

行业及产业

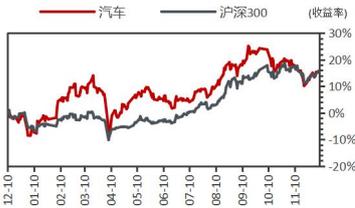
汽车

高阶智驾准入，Robotaxi 商业化提速

——Robotaxi 产业深度报告

强于大市

一年内行业指数与沪深 300 指数对比走势：



资料来源：聚源数据，爱建证券研究所

相关研究

《特斯拉 Robotaxi 取消安全员，纯视觉方案商业化提速——Robotaxi 系列报告（三）》
2025-12-12

《曹操出行提“十年百城千亿”战略目标——Robotaxi 系列报告（二）》
2025-12-12

《奔驰自动驾驶出租车于阿布扎比开启路测——Robotaxi 系列报告（一）》
2025-12-12

《车企年销量目标完成度分化——智能汽车数据销量跟踪（二）》
2025-12-03

《蔚来业绩创历史新高，25Q4 有望实现盈利——智能汽车系列报告（五）》
2025-12-03

证券分析师

吴迪
S0820525010001
021-32229888-25523
wudi@ajzq.com

联系人

徐姝婧
S0820124090004
021-32229888-25517
xushujing@ajzq.com

投资要点：

- 规模：2030 年中国市场有望超过 1500 亿元。** Robotaxi 为无人驾驶出租车，其运营成本降低是商业化落地关键。我们测算，纯无人 Robotaxi 单公里成本有望降至 0.55 元，较传统燃油网约车下降 72%，单车日均收入或达 680 元。展望 2030 年，中国 Robotaxi 保有量有望达 40 万辆，市场规模超 1500 亿元，其中打车服务 841 亿元、整车销售 680 亿元、广告及车载娱乐等增量收入约 62 亿元。
- 格局：中美双极清晰，中东或率先放量。** 全球 Robotaxi 商业化路径呈现“区域试点—规模扩张—模式复制”演进。美国由特斯拉与 Waymo 为主导，技术及商业化进程暂时领先。中国形成以萝卜快跑、小马智行、文远知行为代表的多元竞争格局，跨平台协作为放量主线。国内公司依托复杂路况训练与政策试点积累经验，加速向中东、东南亚及欧美输出技术和车队。其中，中东因高客单价、监管开放度与高人力成本替代需求，成为国内企业短期盈利与全球复制的优选市场。
- 变化：竞争重心从技术可能性转向限定区域的运营竞争。** 产业焦点已由技术可能性转为高效低成本的规模化盈利，价值链由硬件一次交付逐步迁移至车辆平台化、数据闭环、持续运营现金流，广州、武汉已初步验证该趋势。驱动因素：1) 技术：感知大模型、端到端架构、世界模型提升泛化能力，算力平台同步升级；2) 成本：整车 BOM 已下探至 20 万元级，激光雷达单价降至千元级，量产可行性提升；3) 政策：国家推动测试标准互认，试点城市落地细则。12 月 15 日，工业和信息化部正式公布我国首批 L3 级有条件自动驾驶车型准入许可，两款纯电动车型极狐阿尔法 S5、长安深蓝 SL03 将在北京、重庆指定区域开展上路试点，L3 准入为 L4 无人化运营铺路。
- 催化：商业化落地节奏明确，投资逻辑沿政策—运营—规模逐级兑现。** 我们认为，行业已进入商业化加速期，头部公司凭借数据和运营经验正建立壁垒。竞争焦点为单车成本下行速度、订单密度、区域复制能力与数据闭环效率。短期看政策与项目落地，如无安全员运营许可、核心城市商业牌照及海外订单，将直接验证收入与盈利能力；中期看算法泛化能力与运营密度，其提升是改善单车经济模型、可持续盈利的关键；长期看组织与模式能力，轻资产扩张、跨区域复制以及技术+运营的深度整合，推动 Robotaxi 规模化。
- 投资建议：** 我们认为 Robotaxi 商业模式落地跑通的重要前提是安全可靠、成本可控且易于泛化推广的高阶智驾方案的真正成熟，而智能化领先且产业链管控力强的整车企业和高阶智驾核心零部件供应商会优先受益。建议关注：整车【小鹏汽车(9868.HK)、理想汽车-W(2015.HK)、小米集团(1810.HK)、零跑汽车(9863.HK)】；零部件【地平线机器人-W(9660.HK)】；服务运营商【小马智行(2026.HK)、文远知行(0800.HK)、曹操出行(2643.HK)】。
- 风险提示：** 高阶智驾技术发展不及预期；商业模式推广落地不及预期；政策法规配套推进不及预期。

目录

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. 行业概述：Robotaxi 商业化加速 | 5 |
| 1.1 驱动因素：技术、成本、政策三重共振 | 5 |
| 1.2 市场规模：2030 年中国市场有望超过 1500 亿元 | 7 |
| 1.3 核心瓶颈：订单密度不足与运营限制 | 9 |
| 2. 产业格局：三方竞逐，价值链重塑 | 9 |
| 2.1 产业链：硬件先行，软件核心，运营增值 | 9 |
| 2.2 竞争格局：中美双极驱动，中东快速跟进 | 10 |
| 2.3 商业模式演进：从技术验证到服务运营的价值兑现 | 11 |
| 3. 驱动因素：技术泛化、成本下探与法规适配 | 11 |
| 3.1 技术路径：纯视觉与多传感器融合并行 | 11 |
| 3.2 成本下探：BOM 进入 20 万元级，降本路径清晰 | 14 |
| 3.3 政策法规：责任界定与商业化准入加速 | 17 |
| 4. 相关公司进展 | 18 |
| 4.1 Waymo 技术体系成熟度领先 | 19 |
| 4.2 特斯拉 Cybercab 预计 26Q2 进入量产 | 20 |
| 4.3 萝卜快跑运营数据加速放量 | 20 |
| 4.4 小马智行转向轻资产扩张 | 21 |
| 4.5 文远知行海外落地节奏领先 | 21 |
| 5. 风险提示 | 23 |

图表目录

| | |
|---|----|
| 图表 1 : Robotaxi 可复制、可扩展的商业模型 | 5 |
| 图表 2 : 中国网约车驾驶员证件数快速上升 (万本) | 5 |
| 图表 3 : 中国巡游出租汽车数基本维持 (万辆) | 5 |
| 图表 4 : 国内自动驾驶投资事件 | 6 |
| 图表 5 : 2024-2025 年高速 NOA 标配装配量及装配率 (万辆) | 6 |
| 图表 6 : 25Q2 乘用车整体智驾功能配置-标配装配率 | 6 |
| 图表 7 : 自动驾驶软硬件同步迭代 | 7 |
| 图表 8 : 全球 Robotaxi 行业规模 (亿美元) | 7 |
| 图表 9 : 全球高级辅助驾驶、高阶自动驾驶渗透率 | 7 |
| 图表 10 : 中国 Robotaxi 市场规模 | 7 |
| 图表 11 : 全球主要 Robotaxi 公司车队规模预测 (千辆) | 8 |
| 图表 12 : 现存核心瓶颈 | 9 |
| 图表 13 : Robotaxi 产业链 | 9 |
| 图表 14 : Robotaxi 布局车企运营与商业化进度 | 10 |
| 图表 15 : 2024 年中东旅客需求 Robotaxi 测算 | 10 |
| 图表 16 : Robotaxi 商业模式 | 11 |
| 图表 17 : Waymo 第六代 Robotaxi 配置 | 12 |
| 图表 18 : 特斯拉 Robotaxi 配置 | 12 |
| 图表 19 : 纯视觉与多传感器融合方案对比 | 12 |
| 图表 20 : VLA 模型整合感知、推理与行动 | 13 |
| 图表 21 : 以 Waymo 为代表的多传感器融合技术路线 | 13 |
| 图表 22 : 特斯拉 FSD V14 技术架构 | 13 |
| 图表 23 : 重大碰撞事故发生前的平均行驶里程 | 14 |
| 图表 24 : 轻微碰撞前平均行驶里程 | 14 |
| 图表 25 : 相关公司 Robotaxi 成本 | 14 |
| 图表 26 : Robotaxi 成本拆分 | 15 |
| 图表 27 : 2025 年 1-8 月激光雷达装车量变化 | 15 |
| 图表 28 : 2025 年 1-8 月各价格区间激光雷达标配情况 | 15 |
| 图表 29 : 2025 年 1-8 月激光雷达供应商排行榜 | 16 |
| 图表 30 : 速腾聚创 ADAS 激光雷达价格走势 (千元) | 16 |

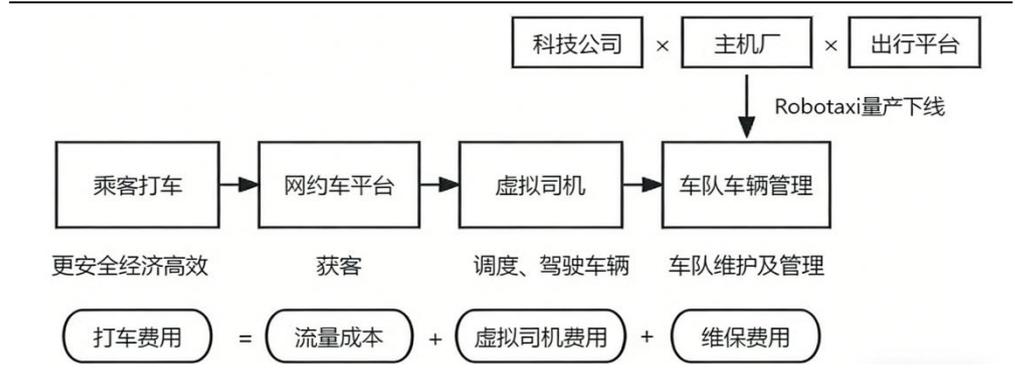
| | |
|--|----|
| 图表 31 : 网约车与 Robotaxi 运营收入与成本对比..... | 16 |
| 图表 32 : 出租车/网约车及 Robotaxi 每公里成本 (元/公里) | 17 |
| 图表 33 : 特斯拉与优步打车费用对比..... | 17 |
| 图表 34 : 中国市场 Robotaxi 相关政策的变化..... | 18 |
| 图表 35 : 自动驾驶相关政策..... | 18 |
| 图表 36 : Robotaxi 相关公司进展..... | 19 |
| 图表 37 : 萝卜快跑 Robotaxi 车型..... | 20 |
| 图表 38 : 萝卜快跑累计服务次数 (万次) | 20 |
| 图表 39 : 小马智行全球布局..... | 21 |
| 图表 40 : 文远知行主要产品..... | 22 |
| 图表 41 : 文远知行全球布局..... | 22 |
| 图表 42 : Robotaxi 产业链公司估值表..... | 22 |

1. 行业概述：Robotaxi 商业化加速

1.1 驱动因素：技术、成本、政策三重共振

Robotaxi 底层逻辑是降低人力成本，以算法最大化实现车辆运力价值。Robotaxi 为无人驾驶出租车，传统网约车成本结构由司机收入、平台抽成及车辆运营构成。以 Uber 为例，司机人力成本约占打车费用 70%，假设每英里收费 2 美元，司机获得约 1.4 美元，平台抽成约 0.6 美元。Robotaxi 将车辆、平台与调度整合为闭环系统，重构商业模式与成本结构。

