

证券研究报告 | 海外科技 | 2024年07月28日

互联网传媒团队·行业深度报告

L4自动驾驶：Robotaxi研究十问（整体框架篇）

分析师

郝艳辉

登记编号：S1220524050002

康百川

登记编号：S1220524060001

张丰淇

登记编号：S1220524070002

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

■ **当前自动驾驶公司的商业化进程怎样？** 自动驾驶技术先探至L4，大规模商业化停留于L2，L2级辅助驾驶在商业化上已发展成熟，头部车企在此基础上发展高速及城市NOA等覆盖周边环境的自动驾驶，且已有部分公司技术达到L4级别。但大多车企仍不对外声称L3，而是以L2+/L2++等来强调自身产品功能的增强，以规避监管压力以及潜在的事故责任，L4及以上的自动驾驶，系统承担所有驾驶责任。

■ **不同技术路线下的无人驾驶公司算法逻辑有何不同？** 自动驾驶技术的发展路径可分为渐进式和跃进式两类，两者算法逻辑不同，路线有收敛的趋势，汇集点为Robotaxi。渐进式主张从L1、L2、L3状态的人机共驾逐渐过渡到L4无人驾驶，在量产车上先搭载辅助驾驶并收集数据，利用不断扩大规模的高质量数据持续优化算法，逐步攻克自动驾驶各项核心环节（比如AVP功能），安全、模块化迭代、步步为营；代表厂商为特斯拉以及蔚小理类主机厂；跃进式直接以L4无人驾驶为目标进行研发，通过大规模车队获取路测数据直接来训练无人驾驶算法网络，Topline更高、中间不可控的问题比较多、算法架构起点更高，代表厂商以Waymo和百度类科技企业以及小马智行和文远知行类初创企业为主。

■ **为什么说自动驾驶产业现阶段技术汇集点在于Robotaxi?** Robotaxi商业化进程前景不够明朗，跃进式路线引领企业Waymo在多次自动驾驶汽车事故后估值接连下滑，发展疲软暴露跃进式路线商业化空白期长的问题，其他厂商也开始降维寻求过渡期的商业模式；渐进式路线下，城市NOA成为ADAS主战场，所需技术与Robotaxi类似，在城市NOA场景下实现L2+功能对传感器的要求更趋近Robotaxi，为渐进式路线企业入局Robotaxi打下基础。

■ **Robotaxi产业格局怎样？主机厂+自动驾驶企业+运营商三角结构怎么看？** “软件定义汽车”趋势深化的产业背景下，给各方势力入局Robotaxi带来可能性。当前“主机厂+自动驾驶解决方案供应商+运营商”为Robotaxi主流合作模式，其中自动驾驶企业能够提供Robotaxi软硬件解决方案，OEM拥有整车量产能力，运营商提供服务场景，比如“Waymo+捷豹+Uber”模式。但中长期是否会被TSL这种一体式替代值得思考，更大的可能性是两种模式并行。

■ **纯视觉VS多传感器融合，不同技术路线的核心竞争力是什么？** 纯视觉方案仅基于摄像头进行感知，相对多传感器融合有明显的硬件成本优势，同时对软件要求较高，需要依靠强大的算法才能保证感知的准确性与效率，但在纯视觉方案基于深度学习的算法尚未达到全路况覆盖的情况下，其安全性仍存疑，多传感器融合方案更加可靠，因此现有Robotaxi解决方案均采用该路线。我们判断，随着技术的迭代，视觉方案有望凭借性能天花板高及成本可控的特性成为高阶自动驾驶方案中主流的感知路线；但考虑到产品安全问题，仍需要搭载雷达作为冗余设计。

■ **复盘自动驾驶发展历史，当前核心关注点是什么？** 自动驾驶发展经历了导入期、冷静期、落地期及出清期，冷静期过后市场更加关注落地应用情况。2021年为自动驾驶场景落地和商业应用元年，Robotruck头部公司图森未来上市，地平线、小马、文远股权融资进入中后期。2023年进入产业整合阶段，据加州DMV数据，2023年路测公里数和路测车辆数量相对2021年分别增加52%/37%，而参与公司数量从26家下滑至21家。我们整体判断Robotaxi短期竞争力在于运营规模，长期看技术路径和平台效应：Robotaxi现阶段发展重心在运营落地+抢占份额，牌照资源形成壁垒；后期若要在城市公开道路中大规模且常态化运行，关键看点是技术，视觉方案与多传感器融合方案的差距或将逐渐显著；主流技术方案明确后，差异化优势将转移至平台/生态层面，中后期滴滴类平台公司有望基于Robotaxi前瞻布局受益。

■ **端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？** 自动驾驶架构从多模块向端到端融合发展，端到端模型的核心优势在于信息的无损传递，能够基于完整数据进行全局任务优化，在单一网络中直接生成车辆的控制指令或运动规划，这种设计使得整个系统针对最终目标进行优化，而非仅仅针对某个独立的子任务，从而实现自动驾驶性能的全局最优化。随着高质量数据的积累和模型的优化，端到端架构能实现的性能天花板高于模块化架构。端到端模型迭代对算力和数据的要求高，资源竞赛形成进入壁垒；国内厂商中，商汤/百度/华为算力储备丰富，且均有底层大模型（Sensecore/文心/盘古）支撑自动驾驶模型训练。

■ **泛化能力角度，UE打平何时到来？** 按照萝卜快跑在武汉的收费标准（1km内起步价18元，超出起步价范围后每公里2.7元）以及补贴力度（~5折）计算，单均收入为14.85元；成本方面，按照Apollo RT6 20.46万价格以及6年折旧期计算，单均折旧约为7.19元。运营成本中大头来自安全员，按照安全员和车辆1：1的配比计算，单均安全员成本达到16.44元。再加上电力、保险、维护等费用，最终单均成本为27.80元。商业化角度，UE的关键变量是单位车占用的安全员数量及单量，随着单个安全员覆盖无人车数量增加以及单量提升，Robotaxi UE模型有望实现打平。

■ **Robotaxi产业，政策进一步放开的最底层逻辑是什么？**中美为自动驾驶第一梯队，竞相出台自动驾驶政策，为加快Robotaxi商业化落地释放积极信号。我们认为当前全球和Robotaxi相关的政策体系政府方都在尽力给到最大的支持，但尚未进行全道路商业化的最底层政策瓶颈还在于安全，技术日新月异，但安全方面的要求几乎是零容忍。因此从根本上来说，Robotaxi产业发展在等待的关键还是技术的进一步更迭。

■ **消费者认知研究：对自动驾驶容错率低，对Robotaxi运营方意味着什么？**消费者认知瓶颈在于安全感不足。消费者愿意承担自己开车时的小概率伤亡风险，但是对于其他人（或者无人）掌控方向盘时，会有更高的安全标准。根据百度Apollo Day披露，自动驾驶车辆的安全性现已能达到驾驶员人工操控的10倍；但只要发生一起严重的事故，想要公众普遍认可自动驾驶的难度会大幅增长。这一点中外同步，但整体消费者对Robotaxi的接受度正在提升。

■ **重点公司——滴滴：携“数据+生态+运营”战略瞄准Robotaxi，强化网约车龙头地位。**滴滴于2016年组建自动驾驶研发部门，专注L4软硬件解决方案研发，主要商业模式为与OEM合作开发Robotaxi，当前深度捆绑广汽埃安打造“技术+制造+运营”L4商业生态闭环，首款L4量产车型预计于25年发布。滴滴数据规模+质量优势明显，助力提升模型训练效率，依托滴滴平台实现混合派单，可降低冷启动资金要求。而丰富运营经验，可以很大程度上提高商业效率。

■ **重点公司——小鹏：本土化版“特斯拉”，坚定端到端。** OEM中智能驾驶的第一梯队，在持续研发投入下，小鹏汽车成为全国首个提出视觉融合泊车、融合高精地图SR的高速领航辅助、城市导航等智能驾驶功能的车企。首发端到端自动驾驶大模型，强调“AI智驾全球开创者及普及者”定位，感知技术方面，推出全国首个量产BEV感知，渐进路线稳扎稳打，强大体系能力构筑护城河。公司预计2024年将投入35亿元用于智能研发，并新招募4000名专业人才，今后每年将投入超过7亿元用于算力训练；并预计于2025年，在中国实现类L4级智驾体验。

■ **重点公司——百度：生态赋能、研发积淀，为什么说百度是Robotaxi产业的头部玩家？** 百度于2013年开始自动驾驶研发，于2017年将无人驾驶业务命名为Apollo计划，并将平台开源。Apollo涵盖自动驾驶车辆的研究、测试和部署，提供一整套开源的解决方案，支持包括感知、决策、规划、执行在内多个功能模块。百度研发积淀深，L4与L2共生长。当前看萝卜快跑是中国Robotaxi头部公司，中长期看核心竞争力明显，高精地图+文心一言大模型+昆仑AI芯片合力都将驱动自动驾驶技术发展，助力百度在Robotaxi产业链中脱颖而出。

1. 问一：当前自动驾驶公司的商业化进程怎样？
2. 问二：不同技术路线下的无人驾驶公司算法逻辑有何不同？
3. 问三：为什么说自动驾驶产业现阶段技术汇集点在于Robotaxi？
4. 问四：Robotaxi产业格局怎样？主机厂+自动驾驶企业+运营商三角结构怎么看？
5. 问五：纯视觉VS多传感器融合，不同技术路线的核心竞争力是什么？
6. 问六：复盘自动驾驶发展历史，当前核心关注点是什么？
7. 问七：端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？
8. 问八：泛化能力角度，UE打平何时到来？
9. 问九：Robotaxi产业，政策进一步放开的最底层逻辑是什么？
10. 问十：消费者认知研究：对自动驾驶容错率低，对Robotaxi运营方意味着什么？
11. 重点公司——滴滴：携“数据+生态+运营”战略瞄准Robotaxi，强化网约车地位
12. 重点公司——小鹏：本土化版“特斯拉”，坚定端到端
13. 重点公司——百度：生态赋能、研发积淀，为什么说百度是Robotaxi产业的头部玩家？
- 附录：头部企业自动驾驶模型研发基础对比
- 风险提示：自动驾驶技术迭代不及预期，Robotaxi成本下滑不及预期，政策落地不及预期风险，Robotaxi运营车辆事故风险。

1. 问一：当前自动驾驶公司的商业化进程怎样？

■ **从自动驾驶分级标准谈起，什么是L4无人驾驶？**按照驾驶员参与程度分为L0-L5六级，中国与国际分级标准基本相同，均认为L0到L2的驾驶自动化属于辅助驾驶；L3尽管能够实现大部分功能，但其稳定性还不允许其完全脱离人类的控制；**L4以上的自动驾驶，无需用户的介入，系统承担所有驾驶责任。**

■ **自动驾驶技术先探至L4，大规模商业化停留于L2。**L2和L3是自动驾驶等级的分水岭：L2只负责对车辆的控制操作，而在L3级中，系统需要负责感知车辆运行状态下的周边环境，同时控制车辆。L2级辅助驾驶在商业化上已发展成熟，很多车企在此基础上发展高速及城市NOA（Navigate On Autopilot，自动辅助导航驾驶）等覆盖周边环境的自动驾驶，且已有部分公司技术达到L4级别。但**大多车企仍不对外声称L3，而是以L2+/L2++等来强调自身产品功能的增强，以规避监管压力以及潜在的事故责任。**2024年6月，一汽、上汽、广汽、比亚迪、蔚来等9家车企获取L3/L4汽车准入和上路试点资格，或将拉开L3产品的量产序幕。

