

iResearch

艾 瑞 咨 询

# 2024年中国Robotaxi商业化 趋势研究报告

每年都有人说是自动驾驶的元年，Robotaxi究竟如何？

## CONTENTS

# 目 录

---

### 01 Robotaxi行业概览

Overview

---

### 02 Robotaxi商业化进程分析

Interpretation

---

### 03 Robotaxi商业化路径推演

Deducing

# 01 / Robotaxi行业概览

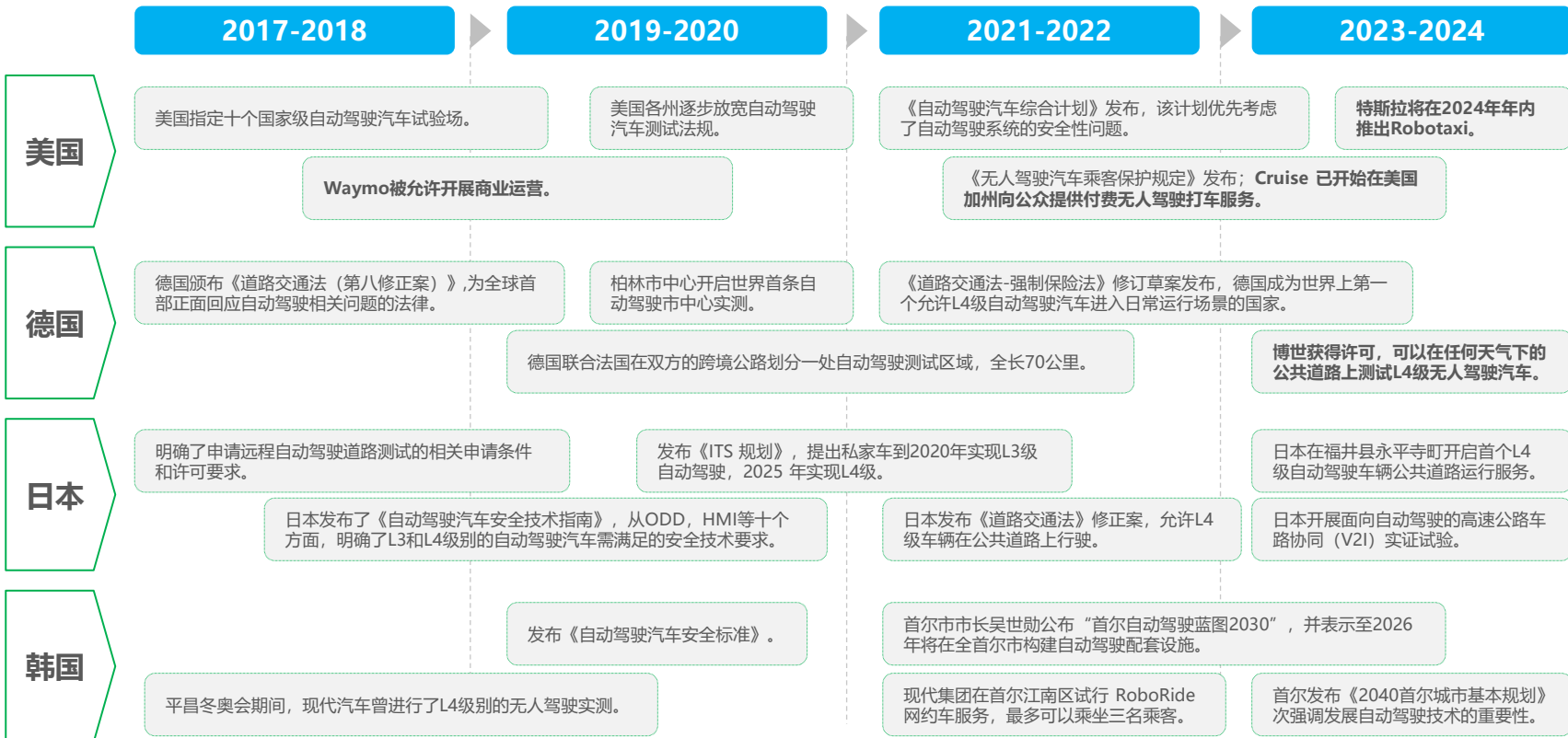
Overview

# Robotaxi国际发展概况

多国发展均从技术验证转向商业化运营，整体路径“求同”大于“存异”

国际层面，美国对Robotaxi的商业化进程展现出更为开放的态度，鼓励企业在自动驾驶技术领域进行大胆的探索和创新，但Cruise在旧金山的运营在短期内产生了多起事故，严重打击了公众的信任度，之后加州车辆管理局暂停了Cruise无人驾驶出租车的运营许可。可以看出，在曲折中发展的自动驾驶技术一定程度上并不适合跨越式发展。而中国自动驾驶基本遵循有节奏的渐进式发展路线，区域的开放和技术安全验证并行，以避免监管、技术、公众接受度等因素的失衡。

## 美、德、日、韩Robotaxi发展路径



来源：公开资料整理，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# Robotaxi加州路测情况

## 美国加州测试逐渐趋于稳定，核心问题向交通参与者的行为预测转移

美国加州交通管理局2023年 Disengagement Report 显示，登记的自动驾驶测试车辆共1603台，所有自动驾驶公司车辆在自动驾驶模式下共行驶926万公里。在导致接管的问题当中，占比较多的问题已经从感知逐渐向交通参与者的路径预测转移，这种转移与目前技术的发展基本同步。2024年7月，ARK基金认为，Robotaxi可能在未来十年内显著提升全球GDP；到2030年每年或为经济增长率增加2-3个百分点，其影响力可能超越历史上的蒸汽机、自动化和信息技术。然而，2023年中国自动驾驶汽车在加州的测试行驶里程明显减少，小马等企业撤离加州；路透社表示，美国商务部将在未来几周内提议禁止自动驾驶汽车和网联汽车使用中国软件。上述事件不仅展现出无人驾驶技术在国际竞争中的重要性，也说明了自动驾驶领域的国际竞争进入到了全新的阶段。

### 2023年美国加州自动驾驶测试接管统计

企业	路测里程 (英里)	接管次数 (次)	MPI	导致接管次数最多的原因
aiMotive	14876.4	708	21.0	车辆过于靠近道路/车道边界
百度Apollo	15311.7	3	5103.9	硬件异常
苹果	452743.9	3194	141.7	对其他道路使用者的行为做出了错误预测
AutoX	7870.0	0	0.0	-
博世	759.3	314	2.4	规划轨迹超时
CRUISE	583624.3	0	0.0	-
滴滴	4004.1	1	4004.1	漏检
梅赛德斯	58342.7	0	0.0	-
尼桑	4825.0	17	283.8	自动驾驶车辆未对其他变道车辆留出合理空间
Motional AD	16214.2	593	27.3	车辆平台软件问题导致的预防性接管
高通	3837.0	197	19.5	安全监视器通知存在车辆轨迹的规划偏差
沃尔沃	104.0	21	5.0	两辆汽车同时停在同一车道，自动驾驶汽车无法越过双黄线
Waymo	3669962.4	212	17311.1	不适当的车辆轨迹
文远知行	42381.3	2	21190.6	安全紧急情况和感知偏差
Woven by Toyota	4194.0	42	99.9	车辆对交通信号灯的操作不当

来源：2023 Disengagement Reports by the State of California，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

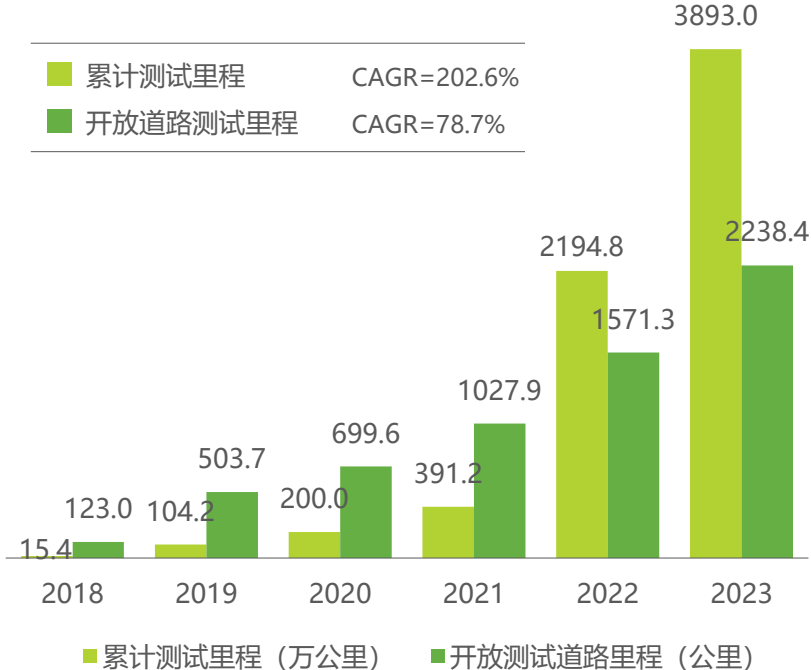
备注：MPI数据在人烟稀少的平坦路段和复杂城市路段差距较大，偶然性较大，横向对比的有效性较为有限，因此不作为严谨的自动驾驶能力判断依据。

# Robotaxi北京路测情况

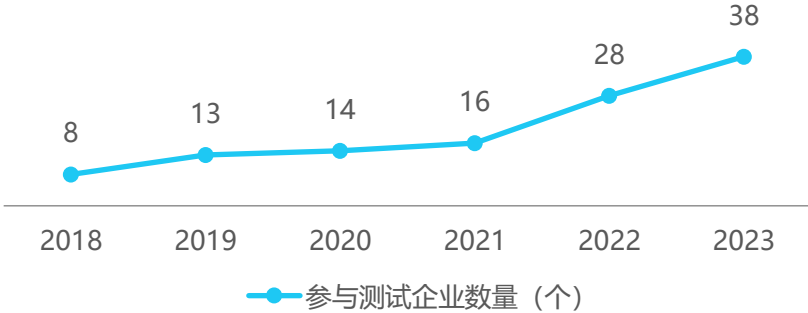
## 北京市自动驾驶汽车路测有序推进，规模化布局持续扩大

2023年北京市自动驾驶车辆道路测试报告显示，截至2023年底，累计38家企业在北京市开展自动驾驶车辆道路测试，累计测试里程超过3893万公里，道路测试过程安全可控，未对周边交通环境产生不良影响。《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则(试行)》自2020年起拓展专项技术测试，支持特殊天气、无人化、高速公路、编队行驶等场景的开放道路测试。

