

## 目录

1. 投资观点：关注低空经济产业导入期投资机会 .....	3
1.1. 2024 年低空经济与 2023 年 AI 具备类似的逻辑 .....	3
1.2. 低空经济将较大受益于国内新能源车的产业链优势 .....	6
2. 新兴综合经济形态，低空经济乘势而飞 .....	7
2.1. 低空经济发展的源动力来自地面交通的饱和 .....	7
2.2. 法规层面障碍已扫清，地方政府拥有较强话语权 .....	8
2.3. 低空经济应用范围从货运向客运拓展 .....	11
3. eVTOL 商业前景可期 .....	13
3.1. eVTOL 是更高效的低空飞行器 .....	13
3.2. eVTOL 潜在应用范围较广，客/货运均可运用 .....	15
3.3. 解决无人机不适用于客运的痛点，多种 eVTOL 已获订单 ..	16
3.4. 审核尚需一定时间，eVTOL 放量还需等待 .....	16
3.5. 借助新能源汽车产业链，eVTOL 有望快速发展 .....	18
3.5.1. 动力系统：高安全、轻量化和高功率是关键 .....	18
3.5.2. 能源系统：eVTOL 电池仍需提升能量密度 .....	19
3.5.3. 结构件：碳纤维将是 eVTOL 的主流材料 .....	21
4. 基础设施：低空经济产业发展前提 .....	22
5. 投资建议 .....	26
6. 风险提示 .....	27
6.1. eVTOL 投入运营节奏不及预期 .....	27
6.2. 基础设施建设进展不及预期 .....	27

## 1. 投资观点：关注低空经济产业导入期投资机会

**从主题投资角度：2024年的低空经济主题和2023年AI主题的相似性较高，有望成为2024年全年的主题投资主线。**（1）主题新颖：与2023年AI主题相似，2024年的低空经济属于之前市场未出现过的主题投资范畴，在投资者层面会带来较大的认知冲击。（2）持股结构利于上涨。由于主题新颖，没有预期的投资者也没有存量持仓，不会造成抛压，新的投资者则会带来增量资金进入低空主题，更利于主题上涨。（3）主题容量大，逐步扩容。类似于2023年年初AI主题出现时，投资者第一反应是利好应用端，带动了游戏/传媒等相关行业起涨，而后扩散至国产GPU/数据标注等软硬环节，最后是光模块/算力租赁等确定性受益的方向。目前的低空经济也呈现出从主机厂向空管系统/城市运营商等环节的扩散，后续有望延伸至零部件/原材料/基础设施等多个环节，具备较大的主题容量和延伸潜力。

**从产业发展角度：我们认为低空经济类似于2015-2017年的新能源汽车，具备产业导入期叠加政策支持期的双重特征。**（1）在政策端，我们认为低空经济属于以新的空间模式赋能物流/消防/医疗/旅游等方向，是地方政府从地租经济转型/发展新质生产力的重点方向。目前已有国家级政策近10个，各地方政府政策近50个，根据民航局副局长韩钧在2024年2月28日新闻发布会上的介绍，2030年低空经济市场规模有望达到2万亿。（2）在产业发展的生命周期角度，低空经济处于导入期，由于在成本构成上（电池/零部件等环节）与国内的新能源车产业链具有较高的复用，具备了较好的产业基础，同时也有望复制新能源车不断降本的逻辑，具有较大的成功性和较好的商业化前景。

**同样作为主线主题的低空经济将同样追求确定性，国内产业链进展更快，将带来更多投资机会。**我们认为目前低空经济主题投资正处于信息差向认知差转变的过程，投资者正经历“不了解—不相信—开始相信”的过程，因此现阶段投资者的关注点在主机厂/运营商/系统商等浅层认知类的投资机会，下一个阶段将沿产业链深入寻找确定性较高的机会。

**投资建议：主题投资将转向具有确定订单和产业链有确定订单和产业链逻辑的主机厂/零部件/配套设施/上游原材料等方向。受益标的如下：1）主机厂，亿航智能(EH.O)、万丰奥威(002085.SZ)、中直股份(600038.SH)和纵横股份(688070.SH)；2）零部件，卧龙电驱(600580.SH)、宗申动力(001696.SZ)、应流股份(603308.SH)、纵横股份(688070.SH)、纳睿雷达(688522.SH)、宁德时代(300750.SZ)和蓝海华腾(300484.SZ)；3）原材料，吉林化纤(000420.SZ)、光威复材(300699.SZ)和中复神鹰(688295.SH)；4）基础设施提供商，中信海直(000099.SZ)、深城交(301091.SZ)、苏文科(300284.SZ)、莱斯信息(688631.SH)和新晨科技(300542.SZ)。**

