

计算机

报告日期：2024年09月27日

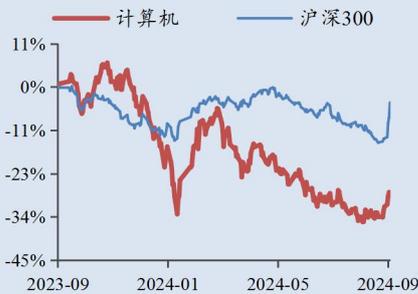
## 多重因素催化下，车路云一体化迎来发展机遇

——计算机行业深度报告

### 华龙证券研究所

投资评级：推荐（维持）

#### 最近一年走势



分析师：孙伯文

执业证书编号：S0230523080004

邮箱：sunbw@hlzqgs.com

联系人：朱凌莹

执业证书编号：S0230124010005

邮箱：zhulx@hlzqgs.com

#### 相关阅读

《信创再迎政策催化，关注细分赛道布局机会——计算机行业周报》2024.09.23

《收入增长利润承压，关注细分赛道复苏节奏——计算机行业2024年中报综述》2024.09.20

《海外映射+国内技术进步，关注AI产业布局机会——计算机行业周报》2024.09.19

#### 摘要：

- **政策端：利好政策频出，产业向规范化发展。**政策是我国自动驾驶发展的主要驱动因素之一，近年来，我国自动驾驶领域的上层制度建设不断完善，相关法律法规不断出台。时间节点上，2025年有望成为我国自动驾驶向标准化、体系化发展的重要一年。在相关政策指导下，部分试点城市率先开启布局车路云一体化，项目投资金额及项目招标数量显著提升。襄阳、福州、鄂尔多斯等地陆续推进“车路云一体化”建设与规划工作，相关项目相继获得审批。在政策引导下，产业链上下游有望形成合力，投资力度有望加大。
- **技术端：主流自动驾驶技术路线的分歧与共识。**传统的驾驶辅助系统（ADAS）具有局限性，即便是人工智能算法替代规则模型，单车的智能化仍存在遮挡物和感知盲区的问题，存在安全隐患。有别于单车智能技术路线，车路云协同一体化以路侧设施、车载系统、通信网络以及云平台的协同作为自动驾驶的技术路线，融合了智能的车和路，实施车车、车路信息实时交互。能够有效提高自动驾驶安全性。
- **成本端：规避单车智能的高成本问题。**我国自动驾驶技术起步较晚，而自动驾驶系统的效果和行驶的公里数和时长等方面成显著正比，中国仅靠发展单车智能或难以在短期内实现技术超越。而在新基建的推动下，车路协同有望进入快速发展阶段，降低自动驾驶的复杂度和车载成本，弥补中国在单车智能发展方面的不足，成为中国特色的发展道路，甚至率先实现L4-L5级高等级公路自动驾驶技术的大规模商业化落地。
- **商业化：Robotaxi先行，自动驾驶商业模式有望加速落地。**国内方面，百度萝卜快跑领跑国内Robotaxi，2024年第一季度，百度旗下萝卜快跑平台累计订单已经超过了600万单，当季度订单量同比增长了25%，跨越收支平衡点可期。在2025年前后，自动驾驶技术支持的出行服务成本有望与司机成本持平。我们认为2025年有望成为自动驾驶商业化发展的关键转折点，也可能意味着自动驾驶技术在经济性上具备了与传统人力驾驶相竞争的实力。
- **路侧设备有望由“点”向“面”铺开。**据工信部数据，截至2024年7月，全国共建设17个国家智能网联汽车测试区、7个车联网先导区，开放测试道路32000多公里，测试里程超过1.2亿公

里，各地智能化路侧单元（RSU）部署超过 8700 套，多地开展云控基础平台建设。路侧基础设施建设有望从车路云试点城市逐步铺开，实现由“点”到“面”的拓展。我们认为，以全国城市信号灯交叉路口实现 RSU 全覆盖及全国城市道路路段 RSU 覆盖率达到 70% 计算，我国 RSU 市场规模可达约 723 亿市场规模。

- **投资建议：**我们认为，随着科技的进步和成本的降低，政策的支持将进一步推动 Robotaxi 的商业化进程。在技术层面，高阶自动驾驶技术的普及正在加速，AI 的持续赋能使其更加智能；成本层面，车辆制造和运营成本预计将持续下降；政策层面，支持自动驾驶商业化的政策正在不断出台。多重因素推动下，车路云一体化进程有望迎来加速阶段，维持计算机行业“推荐”评级。我们建议关注那些在技术储备和产业经验方面具有优势的公司，包括万集科技（300552.SZ）、通行宝（301339.SZ）、信息发展（300469.SZ）、高新兴（300098.SZ）、中科创达（300496.SZ）、锐明技术（002970.SZ）等。
- **风险提示：**车路云协同一体化投资不及预期；路侧设备推进不及预期；行业竞争加剧；自动驾驶推广速度不及预期；相关政策出台不及预期。

表：重点关注公司及盈利预测

股票代码	股票简称	2024/09/26	EPS（元）				PE				投资评级
		股价（元）	2023A	2024E	2025E	2026E	2023A	2024E	2025E	2026E	
002970.SZ	锐明技术	30.86	0.59	1.16	1.64	2.20	52.3	26.5	18.8	14.0	未评级
300098.SZ	高新兴	4.12	-0.06	0.04	0.06	0.09	-68.7	115.4	63.9	46.7	未评级
300469.SZ	信息发展	14.43	-0.79	-0.38	0.39	0.81	-18.3	-37.7	37.3	17.8	未评级
300496.SZ	中科创达	39.01	1.02	1.05	1.42	1.90	38.4	37.2	27.4	20.6	未评级
300552.SZ	万集科技	29.83	-1.81	-0.03	0.75	1.52	-16.5	-1129.9	40.0	19.7	未评级
301339.SZ	通行宝	18.34	0.47	0.59	0.78	0.99	39.1	31.3	23.6	18.5	未评级

