



TD 产业联盟

Telecommunication Development
Industry Alliance

专题研究系列

5G+工业互联网

产业发展白皮书

(2022)



北京电信技术发展产业协会

(TD 产业联盟)

2022 年 10 月

目 录

一、5G+工业互联网概述	1
(一) 5G 概述	1
(二) 工业互联网概述	2
(三) 5G+工业互联网概述	3
1. 终端层	4
2. 网络层	5
3. 平台层	5
4. 应用层	6
(四) 应用必要性和优势	7
1. 5G 网络是工业互联网创新发展的关键使能技术	7
2. 工业互联网是 5G 标准演进和应用落地的重要场景	8
3. 5G+工业互联网将加速中国新型工业化进程	8
二、我国 5G+工业互联网产业发展情况	10
(一) 网络基础更加坚实	10
1. 5G 网络建设快速推进	10
2. 5G 组网模式基本形成	11
(二) 政策环境持续向好	12
1. 国家产业政策更有针对性	12
2. 产业发展目标基本确定	16
3. 地方政策形成特定格局	17
(三) 融合发展恰逢其时	18

1.产业经济发展基础良好	18
2.产业体系建设更加完善	19
3.产业应用主体热情渐长	19
(四) 应用探索走深向实	20
1.融合应用探索不断深化	20
2.部分应用场景已可规模化复制	20
3.标准化工作加速推进	21
4.全连接工厂探索达成初步共识	22
5.先导区建设多点开花	23
(五) 创新生态趋于完善	24
1.关键技术积极布局	24
2.终端模组供给加速	24
3.创新氛围大幅提升	25
三、5G+工业互联网应用场景	26
(一) 研发设计环节	26
1.5G+协同研发	26
2.5G+产线模拟	27
(二) 生产运行环节	30
1.5G+远程操控	30
2. 5G+设备协同	31
3. 5G+精准作业	32
4. 5G+柔性生产	34
5. 5G+辅助装配	35

6. 5G+生产溯源	37
(三) 检测监测环节	38
1.5G+机器视觉质检	38
2.5G+工艺检测	39
3.5G+设备监测	40
4.5G+无人巡检	43
5.5G+生产监测	44
(四) 仓储物流环节	45
1.5G+智能物流	45
2.5G+智能理货	48
(五) 运营管理环节	49
1.5G+能效管控	49
2.5G+企业协同	50
3.5G+虚拟服务	51
四、5G+工业互联网行业赋能	52
(一) 电子设备制造业	52
(二) 装备制造业	53
(三) 钢铁行业	54
(四) 采矿行业	55
(五) 电力行业	56
(六) 石化化工行业	57
(七) 建材行业	58
(八) 港口行业	60

（九）纺织行业.....	61
（十）家电行业.....	62
五、5G+工业互联网应用展望	63
（一）问题与挑战	63
1.工业企业数字化基础和 5G 产业应用支撑能力仍有差距	63
2.5G 网络服务和技术能力尚未完全满足工业应用需求 ..	64
3. 5G+工业互联网融合发展有待进一步创新	65
（二）应用展望.....	66
1. 5G+工业互联网产业进入深耕细作阶段	66
2.5G 全连接工厂将进入规模建设期	67
3.5G+工业互联网融合生态创新再度升级.....	68
参考资料:	69

一、5G+工业互联网概述

（一）5G 概述

5G 作为新一代移动通信技术，具有大容量、高速率、低时延和高移动性等特征，是加速传统产业转型升级、实现数字经济蓬勃发展的主要驱动力，已成为各国战略竞争制高点和未来社会发展、信息化的关键使能技术。5G 将赋能各行各业，助力实现智慧城市、环境监测、智能农业、工业自动化、医疗仪器、无人驾驶、智慧教育等行业的深度融合。

3GPP 定义了 5G 三大场景：增强型移动宽带（eMBB, Enhance Mobile Broadband），能够在人口密集区为用户提供 1Gbps 用户体验速率和 10Gbps 峰值速率，在流量热点区域，可实现每平方公里数十 Tbps 的流量密度。海量物联网通信（mMTC, Massive Machine Type Communication），不仅能够将医疗仪器、家用电器和手持通讯终端等全部连接在一起，还能面向智慧城市、环境监测、智能农业、森林防火等以传感和数据采集为目标的应用场景，并提供具备超千亿网络连接的支持能力。低时延、高可靠通信（uRLLC, ultra Reliable & Low Latency Communication），主要面向智能无人驾驶、工业自动化等需要低时延高可靠连接的业务，能够为用户提供毫秒级的端到端时延和接近 100% 的业务可靠性保证。

全球 5G 产业发展处于应用推广初期阶段。5G 商用网络发展不断加速，全球 5G 商用网络超过 224 张，5G 基站部署量超过 308 万个，5G 用户数超过 9 亿，为 5G 规模应用发展

打造坚实基础。5G 行业应用拓展整体仍处于初期探索期，欧美日韩等国发布若干 5G 融合应用政策，在信息消费市场及垂直行业应用市场积极开展试点示范应用，我国引领全球 5G 融合应用发展并初见成效，在政策布局、行业融合、产业落地等方面都取得重要推进成果，个人用户端应用及行业融合应用发展齐头并进，大多数行业领域已经实现了从“0 到 1”的突破，部分领域实现小规模应用。

（二）工业互联网概述

工业互联网（Industrial Internet）是新一代信息技术与制造业深度融合，以工业企业为主体，以工业互联网平台为载体，连接人、数据、机器，规模化供给智能化服务与产品，推动工业企业向数字化、网络化、智能化转型，是建设现代化经济体系、实现高质量发展和塑造全球产业竞争力的核心载体，是第四次工业革命的关键支撑。

工业互联网的本质和核心是通过工业互联网平台把设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密的连接融合起来，可以帮助制造业拉长产业链，形成跨设备、跨系统、跨厂区、跨地区的互联互通，从而提高效率，推动制造产业实现数字化、网络化和智能化升级。工业互联网体系包括通信基础网络、综合平台及工业互联网安全三大要素，工业通信网络是工业互联网实现互联互通的基础，工业互联网综合平台是服务工业企业多样化需求的核心承载，工业互联网安全是工业企业参与的重要保障。

全球工业互联网产业已进入市场推广期。中美日韩等国家高度重视工业互联网并融入国家发展战略，目前世界大多数国家已完成工业互联网产业基础概念普及，对于工业互联网核心理念、最终目标、发展方向、技术路线等方面达成共识，头部企业形成自己的标杆案例并对行业赋能，部分行业形成工业互联网领域标准化的产品及解决方案，全球迈入工业互联网应用推广阶段。我国工业互联网发展较快，在政策布局、平台建设、企业发展、行业应用等方面取得良好进展，但是整体仍处于发展初期阶段，仍面临制造业企业总体信息化水平不高、工业数据采集不足、通信协议互通性差、工业互联网平台和生态体系仍不成熟、工业互联网标准不完善、商业模式不清晰等问题。

（三）5G+工业互联网概述

“5G+工业互联网”是指通过以 5G 、AI 为代表的新一代信息通信技术，构建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。通过 5G 技术对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了新的实现途径，助力企业实现降本、提质、增效、绿色、安全发展。

5G 技术下的工业互联网体系架构可以分为终端层、网络层、平台层和应用层。得益于 5G 技术带来的大数据分析、低时延和高速率的能力等，让终端层得以实现快速、持续和

全面的信息获取能力，让网络层实现安全可靠和实时的信息传输能力，让平台层实现高效、智能和准确的信息处理能力，让应用层实现多样化和人性化的信息应用能力。



图 1 5G+工业互联网架构

1.终端层

5G+工业互联网终端设备类型较多，各行业主要接入设备也各不相同，总体来说，主要 5G 工业终端类型包括 5G 工业路由器、5G 工业网关、5G 工业传感器、5G DUT 配网终端、5G 工业传感器、5G 摄影机、5G 工控机、5G 工业 AR/VR、5G PLC、5G AGV 小车、5G 无人机和 5G 机器人等。

工业设备的 5G 化改造主要有两种方式：一是采用外接 5G 终端/网关的方式，完成设备的 5G 化改造。5G CPE 适用于现场有移动和旋转摆动设备，有无线连接需求的工业场景，5G 工业网关适用于在工厂边缘侧对于数据有汇聚、处理需

求，作为边缘网关的应用场景；二是使用内置带有 5G 功能的芯片、模组、传感器等的工业设备。伴随着 5G URLLC 技术的发展，5G 模组将提供类似于传统工业模组的功能，工业现场设备（如 IO/变频器/PLC 等）可内置集成 5G URLLC 模组，实现从传统工业模组向 5G 模组平滑过度。

2.网络层

5G+工业互联网网络主要包括工业内网和工业外网。具体包括 OT 网络、IT 网络、5G 公网、5G 专网和标识解析等。5G 作为无线网络技术的一种，在工业生产中可替代多种工业无线网络技术，工业领域中的视频、声音、质量较高的图片、海量的文字数据和时延、可靠性要求较高的指令信息等数据都可以通过 5G 网络传输。5G 对其他工业无线网络技术可替代性分析如表 1 所示。

表 1 5G 与其他工业无线技术比较分析

无线类型	优缺点	应用场景	5G 可替代性
WIFI5	生态丰富，但安全性较差、接入数量有限	物流配送 生产管理办公 部分生产设备	5G 可满足
UWB	定位精度高，但建网成本高	车间智能感知 精准配送	5G 支持高精度定位
ZigBee	低速、低功耗、低成本	各类传感器	5G、NB-IoT 可满足
Bluetooth/BLE	低功耗、可交互	部分短距设备	5G、NB-IoT 可满足
行业私有 2.4G	低功耗	私有协议，有干扰性、兼容性缺点	5G、NB-IoT 可满足

数据来源：工业互联网联盟

3.平台层

5G+工业互联网平台层核心内容包括工业互联网平台系

统、5G 云化基础设施和工业 APP 等。工业互联网平台由数据智能平台、物联网平台和应用使能平台构成。5G 云化部署的对象包含设备功能、生产控制系统、工业软件、企业信息化管理系统及软件等。云化功能的特征有具有远程调用、资源共享、高算力性能等需求的功能，如云化 AGV、云化机器人、云化 PLC、云化 SCADA、云化 MES、云化机器视觉检测平台、云化企业资产管理系统等。工业 APP 类型有能耗优化类 APP、故障诊断类 APP、生产管理类 APP 和智能安防类 APP 等。

4.应用层

2021 年，工业和信息化部发布了“5G+工业互联网”典型应用场景，根据应用环节不同，分为研发设计、生产运行、检测监测、仓储物流和运营管理等关键环节。研发设计环节类包括 5G+协同研发、5G+产线模拟等 2 个应用场景，可提升企业网络协同研发设计及与现场作业交互能力。生产运行类包括 5G+远程操控、5G+设备协同、5G+柔性生产、5G+精准作业、5G+辅助装配、5G+生产溯源等 6 个应用场景，可提升生产运行柔性、敏捷能力。检测监测类包括 5G+机器视觉质检、5G+工艺检测、5G+设备监测、5G+无人巡检、5G+生产监测等 5 个应用场景，可全方位保障生产质量与安全。仓储物流类包括 5G+智能物流、5G+智能理货等 2 个应用场景，提升货物配送效率，保障货物与人身安全。运营管理类包括 5G+能效管控、5G+企业协同、5G+虚拟服务等 3 个应用场

景，促进生产数字化、绿色化，推动产业链上下游贯通。具体场景说明，请参见本报告第三章。

（四）应用必要性和优势

1.5G 网络是工业互联网创新发展的关键使能技术

工业互联网作为第 4 次工业革命的关键支撑，已成为全球产业竞争新焦点。从宏观经济看，根据国际货币基金组织 (IMF) 数据通级，2020 年全球经济增长率预计为 -4.4%，2025 年将下行至 3.5%，其中发达经济体、新兴经济体平均增速将分别下行至 1.7%、4.7%。各国政府将工业互联网作为传统工业改造、未来产业竞争力塑造的共同选择。5G 和工业互联网作为“新基建”领头羊而被我国政府高度重视，也是我国塑造国际竞争新优势的着力点。