### 1.1. 2024年低空经济与2023年AI具备类似的主题逻辑

**主线主题第一阶段：市场存在“信息差”，认知不足，整体涨幅有限，且产业链不同环节涨幅差异有限。**参考AI主题启动初期(2023/1/3-2023/3/2)，市场对AI能否落地存在较大分歧且认知有限，

无法形成合力，产业链各环节均上涨但是涨幅差异有限，应用/算力/CPO涨幅分别为 33%/37%/41%。

**主线主题第二阶段：“信息差”消失后“认知差”短暂出现，并迅速切换到“逻辑差”，业绩确定性高的 CPO 环节跑出超额。**市场了解了 AI 之后迅速形成了共识，“信息差”消除后市场在经历了 15 个交易日震荡后快速消除了“认知差”，AI 主题进入“逻辑差”演绎初期的第二阶段（2023/3/16-2023/4/24）。第二阶段初期各环节均上涨，并逐渐出现了对哪个产业链细分环节将会最大程度地受益于 AI 进展的不同看法，应用/算力/CPO 三个环节短期跑出相同走势后涨幅大幅分化，确定性更高的 CPO 跑赢其他环节。

**主线主题投资第三阶段：对确定性的追求催化“逻辑差”的进一步演绎，而确定性将来自后续持续订单或者能够带动产业进展。**AI 主题经过短期调整后，“逻辑差”进一步强化，叠加不同环节的业绩和订单情况披露，市场形成了对高确定性环节的信心并形成一定共识，CPO 这种高确定性环节跑赢行业。

图 1：主线主题前期，市场通常从“消除认知差”（追求相关性）转变为“消除逻辑差”（追求确定性）



数据来源：Wind、国泰君安证券研究

**主线主题第四阶段：市场已对不同环节的确定性形成共识，同时高确定性主题转跌后往往会压制主线主题的整体情绪。**在市场经历较长时间调整后，市场整体上行或者主题出现强催化之后，高确定性的 CPO 跑出更大涨幅，同时其转跌时会对其他环节的市场表现造成不利影响。

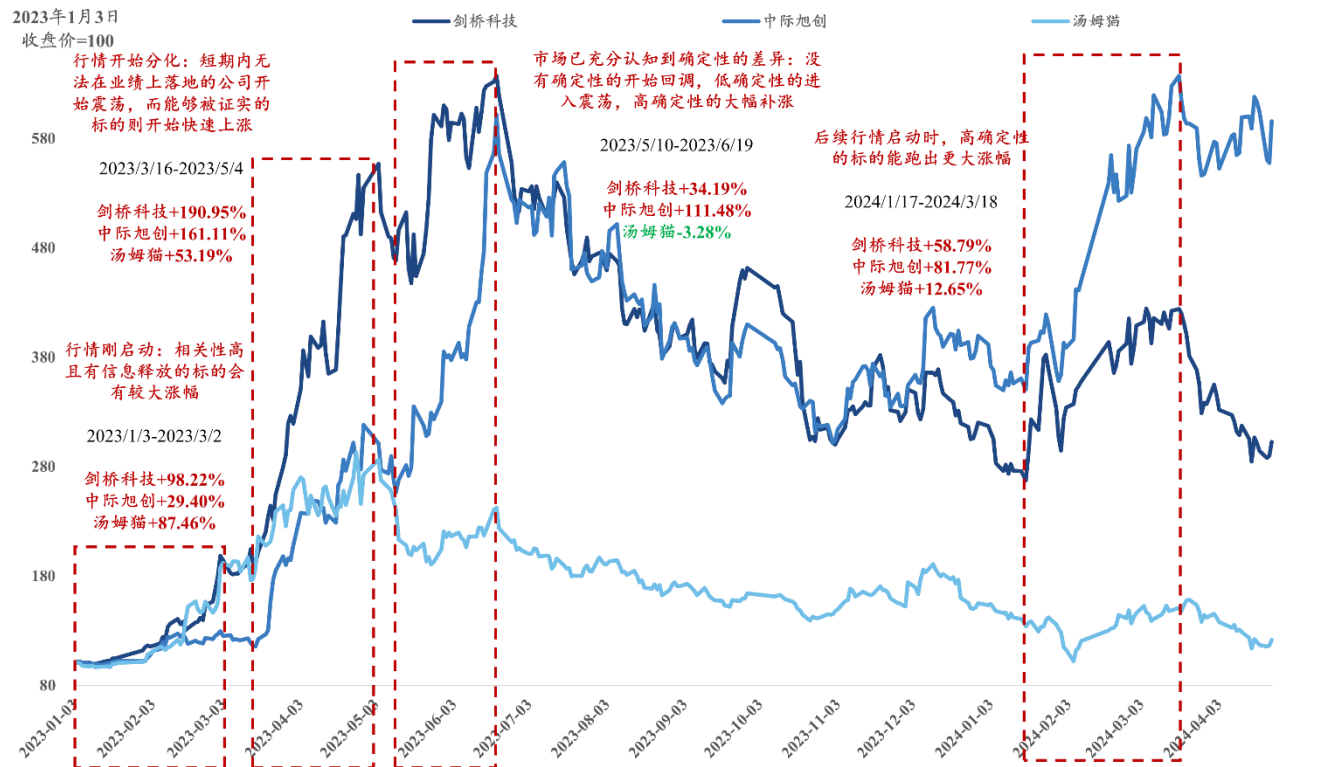
图 2：主线主题中后期，高确定性主题的能够显著跑赢相关性主题



数据来源：Wind、国泰君安证券研究

基于个股视角：个股表现分化较产业链不同环节更为显著。相较于主题产业链不同环节，主线主题相关标的市场表现差异更大，而且差异随着“信息差”和“认知差”的消除而扩大，确定性低的个股通常仅在主线主题启动初期能受益于主题上行，而高确定性的个股能够在主题上行的过程中大幅跑赢其他仅有相关性的主题。

