

报告
2022-11


IMT-2020 (5G) 推进组

5G远程遥控驾驶 应用场景



前言

近年来，远程遥控驾驶应用逐步引起业界关注。究其原因，一方面来自于汽车产业转型需要安全可靠的冗余保障，在车辆发生异常和紧急情况时，远程遥控驾驶将可以及时介入处理，指导车辆脱困，从而减少道路拥塞、危害乘客人身安全的情况出现；另一方面来自于社会结构变化导致特殊工况下驾驶员招工困难等问题，远程遥控驾驶将有效提高驾驶员工作环境的舒适性、缓解用工压力、提升作业效率。

在网络强国战略的指引下，我国积极推动5G网络基础设施建设，完成全球规模最大的5G网络部署。截至2022年10月，我国5G基站总数已达225万个。5G网络的规模覆盖将可以满足远程遥控驾驶应用的低时延、大带宽、高可靠的网络需求，为我国汽车产业向智能化和网联化的转型升级提供坚实基础、奠定领先优势。

本研究报告将聚焦5G远程遥控驾驶的应用场景，阐述内涵与业务状态，聚焦矿山、港口、园区、城市四种工况环境，结合应用实践剖析不同应用场景的特点及部署需求，并给出下一步发展建议，以期为后续5G远程遥控驾驶的应用场景推广提供参考依据。

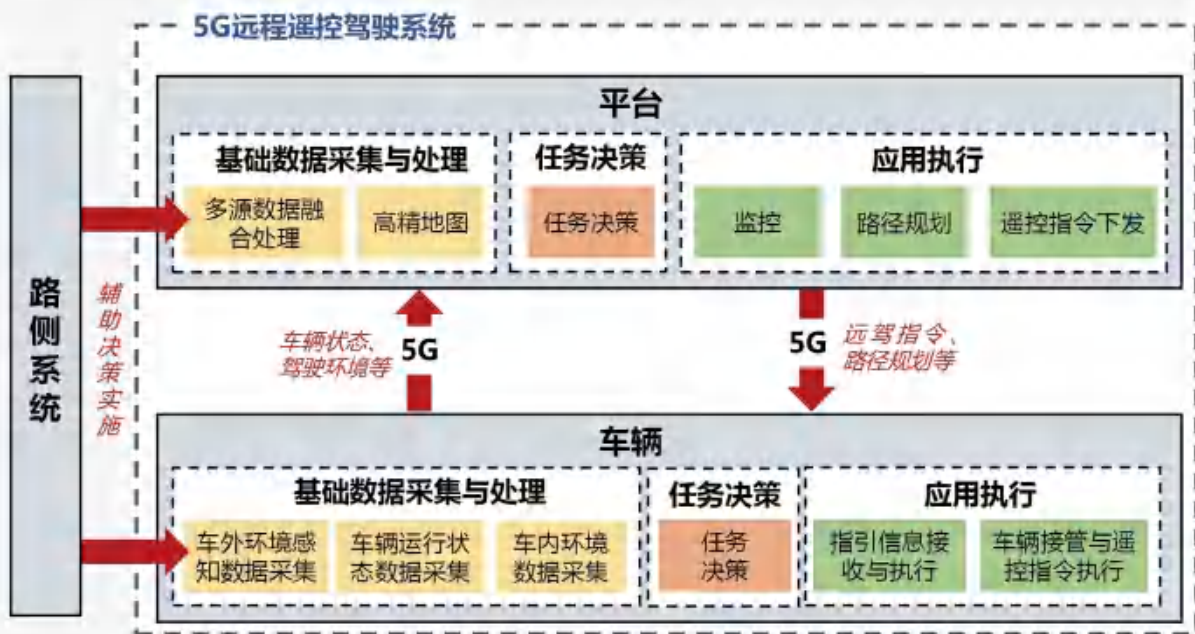
目录

一、 5G远程遥控驾驶内涵	P1
二、 5G远程遥控驾驶典型应用介绍	P4
(一) 矿山工况环境	P4
(二) 港口工况环境	P7
(三) 园区工况环境	P9
(四) 城市工况环境	P11
三、 5G远程遥控驾驶应用总结与分析	P13
四、 5G远程遥控驾驶发展建议	P16
五、 主要贡献单位	P17

一、5G远程遥控驾驶内涵

自动驾驶包括单车智能和网联自动驾驶两种技术路径。单车智能的自动驾驶方案短期内在感知、决策、控制等方面仍存在技术瓶颈，无法满足全工况场景零事故的需求。而在信息通信技术迅猛发展的大背景下，网联自动驾驶将“人-车-路-云”等要素的有机联系，突破单车智能自动驾驶的技术局限性。

