

中国特色的无人驾驶出行服务初探

华泰研究

2022 年 2 月 22 日 | 中国内地

专题研究

电子

增持 (维持)

其他电子

增持 (维持)

研究员

黄乐平, PhD

SAC No. S0570521050001
SFC No. AUZ066

leping.huang@htsc.com

研究员

陈旭东

SAC No. S0570521070004
SFC No. BPH392

chenxudong@htsc.com

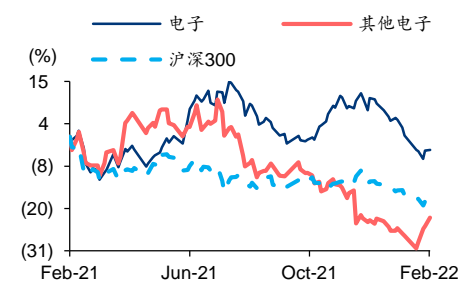
联系人

张宇

SAC No. S0570121090024

zhangyu@htsc.com

行业走势图



资料来源: Wind, 华泰研究

无人驾驶出租车试运营在全国逐步推开

我们于近期调研了百度萝卜快跑, 上汽享道出行, 蘑菇车联等多个企业的无人驾驶出租车 (Robotaxi), 我们发现: 1) 21 年 7 月之后, 国家和地方智能汽车路测与示范应用政策陆续出台, 目前已有 9 家企业在 19 个城市开展 Robotaxi 试运营。2) 当前 Robotaxi 服务普遍以 “点对点运载” 的形式开展, 基本可以满足用户在示范区内的出行需求。3) 和美国加州的路测不同, 各企业的技术方案由此前的单车智能向车路协同升级, 路端加装监控设备, 企业与政府共同探索智慧交通的发展方向。4) 车端硬件方案采用英伟达 Orin 芯片+激光雷达+高清摄像头, 预计单车智能驾驶零部件成本在 10~20 万元。

9 家企业在 19 个城市开展无人驾驶出租车载人测试

2021 年 7 月国家发布智能汽车道路测试与示范应用的顶层设计, 明确了企业、测试车辆和安全驾驶员的管理细则, 允许企业在确保安全的前提下开展载人载物示范应用。截止 2022 年 1 月, 北京、上海、安徽、江苏等 8 个省级政府发布测试管理细则和补贴支持文件也陆续下放。在政策明朗的背景下, 各智能驾驶企业开始加速在全国各主要城市开展试运营项目的推广落地, 为 Robotaxi 的商业化应用奠定基石。

Robotaxi 已可满足示范区内用户的基本出行需求

用户可以通过手机应用市场下载各企业 Robotaxi APP, 根据地图上的接载站点, 实现 “站点到站点” 的自动驾驶打车出行。即使在早晚高峰、夜间出行、下雨雾霾等复杂环境下, 车辆均可保持安全运营。Robotaxi 行车决策以安全稳健为首要原则, 每车仍配有安全员。当遇到环境较为复杂的境况时, 车辆主要以等待为主要的行驶策略, 有小概率需要安全员介入接管的情况。空调、车窗、娱乐等非行驶控制集成在后排屏幕, 帮助用户更便捷地控制座舱, 为用户创造了更好的功能控制体验。

中国无人驾驶普遍采用车路协同方案

通过分析我国各企业的无人驾驶测试方案, 我们看到和美国加州不同, 中国普遍采用车路协同的解决方案。通过对道路和路侧基础设施的改造升级, 实现对道路通行环境的实时监测, 从而让车辆实现超视距路况感知, 达到车-路-云的一体化, 进一步保障行车的安全性。各科技公司发挥其在人工智能、自动驾驶、云计算、大数据、地图等领域的技术优势, 与地方政府组建合资公司, 共同推进基础设施建设。双方携手组建涵盖路端信息与车辆信息的数据中心, 共同打造功能可拓展的 “城市数字底座”, 在为当前测试车辆提供运营服务的同时, 也为未来城市智慧交通体系建设打下良好的基础。

单车硬件加入更多激光雷达, 同时升级 Orin 芯片以强化数据处理能力

车端设备智能水平快速提升。感知器方面, 得益于半固态激光雷达成本下降和性能提升, 各企业普遍选择搭载多颗半固态激光雷达, 实现车辆周围环境的全面感知, 弥补摄像头和毫米波雷达的传感缺陷。在决策器方面, 各企业普遍升级了英伟达的 Orin 芯片, 以强化对高清摄像头、激光雷达、毫米波雷达、高精度地图及路端监测数据等多种感知设备融合形成的海量数据。

风险提示: Robotaxi 落地不及预期; 自动驾驶技术发展不及预期。

正文目录

路测管理政策落地，企业加速布局各地试运营项目	3
国家顶层政策设计落地，各地政策支持持续跟进	3
各企业加速在全国范围内开展试运营	4
部分科技公司以独立运营方式开启了 Robotaxi 的试运营	4
部分科技公司与车企背景的出行公司联合推广试运营项目	6
Robotaxi 已可满足示范区内用户的基本出行需求	8
运营方式为测试区内“点到点”运行	8
Robotaxi 行车决策较为保守，复杂路况小概率需要安全员接管	9
车辆的非行驶控制集成在后排屏幕，帮助用户更便捷地控制座舱	9
技术路线从单车智能向车路协同升级	10
通过车路协同，进一步强化运营安全	10
智能驾驶科技公司助力地方政府加速打造智慧交通体系建设	11
车端智能驾驶硬件配置快速升级	12
激光雷达加入车端硬件搭载方案，感知能力进一步增强	12
升级英伟达 Orin 芯片，强化多感知器数据的融合处理能力	13
风险提示	13

