



Research and
Development Center

低空经济专题报告：政策密集催化，eVTOL 商业化元年或至

2024 年 4 月 25 日

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



证券研究报告

行业深度研究

电力设备与新能源

投资评级 看好

上次评级 看好

武浩 电力设备与新能源行业首席分析师

执业编号: S1500520090001

联系电话: 010-83326711

邮箱: wuhao@cindasc.com

孙然 电力设备与新能源行业研究助理

联系电话: 18721956681

邮箱: sunran@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区闹市口大街9号院1号楼

邮编: 100031

政策密集催化，eVTOL 商业化元年或至

2024 年 4 月 25 日

本期核心观点

- **顶层设计定调，万亿蓝海市场发展提速。**低空经济是以低空空域为依托，以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动航空旅游、支线客运、通航服务、科研教育等相关领域融合发展的综合性经济形态。作为新质生产力的代表，低空经济发展前景广阔，潜在产业链市场规模达万亿。随着低空经济被纳入国家规划，产业化落地及空域管理优化有望提速，同时中央+地方政策密集出台，eVTOL 作为低空经济的重要载体，商业化有望提速。
- **eVTOL 商业化元年或至。**电动垂直起降航空器 eVTOL 能源系统电气化，相比传统直升机和通航工具，优势明显，具有高安全性、低成本、智能化等优势，未来商业化运营潜力较大。产业端进展迅速，当前亿航、峰飞 eVTOL 已获得 TC 适航证，适航认证有望加速。此外，亿航、小鹏汇天为代表的相关企业已经取得一定批量订单，量化在即，我们认为未来随着产业化的进一步推进，规模化下 eVTOL 成本有望进一步下降，从而进一步促进大规模商用。
- **适航认证及低空基础设施建设是产业化核心点之一。**1) 适航证是航空器飞翔的必要通行证，主要分为 TC、PC 和 AC，其中 TC 获取难度最大。在国内政策的支持下，我们认为未来审批效率有望提升，审批周期有望缩短。适航认证对飞行器的安全性能要求较高，因此相关测试有望进一步受到重视。2) 基建有望先行，以苏州、深圳为代表国内部分省市开启相应试点建设，对应基础设施建设及空域管理系统建设有望加速提上日程。
- **eVTOL 产业链：技术迭代加速，核心部件有望受益。**eVTOL 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：eVTOL 电池及动力系统成本占比达到 50%左右，电池有望向高能量密度发展，固态电池逐步受到重视；动力系统方面，功率密度及适航性是重点；机身结构方面，以碳纤维复合材料为代表的轻量化材料有望受益。
- **投资建议：**我们认为随着低空经济的发展，低空经济基础设施建设、相关飞行器产业链、飞行器运营、飞行器保障等环节有望受益。三电领域推荐宁德时代、旭升集团（电新&汽车组覆盖），建议关注蓝海华腾、英搏尔、卧龙电驱、当升科技、孚能科技等。
- **风险因素：**核心技术发展不及预期；eVTOL 量产不及预期；基础设施建设不及预期；适航认证不及预期等。

目录

一、低空经济：顶层设计定调，行业发展提速	5
1.1 新质生产力代表，低空经济前景广阔	5
1.2 低空经济顶层设计出台，行业发展提速	6
1.3 应用场景广阔，eVTOL 有望成为应用载体	8
二、eVTOL：下一个出行风口，商业化元年或至	12
2.1 低空经济重要载体，短途运输优势明显	12
2.2 适航取证核心卡点之一，空管信息化建设势在必行	19
2.3 低空基建先行，配套设施有望率先受益	21
三、eVTOL 产业链：技术迭代加速，核心部件有望受益	23
3.1 eVTOL 产业链构成	23
3.2 能源系统：高能量密度电池渗透有望加速，固态电池迎新机	24
3.3 机电电控：功率密度及适航性是重点	27
3.4 机身结构：轻量化材料有望受益	28
四、投资建议	32
五、风险因素	33

图表目录

图表 1：国家空域基础分类示意图	5
图表 2：低空经济产业链	6
图表 3：低空经济发展历史	6
图表 4：低空经济相关政策	7
图表 5：低空经济地方层面政策	8
图表 6：全球低空经济区域发展格局	9
图表 7：低空经济内涵	9
图表 8：2024-2026 中国低空经济规模与增长预测	9
图表 9：深圳低空经济发展现状	10
图表 10：中国通用航空在册航空器数量预测	10
图表 11：中国民用无人机市场规模预测	10
图表 12：低空经济、通用航空、无人机的关系	11
图表 13：世界垂直起降大国商业化时间表与主要参与企业	12
图表 14：电动垂直起降飞行器分类	12
图表 15：各型 eVTOL 航空器航程和巡航速度分布	12
图表 16：不同电动垂直起降飞行器优劣势对比	13
图表 17：eVTOL 应用场景	13
图表 18：eVTOL 和其他交通工具耗时对比	14
图表 19：eVTOL 和其他交通工具综合对比	14
图表 20：eVTOL 未来可以拓展大量应用场景	15
图表 21：国内部分 eVTOL 企业情况	15
图表 22：近年来 eVTOL 企业部分订单情况	16
图表 23：中国 eVTOL 产业规模与增长预测(亿元)	18
图表 24：2023 年各地区 eVTOL 产业规模(亿元)	18
图表 25：中国 eVTOL 市场规模预测(亿元)	18
图表 26：2030 年全球 eVTOL 市场份额预测(中性)	18
图表 27：eVTOL 适航审定是商业化运营关键	19
图表 28：部分企业适航证取证情况	19
图表 29：空管系统组成及功能架构	20
图表 30：国内空管自动化系统市场占有率	20
图表 31：通感算一体化的低空信息基础服务体系	21
图表 32：部分省市低空基础建设路径	21

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 3

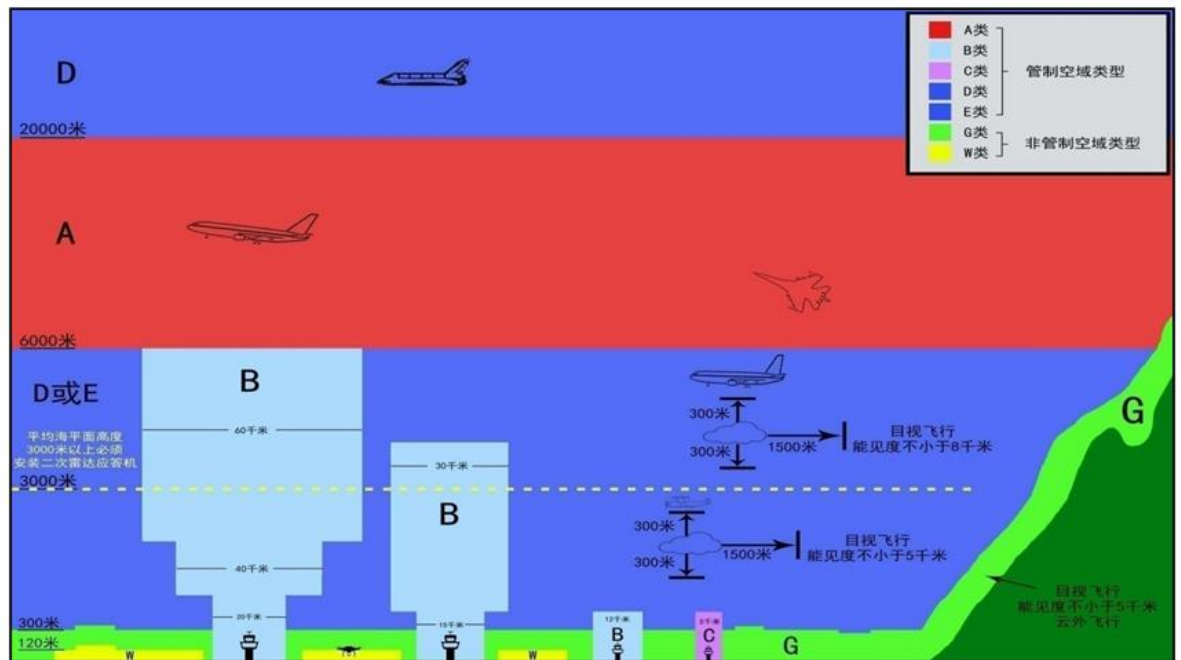
图表 33: 部分参与低空经济基础设施的公司	22
图表 34: eVTOL 适航审定是商业化运营关键.....	23
图表 35: 新能源汽车（纯电车）成本占比（2023 年）	23
图表 36: Lilium 公司的 eVTOL 成本占比.....	23
图表 37: 不同里程下纯电动飞行汽车电池容量需求	24
图表 38: eVTOL 对电池的参数要求.....	24
图表 39: eVTOL 对电池倍率性能和安全性有更高要求.....	24
图表 40: 海外部分 eVTOL 企业情况	25
图表 41: 动力电池能量密度的迭代	25
图表 42: 主流厂商锂离子电池与固态电池能量密度对比	26
图表 43: 全固态锂电池对现有材料体系的影响	27
图表 44: 四轴八桨多旋翼构型 eVTOL 动力架构功能框图	27
图表 45: 电动汽车电机情况	28
图表 46: eVTOL 电机情况.....	28
图表 47: 主要功率器件应用范围.....	28
图表 48: 碳纤维复合材料在机身多个部位多有应用	29
图表 49: 飞行汽车的产量和复合材料需求量对应情况	29
图表 50: 热压罐成型工艺流程	30
图表 51: 拉挤成型工艺	30
图表 52: 碳纤维工艺类型	30
图表 53: 2023 全球碳纤维运行产能及扩产计划.....	31

一、低空经济：顶层设计定调，行业发展提速

1.1 新质生产力代表，低空经济前景广阔

低空空域通常指距离地面垂直高度 1000 米以内，视地区特性和实际需求可扩展至 3000 米以内的空域。低空空域分为管制空域、监视空域和报告空域三类。2023 年 12 月，民航局根据相关要求和工作安排，发布《国家空域基础分类方法》，推进国家空域分类的实施工作。依据航空器飞行规则和性能要求、空域环境、空管服务内容等要素，将空域划分为 A、B、C、D、E、G、W 等 7 类，其中，A、B、C、D、E 类为管制空域，G、W 类为非管制空域。

图表 1: 国家空域基础分类示意图



资料来源：中国民用航空网，中国民航局《国家空域基础分类方法》，信达证券研发中心

低空经济一般是指以低空空域为依托，以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动航空旅游、支线客运、通航服务、科研教育等相关领域融合发展的综合性经济形态。低空经济的产业链广泛，包括低空制造、低空飞行、低空保障和综合服务等多个环节。低空经济的发展以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引，可以辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态，具有产业链条长、辐射面广、成长性和带动性强等特点。

图表 2：低空经济产业链


资料来源：南粤同道微信公众号，前瞻产业研究院，国家低空经济融合创新中心，信达证券研发中心

新质生产力代表，远期市场空间有望超万亿。随着低空空域的逐步开拓和应用，出行方式、生活方式将有望大幅改变。低空经济的建设，不仅可以推动相关基础设施建设、产业链发展，如低空制造、低空飞行、低空保障及综合服务等相关产业链发展，有利于推动扩大内需，也可以推动农业、工业等行业创新，有利于打通隔阻，促进相关产业融合，为经济高质量发展注入强大动力。据粤港澳大湾区数字经济研究院预测，到 2025 年，低空经济对中国国民经济的综合贡献值将达 3-5 万亿元。

1.2 低空经济顶层设计出台，行业发展提速

自 18 世纪以来，人类开始对低空飞行进行不懈探索。伴随着科技突破的驱动及配套产业的进步，感知技术、通信技术、定位和导航技术、智能算法的发展推动低空空域数字化，使低空领域从“可通达”转向“可计算”，甚至“可运营”，低空空域背后潜藏的较大经济价值逐步被发掘。政府政策的出台推动低空飞行的规范化，为低空空域的有序开放、产业生态的建设奠定稳固基础。如今，低空经济逐步走向应用普及阶段，未来低空空域将加速转换为重要经济资源，推动社会繁荣发展。

图表 3：低空经济发展历史

阶段	发展
应用探索阶段 (18 世纪-2006 年)	18 世纪末，低空经济萌芽，热气球技术在法国巴黎成功试验后，迅速被用于观光活动，开启了低空经济的序章。 1980 年，日本在农业领域利用遥控直升机进行作业，标志着低空技术在专业领域的应用起步。 - 到了 2006 年，英国石油公司使用无人机进行海上油田平台的监测，无人机技术在工业领域的实际应用取得了重要进展。
规范化发展阶段 (2006-2020 年)	随着低空飞行技术的不断成熟和应用场景的多元化，规范化监管成为关键。 2016 年，美国推进无人机交通管理系统的建设，并发布了商业用途小型无人机的运营规则。同年，欧洲提出了 U-Space 的概念，随后修订法规，扩展了无人机的管理权限。这一时期，通过法规的制定和修订，低空经济在规范化监管下稳步发展。 2018 年以后，各国开始重视低空经济的规范化发展，美国、欧洲等地区在无人机管理制度上做出了重要布局。
普及应用阶段 (2021-现在)	进入 21 世纪二十年代，全球低空经济进一步进入应用普及阶段。低空经济技术和应用走向成熟，从政策、社会接受度等多方面获得低空经济的全面支持。