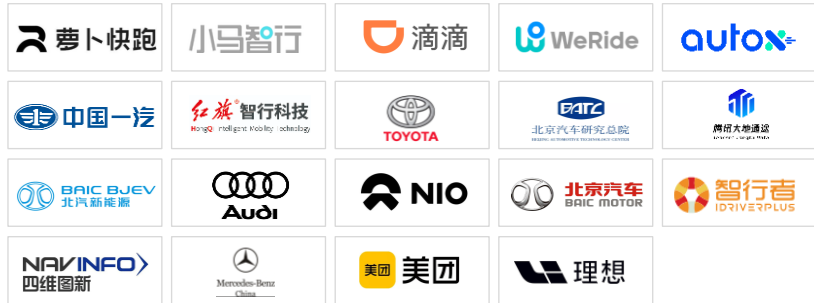
### 2018-2023年北京市自动驾驶车辆累计测试里程与开放测试道路里程



### 2018-2023年北京市自动驾驶测试企业数量



### 2023年北京市自动驾驶测试企业图谱 (乘用车)



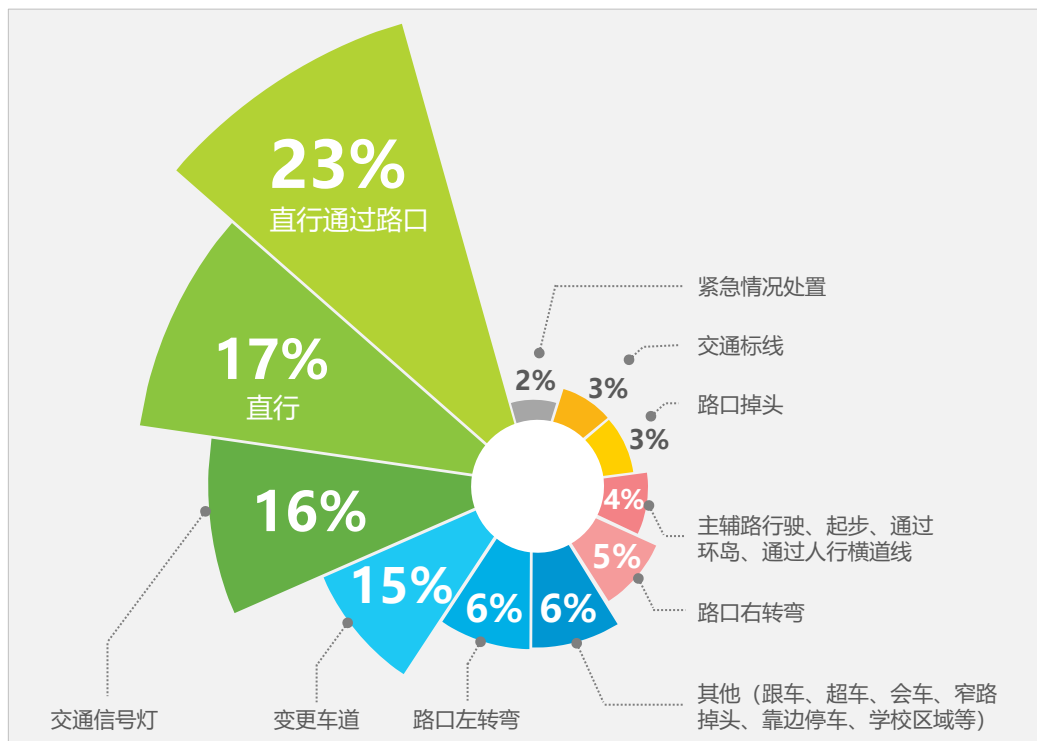
来源：历年北京市自动驾驶车辆道路测试报告，北京智能车联产业创新中心、中关村智通智能交通产业联盟，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。  
 注释：北京市自动驾驶测试企业图谱仅展示车辆类型为乘用车且累计测试里程大于1公里的企业，排名不分先后。

# Robotaxi北京路测情况

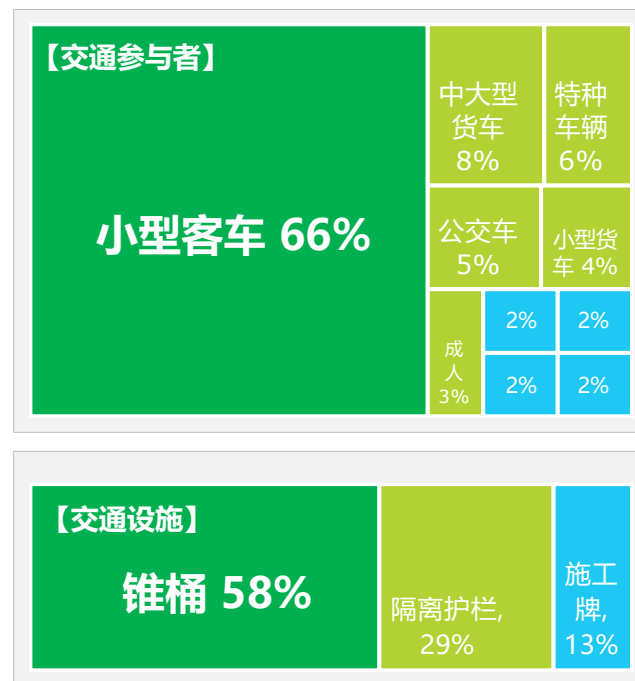
## 关键脱离场景与当前城市测试工况环境和技术发展水平保持同步

自进入规模化试运营以来，北京市道路测试关键脱离原因逐渐由软硬件故障向算法层面转移，脱离原因更加集中。易发生关键脱离的地点主要包括交通流量较大的十字路口，以及双向两车道的机非隔离道路等。交通设施包含锥桶、隔离护栏等。而80%以上的问题来源于感知系统。目前自动驾驶测试车辆基本为多传感器融合技术路线，激光雷达作为主要传感器。而在距离远、车速快的情况下，锥桶等小型物体容易漏检、误检。同时，模型中的数据大部分来源于仿真系统，对于部分形状不规则或摆放不规则物体的识别仍然需要时间进行训练。

### 2023年北京市自动驾驶车辆关键脱离场景



### 2023年北京市自动驾驶车辆测试造成脱离的目标



来源：历年北京市自动驾驶车辆道路测试报告，北京智能车联产业创新中心、中关村智通智能交通产业联盟，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 02 / Robotaxi商业化进程分析

Interpretation



# 我们将用怎样的方式进行论证?

艾瑞将从政策、技术、商业/盈利模式和市场接受度四个维度对Robotaxi的商业化程度进行论证

艾瑞根据大量的前期研究和访谈，发现了行业当中普遍采用政策、技术、商业模式/盈利模式和市场接受度四个关键因素来判断Robotaxi的商业化进展。尽管目前大多数讨论都集中在当前状况的描述和未来趋势的预测上，**但艾瑞希望通过重新审视这些关键维度，寻找出一些未被挖掘到的问题，并给出独特见解，旨在给到业内人士不同的思考方向。**

## Robotaxi商业化进程评估要素



# 政策

- 政策出台和产业发展呈现螺旋上升态势。
- 多地方下发补贴为产业按下加速键。
- 政策确定性和延续性不改，但要循序渐进，Robotaxi产业预计在2027~2028年迎来下一个里程碑式商业化节点。
- 地方政府债务和宏观经济问题导致部分区域在短期内的实际支持力度或不及预期。

# 政策出台和产业发展呈现螺旋上升态势

## 技术安全性的验证和政策开放已呈现明显的双向促进关系

目前，各地方政府都在尽最大限度给与Robotaxi相关产业最大的政策支持。排除经济和其他外部影响因素，技术安全性的验证将极大程度上促进监管的开放。过去一年，政策方面除了扩大运营范围以外，还向多家企业发放了全无人运营牌照，首次明确了自动驾驶车辆载客运营的行业标准，弥补了商业化运营的政策空白，整体行业的政策框架已初步形成。

### 2017-2024年中国自动驾驶政策演进路线

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	<p>第一次从国家层面就规范自动驾驶道路测试作出规定。</p> <p>对测试主体、测试驾驶人、测试车辆等提出要求，<b>进一步规范化自动驾驶汽车测试。</b></p>	<p>下达了智能汽车<b>测试运行及示范应用的战略任务。</b></p> <p>推动实现封闭场地测试结果<b>全国通用互认；稳步推动自动驾驶客运出行服务。</b></p>	<p>推动实现<b>由道路测试向示范应用扩展</b>，进一步认识和分析新问题、新挑战。</p> <p>确认了<b>两批共16个城市</b>进行智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点。</p>	<p><b>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。</b></p> <p><b>确定了9个进入试点的联合体，其中乘用车联合体占7家。</b></p>
地方政策	<p>北京市出台中国第一个自动驾驶车辆管理规范。</p> <p>上海发放了<b>全国首批智能网联汽车开放道路测试号牌。</b></p>	<p>广州认可其他城市智能网联汽车路测许可。</p> <p>武汉开始开放<b>第一批智能网联汽车测试道路。</b></p>	<p>上海测试场景进一步扩展，<b>可申请完全自动驾驶。</b></p> <p>北京首次在国内开启<b>乘用车无人化商用试点。</b></p>	<p>深圳出台<b>国内首个无人驾驶汽车法规</b>，开辟了完全自动无人驾驶应用的先河。</p> <p><b>北京拟支持自动驾驶汽车用于网约车等城市出行服务。</b></p>
企业动态	<p>2018年小马智行牵手广汽在广州南沙正式上路。</p>	<p>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。</p>	<p>2021年11月15日，百度Apollo获国内首个自动驾驶收费订单。</p>	<p>2024年7月AutoX、小马智行等获得上海完全无人载人车牌照。</p>

来源：公开资料整理，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 多地方下发补贴为产业按下加速键

## 财政激励办法旨在对自动驾驶技术商业化进程的支持

对于自动驾驶示范项目，多地方提供基于实际投资额一定比例的资金奖励，最高可达数百万元，或根据应用效果提供最高限额的资金支持，这对于目前暂不盈利的Robotaxi企业起到了关键作用。

### 部分地方对自动驾驶产业的补贴办法

#### 北京亦庄

鼓励开展示范应用，按单个示范项目实际投资额的30%给予资金奖励，**最高奖励300万元。**

重点围绕自动驾驶等领域打造行业垂直领域大模型，支撑多任务复杂场景行业应用。对经开区企业自主研发、公开发布的人工智能行业大模型，**具有10个以上市场应用案例且实际完成合同额超过2000万元的，予以一次性100万元奖励。**

#### 深圳

支持自动驾驶应用推广，对车辆智能化、无人化技术改造的项目，根据运营成果给予实施主体**最高500万元支持。**

对于示范车辆行驶里程累计达到1000公里的运营主体，根据示范应用效果给予**最高500万元资金支持。**

#### 武汉

对申请在区内公开道路测试的企业，给予车辆测试牌照申请有关检测费、手续费50%的补贴，**单个企业每年最高补贴200万元**；围绕数据增值和出行服务等，探索建立新商业模式，按企业示范应用车辆及场景项目建设投资的30%给予奖励，**单个企业最高奖励1000万元。**

#### 苏州

落户苏州高铁新城且共同参与示范应用的智能驾驶企业，根据示范应用效果最高给予企业每辆车30%的车辆购置及改装补贴，**单个企业享受补贴金额最高不超过300万元**；Robotaxi、Robobus、物流配送示范车辆行驶有效里程数分别累计达2000公里、1000公里、500公里的运营主体，根据示范应用效果给予**最高不超过5元/公里的资金支持**，单个企业享受补贴金额最高不超过300万元/年，累计不超过3年。

