

▶ 蓄势待发，乘风破浪

2023中国垂直出行市场展望报告

保时捷管理咨询

谋于思 践于行

目录

前言	01
垂直出行市场概况	03
▶ UAM与eVTOL概念	
▶ 世界主要垂直起降产业大国商业化进程	
中国垂直出行市场规模前瞻	13
▶ eVTOL主要构型与应用场景	
▶ eVTOL城市交通客户群体特征与需求分析	
▶ 中国eVTOL市场规模预测分析	
▶ eVTOL客户旅程浅析	
垂直出行市场生态系统	24
▶ 飞行器制造商	
▶ 上游供应链	
▶ 运营与服务提供商	
▶ 基础设施服务提供商	
展望:对中国eVTOL企业的建议	31
结语	35

前言

自由翱翔于天际始终是人类矢志不渝的追求。2,500年前的中国人便发明出了“竹蜻蜓”这一人类已知最早的螺旋飞行结构。而在1490年的意大利，著名画家与工程师达芬奇在其手稿中绘制出人类第一款垂直起降飞行器的概念原型，后来启迪了人类对直升机的发明。科技的发展与人类飞天方式的演进可谓如影随形，相伴相生。

500多年后的今天，随着人类在航空航天、气动结构、材料创新等领域的不懈努力，不依赖于跑道、可在市中心垂直起降的无人飞行器这一科幻概念正逐步走进现实。面对日益拥挤的城市居住与交通条件和愈发严重的环境污染，eVTOL (electric vertical takeoff and landing, 电动垂直起降飞行器) 这一概念成为未来人类可持续发展的交通运输新范式。因其

起降方便、电气化、低噪音、巡航效率高、保障要求低等优势，eVTOL可以在城市内部、城郊及城际范围内开展空中载人、载货交通作业，无缝衔接城市地面公共交通与轨道交通，拓展出低空旅游、消防救援、空中物流、医疗救助、日常通勤等诸多应用场景。近些年，随着产品从概念设计到原型逐步落地，诞生于2010年左右的eVTOL正在成为产业与风投资本追逐的新兴赛道。

本文将尝试全面梳理未来中国eVTOL产业生态体系全貌，预估中国潜在eVTOL市场规模，剖析eVTOL相较于传统出行方式的利弊，并对产业链上下游玩家的制胜之道提出初步建议，以期为中国eVTOL产业的健康发展贡献绵薄之力。

洞察

//01 市场

中国载人eVTOL市场规模在中性预期条件下在2030年将达到年新增500台左右的市场规模,乐观预期下这一数字将近千台。中国预计将占到全球eVTOL市场25%-30%左右份额。

//02 竞争玩家

预计2024年将是eVTOL商业化运作元年。全球范围内,美国Joby、德国Volocopter等公司依托强大的产品研发实力、充沛的资金保障等,走在产品认证前列。

//03 产品

不同eVTOL构型产品因其差异化性能与优势适配不同应用场景,气动造型、动力推进方式等不同对设计研发、局方认证、制造与供应链协同等都带来不同挑战。

//04 供应链

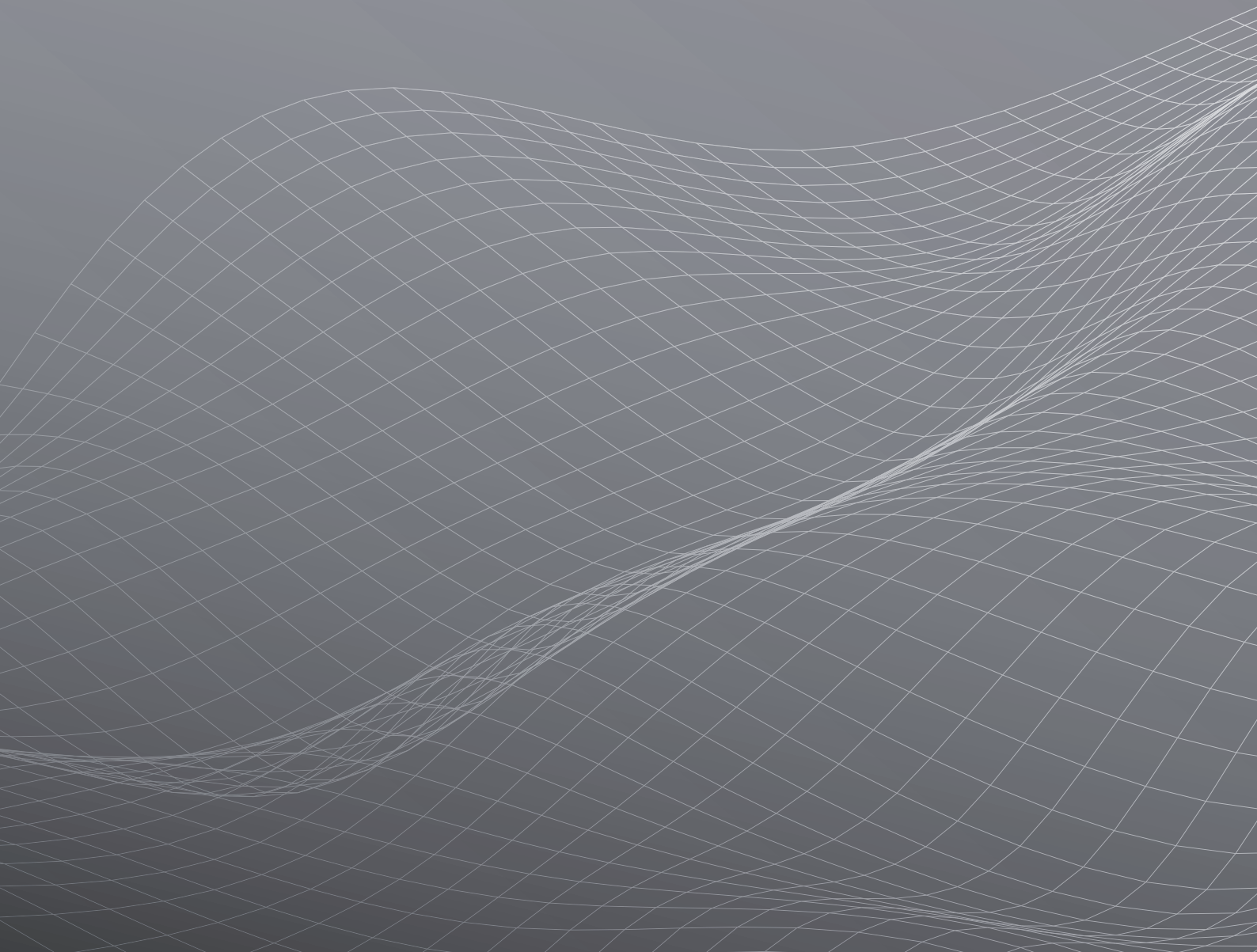
中短期内,eVTOL供应链仍将以传统航空航天供应商为主,特别是在机体结构、导航飞控等领域,占有绝对话语权。近些年,汽车动力电池供应商在产品能量与功率密度、安全冗余设计等方面进步较快,最有潜力在能源动力版块切入eVTOL市场。

//05 生态系统

eVTOL体系的成功运作同样离不开空管系统、飞机制造商、运营服务与基础设施运营商等角色的通力配合。与此同时,社会认知与公众接受度也将极大影响该行业中长期的发展与成败。

垂直出行

市场概况



自1980年以来,中国人的出行方式经过40多年的发展变迁,经历了从自行车、公交车、汽车、铁路到飞机的跨越式迭代,构成了铁路、公路、水路和航空四大类交通运输网络。在这40多年的时间里,铁路、公路和民航运输的年均旅客周转量分别实现了6%、7%和16%的年复合增长率

(图1.1)。在所有的交通工具中,航空的年旅客周转量增速最高,并可能在未来十年内取代铁路成为最大的旅客周转交通运输方式。民航产业的快速发展,体现出国民对航空飞行这一高效快捷出行方式的接受与热爱,也为城市空中交通和垂直出行的产业发展奠定了坚实基础。

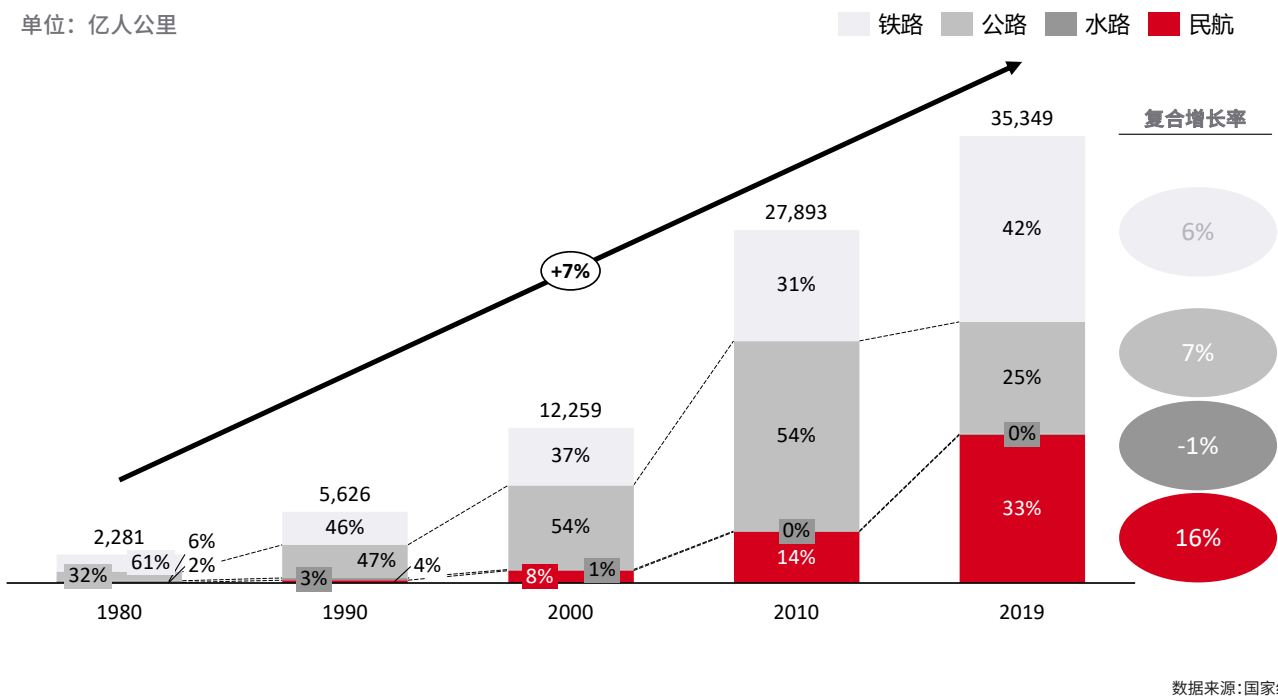


图1.1: 中国年旅客周转量增长, 1980-2019

UAM与eVTOL概念

随着世界范围内大城市人口的不断增加，城市地面交通道路建设日渐饱和，而市内地铁、轻轨因地域覆盖范围有限且投资成本巨大，无法进一步满足日渐增长的通勤需求，现有城市交通模式面临极限，已严重影响到城市运行效率和市区人口居住舒适便利性，并给生态环境带来日益沉重的负担。面对咄咄逼人的客观现实，城市空中交通（Urban Air Mobility, UAM）概念和eVTOL飞行器应运而生。这些概念的诞生为解决大城市交通拥堵、缓解资源紧张、推动航空业向低噪声和零排放转型开辟了全新思路，成为近些年炙手可热的新兴领域和热门投资赛道。

具体而言，UAM概念的发展主要经历了四大阶段：

//01 早期研究和概念验证阶段(2000-2010年左右)

研究人员和工程师开始探索使用无人驾驶飞行器解决城市交通拥堵的可能性。他们进行了理论研究和飞行试验，以验证无人驾驶飞行器在城市环境中的可行性。

//02 原型开发和初步实现阶段(2011-2015年左右)

随着无人驾驶技术的不断发展和成熟，一些创新企业开始设计和制造无人驾驶城市空中交通的原型飞行器。这些飞行器主要用于进行概念验证和技术演示，以展示其潜在的应用前景。

//03 试点项目和示范运营阶段(2016-2020年左右)

一些城市和地区开始进行无人驾驶城市空中交通的试点项目和示范运营。这些飞行器被用于短途运输、物流配送、抢险救灾等领域。项目通常涉及与政府、企业和研究机构的合作，旨在验证其在实际城市环境中的技术方案可行性和实际运行效果。

//04 技术渐趋成熟阶段(2020年至今)

随着垂直起降飞行器技术的逐渐成熟，相关政策对城市低空领域逐渐开放，城市空中交通概念逐渐进入商业化落地阶段。

我们预计，eVTOL产业初步商业化运营将在2024-2025年到来。随着日臻完善的城市空中交通基础设施、逐步成熟的产品技术和更全面规范的政策法规逐步落地，将有越来越多的消费者体验并逐渐适应这一快捷、便利、环保的全新城市范式。

eVTOL作为城市空中交通概念的一种具体实现方式,其最早的概念机型出现在2010年前后。最早期商业化的eVTOL企业创立于2009年,是全球目前已知最早创立的eVTOL企业。2014年,美国直升机国际协会和美国航空宇航协会在弗吉尼亚大会上正式将eVTOL概念引入。2016年, Uber提出“Uber Elevate”空中出租车计划,勾画了电动飞行出租车和共享服务的蓝图,引发了eVTOL在欧美市场的追捧。2017年,由垂直飞行协会编制的第一份eVTOL飞机目录对外发布。2019年,欧洲航空安全局(EASA)发布了全新的航空管理规定,应用于小型eVTOL飞行器的适航认证工作。自此,eVTOL概念正式得到官方认可,初创公司、汽车、航空产业巨头等玩家开始纷纷进入eVTOL市场,仅在2019-2021年期间,就至少有中国亿航、美国Joby、德国Lilium、美国Archer、英国Vertical Aerospace等公司陆续上市,为eVTOL商业化步伐按下加速键。

垂直起降飞行器(VTOL)按种类和应用场景可以分为监察飞行器、载货飞行器、载人飞行器三大类,以及由此衍生出的各类支持性服务(图1.2)。不同用途飞行器在产品研发、制造、认证等环节具有完全不同的要求与标准,其中本文着重关注载人飞行器这一领域。