路测管理政策落地，企业加速布局各地试运营项目

2021年7月，国家对智能汽车道路测试与示范应用的顶层设计出台，统一了全国范围内开展测试的各项要求，此后各地地方政府的测试管理细则和补贴支持文件陆续下放。在政策明确的背景下，各智能驾驶企业开始加速在全国范围内开展试运营项目的推广落地。

国家顶层政策设计落地，各地政策支持持续跟进

2021年7月，工业和信息化部、公安部、交通运输部联合发布《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》。规范文件从道路测试与示范应用主体、驾驶人及车辆，道路测试申请，示范应用申请，道路测试与示范应用管理，交通违法与事故处理6个方面明确了参与测试的各方应当遵守的管理规范，同时也为自动驾驶企业开展试运营扫清了面临的政策障碍。

正式出台的规范文件允许企业在经过一定时间或里程道路测试后，在确保安全的前提下开展载人载物示范应用，并将测试示范道路扩展到包括高速公路在内的公路、城市道路和区域。规范同时取消了此前政策要求的“道路测试/示范应用通知书”的发放要求，将相关安全性要求调整为企业安全性自我声明，进一步简化办理程序，便于企业更快速的开展运营测试。在运营过程中，政策推动实现测试项目和标准规范的统一，明确在一个地方通过检测后进行异地测试时对于通用项目不需重复检测，进一步减轻企业负担。

国家顶层规划设计落地后，各地方政府纷纷跟进管理办法细则与补贴等支持性政策。安徽、江苏、广东、上海、广西、北京、山东等地发布了各地的智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范。此外，广州、四川、北京、长沙、嘉善、苏州、武汉、深圳等城市发布了省级自动驾驶测试运营补贴支持政策，各地对企业开展自动驾驶示范项目启动、技术研发、运营落地、示范应用、申请专利、制定标准等各个环节进行了全面的补贴支持。

图表1：各地智能汽车道路测试与示范应用管理规范

省/直辖市	城市	文件	日期
安徽	合肥	《合肥市智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(公开征求意见稿)》	2022年1月
江苏	常州	《常州市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则(试行)》	2021年12月
广东	深圳	《深圳市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则(征求意见稿)》	2021年11月
上海	上海	《上海市智能网联汽车测试与示范实施办法》	2021年10月
江苏	无锡	《无锡市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则(试行)》	2021年9月
广西	柳州	《柳州市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则(试行)》	2021年9月
北京	北京	《北京市智能网联汽车政策先行区高速公路及快速路道路测试及示范应用管理实施细则(试行)》	2021年7月
山东	青岛	《青岛市智能网联汽车道路测试与示范应用先行示范区总体实施方案》	2021年7月
国家级		《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》	2021年7月

资料来源：工业和信息化部、公安部、交通运输部，各地政府官网，华泰研究

图表2：各地自动驾驶示范项目补贴情况

城市	补贴总额 (万元)	入选一次性补贴 (万元)	研发 (万元)	成果落地 (万元)	示范应用专利 (万元)
广州	8,000		3,000	5,000	10,000
			+10,000 (股权投资)		
四川	5,700		2,500	3,000	
北京	5,500		2,500	500	1,200
长沙	700	50	300	100	250
嘉善	16,480	10,000	880	4,500(减税)	1,000
苏州	4,300	1,800		10,000(股权投资)	800
				+ 1000/年 (补贴)	
武汉	32,000	22,000	2,700	5,000	1,000
深圳	5,800		2000		1,000
			+20,000 (瓶颈问题)		

资料来源：各地政府官网，华泰研究

各企业加速在全国范围内开展试运营

绝大部分企业已经由过去的单一地区试点向多城市试运行推广升级。部分公司开始以独立运营的方式开启 Robotaxi 的试运营，部分公司与出行公司展开了深度合作，开发前装量产智能车。

图表3： 各公司试运营情况

面向全体公众试运营							
供应商	城市	试运营里程 (km)	试运营规模 (辆)	开始时间	试运营区域	是否收费	应用方式
小马智行	广州	135.3	30	2021 年 5 月	广州生物岛、黄埔区	免费	Pony Pilot 小程序
	北京	255.6	30	2021 年 5 月	亦庄	免费	
文远知行	广州	135.3	40	2020 年 3 月	广州生物岛、黄埔区	部分收费	WeRide Go、高德地图
	安庆	4.3	5	载人测试阶段	筑梦新区广场	免费	WeRide Go
滴滴	上海	53.6	30	2020 年 6 月	嘉定区	免费	滴滴出行 APP
百度	重庆	N/A	45	未开始	永川区	N/A	百度地图、
	长沙	157	49	2020 年 4 月	湘江新区	免费	百度 APP 中 Dutaxi 小程序、
	武汉	28	15	载人测试阶段	武汉开发区	免费	Apollo Go
	沧州	229	30	2020 年 8 月	沧州主城区	免费	
	北京	255.6	45	2020 年 10 月	亦庄、海淀、首钢园区	部分收费	
	银川	6.7	N/A	载人测试阶段	金凤区	免费	
	广州	135.3	N/A	种子用户招募	黄浦区	免费	
	大连	5	7	2021 年 1 月	金普新区	免费	
	AutoX	上海	53.6	30	2020 年 5 月	嘉定区	免费
	深圳	144.7	35	2021 年 2 月	坪山区	免费	AutoX 小程序
元戎启行	杭州	N/A	10	载人测试阶段	杭州	免费	曹操出行
Momenta	苏州	N/A	1	载人测试阶段	相城区	免费	Momenta GO
驭势科技	武汉	N/A	42	载人测试阶段	武汉经开区	免费	东风领航
蘑菇车联	衡阳	200 公里	105 台	载人测试阶段	市区主干交通要道	-	Mogopilot+小程序
	大理	136 公里	N/A	载人测试阶段	环洱海	-	Mogopilot+小程序
	北京	7.2 公里	10	载人测试阶段	顺义区	-	Mogopilot+小程序
中智行	苏州	N/A	N/A	载人测试阶段	相城区	-	中智行 APP

