

2026中国 低空经济白皮书

2026年04月



中大智航有限公司
—CU-Craft Limited—



壹万英尺
BE LOW ALTITUDE

香港中文大学-同济大学智慧交通联合实验室



2026中国低空经济白皮书

| 引言

低空经济正快速成为全球科技创新与产业变革的新焦点。

低空经济以垂直高度1000米以下(可根据地区特点延伸至3000米以下)的低空空域为核心载体,以民用有人/无人驾驶航空器为核心工具,通过载人、载货、作业等飞行活动所带来的产业融合与经济价值,正在形成一套体系庞大、场景多元、潜力巨大的综合性经济形态。

在政策层面,中国已连续多年加速推进低空空域改革并构建系统化的政策体系,低空经济的崛起离不开政策的有力驱动。自2010年国务院和中央军委启动低空空域改革以来,中国逐步构建了完善的支撑体系:2021年低空经济首次写入国家规划,2024年《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》实施,2025年成立低空经济发展司,同年12月完成修订的《民用航空法》将于2026年7月1日起正式施行。低空经济已经从探索走向体系化、法治化、规模化阶段。

无人机、电动垂直起降飞行器(electric Vertical Take-off and Landing, 简称eVTOL)、直升机到固定翼飞机,多类型飞行器共同构建出低空经济丰富的产业群落,广泛渗透至市政管理、居民消费、工业生产等应用场景,正驱动应用场景向物流、农业、旅游、应急等领域深度渗透。中国低空经济产业链条长、辐射范围广、带动效应强,凭借政策红利、技术突破和场景创新,已成为培育新质生产力、推动中国式现代化建设的关键战略。

当前,低空经济已进入高速增长期。各地政府陆续推出配套措施、规划低空基础设施、建设示范园区、开放应用场景,低空经济的产业生态正在加速成型。本白皮书将通过系统分析,揭示低空经济如何以“场景为王”的逻辑引爆商业价值,为读者提供前瞻性视角。

摘要

本白皮书旨在全面梳理中国低空经济的发展现状、产业链条和未来趋势，系统阐述低空经济的全貌，全书共分八章，重点内容包括：

第一章概述低空经济的概念界定，以及政策发展趋势；第二章将分析市场总体规模与预测，重点聚焦于当前高速发展的无人机与eVTOL产业；第三章根据国家发改委最新统计分类，概述了我国低空经济由制造、运营、基建与信息服务、配套四大板块构成的完整产业链体系，阐明其分工结构、功能定位及协同作用，共同支撑低空经济规模化发展的产业生态；

第四章与第五章将分别深入剖析低空基础设施、低空飞行器的产业发展状况，探讨空域管理改革、航路规划及物理设施建设现状，深入解读无人机和eVTOL的技术瓶颈、分类及适航审定进程，突出中国在制造端的全球优势；第六章作为核心章节，聚焦于“低空经济+X”的模式，结合案例论证场景驱动价值，强调应用场景是引爆低空经济商业价值的根本，也是实现规模化效益的核心抓手；

第七章分析我国低空经济的制造驱动、运营驱动与平台驱动的发展布局模式的内在逻辑、适用条件与协同路径，为各地因地制宜推进规模化发展提供可复制的战略参考。最后，第八章将对低空经济产业进行总结，并分享尔特数科与中大智航的相关实践经验。

本白皮书呈现了我国低空经济发展的丰富内容，核心价值在于整合政策、市场与技术多维数据，强调低空经济不仅是新兴产业，更是融合通用航空、无人机和城市空中交通的综合性生态，推动产学研用深度融合，为政府部门、产业从业者、技术企业与投资机构提供系统、结构化的低空经济全景认知与行动指南，助力我国低空经济加速进入规模化发展阶段。

报告编委会核心成员简介

主编：林一平

简介：林一平博士毕业于新南威尔士大学，师从国际级经济学、金融学巨匠、澳大利亚社会科学院士Peter Swan教授以及澳洲最高科学技术奖得主Michael Aitken教授。他在数据科学、金融科技领域积累了超12年的研究和实践经验，并曾担任澳大利亚最高科学技术进步奖团队研发总监，专注于金融大数据和云计算一站式基础设施的研发和分析工作，现任尔特数据科技(江苏)有限公司联合创始人、执行董事。

主编：陈本美

简介：陈本美博士现任香港中文大学机械及自动化工程系主任、教授，是美国华盛顿州立大学电气与计算机工程博士，同时是IEEE会士、新加坡工程院院士、CAAF会士、香港工程师学会会士，专注于无人系统技术、线性系统理论、控制理论与应用、数字孪生系统、智慧城市应用研究领域。曾获中东国际发明博览会金奖、中国自动化学会控制理论优秀贡献奖，并带领团队在2017年国际微型航空器竞赛及2015年中国国际无人机创新大奖赛中荣获冠军。

主编：陈曦

简介：陈曦博士现任香港大学研究助理教授、CU-Craft有限公司CEO，以及英国工程理事会特许能源工程师。他于浙江大学获学士学位、香港理工大学获硕士及博士学位。在绿色建筑、建筑环境建模与智能检测等领域拥有十余年研发经验，主导多项香港、澳大利亚科研基金项目，累计获批经费超千万港元。曾获澳大利亚研究理事会早期职业研究员奖，并曾任劳伦斯伯克利国家实验室富布赖特学者。目前担任多本国际期刊编委。

编委：刘宇博

简介：刘宇博博士于2014年在悉尼大学取得金融学博士学位，研究领域包括证券市场微观结构、高频交易及市场零散化对市场结构的影响。他分别创办新加坡嘉维国际贸易有限公司和香港大众能源有限公司，在石油贸易、大宗商品融资和期货保值等领域取得显著成绩，合作伙伴包括中石油、中石化、BP英国国家石油公司等国际石油公司及大宗商品贸易商。现任尔特数据科技(江苏)有限公司联合创始人、首席运营官。

编委：陈娟

简介：陈娟女士拥有英国留学经历，积累超10年商业、地产、金融及数据领域的工作经验。她曾在商业地产行业以及上市公司资产处置领域负责企业重大资产处置及历史遗留问题的处理，包括子公司重大债权处理、股权合作等。她现任尔特数据科技(江苏)有限公司首席市场官，全面统筹公司数据产品市场与销售工作，于2024年获聘为江苏省钢铁行业协会卫星遥感应用中心主任，致力于多模态数据与传统制造业融合发展。

目 录

引言	01
摘要	02
目录	04
第一章 概述	07
1.1 概念界定	
1.2 政策趋势	
第二章 市场规模	11
2.1 总体市场规模及增速	
2.2 无人机产业规模及增速	
2.3 eVTOL产业规模及增速	
第三章 产业链	15
3.1 低空制造业	
3.2 低空运营业	
3.3 低空基建与信息服务业	
3.4 低空配套业	
第四章 低空基础设施	22
4.1 低空空域管理	
4.2 低空航路航线规划	
4.3 物理基础设施建设	
第五章 低空飞行器制造	25
5.1 无人机	
5.2 eVTOL	
第六章 商业化应用场景分析	31
6.1 低空经济+物流	
6.2 低空经济+农林业	
6.3 低空经济+旅游	
6.4 低空经济+巡检	
6.5 低空经济+应急救援	
6.6 低空经济+测绘	

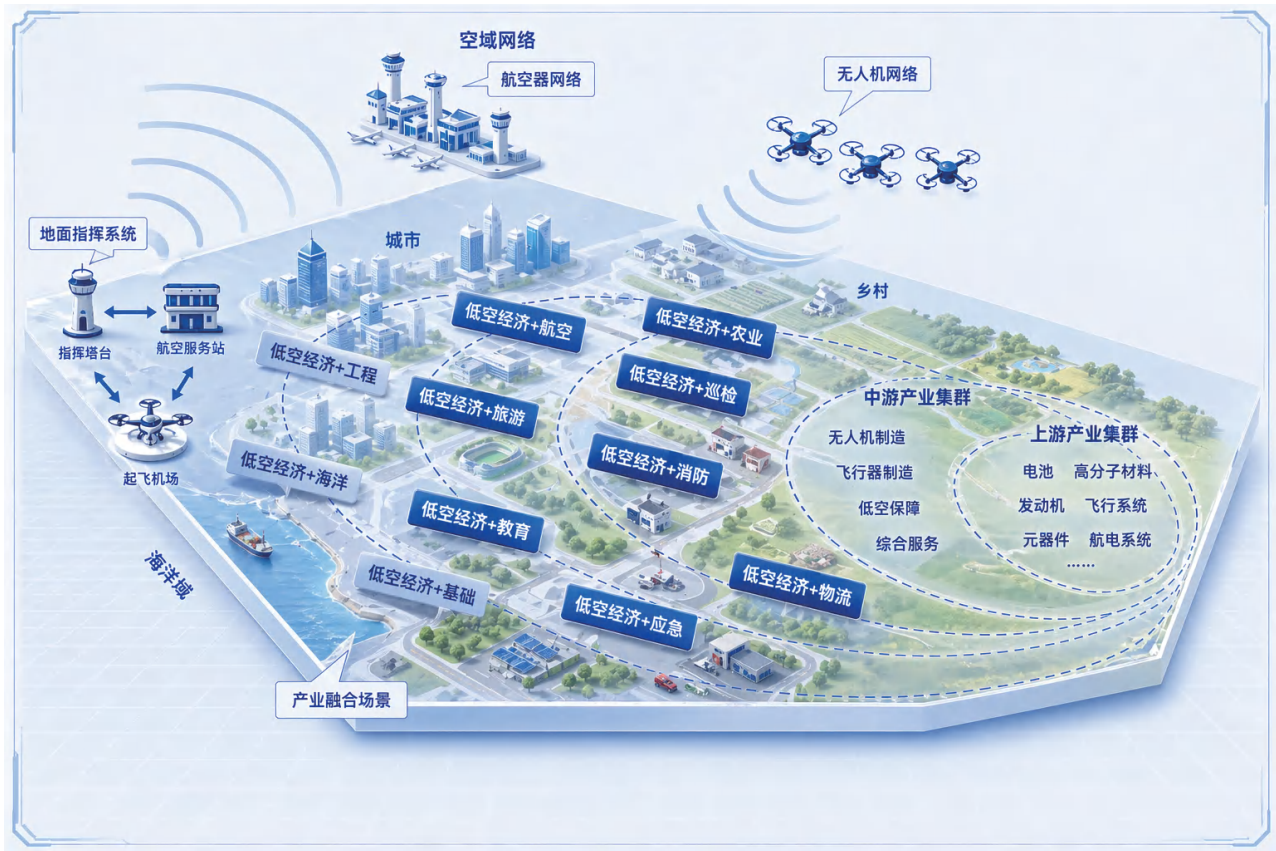
目 录

第七章 发展布局模式	42
7.1 制造驱动	
7.2 运营驱动	
7.3 平台驱动	
7.4 模式协同与路径选择	
第八章 总结与经验	46
8.1 总结	
8.2 尔特数科经验	
8.3 中大智航经验	
参考文献	51

第一章 概述

1.1 概念界定

低空经济是以垂直高度 1000 米以下（可根据运营需求和地区特点延伸至 3000 米以下）低空空域为核心载体，以民用有人 / 无人驾驶航空器为工具，通过低空飞行活动（载人、载货、作业等）牵引相关产业融合发展的综合性经济形态。



图表 1 低空经济概念图 / 资料来源：国家低空经济融合创新研究中心、前瞻产业研究院

其产业体系丰富多元，涵盖无人机、eVTOL、直升机、传统固定翼飞机等多个品类，应用场景则广泛渗透到市政管理、居民消费、工业应用等诸多领域。凭借产业链条长、辐射覆盖面广、成长潜力大及带动效应强等显著特点，低空经济正在成为经济增长新引擎。发展低空经济，不仅是开辟经济增长的新领域，更是培育和发展新质生产力、推动中国式现代化建设的关键战略举措。

1.2 政策趋势

近年来，我国在基础设施建设、产业发展、行业管理等方面出台了多项政策举措，为低空经济发展提供了核心驱动力。

2010 年 8 月，国务院、中央军委颁布《关于深化我国低空空域管理改革的意见》，正式启动低空空域改革，提出分类分级管理试点，各地逐步设立低空空域开放区域。2018 年 9 月，民航局研究制定了《低空飞行服务保障体系建设总体方案》，加快构建行业社会共建、军民

融合发展、服务高效便捷的低空飞行服务保障体系。

2010年8月，国务院、中央军委颁布《关于深化我国低空空域管理改革的意见》，正式启动低空空域改革，提出分类分级管理试点，各地逐步设立低空空域开放区域。2018年9月，民航局研究制定了《低空飞行服务保障体系建设总体方案》，加快构建行业社会共建、军民融合发展、服务高效便捷的低空飞行服务保障体系。

2021年2月，中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》，首次将低空经济概念写入国家规划，标志其正式上升为国家战略，这一顶层设计为后续产业发展奠定了基调。

同年12月，民航局发布《“十四五”民用航空发展规划》，鼓励无人机应用拓展，支持其在多个领域的服务，推动低空经济产业链下游应用场景的拓展。

2022年，中共中央、国务院印发《扩大内需战略规划纲要（2022-2035年）》，提出加快培育低空等旅游业态，释放通用航空消费潜力。

2023年12月，中央经济工作会议把低空经济列入战略性新兴产业，进一步明确其在国家产业布局中的关键地位。

2024年1月，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式施行，这是我国首部针对无人驾驶航空器的行政法规，对无人驾驶航空器从生产、进口、使用到监管等各环节进行系统规范，为无人机产业乃至整个低空经济的规范化、有序化发展筑牢法治根基。2024年，党的二十届三中全会明确提出“发展通用航空和低空经济”，将其纳入国家深化改革、推进中国式现代化的重要任务中。同年，国家发改委成立低空经济发展司，负责拟订并实施低空经济发展战略、规划等工作，标志着低空经济顶层统筹推进进入新阶段。

2025年，政府工作报告再次强调推动低空经济等新兴产业安全健康发展，并将其打造为新增长引擎。同年7月，中国民用机场协会发布《低空经济基础设施框架指引（2025年版）》，弥补了低空经济基础设施领域的标准空白，为各地规划和建设通用机场、垂直起降场等基础设施提供了重要参考依据。

同年12月，十四届全国人大常委会第十九次会议表决通过新修订的《民用航空法》，该法自2026年7月1日起施行，首次将低空经济纳入国家法律体系，优化空域资源配置，对无人驾驶航空器适航审定作出专门规定，为产业发展提供根本法律保障。同月，国家发改委明确低空经济概念和范畴，明晰产业边界，根据低空经济阶段性特征和重点领域、重点环节，按照统计工作相关规定，编制形成《低空经济及其核心产业统计分类（试行）》。

