维模型本地化审查的基础上，结合管道焊接二次设计，开发现场管道施工碰撞智能预测和检修空间碰撞预测，提前预测预判并解决现场碰撞问题，提高现场施工质量和进度，保证现场检修条件；

工艺装置智能专家技术审查：利用已有装置专家审查意见的大数据库案例和各类强条，将案例和强条标准化、结构化，以此为基础，开发工艺装置智能专家技术审查系统，实现工艺装置智能化技术审查。

(4) 施工进度智能分析

利用图像自动识别、图像比对及叠加、5G+固定参照物物理定位技术，以移动式摄像+固定式摄像+无人机摄像为工具，扫描现场设备、管道安装情况，与设计三维模型对比，自动统计分析施工进度，施工有偏差时进行报警，并可利用扫描模型修正设计三维模型，为物理工厂数字化提供数据来源。

场景二：智能生产运营场景

智能生产运营指适用于流程工业的智能化工厂，是工厂信息化发展的新阶段，是在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和设备监控技术加强信息管理和服
务；清晰掌握产销流程、提高生产过程可控性、减少流程线上人工干预；即时正
确采集生产线数据，合理编排生产计划与进度。把绿色智能手段和智能系统等新
技术集成，构建高效节能、绿色环保、环境舒适的人性化工厂。本次重点介绍：
智慧供应链、智慧生产运营中心、设备预测性维护系统、智能能源管理与优化、
安全生产管控系统。

(1) 智慧供应链

供应链运营主要为计划和调度两个层面，业务流程一般由原油及原料供应部
门、贸易部门、炼厂计划与运营部门、物流部门和销售部门来协同执行。智慧供
应链包括产供销存大数据平台、产供销存协同调度、产供销存一体化优化、产供
销存指标可视化和产供销存影响因素关联分析与绩效管理等 5 大项功能，每项
功能为不同的业务提供支撑。

产供销存大数据平台实现产供销存信息的采集与处理，并基于外部市场、加
油站、批发直销、炼厂生产数据，建立产供销存一体化大数据分析模型，为实现
供应链关键环节优化提供支撑。

产供销存协同调度实现产供销存执行过程的动态管理，销售运营的动态监管，
实现生产与销售的集成，使整个供应链全面贯通与供应链各环节的高效协同。

产供销存一体化优化系统，准确预测各地区客户产品需求与销售变化，分析
生产与销售动态；实现销售计划优化与动态协调、生产计划的闭环管理和持续优
化，同时对关键运输环节进行优化，通过管理系统实现原油运输管理、执行全过
程管理，支撑原油运输、接卸、原油加工间的业务紧密协同。

产供销存指标可视化实现产供销存关键指标的展示分析与深度挖掘，并可实
现风险预警。

产供销存大数据平台通过对积累的大数据进行分析，实现各地区产销存的关
联因素分析，并分析各地区产销存数据变化趋势对绩效的影响，为提高各地区绩
效提供决策支持。

(2) 智慧生产运营中心

智慧生产运营中心旨在建立一个协同的生产环境，集成所有的实现生产管理与优化操作的必要资源，提供数据分析和决策支持工具，能够实现各专业的有效合作，提高生产系统管理效率，降低生产管理成本，实现智能化、智慧化运行。生产运营共享中心具备 4 项功能：执行可视化、结果可分析、风险可预测、运营可优化。

执行可视化能够及时获得生产执行相关数据，包括原油进厂、产品产量、产品库存、装置运行、设备运行情况、能耗情况、安全环保情况、市场动态等信息，保障企业的安全、平稳生产；

结果可分析以高度可视化的方式展示企业的整体运营情况，并实现对指标的下钻分析和对标分析；

风险可预测能够及时掌握企业装置运行状态、开停工和检修情况、库存资源情况，及时获知非正常生产状况，为突发事件应急指挥提供支撑；

运营可优化集成采购、销售等系统，实现供应链的可视化，为供应链的整体优化提供支撑。

(3) 设备管理及预测性维护系统

设备资产的可用性和可靠性是石油石化企业生产管理关键环节，设备非计划停机将给企业带来重大影响。设备运行性能优化系统旨在实现设备资产的智能化管理。通过建立设备资产大数据平台，设备运行性能优化系统具备以下 5 项功能：设备资产基础数据管理功能、设备综合监测功能、设备点巡检功能、设备可预测性维护。

设备资产基础数据管理支持丰富的设备属性定义，如设备名称、编码、规格型号、生产厂家、供应商、出厂序列号、重要等级、专业类型、安装位置等各类设备属性。设备下支持进一步细化，可按分部设备、零件、分部零件等拆分设备，建立详细的设备零部件体系，方便管理。清晰、便捷记录设备从采购到报废的全生命周期资料记录。

设备综合监测功能对设备进行持续的在线振动、噪音、温度等状态监测，通

过系统中设置的报警阈值，对异常状态及时做出报警。同界面展示一个测点的各种分析功能：监控界面同时显示一个测点的多种分析图谱，如同时显示振动数值、时域、频域、趋势、时间三维图、转速三维图、伯德图等。

设备点巡检功能巡检主体为设备，具体内容为设备的运行状态参数（如温度、振动等也称巡检项）。点巡检主要是通过规划好的路线依次对设备进行相关状态的检查。巡检人员携带巡检工具（点检仪及手机），沿着既定的路线，到指定的站点进行打卡，打卡后，进入设备，并对设备的巡检项依次巡检。巡检完成，巡检员通过 4G/5G 网络将巡检数据上传至云端。

设备预测性维护是根据设备、设施的运行信息，评估部件当前状态并预计未来的状态。其常用的方法有时序模型预测法、灰色模型预测法和神经网络预测法。而对于预测方法的开发一般有三种基本途径：物理模型、知识系统和统计模型。在实际应用中，可将三种途径综合在一起，形成一种结合了传统的物理模型和智能分析方法，并能够处理数字信息和符号信息的混合性故障预测技术，从而更为有效地实现预测性维护。通过使用故障预测结果，构建预测性维护和零部件管理优化模型。把维护间隔、维护阈值、零部件阈值等作为优化变量；把设备、设施维护周期的最低总成本作为优化目标来建立专家知识库，并以此提供预测性维护的决策建议。

(4) 智慧能源管理与优化

智慧能源管理与优化系统实现能源计划、运行、统计分析、评价、能源优化的全流程管理；实现企业用能设备与公用工程（蒸汽、燃料和动力系统）系统的实时数据采集与监控，并进行用能效率、成本、能量平衡的分析；建立生产厂蒸汽、燃料和动力系统优化模型，实现能源产、输、转、存、耗、销整个过程的管理与优化。具备能源计划管理、能源管网平衡、能源统计分析、能源运行与监控、用能分析与优化、能源数据收集等功能。

通过能源计划管理，实现能耗计划的生成及分解，并实现能耗计划与实际能耗的对比分析；根据采集的数据通过内置算法实现日平衡、月平衡；通过报表、图形等方式分析企业用能情况；通过能流图对用能情况进行监控，包括能源使用情况、能源运行监控、开停工消耗管理等。采用能源产耗预测、能源管网模拟、

能源多周期动态优化调度等核心技术，建立能源产耗预测模型、能源管网模拟模型和能源系统优化调度模型，通过系统自动给出各种能源介质的优化调度和分配方案，实现能源系统（燃料气、氢气、蒸汽、电力、水系统等）的优化调度和运行。

(5) 安全生产管控系统

按照国家安全生产法律法规和行业标准，结合省市管理规定要求，采用互联网+、GIS、视频智能分析、穿戴设备、云计算、大数据等先进技术手段，打造“工业互联网+安全+管理+服务”的信息化平台。帮助企业、园区实现包含危险源监测预警、安全风险分区管理、人员在岗在位管理、生产全流程管理的化工企业安全生产综合解决方案，为园区、企业安全生产精细化管理提供数字化、智能化的系统支持能力，全方位提升生产过程本质安全精细化管理水平。

重大危险源系统主要用于监测化工企业构成重大危险源的危险化学品储存设施及生产装置实时数据和预警、可燃有毒气体数据及预警、危险化工工艺安全参数监测预警、监控视频等信息。

企业安全风险分区管理系统通过生产过程危险和有害因素的辨识，运用定性或定量的统计分析方法确定其风险程度，一般分为重大风险、较大风险、一般风险、低风险，在信息系统中企业厂区平面图上用红、橙、黄、蓝“四色图”进行标绘，形成“两单三卡”，分别是危险（有害）因素排查辨识清单、安全风险等级管控清单，安全生产责任承诺卡、作业场所（工作岗位）危险（有害）因素和物品危险（有害）危害特性应知卡、应急处置卡。

生产人员在岗在位管理系统用于管理化工企业作业人员定时、定人、定岗履职的物联网信息系统，可通过生物识别、智能门禁、实时定位等技术，能够有效识别、跟踪作业人员及车辆的位置和行为。

企业生产全流程管理系统是化工企业安全生产信息化管理平台的核心业务系统，融合了化工企业安全生产标准化和化工企业过程安全管理要素，主要包括安全生产目标责任管理、安全制度管理、教育培训、现场管理、作业管理、安全风险分级管控及隐患排查治理、应急管理、事故管理、考核评审、持续改进等为一

体的信息管理系统。通过本系统的建设，化工企业能有效的进行风险管控，优化企业安全管理体系，提高企业的管理效能。

安全管理一张图整合安全一张图，将风险分布、资源分布、施工作业、排查治理、在岗在位等地图应用整合统一，让用户一图知安全。

场景三：智能仓储物流场景

(1) 5G+远程控制

在石油化学工业仓储中某些环境场合确实不适宜人工作业，比如高温、高空、环境指标差等场合。甚至有的工作人工无法完成，比如工厂内大件货物或港口集装箱的装卸，都需要远程控制机械来实现。要实现远程控制，不仅需要足够高清晰度视频提供视觉支持，还需要实时稳定的网络保证操控的灵敏度和可靠性。这些对现有工业网络和无线技术来说是一个挑战。考虑远程控制的需求，5G 网络的优势一方面在于高速率可以满足高清视频回传的要求，另一方面也可以在保证可靠性的前提下满足远程控制对于时延的要求。

(2) 智能仓储管理（WMS）

通过与产品包装二维码系统、共享托盘系统智能叉车系统（或车载读写器）等集成，利用射频识别技术自动读取产品进、销、存动态数据，实现对仓库质检、入库、出库、盘货、货损、批次、包装物料等细节进行智能化管理。

包装任务下发：包装 PIMS 系统接受来自 ERP/MES 的生产任务信息，将需要生产的产品参数，如品种、批次、牌号、等级、包装数量等信息下发到包装线控制系统中。

包装线：负责成品包装、批号打印、码垛、垛盘 RFID 信息写入等。注：落地料、破包料统计：线边增加电子称重，将欲回收物料分别称重后录入生产管理系统，以备后期统计。

线边转运系统（AGV、RGV、人工叉车车载系统）负责读取垛盘 RFID 信息，并发起入库指令。

WMS 成品入库：WMS 接收来自线边转运系统的产品信息，绑定货位信息并分配库区 库位，AGV（或人工叉车）完成入库 任务。

WMS 成品出库 接收来自 ERP 的销售出库订单任务，发出出库指令，AGV（或人工叉车）执行出库任务；

AGV 根据出库指令在将搬运的产品搬运至月台缓存工位，完成出库任务。

场景四：园区安环类

园区安环综合运用工业互联网、5G、大数据、人工智能等新兴技术，提升石油化工企业和园区的安全生产、环保监测、应急响应效率，高质量得满足政策监管要求。

(1) 园区封闭化管理

园区封闭化管理通过固定点位摄像、5G 移动部署摄（满足短期临时监控场景，如施工现场）、道闸、门禁等设备，对出入园区，尤其是园区重点区域（如化工装置区）的人员、车辆进行监督和管控。通过 AI 识别对人车违规进行告警（如车辆在园区内逆行、偏离预定线路），必要时进行喊话提醒或引导附近安保人员现场干预。

(2) 危化气体泄露智能评估

在危化品泄漏时，通过泄漏智能模型，综合分析危化气体扩散特性、风速、风向、全局地形地貌条件、不同环境参数组合等数据，结合现场不同位置的气体传感器采集的气体浓度值，精确模拟危化气体扩散的路径和趋势，指导应急抢险和救援工作。

(3) 数字沙盘应急指挥

在园区 GIS 地图和数字孪生模型上进行应急行动的地图标注，直观得向应急指挥人员展示实时应急态势，方便应急指挥人员通过地图标注调整应急单位的部署位置和行进线路。各应救援单位根据地图标注的位置和线路图，开展应具体急工作，如消防队开展灭火工作、医疗队进驻现场救助点、公安机关设置警戒范围并配置相应的警务人员和保安人员等。

(4) 5G 应急通信

通过 5G 系留无人机构建空地一体的应急通信系统，发挥系留无人机高空常航时悬停的优势，为地面应急救援人员以及消防机器人、巡查无人机、5G 移动摄像头等设备提供稳定可靠的 5G 宽带通信、语音通信和边缘计算能力（如 AI

识别能力)，确保即使园区和企业通信设施在灾害中受损，应急通信仍然不间断。

4.5 发展趋势分析

(1) 智能制造持续推进

一方面，智能制造是国家政策引导的重点方向，国家通过行政审批、财政、税收等多种政策工具鼓励石油化工企业推进智能制造，进而推动全行业发展转型；另一方面，智能制造也是石油化工企业高质量发展的内在需求，通过智能制造实现提质增效，在石油化工行业中低端产能过剩、产品同质化竞争的市场环境中，提升产品和企业自身竞争力。工业互联网作为智能制造的重要依托，将在提升生产运营效率、加速产品创新、推动产业链上下游更紧密协作方面，发挥更大的作用。

(2) 工业互联网平台逐步成为石油化工产业数字化转型的新动能

随着石油化工行业数字化转型持续推进，企业对于数字化基础设施、智能制造平台（研发、生产控制、质检、物流等平台）不断增长，尤其是中小企业，对于按需付费、弹性扩展的智能制造云服务，有着更强烈的需求，工业互联网平台成为石油化工园区提升招商引资吸引力、推进服务创新的重要途径。同时，在安环监管政策不断完善、严格的背景下，石油化工园区自身也需求通过工业互联网平台管理数量巨大、形制各异的安环监测设备（摄像头、气体探测器、压力仪表等），对接政府经信、应急、环保、市场监管等主管部门的各类业务系统，提升监管政策执行力度和监管数据报送效率。

(3) 安环管理持续强化事前预防和事发第一时间处置

随着监管政策逐步严格和公众安全环保意识提升，事后补救的安环管理方式越来越无法适应新形势。因此，石油化工园区和企业需要持续提升对安环事故的事前识别能力和事发快速处置能力，“从源头上防范化解重大风险，真正把问题解决在萌芽之时、成灾之前”。工业互联网平台海量设备管控、多源异构数据实时分析、实时决策控制能力可以通过采集多种渠道数据、进行交叉比对，及时发现潜藏隐患；随着智能控制技术的不断完善，对工业设备进行更积极主动的控制，在事故第一时间关停相关设备、触发人员疏散预警，尽可能控制风险扩散范围。

(4) 碳排放控制逐步向碳资产管理转变

随着碳交易范围的扩展、绿色融资的发展和绿色能源的逐步普及（如绿电、绿氢等），碳排放相关工具趋于多样化，石油化工企业既可以直接购买碳排放配额，也可以购买碳汇；随着新能源的成熟和普及，可以更积极得配置传统电力、绿电（光伏和风力发电）、绿氢等，平衡用能成本和碳排放成本；充分利用绿色债券等方式降低企业节能减碳相关技改项目的融资成本；甚至随着碳市场交易的完善，根据市场实时行情，通过动态买入和卖出碳排放配额实现价值最大化，从被动的碳排放控制转向主动的碳资产管理。

工业互联网平台产业链协同的特性，使其不仅可以推动上下游供需对接，也可以对接碳交易市场、碳交易商、绿电提供商，为企业碳交易提供供需对接和丰富的数据分析服务；对于园区工业互联网平台和行业工业互联网平台，能够发挥其地位中立的优势，为企业和金融机构之间的绿色融资提供数据背书（如企业的总体用能数据、经营活跃度等），更好得控制融资风险。

5 纺织服装行业

随着新一轮全球化浪潮以及国内国际双循环相互促进的新发展格局，我国服装行业面临新的机遇和挑战。一方面，我国的纺织服装行业拥有全球最好产业基础和资源。在过去几年里，行业投资平稳增长，纺织品服装出口不断创新高，充分体现了纺织产业链供应链的韧性和竞争力，这为行业迈向全球产业链中高端创造了历史性新机会。另一方面，我国服装产业从外延扩张式为主的快速发展阶段步入内生式为主的优化发展阶段；国际环境的变化让海外需求存在不确定性，产业链外移正在发生。如今，我国服装行业进入到转型升级的新时期，实现纺织服装企业数字化、智能化转型，对应对当前全球复杂外部环境极其重要。

