



BRICS
Business Council

金砖国家工商理事会
中方数字经济工作组

“5G+工业互联网” 行业应用白皮书 —— 中国 实现新型工业化的探索与实践

二零二三年
2023



中国联通
China unicom

更多免费行业报告

并购家

www.ipopo.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国联通研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

目 录

前言	1
一、“5G+工业互联网”发展新态势	3
（一）“5G+工业互联网”促进产业升级，推动高质量发展	3
（二）全球“5G+工业互联网”发展进入快车道	8
（三）中国“5G+工业互联网”迈入发展新阶段	11
二、“5G+工业互联网”体系架构	17
（一）终端层：联接海量工业设备	17
（二）网络层：搭建全要素互联互通桥梁	18
（三）平台层：实现生产调度统一管理	19
（四）应用层：覆盖四大生产应用场景	20
三、“5G+工业互联网”引领行业实践创新	21
（一）“5G+工业互联网”助力矿山行业安全生产	22
（二）“5G+工业互联网”推动钢铁行业成本优化	30
（三）“5G+工业互联网”推进汽车制造智能化转型	37
（四）“5G+工业互联网”加速智慧工厂发展落地	44
四、探索“5G+工业互联网”未来发展新路径	53
（一）加强核心技术创新，深化能力协同融合	53
（二）拓展商业融资渠道，强化政府保障能力	53
（三）分类施策场景牵引，有序推进规模应用	54
（四）推动创新联合行动，畅通生态融通渠道	55

前言

“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与工业系统全方位深度融合所形成的产业和应用生态，是工业智能化发展的关键综合信息基础设施，是第四次工业革命的重要基石。通过对人、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，为新型工业化提供了实现途径。当前，全球新一轮科技革命和产业变革深入推进，“5G+工业互联网”在中国正加速推进新型工业化的进程，为数字经济和实体经济的深度融合提供了新的工具箱，为中国经济发展注入新动能，为疫情恢复后的世界经济创造新的发展机遇。

本白皮书聚焦中国“5G+工业互联网”行业发展态势，分析“5G+工业互联网”在数字经济中的重要作用，深入解析中国“5G+工业互联网”发展情况，洞察矿山、钢铁、汽车等重点行业应用情况，从细分行业发展政策情况、行业痛点业务需求、典型使用场景、成效等方面进行解读，精选已实现落地的“5G 全连接工厂”经典案例，并总结中国政府为推动产业发展，采用的政策和市场双轮驱动、组织创新等行业应用规模化发展经验。希望中国在“5G+工业互联网”行业探索和实践的成功经验可为金砖伙伴未来新型工业化的发展提供参考。中国愿与全球各国共同合作，探索 5G 和工业互联网融合发展新模式，让数字文明造福各国人民，推动构建人类命运共同体。

编写组成员

牵头编制单位：

中国联通研究院、中国联通国际公司

编写成员（排名不分先后）：

郭耀隆、罗力卓、夏璠、苑东平、杨锦洲、周晓龙、陈丹、李红五、
魏进武、孟树森、宋朝军、傅瑜瑜、余东海、王彬

一、“5G+工业互联网”发展新态势

(一) “5G+工业互联网”促进产业升级，推动高质量发展

1. “5G+工业互联网”赋能实体经济，助推数字经济发展

5G 与云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术交织并进，与实体经济在更广范围、更深程度、更高水平融合应用，加快了实体经济数字化、网络化、智能化转型创新，推动工业化与信息化融合发展，同时带动上下游“端-网-边-业”全产业链实现高端化突破，促进数字经济进一步发展壮大。

“5G+工业互联网”赋能传统实体经济价值提升，其作为全要素、全产业链、全价值链连接的枢纽，能够优化社会资源配置，对于新发展格局的构建发挥着至关重要的作用。“5G+工业互联网”通过将各类数据进行采集、传输、分析并形成智能反馈，有力推动生产要素循环流转和生产、分配、流通、消费各环节有机衔接，助力原有制造体系打破在时间和空间上的约束，促进软硬件、创意、设计等各类资源广泛聚集与高效匹配，优化产业主体协作模式，重构协作链条及流程，带动产业生产效率提升和价值增值。

“5G+工业互联网”逐渐成为数字经济发展的核心抓手，是数字经济时代的工业“新底座”。随着以数字经济为重要引擎的新一轮产业革命不断推进，“5G+工业互联网”已经应用到原材料、装备制造等国民经济重点行业，在推动数字经济进入快车道方面，具有不可替代的关键性作用。中国《“十四五”数字经济发展规划》明确到 2025 年工业互联网平台应用普及率达到 45%。作为新型生产力，“5G+

工业互联网”将促进数字经济发展产生质的变革，通过数字与实体深度交融、物质与信息耦合，大幅提升了生产资料、生产要素的效率，促进了生产关系变革，推动质量变革、效率变革、动力变革。

2. “5G+工业互联网”深度融合是实现新型工业化的关键

5G 是驱动工业互联网发展的关键技术，工业互联网是 5G 规模化应用的主阵地。国际电信联盟（ITU）定义的 5G 三大应用场景中，低时延高可靠（URLLC）、海量机器类通信（mMTC）两大主要应用场景均主要面向工业行业需求而设计。5G 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，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。工业互联网为 5G 规模化发展提供了广泛的空间，持续拓展 5G 应用的广度和深度。

“5G+工业互联网”的融合特性是推动新型工业化进程的关键。

“5G+工业互联网”融合由浅入深、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。具体来看，主要包括技术融合、设备融合、终端融合、算网融合、数据融合和生态融合六个方面。



图 1：“5G+工业互联网”的融合特性

技术融合。工业互联网需要物联网来解决感知、网络来解决通讯、云计算来解决数字化和智能化的问题。5G 本质上只是提供泛在连接的基础网络，唯有与云计算、大数据、人工智能等多种技术相互融合、协同创新，才能充分发挥出行业赋能效果。

标准融合。伴随 R15、16、17 三个版本的演进，5G 融入行业的特性逐步释放，也更加与行业深入渗透和融合。从 R15 版本主要面向 2C 市场、到 R16 向行业扩展，再到 R17 扩展至垂直行业的全面渗透。5G 赋能行业的纵深发展加速信息通信企业快速建立行业生态。

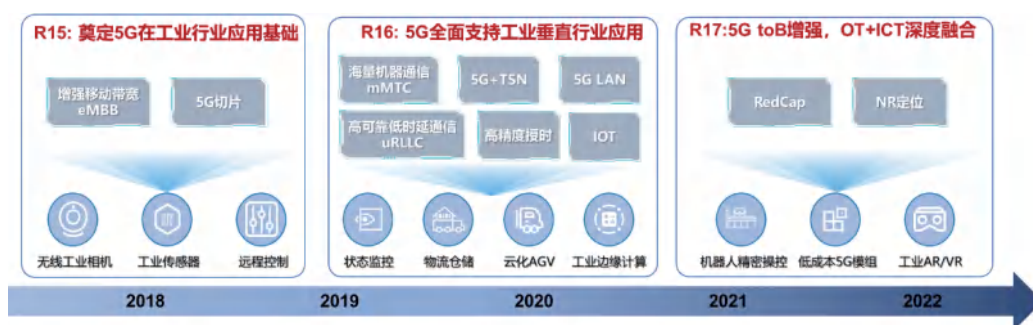


图 2：5G 标准演进丰富工业互联网工具箱

终端融合。“5G+工业互联网”涉及网络化升级改造、融合产品研发等诸多内容，带动研发一批新型工业融合终端。截至 2022 年 5 月底，全球 5G 工业路由器/网关数量已达 86 款。中国涌现出一批具备 5G 通信能力的 AGV、无人机、MES 终端等融合终端产品。

算网融合。以 NFV/SDN 为核心技术的下一代网络规模部署，算力和网络开始在基础设施层面逐步融合，随着 5G+MEC 的飞速发展，进一步驱动网络开始感知算力的位置，实现就近分流，算网融合的一体化平台服务已成趋势。

数据融合。工业互联网数据整合了工业数据以及互联网数据，是工业经济发展的核心要素。数据共享将从产线内数据资源的整合共享，工厂内数据协同，企业层级数据共享流通，最终打通产业链上下游的数据壁垒，实现产品全生命周期的智能化调控与智能化生产。

生态融合。“5G+工业互联网”新型产业生态打破了传统的IT/CT/OT分权而治的局面，构建以企业为主体，汇聚信息通信企业、安全企业、高校、科研院所、金融机构等各领域主体，形成跨界融合、跨界合作、开放包容、协同创新的新型产业生态体系。

3. “5G+工业互联网”“量身定制”，赋能千行百业

“5G+工业互联网”助推工业化与数字化、网络化、智能化融合，是实现新型工业化“融合”的粘合剂和催化剂，加速新型工业化进程的关键工具箱。“5G+工业互联网”夯实产业数字基础，提供网络、平台、安全三大功能体系，以及工业5G模组、网关等关键产品，满足工业生产需要的大型传输、高精度定位等难点痛点的需求。“5G+工业互联网”融入产业核心环节，深入工业内核，融通生产全域数据，让工业实时控制、机器视觉、数字孪生、智慧园区等复杂工业场景变为现实，成为提质增效的有力法宝。“5G+工业互联网”提高产业链协作效率，增强产业链企业发展能力和供应链一体化水平，为中小企业转型升级提供可借鉴的成熟方案和先进经验。

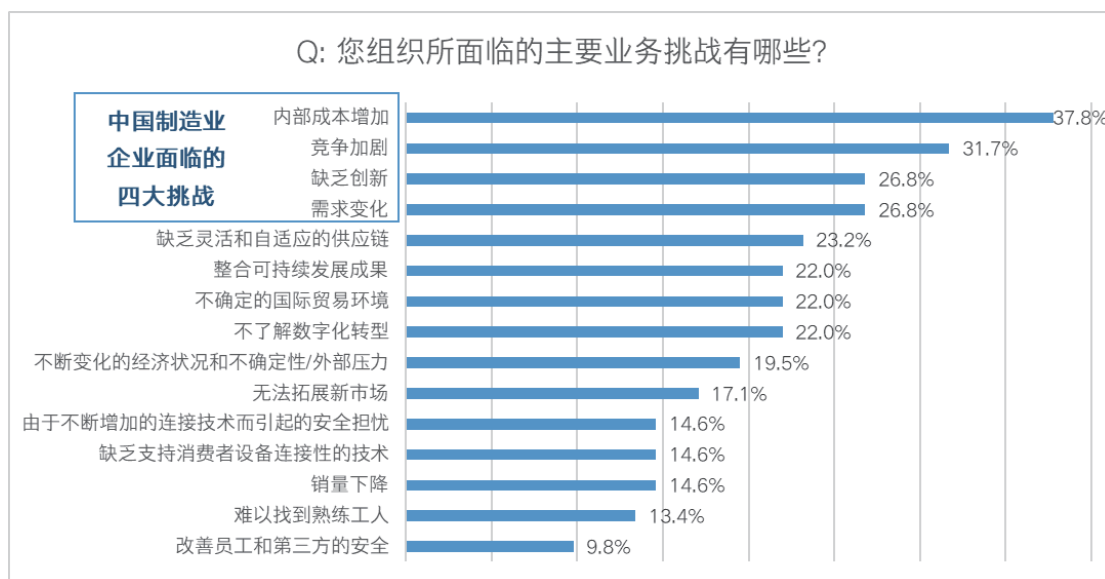


图 3：受访工业企业面临的主要业务挑战调查结果

(来源：IDC、COSMOPlat)

