



无线应用场景白皮书

——汽车制造领域（2018年）

工业互联网产业联盟（AII）

2018年10月



联系我们

工业互联网产业联盟 秘书处

地址：北京市海淀区花园北路52号，100191

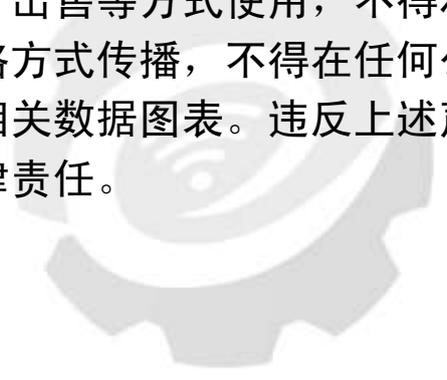
电话：010-62305887

邮箱：aai@caict.ac.cn

网址：<http://www.aai-alliance.org>

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工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。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，本联盟将追究其相关法律责任。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

编写说明



网络是工业互联网的基础，具有重要的地位。无线网络作为工业互联网网络的重要组成部分，在移动性、建设及运维成本、提高生产效率等方面有着明显的优势。随着无线技术的发展，无线网络在工业互联网中将发挥越来越重要的作用。当前无线技术在工业领域的应用正处于发展初期，存在着工业领域对无线应用需求不明确、各类无线技术能力差异大、与工业应用深度融合不足、无线电频谱资源稀缺等问题。为促进无线技术在工业互联网的应用，工业互联网产业联盟启动了工业无线应用场景及需求研究。拟针对几个重点领域，结合具体应用场景进行深入研究，重点分析无线通信业务需求，为进一步提升无线技术能力、推进无线技术与工业应用深度融合、做好工业无线频率资源保障做好前瞻性研究。

本报告重点关注汽车制造领域的无线应用场景及无线技术需求分析。在介绍现有无线通信技术的基础上，对无线技术在汽车制造领域的应用场景进行了分析，并归纳总结汽车制造领域的网络能力需求。报告根据汽车制造的主要环节和流程，提出了 17 个无线应用场景，对每个场景下无线通信需求、当前存在的问题、各无线技术与场景的适用性等内容进行了分析和总结。最后，对汽车制造领域无线联网的未来愿景做了展望。

本报告旨在为业界提供汽车制造领域无线应用的场景案例和无线技术应用需求分析，为汽车制造企业、无线技术方案提供商、系统解决方案提供商、频率管理机构等提供参考，为工业互联网网络发展提供基础支撑。工业互联网网络是不断演进发展的，联盟将根据国内外工业无线应用的发展情况，持续推进工业无线应用场景和需求研究，广泛吸纳产业界的反馈意见，适时修订和发布报告新版。



指导单位：工业互联网产业联盟

牵头编写单位：华为 Wireless X Labs

编写组成员：

华为技术有限公司：黄冠琛、郭洪涛、郭朝阳、吴环宇

吉利汽车研究院（宁波）有限公司：胡峥楠、丁华、辜自强、姚军

郑州宇通客车股份有限公司：蒋林森、于朝阳、韩振兴、潘新庆

中国联合网络通信有限公司：韩卫平、李文杰、程军峰、李强

国家无线电监测中心：许颖、杨渊

中国移动通信集团有限公司：刘鹏

中国信息通信研究院：刘琪、李晓帆、杜加懂、王琦

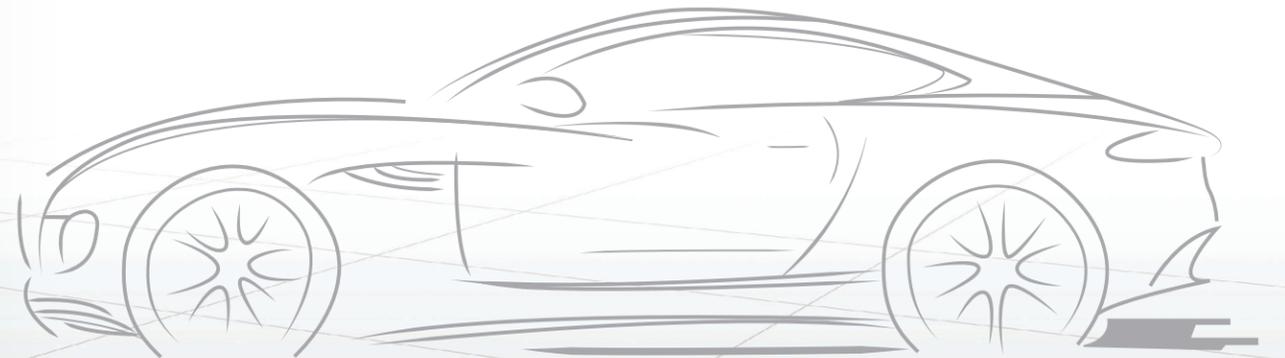
中兴通讯股份有限公司：孟溪、周栋

FLIR：陆成

普奥云信息科技（北京）有限公司：肖洋、冯改玲

北京新能源汽车股份有限公司：丁海晶、杨军伟

陕汽：邵国强，李守卿



目录

Content

01 无线技术在汽车制造领域的应用概述 01

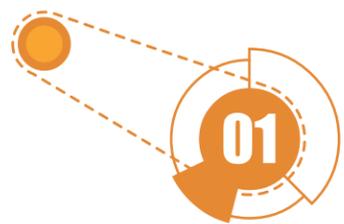
1.1 工业无线通信概述	01
1.2 无线技术在汽车制造的应用现状及前景	02
1.3 无线技术在汽车制造领域的价值	07

02 汽车制造无线应用场景 08

2.1 汽车制造无线应用场景分析	09
2.1.1 焊装	09
2.1.1.1 机器人与机器人协同控制	09
2.1.1.2 远程维护机器人	10
2.1.1.3 焊装过程中的视频监控	11
2.1.1.4 焊装群控站数据回传	12
2.1.1.5 焊装车间工序间的物料传输	13
2.1.1.6 焊装远程调测可视化	14
2.2.2 涂装	15
2.2.2.1 基于RFID的设备可追踪	15
2.2.2.2 工艺信息交互无线化	17
2.2.2.3 智能仪表及质检仪器无线化	18
2.2.2.4 汽车生产工厂能耗监控应用	20

2.2.3 总装	21
2.2.3.1 总装车间拧紧器无线化	21
2.2.3.2 车辆装配过程中的无线扫码	22
2.2.3.3 车辆质检中的无线机器视觉应用	23
2.2.4 其他	24
2.2.4.1 零部件智能化加工	24
2.2.4.2 工业设计阶段的无线化手持式3D扫描仪应用	26
2.2.4.3 生产故障排查中的无线AR应用	26
2.2.4.4 汽车生产车间在线环境监测	28
2.2 汽车制造无线应用场景分类	29
2.3 网络能力需求总结	30

03 汽车制造无线联网未来展望 32



无线技术在汽车制造领域的应用概述

1.1 工业无线通信概述

在迈向工业 4.0 的进程中，工业通信是确保整个价值链所需数据流的基础，是现实世界与数字世界融合的关键，帮助企业在实际投入生产之前能在虚拟环境中优化、仿真和测试，在生产过程中同步优化整个企业流程，最终实现高效的柔性生产和产品的快速创新上市，锻造企业持久竞争力。无线通信技术作为工业通信中的关键技术，对加速推动工业 4.0 进程，减少生产时间，提高生产灵活性，提升企业的生产效率起到重要作用。

目前，国际上工业自动化领域的研究机构和企业都正在进行工业无线通信的研发，涉及的无线通信技术包括 2G、3G、4G、4.5G (NB-IoT、eMTC、eLTE-U、eLTE-IoT)、5G 蜂窝通信技术，也包括 WiFi、ZigBee、ISA 100.11a、WirelessHART、WIA、LoRa、RFID、UWB 等。一方面，蜂窝通信技术已在考虑逐步满足工业相关领域的特定需求。蜂窝通信技术经历了近 30 年的发展，产生了巨大变革，已经跨过 2G、3G、4G 时代，处于 4.5G 时代，即将走进 5G 时代。作为 4G 的延伸，4.5G 为全球用户带来了稳定服务，并通过 NB-IoT、eMTC、eLTE-U、eLTE-IoT 等技术满足工业互联网低功率、大连接应用的初步需求，随着工业互联网超低时延 (1ms 及以下) 实时控制及超高带宽 AR/VR 等应用的兴起，蜂窝通信亟需进行针对性的优化提升，进一步满足工业领域各类应用的特定需求。工业互联网已成为 5G 研发的一个重要目标，全球多个国家和组织已经开展了 5G 面向工业互联网技术研究及标准化工作。另一方面，WiFi、ZigBee、RFID 等各类无线通信技术具有使用成本低、易部署等优点，但存在网络覆盖低、容量受限等问题。其它无线通信技术因协议本身的限制（如发射功率、安全等级、抗干扰性能）只适用于信息采集等少量工业互联网应用。为了进一步满足低时延、高可靠、大连接、高带宽及其他应用需求更复杂的工业环境，承载更多控制类及采集类工业互联网应用，并保证设备之间互联互通，工业无线领域有必要规范技术标准。

鉴于大规模工业应用对无线通信技术提出的新要求，频谱资源的合理规划成为各类无线通信技术的重要保障。目前全球没有为工业应用规划专用频率，在用的工业无线通信技术多以免许可方式

与多种业务共享频率。根据 ITU-R M.2083 建议书《5G 系统愿景》，工业互联网将是 5G 系统应用的主要领域之一，因此，在对 5G 进行频率规划时，充分考虑工业互联网无线技术对于高可靠、低时延以及海量连接等需求，规划 5G 频率时考虑了高、中、低频段的搭配。此外，国家无线电管理机构也在积极完善短距离（微功率）等免频率许可技术的频率规划，推动相关频段的全球协调一致。

1.2 无线技术在汽车制造的应用现状及前景

经过几十年的技术引进、合作交流和自主创新，中国主流乘用车企业在产品制造、生产管理等方面已经接近或达到国际先进水平，主要生产制造环节的工艺装备水平有了较大的提高。汽车制造包括市场调研、概念设计、工程设计、样车试制以及量产等几个主要环节。

- (1) 市场调研阶段，确定新车型的市场定位及初步工艺、成本等信息。
- (2) 概念设计阶段，主要任务包括总体布置草图设计和造型设计。总体布置草图主要包括：车厢及驾驶室、发动机、离合器、变速器、传动轴、车架和承载式车身底板、前后悬架、制动系统、油箱、备胎、行李箱、空调装置等部件的布置。造型设计，包括外形和内饰设计，是汽车设计的重要环节之一。
- (3) 工程设计，是不同部门对整车进行细化设计的过程。包括总布置设计、车身造型数据生成和发动机、白车身、底盘、内外饰、电器的工程设计等。



(4) 样车试制阶段和试验阶段包括性能试验和可靠性试验。性能试验是为了验证设计阶段中各个总成以及零部件经过装配后的整体性能能否达到设计要求，并根据发现的问题及时做出设计修改。可靠性试验是为了验证汽车的强度及耐久性，试验形式主要有风洞试验、试验场测试、道路测试、碰撞试验等。