# 政策确定性和延续性不改，但要循序渐进

## Robotaxi产业预计在2027~2028年迎来下一个里程碑式商业化节点

1. 当前的道路交通设施如交通灯、标志、标线、标牌、诱导灯等皆服务于有人驾驶，且在快速路、主干路、次干路、支路四个等级的道路及不同城市中形态各有差异。由此可见，为了应对自动驾驶环境，需要城市规划、交通规划和新型基础设施建设协同发展。而当前的自动驾驶测试和研究更多基于城市交通运行阶段，而非总体规划阶段。因此，将智能网联汽车/自动驾驶和国家五年规划同步进行，是釜底抽薪的办法。**十五五期间（2026-2030年），智能网联汽车/自动驾驶有望与综合交通体系升级和基础设施建设等进行更加深入的统筹规划，加快L4级别自动驾驶融入智慧交通和智慧城市整体规划的步伐。**
2. 2024年7月，《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》确定了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，从各个城市建设特点和地理特征的差异上来看，本次试点有望发现和解决多类自动驾驶在城市运行时的重大问题，如立体枢纽和城市道路网络结构有效衔接的问题、机场/高铁/地铁枢纽与Robotaxi站点之间的换乘和衔接问题、多层路网的协同管控和提升问题，以及县域自动驾驶问题等，形成先进模式和典型案例，力争2026年搭建统一共用的智能网联汽车“车路云一体化”标准体系，**届时L3自动驾驶相关标准或法规也将参考该标准体系加速出台。**同时，文件指出，按照“成熟一批、启动一批”的原则，分批研究确定应用试点城市名单。**预计2025年将会启动下一批城市进入试点，在多批次试点较为成熟及标准体系建设完成后，下一步试点应用场景有望向L4级别自动驾驶倾斜。**

### 穿越周期：从政策角度看Robotaxi的未来发展路径

#### 《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》（工信部联通装〔2023〕268号）



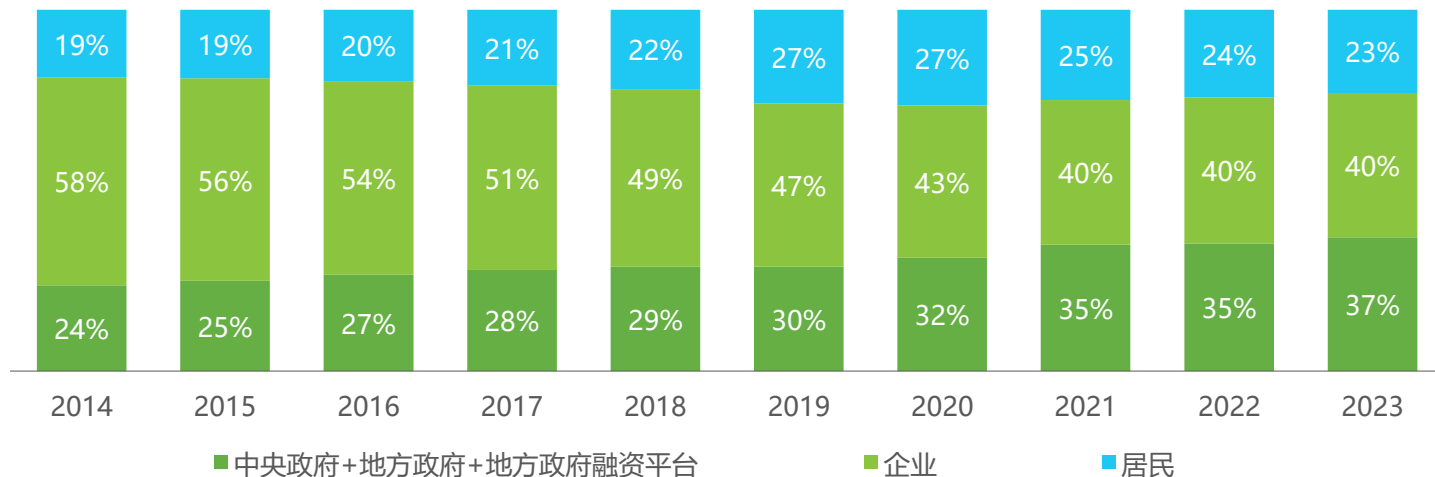
来源：公开资料整理，专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 地方政府债务和宏观经济问题导致部分区域在短期内的实际支持力度或不及预期

宏观层面，当前地方政府债务占比逐渐走高，从2014年的24%升至2023年的37%，地方政府债务风险总体可控但部分区域存在风险。2023年国家35号文支持重点省份融资平台在2023及2024两年的债务存量化解，47号文提及要求“砸锅卖铁”全力化解地方债务风险，在地方债务风险降低至中低水平之前，严控新建政府投资项目，严格清理规范在建政府投资项目；原则上不得在交通、社会事业、市政、产业园区、新型基础设施、楼堂馆所、棚户区改造等领域新建（含改扩建与购置）政府投资项目。其中，新型基础设施在概念上包含了人工智能、车路云、路测设施等，进而一定程度上在某些地方影响了政府支出的优先顺序和智能网联汽车项目的实际支持力度。

虽然阶段性的经济问题和化债任务在短期内可能对于Robotaxi的发展产生一定影响，但在有条件的地区，智能网联汽车和Robotaxi产业仍将持续常态化运营和发展。中长期而言，债务问题逐步改善，系统性风险底线牢固，经济发展韧性底色不改，智能网联汽车将会持续作为提升国家整体AI竞争力的产业被重点鼓励和支持，或在2025年及之后逐步实现实质性进展。

### 2014-2023年中国非金融债务估算总额占比



来源：高盛，公开资料整理，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 技术

- 各地自动驾驶测试类型逐渐丰富，适应性和稳定性得以验证。
- 多传感器融合为现阶段落地的实际方案。
- 非端到端技术路线边界效应明显，一定程度上限制了Robotaxi的规模化部署。
- 端到端提升技术上限，或成为中期内实现更大规模部署的核心技术路线。
- 世界模型可提升机器理解物理规律、重建并推演外部世界的的能力。
- 自研ASIC芯片或成为下一步提升Robotaxi运营效率的重要途径。



# 随着技术升级，各地自动驾驶测试类型逐渐丰富，适应性和稳定性得以验证

北京市首次允许在高铁站进行自动驾驶测试，指定北京经济技术开发区至北京南站之间的路线作为测试区域；杭州则将其八个城区总面积达3474平方公里设为智能网联汽车的测试与应用区域；深圳市新增了43条道路，使得全市开放给自动驾驶车辆测试的道路总里程增加至944公里。随着技术升级，各地自动驾驶测试类型逐渐丰富，雨天、夜间等特殊天气的测试逐步开放，体现了自动驾驶技术在不同环境条件下的适应性和稳定性正在得到验证和提升。

## 各地方自动驾驶测试类型开放情况

测试类型	北京	上海	广州	深圳	武汉	重庆
无人化测试	截至2023年底，有58辆车开展无人化道路测试，里程超76万公里	截至2023年底，7家企业、30辆车测试里程9.48万公里	截至2023年底，55辆车开展一般道路远程测试	截至2023年8月，截人示范运营里程超50万公里	截至2022年底，37辆车、17万公里载人示范运营	2022年9月，允许无人化载人示范运营
高速测试	截止2023年底，有15家企业、62辆车开展高速测试及示范应用，累计里程超23万公里	截至2023年底，4家企业、13辆车开展高快速路测试与示范	2023年12月，开放104.9公里高速路、快速路测试路段	2023年，开放高速公路测试路段	2023年6月，开放高速公路测试路段	2023年12月，发放高快速路测试牌照
夜间测试	截至2023年底，有12家企业、592辆车开展夜间测试及运营，运营时间至22:30，总测试里程358万公里	2023年，开展24小时载人示范运营	2023年，自动驾驶车辆运营至22:30	2023年，自动驾驶车辆运营至22:30	2023年，自动驾驶车辆运营至23:00	2022年，自动驾驶车辆运营至23:00
编队测试	-	2023年，开展“5车编队、1秒时距，中间无人”队列自动驾驶，运营测试里程近700万公里	2023年11月，向5台半挂车发放编队测试许可	-	2023年，重卡无人编队上路测试	-
特殊天气测试	截至2023年底，有7家企业、300辆车开展特殊天气测试	2020年，部分企业在雨天开展自动驾驶测试	2021年，部分企业在雨天开展自动驾驶测试	2021年，部分企业在雨天开展自动驾驶测试	2021年，部分企业在雨天开展自动驾驶测试	

来源：2023年北京市自动驾驶车辆道路测试报告，北京智能车联产业创新中心、中关村智通智能交通产业联盟，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。



# 多传感器融合为现阶段落地的实际方案

## 在优化性能的同时，硬件方案带动整车成本下探

多年来，中国Robotaxi车辆均采用多传感器融合路线，且传感器配置逐渐优化。萝卜快跑第六代车型激光雷达由机械式转向半固态+纯固态补盲组合，在量产前提下整车可降至20.46万元，在传感器数量增加前提下的成本的降低显而易见。软件层面，自动驾驶软件架构差异较小，差异化主要来源于结构化数据的积累和软件对于结构化数据的处理能力。Waymo同样也采用了多传感器融合路线，整体硬件和软件架构更加紧凑高效，自研的传感器可保证对于原始数据的完全掌握，以便更好的迭代算法。

### 部分企业硬件配置情况

#### 国内企业硬件配置情况

企业	激光雷达	摄像头	毫米波雷达	超声波雷达	平台算力
萝卜快跑 第五代	2	13	5	12	800TOPS
萝卜快跑 第六代	8	12	6	12	1200TOPS
小马智行 第六代	7	11	5	0	较上一代提升30%
文远知行	7	12	-	-	250~500TOPS
AutoX 第五代	6	28	8	-	2200TOPS

