

低空经济政策与产业生态 研究报告 (2024 年)

中国信息通信研究院知识产权与创新发展中心

中国互联网协会

2024年12月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院、中国互联网协会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、中国互联网协会”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

近年来，党中央、国务院高度重视低空经济，明确提出了加快构建低空经济战略性新兴产业的宏伟目标。2021年2月，中共中央、国务院发布《国家综合立体交通网规划纲要》，首次提出低空经济；2023年12月，中央经济工作会议将低空经济确立为国家战略性新兴产业；2024年3月，低空经济被首次写入政府工作报告；2024年7月，《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》明确提到“发展通用航空和低空经济”。在党中央、国务院的决策部署下，低空经济正逐渐成为扩大内需、促进就业、推动产业转型升级和国民经济发展的重要引擎，未来有望成为新质生产力的重要锚点。

低空经济具有产业链条长、辐射范围广的特点，涵盖低空装备制造、低空基础设施、低空管理保障和低空应用四类产业。低空装备制造产业是低空经济的发展基础和动力源泉，以无人机和电动垂直起降器（electric Vertical Take-Off and Landing, eVTOL）为代表的新兴飞行器蓬勃发展，与传统的直升机共同形成了新旧共存的格局。低空基础设施产业是低空经济发展的必要条件，产业各方正在物理基础设施、信息基础设施等方面开展积极的探索。低空管理保障产业是低空飞行活动安全、高效进行的重要支撑，涵盖空域管理、安全防御、人才培养、装备维护等领域，正在快速发展。低空应用产业是低空经济与社会经济深度融合的重要渠道，可进一步分为消费类、作业类、运输类和应急安全类，未来市场潜力较大。

未来，随着国家顶层设计的持续优化、基础设施建设的稳步推进、应用场景的不断拓展、关键技术领域的不断革新，以及教育体系的日益完善，低空经济将与各行业实现更深层次的融合，低空产业对经济社会高质量发展的推动作用也将进一步增强。

目 录

一、 低空经济产业全球发展前景广阔 1

 （一）低空经济是新时代下社会经济发展的新空间 1

 （二）发达国家积极布局，空中交通成为关注焦点 3

 （三）我国高度重视低空经济，政策法规不断完善 5

二、 低空经济产业生态分析 7

 （一）低空装备产业 7

 （二）低空基础设施产业 15

 （三）低空管理保障产业 18

 （四）低空应用产业 21

三、 低空经济产业发展展望 24

 （一）顶层设计不断强化，政策法规逐步健全 24

 （二）基础设施不断完善，数字基座逐步夯实 25

 （三）应用场景不断丰富，商业闭环逐步形成 25

 （四）关键技术不断突破，产业链条逐步完备 25

 （五）教育体系不断优化，人才需求逐步满足 26

图 目 录

图 1	低空经济产业生态总体架构	7
图 2	三种主流低空飞行器特点比较	8
图 3	eVTOL 的三种构型	10
图 4	无人机和 eVTOL 的电机产业状况	12
图 5	航空发动机产业链结构	13
图 6	国内 IMU 市场前五大企业份额占比	15
图 7	消费类低空应用	21
图 8	作业类低空应用	22
图 9	运输类低空应用	23
图 10	应急安全类低空应用	24

一、低空经济产业全球发展前景广阔

当前，业界对低空经济已经形成初步共识，但低空经济概念仍未形成科学统一的定义。我们认为，低空经济通常指在距正下方地面垂直距离 1000 米以下（根据应用需要可扩展至 3000 米）空域内，以有人和无人驾驶航空器以及辅助作业设备为载体，依托低空空域及其相关数据资源等新型生产要素，以载人、载物以及其他作业等多种场景低空飞行活动为牵引，带动相关领域融合发展的综合经济形态。目前，国际上将低空空域被视为新的交通空间，并将“空中交通”作为发展重点，我国则更强调低空空域作为生产要素所带来的经济价值，即其经济属性。

（一）低空经济是新时代下社会经济发展的新空间

低空空域由自然资源转变为经济资源，成为新时代经济发展的新空间。低空经济作为新质生产力的代表，不仅是交通运输的新途径，而是广泛赋能第一、第二、第三产业的新型经济形态。近年来，随着城市化进程的加速与人口密度的增加，传统地面交通体系面临着前所未有的压力，而常规产业模式亦难以满足高质量发展的需求。与此同时，应急管理和公共安全领域的需求日益凸显，传统手段已显现出其局限性。在此背景下，低空经济作为新时代社会经济发展的重要组成部分，正逐渐成为解决上述挑战的关键路径之一。

1. 地面交通承载力有限，亟需拓展三维立体交通空间

随着全球城市化进程的加快，城市人口密度持续攀升，机动车

数量也随之大幅增加，由此引发的地面交通运力不足以及交通拥堵等问题日益严重。传统的交通解决方案已难以满足日益增长的出行需求，亟需探索新的交通模式以应对当前挑战。在此背景下，发展空中交通系统成为改善城市交通状况的有效途径之一。通过利用城市上空的空间资源，能够有效缓解地面交通的压力，并为紧急救援、货物快递等提供快速通道。

2. 经济增长需转型，亟需创新产业生态增长极

在全球经济增速放缓和产业结构调整的背景下，寻求新的经济增长点已成为各国政府和企业界的共同目标。低空经济涵盖低空装备制造、基础设施、低空管理保障、低空应用等多个产业，具有产业链条长、辐射面广、成长性和带动性强等特点，展现出广阔的发展前景和强劲的增长潜力，有望成为推动经济转型与升级的新引擎。此外，低空经济涉及智能制造、物联网、大数据分析等前沿技术领域，在带动高新技术产业集群发展的同时，还能促进农林植保、物流配送等传统产业的数字化转型升级。