步入2026年，低空经济已连续三年被写入政府工作报告，其政策定位也实现了从“新增长引擎”“新兴产业”到“新兴支柱产业”的持续提升，配套政策体系正加速形成。今年以来，相关制度建设稳步推进：1月，国家发展改革委、金融监管总局、中国民航局等部门联合印发《关于推动低空保险高质量发展的实施意见》，旨在加快构建覆盖广泛、保障有力、服务专业、运行规范的低空保险体系，明确到2027年初步建立无人驾驶航空器责任保险强制投保制度，到2030年基本形成完整的低空保险政策框架；

¹ 黑飞即无人机未经登记注册缺少相关资质，或违反禁飞规定，在管制空域内进行飞行。

同月,《中华人民共和国治安管理处罚法》修订版正式实施,首次将无人机“黑飞”¹ 行为明确列为妨害公共安全的违法行为,并将处罚措施提升至行政拘留层级。《民用无人驾驶航空器实名登记和激活要求》与《民用无人驾驶航空器系统运行识别规范》两项国家强制性标准也将于5月1日起实施,从实名登记和运行识别两方面细化监管要求。2月,市场监管总局、交通运输部等十部门共同发布《低空经济标准体系建设指南(2025年版)》,系统规划标准体系建设路径,提出到2027年基本建立低空经济标准体系,到2030年推动相关标准超过300项,形成结构优化、先进合理、国际兼容的标准体系。

全国两会期间,低空经济成为热议焦点,相关建议覆盖顶层设计与基层实践,从制定“十五五”专项规划、下放空域管理权限,到完善安全监管体系、拓展跨境物流场景等等,推动低空经济的发展进入制度化、规模化、商业化的新阶段;

3月正式发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》进一步明确了低空经济的战略方位,其中“低空”一词被提及13次,明确将低空经济列为“新兴支柱产业”,系统部署了涵盖空域管理改革、基础设施网络化、应用场景多元化与产业生态闭环的发展路径,标志着低空经济已全面融入国家中长期发展战略框架。

国家为低空经济的发展制定了顶层设计,各地政府纷纷响应中央部署,结合当地实际出台了配套政策。2023年年初,深圳首次将低空经济写入政府工作报告;同年11月,海南发布《海南省无人驾驶航空器适飞空域图》,在中国范围内较早地做出低空空域放开的持续性尝试;2024年5月,广东发布《广东省推动低空经济高质量发展行动方案(2024—2026年)》,目标到2026年底空经济规模超过3000亿元,基本形成广州、深圳、珠海三核联动、多点支撑、成片发展的产业格局;同年7月,北京市商业航天和低空经济产业投资基金正式成立,出资额达到100亿元;

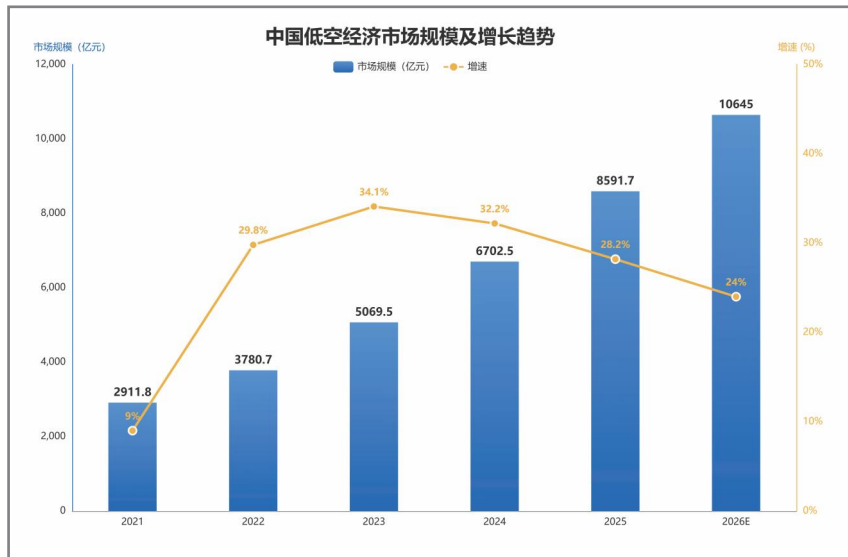
2025年8月,江西省发布《促进农业农村低空经济高质量发展意见》,加速推进“低空+农业农村”应用,加快形成农业农村领域新质生产力;同年11月,重庆市发布《推动低空经济高质量发展若干政策措施》,将低空服务纳入政府购买目录,对低空经济企业给予大力支持(最高补助2000万元);

2026年2月,浙江省发布《推动经济高质量发展若干政策(2026年版)》,明确支持民航强省和低空经济发展,新开国际航线5条以上、无人机航线100条以上,并支持打造低空产业“先导区”和低空经济“先飞区”,省级财政给予支持。

第二章 市场规模

2.1 总体市场规模及增速

我国低空经济正处在快速成长的新阶段，最新统计数据²显示，2023年我国低空经济市场总规模达5059.5亿元，同比增长33.8%，预计到2026年，全国低空经济整体规模有望突破万亿元，2021-2026年复合增长率保持在30%左右。另据2025年中国航空产业大会的预测，我国低空经济市场规模在2025年可能达到1.5万亿元，此数据可供业界参考。在政策支持、技术迭代与应用场景拓展的共同推动下，低空经济正成为拉动经济增长、促进产业升级的重要新动能。



图表 2 中国低空经济整体市场规模 / 资料来源:赛迪研究院

中国低空经济产业涉及多个方面，其中低空飞行器制造和低空运营服务的贡献最大，2023年在低空市场中占比55%，而围绕供应链、生产服务、消费、交通等经济活动带来的贡献接近40%。当前低空基础设施投资建设仍处于高速发展阶段，因此低空经济的发展潜力尚未充分显现。

为更全面理解我国低空经济在全球的位置，有必要将其置于国际视野中观察。然而，进行精确的跨国横向比较存在统计口径的现实挑战。这主要是因为低空经济是中国在特定发展阶段，由政府顶层设计推动的综合性产业概念，它系统性地整合了无人机、通用航空、城市空中交通(UAM/AAM)、配套设施及空域管理等多个领域。而在国外，相关市场数据通常分散在“通用航空”、“商业无人机”及“城市空中交通/先进空中交通”等不同统计范畴内。

从可比维度看，各国发展路径和优势各异。美国在无人机系统、AAM技术、FAA适航认证体系以及企业融资规模上较为成熟，全球领先地位显著；而中国则凭借强大的制造业基础、丰富的应用场景和有利的产业政策，在市场规模增速和应用广度上处于世界领先地位。这种差异使得国际比较需侧重不同发展模式的对比，而非简单的规模排名。

² 中华人民共和国工业和信息化部赛迪研究院:《中国低空经济发展研究报告(2024)》

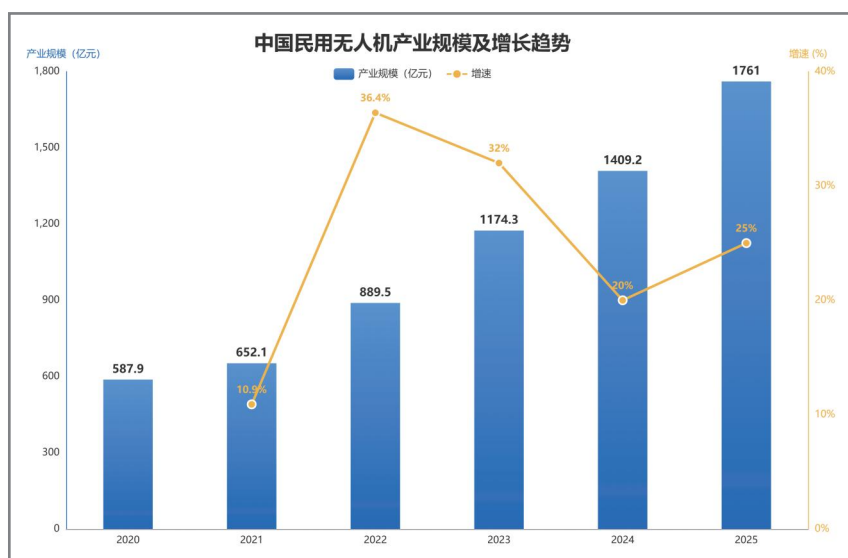
2.2 无人机产业规模及增速

无人机产业是低空经济当前最核心、最成熟的组成部分，作为关键的装备制造环节和前沿应用领域，直接驱动着低空经济的规模化发展。

全球无人机行业细分市场主要分为军用无人机、民用无人机。结合TrendForce、Technavio、前瞻产业研究院等多家机构数据测算，2023年，全球无人机市场应用结构中，军用无人机占比约为24.0%，民用无人机占比约为76.0%。

全球军用无人机市场已由包括美国、以色列、加拿大、德国、英国、法国、俄罗斯等在内的多国开展研发，超过80个国家已装备无人机。但整体发展并不均衡：美国占据近50%的市场份额，位列第一梯队；以色列、欧洲、日本、韩国和中国处于第二梯队，拥有较完整的产业链和一定规模的生产能力，发展迅速；而伊朗、巴基斯坦、马来西亚等亚洲和非洲的发展中国家受制于基础薄弱、技术与资金投入不足，多处于起步阶段，构成第三梯队。³

近年来，全球民用无人机市场快速增长，消费级、工业级无人机的总销量快速上涨。其中消费级无人机尤为迅猛，市场大小是工业级无人机的两倍左右，并且以每年50%的速度高速增长。2023年全球民用无人机排名前五的企业分别为大疆创新、Skydio、极飞科技、Parrot、纵横股份，行业全球排名前五中有三家公司为中国公司。⁴



图表 3 中国民用无人机产业规模 / 资料来源：赛迪研究院、中国无人机产业创新联盟

在国内市场，民用无人机2025年市场规模达到1761亿元，年均增速达到25%，我国无人机销售额在全球占比达到了70%以上，成为全球无人机市场的主要生产国和出口国之一。据中国民航局发布的《2025年民航行业发展统计公报》，截至2025年底，我国实名登记（注册）的无人机总数已达到328.7万架，同比增长51.0%。我国已多年位居世界第一大民用无人机出口国，在无人机领域的专利申请量占全球70%以上，成为全球第一大技术来源国。⁵

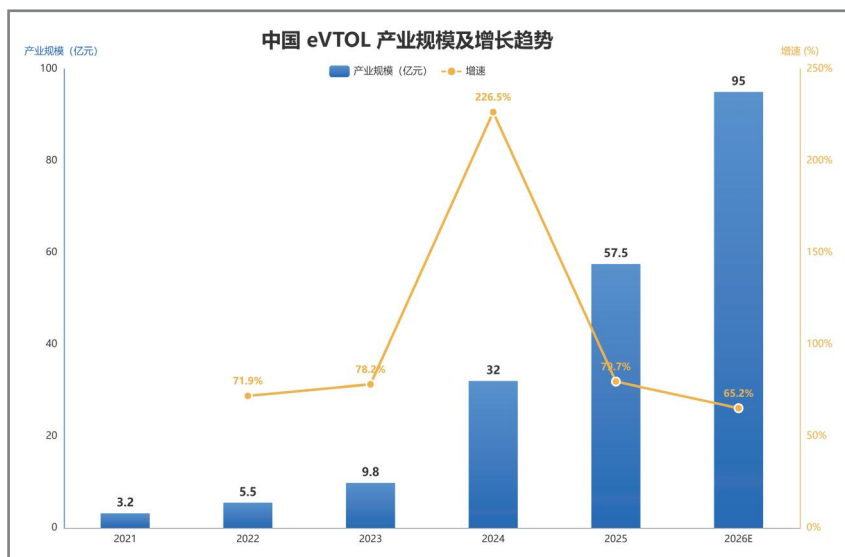
³ 前瞻产业研究院：《中国无人机行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》

⁴ 全球无人机市场研究机构Drone Industry Insight

⁵ 中国航空运输协会：《2023—2024中国民用无人驾驶航空发展报告》

2.3 eVTOL 产业规模及增速

其中,作为低空经济产业发展的典型代表,eVTOL在2023年产业规模达到9.8亿元,同比增长78.2%。因受到低空经济政策驱动以及头部公司适航取证进程提速的影响,eVTOL行业将迎来商业化爆发周期,深圳、上海等城市已率先开展eVTOL的试飞和商业化运营探索,预计2026年规模将达到95亿元。



图表 4 中国eVTOL产业规模预测 / 资料来源:赛迪研究院、中商产业研究院

第三章 产业链

2025年12月,为明确低空经济概念和范畴,明晰产业边界,根据低空经济阶段性特征和重点领域、重点环节,国家发展改革委对外发布《低空经济及其核心产业统计分类(试行)》(以下简称《分类》),首次明确低空经济的概念定义与产业边界,将其划分为4个大类、23个中类、65个小类,为我国低空经济规范化发展与精准统计监测提供了权威依据。

低空制造业、低空运营业、低空基建与信息服务业3个大类中的10个中类、36个小类为低空经济核心产业。低空经济核心产业是指,为低空飞行活动提供产品、基础设施、服务保障,以及依托低空飞行为社会公众提供服务的各类经济活动。

具体来看,低空制造业,指低空航空器整机制造及相关材料、零部件等制造;低空运营业,指依托低空航空器开展的生产作业、公共服务、运输、消费等飞行服务;低空基建与信息服务业,指服务于低空飞行活动的基础设施建设和相关工程服务、信息服务;低空配套业,指为低空经济活动提供的各类技术研发服务与配套保障服务。

目前中国低空经济产业链条清晰,价值巨大,共同形成一个相互依存、相互促进的完整生态系统。

3.1 低空制造业

低空制造业是低空经济产业链的上游核心环节,是整个低空产业发展的物质基础和技术源头,其技术水平、供给能力和产品体系决定了低空航空器的性能、安全性、可靠性与成本结构,并直接影响下游运营场景的拓展效率与产业规模化能力。根据《分类》定义,低空制造业包括低空航空器整机制造、低空航空器材及零部件制造、低空航空材料制造、低空航空器及相关装备维修、低空专用设施设备制造五大板块,涵盖从整机到材料、从动力到电子、从结构件到试验装备的全链条制造体系,是我国低空经济产业体系构建的顶层制造基础。

当前涵盖无人机、eVTOL、直升机、轻型飞机等多类型产品,形成以大疆(无人机)、亿航智能(eVTOL)、峰飞航空(大型eVTOL)、沃飞长空(货运飞行器)为代表的企业集群。