(5) 量产阶段，生产流程链、各种生产设备及生产线铺设等均已准备完毕。汽车在量产制造过程中主要分为四大工艺：冲压工艺、焊装工艺、涂装工艺、总装工艺。



图 1-1 汽车量产阶段四大工艺

表 1-1 汽车量产阶段四大工艺介绍

工艺	描述
冲压	是一种使金属板料在冲模中承受压力而被切离或成形的加工方法；冲压好的车身板件局部加热或同时加热、加压而接合在一起形成车身总成。
焊装	负责把冲压好的工件焊接到一起，在汽车车身焊装中应用最广的是点焊，焊接的好坏直接影响了车身的强度。
涂装	涂装有两个重要作用，防腐蚀和增加美观度，主要分为漆前预处理和底漆、喷漆工艺、烘干工艺等，整个过程需要大量的化学试剂处理和精细的工艺参数控制，对油漆材料以及各项加工设备的要求都很高。
总装	按照一定的要求，通过联接零件（螺栓、螺母、销或卡扣等）把各种零件相互联接组合成部件，再把各种部件组合成整车。经过各模块装配和各零部件的安装后再经过车轮定位、车灯视野检测等检验调整后，整车可以下线。

汽车制造是典型的多工种、多工艺、多物料的大规模生产过程，各环节都面临着挑战。



目前，汽车制造领域所应用的无线技术包含传统的无线通信技术及新兴无线通信技术两类。传统无线通信技术包括2G/3G/4G等移动通信技术及WiFi、RFID、ZigBee、UWB等技术；新兴无线通信技术主要包括5G移动通信技术、NB-IoT、eMTC、eLTE-U、eLTE-IoT、LoRa、WirelessHART、ISA100.11a、WIA等。

表 1-2 传统无线技术应用现状

传统无线技术	应用现状
WiFi	为解决生产车间设备移动作业难、有线部署复杂、有线线路难以部署等问题，目前主要应用于工厂车间无线扫码系统、MES应用、ERP系统、手持应用等，解决无线仓储及扫描枪、PLC等生产控制设备的数据采集及网络接入。
RFID	主要用于汽车焊接、涂装、总装生产线，实现对生产过程中各类现场数据的统计、状态监控及质量检测信息的实时采集、零部件与固定资产跟踪管理、车体识别与跟踪管理、整车物流管理等功能，解决生产线中零部件众多、工序繁多、人工易出错等问题。目前主要的应用如：超高频RFID TAG，主要用于整车制造；高频RFID TAG，主要用于发动机/变速器装配；螺钉RFID TAG，主要用于发动机/变速器机加。
Zigbee	通过使用覆盖距离不同、功能不同的ZigBee网络节点，以及其它非ZigBee系统的低成本无线收发模块，建立ZigBee局部自动化控制网，通过互联网或移动网与远端计算机相连，实现低成本，高效率的工业自动化遥测遥控。在汽车制造过程中，采用ZigBee搭建生产信息化管理网络，实现生产数据的采集及管理。
UWB	一种使用1GHz以上带宽且无需载波的无线通信技术。通信速度可以达到几百Mbit/s以上。具有保密性强、功耗低、多径分辨力强、穿透能力强等特点。无需中频设备，系统发射的功率谱密度非常低，在雷达跟踪、精确定位方面有广阔应用场景。在汽车制造领域，目前主要应用于物资运输工具信息管理、重点危险区域管理、无线传输系统、装配工具自动控制、质量检测流程优化等场景。

表 1-3 新兴无线技术应用前景

新兴无线技术	应用前景
eLTE-IoT	eLTE-IoT 具有低功耗、广覆盖、海量连接特点，工作在免授权频谱，可以为工厂建设物联专用网络，具有更好的数据安全性，可以用于车间能耗管理，车间温度、震动等传感信息采集等功能。
eLTE-U	eLTE-U 基于 LTE TDD 的宽带接入技术，工作在免授权频谱，具有高速率、广覆盖、高可靠、高安全性，支持高速移动性。该技术可以解决车间生产安全监控、无线仓储 AGV 及扫码枪、生产设备的数据采集及办公网络的接入。
NB-IoT	在车间能耗管理方面，为了提高车间智能排产调度能力、加强异常报警和节能减排水平，已有企业开展基于 NB-IoT 的车间能耗管理平台测试床建设。试验验证平台可以对车间内的电表、蒸汽表的信息进行采集和汇总，在云平台对所有数据进行存储、分析，为车间用户提供报表、曲线、能耗统计、指标监控、异常报警等功能，更进一步在数据统计与分析的基础上进行辅助排产和降低单位产品能耗。
eMTC	eMTC 具有超高可靠低时延特点，更加适合物与物之间的通信。eMTC 基于蜂窝网络进行部署，其用户设备通过支持的 1.4MHz 射频和基带带宽，可以直接接入现有的 LTE 网络。eMTC 支持上下行最大 1Mbps 的峰值速率，可以应用于车辆移动性管理。
LoRa	应用于工厂生产车间智能计件管理和产线设备监控，可实现对多个生产车间的智能管理。将 LoRa 模块嵌入到计件传感器，可实现产量产能的实时监控及科学管理。
WirelessHART	有线 HART 协议的无线应用形式。满足了制造工厂对于可靠、强劲、安全的无线通讯方式的迫切需求。WirelessHART 标准协议主要应用于工厂制造自动化领域和过程自动化领域。
ISA100.11a	基于 IEEE 802.15.4，使用 2.4GHz 的 ISM 频段。可解决与其他短距离无线网络共存性问题以及无线通信的可靠性和确定性问题，具有数据传输可靠、准确、实时、低功耗等特点。ISA100.11a 被不少欧美企业所采用和部署，在工业无线市场上取得了广泛的认可，横河电机 (Yokogawa) 和霍尼韦尔 (Honeywell) 两大巨头已经开发出了 ISA100.11a 中等规模的系统解决方案，单一系统中最大可以接入 500 个终端设备节点。

WIA	WIA 能够针对应用条件和环境的动态变化，保持网络性能的高可靠性和强稳定性。分为 WIA-PA 和 WIA-FA。现场开通调试及维护方面，主要有 WIA-PA 手持器；在现场仪表以及 RTU 的管理及资源分配方面，有 WIA-PA 智能无线网关；在自动控制 and 远程控制领域；有 WIA-PA 无线通信模块，并可嵌入各种设备；在无线远程访问及资产管理方面有 WIA-PA 无线适配器。WIA-FA 技术主要应用于离散制造业装备的智能化升级。
5G	<p>5G 技术可以利用三大场景（eMBB 增强移动宽带、mMTC 海量机器类通信、URLLC 超可靠低时延）将分布广泛、零散的人、机器和设备全部连接起来，构建统一的互联网络。此外，5G 网络切片技术能够为工业应用分配专属的低时延高可靠切片，并通过切片内部参数控制，满足垂直行业需求。通过 5G 提供的极低时延、高可靠，海量连接的网络，使得闭环控制应用通过无线网络连接成为可能。随着 5G 时代的到来，5G 网络凭借优越的网络性能将为工业互联网的发展奠定重要的网络基础，成为工业互联网的“助燃剂”。</p> <p>5G 技术正好切合了传统制造企业智能制造转型对无线网络的应用需求，5G 技术三大应用场景如下图所示。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>连接数：百万级别</p> <p>应用场景：资产跟踪、智慧农业、公用事业监控等</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>网络时延：1ms</p> <p>应用场景：自动驾驶、工业控制、信息采集、人机交互、工厂自动化等</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>万物互联时代</p> <p>海量机器通信 mMTC</p> <p>超高可靠低时延通信 uRLLC</p> <p>5G</p> <p>增强移动带宽 eMBB</p> <p>提高传输效率</p> </div> <p>提高传输速率：100Mbps-20Gbps</p> <p>应用场景：增强现实和虚拟现实，增强型室内无线宽带覆盖，远程视频监控、视频会议等高带宽的应用场景</p>



1.3 无线技术在汽车制造领域的价值

由于汽车量产制造过程如零件制造、装配、涂装、加工等具有工种、工艺、物料多种多样及规模大的特性，传统的人工生产已经难以满足要求，引入自动化制造及全过程监控技术是非常必要的。一方面，汽车生产车间面积巨大，约可达到 10000 平方米的范围，若采用 AGV 小车协助生产，有线技术无法满足大面积车间内的行走覆盖需求；另一方面，由于线缆错综复杂，难以进行梳理和维护。所以，无线接入凭借免于部署物理线缆将成为汽车制造领域的优先选择。

首先，无线技术易于部署，节省了线路布设及维护的投入，降低网络部署及运维成本。在生产过程中，一些夹具转动，以及金属切屑和切削液等可能会磨损电缆，这将导致部分器件如传感器、开关等的失效。在一些自动化的装配线上，可能会连接着几十上百的站点，一旦线缆失效，很难进行故障定位。使用无线技术，则不会存在线缆破损的问题，且无线组网结构灵活多样，发生故障时也易于定位。



图 1-2 汽车制造有线缠绕机破损

其次，无线技术可以提升效率。无线技术可以快速的建立网络，不需要耗费时间在线缆的部署和维护上，提升了网络运行的效率。另外，在将来柔性制造的生产模式下，工厂可能会根据实际的生产制造调整变更组网结构。相比有线技术，无线技术可以更快速的变更并构建需要的网络结构。对于自动化制造来说，网络的快速部署和重构一定程度上也就意味着生产效率的提升。

最后，无线技术可以保障安全。在较高温度的汽车生产现场，无线技术可以避免因环境而产生的损耗问题；另一方面如今产线上的生产机器人越来越多，无线技术也可以避免因为有线线缆的老化导致的机器人非正常运动，从而对设备或者人员造成损害或伤亡。

综合来看，在汽车制造领域应用无线技术，可以提高生产组网的灵活性，更好的适应将来生产制造的需求，也可以降低成本和提升效率，并保障生产环境的安全。



02

汽车制造无线应用场景

随着无线技术在汽车制造领域的应用快速发展，汽车从零部件的制造、运输、生产、仓储分发到最后汽车的产品入库整个过程都需要涉及到无线连接，AII 联合合作伙伴开展了无线应用场景 - 汽车制造领域的分析，本报告主要聚焦量产生产过程（冲压、焊装、涂装、总装），涵盖 17 个无线应用场景。

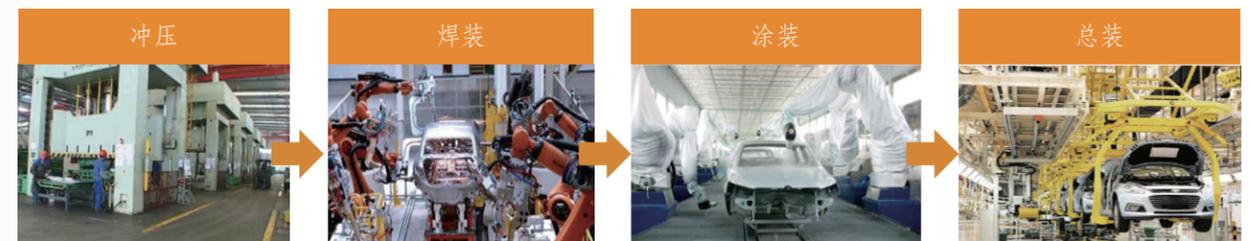


图 2-1 汽车量产阶段四大工艺

2.1 汽车制造无线应用场景分析

2.1.1 焊装

2.1.1.1 机器人与机器人协同控制 >>>

焊装是自动化程度最高、机器人使用数量最多的车间。在焊装生产过程中，存在各种机器人与机器人协同工作的情况，如：两台机器人共用一把焊枪、两台机器人协同涂胶、两台机器人协同搬运、两台机器人协同焊接等。通过无线化，减少机器人间的线缆部署，使产线部署更灵活。

