



自动驾驶出租车 (Robotaxi)

商业化趋势展望2024

多元共进，聚变开新

2023年12月

Roland
Berger



如祺出行
ON TIME

序言

2023年, Robotaxi和自动驾驶行业在经历低谷后重整旗鼓, 年底诸多为行业铺垫基础的重要政策也为市场打下一针强心剂。纵使在低谷调整阶段, 我们也可以看到Robotaxi的参与者在过去两年都没有放缓技术研究、产业合作、运营提升、体验创新、培育市场的探索步伐。拨云见日, 全球各国对于Robotaxi产业推动凝心聚力的背景下, 政策、技术、运营、成本、消费者等五大行业核心要素均有持续进展, 中国也相应进入了Robotaxi商业化1.0的时代。

罗兰贝格跟随行业趋势, 对Robotaxi的商业化进程进行回顾跟踪和趋势展望, 并总结五大行业发展要素的分阶段成熟度框架。同时, 我们也抛砖引玉, 提出Robotaxi运营主体商业化能力的评价体系, 期望与行业和相关方共谋Robotaxi发展, 在2024年继续携手推进Robotaxi商业化进程。

目录

第一章	变中求进: 全球 Robotaxi 再掀热潮, 商业化探索冷静后提速	04
第二章	聚力共促: 五大落地要素协同发展, 推动商业化进程稳步向前	18
第三章	立根筑基: Robotaxi 运营复杂加剧, 多元化能力评价指引发展	40

01

变中求进： 全球 Robotaxi 再掀热潮， 商业化探索冷静后提速

行业回顾:行业低谷后的拐点将至

自2022年开始,全球Robotaxi行业在经历了数年时间火热的市场追捧后,由于技术落地进展不及预期,短期难以实现规模化预期收益,行业关注度显著降温。资本市场对于Robotaxi产业链企业的投资收紧,态度整体较为保守,行业也相应进入了阵痛期。部分Robotaxi企业由于缺少持续“输血”而陷入经营困境,甚至背靠福特与大众两大巨头的自动驾驶明星公司Argo AI也被迫解散。

进入2023年下半年,在经历了一波行业“重新洗牌”和“去弱留强”后,Robotaxi行业重新回归理性,伴随着诸多L3级别自动驾驶试点政策的推行,行业稳步向前发展。一方面,无人驾驶仍是未来改变交通和

出行的大势所趋,自动驾驶技术公司¹⁾不断完善自身自动驾驶方案的开发,并着力提升技术经济性,深度绑定整车厂,共同推进落地应用;另一方面,我们也看到多国政府在“碳中和”愿景的指引下,从政策端积极主导推动本国未来共享出行模式(包含Robotaxi)的发展,通过增发自动驾驶测试牌照、开放更多自动驾驶测试区域、甚至允许在特定区域内进行全无人自动驾驶的测试运营等政策动作,给予Robotaxi更大空间。作为商业化进展的“领航者”,中美两国已在各自境内指定城市面向公众开通Robotaxi收费服务,实现无主驾安全员的全面商业化运营。与此同时,全球其他国家也正沿着相似的Robotaxi商业化发展趋势向前迈进。

1.1 全球Robotaxi行业发展进程与关键趋势

全球Robotaxi发展关键趋势动态:商业化进程到达关键节点,发展路径逐步趋同

首先,从国家产业整体视角来看,各国政府对于Robotaxi的态度进一步放开,政策导向进一步明确,并开始注重落地后的实际表现。以往,由于自身发展或引入的Robotaxi相关技术尚未成熟,各国普遍仍停留在道路测试阶段,不完善的监管制度也倾向于一刀切,对未成熟的技术开启商业化持谨慎态度。如今,各国看到以美国头部玩家Waymo和Cruise为代表,在Robotaxi领域的技术能力不断提升、方案不断成熟,技术可靠性得到一定程度的印证,已经具备尝试商业化的基础,且监管层面也同步完善对Robotaxi商业化的运营监控,例如中国、韩国、德国等国均逐步开启小规模商业化试点,并根据试点效果平衡技术与社会实施成本。由此可见,当前全球的Robotaxi商业化走到了一个重要的节点,即以往脱离现实应用的单纯技术测试正逐步转向能够真正产生经济效益、为用户解决出行问题的商业化服务。

其次,从行业生态玩家视角来看,各国的商业化发展

路径逐渐趋同并形成“专业化分工+深度合作绑定”的共识,更多地转向“金三角”协作模式,即由自动驾驶技术公司推动Robotaxi自动驾驶技术发展,整车厂主导开发自动驾驶整车平台,专业出行服务平台负责Robotaxi的运营服务。参考美国Waymo和Cruise的领先实践,其在推进Robotaxi商业化进程中经历过多个角色的试错,对于不同角色的专业性壁垒和自身的定位独特性逐渐有了深刻理解,也带动其他行业玩家积极寻找最适配的角色定位,并将推进Robotaxi商业化主动列入自身发展战略中。例如,以Uber和Lyft为代表的专业运营平台,更加聚焦自身客户流量和服务运营方面的优势,完成自身再定位,积极加入Robotaxi的商业化进程。

罗兰贝格观察到,“金三角”的协作模式,正逐渐被越来越多的国家所采纳并应用至其自身的Robotaxi商业化进程中。未来,角色分工模式将引导各类企业最大化发挥自身长处,并与行业内其他专业角色深度绑定,形成更多的“金三角”以共同前进,而其中的每一个核心角色都不可或缺。

1) 本报告中所提及的自动驾驶技术公司均特指以乘用车自动驾驶应用为主且当前处于正常经营中,不含以低速无人车、Robotruck等非乘用车自动驾驶应用为主或已出现经营困难/停止营业的公司。

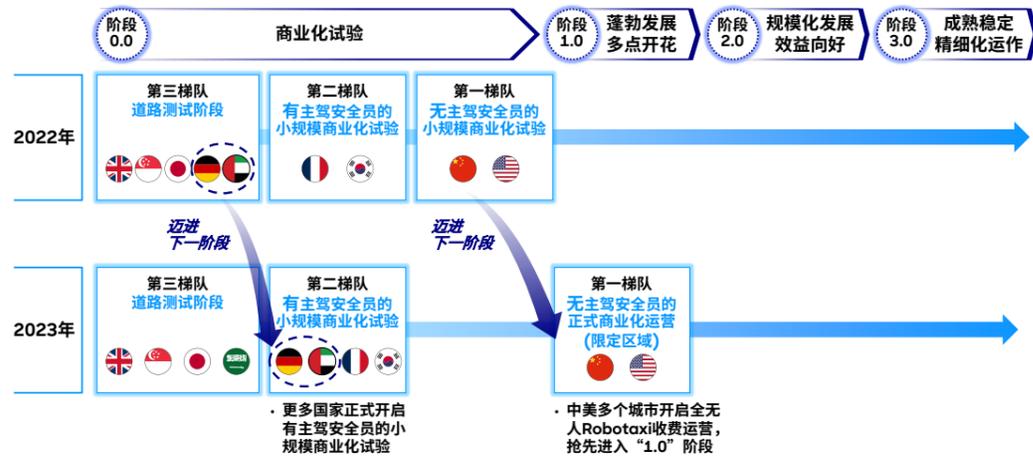
全球各国Robotaxi商业化进展动态

2022年, 在罗兰贝格与如祺出行联合发布的《自动驾驶出租车 (Robotaxi) 商业化前景展望报告》中, 基于成本、技术、服务、监管和市场接受度等具体要素的相应发展和支撑作用, 定义了Robotaxi的商业化发展阶段。此外, 鉴于全球不同国家政府的政策开放、投资支持力度, 以及行业生态玩家的专业化能力、Robotaxi启动时间差异等, 将Robotaxi商业化发

展划分为多个梯队。今年, 报告将继续沿用关于商业化发展阶段和梯队的定义, 对各国Robotaxi商业化进展现状进行重新观察与评估。

纵览全球各国Robotaxi商业化进展现状, 并对比2022年同期商业化水平, 我们观察到两大关键趋势: 一是部分已在商业化发展进程中的国家实现成功突破进而迈入下一全新阶段; 二是有新国家已完成技术储备和验证, 正在积极迈入Robotaxi商业化进程领域。▶ 01

01 各国Robotaxi商业化进展动态



▶ 第一梯队国家持续引领, 发展路径求同存异

作为去年第一梯队的中美两国, 在商业化进展上继续保持领先态势, 更进一步迈入1.0阶段。在发展路径上, 中美两国虽都选择了通过政策监管层面的放宽推动技术进步, 但在政策放宽的尺度和标准上却又结合了各自Robotaxi商业化进展的特征, 因而存在如下差异:

中国对于Robotaxi的商业化落地严格遵循“循序渐进、稳扎稳打”的发展态度, 在技术可靠性得到验证

后, 监管酌情放开给予技术发展的空间, 反哺技术迭代, 持续“螺旋式”前进路径取得成功。

美国则对于Robotaxi的商业化采取了更加开放的发展态度和“跨越式、快节奏”的发展方式。为了实现技术领先、快速迭代, 部分城市的监管层面大胆放开、一路绿灯给予Robotaxi最大的发展空间。例如, Cruise在道路测试和商业试运营阶段验证成熟后, 立即在旧金山向当地监管机构抢先申请全无人自动驾驶的商业化运营资质。同样, 政府也希望通过开放更广泛的

注: 基于公开资料整理

区域场景帮助Cruise完成数据积累和技术优化, 使最终商业化的落地能够使旧金山市民得益。

对比中美两国发展路径的异同, 罗兰贝格认为在Robotaxi的商业化进程中, 采取跨越式发展需秉持谨慎态度, 寻找合适的跨越点, 避免冒进或将带来的额外风险。一方面, 我们应该正确认识到, 当前的L3级别自动驾驶技术并不能够支持全无人自动驾驶的开放场景运营。另一方面, 技术的可靠性尚较难保障Robotaxi的高效、安全运营。因此, 政策监管的开放程度仍需和技术发展的成熟度需要互相适配, 避免失衡。

2023年, 美国本土头部领先的自动驾驶技术公司Cruise和Waymo相继获得了旧金山全天候商业运营无人驾驶出租车的运营牌照。该牌照的发放是自动驾驶行业史无前例的重大里程碑, 标志着完全开放的Robotaxi商业化正式开始在美国乃至全球首发落地。其中, 对于正积极扩展海外业务的Cruise而言, 牌照的颁发也在一定程度上展示了其技术形象, 获得其他国家政府的信任, 为其核心的全球化战略提供了有利支撑。

公开资料显示, 自2023年8月开启运营后, Cruise获准在旧金山市区道路, 以不超过45英里/小时 (约合72公

里/小时) 的速度运营, 旧金山民众可以通过手机App自行叫车完成服务。在运营时间和规模上, Cruise获准24小时全天候运营, 夜间可运营300辆Robotaxi, 白天可运营100辆。

然而, 在短短三个月的实际运营中, 却暴露出一些问题。

首先, Cruise车队需人工频繁介入, 平均约每行驶4-5英里 (约合6-8公里) 即需触发一次远程介入。如此频繁的人工远程介入在影响效率的同时也带来一系列运营相关问题, 部分难以远程解决的问题甚至还需员工到现场操作方向盘开走车辆。这也明显反映出Cruise的车辆技术水平和自动驾驶运营服务尚未能达到复杂行车场景无安全员的要求。

其次, Cruise在实际运营中问题频发。一方面, Cruise的Robotaxi对于复杂长尾场景和道路突发事件尚未有能力有效理解和处理。例如, 对于在执行任务中闯红灯的消防车辆, Cruise未能理解此特殊情景并实施躲避措施, 导致十字路口碰撞事故的发生; 另一方面, Cruise对于复杂道路交通交互信号仍未能实现准确识别, 例如交警的手势和指挥等, 造成道路交通堵塞。除此以外, 出现问题后缺乏迅速应对对策, 例如在夜间车辆出现无法熄火、无法行驶等问题, 且远程

注: 基于公开资料整理

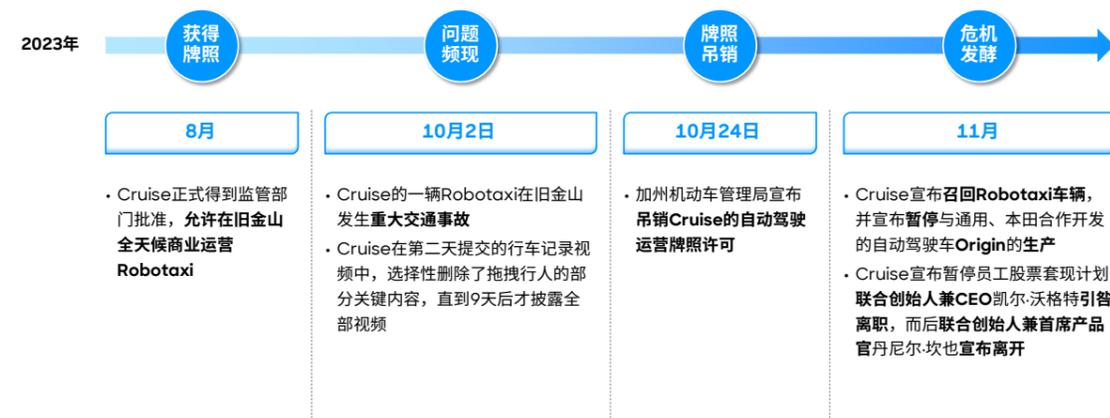


介入难以解决时,无法协调公司人员快速到达现场解决问题,长时间堵塞造成群众抱怨和公共管理麻烦。

由于事故频发,Cruise被强制要求大幅度缩减车队规模,而后更被收回Robotaxi商业化无人运营牌照。Cruise被迫暂停其旧金山的Robotaxi业务也意味着失去了政府和当地用户对其技术可靠性的认可。与此同时,一系列公司管理危机接踵而至,其海外业务

的快速扩张亦蒙上阴影。由于危机波及后续的L4级别自动驾驶车辆Origin量产计划,导致未来Cruise在迪拜和日本商业化进展存疑。2023年,本田宣布与Cruise和通用计划在明年建立无人驾驶出租车服务合资公司,并于2026年在东京率先开展无人驾驶出租车业务。此外,Cruise也与迪拜政府达成了协议,在迪拜部署并试运营自动驾驶出租车。但随着Origin的量产受阻,相关海外业务计划或将受到影响。▶ 02

02 Cruise商业化进展“滑铁卢”时间轴:



资料来源:公开资料,罗兰贝格

对于美国而言,2023年Robotaxi的商业化进展在经历了一定程度的失衡后,“跨越式、快节奏”的发展方式告一段落。作为另一家领先自动驾驶玩家,Waymo在Cruise的前车之鉴后,放缓商业化扩张的速度,基于现有技术的能力和可靠性采取偏向稳定的发展态度。

Waymo在经历从早年间布局Robotaxi的全产业链,造车、技术、运营一把抓,到自动驾驶技术聚焦的发展轨迹后,在战略及商业化扩张方面较Cruise更为保守。2023年,Waymo退出了自动驾驶卡车业务,全面聚焦Robotaxi。在城市拓展节奏上采取循序渐进的方式,不过分急于扩大运营区域和规模,充分依据城市