低空航空器整机制造:这是最核心的部分,主要产品形态包括传统的通用直升机、应用广泛的无人机,以及代表未来发展方向的eVTOL。制造商根据下游不同的应用场景,设计和生产满足特定需求的飞行器。主要分为有人驾驶低空航空器制造和无人驾驶低空航空器制造,后者用于各类低空无人机系统(UAS)与无人驾驶航空器(UAV)的整机生产,包括工业无人机、物流无人机、农业植保无人机、特种用途无人机等,是当前低空经济增长最快、应用最广泛的整机板块。eVTOL作为新兴领域,正积极推进适航认证,探索城市空中交通等商业化场景。

低空航空器材及零部件制造:是低空航空器的动力来源、控制系统与结构主体构成的物质基础,覆盖动力系统、电池储能系统、飞控与导航系统、通信监视与任务载荷设备制造等全系统零部件制造,是保证飞行器性能可靠性与产品性能迭代的关键环节。AI自主飞行算法与北斗高精度定位等技术的融合,进一步提升了飞行控制的智能化水平。

低空航空材料制造:致力于为飞行器提供轻量化、高强度、高耐疲劳特性的先进材料。碳纤维复合材料、先进金属材料等在机体结构上的应用日益广泛,直接关系到飞行器的续航能力和

载荷性能。国内已在碳纤维等复合材料领域形成一批骨干企业，支撑了无人机等飞行器的机身制造。

低空航空器及相关装备维修：主要面向航空器整机、系统与部件的维护、修理、改装及寿命管理，确保航空器安全运行与可用性。包括整机维护、结构修复、通信设备维修、系统升级改造等，是低空运营能够规模持续发展的重要保障体系。

低空专用设施设备制造：包括起降设施及配套设备、飞行管理保障设备、安全防护与控制设备制造、智能网联系统设备制造等，为低空飞行活动提供基础场地、保障系统与智能化支撑，是推动低空基础设施完善的重要产业组成部分。

总体而言，低空制造业的发展受到政策积极推动，技术突破和市场需求共同驱动。随着核心部件技术迭代、国产化替代加速以及基础设施网络的完善，低空制造业正持续夯实低空经济产业链的基础，支撑其向规模化、商业化阶段迈进。

3.2 低空运营

低空运营是依托低空飞行器开展各种飞行服务的核心领域，也是低空经济真正产生社会与商业价值的主要场景载体。下游的多样化场景拓展能力，将直接影响低空经济的市场规模与社会价值，也是未来产业竞争的重点方向。中国低空经济下游应用场景日益丰富，成为推动产业快速扩展的重要引擎。

根据《分类》定义，低空运营包括低空生产作业、低空公共服务、低空运输与低空消费四大板块，共涵盖农业植保、工程作业、应急救援、公共管理、物流运输、客运通勤、旅游观光、文化娱乐、体育运动等多元化飞行任务。其本质是利用各类低空航空器（包括无人机、有人直升机、eVTOL等）为生产经营、社会治理和公众消费提供服务，是推动低空经济市场规模快速增长的直接动力。

低空生产作业：是低空飞行在农业、林业、工程建设与资源管理等领域的专业化应用，是目前应用最成熟、市场规模最大的低空运营方向之一。其主要包括：

低空农业生产服务——利用低空航空器为农林业生产提供喷洒农药、播撒种肥、植保巡查、病虫害监测等作业服务，包括植保无人机飞防、林草生态修复、农林资源巡护等，通过精准作业，大幅提升作业效率与资源利用率，已成为现代农业的重要基础能力；**低空作业服务——**在工程建设、矿山巡检、生态环境治理、管线巡查、基础设施运维等场景中利用飞行器开展的专业作业。包括输电线路巡检、油气管道巡检、水利设施巡查、地质勘测、工地测绘等，其特点是依托高机动性与高精度感知能力，缩短作业周期、降低人力风险、提升作业质量。

低空公共服务：是低空飞行在社会治理、公共管理、应急体系与社会公共事业中的应用，是低空运营中社会效益最突出的板块，为政府治理现代化和社会应急能力提升提供了重要支撑。其主要包括：**低空城市治理——**涵盖警务巡查、城市秩序管理、交通监测、渔政巡查、城管协查等任务，利用无人机等飞行器实现城市三维立体巡查，提高城市管理的实时性与精细化水平；**低空医疗救护——**依托低空航空器提供急救响应、医疗物资运输、紧急器官转运、伤患转移、现场救援等服务，低空飞行缩短诊疗链路时间，是提升应急医疗体系的重要力量；**低空应急救援——**包括消防侦察、火场勘查、应急物资投送、灾害区域通信中继、搜索救援、生命探测等，低

航空器可快速抵达复杂环境,是自然灾害和突发事故应对的重要工具;低空气象服务——通过飞行器开展气象探测、人工增雨、天气监测等任务,为气象部门与其他行业提供高质量数据与气象保障。

低空运输:是低空经济商业化最受关注的板块之一,包含以无人机为主的货运物流与以有人、无人航空器为载体的客运通勤、空中交通等服务,是培育未来城市空中交通的重要基础:低空载货运输——包括区域配送、海岛与山区物流、末端配送等各种物资运输业务,货运无人机凭借低成本、高灵活性与“最后一公里”“最后一百米”的独特优势,正在推动物流体系立体化发展;低空载客运输——为乘客提供短途点对点运输服务,包括空中摆渡、通勤飞行、景区直达等,随着eVTOL加速产业化,该板块将成为未来城市空中出行(UAM)的基础形态。

低空消费服务:是面向社会大众的低空飞行消费场景,是低空经济中体验感最强、与公众联系最紧密的领域,包括旅游、文化、娱乐、体育等多种新型消费模式:低空旅游——利用低空航空器开展的旅游飞行服务,包括空中观光、景区游览、主题飞行体验等,是拓展文旅消费的新增长点;低空文化娱乐——通过飞行器开展商业化文化与娱乐活动,包括航拍表演、无人机秀、空中广告、空中摄影等,为文娱产业带来新的创作方式和消费体验;低空运动——面向体育爱好者与运动员提供的飞行运动体验,包括滑翔伞体验、飞行竞赛、航空模型运动、飞行模拟等,正在形成新的运动产业细分赛道。

3.3 低空基建与信息服务业

低空基建与信息服务业是低空经济产业链的基础支撑环节,承担着保障低空飞行活动安全、高效、有序开展的关键职能。其核心内容包括低空基础设施建设、低空基础设施配套建设、低空工程技术与设计服务、低空信息技术服务、低空飞行辅助活动五大领域,涵盖从起降设施建设、通信导航监视体系部署,到信息系统开发运维、飞行管理与服务保障等全链条基础支撑能力。这一环节的完善程度,直接决定了低空飞行的安全性、可及性、运营效率与行业整体发展空间,是构建我国“低空经济基础网络”的核心基座。

低空基础设施建设:是保障低空飞行器起降、通信、导航、监视及安全运行的物理基础设施体系,是低空空域常态化开放和规模化运营的先决条件,主要包括以下几类:低空垂直起降设施建设——为低空航空器活动提供垂直起降能力的建设内容,包括航站楼屋顶、楼宇平台、交通枢纽等场景中的一、二、三级垂直起降设施。

未来随着eVTOL的商业化落地,城市中心区的多层级“空中交通节点”将依托此类设施构建;低空飞行管理服务保障设施建设——低空飞行活动所需的通信、导航、监视等地面系统建设,包括通信链路布设、监测塔台、视频监控点位、气象观测站等,是构建立体化、可视化低空监管与服务能力的基础;低空安全防护与识别设施建设——用于保障低空安全的硬件设施体系,包括低空监测、识别、干扰、拦截等设备。

随着低空活动数量快速增长,高性能防护与管控设施将在城市治理、要地安保等场景发挥更重要作用;低空质量技术设施建设——用于低空设备、系统的检测、校准、评估服务场所建设,包括试验测试中心、检测实验室、验证平台等,是确保低空装备与系统安全合规的重要环节;低空智能联网系统建设——智能低空基础网络所需的系统部署,包括感知网络、通信网络、智

能联网设备安装等,为未来低空经济构建“智能网联空域”提供基础条件。低空基础设施配套建设:主要面向通用机场及各种起降场地,为其开展低空运营活动提供支撑能力,是低空经济运营落地的重要空间载体:通用机场低空适配性建设——在传统通用机场之外,为专门承载低空飞行活动而新建、改建或扩建的起降场、停机坪、辅助功能区等配套设施。包括机场适航设施、旅客服务能力提升、停机区管理等;航空飞行营地建设——用于低空运动类航空器、航空体育器材活动的专用起降地与地面配套设施建设,包括滑跑道、机库、飞行指挥中心、功能区等。是飞行运动、航空文化推广等消费型场景的重要基础;低空工程技术与设计服务——为低空基础设施提供从规划、设计到管理的全过程技术支持,是保障低空基建项目科学化、规范化实施的重要环节;低空工程技术与设计服务——包括低空基础设施的规划咨询、工程设计、工程管理、工程监理等专业服务,为垂直起降点、飞行保障设施、通信导航监视系统等项目提供技术方案、施工设计与效能评估,确保工程的安全性、先进性与可扩展性。

低空信息技术服务:是低空经济实现数字化、网络化、智能化运行的核心动力,涵盖低空信息传输、信息咨询、数据资源服务等多个领域,构建起低空飞行活动的“数字底座”:低空信息传输服务——为低空运营提供信息传输能力,包括电信传输服务、卫星传输服务等,是通信连续性和飞行数据实时共享的基础;低空信息技术咨询服务——面向低空企业与管理单位提供信息系统规划、系统设计咨询、数字化项目管理、数据应用策略咨询等服务,支撑低空企业完成数字化升级;低空数据相关服务——以低空数据为核心的数据资源开发与应用,包括大数据处理、云存储、云计算、区块链、人工智能等技术应用,为飞行调度、空域管理、安全监测、行业统计等提供智能化支持;低空智能网联及信息系统运维服务——低空信息系统的开发、集成、部署与运维,包括系统调试、日常监控、故障处理、系统升级等,是低空行业信息化正常运作的重要保障。

低空飞行辅助活动:是保障飞行器安全起降、空域有序运行的重要运营支持环节,包括起降场服务、空中交通管理、飞行保障等:低空起降设施服务——由起降设施向低空运营企业或旅客提供的各类服务,包括起降调度、停车场管理、障碍物警示、飞行器地面引导等,是飞行活动顺利进行的必要环节;低空空域交通管理与飞行服务——负责低空空域内的交通组织、秩序维护和飞行计划管理等服务,包括空中交通管制、飞行计划发布与情报服务、通信导航监视支持、气象保障等,为规模化飞行提供安全管理能力;其他低空飞行辅助活动——包括无人机加油补给、飞行器租赁、器材保障等其他相关支持服务,是低空经济运营常态化不可或缺的基础配套。

3.4 低空配套业

低空配套业是低空经济产业链的创新源头与专业服务支撑环节,为低空飞行活动提供从科学研究、技术试验、检测认证、工业设计,到教育培训、会展服务、物流仓储、金融服务、保险服务等全方位的综合配套能力。该领域贯穿低空经济研发、制造、运营全流程,是推动低空产业体系完善、产业链效率提升、行业规范化发展的关键力量。

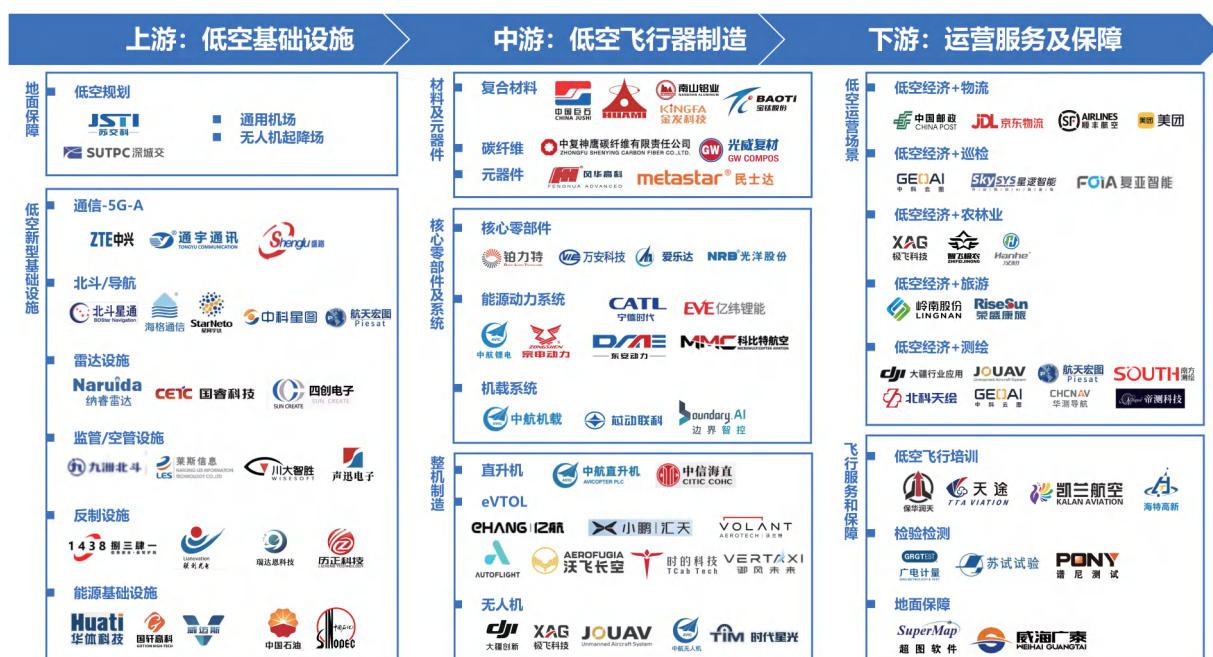
低空科学研究和技术服务:是低空经济技术创新的核心源头,为低空航空器、基础设施、系统平台的研发提供理论基础、关键技术突破和系统验证能力。低空科学研究和试验——主要涵盖航空相关自然科学领域的研究,包括信息科学、系统科学、力学、物理学等,为飞行安全、空气

动力、材料性能、智能控制等关键方向提供基础科学支撑,是低空技术创新的底层动力;低空工程技术和试验——侧重低空工程领域的系统研制与测试,包括飞行器总体结构与系统部件性能试验、气象监测研究、通信导航监视与频谱技术研究、适航验证等,该环节为新机型、新系统、新材料的工程化、产业化提供技术验证,是产业升级的重要保驾力量。

低空装备检测服务:面向低空航空器、基础设施及关键设备的安全性、性能、可靠性评估,是保障低空经济安全、合规运行的重要一环,包括对低空飞行器结构与材料检测、飞行性能与安全性测试、环境适应性试验、基础设施运行性能测试等,为适航认证、质量监管、运行安全提供专业支撑,是产业规范化发展不可缺失的基础能力。

