

“5G+智慧交通”系列白皮书



中国联通

5G+ 远程智能驾驶白皮书

中国联合网络通信有限公司

2019.10



目录

摘要.....	2
1 车联网标准演进.....	3
2 远程智能驾驶业务需求.....	4
3 5G远程智能驾驶总体架构及功能要求.....	5
3.1 远程智能驾驶总体架构	5
3.2 远程智能驾驶解决方案	6
3.3 远程智能驾驶功能要求	8
3.3.1 远程驾驶车载控制器	8
3.3.2 智能驾驶舱	10
3.3.3 远程驾驶平台	10
4 5G远程智能驾驶典型案例.....	12
4.1 园区无人派送	12
4.2 智慧矿山	14
5 总结与展望.....	16

摘要

交通运输是国民经济的基础性、先导性、战略性产业和重要服务性行业。以 5G 和 C-V2X 为代表的车联网技术正逐渐渗透到交通运输行业中，促进行业变革和产业升级，实现智慧交通，满足人们对于安全出行、高效出行以及绿色出行的美好愿望。目前基于车联网的技术标准规范已基本制定完成，产业链条初步完善，各地也涌现出一批车联网测试和示范基地，并开始探索车联网的运营和商业模式。

中国联通深度布局基于 5G+C-V2X 的智慧交通产业发展，聚焦“智慧道路+智能驾驶+智能管控”的车路协同一体化交通体系，通过技术创新、产品研发、业务推广以及产业合作，打造面向智能交通的车联网落地应用。在此背景下，中国联通制定“5G+智慧交通”系列白皮书，此白皮书为中国联通针对 5G+远程智能驾驶的技术规范，期望能对车联网产业发展提供参考。

1 车联网标准演进

3GPP 作为国际的通信标准组织,从 2015 年便开始了 LTE-V2X 的标准研究。2015 年 2 月,3GPP SA1 小组开启了关于 LTE-V2X 业务需求的研究,3GPP 对 LTE-V2X 的标准化工作正式启动。此后,3GPP 分别在网络架构(SA2)、安全(SA3)以及无线接入(RAN)各小组立项开展 V2X 标准化研究。3GPP V2X 研究主要分为三个阶段,如图 1-1 所示。第一阶段在 R14 完成,主要实现 LTE-V2X 的标准化以支持 TR 22.885 中的业务场景;第二阶段是在 R15 中完成对 LTE-V2X 技术增强,进一步提升 V2X 的时延、速率以及可靠性等性能,以进一步满足更高级的 V2X 业务需求,即 TR 22.886。其中的增强技术主要包括载波聚合、高阶调制、发送分集、低时延研究和资源池共享等。第三阶段是 NR-V2X 标准技术研究,主要是在 R15 中完成了对 NR-V2X 技术研究(SI 阶段),并在 R16 中完成对 NR-V2X 的标准化(WI 阶段),预计在 2020 年 6 月份完成。

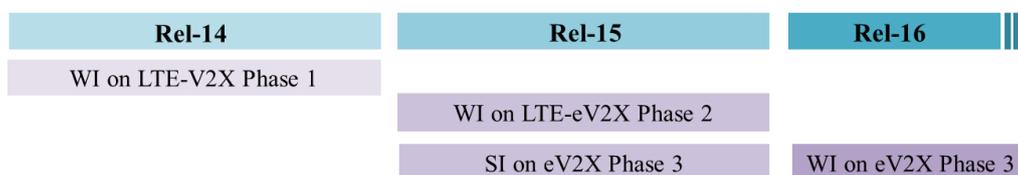


图 1-1 3GPP C-V2X 标准演进

目前已冻结的 3GPP R15 eV2X 22.886 标准中,对支持远程驾驶场景定义通信指标,如表 1-1 所示。

表 1-1 R15 远程驾驶通信指标

用例	时延(ms)	可靠性(%)	速率(Mbps)
遥控操作支持	20	99.999%	UL:25, DL:1
eV2X 支持远程驾	20	99.999%	UL:20, DL:1(移动速度 250km/h)