5.1 行业政策分析

为提升中国服装产业在国内外市场竞争力，2021年10月中国服装协会发布《中国服装行业“十四五”发展指导意见和2035年远景目标》，提出在2035年，服装行业在数字化、网络化、智能化发展上实现颠覆式突破，规上服装行业企业R&D经费投入强度达到1%。《意见》指出，服装行业仍存在高端制造能

力需要提升、文化创意能力亟待加强、人才支撑能力存在不足、协同创新需要持续加强、可持续发展需要大力深化等问题。因此，在“十四五发展目标”和 2035 年远景目标的指导下，服装行业仍需着力：优化产业空间布局，打造行业新生态；形成强大国内市场，构建新发展格局；筑实基础发展能力，打造产业竞争新优势；推进时尚文化建设，提升产业新创造；加快时尚品牌建设，造就行业新价值。

2022 年 4 月，工信部、发改委近日联合印发《关于产业用纺织品行业高质量发展的指导意见》，提出到 2025 年，规模以上企业工业增加值年均增长 6% 左右，3-5 家企业进入全球产业用纺织品第一梯队。科技创新能力明显提升，行业骨干企业研发经费占主营业务收入比重达到 3%，循环再利用纤维及生物质纤维应用占比达到 15%，非织造布企业关键工序数控化率达到 70%，智能制造和绿色制造对行业提质增效作用明显，行业综合竞争力进一步提升。

2022 年 6 月，中国纺织工业联合会印发《纺织行业数字化转型三年行动计划（2022-2024 年）》，提出要聚焦纺织行业高质量发展，以深化新一代信息技术与纺织工业融合发展为主线，以智能制造为主攻方向，以工业互联网创新应用为着力点，加快推动纺织行业数字化转型。到 2024 年，纺织行业数字化转型取得明显成效，新一代信息技术与纺织工业的融合更加深入，行业两化融合发展水平评估指数达到 60。重点领域和关键环节的数字化水平大幅提升，数字化生产设备联网率达到 50%，工业云平台普及率达到 55%，ERP 应用普及率达到 68%，MES 应用普及率达到 28%。工业互联网平台应用加速普及，服务产业集群（园区）、中小企业及产业链协同的能力显著增强。数字化转型公共服务体系加快建立，行业大数据汇聚与服务能力大幅提升，初步建成纺织服装行业大数据中心平台。行业数字化关键技术取得明显突破，加速培育形成一批行业数字化转型系统解决方案。

2022 年 7 月，工信部等五部门发布《数字化助力消费品工业“三品”行动方案》，提出以消费升级为导向，以数字化为抓手，以场景应用为切入点，聚焦消费品工业研发设计、生产制造、经营管理、公共服务等关键环节，强化数字理念引领和数字化技术应用，统筹推进数据驱动、资源汇聚、平台搭建和产业融合，释放数字技术对行业发展的放大、叠加、倍增作用。到 2025 年，在纺织服装、

家用电器、食品医药、消费电子等行业培育 200 家智能制造示范工厂，打造 200 家百亿规模知名品牌。

当前中国服装产业面临较大下行压力，服装企业积极加速产业转型升级的步伐。在政策推动下，服装产业结构调整有望继续带来长期积极影响。

5.2 行业现状及痛点

我国服装产业链长，上中下游差异较大，产业链各环节壁垒高。上游的纺纱企业的自动化程度高，在大部分环节实现了机器换人，2021 年中国纱线行业人均产值达到 106.72 万元；下游的销售端依托大型电商平台的发展，在智能选款、数字营销等方面有着非常不错的表现，数字化水平高；而中游制造端相对落后，一直沿着传统的生产模式轨道发展，密集型劳动力、高强度作业、生产效率低等因素制约着整个服装产业的发展。



图 6 服装全产业链结构图

服装行业的企业数量多，离散程度高。根据天眼查数据显示，我国从事纺织、纺织服装、服饰的制造业企业近 132 万家，其中超 7 成的相关企业注册资本在 100 万以下，6 成以上为个体工商户。纺纱行业由于其特殊性，属于资本密集性产业，产业集中度较高，而面料服装属于劳动密集型产业，中小企业数量多，离散程度高。根据中国服装协会的统计，服装制造企业的数量在 17 万以上，2021 年规上企业仅 12653 家，从头部企业集中度来看，CR10 不足 6%。

服装产业库存积压、产能过剩问题较为严重。服装产业多习惯于传统的规模化生产，大型企业通常以订货会（提前半年）的方式销售，且服装生产的周期较长，很难对市场需求实现快速反馈，导致库存额居于高位，而线上销售带来的高退货率，进一步提高了企业的库存水平。我国服装产业存货周转效率与其他国家相比存在较大差距，我国当季产品售罄率仅 30%，而韩国能达到 90%，我们的库存周转天数为 191 天，对比韩国仅 87 天。

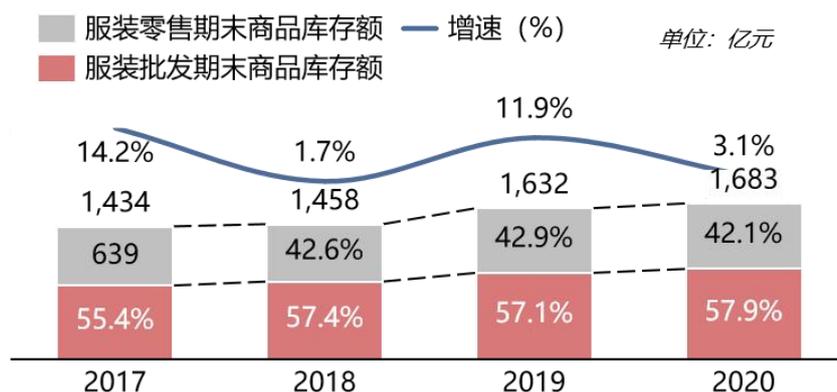


图 7 2017-2020 年服装零售与批发期末商品库存额情况

行业利润水平低。由于我国纺织服装产业总体呈现供过于求、产能过剩，同时原材料价格高涨，盈利空间进一步收窄，行业利润率整体水平较低，2021 年行业平均利润率仅 4.4%。即使是头部上市企业，利润表现也并不美好，国内最大的棉纺织品生产商之一的天虹纺织，2020 年营收 195 亿，净利润只有 5.3 亿，净利率仅 2.7%，这是由于纺纱行业技术非常成熟、设备极端同质化，品牌附加值和技术附加值有限。对于所有生产型企业来说，在纺纱-坯布-面料-成衣这个链条里，头部面料企业的利润表现相对亮眼，主要是由于工厂能够通过技术积累形成壁垒，从而提高利润空间。比如优衣库的主要面料供应商互太纺织，2020 年净利润 7.68 亿，员工只有 5000 人；相比之下，以服装生产为主的晶苑国际有 7 万多员工，净利润才勉强达到 7 亿。而品牌型的服装企业利润表现相对更好，一方面拥有更高的品牌附加值，另一方面轻资产化的运营降低了企业的成本负担。

“小单快反”是当前服装产业的核心需求。由于快时尚的风靡，消费者需求更加多样化，服装供应链也由之主导，导致供应链向快速、小批量响应市场需求的方向发展。例如，传统供应链从服装产品的概念、设计、布料采购、打样、销售、生产到物流配送到达市场大约需要 46 周，但经过供应链优化的企业根据快

速反应和垂直整合，将从概念、生产到市场销售的时间缩短到 9 周甚至更短。在这一背景下，能够实现“小单快反”并保证一定利润的企业，才能从激烈的竞争中脱颖而出。

人才缺口大，行业老龄化现象严重。我国纺织服装从业人员逐年下降，招工难，用工成本不断攀升，我国服装产业从业人员逐年减少，平均工资逐年提高，招工难、用人贵现象加重。我国的纺织服装企业大多地处乡镇和城市远郊，且相较于高新技术行业待遇水平整体偏低，人才难招难留，专业人才短缺，特别是既熟悉纺织业务又熟悉信息技术应用的复合型技术人才更加匮乏。另外，纺织行业的中小企业数量庞大，而资金、技术、人才更倾向于向大企业集聚，中小企业，特别是小微企业在技术、人才等方面面临困境。从细分行业来看，缝纫、纺纱、染色等劳动力不足的现象更为突出。行业老龄化现象同样严重，我国服装产业劳动力平均年龄远高于 IT、金融行业，平均超过 40 周岁。

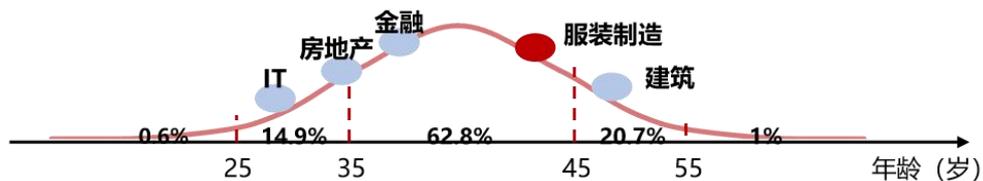


图 8 我国部分行业劳动力年龄分部情况

产业向东南亚和内陆地区转移。由于劳动力成本高、关税增加等原因，国际服装品牌纷纷将工厂从中国迁至东南亚国家，这一现象从 2010 年已经开始。从阿迪达斯情况看，目前 98% 的鞋类和 91% 的服装产量来自亚洲，其中在越南生产的鞋子占比从 2010 年的 31% 提升到 43%，在中国生产的鞋子占比则从 39% 下降到 16%，在越南生产的服装占比从 2013 年的 10% 提升到 19%，中国从 2010 年的 36% 下降到 19%。本土头部制造商也紧跟产业迁移浪潮，尤其是绑定国际大牌的头部制造商，在早期便跟随第五次全球产业大迁移的浪潮在越南、柬埔寨、印尼、印度等东南亚、南亚国家陆续扩建生产基地，利用当地有利的劳动力成本和税收政策实现迅速扩张。2021 年丰泰越南/印度/印尼产量分别占比 35%/48%/12%，裕元在越南/印尼产量分别占 35%/48%，华利产能基本在越南，申洲面料产能有 50% 位于越南。另一部分企业选择将工厂转移到我国的内陆省份，如江西、安徽、新疆，以获得更低的人力成本和政策红利。2022 年，新疆服装出口增幅达到 71.8%。

整体智能化水平低。中国服装行业数字化转型起步比较晚，多数企业处于 L2 及 L3 阶段，众多中小纺织服装企业在生产端的数字化转型仍处于起步阶段，“不想转、不敢转、不会转”的现象仍普遍存在。

L5 生态级：推动企业与上下游生态数字化协同
L4 网络级：实现以数据为驱动的业务模式创新
L3 流程级：以企业整体业务为数据驱动
L2 单元级：企业部门业务范围内开展新一代信息技术应用
L1 初始级：企业单一业务范围内开展数字技术应用

而根据服装制造的不同工序来说，自动裁剪工段和仓储物流配送工段的数字化、网络化和部分智能自动化程度较高，服装设计、服装缝制和整理整烫数字化智能化程度比较差。服装设计智能化在于研发服装智能 CAD，做到设计制版少用人或不用人，仍然有很长的路要走。而服装缝制和整理整烫适宜智能制造的发展还是在于“设备+人工智能”技术的突破，只有所有缝制设备成为智能机器，才能实现这一环节的少人或无人化。

关键设备和软件对进口的依赖程度高。当前纺织主要新设备基本实现数字化，但部分关键部件进口依赖度高，由于进口设备对智能改造和数据传输的限制，部分影响了智能化水平提升。当前国内的工业软件在实现工艺要求上仍有不小的差距，例如，当前国内并没有一款 mes 能获得服装行业内多数人的肯定。

5.3 行业工业互联网转型路径

纺织服装产业数字化转型起步相对较晚，创新链升级速度稍显滞后。纺织服装数字化、智能化呈现“两高一低”，上游企业种植棉花、化纤、纺纱、织造自动化及大宗交易数字化、人机协作程度比较高；下游企业使用电商、直播等数字技术在传播、交易等方面应用程度较高；而中游制造业数字化应用程度却非常低。

在中游服装制造端，根据服装生产的不同模式可以分为：整件阶段、捆包阶段、单件流阶段、数据化驱动阶段和高度智能阶段，每个阶段的转型需求不同，但转型的方向是一致的。

(1) 生产智能化改造

初级模式：融合 IE+IT 技术帮助服装生产企业实现资源统筹。将精益制造理

念深入服装生产制造的每个环节，通过 Pad 和 RFID 实现服装生产过程中关键节点数据的采集与分析，降低产线在制品积压，提高生产质量和效率，帮助企业提升效益。

中级模式：通过智能吊挂系统和 AI 实现智能排产实现多种订单混流生产、生产要素全透明、生产数据实时跟踪，全面提升生产资源利用率，全方位提升企业柔性制造水平。基于智能算法模型动态匹配生产人员，精准预测生产耗时，实现智能库存管理，达到精益高效的可视化管理。

高端模式：构建以“人+智能生产+智能机器人(含 AGV)”构建模块式加工工位及固定的模块式缝制加工流水线体系。在这个系统中，所有生产设备要首先要完成数字孪生，打好智能制造底座基础；其次，要把纺织服装产品制造模式改为模块式制造。在未来，智能生产更高阶的模式中，生产设备将成为 AI 的载体，拥有机器感知、机器学习、机器思维、机器行为的功能。在固定的模块式生产加工流水线实践基础上逐步实践自学习、自决策、自适应、自执行、动态的模块式生产加工流水线,实现真正意义上的智能工厂和智能生产。

(2) 信息智能化改造

经过十几年的信息化发展，纺织服装企业数字化系统包括 ERP、MES、WMS、GST、PLM 和 PDM 等软件应用系统，还有手机 APP、工位机、web 端的数据接口。它们有效地支撑了企业的生产、销售和流程管理。如果没有将这些系统连接，数据的利用将大打折扣。

数据中台可将现有应用系统从数据和业务层面进行集成和整合，打通信息和业务流程，提供企业高层、中层和业务人员专有的数据分析驾驶舱和应用集，可来满足不同角色工作岗位的需求，保证信息上下传递的一致性，提高数据分析的效率和应对业务需求变化的能力。

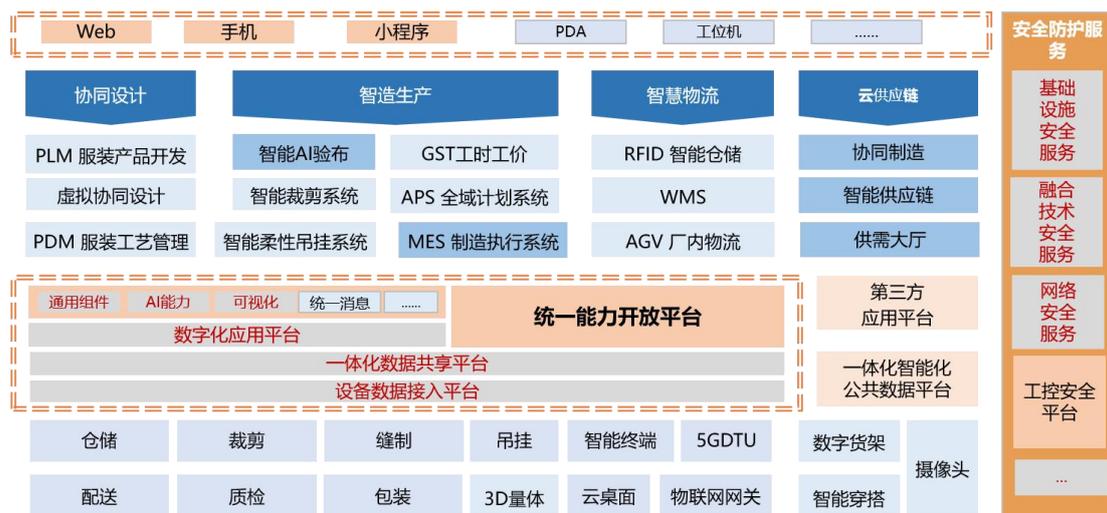


图 9 服装行业数字化转型全景图

(3) 不同行业和企业的转型路径

按细分行业划分，每个行业的改造重点也有不同：棉纺行业的数字化改造重点在质量管控和提升劳动生产率等方面；印染行业重点在提升染色成功率和节能降耗等方面；服装行业重点在加强研发设计、生产制造、市场营销的协同等方面；化纤行业重点在质量检测、追溯和车间物料传送、产品自动包装等方面。

