

低空经济构筑空中新丝路，创新驱动打开产业新篇章

——新质生产力系列报告

强于大市（维持）

长城证券产业金融研究院

分析师侯宾

执业证书编号：S1070522080001

分析师姚久花

执业证书编号：S1070523100001

时间：2024年6月25日

■ 核心观点

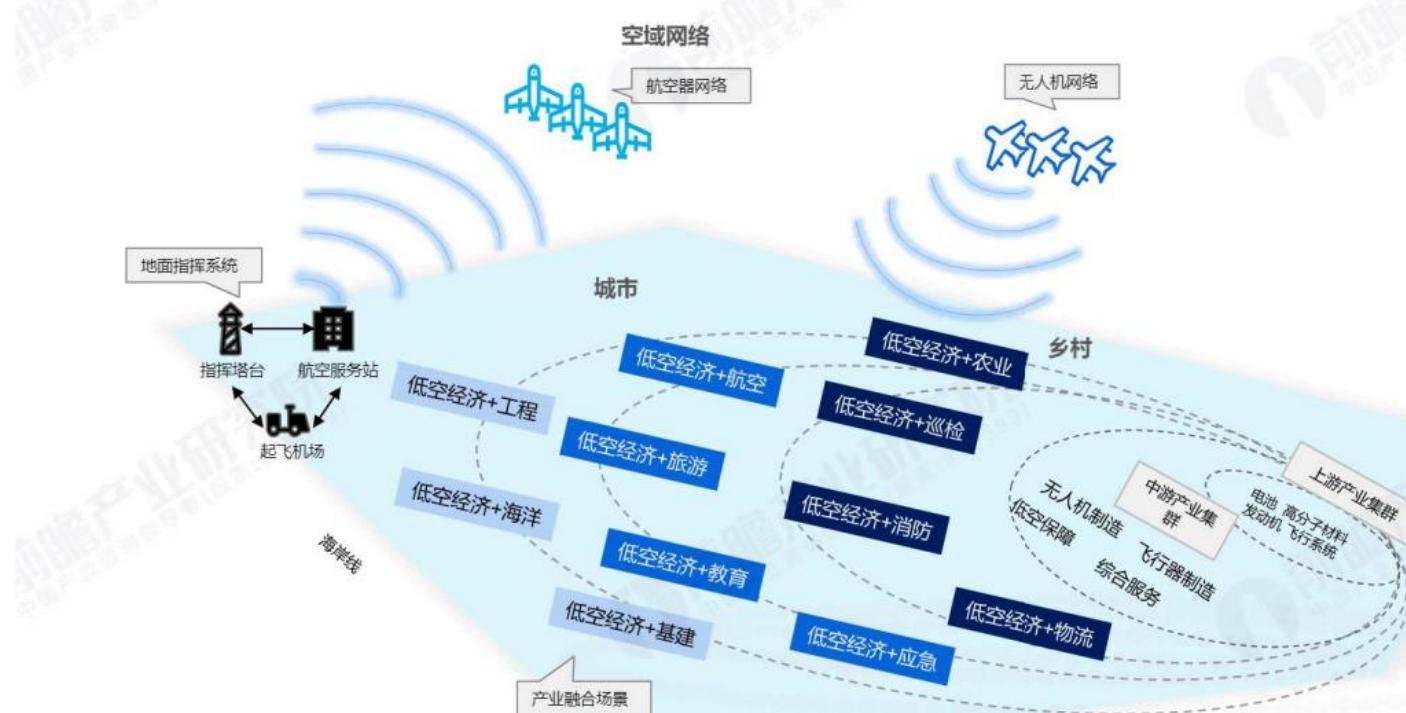
- **新质生产力产业新方向—低空经济：**低空空域通常是指距正下方地平面垂直距离在1000米以内的空域，根据不同地区特点和实际需求可延升至3000米以下的空域。低空经济则是以低空空域为依托，以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。低空经济既包含通航、警用和军用等传统领域，也包括使用电动垂直起降飞行器（eVTOL）为主的城市空中交通（UAM）等新兴应用场景。通用航空是低空经济的主体产业，无人机产业将是未来低空经济的主导产业，两者结合的城市空中交通UAM是发展热点，eVTOL则是UAM的主流形式。
- **eVTOL及无人机多场景发展，产业融合引领发展新风口：**欧美国家较早提出eVTOL概念，相较于海外，我国eVTOL领域的发展起步较晚。近年来，我国政府高度重视eVTOL行业的发展，并出台了相关政策规划其未来发展，鼓励企业加强技术研发和商业化运营。根据中商产业研究院数据显示，我国2021至2023年eVTOL市场规模快速增长，2023年达到9.8亿元，预计2024年将达到17.2亿元人民币。从全球飞行汽车市场规模来看，2022年至2030年飞行汽车行业将进入稳步增长周期，根据中商产业研究院预计，2023年全球飞行汽车市场规模将达到3000亿美元，2022至2030年CAGR达到18.92%。国内eVTOL市场在全球占比仍然较低。随着国家低空经济相关政策的不断推行，航空航天企业、汽车厂商及新兴科技企业持续入局，飞行汽车市场规模及需求或将持续增长，国内eVTOL市场份额也将持续扩大。
- **通感一体—打造低空网络通信与感知融合架构：**传统无线网络以地面为主要目标，低空信息网络需要进行空间立体覆盖。低空网络依托蜂窝移动通信网络、物联网、云计算等基础设施，形成通信、感知、计算一体化的智能互联低空数字化服务体系，并以实现“泛在连接、全域感知、智能计算”为目标，打通从生活活动、商业活动到监管活动全方位管理方案。根据中国移动官方平台显示，在低空飞行监管领域通过搭建5G-A通感一体基站将通信、雷达、算力等多种技术融进一个基站，构建起一张低空连续覆盖的无线网络可对300米以下、1.5公里左右的空域进行精准感知，并实时反馈飞行数据，准确率高达99.99%。
- **风险提示：**技术研发不及预期风险；监管政策不确定性风险；行业竞争加剧风险；eVTOL商业化进程不及预期。

技术创新+政策引领，促进低空产业带来经济新增长

1.1 低空经济的定义

- **低空空域**，通常是指距正下方地平面垂直距离在1000米以内的空域，根据不同地区特点和实际需求可延升至3000米以下的空域。
- **低空经济**作为战略性新兴产业，科技含量高、创新要素集中，具有**产业链条长、应用场景复杂、使用主体多元、涉及部门和领域多**等特点，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，通过信息化、数字化管理技术赋能，与更多经济社会活动相融合，形成了一种容纳并推动多领域协调发展的极具活力和创造力的综合经济形态。
- 低空经济既**包含通航、警用和军用等传统领域**，也**包括使用电动垂直起降飞行器（eVTOL）为主的城市空中交通（UAM）等新兴应用场景**。通用航空是低空经济的主体产业，无人机产业将是未来低空经济的主导产业，两者结合的城市空中交通UAM是发展热点，eVTOL则是UAM的主流形式。