目前正在进行的 3GPP R16 NR-V2X 标准制定,围绕车辆编队(Platooning)、远程驾驶(Remote Driving)、高级驾驶(Advanced Driving)、传感器共享(Extended Sensor)四类典型业务,根据 TS22.186 for 5G-V2X 用例定义,四类业务的技术

指标，如表 1-2 所示。

表 1-2 R16 远程驾驶通信指标

用例	时延(ms)	可靠性(%)	速率(Mbps)
车辆编队	10	99.99	65
远程驾驶	5	99.999	UL:25, DL:1
高级驾驶	3	99.999	53
传感器共享	3	99.999	1000

R16 定义的 C-V2X 标准预计 2020 年 Q1 冻结，目前可商用的是 R15 版本的 eV2X 车联网标准，R16 协议比 R15 在时延性能上进行了大幅提升。

2 远程智能驾驶业务需求

随着人工智能、大数据等技术的飞速发展，车联网日益兴起，庞大的市场推动着车联网相关产品的研发和落地，同时引导汽车行业向着更安全、舒适、绿色的方向发展。

远程智能驾驶是车联网重要方向之一，具有广阔的应用场景。在复杂环境驾驶员远程代替无人驾驶车做出决策，可以提高无人驾驶的安全性和可靠性，实现复杂路况下的行驶，通过引入人为决策，减少了交通事故和人员伤亡；在灾区、高危路段的远程驾驶，可以提高营救效率和通行效率；在矿山、油田等生产区域，远程智能驾驶代替工人完成作业，减少人员伤亡；甚至在无人驾驶车辆出现问题时，驾驶员及时接管，可以消除车辆异常，改变车辆失控状态，避免车辆伤害到行人和其它车辆。

远程驾驶系统充分应用了 5G 低时延、大带宽和高可靠性的特性，集成 5G 通信、车-路-云协同、云计算、自动控制等相关技术，对远程智能驾驶的业务场景进行分析，通信的需求如下：

- 车辆控制和反馈端到端时延少于 20ms，部分控制要求达到 5ms；

- 车辆上传视频：H.265/ HEV 高清摄像头的传输速率 10M/路，2 路摄像头的传输带宽要求上行 20~25Mbps，下载速度为 1Mbps。

立足于车联网生态的发展，5G/V2X 远程智能驾驶遇到前所未有的机遇，具有良好的市场前景，远程智能驾驶产品的研发和落地应用，也将推动科技创新价值链的形成，促进科技产业化，带来可观的经济效益，也必将带动社会效益的提升。

3 5G 远程智能驾驶总体架构及功能要求

3.1 远程智能驾驶总体架构

智能驾驶系统架构从三个层次进行构建，提供“车端、立体网络、云平台”协同的一体化远程智能驾驶服务，如图 3-1 所示，车端和云平台之间基于立体网络实时通讯传输，实现安全、高效组合，该系统适用于远程驾驶不同场景的管理和生产活动中。

车端包括车型和车载设备，其中车型可以对矿卡、宽体车、挖掘机等不同类型；车载硬件包括摄像头、毫米波雷达、激光雷达、定位、车载控制器等基础设施，基础设施实现环境感知和信息传输等，例如毫米波雷达、激光雷达、摄像头等传感设备进行环境感知实现信息融合来完成障碍物的检测。

立体网络是基于 V2X 和 5G 系统构建车与车、车与调度中心的信息传输，作为信息处理主要节点，5G 系统包括基站、核心网、MEC 等实现控制数据、状态数据的传输，V2X 主要实现车车之间、车与路之间实现感知信息的传输，车与路的信息传输有两种模式：V2I\|V2N2I，V2I 依赖 RSU 的部署，V2N2I 是基于已有的 5G 空口，由于 5G 空口性能大幅提升，而路侧网络存在建网模式不清晰问题，V2N2I 模式将成为主流。