低空工业产品设计服务:为低空产业的装备制造和基础设施建设提供创新设计能力,是推动低空产品差异化、高附加值发展的关键环节。包括飞行器整机设计、关键部件设计、基础设施设备设计、材料与工艺创新等内容,为低空装备实现轻量化、高强度、高可靠、智能化提供专业设计支持,是低空制造业创新升级的重要动力。

低空人才教育培训:是低空经济发展的关键支撑力量,为行业提供飞行、维修、管理、运营等全链条的专业人才保障:低空驾驶培训——涵盖固定翼、直升机、滑翔机、动力伞、无人机、航空模型等多类型飞行训练,是培养低空飞行员队伍的核心环节,直接关系低空运营安全水平和行业规范化能力;低空教育及专业技能培训——面向低空经济产业提供航空器制造、系统维护、运行管理、基础设施服务保障等领域的教育与技能培训,包括高校教育、职业院校教育、专业培训机构培训,形成支撑产业规模化发展的核心人才体系。



图表 5 中国低空经济产业链图谱(包含各部分主要市场参与者和竞争者) / 资料来源:网络公开信息整理

低空装卸搬运和仓储服务:是低空物流体系的基础支撑,为低空运输运营提供物资装卸、仓储流通能力,是低空物流场景高效运行的重要基础设施服务环节。

低空金融服务:为低空经济产业发展提供投融资支持,是推动低空企业成长、产业链扩张的重要驱动力。包括低空产业基金投资、运营主体股权投资融资、风投与天使投资服务等,为飞行

器制造、运营平台、基础设施建设提供资本支撑,加速创新成果转化与规模化发展。

低空保险服务:是行业风险管理体系的重要组成部分,为飞行活动、航空器设备、运营人员提供风险保障,是提升行业韧性与安全性的重要手段。

低空会展服务:是展示低空产业创新成果、促进产业交流、推动政策与标准传播的重要平台。涵盖航空器展示、基础设施系统展示、消费体验类展会、会议论坛等,为产业合作、技术推广、生态协同提供交流场景,是低空产业品牌塑造与国际化发展的重要窗口。

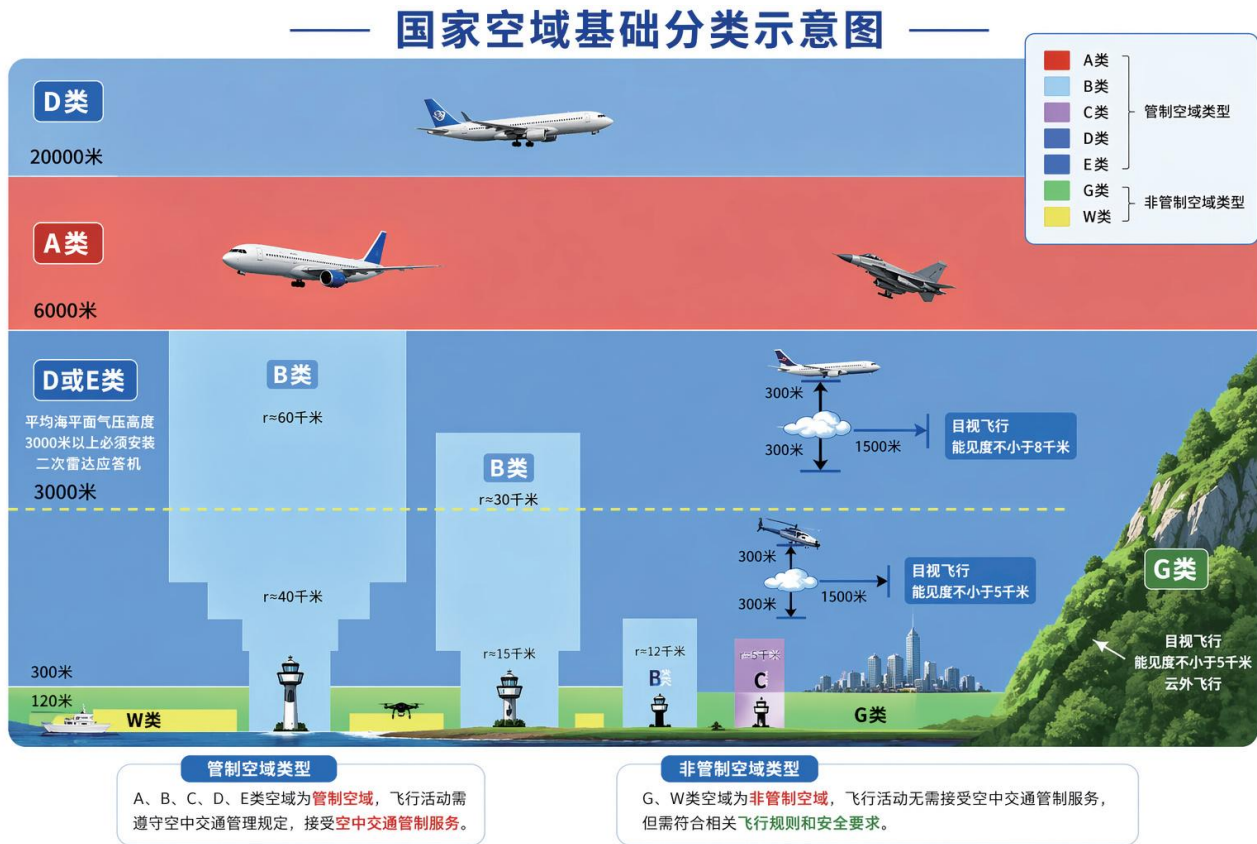
第四章 低空基础设施

在系统梳理低空经济“制造—运营—基建—配套”完整产业链生态的基础上，本章将研究重点聚焦于最为基础且关键的支撑环节——低空基础设施。正如前文所述，低空基础设施与信息服务体系共同构成产业运行的物理载体与数字底座，其建设水平直接关系空域资源能否实现安全、高效、规模化利用，是当前推动低空经济发展的首要前提与关键制约因素。本章将围绕低空空域管理体制机制创新、低空航路航线的规划与网络化构建，以及低空物理基础设施的标准化建设等核心内容展开系统分析，旨在阐明构建“看得见、管得住、用得好”的低空运行环境的实现路径，为低空经济高质量发展奠定坚实基础。

4.1 低空空域管理

当前空域管理正从传统的严格管制向精细化、差异化分类管理转型，这一趋势为低空经济的规模化发展扫清了关键障碍。

2023年12月，民航局发布《国家空域基础分类方法》，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类管制空域和G、W类非管制空域。



图表 6 国家空域基础分类示意图 / 资料来源：中国民航局

G类非管制空域（真高300米以下）和W类特定无人机空域（真高120米以下）的设立，直接打破了传统空域管理的“一刀切”模式。其中，W类空域专门为微型、轻型、小型无人机设计，只要飞行过程中广播式自动发送识别信息，且小型无人机操控员取得操控员执照，便可在该空域飞行，极大简化了飞行审批流程，为消费级无人机的航拍、跟拍等娱乐场景以及工业级无人机在

物流配送、电力巡检、农业植保等行业应用提供了合法运行空间,有力推动无人机相关产业规模化发展。

而对于eVTOL,尽管其典型运行高度在200-450米,多处于E类或C类管制空域,飞行仍需提前向空管部门申请航线并取得适航认证等。部分试点区域已开始探索其进入G类空域的可行性。

如深圳计划在2026年开放300米以下G空域。随着《国家空域基础分类方法》等政策的行以及相关配套设施和适航认证的逐步完善,eVTOL在城市空中交通等领域的应用有望迎来更广阔发展空间,推动低空经济向更高质量阶段迈进。

4.2 低空航路航线规划

城市低空航路航线是城市空中交通(UAM)的重要组成部分,对于保障城市低空无人机运行安全、有序和高效至关重要。截至2024年6月底,我国已有9个地区完成城市低空载人航线首飞,其中7个城市直接采用eVTOL进行航线飞行,2个城市采用直升机飞行。目前各省市持续不断推进航路航线的规划建设:上海在《上海市低空飞行服务管理能力建设实施方案》中明确提出,到2025年年底前累计划设低空飞行航线不少于150条,构建低空公共主干航路网络;海南围绕“全域低空开放试点”目标,公布了“三纵三横三出岛”的低空航线主干网规划;安徽省2025年获批了30个低空空域和27条低空航线。

4.3 物理基础设施建设

截至2024年底,全国在册通用机场达475个,相较2023年有26个的增量,全国计划建设超5000个垂直起降场。此外,各地推进力度不一,浙江已建成12个A类通用机场⁶和340个直升机起降点,搭建起低空飞行服务保障网;四川则计划到2027年建成20个通用机场和100个以上垂直起降点。

但整体而言,我国低空物理基础设施建设仍存短板,通用机场数量远不及美国(约有5000多个),且分布不均衡,呈现东密西疏的态势,部分城市因空间限制,设施部署困难。配套设施和新型设施建设也较为缓慢,城市场景下垂直起降点、充电设施等数量不足且缺乏行业标准指导。未来,低空物理基础设施建设预期会加速推进,一方面数量上持续增长,在更多区域加密布局,构建多场景、多层次的起降设施网络;另一方面,在建设标准上会逐渐统一规范,与国土空间、城市建设规划的融合度不断提升,功能持续完善,以契合低空经济发展需求。

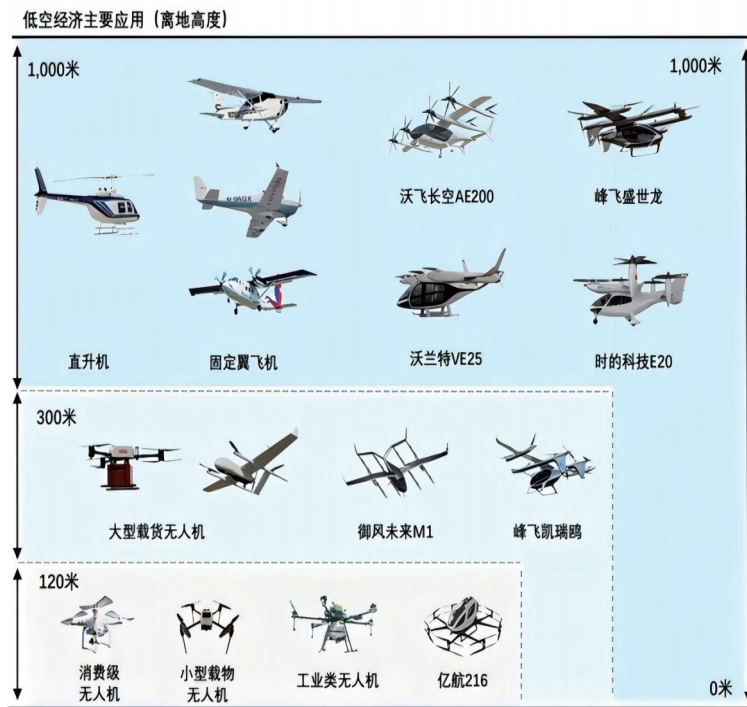
⁶依据《通用机场管理规定》, A类通用机场指对公众开放,允许公众进入以获取载客或经营性载人飞行服务的机场。

第五章 低空飞行器制造

本章将研究视角进一步聚焦于低空经济最核心的物理载体与产业终端——低空飞行器本身。第三章已将低空制造业置于低空经济产业链的起点进行系统阐述，而本章则围绕其最具代表性的核心产出展开专项、深入分析。以无人机和电动垂直起降飞行器 (eVTOL) 为代表的低空飞行器，其关键技术突破、产品成熟度提升与规模化降本能力，构成了低空经济由概念探索迈向商业化、规模化发展的核心驱动力和物质基础。

本章将系统梳理无人机与eVTOL两大类低空飞行器的技术体系、产品分类及产业发展现状，并重点剖析其在动力系统、飞控与航电、可靠性与安全性等方面所面临的关键技术瓶颈，以及适航审定与监管体系的最新进展。通过上述分析，旨在揭示低空飞行器制造端的创新不仅是产业链上游最具活力的环节，更在根本上决定了下游应用场景的可行边界与商业模式的实现路径，是我国在全球低空经济竞争格局中构建和巩固比较优势的关键支点。

如下图所示，中国低空飞行器制造已形成覆盖不同飞行高度的多元化产品体系，从120米以下的消费级无人机到1000米高空的固定翼飞机等各类机型百花齐放。而其中无人机和eVTOL更是凭借独特优势，成为当下低空飞行器制造领域备受瞩目的焦点。



图表 7 典型低空飞行器 (按飞行高度划分) / 资料来源:中国能建

当前民用无人机是中国低空经济发展的主力机型，而eVTOL则在量产加速阶段，现有的eVTOL厂商大部分处于适航认证阶段。下面将分别描述我国无人机和eVTOL的发展现状。

5.1 无人机

5.1.1 简介与分类

无人机是指以空气动力为升力来源、无人员搭载的空中飞行器，简称UAV。最初为军事应用而开发，后来扩展到商业、物流、娱乐和农业等领域。

按用途的不同,无人机可分为民用无人机和军用无人机。其中民用无人机可分为工业级无人机和消费级无人机。消费级无人机通常用于娱乐、航拍等日常用途,工业级无人机则广泛应用于农业、物流、测绘等行业。而军用无人机主要用于侦察、监视和作战任务。

分类	具体分类	应用领域
军用无人机	侦察无人机	战略监视、通信中继、电子对抗、放射侦察(主要型号: WZ-5、搜索者、全球鹰等)
	攻击无人机	察打一体、反弹拦截、地、海面轰炸(主要型号: 捕食者、死神、翼龙、彩虹-5等)
	诱饵无人机	充当诱饵、迷惑敌方(主要型号: ADM-20、Perdix等)
	货运无人机	物资运输、油补给(主要型号: K-MAX、飞象等)
民用无人机	工业级无人机	安防、农林植保、电力巡检、物流、勘探、城市规划、水利监测等
	消费级无人机	个人航拍、影视航拍、遥控玩具、灯光表演等

图表 8 无人机基本分类(按用途) / 资料来源:前瞻产业研究院

当前市面上主流的无人机,按照结构分类,主要分为固定翼和多旋翼,其主要特性详见下表:

无人机	结构	飞行方式	飞行高度范围	续航能力	适用场景
固定翼	机翼固定	需跑道/弹射起飞,滑翔降落	低空:100-1000米	电池 (普遍15-90分钟)	长距离侦察与巡逻、地理测绘、气象监测、长航时通信中继等
			中空:1000-7000米		
			高空:7000米以上		
多旋翼	4/6/8个旋翼	垂直起降、悬停、任意方向平移	低空为主 (通常0-500米)	燃油/电池 (续航1-10小时+)	航拍、农林植保、电力巡检、短距离物流配送、安防监控等