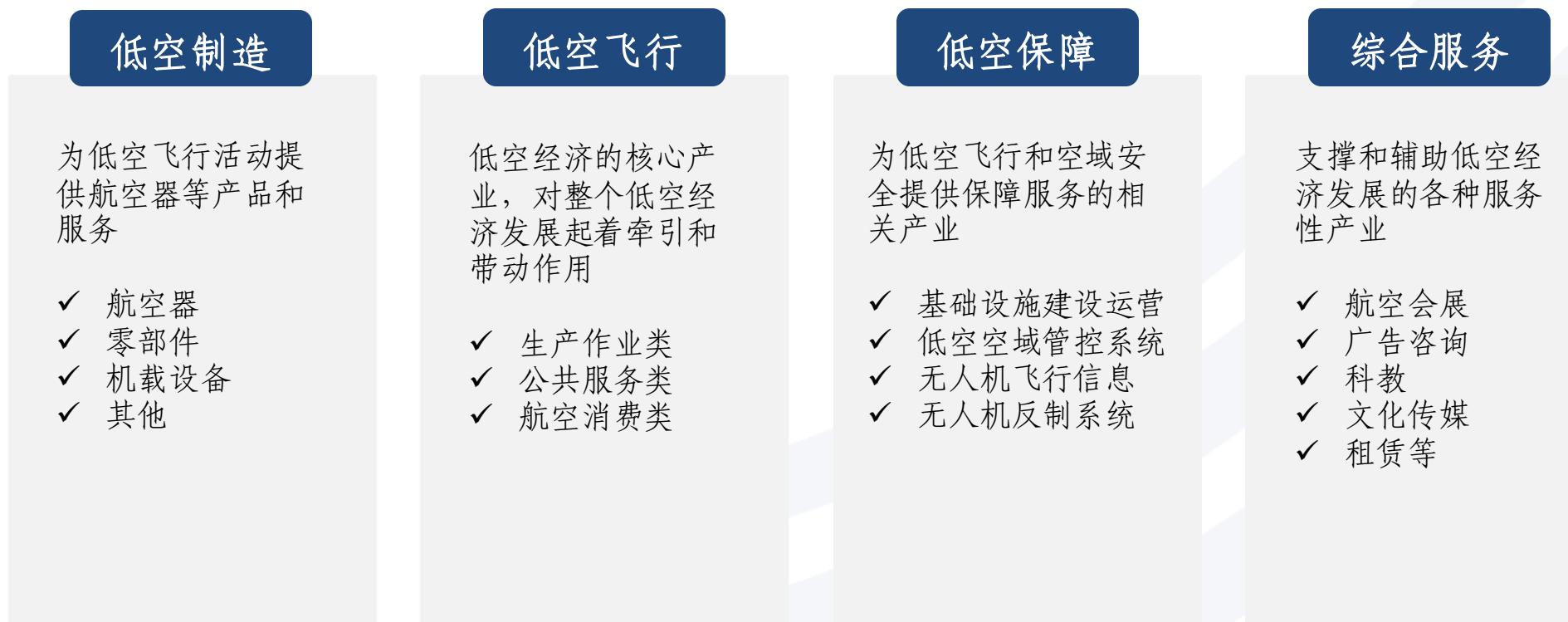
图表：低空经济产业图解



1.2 低空经济产业构成

- 低空经济逐渐以“航空+”的形式与多应用场景结合，核心是航空器与各产业的“组合式”经济形态，如“航空+农林”、“航空+体育”、“航空+电力”、“航空+公安”等。
- 根据深圳市宝安区低空无人系统协会分类，低空经济作为综合体主要包括低空航空器制造（飞行器制造）、低空飞行、低空保障、低空综合服务的四大板块。低空制造包含航天器、无人机以及相应零部件在内；低空飞行包含生产作业、公共服务、航空消费等各类低空飞行活动；低空保障则提供包括基础设施建设、低空空域管控等一系列保障措施；综合服务为支持低空经济发展的地面服务类工作。

图表：低空经济的产业构成



1.3 低空经济产业链一览

图表：低空经济产业链全览

上游：原材料及零部件

研发

CAx

EDA

PLM

其他

关键原材料

钢材

铝合金

工程塑料

陶瓷基材

碳纤维

玻璃纤维

树脂基材

复合材料

零部件

芯片

板卡

电池

电机

陀螺

其他

中游：低空经济核心部分

载荷

摄像机

传感器

云台

其他

低空产品

无人机

航空器

高端装备

配套产品

低空保障

综合服务

地面系统

遥控监测

系统监控

数据处理

起降系统

辅助设备

指挥系统

飞行审批

低空经济+物流

低空经济+农业

空域管控

低空经济+旅游

低空经济+消防

其他

低空经济+应急

低空经济+其他

1.4 低空经济生态链全景

产业链上游:

□ 关键零部件: 德赛电池、欣旺达、零度智控等;航空材料:航材股份、航玻新材等;核心设备和系统:航新科技、安达维尔等。

产业链中游:

□ 无人机制造商: 大疆、纵横股份、亿航智能等;航空器制造: 北大荒、中信海直等;航空部件制造: 航发动力、中航机电等。

产业链下游

□ 主要包括各大航空公司、物流公司、测绘公司、建筑承包商以及消防应急部门等政府部门,企业数量众多。

图表: 低空经济产业链图谱全景



1.5 低空经济行业多场景应用，开拓商业化发展新动力

- 近年来数字经济逐步作为全球经济发展的支柱，低空经济作为新兴发展方向也将与数字经济融合发展，结合云计算、5G、AI等技术为低空经济产业数字化发展提供动力。低空经济以低空网络为依托，以无人驾驶航空器（UAV）产业为核心，构建涵盖城市管理、快递物流、地理测绘、农林植保、应急救援等领域的经济体系。
- 在商业化应用场景中，eVTOL、无人机和城市空中交通（UAM）为代表的新通航产业也是低空经济产业的重点方向。“低空经济+”概念将与旅游、物流、消防、巡检、农业等生活场景相结合，带动社会航空服务性飞行活动市场不断发展。

图表：低空经济应用场景政策指引

低空飞行
在各领域
的应用

- | | |
|------|---|
| 应急救援 | <ul style="list-style-type: none">推进低空飞行快速应急救援体系建设，加强低空飞行在应急处置、医疗救护、消防救援等领域的应用。 |
| 城市管理 | <ul style="list-style-type: none">推动低空飞行在国土资源勘查、工程测绘、农林植保、环境监测、警务活动、交通疏导、气象监测等方面的应用。 |
| 交通运输 | <ul style="list-style-type: none">发展公务飞行、商务飞行等低空飞行服务，推动开通市内、城际、跨境等低空客货航线，发展空中通勤、城际飞行等城市空中交通新业态。推动开通市内、城际、跨境等低空客货航线，支持探索在机场、铁路枢纽、港口枢纽、核心商务区等开展低空飞行联程接驳应用。 |
| 物流配送 | <ul style="list-style-type: none">统筹低空物流发展，加强无人驾驶航空器在快递、即时配送等物流配送服务领域的应用。 |
| 文体旅游 | <ul style="list-style-type: none">推动低空文化园区、低空消费小镇、低空飞行营地等建设，鼓励开展航拍航摄、飞行培训、低空赛事、低空运动、低空旅游、低空会展、低空飞行表演与宣传、低空文化交流等活动。 |