数据来源：Wind，华龙证券研究所

## 内容目录

<b>1 政策端：利好政策频出，产业生态持续构建</b> .....	<b>1</b>
1.1 我国自动驾驶政策沿革.....	1
1.2 各地启动车路云一体化项目，产业链上下游有望形成合力.....	2
1.3 从 L3 级测试牌照发放到上路通行试点，高级别自动驾驶有望加速到来.....	3
<b>2 技术端：车路云一体化或是扬长避短之路</b> .....	<b>4</b>
2.1 三种自动驾驶技术路径的分歧与共识.....	4
2.1.1 谷歌派：传感器+AI+预构建地图.....	4
2.1.2 特斯拉派：以视觉感知为主要感知设备的自动驾驶系统.....	6
2.1.3 车路云协同一体化：路侧智能替代部分车侧智能.....	7
<b>3 成本端：从单车智能向车路云一体化变革具有必然性</b> .....	<b>8</b>
3.1 单车智能发展存在安全隐患和高成本两大瓶颈.....	8
3.2 我国自动驾驶起步较晚，发展路侧智能能够规避单车智能带来的高成本难题，从而实现弯道超车.....	9
<b>4 商业化：百度萝卜快跑领航国内 Robotaxi，关注盈亏平衡点的到来</b> .....	<b>10</b>
<b>5 路侧基础设施建设正当时</b> .....	<b>12</b>
5.1 路侧设备 RSU 正处于全面铺开的关键时期.....	12
5.2 全国城市中路侧设备 RSU 市场规模测算.....	13
<b>6 投资建议</b> .....	<b>14</b>
<b>7 风险提示</b> .....	<b>15</b>

## 图目录

图 1：预构建地图.....	4
图 2：传感器扫描.....	4
图 3：预测行动轨迹.....	5
图 4：规划路线.....	5
图 5：第五代 Waymo 传感器系统.....	6
图 6：特斯拉 FSD.....	7
图 7：特斯拉 FSD 系统通过 AI 建模.....	7
图 8：车路云一体化系统.....	8
图 9：车路云数据交互路径.....	8
图 10：全球车联网产业布局及优势.....	9
图 11：C-V2X 在车路云协同两阶段的三个应用场景.....	10
图 12：自动驾驶技术促进出行服务成本降低.....	11
图 13：自动驾驶技术促进出行服务成本降低.....	11
图 14：L4 级自动驾驶的大模型 Apollo ADFM.....	12
图 15：百度萝卜快跑 Robotaxi.....	12
图 16：交叉路口场景下路侧设备部署示意图.....	13
图 17：道路场景下路侧设备部署示意图.....	13

## 表目录

表 1: 我国自动驾驶政策及行业标准梳理 (部分) .....	1
表 2: 2024 年以来部分城市车路云一体化建设项目进展 .....	2
表 3: 全国首批 9 家开展 L3 级自动驾驶上路通行试点的车企 .....	3
表 4: 全国城市路侧设备 RSU 远期市场规模测算 .....	14

## 1 政策端：利好政策频出，产业生态持续构建

### 1.1 我国自动驾驶政策沿革

政策是我国自动驾驶发展的主要驱动因素之一，近年来，我国自动驾驶领域的上层制度建设不断完善，相关法律法规不断出台。时间节点上，2025年有望成为我国自动驾驶向标准化、体系化发展的重要一年。

2024年初，工信部等五部门联合发布了《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》，探索基于车、路、云、网、图等高效协同的自动驾驶技术多场景应用，加快智能网联汽车技术突破和产业化发展。2024年6月24日，国家发展改革委等部门印发《关于打造消费新场景培育消费新增长点的措施》的通知（下称“通知”）。《通知》中提出，要拓展汽车消费新场景，稳步推进自动驾驶商业化落地运营，打造高阶智能驾驶新场景。同时，开展智能汽车“车路云一体化”应用试点和城市汽车流通消费改革试点。2024年7月3日，工信部等五部门发布《关于公布智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市名单的通知》，确定20个城市（联合体）为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市。我们认为试点城市的确定是各地车路云项目落地的序幕，未来多地有望加快相关项目的招标工作。

表 1：我国自动驾驶政策及行业标准梳理（部分）

时间	发布部门	政策	内容
2020年2月	国家发展改革委等11个部门	《智能汽车创新发展战略》	到2025年，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基本形成。实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产，实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用。智能交通系统和智慧城市相关设施建设取得积极进展，车用无线通信网络（LTE-V2X等）实现区域覆盖，新一代车用无线通信网络（5G-V2X）在部分城市、高速公路逐步开展应用，高精度时空基准服务网络实现全覆盖。
2020年12月	交通运输部	《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》	到2025年，自动驾驶基础理论研究取得积极进展，道路基础设施智能化、车路协同等关键技术及产品研发和测试验证取得重要突破；出台一批自动驾驶方面的基础性、关键性标准；建成一批国家级自动驾驶测试基地和先导应用示范工程，在部分场景实现规模化应用，推动自动驾驶技术产业化落地。
2021年8月	国家市场监督管理总局、中国	《汽车驾驶自动化分级》	驾驶自动化分为五个等级：0级为应急辅助；1级为部分驾驶辅助；2级为组合驾驶辅助；3级

时间	发布部门	政策	内容
	国家标准化管理委员会		为有条件自动驾驶；4级为高度自动驾驶；5级为完全自动驾驶。
2023年7月	工业和信息化部、国家标准化管理委员会	《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2023版）》	提出两阶段发展目标：第一阶段到2025年，系统形成能够支撑组合驾驶辅助和自动驾驶通用功能的智能网联汽车标准体系；第二阶段到2030年，全面形成能够支撑实现单车智能和网联赋能协同发展的智能网联汽车标准体系。
2024年1月	工信部等五部门	《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》	试点期为2024—2026年。1) 建设智能化路侧基础设施。实现试点区域5G通信网络全覆盖，部署LTE-V2X直连通信路侧单元(RSU)等在内的C-V2X基础设施。开展交通信号机和交通标志标识等联网改造，实现联网率90%以上。2) 提升车载终端装配率。分类施策逐步提升车端联网率，试点运行车辆100%安装C-V2X车载终端和车辆数字身份证书载体；鼓励对城市公交车、公务车、出租车等公共领域存量车进行C-V2X车载终端搭载改造，新车车载终端搭载率达50%；鼓励试点城市内新销售具备L2级及以上自动驾驶功能的量产车辆搭载C-V2X车载终端；支持车载终端与城市级平台互联互通。
2024年7月	工信部等五部门	《关于公布智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市名单的通知》	确定包括北京、上海、重庆在内的20个城市(联合体)为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市。

资料来源：交通运输部、工信部、国家发改委、国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会，华龙证券研究所

## 1.2 各地启动车路云一体化项目，产业链上下游有望形成合力

在相关政策指导下，部分试点城市纷纷开启布局车路云一体化，项目投资金额及项目招标数量显著提升。

2024年5月，北京市投资额近百亿元“车路云一体化”项目，新型基础设施建设项目双智专网建设工程启动招标，通过城市智慧化改造加速产业落地；武汉“车路云”一体化重大示范项目已获市发改委批准，备案金额为170亿，拟于6月份开工。同时，襄阳、福州、鄂尔多斯等地也在陆续推进“车路云一体化”建设与规划工作，相关项目相继获得审批。在政策引导下，产业链上下游有望形成合力，投资力度有望加大。