3. 应急救援、安防监管有局限，亟待开拓治理新方式

传统救援和监管方式在面对复杂多变的环境和日益增长的需求时，逐渐显现局限性。一方面，地面救援和巡检受制于地理条件和交通状况，难以在第一时间到达偏远或交通不便的区域，影响救援效率和监管效果。另一方面，随着城市化进程的加快，高层建筑和地下空间的增多，传统手段在高层救火、房屋坍塌救援等方面的应用也面临挑战。无人机等低空飞行器的出现为应急救援和安防监管

提供了新的解决方案，其快速响应优势可提高应急救援的效率和安防巡检的覆盖面。与此同时，低空飞行器搭载的各种传感器和通信设备，可实现数据的实时采集和传输，为相关决策者和管理者提供更加全面和准确的信息支持。

（二）发达国家积极布局，空中交通成为关注焦点

1. 美国积极完善监管架构，发布城市空中交通规划

美国低空产业布局较早，建立了相对完善的法规体系，并积极推动城市空中交通计划。2017 年，美国联邦航空局（Federal Aviation Administration, FAA）提出《无人机系统整合试点计划》，旨在探索无人机在低空空域中安全、有效的整合方法。该计划允许选定的地方政府、企业和学术机构在特定空域内测试无人机运营的新模式和技术，以推动无人机产业的创新发展。2020 年 7 月，美国标准化协会提出《无人机标准化路线图 2.0》。该路线图涵盖了适航性、飞行作业、人员培训、资格认证等多个领域，评估了现有标准和开发中标准与实际需求间的差距，并针对性提出行动建议，确定优先级别。

2023 年 3 月，美国白宫科技政策办公室发布《国家航空科技优先事项》，提出优先发展小型无人机和先进空中交通飞行器，如 eVTOL、电动短距起降飞机（electric Short Take-Off and Landing, eSTOL）和其他高度自动化的电动客货运飞机。同年 5 月，FAA 发布《城市空中交通运行概念 2.0》白皮书，对未来空中出租车和其他先进空中交通的运行概念展开设计和描述，以支撑 FAA 建立和发展

城市空中交通管理体系。同年 7 月，FAA 提出《先进空中交通实施计划 V1.0》，该计划包含了在 2028 年前实现先进空中交通规模化运营所需的各关键要素和措施步骤，包括运营、基础设施、电力网络、安全、环境、社区参与等多方面的内容。2024 年 10 月，FAA 发布了动力升降飞机行业的最终安全法规，涵盖型号认证、飞行员培训与认证、运营规则、最低安全高度和能见度的严格操作要求等，为 eVTOL 的商业化安全运营提供了保障。

2. 欧洲着力构建统一空管体制，打造低空 U-space 体系

2016 年，欧盟执委奥莱塔·布尔克提出 U-space 的概念，旨在将各类无人机有效集成到现有空域内，使有人机和无人机都可以安全地运行。2017 年，欧盟委员会发布《U-space 蓝图》，鼓励各成员国开展各种城市空中交通应用。2018 年 7 月，欧洲航空安全局（European Union Aviation Safety Agency, EASA）发布《关于民用航空领域的共同规则和建立欧洲航空安全局》（简称《第 2018/1139 号法规》），以立法的形式将欧盟的管理权限扩展至除国家航空器以外的所有航空器，并规定由 EASA 建立统一规则，规范欧盟各国的民事航空活动。

2019 年 6 月，欧盟连续发布《关于无人驾驶航空器系统和无人驾驶航空器系统第三国运营人》（简称《第 2019/945 号授权条例》）和《关于无人驾驶航空器运行规则和程序》（简称《第 2019/947 号实施条例》）。这两部法规延续了基于风险的无人机分类管理模式，并规定了无人机在欧盟成员国的运行规则以及驾驶员、制造商等人

员的义务和责任等内容，确定了无人机在欧洲空域安全运行的基本框架。

2019 年 7 月，EASA 针对垂直起降器（Vertical Take-Off and Landing, VTOL）颁布专用条件 SC-VTOL，并在 2020 年 5 月公布 eVTOL 适航认证的拟议符合性评审方法，为新型飞行器建立了全新监管框架。2022 年，欧盟发布顶层战略规划《航空绿色协议-欧洲可持续航空愿景》，提出建立智能空中交通管理系统的愿景目标，同年 EASA 发布了下一代空中城市交通飞机的拟议法规，确定城市运营初步规则。2023 年，欧盟发布《U-space 运行概念（第四版）》，对 U-space 的实施阶段进行更为清晰的划分。

（三）我国高度重视低空经济，政策法规不断完善

1. 空域逐步开放，管理模式向协同管理演进

2010 年 8 月，我国颁发了《关于深化我国低空空域管理改革的意见》，这是指导我国低空空域管理改革的第一个纲领性文件。2010 年至 2014 年，低空空域管理改革呈现分类管理的特点。在此期间，全国 14 个省、自治区和直辖市组织了低空空域管理改革试点工作，将低空空域由管制空域，改为管制、监视、报告三类空域，按照审批和报备两种方式实行分类管理，以提高低空空域的使用效率。

2015 年至 2017 年，低空空域管理改革呈现多样性的特点。2015 年，济南和重庆地区开展了低空空域管理和通用航空发展综合配套改革试点；2016 年，珠三角和海南地区开展空域精细化管理改革试点，重点优化空域审批制度，提高空域使用效率等；2017 年，海南