1.6 政策端-国家政策多方推动，提振低空经济行业发展信心

□ 2009年以来，国务院、民航局等部门发布多项关于低空空域、通用航空业、无人机等低空经济产业相关政策规划，并在2024年首次将低空经济写入政府工作报告。4月17日国务院新闻办公室发布会上，国家发展改革委政策研究室主任金贤东表示，低空经济作为一种极具发展潜力的战略性新兴产业，低空经济不仅能驱动科技创新，还是新质生产力的典型代表，对我国经济社会高质量发展具有深远的影响。积极稳妥地推动低空经济的发展，既符合创新驱动发展战略的要求，又能为我国经济开辟新的增长极，其未来发展意义重大且前景光明。

图表：低空经济产业相关政策

时间	具体内容
2024	2024年1月1日起，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》将正式施行，标志着我国无人机产业将进入“有法可依”的规范化发展阶段。
2023	《民用无人驾驶航空器系统物流运行通用要求第1部分:海岛场景》规定了应用于海岛场景从事物流的民用无人驾驶航空器系统运行的通用要求
2023	《中华人民共和国空域管理条例(征求意见稿)》明确提出空域用户定义并提出空域用户的权利、义务规范，标志着我国空域放开有了实质性的突破。
2022	《扩大内需战略规划纲要(2022-2035年)》提出，加快培育海岛、邮轮、低空、沙漠等旅游业态，释放通用航空消费潜力。
2022	《“十四五”通用航空发展专项规划》设定了安全、规模、服务三个方面的16个具体指标，如通用航空死亡事故万时率五年滚动值低于0.08，通用航空器期末在册数达到3500架，开展通用航空应急救援服务的省份不少于25个等。
2021	《“十四五”旅游业发展规划》提到完善公路沿线、服务区、客运枢纽、邮轮游艇码头等旅游服务设施功能，推进通用航空与旅游融合发展。
2021	《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》提出有序推进通用机场规划建设，构建区域短途运输网络，探索通用航空与低空旅游、应急救援、医疗救护、警务航空等融合发展。
2021	《“十四五”民用航空发展规划》提出构建运输航空和通用航空一体两翼、覆盖广泛、多元高效的航空服务体系。到“十四五”末，通航国家数量70个。服务体系更加健全，货运网络更加完善，通用航空服务丰富多元，无人机业务创新发展。
2021	中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》提出，发展交通运输平台经济、枢纽经济、通道经济、低空经济。“低空经济”概念首次被写入国家规划。
2019	《促进民用无人驾驶航空发展的指导意见(征求意见稿)》提出促进无人驾驶航空健康发展，提升民用无人驾驶航空管理与服务质量。以低空、隔离运行为起点，逐步积累实践经验和运行数据，不断提高面向国家、行业、社会及大众的航空服务能力。
2018	《低空飞行服务保障体系建设总体方案》明确了飞行服务体系由全国低空飞行服务国家信息管理系统、区域低空飞行服务区域信息处理系统和飞行服务站初步发展期三部分构成。
2016	《关于促进通用航空业发展的指导意见》提出到2020年，建成500个以上通用机场，基本实现地级以上城市拥有通用机场或兼顾通用航空服务的运输机场，通用航空业经济规模超过1万亿元，初步形成安全、有序、协调的发展格局。
2014	《低空空域使用管理规定(试行)》将低空空域分为管制空域、监视空域和报告空域，其中涉及监视、报告空域的飞行计划，企业需向空军和民航局报备。
2010	《关于深化我国低空空域管理改革的意见》的发布，拉开了低空空域管理改革的序幕。
2009	“中国通用航空发展研究”课题一次研讨会上，中国民航大学李卫民副教授首次提出“低空经济”这一概念术语。

eVTOL及无人机多场景发展，产业融合引领发展新风口

2.1 eVTOL的定义

- eVTOL即 Electric Vertical Take-off and Landing, 电动垂直起降（载人）飞行器。VTOL的概念自二战中直升机技术的成熟而逐渐得到关注，二战后一度有电动化改装直升机的广泛讨论和尝试。现代eVTOL概念兴起源于2009年，NASA发布了Mark Moore的博士论文《NASA海鹦电动尾坐式VTOL飞机概念》(NASA Puffin Electric Tailsitter VTOL Concept)Puffin。Mark Moore提出的电动驱动的高可靠性和效率、低发动机重量和维护、低冷却阻力和体积要求、非常低的噪音和振动水平，以及零排放等现代eVTOL设计理念得到了广泛传播。
- eVTOL和EV纯电动汽车一样为纯电驱动，不需跑道就可以完成垂直起飞和降落动作。同时也可载人，每次充满电可同时搭载至多4-5位乘客以时速400公里以上的速度完成300公里的短途飞行。其灵感来自军用固定翼飞机垂直起降技术VTOL。后来，交通电动化领域提出eVTOL概念，重点在于动力系统方面的技术替代。eVTOL也将为未来的城市空中交通（UAM）带来了革命性的变革。

图表：欧洲的IAM航空器运行分类



2.2 eVTOL的发展历程

- 欧美国家较早提出eVTOL概念，eVTOL概念的真正出现，来自于美国国家航空航天局NASA在2009年发布的关于Puffin eVTOL的CG动画视频。随后，Joby等先驱企业开始成立并致力于eVTOL技术的研发。2014年，美国直升机国际协会和航空宇航协会正式引入eVTOL概念，进一步推动了其在全球范围内的认知度。2016年UBER发布eVTOL白皮书，开始加速行业发展。
- 相较于海外，我国eVTOL领域的发展起步较晚，2019年亿航智能上市，但国内航空器、飞行器行业仍未呈现加速发展迹象。近年来，我国政府高度重视eVTOL行业的发展，并出台了相关政策规划其未来发展，并鼓励企业加强技术研发和商业化运营。同时，我国还在建设相关的产业生态和基础设施，以支持eVTOL行业的发展，不断完善低空飞行管理体系。

图表：eVTOL国内外发展历程



2.3 国内eVTOL厂商主要布局

- 我国eVTOL产业虽起步较晚，但受到2016年Uber发布《快速驶入按需城市空中交通》白皮书的影响驱动，国内eVTOL行业开始涌现一系列进行飞行器产品研发的初创企业；同时，较多汽车厂商凭借自身技术积累与资源优势，积极在eVTOL行业进行产业链布局，推动中国eVTOL产业从0到1的发展。
- 2023年10月12日，中国民航局为亿航颁发了全球首个eVTOL航空器型号合格证，为后续型号审定和取证奠定了基础，同时鼓励了中国eVTOL企业长期的发展与投资。
- 国内以亿航智能2016年率先发展自动驾驶飞行器，2017年开始多家企业陆续展开飞行器技术布局。2017年11月，吉利汽车收购美国太力公司，正式进军飞行汽车行业。吉利、峰飞、时的、沃兰特等企业相继布局，象征着中国科创企业正式进入eVTOL行业，带动无人机、飞行汽车等产业链发展。