图表 9 无人机分类(按结构) / 资料来源:公开资料整理

5.1.2 发展历程与现状

我国无人机最初为军事应用而开发,1964年 I 型无人机靶机就已经诞生, II 型无人机靶机也在70年代研制完成。1980年12月,航空军工产品定型委员会发布军定字第十七号文件,批准无人驾驶侦察五型飞机(简称无侦-5,又称长虹1号)设计定型,1981年起开始装备部队,在部队训练和战术侦察中发挥了作用,这是中国在无人机技术领域的一次飞跃。20世纪末,西安爱生技术集团公司成为国内第一家主要的无人机研制厂商,我国无人机进入稳步发展阶段,并逐步从军用转为民用领域。2012年,大疆无人机发布第一台消费级无人机引爆民用无人机市场,此后中国民用无人机市场呈爆发式发展。

现如今,中国已经形成了以深圳为代表的无人机产业集群。深圳汇聚了大疆等众多知名无人机企业,涵盖从零部件生产到整机制造、销售及售后服务的完整产业链。此外,北京、上海、成都等地也在无人机研发、生产等环节各有优势,形成了多区域协同发展的产业格局。当前无人机产品已涉足民用场景的各个领域,为提高各领域效益做出了重要贡献。

5.1.3 技术瓶颈

当前无人机多以锂电池为主要动力源,受电池能量密度限制,续航时间较短。如消费级多旋翼无人机,续航普遍在20-60分钟,难以满足长时间作业需求;即使是部分燃油动力无人机,

续航普遍在20-60分钟,难以满足长时间作业需求;即使是部分燃油动力无人机,在载重较大时续航也受到影响,制约了其在长距离、长时间任务中的应用。当前电池技术也严重制约了eVTOL的发展进程,本白皮书将在下文介绍eVTOL技术瓶颈的部分对此展开论述。

除了动力系统的瓶颈,当前无人机在自主飞行和通信技术方面也存在一定亟需攻克的难关。虽然无人机在自主飞行方面取得了一定进展,但在复杂环境下的自主避障、任务规划与决策能力仍有待提升。例如,在城市复杂建筑环境或山区等地形中,无人机难以精准识别障碍物并自主规划最优飞行路径,在遇到突发情况时无法做出高效的智能决策。无人机与地面站之间的通信也存在信号传输距离受限、信号干扰等问题。此外,当前无人机在远距离通信时,信号衰减易导致数据传输不稳定甚至中断。在电磁环境复杂的区域,通信信号也极易受到干扰,影响无人机的控制和数据回传,进而威胁到无人机的安全飞行和任务执行。

5.2 eVTOL

5.2.1 简介与分类

电动垂直起降飞行器 (electric Vertical Take-off and Landing, eVTOL) 是一种电动化且不需要跑道就能垂直起降的飞机。eVTOL通过大功率电机取代传统燃油发动机,提供垂直起降的功能,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,是更符合未来城市综合立体交通系统的飞行器形态。

根据全球现有的开发情况,可将eVTOL分为五类构型:多旋翼型、倾转构型、复合翼型、倾转涵道风扇+完全矢量控制型、隐藏式推进系统+无翼设计型。就目前而言,各国近期推出的eVTOL项目倾转构型机型最多,多旋翼构型最少,复合翼成为大部分行业龙头公司的研发选择。

构型	结构	飞行方式	飞行高度范围	续航能力	适用场景
多旋翼型	多旋翼(≥4个), 无机翼	调节旋翼转速控制姿态,垂直起降、悬停	低空(200-500米以下,消费级≤120米)	电力驱动,能耗较高,续航短(通常20-60分钟)	航拍、娱乐、植保、短距物流、低空安防
倾转构型	机翼端/机身装可倾转旋翼	由旋翼垂直产生升力负责垂直起降,由旋翼倾转提供推力负责水平巡航	中低空(载人巡航约1000米)	巡航能耗低于多旋翼,续航较好(一般1-3小时)	城市通勤、机场接驳、应急救援、观光
复合翼型	多旋翼+固定翼	多旋翼垂直起降、悬停,固定翼负责水平巡航	中低空(300-1000米)	垂直起降能耗高,巡航能耗低(约1.5-4小时)	测绘、巡检、中短距物流、观光、急救
倾转涵道风扇+完全矢量控制型	倾转涵道风扇,配备矢量控制系统	倾转涵道风扇负责起降与巡航,矢量控制负责调整姿态	中低空(500-1500米)	涵道优化气流,能耗或降低(约1-2.5小时)	军事侦察、特种作战、应急救援、商务出行
隐藏式推进系统+无翼设计型	推进系统隐藏,无传统机翼	靠特殊气动设计实现飞行	低空-中空(200米以上,依设计定)	或具降阻提效潜力,具体数据待公开	低空物流、空中广告、狭窄空间作业

图表9 无人机分类(按结构)/资料来源:公开资料整理

5.2.2 发展历程与现状

中国eVTOL产业的发展可追溯至2016年,亿航智能在美国CES发布全球首款无人驾驶载人eVTOL航空器“亿航184”,成为中国eVTOL领域发展的重要开端。此后,国内众多企业看到这

一领域的巨大潜力,纷纷通过深化合作或独立研发,共同推动eVTOL项目研发及应用,2017年前后成为企业成立的高峰期。受政策驱动以及eVTOL商业化进程提速的影响,2023年中国eVTOL产业规模达到9.8亿元,同比增长78.2%。

目前,中国在eVTOL领域始终处于国际前沿地位。亿航智能、峰飞航空已有产品通过型号合格审定(TC),沃飞长空、沃兰特、时的科技、御风未来、小鹏汇天、航天时代飞鹏等主机厂的eVTOL产品也已经提交TC取证申请。在技术研发上,我国在无人机研发设计、装备制造、新一代通信技术等领域占据全球领先地位,在电池、航空材料和飞行控制系统等eVTOL关键零部件细分领域,也具备全球领先的技术水平,且整条低空产业链基本能够实现完全国产化。

5.2.3 技术瓶颈

电池是动力系统的核心部件,其指标直接决定了eVTOL的安全性和飞行性能。eVTOL独特的运行方式和任务循环以及苛刻的运行环境对电池系统提出了更高的要求,相应地,eVTOL电池相比车载动力电池和储能电池对性能和安全性上有着更加严苛的要求,需要全面提升电池系统的能量密度、功率密度、充电倍率、循环寿命以及安全性。目前技术成熟并且商业化程度较高的锂电池主要为液态锂离子电池,其在电池包层面的能量密度上限为250-300Wh/kg,可以满足载人数量较少、续航里程较短的eVTOL的使用需求,但仍难以达到eVTOL对于电池包能量密度400-500Wh/kg的理想要求。为了打破锂电池理论能量密度上限、满足eVTOL能量密度要求,当前市场主要从电池材料创新来提升能量密度的上限。

当前eVTOL电池研发方向的重心是固态电池与氢燃料电池。现有eVTOL电池仍以液态和半固态方案为主。液态、半固态和固态电池都是以高能量密度的锂金属作为负极,只是电解液由电解液向固液混合以及固态电解质进化。当前,宁德时代、孚能科技、亿纬锂能、国轩高科等头部电池企业均对固态电池进行相关布局,部分已经具备车规级产品⁷的量产能力。而氢燃料电池则是将氢气和氧气的化学能直接转换成电能的发电装置,由阴极(氧气)、阳极(氢气)和电解质膜组成,其基本原理是电解水的逆反应。对比锂电池,氢燃料电池能量密度高、充能速度快、低温性能好,应用潜力大,短期内,氢燃料电池在功率密度上存在不足,同时氢气储存安全性方面仍存在一定技术难点。

除了动力系统以外,eVTOL的发展也受到空域管理技术的制约。当前低空空域缺乏统一的数字化管理系统,eVTOL在复杂城市环境中面临实时避障、航线动态规划、空中交通协同等技术难题,现有通信与导航技术在高密度低空飞行场景下的可靠性、抗干扰能力仍需提升,难以保障大规模商业化运营的安全效率。

5.2.4 适航审定

eVTOL的发展同样受到适航取证的进程的影响,目前eVTOL厂商大部分都处于适航认证阶段,一旦完成认证将大大加速商业化优化布局。航空器在商业化运营前通常需要获得民航局颁发的三张关键证书,以确保其安全性、合规性以及适航性。这三张证书分别为:型号合格证(TC)、生产许可证(PC)以及适航证(AC)。

⁷指按照汽车行业标准设计和测试的零部件。该标准对可靠性、寿命(如10-15年)、环境适应性(如极端温度)及质量一致性(如极低的故障率)有远高于消费电子产品的严格要求。

适航审定周期通常以年为单位，耗时较长，例如全球首个集齐适航三证的eVTOL产品EH216-S，其整体审定过程历时3年4个月，仅型号合格证(TC)的审定就接近3年。这一现状源于eVTOL采用大量创新设计，缺乏成熟的工程经验与案例参考，且全球范围内尚未形成针对其垂直起降、多模态飞行等特性的系统性适航审定规范，多依赖“一事一议”的专项审定模式，再加上现有适航标准以传统航空器为框架、与eVTOL适配性不足，进一步增加了审定工作的不确定性与复杂度。

完成型号设计后，厂商申请生产许可证(PC)时需建立符合适航要求的生产质量系统，涵盖完善的生产流程控制与质量检测体系，这对行业内企业普遍构成挑战，即便是具备较强实力的沃飞长空，其AE200也于2025年5月8日才获民航西南地区管理局受理生产许可证(PC)申请，可见该环节推进难度。

作为最后环节的适航证(AC)申请与前序流程紧密关联，根据《民用航空产品和零部件合格审定规定》(CCAR-21R3)，申请适航证(AC)的民用航空器需先完成中华人民共和国国籍登记，并已取得型号合格证(TC)或型号认可证，因此若型号合格证(TC)获取受阻或生产环节存在问题，将直接影响适航证(AC)的申请进度。

当前eVTOL适航取证在法规完善下审批有望提速。中国民航局近年来针对eVTOL的特殊性，持续推动法规体系从“适配传统航空器标准”向“专项化定制”升级。2023年，民航局发布《民用无人驾驶航空器实名制登记管理规定》《民用无人驾驶航空器适航管理暂行办法》等文件，明确eVTOL作为特殊无人驾驶航空器的适航管理框架，为不同构型产品的审定提供统一基础。同时，针对eVTOL创新设计带来的审定难点，民航局通过“专用条件”机制细化要求，如在复合翼、多旋翼等主流构型的型号合格审定中，提前联合企业、科研机构制定适配其飞行特性的专项条款，减少审定过程中的标准争议。

这种法规完善路径，使得后续企业在提交型号合格证(TC)、生产许可证(PC)申请时，无需反复与审定部门就基础标准进行沟通，流程衔接更顺畅，间接缩短了审批周期，为适航取证提速奠定了制度基础。

第六章 商业化应用场景分析

发展低空经济，打造场景是第一要务。随着新型飞行器技术、数智技术和新能源技术发展及相关政策引导，在某些领域，低空经济的商业化应用场景已初步形成，并展现出良好的发展潜力。各地政府已充分认识到探索新场景、形成示范效应、大规模推广应用正是发展低空经济的关键所在。自2023年以来，全国多个省市已陆续发布了发展低空经济的行动方案，2023年12月，《深圳经济特区低空经济产业促进条例》作为全国首部该领域专项法规，对产业应用的体系建设作出了指导：

- 1.应急救援方面：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；
- 2.城市管理方面：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；
- 3.交通运输方面：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；
- 4.物流配送方面：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；
- 5.文体旅游方面：推动低空文化园区、低空消费小镇、低空飞行营地等建设，鼓励开展低空运动、低空旅游等活动。

低空经济应用场景	城市市场				非城市市场			
	300-1000米 E类空域	低空经济+旅游	 传统通用固定翼飞机（量少）	低空经济+旅游	 传统通用固定翼飞机（量少）			
		低空经济+消防	 载人eVTOL（量大）		 载物eVTOL（量少-海岛、偏远地区）			
120-300米 G类空域	低空经济+物流	 专用多旋翼飞机（量少）	低空经济+消防	 直升机（量少-游乐场）				
	低空经济+巡检		低空经济+巡检	 工业无人机（量大-巡逻、巡检、测绘） 载物SVTOL（量中-跨城物流）				
0-120米 W类空域		 消费级无人机（量大）	低空经济+旅游	 限定类载人eVTOL（量大-旅游景区）				
	低空经济+物流	 小物流无人机（量大）		 植保无人机（量大）				
		 限定类载人eVTOL（量小）	低空经济+农业					

场景新潜力	生产作业	公共服务	航空消费
	 <p>主要是为工农林牧渔等提供各种飞行作业活动，包括牧业飞行、渔业飞行、航空探测、石油服务、电力作业等；</p>	 <p>主要是面向相关单位乃至整个社会提供各种航空服务性飞行活动，包括医疗救护、短途运输、应急物流、警用飞行、海关飞行、政务飞行等；</p>	 <p>主要是面向各类消费群体提供消费性航空活动，包括飞行培训、空中游览、私人飞行、航空运动、娱乐飞行等。</p>

图表 11 低空经济应用场景 / 资料来源：前瞻产业研究院、东吴证券研究所

目前，低空经济应用场景的分类可从飞行地域、功能用途、应用行业、使用载运设备及服务对象等多种视角进行划分。为系统梳理这一多样化格局，我们依据产业门类与服务链条，将其归

纳为生产作业、公共服务、航空消费三大类别：

- 1.生产作业类:主要为工农林牧渔等提供各种飞行作业活动,包括农林飞行、牧业飞行、渔业飞行、航空探测、石油服务、电力作业等;
- 2.公共服务类:主要面向相关单位乃至整个社会提供各种航空服务性飞行活动,包括应急救援、医疗救护、短途运输、航空运输、航空物流、警用飞行、海关飞行、政务飞行等;
- 3.航空消费类:主要面向各种消费群体提供消费性航空活动,包括飞行培训、空中游览、私人飞行、航空运动、娱乐飞行等。

当前,农林作业、巡检应用等场景已较为成熟,低空物流、城市治理、应急救援等场景具备较大发展空间,低空旅游、航空运动等场景也逐渐成为新的消费增长点。面向“十五五”,低空经济有望催生更多规模化、高频化的应用场景,尤其是能够充分展现其优势并吸引大量消费者的新场景。

6.1 低空经济+物流

随着低空经济的蓬勃发展,无人机在城市物流应用场景中逐渐展现出较大的潜力。相比传统物流配送方式,无人化具备方便高效、节约人力成本、减少安全隐患等优势,配送效率更是大幅提升。因此,受到快递、电商等企业的关注,是目前商业应用最广泛的场景。