省国家低空空域空管服务保障示范区项目通过验收，标志着海南省成为全国首个完成低空空管服务保障体系建设的地区。同年，西北地区开展了通用航空低空空域监视与服务试点。

2018 年至今，低空空域管理呈现向协同管理演进的特点。四川省在全国率先成立了由省政府牵头的四川省低空空域协同管理委员会”，并将分块管理转变为协同管理，将低空飞行由管制指挥模式转变为目视自主飞行模式。此后，湖南、江西、安徽参照四川经验也成立了低空空域协同管理机构和运行管理中心，实现了飞行计划“一站式”审批服务，极大促进了低空空域的使用效率。

2.政策法规密集发布，制度保障初见成效

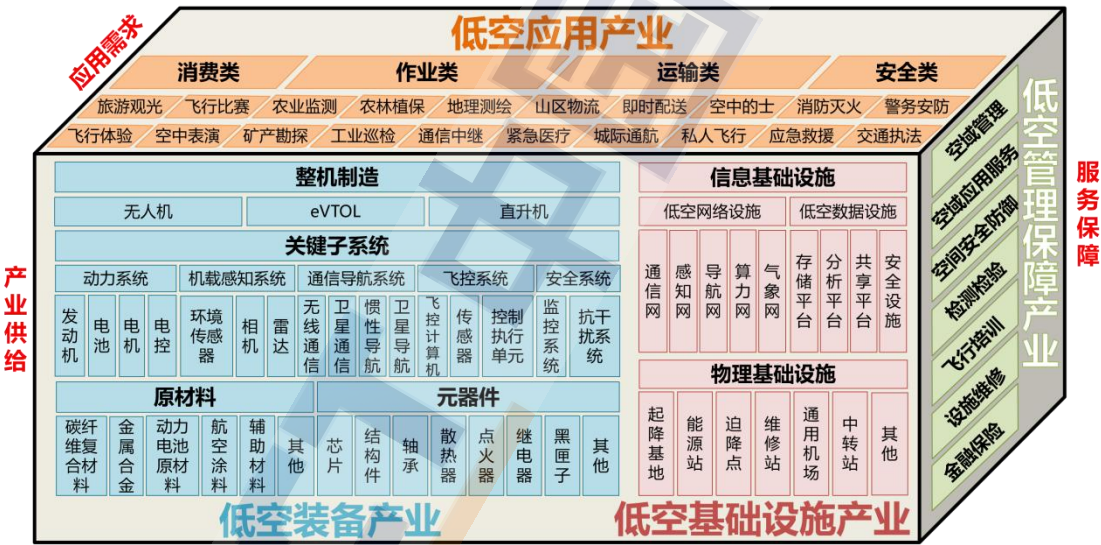
我国高度重视低空经济，从中央到地方密集出台支持性政策，为低空经济发展提供制度保障。2021 年，中共中央、国务院发布《国家综合立体交通网规划纲要》，首次提出低空经济；同年 12 月，国务院印发《“十四五”旅游业发展规划》，提出重点推进低空旅游装备的自主创新及高端制造和完善低空旅游等发展政策；2022 年 12 月，国务院印发《扩大内需战略规划纲要（2022—2035 年）》，强调释放通用航空的消费潜力；2023 年，工信部等四部门联合发布《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035 年）》，明确 2025 年实现 eVTOL 试点运行目标；2024 年，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式实施，我国无人机产业进入有法可依的规范化发展阶段。

据不完全统计，我国已发布相关政策超百件，法律法规 10 余部，行政规范性文件 20 多部，在安全监管、飞行器制造、飞行保障和低

空应用四个方面的法治保障体系建设初见成效。

二、低空经济产业生态分析

我国低空经济产业正迎来前所未有的发展机遇，展现出强大的活力与潜力。从低空装备制造到基础设施建设、低空管理保障，再到多元化的应用服务，低空经济正逐步构建起一个完整的产业生态系统，如图 1 所示。近年来，以无人机和 eVTOL 为代表的新型低空飞行器加速融入各行各业，成为农业效率提升、制造业升级、服务业模式革新等领域的重要力量。随着政策环境的优化和技术的不断进步，低空经济将逐渐成为推动经济高质量发展的新引擎。



来源：中国信息通信研究院




图 1 低空经济产业生态总体架构

（一）低空装备产业

低空装备产业是低空经济的发展基础和动力源泉，涵盖了从原材料和零部件供应，到子系统集成，再到飞行器整机制造的完整产业链。

1.整机制造产业分析

在整机制造环节，以无人机和 eVTOL 为代表的新兴飞行器蓬勃发展，与传统的直升机共同形成了新旧共存的格局。三种主流低空飞行器各具特点，如图 2 所示。

	无人机	eVTOL	直升机
			
优势	灵活性高、成本低、易于部署	垂直起降、电动化、高效出行	垂直起降、速度快、载重能力强
劣势	续航能力、载重能力有限	技术挑战、法规限制	高成本、噪音大、高污染
应用场景	航拍、农林植保、环境监测保护等	城市空中交通、应急救援等	长途运输、应急救援等
产业现状	技术不断成熟、法规逐步完善	多家企业布局、试点项目推进	技术成熟稳定、市场竞争加剧
发展趋势	<ul style="list-style-type: none">➢ 技术持续创新，成本降低，应用广泛。➢ 未来与其他低空飞行器协同，提升整体效率。	<ul style="list-style-type: none">➢ 将成为未来城市出行的重要方式。➢ 垂直起降、电驱动环保，是低空经济的新热点。	<ul style="list-style-type: none">➢ 在特定领域和任务中仍具独特优势。➢ 向智能化、环保化发展。

