



低空飞行器制造业

白皮书(1.0)

中国航空学会 主编



中国航空学会系列出版物·2025年度

2025

低空飞行器制造业白皮书（1.0）

中国航空学会

2025年12月

低空飞行器制造业白皮书（1.0）

编辑委员会

主任：陈 暘

副主任：余 策

委员：关立欣 吴希明 吴桐水 张开富 陈 萌 招启军 陶 智

（按姓氏笔画排序）

编辑部

主 编：陈 暘

副主编：余 策 吴桐水

执行主编：林伯阳 刘 鹏

成 员：柳 青 郑秀梅 于 翔 王 朝 贾子若 邓文武

秦 岩 刘力铭 杨坦运 刘繁钰 张彭康 顾子龙

序

历史的指针拨向 2025 年，我们正伫立在一场立体交通革命的全新起点。回望过去，低空空域曾是一片相对沉寂的疆域；审视当下，它已跃升为驱动经济增长、塑造国家竞争新优势的“空中经济走廊”。如果说低空经济是一场广泛而深刻的社会变革，那么低空飞行器无疑是这场变革中最核心的物质载体与技术基石。在国家“十五五”规划将低空经济明确纳入战略性新兴产业集群的宏大背景下，低空飞行器制造业已深度融入国家培育新质生产力、构建现代化产业体系的战略全局。

然而，在产业热潮涌动的当下，一个紧迫的课题摆在全行业面前：面对层出不穷的新概念与新构型，如何科学界定低空飞行器本质特征？在全球竞逐科技前沿的格局中，中国制造处于何种坐标？在迈向万亿级市场的征途中，如何构建安全可靠、自主可控的产业链与供应链体系？这正是中国航空学会编撰《低空飞行器制造业白皮书（1.0）》的初衷。面对新形势与新要求，我们决意超越单纯的“产品罗列”，迈向深度的“产业解构”。本书不仅是对当前产业系统梳理，更是一次关于技术逻辑、价值分布与安全底线的深度思考：

首先，致力于厘清概念，重构认知。低空飞行器并非传统航空器的简单缩小，亦非航模玩具的简单放大。我们首次构建了涵盖“空间、载具、技术、任务、价值、安全”的六维定义框架，将低空飞行器重新定义为融合了空气动力学、人工智能、新能源

与民航安全标准的复杂系统。通过对有人驾驶、无人驾驶、电动垂直起降航空器（electric Vertical Take-off and Landing, eVTOL）及飞行汽车等形态的精准分类，为行业提供一套清晰的“识别代码”，让技术创新有的放矢，让监管治理有章可循。

其次，立足全球视野，客观研判中国身位。本书系统梳理了欧盟、美国、日韩等主要经济体的低空战略，并与中国的发展路径进行了深度对标。可以预见，中国低空飞行器产业正经历从“跟跑”向“并跑”乃至局部“领跑”的历史跨越。在消费级与工业级无人机领域，我们已占据全球主导地位；在 eVTOL 等新赛道，中国企业在适航取证与商业化进程上展现出惊人的“中国速度”。然而，在高性能航空发动机、高端碳纤维材料、核心芯片等上游环节，供应链的“卡脖子”风险依然存在。本书通过对产业链上、中、下游及支撑体系的全面剖析，为我国低空飞行器制造产业补链、强链、延链提供精准的决策参考。

第三，将“安全与适航”置于前所未有的高度。低空经济的繁荣必须建立在确保安全的基础之上。随着分布式电推进、高能量密度电池、自动驾驶飞控等新技术的引入，传统的适航审定体系面临巨大挑战。书中详细探讨了从“基于规则”向“基于风险”的适航审定范式转变，深入分析了动力电池热失控、复合材料可靠性、复杂系统耦合风险等技术难题，主张建立“审慎包容”的监管框架，在鼓励技术创新的同时，筑牢公共安全的生命线。

最后，关注未来，洞察趋势。低空飞行器正在经历一场“材料革命+能源革命+数字革命”的深度融合。从动力系统的电动化、

混合动力化，到控制系统的智能化、网联化，再到制造工艺的汽车化、规模化，技术演进的路径已然清晰。本书预判，未来的低空飞行器将不再是孤立的交通工具，而是深度嵌入经济建设、社会治理和应急救援的智能终端。

低空经济是一场长跑，而低空飞行器研发制造是这场长跑的起点。愿本书能为所有致力于这片蓝海的同仁们提供一份可评估、可决策、可执行的“导航图”，共同推动中国低空飞行器产业从“制造大国”向“航空强国”迈进，让新兴的低空，真正成为驱动中国式现代化的强劲引擎。

郭博智

2025年12月

前 言

我们正站在一场立体交通革命的起点。低空空域，这片曾经相对沉寂的疆域，正从传统的“空中走廊”跃升为驱动经济增长、塑造国家竞争新优势的“空中经济走廊”。低空飞行器作为这一变革的核心载体，其产业发展已深度融入国家培育新质生产力、构建现代化产业体系战略全局。

时代召唤：低空经济升维为国家战略要冲

在全球竞逐科技前沿与产业高地的背景下，低空经济的战略价值日益凸显。我国以前瞻性视野，在“十五五”规划中将低空经济明确纳入战略性新兴产业集群，标志着其发展已上升至国家战略层面。这一定位，不仅肯定了其经济价值，更彰显了其在重塑产业链、推动科技自立、增进民生福祉等方面的综合战略意义。

产业价值：纵横双向驱动实体经济发展

低空飞行器产业具有强大的纵向穿透力与横向辐射力。纵向上，它构筑了完整的产业链：上游强力牵引先进材料、高端芯片与核心部件突破；中游通过高复杂度的整机集成，强化高端制造优势；下游催生低空交通管理、专业维修、数据服务等新兴业态，形成高附加值生态闭环。横向上，它深度融合“航空、新能源、人工智能、信息通信”技术，是跨界创新的典范，持续重构产业生态与价值格局。

技术突破：从跟跑到并跑乃至领跑的跨越

推动高水平科技自立自强，低空飞行器产业是重要的实践领

域。近年来，我国在此实现了一系列关键突破：航空级动力电池能量密度持续攀升，氢燃料电池技术快步追赶；自主飞行智能控制算法已能应对复杂空域；高性能碳纤维等核心材料国产化率大幅提高。这些系统性成就，标志着我国在该领域正实现从“跟跑”向“并跑”乃至“领跑”的历史性跨越。

社会福祉：赋能千行百业，提升民生体验

低空飞行器的价值最终服务于人民对美好生活的向往。在城市，电动垂直起降飞行器有望构建“空中快线”，破解交通拥堵难题。在乡村，无人机已成为提升农业效率、打通物流瓶颈的“新农具”。在应急救援、电力巡检等公共服务领域，它更是不可或缺的“空中卫士”。同时，其电动化、绿色化路径，也为国家“双碳”目标提供了有力的产业支撑。

安全基石：审慎包容，构建可持续发展前提

安全是产业发展的生命线。我国正致力于构建“审慎包容”的监管框架，通过空域分级管理、专用适航标准制定等创新举措，力求在保障公共安全与鼓励技术创新之间取得最佳平衡。这一坚实的制度保障，是确保低空经济行稳致远的根本前提。

直面挑战：于历史机遇期中砥砺前行

展望未来，产业在迈向规模化的道路上仍面临核心器件自主可控、基础设施建设、商业模式验证等挑战。破解这些困局，需通过场景驱动、应用牵引，在实践中持续迭代与成熟。

使命与愿景

值此产业发展的关键时期，本白皮书旨在系统梳理全球与我

国低空飞行器产业发展全景，深度剖析技术趋势与市场机遇，为政策制定提供前瞻参考，为行业实践提供清晰指引。我们的共同目标是推动产业实现高质量发展，以新质生产力的磅礴动能，为全面建设社会主义现代化国家注入强劲的“空天力量”。

作为一项阶段性的研究成果，《低空飞行器制造业白皮书（1.0）》凝聚了编委会及行业专家的集体智慧，或许无法穷尽产业发展每个细节，难免存在疏漏与不足，但我们希望它能成为一块引玉之砖，为政策制定者提供前瞻参考，为行业从业者提供清晰指引，为社会公众提供科学普及。

联系方式：linby@csaa.org.cn

《低空飞行器制造业白皮书（1.0）》编委会
2025年12月

目 录

序.....	1
前 言.....	1
第一章 低空飞行器概念及产业体系	1
1.1 低空飞行器概念特征：打开“空中经济走廊”的大门.....	1
1.2 低空飞行器分类体系：多维分类体系的“全景透视”	5
1.3 低空飞行器产业体系：绘制万亿市场的“价值曲线”	8
第二章 全球低空飞行器产业发展综述	11
2.1 全球低空飞行器市场规模	11
2.2 全球低空飞行器企业发展	12
2.3 典型国家低空飞行器产业发展战略	17
第三章 中国从制造大国向低空强国的战略跃迁	31
3.1 进阶历程：大国博弈的“新赛道”	31
3.2 制度创新：从“管制”到“治理”的范式革命	32
3.3 产业地理：四大集群的“雁阵”布局	35
3.4 关键路口：机遇与挑战的博弈	41
第四章 低空飞行器产业链和供应链	44
4.1 产业链和供应链上游：强基之本与创新源头	44
4.2 产业链和供应链中游：整机集成与产品实现	53
4.3 产业链和供应链下游：价值实现与市场桥梁	65
4.4 产业链支撑：安全与质量保障基石	69
第五章 低空飞行器适航与安全	75
5.1 低空飞行器适航	75
5.2 低空飞行器安全	96
第六章 低空飞行器发展趋势与展望	109
6.1 发展趋势.....	109
6.2 未来展望.....	114

附录 1 低空飞行器重点企业名录与主要产品	117
附录 2 国家层面低空飞行器制造相关政策法规梳理	137
附录 3 地方层面低空飞行器制造相关政策法规汇总	139
附录 4 低空飞行器国家标准和行业标准	150
附录 5 低空飞行器产业典型案例	152

第一章 低空飞行器概念及产业体系

低空飞行器，正从科幻走进现实，从专业领域飞入寻常百姓的视野。它不仅是飞机或无人机的简单延伸，更是承载着我们迈向立体交通、智慧社会与绿色未来的全新载体。本章将系统阐述低空飞行器核心概念、多样化分类体系以及背后庞大的产业生态。

1.1 低空飞行器概念特征：打开“空中经济走廊”的大门

1.1.1 概念重构：六维定义的综合框架

什么是低空飞行器？它是低空经济的运行主体，我们不能仅用飞行高度来概括它。一个全面的低空飞行器定义，涵盖了六个关键维度，共同描绘出它的完整画像：

- **空间属性（Where）**：低空空域是未来“空中经济走廊”的主战场。目前，我国在法律层面尚未对低空空域的垂直范围作出统一定义。依据《关于深化我国低空空域管理改革的意见》（国发〔2010〕25号）¹，低空空域垂直范围原则为真高1000米以下，可根据不同地区特点和实际需要，具体划设高度范围；依据《国家空域基础分类方法》，非管制空域（G类）的垂直范围上限可拓展至平均海平面高度3000米以下。因此，随着各地区低空经济的实践，行业普遍将真高3000米以下视为低空经济实际运行空间，其中真高1000米以下是低空飞行器高频运行区。
- **载具属性（What）**：空气动力学的本质。低空飞行器是依

¹ 国务院，中央军委. 关于深化我国低空空域管理改革的意见：国发〔2010〕25号[A]. 2010-08-19.

靠空气动力学原理，通过机翼、旋翼或其它升力面与空气产生相对运动来获取升力，从而克服重力实现飞行的航空器。这一核心物理属性，将其与利用“地面效应”的气垫船、或依赖电磁力悬浮的磁悬浮列车等地面/近地运载工具进行了严格区分。

- **技术属性（How）**：智能增强与自主控制的深度融合。针对低空复杂环境，飞行器需打破传统技术边界，全面集成人工智能与自动控制技术。通过构建从感知到决策的智能神经系统，将先进技术贯穿于安全运行的每一个环节，实现从“依赖人工经验”到“依赖数字智能”的转变。
- **任务属性（Why）**：合规申报与受控运行。所有飞行活动必须严格遵循国家法律法规，履行标准化的任务申报与计划审批流程，主动接受监管部门的全程管理。在既定的空域与规则范围内有序运行。
- **价值属性（Value）**：多元场景驱动的经济与社会双重价值。低空飞行器是连接技术与市场的桥梁，具备显著的“工具”与“服务”双重属性。既能通过交通物流、生产作业创造商业红利，也能在应急救援、公共服务中通过“高维优势”解决社会痛点，实现经济价值与社会价值的统一。
- **安全属性（Rule）**：民航级的安全底线。通过严格的型号审定与产品认证，构建覆盖设计、制造、运行全生命周期的安全屏障，满足“民航级安全”要求，是低空飞行器合法投入运营的绝对前提。

因此，低空飞行器（Low-Altitude Aircraft, LAA）指在低空空域范围内，依靠空气动力学原理飞行，融合先进技术，执行多元任务，创造经济或社会价值，并达到民航安全标准或适航要求的各类飞行器的总称。

低空飞行器是支撑低空经济各业态运行的民用航空器统称，不仅包括传统通用航空器（如直升机、固定翼飞机等）、轻于空气的航空器（如飞艇、热气球等）和民用无人驾驶航空器，还涵盖了以电动垂直起降航空器和飞行汽车为代表的新型飞行器。



图 1.1 低空飞行器概念体系示意图

1.1.2 核心特征：五大趋势塑造“新低空”

低空飞行器之所以引发全球关注，源于其区别于传统航空器的鲜明特征：

1. 构型专用化

为精准匹配不同场景需求，呈现出“一型一景”的格局。无论是强调悬停稳定的多旋翼，还是兼顾垂直起降与高效巡航的复合翼，或是能实现“更快更远”的倾转旋翼，其设计都深度服务于特定任务。

2. 动力电驱化

航空业的“脱碳革命”，电力驱动成为主流。纯电力凭借零排放、低噪音优势占领短途市场；混合动力通过“油电/氢电”组合突破续航瓶颈；分布式电推进（DEP）技术不仅提升了能效，更极大提升了部分动力失效安全性。

3. 控制智能化

从“人控”到“数控”，飞控系统正演变为“环境感知-自主决策-智能执行”的数字大脑。借助人工智能、多传感器融合与高精度导航融合技术，低空飞行器已具备复杂空域下的动态避障与路径规划能力，降低了对人工操作的依赖。

4. 制造跨界化

打破了传统航空工业的边界，深度融合了汽车产业的规模化生产经验、消费电子产业的供应链模式以及新材料技术的突破，逐步探索形成“航空+新能源+信息通信技术+材料”的创新、融合生态。

5. 安全民航化

安全是低空飞行器产业发展的底线，其标准全面对标中国民用航空局（CAAC）要求，构建全生命周期的安全保障体系。尤

其是载人飞行器，需通过严格的型号合格证（TC）、生产合格证（PC）、适航合格证（AC）“三证”²审批，确保其在设计、制造和运行的每一个环节都万无一失。

1.2 低空飞行器分类体系：多维分类体系的“全景透视”

面对形态功能各异的低空飞行器，一个清晰的分类体系有助于把握产业全貌。本书摒弃单一视角，构建了一个多维分类框架。

1.2.1 按驾驶模式分类

1.有人驾驶飞行器：必须由持证飞行员在机上进行实时操控的飞行器，强调人机交互界面的友好性与适航安全性。

2.无人驾驶飞行器：机上无飞行员，通过地面遥控站或机载自主程序控制飞行。

3.可选有人驾驶飞行器：有人监控的自主飞行，介于有人与无人之间，人可以在定义情况下接管控制飞行器。

1.2.2 按飞行器构型分类

1.固定翼：依靠固定机翼与空气相对运动产生升力，高效率、长航程，适合远距离作业，但依赖跑道。

2.旋翼：依靠大直径旋翼提供升力与推力，具备优秀的悬停与低速性能，但机械结构复杂，维护成本高。

3.多旋翼飞行器：通过改变多个螺旋桨的转速差实现姿态控制。结构简单、控制灵活，是消费级无人机的主流构型，但受限于电池能量密度，航时较短。

4.复合推进：拥有独立的垂直起降螺旋桨和水平推进螺旋桨，结构相对简单。

² TC 是对民用航空产品型号设计的批准，PC 是生产制造的批准，AC 是单机适航的批准。

5.倾转推进：推进装置可在垂直与水平方向间偏转。技术难度最高，但巡航速度与航程性能最优，进一步提升气动效率。

6.浮空器：利用氦气等轻质气体产生静升力，可长时间滞空。

7.陆空一体化：

(1) 一体式：在同一载体上整合飞行与行驶功能（如折叠机翼）。

(2) 分体式：“陆行母舰+飞行体”分离设计。陆行体负责地面移动与补能，飞行体负责空中作业。

1.2.3 按动力系统分类

1.燃油动力：通过内燃机（活塞发动机、涡轴发动机、涡桨发动机、涡扇发动机、涡喷发动机）将航空燃油的化学能转化为机械能，在长航时、大载重的通用航空器及大型无人机领域仍占据主导地位。

2.纯电动：以蓄电池（主要为锂离子电池、半固态/固态电池）为能源，通过电动机驱动螺旋桨或涵道风扇产生推力，是实现低空飞行器零排放、低噪声运行的理想方案。

3.氢动力：通过电化学反应将氢气的化学能直接转化为电能，驱动电动机；或在改型的燃气涡轮发动机中直接燃烧氢气，驱动航空发动机。

4.混合动力：多能源耦合，集成燃油、纯电、氢能和太阳能等技术优势，改善续航和经济性。

1.2.4 按适航管理分类

1.标准适航类（Standard Category）：适用技术成熟、构型传

统的有人驾驶通用航空器，直接适用现行成熟的适航标准，无需大量制定专用条件，必须取得型号合格证、生产许可证、单机适航证，包括正常类飞机（CCAR-23 部）、正常类旋翼航空器（CCAR-27 部）和运输类旋翼航空器（CCAR-29 部）等。

2.特殊类别/专用条件类（Special Class/Special Conditions）：适用构型新颖、现有规章无法完全覆盖的新型飞行器（主要是载人 eVTOL）。依据 CCAR-21 部第 21.17（二）条款，采用“一事一议”的方式制定专用条件。虽然同样需要取得型号合格证、生产许可证、单机适航证，但审定基础是定制化的。

3.无人驾驶航空器类（UAS Category）：适用除去载人 eVTOL 以外的各型民用无人机。依据《民用无人驾驶航空器系统适航安全评定指南》和《民用无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，按运行风险分级管理。涵盖适航审定类（高风险），如中型和大型无人机（最大起飞重量超过 25kg）；设计生产批准类（中等风险），如在特定场景运行的中小型无人机（不需要 TC/AC，但需要取得设计生产批准函）；产品合规类（低风险），如微型、轻型、小型无人机，以消费级为主，无需适航审定。

4.特许/实验飞行类（Special Flight Permit）：适用尚未取得上述证件，但需要上天进行研发试飞、演示验证的飞行器。属于临时性的行政许可，非永久适航状态。主要针对正在研发中的原型机（如处于试飞阶段的 eVTOL 或验证机）。限制特定的时间、空域和用途，严禁开展商业运营。

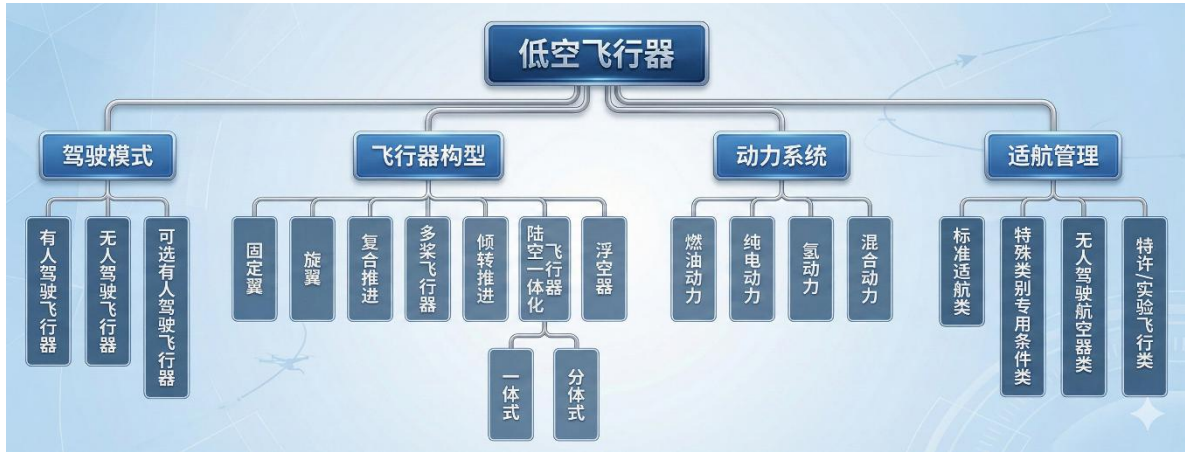


图 1.2 低空飞行器分类体系

1.3 低空飞行器产业体系：绘制万亿市场的“价值曲线”

低空飞行器产业链清晰地划分为上、中、下游三个核心环节，并由支撑体系贯穿始终，共同构成完整、协同的产业生态：

上游环节是产业的基石，提供“原材料、元器件、标准件、设备/系统、动力/能源”。例如，决定飞行器轻量化的碳纤维复合材料，作为“心脏”的动力系统，作为“大脑”的飞控系统和芯片，以及作为“眼睛”的导航与感知系统。该环节技术壁垒高，是技术创新的策源地。

中游环节是产业的核心，扮演“超级系统集成商”角色。整机制造商将上游数以万计的零部件整合成安全、可靠、高效的最终产品，包括通用飞机、无人机、eVTOL、飞行汽车等。此环节技术复杂，是品牌和价值集中的体现。

下游环节是连接产品与用户的纽带，实现产业的商业价值。它包括销售、维修、租赁、飞行培训等传统业态，以及城市空中交通运营、无人机物流配送、农业植保服务等新兴商业模式。

支撑体系是包括检验检测、测试试飞、适航审定等环节的生

产性服务业，如同产业的“免疫系统”，深度融入全链条，为安全性、可靠性和合规性保驾护航。

从价值链分布看，低空飞行器产业呈现“上游定性能、中游定集成、下游定生态”的价值分布逻辑。据行业相关研究数据显示：动力、航电、能源系统是高价值量环节，合计占低空飞行器总成本的 1/2—2/3³，且不同类型飞行器价值结构存在显著差异：

传统通用航空器价值构成相对均衡，动力系统约占 20%-25%，航电系统（包括飞控系统、导航系统、通信系统）和机电系统约占比 25%-30%，机体结构约占比 30%-35%。**大型无人机**系统价值高度集中于核心系统。动力系统和航电系统合计约占无人机系统总价值的 50%-70%，任务载荷约占 10%-20%。**中小型/轻型/微型无人机**价值向任务载荷倾斜，动力系统和航电系统合计约占 20%，而任务载荷（如高性能相机、专业传感器、作业模块）占比可达 40%-70%。**新型低空飞行器**（eVTOL 和高端无人机）制造中，通常中游整机集成环节的价值占比显著高于传统制造业。其中，航电系统占比约 27%，能源系统占比约 13%，动力系统占比约 19%，结构机身与座舱内饰系统占比约 33%，组装集成占比约 8%⁴。整机制造商不仅需要掌握传统航空工程的气动、结构、系统集成技术，还必须深度融合电池管理、分布式电推进、智能飞控、网联通信等前沿科技。这种跨学科、高复杂度的系统整合能力构成了极高的行业门槛，赋予了整机制造商强大的产业链议价能力和价值分配主导权。

³ 资料来源：粤开证券.《低空经济总体特征、发展态势与未来趋势——低空经济研究之总览篇》.

⁴ 资料来源：保时捷管理咨询.《驾乘低空经济新风，畅享新质出行体验》.