- 多国开始试行空中出租车，亚马逊在美国部分地区使用 Prime Air 无人机送货，标志着低空经济应用的广泛化和日常化。

资料来源：千际投行，21 经济网，信达证券研发中心

自上而下，中央+地方政府的双层政策支持为低空经济的发展构筑坚实基础。随着相关法律法规及国标规定的出台，低空行业逐步进入有法可依的规范化发展新阶段。目前，低空经济已获中央及地方高度重视。2023 年中央经济工作会议将低空经济提高至战略新兴产业高度。2024 年 3 月，低空经济被首次写入政府工作报告中。此外，民航局制定完善相关领域的技术要求和飞行器的适航标准，将采用以空域分类为基础的全新模式，全面优化低空空域资源的利用率，大幅度拓展低空飞行空域面积，以适应我国低空经济蓬勃发展的现实需求。随着政策的持续推进和技术标准的不断优化，低空经济将成为培育我国竞争新优势、增长发展新引擎的战略选择。

图表 4：低空经济相关政策

单位	发布日期	文件/内容	意义
国务院/中央会议	2024 年 3 月	“积极培育新兴产业和未来产业……积极打造生物制造、商业航天、 低空经济等新增长引擎 ”——《政府工作报告》	低空经济被写入政府工作报告，并被重点提及
	2023 年 12 月	“加快推动人工智能发展。打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业”——中央经济工作会议	低空经济被确立为战略性新兴产业
	2021 年 2 月	“加强交通运输与现代农业、生产制造、商贸金融等跨行业合作，发展交通运输平台经济、枢纽经济、通道经济、低空经济”——《国家综合立体交通网规划纲要》	“低空经济”概念 首次 被写入国家规划
国家发改委/商务部	2022 年 1 月	“深化粤港澳大湾区低空空域管理试点，加强粤港澳三地低空飞行管理协同，完善低空飞行服务保障体系”——《国家发展改革委商务部关于深圳建设中国特色社会主义先行示范区放宽市场准入若干特别措施的意见》	提出加强粤港澳大湾区低空空域管理合作
国家发改委等四部门	2024 年 3 月	《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》	2027 年前形成 20 个以上示范典型应用示范，打造 10 家以上具有生态主导力的通用航空产业链龙头企业。2030 年形成万亿级市场规模
国务院、中央军委	2023 年 6 月	《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》	规范无人驾驶航空器飞行以及有关活动
工信部	2023 年 10 月	《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035 年）》	提出到 2025 年，eVTOL 实现试点运行的发展目标
	2023 年 5 月	《民用无人驾驶航空器系统安全要求》	规定了民用无人驾驶航空器产品的安全要求
	2022 年 3 月	《城市场景物流电动多旋翼无人驾驶航空器（轻小型）系统技术要求》	对无人机的系统、载货、可靠性、应急管理及应用场景提出要求，是国内 首个 针对城市内应用的物流无人机体系的技术行业标准
民航局	2021 年 10 月	《民用无人驾驶航空器系统适航审定管理程序（征求意见稿）》	规范和指导中型与大型民用无人机系统在设计、生产和运营批准方面的活动

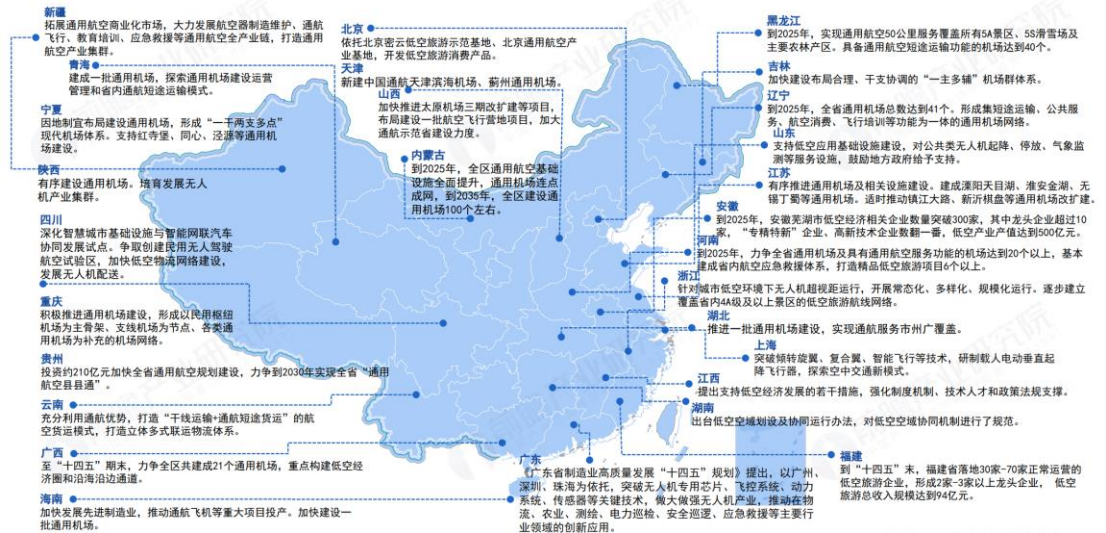
资料来源：中国政府网，民航局，全国标准信息公共服务平台，澎湃网，新华社，信达证券研发中心

近年来，全国多地政府先后出台相关文件，广东、云南、四川、陕西、江西、江苏等多省都将低空经济写入 2024 年政府工作报告，旨在辐射带动相关领域融合发展，形成以低空经济为

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 7

驱动的新质生产力。云南省因地制宜致力于打造“通航+旅游”的低空经济形态，四川在产学研结合、拉动无人机产业投资等多维度发力，推进通航产业快速步入低空经济产业发展轨道。广东省明确提出将支持建设深圳、广州、珠海的通用航空产业综合示范区，打造大湾区低空经济产业高地，未来粤港澳等地区将成为低空经济发展示范区。在试点方面，民航部门批复涉及许可审批优化、监管模式调整、机场建设分类、跨业态融合、信息平台建设、无人机物流配送等多个领域通航改革试点，覆盖 80%以上省份。

图表 5：低空经济地方层面政策



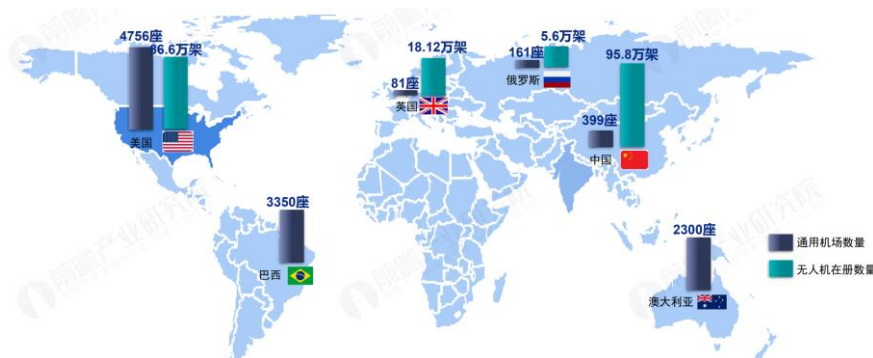
资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

低空产业市场规模加速扩大，主要受政策支持、相关管理服务及安全监管体系逐步完善多重因素催化。一方面，中央、地方双重政策支持框架大力推动低空经济与传统产业融合，民用无人机在农、林、渔、牧、娱乐产业以实现行业普及，在城市场景、物流行业的管理模式与技术标准已具备推广基础。另一方面，硬件、技术等方面的改革创新举措陆续出台，机场建设、飞行器准入管理、飞行服务保障等规则逐步完善。

1.3 应用场景广阔，eVTOL 有望成为应用载体

目前，各国低空经济已经入快速发展期。美国低空经济发展特点在于市场参与度高，政府部门仅作宏观把控，2023 年美国联邦航空局（FAA）密集出台一系列 eVTOL 领域管理文件，制定了城市空中交通管理体系架构，发布 eVTOL 飞行员的最新的系统培训要求和考核规则。欧盟航空安全局（EASA）在飞行器运行要求、电池储备要求、飞行员执照等方面完善规则，并颁布了 eVTOL 飞机专用起降平台的相关设计规范。德国侧重研发，大力投资无人机技术研发。英国重视低空经济的广泛应用层面，例如监测农作物生长、建筑结构及安全等，并积极制定相关资金扶持政策。

图表 6：全球低空经济区域发展格局



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

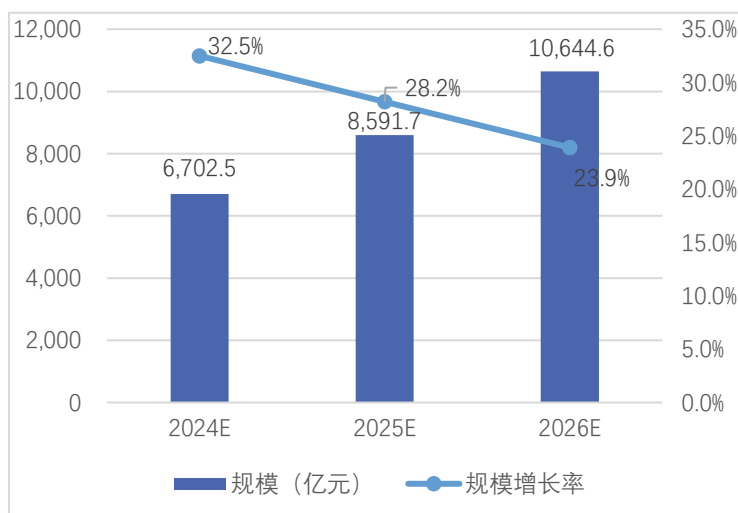
我国低空经济也展现出较大的增长潜力与市场机遇。目前深圳低空经济企业数量全国第一，其2023 年低空经济的年产值已超过 900 亿元，同比增长 20%，新开通无人机航线 77 条，新建无人机起降点 73 个，完成载货无人机飞行量 60 万架次，其规模全国第一，消费级无人机占全球 70% 的市场份额，工业级无人机占全球 50% 的市场份额。据赛迪顾问测算，2023 年我国低空经济规模达到 5059.5 亿元，增速达 33.8%。据《中国低空经济发展研究报告（2024）》，到 2026 年我国低空经济规模有望突破万亿元，达到 10644.6 亿元。

图表 7：低空经济内涵



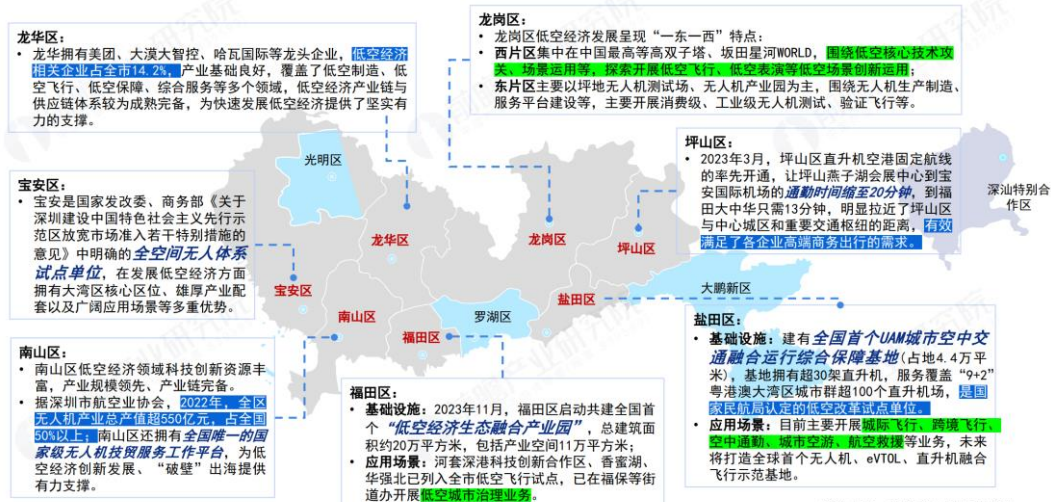
资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