联合国产业分类中共有 41 个工业门类，不同门类既有共性的痛点，每个门类又有各自独特的挑战，“5G+工业互联网”可以针对行业特点拿出“量体裁衣”的方案。针对钢铁、矿山等生产环境高温高危的行业，提供少人化、无人化作业方案及全流程实时监控确保安全。针对服装行业客户较多个性化定制化的需求，通过“5G+工业互联网”定制化流程、提高生产效率、保障产品质量。“5G+工业互联网”促进生产原料、设备机械、劳动力以及产业链上下游各方协同配合、紧密连接，生产效率、营业利润、工艺质量等得到优化。

“5G+工业互联网”正在与千行百业加速融合，深入赋能。据统计“5G+工业互联网”典型应用场景已在采矿、电力、钢铁等 22 个国民经济重点行业得到深度应用、快速推广，“5G+工业互联网”支撑实体经济降本、提质增效、绿色发展的重要作用不断显现。5G 也是助力工业转型升级的一种技术手段，逐步成为推进新型工业化目标

实现的强劲动力。

（二）全球“5G+工业互联网”发展进入快车道

全球“5G+工业互联网”呈现出快速发展、广泛应用、技术不断创新、开放性更强、行业集成趋势明显、投入与收益逐渐平衡的新态势。“5G+工业互联网”在微观层面能够帮助制造企业提高运营效率、降低成本、增强应变敏捷性和灵活性，在宏观层面会影响国家和地区间的比较优势、竞争优势，进而促进世界产业格局发生变革。因此，世界主要工业大国都在积极推动新型工业化进程，纷纷推出各自的工业互联网架构体系，强化本国在工业互联网领域的话语权和掌控力。各国大型工业企业、工业软件企业、互联网巨头、电信运营商企业也相继进军工业互联网领域，成为了世界竞争新焦点。

1. “5G+工业互联网”发展前景广阔，全球市场规模持续扩大

全球工业互联网产业发展迅猛，市场前景广阔。根据中国工业互联网研究院测算，2021 年全球工业互联网产业增加值规模达到 3.73 万亿美元，年均增速近 6%。产业数字化仍是数字经济发展的主引擎，据中国信通院测算，产业数字化占数字经济比重为 85%，其中，第三产业数字化引领行业转型发展，一二三产业数字经济占行业增加值比重分别为 8.6%、24.3%和 45.3%。工业大国领跑全球产业发展，在 59 个主要工业国家中，美中日德四国工业互联网产业增加值规模占比超过 50%，以美国工业互（物）联网联盟（IIC）、德国工业 4.0 平台为代表的组织，聚焦差异化方向，持续推动产业生态建设。发达

国家数字经济领先优势明显，根据中国信通院测算，2021 年，发达国家数字经济规模达到 27.6 万亿美元，占样本国家总规模的 72.5%，发达国家数字经济占 GDP 比重为 55.7%，远超发展中国家 29.8% 的水平。从增速看，发展中国家数字经济同比名义增长 22.3%，高于同期发达国家数字经济增速 9.1%。展望未来，工业互联网的发展势头依旧强劲，麦肯锡调研认为工业互联网在 2025 年之前每年将产生高达 11.1 万亿美元的收入；埃森哲预测到 2030 年，工业互联网能够为全球带来 14.2 万亿美元的经济增长。

2. 全球主要工业国家积极推进“5G+工业互联网”发展

不同于中国“5G+工业互联网”的融合概念，5G 与工业互联网在各国的数字化相关战略中往往作为独立但又交叉的两大领域。世界公认“工业互联网”概念的首次提出是 2012 年 11 月美国 GE 通用电气《工业互联网：打破智慧与机器的边界》白皮书。这十年间，美国连续十年推进先进制造伙伴计划 (AMP, Advanced Manufacturing Partnership)，加速制造业数字化的技术创新和应用。欧盟实施“工业 5.0”战略，推动数字化绿色化双转型，构建以人为本、弹性、可持续的产业链供应链。德国发力“工业 4.0”，以智能工厂、智能产线为基础，着力巩固制造业竞争优势。英法日韩等传统工业强国和新兴经济体也在强化数字技术优势，以提高制造业竞争力，包括英国的“英国工业 2050 战略”、法国的“新工业法国计划”、日本的“超智能社会 5.0 战略”、韩国的“制造业创新 3.0 计划”等。“工业互联网不是工具的革命而是革命的工具”，逐渐成为全球形成共识。



图 4：全球工业互联网相关国家战略（来源：IDC 中国）

如果说工业互联网如同“桥梁”，5G 就是串联起人、机、物的“高速公路”。5G 使万物互联变成可能，也能以万亿级美元的投资拉动十万亿级的下游经济价值，是世界各国发展高新技术和保障战略安全的必争之地。美国 2018 年提出“5G 加速计划”，韩国 2019 年公布“5G 应用战略推进计划”，英国 2017 年发布“下一代移动技术：英国 5G 战略”，欧盟更是早在 2016 年就制定了“欧洲 5G 行动计划”。中国通信行业经历了 1G 空白、2G 落后、3G 追随、4G 同步的发展历程，终于在 5G 时代走在了前沿，在标准制定、产业链配套等方面拥有了话语权。根据近期 VIAVI 发布的《5G 部署现状》，全球 92 个国家及地区的 2497 个城市拥有商用 5G 网络。另有 23 个国家正在开展 5G 预商用试点，32 个国家已表达部署 5G 的意向，全球 5G 发展的“关键点”已经到来，5G 在工业、政务等领域融合应用更是引起了广泛关注。

各国的 5G 与工业互联网产业发展战略核心与内涵是一致的，希望通过转型升级推动国家或地区产业链竞争力，在全球化经济体系中取得比较优势。当然，各国的战略目标各有侧重。美国掌握了数字化

产业体系的核心优势，特别是尖端芯片、AI 算法、独角兽企业等，但制造业空心化严重，产业链体系并不健全，因此美国政策重点在于保持核心产业的领先地位，促进制造业回归。德国精密仪器、尖端装备领先，“工业 4.0”因此旨在保持德国制造业的国际竞争力。日本机器人及制造业较为突出，因此提出了“新一代工业价值链参考架构 IVRA - NEXT”，希望通过人、机器、平台、技术的广泛连接，打造独具特色的精益制造模式。中国作为工业产业链最为健全的国家，一方面希望在工业芯片、高端制造、人工智能等全球数字化竞争的核心领域取得突破，另一方面也想通过“5G+工业互联网”解决国家高质量发展中的不平衡、不充分的问题。

（三）中国“5G+工业互联网”迈入发展新阶段

中国政府很早就开始在顶层设计层面布局工业转型升级。早在 5G 商用前的 2015 年，中国国务院便颁布了《中国制造 2025》，提出“三步走”实现制造强国的战略目标。随后陆续发布《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》《信息化和工业化融合发展规划（2016-2020 年）》等政策文件，开启了信息化与工业化融合创新、制造业竞争力提升之路。2017 年《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》发布，“工业互联网”这个概念也正式得到了认可和推广。之后从 2018 年到 2023 年连续 6 年在《政府工作报告》中强调要发展工业互联网。工业互联网作为“制造强国”的支撑和重点发展方向，国家政策支持延续性和引导性作用不断凸显，并呈现出逐渐清晰、完善、具体的趋势。

2019 年是中国 5G 正式商用的元年，5G 应用探索的脚步从此明显加快。2018 年 12 月中央经济工作会议正式将 5G、工业互联网等定义为新型基础设施，要求加快 5G 商用步伐，加强新型基础设施建设。2019 年 11 月《“5G+工业互联网”512 工程推进方案》出台，“5G+工业互联网”创新发展开始得到高度重视。几年间，针对“5G+工业互联网”出台了《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）》《5G 全连接工厂建设指南》《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》《“十四五”信息通信行业发展规划》《“5G+工业互联网”典型应用场景和重点行业实践》等文件，建设目标进一步明确、针对性政策增加、并纵深扩展。中国“5G+工业互联网”的行业应用水平和深度也得到不断提升。

1. 网络基础设施建设取得显著成效

全球领先的数字信息基础设施为中国推进“5G+工业互联网”新模式应用奠定了坚实基础、创造了有利条件、提供了安全保障。中国已经开通 5G 基站 231.2 万个，5G 用户达到 5.61 亿户，5G 用户占比超过了全球的 60%；移动物联网连接终端用户数达到 18.45 亿户，占全球比例超过 70%，成为全球首个实现“物超人”的国家；IPv6 活跃用户数达到 7.28 亿，全球第一；算力规模达到 180EFLOPS（每秒 18000 京次浮点运算），位居全球第二，存力总规模超过 1000EB。

自 2017 年提出深入实施工业互联网创新发展战略的 5 年以来，中国工业互联网从无到有，网络关键基础设施建设陆续取得突破。网

络层和设备层为“5G+工业互联网”产业提供基础底座，中国电信企业利用 5G 切片技术提供了超 1.4 万个 5G 虚拟专网，覆盖制造、港口、能源等多个工业领域。同时还根据场景提供 5G 混合虚拟专网、5G 独立专网等组网模式以及边缘计算、云服务等基础资源。网络架构方面，OT+IT+CT 扁平化网络架构逐步应用，改变了传统工业控制系统的多层级架构，进一步促进生产线深度协同和全域数据流通。

2. “5G+工业互联网”平台建设稳步推进

中国拥有全球最完备的工业体系，相对规范健全的市场，以及强有力的国家意志和政策执行力，这是中国建设“制造强国”的独特优势。中国三大运营商、互联网公司、设备厂商竞相布局升级工业互联网平台，涌现了海尔的 COSMOPlat、富士康的 BEACON、航天科工的航天云网、中国联通的 5G 工厂、中国移动的 OneNET、阿里的 ET 工业大脑等一批优质平台，加快工业企业“上云”步伐，助力“5G+工业互联网”的应用落地。

工业和信息化部自 2018 年开始组织跨行业跨领域工业互联网平台申报和评选。截至 2022 年底，中国已建成具有一定区域和行业影响力的工业互联网平台超过 240 家，培育跨行业跨领域平台达到 28 个，工业模型数量超过 2600 个，工业 APP 数量超过 29 万个，工业设备连接数量超过 7900 万台套，服务工业企业超过 759 万家。工业互联网标识解析体系——“5+2”国家顶级节点全面建成，“5G+工业互联网”在建项目超过 4000 个。有力促进了产品全流程、生产各环节、供应链上下游的数据互通、资源协同，加速企业数字化转型。