ITU 定义的 5G 三大应用场景中的低时延高可靠和海量机器类通信主要面向工业等实体经济行业需求设计，5G 特性能够满足工业互联网连接多样性、性能差异性、通信多样化的需求，以及工业场景下高速率数据采集、远程控制、稳定可靠数据传输、业务连续性等要求，可有效解决工业有线技术移动性差、组网不灵活、特殊环境铺设困难等问题，突破现有工业无线技术在可靠性、连接密度、传输能力等方面的局限，有效满足大规模数据采集和感知、精准操控、远程控制等工业生产需要，不断提升工业互联网网络基础能力，拓展工业互联网融合创新业态，成为工业互联网纵深发展的强大动能。

2. 工业互联网是 5G 标准演进和应用落地的重要场景

5G 技术演进将从个人应用向工业互联网领域延伸，5G 承载工业互联网业务场景的“万物智联”时代正在到来。从技术演进看，移动通信基本以 10 年为周期进行升级换代，5G R15 主要针对增强型移动宽带（eMBB）场景，R16 版本则着重于增强超可靠低延迟通信（uRLLC）场景，推进 5G 在垂直产业上的应用，面向 uRLLC 增强、工业互联网应用方面，可支持 1 微秒同步精度、0.5~1 毫秒空口时延、99.9999% 超高可靠性，能够提供支持工业级时间敏感业务，为 5G 工业自动化控制提供无限可能。R17 将研发重点侧重于大规模机器类通信（mMTC）场景，实现制造、物流等行业中的大规模设备连接，完成 5G 对物联网的支持。

工业互联网是 5G 商用的“主战场”。5G 的真正价值在于支撑实体经济的高质量发展，迫切需要与实体经济融合应用创新，工业互联网为 5G 创造大量应用场景如机器视觉检测、精准远程操控、现场辅助装配等。我国工业产业链相对完整、行业生态多元化、市场空间广阔，传统产业企业亟需加快数字化、网络化、智能化改造进程，将为 5G 提供极为丰富的应用场景，开辟极为广阔的发展空间，支撑 5G 不断发挥商用价值、释放发展红利，向更高质量、更高水平加快迈进。

3. 5G+工业互联网将加速中国新型工业化进程

工业互联网作为实体经济与新兴技术融合的产物，是加

快 5G 商用部署的重要突破口之一，两者相辅相成，推进制造业高质量发展。5G 满足工业应用需求，加速工业创新发展，“5G+工业互联网”将发挥基础性作用。工业互联网涉及物流、采购、仓储、生产、产品和服务等全要素，5G 超大带宽、超低时延等特有优势可以实现海量数据毫秒级传输，确保工业互联网全要素资源的顺畅连接和快速精准控制的高要求。5G 具备感知泛在、连接泛在、智能泛在等优势，相对于其他无线通信协议优势显著，5G 有望成为工业互联网的网络及技术底座。

5G 将与人工智能、大数据、云计算等有机结合并带动相关技术创新和产业发展，“5G+工业互联网”将发挥聚合性作用。随着 5G 技术的发展与应用深化，5G 与各类信息通信技术的聚合创新效应更加显著。5G 加速了通信技术、信息技术、控制技术深度融合，同时将人工智能、物联网、云计算、大数据、边缘计算等新兴技术深度集成，形成云、网、边、端全链条能力，打造以 5G 为中心的泛智能集成设施，进而与区块链、增强现实/虚拟现实、全息影像等技术融合创新，支持各类工业场景和应用。

“5G+工业互联网”强调与工业特有的技术、知识、经验紧密结合，“5G+工业互联网”将发挥融合性作用。我国工业门类众多，企业所处阶段不同，需求差异性大，个性化更为突出，融合应用过程需要由浅入深、循序渐进，由生产监测、远程服务、智慧物流等基础环节向数字化研发、机器视

觉检测、精准设备控制等关键环节延伸，这一过程复杂性高、难度大，需要各相关部门协同配合，充分调动产业各方的积极性和创造性，共同推进融合应用落地。

二、我国 5G+工业互联网产业发展情况

（一）网络基础更加坚实

1.5G 网络建设快速推进

截至 2022 年 9 月，我国 5G 基站总数达 222 万个，占比全球 5G 基站部署量的 71.8%。其中，中国移动 5G 基站数量 120 万个，中国电信、中国联通共建共享 5G 基站超过 102 万个。东、中、西部和东北地区 5G 基站分别达到 106.9 万、47.4 万、53.6 万、14 万个，占本地区移动电话基站总数的比重分别为 23%、20.2%、17.8%、19.8%，东部地区 5G 建设领先，西部和东北地区建设相对缓慢。

5G 用户渗透率逐步提升。截至 2022 年 9 月，我国 5G 移动电话用户达 5.1 亿户，占比全球 5G 用户连接数的 56.7%，已发展成为全球规模最大的 5G 市场。地域分布方面，我国东、中、西部和东北地区 5G 移动电话用户分别达 2.27 亿、1.2 亿、1.31 亿、0.33 亿户，占本地区移动电话用户总数的比重分别为 31.1%、30.7%、29.4%、27.9%。

5G 行业应用加速创新发展。目前，我国 5G 行业应用已经实现了从“0”到“1”的突破。在行业标准方面，我国在已有技术标准的基础上优化标准整体布局，前瞻性地部署一

批 5G 新技术应用标准，包括超高清视频、车联网、工业互联网等领域。在应用范围方面，5G 融合应用已在工业、医疗、教育、交通等多个行业领域发挥赋能效应，覆盖国民经济 40 个大类。在渗透深度方面，在钢铁、电力、矿山、港口、医疗等先导行业领域，部分解决方案已经实现规模复制，应用环节逐渐向核心领域拓展，5G 商业模式也从“不清晰”发展到了“多形式共存”的新业态。5G 应用项目落地方面，三大运营商积极推动 5G 商业化项目落地，取得积极成效，中国移动、中国联通、中国电信已落地商业化 5G 项目分别达到 11000 个、8000 个、9000 个。

2. 5G 组网模式基本形成

我国三大运营商持续升级 5G 专网服务，5G 专网项目数量再创新高。中国移动在原有基础上提出“优享+”、“专享+”、“尊享+”，升级综合服务能力，并推出了多套标准化的行业方案。截至 2022 年 9 月，已累计落地 5G 专网项目 4400 余个，覆盖多个重点行业，已在 260 家智慧矿山、1200 余家 5G 智慧工厂、230 余个智慧电网、89 个港口等项目中得到应用。中国电信通过“5G+边+云+X”打造一体化定制融合服务，提供“致远”、“比邻”、“如翼”三类不同的定制网服务模式，与数百个大型政府企业开展合作，累计落地 5G 专网项目超 3000 个。中国联通提供推出 5G 行业专网产品体系 2.0--5G 专网 PLUS，相对于 1.0 实现了网络跨越、行业跨越和服务跨越三大跨越，截止 2022 年 9 月，中国联通已有 2785 个 5G

行业虚拟专网项目。

（二）政策环境持续向好

1. 国家产业政策更有针对性

近年来，国家以及相关部委相继出台《“5G+工业互联网”512 工程推进方案》《关于推动工业互联网加快发展的通知》《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023 年）》《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》以及《“十四五”信息通信行业发展规划》等一系列政策，支持和推动 5G+工业互联网发展，为更好地促进我国 5G+工业互联网融合发展创造了良好的政策环境。

从政策内容来看，国家政策由引导内容到针对性政策向纵深拓展，“5G+工业互联网”相关政策逐步完善，并正在向垂直行业、重点领域延伸。针对 5G 全连接工厂、5G 矿山等应用发布建设指南。如《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》《有色金属行业智能冶炼工厂建设指南(试行)》《有色金属行业智能加工工厂建设指南（试行）》，引导露天/地下矿山无人驾驶、远程协作、移动装备的互联互通等“5G+工业互联网”融合应用。《5G 全连接工厂指南》提出“十四五”时期，主要面向原材料、装备、消费品、电子等制造业各行业以及采矿、港口、电力等重点行业领域，推动万家企业开展 5G 全连接工厂建设，建成 1000 个分类分级、特色鲜明的工厂，打造 100 个标杆工厂，推动 5G 融合应用纵深发展。

表 2 我国工业互联网政策汇总

时间	发布单位	文件	主要内容
2015.5	国务院	《中国制造 2025》	2015 年政府工作报告中首次提出“工业互联网”《中国制造 2025》提出以推进智能制造为主攻方向，加快新一代信息技术与制造业深度融合
2015.7	国务院	《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	提出研究工业互联网网络架构体系,引导工业互联网等领域基础共性标准、关键技术标准的研制及推广
2016.5	国务院	《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》	提出要进一步深化制造业与互联网融合发展,协同推进“中国制造 2025”和“互联网+”行动，加快制造强国建设
2016.10	工信部	《信息化和工业化融合发展规划(2016-2020 年)》	提出以激发制造业创新活力、发展潜力和转型动力为主线，大力促进信息化和工业化深度融合发展，着力打造支撑制造业转型的创业创新平台，积极培育新产品、新技术、新模式、新业态。
2016.12	工信部、财政部	《智能制造发展规划 (2016-2020 年)》	从六个点和八个专项行动阐述了我国当前智能制造发展现状和形势,以及未来 5 年智能制造重点任务部署、实施的总体布局
2017.11	国务院	《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》	确立了工业互联网的战略发展地位，明确了工业互联网发展的主要任务和路径，明确了要在 5G 研究中开展工业互联网应用的网络技术试验，协同推进 5G 在工业企业的应用部署
2018.6	工信部	《工业互联网发展行动计划（2018-2020 年）》	到 2020 年底，初步建成工业互联网基础设施和产业体系
2018.7	工信部	《工业互联网平台建设及推广指南》和《工	明确了工业互联网平台建设指标和评价方法

		业互联网平台评价方法》	
2019.11	工信部	《“5G+工业互联网”512工程推进方案》	提出打造5个产业公共服务平台，加快内网建设改造覆盖10个重点行业，提炼形成至少20大典型应用场景，培育形成5G与工业互联网融合共进的生态体系
2020.3	工信部	《关于推动5G加快发展的通知》	在丰富5G技术应用场景方面，提出实施“5G+工业互联网”512工程。打造5个产业公共服务平台，构建创新载体和公共服务能力；加快垂直领域“5G+工业互联网”的先导应用，内网建设改造覆盖10个重点行业；打造一批“5G+工业互联网”内网建设改造标杆网络、样板工程，形成至少20大典型工业应用场景。突破一批面向工业互联网特定需求的5G关键技术，显著提升“5G+工业互联网”产业基础支撑能力，促进“5G+工业互联网”融合创新发展
2020.3	工信部	《关于推动工业互联网加快发展的通知》	提出要实施“5G+工业互联网”512工程，总结形成可持续、可复制、可推广的创新模式和发展路径，促进“5G+工业互联网”融合创新发展
2020.7	工信部	《工业互联网专项工作组2020年工作计划》	提出要打造10个标杆网络，推动100个重点行业龙头企业、1000个地方骨干企业开展工业互联网内网改造升级。建成国家工业互联网大数据中心，引导各地建设一批工业互联网大数据分中心
2020.11	中共中央	《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》	系统布局新型基础设施，加快第五代移动通信、工业互联网、大数据中心等建设。

