

# 5G+ 工业互联网应用实践

## Applications of 5G + Industrial Internet



陈亿根 /CHEN Yigen, 尹晓峰 /YIN Xiaofeng, 邵黎勋 /SHAO Lixun

(浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司, 中国 宁波 315000)

(Bluetron Industry Internet Information Technology Co.,Ltd., Ningbo 315000, China)

**摘要:** 5G 的高速率、大容量以及超可靠低时延的特性在工业互联网场景中得到应用。在工业企业数字化转型的过程中, 5G 无线传输技术将分散在企业内的生产实时数据及时上传至工业互联网平台, 以做进一步分析处理; 5G 网络切片技术结合工业互联网平台提供的边缘计算能力, 为网络提供了更低的时延、更好的灵活性和安全性; 5G 大宽带技术可以将工业视频实时回传, 并利用人工智能技术进行分析, 极大地提高了企业的现场管控能力; 5G 的定位技术给制造业智能巡检带来了新的技术选择。

**关键词:** 5G; 增强移动宽带(eMBB); 超可靠低时延通信(URLLC); 海量机器类通信(mMTC); 工业互联网平台

**Abstract:** High-speed, large-capacity and ultra-reliability, low-latency are the main features of 5G, which are used in industrial Internet scenarios. In the process of digital transformation of industrial enterprises, the real-time production data scattered within the enterprise will be uploaded to the industrial Internet platform for further analysis and processing by 5G wireless transmission technology. Combined with the edge computing capability provided by the industrial Internet platform, 5G network slicing technology can achieve lower latency, better flexibility and security. In addition, 5G wide broadband technology can transmit industrial video back to the platform in real time, and analyze it by artificial intelligence (AI) technology, which greatly improves the on-site management and control ability. 5G positioning technology brings new technology choice to intelligent inspection in manufacturing industry.

**Keywords:** 5G; enhanced mobile broadband (eMBB); ultra-reliable and low latency communications (URLLC); massive machine type communications (mMTC); industrial Internet platform

DOI: 10.12142/ZTETJ.202006002

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20201110.1104.002.html>

网络出版日期: 2020-11-10

收稿日期: 2020-10-10

物联网、云计算、大数据等新一代信息通信技术的发展, 正深刻改变着传统制造业的模式, 也将会引发其生产方式、商业模式乃至产业形态的变革。5G 技术加速智能制造转型, 通过生产设备网络化, 实现工厂车间“物联网”; 通过生产数据可视化, 利用大数据分析进行生产决策; 通过生产文档无纸化, 实现高效、绿色制造;

通过生产过程透明化, 实现智能工厂的“神经”系统; 通过生产现场无人化, 真正实现“无人”工厂<sup>[1]</sup>。

工业企业内部目前存在工控网络、生产物联网、视频监控网、移动办公网等复杂的多元化网络。现有的工业总线存在产业封闭、发展缓慢、技术落后等问题, 严重制约了企业的发展。随着人工成本的快速增加, 企

业自动化、智能化转型迫在眉睫。现有网络以有线和 Wi-Fi 的方式传输, 有线网络布线成本高、周期长、走线难, 严重限制了设备的移动范围, 影响了产线柔性化, 难以解决工业互联网发展进程中大量的新增物联网设备的灵活接入、大范围移动的需求; 采用 Wi-Fi 也是无奈之选, 因其移动范围有限, 抗干扰差, 切换性能差, 容

量受限。5G 可凭借高带宽、高可靠、低时延等一些特点助力企业向无线化、自动化、智能化、柔性制造方向演进。

## 1 工业场景下的 5G 技术

### 1.1 工厂 5G 服务平台整体架构

不同于非工业场景，工业场景中工厂 5G 服务平台的整体架构也有所变化。5G 无线技术可以使工厂内的各种控制、质量、管理、可视和安全领域的行业应用场景向柔性化、自动化和无线化的方向演进；5G 云网一体化的属性，可以解决现场应用云端实时控制问题；5G 企业专网方案，可以提供安全可靠的网络支撑；网络切入、公有云、私有云、边缘云的融合战略<sup>[2]</sup>为企业提高性价比的 5G 解决方案选择。图 1 为工厂 5G 服务平台整体架构图。