云平台实现路侧感知信息的采集与融合分析，基于感知到的数据，构建虚拟模型，进行三维模拟仿真，同时面向不同应用场景提供联合决策和协同控制，

实现编队、远程驾驶、自动驾驶的业务管理；高精地图使得车辆的轨迹规划、车辆防碰撞、道路提前可行性分析等功能得以实现；车辆高精度定位需要采用融合的定位方法，以满足不同环境、不同的场景以及不同业务的行为需求；云平台作为应用的总入口，承接各类信息回传和指令下发，需要对网络质量进行全方位监测，实时规划为业务规划网络路径，提供可靠的保障。

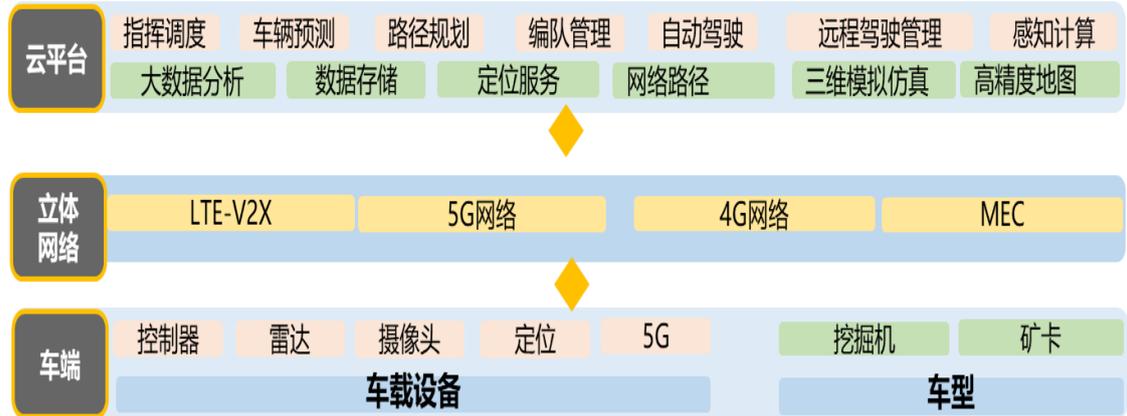


图 3-1 远程驾驶总体架构

3.2 远程智能驾驶解决方案

依托 5G 大带宽、低时延、高可靠网络特性，可为用户实现通过远程智能驾驶平台对远端车辆的全向监控和智能远程控制，其系统包括数据交互与控制、网络传输以及控制和平台三部分。

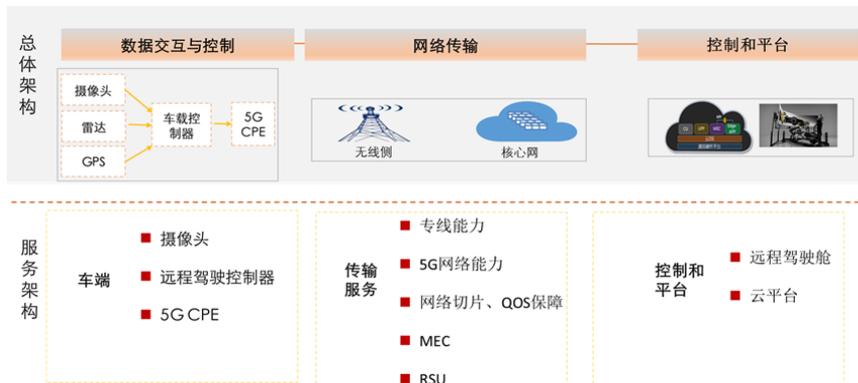


图 3-2 远程驾驶解决方案

车端数据交互与控制主要是通过控制器与车端 CAN 接口、远程驾驶舱、平台进行控制信号、车辆状态信息、定位信息、雷达信息、摄像头等信息传输。例如将车端信息车速、电机转速、各转向轴转角等由 ECU 通过 CAN 接口发送给车载控制器，车载控制器对其进行解析和封装并通过交换机、CPE 等网络设备发送至平台，平台进行可视化呈现。