2020.10	工信部	《“工业互联网+安全生产”行动计划（2021-2023年）》	围绕建设新型基础设施、打造新型能力、深化融合应用、构建支撑体系等四个方面提出了重点任务
2021.1	工信部	《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》	要深化“5G+工业互联网”。支持工业企业建设5G全连接工厂，推动5G应用从外围辅助环节向核心生产环节渗透，加快典型场景推广。探索5G专网建设及运营模式，规划5G工业互联网专用频率，开展工业5G专网试点。建设公共服务平台，提供5G网络化改造、应用孵化、测试验证等服务。到2023年，在10个重点行业打造30个5G全连接工厂，打造3~5个具有国际影响力的综合型工业互联网平台，面向垂直细分行业，形成100个左右新模式应用试点示范，形成一批可复制可推广的典型模式和应用场景，实现在200家以上工业企业复制推广
2021.6	工信部	《工业互联网专项工作组2021年工作计划》	明确工业互联网专项工作组2021年工作计划
2021.7	工信部等十部门	《5G应用“扬帆”行动计划（2021-2023年）》	推进5G模组与AR/VR、远程操控设备、机器视觉、AGV等工业终端的深度融合，加快利用5G改造工业内网，打造5G全连接工厂标杆，形成信息技术网络与生产控制网络融合的网络部署模式，推动“5G+工业互联网”服务于生产核心环节。到2023年，大型工业企业的5G应用渗透率超过35%。
2021.11	工信部等四部门	《关于开展2021年度智能制造试点示范行动的通知》	决定在“十四五”开展智能制造试点示范行动
2021.11	工信部	《“十四五”信息通信行业发展规划》	到2025年，基本建成覆盖各地区、各行业的高质量工业互联网网络，打造一批“5G+工业互联网”标杆。持续深化5G+工业互联网融合创新，加快典型应用场景推广。支持基础电信企业与工业企业

			对接合作，利用新型网络技术、先进适用技术改造企业内网，面向重点行业打造企业内网升级改造标杆和 5G 全连接工厂。完善多层次的工业互联网平台体系，培育一批跨行业跨领域的综合型平台，建设面向重点行业的特色型工业互联网平台，支持发展面向特定技术领域的专业型工业互联网平台，加快工业设备和业务系统上云上平台
2022.7	工信部	《5G 全连接工厂指南》	提出“十四五”时期，主要面向原材料、装备、消费品、电子等制造业各行业以及采矿、港口、电力等重点行业领域，推动万家企业开展 5G 全连接工厂建设，建成 1000 个分类分级、特色鲜明的工厂，打造 100 个标杆工厂，推动 5G 融合应用纵深发展。

来源：政府网站，TDIA 整理

2.产业发展目标基本确定

国家政策中明确提出我国 5G+工业互联网未来发展目标，到 2022 年，全国要突破一批面向工业互联网特定需求的 5G 关键技术，“5G+工业互联网”的产业支撑能力显著提升。到 2022 年，打造 5 个产业公共服务平台，遴选 10 个重点行业，形成至少 20 大典型工业应用场景，培育形成 5G 与工业互联网融合叠加、互促共进、倍增发展的创新态势。

到 2023 年，工业互联网新型基础设施建设量质并进，新模式、新业态大范围推广，产业综合实力显著提升。到 2023 年，大型工业企业的 5G 应用渗透率超过 35%，在 10 个重点行业打造 30 个 5G 全连接工厂，打造 3~5 个具有国际影响力的综合型工业互联网平台，面向垂直细分行业，形成 100 个左右新模式应用试点示范，形成一批可复制可推广的典型

模式和应用场景，实现在 200 家以上工业企业复制推广。

到 2025 年，基本建成覆盖各地区、各行业的高质量工业互联网网络，打造一批“5G+工业互联网”标杆。工业互联网标识解析体系更加完善，服务能力大幅提高。建成一批有影响力的工业互联网平台和公共服务平台。到 2025 年，建设一批技术水平高、示范作用显著的智能制造示范工厂，培育若干智能制造先行区，凝练总结一批具有较高技术水平和推广应用价值的智能制造优秀场景，带动突破一批关键技术、装备、软件、标准和解决方案，推动智能制造标准的试点应用，探索形成具有行业区域特色的智能转型升级路径，开展大范围推广应用。到 2025 年，打造 3 个有国际影响力的综合性工业互联网平台，建成 70 个行业特色型平台，工业互联网平台普及率达到 45%；打造 150 个“5G+工业互联网”内网升级改造标杆网络、样板工程，形成至少 20 大典型工业应用场景，在 20 个重点行业打造 5G 全连接工厂，建成 8 个 5G+工业互联网公共服务平台，5G 虚拟专网达到 5000 个。培育形成 5G 与工业互联网融合叠加、互促共进、倍增发展的创新态势，促进制造业数字化、网络化、智能化升级，推动经济高质量发展。

3.地方政策形成特定格局

全国各省市结合自身特点，纷纷发布多个 5G 与工业互联网相关政策文件，加速 5G 产业创新发展的同时，强调 5G+工业互联网融合应用的优先落地。截至 2022 年 9 月，省级

5G 政策总数超过 120 个，国内 5G 政策关注重点逐步转向 5G 规模化应用，河北、湖南、云南、广西等省市相继发布 5G 应用扬帆计划。地方政策作为产业发展的直接动力，促进了地方 5G 与工业互联网建设与发展，推动了“5G+工业互联网”快速发展。

从政策分布来看，全国形成“两区三带多点”格局。长三角地区最为活跃，上海、浙江、江苏、安徽均有针对性政策；粤港澳大湾区城市群较突出，广东、深圳都将 5G 与工业融合应用作为产业规划重点；鲁豫一带、川渝一带、湘鄂一带各有特色，辽宁、福建、山西、宁夏等多省（市、区）结合自身特点出台相关政策。近 20 个地方政策中引导“5G+工业互联网”发展，其中北京、山西、辽宁、江西、湖北、湖南、重庆、四川、宁夏 9 个地区政策文件中明确“5G+工业互联网”专栏政策。北京积极推进设立“北京 5G 工业互联网产业投资基金”，上海统筹 5G 基金、工业互联网基金相关方向对“5G+工业互联网”给予支持。山西、天津、安徽、湖南、广东、重庆等地区利用现有工业互联网、单项冠军、首台（套）重大技术装备、技术改造、智能制造等对政策进行支持、引导，山东、辽宁、江西等地区通过 5G 产业投资基金等进行支持。

（三）融合发展恰逢其时

1. 产业经济发展基础良好

中国互联网发展应用正从消费互联网转向工业互联网，

2018—2020 年是我国工业互联网起步发展期，工信部实施工业互联网创新发展工程，带动总投资近 700 亿元，遴选 4 个国家级工业互联网产业示范基地和 258 个试点示范项目。2020 年我国工业互联网产业经济增加值达到 3.1 万亿元，占 GDP 比重为 2.9%，新增超过 255 万个就业岗位，已建成具有较强行业和区域影响力的工业互联网平台超 70 个，连接工业设备数量达 4000 万台（套），工业互联网网络已覆盖全国 300 个城市，连接 18 万家工业企业。

2. 产业体系建设初步完善

我国已初步建成工业互联网基础设施和产业体系，北京、上海、重庆、青岛、成都、长沙等多个地方政府积极推动工业互联网产业集聚和制造业转型升级，密集谋划和建设工业互联网产业园区。此外，互联网公司、设备厂商、垂直行业和运营商等也竞相布局升级工业互联网平台，加快中小企业“上云”步伐。我国企业数字化转型比例为 25%，中小企业数字化转型空间巨大，在《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023 年）》等政策布局下，工业互联网的智能化进程将迎来加速发展。

3. 产业应用主体热情渐长

随着 5G、工业互联网为代表的新基建加速落地，各大企业对于“5G+工业互联网”的认知度快速提升，数字化转型重要性更加普及，企业对网络化、智能化的投资意愿正在加强，根据工业互联网产业联盟调研数据显示，不考虑成本等

其他因素情况下，产业主体探索网络改造和应用 5G 的意愿较强，超过 80% 的被调查企业对在未来 3-5 年内提升企业信息化水平有过整体规划，信息化升级需求主要围绕新建或升级改造网络、建设工业云平台、建设数据中心等。其中，5G 网络成为有意向计划新建或升级改造网络的首选模式，超过半数企业认为有必要建立企业 5G 专网。

（四）应用探索走深向实

1. 融合应用探索不断深化

“5G+工业互联网”由起步探索迈向深耕细作阶段，从生产外围辅助环节逐步深入生产核心控制环节，已广泛应用于钢铁、机械、能源等 45 个国民经济门类，在建项目超过 3100 个，培育形成远程设备操控、机器视觉质检、生产能效管控等 20 个典型应用场景，面向工业的 5G 芯片、模组、终端日益增多，形成了规模复制推广的良好基础，有力推动了工业转型升级和产业融通发展。

2. 部分应用场景已可规模化复制

我国在 5G 行业融合领域实现了“从 0 到 1”的突破，在工业制造、矿山、港口、全连接工厂等多个应用场景发挥赋能效应。全国 5G 虚拟专网数量达 6518 张，具备商业价值的典型应用场景已覆盖国民经济 97 个大类中的 40 个，应用案例累计超过 2.3 万个。虽然 5G 在行业融合领域项目数量众多，但项目规模和深入度都较弱，大部分以连接为主，需要更深入到生产等核心环节。

在政府和产业界的共同努力下，我国钢铁、采矿、港口等行业已涌现一批可规模复制的应用场景。如在智慧矿山领域，2020 年国家发展改革委等八部门研究制定了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，首次于国家层面对煤矿智能化发展提出了具体目标，以运营商、通信设备商为代表的数字产业领域企业和煤矿产业龙头企业共同推进，在标准制定、示范试点、商用建设、产业生态方面发力，大大推进了 5G+智能化工作面的发展，目前已应用于全国 200 余家矿山，通过打造 5G+智能综采、智能掘进、辅助运输等典型场景，实现矿山生产、管理、调度效益全方位提升，助力矿山实现无人化、自动化、数字化、智能化。我国 89 个港口实现“5G 智慧港口”应用，5G 智能集卡、5G 港机远控、5G 智能理货、集装箱作业集成管理等业务已经在部分港口实现常态化、规模化商用，有效提升作业效率、降低运营成本。

3. 标准化工作加速推进

“5G+工业互联网”技术产业化和标准化的需求主要涵盖融合关键技术、产品、管理及应用等方面，涉及网络、终端、安全、应用等内容，需要不断完善建立统一、综合、开放的“5G+工业互联网”融合标准体系。为指导产业发展，夯实“5G+工业互联网”发展基础，我国编制并发布了《“5G+工业互联网”综合标准化体系建设指南》。于此同时，本着急用先行的原则，工业互联网产业联盟（AII）及中国通信标准化协会（CCSA）在 2020 年 5 月组织了“5G+工业互联网”

标准立项工作，首批面向航空、矿山、港口、高端装备、电网、钢铁、工业园区、水泥等领域的“5G+工业互联网”应用场景、技术要求和技术标准启动研制，截至目前“5G+工业互联网”垂直行业标准编制立项项目超过20个，如《面向矿山领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》、《面向港口领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》、《面向电网领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》、《面向钢铁领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》、《面向高端装备制造领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》、《5G+AGV 协同控制值数字平台通用技术规范》等。

4.全连接工厂探索达成初步共识

5G 全连接工厂是以工业企业为主体，在完善工业企业5G网络覆盖基础上，将5G技术与生产现场、网关和设备集成应用，实现生产要素的全面连接，促进5G与工业互联网的深度融合。2022年，工信部发布《5G全连接工厂指南》，提出“面向原材料、装备、消费品、电子等制造业各行业以及采矿、港口、电力等重点行业领域，推动万家企业开展5G全连接工厂建设，建成1000个分类分级、特色鲜明的工厂，打造100个标杆工厂。与此同时，产业界针对5G全连接工厂的探索不断推进，已达成初步共识。一是强调全连接能力，即网络覆盖无处不在；二是基于5G连接的手段，通过数据采集泛在化、生产柔性化、资源透明可视化和机器云化等措施，提供工厂高价值的连接能力，助力工厂降本增效。通过

5G 全连接工厂建设，一方面加速“5G+工业互联网”典型应用场景应用普及，推动实现 5G 技术在核心生产环节应用场景的创新突破，另一方面消除企业信息孤岛，实现生产运营的统一管理。