### 1.2 5G 网络部署模式

5G 网络部署共有 3 种模式<sup>[3]</sup>：

(1) 纯 5G 网络逻辑切片模式。

该模式依托于电信运营商 5G 公网，适用于对数据安全性不是特别敏感的用户。企业不需要本地化部署相应的硬件设备，可以根据企业的需求，配置不同的网络切片。

(2) 公网、私网公用基站设施模式。

该模式仍依托于电信运营商的 5G 基站与 5G 核心网，但企业会自建核心网。企业和电信运营商共享 5G 空口，控制面数据上传至电信运营商核心网，而用户面数据分流至企业内核心网。在该模式下，用户面数据不经过公网，安全性大大增加。与此同时，企业内核心网的建设成本会大大增加。

(3) 所有网络本地独立部署模式。

该模式下，企业 5G 端到端设备全部需要新建，因此该模式适用于对数据安全极为苛刻的企业。虽然所有数据都在企业内流传，整体安全性大大提高，但与此同时带来的是建设维护成本的急剧增加，与公网的数据交互能力为零。

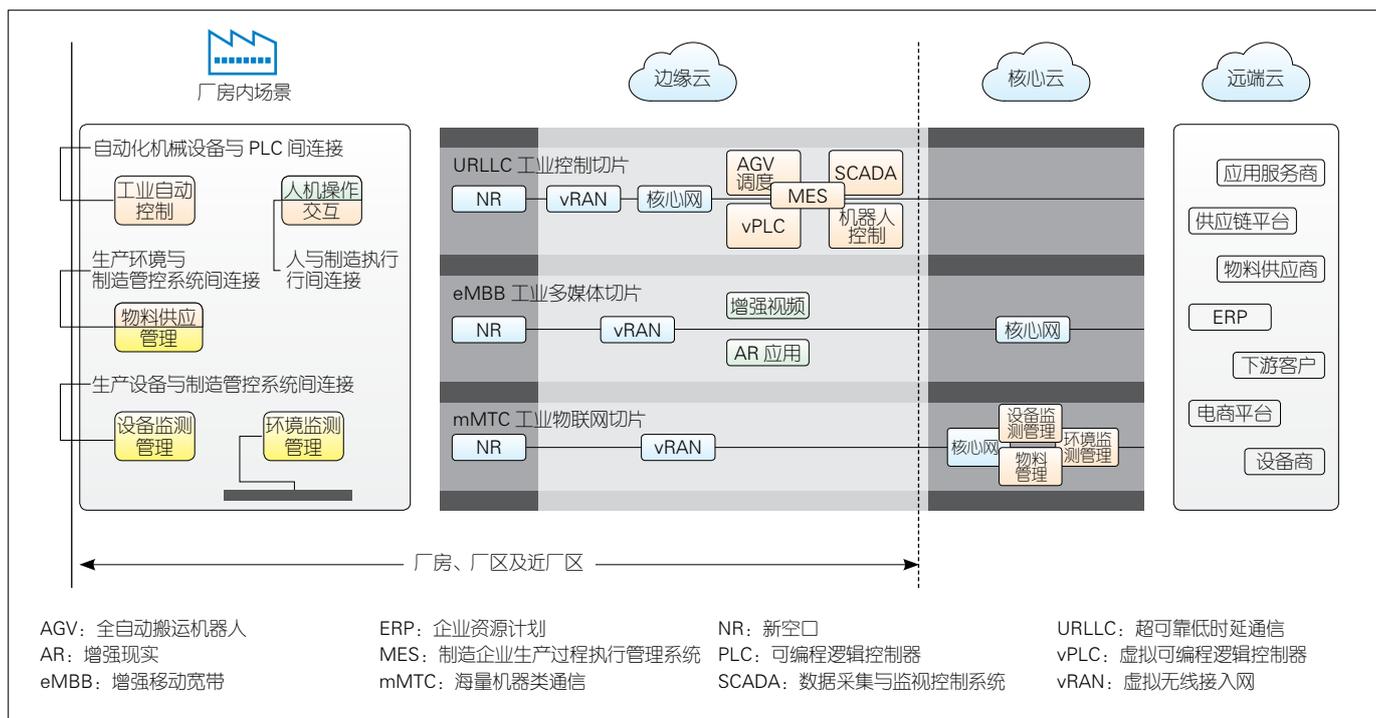
### 1.3 5G 通信系统设计方案

为了满足工业制造的需求，5G 通信系统做了如下的设计方案：

(1) 5G 无线网络支持有源天线处理单元 (AAU)、集中单元 (CU)、分布单元 (DU) 的灵活切分和部署，满足不同场景下的切片组网需求。CU 可实现云化部署，便于无线资源集中管理，也可以下沉到边缘部署，从而降低传输时延，满足工业低时延需求。

