

2024年5月5日

低空经济专题：eVTOL 蓄势待发，三电系统有望受益

电力设备与新能源行业

报告摘要

低空经济政策密集催化，万亿级市场规模可期

2023年下半年以来，“低空经济”进入政策密集催化期。在政策的持续推动下，未来随着低空经济产业链的逐步成熟，低空经济的下游应用场景有望持续拓展，万亿级产业规模可期。

eVTOL 具备多重优势，有望成为低空经济重要载体

eVTOL 是低空经济的重要载体之一，与现有轻型无人机和通用航空形成空域互补。与常见的地面交通（如汽车）对比，eVTOL 相对电动汽车在特定场景下具备时间优势。与常见的空中交通对比，一方面 eVTOL 较以传统化石能源为燃料的空中交通工具更加环保，另一方面 eVTOL 较传统燃油直升机和固定翼飞机在单位能源与运营成本等方面具备优势。

eVTOL 资质认证壁垒高，已有国内厂商获得 TC

eVTOL 在商业化运营前需经过多重资质认定流程，主要包括四类证书的获得：型号合格证（TC）、生产许可证（PC）、运行许可证（OC）以及单机适航证（AC）。目前已有国内厂商获得 TC，其中亿航智能已获得 PC。此外，政策持续推进也有望推动适航取证体系的完善，eVTOL 的商业化进程有望因此加速。

三电系统成本占比较高，国内厂商积极布局

全球电动飞机产业链的上游包括电池、电机、电控、飞控系统，其中三电系统在电动航空器的成本中占据重要地位。电驱技术在航空的应用比车规级的应用在安全性可靠性上更为严格，且更重视轻量化。具体来看，电机可沿用永磁同步电机，但转矩密度要求较车用提升；电控具有体积小和功率密度高等特点，SiC 功率器件有望应用。电池方面，eVTOL 电池供应体系与汽车重叠，但其对能量密度、倍率性能、安全性能等要求比电动汽车更高。目前，电动航空领域的三电产品已有多家国内厂商积极布局。

投资建议

我们认为，受益于政策的持续催化，低空经济产业发展有望加速，万亿级产业规模可期。eVTOL 作为低空经济的重要载体具备多重优势，eVTOL 商业化进程有望持续推进。就产业链而言，三电系统（电池、电机、电控）成本占比较高，在 eVTOL 广阔市场规模的带动下，产业链上游的三电系统市场有望蓬勃发展。此外，电动航空领域将对三电系统等相关零部件提出更高要求，目前已有相关厂商在电动航空的电池、电机、电控等领域进行前期布局，未来有望受益行业需求发展，并获得先发优势。

评级及分析师信息

行业评级：增持

行业走势图



分析师：杨睿

邮箱：yangrui2@hx168.com.cn
SAC NO: S1120520050003
联系电话：010-5977 5338

分析师：李唯嘉

邮箱：liwj1@hx168.com.cn
SAC NO: S1120520070008
联系电话：010-5977 5349

研究助理：哈成宸

邮箱：hacc@hx168.com.cn
联系电话：021-5038 0388

受益标的：卧龙电驱、蓝海华腾、宁德时代、孚能科技、亿纬锂能、蔚蓝锂芯、欣旺达、国轩高科等。

风险提示

政策变化风险；技术路径变化风险；eVTOL 商业化进程不及预期；零部件供应商布局进展不及预期等。

正文目录

1. 低空经济政策密集催化，万亿级市场规模可期.....	4
2. eVTOL 具备多重优势，有望成为低空经济重要载体.....	5
3. eVTOL 资质认证壁垒高，已有国内厂商获得 TC.....	7
4. 三电系统成本占比高，国内厂商积极布局.....	9
5. 投资建议.....	19
6. 风险提示.....	20