5. 先导区建设多点开花

2022 年，“5G+工业互联网”先导区充分发挥示范引领作用，建成一批满足工业应用需求的高质量 5G 网络基础设施，孵化一批具有特色的融合创新应用，打造一批先导性公共服务平台，探索新型建网模式、拓宽融合深度、降低应用成本、保障安全管理，形成一系列具有产业化能力的商业模式，打造一批可复制、可推广的区域性实践方案，构建以融合应用先导区为核心，引领周边辐射全国的特色“5G+工业互联网”创新生态体系。

目前我国江苏、广东、湖北、湖南和四川等省市已开展“5G+工业互联网”先导区建设探索，形成苏州工业园区、江门鹤山工业园、长沙经开区等多个先导区，涉及高端制造、电子信息、生物医药等重点行业。现有先导区建设中，主要有以下几类模式：以政府或管委会牵头的产业集群发展模式、大型企业依托平台产业链开展建设的龙头企业牵引模式、集中优势产业资源倾斜的园中园发展模式和多地区根据自身优势产业资源跨地域协同模式等。

（五）创新生态趋于完善

1. 关键技术积极布局

在产业联盟的协同推动下，中国企业和科研机构加速创新，积极部署“5G+工业互联网”融合网络关键技术专利，取得显著成果。在边缘计算、5G TSN、5G LAN、5G NPN 等领域专利申请数量持续上升。华为、OPPO、中国移动等企业以及北京邮电大学、重庆邮电大学、南京邮电大学、电子科技大学等高校围绕边缘计算的负载均衡、资源分配、网络切换方法以及边云协调、边缘智能等方面提出较多解决方案。与此同时，企业技术创新路线各有侧重，如 5G TSN 专利细分技术方向，华为专利侧重资源管理与调度技术，OPPO 专利侧重资源分配方案。

2. 终端模组供给加速

5G 工业模组方案基本成熟。5G 通信模组开发是将多种芯片器件进行再次封装设计并嵌入多种软件协议，可快速为终端设备提供 5G 通信能力的核心电子元器件。长期以来，5G 通信模组都是制约 5G 在工业互联网领域融合发展的重要因素。5G 通信模组分为通用型和定制型，5G 通用型是指仅满足 5G 标准通信功能的模组，5G 定制功能模组是指在满足标准通信功能的情况下，开发不同的软硬件功能来适用于行业客户的特殊功能，如 5G LAN、5G 精准授时、5G 网络切片、5G V2X 等功能。如今，产业内通用型模组、定制型模组同步发展，初步实现满足不同场景，加速模组提质降本的要

求。芯讯通、移远通信、广和通、鼎桥等模组厂商可提供定制化软硬件在内的一体化 5G 模组解决方案。

5G 工业终端百花齐放。随着“5G+ 工业互联网”示范项目的应用与探索不断加速,5G 工业终端生态更加丰富,5G 工业终端类型累计有 5G 工业路由器、5G 工业网关、5G DUT 配网终端、5G 摄像机、5G 工控机、5G RTU、5G PLC、5G AGV 小车、5G 无人机、5G 机器人、5G 工业 AR/VR 等,其中 5G 工业路由器和 5G 工业网关优先实现商用落地,其次为 5G 摄像机和 5G DTU 配网终端。总体来看,5G 工业终端类型逐渐由单数据传输功能转向为多功能设备,应用方式上也逐渐由借助外部设备间接使用 5G,转向嵌入式设备直接使用 5G,如 5G 摄像头、5G 无人机、5G 机器人等。与此同时,部分功能定制型模组已经开始商用,如 5G 精准授时功能已经部分应用于电网配网终端等。

3.创新氛围大幅提升

一是举办 5G 绽放杯创新应用大赛等多项产业重大活动,围绕“5G+工业互联网”应用场景征集高水平优秀案例,加速垂直领域商业模式成熟,推进了 5G 商业化落地进程;二是产业公共服务平台加速构建,中国移动、中国联通、中国电信、南方电网、海尔等企业在政策支持下积极协作,联合建设技术测试床开展融合技术、标准、设备和解决方案的研发研制、实验验证、评估评测供工作,目前我国“5G+工业互联网”测试床和联盟实验室建设数量已经超过 15 个。

三、5G+工业互联网应用场景

2021 年，工业和信息化部发布了“5G+工业互联网”典型应用场景，根据应用环节不同，包含研发设计、生产运行、检测监测、仓储物流和运营管理等关键环节，各环节典型应用场景归类分析如下：

（一）研发设计环节

1.5G+协同研发

5G+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。远程研发实验是指利用 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。

◇ 典型应用案例

中国商飞与中国联通合作，在上海浦东新区开展了“5G+工业互联网赋能大飞机智能制造”项目建设，搭建了 5 座宏

基站和 150 余套室分小站，实现了协同研发设计与现场辅助装配场景的应用。在协同研发设计方面，商飞基于 5G 网络服务，通过 AR/VR 数据实时上传，支持产品研发实验阶段的跨地区实时在线协同与远程诊断，有效提升了研发设计环节的协同问题定位和快速研发迭代能力，压缩研发实验成本达到 30%。通过 AR/VR 提供的可视化、云化数据共享能力，整合研发资源，借助设计软件实现多地远程协同设计和改装，有效解决研发过程中问题处理节奏慢、跨地域联合研发信息共享不及时的问题，充分提高了企业的研发效率、突破了信息壁垒，缩短了 20% 的设计周期。

2.5G+产线模拟

5G+产线模拟是基于 5G 网络实现生产数据的实时采集，利用数字孪生、人工智能等技术建设虚拟生产单元，模拟、仿真、分析物理生产单元运行过程，实现产能预测、生产优化和精确管控。具体来说，是在生产单元各类设备上设置 5G 模组或部署 5G 网关等，采集海量生产数据、设备数据、环境数据等实时上传至边缘云平台。边缘云平台利用三维(3D)建模技术建设与物理生产单元对应的虚拟生产单元，实现生产制造状态实时透明化、可视化。利用模型仿真、孪生共智等基于数字孪生模型的技术进行分析处理，实现产能预测、过程感知、转产辅助等功能。企业可将实际的生产结果与 5G 虚拟生产单元的预期结果进行比对，根据比对差异对物理生产单元进行优化，实现生产要素、生产工艺、生产活动的实

时精准管控，确保生产稳定高效运行。

◇ 典型应用案例

案例 1: 江西蓝星星火有机硅有限公司与中国电信合作，打造“5G+智能化工”项目，实现了生产单元模拟场景的应用。通过 5G 工业网关、智能手环、高清摄像头等载体对工厂里的人、机、物等多要素进行数据采集和汇聚，形成企业生产数据中心。利用数字孪生技术将生产过程中的各类实时数据和分析数据精准地映射到产线的三维模型，虚拟孪生有机硅化工产线完整地还原了物理产线；通过模拟生产工艺流程和设备生产关键动作，快速呈现生产状态；将采集的数据与三维模型数据进行融合，实现虚拟设备与物理设备的联动控制、静态数据查询和运行状态实时展示。项目投入运行后，星火有机硅生产管理成本降低 20%。

案例 2: 招商港口与中国移动合作，开展了“5G 妈湾智慧港口”项目建设，实现了生产单元模拟场景的应用。通过采集港口集卡、岸桥、场桥、船舶和集装箱等时空数据，搭建码头全要素场景平台和 1:1 数字孪生体，利用 5G 网络实现虚拟世界与物理世界的同步感知、运行规律和物理属性的同步更新。采用数字孪生、北斗定位等技术建立港口生产管理的模拟仿真系统，通过预演未来作业，帮助码头在生产作业开始前对生产计划进行验证和评估；通过对接现场设备定位系统，实时获取、动态展示设备当前位置，对生产设备运行及作业执行情况进行全局把控；通过回放历史作业，分析

和诊断生产作业过程中出现的问题，为算法调优、指令调度提供依据。通过对港口生产进行预演、实操和复盘，实现了妈湾智慧港生产最优化。项目运行后，港口综合作业效率提升 30%以上。

案例 3：雅戈尔服装制造有限公司与中国联通合作，开展了“5G+数字孪生”项目建设，实现了生产单元模拟场景的应用。基于数字孪生技术，在地理信息、物理信息、运行逻辑上 1:1 虚拟还原了雅戈尔西服工厂，通过数采模块对缝纫机实时数据（如缝纫机的启停、速度、故障等）、AGV 状态信息（位置、速度、配送物料等）以及巡检机器人的位置和检测结果等进行采集，利用 5G 网络上传至数字孪生系统。通过系统对生产现场特别是移动设备实时生产运行状态的监测、分析和报警，能够直观、可视化地远程掌握工厂生产、物流、设备等全局信息，解决了传统系统因信息抽象、点状、断点而导致的决策滞后和工厂异常处理不及时等问题，提高了工厂管理层的决策效率及车间层的执行效率，生产效率提升 25%，订单交付周期缩短 10%。

案例 4：杭州老板电器股份有限公司与中国移动合作，开展“老板电器 5G 无人工厂”项目建设，实现了生产单元模拟场景的应用。通过 5G 工业网关实时上传海量生产数据、设备状态数据，实现对厂房内工艺流程和布局的数字化建模，利用 5G 网络实时呈现车间内 12 条产线生产状态和 65 辆 AGV 位置信息。当产量即将低于标准值或影响其他生产环节

时，平台可自动定位异常设备，进行弹窗预警，实现资源协同。通过数字孪生平台，实时掌握物流效率、设备负荷、瓶颈节点等关键信息，有效提升了工厂运作过程中生产效率和自动化水平。

（二）生产运行环节

1.5G+远程操控

5G+远程操控是指设备操控员根据生产现场视频画面及各类数据，远程实时对现场工业设备进行精准操控。具体来说，是综合利用 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。

◇ 典型应用案例

案例 1：华菱湘钢与中国移动合作，在湖南省依托 5G 技术实现天车、加渣机械臂的远程设备操控场景的应用。天车的操控通常需要两人协同操作，作业效率低，工作环境差。通过天车远程操控，利用 5G 超大上行与下载速率，为操作员提供第一视角的高清视频，操作人员可在远程操控室实时操控天车卸车、吊运装槽、配合检修等作业，保障远程操控 14 的精准度和实时性，两人协同变为一操控一台或多台

天车。另外，加渣机械臂和控制系统可以通过 5G 网络互通，利用 5G 手机远程一键启动，自动运行，降低工人在高温锅炉旁作业风险，提升作业安全性。疫情期间通过 5G+AR 远程辅助的应用，助力完成 90%生产线装配，车间生产总效率提升 20%。

2. 5G+设备协同

5G+设备协同是指综合利用 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（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。

✧ 典型应用案例

案例 1：三一重工与中国电信、华为合作，在北京市三一南口产业园开展了 5G 工业互联专网项目建设，5G 技术与机械制造生产工艺流程深度结合，实现了设备协同作业场景的应用。通过 5G 技术搭建车间自组网，基于大带宽低时延的 5G 网络传输了 AGV 的 3D 图像和状态信息，利用

5GMEC 平台和 GPU 算力集成能力，降低了 AGV 单机功能复杂度和成本，采用视觉导航替代传统激光导航，有效实现多台 AGV 协同控制，提高了 AGV 的智能化能力和标准化水平，提升生产调度效率，节约成本 80%以上。

案例 2：千业水泥与中国移动合作，在河南省焦作市开展“千业 5G 矿山绿色智能及矿产资源综合利用”项目建设，实现了设备协同作业场景的应用。项目搭建 5G 网络，融合北斗高精度定位、车联网技术、纯电矿卡能量回收技术，实现了无人矿车的自动驾驶和协同编队、作业区域内车辆的集群调度，实现 1 人操控多台设备、运输车完全无人化操作，有效解决矿区安全驾驶问题，设备作业效率提升 10%以上。

