
物流领域自动驾驶技术应用 标准化需求研究报告

全国汽车标准化技术委员会
智能网联汽车分技术委员会
2020年7月

前 言

作为汽车应用新领域和产业新形态，自动驾驶技术在物流车辆的应用可有效解决物流人力短缺、人力成本高昂的问题，大幅度提升物流效率和安全性，具有较高的应用价值，现阶段我国已具备研究基础，部分车型已进入试运营阶段。2020年2月，习近平总书记在统筹推进新冠肺炎疫情防控和经济社会发展工作部署会议上提出：“疫情对产业发展既是挑战也是机遇。一些传统行业受冲击较大，而智能制造、无人配送、在线消费、医疗健康等新兴产业展现出强大成长潜力。要以此为契机，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业。”这一重要讲话也为在抗击新冠肺炎战役中自动驾驶技术在物流车辆的应用体现出的重要价值的肯定，也对该领域发展提出了目标和要求。

与之形成对比的是，现阶段该领域标准制定工作尚处空白，迫切需要标准指导产业健康有序发展并作为后续管理的有效支撑。为应对该特点，汽标委智能网联汽车分标委自动驾驶工作组于2018年启动“自动驾驶工作组自动驾驶技术物流应用标准需求研究组”研究项目，由阿里巴巴达摩院科技有限公司、一汽解放共同牵头，组织国内外的整车、零部件、互联网、测试机构等17家单位共同承担研究任务。研究工作历时2年，于2020年3月正式结项，《物流领域自动驾驶技术应用标准化需求研究报告》作为该项目的重要成果物。

本研究报告覆盖物流行业全流程自动驾驶技术应用，基于产业技术现状和应用情况分析，首次提出具备自动驾驶功能的物流用运载工具的分类方式，以满足产业发展和管理支撑的双重要求。本研究报告汇总整理各细分类别运载工具的应用场景特点并提出相对应的测试方法建议。基于上述研究成果提出满足物流领域需求的自动驾驶功能标准体系及制定路线图建议，体系包括“通用标准”、“基础标准”、“技术标准”、“业务支撑标准”、“测试标准”和“安全标准”六类共8项标准及多项标准补充建议。本研究报告可为后续技术研发、标准制定和行业管理提供支撑和借鉴。

在此，衷心感谢参与《物流领域自动驾驶技术应用标准化需求研究报告》编写的各单位、组织及个人。

编写单位

组织指导：汽标委智能网联汽车分标委

牵头单位：阿里巴巴达摩院科技有限公司，一汽解放汽车有限公司

参与单位：中国汽车技术研究中心有限公司、阿里巴巴（中国）有限公司、北京三快在线科技有限公司（美团点评）、北京京东尚科信息技术有限公司、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心、襄阳达安汽车检测中心有限公司、东风汽车集团有限公司技术中心、东风商用车有限公司、长城汽车哈弗技术中心智能驾驶系统开发部、福田戴姆勒、杭州海康机器人技术有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、北京百度网讯科技有限公司、苏州挚途科技有限公司。

参与人员：王琳、王阳、解瀚光、黄武陵、刘大鹏、朱红儒、郭立群、白志刚、袁晶、王兆、孙航、夏华夏、陈娜、陈颺颺、李宝田、金世亮、郑宇、秦孔建、郭魁元、马文博、李韬、何佳、董小飞、高海龙、李超、程周、李燕、陈化荣、李阳、蒋学峰、张凯、刘启佳、李建冰、张光辉、张驰、王振男、彭伟、柴婉琦。

目录

前 言.....	2
编写单位.....	3
1 研究背景.....	6
1.1 自动驾驶技术研究进展.....	6
1.2 物流行业现状分析.....	6
1.3 物流领域自动驾驶技术应用现状.....	9
1.4 具备自动驾驶功能的物流用车辆应用价值.....	12
1.5 物流领域自动驾驶技术应用的分类及特点分析.....	15
1.6 具备自动驾驶功能的物流用车辆标准法规及政策分析.....	19
1.7 标准化需求分析意义.....	27
2 具备自动驾驶功能的物流用车辆应用场景.....	28
2.1 应用场景分类.....	28
2.2 一类应用场景.....	28
2.3 二类应用场景.....	29
2.4 三类应用场景.....	31
2.5 四类应用场景.....	32
2.6 五类应用场景.....	33
3 支撑技术分析.....	34
3.1 物流领域自动驾驶关键支撑技术概述.....	34
3.2 关键技术分析.....	35
3.3 重型运载工具关键技术.....	38
3.4 小型运载工具的关键技术.....	39

3.5 微型运载工具关键技术.....	40
4 具备自动驾驶功能的物流用车辆的测试.....	46
4.1 概述.....	46
4.2 具备自动驾驶功能的物流用车辆一类应用场景测试需求.....	46
4.3 具备自动驾驶功能的物流用车辆二类应用场景测试需求.....	48
4.4 具备自动驾驶功能的物流用车辆三类应用场景.....	51
4.5 具备自动驾驶功能的物流用车辆四类应用场景.....	55
5 标准制定路线研究.....	57
5.1 概述.....	57
5.2 标准需求概述.....	57
5.3 标准制定路线图.....	59
6 总结与展望.....	61
6.1 标准化研究将推动具备自动驾驶功能的物流用车辆规模化应用.....	61
6.2 主要研究内容.....	61
6.3 后续工作展望.....	62
附录 A.....	63

1 研究背景

1.1 自动驾驶技术研究进展

自动驾驶技术的应用已成为未来汽车发展方向，美、欧、日等汽车发达国家和地区纷纷加大对于该领域的研发力度，并出台相应战略性文件，促进产业快速发展。汽车企业加大研发投入力度，并制定明确量产应用规划。

(1) 国外自动驾驶技术进展

2019-2020 年自动驾驶进入量产的关键阶段。通用汽车发布与 Cruise 及丰田合作研发的“Origin”的具备自动驾驶功能的电动汽车，车辆未设置制动、油门踏板及方向盘，仅配备紧急安全设备，可提供 24 小时服务并支持夜间驾驶，该车型已进入量产阶段。谷歌旗下 Waymo 早于 2017 年已进入自动驾驶功能测试阶段，测试车辆通过不设置驾驶员接管模式可实现 L4 级自动驾驶功能，并已累计超过千万公里的真实道路测试数据，伴随与多家汽车企业的合作，大规模量产已提上日程。知名电动汽车企业特斯拉也加快自动驾驶功能的开发，作为最先应用 L2 级辅助驾驶的企业，数据积累成为其核心竞争力，技术的不断迭代也将实现高级别自动驾驶变为可能。大众、宝马、福特、奔驰等传统汽车企业具备自动驾驶功能的车辆也已进入实质道路测试阶段，车辆安全系数不断提升，并将车辆量产提上日程。

(2) 国内自动驾驶技术进展

由工信部、公安部和交通部于 2018 年联合发布的《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》允许自动驾驶车辆根据规定流程申请道路测试，自该文件发布至 2019 年底，已有超过 20 个城市开放自动驾驶道路测试，发放牌照 200 张，有效推进我国自动驾驶技术发展进程。

一汽、上汽、东风、广汽、长安、吉利等自主品牌具备高级别自动驾驶车型也已进入测试阶段，其中部分商用车辆已在固定区域如港口、矿区等实现小规模应用。以百度为代表的互联网企业发挥自身优势开展自动驾驶研究，并与多家整车企业合作，在湖南长沙等城市推出 Robotaxi，促进自动驾驶技术的试运行，普通市民可通过应用程序实现自动驾驶车辆的试乘体验。

1.2 物流行业现状分析

美国的快递服务由于高人力成本因素已经逐渐成为购物平台区分客户层级的手段。以亚马逊为例，通常情况下快递服务分为当日送达、两日送达，以及基础送达。基础送达服务往往仅收取低廉的费用，但快递时间需要一到两周。而另外两种服务的费用则要高出 6-10 美元。美国的快递公司，尤其像 FedEx 和 UPS 这类巨型国际快递物流公司，主要侧重于与大客户的长期稳定合作。普通客户则望尘莫及，快递不能为所有用户都提供最优服务，其中人力短缺、人力成本高昂是最关键的原因。在美国，快递员数量不足中国快递员数量的 1/2。

数据显示，我国物流行业规模达 12 万亿，占中国 GDP 比重将近 17%。中国拥有超过 700 万辆长途重卡和 1600 万干线运输重卡司机，1000 万辆货车用于 50 公里半径区域运输；而在 5 公里半径的毛细物流领域，则有 3000 万辆微型车、三轮和两轮车在为电商物流和外卖市场服务。截止 2019 年，中国快递业务量已连续 6 年位居世界第一，2019 年中国快递服务企业总量为 1.6 万亿元，同比增长 30%，快递业务量达到 630 亿件，新增社会就业 20 万人以上。国家邮政局发布的《邮政业发展“十三五”规划》预计（如图 1 所示），2020 年快递业务量将达到 700 亿。2018-2020 快递业务量复合增长率为 19.5%，不断增长的业务量给末端带来了极大的配送压力。

物流行业面临劳动力紧缺和人工成本上升的双重压力。2019 年，我国快递员数量达到了 320 万人。80 后是快递员大军的主力，近几年以来，快递员数量一直保持高速增长。同时，配送员群体呈现年轻化趋势，大专以上学历人群保持增长，配送员所期望的薪资报酬逐渐增加。人社部发布的《2019 年第四季度全国招聘求职 100 个短缺职业排行》显示，快递员、货运司机短缺程度加大。根据《2018 快递员群体洞察报告》，2016 年至 2018 年中国快递员平均月收入约 6200 元人民币，一线城市配送员月薪也已经普遍超过 1 万元人民币。

物流行业的产业融合发展加剧了产业发展和人力不足的矛盾，美团、阿里等互联网企业通过线上平台与餐饮产业结合，开展在线外卖业务，拓展物流新场景。以美团为例，美团外卖日订单量在 2019 年 8 月超过 3000 万单。与此同时，美团配送也在全国发展了近万家配送站点、前置仓实体网络，服务于全国 360 多万商家和 4 亿多用户，覆盖 2800 余座市县，日活跃配送骑手超过 60 万人，平均每单 28 分钟送达。美团点评向港交所递交的招股说明书显示，美团点评主要收入来源为三部分：餐饮外卖、到店酒旅和新业务。其中，餐饮外卖收入占比从 2015 年的 4.3% 增长至 2016 年的 40.8%，2017 年增长至 62%，首次超过到店酒旅的占比，成为美团最重要的收入来源。另一方面，外卖业务的人力成本日益上升，成为制约外卖业务毛利的重要因素。招股书透露，

美团餐饮外卖业务成本由 2016 年的 57 亿元增至 2017 年的 193 亿元，增幅达 238.8%。配送人员成本亦由 2016 年的 51 亿元增至 2017 年的 183 亿元，增长超过 3 倍。人口老龄化，配送成本日益上涨已成为外卖平台制约业务发展的原因之一。

干线物流运输的三大突出问题是人力成本高、车辆油耗高、交通事故频发。以我国 1600 万干线运输重卡司机为例，平均年薪 12 万/人，人力成本 1.9 万亿，油耗占干线运输总成本的 1/3 以上。此外，货车司机因疲劳驾驶和人为失误引发的交通事故屡见报端，根据公安部交管局的数据，在 2016 年时，我国货运车辆在全国机动车占比中只有 12%，却制造了 48% 的事故死亡数。

支线物流运输市场比较混乱、专业性不强、服务能力差、货物安全不能保证、收费不透明，主要依托于个人车辆和不正规车，没有专业的团队，规模散落，组织调度困难等特点：

1) 市场规模大：支线物流不仅包括输送原材料、零部件、产品外，还要为城市居民生活服务，流量大，流向多变，体现出小批量、多品种、高频率、近距离等服务特性；

2) 安全性不强：支线物流与交通基础设施、司机、车况、运行时间、货物装载、气象条件等密切相关，支线物流，运行环境复杂，经常出现超车、急加速、急刹车等危险行为；

3) 成本高：货源不稳定，行业竞争激烈，利润率低。

封闭园区（港口/矿区/物流园区）物流运输因司机需要休息等因素，导致装卸货时间无法统筹协调，运营效率不高。半封闭园区物流配送除人力成本高外，还有如下痛点：

(1) 货物安全和人身安全很难保障

配送人员多选用电动三轮车或两轮车进行配送，安全性较差，部分车辆甚至无法保障基本的安全部件配备，由于环境感知部件的缺失，极易造成交通事故并造成人员伤亡。同时，由于末端物流需要配送入户，配送人员无法保证货物安全，货物丢失也成为物流配送急需解决的问题。

(2) 高端物业禁止快递员进入园区

由于大家对隐私保护意识的提高和对人身财产安全的顾虑，国内许多的高端社区、

高端写字楼、高等学校、企事业单位等地区已经禁止配送人员进入到园区内进行快递配送。而绝大部分的客户希望快递可以享受送货上门的服务。

(3) 配送效率低下

在面积较大的园区内，比如企业园区、高校等，取货地点通常在园区门口，园区门口的位置距离客户所在的地点非常远。快递员到达送货地点（园区门口）后，客户需要走很长的路才可以取到货物，而快递员也必须在园区门口等候。这就造成了配送效率低下，增加了非常多的时间成本。

(4) 快递车辆管理困难

当前快递人员的主要配送交通工具是快递三轮车，四通一达、顺丰、京东多家快递公司的快递三轮车通常像“摆摊”一样摆在园区门口或园区内，且物业通常无法对这些公司的三轮车进行统一化管理，这可能会对园区形象造成一定不利影响。

(5) 快递人员工作强度大

末端配送人员受教育程度普遍不高，通过派送订单和收件来获取相应的劳动报酬，劳动报酬与派件数量成正比。因为派件数量与工作时常成正比，所以配送人员往往每天工作 12 个小时以上，工作时间长，工作环境恶劣，职业受尊重程度不高。

1.3 物流领域自动驾驶技术应用现状

1.3.1 总体趋势

美国 2017 年 3 月，弗吉尼亚州首次出台法案允许自动驾驶机器人上行人道及街道的人行横道上行驶。随后，爱达荷州、威斯康星州、佛罗里达州、俄亥俄州、乌坦岛、亚利桑那州、华盛顿州对此类产品立法，目前已有 8 个州允许上路测试，目前累计商业化订单超过 10 万单；2020 年，联邦交通部首次行使自动驾驶车辆豁免监管权，批复了 5000 辆无人配送车，两年内，将进入到小规模部署阶段。

在中国，2016 年底，马云在云栖大会上说：“互联网时代，传统零售行业受到了电商互联网的冲击。未来，线下与线上零售将深度结合，再加上现代物流，服务商利用大数据、云计算等创新技术，构成未来新零售的概念”。一场自动驾驶带来的物流革命正在悄无声息地蔓延。伴随多年的发展，从传统汽车企业到新兴互联网企业均已将物流行业作为具备高级别自动驾驶功能的智能网联汽车率先应用的领域，多家企业已陆续开展于封闭园区、旅游景点等区域的定点试允许。新冠肺炎疫情期间，结合“无接

触配送”，多家企业推出具备自动驾驶功能的小型、微型运载工具，为抗击疫情发挥关键作用。天津、深圳等大型港口已应用自动驾驶技术实现港口智能化改造，应用车辆已超过百台，实现直接和间接经济效益数亿元。

1.3.2 技术应用范畴

具备自动驾驶功能于物流领域的应用主要是基于大数据、云计算，整合资源减少中转环节，建立从生产到终端的最迅速反应，建立货品最健康的转运，建立货物至终端最透明的信息，衍生具备自动驾驶功能的物流用车辆支撑未来智慧城市体系。

现阶段自动驾驶功能应用高投入的特点促使其将最先应用在有较高经济回报的物流领域，货运和物流具备应用场景相对固定、车辆运输汇报率较高等特点，最可能成为自动驾驶率先应用场景之一。通过将自动驾驶相关技术应用于道路运输和封闭园区货物接驳的多个场景，将有效改善物流行业所面临的问题。

基于城际物流，通过智能化和网联化技术的应用可实现重型卡车自动驾驶功能，包括实现车队自动编队、远程调度等功能，满足不同运输货物、吨位、空间、冷藏性等多方面的物流运输需求。自动驾驶功能的推广应用存在可拓展物流卡车“仓到仓”场景功能，即实现具备自动驾驶功能的载货卡车从一个物流园区仓库至另一个远端物流园区仓库间的全流程覆盖的趋势。基于城区内物流需求，具备自动驾驶功能的物流用车辆及运载工具可应用于物流仓到城区各个物流节点配送工作，实现城区内站点配送的无人化。对于末端配送，可以解决物流派送的“最后一公里”人工密集成本居高不下的问题，实现封闭园区、住宅小区内非结构化道路应用的端对人物流派送。

1.3.3 行业技术应用情况

自动驾驶功能于物流行业的应用依托其清晰的应用场景，技术进展快速。谷歌Waymo将物流作为自动驾驶落地的优先考虑，AutoX和Cruise等创业公司也聚焦具备自动驾驶功能的物流用车辆研发。国内，一汽等主机厂推出了干线物流重型卡车，菜鸟网络、图森未来、智加科技、赢彻科技和飞步科技等公司也陆续开展自动驾驶物流卡车的研究。此外，菜鸟、京东、美团、智行者、新石器公司等还开展了终端配送物流车的研发。

(1) 国外物流企业

真正拉开物流革命序幕的是叫车服务巨头Uber。自从2017年11月份以来，Uber Rush就开始使用自动驾驶卡车在亚利桑那州全境送货。再到2018年夏天AutoX开始在加州配送果蔬生鲜，自动驾驶在物流业取得了突破性成就。AutoX在美国加州推出自动

驾驶生鲜递送服务 AutoX Autonomous Delivery，此服务送货速度最高可高达 120 千米/小时。据称，在此项服务的初始试运营区域，从用户叫车到自动驾驶车到达，配送完成只需十几分钟。AutoX 通过改装林肯 MKZ 来送货，搭载一个激光雷达，八个摄像头，是以摄像头为主的传感器方案。总硬件成本为 8 万美元(含车)，每辆车使用期可达 5 年以上。除了提供运力，AutoX 还打造了一个自主运营平台，以此连接生鲜食品供应商。通过 AutoX 提供的 App，用户能够在不同的生鲜商店中挑选货品，并在自己选定的时间预约自动驾驶车递送服务。