图表：中国汽车驾驶自动化分级

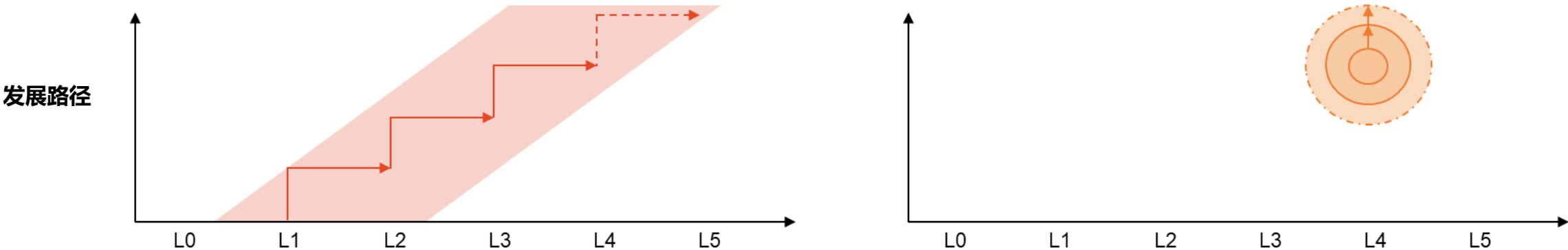
	L0	L1	L2	L3	L4	L5
名称	应急辅助	部分驾驶辅助	组合驾驶辅助	有条件自动驾驶	高度自动驾驶	完全自动驾驶
分类	驾驶辅助/ADAS	(Advanced Driver Assistance System)		自动驾驶/ADS (Automatic Driving System)		
目标和事件探测与响应	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员和系统	系统		
车辆横纵控制	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员和系统	系统		
动态驾驶任务接管		驾驶员	驾驶员	动态驾驶任务接管用户 (接管后成为驾驶员)	系统	
设计运行是否有限制	有	有	有	有	有	无
具体能力	具备持续执行动态驾驶任务中的部分目标和事件探测与响应的能力	在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制	在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制	在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务	在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行最小风险策略	在任何可行驶条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行最小风险策略
功能举例	✓驾驶员疲劳监测 ✓车道偏离预警 ✓自动紧急制动	✓自适应巡航 ✓车道居中控制	✓领航辅助驾驶NOP	✓高速公路拥堵环境自动驾驶 ✓城区快速路自动驾驶	✓Robotaxi ✓专线无人接驳巴士 ✓自主代客泊车	现阶段尚无具体功能达到L5

2. 问二：不同发展路线下的无人驾驶公司算法逻辑有何不同？

- 自动驾驶技术的发展路径可分为渐进式和跃进式两类，两者算法逻辑不同，路线有收敛的趋势，汇集点为Robotaxi。
- 渐进式主张从L1、L2、L3状态的人机共驾逐渐过渡到L4无人驾驶，在量产车上先搭载辅助驾驶并收集数据，利用不断扩大规模的高质量数据持续优化算法，逐步攻克自动驾驶各项核心环节（比如AVP功能），安全、模块化迭代、步步为营；代表厂商为特斯拉以及蔚小理类主机厂。
- 跃进式直接以L4无人驾驶为目标进行研发，通过大规模车队获取路测数据直接来训练无人驾驶算法网络，Topline更高、中间不可控的问题比较多、算法架构起点更高，代表厂商以Waymo和百度类科技企业以及小马智行和文远知行类初创企业为主。

图表：渐进式与跃进式路线对比

	渐进式	跃进式
定义	从L1、L2、L3状态的人机共驾逐渐过渡到L4	直接以L4、L5无人驾驶为目标进行研发
技术	以视觉技术为主，轻硬件重算法，需要利用海量数据做出关于加速、制动和转向的决定	以激光雷达、毫米波雷达、相机等多传感器融合方案的技术形态发展
目标场景	乘用车	商用
代表企业	特斯拉、蔚小理等车企	Waymo、小马智行、文远知行、Momenta、百度等科技公司
	建立从数据到算法的迭代闭环，利用不断扩大规模的高质量数据持续优化算法，逐步攻克自动驾驶的各项核心环节，最终实现全无人驾驶	基于AI技术，通过大规模车队获取路测数据来训练无人驾驶算法网络，核心是要找到适合落地的场景及商业模式



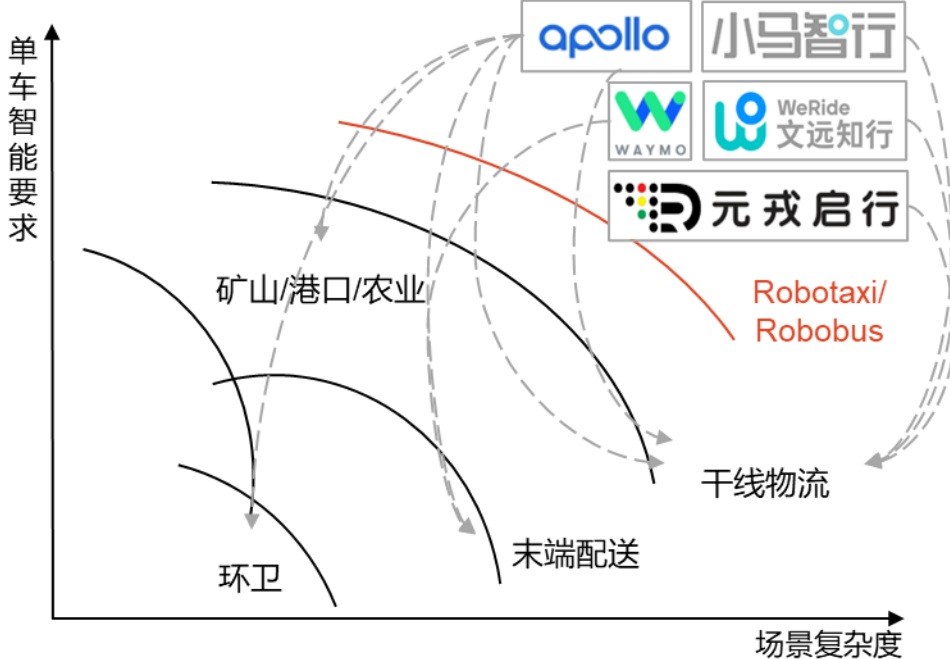
3. 问三：为什么说自动驾驶产业现阶段技术汇集点在于Robotaxi？

- **跃进式路线商业化瓶颈明显，厂商多寻求技术降维和场景降维。** Robotaxi商业化进程前景不够明朗，跃进式路线引领企业Waymo在多次自动驾驶汽车事故后估值接连下滑。Waymo发展疲软暴露跃进式路线商业化空白期长的问题，其他厂商也开始寻求过渡期的商业模式。
- **跃进式L4的过渡商业模式：**
1) 技术降维，即一边基于自研L4技术为OEM提供L2量产解决方案，一边继续研发L4无人驾驶；
2) 场景降维，Robotaxi针对城市道路场景，实现难度较高，所以通过环卫、矿区、干线物流等更容易实现的细分场景进行商业变现，这类细分场景的数据也有利于低成本获取大量用于高阶自动驾驶技术的数据。例如，小马智行分化出卡车及干线物流业务，文远知行则分化出Robobus以及货运业务。
现阶段，限定场景下的无人驾驶技术相对成熟，将率先迎来商业化，可以反哺Robotaxi发展。

图表：细分应用场景特征

类型	场景	车速	环境	落地车型	代表性企业
载物	港口/矿山/农业	低	封闭	集装箱卡车/自卸卡车/拖拉机	主线科技、西井科技、踏歌智行
	环卫	低	城市道路	无人清洁车	酷哇科技、仙途智能
	末端配送	低	园区内部/城市道路	无人配送车	菜鸟、美团、京东、新石器、毫末智行
	干线物流	高	城市道路/高速公路/乡村道路	重卡	智加科技、赢彻科技
载人	Robotaxi/Robobus	高	城市道路/高速公路/乡村道路	乘用车/公交车	百度、小马智行、文远知行

图表：代表性企业“场景降维”



3. 问三：为什么自动驾驶产业现阶段技术汇集点在于Robotaxi？

- **渐进式路线下，城市NOA成为ADAS主战场，所需技术与Robotaxi类似。**高速及城市NOA（Navigate On Autopilot，车辆驾驶辅助系统）一般被归为L2+级别自动驾驶功能。2019年，特斯拉率先推出高速NOA，蔚小理三家快速跟进，分别于2020年10月、2021年1月、2021年9月推出；新上市车型的NOA功能已成为智能驾驶的热门配置，城市NOA是继高速NOA后车企的下一个竞争点。相比规整的高速道路，城市道路涉及红绿灯识别、人车交互、交通标志、道路施工等复杂场景，在此场景下实现L2+功能对传感器的要求更趋近Robotaxi，为渐进式路线企业入局Robotaxi打下基础。
- **特斯拉预计于今年10月发布Robotaxi，创新OEM入局的商业模式。**特斯拉预计10月份发布的Robotaxi商业模式为：车主可以根据自己的需求选择车辆自用或派车加入Robotaxi队伍，特斯拉从中抽取分成。此前，乘用车企业在Robotaxi产业中大多发挥“车型量产”作用，不直接参与解决方案设计及运营服务环节。

图表：高速及城市NOA装机渗透率（2023年）

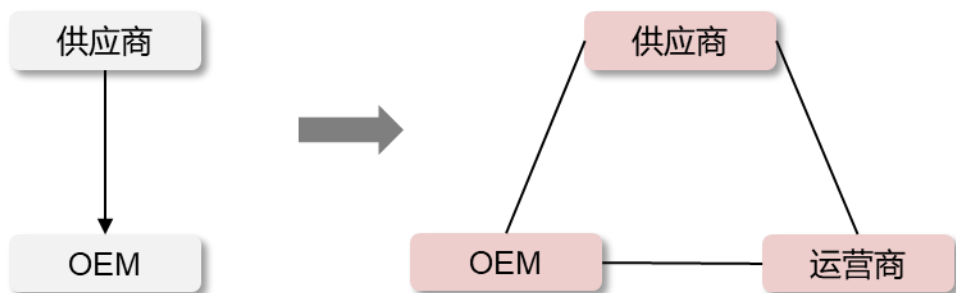
品牌	整体情况		分价格端情况							
			20万元以内		20-30万元		30-40万元		40万元以上	
	高速NOA	城市NOA	高速NOA	城市NOA	高速NOA	城市NOA	高速NOA	城市NOA	高速NOA	城市NOA
阿维塔	100.0%	100.0%	-	-	-	-	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
极越	100.0%	100.0%	-	-	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-	-
蔚来	100.0%	60.1%	-	-	100.0%	100.0%	100.0%	48.2%	100.0%	83.0%
特斯拉	100.0%	0.0%	-	-	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	-	-
路特斯	100.0%	0.0%	-	-	-	-	-	-	100.0%	0.0%
理想	97.4%	56.9%	-	-	-	-	96.2%	37.3%	100.0%	100.0%
飞凡	90.0%	0.0%	-	-	84.3%	0.0%	99.7%	0.0%	-	-
小鹏	89.2%	33.9%	41.5%	0.0%	97.6%	39.0%	100.0%	39.8%	100.0%	100.0%
智己	74.0%	0.0%	-	-	99.6%	0.0%	42.3%	0.0%	-	-
魏牌	58.8%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	89.6%	0.0%	-	-
极氪	30.3%	0.0%	0.0%	0.0%	33.4%	0.0%	51.9%	0.0%	1.0%	0.0%
问界	15.3%	15.3%	-	-	16.8%	16.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