3. 5G+精准作业

5G+精准动态作业是指利用 5G 传输和定位的技术能力，在室外场景下配合北斗定位，精确测量大型机械的位置以及偏转角、俯仰角等姿态数据；在室内场景下配合工业相机等设备，精确测量生产对象的高度、位移、角度等数据，通过 5G 网络将测量数据实时传输至控制系统。控制系统根据生产需要实时、动态调整对象的位置和姿态，提升生产作业精度和自动化水平。

◇ 典型应用案例

案例 1：安徽海螺集团有限责任公司与中国电信合作，开展了“5G+AI+智慧装船”项目建设，实现了精准动态作业场景的应用。通过搭建多视角相机，确定不同相机间同一物

体的对应关系，根据三角测量原理，实时监测水泥船位置以及装船机溜筒位置和姿态，包括船舷位置、溜筒距船舷偏移比例、物料偏移度等。对数据进行 AI 分析，并通过 5G 网络将结果与预警信息传送到指挥调度中心，基于中心控制算法发送指令到装船机可编程逻辑控制器（PLC），实时控制装船机作业，避免因位置不当引起碰壁、冒灰和其它视野受限情况，实现对装船作业的全流程监控。项目实施后，生产效率提升 70%，人员安全事故数降低到 0。

案例 2：国家能源集团黄骅港务有限责任公司与中国联通合作，开展了“黄骅港 5G 港口”项目建设，实现了精准动态作业场景的应用。自主研发“5G+北斗”船舶高精度位姿测量设备，通过灵活调整北斗测量基线长度，融合北斗定位和惯性器件测量数据，实现对港区复杂海况条件下货轮、装船机定位漂移现象的抑制，完成大型万吨级船舶位置、航姿（俯仰角、横滚角、航向角）及装船机位置、姿态（俯仰角、回转角）连续、稳定、高精度测量（定位误差小于 3 厘米、姿态误差小于 0.1° ）。基于 5G 专网实现敏感位姿数据的边缘处理，并通过对接轻量化时空服务平台与港口业务逻辑总控系统，实现“船岸协同”的无人自动化煤料装载闭环控制，支撑黄骅港完成全国首条“翻、堆、取、装”全流程无人化煤炭港口建设。装船时间缩短 25%，泊位利用率提升 15%，船舶满载率提升 20%。

案例 3：佛山市顺德区美的洗涤电器制造有限公司与中

国联通合作，开展了“5G+工业互联网”项目建设，实现了精准动态作业场景的应用。本地化部署定位引擎，融合 5G 蜂窝、蓝牙到达角度（AoA）等多种定位方式，提供 5G+蓝牙 AoA 融合定位能力，并对接美的生产系统。低精度区域使用 5G 定位，室内定位精度可达 1~3 米；高精度区域使用蓝牙 AoA 与 5G 定位融合，定位精度可达 0.5 米。通过对多种技术的定位结果做最优选择和融合，输出稳定高精度定位结果，实现工厂仓库的夹抱车位姿自动化测量。通过 5G 网络将位姿信息实时传送至仓储系统，实现与实物信息联动。通过 5G+蓝牙 AoA 融合定位赋能智能仓储，美的工厂平均找货时间缩短 80%，仓库人工成本下降 21%，装柜效率提升 55%。

4. 5G+柔性生产

5G+柔性生产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。

◇ 典型应用案例

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。华为松山湖工厂原有手机生产车间需要布线 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、工序增减等要求车间所有网线的重新布放，每次调整需要停工 2 周，以每 28 秒一部手机计算，一天停工影响产值达 1000 多万。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现有的 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。同时，在手机组装过程中的点隔热胶、打螺钉、手机贴膜、打包封箱等工位部署视觉检测相机，通过 5G 网络连接，把图片或视频发送到部署在 MEC 上的（人工智能）AI 模块中进行训练，一方面多线共享样本后缩短了模型训练周期，另一方面实现了从“多步一检”到“一步一检”模式改变，及时发现产品质量问题。

5. 5G+辅助装配

5G+辅助装配是指通过内置 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，通过 5G 网络下发至现场终端，实现操

作步骤的增强图像叠加、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设备的装配。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。

典型应用案例

案例 1：海尔与中国移动合作，在山东省青岛市利用 5G 技术实现了精密工业装备的现场辅助装配场景的应用。青岛海尔家电工厂结合海尔卡奥斯工业互联网平台，打造基于 5G+MEC 的互联工厂，开展了基于 AR 眼镜的 5G 远程辅助装配，工人通过佩戴 AR 眼镜采集关键工业装备的现场视频，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装配的目的。当工人发现无法自行解决问题时，还可以通过 5G 网络联系远程专家，实现实时远程指导。另外，通过将算力部署在 MEC 侧，降低了 AR 眼镜算力要求与眼镜重量，实现数据的本地计算，保障视频数据不出园区，一方面解决了以往 Wi-Fi 连接产生的信号不稳定、晕眩感和 AR 眼镜偏重的困扰，另一方面也节省了维修时间和成本。

案例 2：中国商飞与中国联通合作，在上海浦东新区开展了“5G+工业互联网赋能大飞机智能制造”项目建设，搭建了 5 座宏基站和 150 余套室分小站，实现了现场辅助装

配场景的应用。在现场辅助装配方面，商飞在装配车间中存在大量飞机线缆连接器装配工作的工位，通过引入 5G+AR 辅助装配系统，工人利用 AR 虚拟信息实现虚实叠加，根据显示的指导画面完成装配操作。通过 5G 高速率和低时延特性，让工人准确、快速地对 12 线缆连接器进行查找和装配，并保障数据的有效性，解决了传统人工作业效率低、容易出错等问题，显著提高了装配效率达 30%，每工位所需装配人员由 2 人减少为 1 人。

案例 3：中核集团与中国移动合作，在福建省福清开展 5G+核电项目建设，实现了现场辅助装配场景的应用。在“华龙一号”六号机组的装配建设现场，通过 5G 专网+AR 等技术，工人佩戴 AR 眼镜在专家远程指导下成功装配设备组件，解决了因疫情等因素导致专家无法到现场等问题，有力推动了专家资源共享和辅助装配效率的提升。

6. 5G+生产溯源

5G+生产溯源是将企业生产现场的扫码枪、工业相机、摄像头、刷卡机等设备接入 5G 网络，将生产过程每个工序的物料编码、作业人员、生产设备状态等信息实时传输到云平台。云平台将产品生产过程中的人、机、料信息进行关联整合形成溯源数据库，运用区块链、标识等技术，实现产品关键要素和生产过程追溯。通过实时追溯批次、品质等原料信息，可动态调整后道工序参数，提升产品质量。

◇ 典型应用案例

福建良瓷科技有限公司与中国电信合作，开展了“九牧永春 5G 智慧工厂”项目建设，实现了生产过程溯源场景的应用。自主研发标准化四码合一系统，并对卫浴陶瓷在成型、干燥、施釉、烧成、质检、包装等生产环节设备进行 5G 智能化改造。利用 5G+MEC+天翼云实现云网融合，采集生产物料的一物一码、生产原料批次及过程信息等数据，实时传输至云平台，形成完整的生产过程数据链。同时，集成 MES、数据采集与监视控制系统(SCADA)、自动驾驶车辆(AGV)系统、仓库管理系统(WMS)等多个系统，可追溯到生产过程中的人、机、料、法、环等相关信息，极大地提高了生产异常等情况的追溯效率及追溯准确性。该项目上线后，生产效率提升 35%，单位产值能耗降低 7%，运营成本降低 8%，不良成本率降低 5%。

(三) 检测监测环节

1.5G+机器视觉质检

5G+机器视觉质检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，实时拍摄产品质量的高清图像，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，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。

◇ 典型应用案例

鞍钢与中国移动合作，在辽宁省开展了“基于 5G 的机器视觉带钢表面检测平台研发与应用”项目建设，实现了机器视觉质检场景的应用。在机器视觉质检方面，通过部署工业相机拍摄高清图片、采集质检数据，利用 5G 网络将采集到的冷轧现场 4K/8K 等高清图像数据回传至操作室平台，通过平台的视觉 AI 分析能力对图像进行处理分析，完成带钢表面缺陷的实时检测；同时，带钢轧制速度极高，通过带钢表面的反光斑马条纹反馈带钢的平整度，用于带钢生产质量的实时检测，为张力辊等调节提供依据。方案部署完成后，带钢常规缺陷检出率达 95% 以上，在线综合缺陷分类率超过 90%，提高成材率的同时减少了带钢缺陷造成的断带和伤辊换辊停机时间。

2.5G+工艺检测

5G+工艺检测是指综合利用工业相机、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。

◇ 典型应用案例

艾莱依时尚股份有限公司与中国电信合作，开展“艾莱依 5G+工业互联网云平台”项目建设，实现了工艺合规校验场景的应用。通过数采模块对缝纫机实时数据（如缝纫机的启停、速度、故障、扎针、工站时间等）进行采集，经过 5G 网络传输至艾莱依 5G+工业互联网云平台。云平台将采集的缝纫机实际扎针时间、非扎针时间与工厂 MES、标准工时系统（GSD）的数据进行融合分析，生成设备实时针动波形图及各类生产报表。利用云平台建模，精确分析出每一个员工、每一个工作站、每一台缝纫机在任何时刻、任何地点、任意周期的工作状态，计算每台机器、每条产线的工艺精准度，及时发现异常，减少跳针、串针、针距偏差导致的串色等工艺问题。根据分析调配最优参数，进一步提升产品质量，为数字工厂的精益生产夯实基础。

3.5G+设备监测

5G+设备监测包括设备故障诊断和设备预测维护。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 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。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，建立设备故障知识图

谱，对发生故障的设备进行诊断和定位，通过数据挖掘技术，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、统计数据等信息的智能推送。设备预测维护是指将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。基于故障预测机理建模等人工智能技术对监测数据进行实时分析，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。

◇ 典型应用案例

案例 1: 宝钢与中国联通合作，在广东省湛江市开展“流程行业 5G+工业互联网高质量网络和公共服务平台”项目建设，利用 5G 技术实现了连铸辊、风机等设备故障诊断场景的应用。采集连铸辊编码、位置、所处区段受到的热冲击温度、所处区段的夹紧力与铸坯重力的合力等数据，通过 5G 网络实时传输至设备故障诊断等相关系统，采用人工智能和大数据技术对不同区段的连铸辊的寿命进行预测，减少了现场布线的工作量，提高了寿命预测的准确率。同时，采集风机振动、电流、电压、温度、风量等运行数据，通过 5G 网络实时传输至设备故障诊断等相关系统，实现生产作业过程中风机设备运行情况的在线监控，提前预警设备故障，通过对

风机设备的在线监控，员工点检负荷率明显下降，点检效率提升 81%。

案例 2：南方电网与中国移动合作，在广东省广州市开展了“5G+智能电网”项目建设，实现了设备故障诊断场景的应用。在配网差动保护应用中，利用电力专用 5G 用户前置设备（CPE）进行高精度网络授时，通过 5G 网络低时延特性，采集配电网电流相量数据，传输至配电自动化主站，及时掌握线路情况，并进行在线监测和诊断，发现故障区段后，依靠配电自动化主站进行故障隔离和供电恢复，解决了传统配电自动化故障发现时间长、故障隔离区域大的问题，将故障隔离时间大幅缩短，最大程度减少故障停电范围和时间。

案例 3：中国海洋石油集团有限公司与中国移动合作，开展了“5G 智慧海油”项目建设，实现了设备预测维护场景的应用。通过 5G 技术(700MHz&2.6GHz)和微波散射融合组网，支持海陆间长距离通讯，为海上油田平台间的大流量高速稳定传输建立了新的通道。海上井口平台安装巡检机器人、“雷球”联动监控装置、激光甲烷检测仪、红外高清摄像头、5G 移动终端等，平台周边部署无人艇、无人机等守护设备设施，通过中海油独享的 5G 基站远距离实时采集、传输井口平台上相关的生产设备设施的温度、压力、电压、水温、电流、损耗及零部件的磨损，耐腐蚀、密闭等实时性能状态数据至海上中心平台。海上中心平台基于设备大数据和故障模型，利用人工智能等技术，实时比对分析设备运行参数和历