图表 8：2024-2026 中国低空经济规模与增长预测



资料来源：赛迪顾问，信达证券研发中心

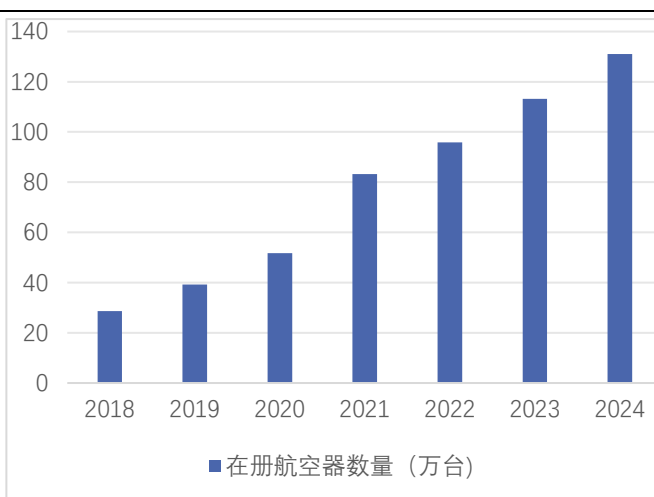
图表 9：深圳低空经济发展现状



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

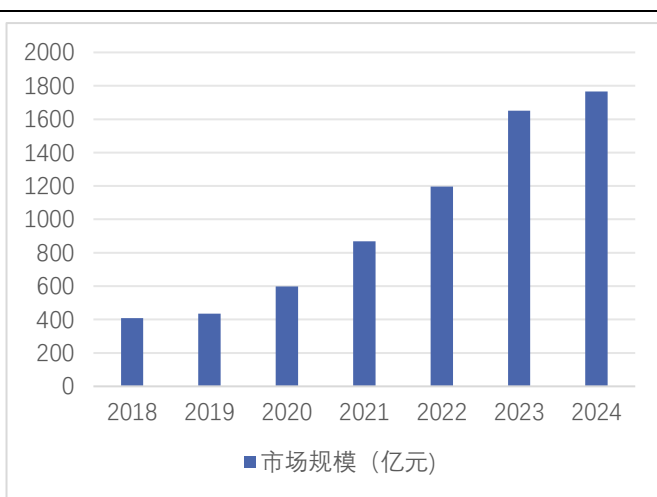
通用航空、无人机产业是低空经济的重要载体。无人机产业是低空经济的主导产业，通用航空是低空经济的重要组成部分。随着低空空域改革取得突破，通航市场也将快速增长，根据航空工业发展中心，预计到2025年，我国通用航空器保有量将达5343家，2040年将接近4.5万架。未来，无人机在各行业也将得到更为广阔的应用，无人机民用化进程加快，据中商产业研究院预测，2024年民用无人机市场规模将达1765亿元。

图表 10：中国通用航空在册航空器数量预测



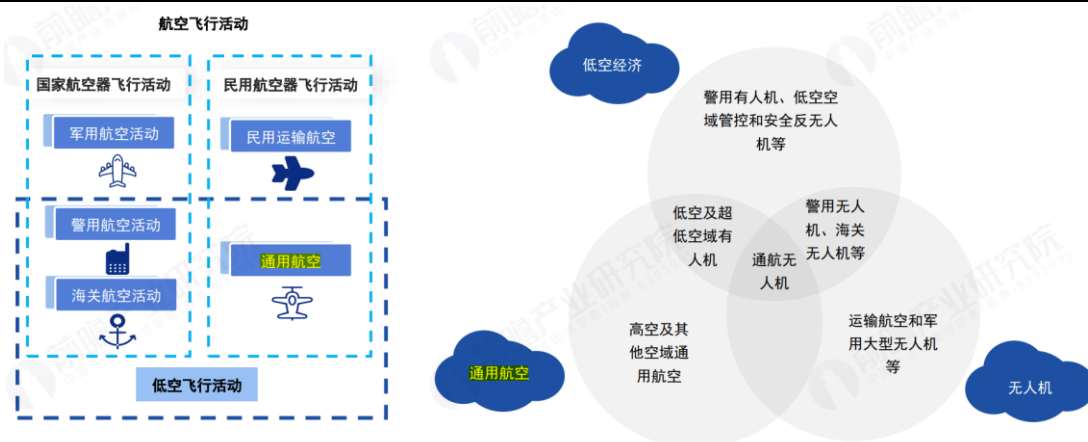
资料来源：《2022年民航行业发展统计公报》，中商产业研究院，信达证券研发中心

图表 11：中国民用无人机市场规模预测



资料来源：Frost&Sullivan，中商产业研究院，信达证券研发中心

图表 12：低空经济、通用航空、无人机的关系



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

二、eVTOL: 下一个出行风口，商业化元年或至

2.1 低空经济重要载体，短途运输优势明显

eVTOL 是低空经济重要载体之一，2024 年有望成为商业化运营元年。电动垂直起降飞行器 eVTOL 及电动化且不需要跑道可以垂直起降的飞机，相比传统固定翼飞机，这种靠电能提供绿色动力的飞行器能够实现灵活地垂直起降，不需要铺设超长跑道，占用过多资源；其次，噪音分贝也只有前者的一半，这使得 eVTOL 有潜力在社区中心上空起降盘旋。eVTOL 的优势使得其有望成为低空经济的重要载体之一。参考李凯等的《eVTOL 航空器研制现状及发展趋势》，在诸多 eVTOL 航空器研制厂商中，既有波音、空客等传统民用航空器制造商，又有 Joby、Volocopter 等初创科技企业。根据美国垂直飞行协会 2023 年 7 月的统计，全球 eVTOL 航空器型号已达 853 个，发展前景大，众多企业广泛参与。分国家来看，美国、德国、英国、中国等国布局较快，技术相对成熟。我们认为政策催化+企业广泛参与下，2024 年有望成为 eVTOL 商业化运营的元年。

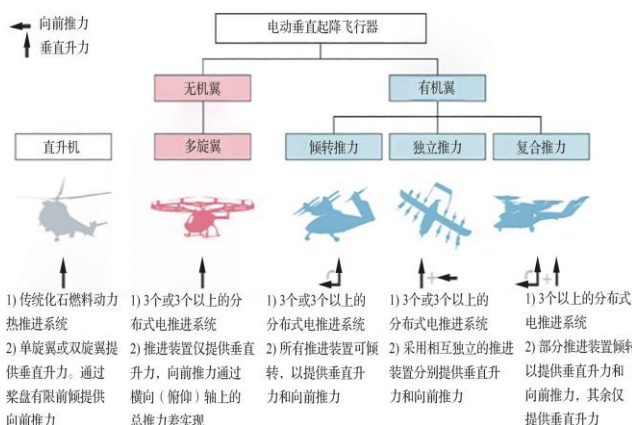
图表 13：世界垂直起降大国商业化时间表与主要参与企业



资料来源：保时捷管理咨询，信达证券研发中心

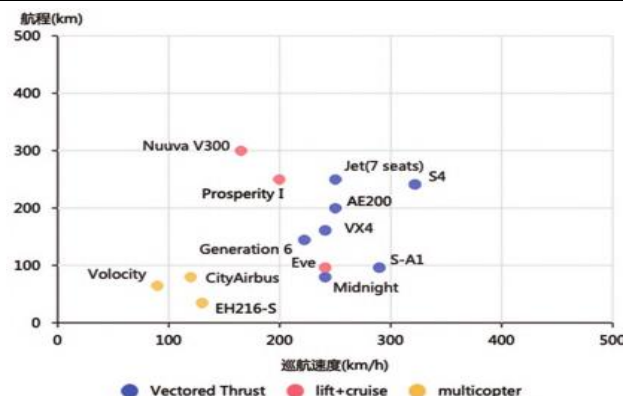
电动垂直起降飞行器一般采用电力驱动，电力包含电池、燃料电池等不同能源形式。参考邓景辉《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》：1) eVTOL 在构型方面，多旋翼、复合翼以及推力矢量是当前 eVTOL 航空器所采用的主要三类构型；2) 在控制方式方面，可以分为无人驾驶和有人驾驶；3) 在动力方面，可以采用混动和纯电模式。混合动力 eVTOL 更适合短途城际航线垂直起降模式，是城市空运市场从传统动力飞机向全电动飞机发展的重要过渡。

图表 14：电动垂直起降飞行器分类



资料来源：邓景辉《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，信

图表 15：各型 eVTOL 航空器航程和巡航速度分布



资料来源：李凯等《eVTOL 航空器研制现状及发展趋势》，信达证券研发中心

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 12

图表 16：不同电动垂直起降飞行器优劣势对比

构型	优势	劣势	适用场景
单旋翼	构型成熟、新型设计特征少	噪声水平高, 安全性低	全电背景下已不是最优选择之一
多旋翼	技术难度最小、悬停效率高	巡航性能低、航程短、速度低	旅游观光、山区等短途场景
矢量推力	前飞巡航效率高、速度高、航程远	飞控等设计技术难度大	都市交通圈、应急救援、城际物流等
复合推力	前飞阻力略大、技术难度适中	飞控等设计技术难度较大	搜索救援、补给、特种作战等
独立推力	技术难度较小、气动干扰小、结构简单	前飞阻力较大、巡航效率略低、噪声略高	

资料来源：邓景辉《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，信达证券研发中心

目前的 eVTOL 有效载荷相对较小，主要适用短距离行驶，未来潜在应用场景大。参考张洪《eVTOL 飞行器的发展态势与应用场景综述》，eVTOL 作为城市空中交通的载运工具，能够渗透到城市中心，进行点对点的交通运输。eVTOL 应用场景主要有三个关键条件——人口密集的城市地区、100-1000 米的低空领域、点对点。目前，eVTOL 运行分为无人驾驶、有人驾驶两种模式，制造商主要聚焦城市客运与货运两个主要方向，并结合目标应用场景不断通过技术创新促进产品迭代升级。与民用客机比较，大型民机主要解决 1000 公里以上的空中运输，而 eVTOL 主要解决人口密集的城市空间内、城郊及城际点对点的空中运输，在拥挤的城市内、城郊、都市圈进行短程通勤时具有显著的成本效益。我们认为，eVTOL 短期可应用到载货等场景，随着离适航取证和商业运营的推进，未来有望应用在城市客运（UAM）、区域客运（RAM）、城市物流配送、商务出行、紧急医疗服务、私用飞行器等多种场景模式，大致可分为载人客运、载物货运、公共服务、警务安防、私人飞行等六大类行业场景。

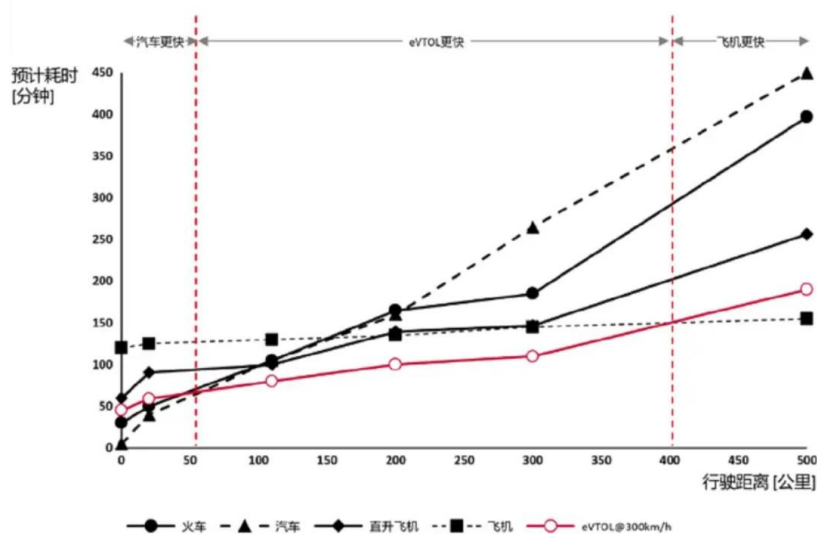
图表 17：eVTOL 应用场景



资料来源：张洪《eVTOL 飞行器的发展态势与应用场景综述》，信达证券研发中心

在 50-400 公里出行需求，eVTOL 相比其他传统出行方式具有一定优势。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，与传统出行交通工具相比，在综合用时、碳排放、私密性、舒适性等方面具有一定优势。在航行距离方面，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，在这个距离上，eVTOL 综合用时相对较短。

图表 18: eVTOL 和其他交通工具耗时对比



资料来源: 保时捷管理咨询, 信达证券研发中心

图表 19: eVTOL 和其他交通工具综合对比



资料来源: 保时捷管理咨询, 信达证券研发中心

随着 eVTOL 产业链走向成熟, 飞行汽车有望在非城市场景率先落地, 拓展旅游、消防、巡航、农业等场景应用, 未来城市场景尤其是载人和物流场景将进一步打开市场空间。2024 年 3 月, 工业和信息化部等四部门联合印发《通用航空装备创新应用实施方案 (2024—2030 年)》, 提出到 2027 年, 我国通用航空装备供给能力、产业创新能力显著提升, 现代化通用航空基础支撑体系基本建立, 高效融合产业生态初步形成, 通用航空公共服务装备体系基本完善, 以无人化、电动化、智能化为技术特征的新型通用航空装备在城市空运、物流配送、应急救援等领域实现商业应用。到 2030 年, 通用航空装备全面融入人民生活各领域, 成为低空经济增长的强大推动力, 形成万亿级市场规模。