政策发展、出行需求、气候情况、道路复杂度等考量并决策,尽量最小化安全事故的负面影响。

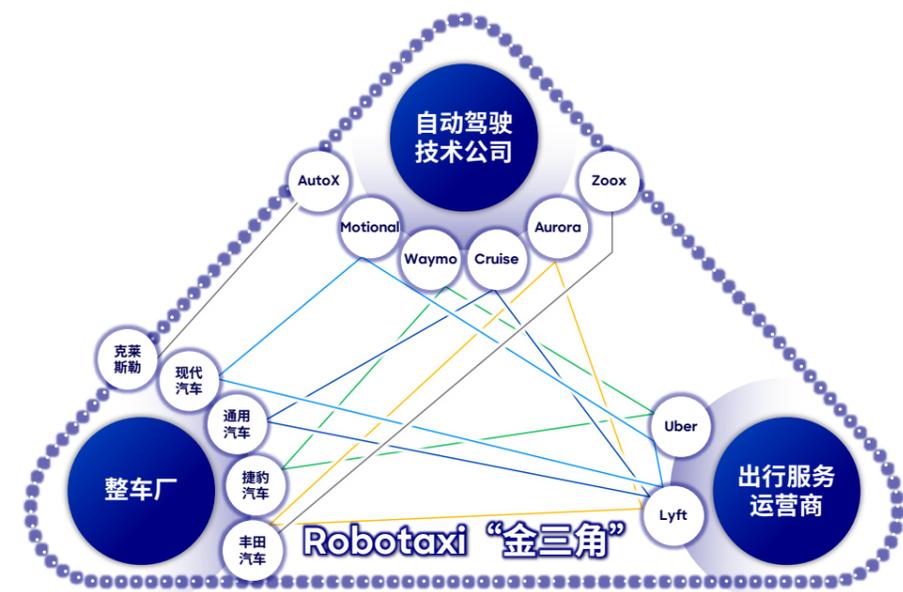
与此同时,2023年Waymo积极迈出与运营平台合作商业化落地的步伐,与Uber和捷豹三方合作在旧金山、菲尼克斯实现Robotaxi正式收费运营;推动模式上,在菲尼克斯从Uber Eats送餐服务切入,得到验证和认可后转入Robotaxi商业化运营。

Waymo的商业模式转型让其他行业跟随者相继效仿,行业玩家在美国纷纷开启“技术+整车+平台”的“金三角”合作模式,例如:

- **Cruise、通用、Lyft**三方合作在旧金山实现Robotaxi正式收费运营;
- **Motional、现代汽车、Uber/Lyft**三方合作正在拉斯维加斯进行小规模商业化试运营,预计2024年正式开启规模化收费运营;

- **Aurora、丰田、Uber**三方合作正处于出租车队测试阶段;
- **Zoox与丰田**合作,正处于技术验证和测试阶段,暂未接入运营平台;
- **AutoX与克莱斯勒**合作,正在硅谷地区通过生鲜运送场景进行技术测试,暂未接入运营平台。▶ 03

03 美国Robotaxi“金三角”生态合作关系



资料来源:公开资料,罗兰贝格

在中国,政府监管与技术发展继续呈“螺旋式”前进,以技术可靠性换取宽松的监管政策环境,同时监管政策放开后反哺技术的进一步迭代优化。“金三角”既各司其职,又紧密绑定协作。与此同时,随着政府针对无人驾驶一系列政策出台,并加大对智能交通管理系统、高精地图等自动驾驶基建的投资,Robotaxi先后在北京、上海、广州、深圳、武汉、重庆等地开始进行收费模式商业化运营。开通服务的城市数量和订单量仍在不断上升,商业化规模增长较快。

总结而言,过去一年来,中国Robotaxi行业整体发展亮点频出。政策端,我国自动驾驶政策重心已由过去鼓励扩大路测与试点范围,转向支持车型量产和商业化运营落地,以推动高级别自动驾驶技术和创新商业模式加速成熟。技术端,自动驾驶平台和整车架构两个层面均有显著升级,实现了复杂场景的突破和技术可靠性的同步提升。技术提升的同时,成本端,Robotaxi整车生产制造的降本已成为行业关注方向。运营端,出行服务和车辆服务运营的模式与细节

进一步得到探索或深耕, 提升效率和体验的新方案层出不穷。受上述多方面的积极推动, 最终在用户端实现对Robotaxi整体认知和接受度的提升。

▶ 第二梯队国家小步快跑, 寻求突破

除了中美两国持续发力, 保持第一梯队的领先地位外, 我们也看到去年处于第二梯队的国家在这一年也有着诸多行动和探讨, 纷纷从道路测试阶段转向开启小规模商业化试验并不断扩大试验范围, 完善技术验证。其中, 中东地区的阿联酋今年在Robotaxi领域有较多行动, 推动相关商业化进展加速向前迈进。

阿联酋作为中东国家中商业化进程的领跑者, 在政府政策与资金的双重加持下, 已从去年的道路测试阶段快速迈入有主驾安全员的小规模商业化运营试验阶段, 率先将迪拜和阿布扎比两座主要城市用于Robotaxi测试示范城市, 并由阿联酋政府出资提供相应的基建和道路环境支持。

作为欧美领先自动驾驶玩家代表的Cruise, 在其战略重心转移至美国本土外的市场扩展后, 进一步提速在迪拜的Robotaxi商业化布局。今年Cruise运营的5辆Robotaxi在迪拜Jumeirah区内的8km试验区内, 已经开展小规模商业化试运营。预计到2030年, 将在阿联酋迪拜和阿布扎比实现4,000辆Robotaxi商业化运营。

中国自动驾驶玩家也正积极布局阿联酋的Robotaxi商业化运营。公开资料显示, 文远知行的Robotaxi车辆在阿布扎比部分路段在完成超过一年的公开道路测试后, 已于今年年中获批了阿联酋首个Robotaxi商业化运营牌照, 这也是中东地区颁布的首个国家级全域自动驾驶相关的运营牌照。获此牌照意味着将被允许在阿联酋开展各类自动驾驶车辆的路跑测试和商业化运营。今年, 文远知行在阿布扎比萨迪亚特岛和亚斯岛开展了小规模Robotaxi的商业化测试, 当地用户可以免费自主叫车体验Robotaxi服务。

与此同时, 以韩国、西欧等发达国家为代表的其余第二梯队国家也在纷纷持续推进自身的Robotaxi商业化

进程, 以审慎选择区域或人群覆盖、场景覆盖的方式, 在2023年取得相应的推进成果:

韩国: 在2022年9月正式发布Robotaxi全局规划和政策后, 仍处于小规模商业化试验阶段; 韩国政府为表示对于Robotaxi的支持态度, 于今年开放了更多的试运营区域, 如年初将首尔清溪川地区纳入Robotaxi试运营区域。

德国: 今年由Mobileye主导在慕尼黑和达姆施塔特两个区域开展Robotaxi有主驾安全员的小规模试点商业化运营, 用户可通过Sixt和Moovit应用程序使用Robotaxi服务。

法国: Mobileye正在与巴黎地铁运营商 RATP 合作布局Robotaxi商业化进程。老佛爷百货公司员工可使用Moovit应用程序叫到Robotaxi车辆实现无人驾驶通勤。每辆车一次能够运送两名乘客, 外加一名Mobileye安全驾驶员和一名RATP副驾驶员

除此之外, 部分第三梯队国家以较为激进的方式加速投资和商业化迈进。例如, 沙特政府将Robotaxi的落地应用作为构建未来沙特先进交通系统的重要部分, 并加大投资力度, 全力支持。2023年4月, 沙特交通和物流服务部启动了Robotaxi道路试验。10月, 某中国领先自动驾驶技术公司与沙特阿拉伯王国新未来城 (NEOM) 及旗下投资基金NIF (NEOM Investment Fund) 成立合资公司, 计划在沙特西北部的新未来城落地Robotaxi车队、自动驾驶生产制造及研发中心。

由此可见, 各国的Robotaxi商业化进展均来到了从技术准备迈向实际商业化运营的关键节点, 在全球范围内形成了多点开花的局面, 也成功使全球Robotaxi行业走出行业低谷、重新回暖。罗兰贝格观察到, 在Robotaxi商业化领先国家逐渐形成共识的发展路径后, 既增加了技术验证的信息, 同时为后续发展国家起到了很好的示范作用。当其他国家看到Robotaxi的技术可靠性逐一得到验证并走出一条高效的发展之路后, 也纷纷酝酿加入Robotaxi的商业化大军, 为行业整体发展提供持续前进的动力。

1.2 中国Robotaxi商业化正式迈入1.0阶段前期

在《2022自动驾驶出租车 (Robotaxi) 商业化前景展望报告》中, 罗兰贝格提出实现商业化五大核心要素及不同商业化阶段的要素成熟状态, 即政策监管、技术、成本、运营及服务、市场接受度, 并重点展开以下四个方面的阐述:

- **定义了Robotaxi商业化:** Robotaxi商业化应是基于场景化自动驾驶技术和运营能力实现基础之上, 规模化创新共享出行服务的商业化运营。
- **定义了Robotaxi商业化阶段及里程碑:** 从0.0阶段的商业化试验, 到1.0至3.0三大商业化阶段, 以及各个阶段对应的关键里程碑。
- **明确了Robotaxi商业化阶段的衡量方式:** 应围绕上述五大要素衡量商业化成熟度。
- **基于上述定义, 得出中国在2022年处于从Robotaxi商业化试验向蓬勃发展多点开花的商业化1.0阶段迈进的过程。**

今年, 罗兰贝格对五大要素成熟度进一步量化评估, 针对每个要素提出1至5分 (1分代表商业化相对初级状态, 5分则代表行业终局状态) 的成熟度判定标准, 以相对量化的视角试图准确描述中国Robotaxi商业化发展各阶段的特征和各要素的成熟状态, 以作为持续跟踪中国Robotaxi商业化发展进程的有效方法。

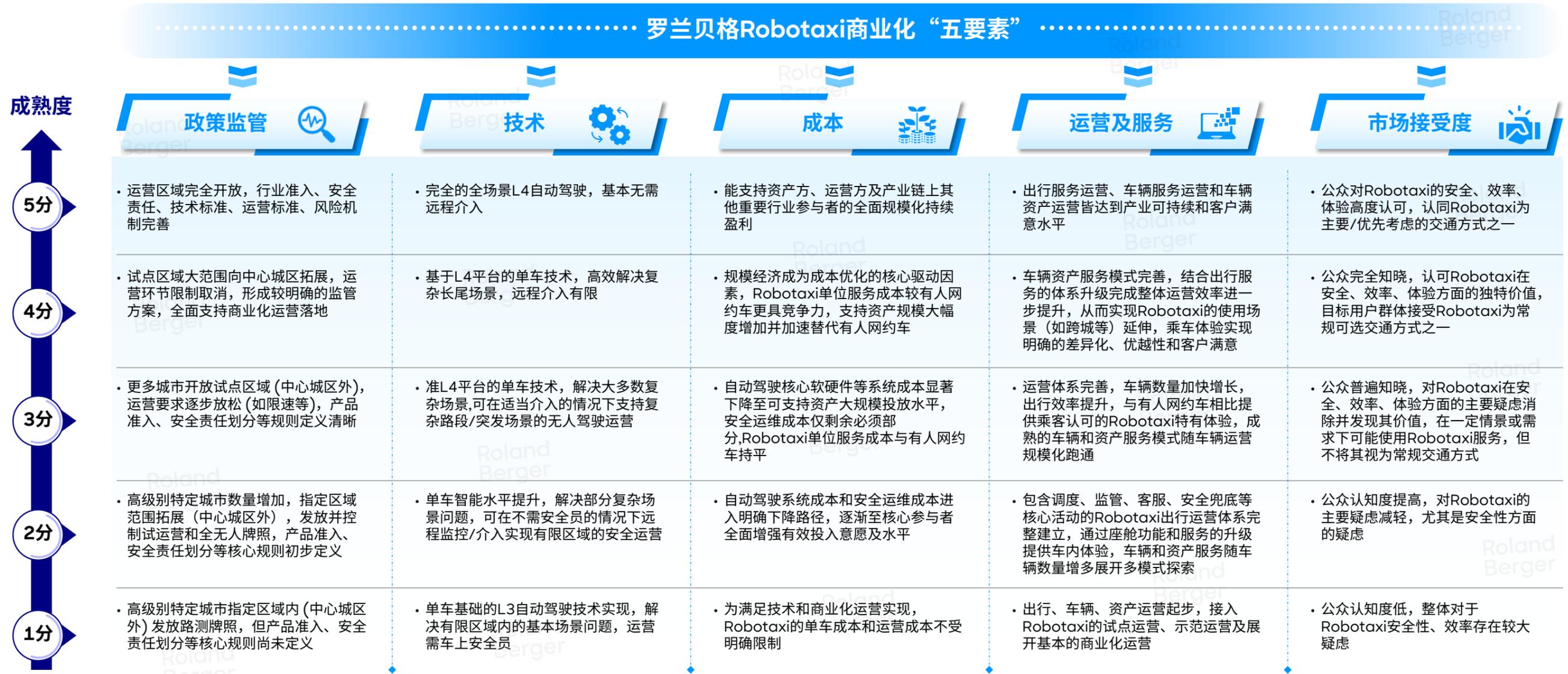
▶ 04

在商业化0.0阶段, 五大要素的成熟度普遍为1分甚至不到1分, 处于商业化尚未起步状态。

进入商业化1.0阶段后, 技术升级推进政策配套, 并通过商业化试运营反哺技术进步, 以解决长尾场景问题, 实现技术层面突破, 为未来大规模开展商业化提供先决条件。因此, 该阶段的政策监管、技术、运营及服务三大要素走在前列, 成熟度可普遍达到2分至3分水平; 然而, 成本和市场接受度两大要素, 由于需要更长时间、更先进技术的沉淀和转化, 成熟度相对滞后。



04 罗兰贝格Robotaxi商业化“五要素”成熟度评分



下一步迈入商业化2.0阶段后, 技术安全已得到市场验证, 盈利模式更加清晰, 有了大规模商业化的先决条件和基础, 得以逐步降低造车成本并提高运营效率。此外, 随着商业模式和规则区域成熟, 相应的政策监管逐渐趋于完善, 有利于市场接受度的相应提升。因此, 该阶段的政策监管、技术、运营及服务三大要素, 继续稳步向前, 位于前列, 成熟度可普遍达到3-4分水平; 同时, 成本和接受度两大要素成熟度虽仍落后, 但相较于前一阶段已有显著提升, 可以达到2-3分水平。

未来迈入商业化3.0阶段的行业终局, 产业链各环节打通, 盈利模式已极具吸引力, 进而更多参与方大举进入, 市场格局逐步定型。该阶段技术安全性和经济性得到充分验证, 配套基础设施和相关政策监管完善, 主要由综合服务运营能力主导, 无人车的运营成本较有人车更具竞争力。每增加一台无人车运力, 出行服务运营商输出的单位服务成本优化, 出行服务运营商实现可观盈利。因此, 该阶段的政策监管、技术、成本、运营及服务、市场接受度五大要素成熟度均已达到至少4分或非常接近5分水平。

我们基于此商业化评分表及各阶段的五大要素成熟度, 对中国当前的Robotaxi商业化进展阶段进行评

估, 从更加量化可视的视角, 描述中国市场当前的阶段现状和特征。▶ 05

基于行业成熟度模型, 我们欣喜地看到, 中国当前的Robotaxi商业化已经基本迈入1.0阶段, 并在过去一年中产生了较多行业发展的“亮点”, 尤其是在政策监管和技术领域方面有了显著突破, 同时商业化运营的范围也明显拓宽。但同时我们也意识到, 中国Robotaxi商业化刚刚起步, 意味着即使在领先领域仍有很大的提升空间, 且其他领域的短板更将成为行业在接下来一年中需要重点突破的方向。我们将上述五大要素成熟度进行逐一评估和阐述:

一、政策监管

成熟度评价标准:

1分 - 高级别特定城市指定区域内 (中心城区外) 发放路测牌照, 但产品准入、安全责任划分等核心规则尚未定义

2分 - 高级别特定城市数量增加, 指定区域范围拓展 (中心城区外), 发放并控制试运营和全无人牌照, 产品准入、安全责任划分等核心规则初步定义

3分 - 更多城市开放试点区域 (中心城区外), 运营要求逐步放松 (如限速等), 产品准入、安全责任划分等规则定义清晰

05 中国Robotaxi商业化阶段与“五要素”成熟度现状



4分 - 试点区域大范围向中心城区拓展, 运营环节限制取消, 形成较明确的监管方案, 全面支持商业化运营落地

5分 - 运营区域完全开放, 行业准入、安全责任、技术标准、运营标准、风险机制完善

在政策监管层面, 2023年中国Robotaxi商业化阶段成熟度已达到2分水平。

2022年以前, 政策核心目标是加强无人驾驶道路测试的宽度和深度, 但关于量产与商业化的详细规则未清晰定义。进入2023年, 政策监管层积极开放, 除了扩大路测城市和区域范围, 还向技术已得到充分验证的领先玩家发放试运营牌照和全无人牌照, 从而实现全国多个核心城市开启Robotaxi商业化运营蓬勃发展的景象。此外, 基于过往实践的总结归纳, 政策监管逐步形成并完成政策框架, 且对产品准入、商业化运营相关核心规则做出初步定义。