(2) 菜鸟、美团、京东、苏宁等电商物流企业

电商企业具备自动驾驶功能的物流用车辆产品主要包括自动驾驶物流配送车和自动驾驶重卡。

在具备自动驾驶功能的物流配送车方面，国内的阿里巴巴菜鸟网络、美团、京东、苏宁等企业均已有所突破，可以完成自动驾驶功能和快速取餐和快递等业务交互内容。例如，2018 年 5 月底，阿里巴巴菜鸟网络就宣布与速腾聚创等业界合作伙伴宣布达成合作，联合整车厂商、激光雷达公司、芯片公司以及具备自动驾驶功能的设备落地场景的公司，共同启动了一项“驼峰计划”，推进自动驾驶技术在物流领域的落地。在 2018 年 9 月 19 日开幕的云栖大会现场，阿里巴巴菜鸟网络又发布两款新零售物流无人配送车，车上分别搭载刷脸取件柜、零售货架等。

另外，随着需求不断升级，外卖配送需求也在高速增长，与此相对应的是，这种高速增长带来的新运力需求，很难在短时间内快速被满足。这是美团探索机器人补充配送的初衷。目前美团无人配送团队在无人车和无人机领域已经完成多轮研发迭代，申请了超过 60 项技术专利，在很多场景，尤其是 24 小时配送的夜间场景，无人配送车将成为美团外卖小哥的得力助手，让用户在更短时间里收到商品。京东自动驾驶物流配送车可以实现针对城市环境下办公楼、小区便利店等订单集中场所进行批量送货。目前，京东具备自动驾驶功能的物流配送车已在长沙部署并运行。近日，英伟达在其 GTC China 大会上，宣布京东自动驾驶技术采用 Jetson AGX Xavier 平台。而苏宁的自动驾驶功能物流配送车“卧龙一号”也在 2018 年 6 月首次落地北京并实现常态化运营，成为国内首家拥有常态化运营自动驾驶功能的企业。

自动驾驶技术在重型卡车应用方面，上半年京东、苏宁、阿里菜鸟不约而同地展示了自己研发的具备自动驾驶功能的物流用产品，吸引一大波关注。

京东在 2018 年 5 月 29 日，在京东举办的 JD CUBE 大会上，京东集团副总裁肖军表示，京东硅谷研究院正在研发可达到满足 L4 级别自动驾驶功能要求的重型卡车，目

前已经在美国一些获得授权的道路上完成了 2400 小时的自动驾驶功能超级测试。据了解，京东此次自主研发的重型卡车可自动完成高速行驶、自动转弯、自动避障绕行、紧急制动等绝大部分驾驶任务。而且在“2018 全球智能物流峰会”上，京东物流宣布将在雄安成立城市智能物流研究院，试行一项由智能网联汽车和自动驾驶功能专用管道构成的新型物流计划。

另外，苏宁物流几乎跟京东同步，2018 年 5 月 24 日，苏宁物流在上海奉贤园区进行自动驾驶功能卡车道路测试。据了解，这是苏宁物流与硅谷一家人工智能公司智加科技联合推出的、目标达到 L4 级别自动驾驶能力的重型卡车。7 月，苏宁物流与百度自动驾驶事业部联合宣布，将加速落地物流自动驾驶技术，要在 2020 年实现末端配送的自动驾驶技术普及和搭载自动驾驶系统的物流车规模化量产。

(3) 以技术解决方案为主的科技企业

研发具备自动驾驶功能的物流用车辆的科技企业研究方向不同，技术解决方案为主的科技企业分为了提供整体解决方案企业的智行者、新石器和深兰科技，以及提供算法、AI 芯片等通用解决方案企业的驭势科技、速腾聚创和北科天绘。

例如，速腾聚创公司是一家自动驾驶激光雷达环境感知解决方案提供商。致力于利用自主研发的机器人感知产品，将激光雷达传感器硬件方案、三维数据处理算法和深度学习技术相结合，通过持续的技术创新，让机器人拥有眼睛的环境感知能力。

新石器则聚焦物流配送车的驾驶自动化。据了解，到 2018 年 6 月份，新石器已经量产了 100 台搭载自动驾驶系统的物流配送车，全部部署在雄安和常州两条线运营。

当然，上述公司的合作对象也多是像京东、菜鸟等电商企业，百度等互联网科技公司，以及北汽、东风、一汽、吉利等老牌汽车企业，还有准时达、满帮集团等物流企业。具体到产品上，这些科技企业的产品也包含了智行者的蜗必达-无人配送车，新石器无人物流配送车第一代、新石器零售车，深兰科技小蚂哥物流机器人，驭势科技物流拖车，速腾聚创无人配送车等，北科天绘则是京东自动驾驶系统首要配套供应商。

1.4 具备自动驾驶功能的物流用车辆应用价值

自动驾驶功能于物流领域的应用不仅能解放劳动力，改变物流行业劳动密集型产业特点，而且可以实质性提升工作效率、节省管理的精力、提高物流配送的可靠性和安全性。从长远角度看，自动驾驶系统可以效减低物流行业成本，实现全天候无休息工作，充分利用道路交通路网运力。

(1) 解决物流人力短缺、人力成本高昂

通过自动驾驶技术应用于物流行业，用户可以摆脱以物流费用为导向的“不平等对待”。以应用自动驾驶技术实现物流配送的 Nuro 公司为例，下单当天最晚可实现次日交货，且运费一律为 5.95 美元(约合 40 元人民币)，相较于亚马逊的当日送达、两日送达，价格优惠不少。并且，自动驾驶弥补了人力短缺、人力成本高昂的问题。与人工成本相比，美国一个快递员的时薪在 15-35 美元(约合人民币 100-235 元)之间，加班费更高，并且快递员的上下班时间非常固定。Nuro 自动驾驶物流配送车造价约为 100 万人民币，使用年限暂无法确定，以 5 年使用期限，每天工作 8 小时为例，每辆车的成本均摊仅在 0.2 元人民币/小时。

基于城际和城区内运输场景，自动驾驶可以有效降低货运的人工成本投入和油耗成本。以 1600 万货运司机为例，假设通过自动驾驶技术的普及可缩减 1/2 的人工，以我国货运驾驶员平均年薪 12 万计算，可预测该领域市场可达万亿级别。同时，油耗成本预期将至少减少约 15% 的油耗成本，直接经济效益可观。

基于末端配送物流场景，与其他产业不同的是，在线外卖行业的边际成本当到达一定额度后就不会继续降低。自动驾驶功能的应用可在配送过程中补充人力，参与生产生产力，能有效降低配送时商品所产生的边际成本。将无人化配送技术引入到外卖配送领域，能打破人工费用带来的成本困境从而使平台配送商品利润最大化。

(2) 提升效率和调度

根据相关研究，预计在 2050 年，借助自动驾驶技术和人工智能，装卸、运输、收货、仓储等物流工作逐渐被具备自动驾驶功能的汽车和机器人代替，产品交付速度预计提高 60%。

基于城际和城区的物流运输场景，智能网联汽车可根据交通需求、通行能力、环境条件和地理区域等状况调整车速，解决由车速不一或临时减速引起的交通拥堵，也可预测交通流量变化来调整路线，并可在出发前分析道路状况并建议最佳时间或路线，有效缩短行驶时间。

基于封闭港口及物流园区运输场景，可实现 24 小时高效、安全、精准运转。基于港口及物流园区场景单一特点，较易实现 L4 级自动驾驶，摆脱司机工作时长的束缚，进一步提升运营效率。

在末端物流配送应用场景，可将配送服务深入到园区、楼宇等应用场景，互联网外卖平台可根据不同环境匹配不同的解决方案进行外卖的批量送货，相较于人工配送，有效提升配送效率。现阶段的物流平台通过应用 AI（人工智能）技术和 LBS（基于位

置的服务)技术打造的O2O(线上到线下)实时物流配送智能调度系统,可以针对不同配送场景实现智能调度,让订单与配送人员之间可以智能匹配,实现物流配送业务的智能分配。而面向未来,自动驾驶配送可形成自动驾驶配送整体解决方案,包括快速分发订单的交易平台、基于大数据优化的调度系统、利用自动驾驶技术构建的物流路网、多种人机协同的末端配送模式、形式多样的智能配送终端等。配送方案发挥了无人机、自动驾驶车、特种机器人等不同产品优势能力,满足在楼宇、园区、公开道路等不同场景下的即时配送需求。具备自动驾驶功能的配送设备可以根据地图数据规划最优配送路线,而平台则能根据不同的配送场景分配不同类型的配送车辆,使外卖配送效率进一步提高。

同时,作为自动驾驶功能的延伸,通过人工智能的应用完成物流运输中的车货匹配也是全方位提升运输效率的有效手段。物流企业可以利用人工智能技术结合自身资源打造全新的货运匹配平台,基于自身货源建立数字化货运平台,低价获取社会运力。人工智能还能为新一代物流行业提供更加智慧的运营管理模式。人工智能结合大数据分析,在物流转运中心、仓库选址上能够结合运输路线、客户分布、地理状况等信息进行精准匹配,从而优化选址、提升效率。采用人工智能分析,供应链各个环节的产品生产制造商、供应商、物流提供商亦受到相当程度的助益,在人工智能辅助下,提前有针对性地制定产品营销策略和货物的运、储、配计划。

(3) 提升安全性

根据公安部交管局的的数据,2017年,上海快递与外卖行业涉及交通事故117起,死亡9人,致伤134人。通过自动驾驶功能的应用可大幅提升车辆行驶安全性。该特点在干线物流尤其是高速公路应用场景尤为明显。在中国,货车司机因疲劳驾驶引发的交通事故屡见报端,而自动驾驶车辆可为驾驶员承担部分或全部驾驶任务,有效避免驾驶员疲劳驾驶的发生,提升物流货运安全性。同时,驾驶事故中较大比例是由人为失误而非机器故障造成的,通过先进驾驶辅助系统或自动驾驶功能的应用,将有效避免人为驾驶失误的发生。

基于末端物流配送场景,配送人员多选用电动三轮车或两轮车进行配送,安全性较差,部分车辆甚至无法保障基本的安全部件配备,由于环境感知部件的缺失,极易造成交通事故并造成人员伤亡。同时,由于末端物流需要配送入户,配送人员无法保证货物安全,货物丢失也成为物流配送急需解决的问题。通过具备自动驾驶功能的末端物流车及运载工具的应用,将有效改善上述两方面的问题,车辆配备先进的环境感知部件,可有效预防交通事故发生,货品存放于物流车内,并通过身份识别有效保障配送货物安全。

(4) 服务创新

利用具备自动驾驶功能的物流运载工具还可实现末端配送的多种创新业务模式拓展，例如时效性要求极高的咖啡配送业务、人工配送较难实现的园区、厂区高效送货上门服务、通过手机应用及人流潮汐性移动的无人售货车等。

此外，自动驾驶功能应用场景不仅局限于货物配送，在物流的其他场景中也可以有创新服务。比如，对于到货时间要求比较高的快递配送业务中，货车一天需从分拣中心运送到快递点4次，而由于配送员数量局限，无法实现多次往返配送站取货，可通过具备自动驾驶功能的物流配送车承担配送员补货功能，以节省人力提高配送效率。

(5) 无接触式配送

2019年底爆发的COVID-19疫情之下，旨在解决“最后一公里”末端物流问题的无人配送车辆先后加入这场战役，各类无人车辆轮番上阵，代替人工解决疫情中面临的危险问题。

疫情期间，无人配送优势在无接触场景中得到了体现。无人配送设备不用休息，可全天候24小时上岗，配送效率远高于人类，可以防止交叉感染，集中体现了无人配送在特殊环境中能够发挥其替代人工的作用，展现了无人配送所达到的技术水平和应用范围，教育了市场，有助于加速无人配送在物流配送“最后一公里”的落地。

此外，无人配送的应用场景得到进一步开拓。除了疫情期间末端配送外，某些高危场景也存在无人配送需求，例如，病患集中的医院和隔离区。“机器替代人工”的想象空间进一步扩大，不光在已有的末端配送场景中可以使用，在很多危险、不适宜人类自主完成的场景，自动驾驶技术也大有可为。

但是，同时也应该看到自动驾驶功能于物流行业的大规模应用均未准备就绪。具备自动驾驶功能的各类运载工具面临的外界环境相对复杂，目前技术能够满足的应用场景在比较局限，主要用于半封闭场合的运送，外加清扫、零售等功能。因此，受限于技术和应用场景的磨合，自动驾驶功能在物流领域的市场还未完全打开。另一方面，自动驾驶功能目前的应用成本还较高，标准化工作还需推进，市场端还需逐步成熟。未来，伴随标准化和规模化生产和应用，通过大规模订单量的批量制造，自动驾驶功能的应用成本将进一步下降，市场普及率和社会接受度也将进一步提升。

1.5 物流领域自动驾驶技术应用的分类及特点分析

1.5.1 车辆型式分类

根据车辆型式，从货运距离、数量、货物属性、体积和形状、运行里程、交通道

路路况、地域承载重量、发货和接货地与公司的关系等方面，基于自动驾驶功能应用，可以将物流领域各流程所使用的车辆分为具备自动驾驶功能的N类车辆和具备自动驾驶功能的物流用运载工具两类（如图1.1所示）。其中，具备自动驾驶功能的N类车辆可分为 N_1 、 N_2 、 N_3 类车辆；具备自动驾驶功能的物流用运载工具包括重型运载工具、小微型运载工具和微型配送机器人。

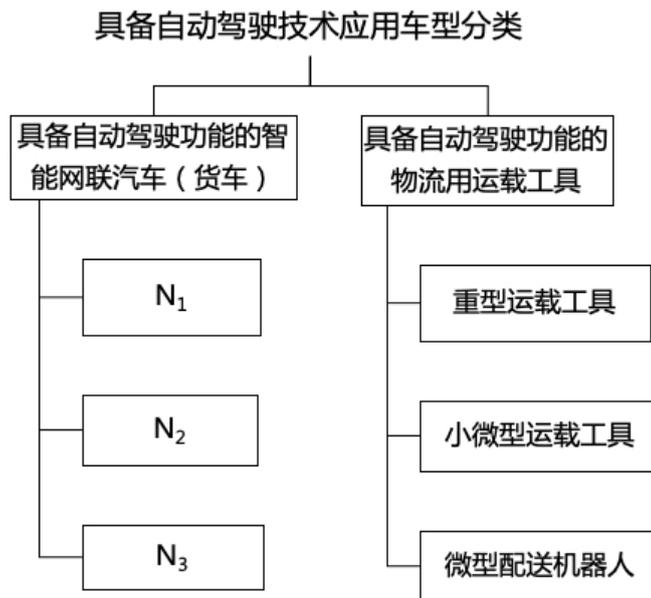


图 1.1 具备自动驾驶技术应用车型分类

1.5.2 自动驾驶功能应用场景分类

物流领域的自动驾驶技术应用场景可分为道路运输场景和特殊场景两大类。本章节将根据道路类型和行驶区域进一步细分的应用场景如下：

（1）道路运输场景

- 高速公路、城市快速路；
- 一级公路、二级公路、城市主干路；
- 三级公路、四级公路、城市次干路、支路、城市快速路和主干路的辅路；
- 机动车/非机动车混行车道。

（2）特殊场景

- 公路/城市道路的非机动车道；
- 允许社会机动车通行的半封闭园区（校园、小区、商务区等）；
- 仅允许指定车辆通行的封闭园区（港口、物流园、矿区、机场等）；
- 室内环境（写字楼、机场航站楼、火车站候车厅等）。

1.5.3 各类车辆与应用场景对应关系

物流领域自动驾驶技术的应用车型与应用场景的对应关系如图 1.2 所示（“√”表示该类车型现阶段自动驾驶技术已覆盖该类场景），典型应用案例参见附录 A。

应用场景/ 车辆类型		道路运输场景				特殊场景			
		高速公路、 城市快速路	一级公路、二级 公路、城市主干 路	三级公路、四级公 路、城市次干路、 支路、城市快速路 和主干路的辅路	机/非机混行 车道	公路/城市道 路的非机动 车道	允许社会机 动车通行的 半封闭园区 （校园、小 区、商务区 等）	封闭园区 （港口、物 流园、矿区、 机场等）	室内环境 （写字楼、 机场航站楼、 火车站候车 厅等）
具备 自动 驾驶 功能 的N 类车 辆	N ₃	√	√				√		
	N ₂	√	√	√			√		
	N ₁	√	√	√	√		√	√	
具备 自动 驾驶 功能 的物 流用 运载 工具	重型运载工具 （注：采用无驾驶 室设计用于固定区 域的运载工具）						√		
	小微型运载工具 （注：尺寸小于传 统车辆、载货能力 小于1吨）		√	√	√	√	√		
	微型配送机器人					√		√	

图 1.2 自动驾驶技术应用车型和应用场景对应关系图

1.5.4 应用车辆特点分析

（1）具备自动驾驶功能的 N 类车辆

该类车辆是指适用于道路运输场景和半封闭/封闭园区特殊场景的 N₁、N₂、N₃ 类车辆。主要承担跨城仓到仓、由物流仓储中心至城市内物流配送站点、城市内物流配送站点之间的物流运输，也可完成半封闭/封闭园区的物流配送和运输。

■ N₁类车辆的自动驾驶应用

主要完成城市内物流配送站点之间的物流运输，载货量较小。同时，也可在技术改装后用于港口/矿区等封闭园区的小批量货物的运输。此外，该类车型因尺寸较小，还可行驶于城区内机/非机动车混行车道上，并承担部分校园、小区等半封闭园区的物流配送工作。

■ N₂类车辆的自动驾驶功能应用

主要完成由城市周边物流仓储中心至城市内物流配送站点之间的物流运输，载货量适中。同时，也可用于城市内物流配送站点之间的物流运输，以及进行技术改装后用于港口/矿区等封闭园区的物流运输。

■ N₃类车辆的自动驾驶功能应用

主要完成跨城仓到仓物流运输，包括在一、二、三线城市间货物配送，物流公司一级仓储中心的配送、一级到二级仓储中心的配送等，载货量最大。同时，也可承担部分物流仓储中心至城市内物流站点之间的物流运输，以及进行技术改装后用于港口/矿区等封闭园区的物流运输。

(2) 物流用运载工具的自动驾驶技术应用

具备自动驾驶功能的物流用运载工具是基于智能网联汽车领域发展趋势产生的全新运载工具形态，相较于传统道路车辆，在车辆结构上存在较大差异，可包括重型运载工具、微型运载工具和微型配送机器人。对于物流领域的应用，可适用于不同的道路运输场景和特殊区域行驶场景，主要完成城市内物流配送站点之间、半封闭/封闭园区和室内的物流运输和配送。

■ 重型运载工具

重型运载工具是指具备自动驾驶功能、采用无驾驶室设计、用于固定区域、实现重型货物运输的运载工具。重型运载工具主要用于封闭园区的物流运输。例如，港口内在码头与堆场之间运输集装箱的重型运载工具，矿山内运输剥离的土方、山石、矿石等物品的重型运载工具，承担工厂、仓库、机场等物流园区范围内的货物运输任务的重型运载工具等。