传输服务主要通过 5G 网络以及其关键技术网络切片、QOS 进行业务保障，通过 RSU、MEC、专线等关键网路传输设备，将信息传输给驾驶舱和平台。远程智能驾驶传输需求主要包括时延和速率两个关键性指标，它们与网络的部署架构密切相关，网络架构分为六种，包括 5G 基站+5G 核心网方案、5G 基站+MEC 方案、5G 基站+专线方案、5G 基站+4G 核心网方案、4G 基站+MEC 方案、4G 基站+4G 核心网方案，不同的网络架构提供的速率以及时延保障不同，根据用户需求选择不同的网络架构进行差异化服务。

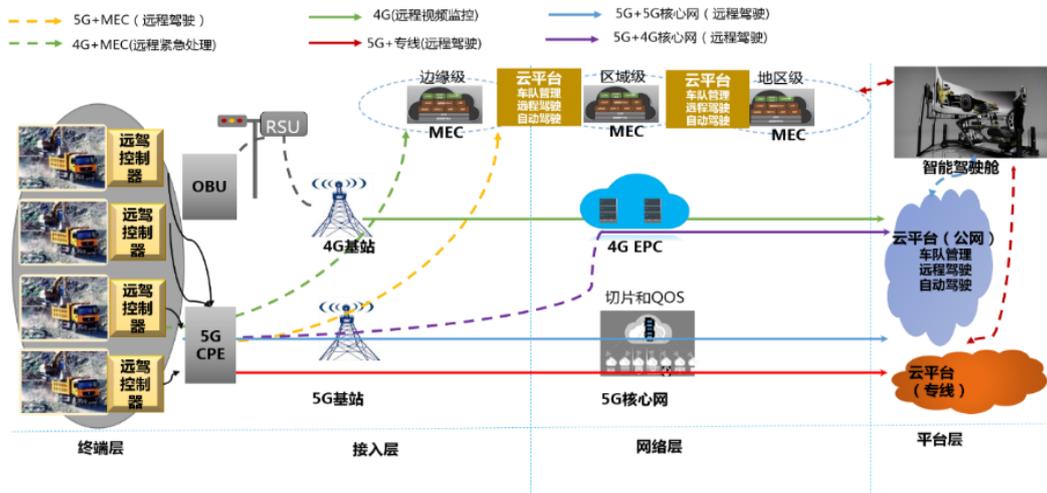


图 3-3 远程智能网络部署方式

在网络传输中，5G 基站的切片是保障 SLA 能力的核心，包括隔离、差异化能力和 SLA 保障。基站切片可以按照不同服务能力等级进行进一步的划分，如下图所示，可分为 QCI 切片、频谱切片、逻辑基站/gNB 切片、物理基站切片四个层面，在网络隔离、公专网差异性能力、支持的 SLA、组网复杂度上存在差异。不同的服务等级，将采用不同的资费模式。其中，逻辑基站切片提供逼近与物理专网一样的独立的生命周期管理和安全隔离，可以屏蔽运营商公网业务和网络维护的影