按企业类型分类，大型纺织服装企业对数字化转型重视度高、投入大，大多数龙头企业的转型程度达到了网络级（L4）和生态级（L5）。部分龙头企业会选择提炼自身经验、打造行业通用解决方案，向自身的供应链企业复制扩展。而中小型企业当前中小企业发展模式仍以外部政策引导和国家机构帮扶为主，部分中小微企业发展存在“等、靠、要”模式，单纯依靠政府支持促发展，而企业缺乏长效发展的内生因素。

中小服装企业的转型相对独立。针对中小服装企业的资金不足，专业人员少的实际状况，轻量、低门槛是转型服务必要条件。基于中小服装企业的特点，由政府推动的工业互联网平台是当前中小企业转型最有效模式之一。

浙江省政府推出的“N+X”数字化改造项目是非常成功的试点。“N”指行业内中小企业数字化改造的共性内容（解决 70%左右行业共性问题、应用场景、服务模块），使行业内大多数企业看得到、听得懂、对得上，学得会。“X”，指不同企业的个性化需求和今后迭代升级内容，是可供“点菜式”个性化服务，具有指导性。提炼共性需求与个性服务相结合的“N+X”企业样本，是整个集群

进行工业互联网转型的核心，同产业集群内其他中小企业可以参考样本企业的改造效果，灵活选择自身需求，样本的成果得以复制推广。

5.4 典型应用场景

场景一：智能设计类

智能设计类主要包括远程协同设计、3D 模拟设计、现场辅助装配——技术研发协同、面料研发协同等智能设计类应用场景，通过智能远程协同工作，运用 3D 柔性仿真技术提高成品反应速率，降低时间和人工成本。通过远程技术现场生产指导，实现企业供应链上、下游技术研发设计协同。本次重点介绍协同设计、3D 模拟设计、现场辅助装配、面料研发协同共四款场景应用。

(1) 服装协同设计

传统的服装协同设计耗时长，跨地域协同设计困难。协同设计通过 5G 大上行宽带技术、MEC 技术和 MR 终端设备，实现服装设计的跨地域协同，提升协同开发效率。5G 大上行宽带技术和 MEC 技术为服装产业跨地域实时通讯提供便利，大大缩短时间成本。利用 5G MR 眼镜，实现各地的品牌设计中心实时 3D 模拟设计，进行样衣评审、封样，让协同设计更高效、更精准。

(2) 3D 模拟设计

3D 模拟设计为服装产业提供自主仿真引擎的底层技术服务及产业链级工业软件，打造以科技为驱动的 3D 设计一体化协同平台，助力服饰类企业的研发、协同、展销、生产全链路数字化。利用相应软件完成 3D 柔性仿真，实现人台数字化、面料数字化，其 3D 建模设计可在线审款、在线改版、在线设计核价，最终实现生产资料对接。通过 3D 在线研发提高样衣采用率，缩短研发周期，提高设计资源利用率和研发效率。

(3) 现场辅助装配——技术研发协同

异地工厂现场技术指导效率低、成本高，协同研发时产生异地问题无法及时沟通解决。在现场辅助装配场景中，现场工作人员佩戴 5G+AR 设备，通过 5G 专网实时传输，将现场所采集的数据传输至辅助装配系统进行分析处理，生成生产辅助信息后下发至现场终端，实现装配环节的可视化，实现异地协同研发、远程技术现场生产指导，数据在线查看。

(4) 面料研发协同

企业与异地工厂沟通不方便，导致库存积压、占用大量资金。面料研发协同基于 MEC 和云联网技术，实现企业供应链上、下游技术研发协同、生产协同。

场景二：智能制造类

智能制造类主要包括柔性生产制造、现场辅助装配——5G+工位机、工艺合规监测、设备故障检测维护等应用场景，通过引入 5G 技术降低生产时延，实时汇总采集数据，对生产设备做到预测维护、实时监测和快速维修。本次重点介绍柔性生产制造、现场辅助装配——5G+工位机、工艺合规监测、设备故障检测维护四款场景应用。

(1) 柔性生产制造

传统的吊挂系统无法满足不同款式、不同品类混合生产。柔性生产制造是利用 5G+MEC 边缘计算打造的多厂区智能吊挂系统，可实现大小单快反生产，降低人工成本、管理成本。将数据实时上传至终端，实现数据透明，实时掌控订单进度，提高生产效率、企业效益。

(2) 现场辅助装配——5G+工位机

传统服装生产线人工派单效率低、工作分配易出错，工艺作业指导书下达不及时。基于 5G 大联接和高可靠，可实现工位机 PAD 实时下达作业指导。工作站中的操作人员可以通过 PAD 直接查看工作站的操作指导，并根据操作视频中的操作方法加工产品，将加工好的产品信息上传终端，由质检站决定产品是否合格，若不合格则通过 PAD 查询操作记录，标记返工工位，直至质检合格。数据信息经采集后上传终端，实时展现订单生产、工序和工艺信息，生产作业无纸化和派单自动化。

(3) 工艺合规监测

传统生产现场无法实时掌握员工操作规范，员工动作合规难以规范化、标准化。工艺合规检测通过 5G 网络将采集的指标、操作信息等同步传送至边缘云平台，利用机器视觉技术识别工人动作合规性，实时合规检测，实现对配料错误、危险操作等自动告警，提高生产工人作业标准化水平。

(4) 设备故障检测维护

设备故障检测技术包括预测性维护、故障检测和无人智能巡检等技术。预测

性维护利用 5G 技术实现吊挂预测性维护，其在电机异常时能够及时预警，并提醒工人检修。故障检测是指对缝纫机零部件进行电机温度等数据进行采集、实时检测、异常分析，及时预警和定位设备故障点，快速维修。无人智能巡检利用 5G 巡检机器人，在车间内不定时自主巡检，实现 5S 巡检无人化，异地随时巡检，生产调度一体化管理。

(5) AI 验布

基于 5G MEC 和 AI 视觉算法，实现纺织材料外观智能检验。采用声、光多模量传感器检测各种复杂瑕疵，面料质检交互系统将生成瑕疵记录分析，通过 5G 网络+MEC 边缘计算实现海量高清图片快速传输，通过面料瑕疵 AI 算法，对瑕疵进行检出，并利用云边协同深度学习算法实现迭代成长。

场景三：智能仓储类

(1) 5G+AMR 搬运机器人

传统的人工搬运物料效率低，且以往 WIFI 技术存在盲区和死角，其网络不稳定，导致物料至工位效率低。在高速、低延时的 5G 网络环境下，由搬运机器人调度和扫描系统、搬运物料，实现了高效数据通讯交互，在装有多楼层建筑工厂中 5G+AMR 搬运机器人可自动打开电梯，传送到工位。5G+AMR 搬运机器人拥有更快的传输速度，更稳定的数据交互，大幅提升数据传输量，实现了数据的高效交互，保证柔性运输的效率和智能运行的稳定性。

(2) 厂区智能理货

传统的厂区理货具有库位规划不合理，无法先进先出等痛点，容易造成资源浪费。以往 WIFI 技术连接不稳定，布线难度大，巨量分货拣货工作繁琐。厂区智能理货基于 5G 大带宽和低时延技术，可实现物流运送指令单的实时下达，提高运输效率。利用 5G+AI 摄像头以及重量感应设备识别商品，通过 AGV 配合机械臂自动投递，完成整个物流厂区分货拣货功能自动化、智能化，助力企业提升产品全生命周期的管理能力。

(3) 生产单元模拟

传统的异地一体化巡厂成本高、效率低。生产单元基于 5G 大带宽、高可靠和数字孪生技术，实现车间的生产全过程还原，产线模拟运营，提升现实生产效能。利用 5G+数字孪生技术，当订单处于小批量、多批次，小单快反激增情况，

可实时掌握生产过程和排查异常原因，实现产能预测、生产管理透明化。

场景四：智慧管理类

(1) 移动作业计划排程及调度

移动作业计划排程及调度将 ERP 作业计划下达到现场，机台按计划准时作业。由 MES 实时反馈进度和产量信息，MES 系统可以根据计划模式设定约束条件，对工单进行生产排序。针对到期未完成的列在看板上，提醒主管人员及时处理。

(2) 工艺参数实时管理

工艺参数实时管理将 ERP 工艺下达到现场，工人按照规定工艺指标操作。对工艺关键设备如定型机、轧车进行实时工艺数据监测，报警装置可设置到办公室，跟踪每卡布的运行工艺可回溯，保证工艺计划执行严肃性。

(3) 在制品物流跟踪定位

在制品物流跟踪定位技术使用条码、RFID、定位等手段对产品进行物流跟踪，掌握纱线、坯布在制品的状态车间物流数据的在线采集，实时追踪生产的进度，确保按照生产计划执行，有效减少物料丢失和撕毁现象。

(4) 车间现场移动化管理

现场移动化管理包括配纱、配布、改色、回修申请、运行申请、配送呼叫、设备维修呼叫、加急插单等管理内容。员工可以根据自助终端打印任务工票，完成上报。

(5) 能耗管理

能效管理系统建立三级能源管理考核系统，建立分级的横向、纵向能耗考核体系，是进一步提高能源使用水平的有效抓手。使企业的能源管理从原先的“粗线条”转为“精细化”，实现企业的节能增效。

(6) 质量控制与分析

质量控制与分析的重点是对在产品质量检验，包括上工序检验、本工序检验，并根据系统设定的流程产生工序疵点评定单，传至 ERP 进行责任评定和奖罚。基于视觉检测，实现纺织品瑕疵检测。

(7) 管理驾驶舱

管理驾驶舱系统基于 ERP、MES 的高层决策支持系统，以企业关键经营指标为基础，实时反映企业的运行状态，将采集的数据形象化、直观化、具体化。

最大化地发挥高层经理了解、领导和控制公司业务的管理室，为高层管理层提供的“一站式”决策支持的管理信息中心系统。

场景五：智能营销类

(1) 虚拟现场服务

渠道之间融合难，整体销售边界窄，受区域场地限制；直播画质、音质数据传输卡顿，影响终体验。基于 5G 的大带宽和低时延，提高销售数据传输效率，利用 5G、云联网技术，将零售终端和服务中台无线连接，构建线上+线下融合的商业新模式。

(2) 智慧门店

智慧门店能够实现将用户、商品、营销、资源调配等进行深度链接和协同，不断向数字化、智能化、个性化转型升级，提质增效。智慧门店的通信网络搭建为重点环节，通过智能网关为智慧门店提供高速、互联、安全的物联网系统，以实现各设备物联协同。

(3) 智能语音

智能语音主要通过“语音识别+自然语言处理”作为序论，来调用后端应用程序，更好地为客户服务。随着语音识别和自然语言等处理技术的不断成熟，人机互动方式将逐渐从文字转变为语音。在智能语音地应用上，可通过专业 AI 训练师制作外呼话术，并基于行业语料库搭建对话流程，通过 AI 智能统计用户触达问答知识的次数，可提炼用户的需求以及关心点，具化用户画像。

(4) 智能直播

智能直播机配备高性能芯片，搭载专用软件支持跨境电商一键式直播。其带有虚拟背景直播、实时多机位切换、远程协同、无线控制、高清触屏等集成功能。与传统的手机电脑等电子设备相比，直播机传输性能流畅、互动功能简单，大大降低场地约束和成本压力，提高直播高效性。

5.5 发展趋势分析

(1) 企业数字化赋能增效需求将会持续增加

纺织服装制造业产能巨大，但同时存在结构性产能过剩，智能化转型需求强烈。《纺织“十四五”纲要》指出到 2025 年规模纺企研发费用率提升 0.3p.p.至

1.3%，在十四五”及未来较长时期内，推进制造业数字化转型、网络化协同、智能化转型的趋势仍将继续。

新一轮科技革命和产业变革正在萌发，大数据的应用、计算能力的提升及网络设施的演进驱动人工智能发展进入新阶段，更多的新的成果将不断涌现。尤其是在人体识别、图像识别、3D 仿真等方面的技术进步，能够帮助纺织服装行业解决更多的问题，实现更高水平的智能化。这些进步将体现在全产业链的每个环节，通过工业互联网和消费互联网的联通，以数据算法精准值指导生产，生产市场真正需要的产品，研发消费者需要的产品。

(2) “双碳”成为政府监管重点，产业绿色环保发展理念保持不变

政府加强对企业的能耗监测，严控能源消费强度，加快工业领域减污降碳，推动印染业环保转型，整治“脏乱差”小企业。《纺织“十四五”纲要》指出到2025年要求纺织行业单位工业增加值能源消耗、二氧化碳排放量分别降低13.5%和18%，印染行业水重复利用率提高到45%以上。生物可降解材料和绿色纤维产量年均增长10%以上，循环再利用纤维年加工量占纤维加工总量的比重达15%。

《中国化纤绿色发展计划》指出到2020年，将淘汰或优化单位能耗比2017年的先进值高25%，加工成本高30%的己内酰胺生产线；淘汰或优化单位综合能耗比2017年的先进值高20%以上，废水排放高40%，单位产品COD排放高10%以上，加工成本高30%的循环再利用聚酯类瓶片的生产线。在奔向“碳中和”的路上，我国纺织服装产业的结构以及能源应用效率、绿色技术创新都将产生广泛而深远的变化。

(3) 内外因素推动产业结构升级

纺织服装行业集中度继续提升。基于服装行业当前较低的集中度，向上提升空间仍有较大空间，竞争的加剧和动荡的市场会淘汰一批落后企业，令行业马太效应凸显，推动集中度提升。在原辅料及代工企业中，这一趋势更为明显。强调功能性的品牌企业会诞生更多大型公司，如防晒服、冲锋衣、瑜伽服等。强调个性化的品牌企业将出现多品牌并购趋势，个性化的需求激增为这一类企业提供了丰厚的土壤，也涌现了大大小小的品牌，大型服装企业也希望能涉足这一市场，但重新开发一个品牌的成本和风险较大，并购是更经济的方式，这些现象都加速了行业集中的提升。

产业外迁趋势不变，从全球范围来看，服装行业经历的几波转移都是从高成本的地区转向低成本的地区，这是一种必然的趋势。东南亚国家在劳动力、土地、关税和贸易壁垒等要素上更具优势，再加上欧美国家对中国产品的不友好政策，都吸引着更多纺织服装企业迁移海外。当前，东南亚国家的产能已经恢复，再次出现疫情期间大范围停工的可能性较小，这让失去的订单很难再度回归。

产业链迈向中高端，产业的转移方向不可逆，但当前转移的部分以低技术和低附加值的成衣加工环节为主，复杂度和附加值更高的面料制造和品牌营销环节转移较少，这一趋势下资本向更高附加值的环节转移，推动了产业链向中高端的升级。国内的政策也鼓励企业向更高技术水平和附加值的方向转型。

出口商品价值提升，2022年，我国服装出口平均单价4.65美元/件，同比增长10%，这得益于高附加值品类服装出口增长。国内企业在面料、设计和生产工艺上的提升也推动了产品价值的提升。部分优质龙头企业主动寻求转型升级，走向高质量发展路线，积极投入差异化产品和生产工艺的研发，获得国际头部品牌认可，拥有一定议价权，提升利润水平。从毛利率指标来看，部分国内的纺织服装品牌已经接近甚至超过国际品牌。

国内需求向两端发展，从国内消费市场上看，呈现较明显的M型消费结构，高端和低端消费市场稳步增长，中间市场逐步缩小。高端市场的高附加值与低端市场的高周转率，都对制造端提出更多要求，在满足这些要求的同时，企业能够重构自身壁垒，从同质化竞争中脱颖而出。

国货与自主品牌崛起，得益于年轻一代的民族认同感，对本国品牌的信任度和偏好增加，这为国内优质品牌在价值链上实现攀升提供了有力的支撑，而国内庞大的市场为这一上升趋势提供了充足的空间。服装产业国产品牌占比大幅提升，IP联名、汉服、运动类等国货与自主品牌受到欢迎。消费者在选择国内品牌的同时，对品质的要求并没有降低，甚至提出更高的要求。国货品质要求的提高，将带动上游和中游制造能力要求提升。

(4) 主流消费群体年轻化趋势凸显，个性化、圈层化消费需求规模增长

Z时代与中产家庭消费能力快速成长，服装产业消费群体主力更加年轻化。在新消费群体崛起的过程中，他们个性张扬，敢于接受新事物，对服装有着个性化、独特化的需求，企业无法去对90后、00后消费群体标签化，这就意味着新一轮