机器人协同控制系统一般由4大部分组成：PLC、机器人控制器、无线网络、机器人，主要有两大类信号：

- ▶ 机械手臂任务信号：PLC通过无线网络下发任务命令（如抓举车身、焊接车身）给多个控制器，控制器按照下发的任务命令控制机械手臂进行作业。
- ▶ 互锁信号：控制器反馈机器人预定义作业信号至PLC，PLC实时同步互锁命令给多个控制器，保障机械手臂在运动过程中不会碰撞；

在焊接过程中，一个机械手臂通过PLC下发的任务命令抓举车身，另一个机械臂举起焊枪进行焊接操作。同时，PLC实时下发互锁命令保障机器人手臂间不会产生异常的碰撞。

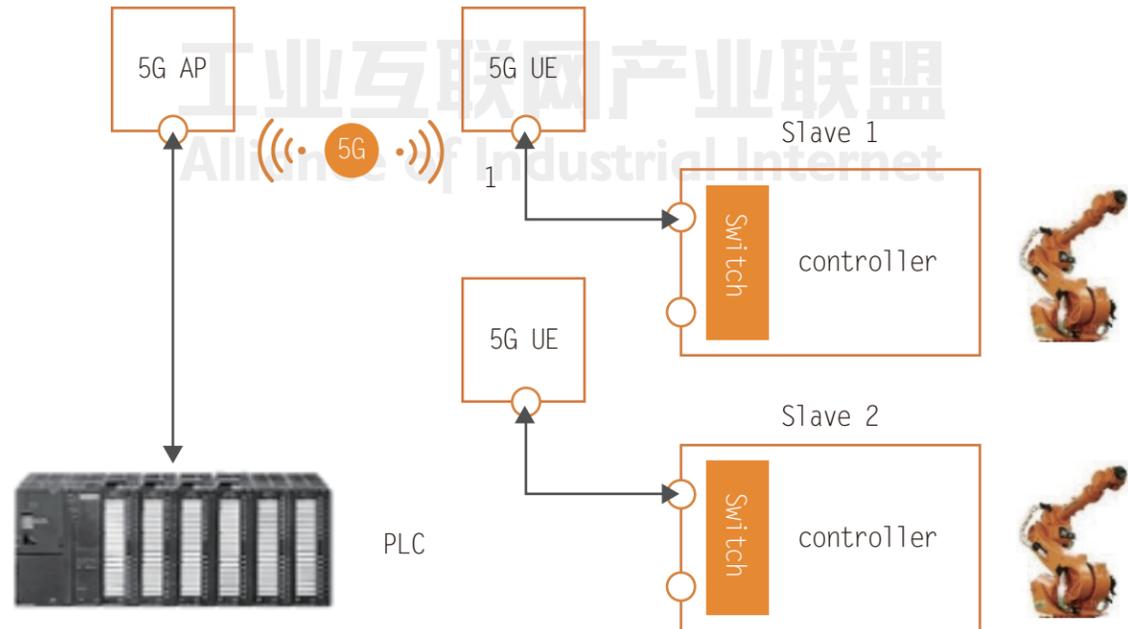


图 2-2 机器人与机器人协同控制示意图

表 2-1 机器人与机器人协同控制对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
控制器间互锁信号交互	>100Kbps	<10ms	在焊装的焊接车间
PLC 任务下发	>100Kbps	<10ms	
控制器状态上报	>100Kbps	<10ms	

2.1.1.2 远程维护机器人 >>>

机器人本身自带控制系统及系统软件，需要专业化的维护，设备一旦出现异常，无法及时排除故障，将会造成整条生产线停机，严重影响生产并造成大量的经济损失。另外，多车型混线生产、以及产品尺寸稳定性等因素，导致机器人程序频繁改动，需要实时备份。通过无线方式设备可以灵活接入网络，大大提高混线生产灵活性。

机器人远程维护系统一般由4大部分组成：远端维护工控机、机器人控制器、无线网络、机器人。控制器通过采集并回传机器人状态数据给远端维护工控机，工控机软件对数据进行分析，如各轴电机能源消耗，根据能耗变化，对机器人故障进行预判，提前维护，减少机器人突发故障。此外，机器人通过控制器无线化还可以实现日常程序上载、下载以及备份。



图 2-3 远程维护机器人示意图

表 2-2 远程维护机器人对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
程序上传 / 下载 / 备份	>100Kbps	/	所有机器人应用场合
数据采集	>100Kbps	<100ms	

2.1.1.3 焊装过程中的视频监控 >>>

在车身制造过程中，存在各种作业机器人，包括点焊机器人、涂胶机器人、激光焊接机器人、螺柱焊机器人、搬运机器人、弧焊机器人、滚边机器人等，在整个生产区域及控制过程中，为了远程观察作业和维护，需在机器人附近安装高清摄像头，对作业过程录像，期间将产生大量的图片视频。

视频监控系统包含三部分：摄像头、无线网络、视频监控平台。当视频监控平台通过无线网络下发启动监控命令到摄像头，摄像头通过无线网络实时采集并上传图片 and 视频到后端工控机。通过该系统可以解决限制区域人员难以进入，无法及时捕捉瞬间的问题，也可减少线缆的部署，灵活改变部署位置。

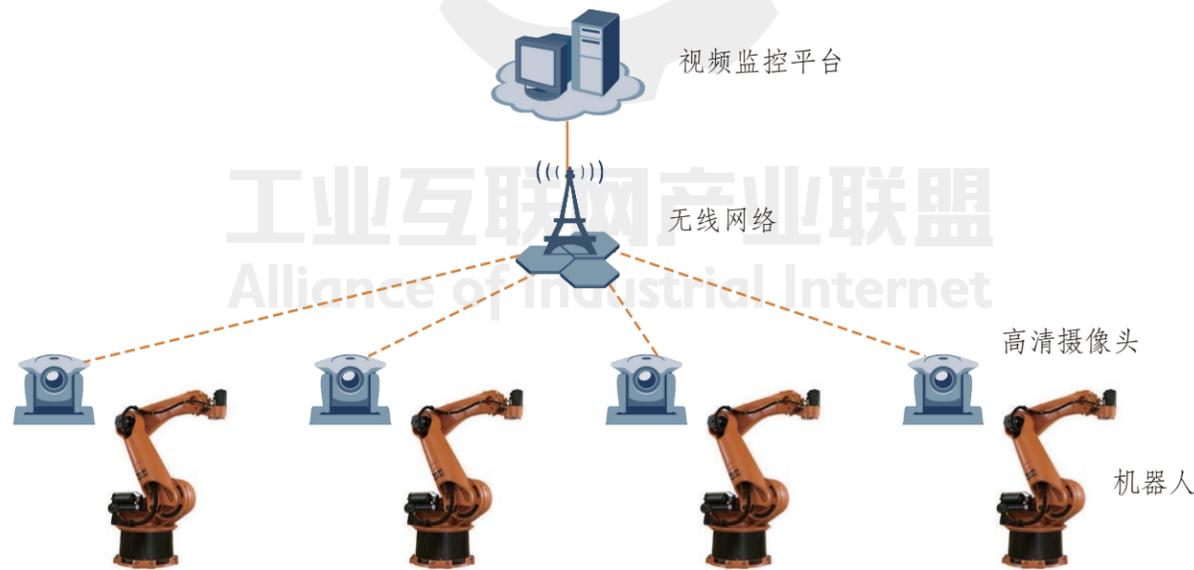


图 2-4 焊装过程中的视频监控示意图

表 2-3 焊装过程中的视频监控对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
图片 / 视频上传	>1Mbps (720p 及以上清晰度)	<100ms	所有机器人监控应用场合

2.1.1.4 焊装群控站数据回传 >>>

流水线使产品从开发设计，生产制造到销售整个过程都应做到规划化、科学化、制度化，引进流水线，通过改变生产流程，推进快速流水作业，不仅提高生产效率，也降低了经营成本，提高企业管理效率。然而高效的流水线作业，依赖于生产线上的各种加工设备相互协调、连续、自动的运行，各生产工艺相互刚性连接，当某个设备出现故障时，如果不能及时排除，将会造成整条生产线停机，或者整个车间停产，严重影响车间测量和生产节拍。焊装车间共有 2000 多把电焊枪在同时工作时，易造成供电电压波动，导致焊接无法符合标准，影响车身焊接质量。通过无线通信较少群控系统工控机、控制柜的线缆部署，使产线改造更灵活。

为快速分析定位故障并保证焊接过程，通常焊接线会建立一套焊机群控系统。一般群控包含焊接控制器、涂胶控制器、激光焊接控制柜、群控工控机、管理层计算机。通过群控系统工控机、焊接控制柜、涂胶控制柜、激光焊接控制柜无线化，实现点焊机、涂胶机、激光焊接机参数设置参数下发、实时参数采集（如焊枪状态信息等）、告警反馈（当焊机群控站发生告警（如电压异常），会反馈告警到 PLC，PLC 下发任务（如停止工作）给机器人控制柜控制机器人及时停止工作）。

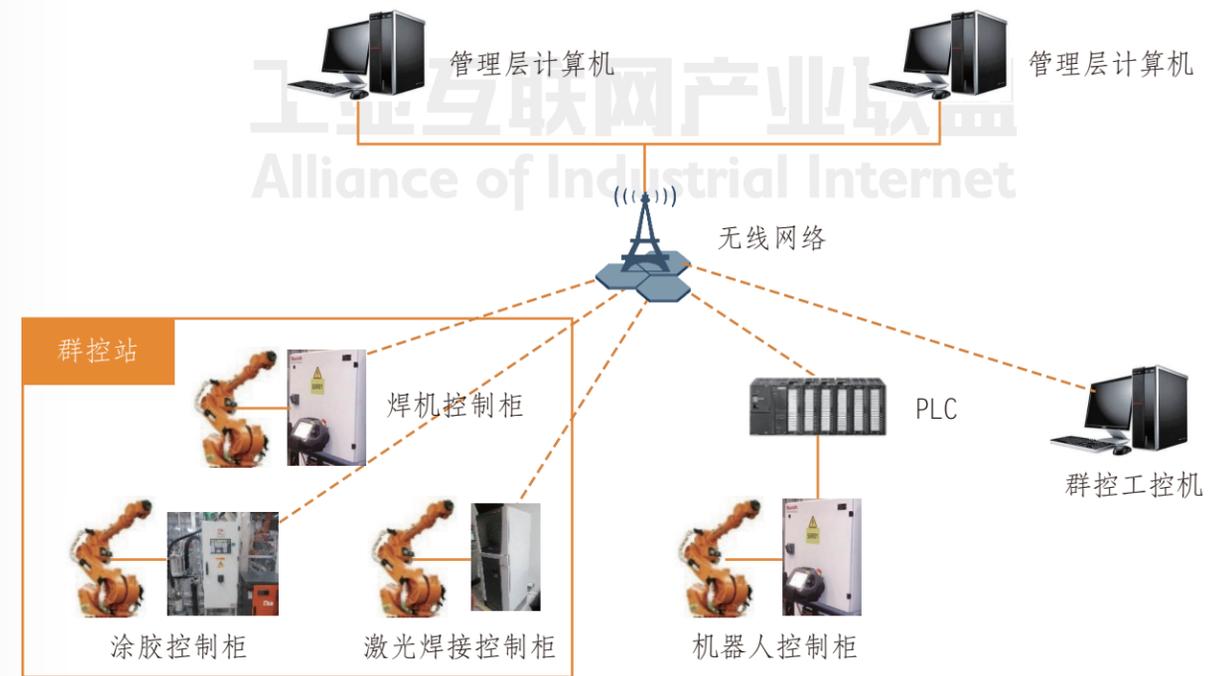


图 2-5 焊装群控站数据回传示意图



表 2-4 焊装群控站数据回传对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
焊接参数下载	>100Kbps	<100ms	焊装车间
实时焊接数据上传	>100Kbps	<100ms	
焊接参数的修改	>100Kbps	<100ms	
紧急告警信息上传	>100Kbps	<10ms	