图表：2023年中国飞行汽车市场主要公司及进展

企业	布局进展
小鹏汇天	既陆天一体式飞行汽车2023年10月份正式发布后，小鹏汇天在2024年CES上宣布分体式飞行汽车“陆地航母”将于2024年四季度开启预订，并计划于明年四季度开始量产交付。
亿航智能	2016年发布全球首款载人级自动驾驶飞行器EH184，2018年发布EH216，2019年上市2021年2月，亿航216自动驾驶飞行器完成在首都北京的首次飞行。2023年10月，中国民航局向亿航颁发EH216-s型无人驾驶航空器系统型号合格证(TC)，也是全球首张无人驾驶的载人电动垂直起降航空器(eVTOL)型号合格认证。12月首批完成适航认证的EH216-8无人驾驶载人航空器分别在广州、合肥两座城市完成了商业首飞演示。
吉利沃飞长空	目前沃飞AE200eVTOL验证机获得了民航西南地区管理局颁发的特许飞行证。2023年7月沃飞长空同华龙航空签署首批100架AE200采购协议，开启公务航空的eVTOL飞行时代。2023年12月，沃飞长空与甘肃航投签署战略合作协议，后续基于双方共同推动甘肃地区低空出行的航旅规划与接驳点建设，形成以通用机场、高速公路、景区景点、酒店露营地等为核心覆盖多点接驳的低空航路网，积极助力丝绸之路经济带航旅融合发展。
峰飞航空	2023年7月，峰飞成功完成三架盛世龙eVTOL航空器全尺寸验证机的编队飞行任务，其将按照计划继续优化和量产盛世龙，并于2024年开始在亚洲运营其货运版航空器凯瑞鸥。2023年11月，峰飞表示即将开展全球首条跨城跨海eVTOL航线--深圳至珠海往返试飞，拓展城市及都市圈城际间空中出行应用场景，与空中交运运营商一起开发大湾区低空出行示范运营航线。
边界智控	2022年完成了面向适航的智能化多余度飞控系统的开发和产品化。2023年6月，公司表示首个搭载三余度飞控系统R3的主机厂客户，已经完成起飞重量超2吨的eVTOL机型首飞。其他客户的机型也已陆续进入装机阶段。
沃珑空泰	2021年，Volocopter与沃飞长空共同合资打造沃珑空泰公司，沃珑空泰将负责德国Volocopter产品在中国的生产和市场运营，计划在未来3到5年内将城市空中出行落地中国，推动城市空中交通领域发展。
大众（中国）	2022年7月，大众汽车集团(中国)发布首款电动垂直起降载人飞行器原型机-V.MO。
沃兰特	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，未来，沃兰特将继续稳步推进验证机试飞和型号研制及适航工作，至2024年1月已累计取得包括亚捷航空集团在内的八家各领域头部航空运营企业和租赁公司近600架飞机订单，累计金额超百亿元人民币。
零重力飞机工业	2023年11月，零重力飞机工业eVTOL“ZG-ONE”等多款新能源航空器同台亮相首届亚洲通航展，公司表示已就ZG-ONE产品与多家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。
时的科技	2023年，时的科技E20eVTOL框架机顺利完成了从系统联调到试验试飞的所有科目，E20eVTOL原型机完成首轮飞行测试，华东民航局也正式受理E20eVTOL的型号合格证申请，同时与东部通航达成战略合作，未来两家公司将以盐田区作为首发地、东部通航盐田基地为中心开辟飞往大小梅沙、东部华侨城等景区的旅游观光航线，探索低空旅游服务和城市空中出行的应用场景，并逐步辐射到整个粤港澳大湾区。双方还将共享飞行运营、机健康管理等数据，并利用该数据优化E20eVTOL(电动垂直起降飞行器)维修保养程序，为后续的构型开发提供性能优化的反馈。
御风未来	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、混动无人产品线。在2024年，御风未来一方面持续推进研发试飞和适航取证，另一方面将积极探索eVTOL的场景运营和常态化运营。

2.4 我国eVTOL市场仍具较大发展空间

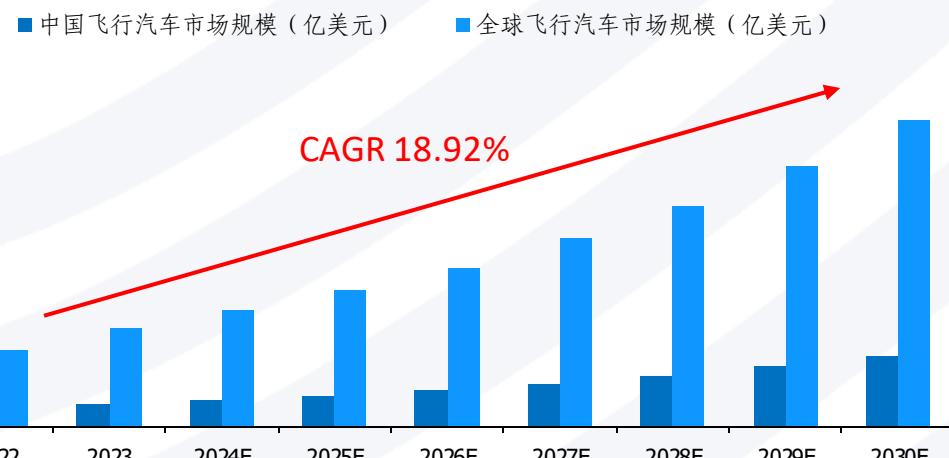
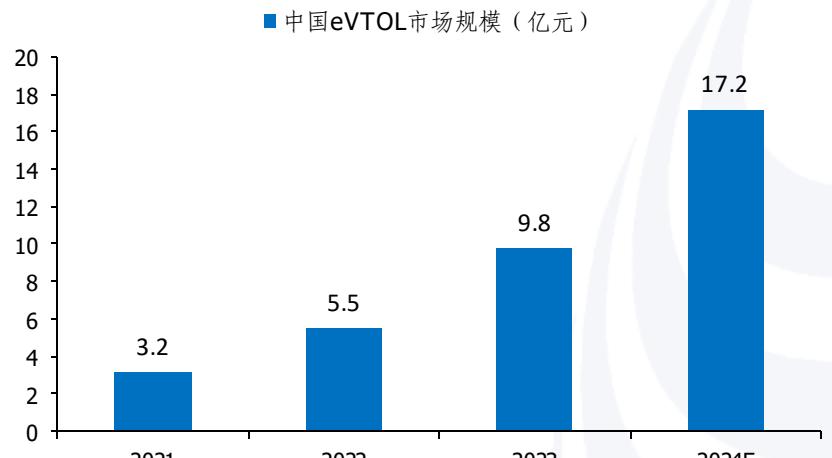
图表：2023在售eVTOL机型签约销售价格