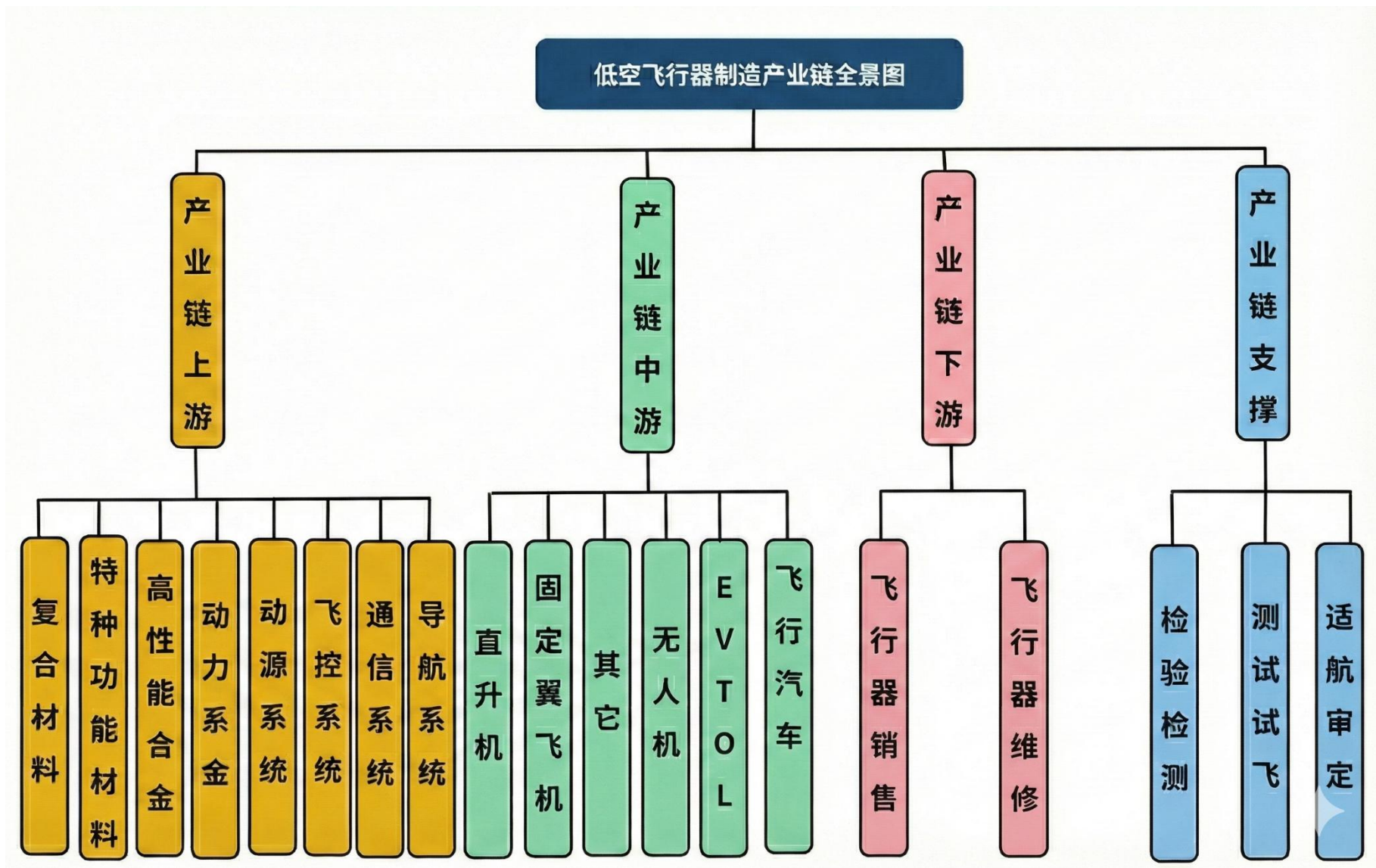


图 1.3 低空飞行器制造产业链全景图

第二章 全球低空飞行器产业发展综述

全球低空飞行器产业呈现出传统通用航空器、无人机与 eVTOL 协同演进的新格局。传统通用航空器聚焦绿色转型，无人机市场格局初定，eVTOL 商业化曙光初现。三者并行发展又相互交融，正共同开启一个规模化、智能化与绿色化的低空经济新纪元。

2.1 全球低空飞行器市场规模

传统通用航空器市场相对成熟但仍在稳步增长。2024 年，通用航空器整体出货量与销售额较 2023 年呈现全面增长态势，交付总额达 319 亿美元，同比增长 13.7%⁵。根据 Global Market Insights⁶预测，2029 年全球通用航空器市场规模将达到 402.0 亿美元，复合年增长率为 4.72%。

无人机市场结构高度集中，是低空经济中技术最成熟、应用最广泛的领域。中国在全球无人机市场中占据绝对主导地位。据统计，深圳已集聚 1900 余家低空经济产业链企业，消费级无人机占据了全球 70% 的市场份额，而工业级无人机的市场份额也达到了 50%，2024 年全市低空经济年产值超过 900 亿元，形成全球领先优势。

eVTOL 市场是低空飞行器最具增长潜力的板块。不同咨询机构对 eVTOL 市场爆发节点的预测存在差异，但增长趋势一致。Insight Partners⁷预测全球 eVTOL 市场规模将从 2025 年的 5.198

⁵ 资料来源：美国通用航空制造商协会（GAMA）。《2024 年度通用飞机交付报告》。

⁶ 资料来源：Mordor Intelligence。《通用航空市场规模和份额分析 - 增长趋势和预测(2024 - 2029)》。

⁷ 资料来源：Insight Partners。《eVTOL Aircraft Market Share and Forecast by 2031》。

亿美元增长到 2031 年的 32.31 亿美元，复合年增长率为 35.6%。Grand View Research⁸的报告指出，2024 年全球 eVTOL 市场规模为 20.7 亿美元，预计到 2030 年增至 286.1 亿美元，复合年增长率为 54.9%。

2.2 全球低空飞行器企业发展

2.2.1 传统通用航空器企业：格局稳定、新途竞发

传统通用航空器企业已形成“巨头全维掌控—专家深耕利基—并购型新玩家渗透”的三层结构。全品类巨头以德事隆、西锐、庞巴迪、空客直升机为代表，用“全生命周期生态”继续锁定传统通用航空器市场，2025 年上半年，西锐和德事隆两家企业分别交付了 350 架和 300 架，占全部市场份额 45%。利基专家的代表是皮拉图斯、空中拖拉机、罗宾逊等，在特定机型或技术路线上建立了独特优势，成为特定场景的“默认选项”。PC-12 全球机队超 1700 架，二手市场活跃；AT-802 占据全球农林喷洒市场的 55%，其喷嘴、药箱、襟翼已迭代六代，成为行业模板。新玩家以万丰航空、中航通飞为代表，通过一次性收购百年品牌、现成型号、适航证和生产设施，期望通过速度优势、成本优势获得一席之地。

同时，新能源同步落地，成为各层企业对冲存量瓶颈、抢占新机遇的共同抓手。德事隆的两座电动教练机验证机已于 2025 年 5 月进入美国联邦航空管理局（FAA）适航预审。空客直升机的氢燃料电池原型机“Bluecopter”已实现 45 分钟悬停与 120 公里航线飞行，同时向欧洲航空安全局（EASA）提交了《氢动力

⁸ 资料来源：Grand View Research. 《eVTOL Aircraft Market (2024 - 2030)》.

直升机运行技术标准》草案，意在主导下一轮适航规则。皮拉图斯与加拿大 Pratt & Whitney 共同启动 PC-12 HEV 项目，目标是延长航时 30%。空中拖拉机与美国 Universal Hydrogen 合作，将 AT-802 改装为 1000 hp 氢内燃机，已于 2025 年 5 月完成 45 分钟农林喷洒试飞。

2.2.2 无人机企业：一极主导、多元并存

在激烈的市场竞争中，全球数千家无人机企业构成了庞大市场，可划分为四个梯队：

第一梯队：生态构建者。这些企业已成为行业的定义者和规则制定者，其核心特征是通过技术领先和生态系统形成了强大的市场壁垒。这些企业不仅拥有全栈技术能力，更重要的是构建了完整的产业生态体系。典型代表是大疆创新，其全球消费级无人机市场占有率超过 70%。

第二梯队：垂直领域专家。这些企业采取差异化竞争策略，专注于特定行业应用的深度挖掘。它们通过对垂直行业需求的深刻理解，将无人机平台与专业载荷、行业软件和作业流程紧密结合，提供端到端的解决方案，通过建立行业标准合作生态和积累专属数据构筑自己的“护城河”。典型代表是极飞科技、纵横股份和 Skydio 等。

第三梯队：模式验证者。这些企业通常已完成技术验证，正处于市场试点阶段。比如专注无人机自动化机库系统的星逻智能、专注业务场景即时配送服务的美团等。它们的优势在于组织灵活性和创新活力，但面临技术可行性和资金链的多重挑战。

第四梯队：产业配套者。这些企业是行业的补充力量，主要包括三类企业：从事零部件供应或代工制造的配套企业、进行技术跟踪的模仿型公司，以及因技术路线或市场策略失误而发展受阻的项目。

表 2.1 全球主要无人机企业详细信息表

企业名称	国籍	代表产品	市场定位	融资情况
大疆创新	中国	Mavic 3/4 系列	全球市场领导者	未上市，到 2025 年共完成 7 轮融资
极飞科技	中国	P 系列农业无人机	农业无人机领导者	获得由高瓴创投领投的 12 亿元融资
纵横股份	中国	CW-15/25/40	垂直起降固定翼专家	科创板上市，融资约 5 亿元
Skydio	美国	Skydio X10	企业级自主飞行	完成 2.3 亿美元 E 轮融资
Parrot	法国	ANAFI 系列	欧洲市场重要参与者	在巴黎泛欧交易所上市
科比特	中国	防爆无人机系列	能源巡检专家	完成 2.5 亿元融资
星逻智能	中国	无人机机库	智慧城市解决方案	完成数千万元融资
美团	中国	无人机配送系统	即时配送服务	——
中科云图	中国	智能巡检系统	电力巡检专家	完成 C 轮融资
道通智能	中国	EVO 系列	高端消费市场	2022 年已完成上市辅导
数字绿土	中国	LiDAR 系统	地理信息专家	完成亿元级融资
飞马机器人	中国	D2000 系列	测绘领域专家	到 2021 年已完成 7 轮融资
星图无人机	中国	遥感监测系统	环保应用专家	完成数千万元融资
智能鸟	中国	固定翼无人机	传统航测领域	新三板挂牌
华晟无人机	中国	工业级平台	无人机教育市场	完成 A 轮融资
Airborne	以色列	侦察无人机	军事应用专家	——
Insitu	美国	扫描鹰系统	军工领域领导者	3 轮融资共筹集 2740 万美元
AeroVironment	美国	美洲狮系统	防务市场重要玩家	纳斯达克上市
迅蚁科技	中国	物流无人机	城市物流专家	完成数千万元融资
云圣智能	中国	虎鲸无人机	全自动巡检系统	完成数亿元融资

2.2.3 eVTOL 企业：一马当先、梯队竞逐

eVTOL 广阔的发展前景吸引了众多航空航天企业、汽车企业、科技公司入局，全球已有超过 800 家企业正在研发 eVTOL 产品。全球 eVTOL 企业可划分为四个梯队：

第一梯队：商业化领跑者。这些企业已经成功穿越技术验证和适航认证初期壁垒，获得了监管机构颁发的型号合格证，或处于取证的最后冲刺阶段，站在规模化商业应用起点。中国的亿航智能是全球首个获得型号合格证、生产许可证和标准适航证的企业，EH216-S 已在国内外多个城市开展商业载人运营。美国的 Joby Aviation 和 Archer Aviation 已进入 FAA 型号合格证审定的最后阶段。

第二梯队：认证攻坚者。这些企业的技术方案已通过原型机首飞得到了验证，正处于适航审定阶段，已正式向 FAA、EASA 或 CAAC 等提交了型号合格证申请。德国的 Volocopter、美国的 Beta Technologies、英国的 Vertical Aerospace，以及中国的沃飞长空和时的科技等均属此类。

第三梯队：原型验证者。这些企业的核心任务是证明其技术路线的可行性，它们处于从概念设计迈向实物验证的关键一步，典型特征是已经成功制造并试飞了原型机，但尚未正式启动适航审定申请程序。现代汽车集团旗下 Supernal 公司开发的 SA-2 机型；日本 SkyDrive 机型已成功进行载人飞行演示。

第四梯队：长尾探索者。这个梯队企业数量最为庞大，主要包括两类：一类是初创公司，仅停留在概念设计、渲染图、宣传视频或缩比模型测试阶段；另一类是进展缓慢或已陷入停滞的项目，它们可能曾引起过市场关注，但存在技术瓶颈、资金链断裂、核心团队变动等问题。谷歌联合创始人拉里·佩奇投资的 Kitty Hawk 公司已宣布停止其 Heaviside 等 eVTOL 项目运营。

表 2.2 全球头部 eVTOL 企业基本信息

序号	企业名称	国籍	代表型号	适航认证进展	融资情况
1	亿航智能	中国	EH216-S	已获 CAAC 颁发 TC 证、PC 证、AC 证，并完成商业运营合格审定。	纳斯达克上市。
2	Joby Aviation	美国	Joby S4	已进入 FAA 的 TC 证审定最后阶段。	通过 SPAC 上市。
3	Vertical Aerospace	英国	VA-X4	已进入英国民航局（CAA）和 EASA 的 TC 证审定阶段。	通过 SPAC 上市。
4	Eve Air Mobility	巴西	eVTOL	已进入巴西民航局（ANAC）、FAA 和 EASA 的联合 TC 证审定阶段。	通过 SPAC 上市。
5	小鹏汇天	中国	旅航者 X2	正在积极筹备并向 CAAC 申请适航认证。	完成 A 轮、B1、B2 轮多轮融资，累计股权融资额达 7.5 亿美元。
6	Archer Aviation	美国	Midnight	已获得 FAA 颁发的 G-1 文件，正式进入 TC 证审定阶段。	通过 SPAC 上市。
7	Volocopter	德国	VoloCity	已进入 EASA 的 TC 证审定最后阶段。	获得梅赛德斯-奔驰、吉利汽车等战略投资。
8	Beta Technologies	美国	ALIA	已进入 FAA 的 TC 证审定流程，其货运构型是重点。	纽交所上市。
9	沃飞长空	中国	AE200	已进入 CAAC 的 TC 证审定最终阶段。	完成 A、A+、B、B+ 等 4 轮股权融资。
10	时的科技	中国	E20	已进入 CAAC 的 TC 证审定阶段。	获得 B++ 轮 3 亿元融资。
11	峰飞航空	中国	V2000EM; V2000CG	V2000CG 已集齐“三证”，完成取证并交付。	获得 Team Global、宁德时代数亿美金战略投资。
12	Wisk Aero	美国	Generation 6	已获得 FAA 颁发的 G-1 文件，正式进入 TC 证审定阶段。	获得波音数亿美元资金支持，是波音 UAM 战略核心。
13	Supernal	美国	SA-2	已向 FAA 提交 G-1 文件。	无外部融资，资金完全来自现代汽车集团。
14	Jaunt Air Mobility	加拿大	Journey	已进入加拿大交通部和美国 FAA 的 TC 审定流程。	通过 SPAC 上市。

2.3 典型国家低空飞行器产业发展战略

2.3.1 欧盟低空飞行器产业发展战略

1. 发展历程

欧盟低空飞行器产业历经数十年发展，从战后传统通用航空的复苏，逐步迈向电动化、无人化与智能化的新阶段。这一历程可划分为四个演进时期：

（1）战后复苏与基础奠定期（1945-1960 年代）：二战后，为恢复航空工业体系，欧洲各国相继启动通用航空器研制计划，纷纷建立航空设计研究机构与试飞中心。比如，法国 Morane-Saulnier 公司，英国 Beagle Aircraft、Scottish Aviation 公司和德国 MBB 公司等。

（2）体系化与规模化发展期（1970-1990 年代）：进入 1970 年代，迈向体系化发展。空中客车公司（Airbus）的组建标志着欧洲航空工业整合的开始，带动了 SOCATA、德国 Grob Aircraft、意大利 Partenavia 及奥地利 Diamond Aircraft 等一批企业相继成立或扩产。产业格局演变为以固定翼轻型机、教练机和直升机为核心的多层次制造体系。

（3）技术转型与创新探索期（2000-2010 年代）：随着全球航空技术的进步，欧洲企业开始探索新材料与新工艺的应用。德国 Grob Aircraft 在碳纤维复合材料结构、自动化装配及自研航电系统方面的创新，为轻型飞机的大规模生产和性能优化提供了有力支撑，产业重心开始从传统制造向技术创新转移。

（4）智能化与绿色化跃升期（2010 年代至今）：2010 年代

以来，在“双碳”战略与数字化转型的驱动下，欧洲低空飞行器产业加速向电动化、无人驾驶化迈进。截至 2025 年，欧洲已汇聚数千家无人机及轻型飞行器企业，形成了覆盖整机制造、动力系统、eVTOL 研发等全产业链，代表性企业有德国 Grob Aircraft、意大利 Tecnam 及英国 Vertical Aerospace 等。

2. 关键政策与战略

为在全球低空经济竞争中占据主导，欧盟正精细勾勒其低空发展战略蓝图。它试图超越单一技术扶持，转向空域、规则、产业与资金等要素的协同推进，意在塑造安全、高效且可持续的低空飞行器产业未来。

（1）空域整合：构建一体化与数字化的低空治理新范式

针对欧洲空域长期存在的碎片化问题，欧盟委员会持续推进 2004 年启动的“单一欧洲天空计划”（SES）。该计划通过跨国界的空域整合，建立统一的空域运行标准和技术规范体系，极大地降低了不同成员国在空管要求、通信导航监视标准上的差异，为无人机、eVTOL 等新型低空飞行器跨国界设计、适航认证及商业运营提供了可预期的制度环境。同时，SES 及其技术支撑项目大力推动的数字化通信与卫星监视技术升级，直接构成了未来城市空中交通运行的技术底座。

为解决无人机与传统飞行器在低空空域的安全共存问题，欧盟于 2016 年提出了极具创新性的 U-space 概念。这是一种高度数字化的空域治理生态，通过数字化手段实现无人机飞行计划申报、动态信息共享及冲突自动解脱，旨在将无人机全面融入欧洲

空域体系。欧盟制定了清晰的“四步走”建设路线图：第一阶段（2019年起）建立基础服务，实现注册与远程识别；第二阶段（2021年起）提供初始服务，包括飞行审批与空域动态管理；第三阶段（2025年起）进入高级服务期，重点攻克空域容量管理与冲突监测，支持更复杂的商业运行；第四阶段（2035年起）实现全面智能化，达成无人机与有人机的无缝融合。这一系统为低空飞行器的商业化应用提供了不可或缺的基础设施支撑。

（2）统一监管：确立 EASA 核心权威与基于风险规则体系
在法律层面，欧盟通过立法确立了统一的监管权威，并创新性地引入了“基于风险”的监管逻辑，解决了新兴飞行器无法套用传统法规难题。2018年7月颁布的《第2018/1139号法规》是欧盟低空经济治理的里程碑，被称为“基础法规”。该法规首次在法律层面明确了 EASA 对除国家飞行器外所有无人机类别的监管权限，结束了过去各国规则林立的局面。

在基础法规框架下，EASA 摒弃了传统“设备导向”监管模式，转而建立了一套灵活的“风险导向”规则体系。该体系将无人机运行划分为“开放类、特定类、认证类”三个层级：开放类适用于低风险操作，无需预先审批；特定类针对中等风险，需进行风险评估；认证类则面向高风险场景，需满足类似有人驾驶飞行器的适航要求。这种分级管理机制既保障了公共安全，又为不同类型的商业创新预留了合规空间，极大地促进了低空应用场景的多元化发展。

（3）科研驱动：以前瞻布局引领低空技术绿色智能变革

欧盟依托强大的科研框架计划，持续为低空飞行器的绿色化、智能化技术提供高强度的资金与平台支持。从“地平线 2020”到“地平线欧洲”，欧盟构建了连贯的科研资助体系。前期计划重点突破了无人机自主飞行、通信链路及低噪声设计等基础技术，并支持了 U-space 的早期验证。2021 年启动的“地平线欧洲”则进一步聚焦“数字、工业与空间”集群，重点投向绿色推进技术、氢能飞行器、先进空域管理系统及数字化测试平台。该计划致力于构建从基础研究到产业化验证的贯通式创新链条，确保欧洲在低空科技领域保持领先地位。

面向 2050 碳中和目标，欧盟推出了总投资规模约 660 亿欧元的《航空研究与创新战略》(ARIS)。该战略将温室气体减排、高效飞行器技术及低空数字空管体系作为核心投资方向，大力推动低空飞行器向电动化、混合动力及氢能源转型。ARIS 特别强调提升产业链韧性，致力于减少对关键材料和先进制造工艺的对外依赖，同时推动绿色推进系统、氢动力航空及智能无人机操作标准的制定，以技术标准的主导权抢占全球低空经济制高点。

(4) 资金保障：双轮驱动实现战略牵引与市场培育

在资金支持层面，欧盟采取了欧盟层面战略基金与成员国财政工具相结合的复合模式。一方面，利用欧洲防务基金作为核心杠杆，强化国防需求对前沿技术的牵引作用。根据《维护和平-防务准备路线图 2030》，欧盟已将“无人机与反无人机”列为九大关键能力联盟之一，并启动了标志性的“欧洲无人机墙”旗舰项目，重点资助具有战略意义的防务研发项目，通过提升欧洲的集

体防御能力，间接带动了无人机感知、控制及通信等通用技术的成熟，实现了国防投入对民用产业的技术溢出。另一方面，欧盟成员国积极运用国家援助与公共采购工具，为本土企业创造确定的市场预期。在符合欧盟竞争政策的前提下，德国、法国等航空强国通过研发补贴和税收抵免，直接降低企业的研发成本。更为关键的是，各国政府充分发挥“首购首用”的示范效应，在公共安全、环境监测、基础设施巡检等领域大量采购本土无人机服务。这种政府采购不仅为处于早期的低空企业提供了宝贵的现金流，更为产品迭代提供了真实的验证场景，通过规模效应有效摊薄了生产成本，加速了技术的商业化进程。

2.3.2 美国低空飞行器产业发展战略

1. 发展历程

美国低空飞行器产业的发展脉络清晰，从军事与通航的深厚根基出发，历经技术融合、法规破局，正迈向电动化与先进空中交通的全新范式。这一历程可划分为四个演进时期：

(1) 产业奠基期（20 世纪初-1990 年代）：美国低空飞行器产业源头可追溯至 20 世纪初，在莱特兄弟完成首次成功飞行后，迅速成为世界航空业中心。1916 年的“凯特林飞虫”无人机与 1950 年大规模生产的 AQM-34 “火蜂” 侦察机，标志着军用无人机技术的持续探索。与此同时，赛斯纳、派珀、比奇的崛起，推动了轻型飞机在私人飞行、农林作业等领域的普及，为产业奠定了坚实的制造、供应链与市场基础。

(2) 技术融合期（1990 年代—2016 年）：“捕食者”等军

用系统在关键技术趋于成熟，为消费级无人机的出现提供了技术土壤。2010 年代前后，无人机技术开始在消费领域扩散，催生了 3D Robotics 等美国本土企业的早期探索。与此同时，通用航空器开始显现电动化苗头，Pipistrel 电动飞机通过分销渠道进入美国，为传统通航的转型提供了早期示范。

(3) 法规破局期（2016 年—2020 年代初）：2016 年，FAA 颁布的《小型无人机系统规则》（Part 107）为整个商业无人机运营提供了清晰、统一的法律框架，成为产业发展的分水岭。这一监管框架的确立，促使无人机应用迅速从消费娱乐拓展至巡检、测绘、农业等各行各业，一个全新的产业生态得以快速形成和壮大。

(4) 范式变革期（2020 年代初至今）：在电池、电机与飞控技术的推动下，eVTOL 从概念走向前台。Joby Aviation, Archer Aviation, Beta Technologies 等公司尤为活跃，致力于开发用于客运、货运的下一代飞行器，并与传统航司合作规划未来空中交通网络。与此同时，传统通用航空的全面电动化也在加速，如 Bye Aerospace 正研发电动赛斯纳 172 级别飞机。美国低空飞行器产业由此进入一个传统与创新深度交织、旨在重塑未来城市交通格局的全新时期。

2. 关键政策与战略

在全球低空竞争格局未定之际，美国的产业政策核心，在于通过精准的监管沙盒、市场保护与资本动员等，主动塑造一个以美国技术与规则为核心的新兴产业生态。

(1) 监管创新：构建“审慎包容、动态调整”的治理体系

通过构建灵活且富有弹性的监管框架，为产业发展提供了关键支撑。其创新之处在于采取了“分步走”的动态策略：2016年率先出台《小型无人机系统规则》（Part 107），建立起全球首个系统化的商业无人机运营框架，为常规应用提供了明确合规路径。为突破 Part 107 在夜间飞行、超视距操作等方面的限制，FAA 相继启动“无人机系统集成试点计划”（IPP）及其升级版“BEYOND 计划”，通过设立“监管沙盒”，在选定区域与企业合作测试高风险应用，收集真实数据以支撑法规优化。2025年推出的“先进空中交通整合试点项目”（eIPP）进一步将该模式延伸至 eVTOL 领域，允许其在完成全面认证前开展实验性飞行，涵盖航空出租车、区域客运等五大场景，为技术商业化铺设了政策快车道。这种从基础规则建立到持续突破创新的监管智慧，既确保了安全底线，又为产业演进保留了充足空间。

(2) 产业激励：构建“内生增长”与“外部防护”并举的政策体系

美国通过“培育”与“防护”相结合的政策组合，系统性地扶持本土低空飞行器产业。在“内生增长”层面，政府主要扮演“赋能者”：一方面通过研发税收抵免和设备投资减免等普惠性政策，全面降低企业的创新成本与投资门槛；另一方面，通过国防部的 SBIR、APFIT 等专项计划，为初创企业提供从研发到量产的关键资金支持，填补“死亡之谷”。在“外部防护”层面，政府则扮演“守护者”，通过《国防授权法》第 848 条及一系列

行政命令，在联邦采购中设立“中国无人机”禁令。这并非简单的贸易保护，而是通过人为创造一个受保护的“安全市场”，确保本土技术有足够的空间完成迭代并降低成本，最终实现竞争力的内生性跨越。

（3）供应链安全：确立“安全优先、本土主导”的防御战略

美国通过强力政策组合推动低空产业供应链重构，战略核心从“市场开放”转向“安全优先”。2025年《释放美国无人机主导地位》（UADD）与《恢复美国空域主权》（RAAS）行政令标志着这一转变：UADD 聚焦产业竞争力，通过优先采购美国制造、出口管制豁免等措施培育本土制造能力；RAAS 则侧重国家安全，要求部署探测跟踪设备监控无人机威胁，并成立联邦任务小组协调跨部门行动。这种“产业扶持+安全管控”的双轨策略既保护本土企业免受低价竞争，又通过《国防授权法》第 848 条等采购禁令倒逼供应链回流。政策效果立竿见影，大量资本涌入美国无人机企业，促使企业加速扩大本土产能，构建安全自主的产业生态。

（4）战略协同：立法明确跨部门职责与顶层路线图

《先进空中交通（AAM）协调及领导力法案》为美国低空经济发展提供了至关重要的顶层设计。该法案授权成立由交通部长领导的跨部门工作组，系统整合涉及空域管理（FAA）、国家安全（国防部）、产业政策（商务部）、技术研发（NASA）等关键部门的资源与职责。通过要求制定国家 AAM 战略，该法案为产业发展描绘了清晰路线图，明确政府在基础设施建设、频谱分

配、安全标准等方面的支持方向。这种自上而下的政策确定性有效解决了以往各部门职责分散、协调不足的问题，为吸引私人投资、引导企业研发创造了稳定环境，确保美国在全球 AAM 竞争中保持领先地位。