3. “5G+工业互联网”应用逐步走向核心环节



图 5: “5G+工业互联网”应用深度加速拓展

中国“5G+工业互联网”已经由起步探索迈向深耕细作阶段，应用深度正加速由生产外围向生产核心环节深化拓展，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。5G 从只提供基础连接演进到深入生产的核心场景、核心环节，融合深度逐步加强。网络层面，5G 从外挂式网络逐步向 5G 内网、5G 内网转化，网络性能明显增强，边缘计算使连接与算力赋能制造业的价值将深度发挥，逐步形成“端-网-边-业”协同的整体架构，促进工业生产实现场景化协同。技术层面，由 5G 与单一技术的简单结合，向 IT/CT/DT/OT 融合应用的“组合拳”演进，实现了技术的高效融通。应用层面，5G 机器视觉质检、5G 远程控制、5G 南向 PLC、5G 数字孪生等应用场景不断丰富，场景更加深入核心。与此同时，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。

“5G+工业互联网”正成为中国 5G 规模商用和产业数字化的“新名片”。截至 2023 年 1 月，中国 5G 智能工厂和数字化车间超过 1700

个，5G 灯塔工厂达到 50 家，数量居全球首位。2022 年中国工信部印发《5G 全连接工厂建设指南》。5G 全连接工厂充分利用以 5G 为代表的新一代信息通信技术集成，打造新型工业互联网基础设施，新建或改造产线级、车间级、工厂级等生产现场，形成生产单元广泛连接、信息（IT）运营（OT）深度融合、数据要素充分利用、创新应用高效赋能的先进工厂。5G 全连接工厂具备五大典型特征，即应通尽通、应联尽联、应采尽采、应升尽升、应用尽用。根据指南，工信部将自“十四五”时期推动万家企业开展 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。这些耀眼的目标背后折射出“中国智造”在全球工业新一轮变革浪潮中的强大自信与不俗实力。

4. 产业生态体系建设取得长足发展

中国《工业互联网创新发展计划（2021-2023 年）》明确提出开展工业互联网产业生态培育工程，重点培育系统解决方案供应商，打造工业互联网创新中心，建设工业互联网公共服务平台。中国长三角、厦门、重庆等地区纷纷搭建了工业互联网公共服务平台。集中打造了“5+2”标识解析体系国家顶级节点，联接国际根节点到二级节点及企业节点。北京、上海、重庆、青岛、成都、长沙等地还密集谋划和建设工业互联网产业园区，推动工业互联网产业集聚和制造业转型升级。

中国产业各方秉承开放包容理念，构建开放共赢的“5G+工业互联网”产业生态体系。电信运营商、设备制造商、集成服务商、芯片

厂商、科研机构、行业客户等众多单位深入合作，通过战略联盟和联合等方式，以 5G 融合创新中心、5G 开放实验室、5G 应用产业方阵为纽带，共同为企业 提供“5G+工业互联网”产品和解决方案。工业和信息化部等机构还通过举办“绽放杯”5G 应用征集大赛等活动赛事，为政产学研用各界搭建了 5G 应用成果分享与交流的平台。“政府推动、多方协同、共生共赢”的产业生态体系已基本建成。

二、“5G+工业互联网”体系架构

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信息应用能力。



图 6：“5G+工业互联网”体系架构图

（一）终端层：联接海量工业设备

“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 摄像机、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 模组平滑过渡。

（二）网络层：搭建全要素互联互通桥梁

“5G+工业互联网”网络主要包括工业内网和工业外网。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 在工业互联网应用的核心技术主要是如下领域：

5G LAN。工厂车间内部的生产网通常基于二层组网架构，常用的工业自动化控制所使用的工业以太网协议，也需要二层网络支持。5G 与工业生产网的融合，要求 5G 具备二层通信能力，才能够实现与传统生产网的平滑融合和替代。5G LAN 技术可支持 L2 层 LAN 服务，原生支持多种工业以太网协议，实现 5G 在工业生产网中的即插即用。此外，5G LAN 支持集群（子网）管理能力，支持不同生产业务的隔离，并且支持子网内的广播、组播功能。

5G 确定性网络。确定性网络作为能提供确定性服务质量的新型网络技术，具有“大带宽、低延时、低抖动、高可靠”等优点，可以有效解决传统网络数据传输的拥堵、延迟、抖动等问题。通过超低抖动、超低时延、可靠性增强、上行带宽增强实现网络确定性，在业务

确定性方面，通过高精度定位、视频增强、边缘算力、工业级网络等技术实现业务确定性。

UPF/MEC 本地部署。5G 作为工厂生产网，需承载工厂生产制造活动和核心生产环节，需要保障外部网络事件不能够影响内部生产网络的运行，同时，5G 生产网应作为企业生产内网的一部分，也应统一架构统一管理。基于上述考虑，需要在企业侧部署专享的 5G UPF/MEC 节点在企业侧部署，结合本地化的 5G 控制面功能，实现 5G 生产网基于大网获得管理运维支撑的同时，其业务运行不受大网影响，并且实现 5G 进内网的统一架构。

5G MEC。5G MEC 边缘计算是 5G 网内的边缘算力资源，MEC 边缘计算的部署与 UPF 结合，可以简化设备和网络的部署，也能减少分流点到应用的路径迂回，实现网络和算力本地闭环的最优架构。在工业场景中，可利用 5G MEC 的“网内算力”和“电信级高稳”能力，将 MES、SCADA、AGV 调度、数据采集与分析等系统部署在 MEC，实现从设备与 I/O 到服务之间的数据传输和应用处理全程在 5G 系统内完成。随着连接无线化，设备智能化，架构扁平化的演进，越来越多的应用可以从工业现场迁移到边缘，由边缘计算平台提供实时/非实时的混合计算能力，形成算网一体的工厂 ICT 底座。

（三）平台层：实现生产调度统一管理

“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。

（四）应用层：覆盖四大生产应用场景

“5G+工业互联网”有着广泛的应用，几乎可以覆盖所有的工业领域，根据 IDC 的研究，5G 工业互联网主要应用场景包括资产智能化、生产智能化、产品全生命周期管理及网络化协同四大类，覆盖了工业领域的原材料、产品、设备、运营、售后等制造相关的全要素、全价值链和全系统。首先是资产智能化，工业互联网通过对资产智能化管理，帮助企业提高设备的可视化和可靠性，减少维修成本和非计划性宕机。二是生产智能化，其为工业互联网最为常见的应用场景，也是目前落地较多的场景，其实施的难度偏中等水平，主要包括生产管控、工艺优化、质量管理和自主操作。三是产品全生命周期管理，是指从产品的需求开始，到产品的淘汰报废的全生命周期里程管理，包括产品溯源、产品设计反馈、用户体验反馈和供应链管理等。四是网络化协同，是指制造商、零部件供应商、销售商乃至消费者可相互交换商品和业务信息，共同执行业务流程，协同既包括组织内部的协作，也涉及产业链上下游组织间的协作。

三、“5G+工业互联网”引领行业实践创新

目前，中国 5G 建设稳步推进，工业互联网产业规模突破万亿大关，“5G+工业互联网”正在加速赋能千行百业。中国是全世界唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家，为工业互联网提供了丰富的应用场景。2021 年，中国工信部先后发布了“5G+工业互联网”10 大重点行业实践及 20 大典型应用场景，其中重点行业包括装备制造、钢铁、采矿、纺织、家电等，典型应用场景包括远程设备操控、柔性生产制造、厂区智能物流、无人智能巡检、设备预测维护等，推动“5G+工业互联网”与实体经济深度融合。

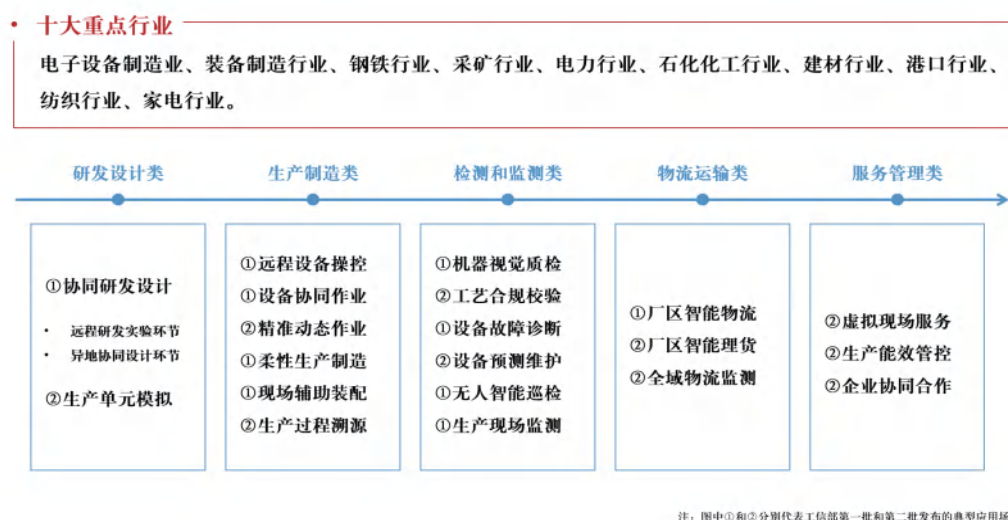


图 7：工业互联网重点行业及重点场景

(来源：中国工信部)

金砖国家国土面积辽阔，人口众多，具有丰富的矿产资源，钢铁、汽车等行业比较发达，计算机和软件产业发展迅速。针对金砖国家情况，本章节将重点介绍中国“5G+工业互联网”在矿山、汽车、智慧工厂、钢铁行业的应用情况，从行业发展和业务痛点需求、典型场景

等角度进行分析，分享中国“5G+工业互联网”优秀案例的应用经验，助推金砖国家实现产业转型升级。

（一）“5G+工业互联网”助力矿山行业安全生产

1. 行业发展和业务痛点需求

中国宏观经济将继续保持中高速发展的态势，能源需求保持稳定增长，基于中国能源“富煤、贫油、少气”的特点，煤炭作为中国兜底保障能源的地位和作用很难改变。然而，目前中国煤炭行业面临供给侧结构调整，发展环境严峻，产能不断向大型企业和优质产区集中，煤矿数量逐年降低等问题。

传统矿山行业存在以下痛点：**一是矿山行业条件差危险性高，存在巨大安全隐患。**矿山行业容易发生瓦斯爆炸、煤尘爆炸、水患火灾、顶板冒落等灾害，一旦发生将造成严重的人身和财产损失。**二是矿山行业一线操作人员后继不足，劳动力数量和技能双重缺口持续扩大。**矿山行业工作环境艰苦、劳动强度高，同时薪资水平及社会地位受限，导致很多大学生不愿意从事煤矿工作，人员老龄化严重。**三是传统矿山网络布线复杂、成本居高不下，难以满足智能化发展需求。**矿山大多处在偏远地区，远离城市，且占地面积大，使用传统的有线网络难以实现矿山对大带宽、低时延、广连接的需求，且耗资巨大。

针对以上痛点，中国发布多项政策并加大财政补贴，推动矿山行业向安全、绿色、智能化转型。2020年，中国国家能源局、中国国家矿山安全监察局组织开展首批智能化示范煤矿建设，截至2023年1月7日，已有约30处通过验收，验收结果达到中级智能化水平。