2.1.1.5 焊装车间工序间的物料传输

高柔性化制造已经成为汽车制造行业发展的趋势，AGV 在物流柔性方面起到重要作用。AGV 系统一般由三大部分组成：AGV 中控室、无线网络、AGV 小车。AGV 中控室与 AGV 小车之间存在着大量的交互信息均通过无线网络，主要有两大类信号：

- ▶ AGV 小车本体控制信号：运动控制信号（AGV 状态、异常信息、速度、电压、卡号、方向、管制、能派车、任务点、有无带滑撬、在等待点、吊点放行、前往站点等）、控制信号（举升装置升降等）；
- ▶ 与线体 PLC 对接信号：到位信号、允许进出工作站信号等；

自动化线工作站根据站内生产情况，提前生成物料派送任务信息（物料名称，需求工位等），并将任务信息传递给 AGV 派送系统，AGV 派送系统根据需求工位、工艺流程以及 AGV 小车位置、状态，生成派送任务，并通知适合的 AGV 小车到达需求工位，按照工艺流程将物料送到目标工位。由于整

个过程均为自动化，AGV 派送系统需要实时与需求工位、目标工位进行信息交互，包括请求开门、到位、RFID 读写成功、允许出门等信息。由于车间区域内有人员移动，以及其它移动车辆，要求 AGV 移动过程中路径可控，运行安全可靠，防止碰撞到设备及人员、发生事故。

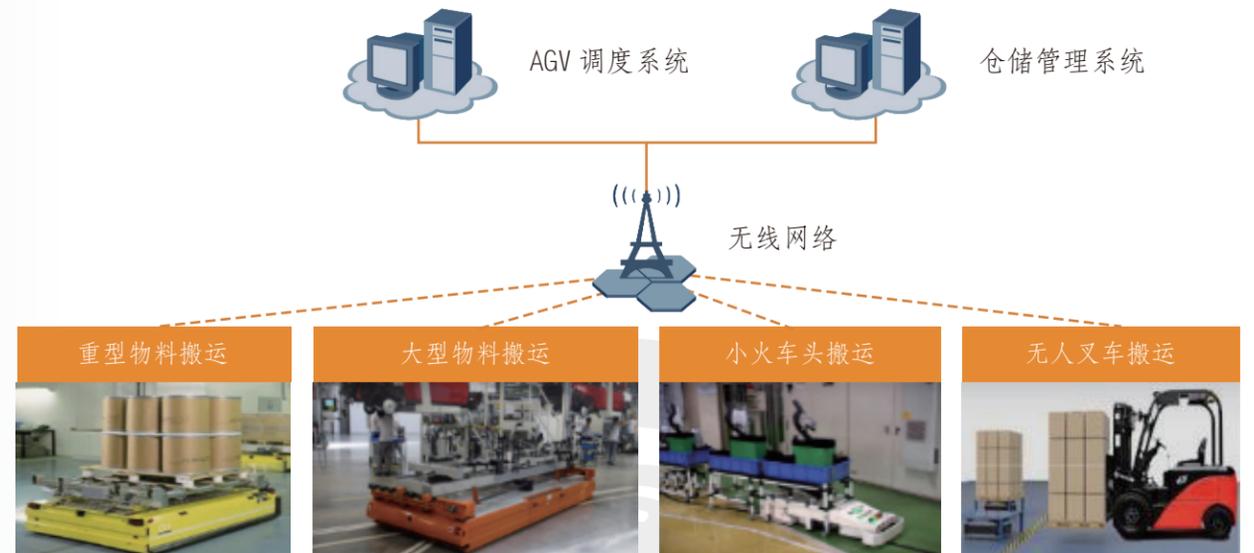


图 2-6 焊装车间工序间的物料传输示意图

表 2-5 焊装车间工序间的物料传输对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
AGV 小车控制数据	>100Kbps	<10ms	焊装车间工序间物料输送、 冲压车间钣金件输送、 总装车间装配件及线边料架等
AGV 系统与线体 PLC 交互数据	>100Kbps	<10ms	

2.1.1.6 焊装远程调测可视化

随着工厂制造执行系统 MES、智能监控系统 SCADA、质量监控系统 QCS 等系统的推广，PAD 作为移动终端，逐渐广泛应用于车间生产，既能实时显示设备状态信息、也能通过 PAD 录入信息，实时了解现场设备质量问题，还可以参与控制，如 AGV 调度系统客户端安装在 PAD 上，进行 AGV 调度的时候，能够实时监控 AGV 小车状态，了解 AGV 的实时状态信息、告警信息、配置信息，便于调试同时增加操作安全性。通过无线化 PAD，使操作员工操作 PAD 时摆脱线缆束缚，扩大工作范围，提高工作效率。

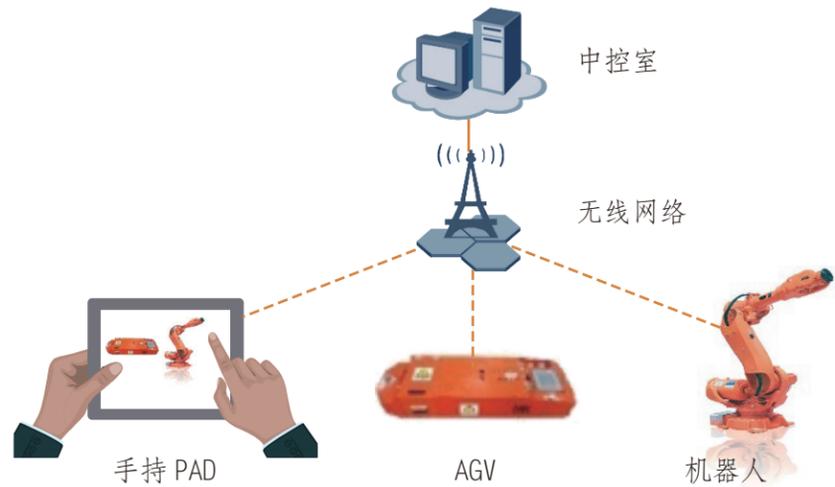


图 2-7 焊装远程调试可视化示意图

表 2-6 焊装远程调试可视化对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
AGV 小车控制数据	>100Kbps	<10ms	涉及汽车四大工艺车间
各信息系统录入	>100Kbps	\	
可视化系统展示	>100Kbps	\	

2.1.2 涂装

2.1.2.1 基于RFID的设备可追踪

在涂装生产中存在不同的工艺环节，不同工艺环节需要不同的生产工艺信息，车身经过不同环节需要通过 RFID 技术 + 无线回传技术实现车辆信息的跟踪、生产物料的准备、工艺信息的传递、生产过程的管理，生产异常分析与调度功能，使得不同生产环可以有效的进行配合。

无线 RFID 读写器解决了线缆布置问题；手持式无线 RFID 设备解决了人员受线缆的束缚问题，即时的数据感知，有助手持人员第一时间确认现场数据的有效性。此外，有线固定位置的读写器出现网络中断故障或需要临时增加读写结点进行应急抢修时，无线部署方式使整个过程更加高效。

基于 RFID 的设备可追踪系统包含：MES 系统、无线网络、RFID 设备（手持 RFID、无线 RFID 读

写器)。在电泳、打胶、喷房、烘房、精饰、BDC 等不同的生产工艺间隔，通过 RFID 读写器获取每个滑撬（滑撬上有识别标签，通常与车辆信息配对）芯片的信息（车辆型号、颜色信息、订单区域信息等），经过电泳、打胶、喷房、烘房、精饰、BDC 等不同的生产工艺，将过程的车辆信息（车辆型号、颜色信息、订单区域信息等）通过无线回传到 MES 系统，MES 系统根据获取的信息下发工艺参数（车辆电泳时间、车辆喷涂颜色、烘烤时间、分流方向等参数）到执行设备上。

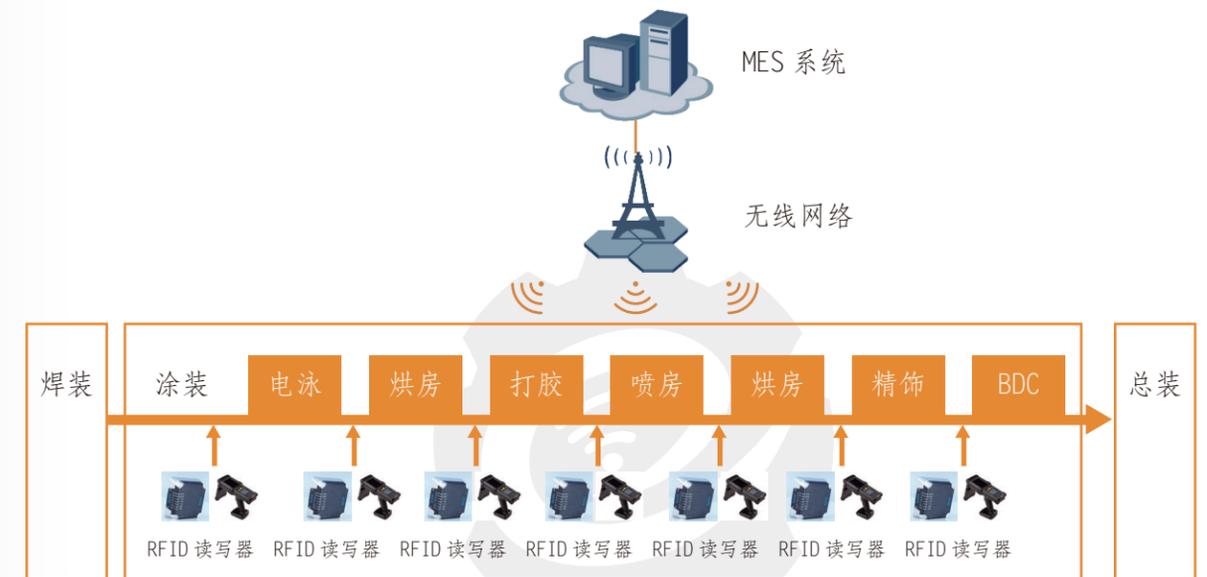


图 2-8 基于 RFID 的设备可追踪示意图

表 2-7 基于 RFID 的设备可追踪对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
RFID 读写器往滑撬写入 \ 清除信息	>100Kbps	\	汽车业基于 RFID 采集的系统，涂装方面包含输送系统、BDC（车体分配中心）、焊装、总装等
RFID 信息读取并回传到 MES	>100Kbps	<100ms	

2.1.2.2 工艺信息交互无线化 >>>

涂装输送、电泳、打胶、烘房、喷房、精饰、质检、BDC 等各个系统的主控 PLC 通过无线网络与 MES 系统进行信息的交互，实现输送设备与工艺设备间、设备与设备间连锁控制，保障设备安全可控，质量可控。通过无线化工艺与传输设备，使得各生产工艺设备可以灵活部署，更好支撑生产活动。

MES 系统与各个工艺间交互信息包含：

- ▶ 电泳工艺：电泳时间、电压、车身摆动角度等；
- ▶ 打胶工艺：涂胶量、涂胶类型等；
- ▶ 喷涂工艺：根据车型选择喷涂颜色、喷涂程序；
- ▶ 烘烤工艺：烘烤温度、烘烤时间等；
- ▶ 质检工艺：光泽、色差、粗糙度、厚度等检测信息；
- ▶ BDC：根据生产的需求对车型进行调配排序发往总装车间。