- 根据中国无人机产业创新联盟与腾讯研究院组织联合编撰的《中国低空经济产业》报告显示，2023年国内亿航智能EH216-5飞行器官方售价约41万美元，时的科技E20款售价约113.5美元。相比海外eVTOL厂商，国内飞行器售价仍处于一个较低的水平。

厂商	机型	售价
亿航智能	EH216-5	239万元/41万美元
时的科技	E20	800万元/113.54万美元
Eve	-	375万美元
Archer	Midnight	450万美元
Lilium	Lilium Jet	650万美元

注：美元:人民币汇率为2023年平均汇率7.0467；航空器价格为官方定价

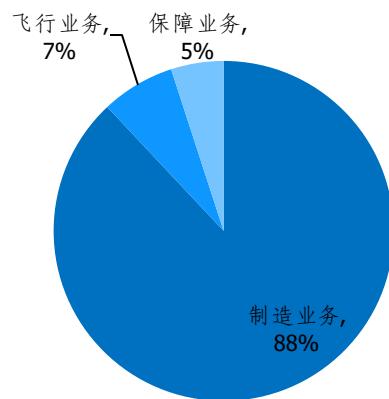
- 根据中商产业研究院数据显示，我国2021至2023年eVTOL市场规模快速增长，2023年达到9.8亿元，预计2024年将达到17.2亿元人民币。从全球飞行汽车市场规模来看，2022年至2030年飞行汽车行业将进入稳步增长周期，根据中商产业研究院预计，**2023年全球飞行汽车市场规模将达到3000亿美元，2022至2030年CAGR达到18.92%**。
- eVTOL作为飞行汽车其中一个类型，在全球市场中仍是新的发展风口。国内eVTOL市场在全球占比仍然较低。随着国家低空经济相关政策的不断推行，航空航天企业、汽车厂商及新兴科技企业持续入局，飞行汽车市场规模及需求或将持续增长，国内eVTOL市场份额也将持续扩大。



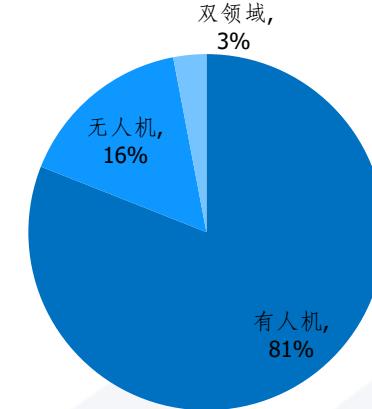
2.5 无人机市场占有率较低，低空经济或将带动长期增长

- 低空经济的应用场景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、服务业等领域都有广泛应用，包含低空快递物流、旅游观光、应急救援、城市管理、航空运动等场景。航天时代飞鹏副总经理魏雅川称，无人机是低空经济战略新兴产业的重要组成部分，得到地方政府和无人机运营相关方密切关注，对无人机场景落地的期待和认可度越来越高，无人机产业的发展也能为运营方和各地政府带来现实收益。
- 根据中商产业研究院数据显示，2022年中国低空经济产业收入中，航空器制造业务收入占比高达80%+，其次是飞行业务与保障业务；无人机业务在低空经济产业中占比仅16%，有人机占比仍然较大。未来随着低空经济产业的发展，无人机行业或将不断提升占有率。

图表：2022年中国低空经济产业收入按业务类型占比（%）



图表：2022年中国低空经济产业收入按有人机/无人机占比（%）



图表：无人机行业四大技术驱动

高可靠低时延
通信技术

高可靠低延时通信技术可以满足低空无人机接收飞行控制信令、上报航控数据以及机间通信的基本需求，为进一步实现无人机集群的精准控制提供基础保障

通信感知一
体化技术

通感一体化技术可以在满足低空无人机通信需求的同时，实现对低空无人机的感知。同时，借助移动通信网络的组网能力，迅速扩大低空信息网络的服务范围，甚至实现关键低空领域的无缝覆盖

低空航
控平台

与低空信息网络相结合，提供气象处理、空域处理、情报处理、飞行计划处理、监视信息处理和综合计算等服务，达到无人机可视化、可调度、可监控的管理目标

人工智能与算力

赋予了低空信息网络分辨不同类别目标的能力，可以第一时间发现“乱飞”、“黑飞”等不合理、不合法行为，优化无人机防撞系统能力和低空航控平台设计，从而为低空无人机提供高效、安全、可控的飞行管理与控制的解决方案

2.6 农业、物流、安防等应用场景新风口带动无人机产业稳定发展

- 从民用无人机在各大行业应用的成熟度及市场空间看，市场发展趋势逐步从娱乐消费端的需求转向农林植保、测绘与地理信息、城市物流、应急管理等市场，且产品相对成熟，未来将保持稳定增长。根据Grand View Research、Technavio等数据显示，预计至2030年全球范围内无人机应用市场规模较大的是地理测绘、能源管理、能源巡检三大场景，市场规模分别为375/330/300亿美元；农业市场规模约为225亿美元，物流市场规模约为150亿美元。
- 伴随中国智慧城市建设进程的加快，城市管理、交通、能源等场景下，无人机安防、巡检、救援、无人值守等应用将成为重要增长极；快递物流市场潜力巨大，但当前仍处于特定场景的小规模商用，在突破技术、商用模式、安全等瓶颈后，未来市场潜力有望实现快速增长。