#### Waymo传感器配置情况

Waymo推出第六代自动驾驶系统，搭载13个摄像头、6个雷达、4个激光雷达和多个外部音频接收装置；

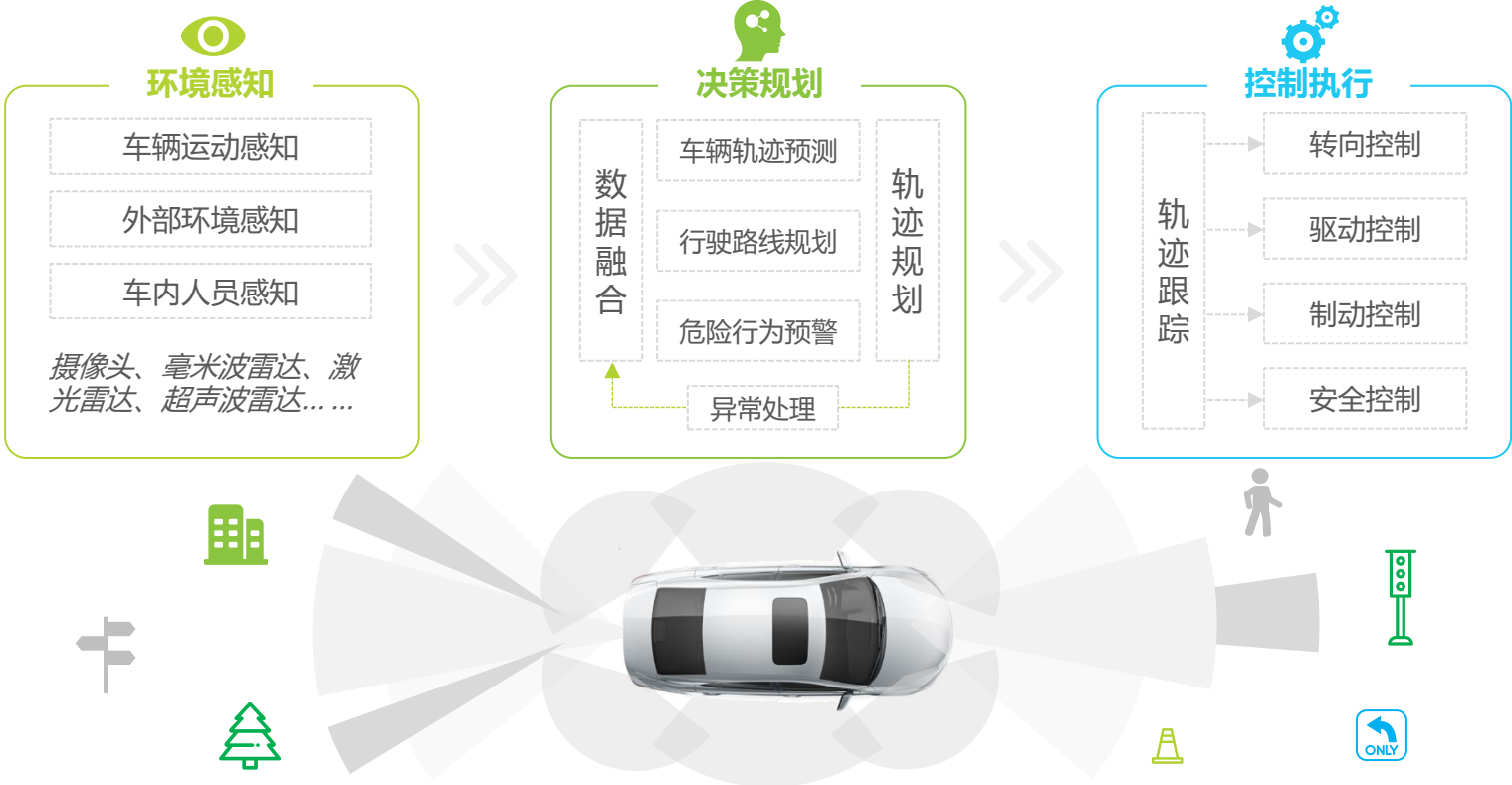
在不牺牲安全性的前提下实现了更少的传感器数量，其摄像头分辨率更高，视野更远；

第六代Waymo Driver还具备了新的**传感器清洁功能**，该系统允许根据各个操作环境的具体条件（如寒冷气候）更换不同的传感组件，**从而确保自动驾驶车辆在各种极端天气条件下都能正常工作。**

# 非端到端技术路线边界效应明显，一定程度上限制了Robotaxi的规模化部署

在自动驾驶开发的早期阶段，模型成熟度较低，单一模型难以解决复杂问题，因此将不同模型进行拼接，形成了“感知、决策、规控”的典型构架并沿用多年。但模块之间的接口需要抽象为人类的理解形式，无法全量进行梯度传导；千万级的真实场景使得人工写规则变得不可持续，导致了优化更多局限在模块内部，而非全量。同时，感知系统较为依赖传感器和高精地图，而传感器易受天气影响，高精地图难以实现分钟级更新，导致了抽象世界中的时空和时间的错位，因此高阶自动驾驶的发展面临着明显的边界效应，进而一定程度上限制了Robotaxi的规模化部署。

## 模块化/非端到端自动驾驶系统构架

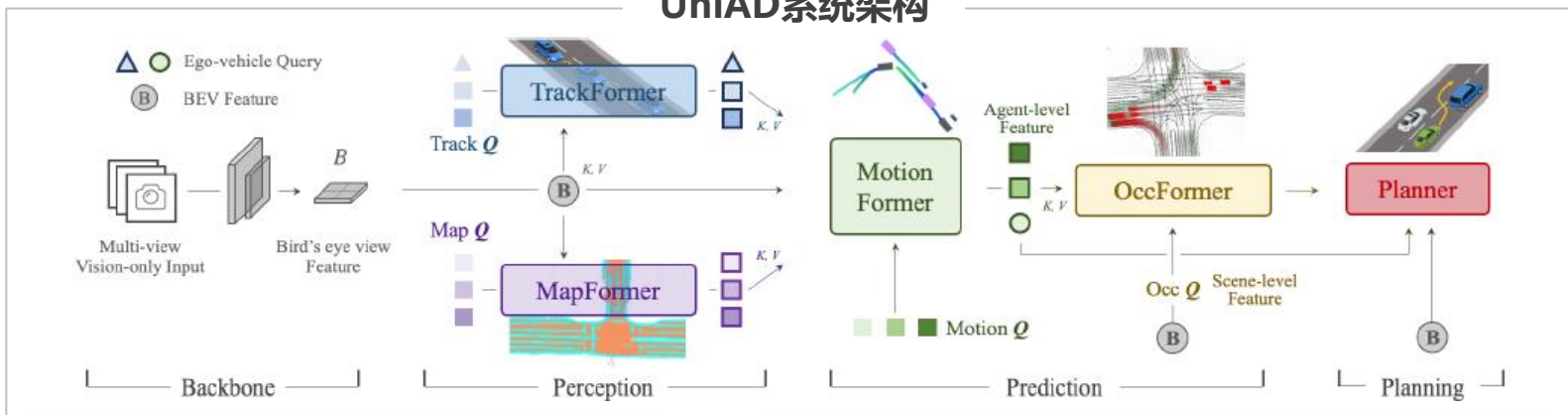


来源：辰韬资本、南京大学上海校友会自动驾驶分会、九章智驾；艾瑞咨询自主研究绘制。

# 端到端提升技术上限，或成为中期内实现更大规模部署的核心技术路线

端到端的自动驾驶架构直接预测规划结果，感知周围的物体并预测其下一步的行为，并且输出安全的操作。端到端的信息无损传输和全局最优策略的特征提升了对复杂交通环境的适应性和决策的灵活性。目前，端到端自动驾驶架构已成为行业共识，相较非端到端具有更高的技术上限。然而，自动驾驶系统在实际应用中必然会遭遇到训练数据中未曾涵盖的各种复杂场景。**这引出了一个关键问题：我们是否能够有效地调整这些模型，使其适应那些未知的目标领域。因此，尽管端到端技术备受瞩目，并且或将成为中长期实现更大规模部署的核心技术路线，但我们还不能确定它就是自动驾驶的终极答案。**

## UniAD系统架构



### 非端到端

- **能力限制:** 模块化的架构限制了整个系统可达成的灵活性、泛化性的上限。
- **信息损失:** 每个模块的独立训练导致最终输出的累计信息误差，形成无法避免的信息损失。
- **长尾问题:** 复杂长尾问题需要大量人工干预和规则编写，覆盖所有场景的难度无法预计。

VS

### 端到端

- **全栈任务:** 将目标检测、跟踪、场景建模等整合到一个网络框架下，实现以全栈驾驶任务为目标的通用架构。
- **高效处理:** 模块的设计采用了Transformer架构的前沿思想，确保了信息传输和处理的高效率。
- **任务优化:** 规划模块将Motion Former更新后的ego-vehicle query和BEV进行特征交互，更有效地进行路径规划和决策支持。

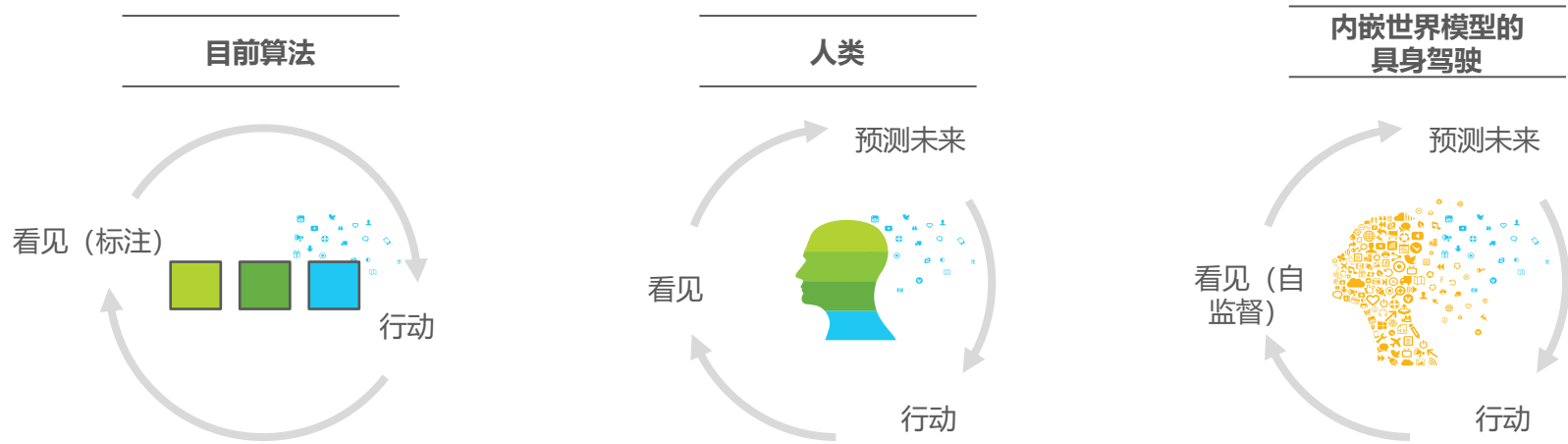
来源：《Planning-oriented Autonomous Driving》Yihan Hu, et al; 辰韬资本、南京大学上海校友会自动驾驶分会、九章智驾；艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 在端到端的基础上，世界模型可提升机器理解物理规律、重建并推演外部世界的能力

在空间层面，OCC空间的精细度欠佳，无法检测到比网格更加微小的物体；长时序信息能力的匮乏使车辆难以精确预测未来一段时间对汽车驾驶和安全起到关键作用的环境变化。为应对此类问题，特斯拉提出世界模型概念，旨在以过去为输入条件预测未来。这将使自动驾驶的上限继续提升，进而提升Robotaxi的安全性和灵活性。而蔚来汽车在NIO IN 2024 蔚来创新科技日上，发布了中国首个智能驾驶世界模型 NWM (NIO World Model)，可全量理解数据，具有长时序推演和决策能力，能在100毫秒内推演出216种可能发生的场景，在“万千平行世界”中寻找最优路径。该模型和端到端架构结合，能够进一步提升算法对复杂场景的处理能力，解决真实世界的复杂性问题。