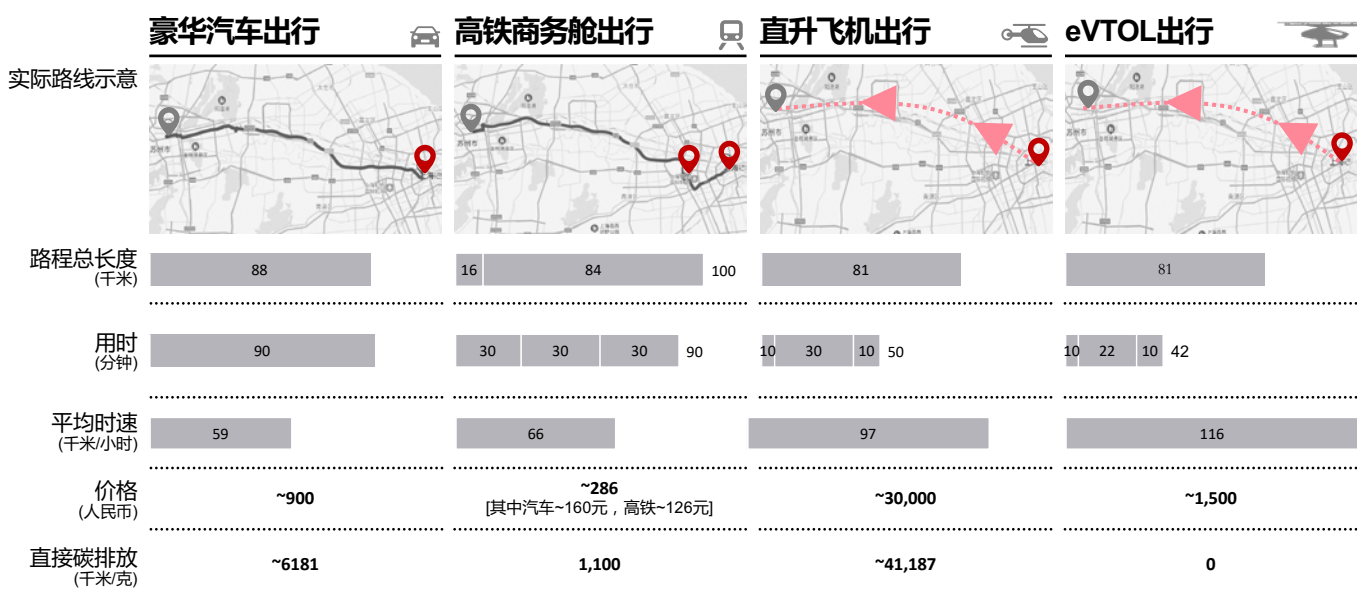
监察飞行器 	业余爱好者 媒体与娱乐 农林牧渔巡查	城市巡查与监控 突发性事件通信网络 遥感测绘	学习、培训、数据收集 安保、寻人 军用国防
载货飞行器 	农业培育与施肥 空中调度与调控 快递限时专送	货物运输 配送范围拓展(偏远地区) 紧急运输(药物与器官)	
载人飞行器 	私人拥机 租赁 空中出租车	空中巴士 紧急救援	本报告 关注重点
支持性服务 	eVTOL研发与生产 试飞适航认证服务 空中管控服务	保险与金融服务 维护、保养、修理服务 停机点/坪维护、充电、停靠服务	四维导航与高精地图服务

数据来源:保时捷管理咨询分析

图1.2: 垂直起降飞行器种类与应用场景

eVTOL的比较优势

与汽车、高铁等传统出行方式相比，eVTOL在特定路程范围内，具有高效便捷、低噪音、低碳排放、舒适私密等优点，与直升机等传统飞行器相比，具有明显的成本和环保优势。同时，因其轻量化、模块化和分布式电驱动架构的产品特点，飞行器整体运营维护成本和复杂度较直升机相比，也具有比较优势和竞争力。随着eVTOL产品的大规模量产，预计单程票价将继续下探，并最终与豪华汽车趋同。而与直升机相比，eVTOL同样可以体现出在价格、时间、舒适便捷性、低噪音、零碳排放等方面的核心优势。受限于直升机停机坪等基础设施相对有限的短板，随着垂直起降场的逐步建设和成网，预计eVTOL在时间效率、价格等方面将具有更加明显的优势。



**eVTOL在综合用时、碳排放、私密性、舒适性等方面
具有较为明显的优势**

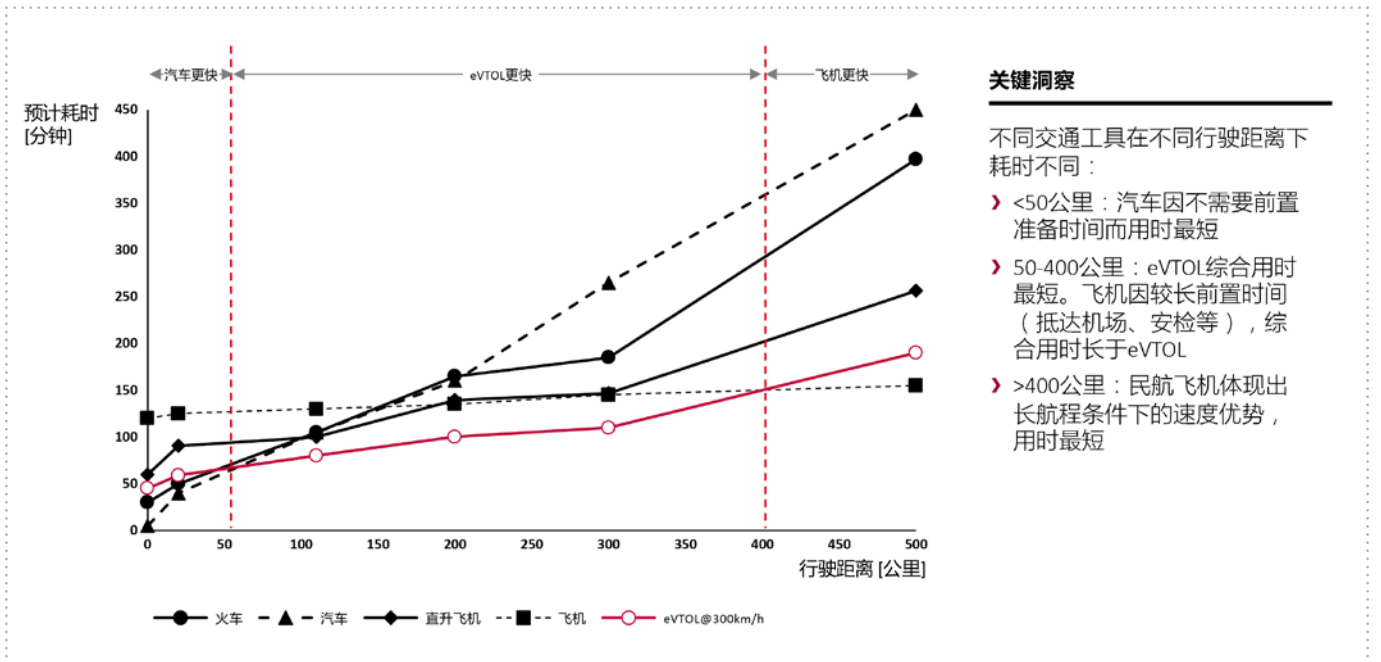
数据来源: 滴滴豪华车、12306.cn、专家访谈、案头研究

图1.3: 各类出行方式优劣势比较, 以上海-苏州为例

基于历史出行数据统计分析和主流认知，民航客机主要覆盖了800公里以上的长距离出行需求，高铁主要覆盖了400-1,000公里左右的中长距离出行需求，汽车主要覆盖了5-200公里左右的短途出行需求，而直升机和eVTOL两类运输方式则主要覆盖了50-400公里左右的中短途出行需求。对于20-50公里范围内的市内交通需求，因受益于更短用时，eVTOL将对汽车、地铁等传统交通方式形成替代效应(图1.4)，而对于100-300公里左右的城际交通运输需求，eVTOL将主要与城际大巴、汽车、高铁等形成竞争。无论消费者最终选择哪种出行方式，本质上都是对价

格、时间、舒适性、便捷性和私密性等维度的综合权衡。

需要指出的是，针对隐私的保护是高端客户在选择出行方式时重点关注的因素之一。eVTOL通常可容纳2-4人共同出行，且无人驾驶、智能座舱等设置也进一步保证了高端客群在航行过程中的私密性和高端搭乘体验，对高端商旅、富裕阶层而言，是区别于汽车、高铁、私人飞机等传统工具的全新替代方案。同时，作为电动飞行器，eVTOL低碳、环保的特点，也更能满足目标客群对绿色、环保的要求。



受益于更短用时, eVTOL将对汽车、地铁等传统交通方式形成替代效应

数据来源: 保时捷管理咨询分析

图1.4: eVTOL与现有主流交通运输方式出行用时对比

中国垂直起降产业的政策与监管

在中国,城市低空交通属于强监管行业,中国民用航空局作为国家负责民航空中交通管理工作的主责单位,负责对我国和外国民用飞行器进行统一管理和空域划分。民航客机的巡航高度下限一般在3,000米以上,由空中交通管控中心进行统一管理和调配。载人垂直起降飞行器和载货物流垂直起降飞行器属于低空通用航空范畴,由无人驾驶交通管控中心进行统一管理。其中载人垂直起降飞行器一般在高度300米以下的中低空开展飞行作业,而载货物流垂直起降飞行器的飞行高度通常不得高于120米(图1.5)。



数据来源: 中国民航局, 中国民航局无人驾驶航空器空管信息服务系统, 案头研究

图1.5: 中国各类飞行器空域划分

国家政策法规整体对无人驾驶低空载人飞行器产业发展持鼓励态度。

近些年,随着eVTOL技术和产业的快速发展,中国在国家和地方层面出台了多项鼓励无人驾驶低空载人飞行器产业发展的相关政策与法规。近三年内,国家层面出台了多项法律法规和产业发展政策:

//01 2019年01月,中国民航局发布了《基于操作风险的无人机适航认证指南》,五家中国无人机制造商被选为首批建立适航认证标准框架的试验机构。

//02 2020年10月,中国民航局批准了中国境内13个无人机试验运行点和附属试验区。针对适航、操作、空中交通管制和商业服务的特殊或简化法规得以加快无人机生态系统的发展。

//03 2020年11月,中国国务院启动了制定《无人机飞行管理暂行条例》的法律程序,以加快无人机应用的发展。

//04 2021年09月,湖南、江西和安徽三省放宽了空域限制,简化了操作规程,使通用航空和无人机操作更加灵活。

//05 2022年02月,中国民航局向亿航EH 216-S型载人级自动驾驶飞行器型号颁发了无人机商业运营(包括客运和货运航班)的特别有条件批准(SC-21-002,根据CCAR-21)。

//06 2022年6月,中国民航局引发《“十四五”通用航空发展专项规划》(简称“规划”,下同),支持具备条件的地区加快推进无人驾驶航空实验室基地(试验区)的建设和运行。

//07 2022年8月,民航局民用无人驾驶航空器管理领导小组办公室发布了《民用无人驾驶航空器发展路线图V1.0(征求意见稿)》,提出到2025年,城市短距离低速轻小型物流配送无人驾驶航空器逐步成熟后,支线短途中低空吨级大型无人驾驶航空器的逐步应用,短距载人无人驾驶航空器探索应用。到2035年,城市中长距离快速中大型物流配送无人驾驶航空器逐步推广,支线长途高空吨级大型无人驾驶航空器实现航线飞行,中长距离载人无人驾驶航空器探索应用。

//08 2023年6月,工业和信息化部组织制定的《民用无人驾驶航空器系统安全要求》强制性国家标准由国家市场监督管理总局发布,规定了微型、轻型、小型无人驾驶航空器在电子围栏、远程识别、结构强度、机体结构、动力能源系统、感知避让、数据链保护等17条强制性要求和相应试验方法,在2021年版基础上进一步完善了现有无人驾驶航空器标准体系、产品全生命周期过程管理等内容。

除国家级的政策法规推动外,有条件的地方政府也在加速布局无人驾驶垂直起降航空器产业的发展。

//01 上海市

2022年10月,上海市人民政府发布了《上海打造未来产业创新高地发展壮大未来产业集群行动方案》,指出上海将面向深海空天利用和空间拓展,突破关键飞行技术,研制载人电动垂直起降飞行器等,探索空中交通新模式。

//02 广东省深圳市

2023年8月,深圳市宝安区出台了《深圳市宝安区低空经济产业创新发展实施方案(2023-2025年)》。根据该规划,到2025年,宝安区将引进无人机、电动垂直起降飞行器、直升机等各类低空飞行器的智能调度监管平台和融合空域管理中心,建设一批地面配套设施,网格化布局100个以上低空飞行器起降平台;围绕物流配送、城市空中交通、应急救援、城市管理、工业应用、观光娱乐等打造一批示范应用场景,开通50条以上无人机航线、载货无人机商业飞行突破30万架次/年;重点构建以低空科创智造产业和低空总部经济产业为核心,以低空飞行产业和低空保障产业为支撑,以低空创新服务业和低空文旅商贸业为特色的产业体系。

//03 山东省青岛市

2022年4月,青岛市出台了《青岛市人民政府关于支持航空产业发展的实施意见》,提出要培育通航应用场景,拓展通用航空器在警用执法、医疗救援、航空护林、城市消防等领域的应用。8月,青岛市入选中国民航局第二批全国民用无人驾驶航空试验基地名单。

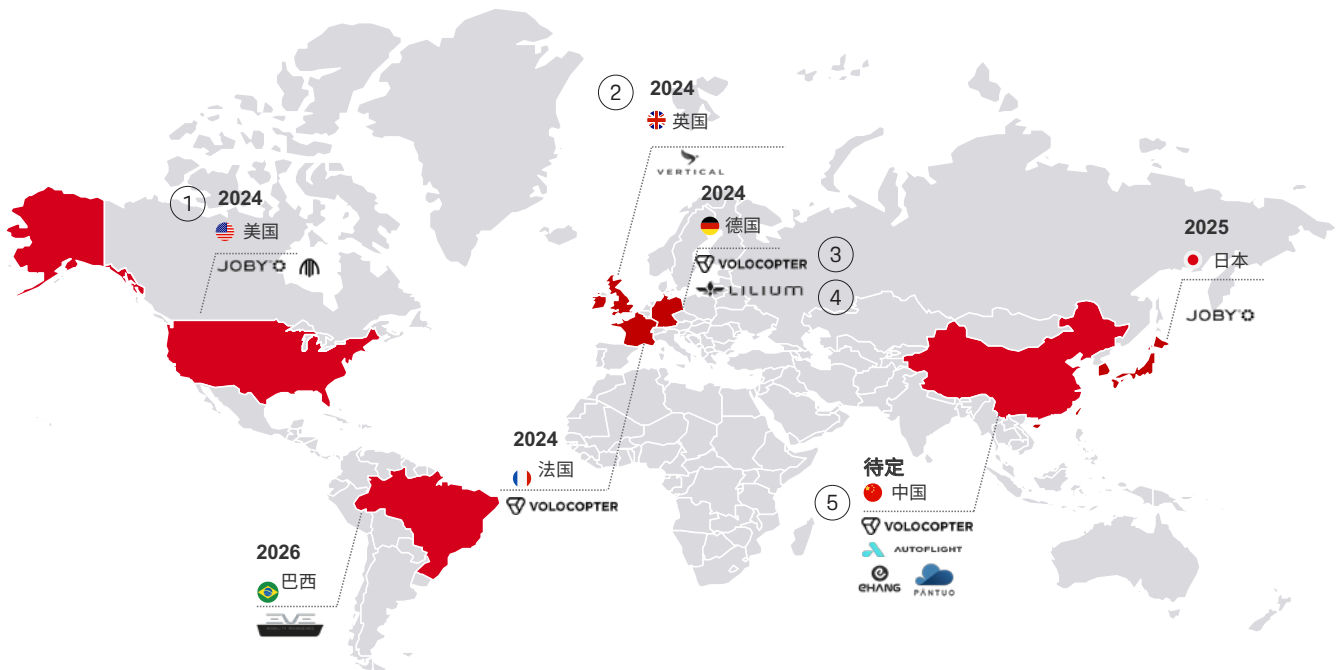
//04 湖南省长沙市

2022年7月底,湖南省人大常委会通过了《湖南省通用航空条例》,成为全国第一个通用航空地方性法规。《法规》主要规定了湖南省内通用机场规划建设与运营管理、低空空域划设与使用、飞行服务、安全监管、产业培育等内容,将多项产业政策写入立法,涵盖通用机场建设、科技创新、新业态培育、人才培养等多个方面,要求政府加大对通用航空产业的财政扶持力度,鼓励建设通用航空小镇和通用航空消费等一系列有利于通航产业发展的条款,这些将极大的促进产业转型升级、释放消费潜力,逐步引导通航产业向湖南省集聚,对全国的通航产业发展注入强劲动力。