表 2：2024 年以来部分城市车路云一体化建设项目进展

时间	城市	项目内容
2024年5月31日	北京市	《北京市车路云一体化新型基础设施建设项目（初步设计、施工图设计）招标公告》项目开启招标，选取2324平方公里范围内约6050个道路路口开展建设，以

时间	城市	项目内容
2024年4月23日	鄂尔多斯市	及除上述道路路口外项目双智专网网络中心的建设和改造，投资额达99.4亿元。 《鄂尔多斯市新能源智能网联汽车示范应用和产业发展三年行动计划》发布，提出开展基础设施建设行动，实现主要区域90%路口信号机和交通标志标识联网，促进车路云一体化融合发展。开展商业模式创新行动，探索出行、物流、矿山等场景商业闭环路径，构建稳定可信的车路云一体化基础设施运营模式，打造具有行业引领性的标杆项目。开展产业高质量发展行动，构建运营服务、核心零部件及整车产业生态集群，实现智能网联相关产业年产值突破300亿元。
2024年6月3日	福州市	福州智能网联车路云一体化启动区示范建设审批类项目公示。
2024年5月6日	襄阳市	湖北省经信厅批复5905—5925MHz车联网直连通信频率使用许可函，标志着襄阳可正式开展车联网（智能网联汽车）直连通信频率试验。此次批复的车联网直连通信试验频率将适用于以二广高速、福银高速、绕城高速合围内的樊城区、襄城区、高新区、襄州区以及东津新区等中心城区范围内的448个主要交通路口，覆盖面积约700平方公里，双向道路里程约940公里，涉及频率使用的设备包括路侧通信单元（RSU）498台，车载智能终端3000台。

资料来源：北京市公共资源综合交易系统，鄂尔多斯市工信局，财联社，湖北省发改委，华龙证券研究所

### 1.3 从L3级测试牌照发放到上路通行试点，高级别自动驾驶有望加速到来

2023年底，国内首批有条件自动驾驶（L3级）高速公路道路测试牌照正式发放，包括宝马、奔驰、阿维塔、深蓝、极狐、智己、赛力斯在内的多家车企获得测试牌照。时隔仅半年，2024年6月，《进入智能网联汽车准入和上路通行试点联合体基本信息》发布，公布了全国首批9家开展L3级自动驾驶上路通行试点的车企，首批车型包括乘用车、货车和客车，运行所在地包括北京、重庆、深圳、上海等城市。我们认为从首批L3级自动驾驶高速公路道路测试牌照发放到首批L3级自动驾驶上路通行试点城市公布时间间隔较短，技术验证节奏有望加快，高级别自动驾驶时代有望加速到来。

表3：全国首批9家开展L3级自动驾驶上路通行试点的车企

汽车生产企业	使用主体	车辆运行所在城市	产品类别
重庆长安汽车股份有限公司	重庆长安车联科技有限公司	重庆市	乘用车
比亚迪汽车工业有限公司	深圳市东潮出行科技有限公司	广东省深圳市	乘用车
广汽乘用车有限公司	广汽祺宸科技有限公司	广东省广州市	乘用车
上海汽车集团股份有限公司	上海赛可出行科技服务有限公司	上海市	乘用车
北汽蓝谷麦格纳汽车有限公司	北京出行汽车服务有限公司	北京市	乘用车
中国第一汽车集团有限公司	一汽出行科技有限公司	北京市	乘用车
上汽红岩汽车有限公司	上海友道智途科技有限公司	海南省儋州市	货车
宇通客车股份有限公司	郑州市公共交通集团有限公司	河南省郑州市	客车
蔚来汽车科技（安徽）有限公司	上海蔚来汽车有限公司	上海市	乘用车

资料来源：工信部，华龙证券研究所

## 2 技术端：车路云一体化或是扬长避短之路

### 2.1 三种自动驾驶技术路径的分歧与共识

#### 2.1.1 谷歌派：传感器+AI+预构建地图

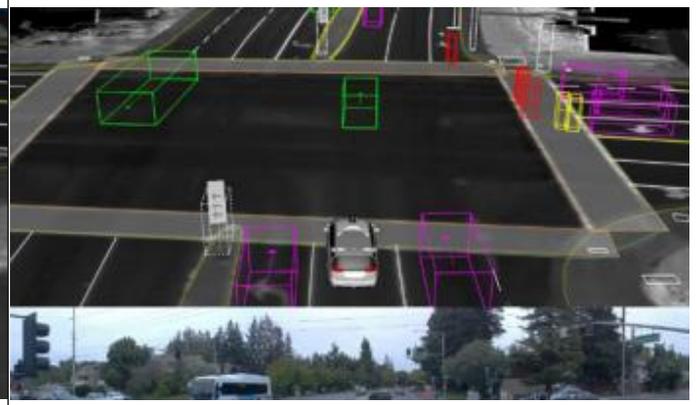
Google 的无人驾驶项目于 2009 年正式启动，2016 年谷歌无人驾驶项目独立为谷歌母公司 Alphabet 旗下子公司 Waymo。Waymo 的自动驾驶技术路线可以理解为一种单车智能技术路线，即时通过传感器、处理器和控制器去感知识别、做出决策并进行控制。Waymo 自动驾驶的主要环节包括：预构建 3D 地图、读取道路信息、预测运动路径、规划路径。

**预构建 3D 地图：**在汽车驶入任何位置之前，Waymo 会构建详细的三维地图，突出显示道路轮廓、路缘石和人行道、车道标记、人行横道、交通信号灯、停车标志和其他道路特征等信息。Waymo 的车辆不完全依赖 GPS，而是将其预构建的地图与实时传感器数据进行交叉引用，并结合人工智能算法来精确确定其在道路上的位置。

图 1：预构建地图



图 2：传感器扫描



资料来源：Waymo，华龙证券研究所

资料来源：Waymo，华龙证券研究所

**扫描周围运动物体，读取道路信息：**Waymo 的传感器和软件会持续扫描车辆周围的物体，包括行人、骑自行车的人、车辆、道路施工、障碍物等，并持续读取交通控制，包括交通信号灯颜色、铁路道口闸口到临时停车标志。

**预测道路上运动物体的轨迹：**Waymo 的软件会根据道路上的每一个动态物体当前的速度和轨迹预测未来的运动路径。该软件系统会考虑到车辆的移动方式与骑自行车的人或行人不同，也会考虑不断变化的路况（例如前方车道堵塞）如何影响周围其他人的行为。