图表 20：eVTOL 未来可以拓展大量应用场景



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

以无人机、eVTOL、UAM 为代表的新通航赛道景气度较高，商业化运营潜力大。2023 年，全球通用航空市场增长强劲。来自 GAMA（美国通用航空制造商协会）的数据显示，截至 2023 年 9 月，全球通用飞机交付量为 2656 架，其中固定翼通用飞机交付 2029 架、较 2022 年同期增长 10.1%；直升机交付 627 架、较 2022 年同期增长 8.5%。至 2023 年底，我国通用航空飞行器（不含无人机）保有量约为 5000 架，比 2022 年增长 5%；传统通用航空飞行量（不含无人机）约为 135 万小时，比 2022 年增长 11%；传统通用航空运营企业（不含无人机）690 家，比 2022 年增长 4%；无人机注册数量 120 余万架，比 2022 年增长 25%；无人机飞行量约为 2300 万小时，比 2022 年增长 10%；无人机通用航空企业 1.9 万余家，比 2022 年增长 26%。我们认为，目前国内无人通用航空处于产业链早期阶段，随着各地基础设施建设及相关无人航空产品量产，未来商业化运营潜力大。

产业链端发力，亿航等企业进展较快。eVTOL 仍处于商业化应用过渡的早期阶段，目前国内多家企业已经有验证机或原型机。相比其他企业，亿航智能商业化进展较快，其 2017 年便开始载人飞行试验，到 2023 年底获得标准适航证。从订单角度来看，目前小鹏汇天、亿航智能等企业已经具有一定小批量订单，商业化进程逐步加速。

图表 21：国内部分 eVTOL 企业情况

公司	成立时间	产品类型	eVTOL 产品情况
亿航智能	2014.8	多旋翼、复合翼	EH216-S 获得中国民航局颁发的型号合格证，成为全球首个获得型号合格证的无人驾驶载人电动垂直起降航空器 (eVTOL)。同年 12 月，首批完成适航认证的 EH216S 航空器分别在广州、合肥两座城市完成了商业首飞演示。
磐拓航空	2019.7	倾转涵道	2022 年 6 月，拓航空发布了旗下 PANTALAConceptH 的 50%缩比技术验证机“T1”成功试飞，该产品在 2023 年的 iF 设计大奖中荣获产品概念设计奖。
上海峰飞	2019.9	复合翼	自主研发的复合翼型架构 eVTOL“盛世龙”，完成从深圳至珠海的首条跨城跨湾 eVTOL 航线的公开首次演示飞行，可将 2.5 至 3 小时的地面车程，缩短到 20 分钟。

小鹏汇天	2020.9	多旋翼、倾转旋翼	飞行器“旅行者 X2”，已顺利完成了城市 CBD “天德广场-广州塔”区域的低空飞行。
沃飞长空	2020.9	倾转旋翼	沃飞 AE200eVTOL 验证机获得了民航西南地区管理局颁发的特许飞行证，通华龙航空签署首批 100 架 AE200 采购协议。
零重力	2021.3	多旋翼、倾转旋翼	2023 年 11 月，零重力飞机工业 eVTOL “ZG-ONE”等新能源航空器亮相首届亚洲道航展，与多家 eVTOL 运营单位签署订单采购协议，谋划打造低空旅游、研学教育等应用场景。
御风未来	2021.4	多旋翼、倾转旋翼	2023 年 10 月，御风未来自主研发、全国产化的 2 吨级 M1 首架机在上海成功实现首飞，目前已经形成了从 25 公斤级到 100 公斤级到 2 吨级的全系列纯电、混动无人机产品线。
时的科技	2021.5	倾转旋翼	2023 年 10 月 26 日，时的科技自主研发的 E20eVTOL 完成首轮飞行测试，首飞采取的是无人驾驶模式。
沃兰特	2021.6	复合翼	2023 年 10 月，沃兰特完成 VE25 型载人 eVTOL 的转换试飞并获民航华东地区管理局首家受理。
化羽先翔	2022.1	倾转旋翼	2022 年 10 月鸿鹄 markI” 新能源飞机在西安通航产业园首次试飞成功，获得幸福航空有限责任公司 100 架和西安上游星控股集团 20 架意向订单。
亿维特	2022.1	复合翼	原型机已按照计划进行首飞前的吊飞测试，测试后将进行首飞。
倍飞智航	2022.9	倾转旋翼	全力投入全尺寸试飞原型机 TW-500X 的制造，包括飞控系统、航电系统和动力等核心系统集成测试。

资料来源：三旗智库微信公众号，信达证券研发中心

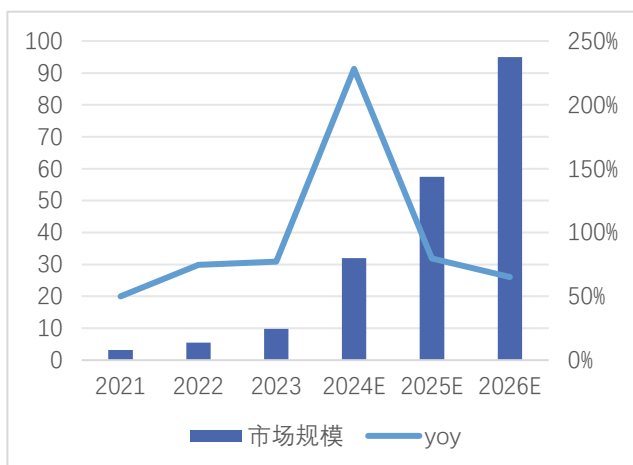
图表 22：近年来 eVTOL 企业部分订单情况

公司	时间	客户	订单数量	订单进度及后续
小鹏汇天	2023.12	嘉兴南湖交科院	100 台在研全新产品“陆地航母”分体式飞行汽车预订单	“陆地航母”预计于 2024 年 Q4 开始预定，于 2025 年 Q4 量产并交付
时的科技 TCab Tech	2023.2.17	亚捷航空集团	50 架 E20 eVTOL 产品	
亿航智能	2022.1.20	日本空中交通数字平台公司 AirX 株式会社	50 架 EH216 系列	应用于日本的城市空中交通项目，有望为 2025 年大阪—关西世界博览会提供空中的士服务
	2022.3.10	马来西亚 AerotreeFlightServices	50 架 EH216 系列以及 10 架 VT-30	
	2022.4.11	印度尼西亚 PrestigeAviation	100 架 EH216	
	2022.6.27	湖南省吉首市天行健文化旅游公司	5 架 EH216	在吉首市矮寨奇观旅游区开发低空游览项目，随着项目的推进，天行健计划额外采购 25 架 EH216
	2023.9.29	深圳市博领智慧科技有限公司	100 架 EH216-S	已交付 5 架 EH216-S，并就余下 95 台交付进度达成协议

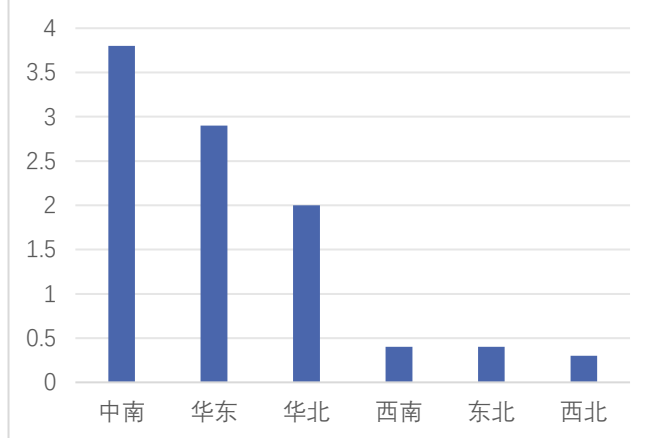
	2023. 12. 18	阿联酋物流科技公司 WingsLogisticsHub	多达 100 架 EH216 系列	第一批将于 2024 年第一季度开始交付
	2023. 10. 01	合肥市政府	100 架 EH216	提供 1 亿美元支持，包括协调或促进不少于 100 架 EH216 系列的采购订单
沃飞长空 AEROFUGIA	2023. 7	华龙航空	100 架 AE 200 订单	
Autoflight 峰飞航空	2023. 9. 4	东部通航	100 架盛世龙	2024 年 3 月 22 日，V2000CG 获得 TC（全球首个获 TC 的吨级以上 eVTOL），透露目前 V2000CG 已获得国内外订单超过 200 架。
	2024. 3. 22	中通快递	30 架 V2000CG	
御风未来 Vertaxi	2023. 11	龙浩航空	预售 2.3 亿元，包含 15 架 M1 和 5 架与 Ampaire 安飞合作研发的混动 M1H	未来这些飞机及服务将主要用于中西部地区、粤港澳大湾区和沿海海岛的货运物流
Alef Aeronautics	2024. 3. 4		2850 架 Model A	
Joby		美国空军	签订 Agility Prime 合同，价值高达 1.31 亿美元	已于 2023 年 9 月交付首架 eVTOL（第一架进驻美国军事基地的 eVTOL），预计 2024 年初交付第二架
Vertical Aerospace			1400+架订单，总预购价值超过 50 亿美元	
Archer Aviation	2023. 7. 31	美国空军	签订 1.42 亿美元合同，包括向空军交付 6 架 Archer 的 Midnight 飞机	
	2023. 11. 16	迪拜航空运营商 Air Chateau International	计划交付 100 架 Midnight 飞机	签订谅解备忘录
Lillium	2021. 8	巴西蔚蓝航空 (Azul)	达成价值 10 亿美元的商业合作，计划订购 220 架电动飞机	

资料来源：小鹏汇天微信公众号，时的科技 TCab Tech 微信公众号，亿航智能微信公众号，沃飞长空 AEROFUGIA 微信公众号，Autoflight 峰飞航空，上海证券报微信公众号，证券市场周刊市场号微信公众号，创业邦微信公众号，新加坡鱼尾文微信公众号，无人机联盟微信公众号，NAI500 微信公众号，信达证券研发中心

参考赛迪顾问，2023 年，由于低空经济政策驱动以及 eVTOL 商业化进程的提速影响，中国 eVTOL 产业规模达到 9.8 亿元，同比增长 77.3%。区域分布来看主要集中在中南和华东两地，华北、西南、东北、西北地区以相关整机试验及关键系统配套为主，四个区域总体产业规模在 3 亿元左右。赛迪顾问预计 2024 年 eVTOL 产业将迎来第一轮商业化爆发周期，规模将大幅提升随着多机型适航认证的加速推进，将保持较高增长态势，预计到 2026 年将达到 95.0 亿元。

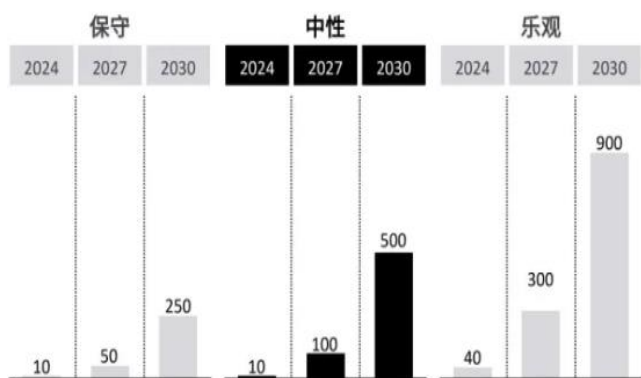
图表 23：中国 eVTOL 产业规模与增长预测(亿元)


资料来源：赛迪顾问《中国低空经济发展研究报告（2024）》，浙江省智慧城市促进会微信公众号，信达证券研发中心

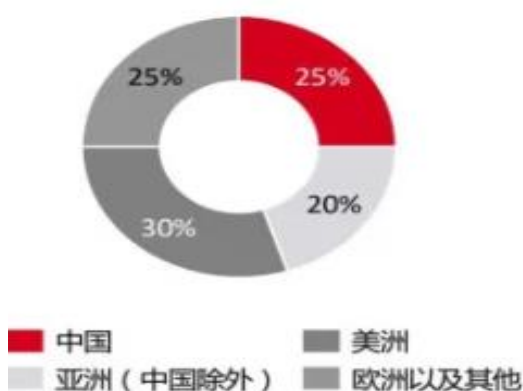
图表 24：2023 年各地区 eVTOL 产业规模（亿元）


资料来源：赛迪顾问《中国低空经济发展研究报告（2024）》，浙江省智慧城市促进会微信公众号，信达证券研发中心

2030 年全球 eVTOL 直接销售市场规模有望超两千亿人民币。参考保时捷管理咨询，2030 年中性预期下，仅测算直接销售 eVTOL 市场，国内 eVTOL 市场规模有望达到 500 亿元，全球市场规模达到两千亿元。考虑间接带动的其他产业链，eVTOL 潜在市场空间大。