我们预测,未来中国中央与地方的一系列产业政策和监管规范将向着专业化、体系化方向发展,相关产业扶持与产品认证和规范标准也会陆续出台,从宏观政策层面大力促进垂直起降产业的快速发展,不断促进技术提升与产品迭代,积极培育上下游产业链供应链,为中国未来低空载人行业的健康发展指引方向,保驾护航。

世界主要垂直起降产业大国商业化进程

环顾全球，世界主要垂直起降产业大国都将2024年作为eVTOL商业化运营的元年，可以预计的是，“第一辆”获得适航认证的eVTOL“空中出租车”花落谁家，将在未来两年内揭晓(图1.6)。



- ① 美国Joby原型机Joby S4已经完成初步测试，并计划在2024年开始运营。
- ② 美国航空则在2021年给英国公司Vertical Aerospace投资了2,500万美元，且同意为250架飞行器订单中的50架支付一笔数目不明的交付前预付款。
- ③ 德国Volocopter获得了空中测试飞行许可，并计划在2024年巴黎夏季奥运会时推出商业服务。
- ④ 德国Lilium将在2023年进行第四次DOA审核流程，并在2025年进入正式的商业化运营。
- ⑤ 中国亿航在2021年11月已开始部分空域的游览或短途空中交通的试运行，同时，磐拓航空、小鹏汇天、峰飞、时的科技等一批中国eVTOL先行者也在2019年之后，如雨后春笋般快速成长起来。

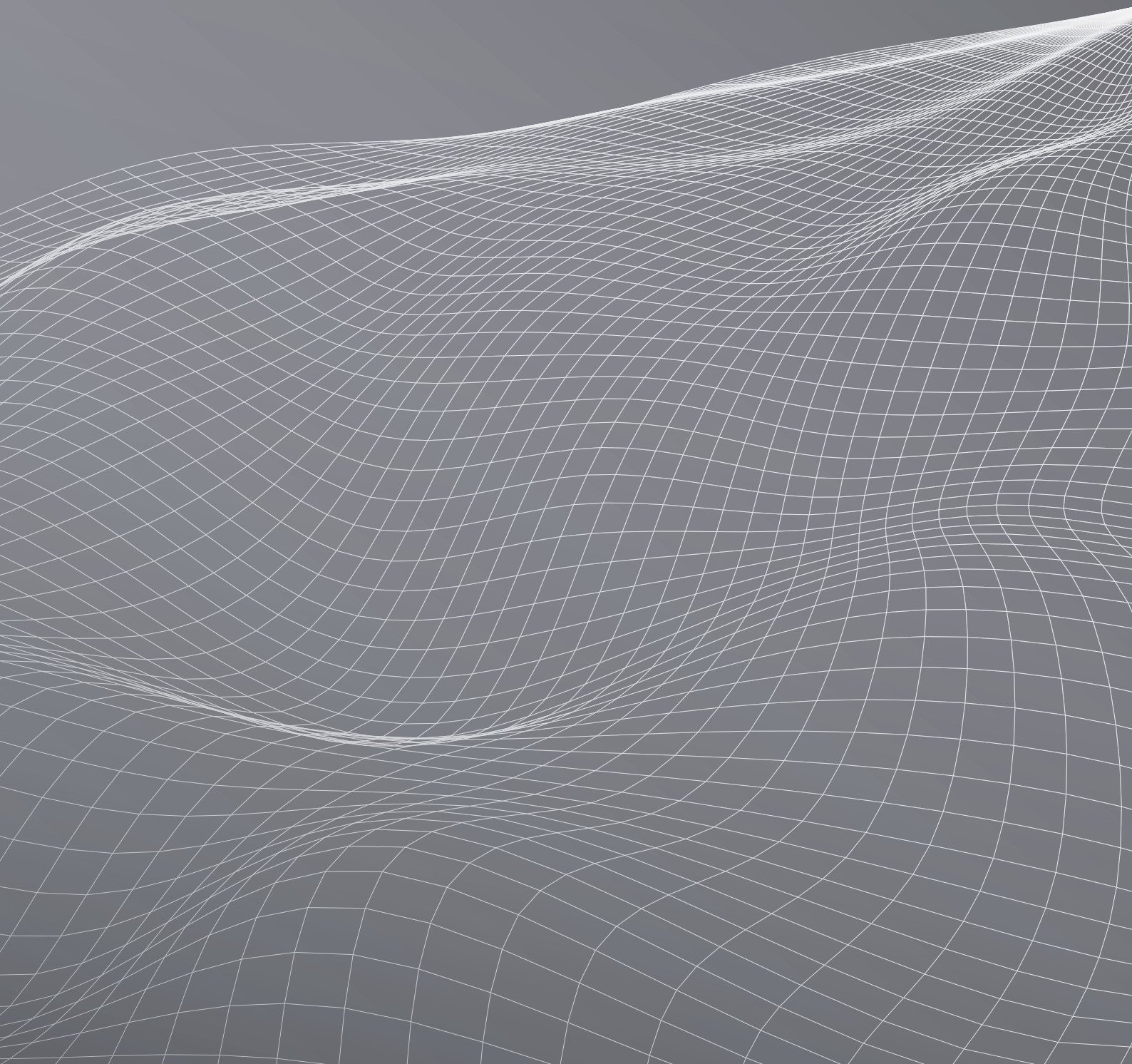
数据来源：保时捷管理咨询分析

图1.6: 世界垂直起降大国商业化时间表与主要玩家

需要注意的是，eVTOL行业的商业化进程将受到诸多因素的综合影响，包括技术成熟度、法规审批、空域限制、产品定价、市场需求和基础设施建设等。我们预计，载物流、城市服务、消防救灾等无人eVTOL将率先开始商业化运营。随着技术的不断发展和市场的不断成熟，载人eVTOL将随后迈入大规模商业化时代。

中国垂直出行

市场规模前瞻







中国作为全球eVTOL产业发展的先行者之一，因其规模庞大的城市人口、快速增长的富裕阶层等因素，拥有巨大的市场潜力。我们通过量化评估eVTOL产业对现有交通出行方式的替代效应，分保守、中性、乐观三大情境对中国未来eVTOL装机量规模进行了模型测算。在中性情境中，2030年中国eVTOL市场容量将占到全球25%-30%的份额，成为全球第一大eVTOL市场。

eVTOL主要构型与应用场景

基于对外公开的eVTOL项目统计，目前在研的载人eVTOL项目主要面向城市通勤市场，基于货物运输需求的项目占比较低。eVTOL的整体设计构型、机体气动性、轻量化设计等维度的差异导致了不同产品的最大航程、巡航速度、飞行高度、乘客数量与最大载荷等核心性能参数存在差别，进而带来不同eVTOL产品在运行模式、服务范围、

诚然，市场容量的估算会受到诸多因素的影响，如定价、社会公众接受度、产品性能等因素，不同构型设计的产品在应用场景适配性上也存在差异。但不可否认的是，伴随着中国eVTOL产业政策的不断鼓励和产品性能与可靠性的不断提升，eVTOL综合运营与拥有成本将不断下降，市场接受度与客群规模将持续增长。

应用场景等维度的差异。基于推进动力方式，目前在研的eVTOL项目可分为多旋翼型、升力与巡航复合型、倾转旋翼/机翼型和倾转涵道型四大类(图2.1)。其中后两类因飞行器可通过改变螺旋桨/机翼/涵道方向实现飞行器的起降和巡航，又称为矢量推进型。

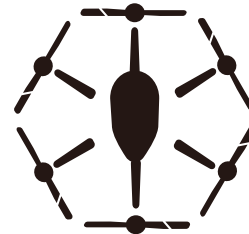
	多旋翼型	升力与巡航复合型	倾转旋翼/机翼型	倾转涵道型
架构示意	 通过多个(通常多于4个)固定螺旋桨实现起降和巡航动作	 升力与巡航用的螺旋桨是独立的,分别实现垂直起降和巡航	 通过倾转不同螺旋桨或机翼方向实现飞行姿态控制与起降	 通过改变涵道推力方向,实现不同场景下的垂直起降于巡航
主要玩家(举例)	VOLOCOPTER AIRBUS CHANG	VOLOCOPTER VERTICAL AUTOFLIGHT CHANG	AIRBUS JOBY	PANTUO LILIUM
载重	★★★★★ 1-3位乘客	★★★★★ 2-5位乘客	★★★★★ 2-5位乘客	★★★★★ 4-7位乘客
最大时速	★★★★★ 80-150 km/h	★★★★★ 150-200 km/h	★★★★★ 180-250 km/h	★★★★★ 200-300 km/h
最大航程	★★★★★ 20-50 km	★★★★★ 150-250 km	★★★★★ 200-250 km	★★★★★ 175-300 km
主要应用场景	<ul style="list-style-type: none"> 空中出租车(市内点对点交通) 机场接驳(市郊至市中心往返交通) 低空旅游 短途紧急救援等 	<ul style="list-style-type: none"> 空中出租车 机场接驳 城际短途航班 物流运输等 	<ul style="list-style-type: none"> 空中出租车 机场接驳 城际短途航班 物流运输等 	<ul style="list-style-type: none"> 城际中长途航班 紧急救援 观光旅游等

数据来源:保时捷管理咨询分析,磐拓航空,案头研究

图2.1: eVTOL主要气动布局与总体构型

多旋翼构型 (Multicopter)

多旋翼型eVTOL适航认证难度相对较低,但有效载荷和航程都相对有限,主要满足低空旅游观光、市内空中出租、机场接驳等中短途交通运输场景需求为主。初创公司大多采用该构型作为第一代产品,在此基础上,逐步积累技术研发实力和供应链垂直整合能力。



+ 优势:

▶ 垂直起降能力

多旋翼构型具备垂直起降能力,能够在狭小的空间内起降,不受跑道限制

▶ 灵活性

多旋翼构型具有较高的操纵性和机动性,可以在城市中灵活飞行

▶ 稳定性

由于多旋翼具有多个旋翼,其自稳性相对较高,可以实现稳定的飞行

▶ 技术难度

机械结构相对简单,飞行器安全冗余度较好,技术实现难度较低

- 劣势:

▶ 能耗

多旋翼构型由于需要维持多个旋翼的运转,能耗相对较高,限制了航程和续航能力

▶ 速度限制

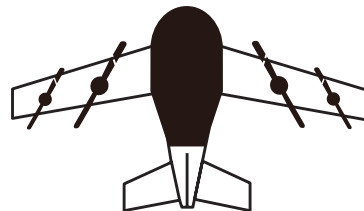
由于空气动力学特性的限制,多旋翼构型的速度相对较低,无法实现高速飞行

▶ 噪声控制与地面损伤控制

因开放性的螺旋桨设计,飞行器在空中飞行时给地面带来的噪音较大,一旦出现事故,对地面人员造成的伤害烈度较高,且尚无突破性解决方案

升力与巡航复合构型 (Lift & Cruise)

升力与巡航复合构型受到了传统航空制造企业的垂青,由于配置了专用的水平推进螺旋桨,有效地提升了巡航阶段的气动效率、航程和安全性。但该构型“死重”(对当前飞行没有帮助,但因种种因素又不得不携带的部件重量)较大,限制了有效载荷的进一步提升。



+ 优势:

▶ 长航程

该构型具有高速和长航程的能力,可以实现更远距离的出行和高速巡航

▶ 技术难度

飞行控制系统简单,产品研发技术门槛较低,研发速度更快,生产与维护成本和难度更低

- 劣势:

▶ 有效载荷

垂直升力系统在平飞巡航阶段是“死重”,且产生额外阻力,限制了整机有效载荷

▶ 飞行速度

推进系统动力低(死重限制的前提下)导致巡航构型的爬升率和速度较低

倾转旋翼/机翼构型 (Tiltrotor)

与前两种构型相比，倾转旋翼/机翼构型在垂直阶段和水平阶段共用一套螺旋桨，降低了“死重”，在航程、巡航速度和载重比方面优势明显，具有较好的有效载荷、最大起飞重量和运营经济性。但矢量推进的倾转机械结构对技术可靠性和飞行姿态控制带来了额外的挑战，预计适航认证难度也会有所增加。

+ 优势：

- ▶ 气动效率
倾转旋翼构型可以在垂直起降和水平飞行之间转换，具备较高的速度和航程
- ▶ 多功能性
倾转旋翼构型既可以在城市中进行垂直起降，又可以在长距离飞行时以高速巡航，适应不同的出行需求

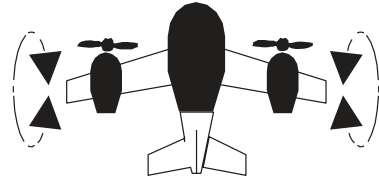
倾转涵道构型 (Tilt wing with ducted fan)

倾转涵道风扇构型与倾转旋翼/机翼构型类似，区别在于该构型将裸露在外的风扇结构装入涵道中，在动力可靠性、地面伤害烈度、噪声控制、气动效率等方面实现了更好的平衡。涵道风扇的设计使飞行器在悬停模式下的气动效率更高，同等工况条件下的耗电量更少，更适于中长途距离的运输场景。

+ 优势：

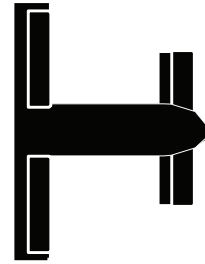
- ▶ 高速和长航程
该构型具有高速和长航程的能力，可以实现更远距离的出行和高速巡航
- ▶ 舒适性与安全性
相较于其他构型，该构型具有噪音低、私密性高、地面损失控制好的优点
- ▶ 气动效率
相较于螺旋桨驱动的结构，该构型气动效率更高，增程潜力更大
- ▶ 运行噪音低
涵道构型使得噪音传播具有指向性，通过在涵道内壁布置声衬降低噪音