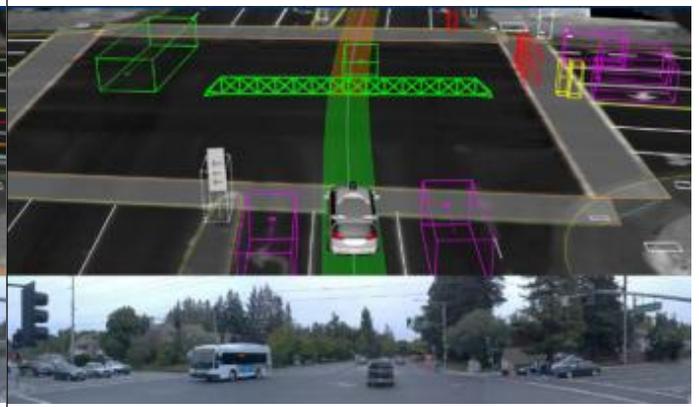
**规划路径和应对变化：**Waymo 的软件会综合考虑所有信息，然后判断和选择在行驶中安全前进所需的确切轨迹、速度、车道和转向操作。

图 3：预测行动轨迹



资料来源：Waymo，华龙证券研究所

图 4：规划路线



资料来源：Waymo，华龙证券研究所

为具体实现上述自动驾驶各环节，第五代 Waymo Driver 自动驾驶系统由激光雷达系统、传感器系统、视觉系统和软件系统组成。

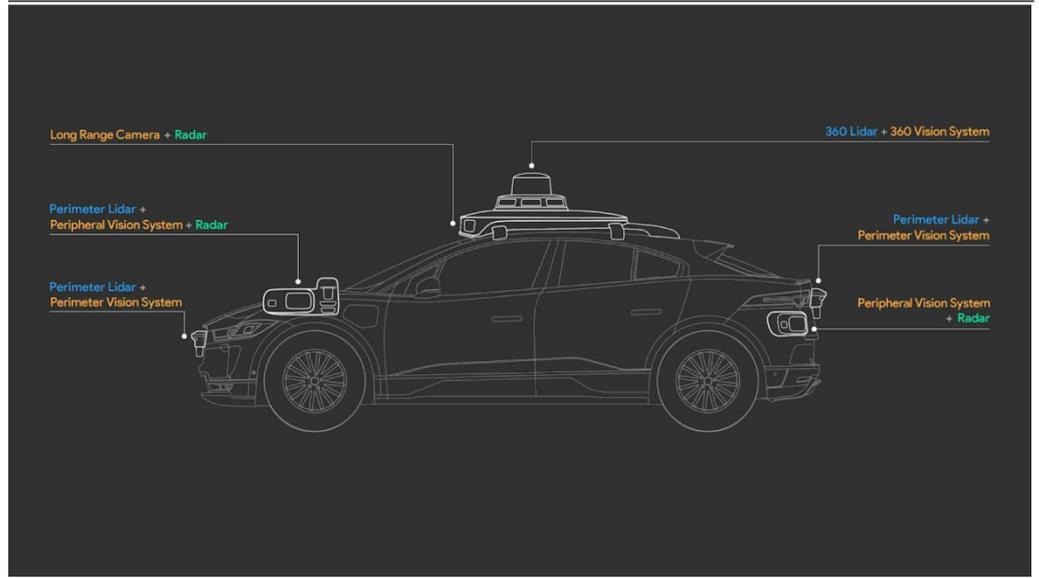
**激光雷达系统 (LIDAR)：**Waymo 的系统包括三种类型的激光雷达：一种是短程激光雷达，直接提供车辆周围不间断的视野，一种是高分辨率的中程激光雷达，另一种是远程激光雷达，可以看到几乎三个足球场 (300 米) 以外的地方。激光雷达可以昼夜工作，每秒 360 度发射数百万个激光脉冲，并测量从表面反射并返回车辆所需的时间。

**视觉 (相机) 系统：**Waymo 的视觉系统由几组高分辨率摄像头组成，用于在日光和弱光条件下的远距离工作，其设计目的是像人类一样在环境中观察世界，但同时具有 360 度视野，而不是人类驾驶员的 120 度视野。由于 Waymo 的高分辨率视觉系统可以检测颜色，所以它可以帮助系统发现交通信号灯、建筑区、校车和紧急车辆的闪光灯。

**雷达系统 (RADAR)：**使用无线电波 (通常在微波或毫米波频段) 发射信号来感知物体和运动。这些波长能够在雨滴等物体周围传播，使雷达在白天或黑夜的雨、雾和雪中都能有效。Waymo 的雷达系统具有连续的 360 度视图，因此它可以跟踪车辆前方、后方和两侧道路运动物体的速度。

**补充传感器：**Waymo 车辆还配备了许多额外的传感器，包括音频检测系统，可以听到数百英尺外的警察和紧急车辆警报器；以及 GPS，以补充车辆在世界上的物理位置信息。

图 5：第五代 Waymo 传感器系统



资料来源：Waymo 官网，华龙证券研究所

**自动驾驶软件：**以自动驾驶软件充当车辆的“大脑”。Waymo 已通过超过 200 万英里的模拟驾驶和超 2000 万英里的道路驾驶经验来训练软件。Waymo 的自动驾驶软件能够理解物体是什么以及物体可能如何移动，进而判断这些对车辆行驶的影响，也就是感知、行为预测和规划。

### 2.1.2 特斯拉派：以视觉感知为主要感知设备的自动驾驶系统

特斯拉的自动驾驶是基于摄像头的纯视觉识别系统实现的单车智能——FSD 系统。AI、大数据和计算是 FSD 的三大特征。首先，特斯拉采用 AI 进行自动驾驶系统建模，也通过 AI 提高自动驾驶系统路况判断的准确度。其次，在计算硬件投入上，据特斯拉 2023 年官方数据，特斯拉已将 1.4 万个 GPU 投入到自动驾驶的训练和标记中，其中用于自动驾驶模型训练的有 1 万个 GPU，用于自动标记的有 4 千个 GPU。同时，数据处理上，特斯拉的纯视觉自动驾驶系统依赖大量的视觉视频数据录入、分析和训练。据特斯拉 2023 年披露的数据，视频数据处理和存储方面采用了 30PB 分布式视频高速缓冲处理器，能够支持每天 50 万视频缓存和每秒 40 万视频实例处理。