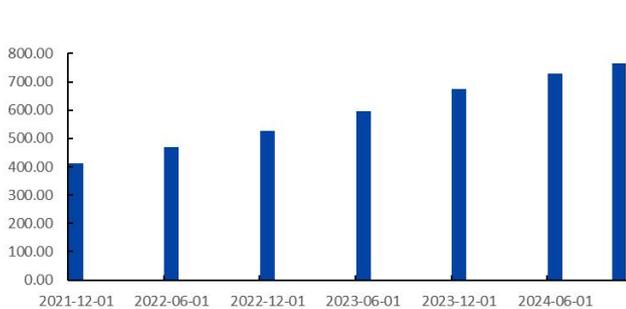
图表 1：Robotaxi 可复制、可扩展的商业模型



资料来源：小马智行，爱建证券研究所

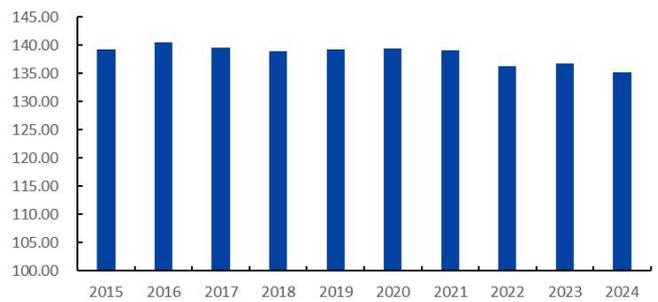
规模化落地推动行业从人力依赖转向技术驱动。截至 2024 年 10 月，网约车驾驶员证件数为 748 万本，相较于 2021 年增加 353 万本；巡游出租车数量受网约车冲击，维持 135 万辆水平。Robotaxi 的费用或集中于能源与基础运维，其量产部署有望大幅削减人力成本，提供更具竞争力的共享出行价格，带动需求增长并加速行业规模化。

图表 2：中国网约车驾驶员证件数快速上升（万本）



资料来源：iFinD，爱建证券研究所（截至 2024 年 10 月）

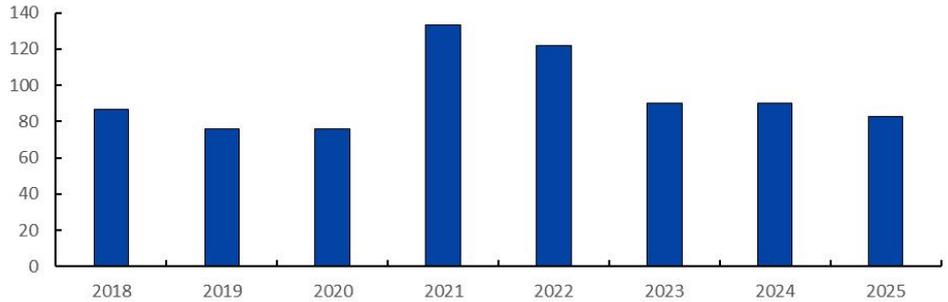
图表 3：中国巡游出租汽车数基本维持（万辆）



资料来源：iFinD，爱建证券研究所

国内自动驾驶投融资事件先升后降，目前结构性回暖。2021 年国内自动驾驶投融资事件数量在技术、政策与智能化共振下抬升，后因 L4 商业化不及预期与成本约束趋于收缩；2024 年以来，随示范运营牌照和车路云试点推进，资金回流至算法方案、封闭场景 L4、核心硬件与 V2X 等可落地赛道。

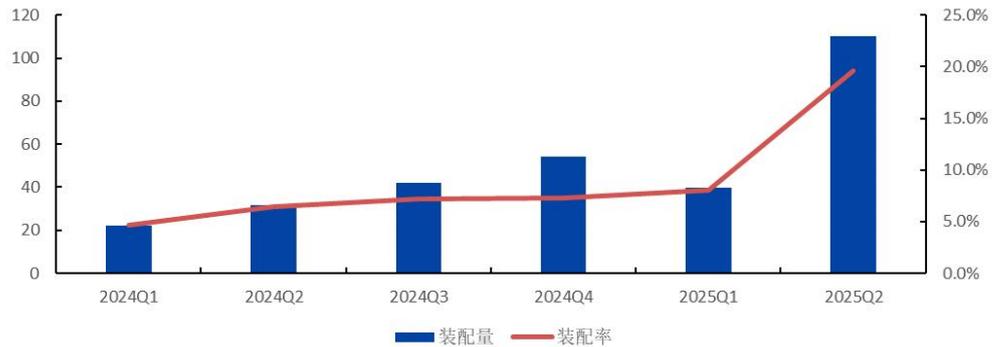
图表 4：国内自动驾驶投资事件



资料来源：IT 桔子，爱建证券研究所（截至 2025/11/21）

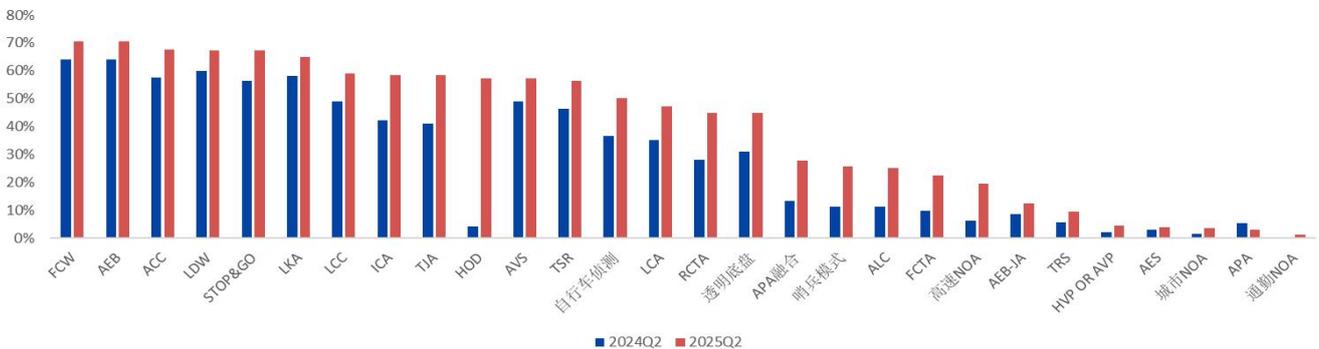
高速 NOA 加速渗透，智驾功能装配率快速提升。 2025 年 1-7 月国内 L2 级组合驾驶辅助乘用车销量 776 万辆，渗透率 62.6%，25Q2 高速 NOA（高速导航辅助驾驶）装配量 110.2 万辆，同比+250.3%，渗透率 19.6%，进入规模化放量阶段。基础安全功能中，FCW/AEB 装配率最高，均达 70.7%；功能增速方面，HOD 与 TA 同比各提升 17.2pct。哨兵模式、透明底盘装配率增速均超 10pct，主要由比亚迪秦 L、宋 PLUS 新能源、海豹 06DM-i 拉动。泊车端，APA 装配率小幅回落，但融合泊车及 HVP/AVP 渗透率提升，HVP/AVP 达 4.6%，主要由宝马 5 系、X3 及魏牌蓝山贡献。

图表 5：2024-2025 年高速 NOA 标配装配量及装配率（万辆）



资料来源：佐思汽研，爱建证券研究所

图表 6：25Q2 乘用车整体智驾功能配置-标配装配率

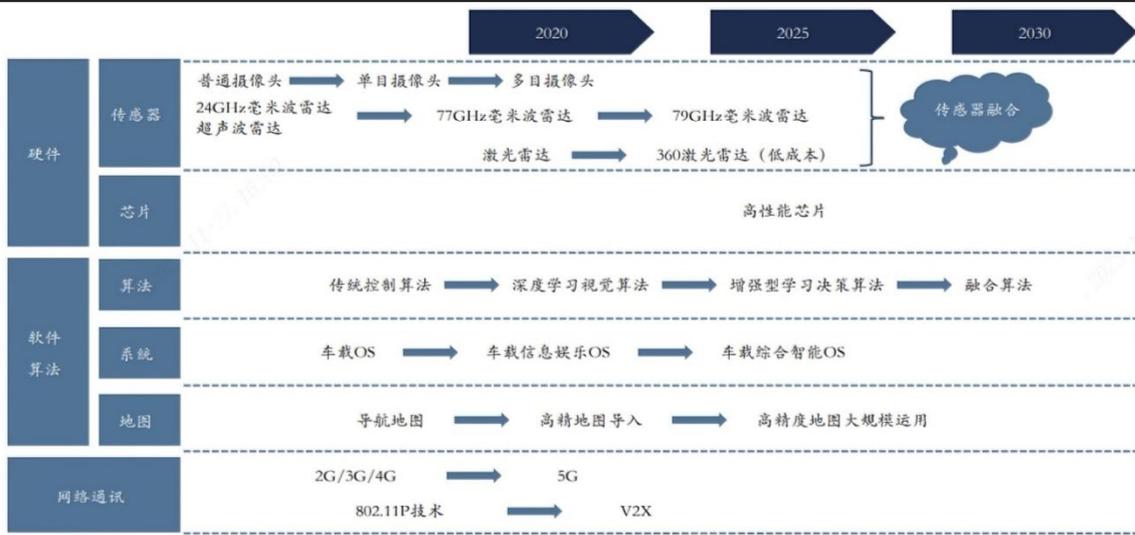


资料来源：佐思汽研，爱建证券研究所

算法逐渐成熟、智能网联汽车关键技术加速突破。 主流厂商通过感知大模型与端到端架构迭代提升场景泛化能力，城市复杂路况通过率明显改善；集中式域控与新一代车规芯片量产推动智驾套件成本下降约 70%。VLA、世界模型等仿真体系将极端实测转为按需生成的虚拟测试。算力成为核心环节，特斯拉 AI5 算力达千 TOPS 级；国产车载计算芯片性能与制程快速进阶，智驾/座舱分别迈入 5nm/3nm。多域融合+中央计

算架构、整车/跨域 OS 及智算数据平台加速落地，支撑自动驾驶算法高频迭代。

图表 7：自动驾驶软硬件同步迭代

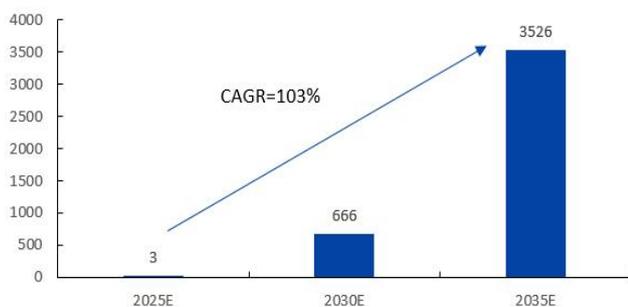


资料来源：沙利文，爱建证券研究所

1.2 市场规模：2030年中国市场有望超过1500亿元

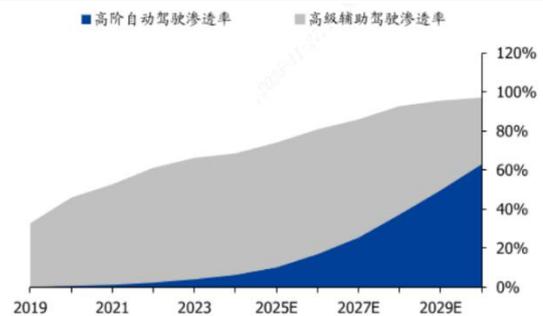
据沙利文测算，Robotaxi 全球市场规模将由 2025 年的 3 亿美元快速扩张至 2035 年约 3526 亿美元，10 年 CAGR 约 103%。灼识咨询数据显示，2023 年全球新车中智能汽车渗透率已达 66%，预计 2030 年将升至 97%，高阶自动驾驶车型有望成为销量主体。