(2) 为了满足工业制造对无线网络在端到端延时、吞吐量、连接数密度、可靠性、能源效率等性能指标的要求，5G 通信系统采用了高频段传输、多天线传输、同时同频全双工、对等节点间通信 (D2D)、密集网络以及新型网络架构等关键技术。

(3) 5G 传输网切片运用虚拟化技术，实现网络拓扑资源虚拟化，构建虚拟网络。支持多层次的切片隔离技术，如：灵活以太网 (FlexE)、标签分发协议 (LDP)、标签交换路径 (LSP) 等技术，满足不同隔离要求下



▲图 1 工厂 5G 服务平台整体架构图

的切片需求，实现工业高隔离要求下的底层快速转发。

(4) 5G 网络采用软件定义网络 (SDN) 架构的层次化控制器，实现物理网络和切片网络的端到端统一控制和管理，满足不同类型工业业务对传输的不同要求。

(5) 5G 网络基于多层次的切片技术和移动边缘计算 (MEC) 技术，从接入安全、网络安全、外网访问安全 3 个方面，为工业领域的不同业务提供差异化的隔离服务和安全保障。

(6) 5G 网络通过统一的智能化系统，实现切片的端到端编排管理。电信级持续交付 (DevOps) 平台跨越切片的设计域和运行域，实现了从设计、测试、部署到运行监控，以及动态优化的切片全生命周期管理自动化闭环，并通过全流程模型化来驱动。该平台具备较为完备的网络管理能力和北向接口能力，可以实现业务需求