■ 微型运载工具

微型运载工具是指具备自动驾驶功能，采用无驾驶室设计，可实现远程控制及接管，尺寸可根据运输需求灵活定制，载货能力多小于1吨的运载工具。

- 小型运载工具

该类车型不设置驾驶室，车速可适用于城市道路行驶和园区内末端配送的双重需求，主要用于承担城市内物品配送和接收。该类车型多行驶于城市道路的最右侧车道或机/非机混行车道。同时，小型运载工具也可用于校园、小区等封闭园区场景，完成点到点的物流配送。该类运载工具具有更高行驶灵活性。车型通过远程任务分配，运行过程在无特殊情况条件下无需外界额外给予操作。此外，小型运载工具也可用于半封闭园区的小型货物运输场景。

- 微型运载工具

微型运载工具不设置驾驶室且最高车速多小于 15km/h，主要用于承担城市内、园区内的末端物品配送和接收，兼具短时间行驶于非机动车道的能力。同时，微型运载工具也可用于校园、小区等封闭园区场景，完成点到点的物流配送。此外，微型运载工具也可用于半封闭园区的少量货物运输场景。

- 微型配送机器人

微型配送机器人可行驶于居民楼、写字楼内，由于尺寸较小，可完成少量货物由物流网点配送至收货人的工作。该类车型可实现楼宇对讲、搭乘电梯、行人躲避、室内精确定位等功能并具备强大的人机交互能力。

1.6 具备自动驾驶功能的物流用车辆标准法规及政策分析

1.6.1 自动驾驶标准法规进展

目前国内外已开展自动驾驶的标准法规体系建设，尚未开展针对具备自动驾驶功能的物流用车辆的标准法规体系研究。

(1) 联合国 (UN)

在联合国 (UN) 框架范围内，道路安全论坛 (WP1) 对《维也纳道路交通公约》中有关限制先进驾驶辅助系统 (ADAS)、自动驾驶技术发展的要求进行修订，明确将驾驶车辆的职责交给自动驾驶技术可以被允许应用到交通运输中。世界车辆法规协调论坛 (WP29) 成立自动驾驶及网联车辆工作组 (GRVA) 全面负责自动驾驶相关法规的制定，该工作组现下设自动驾驶评价与管理办法 (VMAD) 和自动转向法规 (ACSF) 等非正式工作组，陆续启动自动驾驶法规的制定和协调工作。

(2) 国际标准化组织 (ISO)

国际标准化组织道路车辆技术委员会 (ISO/TC 22)、智能运输系统技术委员会 (ISO/TC 204) 针对先进驾驶辅助系统 (ADAS) 和自动驾驶相关技术标准的研究和制

定积极加强协调，由 ISO/TC 22 侧重基于车辆自身装置而进行的信息采集、处理、决策和行为的车辆技术领域；ISO/TC 204 侧重基于道路交通设施的信息传递以及交通管理信息化方面；关于车辆与道路交通设施的通信及信息共享方面，则由 ISO/TC 22 和 ISO/TC 204 两个技术委员会进行沟通与协调。

（3）中国自动驾驶标准制定现状

根据《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》规划，全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分标委自 2016 年起先后启动先进驾驶辅助系统（ADAS）、自动驾驶、信息安全和网联功能与应用细分领域标准共计 38 项，其中基础通用类和产业急需的标准例如先进驾驶辅助系统术语和定义、乘用车、商用车紧急制动系统（AEB）、乘用车车道保持辅助系统（LKA）、车辆盲区监视系统等标准已完成制定工作，面向高级别自动驾驶应用的相关标准也正在制定中。

根据标准体系规划，2020 年，初步建立能够支撑驾驶辅助及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系。制定 30 项以上智能网联汽车重点标准，涵盖功能安全、信息安全、人机界面等通用技术以及信息感知与交互、决策预警、辅助控制等核心功能相关的技术要求和试验方法，促进智能化产品的全面普及与网联化技术的逐步应用；到 2025 年，系统形成能够支撑高级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系。制定 100 项以上智能网联汽车标准，涵盖智能化自动控制、网联化协同决策技术以及典型场景下自动驾驶功能与性能相关的技术要求和评价方法，促进智能网联汽车“智能化+网联化”融合发展，以及技术和产品的全面推广普及。

1.6.2 自动驾驶政策分析

美日欧等国家和地区也提出了各国的自动驾驶战略：

（1）美国交通部自 2010 年起启动智能交通系统战略计划，每阶段为期五年，现已进入第二阶段（2015-2019），以网联车辆的实用化和促进自动驾驶为关键目标，推动网联车辆、自动驾驶、未来技术、数据活用、互联性和快速部署下 6 个领域的研究、开放和应用。作为 2016 年 9 月发布的《联邦自动驾驶政策》的后续文件，美国自 2017 年起连续发布《自动驾驶系统 2.0：安全愿景》《自动驾驶 3.0：准备迎接未来交通（AV 3.0）》和《确保美国自动驾驶技术的领导地位：自动驾驶 4.0》，核心主题是强调统一和协作，全力推动自动驾驶的发展，确保美国的领先地位。

（2）日本政府于 2016 年 6 月发布《日本复兴战略 2016》，该文件作为 2014 年制定的《日本复兴战略》的后续。日本于 2018 年 4 月发布的《自动驾驶相关制度的完善大纲》中提到，自动驾驶车导入初期阶段的 2020 年以后 2025 年左右，在公共道路上，

自动驾驶车与普通车辆混在，且自动驾驶车的比例少，讨论设想的所谓“过渡期”的法律制度的理想存在方式。

(3) 德国于 2015 年发布《自动和联网驾驶战略 (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren)》，文件中指出，明确了德国应保持其“自动和联网汽车的领先市场”的战略定位，同时，德国应提供相关领域内一流的供应商。

(4) 欧盟 2018 年提出《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》，计划到 2020 年，在高速公路上实现自动驾驶，在城市中心区域实现自动驾驶；到 2030 年普及完全自动驾驶。其中，到 2022 年，所有新车都将具备通信功能，实现“车联网”。使欧洲在网联和自动驾驶领域处于世界领先地位。

(5) 中国在《中国制造 2025》及同期发布的解读文件中明确新能源汽车、节能汽车和智能网联汽车作为未来汽车产业的发展方向。工信部、交通部、公安部、发改委为贯彻落实该指导思想先后发布多项战略文件，指导中国智能网联汽车产业发展。工信部、发改委以及交通部于 2017 年 4 月联合发布《汽车产业中长期发展规划》，要求到 2020 年，汽车 DA（驾驶辅助）、PA（部分自动驾驶）、CA（有条件自动驾驶）系统新车装配率超过 50%，网联式驾驶辅助系统装配率达到 10%，满足智慧交通城市建设需求。到 2025 年，汽车 DA、PA、CA 新车装配率达 80%，其中 PA、CA 级新车装配率达 25%，高度和完全自动驾驶功能开始进入市场。2017 年 12 月起，陆续发布工信部与国标委联合发布《国家车联网产业标准体系建设指南》，分为总体要求、智能网联汽车、信息通信、电子产品与服务、交通管理等部分，系统规划车联网产业标准制定，支撑自动驾驶产业发展。2020 年 2 月 10 日，发改委、工信部、公安部、交通运输部等 11 个国家部委联合出台《智能汽车创新发展战略》，从国家层面为智能汽车的发展作出战略安排，构建 6 大体系，包括：中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、基础设施、法规标准、产品监管和网络安全体系。

1.6.3 具备自动驾驶功能的 N 类车辆法律法规适用性分析

汽标委智能网联汽车分标委于 2017 年便已完成该领域标准法规适用性研究并公开发布《智能网联汽车法律法规适用性分析》，结论可总结为以下几点：

一、智能网联汽车测试、生产、进口、销售和使用受《道路交通安全法》《公路法》《标准化法》《测绘法》及其相关法规不同程度的制约或被其禁止。

《道路交通安全法》以人为核心立法，其中“驾驶机动车应依法取得机动车驾驶证”及其《实施条例》机动车驾驶证申领对象为“符合国务院公安部门规定的驾驶许可条件的人”这一条款，将车辆驾驶负责对象限定为人，实际上禁止了由人类以外

的其它对象（如系统）驾驶车辆，即禁止车辆自动驾驶。

智能网联汽车由于部分结构和功能不符合现有强制性标准要求，在生产、销售和进口方面受《标准化法》“不符合强制性标准的产品禁止生产、销售和进口”这一条款的制约，在使用环节受《道路交通安全法》“不得驾驶安全设施不全或者机件不符合技术标准等具有安全隐患的机动车”这一条款制约。

除此以外，《道路交通安全法实施条例》有关“机动车在高速公路上行驶……不得试车或者学习驾驶机动车”的要求，以及《公路法》里有关“机动车制造厂和其他单位不得将公路作为检验机动车制动性能的试车场地”和《公路安全保护条例》有关“禁止将公路作为检验车辆制动性能的试车场地”，其“试车”规定较为模糊，其含义并未明确和具体化。如果“试车”是指车辆的产品开发、认证的试验，而不包括车辆为适应实际道路交通环境的适应性验证，则对智能网联汽车不形成制约；否则，会对智能网联汽车上路测试构成制约。

由于智能网联汽车研发、制造企业和使用者并未取得测绘和地图绘制资质，而智能网联汽车所需要的摄像头等信息采集、高精度定位以及高精度地图等在一定程度上涉及或本身属于测绘范畴，因此，受《测绘法》及相关法规、规章约束。

网联化车辆及相关设施的生产、运营、服务、维护等均属于《网络安全法》，并且属于“关键信息基础设施”，应遵循相应个人信息保护及重要数据境内存储要求。对网联化服务管理在国外的部分制造商，需要在中国境内单独建立或开设网联化数据服务业务。

《电信条例》与《无线电管理条例》有关电信包括无线电资源“统一规划、集中管理、合理分配”和设备生产及使用的准入许可或备案管理制度，并不会对智能网联及自动驾驶产生制约，但汽车网联化所急需的电信及无线电频段等需要尽快确定。

二、汽车强制性标准对智能网联汽车特别是自动驾驶功能形成制约主要体现在转向标准禁止自动转向功能和视野标准对前置摄像头布置的限制两个方面；部分标准针对人类驾驶员提出的结构和功能要求会在无人驾驶条件下变成冗余要求，但不会形成制约。

我国早年发布的 GB 17675-1999《转向系统基本要求》要求转向必须由驾驶员通过转向盘直接操作进行，禁止采用全动力转向系统，在结构、功能和操作上禁止了自动转向；GB 11562-2014《汽车驾驶员前方视野要求及测量方法》有关前方视野要求，在一定程度上限制但并未禁止前置摄像头的布置。

GB 21670-2007《乘用车制动系统性能要求和试验方法》、GB 12676-2014《商用车和挂车制动系统技术要求及试验方法》尽管在制动系统结构、功能及操作方面围绕驾驶员做了很多细化规定，但其通过引入了复合电子控制系统的概念，并允许复合电子控制系统在断定达到“启动条件”时，无需驾驶员直接操纵、以自动方式操控制动系（自动制动）、某车轴的制动器或单个制动器进行制动（选择制动），实际为包括 AEB、ACC 在内的先进驾驶辅助系统（ADAS）以及更高级的自动驾驶技术应用排除了障碍。

GB 15084-2013《机动车辆 间接视野装置性能和安装要求》也通过“功能相当”和“效果等同”条件引入“其它间接视野装置”，为自动驾驶相关新技术提供了入口，对自动驾驶无约束限制。

此外，包括 GB 15082-2008《汽车用车速表》等 12 项标准中涉及驾驶员的相关要求，会在无人驾驶阶段形成冗余要求。

三、 根据不同法律、法规性质、层级、适用范围以及对智能网联汽车技术和产品应用可能产生的制约和限制，分别提出豁免、修订、解释等不同的解决方案。

《测绘法》及其实施条例里涉及国家安全，将维持其法律框架不变，通过具体实施文件，针对智能网联汽车可能涉及的“测绘活动”采取分类管理：

- 1) 对涉及或影响国家安全的“测绘活动”由相关部门统筹安排，委托国家授权、具有测绘资质的单位统一进行，其成果通过相应程序提供给智能网联汽车企业使用；
- 2) 对其它活动，则允许智能网联汽车企业按照一定的程序自行开展。

对《道路交通安全法》及其实施条例里有关人类驾驶人的限定要求，提出两种建议方案：

- 1) 对相关文件进行解释，在人类驾驶员为车辆驾驶任务直接责任人这一前提下，允许其主动请求符合特定要求的“自动驾驶系统”辅助或替代其承担部分或全部驾驶任务。
- 2) 参照《维也纳公约》最新版（尽管我国并非签署国），修订《道路交通安全法》及其实施条例，将符合要求的自动驾驶系统视同为驾驶人，允许其驾驶车辆，建立“自动驾驶系统”型式批准体系。

对于《道路交通安全法实施条例》有关“机动车在高速公路上行驶……不得试车或者学习驾驶机动车”的要求，以及《公路法》里有关“机动车制造厂和其他单位不得将公路作为检验机动车制动性能的试车场地”和《公路安全保护条例》有关“禁止

将公路作为检验车辆制动性能的试车场地”的规定，对“试车”的概念进行解释。明确“试车”仅指车辆的产品开发、认证的试验，不包括车辆为适应实际道路交通环境的适应性验证。

智能网联汽车因部分结构（例如前置摄像头布置）、功能（例如自动转向功能）不符合强制性标准，而被《标准化法》及其《实施条例》、《道路交通安全法》及其《实施条例》禁止生产、进口、销售和使用，则可通过豁免、修订现行强制性标准中不适用于智能网联汽车技术、功能和结构的条款和要求予以解决。

如将《中华人民共和国产品质量法》《缺陷汽车产品召回管理条例》考虑在内，则智能网联汽车作为“可能危及人体健康和人身、财产安全的工业产品”，不仅需要符合强制性标准，还要满足推荐性国家标准和行业标准，必将面临更多可能存在的障碍和挑战。

1.6.4 小微型运载工具的法律法规适用性分析

小微型运载工具作为全新运载工具型式，多不设置驾驶舱，无驾驶员乘坐空间，区别于以传统车辆，在我国现阶段尚无适用的法律及标准可以参考。

GB 7258-2017《机动车运行安全技术条件》中 3.1 条款规定：“机动车是指以动力装置驱动或者牵引，上道路行驶的供人员乘坐或者用于运送物品以及进行工程专项作业的轮式车辆，包括汽车及汽车列车、摩托车、拖拉机运输机组、轮式专用机械车、挂车。” 综上所述，小微型运载工具仅与进行工程专项作业的轮式车辆相关，但主要行驶于城市辅路及机非混行车道等，无法归于上述分类。

我国《道路交通安全法》的有关规定，“非机动车”是指以人力或者畜力驱动上道路行驶的交通工具，以及虽有动力装置驱动但设计最高时速、空车质量、外形尺寸符合有关国家标准的残疾人机动轮椅车、电动自行车等交通工具。若将小微型运载工具归类为有动力装置驱动但设计了最高时速（不超过 15km/h）、空车质量及外形尺寸的“非机动车”，也与车辆特点不完全一致。

中华人民共和国国家标准 GB 17761-2018《电动自行车安全技术规范》中 3.1 条款规定：“非机动车是指以车载蓄电池作为辅助能源，具有脚踏骑行能力，能实现电助动或/和电驱动功能的两轮电动车。”小微型运载工具以锂电池作为主要能源，具有四个轮子，不具备脚踏骑行能力。不符合“电动自行车”的定义。

国家邮政局发布的行业标准 YZ/T 0136-2014《快递专用电动三轮车技术要求》规定：

条款 3.1: 快递专用电动三轮车, 装有 3 个轮子, 其中一个轮子在纵向中心平面上, 另外两个轮子对称于纵向中心平面布置, 以车载蓄电池为能源, 由电力驱动的、在非机动车道上行驶的车辆, 且具有以下特征:

- 最高车速不大于 15km/h;
- 最大装载质量不大于 180kg;
- 装备封闭式厢体, 并具有统一标识;
- 专用于快件收寄和投递服务。

条款 5.1.2: 整车长度 \leq 3000mm, 整车宽度 \leq 1000mm, 整车高度 \leq 1400。

条款 5.1.3: 快递三轮车的整车质量应小于 200 kg。

条款 5.1.4: 快递三轮车一次充电后, 续驶里程应不小于 60 km。当温度低于 -4° 时, 续驶里程应不小于 40 km。

小微型运载工具最高车速、最大装载质量、整车长度、宽度、高度、整车质量、续航里程、在非机动车道行驶都可符合《快递专用电动三轮车技术要求》, 但不满足快递专用电动三轮车具备 3 个轮子的要求。故其也不符合“快递专用电动三轮车”的定义。

综上所述, 现阶段车辆相关的标准均无法匹配小微型运载工具全新车型, 我国现阶段暂无针对该类型运载工具的国家标准及行业标准。

小微型运载工具多采用电力驱动, 车辆速度较慢, 涉及功能与低速电动车类似。强制性国家标准《四轮低速电动汽车技术条件》(计划号 20192430-Q-339) 标准正在制定中, 计划 2021 年完成。而 2018 年 11 月 8 日工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、公安部、交通运输部、市场监管总局联合公布的《关于加强低速电动车管理的通知》, 对驶速度低、续驶里程短, 电池、电机等关键部件技术水平较低, 用于载客或载货的三轮、四轮电动机车(包括老年代步车等)提出要求, 通过行业摸底、整改和清理整顿三个阶段对低速电动车行业进行梳理, 并计划控制器产能并建立长效监管机制。若将小微型运载工具纳入四轮低速电动车范畴, 将对产业发展造成不利影响。

现行的《道路交通安全法》《公路法》《道路交通安全法实施条例》《机动车登记规定》等法律规定, 所面向的对象均为有人驾驶汽车。所以, 在我国现行法律框架下, 小微型运载工具直接在公路上测试还面临合法性质疑。车型急需明确道路使用权限和责任认定的问题。

1.6.5 法律法规建议

(1) 整体建议

在产品合法性层面，有人驾驶行为属于直接涉及公共安全、人身安全、财产安全的特定活动，根据《道路交通安全法》规定，驾车人必须持有驾驶证，是传统有人驾驶汽车上路的前提条件。对于小微型运载工具，则未进行实际自然人驾驶位置设置，该类车型公共道路行驶也存在危害公共安全、人身安全、财产安全的风险，所以该类车辆需要在法律许可的条件下上路行驶。建议针对小微型运载工具设置专用道路标识。在未来道路规划时，也可规划建设专用车道，允许此类小微型运载工具行驶。