图表 8：全球 Robotaxi 行业规模 (亿美元)



资料来源：沙利文，爱建证券研究所

图表 9：全球高级辅助驾驶、高阶自动驾驶渗透率



资料来源：灼识咨询，交强险，爱建证券研究所

2030年中国市场有望突破1583亿元。我们认为中国凭借复杂场景与政策支持，商业化进程提速。出租车市场至2030年约5223亿元，增速放缓至6%，网约车规模由3589亿元增至9458亿元，运力持续扩张。2030年，我们测算Robotaxi车辆有望达40万辆，总市场规模预计1583亿元。

图表 10：中国 Robotaxi 市场规模

| 指标 | 2023 | 2024 | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 一、出租车市场规模 (亿元) | 3,339 | 3,602 | 3,862 | 4,130 | 4,394 | 4,657 | 4,932 | 5,223 |
| 同比增长率 (YoY) | - | 8% | 7% | 7% | 6% | 6% | 6% | 6% |
| 出租车年订单 (亿) | 39 | 49 | 55 | 62 | 69 | 78 | 87 | 98 |
| 平均单价 (元) | 85 | 73 | 70 | 67 | 63 | 60 | 56 | 53 |
| 出租车数量 (万辆) | 137 | 137 | 138 | 138 | 139 | 139 | 140 | 141 |

| 二、网约车市场规模 (亿元) | 3,589 | 4,726 | 5,385 | 5,892 | 6,695 | 7,519 | 8,403 | 9,458 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 同比增长率 (YoY) | - | 32% | 14% | 9% | 14% | 12% | 12% | 13% |
| 网约车叫车年订单 (亿) | 91 | 114 | 128 | 144 | 162 | 182 | 204 | 229 |
| 平均单价 (元) | 39 | 41 | 42 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 网约车数量 (万辆) | 279 | 339 | 399 | 459 | 519 | 579 | 639 | 699 |
| 三、1.Robotaxi 打车规模 (亿元) | - | - | 4 | 12 | 84 | 189 | 380 | 841 |
| 同比增长率 (YoY) | - | - | - | 167% | 588% | 124% | 101% | 122% |
| 每辆车年交易额 (万元) | - | - | 11 | 15 | 17 | 16 | 19 | 21 |
| 平均单价 (元) | - | - | 21 | 21 | 21 | 20 | 21 | 19 |
| Robotaxi 数量 (千辆) | - | - | 3 | 8 | 50 | 120 | 200 | 400 |
| 日均订单数 | - | - | 15 | 20 | 22 | 22 | 25 | 30 |
| 每单平均里程 (公里) | - | - | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 每公里平均车费 (元) | - | - | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 2.4 |
| 2.Robotaxi 整车销售规模 (亿元) | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 整车参考售价 (万元) | - | - | 21 | 20 | 20 | 18 | 17 | 17 |
| 3.Robotaxi 广告收入 (亿元) | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LED 广告价格 (元) | - | - | - | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 单日 LED 广告数 (单条 1min) | - | - | - | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| LED 广告收入 (千元) | - | - | - | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 车身/玻璃广告 (元) | - | - | - | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Robotaxi 车载广告 (元) | - | - | - | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 12.8 |
| 4.Robotaxi 车载娱乐收入 (亿元) | - | - | - | 0 | 1 | 2 | 5 | 11 |
| 车载娱乐订单付费率 | - | - | - | 4% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| 单次套餐价格 (元) | - | - | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Robotaxi 市场规模合计 (亿元) | - | - | 13 | 29 | 192 | 423 | 750 | 1,583 |

资料来源：公司财报，沙利文，爱建证券研究所

注：蓝色为关键假设。出租车市场规模基于沙利文预测；假设网约车每年新增 60 万辆，年订单量 CAGR=0.12，单价 41 元，出租车年订单与网约车比例约 3:7；Robotaxi 终局日均 30 单，车载娱乐付费率 5%，单次套餐 5 元。

图表 11：全球主要 Robotaxi 公司车队规模预测 (千辆)

| 企业 | 车型 | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-------|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 萝卜快跑 | 颐驰 06 | 2 | 4 | 15+5 | 30 | 50 | 100 |
| 小马智行 | 铂智 4X、霸王龙、阿尔法 T5 | 0.96+2 | 3+6 | 10 | 20 | 40 | 80+20 |
| 文远知行 | GXR | 1 | 1 | 10 | 20 | 40 | 80 |
| 小鹏汽车 | 2026 年发布车型 | - | - | 10 | 30 | 40 | 80 |
| Waymo | 捷豹 I-Pace、极氪 RT、现代车型 | 3 | 4 | 4-5 | 8 | 10 | 20 |
| 特斯拉 | Model 3/Y、Cybercab | 2 | 1,000 | 1,270 | 1,613 | 2,049 | 2,602 |

资料来源：公司财报，央广网，中国经济信息网，爱建证券研究所

注：基于公司目标与爱建证券测算，加号前为国内车队规模，加号后为海外车队规模

1.3 核心瓶颈：订单密度不足与运营限制

当前自动驾驶行业面临挑战：1) 单车成本高昂，行业整体尚未跨越盈亏平衡点，企业普遍亏损。2) 运营效率存瓶颈。需求密度不足导致服务网络效应未显现，制约服务规模扩大与用户体验优化。3) 商业化场景受限，运营集中在封闭或半封闭场景。4) 监管体系待完善。事故责任认定、数据安全规范、算法伦理约束等全国性法规仍空白。

图表 12：现存核心瓶颈

| 瓶颈 | 表数据 | 影响机制 | 潜在解法 |
|---------|--|------------------------|-------------------------------|
| 单车成本高 | 购车与改造至少 20 万元，维护费用高 | 毛利接近出租车，全流程费用高 | 云端协同与规模化采购、机场与城域多场景分摊成本 |
| 订单密度受限 | 极端天气、复杂场景难运行 | 时空受限→日均车队利用率不足→难摊薄固定成本 | 运营许可扩区、跨城资格互认 |
| 监管不均衡 | 美国未全面开放；中国发牌照 1.6 万、测试路 3.2 万公里，仅少量地区无人化 | 运营范围与无人化率限制→安全员辅助 | 试点城市加速、牌照扩围，推进全国性政策 |
| 算力/感知冗余 | 激光雷达/摄像头/高算力域控的 BOM 与能耗高；本地算力资源易冗余 | 单车硬件、补能成本高→压缩毛利空间 | 车端感知+云端调度、高精地图更新与算力共享、纯视觉路线加速 |
| 财务亏损 | Waymo 月订单 70 万单仍亏，小马智行、文远知行处于净亏损 | 资本开支与现金流约束铺量节奏，规模化前难转正 | 港股、美股融资与产业协作推进前装与轻资产模式落地 |

资料来源：如祺出行招股书，小马智行财报，文远知行财报，爱建证券研究所

2. 产业格局：三方竞逐，价值链重塑

2.1 产业链：硬件先行，软件核心，运营增值

价值分布从硬件基础向数据运营迁移。上游涵盖感知、定位、决策与执行等硬件与系统；中游为具备工程化与量产能力的自动驾驶方案商和整车厂，为价值创造核心；下游出行运营商的长期价值取决于运营效率、数据反馈与平台生态。产业的价值中枢从上游的硬件制造向中游的解决方案与下游的运营服务延伸。

中下游边界正趋于融合，数据闭环与商业生态为核心竞争力。科技公司与自动驾驶企业向运营端延伸，出行平台反向介入技术与数据协同。技术+运营的垂直整合模式成为主流。竞争焦点由硬件性能转向数据闭环与商业生态构建。

图表 13：Robotaxi 产业链

| 上游 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------|-------|------|------|---------|------|--------|------|------|------|------|--|
| 感知 | | | 定位 | | | 决策 | | | 执行 | | | | |
| 激光雷达 | | 毫米波雷达 | | 路测 | | 高精地图 | | 自动驾驶芯片 | | 转向 | | 空气悬架 | |
| 禾赛科技 | 图达通 | 德赛西威 | 纵目科技 | 万集科技 | 四维图新 | 百度 | 英伟达 | 高通 | 拿森科技 | 采埃孚 | 中鼎股份 | 采埃孚 | |
| 速腾聚创 | 法雷奥 | 经纬恒润 | 保隆科技 | 海康智联 | 易图通 | 高德 | 地平线 | 黑芝麻 | 同驭汽车 | 舍弗勒 | 拓普集团 | 威巴克 | |
| 大疆览沃 | 华为 | 森思泰克 | 华城汽车 | 大华股份 | 中海庭 | 腾讯 | 寒武纪 | 华为 | 拓普集团 | 博世 | 保隆科技 | 大陆 | |
| 超声波雷达 | | 摄像头 | | 千方科技 | | 高精定位 | | 域控制器 | | 制动 | | 动力总成 | |
| 航盛电子 | 法雷奥 | 舜宇光学 | 欧菲光 | 高新兴 | 导远电子 | 华测导航 | 德赛西威 | 华为 | 同驭汽车 | 布雷博 | 中鼎股份 | 采埃孚 | |
| 保隆科技 | 尼塞拉 | 晶华光学 | 特莱斯 | 华为 | 经纬恒润 | 千寻位置 | 均联智行 | 百度 | 拿森科技 | 伯特利 | 拓普集团 | 威巴克 | |
| 奥迪威 | 博世 | 联创电子 | | 百度 | 均联智行 | 博世 | 毫末智行 | 高通 | 拓普集团 | 万都 | 保隆科技 | 大陆 | |
| 中游 | | | | | | 下游 | | | | | | | |
| 自动驾驶方案供应商 | | | | | | 整车企业 | | | | | | | |
| 小马智行 | 文远知行 | 百度 | Waymo | Zoox | 元戎启行 | Momenta | 特斯拉 | 小鹏汽车 | 上汽集团 | 吉利汽车 | 长安汽车 | 广汽集团 | |
| 无人驾驶出行服务 | | | | | | 传统运营商 | | | | | | | |
| 如祺出行 | 享道出行 | T3出行 | 曹操出行 | 阳光出行 | 滴滴出行 | 高德 | Uber | 大众交通 | 锦江在线 | 强生出租 | 赛可智能 | 友道智途 | |