5G远程遥控驾驶，主要指的是利用5G网络保证车端和平台端之间的紧密协作和信息交互，由远程驾驶员（人类或机器）直接实现对车辆遥控驾驶的活动。5G远程遥控驾驶作为网联自动驾驶的重要应用，将可以为车辆的安全行驶提供冗余保障措施，并突破解决危险工况环境下作业困难等问题，有效提升作业效率。5G网络也将作为远程遥控驾驶应用的基础设施底座，为大容量的音视频数据上传以及低时延、高可靠的遥控指令下发提供支撑。



来源：IMT-2020（5G）推进组 C-V2X工作组

图 1 5G远程遥控驾驶系统组成示意图

5G远程遥控驾驶系统，如图1所示，主要包括车辆和平台两部分，并依托5G网络实现两者之间的有效连接。从功能角度，车辆和平台均可分解为“基础数据采集与处理”、“任务决策”、“应用执行”三个部分。

对于车辆而言，在L2及以上自动驾驶能力的基础上，车辆需要具备车外环境感知数据、车辆运行状态数据、车内环境监控数据等基础数据的采集与处理能力。其中，车辆可通过搭载的摄像头、毫米波雷达、激光雷达、C-V2X 车载单元（如有路侧系统支持）等设备实现车外驾驶环境信息的感知与采集，可通过车内CAN总线完成车辆状态数据的采集，也可通过部署摄像头等来实现车内环境的监控。此外，车辆需要5G通信能力向平台上传基础数据、接收平台下发的路径规划或遥控指令，并通过任务决策功能选择执行平台指引信息或执行平台对车辆的接管与远程遥控。

对于平台而言，需要依托5G网络具备与车辆通信的能力，支持与路侧系统之间的数据交互（如有路侧系统），接收并处理来自车辆以及路侧系统发来的多源数据信息，并具备高精地图数据处理和分发的能力。结合应用场景特点，平台可通过任务决策功能选择面向车辆实现监控、路径规划、遥控接管等功能。在实践中，平台侧通常需要部署远程遥控驾驶舱及远程监控大屏，支持远程驾驶员对车辆状态的实时可视化监控及沉浸式远程遥控指令下发。在系统运行过程中，无论是车辆还是平台都可以根据运行状态、道路环境等信息来判断是否启动或终止远程遥控驾驶。

对于路侧系统而言，其仅辅助5G远程遥控驾驶系统的决策实施，可将感知到的道路交通信息传递给车辆或平台端，不直接参与遥控驾驶任务的执行。

根据业务的差异性特点，5G远程遥控驾驶可主要分为实时监控、驾驶指引、驾驶接管三类业务状态，如表1所示。实时监控，是指在车辆行驶过程中，车端依托5G网络实时上传状态及环境信息，平台端可基于显示大屏对车辆运行状态及道路交通环境等信息进行展示与监控。驾驶指引，是指在车辆处于复杂交通环境时，平台端可以通过5G网络向车辆下发路径优化、行驶速度建议等指引信息。驾驶接管，是指当平台端发现车辆驾驶状态异常或车辆主动请求远程接管时，由位于远程端的驾驶人员或机器直接实施远程遥控驾驶任务。其中，实时监控作为最基本的业务状态，可以贯穿远程遥控驾驶全过程，并结合实际情况及时由监控状态转为驾驶指引或者驾驶接管状态。在不同业务状态下，平台与车辆在感知与控制功能的分工以及数据交互内容方面均有所差异。当某一高等级业务状态所需的5G服务质量不能满足其数据交互需求时，需要对应用状态进行降级或者退出，以保证作业安全。

表 1 5G远程遥控驾驶业务状态特征及要求

业务 分级	业务特征	平台与车辆 信息交互内容
第1类 实时 监控	平台端不需要参与车辆驾驶控制，仅接收车端上传的感知监控数据以及车辆状态数据，完成对车辆行驶状态及周围交通环境信息的监控。平台端可根据接收到的多源数据判断是否需要进入驾驶指引或者驾驶接管状态。	上行：车辆上报的状态信息、车内外驾驶环境等信息 下行：无
第2类 驾驶 指引	平台端除了实时收集车辆驾驶数据和道路交通数据，还可以根据融合处理后的多源数据，为车辆提供轨迹优化、行驶速度建议、停车位推荐、地图导航等驾驶建议，但驾驶动作的执行仍由车端自行负责。	上行：车辆上报的状态信息、车内外驾驶环境等信息； 下行：平台端依据上述数据进行分析规划后下达的驾驶指引建议。
第3类 驾驶 接管	平台端协作，在实时收集车辆驾驶数据和道路交通数据的同时，能够及时发现车辆/驾驶员异常状况，或根据车端请求，接管车辆驾驶行为。此时，车辆驾驶行为完全由平台端负责操控。	上行：车辆上报的状态信息、车内外驾驶环境等信息； 下行：平台端下达的一系列远程遥控驾驶操控指令。