图 6：特斯拉 FSD

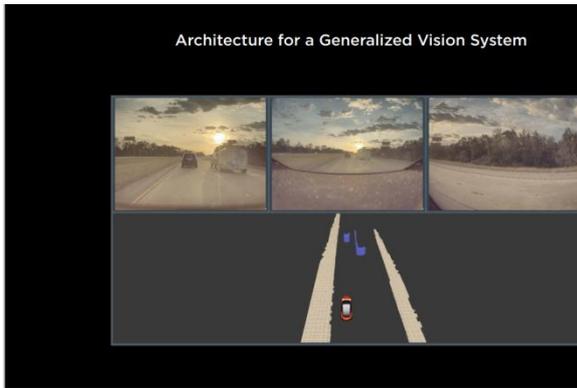
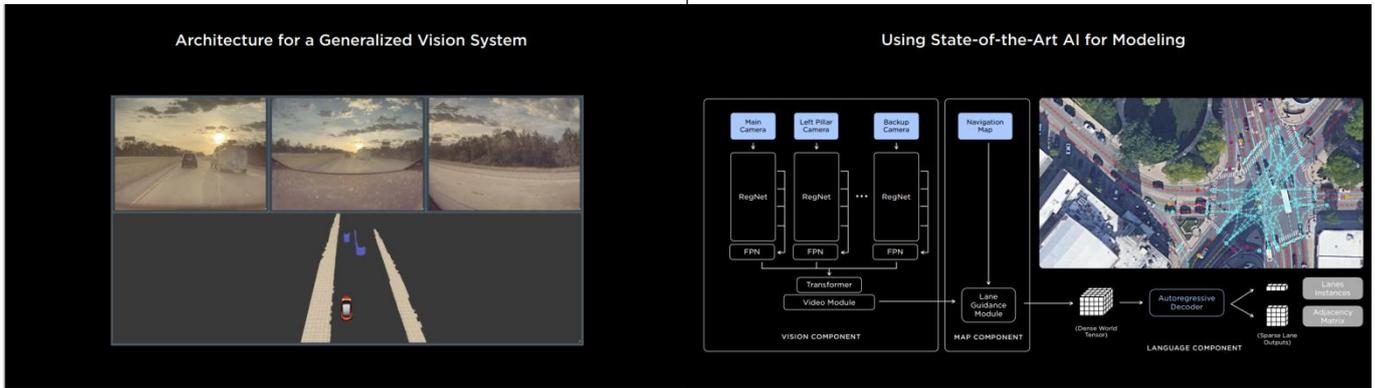


图 7：特斯拉 FSD 系统通过 AI 建模



资料来源：特斯拉官网，华龙证券研究所

资料来源：特斯拉官网，华龙证券研究所

### 2.1.3 车路云协同一体化：路侧智能替代部分车侧智能

有别于传统单车智能技术路线，车路云协同一体化以路侧设施、车载系统、通信网络以及云平台的协同作为自动驾驶的技术路线。车路云协同方案采用无线通信和互联网技术，融合了智能的车和路，实施车车、车路信息实时交互。

按组成要素划分，车路云一体化系统包括：1) 车辆与驾驶：接收路侧、云端信息，进行决策和控制。2) 路侧基础设施：包括感知、通信、计算类基础设施及交通附属设施，为云控基础平台采集动态交通数据，并向车辆及交通参与者提供交通信号等相关信息。3) 云控平台：由“1”个云控基础平台及其所支撑的“N”个应用平台组成。其中，云控基础平台会基于相关数据的采集、存储与处理，为网联汽车、区域交通交管部门以及产业链其他企事业单位等提供支撑。应用平台则包括城市智能网联汽车安全监测、智慧公交、智慧乘用车、自动泊车、交通管理、场景仿真等应用平台。4) 相关支撑平台：提供其他各类信息，如高精度地图、卫星导航、气象信息、交通路网监测与运行监管信息等。

图 8：车路云一体化系统

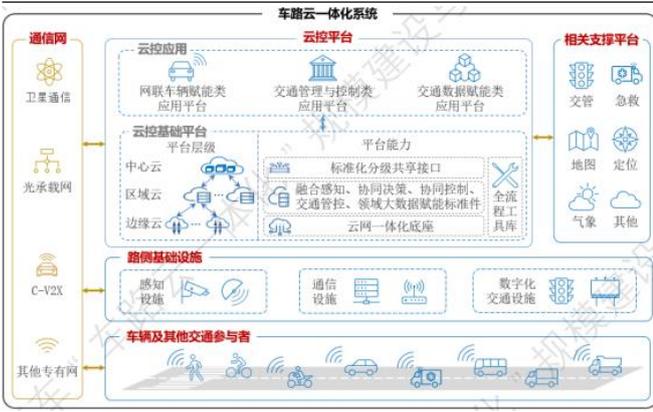
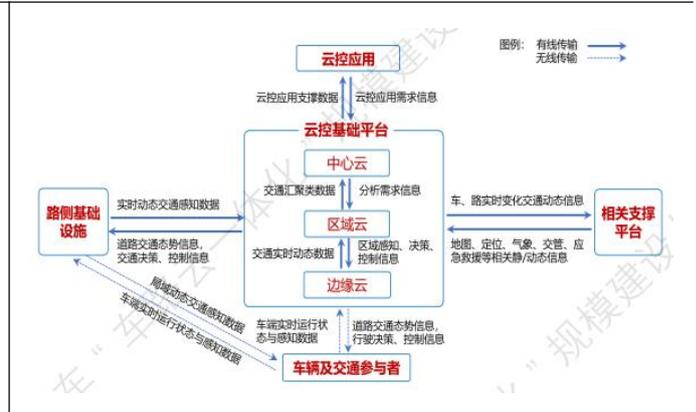


图 9：车路云数据交互路径



资料来源：中国智能网联汽车联盟，华龙证券研究所

资料来源：中国智能网联汽车联盟，华龙证券研究所

### 3 成本端：从单车智能向车路云一体化变革具有必然性

#### 3.1 单车智能发展存在安全隐患和高成本两大瓶颈

参考谷歌、特斯拉单车智能技术实现路径，AI 辅助自动驾驶决策是现阶段提高自动驾驶安全性的必由之路之一。而 AI 带来的算法提升尚有技术局限性，加之端侧算力投入与算法精确度几乎成正比，因此边际成本将成为单车智能的主要制约因素。

首先，传统的驾驶辅助系统（ADAS）具有局限性，低阶 ADAS 系统主要归基于规则的模型构成，基于特定条件触发相应机制，但是对于 L3 及以上的高等级自动驾驶，在复杂的城市道路中，传统 ADAS 无法穷尽每一种路况下发生的每一种可能，规则模型必将被基于人工智能的自动驾驶算法替代，让 AI 学习人的驾驶习惯，提高场景的丰富度。但即便是人工智能算法替代规则模型，单车的智能化仍存在遮挡物和感知盲区的问题，存在安全隐患。

其次，时间成本和测试成本也是单车智能发展的瓶颈。谷歌旗下自动驾驶公司 Waymo 已经耗时 10 年进行测试，累计进行了超过 200 万英里的模拟驾驶和超 2000 万英里的道路驾驶。除了依赖大量数据和测试实验，发展单车智能自动驾驶还对车载传感器和计算平台要求高，参考特斯拉单车智能技术实现过程，使用 AI 技术提高软件算法精度需要较高的端侧算力投入。