资料来源：Wind，爱建证券研究所

2.2 竞争格局：中美双极驱动，中东快速跟进

中美双核心格局基本确立，短中期焦点在规模化部署、成本曲线、牌照与流量入口，跨平台协作为放量主线。美国市场由特斯拉与 Waymo 主导，受益于开放政策率先商业化。特斯拉凭借垂直一体化、纯视觉路线及 600 万辆车队的数据闭环，日均生成数亿公里真实路况数据，加速无人化与多城复制。Waymo 以多传感器路径加速扩城。中国市场三强领跑（萝卜快跑、小马智行、文远知行），依托完整产业链与前装量产在国内多个一线城市全无人运营，竞争由技术验证转向规模化与盈利验证，如萝卜快跑武汉单车 UE 盈亏平衡，第二梯队（元戎启行、滴滴等）加速追赶。

图表 14：Robotaxi 布局车企运营与商业化进度



资料来源：智能车参考，爱建证券研究所

国内训练+海外盈利战略明晰，跨平台协作成为放量主线。国内复杂路况利于算法训练，海外市场具备更高政策开放度、客单价与人力成本，商业化潜力更强，头部企业加速全球化布局。小马智行接入高德、支付宝、微信并与 Uber 合作；文远知行联合 Uber 推进中东及欧洲；百度拓展欧洲市场。产业协作升级为整车厂+智驾公司+出行平台，通过硬件入口、技术能力与场景流量协同，显著缩短获客与商业化周期。

中东市场：Robotaxi 快速跟进，政策顶层明确、审批高效。阿联酋提出 2030 年 25% 出行自动驾驶化；沙特“2030 愿景”将智能交通纳入经济转型重点。**优势：**1) 产业集群：阿布扎比设立智能驾驶汽车产业集群 (SAVI)，预计 2045 年创造约 862.5 亿元经济价值。2) 牌照：阿联酋率先颁发无安全员、无方向盘的全国性自动驾驶测试牌照，推行监管沙盒模式，缩短企业落地周期。3) 基建：沙特 NEOM 新城基建与迪拜、利雅得点状分布城市形态，提供规模化、低复杂度场景。

中东高客单价与人力替代需求明确，高端出行场景付费能力强。中东网约车单程价格约 15-25 美元，Robotaxi 客单价可达国内 2 倍以上，单位经济模型 (UE) 更优。阿布扎比高景气旅游与每年 500 多场会展，形成短途接驳、高峰调度的结构性需求。2024 年接待 320 万国际过夜游客，游客平均停留近 3.2 夜。我们以 2024 年游客人均 3~6 次本地出行测算，对应 960-1920 万次的潜在接驳需求，日均约 2.6-5.3 万单。按照单车日均 20 单，或需约 1300-2650 辆 Robotaxi 满足旅客需求。

图表 15：2024 年中东旅客需求 Robotaxi 测算

| 预测 | 年游客量 | 人均出行(次数) | 潜在年接驳需求(万次) | 日均接驳需求(万次) | 单车日均单量(单) | 对应 Robotaxi (辆) |
|----|---------|----------|-------------|------------|-----------|-----------------|
| 乐观 | 320 万人次 | 6 | 1920 | 5.3 | 20 | 2650 |
| 悲观 | | 3 | 960 | 2.6 | | 1300 |

资料来源：Aletihad，爱建证券研究所

在资本与生态上，主权基金绑定全球合作网络。阿布扎比 CYVN、沙特 NEOM 等主

权基金直接投资要求企业本地化部署,形成资本换技术闭环。企业依托 Uber、Careem 等本地出行平台降低获客成本。文远知行与 Uber 合作,截至 2025 年 10 月累计行驶里程接近 100 万公里,主力车型五座 GXR,适配机场、景区等高频出行场景,覆盖亚斯岛、萨迪亚特岛、玛丽亚岛、利姆岛。萝卜快跑获首批商业化许可,联合 AutoGo 在阿布扎比部署大规模车队,部署江铃合作车型颐驰 06,售价 20.46 万元,公司计划 2026 年全面商业化覆盖亚斯岛、扎耶德国际机场等重点区域。

2.3 商业模式演进：从技术验证到服务运营的价值兑现

短期看改装车落地速度,中期看泛化能力,长期看运营效率和网络效应。Robotaxi 已突破早期依靠技术演示和融资的模式,商业化可行性得到初步验证。竞争焦点已从技术可能性转变为高效低成本的实现规模化盈利,运营效率成为衡量企业价值的核心,头部公司凭借数据和运营经验开始拉开差距。

商业模式呈现阶段演进,未来乘客自由模式是共享出行经济的深化。初期以自有模式进行技术验证和数据积累;成长期轻资产模式通过车企/金融方承担 CAPEX、技术方输出方案与运营能力,加速扩张;扩张期合资模式整合产业链资源共担风险;成熟期乘客自有模式释放社会运力潜力,如特斯拉的全民车队、小鹏汽车 Robo 智驾版本上车,依赖 L4 成熟、成本下行及法规、保险完善。

图表 16: Robotaxi 商业模式

| 模式 | 车队所有者 | 运营方 | 资本支出方 | 流程/特点 | 收益分配 |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|--|---------------------|
| 自有模式 | L4 科技公司 | L4 科技公司 | L4 科技公司 | L4 科技公司自有车队提供服务。适用于资金与技术实力雄厚的企业、可快速积累数据 | L4 科技公司获全部收入 |
| 轻资产模式 | 资产所有者 | L4 科技公司/ 资产所有者 | 资产所有者 | 资产所有者购买车辆, L4 公司提供运营平台,或自行运营,乘客支付车费给运营平台 | L4 科技公司与资产所有者进行利润分成 |
| 合资模式 | OEM & L4 科技 合资公司 | 合资公司 | 合资公司 | 汽车制造商与 L4 科技公司成立合资公司提供服 务,需平衡决策效率 | 合资公司获得运营收入,利 润共享 |
| 消费者 自有模式 | 消费者 | 第三方运营商 | 消费者 | L4 级智驾车主通过平台加入 Robotaxi 车队,运 营商管理调度;社会运力最大化 | 消费者获得运营收入分成 |

资料来源:爱建证券研究所

3. 驱动因素：技术泛化、成本下探与法规适配

3.1 技术路径：纯视觉与多传感器融合并行

轻传感器、重算法是感知系统的趋势。感知能力的强弱直接决定安全的风​​险预判与响应效率。行业趋于控制硬件复杂度的同时,通过算法能力提升感知质量与系统效率。

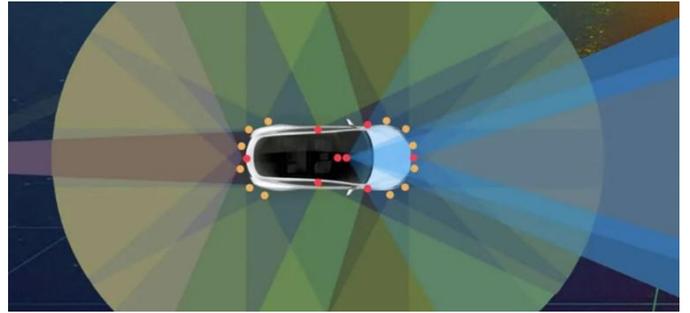
传感器层面形成两条技术路线：多传感器融合与纯视觉。多传感器融合方案以 Waymo、百度 Apollo 等为代表,包含激光雷达、摄像头、毫米波雷达等,通过硬件冗余提升系统在复杂天气和极端场景下的安全性。以 Waymo 第六代车型为例,车辆配置为 13 个摄像头、4 个激光雷达、6 个雷达。纯视觉派则由特斯拉主导,依赖摄像头和神经网络完成环境感知,典型配置为 8 个摄像头及 12 个超声波传感器。

图表 17: Waymo 第六代 Robotaxi 配置



资料来源：机器人规划与控制研究所，爱建证券研究所

图表 18: 特斯拉 Robotaxi 配置



资料来源：机器人规划与控制研究所，爱建证券研究所

短中期，多传感器融合仍为行业主流方案，长期纯视觉具备成本与全球泛化潜力。多传感器融合感知—决策链路整体延迟约 300 毫秒。纯视觉方案由于传感器链路更为简洁，系统延迟可压缩至约 50 毫秒，但对算法成熟度和数据规模要求更高。

图表 19: 纯视觉与多传感器融合方案对比

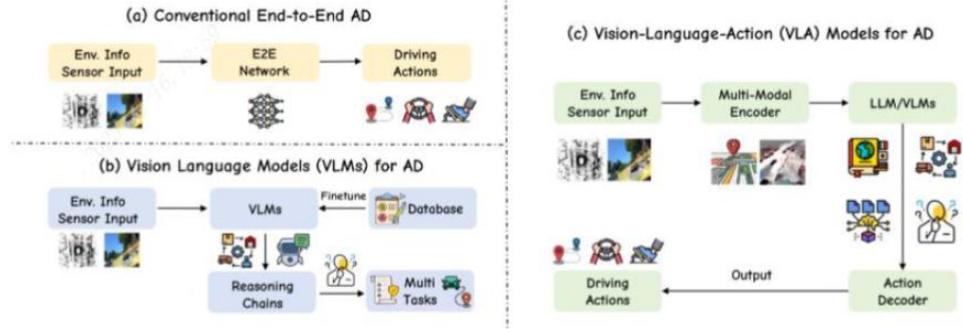
| 对比维度 | 激光雷达方案 | 纯视觉方案 | 差异说明 |
|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 感知原理 | 激光点云三维建模，厘米级精度 | 摄像头 2D 图像转 4D 时空模型 | 激光雷达注重物理探测，视觉重算法 |
| 延迟水平 | 约 300 毫秒 | 约 50 毫秒 | 纯视觉处理速度高约 6 倍 |
| 极端天气表现 | 暴雨或雾天探测距离约 30 米，噪点增加 | 依赖去雾算法，强光/暗光识别率下降 | 激光雷达抗干扰强但信号衰减，视觉依赖算法补偿 |
| 成本结构 | 单颗雷达成本约 200 美元，需配套高性能芯片 | 硬件成本仅为激光雷达 1/10，高度依赖算力与数据训练 | 视觉方案更易普及，但算力间接成本高 |
| 安全冗余 | 多传感器融合：激光雷达+毫米波雷达+摄像头 | 单一传感器，高精度算法保障 | 激光雷达为 L3+ 必备冗余，视觉依赖数据闭环优化 |

资料来源：Web3 创世区块，爱建证券研究所

当前事故总体特征以低速、轻微事故为主，系统性安全风险未显著放大。事故多由他车追尾自动驾驶车辆，人类驾驶车辆违规变道、闯入或抢行，静止或低速工况下的接触事故。数据上，特斯拉 FSD 约 0.15 起/百万公里，而 Waymo 约有 1.16 起。受统计口径与运营场景差异影响，两者安全性总体相近。特斯拉约 30-50 辆、Waymo 约 100-200 辆，特斯拉多以安全气囊或安全带收紧触发计入事故，轻微碰撞不计；Waymo 则包含安全气囊触发、车辆受损、交警报告等更多事件，覆盖更复杂城市路网。事故主要集中于城市道路与路口，风险核心仍在复杂交互场景。