目前，世界模型更多的被理解为自动驾驶的场景库和仿真平台，虽然可行性已经得到了初步验证，但车端算力尚难以支持，且带宽仍然难以承担超大量数据的实时传输压力。同时，对世界的完全理解、泛化、推演也存在一定的边界效应，凸显了在世界模型部署在真实世界中的复杂性。

## 内嵌世界模型的具身驾驶技术概念



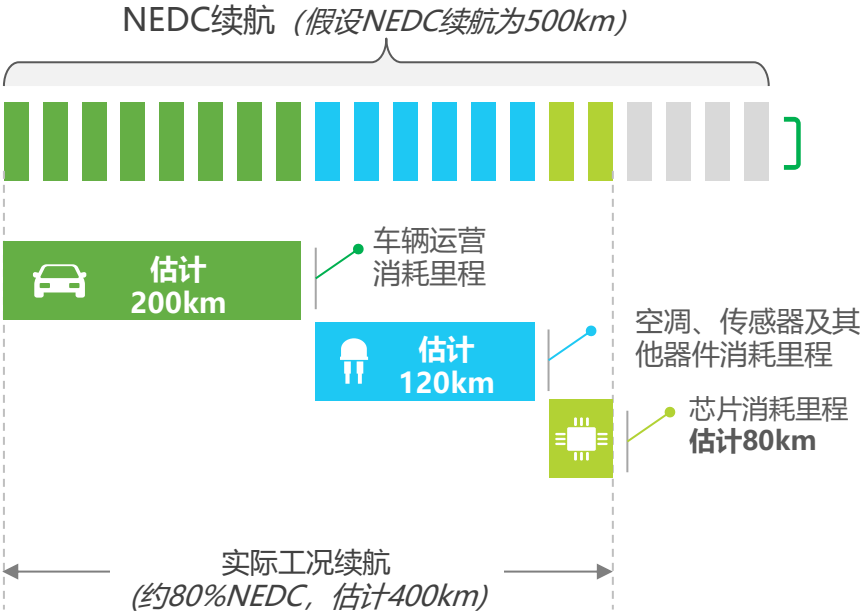
来源：蔚来智能驾驶、世界模型负责人在第四届焉知智能汽车年会的演讲；具身驾驶：像人一样思考驾驶。NIO IN 2024 蔚来创新科技日。艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 作为移动终端，芯片功耗问题亟待解决

## 自研ASIC芯片或成为下一步提升Robotaxi运营效率的重要途径

英伟达Orin X芯片是自动驾驶领域继Xavier之后的又一力作，采用7nm工艺，集成NVIDIA Ampere架构的GPU包含了两个图形处理簇GPC，为深度学习、图像处理和并行计算提供了强大的支持，成为了高阶自动驾驶的顶流。但强大的并行处理能力也带来了高功耗的弊端，在Robotaxi运营过程中尤为显著。假设某纯电动Robotaxi实际工况续航为400公里，则芯片约消耗续航里程的20%，即80km，减去空调、传感器等电能消耗，实际载客运营里程约200公里，可见高功耗在一定程度上降低了Robotaxi的续航里程，进而对运营效率产生负面影响。从提升Robotaxi运营效率的角度考量，具有低功耗特征的ASIC芯片成为另一选项。在Robotaxi实际运营环境下，Orin X耗电约0.45元/km，而自研ASIC芯片可降至0.1元/km，可在降低电费支出的前提下提升车辆续航，实现降本增效。然而，一方面ASIC芯片与算法强绑定，自动驾驶算法可实现多大程度的固化仍有待观察，且需要实现量产后才能真正实现降本，因此对企业的算法、资金和技术实力要求较高；另一方面，目前国内芯片制造能力有限，将成为短期内的制约因素之一。

### Orin X耗电对于Robotaxi运营效率的影响估计



来源：公开资料整理、专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

### GPU和ASIC芯片性能对比

特征	GPU	ASIC
性能	高浮点运算能力，擅长并行计算，适用于图像处理、视频渲染等	高集成度，低延迟，高内存带宽，适用于特定算法加速，如神经网络训练和推理
功耗	相对较高。在Robotaxi运行场景中，估计Orin X耗电约0.45元/km	低功耗。在Robotaxi运行场景中，估计自研ASIC耗电约0.1元/km
灵活性	较低，管理控制能力弱	较低，电路逻辑不可编程，但一旦设计完成无法修改
成本	开发周期长，商业风险大，初期投入高	初始开发成本高，但量产后可降低成本
应用场景	广泛应用于游戏、计算机图像处理、自动驾驶、AI训练等	主要用于深度学习加速、自动驾驶系统、特定算法加速等

## 商业及盈利模式

- 金三角成为最具可行性的商业模式；国资平台的介入或进一步提升商业模式的稳定性和可复制性。
- 多运营区域的开放是决定存量市场中Robotaxi规模增长的关键因素之一。
- 整车和人员成本成为Robotaxi盈利的关键。



# 金三角成为最具可行性的商业模式

## 多方差异化能力的结合使Robotaxi的落地实现了商业可行性的最大化

金三角模式通过自动驾驶科技公司提供技术方案，主机厂提供整车平台和生产制造能力，出行/运营平台提供Robotaxi的线上叫车运营服务。三方能力的结合从整车、技术和应用三个层面为商业化打下了基础。2024年，智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作问答中提出：“探索形成“车路云一体化”投建运新型商业模式。明确智能网联汽车“车路云一体化”试点商业化运营主体，**鼓励探索国资平台、车企、运营商、科技公司等多主体投资共建、联合运营的发展模式，探索形成互融共生、分工合作、利益共享的新型商业模式**”，而目前常见的金三角模式中，**国资平台的参与并不常见**。鉴于当地政府在产业中的关键地位，长期来看，预计地方城投公司的介入将会极大程度的提升商业模式的完整性。由多方成立的合资公司持有Robotaxi整车等重资产并运作当地车辆，当车辆数较为稳定且有能力产生稳定现金流时，便可将当地的Robotaxi运营作为固收类项目看待，具有收益稳定、风险低、流动性高的特征。**因此，当前Robotaxi盈利能力较弱，金三角模式成为了前期商业化的关键；而在产业发展的中后期，国资平台介入成立合资公司，以类似固收项目的形式进行区域性运作或将成为多方共赢且具有较强复制性的商业模式。**

### Robotaxi金三角运营模式



技术公司	主机厂	出行/运营平台	现状
百度	北汽、江铃新能源等	萝卜快跑、百度地图	目标在 2024 年底在武汉实现收支平衡，2025 年全面进入盈利
小马智行	丰田、广汽等	曹操出行、如祺出行等	截至 2024 年 8 月底，已累计超过 3500 万公里的自动驾驶路测里程
文远知行	如祺出行、高度地图等	广汽、日产等	2024年9月，文远开启在珠海横琴Robobus的收费运营
Waymo	Lyft、Uber	捷豹路虎、极氪等	2024年8月，极氪为Waymo定制的Robotaxi开始路测
Cruise	Lyft、Uber	通用	Uber计划在2025年开始在其网约车叫车平台上向客户提供Cruise旗下的自动驾驶汽车

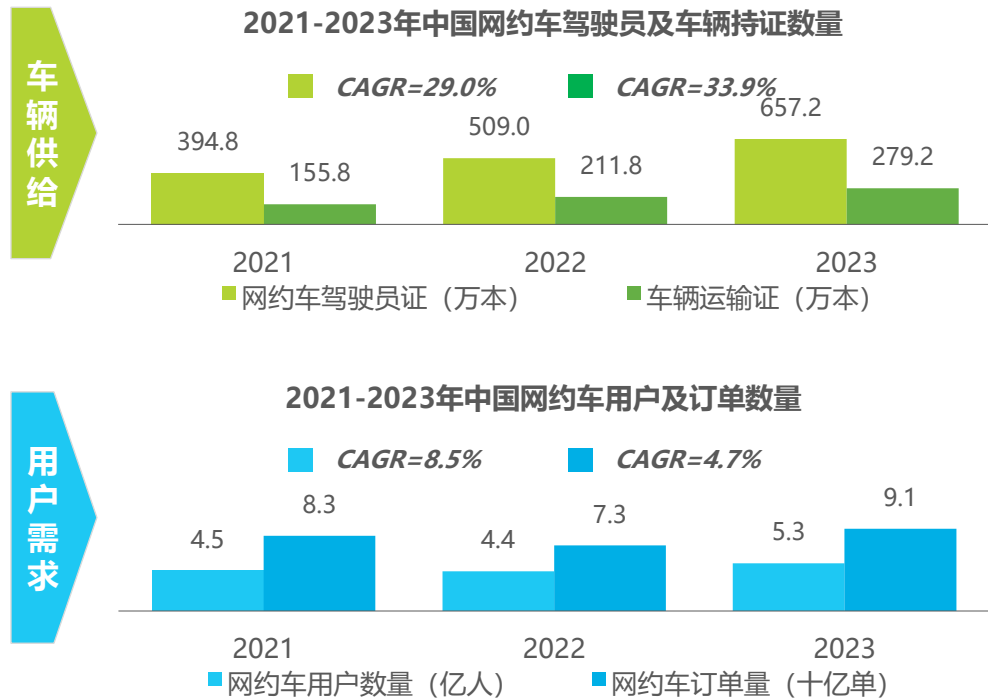
来源：公开资料整理、专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究。

# 市场规模仍需在存量市场中寻求增长

## 运营区域的开放是决定存量市场中Robotaxi规模增长的关键因素之一

中国网约车/出租车逐渐进入存量市场，在网约车驾驶员和车辆持证数量快速增长的同时，用户和订单量仅呈现个位数增长，多地发布网约车运力饱和预警，因此Robotaxi的大规模商业化必将改变现有出行市场格局。在此前提下，Robotaxi在整个出行行业中的实际增长更多的取决于以下三个因素：运营区域的开放程度、定制Robotaxi量产和投放的节奏和Robotaxi订单在整体出行行业中的渗透率，分别代表着车能跑多远、有多少车和有多少用户的问题。其中，运营区域的开放一定程度上决定了可以投放的车辆数和能够接触到的用户，而运营区域的开放与政府的支持息息相关。根据历史数据估算，自2018年至2023年，北京、上海、广州和深圳的自动驾驶测试示范道路里程分别增长了78.6%、121.9%、134.0%和45.2%，预示着未来商业化运行区域的扩张有望持续。