图表 12 低空经济+物流产业构成 / 资料来源:前瞻产业研究院、东吴证券

当前,无人机物流已成为企业智能化转型的重要方向。以美团、京东为代表的科技公司,以及顺丰、圆通等传统物流企业,正加快从物流应用方向专业无人机运营方延伸,推动“无人机+物流配送”从构想走向规模应用。

2015年,圆通完成国内无人机配送首秀,顺丰、邮政、京东、苏宁、菜鸟、饿了么等企业纷纷布局。其中,京东获首个国家级无人机物流配送试点,顺丰获国内首张无人机运营证,饿了么获中国首条外卖无人机航线。顺丰旗下丰翼科技在深圳等地实现常态化运营,重点聚焦快递件及疫苗、血清等医疗物资即时转运。截至2023年底,丰翼科技全国累计飞行超400万公里,运输货物近300万件。

自2024年以来,低空物流从试点验证加速迈向规模化、网络化运营新阶段。政策层面,《民用无人驾驶航空物流配送运营管理暂行办法》等关键法规的出台,为行业规范化发展扫清了障碍。据中国物流与采购联合会航空物流分会统计,2024年我国新开通低空物流航线超过140条,其中城市内末端配送航线占比达90%。头部企业运营数据显著增长,顺丰丰翼科技在大湾区日均运输单量已突破1.2万单;美团无人机在深圳已开通50余条运营航线,累计完成超140万架次配送服务,2026年将进一步拓展夜间配送、跨区配送等场景,服务覆盖范围延伸至粤港澳大湾区主要城市。

应用场景持续深化与创新,已形成覆盖城市末端、跨城干线与特殊区域的多层次立体化网络。在城市末端,配送网络化进程加速,深圳、合肥等地大力建设起降设施,其中深圳已部署超过126个起降点,并通过在高楼天台与社区广场设置“无人机空投柜”(智能起降柜),探索“无人机+智能快递柜”模式,实现24小时自动化接收;广州、南京等地则开通连接商圈与社区的常态化航线,将跨区配送时间从数小时压缩至十分钟以内;2025年4月全国首条跨境电商低空跨城物流航线“穗莞跨城低空物流航线”成功试飞,仅用10分钟即完成广莞保税商品直达运输。与此同时,无人机在偏远及应急场景的普惠服务价值凸显,例如在安徽巢湖姥山岛开通的“空中邮路”,将快递投递时间较轮渡缩短近2小时;在医疗急救领域,杭州、合肥等超过40个城市已开通无人机血液、样本配送航线,累计完成数万次紧急转运。

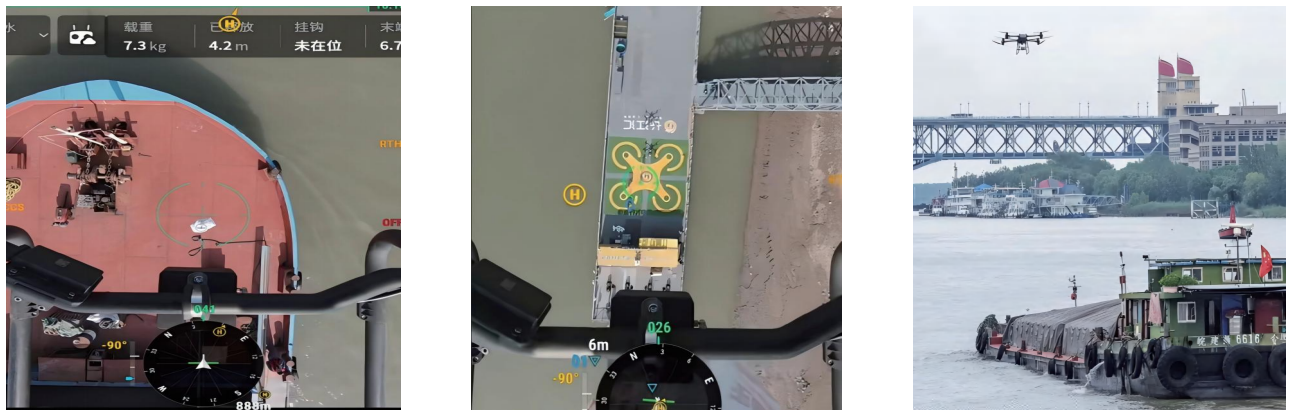


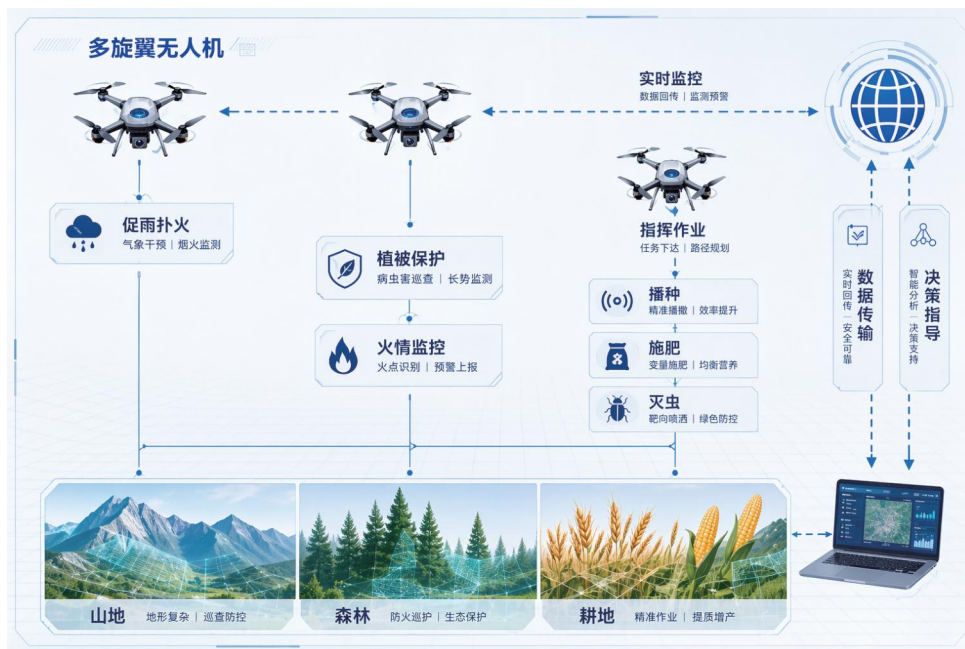
图 13 长江南京段-无人机外卖 / 资料来源:南京日报、南京发布、南京长江汇

随着载重、续航技术的突破以及人工智能、5G-A网络的深度融合,无人机物流的智能化水平和运营效率将进一步提升。据《2024中国低空物流发展报告》预测,到2025年,中国低空物流市场规模有望达到1200亿至1500亿元,到2035年或将突破万亿元,一个高效、立体、智能的低空物流网络正在加速成型。

6.2 低空经济+农林业

低空经济作为以各类低空飞行活动为牵引的综合性经济形态,正凭借其灵活、精准、高效的技术

特性,与农业生产深度渗透融合,开辟出“低空经济+农业”这一广阔领域。该融合不仅直接赋能于病虫害防治、资源监测等生产环节,更通过推动农业生产向智能化、精细化、数据化管理演进,为提升农业综合生产能力、优化资源配置效率、促进农村经济可持续发展提供了创新路径与强大动能。



图表 14 低空经济+农业产业构成 / 资料来源:前瞻产业研究院、东吴证券

6.2.1 农林植保与监测

农业生产面临劳动力短缺、作业效率低、精准度不足等问题。续航时间满足大面积农田作业需求(通常为1-3小时)的植保无人机,可搭载大容量农药喷洒系统与精准播撒设备,利用高精度定位与智能规划技术,实现全自主作业。同时,具备多光谱数据采集能力的无人机,可搭载多光谱相机,用于低空摄影测量,为农业监测提供数据支持,通过分析植被光谱信息,了解农作物生长状况,及时发现病虫害、营养缺失等问题,指导精准施肥与病虫害防治。

国内低空经济与农业的融合正推动传统农林业生产模式向智能化、精准化转型,以极飞科技为代表的头部企业在该领域的实践具有显著示范意义。极飞科技在新疆打造的无人化“超级棉田”,整合遥感无人飞机、物联网传感器与人工智能技术,实现对棉田的高频巡田分析、气象预测及病虫草害精准识别,指导农业无人飞机进行针对性防治。数据显示,2024年该“超级棉田”亩产达529公斤,较2023年增产25.68%,同时水肥、农药及人工成本同比显著下降。

6.2.2 林业资源保护

林业资源保护面临森林面积大、监测难度高、病虫害与火灾防控压力大等挑战。可长时间在林区上空巡航(续航2-6小时)、具有先进传感技术的无人机,搭载高分辨率相机、红外勘测设备、激光雷达及智能目标识别算法模块,能够应对这些挑战。高分辨率相机用于日常森林资源监测,记录树木生长状况;红外勘测设备在森林防火中锁定热源,为灭火指挥提供实时信息;激光雷达获取高精度地形与树木三维结构数据,用于林业资源调查与规划;智能目标识别算法可识

别病虫害迹象及野生动物活动，助力林业资源保护与生态平衡维护。

例如，黑龙江省伊春市伊春森工带岭林业局公司与大疆合作，引入包含9台大疆机场的自动化巡护方案，规划近100条常态化巡检路线，接入林业现代化管理系统，实现对9.67万公顷林区的智能化保护；该方案通过无人机对深山区、高火险区进行常态化巡航监测热点与烟点，汛期查看河流水位及堤坝情况，利用多光谱相机和热成像仪监测病虫害，有效填补传统巡护盲区，截至目前已完成约2000次飞行任务，总飞行距离近10000公里。在明月林场分公司，巡护时间从2小时缩短至半小时，每日起飞架次大幅增加，防火、防汛重点时期超15架次，同时成功发现并处置多起隐患，显著提升了巡护效率与安全性，降低了人力成本。

6.3 低空经济+旅游

随着生活水平的提高，低空+旅游作为更有趣、更新奇的形式，有望成为游客体验的旅游休闲项目。目前，短期内直升机、热气球、滑翔伞等低空工具较为成熟，而eVTOL仍处于产品认证与适航审批通过阶段，景区体验有望成为率先落地的应用场景。



图表 15 低空经济+旅游产业构成 / 资料来源: 前瞻产业研究院、东吴证券

以亿航为首的eVTOL企业积极在景区体验等场景试点。亿航智能目前已在广州、深圳、贺州等18座国内城市开展低空旅游场景的试运行，累计完成超过9300架次安全运行试飞。这也将是未来无人驾驶航空器优先考虑的商业化运营点。未来，亿航智能将从体验飞行、旅游观光开始，逐步开展商业运营。例如与新疆上市公司西域旅游设立合资公司西域青鸟，计划在天山天池等西北地区景区开展低空旅游和体验飞行服务；与深圳市宝安区交投集团合作打造全球首个城市空中交通运营示范中心“湾区之翼”。

6.4 低空经济+巡检

2026年2月28日，交通运输部办公厅正式印发《低空无人机应用公路桥梁巡检技术指南（试行）》，作为全国首部专项技术规范，它系统确立了无人机作为人工巡检有效补充的定位，并对设备性能（如必须搭载RTK模块实现厘米级定位、相机有效像素不低于1200万）、作业安全（无

人机与待检部位保持不小于3米的安全距离)及AI识别精度(全类平均正确率mAP⁸值 宜不低于0.5)提出了明确要求。该指南的出台,是继2024年5月交通运输部启动先行先试试验项目、2025年11月发布《低空交通运输应用场景典型案例》后,行业实践经验的系统总结与升华,标志着低空巡检从地方试点迈向全国统一的标准化、智能化操作新阶段。行业级无人机运营方不断探索与供电局、公安局等部门合作,将无人机批量应用于化工巡检、电力巡检、交通治理、城市管理等工作,涉及工作包括日常巡检、红外测温、故障定位和清除外飘物等。

调度中心作为核心指挥枢纽,统一调度无人机与直升机等航空器执行多元化巡检任务。无人机借助区块链、人工智能及VR/AR等技术,实现对化工厂的实时监测、高精度地图管理及防爆安全监控;直升机则依托人工智能、遥感探测与激光雷达等技术,承担电力电网的设施巡检、事故勘查与故障修复支持等任务。同时,无人机还基于GPS定位与报警信息技术,在高速公路场景下开展超速行为检测与驾驶员疲劳提醒。所有航空器在任务过程中陆续将采集到的数据与影像资料回传至调度中心,形成闭环式指挥与处理流程,全面提升巡检作业的智能化与协同化水平。



图表 16 低空经济+巡检产业构成 / 资料来源:前瞻产业研究院,东吴证券

6.4.1 化工巡检

化工行业因高温、高压、有毒有害等复杂环境,传统人工巡检存在安全风险高、设备可达性差、作业效率低等痛点,尤其在高空管道、密集装置区易形成巡检盲区,难以快速发现泄漏、腐蚀等隐患。续航1-3小时的防爆抗干扰无人机,可搭载高清摄像头、红外热成像仪及气体检测传感器,实现对储罐、管道、反应釜等关键设备的全方位安全巡检。

具体应用中,高清摄像头能捕捉设备裂纹、锈蚀等细微缺陷;红外热成像仪可检测温度异常,预防过热引发的安全事故;气体传感器实时监测有毒有害气体浓度并预警。潞安化工集团配售电公司与大疆合作开发的智能运检系统,采用Matrice系列无人机,通过红外热成像技术曾成功

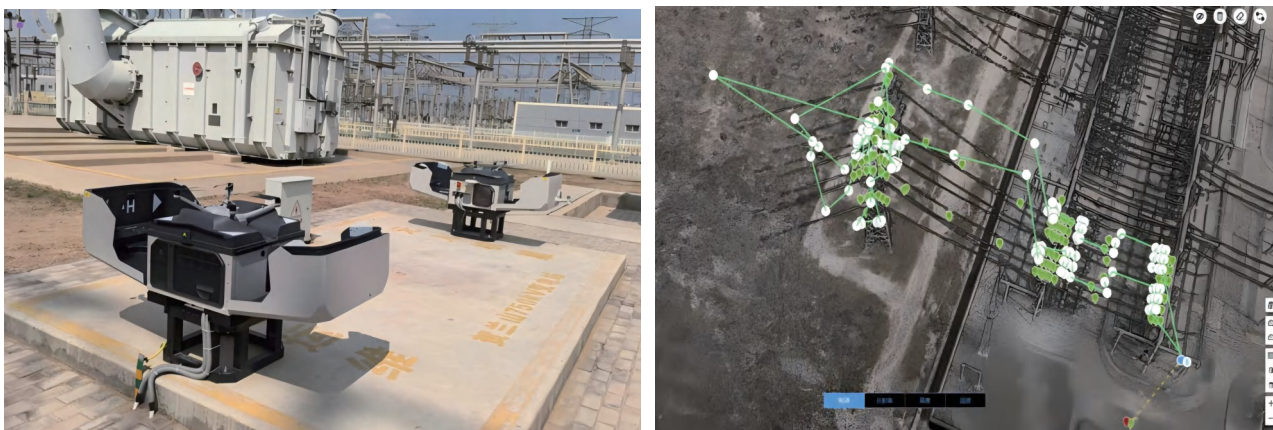
⁸ mAP (mean Average Precision, 全类平均精度):用于衡量目标检测模型在准确率与召回率之间的整体性能,是目标检测领域最常用的性能评估指标之一。