和网络资源的灵活匹配，满足工业场景下快速定制和部署需求。

## 2 5G+ 工业互联网平台

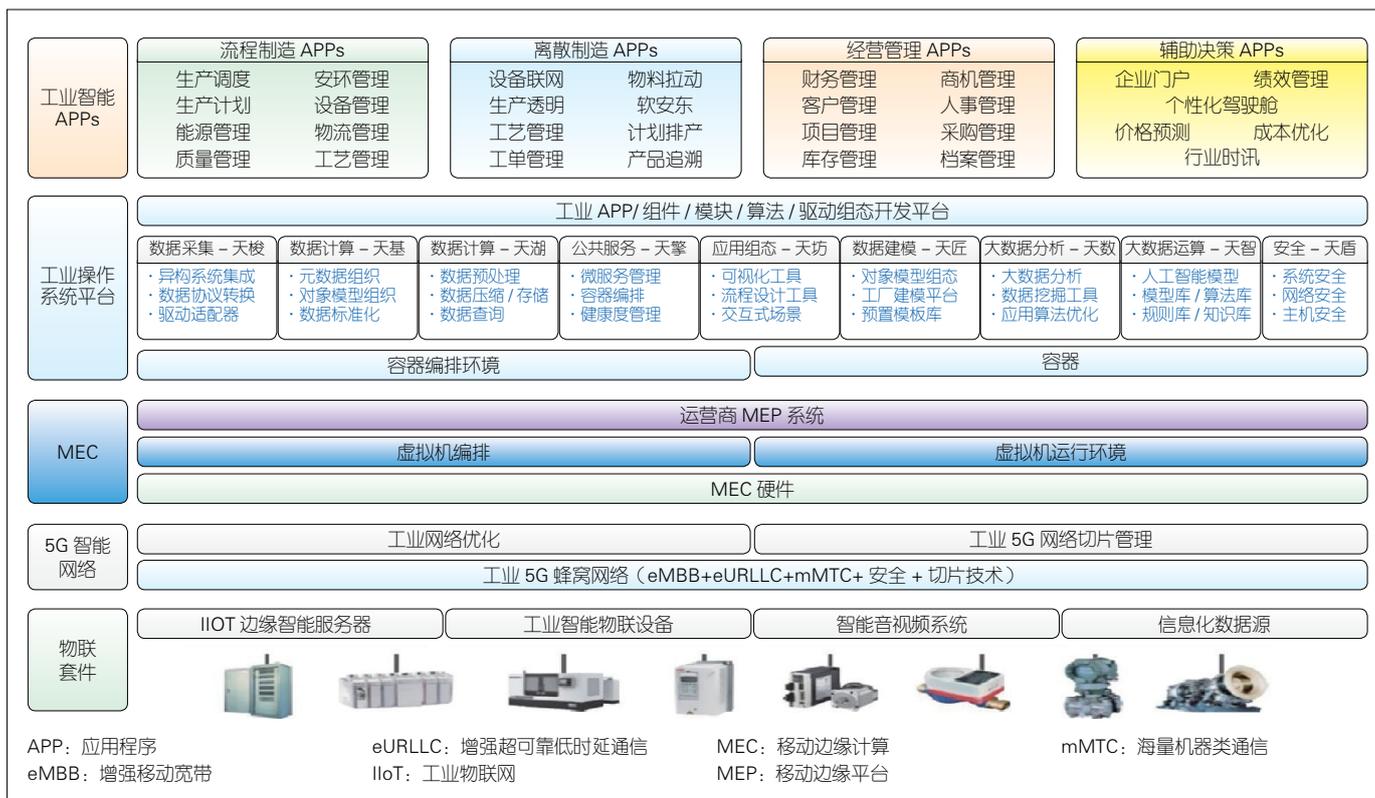
MEC 改变了 4G 中网络和业务分离的状态，通过给传统无线网络增加 MEC 平台网元，将业务平台 (包含内容、服务、应用) 下沉至移动网络边缘，为移动用户提供计算和数据存储服务。将工业互联网平台部署在 MEC 上，可在无线接入网络与现有应用服务器之间的回程线路上节省大量带宽使用<sup>[4]</sup>。

根据工业制造对无线通信的严格要求，基于 5G 网络 + MEC 的全新服务化架构，以及增强移动宽带 (eMBB)、超可靠低时延通信 (URLLC)、海量机器类通信 (mMTC) 和网络切片等关键技术，可以实现制造企业内网无线接入网络和传输网络。解耦 5G 网络功能为服务化组件，调用轻量级组件开放接口，能够满足工业企业实现按需、

动态、弹缩和高可靠的网络分配、运维和管理的需求，可以构建满足工业制造需求的 5G 通信系统。5G+ 工业互联网的总体技术架构如图 2 所示。

为了建设 5G 网络化推广平台，满足工业企业快速开发行业应用的需求，浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司提供了搭建赋能工业制造的工业互联网测试平台。该平台可以利用 5G 低时延的特性，控制工业设备；利用 5G 网络的高带宽特性，采集工业的实时运行数据和视频类数据；利用 5G 的海量连接特性，连接众多的工业互联网设备，实现设备“上网”。5G+ 工业互联网平台网络拓扑如图 3 所示。