4. 问四：Robotaxi产业格局怎样？主机厂+自动驾驶企业+运营商三角结构怎么看？

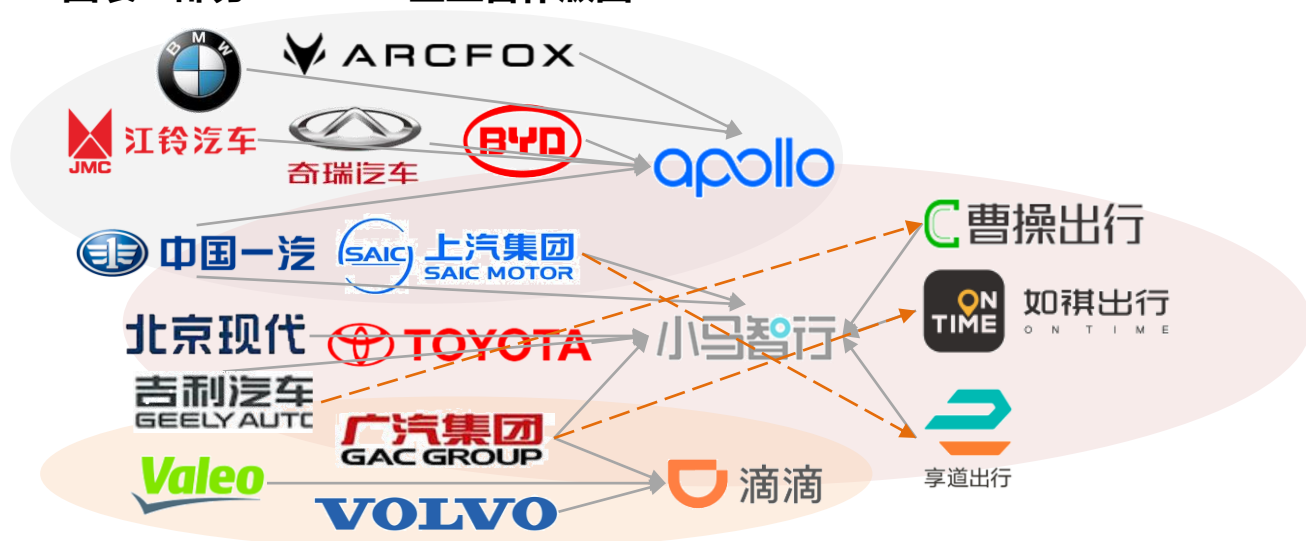
■ “软件定义汽车”趋势深化，汽车产业本身从链式结构转变为网状结构，给各方势力入局Robotaxi带来可能性。传统汽车产业呈现“Tier2->Tier1->OEM”的线性链式结构，主机厂位于金字塔顶端，随后才是各级别供应商，话语权有限。随着“软件定义汽车”趋势深化，原产业链的线性关系被打破，产业走向软件+硬件的横向分工模式。

■ 当前，“主机厂+自动驾驶解决方案供应商+运营商”为Robotaxi主流合作模式，但中长期是否会被特斯拉这种一体式替代值得思考，更大的可能性是两种模式并行。其中，自动驾驶企业能够提供Robotaxi软硬件解决方案，OEM拥有整车量产能力，运营商提供服务场景，三者分别对应Robotaxi供给侧的基础层、载体层和出行层。比如“小马+吉利+曹操出行（吉利旗下）”，“Waymo+捷豹+Uber”模式。滴滴作为网约车龙头企业，于2016年组建自动驾驶研发部门，以供应商以及运营商的双重角色入局Robotaxi，目前已经与广汽埃安成立合资公司，预计于2025年推出首款量产L4无人车，并接入滴滴共享出行网络。百度和OEM合作密切，第1-6代Apollo分别落地宝马、奇瑞、林肯、一汽、北汽极狐以及江铃新能源车型，但还未接入其他第三方出行平台，而是以萝卜快跑的APP/小程序独立运营。

图表：传统汽车产业链 vs Robotaxi生态圈



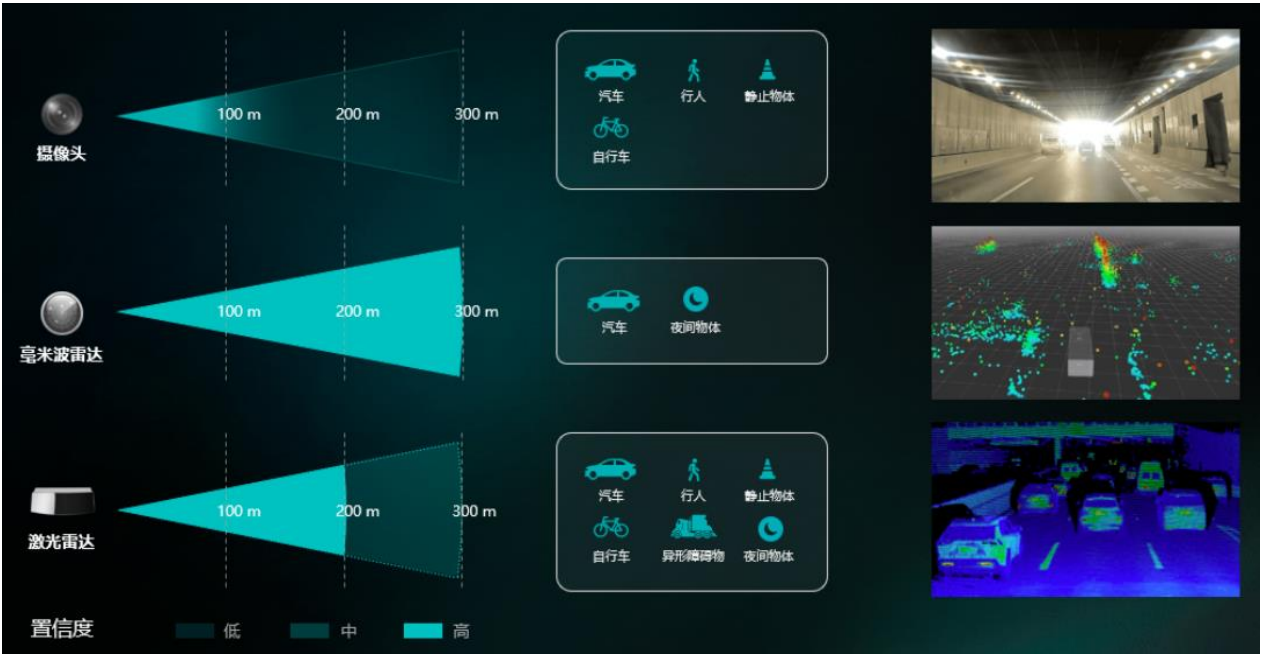
图表：部分Robotaxi企业合作版图



5. 问五：纯视觉VS多传感器融合，不同技术路线的核心竞争力是什么？

■ ADAS阶段感知路线分为**纯视觉**及**多传感器融合**两种方案。感知是自动驾驶的前提，需通过传感器收集周围环境的信息，探测精度、广度与速度直接影响行驶安全。不同传感器优劣势不同，互相补充、相得益彰，技术探索的核心点在于寻找在最低成本下的最优技术解。

图表：传感器成像比较



图表：传感器性能比较

	摄像头	激光雷达	毫米波雷达	超声波雷达
原理	捕捉环境图像	通过反射的激光光束进行定位与成像	通过接收反射的毫米波进行定位与成像	通过接收反射的超声波进行定位与成像
优势	能够捕捉到丰富的色彩和细节信息 (比如车道线、指示标志、红绿灯等)	受周围环境光线变化影响很小	几乎不受光线和天气影响	成本较低, 适合近距离探测
劣势	遇到暗光、逆光等影响视线的情况, 容易丢失目标	在雨雪、大雾等极端天气下会受到影响	对于行人这类低反射率的目标, 探测准确度较差	由于其波长短以及受环境影响大的特性, 感知精度较低

5. 问五：纯视觉VS多传感器融合，不同技术路线的核心竞争力是什么？

■ **纯视觉方案核心竞争力怎么看？** 纯视觉方案仅基于摄像头进行感知，相对多传感器融合有**明显的硬件成本优势**，同时对**软件要求较高**，需要依靠强大的算法才能保证感知的**准确性与效率**。目前，界内仅有特斯拉凭借数据+算力+算法优势采用纯视觉方案，其他车企难以复制。当车辆搭载L4级自动驾驶功能时，对**安全冗余的要求更高**；在纯视觉方案基于深度学习的算法尚未达到全路况覆盖的情况下，其**安全性仍存疑**，多传感器融合方案更加可靠，因此现有Robotaxi解决方案均采用该路线。

■ **视觉方案为行业发展趋势，但需补充雷达做安全冗余。** 视觉具有更高的精度，因为传感器的本质是比特流，摄像头比特/秒的信息量要比激光雷达和毫米波雷达高几个数量级。随着训练数据规模的提升以及算法的优化，摄像头的性能有望大幅超越雷达。国内厂商已开始相关研发，虽然均宣称其方案为纯视觉，但实际是“去激光雷达”的视觉方案。我们判断，随着技术的迭代，视觉方案有望凭借性能天花板高及成本可控的特性成为高阶自动驾驶方案中主流的感知路线；但考虑到产品安全问题，需要搭载雷达作为冗余设计。雷达搭载数量有望下降，但仍是实现安全感知必不可少的硬件。

图表：现有Robotaxi解决方案的传感器配置数量（个）

公司	产品	激光雷达	毫米波雷达	超声波雷达	摄像头
百度	Apollo RT6	8	6	12	12
小马	第六代解决方案	7	5	0	11
AutoX	AutoX Gen5	6	8	-	28
滴滴	双子星硬件平台	7	6	12	24
文远知行	WeRide Sensor Suite 5.0	7	-	-	12
Cruise	-	5	11	10	14
Waymo	-	5	6	8	14

图表：国产厂商视觉方案

公司	发布时间	具体方案
极越	2023年10月	“纯视觉” 高阶智驾技术方案计划分阶段实现：在1.0阶段采用“纯视觉为主+激光雷达”的融合方案，两份双独立系统互为备份，在2.0阶段可不再借助激光雷达，并逐步降低对高精地图的依赖
广汽	2024年4月	无图纯视觉智驾系统，不依赖高精地图并去除激光雷达
华为	2024年5月	HUAWEI ADS基础版搭载10个摄像头+3个毫米波雷达+12个超声波雷达，可以在不依赖激光雷达和高精地图的前提下，实现全国高度和城市NCA