资料来源：各公司官网，SIC，华泰研究

部分科技公司以独立运营方式开启了 Robotaxi 的试运营

中国市场，百度是最早入局 Robotaxi 的中国企业，旗下萝卜快跑平台，已于五座城市开展 Robotaxi 运营活动。百度 Apollo 于 2021 年 5 月正式开启 Robotaxi 常态化运营活动。2021 年 8 月，百度发布全新升级的自动驾驶出行服务平台——“萝卜快跑”。目前萝卜快跑运营城市分别为北京、上海、长沙、广州、沧州，截止 3Q21 共提供 11.5 万次乘车服务。目前百度萝卜快跑旗下车型 Apollo Moon 单位成本为 48 万元，约为行业平均水平的三分之一。百度预计 2023 年萝卜快跑的运营城市将扩展至 30 座，服务用户超过 300 万，订单量达到百万量级。

图表4： 百度萝卜快跑车型 Apollo Moon



资料来源：百度官网，华泰研究

图表5： 百度 Apollo Moon 内部行车路线显示



资料来源：百度官网，华泰研究

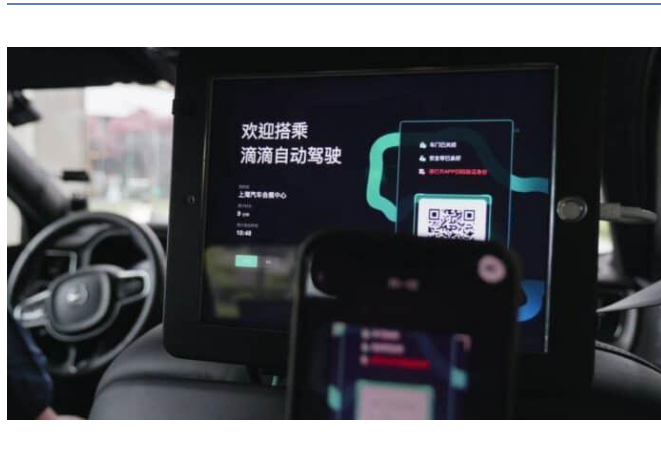
滴滴的自动驾驶技术研发虽然起步较晚，但依靠丰富的平台经验，快速推进 Robotaxi 试运行逐步落地，目前已于四座城市开展 Robotaxi 运营活动。滴滴自动驾驶自 2016 年起步，2020 年 6 月在上海推出载客试点，9 月获得上海首批载人示范应用牌照。2021 年上半年分别就自动驾驶与广汽埃安和沃尔沃达成战略合作。截至 2021 年 6 月，滴滴有超 500 名自动驾驶团队成员和超 100 辆自动驾驶汽车，已获得北京、上海、苏州、美国加州等地路测资格，在上海的测试里程达 530 多公里。

图表6： 滴滴无人 Robotaxi 车型 XC90



资料来源：滴滴官网，华泰研究

图表7： 滴滴自动驾驶后排屏幕



资料来源：滴滴官网，华泰研究

蘑菇车联成立于 2017 年，通过切入城市公共出行和公共服务领域，以车路云一体化全栈解决方案，并提供运营服务，实现 Robotaxi 商业大规模落地新突破。目前公司着力推进衡阳、大理、鹤壁多地智慧交通建设和自动驾驶车队运营。蘑菇车联自主研发了车路云一体化的自动驾驶体系，2019 年蘑菇车联则在北京顺义落地国内首个开放式 5G 商用车路协同示范路，2021 年与衡阳市政府签订战略合作协议，贯穿衡阳城市主干道，总里程 200 公里，Robotaxi 车队数百辆，是全球领先的城市级 L4 自动驾驶项目，通过政企结合提升资源复用率和规模效应，发挥一体化方案优势，良好解决 Robotaxi 的高昂成本问题。目前公司已经在北京、上海、江苏、湖北、湖南、河南、云南等落地了自动驾驶商业项目，总订单量超 20 亿元。

图表8：蘑菇车联 Robotaxi 车型



资料来源：蘑菇车联，华泰研究

图表9：蘑菇车联 robotaxi 车队



资料来源：蘑菇车联，华泰研究

中智行成立于 2018 年，致力通过车路云相结合的车路协同来实现自动驾驶真正的商业化，深耕苏州。公司通过打造高级智能化道路（I4）和通用车端智能（L2.9）技术来实现系统整体能力超越 L4 级自动驾驶，推动 L4 降本增效和规模化落地。2021 年 10 月，中智行在苏州市相城区的高智能化道路上成功进行“路开车”演示，包括“数字化封路、多车协作式掉头、盲区出车让行”等三个场景，接待了上百人试乘体验。中智行目前在苏州、上海等多地进行技术验证。