图 3：个股表现分化更大，高确定性个股的投资机会更多



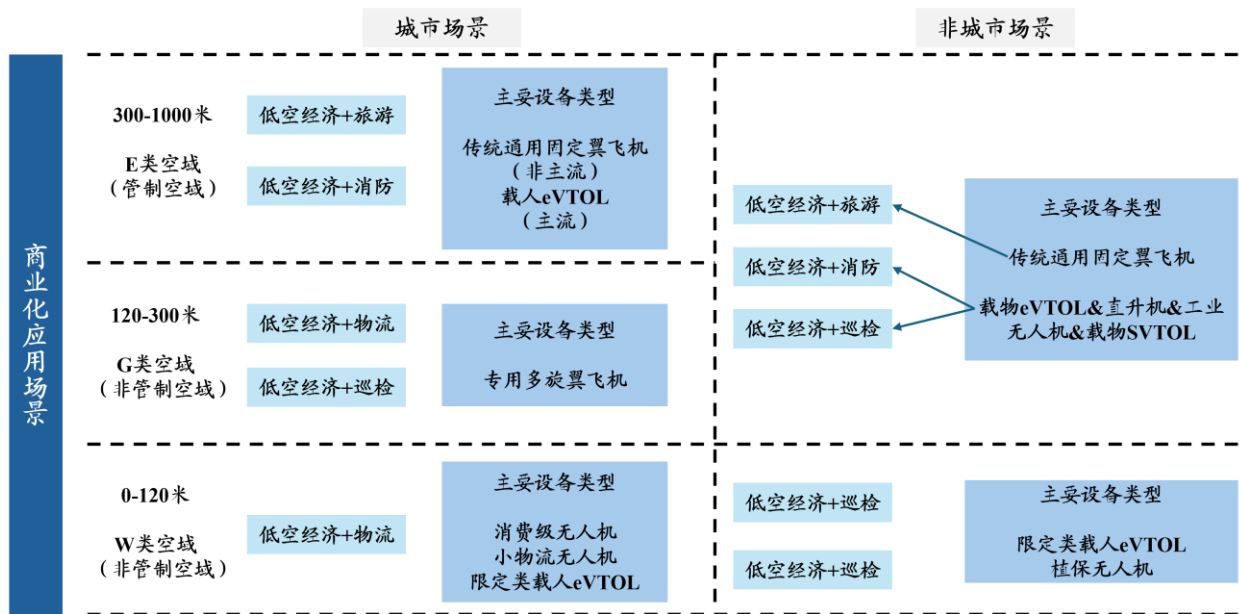
数据来源：Wind、国泰君安证券研究

### 1.2. 低空经济将较大受益于国内新能源车的产业链优势

国内厂商对 AI 产业链的参与程度有限，投资机会有限且较为拥挤。美国 AI 产业发展更快，且 OpenAI 和谷歌等大模型提供商的话语权更强，算力提供商则仅有英伟达和 AMD，国内厂商参与度较低，仅有光模块和覆铜板等零部件厂商能够切入产业链并掌握一定话语权，导致投资机会有限，而较少的投资机会则导致交易较为拥挤。

国内低空经济产业链较为完善，投资机会更多。自 2024 年以来低空经济利好政策频出，催化了产业链发展。从整机进度来看，亿航智能和峰飞已经有产品取得了适航证，国内进度稍领先于海外；从基础设施来看，深圳等城市已初步建立了低空飞行的飞控和气象系统，中信海直等基础设施提供商已经具有了提供区域内航线规划服务的能力；从硬件产业链来看，受益于国内新能源汽车产业链成熟度较高以及下游整机厂进展较快，国内电机电控等厂商的配套进展较快，完整度较高。

图 4：低空经济具有丰富的商业化应用场景



数据来源：前瞻产业研究院、国泰君安证券研究。注：1) E类空域，仪表飞行的航空器须获空管部门许可，目视飞行的航空器不需许可但需提前报告；2) G类空域，需报备飞行计划，空管部门不提供空中交通管制服务；3) W类空域，不需要空管部门进行通信和监视覆盖。