(5) 资本动员：形成“政府引导”与“市场主导”共振效应
美国充分利用其发达的资本市场，为低空飞行器产业注入了强大动力，形成了独特的双轮驱动模式。一重驱动是“政府引导”，以国防部等机构为核心，通过 APFIT（单个项目资助高达 3000 万美元）、SBIR 等计划，直接填补技术从实验室到生产线之间的巨额资金缺口，其目标是解决单纯市场资本不愿涉足的高风险、早期研发难题。另一重驱动是“市场主导”，表现为 SPAC 等灵活的上市机制，使像 Joby Aviation 这样的头部企业能够快速获得数十亿美元的市场化融资，以支撑其资本密集的认知与规模化进程。这两种力量并非割裂，而是形成了有效共振：政府的前期资助为企业赢得了技术可行性，从而为其后续吸引大规模市场资本铺平了道路。

2.3.3 日韩低空飞行器产业发展战略

日韩作为亚太地区航空工业的重要力量，在低空飞行器产业发展中展现出截然不同的战略路径。日本通过“空中移动革命”战略推动传统通航产业向电动化、无人化转型，拟在全球产业格局重构中重塑竞争优势。韩国则以城市空中交通（UAM）为突破口，通过政府主导的大规模实证项目快速验证技术可行性，力争在 eVTOL 商业化进程中抢占先机。

1.日本：研发先行、应用滞后

日本低空飞行器产业的发展始终围绕“技术自主可控”与“产业链完整性”两大核心目标展开。进入 21 世纪后，面对全球航空产业电动化、智能化浪潮，日本政府将低空经济视为重振航空制造业、应对人口老龄化与区域发展不均的战略抓手。2018 年 12 月，经济产业省与国土交通省联合发布《空中移动革命路线图》，首次系统提出以无人机物流与载人 eVTOL 为核心的产业愿景，明确了“2023 年启动商业化运营、2030 年实现大规模应用”的时间表。

然而，三菱 SpaceJet 项目的折戟为日本敲响警钟。这一历时 15 年、耗资数千亿日元的国产支线客机项目，最终因适航认证受阻、供应链管理失控于 2023 年 2 月正式终止，暴露出日本在“举国体制”执行层面的结构性短板。日本政府于 2024 年 4 月发布《飞行器产业战略 2024》，标志着战略思路的根本性调整。新战略摒弃了“全面自主研发整机”的执念，转而确立“国际合作中创出整机事业”的务实路径。在低空飞行器领域，提出在 eVTOL、混合动力飞机、氢能航空等新兴领域主动争取主导地位，通过“主流市场升级+新兴市场抢滩”的双轨策略积累全机集成与适航认证经验。

为了实现低空飞行器技术突破，2022 年，日本启动了“面向次世代空中出行社会实施的实现项目”（ReAMo Project）。项目周期为 2022-2026 年，总预算约 150 亿日元（后续追加至 200 亿日元）。项目聚焦两大技术支柱：一是新型飞行器安全性评价方

法，针对无人机“第一种机体认证”和 eVTOL 专属适航标准开展系统研究，破解现有航空法规无法覆盖新技术的困境；二是高密度运行管理技术，通过构建低空空域共享架构、开发多层次冲突回避技术，为未来自动自律飞行奠定基础。值得关注的是，项目在 2025 年进入关键转折期。基于 2022-2024 年的实证数据，发现“1 名飞手同时操作 5 架无人机”已触及人工监控的安全边界，难以支撑商业化运营所需的成本效益。为此，2025 年 4 月追加公募方案明确提出：到 2026 年项目收官前实现单人操作 6-10 架无人机，核心突破点是“不依赖摄像头的周边状况确认技术”，通过传感器融合态势感知系统与自动化风险评估算法，彻底摆脱人工目视监控的桎梏。这一技术路线调整直接回应了美国 Wing、Zipline 等企业凭借 FAA 豁免许可实现 1:16 运航比例的国际竞争压力，体现了日本在技术自主与市场效率之间的艰难平衡。

然而，在产业生态构建方面，日本呈现出“强基础、弱整机”的结构性矛盾。日本企业在无人机系统集成、氢燃料电池、先进复合材料等上游环节保持技术领先，但整机制造环节缺乏具有国际竞争力的龙头企业。截至 2025 年 11 月，日本本土尚无 eVTOL 企业完成适航认证，SkyDrive 的 SD-05 机型虽在 2023 年完成载人飞行演示，但型号合格证申请进展缓慢。为了扭转这一局面，日本政府在《飞行器产业战略 2024》中明确支持现代汽车集团旗下 Supernal 等外资企业在日设立研发中心，通过“技术换市场”的开放策略弥补整机制造短板。2025 年 10 月，日本经济产业省进一步宣布将 UAM 纳入“经济安全保障重要技术培育计划（K

Program)”，为关键技术攻关提供长期稳定资金支持，显示出日本试图在全球低空经济“第二轮竞争”中后来居上的战略决心。

2. 韩国：战略聚焦、集成发展

韩国低空飞行器产业的崛起源于对城市治理痛点的精准把握。首尔及周边首都圈聚集全国超半数人口，地面交通早已逼近承载极限，传统基建扩张难以根治拥堵顽疾。在此背景下，UAM被韩国政府视为破解“大城市病”的战略解决方案。2020年6月，韩国国土交通部（MOLIT）发布《K-UAM路线图》，提出“2025年初步商业化、2035年成熟运营”的宏伟目标，并升级原“公私联合技术委员会”为“UAM Team Korea”政策共同体，汇聚现代汽车、韩华系统、大韩航空、SK电讯等产业巨头，形成了政府主导、财阀支撑的推进机制。与日本的技术自主导向不同，韩国的核心策略是“以实证验证破解政策瓶颈、以场景牵引倒逼技术成熟”。

K-UAM战略的精髓体现在《运营概念书 1.0》（2021年9月发布）。该文件系统定义了韩国UAM的三阶段演进路径：2025-2029年，采用“机长登机”模式，依托4G/5G商用网络，在固定航线内运行，重点验证系统安全性；2030—2034年，引入远程操控技术，逐步过渡到无驾驶员模式，航路扩展至广域都市圈；2035年，实现完全自主飞行，服务范围覆盖全国并支持按需实时优化航路。

将K-UAM战略理论蓝图转化为工程现实的关键载体是“K-UAM Grand Challenge”项目。该项目由韩国航空宇宙研究院承

办，分两阶段实施：第一阶段（2023年8月-2024年12月）在全罗南道高兴郡国家综合飞行性能测试中心完成，重点验证非城市环境下的基本飞行性能、噪音水平及交通管理系统初步整合；第二阶段（2024年7月-2025年）转战首都圈，在连接金浦国际机场、仁川国际机场与城市核心区的预定商业航线上开展高密度综合运行演示，直接服务于2025年底初期商业服务开通目标。项目的独特之处在于构建了移动式测试基础设施体系——移动噪声实验室、配备大功率充电设施的移动地面支援设备、集成雷达与ADS-B的移动通信导航监视监测车，确保从农村试验场到城市中心的无缝转场。

在技术路径选择上，韩国展现出务实的“拿来主义”，更注重系统集成能力与商业模式验证。2024年6月，法国泰雷兹集团宣布成为韩国多家eVTOL企业的飞控系统供应商；赛峰集团的ENGINEUS 100电机被多个韩国机型选用。然而，这种策略也埋下隐患：核心技术受制于人可能在未来国际竞争中丧失主动权。对此，韩国国土交通科学技术振兴院（KAIA）于2024年发布《K-UAM技术开发路线图》，规划了118项重点推进技术，覆盖机体与零部件、航行与交通管理、垂直起降场基础设施、服务运营及核心技术五大部门，试图在2030年后通过国产化替代摆脱技术依赖。

韩国模式的核心竞争力在于政府的强执行力与财阀的资本支撑。2024年，韩国政府将UAM列为国家战略技术，通过“快速通道”机制加速核心技术研发与验证。现代汽车集团承诺10

年内投资超 10 万亿韩元（约合 75 亿美元）用于 UAM 产业，旗下 Supernal 公司的 SA-2 机型已向 FAA 提交 G-1 文件进入适航审定流程。2025 年 9 月，韩国国土交通部宣布将于 2026 年正式开通首条商业 UAM 航线（金浦机场至仁川机场），单程飞行时间缩短至 20 分钟（地面交通需 90 分钟），票价初步定为 15 万韩元（约合 800 元人民币）。这一时间表较全球其他国家提前至少 2-3 年，彰显了韩国在低空经济商业化竞赛中的激进姿态。然而，过度依赖政府推动与财阀投资的模式能否持续，特别是在盈利模式尚未验证、公众接受度存疑的情况下，韩国 UAM 的可持续性仍有待观察。

第三章 中国从制造大国向低空强国的战略跃迁

中国低空飞行器产业正经历从“跟跑”、“并跑”到局部“领跑”的历史性跨越，其发展已深度融入国家培育新质生产力、构建现代化产业体系的战略全局。“十五五”规划将其纳入战略性新兴产业集群，标志着其从区域性探索正式升维至国家战略。当前，产业呈现出政策体系日臻完善、市场需求加速释放、技术创新持续突破、产业生态逐步成熟的良好态势。

3.1 进阶历程：大国博弈的“新赛道”

中国低空飞行器产业的发展历程，是一部从无到有、从弱到强的自主创新史，其战略地位也随之不断提升：

1. 奠基与军工主导时期（1951年-1978年）

新中国成立初期，1951年《关于航空工业建设的决定》标志着航空工业起步，南昌飞机制造厂、哈尔滨飞机制造厂等核心基地的建立，为通用航空器研发奠定了工业化基础。运五、直五等基础机型的成功研制，实现了从零到一的突破，但整体仍处于仿制与跟跑阶段，服务于国防和经济建设基本需求。

2. 军民融合与技术探索期（1979年-2011年）

改革开放后，产业进入技术引进与自主研发并重的探索期。1982年运12I型首飞，2000年小鹰500研制启动，自主品牌AC系列直升机实现系列化发展，传统通用航空器制造能力显著增强。1982年西北工业大学研发的D-4多用途无人机开创了“军转民”先河，为后续产业爆发积累了技术储备。

3.市场引爆与生态构建期（2012年-2020年）

消费级无人机的全球引爆成为关键分水岭。2012年，大疆创新推出全球首款航拍一体机“精灵 Phantom 1”，凭借消费电子供应链优势与系统集成创新，成功将无人机从专业工具推向大众市场，不仅占据了全球70%以上的消费级份额，更催生了完整的产业链。2014年亿航智能等企业成立，标志着产业开始向eVTOL等新型飞行器领域拓展。2016年《关于促进通用航空业发展的指导意见》明确其战略性新兴产业地位，政策红利驱动下，大量社会资本和民营企业涌入，产业进入全面提速发展的新阶段。

4.战略升维与创新引领期（2021年至今）

随着“低空经济”概念于2021年首次纳入《国家综合立体交通网规划纲要》，产业进入国家战略引领的新阶段。消费级无人机占据全球70%以上市场份额，工业级无人机占全球50%以上的市场份额；eVTOL领域实现历史性突破，亿航EH216-S成为全球首个获得适航“三证”的载人eVTOL机型，峰飞V2000CG成为全球首个获得“三证”的吨级货运eVTOL机型，中国在适航认证与商业化进程上实现了局部领跑。截至2025年7月底，全国具有通用航空器整机、发动机和螺旋桨等核心制造研发能力的生产单位80余家；在国家无人驾驶航空器一体化综合监管服务平台（UOM）注册的无人机整机生产厂商近1800家；eVTOL厂商40余家，产业规模与创新活力均居世界前列。

3.2 制度创新：从“管制”到“治理”的范式革命

中国低空飞行器产业的蓬勃发展，得益于一套围绕“放管结

合、以放促活、以管促安”核心逻辑构建的、日益完善的政策与治理体系。

1.顶层设计：从空域破冰到战略确立

中国低空经济政策体系的构建，始于空域管理改革的破冰。2010年11月，国务院、中央军委颁发的《关于深化我国低空空域管理改革的意见》是改革的纲领性文件。2016年，国务院办公厅印发《关于促进通用航空业发展的指导意见》，明确其战略性新兴产业定位。2021年中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》首次将“低空经济”纳入国家规划，标志着其战略地位的真正确立。随后，《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035年）》《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》等文件为产业发展设定了清晰路径。至2024年7月，党的二十届三中全会通过的《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》明确提出“发展通用航空和低空经济”，最终完成了从行业规划到国家战略的顶层设计闭环。

2.法规护航：从无法可依到全链条管理

法律法规体系的完善是保障低空经济安全、有序发展的基石。2023年12月，工业和信息化部出台了《民用无人驾驶航空器产品安全要求》，从生产源头对无人机产品安全性进行强制性规范。2024年1月1日，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式施行，这部首部专门行政法规，构建了从设计生产、实名登记、操控人员管理到飞行活动申请和监管的全链条管理体系。为了从根本上解决空域资源分配问题。2025年2月提请审议的《民用

航空法》修订草案中，明确增加了“划分空域应当兼顾低空经济发展需要”的条款，从法律层面为低空空域的开放和利用提供了制度保障。

3.地方实践：从点状探索到集群竞赛

在国家战略指引下，地方政府积极跟进，形成了“中央统筹、地方落实”的良好局面。截至 2025 年 8 月，全国已有超过 30 个省（自治区、直辖市）将低空经济写入政府工作报告，出台了 160 余份具体政策文件。为了有效解决资本密集型制造业的融资难题，全国已有超过 20 个省市设立了低空经济产业专项基金，无锡、苏州、广东、珠海、武汉等地的基金规模达 100 亿元，通过“政府引导基金+社会资本”模式，精准投向具有核心技术和发展潜力的制造企业。

4.管理改革：构建协同治理新架构

管理机构改革为产业发展提供了坚实的组织保障。2021 年 4 月，中央空中交通管理委员会（中央空管委）调整为由中央政治局常委兼任负责人的中央机构，极大提升了空管在国家体制中的地位和资源调动能力。2024 年 12 月，国家发展和改革委员会正式成立了低空经济发展司。两个关键机构的设立，形成了“中央空管委侧重空域资源的‘管’，低空经济发展司侧重产业发展的‘促’”的协同管理模式，标志着中国低空经济的治理体系进入了专业化、系统化的新阶段。

在空域管理方面，2023 年发布的《国家空域基础分类方法》对低空空域进行了精细化分类，划设了真高 300 米以下的 G 类

空域和 120 米以下的 W 类空域，极大地增加了可利用的低空空域资源。在适航审定方面，面对新型飞行器，中国民用航空局积极创新，推行“基于运行风险”的审定模式。针对 eVTOL 审定，开创性地采用“专用条件”的方式进行“一事一议”，这一前瞻性的监管包容，是亿航 EH216-S 等机型得以在全球率先取证的关键制度因素，大大加快了创新机型的认证进程。

3.3 产业地理：四大集群的“雁阵”布局

3.3.1 总体规模：迈入五千亿级，制造与运营双轮驱动

2023 年我国低空经济市场规模达 5059.5 亿元⁹。其中，作为核心的低空飞行器制造和低空运营服务的市场规模占比接近 55%，显示出强大的实体经济属性。这标志着产业已脱离概念期，进入高速增长的商业化初级阶段。形成了以无人机为主导，传统通用航空器稳步发展，eVTOL 和飞行汽车等快速崛起的多元化格局。

1. 无人机：全球市场的绝对主导者

中国已成为全球最大无人机生产、消费和出口国。2023 年，我国交付民用无人机超 322 万架，实现产值 320.7 亿元¹⁰。2024 年，民用无人机出口额 21.63 亿美元，同比增长 19.8%；2025 年上半年，出口额 12.80 亿美元，同比增长 30.5%。2025 年 1-8 月全国民用无人机产量同比增长 53.7%¹¹。中国无人机专利申请量占全球 70% 以上，是第一大技术来源国。

⁹ 资料来源：赛迪研究院，《2023 中国低空经济白皮书》。

¹⁰ 资料来源：工业和信息化部装备工业发展中心，《中国民用航空工业年鉴 2024》。

¹¹ 资料来源：国家统计局 https://www.stats.gov.cn/sj/sjjd/202509/t20250915_1961198.html。

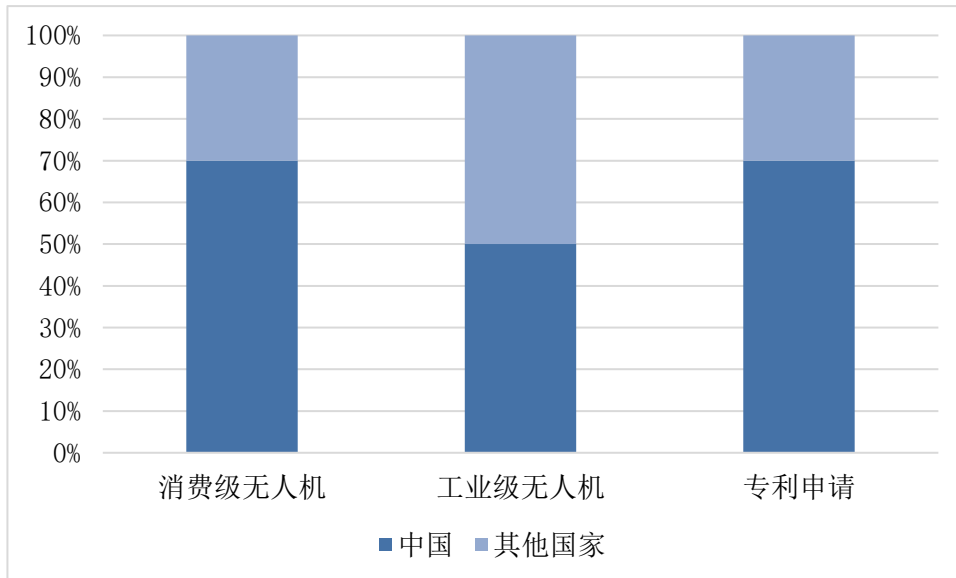


图 3.1 中国无人机全球市场份额

截至 2025 年 7 月底，在 UOM 注册的无人机整机生产厂商近 1800 家，无人机产品型号达 4100 余款。从产品型号分布看，中型（1519 个）和小型（1393 个）无人机是绝对主力，这与当前物流配送、巡检测绘等主流工业级应用场景高度匹配。大型无人机（277 个）¹²虽占比不大，但技术壁垒和单机价值最高，是产业迈向高端化的关键。

表 3.1 中国民用无人机产品型号分类（截至 2025 年 7 月底）

类型 类别	多桨或 多轴	复合翼	旋翼	固定翼	飞艇	其他	小计
微型	38	0	2	0	0	0	40
轻型	783	18	46	47	1	2	897
小型	935	336	69	53	0	0	1393
中型	1045	318	85	69	1	1	1519
大型	119	38	81	36	3	0	277
小计	2920	710	283	205	5	3	4126

数据来源：《2024—2025 中国通用航空和低空经济发展报告》

¹² 资料来源：中国航空运输协会研究咨询中心，《2024—2025 中国通用航空和低空经济发展报告》。

在工业级无人机领域，中国企业同样表现出色，占全球市场份额的 50% 以上，在农业植保、电力巡检、地理测绘等细分市场占据重要地位。极飞科技在农业无人机领域，纵横股份在测绘无人机领域，均是业内领军企业。

在中大型无人机领域，截至 2025 年 7 月底，我国具有大型无人机生产研发制造能力的厂商 130 余家¹³。根据赛迪顾问数据，2024 年我国中大型无人机产业规模约为 185 亿元，同比增长 96.4%，其中华东、中南、华北三个区域的合计占比超过全国 70%，企业、平台载体、院校等产业资源主要分布这三个地区。西南、西北、东北等地区企业资源相对较少，多数以试验和关键零部件为主，产业规模分别合计占比全国超过 20%¹⁴。

2.eVTOL：在适航与商业化进程上实现局部领跑

eVTOL 处于商业化爆发前夜。我国与欧美国家处于同一起跑线，并借鉴新能源汽车发展的成功经验，采取错位竞争、换道超车策略，在飞行器研发、适航管理等领域已实现局部反超。根据赛迪顾问数据，2023 年我国 eVTOL 市场规模达 9.8 亿元，同比增长 77.3%¹⁵。据 BCG 波士顿预测，中国有望成为全球首批实现 eVTOL 规模化应用的市场之一，2040 年，中国 eVTOL 市场规模将达 410 亿美元，年销量约 16 万台¹⁶。

3.传统通用航空器：国际品牌主导下的国产化追赶

传统通用航空器市场呈现出国际品牌主导，国产品牌逐步追

¹³ 资料来源：中国航空运输协会研究咨询中心，《2024—2025 中国通用航空和低空经济发展报告》。

¹⁴ 资料来源：赛迪研究院，《我国低空装备产业发展现状与趋势展望》。

¹⁵ 资料来源：赛迪研究院，《我国低空装备产业发展现状与趋势展望》。

¹⁶ 资料来源：BCG 波士顿咨询，《中国载人 eVTOL 行业白皮书》。

赶的态势。2023年，我国传统通用航空制造业产值超189亿元，同比增长近60%¹⁷。

目前，中国已有主要传统通用航空器整机制造商80余家，实现量产的产品100余款，覆盖固定翼飞机、直升机、特种飞行器等全谱系，形成了较为完整的产业体系。2024年的市场数据显示，中航通飞收购的西锐飞机交付746架，万丰航空收购的钻石飞机交付252架，两者合计占据全球固定翼飞机交付总量（3162架）的近1/3¹⁸，充分体现了中国在全球通航市场的重要影响力。与此同时，民族品牌也在加速崛起，其中轻型运动飞机阿若拉SA60L实现批量出口，成功打入国际市场，展现了中国制造的竞争力。

国内市场国产化进程明显提速。2024年，我国在册的通用航空机队中，固定翼飞机的国产占比达46.3%，较2020年提升12.6个百分点；旋翼机的国产占比达8.7%，较2020年提升1.9个百分点¹⁹；气球和飞艇则完全来自国内厂商。在固定翼机队规模排名中，自主研发的阿若拉SA60L、Y5B(D)和Y5系列通用飞机稳居前十，中航通飞华北公司生产的Y5B(D)多用途飞机凭借1957年首飞以来的持续改进，至今仍在农林作业、飞行培训领域保持领先地位。直升机领域，AC311A等国产直升机型号也在逐步扩大市场份额，应用于森林灭火、应急救援等多个领域。

¹⁷ 资料来源：新华社 https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202404/content_6946135.htm。

¹⁸ 资料来源：美国通用航空制造商协会（GAMA）。《2024年度通用飞机交付报告》。

¹⁹ 资料来源：中国航空运输协会研究咨询中心。《2024—2025中国通用航空和低空经济发展报告》。

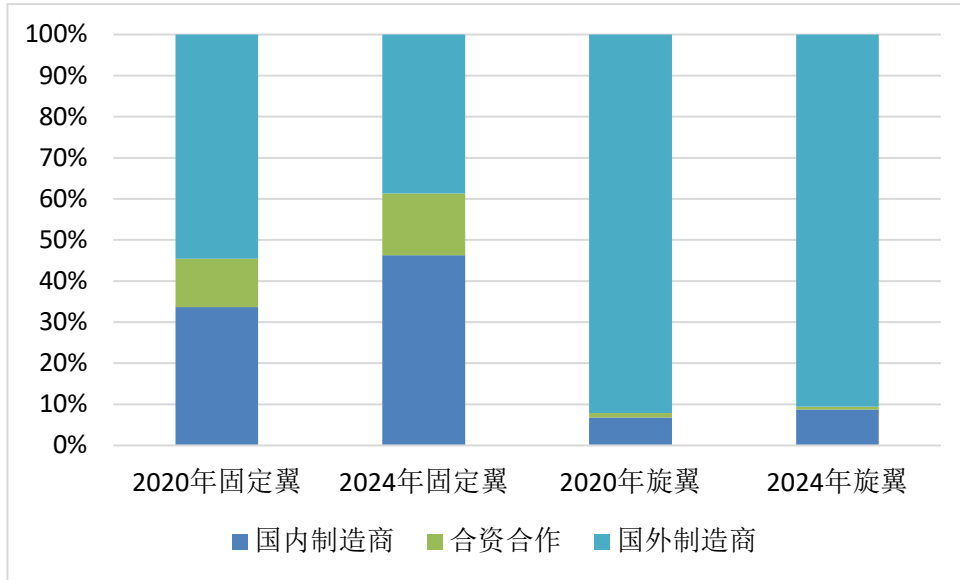


图 3.2 中国在册通用航空机队制造商分布

数据来源：《2024-2025 中国通用航空和低空经济发展报告》

3.3.2 区域布局：三核驱动与特色发展的集群格局

低空飞行器产业在地域上呈现显著的集群化特征，形成“华东、中南、华北”三核驱动，西南地区特色发展的格局。

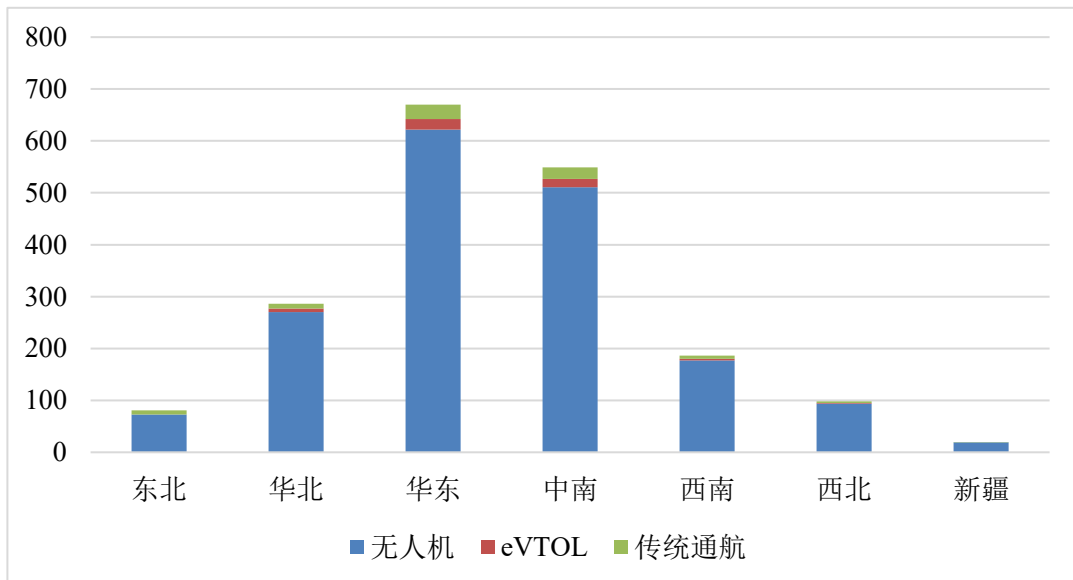


图 3.3 各地区低空飞行器制造企业数量

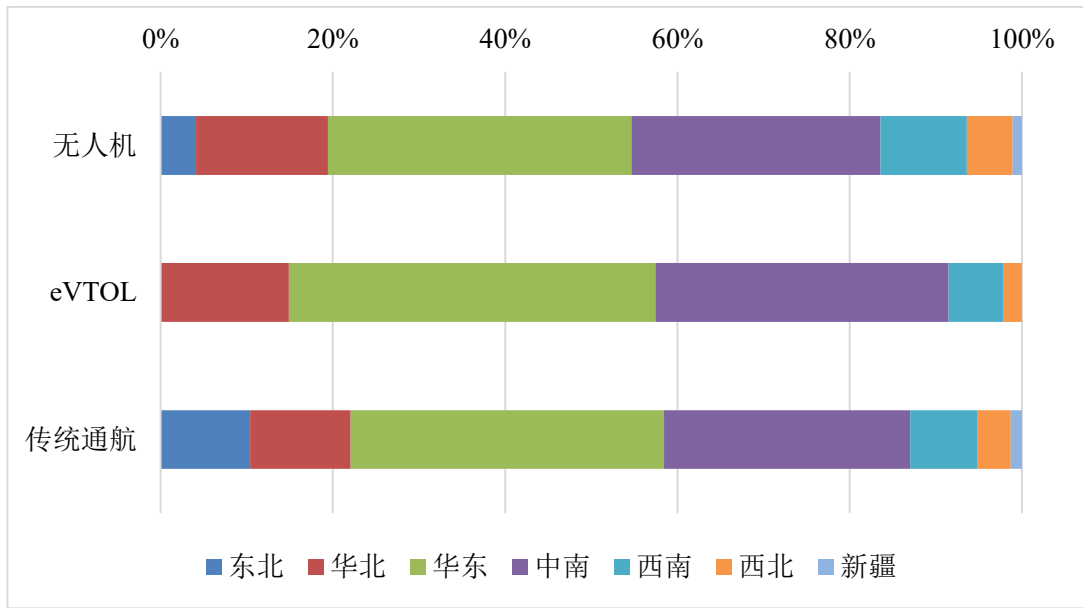


图 3.4 低空飞行器制造企业地区分布

粤港澳大湾区：全球无人机之都与 eVTOL 应用高地。珠三角地区以深圳、广州为核心，依托强大的电子制造和供应链优势，形成了全球领先的产业生态。深圳汇聚了以大疆创新为龙头的一大批无人机企业，是全球当之无愧的“无人机之都”。广州集聚了亿航智能、小鹏汇天等 eVTOL 研发制造资源，涵盖从原材料供应、零部件制造到整机组装全产业链，并积极开展商业化试点。