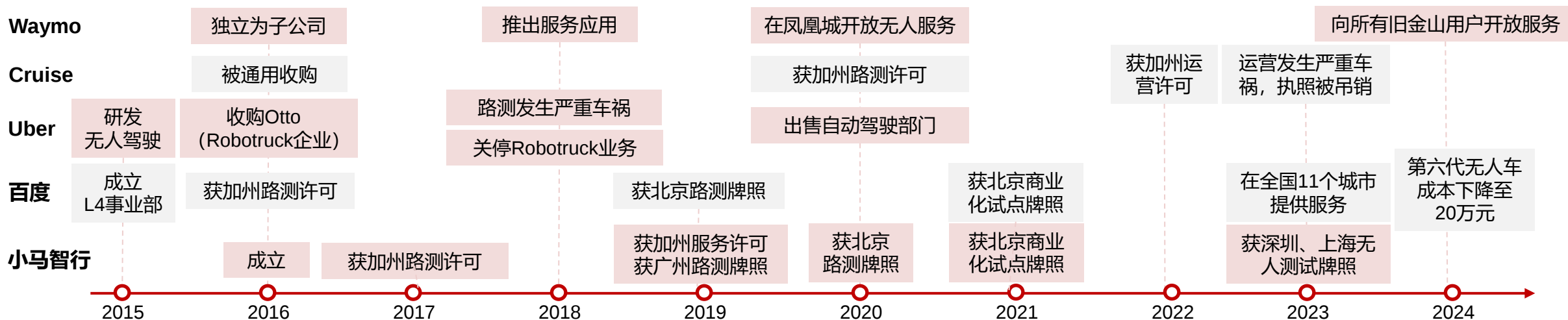
6. 问六：复盘自动驾驶发展历史，当前核心关注点是什么？

■ 自动驾驶发展经历了导入期、冷静期、落地期及出清期：

■ **1) 导入期 (2009-2018年)**：谷歌于2009年启动自动驾驶项目，至2016年将该项目独立为子公司Waymo，标志着自动驾驶正式发展的起点。百度/滴滴分别于2015/2016年开拓自动驾驶业务，以小马智行、文远知行、Momenta为代表的初创企业均在2016-2017年间成立。**2) 冷静期 (2019-2020年)**：自动驾驶的安全和成本问题始终没有出现合适的解决方案，2018年Uber路测发生致死事故为行业估值泡沫消退的导火索，行业进入第一轮冷静期，**冷静期过后市场更加关注落地应用情况。****3) 落地期 (2021-2022年)**：2021年为自动驾驶场景落地和商业应用元年，Robotruck头部公司图森未来上市，地平线、小马、文远股权融资进入中后期；以北京和武汉为代表的地方政府连续颁布多个支持Robotaxi运营的政策；零部件国产替代+上量降价推动整体解决方案成本大幅下降，政策+技术+产业共同驱动市场热度达到高点。**4) 出清期 (2023年)**：商业化变现困难致使投资遇冷，主因Robotaxi还处于服务区试运营阶段，封闭空间场景的自动驾驶虽然落地难度小，但是收入天花板有限。自动驾驶进入产业整合和淘汰加速阶段，据加州DMV数据，2023年路测公里数和路测车辆数量相对2021年分别增加52%/37%，而参与公司数量从26家下滑至21家。

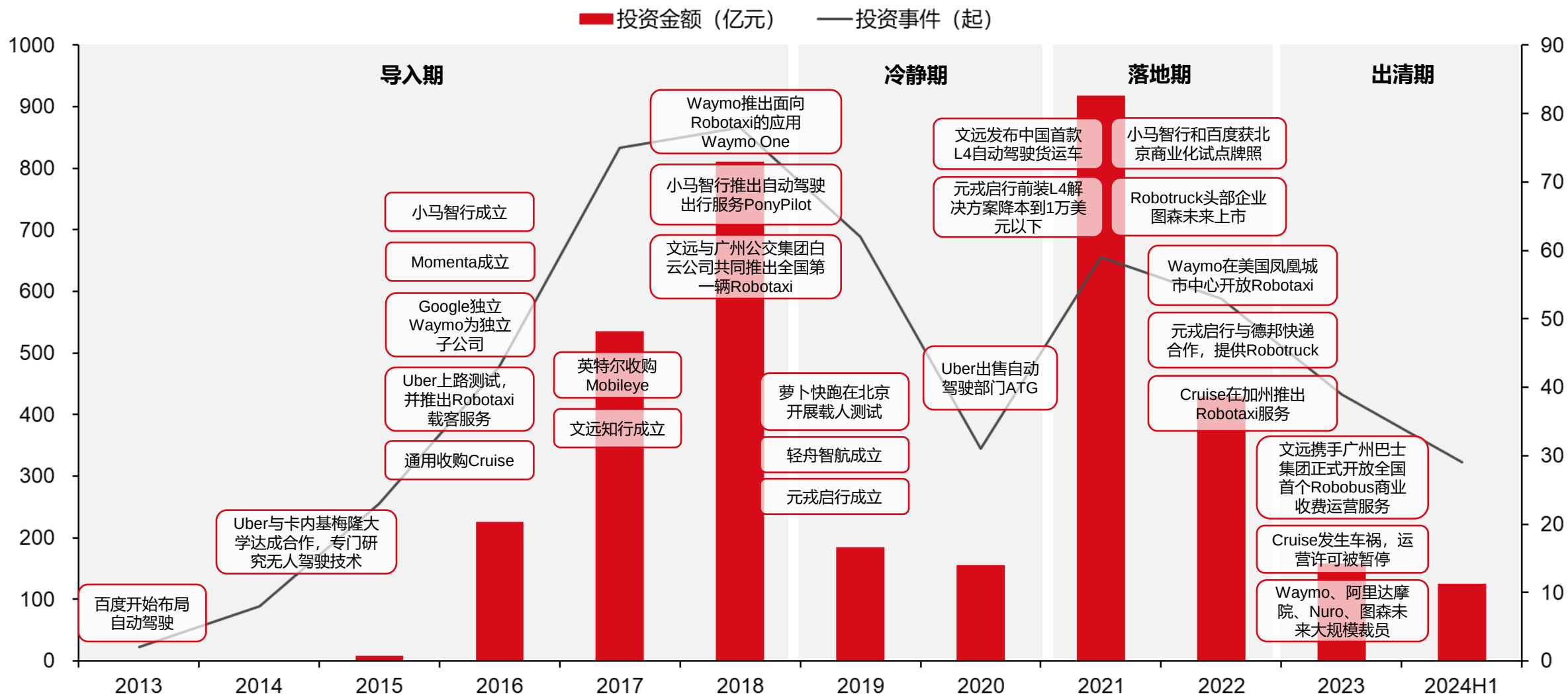
■ 2024年，百度在Apollo Day预计今年Robotaxi将在武汉实现盈亏平衡，商业闭环预期有望再次推动产业回暖。

图表：主要Robotaxi企业发展历程



6. 问六：复盘自动驾驶发展历史，当前核心关注点是什么？

图表：中国自动驾驶项目投融资金额、投资事件数量及行业重点事件



6. 问六：复盘自动驾驶发展历史，当前核心关注点是什么？

■ 我们整体判断Robotaxi短期竞争力在于运营规模，长期看技术路径和平台效应。Robotaxi现阶段发展重心在运营落地+抢占份额，牌照资源形成壁垒。在技术方案没有明显差距的阶段，提前布局有助于抢占市场先机；产业话语权主要掌握在已获取牌照的自动驾驶解决方案供应商中。小马智行及百度Apollo（萝卜快跑） Robotaxi在城市道路测试及示范运营方面进展较为领先；萝卜快跑在商业化推广方面采取“用补贴换市场”的方式，旨在凭借低价创造需求，借此培养Robotaxi运营日常化的消费者心智，并借助先发优势抢占份额。

■ Robotaxi要真正在城市公开道路中大规模且常态化运行，关键看点是技术，其次是生态。Robotaxi目前的道路测试、载客运营及商业化试点都被限定在特定区域内，高精地图能够为车辆运行提供先验经验；长期若Robotaxi运行区域放开至更多公开道路，高精地图所起作用受限，视觉方案与多传感器融合方案的差距将逐渐显著。

■ 特斯拉计划于今年10月发布Robotaxi，根据其一直以来在L2领域对纯视觉路线的坚持，我们判断其Robotaxi也将沿用纯视觉或视觉主导+雷达冗余的方案。在主流技术方案明确后，差异化优势将转移至平台/生态层面。消费者对Robotaxi的定位从“体验”转为“使用”，依托网约车平台实现有人和无人车混合派单最能优化乘客的打车体验。滴滴作为网约车平台龙头，有望基于Robotaxi前瞻布局从中受益。部分主机厂旗下有共享出行平台，也有望借助制造商+运营商的双角色扩大行业影响力。

图表：Robotaxi不同阶段特征及潜在受益公司

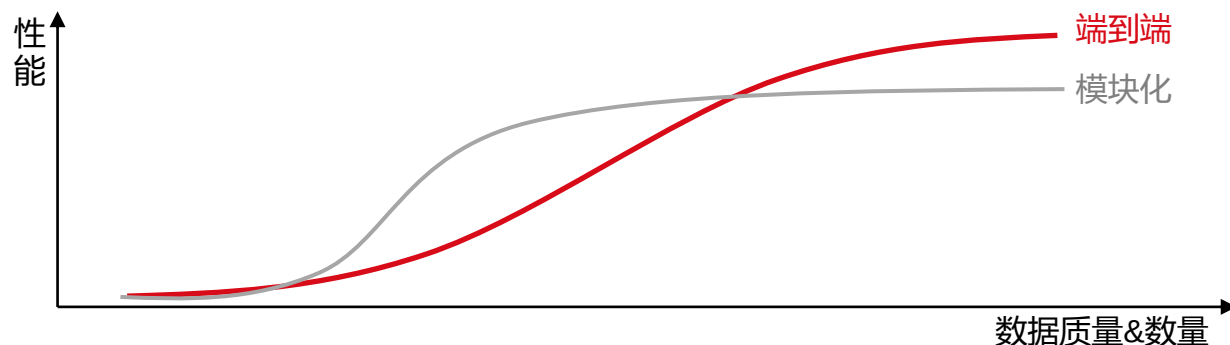
	第一阶段	第二阶段	第三阶段
运营特征	限定区域点到点运营	大规模常态化运营	大规模常态化运营
技术特征	多传感器融合	由多传感器融合向视觉方案过渡	视觉方案
企业核心竞争力	运营牌照	技术	生态
潜在受益企业	百度、小马智行等	特斯拉、百度、华为、广汽、小鹏等	滴滴出行等