随着智慧矿山建设的推进，智能化采掘工作面数量近年来快速增长，2022 年 3 月数量达到 813 个，与 2020 年相比增加 65%，其中，采煤面为 477 个，掘进面为 336 个。

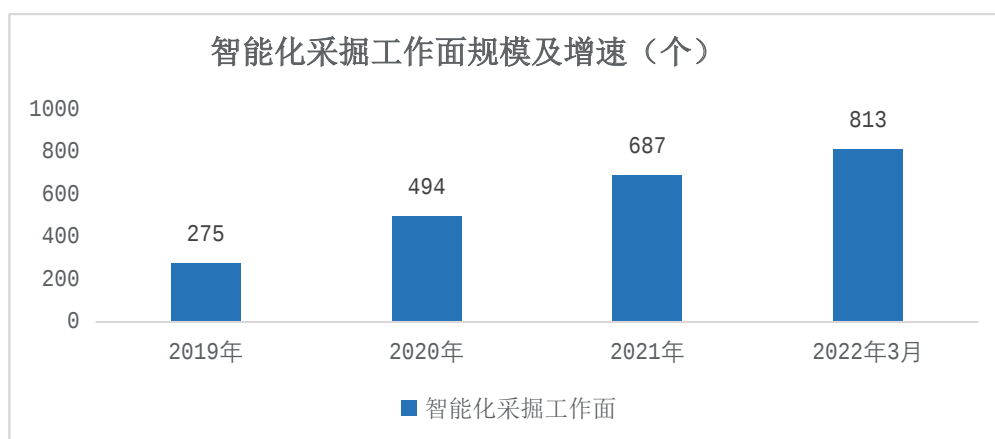


图 8：中国智能化采掘工作面规模及增速（来源：国家矿山安全监察局）

智慧矿山场景对上行带宽、端到端时延以及可靠性要求极高。例如，为实现矿区实时监控，需要使用多个高清摄像头进行现场视频回传，单个摄像头需要 2-8Mbps 带宽，300 台高清摄像头同时回传将产生超过 600M 的大带宽需求。再例如，矿区的远程设备操控需要保证超低时延，以实现高精度操作，如对于 PLC 控制信令、远程操控采煤机要求控制链路端到端时延 10~30ms 左右。除此之外，无人设备掉线后很难自动恢复，为保证工作的正常运行，无人矿卡可靠性要求达到 99.999%。传统的无线接入方式时延高，掉线、丢包现象严重，可靠性低，难以满足以上网络需求。在这种情况下，5G 具备的大带宽、低时延、广连接等特性，可以增强矿山场景下的上行速率、降低时延、提高可靠性，为工作面海量数据上传搭建一条高速公路，满足高精度定位等创新技术在矿山场景的应用，并支撑井下设备的地

面远程控制，实现工作面的少人无人化操作。

2. 典型场景和成效

按照开采场景，矿山可分为露天矿与井工矿，其中露天矿主要指在地上开采的矿山，井工矿主要指在地下开采的矿山。在露天矿开采场景下，主要包括剥离和采矿两个步骤，其中剥离是指将露天矿内影响采矿的岩石剥离并运出丢弃；采矿即从剩余裸露的矿体上直接采掘矿石，涵盖矿卡无人驾驶（含视频回传）、电铲远控、无人机预警，视频 AI 监控等业务需求。在井工矿开采场景下，主要包括掘进、采矿、运输等步骤，涵盖智能综采、智能掘进、智能巡检、皮带 AI 监测、智能调度等业务需求。

（1）矿卡无人驾驶

矿卡无人驾驶场景主要应用在露天矿山，露天矿山地处偏远，作业危险，通过 5G 网络的大带宽和低时延优势，可以满足矿区无人驾驶的网络性能需求，保障矿区作业安全。

通过混合组网实现采矿区 5G 网络全覆盖，提供矿卡与监控中心的实时通信连接，借助监控中心的调度系统，实现无人矿卡的远程操控、精准停靠、自动装卸、停车避让等作业任务。具体而言，基于 5G+边缘计算，可以实现矿卡根据采集的数据对应急情况进行本地处理；基于 5G 低时延特性，实现采集数据的云端上传，实现大数据分析、路线和定位纠正，保障横向和航向误差。矿区无人驾驶可助力煤矿实现机械化换人、自动化减人，提升煤矿生产效率，降低运行安全风险。

表 1：矿卡无人驾驶场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
矿卡无人驾驶	大带宽、低时延	<30ms	200Mbps	≥99.99%

（2）智能综采

智能综采工作面环境复杂，地质条件相对而言比较恶劣，易发生自然灾害，综采工作面的少人化、无人化一直是矿山智能化转型的重要方面。

5G 网络具备大带宽和低时延的传输优势，而且采用 5G 无线网络可以代替传统有线网络，减少因设备频繁移动而导致的非计划停机，提高工作的可靠性。通过在作业现场部署多个高清摄像头，将现场环境信息完整地传送到监控中心，再结合现场设备本身的各种传感器信息上报，工作人员可以在监控中心直接操控各类设备，从而达到作业现场少人化、无人化的目标。

表 2：智能综采场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
智能综采	大带宽、低时延	10-30ms	≥100Mbps	≥99.99%

（3）智能巡检机器人

通过建设 5G 专网，可以实现矿山的无线覆盖，利用 5G 网络大带宽、低时延、高可靠性和海量连接的特性，支撑 5G+巡检机器人工作。

智能巡检机器人通过对检测区设备进行全天候监控, 大大减少固定式传感器和仪器的安装数量, 无需大量布线、无需改造现有设备, 在降低综合运营成本的同时, 提高运营水平, 同时也提高了巡检的精准度。巡检机器人 24h 自主巡检, 可以减轻工作人员的劳动强度、降低劳动风险, 及时发现和预判周边环境潜在的安全隐患, 减少生产过程中的非正常停机时间, 降低企业生产成本。

表 3: 智能巡检机器人场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
智能巡检机器人	大带宽	≤200ms	54Mbps	≥99%

(4) 皮带 AI 巡检

利用 5G 及 AI 技术实现实时监测、实时采集、实时定位、实时互联、远程诊断、近感探测等功能。通过 AI 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, 提供皮带整体运行的状态展示, 并且通过控制皮带动力系统将损伤位置自动停机至指定的检修区。

表 4: 皮带 AI 监测场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
皮带 AI 巡检	大带宽	≤200ms	5Mbps/个摄像头	≥99%

(5) 综合管理

通过“5G+工业互联网”、云计算、大数据、人工智能等新技术的应用，搭建综合一体化管控平台，实现从人员到设备、从硬件到软件、从生产到管理的全方位升级。利用综合一体化管控平台，提高生产效率和经营管控水平，提高设备效能，降低生产成本和能耗。

3. 典型案例——麻家梁 5G 智慧采矿

(1) 案例情况

麻家梁煤业是亚洲最大的立井提升井工煤矿，但目前存在部分问题，需要借助智能化手段对其进行解决。首先是煤矿的井下战线长，盲点多，导致数据采集困难；其次是子系统繁多，网络带宽不足以及作业过程危险。针对以上问题，中国联通携手麻家梁煤业，以 5G 和 AI 技术融合为创新驱动，建设矿用 5G 专网、IPRAN 万兆环网、数据中心、巡检机器人、皮带 AI 识别及设备在线监测与诊断等系统，助力麻家梁煤业降本增效、安全生产。

具体解决方案包括，在井下建设 6 台环网交换机、4 台 BBU、10 台 RHUB、46 台 pRRU；地面建设 5G 核心网、3 个宏站，2 台环网交换机，实现井下 5G 覆盖范围超 20 公里，地面 5G 公网全覆盖，环网带宽由千兆升级到 5 万兆，满足网络全覆盖、网络大带宽、设备远程操控等需求，承载人员定位、应急广播、视频监控等业务时延降低到 10ms 以下，各系统通过网络切片独立传输。

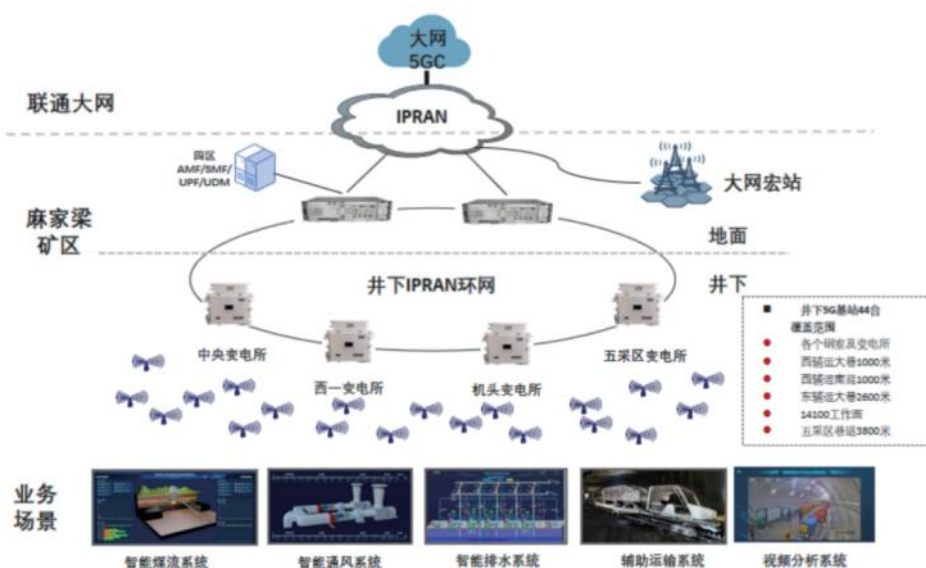


图 9：麻家梁煤业智慧矿山解决方案

案例首创基于 5G 专网和 5G 多模基站的融合一张网架构，实现 5G、4G、NB、Wi-Fi、以太网等多种形式接入，形成井上井下融合一张网；并通过采用 EVPN+SRv6+FlexE 切片组网，满足煤矿客户对于控制类、视频类等不同业务带宽、时延等 SLA 要求，搭建 5G+巡检机器人、5G+综采面远控、5G+智能视频分析、5G+AI 皮带损伤检测等应用场景。

(2) 案例成效

一是通过 5G 专网、万兆环网以及各类智能矿山应用，实现吨煤生产成本从 200 多元降至 134 元，整体采煤效率提升 10%，安全效率提升 80%，每班下井人员减少 50 多人，节约网络建设成本 300 万元。二是通过 5G+巡检机器人、智能视频分析等系统，实现运维服务智能化，帮助矿井工作人员及时发现设备故障，提早设备故障发现时间 1 周，设备工作效率提升 10%，减少运维人员 30 多人，减少意

外停机次数 5 次。

4. 典型案例二——江西城门山 5G 无人化露天矿山

(1) 案例情况

城门山铜矿在数字化转型中存在三大痛点：一是传统通信模式的速率和时延不能充分满足应用需求；二是生产及管理业务系统数据存在“孤岛”，未实现不同系统之间的数据联动；三是当前无线网络安全及数据安全难以保障，导致无线网络未能与生产环节主要业务有机结合。