史健康数据，判断设备健康状态，提前预测设备故障，避免因重要元器件损坏造成设备计划外停机，变被动运维为主动运维。每年节省人工成本 600 万元，减少拖轮、无人艇等维修设备投入成本约 4000 万元。

4.5G+无人巡检

5G+无人巡检是指通过内置 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。

◇ 典型应用案例

案例 1: 庞庞塔煤矿与中国联通合作，在山西省开展“5G+智能矿山”项目建设，实现了无人智能巡检场景的应用。项目在井下变电硐室和水泵房的排水、供电等设备远程集中监控的基础上，增加安装 5G 模组的巡检机器人，通过 5G 网络进行硐室 4K 高清视频回传、机器人监测数据回传和机器人实时控制，5G 技术支撑实现运输机、皮带等设备的无人巡检，降低运输环节的人工成本，提高巡检效率，实现了井下固定岗位无人值守和无人巡检，减少了井下作业人员，提升了作业安全性。

案例 2：国家电网与中国电信合作，在山东省青岛市开展“5G+北斗智能巡检无人机”项目建设，实现了无人智能巡检场景的应用。项目新建 5G 独立组网（SA）网络，完成了 5G SA 专网的图传模块的研发，引入北斗服务，实现无人机巡检数据安全、实时、可靠回传。解决了传统输变线路巡检耗时长、耗人多、工作环境恶劣的问题，改善一线工人的工作环境，大幅降低安全风险。同时，采用图像智能识别技术，实现无人机自主巡检、图像实时传输、缺陷智能识别、辅助决策输出等功能，解决了困扰无人机巡检操作难、回传难、分析难的问题，大尺寸缺陷识别准确率达 99%、小尺寸识别准确率达 40%，工作效率提升百倍以上。

5.5G+生产监测

5G+生产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。

◇ 典型应用案例

案例 1：鞍钢与中国移动合作，在辽宁省开展了“基于 5G 的机器视觉带钢表面检测平台研发与应用”项目建设，实现了生产现场监测场景的应用。在生产现场监测方面，炼

铁厂皮带通廊粉尘大、光线昏暗、过道狭窄，人员作业危险性高，存在严重安全隐患。通过在皮带通廊部署 4K 高清摄像监控系统，覆盖皮带通廊出入口与皮带作业重点区域，利用 5G 网络实时回传人员目标及动作、环境、原料、皮带检测等信息至云平台，实现人员作业安全检测、作业调度信息化、施工作业的安全管理、环境中可能出现的跑气、冒水、漏液等情况检测，保障现场工作人员的安全。通过现场采集的图片分析，检测准确率达 99.99% 以上。同时对摄像头进行单独分析，判断摄像头是否存在大量粉尘覆盖，及时进行镜头清理，每年可节省皮带维修费约 100 万元。

案例 2：鲍店煤矿与中国联通合作，在山东省济南市开展“矿用高可靠 5G 专网系统及应用”项目建设，实现了生产现场监测场景的应用。项目研发建设矿用高可靠 5G 专网系统及应用，针对极端严苛的煤矿生产控制场景，通过 5G+ 机器人、5G+ 视觉识别等手段对设备状态、气体浓度、综合环境进行实时监测，实时回传至调度指挥中心，提升危险环境下的安全生产管理能力，提高了安全生产的预测效率和管理水平。

（四）仓储物流环节

1. 5G+ 智能物流

5G+ 智能物流场景主要包括线边物流、智能仓储和全域物流监测。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。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。全域物流监测是指综合利用 5G、大数据、边缘计算、人工智能等技术，通过工业运输装备上的智能监控终端，实时采集全域运输途中的运输装备、货物、人员等的图像和视频数据，并通过 5G 网络传输至云平台。云平台对运输装备进行实时定位和轨迹回放，对货物、人员进行实时监测，实现工业运输的全过程监控，能够避免疲劳驾驶、危险驾驶等行为，有效保障冷链物流、保税品运输、危化品运输等过程中运输装备、货物和人身安全。

◇ 典型应用案例

案例 1: 中兴与中国电信合作，在江苏省利用 5G 技术实现了厂区智能物流场景的应用。中兴在南京滨江 5G 智能制造基地，建设 5G 网络，自研集成 5G 模组的 AGV 载重平台，在下沉至园区的 MEC 端部署 AGV 调度管理系统，与企业既有的数字化生产和物流管理系统业务融合，实现近 40 台 AGV 的自动化调度，以及多车联动、调度指令、实时位

置、任务完成等信息的稳定可靠下达。同时，利用 5G 网络的大上行改造，在部分 AGV 上使用了基于 MEC 视频云化的 AI 障碍物分析技术，实现智慧避障，在控制 AGV 硬件成本的前提下弹性扩展了 AGV 的功能。通过 5G 厂区智能物流应用，中兴南京滨江工厂一方面解决了既有 Wi-Fi 连接信号不稳定问题，使得热点切换区域掉线率降低 80%以上，另一方面实现了制造基地物料周转的完全无人化，厂区内货物周转效率提升 15%。

案例 2：福田汽车与中国联通合作，在山东省潍坊诸城打造超级卡车工厂基地，利用 5G 网络，实现了厂区智能物流场景的应用。在入厂车辆调度环节，开发集虚拟电子围栏、车辆自动识别、车辆探测等多种技术于一体的入厂协同系统，利用 5G 技术将厂区车辆泊位状态等信息实时传递到各种智能显示终端及信息系统，在物流收货时保管员扫描司机应用程序（APP）上的电子发运单二维码，通过 5G 网络实现无纸化收货。

案例 3：中国石化扬子石油化工有限公司与中国联通合作，开展了“5G+安全石化”项目建设，实现了全域物流监测场景的应用。利用 5G+北斗技术，实现生产区内危化品车辆的高精度定位，并实时传输至危化品运输管控平台。平台对进入扬子生产区的危化品车辆进行全过程、实时管控，基于定位数据形成行驶轨迹，进行偏离预警，有效保证危化品车辆按照规定路线行驶和在规定地点装载。通过 5G 网络将车

载布控球拍摄的视频传输至边缘云平台进行人工智能（AI）分析，对危化品车辆危险行驶、路中障碍、前车距离过近等进行实时告警，有效保障了运输车辆和驾乘人员的安全。

2.5G+智能理货

5G+智能理货是指在企业厂区、工业园区内部署基于 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。

◇ 典型应用案例

泰山玻璃纤维有限公司与中国移动合作，开展了“5G 智慧工厂”项目的建设，实现了厂区智能理货的应用场景。工厂采用助力机械手和 AGV 将纱团从拉丝工段转移到烘干工段；通过识别二维码获取纱团品种，根据品种后道工序的工艺要求自动将原丝纱车运送到烘干工段不同的工艺环节；基于 5G 网络对过程数据进行实时采集、上传和分析处理，实现了各类型纱团的自动分拣。系统根据收到的出入库单据或人工指令自动下达出入库任务至堆垛机，堆垛机对货物进行码放或提出，实现了物料及产品的自动出入库，节约了人工成本。项目实施完成后，解决了工厂原先 Wi-Fi 信号不稳定

及厂内高温、微波对 Wi-Fi 信号干扰等问题，保证了拉丝、烘干、包装等重要环节的连续运行，提高了工厂整体生产运行效率。

（五）运营管理环节

1.5G+能效管控

5G+能效管控是指通过内置 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和总烃、苯系物、粉尘等污染物排放数据，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。辅助企业降低生产能耗，减少污染物排放量，实现清洁生产。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警告警、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。

◇ 典型应用案例

山东港口青岛港集团有限公司与中国联通合作，开展了“青岛港 5G 智慧港口”项目建设，实现了生产能效管控场景的应用。通过 5G 网络，将温感、电感、液压、烟感等传感器采集的数据实时回传到智能集成管理平台，实现船岸两端 63 个设备、350 个能耗指标的实时管控。通过大数据分析对船舶动力系统进行节能评估，动态调整船舶的经济航速，实现削峰填谷、节能减排。通过自动化采集设备运行数据，

提升了危险环境下的安全生产管理能力，提高安全生产预测效率和管理水平。针对异常耗能现象进行分析研判，为设备的检修维护提供决策支持。每年节省拖轮运维费用 100 万元，节省人工检测成本 40 万元，检测效率提升 30%。

2.5G+企业协同

5G+企业协同是指利用 5G+数采技术，纵向实现上下游企业大规模关键设备联网和数据实时采集；通过 5G+边缘计算，横向实现制造执行系统（MES）、供应商关系管理系统（SRM）等互联互通，并统一集成至云平台实现数据共享。企业可实时追踪内部生产过程和进度，对委托外部生产的工序进行监控并实时跟踪协同流程，快速满足用户的个性化定制需求 and 多品类生产需求。通过平台连接供给侧和需求侧，实现供需对接与交易撮合。

◇ 典型应用案例

新凤鸣集团股份有限公司与中国移动合作，搭建化纤产业 5G+工业互联网平台“凤平台”，实现了企业协同合作场景的应用。平台集“主数据、实时数据、企业资源计划（ERP）、MES、WMS、大数据及商务智能、应用程序（APP）和标识解析”于一体，实现内外部互通互联。通过凤平台整合从市场、销售到生产物流全环节等资源，构建灵活组织能力，实现产品配送、自提一体化管理，采、产、销一体化分析和内外贸物流一体化运营，实时掌握化纤生产订单及质量数据。利用 5G 技术和 5G 工业模组、工业网关、工业 PLC 等 5G 终

端，贯穿化纤产业上下游，对生产环节关键设备实现实时监控。化纤产业链上下游企业可通过平台实现资源数据共享，高效支撑企业科学运营，促进产业互惠互利。

3.5G+虚拟服务

5G+虚拟服务场景主要包括产品展示体验、辅助技能学习、远程运维指导等三类服务。产品展示体验服务通过对工业产品的外型数据及内部结构进行立体化建模，构建虚拟数字展厅，通过 5G 网络传输至平板电脑、增强现实/虚拟现实（AR/VR）眼镜等智能终端，与数字模型实时互动，实现产品细节的沉浸式体验和感受。辅助技能学习服务基于 5G 和 AR/VR 融合构建贴近真实场景的全虚拟场景，进行操作技能培训和自由操作练习，提高技能学习效率。远程运维指导服务通过在全虚拟场景中，叠加远端专家指导数据形成端云协同，使端侧获得实时操作指导，提升运维服务的效率和质量。

◇ 典型应用案例

海尔集团与中国移动合作，开展了“5G 全连接园区”项目建设，实现了虚拟现场服务场景的应用。基于算法上云架构，通过 5G 网络实现 VR 内容的云端存储。根据使用需求下载对应的 VR 内容用于现场教学，真实地还原了家电装配的细节，通过文字、图片、声音、视频、3D 模型等方式引导交互式培训，帮助培训人员迅速掌握技术要领，降低了部署成本，解决了新员工培训上岗时间周期长的问题。自海尔工厂 VR 员工培训平台投入使用以来，新员工培训上岗时间同

比降低 40%，上岗后误操作率降低 70%；老员工自主学习时长增加 35%，掌握多生产流程工序的产线员工数量增加 20%。

四、5G+工业互联网行业赋能

2021 年，工业和信息化部发布了“5G+工业互联网”20 个典型应用场景和 10 个重点行业领域，将我国 5G+工业互联网主要应用行业汇总为电子设备制造、装备制造、钢铁、采矿、电力、石化化工、建材、港口、纺织、家电等，各行业应用分析及重点案例如下：

（一）电子设备制造业

电子设备制造业自动化水平高，数字化、网络化基础好，产品迭代速度快，存在降低劳动力成本、减少物料库存、严控产品质量、快速响应客户差异化要求等迫切需求，发展智能化制造、个性化定制、精益化管理等模式潜力大。华为、海尔、格力、中兴等利用 5G 技术积极实践柔性生产制造、现场辅助装配、机器视觉质检、厂区智能物流等典型应用场景，显著提高了生产制造效率、降低了生产成本、提升了系统柔性，为电子设备制造行业实现数字化转型进行了有益探索。