长三角地区：航空科技底蕴与 eVTOL 创新策源地。区域以上海、南京、杭州、合肥为核心，拥有中国商飞等国家级航空企业及顶尖院校，在飞行器设计、复合材料、航电系统等关键技术领域具备强大研发能力。近年来，该区域在 eVTOL 领域发展迅速，峰飞航空、时的科技、御风未来等企业快速成长，形成了“国家级航空央企与民营创新企业并存”的独特格局。

京津冀地区：政策制定中心与研发设计枢纽。京津冀地区拥有北京航空航天大学、清华大学等顶尖学府，聚集了商飞北京研

究中心、中国民用航空局等核心监管与研发机构，在政策制定、标准研究、前沿技术探索方面具有得天独厚的优势，形成了独特的“政产学研”一体化优势。

川渝地区：中大型无人机基地与军民融合典范。川渝地区充分发挥军工底蕴深厚、空域资源丰富的优势，在中大型无人机和 eVTOL 测试领域形成了鲜明特色。成都集聚了纵横股份、腾盾科技、沃飞长空等头部企业，在侦察、物流等中大型无人机研发制造方面具有显著优势。重庆积极推动汽车产业与航空产业融合发展。该地区已成为全国重要的无人机产业基地和 eVTOL 测试验证中心。

3.4 关键路口：机遇与挑战的博弈

3.4.1 三大机遇

中国低空飞行器制造业正处于爆发式增长前夜，其崛起得益于技术、市场、政策三大核心驱动力的同频共振。

技术“换道”。电动化、智能化、网联化革命为产业提供“换道超车”机遇。在能源系统上，半固态/固态电池（如中创新航、宁德时代的技术）有望在未来 5 年内将 eVTOL 续航提升至 300 公里以上；氢燃料电池（如中国科学院大连化学物理研究所的成果）则为长航时无人机提供了零碳解决方案。人工智能与 5G 通信技术的融合，正推动飞控系统向高等级自动驾驶演进。

场景“井喷”。低空经济正从农林植保、航拍测绘向高附加值领域延伸。城市空中交通、低空物流、低空文旅等新兴场景正从概念走向现实，为低空装备制造企业带来了实实在在的订单，

也推动了技术的迭代和商业模式的创新，形成了需求牵引供给、供给创造需求的良性循环。

基建“先行”。国家层面的高度重视和持续的政策支持，是中国低空装备制造产业发展的最大确定性因素。一系列顶层设计文件的密集出台，为产业发展指明了方向。与此同时，低空基础设施建设也在全面加速，以 5G-A、卫星通信、高精度导航和智能空管系统为核心的低空物联网正在加快建设。

3.4.2 四重挑战

技术瓶颈与产业链安全风险突出。一是核心器件“卡脖子”风险依然存在。尽管整机制造全球领先，但高性能涡轴/涡桨发动机（如 AES100 虽已突破但产业化刚起步）、航空级高精度传感器、以及 T1000 级以上高端碳纤维（当前市场仍由日本东丽等主导）等仍依赖进口或国产化率不高，制约产业向价值链顶端攀升。二是供应链体系存在短板与路径依赖。大型飞行器供应链本土化配套能力不足，协同效率低。部分 eVTOL 企业为快速通过适航，选用了国际供应商的核心系统（如时的科技选用赛峰集团的 ENGINEUS 电机），这在短期内加速了取证，但长期看可能固化技术依赖，削弱本土供应链的迭代能力与议价权。

法规与标准体系亟待完善。一是适航审定资源供需矛盾突出。全国审定系统编制人员约 400 人，却需面对近千个待审定型号，导致审定周期长，成为产业化的关键瓶颈之一。二是空域管理机制与基础设施仍需优化。当前“军地民”协同管理效率有待提升，飞行审批流程仍较复杂。已开放空域多位于偏远地区，与经济活

跃区域存在错配。垂直起降场等物理设施存在数量不足、布局不均的问题。

市场化与规模化应用面临多重障碍。一是盈利路径尚不清晰。城市空中交通面临高昂的制造成本和运营成本，初期市场局限于高净值人群。低空物流在经济性上仍需大规模验证。其他应用场景多依赖政府补贴，缺乏市场化盈利模式。二是公众信任与社会接受度挑战。公众对飞行器安全性、噪声污染等顾虑较深，需要长期的安全运行记录和深入的科普宣传来建立市场信任。

国际竞争压力持续加剧。一是国际贸易环境复杂。全球贸易保护主义抬头，低空装备涉及的军民两用技术易受技术封锁影响。二是技术标准话语权待提升。欧美凭借传统航空领域积累，正通过“标准先行”战略构筑壁垒。我国 eVTOL 产品出海面临 FAA、EASA 的重复审定，其标准差异与冗长流程，显著增加了企业的时间与资金成本。

第四章 低空飞行器产业链和供应链

低空飞行器制造产业链不再是传统航空工业的简单复刻，而是一场“材料革命+能源革命+数字革命”的深度融合，构建起一个“上游筑基、中游赋能、下游增效、支撑护航”的完整产业链和供应链生态。



图 4.1 低空飞行器产业链和供应链图

4.1 产业链和供应链上游：强基之本与创新源头

上游环节是低空飞行器产业的“能力底座”与“创新源头”，涵盖了先进材料、核心零部件与关键系统，这一环节的技术成熟度直接锁定了飞行器的性能天花板，而其供应链的自主可控程度，则决定了中国低空经济的安全底线。

4.1.1 先进材料

在低空飞行中，“重量”是最大的敌人。材料技术的每一次

微小突破，都能直接转化为航程与载重的指数级提升。

1. 复合材料

碳纤维增强复合材料（CFRP）以其优异的比强度（强度/密度）和比刚度（刚度/密度）的物理特性，已成为现代低空飞行器结构的绝对主力。其重量仅为传统铝合金的约 1/5，强度可达其 5 倍以上，能显著提升有效载荷与续航里程，完美适配复杂的气动外形的低空飞行器，并在大幅减重的同时提升结构刚性。市场数据显示，在高性能无人机中，碳纤维复合材料约占结构总质量的 60%-80%；eVTOL 因极致减重需求，其应用占比更超过 90%。

目前，全球高端碳纤维市场由日本东丽、帝人及美国赫氏等国际巨头主导。如今，我国企业正加速实现关键突破，构建自主“护城河”。中航高科、光威复材、中复神鹰等国内领军企业已实现从原丝到部件的全链条技术攻关。例如，光威复材的 T800 级碳纤维已于 2022 年形成批量供应；中复神鹰发布的 SYM50X-12K 高强高模碳纤维，已成功应用于小鹏旅航者 X2 等前沿机型。未来，开发 T1000 级以上更高性能碳纤维，以及自动铺放、液体成型、快速固化等成型工艺，将是上游材料厂商的核心竞争焦点。

2. 高性能合金

高性能合金在承力结构、高温部件等关键部位不可或缺。铝合金成熟可靠，主要用于活塞式通航飞机的起落架与梁框结构。钛合金凭借更高的比强度和优异的耐腐蚀性，在发动机叶片、主承力接头等部位具有不可替代性。国内宝钛股份供应的 TC4 钛合金锻件已应用于 AC312E 直升机旋翼系统，实现减重 40%且疲

使用寿命提升 3 倍；西部超导开发的 Ti-55531 高强韧钛合金，为下一代高功重比涡轴发动机提供了理想材料。

高温合金作为先进航空发动机的“心脏材料”，在高温高压环境下长期稳定工作是决定发动机推重比与可靠性的关键。我国已建立覆盖等轴晶、定向柱晶、单晶三代技术的高温合金体系，中国航发北京航空材料研究院研制的 DD6 单晶高温合金，支撑 AES100 涡轴发动机达到国际先进水平。

3. 特种功能材料

特种功能材料是支撑低空飞行器核心系统性能跃升的关键基础，其技术突破直接推动动力、航电等系统代际进步。

(1) 能源材料：正极（高镍三元）、负极（硅基）与电解液的迭代，是推动锂电池能量密度突破 400Wh/kg 的关键；而在氢能领域，全氟磺酸质子交换膜与非铂催化剂的国产化，正在为氢动力飞行器铺平道路。

(2) 半导体材料碳化硅（SiC）与氮化镓（GaN）等第三代半导体，凭借耐高压、高频特性，已成为 eVTOL 电机控制器的核心，显著降低了开关损耗，提升了系统功率密度，从而减小了散热系统的体积和重量。

(3) 涂层材料：包括防腐涂层、抗冰涂层、耐磨涂层等，用于提升飞行器的环境适应性与功能特性。国内企业研发的抗冰、防腐涂层已应用于国产通用航空器，未来将向多功能一体化方向发展。

(4) 高温超导材料：具备零电阻和完全抗磁性特征，是实

现航空电机功率密度跨越式提升的颠覆性材料。主要用于航空制造超导电机绕组，利用第二代高温超导带材(如钇钡铜氧 YBCO)，在液氮或液氢冷却环境下实现大电流无损传输，能显著降低电机体积与重量，被视为未来大型 eVTOL 及支线电动飞机实现长航时、大载重的核心技术路径。

(5) 非晶/纳米晶合金材料：凭借优异的软磁性能、高磁导率和极低的铁损耗（高频下损耗仅为传统硅钢的 1/5-1/10），正在成为高频高速航空电机定子铁芯的理想替代材料。在 eVTOL 电机高转速运行工况下，该材料能显著抑制涡流损耗与温升，将电机效率提升至 98%以上，同时有效减小核心部件体积，是提升低空飞行器动力系统效率与功率密度的关键材料。

4.1.2 核心零部件与关键系统

1.核心零部件

核心零部件是构成低空飞行器的功能单元，其性能与可靠性直接决定整机表现，包括螺旋桨、芯片、起落架、传感器、云台、陀螺仪、机体结构件等。

(1) 螺旋桨：追求极致的气动效率与静音性能，国内中 strong 强泰、大疆等已具备全球领先的规模化制造能力。无人机和 eVTOL 的螺旋桨对轻量化、高强度和气动效率要求更高，通常采用碳纤维或玻璃纤维复合材料制造。

(2) 芯片：作为飞行器的“大脑”，涉及主控、导航、通信、图像处理等各类芯片，是实现自主飞行的基础。目前高通、英特尔等国外巨头仍占据高端市场主导，国内华为海思、地平线

等企业的芯片已应用于工业级无人机。

(3) 起落架：需要承受着陆冲击与地面载荷，小型无人机多采用弹性材料，中大型飞行器则采用金属或复合材料起落架。

(4) 传感器：用于感知飞行器状态与环境，是实现自主飞行与避障的核心。类型包括 IMU、陀螺仪、视觉传感器、激光雷达等。国际主流供应商包括博世、霍尼韦尔等，国内以大疆、速腾聚创、禾赛科技为代表的中国企业，在激光雷达与视觉传感器领域已实现全球领跑，大幅降低了感知系统的成本。

(5) 云台：用于稳定监测设备，结合电机控制与姿态算法抵消飞行抖动。国内大疆创新、智云等企业在云台领域具备全球领先优势。

(6) 机体结构件：主要包括机身、机翼、旋翼等，共同构成飞行器的骨架，通常采用复合材料或高性能合金制造。

2.动力系统

动力系统是飞行器的“心脏”，其技术路线正朝着多元化、绿色化方向演进。

(1) 燃油动力：通过燃油发动机将化学能转化为机械能，在通用航空器和长航时无人机领域仍不可或缺。该市场长期由 GE、普惠、罗罗等国际巨头主导。我国正加速实现关键技术自主可控，中国航发集团研制的 AES100 民用涡轴发动机已于 2025 年 6 月获颁生产许可证；安徽航瑞的“云雀” DB416 重油航空发动机已在彩虹-4 等机型上应用。

(2) 纯电动力：通过电动机驱动推进装置，是电动飞行器

的核心。航空级电机对功率密度、效率及可靠性要求极为苛刻。eVTOL 通常采用永磁同步电机和分布式电推进系统 (DEP) 以提升安全性与动力性能。《通用航空装备创新应用实施方案 (2024-2030 年)》提出推进 250kW 及以下航空电机规模化量产。全球市场方面，赛峰等欧美供应商占据先发优势；国内卧龙电驱、松正电机、英博尔等企业凭借新能源汽车产业链积累快速崛起，部分产品已进入适航认证流程。

(3) 氢动力：通过燃料电池或直接燃烧将氢能转化为动力，是实现长航时零碳飞行的关键技术路径。其核心技术指标聚焦于系统质量比功率，当前先进水平已达 1000W/kg。我国在该领域已取得重要进展，中国航发动研所自主研发的千牛级氢燃料涡喷发动机已于 2025 年完成国内首次飞行验证。

(4) 混合动力：创新性地组合多种能源技术，形成油电、氢-电、电-电等混合架构，以充分发挥各系统优势。增程式混动系统在 eVTOL 领域应用，可显著提升航程与经济性，降低对充电基础设施的依赖。

3. 能源系统

能源系统是飞行器的“能量仓库”，其性能直接决定航程与续航。

(1) 航空燃油：作为传统通用航空器的主要能源，其核心优势在于高体积能量密度与成熟的基础设施。可持续航空燃料 (SAF) 可实现全生命周期约 80% 的二氧化碳减排，且兼容现有发动机，具备显著的环保优势。值得注意的是，保障通用航空广

泛使用的航空汽油供给是产业健康发展的前提之一。

(2) 储能电池: 锂离子电池是当前电动飞行器的主流选择, 其能量密度正逼近 350Wh/kg 的理论上限。《通用航空装备创新应用实施方案(2024-2030 年)》明确提出推动 400Wh/kg 级航空锂电池量产, 500Wh/kg 级产品应用验证。半固态电池提供了近期可行的性能提升路径, 如中创新航研发的半固态电池能量密度达 350Wh/kg, 已在小鹏汇天等机型上应用。全固态电池被视为未来方向, 国内宁德时代、国轩高科、欣旺达等头部企业已在研发与产业化方面取得进展。

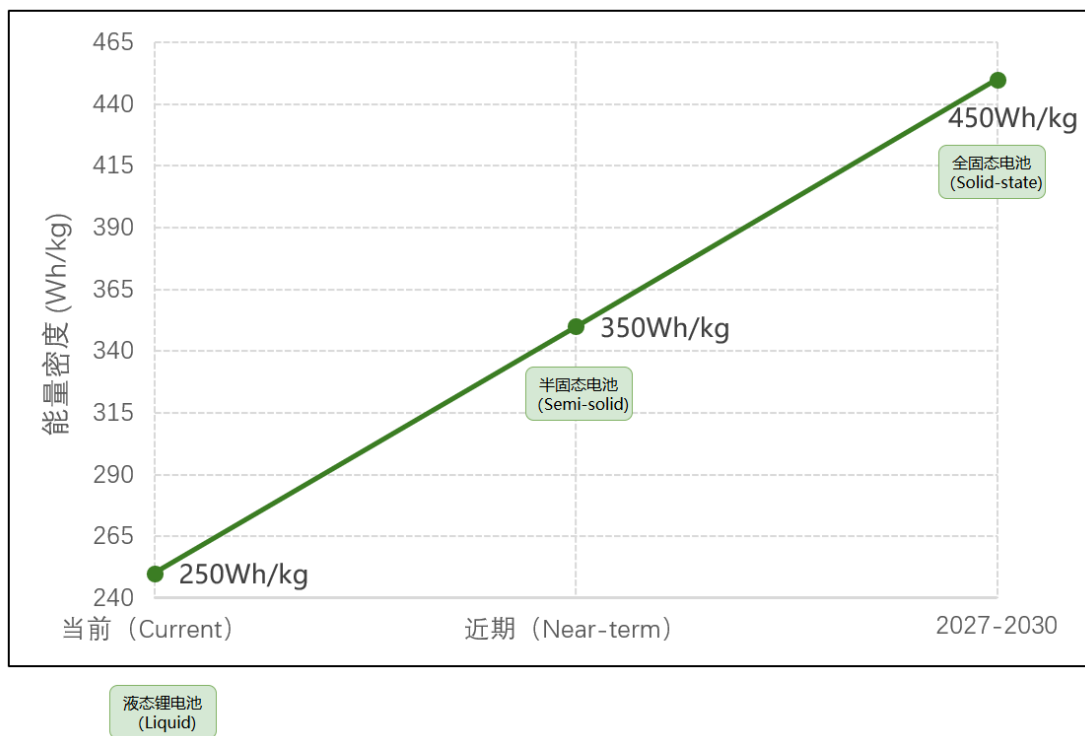


图 4.2 航空动力电池能量密度演进路线

(3) 燃料电池: 主要通过电化学反应将氢的化学能直接转化为电能, 实现零碳排放飞行。质子交换膜燃料电池是当前最成熟的技术路线。中国科学院大连化学物理研究所研发的 70 千瓦

级氢燃料电池系统，质量比功率达 1000 瓦/千克，已成功应用于 RX4M 四座电电混合动力飞机原型机。

4. 飞控系统

飞控系统是飞行器的“大脑”与“神经中枢”，负责飞行姿态控制、航迹跟踪与任务管理，其性能直接决定了飞行器的操纵性、安全性与智能化水平。

(1) 在大飞机领域：这一领域对安全性要求极高 (DAL-A/B 级)。虽然霍尼韦尔、泰雷兹等国际巨头先发优势明显，但中国企业正在快速补位。昂际航电将 C919 的航电经验移植到 eVTOL，边界智控的三余度飞控系统已支持沃兰特等主机厂完成首飞。

(2) 在 eVTOL 领域：适航安全等级要求与民航大飞机一致，海外供应商多有民航大飞机研发背景。国内供应商正快速崛起，主要包括传统航空院所（如中航工业 618 所、昂际航电等）以及从无人机领域延伸而来的创新企业（如边界智控、狮尾智能等）。

(3) 在无人机领域：根据 UOM 数据，截至 2025 年 7 月底，我国无人机产品的国内飞控供应厂商达 500 余家，其中，市场覆盖较广的厂商 30 余家²⁰。国内供应链已在高安全等级飞控系统方面取得实质性突破，航天彩虹、驼航科技、大疆创新等企业通过自主研发实现了核心技术的自主可控或完全国产化替代。

5. 通信系统

通信系统作为低空飞行器的“神经网络”，承担着飞行器与地面站、其他飞行器以及空管系统之间实时数据交互的关键任务。现代机载通信系统已从传统的甚高频电台，向 5G/5G-A、低轨卫

²⁰ 资料来源：中国航空运输协会研究咨询中心，《2024-2025 中国通用航空和低空经济发展报告》。

星等多种方式通信演进。

国际先进企业如泰雷兹、柯林斯等仍保持一定领先优势。中国机载通信产业正逐步缩小差距，海格通信构建的空天地一体化网络方案，以及星展测控攻克的直升机旋翼遮挡难题，正在为低空飞行器编织一张全天候、无死角的通信与指挥网络。

6. 导航系统

导航系统是飞行器的“感知器官”，为飞行器提供精确、可靠、连续的位置、速度与姿态信息，是实现安全飞行与自主任务执行的核心保障。现代航空导航系统已从传统的无线电导航发展到以全球卫星导航系统（GNSS）为核心，并融合 5G/5G-A（具备对低空目标探测、定位和跟踪功能）、惯性导航系统（INS）、视觉导航、天文导航及地形匹配导航等多种技术的多源融合导航系统。

（1）惯性导航领域：高精度惯导价格较高，霍尼韦尔等国际企业领先，我国主要依赖军工体系研制。

（2）卫星导航领域：中国民用航空局将北斗系统确定为我国民航领域不可或缺的时空信息安全保障。北斗技术是建设低空智能网联系统的支撑性技术，北斗星通等国内代表企业已形成全产品系列布局。

7. 任务载荷

低空飞行器的价值，最终通过载荷来实现。任务载荷系统是飞行器实现其功能价值的核心组成部分，已从早期简单的摄像装置，发展为包含感知探测类、运输投送类、作业类及通信中继类

等多元化、多谱系的复杂系统。从光电吊舱到物流货箱，从喷洒系统到通信基站，载荷的专业化决定了作业的深度。

《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》明确提出要结合各领域装备需求，发展模块化和标准化任务系统。目前，我国几乎全部任务载荷领域细分市场都由国产厂商处于主导地位。例如，山东柔克智能的四合一紫外检测载荷，将电力巡检效率提升了6倍。未来，对于载人eVTOL，客舱与座椅也将被视为核心“价值载荷”，向着模块化、舒适化方向演进。

4.2 产业链和供应链中游：整机集成与产品实现

产业链中游是低空飞行器价值创造与实现的核心环节。整机制造商扮演着“超级系统集成商”的角色，他们必须将上游数以万计的零部件与复杂的软件算法进行高可靠性整合。这一环节是品牌溢价与市场话语权的集中体现。

4.2.1 传统通用航空器

作为低空经济的存量基石，传统通用航空器技术高度成熟，全球格局相对固化。中国的战略是：在引进消化中实现自主突围。

1. 总体市场格局

（1）全球视角：从全球范围看，美国通用航空制造商协会（GAMA）发布的《2024年度通用飞机交付报告》显示，2024年全球通用航空器交付量达4118架，总交付金额超311.8亿美元。其中，固定翼飞机3162架（活塞飞机1772架，涡桨飞机626架，公务喷气机764架），直升机956架。涡桨和活塞固定翼飞机仍是全球通航制造的主力。

(2)中国进阶:从我国情况看,从1954年初教-5首飞至今,中国已构建起全谱系制造能力。截至2024年底,全国通用航空机队在册数达5224架,整机制造商超80家,量产产品超100款。虽然存量规模与美国仍有差距,但增量潜力巨大。

2.细分机型发展

(1)直升机

全球市场由空客直升机、贝尔、莱昂纳多、西科斯基等巨头主导:2024年空客直升机交付349架,贝尔交付172架,两家合计占据全球直升机交付量的54%,详见表4.1。

表4.1 全球主要直升机主机厂及部分代表机型技术参数对比表

主机厂商	代表机型	主要技术参数				主要应用场景
		最大起飞重量(kg)	巡航速度(km/h)	最大航程(km)	标准载人数(人)	
罗宾逊	R44II	1134	216	563	4	飞行训练、航空摄影、电力巡线、空中游览、农林植保等
贝尔	Bell407	2722	246	675	7	商务包机、医疗救援、电力巡线等
	Bell505	2381	232	667	5	商务包机、医疗转运、通用作业等
西科斯基	S-76C	5306	250	839	14	海上通勤(海上石油平台)、医疗救护等
空客	AS350B3(H125)	2250	258	665	6	医疗救助、搜救、空中执法、公务运输、电力巡线等
	EC225(H225)	11000	276	857	26	海上通勤(海上石油平台)、搜救救援、商务包机等
莱昂纳多	AW109	3000	285	932	8	公务运输、搜救、警务执法等
俄罗斯直升机	Mi-171	13000	250	495	27	搜救救援、消防、医护、外吊挂作业等