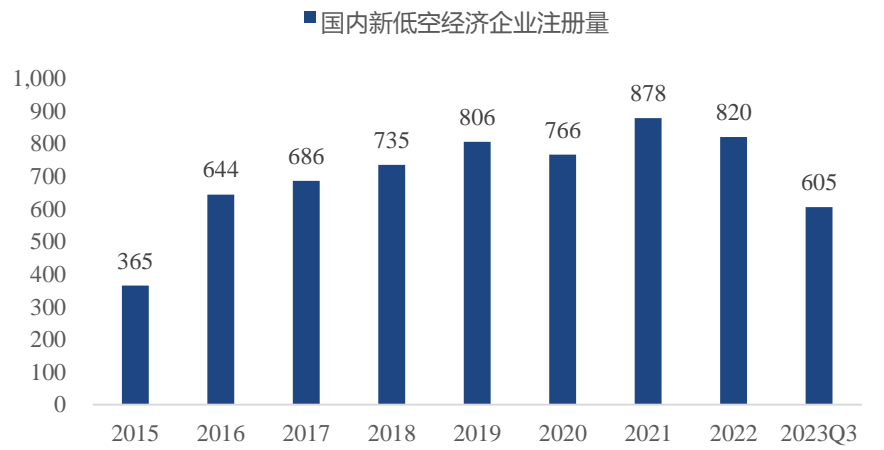
三电系统在 eVTOL 的成本中占比近半，与国内新能源汽车产业链的复用程度较高。在 eVTOL 的成本构成中，电机、电控和电池占比约为 50%，新能源汽车三电系统经过设计调整和技术升级能够在 eVTOL 上实现应用。国内新能源汽车三电产业成熟度较高，目前成本随产量提升已下降至较低水平，eVTOL 有望通过复用新能源汽车的关键零部件加速降本过程。



低空交通具有极高的灵活性和适应性，不受固定路线和站点限制，随时调整航线，满足多样化、个性化的交通需求；3) 能够利用空域资源，低空经济在缓解地面交通压力的同时，将低空领域这种自然资源转化为经济资源，产生巨大的经济效益与社会价值。

低空经济作为一种新兴业态模式，未来或将创造万亿级量级的产业价值。低空经济的发展，例如智慧城市空中汽车、无人机配送与物流等低空应用，将能够带动相关上下游产业的创新发展，形成一个包括航空器制造、低空交通运营、低空交通保障的新型低空经济产业链。

图 7：国内低空经济行业持续有新企业进入



数据来源：国家低空经济融合创新研究中心、国泰君安证券研究

## 2.2. 法规层面障碍已扫清，地方政府拥有较强话语权

中央层面政策趋于完善。2020年6月中央空管委办公室依托国家发展和改革委员会国际合作中心，设立了低空经济研究机构“国家低空经济融合创新研究中心”，作为中央空管委办公室的经济研究智库单位和决策咨询机构。2021年民航局规划明确未来将继续推动运输航空和通用航空两翼齐飞，大力推进低空空域改革，进一步完善通用航空基础设施建设，为通航产业快速发展提供坚实基础。

表 1：国家层面低空经济政策已基本完善

政策	颁布时间	颁布主体	主要内容
《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》	2024年	工信部、科技部、财政部、民航局	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，以高端化、智能化、绿色化为特征的通用航空产业发展新模式基本建立，支撑和保障“短途运输+电动垂直起降”客运网络、“干-支-末”无人机配送网络、满足工农作业需求的低空生产作业网络安全高效运行，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。
《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》	2023年	国务院、中央军委	及时填补无人驾驶航空器管理法规空白。从三个方面规定制度措施：加强对民用无人驾驶航空器及操控人员的管理、规范空域划设和飞行活动、强化监督管理和应急处置，为无人驾驶航空器飞行活动划定了安全底线。
《“十四五”国家	2022年	国务院	引导和鼓励大型民航企业、航空货运企业建设具备一定规模的专业航空应急队

应急体系规划》			伍，支持相关航空企业、飞行院校组建应急救援航空队伍。完善航空应急场站布局，完善航空应急救援保障机制，加强航空应急救援专业人才培养。
《“十四五”旅游业发展规划》	2021年	国务院	加强邮轮游艇、低空飞行器、旅居车、客运索道、游乐设施、冰雪装备等旅游装备研发应用和产业化发展。
《国家综合立体交通网规划纲要》	2021年	中共中央、国务院	提出“发展交通运输平台经济、枢纽经济、通道经济、低空经济”，首次将“低空经济”概念写入国家规划。
《通用航空发展“十三五”规划》	2017年	民航局	推出短途运输、医疗救助、应急救援、航空旅游、航空运动等试点示范工程，形成可复制、可推广的发展经验，催生丰富多元的通用航空新产品、新空间、新业态，促进低空经济的繁荣。
《关于促进通用航空业发展的指导意见》	2016年	国务院	我国通用航空产业迎来快速发展的机遇，提出“5521”的发展目标：到2020年，建成500个以上通用机场、通用飞机机队规模达到5000架以上、年飞行量200万小时以上、通用航空业经济规模超过1万亿元。
《关于航天发射有关增值税政策的通知》	2015年	民航局	境内单位在轨交付的空间飞行器及相关货物视同出口货物，免征增值税，相应购进空间飞行器及相关货物取得的进项税额予以退还。
《关于深化我国低空空域管理改革的意见》	2010年	国务院、中央军委	拉开我国通用航空产业改革的大幕，使得低空空域的应用成为可能。

数据来源：中国政府网、国泰君安证券研究

**多种低空飞行器获准飞行。**2023年6月28日中华人民共和国国务院、中华人民共和国中央军事委员会发布《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，自2024年1月1日起施行，条例提出无人驾驶航空器通常应当与有人驾驶航空器隔离飞行，并明确了多种飞行器投入使用所应当提前进行的审批。