基于以上问题，中国移动联合城门山铜矿及其他公司建设 5G 行业虚拟专网，部署边缘计算平台，利用 5G 技术，实现矿山设备的智能管控，满足矿山管控系统对高带宽及低时延的要求，实现控制精度达到厘米级的无人驾驶矿用大车、远程遥控推土机等作业场景。同时，结合人工智能、边缘计算技术，实现对矿山设备的远程控制，提高矿区作业安全系数和生产效率。

在城门山铜矿，5G 网络已经应用到了包含采矿、运矿、磨矿、选矿等各个环节中。在采矿环节，实现对破碎锤、挖机等设备的无人化改造，通过 5G 网络进行数据传输，实现对矿用设备的远程控制；在运矿环节，通过对运矿卡车进行升级，实现无人驾驶；在磨矿和选矿环节，利用 5G 网络进行数据采集，实现过程的精准控制。具体应用场景包括 5G 作业区全景业务监控、实时数据感知、5G 北斗边坡监测、5G 矿山设备远程操控、5G 矿卡无人驾驶及多设备协同作业等，创新建立穿孔、铲装、运输、排土全流程智能车联网平台，形成

5G+矿用车联网在露天矿山的实践。

(2) 案例成效

城门山铜矿数字化转型主要取得了三大成效：**一是生产效率和质量提升**，整体生产效率提升20%以上，入选铜品位合格率提高11.34%，入选硫品位合格率提高4.43%，铰卡台效提高3.84%，采剥柴油单耗降低5.32%；**二是管理效率提升**，数据的实时分析和展示，为管理人员提供第一手信息，为快速决策提供支撑依据，矿山整体生产管理能力提升30%以上；**三是安全生产水平提高**，部分现场作业人员被调整到后端岗位，通过减少现场作业人员，进一步提升矿山的安全生产水平。

(二) “5G+工业互联网”推动钢铁行业成本优化

1. 行业发展和业务痛点需求

中国积极通过政策引导钢铁行业进行数字化转型，主要集中在智能制造、节能降碳两方面。在智能制造方面，国家积极推进5G、工业互联网、人工智能、数字孪生等技术在钢铁行业的应用；在节能降碳方面，国家对钢铁行业的“双碳”和环保要求越来越严格，2021年至今先后发布多项政策，促使国内企业通过资金和技术投入，满足国家“双碳”和环保的政策要求。

钢铁行业属于典型的流程型制造业，生产流程长、工艺复杂、供应链冗长，面临诸多痛点。**一是生产场景安全隐患大，作业效率低**，钢铁行业部分岗位环境艰苦，且需要连续作业，容易发生人为操作错误，引起安全 and 生产事故，且人为工作效率低，造成人力资源浪费；

二是生产流程长、黑箱化，信息无法充分利用。当前我国以长流程炼钢工艺为主，生产现场环境恶劣，存在高温高磁等干扰，导致有线网络部署困难，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，管理者无法对生产信息进行有效、及时的管控，不利于生产效率和产品质量的提高。**三是设备运维成本居高不下，**为了提升产品的工艺和品质，许多钢企购买先进设备进行生产，但是因为现场生产管理不到位、没有高效的维护保养方法等问题，导致设备故障频发、能源中断、油路泄漏、备件不良、功能丧失等，提高设备运维成本。**四是下游需求日益个性化，**钢铁行业在产业链中作为中间环节，下接装备制造、汽车制造、轨道交通、建筑等产业，不同产业对韧性、耐腐蚀性等要求不同。

钢铁企业应政策要求和企业自身转型升级需求，积极推进“5G+工业互联网”及智能装备、大数据、人工智能、数字孪生等技术在设计研发、生产运行、质量控制、能源管控等场景的融合应用，提升了企业全流程各工序的数字化、智能化程度，通过在安全风险大、操作重复性高的岗位采用远程操控、机器换人等技术，提高生产过程的安全性。当前中国钢铁行业数字化转型成效初步显现，大型企业基本完成了网络化数字化建设，智能应用从生产辅助场景向主工序场景发展，并且逐步从企业内部辐射到上下游产业链。据中钢协统计，目前国内已有约 80% 的钢铁企业在推进智能制造。

钢厂传统网络以有线和光纤为主，有线网络的部署和维护成本高，网络拓扑结构复杂，断网对生产影响大，急需稳定、可靠、安全的无

线网络应用于现场生产中。5G 网络以其大带宽、低时延、广覆盖、移动性和稳定性的特点，可以充分支撑钢厂在设备远程监控，视频回传，AR/VR、机器视觉、智能巡检等方面的应用。

2. 典型场景和成效

“5G+工业互联网”在钢铁行业的典型场景主要包括天车无人控制、AI 钢表质检、数字孪生工厂、环保监测等。

(1) 天车无人控制

钢铁行业存在大量高温危险区域，工人长期工作其中存在高安全风险，采用无人天车控制可以很好的提升钢铁行业的生产安全。传统钢企多采用柔性光纤有线网络，布线复杂且容易因断裂导致信号中断，在这种情况下，5G 无线网络可以很好的弥补传统网络的不足。

无人天车系统由采集器、5G 网络与 PLC 控制器三部分组成。通过扫描仪采集水平方向与垂直方向信息、测距仪采集距离信息，获取周边物料、坑料、车辆、车斗高度及装卸位置信息和画面，通过 5G 网络实时将数据传输至 MEC 端进行数据处理，建立现场三维数据模型，同时通过 AI 智能算法构建动作指令集，下发给天车执行，从而实现天车无人化自主生产。无人天车作业效率更高、作业数据更准确，并且很好的解决操作工技术不成熟导致钢卷被夹伤的情况，避免造成重要损失。

表 5：天车无人控制场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
天车无人控制	大带宽、低时延	≤50ms	≥50Mbps	≥99.9%

（2）智慧料场

原料系统作为钢铁企业生产流程的首道工序和核心环节，原料厂占钢铁企业总面积 8%-18%，承担 95%以上的物料准备及处理功能，原料场的生产管控对整个钢铁企业极为重要。

传统原料系统采用有线和 WiFi 数据传输方式，其中卷筒电缆存在采购周期长、维护成本高等缺点；WiFi 存在覆盖效果差、抗干扰能力差、不稳定等缺点。5G 无线网络凭借低时延、高可靠性、大带宽、广连接等特性，为原料场场景带来了至关重要的网络保障。通过综合运用 5G、边缘计算、自动控制、GIS 地理空间信息、智能识别、精确定位、云计算等技术，可以实现堆取料机自动作业、料场三维图像测控、料场智能调度、料场智能视频监控等功能，提高原料系统整体的机械化、自动化、信息化，建成高效、自动、智能的原料区域智能化料场。

表 6：智慧料场场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
料场智能视频监控	大带宽	≤100ms	3Mbps/路	≥99.9%

（3）智能炼焦

焦炉车辆无人操作智能化系统实现各车辆通过 5G 无线网络，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。

表 7：智能炼焦场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
智能炼焦远程集控	大带宽、低时延	$\leq 30\text{ms}$	64Mbps	$\geq 99\%$

（4）AI 钢表质检

钢材在制造运输过程中可能有压痕、孔洞等问题，长期暴露于空气中也会存在锈斑等问题。钢表检测即通过摄像头高清视频回传，结合机器视觉算法，自动识别、检测钢材表面存在的问题，能够大幅提升钢材表面质检效率，保障钢材产品质量，降低表面质量检测人员工作强度。

智能表检系统及算法部署在边缘云服务器上，实现图像数据实时处理（自动缺陷检测和分级分类等）和资源共享。云端训练生成模型并自动推送到边缘云服务器，不断迭代优化算法。使用工业相机并利用 5G 网络上传图像数据，实现在边缘侧对数据进行处理。

表 8：AI 钢表质检场景 5G 网络性能要求

应用场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
AI 钢表质检	大带宽、低时延	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 100\text{Mbps}$	$\geq 99.9\%$

3. 典型案例——宝武马钢 5G 智慧钢铁

（1）案例情况

马鞍山钢铁股份有限公司是中国宝武钢铁的控股子公司，安徽省

最大的工业企业，目前生产过程中存在以下痛点。首先是因生产环境差导致的招工难问题，其次是车间有线网络布放困难，导致部分装备未联网，以及在钢材表面缺陷检测等工作中存在的人工效率低、误检率高等问题。

中国联通针对以上问题，搭建马钢 5G 高可靠专网，包括马钢 5G 工业应用专用核心网、传输网、无线网、自服务管理平台以及港务原料厂、热电厂及铁运北区铁水罐车场景覆盖，提供 5G 宏微站协同组网、业务数据隔离、钢企边缘 MEC 算力、5G 双发选收、5G 异频组网、集团集约化网管+自服务平台等独享 5G 网络定制服务。基于宏微站协同组网、5G 双发选收技术、异频组网等技术，保障生产场景下的高可靠、低时延、广覆盖要求，赋能智能视频巡航、5G+3D 数字料场、堆取料机无人驾驶、AI 安全行为监管等场景。

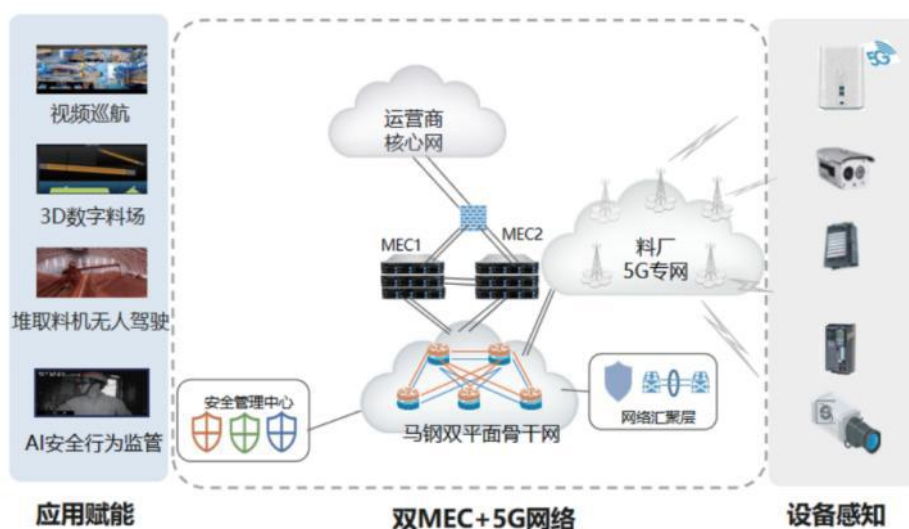


图 10：宝武马钢项目解决方案

在智能视频巡航，中国联通利用数字调度，实现原料运输皮带无人巡检，解决全厂 400 余条皮带人工巡检效率低的问题；在 5G+3D 数字料场，通过将 3D 扫描的海量点云数据回传至数据中心，完成实