据2022年8月美国垂直飞行协会 (VFS) 发布的最新统计，全球目前有超过700个eVTOL设计研发项目，其中约25%的eVTOL项目处于飞行测试阶段，50%左右的eVTOL项目处于概念设计阶段。从构型分布上看，升力与巡航复合型有124款，多旋翼型有195款，倾转旋翼和倾转涵道等矢量推进型共有235款，占比最高。从国别上看，美国拥有124款，占比最高，其次为英国 (24款)、中国 (21款)、德国 (19款) 及加拿大 (17款)。中国作为亚太地区的领头羊，在产品研发进度和产品构型丰富度等维度并不落后于欧美等发达国家和地区。



- 劣势：

- ▶ 技术复杂性与成本
倾转机械设计和飞控系统复杂，开发风险和试飞难度大，研制风险和成本较高，需较长的开发周期和适航认证过程
- ▶ 载荷限制
倾转旋翼构型通常对载荷和乘员数量有一定限制，无法满足大规模运输需求



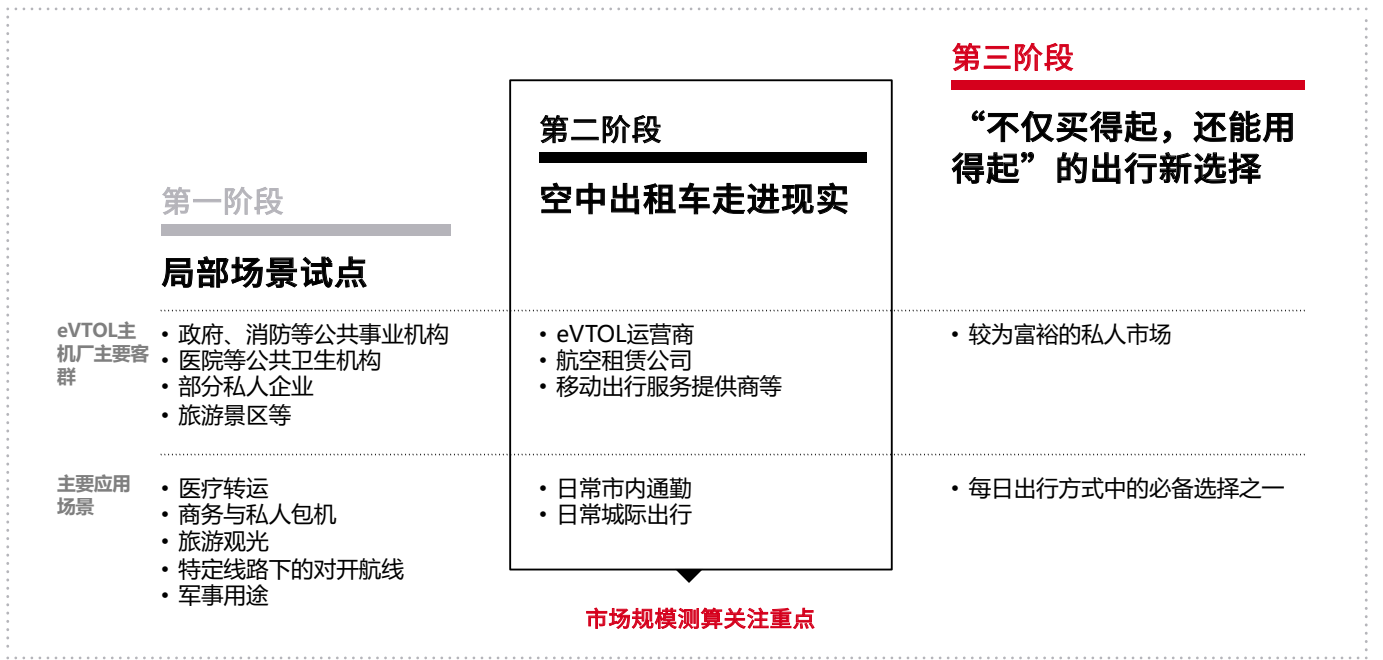
- 劣势：

- ▶ 技术难度
矢量推进的机械结构与飞行控制系统复杂度较高，产品开发与测试周期较长，投资较大

eVTOL城市交通客户群体特征与需求分析

载人eVTOL的应用场景和适配客群非常广泛,从政府、医院等公共部门到私人个体(图2.2)。同时,随着eVTOL产业的快速发展,类似汽车行业共享出行模式,专业化机队运营商将会在不久的将来出现,导致产品购买者与使用者的脱钩。鉴于数据完整性、时效性和可获得性的限制,本

文对中国eVTOL客群规模和市场容量的计算主要基于现有私人市场日常高端出行需求规模,通过分析eVTOL对现有交通出行方式需求的替代和渗透,大致测算未来中国eVTOL可能的市场规模。



数据来源: 案头研究

图2.2: eVTOL主要客群与应用场景

考虑到eVTOL出行服务因其高昂的产品购买和运营成本,我们预计在商业化运营初期,在同等条件下,eVTOL出行服务的价格会在直升飞机和豪华汽车的价格之间,作为替换直升飞机和豪华汽车的第三种选择。因此,高人均GDP地区的高收入人群是eVTOL商业化运营初期的主要潜在客户。此类人群具有较低的价格敏感度,对出行舒适性、时间效率、私密性、安全性要求较高,短途出行主要选择私家车或共享出行中的豪华车档位,城际出行主要选择搭乘高铁商务舱或直升飞机。

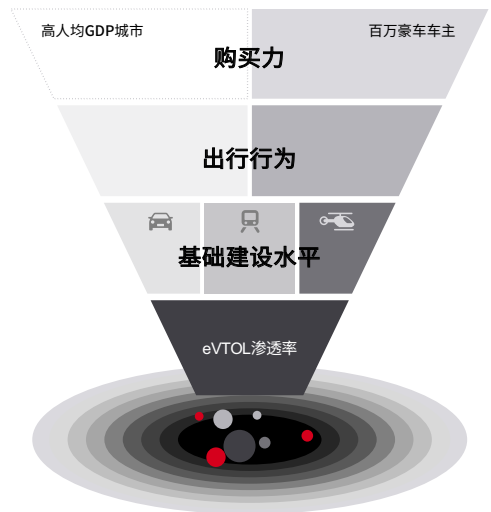
而这类客群的出行又可分为偶发性需求和持续性需求。

偶发性需求主要来自紧急医疗、抢险救援、旅游观光等方面。在紧急情况下,eVTOL可以快速运送医疗人员或救援队伍到达目的地,提供紧急医疗服务或救援支援。对于分布广泛的旅游景点,空中出租车可以为游客提供便捷的交通方式,节省旅行时间,并提供独特的观光体验。因这类需求触发场景较为随机,整体可预测性较低。

持续性需求主要来自日常通勤和差旅,该类需求可预测性更高。通过搭乘eVTOL,该细分市场客群可以有效减少高峰期拥堵所浪费的通勤时间,提高通勤效率。本文针对市场规模需求的测算主要基于持续性出行需求。

中国eVTOL市场规模预测分析

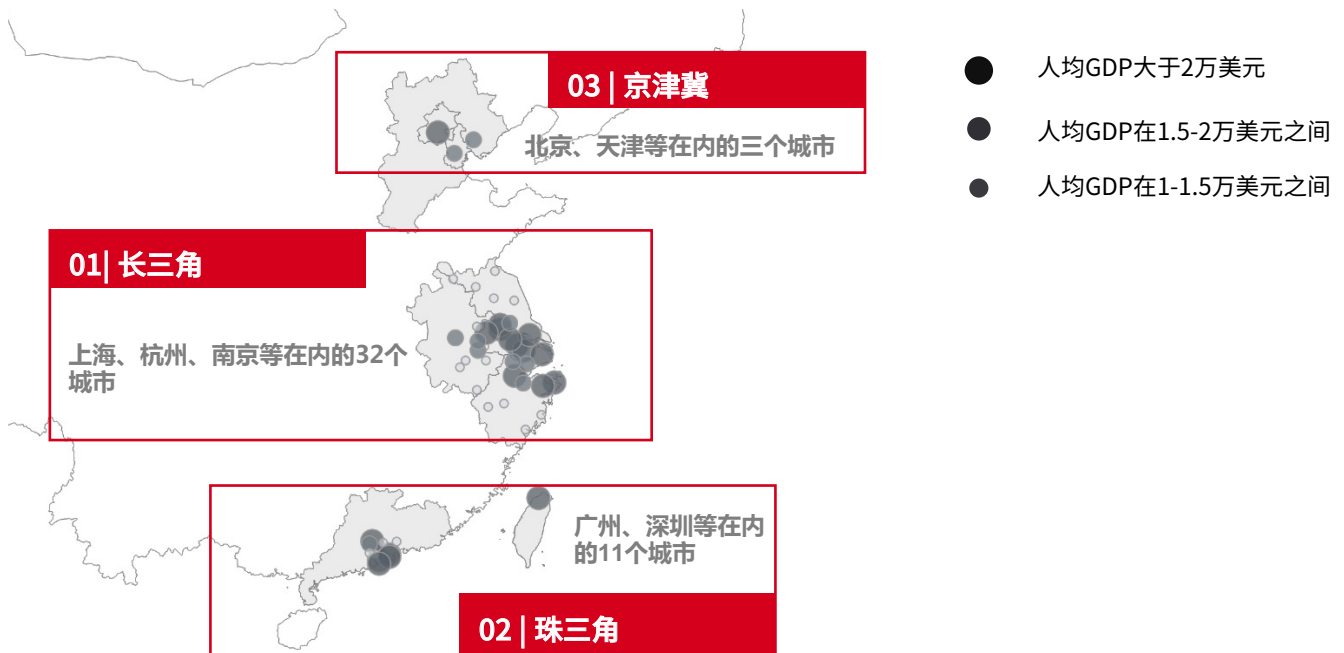
中国eVTOL市场规模的测算主要通过一套自上而下的漏斗模型(图2.3)得出,主要考虑了目标客群购买力、日常出行行为、当地基础设施水平、对传统出行方式的渗透率四大维度。



//01 评估匹配eVTOL的高净值人群数量

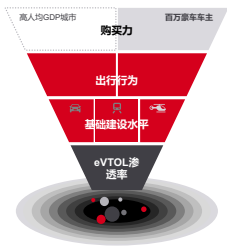
通过筛选中国人均GDP在1万美元以上的城市,初步确定高收入人群区域。计算这些城市所含人口占中国总人口的比例(图2.4)。

其次,以新车售价在一百万以上的豪华车占中国新车总销量比例为近似值,作为估算在这些城市中可能搭乘eVTOL出行的客户比例,得出匹配eVTOL的高净值人数绝对值。



数据来源:百度人口迁移数据库、国家统计局、Marklines

图2.4: 中国人均GDP在1万美元以上的城市分布, 2022年



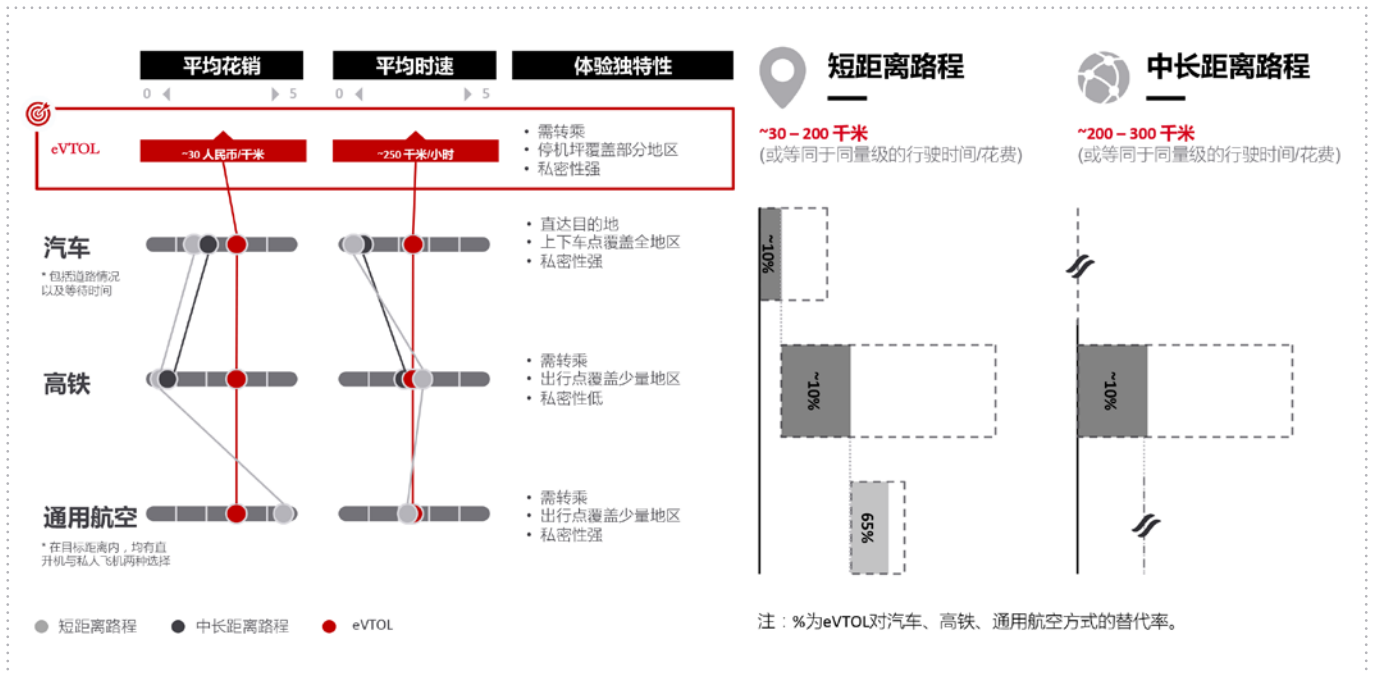
//02 评估匹配eVTOL的高净值人群数量根据目标人群出行行为与当地基础设施建设水平估算eVTOL对传统出行方式的替代率

通过将目标人群日常出行需求进行量化，结合eVTOL相较于传统出行方式的优劣势，估算eVTOL对传统出行需求的替代比例。其中，传统出行需求可进一步拆分为汽车、高铁和通用航空三大板块。

传统汽车出行需求主要通过私家车和网约豪华车两种方式得以满足，其中私家车出行需求量的测算主要由高收入人群数量、该人群出行频率、平均行驶距离等指标来计算得出；网约豪华车需求量则由中心城市订单量、豪华车订单比例、目标路程范围内订单比例、平均行驶里程等指标的乘积进行测算。高铁商务舱的客户作为eVTOL主要目标人群，我们使用京津冀、珠三角、长三角三大经济区的

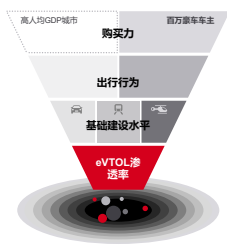
高铁商务舱订单量以及平均行驶距离测算潜在市场需求容量。通用航空市场需求主要来自华东、华北以及中南三大区域：短途运输定期载客飞行、短途运输包机及公务机载客飞行、空中游览以及医疗救护。通过将各地区各通航类型历史飞行小时数与直升机平均飞行速度相乘得出通航板块的年出行需求总量。

完成三大类传统出行方式市场需求容量汇总后，基于各出行方式平均花销、行驶速度、体验独特性等三大维度进一步评估eVTOL对这三大方式的替代比例。其中独特性主要通过出行连续性（是否需要转换其他交通方式）、基础设施配套成熟度（如机场/停机坪网络分布密度）以及私密性（是否需要与多乘客共享空间）等维度综合得出（图2.5）。