来源：中国信息通信研究院

图 2 三种主流低空飞行器特点比较

民用无人机市场规模持续扩大,消费级无人机市场集中度较高。根据工业和信息化部数据，2023 年，我国交付民用无人机产品 322 万架，实现民用无人机产值 321 亿元，彰显出强劲增长动力。截至 2024 年 11 月，我国累计注册无人机企业 424 家，备案的无人机产品型号 1075 款，充分展现行业的创新活力与多元发展。我国消费级无人机行业企业已在全球市场占据领先地位，龙头企业竞争优势日益凸显，大疆常年占据全球消费级无人机市场份额的 7 到 8 成。工业级无人机行业主要应用于测绘与地理信息、行业巡检、安防监控、快递物流和农林植保等领域，呈现市场需求个性化、产品定制化，竞争格局分散特征，众多企业在细分领域展开竞争。中商产业研究院发布的《2023-2028 年中国无人机行业市场研究及前景预测报告》

显示，2022 年工业级无人机占我国民用无人机市场比重的 61%，成为推动行业增长的重要力量。

eVTOL 构型多样化满足不同市场需求，由技术研发向商业化运营过渡。eVTOL 呈现构型多样化趋势，主要有多旋翼型、复合翼型和倾转构型，可以满足短途的城市交通、中远程的航行任务等多项需求，如图 3 所示。构型的多样化展现了技术的创新，也体现了市场需求的多元化。根据美国垂直飞行协会（VFS）发布的世界 eVTOL 飞机目录，截至 2024 年 5 月底，全球 eVTOL 概念产品数量现已超过 1000 个，来自全球 430 多家设计机构。据智研咨询统计，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，国内有 30 家以上企业进入 eVTOL 整机研发领域，有超过 15 家载人 eVTOL 整机研发企业完成数千万元以上融资，有 15 家以上企业完成 1:1 样机下线并投入测试。中国的 eVTOL 整机企业大部分为科技型初创公司，部分企业成立不满 3 年进入了 1:1 原型机测试阶段。相比欧美头部企业，国内 eVTOL 整机企业规模普遍偏小、历史更短、融资规模也更小，更需要得到政策和资金的支持。当前，eVTOL 在全球范围内还处于适航认证阶段，我国已有 eVTOL 机型率先获得生产许可证、型号合格证和标准适航证，中国民航局已受理其运营合格证申请，距离正式商业运营更进一步。此外，多家代表企业也在积极申请适航证，目前已有多款 eVTOL 航空器适航取证取得了重要进展。

构型	特征	优势	劣势	代表产品
 多旋翼型	采用分布式旋翼设计，依靠旋翼提供升力，调整旋翼转速获得推力。	技术风险低，研制难度小，投入要求低。	飞行速度较低，有效载荷和航程有限，适合初期市场。	亿航：EH216-S 
 复合翼型	使用独立螺旋桨分别实现垂直起降和巡航。	巡航效率、航程、灵活性等性能适中，安全性较高，生产和维护较为简单。	垂直升力在巡航阶段闲置，利用效率低。技术难度和风险居中。	峰飞：盛世龙 
 倾转构型	包括倾转旋翼/机翼和倾转涵道等构型，通过改变推力方向实现垂直起降和巡航。	航程远，巡航速度快，载重比高，性能潜力最大。执行远距离任务优势明显。	安全风险较高。设计复杂，研制周期和适航认证过程长，市场准入晚，维护成本高。	零重力：ZG-T6 
其他类型				

来源：中国信息通信研究院

图 3 eVTOL 的三种构型

直升机制造市场国产化空间较大。随着民用航空需求的增长，民用直升机机队规模预计将逐年扩大。根据中国航空工业发展研究中心数据，在 2023 年国际民用直升机市场中，空客直升机、莱奥纳多、贝尔、罗宾逊、西科斯基等欧美头部企业占据全球市场 99.09% 的产值。据航空工业发布的《民用直升机中国市场预测年报（2023—2032）》，国外巨头企业占据了我国民用直升机的绝大部分市场份额，国产民用直升机市场占有率仅 5% 左右，随着国内在直升机领域的技术突破，中国直升机的制造产业仍有较大发展空间。



2.上游细分产业分析

低空装备上游产业涵盖了动力系统、机载感知系统、通信导航系统、飞控系统以及安全系统等多个子系统，以及原材料和元器件。其中，电池和电机是决定飞行器载重和续航能力的核心因素；发动机作为直升机的动力源，其性能直接影响到飞行器的机动性和效率；飞控系统是低空飞行器的“大脑”，负责处理飞行数据并执行飞行指令；通信导航系统保障了飞行器与地面控制中心之间的信息传递，确保飞行任务的顺利进行；碳纤维等高性能材料的应用对于机身结

构至关重要，能够提升整体性能。

动力电池领域国内企业已占据领先地位，固态电池或成未来主流技术路线。业内专家指出，电池环节预计将占到低空经济市场 15%—20% 的份额，随着低空经济的发展，电池行业将获得全新增量市场空间。根据国际能源署报告，新能源汽车积累的电池产业积淀将有效赋能低空飞行器。目前，国内多家电池企业正在积极布局低空领域，并与整机制造企业展开战略合作。低空经济的兴起对电池产业提出了更高的要求，同时也为电池技术的革新提供了新的动力。现有电池技术水平均未能完全满足 eVTOL 对于电池能量密度和功率密度的要求，主流在研技术路线有锂电池和氢燃料电池两种，固态/半固态锂电池有望成为未来主流技术路线。

电机是低空飞行器核心动力源，头部 eVTOL 主机厂倾向自主研发，无人机电机产业多方角逐。低空飞行对电机产业提出了更高要求，需具备高可靠性、低噪音、高效率，还需适应复杂多变的飞行环境。如图 4 所示，永磁同步电机凭借高效率、高功率密度及良好的调速性能，在 eVTOL 制造中得到广泛应用。我国已成为永磁同步电机的生产基地，部分产品远销海外。头部 eVTOL 整机厂如 Joby、Archer、峰飞航空等正积极自主研发高性能电机。在无人机领域，无刷直流电机因较为成熟的技术与成本控制优势仍是主流选择。日本和美国是无刷电机行业的领导者，拥有多家知名企业和先进技术，主要占据高端市场。中国是无刷电机行业的后起之秀，因拥有庞大的本土市场需求和产能规模，不断占据更多市场。