2023年11月, 四部委发布《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》, 正式对L3/L4级别自动驾驶车型的准入规范、使用主体、上路通行、暂停与退出、数据安全与网络安全等方面提出具体要求, 同时规定汽车生产企业和使用主体可组成联合体申报, 并要求各参与主体明确权责划分。2023年12月, 交通部发布《自动驾驶汽车运输安全服务指南 (试行)》, 首次明确定义了高级别自动驾驶车辆载客经营活动的行业标准, 规范化引导并约束Robotaxi商业化运营。

总体而言, 过去一年中国Robotaxi的相关政策监管弥补了过往较长时间内针对高级别自动驾驶车型准入与量产、商业化运营规范标准的政策空白。同时, 将行业监管法规梳理形成框架, 以更加有序的方式指导行业发展。未来, 中国的Robotaxi监管政策将在现有框架下逐步完善, 并不断细化定义相关准则要求, 继续向下一阶段迈进。

二、技术

成熟度评价标准:

1分 - 单车基础的L3自动驾驶技术实现, 解决有限区域内的基本场景问题, 运营需车上安全员

2分 - 单车智能水平提升, 解决部分复杂场景问题, 可在不需安全员的情况下远程监控/介入实现有限区域的安全运营

3分 - 准L4平台的单车技术, 解决大多数复杂场景, 可在适当介入的情况下支持复杂路段/突发场景的无人驾驶运营

4分 - 基于L4平台的单车技术, 高效解决复杂长尾场景, 远程介入有限

5分 - 完全的全场景L4自动驾驶, 基本无需远程介入

在技术层面, 2023年中国Robotaxi商业化阶段成熟度已达到2分水平。

2022年, 中国单车智能水平可实现在部分限定场景下的无主驾安全员运营, 但对于复杂场景还有较多的难点尚未攻克。而进入2023年后, 中国Robotaxi行业玩家先后在自动驾驶感知大模型、整车架构、复杂场景突破等领域实现重大突破。因此, 我们看到单车的L4级别自动驾驶智能水平在新技术、新架构的加持下显著提升。在北京亦庄的Robotaxi运营区域内, 首发落地可在无需车内安全员的情况下远程监控/介入实现商业化安全运营, 后续真正的全无人Robotaxi商业化运营也将陆续在上海、广州、深圳、武汉等城市逐步落地。同时, 针对高速、城区中的多种复杂长尾场景进行了重点突破。

首先在自动驾驶平台层面, 今年多家自动驾驶技术公司上线BEV+Transformer感知模型方案, 采用“鸟瞰图”形式, 实现多方位视觉感知图像的重合拼接和识别结果优化, 进而为解决行车应用中的变道、高速公路上下匝道, 以及泊车应用中的极近场景下周视行人低密输出提供强有力的技术支持。

此外, 整车厂紧密配合自动驾驶技术公司升级整车架构平台, 共同推动前装方案的落地部署。整车厂今年在整车网络架构上开始着手升级, 从原先CAN为主的方案全面转向以太网方案, 整车架构平台升级为高级别自动驾驶落地量产提供有力支持。

有了自动驾驶技术和整车架构的双重升级支持, 自动驾驶技术公司自今年以来在复杂长尾场景突破上取

得显著成绩。针对相对成熟的行车应用高速场景,已解决了其中超99.7% (3σ) 的复杂长尾场景问题,例如,上下匝道、识别长挂车等非标车型、其他非标障碍物(如掉落木箱碎片等)等,并能够实现盲点长尾场景的自主识别,该场景下的自动驾驶应用已趋于成熟。同时,针对行车应用中另一重要的城区场景,也已解决了其中超95.4% (2σ) 的复杂长尾场景问题,提升了无保护路口左转、小半径右转、交通信号识别等复杂应用的成功率。未来,在不断优化现有场景长尾问题的同时,将形成体系化解决方案,复制到雨天、雾天、雪天等更加复杂的场景应用。

总体而言,今年中国自动驾驶技术突破的亮点频出。可以预见,作为商业化阶段进展的核心推动力,未来,技术成熟度将会加速提升。

三、成本

成熟度评价标准:

1分 - 为满足技术和商业化运营实现, Robotaxi的单车成本和运营成本不受明确限制

2分 - 自动驾驶系统成本和安全运维成本进入明确下降路径, 逐渐至核心参与者全面增强有效投入意愿及水平

3分 - 自动驾驶核心软硬件等系统成本显著下降至可支持资产大规模投放水平, 安全运维成本仅剩余必须部分, Robotaxi单位服务成本与有人网约车持平

4分 - 规模经济成为成本优化的核心驱动因素, Robotaxi单位服务成本较有人网约车更具竞争力, 支持资产规模大幅度增加并加速替代有人网约车

5分 - 能支持资产方、运营方及产业链上其他重要行业参与者的全面规模化持续盈利

在成本层面, 2023年中国Robotaxi商业化阶段成熟度处在1分水平。

2022年, 行业整体处于技术应用落地验证阶段, 为满足技术实现, Robotaxi的单车成本和运营成本较难控制, 且前装方案未得到有效落实和广泛应用, 进而导致Robotaxi成本高居不下。进入2023年, 因自动驾驶

技术尚未成熟且Robotaxi车型尚未规模化前装量产, 整车制造成本和运营成本仍然高企, 但行业核心参与者正逐步推动技术突破、优化供应链、维持有效的投入产出水平等, 促使Robotaxi单位服务成本逐步下降。

当前, Robotaxi单位服务成本仍远高于同级别网约车, 预计随着技术突破、前装方案优化和规模化运营, 成本曲线将在未来数年显著优化。面向持续扩大的运营范围、持续增加的多样运行路况和持续迭代的整车技术开发和制造, 预计成本挑战在2026-2028年间仍然存在, 而在2030年前后整体成本与有人网约车可比: 一方面, 随着自动驾驶技术方案完善、核心硬件供应链成熟等, 整车制造成本预期将实现超过50%的下降幅度(对比目前前装车型成本); 另一方面, 运营成本优化的关键在于安全员由车内转向远程, 且人车配比持续降低, 从而显著降低安全运维成本。

整车技术成本、运营服务成本、能源成本、监管成本等多样成本要素的持续优化将支撑Robotaxi实现更高的运营效率和经济效益。

四、运营及服务

成熟度评价标准:

1分 - 出行、车辆、资产运营起步, 接入Robotaxi的试点运营、示范运营及展开基本的商业化运营

2分 - 包含调度、监管、客服、安全兜底等核心活动的Robotaxi出行运营体系完整建立, 通过座舱功能和服务的升级提供车内体验, 车辆和资产服务随车辆数量增多展开多模式探索

3分 - 运营体系完善, 车辆数量加快增长, 出行效率提升, 与有人网约车相比提供乘客认可的Robotaxi特有体验, 成熟的车辆和资产服务模式随车辆运营规模化跑通

4分 - 车辆资产服务模式完善, 结合出行服务的体系升级完成整体运营效率进一步提升, 从而实现Robotaxi的使用场景(如跨城等)延伸, 乘车体验实现明确的差异化、优越性和客户满意

5分 - 出行服务运营、车辆服务运营和车辆资产运营皆达到产业可持续和客户满意水平

在运营及服务层面, 2023年中国Robotaxi商业化阶段成熟度处在1分水平, 并向2分稳定前进中。

2022年, 行业整体初步接入Robotaxi的试点和基础商业化运营。进入2023年, Robotaxi运营体系的三大核心中, 出行服务运营和车辆服务运营正持续验证与迭代; 同时, 领先玩家们也基于自身资源与能力优势, 采取不同模式推动运营并探索向其他模式迁移拓展。相对来说, 车辆资产运营当前仍处于早期阶段, 主要由于Robotaxi车型尚未大规模量产, 车队规模较小, 车辆资产管理需求仍待激发。

针对出行服务和车辆服务运营, 过去一年来行业领先玩家正逐步在人车交互和车辆服务与售后运维两大领域寻求突破。当前, Robotaxi自动化服务和智能座舱功能概念丰富, 但因技术完善需循序渐进, 相关功能的开发与提升尚待逐步进行; 而Robotaxi与外界元素的交互层面, 因道路基建的智能化改造进程存在挑战, 车路协同模式进展较慢, 但依靠单车智能的Robotaxi与其他交通参与者的信息交换相对成熟, 如通过智慧大灯投射信息与道路行人的互动等; 而Robotaxi与执法交管互动仍处于探索阶段, 无论是感知准确性还是安全性, 均待继续优化。

在车辆服务与售后运维领域, 领先玩家尝试在特定区域布局综合性的Robotaxi运营服务中心, 功能覆盖Robotaxi全生命周期内绝大部分维修需求, 同时针对车辆调度、远程监控、安全兜底等核心机制正逐步构建与完善, 期待未来综合性中心将实现跨区域复制, 并通过精细化运营提升盈利性。然而, 由于当前Robotaxi车队整体规模仍较小, 售后服务需求体量不高, 带来的经济效益也有限, 大部分运营商仍依赖现有社会资源满足Robotaxi车队日常服务运营需求。

整体而言, 运营及服务层面的提升存在巨大机会, 并将基于进阶性的技术突破和运营能力精细化来实现。

五、市场接受度

成熟度评价标准:

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

在市场接受度层面, 2023年中国Robotaxi商业化阶段成熟度, 处在1分水平, 并向2分稳定前进中。

2022年, 中国用户对于Robotaxi仍相对陌生, 且对于其安全性、可靠性及实际可提供的服务和体验均持怀疑态度。进入2023年, 尽管Robotaxi仍然受到技术不成熟、小范围试点等限制因素的影响, 且绝大部分中国消费者仍未亲身体验过Robotaxi服务, 但这并不影响消费者对这项颠覆式创新服务的期待。同时, 领先的运营商也在积极尝试推广, 以便抢先占领消费者心智。因此, 中国用户对于Robotaxi的接受度有了明显提升。

当前阶段, 市场教育的重点在于提升消费者对Robotaxi服务的认知, 并传递Robotaxi服务独特的核心价值。未来, 在市场接受度提升上, 需要其他维度要素的合力推动, 在潜移默化中提升消费者对于Robotaxi的信心进而加速其商业化进程。

02

聚力共促： 五大落地要素协同发展， 推动商业化进程稳步向前



基于罗兰贝格对五大要素在当前阶段中国市场的成熟度评估，本章节我们将对五大要素展开细致分析，重点关注在2023年，五大要素分别取得怎样进展与突破，行业内玩家针对这五大要素又有何种动态与举

措，以支持中国Robotaxi商业化进入1.0阶段。同时，对五大要素的发展进行前瞻性的展望，立足现状的同时，寻找商业化继续迈进的方向

2.1 政策

进入2023年，我国自动驾驶政策重心已由过去鼓励扩大路测与试点范围，转向支持车型量产和商业化运营落地，以推动高级别自动驾驶技术和创新商业模式加速成熟。

中国的自动驾驶相关政策整体求稳，而部分城市或地区则呈现政策先行、更积极支持探索的姿态，且国家与地方层面政策相辅相成。通常地方政策更开放、管控更宽松的原因在于部分高线城市汽车工业和汽车智能化产业基础深厚，且当地企业自动驾驶与Robotaxi业务创新探索的诉求旺盛，因而地方政策支持力度高，像北上广深、重庆、武汉等。同时，这些城市也作为中国自动驾驶和Robotaxi运营的先锋城市，通过在当地设立示范区试点，充分验证技术安全性和商业运营可行性，而国家相关部委在此基础上将发布面向全国范围适用的政策与行业标准规范，以支持量产和规模化推广。例如，广州先于国家和其他主要城市要求Robotaxi运营商完成测试车辆准入（相关车型纳入广州市《智能网联汽车（自动驾驶）示范运营车型目录》）并获得试运营许可，完善Robotaxi商业化运营的政策规范。

整体而言，以往政策核心目标是不断强化自动驾驶道路测试的宽度和深度；而进入2023年，我们则欣喜地看到国家和地方政府积极为自动驾驶规模化量产和商业化运营提供政策支持。随着更多城市发放无人驾驶道路测试牌照或扩展试点区域范围，而北京上海广州等先锋城市则在2022年开始支持乘用车“方向盘后无人化”路测；自2023年起，在领先玩家充分验证无人驾驶技术能力的基础上，北京率先颁布政策支持“车内无人”商业化运营试点。3月，北京亦庄特定区域成为国内首批支持“车内无人”载客示范应用区域；7

月，北京发布《北京市智能网联汽车政策先行区自动驾驶出行服务商业化试点管理细则（试行）》，明确支持合格企业可在北京政策先行区内面向公众提供常态化的Robotaxi付费服务。

此外，同样具有划时代意义的政策包括高级别自动驾驶车型的准入规范落地，以及颁布高级别自动驾驶车型载客运输安全指南等。

高级别自动驾驶车型准入政策靴子落地，智能汽车量产就绪。2023年11月，四部委联合发布《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》（以下简称《准入通知》），正式对L3/L4级别自动驾驶车型的准入规范、使用主体、上路通行、暂停与退出、数据安全与网络安全等方面提出具体要求。中央层面发布《准入通知》意味着高级别自动驾驶车型研发技术已得到较充分验证，其量产和销售上获得政策允许。此前大量车企和科技公司出于宣传自有技术先进性而不断创造新名词，诸如L2++/L2.999等，并宣称尚未能真正实现L3或更高级别车型量产的掣肘在于暂无明确的准入要求；然而，随着准入规则明确，政策障碍被扫清，行业重回研发技术与量产能力的比拼淘汰赛。

此外，最受业内关注的事故责任划分规则也得到初步明确。《准入通知》要求汽车生产企业和使用主体组成联合体申报，其中，使用主体若从事运输经营，则需要具备运输经营资质，并要求各方签署协议明确权责划分，而非简单地将事故责任归为一方或多方，根据

实情判定主责方并支持主责方向其他方追偿。《准入通知》要求多方联合申报, 展现了政策端鼓励多方充分利用各自资源禀赋, 充分协作以提速Robotaxi商业化进程 (包括车企、自动驾驶技术公司、出行平台等), 也体现政策端对自动驾驶商业化采取的策略 - 先通过B端使用主体验证技术和运营, 如出行平台运营共享出行服务可实现风险可控, 而当产品成熟且技术完善、风险可控程度达到现有可比出行方案的相似水平时, 再放开面向C端商业化推广。《准入通知》还明确规定了事故发生时车辆应记录和储存的数据信息维度¹⁾, 在事故发生后2小时内自动驾驶汽车生产方和使用主体应将相关信息上传至地方平台, 并向交管部门提交事故报告。此外, 还规定使用主体应落实对数据安全和网络安全的主体责任, 并与汽车生产企业、当地政府配合, 遵守相关应急预案做好处置工作。此举旨在避免因信息隐瞒等情况导致的行业信任缺失, 从而影响自动驾驶商业化落地进程。未来随着自动驾驶汽车规模化上路且运营场景愈发复杂, 当前《准入通知》的权责划分规则必然无法全面覆盖复杂的事事故情景, 因而政策制定方也会参照运营过程中积累的多样化事故场景, 持续细化补全相关规则。

高级别自动驾驶车辆载客经营活动的行业标准首次被明确定义, 规范引导并约束Robotaxi商业化运营。2023年12月由交通部发布的《自动驾驶汽车运输安全服务指南 (试行)》(以下简称《服务指南》) 明确