部分科技公司与车企背景的出行公司联合推广试运营项目

Momenta 联合上汽集团旗下享道出行，在上海启动 Robotaxi 试运营。上汽于 2018 年推出享道出行平台，2021 年 12 月在上海举办享道 Robotaxi 上线体验日，宣布采用 Momenta L4 级自动驾驶解决方案。此次上海运营部署 20 台车辆，预计年内车队规模将增加至 40 台，2022 年登陆深圳并实现整体 200 台的运营车队规模。2021 年 12 月 28 日享道 Robotaxi 在苏州上线 20 台运营车辆。

图表10：上汽享道 Robotaxi 可在 APP 上一键呼叫



资料来源：享道出行官网，华泰研究

图表11：上汽享道 Robotaxi 的行车路线示意图



资料来源：上汽享道官网，华泰研究

文远知行联合广汽集团旗下如祺出行，在广州开启 Robotaxi 试运营。广汽于 2021 年 8 月获广州市道路测试试验牌照，车队可在番禺汽车城开展自动驾驶示范运营。12 月 21 日，广汽集团、文远知行、如祺出行三方宣布达成战略合作，共同推进 Robotaxi 的研发和运营，计划于 2022 年在如祺出行平台上线 Robotaxi 运营。文远知行自动驾驶路测里程超过 800 万公里，有超过两年的 Robotaxi 运营经验。

图表12: 广汽如祺出行 Robotaxi 车型 Aion S



资料来源: 如祺出行官网, 华泰研究

图表13: 广汽与文远将建立一支数万辆规模的 Robotaxi 车队



资料来源: 广汽集团官网, 华泰研究

驭势科技联合东风集团旗下东风出行, 在武汉开启 Robotaxi 试运营。东风于 2019 年 5 月推出网约车服务。2019 年 9 月, 东风获得武汉市第一张自动驾驶汽车路测牌照。2021 年 2 月, 东风自动驾驶 Robotaxi 正式上线, 其中采用了驭势科技 L4 级别的自动驾驶解决方案, 此次投放车辆为 42 辆, 其运营范围主要位于武汉经济开发区, 设有 22 个停靠点。预计在未来两到三年内, 还将陆续投放超过 200 辆自动驾驶汽车。未来运营范围将扩展至整个武汉三镇。

图表14: 东风出行 Robotaxi 车型东风风神 E70



资料来源: 东风汽车官网, 华泰研究

图表15: 东风与驭势车队运营范围将扩展至武汉三镇



资料来源: 驭势科技官网, 华泰研究

Robotaxi 已可满足示范区内用户的基本出行需求

我们通过试乘北京的萝卜快跑、苏州享道出行、广州如祺出行的 Robotaxi，认为当前 Robotaxi 已可满足部分基本出行需求。但 Robotaxi 在用车方式、车辆行驶体验等方面仍然需要持续的改进，与传统的网约车和出租车相比仍然存在很大的改善空间。

运营方式为测试区内“点到点”运行

当前 Robotaxi 已经可以较好地解决用户在示范区域内的出行需求。用户可以通过手机应用市场下载各企业 Robotaxi APP，根据地图上的接载站点，实现“点到点”的自动驾驶打车出行。虽然每辆车均配有安全员监管车辆，但仅极少数情况需要安全员接管。即使在早晚高峰、夜间出行、下雨雾霾等复杂环境下，车辆均可保持安全运营。但点对点的出行方式在一定程度上限制了用户用车的自由度。而传统的网约车和出租车，用户可以在任意的非禁停区域上下车。同时行程中的用户也不可以中途下车，提前结束行程。这样出行方式使得当前 Robotaxi 与公交车较为类似。我们认为，随着未来车辆对可路测临时停车的环境和条件拥有更强的识别能力时，Robotaxi 将进一步升级为任意点上下车模式。

图表16：萝卜快跑 robotaxi 上下车网点地图



资料来源：萝卜快跑官网，华泰研究

图表17：萝卜快跑 robotaxi 行程开启界面



资料来源：如祺出行官网，华泰研究

图表18：北京自动驾驶专用上下车点



资料来源：华泰研究

图表19：广州如祺出行 Robotaxi 上下车点



资料来源：如祺出行官网，华泰研究

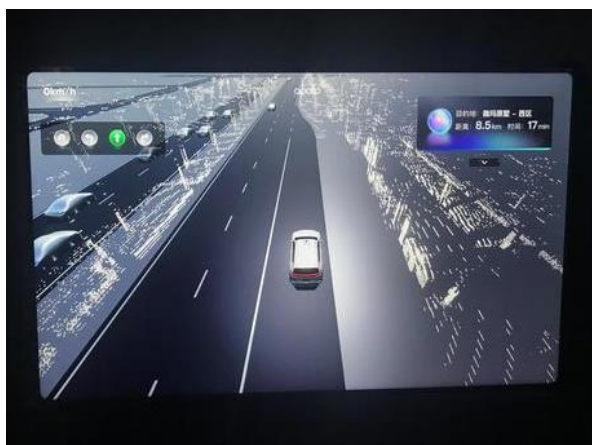
Robotaxi 行车决策较为保守，复杂路况小概率需要安全员接管

当前 Robotaxi 的行驶状态仍以稳健为主，用户乘坐体验总体较为平稳。Robotaxi 在道路前方无车时，车速普遍保持在 60 公里以下；前方道路有车时，以跟车行驶为主，较少完成主动变道超车。而用户在使用网约车或出租车时，可以根据其行程时间需求向司机提出不同的驾驶方案。