应用产品	电机类型	特征	优势	劣势	国内外现状
eVTOL	永磁同步电机 (PMSM) 	采用永久磁铁产生恒定磁场，与电流产生的磁场同步旋转，从而实现高效、平稳的动力输出	损耗低，效率高，力矩大，控制精度高，功率密度高、调速范围广、电磁转矩大	价格高，控制复杂，容易发热，永磁体易退磁，结构坚固性高	我国已成为生产基地，部分产品远销海外。日法美较强
无人机	无刷直流电机 (BLDC) 	运用电子换向技术，使直流电能够直接驱动电机，实现可靠高效的电机运转	维护成本低，重量轻，噪音小，价格便宜，仅需直流电源，较简单	效率较低，性能较差，换相时有转矩脉动，结构坚固性差	与日本等发达国家相比，国内行业发展处于追赶状态

来源：中国信息通信研究院

图 4 无人机和 eVTOL 的电机产业状况

民用航空发动机欧美头部企业形成明显领先优势。在商用航空发动机领域，全球市场经过近百年的发展，已经呈现出典型、明显的寡头垄断格局。美国通用电气（GE）、普惠（PW）、英国罗罗（RR）、由 GE 和法国赛峰集团合资的 CFM 国际公司，以及由 PW、MTU 航空发动机和日本航空发动机协会合资的国际航空发动机公司（IAE），占据着全球商用航空发动机约 97% 的市场，掌握着全球商用航空发动机的核心技术。目前在世界范围内形成了航空发动机产业链的四级供应结构：第一级即 GE、普惠、罗罗等整机制造商，负责整机研制及总装交付；第二级包括德国 MTU、意大利 AVIO 等，主要负责子系统、大部件/单元体的制造；第三级和第四级分别是零组件/分系统的制造商，以及原材料的供应商。



来源：中国航空发动机研究院

图 5 航空发动机产业链结构

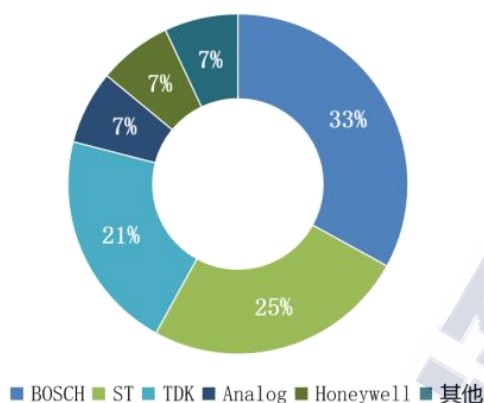
飞控系统全球市场集中度较高，国内新兴厂商不断涌现。目前，全球诸如 CAAC、FAA、EASA 和 ICAO 等官方机构已经就航电飞控系统在适航安全、智能操控、通用适配等方面提出了一系列要求。全球飞控系统市场集中度较高，满足适航要求的飞控供应商呈现出高度垄断状态，核心技术掌握在 Honeywell、Collins、Garmin、Thales 和 BAE 等几家巨头手中。国内飞控系统供应商主要包括传统老牌飞控系统供应商和一批新兴的飞控系统企业。传统老牌飞控供应商技术积累扎实，新兴民营飞控公司推出的 eVTOL 飞控产品性价比较高。此外，众多飞行器主机厂商开始注重飞控系统的自主研发，以实现更高的飞行安全性和智能化水平。

通信模组行业呈现“东升西落”格局。根据智研咨询数据，2022 年中国无线模组行业市场规模约为 474.3 亿元，同比增长 8.3%。

2017-2022 年，全球通信模组行业出货量比例呈现“东升西落”，根据 Counterpoint 的统计，2017 年全球蜂窝物联网模组市场海外公司占比达 42%以上，国内公司仅芯通讯（Simcom）一家占比较高，达到 23%；而到 2022 年国内公司出货量占比达 60.8%，同期海外公司出货量占比降至为 13.6%。主要原因系我国通信模组企业具备成本较低和产业链完善等优势，未来国产厂商将继续保持通信模组出货量领先地位，占比有望进一步提升。

卫星导航产业链完备，惯性导航器件国外高度垄断。低空飞行器通常采用卫星+惯性组合导航来进行实时、高精度定位导航。我国卫星导航核心技术逐步成熟，产业链完备，2022 年与卫星导航技术研发和应用直接相关的芯片、导航数据、终端设备、基础设施等核心产值达到 1527 亿元人民币。惯性测量单元（IMU）是实现低空飞行器姿态控制的核心部件之一。目前高精度 IMU 市场几乎被博世、ST 半导体和 ADI 等国外企业垄断，国产厂商的市占率低。但国内部分厂商的高性能 IMU 的 MEMS 芯片技术指标与国外接近，国内参与主体包括 MEMS 芯片自主可控的半导体公司、本土消费级 MEMS 龙头和 Tier1 模块系统集成商等。

国内IMU市场前五大企业份额占比



来源：芯谋研究、财通证券研究所

图 6 国内 IMU 市场前五大企业份额占比

机身材料高端碳纤维少量国内企业取得技术突破，已经开始小批量供货。机身材料对支撑在复杂飞行环境中飞行至关重要，碳纤维因具备优异的力学性能，满足轻量化、耐腐蚀性、可设计性强的需求，成为低空飞行器机身材料的主流。美国、日本等碳纤维技术强国持续巩固其领先地位，而中国在政策扶持与市场需求驱动下，正加速追赶，通过产业链协同创新与政策扶持，逐步减少对进口的依赖，力争在全球碳纤维市场中占据一席之地。目前部分国内企业通过持续研发与技术突破，实现了对关键生产环节的掌控，已经开始小批量供货。