定义了使用高级别自动驾驶汽车在机动车可通行的各类道路上从事城市公共交通和出租汽车客运服务的行业规范, 规则涉及对车型配置、经营资质申请及获取、适用道路状况、运营监管等多项要求。

同时, 《服务指南》为了确保守住载客运营的安全底线, 严格要求自动驾驶出租车必须配备安全员。L4级别自动驾驶车型在日常运营中应配备1位安全员, 而L5级或完全自动驾驶的车型则可配备远程安全员, 比例不低于1:3。值得注意的是, 交通部发布的《服务指南》是针对现阶段robotaxi服务运营商在全国范围内使用量产车型开展规模化商业运营时应达到的安全标准, 要求相对严苛, 也符合国家层面以安全为重、求稳务实的整体政策方向; 而针对地方特定示范区域内试运营项目, **地方规定要求则相对宽松, 旨在基于安全风险可控的前提下, 鼓励运营主体积极尝试, 以真实运营数据反哺技术与商业模式走向成熟。**例如, 在北京亦庄的政策先行区, 部分领先运营服务主体已获批准对L4+级别测试车型即可采用远程安全员方案, 人员配比约1:5。

整体而言, 近几年国家和地方政府频繁发布行业支持政策和规范条例, 尤其是2023年年底发布的《准入通知》和《服务指南》, 弥补了自动驾驶技术萌芽以来, 较长时间内针对高级别自动驾驶车型准入与量产、商业化运营规范标准的政策空白。▶ 06

06 推动Robotaxi商业化进程的核心政策及2023年突破性政策

政策类别	政策意义
1. 牌照发放 包括路测牌照、试运营牌照、全无人牌照等	准入资质 运营主体可实施路测或试运营的许可, 代表其技术和运营能力得到监管层认同且风险可控
2. 试点区域划分 如示范区、先行区等, 名称存在地域差异	基建支持 当地政府根据道路实际承载力划定试点区域, 为商业化提供空间和道路设施支持
3. 智能网联汽车准入	量产要求 为高级别自动驾驶车型准入、量产和日常上路提供政策依据, 并明确各方责任界定 ▶
4. 商业化运营服务规范	行业规范 为在城市道路商业化运营提供规范标准, 包括城市公交、出租车、载货等应用 ▶

2023年取得突破 ▶

资料来源: 罗兰贝格

当前政策类别已包括牌照发放、试点区域划分、智能网联汽车准入、商业化运营服务规范四方面, 实现对Robotaxi商业化发展的三大关键阶段的全面覆盖, 即路测与试点、车型量产、规模化运营。此外, 现有政策组合也对不同阶段下参与主体的行为进行规范与约束, 如路测与试点阶段的主导方自动驾驶技术公司、车型量产阶段的主导方车企, 以及在规模化运营阶段自动驾驶技术公司、车企、出行服务运营商三方紧密合作形成的“金三角”商业主体。与此同时, 鼓励地方政府为推动自动驾驶技术和商业化进程而提供空间和道路基建支持的政策也贯穿始终。**因而, 我们认为当前政策组合已能较充分支持现阶段在特定范围区域内小规模Robotaxi车队开展商业化运营试点, 且为即将到来的高级别自动驾驶车型量产与上市销售提供较完整的政策规范基础。**

我们判断, 未来政策将在现有的逻辑框架下持续完

善。顶层架构设计将坚持安全为底线的同时逐步开放, 而开放的前提是在部分先锋城市或区域内充分试点并完成技术与运营验证, 因而地方政策将持续先行且更为激进。具体到不同政策类别, 我们则认为, 随着自动驾驶技术和Robotaxi运营的商业模式不断成熟和完善, 将有更多城市开放牌照发放并扩展试点区域, 尤其是**更多低线城市的地方政策也将逐渐补齐和完善**, 以满足低线城市改善交通运输效率和终端居民出行体验提升的诉求; 而智能网联汽车准入相关法规除了在积累量产经验过程中对高级别自动驾驶车型准入规范、使用主体、暂停与退出等方面的具体要求进行完善外, 也将进一步精细化扩充对事故长尾情形下的权责划分规则, 以应对未来日趋复杂的自动驾驶交通出行场景下的风险管理。最后, 商业化运营服务规范则将随着技术进步和运营模式的成熟而不断迭代优化, 以支持提升终端消费者体验和商业主体的运营效率, 如进一步放开对安全员配置的硬性要求, 以满足商业主体的盈利性要求等。▶ 07

07 Robotaxi相关政策间的关系



资料来源: 罗兰贝格

1. 《准入通知》要求车辆自动记录事故发生前至少15秒 (或自动驾驶系统激活时刻, 两者可取较晚时刻) 和事故发生后至少5秒 (或自动驾驶系统退出时刻, 两者可取较早时刻) 的视频信息上传至地方平台

2.2 技术

2023年是Robotaxi相关技术不断完善,且在酝酿大变革的一年。罗兰贝格观察到中国Robotaxi在技术层面“亮点频发”,技术进步涉及产业技术全链条,硬件软件多方面。基于中国Robotaxi产业技术玩家推动的关键变革进展,我们重点对自动驾驶技术与整车架构的提升,自动驾驶应用场景的完备,以及Robotaxi技术可靠性的提升进行探讨。

Robotaxi产业技术链条全景

Robotaxi产业技术链条各环节的发展突破为其在中国的快速商业化落地起到了有力的支撑作用。纵览Robotaxi产业技术链条全景,罗兰贝格按照技术的实现功能和应用场景,将技术按照上、中、下游进行分类。

上游主要定义为通用技术层,主要指为产业提供通用的底层工具技术,以支持自动驾驶应用功能的研发、测试、优化等各个环节。工具技术的使用可以帮助技术人员提升自动驾驶应用功能研发效率和应用准确性。

中游主要定义为核心功能技术层,是Robotaxi能够实现应用落地的“中流砥柱”,主要包括自动驾驶和整车架构两个层面的技术,这两个层面的技术协同构建了Robotaxi应用运行的最核心功能,是整个技术产业链最不可或缺的关键一环。它既依赖于上游底层工具技术的支持以完成研发构建,又决定了下游面向终端的上层运营应用端可实现的功能基础。

下游主要定义为上层运营应用层,是Robotaxi实现商业化运营相关的生态技术支持。它能够实现Robotaxi的技术功能与商业化运营的有机串联,同时配合实现中游自动驾驶核心技术功能向出行服务的落地转化。

► 08

08 Robotaxi产业链技术全景图



资料来源: 罗兰贝格

上、中、下游三个层级的技术环环相扣,共同支撑Robotaxi的落地应用和持续迭代。同时,每个环节技术能力的提升突破,都将对下游技术的发展产生重要推动。最终,整个技术链条的升级将反映在Robotaxi的性能边界提升、技术与产品开发周期缩短、安全冗余提升等多方面,并推动行业发展、保障行业运作、提供基础设施或多元化商业模式。与此同时,技术-运营-政策螺旋式地相互促进方可有效运行,通过上述技术提升实现运营范围扩展及水平进步,从而推动数据的收集和技术的开发,再次促使整体技术链条的升级。

Robotaxi技术落地路线图与关键里程碑

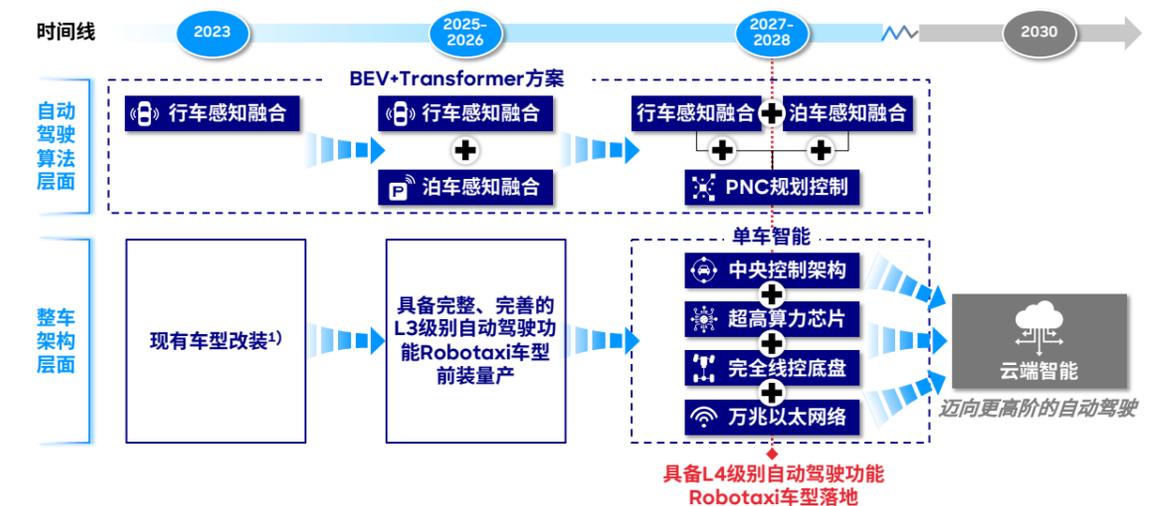
技术链条上、中、下游的突破升级推动了自动驾驶算法和整车架构的进一步发展。展望未来Robotaxi的技术发展前景,罗兰贝格观察到,中国自动驾驶技术公司和整车厂对于未来Robotaxi车型的两条落地路线图形成共识:

第一种“短平快”路线,是由自动驾驶技术公司推动整车厂基于现有车型适配改造,将整车架构与自动驾

驶技术融合适配,快速推动Robotaxi车型的落地应用。由于现阶段Robotaxi仍在限定区域行驶,且需要部署车内/后台安全员监控,因而当前的整车架构技术水平尚能支持。除此之外,自动驾驶技术公司也迫切需要车辆能够尽快上路行驶,帮助进行数据积累和模型训练。

另一种“循序渐进”路线,是自动驾驶技术公司联合整车厂共同推动合作研发新的车型,逐步实现能够完备支撑Robotaxi车型落地应用的自动驾驶算法和适配的整车架构。按照此路线演进,行业先行者正加速推进Robotaxi前装量产落地,预计在2025-2026年前后会落地具备完整、完善的L3级别自动驾驶功能的前装量产车型,相较于当前已量产的L3级别自动驾驶功能车型,将在整车电子电气架构、芯片算力、网络架构等方面实现升级,以支持更多不限定、复杂场景的应用。随着Robotaxi商业模式的逐步优化,以及行业先行者在自动驾驶领域技术的持续突破,预计在2027-2028年前后会落地可用于更多城区内运营场景,且具备L4级别自动驾驶功能的前装量产车型。具体而言,可从自动驾驶算法和整车架构两个层面来看:► 09

09 Robotaxi技术落地路线图与关键里程碑



1) 以加装感知设备和替换高性能芯片为主,不涉及整车架构的完全变革

资料来源: 罗兰贝格

首先,从自动驾驶算法层面来看,到L4级别自动驾驶功能完全实现落地前,罗兰贝格认为行业发展在2023年、2025-2026年、2027-2028年将出现三个关键节点,依次实现从行车架构感知融合BEV+Transformer方案,到行泊统一架构感知融合BEV+Transformer方案,再到包含感知融合和PNC规划控制的全套End-to-End方案的三大里程碑。

2023年以来,领先中国自动驾驶技术公司正逐步完善感知融合BEV+Transformer方案。该方案的完善能够大幅提升行车过程中复杂长尾场景(如高速公路上下匝道等)的处理能力和效率。下一步,到2025-2026年前后,领先中国自动驾驶技术公司将能够落地完成行泊统一架构感知融合BEV+Transformer方案。该方案的成功落地,将标志着自动驾驶泊车能力的大幅提升,并在纳入统一架构后,未来技术方案的更新升级将更加高效,同时实现行泊统一节奏发展。最终,到2027-2028年前后,领先中国自动驾驶技术公司将能够实现将感知融合和PNC规划控制模块统一纳入大模型中,实现End-to-End,正式标志着L4级别自动驾驶功能的完全落地。

其次,从整车架构平台层面来看,到具备完全L4级别自动驾驶功能的车型正式实现落地前,罗兰贝格认为行业发展在2023年、2025-2026年、2027-2028年将出现三个关键节点。2023年领先整车厂采用基于现有整车架构平台进行硬件(主要为感知类、运算类硬件)改装,使其成为具备L3级别自动驾驶功能的前装量产车。到2025-2026年前后,领先整车厂将基于下一代整车电子电气架构、高算力芯片、以太网网络架构等实现具备完整、完善的L3级别自动驾驶功能的前装车型量产。到2027-2028年前后,领先整车厂将完成中央控制架构、超高算力芯片、完全线控底盘、万兆以太网网络架构四大核心硬件部署。此外,展望2030年,领先整车厂可实现单车智能向云端智能的迁移。

L4级别自动驾驶落地需要具备全域集中式控制能力、高算力要求、完备线控能力、高速数据互传等,而现有的整车架构较难支撑。因此,整车厂在开发全新的整车架构时需从硬件层面逐级迭代。2027-2028年前后,随着新技术成熟、量产成本降到合理区间,将完成上车。第一,在整车控制上,整车厂将从当前的分布

式/分区域控制架构全面转向中央控制架构,实现一个中央大脑主导运算。第二,中央控制架构的成功部署也是得益于芯片算力的支持,实现感知、决策、控制等全方位的运算。第三,在底盘线控上,核心的油门、转向、制动线控等功能完全成熟,其余底盘功能也全面从机械控制转向线控模式。第四,整车网络架构将从当前CAN主导转向万兆以太网,支持L4级别自动驾驶大数据量和高速的传输互动。更进一步,到2030年,随着云端算力的迭代升级,整车厂将主要把PNC规划控制模块保留在车端,而将大部分感知融合算力转移至云端,车辆也不再需要传统的方向盘等配置,推动单车生产制造成本不断降低。

基于共识的落地路线图,自动驾驶技术公司和整车厂将依据自身Robotaxi业务定位和整体的战略发展目标,选择适配自己的路线推动自身Robotaxi的商业化落地。

技术提升亮点

展望未来,我们看到了Robotaxi未来清晰的实现路径。与此同时,回顾2023年以来Robotaxi行业的技术发展,我们也同样看到三大亮点值得关注。

技术升级,夯实基础

2023年,在Robotaxi产业技术链条中的中游环节出现两大关键性技术升级——BEV+Transformer大模型应用和线控底盘控制精度提升,推动单车智能化程度升级。这既为复杂场景的突破提供强有力的技术支持,也提升了自动驾驶的技术可靠性,可以在无需车内安全员的情况下远程监控/介入实现安全运营。罗兰贝格认为,技术升级为中国过去一年的Robotaxi商业化进程做出了重要贡献。

首先,行车架构感知融合BEV+Transformer大模型的应用取代了传统的2D+CNN算法,显著提升自动驾驶的感知能力和泛化能力,赋能车端智能运算的感知和预测环节,加速对于长尾场景的数据挖掘和问题解决,对于推动自动驾驶向L3乃至L4级别自动驾驶升级具有重要意义。一方面,大模型采用“鸟瞰图”形式,可以提供全局视角,并消除图象数据之间的遮挡和重

叠问题,提高车外物体检测和跟踪的精度,实现多方位视觉感知图像的重合拼接和识别结果优化。另一方面,大模型采用了数据自动标注的方法,通过自身运算实现全局理解的特征提取,自主理解被识别物体的类别并构建逻辑关系,实现主动式的数据归纳总结学习。

其次,线控底盘的控制精度提升,在车辆的执行端为Robotaxi在自动驾驶过程中的安全性提供重要保障,提升技术可靠性。通过优化线控底盘的信号传导机制和相应精度,实现更加精细化的线控换挡、线控油门、线控悬架、线控转向和线控制动五大关键环节,对于降低自动驾驶途中驾驶员接管次数发挥重要推动作用。与此同时,当前整车厂也在逐步开放线控底盘的接口,自动驾驶技术公司有更多机会在前期研发测试环节,更加深度参与整车层面的优化调整,使得自动驾驶技术执行算法与整车硬件层面实现更加流畅的配合。