Robotaxi 在遇到路口车辆较多，环境较为复杂的境况时，车辆主要以被动等待为主要的行驶策略，让行前方车辆。在需要路口左转的行车需求时，遇到周围机动车、非机动车、行人等干扰因素较多的环境下，车辆偶尔会出现需要安全员介入接管的情况。

在遇到其他车辆加塞、非机动车与行人非法闯入行车道路、路口行车线标记不清等情况下，车辆普遍以急减速避险的方式处理，会给车内乘客造成较差的乘坐体验。智能驾驶在应对道路潜在风险的环境下，仍然无法做到像人类驾驶员一样从容，更多地是把保证绝对安全放在第一位而较大地忽视了乘坐体验。

图表20：萝卜快跑行车环境激光雷达成像图



资料来源：华泰研究

图表21：享道出行 Robotaxi 行车环境监控



资料来源：享道出行、华泰研究

车辆的非行驶控制集成在后排屏幕，帮助用户更便捷地控制座舱

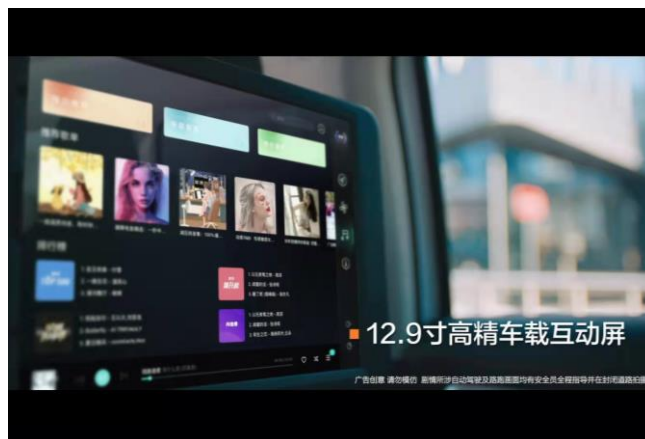
Robotaxi 后排屏幕普遍集成了行车监控、座舱控制与娱乐等功能。用户虽然不能操控车辆，但可以通过屏幕看到车辆对周围环境的实时监测情况。通过屏幕，用户还可以语音控制调节车内空调温度，开关车窗，享受视频音乐服务等功能体验。车辆将费驾驶功能的控制完全交到用户手中，为用户创造了更好的功能控制体验。

图表22：享道出行 Robotaxi 上车人脸识别



资料来源：华泰研究

图表23：享道出行 Robotaxi 后排娱乐系统



资料来源：享道出行、华泰研究

技术路线从单车智能向车路协同升级

当前多数企业的 Robotaxi 技术方案之中，开始由过去的单车智能向车路协同升级。在车路协同方案中，车辆可通过路段监测设备，实现超视距路况感知，进一步保障行车的安全性。在智能交通道路建设中，智能驾驶科技公司与当地企业成立合资公司，加快路端基础设施和数据中心的建设。

通过车路协同，进一步强化运营安全

车路协同则是通过提升车辆、路侧基础设施、云计算平台等的智能化水平，实现车与车、车与路、车与行人、车与云计算平台的全方位的信息交互和实现无人驾驶。相较单纯的单车智能而言，车路协同方案将进一步强化 Robotaxi 的行车安全，帮助车辆实现超视距感知能力。

车路协同方案通过对道路和路侧基础设施的大量改造和升级，通过道路端的摄像头、激光雷达、智能信号灯等基础设施，实现对道路通行环境的实时监测，同时将道路段采集到的通过信号机将数据发送至即将通过该路段的车辆。车辆将提前获取前方道路的信号灯、其他机动车、非机动车以及行人等超越单车视距的道路信息，帮助车辆提前做出行车决策，进一步强化行车安全的同时，也有助于改善车内乘客的行车体验。

百度、文远知行、蘑菇车联、中智行、小马智行、Auto X 等企业，在新一代的技术方案中，均可实现车端数据与路端数据的协同处理，通过路端信息实现超视距感知，进而对行车方案做出更优的决策。

图表24： 相应厂商路端相关基础设施设置建设情况

厂商	百度	华为	腾讯	阿里斑马智行	蘑菇车联
相关基础设施	电警卡口、地磁、雷达、信号机、AI 相机、边缘计算、路侧停车场、公交车单元、车载单元	电警、卡口过车记录、地磁、GIS 地图、天气、运营商 OD、智慧信号机、车联网	5G 网络、车路协同边缘计算平台、GPS、浮动车、台、5G 基站、路侧激光雷达、杆、RSU	RSU、MEC、视觉传感器、合云、时序数据库、流式计算、摄像头、路侧激光雷达、机器学习平台、高精地图、高精定位	5G 网络、MEC、RSU、路侧毫米雷达、信号机

建设成本

- 1、Apollo Moon 月均运营成本-为 8000 元
- 2、Apollo Moon 48 万成本价
- 3、每公里道路约 50 万元、每个路口改造成本 81.84 万元。