（二）低空基础设施产业

低空基础设施包括物理基础设施和信息基础设施。其中，低空物理设施层是指满足各类低空飞行活动日常运营需求的物理实体，如起降平台、能源站、末端配送设施、备降点、维修站以及业务场

景需要的接驳站、装卸站等；低空信息基础设施包括低空通信、感知、导航、算力等信息通信设施，涉及信息通信设备商、运营商等产业主体，是低空经济规模化发展的数字底座。

1.物理基础设施建设处于起步阶段

我国支撑低空经济发展的物理基础设施数量供应不足，各地正在加速推进建设。根据中国民用航空局《全国通用机场布局规划》，我国到 2030 年预计通用机场数量达到 2058 个。截至 2023 年 12 月，在册通用机场数量 454 个，通用机场缺口达到 1604 个。此外，起降点、飞行营地、飞行服务站、维修基地、通讯导航气象油库等基础设施的建设仍处于初期，难以满足低空飞行活动的保障需求，因此各地正在加快建设进度。深圳市已经建设了马峦山城市低空融合飞行保障基地，并布局了一批地面配套设施，包括 30 个以上的低空飞行器起降平台。四川省《关于促进低空经济发展的指导意见》指出，支持加快建设通用机场及各类起降场，完善飞行器起降、备降、停放、能源补给等功能，并鼓励在商业区、公园等地建设无人机物流配送起降平台。**物理基础设施建设当前面临三大限制因素。**一是统一的建设标准缺位。各运营企业根据自己的理解和需求进行建设，导致设施不兼容，且无法确保所有设施都达到必要的安全标准。二是商业闭环问题。物理基础设施建设需要巨大的初期投资且运营维护成本高，现有回报机制不完善，难以吸引足够的社会资本参与。三是建设用地紧张。城市用地紧缺，需要在楼顶、公交站等有限空间进行建设，但这可能引发噪音、安全等问题。

2.信息基础设施支撑能力逐步提升

我国坚持“适度超前”原则，5G 网络建设国际领先。当前，我国已建成规模最大、技术领先的 5G 网络，完成全国所有地级市县城城区的 5G 网络覆盖。据工业和信息化部数据，截至 2024 年 10 月底，我国累计建成 5G 基站总数达 414.1 万个，每万人拥有 5G 基站数达 29 个。5G 标准研制进入 5G 增强阶段。5G 增强作为 5G 的进阶版本，以其超高速率、超大连接数、超低时延等特性，可为低空经济各个领域提供强大的技术支持和保障。从无人机的远程实时操控、高清视频回传，到低空交通管理的数字化、智能化，5G 增强技术全天候、无死角、高精度、低成本的核心优势日益凸显，已成为构建低空全域连续监测低空网络的重要支撑。

行业主体积极探索低空信息基础设施建设方案和运营策略。在 2024 数字低空大会上，三大运营商均表示已在低空信息通信网络上进行布局。中国移动基于 4.9 GHz 频段开展技术攻关。5G 增强阶段以单站 A 发 A 收模式为主要研究对象；面向 6G 演进，重点攻关点簇网多维协同“A 发多收”模式，实现“可通信”到“高质量通信”的跃升。当前，中国移动在江苏省内成功实现了首个连片低空飞联网的规划建设，在 300 米高度内，网络上行速率达到 25 Mbps 的满足度高达 99.02%；此外，中国移动在浙江、上海等地率先落地 5G 增强基站，应用于低空无人机海鲜运输线路。中国联通拟使用两种策略实现低空网络的覆盖。面向 300 米以下低空，中国联通采取对现有地面网络调参调优的方式；面向 300 米至 1000 米的低空，拟搭

建 5G 对空专网，或与卫星互联网进行有机衔接。目前，中国联通已在广东深圳、佛山、茂名、江门、河源、清远、韶关以及河南安阳等地进行了测试试验，取得了良好效果。例如，佛山测试的上行速率达到 45Mbit/s，能够满足 4K 视频回和 AI 识别的能力需求。中国电信制定了两步走的发展策略。第一阶段通过利用已有的 3.5 GHz 和 2.1 GHz 的地面 5G 基站，通过调整参数，实现低空通信的覆盖；第二阶段基于 5G 增强毫米波技术实现低空监测功能。今年 4 月，中国电信联合中兴通讯在南京滨江经济开发区完成 5G 增强业界最大规模低空通信、监测一体化组网验证，实现了复杂轨迹的精准判断和多目标的检测跟踪。

（三）低空管理保障产业

低空飞行对数字化技术有着极高的需求和依赖性，空域管理产业不可或缺，部分公司已推出代表性产品。低空飞行是在没有附着物的相对自由的低空空域中进行的，大量飞行活动的实时监控与跟踪、导航与路径规划、通信与数据传输、环境感知与避障等功能的实现都需要数字化技术作为支撑。依托空域管理服务平台，使低空空域从单纯的“可通达”状态，逐步演变为“可计算”“可管控”乃至“可运营”的数字化空间，为低空飞行活动的高效运行和安全控制提供强有力的数据基础和技术支撑，助力空中交通管理的智能化发展。腾讯联合粤港澳大湾区数字经济研究院（IDEA 研究院）打造了一个空域划设与管理平台，该平台为空域管理部门提供空域