今年的技术发展成果显著,新技术也正逐渐发展成为行业主流趋势。罗兰贝格认为,未来技术层面仍将持续推陈出新,自动驾驶算法软件层面与整车架构硬件层面都将得到全面发展,为实现高阶自动驾驶的落地应用提供有力支撑。

场景完备,拓展应用

过去,自动驾驶应用的长尾场景一直是亟待解决和优化的突出难点。然而,随着自动驾驶感知、决策和执行端技术升级提供的有力支撑,以及更丰富的实际道路数据积累的获得,今年中国自动驾驶技术公司针对一些典型的复杂长尾场景取得了重要突破和功能层面的优化与提升。以下,我们将针对行车应用中的场景和泊车应用中的场景逐一总结亮点。

首先,在行车应用中,已经相对成熟的高速场景已基本完成超过99.7%(3 σ)的长尾场景的解决和优化,其中典型长尾场景(如主动变道超车、上下匝道、故障车辆避让等)的自动驾驶识别精确度和处理效率均取得显著优化提升。在解决和优化已知典型长尾场景的同时,得益于大模型算法加持,能够自主发现自动驾驶算法处理盲点,如自动驾驶车辆容易追尾长挂车、无法避让掉落的纸片和木箱碎块等小体积障碍物等。这些新的长尾场景的处理解决基于当前的技术能力仍有一定挑战,但随着后续感知、决策端算法技术的不断升级,未来将逐渐形成自主发现问题和解决优化的闭环。

其次,城市道路作为行车应用的另一重要场景,也实现了场景优化的重大突破。其中已基本完成超过



95.4% (2σ) 的复杂长尾场景的解决和优化, 典型长尾场景 (如红绿灯信号识别、无保护路口左转、小半径右转、复杂路况路口掉头等) 的自动驾驶识别精确度和处理效率均取得显著优化与提升。行业领先企业可实现七成以上成功率 (即无需人为接管的次数占比)。然而, 我们也应清楚认识到, 距离完全解决这些长尾场景仍有较大差距, 未来待自动驾驶技术的进一步提升, 以及结合更多场景数据的训练, 如强光环境下的红绿灯信号识别、行人与非机动车混合的复杂路况等, 实现成功率和自动驾驶流畅感受将逐步得到改善。通过不断提升车辆的智能水平, 使其能够自主判断, 以进行更优、更合适的路径选择、速度控制等。

最后, 针对相对复杂的泊车应用场景, 自动驾驶技术公司在过去一年中也取得了一定突破。例如, 结合BEV“鸟瞰图”的应用, 对于进出停车库、停车场抬杆识别、自动寻找车位停靠等典型长尾场景实现了优化与提升。长尾场景的解决和优化能够在一定程度上为Robotaxi车辆在上下客、充电、维保等涉及泊车应用场景中减少人为干预, 提升Robotaxi整体的运营效率。

我们看到, 技术的升级对于复杂长尾场景的解决程度起到了显著支撑作用。同时, 能够解决更多的复杂长尾场景, 意味着在Robotaxi实际运营中效率更优, 通过人为接管次数的不断降低, 彰显自动驾驶技术公司的领先技术水平。

可靠提升, 初见成效

随着技术的提升和复杂长尾场景的持续优化与提升, 技术可靠性逐步提升。Robotaxi能够在道路环境稳定、场景标准的情况下, 以较少的人工接管次数, 实现自动驾驶运营。

以Robotaxi行业通用的MPI (Miles Per Intervention, 即每次人为干预行驶的里程数) 指标来看, 在今年11月举行的第三届智能网联汽车驾驶大赛 (广州) - 广州混行运营测试[GMOT]中, 领先自动驾驶技术公司可以在路况相对标准和规范的情况下, 实现在400公里左右的连续运营中总接管次数少于5次, 且超过80%的

情况发生在启停点和低速运行中, 意味着在正常行驶中可达到超过200公里以上才需人为接管1次的可靠表现。

2023年广州混行运营测试[GMOT]

在广州市工信局的支持下, 广州混行运营测试组织委员会发起创立了广州混行运营测试, 通过构建完善的自动驾驶科技能力及商业化运营能力的指数评价体系 and 举办自动驾驶混行运营大赛等活动, 致力于公平公正地评价各自动驾驶产业公司的混行运营能力现状。

测试情况

- 比赛时间共4天, 3天正常赛的比赛时间为10:00-16:00, 1天高压赛的比赛时间为08:00-19:00, 包含交通高峰期
- 在广州核心城区的完全开放道路进行, 覆盖公立医院、展会展馆等易拥堵路段; 道路双向里程约47公里, 道路条件良好, 交通标识清晰, 道路治理规范
- 成绩评审指标包括运营能力、技术能力和服务体验能力三大方面

自动驾驶大赛中的表现与技术和场景的突破高度关联。启停点 (如充电、上下客等) 和低速运行 (如泊车过程等) 因涉及泊车相关的复杂场景, 当前对于长尾场景的优化程度仍明显低于行车应用, 技术可靠性有待提升。

未来, 技术可靠性的提升将与技术进步和场景突破保持线性同步增长。当前, 领先玩家得益于技术实力的提升, 已在技术可靠性上取得了初步成效。罗兰贝格认为, 针对目前相对优异的行车应用表现, 技术可靠性仍将不断优化与提升。同时, 针对泊车应用相关的难点, 随着技术迭代升级, 将在未来取得显著成效。

产业链数据闭环支持

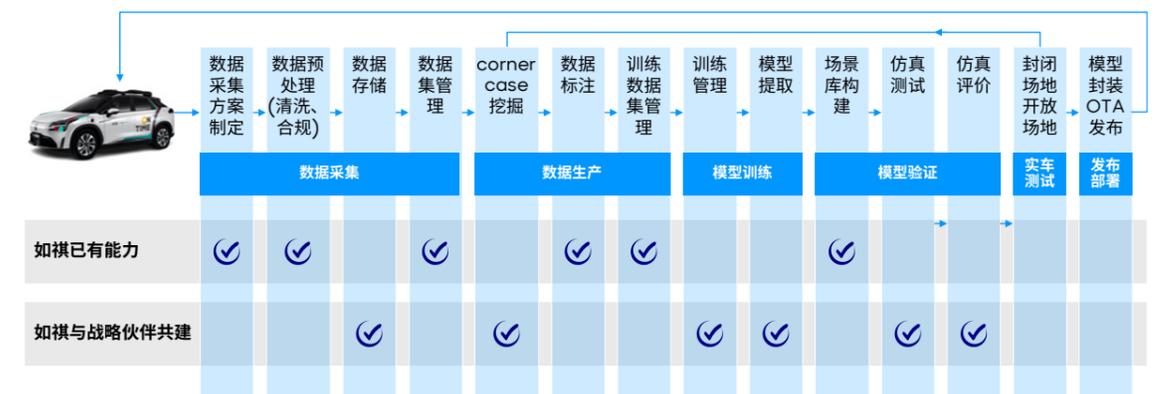
随着Robotaxi商业化初步发展, 以数据闭环驱动算法更新迭代的逐步落地将成为有效挖掘和利用数据的核心手段。尤其针对支持L3-L4级别自动驾驶算法, 为推动BEV+Transformer方案, 整车厂支持持续的大规模、高质量数据来源, 以及更多真实、复杂场景的验证, 闭环迭代必不可少。

一个完整的数据闭环通常包括数据、生产、模型训练、测试验证等环节, 环环相扣, 各环节的重要性都显而易见。进入L3级别自动驾驶阶段, 各自动驾驶相关企业都在试图打造自己的数据闭环系统, 或尝试自身覆盖多个环节, 或借助“金三角”的能力分工捕捉产业链价值。整车厂作为真实车辆数据的整车方案最终输出窗口, 根据自身实际能力与资源侧重决策布局方式, 在实现数据供应链安全的同时, 向外输出重要数据, 用于自动驾驶进一步开发, 也获取到更多更有效的数据。由于Robotaxi的商业化需推动L4级别自动驾驶技术落地, 如此的考量和分工将在Robotaxi商业化前中期得以延续。▶ 10

数据采集和生产是数据闭环的上游环节, 目前Robotaxi的发展阶段在成本和效率上具备较高的产业链优先级。领先企业持有测绘资质, 依靠自身布局和广泛合作, 业务覆盖数据采集和生产的核心环节, 并开发一站式解决方案, 提升了产业效率。其中, 同时拥有网约车平台运营能力的企业, 可链接有人车和Robotaxi的数据源, 实现更大范围内的内部能力协同。

而Robotaxi技术上游本身也面临着技术快速更新迭代。以数据标注为例, 从过去基本的场景和元素向更复杂的标注任务发展 (如4D标注等) 发展, 更精确地跟踪和记录动态对象的运动轨迹、姿态变化以及速度等信息; 在预标注等方案中, 机器学习算法先提供初始的“最佳预测”假设, 再由标注员进行标注, 准确率也在过去一年快速发展, 达到近半水平。

10 数据闭环能力: 如祺出行案例分享

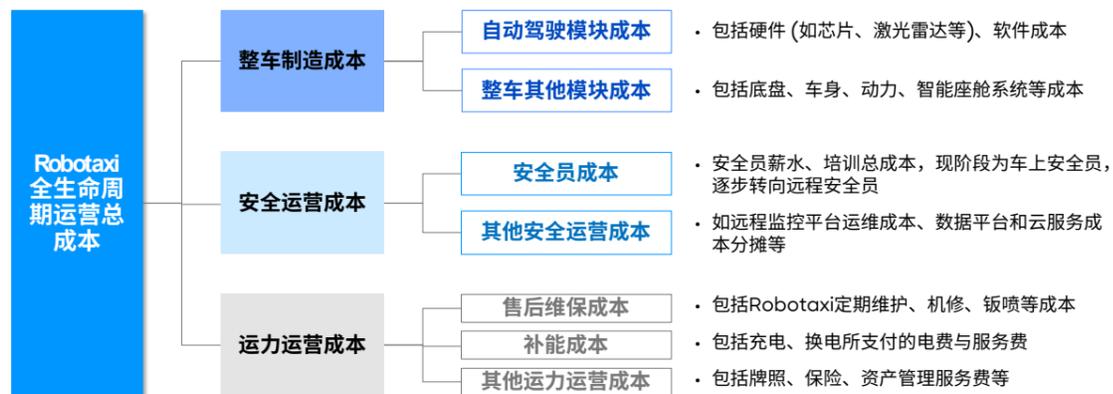


资料来源: 如祺出行, 罗兰贝格

2.3 成本

当前, Robotaxi单车全生命周期运营总成本¹⁾(下称“Robotaxi单车总成本”)仍显著高于同级别网约车, 预计成本挑战在2026年前仍将存在。未来, 随着自动驾驶研发技术突破、供应链成熟、运营模式变革等因素驱动, Robotaxi总成本的三个方面均将持续优化, 以确保实现更高的运营效率和经济效益。▶ 11

11 Robotaxi单车全生命周期运营总成本组成



资料来源: 罗兰贝格

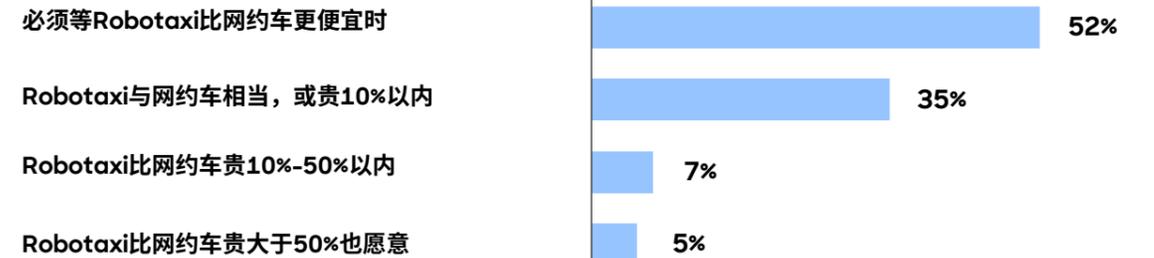
Robotaxi全生命周期运营总成本决定了Robotaxi资产规模可否持续扩张、商业化运营可否持续实施, 从而对两个方面产生深刻影响: 一是“金三角”各方合作稳定性, 二是消费者购买意愿。首先车企、自动驾驶技术公司、出行平台之间明确分工推动小范围试点, 但随着运营范围扩大, 更大规模车辆的购置与持有将为运营商带来不小的压力, 因而车辆购置成本持续下降才能保证扩张节奏。而且, 当前因成本高企, 车企对于推动L4级别车型量产进程较缓, 因而自动驾驶技术公司致力于通过技术迭代实现整车持续降本, 试

图提升商业化速度和车企积极性。此外, 从消费者购买意愿视角来看, 若Robotaxi总成本高企导致其服务费用无法下降以达到与网约车接近甚至更低的水平, 则消费者用Robotaxi替代网约车作为主要出行方式的动力将明显不足, 我们的消费者调研也证实了这一点。▶ 12

当前Robotaxi相比网约车服务单价更高(不考虑运营商推广优惠), 也直接阻碍消费者使用其作为常规出行方式的意愿度 - 即使保证安全和效率, 52%的受访者表示要等到Robotaxi比网约车服务更便宜

1. Robotaxi单车全生命周期运营总成本, 包括整车制造成本、安全运营成本、车服运营成本

12 问题:若保障安全和效率, Robotaxi单程费用与普通网约车比在什么差异范围内, 你愿意使用Robotaxi作为常规出行方式?



N=1000

资料来源: 罗兰贝格

时他们才愿意作为常规出行方式, 而35%的用户表示Robotaxi跟网约车相当或仅贵10%以内, 才可以接受Robotaxi。这也体现了消费者的理性看待, 除去小部分极客尝鲜人群更多以技术创新的触发点体验Robotaxi外, 对于公众人群而言, Robotaxi作为出行方案的选择之一仍需具备相对于网约专快车的价格竞争力, 方可成为主流选择。

经过多年Robotaxi整车研发试验, 无论是从技术成熟度还是供应链角度来看, 以Robotaxi前装车型推动整车制造成本降低和规模化量产已成为共识。并且随着L2+级别自动驾驶的加速渗透应用, 高级别自动驾驶方案的核心部件广泛量产与应用也将促进供应链完善, 推动L3级别自动驾驶车型研发加速进入降本通道。

2023年因自动驾驶技术尚未成熟、L3/L4级别自动驾驶车型未规模化量产, Robotaxi单车总成本等仍在高位。假设不考虑分摊运营网络建设的投入与设备折旧, 且在车内配有安全员的情形下, 若采用自动驾驶组件前装车型, 纯电Robotaxi单车单公里的出行服务成本(以下简称单位服务成本) 相较同级别有司机的纯电网约车车型高25-30%; 若选择自动驾驶组件后装改造车型, 则其单位服务成本更是高达超过40%。首先, 高企的整车制造成本是当前推高单位服务成本核心原因, 而这主要是由于当前主流Robotaxi车型采

用依赖高精地图和激光雷达的感知技术方案, 需装配全套数颗高价值的激光雷达, 而自动驾驶高算力芯片供给紧缺导致价格提升, 也抬高了Robotaxi整车制造成本。其次, 当前Robotaxi安全运营成本中占比最高项目是安全员成本, 因为在自动驾驶技术仍在发展阶段的当下, 运营商仍需在车内安排1名安全员以应对车辆需人接管的情况。最后, 对比普通网约车, Robotaxi运力运营成本需额外增加针对自动驾驶作标定、自动驾驶系统维护工作, 且需缴纳更高的保费。

然而, 我们对Robotaxi单位服务成本下降持有乐观的预期。预计2030年前后将降至1元以下, 而部分产业先行者能低至0.7-0.8元。整体而言, 降本的关键在于整车制造成本、安全员成本、其他运维成本的优化。