在生产准入层面，传统汽车的被许可控制对象是驾驶员，而小微型运载工具被许可的控制对象是车本身的智慧系统，实质上驾驶责任延伸至小微型运载工具的开发、生产者和使用者。该类运载工具存在良莠不齐的情况，从社会责任角度不应允许自动驾驶功能不完善、存在安全隐患的小微型运载工具上路，需设定相应的标准及法律底线，要求达到相应技术和功能安全要求才可获得公共道路行驶资格。建议建立健全小微型运载工具许可与质量管理体系，完善市场准入，有效规范该类小微型运载工具的开发、生产者，完善检验监管制度，确保小微型运载工具的可靠性与安全性。

在交通管理层面，在小微型运载工具造成交通事故中，主要存在小微型运载工具开发者（生产者）、销售者、使用者（消费者）、受害人等几个关键角色。当该事故受害人没有过错时，小微型运载工具的使用者也不存在操作过错，并履行及时检查、维护的义务，若交通事故的发生是由于小微型运载工具自身的缺陷造成，该起事故应当由开发者（生产者）承担责任，即瑕疵担保责任。因为开发者有所获益，就应当承担相应的风险，而且更能促使开发者审慎地设计相应的程序并提升车辆安全性在开发过程中的优先级。在索赔方式上，使用者、受害者可以要求开发者或销售者索赔。与此同时，如果使用者、受害者存在过错，则应承担相应的责任。

为保障受害者、使用者得到公平赔偿，建议从法律层面对小微型运载工具致损的归责原则、赔偿方式与标准、制裁责任等问题做出全面具体的规定。为了避免开发者负担过重，可建立健全的小微型运载工具开发者和使用人的双保险制度。

标准层面，通过标准明确各类型具备自动驾驶功能的物流用运载工具的技术和功能基线，建立支撑产业发展的标准体系并加快制定相关国家标准、行业标准，推进产业健康快速发展。

车辆应用层面：完善小微型运载工具路权、车辆保险、驾驶牌照等管理细节。现阶段小微型运载工具以城市辅路及非机动车道运行为主，但考虑到城市辅路及非机动车道交通情况复杂，可考虑扩大自动驾驶功能可允许行驶范围，允许其在市一级及以

下公路（包括城市道路）机动车道内借道行驶。

（2）产业发展支撑建议

小微型运载工具和重型运载工具与以往车辆从产品形态、技术方向上都不尽相同，当前的法律法规尚无依据。该类车辆由于其在法律上没有合法身份，尚不能到城市公开道路进行测试和示范试点应用。为了推动自动驾驶技术发展，推动其尽快从研发走向应用，提出以下建议：

第一步：在园区示范的基础上出台相关指导文件，推动公开道路示范试点测试和应用。推动主管部门发布相应鼓励产业发展的政策及豁免办法，开展小微型运载工具公开道路测试，提供道路测试资质。

第二步：推动小微型运载工具和重型运载工具的行业标准、国家标准制定，为小微型运载工具和重型运载工具管理提供标准支撑。

第三步：促进国家相关部门制定小微型运载工具和重型运载工具的准入、路权、牌照等相关法律法规和管理办法，加速小微型运载工具和重型运载工具的合法化。

1.7 标准化需求分析意义

基于上述产业特点和行业需求，作为汽车应用新领域和汽车产业新形态，标准化工作将有效促进自动驾驶功能于物流领域的应用和相关产业健康发展。相关标准的制定将规范将有效提升产品质量要求，助力产业有序发展，提升自动驾驶功能大规模应用的信心，促进产业急需加大投入力度，最终实现物流行业的转型升级。

为更好地发挥标准化的支撑和引领作用，汽标委智能网联汽车分标委自动驾驶工作组启动相关标准需求研究项目，旨在指导建立可满足物流行业需求的自动驾驶标准子体系。

2 具备自动驾驶功能的物流用车辆应用场景

2.1 应用场景分类

本章节基于自动驾驶功能特点和物流行业全流程应用需求进行场景分析，依据“全覆盖，无重叠，特点明确”原则，基于场景特点将应用场景划分为五类，并将每一级划分为简单场景和复杂场景，用于区分不同应用阶段，为应用于五类场景中的自动驾驶关键技术（第三章）及测试要求（第四章）以及标准化需求分析（第五章）提供研究基础。

2.2 一类应用场景

综合分析 N 类重型商用车的自动驾驶功能应用场景，其应用场景出现于在高速公路、城市快速路及各等级城际公路。根据应用场景复杂度，基于本类型应用场景的应用可分为如下三个阶段：

第一阶段：2022 年实现具备单一车道自动驾驶功能的物流用车辆在高速公路上行驶；

第二阶段：2025 年具备 L3、L4 级自动驾驶功能的物流用车辆可覆盖所有高速公路、快速路场景；

第三阶段：2025 年实现全部一类应用场景的自动驾驶功能覆盖。

一类应用场景特征分析如表 2.1 所示。

表 2.1 一类应用场景特征分析

车辆特征		道路特征					环境特征			
载荷	车速 (km/h)	平直度 (m)	地势	隧道	汇流	道线	光照	气候	行为	
微型 <1.8t	0-20	无弯	无坡	非隧道	非匝道	正常道线	日间正常	大雨	相邻车道车辆超宽	道路维修
轻型 1.8t ≤ m < 4.5t	20-40	左转弯 R < 200	上下坡	进入隧道	匝道汇入	复杂道线	日间逆光	大雪	车道内前车减速	道路故障

中型 4.5t≤m<12t	40-60	左转弯 200<R<400	前后起伏	隧道中	匝道汇出	超窄道线	夜间大灯	沙尘	车道内前车停车	道路拥堵
重型 ≥12t	60-80	左转弯 400<R<700	正常超高	驶出隧道	高速互通	超宽道线	夜间逆光	大雾	车道内前车加速	
	80-100	左转弯 R>700	逆超高			单侧道线丢失		横风	车道内前车变换车道	
	>100	右转弯 R<200	左右起伏			双侧道线丢失		薄冰	车道内低速物体	
		右转弯 200<R<400	盘山路			模糊道线			车道内静止物体	
		右转弯 400<R<700	山区						相邻车道前车切入	
		右转弯 R>700	峡谷						相邻车道前车切出	

2.3 二类应用场景

综合分析 N 类车辆和具备自动驾驶功能的新型运载工具于城市内和城市周边性行驶环境，二类应用场景下可以从两个角度进行分析，具体场景特征如表 2.2 所示：

- 1.于城市主干道行驶的物流车，其应用场景与 2.1 中一类应用场景特征相似；
- 2.城市辅路、支路行驶的物流车应用场景，还应包括更高要求的非机动车识别响应相关场景。

二类应用场景自动驾驶技术应用路线图，如下所示：

第一阶段 2020 年：开展面向二类应用场景行驶的自动驾驶功能道路测试和应用示范；

第二阶段 2022 年：二类应用场景自动驾驶功能实现商业化应用。

表 2.2 二类应用场景特征分析

道路特征						环境特征			
道路类型	平直度(m)	坡度	交通灯	隧道	道线	光线方向	气候	路面平整度	行为
非机动车道	无弯	无坡	无灯	非隧道	正常道线	日间正常	大雨	平坦	相邻车道车辆超宽
人行道	左转弯 R<200	小坡度<5%	红灯亮	进入隧道	复杂道线	傍晚弱光	大雪	颠簸	车道内前车减速
人行横道	左转弯 200<R<400	中坡<15%	黄灯亮	隧道中	超窄道线	夜间路灯	沙尘	重度颠簸	车道内前车停车
直行道	左转弯 400<R<700	前后起伏	绿灯亮	驶出隧道	超宽道线	夜间无灯	大雾	遗撒	车道内前车加速
路口	左转弯 R>700	正常超高	黑灯/故障		白虚线	无光线	横风	车道数量	车道内前车变换车道
变道	右转弯 R<200	逆超高	红变绿		白实线	侧光	薄冰	双向4车道	车道内低速物体
主辅路	右转弯 200<R<400	左右起伏	绿变黄		白色虚实线	顺光	小雨	双向双车道	车道内静止物体
交叉路口	右转弯 400<R<700		黄变红		双白实线	逆光	晴朗	双向6车道	相邻车道前车切入
	右转弯 R>700		黄灯慢闪		黄虚线		雾霾	双向8车道	相邻车道前车切出
车速(km/h)	路面附着		交通灯功能	汇流	黄实线				行人横穿
0-15	干燥		直行灯	干线汇入	黄色虚实线				非机动车横穿
15-25	潮湿		左转灯	干线汇出	双黄实线				
25-40	积水路面		右转灯		模糊道线				
40-60	落叶		调头灯		单侧道线丢失				
60-80	冰雪路面		人行横道灯		双侧道线丢失				

100			非机动车信号灯						
-----	--	--	---------	--	--	--	--	--	--

2.4 三类应用场景

部分 N 类车辆和具备自动驾驶功能的运载工具均将封闭物流园区、机场、码头、矿山等具备规范化运输路线的封闭园区物流环境作为重要应用场景，该类应用场景分析如表 2.3 所示。

由于该类场景自动驾驶功能应用需求迫切，且场景的复杂度较低。具备该类应用场景行驶能力的自动驾驶技术日趋成熟，部分产品已具备小批量量产能力。预计 2022 左右年大批量应用。。

表 2.3 三类应用场景分析

三类应用场景			
港口基本场景		港口装卸货场景	
车辆驶入识别及相应	邻近车道无车并道	轮胎吊装货	固定路径行驶
障碍物测试	邻近车道有车并道	轮胎吊卸货	定点停车
误作用测试	前车静止	岸桥装货	精准停车
稳定跟车行驶	前车制动	岸桥卸货	
停-走功能	人工操作接管	装卸货	
靠路边应急停车			
三类应用场景场景特征			
车辆特征	道路特征		环境特征

载荷	车速(km/h)	平直度(m)	坡度	道线	光照	气候	行为
满载+列车总重 49t	0-20	无弯	无坡	正常道线	日间正常	大雨	相邻车道车辆超宽
半载+列车总重 30t	20-40	左转弯 R<200	上坡	复杂道线	日间逆光	大雪	车道内前车减速
空载+列车总重 14t		左转弯 200<R<400	下坡	超窄道线	夜间大灯	沙尘	车道内前车停车
空载+车头总重 9t		左转弯 400<R<700	前后起伏	超宽道线	夜间逆光	大雾	车道内前车加速
		左转弯 R>700	正常超高	单侧道线丢失		横风	车道内前车变换车道
		右转弯 R<200	逆超高	双侧道线丢失		薄冰	车道内低速物体
		右转弯 200<R<400	左右起伏	模糊道线			车道内静止物体
		右转弯 400<R<700					相邻车道前车切入
		右转弯 R>700					相邻车道前车切出

2.5 四类应用场景

为满足物流末端配送高投入低效率的特征，半封闭园区成为小微型运载工具和 N₁ 类车辆自动驾驶功能的重要应用场景，该应用场景包含工业园、小区、校园等交通参与者多为非机动车及行人的半封闭园区内行驶环境，场景分析如表 2.4 所示。

应用于半封闭园区的小微型运载工具自动驾驶技术日趋成熟，部分产品已具备小批量量产能力，预计 2020 年可开展大规模测试和示范应用，2022-2023 年具备实现商业化应用的可能。

表 2.4 四类应用场景特征分析

道路特征								环境特征			
道路类型	车速 (km/h)	平直度(m)	坡度	路面附着	隧道	障碍物	道线	光线方向	气候	路面平整度	行为
非机动车道	<15	无弯	无坡	干燥	非隧道	高低栅栏	正常道线	日间正常	大雨	平坦	相邻车道车辆超宽
人行道	<15	左转弯 R<200	小坡度<5%	潮湿	进入隧道	绿化带	复杂道线	弱光(傍晚)	大雪	颠簸	车道内前车减速
人行横道	<15	左转弯 200<R<400	中坡<15%	积水、泥 泞路面	隧道中	锥筒	超窄道线	夜间路灯	沙尘	重度颠簸	车道内前车停车
直行道	<15	左转弯 400<R<700	前后起伏	落叶	驶出隧道	植物入侵 道路	超宽道线	夜间无路灯	大雾	遗撒	车道内前车加速
路口	<15	左转弯 R>700	正常超高	冰雪路面	一般无交通 灯	路桩	单侧道线 丢失	无光线	横风	车道数量	车道内前车变换车道

2.6 五类应用场景

配送机器人应用场景适用于交通参与者多为行人的楼内环境，现阶段该类场景无人配送已进入测试应用阶段，预计将于 2022 年规模化应用，应用场景分析如表 2.5 所示。

表 2.5 五类应用场景分析

五类应用场景	
半封闭园区/封闭园区内驶入/驶出楼宇	弯道
进出电梯	直行道
电梯层数识别及控制	窄路
进出房间	行人避让
房间号识别	人机协同配送调度

3 支撑技术分析

3.1 物流领域自动驾驶关键支撑技术概述

物流领域涉及运载工具形式较多，需要庞大的技术研发投入，涉及物联网、云计算、大数据、人工智能等多领域融合。研发领域不仅包含自动驾驶领域的感知、决策、执行等技术开发，还包括对于新形式车辆底盘、制动、控制系统等研发和满足物流行业特殊需求的软硬件系统开发，并且兼顾网联化在物流行业特殊场景的应用。

具体来讲，物流领域的智能网联汽车应用基于不同应用场景面临多种复杂的交通环境和路径的变化，其算法的复杂程度较高，对感知算法（即场景感知）和控制算法等提出了更高要求。适用于城际行驶的自动驾驶系统需要处理高速道路环境带来的长距离感知、超稳定控制、事件实时检测等挑战。适用于市区内行驶的自动驾驶系统则需要处理城市道路的拥堵路段、复杂交叉口、机非混行等常见城市交通场景。适用于半封闭园区行驶的自动驾驶系统则面临更多不确定性交通环境挑战，包括不遵守交通规则的非机动车、行人和多变的道路环境等。

自动驾驶技术应用于物流领域需满足如下技术特性：

（1）安全性

合理控制车辆速度和保持车辆间距，是保证道路交通安全的基础。为保证具备自动驾驶功能的物流用车辆的行驶安全，环境感知传感器对周边的探测距离应该根据不同速度要求来设定理论值，且应能适应雨、雪、雾、风、光照等复杂环境特征，确保行驶的安全性。同时车辆应具备合理的风险最小化模式和人机界面交互逻辑，保证车辆面对边界场景时的安全性。车辆还应具备基本的驾驶辅助功能作为安全的最后一道防线，例如自动紧急制动和车道保持功能，以保证面对危险场景的应急操作。

（2）经济性

物流领域应用自动驾驶技术的核心诉求是降低成本。技术开发和应用过程需综合考虑人力成本和能耗成本下降和车辆成本增加的平衡关系。

（3）高效性

更深入的应用智能化和网联化的结合，在单车智能的基础上，通过合理调度车辆，可实现运输效率的大幅度提升，以实现收益最大化。该特性需借助网联技术通过车辆和货物信息的实施交互和合理调控实现，对数据的实时性和车辆货物的可控性也提出更高要求。

3.2 关键技术分析

3.2.1 具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆的关键技术

具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆于物流领域的应用范围主要包括高速公路和城市快速路，车速以中高速为主，平均为 60-100km/h，中高速车辆对自动驾驶技术中感知性能要求较高。具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆在经纬四季、日月星辰的自然环境下，环境特征导致自然场景复杂，感知硬件需克服自然环境所带来的技术难题。此外，道路遗撒、隧道、桥洞等环境增加了自动驾驶场景复杂度。具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆的运输运距在 300-2000km 范围内不等，目前电动物流车的续航里程无法满足长距离运输需求，且受限于高速路充电设施数量、电动物流车充电时间等因素，目前该类型车辆多以柴油作为主要燃料。

根据《中华人民共和国高速公路交通管理办法》车间距要求，为保证具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆的行驶安全，环境感知传感器对本车道线前方障碍物的探测距离理论值应大于 100 米，且应能适应雨、雪、雾、风、光照等复杂环境特征，以确保行驶安全性。同时车辆应具备合理的风险最小化模式设置和人机界面交互逻辑，保证车辆面对极端场景时的安全性。车辆还应具备基本的安全相关驾驶辅助功能，例如自动紧急制动和车道保持功能。

由第二章一类场景分析可知，具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆需具备适应极限地势和恶劣环境以及隧道通行等场景下运行的能力，需要对传感、定位设备提出更高的要求，具体关键技术如下所示：

(1) 隧道场景的关键技术

■ 隧道场景关键技术难点

隧道封闭性较高，仅出、入口与外界相通，隧道内光照强度远低于白天隧道外光照强度，易在隧道洞口形成“黑洞效应”致使驾驶人无法看清隧道内情况，难以识别隧道内障碍物或隧道壁。具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆在复杂光线条件下，机器视觉的识别和判断能力会显著下降，自动驾驶系统过隧道，或者在夜间运行，在暗光、逆光条件下感知能力会遭遇很大挑战。

此外，隧道场景遮挡严重，电磁环境复杂，定位信号存在断续、衰落，甚至出现信号失锁等现象，会给汽车卫星导航终端带来多路径、干扰、欺骗等问题，从而引发车辆安全事故。

■ 隧道场景关键技术建议

视觉：在复杂光线下提高成像准确率

- a. 动态调整摄像头的曝光参数以降低逆光影响；
- b. 驾驶人眼视点照度与具备自动驾驶功能的 N₃ 类车辆摄像头视点照度的差异。

定位：保证隧道内的定位精度

通过卫星定位及道路特征定位实现定位冗余，隧道内信号薄弱时通过雷达、摄像头及高精地图比对，确认自身位置。

■ 隧道场景道路建设意见

视觉：

- a. 按照《公路隧道照明设计细则》要求修建隧道照明装置；
- b. 隧道入口减光结构优化设计；
- c. 隧道口铺设彩色路面起到警醒作用，在隧道内铺设浅色路面可减少光源的吸收，增加洞内亮度。

定位：

隧道内铺设 LBS 地面基站辅助定位。

(2) 应对恶劣环境特征的关键技术

■ 恶劣环境关键技术难点

自动驾驶环境感知设备具有其特有属性及局限性，恶劣天气环境下，感知系统会不稳定，自动驾驶安全性会被削弱。

对视觉传感器而言，雨滴容易附着在镜头上，造成图像扭曲，使周边环境发生变化，严重影响图像算法对环境的辨别。此外，雨雪会改变道路上清晰的各种交通标记及车道线等，这些都会对摄像头识别标志物和提取特征造成一定的困难，出现识别失败甚至是错误的情况。

对激光雷达而言，冰雪天气情况下，因结冰或积雪而导致障碍物反射特性及形状发生变化，使激光雷达的探测效果受到一定影响，从而影响三维地图的构建。同时，激光雷达对三维感知过于敏感，雷达脉冲可能会把雨滴，雪花等物体误认为其他障碍物，造成误检，影响系统决策。