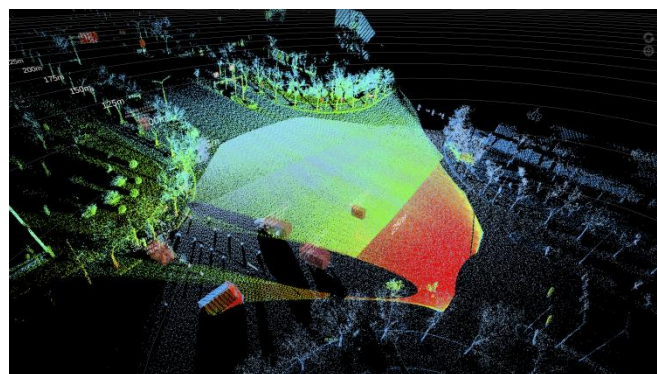
资料来源：公司官网,华泰研究

图表25： 百度的在线信号灯及路端环境监测设备



资料来源：百度，华泰研究

图表26： 蘑菇车联路段激光雷达成像图



资料来源：蘑菇车联，华泰研究

智能驾驶科技公司助力地方政府加速打造智慧交通体系建设

在路端建设上，各智能驾驶科技公司也普遍选择参与到地方政府的无人驾驶的示范区建设中。各科技公司选择与地方政府成立合资公司的形式开展示范项目。科技公司发挥其在人工智能、自动驾驶、云计算、大数据、地图等领域的技术优势，与地方政府共同推进基础设施建设，包括智能在线信号灯、路口的环境识别摄像头、成像激光雷达、5G 网络等。同时，双方携手组件涵盖路端信息与车辆信息的数据中心，共同打造功能可拓展的“城市数字底座”，为城市安防、路政、物流、交通管理等多个领域提供可定制化的数据服务。

在车路协同的技术路线下，车端智能化水平和路端智能化水平同步升级，为后续打造范围更加广泛的智能交通体系打下良好的基础，也为未来的无人驾驶测试评价标准编制、管理和运营提供有利的保障。

图表27：各企业与地方政府及地方企业在智慧道路建设的合作情况

科技公司	合资公司/项目名称	地区	持股比例	其他股东/合作政府	成立/合作时间	注册资本/总投资 (万元)
百度	湖南阿波罗智行	湖南	30%	长沙先导产业投资（国有）、湖南湘江智能科技创新中心（国有）	2019/3/25	10,000
	北京智能车联产业创新中心	北京	10%	北京亦庄国际投资发展（国有）、千方科技、北京新能源汽车（北汽极狐持股）等	2016/10/26	6,000
	自动驾驶与车路协同创新示范区	山西	-	阳泉市政府	2019/11/21	-
	-	成都	-	成都市高新区	2020/6/24	60,000
	-	沧州	-	沧州市人民政府	2019/9/12	-
	-	大连	-	大连金普新区	2020/5/22	-
	广州市黄埔区广州开发区面向自动驾驶广州与车路协同的智慧交通“新基建”项目	-	-	科学城（广州）投资集团有限公司	2020/8/24	46,000
	“西部自动驾驶开放测试基地”建设项目	重庆	-	重庆市人民政府	2019/8/26	5,280
	-	银川	-	银川市人民政府	2019/12/22	-
	保定市智能交通（保定 AI 交管大脑）采购项目	保定	-	保定市人民政府	2019/12/10	10,000
文远	智能网联汽车塘西河公园 5G 示范运营	-	-	合肥市公共资源交易中心	2020/3/22	3,000
	行线设计采购施工一体化项目	-	-	-	-	-
	文远粤行	广东	10%	景骐科技、科学城投资集团（国有）、广州市白云出租汽车（国有）	2019/8/21	18,000
文远	文远苏行	南京	100%	南京市建邺区参与文远知行 B 轮融资，投资额达 5000 万人民币	2020/11/10	-
	-	安庆	-	-	-	-
华为	-	浙江	-	德清县人民政府	2021/5/29	-
	-	无锡	-	无锡市人民政府	2020/8/18	-
蘑菇车联	-	北京	-	北控城市环境服务集团（国有）	2021/8/24	-
	-	北京	-	顺义区	2019/10/1	-
	衡阳市智慧交通数字科技	湖南	66%	衡阳市发展投资集团（国有）	2020/11/6	1,000
	-	河南	-	鹤壁市人民政府	2021/9/16	50,000
	-	云南	-	大理市人民政府	2022/1/27	100,000
AutoX	-	上海	-	嘉定区人民政府	2019/8/31	-
百度	湖南阿波罗智行	湖南	30%	长沙先导产业投资（国有）、湖南湘江智能科技创新中心（国有）	2019/3/25	10,000
中智行	天翼交通科技有限公司	苏州	30%	中国电信集团有限公司（国有）、苏州相关国资平台、苏州惠达翼行科技合伙企业、苏州惠达翼行科技合伙企业	2021/11/16	200,000

资料来源：公司官网, 华泰研究

车端智能驾驶硬件配置快速升级

增加路端感知能力的同时，各企业也在进一步强化车端的智能化水平，通过搭载数量更多的激光雷达和摄像头，更高算力的芯片，强化车端对道路信息的采集能力和处理能力。我们预计单车智能驾驶零部件成本在 10~20 万之间。