来源：IMT-2020(5G)推进组 C-V2X工作组

二、5G远程遥控驾驶典型应用介绍

目前业界围绕5G远程遥控驾驶积极开展研究和试验工作，工况环境实现从特殊工况环境的封闭区域到人车混行的公开道路的覆盖。在矿山、港口等特殊工况环境下，5G远程遥控驾驶将可以缓解特殊工况危险作业的安全隐患问题，保障生产安全和提升工作效率；在园区、城市道路环境下，5G远程遥控驾驶可以在探查到驾驶存在安全隐患或者即将发生交通事故时，通过远程紧急接管车辆避免事故发生或者降低伤害程度，有效提升驾驶的安全性。

本章节将重点选取矿山、港口、园区、城市道路四种典型工况，梳理六类5G远程遥控驾驶应用场景、部署需求及相关实践案例，涉及的工况及应用如图2所示。在矿山环境下，重点分析矿山作业车的远程遥控；在港口环境下，重点分析无人集卡和港机设备的远程遥控两类场景；在园区环境下，重点分析基本物流车和无人配送车的远程遥控两类场景；在城市道路环境下，重点分析自动驾驶出租车的远程遥控。



来源：IMT-2020(5G)推进组 C-V2X工作组

图 2 5G远程遥控驾驶典型应用

(一) 矿山工况环境

1. 场景概述

在矿山工况环境下，典型应用场景主要是矿山作业车的远程遥控。该场景主要是指在露天

矿或地下矿作业的场景中，对矿用卡车、铲运机等矿山主要作业和运输设备进行远程遥控的过程。矿山作业车的远程遥控可通过5G网络提升传递信息的时效性和准确性，缓解矿用卡车司机需要长时间面对噪声、浮尘、振动等问题，降低发生安全生产事故风险，提升矿区整体运营的效率。在矿山作业车的远程遥控过程中会覆盖实时监控、驾驶指引、驾驶接管三类业务状态。而驾驶接管在现阶段实践中又可以细分为常态作业模式和紧急接管模式两种类型，常态作业模式主要是在运输作业全过程中通过远程驾驶人员遥控完成自动驾驶矿用车辆的作业；紧急接管模式主要是在紧急情况时通过远程驾驶人员辅助车辆行驶至安全位置。其中，紧急接管模式既可以是自动驾驶矿用作业车辆感知自身发生严重故障时，由车端主动向平台端发起申请，也可以是平台端结合车辆运行状态、周围环境等信息判断决策后来进行接管介入。

2. 部署需求

矿山工况环境下作业运输具有业务范围较小、数据不出矿区等需求，现阶段主要采用5G专网的方式，在露天矿区建设5G基站、在矿区集控中心和地下矿区建设5G室分系统以实现信号全覆盖。

车端方面，矿用作业车辆的车身前后均要搭载高清摄像头来完成车外环境信息的采集，车内部及侧面传感器可根据矿区需求来差异化部署。故在5G数据上传方面，矿用作业车辆需要实时上传至少两路的车外环境视频采集信息且清晰度可达到1080p，另外还需上报位置信息、速度、胎压、水温等车辆运行状态信息。此外，对于支持驾驶接管的矿用作业车需要具备遥控指令执行的能力。

平台端方面，平台可结合矿区业务特点以多层级的架构来部署。例如，上层平台可对应全局监管平台，主要负责管理、统计分析、任务指派等时延不敏感业务；下层平台则负责各矿区实际的驾驶指引、驾驶接管等时延敏感业务，直接下发信息至作业车辆，包括油门、制动、转向、档位、举升控制、灯光等车辆动作类和车辆状态类的遥控指令以及导航路径信息、作业计划信息等驾驶指引建议，其中对于车辆动作类的控制指令多为高频指令。

路侧系统方面，大部分矿区考虑到矿区道路会随开采进度频繁变化，未选择部署路侧系统；但仍有部分矿区通过部署路侧通信单元以及摄像头、毫米波雷达等感知设备实现矿区全景视角的构建，辅助平台端来获取更全面的环境信息。

总体而言，在矿山作业车的5G远程遥控驾驶系统中，车端需要具备车外环境数据和运行状态数据的采集能力，但由于矿山作业车智能化水平相对较低，通常需要支持常态作业下的

遥控指令执行；平台端具备多源数据融合处理能力、任务决策能力，并支持实时监控和遥控指令执行；平台端具备多源数据融合处理能力、任务决策能力，并支持实时监控和遥控指令下发；车端与平台的路径引导等驾驶指引功能可结合实际需求部署。