消费升级更加多变、多元、多维。个性化、细分化、差异化的生活形态导致品牌诉求无法统一，众多服装品牌会推出年轻化、风格化的副线品牌，更多小而美的小众品牌受到青睐。时尚变革加速对生产端提出的要求是更高效的反应能力。

6 钢铁行业

钢铁行业是我国国民经济的支柱性产业，是关系国计民的基础性行业，在我国工业现代化进程中发挥了不可替代的作用。经过长期的发展，钢铁工业取得了骄人的成绩。自 1996 年钢产量超过日本跃居世界第一以来，我国钢铁产量占世界的比重持续攀升。2020 年，我国钢铁产量占世界的比重已上升至 57.1%，比 1996 年上升 43.2 个百分点。目前，在世界钢铁工业中，我国钢铁工业的产业链最完备、产业规模最大、产品品种系列最丰富。未来，在双碳目标大背景下，钢铁行业也将由纯粹成本竞争转向综合实力竞争，未来钢铁企业的盈利能力、产能扩张能力、发展能力都将取决于低碳发展的能力和绿色发展能力。

6.1 行业政策分析

步入新发展阶段，我国钢铁行业迎来绿色发展新趋势。国家对钢铁工业的发展进行一系列政策指引。2022 年 1 月，工业和信息化部、发展改革委和生态环境部发布《“十四五”原材料工业发展规划》，要求钢铁，有色金属等高耗能工业的能源消耗，碳排放总量控制到 2025 年取得阶段成果，钢铁行业吨钢综合能耗降低 2%；钢铁等重点领域关键工序数控化水平进一步提升。《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》对钢铁工业高质量发展进行指导，提出力争到 2025 年，钢铁工业基本形成布局结构合理、资源供应稳定、技术装备先进、质量品牌突出、智能化水平高、全球竞争力强、绿色低碳可持续的高质量发展格局。绿色低碳深入推进，构建产业间耦合发展的资源循环利用体系，80%以上钢铁产能完成超低排放改造，吨钢综合能耗降低 2%以上，水资源消耗强度降低 10%以上，确保 2030 年前碳达峰。钢铁工业创新能力显著提高，关键工序数控化率达到最少 80%，生产设备数字化率超过 55%，并打造 30 家以上的智能工厂。同年 2 月，国家发展改革委等四部委发布《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南

（2022年版）》提出2025年，钢铁行业炼铁、炼钢工序能效标杆水平以上产能比例达到30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

在政策扶持，市场驱动双轮驱动下，近年来我国钢铁工业加大了信息化、数字化、网络化、智能化方面的资金、技术、人才投入力度，2021年全年有超百亿元的专项投资用于钢铁企业的数字化改造升级，工业互联网建设，钢铁企业数字化转型进展加快，成效明显。

6.2 行业现状及痛点

行业产量持续下降，产业集中度提升。2022年，全国累计生产粗钢10.13亿吨，同比下降2.10%，累计日产277.53万吨；生产生铁8.64亿吨、同比下降0.80%，累计日产236.67万吨；生产钢材13.40亿吨、同比下降0.80%，累计日产367.22万吨。2022年钢铁产品产量连续第二年下降。房地产行业各项指标持续下降，机械、汽车行业总体保持增长但增幅较小，主要用钢行业钢材消费强度下降。

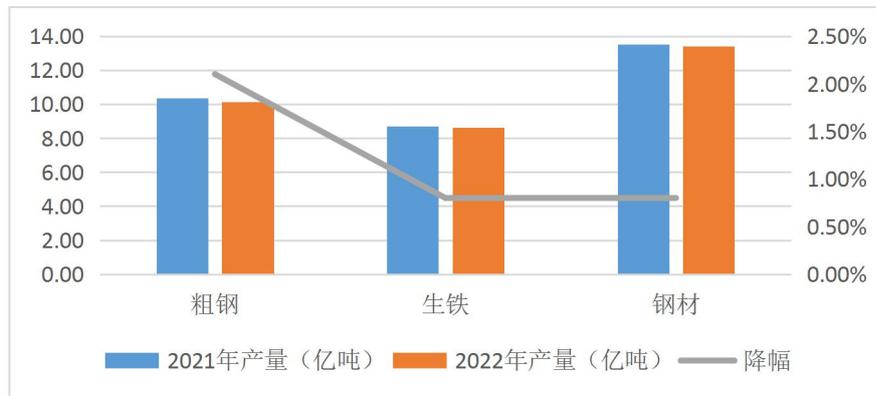


图 10 2022 年各项钢产量较 2021 年均有所降低

2022年钢铁行业产业集中度大幅上升。2022年，我国钢产量排名前10位的企业合计产量为4.34亿吨，占全国钢产量的42.8%，比2021年提升1.36个百分点；排名前20位的企业合计产量为5.72亿吨，占全国钢产量的56.5%，比2021年提升1.59个百分点。

生产流程长，生产流程黑箱化，污染严重。当前我国以长流程炼钢工艺为主导，碳排放量相对较高。长流程炼钢工艺的生产原料主要是铁矿石和焦煤等，烧结、焦化、高炉炼铁等流程均会造成严重的环境污染。

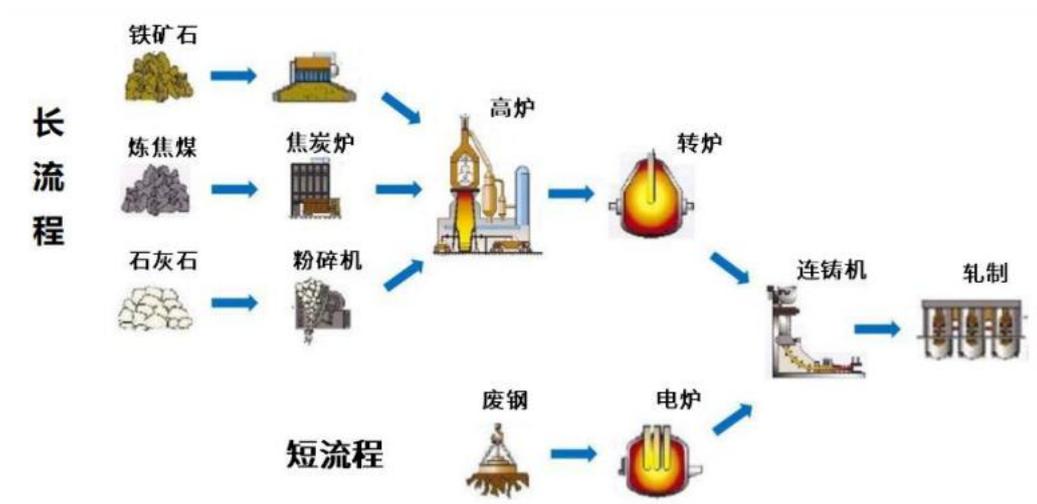


图 11 炼钢长流程和短流程工艺对比示意图

生产现场环境恶劣，存在高温高磁等干扰，使得有线难部，常规无线信号差。生产过程呈现黑箱状态，存在大量信息死角，关键信息无法有效获取，管理者无法对生产信息进行有效、及时的管控，对生产效率和产品质量产生也会产生负面影响。

目前大部分巡检以及生产现场日常工作对于人力依赖度较高，钢铁冶金企业员工数多，同时由于环境恶劣，存在安全隐患，员工安全和健康难以保障，企业安全生产压力大，对于年轻人吸引力不足，导致招工难。

行业信息化发展不均衡，企业之间差距大。钢企间信息化发展差异大，头部企业已从工业 3.0 向 4.0 探索迈进，但大批钢企仍处于工业 2.0 甚至 1.0 阶段。同时钢企内部不同工序、产线发展程度也差异巨大，导致同一企业内部的信息化架构存在代差，数据“烟囱”问题严重，很难实现信息架构的统一。

目前来看，我国钢铁工业仍处于高质量发展的起步阶段，发展不平衡不充分问题依然突出，仍需面对外部环境带来的压力，以及行业自身发展过程中存在的信息化发展不均衡、行业基础薄弱、生产过程黑箱化、协同生产弱等问题。当前钢铁行业主要存在以下问题：

(1) 服务和解决方案意识弱

钢铁企业更多的是产能意识为本，缺少下游客户的服务意识和解决方案意识，没有“以需指产”的生产方针，停留在“为产而产”的阶段。

(2) 国际话语权有待提升

我国钢铁原材料铁矿石严重依赖进口，同时因为产业行业集中度较低，未能形成议价联盟，行业在面对上游企业时议价能力较低，生产成本居高不下；同时行业当前智能化水平低下，整体生产效率偏低，需探索如何实现由大到强转变，提升国际话语权。

(3) 行业基础薄弱

智能制造整体处于起步阶段，智能制造标准、软件、信息安全基础薄弱，缺少行业标准，共性关键技术亟待突破。同时，中小型的钢铁企业还存在生产设备老旧，信息化程度差，改造成本高昂等问题，导致企业缺乏信息化改造的意愿，信息化发展缓慢。

(4) 绿色发展压力大

生产工艺过程复杂，涉及的设备数量多达上百台，能耗大，同时在冶炼过程中会产生高炉副产品造成污染。“双碳”背景下能耗双控将严格执行，目前钢企低碳改造进程偏慢、质量参差不齐。

(5) 协同生产弱

钢企生产设备数字化基本已实现，但生产过程中各种设备形成数据孤岛，没有打通各设备及系统间数据融合，数据价值无法有效挖掘，阻碍全局优化实现；同时产业上下游协同能力也亟待加强。

6.3 行业工业互联网转型路径

综合来看，当前我国的钢铁企业在信息化建设层面存在较大差异，信息化建设基础不一致。因此，在企业的信息化改革也需要因地制宜，不同发展阶段配合不同转型路径。对于处于工业 1.0 的企业，补全信息化短板是首选路径，优先进行基础的信息化平台建设，通过 MES、APS 等系统的建设，为企业的生产过程提供信息化支持；对于处于工业 2.0 的企业，有单体自动化与一定信息化基础，重点进行自动化的升级改造，达成全面自动化，通过 5G+PLC 的模式，实现生产工艺段的自动化和无人化，改善生产环境，提升生产效率；对于达到工业 3.0 的领先企业，则推动企业在数据融合层面的发展，通过物联网，大数据，AI 及信息化，自动化融合，实现数据要素融合利用，迈向工业 4.0。

(1) 信息化平台建设

企业生产数据采集分析、生产过程的监控和在线管理、生产成本管理、生产计划的编排等企业的各项生产流程都依赖完整的信息化系统的支持。MES 系统通过建设设备互联平台、APS/WMS 等生产执行平台和 ERP 等生产运营平台，提供下到底层生产自动化、上到企业经营管理支撑全方位的信息化支撑。



图 12 MES 系统全景图

(2) 全面自动化

设备层信息化改造：通过对生产设备安装传感器、高清摄像头等模块，实现生产设备智能化改造。比如在智慧料场的应用中，通过在斗轮机、轨道小车等设备上安装激光扫描设备，在通过 CPE 接入 5G 网络，将扫描设备的信息上传到数字化料场管理平台，便可实现料场的无人监盘和少人值守，减少盘点工作量，提升库存准确率。通过将设备模块进行改造，实现远程操控，便可实现料场数字化管理，可按预定方案自动接卸，按照拉料的矿点、数量、质量、时间分区域堆放，便于车间全面了解料场的进料、存料、混料、上料信息。

网络基础设施架构升级：工业园区内结构复杂，信号易衰减，环境恶劣，干扰大，且远控要求高可靠、低时延。5G 专网是专用于特定行业或企业的 5G 通信网络。满足客户高质量、低时延 5G 网络，保证数据不出园区。工业 PON 则是用 OLT/ONU 设备替换交换机、用光纤替换网线的方式来实现园区的全光网络覆盖。通过再生产园区建设 5G 网络和光网络改造，实现固移融合，确保设备、人员的能连尽连。企业的办公网络、生产管理网络、监控预警网络等可以实现互联互通，高效运作。

(3) 数据融合发展

基于数据中台，打通信息孤岛，实现数据要素融合利用。通过建设工业互联网 IoT 平台，兼容多型协议设备接入，实现工业数据采集、物联监控、物联分析、物联决策等基础使能能力。结合钢铁生产场景，打造钢铁工业数据采集组件、工业控制组件、工业物模型组件、工业数据分析组件、工业 AI 组件、工业应用开发组件使能能力。平台提供海量数据采集组件、工业应用开发组件等应用使能能力，提升开发速度，拥有近 100 个 API 接口，可集成工业数据建模和人工智能分析，支持软硬网关接入，适配多种应用场景，同时支持海量工业协议，保证设备接入。通过对生产数据的融合利用，可实现设备数据的线上可视化分析管理，减少人员手工抄录工作，提升生产工艺效率和产品生产质量。

6.4 典型应用场景

场景一：智能装备类

智能装备类主要包括 5G+无人天车、物流检斤、5G+智慧巡检、智能铁水调度、一键炼焦等智能装备类应用场景，通过智能远程控制和监督，提高作业效率，降低安全损失，提升工艺自动化运转效率，实现各设备间联动控制。本次重点介绍物流检斤、智能废钢判级、5G+无人天车、智能铁水调度、一键炼焦等五款场景应用。

(1) 物流检斤

智慧检斤利用物联网、图像识别等技术，实现车辆从进厂、计量、质检、收发货，到最终出厂全环节信息化数字化管理，实现企业检斤物流业务快速通行，提高工作效率，减少人力资源成本，杜绝违法违规作弊行为，推动工业企业信息化、数字化建设，降低企业生产运营成本。通过采用先进的计算机网络、网络通信和软硬件技术等，检斤过程实现无人操作，车辆自动称重，生成磅单，持卡通过物流相应环节；质检过程实现自动运行业务操作，自动生成电子版业务单据。业务系统之间无缝集成、分散办公，贯穿并加强整个业务流程，并实现自动化处理，无人操作，避免人为因素影响，降低了人力物力。

(2) 智能废钢判级

智能废钢判级系统适用于炼钢废钢车间废钢判级的场景，通过对废钢车辆卸

料过程实时抓拍、逐层采样，借助算法的深度学习算法和智能识别技术，对卸货过程进行单层判级和最终整车判级，对不达标废钢和杂质、异物，计算出整车扣重的预估值，对危险物、异物及时做出提示和预警，并进行扣杂和退货/降级警报。

(3) 5G+无人天车

5G+无人天车主要适用于以下场景：废钢天车作业、铁水包转运天车作业、炼钢厂高炉车间水渣池天车作业、成品库天车作业等。无人天车系统是在原天车系统的基础上，利用 5G+MEC 组网、激光定位、防摇 AI 算法、3D 数字仿真、视频监控分析等技术为天车系统添加管理层、控制层和基础层来实现天车智能化、无人化作业的库区综合管理系统。应用能力主要包括设备自动化控制、数据智能化采集、天车的智能远程控制、天车抓取、倒运、装车出库等自动作业。

(4) 智能铁水调度

适用于钢铁企业铁水运输的场景，综合利用 5G、人工智能、数字孪生、高精度控制等技术，基于智慧铁水运输系统实现生产现场运输状态、动作、路线等实时监控、远程控制与智能调度，可实现无人化铁水运输。通过重载机车高精度无人驾驶控制技术，实现车载移动感知、道口固定感知、全天候条件感知、全类别障碍物精准识别，保障无人化作业安全；可实现铁水智能分配、高炉智能配罐、机车智能配载、路径智能选择等功能，提高铁水运输调度计划的精确性，提升铁水运输管理效率，构建与生产实际相对应的虚拟模型（机车、罐车、轨道、高炉等），对调度数据进行预演，验证正确性。

(5) 一键炼焦

焦炉车辆无人操作智能化系统指各车辆通过无线通讯装置，接收地面协调系统发送的作业指令，依托自动定位系统精准定位于目标炉号，并向远程集控系统反馈机构位置等状态信息，通过远程集控系统和各车控制系统的协同合作，完成推焦、拦焦、捣固、装煤、熄焦任务，实现焦炉各车辆无人值守全自动运行，并具备数据记录、故障诊断、操作提示等功能。

各车视频监控信号通过 5G 网络方式实现远距离传送，确保控制信号与视频信号互不干扰，实现对焦炉成套设备的远程操控，并通过网络实时诊断、机构运行冗余检测等功能，实现成套设备远程集控的安全可靠性。

场景二：智能工厂类

智慧工厂类主要包括全流程质量管理、智能废钢判级、冷热轧钢板质量监测、皮带跑偏检测自动纠偏、智能安防管理等应用场景，通过引入 AI 技术以及数据的智能化应用实现数据融合，提升管理效率，提高质量水平。本次重点介绍全流程智慧能源管理、全流程质量管理、安环大数据、设备预测性维护四款场景应用。