图表28：企业 Robotaxi 的技术搭载方案

	百度	文远	AutoX	小马智行	滴滴	蘑菇车联
最近发布时间	2021/10/19	2021/10/17	2021/7/17	2022/1/20	2021/4/19	
车路协同	历史	否	否	否	-	是
	当前	是	是	否	是	是
芯片	历史	TITDA4 系列芯片	NVIDIA Xavier	(未公布)	DRIVE AGX Pegasus	NVIDIA Xavier
	当前	NVIDAOrin	NVIDIA Orin	NVIDIA Orin	NVIDIA Orin	NVIDIA Orin
摄像头（颗）	历史	12	(未公布)	7		7
	当前	13	可定制	11	23	11
激光雷达（颗）	历史	0	(未公布)	4		3
	当前	1 个 机械式激光雷达	可定制	6 个 半固态激光雷达	4 个半固激光雷达； 3 个补盲激光雷达	7 个半固态固态激光4 雷达
毫米波雷达（颗）	历史	4	(未公布)	4		5
	当前	5	可定制	16	4 个毫米波角雷达；16 个前向长距毫米波雷达	5
超声波雷达（颗）	历史	12	(未公布)	0		12
	当前	0	(未公布)	0	12	12

资料来源：各企业官网，华泰研究

激光雷达加入车端硬件搭载方案，感知能力进一步增强

在感知器方面，得益于半固态激光雷达成本下降和性能提升，各企业普遍选择搭载多颗半固态激光雷达，实现车辆周围环境的全面感知。激光雷达具有高分辨率、抗干扰能力强、获取目标信息快等特点，可以应用于黑暗、强光、逆光等弱势场景，同时有效感知摄像头和毫米波雷达无法准确定位的障碍物和道路边界等静态目标，可以在感知上补齐毫米波雷达、摄像头等方案的不足，有助于提升自动驾驶感知的精度。将多个传感器获取的数据、信息集中在一起综合分析，可以使得不同传感器在识别能力、抗恶劣/暗光环境、探测距离等不同方面的优势相互补充，提高感知精度和系统决策的正确性。

图表29：小马智行新自动驾驶系统拟搭载 Luminar 的 IRIS 激光雷达



资料来源：小马智行，华泰研究

图表30：滴滴无人车顶搭载 Velodyne HDL-64E 三维激光雷达



资料来源：滴滴，华泰研究

升级英伟达 Orin 芯片，强化多感知器数据的融合处理能力

在决策器方面，各企业普遍升级了英伟达的 Orin 芯片。NVIDIA Orin 系统级芯片是由英伟达（NVIDIA）公司于 2019 年发布的一款最新一代汽车自动驾驶智能芯片，集成了 NVIDIA 新一代 GPU 架构和 Arm Hercules CPU 内核以及全新深度学习和计算机视觉加速器，单颗算力可以达到每秒 200TOPS，是上一代 Xavier 系统级芯片性能的 7 倍。Orin 芯片能够赋能 L3 级到 L4 级自动驾驶运算，目前百度、滴滴、小马智行、AutoX 等企业均宣布在最新一代车型中搭载 Orin 芯片。

图表31：Robotaxi 芯片比较

计算平台厂家	计算平台名称	峰值算力 (TOPS)	功耗 (W)	能耗比 (TOPS/W)	支持自动驾驶级别
T1	TDA4	8	5-20	0.4-1.6	L2
英伟达	Drive PX	2.3	20	0.1	L2
	Drive PX2	24	80	0.3	L2-L3
	Drive Xavier	30	60	0.5	L3
	Orin	200	45	4.4	L3-L4

资料来源：各公司官网,华泰研究

图表32：报告提及公司

证券代码	公司名称	证券代码	公司名称
BIDU US	百度	601238 CH	广汽集团
600104 CH	上汽集团	600006 CH	东风汽车
0700 HK	腾讯	DIDI US	滴滴
未上市	蘑菇车联	BABA US/9988 HK	阿里巴巴
未上市	小马智行	未上市	元戎启行
未上市	文远知行	未上市	Momenta
未上市	Auto X	未上市	驭势科技
未上市	华为	未上市	中智行

资料来源：Bloomberg，华泰研究

风险提示

Robotaxi 落地不及预期。Robotaxi 对单车智能、车路协同等方面的要求较高，存在因技术不完善、政策法规要求而导致的 Robotaxi 落地不及预期。

自动驾驶技术发展不及预期。自动驾驶技术在芯片、激光雷达等方面依然存在尚待解决的长尾问题，存在自动驾驶技术发展不及预期的风险。

免责声明

分析师声明

本人，黄乐平、陈旭东，兹证明本报告所表达的观点准确地反映了分析师对标的证券或发行人的个人意见；彼以往、现在或未来并无就其研究报告所提供的具体建议或所表达的意见直接或间接收取任何报酬。

一般声明及披露

本报告由华泰证券股份有限公司（已具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格，以下简称“本公司”）制作。本报告所载资料是仅供接收人的严格保密资料。本报告仅供本公司及其客户和其关联机构使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司及其关联机构（以下统称为“华泰”）对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。

本报告所载的意见、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，华泰可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。以往表现并不能指引未来，未来回报并不能得到保证，并存在损失本金的可能。华泰不保证本报告所含信息保持在最新状态。华泰对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司不是 FINRA 的注册会员，其研究分析师亦没有注册为 FINRA 的研究分析师/不具有 FINRA 分析师的注册资格。

华泰力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，不构成购买或出售所述证券的要约或招揽。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华泰及作者均不承担任何法律责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