响，例如运营商公网不确定性的数据和信令流量峰值对专网的冲击、运营商定期维护升级导致的网络中断等，即逻辑基站切片可以大幅提升可靠性。

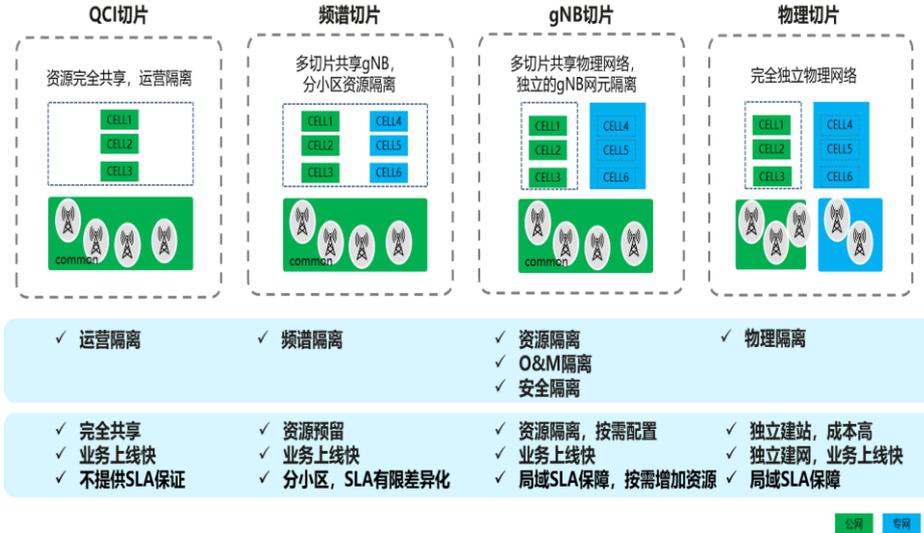


图3-4 5G专线的无线切片选项

平台和遥控主要是包括平台和远程智能驾驶舱，平台主要是数据的维护和管理，以及可视化呈现，远程智能驾驶舱包括视频信息分屏显示、负责采集用户的驾驶数据，接收车端前方、左方、右方、全景、车内等回传各路视频同步传输到屏幕上，实时呈现给驾驶员，供其及时判断车况、路况等，同时将驾驶员的各种操作通过网络实时下发到车端，完成对远程车辆的控制。

3.3 远程智能驾驶功能要求

3.3.1 远程驾驶车载控制器

3.3.1.1 业务需求

控制器是远程智能驾驶端到端的关键设备，它是控制信息和状态信息来源的入口和出口，多种功能集于一体，能够进行控制信息处理以及执行，实现远程控制，主要业务包括数据采集、数据传送、数据解析和转换、接管方式、模式切换、视频处理等功能，这里不进行枚举，而是将主要功能进行介绍。

数据采集是远程驾驶控制器支持从车端采集数据，包括定位数据、视频数据、地图数据等；而且可以从远端驾驶舱采集用户驾驶数据。

数据传送是通过立体化网络将控制数据、状态数据、视频数据等传输到平台，并且在平台进行显示。

数据解析和转换将远端方向盘、油门、刹车、档位、倒车等遥控信息进行解析，并转换成车辆目标转角、目标油门、目标制动压力等车辆控制参数；并且将车辆的方向盘解析和转换成远端驾驶舱可识别的控制信息。

接管方式包括响应式接管和紧急接管。响应式接管方式是当被控车辆遇到无法处理的状况时，向平台发送远程接管请求，平台接到车辆的请求后立刻开始远程接管；紧急接管的方式是遥控驾驶平台实时接收车端上传视频及状态信息，支持主动发现车辆异常的功能，并发出报警信号，驾驶员将根据车辆上传行驶视频，控制信号下发到车端，实现车辆的紧急接管。

模式切换中用户可以根据目前状态，进行自动驾驶模式和远程驾驶模式之间安全、平稳切换。

视频处理主要是视频数据进行编解码、压缩等功能。

3.3.1.2 其他要求

接口要求：支持 CAN 接口、HDMI 接口/VGA 接口、USB 接口、串口、PCIe 接口、PCI 接口、千兆网口。

网络要求：支持 5G、V2X 、wifi。

电源要求：7V~24V DC。

存储要求：至少支持 CPU 4 核 64 位、至少支持内存 8GB、至少支持存储 32G，并且可扩展。

工作温度：支持-40℃~80℃。

3.3.2 智能驾驶舱

随着人工智能以及汽车行业电动化、网联化、共享化、智能化的发展，驾驶舱也相应进行着变革，主要汇集人工智能、人脸识别、疲劳驾驶、人员检测等多元化功能，汽车制造商也相继推出智能驾驶舱，远程智能驾驶舱功能跟智能驾驶舱具备相同功能要求，其特殊要求能够实现对车辆的远程控制。