◇ 典型应用案例

格力与中国联通合作，在广东省利用 5G 技术部署了机器视觉质检场景的应用。在格力电器的总装车间，联通以一

套独立 MEC 为格力打造了工业虚拟专网，实现生产控制网与生产管理网融合，在模拟场景中基于样本训练建立数据模型，在需要自动检测的工位上安装 5G 高清摄像头，与自动化生产线同频联调，在实际生产中利用 5G 网络将待检内容自动拍照，照片视频流上传至部署在 MEC 平台的机器视觉质检应用，运用图形处理单元（GPU）大算力资源与数据模型做实时比对分析检查，实现设备自动识别，检测结果以毫秒级时延返回现场端，自动化生产线与质检系统关联做出不良品分离操作。5G 虚拟专网、MEC 平台与检测系统深度融合，为机器视觉质检应用的数据传输和信息处理提供了强大保障。目前格力已在其总部总装生产线的空调外观包装、压缩机线序、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。

（二）装备制造业

装备制造业涉及航空制造、船舶制造、汽车制造与工程机械制造等重要领域。其产品结构高度复杂、产品体型偏大，具有技术要求高、生产安全标准严格、资本投入大、劳动力密集等行业特点，对成品件、结构件、化工材料、工艺辅料和标准件等百万量级生产资源的协同设计和泛在感知需求较高。同时，面临“用工荒、高成本”的困境，需要更加精

密的装配加工能力以及质量检测手段支撑企业长期发展，发展数字化研发、网络化协同、智能化制造、精益化管理等模式潜力大。中国商飞、上海外高桥造船有限公司、三一重工、福田汽车等应用 5G 技术积极探索协同研发设计、设备协同作业、现场辅助装配、机器视觉质检、厂区智能物流等典型应用，取得明显成效，为装备制造行业的高速发展注入新动力。

◇ 典型应用案例

上海市外高桥造船有限公司与中国联通合作，在上海市开展“5G+工业互联网”在船舶行业的落地应用，搭建 5G 专网，融合 MEC 技术，实现了基于 5G 的机器视觉检测场景的应用。使用工业相机+靶点的测量模式进行大型钢结构精度测量，通过 5G 专网及边缘云，实时回传、解算现场拍摄图片，生成点位文件。基于 5G 的视觉精度测量替换了传统的全站仪离线测量方式，将测量时间从原来的 3-4 小时，缩短至 30 分钟内，测量效率提升了 400%。

（三）钢铁行业

钢铁行业主要包括铁前、炼钢、铸钢、轧钢、仓储物流等环节。钢铁行业生产流程长、生产工艺复杂，当前主要面临设备维护效率低、生产过程不透明、下游需求碎片化、绿色生产压力大等痛点，发展智能化制造、精益化管理等模式

潜力大。华菱湘钢、鞍钢、宝钢、马钢等应用 5G 技术积极探索远程设备操控、机器视觉质检、设备故障诊断、生产现场监测等典型应用场景，覆盖钢铁生产全流程，取得了提质降本增效、绿色发展的显著效果，推动了产业升级及行业转型。

◇ 典型应用案例

马钢与中国联通合作，在安徽省依托 5G 技术实现了生产现场监测场景的应用。在生产现场部署 4K 高清摄像监控系统，通过 5G 网络实时将生产现场人员着装和行为动作等高清视频回传至后台系统，系统结合深度 AI 学习视觉技术，识别生产现场人员未佩戴安全帽、现场操作行为不规范等问题，进行抓拍记录、实时告警，实现对人员生产行为智能监管。解决了人工监管客观性不足、成本高等问题，预防不规范行为导致的各类安全事故，避免事故造成重大人身伤害、设备损失。

（四）采矿行业

安全生产是采矿行业的红线。在露天矿环境中，因矿山石坠落易引起开采人员伤亡，多层重叠采空区常出现塌方、滑坡、瓦斯爆炸、冲击地压等事故风险。在井工矿环境中，存在高温、高湿、粉尘等恶劣的工作环境，工人长时间高强度井下作业对健康造成较大威胁，发展智能化制造、网络化

协同、精益化管理等模式潜力大。新元煤矿、千业水泥、庞庞塔煤矿、鲍店煤矿等利用 5G 技术积极实践远程设备操控、设备协同作业、无人智能巡检、生产现场监测等典型应用场景，成效显著。

◇ 典型应用案例

新元煤矿与中国移动合作，在山西省开通 5G 煤矿井下网络，建成井下“超千兆上行”煤矿 5G 专用网络，实现了远程设备操控场景的应用，取得 5G 网络设备隔爆认证。5G 技术实现了对掘进机、挖煤机、液压支架等综采设备的实时远程操控，实现了对爆破全过程的高清监测与控制，解决了传统人工作业操作危险系数大、劳动强度高的问题，改善一线工人的工作环境，大幅降低安全风险，显著提升采掘效率。利用 5G 技术实现综采面无人操作，解决了井下设备运行过程中线缆维护量大、信号经常缺失等问题，有效降低危险作业区域安全事故发生率。

（五）电力行业

电力行业主要涉及发电、输电、变电、配电、用电五个环节，存在安全监管不到位、环保要求高、信息孤岛、设备实时监管难、精细化管理难等痛点，面临向“清洁、低碳、高效、安全、智能”的转型挑战，发展智能化制造、精益化管理等模式潜力大。中核集团、国家电网、南方电网等利用

5G 技术，实践在发电环节的现场辅助装配、输电环节的无人智能巡检、配电环节的设备故障诊断、用电环节的生产现场监测等典型应用场景，取得了明显成效。

◇ 典型应用案例

国网北京市电力公司与中国联通、中国电科院合作，在北京市开展了“5G 虚拟测量平台”项目建设实现了生产现场监测场景的应用。用电环节通过 5G 虚拟测量平台，以 12.8K 的采样率，对电能质量进行监测。利用 5G 大带宽、低时延技术特点，将仪表的分析部分云化部署，前端只保留采集装置，解决了传统采集装置功能复杂、成本高的问题，将仪表设备成本降低 90%。有效解决了电力运行监测成本行业性难题，有力推动了电能质量监测的规模部署。项目已在服贸会、石景山、延庆冬奥测试赛中广泛应用。

（六）石化化工行业

石化化工行业在此重点包括石油、煤炭及其他燃料加工业，化学原料和化学制品制造业等相关行业，具有技术密集，规模效益明显，产品多样，以及产生的危险废物量大、种类多、成分复杂等特点。虽然行业内已有部分龙头企业率先启动数字化、网络化、智能化转型，但目前仍有较多石化化工企业存在进一步提升生产效率、提高安全生产保障能力、加快数字化转型等迫切需求，发展智能化制造、数字化管理等

模式潜力大。新华粤石化、星火有机硅、中海油、扬子石化等企业将 5G 技术广泛应用于生产单元模拟、生产能效管控、设备预测维护、全域物流监测等场景，显著提高了企业的生产效率，优化了生产要素配置，提升了企业安全管理水平，为行业的数字化转型起到了积极促进作用。

◇ 典型应用案例

广东新华粤石化股份有限公司与中国电信合作，开展了“能耗在线监测”项目建设，实现了生产能效管控场景的应用。利用水表、电表、蒸汽测量仪、风速表、冷热计量表等计量设备采集企业水、电、汽、风、热等能源消耗数据，通过 5G 网络传输至企业综合能源管理平台，并按时按需上传到广东省能耗在线监管平台，采集频率从分钟级提升到了秒级，显著提升了数据采集的效率。综合能源管理平台可实时监测电流、电压、冷热量计量等运行参数，通过用电趋势分析、用电异常监测、用热对比分析等方法，实时掌握能耗状况。基于大数据分析技术挖掘风机、泵等耗能重点设备节能空间，进行节能改造，实现精准控制，减少无效运行时间，提高了生产能耗信息化管理水平，降低了生产成本。

（七）建材行业

建材行业在此主要指非金属矿物制品业中相关门类，其产业多、地域广，主要产品生产具有连续、流程化和能源资

源消耗型特征。为了实现高质量发展，企业需要降低生产成本、提高生产经营效率、节约资源，发展智能化制造、服务化延伸、数字化管理等模式潜力大。良瓷科技、海螺集团、陕西声威建材、泰山玻纤等企业利用 5G 技术开展了生产单元模拟、厂区智能理货、生产过程溯源、精准动态作业等典型应用场景的实践，确保产品质量稳定，提升了生产效率，效果明显。

◇ 典型应用案例

陕西声威建材集团有限公司与中国联通合作，开展 5G+工业互联网“水泥行业皮带无人值守数字孪生系统”项目建设，实现了生产单元模拟场景的应用。综合利用多个传感器和多光谱偏振光+可见光摄像头进行数据采集，通过 5G 网络将水泥生产线映射到数字空间。利用时空信息重构技术和运营商统一授时技术，建立数字孪生皮带无人值守系统，实现速度、产量等生产状态的动态感知。基于人工智能等技术对数字孪生皮带进行实时分析处理，实现了矿料运输的智能控制、自动纠偏、AI 异常监控、风险智能分析和分级告警等功能，保证产线生产、设备和人员安全，以及水泥矿料输送智能化监管和精细化生产，实现提质、增效、节能、降耗，矿料工序能耗降低 13%，生产效率提升 30%，生产成本降低 12%。

（八）港口行业

港口行业在此指水上运输业，具有投资规模较大、资本密集、人力需求量大、机械化设备多等特点。随着港口业务量不断增长，港口行业对提升港口综合作业效率、保障安全生产、降低人工成本等方面有了新的诉求，发展智能化制造、数字化管理等模式潜力大。妈湾港、青岛港、黄骅港、天津港等港口利用 5G 技术积极实践生产单元模拟、生产能效管控、精准动态作业、厂区智能理货等典型应用场景，提高了港口作业效率，降低了人工成本，取得了明显成效。

◇ 典型应用案例

天津港（集团）有限公司与中国联通合作，开展“5G 智慧港口、绿色港口”项目建设，实现了厂区智能理货场景的应用。在天津港集装箱码头全面覆盖 5G+MEC 专网，作业过程中抓拍高清视频，基于 OCR、目标检测等人工智能技术，在装卸船、堆放、理货、验残、提箱、出关环节对集装箱箱号、装卸提箱状态、有无铅封、箱体残损、舱位/拖车号等信息进行自动化、智能化识别，提升了码头装卸作业效率和理货工作效率，有效减少人机交叉作业带来的安全隐患。目前，项目已稳定运行 6 个月，人力投入减少 75%，作业效率提升 30%。

（九）纺织行业

纺织行业在此重点包括纺织业、纺织服装/服饰业、化学纤维制造业等相关行业，具有产业链长、市场变化快、集群化发展特征明显、产品个性化需求不断增长等特点。当前纺织行业在增强科技创新能力、适应个性化消费趋势、产业绿色转型等方面存在迫切需求，发展智能化制造、服务化延伸、网络化协同、数字化管理等模式潜力大。雅戈尔集团、艾莱依集团、恒申集团、新凤鸣集团等企业利用 5G 技术，开展了生产单元模拟、工艺合规校验、生产过程溯源、企业协同合作等典型场景的实践，极大提高了行业的数字化水平。

✧ 典型应用案例

恒申集团化纤板块河南基地与中国移动合作，开展了“锦纶长丝 5G+工业互联网平台”项目建设，实现了生产过程溯源场景的应用。采集丝锭的生产批次、生产线别、纺位等生产信息和工艺参数实时状态、卷绕报告、断丝报告、报警信息等生产过程数据，通过 5G 网络实时传输至锦纶长丝 5G+工业互联网平台。在平衡间，基于 5G+射频识别技术(RFID)读取丝车信息，记录每一部丝车的周转位置以及时间管控情况，结合 MES 记录的质检结果、人员等信息，实现生产要素前后贯通；在包装环节，利用工业相机对产品内标二维码信息进行采集，通过 5G 网络传输至云端数据库进行校验，判