图表：无人机在农业、巡检、物流行业的行业数据及场景架构

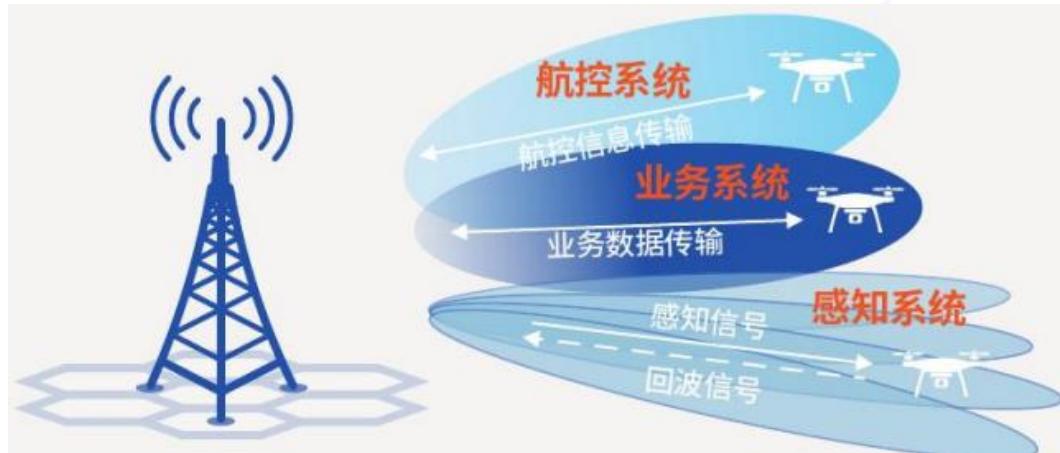


通感一体—打造低空网络通信与感知融合架构

3.1 通感一体打造低空网络空间立体化覆盖

- 无人机在低空场域的飞行活动、监管活动都需要场域内网络设施的支持，雷达、摄像、追踪技术等都较常规航空器的精度、范围都有更高的要求。低空产业不断发展，将产生大密度、高频次、多类型的低空飞行活动，当下基于传统雷达技术的单站监控方式能力有限，难以发现“低慢小”目标；同时规模化的低空飞行活动监控需求较高，目前摄像监控技术可监控范围有限，对光照、距离等要求较高。
- 传统无线网络以地面为主要目标，低空信息网络需要进行空间立体覆盖。同时，低空经济随着行业发展呈现与数字化、信息化相结合的趋势，硬件、软件、通信链路等方面需要多方联合，因此对低空网络的广域连续覆盖提出了更高的要求，打造带动低空经济行业高质量发展的基础。
- 低空网络依托蜂窝移动通信网络、物联网、云计算等基础设施，形成通信、感知、计算一体化的智能互联低空数字化服务体系，并以实现“泛在连接、全域感知、智能计算”为目标，打通从生活活动、商业活动到监管活动全方位管理方案。

图表：低空网络系统逻辑示意图



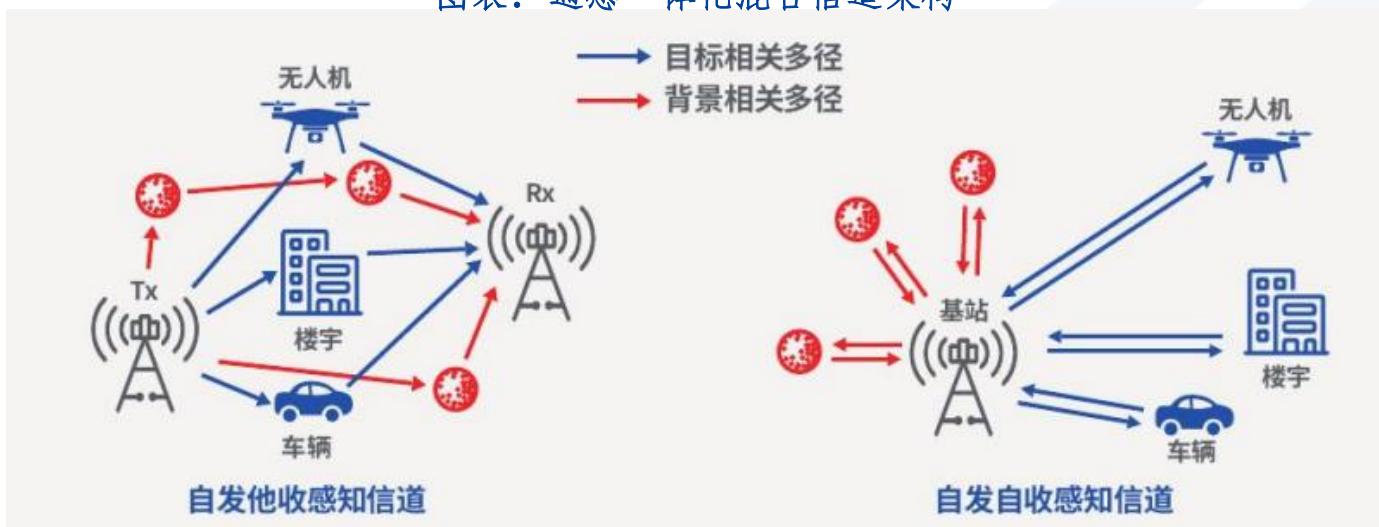
图表：低空网络系统三大功能

	具体内容
通信功能	满足低空网联无人机多样化通信功能，包含基础的接入、数据/指令转发、信息上报及身份识别认证等。根据3GPP TS22.125无人机应用性能需求，对8K视频直播要求达到上行100Mbps的数据速率，端到端时延200ms；下行600Kbps数据速率，端到端时延20ms
感知功能	利用无线信号实现对目标无人机或环境的主动感知功能。根据3GPP TR22.837性能需求，对于无人机入侵检测要求达到5-10m定位精度，感知时延小于1000ms，不超过5%的漏检率和虚警率。
智算功能	为低空网络提供可靠的智算计算功能，实现基于图像、声音及相关数据的智能处理，支持低空系统中业务预测、故障诊断和飞行决策等功能。

3.2 融合5G-A通感一体，构建数字世界新通道

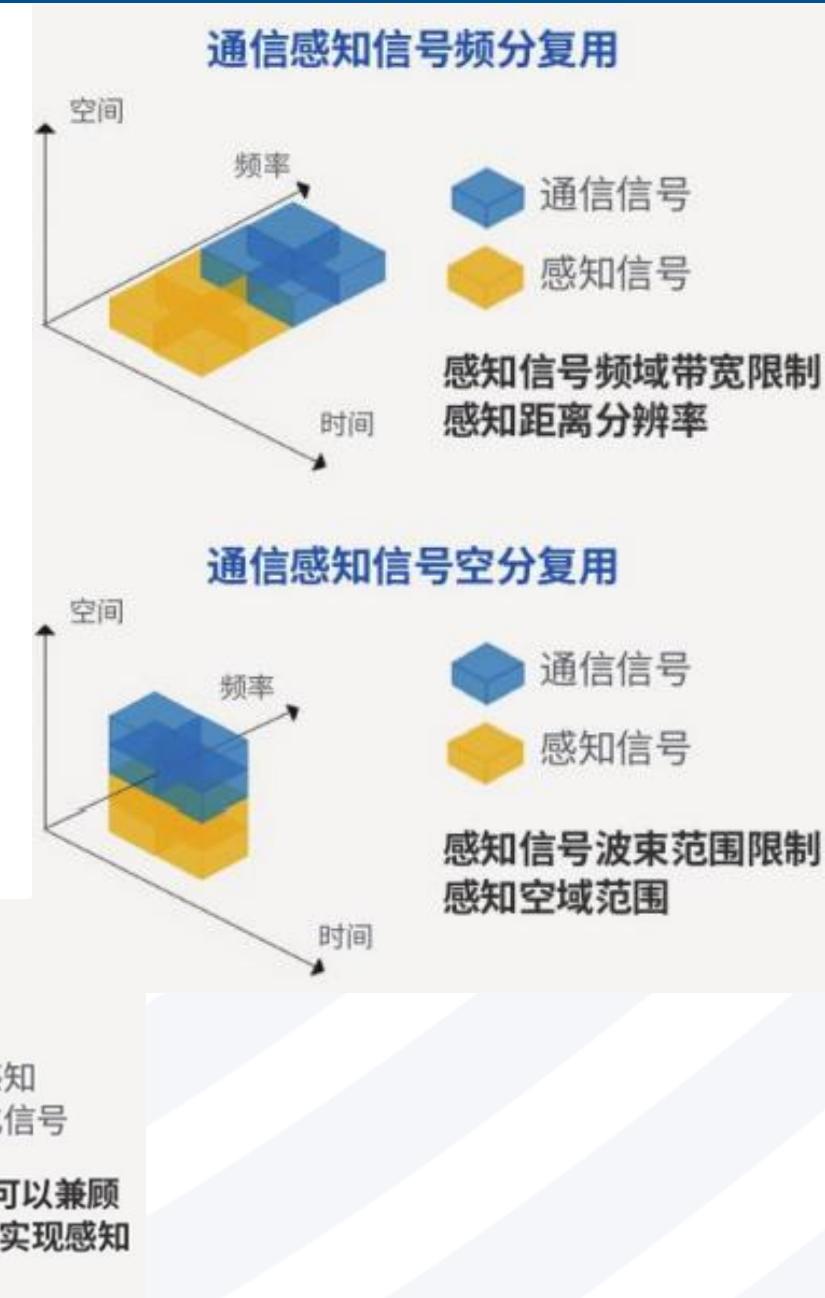
- 5G-A即5G Advanced，为5G的增强版，在容量、速率、时延等关键指标上的表现介于5G和6G之间，能够弥补5G在部分新应用场景中的不足。中兴通讯副总裁、无线及算力经营部副总经理唐雪表示，5G-A的技术升级将有效降低连接成本和经济成本，同时将进一步拓展应用场景。
 - 天地一体化，把蜂窝网络和卫星网络融成了一张网络；
 - 提供感知服务，既能感知空中飞行的这些无人机的轨迹，也能感知桥梁道路的微型电，并提供相应的预警服务；
 - 拓展智能，随着AI对各行各业的重塑，5G基础设施也将朝着智能化方向推进。
- 根据中国移动官方平台显示，在低空飞行监管领域通过搭建5G-A通感一体基站将通信、雷达、算力等多种技术融进一个基站，构建起一张低空连续覆盖的无线网络可对300米以下、1.5公里左右的空域进行精准感知，并实时反馈飞行数据，准确率高达99.99%。
- 通信感知一体化作为通信网络连接物理世界和数字世界的新通道，促使通信网络进一步深入低空经济、智慧交通、智能工厂等垂直行业。3GPP于2023年12月成立感知信道模型和网络架构研究项目(RP-234069, SP-231754)。通感一体的信道模型是研究通感技术的基础，现有的信道模型主要面向通信系统设计，还无法满足感知技术的研究需求，没有考虑感知信道的建模特点，如自发自收信道模型、通感信道相关性等。因此需要设计面向通感一体化的通感信道模型，满足感知传播信道的需求。