7. 问七：端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？

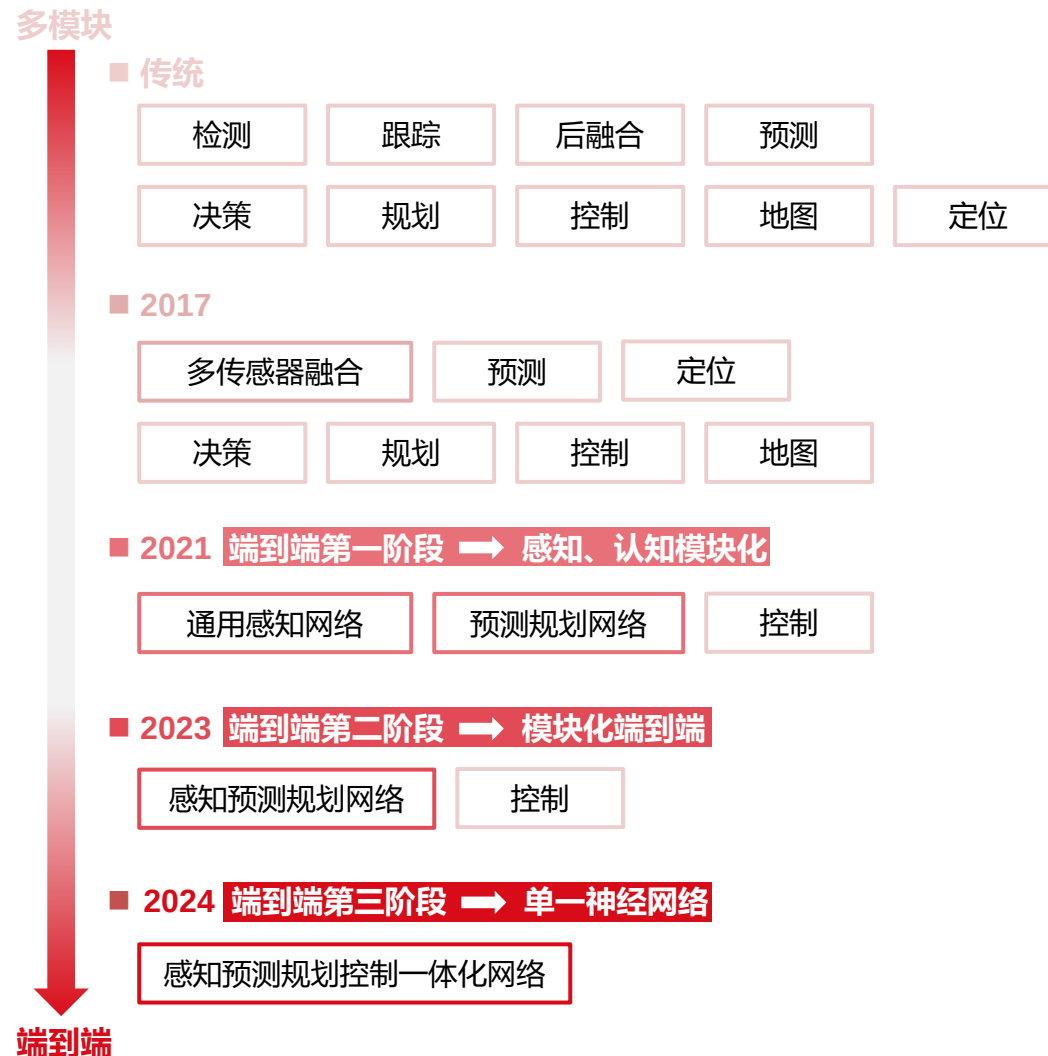
■ **自动驾驶架构从多模块向端到端融合发展。**传统自动驾驶系统采用模块化串联的部署方式，核心模块涵盖感知、定位、预测、决策和控制等，每个主要模块及其中的子模块承担特定的责任，且每个模块的输入通常来源于前一模块的输出。多模块架构存在信息传递损耗、计算延迟以及累积误差等问题；随着Transformer架构的发展，原本独立的子任务模型正逐步被更大规模的神经网络模型所取代。

■ **端到端模型的核心优势在于信息的无损传递，能够基于完整数据进行全局任务优化。**端到端的通俗定义即将原本独立的各模块囊括到一个神经网络中，实现信息在不同子模型间的无损传输与耦合；运用在自动驾驶领域中，即将传感器收集到的全面信息作为输入，在单一网络中直接生成车辆的控制指令或运动规划。这种设计使得整个系统针对最终目标进行优化，而非仅仅针对某个独立的子任务，从而实现自动驾驶性能的全局最优化。随着高质量数据的积累和模型的优化，端到端架构能实现的性能天花板高于模块化架构。

图表：端到端与模块化架构性能表现



图表：自动驾驶架构发展历程



7. 问七：端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？

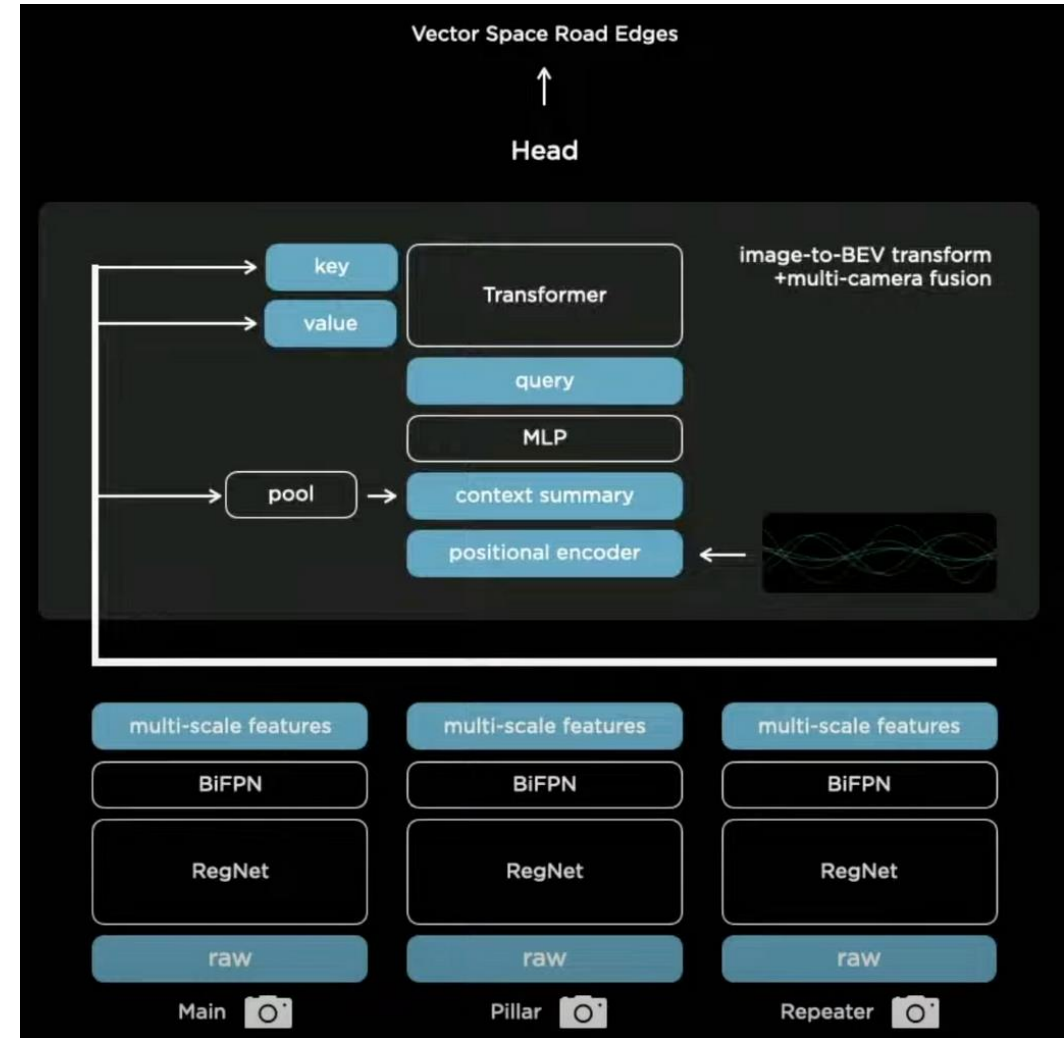
■ 端到端第一阶段：特斯拉推出BEV+Transformer感知网络架构。

Transformer的概念源于2017年谷歌发布的论文《Attention is All You Need》，利用注意力机制（Attention Mechanisms，即对输入与输出序列的依赖关系建模）进行序列转换，通过建模输入和输出序列之间的依赖关系来生成目标结果。2021年，特斯拉将其引入自动驾驶领域，通过将感知任务内置于Transformer中，使神经网络能够自动将2D图像转换为BEV（Bird's Eye View，即俯视角度）的3D特征信息。

■ BEV转换的具体步骤为：1）通过RegNet（Regularization Network，用于图像分类的神经网络结构）对摄像头捕捉的2D图像信息进行分层处理；2）利用BiFPNs（Bi-directional Feature Pyramid Networks，用于图像语义分割的神经网络结构）使分类信息发生交互，从而生成输入Queries；3）基于预训练获取的键值对信息，计算Value，并将物体信息映射到3D空间。

■ BEV+Transformer现已成为自动驾驶领域广泛应用的范式，百度、华为、蔚小理等厂商均已提出相似技术路线的解决方案。

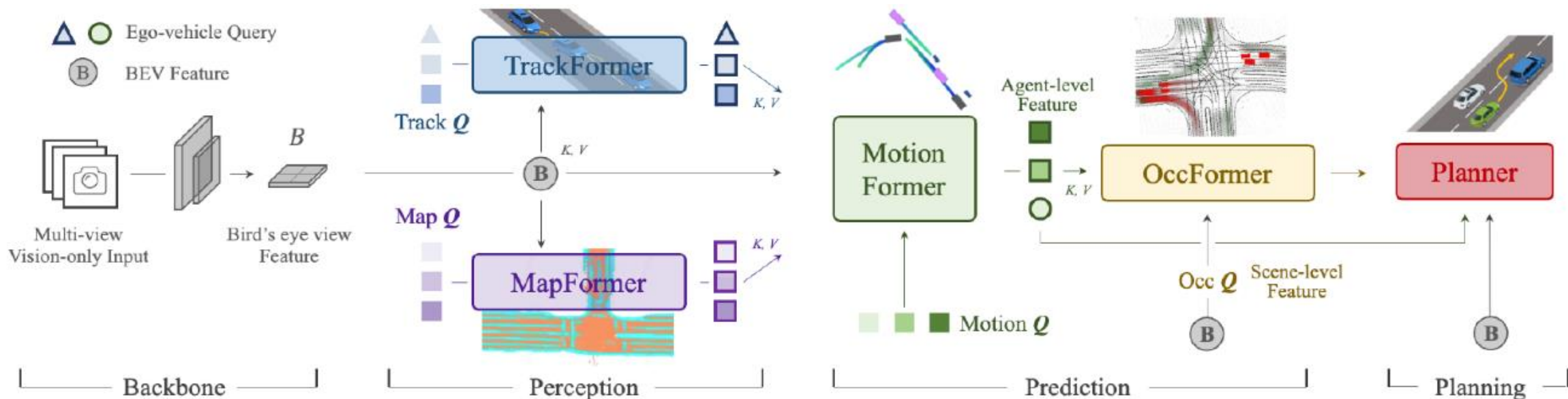
图表：特斯拉BEV+Transformer架构



7. 问七：端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？

■ **端到端第二阶段：CVPR 2023年度论文提出感知决策一体化的端到端解决方案。**2023年CVPR最佳论文《Planning-oriented Autonomous Driving》提出感知决策一体化的端到端自动驾驶解决方案Unified Autonomous Driving (UniAD)。UniAD通过多层Transformer架构覆盖感知、预测和规划任务，每一层并行处理和交互图像信息，最终根据本车对周围环境的感知及预测信息以实现路径规划。**UniAD在多项自动驾驶任务中刷新SOTA。**UniAD的亮点在于模型通过Transformer的多层架构覆盖关键任务，各层之间的信息输入输出相互融合，能够并行处理多个不同的任务；感知与预测环节均包含车辆自身的信息，最后规划器结合本车信息与BEV特征信息进行决策，从而使整个网络均以规划为目标，有效提升解决方案的整体性能。根据使用nuScenes数据集（在波士顿和新加坡采集的开源自动驾驶数据集）的测试结果，UniAD在多种自动驾驶任务中刷新了SOTA（State-of-the-art，领域最佳性能）。

图表：UniAD运作流程图



7. 问七：端到端算法处于迭代验证阶段，技术瓶颈怎么看？

- **端到端第三阶段：特斯拉发布基于单一神经网络的FSD V12。**2024年年初，特斯拉开始推送FSD V12，其采用全栈神经网络覆盖感知、决策和控制任务，输入传感器数据后直接输出控制信号。V12打通最后一个控制环节，使得整个系统端到端可导，微小误差也会通过梯度反向传播到上游每个环节并进行自我迭代优化，从而使系统输出的驾驶行为更加拟人。
- **端到端模型迭代对算力和数据的要求高，资源竞赛形成进入壁垒。**端到端模型的本质是从大量优质驾驶视频片段中提取和压缩知识的过程，需要强大算力和海量高质量数据来支撑模型训练过程。根据特斯拉自动驾驶部门负责人Andrej Karpathy透露，工作中有3/4的精力被用于采集、清洗、分类和标注高质量数据上，仅有1/4的工作用于算法探索和模型创建。训练算力、数据、AI人才均构筑门槛；随端到端趋势深化，厂商间的研发进度差距将更加明显。
- **特斯拉引领端到端模型创新，国内厂商大多处于发展第一阶段。**特斯拉预计DOJO智算中心算力于今年10月将达到100 EFLOPS；国内厂商如商汤科技/百度自算力分别为12/4+EFLOPS。特斯拉基于算力和数据优势，以及在行业内的影响力，推出业内首个且唯一一个覆盖全栈任务的端到端模型并引领行业创新趋势。国内厂商中商汤进展较为领先，公司作为《Planning-oriented Autonomous Driving》作者之一，于2022年底推出业内首个感知决策一体化的端到端模型。其余新势力厂商以及科技企业（除理想外）均采用“两段式”端到端方案，将感知和决策规划分别置于两个神经网络下；理想于24年7月发布类似商汤路线的4D One Model，但未宣布相关量产上车计划。