**表 2：目前已有多种飞行器获准飞行**

要求	飞行类型
经空中交通管理部门批准，可以进行融合飞行	1、根据任务或者飞行课目需要，警察、海关、应急管理部门辖有的无人驾驶航空器与本部门、本单位使用的有人驾驶航空器在同一空域或者同一机场区域的飞行
	2、取得适航许可的大型无人驾驶航空器的飞行
	3、取得适航许可的中型无人驾驶航空器不超过真高300米的飞行
	4、小型无人驾驶航空器不超过真高300米的飞行
	5、轻型无人驾驶航空器在适飞空域上方不超过真高300米的飞行
无需经空中交通管理部门批准，可以进行融合飞行	1、微型、轻型无人驾驶航空器在适飞空域内的飞行
	2、常规农用无人驾驶航空器作业飞行活动

数据来源：中国政府网、国泰君安证券研究

**从现行政策来看，地方政府在低空经济领域的话语权较强，其支持和补贴力度将在低空经济行业发展早起发挥关键作用。**现阶段国家层面低空经济的政策通常是关于长期发展目标和航空器准入等方面，低空基础设施建设和低空航空器销售的促进则由地方政府进行主导，这也是由低空经济短途化和区域化的特点所决定的。多地政府在已推出了关于低空经济行业的发展规划和补贴政策，其中深圳发布的《深圳市支持低空经济高质量发展的若干措施》覆盖面较广，包括了吸引低空经济硬件产业链厂商、丰富应用场景和完善基础设施等多个方面，并对多个环节给予了



财政补贴，是具有代表性的地方政策。

**表 3：大湾区和长三角地区的低空经济政策覆盖面较广且力度较大**

地区	政策名称	时间	主要内容
深圳	《深圳市支持低空经济高质量发展若干措施》	2023/12/28	<p><b>一、引培低空经济链上企业</b></p> <p><b>(一) 吸引低空经济企业落户。</b>对满足条件的低空经济航空器产业链企业给予不超 2000 万元的落户奖励。</p> <p><b>(二) 支持低空经济企业增资扩产。</b>对低空经济企业总投资额超 5 亿元的新增项目，给予不超过 5000 万元的资助。</p> <p><b>(三) 支持低空经济企业技术改造。</b>鼓励低空经济企业实施高质量的技术改造，按照项目总投资额的一定比例分类分档予以资助。</p> <p><b>(四) 强化重点企业支持。</b>综合运用信贷、债券、融资担保、产业基金等多种工具，加强金融供需方的精准匹配，支持低空经济领域专精特新“小巨人”、制造业单项冠军、隐形冠军等企业培育发展。</p> <p><b>(五) 加快推动载人 eVTOL 等低空航空器产业化。</b>对研制载人 eVTOL、飞行汽车并实现销售的在深圳实际从事相关经营活动的低空经济企业，给予一定比例销售奖励。</p> <p><b>二、鼓励企业技术创新</b></p> <p><b>(六) 鼓励产业关键技术研发。</b>对低空经济企业研发航空器本体软硬件能力、低空飞行保障相关技术等给予不超过 3000 万元资助。</p> <p><b>(七) 支持科技成果转化与推广应用。</b>对符合条件的首台设备/软件给予 1000 万元资助。</p> <p><b>(八) 支持 eVTOL 航空器和无人驾驶航空器适航取证。</b>对获得 eVTOL/大型无人航空器/中型无人航空器型号合格证和生产许可证的企业分别给予 1500/500/300 万元的奖励。</p> <p><b>三、扩大低空飞行应用场景</b></p> <p><b>(九) 鼓励做大低空物流市场规模。</b>对在深圳开通低空物流配送新航线的经济企业给予奖励，小型无人航空器新航线奖励 20 万元，运营每增加 2 万架次给予 40 万元奖励；大中型无人航空器新航线奖励 35 万元，运营每增加 2 万架次给予 80 万元奖励。</p> <p><b>(十) 鼓励开通通航短途运输航线。</b>境内航线新增航线奖励 30 万元，每增加 100 架次给予 30 万元奖励；深港跨境航线新增航线奖励 100 万元，每增加 100 架次给予 50 万元奖励。</p> <p><b>(十一) 培育城市空中交通新业态。</b>对取得行业主管部门审批的深圳首条 eVTOL 商业航线运营企业，给予一次性奖励 100 万元。</p> <p><b>(十二) 鼓励拓展多领域应用。</b>鼓励市区各单位将低空应急救援、医疗救护等公共服务以及智慧巡检等政府履职辅助性服务，在市本级指导性目录项下纳入本单位政府购买服务四级目录管理。</p> <p><b>四、完善产业配套环境</b></p> <p><b>(十三) 支持开展低空基础设施建设。</b>鼓励各区以补投结合为原则，推进 5G-A 应用示范、卫星通信创新应用等信息基础设施建设。</p> <p><b>(十四) 汇聚低空经济高端人才。</b>支持符合条件的低空经济高端人才申报深圳市产业发展与创新人才奖，最高奖励 150 万元。</p> <p><b>(十五) 支持打造高端创新载体。</b>对符合条件的民航重点实验室，给予不超过 1000 万元奖励。</p> <p><b>(十六) 鼓励开展低空经济标准规范制订。</b>对牵头制定并发布的国际/国家/行业/地方标准分别给予 100/50/30/20 万元。</p> <p><b>(十七) 发挥国企作用加大国资投入。</b>加大公共基础设施供给。鼓励市区政府积极盘活存量土地资源，支持社会资本参与低空飞行基础设施建设运营，鼓励社会资本建设的低空飞行基础设施向社会开放共享。</p> <p><b>(十八) 发挥政府专项资金和投资引导基金作用。</b>成立低空经济产业基金，引导和推动</p>