从算法架构上，包括模块化、端到端以及两者结合，VLA 或为下一代主流架构。行业由模块化+端到端向端到端演进，特斯拉端到端成熟度相对领先。**a.端到端**通过单一神经网络直接输出控制指令。**优点：**1) 全局优化，避免信息损耗。2) 响应快，共享特征提取网络。3) 长尾问题解决优势，学习复杂场景。**缺点：**1) 黑盒解释性差，调试困难。2) 算力要求高，千万级视频片段训练。3) 安全冗余不足，极端场景依赖单一模型易失误。**b.模块化**按感知→决策→控制分层。**优点：**1) 可解释性高，模块独立便于故障定位。2) 开发复杂度降低，模块可并行开发。**缺点：**1) 信息传递损耗 2) 人工编码难以穷举场景。3) 计算冗余，各模块独立特征提取，算力利用率低。

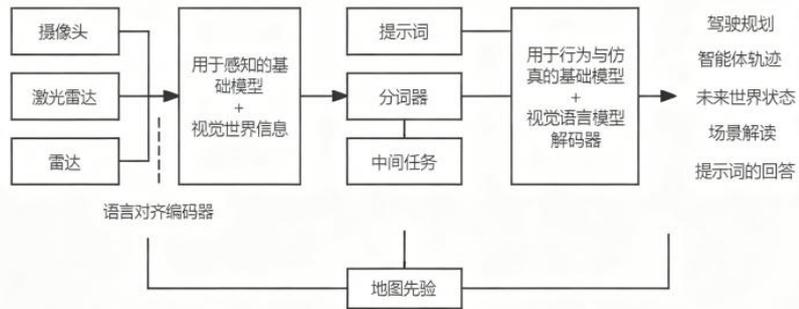
图表 20: VLA 模型整合感知、推理与行动



资料来源:《关于自动驾驶的 VLA 模型调查》, 爱建证券研究所

Waymo 以模块化为主, 注重系统可靠性与可验证性。同时研发端到端模型(如 EMMA)作为技术储备。Waymo 车型选择上, 约 1500 辆捷豹 I-PACE 在四个主要城市运行, 早期表示正测试与验证两款新车现代艾尼氩和纯电极氪 RT, 有望降低用车成本至 10 万美元以下。

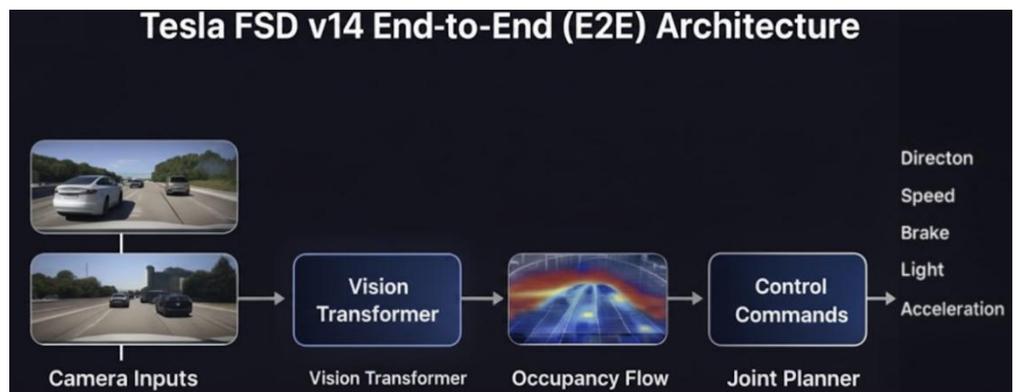
图表 21: 以 Waymo 为代表的多传感器融合技术路线



资料来源: Waymo, 爱建证券研究所

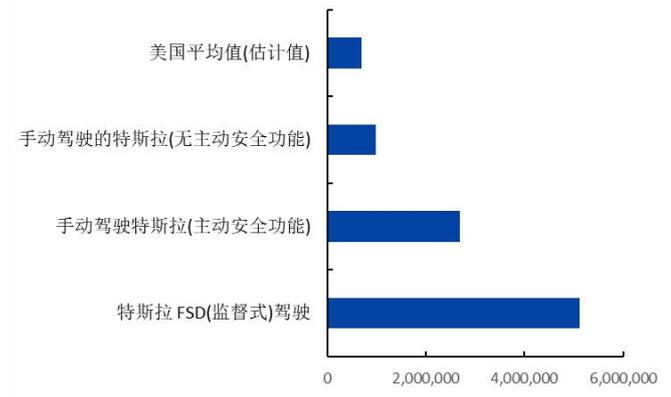
特斯拉依靠端到端神经网络, 追求算法的极致泛化能力。特斯拉架构中输入传感器数据后, 直接输出动作, 包括方向盘转角、油门和刹车。车型采用量产车改装与专用车型规划, 目前使用 Model Y 改装测试, 计划 2026 年量产无方向盘和踏板的专用车型 Cybercab。根据特斯拉数据, 启用 FSD 功能的特斯拉汽车比未启用该功能的汽车发生碰撞的次数更少, 碰撞事故发生前的平均行驶里程显著高于手动驾驶。

图表 22: 特斯拉 FSD v14 技术架构



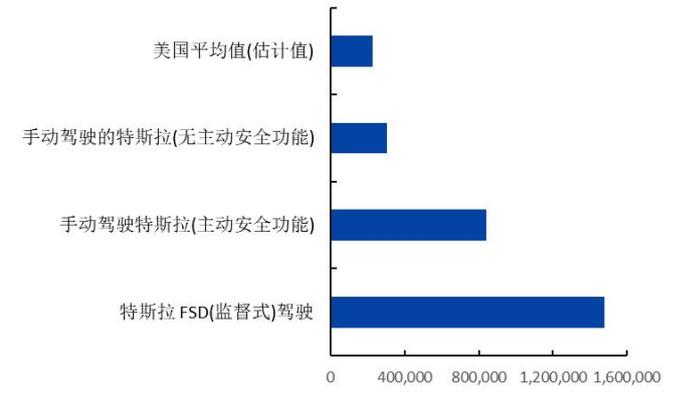
资料来源: Tesla, 智驾社, 爱建证券研究所

图表 23: 重大碰撞事故发生前的平均行驶里程



资料来源: Tesla, 爱建证券研究所

图表 24: 轻微碰撞前平均行驶里程



资料来源: Tesla, 爱建证券研究所

地图依赖度影响城市扩张效率, 未来向轻地图或无图方案演进。从地图方案看, 分为厘米级高精地图和轻量化地图。高精地图具备“超视距”感知能力。**优点:** 1) 弥补传感器的性能边界; 2) 静态信息预存留, 减轻实时感知的算力负担。**缺点:** 1) 更新频率难满足自动驾驶小时级更新需求, 大部分图商 3 个月更新; 2) 成本高: 分米级地图的测绘成本约每公里 10 元, 厘米级地图成本达每公里千元。Waymo 扩张节奏受制于高精地图采集与维护成本; 特斯拉的无图或轻地图方案, 通过 BEV 视角与 Occupancy Network 重构道路结构, 更利于快速规模化。

行业瓶颈在于模型评估与验证, 仿真与世界模型成为关键突破口。传统的开环测试难以反映真实驾驶中“决策—环境—反馈”的闭环, 误差易累积, 且难以评估安全行为的多样性。特斯拉通过构建神经网络世界模拟器, 使 FSD 模型在虚拟环境中实现真实驾驶、实时交互与持续学习。**优点:** 1) 闭环反馈, 控制信号可实时改变环境并生成多视角视频; 2) 复盘历史事故与险情; 3) 大规模生成极端与对抗性场景。

仿真驱动成为行业共识, 世界模型显著放大数据效率。行业正由依赖真实路测向“仿真+世界模型”训练路径转型。以小马智行为例, 通过“虚拟司机+世界模型”技术底座, 实现覆盖雨天、夜间及复杂路口的全场景训练, 世界模型每周可生成超百亿公里的虚拟测试数据。系统安全性有望达到人类驾驶的 10 倍以上。

3.2 成本下探: BOM 进入 20 万元级, 降本路径清晰

制造成本快速下行, BOM 成本进入可规模化区间, 核心竞争力已从技术验证转向明确的成本优势。受益于激光雷达、计算平台等核心硬件价格下探与规模化生产放量, Robotaxi 单车制造成本已显著下降。早期以 Waymo 为代表的改装车型单车成本达百万元, 目前行业主流的多传感器融合方案的整车成本已下探至 20 万元水平, 成本曲线陡降。

图表 25: 相关公司 Robotaxi 成本

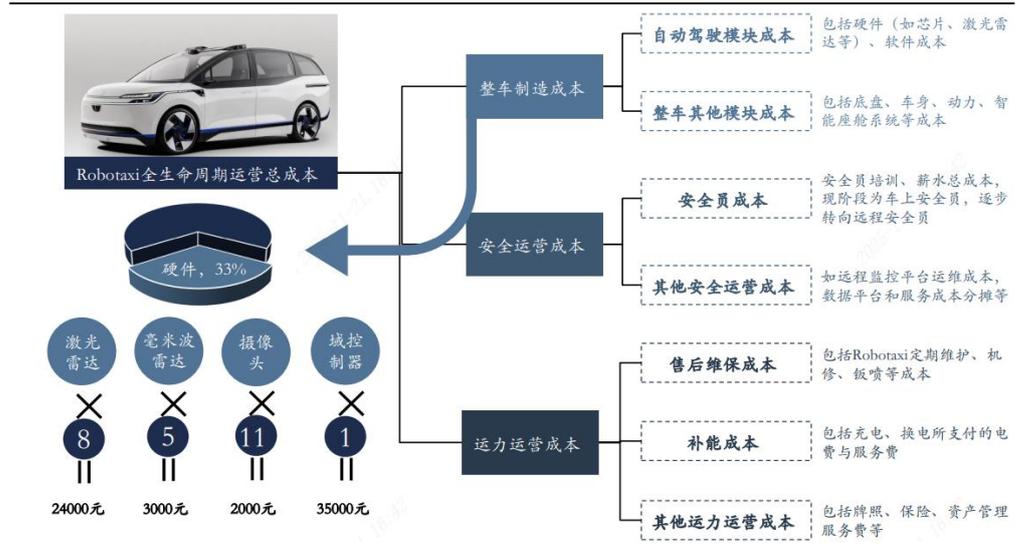
| 公司 | 单车成本 | 未来成本目标 | 降本情况 | 备注 |
|-----------|-----------|--------------|---|---------------------|
| Waymo | 10-20 万美元 | <10 万美元 | 自研激光雷达, 单价降至 7500 美元、与丰田共享供应链, 2030 年车队 1.5 万 | 成本源于多传感+高精地图、安全冗余设计 |
| Tesla | 约 3 万美元 | 未来目标 1.5 万美元 | 纯视觉、共享私人车辆、端到端 AI 优化 | 成本优势显著 |
| 百度 Apollo | 20.46 万元 | 下一代降 20-30% | 激光雷达半固态, 江铃代工 | 武汉已实现收支平衡 |

| | | | | |
|------|-----------|-------------------------|---|-------------------------|
| 小马智行 | 第七代 27 万元 | 2026 年降 20%，三年内降 30-40% | 第七代车型套件 BOM 下降 70%，车载计算单元下降 80%，激光雷达降 68% | 目标 2030 年 10 万辆实现整体盈亏平衡 |
| 文远知行 | 约 30 万元 | 下一代降 20-30% | 多车型零部件复用、前装量产 | 海外拓展适配成本结构 |

