

▶ 驾乘低空经济新风 畅享新质出行体验

摘要

//01 市场

以 eVTOL 为代表的低空经济成为新质生产力和新增长引擎代表，行业赛道持续火热，预计 2030 年前后将形成一个近万亿规模的庞大市场

//02 商业化运营成本与应用场景

与传统交通方式相比较，eVTOL 在商业化运营单位成本上极具优势，预计纯电构型单台每公里综合运营成本将在 9.2-15.7 元之间，混动 eVTOL 单台每公里综合运营成本将低至 7 元

我们预计，以 eVTOL 为主要交通工具的商业化运营将首先城内 / 城际（无人）物流运输、短途载人运输和载人观光旅游等场景铺开。随着产业链和社会接受度逐步提高，市内通勤与城际交通将成为未来最大细分应用场景

//03 eVTOL 主机厂

eVTOL 飞行器的研发与制造横跨多个学科且高度复杂，前期投入大，回报周期长。目前 eVTOL 主机厂在着力攻关高压电气动力系统和动力架构等共性技术难题。对主机厂而言，从产品构型选择上，坚持长期主义，审慎选择技术路线；从产业链垂直整合上，深入产业链上游，掌握核心技术；从产品规划与定义上，精准理解用户需求，抓准市场进入的时机和方式，将是决定主机厂成败的关键所在

//04 低空经济产业链

eVTOL 飞行器量产价格与后期运维成本将成为决定该行业成败的关键因素之一。新能源汽车等行业发展经验与成熟产业链切入 eVTOL 赛道将为行业带来巨大规模效应和降本抓手。用户应用场景的多样性与产业链相关技术的不断成熟将不断突破产品性能边界，碳纤维机身、固态电池等领先技术将在 eVTOL 行业迎来大规模商业化落地契机。同时，端到端的数据安全合规与保障在后期商业化运营中对保障飞行安全和用户隐私也至关重要。另外，eVTOL 飞行器对低空大气环境影响剧烈，合理的机型选择和飞行计划安排对未来商业化运行密度和运营效率至关重要

时代潮涌： 专家寄语

低空经济在我国发展新质生产力大潮中脱颖而出，它将对中国经济全局以及长远发展产生重大影响。发展低空经济要以技术创新与场景拓展的深度融合引领产业升级，要持之以恒长期培育耐心经济，从而催生低空经济新技术、新产品、新业态。布局发展低空经济可以带动基础设施投资和制造业、服务业、文旅业等相关产业发展，促进消费升级，形成新的经济增长引擎。

- 中国航空学会

今天的技术基础和全新的应用场景，正在双向驱动低空航空器向完全区别于传统航空器的形态进化。这不仅是技术的革新，更是理念的颠覆。只有积极探索、勇于实践、敢于突破才能占据先机；同时认真研究、详尽验证、久久为功才能最终实现。

- 杨世春，北京航空航天大学交通科学与工程学院院长

近年来，新型航空器 eVTOL 在全球的迅速发展正成为推动未来交通变革的重要载体。eVTOL 在电动新能源、智能网联、无人驾驶方面与汽车产业供应链高度重叠，不仅降低了 eVTOL 的研发和生产成本，还加速了其商业化进程；未来，交通级 eVTOL 在低空融合空域运行环境的复杂性更接近于现有地面交通，汽车行业基于交通工具 - 消费者 - 应用场景的安全生态体系，可以为未来 eVTOL 的规模健康发展提供很好的借鉴。中国汽研作为国家级科研平台和载运工具检验检测机构，将致力于 eVTOL 的高质量适航检验检测，促进立体交通产业健康可持续的融合发展。

- 周建文，中国汽研检测工程事业部副总经理

在国家政策的大力支持和地方政府的积极推动下，中国低空经济正迎来历史性发展机遇，从 2D 向 3D 交通转变是大势所趋，eVTOL 必将成为未来城市和城际空中交通的主力军。中国面积广大，地理特征和经济发展不尽相同，各地政府和相关投资机构也必将根据当地特点，有针对性的推动低空产业在地方的落地。

- 宗佩民，华睿投资董事长

作为低空经济最早的投资人和并购人，我有幸见证了这个行业的早期发展，从愿景和概念到产品落地。从风险投资的角度来看，现在是最佳的入场时间，行业的爆发就在未来的 3-5 年间。而中国有机会领先新能源航空领域这一新的赛道，也必将诞生一批独角兽企业。

- 李轶梵，前吉利集团 CFO

当今世界，气候变化和能源危机日益严峻，航空电动化是一个重要发展趋势，中国作为一个负责任的大国，需要有能力为地区和世界输出解决方案，发展 eVTOL 等低空航空器是这一解决方案的关键所在。中国应在 eVTOL 等低空航空器的关键技术研究、产品研制和应用方面走到世界的前列！