5G+ 工业互联网平台的工业数据采集使用基于 5G 的无线网络，对不同类型的设备和系统进行数据采集，支持 3 000 余种工业设备通信协议的转换和数据接入，可自由连接业界主流的远程终端单元 (RTU)、可编程逻



▲ 图 2 5G+ 工业互联网技术架构图

辑控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)等系统,实现数据的远程采集和通信,在数据传输过程中通过数据加密进行数据安全防护。数据采集软件支持热备冗余、自动重连和断线回补机制,保证数据传输的可靠性和完整性。

工业实时数据库软件能够保证采集的多元数据进行分析、处理、存储和应用,具体包括采集接口组件、权限管理组件、组态服务组件、实时数据处理组件、磁盘历史数据库等。

微服务和容器技术的采用,使得5G+工业互联网平台在MEC的部署上非常方便。对于中小企业应用程序的部署,5G+工业互联网平台采用了一键式的应用商店下载和部署方法,提供了统一的应用程序管理界面管理应用,给用户带来了极大的便利。

5G+工业互联网平台帮助企业实现了工厂区域的信息全集成,并在此基础上搭建集工业智能APP组态开发平台、工业大数据分析平台、工业人工智能引擎服务、工业智能APP多位一体的工业操作系统平台,实现云(云

互联网平台)、企(工厂互联网平台)、端(边缘计算节点)3层架构的有机统一,从而实现管控一体化交互,并赋能用户,以集成化、数字化和智能化手段解决生产控制、生产管理和企业经营的综合问题。