3. 应用实践

我国加快推进智慧矿山建设，多地矿区已经实现了远程遥控的部署，为矿区作业安全生产护航。甘肃西沟矿远程遥控驾驶作业如图3所示，甘肃西沟矿基于5G网络实现了对电铲、矿卡、破碎锤、牙轮钻机等矿用作业车的远程遥控，已完成3台电铲、8台矿卡、2台破碎锤、3台牙轮钻机的改造升级。其中，电铲远程智能化作业将在距离采场直线距离约10km的远程操控室由驾驶员通过手柄操控电铲来完成铲装作业；矿用卡车支持远程操控台对车辆的启停并根据路径规划、避障算法自动转向、换挡等操作。华能伊敏露天矿山作为矿用自卸卡车无人驾驶连续作业测试的露天矿，已经实现20台电铲的远程遥控作业。宜春钽铌矿的井下设备远程遥控系统，可以通过在控制室内的上位机显示器集中展示机车的运行状态、监测参数等信息，帮助远程遥控驾驶舱内的驾驶人员可以干预采矿机车异常作业，有效消除矿区井下人员安全风险。



来源：第五届“绽放杯”5G应用征集大赛智慧矿山专题赛
《甘肃西沟矿5G+智慧矿山项目》

图 3 甘肃西沟矿遥控作业示意图

(二) 港口工况环境

1. 场景概述

在港口工况环境下，典型应用场景主要包括水平运输货物的无人集卡远程遥控和垂直运输

货物的港机设备远程遥控两大类。基于5G网络的远程控制将可以有效实现港口环境下司机雇佣人数的缩减、司机熟练度要求的降低、司机工作环境的改善。

无人集卡远程遥控，主要是指对港口IGV (Intelligent Guided Vehicle, 智慧型引导运输车)、AGV (Automated Guided Vehicle, 自动引导运输车)的智能化、网联化遥控管理和紧急接管控制。无人集卡的远程遥控过程也会覆盖三种业务状态。在实时监控状态下，需要平台端全面掌握无人集卡的作业状态，对设备及网络等性能参数进行监控。在驾驶指引状态下，需要平台端给无人集卡下发路径规划，无人集卡将根据收到信息实现自动导航和精准定位，对于行驶中的障碍物具备自动识别及自动避让功能。在驾驶接管状态下，平台端的远程驾驶员可以实现对无人集卡车辆的直接遥控操作。其中，驾驶指引状态主要发生于在路况正常或不存在其他突发事件时，驾驶接管状态主要发生于无人集卡行驶异常时。

港机设备的远程遥控，主要是指对龙门吊、桥吊、岸桥、轨道吊、轮胎吊等港口设备的远程作业。根据港机设备的智能化、自动化程度可分为远程手动操作、全自动操作、半自动操作等三种模式，港区将结合工况环境的复杂情况选择不同的模式部署。远程手动操作模式，需要远程驾驶员全程负责操作港机设备的移动、抓取、落放。半自动操作模式，需要远程驾驶员负责设备抓取、落放等动作，但设备移动可以由平台端完成，该模式主要适用于集卡车辆与港机设备交互作业的情况。全自动模式，由平台端自动完成设备的移动、抓取、落放，适用于全程无人化作业的港区环境。其中，远程手动模式下的全运输过程均处于驾驶接管状态，全自动操作模式下的运输过程可以理解为处于驾驶指引状态，半自动操作模式下可以理解为驾驶指引与驾驶接管两个状态交替存在。

2. 部署需求

港口环境与矿山存在类似特点，作业多处于封闭工况场景，在5G网络上也可采用专网部署的形式来保障通信质量及作业的安全。港口区域电磁环境也较为复杂，为保证5G无线网络的覆盖以及通信质量，也需要根据港口电磁特性来规划建设方案。

对于无人集卡的远程遥控驾驶系统，车端方面，无人集卡在L4级以上自动驾驶能力的基础上，可通过在车体外部部署5G CPE等形式来实现5G通信。同时，无人集卡车身周围需要部署多路摄像头、毫米波雷达、激光雷达等传感器，获取正前、左前、右前、左后、右后、正后等全方位图像。无人集卡可依托5G网络实时上传至少6路且清晰度不低于720p的视频画面，以及车辆编号、状态、告警等信息用于远程端管理、规划使用。此外，无人集卡也应具备驾驶指引、驾驶接管等指令的执行的能力。平台方面，结合港口业务特点，可分为港口集团层面及港口码

头层面。港口集团层面将建立顶层平台负责统一监管，实现对设备的管理与运维。港口码头层面的平台主要负责所属港口的业务管理、运行分析以及实时监控、驾驶指引、驾驶接管等遥控驾驶任务的执行，并支持高精地图的构建与分发。