(1) 智慧能源管理

对生产过程中涉及的水、电、气等各种能源的消耗进行集中监控，实现从能源数据采集、过程控制，到能耗分析的全过程管理。系统根据生产计划确定能源计划，再按照能源计划控制生产过程的能耗，同时，对能源实绩进行管理，开放能源数据进行统计、分析，进而为能源优化及节能降耗提供数据依据。应用能力主要包括能源配置管理、能源实绩平衡分析、能源监控系统、能源优化调度等。

(2) 全流程质量管理

适用于钢铁企业铁前、炼钢、轧钢全流程质量管理，搭建钢铁全流程大数据平台，实现物料跟踪、数据时空转化，在此基础上瞄准质量痛点，构建质量过程监控、过程判定、数据溯源、质量分析、质量预测、质量协同等六大质量管控功能，通过应用 AI 算法和表达式引擎实现过程判定智能化，解决目前重复质量缺陷、低级质量失误、工艺人员大量时间用在数据处理和重复性质量分析等共性问题，提高质量水平、效益、效率，实现质量风险评估，实现质量数据多维整合追溯设备健康管理指标跟踪。

(3) 安环大数据

安环大数据产品面向企业安全、环保部门，基于企业现有基础设施和业务系统，建立集“人、机、环、管”四大场景为一体的应用系统。利用统一标准的数据仓库实现厂区各业务数据统一化、标准化，完成系统数据与 AI 视频分析数据的结合，构建由物到数的管理视图，实现全方位、立体化的厂区综合管控，从大屏穿透到厂区，帮助管理者俯瞰全局。应用能力主要包括重大危险源安全管理、双重预防机制管理、特殊作业许可与作业过程管理、人员在岗管理监测等内容。

(4) 设备预测性维护

设备预测性维护适用于钢铁企业设备维护的场景，结合设备历史运行数据，通过智能传感器监测设备的在线状态，实现企业重点设备、重点部位的多点实时

监测，全天不间断数据呈现。能及时发现设备运行故障，监测设备健康状态，工况实时呈现，从而有效降低设备失修风险，减少非计划停机，降低维护成本，提升管理效率。

场景三：智慧运营类

智慧运营类主要包括采购管理、销售管理、仓储管理、碳云管理、产销一体化等。本次重点介绍碳云管理、数据可视化应用、智联钢铁云平台和 ERP 四款场景应用。

(1) 碳云管理

钢铁碳云平台全面感知钢铁企业化石燃料燃烧，工业生产辅料消耗等碳排放活动数据，通过网络传输至平台，进行数据处理，数据计算，为应用层提供支持，推出 5 大模块 12 大应用，面向政府主管部门提供碳核算、碳结构、碳全景等功能，助力政府实现区域内碳排放的精准管理和科学决策；面向钢铁企业提供碳报告、碳对比、碳账本等功能，助力企业减碳、降碳。

(2) 数据可视化应用

面向工业企业管理部门，整合工业生产制造各系统数据，将信息、技术、设备与生产制造管理需求有机结合，覆盖设备运维监测、综合安防监测、便捷通行监测、能效管理监测、生产管理监测、仓储物流监测等多业务领域，赋能用户业务应用，实现“智能感知-智能预警-智能处置-智能考评”，有效提升跨部门决策和资源协调效率。

(3) 智联钢铁云平台

智联钢铁平台定位中小钢企，打造钢铁数字化辅助生产智造云，逐步沉淀和建立钢铁行业数据共享交换标准、公共数据模型及开放机制，依托平台开放性吸引和承载更广泛的行业伙伴入驻。通过资源整合、能力汇聚，构建“1+2+M+N”智联钢铁平台服务体系，即 1 个统一门户、2 类模型层组件、M 个 PaaS 服务、N 款 SaaS 应用，为钢铁企业数字化转型提供全栈产品和服务能力。

(4) ERP

ERP 是建立在信息技术基础上，以系统化的管理思想整合企业内部资源，对采购、生产、成本、库存、销售、运输进行计划，从而达到最优及最佳资源组合，为企业提供决策运行手段的管理平台，从而达到合理利用企业资源、降低库存、

减少资金占用、增强企业应变能力，使企业管理从经验管理转向科学管理，从而提高企业的经营效益和市场竞争力。应用能力主要包括销售管理、采购管理、库存管理、生产计划管理、生产管理等内容。

6.5 发展趋势分析

未来很长一段时间，我国钢铁工业将仍然存在产能过剩压力大、产业安全保障能力不足、绿色低碳发展水平有待提升、产业集中度偏低等问题。国家先后出台的《国务院关于钢铁行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》《“十四五”原材料工业发展规划》《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》等文件，明确了钢铁行业优化产业结构、发展智能制造、推进绿色低碳、强化产业协同等方面的主要任务，指出了钢铁行业工业互联网发展的方向。

钢铁行业与工业互联网融合创新发展的总体思路，是要围绕生产制造、企业运营及产业协同不同层面以数据驱动实现价值提升的关键需求，将物联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术与钢铁行业设计、生产、管理、服务各环节业务场景深度融合，通过网络、平台、安全系统的建设，全面打通设备资产、生产系统、管理系统和供应链条，形成更强的数据采集、集成管理、建模分析和智能决策能力，支撑实现以数据为核心驱动的新型生产运营方式、资源组织方式、服务模式与商业模式，推动整个行业转型升级与高质量发展。

(1) 发展智能制造

近年来，5G 工业互联网、人工智能等新技术在钢铁行业加速落地，钢铁工业互联网已进入产业生态构建阶段。《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》明确指出，到 2025 年，关键工序数控化率达到 80%左右，生产设备数字化率达到 55%，打造 30 家以上智能工厂的目标，将助推钢铁工业驶入智能化发展的“快车道”。钢铁行业将 5G、物联网、大数据、云计算、人工智能、数字孪生等新技术融入生产制造、企业运营等环节，助力钢铁企业实现设备的远程控制、智能诊断与维护、生产过程智能决策、柔性化制造、大型设备能耗优化等，发挥数字技术对钢铁行业发展的放大、叠加、倍增作用，培育钢铁行业竞争新优势。

(2) 优化产业结构优化

钢铁行业中低端领域产能严重过剩，高端领域则严重缺位，造成消化不了的

消化不了，依赖进口的依赖进口。因此钢铁产业通过产业重组，实现产业升级，达到产业优化就势在必行。借助信息化建设的“软硬兼施”（指软件、硬件的实施应用），企业可实现并购重组后的跨地域、多基地经营管理的协同应用，包括销售及物流管控、财务管理、采购供应链、工程项目管理、人力资源管理、协同办公、科技管理、需求管理与综合销售计划、电子商务等的一体化管理系统。未来钢铁大集团级企业，将越来越多需要进行跨地域信息化系统整体建设，通过构建企业私有云平台，以云服务模式，打造数字化钢企，实现集团级企业跨地域的一体化管理。

(3) 推进绿色低碳

未来的企业竞争，谁的碳排放低，谁就会有竞争力。虽然我国钢铁的直接出口量不大，但间接出口总量十分庞大，包括家电、汽车、集装箱等，国际工业产品绿色供应链市场倒逼钢铁行业开展减碳行动。钢铁工业是高载能行业，也是给产业下游碳赋能的行业。目前钢铁行业正在充分发挥产业基础大、产业链齐全、市场规模大等优势，加大低碳工艺技术创新和产业化投入。但是，由于碳排放的治理，需要全面评价钢铁企业生产各个环节、各种原料使用以及钢铁生产不同工艺带来的碳排放变化，实施难极大。工业互联网的数据采集、平台以及大数据处理技术均将发挥极大优势，协助钢铁行业进行精准减碳、降碳。

(4) 政产学研用协调发展

当前钢铁行业面临新形势、新机遇、新挑战，未来需要完善产学研用协同创新体系，加大科技创新研发投入强度，增强自主创新能力。越来越多的地方政府，出台针对性政策，高效整合高校、科研院所、企业的优势资源，加快建立资源共享、技术协同、利益共赢的产学研深度融合机制。通过构建政府出政策、高校做指导、钢企出场景、企业出技术的协同创新生态体系，产业各方集中资源，攻坚行业共性难题，打造标杆项目，进行行业推广，多方合力推动钢铁行业高端化、智能化、绿色化发展。

7 矿山行业

矿山作为我国重要的传统能源行业，是我国国民经济的重要组成部分，其发

展建设直接关系我国国民经济和社会智能化的进程。我国矿产资源丰富，矿业在我国国民经济中占有重要地位，2018年矿业年产值超过6万亿，占全国GDP比重约7%。人民日常生活中95%的能源,80%的原材料,70%以上的农业生产资料都是由矿业提供的。当前我国主要矿山类型包括煤矿、金属矿、非金属矿、建材矿和化学矿等，根据开采方式不同，又可分为井工开采和露天开采。我国矿山资源主要集中在煤炭和有色金属行业，其中煤炭占我国能源主体地位，煤炭能源生产占比74.2%，消费占比67.1%，每年开采量约在35亿吨，85%来自井下开采。目前全国约有6000余座煤炭矿山，从业人员超过300万人。

7.1 行业政策分析

矿山行业是国民经济建设与社会发展的物质基础。国家对矿山行业极其重视，中央以及地方政府先后出台多项政策，推进矿山行业的升级。

(1) 矿山安全生产政策

国家对矿山生产的安全问题愈加重视，十余年间政策呈现不断收紧之势。我国煤炭资源储存条件复杂，煤矿地质灾害频发，煤矿生产事故发生率及死亡率较高，2022年我国煤炭百万吨死亡率为4.1%，虽然较2015年大幅下降，但仍高于美国、澳大利亚等主要产煤国家。国家对矿山生产安全重视程度提升并陆续出台多项政策，近年来，多项政策规范矿山生产并落实主体责任，驱动矿山管理者不断重视生产安全性。2020年7月煤矿安监局印发《关于落实煤矿企业安全生产主体责任的指导意见》要求以健全“明责知责、履职尽责、失职追责”的安全生产责任运行机制为主线，切实解决一些煤矿企业对所属煤矿安全生产管理不作为、少作为、乱作为问题；2022年2月国家矿山安全监察局印发《关于加强非煤矿山安全生产工作的指导意见》指出要严格安全生产源头管控，严格安全生产基本条件，推进矿山安全转型升级，强化安全监管监察；2022年11月财政部、应急部联合发布《企业安全生产费用提取和使用管理办法》规定煤炭生产企业依据开采的原煤产量按月提取，制定各类煤矿原煤单位产量安全费用提取标准，将煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出矿井提取标准由吨煤30元提至吨煤50元，明确冲击地压矿井吨煤50元、水文地质类型极复杂矿井、开采容易自燃煤层矿井吨煤30元。

(2) 智慧矿山相关政策

从 2016-2022 年，国家对智慧矿山的重视程度逐步加强，并给出相应的指导意见与建议，智慧化矿山的种类也从煤矿逐步延伸到非煤类矿山。尤其 2020 年 3 月，为推动智能化技术与煤炭产业融合发展、提升煤矿智能化水平，国家发展改革委、国家能源局、应急部、国家煤矿安监局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部研究制定了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》。其中，提出三个阶段性目标：

- 2021 年：建成多种类型、不同模式的智能化示范煤矿，初步形成主要环节的信息化传输、自动化运行技术体系，基本实现掘进工作面减人提效、综采工作面内少人或无人操作、井下和露天煤矿固定岗位的无人值守与远程监控。
- 2025 年：大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成技术规范与标准体系，实现主要系统的智能化决策和自动化协同运行，井下重点岗位机器人作业，露天煤矿实现智能连续作业和无人化运输。
- 2035 年：各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。

自上而下，由点及面，各地政府提出更加全面的智能化推进要求。“十四五”期间，我国主要省份纷纷响应国家政策，奠定“十四五”期间煤矿智能化建设总基调，内蒙古、河南、湖南、山西、山东、新疆、贵州、宁夏等均提出了煤炭行业智能化发展的目标或规划。其中，以山西省最为突出，山西作为全国产煤第一省份，自身的产煤速度和前景规划也走在全国前列，于 2020 年 2 月发布了《关于山西省智能煤矿和智能综采工作面建设试点的通知》，试点名单将山西焦煤岚县正利煤业有限责任公司、同煤大唐塔山煤矿有限公司等 10 座煤矿作为山西省智能煤矿建设试点。又于 2022 年 1 月发布《山西省煤矿智能化建设指导手册》，规定到 2022 年，山西将建成 20 座智能化煤矿、500 处智能化采掘工作面；将同步推进煤矿 5G 场景应用，同时推动煤矿开展硐室无人值守、皮带集中控制等，目标是减人提效。

7.2 行业现状及痛点

矿产资源是各行业发展及人们生产生活中的重要能源，各领域对矿产品的需求量逐渐增大，企业为了满足新时期发展的基本需求不断扩大生产规模。然而随

之而出的安全生产问题也层出不穷，让不同的矿企面对更大的市场发展压力和挑战。当前矿山行业主要存在以下挑战：

(1) 高危险，生产安全形势严峻

矿山生产中塌方、滑坡、顶板塌陷、瓦斯超标、透水等安全事故易发，2022年，全国矿山共发生事故367起、死亡518人，同比分别下降3.4%和2.4%。其中，煤矿事故168起、死亡245人，非煤矿山事故199起、死亡273人。一方面给人民生命财产造成严重损失，社会影响恶劣；另一方面，矿企面临停工整顿风险，安全标准不达标的矿山会直接关停，造成高达数亿元的经济损失。

(2) 一线人员易患多种职业病

井工煤矿工作面存在大量煤尘、噪声、高湿等危害因素，易造成尘肺、肺结核、滑囊炎等多种职业病。例在一些煤层薄、工作面低、机械化程度不高的矿区，煤矿井下工人滑囊炎的患病率可高达14%。

(3) 用工难，从业人员断层严重

矿山一线矿工以70名、60名为主，年轻人不愿从事枯燥又充满危险的矿山工作，从业人员老龄化、基础劳工及高质量人才流失是行业共性难题，根据第四次全国经济普查结果，2018年矿山开采和洗选业从业人员比2013年下降43.2%，解决关键环节的用人问题是引导企业智能化的重要手段。。

(4) 网络受限，信息共享度低

原有井下信息化基础设施难以实现移动生产设备控制，其导致事故发生率达90%，且无法满足大规模设备接入，实现信息共享，严重影响生产效率。

(5) 投入高，生产效率低

矿山多重视生产装备的投入，但在管理装备上投入较少，导致生产装备得不到有效利用，影响生产效率，所以需要采用智能化手段，对装备进行精细化管理。

(6) 系统多，运维复杂

矿山生产设备技术壁垒高，各生产环节隔离性强，系统涉及传感器、数据采集等多方功能，行业内的供应商呈现“广而散”的特点，矿企客户的矿用信息基础设施普遍存在四大痛点：

- 缺少行业标准，企业各个信息系统之间互联互通难度大、成本高，系统升级和演进困难；

- 设备接口不同，各种生产设备接口不统一，七国八制，严重影响了数据价值释放；
- 数据孤岛问题，现存各系统“烟囱式”林立，不仅各系统独立部署维护成本高，还严重制约数据的流通与协同应用；
- 安全问题突出，装备操作系统的产业安全问题也是一大挑战，煤矿信息系统的网络安全亟待提升。

(7) 污染严重，环保压力大

采矿作业通常会对环境造成一定的影响，如水、土地和空气污染等。近年来，政府对环保问题的重视程度逐渐提高，对矿山企业的环保要求也越来越高。矿山企业必须采取措施减少污染，提高资源利用率，推动绿色矿山的发展。

(8) 5G 与智慧矿山应用场景的深度融合不足

5G 智慧煤矿经过前期的探索和实践取得了很多宝贵经验，但目前 5G 在煤矿安全生产中的应用场景较为单一，主要集中在视频类业务，借助 5G 大带宽特性实现监控视频高清图像的采集与回传，而在低时延、高可靠性业务领域还在探索阶段，例如井下综采面的无人/远程操控、井下无人驾驶等应用大部分止步于试点验证，未能大规模应用于煤矿生产日常工作中。

(9) 5G 煤矿安全生产的终端/设备匮乏

目前市场上矿用 5G 终端/设备，没有针对煤矿井下安全生产特殊需求进行研发的专用设备/终端，而仅将地面 5G 产品防爆改造，且种类较少。各种生产设备接口不统一，协议适配工作进展缓慢，IT 应用与 OT 设备制式多样，跨系统集成复杂度高，IT 与 OT 难融合，生产数据上不来或者没有统一格式，海量 OT 设备数据不能通过 IT 手段进行分析与建模，严重影响数据价值发挥，难以满足煤矿智能化建设的需求。