图 2-9 工艺信息交互无线化示意图

表 2-8 工艺信息交互无线化对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
主控 PLC 上传信息到服务器（接受和回传）	>100Kbps	<10ms	前处理设备与空中输送之间、喷房烘房设备与上位系统之间、各个基站之间数据共享、涂装设备与服务器之间
服务器下发任务到 PLC	>100Kbps	<10ms	

2.1.2.3 智能仪表及质检仪器无线化 >>>

涂装车间设备复杂，有较多基础的自动化仪表、开关等，通过使用具备无线通信能力的智能仪表，直接将基础信息采集到上位系统。不同于采用主控 PLC 的形式，每个智能仪表就是一个无线的接收和发射端，信息可以通过无线通信与上层 MES 服务器进行信息交互，使生产更加柔性。当前大部分质检设备将质检结果存储在本地，在工艺结束后将内容导入后台系统中，无法保障实时性，导致信息滞后，且采用有线方式导致操作中灵活性差，效率较低。

智能仪表及质检系统包含智能仪表、质检手持设备、无线网络、后台监控系统。仪表通常可以分成两类：安全类仪表（占位开关、液位开关、光电开关）和监测类仪表（流量计、温度探测仪、膜厚仪、色差仪、光泽仪、鲜映仪、粗糙度仪等）。

在涂装工艺中，通过占位开关实时检测车体在该工序中的停留状态，并将该状态信息实时上报到生产调度系统中，一旦停留时间过长会产生告警信息提前进行预警，同时，占位状态可以同步到后台系统，停止后续车辆进入该工序，避免后续车身与当前车身冲撞。通过光电开关检测车体运动状态，通过开关控制车体减速以及停止（通常控制减速和停止的光电开关各一个），一旦光电开关状态异常，可能导致车身异常碰撞甚至造成人身安全和碰撞问题。通过液位开关检测电泳液体高度，一旦高度超过标准范围就提前预警，避免液位过高导致槽液浪费或者串槽，过低无法没过车身，质量无法保障。

在烘房中，通过温度探测仪实时监控烘烤现场温度，以及流量计实时采集天然气的使用量，保障质量以及生产安全。

在涂装生产的不同阶段，通过手持质检仪器（膜厚仪、色差仪、光泽仪、鲜映仪、粗糙度仪等）实时检测车体的厚度、颜色、色泽、平整度、粗糙度等信息，并通过无线传输将涂装过程采集的质量数据、设备运行参数传输到后台设备管理系统及质量管理系统，使生产过程实时可控，质量异常追溯可查等功能。

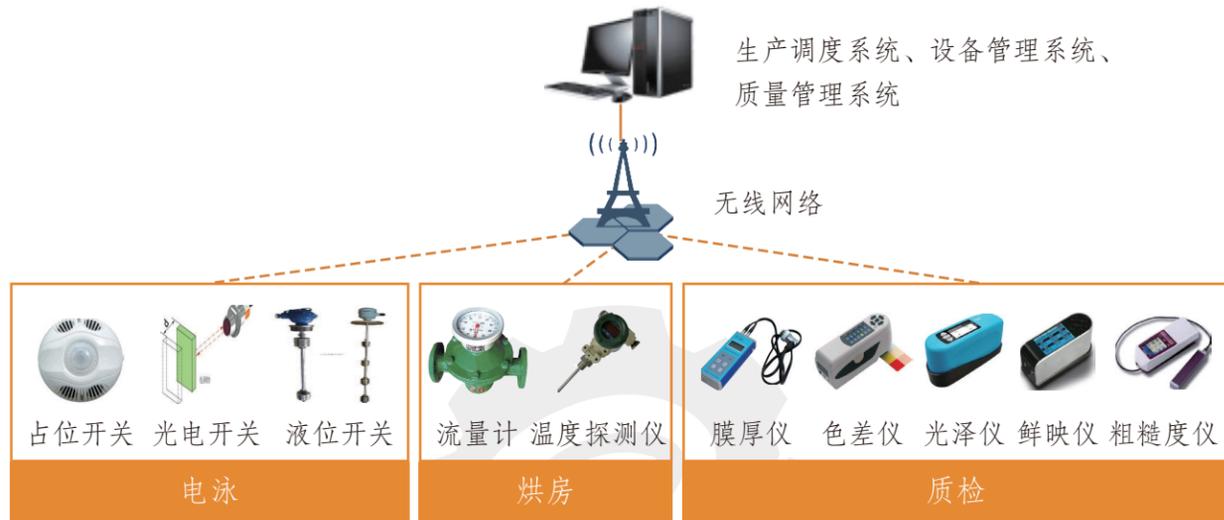


图 2-10 智能仪表与质检设仪器无线化示意图

表 2-9 智能仪表与质检仪器无线化对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
安全类的智能仪表与服务器间的数据交互	>100Kbps	<10ms	水表、电表、接近开关、光电传感器、流量计、专用检测仪器（膜厚仪、色差仪、桔皮仪）、激光测量仪
监测类智能仪表与服务器的数据交互	>100Kbps	<100ms	

2.1.2.4 汽车生产工厂能耗监控应用 >>>

涂装作为汽车制造工艺中能耗消耗最大的工艺之一，其中烘干过程、喷涂过程使用了大量的高能耗设备，如风机、机器人、泵等设备，需要有一套系统，对能源进行精细化管理。

能耗系统包含无线能耗监控仪表、无线通信、云服务器三部分，通过采集水表、电表、气表等数据，实时监测和统计工厂的水、电、气在不同车间、不同产线、不同时间段的能源消耗情况。

通常采集水表、电表、天然气表所需的网络系统要求低功耗、传输距离远、穿透性强，由于抄表业务传输的数据量不多，采集周期一般较长，带宽要求低，NB-IOT 等低功耗技术比较适用这种场景。

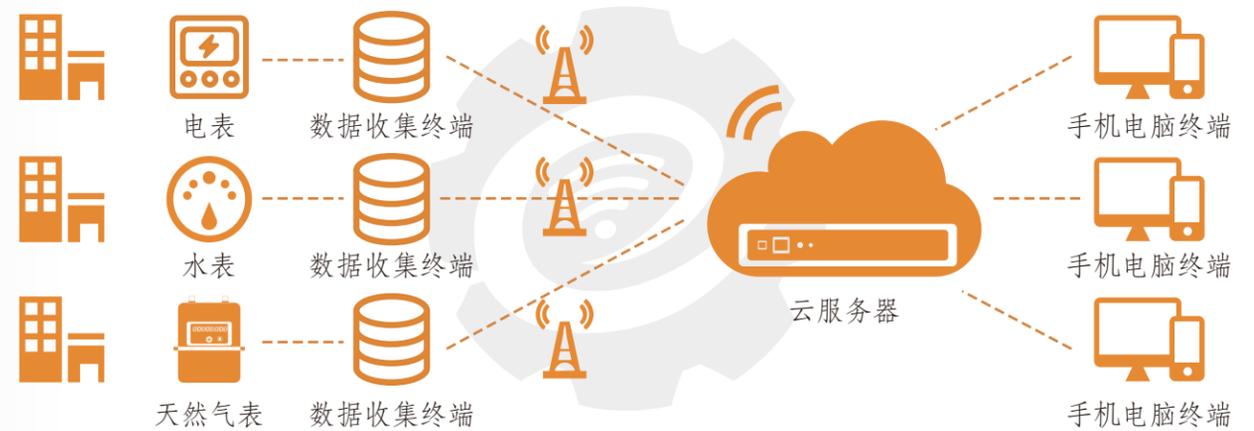


图 2-11 汽车生产工厂能耗监控应用

表 2-10 汽车生产工厂能耗监控应用对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
智能无线网关与运营商基站之间（接受和回传）	>100Kbps	<100ms	工厂内所有计量类的电表、水表、气表的远程集抄，监控能耗；

2.1.3 总装

2.1.3.1 总装车间拧紧器无线化 >>>

在汽车总装工艺中，拧紧扭矩的控制关系到汽车的安全性，实现拧紧扭矩的控制日趋重要。

通常一辆车装配需要多台拧紧器，在并行数据传送中，数量成倍增长，当前拧紧器多采用有线方式连接到服务器，而无线化可以防止缠绕，线路老化，加大拧紧器移动的灵活性。在汽车生产的发展过程中日益增涨的柔性化生产和产品定制化的需求，使得生产线此类的无线化网络部署变得越来越重要。

拧紧系统包含：拧紧器、拧紧管理系统以及无线网络。一般装配人员通过人工输入、扫码上传信息到MES系统，MES系统发送任务给拧紧管理系统，由拧紧管理系统下发拧紧器的工艺参数（扭矩、位置等参数）给拧紧器，拧紧器接收命令后执行拧紧动作。拧紧后，拧紧器将拧紧扭矩等信息状态上报给拧紧管理系统（可用于拧紧质量分析与跟踪）。



图 2-12 总装车间拧紧器无线化示意图

表 2-11 总装车间拧紧器无线化对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
拧紧命令下发	>100Kbps	<100ms	总装场景（拧紧等）
确认上报	>100Kbps	<100ms	
告警上报（拧紧超时、过\欠扭等）	>100Kbps	<100ms	

备：在量产中可多达数百台拧紧器，节拍越快，留给工艺中的时间越少，通信时延越低，带来的价值越高。

2.1.3.2 车辆装配过程中的无线扫码 >>>

在白车身装配过程中，需要扫描零部件的条码，但由于车身装配零部件的特殊性，使用移动手持扫描器更为方便，解决原有有线方式带来的线缆不灵活，部署难问题。

无线扫码系统包含手持扫码器、无线网络、工控机。当装配的车辆通过滑撬线运送到装配相应工位上，工作人员手持扫码器扫描装配零件上的条码信息，将车辆装配中的零件信息通过无线网络返回到上层系统，检验员通过预定计划的质检要求检查对应部件的装配质量，之后工作人员将质检的结果通过PAD上传服务器，实现对产品的防错及跟踪。



图 2-13 车辆装配过程中的无线扫码示意图

表 2-12 车辆装配过程中的无线扫码对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
扫码器扫码将扫描信息上传	>100Kbps	<100ms	总装装配过程、立体车库中的无线手持式RFID出入库检测 车辆质检过程中的无线扫码
数据接收确认	>100Kbps	<100ms	





2.1.3.3 车辆质检中的无线机器视觉应用 >>>

现代产品测试指对各种不同汽车零部件进行测试。测试范围包括抗震测试、斜坡测试、汽车标志的位置是否合理、雨刷测试、照明测试等。这些测试中需要使用大量的工业相机以及红外相机。所有出厂的汽车必须经过这些测试，以确保每辆到达客户手中的汽车符合严格的质量标准。当前的解决方案主要是柔性电缆加坦克带的方式，易磨损，维护安装成本高，通过无线可以实现稳定图片传输，相机同步的功能，可以大大降低结构设计，现场施工，后期维护的成本。使得系统更加柔性，可靠。

当前的机器视觉检测应用包含相机、无线网络以及视觉检测分析平台，当装配好的汽车到达指定位置，相机通过实时拍摄（夹装多台相机（红外相机与可见光相机））并回传图像信息到后端服务器进行分析（见图 2-14），用于测试汽车前窗加热系统、后窗加热系统和空调系统。通过检测微小的温差，可迅速高效地发现并解决故障点，从而节省大量成本，保障产品质量。