除非另行说明，本报告中所引用的关于业绩的数据代表过往表现，过往的业绩表现不应作为日后回报的预示。华泰不承诺也不保证任何预示的回报会得以实现，分析中所做的预测可能是基于相应的假设，任何假设的变化可能会显著影响所预测的回报。

华泰及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，华泰可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，为该公司提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务或向该公司招揽业务。

华泰的销售人员、交易人员或其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。华泰没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。华泰的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。投资者应当考虑到华泰及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。有关该方面的具体披露请参照本报告尾部。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布的机构或人员，也并非意图发送、发布给因可得到、使用本报告的行为而使华泰违反或受制于当地法律或监管规则的机构或人员。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人（无论整份或部分）等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并需在使用前获取独立的法律意见，以确定该引用、刊发符合当地适用法规的要求，同时注明出处为“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

中国香港

本报告由华泰证券股份有限公司制作，在香港由华泰金融控股（香港）有限公司向符合《证券及期货条例》及其附属法律规定的机构投资者和专业投资者的客户进行分发。华泰金融控股（香港）有限公司受香港证券及期货事务监察委员会监管，是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。在香港获得本报告的人员若有任何有关本报告的问题，请与华泰金融控股（香港）有限公司联系。

香港-重要监管披露

- 华泰金融控股（香港）有限公司的雇员或其关联人士没有担任本报告中提及的公司或发行人的高级人员。
- 有关重要的披露信息，请参华泰金融控股（香港）有限公司的网页 https://www.htsc.com.hk/stock_disclosure 其他信息请参见下方 “美国-重要监管披露”。

美国

在美国本报告由华泰证券（美国）有限公司向符合美国监管规定的机构投资者进行发表与分发。华泰证券（美国）有限公司是美国注册经纪商和美国金融业监管局（FINRA）的注册会员。对于其在美国分发的研究报告，华泰证券（美国）有限公司根据《1934 年证券交易法》（修订版）第 15a-6 条规定以及美国证券交易委员会人员解释，对本研究报告内容负责。华泰证券（美国）有限公司联营公司的分析师不具有美国金融监管（FINRA）分析师的注册资格，可能不属于华泰证券（美国）有限公司的关联人员，因此可能不受 FINRA 关于分析师与标的公司沟通、公开露面和所持交易证券的限制。华泰证券（美国）有限公司是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。任何直接从华泰证券（美国）有限公司收到此报告并希望就本报告所述任何证券进行交易的人士，应通过华泰证券（美国）有限公司进行交易。

美国-重要监管披露

- 分析师黄乐平、陈旭东本人及相关人士并不担任本报告所提及的标的证券或发行人的高级人员、董事或顾问。分析师及相关人士与本报告所提及的标的证券或发行人并无任何相关财务利益。本披露中所提及的“相关人士”包括 FINRA 定义下分析师的家庭成员。分析师根据华泰证券的整体收入和盈利能力获得薪酬，包括源自公司投资银行业务的收入。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或不时会以自身或代理形式向客户出售及购买华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或其高级管理层、董事和雇员可能会持有本报告中所提到的任何证券（或任何相关投资）头寸，并可能不时进行增持或减持该证券（或投资）。因此，投资者应该意识到可能存在利益冲突。

评级说明

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力（含此期间的股息回报）相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数），具体如下：

行业评级

增持：预计行业股票指数超越基准

中性：预计行业股票指数基本与基准持平

减持：预计行业股票指数明显弱于基准

公司评级

买入：预计股价超越基准 15%以上

增持：预计股价超越基准 5%~15%

持有：预计股价相对基准波动在-15%~5%之间

卖出：预计股价弱于基准 15%以上

暂停评级：已暂停评级、目标价及预测，以遵守适用法规及/或公司政策

无评级：股票不在常规研究覆盖范围内。投资者不应期待华泰提供该等证券及/或公司相关的持续或补充信息

法律实体披露

中国: 华泰证券股份有限公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格, 经营许可证编号为: 91320000704041011J

香港: 华泰金融控股(香港)有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格, 经营许可证编号为: AOK809

美国: 华泰证券(美国)有限公司为美国金融业监管局(FINRA)成员, 具有在美国开展经纪交易商业业务的资格, 经营业务许可编号为: CRD#:298809/SEC#:8-70231

华泰证券股份有限公司**南京**

南京市建邺区江东中路228号华泰证券广场1号楼/邮政编码: 210019

电话: 86 25 83389999/传真: 86 25 83387521

电子邮件: ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区益田路5999号基金大厦10楼/邮政编码: 518017

电话: 86 755 82493932/传真: 86 755 82492062

电子邮件: ht-rd@htsc.com

北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦A座18层/

邮政编码: 100032

电话: 86 10 63211166/传真: 86 10 63211275

电子邮件: ht-rd@htsc.com

上海

上海市浦东新区东方路18号保利广场E栋23楼/邮政编码: 200120

电话: 86 21 28972098/传真: 86 21 28972068

电子邮件: ht-rd@htsc.com

华泰金融控股(香港)有限公司

香港中环皇后大道中99号中环中心58楼5808-12室

电话: +852-3658-6000/传真: +852-2169-0770

电子邮件: research@htsc.com

<http://www.htsc.com.hk>

华泰证券(美国)有限公司

美国纽约哈德逊城市广场10号41楼(纽约10001)

电话: +212-763-8160/传真: +917-725-9702

电子邮件: Huatai@htsc-us.com

<http://www.htsc-us.com>

©版权所有2022年华泰证券股份有限公司