图表 25：中国 eVTOL 市场规模预测（亿元）


资料来源：保时捷管理咨询，信达证券研发中心

图表 26：2030 年全球 eVTOL 市场份额预测（中性）


资料来源：保时捷管理咨询，信达证券研发中心

2.2 适航取证核心卡点之一，空管信息化建设势在必行

eVTOL 商用化运营关键在于适航审定。为了确保民用航空产品和零部件在投入使用前具备“适航”状态，需要开展适航审定活动，适航审定三阶段包括：型号合格审定、生产许可审定和适航合格审定。现有的 eVTOL 适航审定实践中，每个项目按照一事一议的原则进行处理，每个项目需单独制定专用条件。TC 证作为型号合格证，标志着产品设计安全可靠，在“三大通行证”认证中最早开始，也最为困难。AC 证作为适航证，意味着航空器合格证，可以交付。PC 证指企业建立了一整套用于航空器生产的质量系统，能确保交付的每一架航空器及零部件均能符合经 TC 证批准的型号设计，并处于安全可用状态，生产一致性良好。亿航智能在适航认证方面推进较快，成为 eVTOL 行业内首先集齐“三大通行证”的企业，2023 年 10 月获型号合格证（TC）、2023 年 12 月获标准适航证（AC）、2024 年 4 月获生产许可证（PC），三证均为全球首张。

图表 27：eVTOL 适航审定是商业化运营关键

型号合格审定 (TC)	生产许可证 (PC)	适航证 (AC)	航空运营证 (OC)
中国民航局对航空器的型号设计认证，如航空器、机体结构的设计图纸、技术规范、材料、工艺等。	取得TC认证后的生产商批量生产飞机的资格审定，确保其生产的每一架航空器及其零部件均能符合经批准的设计，并处于安全可用状态。	是指CAAC对民用航空产品和零部件的适航批准过程，旨在确认产品和零部件符合经批准的设计并处于安全可用状态。	使用除微型以外的民用无人驾驶航空器从事飞行活动的 运营商 ，需要向国务院民用航空主管部门或者地区民用航空管理机构申请民用无人驾驶航空器运营合格证。

资料来源：通用航空产服网微信公众号，新华网，e 公司微信公众号，信达证券研发中心

顶层设计下，适航审定有望加速。2024 年 1 月 1 日，国务院、中央军委发布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式施行，无人机产业进入规范化发展新阶段，各项配套政策、规章制度也正逐步落地，低空经济迎来新的“政策风口”。据不完全统计，超 20 多个省（自治区、直辖市）将“低空经济”有关内容写入当地的 2024 年政府工作报告。我们认为，政策支持+法规逐步完善的情况下，eVTOL 适航审定有望加速。

图表 28：部分企业适航取证情况

公司	机型	证书	进展
Autoflight 峰飞航空	V2000CG	TC	2022 年 9 月中国民航局正式受理其 TC 申请，2024 年 3 月获得民航华东管理局颁发的 TC
		TC	2023 年 10 月获得中国民航局颁发的 TC
亿航智能	EH216-S	AC	2023 年 12 月获得中国民航局颁发的 AC
		PC	2024 年 4 月获得中国民航局颁发的 PC
沃飞长空 AEROFUGIA	AE200	TC	2022 年 11 月中国民航局正式受理其 TC 申请
VOLANT 沃兰特	VE25-100	TC	2023 年 9 月民航华东局受理其 TC 申请
御风未来 Vertaxi	M1B (M1 货运型)	TC	2024 年 1 月民航华东管理局正式受理其 TC 申请
小鹏汇天	X3-F	TC	2024 年 3 月民航中南管理局正式受理其 TC 申请
时的科技 TCab Tech	E20	TC	2023 年 10 月民航华东管理局正式受理其 TC 申请

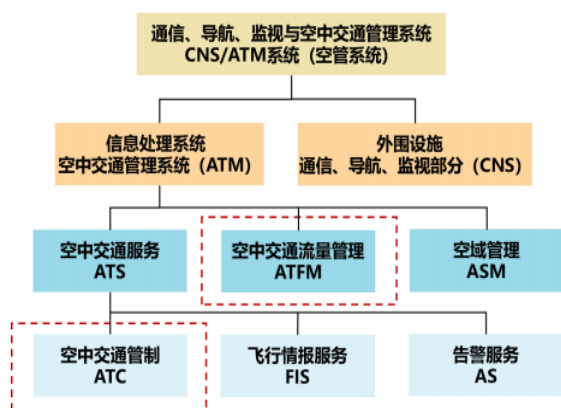
资料来源：Autoflight 峰飞航空微信公众号，时的科技 TCab Tech，亿航智能微信公众号，沃飞长空 AEROFUGIA 微信公众号，VOLANT 沃兰特微信公众号，御风未来 Vertaxi 微信公众号，小鹏汇天微信公众号，信达证券研发中心

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 19

适航测试重要性逐步提升。国务院、中央军委发布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》对最大起飞重量超过 25 千克及以上的中型及大型无人航空器提出“强制”适航许可的规定。因此，随着各类企业入局 eVTOL 领域及不同机型迭代，飞行器数量及种类有望大幅提升，为了满足适航许可的需求，对应的检测、评估、认证服务需求都有望提升。

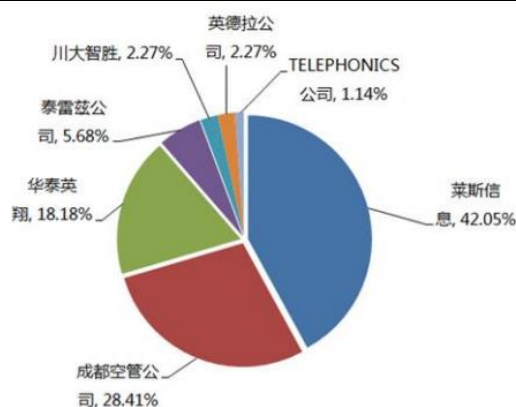
空管现代化成趋势，空中交通管制系统重视度有望提升。近年来，我国空中交通运输发展迅速，繁忙地区的空域资源日趋紧张。为缓解此矛盾，在现有空域不扩大的情况下，只能增加单位空域内的容量，提高空域资源的利用率，即缩小飞机之间安全飞行的间隔。民航空管产业的繁荣将带动空管建设需求。空中交通管制系统是空管系统的核心部分。提供监视服务的雷达犹如空管系统的“眼睛”，收集空域中飞机的相关高度、速度、方向等数据后传输至作为“大脑”的空中交通管制系统中，空中交通管制系统自动与预定飞行计划做比对，根据比对结果，管制员做出飞机下一步飞行动作的调度指令，通过通信系统传达至飞行员，飞行员按指令完成飞行调整。同时，空中交通管制系统还能提供碰撞预警、天气预警信息，保障飞行安全。我们认为，未来随着低空经济的发展，基于卫星导航、数据链通信、自动相关监视、5G-A 的规模性互联和通感一体等新技术形成的空天地一体的网络化的空管系统有望成为发展趋势。

图表 29：空管系统组成及功能架构



资料来源：莱斯信息招股说明书，信达证券研发中心

图表 30：国内空管自动化系统市场占有率



资料来源：莱斯信息招股说明书，三胜咨询，信达证券研发中心

“通感一体”的网络覆盖有望成为低空信息通讯的发展重点之一。为了实现对无人机等低空飞行器的有效管理，需要监管者能在任何时间、任何地点和其保持低延迟的双向通讯，因此通感一体化成为发展重点。通感一体基于电磁波反射原理，利用回波时间差、多普勒效应及反射波束解析，计算出运动物体的距离、速度和位置等状态参数，进而主动完成目标测距、测速、测角、成像、目标检测、目标跟踪和识别等能力。通感一体将通信、感知、算力等多种能力融合，让通信网络具备了类似雷达的探测、跟踪、感知能力，比较直观的改变是，传统通信基站将成为通信和雷达的混合体。通感一体是 5G 乃至 6G 阶段的重要应用场景，被视为低空经济发展的核心技术支撑。以杭州 5G-A 通感一体示范项目为例，5G-A 不仅能够赋能汽车交通和航运，同时也能够为无人机安全飞行保驾护航。在低空飞行应用中，该项目充分利用了 5G-A 兼具的通信和感知能力，精准的坐标定位，以及低时延的轨迹追踪。

图表 31：通感算一体化的低空信息基础服务体系


资料来源：通航信息微信公众号，中国移动《低空网络信息服务能力白皮书》，信达证券研发中心

2.3 低空基建先行，配套设施有望率先受益

低空经济配套基础设施建设有望率先开启。低空经济以低空空域为依托，但中国工程院院士樊会涛指出，目前，全国通航使用低空空域不足 30%且未成网连片，低空空域开发空间大。今年以来，各省份的空域开放步伐逐步加大，对低空空域的开发和使用，有望推动相关基础设施建设需求，以通用机场为代表的基础设施，为各类航空器的起降、备降、停放、试飞、维保提供了支撑，是低空经济的重要组成部分，有望率先受益。

图表 32：部分省市低空基建建设路径

地区	低空基础设施规划
安徽	以通用机场、临时起降场地、起降点数量为指标，目标到 2025 年，建设 10 个左右通用机场和 150 个左右临时起降场地、起降点。
北京	以新基建为抓手，推动电子围栏、智能起降场等城市低空通信基础设施建设，探索建立空域数字孪生系统、通信感知低空智联网等，提升空域资源效能和监管服务水平。
苏州	明确了建设分工，提出发挥交投集团等国资平台引领作用，引导社会资本投入，分阶段推进各县级市（区）通用机场、水上机场、垂直起降点等基础设施建设，与国内重点物流企业共同推进无人机起降点建设。
共青城	以低空经济生态出发，目标建成无人机研发制造中心、航空器交易展示中心、低空经济总部中心等一批产业承载物理空间。
深圳	将推进低空智能基础融合设施建设，包括低空飞行器物理基础设施，低空飞行通信、导航、监视、气象监测等信息基础设施，低空飞行数字化管理服务系统，其他低空飞行基础设施等。目前项目金额 5 亿余元的深圳低空智能融合基础设施项目一期、智慧空中交通运行实验室等创新平台也已经在开发建设中。

资料来源：湖北无人机协会微信公众号，21 世纪经济报道，思玛特 SMART 微信公众号，信达证券研发中心

工程设计等需求有望增长，相关企业有望受益。各地加速低空经济相关技术设施建设，以苏州为例，3 月 15 日，苏州市公共资源交易平台上发布一则“苏州交通投资集团有限责任公司关于苏州通用机场（暂定名）选址报告及可研报告（含专题）编制及上报服务项目招标公告”。我们认为，随着各地低空经济规划逐步落地，工程设计、信息基础系统等需求有望快速提升。

图表 33：部分参与低空经济基础设施的公司

公司	区位	技术	参与项目	涉及的业务
苏文科	京津冀、长三角及粤港澳等地区	具有一手面向政府端，提供低空经济政策法规研究咨询及顶层设计，一手面向产业端，提供低空经济基础设施建设技术服务以及多场景运营服务的核心能力和团队。	2024 年 4 月 11 日，苏文科集团股份有限公司与深圳联合飞机科技有限公司低空经济合资项目签约仪式在苏文科南京设计中心顺利举行。	围绕低空经济产业发展与低空交通运输两大体系的构建，针对政府、平台公司、应用方等客群主体，打造“总体应用、基础设施、空域智联、检测认证（安全）、低空培训”五类能力，提供包括低空经济领域政策与产业发展全过程咨询、低空飞行运营服务一站式解决方案、低空基础设施与飞行管理平台投建管运一体化解决方案等技术服务，建设成为低空经济发展的高端智库型科技企业。
深城交	深圳市	已实现海量数据上云及业务系统数字化，支撑交通运输全行业一体化运营决策；还可依托 CIM 平台及实时在线仿真的融合应用，为信号管控、智能网联、城市轨道交通、高速公路等行业提供数字化再造及运营商管理服务。	2023 年，联合承接了深圳低空智能融合基础设施建设项目一期项目，合同额 5.17 亿。	建设可覆盖全市范围的智能融合系统的软件平台，建设配套的管服中心、数据中心及无人机测试场，接入典型的城市场景，并进行软件平台的验证，最终满足监管部门管理要求，为企业提供相关服务。
			为我国首部低空经济法规《深圳经济特区低空经济产业促进条例》提供立法咨询支持。	深城交承担深圳市区两级低空经济规划与政策研究、低空经济产业研究、低空基础设施设计与全过程咨询、低空智能融合系统与软件研发、低空测试场及软硬件系统集成建设运营技术服务等多类型业务。
华设设计集团	南京、苏州、江西等地	提供包括低空政策咨询、空域规划、标准制定、发展战略规划以及体制机制构建等在内的全方位咨询服务。此外，集团还积极拓展省市系统建设、无人机运维等业务领域，致力于提升项目后期运营服务水平，并开发多元化应用场景和服务飞行操作。在数据治理方面，集团致力于开发系统数据中台，为低空经济基础设施的规划与设计提供科学决策支持。	2024 年 4 月 16 日，华设设计集团股份有限公司与苏州交通投资集团有限责任公司在苏州举行了苏州通用机场工可及选址项目的签约仪式。	苏州通用机场被定位为 A1 级通用机场，将承载短途运输、公务飞行、通航物流、飞行培训、航空游览以及应急救援等多重功能。
			承担中国赣州低空经济产业园项目设计工作	该工程主要建设一条 800 米长、30 米宽的飞行测试跑道，10000 平方米通航机库及无人机机库，2000 平方米综合检测试验室，两座射流式风洞，一套低空监管系统平台，若干停机坪等基础设施。
			2024 年，集团作为联合体牵头单位成功中标《太仓市民用无人机试飞基地建设和服务项目》。	项目内容涵盖了低空 5G 智联能力建设、低空服务管理平台、配套设施建设、总体方案研究及其他服务等四大部分。