对于港机设备的远程遥控驾驶系统，其与上述无人集卡的整体架构类似。但是，结合港机设备远程遥控的业务特点，在远程手动操作及全自动操作模式下，其对驾驶接管或驾驶指引的需求也会有所提高。针对车端方面，港机设备一般将在其顶部安装工业级的5G CPE设备，并结合港口需求差异化部署摄像头、毫米波雷达等传感器来实现对周围环境的采集。针对平台方面，平台端可不具备高精地图的分发处理的能力。

路侧系统方面，港区一般也会通过路侧基础设施增强对周围环境的感知，并将融合感知后的数据上传至港区业务平台，以此来辅助5G远程遥控驾驶系统的监控与决策。

总体而言，在无人集卡和港机设备的5G远程遥控驾驶系统中，车端均需要具备车外环境数据、运行状态数据等基础数据采集能力，平台端需要具备多源数据融合处理能力、任务决策、实时监控的能力。除此以外，港机设备的智能化水平存在差异性，任务决策能力有所降低，同时对于路径指引规划、遥控指令执行等功能需求会相对较高，对应港机设备远程遥控驾驶系统的平台端可以不具备高精地图的能力。

3. 应用实践

目前以青岛港、厦门远海码头、天津港、宁波舟山港等为代表的典型地区，正在加快推动智慧港口建设。其中，青岛港已经实现码头5G网络的全覆盖，有效提升港区作业效率和安全性。桥吊等核心设备已搭载高清摄像头，司机可以直接通过远程端的实时视频监控来完成遥控操作，同时，港区内的无人集卡也具备5G通信能力以支持异常工况下的远程接管。厦门远海码头远程遥控驾驶作业如图4所示，厦门远海码头也已实现对龙门吊等港机设备的远程遥控，通过部署5G专网实现高流量的视频业务和高可靠的控制业务的承载。天津港也充分利用5G大带宽、低时延的能力，建立高质量视频、控制数据交互通道，实现岸桥一对多远程控制；同时，无人集卡上将搭载激光雷达、毫米波雷达等传感器完成障碍物视觉检测等功能，支持北斗高精度定位功能，平台端具备运营管理、车辆管理、协同调度等能力。宁波舟山港也在对63辆集卡车辆进行5G升级改造，积极推动集卡车辆的远程遥控应用部署。



来源：第五届“绽放杯”5G应用征集大赛智慧交通专题赛
《厦门远海码头5G智慧港口项目》

图 4 厦门远海码头港远程遥控作业示意图

（三）园区工况环境

1. 场景概述

在园区工况环境下，典型应用场景主要包括基本物流车远程遥控和无人配送车的远程遥控两大类，基于5G网络远程端将可以实现对基本物流车和无人配送车辆的全天候驾驶操控。

基本物流车的远程遥控，主要指的是物流园中行驶的大、中型物流车在执行区间物流运输任务时的远程遥控。在基本物流车远程遥控过程也会覆盖三种业务状态。首先，需要保证平台端对基本物流车的全程实时监控。其次，根据物流任务，由平台端完成对车辆的投放路径规划，提升车辆运营效率，为物流车提供有效的行驶路径、行驶速度、行驶策略等驾驶指引建议，并结合实际行驶情况及时调整行驶策略。最后，当物流车发生脱困失败、速度异常、车道异常等异常事件时，车端或平台端均可根据行驶状态确定接管时机、发起申请进入驾驶接管状态的请求，从而实现远程高精度控制和高可靠自动驾驶。

无人配送车的远程遥控，主要指的是物流园区/社区内仓储管理、终端配送等场景下的小型物流车或配送机器人在执行终端包裹投送任务时的远程遥控。整体上，无人配送车与基本物流车的应用状态基本类似，涉及实时监控、无人配送车投放路径规划等驾驶指引、紧急情况下的驾驶接管等业务状态。值得一提的是，对于无人配送车，在运输过程中如突发物流抢劫等人

为破坏情况，平台端也可调度园区安保人员执行相关公务。

2. 部署需求

在封闭/半封闭的园区环境下，5G网络部署上也可采用专网的部署方式来满足物流车远程遥控驾驶的大带宽、低时延、高可靠的业务需求。

对于基本物流车的远程遥控驾驶系统，车端方面，基本物流车一般会在车顶部部署5G CPE，为保证行驶的安全性，物流车也需要搭载摄像头、超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达等传感器来完成基本数据的采集，车端除了具备障碍物避障功能以外，也会将检测到的原始视频及传感器数据通过5G网络实时传输到平台端。平台方面，需要具备对物流车远程实时监控与诊断、障碍物识别、路线规划等基本能力，并在必要时实现遥控指令的下发来完成紧急接管。同时，结合园区规划或者物流车运营范围，平台也可呈现单层级或者多层级等部署方式。若采用多层级部署架构，远程遥控驾驶舱可结合实际业务及应用时延、可靠性等需求来部署，按需将远程遥控等功能下沉至边缘侧实施。而对于无人配送车的远程遥控系统，其与基本物流车的远程遥控系统功能需求基本类似，总体上将结合无人配送业务特点进行部署。