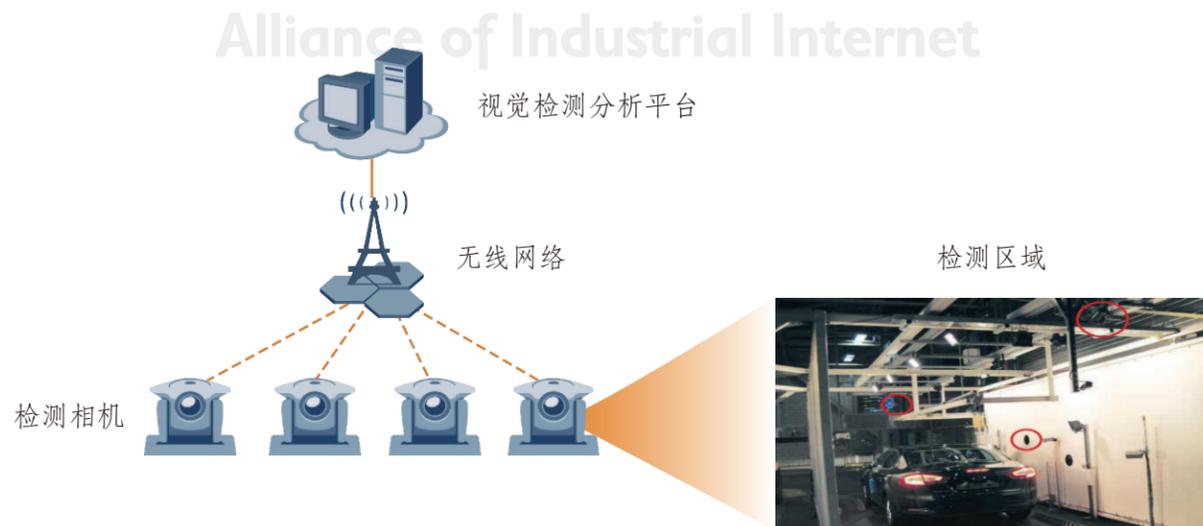


图 2-14 车辆质检中的无线机器视觉应用示意图

表 2-13 车辆质检中的无线机器视觉应用对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
车辆质检中的红外相机数据上传	>250Mbps (640*480, 50HZ)	<50ms	出厂检测
车辆质检中的可见光相机数据上传	>240Mbps (2900W 像素, 4HZ)	<50ms	

2.1.4 其他

2.1.4.1 零部件智能化加工 >>>

在汽车零部件制造中，对已有的设备实施智能化升级改造面临设备布局调整、网络重新布局等困扰，同时在精益生产模式下要根据产品变化对布局进行不断优化和完善。通过车间无线网络搭建，可解决有线网络在布局重构方面效率低、接线繁重、调整周期长、灵活性差等问题。

零部件智能化加工包含四部分：原材料自动输送、机床自动化加工，成品自动输送和立体存储。MES系统发送任务命令给空中传输系统，空中传输系统（智能天车）传送原材料到加工设备上，原材料抵达后，MES系统发送订单排产数据给机床主PLC，主PLC根据订单排产数据下发任务到机床自动加工设备上和传输设备上，零部件加工完成后，机床自动加工设备将加工完成状态反馈给MES系统，MES系统根据完成状态下发命令给机器人，机器人将零部件装入标准化的带有RFID标签的托盘中并报工给MES系统，当接收到当前托盘中最后一个工件确认信息后，另一台机器人将托盘放到输送线上（首尾有RFID读写器读写零部件信息），经过物料输送系统（输送线）将零部件发送到立体仓库，由堆垛车排序组对，最后通过机器人按订单成套装车配送。

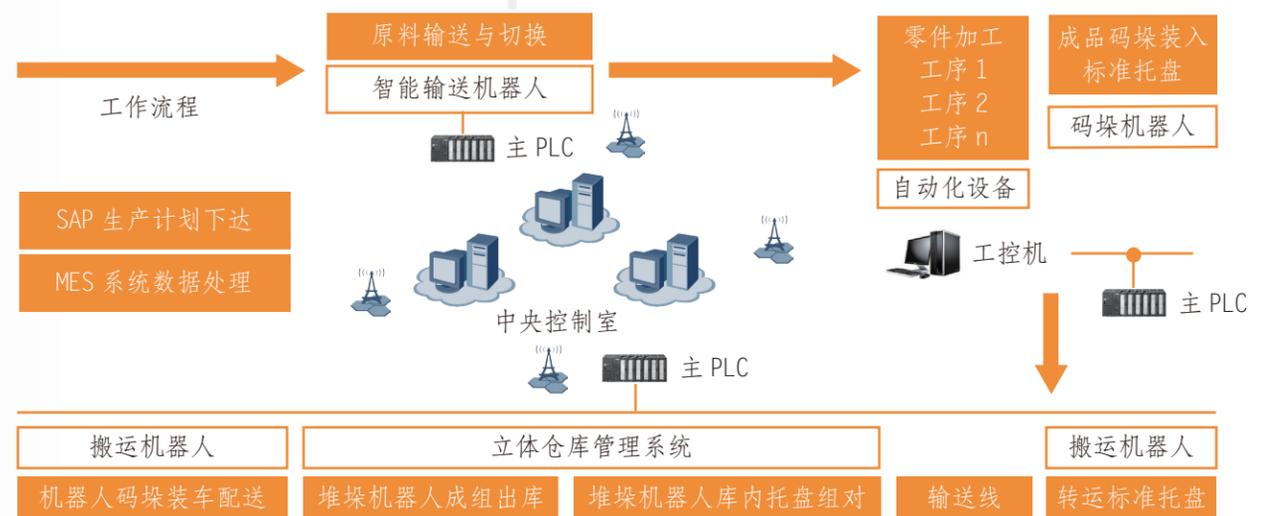


图 2-15 汽车零部件智能加工应用场景

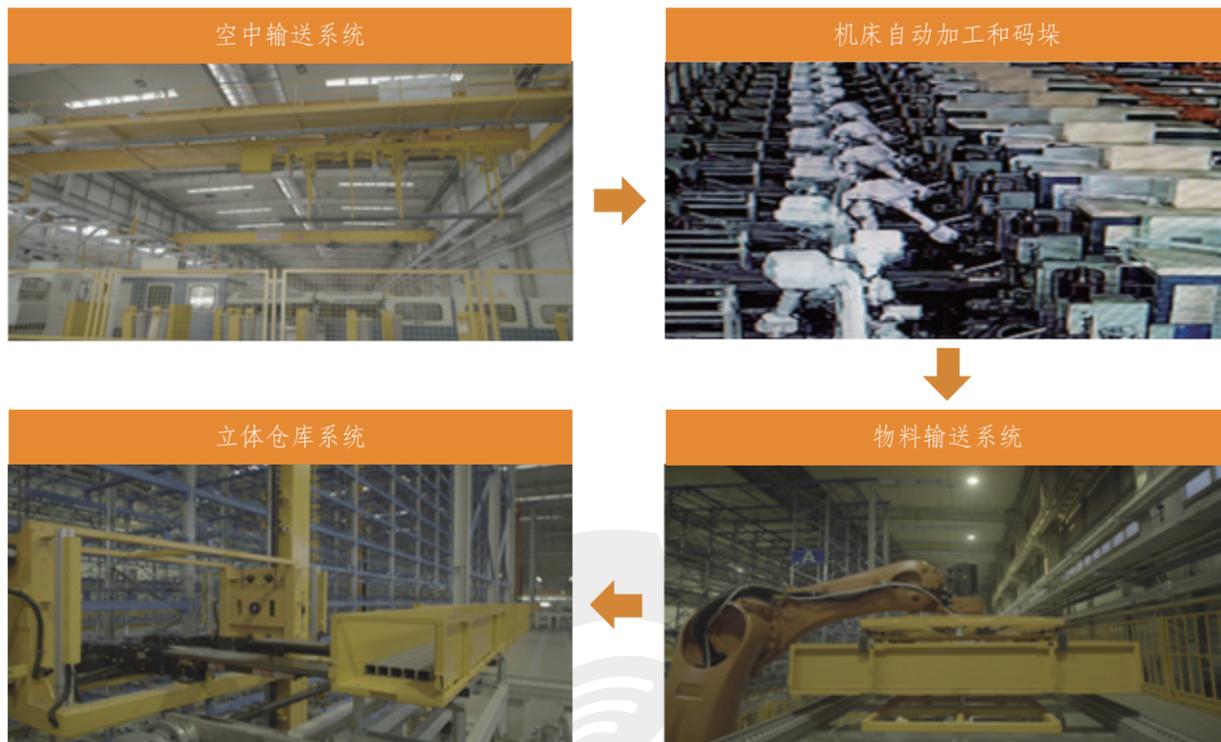


图 2-16 零部件智能化加工

表 2-14 汽车零部件智能加工对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
MES 传送信息给空中输送系统 (智能天车)	>100Kbps	<100ms	汽车零部件加工工厂
空中输送系统回传信息给 MES	>100Kbps	<100ms	
MES 传送信息 (任务包) 给主 PLC (控制加工设备)	>100Kbps	<100ms	
主 PLC (控制加工设备) 回传信息 (报表, 任务完成状态、设备状态) 给 MES	>100Kbps	<100ms	
RFID 读写器将写入的托盘信息回传系统	>100Kbps	<100ms	
MES 系统传递信息给堆垛车	>100Kbps	<100ms	
堆垛车回传信息给 MES 系统	>100Kbps	<50ms	
通过 PLC 设备报工给 MES 系统	>100Kbps	<50ms	
加工设备状态通过 PLC 上报 MES 系统	>100Kbps	<50ms	

2.1.4.2 工业设计阶段的无线化手持式 3D 扫描仪应用 >>>

在汽车制造中，通过扫描工件形成工件模型后，将模型与原设计做 3D 对比，进而进行进一步修改和设计。通常扫描仪采用激光+双目视觉将扫描产生的数据实时传输到工作站进行 3D 建模，在扫描过程中，尤其对于扫描大件工件，如车体等，由于 USB3.0 传输距离有限，需要移动工作站，且需要多人协同，影响扫描效率。通过无线通信可以减少线缆的约束，大大提高扫描效率。