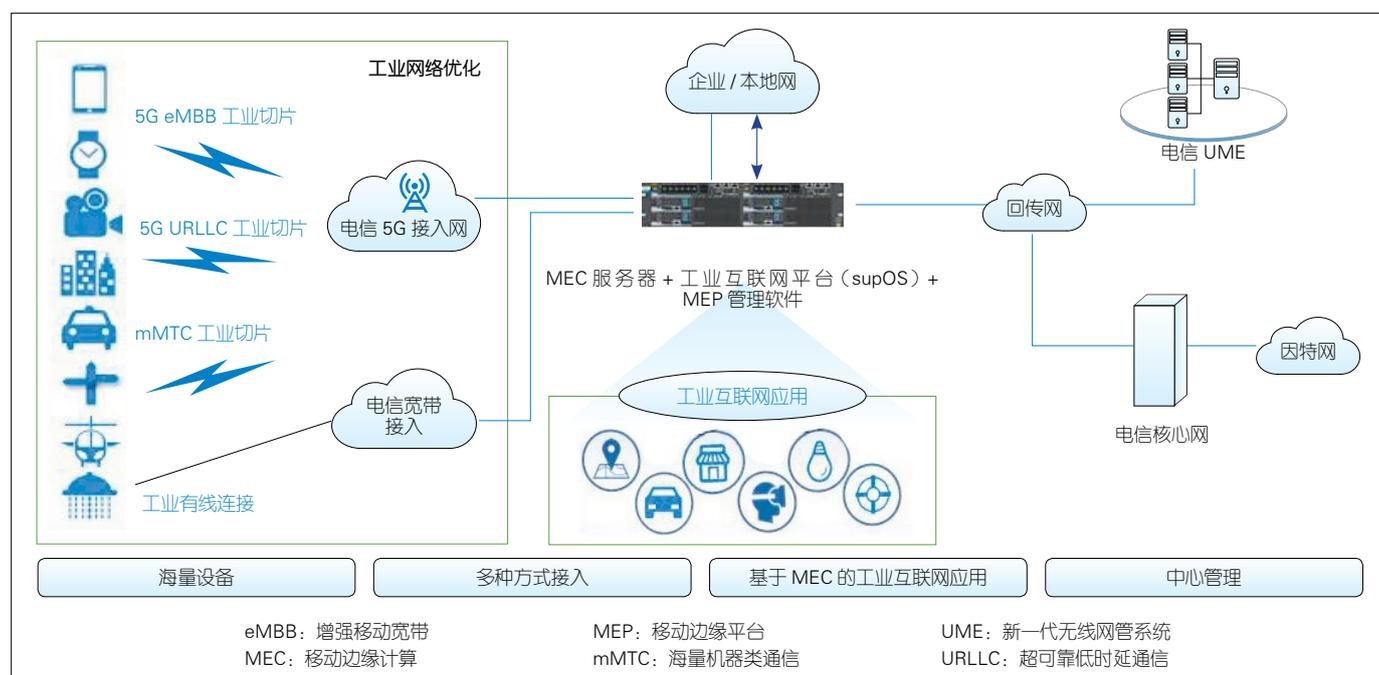
### 3 5G+ 工业互联网平台落地方案

我们以红狮集团桐庐公司为例,来介绍5G+工业互联网平台的落地方案。红狮集团正处于高速发展期,分厂多、分布广。为了及时掌握分厂的产、供、销、管、控数据,从而实现不同分厂在产量、质量和单耗方面的集中管控和优化,红狮集团采取了5G+工业互联网的技术路线,实施了本项目。本项目利用supOS工业操作系统,在集团和分厂两层构建大数据中台。单个厂区可借助5G实现各类终端高速接入,通过MEC承载supOS平台实现业务本地化和边缘计算,确保业务数据的低时延和高可靠。云上supOS总部平台还可通过高速专网,对各个厂区的平台应用进行支撑和管理。该项目

将工厂运维过程中的生产数据、视频监控数据、操作数据和管理数据进行有效融合,为工业大数据的分析和挖掘奠定基础,构建水泥行业互联智能工厂,实现面向水泥行业的工业大数据平台和工业智能APP生态圈。

supOS工业操作系统提供“平台+工业智能APPs”的应用模式,用统一工厂模型、数据平台和APP应用平台的方法来解决传统的烟囱式垂直应用带来的信息孤岛和数据融合困难问题。基于supOS工业互联网平台和5G网络,可解决工厂/基地/集团三层的大数据互动和业务联动,在实现工厂精细化管理的同时,更好地进行集团化管控,实现异地多数据中心数据容灾、同步、双活、信息技术(IT)资源虚拟化管理、动态扩展设厂迁移。

中控、蓝卓与中国电信、中兴通讯正在开展5G+工业互联网实践。当前红狮水泥厂已实现室外5G宏站全覆盖,厂区南部利旧一个现网站点,厂区中部新建一个站点。这样的部署可满足上行100M带宽和下行600M



▲图3 5G+ 工业互联网平台拓扑示意图

带宽的要求。借助 5G 网络低时延、高带宽、移动边缘计算等特性，融合基于 supOS 工业操作系统的工业智能应用 APP、大数据分析和人工智能优势，深入开展基于 5G 的场景化智能制造应用：工业设备物联、远程数据可视化、工业现场巡检、厂内物流跟踪追溯等。

(1) 数字化决策分析：基于统一的 supOS 数据平台和数据分析应用，集团和分厂可分级管控，即不同层级、不同业务、不同区域的管理者通过 5G 网络可看到不同的可视化大数据分析，穿透不同的数据深度，实现多维度个性化驾驶舱画面。

(2) 大数据分析应用：supOS 大数据分析平台借助 5G 网络，利用多条水泥生产线两年的历史生产数据，建立水泥抗压强度预测模型，实现水泥抗压强度的提前精准预测，平均相对误差可以控制在 2.1% 以内。

(3) 机器视觉分析应用：通过机器视觉技术和 5G 网络，可以实现水泥包计数检测、进料秤断料检测、物料颗粒大小检测、链条齿轮磨损检测、链条机轮子停转检测、禁入区检测、装车时对准检测等智能化应用，从而实现替代人工现场巡检。