### 中国网约车市场供需关系



### 部分重点城市测试示范道路增长情况



来源：公开资料整理，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。



# 整车和人员成本Robotaxi盈利的关键

## 扩大规模、实现量产成为Robotaxi企业降本必经之路

整车和人员成本的下降影响着Robotaxi的盈利能力。整车层面，百度已将第六代车型降至20.46万元，得益于大规模量产和主要零部件价格下探。人员方面，《自动驾驶汽车运输安全服务指南（试行）》指出在指定的区域运营时可使用远程安全员，远程安全员人车比不得低于 1:3，相比于每辆车都需配备随车安全员而言，已经实现了大幅降本；同时随着远程监控和自动驾驶技术的提升，预计在5年内远程安全员数量将实现显著下降。据初步测算，假设人车比例1:10，Robotaxi单车成本为20.46万元，每公里成本将降至0.8元，大幅提升Robotaxi单车盈利能力。

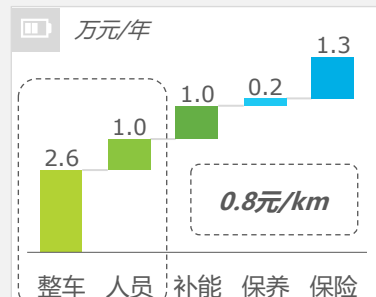
### 传统出租车/网约车成本构成

- 能源类型：燃油
- 车辆型号：日产轩逸1.6XE CVT舒适版
- 整车价格：106,800元
- 能源类型：纯电动
- 车辆型号：比亚迪秦plus420km 领先型
- 整车价格：109,800元



### Robotaxi成本构成

- 能源类型：纯电动
- 车辆型号：萝卜快跑第五代
- 整车价格：480,000元
- 人车比例：1比3
- 能源类型：纯电动
- 车辆型号：萝卜快跑第六代
- 整车价格：204,600元
- 人车比例：1比10



#### 核心假设

年运营公里数	运营车辆60万km或8年报废，假设60万km跑满8年，则每年公里数约为75000公里。
人员工资	以8000元/月计算。
能源消耗	日产轩逸以百公里油耗6.5L计算，比亚迪秦Plus以百公里电耗11.6度计算；油价以7.8元/L计算，电价以1.2/kW-h计算。
保养费用	油车每万公里保养500元，电车每万公里保养300元；不计算由交通事故等导致的维修、停运成本。
保险费用	油车10000/年，电车12000/年，Robotaxi13000/年。

来源：车企官网、百度、中金公司，其他公开资料整理，艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

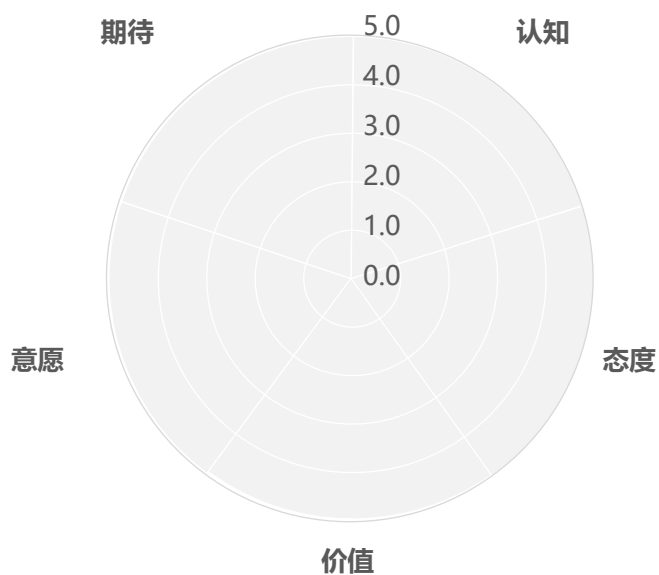
## 市场接受度






- **认知：**超70%的消费者对于Robotaxi有所了解，品牌之间的深度关联有待提升。
- **态度：**多数消费者对于新兴技术发展表现出接纳和包容。同时，技术的不完善也使得无人驾驶还没有达到让用户完全放心的阶段。
- **价值：**73.2%的消费者选择了出行安全为第一关注因素，与大部分消费者持有在技术上持续观望的态度保持一致。
- **意愿：**总体尝试意愿处在较高水平，紧急情况处理机制的建立将成为大幅提升市场接受度的关键。
- **期待：**虽然Robotaxi仍处在小范围运营阶段，甚至绝大多数消费者并未亲身体验过，但这并不影响其对于Robotaxi充满期待。

# RoboAccept市场接受度评估

RoboAccept市场接受度评估模型是一个专门设计来评估消费者对Robotaxi接受程度的框架。该模型通过五个维度来衡量和分析市场接受度，每个维度都代表了消费者心理过程中的一个关键阶段。通过五个维度的综合评估，能够全面捕捉消费者的心理和行为倾向，有助于理解消费者决策过程的演变。

## iResearch-RoboAccept市场接受度评估模型

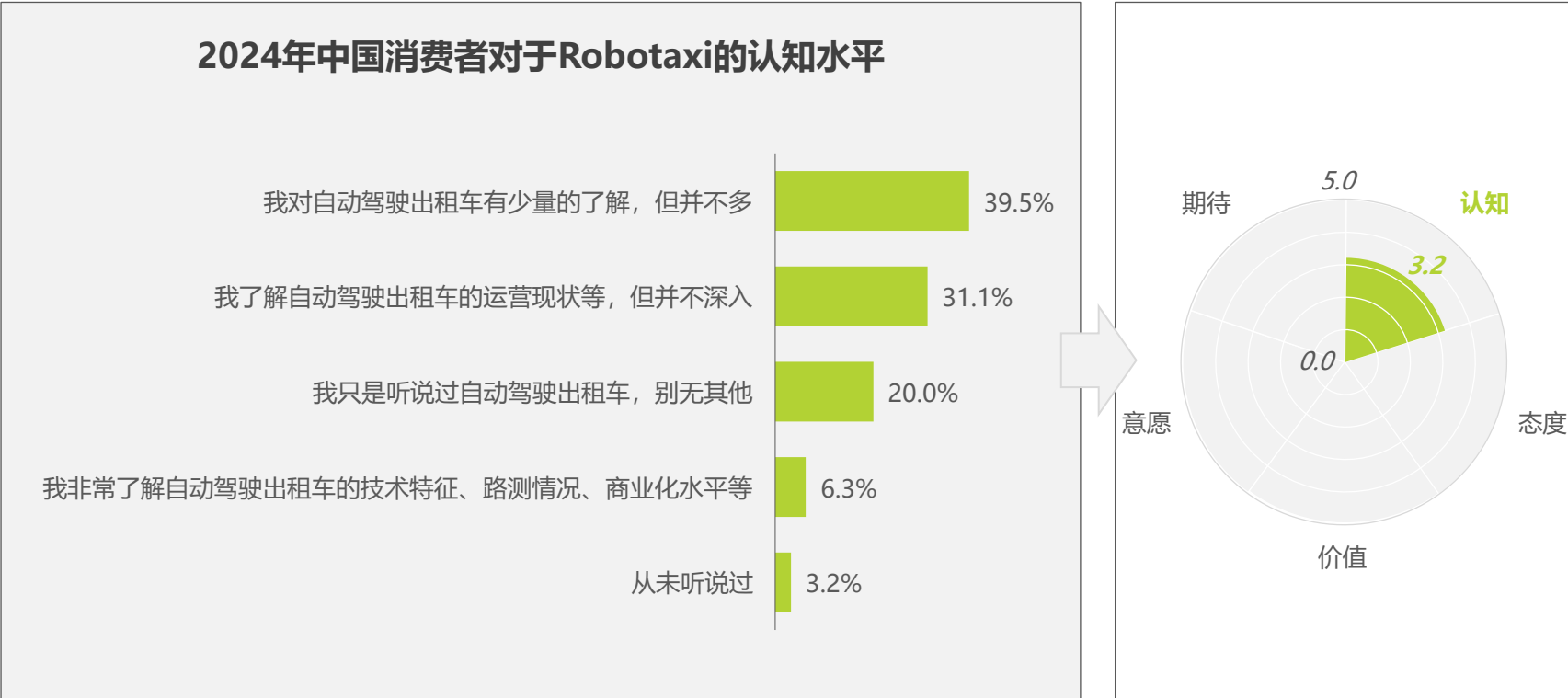


-  **认知** 认识是消费者心理过程的第一阶段，是消费者其他心理/行为过程的基础；
-  **态度** 态度指消费者对客体、属性和利益的情感反应，即消费者对某件商品、服务、品牌或公司经由学习而有一致的喜欢或不喜欢的反应倾向；
-  **价值** 指消费者基于目前的认知，产生的对于某件商品或服务能够在某种程度上满足需求的理解；
-  **意愿** 指消费者对事物所产生的看法或想法，并由此产生的希望尝试和体验的动力；
-  **期待** 指消费者对某个事物或情境产生的对于未来的想象、憧憬或向往。

# 认知是一切的开始

## 超70%的消费者对于Robotaxi有所了解，品牌之间的深度关联有待提升

从调研结果来看，超过70%的消费者表示对于Robotaxi有所了解，仅有3.2%的消费者表示从未听说，展现出消费者对于Robotaxi已基本不存在基础的认知壁垒。但由于当前各地Robotaxi运营区域有限，实际乘坐过的消费者仍是少数，且Robotaxi运营企业并未大规模展开C端的品牌营销，导致消费者对于Robotaxi相关企业的认知存在局限。整体而言，消费者对于Robotaxi产业的认知水平与产业发展水平基本保持同步，下一步企业仍需重视品牌建设，强化C端消费者的品牌认知。