远程智能驾驶舱包含驾驶模拟器、方向盘等套件，实现对车辆方向盘、油门、刹车等控制功能，远程实现直道、弯道行驶、泊车等业务操作。驾驶模拟器车身外观和内饰能够根据需求进行定制，由驾驶舱座、显示屏等组成。方向盘套件具备力反馈、即插即用、旋转角度等，接口支持 HDMI、网口、USB 口等，通过 USB 接口与服务器进行对接，方向盘软件支持 PC 上运行。踏板装置包含刹车、油门等，实现加速、刹车等功能。



图 3-5 远程智能驾驶驾驶舱

3.3.3 远程驾驶平台

通过物、人、网全面信息聚合和应用，将云计算、智能传感、通信网络、定位、地图等技术融合和智能计算，打造能够主动感知、预测、分析、并快速做出正确处理的远程智能驾驶综合性系统，降低人为因素的影响，实现数字化、智能化的管理。远程智能驾驶平台分为视频监控、智能调度、网络管理、路径规划、自动报警、数据管理、智能预测、接口、数据分析等功能，如图 3-6 所示。



图 3-6 远程智能驾驶平台

视频监控可实现被控车辆以及周围环境的视频信息传输到平台进行实时展示，支持不同车辆间的视觉切换，即其中任意一辆车需要远程接管，可切换到该车进行全视角的视频展示并进行远程遥控行驶。

智能调度包含车辆的调度管理、不同车型之间的协同调度管理。

网络管理主要是通过 5G 网络、V2X 网络的关键指标判定网络资源是否能够满足远程智能驾驶需求，并且根据需求可进行定制化的网络资源调配，实现车辆视频、控制信息、状态信息三种信息进行传输保障。

路径规划是 V2X、多种传感器信息融合计算和进行决策实现超视距融合感知，结合车辆自身的定位、以及地图信息，进行决策和路线规划，选择最优策略，达成合理避障。

自动报警根据要求进行远程智能驾驶报警规则设置，包括可增加和删除报警规则，当触发报警规则时，可进行声光或图像提醒。

数据管理包括用户管理功能、车辆管理功能、车端感知设备管理功能、远端驾驶室管理功能，对这些数据进行实时存储以及数据进行导入、导出、添加、删除、修改等功能；用户管理功能根据用户的优先级进行管理；车辆管理功能对车辆自身数据进行管理、行驶状态信息管理；车端感知设备管理功能包括摄像头、雷达等感知设备的管理；远程驾驶室管理主要是状态信息管理等。

智能预测是将大数据分析 with 深度学习作为基础，路侧感知的信息进行采集与融合分析，构建虚拟交通环境模型，在该模型中进行优化和预测系统运行状况，在不同的应用场景提供联合决策和协同控制。

接口是远程智能驾驶平台能够与其他平台进行对接，可将数据导出到其他管控平台或者其他数据导入到该平台。

数据分析是将人工智能算法应用到平台中，实现对远程智能驾驶的调度分析、环境分析、网络分析等。

4 5G 远程智能驾驶典型案例

4.1 园区无人派送

园区内无人派送车具有体积小、行动灵活的特点，可以在较短时间内完成小型商品的派送任务。具备自动驾驶功能的派送车能够主动识别并避开前方的障碍物和行人，视频监控和远端控制功能，可以全面获取车辆位置和状态信息，并全方位管理和运营。除常规配送外，车辆在夜间也能完成配送任务。用户使用 APP 下单后，选择无人配送方式，配送车可以自动将商品送达指定地点。