### 3.2 我国自动驾驶起步较晚，发展路侧智能能够规避单车智能带来的高成本难题，从而实现弯道超车

未来中国有望通过车路云协同实现自动驾驶领域的“弯道超车”。

在安全性问题上，车路云一体化能够实现车辆联网和实时的信息交互，在一定程度上削弱单车智能的局限性。目前，国际上主流的车联网无线通信技术有 DSRC (IEEE 802.11p) 和 C-V2X 两条技术路线。C-V2X 既可实现长距离和更大范围的通信，也可实现车与车、车与路间的短距离通信，近年来已成为后起之秀并在世界范围内获得认可。C-V2X 在技术先进性、高可靠性和低时延等性能后续演进等方面更具优势。通过 V2V (汽车对汽车通信)、V2I (汽车对基础设施)、V2N (汽车对互联网通信) 和 V2P (汽车对行人通信)，车辆和驾驶者能够获取超视距或者非视距范围内的交通参与者状态和意图，从而解决单车智能化存在遮挡物和感知盲区等问题。

我国自动驾驶技术起步较晚，而自动驾驶系统的效果和行驶的公里数和时长等方面成显著正比，中国仅靠发展单车智能或难以在短期内实现技术超越。而在新基建的推动下，车路协同有望进入快速发展阶段，降低自动驾驶的复杂度和车载成本，弥补中国在单车智能发展方面的不足，成为中国特色的发展道路，甚至超越美国率先实现 L4-L5 级高等级公路自动驾驶技术的大规模商业化落地。

图 10：全球车联网产业布局及优势



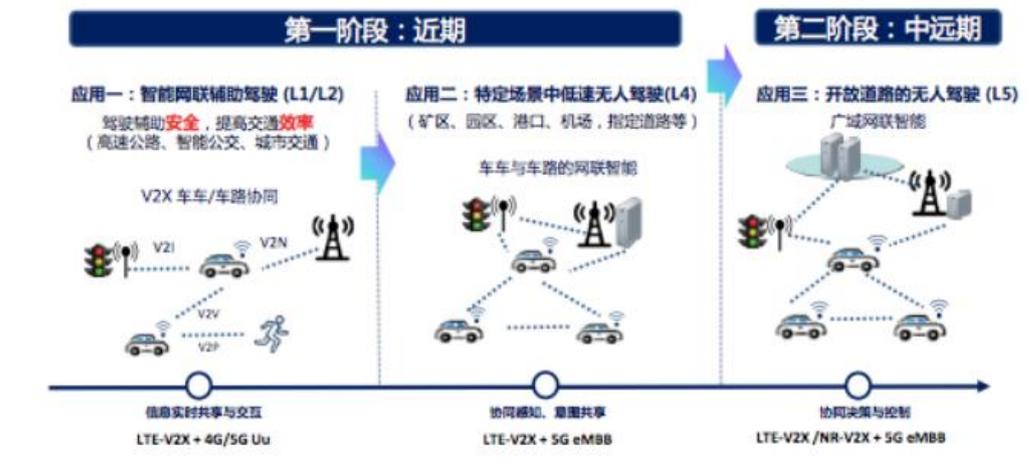
资料来源：中国通信学会，华龙证券研究所

近年来，我国通信、卫星互联网产业快速发展，公路总里程和公路网密度快速增长，有望为车路云一体化提供较为坚实的基础设施保障。

云端：以华为为代表的通信企业在 5G 技术方面世界领先，且 4G 和

5G 基站数量多，覆盖广。中国正大力推行 5G 网络、物联网、卫星互联网、数据中心、智能交通基础设施等新型基础设施建设。北斗卫星导航系统可提供全国范围内的高精度时空服务。全球车联网产业中，多国已经开始 C-V2X 美国在佐治亚州、密歇根州科罗拉多州、加利福尼亚州等多个地区已经开展了大规模 C-V2X 相关测试活动；日本在多个城市内探索 C-V2X 具体应用。韩国 K-City 已建成，针对 C-V2X 进行测试。全球范围内对 C-V2X 重视程度日渐提高，我国在 C-V2X 技术方面走在前列。