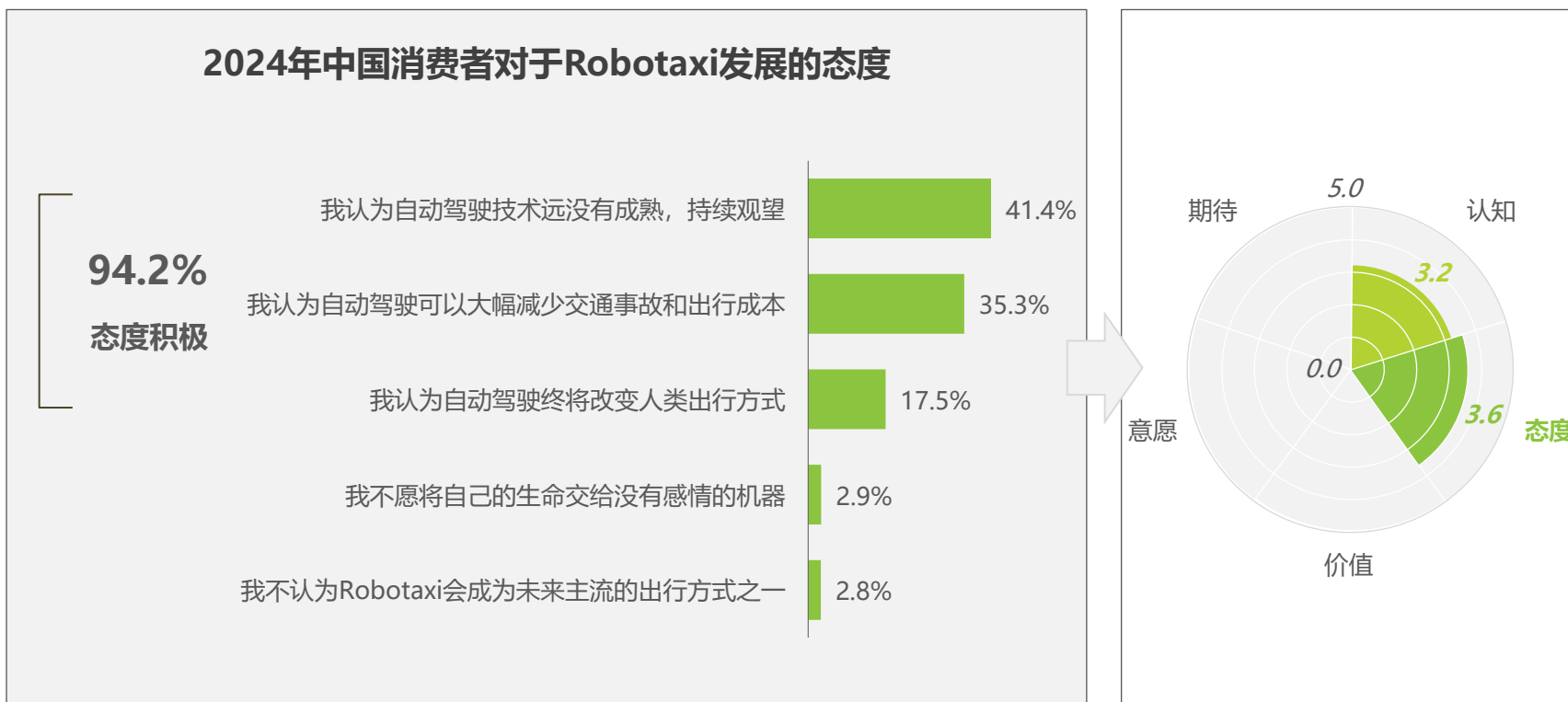


样本：N=1056，于2024年9月通过艾瑞智研平台-消费洞察数据库调研获得。

# 态度是行为的先导

绝大多数消费者保持积极态度；但技术尚未完全成熟，Robotaxi尚未赢得全面信任

94.2%的消费者对于Robotaxi产业发展表达了认可和积极的态度，表现出消费者对于新兴技术发展的接纳和包容。同时，技术的不完善也使得无人驾驶还没有达到让用户完全放心的阶段，这类谨慎的心态呈现在41.4%的消费者心中，消费者往往习惯于看到更多成功经验和案例来证明新兴技术的安全性，此类心态也指导着企业需要以更加注重安全的方式来建立市场信心。可以预见的是，41.4%的观望者有望在技术相对成熟之后逐渐转变态度，这种逐步接受的过程也是每一个新兴产业走向成熟的必经之路。

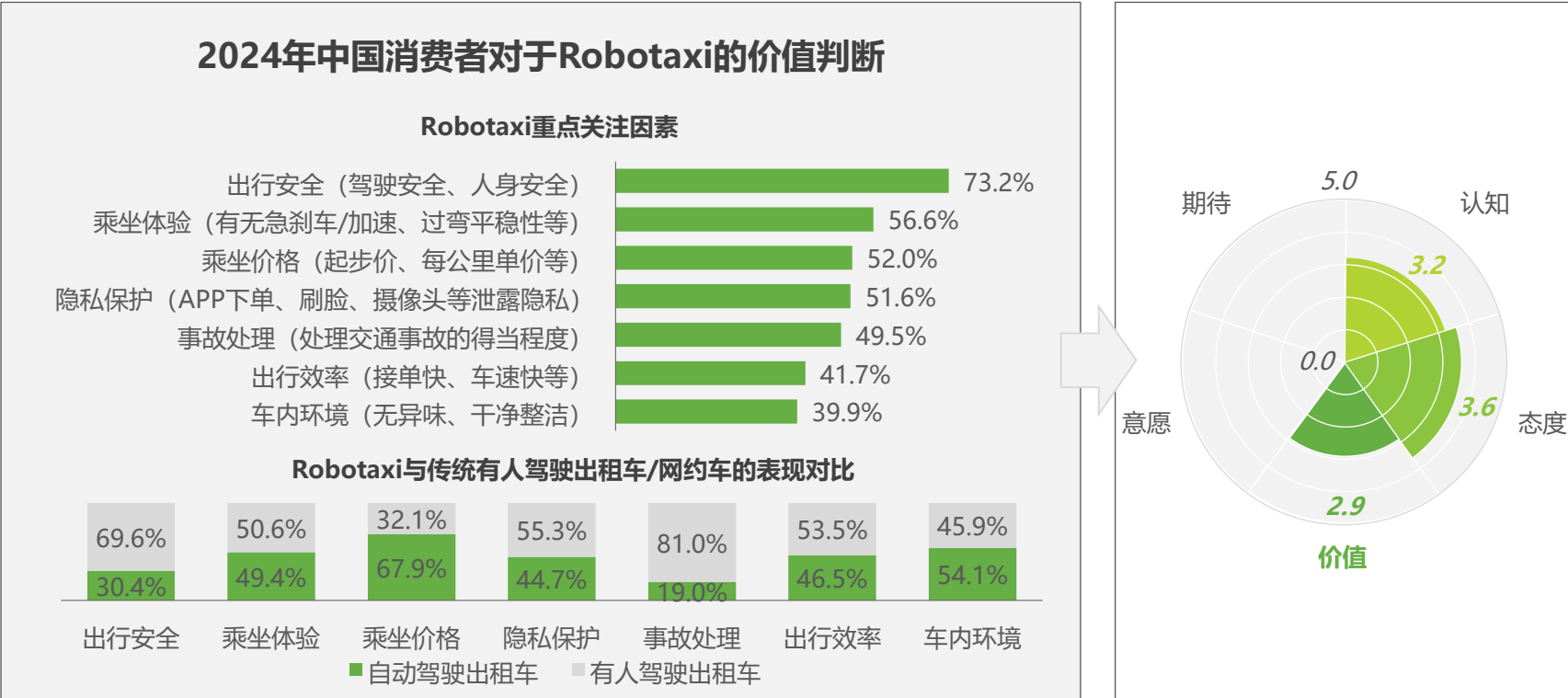


样本：N=1056，于2024年9月通过艾瑞智研平台-消费洞察数据库调研获得。

# 价值是选择的核心

## 消费者价值导向与态度高度一致；Robotaxi和有人驾驶出租车在价值体现上各有千秋

出行安全、乘坐体验和乘坐价格成为了消费者普遍关心的三大要素；73.2%的消费者选择了出行安全为第一关注因素，与大部分消费者持有在技术上持续观望的态度保持一致。从前三大关注因素来看，Robotaxi由于目前的补贴等因素在价格上占据优势，同时在乘坐体验上与有人驾驶出租车/网约车不相上下。由于驾驶员的存在，传统出租车/网约车在突发事故处理上被认为远超Robotaxi，因此，相关法规的出台和企业的应急响应策略或将提升Robotaxi在事故处理中的价值体现。

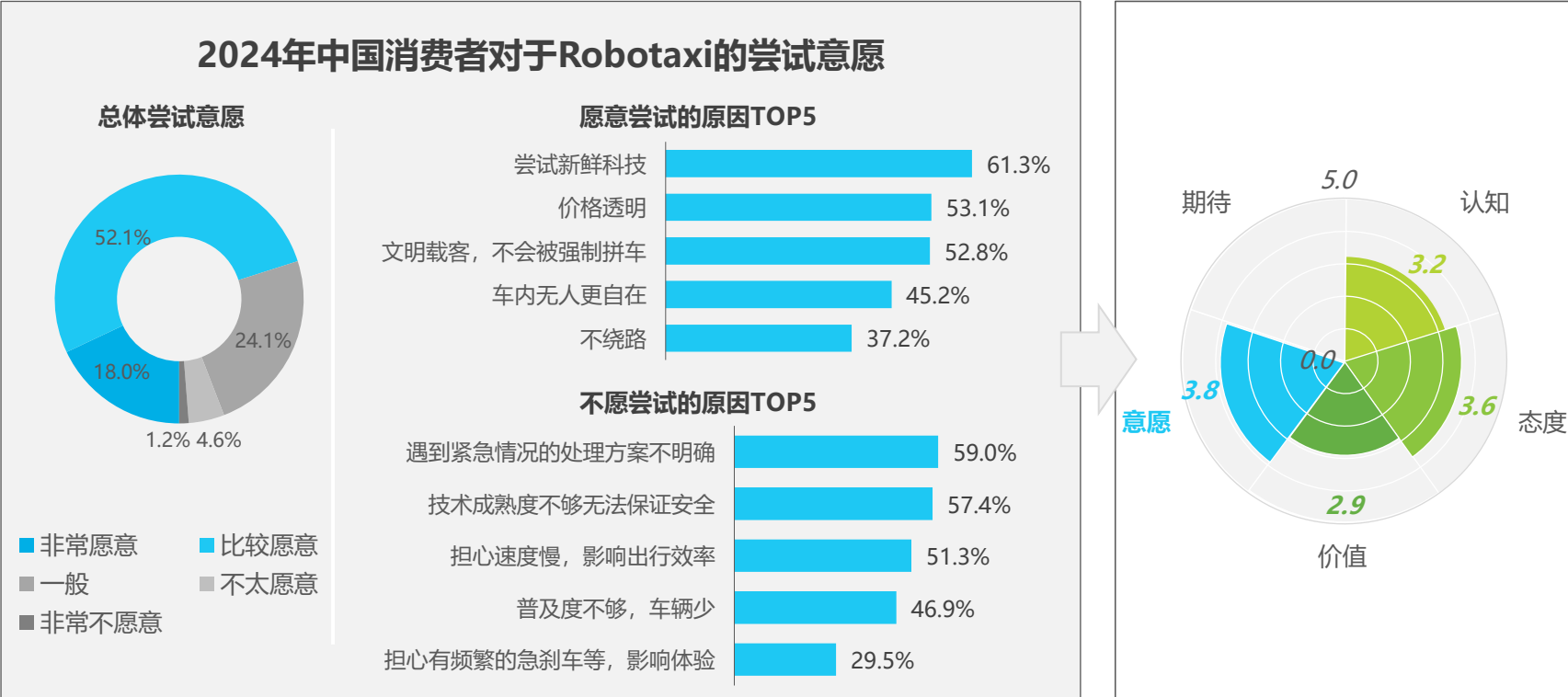


样本：N=1056，于2024年9月通过艾瑞智研平台-消费洞察数据库调研获得。

# 意愿是参与的动力

总体尝试意愿处在较高水平，体现出当代消费者对新事物的包容度和探索意愿；紧急情况处理制度的建立将成为大幅提升市场接受度的关键

约70%的消费者表示愿意体验Robotaxi，总体尝试意愿处在较高水平，尝试新鲜科技成为主要原因；一方面，在不愿意体验的原因当中，46.9%的消费者选择了“普及度不够，车辆少”，或可说明在技术、效率等其他因素不变的前提下，单纯扩大运营范围和增加车辆便可使消费者尝试意愿进一步加深。另一方面，“遇到紧急情况的处理方案不明确”成为了关键的制约因素。回顾价值判断维度，在Robotaxi与传统有人驾驶出租车/网约车的表现对比中，Robotaxi在事故处理上与有人驾驶出租车/网约车差距最大，体现出消费者在此层面上的担忧同时影响着价值判断和尝试意愿，意味着对于Robotaxi事故/紧急情况的统一、清晰的界定和处理将成为大幅提升市场接受度的关键。