设计、航路规划、模拟测试等功能，确保低空飞行器的安全有序飞行，并基于空间计算、路径规划、三维绘制、时空碰撞等技术，打造便捷的三维航路规划设计工具。中国电科推出了“天牧”系列低空飞行服务管理系统，可提供飞行计划的智能审批、飞行前流量管理、统筹调度飞行安全间隔、交通流量控制等功能，提高低空飞行安全性。该系统是低空飞行的守护者与“大脑”，是托举低空经济活动“飞起来”的核心。此外，中国电科还推出了机巡计划智能调度与风险管控系统、全域低空智能感知管理解决方案、低空飞行服务站等飞行服务领域系统及平台。

低空空间安全防御产业需求增长显著，技术研发进展加快。随着无人机数量的快速增加，无人机“黑飞”“滥飞”形成了较大威胁性，我国对反无人机系统的需求显著增长。据智研咨询统计，截至 2022 年我国反无人机行业市场规模已达到 8.85 亿元，较 2021 年增长 2.06 亿元。当前，反无人机系统表现出集成化、体系化、小型化、智能化和多维化的发展趋势，其中多传感器数据融合、反无人机蜂群等将成为未来的重点发展方向。2024 年 11 月，中国电科低空安全验证试验基地建设取得成果，创新构建的面向低空经济低成本安全管控和重要目标防护验证试验系统初步发挥作用。在真实场景下，能精确探测、跟踪、识别 6 公里外的无人机群，有效反制处置 1 公里内的“黑飞”目标。

低空飞行器检测检验机构建设处于探索阶段。飞行器构型众多，数量逐年增长，相对有限的审查资源难以满足日益增长的飞行器适

航审定和试运行评估需求。因此亟需依托行业政策，科学配置外部测试资源，开展第三方飞行器检验检测。目前飞行器检验检测机构的建设规划仍处于探索阶段。截至 2023 年年底，民航局已批准建立民用无人驾驶航空试验区 17 个、试验基地 3 个，覆盖城市、海岛等多种地形，以及支线物流和综合应用拓展等典型运行场景和应用。北京延庆、上海金山、四川德阳等地均与主管单位建立了无人机测试研究机构的共建机制，针对综合应用、海岛等场景开展验证技术研究和第三方检验检测服务。

飞行培训与教育需求激增，产业市场规模不断扩大。根据多个省份发布的 2024 年紧缺职业目录，无人机驾驶员、无人机测绘操控员等相关职业“榜上有名”。在 market 需求的推动下，低空教育培训市场规模不断扩大。据中国民用航空局和中国航空器拥有者及驾驶员协会统计，截至 2023 年年底，我国现有民用无人机操控员培训机构 449 个，实施 CCAR-141 部整体课程的驾驶员学校 38 家（含中国民航飞行学院），涉及飞行器驾驶员培训、空管人员培训、技术与管理人员培训、航空服务员培训、青少年无人机培训等多个领域，共有 20.73 万人拥有无人机操控员执照，较上年增加 5.63 万人。然而，据有关部门测算，目前中国无人机操控员的就业人才缺口还有 100 万人。

保险产业助力风险管理，潜在业务量较大。作为一个融合发展的综合性经济形态，低空经济有着复杂的产业链条，需要有效的风险管理手段，以保障低空运营产业的安全发展。在产业链上游，建

造的工程保险、责任险、意外险处于蓄势发展阶段；在产业链中游，航空器制造的产品责任险、安全生产责任险、航空器试飞保险等已发展到一定规模；在产业链下游，部分险企推出了相关创新产品，如无人机机身险、第三者责任险、货运险、飞手意外险等，但整体上该类保险处于发展初期阶段，对新兴应用场景以及新风险的覆盖不足，未来仍有较大的发展空间和市场潜力。2024 年全国首单低空飞行器专属保险在广东落地，这也意味着低空飞行器保险市场的初步形成，为低空经济提供了重要的风险保障。

（四）低空应用产业

消费类应用用于满足休闲娱乐活动需求,具有较高的市场潜力。

消费类低空应用以休闲娱乐为导向，通过多样化的飞行活动，形成独特的市场产业链，带动旅游和飞行体验等相关产业的繁荣发展。目前，大湾区、温州、合肥、太原等地积极探索“低空+旅游”应用示范场景，开拓空中观光旅游航线，以推动无人驾驶载人航空器的常态化商业运营。随着安全防御体系的完善和公众认知度的提升，这类产业预计将迎来快速增长。此外，随着社会经济水平的提高和中产阶级群体的扩大，对于高品质休闲娱乐的需求将不断增加，这也将为消费类低空应用产业提供广阔的市场空间和发展机遇。



来源：网络

图 7 消费类低空应用

作业类应用提高工作效率和安全性，是重要发展方向。作业类低空应用依托专业技术服务，融合多行业应用需求，构建高效的作业体系，推动农业、工业等多个领域的产业升级。针对农林植保、测绘勘探效率低和人力成本高、工业巡检存在盲区和安全隐患等行业痛点，低空飞行器都能够提供更为高效、精准且安全的解决方案。截至 2024 年，我国纳入民用无人驾驶航空器生产管理信息系统的农业植保无人机已有 9 万架；南方电网在广东、广西户外变电站实现了无人机自主巡检全覆盖，累计飞行超 100 万架次，设备缺陷发现率提升 56.8%，站外隐患发现率提升 133.7%，巡视效率提升 2.6 倍。



来源：网络

图 8 作业类低空应用

运输类应用解决地面交通的局限性，头部物流企业竞相探索。运输类低空应用致力于打破传统交通束缚，通过创新的低空运输方式，构建快速、便捷的空中交通网络，引领未来交通产业的新变革。当前，头部企业纷纷布局空中物流模式，无人机物流配送已初具规模。截至 2024 年 6 月底，美团无人机在上海、深圳、广州等城市开通 31 条航线，完成超 30 万用户订单，服务覆盖办公、社区、景区、市政公园、医疗、校园、图书馆等多种场景；截至 2023 年年底，丰