- 郑日恒，国际宇航科学院院士

目录

前言	06
01 大鹏一日同风起，扶摇直上九万里	08
——中国 eVTOL 未来市场蓝图	
近一年来主要宏观政策变化	09
eVTOL 应用场景与客户需求	11
运营商视角下的商业化运营成本测算	14
商业化路径发展之思	17
中国市场未来可期	21
02 长风破浪会有时，直挂云帆济沧海	25
—— eVTOL 主机厂的制胜之道	
不同构型设计带来的商业化机遇与挑战	24
非倾转构型与倾转构型之比较	25
开放式螺旋桨与涵道风扇之比较	26
纯电、增程与氢能能源路线之比较	28
中国及世界主要 eVTOL 主机厂近期进展	30
eVTOL 主机厂成功要素	31
03 千磨万击还坚劲，任尔东西南北风	36
—— eVTOL 产业链发展之道	
主要子系统产业链发展趋势与制胜要素	37
eVTOL 产业链未来发展关键方向	43
结语	46

// 前言

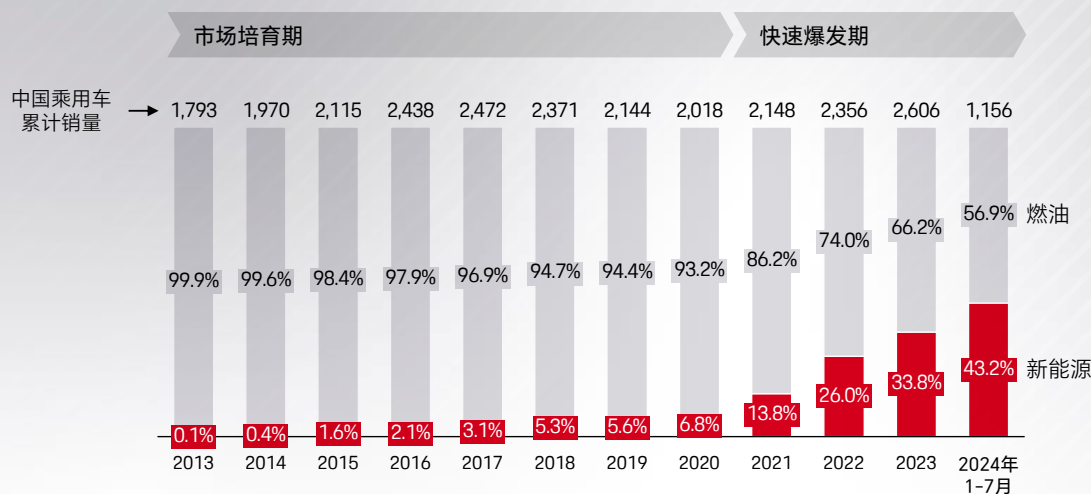
作为 新兴产业瞭望的系列白

皮书之一，《2023 中国垂直出行市场展望报告》发表以来受到社会各界的广泛关注。过去一年，中国及世界范围内低空经济蓬勃发展，尤其自 2023 年 12 月中央经济工作会议将低空经济纳入战略性新兴产业和新质生产力代表行业之一后，低空经济正式上升为国家战略，政府、eVTOL 主机厂、产业链、生态体系伙伴、金融机构等各方通力协作有力地促进了行业的快速发展。

作为区别于传统交通方式的新物种，eVTOL 依托其安全、环保、经济、高效等独特优势，已在低空旅游、农林作业、空中物流等领域展现出巨大潜力。同时，eVTOL 产品的发展将持续推动空气动力学、飞行力学、结构力学、仿生学、材料学、计算机控制等多学科交叉融合发展。面向未来，其在缓解城市交通阻塞、

提升城市应急响应能力、推动航空业互补发展乃至国防军事领域都将拥有无可比拟的巨大潜力。

诚然目前低空产业仍处于早期探索和市场培育阶段，但纵观历史我们相信，未来 eVTOL 的发展路径将与新能源汽车发展路径存在相似性，蕴含丰富的早期投资机会。我们认为当前 eVTOL 所处阶段或类似于新能源汽车 2010-2013 年期间，此时新能源汽车处第一轮推广应用阶段。该阶段国家战略层面提出汽车业电动化技术转型战略，明确新能源汽车为战略新兴产业。而到 2024 年上半年，中国占世界新能源汽车份额已经超过 65%，7 月份新能源乘用车批发量占当月乘用车总销量更是超过 50%，正式标志着新能源汽车在过去十余年间政策引导下的快速崛起，从“少数派”成长为“多数派”（图 1）。



单位：万辆

注：新能源版块含纯电动、狭义插电混动和增程式三类能源路线市场份额。

资料来源：乘联会，案头研究

图1：中国新能源汽车市场渗透率概览

随着汽车电动化浪潮逐渐步入中局，电池技术的不断进步带来续航里程的不断增加，充电时间逐渐缩短，为智能化设备在车端稳定运行提供了持续可靠的能源基础。电动化促使汽车的电子电气架构从分布式架构向集中式架构转变，从而更好地将车辆控制功能集中到少数几个高性能计算平台上，提高了数据处理效率和系统协同工作能力，为智能化时代下自动驾驶、智能座舱等复杂场景应用提供了强大算力支持和数据传输保障。另外，电动化浪潮在供应链端带来关键零部件的技术成熟和成本降低，车企可在不大幅提高售价甚至降价的情况下为车辆配置更多智能化设备与功能。销量的提升反过来进一步促进了技术迭代与软硬件的持续降本。终端消费者在面对全新定义的汽车产品时，更加追求智能、便捷、个性化的产品交互体验，从而不断推高社会对汽车智能化的接受度和期待水平，在需求端加速了新能源汽车的智能化浪潮。