数据来源：携程、滴滴豪华车、12306.cn、中国通用航空发展报告、磐拓航空、专家访谈

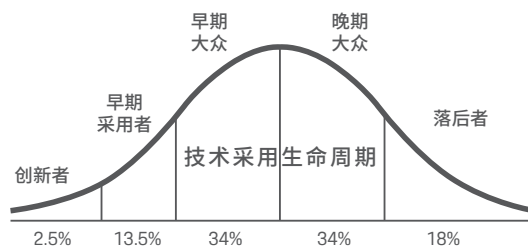
图2.5: eVTOL对传统出行方式的替代比例分析



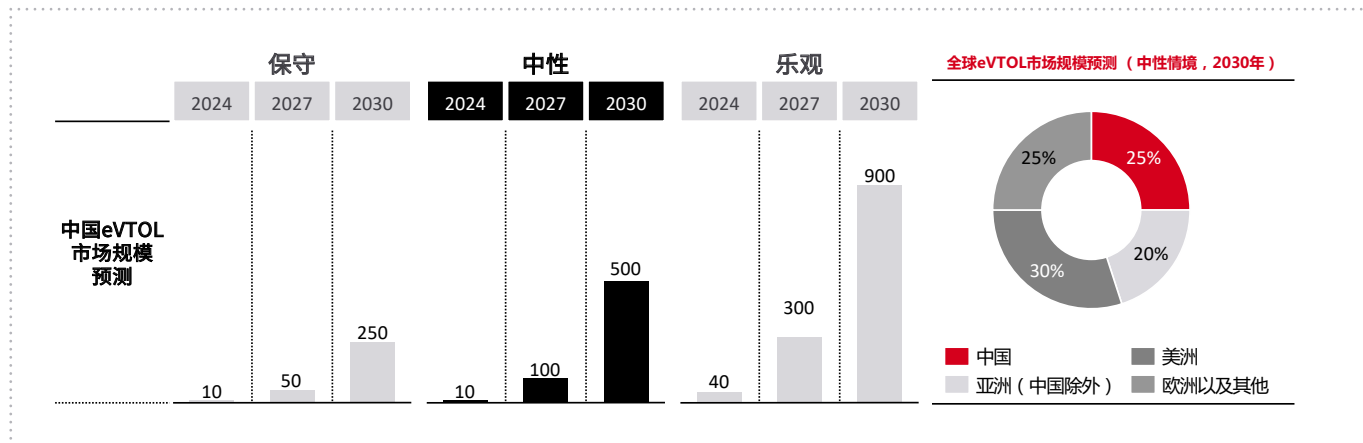
//03 基于新产品市场整体增速和渗透率得出最终结果

得出可替代的总出行需求后，我们便可基于目前eVTOL的产品性能参数估算单台eVTOL的供给水平。单台eVTOL供给水平主要由设备运行时长、每日起降次数、平均续航里程、

设备平均年限等因素测算得出。总需求除以单台eVTOL供给水平后，我们可以得到当年所需的总飞行器架数，即eVTOL市场装机规模。最后通过应用新产品上市市场渗透率的“技术采用生命周期曲线”模拟中国市场对eVTOL



产品的接受速度，从而最终计算出中国eVTOL市场规模总量。基于假设的激进程度不同，最终预测结果可分为乐观、中性和保守三种情境(图2.6)。



数据来源:保时捷管理咨询分析

图2.6: 中国与全球eVTOL市场规模预测

鉴于本报告对eVTOL中国市场容量的估算仅包含持续性需求所带来的市场规模，未包含政府等公共部门的使用场景需求和私人市场观光旅游、个人购买等偶发性需求，因此，实际市场容量将大于上述结果。

eVTOL客户旅程浅析

通过对现有通航模式下客户旅程的分析，结合共享汽车、民航客机等行业在内的客户触点体系，我们可以初步勾勒出eVTOL行业在不远的未来可能给消费者提供的端到端客户旅程与体验(图2.7)。具体而言，这一客户旅程将具备下列主要特点：

//线上线下全渠道贯通

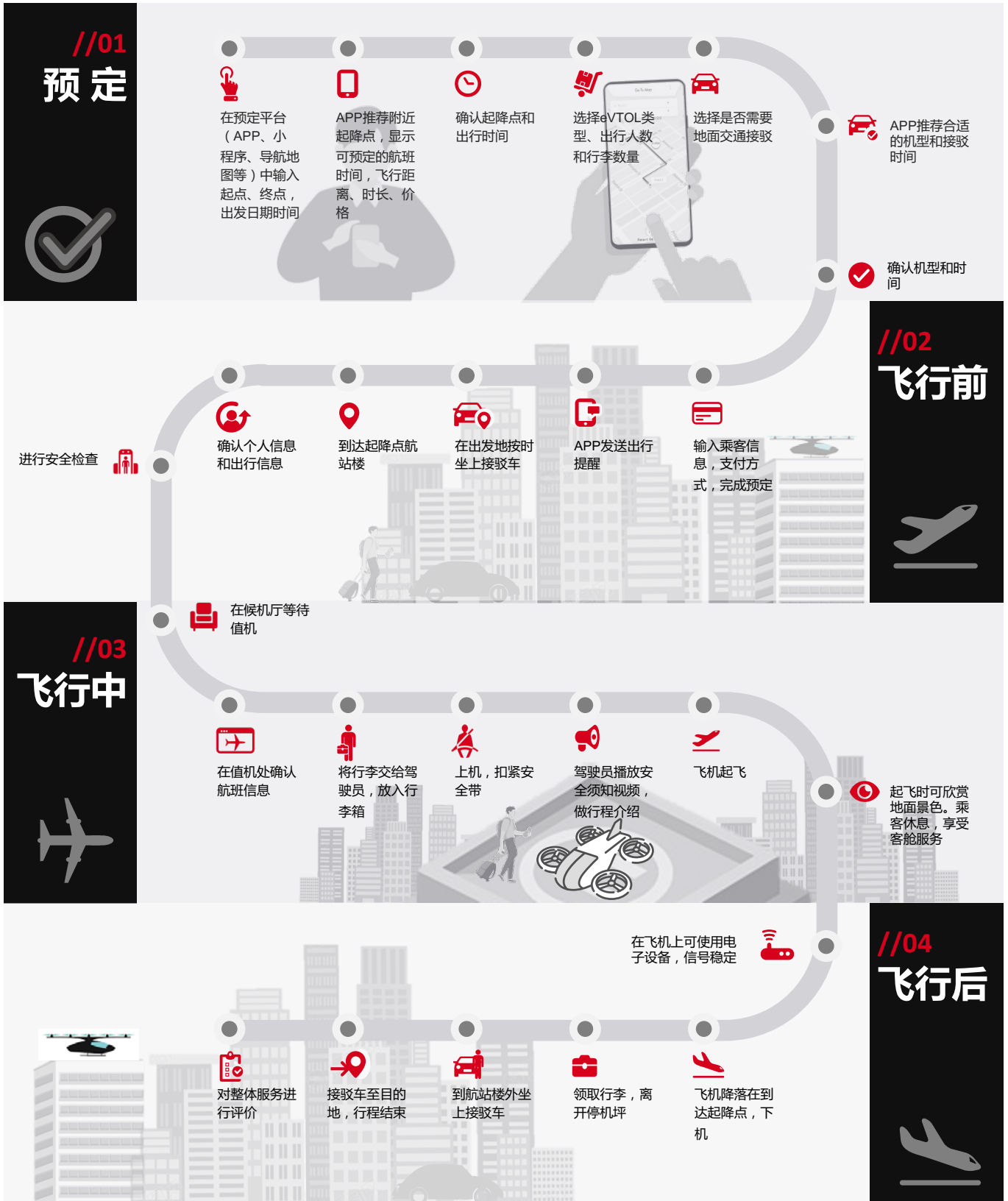
无论是出行方式选择、购票值机，还是行李托运等环节，围绕客户、飞行器状态、起降场周围路况、航路天气等在内的360°信息将实现全渠道贯通和线上线下世界的无缝连接，从而为消费者、机队运营商、起降场等在内的各个相关方提供立体化、实时化、体系化的交互体验。

//多出行方式无缝衔接

区别于任何一种传统出行方式，无缝衔接的“空地联运”将是eVTOL带给客户最直接的差异化体验点。客户无需分开预定空中与地面交通出行方式，系统将自动动态匹配附近运力资源，完成端到端的无忧出行全链路体验。

//私密尊享与舒适便捷的完美融合

得益于5G、物联网等先进通讯技术的应用，eVTOL将地面顺畅的数据传输服务带到湛蓝天空，消费者再也无需承受在空中与地面失去联系痛苦，在享受空中美景的同时，仍可享受不间断的空中办公与社交体验。

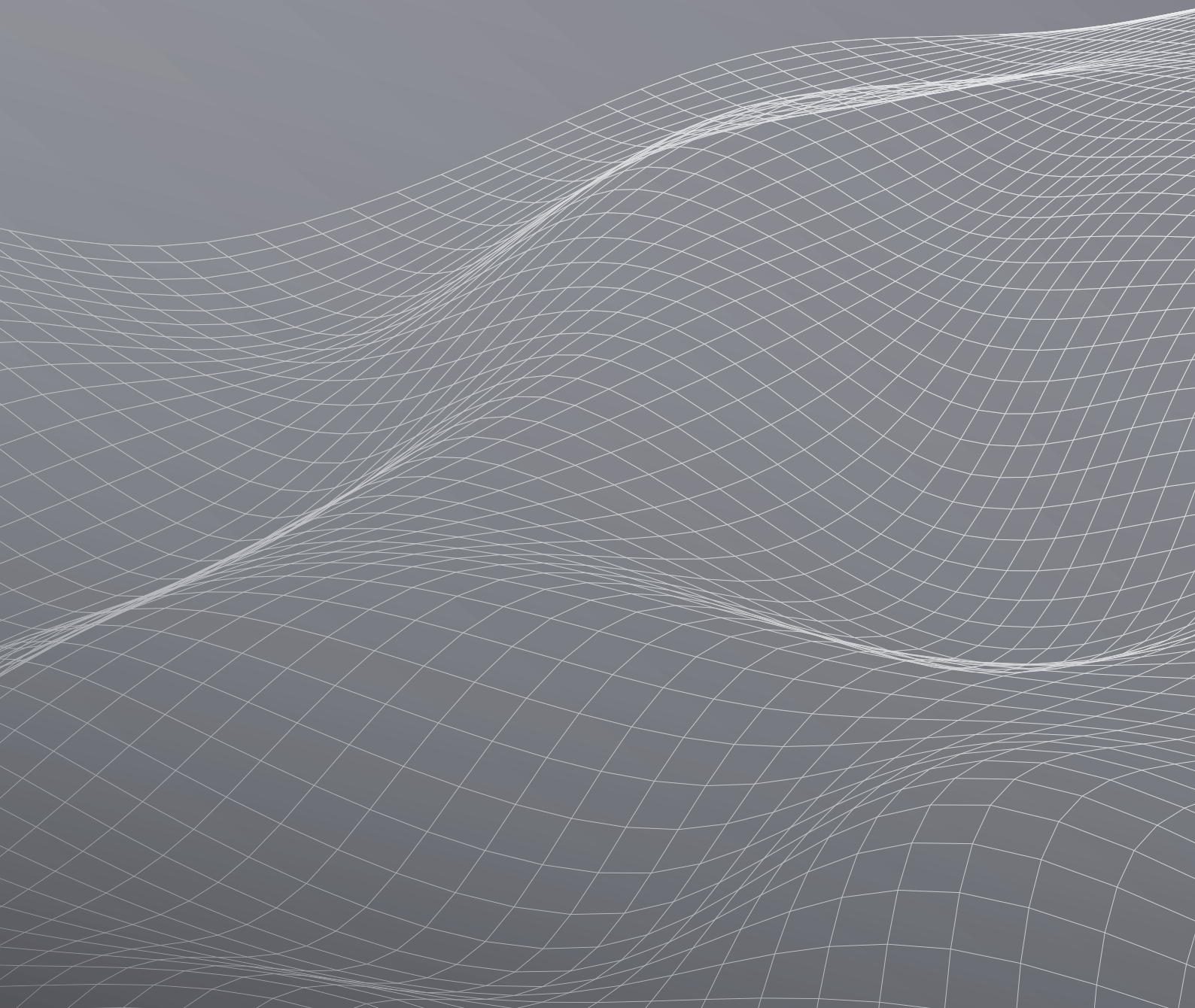


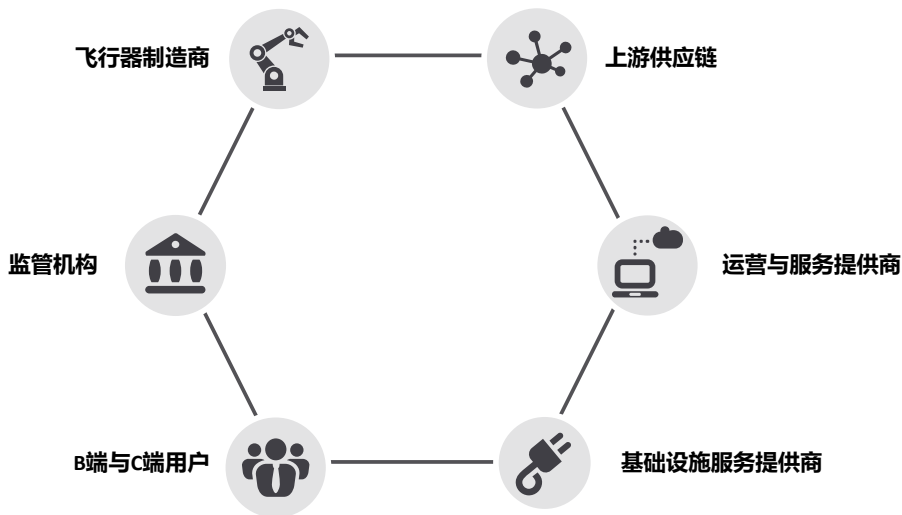
数据来源: 保时捷管理咨询分析

图2.7: eVTOL客户旅程示意

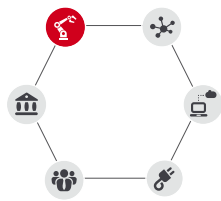
垂直出行市场

生态系统





垂直出行产业生态体系涉及多个环节和参与者,包括飞行器制造商、零部件供应商与系统集成商、基础设施建设商、服务提供商、监管认证机构等。随着垂直出行市场逐步商业化成熟,将会有越来越多的域外玩家跨界参与到这一前沿交通出行模式中,构建起愈加完善丰富的生态体系。



飞行器制造商

eVTOL主机厂作为电动垂直起降产业初期最重要的行业参与者,将深度参与从产品研发到量产上市的端到端价值链活动。从全球范围内看,当前eVTOL的开发状态总体仍处于从概念设计迈向商业化应用的早期阶段。