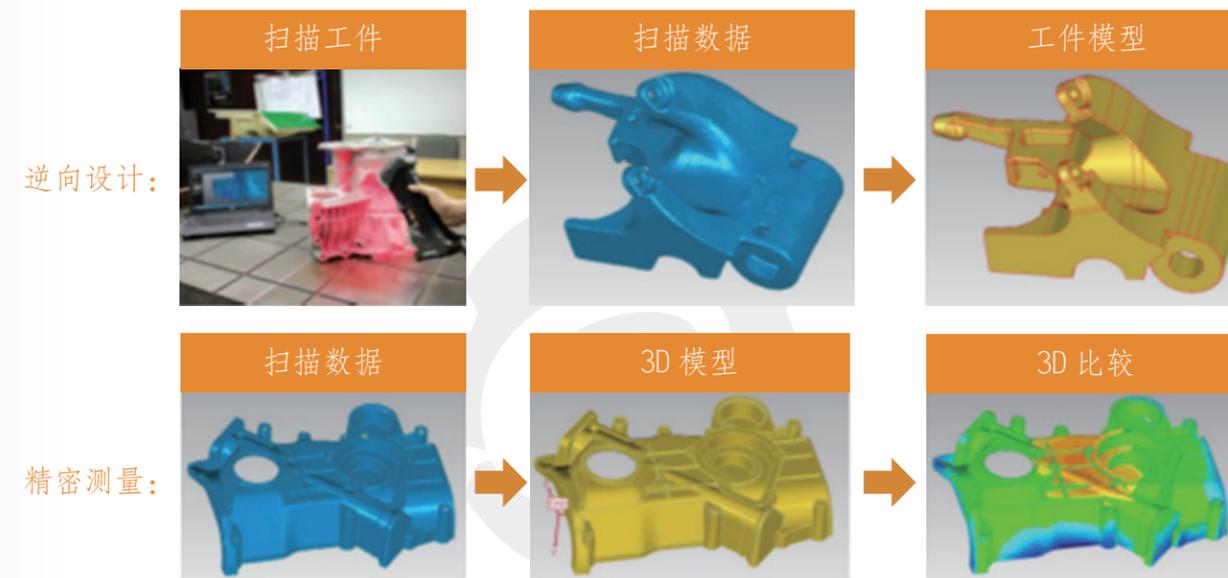


图 2-17 工业设计阶段的无线化手持式 3D 扫描仪应用

表 2-15 工业设计阶段的无线化手持式 3D 扫描仪对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
扫描点云数据上报	>100Mbps	<100ms	设计阶段以及检测工艺中

2.1.4.3 生产故障排查中的无线 AR 应用 >>>

通过无线 AR 的使用可以解放生产人员的移动范围，更高效的完成各类任务，将广泛应用在汽车制造等领域。

当车厂设备发生故障，生产人员通过 AR 实时传输视频给后端的专家系统，通过专家系统在线实时语音等方式指导操作，或者通过远端推送指导视频指导生产人员进行操作。

当生产人员需要查看系统工单信息时，通过 AR 还可以将系统工单内容通过无线网络推送到远端工单系统。

在总装过程中，通过设备扫描并提取二维码信息发送到远端 MES 系统，系统查询后将系统生产信息（如需要安装的设备类型等）反馈给现场生产人员，生产人员根据反馈的信息进行操作。

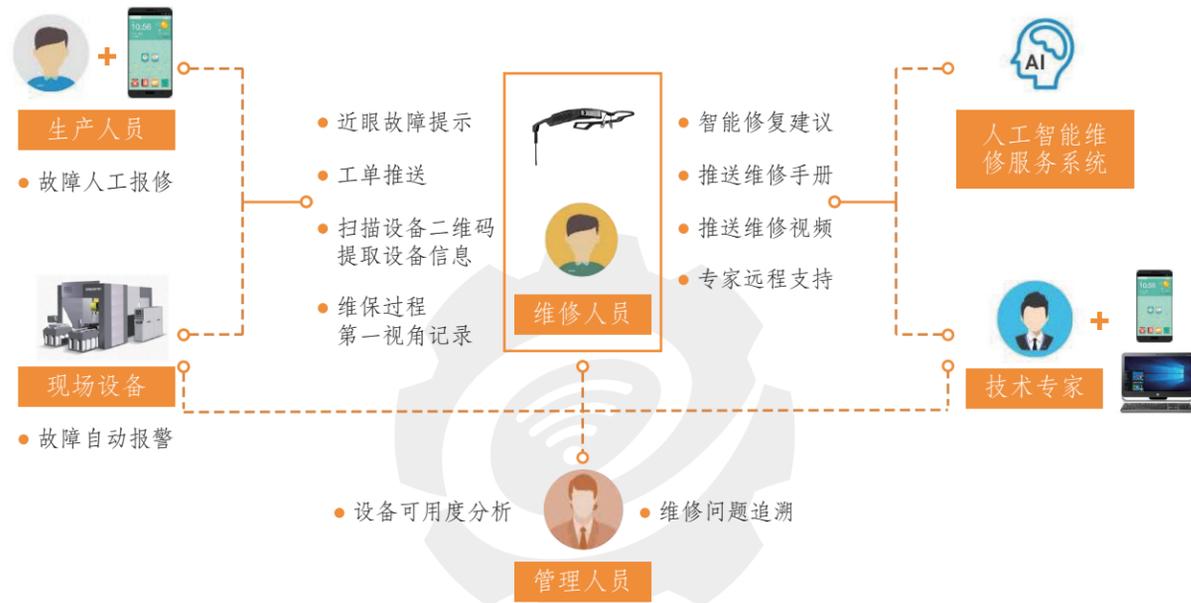


图 2-18 生产故障排查中的无线 AR 应用

表 2-16 生产故障排查中的无线 AR 对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
故障维修实时视频上传	>2Mbps	<200ms	总装场景（安装左右侧围，车内饰品，质量检测、远程质量监控等）
推送维修视频	>10Mbps	<200ms	
扫描设备二维码提取设备信息	>100Kbps	<100ms	
推送工单信息	>100Kbps	<100ms	
实时语音通话	>100Kbps	<100ms	

2.1.4.4 汽车生产车间在线环境监测 >>>

在工厂内部署一套无线传感器网络系统来远程检测汽车生产车间的环境健康状况，一方面可以反应生成车间环境的安全状况，对异常状况便于及时做出响应，另一方面了解生产环境的健康状况。在工厂内通过无线的方式安装传感器比较方便、灵活。

环境监测系统包含底层传感器、无线网络以及监控管理中心等。通过无线传感器对工厂内的液体泄漏（水、油、酸、碱等）、可燃气体浓度超标（CO₂、CO、H₂等）、有毒有害气体浓度超标（苯、SO₂等）进行实时检测和预警。

生产环境的传感器一般采集的数据量都不大，但要求实时稳定可达，尤其遇到异常数据必须及时上报到云端系统做出判断处理或通知；且这种场景传感器安装比较分散，要求覆盖范围大。

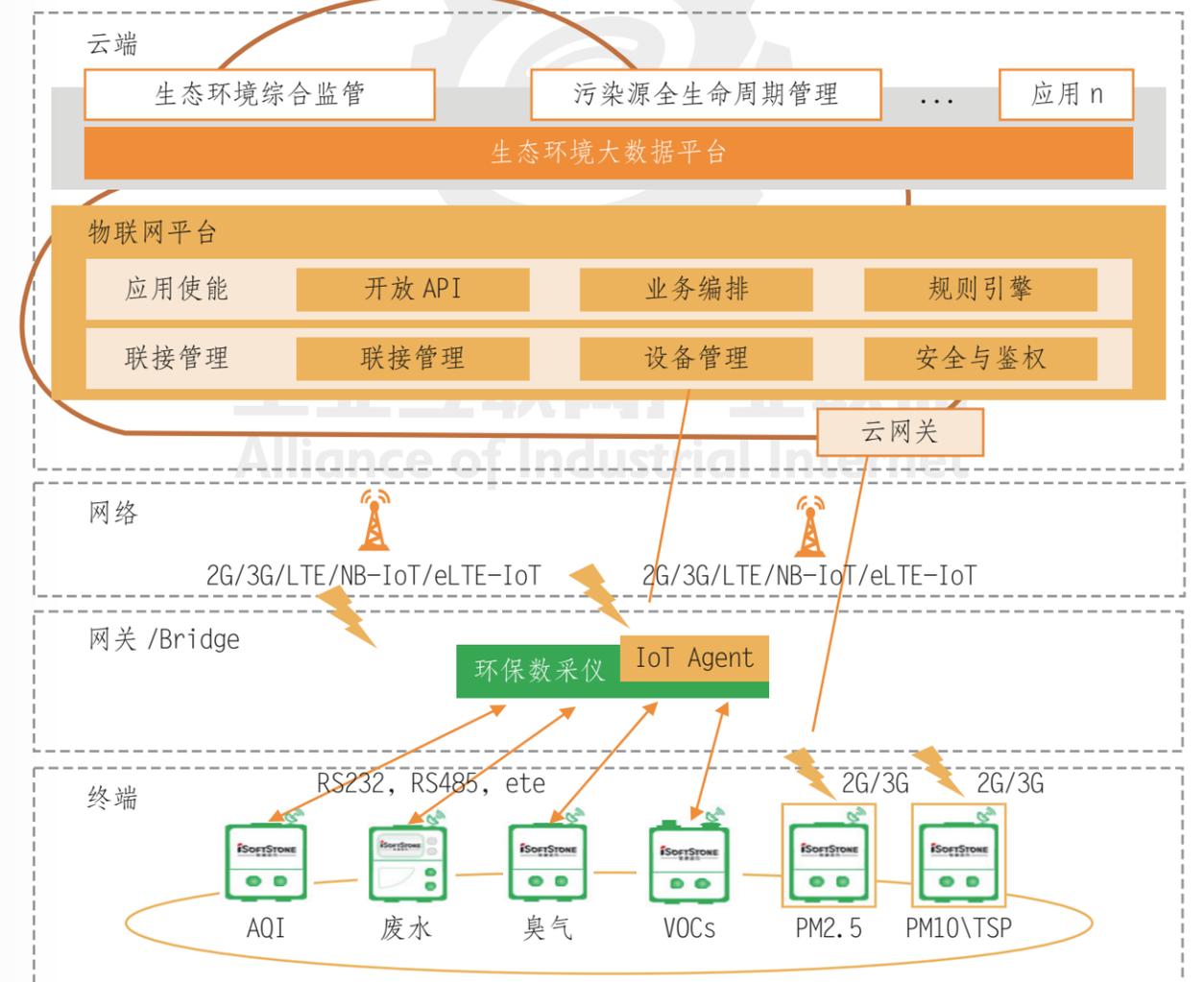


图 2-19 汽车生产车间在线环境监测



表 2-17 汽车生产车间在线环境监测对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	应用范围
气体检测仪表采集因子参数上报到无线通信终端	>20Kbps	<50ms	工厂内所有生产车间内 气体环境监测，水质环境 检测；
远程终端与通信网关之间	>20Kbps	<100ms	
通信网关与通讯服务器之间（接受和回传）	>100Kbps	<100ms	
远程人机交互客户端通信网关之间	>500Kbps	<100ms	

2.2 汽车制造无线应用场景分类

结合汽车制造业务特征，对上面 17 类应用场景进行分析，可将汽车制造领域的无线应用场景总结为 3 大类：

第一类：用于运动控制、移动机器人、流程闭环控制的低时延应用，如：运动控制（机器人与机器人协同控制、总装车间拧紧器无线化）、移动机器人（焊装车间工序间的物料传输、冲压车间钣金件输送、总装车间装配件、焊装远程调测可视化）、流程闭环控制（工艺信息交互无线化）。

第二类：用于图像检测、监控、扫描的大带宽应用。如：焊装过程中的视频监控应用、车辆质检中的无线机器视觉应用、工业设计阶段的无线化手持式 3D 扫描仪应用、生产故障排查中的无线 AR 应用。

第三类：用于设备状态监控的大连接应用，如：工厂资产管理（基于 RFID 的设备可追踪、车辆装配过程中的无线扫码、车辆质检过程中的无线扫码、立体车库中的无线手持式 RFID），设备状态监控与远程资产管理应用（远程维护机器人、焊装群控站数据回传、智能仪表及质检仪器无线化、在线环境监测、能耗监控等）。