路侧系统方面，由于园区有可能也会呈现人车混杂的场景，所以园区内通常也会部署路侧系统来辅助远程遥控驾驶任务的安全执行。路侧系统需要具备障碍物、交通参与者、交通流等信息感知能力，将采集到的交通流等周围环境状态信息上传至平台端，辅助基本物流车和无人配送等物流配送。

总体而言，在基本物流车与无人配送车的远程遥控系统中，车端和平台端的要求与矿山、港口环境存在类似需求。车端需要具备相关基础数据采集能力以及任务决策能力，平台端需要具备多源数据融合处理能力、任务决策、实时监控等能力。同时，结合物流业务特点，在封闭/半封闭的园区内，物流车对于路径引导等功能需求度会略高于驾驶接管。

3. 应用实践

目前，全国多个园区已经实现物流车上的5G远程遥控驾驶应用。针对基本物流车的远程遥控，如图5所示，柳州工业园区已经实现了自动驾驶电物流车的远程遥控驾驶，以保证车辆的安全行驶并在极端条件下辅助车辆脱困。园区内主要采用5G专网技术，满足自动驾驶车辆大量数据及视频实时回传、车辆远程驾驶控制权平滑切换等要求。针对无人配送车的远程遥控，常熟市积极打造“无人配送城”，现阶段京东物流已在常熟高新区等多地实现配送服务，并通过远程监控中心来保证对配送车辆状态的实时监控，当配送车辆出现问题时，后台工作人员可以及时远程介入。另外，在2019年上海举行的MWC大会上，中国联通、美团、华为也成功展示

了5G网络下无人配送业务，视频数据和远程控制等信息将依托5G网络进行实时发送，平台可以远程控制配送车灵活穿行于S型路障，保证配送过程中的安全可控。



来源：第五届“绽放杯”5G应用征集大赛智慧交通专题赛
《东风柳汽5G自动驾驶电动物流项目》

图 5 柳州工业园区远程遥控驾驶示意图

（四）城市工况环境

1. 场景概述

在城市道路下，典型应用场景主要是自动驾驶出租车的远程遥控。该场景主要是指自动驾驶出租车通过5G网络将车辆状态信息以及环境感知等信息上报至远程平台端，通过平台端的实时监控以及路径引导等指引建议、遥控指令的下发，辅助自动驾驶出租车解决单车智能无法决策和处理的问题，以保证自动驾驶出租车的行驶安全。自动驾驶出租的远程遥控过程与矿卡作业车、无人集卡、物流车等应用有所类似，在保证车云通信质量的基础上，平台端也可基于实时监控的车辆状态等信息，对自动驾驶出租车进行驾驶指引以及驾驶接管等操作，即通过远程端的驾驶人员直接下发决策指令（如：直行、左转等）或者下发规划的引导路线，或者直接由远程遥控驾驶舱的工作人员利用方向盘、踏板等下发控制命令至车辆底盘以实现远程遥控驾驶。

2. 部署需求

自动驾驶出租车现在尚局限于区域范围内运营与试验，但是随着未来运营规模范围的扩

大，为实现自动驾驶出租车远程遥控驾驶服务的连续性，需要保证5G网络的通信服务质量的一致性。5G网络部署需要满足自动驾驶出租车远程遥控中音视频上传、遥控指令下发等需求。

车端方面，自动驾驶出租车至少需要具备360度环视摄像头来保证驾驶接管业务时的无死角环境采集，同时车内可结合企业及政策需求部署相关传感器来完成车内音视频环境的采集。车端需要将采集到的音视频信息以及自车状态等信息通过5G网络实时上传至平台端。其次，对于自动驾驶出租车而言，运营过程中的安全问题也尤为重要，车端需要满足网络安全、功能安全等要求。现阶段自动驾驶出租车已具备主动安全能力，在网络不稳定或车端、平台端发生故障导致信息不能接收时，可以通过降低车速或者路边停车等方式将风险降为最低来保证运行安全。

平台方面，现阶段自动驾驶出租车尚在区域运营，因此多呈现单层级的架构。但是未来结合企业业务规模，平台也可遵循多层级的部署架构，由上层平台负责全局业务的策略控制，同时根据业务对实时性的要求，选择部署远程遥控驾驶舱的位置。一般情况下，对于实时性要求较高的遥控指令，推荐在下层平台上部署，而对于引导路线等实时性要求较低的驾驶指引信息，可考虑在上层平台进行部署。