主机厂商	代表机型	主要技术参数				主要应用场景
		最大起飞重量(kg)	巡航速度(km/h)	最大航程(km)	标准载人数(人)	
公司						
中航工业	AC311A	2250	240	630	6	航空护林、空中巡查、医疗救护、电力巡线、航空物探、空中游览等
	AC312E	4250	275	709	10	应急救援、医疗救护、警用执法、通用运输、近海石油等

中国直升机制造业以中国航空工业集团为核心，形成覆盖轻、中、重型的產品谱系。国内企业技术上已实现关键突破：AC311A（2吨级）可适应-40℃至50℃环境，适用于高原救援；AC332（4吨级）采用高置涵道尾桨，满足A/B类飞行性能要求；更具里程碑意义的是，中国航发AES100涡轴发动机于2025年6月获生产许可证，标志着国产直升机拥有了自主的“中国心”。《民用直升机中国市场预测年报（2025-2034）》预测，未来10年中国民用直升机总需求685架，2034年机队规模将突破2000架。

（2）固定翼飞机

通用航空固定翼飞机分为活塞式、涡桨式、小型喷气式三大类。固定翼飞机全球市场由赛斯纳、西锐、钻石飞机等主导。中国企业通过“资本出海”快速获取技术。中航通飞收购的西锐（Cirrus）2024年交付746架，万丰奥威旗下的钻石飞机交付252架，两者合计占据全球固定翼交付量的近1/3。哈飞Y12F已获中美欧“三国适航认证”；冠一通用GA20成为首个获TC证的民企自主研发机型；沈阳航空航天大学RX4E是全球首款取证的四座电动飞机，率先开启了通航的电动化尝试，详见表4.2。

表 4.2 全球主要固定翼主机厂及部分代表机型技术参数对比表

主机厂商	代表机型	主要技术参数				主要用途
		最大起飞重量(kg)	巡航速度(km/h)	最大航程(km)	标准载人数(人)	
中电科芜湖钻石/万丰飞机	DA40	1150	272	1056	4	飞行训练、旅游观光、私人飞行等
	DA42	1500	356	1800	4	飞行培训、边防巡逻、航空勘察等
赛斯纳(CESSNA)	CESSNA 172	1157	226	1173	4	飞行训练、旅游观光、私人飞行等
	CESSNA 208	3970	341	1945	14	商务包机、短途客货运、通勤等
	奖状 CJ4	7700	840	3990	10	商务包机、公务飞行等
西锐(中航通飞收购)	SR20	1200	230	1200	4	飞行训练、私人飞行等
	SR22	1538	361	1852	4	飞行训练、私人飞行等
	愿景喷气机	2722	390	2200	7	商务包机、公务飞行等
皮拉图斯(Pilatus)	PC-12	4500	500	2778	10	公务飞行、短途客运、特种作业等
山河星航	阿若拉 SA60L	600	220	1200	4	航空运动、旅游观光等
中航工业	Y5B	5250	256	1560	12	多用途运输、农林作业、跳伞训练等
	Y12F	8400	430	2255	19	短途客货运、公务运输、跳伞训练、海洋巡逻、人工增雨、科学实验等

(3) 其它

其它类型的通用航空器还有倾转旋翼机、热气球、飞艇、滑翔机、滑翔翼等。

倾转旋翼机是一种兼具直升机垂直起降能力和固定翼飞机高速巡航能力的独特飞行器，其代表机型是贝尔直升机公司和波音公司联合研制的 V-22 “鱼鹰”。

热气球通过加热球囊内的空气产生浮力升空，主要用于旅游观光、广告宣传和航空运动比赛。全球知名的热气球制造商包括英国的 Cameron Balloons 和美国的 Aerostar 等；值得注意的是，安徽益为热气球科技有限公司于 2024 年 11 月收到了民航管理部门颁发的中国首张热气球出口适航证，公司现有 9 个型号的热气球产品，涵盖了从 1800m³至 11000m³的热气球，承载人数 3 至 20 人不等，产品销售遍布国内 30 多个城市，并出口到俄罗斯、日本、泰国、印尼、越南、非洲等十几个国家和地区。

飞艇是一种轻于空气的飞行器，滞空时间长、运营成本低，部分新型飞艇设计载重可达数十吨至上百吨。同时，电动或混合动力飞艇的温室气体排放量可比传统飞行器大幅降低，使飞艇在旅游观光、应急救援、特种货运、航空测绘与监控等领域具有广阔的应用场景。中航工业特飞所自主研发的“祥云”AS700 飞艇于 2023 年 12 月获得中国民用航空局颁发的 TC 证，是我国首个按照适航规范法规自主研发、具有完全自主知识产权、获得型号合格证的具有推力矢量控制功能的先进载人飞艇。

滑翔机是一种没有动力的固定翼飞机，通常由牵引飞机或绞盘车牵引升空，然后利用上升气流进行长时间、长距离的滑翔飞行。德国是全球最大的滑翔机市场，占有大约 60% 的份额，市场集中度较高。德国的 Schleicher 和斯洛文尼亚的 Pipistrel（蝙蝠飞机公司）是知名的滑翔机制造商。

4.2.2 无人机

无人机，即无人驾驶航空器，是低空飞行器中最具活力和增

长潜力的领域。无人机有多种分类方法。根据 2023 年国务院、中央军委发布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，无人机可分为微型无人机、轻型无人机、小型无人机、中型无人机、大型无人机，详见表 4.3。

表 4.3 民用无人机分类及部分代表机型

类别	微型	轻型	小型	中型	大型
应用 场景	消费级无人机		工业级无人机		
	娱乐、摄影、编队表演等		末端物流配送、巡查 巡检、农林植保等	干支线物流、吊装吊运、应急 救援、农林植保等	
分类 标准	<ul style="list-style-type: none"> •空机重量小于 0.25 千克 •最大飞行真高不超过 50 米 •最大平飞速度不超过 40 千米/小时 •无线电发射设备符合微功率短距离技术要求 •全程可以随时人工介入操控 	<ul style="list-style-type: none"> •空机重量不超过 4 千克且最大起飞重量不超过 7 千克 •最大平飞速度不超过 100 千米/小时 •具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力 •全程可以随时人工介入操控 	<ul style="list-style-type: none"> •空机重量不超过 15 千克且最大起飞重量不超过 25 千克 •具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力 •全程可以随时人工介入操控 	<ul style="list-style-type: none"> •最大起飞重量不超过 150 千克的无人驾驶航空器 	<ul style="list-style-type: none"> •最大起飞重量超过 150 千克
部分代 表机型	大疆 Mini 系列	大疆 Mavic3 系 列、Air 系列	大疆 Matrice 系列、纵横股 份 CW-15	顺丰方舟 60、 纵 横 股 份 CW-100	壹通 TP500、 彩虹-3、翼龙- 2、腾盾双尾 蝎 A

全球无人机市场呈高速增长态势，Drone Industry Insights 数据显示，2024 年市场规模达 344 亿美元，预计 2026 年突破 413 亿美元。其制造特点是“模块化设计+自动化生产”：将机身、动力、飞控等拆分为独立模块，通过自动化产线实现高效组装，确保产品一致性；国外代表企业包括德国 Microdrones（专业级

四旋翼）、美国 Skydio（自主避障技术）、法国 Parrot（消费级无人机）。

中国在全球无人机产业中占据主导地位，专利申请量占全球70%以上，民用无人机全球市场份额超70%。工信部数据显示，2023年我国民用无人机交付322万架，民用无人机制造产值近321亿元；2024年出口额21.63亿美元（同比+19.8%），2025年上半年出口12.80亿美元（同比+30.5%）。截至2025年7月，在UOM注册制造商近1800家，具有大型无人机生产研发制造能力的厂商130余家，产品型号4100余款（微型40个、轻型897个、小型1393个、中型1519个、大型277个）；截至2025年10月，国内已有17款无人机获CAAC型号合格证，大疆、极飞、联合飞机等企业为代表：大疆T系列植保无人机（T30、T10）占据全球植保市场主导地位；联合飞机TD550D（660kg级多旋翼）于2025年3月获TC证，适用于重载物流；航天飞鹏FP-98（5250kg级固定翼）可用于远程侦察。。

表 4.4 民用无人驾驶航空器型号合格证取证情况

整机厂商	产品型号	动力类型	最大起飞重量	构型	取证时间
江直公司	JH-1A	油	500kg	无人直升机	2025/10/31
大疆创新	DJIZM48	电	149.9kg	多旋翼	2025/04/27
联合飞机	TD550D	油	660kg	无人直升机	2025/03/17
极飞科技	PX	电	66kg	多旋翼	2025/03/04
极飞科技	PD	电	128kg	多旋翼	2025/03/04
大疆创新	DJI-T6X	电	125kg	多旋翼	2024/11/18
大疆创新	E2MTR	电	65kg	多旋翼	2024/11/18
大疆创新	DJI-T5X	电	101kg	多旋翼	2024/11/18
大疆创新	DJI-T2X	电	58kg	多旋翼	2024/11/18
航天飞鹏	FP-98	油	5250kg	固定翼	2024/03/29
峰飞航空	V2000CG	电	2000kg	复合翼	2024/03/21

整机厂商	产品型号	动力类型	最大起飞重量	构型	取证时间
亿航智能	EH216-S	电	620kg	多旋翼	2023/10/12
大疆创新	T30	电	78kg	多旋翼	2023/02/10
大疆创新	T10	电	26.8kg	多旋翼	2023/02/10
大疆创新	T16	电	42kg	多旋翼	2023/01/31
大疆创新	T20	电	42.6kg	多旋翼	2023/01/31
天域航通	HY100	油	5250kg	固定翼	2022/11/24

值得注意的是，中国在大载重无人机领域突破显著：2025年10月，全球最大无人货运飞机 W5000（最大起飞重量 10.8 吨、商载 5 吨）在常州下线；联合飞机铂影 T1400（1400kg 级纵列式无人直升机）完成首航，最大有效载荷 650kg，可适应极端环境。

4.2.3 电动垂直起降航空器

eVTOL 是低空经济的“新质装备”，核心定义为“以电力为主要动力、具备垂直起降能力”，旨在通过零排放、低噪音特性，破解城市交通拥堵，适配城市空中交通场景。

eVTOL 有多种分类方法：**eVTOL 按运行模式**可分为有人驾驶和无人驾驶；**按用途**可分为载人型、货运型、多用途型。**按动力系统**可分为全电动、混合动力两大类，全电动类别包括锂电池、氢燃料电池、太阳能电池等，混合动力类别包括锂电池+氢燃料电池、锂电池+燃油等。**按整机构型**，eVTOL 可分为多旋翼型、矢量推进型、升力与巡航复合型、可变构型等四大类，其中矢量推进型又包括倾转机翼、倾转旋翼、倾转涵道三种，详见表 4.5。

表 4.5 基于构型的 eVTOL 分类及部分代表机型

构型	多旋翼型	复合翼型 (升力+巡航型)	矢量推进型 (倾转旋翼、倾转机翼、 倾转涵道)
飞行原理	无巡航用螺旋桨，完全通过控制多旋翼的升力大小实现飞行	升力和巡航用的螺旋桨是独立的，分别实现垂直起降和巡航	在不同使用阶段，通过改变推力方向，实现垂直起降和巡航
研发难度	研发难度低、研发周期短、投入要求低	研发难度、研发周期、投入要求均适中	研发难度高、研发周期长、投入要求高
主要优点	垂直起降，无需跑道	具备垂直起降和长续航的优势	垂直起降，高飞行效率，低噪声以及成本优势
主要缺点	航程短，续航能力差，巡航效率低	效率低下，噪音排放和成本高	设计复杂，技术要求高
应用场景	低空游览，短距离通勤	城市内或城际短途通勤、物流运输等	城际或城市内通勤、城际物流运输等
部分代表机型	亿航 Eh216S、 Volocopter-VoloCity、 LIFT-Hexa 等	峰飞 V2000CG、 Boeing-PAV、 Wisk-Cora 等	沃飞长空 AE200、 Joby Aviation-S4 等

全球 eVTOL 产业处于“量产前夜”，技术突破依赖电池、电机、飞控等核心领域进步，制造特点呈现“三高一长”：高技术壁垒、高安全要求、高制造成本、长研制周期。美国垂直飞行协会数据显示，截至 2024 年 3 月全球有 983 型 eVTOL 概念产品，48%为多旋翼型、36%为矢量推进型。国外代表企业包括美国 Joby、美国 Archer、德国 Volocopter，均处于原型试飞或适航认证阶段。

中国 eVTOL 产业与欧美处于同一起跑线，在适航认证与商业化上实现局部反超：亿航智能 EH216S 于 2023 年 10 月获全球首张无人驾驶载人 eVTOL TC 证，2025 年 3 月获全球首张航空运营许可证，在广州、合肥启动商业化飞行；峰飞航空 V2000CG（2 吨级货运 eVTOL）于 2024 年 3 月获全球首张货运 eVTOL

TC 证，2024 年 12 月获生产许可证；追梦空天 DF600（混合动力倾转旋翼型）成为国内首个获 CAAC 型号合格证受理的混动 eVTOL。截至 2025 年第三季度，国内约 100 家 eVTOL 整机企业，17 款产品进入适航受理或取证阶段，2025 年一年内取证/受理 6 款，详见表 4.6。

表 4.6 国内主要 eVTOL 机型参数对比表

整机厂商	产品型号	整机构型	最大起飞重量	最大航程	载人/重 (飞行员+乘客)	尺寸		
						全宽 W (翼展)	全长 L	高度 H
亿航	EH216-S	多旋翼	650kg	30km	2 人	5.63m	5.63m	1.86m
	VT35	复合翼	950kg	200km	2 人	8.16m	8.26m	3.09m
峰飞	V2000CG	复合翼	2000kg	200km	0 (货运)	14.50m	11.60m	2.60m
沃飞长空	AE200	倾转旋翼	2500kg	200km	1+5 人	14.50m	9.10m	3.50m
御风未来	M1	复合翼	2450kg	250km	5 人 /500kg	15.00m	10.00m	3.00m
零重力	ZG-T6	倾转旋翼	2500kg	300km	6	17.00m	11.00m	3.93m
	ZG-ONE	多旋翼	740kg	30km	2	10.08m	10.08m	2.35m
沃兰特	VE25	复合翼	2500kg	200-400km	1+5 人	16.00m	9.50m	—
时的科技	E20	倾转旋翼	2400kg	200km	1+4 人	12.40m	9.70m	3.80m
览翌航空	LE200	复合翼	2600kg	140-320km	1+5 人	16.00m	10.00m	—
Joby Aviation	S4	倾转旋翼	2400kg	241km	1+4 人	12m	7.6m	—
Archer Aviation	Midnight	复合翼	3175kg	161km	1+4 人	14.32m	10.2m	3.7m
Volocopter	VoloCity	多旋翼	900kg	35km	1+1 人	11.3m	11.3m	2.5m

4.2.4 飞行汽车

飞行汽车是低空经济的“未来形态”，核心定义为“兼具地面行驶与空中飞行能力的陆空两栖交通工具”。

飞行汽车与 eVTOL 的区别：核心在于是否具备地面行驶能力，eVTOL 本质上是一种纯粹的空中交通工具，其设计完全围绕垂直起降和空中飞行展开，旨在提供高效的空中交通服务。eVTOL 没有地面行驶系统，无法独自在地面道路上行驶；飞行汽车则是一种陆空两栖交通工具，它必须同时具备完整的汽车行驶系统和飞行器系统，不仅要在空中满足飞行安全标准，还要在地面满足汽车的安全、排放、碰撞等法规要求，技术挑战集中于模式切换与两套系统的集成。

飞行汽车与无人机的区别：主要体现在载人功能和驾驶模式上。无人机的核心特征是无人驾驶；而飞行汽车通常需要由人类驾驶员在地面和空中进行操控，对驾驶员的技能要求远高于普通汽车司机，通常需要同时具备汽车驾照和飞行执照。虽然未来飞行汽车也可能引入自动驾驶技术，但其载人属性决定了其安全标准和监管要求与无人机有着天壤之别。

飞行汽车整机集成技术路线主要分化为一体式构型与分体式构型两大类。**一体式构型**，在同一载体上整合飞行与地面行驶功能，按照机翼、尾翼等是否可折叠又可以细分为可折叠型和不可折叠型。其中，可折叠型代表了飞行汽车的原始理想形态，但技术难度极高，这类飞行汽车通常以汽车形态为基础，通过增加可折叠或可伸缩的机翼、尾翼和推进系统，使其具备飞行能力，代表企业如吉利收购的 Terrafugia，拥有可折叠机翼，既能在公

路上行驶，也能在机场起降飞行，折叠机翼结构在收纳状态下仅需 40 秒即可完成展开。不可折叠型通常采用多旋翼、倾转旋翼或涵道风扇等设计，实现起降，同时车身设计符合汽车标准，可以在地面行驶，代表企业如荷兰的 PAL-V，其产品 Liberty 是一款结合了旋翼机和三轮汽车的飞行汽车，2020 年 11 月 Liberty 型号通过欧洲道路认证，成为全球首个获批合法上路的飞行汽车产品。分体式构型，采用“陆行体+飞行器”分离设计，通过专用对接机构实现组合与分离。这种构型的核心优势在于专业化分工：陆行体专注于地面行驶性能，飞行器专注于空中飞行效能，从而规避了一体式设计中的诸多妥协。分体式构型代表企业如小鹏汇天，其产品“陆地航母”采用“陆行体+飞行器”分体设计，陆行体又被称作地面运载模块（小鹏汇天称之为“陆地航母”），飞行器则为电动六旋翼构型，最大飞行速度 90 公里/小时，满电可飞行 2 小时。

飞行汽车目前仍处于早期研发与原型验证阶段，面临变形设计、适航标准、交通法规等多重挑战。全球多家企业已发布概念产品，但因飞行汽车需同时满足汽车和飞行器的双重监管要求，其商业化时间表仍晚于 eVTOL。国外飞行汽车代表企业，除上述介绍到的美国的 Terrafugia、荷兰的 PAL-V 以外，还有美国的 Alef Aeronautics、斯洛伐克的 AeroMobil 等。中国已有多家企业和研究机构在积极探索飞行汽车技术，小鹏、吉利、广汽、长安、红旗等车企已押注飞行汽车赛道。例如，小鹏汇天飞行汽车量产工厂于 2025 年 11 月 3 日试产并顺利下线首台“陆地航母”飞行

器，标志着国内首条利用现代化流水线进行飞行汽车批量生产的产线。

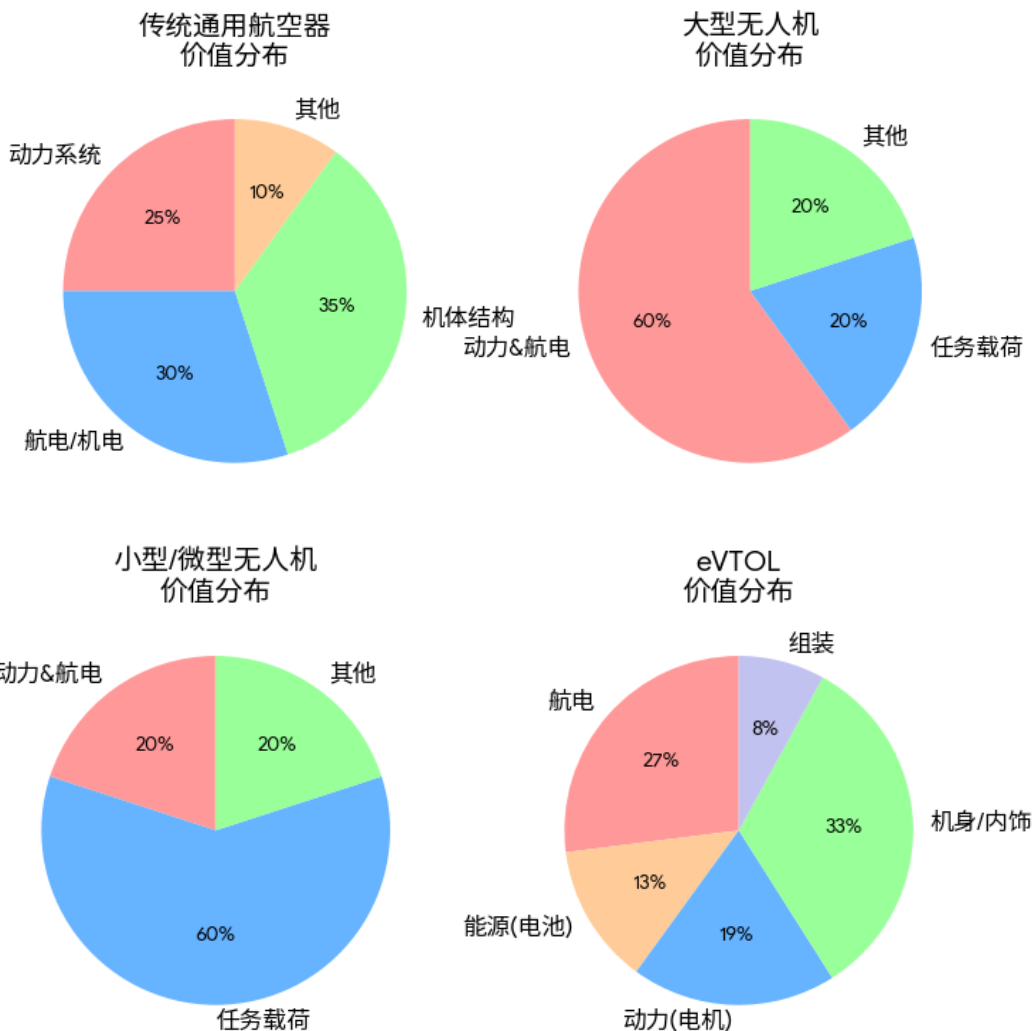


图 4.3 不同低空飞行器部件价值分布对比

4.3 产业链和供应链下游：价值实现与市场桥梁

产业链下游是低空飞行器从“工业产品”转化为“经济商品”的最终出口，是连接技术创新与终端用户的关键桥梁。这个环节涵盖了销售、维修、租赁、培训及运营服务等全生命周期业态。在“微笑曲线”的价值逻辑中，下游服务环节凭借高附加值和长尾效应，直接决定了低空经济的商业化深度与市场规模上限。随

着低空空域的开放和应用场景的爆发，下游正从单一的产品交付向“全流程服务生态”转型。

4.3.1 飞行器销售

低空飞行器的交易与流通模式正在经历一场深刻变革。单纯整机销售已无法满足市场对高技术门槛、高资金投入产品需求，市场正构建起集“展示销售、金融租赁、共享运营”于一体的复合型商业生态。

1.销售终端升级：向“6S”综合服务体演进

传统航空器销售正借鉴汽车产业的成熟经验，从简单的代理销售向标准化、专业化的实体体验店演进。行业内已出现超越传统汽车4S店（整车销售、零配件、售后服务、信息反馈）概念的“6S”店模式，即增加了专业培训（School）、金融服务（Special finance）和托管运营（Supporting operation）功能。例如，位于成都彭州的“天空之眼”低空经济智能化设备展销中心作为全国首个“无人机4S店”已投入运营，该中心不仅提供传统的销售与维修功能，还集成了保险金融服务、飞行执照培训及科普教育等配套功能，形成了一站式的低空消费与服务生态圈。

2.金融租赁支撑：降低应用门槛的“助推器”

对于高价值的通用航空器和eVTOL而言，金融租赁通过杠杆效应有效降低了用户的初始投入门槛，是加速新技术产品规模化应用的重要引擎。《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》明确鼓励组建多元化股权的租赁公司，支持“研产销用”全链条金融创新。市场已形成银行系金租公司与专业租赁公

司并行的格局：

(1) 银行系金租：凭借雄厚资金主要服务于大型采购项目。例如，农银金租、中银金租等机构已通过融资租赁方式支持 eVTOL 和无人直升机的商业化落地；中银金租与联合飞机集团落地了国内首笔无人直升机租赁业务。

(2) 专业/平台型租赁：通过“以租代售”促进新机型推广。例如，中航租赁与御风未来签署了 100 架 M1 eVTOL 意向订单；天合租赁公司持续为广东省应急管理厅、公安厅交付多架救援直升机，优化了应急救援机队结构；陕直股份与陕西君成融资租赁合作，6 年内累计引进了 83 架贝尔系列直升机。

3. 商业模式创新：从“卖产品”向“卖服务”转型

随着低空消费与作业场景的拓展，商业模式正从单一的“所有权交易”向“使用权交易”及“服务化”转型。

(1) 消费级市场（共享租赁）：针对旅游与个人体验，共享无人机模式已在青岛等旅游城市试点。游客通过“扫码租赁”即可自助使用无人机进行航拍，按次或时长付费，极大地降低了大众体验门槛。

(2) 工业级市场（购买服务）：客户更倾向于“无人机+服务”的整体解决方案。在农林植保、电力巡检、地理测绘等领域，用户无需购买和维护设备，只需按作业面积或里程付费购买数据或作业服务。

(3) 出行与高端市场（平台化与分时共享）：一是，UAM 运营平台：针对未来的城市空中交通，商业模式将类似于网约

车平台，通过运营平台连接乘客与飞行器。例如，北京滴滴低空科技有限公司于 2025 年 10 月成立，标志着出行巨头正式布局低空运营；二是，产权分时共享：针对 eVTOL 和公务机等高价值资产，借鉴“分时共享”模式，多个机主共同出资购买一架飞行器，按出资比例拥有使用权，并委托给专业公司托管。这既降低了购置与运维成本，又通过专业化运营实现了资产的保值增值。

4.3.2 飞行器维修

维修保障与后市场（Maintenance, Repair, and Overhaul, MRO）是确保飞行器全生命周期安全运行的核心，也是产业链中利润最丰厚的环节之一。