7.3 行业工业互联网转型路径

数字化转型和工业互联网已经成为全球矿山企业的发展趋势。随着智能化、自动化技术的不断发展，越来越多的企业开始将数字化技术应用于其生产和管理过程中。5G 智慧矿山将 5G、人工智能、工业互联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发技术进行深度融合，形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统，实现矿山开采、采掘（剥）、

运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等全过程的智能化运行。新建煤矿及生产煤矿应根据矿井建设基础，制定科学合理的煤矿智能化建设与升级改造方案，明确智能化煤矿建设的总体架构、技术路径、主要任务与目标。

在数字化转型和工业互联网的应用过程中，矿山企业可以采用以下几个方面的发展路径和方法：

(1) 建立数字化基础设施是数字化转型和工业互联网应用的前提

矿山企业需要建立全面的数字化基础设施，包括数据中心、云计算平台、物联网传感器等。数字化基础设施的建设需要考虑矿山企业的具体情况和需求，采用定制化的方式进行设计和实施。

(2) 实现生产过程智能化是数字化转型和工业互联网应用的核心

矿山企业需要将生产设备、传感器等联网，实现对生产过程的实时监测和管理。同时，矿山企业还需要采用人工智能技术对生产数据进行分析 and 处理，实现生产过程的优化和调整。

(3) 推进数字化运营管理是实现数字化转型和工业互联网应用的关键

矿山企业需要建立数字化的生产流程和数据中心，对矿山生产过程进行全面的数据采集、处理和分析。通过数字化运营管理，矿山企业可以实现生产计划的优化和调整，降低生产成本，提高生产效率和质量。

(4) 加强安全生产保障是数字化转型和工业互联网应用的重要内容

矿山企业需要在数字化转型和工业互联网应用过程中加强安全管理和监测，通过工业互联网平台对矿山各个环节进行实时监测，及时发现并处理安全隐患。此外，数字化技术还可以提高矿山生产过程的可靠性和安全性，降低事故发生的概率和影响。

总之，数字化转型和工业互联网应用是矿山企业发展的必经之路。矿山企业应加强数字化意识，掌握数字化技术，建立数字化人才队伍，加强信息共享和协同工作机制，与数字化技术提供商和工业互联网平台提供商等建立合作关系，共同推进数字化转型和工业互联网应用的实施，实现矿山企业的高质量发展。

7.4 典型应用场景

场景一：智能综采工作面

智能综采工作面包括 5G+大视频及时上传、采煤机无线远程控制、5G+液压

支架自动找直等应用场景，通过智能远程控制提高了煤矿生产效率，改变了煤矿生产方式，远程控制有效避免了高噪音和煤尘对人体的伤害，让煤矿工人变成了“智慧白领”，让危险矿山变成了“安全靠山”。

(1) 5G+大视频及时上传

在生产作业环境中，工作面 70 路 4K 摄像头，带宽需求大约 420M。通过调整 5G 的子帧配比保证上行带宽，满足工作面的带宽需求，时延可控制在 50ms 以内，并保证了上传视频的清晰度，为后续的 AI 分析提供了保障。利用 5G 网络的上行带宽优势，将拍摄视频快速回传后台拼接服务器，在调度室大屏实时展示拼接结果，打造看的全、看的准、看懂的远程全景工作面。

(2) 采煤机无线远程控制

采煤机在工作过程中需要不断的移动，使用 5G 控制代替传统有线网络控制，减少了设备的非计划停机，且延时可控制在 20ms 以内。在采煤机电控箱上安装 5G 智能网关，下发控制信号，回传传感器信号和惯导信号，实现采煤机远程控制。

(3) 5G+液压支架自动找直

传统技术中，液压支架上的传感器仅有 4-5 个，且不灵敏、易损坏。工业以太网不能有效传输且控制不灵敏，日常生产必须由人工进行调直。为解决上述问题，将原本的液压支架上的 4 个有线传感器改为 30 余个低功耗的无线传感器，利用 5G 的特性，将数据传输到边缘运算中心，通过数字孪生计算实际误差，调整液压支架的位置、姿态等，实现液压支架自动找直技术。技术升级后支架工人数由 5 人减少至 1 人，采煤机行走速度从 3m/min 提升到 9m/min，降低了安全隐患，提升采煤产量，提升企业效益。

场景二：智能掘进工作面

智能掘进工作面主要包括位姿监测、掘进机自动纠偏、自动移位、智能截割、智能化安全管控平台等应用场景，掘进工作面人员的作业方式由现场操作转为远程控制，从而能够在少人、甚至无人的操作下，完成高效、安全的掘进作业。

(1) 基于激光雷达的位姿监测、自动纠偏

传统掘进过程中，当掘进机工作过程位置发生偏移时，需要工作人员寻找中心线，人工纠偏，不仅操作繁琐，纠正速度慢，而且会加大施工量，一个步距需

要 40-60 分钟才能完成，施工效率极低；并且工作环境恶劣，存在着较大的安全隐患。本项目中将激光扫描仪安装于掘进机中心轴线上，基准标识牌中心线和激光扫描仪处于掘进机中心轴线，当掘进机机尾发生向左或向右的水平偏移时，扫描仪的激光线束相对基准牌宽度发生了角度变化，因此，可以获得掘进机机身水平偏角，从而利用 5G 网对掘进机进行远程调整，一个步距需要 15 分钟就能完成。掘进机同时配备 AI 驾驶大脑，可以实现掘进机的左右移动。

(2) 自动移位

掘进机在作业过程中需要不断调整状态来适应井下环境的变化。例如掘进机在遇到煤层和岩石时需要提速或者降速来避免掘进设备的损坏，市面上掘进机移位仍需要人工操作，5G 的出现带来了创新性的突破，实现了掘进机的自动移位，通过 5G 网络加持，可完成对掘进机低时延、高可靠的控制，真正实现无人值守、自动掘进，减少三角煤处理时间 30-60 分，极大提高了作业效率。

(3) 远程智能截割

传统截割无法改变截割臂的长度，因此仅能截割出弧形巷道。5G 的最大变革是感知到外界物理世界的变化并实时响应。通过感知地质信息和掘进机的工程信息，利用远程 AI 算法，智能控制截割臂的长度和旋转角度进行掘进，截割出符合煤矿掘进规程要求的规整断面；能够自动记忆截割轨迹、存储截割路径，助力 5G 与煤矿装备工艺的深度融合；同时减少了在截割完成后的人工操作，进一步消除了安全隐患。

(4) 智能化安全管控平台

智能化安全管控平台包括三维 GIS 基础平台、煤矿大数据中心、安全监控综合分析、视频智能联动、应急广播、掘进数字孪生等系统。以数字孪生技术为支撑，通过构建工作面全参数模型，实现了掘进工作面全场景的三维仿真表达与掘进工作面地质三维模型动态更新；实现掘进工作面掘、锚、支、运、通、探等成套设备的实时状态监测及工况监测。

场景三：智能主运

(1) 5G+皮带监测系统

通过人工智能图像识别技术，实时准确抓取皮带表面的损伤，并通过自动定位技术实现每个损伤的位置跟踪和定位，提供多条皮带多损伤整体运行的状态展

示，而且能够控制皮带动力系统将损伤位置自动停机至指定的检修区。

场景四：矿山资源勘探

资源勘探是矿山生产的前期工作，主要是通过对地质、地球物理、化学等方面的研究，确定矿床的储量、品位、产出率等参数。矿山工业互联网可以在资源勘探中发挥重要作用。

(1) 地质勘探数据采集和分析

通过物联网技术，将传感器、摄像头等设备安装在矿区内，实现对地质数据的实时采集和传输。采集到的数据包括矿区内的温度、湿度、压力、地质构造等信息，通过互联网技术，将这些数据上传到云端进行分析和处理。利用人工智能技术，对数据进行分析 and 挖掘，预测地质构造、矿床的分布等信息，提高勘探效率和精度。

(2) 地质信息共享和协同

矿山工业互联网可以通过互联网技术，实现地质信息的共享和协同。不同矿山之间可以共享地质勘探数据、地质图像、地质文献等信息，通过共同研究和分析，提高矿床勘探的准确性和效率。

(3) 地质信息可视化

通过虚拟现实技术，将地质数据、地质图像等信息转化为三维图像，实现对地质结构的可视化展示。通过可视化技术，可以更加直观地观察地质构造和矿床分布，提高勘探效率和准确性。

场景五：供应链管理优化

(1) 物流管理优化

矿山企业是一个物流需求非常巨大的产业，因此，物流管理的优化对于矿山企业的发展至关重要。矿山工业互联网技术的应用可以帮助矿山企业实现物流全流程的数字化管理，从而提高物流效率，降低物流成本。具体来说，矿山企业可以通过矿山工业互联网技术实现货物追踪、运输路线优化、运输时间预估等功能，从而实现物流管理的全面数字化。此外，矿山企业还可以通过互联网技术实现运输安全监测、运输成本计算等功能，进一步提高物流管理的效率。

(2) 供应链协同优化

矿山企业的供应链管理协同是企业发展的重要支撑。利用互联网技术，企业

可以将所有供应链参与方进行数字化管理，实现信息透明、协同作业，从而提高供应链的响应速度和准确度，减少废品率和库存压力。具体来说，矿山企业可以通过技术实现供应商、生产商、分销商等所有供应链参与方的数字化管理，实现供应链各个环节的实时监测和优化，从而提高供应链的协同效率和精度。

(3) 采购管理优化

矿山企业的采购是企业成本控制的重要环节，通过矿山工业互联网技术的应用，可以对采购全流程进行数字化管理，包括采购需求申请、询价比价、合同管理等，从而实现采购成本的可控和降低。矿山企业可以通过矿山工业互联网技术实现采购过程的全面数字化管理，实现采购流程各个环节的自动化处理，从而提高采购效率，降低采购成本。

(4) 资源调配优化

矿山企业需要通过合理的资源调配来降低生产成本，提高生产效率。利用矿山工业互联网技术，可以实现资源的实时监测和分配，从而减少资源的浪费和减少生产中断的情况。具体来说，矿山企业可以通过矿山工业互联网技术实现生产设备和物流设施的实时监测和调配，实现资源的最优利用和生产效率的提高。

(5) 供应商管理优化

矿山企业的供应商是企业发展的重要支撑，通过矿山工业互联网技术的应用，可以实现对供应商的全面管理，包括供应商信息的录入、审核、评价等。具体来说，矿山企业可以通过矿山工业互联网技术实现供应商信息的数字化管理，包括供应商的基本信息、业务范围、产品质量、交付期等信息的实时监测和管理，从而降低采购风险，提高采购效率。

(6) 库存管理优化

矿山企业需要对库存进行科学管理，通过矿山工业互联网技术的应用，可以实现库存管理的数字化管理，包括库存实时监测、库存预测、库存调配等。具体来说，矿山企业可以通过矿山工业互联网技术实现库存的全面数字化管理，实时监测库存的数量、质量、位置等信息，预测库存的变化趋势，从而实现库存的最优化管理。

场景六：能源消耗监测和优化

在矿山工业生产过程中，能源消耗是矿山企业的一项重要成本，如何监测和

优化能源消耗，是矿山企业实现高效节能的关键。矿山工业互联网技术的应用可以帮助矿山企业实现能源消耗的实时监测和优化，具体包括以下应用：

(1) 节能减排

矿山通常是远离城市和电网的地方，因此使用发电机组自产电，这会导致能源使用效率低下和排放问题。对此，可以通过使用节能型的发电机组、合理规划和使用能源等手段，以更高效的方式管理供电系统，降低能耗和减少碳排放。同时，矿山的挖掘设备通常需要大量的能源才能运转。可采用在设备上安装能源回收的技术，回收并再利用挖掘设备的制动能量等方式来提高能源利用效率。并且仍需要定期检查和维护设备，保持设备的良好状态，并根据设备运行情况进行优化、调整和升级，以保证能源的合理使用和减少不必要的排放。

(2) 能源效率评估

矿山企业可以通过能源效率评估来确定哪些领域存在能源浪费。通过能源效率评估，企业可以了解哪些流程、哪些设备是能源消耗的瓶颈，并制定相应的优化方案，从而提高整个生产流程的能源效率。

(3) 设备维护和优化

通过使用传感器和监测设备来监测设备的工作状态，矿山企业可以实现对设备的及时维护和优化。例如，通过监测设备的运行数据，可以判断设备是否存在故障，并及时维修或更换故障设备。同时，通过数据分析，可以优化设备的运行模式和调整工作参数，从而降低能源消耗和提高设备效率。

(4) 能源管理系统

矿山企业可以建立能源管理系统，将各个领域的能源数据整合在一起，从而实现了对能源消耗的综合监测和管理。通过能源管理系统，可以对能源消耗进行细化分析，找到消耗的瓶颈，并提出相应的优化建议，从而降低能源成本。

场景七：矿山综合管控

(1) 矿山智能综合管控平台

通过矿山智能综合管控平台的建设，为矿山构建统一的数据服务接口、信息采集标准、数据格式、通信协议，实现数据的统一集中管理，建立矿山多源异构信息数据共享平台，能够汇聚矿山内部各种数据资产，包括应用、服务和相关集成，支持数据共享，具备提供数字化资产运营的分析能力，通过综合信息化展示

平台提升矿山各系统的综合感知能力、融合交互能力，实时全面掌握矿山整体生产、运营管理的现状，满足矿山智能化全面感知、自主决策和敏捷响应的需求。

7.5 发展趋势分析

从人工开采到遥控掘进，再到如今的智能化矿山，信息通信技术的发展让千行百业发生巨变，原本传统的矿山行业快速步入科技时代。国家“十四五”规划纲要草案中关于“全面提高公共安全保障能力”中着重提出要加强矿山深部开采与重大灾害防治等领域先进技术装备创新应用，推进危险岗位由无人化机械设备替代，提高安全生产水平。随着5G网络商用全面展开，物联网、云计算、大数据、人工智能等技术以5G网络为基础赋能矿山建设，**煤炭智慧化建设趋势从数字化换人、自动化少人，向智能化无人趋势快速发展。**

(1) 产业结构调整

随着经济的发展，矿山行业的产业结构也将发生重大变化。未来，矿山行业将逐渐走向高端化、智能化、绿色化和服务化的方向。这需要加强对产业链上下游的协同，提高产业链整体效益和竞争力。同时，矿山企业应当积极寻求新的发展机遇，推进技术创新和转型升级，推动矿业产业的高质量发展。

(2) 节能减排和绿色低碳

节能减排和绿色低碳是未来矿山行业发展的重要方向。在这一方面，矿山企业需要重视环境保护和资源节约，提高资源利用效率，减少能源消耗和废弃物排放。同时，推进绿色矿业发展，注重生态保护和环境治理，努力实现经济效益和环境效益的双赢。

(3) 工艺水平改进和新兴技术应用

工艺水平改进和新兴技术应用是推动矿山行业转型升级的关键。当前，矿山企业正面临着技术更新换代的压力，必须积极采用新技术、新工艺，提高开采、加工和运输等环节的效率和品质。特别是在数字化、智能化、自动化等方面，矿山行业将迎来重大突破和变革，这将为企业带来更多的机遇和挑战。

(4) 产业链协同

产业链协同是矿山行业发展的重要保障。当前，矿山企业应当加强与上下游企业的合作和交流，构建起更加紧密的产业链合作机制。同时，推进“矿业+”模式的发展，积极拓展产业链的延伸和拓展，以提高企业的整体效益和市场竞争

力。

(5) 产业数字化重点方向

矿山行业的产业数字化重点方向包括但不限于以下几个方面：

- 基本实现掘进工作面减人提效、综采工作面内少人或无人操作、井下和露天煤矿固定岗位的无人值守与远程监控；
- 基于 5G 技术商用步伐加快，5G 技术应用于矿山行业，应用于煤矿井下工作面，使井下、井上实现无缝对接，助力于无人采矿设备的运行，从而实现无人矿山；
- 基于 5G+物联网技术的基础，实现矿山“人、机、环、管”数据智能化精准采集、网络化传输、规范化集成；
- 建立统一的集成管控平台，实现生产全过程一体化智能控制、经营全流程一体化协同管理；
- 基于统一 GIS 平台、统一空间数据库存储的“一张图”管理模式，实现多矿井、多专业的协同集中管理；
- 基于建立大数据分析架构的矿山海量数据处理平台，实现安全生产业务系统各种指标的量化分析，对未来的安全生产形势进行预判和决策；
- 基于数字孪生建立矿山三维可视化模型，对矿山设备进行可视化监控，便于技术人员和专家为矿山提供更好的远程服务，对采集到数据进行智能分析，优化矿山运营，保证矿山生产高效、安全地进行。