对毫米波雷达而言，其穿透雾、烟、灰尘的能力强，但其受制于波长，探测效果

欠佳，如密树丛穿透力低，无法像激光雷达那样对周围的环境进行精准建模。

■ 恶劣环境关键技术建议

- a. 优化感知算法：增加恶劣环境极端工况数据集对控制算法进行模型训练；
- b. 地图修正：利用良好天气下构造的精准地图，在恶劣天气进行修正，可提高自动驾驶在极端工况下的自适应性；
- c. 多传感器融合：摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器各有优势，可采用多传感器结合的方案，融合各传感器数据，根据各传感器互补特性进行容错处理；
- d. 传感器升级：开发专门针对恶劣环境的自动驾驶传感器；
- e. V2X 车联网通信：V2X 受恶劣天气条件的影晌会小很多，通过干线铺设基站实现联网通讯可以获得实时路况、道路、行人等一系列交通信息，可在很大程度上弥补恶劣天气对自动驾驶造成的影响。

(3) 山区、峡谷场景关键技术

■ 山区、峡谷场景难点

山区、峡谷树木茂盛，形成了天然的信号屏障。另外有的地带纵深几公里，宽度只有几百米，造成高度角变小，接收卫星数量少，出现多路径效应误差严重等问题。

■ 山区、峡谷关键技术建议

- a. 抑制多径卫星信号传递；
- b. 提高 GPS 接收机自身的技术指标；
- c. 通过高精地图辅助定位技术；
- d. 通过 V2X 车辆协同增强定位。

(4) 盘山路场景的关键技术

■ 盘山路场景难点

车辆如需在盘山路场景下实现自动驾驶，车辆必须了解自己所处的精确位置，需要准确的高程信息。

3.2.2 具备自动驾驶功能的 N_1 、 N_2 类车辆关键技术

具备自动驾驶功能的 N_1 、 N_2 类车辆主要行驶于城市道路，在行驶过程中不仅需要

具备道路标线识别和路径规划能力，还需要处理复杂的交通行驶场景，对算法和硬件均提出较高要求，对于高精度地图和高精定位的依赖度更高。具备自动驾驶功能的 N₁、N₂ 类车辆的关键技术如下所示：

(1) 更精确的路径规划算法：需要考虑车速、道路的附着情况、车辆最小转弯半径、外界天气环境等因素，通过全局路径规划为车辆规划出一条在已知环境地图信息下的最优路径。车辆在前进过程中，处在不可预测和高度动态的城市道路环境中，障碍物很可能出现在已经规划好的路径上，也有可能在前进的过程中一些障碍（行人或车辆等）动态地出现在路径上。

(2) 局部避障算法：应对这些不可预测的事件以某种方式做出反应，进行局部避障，使之仍然能够顺利到达目的地、完成任务。局部避障对自动驾驶系统提出速度快、实时性好和效率高的要求，而可靠的避障算法正是保证自动驾驶车辆成功避障的主要方法。因此，在全局路径规划的基础上，还需要进行实时的局部危险避障。

(3) 网联功能的更广泛应用：车用无线通信技术（V2X）中的车路通信（V2I）技术通过无线的方式帮助车辆和路侧的交通设施实现数据交换，在支线物流场景中应用较多，主要应用包括交叉路口安全管理、车辆限速控制、电子收费、运输安全管理，以及道路施工和限高警示等。

3.3 重型运载工具关键技术

重型运载工具行驶过程行驶区域为封闭的港口、矿区等专用区域。关键技术如下所示。

(1) 重型运载工具的技术挑战

重型运载工具行驶于港口、矿区、工业园区、物流园等具备良好道路基础且行驶环境可控，该类场景是自动驾驶功能于车端最先应用的领域。以港口场景为例，由第二章园区重型运载工具场景分析可知，港口重型运载工具需配合港口岸桥、吊桥完成调度作业任务，并对港口特殊天气、路况环境挑战应对自如，需对传感器、定位设备提出如下要求：

a) 港口临海，空气湿度常为 100%，经常有大雾现象，且港口的盐碱大，传感器的运行环境较恶劣；

b) 港口自动驾驶车辆需能根据调度指令准确定位，实现装卸功能并于岸桥、吊桥操作相协调。

(2) 重型运载工具的技术要求

以港口场景为例，重型运载工具在传感器、定位的技术要求如下：

a) 港口传感器关键技术

由 3.4.1.1 中对港口重型运载工具运营环境分析可知，传感器在面对潮湿、盐碱度高的环境需有较高的防护等级。且在遇到大雾等恶劣环境时，如何保证感知传感器准确识别周围物体的物理特征需做专项研究。

b) 定位关键技术

由 3.4.1.1 中对港口重型运载工具调度中的定位要求可知，为保证装卸任务效率与人工驾驶相同，港口重型运载工具需保证厘米级定位精度，并且尽量保证一次定位准确。

3.4 小型运载工具的关键技术

(1) 小型运载工具的技术挑战

小型运载工具由于不需要考虑舒适性，以保护周边行人及车辆的安全为行驶原则，对传感器的感知距离及线控制动的响应时间要求相对较低但算法的要求由于行驶环境的复杂多样不低于传统智能网联汽车。

小型运载工具作为汽车应用新形态，面对供应链不成熟/不配合、缺乏统一标准、商业模式缺乏共识等问题。首先是量产低速车平台问题，一方面是由于小型运载工具产业尚未成熟，需求量较少，很难有成熟 Tier 1 和主机厂愿意代工；另一方面，目前自动驾驶公司在业态前景不明朗的情况下，很难重金投入自建车厂流水线，而且该领域的主要研发机构为绝大多数互联网基因自动驾驶企业，本身对于重资产的商业模式带有天生的抗拒心理。其次，车辆成本高特点亟待解决，小型运载工具虽然车辆形态与传统汽车具有较大差别，但仍需配备激光雷达等高精密感知原件，现阶段该类型部件成本可达数十万元甚至接近百万元，相对应的人工成本，在经济性上还无法形成相比人力的绝对优势。目前多家企业已经完成该类车型的基础研发，产品已进入小规模实验阶段，但仍无法突破部件价格的制约，支撑部件价格降低的条件则是需要大订单的采购，单一企业需求量无法实现该条件。

对于场景应用层面的基础设施建设，小型运载工具同样需要通用的网络、充电和停放等园区基础设施支持。在现阶段，实现配送等终端物流功能时仍需要人机协作共同完成，而人机交互的安全性和合理性还需进一步确定。

(2) 小型运载工具的技术要求

小型运载工具需将云端软件和硬件传感器相结合，实现车辆定位、环境感知、路径规划决策、车辆控制执行四大核心技术。小型运载工具仍处于研发试验的阶段，仅在部分地区开放路段以及状况并不是特别复杂的园区进行了测试，仍存在许多技术问题需要解决。

a) 非实时操作系统带来的安全性隐患：自动驾驶系统的计算平台多是非实时的操作系统，但实际需求和安全分析，所有的车载操作系统都需要是实时操作，才能保证反应速度和操作安全；

b) 机器学习能力不够强大：在面对复杂的实际场景时，目前机器深度学习能力仍无法做出全部正确的判断；

c) 决策规划和运动控制技术还不足以满足市场多样化、个性化的需求：市场发展的前期，下游的技术提供商与方案整合商需要尽可能满足该类车辆自动驾驶系统定制化的要求，以满足不同的应用场景；

d) 车辆稳定性还需进一步提高：配送面临的场景多样，能否满足高强度下的配送以及能否满足极端天气配送的要求，都是对车辆配送时自动驾驶功能稳定性的挑战。

e) 市场需求不一导致缺乏系统化、标准化的通用设备及装置，提高制造成本：目前配送车辆的体积大小没有一个统一标准，配送餐饮外卖的车辆，盒饭的尺寸一般都不到 30 厘米，车身较小；与此同时，用于配送快递的车辆需要足够大的车厢空间，载至少 20-30 件货物，车身更大。不同大小的车身导致软硬件的尺寸大小不同，需要小批量生产制造，成本较高。

f) 智能调度系统：小型运载工具的大规模落地应用还有一个关键的技术需要突破——大规模人机协同配送的智能调度系统。配送订单需要人机协作来完成，调度系统需要确定指定人员和车辆，以及要完美地安排配送路径和时间，让用户刚好在相同的时间到达相同的地点，从而高效地完成订单的交接。整个系统规模巨大，预计可能达到每天亿级的订单量、百万级的配送员和无人配送车，达到高效的配送调度还是一个巨大的挑战。

3.5 微型运载工具关键技术

3.5.1 微型运载工具的技术挑战

微型运载工具主要行驶于非机动车道和半封闭园区，实际运行环境复杂，存在以下典型问题：

第一个问题是考虑应用场景，存在城市环境遮挡性，定位信息容易出现较大偏差，对系统定位能力要求高；第二个问题是由于车辆多行驶于人车混行路段，交通秩序约束性较差，需对各类目标运动进行预测，目标行为意图分析要求高；第三，路径突发状况多，全局和局部路径规划要求高。

3.5.2 微型运载工具的技术建议

(1) 软硬件技术建议

微型运载工具的行驶道路较窄，尺寸（长*宽*高）较小，主要用于城市内距离较近的点对点物流运输，货物较少。其行驶特征与电动自行车类似，可参考 GB 17761-2018《电动自行车安全技术规范》4.1 章节内容，建议最高设计速度不大于 25km/h，最高行驶速度应不大于 15 km/h，最高倒车速度应不大于 5km/h，在 4 秒内起步速度应不大于 5 km/h。其所用的电器控制系统在技术特征上应有防篡改设计，确保其最高车速符合本标准上述要求，自动驾驶开发体系软件架构可从平台、体系以及关键技术几个方面来归纳，主要包括数据、采集和标注平台，仿真平台，操作系统，算法测试及评估体系。微型运载工具的可靠性可用平均无故障工作时间（MTBF）和平均修复时间（MTTR）来衡量。

(2) 底盘线控技术建议

在底盘和执行器的设计上，要充分考虑到实用性及可靠性问题。采用车规级的电控底盘执行器、电池等提升性能。比如，要充分考虑到它的实用性，需要考虑爬坡等问题。如果想多送几次货，要用大容量电池来提高它的行驶里程。

目前线控底盘控制逻辑因厂各异，例如，有的逻辑是收到刹车指令即执行刹车操作，有的是满足“刹车”和“在 D/R 档”两个条件才执行刹车操作。这种情况下，自动驾驶底盘驱动与线控底盘平台的功能交互与信息传输需要做大量的适配工作。为促进微型运载工具的平台化规模化发展，需要进行自动驾驶底盘驱动与线控底盘平台的功能交互与信息传输的标准化。

(3) 传感器技术建议

微型运载工具采用的传感器类型如下：

a) 测距类传感器：测距类传感器能够获得比较准确的三维环境信息，主要使用的有激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等。考虑到数据采集、地图定位、感知检测等功能需求，车辆应至少配置 1 个多线束激光雷达，要求有效检测距离不低于 100 米，最远检测距离不低于 150 米，测距误差不高于 3 厘米，能覆盖车身 360 度范围，支持

多次回波，点云质量高，输出频率不低于 10Hz。可增选配置的传感器有单线激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等。单线激光雷达要求室外表现稳定，检测范围不低于 10 米，检测误差不高于 3 厘米，覆盖角度不低于 180 度；毫米波雷达分中距和远距两类，中距视角不低于 80 度，测距范围不低于 60 米，远距视角不低于 20 度，测距范围不低于 150 米；超声波雷达 2 米内测距误差不高于 1 厘米，数据稳定。

b) 位姿类传感器：惯性测量单元（IMU）采用三轴加速度计和三轴陀螺仪来动态测量物体的相对运动以及姿态，其体积应足够小，安装在车体中心，于车体各轴保持平行；陀螺仪初始零偏不超过 $0.1^\circ /s$ ，零偏变化每小时不超过 1.2° ，测量范围从 $-450^\circ /s$ 到 $450^\circ /s$ 。加速度计初始零偏不超过 0.003G（G 是当地重力加速度），测量范围从 -4G 到 4G。惯性测量单元应具有 SPI 和 UART 等接口用于与外部通信，数据输出频率最大可达 2kHz 以保持足够动态性，工作电压为 3.3V，工作温度范围为 $-40^\circ C$ 到 $85^\circ C$ 。

c) 视觉类传感器：采用合适焦距的定焦镜头；相机色彩动态范围大；在固定光圈下快门速度应小于驱动拍摄一次的轮循时间；具备较好的白平衡性能，在不同光线下能尽量恢复物体的固有色；图像输出帧率不低于 20Hz；双目相机输出的深度图或稠密点云数据，在 20 米内测距误差不高于 5%；避免产生飞行像素或噪声点。

微型运载工具价格更敏感，单一传感器视觉技术需要有相应的技术要求。计算机视觉在自动驾驶车场景中解决的最主要的问题可以分为两大类：物体的识别与跟踪，以及车辆本身的定位。

a) 物体的识别与跟踪：通过深度学习的方法，识别在行驶途中遇到的物体，比如行人、空旷的行驶空间、地上的标志、红绿灯以及旁边的车辆等。由于行人以及旁边的车辆等物体都是在运动的，需要跟踪这些物体以达到防止碰撞的目的，这就涉及到 Optical Flow 等运动预测算法。

b) 车辆本身的定位：通过基于拓扑与地标算法，或者是基于几何的视觉里程计算法，自动驾驶车可以实时确定自身位置，满足自主导航的需求。

(4) 地图和定位技术建议

微型运载工具自动驾驶功能应用考虑到其行驶环境的复杂性，应当具备高精度地图数据服务，高精度地图需实现厘米级的数据精度，包括用于定位的三维点云地图以及用于导航的矢量图层。

(5) 人机交互技术建议

针对微型运载工具，人机交互技术应用涉及场景包括：用户取货、运营投递、行

驶过程、远程监控。

a) 用户取货

支持用户通过屏幕操作、语音交互、人脸识别等方式实现取货业务的身份验证、开箱妥投逻辑。

其中，身份验证可通过短信验证码、语音电话、应用 APP 推送、微信小程序等方式下发验证码，也可通过人脸识别来实现身份识别，从而实现免密取件。

用户输入信息的方式，可以通过屏幕输入、APP 扫码输入、语音输入等方式，因此对硬件和系统需要支持触摸屏、具备可用于室外的展示屏幕、可用于室外的高灵敏麦克风阵列以及摄像头。

用于处理人机交互的处理器，原则上应与处理自动驾驶算法的处理器保持独立。

b) 运营投递

运营投递的过程，包括快递员投递（将快递件放入格口）、调度单的生成和确认、妥投情况的确认等。

c) 行驶过程

行驶过程中，通过语音、图形可视化等方式告知警示行人和其他车辆。

(6) 箱体、货柜等技术建议

微型运载工具的箱体和货柜涉及的技术和硬件如表 3.3 所示。

表 3.3 微型运载工具的箱体和货柜涉及的技术和硬件

技术		硬件
生物识别	人脸识别	RGB摄像头/结构光摄像头
标签识别	扫码	RGB摄像头/扫码枪
	NFC	NFC
	验证码	touch屏
信息显示	LCD屏幕	touch屏
	彩色LED灯珠屏幕	LED彩色点阵屏
	静态投影	微型投影灯
状态显示	LED灯光	半透明导光组若干

	声音	扬声器
图像收集	环视拼接成像	4 x FOV 90° RGB摄像头
箱体	物体感知	压力传感器/红外感应
	自动箱体	箱门独立控制电机
	保温	发热丝 空调制冷
	锁控	电动锁/磁力锁
	防破坏	箱体受外力破坏报警
	箱体状态显示	有无订单 保温状态 订单入箱时长
数据连接	USB	USB3.0
	WiFi模块	801 abgn等
	4G模块	WCDMA/CDMA/4G-LTE
数据存储	硬盘	SSD 2X512GB
		机械 2TB

微型运载工具箱体与货柜的技术建议主要包括：

a) 箱体与车辆底盘连接的技术建议

● 机械链接

- 货箱与底盘应具有机械链接，链接固定后，应具有锁止功能；
- 货箱应提供解锁与牵拉功能，方便货箱从底盘解锁并脱离链接；
- 货箱与底盘应具有低阻滑动支撑，方便货箱从底盘完全脱离；
- 货箱牵拉把手需要隐藏。

● 电力供应

- 底盘提供货箱上使用的用户信息交互屏幕电力供应；
- 底盘提供货箱上电机电力供应。

● 数据连接

- 提供必需的数据线路链接，例如网线。
- b) 微型运载工具箱体与车架部件的连接装置应牢固可靠，箱体周边与箱体门应具有良好的密封性及防水性能。
- c) 采用金属材料制作的箱体，表面涂层厚度应大于 0.2mm，箱体涂层应色泽均匀，不允许有露底、流挂、气泡、褶皱等缺陷。
- d) 箱体材料应进行磷化处理，并符合 GB/T 6807-2001 中 4.6 和 4.8 的规定。涂层应具有耐腐蚀性，符合 GB/T 6807-2001 中 4.9 的规定。

特殊用途的箱体，如冷冻、保鲜、保温等特殊要求，由供需双方协商

4 具备自动驾驶功能的物流用车辆的测试

4.1 概述

本章对各类型具备自动驾驶功能的物流用车辆提出测试方法建议，测试方法根据物流车的应用场景技术特点，选取典型的测试场景，测试可通过仿真、封闭场地和实际道路等多种方式实现。

4.2 具备自动驾驶功能的物流用车辆一类应用场景测试需求

4.2.1 具备自动驾驶功能的物流用车辆一类应用场景测试需求

表 4.1 具备自动驾驶功能的物流用车辆一类应用场景测试需求

测试场景类	测试场景	测试方法
公路主道简单场景	主道行驶、限速标志识别及响应、车道线识别及响应、车辆驶入识别及响应、障碍物测试、误作用测试、行人横穿马路、行人沿道路行走、两轮车沿道路骑行、稳定跟车行驶、停-走功能、靠路边应急停车、最右车道内靠边停车、超车、邻近车道无车并道、邻近车道有车并道、前方车道减少、前车静止、前车制动、行人横穿、人工操作接管	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
公路主道复杂场景	驶入隧道、隧道内行驶、驶出隧道	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	极限地势通行	参见 4.2.2
公路主辅交替复杂场景	停车让行标志标线识别及响应、人行横道线识别及响应、机动车信号灯识别及响应、方向指示信号灯识别及响应、直行车辆冲突通行、右转车辆冲突通行、左转车辆冲突通行、对向车辆借道本车车道行驶识别及响应、环形路口通行、长直路段车车通讯、长直路段车路通讯 十字交叉口车车通讯、进收费站、出收费站、由收费站驶入高速公路匝道、由高速公路匝道驶入收费站、编队行驶测试、两轮车横穿马路、匝道内行驶、由高速公路匝道驶入高速公路、 由高速公路驶入高速公路匝道	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	驶入服务区、驶出服务区、服务区通行	参见 4.2.3