▶ 13

随着自动驾驶技术方案完善、核心硬件供应链成熟, 预计至2030年整车制造成本相较前装Robotaxi车型将下降近50-65%, 尤其是未来普遍采用半固态激光雷达方案, 减少了昂贵的旋转轴的装配需求。而自动驾驶芯片未来主流架构方案中的关键组件ASIC芯片虽然成本较低, 但国产替代仍存掣肘, 未来通过规模化量产以实现降本仍存在较大的不确定性。

安全员也将逐步由车上转为远程安全员, 且人车比持续下降, 从而显著降低安全相关运维成本。当前部分运营商的远程安全员需掌握代码能力, 以通过

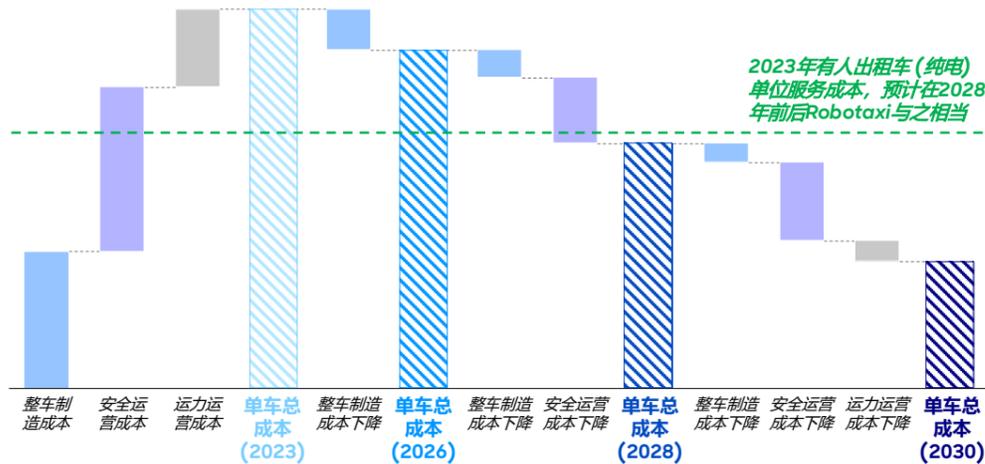
编程对出现故障且无法用设定好的程序进行调度的Robotaxi展开临时管控,因而这些远程安全员薪酬水平比车上安全员略高,但未来相关Robotaxi监控和调度的程序将持续优化,以降低对安全员技术能力的要求。当前《服务指南》要求远程安全员的人车比不低于1:3,即1个远程安全员最多监控3辆车,但随着单车智能与远程监控技术进步,Robotaxi受人为干预的频率逐步下降,对远程安全员数量要求也将逐步下降。预计在2030年人车比将为1:15至1:20甚至更低,这样单车分摊的安全运营成本与设置1个车上安全员相比显著下降。

运力运营成本包括能源成本、售后成本、保险成本和其他能保证稳定运力的相关运营成本。能源成本优化可通过精准车辆调度使得Robotaxi在夜间集中补能,充分利用波谷时段电费更低的优势,而换电模式可确保电池在换电站电池仓库中统一管理并夜间充电,也可通过慢充和电池持续监测以延长电池寿命、提升电池残值,间接提升Robotaxi资产管理的收益。售后成

本的优化则是随着规模提升、配件供应链成熟,以及更高的服务效率使得售后体系内所需的人工减少,因而降低场站运营成本的同时降低售后服务成本。高效的车辆服务运营还将提升车辆的上线时间,从而间接提升单车经济效益。

整体而言,短期内Robotaxi前装车型的整车制造成本随着技术突破和规模量产而在短期内率先进入下降通道,但由于此时自动驾驶技术尚不成熟,多数情形下仍需安排1名安全员上车,安全运营成本较高使得Robotaxi单位服务成本仍大幅高于网约车,Robotaxi缓慢渗透;随着2028年前,Robotaxi对网约车替代进程启动,这主要是因为随着车上安全员普遍转为远程安全员,安全运营成本显著降低,此时Robotaxi单位服务成本已无限接近有驾驶员的纯电网约车;中长期至2030年后,随着远程安全员人车比下降,叠加整车制造成本和其他运维成本进一步优化,运营商的盈利性提升,Robotaxi成为出行的主流模式之一。

13 中国Robotaxi单车全生命周期运营总成本下降路径图 (示意)



1) 假设不考虑Robotaxi运营体系建设投资的分摊(如售后网络、数据平台等),仅考虑由技术进步、商业模式成熟等因素推动的主动降本项目
2) 车服运营成本中包括:Robotaxi售后运维成本、补能成本、保险成本等

资料来源:罗兰贝格

2.4 运营与服务

Robotaxi运营包含出行服务运营、运力运营和车辆资产运营。随着试点范围扩大,领先玩家以三类模式推动运营发展;然而,当前Robotaxi仍未规模化量产和销售,车辆资产运营尝试尚未有显著突破,因而在1.0阶段将重点关注出行服务运营和运力运营,其中出行服务运营聚焦人车交互,而运力运营则聚焦车辆服务与售后运维。

运营模式

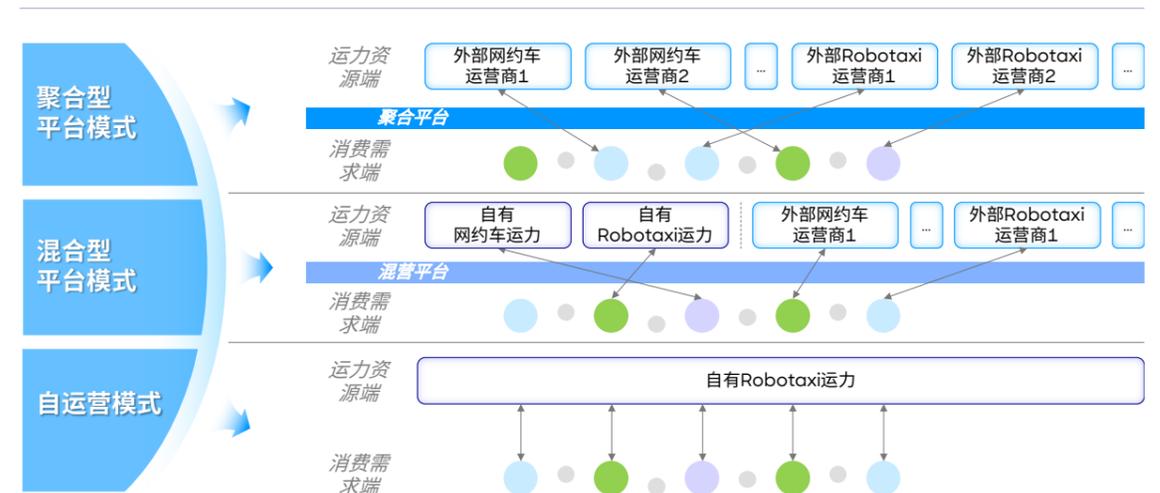
1.0阶段, Robotaxi玩家有三类主流模式,即聚合型平台模式、混合型平台模式和自运营模式:

- **聚合型平台模式:** 该类玩家作为聚合平台,既是需求端流量入口,同时也连接多方运力和运营资源,核心作用是实现流量与运力的精准匹配与分发,但平台本身不具备运力管理能力;平台既提供有人网约车服务,也提供Robotaxi服务;

- **混合型平台模式:** 该类玩家作为混合平台,既自持运力资源,也可整合并介入管理其他运力资源,再将流量按需分配;平台也同时提供有人网约车和Robotaxi服务;

- **自运营模式:** 该类玩家自持Robotaxi核心技术与运力资源,仅提供Robotaxi服务;但当前阶段不作为平台整合社会运力资源。▶ 14

14 Robotaxi三类主流运营模式



1) 消费需求端不同颜色示意不同消费者(群体)

资料来源:罗兰贝格

当前阶段,不同Robotaxi运营商根据自身战略需求与资源优势,采取不同运营模式发展探索。聚合型平台模式借助客户流量优势,将Robotaxi作为多样化出行服务的可选项之一,供消费者自主选择。我们可以预见到,当Robotaxi成为成熟的出行方案后,聚合类出行平台对流量的掌握度和需求精准匹配的能力优势将进一步凸显;但是,考虑到目前Robotaxi的车辆运营、用户服务和安全监管等仍处于持续发展阶段,相对于出租车和快车等“接近标准化服务”,Robotaxi特定的运营管理挑战是流量类聚合平台不可忽视的问题。

采取自运营模式的玩家以Robotaxi技术公司为主,现阶段因缺乏运力运营和服务经验,故通过自营模式强化必要的的能力,同时积累各类关于车、用户的真实数据以优化算法和大模型等核心技术,也为未来迁移至平台化模式积累运营经验,提升议价权。

混合型平台模式自2023年试行后,在行业内和用户端得到较大关注。首先,混合运营模式下平台能保持对外开放且兼容稳定,在运力资产对接与管理、服务标准构建与优化、数字化系统与监控平台的迭代均有行业领先性;同时基于网约车业务已掌握坚实的用户底盘和真实场景的运营经验和数据资产,能使长尾和边缘场景数据得到有效收集和闭环反馈,促进自动驾驶技术成熟,并通过真实用户需求形成精准的用户洞察,长期持续地培育市场。

出行服务运营和车辆服务运营在Robotaxi商业化1.0阶段将持续验证并快速迭代,推动运营模式优化与创新,而其中Robotaxi人车互动将是运营的关键。

人车互动

Robotaxi作为载客服服务工具将通过智能座舱系统代替司机持续与乘客产生互动,提升乘客的乘车服务体验;同时,Robotaxi作为道路交通直接参与者,应与其他交通参与者(如有人驾驶车辆、非机动车、行人等)共同守护交通秩序,并服从交管方的监管与指挥,这要求Robotaxi与车外其他交通参与者以及执法交管持续交互。未来随着单车智能和互联技术的持续迭代进步,交互将更加复杂化、拟人化和情感化。因而,构建Robotaxi与其他交通参与者互联互通的基础网络,并

持续运营,以实现流畅交互至关重要。

► 车内:座舱与乘客交互

在初始阶段,Robotaxi不仅能满足消费者的好奇心,更能让消费者在颠覆式体验中坚信其是未来变革方向。Robotaxi要能聪明地服务乘客,例如自动确认乘客身份、自动开关车门窗等,而将这些全自动化功能呈现在消费者面前,强化其对无人化技术的信心。同时,Robotaxi也因创造“无外人”私密空间,将从乘坐空间进化为功能型空间,如办公会议室、私人影院等,而座舱系统也将提供丰富的内容服务生态,还能实现车内氛围定制调节、语音陪聊等,实现个性化服务。

随着商业化进程的推动,Robotaxi也应自适应不同客户的多元化需求。Robotaxi未来或广泛出现单乘乘用车的情景,倘若出现极端情形,如乘客将个人物品或宠物遗留车内,或乘客健康出现状况需Robotaxi临时更改路线去救护中心,座舱系统应能精准识别异常情况并及时向远程监控人员通报乘客状况并寻求协助处理。

实现更好的座舱与乘客交互,需要在1.0阶段构建用户数据体系,夯实用户数据积累与分析,反哺车型研发与座舱新功能开发。运营主体应构建自有用户ID和用户画像体系,持续记录并更新每一个ID所对应用户的需求偏好,同时也可考虑与合作生态服务商的用户ID体系打通,匹配相同用户的偏好信息,以丰富Robotaxi用户画像,提升对用户需求的精准识别与预判,提供更个性化的服务,后续可尝试为用户提供个性化推荐服务,为用户创造惊喜,提升用户体验和粘性以保证持续复购。

► 车外:车与外界元素交互

当前单车智能水平尚未充分成熟,且相关部件成本高企,在这样的限制条件下,可利用车和交通基础设施、通讯设备的互联技术,加快自动驾驶水平提升和商业化进程。技术视角下,除了车自带的感知单元,Robotaxi还能随时接受路、其他车、信号灯等多来源信息,以验证单车感知结果,以“上帝视角”去弥补单车智能的不足;同时与云端互联,即使自身算力不

足,也能通过接收云端决策并实行。成本视角下,由于Robotaxi身处一个完善的智能化联网体系内,对于自身智能化单元要求无需过高,这样也能降低单车制造成本,从而加快商业化推广。

除了与道路端智能设备互联,Robotaxi也需与周边其他非联网的交通参与者持续互动以及时互换信息,避免因信息传递不畅而导致事故风险。Robotaxi作为全新物种,短期内其他交通参与者难以全面理解其“行为习惯”和行驶轨迹,如道路行人、其他非联网汽车的司机等;与此同时,不同于有人驾驶车辆,Robotaxi与这些交通参与者的互动无法基于口头对话、手势等人性化的方式,也无法通过V2X互联技术实现信息互通,因而需要Robotaxi依靠更高的单车智能水平保证信息有效传递与接收。此外,鉴于自动驾驶技术仍在持续迭代过程中,仍存在大量未有效解决的长尾场景,若当下道路状况复杂、行人较多,Robotaxi发生决策失误等情况,将导致严重事故从而带来社会安全风险。因此,为解决Robotaxi与其他非联网交通参与者的信息互动困难,可在Robotaxi上加装显示和传播信息的智能化硬件,及时提示周边行人注意避让,如在后挡风玻璃和车窗加载显示屏,或装载车外扬声器以及时播报Robotaxi变道信息,亦可通过加装智慧大灯和尾灯,在夜间路况下能够向前后方路面投射清晰的文字信息和警示标志,以使行人和其他司机能够及时采取行动配合Robotaxi的行驶轨迹。

► 车外:车与交通管制方互动

Robotaxi作为道路交通参与者中的“新物种”应接受严格管制,以在发生无人驾驶系统失灵、道路状况临时变化等长尾情景时避免Robotaxi对整体交通秩序及其他交通参与者产生的负面影响,将损失降至最低。

然而当前阶段,自动驾驶技术尤其在感知和决策层面仍不完善,频繁发生Robotaxi“不服管”的情况。2023年,美国Robotaxi就多次与交警“对峙”,包括谷歌Waymo和Cruise在内的Robotaxi均在开放道路行驶时被交警要求靠边停下。然而,Robotaxi虽因识别出前方有人而刹车,但似乎并未理解交警的手势,而是停在了马路中间与交警僵持超过一分钟,造

成交通堵塞。事后人们怀疑称,Robotaxi其实并未识别出对方是交警,更无法理解交警手势的指令性含义。尽管这类事件没有造成人员伤亡或直接经济损失,但视频在网络疯传引来诸多行业内外的质疑与思考——Robotaxi应如何应对与交管层面的互动。

当前,Robotaxi与交管方精准互动存在三重挑战。首先,交警无法时刻保证能显著体现其身份(如警服穿着不规范、警服上的执法标志持续露出,甚至可能是便衣交警执法等),因而车辆感知系统无法第一时间捕捉相关特征而精准识别对方身份;其次,尽管交警执法时应按照一套标准的手势、语言发布指令,但不同交警手势幅度、角度等存在较大个体差异,且交警从不同方向或角度对Robotaxi进行干预均会造成车端感知系统因捕捉的交警图像千差万别而无法精准判断;相反而言,人类驾驶员凭借丰富的驾驶经验和情绪感知或能领悟交警并不标准的手势指令,但Robotaxi作为“驾龄不久”的马路新手则难以自觉领悟。此外,环境因素也会造成Robotaxi对交管识别的误差,如雨、雪、雾等特殊天气也会对车辆感知系统产生干扰,以降低识别精准度,从而无法进入决策与执行的阶段。

然而,我们认为这些挑战随着技术的进步将逐个得到解决。技术人员也正积极探索在综合考虑技术与成本的情况下,结合单车智能和互联技术实现突破。短期在Robotaxi感知技术和硬件量产成本挑战尚未彻底解决时,可通过V2X技术强化车辆与交管端的信息互联;中期则通过运营方的车辆监控平台与交管监管平台间信息共享并,从而实现了对车辆控制;长期随着单车智能水平提高,AI等技术能够实现近似人类的识别判断能力,从而赋能Robotaxi与交通管制方产生精准互动。