资料来源：苏文科集团微信公众号，华南工程项目库微信公众号，深城交微信公众号，华设设计集团微信公众号，信达证券研发中心

三、eVTOL 产业链：技术迭代加速，核心部件有望受益

3.1 eVTOL 产业链构成

eVTOL 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。参考保时捷管理咨询分析，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。

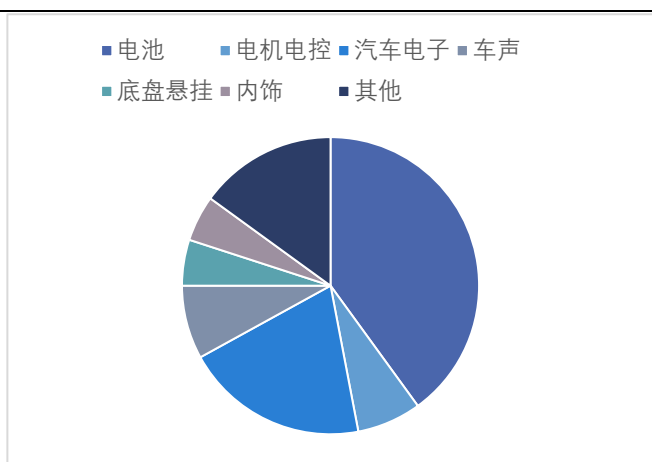
图表 34：eVTOL 适航审定是商业化运营关键



资料来源：艾媒咨询微信公众号，信达证券研发中心

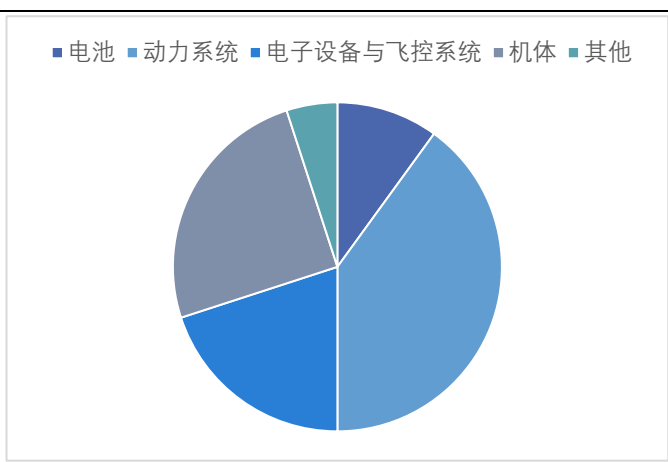
eVTOL 电池及动力系统成本占比达到 50%左右。eVTOL 的核心系统主要分为电池、动力系统、电子设备和飞控系统以及机体 4 大类。参考《Lilium Analyst Presentation》，Lilium 公司的 eVTOL 价值量，单件价值量为 250 万美元，价值量最高的是推进系统、内部结构件、航空电子设备与飞行控制器，推进系统的价值量占比达到 40%，内部结构件、航空电子设备与飞行控制器分别占 25%、20%，而能源系统占 10%，装配件占 5%。与新能源汽车对比，eVTOL 电机电控成本占比更高。

图表 35：新能源汽车（纯电车）成本占比（2023 年）



资料来源：汽车之家，汽车邦，前瞻产业研究院，信达证券研发中心

图表 36：Lilium 公司的 eVTOL 成本占比

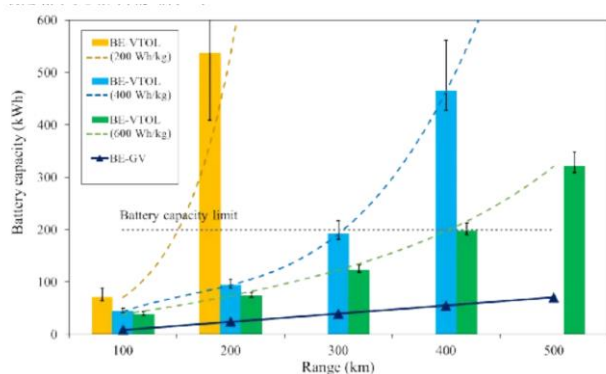


资料来源：电子发烧友微信公众号，《Lilium Analyst Presentation》，信达证券研发中心

3.2 能源系统：高能量密度电池渗透有望加速，固态电池迎新机

eVTOL 对电池能量密度等要求较高。 eVTOL 对于电池的要求包括高比能、高功率、快充及长寿命等，电池的比能量（能量密度）水平决定 eVTOL 的航程。而比功率（功率密度）与 eVTOL 飞行性能有关，倍率与 eVTOL 充放电快慢有关，循环次数决定电池的寿命。作为 eVTOL 技术的核心组件，电池的性能和安全性可以影响 eVTOL 飞机的性能和市场接受度。

图表 37：不同里程下纯电动飞行汽车电池容量需求



资料来源：能源学人，郝瀚《CO2 emissions from electric flying cars: Impacts from battery specific energy and grid emission factor》，信达证券研发中心

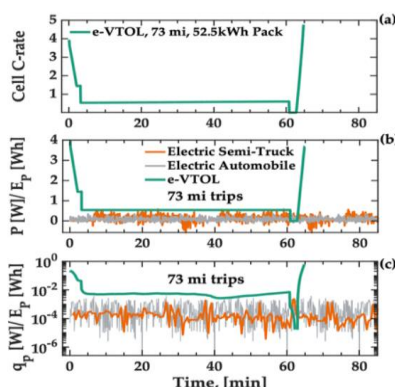
图表 38：eVTOL 对电池的参数要求

eVTOL对电池的参数要求	
指标	参数
能量密度	目前已达285Wh/kg，2030年目标500 Wh/kg，2040年目标1000 Wh/kg
功率密度	2030年目标1.25kW/kg，2040年目标2.5kW/kg
倍率	≥5C
循环次数	≥10000次

资料来源：高工锂电微信公众号，信达证券研发中心

eVTOL 对电池倍率性能和安全性要求较高。 根据 William L. Fredericks et al 《Performance Metrics Required of Next-Generation Batteries to Electrify Vertical Takeoff and Landing (VTOL) Aircraft》，对于搭载 52.5kWh 电池包，续航 73 英里（117km）的 eVTOL，其起飞时的放电功率达到了 4C，下降时的放电功率接近 5C。这是由于下降时电池 SOC 和电压降低，相同功率下，需要更大的电流 ($P=V \cdot I$)。这与目前的电动汽车区别很大，电动车下坡时不仅不耗能，还能通过电机进行能量回收，增加整体续航里程，而电动飞机下降时与上升时一样耗能。此外，除了电池产生的热量外，由于着陆段和起飞段的高电流，其他动力系统部件也会产生额外的热量，对电池热管理和安全性有了更高的要求。

图表 39：eVTOL 对电池倍率性能和安全性有更高要求



资料来源：William L. Fredericks et al 《Performance Metrics Required of Next-Generation Batteries to Electrify Vertical Takeoff and Landing (VTOL) Aircraft》，信达证券研发中心

多家厂商入局，高镍三元和硅基方案有望受益。面对万亿级别的低空飞行市场，国内多家电

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 24

池厂商入局：1) 宁德时代已于 2023 年 7 月 19 日与中国商飞、上海交大企业发展集团共同成立商飞时代（上海）航空有限公司，并在此前的 2023 年 4 月发布了凝聚态电池，能量密度突破 500Wh/kg；2) 国轩高科与亿航智能于 2023 年末签订战略合作协议，双方将共同开发基于亿航智能 eVTOL 产品的动力电芯、电池包、储能系统和充电基础设施，探索产业协同发展新模式。3) 中创新航与小鹏汽车深度绑定，针对低空出行开发的新锐 9 系高镍/硅体系电池，在保证高功率、高快充能力的同时，实现了轻量化和安全性能的跨越式提升。

图表 40：海外部分 eVTOL 企业情况

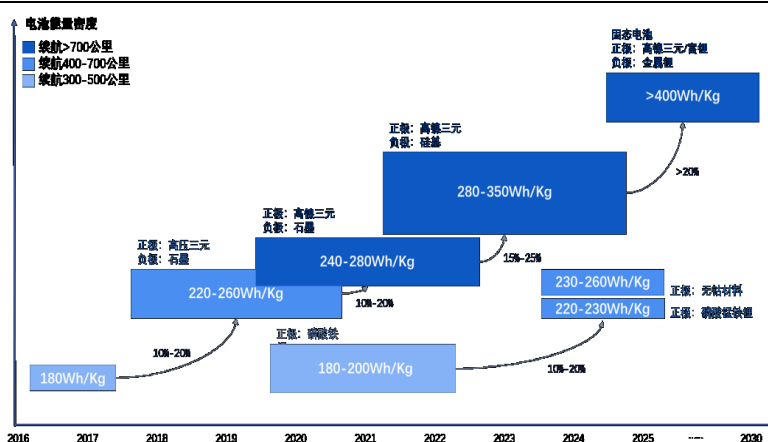
电池厂商	布局情况
宁德时代	宁德时代已于 2023 年 7 月 19 日与中国商飞、上海交大企业发展集团共同成立商飞时代(上海)航空有限公司，并在此前的 2023 年 4 月发布了凝聚态电池，能量密度突破 500wh/kg。
孚能科技	率先量产交付电动垂直起降飞行器 (eVTOL) 动力电池。
国轩高科	国轩高科与亿航智能于 2023 年末签订战略合作协议，双方将共同开发基于亿航智能 eVTOL 产品的动力电芯、电池包、储能系统和充电基础设施，探索产业协同发展新模式。
中创新航	中创新航与小鹏汽车深度绑定，针对低空出行开发的新锐 9 系高镍/硅体系电池。
正力新能	瞄准 eVTOL 市场的动力电池已可实现 320Wh/kg 的高能量密度基础上，满足 20% SOC、12C 的大倍率放电以及 5C 恒流大倍率放电性能。目前，正力新能已与国内外多家头部电动飞机企业展开深入合作并开展航空适航认证。
力神电池	力神电池在飞机电动化市场中探索已久，目前公司已实现能量密度 325Wh/kg 电池应用于 eVTOL。

资料来源：数据宝微信公众号，高工锂电微信公众号，信达证券研发中心

固态电池是未来发展方向。传统的液态锂电池具有一定的缺陷。1) 传统液态锂离子电池的安全性有上限。有机易燃电解液在剧烈的撞击等条件下会引起一定的安全隐患，且液态电池隔膜的耐热极限约为 160 度，超过此温度后聚合物会转化为流动态，导致正负极直接短路。2) 当前液态锂电池的材料体系逐渐达到上限。当前液态锂电池能量密度上限约为 350Wh/kg，目前基于氧化物正极与石墨负极的传统锂离子电池的能量密度越来越接近其理论上限。

固态电池是一种使用固体电极和固体电解质的电池。固态电池可以缓解液态电池的问题。可以搭配高比能材料，大幅减重，能量密度提升，量密度有望达到 500Wh/kg 甚至更高。在安全性方面，固态电池具有高强度、高电化学稳定性以及高燃点。在工信部装备工业司对《中国制造 2025》的解释中也明确提出了“建立和健全富锂层氧化物正极材料/硅基合金体系锂离子电池、全固态锂离子电池、金属空气电池、锂硫电池等下一代锂离子动力电池和新体系动力电池的产业链”。