存量子基金支持低空经济产业项目投资。

(十九) 创新低空经济金融服务。

(二十) 支持交流推广活动。

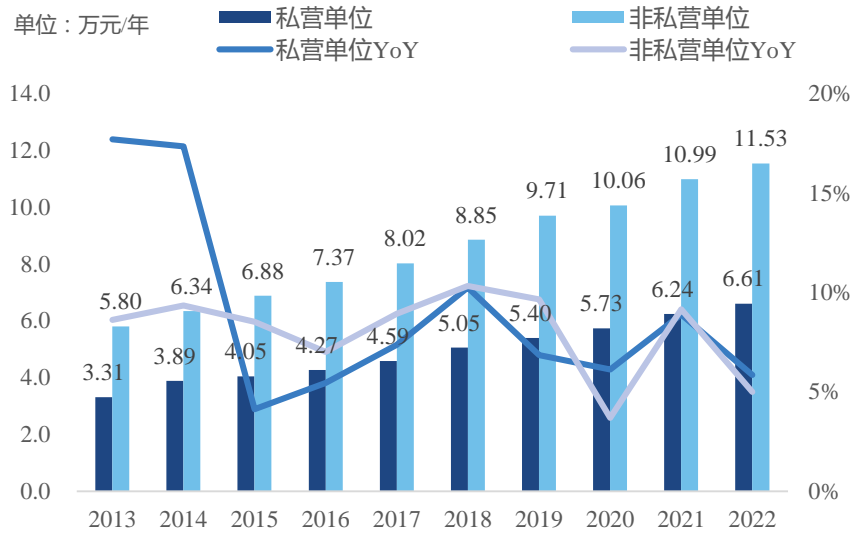
《苏州发布低空经济高质量发展三年实施方案》	2024/4/19	<p><b>方案提出，力争到 2026 年将苏州打造成全国低空经济示范区。</b></p> <p><b>产业能级大幅提升：</b>充分发挥制造业长板优势，培育一批集研发、生产、运营于一体的高科技企业。打造以低空科创智造产业为核心，以低空保障产业为支撑，以低空创新服务业为特色的产业体系。</p> <p><b>基础设施基本完善：</b>构建形成低空地面基础设施骨干网络，建成 1 至 2 个通用机场和 200 个以上垂直起降点，统筹引导企业开展垂直起降点建设。建成低空飞行试验基地，完善试验、试飞、检测、验证、适航、评定等功能。</p> <p><b>低空场景丰富多元：</b>围绕物流配送、载人飞行、旅游消费、应急救援、城市管理等领域打造一批示范应用场景，开通至周边机场 3 至 5 条通用航空短途运输航线、100 条以上无人机航线，无人机商业飞行取得突破性进展。</p> <p><b>监管服务安全有效：</b>建立健全服务无人机、直升机等各类低空飞行器的安全监管服务平台，有效衔接基础设施使用、飞行申请响应、通信气象监测、飞行过程监管等功能，切实提升低空飞行服务监管能力，保障城市空中交通安全。</p>
《无锡市低空经济高质量发展三年行动方案》	2024/4/24	<p><b>方案提出到 2026 年低空经济产业产值规模突破 300 亿元，成为社会经济发展新增长极。</b></p> <p><b>产业能级提升行动。</b>壮大通用航空优势产业，培育低空经济新赛道，推动与“465”现代产业集群联动发展，带动综合服务相关产业发展，打造低空经济产业集聚区。</p> <p><b>技术创新引领行动。</b>推动整机制造及关键零部件技术攻关，加快低空新基建技术研发与应用，打造低空经济高端创新载体。</p> <p><b>试点示范争创行动。</b>创建国家级无人驾驶航空试验平台，申报国家级低空经济产业园区，打造省市级航空应急救援基地。</p> <p><b>空域资源盘活行动。</b>拓展丁蜀机场对外航路通道，优化无人驾驶航空器适飞与管制空域，申请各类试飞测试空域。</p> <p><b>场景应用拓展行动。</b>打造新型空中交通服务网络，构建低空智慧物流场景示范，拓展文体旅游场景应用，丰富城乡治理领域应用。</p> <p><b>基础设施夯实行动。</b>完善通用航空机场及配套设施，统筹布局无人驾驶航空器起降设施，加快建设智能低空信息基础设施，打造低空航空器综合测试基地。</p> <p><b>行业生态构建行动。</b>组建国资国企运营平台，成立低空经济产业协会、低空经济专家委员会，提升无锡低空经济影响力。</p> <p><b>法规政策创新行动。</b>加快推动低空经济地方立法，加快完善支持政策体系，推动标准体系建设，加强诚信体系建设。</p>