短期来看,由于Robotaxi仅能在特定区域内试点或运营,道路和空间环境不确定性因素较少,因而可利用V2X技术助力Robotaxi感知提升。可能的方案例如,在交警穿戴衣饰、执法工具,或临时路障、路锥等加装传感器和通讯设备,向Robotaxi发送标准信号以辅助其识别道路情况和基础指令,以帮助无人车辆在部分简单情景下进行信息接收和执行决策(如道路临时封闭、指定车道引导等),这是综合技术、成本和运营

挑战后得出的可行方案; 同时, 应加快建设交管监管平台的信息化和数字化能力, 实现交管侧与Robotaxi运营主体的车辆远程监控平台基础信息互通。

而到了中期, 可进一步加深运营方与交管方监管平台的互通互联。必要时双方可加强协同配合, 共享Robotaxi行程轨迹信息, 一旦交管发现车辆出现违规或其他风险, 可实时将警示信息传输至车辆和远程监控平台, 结合后续干涉行动减少事故发生。这将要求交管监管平台与运营方的远程监控平台在部分功能上实现接口打通, 且在充分保证网络安全和数据安全的前提下进行。同时, 我们认为提升Robotaxi感知能力仍十分重要。一方面, 随着Robotaxi运营规模扩大、道路范围拓宽, 交警对Robotaxi的管制需求也将更加多样化, 单凭临时信息交互设备难以完全满足复杂情况下的指令交互。另一方面, Robotaxi依靠自身感知模块迅速传递信息激活后续决策和执行模块, 亦能进一步提升效率。在此阶段, 可在相关试点区域内强化对交警的培训, 要求其在识别出Robotaxi时采用更标准的手势, 使Robotaxi更容易识别, 并辅助后台技术人员对感知算法的优化。

长期展望, 我们对单车智能充满信心, 预计在2030年前, AI大模型技术将赋能Robotaxi精准识别道路上99%以上的行人和事物。AI大模型可以根据指令快速泛化出原本不存在的图像, 那么未来AI大模型也能够通过标准手势泛化出不标准手势的图案, 从而进一步学习理解这些非标准手势背后的含义。同时, 技术进步也将提升智能感知配件与模块的应用渗透率, 从而通过规模化量产促进供应链的成熟以进一步实现降本, 提升技术方案的性价比, 形成正向循环支持量产车型的应用。因而, 通过更高能的车辆感知技术, 赋能Robotaxi对交警和相关指令实现更精准的感知与处理, 将在长期成为行业的主流议题。

车辆服务与售后运维

Robotaxi车辆服务与售后运维技术门槛较普通网约车更高, 现有汽车售后资源难以充分满足Robotaxi运营商对售后服务高效性、可靠性和经济性的需求, 因而领先运营商正积极尝试自建或主导建立专业化Robotaxi车辆服务与售后运维体系。

现阶段Robotaxi保有量较低, 车辆售后服务需求尚不旺盛, 无法产生较高的经济效益, 而第三方汽车售后服务运营商也缺乏投资动力新建专业化Robotaxi售后场站, 因而当前Robotaxi运营商主要依赖现有社会资源, 与其他非自动驾驶车队共享售后服务设施, 包括网约车售后网点、车企经销商、本地修理场等。

然而Robotaxi车辆服务基于当前售后资源, 面临多重挑战。首先, Robotaxi自动驾驶核心部件的参数标定、功能验证、维修服务等技术壁垒较高, 自动驾驶技术公司和配件供应商不会随意分享给第三方。此外, 大部分普通汽修门店技师也难以通过培训迅速掌握必备的维修技术。因而现阶段Robotaxi自动驾驶系统一旦失灵且无法通过远程OTA更新得以修复, 通常需要技术公司派遣技术人员专程前往服务站点进行维修; 而对于地处偏远的示范园区, 则需要将整个模块拆卸送往技术公司进行返厂的售后维修流程, 不仅给运营方带来巨大的额外成本投入, 且运营也将中断超过一周甚至数月。因而, 尽管自动驾驶核心部件故障率相对较低, 但一旦发生故障, 借助现有汽车售后体系, 仍会耽误大量时间, 直接导致运营效率下降。

在Robotaxi专业化车辆服务与售后运维需求日渐凸显的背景下, 部分领先Robotaxi运营商为了提升运维效率, 开始尝试建造专业化Robotaxi运营服务中心, 一方面满足现有Robotaxi车队全生命周期的售后需求, 另一方面则通过综合服务运营中心的形态将试运营范围拓展至覆盖Robotaxi售后全部核心项目, 以验证并积累专业化Robotaxi服务所需的关键能力与经验。

► 多样化Robotaxi售后网络形态和功能全景

根据所覆盖Robotaxi车辆服务和售后运维功能的差异, 专业化Robotaxi服务场站的形态可分为三类, 即综合运营中心、快修站、补能站。其中, 综合运营中心是当前领先运营玩家重点发力建设和试运营的先行形态, 目的是充分尝试Robotaxi全生命周期内各项售后服务需求的运营; 同时, 由于Robotaxi专业化维修难度高且需获取车辆和自动驾驶系统真实数据并进行验证, 因而在自建的综合服务运营中心中既可保障数据安全, 又能充分验证维修流程和验收标准。

- Robotaxi综合服务运营中心将覆盖Robotaxi全生

命周期内售后运维的全部功能。除车辆基础保养维修和补能外, 综合中心还能满足复杂事故维修与钣喷需求、针对自动驾驶套件和核心部件的维修需求、其他核心系统的维修需求等, 如智能座舱系统、三电系统等。其中, 自动驾驶核心部件的技术趋势将向模块化、集成化的方向进一步发展, 因而相关维修服务也将以更换整个模块为主, 而非拆件维修, 这要求综合运营中心构建针对自动驾驶核心部件的全新供应链和仓储体系。除此以外, 综合运营中心也应搭配Robotaxi远程监控平台和大数据平台, 以实现车辆数据实时收集与分析、车辆精准调控、网络安全监控、云代驾等功能。相关运营团队除了必要的维修、清洁工人外, 也要求核心技术人员具备代码编程和精细化运营的能力, 以完成车辆远程监管与调度、数据网络安全运维等工作。

► 15

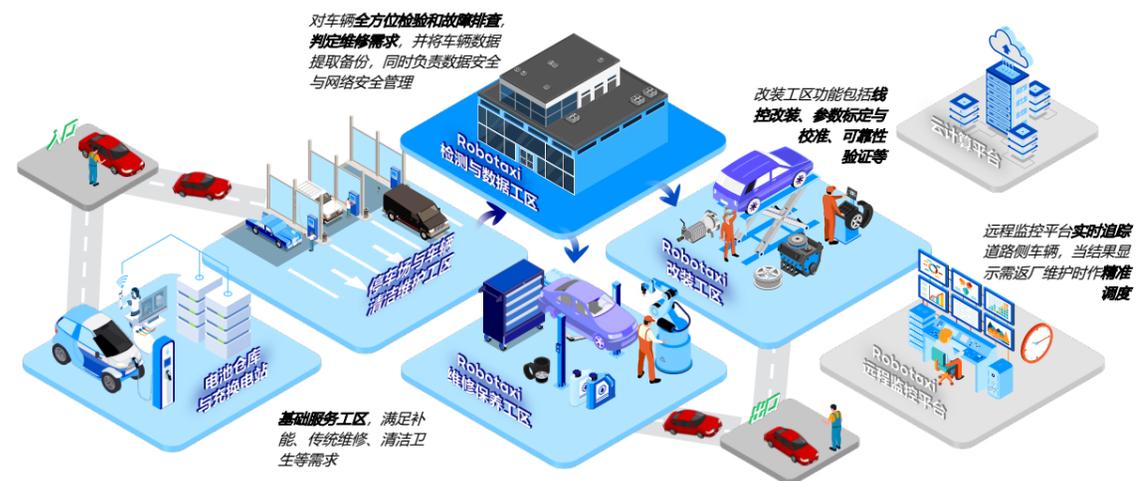
- Robotaxi快修站应满足车辆基础保养维修需求, 并可扩展自动驾驶系统标定、软件OTA等服务能力。

这些服务通常无需对自动驾驶模块作拆包或物理干预, 更多是通过软件层面的排查刷新完成功能修缮, 因而需要配备专职软件技术人员。若软件层面无法彻底解除故障, 快修站点应配合完成自动驾驶模块“拆卸-打包-物流-收取-安装”整套返厂流程, 以避免使用拖车等更低效的维修方案。

- Robotaxi补能站应满足车辆快速补能需求, 未来将广泛布局。当前, 国内领先Robotaxi运营商逐步接纳并考虑换电模式, 以实现提升运营效率, 我们认为未来补能站将采用“光储充换一体”模式。一方面, 可通过800V+超充方式或换电模式实现极速补能, 以充分保障运营效率; 另一方面, 充分利用光电系统获取并存储太阳能, 以更好地满足运营方“碳中和”目标的实现。

然而, 当前快修站和补能站尚未进入广泛建设布局的阶段, 在一段时期内会以现有车队的后市场服务网点的协同复用为主。

15 Robotaxi综合服务运营中心与功能全景图



1) 本图为功能全景图展示, 实际布局和流程动线仅作参考

资料来源: 罗兰贝格

▶ 有人参与当前仍是关键

尽管Robotaxi可在道路上“自由驰骋”，但进入售后服务站场却稍显“手足无措”。现有汽车售后站场的服务流程标准、数字化系统均按普通私家车或网约车的服务场景设计，司机和站场人员交互是推动服务流程的关键，但Robotaxi尚不能像司机那样快速学习并适应服务流程与标准。一方面，全服务流程自动化对Robotaxi单车智能水平提出极高的要求，而更高的单车智能水平将推升整车制造成本和单车总运营成本；另一方面若依赖远程监控平台与站点数字化系统打通来调度和控制车辆，涉及大量系统开发与测试工作，而鉴于当前Robotaxi保有量规模仍较小，打造其专属服务流程和供应链体系的投资回报周期漫长，因而背后的投资风险未必是运营方和售后服务方愿意承担的。

相反，若现阶段弱化对Robotaxi站场内的智能化水平要求，而依托站场工作人员介入以完成服务，将是更快落地且更具性价比的方案。以Robotaxi到站停泊为例，当前自主泊车套件成本较高，且技术尚无法适应所有复杂场景和动线路径，因而搭载自主泊车模块对推动Robotaxi商业化难以起到正向作用；但若Robotaxi驶入站场后直接由站场人员接管车辆驶入检测工位或停车场等候，再到确认服务项目、执行服务、结算离场，出错率较Robotaxi自动执行方案更低或可及时纠偏，也在前期节省了大量智能化研发投资和时间成本。

▶ Robotaxi综合服务运营中心的构建方式

Robotaxi综合服务运营中心单站投资建设成本高，且对专业化服务和运营能力要求严格，因而需“金三角”协同出力并整合多方优质资源。其在当前阶段主

要由自动驾驶技术公司和出行平台主导推动探索，而车企有一定参与意愿但需等候时机着手实践。

- **自动驾驶技术公司：**掌控自有Robotaxi车队并需对车辆全生命周期数据进行强管控，包括售后运维环节的数据，以充分验证并迭代自动驾驶关键技术，因而其存在较强动力自建并运营综合服务运营中心。然而，由于其短期内欠缺专业化售后服务能力和站点运营经验，现阶段多选择与专业化运营公司合作；而长期待充分积累运营经验且服务能力成熟时，将寻求外部合作方投资建站，以关键技术和运营经验赋能站点运营，以降低自身运营成本和风险管控。
- **出行平台：**以Robotaxi为未来战略发展重心的出行服务平台，其核心优势在掌握较强的车辆运营和服务能力；为了将网约车时代的能力禀赋迁移至未来Robotaxi业务，以延续其重运营体验和效率的行业领先地位，出行平台现阶段自建并试运营Robotaxi综合服务运营中心的动力强劲。
- **车企：**高级别自动驾驶车辆的日常运行、故障和事故等相关数据归其所有，且承担智驾功能故障诊断和修复的直接责任，并将通过车辆数据平台实现远程监控与诊断。然而，短期内车企广泛投资建设Robotaxi综合服务运营中心的动力不强，主要原因在于当前Robotaxi保有量规模不大，自建的投资回报风险较高，同时车企可利用现有的售后网络资源满足相关需求，即使单车运维成本较高，但整体成本仍低于建设综合中心。

整体而言，对于Robotaxi服务与售后运维网络的构建，我们认为应综合考虑运营效率和投资回报要求，循序渐进，在商业化早期以多方资源协同保障为主。

2.5 用户接受度

由于自动驾驶技术尚未成熟、试点范围有限等因素影响，绝大部分中国消费者仍未亲身体验Robotaxi服务，但并不影响其对这项颠覆式创新服务的期待，而领先的运营商也在积极尝试推广，以便抢先占领消费者心智。

当前，获得Robotaxi试运营牌照的运营商屈指可数，车队规模有限，且试运营覆盖的城市数少、区域主要集中在人口相对稀疏的郊区，因而绝大多数消费者对Robotaxi的认知仍普遍停留在新闻报道或科幻电影中，尚无法在日常生活中切身体验。然而，我们的调研显示，在保证安全的前提下，仍有超过60%的受访者对Robotaxi服务有兴趣并表示愿意体验。▶ 16

随着Robotaxi商业化进程进入1.0阶段，领先运营主体在积极推动技术、成本与运营服务进步的同时，也试图强化市场推广以拓宽消费者基盘、抢占消费者心智。在这一阶段，市场教育的重点在于提升消费者对Robotaxi服务的认知，并传递Robotaxi服务独特的核心价值。

认知提升

由于当前运营覆盖面有限，且未全面开展面向消费者的品牌营销，Robotaxi服务品牌在中国消费者心中仍未留下深刻印象。试运营阶段所覆盖城市和区域有限，道路场景较为单一且多在高速、园区等远离城市核心区，与普通消费者日常使用共享出行服务的真实场景距离较远，因而难以让消费者通过切身体验实现品牌推广。同时，Robotaxi运营品牌建设的重点仍在于强化下游B端客户、合作方层面的品牌认知，以满足规模扩张和生态圈构建的业务发展需求，因而当前运营商的品牌定位和价值导向均难以让C端消费者认为相关出行服务品牌与Robotaxi深度关联。

16 问题:基于您所了解的高阶自动驾驶技术和Robotaxi运营水平,当前您愿意深入体验Robotaxi吗?