时盘库和作业计划制定；在堆取料机无人驾驶，通过高清视频回传、机载控制系统与智能决策系统的实时通讯，实现机上无人操作；在 AI 安全行为监管，对各类生产行为进行智能分析，实现对抽烟、疲劳作业等危险行为进行抓拍记录和告警。

（2）案例成效

宝武马钢项目打造了安徽省首个“5G+工业互联网”标杆案例，通过 5G 智慧料厂，实现每年节约成本约 800 万元，如相关应用进行全马钢复制，按照相应场景及设备比例，马钢每年可节约成本近亿元；通过推动减人增效，每年可减少 560 万元成本；通过 5G 专网搭建，每年可降低网络成本 80 万元；通过智能视频巡航等，实现设备维修率降低 15%，停产效益降低 29 万元每年。

4. 典型案例二——柳钢 5G 智慧钢铁

（1）案例情况

广西柳钢集团是中国华南、西南地区乃至泛北部湾经济圈最大的钢铁联合企业，是全球钢企 50 强。中国移动、华为与柳钢集团进行合作，利用 5G、云和 AI 等技术深入生产流程，创新落地了 11 项“5G+工业互联网”在钢铁行业应用场景，包括 5G 焊缝“云眼”质检、固废云识别、5G 智慧天车、5G 远控取料机、5G 预测性维护、5G AR 远程协同等。

例如，在 5G 智慧天车场景，通过综合考虑现场情况（如：遮挡物、金属结构屏蔽）、无线网络信号覆盖要求、并发接入量及访问速度、数据安全、后期扩展、建设成本等因素，依赖 5G 大带宽、低时

延、高可靠的特性，实现高清视频远程监控，通过 5G 多视角远程控制天车。在 5G 远控取料机场景，利用 5G 的大带宽，实现每小区 200Mbps 以上的稳定上行带宽，并通过双发选收技术保证 PLC 控制时延稳定在 100ms 以下，有效改善取料工作环境，提高工作效率和生产安全。

（2）案例成效

柳钢 5G 智慧钢铁项目最终将给柳钢带来上亿元的效益提升及成本节省。项目通过远程控制装载机项目，不仅将单次吊运所需人力减少 60%，实现装卸效率提升 400%，而且大幅改善了艰苦工种的工作环境、作业安全性和工作满意度。通过 5G 远程控制冷轧小天车，将过去需要 3 人配合缩减到现在的 1 人，减少用工 60%，并且吊运时长从 20 分钟一吊提高至 5 分钟一吊，装卸效率提升 400%，显著改善了工作环境，同时解决了招工难的问题。

（三）“5G+工业互联网”推进汽车制造智能化转型

1. 行业发展和业务痛点需求

汽车制造行业是全国乃至全球为数不多的市场存量超过万亿级别的分类市场，也是运用数字化手段降低制造成本，提升生产效率的关键领域。5G 技术在汽车制造领域的引入，正不断引领汽车制造业朝着网联化、智能化、体系标准化、生产自动化的全方位数字化转型发展。

在数字化转型的过程中，汽车制造行业存在以下痛点：一是传统生产线难以实现工业的互联互通，因传统制造装备信息化程度不高、

现场设备种类繁多、不同厂商设备使用的通信接口不相同、工业通信协议多样等问题，导致异构网络并存，数据采集困难，业务和数据互通性差，存在“信息孤岛”，管理和维护难度大。**二是业务编排柔性差、敏捷度低**，汽车业务系统堆叠式发展，单个系统中功能非常庞杂，单个功能点的迭代优化会影响其他功能，甚至关联系统，严重影响敏捷性。

目前，5G 技术已成为新一代汽车智能制造的关键使能技术，5G 技术通过如虚拟专网、云网融合等多种方式切入汽车制造的各环节，其传输速度及时延的优势对于加工精度的提升具有重要意义，也使得自动化成为可能。此外，5G 通信支持海量物联，每平方千米联网设备数量高达 100 万个，相比 4G 提升了 10 倍。加快推进 5G 应用与汽车智能制造的融合，对于增强汽车制造企业的竞争力，培育智能制造产业具有重要意义。

2. 典型场景和成效

“5G+工业互联网”在汽车行业的典型场景主要包括智能物流、PLC 柔性生产制造、机器人协同控制、能耗监控等。

(1) 智能物流

汽车制造行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能仓储，线边物流通过厂区内自动导航车辆（AGV）的 5G 网络接入，发挥 5G 大带宽、低时延的特性，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，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。智能仓储通过部署基于 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。

表 9：智慧物流网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
线边物流和智慧仓储	大带宽、低时延	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 20\text{Mbps}$	$\geq 99.9\%$

（2）PLC 柔性生产制造

汽车制造生产现场中，PLC 到设备之间连接传统方式是通过有线的工业以太网+WiFi 实现网络需求，但由于 PLC 柔性生产制造涉及到移动性变化，有线的工业以太网存在布线难度大，成本高以及 WiFi 信号覆盖小等缺点，需要采用 5G 技术，发挥 5G 低时延、广连接的特性。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，实现了企业生产设备高度自动化、智能化，实现生产线设备自主组合和参数自动配置。

表 10：PLC 柔性生产制造网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
柔性生产制造	低时延、广连接	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 20\text{Mbps}$	$\geq 99.9\%$

(3) 机器人协同控制

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。通过 PLC 控制系统，可以进行机器人协同控制，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。同时，利用 5G 授时定位、人工智能、网络虚拟化等技术以及低时延的特性，解决传统厂房布线复杂、维护困难的问题，提高网络响应速度，实现设备间的实时协同作业和调度。

表 11：机器人协同控制网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
机器人间协同控制	大带宽、低时延	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 20\text{Mbps}$	$\geq 99.9\%$

(4) 能耗监控

汽车制造过程中，会使用大量高能耗设备，通过对工厂内计量类的电表、水表、气表进行远程集抄，实现对工厂内水、电、气消耗进行实时监测，达到能耗精细化管理的目的。5G mMTC 重点解决传统移动通信无法很好支持物联网及垂直行业应用的问题。其广连接特性实现了大量能耗设备监控，低功耗下实现了能耗设备的节能监测。

表 12：能耗监控网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
生产工厂能耗监控	广连接	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 10\text{Mbps}$	$\geq 99.9\%$

3. 典型案例——长城精工 5G 柔性产线

(1) 案例情况

长城汽车在全国拥有十大整车生产基地，精工自动化主要负责长

城汽车新车型产线技术的研发和产线集成工作，同时也向奔驰、宝马等知名汽车品牌提供完善的数字化、智能化、柔性化工厂系统集成解决方案。

目前长城汽车的产线信息采集采用标准以太网，协议接口众多，使用成本大；网络布线以有线为主，数据采集、工业控制独立布线，投资成本高，施工周期长。新车型的导入涉及网络改造、网络重建，工程复杂，网络灵活性差，改造周期长，不适应产品的快速迭代。生产过程中容易出现由于设备长时间运行、磨损导致的网络硬线故障，处理困难、解决时间长。目前全年累计因线缆拖拽/磨损导致的停机时间约 60 小时/工厂，加上传统有线设备故障导致的停机时间，预估每年将影响 6 亿的订单交付。

针对长城汽车产线信息采集协议多、网络灵活性差、故障处理困难等问题。中国联通联合长城精工、华为等合作伙伴基于最新的 5.5G 超可靠低时延创新技术（URLLC），探索建设了首条 5G-A 汽车焊装柔性试制产线，实现 5.5G+智能物流系统、5.5G+自动化生产系统、5.5G+自动上料系统、5.5G+自动检测系统等，并首次将 5G-A 技术应用在工业控制核心领域。

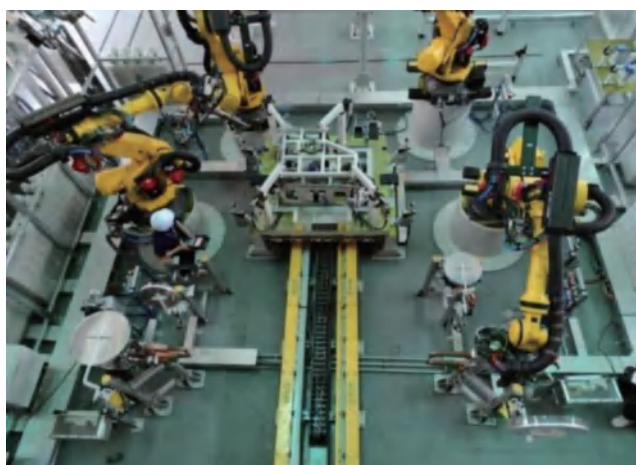


图 11：长城精工机械臂作业

（2）案例成效

长城精工自动化“黑灯工厂”项目 5.5G 典型应用场景分布在零部件、整车、新能源等车间。**在工具切换场景**，实现主控 PLC、机械臂控制柜、阀岛、工具之间的扁平化组网。**在滑台场景**，采用 5.5G 取代与变频器相连的高柔工业以太网线，减少硬件，降低成本，减少维护工作量；减少高柔工业以太网线的布置，降低了对坦克链空间的占用，降低成本；通过 5.5G 无线通信避免设备水平往返移动运动造成的物理通讯故障，提高设备可用率。

长城精工项目主要取得以下成效：**一是提高设备可用率，减少维护工作量，以柔性化剪辫子**，以 5G-A uRLLC 替代有线工业控制网络，适用于不便于有线连接的移动类场景，以及降低产线变更造成的时间/成本投入和减少移动造成的通讯物理故障。**二是降低网络时延，提高网络可靠性**，建立了独立的设备运行数据采集网，设置了合理的监控频率，能够及时发现设备运行隐患，提高运行稳定性。5G 提供 IT 非实时与 OT 实时多业务共用一张网的能力，车间内 C2IO 通信端到端时延小于 4ms，并保持高稳。**三是降低成本，提高生产效率**，通过实现主 PLC 和机械臂控制柜对工具的全生命周期实时监测与控制，减少重启时间，提升单工位生产节拍 500ms。通过引入 5G 网络，节省有线成本及部署时间，线缆拖拽及损耗等故障每月导致停机 48-72 小时，平均 60 小时。按照每分钟生产 1 辆车计算，60 小时可多生产 3600 辆车，提升产能 6 亿/年。

4. 典型案例二——路特斯 5G 智能汽车制造

(1) 案例情况

路特斯别名莲花，是吉利汽车旗下重要品牌，为世界著名跑车生产商。中国电信携手路特斯，定制生产数据不出园区的 5G 专网，确保安全可靠；提供 5G+焊装车间线边工业数采设备、5G+焊装机器人 AGV 小车、5G+路特斯创新工作室数字孪生平台等应用场景。针对不同的应用场景，5G 网络充分发挥优势，融入生产制造、物流仓储、质量检测和远程运维等多个环节，体现 5G “多、快、好、省”的特性。