图表目录

图 1 我国低空经济场景分布.....	5
图 2 低空经济相关概念区分.....	5
图 3 亿航智能 EH216-S 无人驾驶载人 eVTOL 航空器.....	6
图 4 吉利沃飞长空 AE200 eVTOL/飞行汽车.....	6
图 5 eVTOL 需要取得的资质证件（适用于中国、美国等市场）.....	8
图 6 全球电动飞机产业链图谱.....	10
图 7 Lillium eVTOL 成本拆分.....	11
图 8 2024-2035 年全球 eVTOL 累计市场规模（亿美元）.....	11
图 9 车用（上）与 eVTOL（下）电机转矩与转速曲线.....	13
图 10 航空航天（橙）与车用（蓝）电机转矩密度.....	13
图 11 卧龙电驱入选《2023 中国低空经济领军企业 TOP20》.....	14
图 12 新一代宽禁带半导体材料与传统硅基材料性能对比.....	15
图 13 eVTOL 对电池的参数要求.....	15
图 14 eVTOL 和电动汽车对锂离子电池性能要求对比.....	15
图 15 软包、方形和圆柱技术路线对比（单体性能）.....	17
图 16 正力新能“三高一快”航空电池产品.....	18
图 17 液态电池与固态电池内部结构对比.....	18
图 18 锂金属负极的应用有望提升能量密度.....	18
表 1 eVTOL 与燃油飞行器对比.....	7
表 2 布局 eVTOL 的厂商及进展（不完全统计）.....	9
表 3 不同电机特点对比.....	12
表 4 电池相关公司在低空经济领域布局（不完全统计）.....	16
表 5 部分厂商电动航空领域（半）固态/锂金属电池布局（不完全统计）.....	19

1. 低空经济政策密集催化，万亿级市场规模可期

政策密集催化下，低空经济发展有望加速。低空经济是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，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态，其相关产品主要包括无人机、eVTOL（电动垂直起降飞行器）、直升飞机、传统固定翼飞机等。“低空经济”概念在 2009 年由中国民航大学李卫民副教授于“中国通用航空发展研究”课题研讨会上首次提出，而后于 2021 年 2 月写入《国家综合立体交通网规划纲要》。2023 年下半年以来，“低空经济”进入政策密集催化期：

- 2023 年 10 月，《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035 年）》提出：到 2025 年电动通航飞机投入商业应用，电动垂直起降航空器（eVTOL）实现试点运行；
- 2023 年 12 月，中央经济工作会议提出：加快发展低空经济等若干战略性新兴产业；
- 2023 年 12 月，国家空管委组织制定的《国家空域基础分类方法》正式发布，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；非管制空域的划分有望为电动垂直起降航空器（eVTOL）的试点运行以及商业化落地奠定基础；
- 2024 年 3 月，“低空经济”在今年全国两会首次写入政府工作报告，2024《政府工作报告》提出：积极打造低空经济等新增长引擎；
- 2024 年 3 月，《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》印发，其中主要目标提出：到 2027 年，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；
- 2024 年 4 月，国家发展改革委政策研究室主任金贤东在国新办新闻发布会上表示：当前我国发展低空经济已经具备较好基础；低空经济是前景广阔的战略性新兴产业，积极稳妥推动低空经济发展意义重大、前景光明；同月，工业和信息化部副部长单忠德在国新办新闻发布会上表示：低空经济是新兴产业未来发展的重要方向，将来一定会形成万亿级产业规模。

低空经济应用场景广泛，涵盖工、农与服务业等多领域。据中国民用航空局副局长韩钧表示，低空经济作为战略性新兴产业，既包括传统通用航空业态，又融合了以无人机为支撑的低空生产服务方式，在工业、农业、服务业等领域应用广泛。其中，下游有代表性的包括，1) 低空经济+农业：植保无人机在农林业中应用广泛，有利于提升精细化生产管理；2) 低空经济+物流：有助于缓解地面物流承载压力，满足小批量、高频次的即时性货物配送；3) 低空经济+旅游：满足旅游休闲、探险、运动等消费需求，并带动周边配套产业；4) 低空经济+巡检：可实现无人夜间值守、高效低空数据采集、突发事件及时响应等，提高了巡逻与巡检效率；5) 低空经济+消防：能够绕开复杂拥堵路段，进行及时救援；6) 低空经济+交通：以 eVTOL 等新型航空器为平台，解决民众城际交通出行问题。我们认为，低空经济对于构建现代产业体系具有重要作用，未来随着低空经济产业链的逐步成熟，低空经济的下游应用场景有望持续拓展，万亿级产业规模可期。