翼累计在全国开通 215 条航线，飞行 80 余万架次，运输货物近 300 万件；京东聚焦城市末端配送、城市即时配送和商超配送三大物流应用方向，在西北及南京等地进行试点运营和订单妥投，并积极布局交通不便地区的货物运输领域。



来源：网络

图 9 运输类低空应用

应急安全类低空应用融合先进技术，提供高效安全保障。 应急安全类低空应用通过集成先进技术和装备，打造安全防护产业链，为社会稳定和应急救援提供坚实保障。例如，在消防灭火场景下，低空飞行器能够快速抵达现场，辅助火情侦察与控制，有效保障人员的生命安全。深圳龙岗区率先开展了高层建筑无人机消防应用示范项目，无人机能够迅速升空至 150 米高空进行有效喷射灭火，能够有效控制火势。在应急救援任务中，低空飞行器能够在复杂的地理环境中迅速展开行动，缩短救援响应时间，提高救援效率。2024 年 6 月，苏州成功进行了全自主智能化 AED 无人机救援的首飞。在交通执法领域，低空飞行器助力交通状况的全方位监控，及时识别并处理违法违规行为，提升道路交通安全性和畅通性。班玛县公安局交警大队利用无人机开展“空地”执法，通过高空巡航、低空飞行、违法抓拍、空中喊话等方式，对机动车违法行为进行全方

位监控。



来源：网络

图 10 应急安全类低空应用

三、低空经济产业发展展望

低空经济作为全新的经济发展空间，推动传统交通网和地面互联网向立体空间拓展，实现经济布局从“平面”向“立体”的转变，成为推动产业升级和经济转型的重要力量。当前，我国低空经济尚处于起步阶段，法规标准体系、基础设施建设、运营模式和市场机制等尚不完善。我们需要深刻认识和把握产业的发展特征和规律，凝聚产业合力，带动产业繁荣发展，为构建现代化产业体系提供有力支撑。

（一）顶层设计不断强化，政策法规逐步健全

低空经济等新兴产业的发展离不开政策法规的引导和规范。一是国家层面的协调机制将不断建立健全，用以统筹规划低空经济发展，明确各部门职责分工，进而形成合力推进的工作格局。二是低空经济长期发展战略将加速制定，明确发展目标、重点领域和实施路径，以科学指导产业布局。三是法律法规体系建设不断完善，低空航空器制造、飞行监管、低空应用、服务保障等方面的法治保障体系趋于完备。四是标准体系建设逐步成熟，统一的技术标准、安

全标准和服务规范陆续制定，保障低空经济各环节的安全可控。

（二）基础设施不断完善，数字基座逐步夯实

首先，低空通信网络将加快建设，包括 5G/6G 网络覆盖、物联网节点部署以及卫星互联网的接入，低空飞行器能够实现实时、高速、稳定的通信连接，为航空器的数据传输等提供可靠保障。其次，统一的数据交换平台将构建并逐步投入使用。基于该平台可实现跨部门、跨区域的信息共享与业务协同，低空经济的智能化管理水平进一步提升。最后，网络安全防护体系不断强化，采用先进的加密技术和防护措施，保护关键信息基础设施免受网络攻击威胁，可确保数据安全和个人隐私不受侵犯。

（三）应用场景不断丰富，商业闭环逐步形成

随着多样化的飞行应用场景的有序落地，可持续的商业模式将逐步形成。一方面，在农林植保、物流配送等应用相对成熟的领域，相关标准和服务体系将进一步完善，服务质量和安全性也随之提升；同时，作业流程不断被优化，成本逐步降低，促进了产业的规模化发展。另一方面，对于正处于探索阶段的应用，如低空旅游等，技术研发投入将持续加大，飞行器的安全性和用户体验进一步提升；在科学宣传的作用下，公众认知水平有所提高，市场需求被进一步挖掘，盈利模式逐渐丰富。

（四）关键技术不断突破，产业链条逐步完备

首先，低空经济产业链图谱将逐步构建，明确从飞行器研发制

造到运营服务各个环节存在的技术短板和潜在风险点。在此基础上，产业界将聚焦薄弱环节进行重点攻关，尤其是飞行器的设计与制造、通信导航与监控系统、数据处理与信息安全等关键技术领域。通过设立专项科研基金，鼓励产学研用深度合作，加速核心技术的突破与应用，提高产业链的自主可控水平。**其次**，产业链上下游协同机制将不断完善，推动飞行器制造商、运营商、服务提供商以及科研机构之间形成更加紧密的合作关系，构建起产学研用一体化的创新体系，促进科技成果的快速转化应用。**最后**，为确保低空产业链和供应链的稳定畅通，风险预警与应对机制将进一步建立健全，确保在面对突发事件时能够迅速响应，保障关键环节的正常运转。

（五）教育体系不断优化，人才需求逐步满足

随着低空经济的快速发展，构建全方位、多层次的人才培养体系将成为保障各环节人才需求的关键。**一是**高等院校和职业院校将开设更多与低空经济相关的专业课程，如无人机系统工程、低空交通管理、航空电子设备维修等，旨在培养具有扎实理论基础和实践技能的专业人才。**二是**校企合作办学模式将进一步深化，通过建立更多的实习实训基地，提高学生的实际操作经验。**三是在**职人员的职业技能培训和继续教育项目也将定期开展，不断提升现有人才队伍的专业素养、技术水平和安全意识。**四是**复合型人才的培养也将得到重视，跨学科教育与研究的推动将促进既懂技术又懂管理的高端人才的成长。

中国信息通信研究院 知识产权与创新发展中心

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62304259

传真：010-62304101

网址：www.caict.ac.cn