总体而言，在自动驾驶出租车的远程遥控系统中，车端和平台端的共性需求与矿山、港口、园区有所类似，由于自动驾驶出租车属于公开道路行驶的运营车辆，所以其车内也可搭载相关传感器来实现车内环境数据的采集，保证车辆运营存在问题时远程端可以采取紧急措施。另外，目前远程遥控的功能尚作为自动驾驶出租车运营过程中的冗余保障手段，所以对于车端和平台来说，遥控指令、路径规划等信息的下发与执行多应用于紧急脱困场景。

3. 应用实践

在城市道路环境下，百度、文远知行、小马智行等多家自动驾驶企业正在积极探索以自动驾驶出租车为代表的高级别自动驾驶车辆上应用5G远程遥控驾驶技术。百度的“5G云代驾”如图6所示，远程遥控驾驶舱配有环绕屏以及方向盘、脚踏板等控制器，在保证远程遥控驾驶员的舒适感和体验感的同时，重建车辆行驶环境，从远程端直接实现对自动驾驶出租车周边环境的实时监控并决策引导车辆行驶，在遇到紧急情况时远程端也将触发“主动安全机制”。截至目前，百度也已经在北京亦庄、首钢园区等多处开展自动驾驶出租远程遥控驾驶应用，并在2022年发布的量产无人车Apollo RT6上配备远程遥控的功能。小马智行在广州等地探索基于5G的远程无人驾驶应用，当自动驾驶汽车遇到无法处理的紧急场景时，远程驾驶员将通过键盘等方式切换不同的摄像头或者通过观察所有摄像头画面来对当前道路及车辆实际情况进行判别，

指引自动驾驶车辆及时恢复安全行驶。



来源：北京百度智行科技有限公司

图 6 百度自动驾驶出租远程遥控驾驶示意图

三、5G远程遥控驾驶应用总结与分析

现阶段，5G远程遥控驾驶在系统组成、业务状态、功能需求等方面已基本达成业界共识，但结合各应用场景特征与需求，仍会存在差异化的部署考虑。针对上述矿山、港口、园区、城市道路工况环境下的六个典型应用场景，本研究报告将按照图1所列的车端和平台端的功能需求进行统计分析。统计结果将基于车端或平台端对不同功能的依赖程度及需求度以★级进行表述，零星代表该功能非必需，★★★★代表该功能完全必需，不同应用场景的功能需求如表2所示。其中，平台的“监控”、“路径规划”、“遥控指令下发”将分别对应实时监控、驾驶指引、驾驶接管等三大业务状态，车端的“指引执行”、“遥控指令执行”也分别对应驾驶指引、驾驶接管的业务状态，实时监控状态下，车端需要保证相关基础数据的采集和上传。

不同场景下车端和平台端都有一些共性功能需求。如车端都需要具备车外环境数据采集、运行状态采集的能力；平台端都需要具备多源数据融合、平台决策、实时监控的能力。可以说这些能力属于所有远程遥控应用场景必须具备的基础能力。

表2 5G远程遥控驾驶典型应用场景的功能需求

		功能需求						
		基础数据采集与处理			任务决策	应用执行		
矿山	矿用作业车	车外环境数据采集	运行状态数据采集	车内环境数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★★	★★★	★	★★	★★	★★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		★★	★★★	★★★	★★	★★★
港口	无人集卡	车外环境数据采集	运行状态数据采集	车内环境数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★★	★★★	★	★★★	★★★	★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		★	★★★	★★★	★★★	★★
	港机设备	车外环境数据采集	运行状态数据采集	车内环境数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★	★★★	-	★★	★★★	★★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		-	★★★	★★★	★★★	★★★
园区	基本物流车	车外环境数据采集	运行状态数据采集	车内环境数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★★	★★★	★	★★★	★★★	★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		★★	★★★	★★★	★★★	★★
	无人配送车	车外环境数据采集	运行状态数据采集	车内环境数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★★	★★★	-	★★★	★★★	★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		★★	★★★	★★★	★★★	★★
城市	自动驾驶出租车	车外数据采集	运行状态数据采集	车内数据采集	车端决策	指引执行	遥控指令执行	
		★★★	★★★	★★	★★★	★★	★★	
	平台	多源数据融合		高精地图	平台决策	监控	路径规划	遥控指令下发
		★★★		★★	★★★	★★★	★★	★★