4.2.2 极限地势场景测试需求

4.2.2.1 山区/峡谷通行

(1) 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，道路标线清晰，且道路两旁布置定位干扰装置，使车辆处于弱定位环境下，如图 4.1 所示。

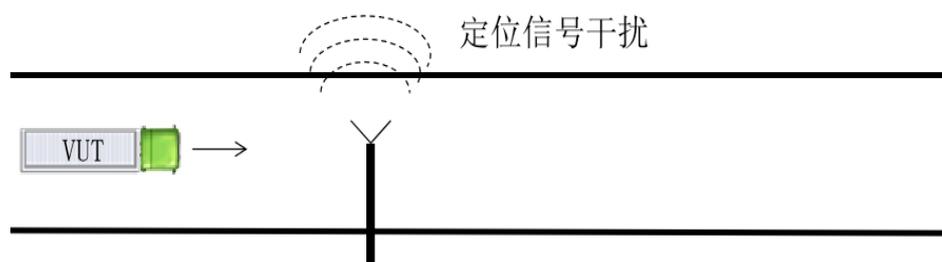


图 4.1 山区峡谷通行测试场景示意图

(2) 建议要求

测试车辆丢失定位信号后，能够沿着当前道路稳定行驶，行驶方向无偏离。

4.2.2.2 高速互通场景

(1) 测试场景

测试道路为两条交互的高速公路或高架桥，至少包含一个交点使两条高速公路经纬度重合，但高度上分层。

(2) 建议要求

测试车辆在经过高速互通道路或高架桥时，能准确定位，并按规划的路径稳定行驶，行驶方向无偏离。

4.2.3 服务区场景测试需求

4.2.3.1 驶入服务区

(1) 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，道路右侧设置有匝道并连接服务区，如图 4.2 所示。

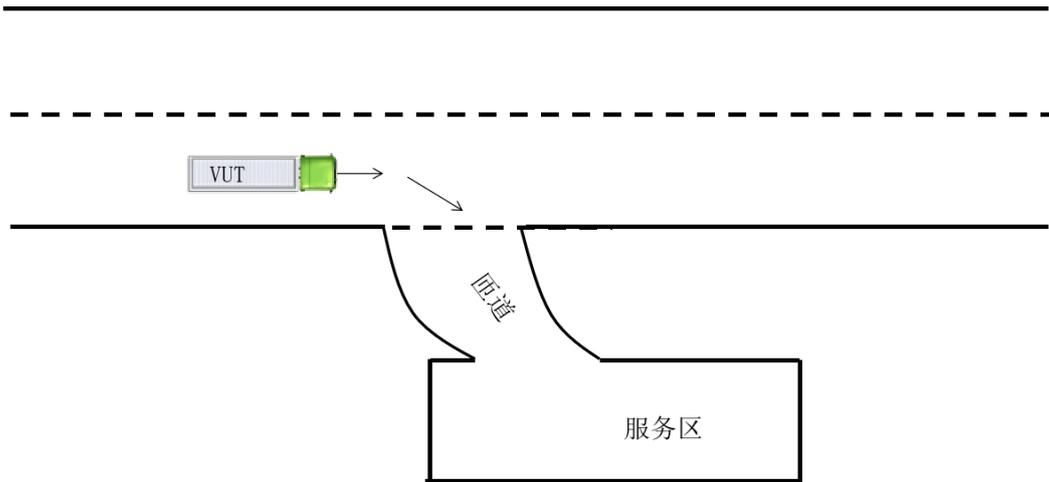


图 4.2 驶入服务区测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆能够完成匝道行驶动作。
- b) 测试车辆能够在驶入服务区后，选择合适车位停车。

4.2.3.2 驶出服务区

(1) 测试场景

测试道路设置有服务区域，服务区连接匝道并与高速公路主干线相连，如图 4.3 所示。

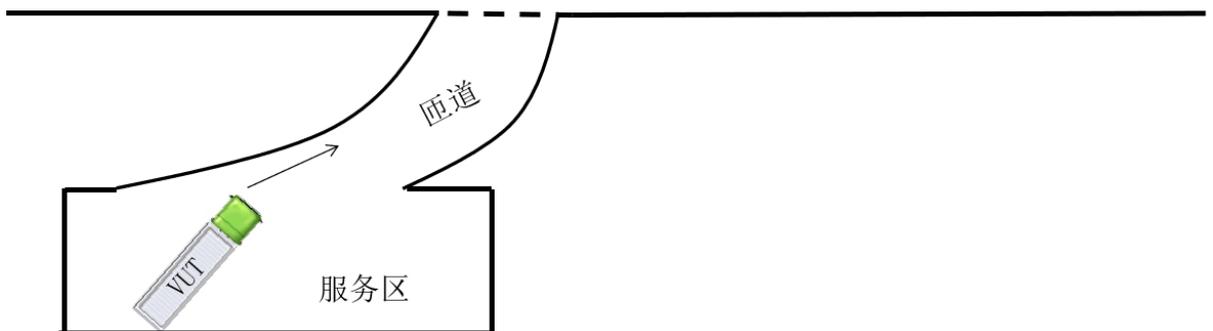


图 4.3 驶出服务区测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆能够在服务区正常起步并驶向匝道。
- b) 测试车辆能够完成匝道行驶。

4.3 具备自动驾驶功能的物流车辆二类应用场景测试需求

4.3.1 具备自动驾驶功能的物流用车辆二类应用场景测试需求

表 4.2 具备自动驾驶功能的物流用车辆二类应用场景测试需求

测试场景类	测试场景	测试方法
城市主路行驶	驶入匝道、驶出匝道、驶入立交桥、驶出立交桥、隧道内行驶	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	主辅交替复杂场景	参见 4.3.2
城市辅路行驶	隧道内行驶	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	林荫路	参见 4.3.3
	窄路	参见 4.3.4
	城市跨河公路桥梁	参见 4.3.5
	潮汐车道	参见 4.3.6
	公交车道	参见 4.3.7
	辅路	参见 4.3.8
	分时段限行车道	参见 4.3.9
微型运载工具场景	林荫路	参见 4.3.3
	机非混合车道	参见 4.3.10
	人行横道	参见 4.3.11
	借道辅路行驶	参见 4.3.12

4.3.2 主辅交替复杂场景

当测试车辆行驶于主辅交替的复杂场景时，应能避免与其他车辆碰撞，并正确开启灯光。

4.3.3 林荫路

测试道路为至少包含一条有林荫路的长直道，测试车辆经过林荫路时，应不会发生误触发。

4.3.4 窄路

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆初始行驶于最右侧车道，其他车道无车辆，如图 4.13 所示。测试车辆应能开启正确转向灯，且测试车辆应完成并道

操作。

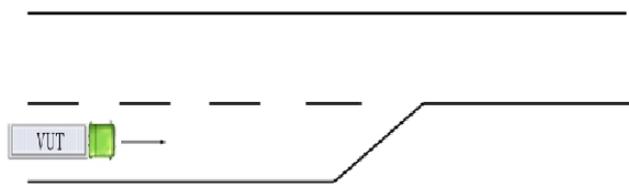


图 4.13 窄路测试场景示意图

4.3.5 城市跨河公路桥梁

测试桥梁应至少有一条长直道，车道线为实线，测试车辆应能识别限速标志牌和解除限速标志牌，应能正常驶入驶出桥梁。

4.3.6 潮汐车道

测试车道应至少包括两条长直道，测试车辆应能正确的识别潮汐车道标志牌，正确的通过潮汐车道路段。

4.3.7 公交车道

测试车辆应能在正确识别公交车道限行和解除限行标志，正确的通过公交车道。

4.3.8 辅路

测试车道如图 4.14 所示，测试车辆在辅路行驶，目标车辆在主路行驶，当目标车辆驶入辅路时，测试车辆应减速避免与目标车辆碰撞。

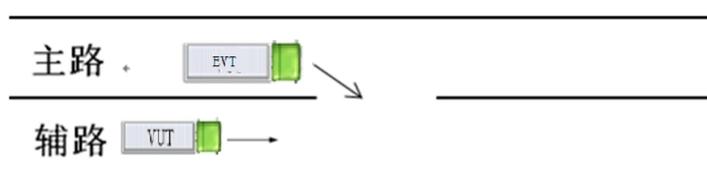


图 4.14 主辅路测试场景示意图

4.3.9 分时段限行车道

测试车辆应能在正确识别分时段限行车道标志，正确的通过车道。

4.3.10 机非混合车道

测试车辆应能行驶于机非混合车道并可识别车辆、行人及两轮车目标，正常通过车道。

4.3.11 人行横道

测试车辆应能正常通过人行横道，能避免和行人和非机动车辆碰撞。

4.3.12 借道辅路行驶

测试车辆借道辅路行驶时，应正常通过辅路，避免和车辆发生碰撞。

4.4 具备自动驾驶功能的物流用车辆三类应用场景

4.4.1 具备自动驾驶功能的物流用车辆三类应用场景

表 4.3 具备自动驾驶功能的物流用车辆三类应用场景测试需求

测试场景类	测试场景	测试方法
三类应用场景 (港口场景)	车辆驶入识别及响应、障碍物测试、误作用测试、稳定跟车行驶、停-走功能、靠路边应急停车、邻近车道无车并道、邻近车道有车并道、前车静止、前车制动、人工操作接管	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	定点停车	参见 4.4.2
	精准停车	参见 4.4.3-4.4.6
	固定路径行驶	参见 4.4.7

4.4.2 定点停车

(1) 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，右侧车道内有一个定点停车位，测试车辆在左侧车道内匀速行驶。如图 4.15 所示。

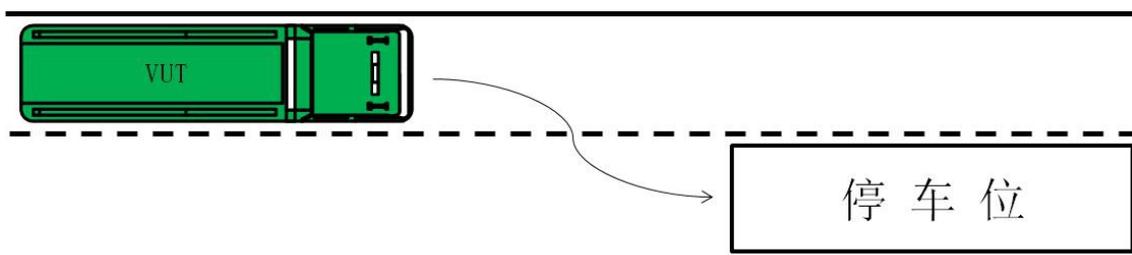


图 4.15 定点停车测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆应能够自动开启右侧转向灯，实现变道并停于右侧车道的停车位内；
- b) 测试车辆应能一次性完成停车，不可出现倒车等动作；
- c) 测试车辆完全停车后，其任何部位不应在停车位以外。

4.4.3 精准停车 1

(1) 测试场景

港口道路上有至少两个仓库口，仓库口前面是停车位，停车位大小与港口内行驶的集装箱物流车长宽保持一致，物流车需要精准倒车至仓库门口的停车位中进行装货。车辆在道路上直行倒车，通过车载感知系统识别出满足要求的停车位，计算出泊车路径，自动进行横向和纵向控制，将车辆准确停在停车位内部，如图4.16所示。

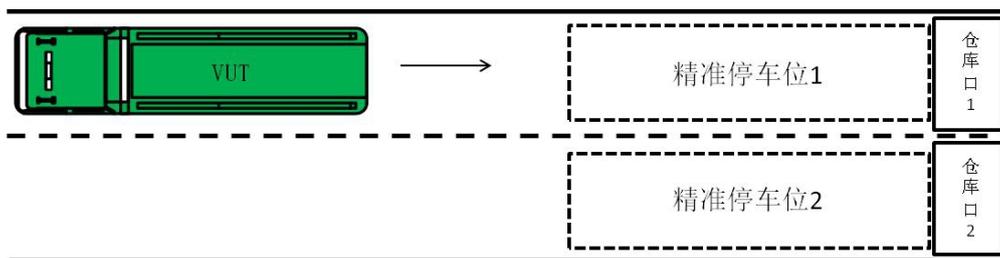


图 4.16 精准停车 1 测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆自动换至倒车档，倒车灯亮；
- b) 倒车时能够通过车载感知系统识别周围环境并计算出距离停车位的精确距离；
- c) 车辆完全停车后，不应与仓库发生碰撞，且停车精度保持在 0.05 米。

4.4.4 精准停车 2

(1) 测试场景

港口道路上有至少两个仓库口，仓库口前面是停车位，停车位大小与港口内行驶的集装箱物流车长宽保持一致，物流车需要精准倒车至仓库口的停车位中进行装货。其他车辆已经停至本车道内的停车位中，测试车辆需倒车至相邻车道的停车位内，测试车辆通过车载感知系统识别出满足要求的停车位，计算出泊车路径，自动进行横向和纵向控制，将车辆准确停在停车位内部，如图4.17所示。

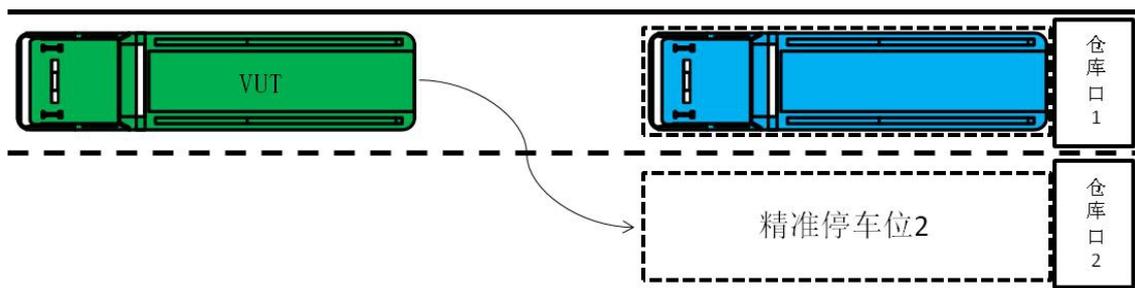


图 4.17 精准停车 2 测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆自动换至倒车档，倒车灯亮；
- b) 倒车时能够通过车载感知系统识别周围环境，自动进行横向和纵向控制，并计算出距离停车位的精确距离；
- c) 车辆完全停车后，不应与仓库发生碰撞，且停车精度保持在 0.05 米。

4.4.5 精准停车 3

(1) 测试场景

港口道路旁边有至少两个吊桥，吊桥前面是停车位，停车位大小与港口内行驶的集装箱物流车长宽保持一致，物流车需要精准行驶至吊桥前方的停车位中进行装货。车辆从道路上向右变道行驶至停车位中，行驶过程中通过车载感知系统识别识别出满足要求的停车位，计算出行驶路径，自动进行横向和纵向控制，将车辆准确停在停车位内部，如图4.18所示。

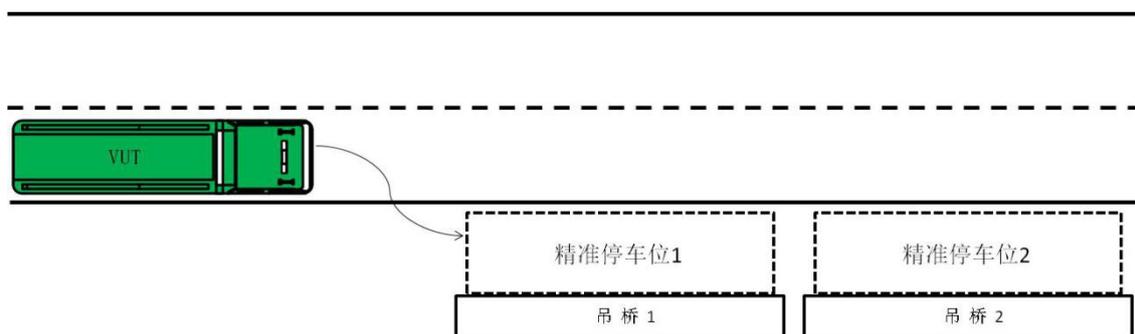


图 4.18 精准停车 3 测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆应能够自动开启右侧转向灯，实现变道并停于车道右边的停车位内；

- b) 测试车辆应能一次性完成停车，不可出现倒车等动作；
- c) 车辆完全停车后，停车精度保持在 0.05 米以内。

4.4.6 精准停车 4

(1) 测试场景

港口道路旁边有至少两个吊桥，吊桥前面是停车位，停车位大小与港口内行驶的集装箱物流车长宽保持一致，物流车需要精准行驶至吊桥前面的停车位中进行装货。其他车辆已经停至其中一个停车位中，测试车辆需要向右后方倒车至停车位中，倒车过程中通过车载感知系统识别识别出满足要求的停车位，计算出行驶路径，自动进行横向和纵向控制，将车辆准确停在停车位内部。如图4.19所示。

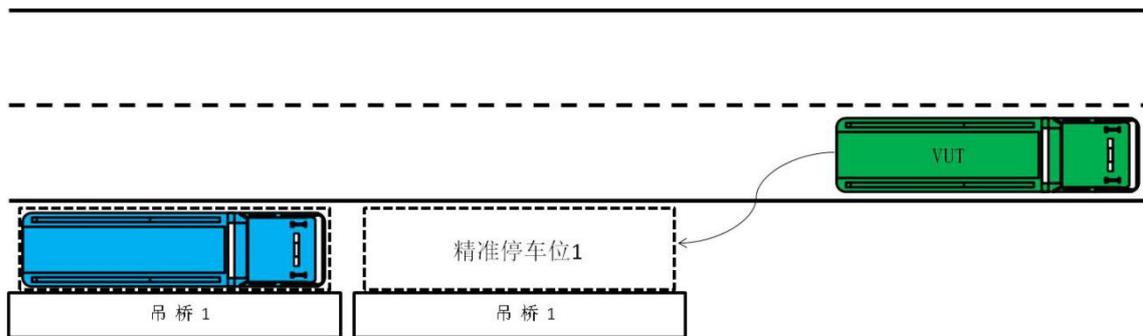


图 4.19 精准停车 4 测试场景示意图

(2) 建议要求

- a) 测试车辆自动换至倒车档，倒车灯亮；
- b) 倒车时能够通过车载感知系统识别周围环境，自动进行横向和纵向控制，并计算出距离停车位的精确距离；
- c) 车辆完全停车后，停车精度保持在 0.05 米以内。