图 11：C-V2X 在车路云协同两阶段的三个应用场景



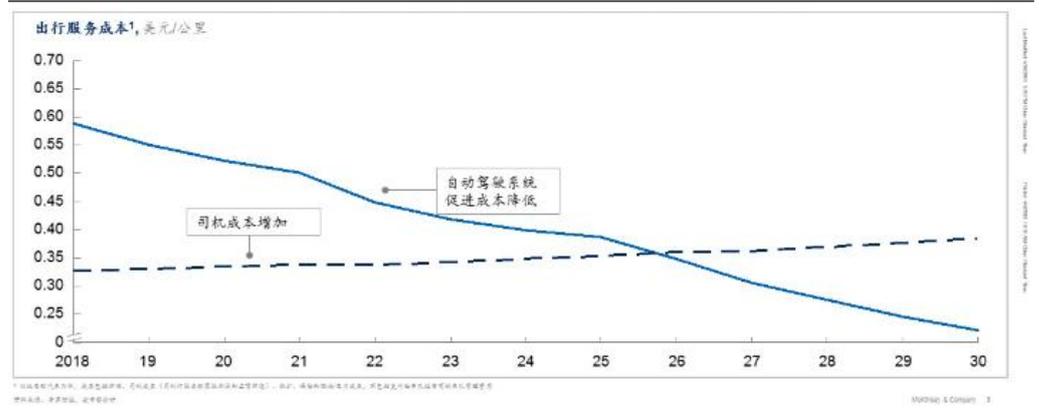
资料来源：中国通信学会，华龙证券研究所

路侧：基础设施建设方面，我国高速公路网快速发展、规模位居世界首位。路侧设备铺开潜在市场广阔，基础设施建设方面的特性将有力推动车路协同的发展。

#### 4 商业化：百度萝卜快跑领航国内 Robotaxi，关注盈亏平衡点的到来

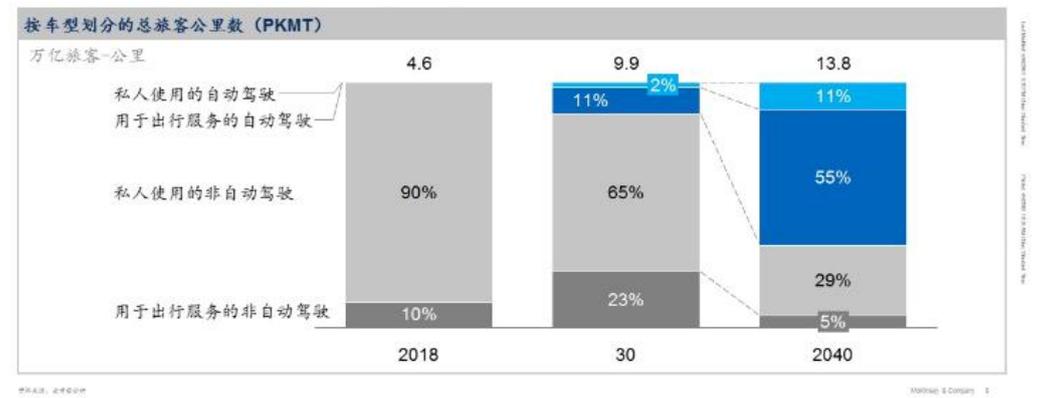
降本增效助推新出行方式，Robotaxi 出行市场有望达到万亿级别。据麦肯锡测算，自动驾驶将提升个人安全系数，可减少 90% 以上的事故，且平均每天可为司机节约 50 分钟的时间。成本方面，随着技术的进步和规模效应的显现，到 2030 年，自动驾驶有望推动每公里出行服务成本下降约 40%，即从 2016 年的约 0.60 美元/公里下降到约 0.25 美元/公里。相反，受劳动力成本的上升、福利待遇的提高等因素影响，人类司机成本却可能从 2016 年的约 0.35 美元/公里小幅上升到 2030 年的约 0.40 美元/公里。预计在 2025 年前后，自动驾驶技术支持的出行服务成本将与司机成本持平。我们认为 2025 年有望成为自动驾驶商业化发展的关键转折点，也可能意味着自动驾驶技术在经济性上具备了与传统人力驾驶相竞争的实力。

图 12：自动驾驶技术促进出行服务成本降低



资料来源：麦肯锡，华龙证券研究所

图 13：自动驾驶技术促进出行服务成本降低



资料来源：麦肯锡，华龙证券研究所

百度萝卜快跑领跑国内 Robotaxi，跨越收支平衡点可期。萝卜快跑于 2021 年 8 月上线，至今仅三年的时间。技术上，在 2024 年 5 月 15 日的百度 Apollo Day 上，百度 Apollo 发布了全球首个支持 L4 级别无人驾驶应用的自动驾驶大模型 Apollo ADFM，同时上新了搭载百度第六代智能化系统解决方案、价格 20 万元的萝卜快跑第六代无人车（2021 年百度 Apollo 无人驾驶车量产价为 40 万元）。无人驾驶车单车成本下降将有助于降低 Robotaxi 的整体运营成本，提高盈利能力，加速收支平衡点的到来。

图 14: L4 级自动驾驶的大模型 Apollo ADFM



资料来源：百度 Apollo 官网，华龙证券研究所

图 15: 百度萝卜快跑 Robotaxi



资料来源：百度萝卜快跑官网，华龙证券研究所

订单方面，根据 2024 年百度第一季度财务数据，百度旗下萝卜快跑平台累计订单已经超过了 600 万单，当季度订单量 82.6 万单，同比增长了 25%。百度官方目标是到 2024 年底，萝卜快跑在武汉实现收支平衡，并在 2025 年全面进入盈利期。我们认为随着 Robotaxi 技术的成熟和安全性的提高，用户对 Robotaxi 的接受度也在逐渐提高。百度萝卜快跑的订单量在飞速增长，表明用户对 Robotaxi 的需求正在上升。

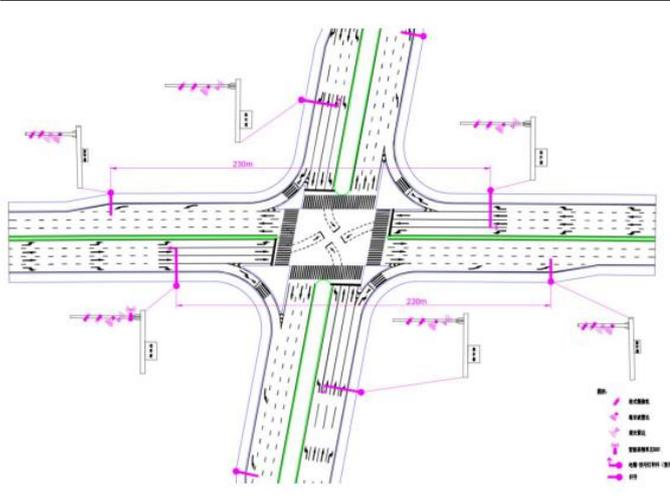
## 5 路侧基础设施建设正当时

### 5.1 路侧设备 RSU 正处于全面铺开的关键时期

按使用场景划分，RSU 可分为路口 RSU 和道路 RSU。其中，路口 RSU 主要应用于交通路口，用于实现车路互联互通、交通信号实时交互等功能，辅助驾驶员进行驾驶，保障交通安全。而道路 RSU 则应用于道路沿线，用于采集道路状况、交通状况等信息，并通过通讯网络与路侧感知设备、交通信号灯、电子标牌等终端通信。在功能上，路口 RSU 更侧重于交通信号控制、交通流信息采集、交通违法监测记录等功能，以优化交通信号灯调整，达到优化车流的目的。而道路 RSU 则更侧重于提供和汽车的通信中继，与边缘云、交通大脑相连或内置边缘计算设施，完成连接和计算的综合管理。

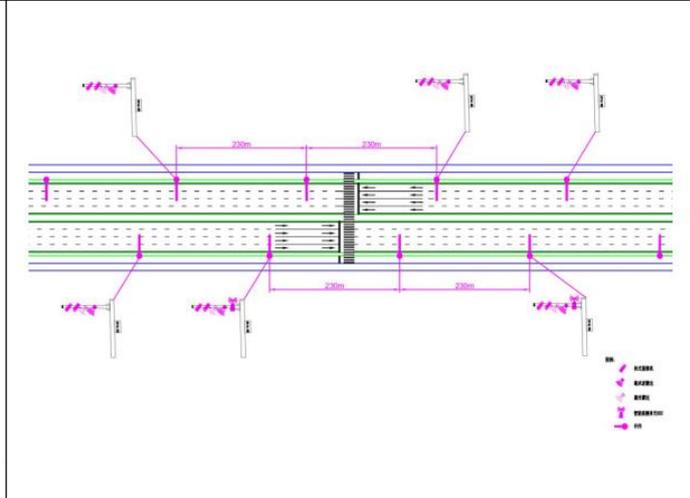
据工信部数据，截至 2024 年 7 月，全国共建设 17 个国家级智能网联汽车测试区、7 个车联网先导区，开放测试道路 32000 多公里，测试里程超过 1.2 亿公里，各地智能化路侧单元（RSU）部署超过 8700 套，多地开展云控基础平台建设。路侧基础设施建设有望从车路云试点城市逐步铺开，实现由“点”到“面”的拓展。