图表：不同厂商端到端方案对比

进展	所处端到端阶段	代表性厂商	产品	进展
感知模块化	1	蔚来	Banyan 2.0.0	23年5月发布并上车
		小鹏	感知神经网络XNet+规控大模型XPlanner+大语言模型XBrain	24年5月发布并上车
		华为		24年4月发布，预计8月上车
感知、规控分别模块化		元戎启行	ADS 3.0 (GOD+PDP)	24年3月发布，预计年内上车
	2	百度	基于DeepRoute IO的端到端解决方案	24年5月发布，即将上车
		商汤	Apollo ADFM	22年底发布，23H2上车
感知+规划纳入同一网络		理想	UniAD	4D One Model
	3			24年7月发布
感知+规划+预测纳入同一网络		特斯拉	FSD V12	23年8月发布，24年2月上车

8. 问八：泛化能力角度，UE打平何时到来？

■ **收入方面**，按照萝卜快跑在武汉的收费标准（1km内起步价18元，超出起步价范围后每公里2.7元）以及补贴力度（~5折）计算，单均收入为14.85元；**成本方面**，按照Apollo RT6 20.46万价格以及6年折旧期计算，单均折旧约为7.19元。运营成本中大头来自安全员，按照安全员和车辆1：1的配比计算，单均安全员成本达到16.44元。再加上电力、保险、维护等费用，最终单均成本为27.80元。商业化角度，UE的关键变量是单位车占用的安全员数量及单量，**随着单个安全员覆盖无人车数量增加以及单量提升，Robotaxi UE模型有望实现打平。**

图表：Robotaxi UE模型

单车收入			单车成本		
项目	金额	假设/公式	项目	金额	假设/公式
起步价 (元)	18.00	参考萝卜快跑在武汉的计费规则	车辆售价 (元)	204600.00	参考百度Apollo RT6售价
里程费 (元/公里)	2.70		折旧年限 (年)	6.00	参考交通运输部关于网约车报废年限的要求
单均公里数 (公里)	5.33	参考《出租汽车运营技术条件》（征求意见稿）	年度折旧 (元/年)	34100.00	=车辆售价/折旧年限
单均收入 (元)	29.69	=起步价+里程费*（单均公里数-起步公里数）	单均折旧 (元/单)	7.19	=年度折旧/年度单量
补贴率	0.50	参考萝卜快跑在武汉的补贴情况	安全员工资 (元/月)	6500.00	参考萝卜快跑招募信息
单均实际收入 (元)	14.85	=单均收入*（1-补贴率）	安全员与负责车辆比例	1.00	参考现有地方政策要求远程安全员比例为1:1
日均单量 (单)	15.00	参考《出租汽车运营技术条件》（征求意见稿）	单均安全员成本 (元/单)	16.44	=安全员工资*12/（安全员与负责车辆比例*年度单量）
年度单量 (单)	4745.00	=日均单量*365	电耗 (元/公里)	0.15	参考汽车之家单公里电费区间
年度收入 (元/年)	70441.89	=年单量*单均实际收入	单均电耗 (元/单)	0.80	=电耗*单均公里数
			保险费用 (元/年)	10000.00	参考汽车之家单公里保险费区间
			单均保险费用 (元/单)	2.11	=保险费用/年度单量
			维保费用 (元/年)	6000.00	参考网约车保养费用
			单均维保费用 (元/单)	1.26	=维保费用/年度单量
			单均成本 (元)	27.80	=单均折旧+单均安全员成本+单均电耗+单均保险费用+单均维保费用
单均盈利 (元)	-12.95	=单均实际收入-单均成本			

图表：安全员比例&日均单量敏感性分析

		单个安全员覆盖车辆数（辆）				
		1	2	3	4	5
日均单量 (单/天)	10	-21.05	-10.37	-6.80	-5.02	-3.95
	13	-12.95	-4.73	-1.99	-0.62	0.20
	15	-9.35	-2.23	0.15	0.33	1.05
	20	-3.50	1.84	3.62	3.51	4.05

9. 问九：Robotaxi产业，政策进一步放开的最底层逻辑是什么？

■ 中美为自动驾驶第一梯队，竞相出台自动驾驶政策，为加快Robotaxi商业化落地释放积极信号，我们观察国内的主要趋势为：1) 道路测试范围扩大；2) 安全员位置经历“主驾—副驾—后排—车外（远程）”的变化；3) 从道路测试到示范应用再到商业运营范围的放开；4) 权责划分逐步明晰：2022年2月，上海发布《上海市智能网联汽车测试与应用管理办法》，首次明确智能网联汽车发生交通事故后的责任划分；随后，深圳/北京分别于2022年11月及2024年6月作出相关规定。三地均认定应由智能网联汽车一方承担责任的，由该车所属企业先行赔偿，并可依法向相关责任方（如系统开发者、汽车制造商等）追偿。

■ Robotaxi产业，政策进一步放开的最底层逻辑是什么？我们认为当前全球和Robotaxi相关的政策体系政府方都在尽力给到最大的支持，但尚未进行全道路商业化的最底层政策瓶颈还在于安全，技术日新月异，但安全方面的要求几乎是零容忍。因此从根本上来说，Robotaxi产业发展在等待的关键还是技术的进一步更迭。

图表：主要地区政策现状

	武汉	北京	深圳	上海
道路测试里程 (截至23年底；公里)	3379	1160	944	2000
远程安全员配比	1:1	1:1	1:1	1:1
无人化商业运营牌照 颁发对象	百度萝卜快跑	百度萝卜快跑、小马智行、文远知行	目前仅坪山区开展无人化商业化试点，获批企业包括百度萝卜快跑和AutoX	目前仅开展无人化示范应用，获批企业包括赛可智能（上汽子公司）、百度萝卜快跑、AutoX、小马智行，需通过评估才能进行商业化运营
事故权责划分	—	车辆所有人/管理人 ->生产者、销售者等	车辆所有人/管理人 ->生产者、销售者等	开展测试与应用活动的单位->相关责任方

9. 问九：Robotaxi产业，政策进一步放开的最底层逻辑是什么？

- **中国：横向比较各地政策可知，武汉在推动Robotaxi落地方面支持力度更大。**武汉启动智能网联道路测试的时间点较晚，但率先于2022年8月发布自动驾驶全无人商业化试点政策，并为百度Apollo颁布相应牌照。截至2023年底，武汉智能网联汽车测试道路里程已经突破3378.73公里，覆盖12个行政区，开放里程和开放区域数量均保持全国第一；2023年全年自动驾驶出行服务订单73.2万单，服务90万人次。
- **海外：2023年8月加州政府已经正式批准Waymo、Cruise在旧金山全天任何时间段向公众提供完全无人驾驶收费乘车服务。**加州的监管部门是**交通管理局（DMV）和公用事业委员会（CPUC）**，类别上对有安全员和无安全员的分别进行监管。

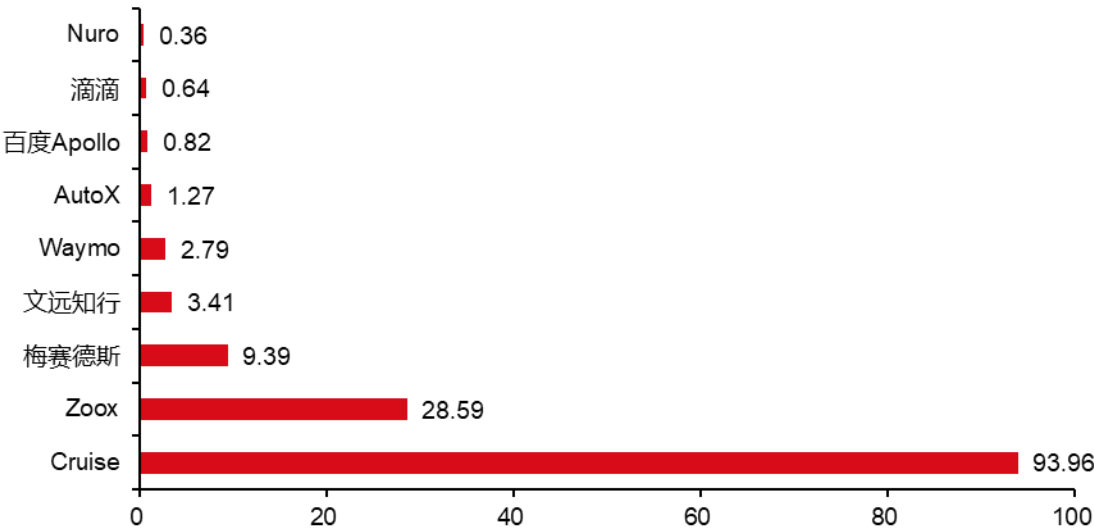
图表：中国主要地区政策发展历程



10. 问十：消费者认知研究：容错率低，对Robotaxi运营方意味着什么？

- 消费者认知瓶颈在于安全感不足。**消费者愿意承担自己开车时的小概率伤亡风险，但是对于其他人（或者无人）掌控方向盘时，会有更高的安全标准。根据百度Apollo Day披露，自动驾驶车辆的安全性现已能达到驾驶员人工操控的10倍；但只要发生一起严重的事故，想要公众普遍认可自动驾驶的难度会大幅增长。
- Robotaxi安全性的关键评价指标为MPI。**MPI（Miles Per Intervention，测试接管里程数）用于衡量自动驾驶汽车每行驶多少里程需要人工接管一次；一般MPI越长，自动驾驶系统的可靠性越高。根据2023年DMV（加州交通管理局）道路测试数据，MPI表现良好的中国企业包括文远知行、AutoX、百度Apollo及滴滴，分别位列第4/6/7/8名。但需要注意的是，MPI不能充分衡量自动驾驶汽车形式的可靠性，致使脱离的原因也值得关注。《北京市自动驾驶车辆道路测试报告2020》对全年接管脱离的原因进行了分类，其中其他车辆占用车道占25%，道路施工占22%，其他参与者逆行、横穿等占36%。非造成重大损伤的脱离原因更易提高消费者接受度。