8 汽车制造行业

汽车制造行业是我国经济的支柱性产业，经济规模大，2022 年汽车制造业完成营业收入 92899.9 亿元，同比增长 6.8% 优于整体，占规模以上工业企业营业收入总额比重为 6.7%；同时汽车产业链长，涉及范围广，对汽车上下游如钢铁、石油、机械制造、金融等行业发展起到带动作用；汽车产业的发展通常以材料研究及基础工业制造为依托，因此汽车产业通常被看作是国家制造业和科技整体水平的象征。目前我国已成为全球最大的汽车生产国和销售国，2022 年我国产销分别为 2702.1 万辆和 2686.4 万辆，同比增长 3.4% 和 2.1%。未来在双碳政策与

市场的双轮驱动下，汽车产业发展核心将由燃油车向新能源汽车发生转变，由此产生的合规成本、新型技术引入及全新的营销体系建立将为行业重塑带来新的发展契机。

8.1 行业政策分析

近年来，在面向双碳及高端智能制造数字化转型的大背景下，政府出台了一系列相关政策支持汽车产业整体工业化数字转型、推动汽车产业链补强，强化新能源汽车产业竞争优势。

在汽车产业数字转型方面，由国务院印发的《制造强国 2025》计划中：明确提出要推进智能制造、建设工业互联网平台等方面，加快汽车工业数字化转型。在此基础上，2022 年 9 月财政部等三部委联合发布《关于延续新能源汽车免征车辆购置税政策的公告》，延长新能源汽车免征购置税期限至 2023 年 12 月 31 日，同时各地政府也通过税收减免、补贴等政策鼓励企业加快数字化转型和工业互联网应用，提高汽车行业的竞争力。

在推动汽车产业链补强方面，在 2021 年 12 月 28 日，工业和信息化部等八部门联合印发了《“十四五”智能制造发展规划》，要求汽车行业中支持智能制造应用水平高、核心竞争优势突出、资源配置能力强的龙头企业建设供应链协同平台，打造数据互联互通、信息可信交互、生产深度协同、资源柔性配置的供应链。

在强化新能源汽车竞争优势方面，2020 年 11 月国务院印发的《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》，要求到 2025 年纯电动乘用车新车平均电耗降至 12.0 千瓦时/百公里，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20% 左右，高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用。到 2035 年，纯电动汽车成为新销售车辆的主流，公共领域用车全面电动化，燃料电池汽车实现商业化应用，高度自动驾驶汽车实现规模化应用，有效促进节能减排水平和社会运行效率的提升。同时《规划》要求新能源汽车产业提高技术创新能力推动电动化与网联化、智能化技术互融协同发展；构建新型产业生态；构建新型产业生态，以生态主导型企业为龙头，推动形成互融共生、分工合作、利益共享的新型产业生态；推动新能源汽车与能源、交通、信息通信全面深度融合，促进能源消费结

构优化、交通体系和城市智能化水平提升；完善基础设施体系，加快推动充换电、加氢等基础设施建设，提升互联互通水平；深化开放合作，积极参与国际竞争，不断提高国际竞争能力。

在政策以及市场的双轮驱动作用下，汽车行业整体发展正在向电动化、网联化、智能化、共享化不断迈进。在政策及市场为汽车行业数字化转型提供了良好的环境和机遇的同时，也逐步提升了我国汽车产业整体的科技实力及创新水平。

8.2 行业现状及痛点

(1) 市场空间

自 2010 年以来，中国汽车产业整体产销量呈现连续增长态势，连续多年蝉联产销量全球第一。2017 年，我国汽车产量为 2901.54 万辆，同比增长 3.19%，销量为 2887.9 万辆，同比增长 3.0%，均达到近年最高值。2018 年以来，一方面由于购置税优惠政策全面退出造成的影响，另一方面受宏观经济增速回落、中美贸易摩擦以及消费信心等因素的影响，我国汽车产销量开始逐年下降。中国汽车销量由 2017 年 2894.14 万辆下降至 2020 年 2531.1 万辆。2021 年中国汽车产销量分别达到 2608.2 万辆 和 2627.5 万辆，比 2020 年分别增长 3.4%和 3.8%，结束了自 2018 年以来连续三年下降局面。长期来看中国汽车市场的发展潜力依然巨大。按国际通行标准衡量，世界发达国家汽车千人保有量达到 500 台以上，人均 GDP 一万美元的国家如墨西哥、巴西、俄罗斯、马来西亚等国，其 2018 年汽车千人保有量在 300-400 台，而同期中国只有 170 台，未来中国汽车行业发展空间仍然巨大。



图 13 2016-2023 年我国汽车产销量

2022 年是我国新能源汽车飞速发展的一年，电动汽车产量达 705 万辆，销量达到 688 万辆，相较 2021 年产销量分别提升 198.87%和 195.60%；电动汽车市场逐渐打开，产、销量的市场份额逐步提升，约占市场整体份额的 25%，电动汽车将成为我国未来汽车产业发展的主要趋势。

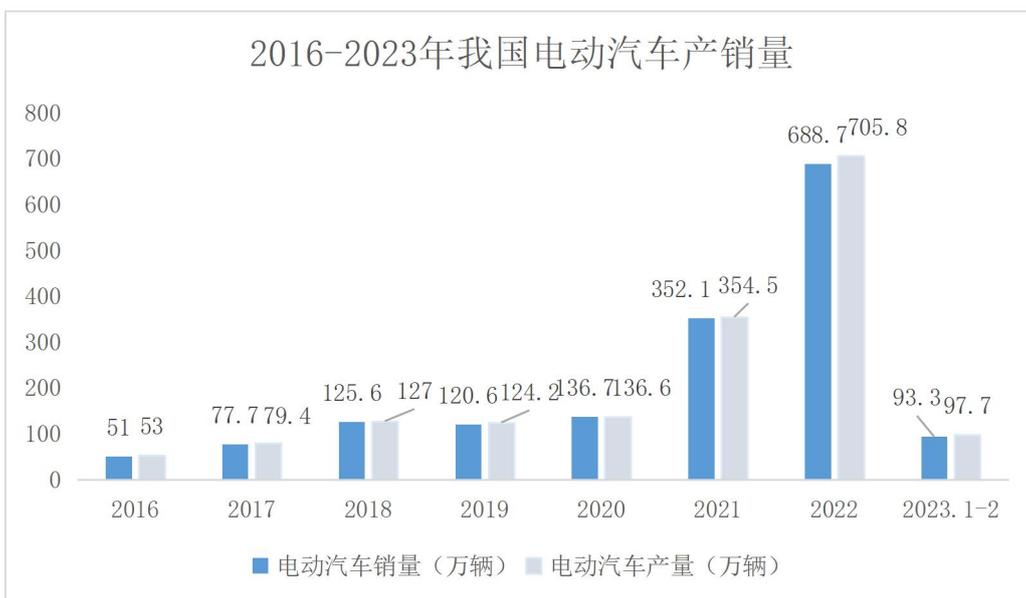


图 14 2016-2023 年我国电动汽车产销量

(2) 产业分布

目前中国汽车工业的集群化效应初步显现，根本形成了以东北、京津冀、中

部、西南、长三角和珠三角为代表的六大汽车产业集群。其中长三角地区以上汽为中心，主要包括上汽大众及上汽通用，近年来快速发展并引入特斯拉、蔚来汽车、理想汽车等主要新能源车企；珠三角地区为中国汽车产量最多的省份主要车企包括广汽以及比亚迪；中部地区以湖北为主，主要车企为东风；西南地区主要以川渝地区为主，主要车企为长安汽车；京津冀地区主要车企为北汽、一汽以及长城汽车；东北作为中国汽车工业的发源地，主要车企为一汽以及华晨宝马。同时，中国还有一些地区也正在逐步形成汽车产业集群，具有很强的竞争潜力。

(3) 产业链

汽车产业链主要有五大部分组成，主要包括汽车整车制造业，汽车零部件制造业，零部件制造相关工业，汽车服务贸易业和汽车产业支撑体系。其中汽车整车制造业主要包括冲压、焊装、涂装、总装的四大工艺；汽车零部件制造业可分为较多种类，一般来说，轿车零部件总数会超过 1 万个占整车成本的 70%-80%，同时汽车零部件可按照材质、用途、性质及模块化供应进行不断维度的细分；汽车相关产业主要涉及基础工业包括钢铁、冶金、仪器仪表等十多个产业部门。在整个产业链中，汽车整车制造业为产业链核心，其上游为汽车零部件制造相关产业以及基础工业，向下则可延伸至销售、金融、维修等服务行业。从利润构成角度观察产业链，服务约占整体利润的 60%，而整车制造及零部件制造各占利润的 20%。同时汽车产业作为一个成熟产业体系，在相应产业链每一个环节上都具备完善的支撑体系，如认证检测体系、试验研究开发体系、法律标准体系等。

(4) 工艺流程

汽车制造行业的工艺流程可以分为冲压、焊装、涂装及总装等四大关键工艺。

冲压：冲压是将金属板材成型的过程。在这个过程中，使用冲床将金属板材弯曲、冲孔、成型，以制造出汽车的各种零部件，如车门、车顶、引擎盖等。

焊装：焊接是将汽车的各个零部件焊接在一起，形成整车的过程。这个过程通常涉及到点焊、MIG 焊、TIG 焊等不同的焊接技术。

涂装：涂装是将汽车的外表面涂上漆的过程。汽车的涂装可以提供保护、美化和标识等功能。在这个过程中，首先需要进行喷涂底漆，然后进行喷涂色漆和清漆，最后进行烘干和抛光，以形成光滑、均匀的漆面。

总装：总装是将汽车的各个零部件组装在一起，形成整车的过程。这个过程

通常包括安装发动机、传动系统、底盘、车身、内饰等组件。在总装过程中，需要使用机器和手动装配工具，以确保汽车的安全和可靠性。

(5) 行业痛点

● 基于订单的柔性制造（C2M）带来的新型数字基础设施升级压力

当前新一代信息技术在车企生产、经营过程中发挥了重要作用，以特斯拉为代表的国外龙头企业基于“**IOT 物联网+开发平台+应用**”的三层架构，已经实现了真正意义上的 C2M 模式。

无论是柔性化生产，还是孪生工厂中的高精度实时仿真模拟、虚拟现实技术支持下的新时代体验式营销等都需要新型基础设施支撑。我国要在这新一轮的国际竞争中保持领先地位，亟需加速新型信息技术与新能源汽车产业的融合，构建高效融通的新型数字基础设施，并打造自主可控的智能化协同制造运营平台，全面打通安全、质量、交付、成本、人员、设备、环境等全业务板块，整合产业数据和资源，集聚上下游产业链企业，构建安全、高效、协同、智能的新能源汽车产业链。

● 由技术升级、环保、供应链、用户群变化带来的车企成本压力：

在技术层面，自动驾驶、智能化等方向的推广都需要厂商高额投入，技术研发成本高昂，对财务实力要求较高；在环保方面，不少国家制定了严格的汽车排放标准，使得厂商需要花费更多的成本来满足这些标准；在供应链方面，车企供应链庞杂，任何一环出现问题都可能造成生产中断或成本上升，同时上游原材料等成本上涨也会挤压车企的利润空间；在用户群变化方面，年轻用户对汽车消费的理解和需求与老一代存在很大差异，车企需要调整产品策略以适配需求变化。

● 由于软件定义汽车（SDC）的出现带来的流程优化和设施升级、安全性测试、数据安全、质量控制、法规和政策限制等问题：

在流程优化和设施升级方面，为适应 SDC 的制造需求。车企可能使用更多的自动化设备和机器人以及更先进的工艺设备；在安全性测试方面，SDC 需要进行更多的安全性测试，以确保软件和硬件的可靠性。这将带来更频繁的自动化测试和模拟器测试以及更全面的测试环境；在数据安全层面，SDC 中需要处理大量的敏感数据，为保证数据安全和隐私，需要增加更多的保密和数据管理措施。这也需要更多的人力和资源；在质量控制方面，SDC 制造过程涉及大量软件和

硬件部分，因此需要更加严格的质量控制来保证每个部分的性能都符合要求。这就需要企业拥有更高的技术水平、更严谨的流程并且引入更灵活的自动化质量控制方法。在法规和政策限制方面，SDC 制造面临的重要问题是检验、认证和标准化的缺失。此外，不同国家和地区之间的法规和政策不统一，这可能导致制造商需要在不同的市场遵循不同的规定和标准。

- **汽车制造企业数据资产在使用过程中面临的数据采集和整合、数据质量、数据安全、数据使用效率等方面的问题：**

汽车制造企业具有大量的数据资产，包括生产数据、销售数据、客户数据、供应链数据等，在此基础上由于企业内部和外部的多个系统不能畅通地共享数据，因此在数据采集和整合层面，要整合这些数据需要花费大量的时间和人力物力，而且整合准确性难以保证；在数据质量方面，由于汽车制造企业拥有数以亿计的客户和供应商，每个客户和供应商提供的数据质量存在差异，质量无法保证，这可能导致企业在数据分析过程中出现误差；在数据安全方面，汽车制造企业所拥有的数据包含了大量的财务、技术、市场和客户信息等敏感数据，因此数据安全性是一件非常重要的事情。企业需要采取一系列的措施来确保数据不被盗取或泄露。在数据分析效率方面，由于不同的数据格式，数据量庞大，以及数据采集和整合的难度，导致数据分析的效率较低。企业需要采取一系列的方法来提高数据分析的效率，如使用先进的数据分析软件或工具，建立数据分析团队等。

8.3 行业工业互联网转型路径

(1) 网络技术演进路线

当前，汽车制造工厂网络主要分为“IT 网络”和“OT 网络”两类，其中：IT 为信息网络，主要用于工厂日常管理和生产管理，重点关注现场设备的敏捷互联，以及制造现场与管理系统间的高质量通信。OT 为操作网络，主要用于连接、协作等生产制造过程，重点关注实时性、确定性、安全性、可用性。随着信息技术的快速发展，IT 与 OT 融合是技术发展的必然趋势。现有基于现场总线、工业以太网等技术的控制网络将难以满足新需求，而 5G 具备大带宽、低时延、广连接的特性，可以提供 10-20Gbps 峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力，将全面实现人、机、物的全面互联。

未来，在工业场景中伴随网络资源瓶颈、算力孤岛、协议兼容、网络安全等 IT、CT、OT 融合发展面临的问题将催生具备更高可靠、低时延、低抖动的 IT/OT 融合网络；满足工业场景需求，实现对算力资源的高效调配管理的计算能力；为工业和软件应用建立云网边端协同机制；工业安全可控的安全保障等相应能力的工业算力网络，他也将成为未来工业网络的最终演进形态。

(2) 基础平台演进路线

聚焦工业制造领域，未来将形成场景化模型与平台体系，包括工业大连接底座平台和工业大数据底座平台。同时，为进一步解决数据孤岛问题贯穿汽车制造和供应链的所有流程，赋能汽车制造领域，同时未来在工业大连接底座平台和工业大数据底座平台将基于微服务治理、云原生、湖仓一体等技术理念，结合领域驱动设计方法，支撑上层行业和领域应用的建设。同时，为进一步提升工业的柔性制造水平，平台还应平台包含实现制造智能连接分析控制研究，业务应用微服务解耦编排底座研究，离散制造柔性信息解析研究，制造虚拟产线智能分析研究，面向离散制造业的柔性生产管控系统技术和应用研究。

(3) 业务能力演进路线

在业务能力方面，未来将通过抽象、梳理、整合可复用的功能和场景，将其提炼为可被业务单元引用的基础能力并下沉，构建业务能力组件，实现业务能力的复用与共享。例如在智能制造业务中使用人工智能（AI）作为能力组件可以进行数据分析和模型预测，通过识别潜在的瓶颈和提高制造效率，优化生产过程；利用 AI 技术和物联网（IoT）对各种生产设备和传感器的监测和控制，可以提高生产线的稳定性和生产效率，促进生产智能化；利用 AI 技术进行数据的分析和学习，可以预测次品率和生产效率，推动提升质量控制。

(4) 数据能力演进路线

基于数据使用场景，建立涵盖数据的采治管存用各环节的数据标准，达成数据不同源但可透明、可自由的流动，沉淀数据资产，并提供数据服务。例如在供应链数字化管理方面，可以利用互联网技术优化供应链的各个环节，并通过大数据分析和人工智能算法进行供应链优化和预测，帮助企业实现物料采购、生产计划等方面的智能化管理；在数据安全方面，可以采取多种安全措施，如数据加密、数据备份等，防止数据泄露和损坏；在数据资产全生命周期管理方面，在数据资