预警反应釜温度异常，避免重大事故，其配套的指挥中心与数据终端还实现了电力及化工设备的一体化巡检。

6.4.2 电力巡检

电力线路分布广泛，部分区域地处偏远、地形复杂，人工巡检难度大、效率低，且存在安全风险。续航时间满足长距离线路巡检需求（一般在1-3小时，部分特殊机型可达5-8小时）、具备抗电磁干扰技术的无人机，可搭载高清可见光相机、红外热成像仪、紫外成像仪等配件。高清可见光相机用于检查线路设备外观是否存在损坏、变形等问题；红外热成像仪能检测设备温度异常，提前预警故障；紫外成像仪可发现电晕放电现象，评估线路绝缘性能。

例如，2025年7月24日，国网宁夏超高压公司在贺兰山750千伏变电站完成“无人机+智能巡检系统”联合巡检试点应用。该系统统筹部署无人机机巢，用无人机搭载高清摄像头、红外热像仪及激光雷达等设备，对站内绝缘子、金具、导线等关键部位进行毫米级精度检测，实现全自动作业。机巢具备自无人机存放、自动充换电、起飞降落坪、气象检测、作业控制等功能，可实现变电站及周边线路设备的全天候、高频次巡检，使得巡检响应时间从原来的数小时缩短至30分钟以内，显著提升电网安全运行水平。



图表 17 贺兰山750千伏变电站“无人机+智能巡检系统”/ 资料来源：国网宁夏超高压公司

6.4.3 交通管理

当前交通管理面临流量庞杂、事故处置低效、监管存在盲区等挑战。满足长时间交通巡逻需求（续航1-3小时）的无人机，可搭载高清摄像头、热成像仪、喊话器等设备，配合小型无人机多点布阵、灵活穿梭，实现全域监控、事故快处、违法取证与实时疏导，将传统地面管理模式升级为高效协同的“空地一体”化管控。全国多地已形成可复制、可推广的成熟模式，成效显著。

在福建漳州东山县，针对S503线长期受高盐、高湿、强风侵蚀的恶劣环境，当地自2024年11月启动“空地一体化城市治理项目”，构建了覆盖全县的无人机智能巡查网络。在2025年防御台风“丹娜丝”及多次暴雨后应急巡查中，无人机系统在5分钟内即可抵达县域任一地点，通过AI实时识别边坡裂缝、岩体松动及路面破损，并快速生成三维实景模型辅助决策。该模式推动巡查效率较人工提升3至5倍，隐患发现率提高90%，应急响应时间缩短50%，并于2025年11月成功入选交通运输部首批低空交通运输应用场景典型案例。

在云南楚雄州,为破解楚大高速公路(国家高速G56楚雄至大理段)山区路段多、弯道坡度大、传统人工巡检效率低的难题,楚雄州公安局交通管理支队于2025年9月30日正式启动“5G-A通感一体+AI无人机”立体化巡检项目。

该项目在钱粮桥收费站、灵官桥服务区、天申堂村管控点布设3套固定无人机场,搭配机动无人机,形成覆盖全路段的“5分钟响应圈”,累计发现并标注各类交通异常事件信息6500余条,实现了管控模式从“人工主导”向“智能驱动”的转型。吉林省高速公路集团有限公司研发的“陆空协同巡查巡检图像识别研判智能体”在2025年12月荣获首届综合交通运输大模型智能体创新应用大赛二等奖。

该智能体基于“边缘侧+云端”协同架构,无人机在飞行中即可通过机载AI模型实时识别路面裂缝、坑槽、桥梁病害等10余种隐患。该系统已在全省超过5008公里的高速路网、27座特大桥和9座长隧道规模化应用,投入6套全自动机场,规划专属航线60余条,累计执行自动化飞行巡检任务超过2100次,构建了“无人机采集-AI诊断-后台处置”的管理闭环。



图表 18 公路巡检无人机调度指挥平台 / 资料来源:定西公路事业发展中心

6.4.4 城市治理

城市治理中,城管部门面临辖区范围广、管理事项繁杂、动态问题难以及时发现等痛点,如占道经营、违章搭建、垃圾乱堆乱放、违规户外广告等问题,传统人工巡查不仅耗时费力,还存在巡查盲区。续航时长1-4小时的无人机,可搭载高清摄像头、变焦镜头、喊话器等设备,凭借灵活的飞行能力和广阔的视野,对城市街道、广场、社区等区域进行全方位巡检。通过高清摄像头和变焦镜头,能清晰捕捉占道经营的具体位置、违章搭建的细节等;发现问题时,可通过喊话器及时劝导纠正,如对占道经营的摊贩进行隔空喊话,要求其规范经营。在一些大型活动或节假日期间,人员密集区域容易出现各类秩序问题,无人机可实时监控并将画面传回指挥中心,便于城管部门及时调度人员进行管理。

例如,海宁市在城市管理中引入无人机,针对公园、绿道等地的摆摊、烧烤、毁绿占绿等不文明行为,及时通过无人机喊话、音频警示等方式制止;上海崇明区利用无人机建立“低空+地面”双向联动巡防机制,设置“无人机巡防路线图”,对村居动态进行全景掌握,精准识别安全隐患。

6.5 低空经济+应急救援

6.5.1 应急管理

应急救援工作面临环境复杂、信息获取难、救援通道受阻等痛点。具备长航时(续航2-8小时)、高可靠性、强抗干扰能力,并可搭载多种专用设备的无人机,正成为破解“断路、断网、断电”极端困境的“空中生命线”。

2025年11月,交通运输部遴选发布的《低空交通运输应用场景典型案例》中,包含了多个应急救援类项目。多地政府也将低空公共服务纳入政府购买目录,为无人机参与消防、医疗救护等任务提供了稳定的经费保障。

2024年7月,四川雅安汉源县突发山洪致多地断联,雅安市公安局警航队伍联合蜀警飞鹰航空队启用无人机救援:通过喊话、传纸条与被困群众沟通,快速确认50余名受困者缺水情况并上报指挥部;同时调用应急无人机,连续3天累计飞行45小时,借助光电设备和雷达完成全域侦察,实时回传灾情画面,还化身空中基站覆盖2700平方公里,保障6.7万人次通信;在2025年广东怀集“6·18”特大洪水救援中,中山市应急管理局采用E6、E40H复合翼无人机“空中接力”模式,在通信完全中断的重灾区恢复公网信号,累计为超千名用户重建通信链路。在西藏吉隆口岸“7·8”泥石流灾害中,翼龙应急型无人机跨域3000公里驰援,在高原复杂环境下穿透云层进行合成孔径雷达侦察,并恢复接入超2000名用户通信。江门市应急管理局运用大疆FC100等运载无人机,在森林火情中高效投送消防水带,在山地搜救中通过多机联动(侦察、照明、运载)成功营救被困人员,其创新战法多次获得省级表彰并在行业推广。

此外,无人机在医疗急救等生命救援领域取得突破。2025年,我国自主研发的全球首款“急救(转运)无人机”完成实战演练,可在-25°C至46°C、海拔5000米、6级海况等极端条件下运行,机载“智成急救舱”能为伤员提供呼吸支持、心电监护、输液、除颤等院前急救,实现了救援现场与后方基地的无缝衔接。深圳更是在全国首创“空地一体 生命至上”城市救护项目,通过无人机搭载AED(自动体外除颤器),实现扫码触发、自动起降、精准投递,构建“5分钟社会救援圈”。

6.5.2 消防救援

消防场景中,无人机是火情侦察与扑救的重要辅助力量。续航1-4小时、搭载红外热成像仪和气体检测仪的无人机,能在火灾初期快速定位起火点及蔓延趋势,尤其适用于森林、高层建筑等复杂环境。

森林火灾中,无人机可锁定热源并回传实时画面,帮助指挥中心调配灭火力量,在深圳南山森林火灾救援中,大疆应急救援联盟第一时间携带经纬M300RTK无人机赶赴现场,该无人机2分钟内完成装备并起飞,深入火场传回实时画面供前线指挥部研判火势、配置地面力量;其广角镜头全程监控火场,及时发现复燃火点并预警,避免救援人员受困;挂载的热成像相机通过温度差异精准定位火源,为灭火行动节省时间;同时,通过深圳市无人机飞行综合管理系统快速完成空域申请与解禁,实现与直升机在不同高度层协同作业,明火扑灭后还持续看守火场防止复燃,并协助排查附近输电线路隐患,有效提升了应急救援效率与安全性。

在城市高楼火灾场景,江苏省消防救援总队积极探索无人机应用。在一次城市高楼火灾演练中,无人机自动起飞,展开空中侦察,利用热成像过滤烟气,精准定位起火点,同时通过高喷车

联用，从空中喷射泡沫压制火点。在实际救援案例中，淮安市一小区居民楼5楼起火，消防救援人员利用无人机侦察火情时，及时发现6楼有人员被困阳台，随即喊话安抚并迅速展开救援，20分钟后被困者成功获救。此外，扬州市消防救援支队构建无人机“空地协同”防灭火体系，配备52架便携式无人机，构建“空地一体化”模式。面对灾情，无人机迅速升空回传高清图像与视频，辅助制定作战方案，还可携带灭火弹、药剂精准打击火源，成功执行警情作战任务1000余次。

6.6 低空经济+测绘

测绘领域中，低空经济的融入带来了诸多变革。无人机解决方案推动测绘作业向自动化、信息化迈进，为测绘单位节省成本、提升效率并保障作业安全。

例如在川西稻城高海拔航测项目中，低空经济与测绘深度融合，展现出显著优势。该项目测区位于稻城县香格里拉镇，地处青藏高原东南部，平均海拔3500米，主要为交通枢纽建设前期提供踏勘测绘数据。由于当地自然环境恶劣、地理条件复杂且植被茂密，传统测绘方式难以完成勘测任务。

该项目实施方通过针对性选用设备，逐一破解难题：配备高原静音桨叶的大疆经纬M300RTK无人机，凭借7000米的最大飞行海拔、15米/秒的抗风能力及仿地飞行功能，有效应对高海拔、落差大、风大的挑战；大疆L1激光雷达则能在不破坏原始地貌及景观的前提下，穿透茂密植被冠层快速探测地表，获取精准地形数据；而D-RTK2高精度移动站作为基站提供实时差分数据，成功解决了测区网络RTK信号缺失的问题，辅助无人机顺利获取测区原始数据。

低空经济在测绘领域的应用空间非常广泛，类似的技术还可以适用于国土空间规划、建筑工程测绘、古建筑三维测绘、自然资源调查等多个场景，为不同领域的测绘工作提供高效、精准的解决方案。

第七章 发展布局模式

当前，中国低空经济的发展已形成多元主体主导、多种路径并行的生动格局。不同地区的资源禀赋、产业基础与战略定位存在差异，因此在实践中逐渐演化出三类特征鲜明、逻辑迥异的发展布局模式：制造驱动、运营驱动与平台驱动。这三种模式代表了产业从技术突破、场景验证到生态构建的不同发展阶段与战略选择，共同塑造了低空经济丰富而立体的产业生态。

7.1 制造驱动

制造驱动模式以整机制造与核心技术引领产业链。其核心特征在于以无人机、eVTOL等飞行器整机制造商及核心零部件供应商为产业龙头，凭借其在整机设计、动力系统、飞行控制与航电系统等领域的技术壁垒与市场先发优势，向下游延伸，主导或深度参与基础设施标准制定、运营平台建设乃至应用场景开拓。

该模式的典型发展路径是“核心技术突破→整机产品规模化→牵引配套集群→定义应用标准”。领军企业通过持续的研发投入与产品迭代，建立强大的品牌影响力与市场占有率，继而利用其产业号召力，一方面推动适航认证、起降场网、低空物联网等基础设施的配套建设，另一方面通过自建或合作运营团队，在物流、巡检、载人等场景进行示范应用，以验证技术并培育市场。其本质是以供给创造需求，通过先进、可靠、成本不断优化的飞行器产品，为整个低空经济提供最基础的物理载体。

典型案例包括以深圳为代表的部分珠三角城市。深圳依托大疆、道通、科比特等整机制造巨头，以及完善的电子信息产业配套，在全球消费级与工业级无人机市场占据了主导地位。当地政府通过规划建设低空智能融合基础设施、开放测试空域、举办世界低空经济论坛等举措，巩固其“全球无人机之都”的领先优势。江西省也凭借南昌、景德镇等地深厚的航空产业底蕴，以昌飞、洪都等主机厂及亿航智能等新兴企业为龙头，发力航空制造，打造低空制造高地。该模式的优势在于产业根基扎实，易在短期内形成产值规模，但对企业的核心技术自主创新能力与全球市场竞争力要求极高。

7.2 运营驱动

运营驱动模式由运营商主导，以场景解决方案和规模化服务为核心动力拉动产业发展。这类主体通常源自物流、出行、农业、巡检等下游应用行业，或是由科技互联网公司跨界而来。它们从真实的行业痛点与市场需求出发，以无人机赋能传统行业降本、增效、提质为核心目标，通过构建高效的运营服务网络与商业模式，在实现自身业务升级的同时，反向牵引上游飞行器制造、中台系统开发及基础设施建设的定制化发展。

该模式的逻辑是“场景需求定义→运营网络构建→平台能力沉淀→反哺制造与基建”。运营方首先在特定垂直领域（如即时配送、农业植保、电力巡检）深耕，通过规模化、网络化的运营积累数据、优化流程、验证经济模型。随后，为提升服务可靠性与效率，它们会主导或参与开发专属的调度管理平台、物联网系统和运维体系。随着运营规模的扩大和对成本、效率、自主可控要求的提高，头部运营商往往会向上游延伸，通过投资、合作研发甚至自研的方式，介入无人机整机及核心部件的定制化生产，从而形成“运营-平台-制造”一体化的闭环生态。

典型案例是顺丰(丰翼科技)、美团、京东物流等企业在低空物流领域的探索。它们基于自身庞大的地面配送网络与消费场景,率先开辟无人机配送航线,从山区、海岛等特殊场景试点,逐步拓展至城市即时配送。在此过程中,它们不仅定义了物流无人机的载重、航程、起降等性能需求,还推动了智能货运枢纽、自动机场等新型基础设施的规划与建设。在农业领域,极飞科技、大疆农业等企业也是从提供植保运营服务开始,深入理解农事需求,进而反向定义和制造更适合农业场景的无人机产品,并配套构建了数字化农业管理平台。此模式紧密贴合市场需求,商业闭环清晰,但前期需要持续投入以培育市场、验证模式,并对运营方的资本实力、场景深度理解和资源整合能力提出挑战。