断是否符合包装规格要求。通过平台的海量数据存储功能，可一键追溯单个产品的全生产过程，实现包括质量计划、过程控制、异常处理、管理决策和问题关闭等环节在内的质量闭环控制，完成产品质量追溯和销售窜货追踪等功能。

（十）家电行业

家电行业在此重点指电气机械和器材制造业中相关门类，具有市场规模大、产品型号规格多、产品更新换代快、竞争压力和成本压力较大等特点。存在提升生产效率、适应消费升级趋势、增强行业竞争力等迫切需求，发展智能化制造、数字化管理、服务化延伸等模式潜力大。老板电器、美的洗涤电器、海尔集团、创维集团等企业应用 5G 技术积极探索生产单元模拟、精准动态作业、虚拟现场服务等典型应用场景，显著提升企业数字化、智能化水平，推动企业生产模式和产业组织方式创新，实现提质降本增效，提升企业竞争力。

◇ 典型应用案例

深圳创维-**RGB** 电子集团有限公司与中国电信合作，开展了“5G+8K 柔性智能工厂”项目建设，实现了虚拟现场服务场景的应用。利用自主研发的创维 8K VR 一体机设备和 5G 完美融合，形成“云管端”的整体解决方案。遇到问题时，现场运维人员佩戴创维 8K VR 一体机，根据系统投射到视野

前方的信息获得可视化指导帮助。信息辅助无法解决问题时，打开远程专家支持，专家以第一视角画面清晰获知现场情况，用红框标记疑似故障点，实时反馈至 VR 眼镜。系统能够对疑似故障点进行动态跟踪，方便运维人员快速锁定故障位置。通过记录疑似故障点，自动产生复查清单列表，实现对维修过程关键点复查确认。同时，每次远程指导都以视频形式进行记录，用于案例分析或教学使用。通过应用该技术，创维现场服务的效率提升了 5 倍，彩电单线产能提升 17.64%，一线质检员工减少 40%，出口提升 71.25%。

五、5G+工业互联网应用展望

（一）问题与挑战

我国 5G+工业互联网发展势头良好，已进入产业深耕、赋能发展的新阶段，基础电信运营商、系统设备厂商、互联网公司、第三方集成商等应用相关企业都在大力推动 5G+工业互联网创新发展，不断落实重点行业典型场景的实践应用，取得明显成果，但未来的融合发展仍然面临三方面挑战：

1. 工业企业数字化基础和 5G 产业应用支撑能力仍有差距

5G+工业互联网行业融合应用发展是工业数字技术与 5G 产业融合推进的结果，需要产业数字化基础和 5G 产业应用支撑能力共同提升，目前两者都存在较大差距。一是工业互联网行业数字化基础水平存在差距。中国工业类型众多且

复杂，发展阶段各不相同，在数字产业化方面与领先国家相比整体差距大，呈现明显的“大而不强，快而不优”特征，中国工业领域数字化应用的相对长板在于无线通信设备和电信业务运营，短板在于半导体产品、系统软件、应用软件等；二是工业企业 5G 数字化升级的推广普及仍面临高成本困扰，从目前行业应用产业供给来看，面向 5G 行业应用的 5G 芯片、模组和终端种类依然较少，价格普遍较高，大规模部署 5G 终端以及智能化改造升级投资巨大；三是产业力量相对分散，尚未形成研发创新合力。5G 应用产业链涉及环节众多，目前我国内容供给方、互联网企业、终端厂商和基础电信运营商尚未形成合力导致互联网企业对工业终端研发兴趣不大，手机芯片及终端厂家对面向特定领域的新功能开发升级缺乏意愿。

2.5G 网络服务和技术能力尚未完全满足工业应用需求

一是 5G 专网服务水平仍有差距。目前 5G 网络切片技术能够提供部分定制化服务，但对于工业互联网应用提出的高可靠性、强隐私保护、高安全性以及经济性等个性化需求仍是难以满足，5G 虚拟专网则面临定制化成本高、与行业融合难度大、行业对网络运营需求强等问题，推动行业虚拟专网向低成本、端到端网络保障、自主运营运维等方向发展成为虚拟专网规模化应用关键；二是 5G 技术能力及标准难以满足行业需求。2022 年以来，随着各地对 5G 应用的持续推进，5G 行业应用进入真正意义上的成长期，部分先导领域

已实现示范项目的复制、推广,5G 应用的经济价值逐渐显现,但距离规模化普及仍有距离,主要原因有: 现行 5G 网络的上行数据速率、定位、时延等难以满足工业现场需求,网络切片及网络灵活适配等还需要优化。5G 网络技术在行业端的刚需价值还未真正显现,深层次应用不足。由于 5G 相对有线网络存在稳定性和上行带宽底等问题,且工业互联网应用面临很多行业和技术壁垒,数据共享障碍、模组终端受限等情况,现阶段在 5G+工业互联网应用中,真正用于生产环节的场景较少,5G 网络的实际部署应用面临多类型网络技术挑战,并非刚性需求。另外,5G 融合应用领域内厂商间软硬件适配性较差,IT/OT/CT 融合困难,跨部门、跨行业、跨领域的 5G 行业应用标准体系建设尚未完成。

3. 5G+工业互联网融合发展有待进一步创新

工业领域行业/企业对规模化应用 5G 仍有顾虑,除去行业意识和产业生态环境影响,对数据、运维掌控权,网络的稳定可靠及全生命周期成本等仍有较大担忧。主要原因是,一方面 5G 在融合应用领域的商业模式尚未成熟,成本回收周期长、经济效益回报率较低,导致大部分中小企业对引进、应用 5G 技术积极性不高,大企业也因为综合考核问题影响了应用效率;另一方面,5G 推广、建设、运行成本高昂,造成行业驱动力不足。我国 5G 应用仍以大企业为主,而中小企业数量庞大,面临信息化水平低、转型意识薄弱、数字化人才缺乏、升级改造资金不足等现实问题;另外,5G 生态链

中缺乏经验丰富的典型领域解决方案领军企业，导致 5G+工业互联网融合产业发展中存在 5G 服务提供商与应用企业沟通不足、服务商对企业内网改造需求认识不充足、解决方案的针对性和灵活性欠缺等问题，从而导致交易成本高，投入产出不达预期，5G 应用规模化普及推广任务艰巨等问题。

（二）应用展望

1. 5G+工业互联网产业进入深耕细作阶段

5G+工业互联网应用发展路径主要分为三个阶段，第一阶段（2020 年-2021 年）是 5G+工业互联网融合应用初期，发展路径主要围绕满足 5G 基本连接和通信能力，工业企业通过生产流程数据采集、超高清视频回传、AR/VR、机器人巡检等方面研发 5G 创新应用，并在工厂内部署 5G 网络，旨在提升工厂的智能化水平与总体的管理效率；第二阶段（2022 年-2024 年）是 5G+工业互联网融合应用中期，随着 5G 技术标准的逐渐成熟，工厂内既有业务模式将被改变。5G+工业互联网发展路径将从新型业务到以单系统深度融合为主，带动既有业务云化转型，云化机器视觉、云化机器人等场景将开始在厂内部署，同时通过生产设备的升级改造，设备信息采集维护、远程机械设备控制等融合核心业务，进一步提升工厂的智能化水平和总体管理效率；第三阶段（2025 年之后）发展路径是主推多系统、多业务协作，5G 网络的普及应用将解决工厂内生产、制造、供应链等多种业务系统互相孤立、数据割裂等问题，实现工厂内各应用系统及

生产线上设备的统一调度和管理，旨在改变整个工业行业的生产与运营模式，全面实现产业的改造升级。

2.5G 全连接工厂将进入规模建设期

工信部发布的《5G 全连接工厂建设指南》明确了 5G 全连接工厂建设的总体要求、建设内容和建设路径，为我国 5G 全连接工厂规模应用提供了指引，也将加速 5G 全连接工厂应用建设进程。预计“十四五”时期，全国开展 5G 全连接工厂建设数量超过 10000 家企业，特色鲜明 5G 全连接工厂超过 1000 家，标杆工厂超过 100 家。一是政策引导更深入。国家及地方政府采用 5G+工业互联网试点示范项目遴选、将 5G 全连接工厂建设情况纳入工业互联网发展成效评估和工业互联网产业示范基地评价工作等措施，充分激发企业建设 5G 全连接工厂的积极性，同时鼓励各地针对 5G 全连接工厂出台相关政策举措，加大资金支持力度，为产业政策宣贯和引导提供保障；二是产业支撑更牢固。在政府和产业界的共同推进下，5G+工业互联网将从技术、产品、人才等多个维度不断强化产业供给，为 5G 全连接工厂建设提供全面的支撑能力。推进 5G 工业芯片模组、网关等产品设备的研发与应用，降低 5G 全连接工厂建设成本。与此同时，加强“5G+工业互联网”复合型人才培养和人才储备；三是生态建设更全面。工业互联网产业联盟、工业行业协会等产业组织充分桥梁纽带作用，积极推动工业企业、基础电信企业、互联网企业、设备制造企业、解决方案服务商、高校、科研机构等

各方深化合作，积极探索协同建设与创新发展模式，加强对典型做法、成功经验的总结和宣传推广，将为 5G 全连接工厂生态建设提供重要支撑。

3.5G+工业互联网融合生态创新再度升级

一是 5G+工业互联网终端模组创新加速，将有效缓解卡脖子问题。随着 5G 标准及产业研发应用的不断深化，5G+工业互联网应用模组终端技术局限性、成本高等短板将加速破局：技术方面，5G 模组将会向符合 3GPP R16&R17 标准趋势的方向演进，逐步满足低延时高可靠工业应用场景；成本方面，随着垂直行业同类型客户的共性化功能需求探索的不断深入，可以从成本和标准规范上快速推动 5G 终端从“定制化功能模组”到“行业定制标准功能模组”转变，也可以通过采用国产芯片方案、研发少天线方案、开发仅支持 SA 网络的模组和未来轻量化 5G 模组等举措，减少模组和终端天线成本。二是 5G+工业互联网产学研用协同效应增强。随着 5G、工业互联网等新基建产业的建设投入和创新发展的，围绕产业链协同创新，产业界、高校和科研院所加速联合研发，围绕标准制定、产品研发、示范推广等工作做了积极部署，加速了 5G+工业互联网融合产业发展进程，进一步拓展融合应用场景的深度和广度，推动产业应用能力成熟，加速渗透工业生产制造的关键环节，全面提升我国工业领域智能化、数字化水平，最终实现“5G+工业互联网”对工业制造全产业链、全价值链、全流程的覆盖。

参考资料:

[1]工业和信息化部,《“5G+工业互联网”十个典型应用场景和五个重点行业实践(第一批)》[Z], 2021.

[2]工业和信息化部,《“5G+工业互联网”十个典型应用场景和五个重点行业实践(第二批)》[Z], 2021.

[3]5G 应用产业方阵.第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛获奖项目主要完成单位及主要完成人公示[EB/OL], 2022.

[4]5G 应用产业方阵.第三届“绽放杯”5G 应用征集大赛总决赛获奖项目主要完成单位及主要完成人公示[EB/OL], 2022.

[5]工业和信息化部.2022 年上半年通信业经济运行情况[EB/OL], 2022.

[6]IMT2030(6G)推进组,5G 应用产业推进方阵.5G 商业模式创新发展白皮书[R], 2021.

[7] 黄颖, 于青民, 朱璎, 等. “5G+工业互联网”产业政策分析[J]. 信息通信技术与政策, 2020(7):69-71.

[8] 工业互联网联盟. “5G+工业互联网”应用场景科普. 2022.10

[9]中国信息通信研究院. 5G+工业互联网产业发展报告[R], 2021.

[10]中国信息通信研究院, 5AIA. 5G 应用创新发展白皮书[R], 2021.