4.4.7 固定路径行驶

测试车辆可以按照指令沿固定路径安全行驶，测试过程中应能识别交通信号灯、标志牌、标志线，应能避免和其他道路参与者发生碰撞。

4.5 具备自动驾驶功能的物流用车辆四类应用场景

4.5.1 具备自动驾驶功能的物流用车辆四类应用场景

表 4.4 具备自动驾驶功能的物流用车辆四类应用场景测试需求

测试场景类	测试场景	测试方法
四类应用场景	人行道、弯道、行人、非机动车等横穿支线道路避让、环岛、直行道	可参考《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》
	开放道路驶入和驶出园区	参见 4.5.2
	平面停车场	参见 4.5.3
	地下车库	参见 4.5.4
	非规则路口	参见 4.5.5
	人机协同配送调度	参见 4.5.6
	无信号灯路口（十字，丁字）	参见 4.5.7
	林荫路	参见 4.3.3
	窄路	参见 4.3.4
	机非混合道路	参见 4.3.10
	跨河桥梁	参见 4.3.5

4.5.2 开放道路驶入和驶出园区

测试车辆应能和门禁系统进行人机交互，正常的驶入和驶出园区，不影响其他道路参与者。

4.5.3 平面停车场

测试车辆应能准确的识别到车位，安全且准确的将车停在车位中，测试过程中应避免与其他道路参与者发生碰撞。

4.5.4 地下车库

测试车辆应能准确的识别到车位，安全且准确的将车停在车位中，测试过程中应避免与其他道路参与者发生碰撞。

4.5.5 非规则路口行驶

测试车辆在非规则路口行驶时，应能通过识别交通标线或者识别到障碍物，减速通

过非规则路口，并正确开启指示灯。

4.5.6 人机协同配送调度

测试车辆可通过寄取货信息，在指定地点完成取/送货任务。测试场景中，除了包括正常的园区道路的行驶，例如直道、弯道、遮挡、窄道、会车、避障、跟随、绕行、丁字十字路口、路边停车、停靠点停车、站点出发、终点停车等常规场景之外，还需要处理许多复杂场景，例如停靠失败、停靠点被占、停靠取消、配送路线交通拥堵等。此外，园区环境复杂，例如阴雨天、夜间配送能力受限情况；配送末端场景复杂，包括校区、社区、商业区、办公区、公寓住宅楼区等场景。配送路线基础设施建设不完善，道路崎岖交通不便。配送路径设计重复交叉、配送网络布局；交付环节处理异常，交付超时等待；配送取消，二次配送、修改指定点等配送问题。

4.5.7 无信号灯路口（十字，丁字）

测试车辆行驶在无信号灯的十字路口或者丁字路口时，应能通过识别交通标线或者识别到障碍物，减速通过十字路口或者丁字路口，并正确开启指示灯。

5 标准制定路线研究

5.1 概述

本章节从物流行业对自动驾驶功能的需求出发，分析现阶段行业发展所需的标准内容，标准体系内容不局限于汽标委及智能网联汽车分标委工作范畴，也可根据需求与相关领域标委会协调，共同推进物流行业的自动驾驶功能应用。

5.2 标准需求概述

物流领域自动驾驶技术应用标准需求体系如图 6.1 所示，可分为六大类：基础标准、基础标准、技术标准、业务支撑标准、测试标准和安全标准。



图 6.1 标准需求体系图

a) 通用标准：确定物流相关的自动驾驶功能分类方式及涉及的专用术语定义。

b) 基础标准：支撑各类型物流运输场景自动驾驶功能应用的基础标准。包括涉及自动驾驶功能于物流领域应用的数据交互内容，保障物流车与路测、物流车与物流车、物流车与收货人等数据传输和互联互通，可规定具备自动驾驶功能的物流车应用层专用数据类型和数据格式，促进自动驾驶功能于物流运输各个环节的数据流转和互通。

c) 技术标准：基于细分类型车辆自动驾驶功能标准化需求分析，制定标准覆盖以下内容：

小微型运载工具技术和功能要求：

现阶段智能网联汽车标准体系以及传统汽车标准体系的补充，基于车型特点分析应用场景为非机动车道、辅道、半封闭园区和封闭园区的小微型运载工具，提出保障该类运载工具行驶安全的性能和功能要求。

重型运载工具技术和功能要求：

现阶段智能网联汽车标准体系以及传统汽车标准体系的补充，基于车型特点面向

应用场景为封闭园区的具备自动驾驶功能的重型运载工具提出保障行驶安全的性能和功能要求。由于不同封闭区域的车型和行驶环境存在较大差异，可制定系列标准，可包括矿区场景、港口场景、机场场景应用功能。

无驾驶舱运载工具外界交互要求；

基于特殊运载工具的特征，对现阶段小微型运载工具所采用的无驾驶舱设计形式提出安全相关的灯光、声音外界交互信息要求及面向使用者的货物接驳交互，保障特殊行驶场景中的安全需求和功能需求。

物流专用自动驾驶功能远程监控管理平台要求。

分析物流行业数据特点，对具备自动驾驶功能的物流专用车辆提出远程监控及管理平台的要求，对传输数据类型、传输频率、接入方式等提出要求，保障监控及管理平台正常运行。

d) 业务支撑标准：基于第一章和第三章针对应用场景的分析，制定包含物流车自动驾驶功能接驳和流程管理内容的支撑标准，建议包含以下内容：

满足物流领域自动驾驶技术应用需求的物流站点的建设要求

基于具备自动驾驶功能的物流车需求的物流站点建设要求，包括基础建设要求、数据交互要求、货物对接要求等。

满足物流领域自动驾驶技术应用需求的园区的建设要求

提出具备自动驾驶功能的物流车对于港口、矿区、物流园等特殊应用场景的建设要求；提出小区、工业园等末端物流配送场景应用自动驾驶功能所需配套的设施建设要求。

小微型运载工具配送流程指南

应对小微型运载工具大规模应用的配送流程指南性文件，通过规范流程进一步提升产业效率。

e) 测试标准：基于运载工具分类，补充完善智能网联汽车自动驾驶功能测试类标准，包含以下内容：

补充自动驾驶功能物流用特殊测试场景于现有测试方法类标准；

分析小微型运载工具特点，补充特殊应用场景于测试场景中并提出相应测试方法和测试要求。

制定半封闭、封闭园区自动驾驶功能测试方法类标准

基于运行区域特点分析具备半封闭、封闭园区行驶的自动驾驶功能测试方法，包括典型测试场景、测试方法和通过要求等内容，测试场景覆盖“港口”、“矿区”、“物流园区”、“工业园区”、“商务区”、“居民小区”等多个区域。

f) 安全标准

补充或制定适用于物流用的自动驾驶功能信息安全和功能安全标准。

5.3 标准制定路线图

(1) 路线图梳理原则

标准制定路线将根据第二章中各车型基于应用场景的技术路线图内容，考虑“基础通用先行、产业需求先行、法律支撑先行”三点标准制定原则。部分标准可以根据指定实际情况进行拆分和合并，同时参考技术实际发展状态，实时优化标准体系。

(2) 标准制定路线图建议

a) 第一阶段（2020-2022）

需制定相应基础通用类和技术类标准，满足支撑物流行业的自动驾驶功能应用的合规性需求，制定和补充标准建议如下：

- 补充《智能网联汽车术语定义》
- 补充《智能网联汽车 自动驾驶功能应用层数据格式》
- 补充《智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求》
- 《小微型运载工具自动驾驶功能技术及功能要求》
- 《重型运载工具自动驾驶功能技术及功能要求》
- 《智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求 第5部分 封闭/半封闭园区行驶功能》

b) 第二阶段（2022-2025）

建议完成基于特殊应用功能的安全要求类标准并继续完善技术类标准内容，提升自动驾驶功能于物流领域应用的安全系数，制定标准建议如下：

- 补充智能网联汽车信息安全技术要求；

- 补充功能安全技术要求；
- 《小微型运载工具自动驾驶功能外界交互技术要求》；
- 《物流专用自动驾驶功能远程监控管理平台技术要求》。

c) 第三阶段（2025 以后）

建议完成相关配套设施及配送流程标准，提升自动驾驶功能于物流产业的应用范围，推动产业大面积应用，制定标准建议如下：

- 《满足物流领域自动驾驶技术应用需求的物流站点建设要求》
- 《重型运载工具自动驾驶功能应用港口建设要求》
- 《小微型运载工具配送流程指南》

6 总结与展望

6.1 标准化研究将推动具备自动驾驶功能的物流车辆规模化应用

2017年由工信部、发改委和科技部联合发布的《汽车产业中长期发展规划》中明确指出以智能网联汽车作为抢占先机和赶超发展的突破口，探索适合我国国情、多领域联动的智能网联汽车创新发展模式。2020年，11部委联合出台《智能汽车创新发展战略》，从国家层面指导智能汽车的发展，要求充分发挥市场配置资源的决定性作用，激发产业发展活力，打破行业风格，加强产业融合，并规划于2025年实现具备高度驾驶自动化水平的智能汽车在特定环境下市场化应用。

基于产业特点和行业需求，作为汽车应用新领域和汽车产业新形态，标准化工作将有效促进自动驾驶功能于物流行业的健康发展。相关标准的制定将规范产品质量要求，助力产业有序发展。为更好地发挥标准化在物流产业自动驾驶功能应用中的支撑和引领作用，汽标委智能网联汽车分标委自动驾驶工作组启动物流行业应用自动驾驶功能的标准需求研究项目。

在道路车辆的运行范围内，车辆可通过智能网联技术实现包括自动编队、远程调度等功能，满足不同物流运输需求，拓展物流“仓到仓”场景需求。要求实现“长距离、高载重、快速度、高可靠、高安全”的自动驾驶功能。城市物流运输层面，具备城市道路自动驾驶功能的物流车应用于物流仓到城区各个物流节点配送工作，实现物流分拨应用。要求实现“短距离、可调度、高效率、高负杂、高安全”的城市道路自动驾驶功能。基于末端物流的园区物流应用层面，自动驾驶功能应用重点解决“最后一公里”派送问题，实现园区非结构化道路下端对人的自动化物流派送。要求解决“多样化、速度慢、行人多、变化快”的园区道路自动驾驶功能。

6.2 主要研究内容

1、重点内容

本研究报告从以自动驾驶于物流行业的应用场景、关键技术、测试方法、法律法规适用性等方面进行研究，并根据研究结果分析物流行业自动驾驶功能应用的标准化需求并制定标准制定路线图供后续产业标准制定参考，研究报告共完成以下几个方面的研究工作和基本成果：

(1) 本文梳理物流运载工具于物流全产业链应用，并聚焦自动驾驶功能在物流领域的应用环节，分析自动驾驶功能应用车型和应用场景角度，基于各类应用场景实现时间制定物流行业自动驾驶功能应用的技术路线图。

(2) 分析物流行业应用的自动驾驶功能技术特点，梳理不同应用场景、不同车型的技术难点，提出软硬件、底盘线控、传感器、地图和定位、人机交互、箱体、货柜等方面技术要求建议。

(3) 分析基于特殊应用场景的测试方法，基于仿真、场地、实际道路等多种方式测试方法提出技术和场景分析提出测试场景建议。

(4) 在标准化路径方面，提出了近期重点标准建议，更好的推动自动驾驶功能在物流行业的落地与快速发展。

本研究报告旨在推动自动驾驶功能在物流领域的示范应用和产业化落地产业，为物流行业广泛使用自动驾驶功能提供标准支撑，推动其产业结构优化、升级，促进新兴产业形成和物流行业转型升级。

6.3 后续工作展望

随着各相关企业投入越来越多，无人配送已逐步落地，并演化出园区清扫，无人零售等新兴业务。随着越来越多物流公司、互联网企业及传统车企进入开展自动驾驶功能定向应用，用于开展物流业务的自动驾驶功能将得到更多的测试和运营机会。各相关企业通过自主研发和企业间合作，利用自身平台优势，开放其多重场景，将行业各端资源进行整合，建立场景、技术、运营、行业规范的组合能力，可以加速整个物流体系的自动化程度，促进行业的快速发展。

研究报告的发布并非该研究工作的终点，分标委将组织相关单位，继续推进该研究内容的完善。该领域标准化工作将贯穿产业发展全流程，发挥引领研发、规范基础设施建设、推进技术合规等重要的作用。标准体系的逐步建设，将成为产业开展应用示范试点应用的理论支持，同时也可作为规范基础设施的建设的参考。通过多方位的共同努力，无人化的物流产业前景可期。

附录 A

物流领域自动驾驶技术应用案例

1、具备自动驾驶功能的 N 类车辆

自动驾驶技术在货运、物流方面或许将更快实现商业化运作。卡车作为物流中的重要一环，正在被企业开发和应用。图森未来、特斯拉、waymo、菜鸟、优步、京东、苏宁、西井科技、东风、沃尔沃等企业已经在研发自动驾驶卡车中小有成就，而多数企业表示 2020 年将实现自动驾驶卡车的商业化试运营。

1) Uber “货运平台” 成为黑马业务

Uber 在全世界发明了网约车商业模式，给人类社会的交通出行带来重大的颠覆。一些乘客不了解的是，Uber 还拥有服务货车、卡车司机的货运服务。据外媒最新消息，送货已经成为 Uber 的一个黑马业务。



图示. Uber 具备自动驾驶功能的物流用车辆

Uber 的货运服务使用“Uber 货运”（Uber Freight）的品牌。该公司使用手机软件实现了传统卡车司机的配货，成为货主和货车司机之间的一个中介平台。Uber 公司宣布自动驾驶卡车业务将从货运业务分拆，另外 Uber 收购的自动驾驶卡车公司 Otto 创始人 Lior Ron 回归货运业务，并且确定将“Uber 货运”变成一个独立经营的业务。



图示. 优步的 Otto, 沃尔沃, 奔驰的自动驾驶卡车

目前, Uber 货运业务向中小企业货主推出了全新的平台, 这些客户为自己的货源寻找司机、确定价格将变得更加简单。根据美国科技新闻网站 The Information 的报道, Uber 货运业务目前每个月的毛收入高达 4000 万美元, 一年的收入接近 5 亿美元。另外一个行业消息人士透露, Uber 货运业务在 2018 年以来的收入已经增加了一倍, 这种势头将会继续延续。据悉, 目前的收入规模已经让 Uber 货运业务成为美国最大的卡车配货中介商之一。

由于 Uber 货运业务仍然在快速发展中, 因此这一业务目前仍然亏损, Uber 高管之前对媒体表示, 在未来一年中, 货运业务的投资将会增加一倍。自从诞生以来, Uber 靠着一款手机软件和全新的商业模式, 颠覆了全球的交通出行。在全球各地, 出现了不计其数模仿 Uber 商业模式的公司, 也给大量的汽车、摩托车等司机提供了全新的就业岗位。一些分析师指出, 凭借着 Uber 强大的影响力和互联网的业务推广效应, Uber 货运业务有朝一日可能让传统的卡车配货平台失去生存机会。

2) 图森未来自动驾驶卡车

2019 年 3 月 19 日, 图森未来对外发布其最新的自动驾驶摄像头感知系统。该感知系统会在 2019 年第二季度量产, 并于第三季度应用于图森未来正在进行商业化运输服务的自动驾驶卡车上。图森未来在硬件研发上的领先之举, 不仅为自动驾驶卡车的运营提供了强有力的保障, 也是图森未来进行大规模商业化的关键一步。

配备有索尼最先进的汽车 CMOS 图像传感器, 图森未来自主研发的摄像头感知系统充分支持夜间以及低能见度下的自动驾驶行驶。利用索尼的汽车 CMOS 图像传感器创造出了一套可在短、中、长多种距离范围下, 精确检测并识别 1000 米以内物体的感知系统。该系统攻克了诸多复杂的图像识别难点, 例如出入隧道时突然的光线变换, 日升日落时的光晕, 以及迎面车辆的大灯眩光, 同时也能很好的处理交通信号灯的 LED 闪烁场景。自动驾驶卡车的有效感知距离达到了 1000 米——无论在距离上还是清晰度上, 都有明显优势。自动驾驶卡车利用摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器实现对周围环境 360 度像素级的感知和解读。无论在晴天还是雨天, 图森未来卡车都保持 3 厘米以内的控制精度。此夜间行驶方案与图森未来行业领先的 1000 米感知技术相结合, 可使得自动驾驶卡车使用率提高到 80%。

2020 年 3 月, 图森未来与 UPS 的无人驾驶运输服务合作已增加至每周 20 次, 并新开通了一条连接亚利桑那州凤凰城和德克萨斯州埃尔帕索的运输线路。图森未来计划在 2021

年进行首次无安全员物流运输作业。



图示. 图森未来的自动驾驶卡车

3) 一汽解放发布“哥伦布智慧物流开发计划”



图示. 一汽解放“哥伦布智慧物流开发计划”

2019年1月19日，一汽解放发布哥伦布智慧物流开放计划。该计划是一汽解放面向商用车行业智慧物流及自动驾驶领域的一个开放平台。为合作伙伴提供一个开放、完整、安全、共赢的数据、软件、硬件、云、车辆共享平台。为智能卡车开发赋能，为智慧物流全新生态模式开发赋能，帮助合作伙伴与一汽解放协同共赢发展。

哥伦布智慧物流开放计划主要包括两条子计划：1.以解放智能车平台为核心的“智能加”开放计划；2.以解放车联网平台为核心的“互联家”开放计划。

在“智能加”开放计划中，解放将为合作伙伴提供中国第一、世界一流的智能车生态开放支持，包括智能车开发平台和智能车运营平台两部分。“智能加”开放计划为生态合作伙伴提供三种合作模式：

模式一：由解放单独为客户提供系统性智能运输解决方案；

模式二：利用合作伙伴算法，与合作伙伴共同为客户提供解决方案；

模式三：为合作伙伴提供开放的线控车辆平台，合作伙伴可基于智能车场景使用需求，单独完成“端到端”智能化解决方案。

在“互联家”开放计划中，解放将向合作伙伴开放车联网数据、车联网系统和车联网生态。得益于解放的机箱桥三大总成完全的自主开发制造，使得解放成为国内唯一能够提供涵盖从零部件到整车，从 L1 到 L3 级数据的整车厂，解放能为伙伴提供行业最为深度的车联网数据。目前，解放的数据种类有 49 种，未来这个数量将逐年递增，最终达到 1000 种。并且，从 2020 年开始，部分车型的数据采集频率也将由 30 秒提升到 1 秒。在车联网系统开放方面，为解放 C 端用户、B 端用户、经销商服务商分别开发了多款数字化应用系统，并涵盖车机端、手机端、车载电视端、穿戴设备端等触点，对于这些应用系统，解放将会为所有生态合作伙伴开放接口，通过这种开放，解放将会极大减少大家的推广成本，快速让行业用户享受到便捷全面的服务体验。在车联网生态开放方面，欢迎合作伙伴调取解放的服务，希望能通过解放的服务，让中国的物流行业更加数字化、更加智能化。