来源：IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X工作组

而对于不同场景的非共性功能需求主要表现在对三类业务状态的需求上，且呈现如下趋势。一是封闭场景将是驾驶接管优先落地场景，对于驾驶接管的需求略高于半封闭及开放道路的场景，这是由于驾驶接管作为5G远程遥控驾驶过程中对5G系统要求最严苛的状态，在环境相对简单、相对静态的封闭工况环境下越易确保功能安全和应用落地。例如矿山作业车和港机设备远程遥控会存在远程遥控常态化作业的模式，此时车端和平台端就分别必需遥控指令执行和下发的能力。二是在半封闭环境下驾驶指引的需求相对更高，例如园区环境下的物流车远程遥控驾驶应用主要依赖远程驾驶指引，此时车端和平台端分别对于指引指令执行和下发存在较强需求。三是开放道路环境下，出于对技术成熟度以及运行安全等多方面的考虑，驾驶指引与驾驶接管的需求均略弱于封闭及半封闭场景。以自动驾驶出租车为例，在该应用下5G远程遥控驾驶仅用于紧急接管，且尚处于测试验证阶段，所以车端和平台端对于驾驶指引、驾驶接管的功能需求相对减弱。但需要说明的是，公开道路的5G远程遥控驾驶应用仍是未来的发展趋势，作为自动驾驶车辆公开道路行驶过程中的重要冗余保障，有待产业尽快加快技术突破与应用落地。同时，除以上基础功能以外，安全作为应用健康发展的基石，随着远程遥控应用逐步从封闭环境向开放道路的拓展，信息数据安全等也将面临更严峻的挑战，亟需产业加强相关技术研究。

另外，针对5G远程遥控驾驶，各应用场景对于可靠性、数据传输速率、应用层数据传输时延、远程遥控车辆密度等性能指标的要求各有不同，该指标将与车端实际部署的传感器设备、清晰度、支持的业务状态等存在关联性。同时，各应用场景实际部署时，亦需要结合场地实际地理特征（例如特殊工况、城市道路等）、电磁环境特征、典型场景业务交互特征、与其他5G业务的优先顺序、多接入边缘计算平台的部署等因素进行系统设计甚至针对性增强，以保证实际系统能力满足业务需求。一般情况下，以驾驶接管状态为例，从平台端下发的遥控指令的数据传输速率通常在1Mbps，可靠性高达99.999%，通信时延小于20ms；同时，在远程遥控驾驶过程中，平台端也需要收集丰富完整的车辆和路况数据，具体性能指标受部署方案的影响，以上传两路1080P的视频信息的矿山环境为例，数据传输速率可参考达到10Mbps，可靠性要求达到99.99%，通信时延小于80ms。目前，中国通信标准化协会等标准化组织正在积极推进基于5G远程遥控驾驶相关标准的研制工作，以期通过标准进一步规范不同应用场景的系统性能要求。

四、5G远程遥控驾驶发展建议

为加快推动5G远程遥控驾驶应用快速发展，围绕政策法规、技术突破、产业应用、安全保障等四方面提出下一步发展建议：

一是加强政策协同与引导力度。5G远程遥控驾驶涉及通信、电子、汽车、交通、交管等多个行业领域，建议从顶层设计层面加强跨领域协同，完善5G远程遥控驾驶相关政策法规，出台5G远程遥控驾驶应用部署的指导意见，推动在自动驾驶应用上配备5G远程遥控驾驶，引导企业开展5G远程遥控驾驶的部署与应用，加强对企业研发的资金或专项扶持力度，鼓励企业开展应用试点。

二是加快5G远程遥控驾驶技术与标准化工作。持续深入研究并明确5G远程遥控驾驶功能与性能需求，鼓励跨行业、跨企业间持续加强通信、感知、控制等方向上的技术研究，推进网络切片、多接入边缘等5G技术在远程遥控驾驶中的应用。持续推进相关标准制定工作，加强跨标委的分工与合作，规范系统架构以及各部分功能与性能要求，指导企业能进行标准化的业务部署。

三是推进5G远程遥控驾驶应用落地实践。鼓励通过试点项目开展系统级的技术验证，积极打造“标杆”应用案例，助力应用推广普及。结合应用需求与特点，循序渐进推广业务部署，由封闭、有限的简单工况环境逐步向公开、人车混行的复杂工况环境拓展，逐步提升系统部署配置能力，并探索可持续的商业运营模式。

四是完善面向5G远程遥控驾驶的安全保障体系。建立健全安全管理要求，加强对5G远程遥控驾驶的检测认证，保障5G远程遥控驾驶系统的可靠性和稳定性。加强网络安全与信息安全、功能安全与预期功能安全的研究，确保5G远程遥控驾驶应用全链条功能安全，保障应用过程中不因恶意攻击而产生错误的加减速、转弯等危险动作发生，杜绝安全隐患。

五、主要贡献单位



IMT-2020

联系方式

电话: 13312902039

邮箱: xu.fing@zte.com.cn

COPYRIGHT@2022IMT-2020(5G)PROMOTION GROUP
ALL RIGHTS RESERVED