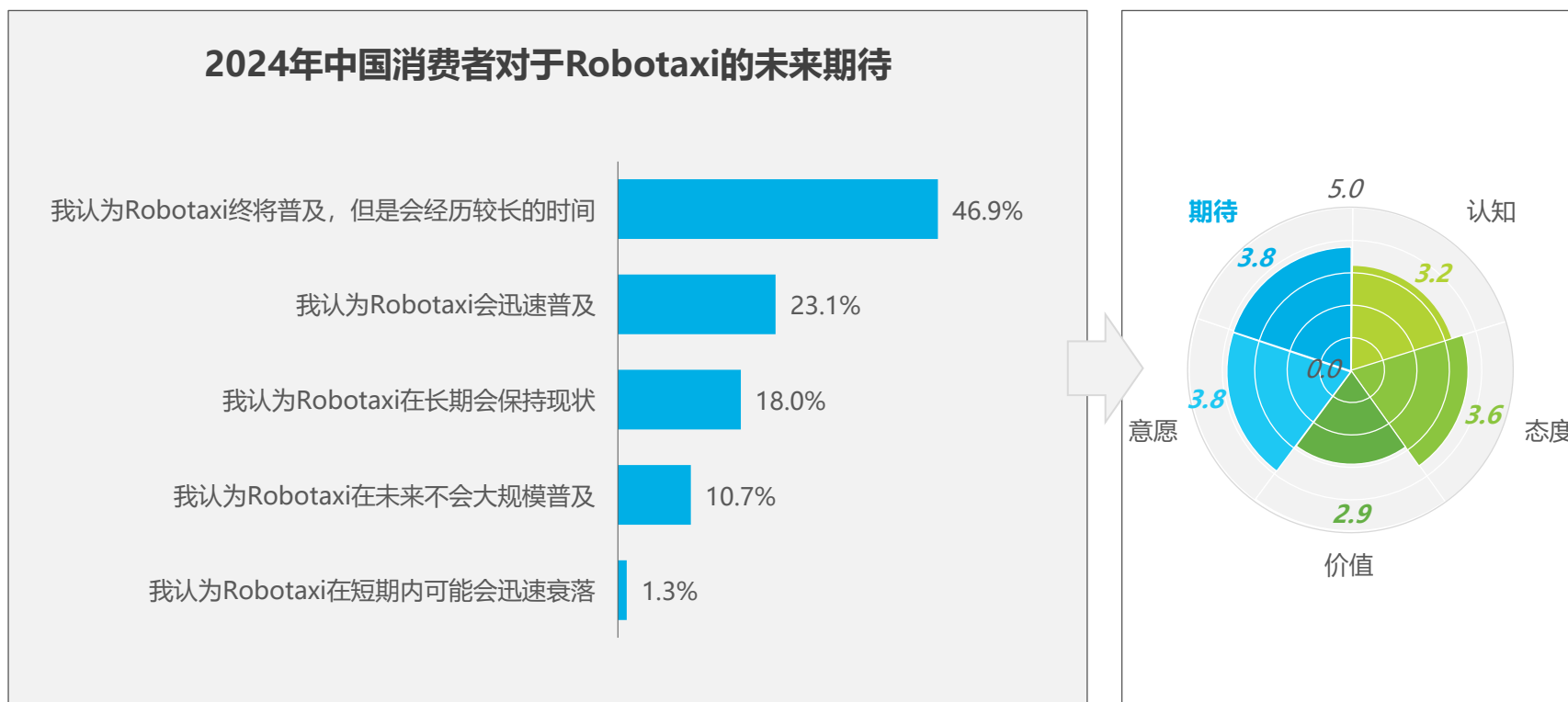


样本：N=1056，于2024年9月通过艾瑞智研平台-消费洞察数据库调研获得。

# 期待是未来的镜像

## 近半数消费者理性乐观，并不盲目

46.9%的消费者持有理性乐观的态度，认为Robotaxi终将普及，但会经历较长的时间，体现出当前消费者能够认识到Robotaxi对于社会和交通领域的价值，同时又对其技术发展的难度有着基本判断。虽然Robotaxi仍处在小范围运营阶段，甚至绝大多数消费者并未亲身体验过，但这并不影响其对于Robotaxi充满期待。



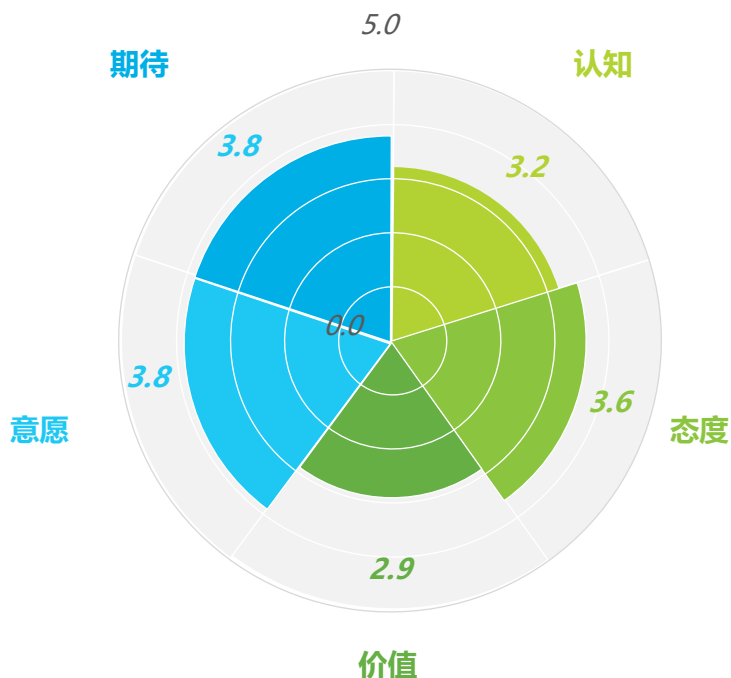
样本：N=1056，于2024年9月通过艾瑞智研平台-消费洞察数据库调研获得。



# 2024年中国Robotaxi市场接受度

总体而言，目前市场接受度仍处于初级阶段，消费者普遍对于Robotaxi的技术成熟度和安全性更为关注，当然，这与目前产业发展现状相一致。五个评价维度的平均为3.46分，其中认知和价值层面的得分相对滞后。一方面，认知是一切的开始，体现出消费者对于Robotaxi认知水平的不足影响着他们对于价值的判断；另一方面，Robotaxi企业也需要在技术、安全等层面持续提升，加强市场教育，促进消费者的认知提升。

## 2024年中国Robotaxi市场接受度



- 认知** 超70%的消费者对于Robotaxi有所了解，消费者对于Robotaxi的认知壁垒逐渐减轻，而对于相关服务企业的认知仍需提升；
- 态度** 消费者对Robotaxi产业发展表达了积极态度，技术的进步和安全性的证明将进一步提升市场接受度；
- 价值** 出行安全为消费者普遍关心的因素，在事故处理层面与有人驾驶出租车/网约车相比仍然存在一定差距；
- 意愿** 消费者对新事物的包容度和探索意愿较高，遇到紧急情况的处理方案成为了关键的制约因素；
- 期待** 带着对于未来出行生态的憧憬和想象，近半数消费者理性乐观，并对于Robotaxi产业充满期待。

2024年9月，艾瑞采用RoboAccept市场接受度评估模型对于中国Robotaxi市场进行了初步判断。由于当前该行业处于初级阶段，真正乘坐过Robotaxi的消费者仍是少数，运营车辆较少，商业模式仍在探索阶段，因此调研结果仍然存在一些局限性。但此份调研验证了在行业初期消费者的普遍理解和期待，在产业走向成熟的道路上向业界提供了站在消费者角度的洞察。

# 03 / Robotaxi商业化路径推演

Deducing

# 预计Robotaxi将在2028年前后进入快速增长周期

## 中国Robotaxi产业发展路径推演



来源: 公开资料整理、专家访谈, 艾瑞咨询研究院自主研究绘制。

# 写在最后

## 既“困难重重”，又“不足为惧”的伦理挑战

虽然人们对于自动驾驶的担忧大多存在技术解，但在技术之外，伦理道德层面的争论聚讼不已。Philippa Foot在1967年提出的“电车难题”已成为自动驾驶伦理算法的经典范式。

2015年，麻省理工学院调研了1928名参与者，分析了公众在面临道德挑战时的反映。结果显示，76%的人认为，为了拯救更多人而牺牲自己以获得更大的集体利益似乎是更加合乎道德的。然而，在他们作为消费者时，却更加青睐优先保护自己的自动驾驶汽车。

另一研究由法国图卢兹经济学院的Jean-Fran ois Bonnefon等人在2016年开启，其结果毫无意外：多数参与者表现出后果主义倾向，即尽量减少伤亡人数；同样的，他们也不会选择购买这种可能会让自己和家人受到伤害的汽车。

上述两项试验不约而同地出现了认知与行为分离的现象，即公众对于自动驾驶汽车应该遵循的道德准则在言语和行动上无法达成一致。另一角度，也可以理解为人在不同视角中产生的偏差，重要的是，这种偏差出现在大多数人当中。我们大胆推断，这种现象在历史中持续存在，意味着每一次重大技术变革，包含自动驾驶，都无一例外地生长在道德困境当中。

可以看出，真实世界中价值判断的多样性导致“电车难题”无法在互斥矛盾且前提必须成立的情况下达成共识，更不存在通用解和最优解。在Robotaxi商业化落地的今日，寻找可行解甚至无奈解或许才是务实的方法论。

**尽管无法达成共识，我们认为道德挑战不会影响各种交通工具的智能化和自主化，因为我们不能在非公理化的真实世界中，利用公理化的逻辑去斥责社会中缓慢而坚定的变革。伦理难题既非自动驾驶专有，也无须自动驾驶终结。**

BUSINESS  
COOPERATION

# 业务合作

## 联系我们



400 - 026 - 2099



ask@iresearch.com.cn



www.idigital.com.cn

www.iresearch.com.cn

官 网



微 信 公 众 号



新 浪 微 博



企 业 微 信



## LEGAL STATEMENT

# 法律声明

### 版权声明

本报告为艾瑞数智旗下品牌艾瑞咨询制作，其版权归属艾瑞咨询，没有经过艾瑞咨询的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

### 免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，部分文字和数据采集于公开信息，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。





# THANKS

艾瑞咨询为商业决策赋能