具体而言,eVTOL制造商开发并生产一款具体的产品通常需要经历可行性验证、概念与技术发展、产品发展和运营服务四个主要阶段。每个阶段内,主要工作内容又围绕市场拓展、适航取证、工程开发等三条主线展开(图3.1)。

//可行性验证阶段

在这个阶段的市场拓展条线中,产品开发与市场拓展团队会围绕产品在未来的主要商业应用场景、客群结构、关注要素等方面进行需求调研,并在此阶段结束时明确产品所需满足的关键特性定义要求和顶层需求总结,对市场前景和商业可行性开展初步评估。在工程开发条线中,

工程团队会针对产品各类所需技术开展前沿研究和技術储备,探索比较不同产品路径和关键技术对产品综合特性的影响,开展初期的技术仿真模拟。

//概念与技术发展阶段

在这个阶段的工程开发条线中,工程团队基于前期市场调研和需求总结成果,对市场需求进行需求确认与分解、概念设计细化、分子系统设计、仿真与测试等工作,建造缩比技术验证机并开展试飞工作,在此过程中不断完善技术方案,并在此阶段接近结束时完成全尺寸样机的制作和测试工作。在市场拓展条线中,随着产品设计的逐步成熟,市场拓展团队开始与各类eVTOL运营商等买方开展产品推荐和商业洽谈,就制造商未来投资、产品规划等开展前期交流,测试并收集市场反馈,并在此阶段结束前获取预售订单。在适航确证条线中,制造商就技术路线概念

与局方开展初步沟通,收集局方反馈并与工程开发团队进行内部沟通和产品方案调整。

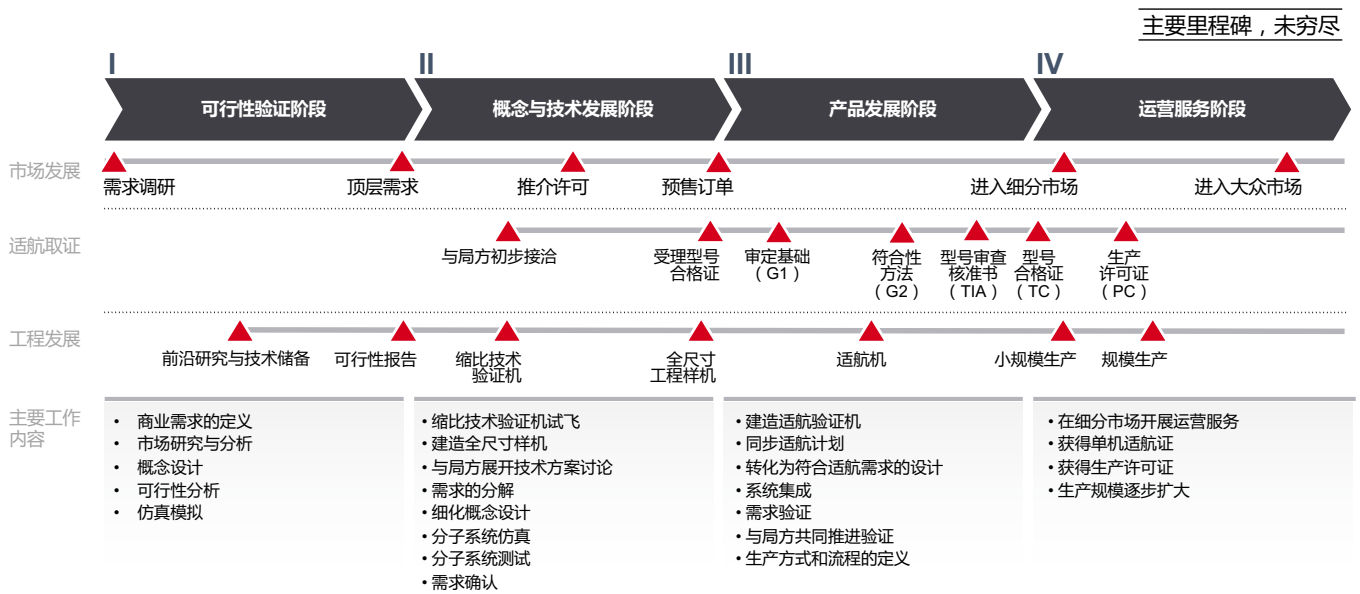
//产品发展阶段

在这个阶段的适航取证条线中,制造商需将航空器及其机体结构、机载设备等所有相关图纸、技术规范、材料、工艺和适航性限制等技术资料提交局方进行型号合格证申请。之后,制造商需与局方明确型号合格证的审定基础,包括适用的适航规章、环境保护要求、豁免、专用条件和等效安全结论。在明确审定基础之后,工程开发团队将开始制作首架适航验证机,并在此过程中开展各项测试与需求验证工作。在此过程中,开发团队会与局方共同推进飞行器性能、飞行特性、安全性能等目标的达成。同时,生

产团队会逐步介入,与开发团队就飞行器生产工艺、流程、质量标准等展开合作,为产品小批量试制奠定基础。产品发展阶段以制造商获得型号合格证为标志,意味着飞行器设计符合适航标准和环保要求,是航空器投入商业化运作前最重要的里程碑之一。除飞行器OEM外,相关设备/系统供应商也需获得适航证后才有装机资格。

//运营服务阶段

在此阶段,制造商还需进一步获得单机适航证和生产许可证,建立一整套完善的生产流程与质量管理体系,才能开始批量生产并交付飞行器。三证的获得意味着飞行器制造商可以正式进入民用航空市场,在各细分市场开展销售、运营等商业化运作。



数据来源:磐拓航空,保时捷管理咨询分析

图3.1: eVTOL项目发展路径

eVTOL行业长周期、高耗资的特点、适用场景特殊性和技术开发复杂度对eVTOL主机厂的技术研发实力、供应链整合、融资能力、合作伙伴协同等方面都提出了较高要求。不同的项目和公司可能在各个阶段的定义和时间安排上会有所不同,具体的项目研发和量产阶段会根据项目的规模、复杂性和资源状况而有所差异。此外,监管认证和市场需求也会对项目进展和阶段划分产生影响。

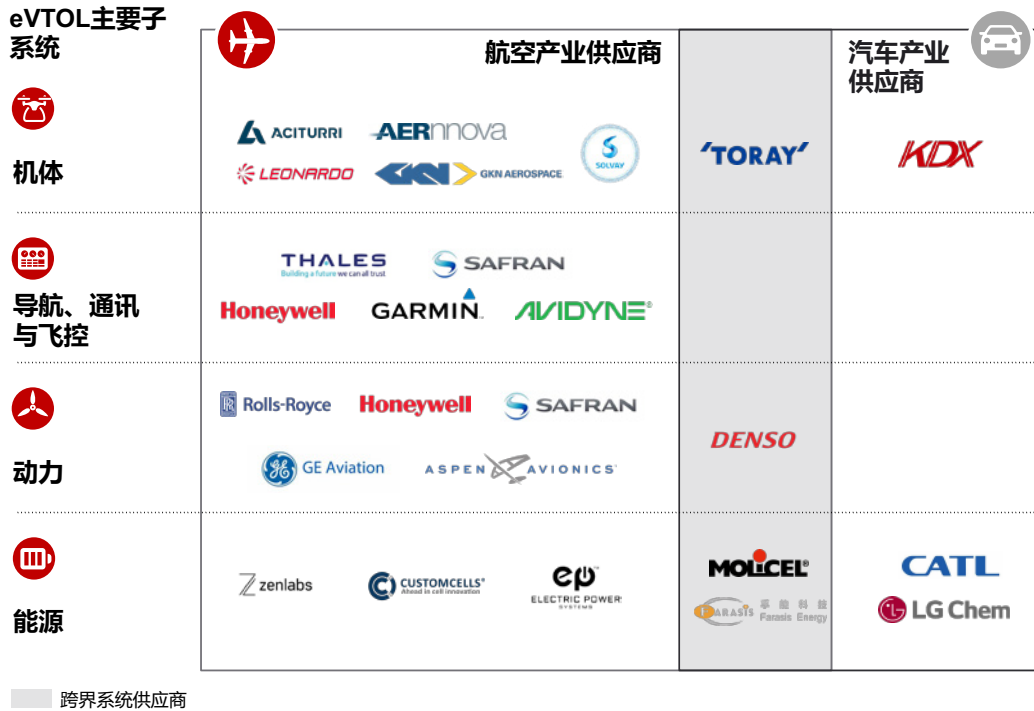
上游供应链



作为飞行器制造商的上游产业链，零部件供应商为飞行器制造商提供各种关键零部件和组件。典型的eVTOL产品含有上百套设备，十多个子系统，设备间的机械、电气、通讯接口繁杂，对下游主机厂系统集成和整机研发提出了很高要求。eVTOL飞行器主要由机体子系统、导航通讯与飞控子系统、动力子系统和能源子系统构成。

从目前eVTOL供应链发展趋势判断，导航、通讯与飞控子

系统作为eVTOL的“大脑”和“眼睛”，因其技术壁垒和适航认证门槛较高，在未来相当长时间内仍需依赖传统航空航天供应商提供软硬件解决方案。eVTOL的飞行控制较直升机、飞机等传统飞行器而言，需特别解决基于多旋翼垂直起降、基于常规固定翼水平飞行以及垂直-水平两种飞行状态的平稳切换等技术难题，目前国内外主机厂通常只掌握其中一两项技术，仍是目前主机厂产品研发的短板。

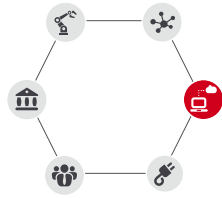


数据来源：案头研究，保时捷管理咨询分析

图3.2: eVTOL主要子系统与供应商

近些年国产新能源汽车的崛起带动了一大批上游动力电池企业的发展，并在能量密度、功率密度、可靠性和安全性等方面逐步引领全球。随着电池能量与功率密度的不断提升以及循环次数的不断提高，eVTOL在载荷、航程、运营经济性等维度的表现将不断优化。目前我们看到以孚能科技、Molicel等为代表的汽车动力电池企业已成功切入eVTOL产业链，这对整个新能源汽车产业链寻找第二增长曲线将带来深远影响。

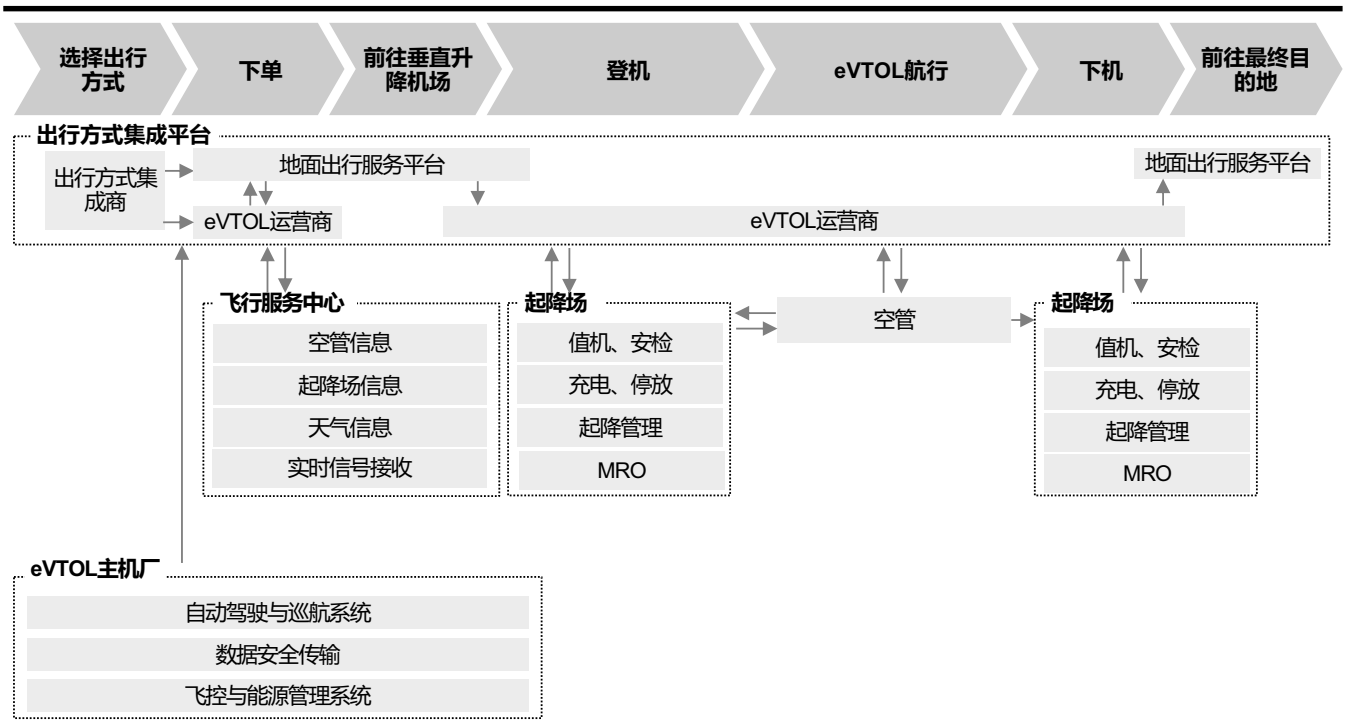
不可否认的是，无论产品构型如何变化，eVTOL仍然深深扎根于航空业的土壤之中，研发、制造、试飞与量产等价值链全流程体现出经典的“制造商-供应商”模式，这一局面与汽车行业和消费电子行业类似，无论下游主机厂或组装厂如何变化产品外观，内部关键系统与零部件仍然是屈指可数的头部供应商大厂。鉴于老牌航空业供应商在产品研发、制造等领域的优势地位，留给新兴eVTOL玩家在产业链上游环节成为“后起之秀”的窗口期其实并不长。



运营与服务提供商

电动垂直起降飞行器作为高度复杂、技术密集型产品，属于城市低空和智慧出行的第三类交通工具，需要满足运营场景高度电动化、自动化和经济性的需求。同时，eVTOL的商业化运营对飞行器巡航速度、续航里程、座位数/有效载荷、飞行器内乘客和地面建筑与人群的安全性等都提出了极高要求。在实际运行过程中，要面对空域管理规划、地面基础设施、法律法规、噪声与社会公众影响等一系列挑战，需要整个生态体系内各类服务提供商的密切配合与信息的无缝衔接。

未来eVTOL出行生态中，各类服务运营与提供商将是整个价值链中非常重要的一环。我们预计未来的服务提供商和商业模式将会是现有共享出行服务与航空出行服务的结合体，C端以出行方式集成商、地面出行服务平台、空中服务平台等为基础，沿客户旅程依次展开，为客户提供立体出行方式推荐、最优路径规划等服务，而B端则以各类信息整合与规划提供商、基础设施运营商、飞行训练提供商、维修保养服务提供商、eVTOL主机厂等主体之间相互配合，负责飞行器运营管理、空中线路规划与导航、充换电与维修保养、安全监管与乘客服务等职责，形成端到端无缝连接的完整空中出行体验(图3.3)。