图 1 我国低空经济场景分布



资料来源：前瞻产业研究院，华西证券研究所

2. eVTOL 具备多重优势，有望成为低空经济重要载体

eVTOL 主要特点在于“载人+电动”，与现有航空器形成空域互补。eVTOL 全称为 Electric Vertical Takeoff and Landing 电动垂直起降飞行器，是低空经济的重要载体之一。据盖斯特汽车战略咨询：

- ✓ eVTOL 与直升机的主要区别在于其为纯电动驱动；
- ✓ eVTOL 与无人机的区别在于其主要以载人为主。

据《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，由于 eVTOL 采用电池加电机的动力总成，其悬停状态电池放电倍率约为 3~5 C、放电时长约为 12~20 min；考虑电池大功率状态散热量较大及电池电量安全余量，eVTOL 不具备长时悬停能力，与能长时悬停的常规燃油直升机具有较大差别；在爬升状态时，eVTOL 需用功率更大，若爬升高度过大则会影响飞行器航程；因此，eVTOL 飞行高度通常不超过 600 米，运行高度基本处于 300 米以下，与现有轻型无人机和通用航空形成空域互补。

图 2 低空经济相关概念区分



资料来源：盖斯特汽车战略咨询，华西证券研究所

图 3 亿航智能 EH216-S 无人驾驶载人 eVTOL 航空器



资料来源：亿航智能官网，华西证券研究所

图 4 吉利沃飞长空 AE200 eVTOL/飞行汽车



资料来源：吉利沃飞长空官网，华西证券研究所

eVTOL 具备时间优势，相较传统能源飞行器环保且经济。若将 eVTOL 与常见的地面交通（如汽车）对比，eVTOL 相对电动汽车在特定场景下具备时间优势；若将 eVTOL 与常见的空中交通对比，一方面 eVTOL 相较于以传统化石能源为燃料的空中交通工具更加环保；另一方面，据《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，以 2 座 Joby S2 eVTOL、2 座 R22 罗宾逊直升机、Van's RV-7 固定翼飞机为例进行对比，可以发现：与传统燃油直升机相比，eVTOL 在速度、航程、单位能源与运营成本等方面均具有较大的优势；与固定翼飞机相比，尽管 eVTOL 在航程、商载方面存在一定劣势，但在单位能源与运营成本方面优势仍明显。此外，eVTOL 无需借助跑道即可实现垂直起降，相对于固定翼飞机具备便捷性。

表 1 eVTOL 与燃油飞行器对比

参数	Joby S2	罗宾逊 R22	Van's RV-7
座位数	2	2	2
起飞重量/lb	2000	1370	1800
最大商载/lb	390	389	460
机翼面积/ft ²	53.8		121
翼展/ft	29.5	25 (旋翼直径)	25
纵横比	16.2		5.2
翼面载荷/(lb*ft ⁻²)	37.2		14.9
桨盘载荷/(lb*ft ⁻²)	16.3	2.61	
巡航速度/mph	200	110	199
航程/mile	200	165	775
巡航升力系数	0.52		0.19
价格/\$	200000	291700	110000
每英里能源成本/\$	0.05	0.53	0.27
每英里运营成本/\$	0.20	1.30	0.44

资料来源：《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，华西证券研究所

3. eVTOL 资质认证壁垒高，已有国内厂商获得 TC

eVTOL 资质认证壁垒高，其中 TC 获得是核心关键。eVTOL 作为未来出行方式的全新载体，商业化进程备受关注。eVTOL 在商业化运营前需经过多重资质认定流程。据盖斯特汽车战略咨询报告，资质认定主要包括四类证书的获得：型号合格证（TC，核心关键且难度最大）、生产许可证（PC）、运行许可证（OC）以及单机适航证（AC），当 eVTOL 生产企业在获得前三个证书，且每款机型获得单机适航证（AC）后，才能开展商业运营；整体而言，eVTOL 取得全部资质的流程时间较长，前三证从应用到审批预计通常需要约 3-5 年时间，由此有望构筑较高的行业进入壁垒。