如今，eVTOL 作为低空经济的代表力量，行

业整体已经完成了从 0 到 1 的开拓，商业化进程蓄势待发，正以前所未有的速度塑造未来的四维立体交通格局，并在发展过程中呈现出与新能源汽车相似的政策依赖性与市场潜力。而与汽车行业不同的是，eVTOL 产品自诞生起就对飞行器的安全性、可靠性和运行环境的成熟度等存在更高要求，产品的性能指标以及对环境的适配性势必将在 eVTOL 行业商业化时期成为产品竞争力最重要的衡量因素。

随着 eVTOL 的商业落地，飞行器与公众的接触将越来越频繁密切，它不再是远离人们日常生活的独立个体，人们的观念和法规的关注点也将逐渐从飞行器本身延伸到机外环境和对公众的影响，融入人们的日常生活成为 eVTOL 产品的必要条件。

本文将在第一版白皮书的基础上，围绕 eVTOL 市场前景、商业运营、构型路线、产业链发展等维度带来 最新洞察成果，
以期行业的快速健康发展贡献绵薄之力。

01

大鹏一日同风起 扶摇直上九万里

中国 eVTOL 未来市场蓝图

自 2023 年下半年以来，随着垂直起降产业的快速发展，全球头部 eVTOL 主机厂在产品研发、试飞验证、审批取证等阶段取得较快进展。随着产业政策逐步推出和落地，行业内生态合作伙伴纷纷入局，展现出万物竞发、百舸争流的蓬勃景象。基于相关行业经验，结合业内专家输入，我们可以逐渐勾勒出一幅更切实可行、回报可期的商业化前景。

// 近一年来主要宏观政策变化

参考新能源汽车产业历史发展，中央与地方政府出台了一系列政策鼓励产业发展，同时监管条例逐渐清晰。随着eVTOL技术与商业逻辑逐渐清晰，上下游产业链快速发展，自2023年9月以来，国家和地方层面均出台了多项鼓励低空载人飞行器产业发展的相关政策与法规。

在2023年12月召开的中央经济工作会议中明确提出：“一是以科技创新引领现代化产业体系建设……打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业”，这标志着低空经济产业正式上升至国家战略层面，作为新质生产力的代表，低空经济已成为推动中国经济转型升级、培育新动能的关键领域。

2024年3月，低空经济首次被写入政府工作报告，并被赋予了“新增长引擎”的重要地位。报告明确指出要“发展低空经济，推动通用航空和无人机产业健康发展”。

同月，工信部、科技部、财政部、民航局四部门联合发布了《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》。该方案提出，到2030年通用航空装备将全面融入各个领域，推动低空经济成为经济增长的重要动力，预计形成万亿级市场，表明顶层政策设计显著提速。

低空空域管理的多轮试点和改革为低空经济的爆发奠定了坚实基础。随着低空空域管理权责逐渐下放至地方政府，责权统一的问题基本解决。同时，新空域分类方法进一步细化了空域划分，放宽了对G/W空域的管制，为低空经济的发展铺平了道路（图2）。

促进因素	主要进展
 空域开放	2023 年 11 月，民航局发布了《中华人民共和国空域管理条例（征求意见稿）》，在真高 300 米以下画设了 G 类非管制空域。新的划分方法有利于低空飞行器在非管制空域灵活飞行。 2024 年 11 月，中央空管委将在合肥、杭州、深圳、苏州、成都、重庆六市开展 eVTOL 试点，600 米以下空域管理权部分授权地方政府，相关地方政府需承担更多管理责任。
 基建支撑	截至 2023 年底，全国共建成飞行服务站 32 个，已有 28 个已经通过地区管理局的符合性检查，已有 27 个实现了与区域信息处理系统的互联互通。
 法规完善	2023 年 5 月，国务院、中央军委颁布《无人驾驶航空飞行管理暂行条例》，并将于 2024 年 1 月 1 日起正式实施，标志着我国无人机产业将进入“有法可依”的规范化发展新阶段。
 产业政策推动	2024 年 2 月，深圳市政府正式实施《深圳经济特区低空经济产业促进条例》，是全国首部低空经济产业促进专项法规。
 审批加速	2024 年 4 月，亿航智能获得全球首张 eVTOL 生产许可证，成为全球首家三证齐全的低空飞行器的生产商。

资料来源：民航局，中国政府网，整理

图2. 近一年来中国eVTOL标志性政策进展