图表：通感一体化混合信道架构



3.3 通感波形发展升级，不断完善通信感知一体化架构

- 在构建通感一体的过程中，感知目标的散射特性、针对不同应用场景、不同尺寸的目标以及不同距离感知都需要考虑实际场景需求以及仿真程度，来达到真实情况下的感知效果。
- 根据《中国电信2024通感一体低空网络白皮书》显示，通感波形的设计需要同时考虑通信性能和感知性能，合适的波形设计能够提高感知的精度和通信的效率。一种简单的通感波形发送方式是采取时分、频分、空分等方式实现通信和感知波形的分集发送。但这种方式资源利用效率较低。为了提高资源利用率，可以将通信和感知功能集成到同一种波形中。
- 此外，通信感知一体化需要对现有通信帧结构进行重新设计。目前，新空口(NR)帧结构配置主要考虑信息传输需求，包含上行传输、下行传输和灵活传输三种传输模式。然而，随着通信感知一体化技术的发展与新兴业务的不断涌现，感知能力将逐渐成为移动通信系统的内生能力。因此，新的通感一体帧结构设计需要综合考虑通信性能与感知性能的需求，特别是感知频段、感知业务场景、感知精度、及时性、干扰及设备能力等特点。



3.4 端网协作加强低空空域感知性能

- 低空感知模式可分为单站感知模式，双站感知模式和端网协作感知模式

单站感知

即单站自发自收全双工感知模式。在这种自发自收的模式下，发射的信号会直接泄漏到感知接收，形成自干扰，导致射频前端饱和而无法检测到远距离微弱信号。由于自干扰信号通常与目标回波信号高度相关，使其难以通过信号相干处理技术完全消除，需要在模拟域采用收发天线隔离、射频干扰消除等技术，配合数字域的自干扰消除技术来消除基站自干扰，从而实现单站低空感知功能。

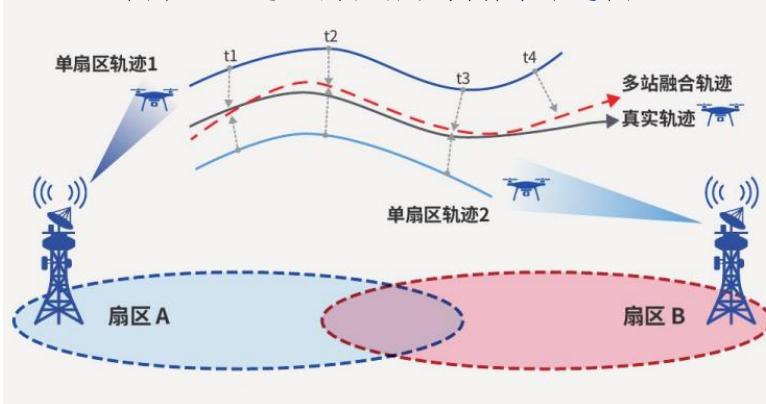
双站感知

即基站A发基站B收的感知模式。这种感知模式的优势在于无需基站实现全双工功能，避免了基站自干扰处理的复杂性，但需要基站A和基站B之间实现严格的时间同步和频率同步。基站间的时间同步误差会对高精度测距性能造成影响。为了实现时间同步，可以通过对基站A发基站B收与基站B发基站A收两个链路的传播时延取平均来消除同步误差的影响。

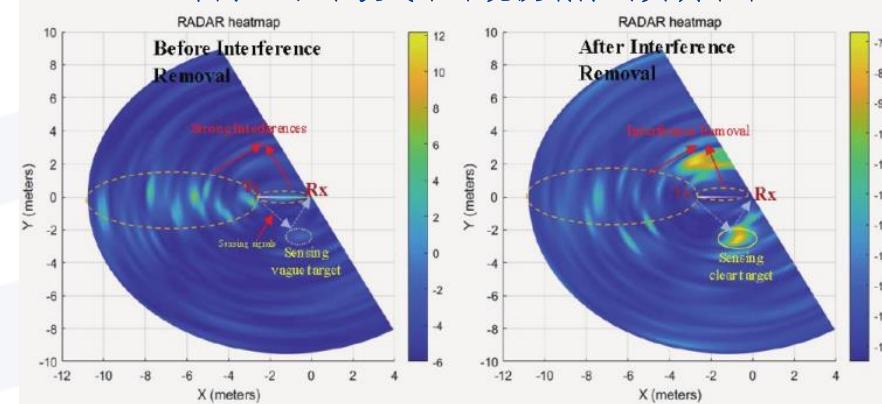
端网协作感知

基于基站发终端收感知信号或者终端发基站收感知信号的端网感知可以复用现有帧结构和现有信号，通过选择合适的终端（例如距离感知目标较近的终端）参与感知来提升感知覆盖性能。端网协作感知需要对感知终端的部署进行良好的规划，同时优化感知算法来降低误差影响。为了最大化提升感知精度，可设计特定的感知锚点终端，并通过精细的规划部署锚点终端与基站位置，从而最大化提升感知性能。