数据来源：各地方政府、国泰君安证券研究

### 2.3. 低空经济应用范围从货运向客运拓展

在物流运输领域，低空开放并不仅仅是简单的功能替代，而是带来效率和体验的升级。以无人物流为例，顺丰旗下的丰翼科技定位更类似于将快递服务在低空实现立体延展，覆盖各种场景。丰翼的业务范围相对广泛，主要业务包括沿海海岛的商业飞行、协助顺丰快递优化线路以及西部偏远县城的物流配送。在人力成本趋高的背景下，无人物流的性价比更高。

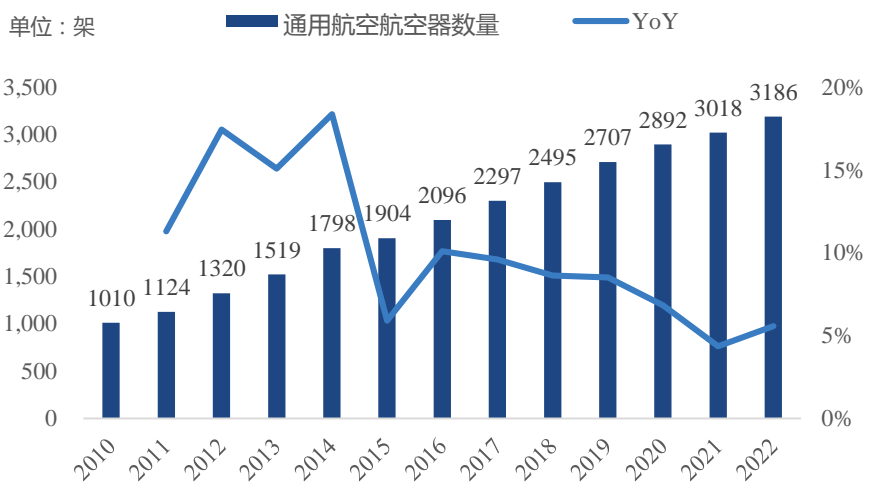
图 8：交通运输、仓储和邮政业人员工资持续上涨



数据来源：Wind、国泰君安证券研究

国内以空中游览为代表的低空运动消费持续升温，基础设施完善的海南省进展更快。2022 年国内空中游览载客量和起降架次已经达到 32.44 万人次和 12.88 万架次，其中海南省占比分别达到 66.33%和 64.6%，海南省的消费型低空经济进展领先全国。我们认为这和海南省热带旅游行业发展较快、低空经济基础设施完善高度相关。海南已建成了超 13 套对空监视和地空通信台站，实现对海南本岛及近海洋区 300 米以上空域飞行活动监管的有效覆盖。同时还在海口和三亚等 6 个市县建设了 8 套通用机场一体化系统，实现了通航飞行数据中心、通航飞行服务站、区域通用机场及起降点空管设施的组网运行。

图 9：国内通用航空航空器数量快速增长



数据来源：Wind、国泰君安证券研究

空中短途客运是目前低空经济的主要客运应用方式。电动垂直起降飞行器（eVTOL）和无人驾驶飞行器等新型飞行器的发展和应用，为空中短途客运的实现带来了可能。从硬件层面来看，多家国内企业进入 eVTOL 市场，并且已完成首轮试飞，获得特许飞行证或获得型号合格证；从软件层面来看，海南和深圳等地区在建成了低空经济基础设施的同时，也开通了多条城际“空中的士”航线。

### 3. eVTOL 商业前景可期

eVTOL 是电力驱动、垂直起降的飞行器。eVTOL 具备垂直起降、智能操作、快捷机动、低成本、低噪音、零排放、易维护和高安全性等特点。相较于传统飞行器，eVTOL 在安全性、智能性、经济性和环保性上更为优越，能够实现城市低空快速流动和灵活作业，为人员和货物运输提供高效、经济的解决方案。

#### 3.1. eVTOL 是更高效的低空飞行器

eVTOL 有望缓解城市地面交通拥堵问题，在特定情境下可成为现有交通方式的补充运输方式。eVTOL 作为面向未来城市空中交通（UAM）场景的飞行器形态，可高效利用城市低空空域资源，缓解日益严重的城市地面交通拥堵问题。不仅能够满足空中物资运输和交通出行的迫切需求，而且大幅提升了快捷及时、按需响应的效率。eVTOL 的发展顺应电气化、绿色化、智能化的趋势，为超大城市、都市圈及城市群创造了新的通勤方式，更符合未来城市综合立体交通系统的发展需求。

表 4：根据不同维度，eVTOL 可以分为多个类型

运行模式	整机构型维度	载荷维度	目标客户维度	适航认证维度
有人驾驶	多旋翼型	轻型（有效载荷 100-200kg）	2B（商业运营类，指载人客运、载物货运、低空旅游等）	基本型（需要在升力系统、机载设备等发生严重故障时，可控着陆，不能用于人口聚集区上空飞行或商业运营）
无人驾驶	矢量推进型（倾转旋翼、倾转机翼、倾转涵道）	中型（有效载荷 300-500kg）	2G（政府服务类，指城市管理、警务安防、国防军事、应急救援等）	增强型（需要在升力系统、机载设备等发生严重故障时，仍保证安全飞行，可用于人口聚集区上空飞行和商业运营）
	升力与巡航复合型	重型（≥1000kg）	2C（私人飞行类，个人或家庭出行）	
	可变构型			