4) 苏宁自动驾驶卡车

2018 年 5 月 24 日，苏宁物流在上海奉贤园区进行自动驾驶卡车道路测试，据了解这是苏宁物流与智加科技联合推出的达到 L4 级别自动驾驶能力的重型卡车。此前，在 5 月 19 日、20 日，苏宁自动驾驶重卡刚刚顺利完成了在盐城汽车试验场的高速场景测试。据称，苏宁的自动驾驶重卡载重 40 吨，采用深度传感器融合技术，在自动驾驶感知、认知、决策、控制层面技术领先，300 米的精确识别，25ms 的反应速度，能够在驾驶速度达 80km/h 时实现安全自动驾驶。苏宁的自动驾驶重卡，是由硅谷一家人工智能公司智加科技联合推出，目标达到 L4 级别自动驾驶能力。



图示. 苏宁自动驾驶重卡“行龙一号”

苏宁的自动驾驶重卡是在一汽解放的车辆上改装的，而一汽解放于 2017 年 10 月完成国内首次高速公路 L3 级智能车辆路试，并在 2018 年 4 月获得国内商用车“智能网联汽车道路测试牌照”。2018 年 6.18 期间，“卧龙一号”自动驾驶物流配送车，通过苏宁小店成功落地北京并实现常态化运营，苏宁也由此成为国内首家拥有常态化运营自动驾驶车的企业。7 月，苏宁物流与百度自动驾驶事业部联合宣布，将加速落地物流自动驾驶技术，要在 2020 年实现末端配送的自动驾驶技术普及和车辆的规模化量产。

5) 主线科技的自动驾驶卡车

2018 年 4 月 12 日，由中国工程院院士李德毅领衔，天津港集团公司、中国重汽集团公司和天津主线科技公司三方联手打造的自动驾驶电动卡车在天津港成功试运营。自动驾驶港口集装箱纯电动牵引车将正式批量投入天津港运营，开辟自动驾驶重卡的商用新时代。日前，中国重汽智能电动集卡成功中标天津港招标项目，中国重汽自动驾驶港口集装箱纯电动牵引车将正式批量投入天津港运营，开辟自动驾驶重卡的商用新时代。

自动驾驶电动卡车可以自动智能驾驶出入码头和堆场，直接将集装箱送至指定位置，不仅缩短了运输环节，同时价格也相对更便宜。不仅能适应港区大范围作业，并且还能驶出港区，满足更多的“跨界”运输需求。



图示. 主线科技的自动驾驶卡车

作为主线科技核心产品，主线科技港口无人驾驶解决方案 Trunk®Port 已成功应用于我国综合性港口天津港。目前，搭载 Trunk®Port 的无人集卡正与有人驾驶车辆一起进行集装箱作业。2019 年 4 月 12 日，主线科技无人驾驶物流卡车开启真实高速场景编队实测。5 月 7 日，无人卡车车速提升至 60km/h，车间缩小至 15 米±20%。

6) 飞步科技 EMS 合作推自动驾驶物流服务

2018年2月21日，自动驾驶初创公司飞步科技，已经与中国邮政EMS、德邦快递达成战略合作，共同建立了多条L4级别自动驾驶物流线路，目前已上线3个月，进入常态化联合运营阶段。双11、双12、年货节均正常运营，累计里程达3600公里，运送快递超6万件。据称，这是中国首批进行日常运营的自动驾驶货运车。



图示. 飞步科技自动驾驶物流卡车

据飞步科技官方资料，在2018年双11期间，由飞步科技自主研发的L4级别自动驾驶货车在浙江地区成功上线，开展真实环境下的日常运营。这里的真实环境包含城市、省道、县道、乡道、高速、快速路、隧道等多种形态在内的交通道路，并包括暴雨、暴雪、大雾等多种极端天气在内的环境组合。

飞步科技称，最新开始常态化运营的邮政运输线路从起点到终点全长23.6公里，途径菜场、商业中心、火车站、居民小区和广场等多种复杂路段，全程路口超过50个，红绿灯26个。飞步科技已为客户及合作伙伴持续提供L4级别下自动驾驶载货运输服务，横跨双11、双12、年货节等重要的电商物流高峰阶段，累计里程3600公里，运送快递超6万件。

2、小型运载工具

自动驾驶技术和物流派送其实是一个很契合的搭配。物流派送去掉人力成本，可以大大节省开支。小型具备自动驾驶功能的运载工具在物流派送方面主要完成包裹和餐饮的运输服务，相对于微型运载工具，小型运载工具的承载量会更大一些，可提供部分零售和食品制作等服务。例如，必胜客和丰田、福特ROBOCAR的披萨送货和外卖配送服务、Kroger与Nuro合作推出的全自动送货服务、AutoX生鲜配送和宜家移动咖啡馆、菜鸟ET实验室小型运载工具等。

1) 硅谷机器人技术公司 Nuro

2018 年，神秘的硅谷机器人技术公司 Nuro 不仅自主研发了自动驾驶技术，与全球最大生鲜连锁超市 Kroger 达成了合作伙伴关系，将自动驾驶技术授权给世界领先的自动驾驶卡车公司 Ike，还在美国亚利桑那州推出面向公众的自动驾驶配送服务。2 月 11 日，Nuro 完成了 9.4 亿美金的融资，投资方是管理着将近 1000 亿美金的软银愿景基金。“我们努力希望该产品是全自动机器人技术大规模商业化最早落地的产品之一。” Nuro 创始人朱佳俊称，“下一步，我们会投资进行大规模生产制造，并且不断改进自动驾驶的软件和算法，让产品更加安全高效”。



图示. Nuro 小型运载工具

2020 年 2 月，自动驾驶新创公司 Nuro 拿到了美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）赐予的“尚方宝剑”，未来两年可以在美国部署最多 5000 台低速无人递送车，主要执行的是短途任务，其足迹会被限制在经过精确测绘的社区街道，在运营过程中会有操作员进行远程监督，如果有必要会果断对车辆进行手动控制。另外，Nuro 新款无人递送车 R2 会首先在休斯敦部署，将帮助沃尔玛和达美乐递送披萨和杂货等。

2) 东风 Sharing-VAN 移动出行服务平台

Sharing-VAN 专注于为用户带来愉悦的智能体验。公司的战略定位于打造中国领先的移动出行整体解决方案提供商。公司商品线包括自动驾驶控制系统和 5G 云控系统、多模式交通整车产品、Sharing city 智慧城市，已与全国 30 多家客户建立合作关系，主要客户有中国移动、浙江德清、青岛易华录、北京首钢等。2019 年，先后在浙江德清、湖南长沙、湖北武汉、山东青岛等地开展示范运行。

Sharing-VAN 1.0 车型，2019 年 4 月在上海车展发布，发布有快递车、售货车等车型，通过平台化、模块化开发，通过上装的匹配的差异，实现载人功能。具备一键招车、动态限速、环岛通行、动态避障、多车编队、自动泊车及后台招车、远程控制、调度监控等 13 项功能，目前已进入小批量量产阶段。



图示 Sharing-VAN 1.0 快递车 图示 Sharing-VAN 1.0 售卖车 图示 Sharing-VAN 2.0

Sharing-VAN 2.0，可实现电动底盘与座舱分离，可实现原地转向、横行、斜行、四轮转向等行驶模式，预计 2020 年小批量量产。

除 Sharing-VAN 1.0 和 2.0 车型外，东风开发了快递配送 Sharing-Smart elf 车型，该车型还可用于清扫、安防巡检，预计 2020 年小批量量产。

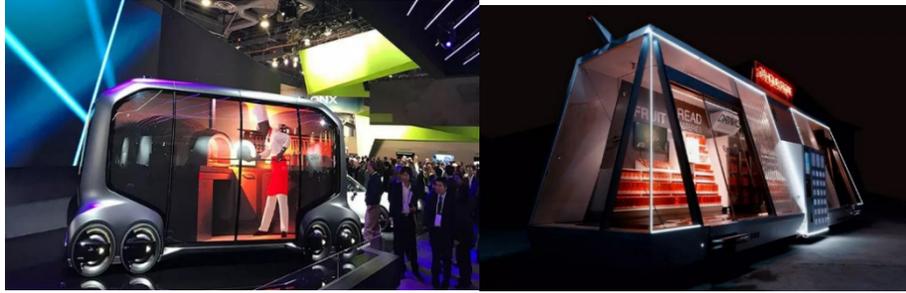


图示 Sharing-Smart elf 车型

3) 其它小型运载工具



图示. 雷诺 EZ-Pro, CargoPod 自动驾驶自助杂货交货



图示. Toyota e-Palette 多功能车, Wheelys 的 Moby-Mart 全息店员自驾车商店



图示. 梅赛德斯奔驰 Vision Van (仓库机器人+自动驾驶机)

3、小微型运载工具

(1) 菜鸟网络 ET 物流实验室

2018年4月18日, 阿里巴巴菜鸟网络公开了一段自主研发的物流自动驾驶车路测实况影像, 并透露自动驾驶技术在物流领域已经成熟。菜鸟 ET 物流实验室研发的“G+自动驾驶快递车”每天都在进行公开路测, 它的感知跟踪算法在全球自动驾驶算法公开排行榜KITTI 评测数据集上长期位居第一名。



图示. 阿里巴巴菜鸟网络末端小微型运载工具

菜鸟小 G plus 具备车辆结构, 适合在室外长距离运行。菜鸟小 G plus 搭载了来自速腾聚创 (RoboSense) 的激光雷达 RS-LiDAR-M1Pre, 保证在行驶方向上拥有更强大 3D 环境感知能力, 让小微型运载工具获得行驶方向上的行人、车辆以及各类障碍物的形状、距离、方位、速度、行驶方向等, 并指明道路可行驶区域等。从而保证小微型运载工具能在复杂的园区道路环境中顺利通行。2018 年 5 月底, 菜鸟联合整车厂商、激光雷达公司、芯片公司及具备自动驾驶设备落地场景的公司, 共同启动“驼峰计划”, 推进自动驾驶在物流领域的落地, 并不断探索商业化运营模式。2018 年 9 月 19 日, 在云栖大会现场, 菜鸟自动驾驶车带着多种智能零售设施, 在场地内自动巡游。观众在车前扫码或刷脸, 即可开启零售柜口。2019 年 5 月底, 在全球物流峰会上, 推出驼峰计划 2.0, 提升了小微型运载工具生态演化和商业落地的进程。



图示. 菜鸟 ET 实验室小微型运载工具

(1) 美团自动驾驶配送

美团在 2016 年 10 月内部成立 W 项目组, 开始研发特定场景下自动驾驶配送。2017 年 12 月, 成立自动驾驶配送部, 由美团科学家夏华夏博士领导。

美团自动驾驶配送围绕美团外卖、美团跑腿等核心业务, 通过与现有复杂配送流程的结合, 形成了自动驾驶配送整体解决方案。包括快速分发订单的交易平台, 基于大数据优化的调度系统, 利用自动驾驶技术构建的物流路网, 多种人机协同的末端配送模式, 形式多样的智能配送终端等。配送方案发挥了自动驾驶机、高/低速自动驾驶车、特种机器人等不同产品优势能力, 满足在楼宇、园区、公开道路等不同场景下的外卖即时配送需求, 提升配送效率和用户体验, 最终实现“用自动驾驶配送让服务触达世界每个角落”的愿景。在 2018 年 7 月 25 日的美团自动驾驶配送开放平台发布会上, 美团的微型运载工具“小袋”为美团副总裁王慧文送来了一杯外卖咖啡。这是美团微型运载工具首次公开完成从商户到用户的配送全流程。一款采用 L4 级别 (在特定条件下汽车无需驾驶员也能自动行驶) 自

自动驾驶技术的概念车也随之亮相。



自 2018 年 3 月至今，美团无人配送开放平台积极探索室内、园区、公开道路的整体解决方案，目前已合作开放近百个酒店、写字楼，实现“机器人乘梯送外卖”，并在试点区域开展园区、公开道路测试。无人配送平台已具备较为成熟的业务管理体系、智能 IOT 解决方案、车载交互界面，支持多种即时配送业务的对接和落地，并提供技术测评认证服务，整合产业链上下游资源优势，打造合作共赢的生态氛围，推动无人配送商业化落地贡献积极的力量。



在 2019 年 1 月，美团自动驾驶配送携全场景产品亮相美国 CES 展， 获得了海外媒体和行业内人群的关注。并因此吸引了美国商业杂志《Fast Company》的关注，因自动驾驶配送为代表的美团科技创新，美团以第一名身份登上了 Fast Company 发布的“2019 全球 50 家最具创新性企业”榜单中。



2019年4月初，在国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地内，经封闭测试场日常训练、自动行驶轮式车能力评估测试等系列程序，美团微型运载工具“小袋”成功通过测试，并获得全国首份服务型电动自动行驶轮式车测试报告，成为国内首家通过该项测试的企业。



2020年新冠疫情期间，美团无人配送车出现在北京市顺义区多个社区，为居民配送新鲜的果蔬食品。无人车既送来了生活物资，也避免了人跟人的接触，让用户感到安心。针对顺义社区的配送困难，美团无人配送中心在顺义区政府指导下，由顺义区经信委牵头，与北京市顺义区卫健委及疾控中心等机构合作，围绕美团买菜服务站点配备无人配送车，已经开始常态化配送运营，公开道路上行驶速度约为20公里/小时。在此过程中，与中国联通北京分公司进行合作，通过优化落地区域5G网络，满足自动驾驶技术的用网需求，保障落地顺畅。最早的一批落地点包括北京顺义区、海淀区等。



(2) 联邦快递全自动快递机器人

联邦快递 (FedEx) 2018 年正式宣布了新的 SameDay Bot 快递机器人。



图示. 联邦快递全自动快递机器人 SameDay Bot

2018 年 9 月 28 日早间消息, 美国科技媒体 The Verge 报道, 联邦快递 (FedEx) 今天正式宣布了新的 SameDay Bot 快递机器人, 尝试用机器人实现“最后一公里”短程配送, 与创业公司和亚马逊展开竞争。SameDay Bot 是一款由电池提供动力的机器人, 最高时速达到 10 英里 (约 16 公里), 可以借助 LIDAR 传感器和常规摄像头自主穿梭于行人和车辆之间。

联邦快递表示, 该公司最初将利用这种机器人在该公司孟菲斯总部的办公室之间送货, 目前仍在等待当地政府批准。但如果测试取得成功, 他们还希望拓展到其它公司和零售商, 最终使之成为当日送达服务的一部分。该公司还表示, 他们目前正在与 AutoZone、Lowe's、必胜客、塔吉特 (Target)、Walgreens 和沃尔玛展开沟通, 评估他们对这种机器人快递服务的需求。联邦快递表示, 平均而言, 这些零售商有 60% 以上的客户位于门店周围 3 英里的范围内——非常适合用这种轮式机器人提供服务。

SameDay Bot 的确具备一些独特功能。它是在工程师迪恩·卡门（Dean Kamen）的帮助下完成的，此人之前开发了 Segway 和爬楼轮椅 iBot，因此能够在联邦快递的机器人身上看到他之前作品的影子。该机器人的宣传视频还显示，它的前后都将配有屏幕，以便与行人交流。前方屏幕会显示“hello”，后方屏幕则会显示行驶方向，以及是否即将停下。自动驾驶功能也在测试类似的技术，希望借此减少事故，避免人类与机器之间产生误解。

（3）智行者蜗必达-自动驾驶配送物流车

北京智行者科技有限公司，自动驾驶整体解决方案提供商和服务商。产品搭载了智行者科技自主研发的 AVOS 系统，提供了多传感器自适应融合算法、环境认知算法、设计合理的路径规划算法、高可靠性的控制算法和智能配送的解决方案，可实现人性化且智能化的自动物流配送。



图示. 智行者蜗必达-自动驾驶配送物流车

（4）新石器低速自动驾驶车

新石器慧通（北京）科技有限公司，致力于拓展物流领域低速自动驾驶车技术，用自动驾驶车技术提高物流运输的效率。新石器小微型运载工具第一代，全球第一辆为 L4 自动驾驶正向研发的电动物流车，目前已经进入小批量生产阶段。并且在北京未来科学城滨水公园、常州武进工业园、雄安新区以及广州潼湖碧桂园科技小镇投入商业化运营。



图示. 新石器低速自动驾驶车

新石器与百度等企业合作研发小微型运载工具，目前，首批 100 台量产车已正式下线，在常州、北京、雄安新区投入常态化运营，全面开启自动驾驶车量产的新时代。2018 年 11 月，在 2018 百度世界大会现场中，百度阿波罗战略合作伙伴新石器旗下小微型运载工具曝光了一款基于现有量产版升级的新石器零售车，据悉这款车将在明年年初完成量产。随后，这款自动驾驶车可落地到仓库、园区、厂区等场景，有望在降低人力成本的同时提升物流效率。

(5) 京东（X 事业部）小微型运载工具

京东小微型运载工具主要应用于城市配送业务，从站点配送至写字楼、居民区便民店、别墅区及园区等。初期主要用于园区配送任务，逐步实现市区开放环境配送服务。可以实现针对城市环境下订单集中场所进行批量送货，将大幅提升京东的配送效率。

京东 X 事业部成立于 2016 年 5 月 13 日，前身是京东物流实验室。专注于智慧物流与无人科技的研发与应用。京东 X 事业部在 2016 年 7 月成立自动驾驶团队，9 月推出第一代小微型运载工具，2017 年 6 月实现了首个高校场景运营，2017 年 11 月推出第 3 代小微型运载工具，2018 年 6 月在北京市海淀区开展社会道路运营并同步发布 3.5 代小微型运载工具，2019 年第四代小微型运载工具在北京市房山区开始试运营。2018 年至 2019 年先后在长沙、呼和浩特、贵阳建立了京东智能配送站，应用机器人完成货物配送工作，积累了丰富的运营经验。



图示. 京东 X 事业部小微型运载工具

疫情期间，京东迅速挑拨一批小微型运载工具前往武汉，为武汉市第九医院及周边疫情严重社区进行货物配送。

设备调试全部采用远程部署的方式，从设备运输、地图生产到正常稳定地运行，

开始无人配送作业，全程无需专业工程师前往现场，采用与当地人员配合的方式完成。根据客户需求，紧急上线“京东 APP 扫码取货”的无接触取货方案，降低人们在取货过程中的交叉感染几率，减少病毒传播渠道。



图示 武汉医生从配送车中取货

(6) 其他自动驾驶配送平台

落实在南京的苏宁小店社区的“卧龙一号”，是一个深度结合物联网、云计算、AI 等最新技术描绘出来的一个自动驾驶配送快递车，续航可达 8 小时。在智能感应方面主要采用多线激光雷达+GPS+惯导等多传感器融合定位方式，融合激光雷达拥有更加灵敏的避障反应能力；在人机交互方面卧龙一号有着更加高效的地形适应能力，可以智能提示路过的行人、车辆和障碍物，为规划出最优绕行路径提供依据。



图示. 达美乐 DRU 披萨外卖机器人、苏宁“卧龙一号”