图表：通感组网目标检测场景示意图



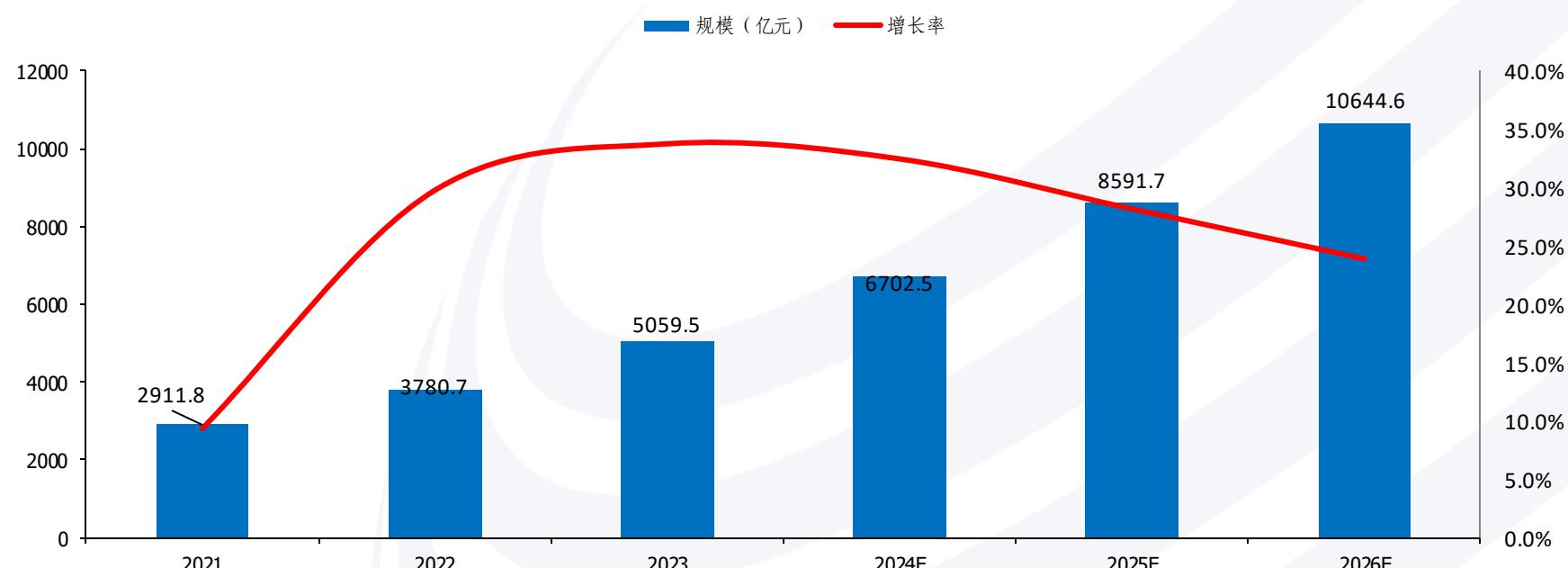
图表：双站模式下环境波消除的实测结果



3.5 我国低空经济市场空间广阔，有望成为推动经济增长新动力

- 从整体市场规模来看，赛迪在2024年4月1日发布《中国低空经济发展研究报告（2024）》，据赛迪测算，2023年中国低空经济规模达到5059.5亿元，增速高达33.8%。
- 2023年，低空经济的规模中，中低空飞行器制造与低空运营服务占据显著地位，其贡献比例接近55%，成为推动低空经济发展的重要引擎。同时，围绕供应链、生产服务、消费、交通等经济活动所产生的贡献也极其可观，达到将近40%。
- 低空基础设施与飞行保障的发展潜力尚未完全释放。随着低空飞行活动的日益频繁，低空基础设施的投资拉动效应正逐步显现。据赛迪乐观预测，到2026年，低空经济规模有望实现重大突破达到10644.6亿元，成为推动经济增长的新动力。

图表：2021-2026年中国低空经济规模增长及预测



投资建议

- **北斗导航:** 中科星图、海格通信、北斗星通、司南导航、航天宏图
- **5G-A/通感一体:** 中兴通讯、盛路通信、灿勤科技、武汉凡谷
- **运营服务:** 咸亨国际、中信海直、顺丰控股
- **eVTOL:** 亿航智能、万丰奥威、山河智能
- **飞行器制造:** 宁德时代、中航光电、西部超导、中航高科
- **低空规划:** 深成交、苏交科
- **雷达:** 四创电子、国睿科技、纳睿雷达

- **eVTOL技术研发不及预期风险：**低空产业中航空器、无人机等相关产品技术虽已处快速发展时期，但仍有较多技术难题亟待解决。eVTOL等航空器的技术研发是推动行业发展的关键，技术研发的不及预期是影响其广泛应用的关键因素。
- **监管政策不确定性风险：**空域开放是低空经济发展的基础，受制于地形、气候、国防等条件差异，各省市对于空域开放的态度、程度有所不同，监管政策的不确定性可能影响低空经济的商业化进程。
- **行业竞争加剧风险：**低空经济作为新质生产力发展方向，也是数字经济下市场发展新风口。未来将涌现更多的玩家布局eVTOL等低空相关产品，行业竞争可能加剧。
- **eVTOL商业化进程不及预期：**eVTOL作为低空经济的重要组成部分，其商业化进程的快慢直接影响低空经济的规模化和成熟度。如果eVTOL的商业化进程因为技术、资金、市场接受度等因素而不如预期，将导致低空经济的增长潜力受限。

免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究院，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，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他人作出邀请。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。在任何情况下，本公司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。

长城证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。长城证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

长城证券版权所有并保留一切权利。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收到任何形式的报酬。

长城证券投资评级说明

公司评级：

买入——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅15%以上；

增持——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于5%~15%之间；

持有——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于-5%~5%之间；

卖出——预期未来6个月内股价相对行业指数跌幅5%以上。

行业评级：

强于大市——预期未来6个月内行业整体表现战胜市场；

中性——预期未来6个月内行业整体表现与市场同步；

弱于大市——预期未来6个月内行业整体表现弱于市场。

行业指中信一级行业，市场指沪深300指数

长城证券产业金融研究院

深圳

地址: 深圳市福田区福田街道金田路2026号能源大厦南塔楼16层

邮编: 518033

传真: 86-755-83516207

北京

地址: 北京市西城区西直门外大街112号阳光大厦8层

邮编: 100044

传真: 86-10-88366686

上海

地址: 上海市浦东新区世博馆路200号A座8层

邮编: 200126

传真: 021-31829681



长城研究 • 与您共成长

长城证券产业金融研究院