图表：2023年DMV测试接管里程数（万公里/次）



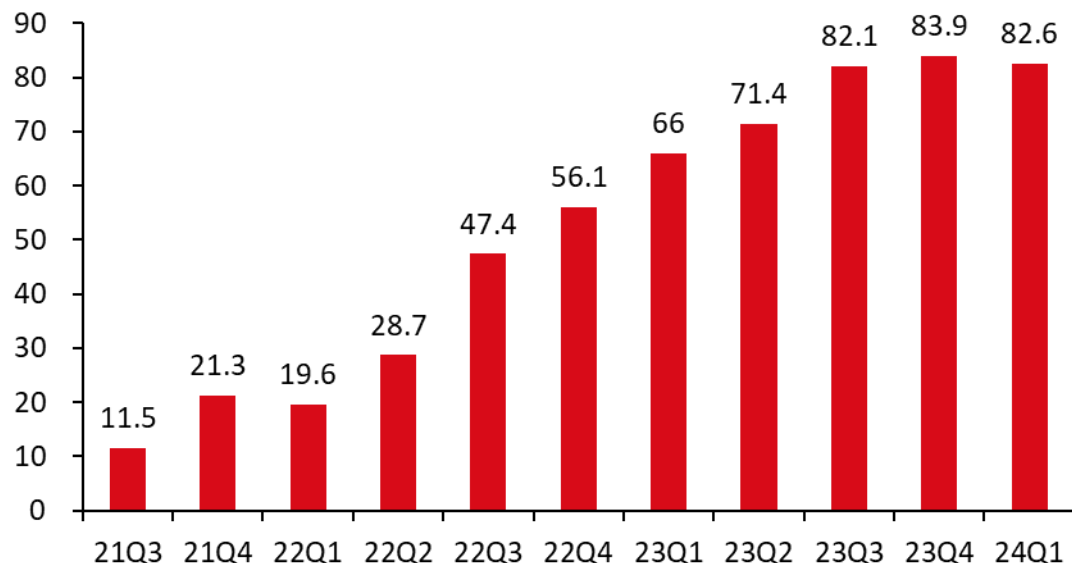
图表：2020年北京市自动驾驶车辆道路测试接管脱离原因

脱离类别	具体原因
系统故障	车辆及硬件问题、定位偏离、系统异常、PAD页面异常、PAD刷新异常等
策略缺陷	社会车辆近距离切入、社会车辆过于贴近测试车辆、社会车辆行为预测错误、社会车辆未按交规行驶且车速过快、决策规划策略问题、测试车未按交规行驶等
人工安全防御	社会车辆违章占用车道、道路施工无法通行等
人为接管	安全员休息、安全员需要打电话、行驶至道路边界

10. 问十：消费者认知研究：容错率低，对Robotaxi运营方意味着什么？

■ **消费者对Robotaxi的接受度正在提升。**根据罗兰贝格调研结果，2022年，中国用户对Robotaxi仍感到陌生，且对于其安全性、可靠性及实际可提供的服务和体验均持有怀疑态度。进入2023年，尽管Robotaxi仍受到技术不成熟、小范围试点等限制，但是在头部运营商积极推广的过程中，市场接受度明显提升，萝卜快跑单量在2022Q1-2024Q1两年时间内翻了四倍。**但从“能用”到“好用”、“爱用”还是需要供给端的改进，包括技术水平提升、运营范围扩大、运营平台建设符合用户习惯等。**罗兰贝格将市场接受度评价标准划为1-5分五个等级，1分代表“公众认知度低、整体对于Robotaxi安全性、效率存在较大疑虑”，2分代表“公众认知度提高，对Robotaxi的主要疑虑减轻，尤其是安全性方面的疑虑”，而2023年中国Robotaxi商业化阶段处于1分水平，并向2分稳定前进。我们认为，4分代表的“公众完全知晓，认可Robotaxi在安全、效率、体验方面的独特价值，目标用户群体接受Robotaxi为常规可选交通方式之一”为Robotaxi规模化落地的前提，也是目前消费者培育的目标。

图表：萝卜快跑分季度单量（万单）



图表：市场接受度划分

评分	释义
1分	公众认知度低，整体对于Robotaxi安全性、效率存在较大疑虑
2分	公众认知度提高，对Robotaxi的主要疑虑减轻，尤其是安全性方面的疑虑
3分	公众普遍知晓，对Robotaxi在安全、效率、体验方面的主要疑虑消除并发现其价值，在一定情景或需求下可能使用Robotaxi服务，但不将其视为常规交通方式
4分	公众完全知晓，认可Robotaxi在安全、效率、体验方面的独特价值，目标用户群体接受Robotaxi为常规可选交通方式之一
5分	公众对Robotaxi的安全、效率、体验高度认可，认同Robotaxi为主要/优先考虑的交通方式之一

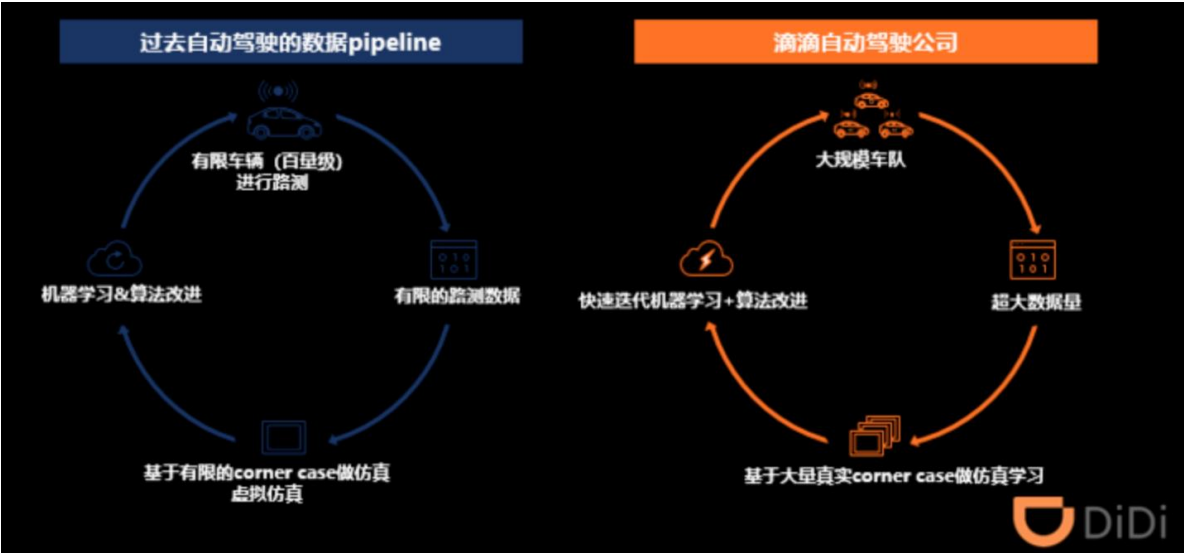
- 滴滴于2016年组建自动驾驶研发部门，专注L4软硬件解决方案研发，主要商业模式为与OEM合作开发Robotaxi，旨在强化网约车龙头地位。
- 深度捆绑广汽埃安打造“技术+制造+运营” L4商业生态闭环，首款L4量产车型预计于25年发布。滴滴和广汽自2021年起开始合作，合作不断深化，并于2024年成立合资公司，预计于2025年推出首款量产L4无人驾驶新能源车（SUV车型）。其中，广汽埃安提供量产制造能力，滴滴提供自动驾驶软硬件技术方案以及运营经验，共同构建全球首个“技术+制造+运营” L4商业生态闭环。

图表：滴滴智能驾驶发展历程

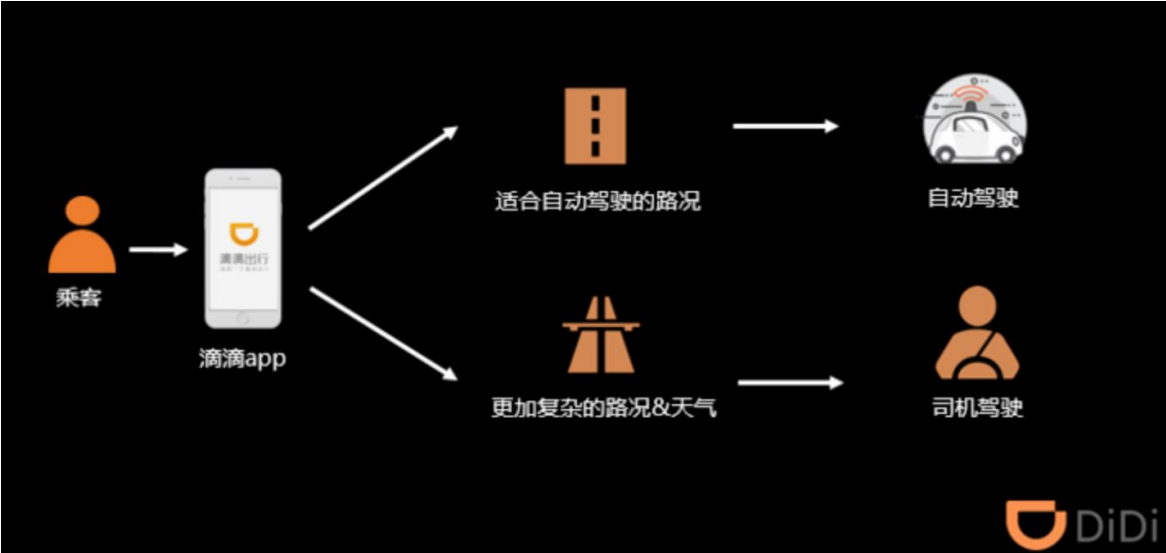
时间	事件
2016年	组建自动驾驶技术研发部门
2019年	将自动驾驶部门升级为独立公司
	在北京、上海、苏州、美国加州获得路测资格，并在上海取得首批“智能网联汽车示范应用”牌照，可开展载人测试
2020年	完成首轮超5亿美元投资
	首次面向公众开放自动驾驶测试，用户可通过滴滴APP线上报名
2021年	发布全新自动驾驶硬件平台滴滴双子星，实现四层安全冗余；搭载于沃尔沃XC90
	滴滴自动驾驶与广汽埃安达成战略合作 全速推进量产全无人驾驶新能源车
2023年	在国内率先推出了24小时无间断自动驾驶服务
	发布两款自动驾驶核心硬件激光雷达“北曜Beta”和三域融合计算平台“Orca虎鲸”
	将L4自动驾驶解决方案拓展至干线物流货运领域，推出自动驾驶货运KargoBot
2024年	与广汽埃安战略合作再升级，预计于2025年推出首款量产L4无人驾驶新能源车；获广汽集团投资
	与广汽埃安合资公司获批，合作首款车型已完成产品定义，定位为跨界SUV

- **数据规模+质量优势明显，助力提升模型训练效率。**滴滴平台旗下每一辆车都是潜在的数据收集设备，庞大的网约车业务规模产生了海量数据，且数据均基于真实适用场景诞生（对比：百度、小马等企业需要通过路测收集数据）；大量的高质量数据能够用于仿真测试，从而突破实地测试数据量的瓶颈，提升研发效率，加快算法迭代。
- **依托滴滴平台实现混合派单，降低冷启动资金要求。**相比其他Robotaxi服务商，滴滴的优势在于本身网约车平台有足够的运营车辆密度，因此在冷启动的初期，通过混合派单的模式，即使仅投放少量自动驾驶车辆，也不会影响乘客的打车体验，从而降低对冷启动的资金要求。
- **丰富运营经验，提升商业化效率。**公司在网约车的安全运营经验和线下管理能力可迁移至自动驾驶的测试运营。

图表：滴滴训练自动驾驶模型的数据优势



图表：滴滴混合派单模式



12. 重点公司——小鹏：本土化版“特斯拉”，坚定端到端

- 小鹏成立于2014年，首款量产车型于2018年正式上市，为中国首款量产的自动驾驶电动汽车。在持续研发投入下，小鹏汽车成为全国首个提出视觉融合泊车、融合高精地图SR的高速领航辅助、城市导航等智能驾驶功能的车企。
- 首发端到端自动驾驶大模型，强调“AI智驾全球开创者及普及者”定位。2024年5月，小鹏在520 AI DAY发布国内首个量产上车的端到端大模型，实现语言交互、提供外界环境实时信息、窄小车位泊车等功能。公司预计2024年将投入35亿元用于智能研发，并新招募4000名专业人才，今后每年将投入超过7亿元用于算力训练；并预计于2025年，在中国实现类L4级智驾体验。