园区无人派送系统分四层，分别是终端接入层、道路设施层、网络层、服务层。终端接入层支持多模通信，车载 APP 与中心云平台通过稳定、广覆盖的蜂窝网相连；道路设施层使用 RSU 进行快速、灵活部署，连接智能信号灯和感知设备，以此保障车联网通信；网络层通过 MEC、5G 核心网进行业务保障；服务层通过中心云平台，统筹管理车辆、道路、用户层面的服务模块，实现端到端的派送方案。

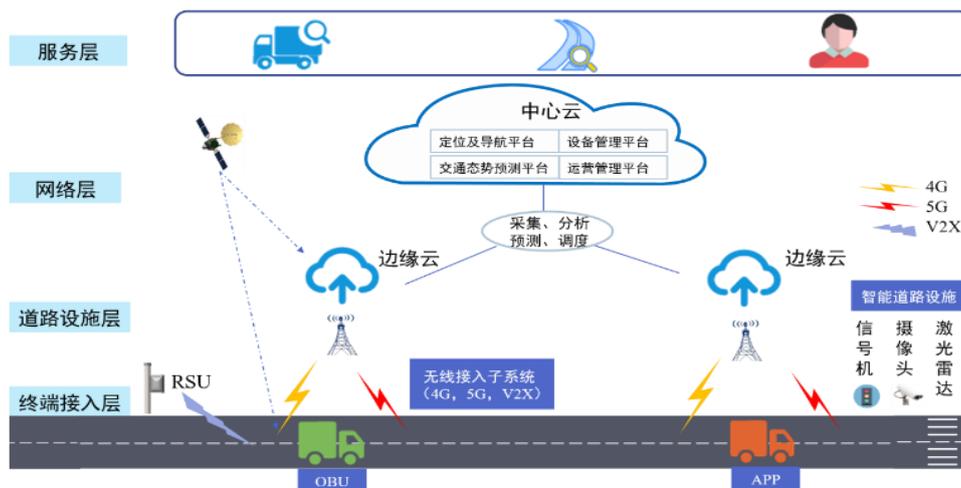


图 4-1 无人派送系统解决方案

2019年6月25日，中国联通、美团、华为在上海举行的MWC大会上成功展示了5G网络下无人派送的业务示范，推动了无人配送的商业化进程。无人配送车配置的激光雷达和3路摄像头感知车周围环境，通过5G网络将视频数据和远程控制信息实时回传平台，平台可以远程控制配送车。配送车穿行于S型路障，体现了较高的灵活性。食品在配送过程中安全可控。此外，依据车路协同解决方案，路侧架设的全景摄像头可获取全景路况信息，通过5G网络实时传输回平台，扩大了配送车的感知范围，提高了无人配送的安全性。



图 4-2 园区无人派送车

4.2 智慧矿山

目前矿山面临一些问题，例如矿山行业高度危险，工作环境恶劣，危害人的身体健康；人口老龄化，初代矿工面临退休，新生代劳动力从业意愿较低，劳动力非常断缺；人力成本高位不下；为了促进智慧矿山和绿色矿山的发展，国家也提出数字化、智能化、自动化矿山的要求，智慧矿山建设势在必行。

在内蒙古宝利煤矿开展智慧矿山的试验，主要验证 5G 和无人驾驶的功能以及可靠性，参与作业生产的系统包括远程驾驶、自动驾驶、机群管控，三个系统在不同阶段参与车辆行驶作业和装卸作业生产。远程驾驶车端配备 5G 终端、高清摄像头、车载控制器，当作业生产需要远程驾驶系统时，主动向机群管控中心提出接管请求，机群管控中心通过 5G 网络实现远程控制。自动驾驶系统通过 V2X、多种传感器信息融合计算和决策实现超视距融合感知，结合车辆自身的定位和地图信息进行决策规划，进行自主作业。机群管控中心将路侧感知的信息融合分析构建虚拟环境模型，预测系统运行状况；另外实现露天矿山挖掘机设备、运输设备的协同生产场景进行实时监控、调度作业和生产指挥。