资料来源：各公司官网，爱建证券研究所

从成本结构看，整车制造端降本为 Robotaxi 商业化可行性的前提。以萝卜快跑第六代产品 RT6 为例，硬件成本占整车成本约 33%，较上一代产品实现超过 60% 的单车降本。其中，激光雷达与域控制器为主要成本项，8 颗激光雷达 24000 元、5 颗毫米波雷达 3000 元、11 颗摄像头 2000 元，域控制器 35000 元。

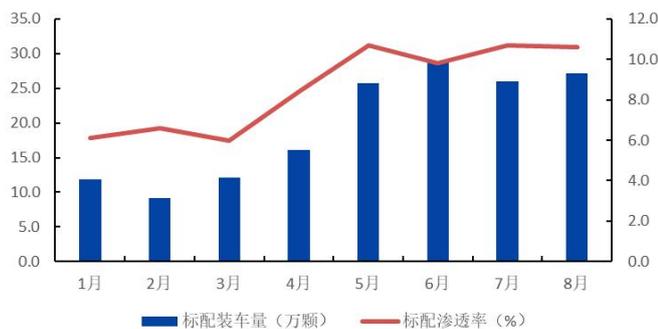
图表 26: Robotaxi 成本拆分



资料来源：沙利文，爱建证券研究所

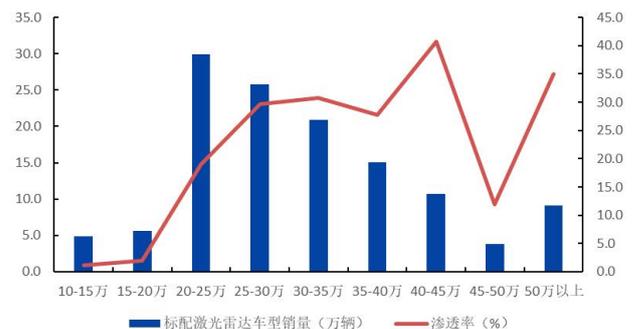
硬件层面，芯片化与集成化、固态化技术加速激光雷达规模化标配。激光雷达作为高阶智驾系统的核心传感器，单颗成本自 2020 年近 10 万元降至 1500 元级别。主要源于 1) **芯片化与集成化**：激光雷达制造商自研专用芯片 (ASIC)，如禾赛科技将 256 个分立器件集成到 2 颗 ASIC 芯片上，减少元器件数量和成本。2) **固态化技术发展**：技术路线从机械式向混合固态再到全固态演进，Robotaxi 向高性能主雷达+全固态补盲雷达组合发展。机械式激光雷达含大量运动部件，成本高且难满足车规级要求。以禾赛 ATX 系列半固态激光雷达为例，通过一维转镜方案减少部件，移除高成本电机与散热模块，重量降低 78%，体积缩小 77.4%，满足车规级与规模化需求。

图表 27: 2025 年 1-8 月激光雷达装车量变化



资料来源：盖世汽车研究院，爱建证券研究所

图表 28: 2025 年 1-8 月各价格区间激光雷达标配情况



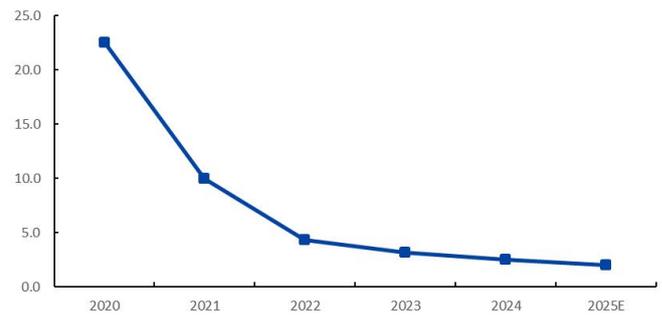
资料来源：盖世汽车研究院，爱建证券研究所

图表 29: 2025 年 1-8 月激光雷达供应商排行榜

| 排名 | 供应商 | 装机量 (颗) | 市场份额 |
|----|------|---------|--------|
| 1 | 华为科技 | 643826 | 41.10% |
| 2 | 禾赛科技 | 514189 | 32.80% |
| 3 | 速腾聚创 | 305171 | 19.50% |
| 4 | 图达通 | 104700 | 6.70% |
| 5 | 其他 | 184 | 0.01% |

资料来源: 盖世汽车, 爱建证券研究所

图表 30: 速腾聚创 ADAS 激光雷达价格走势 (千元)



资料来源: 观研天下, 爱建证券研究所

Robotaxi 的商业本质仍是出行服务, 运营效率决定盈利上限。基于制造成本下降, Robotaxi 全生命周期运营成本优势逐步释放。网约车发展阶段, Uber 通过算法调度将空驶率降至 12% 以下, 显著优于传统出租车约 40% 的空驶率, 本质在于以算法最大化车辆运力价值。**成本端: 我们测算每公里运营成本或达 0.55 元, 较传统油车节省 72%, 较传统电车节省 62%。收入端: 无人化 Robotaxi 单车收入或达 680 元。**

图表 31: 网约车与 Robotaxi 运营收入与成本对比

| 分类 | 项目 | 传统网约车 (燃油) | 传统网约车 (电动) | Robotaxi | |
|-----|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | (有安全员) | (无安全员) |
| 成本端 | 行驶里程 (km) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| | 购车成本-6 年平摊 (元) | 21,667 | 21,667 | 33,000 | 33,000 |
| | 油电成本 (元) | 60,000 | 8,000 | 8,000 | 8,000 |
| | 保养费用 (元) | 5,000 | 5,000 | 8,000 | 8,000 |
| | 保险费用 (元) | 10,000 | 12,000 | 6,000 | 6,000 |
| | 司机工资 (元) | 96,000 | 96,000 | 96,000 | 0 |
| | 成本总计 (元) | 192,667 | 142,667 | 151,000 | 55,000 |
| | 实际单公里成本 (元) | 1.93 | 1.43 | 1.51 | 0.55 |
| 收入端 | 运营时长 (小时) | 15 | | 15 | 20 |
| | 空驶率 (%) | 30 | | 15 | 15 |
| | 每小时订单数 (单) | 1.5 | | 2.0 | 2.0 |
| | 日均订单数 (单) | 16 | | 26 | 34 |
| | 订单价格 (元) | 41 | | 20 | 20 |
| | 单车收入 (元/日) | 651 | | 510 | 680 |

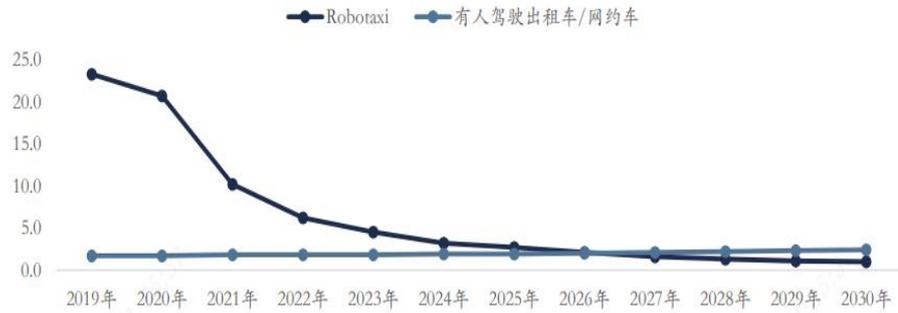
资料来源: 甲子光年, 小马智行, 爱建证券研究所 (数据基于爱建证券测算)

网约车与 Robotaxi 运营测算假设: 1) 行驶里程: 每年行驶 10 万公里, 60 万公里报废; 2) 购车成本: Robotaxi 价格以 20 万元计; 3) 油电成本: 油车 0.5 元/km, 电车 0.08 元/km, 每公里油费=百公里油耗×油价÷100, 百公里油耗约 7.0L-9.0L, 油价约 7 元; 4) 保养费用: 10000 公里保养一次, 每次 500 元, 自动驾驶系统的保养 3000 元; 5) 保险费用: 据小马智行, Robotaxi 商业保费费率或较传统出租车下降 50%; 6) 司机工资 8000 元/月。7) 全无人 Robotaxi 运行时长、空驶率更优。

运营成本接近有人驾驶智慧出行, 2026 年或加速发展。以运营效率为例, 小马智行数据显示, 通过提升远程协助与地面支持人员效率, 远程协助人员与车辆比例已提升至 1:20, 并预计年内进一步优化至 1:30, 显著摊薄人力相关成本。整体来看, Robotaxi

运营成本已逐步接近有人驾驶智慧出行模式，预计 2026 年商业化节奏有望加快。

图表 32: 出租车/网约车及 Robotaxi 每公里成本 (元/公里)



资料来源: 沙利文, 爱建证券研究所

典型城市接驳范围内, Robotaxi 有望激活潜在的以租代购需求。以特斯拉 Robotaxi 在短途出行费用为例, 相较 Uber 等传统网约车平台低约 31.8%–84.1%, 价格优势有望进一步提高放弃私家车比例, 有望激活潜在的以租代购需求。

图表 33: 特斯拉与优步打车费用对比

| 序号 | 出发地 | 目的地 | 距离 (英里) | 特斯拉费用 (\$) | 优步费用 (\$) | 特斯拉便宜比例 |
|----|------------------------|------------------------|---------|------------|-----------|---------|
| 1 | 1747 E Oltorf | Whole Foods Market | 4.2 | \$5.20 | \$8.98 | 42% |
| 2 | Whole Foods Market | Airbnb | 2.62 | \$3.62 | \$7.93 | 54% |
| 3 | Airbnb | Austin Central Library | 2.98 | \$3.98 | \$8.98 | 56% |
| 4 | Austin Central Library | Service Road | 8.92 | \$9.92 | \$30.38 | 67% |
| 5 | Service Road | 440 W St Elmo | 11.94 | \$12.94 | \$18.97 | 32% |
| 6 | Starbucks | Airbnb | 0.97 | \$1.97 | \$12.36 | 84% |
| 7 | Airbnb | Texas Capitol | 4.24 | \$5.24 | \$17.16 | 69% |
| 8 | Texas Capitol | Auto Parts | 3.07 | \$4.07 | \$8.42 | 52% |
| 9 | Auto Parts | Airbnb | 4.41 | \$5.41 | \$9.08 | 40% |

资料来源: Tslachan, 价格为 2025.8.1 数据, 爱建证券研究所

3.3 政策法规: 责任界定与商业化准入加速

国内 Robotaxi 政策呈现渐进式发展路径。道路测试→示范应用/运营→商业化试点→无人化运营 (2025 年后)。国家、地方与企业三级联动, 推动测试标准互认与城市细则加速落地, 形成区域示范。头部企业把握政策窗口完成技术验证并走向商业闭环。总体看, 政策支持自上而下、目标明确, 通过战略引导、地方协同、基础设施投入与法规保障, 为 Robotaxi 规模化与无人化应用营造有利环境。