图表 41：动力电池能量密度的迭代



资料来源：德勤《中国锂电行业发展德勤观察 2.0 “电池风云”》，信达证券研发中心

固态电池分为半固态、准固态、全固态三种类型，具有高能量密度+高安全性的优势。半固态 (Half solid) 液体电解质质量百分比<10%，准固态 (Nearly solid) 液体电解质质量百分比

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 25

<5%，全固态（All Solid）不含有任何液体电解质。固态电池的两大优势：高能量密度+高安全性。

- 1) 高能量密度：全固态电池电化学窗口可达 5V 以上，高于液态锂电池（4.2V），可以匹配高能正极和金属锂负极，大幅提升理论能量密度。此外，固态电池可简化封装、冷却系统，在有限空间进一步缩减电池重量，体积能量密度较液态锂电池石墨负极提升 70%以上。当前液态锂电池能量密度已经逐渐逼近上限（350Wh/kg），而固态电池能量密度有望达到 500Wh/kg 甚至更高。
- 2) 高安全性：固态电池将液态电解质替换为固态电解质，大大降低了电池热失控的风险。热稳定性通常指聚合物抵抗热分解的能力，不同成分的固态电解质耐热极限差异较大（400 度-1800 度不等），但均显著高于液态电池不超过 60 度的最高工作温度。半固态、准固态电池仍存在一定的可燃风险，但安全性优于液态锂电池。很多无机固体电解质材料不可燃（如氧化物固态电解质热稳定性高达 1000 度）、无腐蚀、不挥发且不存在漏液问题。

图表 42：主流厂商锂离子电池与固态电池能量密度对比

	液态锂离子电池	固态电池
电池结构	正极、负极、电解液、隔膜、集流器等	正极、负极、电解质、集流器等
电解质	LiPF ₆ 、PVDF-HFP、EC-DMC 等	无机电解质：LiPON、Thio-LISICON、LAPT 等 聚合物电解质：PEO 等
优点	1、工业化、自动化程度较高 2、电极与电解液的界面接触好 3、充放电循环过程电极膨胀相对可控 4、单位面积的导电率较高	1、能量密度高 2、电化学窗口可达 5V 以上，可匹配高电压材料 3、只传输锂离子，不传导电子 4、热稳定性好
缺点	1、有机电解液易挥发易燃烧，电池体系的热稳定性差 2、依赖形成的 SEI 膜保护电池 3、锂离子与电子可能同时传导 4、持续的界面副反应	1、界面电阻高，与空气稳定性差 2、单位面积离子电导率较低，常温下比功率密度较差 3、成本高 4、循环过程中物理接触变差

资料来源：华南理工大学软物质科学《全固态锂离子/锂电池的发展与展望》，信达证券研发中心

全固态电池的投用尚需时日，半固态电池是由液态电池向全固态电池过渡的中间方案。全固态电池具有能量密度高、安全性能好的优势，但是现在实施全固态电池会遇到很大的阻碍，主要包括以下三个方面：1) 固-固界面接触导致电池内阻较大；2) 离子电导率不高，现有的固态电解质电导率相较液态电解质低 1-2 个数量级；3) 当前由于未产业化，全固态电解质成本较高。半固态电池是向全固态电池过渡的中间方案，1) 半固态电池保留一定量电解液，循环性能及倍率性能优于全固态电池；2) 半固态电池电极材料浸润在电解液中，可以改善固态电池导电率低的问题；3) 半固态电池目前成本比传统锂电池略高，相较全固态电池处于较低位置。

半固态电池对现有材料体系冲击较小。1) 正极材料方面：目前现有的磷酸铁锂、锰酸锂、钴酸锂、三元 NCM 等正极材料仍可延续使用；2) 负极材料方面：目前主流的石墨系、以及未来的硅碳系均可使用，由于半固态电池中仍然存在一定量的液态电解质，所以锂金属负极目前尚不适用；3) 电解液方面：目前仍需要少量的有机溶剂浸渍，现有主流的锂盐 LiPF₆ 以及 LiTFSI、LiFSI 等新型锂盐仍然需要添加；4) 隔膜方面：由于半固态电池中仍然存在一定量的液态电解质，仍然需要隔膜隔绝正负极防止短路，而且在一些情况下隔膜仍然要被用作骨架支撑，但是对隔膜的技术要求可能会发生变化。

全固态电池或将对传统液态电池四大材料体系造成较大的冲击。正极材料未来更可能使用高比能材料；负极材料中金属锂有望应用；电解质体系中液态溶剂将被完全取代；隔膜将被逐步替代。

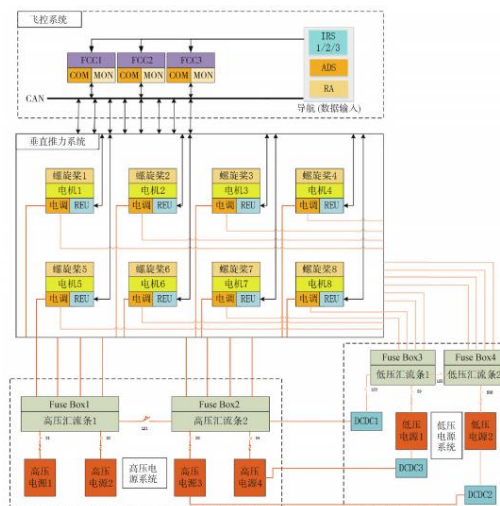
图表 43：全固态锂电池对现有材料体系的影响

材料名称	全固态锂电池造成的影响
正极材料	理论上能兼容现有正极体系，但全固态锂二次电池的正极可能开发高镍层状氧化物、富锂锰基及高压镍锰尖晶石型正极。
负极材料	理论上能兼容现有负极体系，全固态锂二次电池的负极材料目前重要集中在金属锂负极材料、碳族负极材料和氧化物负极材料三大类，其中金属锂负极材料因其高容量和低电位的优点成为全固态锂电池最重要的负极材料之一。
电解液	液态电解质将被取代，最有可能被应用到全固态锂离子电池中的固态电解质材料包括 PEO 基聚合物电解质、NASICON 型和石榴石氧化物电解质、硫化物电解质。
隔膜	隔膜将被逐步替代。

资料来源：许晓雄《为全固态锂电池“正名”》，北极星储能网，信达证券研发中心

3.3 电机电控：功率密度及适航性是重点

电机电控是 eVTOL 核心动力单元。eVTOL 一般采用多电机，参考刘巨江等《不同构型电动垂直起降飞行器动力系统的评估》，以四轴八桨多旋翼构型 eVTOL 为例，垂直推力系统主要由 8 套垂起电机、电调、REU、电机冷却系统和螺旋桨组成，相比新能源汽车，电机较多，多冗余度的动力架构设计可以提升电动飞行器动力架构的安全性。

图表 44：四轴八桨多旋翼构型 eVTOL 动力架构功能框图


资料来源：刘巨江等《不同构型电动垂直起降飞行器动力系统的评估》，信达证券研发中心

参考邓景辉《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，电动垂直起降飞行器对电机效率和转矩密度的要求较高，永磁同步电机是电推进动力系统很具前景的方案。当前电动垂直起降飞行器，如 Joby S4、Archer Midnight 等均采用了永磁同步电机。与新能源汽车相比，eVTOL 电机具有安全性、环境适应性、功率密度等要求：

- 1) 安全性：紧急情况下冗余 50%功率输出，第一指标。
- 2) 环境适应性：可以适应海拔 8000-12000m，极冷极热-90℃~70℃。
- 3) 功率密度要求高：电机重量是电动飞机的设计要求的重要指标。
- 4) 螺旋桨驱动电机轴承需承受多方向突加载荷。

图表 45：电动汽车电机情况

技术指标	国内驱动电机	德国 宝马i3	美国 通用Bolt	美国Remy HVH250-90	日产 Leaf
峰值功率(kW)	128	125	130	82	80
最高转速(rpm)	12800	12800	8810	10600	10390
峰值扭矩(Nm)	270	250	360	325	280
峰值效率(%)	97%	97%	97%	97%	97%
功率密度(kW/kg)	2.3 ^[1] /3.8 ^[2]	2.6 ^[1] /3.8 ^[2]	2.6 ^[1] /4.6 ^[2]	2.44 ^[1]	1.5 ^[1] /2.6 ^[2]
转矩密度(Nm/kg)	4.3 ^[1] /7.1 ^[2]	5.2 ^[1] /7.6 ^[2]	7.1 ^[1] /12.7 ^[2]	9.70 ^[1]	4.7 ^[1] /8.5 ^[2]
电机图片					

资料来源：新飞行器微信公众号，卧龙电驱，信达证券研发中心

图表 46：eVTOL 电机情况

生产厂家	EMRAX		MAGicALL	罗罗(西门子)	Lauchpoint
额定功率(kW)	110	53	400	70	82
峰值功率(kW)	260	109	500	92	-
额定转速(rpm)	4000	5500	3200	2600	6200
冷却方式	水冷	水冷	风冷	油冷	风冷
功率密度(kW/kg)	2.6	4.3	4	2.7	6.5
防护等级	IP65	IP65	IP65	IP65	IP21
电机图片					

资料来源：新飞行器微信公众号，卧龙电驱，信达证券研发中心

电控环节：SiC 有望加速渗透。作为第三代半导体材料的代表，SiC 具有大禁带宽度、高击穿电场强度、高饱和漂移速度和高热导率等优良特性。SiC 的禁带宽度 (2.3-3.3eV) 约是 Si 的 3 倍，击穿电场强度 ($[0.8 \times 10] \sim [3 \times 10] \times 10^6 \text{ V/cm}$) 约是 Si 的 10 倍，热导率 (490W/(m·K)) 约是 Si 的 3.2 倍，可以满足高温、高功率、高压、高频等多种应用场景。我们认为 eVTOL 部分场景有输出功率的需求，对耐压性能要求相对较高，SiC 电控有望加速渗透。

图表 47：主要功率器件应用范围

特性	Si	GaAs	4H-SiC	6H-SiC	2H-GaN
禁带宽度/eV	1.12	1.424	3.26	3.02	3.39
电子迁移率/(cm ² /(V·s))	1400	8500	900	600	1100
击穿电场强度/(10 ⁶ V/cm)	0.3	0.4	2.2	2.5	3.3
热导率/(W/(m·K))	149	54	490	490	130
饱和速度/(10 ⁵ m/s)	1	2	2.7	2	2.9
介电常数	11.8	12.8	10	9.7	8.9

资料来源：集成电路产业全书，信达证券研发中心

3.4 机身结构：轻量化材料有望受益

eVTOL 对重量有较高要求，碳纤维复合材料应用潜在空间大。碳纤维的主要优势之一是减重增强，其拉伸强度超过钢铁的 5 倍，而重量仅为钢铁的 1/4 左右，因此在低空飞行器领域的应用前景非常广阔。在 eVTOL 整体结构中，高达 70%的材料采用复合材料，其中 90%的复合材料为碳纤维复合材料。根据 Stratview Research 预测，空中汽车行业对复合材料的需求预计将在 6 年内增长约 20 倍，从 2024 年的 110 万磅（约 500 吨）增长到 2030 年的 2590 万磅（约 11750 吨）。

碳纤维材料是轻量化机身材料，可以提升续航，优势明显。主流 eVTOL 设计方案普遍采用碳纤维作为主要机身结构材料。根据 Stratview Research 数据显示，在复合材料的应用方面，约 75%至 80%用于构造飞行器的主要结构和推进系统，其次为横梁、座椅结构等内部应用占 12-14%，电池系统、航空电子设备和其他小型应用占 8-12%。碳纤维的主要优势包含：

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 28

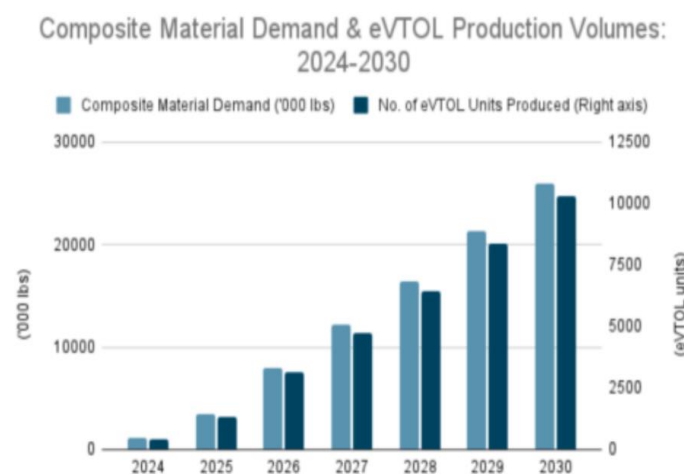
- 1) 质轻且高强度，碳纤维的小型化、轻量化设计对 eVTOL 的性能和效率影响较大。这种材料的密度仅为传统钢材的 1/4，有助于降低 eVTOL 的整体重量及结构占用的空间，同时保障了结构的强度和刚性；
- 2) 耐腐蚀性，碳纤维的化学稳定性高、抗腐蚀性强，当 eVTOL 在各种腐蚀环境下仍能保持其稳定性和安全性，从而提高了 eVTOL 的使用寿命并减少了 eVTOL 的维护及更换成本；
- 3) 高温耐受性，即使在高温环境下，碳纤维也能保持其力学性能，物理变化小，不会产生蠕变或疲劳现象，确保了 eVTOL 外部结构的完整性和稳定性，提高使用寿命；
- 4) 电磁干扰防护，与传统金属材料相比，碳纤维在抗电磁干扰方面具有优势，这有助于增强 eVTOL 的电磁兼容性、稳定性和可靠性。