图表：小鹏智能驾驶发展历程

时间	事件
2018年	自适应巡航系统与自动泊车系统量产
2019年	遥控泊车量产
2020年	高速自动驾驶、360度感知能力、基于AI的智能座舱量产
2021年	高速自动驾驶能力全闭环；基于停车场的自动泊车量产
2023年	发布新一代智能驾驶系统XNGP，具备全场景智能辅助驾驶能力；为全国首款能够实现城市路况下全城智能辅助驾驶的系统与滴滴达成战略合作，拟收购滴滴出行旗下拟量产的智能电动汽车MONA轿车车型
2024年	发布全国首个量产上车的端到端大模型：神经网络XNet+规控大模型XPlanner+大语言模型Xbrain
	发布AI天玑系统，具有AI小P、AI司机、AI保镖三大核心功能

12. 重点公司——小鹏：本土化版“特斯拉”，坚定端到端

- **感知技术领先，推出全国首个量产BEV感知。**感知能力是实现无图区域导航辅助驾驶的第一步；公司推出Xnet深度视觉神经网络，能够将多个摄像头采集的数据进行多帧时序前融合，输出动态目标物的4D信息以及静态目标物的3D信息，相比雷达方案大幅提高面向城市复杂场景时的感知、预判以及决策能力。
- **渐进路线稳扎稳打，强大体系能力构筑护城河。**公司坚持由L2、L3“人机共驾”到L4“无人驾驶”的技术迭代路线，在此过程中打造了全自动标注系统，将标注体系提升至人工标注的45000倍；同时在乌兰察布建成中国最大的自动驾驶智算中心，使IA模型训练效率提升602倍。体系能力有助于公司提高模型效率，强化领先优势。

图表：小鹏Xnet深度感知神经网络



真实车道线识别



判断可行驶空间



动态元素识别和显示

13. 重点公司——百度：生态赋能、研发积淀，为什么说百度是Robotaxi产业的头部玩家？

- 百度于2013年开始自动驾驶研发，于2017年将无人驾驶业务命名为Apollo计划，并将平台开源。Apollo是百度的自动驾驶技术平台，涵盖自动驾驶车辆的研发、测试和部署，提供一整套开源的解决方案，支持包括感知、决策、规划、执行在内多个功能模块。
- 百度Apollo的商业化发展路径主要分为三条：1) 为OEM提供智能驾驶解决方案，包括Apollo City Driving Max（城市智驾）、Apollo Highway Driving Pro（高速领航、城市辅助驾驶）等；2) 造车：百度与吉利合资创立集度汽车（百度占股55%），计划将Apollo智能驾驶技术与电动造车浩瀚SEA智能进化体验框架相结合，开发L4级自动驾驶框架并投放新车；3) 萝卜快跑（Robotaxi）：公司基于Apollo平台，通过车、路、云、图四个领域核心技术占据先发优势。截至2023年7月，萝卜快跑已在11个城市开放载人测试运营服务，预计到2025年将扩展到65个城市。

图表：Apollo平台发展历程

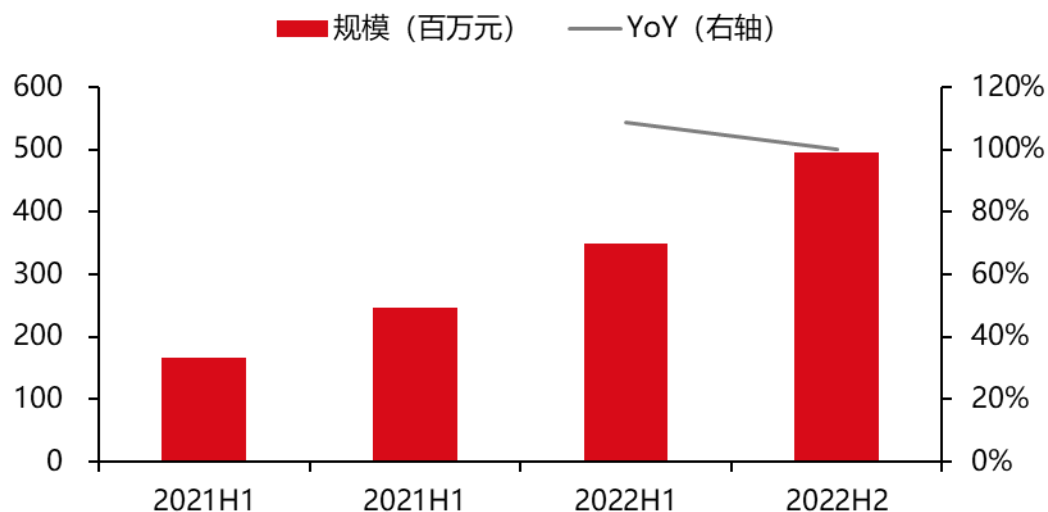
时间	Apollo版本	功能
2017年	1.0	特定简单道路自动驾驶；关注车辆控制和基本感知
	2.0	简单城市道路自动驾驶；车辆控制、路径规划算法得到优化
2018年	3.0	封闭场所低速环境自动驾驶，适用于物流、工业园区
	3.5	能够应对更复杂的市区环境
2019年	4.0	拓展多场景应用，实现自动变道、自动泊车
2020年	5.0	引入全面感知深度学习模型，更好地识别行人、车辆和障碍物；加强对交通规则和路况的理解
2021年	6.0	引入云端服务平台，帮助车辆实时获取高精地图、交通信息和路况预测等数据
2022年	7.0	实现与汽车机器人的连接；引入深度学习模型好和Apollo Studio在线开发平台
2023年	8.0	提供可扩展的软件框架和升级仿真服务
	9.0	优化软件框架接口，升级检测模型和引入增量训练方法

13. 重点公司——百度：生态赋能、研发积淀，为什么说百度是Robotaxi产业的头部玩家？

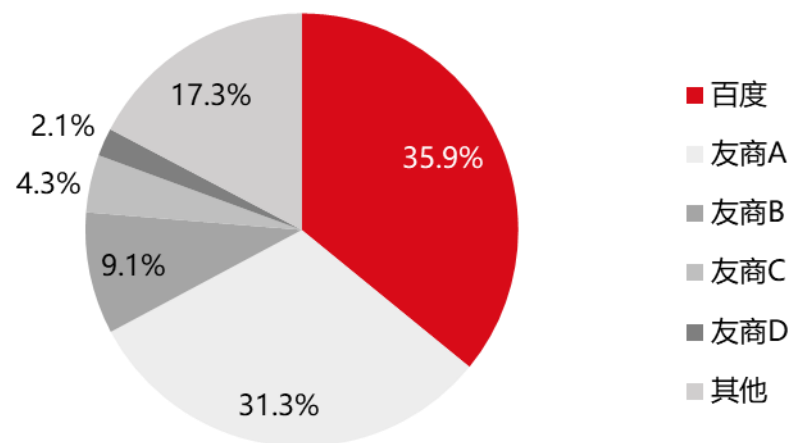
■ **生态赋能，高精地图+文心一言大模型+昆仑AI芯片合力驱动自动驾驶技术发展。** 1) **地图**：在目前智能驾驶的发展阶段，轻成本+重体验的地图仍是刚需技术。百度是唯一一家同时深耕高精地图与自动驾驶的企业，并基于行业经验研发Apollo自动驾驶地图，融合车端感知数据与多源地图，提高自动驾驶安全性。2) **文心一言**：公司通过文心大模型自动驾驶感知技术，提升车载小模型的感知能力；同时在数据方面，利用文心图像弱监督预训练模型来挖掘长尾数据，提升模型训练效果。3) **昆仑**：公司自研AI芯片第二代昆仑芯在百度Robotaxi上已完成完整适配，并且在高阶自动驾驶系统中正常运行。

■ **研发积淀深，L4与L2共生长。** 公司在多年发展后已形成全栈自研能力，具体采取的技术路径是：前期在限定区域实现技术积累，通过技术降维和L4数据，为L2+产品做热启动；更长期看，利用L2的规模优势，提前收集L4泛化所需要储备的长尾问题。在该路径支撑下，Apollo在百度ANP、AVP、Robotaxi、Robobus等众多产品落地。其中萝卜快跑发展拐点已近：百度在今年5月上新搭载第六代智能化系统解决方案的第六代无人车，售价仅20.46万元（相较第5代下滑60%），远低于其他无人车产品。公司预计2024年萝卜快跑将在武汉迎来盈亏平衡点。

图表：自动驾驶研发解决方案市场规模及增速



图表：自动驾驶研发解决方案市场份额



附录：头部企业自动驾驶模型研发基础对比

代表性厂商	算力	通用大模型基础	AI人才布局
蔚来	云端算力规模于23M9达1.4 EFLOPS	—	—
小鹏	与阿里云合建自动驾驶智算中心“扶摇”，算力规模于22M8达0.6 EFLOPS	—	预计24年新招募4000名AI专业人才
华为	智能驾驶训练算力于23M6达3.5 EFLOPS	盘古大模型	1) 于19年预计未来三年输出一万名AI相关人才 2) 于24年启动全球“天才少年”招聘，吸纳AI领域人才
元戎启行	阿里云提供云端算力	—	创始人AI与机器人专业背景出身，曾就职百度，后联合创立自动驾驶公司Roadstar.ai
百度	自建阳泉（截止22M12为4 EFLOPS）、济南（规划算力0.5 EFLOPS，截止24M4已有0.025 EFLOPS投入使用）、福州、盐城（截止22M9为0.2EFLOPS）、天津以及沈阳（规划算力0.5 EFLOPS）智能计算中心	文心大模型	1) 智能驾驶事业部负责人为技术背景出身，拥有20多项自动驾驶方向专利 2) 预计20-25年培养AI人才超过500万
商汤	自建临港智算中心，总算力于23年底达到12 EFLOPS	SenseCore大装置	1) 创始人、执行董事等管理层均为计算机视觉相关背景 2) 于2008年成立博士后工作站，参与CV及DL领域重大科研项目，强化产学研对接
理想	云端算力规模于23M6达1.2 EFLOPS	—	1) 于22年引入前华为消费者BG软件部副总裁、终端OS部部长谢炎，出任系统研发部负责人，管理整个理想汽车的系统与计算团队 2) 23Q3自动驾驶部门员工900人，预计24/25年分别超过2000/2500人
特斯拉	DOJO智算中心算力规模截止23M8为10 EFLOPS，预计24M10达到100 EFLOPS	—	1) 于15年起大规模招聘软件人才，包括芯片专家Im Keller、来自AMD的芯片架构师、来自苹果开发者部门的高级总监、来自OpenAI的深度神经网络研究科学家等 2) 于23年在硅谷成立新办公室，招募AI人才

风险提示

- 自动驾驶技术迭代不及预期；
- Robotaxi成本下滑不及预期；
- 政策落地不及预期风险；
- Robotaxi运营车辆事故风险。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。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存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为C3及以上等级的投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅。
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		A 股市场以沪深300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普500指数为基。



方正证券研究所

专注 · 专心 · 专业

北京市西城区展览路48号新联写字楼6层
长沙市天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

上海市静安区延平路71号延平大厦2楼
深圳市福田区竹子林紫竹七道光大银行大厦31层

广州市天河区兴盛路12号楼隼峰院2期3层方正证券