图 12： 5G+焊装机器人 AGV 小车（左）

图 13： 5G+路特斯创新工作室数字孪生平台（右）

(2) 案例成效

路特斯主要取得了以下成效：**一是降低运维难度，提高设备可用率**，工厂建立独立的设备运行数据采集网，设置合理的监控频率，实现设备运行隐患的及时发现，提高运行稳定性，运维难度降低 50%，调试效率提高 30%。**二是提升产线柔性，提高生产效率**，通过应用 5G、大数据、边缘计算、AI 等领先技术，实现工厂生产线快速切换，可生产多达 96 种不同配置的车型，一条产线可同时混产 6 种车型。

三是开发 5G+数字孪生平台，充分满足客户个性化需求，数字孪生平台将园区进行 1:1 还原，对中台、人、车、物进行统一集中管理，实现数据与场景精准联动，助力厂区安全运营。开发的高度智能化的敏捷制造系统，为大规模个性化制造提供了最佳的解决方案，实现客户的个性化订单与工厂定制化生产的闭环。用户在路特斯 APP 生成个性化配置订单后，即可传送至工厂后台生成该定制产品的配置表，实现订单与采购端、制造端的无缝衔接，并根据配置表进行排产与下单。在生产环节，实现精准匹配和及时装配，敏捷高效地完成个性化产品的制造需求。四是应用自动化设备，提高生产精度，降低生产成本，焊装车间 22 套视觉设备，实现了涂胶质量检查和部分总成装取件自动化，整体自动化率达 98% 以上；在线测量可以对车身进行全面、实时的车身精度监控，系统精度可以达到 0.1mm 以内；工厂相较传统车间总体厂区投入减少 10%，网络布线成本降低 20%，管理成本降低 25%。

（四）“5G+工业互联网”加速智慧工厂发展落地

1. 行业发展和业务痛点需求

随着科技的飞速发展，“中国制造”向“中国智造”转型的故事正在加速上演。而随着 5G 时代的到来，众多中国科技企业也是迅速崛起，进一步推动了“中国智造”的发展进程。2021 年中国工信部等八部委印发《“十四五”智能制造发展规划》，明确提出“建设智能制造示范工厂，开展场景、车间、工厂、供应链等多层级的应用示范，培育推广智能化设计、网络协同制造、大规模个性化定制、共享

制造、智能运维服务等新模式”。

智慧工厂是新一代信息技术和先进制造技术深度融合的产物，是第四次工业革命的核心内容和关键驱动力，也是第四次工业革命的核心目标和主要落脚点。5G 技术在速率、时延、可靠性、连接数、定位能力等方面，契合智能制造的应用需求，能够满足智能制造各个环节中设备互联、远程操控、柔性生产、辅助装配、质量控制、仓储物流、安全监控、培训指导等多种场景的需求。通过引入 5G 技术，制造企业能够降低劳动力成本、减少物料库存、提高产品质量、提高生产效率、降低安全风险，也能够快速响应客户的个性化需求，减少产线调整所需时间。

工厂在数字化转型升级中主要遇到以下痛点及需求：**一是生产具有多品种、小批量、高复杂度的特点**，制造型企业大多以订单式生产的方式为主，产品基本是多品种、小批量生产，需要满足客户个性化、定制化的需求，导致生产工艺频繁变更，产品整体工艺的复杂程度较高。**二是产品技术综合性强、迭代快**，产品日益智能化，其技术属性要求其产品具有更快的迭代升级速度、更加精密的核心零部件制造工艺、更为综合的研发设计能力要求。**三是工厂的设备数据采集不深、应用不够，仍需进一步挖潜**。目前大多中小制造类企业的工厂中产线、车间设备联网率不足，数据采集不深，不全，工厂内如设备远程控制、AI 质检等多个业务场景对数据传输和计算的确定性、实时性也有较高要求，工厂中多种设备联网、上云需求较大，对厂区内网络覆盖深度、业务协同提出更高要求。

2. 典型场景和成效

“5G+工业互联网”在智慧工厂领域典型的场景主要包括 XR 运维辅助与在线培训、远程设备操控、设备预测维护等。

(1) 柔性制造

柔性制造通常面临三大痛点，一是资产综合有效利用不高，产能不平衡；二是自动化投资回报率低，产线常需变更操作，传统模式存在产线浪费，而自动化投资过大亦导致较低的回报率；三是专线专用模式下高空间占用和扩产同样存在矛盾。通过基于 5G+开放自动化系统的柔性生产模式（5G+柔性生产单元、5G+开放控制系统、5G+MEC+PLC 自动化），解决传统的生产布局模式，根据不同的生产需要，动态组合产线。

表 13：柔性制造网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
柔性制造	低时延、广连接	≤20ms	≥20Mbps	≥99.9%

(2) 远程设备操控

随着制造业数字化发展，无人化、远程化作业将逐渐成为行业趋势，远程控制作为 5G 技术的关键应用，对于智能化时代具备重要价值，5G 可以满足远程控制应用中的技术需求。设备操控员通过 5G 网络可以远程获得生产现场高清视频画面及各类终端数据，通过设备操控系统即可实现对现场工业设备的精准操控。但生产现场对网络要求比较高，任何画面延迟、卡顿等都会影响到产品质量。5G URLLC 高可靠、低时延的特性深入到核心的生产自控业务，解决了远程操作

实时性、稳定性、并发数、安全性等问题。为实现产线自控柔性化场景和设备的实时远程操控提供坚实基础。

表 14：远程设备操控网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
远程设备操控	低时延、高可靠	≤20ms	≥20Mbps	≥99.9%

(3) 设备预测维护

设备预测维护主要是对各类生产设备使用状态进行监控，对各零部件老化程度计算，以便于及时更换零部件，防止生产意外的情况发生。5G 网络，利用广连接的特性，可以将企业生产现场的工业设备、摄像头、传感器等设备的运行状态接入传输至云平台，实现工业生产设备性能和状态的实时监控。结合大数据、人工智能等新技术，可以构建设备历史监测数据库，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。完善的设备预测维护将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。

表 15：设备预测维护网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
设备预测维护	广连接	≤20ms	≥20Mbps	≥99.9%

(4) XR 运维辅助与在线培训

5G+XR 运维辅助主要面向智能制造工厂的远程协助、智能巡检等工作场景。在全虚拟场景中端侧人员佩戴 AR 眼镜，远端专家端云

协同，将现场操作情况通过 5G 网络低时延、高可靠地传输给异地专家，端侧获得实时操作指导，提升运维服务的效率和质量。实现了专家能力的远程发挥，解决了技术专家紧缺的难题。5G+VR 构建全虚拟 VR 工作环境，用于复杂装配流程、精密工艺的工作技能训练。员工佩戴 VR 眼镜，即可用双手实际参与操作技能培训过程。VR 终端也将利用 5G 网络低时延的特性，实时传输设备场景运行状态和操作提示介绍，做出即时的引导及评判。

表 16：XR 运维辅助与培训网络性能需求

场景	主要需求	网络时延	网络带宽	可靠性
XR 运维辅助与培训	低时延、高可靠	≤20ms	≥50Mbps	≥99.9%

3. 典型案例——施耐德 5G 零碳智慧工厂

(1) 案例情况

针对施耐德电气柔性产线、绿色“双碳”、多园区网络统一架构统一部署的需求，中国联通携手施耐德和华为在全国 9 个省市、26 家工厂进行多园区 5G 专网覆盖建设，积极探索 CT 和 IT、OT 深度融合，切入工业核心生产场景，构建新型生产业务模式与应用平台，助力产业转型升级。

柔性产线是施耐德项目的核心诉求和核心价值场景。项目基于 5G LAN 成功承载 PLC 工业控制，并承载实际日常生产作业，实现全国首个 5G+PLC 柔性产线进入工业内网；基于中国联通 5G 行业专网 PLUS 创新架构成功实现 5G 与企业工业生产网深度融合，实现“5G 进内网”和“5G 深入核心生产环节”；首创上下两级 UDM+

定制化 5GC 专网架构，满足客户数据和信令均不出园区的高安全性要求，提供数据采集、AI 质检、AMR 等多场景服务。施耐德工厂部署了 2000 个 5G LAN 工业终端来实现上述应用。

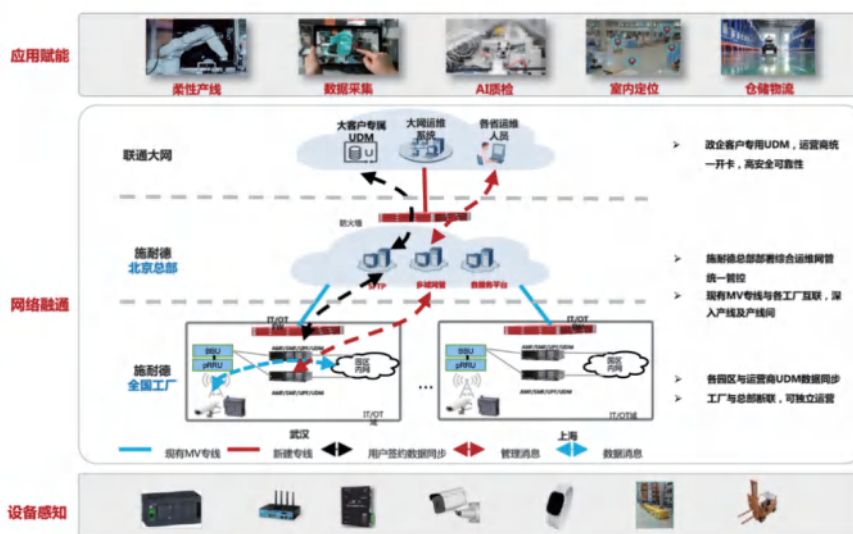


图 14：施耐德项目解决方案

（2）案例成效

中国联通为施耐德建设了多园区协同的 5G 专网，具备高 SLA 能力：空口时延小于 15ms、网络可用率 99.95%、无线覆盖率达到 95%。网络架构从上至下分为运营商网络、施耐德北京数据中心和各地工厂。中国联通建设政企客户专用 UDM 负责统一开卡，保证网络安全可靠；施耐德北京数据中心建设签约数据管理平台、综合运维网管、5G 专网管家平台等，实现总部集约化管理；三个平台使用既有的 MPLS VPN 专线实现跨厂区互联；各地工厂部署专用 UPF 和控制面功能，在运营商统一管理的前提下实现“5G 进内网”。

本项目还实现了行业首商用基于 5G LAN 的 5G+PLC 工业 4.0 柔性产线：采用 5G 专网 30ms@99.95%高可靠能力和 PLC 南向集中

化设计实现传统有线产线向无线柔性产线升级。5G LAN 商用部署专网与传统工厂生产网无缝融合，并原生支持工业以太网协议，实现承载工业控制。新智能柔性产线可以极大提升柔性产线的换线效率，减少 PLC 使用数量，同时简化工厂整体组网。

项目收益方面，一是通过 5G+PLC 柔性产线解决了多品种小批次的产品制造难题，有效解决了施耐德产能不平衡和投资回报率低的问题。最终单条产线产能提升 12%，设备利用率增加 80%，换线时间降低至 15 分钟，组装产线的人工工时缩短 23%，PLC 成本降低 50%，直接经济效益达到 120 万元/年。二是提高产品生产质量，降低生产和运维成本。应用 5G+IOTBOX 智能焊机，通过云端焊接参数监控，及时发现异常数据，实现产品不良率降低 30%，停机时间降低 30%，抽检费用降低 50%，单焊机节省 80 万元/年。