图表 34：中国市场 Robotaxi 相关政策的变化

| 阶段 | 道路测试和示范应用阶段 | | 商业化试点阶段 | |
|------|--------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 周期 | 2017-2020 (约四年) | | 2021-2024 (约四年) | |
| 国家政策 | 第一次从国家层面就规范自动驾驶道路测试作出规定。 | 下达了智能汽车测试运行及示范应用的战略任务。 | 推动实现由道路测试向示范应用扩展，进一步认识和分析新问题、新挑战。 | 首次从国家政策层面明确智能网联汽车可以用于运输经营活动。 |
| 地方政策 | 北京市出台中国第一个自动驾驶车辆管理规范。 | 广州认可其他城市智能网联汽车路测许可。 | 上海测试场景进一步扩展，可申请完全自动驾驶。 | 深圳出台国内首个无人驾驶汽车法规，开辟了完全自动无人驾驶应用的先河。 |
| 企业动态 | 2018年小马智行牵手广汽在广州南沙正式上路。 | 2019年7月北京市发布首批T4级别自动驾驶测试牌照，总计 5张，百度全部收入囊中。 | 2021年11月15日，百度Apollo获国内首个自动驾驶收费订单。 | 2024年7月AutoX、小马智行等获得上海完全无人载人车牌照。 |

资料来源：艾瑞咨询，爱建证券研究所

L3 级法规落地是重要信号，将为 L4 责任划分铺平道路。 2025 年自动驾驶政策密度与力度明显提升，多地通过地方立法明确事故责任，并由封闭测试转向跨区域、跨场景应用。12 月 15 日工信部公布首批 L3 准入车型，将在北京、重庆开展试点，但全国性自动驾驶法律法规仍待完善。

图表 35：自动驾驶相关政策

| 区域 | 时间 | 政策 | 核心内容 |
|----|---------|-------------------------------------|---|
| 北京 | 2025/4 | 《北京市自动驾驶汽车条例》 | 明确 L3 级以上自动驾驶乘用车测试规则，允许个人用户参与测试。 |
| 上海 | 2025/7 | 《上海高级别自动驾驶引领区“模速智行”行动计划》 | 允许百度等企业联合出租车公司开展收费无人驾驶出租车服务；计划 2027 年建成全球领先自动驾驶引领区。 |
| 广州 | 2025/2 | 《广州市智能网联汽车创新发展条例》 | 推进与深圳互认，明确测试运营管理、安全保障和法律责任。 |
| | 2025/1 | 《智能网联汽车示范应用试点互认合作框架协议》 | 广州南沙与深圳宝安拟互认运营资质、测试道路、监管体系等。 |
| 武汉 | 2025/3 | 《武汉市智能网联汽车发展促进条例》 | 明确交通事故责任归属。 |
| 杭州 | 2025/7 | 《杭州市智能网联车辆创新应用管理实施办法》 | 允许商业化载客和载货，首次取消“安全员强制随车值守”要求。 |
| 深圳 | 2022/8 | 《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》 | 允许全无人车辆在限定区域上路；首创“驾驶人/安全员责任界定”机制，首部为智能网联汽车立法的综合性法规。 |
| | 2025/10 | 《深圳市智能网联汽车道路测试与示范应用管理实施细则（修订征求意见稿）》 | 拟进一步放宽车内全无人测试门槛，并建立道路分级管理制度。 |

资料来源：政府官网，爱建证券研究所

4. 相关公司进展

国内 Robotaxi 布局企业可分四类： 1) 主机厂主导：依托前装量产与定制车型，开放技术接口； 2) 自动驾驶技术公司主导：以技术降本与国际化扩张为核心，包括中东试运营、车规级硬件量产； 3) 出行平台主导：运力网络与生态整合构建壁垒，形成车辆聚合平台、混合派单模式； 4) 传统企业转型：依托整车资质、牌照与本地运

维。具备高阶智驾与量产能力的跨界新势力，在 L3+ 技术突破后有望快速切入。

图表 36: Robotaxi 相关公司进展

| 类型 | 企业 | 布局区域 | 运营规模与特点 | 合作方 | 相关动态 |
|----------|---------|-------------------------|--|-----------------------|--|
| 主机厂 | 特斯拉 | 奥斯汀、旧金山试点 | 2025 年 1500 辆, 2026 年投产 Cybercab, 服务面积 1077 平方英里, 覆盖人口 550 万 | 自营为主 | 2025-06 奥斯汀试点正式上线, Cybercab 预计 2026 年开始投产 |
| | 小鹏汽车 | 广州试运营 | 纯视觉、算力 3000TOPS、4 颗图灵芯片 | 高德地图 | 2026 年发布三款 Robotaxi 车型并量产, Robo 智驾版本上车 |
| 自动驾驶技术公司 | Waymo | 凤凰城、旧金山、洛杉矶、奥斯汀等 | 周付费订单约 25 万; 推进配送合作 | Uber、UberEats; 极氪、捷豹等 | 配送业务与出行双线拓展, 商业化提速, 计划日本东京测试 |
| | 文远知行 | 北京、南京、鄂尔多斯等; 阿布扎比、苏黎世等 | 车队规模超 1600 辆、Robotaxi 750 辆; 2026 年中东达 1000 台、2030 年数万台 | Uber、Grab、广汽、日产、博世 | 阿布扎比与 Uber 启动商业化运营; 新加坡与 Grab 落地 Ai.R 项目 |
| | 小马智行 | 广州、深圳、北京亦庄、上海等核心城区 | 车队 961 辆, 计划 2025 年底达 1000 辆; 第七代 Robotaxi 套件成本降约 70% | 丰田、广汽、北汽; 接入高德、Uber | 25H2 中东率先落地; 第七代量产运营 |
| | 萝卜快跑 | 北京、上海、武汉等 11 城; 迪拜、阿布扎比 | 车队规模超 1000 辆; 截至 25 年 11 月累计服务超 1700 万次, 周订单量超 25 万单 | 江铃、Uber | 武汉单城盈亏平衡; RT6 降本显著 |
| | Momenta | 上海 | 前装量产与平台导流并举, 欧洲规模化部署 | 上汽集团、享道出行、Uber | 2026 年欧洲落地 Robotaxi 服务 |
| | 千里科技 | 苏州、杭州示范运营 | 目标全链路布局, 浩瀚系统搭载 | 曹操出行等 | 18 个月扩张全球 10 城, 单城部署超 1000 辆 |
| 出行平台 | 如祺出行 | 广州、深圳、横琴粤澳深度合作区等 | 车队超 300 辆; 运营 20,080 小时、试运营 450,699 公里; 混合派单, 站点超 4000 个 | 广汽埃安 文远知行 | "Robotaxi+" 计划: 五年扩至 100 城、10 亿级资金建三级运维网络 |
| | 曹操出行 | 苏州、杭州; 阿布扎比 | 定制车队累计部署超 3.4 万辆; Robotaxi 成本约 0.73 元/公里显著低于有人网约车 | 吉利集团、极氪、千里科技 | 上线 "曹操智行" Robotaxi 1.0 试点; 与阿布扎比投资办公室建立合作 |
| | 滴滴出行 | 北京、广州、上海试点; 海外: 阿布扎比 | L4 前装量产车全球适配; 混合派单; 3000 辆测试车, 8000 万公里路测 | 广汽埃安合资安滴科技 | 核心城市 2025 年 1000 辆, 2027 年 10 万辆覆盖 50 城, 2030 年 100 万辆 |
| 传统出租 | 锦江在线 | 上海嘉定区、临港新城 | 示范运营, 5000 张出租车运营牌照 | 小马智行 | 上海金桥、花木开展示范运营 |
| | 大众交通 | 上海 | 与萝卜快跑申请 65 辆示范运营许可 | 萝卜快跑 | 获上海智能网联汽车示范运营牌照 |

资料来源: 各公司官网, 爱建证券研究所

预计 2026 年是汽车高阶智驾技术成熟度、政策法规、用户接受度与商业模式共同突破的窗口。 1) 产业逻辑重构: 2025 年 1-7 月新能源车渗透率已达 45%, 电动化初步完成, 行业竞争焦点转向智能化。城市 NOA 等功能下沉至 20 万元以下车型。政策层面持续加码, 推动智能化基础设施与单车智能协同发展。2) 商业模式颠覆: 车企盈利模式由单车销售转向硬件预埋+软件订阅, 向服务端延伸。3) 竞争格局分化: 头部车企凭借全栈自研能力与二线车企拉开代际差。4) 产品定义革新: 汽车从工具升级为具备主动服务能力的移动智能终端。

整车环节: 智能化领先的跨界造车新势力将成智能化红利最大受益者。 具备大模型与算力自研车企将率先突破端到端自动驾驶, 优化成本与体验。整车厂凭借前装量产+自研芯片+世界模型+开放生态闭环, 区别于多数车企依赖第三方或后装改造, 具备成本与交付节奏优势, 平台化能力更强。

4.1 Waymo 技术体系成熟度领先

技术体系成熟度领先, 自主研发 Waymo Driver 构建高壁垒。 Waymo 自主研发的

Waymo Driver 系统技术成熟度处于全球 L4 领先水平。第六代采用多传感器融合架构具备高冗余与可靠性，叠加长期的高强度真实道路测试，支撑其在复杂城市场景中的安全领先，并持续扩城。公司计划 2026 年前进入圣地亚哥、拉斯维加斯及底特律三城，未来扩至波士顿、西雅图、丹佛、迈阿密、纽约和华盛顿等城。

商业模式以 Robotaxi 为核心，辅以物流与技术服务。商业模式涵盖 Robotaxi 业务（Waymo One）、物流与货运（Waymo Via）、技术授权与数据服务。通过自营运营与整车深度合作模式，已与沃尔沃、极氪以及 Uber、Lyft 等出行平台建立合作，分散单一车型或供应链风险。

运营持续拓展，高速公路付费路段开放。公司在美国五城以上常态化运营，车队约 2,500 辆，周订单 45 万单，旧金山网约车渗透率超 20%，计划进军日本和英国。2025 年下半年进入旧金山、洛杉矶及菲尼克斯高速，实现无人化运营，高速场景验证系统稳定性与安全冗余，巩固技术领先。

4.2 特斯拉 Cybercab 预计 26Q2 进入量产

坚持纯视觉方案，FSD 向高阶自动驾驶演进。特斯拉延续纯视觉+数据飞轮的路径。公司，通过 FSD 端到端神经网络与大模型迭代，依托数百万量产车的真实道路数据提升复杂环境理解。2025 年 10 月，奥斯汀累计行驶超 40 万公里、湾区 160 万公里，计划年底开展 8-10 个美国大都市区运营，奥斯汀取消安全员，2026 年进入拉斯维加斯、凤凰城、达拉斯、内华达州等城市。

成本与定价体系同步优化，取消安全员可为单车年节约超 10 万美元。成本端，行业安全员时薪约 25-31 美元，我们测算日间高峰与夜间共计 16 小时轮班，单车日均人力成本约 400-1000 美元，全年运营 300 天对应 12.0-14.9 万美元。取消安全员后，单车年度成本将显著下降，无人化阶段成本主要由折旧、电费、保险、调度及远程接管构成。定价端，奥斯汀从固定价 4.2 美元过渡至 6.9 美元，App 现已上线动态里程计费。FSD 无人化放行后，低成本硬件与平台化运营支撑快速规模化，商业弹性高于多传感器模式。