数据来源: 保时捷管理咨询分析

图3.3: 沿客户旅程展开的关键服务供应商

类似现在的汽车出行或飞机出行生态,在未来,因价值链所处位置和拥有的核心资源不同,eVTOL运营商可能来自飞行器主机厂、第三方运营商,亦或像滴滴一样的平台型运营商。我们预计,在行业发展早期,将可能出现下列三种类型的eVTOL运营商。

//01 制造商自营运营商

制造商自营运营商:即飞行器制造商选择自己进行飞行器的设计、制造、运营工作,覆盖端到端的价值链。这些制造商在垂直出行市场扮演着综合角色,负责整个供应链的管理,从飞行器制造到运营和维护。

//02 第三方运营商

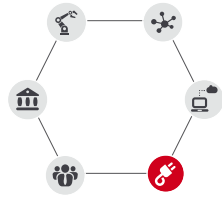
类似民航产业中航空公司的角色,这些运营商从eVTOL主机厂中购入飞行器,并专注于提供垂直出行服务,组织运营日常航班服务,对飞行器进行定期检修保养,对飞行员进行招募和培训等。与此同时,第三方运营商还可以负责乘客接送、飞行计划、安全管理以及客户服务等环节。

//03 平台运营商

类似于汽车行业中的共享出行平台,在垂直出行领域也有平台运营商的存在。这些平台运营商通过搭建完整的多模式出行方式平台,对接企业与个体eVTOL所有者,将汽车出行与eVTOL出行相结合,覆盖点到点的客户出行全旅程。在此过程中,平台运营商为飞行器拥有者提供线索导流、预订管理、营销推广和支付结算等服务,同时为乘客提供便捷的预订和乘坐体验保障。

在未来垂直出行生态系统中,除eVTOL运营商外,还将出现众多专业化的服务提供商。如拥有空域管理与航路数据的空管数据提供商和空中导航服务提供商,负责飞行器维修保养的MRO服务提供商等。考虑到未来数量庞大的eVTOL规模化、常态化运行对信息及时通讯、定位导航、数据处理等方面带来的压力,相应的通讯系统服务提供商和数据服务提供商需着重在空域分配、航线管理、容量管理、流量管理、飞行监视、气象预报、飞行情报等方面建立数字化、网格化和无人化的系统性能力,以保证eVTOL在城市低空空域下开展端到端客户旅程全覆盖、实现集群化和多任务的安全高效稳定运行。

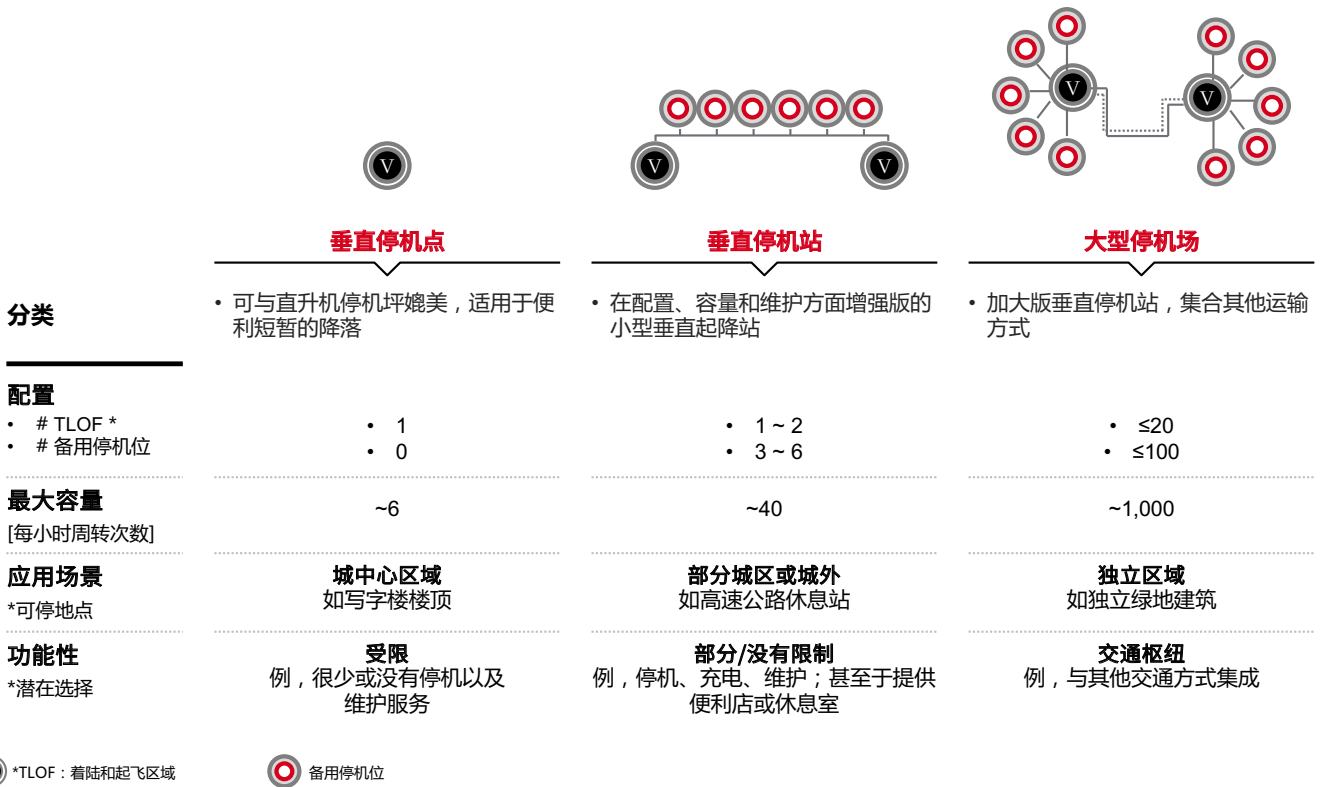
基础设施服务提供商



地面基础设施提供商是整个eVTOL生态体系中重要的组成部分。作为城市空中运输网络的关键节点，垂直起降场一般包含起飞降落区、停车场与航站楼、机场信标台、通讯导航、充电与维保等设施，为eVTOL运行提供起降场地、充电与维修、空地交通接驳等功能。这些场地可以位于市区的顶楼、停车场、码头、机场等地点，提供便捷的起降点和乘客接送服务。

根据土地面积大小、所处地段、匹配功能等因素的差异，垂直起降场地主要可分为三种：垂直停机点、垂直停机

站、大型停机场。三种停机场地类型对应了不同的应用场景，可承载的起降飞行器与乘客数量也不同。其中垂直停机点因占地面积较小，基本坐落在城市中心的写字楼楼顶，适用于短暂的停靠，类似现在的直升机停机坪，载客能力最低；垂直停机站则基本分布在城区较大的场地或城市近郊，按需配置充电、维修、通讯导航等功能设施，载客能力中等；大型停机场普遍位于城市郊外，拥有独立划分的区域和最完整的硬件设施，是区域垂直起降飞行器的交通枢纽，可集成其他地面交通方式，乘客吞吐能力最强（图3.4）。



*TLOF：着陆和起飞区域

备用停机位

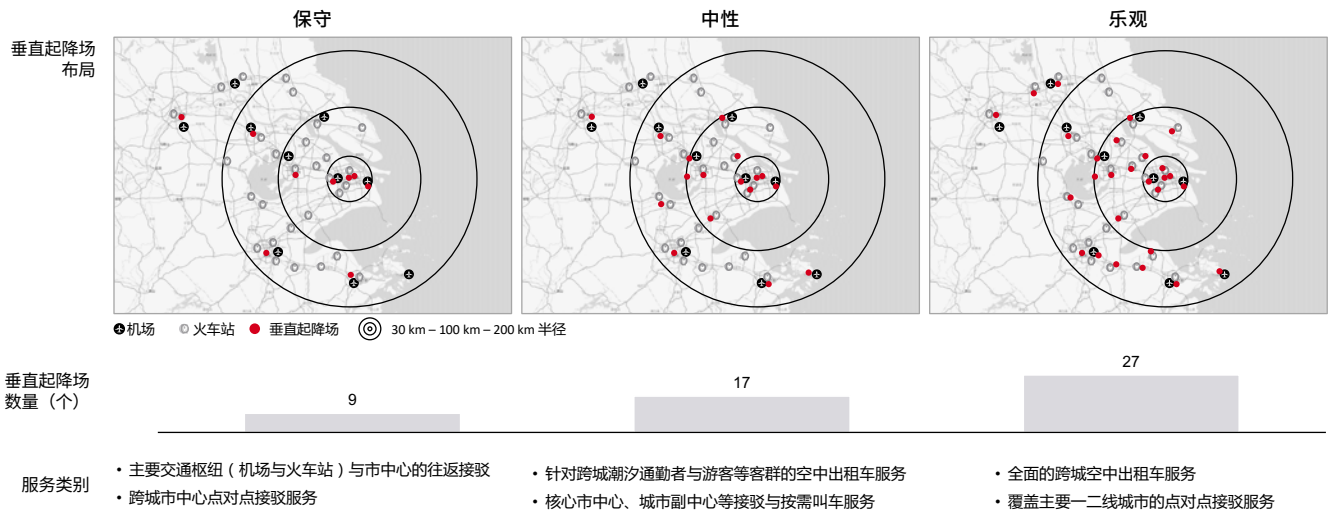
数据来源：保时捷管理咨询分析

图3.4：eVTOL垂直起降场分类

与此同时，起降场等地面基础设施的普及和航路网点通达度的提升也将反向促进eVTOL市场容量的增长和商业服务模式的多元化。我们预计，首批垂直起降场的选址将优先布局于城市商业中心、大型商圈、机场与高铁站枢纽等人流量大的区域，并逐步向城市副中心、中小城市中心等外围不断发展，最终形成一整套空地联运的立体化交通网。随着基础设施的不断完善，eVTOL商业运营

模式也将从最开始的固定时间固定起止点的往返接驳服务，逐步向不定点、不定时的空中出租车服务方向发展（图3.5）。当然，对于类似长三角、珠三角等经济发达、机场密布的区域来说，城市低空空域的放开将是一个循序渐进的过程，未来的空域管理复杂度将快速提升，航路资源也会随着eVTOL产业的崛起而变得愈加紧张。

以长三角为例

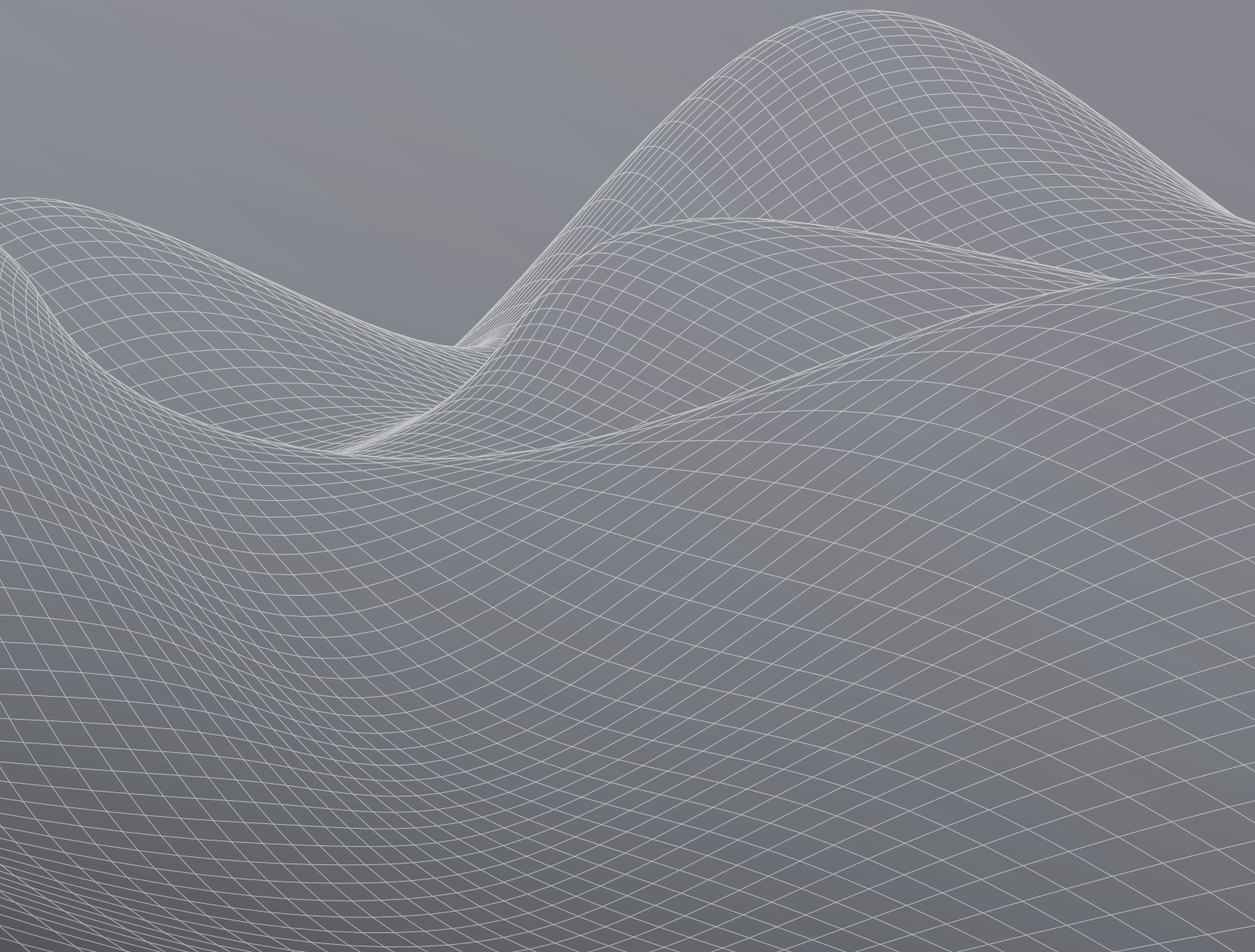


数据来源: 保时捷管理咨询分析

图3.5: eVTOL未来垂直起降场布局示意

展望：对中国

eVTOL企业的建议



作为新一代航空革命性飞行器，eVTOL自诞生之日起，便融入大量创新概念、设计、技术和材料，并在全球范围内引起了研发浪潮，成为面向未来的航空科技新赛道。然而，eVTOL在成功商业化运营之前，仍需突破多项技术壁垒。同时，来自汽车、航空航天等行业玩家的不断进入，也加剧了行业的竞争态势。从整体社会环境看，相关适航认证法规与社会接受度仍然是eVTOL走向成功所必须跨过的门槛。

eVTOL主机厂：产品为王、长期主义

纵观全球eVTOL产品开发主要技术路线，不难发现头部eVTOL主机厂在分布式电驱架构、智能驾驶飞行技术、安全冗余技术、轻量化技术等方面均走在前列，但仍需要重点攻克态势感知与避障技术、低空智能驾驶技术、高能量密度的新能源电池技术等技术难点。

//态势感知与空中避障技术

由于eVTOL主要在城市等人口密集地区上空运行，复杂的地理地貌、众多且高耸的建筑物、局部多变复杂的气象条件、飞鸟等不可预测因素都会对eVTOL飞行器的飞行安全造成威胁。现有eVTOL制造商一般通过加装ADS-B、TCAS等空中防撞设备解决自身安全间隔保持能力、规避周围障碍物能力。然而，通过快速监控监测潜在障碍物、及时提前改变航向避障等主动避障技术尚不成熟。