图 4-3 内蒙古矿山现场

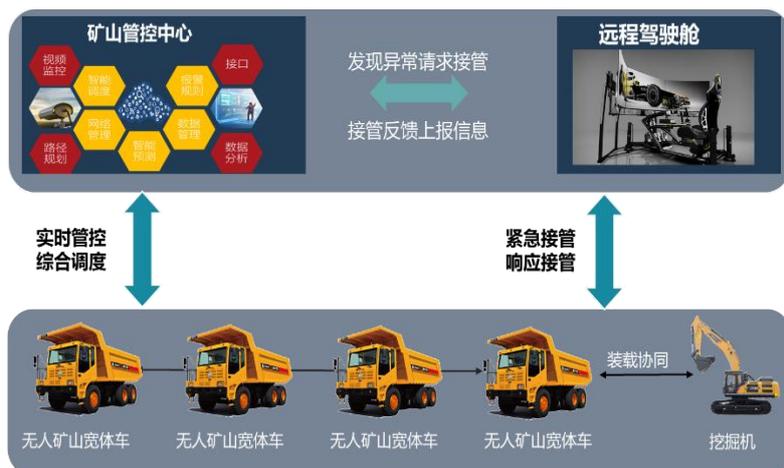


图 4-4 内蒙古远程驾驶系统

实现具备生产、职业安全健康环境、保障体系的智慧矿山具有广阔的市场前景，智慧矿山的落地对国家和政府都有重要的战略意义，期望能够达到有人巡视，无人值守的矿山生产，提升矿工的幸福感，另外对于运营商来说开辟一个新市场，实现可持续运营。

5 总结与展望

5G 作为万物生长的营养之源，2018 年中国联通成立 5G 创新中心，将智能网联作为 5G 重点应用行业，而智能驾驶作为智能网联关键方向之一，积极开展标准化研究、产品研发与合作生态。

标准化及技术研究：积极参与 3GPP、5GAA、CCSA 及 IMT2020 的标准化工作，牵头多项标准研究，是“科技冬奥”专项“安全高效的 5G+C-V2X 智能车联网业务示范系统”国家项目的牵头单位。中国联通打造端到端一体化解决方案，“5G 超远程智能驾驶系统”获得 GNTC 创新奖，“基于 5G 的智慧平行矿山解决方案及落地应用案例”获工信部绽放杯 5G 车联网专题应用大赛二等奖；

产品研发与合作生态：中国联通在智慧交通全面布局，注重开展“远程驾驶系统”产品研发，基于积极推进远程智能驾驶的应用落地，在 2018 年开展超远程智能驾驶业务示范、2019 年开展无人配送和智慧矿山等落地业务示范；积极布局产业合作生态，以智慧交通创新研究体系为基础，联合车企、设备厂商、自动驾驶企业等构建新生态，5G 赋能远程智能驾驶。

中国联通作为通信运营商，在 5G 到来之际，为保证可持续运营，积极探索新的业务模式，也进行从传统管道提供商到全面服务运营的角色转换；为了满足远程智能驾驶业务需求，积极研究关键技术、网络架构、产品研发、商用模式等，我们期待与各界同仁一起，共同探索远程智能驾驶商务新模式，推动车联网的整体发展。

主要贡献单位

- 中国联合网络通信有限公司
- 华为技术有限公司
- 爱立信（中国）通信有限公司
- 大唐移动通信设备有限公司
- 三一智矿科技有限公司
- 青岛慧拓智能机器有限公司

欢迎您对白皮书提出宝贵意见！

联系人： 张香云，18601105058，zhangxy368@chinaunicom.cn

刘琪，18601106706，liuqi49@chinaunicom.cn

邱佳慧，18612968363，qiujh21@chinaunicom.cn