图 5 eVTOL 需要取得的资质证件（适用于中国、美国等市场）



资料来源：盖斯特汽车战略咨询，华西证券研究所

已有国内厂商获得 TC，其中亿航智能已获得 PC。目前，已有包括航空制造商、汽车厂商、科技公司等各类型企业布局 eVTOL 产品。就适航认证而言，已有厂商获得型号合格证（TC）；国内方面，据亿航智能官网，亿航智能 EH216-S 无人驾驶载人航空器相继于 2023 年 10 月、2023 年 12 月、2024 年 4 月取得 TC、AC、PC。除亿航智能外，据中国新闻网，2024 年 3 月，民航华东地区管理局向峰飞科技公司颁发 V2000CG 无人驾驶航空器系统型号合格证，这也是中国民航系统颁发的首个无人驾驶吨级电动垂直起降航空器型号合格证。

我们认为，型号合格证（TC）是用以证明民用航空产品符合相应适航规章和环境保护要求的证件，是准予其进入市场商业运营的前提，型号合格证的获得有望助力相关航空器的商业化进程持续推进。此外，政策持续推进有望推动适航取证体系的完善。2024 年 3 月发布的《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》提到：推进电动垂直起降航空器（eVTOL）等一批新型消费通用航空装备适航取证。2024 年 3 月，民航局举行的低空经济发展专题新闻发布会也提到：进一步提升适航审定能力，优化航空器适航标准、审定模式与技术。在政策的持续推动下，eVTOL 的商业化进程有望加速。

表 2 布局 eVTOL 的厂商及进展（不完全统计）

制造商	企业名称	产品	产品类型	技术进展	合格审定规划	商用时间规划	
航空制造商	波音	Wisk Aero	PAV	eVTOL	完成首飞	-	-
	贝尔	-	Nexus 6HX	eVTOL	样机研发	-	2025
	巴西航空	Eve Air Mobility	Eve	eVTOL	完成风洞测试	2025	2026
汽车企业	丰田	JOBY	S4	eVTOL	获得美国 FAA 特殊适航证	-	2025
		SkyDrive	SD-03	eVTOL	完成有人飞行测试	2026	2026
	现代	-	SA1	eVTOL	设计阶段	2024	2026
	吉利	沃飞长空	AE200	eVTOL	进入适航审定	2025-2026	-
科技公司	亿航智能		EH216-S	eVTOL	已获得 TC、AC、PC	2023.10（已获得 TC）	2024
	英特尔	Volocopter	VoloCity	eVTOL	完成首飞	-	-
	谷歌	Opener	Blackfly	eVTOL	小规模生产	-	-
	腾讯	Lillium	Jet 7 座版	eVTOL	获得欧盟航空安全局批准	2025	2026

资料来源：亿航智能官网，盖斯特汽车战略咨询，华西证券研究所

4. 三电系统成本占比高，国内厂商积极布局

产业链参与者众多，上游包括三电及飞控系统。全球电动飞机产业链的上中下游均已有多家厂商进行布局。产业链上游包括电池、电机、电控、飞控系统等部件；中游则由不同类型的飞机本体厂商构成，包括传统整机企业（中国商飞、AIRBUS、BOEING 等）、新势力整机企业（亿航智能、沃飞长空、LILIUM 等）以及部分传统车企；下游则包括起降点、运营租赁等。