//低空路径规划技术

随着300米以下低空空域在政策层面逐步放开的预期逐渐加强，结合城市与城际低空运行环境的特点，eVTOL必须在产品层面解决低空航路规划的技术难题，以满足大机队规模、常态化起降的城市空运场景需求。eVTOL主机厂需要与相关服务提供商一道，围绕四维航迹、高精地图、实时空中与地面流量监控、城区风险区域划分等技术难点开展攻关，创造多层叠加的空中高速公路网络，既保留足够的安全冗余，又可以在飞行过程中动态调整飞行路线，在保证及时规避航路风险的同时，满足乘客对舒适性、安全性和运输时效性的要求。

//高能量与高功率密度新能源电池技术

与新能源汽车在发展初期所面临的挑战类似，eVTOL由于采取动力电池作为能量来源，在电池性能没有实现重大突破的前提下，将是制约eVTOL产业发展的关键因素。同时，电池在产品全生命周期内的能量衰减速度、补能速度、能量密度和功率密度将直接影响eVTOL整机的产品生命周期、运营经济性与安全性、旅程舒适性等关键要素。目前，从技术路线上看，锂电池技术相对氢燃料电池技术而言更加成熟稳定，能量密度和功率密度也更高，因此绝大多数eVTOL主机厂都将锂电池作为产品能源系统的解决方案。由于eVTOL在起飞和降落阶段耗能最高，我们预计，功率密度在350-400 Wh/kg的区间将是电池能量驱动方式超过内燃机驱动方式的分水岭。而当电池功率密度提高到500Wh/kg以上时，分布式电驱动（DEP）系统将体现出比内燃机系统更好的运营经济性、续航和载荷表现。

除了不断提升产品竞争力和自身研发实力，eVTOL主机厂同时需要不断拓展外部合伙生态系统，积极寻找资金来源，坚定地将企业战略付诸实施。基于目前的测算，eVTOL主机厂的平均投资回报周期将在10年左右，平均研发与制造投入在10亿美金左右。因此，随着行业竞争的不断加剧，只有长期主义者才有机会取得成功。

汽车跨界供应链：选好赛道、做好内功

根据预测，中国垂直起降出行市场在2030年左右将达到千亿级的市场规模。面对日益饱和的中国乘用车市场，eVTOL产业将逐渐成为汽车主机厂与供应商寻找第二增长曲线的高潜力选项之一。然而，来自汽车等跨界行业的玩家仍有诸多亟待解决的现实问题，主要包括以下四个方面：

//严格的航空认证标准与质量管控体系

航空行业有着严格的认证标准和监管要求，围绕航空器设计和生产的整个价值链展开，如航空器结构、材料、系统、制造过程和质量控制等。与汽车行业相比，航空行业的认证要求更加严苛，以AS 9100为代表的质量管理体系重点在于产品安全与可靠性验证和失效模式分析，而以IATF 16949为代表的汽车质量管理体系则更强调研发与量产过程中的过程稳定性、可追溯性和一致性。

//高可靠性和安全性要求

航空行业对飞行器的可靠性和安全性要求非常高。航空器需要在各种极端环境和运行条件下保持稳定和安全。为达到产品安全性与可靠性的要求，产品研发过程中需要比汽车行业开展更多独特的试验验证测试，包括动力系统台架试验、飞机静力试验、飞发耐久试验、半物理实物仿真试验等大量地面试验，并经过气动性能、倾转性能、操纵测试、组件测试等测试过程。相比之下，汽车行业的可靠性和安全性要求相对较低。因此，汽车供应商需要

进行技术上的转型和相关能力储备，以满足航空行业的高要求。

//航空领域的专业知识和技术

航空行业有其独特的工程知识和技术要求，包括飞行器的空气动力学、航电系统、飞行控制系统等。相比之下，汽车行业的技术和知识与航空行业有所不同。因此，汽车供应商需要进行相关领域的技术转移和知识储备，以适应航空行业的要求。

//厂商认可和市场信任

航空行业上下游企业高度嵌套，从共同研发到量产上市，下游主机厂对上游供应商的资质认证和市场信任对于潜在汽车供应商进入航空市场至关重要。航空行业中的厂商和运营商更加注重合作伙伴的信誉和历史记录，需要对供应商的技术能力、质量控制和交付能力进行严格的评估。对于汽车供应商来说，建立起航空行业的信任和认可需要时间的不断积累与验证。

相较于eVTOL主机厂而言，汽车主机厂与上游供应链在研发与制造端的成本把控、风险管理、协同开发、供应链整合等方面具备天然优势，在资源有限的前提下，可以更好地平衡产品性能、质量、成本与交付之间的关系，而这也是eVTOL主机厂最重要的核心技术和竞争壁垒。

社会认知与公众接受度

作为一种全新的纯电推进飞行器，大众认知和社会接受度是eVTOL成功商业化运行中前提中的前提。由于eVTOL充满科技感的外形和全新的交通出行方式，让公众接受并愿意搭乘空中出租车绝非易事。具体而言，影响电动垂直出行市场接受度的关键因素主要来自下列四大方面：

//技术信任和安全保障

电动垂直起降飞行器的安全性和可靠性是影响乘客接受度最重要的因素之一。类似新能源汽车在诞生初期人们对电池续航所带来的里程焦虑一样，乘客面对飞行器在空中的技术稳定性和能源连续性将深刻影响这个行业的发展与未来。

//出行效率和便利性

垂直出行可以避免地面交通拥堵，提供高速、直达的出行方式。对于短途出行或城市内的交通需求，在超过30公里以上的路程长度范围内，垂直起降飞行器相较于汽车或有轨火车具有潜在的出行效率和便利性优势。因受限于起降场布局等因素，垂直出行的第一和最后一公里的衔接体验将深刻影响公众对该出行方式的印象与偏好度。

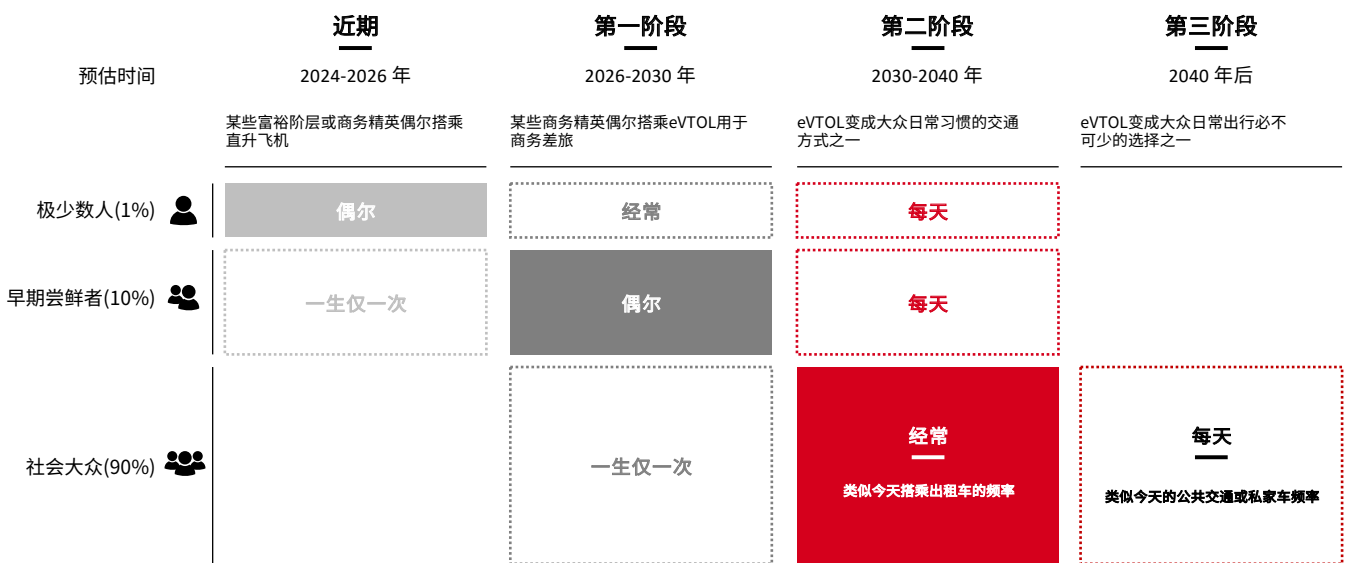
//对隐私和噪音的顾虑

由于eVTOL主要在人口密度较大的市区穿梭，飞行器在运行过程中对地面居民和舱内乘客的噪音干扰将极大影响公众对这一新兴交通方式的接受程度。同时，随着货运eVTOL在民用领域的应用逐步增加，对住宅区居民隐私和生活的影响也是需要克服的难题。

//价格和商业模式

垂直出行的价格是影响整体行业规模和乘客接受度的重要因素之一。基于目前的经济性假设，eVTOL在实现大规模商业化运营后，单位乘客的票价将显著低于现行直升飞机的价格水平，但略高于豪华汽车的定价。此外，灵活的商业模式、绿色低碳的出行理念、便捷的预订方式也能提升乘客的接受度。

虽然目前垂直出行中国市场的乘客接受度还处于萌芽期，但随着技术进步、市场竞争和政策支持的推动，公众对这一新兴出行方式的接受度将不断提高(图4.1)。随着更多的垂直起降飞行器进入市场，价格的降低和商业模式的创新，将有助于更多乘客选择和接受垂直出行作为一种便捷、高效和环保的出行方式。



数据来源：保时捷管理咨询分析

图4.1: eVTOL社会接受度演变过程示意

结语

作为一种全新中短途出行交通工具，eVTOL自诞生之日起便充满了科技感与未来感。随着未来电池技术、通讯导航等技术的不断发展，eVTOL将经历从载货到载人、从城郊向城内、从特需向日常、从公共服务向商业化私有化运营的进阶蜕变。在电动化和智能化的加持背景下，未来eVTOL行业将更加考验主机厂在机上娱乐、智能座舱等方面的产品功力，带来区别于传统燃油飞机更静谧、更舒适、更便捷的多模式出行体验。

当前的eVTOL产业类似2014-15年左右的新能源汽车行业，处于产业爆发的前夜。我们相信，在监管机构、eVTOL上下游产业链、服务运营商、金融资本等各方共同努力下，eVTOL行业即将迎接一个属于自己、生机勃勃、触手可及的未来。

附录

关键概念解释

- ▶ **eVTOL**:指以电力作为飞行动力来源且具备垂直起降功能的飞行器,具有垂直起降、智能操作、快捷机动、低成本、低噪音、零排放、易维护、高安全等特点。
- ▶ **UAM(Urban Air Mobility)**:根据美国NASA定义,城市空中交通(UAM)是指“在城市中用于客运或货运的、安全高效的有人驾驶/无人驾驶(空中)交通工具系统”。就目前正在研制和演示验证的飞行器来看,UAM专注于城市区域内或城际中短途运输(3~100千米),在高度100米以下的超低空或100~1000米低空空域飞行,有人驾驶飞行器的驾乘人员在1~2人或5人以下(以目前的技术水平),城市内飞行基本采用电池(锂电或氢燃料电池)供电的纯电推进,城际飞行则可能选取混合电推进。
- ▶ **UTM (Unmanned Aircraft Traffic Management)**:即无人航空器交通管理,对飞行高度在120米以下的无人机航空器提供容量管理、流量管理、碰撞检测与避让管理和空中交通管制等服务。
- ▶ **ATM (Air Traffic Management)**:对飞行中的民用航空器提供空中交通服务,包括空中交通管制服务、飞行情报服务和告警服务。
- ▶ **型号合格证 (Type Certificate)**:适航取证三证之一,是适航当局根据适航规章颁发的,用以证明民用航空产品的设计符合相应适航规章的证件。这张通行证的作用在于对飞机的设计是否满足适航标准进行认可。
- ▶ **单机适航证 (Airworthiness Certificate)**:适航取证三证之一,是适航当局对每架飞机制造符合性的批准。每一架出厂的飞机都需获取此证,表示这一架飞机可以安全运营。这张通行证的作用在于确认每架飞机都是按照批准的设计和经批准的质量体系制造的。
- ▶ **生产许可证 (Production Certificate)**:适航取证三证之一,适航当局对飞机制造符合性的批准。“制造符合性”是指航空产品和零部件的制造、试验、安装等符合经批准的设计。生产许可证是中国民航局经过审查申请人的质量控制资料、组织机构和生产设施后,认为申请人已经建立并能够保持符合相关规定的质量控制系统,且其生产的每一架民用航空产品均符合相应型号合格证或型号设计批准书、补充型号合格证或改装设计批准书的设计要求后,所颁发的生产体系认证证书。

附录

参考文献

- (01) 数据来源:国家统计局
- (02) 数据来源:保时捷咨询分析
- (03) 数据来源:滴滴豪华车、12306.cn、专家访谈、案头研究
- (04) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (05) 数据来源:中国民航局,中国民航局无人驾驶航空器空管信息服务系统,案头研究
- (06) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (07) 数据来源:保时捷管理咨询分析,磐拓航空,案头研究
- (08) 数据来源:案头研究
- (09) 数据来源:百度人口迁移数据库、国家统计局、Marklines
- (10) 数据来源:携程、滴滴豪华车、12306.cn、中国通用航空发展报告、磐拓航空、专家访谈
- (11) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (12) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (13) 数据来源:磐拓航空,保时捷管理咨询分析
- (14) 数据来源:案头研究,保时捷管理咨询分析
- (15) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (16) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (17) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (18) 数据来源:保时捷管理咨询分析
- (19) 数据来源:保时捷管理咨询分析

作者



董钧天
保时捷管理咨询
合伙人



吕东泽
保时捷管理咨询
高级咨询顾问

联系方式

董钧天

juntian.dong@porsche-consulting.cn

关于保时捷管理咨询

保时捷管理咨询成立于1994年, 作为全球知名跑车制造商保时捷公司的子公司, 保时捷咨询主要提供战略与管理咨询服务。保时捷从处理重大危机中积累了丰富的经验和知识, 因此决定将这些专业知识提供给其他公司。

谋于思, 践于行。

作为一家擅长将战略付诸实践的全球领先咨询公司, 我们有一个明确的使命: 在可衡量的结果基础上创造竞争优势。我们具有战略性思考, 并始终采取务实的行动。我们始终以人为本, 坚持原则。这是因为, 只有依靠与客户及其员工的良好合作才能带来成功。只有当我们激发每个人的热情, 让他们做出必要的改变, 我们的目标才能实现。

Porsche Consulting

Strategic Vision. Smart Implementation.

保时捷管理咨询

斯图加特 | 汉堡 | 慕尼黑 | 柏林 | 法兰克福 | 米兰 | 巴黎 | 圣保罗 | 亚特兰大 | 贝尔蒙特 | 上海 | 北京

中国上海市浦东新区世纪大道 826 号 13 楼

www.porsche-consulting.com | © 2023 年保时捷管理咨询版权所有



保时捷管理咨询
领英主页



保时捷管理咨询
微信公众号



保时捷管理咨询
官方网站