图表 48：碳纤维复合材料在机身多个部位多有应用



资料来源：立鼎产业研究网，中国复合材料工业协会，信达证券研发中心

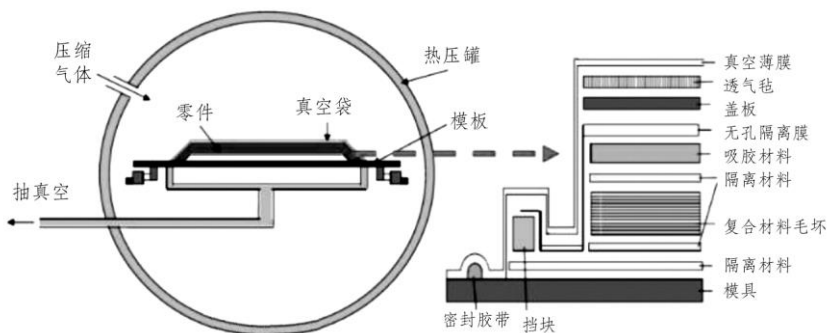
图表 49：飞行汽车的产量和复合材料需求量对应情况



资料来源：中国复合材料工业协会，Stratview Research，信达证券研发中心

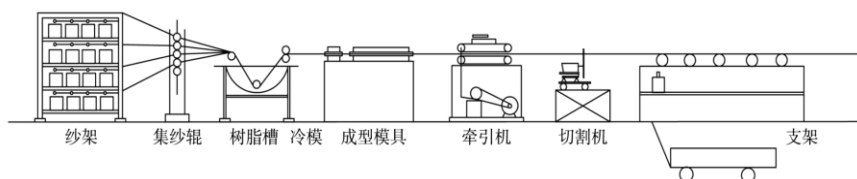
纤维复合材料可以按照聚合物的不同，可分为热固性复合材料和热塑性复合材料，目前热固性材料用量较大，热塑性材料发展潜力较大。目前我国用量最大的材料是由热固性碳纤维复合材料形成的复合材料。相比之下，热塑性碳纤维复合材料具备抗冲击力强、可循环使用等优点，近年来在民用、军事层面均得到了广泛运用。其常规成型方式有热压罐成型、拉挤成型、缠绕成型等，特点是适用范围广、技术水平高，但也具备生产成本低、效率低的短板。同时，近年来也出现了各类新型成型工艺，如自动纤维铺放成型、超声波快速固结成型、激光固结成型、电子束固结成型、真空辅助成型、3D 打印成型等。

图表 50：热压罐成型工艺流程



资料来源：孙琳等《碳纤维复合材料成型工艺的研究进展》，信达证券研发中心

图表 51：拉挤成型工艺



资料来源：孙琳等《碳纤维复合材料成型工艺的研究进展》，信达证券研发中心

图表 52：碳纤维工艺类型

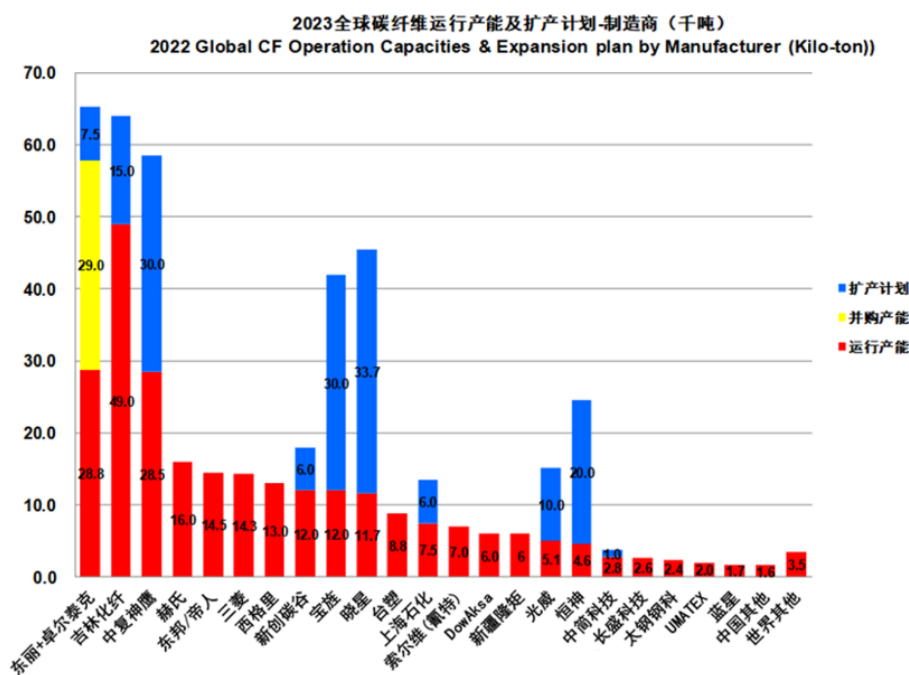
工艺类型	原理	特点	应用
热压罐成型	通过加热压力罐内的高温挤出压力，对所铺设的预浸材料进行升温、加压处理，从而达到固化成型的目的	使用广泛，成型工艺稳定，但其成本大、成本高，需要大量的投入、过分的能量、以及高昂的设备	热压罐成型技术在工业中占有着较大的比例，特别是在航天等方面
拉挤成型	将碳纤维浸渍于树脂中，再由牵引力装置将其挤压成型，经挤压成型，制成具有无限长度的复合材料，并制成具有较高强度的单向复合材料	自动化程度高，能耗少，质量平稳，原材料损耗较少，纤维含量高。产品的外形简单，只能生产成直线外形，无法形成复杂的结构件	由于产品的特性是各向异性的，而且其纵向方向上的强度也较低，极大地制约了其应用
缠绕成型	在芯模中对经浸渍树脂的连续纤维进行加热时间和缠绕，在缠绕时不断升温，然后再利用加压热使预浸料熔化成一种，一层一层地粘结，再冷却，得到一种特殊的成型制品	纤维编织工艺有连续、一次完成的优点，有很大的制造效益；在缠绕时，纤维不能与芯模的表面相结合，使其难以形成凹型，而且缠绕机的价格也较高	适用于大批量生产，包括：圆柱体、圆锥体、半球形等，以及导弹壳、火箭发动机壳、各种管材、压力容器等
自动纤维铺放成型	是由缠绕成型工艺发展起来的一种新型的快速成型工艺。其核心技术可包括 AFP 和 ATL 两方面	制造效率较高，智能化水平好，且易于进行数字化制造	ATL 技术主要运用于较小曲率零件（例如机翼、侧线）上，具有较高的生产效率。AFP 技术是制造飞机机体、机翼等复杂结构零件的关键技术
超声波快速固结成型	在层之间实现了超声波的传播。在焊接区域，因其较高的声电阻，使其局部温度升高，同时，其导热性能降低，从而造成焊接区域热量的累积。在加压时，两个树脂的接触面马上就开始熔融	能量小，成本低，见效快，智能化度好的优点	适合于大量采用超声波强化的产品

	和结合。在超声波传感器停止动作后，维持相应的压强，从而保持表面稳定		
激光固结成型	激光固化技术通常与 AFP、ATL 等技术结合使用，利用激光作为替代高温燃气热源	可以减少能源消耗，减少污染，节省材料，加速复合材料的铺层速度，提高产品的自动化程度	在飞机的尾翼和机身等材料的制造中应用
电子束固结成型	利用电子束和介质进行接触后，在极短的时间内把电能传递到介质中，从而产生物理和化学上的变化，产生与高聚物分子的交联，从而固化物质	减少了在材料成型过程中所形成的热应力影响，而且该工艺具有低成本、低污染和高效率的特点	电子束固化工艺，可用于缠绕成型、自动铺放成型、树脂转移成型、RTM 等技术相结合，从而达到自动化生产的目的
真空辅助成型	通过真空、负压将纤维中的气体抽离出来，使树脂在空气中流动和渗透，从而使碳纤维在真空状态下进行固化	新型的、低成本、高效率的复合材料构件加工技术	应用于热塑性树脂中，或将其用于合成多层复合材料
3D 打印成型	利用分层印刷的方法，通过数字控制系统，建立一个立体的物质实体	具备自动化、智能、高精度和效率高等特性，能够有效地减少复合材料的制造成本	高选择性激光烧结工艺技术与熔融淀积工艺技术目前使用得较为普遍的二类工艺技术

资料来源：孙琳等《碳纤维复合材料成型工艺的研究进展》，信达证券研发中心

国内碳纤维企业逐步发力，产能持续扩张。全球范围内，碳纤维主要制造商有东丽、吉林化纤、中复神鹰、赫氏、东邦、三菱、西格里、新创碳谷、宝旌等。2017年后，国产碳纤维产能持续加速，目前全球十强碳纤维制造厂家中已有四家中国大陆企业，并且仍在持续进行扩产。2023 年，吉林化纤宣布进行 15,000 吨高性能碳纤维的扩产，宝旌宣布在 2025 前完成 30,000 吨产能扩增，中复神鹰宣布 2026 年完成 30,000 吨产量。

图表 53：2023 全球碳纤维运行产能及扩产计划



资料来源：赛奥碳纤维技术微信公众号，信达证券研发中心



四、投资建议

我们认为低空经济的发展，低空经济基础设施建设、相关飞行器产业链、飞行器运营、飞行器保障等环节有望受益。推荐**宁德时代、旭升集团（电新&汽车组覆盖）**，建议关注**蓝海华腾、英搏尔、卧龙电驱、当升科技、孚能科技**等。

1) 低空基础设施建设：主要是相关机场设施设备，包括工程设计等环节。建议关注相关施工造价、建设等企业。

2) 飞行器产业链：包括飞行器整机环节、动力系统（电机电控）、能源系统（电池）、机体材料等。整机企业，国内主要为亿航智能、万丰奥威等企业；电池环节，推荐**宁德时代**，建议关注**孚能科技、当升科技**等；电机电控，**卧龙电驱、蓝海华腾、英搏尔**等；机体材料及轻量化，推荐**旭升集团（电新组&汽车组联合覆盖）**，建议关注相关碳纤维企业等。

3) 飞行器运营：包括飞行器低空运营场景服务和低空飞行服务等。

4) 飞行器保障：适航认证测试、空管、通讯等。

五、风险因素

核心技术发展不及预期。eVTOL 对电池、驱动技术等要求较高，若技术发展不及预期将影响国内企业突破相关市场，同时影响 eVTOL 价格。

eVTOL 量产不及预期。eVTOL 若量产不及预期，将影响产业链企业相关订单落地情况。

基础设施建设不及预期。空管系统及配套设施建设不及预期将影响 eVTOL 落地。

适航认证不及预期。适航认证流程较多，程序复杂，若相关企业适航认证进展放缓，将影响产业化落地。

研究团队简介

武浩，新能源与电力设备行业首席分析师，中央财经大学金融硕士，7 年新能源行业研究经验，2020 年加入信达证券研究所，负责电力设备新能源行业研究。2023 年获得新浪金麒麟光伏设备行业菁英分析师第三名。研究聚焦细分行业及个股挖掘。

黄楷，电力设备新能源行业分析师，墨尔本大学工学硕士，伦敦卡斯商学院金融硕士，3 年行业研究经验，2022 年加入信达证券研发中心，负责光伏行业研究。

曾一赞，新能源与电力设备行业研究助理，悉尼大学经济分析硕士，中山大学金融学学士，2022 年加入信达证券研发中心，负责电力设备及储能行业研究。

孙然，新能源与电力设备行业研究助理，山东大学金融硕士，2022 年加入信达证券研发中心，负责工控及机器人行业研究。

王煊林，电力设备新能源研究助理，复旦大学金融硕士，1 年行业研究经验，2023 年加入信达证券研究所，负责风电及核电行业研究。

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入 ：股价相对强于基准 15% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~15%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5%之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。