图 16: 交叉路口场景下路侧设备部署示意图



资料来源: 江苏省交通运输厅, 华龙证券研究所

图 17: 道路场景下路侧设备部署示意图



资料来源: 江苏省交通运输厅, 华龙证券研究所

## 5.2 全国城市中路侧设备 RSU 市场规模测算

根据《智慧公路车路协同路侧设施建设及应用技术指南》, 平面交叉口布署应按照单个路口不少于 1 台 RSU 设备布署; 路段布署间距应 $\leq 500\text{m}$ ; 布署时应尽量与交通信号控制设施、监测设施共杆。按照此标准推算, 我们认为路侧设备配置需求为: 每个信号灯控交叉路口需要一个路口 RSU 设备且每 0.5 公里路段需配备一个道路 RSU 设备。在具体推进中, 路口场景在道路交通中所包含的信息量大, 信息价值也更为关键。因此, RSU 有望优先在路口场景中提高渗透率。基于以上分析, 我们以全国路口 RSU 全覆盖、全国城市道路 RSU 实现 70% 覆盖率为远期目标对 RSU 的市场规模进行了初步估算。

(1) 路口场景下, RSU 的功能更为复杂, 产品价值量也更高。估算全国大概有 39 万个灯控路口, 按每个灯控路口设置一个 RSU 估算, 路口 RSU 需求量为 39 万个。

(2) 路段场景下, RSU 的功能设计要求较为简单, 产品价值量相对较低。2022 年我国城市道路和桥梁全长约 55 万公里, 按照 70% 的覆盖率及每公里 2 个 RSU 的需求量估算, 需要 77 万个路段 RSU。

(3) 按相关厂商销售额及销售量估算, 2023 年 RSU 平均价格大约为 6.2 万元/个。

表 4：全国城市路侧设备 RSU 远期市场规模测算

使用场景	价值量	覆盖范围（假设）	需求量（估计）
路口	估算平均约 6.2 万元/个	城市道路全覆盖	39 万个
道路		城市道路 70% 的渗透率	77 万个
总市场规模			723 亿元

数据来源：华龙证券研究所

我们认为随着车路云建设示范区在城市中从点向面铺开，城市内部道路的路侧基础设施建设有望先于高速路段展开，以全国城市信号灯交叉路口实现 RSU 全覆盖及全国城市道路路段 RSU 覆盖率达到 70% 计算，我国城市道路路侧智能建设中，RSU 市场规模可达约 723 亿元市场规模。

## 6 投资建议

我们认为，随着科技的进步和成本的降低，政策的支持将进一步推动 Robotaxi 的商业化进程。在技术层面，高阶自动驾驶技术的普及正在加速，AI 的持续赋能使其更加智能；成本层面，车辆制造和运营成本预计将持续下降；政策层面，支持自动驾驶商业化的政策正在不断出台。多重因素推动下，车路云一体化进程有望迎来加速阶段，维持计算机行业“推荐”评级。我们建议关注那些在技术储备和产业经验方面具有优势的公司，包括万集科技（300552.SZ）、通行宝（301339.SZ）、信息发展（300469.SZ）、高新兴（300098.SZ）、中科创达（300496.SZ）、锐明技术（002970.SZ）等。

表 5：重点关注公司及盈利预测

股票代码	股票简称	2024/09/26	EPS（元）				PE				投资评级
		股价（元）	2023A	2024E	2025E	2026E	2023A	2024E	2025E	2026E	
002970.SZ	锐明技术	30.86	0.59	1.16	1.64	2.20	52.3	26.5	18.8	14.0	未评级
300098.SZ	高新兴	4.12	-0.06	0.04	0.06	0.09	-68.7	115.4	63.9	46.7	未评级
300469.SZ	信息发展	14.43	-0.79	-0.38	0.39	0.81	-18.3	-37.7	37.3	17.8	未评级
300496.SZ	中科创达	39.01	1.02	1.05	1.42	1.90	38.4	37.2	27.4	20.6	未评级
300552.SZ	万集科技	29.83	-1.81	-0.03	0.75	1.52	-16.5	-1129.9	40.0	19.7	未评级
301339.SZ	通行宝	18.34	0.47	0.59	0.78	0.99	39.1	31.3	23.6	18.5	未评级

数据来源：Wind，华龙证券研究所

## 7 风险提示

(1) 车路云协同一体化投资不及预期。相关项目落地速度和投资力度高度相关

(2) 路侧设备推进不及预期。路侧设备推进是车路云协同一体化发展的关键环节之一。

(3) 行业竞争加剧。可能导致整体毛利率下滑。

(4) 自动驾驶推广速度不及预期。商业化推进节奏对车路云基础设施的利用率有直接影响。

(5) 相关政策出台不及预期。行业发展需政策引导。

## 免责及评级说明部分

### 分析师声明：

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观、公正地出具本报告。不受本公司相关业务部门、证券发行人、上市公司、基金管理公司、资产管理公司等利益相关者的干涉和影响。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人在预测证券品种的走势或对投资证券的可行性提出建议时，已按要求进行相应的信息披露，在自己所知情的范围内本公司、本人以及财产上的利害关系人与所评价或推荐的证券不存在利害关系。本人不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。据此入市，风险自担。

### 投资评级说明：

投资建议的评级标准	类别	评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后的6-12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅。其中：A股市场以沪深300指数为基准。	股票评级	买入	股票价格变动相对沪深300指数涨幅在10%以上
		增持	股票价格变动相对沪深300指数涨幅在5%至10%之间
		中性	股票价格变动相对沪深300指数涨跌幅在-5%至5%之间
		减持	股票价格变动相对沪深300指数跌幅在-10%至-5%之间
	行业评级	卖出	股票价格变动相对沪深300指数跌幅在-10%以上
		推荐	基本面向好，行业指数领先沪深300指数
		中性	基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数
		回避	基本面向淡，行业指数落后沪深300指数

### 免责声明：

本报告的风险等级评定为R4，仅供符合华龙证券股份有限公司（以下简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（C4及以上风险等级）参考使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到报告而视其为当然客户。

本报告信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和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，本公司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，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。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。

本报告仅为参考之用，并不构成对具体证券或金融工具在具体价位、具体时点、具体市场表现的投资建议，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资作出任何形式的承诺或担保。据此投资所造成的任何一切后果或损失，本公司及相关研究人员均不承担任何形式的法律责任。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行证券交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部、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。本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

### 版权声明：

本报告版权归华龙证券股份有限公司所有，本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。

### 华龙证券研究所

北京	兰州	上海	深圳
地址：北京市东城区安定门外大街189号天鸿宝景大厦西配楼F4层 邮编：100033	地址：兰州市城关区东岗西路638号文化大厦21楼 邮编：730030 电话：0931-4635761	地址：上海市浦东新区浦东大道720号11楼 邮编：200000	地址：深圳市福田区民田路178号华融大厦辅楼2层 邮编：518046