在传统通用航空器领域，提供维修服务的主要有飞机厂商自有设施、通用航空器运营单位、民用飞机维修企业、FBO（Fixed Base Operator，固定基地运营商）等。传统通用航空 MRO 企业，如海特高新等，凭借其在航空维修领域多年的技术积累、完善的维修网络和资质认证，正在积极拓展低空飞行器的维修业务，能够为直升机、公务机等提供全面的维修服务，并逐步将能力扩展到 eVTOL 等新型飞行器领域。

在无人机领域，截至 2025 年 6 月底，全国实名登记无人机数量突破 272.6 万架，较上年净增 51.3 万架，随着无人机保有量的迅猛增长，维修市场需求呈指数级增长。然而，行业面临严峻的“技工荒”。据人社部预测，未来 5 年无人机装调检修工需求量约 350 万人，而现有人才供给不足 40%，专业维修人才的培养已成为行业发展的紧迫任务。此外，与传统通航飞机不同，eVTOL

和工业无人机的维修技术具有独特性，大量碳纤维复合材料的应用，要求维修人员掌握复杂的胶接和固化工艺；高压电池系统的检测与更换、分布式电推进电机的调试、飞控软件升级与数据诊断，成为维修工作核心内容；软件升级、数据监控和远程诊断等数字化维修技术在低空飞行器后市场中扮演越来越重要的角色。

可以预见，未来低空维修市场将形成两类服务力量：一是原厂服务体系。以大疆为代表的头部制造商，通过自建全球维修中心和授权服务商，建立标准化的售后闭环，确保配件供应和数据回收。二是第三方专业 MRO。专注于特定机型或特定系统。如专注于无人机电池维修、复合材料修复、航电系统升级。此外，整机拆解、深度改装、二手航材等衍生市场也将被进一步激活，共同构成一个繁荣的产业生态圈。

4.4 产业链支撑：安全与质量保障基石

低空飞行器产业的健康、可持续发展，不仅依赖于上、中、下游产业链的协同创新与高效联动，更离不开一个健全、专业、高效的产业支撑体系。这一体系是产业生态的“免疫系统”和“质量守门人”，其核心功能在于通过提供检验检测、测试试飞、适航审定等一系列关键的生产性服务，深度嵌入并贯穿于飞行器从概念设计、生产制造到商业运营的全生命周期，是确保低空飞行器实现健康可持续发展的基石。

4.4.1 检验检测

检验检测是低空飞行器从图纸走向蓝天的必经之路，是验证其设计性能、安全边界和可靠性的第一道关卡。随着低空飞行

器向电动化、智能化方向演进，检验检测的内涵已从传统的结构强度测试，扩展到电磁兼容、软件可靠性、电池安全及复杂环境适应性等综合效能评估。

低空飞行器的检验检测主要涵盖三大维度：适航性检测（验证是否符合适航规章）、检测认证（针对微/轻/小型无人机的产品合规性）以及试验鉴定（针对特定任务能力的验证）。在无人机领域，根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》规定，中型和大型民用无人机应当取得适航许可，微型、轻型、小型民用无人机无需取得适航许可，在投放市场前应当完成产品认证。中、大型民用无人机检测主要标准见表 4.7。

表 4.7 中、大型民用无人机检测主要依据标准

标准号	标准名称	状态	发布日期	实施日期
GB/T 42856-2023	民用大中型无人直升机系统飞行性能飞行试验要求	现行	2023/8/6	2024/3/1
GB/T 42862-2023	民用大中型无人直升机飞行控制系统通用要求	现行	2023/8/6	2024/3/1
GB/T 43367-2023	民用大中型无人直升机系统通用要求	现行	2023/11/27	2024/3/1
GB/T 43504-2023	民用大中型固定翼无人机飞行性能飞行试验要求	现行	2023/12/28	2024/4/1
GB/T 43369-2023	民用大中型无人机光电任务载荷设备接口要求	现行	2023/11/27	2024/3/1
GB/T 38954-2020	无人机用氢燃料电池发电系统	现行	2020/6/2	2021/1/1
GB/T 44166-2024	民用大中型固定翼无人机系统自主能力飞行试验要求	现行	2024/6/29	2025/1/1
GB/T 44167-2024	大型货运无人机系统通用要求	现行	2024/6/29	2025/1/1
GB/T 44168-2024	民用大中型固定翼无人机系统试飞风险科目实施要求	现行	2024/6/29	2025/1/1

GB/T 44169-2024	民用大中型固定翼无人机系统地面站通用要求	现行	2024/6/29	2025/1/1
-----------------	----------------------	----	-----------	----------

目前，我国已形成四类互补的检测力量：一是政府支持的试验基地和检测中心，如国家无人机系统质量监督检验中心、各地的无人驾驶航空试验基地等，这些机构通常具备权威的资质和先进的设施，承担着行业标准制定、关键技术验证和公共服务的职能；二是大型综合性检测机构，如中国赛宝实验室、广电计量、华测检测等，这些机构利用其在多个行业的检测经验和实验室网络，为低空飞行器提供材料、零部件、系统级的检测服务，例如电池安全性测试、复合材料力学性能测试、航电设备环境适应性测试等；三是整机制造商的自建测试能力，这些整机制造商通常都建有强大的内部测试团队和设施，这些设施不仅用于产品定型前的全面测试，也贯穿于整个生产过程，进行质量控制和持续改进；四是专业的测试服务提供商，一些专注于特定领域测试的公司，如专注于飞控软件验证、网络安全测试、通信链路测试的专业公司，也在产业链中扮演着重要角色。

据统计，截至 2025 年 7 月底，全国取得中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认证资质的民用无人机检验检测机构已有 70 余家。其中，检验内容涉及《民用无人驾驶航空器系统安全要求(GB 42590-2023)》的机构 40 家。

4.4.2 测试试飞

低空测试是通过一系列严格的试验与验证，确保无人机、eVTOL 等低空飞行器符合安全性与可靠性标准，如果说检验检测是实验室里的“体检”，那么测试试飞就是真实环境下的“临

床大考”，是产品迈向商业化运营不可或缺的环节。通过海量飞行小时的积累，全面验证飞行器在真实气象、复杂电磁环境下的性能指标与安全边界。

我国已在全国范围内布局了一批民用无人驾驶航空试验基地（试验区），为产业提供了宝贵的实景验证平台。2025年10月启用的昆山民用无人机试飞运行基地，是首个具备吨级eVTOL测试、生产、交付能力的综合基地，为重型飞行器的适航审定提供了规范化支撑；四川自贡基地依托“双机场、双跑道”（凤鸣通用机场与兰田机场）及四川省面积最大的“川协5号”协同空域，构建了理想的低空飞行实验室，2025年10月，沃兰特VE25-100就是在该基地完成了首轮有人驾驶操纵试飞。

与检验检测相同，测试试飞正面临从简单环境向城市复杂环境、从单机向集群协同演进的挑战。为此，《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》明确提出加快试验验证资源共建共享。深圳市更是前瞻性提出建设“三维多物理场耦合风洞”等重大科技基础设施，旨在打造世界领先的低空空域专用复杂流场模拟装置。这种“数字孪生+物理风洞+实地试飞”的结合，将大幅降低试飞风险，缩短适航取证周期，是突破eVTOL等新型飞行器技术瓶颈的关键保障。

4.4.3 适航审定

适航审定是政府依法行政的监管行为。在低空飞行器产业链的维度上，它是连接研发制造与商业运营的核心枢纽，是高技术门槛的生产性服务业。作为低空飞行器进入市场的法定通行证，

适航审定服务贯穿于产品全生命周期，其服务供给的效率与质量，直接决定了制造企业技术变现的周期与产业资金链的安全，是低空经济从“样机验证”迈向“规模商用”的决定性门槛。具体内容将在下一章详细论述。

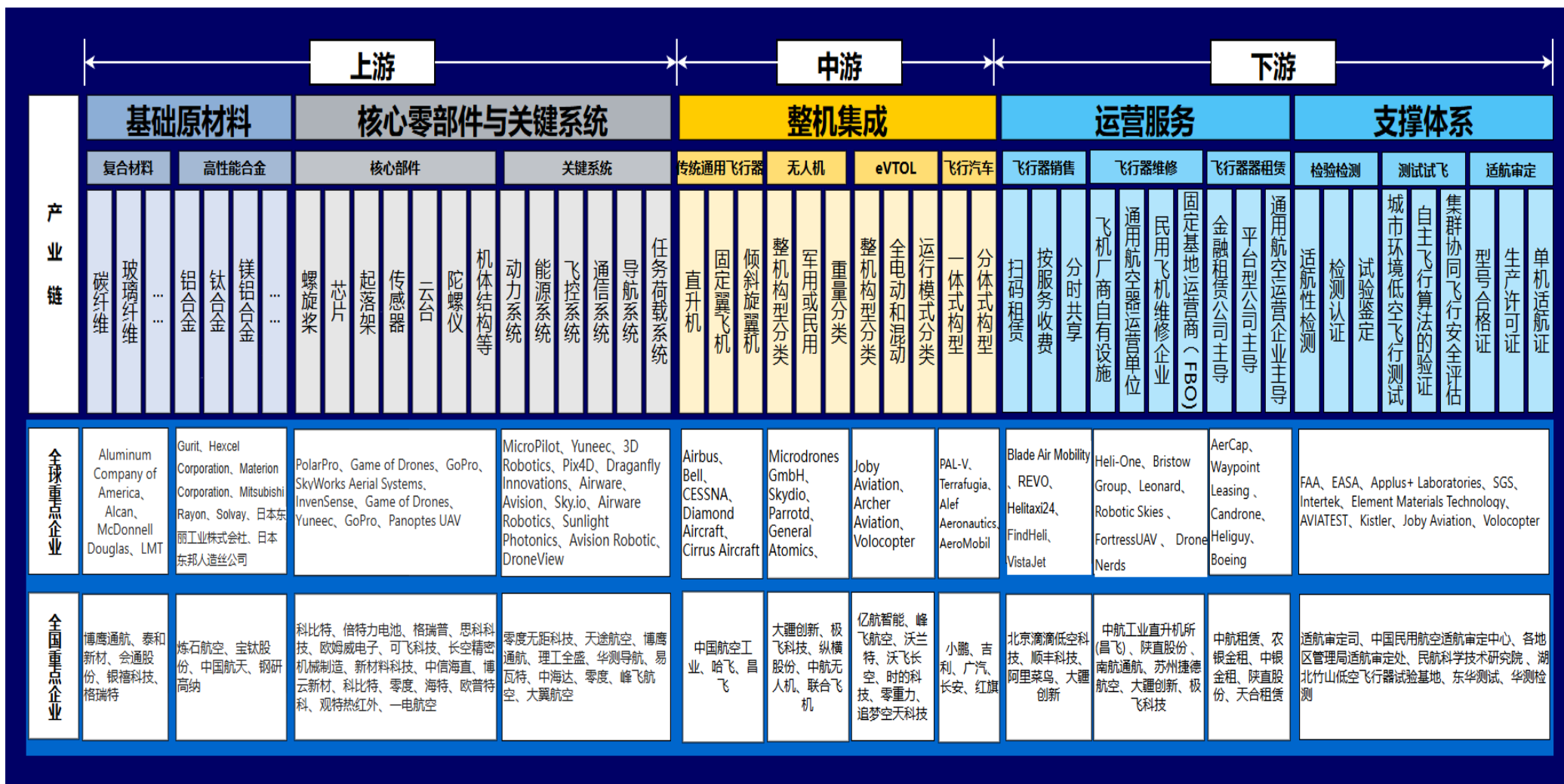


图 4.4 低空飞行器产业链和供应链

第五章 低空飞行器适航与安全

安全与适航是低空经济发展的生命线，是健康持续发展的前提和基础。构建审慎包容²¹的低空安全新治理体系，成为推动低空经济安全健康发展的关键所在；建立一套科学、严谨的适航审定体系，从源头上确保飞行器的设计和制造符合安全标准，是低空经济发展的首要任务。

5.1 低空飞行器适航

5.1.1 适航体系的全球视野与中国方案

1. 以 ICAO 为框架的国际协调

国际民航组织（ICAO）作为联合国的一个专门机构，负责制定和监督执行全球民航领域的标准和建议措施（SARPs），为全球适航体系的协调统一提供了顶层框架。ICAO 颁布的《国际民用航空公约》（即《芝加哥公约》）及其附件，构成了国际航空法的基础，其中附件 8《航空器适航性》详细规定了缔约国在航空器适航管理方面的责任和义务，根据公约，每个缔约国都有权对其本国注册的飞行器进行适航审定和管理。由于并非所有国家都具备独立进行适航审定的技术和资源，因此认可其他国家的适航审定结果成为一种普遍实践，这就形成了以 ICAO 标准为基础，以 FAA 和 EASA 两大法规体系为核心，各国适航当局相互认可、协调合作的全球适航网络，这种体系在保障全球航空安全、促进国际贸易和人员往来方面发挥了至关重要的作用。

²¹ 审慎包容的监管框架指在确保安全底线的前提下，对新兴技术采取包容审慎的监管态度，既鼓励创新，又保障安全。

2.FAA 与 EASA 的法规体系

FAA 和 EASA 凭借其强大的技术实力、悠久的历史 and 庞大的市场，其制定的适航法规和标准在全球范围内具有广泛的影响力。FAA 的适航法规体系以联邦航空条例（FAR）为核心，涵盖了从设计、制造到运营、维修的各个环节。EASA 的法规体系则以欧盟航空法规（EU）为基础，其审定标准和程序与 FAA 既有相似之处，也存在差异。全球大部分国家的适航审定体系都在不同程度上借鉴或参考了 FAA 和 EASA 的模式。对于航空制造商而言，获得 FAA 和 EASA 的型号合格证，是其产品进入全球主流市场的“敲门砖”。然而，这种欧美主导的格局也意味着，新兴航空技术和产品往往需要首先满足欧美市场的法规要求，这在一定程度上增加了其他国家航空产品进入国际市场的门槛和成本。

3.中国特色的自主适航体系

（1）现状与自主标准制定探索

随着中国民用航空工业的快速发展，特别是 ARJ21 新支线客机和 C919 大型客机的研制成功，中国已经建立起一套与国际接轨、具有中国特色的适航审定体系，中国的适航体系建设，一方面积极借鉴和吸收 FAA、EASA 的先进经验，另一方面也结合国情和产业发展需求，进行了自主创新。中国的适航法规体系以《中华人民共和国民用航空法》和《民用航空器适航管理条例》为上位法，以一系列中国民用航空规章（CCAR）为主体，形成了覆盖全面、结构清晰的法规框架。《民用航空产品和零部件合

格审定规定》(CCAR-21)是核心法规,详细规定了型号合格证、生产许可证和适航证的申请、审查和颁发程序。除CCAR-21部外,其他具体的适航标准如CCAR-23(正常类飞机)、CCAR-25(运输类飞机)、CCAR-27(正常类旋翼航空器)等。针对无人机等新型飞行器,中国民用航空局积极探索和创新适航审定模式,发布了《民用无人驾驶航空器系统适航安全评定指南》等文件,在现有法规框架下,积极探索制定专用条件和符合性方法,以填补现有规章的空白,为全球无人机适航管理提供了有益的探索。此外,中国还积极参与国际适航合作,推动双边适航协议的签署,为国产航空产品走向世界铺平道路。

(2) 机构建设和人力资源

适航审定能力是国家航空工业核心竞争力的重要体现,在机构建设方面,形成了以民航局适航审定司为核心,各地区管理局和适航审定中心为支撑的组织架构。在人力资源方面,通过引进、培养和委任等多种方式,建立了一支专业的适航审定队伍。随着低空经济的蓬勃发展,新型飞行器型号和数量的激增,现有的适航审定资源面临着前所未有的压力。据不完全统计,中国已有700余家新型飞行器制造企业,需取证的型号超过800个,而现有的审查资源已难以为继。这种供需矛盾凸显了加强适航审定能力建设的紧迫性,需要从扩充专业队伍、加强人才培养、完善硬件设施等多方面入手,以支撑产业的快速发展。

(3) 拓展国际市场与推动标准互认

在全球化的航空市场中,双边适航合作是推动国产航空产品

“走出去”的关键。中国民用航空局一直致力于深化与主要航空国家和地区，特别是 FAA 和 EASA 的双边适航合作。通过签署和升级双边航空安全协议 (BASA)，建立技术实施程序 (TIP)，旨在简化型号认可流程，避免重复审查，降低企业的合规成本。近年来，中国在与“一带一路”沿线国家的适航合作方面也取得了积极进展，通过签署双边适航协议，为中国航空产品和技术服务进入这些市场创造了有利条件。

5.1.2 适航审定的基本概念与流程

适航审定是确保民用航空器在设计、制造、运行和维护等全生命周期内满足安全与环保要求的法定过程。其核心目标是验证飞行器及其零部件符合既定的适航标准，从而保障公众生命和财产安全。在中国，这一体系主要由《民用航空产品和零部件合格审定规定》(CCAR-21)进行规范，构成了整个适航管理的基础框架。整个审定流程通常涉及三个关键证件，即型号合格证、生产许可证和适航证，三者环环相扣，共同构成了航空器合法投入商业运营的法律和技术基础。这一体系不仅适用于传统的运输类飞机和旋翼机，也随着低空经济的发展，逐步扩展到无人机、eVTOL 等新型飞行器领域，尽管具体的技术标准和审定路径因飞行器类型和技术特点而异，但其根本原则和流程框架保持一致。

1. 型号合格证

型号合格证 (Type Certificate, TC) 是适航审定流程的起点和核心，它是对一种新型航空器、发动机或螺旋桨设计的官方批准，由 CAAC 颁发，证明该型号的设计符合中国民用航空规章中规

定的适航标准。获得 TC 证意味着该飞行器的设计在结构、性能、飞行特性、安全性和环保性等方面达到了法规要求，为后续的生产运营奠定了基础。对于低空经济中的新兴产物，例如 eVTOL，由于其技术新颖性，往往没有现成的适航审定标准可以完全适用，CAAC 通常采取“一事一议”的原则，为每个项目单独制定“专用条件”（Special Conditions），作为审定依据。这一过程要求制造商从设计源头就严格遵循适航要求，TC 证的获取是航空器进入市场的第一步，也是最关键的一步，它不仅是设计批准的证明，也是后续申请生产许可证和单机适航证的前提。

2. 生产许可证

生产许可证（Production Certificate, PC）是在 TC 证获得批准后，对制造商生产能力和质量管理体系的进一步审查和认证。PC 由 CAAC 颁发，旨在确保制造商具备稳定、合规的生产能力，能够保证每一架出厂的航空器都与获得 TC 认证的型号设计完全一致。即使一个航空器型号已经通过了严格的 TC 审定，如果制造商的生产过程缺乏有效的质量控制，也无法保证批量生产的产品能够持续满足适航标准，PC 审定重点关注制造商的质量管理体系、生产工艺、检验程序、供应商管理以及一致性控制能力。获得 PC 是航空器从设计验证走向批量生产的关键环节，它标志着制造商已经建立起一套能够稳定输出符合适航要求产品的体系。对于低空经济企业而言，获得 PC 意味着其生产能力得到了官方认可，可以正式进入批量生产阶段，为商业化运营提供充足的装备支持。

3.适航证

适航证 (Airworthiness Certificate, AC) 是颁发给每一架具体航空器的法定证明文件, 表明该航空器在特定时间点处于适航状态, 符合经批准的设计标准, 并满足持续适航要求, 可以安全地进行飞行。根据《民用航空器适航批准审定程序》, 标准适航证适用于依据 CCAR-21 部取得设计批准的正常类、实用类、特技类、通勤类、运输类航空器以及特殊类别航空器 (如滑翔机、飞艇等)。申请适航证需要提交一系列文件, 包括《民用航空器适航证申请书》、制造符合性声明、持续适航文件清单以及符合适航指令的声明等。对于使用过的航空器, 还需提交预检报告。适航证的颁发由民航地区管理局负责, 标志着该架航空器可以合法投入运营。对于低空经济中的各类飞行器, 无论是传统的通航飞机还是新兴的无人机、eVTOL, 每一架投入使用的飞行器都必须持有有效的适航证, 这是其参与低空飞行活动的最基本法律要求。



图 5.1 适航审定“三证”逻辑关系

5.1.3 适航审定技术

1.传统通用航空器适航审定技术

传统通用航空器, 包括正常类飞机、运输类旋翼机等, 其适航审定技术体系相对成熟和完善。

(1) 基于设计标准的审定方法

传统通用航空器的适航审定主要采用基于设计标准的方法。这意味着飞行器的设计必须严格遵守中国民用航空规章中针对特定类别航空器的详细规定。例如，对于正常类飞机，其适航要求由 CCAR-23 部《正常类飞机适航规定》规定；对于运输类旋翼机，则由 CCAR-29 部《运输类旋翼航空器适航标准》规定。这些规章内容详尽，涵盖了飞行性能、结构载荷、动力装置、系统与设备、操作限制等方方面面。制造商在申请型号合格证时，必须通过计算分析、地面试验和飞行试验等多种方式，向局方证明其设计完全符合这些规定性标准，这种方法的优点是标准明确、要求具体，审定过程相对规范，但其灵活性较差，对于采用新技术或新颖设计的飞行器可能存在一定的局限性。

（2）持续适航与维修要求

获得型号合格证和生产许可证仅仅是航空器安全生命周期的开始，为了确保航空器在整个服役期间始终保持适航状态，持续适航管理至关重要，通过建立一套完善的维修体系和运行规范来实现。根据 CCAR-91 部《一般运行和飞行规则》，航空器的运营人必须建立并执行一套经局方批准的维修方案，包括定期检查、预防性维护和故障排除等。此外，航空器必须配备现行有效的飞行手册、维修手册等持续适航文件，运营人还需建立维修记录保存和查询系统，确保每一次维修工作都有据可查。对于机载设备，如地形提示和警告系统（TAWS）和机载防撞系统（ACAS II），规章也规定了明确的安装、使用和适航要求，以提升运行的安全性。通过严格的持续适航管理，可以及时发现和修复航空

器在使用过程中出现的磨损、腐蚀和故障，确保其始终处于安全可靠运行状态。

2. 无人机适航审定技术

与传统飞行器相比，无人机在系统架构、操作模式和运行环境上具有显著差异，这使得传统的适航审定方法难以完全适用，CAAC 及相关机构积极探索和建立了一套针对无人机的适航审定技术体系，该体系以风险为导向，结合专用条件的制定和具体的安全评定指南，旨在确保无人机在设计、制造和运行各阶段的安全性。

(1) 基于风险的审定方法

随着无人机技术的飞速发展和应用场景的不断拓宽，传统的、基于固定设计标准的适航审定模式已难以适应其多样性和复杂性，为此，CAAC 和 FAA 等全球主要监管机构，均转向了更为灵活和高效的“基于运行风险”的适航审定方法，核心思想是根据无人机在特定运行场景下可能对公众安全造成的风险等级，来确定其适航审定的深度和广度，从而实现监管资源的优化配置和安全底线的精准把控。中国民用航空局在《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》中明确指出，无人机的运行风险主要包括撞击地面第三方（如人员、设施）、碰撞空中第三方（如有人机、其他无人机）以及噪声对环境的影响等。基于此，监管机构将无人机划分为不同的风险等级，并为每个等级匹配相应的管理措施和适航要求。

(2) 专用条件的制定与应用

专用条件 (Special Conditions, SC) 是中国民用航空局针对新型或特殊类别航空器, 在现有适航规章无法完全适用时, 为确保其安全水平而制定的一套特定适航要求, 核心在于当航空器的设计特征、预期用途或运行环境超出了现行法规的覆盖范围时, 监管机构需要基于风险分析和安全目标, 为其“量身定制”一套审定标准。这种方法体现了适航审定从“基于规则”向“基于风险与目标”的现代化转变, 尤其适用于技术迭代迅速、设计构型多样的无人机系统。专用条件的制定过程通常涉及对航空器具体设计、系统架构、失效模式、运行场景的全面评估, 并参考国际标准和工业实践, 最终形成一套既具有针对性又具备可操作性的技术规范。在亿航 EH216-S 的审定项目中, CAAC 正是依据《民用航空产品和零部件合格审定规定》(CCAR-21-R4) 第 21.17(二) 条款, 启动了专用条件的制定程序, 为全球首个无人驾驶载人飞行器的适航审定奠定了法规基础。

(3) 安全评定指南与技术要求

为了规范和指导无人机系统的适航审定工作, 中国民用航空局于 2024 年发布了《民用无人驾驶航空器系统适航安全评定指南》(AC-92-AA-2024-01)。这份咨询通告为无人机系统的安全评定提供了系统性的框架和具体的技术要求, 是无人机适航审定体系中的重要组成部分, 该指南的核心目标是确保无人机系统在设计、制造和运行等各个环节都能达到可接受的安全水平, 详细阐述了安全评定的基本原则、流程和方法, 涵盖了从系统功能、性能要求到失效状态分析、风险缓解措施等多个方面。指南强调,

安全评定应贯穿于无人机系统的整个生命周期，从需求定义、设计开发到验证确认和持续适航，形成一个闭环的安全管理体系。这份文件的出台，标志着中国无人机适航管理从零散的项目制向系统化、标准化的方向迈进，为各类无人机，特别是中大型和复杂无人机系统的适航审定提供了统一的技术依据和操作规范。

3.eVTOL 适航审定技术

eVTOL 融合了固定翼飞机和直升机的特点，采用分布式电推进、高能量密度电池、高度集成的飞控系统大量新技术，这些创新设计使得其无法被简单地归类到现有的飞机或旋翼机适航标准中。全球主要航空监管机构包括 FAA、EASA 和 CAAC，都在积极探索和建立一套全新的、适用于 eVTOL 的适航审定技术体系。这一体系的核心在于如何平衡创新与安全，既要为新技术的发展提供灵活的审定路径，又要确保其达到与传统航空器相当的安全水平。