这三类无线应用场景对网络的带宽和时延要求各有不同。

具体要求如下图所示：

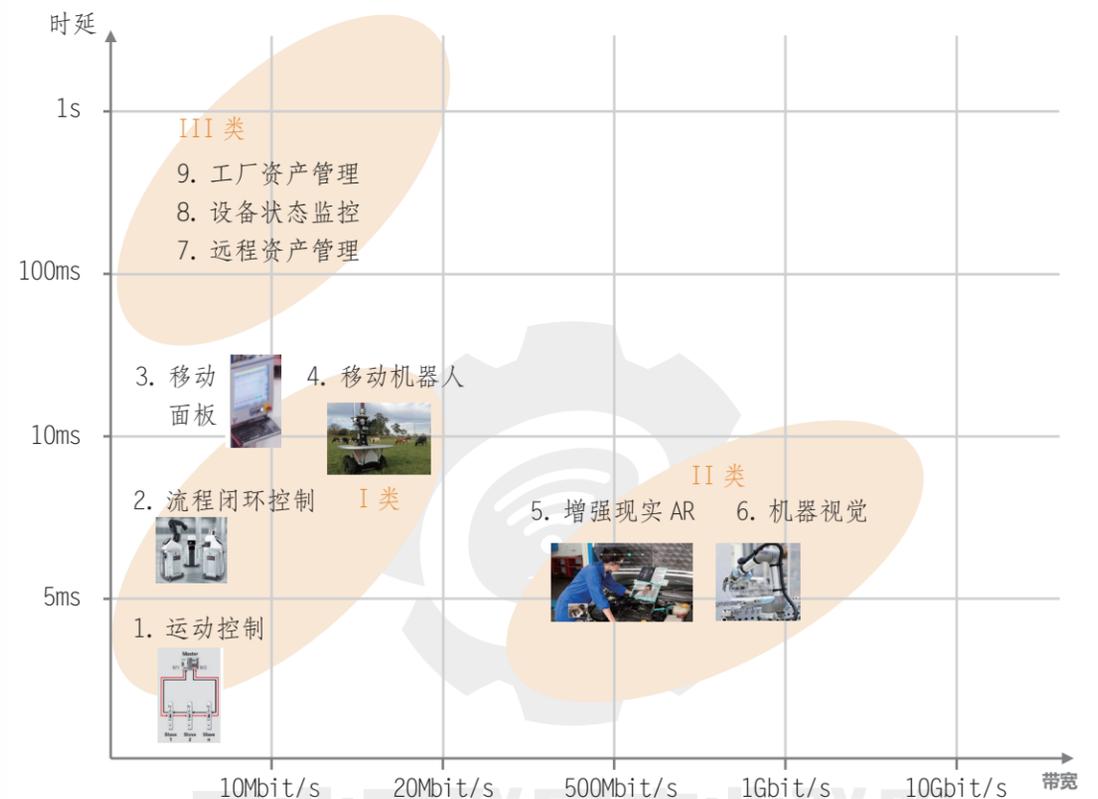


图 2-20 汽车制造无线应用场景分类

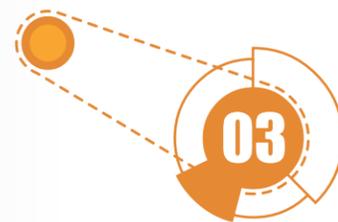
2.3 网络能力需求总结

根据通过机器人与机器人协同控制、远程维护机器人、焊装过程中的视频监控、焊装群控站数据回传、焊装车间工序间的物料传输、焊装远程调测可视化、基于 RFID 的设备可追踪、工艺信息交互无线化、智能仪表及质检仪器无线化、汽车生产工厂能耗监控应用、总装车间拧紧器无线化、车辆装配过程中的无线扫码、车辆质检中的无线机器视觉应用、零部件智能化加工、无线手持式 3D 扫描仪应用、生产故障排查中的无线 AR 应用、汽车生产车间在线环境监测这 17 个应用场景的分析，总结出无线汽车制造业务对网络的 3 大需求：低时延、大带宽、大连接、通讯安全稳定可靠性、连续网络覆盖。

表 2-18 汽车制造对无线网络需求

应用场景分类	需求项	共性需求	应用范围
用于运动控制、移动机器人、流程闭环控制的低时延应用	低时延	1、工厂内网络无缝覆盖，满足汽车制造业务可移动需求（焊装车间工序间的物料传输等） 2、工业数据涉及生产订单、生产实时数据需要安全加密传输，工业报警信息和现场闭环控制信息需要可靠传输	低于 10ms 的网络时延（焊接过程中机器人协同操作，硬实时要求更高需要小于 1ms）
用于图像检测、监控、扫描的大带宽应用	大带宽		上行百兆速率（3D 扫描仪应用、车辆质检中的视觉应用等），下行 10Mbps（AR 视频指导等）
用于设备状态监控的大连接应用	大连接		上千连接数（包含焊装车间工序间的物料传输、基于 RFID 的可视化可追踪、总装车间拧紧器无线化等）

当前承载工业业务的网络有 4 类技术：有线网络、WiFi、4.5G 蜂窝网络（如 NB-IoT、eMTC、eLTE-U、eLTE-IoT）、其他无线（WirelessHART 等）。有线网络具备大带宽、低时延和高可靠特性，但不具备移动和定位能力。WiFi 具有布线容易、组网灵活和可移动等优势，但不具备无缝广域组网能力，其可靠性和安全性也无法满足工业级需求。LoRa 技术，适用于低功耗中长距离场景，但受限于传输速率。ZigBee、ISA 100.11a、WirelessHART、WIA、RFID、UWB 等技术受限于传输距离或者传输速率，使得使用场景受限。4.5G 蜂窝网络具有统一规划部署、广域覆盖、抗干扰能力强、小区切换可靠性高以及端到端网络 QoS 保障等优点，同时具备向 5G 演进能力，弥补了传统蜂窝网络劣于有线网络的低时延和大带宽能力不足，最重要的是移动性能力满足移动机器人和远程监控控制的核心需求，获取和提供工业服务不受时空的限制。目前，部分工厂开始采用 4.5G 蜂窝网络作为无线全连接工厂的基础网络开展无线工业业务，并在移动机器人等方面取得良好的应用效果。



汽车制造无线联网未来展望

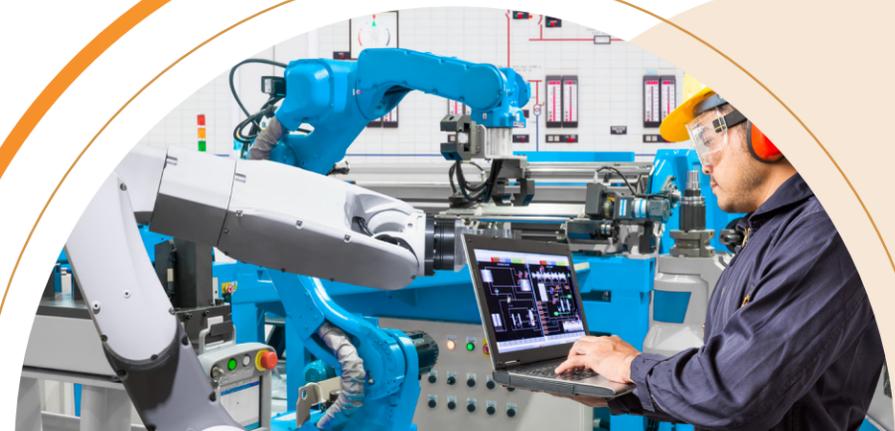
随着信息通信技术与传统产业加速融合，各主要发达国家和重要经济体纷纷提出发展新一代制造业和工业的战略举措，作为智能制造关键基础的工业互联网随之孕育而生，并日益成为新工业革命的重要支撑。

根据国务院发布的《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，我国制造业和互联网将进一步深度融合发展，深入推进“互联网+先进制造业”。从汽车产业看来，工业互联网有利于实现上下游、跨领域的广泛互联互通，打破“信息孤岛”，促进集成共享，促进汽车制造产业网络化、智能化。汽车制造产业技术先进、工序复杂、设计生产制造方式多样，针对冲压、焊装、涂装以及总装等各种场景，对无线网络提出了新的挑战。

从技术层面来看，未来汽车制造领域所使用的无线技术将呈现多样化，同时也更具针对性。例如对于总装场景可能需要使用 RFID 标签等实现仓储、物流和装配的智能化，对于焊装则可能需要考虑针对焊装的场景采用抗干扰更强的蜂窝网络，对于车间环境监控与能耗监控等业务可以采用低功耗、大连接的 NB-IoT 或者 eMTC 或者 eLTE-IoT，对于普通汽车制造车间可以使用 eLTE-U、WiFi、LoRa 等应用范围适中的无线网络，对于大型分布式制造厂区则可能需要使用 5G 等移动通讯技术以实现车间人、机、料全连接覆盖，对于关键部位可能需要架设专用网络。

从频谱使用方面来看，未来汽车制造领域对频段的使用将呈现低频和高频相结合，既需要考虑整体厂区的高可靠和广覆盖，又需要考虑特定场景的高速率和低时延。考虑到汽车制造领域无线网络需求的急剧增长，在组网时需要考虑到频谱的高效和科学实用，例如可以通过公网、专网、免许可频段综合使用，甚至通过一定的技术手段在法规允许的情形下进行频谱共享使用，以提高频谱利用率。

从架构上看，通过无线化可以将原来工业网络的多层级烟囱式结构转变成更加灵活、扁平的架构，提高生产线的柔性及对产品的跟踪效率。一个新车型汽车量产前期需要经历建厂、产线布线、部署设备等过程，通过无线扁平化的架构可以减少整厂的部署成本、时间，降低整体复杂度，加快新车型汽车更早上市销售，及时满足市场需求，为公司创造更大效益。



从技术标准上，针对汽车制造领域，制定相关网络技术要求和测试方法、无线电设备技术要求和测试方法，以规范汽车制造领域无线网络环境的安全性、易用性和可靠性，最终促进无线网络在汽车制造领域的大规模应用，推动汽车制造业快速发展。

缩略语	全称	说明
WiFi	Wireless Fidelity	基于 IEEE 802.11 系列标准的无线局域网
2G	The Second Generation mobile communication technology	第二代移动通信技术
3G	The third Generation mobile communication technology	第三代移动通信技术
4G	The 4th Generation mobile communication technology	第四代移动通信技术
4.5G	The 4.5th Generation mobile communication technology	第 4.5 代移动通信技术
5G	The 5th Generation mobile communication technology	第五代移动通信技术
NB-IoT	Narrowband Internet of Things	一种新型窄带物联网技术
eMTC	Enhanced Machine Type Communication	增强机器类通信
Zigbee	————	基于 IEEE802.15.4 标准的低功耗局域网协议
ISA 100.11a	————	由国际自动化学会 (ISA) 推动的面向于多种工业应用的标准，工业级无线传感器网络国际标准之一
WirelessHART	Wireless Highway Addressable Remote Transducer	无线高速可寻址远程传感器协议
WIA-PA	Wireless Networks for Industrial Automation – Process Automation	面向工业过程自动化的工业无线网络标准技术
WIA-FA	Wireless Networks for Industrial Automation – Factory Automation	工厂自动化无线网络
LoRa	Long Range	一种低功耗广域网技术
RFID	Radio Frequency Identification	无线射频识别，是一种通信技术
UWB	Ultra-WideBand	超宽带技术

eMBB	Enhance Mobile Broadband	增强移动宽带
mMTC	massive Machine Type of Communication	海量机器类通信
uRLLC	ultra Reliable & Low Latency Communication	超可靠低时延通信
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引运输车
PAD	Portable Android Device	平板电脑
3GPP	Third Generation Partnership Project	第三代移动通信标准化伙伴项目
MB	MByte	计算机中的一种储存单位，兆字节
GB	GByte	计算机中的一种储存单位，千兆字节
BDC	body distribution center	车体分配中心