数据来源：《空运商务》2022 年第 12 期、国泰君安证券研究

eVTOL 多采用电力驱动方式。eVTOL 普遍采用了分布式电推进设计技术，受益于电池能量密度的快速提升，目前 eVTOL 采用全电动技术的项目数量占比达 66%，采用混合动力技术的项目占比约为 28%。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，同时混合动力技术容易通过符合适航审定。

表 5：目前 eVTOL 飞行器可以大体分类为矢量推进型、升力与巡航复合型和多旋翼型

	矢量推进型	升力与巡航复合型	多旋翼型
类型含义	在不同实用阶段通过改变推力方向，实现垂直起降和巡航	拥有独立的升力和巡航用螺旋桨，分别实现垂直起降和巡航	无巡航用螺旋桨，完全通过控制多旋翼升力大小实现飞行
市场准入	由于设计相对复杂，准入时间最晚	较晚	设计较为简单，准入时间最早
主要项目数量	97	97	119
典型应用	Joby-S4、Lilium-Jet	Boeing-PAV、Wisk-Cora	Ehang-216、Volocity、LIFT-Hexa

数据来源：《空运商务》2022 年第 12 期、国泰君安证券研究

eVTOL 设计需要解决的根本问题是为了降低死重影响。“死重”主要分为三种：首先是垂直起降或飞行过程中无用的装置造成的直接“死重”；其次在垂直起降模式下动力需求大，在飞行模式下相对较小，采用同一动力装置可能导致飞行状态下“大马拉小车”的情况；最后复杂的结构设计会带来“死重”，尤其是面积较大的机翼，在垂直起降过程中会产生额外的阻力，从而增加飞行器重量。另外如果采用独立的升力系统，平飞过程中也会增加额外的飞行阻力。

根据动力装置可将 eVTOL 分为以下四大类：1) **多旋翼型**，虽然可靠性可能高于直升机，但有效载荷和航程都相对有限，所面对的应用场景也相对固定，在噪声控制、地面损伤控制上尚无突破性解决方案，初创公司大多采用多旋翼型，或是 eVTOL 初创公司前期产品。2) **倾转构型**，在综合考虑航程、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，使其在未来商业场景中为用户节约更多出行时间，但带来了额外的技术挑战。3) **复合翼型**，受到传统航空企业的偏爱，由于配置了专用的水平推进螺旋桨，而不是垂直阶段和水平阶段共用一套螺旋桨，可以有效地提升巡航效率、航程和安全性。4) **倾转涵道风扇+完全矢量控制型**，由于在动力可靠性、噪声控制、气动效率上有可能获得更优的平衡。尽管涵道风扇在悬停模式下效率稍高，但在巡航模式下会产生更多阻力。

表 6：不同动力装置的 eVTOL 特征

技术路线	特点	优势	劣势	代表机型
多旋翼	分布式旋翼设计，多个旋翼同时工作，无机翼或有短机翼。飞行器巡航依靠推进器提供全部或部分升力，通过旋翼提供升力完成起飞着陆	技术风险和研制难度较低，效率较低，具有悬停状态的最佳效率	能效不高、航程有限、速度较慢、使用场景有限	Volocopter 2X、亿航 216
复合翼	设计和飞行控制系统简单，具有机翼和独立的螺旋桨分别提供升力和巡航推力	优良的技术性能、研制速度较快、研制风险和成本较低，生产维护较为简单，监管部门熟悉其适航路径	垂直升力系统在平飞阶段是死重且产生额外阻力	Beta Alia-250、Wisk Cora、峰飞 V1500M 盛世龙
倾转构型	有机翼，由任一矢量推进器提供垂直升力和水平巡航推力，倾转构型包括但不限于倾转翼、倾转旋翼和倾转涵道	重量较轻、推力大、效率较高，具有速度和航程优势	机械设计和飞控系统复杂，开发和试飞难度大，研制风险和成本较高，研制周期和适航认证过程较长	Joby 4S, Lilium Jet
倾转涵道风扇+完全矢量控制	有机翼，无控制舵面，将涵道风扇与倾转机翼融为一体，通过调节电动涡扇的输出，配合机翼整体倾转角度，形成不同的控制力矩、升力、推力、航向和姿态控制	动力系统可靠性和噪声控制较好，消除开放性螺旋桨在安全方面的隐患	存在研制风险，高速旋转	Lilium Jet、NASA-XV24A
隐藏式推进系统+无翼设计	无翼设计，具有隐藏推进系统，配备数个涵道风扇，流线型机身	飞行速度和续航能力较好	制造成本高，推进器固定，无法实现推力平衡	Bellwether Volar

数据来源：《空运商务》2022 年第 12 期、国泰君安证券研究

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/445310313020011220>