N=1000

1) 数据来源为2023年罗兰贝格《自动驾驶出租车服务消费者调研》

资料来源: 罗兰贝格

然而, 领先运营商已经意识到教育消费者将正向推动商业化进程。

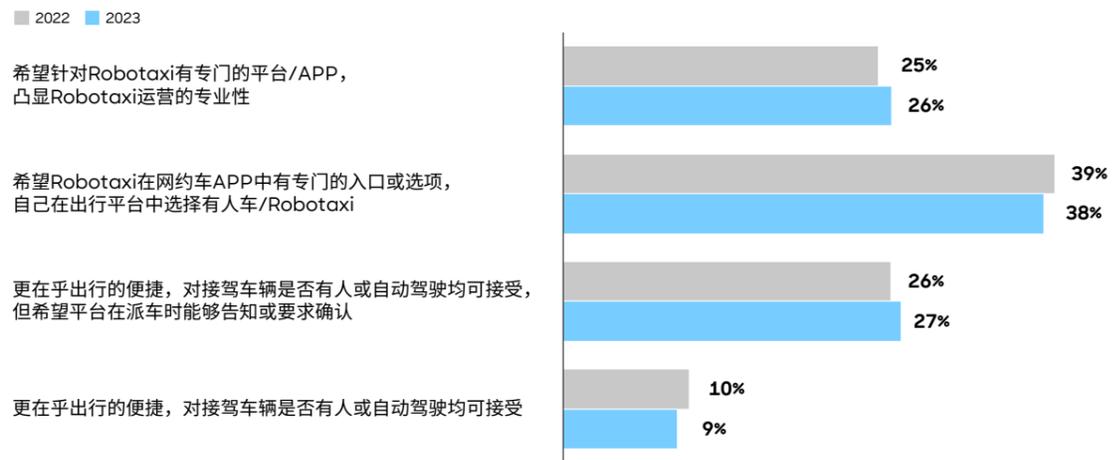
在线上渠道, 中国运营商已积极向现有网约车用户推广Robotaxi服务, 并利用网约车服务APP为Robotaxi服务引流, 以实现教育市场并转化潜在用户的目标。领先运营商在自有出行APP的启动画面内插入Robotaxi服务宣传广告或动态视频, 并将Robotaxi服务入口放在首页菜单醒目位置, 第一时间告知消费者相关服务可用。同时, Robotaxi服务界面设计成深色且带有渐变效果, 体现出独特的科技感和未来感, 紧抓消费者眼球。▶ 17

用户调研显示, 近四成的消费者偏好在成熟出行APP上设置Robotaxi服务入口, 以供其选择出行方式。另外, 有27%的消费者表示对有人出租车或Robotaxi的出行方式不太在意, 但需要被告知。对比2022年和2023年, 相关数据差异性不大。

除线上外, 运营企业也真正开始铺开Robotaxi的线下曝光场景。在交通枢纽处, 运营企业建立Robotaxi候车室, 通过指示牌引导传播推广运营信息, 并开放给社会大众进入休憩, 观看他人乘坐Robotaxi以强化感知印象; 在运营区域和路线上, 建立实体化的Robotaxi车站, 针对过往车辆、行人进行直接有效地宣传。领先运营商更是在车展售票厅投放Robotaxi品牌和服务宣传材料, 并在场内设置单独展位, 精准获得汽车从业者或对汽车兴趣浓厚的消费者的关注。

此外, 政府也联合行业协会、领先企业开展Robotaxi技术进步的测试与宣传。第三届智能网联汽车驾驶大赛(广州) - 广州混行运营测试[GMOT]配置了更长的比赛路段和运营时段, 并增加了路况更复杂的赛事路段, 真正意义上起到了对Robotaxi商业化各相关要素完整地演练和评测效果。基于运营、技术、体验三维的测评体系在公开道路完成从接单到乘客上车, 再到完成行程下车的全流程运营测试, 利用比赛结果向公众展现当前Robotaxi上路、处理复杂路况的能力。

17 问题: 未来几年内, 您对有人驾驶出租车/Robotaxi的选择方式持怎样的态度?



1) 数据来源为2023年罗兰贝格《自动驾驶出租车服务消费者调研》

资料来源: 罗兰贝格

价值传递

在提升消费者认知的基础上, Robotaxi运营商还应加强对Robotaxi优势与核心价值的传播, 从而消除消费者的顾虑, 提升对Robotaxi服务优势与价值的认可度, 并建立产品服务的品牌差异化, 为商业化推进打下基础。

Robotaxi对未来出行格局和人类经济生活带来重要的变革意义, 如更高的安全性、更高的出行运输效率等, 即使当前还未能实现, 也应在早期市场教育的过程中将其绑定。为消除消费者顾虑, 运营商在品牌和服务宣传时, 应着重展示其未来目标预期、为解决现有技术和运营短板所做的努力, 与取得的阶段性成果, 并利用真实运营数据作支撑。同时, 可与其他具有公信力的单位机构合作获得相关背书, 如地方政府、专业检测机构、知名学府和研究院等。

根据我们的调研数据显示, **中国消费者当前最认同的Robotaxi的核心优势包括安全性、高级别自动驾驶技术、座舱私密性、座舱舒适性、更高的出行效率。** ▶ 18

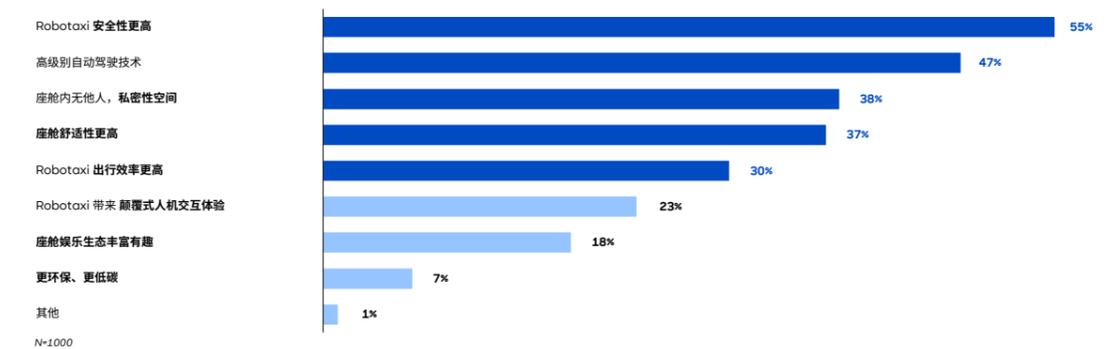
在技术和商业化成熟阶段, Robotaxi核心价值将包括通过高阶自动驾驶技术带来更高安全性、更高出行效率。理论上, Robotaxi通过更精准的感知和决策算法技术实现对车辆更有效的控制和调度, 同时结合车路协同技术, Robotaxi的安全性应高于有人驾驶的网约

车, 而当高阶自动驾驶车型渗透率较高时, 整体道路拥堵时间更短, 从而显著提升出行效率。

美国领先Robotaxi运营商皆发布《安全报告》, 详细描绘安全对企业发展的战略意义, 安全理念如何融入企业的产品设计、公司运营治理等方面, 并用大众可理解的通俗语言突出Robotaxi更安全的基本技术原理。同时, 基于测试和运营环节积累的无人驾驶运营数据结果及背后原因分析(如无醉驾、疲劳驾驶、分心驾驶等), 充分传达Robotaxi能够避免人为失误并更快对潜在碰撞做出反应, 从而降低事故率及事故死亡率, 因此具备更高安全系数的结论, 强化市场及消费者信心。

此外, 无人驾驶座舱也为乘客带来更私密的空间, 乘客在座舱内可尽情享受丰富的座舱娱乐内容与功能, 并体验颠覆式的人机交互模式, 以获得极大的体验满足感。未来, Robotaxi运营商可重点突出对安全性和高效性的宣传, 凭借充分运营数据支撑(如在试点区域事故率下降、单程出行时长更短等), 充分让消费者信服, 将其作为最核心价值与Robotaxi绑定; 而在无人干扰的私密空间内享受更丰富的座舱娱乐和全新人机交互模式是消费者可直观感受的Robotaxi优势, 因而可采用更显性的视频方式, 穿插在社交媒体平台、手机APP启动画面等渠道, 使消费者通过观看加深印象。

18 问题: 您认为Robotaxi服务推广时应突出什么优势或特点, 才能提升您的使用兴趣?



1) 数据来源为2023年罗兰贝格《自动驾驶出租车服务消费者调研》

资料来源: 罗兰贝格

03

立根筑基： Robotaxi 运营复杂加剧， 多元化能力评价指引发展



推动Robotaxi商业化进程需要多方参与紧密协作, 并实现资源共享, 而不同的Robotaxi运营商则在技术路线、资源禀赋等方面存在差异, 因而呈现出不同的商业化节奏和路径。为了后续能够更好地观察和追踪Robotaxi行业玩家在商业化发展所拥有的水平, 并细

致了解领先玩家的关键商业举措、衡量其核心能力水平, 我们提出设计一套完整的Robotaxi运营主体商业化进展和核心能力评价体系, 以Robotaxi运营主体的视角切入, 结合五大关键要素, 评估其关键能力的成熟度和对核心资源的掌控度

3.1 评价体系的意义与目标

随着中国Robotaxi商业化进程进入1.0阶段, 政策(监管)、技术、成本、运营和服务、用户接受度五个核心发展要素, 将呈现不同成熟化节奏; 而不同Robotaxi运营实体也将根据自身发展诉求和资源禀赋差异, 对不同要素选择差异化投资与发展策略组合, 以采取独特的推进路径, 实现业务突破和健康发展。为了持续在同一时间点上衡量各运营实体的商业化进程、评估其核心能力, 我们需要形成一套全面、标准、通用的评价体系, 同时这套评价体系也适用于多种类型的运营主体, 既包括实践Robotaxi服务运营的单个企业, 如车企、自动驾驶技术公司、以Robotaxi为战略发展重点的出行平台, 以及三方共同组成的“金三角”等, 也将适用于未来可能演变出的新玩家类型。

整体而言, 设计这套评价体系的核心目标在于:

- 为实现对各Robotaxi运营主体经营活动和能力的持续追踪提供理论框架基础, 以全面展现行业领先玩家的商业化关键举措和成果, 总结最佳实践及成败核心因素;
- 通过量化的指标评估不同运营实体的核心能力, 以支撑对其差异化发展战略的分析, 同时指标力求能够被长期追踪并持续更新, 以保证评价体系的连贯性;
- 为产业各方构建全面展示、充分交流与开放合作的理论基础, 推动行业对Robotaxi商业化的交流和观点创新。

3.2 评价体系的组成细节

这套衡量Robotaxi运营主体商业化进程的评价体系将由四个核心方面组成, 即技术与安全、运营与服务、商业与推广、生态与合作, 以横向比较不同企业差异化发展路径和核心能力; 同时, 四个方面也分别对应政策(监管)、技术、成本、运营和服务、用户接受度等五个要素中的一个或多个, 以体现运营实体在不同方面与行业整体商业化进程的差异性。▶ 19

此外, 该评价体系反映运营实体在Robotaxi业务上的商业价值, 且能从城市、车辆两个视角出发。城市视角

下的Robotaxi业务价值可由“运营覆盖城市规模 乘以 单个城市经济价值”得出, 而车辆视角下可由“车队规模 乘以 单车经济价值”得出, 而本评价体系内的多项指标可为价值估算提供技术参数支撑。同时, 本评价体系也横跨Robotaxi运营价值链的全部核心环节, 包括供给侧从整车与自动驾驶关键技术, 到外部生态合作, 再到服务运营和车辆运营, 而需求侧则关注消费者使用Robotaxi服务体验的多个关键环节。另外, 评价体系中还包括多项财务指标, 可用来评估运营实体盈利性。

- **运营成本:** 单车平均运营成本由运营总成本除以车队规模可得, 是反映平台运营质量和盈利性的财务指标; 此外, 由于安全员成本是单车平均运营成本中最大占比项, 而若车上安全员转为远程安全员, 且若远程安全员对应车数量进一步得到提升, 将显著降低单车运营成本, 因而与安全相关的指标也可直观体现运营成本的高低。
- **运维体系成熟度:** 体现Robotaxi车辆服务和运维的质量, 直接关系到Robotaxi的上线率, 可关注售后人员与车辆规模的比例与车服运维活动的平均工时数 (平均工时越短则效率越高)。
- **服务体验:** 从消费者端出发衡量运营服务能力, 可关注直观反映用户满意度的NPS指标, 也可关注其他影响用户体验的关键因素, 包括等候接驾时间 (即从下单到上车的时间), 这与上线Robotaxi数量以及车辆调度水平直接相关; 而平均车速则反映Robotaxi服务效率, 从而影响消费者体验。

▶ 商业与推广方面重点关注运营准许、规模与区域覆盖、品牌推广、盈利水平

- **运营准许:** 获取运营许可 (试运营和全无人运营牌照) 的时间先后, 以及在哪些城市获得, 可体现Robotaxi商业主体相关技术和运营能力是否被当地监管单位认可, 也能体现其当地政府关系维护能力, 为未来扩大Robotaxi商业化规模打下坚实的基础。
- **规模与区域覆盖:** 除有效单量指标可直接衡量运营规模, 还可关注区域覆盖和资产规模情况, 如实际运营覆盖的城市数、运营面积/里程、车队规模等。

- **品牌推广:** 随着行业逐步成熟、玩家数量提升, 相关行业协会和知名媒体会对领先品牌的知名度进行评估, 并发布具有较高公信力的排名报告。

- **盈利水平:** 盈利水平则反映运营实体造血能力, 只有在商业化过程中不断成功造血、实现盈利, 方可持续进行规模扩张或业务创新。

▶ 生态与合作方面重点关注补能生态、用户运营、智能座舱与软件生态

- **补能生态:** 补能虽为Robotaxi运维的刚需环节, 自建网络的经济效益较低, 运营主体可广泛与外部合作, 采用高效补能技术, 如换电模式、高压超充等, 并尝试创新运营模式, 提升补能效率。
- **用户运营:** 作为直面C端的业务, Robotaxi业务应积极开拓新用户基盘同时高效运营存量用户, 提升用户活跃度 (如DAU/MAU), 以增强用户粘性和复购比例。
- **智能座舱与软件生态:** 智能座舱内的丰富娱乐内容生态, 以及颠覆式的人机交互模式将提升乘客在Robotaxi内的乘坐体验, 从而为运营商提供了获取软件生态收入的机会。

我们希望本套针对Robotaxi运营主体商业化进程和关键能力的评价体系, 将向行业呈现可持续追踪更新并总结行业领先玩家关键举措和阶段性成果的方法论和基础数据库, 也为行业玩家的商业决策和估值融资等经营活动提供理论依据, 从而为进一步推动Robotaxi在全国范围内的商业化进程、巩固全球领先地位做出贡献。

2024年将是Robotaxi厘清方向, 蓄力发展, 有望开创新局的一年。在今年商业化进入1.0阶段后, 五大要素的突破方向将逐渐清晰, 行业玩家也将在政策加持、行业复苏的背景下重新建立信心, 继续披荆斩棘, 共同助力Robotaxi商业化更进一步。罗兰贝格亦将持续关注行业发展, 与行业伙伴持续探讨。

作者



郑赞

罗兰贝格全球高级合伙人
ron.zheng@rolandberger.com

吴钊

罗兰贝格全球合伙人
neil.wu@rolandberger.com



蒋华

如祺出行CEO

孙雷

如祺出行副总裁

罗兰贝格蒋洪阳及如祺出行COO韩锋、CTO宋德强对本报告亦有贡献。

欢迎您提出问题、评论与建议

www.rolandberger.com

本报告仅为一般性建议参考。读者不应在缺乏具体的专业建议的情况下, 擅自根据报告中的任何信息采取行动。罗兰贝格管理咨询公司将对任何因采用报告信息而导致的损失负责。

© 2023 罗兰贝格管理咨询公司版权所有。

关于我们

罗兰贝格

罗兰贝格是全球顶级咨询公司中唯一一家源自欧洲的管理咨询公司，具有强大的国际影响力。作为一家由合伙人共有的独立咨询机构，我们在全球主要市场设有51家分支机构。我们的3,000名员工真正理解客户，并为其提供独特的分析方法。我们遵循三大核心价值观：创业之基、卓越之范、共赢之道，并且坚信世界需要一个可持续发展新模式，以将整个价值循环周期考虑在内。我们的跨职能团队来自所有相关行业与业务功能，为客户提供最佳专业知识以应对当今和未来的严峻挑战。

如祺出行

如祺出行由广汽集团和腾讯等共同投资，是广州市智能网联汽车示范区运营中心理事单位，广州市自动驾驶应用示范运营专业委员会主任单位，名列福布斯中国独角兽及胡润全球独角兽榜。如祺坚持合规运营，聚焦品质服务，业务涵盖出行服务、技术服务和生态服务。作为国内领先的出行科技与服务公司，如祺出行推出了全球首个全开放自动驾驶运营科技平台，成为全球首个推出有人驾驶网约车与Robotaxi服务商业化混合运营的出行平台，并发挥自身出行场景和海量数据优势，推出了涵盖数据标注平台、高精地图工具链、智驾仿真平台三大板块的自动驾驶解决方案，以数据为核心驱动自动驾驶闭环迭代，打造行业领先的自动驾驶引擎。

罗兰贝格亚太总部

中国上海市山西北路99号
苏河湾中心办公楼23层
200085
+86 21 5298-6677
www.rolandberger.com