7.3 平台驱动

平台驱动模式通常由地方政府、国有企业或特定的平台公司主导,以系统集成与生态构建赋能产业。其核心目标并非直接从事制造或运营,而是作为产业生态的“构建者”和“赋能者”,系统性地规划、投资并建设低空经济发展所需的底层数字基础设施、共性技术服务平台与产业促进机制,为各类市场主体提供公平、高效、安全的创新创业环境。

该模式遵循“政府规划引领→平台企业实施→基建与规则先行→开放赋能全域”的路径。主导方首先进行顶层的空域规划、产业规划和政策设计,继而通过组建国有平台公司或指定系统集成商,统一建设低空物联网、无人机飞行服务与监管平台、起降场站网络等“新型基础设施”。同时,明确无人机运行的管理流程、数据接口、安全标准和服务规范。平台方向所有符合标准的制造、运营、应用企业开放接口,提供空域申请、计划报批、动态监视、数据交换等“一站式”服务保障,并可能通过设立产业基金、建设测试场、举办赛事等方式培育应用生态。

典型案例包括济南、苏州、合肥等许多将低空经济作为战略性新兴产业来系统培育的城市。例如,济南市成立低空经济发展集团,统筹推进全市低空空域管理改革、基础设施建设和产业生态培育,打造覆盖“运行管控、测试验证、商业运营”的全链条服务平台。江苏省则致力于构建全省域的低空飞行服务保障体系,通过建设统一的飞行服务站网络和数据中心,为各类飞行活动提供规范化服务。深圳在拥有强大制造基础的同时,其出台的《低空经济产业促进条例》也极具平台思维,从法规层面系统构建了管理服务体系,为产业发展提供了稳定的制度预期。此模式有利于快速形成产业集聚效应,降低企业初始进入成本与制度性交易成本,尤其适合产业基础从0到1构建的地区,但其成功高度依赖于主导方的顶层设计能力、资源整合力度与持续运营水平。

7.4 模式协同与路径选择

制造、运营、平台三种驱动模式,分别从技术供给、市场需求、生态赋能三个关键维度,推动着低空经济从概念走向现实。在实践中,三者并非泾渭分明,而是呈现出相互渗透、融合发展的趋势。例如,头部制造商(制造驱动)正在向下游运营延伸;大型运营商(运营驱动)开始定制甚至制造飞行器;而许多平台型城市(平台驱动)也在积极引进和培育本地的制造与运营主体。无论采取何种发展布局模式,低空经济的可持续发展都离不开完整产业要素体系的协同支撑。

区域低空经济成功,往往取决于其能否根据自身禀赋,找到主导模式与其他模式的最佳结合点。对于大多数地区而言,“平台筑基、场景牵引、制造协同”可能是一条稳健路径:即以政府主

导的平台构建基础设施和制度环境,以明确的应用场景需求吸引和培育运营企业,进而带动相关的高端制造、零部件及服务业集聚发展,最终形成具有内生增长动力和独特竞争力的低空经济产业集群。这与中国低空经济当前从“以研制为中心”向“以运行和应用为中心”过渡的总体趋势深度契合,也为各地谋划低空经济发展提供了清晰的战略导航。

第八章 总结与经验

8.1 总结

我国低空经济已展现出从政策引导向市场驱动、从技术研发向场景落地、从单点突破向系统协同的发展态势,无人机的成熟应用与eVTOL的潜在爆发共同构成产业增长的双引擎。

低空经济是以低空飞行活动为核心,以无人驾驶飞行、低空物联网等技术组成的新质生产力与空域、市场等要素相互作用,带动低空基础设施、低空飞行器制造、低空运营服务和低空飞行保障等领域发展的综合性经济形态。自2021年被纳入国家规划以来,从《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》的实施到国家发改委低空经济发展司的成立,政策体系不断完善,为产业发展奠定了坚实的制度基础。我国作为全球增速最快的低空经济市场,2023年我国低空经济市场规模达5060亿元,同比增长34%,预计2026年将突破万亿元,其中无人机产业已形成成熟的民用市场,2023年规模达1174.3亿元,eVTOL则处于商业化爆发前夕,2023年规模9.8亿元,预计2026年增至95亿元。低空经济已在国家政策持续驱动下进入规模扩张与质量提升并行的快速发展阶段。

总体而言,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,具有明显的新质生产力特征,发展空间极为广阔。

然而,产业发展仍面临多重挑战:空域管理上,低空空域分类管理虽已实施,但高密度飞行场景下的动态调度与协同机制尚未成熟;技术层面,无人机与eVTOL受限于电池能量密度,续航能力不足,通信抗干扰能力在复杂环境中有待提升;基础设施建设滞后于市场需求,通用机场数量不足美国的1/10,垂直起降场与充电设施缺乏统一标准;eVTOL适航审定虽通过政策创新显著缩短但仍面临标准分散、动态审查机制待完善等问题,采用氢燃料电池、倾转旋翼等创新技术的复杂项目周期仍可能接近3年,一定程度上制约技术迭代与商业化进程。

8.2 尔特数科经验

尔特数据科技(江苏)有限公司(AltDataTech)是国内将卫星数据应用于企业级服务的先行者,专注于多模态数据领域,通过前沿卫星遥感数据分析和大数据云平台处理技术,打造具有价值的产品,应用于衡量公司经营活动,区域经济和环境保护,为投资决策和商业分析提供一站式另类解决方案。

公司总部南京,在深圳(产品研发中心)、新加坡(国际业务与合作中心)、悉尼(金融科技中心)等地设分支机构。

尔特数科通过构建多层次、跨领域的合作生态与权威资质体系,为数据价值的高效转化奠定了坚实基础。在技术研发层面,公司与深圳数字经济研究院、现代冶金(南京)研究院等机构共建卫星遥感数据应用体系,并与中大智航有限公司(CU-Craft Limited)和香港中文大学-同济大学智慧交通联合实验室开展合作,持续拓展数据技术的创新应用场景;在资质认证与合规运营

方面, 尔特数科成功获得江苏省数据集团授权, 成为公共数据开发运营主体, 并积极取得国际 ISO 等系列权威资质认证, 确保了数据产品的规范性与公信力; 在商业价值实现渠道上, 公司通过在北京、上海、深圳、江苏、广州等数据交易所挂牌交易等方式, 有效促进了数据产品的市场流通与价值释放。这些努力共同构成了其数据价值转化的坚实基座。

基于在卫星遥感与大数据领域的技术沉淀, 结合对低空经济场景需求的持续研究, 公司正积极探索数据技术与低空场景的融合路径。



图表 19 “天空地一体化监测平台”要件 / 资料来源: 尔特数科

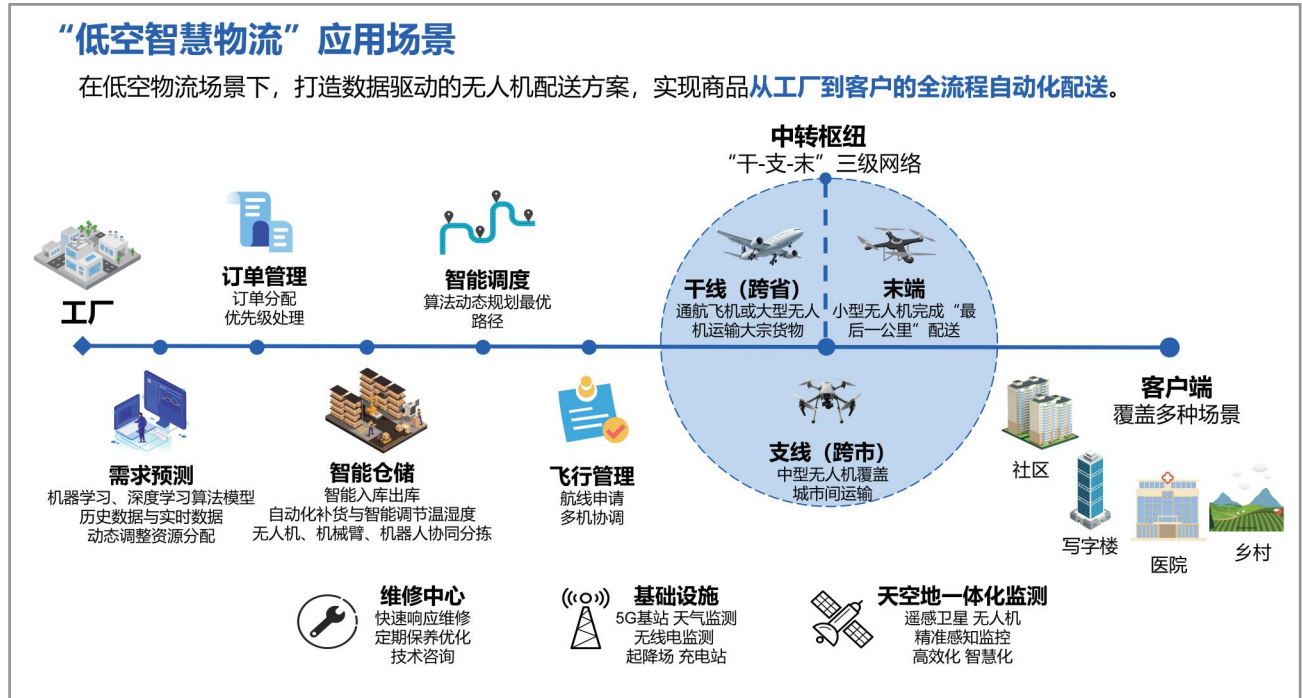


图表 20 “天空地一体化监测平台”覆盖场景 / 资料来源: 尔特数科

在低空智慧物流领域, 尔特围绕“一个平台、三大系统、一个网络”进行全面建设, 构建一个技术领先、安全可靠、高效智能的低空物流无人机配送体系, 构建从生产到交付的全流程自动化运营平台, 全面提升物流效率与服务体验。

公司规划运用机器学习等算法模型对订单需求进行监测与预测, 助力企业优化资源配置, 并计划通过对接智能仓储平台打通数据链条, 为物流调度提供数据支撑; 针对低空交通管理需求,

搭建低空智慧物流“干-支-末”三级网络,借助通航飞机、大型无人机构建干线跨省运输通道,以中型无人机打造支线跨市配送链路,用小型无人机实现末端“最后一公里”配送;同时,凭借天空地一体化监测体系,利用图像识别和大数据分析技术,整合卫星遥感、无人机挂载传感器、地面多维数据等资源,构建“天上看、空中探、地上查”三维一体的态势感知系统,打造全面、高效的数智化管理平台,赋能智慧化、可视化管理模式。



图表 21 “低空智慧物流”应用场景逻辑图 / 资料来源:尔特数科



图表 22 “低空智慧物流”应用场景概念图 / 资料来源:尔特数科

⁹ 指围绕极低飞行高度空域(通常为地面以上几十米至数百米,部分场景甚至低于50米),以无人机及其他低空智能装备为核心,融合数据、算法、平台与应用服务所形成的新型经济形态。

目前, 尔特数科打造的“天空地一体化监测平台”、“低空智慧物流”场景项目已成功入选南京市建邺区2024年、2025年优质应用场景项目, 这一进展标志着相关规划思路获得地方层面认可, 为后续在低空经济领域的实践探索提供了良好起点。

未来, 公司将持续依托“数据+场景”的创新逻辑, 基于自身在多模态数据融合领域的技术优势, 稳步推进低空经济相关场景的研究与探索, 力求为低空经济的高质量发展贡献技术思路与实践参考。

8.3 中大智航经验

中大智航有限公司 (CU-Craft Limited) 由香港中文大学陈本美和陈曦教授创立, 专注于超低空经济 (VLAE)⁹ 场景下的具身智能无人系统与LLM辅助数字孪生技术研发。公司成立于2024年, 致力于为受限空间 (隧道、管道、厂房、城市峡谷等GPS受限环境) 提供完全自主的无人机检测与数字孪生管理解决方案。

公司已于2025年初完成首个商业项目, 累计合同金额逾千万港元, 并荣获IMAV2025国际微型飞行器竞赛冠军、日内瓦国际发明展铜奖及中东发明展金奖, 持有多项美国、PCT及中国发明专利, 构建起较为完善的自主知识产权体系, 为技术持续迭代和商业化拓展奠定了坚实基础。

● 核心技术体系

依托高校科研背景与工程化能力优势, 中大智航逐步形成了以“一个平台、三大系统”为核心的技术体系, 打通从低空数据采集、空间建模到智能决策支持的完整链路。

具身智能无人系统: 公司基于深度学习SLAM算法的多传感器融合感知系统, 集成激光雷达、RGB-D相机、IMU等多源数据, 实现无人机在GPS信号完全缺失环境下的自主定位与导航, 攻克受限空间自动化检测的核心技术难题。

环境信息建模系统: 公司自主研发了Scan-to-BIM/GIS自动化建模系统, 支持多尺度实景三维重建与GIS信息融合, 为建筑及基础设施资产提供精准数字底座。

LLM辅助数字孪生平台: 公司将大语言模型与环境感知数字孪生系统深度整合, 实现自然语言驱动的智能问答、故障诊断与资产全生命周期管理决策支持。

● 典型项目实践

目前, 中大智航已在多个政府与大型企业项目中实现技术落地, 形成了一批具有示范意义的典型实践。

香港运输署 — 智能交通事故现场管理

公司为香港运输署开发的无人机智能巡检与应急响应方案, 利用多传感器融合与AI诊断技术实现事故现场快速三维重建与数字化取证, 获香港智慧交通基金 (Smart Traffic Fund) 资助。

香港环境保护署 — 环境调查

公司综合运用无人机搭载多光谱传感器与数字孪生平台开展环境调查, 推动低空数据采集与生态监测融合应用。

香港机电工程署 — 工地安全监控

公司提供了多无人机协作工地监控方案,支持行为检测、人流统计与安全预警,助力智慧工地建设。

华润集团 — 建筑立面检测

公司为华润集团提供高楼建筑立面无损检测服务,借助三维重建和AI缺陷识别技术实现全自动化立面安全评估。

当前,公司已成功入选香港低空经济“监管沙盒X”首批试点企业,并积极参与香港创新科技署“产学研1+计划”(RAISe+)的申报。展望未来,公司将持续深化具身智能无人系统与LLM数字孪生技术在低空经济领域的融合应用,力争成为VLAE受限空间检测赛道的领军企业,为香港及粤港澳大湾区低空经济生态建设贡献核心技术力量。