4. 典型案例二——中兴通讯全球 5G 智能制造基地

(1) 案例情况

5G 基站单板集成度极高，生产工艺复杂。中兴通讯携手中国电信在南京滨江建设全球 5G 智能制造基地，以满足中兴通讯 ICT 通信电子设备制造的发展需求，推进 IT+OT 域的深度融合，加速生产向全面自动化和智能化迈进。

中兴通讯滨江工厂全球 5G 智能制造基地基于 1 张面向行业的工业专网+2 个自研的协同制造云平台、园区管控平台+N 种可复制能力场景的基本架构，打造云、网、业三位一体的行业标杆。项目规划了 16 大类超过 60 项的 5G+工业创新应用，覆盖了生产运营的所有环

节，如 5G 数采、5G 的云化 AGV、基于 5G 的云化机器人、基于 5G 的工业 AR/XR 多人协作、基于 5G 的生产线数字孪生等。

(2) 案例成效

滨江 5G 基地通过建设 10 套室外宏站和 751 套室分信源，全面深层次覆盖整个工厂园区与所有生产车间，并在厂区内部署四套 MEC，建设了面向整个片区制造行业“互联网+”协同制造的 5G 虚拟企业专网。5G 虚拟专网可以满足智能制造场景下的确定性网络需求、特殊场景高可靠低时延的业务需求、网络可视可管可控的管理需求和数据不出园区的安全需求。

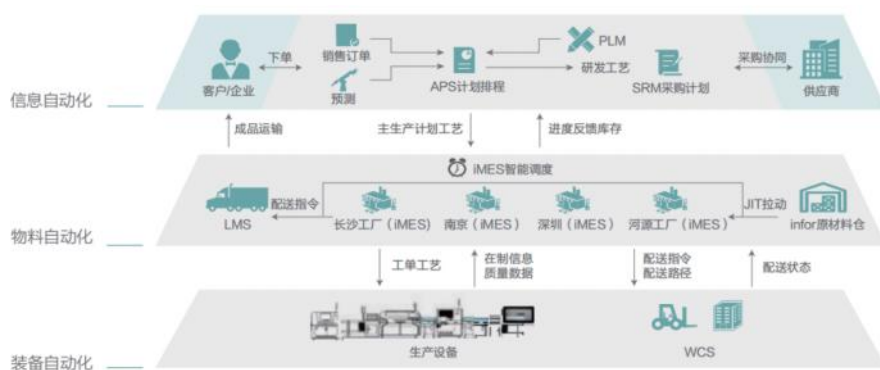


图 15：中兴 iMES 智能制造云平台架构（来源：GSMA、ZTE）

滨江 5G 基地主要构建了两大核心云平台：iMES 智能制造云平台和工业物联网云平台。iMES 协同制造云平台，可以支撑多工厂运营、生产任务统一调度、生产资源统一分配，运营仪表盘，实现制造运营智能化，同时对工艺管理、订单计划、物料配送、生产管理、质量管理的全面服务化，实现制造数字化。工业物联网云平台基于数字孪生技术，实现装备智能互联、数据实时采集处理及工况协议自动解析，形成数据底座。通过两大平台与工业 APP 和生产数据结合，打

造了园区智慧大脑，并最终实现了智慧化工厂。

项目最终实现**装配质量漏检率降低 80%，关键工序不良率降低 46%，产线人员减少 28%，产线调整周期缩短 20%**。此外，基于 5G 云化 AGV 的厂区智能物流，货物周转效率提升 20%，场地建设成本降低 15%，人力成本每年节省 200 多万元；基于 5G 云化 PLC 控制类的柔性生产制造，提升运维效率及降低柔性产线调整周期 20% 以上；基于 5G+超高清视频的远程设备操控、现场辅助装配、无人智能巡检等，提升产线问题解决时间 3 倍以上，提高园区运营管理水平。在 5G 应用的加持下，滨江工厂 2021 全年产值突破 300 亿，超出既定目标 50%，有力地证明了 5G+智慧工厂的行业价值。

四、探索“5G+工业互联网”未来发展新路径

（一）加强核心技术创新，深化能力协同融合

强化 5G 创新与技术合作，加速 5G 关键网络技术攻关。加强对技术创新项目的支持力度，鼓励运营商、工业企业、高校及科研机构，组建联合攻关团队，加速推动网络切片、确定性网络、5G+TSN、5G+云化 PLC 等方面的技术研究及应用试验，推动 URLLC、RedCap 等关键技术攻关和产业化。鼓励多方合作加速推动工业控制网络与 5G 深度融合，推动 IT/OT/DT/CT 融合，构建新型网络体系。支持 ICT 企业结合自身优势、立足各自主业，拓展工业互联网内网建设改造服务。

夯实网络与数据基础，强化 5G 与工业互联网协同融合。加快 5G 工业网络建设，推动工业企业的内网改造升级与工业外网建设，促进终端设施与 5G 工业模组、网关的联网，实现产业链各个环节的泛在互联和数据流通；充分利用各个环节数据，通过高效的数据分析与利用，发挥数据作为生产运营核心要素的作用，搭建“智慧”中心，以数据驱动生产管理。制定并完善工业互联网网络的架构、协议、标准，形成网络标准制定和推广机制，促进信息资源的集成共享。

（二）拓展商业融资渠道，强化政府保障能力

拓宽“5G+工业互联网”领域企业融资渠道，共建产业创投新生态。政府发挥引导作用，加大对 5G 和工业互联网领域的投资，鼓励企业以市场化方式设立基金，加速探索产业投资基金发展新模式，重点投入 5G 网络、工业互联网平台、解决方案服务商，促进资本、技

术、优势项目形成地方产业集聚，支持符合条件的信息科技企业根据发展战略及自身需求在国际资本市场直接融资；加强政府基金与企业社会基金的对接合作，创新投资模式，开展企业资本上市培育，开拓企业融资多元化渠道，共建工业互联网产业创投生态圈。

加强信用评价和融资担保体系建设，探索多样化融资渠道。政府可与金融从业机构合作建立适用于不同行业工业企业的信用评价体系，未来，通过“5G+工业互联网”连接产业链上下游、汇集海量生产相关数据，政府对数据安全背书，利用更多维度、更广来源的数据精准刻画企业经营行为、评估企业资产状况，为金融市场针对工业企业开展金融服务提供有力支撑，扩大工业企业融资担保规模，解决“5G+工业互联网”资金投入难题。

(三) 分类施策场景牵引，有序推进规模应用

分类施策，行业应用场景“循序渐进”梯次落地。在重点行业和业务场景的选择上，既要充分响应企业的痛点和诉求，也要遵循“循序渐进、由易到难”的原则。根据中国“5G+工业互联网”的应用经验，在重点行业方面，以矿山、冶金、汽车等对“5G+工业互联网”有迫切需求，且具备运营条件的重点行业为抓手，规模化落地应用，随后，将经验逐步向其他行业复制；在重点业务场景上，宜从辅助流程向主业务流程规模渗透，建议从高清视频监控、智能巡检、无人天车、AGV 等场景优先推广，再逐步深入至柔性制造、AI 质检、机器人协同、远程 PLC 等主生产流程，让工业企业低门槛使用 5G，增强工业企业对 5G 承载更多应用的信心，也可以在充分保障生产安全的

基础上，稳步提升企业的信息化水平。

培育龙头企业应用标杆示范，向中小企业扩散，由点及面，“小应用，大推广”。通过龙头企业带动上下游企业协力推进 5G 应用，面向中小企业产业集群提供 5G 应用，推动 5G 应用从“大投入大建设”到“小应用大推广”的发展模式侧重。引导和鼓励解决方案提供商面向中小企业提供轻量化、低成本、快部署、易运维的工业互联网解决方案和产品，实现设备和应用的低成本部署、快速接入和灵活迭代，助力中小企业可以“用得起”“用得上”。鼓励引导大型行业企业积极承担产业链责任，带动和支持产业链上下游中小企业加快“5G+工业互联网”应用推广，形成大中小企业融通创新发展的局面。

（四）推动创新联合行动，畅通生态融通渠道

加强各类主体联合创新，培养一批“既懂 5G 又懂工业”的解决方案供应商。推动运营企业和解决方案提供商与学校科研机构以及工业企业的合作，着重培养一批“既懂 5G 又懂工业”的解决方案供应商，搭建基础电信企业与制造企业之间的桥梁，切实为企业提供解决方案，帮助企业解决转型升级中遇到的问题。另一方面，推动 5G 数据平台和智能制造同步合作，构建基础共性、行业通用、企业专用的智能制造应用，解决智能制造中痛点问题，从而形成解决方案，测试成功后把该类解决方案向全行业推广，带动 5G 的推广应用。

创新合作模式，打造“5G+工业互联网”产业生态。支持电信企业等行业参与者建立 5G 开放实验室、5G 孵化基地、5G 联合创新中心等方式开展合作，将网络、平台、应用等能力和资源向合作伙伴资

源互换。深化工业互联网产业联盟等组织在产业生态的平台和引导作用，联合开展 5G+工业互联网技术攻关、融合应用创新、标杆应用示范，共同探索工业互联网发展的新业态、新模式和新机制，开展试点示范，推进技术创新、产业发展、模式创新和应用推广。推动行业主要参与者联合制定行业统一标准，围绕 5G 在制造业领域的应用场景，加快标准体系的构建与标准的出台，针对制造业体系，建立研发、产品、服务等全方位的检测认证评估体系。

中国有一句古话“积力之所举，则无不胜也；众智之所为，则无不成也”，意思就是“团结的力量是巨大的，集体的智慧是无穷的”。中国愿与金砖各国携手努力，共同推进新基建、融合新要素、激发新动能，推动 5G 在工业领域应用深度和广度的双突破。以“5G+工业互联网”为起点，谱写新型工业化的光明前景，不断为推动建设开放型世界经济、构建人类命运共同体作出贡献，让世界更美好、让人民更幸福。

中国联通研究院是根植于联通集团（中国联通直属二级机构），服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展引领者、产业发展助推者，是原创技术策源地主力军和数字技术融合创新排头兵。联通研究院以做深大联接、做强大计算、做活大数据、做优大应用、做精大安全为己任，按照4+1+X研发布局，开展面向C3网络、大数据赋能运营、端网边业协同创新、网络与信息安全等方向的前沿技术研发，承担高质量决策报告研究和专精特新核心技术攻关，致力于成为服务国家发展的高端智库、代表行业产业的发言人、助推数字化转型的参谋部，多方位参与网络强国、数字中国、智慧社会建设。联通研究院现有员工近700人，平均年龄36岁，85%以上为硕士、博士研究生，以“三度三有”企业文化为根基，发展成为一支高素质、高活力、专业化、具有行业影响力的人才队伍。

“ 战略决策的参谋者
技术发展的引领者
产业发展的助推者”

态度 / 速度 / 气度
有情怀 / 有格局 / 有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路1号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术