(4) 工业设备远程运维：采用动设备监测诊断 APP，可通过 5G 网络对辊压机、生料磨等水泥设备进行在线诊断与远程运维，实现设备状态监测、动态风险、智能预警、智能诊断、预测维修等服务。

(5) 智能点检与视频轮巡：整合设备近场通信 (NFC) 位置识别、视频监控、移动巡检、隐患登记、震动预测等应用，实现智能化多元信息感知巡检应用。现场维护人员携带高清清单终端或增强现实 (AR) 眼镜，通过 5G 网络，利用高清或 AR 图像与平台专家实时交互，远程指导快速定

位解决问题。

(6) 视频分析与分散控制系统 (DCS) 联动：通过对来自 5G 网络生产过程视频数据的实时分析，产生预警提醒，并与 DCS 生产过程控制系统进行联动，实现联动响应，提升生产工艺自动化控制水平。

(7) 大数据与先进控制系统 (APC) 联动：基于 5G 网络并利用平台集成的大数据分析，可以预测关键指标数据及最佳参数匹配，指导 APC 进行优化自动调控，打破 APC 独立进行参数稳定调节这样的常规功能模式，通过平台整合不同系统，进行综合管控。如与 DCS 程序的启停顺控和联锁保护实现同步，可以实现对工序、设备的一键启停、自动控制。利用平台集成的大数据分析算法，对获取的综合数据进行大数据分析，预测关键指标数据及最佳参数匹配，以指导 APC 进行优化自动调控。

(8) 智能物流应用：实现智能仓储物流一体化管理，从手机 APP 预约、自助制卡终端的射频识别系统 (RFID) 到地磅无人值守系统的地磅/人体秤、视频/红外限位、车辆显示大屏及语音叫号、出入门禁管理、车辆地理信息系统 (GIS)、装卸车和罐区测量，基于数据平台实现基于 5G 网络的自动信息流转和互动，减少作业人员，提高了物流效率。

(9) 远程驾驶：偏远、有毒有害物质较多的特殊场景的工厂，面临着工作环境恶劣、投入成本高、危险性高等诸多问题。5G 远程巡检系统可以实现人车分离远程作业。工程机械设备部署在园区现场，操作人员在本地控制舱中进行远程操控，车载的多路高清图像通过 5G 的大带宽回传至本地服务器，操作人员发送的控制指令通过 5G 网络发送至现场，从而实现 5G 远程驾驶巡检，解决园区作业难题。

## 4 结束语

5G 在工业中的应用目前仍处于起步阶段，有很多内容需要探索，如运动控制、机器人控制、移动面板、移动机器人、大规模连接和工业 AR 及监控等场景。未来我们将努力使 5G 技术和工业互联网技术深度融合，让制造业变得更加智能，使 70% 以上工控场景受益。我们须要充分发挥 5G+ 平台 +APP 的联合优势，赋能工业企业，共同探索 5G 工业标准！

### 参考文献

- [1] 孙松林. 5G 时代经济增长新引擎 [M]. 北京: 中信出版集团, 2019
- [2] 王映民, 孙韶辉. 5G 移动通信系统设计与标准详解 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2020
- [3] 基于 5G 技术企业级网络解决方案 [EB/OL]. (2019-10-23)[2020-10-10]. <http://www.cww.net.cn/article?id=459730>
- [4] 中兴通讯齐晓虹: “四轮驱动”, 边缘计算驶入商用部署快车道 [EB/OL]. (2020-04-29)[2020-10-10]. <http://www.cww.net.cn/article?id=469202>

### 作者简介



陈亿根，浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司解决方案专家，从事 5G 与工业互联网融合解决方案的规划设计。



尹晓峰，浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司解决方案技术经理，主要负责油气、建材水泥行业解决方案的规划设计。



邵黎勋，浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司解决方案总监，负责公司整体产品与解决方案的规划。