4.3 萝卜快跑运营数据加速放量

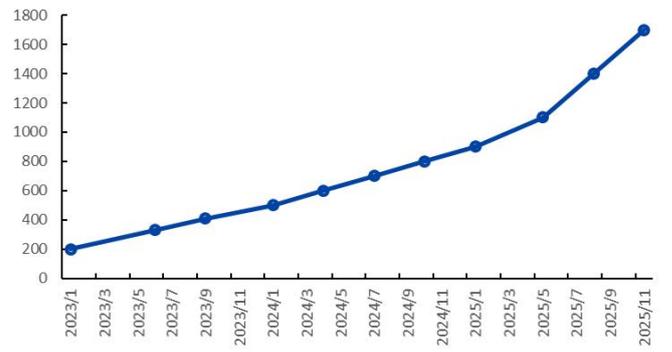
订单与运营加速放量，2025 年用户需求显著提升。截至 11 月，萝卜快跑累计订单量超 1,700 万单，居全球 Robotaxi 行业首位；全无人周订单量超 25 万单。自动驾驶累计行驶里程超 2.4 亿公里，全无人里程超 1.4 亿公里，规模与安全验证领先行业。从订单增长节奏看，2024 年约每三个月增长 100 万单，日均服务量约 1.1 万单；2025 年增长明显加速，按 8 月财报披露时点计算，随后 72 天订单数新增约 300 万单，对应日均服务量提升至约 4.2 万单，供给能力释放推动需求快速增长。

图表 37: 萝卜快跑 Robotaxi 车型



资料来源：百度，爱建证券研究所

图表 38: 萝卜快跑累计服务次数 (万次)



资料来源：智能车参考，爱建证券研究所

海外商业化加速，全球覆盖 22 座城市，车队约 2,500 辆。11 月获阿布扎比首批全无人商业化许可，与 AutoGo 合作打造当地最大全无人车队，并在迪拜、阿布扎比、瑞士签署落地协议，与 PostBus 推出 AmiGo 服务，计划 2025 年底启动测试。与 Uber、Lyft 合作推进，数千辆无人车将投放海外市场。

国内运营盈利能力增强。武汉实现单位经济模型 UE 盈亏平衡。武汉单车 UE 盈亏平衡，日均收入约 320 元，运营成本约 315 元，能源成本占比 18%（传统出租车约 30%），人力替代节省约 150 元/车/天。北京亦庄、深圳南山已基本盈利。广州第七代 Robotaxi 投入运营后，用户等待时间由 8 分钟降至 3 分钟，订单取消率下降 15%。广汽、北汽车型待集中交付，跨城市、跨区域复制效率提升明显。

4.4 小马智行转向轻资产扩张

一线城市示范运营持续深化，合规资质与运营密度优势突出。小马智行是少数获得多地自动驾驶示范运营资质的企业，已在北京、广州、深圳等城市商业化运营，其中，北京亦庄、广州南沙已形成较成熟的常态化运营模式。深圳的上下车点已突破 1 万个，运营密度显著提升。

Robotaxi 收入快速增长，广州率先实现单城单车盈利。商业化进入验证期：25Q3 实现营业收入 1.81 亿元，同比+72%，连续三个季度高增长。Robotaxi 收入 4,770 万元，同比+89.5%，乘客车费收入同比增幅超 200%，用户需求释放与付费意愿显著提升。广州实现单车盈利转正，日均订单量约 23 单。公司规划 2025 年底车队达 1,000 辆，2026 年底至少 3,000 辆，2030 年达到 10 万辆级别。

技术降本与商业模式转型并行，轻资产扩张路径明确。第七代车型实现显著降本，智驾套件 BOM 下降约 70%，其中车载计算单元成本下降 80%，激光雷达成本下降 68%。采用四颗英伟达 Orin X 车规级 SoC，优化体积、散热、成本。商业模式向轻资产技术赋能转型：主机厂生产车辆，资产方/运营方持有，出行平台分发订单，公司提供“AI 司机”，通过车辆销售、技术授权与分成获益。海外延续轻资产思路，计划与当地运营资质伙伴合作，如卡塔尔 Mowasalat、卢森堡 EmileWeber、新加坡 ComfortDelGro 等合作，加快融入当地出行体系。

图表 39：小马智行全球布局



资料来源：赛博汽车，爱建证券研究所

4.5 文远知行海外落地节奏领先

商业化稳步推进，海外落地节奏领先。公司成立于 2017 年，以 L4 技术为核心，覆

盖 Robotaxi、Robobus 及自动驾驶物流与环卫，形成完整商业化产品矩阵。已在 8 国获自动驾驶牌照，布局 11 国 30 余城，公共运营在沙特阿拉伯和比利时落地，道路测试推进至苏黎世、迪拜、新加坡等国际城市，海外合规与运营经验丰富。

中东市场率先实现平台化运营。2025 年 12 月 12 日，公司在迪拜通过 Uber App 上线 Robotaxi 服务，首批覆盖乌姆苏盖姆及朱美拉区域，区域出行频次高且交通复杂，由示范运营迈向常态化、平台化运营。截至 2025 年 12 月，全球车队超 1,600 台，累计行驶约 5,500 万公里。中东车队近 150 辆，其中 Robotaxi 超 100 辆，为海外商业化最成熟区域之一。2030 年规划部署 10 万辆 Robotaxi。

图表 40：文远知行主要产品



资料来源：文远知行，爱建证券研究所

图表 41：文远知行全球布局



资料来源：文远知行，爱建证券研究所

图表 42：Robotaxi 产业链公司估值表

| 代码 | 名称 | 总市值 (亿元) | 净利润 (亿元) | | | PE | | |
|-----------|----------|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2025E | 2026E | 2027E | 2025E | 2026E | 2027E |
| 002920.SZ | 德赛西威* | 755 | 26.2 | 33.0 | 40.9 | 28.8 | 22.9 | 18.4 |
| 688326.SH | 经纬恒润* | 139 | 0.3 | 2.6 | 4.6 | 410.4 | 53.5 | 30.2 |
| 603197.SH | 保隆科技 | 79 | 3.5 | 4.8 | 6.1 | 22.5 | 16.6 | 12.9 |
| 920491.BJ | 奥迪威* | 41 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 40.1 | 33.0 | 27.6 |
| 002036.SZ | 联创电子* | 122 | 0.9 | 2.9 | 4.7 | 142.9 | 42.6 | 25.8 |
| 002236.SZ | 大华股份* | 619 | 38.1 | 40.0 | 44.7 | 16.2 | 15.5 | 13.8 |
| 002373.SZ | 千方科技* | 180 | 3.2 | 4.9 | 6.6 | 57.1 | 37.2 | 27.1 |
| 300098.SZ | 高新兴* | 108 | 0.7 | 1.3 | 1.8 | 160.0 | 82.5 | 60.4 |
| 300627.SZ | 华测导航* | 260 | 7.5 | 9.5 | 12.0 | 34.8 | 27.4 | 21.7 |
| 688256.SH | 寒武纪* | 5,418 | 22.1 | 49.4 | 81.6 | 244.8 | 109.6 | 66.4 |
| 601689.SH | 拓普集团* | 1,223 | 30.2 | 37.7 | 46.3 | 40.5 | 32.4 | 26.4 |
| 000887.SZ | 中鼎股份* | 289 | 17.0 | 19.2 | 21.8 | 17.0 | 15.0 | 13.2 |
| 603596.SH | 伯特利* | 313 | 14.4 | 18.2 | 22.8 | 21.8 | 17.2 | 13.7 |
| 600104.SH | 上汽集团 | 1,792 | 114.8 | 138.2 | 162.9 | 15.6 | 13.0 | 11.0 |
| 000625.SZ | 长安汽车 | 1,061 | 59.3 | 80.5 | 102.4 | 20.2 | 14.8 | 11.7 |
| 601238.SH | 广汽集团* | 719 | -31.1 | 1.4 | 17.5 | - | 617.2 | 48.5 |
| 9868.HK | 小鹏汽车-W | 1,338 | -15.1 | 22.0 | 58.5 | - | 60.8 | 22.9 |
| 2015.HK | 理想汽车-W | 1,283 | 38.8 | 73.0 | 103.9 | 33.1 | 17.6 | 12.3 |
| 1810.HK | 小米集团-W | 9,402 | 427.6 | 498.7 | 617.3 | 22.0 | 18.9 | 15.2 |
| 9863.HK | 零跑汽车 | 630 | 8.2 | 42.5 | 70.7 | 77.3 | 14.8 | 8.9 |
| 9660.HK | 地平线机器人-W | 1,212 | -37.8 | -16.1 | -1.6 | - | - | - |

资料来源：Wind，爱建证券研究所（数据截至 2025-12-22，标*盈利预测采用 Wind 一致预期）

5. 风险提示

高阶智驾技术发展不及预期：极端天气、复杂交通参与者等长尾场景的识别、决策仍存在较高技术难度。核心算法与系统冗余能力突破节奏慢于预期，或制约运营范围扩展。

商业模式推广落地不及预期：若硬件降本、车队规模化或无人化运营节奏不匹配，单车经济性改善或低于预期，回本周期可能拉长。

政策法规配套推进不及预期：自动驾驶在责任认定、数据合规及安全标准等方面依赖明确监管，立法及跨区域监管协同推进节奏影响复制落地。

爱建证券有限责任公司

上海市浦东新区前滩大道 199 弄 5 号

电话: 021-32229888

传真: 021-68728700

服务热线: 956021

邮政编码: 200124

邮箱: ajzq@ajzq.com

网址: <http://www.ajzq.com>

评级说明

投资建议的评级标准

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 6 个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场：沪深 300 指数（000300.SH）；新三板市场：三板成指（899001.CSI）（针对协议转让标的）或三板做市指数（899002.CSI）（针对做市转让标的）；上交所市场：北证 50 指数（899050.BJ）；香港市场：恒生指数（HIS.HI）；美国市场：标普 500 指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）。

股票评级

| | |
|----|-----------------------------|
| 买入 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于 15% |
| 增持 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5%~15%之间 |
| 持有 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间 |
| 卖出 | 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5% |

行业评级

| | |
|------|----------------------|
| 强于大市 | 相对表现优于同期相关证券市场代表性指数 |
| 中性 | 相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平 |
| 弱于大市 | 相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数 |

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告采用信息和数据来自公开、合规渠道，所表述的观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的独立看法。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法可能存在局限性，请谨慎参考。

法律主体声明

本报告由爱建证券有限责任公司（以下统称为“爱建证券”）证券研究所制作，爱建证券具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管。

本报告是机密的，仅供我们的签约客户使用，爱建证券不因收件人收到本报告而视其为爱建证券的签约客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但爱建证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供签约客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，爱建证券及其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测后续可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，爱建证券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。

版权声明

本报告版权归爱建证券所有，未经爱建证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。版权所有，违者必究。