(1) 新型飞行器类别的挑战

eVTOL 并非简单的直升机或固定翼飞机的电动化版本，而是一种融合了多种飞行模式、依赖高度复杂电传飞控系统和分布式电推进技术的新型飞行器。这种“混合”特性使其难以直接套用现有针对传统航空器的适航规章（如 CCAR-23/25/27/29 部）。例如，eVTOL 在垂直起降阶段类似于多旋翼直升机，而在巡航阶段则转换为固定翼飞机模式，这种复杂的过渡飞行阶段在现有规章中缺乏明确的审定标准和验证方法。此外，其分布式电推进系统（DEP）通常包含数十个电机和螺旋桨，任何一个部件的失

效都可能对飞行安全产生连锁反应，如何评估这种高度耦合系统的失效模式及其影响，是审定工作中的一大难点。

另一个核心挑战在于 eVTOL 对自动化和自主飞行的高度依赖。为了实现高效、低成本的商业运营，eVTOL 普遍设计为高度自动化，甚至具备全自主飞行能力，这意味着飞行控制系统不仅要负责常规的飞行操纵，还要承担航迹规划、避障、应急处置等复杂任务。这对飞控软件的可靠性、鲁棒性和安全性提出了极高的要求。传统的适航审定方法主要关注硬件的物理失效，而对于软件这种“软”失效，尤其是由复杂算法和海量代码构成的自主飞行软件，其审定技术和标准仍在探索和完善中。如何验证和确认 (V&V) 这些软件在各种极端和异常场景下的行为，确保其不会出现灾难性的决策错误，是 eVTOL 适航审定必须攻克的技术难关。同时，高度自动化的驾驶舱设计也带来了新的人机交互挑战，如何确保飞行员（安全员）在必要时能够有效接管飞机，避免自动化带来的“人机环路”问题，也是审定中需要重点关注的安全议题。

最后，eVTOL 的运营环境也对其适航审定提出了新的要求。未来 eVTOL 的运营将在高楼林立、电磁环境复杂、气象多变的城市低空运行，面临着更高的鸟击风险、更强的电磁干扰以及更复杂的噪声限制，其适航审定不仅要考虑飞机本身的设计安全性，还必须将运行环境因素纳入考量。例如，审定标准需要包括对鸟击的抵抗能力、关键系统的电磁兼容性 (EMC) 以及噪声水平是否符合城市环保要求等，这些新增的审定维度，使得 eVTOL 的

适航审定工作远比传统航空器更为复杂和综合。

（2）基于性能的审定方法

面对 eVTOL 这类颠覆性技术带来的挑战，全球主要航空监管机构，正逐步从传统基于规定的审定模式，转向更为灵活的基于性能审定方法。这种方法的核心思想是，监管机构不再详细规定申请人必须采用何种具体设计或技术方案来满足适航要求，而是设定一个明确、可量化的安全目标，由申请人自行决定并证明其设计方案能够达到这一目标，这种转变赋予了制造商更大的创新空间，使其能够采用新技术、新材料和新构型，而无需等待现有规章的更新。基于性能的审定方法也对申请人和监管机构都提出了更高的要求。对于申请人而言，他们需要建立一套强大的、符合国际标准的系统工程和安全管理体系，能够系统性地识别风险、分析失效并验证缓解措施的有效性。这要求企业不仅具备出色的工程设计能力，还需要拥有专业的适航工程和安全分析团队。对于监管机构而言，审查工作从“核对清单”式的符合性检查，转变为对申请人整个安全管理体系和设计验证过程的深度评估。审查员需要具备更强的技术判断能力，能够理解并评估申请人采用的创新方法和分析模型的合理性。

（3）特殊条件与专用标准的制定

在正式的适航规章出台之前，为 eVTOL 制定专用条件或特殊标准成为各国监管机构的普遍做法。这些文件是针对 eVTOL 的独特设计特征而制定的临时性适航要求，旨在填补现有规章的空白。例如，EASA 发布了专门针对小型 VTOL 飞机的《特殊条

件》（SC-VTOL），为 eVTOL 的审定提供了初步的框架。FAA 也通过发布专用适航标准（Special Airworthiness Criteria）来为具体的 eVTOL 项目（如 Joby 和 Archer 的型号）提供审定依据。这些专用条件通常涵盖了飞行性能、结构强度、动力系统、飞行控制、电池安全、抗坠毁性等多个方面。通过制定这些专用标准，监管机构能够在缺乏成熟法规的情况下，对 eVTOL 的安全性进行有效评估，并为未来正式规章的制定积累经验和数据。

5.1.4 我国适航审定能力建设

从产业支撑能力的视角审视，我国已初步构建起以中国民用航空局为核心，以七大区域适航审定中心为骨干，以飞行器适航审定中心等专业机构为技术支撑的适航服务网络。这一体系在支撑传统民机及无人机产业发展中发挥了基础性作用，累计颁发了大量型号合格证与生产许可证。然而，面对低空经济爆发式增长带来的新需求，适航审定作为一种稀缺的“软基建”资源，正面临着前所未有的供给侧挑战。当前，我国共有 700 余家新型飞行器制造企业，处于适航审定队列中的型号超过 800 个，而全国适航审定系统的专业人员编制相对有限，这种“海量需求”与“有限资源”之间的结构性矛盾，已成为制约产业链快速流转的瓶颈。因此，提升适航审定服务的供给弹性，通过引入委任代表机制、培育第三方适航咨询服务机构、建立联合审查团队等方式扩充产业服务力量，已成为完善低空产业链支撑体系的当务之急。

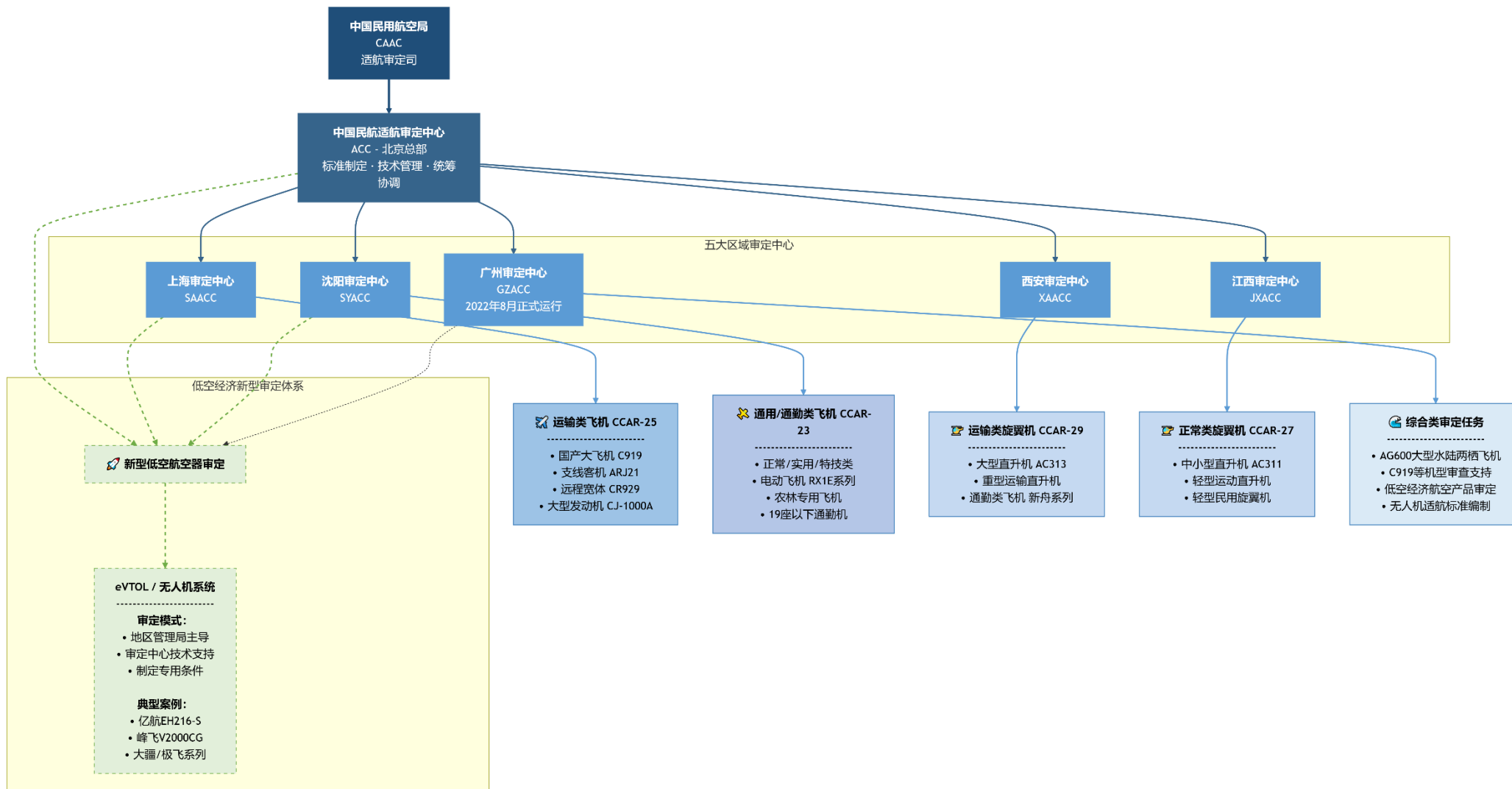


图 5.2 中国民用航空局适航审定业务体系

5.1.5 全球低空飞行器适航进展与核心挑战

1. 新型飞行器适航认证的共性难题

新型飞行器，特别是 eVTOL 的适航认证过程，是一场集技术、法规、资源和管理于一体的全方位考验。其面临的共性难题根植于其颠覆性的技术特征与现有监管体系之间的结构性矛盾。这些难题不仅延缓了产品的商业化进程，也对监管机构的能力和智慧提出了前所未有的要求。从法规的滞后性到技术的复杂性，再到审定资源的瓶颈和认证成本的巨大压力，每一个环节都构成了新型飞行器通往市场的“拦路虎”。这些挑战是全球性的，无论是产业先发国家还是追赶者，都必须在解决这些共性难题的基础上，才能建立起真正安全、高效、繁荣的低空经济生态。

(1) 现有规章难以覆盖颠覆性技术创新

当前全球适航认证体系面临的最根本挑战，是现有法规框架的滞后性。传统的适航标准，如 FAA 的《联邦航空条例》(FAR) 和 EASA 的《认证规范》(CS)，其制定基础是围绕传统固定翼飞机和直升机的构型、动力系统和运行模式建立的，这些规章体系经过数十年的实践检验，在保障传统航空器安全方面发挥了至关重要的作用。当面对 eVTOL 这类融合了固定翼、旋翼、分布式电推进、高度自动化甚至无人驾驶等颠覆性技术的新型飞行器时，这些成熟的法规体系显得力不从心。例如，eVTOL 独特的升力机理、飞行特性和故障模式，尤其是在电推进系统、充电基础设施和集成飞行控制等方面，都引入了全新的安全风险，而这些风险在现行法规中并未得到充分考虑和规定。因此，监管机构无

法直接套用现有条款进行审定，只能采取“一事一议”的方式，为每个新型号单独制定“专用条件”（Special Conditions）。这种“补丁式”的应对策略虽然在一定程度上解决了燃眉之急，但也导致了认证流程的非标准化、周期长和不确定性高，成为制约产业发展的核心瓶颈之一。ICAO 也认识到，其现有的附件 8《航空器适航性》和《适航性手册》（Doc 9760）可能不够灵活，不足以应对频繁的设计迭代、以软件为核心的架构以及分布式制造等新技术带来的挑战。

（2）系统高度集成增加验证难度与不确定性

新型飞行器，特别是 eVTOL，其技术复杂性远超传统航空器，这为适航认证带来了巨大的验证挑战。首先，构型多样化是 eVTOL 的显著特征，包括多旋翼、倾转旋翼、复合翼等多种设计，每种构型在气动布局、动力模式和控制逻辑上都存在巨大差异，导致难以形成统一的适航标准。其次，系统的高度集成化是另一大挑战。eVTOL 普遍采用分布式电推进系统，集成了大量的电机、电控和电池单元，其复杂的电磁兼容性问题、热管理问题以及系统间的耦合故障模式，都需要进行极其繁琐和精细的分析与验证。高度自动化的飞行控制系统和无人驾驶技术，其软件的可靠性、决策逻辑的透明度以及在复杂动态环境下的泛化能力，都对传统的、基于确定性的适航审定框架构成了根本性挑战。这些高度集成的复杂系统使得失效模式分析、风险评估和符合性验证的难度呈指数级增长，不仅耗费大量时间，也对审定人员和申请人的技术能力提出了极高的要求。

（3）专业人员与设施不足制约审查效率

适航审定是一项高度专业化和技术密集型的工作，需要大量经验丰富的工程师、试飞员和法规专家。然而，在全球范围内，尤其是在低空经济快速发展的背景下，适航审定资源严重不足已成为一个普遍且突出的瓶颈。以中国为例，全国适航审定系统的人员编制总计仅为 392 人，而需要面对的却是超过 700 家无人机制造企业和 800 多个待审定的无人机型号，人力资源与工作量之间的矛盾异常尖锐。当前中国民航适航审定能力尚不能适应通航发展形势的需要，监管机构在适航审定上面临人力不足、资源短缺等问题，导致通航企业引进或购买新飞机时，取得适航证的时间过长。这种资源瓶颈不仅体现在人员数量上，也体现在专业能力和设施上。新型飞行器涉及大量前沿技术，如电池技术、人工智能、先进复合材料等，要求审定人员具备跨学科的知识背景，而现有人员的知识更新和培训体系往往难以跟上技术发展的步伐。同时，进行极端环境测试和复杂系统验证所需的昂贵试验设施也极为有限，进一步制约了审定效率。这种资源上的捉襟见肘，直接导致了审定周期的延长和申请人排队等待的现象，成为制约产业快速发展的关键短板。

（4）漫长的认证周期考验企业生存

一个典型的型号合格证认证过程，通常需要耗费 3 至 5 年，甚至更长的时间，这期间，企业需要投入巨额资金用于设计迭代、原型机制造、地面试验、飞行测试以及支付庞大的审定费用。例如，C919 大型客机的适航审定就涉及 495 个具体条款，需要完

成失速、动力、性能、飞控、结冰等多项极端环境下的验证，其背后的时间和经济成本可想而知。对于 eVTOL 等新兴领域的初创企业而言，这种“马拉松”式的考验尤为严峻。许多公司的早期融资和市场估值，都建立在适航认证和商业运营能够在短期内实现的乐观预期之上，但是现实中复杂的监管审批、技术验证和基础设施建设，使得这一时间表被不断推迟。摩根士丹利已将其对 2040 年低空经济市场规模的预测从 1.5 万亿美元下调至 1 万亿美元，并将大规模增长的拐点推迟至 2050 年以后，明确指出监管是短期内最大的制约因素。这种时间上的错位，可能导致许多依赖短期商业化预期获得融资的初创企业在漫长的研发和认证周期中耗尽资金，陷入“死亡之谷”。最终能够穿越周期的，往往是那些获得大型企业战略投资或拥有强大国家背景的公司。

2. 适航目前存在的问题与系统性应对措施

面对新型飞行器适航认证带来的系统性挑战，全球航空业和监管机构已经认识到，零敲碎打的修补已无法满足产业发展的需求，必须采取系统性的诊断和应对措施。当前适航体系存在的问题是多维度的，涵盖了法规、技术、资源和国际合作等多个层面。这些问题相互交织，共同构成了制约低空经济发展的瓶颈。因此，应对措施也必须是系统性的、协同的，旨在构建一个更加敏捷、高效、开放和协同的适航审定新生态。这需要监管机构、制造商、运营商以及国际组织的共同努力，通过法规创新、技术赋能、能力建设和国际合作，共同破解适航认证的难题，为低空经济的腾飞铺平道路。

（1）法规、技术、资源与国际合作的系统性挑战

对当前适航体系存在问题的诊断，必须从一个系统性的视角进行审视，其挑战是全方位且相互关联的。首先，在法规层面，核心问题是滞后性与碎片化。如前所述，现有法规无法覆盖新技术，导致全球范围内普遍采用“一事一议”的“专用条件”模式。这种模式虽然灵活，但缺乏统一性和可预测性，使得制造商难以进行长期规划，也增加了合规成本。其次，在技术层面，挑战在于验证的复杂性与不确定性。新型飞行器的高度集成和智能化，使得传统的验证方法变得不切实际或成本过高。例如，对于人工智能驱动的飞控系统，其“黑箱”特性和在无限场景下的泛化能力，使得传统的确定性验证方法几乎失效。同时，新技术的引入也带来了新的安全风险，如电池的热失控、网络安全威胁等，这些都需要全新的验证方法和标准。再次，在资源层面，专业人才的短缺与设施不足是全球通病，审定人员的数量和知识更新速度，远跟不上新型号和新技术的涌现速度。同时，持续适航监管也面临资源不平衡的问题，尤其是在处理国产不成熟机型时，监察员缺乏针对性的培训和有效的监管手段，导致监管压力巨大。最后，在国际合作层面，标准不统一与互认困难是主要障碍。尽管 FAA 和 EASA 等主流监管机构正在努力协调，但全球范围内仍未形成统一的 eVTOL 适航标准，不同国家之间的认证结果互认存在障碍，这不仅增加了制造商进入国际市场的合规成本，也阻碍了全球低空经济产业链的协同发展。

（2）构建敏捷、高效、协同的适航审定新生态

为应对上述系统性挑战，全球航空业正在积极探索和实践一系列创新性的应对措施，旨在构建一个能够适应未来低空经济发展的适航审定新生态。这些措施的核心思想是从被动的“修补”转向主动的“重塑”，通过法规、技术、组织和合作模式的全面创新，提升适航审定的效率和质量。

（1）建立快速响应机制与专用条件制定流程

法规创新是破解适航认证困境的“牛鼻子”，其核心在于建立一种更加敏捷和灵活的法规制定与更新机制，以适应技术的快速迭代。首先，建立快速审定通道成为多国监管机构的选择，通过探索基于风险的审定方法，对技术相对成熟、风险较低的项目简化流程，从而加速认证进程。其次，完善专用条件的制定流程，虽然“一事一议”存在弊端，但在短期内仍是必要手段。因此，需要建立一套更加透明、高效和标准化的专用条件制定程序，明确其适用范围、制定原则和审批流程，减少不确定性。例如，中国民用航空局在为亿航 EH216-S 和峰飞 V2000CG 等型号制定专用条件方面，已经积累了宝贵经验，为全球提供了重要参考。最后，推动基于性能的法规（PBR）转型。与传统法规规定具体设计特征不同，PBR 只定义需要达成的“安全目标”，而将实现路径留给行业自主探索。这种范式为无人机、eVTOL 等新兴技术的发展提供了必要的法规空间，是未来法规发展的重要方向。

（2）运用数字化、仿真技术提升验证效率

面对新型飞行器技术复杂性的挑战，单纯依赖物理测试已难以为继，必须大力引入数字化和仿真技术，实现“虚实结合”的

验证新模式。数字孪生技术是关键，通过在虚拟空间中构建与物理飞行器完全一致的数字模型，可以在设计早期就对各种极端工况、故障模式进行大量的仿真测试，从而提前发现问题、优化设计，大幅减少后期昂贵的物理试飞架次和成本。数据驱动的监管是另一大趋势，通过收集和分析飞行器在研发、测试和运营全过程中的海量数据，监管机构可以更精准地评估风险、监控安全状态，实现从“事后监管”向“事前预测”的转变。例如，利用大数据和机器学习技术，可以对机队的健康状态进行预测性维护，提前预警潜在的安全隐患。人工智能可解释性（XAI）技术的研究，旨在破解 AI 系统的“黑箱”问题，使其决策过程透明化，这对于 AI 系统在航空领域的应用和适航认证至关重要。

（3）扩充专业队伍，加强审定技术研究

解决审定资源瓶颈，必须从扩充队伍和提升能力两方面入手。首先，扩充适航审定人员编制是当务之急，中国民用航空局已明确提出要补充适航审定人力资源，并考虑增加委任代表，以缓解人力不足的压力。其次，加强持续培训和能力建设，针对新型飞行器的技术特点，需要为审定人员开设专门的培训课程，并与制造商合作，开展机型知识培训，确保监察员的知识储备与监管需求相匹配。同时，应加大对适航审定共性技术的研究投入，例如，针对国产民机芯片“卡脖子”难题，中国民用航空局已组织专题组研究芯片级安全性分析方法，并建立完善的质量管控体系，以支持国产芯片的适航实践。最后，优化监管资源配置。通过实施“基于风险”的管理原则，将有限的人力资源更多地投入到安全

风险较高的领域，如运输航空和型号审定，同时通过提高企业自律性和广泛使用委任代表，释放行业潜能，实现监管效率的最大化。

（4）推动全球标准协调与双边互认

在全球化的航空产业中，任何国家都无法关起门来搞适航，加强国际合作，推动标准协调与互认，是降低合规成本、促进产业发展的必由之路。首先，积极参与国际标准制定。各国应积极参与 ICAO 等国际组织的工作，共同推动制定针对 eVTOL、UAS 等新型飞行器的国际标准和建议措施（SARPs），为全球产业发展提供统一的“游戏规则”；其次，加强双边和多边合作。例如，美国、英国、澳大利亚等五国联合发布的《先进空中交通（AAM）飞机型号合格审定路线图》，旨在减少各国认证法规间的差异，简化互认流程，为全球合作树立了典范。中国也在积极行动，通过与文莱等国签署双边适航协议，推动中国适航标准的国际认可，为中国航空产品“走出去”铺平道路；最后，建立信息共享平台。通过建立国际性的适航信息交流平台，各国监管机构可以共享安全数据、审定经验和最佳实践，共同提升全球航空安全水平。

5.2 低空飞行器安全

5.2.1 安全的内涵演进与多维审视

随着低空经济的兴起和航空技术的飞速发展，传统的以事故率为核心的“安全”定义已难以全面覆盖现代航空系统所面临的复杂风险。安全不再仅仅被理解为“没有发生事故或事件”的被动状态，而是演进为一种主动的、系统性的能力，即通过前瞻性

的风险管理和持续的过程改进，确保航空活动在所有可预见的情况下都能将风险控制在可接受的水平。这一理念的转变，标志着航空安全从关注个体部件或单一事件的“点”状思维，转向了覆盖设计、制造、运营、维护全生命周期的“面”状或“体”状系统思维。中国民用航空局在其安全管理体系（SMS）建设指南中明确指出，安全是通过持续的危险源识别和风险管理过程，将人员伤害或财产损失的风险降至并保持在可接受的水平或其以下的状态，这一定义强调了安全的动态性、前瞻性和系统性，要求安全管理必须融入组织的日常运营和决策流程中，而非作为孤立的检查环节存在。

这种范式的转变，要求航空业从“事后调查”转向“事前预防”，从“符合规章”转向“超越规章”，从“关注结果”转向“管理过程”。ICAO在其《安全管理手册》（Doc 9859）中也系统性地阐述了安全管理体系的四个支柱：安全政策与目标、安全风险、安全保证和安全促进，为各国建立系统化的安全管理方法提供了框架。在这一框架下，安全被视为一种可以管理和持续改进的组织绩效，其核心在于识别潜在的系统缺陷和危险源，并采取有效的控制措施。这种系统性的安全观，不仅适用于大型航空公司，也同样适用于新兴的无人机、eVTOL等低空经济参与者，为其安全融入现有空域体系提供了理论基础和实践指导。

1.体系安全与系统安全构建全生命周期安全框架

体系安全（System Safety）是现代航空安全理念的核心，它强调将飞行器及其运营环境视为一个复杂的、相互关联的系统，

并从全生命周期的角度进行安全管理。这一理念认为，事故往往是多个看似微小的因素在特定条件下相互作用、连锁反应的结果，即“事故链”理论。因此，安全管理不能仅仅关注单个部件或环节的失效，而必须采用系统性的方法，识别和管理整个系统中存在的潜在风险。系统安全评估（System Safety Assessment, SSA）是实现体系安全的关键工具，它要求在飞行器设计和修改阶段，系统性地识别潜在危险，分析相关风险，并确定适当的缓解措施。常用的技术包括功能危险评估（FHA）、故障树分析（FTA）和失效模式与影响分析（FMEA）等，这些方法有助于在设计早期发现并解决可能导致灾难性后果的潜在问题。

安全管理体系是体系安全理念在组织管理层面上的具体实践。根据中国民用航空局的规定，SMS 是一个管理安全的系统做法，包括必要的组织结构、问责制、政策和程序，它由四个主要部分构成，包括安全政策和目标、安全风险、安全保证和安全促进，这四个部分相互作用，形成一个闭环管理系统，旨在实现安全绩效的持续提升。例如，安全风险部分要求组织主动识别危险源、评估风险并制定控制措施；而安全保证部分则通过持续监控和审核，验证这些控制措施的有效性，并发现新的安全问题。这种系统化的管理方法，使得安全不再是安全部门的专属责任，而是渗透到组织的每一个层级和每一个业务流程中，从高层管理者的承诺到一线员工的操作，都围绕着共同的安全目标展开，从而构建起一个坚固的全生命周期安全框架。

2.功能安全聚焦系统预期功能的可靠性保障

功能安全(Functional Safety)是体系安全中的一个关键分支,它特指与飞行器运行有关或直接支持飞行器运行的航空活动的风险被降低并控制在可接受水平的状态。其核心在于确保飞行器的各项系统和设备,无论是硬件还是软件,都能在需要时正确执行其预期的功能,并且在发生故障时能够进入一种安全的失效状态。功能安全的实现,依赖于对系统功能的深入理解、对潜在失效模式的全面分析以及对风险的有效控制。

为了确保功能安全,航空业制定了一系列严格的标准和流程。例如,针对机载软件和硬件的 DO-178C 和 DO-254 标准,就为软件/硬件的开发、验证和确认提供了详细的指导,以确保其在整个生命周期内的可靠性。这些标准根据系统失效可能导致的后果严重性,规定了不同严格程度的开发和验证活动。对于可能导致灾难性后果的 A 级软件,其验证要求极为严苛,需要通过各种测试和分析手段,证明其源代码与目标代码之间的可追溯性,并确保其在目标硬件上的行为完全符合设计意图。此外,系统安全评估(SSA)中的功能危险评估(FHA)也是功能安全的核心环节,它从顶层功能出发,系统地识别和分析功能失效可能带来的危险,并为后续的风险缓解措施提供依据。