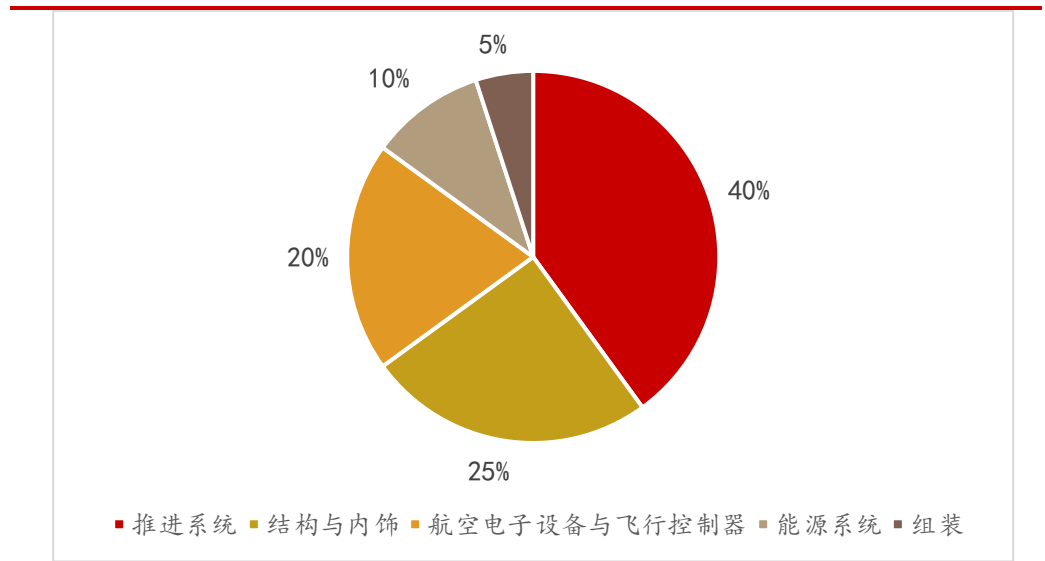
图 6 全球电动飞机产业链图谱



资料来源：工信部装备工业发展中心，华西证券研究所

电动航空器三电成本占比近半，占据重要地位。就上游部件而言，电动飞机的动力系统与传统使用燃油发动机的航空器存在显著差异。据 AOPA 官网披露的电动航空器电推进系统系列团体标准的征求意见稿，在电动航空器中，电机、控制器等部件共同组成了电推进系统，并与电池、推进器等部件一起构成整套动力装置。就成本构成而言，以 Liliium 的 eVTOL 产品为例，推进系统/结构与内饰/航空电子设备与飞行控制器/能源系统/组装分别占比 40%/25%/20%/10%/5%，推进系统与能源系统成本占比达 50%；具体就三电（电池、电机、电控）而言，据科工力量公众号访谈文章，三电在电动航空器的成本构成中占比约 45%至 50%，占据重要地位。

图 7 Lilium eVTOL 成本拆分



资料来源：Lilium，华西证券研究所

eVTOL 具备可观市场规模，推动三电市场享广阔空间。据《中国电动垂直起降航空器（eVTOL）行业发展白皮书（2024 年）》预测，到 2035 年，全球 eVTOL 累计市场规模有望达到 1600 亿美元。我们认为，由于三电系统在电动航空器中的占比较高，随着全球 eVTOL 市场的持续发展，三电系统市场规模有望持续扩大，未来空间广阔。

图 8 2024-2035 年全球 eVTOL 累计市场规模（亿美元）



资料来源：EVTank，华西证券研究所测算

eVTOL 对电机与电控性能要求高。据卧龙电驱 2024 年 3 月发布的投资者关系活动记录表，电驱技术在航空的应用比车规级的应用在安全性可靠性上更为严格，容错率更低，并且设计上更重视轻量化。就具体的电机与电控而言，

电机方面：可沿用永磁同步电机，但转矩密度要求较车用提升。

永磁同步电机具备前景，多家厂商已实现应用。在目前诸多电机方案中，永磁同步电机作为新能源汽车主驱动电机的常见方案，具备高功率密度、高效率、良好的动态响应和可控性等优势，有望成为电推进动力系统中具备前景的方案之一。据《电动垂直起降飞行器的技术现状与发展》，目前包括 Joby S4、Archer Midnight 等

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/615343102030011304>