产创建、存储、使用到最终处置或归档的过程中叠加数据的建模、描述、管理、维护和监控等一系列的活动，从而保证数据安全性和数据价值的最大化。

8.4 典型应用场景

(1) 工业算网新型基础设施

面向汽车整车制造，构建工业算网新型基础设施，研发工业算网大脑，超边缘计算机，研究面向新能源汽车的算网 SLA 及应用感知体系，构建“端-超边-边-中心”4级协同系统架构，打通数据孤岛，实现对中心云、边缘云、超边缘计算节点、端节点等分布式异构算力资源的一体化接入、协同调度、编排及管理，为新能源汽车制造现场提供就近计算、按需调度、实时控制等能力，实现工厂全要素连接。

(2) 智能化协同制造运营平台

解耦重构传统燃油车汽车“烟囱”制造模式，促使新能源汽车制造底座平台化、应用服务化、服务生态化、生态开放化，支持快速建设和调整应用系统，更敏捷的支撑新能源汽车制造业务转型，满足顾客需求多样化，新能源汽车商业模式由以前的计划到订单的模式转变为 C2M 的模式，汽车产品个性化提升（更多的个性化配置，过程中可更改的配置），客户体验提升（生产过程客户可视、可参与、工业旅游）等全新的要求。

建设面向新能源汽车的智能化协同制造运营平台，基于大数据、物联网、人工智能、云原生等技术，构建新型工业数字化底座，包括模块化、组件化、服务化业务中台，新型 IOT 平台及物模型，新能源汽车大数据系统及模型，贯穿全业务流程的云原生微服务系统，覆盖全业务流程的人工智能系统及模型算法。基于智能化协同制造运营平台，开发从订单、制造运营、物流、供应链等相关应用，包括虚拟工厂、供应链控制塔、社交即制造、质量系统、排产系统、订单系统、物流系统、制造执行系统等。

(3) 设备数据采集

汽车生产现场设备数据采集基本利用传统的工业以太网采集设备温度、状态等，目前使用的工业以太网方式组网分三个层次，第一层为工控机组成的上位机监控站，第二层为由集线器、双绞线和收发器等组成的工业以太网，第三层为控

制站，选择 TCP/IP 作为通讯协议，并采用 C/S 模式使控制站和监控站实现面向连接的通讯。这三层组网方式都是采用有线网络组网，传输距离长，速度快等特点，但汽车生产中的 PLC 等串口设备无法直接通讯，需配以相关设备实现通讯，使用上增加了成本，此外现有有线线缆时间久老化、网络走线复杂带来的安全隐患以及维护操作困难等问题。汽车行业设备复杂且个性化程度高，数据不具备一致性，大部分系统未上云，数据孤岛现象严重，不利于未来大数据建模、生产设备预测性维护、大规模的数据共享。

5G 汽车设备数据采集场景一般包括全面采集设备运行参数、海量数据实施传输、设备全生命周期管理和预测性维护。通过 5G 获取重点设备运行和状态数据，实现设备在线健康监测、预测性维护及故障诊断。

(4) 线边物流和智慧仓储

汽车制造企业涉及物件和供货商类型多，其厂区智能物流场景主要包括线边物流和智慧仓储。

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，实现物料定时定点定量配送。过去由于受通信技术限制，通常仓库到线边仓采用有线网络连接，物流物品通过 wifi 连接，因此存在扩容需要改造光缆线路布放困难，线路老化维护困难等缺点。但随着通信 5G 新技术的出现，利用 5G 网络的低延时、大连接等特性很好解决线边物流的网络连接。边线通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备可以实现厂区内自动驾驶车辆（AGV）、自动移动机器人（AMR）、叉车、机械臂和无人仓视觉系统的 5G 网络接入，部署智能物流调度系统，结合 5G MEC+超宽带（UWB）室内高精定位技术，可以实现物流终端控制、商品入库存储、搬运、分拣等作业全流程自动化、智能化。线边物流是系统性工程，如何根据生产节拍进行线边物料的规划设计，改善物流作业流程；如何运用信息化、数字化技术优化物料包装器具以及线边仓规划升级，无人化柔性搬运解决方案等等问题已经成为汽车制造企业线边物流升级中重要关注的方面。

智能仓储是指通过物联网、云计算和机电一体化等技术降低仓储成本、提升仓储管理能力。在汽车制造企业厂区内部署基于 5G 网络的扫码枪、工业相机或网络视频录像机（NVR）等信息采集终端，将拍摄的条码数据、高清图像或视

频等信息实时上传至云平台。利用光学字符识别（OCR）等人工智能技术自动识别货物标识、外观、尺寸、品相等信息，实现全厂货物的实时盘点和管理。云平台与厂区业务系统实时交互，实现按需码放货物、品质定级、实时分拣等功能的自动化和智能化，助力企业提升产品全生命周期的管理能力。传统智能立体仓库包含仓储控制系统软件（WCS）、仓库管理系统（WMS），仓储信息需回传计算机控制管理软件分析处理。但由于 4G 网络的传输速率过慢及时延较高，传统仓储管理无法做到及时盘库和自动补货。

移动机器人、AGV 在线边物流方面应用非常广泛，利用他们可实现物流资源的配送和分拣等自动化过程，同时对 AGV 的移动精准控制、群控协作、智能调度有较高要求，利用 5G 低时延、高可靠特性，移动控制将更精准、数据回传更流畅。在智慧仓储方面，通过全厂区或园区实现 5G 网络覆盖，实现采集设备具备 5G 网络接入能力。

(5) 机器人间协同控制

在汽车制造焊装生产等环节，存在多台机器人协同作业的情况，如协同涂胶、协同搬运、协同焊接等。机器人协同工作主要通过 PLC 控制系统进行。由 PLC 统一协同并下发指令给各机械臂控制器开展作业工作。为确保协同作业而不产生碰撞和操作失误，对协同通信网络延时和可靠性要求较高。由于现有技术发展限制，传统厂房的制造设备之间通信通常是以有线工业以太网连接，存在布线复杂，运营维护和线缆老化更换困难等问题，同时设备之间的移动性和协调性受到有线通信限制。利用 5G 授时定位、人工智能、网络虚拟化等技术，不仅解决布线维护问题，也提高网络响应速度，实现设备间实时协同作业和调度。

(6) XR 设备远程维护

汽车制造企业远程运维指导服务通过在全虚拟场景中，叠加远端专家指导形成端云协同，使端侧获得实时操作指导，提升运维服务的效率和质量。现有汽车制造行业设备维护主要依靠人工维护，涉及到难度大的技术问题，通常采用电话或专家到现场指导维护，消耗大量时间和人工成本，同时也影响到企业的生产。企业利用 5G 网络接入能力、AR、VR、MR 等技术，实现异地专家跨地域就诊，不仅可以实时指导操作人员维护设备，而且可以通过 VR 直接远程操控机器人进行设备维护。

(7) 能耗监控

汽车制造企业的生产工程能耗监控由于受技术发展的限制，通常采用有线以太网+WiFi 方式来解决终端与系统的连接，但由于 WiFi 特性制约终端的连接数和稳定性，此外有线连接由于受物理环境的制约无法随时根据业务发展布放光缆线路，同时由于时间原因光缆线路老化，更换与维护困难，成本高等缺点。但随着 5G 新技术的出现，很好解决目前的汽车制造企业的生产工程能耗的监控连接问题。通过 5G 低延时和多联接等特点，内置 5G 模块的仪器仪表，实时采集企业用电、水、燃气等各类能源消耗数据，实现大规模终端的海量数据秒级采集和能效状态实时监控。辅助汽车企业降低生产能耗。结合人工智能等算法分析，可对企业用能需求进行预测，智能制定节能计划，进一步挖掘节能潜力空间。通过对用能设备进行监控告警、远程调度等操作，配合产线排程调整和设备参数设置，实现节能减排、削峰填谷。因此需要对汽车制造业生产现场实现 5G 网络覆盖，现场仪器仪表可进行 5G 采集模块改造，监测设备具备 5G 网络接入能力。

(8) 机器视觉质检

在汽车制造生产车间，产品的质量检测仍处于人工肉眼处理的阶段，面临着效率低下，且存在缺陷难回溯、缺陷检测率受人员状态影响等明显问题。利用 5G+工业相机，通过内嵌 5G 模组或部署 5G 网关等设备，实现工业相机或激光扫描仪的 5G 网络接入，实时拍摄产品质量的高清图像，并进行 AI 图像识别分析，实现产品缺陷实时检测和质量溯源。

(9) 设备预测维护

设备预测维护主要是对设备使用状态进行监控，对各零部件老化程度计算，及时更换零部件，防止生产意外的情况发生。汽车企业生产现场的工业设备、摄像头、传感器等接入 5G 网络，实时传输设备的运行状态至云平台，实现工业生产设备性能和状态的实时监控，构建设备历史监测数据库。基于工业数字底座的物联网、大数据、AI 等新技术，通过故障预测机理建立模型对监测数据进行分析，评估设备健康状态，预判设备运行趋势，智能制定设备维护保养计划，实现设备安全预测与生产辅助决策，有效降低设备维护成本，延长设备使用寿命，确保生产过程连续、安全、高效。

(10) 远程设备操控

现有的汽车制造工业远程设备操控往往是通过互联网 VPN 方式或有线专线方式进行远程连接控制设备，此方式制约着连接设备的活动性，特别对移动性的设备远程操作很难于实现，此外，有线连接还存在着线缆老化等维护困难特点，增加维护困难和成本的增加等缺点。随着 5G 网络技术的普及，利用 5G 新技术可以的低延时、多连接等特性很好解决固定性或移动性设备的远程连接控制问题。综合利用 5G、自动控制、边缘计算等技术，建设或升级设备操控系统，通过在工业设备、摄像头、传感器等数据采集终端上内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备，实现汽车工业设备与各类数据采集终端的网络化，设备操控员可以通过 5G 网络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实时精准操控，有效保证控制指令快速、准确、可靠执行，工程技术人员在生产基地远程即可服务遍及全国各地的工业设备。

(11) 工艺信息交互

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，全方位监测汽车企业生产原料、半成品和成品的各项指标，实时跟踪工作区域工人手工、操作设备的流程步骤，监测投料和配料数量，通过 5G 网络将采集的指标、操作信息等同步传送至边缘云平台。边缘云平台利用人工智能、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现象，实现工艺检测自动告警。目前用于车间的信息终端大部分都是基于有线网络的 PC 机或工控机组成的终端，其造价高，重量大，可操作性差，不方便移动和携带，制约着车间信息化技术的推广和应用。生产现场通过实现 5G 网络覆盖，按照汽车企业提供的质检标准、工艺操作合规标准和标准流程，实现工艺信息准确追溯，提高生产效率。

8.5 发展趋势分析

汽车行业未来发展趋势可以概括为“新四化”，即新能源化是基础，网联化是条件，智能化是关键，共享化是社会发展的目标。新技术与新四化的深度融合，将加速推动汽车产业变革发展。

(1) 新能源化

随着环保意识的不断提高和能源环境的紧张，新能源汽车逐渐成为了发展的

方向，包括电动汽车、混合动力汽车、氢燃料动力汽车等，未来将逐步取代传统燃油汽车，成为主流的出行方式。新能源动力系统领域，在传统燃油车向新阶段转变的过程中，整车及零部件企业将研发重点转向新能源车领域，以纯燃料电池动力、混合动力发动机为代表的新能源汽车发动机潜力巨大。随着动力电池技术、汽车轻量化设计、快速充电网络等硬件和技术的不断进步和完善，新燃料汽车将得到极大的普及。

(2) 网联化

随着人工智能、物联网、云计算等技术的发展，汽车可以通过网络连接实现与其他车与人、车与车、车与环境的三个波次的不断演进，另外，通过交通设施、云端平台等之间的智能交互和数据共享，均推动了汽车网联化。车联网布局，以车内网、车际网和车载移动互联网为基础，按照约定的通信协议和数据交互标准，在车与车、路、行人及互联网之间，进行无线通讯和信息交换的大系统网络，以实现智能动态信息服务、车辆智能化控制和智能交通管理等。

(3) 智能化

随着计算机、互联网、人工智能等技术的飞速发展，以及消费者追求车辆的驾驶体验和舒适性，通过自动驾驶、自动泊车等新功能的需求，进一步减少驾驶员的劳动强度的需要，均为汽车智能化提供了技术基础和内在需求的推动力。智能化还可分为制造智能化、驾驶智能化以及能源智能化三部分，其中制造智能化（智能制造与工业互联网）主要代表汽车制造研发、生产、销售、服务管理等过程中的智能化；驾驶智能化（自动驾驶与车辆互联网）是指无人驾驶或者驾驶辅助子系统汽车智能化技术；能源智能化（智慧能源与能源互联网）主要为推进智能技术在新能源汽车领域的应用。

(4) 共享化

由于车辆利用率低、车辆购买、保养、维修、停车等费用较高、公共道路资源有限等等原因，拥堵、车位需求等，促使许多城市和政府均积极推动汽车共享化。汽车共享与移动出行，传统整车企业由汽车制造商向出行服务商转型，最为典型的是汽车租赁和出行服务两个领域。在互联网、大数据、云计算等新技术催动下，共享汽车衍生了顺风车、网约车、分时租赁、P2P 租车等多种业务模式。

由此可见，未来汽车行业的发展趋势是多方面的，需要汽车制造企业加强技术研发和与其他企业的合作，以满足消费者的需求并推动整个行业的发展。

9 结束语

近年来，在政策红利与市场推动的双重作用下，我国工业互联网发展已经从破土萌芽的起步发展期进入规模发展的新阶段，正驱动工业数字化转型进一步走深拓广。下一步，工业互联网将向着应用场景更加丰富、应用环节更加深入、赋能行业更加广泛的方向发展，将持续为垂直行业赋能、赋智、赋值。这不仅需要最大化的利用政策和市场红利，还需要政、产、学、研、用各主体的协同发力，在核心技术攻关、数字基础设施升级和共建产业生态等方面取得突破，为新型工业化、建设制造强国提供强劲动力，推动信息化和工业化在更广范围、更深程度、更高水平上的融合发展。

缩略语列表

序号	缩略语	英文名称	中文释义
1	AAU	Active Antenna Unit	有源天线单元
2	AGV	Automated Guided Vehicle	自动导向车
3	AI	Artificial Intelligence	人工智能
4	AMR	Autonomous Mobile Robot	自主移动机器人
5	API	Application Programming Interface	应用编程接口
6	APS	Advanced Planning and Scheduling	高级计划与排程
7	B2C	Business-to-Customer	企业对客户
8	C2B	Customer to Business	客户对企业
9	CNC	Computer Numerical Control	计算机数控
10	CPE	Customer Premise Equipment	客户场所设备
11	CR	Concentration Ratio	行业集中度
12	CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理
13	ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
14	GIS	Geographic Information System	地理信息系统
15	HSE	Health, Safety and Environment	安全、环境与健康
16	IOT	Internet of Thing	物联网
17	LCM	Liquid Crystal Display Module	液晶显示器
18	MEC	Mobile Edge Computing	移动边缘计算
19	MES	Manufacturing Execution System	生产执行管理系统
20	MIG	Melt Inert-gas welding	使用熔化电极
21	MVC	Model View Controller	模型-视图-控制器
22	NFV	Network Functions Virtualization	网络功能虚拟化
23	NVR	Network Video Recorder	网络视频录像机
24	OCR	Optical Character Recognition	光学字符识别
25	OEE	Overall Equipment Effectiveness	整体设备效能

26	OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
27	ONU	Optical Network Unit	光网络单元
28	PaaS	Platform as a Service	平台即服务
29	PCBA	Printed Circuit Board Assembly	印刷电路板组件
30	PIMS	Packaging Information Management System	生产信息管理系统
31	PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
32	PLM	Product Lifecycle Management	产品生命周期管理
33	PON	Passive Optical Network	无源光纤网络
34	PX	P-Xylene	对二甲苯
35	RGV	Rail Guided Vehicles	有轨制导车辆
36	SaaS	Software as a Service	软件即服务
37	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制系统
38	SDC	Software define car	软件定义汽车
39	SDN	Software Defined Network	软件定义网络
40	SMT	Surface Mounted Technology	表面组装技术
41	SRM	Supplier Relationship Management	供应商关系管理
42	TIG	Tungsten Inert Gas Welding	钨极气体保护电弧焊
43	TSN	Time-Sensitive Network	时间敏感网络
44	UWB	Ultra Wide Band	超宽带
45	WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统