3.物理安全确保飞行器结构的完整性与可靠性

物理安全是航空安全最基础、最直观的层面,它主要关注飞行器结构、部件和系统的物理完整性、强度和耐久性,确保其在各种预期的飞行和地面载荷下不会发生灾难性的失效。包括对飞行器材料、制造工艺、结构设计和维护程序的严格控制,传统的

航空器主要采用铝合金等金属材料，其性能特性和安全标准已经过长期验证。随着复合材料、3D 打印等先进材料和制造技术的广泛应用，物理安全的内涵也在不断扩展，复合材料虽然具有重量轻、强度高的优点，但其失效模式更为复杂，对冲击损伤、疲劳和湿热环境更为敏感，因此需要开发新的测试方法和标准来评估其长期可靠性。

适航法规中对物理安全的要求非常具体和严格。《正常类飞机适航规定》（CCAR-23）就详细规定了飞机结构必须能够承受的限制载荷和极限载荷，并要求进行静力试验、疲劳试验和损伤容限评估，以验证其结构强度和安全裕度。对于关键结构件，即那些失效会直接影响飞行安全的部件，其设计和制造要求更为严苛。此外，物理安全还涉及到防火、防爆、防冰等系统的设计。例如，燃油系统的设计必须能够防止在可预见的撞击情况下发生燃油泄漏和起火；而防冰系统则必须确保在结冰条件下，飞机的关键气动表面（如机翼前缘、发动机进气口）不会结冰，从而保证飞机的操控性和发动机性能。这些物理层面的安全保障，是飞行器能够安全飞行的前提和基础。

4.公共安全防范航空活动对地面人员和财产的风险

公共安全是航空安全理念从飞行器本身向外延伸的重要维度，它关注的是航空活动对地面第三方人员和财产可能造成的风险。这一概念的提出，尤其是在无人机和城市空中交通（UAM）等新兴领域，变得尤为重要，传统的有人驾驶飞行器，其适航性主要关注机上人员的安全。然而，对于无人机而言，其适航性评

估的重点转向了地面公众的安全。这意味着，在无人机的设计和认证中，需要重点考虑其在发生故障或失控时，对地面人员和财产可能造成的伤害，并采取相应的风险缓解措施。为了量化和管理这种风险，国际上发展出了特定运行风险评估（**Specific Operations Risk Assessment, SORA**）方法，是一种针对无人机运行的系统性风险评估方法，它通过评估无人机的性能、运行环境和应急程序等因素，来确定其运行风险等级，并提出相应的缓解措施。基于风险后果的分类方法，为无人机等低空飞行器的公共安全管理和适航认证提供了新的思路。

5.环境安全实现航空发展与生态保护的和谐共生

环境安全是航空安全理念在可持续发展背景下的重要延伸，它强调航空活动不仅要保障人员和财产的安全，还要最大限度地减少对环境的负面影响，实现航空发展与生态保护的和谐共生。环境安全涵盖了多个方面，包括噪声污染、废气排放和能源消耗等，在噪声方面，适航法规对飞机的噪声水平有明确的限制，要求新设计的飞机必须通过严格的噪声测试，才能取得适航证。在废气排放方面，除了对二氧化碳等温室气体的关注，还包括对氮氧化物、颗粒物等污染物的控制。为了应对这些挑战，航空业正在积极探索各种绿色技术，如可持续航空燃料（**SAF**）、混合动力和纯电动推进系统、更高效的空气动力学设计等。同时，这些新技术的引入也带来了新的安全挑战，电池的安全性、新材料的可靠性等，这些都需要在适航认证过程中进行充分的评估和验证，因此，环境安全与物理安全、功能安全等其他维度的安全紧密相

连，共同构成了现代航空安全的完整体系。

5.2.2 绿色航空技术的安全新挑战

绿色航空技术的浪潮，以电动化、智能化、新材料应用为主要特征，正在深刻地重塑航空产业的格局，这场技术革命在为实现“双碳”目标和可持续发展带来巨大机遇的同时，也引入了一系列前所未有的安全挑战。这些挑战源于新技术的颠覆性、系统的高度集成性以及与传统航空体系的差异性。从高压动力电池的热失控风险，到复合材料结构的长期可靠性验证，再到分布式电推进与无人驾驶系统的复杂耦合，每一个环节都对现有的适航标准和安全管理体系提出了新的考验。

1.高能量密度动力电池的热失控风险与管理

电池安全是电动飞行器，特别是 eVTOL，面临的最核心、最受关注的安全挑战。为了实现足够的续航里程，eVTOL 必须搭载能量密度极高的动力电池组，然而，能量密度越高，电池内部的化学反应越剧烈，其热失控的风险也越大，热失控是指电池在受到过充、短路、机械损伤或高温等滥用条件下，内部温度急剧上升，最终可能导致起火、爆炸的连锁反应，一旦发生热失控，其释放的巨大能量和有毒气体会对飞行器和乘员构成致命威胁。为了应对这一挑战，业界和监管机构正在从多个层面构建安全防线。首先，在电池材料和电芯设计上，通过采用更安全的热隔离材料、优化电解液配方、引入陶瓷涂层隔膜等技术，从源头上提升电池的本征安全性。其次，在电池管理系统（BMS）层面，通过高精度的传感器和智能算法，对电池的电压、电流、温度等状

态进行实时监控和精准管理，实现对过充、过放、过温等危险状态的预警和保护。最后，在系统层面，通过优化电池包的机械结构设计，增强其抗冲击和防穿刺能力，并设计高效的散热和灭火系统，以抑制热失控的蔓延。《电动汽车用动力蓄电池安全要求》（GB38031-2025），首次将“热失控后不起火不爆炸”作为强制性标准，这标志着行业正从追求能量密度转向将安全性能作为首要目标，这一趋势也必将深刻影响电动航空领域。

2. 复合材料、智能材料的性能验证与长期可靠性

新型材料，特别是碳纤维复合材料，因其高比强度、高比模量的特性，已成为实现飞行器轻量化的关键，对于提升 eVTOL 等电动飞行器的续航和载重能力至关重要。这些材料的引入也带来了新的安全挑战，首先，复合材料的失效模式复杂，其分层、纤维断裂损伤往往难以通过目视检查发现，给维护和检修带来了困难。其次，复合材料的性能对制造工艺高度敏感，微小的工艺偏差就可能导致其力学性能大幅下降。此外，在长期服役过程中，复合材料会受到湿热、紫外辐射、疲劳载荷等多种环境因素的影响，其性能会发生退化，如何准确预测和评估其长期可靠性，是适航审定面临的一大难题。除了复合材料，形状记忆合金、压电材料等智能材料也开始在航空领域得到应用，它们能够根据外部刺激改变自身形状或特性，为自适应机翼、智能结构健康监测等创新设计提供了可能。但这些新材料的性能稳定性、环境适应性以及与现有系统的兼容性，都需要经过严格的验证和评估，以确保其在飞行中的安全可靠。

3.分布式电推进、飞控与无人驾驶系统的耦合风险

eVTOL 等新型飞行器的一个典型特征是系统的高度集成和复杂性。分布式电推进（DEP）系统将多个小型电动机和螺旋桨分布在机翼或机身上，通过复杂的控制算法实现推力矢量和飞行姿态控制，这种设计虽然带来了气动效率和安全性方面的优势，但也极大地增加了系统的复杂性。飞控系统需要实时协调数十个甚至更多的电机和舵面，任何微小的控制偏差或传感器故障都可能导致灾难性后果。此外，无人驾驶系统（UAS）的引入，使得决策和控制链路更加复杂，从感知、决策到执行，每一个环节都涉及到大量的软硬件系统，这些系统之间的耦合和交互带来了新的潜在风险。例如，传感器数据的融合算法是否存在缺陷？决策模型在极端天气或未知障碍物面前能否做出正确判断？通信链路中断或受到干扰时，飞行器能否安全切换到备用模式？这些问题的存在，使得对复杂系统的整体安全性进行验证变得异常困难，传统的基于单一故障的适航审定方法已难以适用，需要发展新的基于系统理论和复杂性的安全评估方法。

5.2.3 安全视角下的社会公众信任

在低空经济时代，城市空中交通（UAM）、无人机物流等新业态要真正从概念走向现实，除了技术上的突破和法规上的完善，一个至关重要的因素是获得公众的信任和接受。公众信任是这些新业态得以商业化运营的社会基础，如果公众对其安全性心存疑虑，即使技术和法规上可行，也难以获得广泛的市场认可。如何建立、维护和增强公众信任，是所有低空经济参与者必须认

真思考和解决的战略性问题。这种信任不仅仅是对技术本身的信任，更是对整个运营体系、监管框架和应急响应能力的综合信任。它要求行业不仅要做到“安全”，还要让公众“感知到安全”，并通过透明、开放的沟通，将复杂的技术和风险管理过程转化为公众能够理解和接受的信息。

1. 公众信任的构成要素

公众对新兴航空技术的信任，主要由安全（Safety）、可靠（Reliability）和透明（Transparency）三个核心要素构成。安全是信任的基石，指的是公众相信该技术在设计和运营上能够将风险控制极低的、可接受的水平，不会对自己和他人的人身和财产安全构成威胁。这种信任的建立，需要依赖于严格的适航认证、权威的监管机构背书以及长期、无事故的运营记录。例如，Cirrus 飞机公司通过在其所有机型上标配整机降落伞系统（CAPS），并成功地多次挽救生命，极大地提升了公众对其产品安全性的认知和信任。可靠性是信任的保障，指的是公众相信该技术能够持续、稳定地按照预期运行，不会出现频繁故障、延误或服务中断。对于城市空中交通等面向大众的服务而言，可靠性直接关系到用户体验和服务的可用性。如果 eVTOL 航班频繁因技术故障取消，或者无人机物流服务经常无法按时送达，公众的信任感就会迅速流失。因此，建立高可靠性的运营体系，包括完善的维护保养、备件供应和故障处理机制，是赢得公众长期信任的关键。透明是信任的催化剂，指的是运营方和监管方能够主动、公开地与公众沟通，及时、准确地披露与安全相关的信息，包括技术原

理、风险管理措施、运营数据和事故调查结果等。在信息时代，任何试图掩盖或淡化风险的行为，一旦被揭露，都将对公众信任造成毁灭性的打击。相反，通过建立开放的沟通渠道，积极回应公众的关切，甚至邀请公众参与到安全监督的过程中，可以有效地消除信息不对称，建立积极的互动关系，从而将潜在的疑虑转化为理解和支持。例如，建立自愿报告系统，鼓励员工和公众报告安全隐患，并对报告者进行保护和奖励，就是一种促进安全文化、增强透明度的有效做法。

2.适航认证在建立公众信任中的核心作用

适航认证在建立公众对新兴航空技术的信任中扮演着无可替代的核心角色，它相当于由政府权威机构颁发的一份“安全承诺函”，向公众表明该飞行器的设计、制造和维护已经达到了法定的、最低可接受的安全标准，是飞行器从实验室走向市场、从试验场飞向城市天空的法定前提，也是向公众传递安全信号的最有力工具。适航认证过程的严谨性和权威性，是公众信任的根基，这个过程不仅包括对飞行器设计图纸的审查，还涵盖了大量的地面测试、飞行试验、系统验证和生产质量体系的审核，确保飞行器在各种正常和异常情况下都能安全运行。

此外，适航认证并非一次性的活动，而是一个贯穿飞行器全生命周期的持续过程，获得型号合格证只是第一步，后续还需要获得生产许可证以确保每一架出厂的飞机都符合设计标准，并为每一架飞机颁发单机适航证。在飞行器投入运营后，适航部门还会通过持续适航管理，包括发布适航指令（AD）、处理服务困难

报告（SDR）等方式，监督和处理在运营中发现的安全问题，确保飞行器的安全水平在整个生命周期内得到维持和提升，这种全生命周期的安全监管，为公众信任提供了长期的、动态的保障。

3.新兴业态的社会接受度挑战

尽管适航认证为新兴业态的安全性提供了基础保障，但要获得广泛的社会接受，仍然面临诸多挑战。首先是噪声问题。城市空中交通（UAM）的飞行器将在人口密集的城市上空飞行，其产生的噪声对居民生活的干扰是一个极其敏感的社会问题。如果UAM飞行器的噪声水平过高，很可能会引发公众的强烈反对，导致项目难以推进。因此，在UAM飞行器的设计和适航认证中，必须将噪声控制作为一项关键指标，采用低噪声的螺旋桨设计、优化的飞行剖面等技术手段，将其噪声影响降至最低。其次是隐私和安全担忧。无人机在城市中低空飞行，可能会引发公众对隐私被侵犯的担忧，人们担心无人机搭载的摄像头会窥探私人生活。此外，对于无人驾驶的低空飞行器，公众可能会对其在复杂城市环境中的运行安全感到疑虑，担心其能否有效应对突发状况，如鸟类撞击、恶劣天气、其他空中交通等，这些担忧需要通过技术、法规和沟通等多方面的努力来化解。例如，通过地理围栏技术限制无人机进入敏感区域，通过加密和严格的操作规程保护采集的数据，以及通过公开透明的安全评估和模拟演示，向公众展示系统的可靠性和安全性。最后是视觉污染和心理影响。大量的无人机和eVTOL在城市上空穿梭，可能会对城市景观造成视觉污染，影响居民的心理舒适度。因此，城市空中交通的规划和发展需要

与城市规划和景观设计相结合，合理规划航线和起降点，尽量减少对城市视觉环境的干扰。同时，加强与社区的沟通和协商，听取居民的意见和建议，让公众参与到城市空中交通发展的决策过程中，是提升社会接受度、实现和谐共生的关键。

第六章 低空飞行器发展趋势与展望

6.1 发展趋势

低空飞行器产业正处于技术迭代加速、产业生态成型、市场需求爆发、政策体系完善的关键阶段，其发展趋势既遵循航空产业“安全优先、技术驱动、生态协同”的本质规律，又呈现出“跨界融合、绿色低碳、智能普惠”的时代特征。

6.1.1 技术趋势：技术驱动与产业融合，迈向规模化与生态化

技术创新是低空飞行器产业发展的核心驱动力，当前正呈现出“动力电动化深化、控制智能化升级、材料轻量化突破、系统集成化演进”的总体趋势，关键技术领域的交叉融合与迭代突破将持续重构产业竞争力格局。

首先，动力能源的多元化与混合化。电动化已从单一选项发展为包含纯电、混动、氢能在内的多元技术路径。纯电技术聚焦能量密度突破，半固态/固态电池技术有望在未来 3-5 年内将航空级电池能量密度提升至 400-500Wh/kg，使 eVTOL 有效航程突破 300 公里，触及城市群通勤的经济性阈值；氢能源作为实现长航时、零碳飞的终极方案之一，正从系统集成和成本控制两端突破，燃料电池与直接燃烧技术并行发展，预计 2030 年前在货运、跨城飞行等场景实现商业化应用；混合动力作为当前平衡续航与基础设施需求的现实最优解，将在特定载重与航程要求的场景中占据主导地位。

其次，飞行控制的自主化与网联化。“飞行的智能体”是未来形态，飞行控制将从“辅助驾驶”向“高等级自主飞行”演进。基于 AI 的环境感知、多智能体协同决策技术，将使飞行器在复杂城市空域中实现自主避障、集群作业。5G-A/6G 与低轨卫星构成的空天地一体化网络，将为高密度、高安全性的低空飞行提供毫秒级、高可靠的通信保障，实现“人-机-路-云”的深度融合。

再次，设计制造的材料革新与规模化。材料层面，T1000 级以上高性能碳纤维复合材料的国产化与成本下探，将继续减轻机体重量。智能材料(如自修复材料)开始从实验室走向工程应用。同时，包括硅基负极、质子交换膜、第三代半导体在内的特种功能材料的持续突破，为核心系统的性能跃升提供了物质基础。制造层面，“航空级安全”与“汽车级效率”正在融合。增材制造(3D 打印)、自动化装配线等先进工艺，将大幅提升生产效率和一致性，推动整机成本进入快速下降通道。

最后，构型设计的多元化与专用化。为精准匹配不同作业需求，eVTOL 领域已形成倾转旋翼、复合翼与多旋翼并存的格局。其中，倾转旋翼构型兼顾垂直起降与高速巡航，将成为城市与城际交通的主力；复合翼构型则以成本优势深耕货运与救援；多旋翼则继续统治短途与低空作业市场。未来，可变构型技术的发展将进一步提升飞行效率。在飞行汽车领域，分体式构型凭借“陆行体+飞行器”的专业化分工，将率先实现商业落地；而一体式构型随着技术的成熟，将逐步满足更便捷的无缝出行需求。

6.1.2 产业趋势：价值链重构与集群化发展格局成型

低空飞行器产业的爆发式增长，正在深刻重塑产业链的价值分布与竞争格局。一个“整机牵引、关键部件自主、服务生态繁荣”的现代化产业体系正在形成。

第一，产业链的价值逻辑正在发生深刻变革，整机集成与后市场服务成为价值高地。随着产业分工的深化，价值链正加速向两端流动：上游的先进材料、核心芯片与动力系统因其高技术壁垒，成为决定产品性能上限的关键，竞争日趋白热化；中游的整机制造商正在经历身份的蜕变，从单纯的生产组装向“超级系统集成商”转型。它们通过整合上游数以万计的零部件资源，主导产品定义、适航认证与标准制定，掌握产业链的议价权与价值分配主导权。在产业链下游，服务化转型的浪潮汹涌而至。商业模式正从单一的“卖产品”向“产品+全生命周期服务”的综合解决方案升级。飞行器维修、融资租赁、运营培训等后市场业态快速崛起，无人机4S店、城市空中交通运营平台等新物种不断涌现，推动产业从“制造驱动”单轮驱动向“制造+服务”双轮驱动转型。与此同时，以检验检测、适航审定为核心的支撑体系正走向专业化与规模化。

第二，全球产业竞争格局中，中国正形成“优势领跑与短板突破”并存的态势，自主可控与全球化布局同步推进。中国在低空飞行器领域已建立起显著的先发优势，在全球格局不确定性增加的背景下，供应链安全成为国家与企业的核心战略。中国在无人机整机、飞控系统等领域已建立全球优势，下一步将聚焦航空发动机、高端芯片、核心工业软件等“卡脖子”环节，通过“揭

榜挂帅”等机制实现攻坚，构建自主可控的产业体系。

第三，区域产业布局正依托资源禀赋形成梯次分工，构建起“东部引领、中部崛起、西部协同”的集群化生态。中国低空制造的地理格局已然明朗，形成“长三角、粤港澳、京津冀”三极引领，川渝、中部地区特色追赶的态势。各地区基于自身禀赋错位发展：粤港澳强在市场应用与系统集成，长三角优在科技研发与高端制造，京津冀胜在政策制定与标准研发，川渝地区则依托空域与军工底蕴，聚焦中大型无人机与测试验证。

6.1.3 市场趋势：应用场景全面拓展，商业进程加速推进

市场驱动正取代技术驱动，成为产业发展的主要引擎，应用场景呈现指数级拓展。

一是交通通勤市场正蓄势待发，致力于构建立体交通网络，破解城市拥堵的世界级难题。从概念演示到商业运营，城市空中交通将在特定示范区域（如机场快线、景区观光、跨城交通）率先实现常态化商业运营。eVTOL与飞行汽车将从“炫酷科技”变为可负担的交通服务选项，初步构建起城市立体交通网络的骨架。

二是物流运输市场将成为最高频的商业场景，通过重构供应链体系打通“最后一公里”。无人机物流将遵循“农村包围城市”的路径，率先在山区、海岛等末端配送高成本地区实现商业化，进而逐步渗透至城市即时配送市场，成为电商与物流基础设施的重要组成部分。

三是公共服务市场将深度赋能社会治理，提升城市管理的精细化与智能化水平。低空飞行器将深度嵌入社会治理体系，成为

赋能千行百业的核心工具，在应急救援、农林植保、电力巡检、安防巡逻等领域成为标配工具，催生一批专业的“低空解决方案提供商”，显著提升社会运行效率。

四是消费娱乐市场持续扩容，多元化需求催生新的消费热点。消费级无人机正向极致便携与智能化方向迭代，成为大众记录生活的新视角。同时，低空旅游正在成为文旅产业的新增长点，热气球、飞艇及 eVTOL 带来的空中观光体验，将极大丰富旅游产品的供给。此外，动力伞、滑翔伞及未来的飞行汽车体验等航空消费，正逐步从小众走向大众，培育出庞大的爱好者群体与赛事经济。

6.1.4 政策趋势：体系化完善与精准化赋能并重，优化产业发展环境

当前的低空政策趋势正从早期的“单点突破”转向“体系化护航”，通过健全适航标准、超前布局新基建以及完善标准规范，为产业发展构筑起确定性的制度环境。

首先，适航审定体系正向着更加敏捷、开放与国际化的方向演进。面对 eVTOL、氢动力飞行器等新物种，传统的适航框架已显滞后。未来的政策趋势将聚焦于填补标准空白，建立“专用条件+符合性方法”的敏捷审定模式，在确保安全底线的前提下，大幅缩短审定周期，降低企业的合规成本。同时，加强适航审定资源的建设，扩充专业队伍，提升技术支撑能力将是政策发力的重点。更重要的是，中国将以更加开放的姿态推动适航认证的国际互认，通过加强与 FAA、EASA 的合作，消除贸易壁垒，

为中国飞行器走向世界铺平法理道路。

其次，基础设施建设将被纳入城市发展的顶层规划，构建“硬设施+软系统”协同的支撑体系。低空起降场不再是孤立的设施，而是与城市交通枢纽、商务区及物流园区深度融合的节点，形成“骨干+支线+末端”的起降网络。与之配套的能源补给网络将同步铺开，高压快充站、换电站及加氢设施将与新能源汽车基础设施实现共享共建。在“软系统”方面，通信导航监视设施将实现质的飞跃。依托北斗系统的高精度定位与 5G-A/6G 通信技术，将构建起全域覆盖、毫秒级响应的低空数字底座，确保低空飞行“看得见、呼得着、管得住”，为大规模商业化运行提供安全保障。

最后，标准规范体系将从技术、运行到服务全维度覆盖，引领产业健康有序发展。政策将进一步细化核心零部件与系统集成的技术标准，规范产品质量；制定严格的飞行规则与作业规范，确保空域秩序；并建立涵盖维修、租赁、培训等后市场环节的服务标准，提升行业整体的服务水平，从而构建起一个成熟、规范、可持续的产业生态。

6.2 未来展望

展望未来，低空飞行器产业作为“十五五”时期国家重点布局的战略性新兴产业，正迎来从“蓄势待发”到“全面腾飞”的历史性拐点。展望 2035 年，低空飞行器产业将超越交通工具的范畴，成为驱动社会进步、重塑经济地理、提升国家竞争力的战略性力量。

首先，低空经济将成为“新质生产力”的典型代表，驱动产业链向价值链高端攀升。该产业深度融合了新能源、人工智能、先进制造等前沿科技，深刻诠释“技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级”的内涵。反向催化这些技术的突破与产业化，形成“技术共生”效应。一个以低空智能载具为核心，涵盖新材料、新通信、新服务的现代化低空产业体系将全面建成。

其次，低空交通将重构国土时空格局，打造城乡融合发展的“空中纽带”，深刻改变中国经济地理格局。一方面，它将重塑城市群的空间形态，构建“半小时立体经济圈”。随着 eVTOL 等载人飞行器的商业化落地，城市交通将从平面拥堵向立体通畅转变，核心城市与卫星城之间实现“点对点”的无缝连接，极大加速经济要素流动，缓解“大城市病”，带动周边区域协同发展。另一方面，它将成为乡村振兴的战略支点，彻底打通城乡物流的“大动脉”与“微循环”，为乡村振兴注入新动能，使偏远地区也能共享现代化发展成果。

再次，“低空治理”将实现范式革命，建成全球领先的智慧低空系统。未来的低空治理将依托技术手段实现“管好”与“服务好”。中国有望率先建成“数字低空”基础设施。通过北斗、5G-A/6G、数字孪生等技术，实现空域资源的动态、精细、智能管理，形成一套高效、安全、包容的“中国式低空治理方案”，为全球提供借鉴。

最后，从文明演进的高度审视，低空飞行器产业将引领绿色

生活方式，并输出中国标准的全球影响力。在生态文明层面，低空飞行器将引领交通领域的“脱碳革命”，随着新能源机型的普及，航空业将逐步摆脱对化石能源的依赖，有力支撑国家“碳达峰、碳中和”目标。绿色、低噪的出行方式将重塑环保理念，推动人与自然和谐共生。在国际竞争层面，中国有望实现从“产业跟随”向“标准引领”的历史性跨越。凭借在市场份额、技术创新及适航实践上的先发优势，中国有能力参与甚至主导全球低空经济规则的制定，通过技术与标准的输出，带动“一带一路”沿线国家的互联互通与经济发展，构建人类命运共同体的“空中桥梁”。

综上所述，低空飞行器产业的未来，是一幅波澜壮阔的时代画卷。它始于技术创新，兴于产业协同，成于治理变革，终将惠及亿万民众。作为“十五五”乃至更长时期内的战略支柱产业，它将以新质生产力的澎湃动能，成为中国经济高质量发展的重要增长极，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴注入强劲的“空天力量”。

附录 1 低空飞行器重点企业名录与主要产品

附表 1.1 中国主要通用航空器厂商及产品 (PC/TC)

截至 2025 年 7 月

省/市/区	单位名称	主要产品
黑龙江	哈尔滨哈飞航空工业有限责任公司	H410(Z9A)/H410A 直升机 H425/H425-100 直升机 AC352 直升机 Y12 系列飞机
黑龙江	哈尔滨振翼飞行器设计有限公司	啸龙 (XLI) 自转旋翼机
黑龙江	中国航发哈尔滨东安发动机有限公司	WJ5 涡桨发动机 WZ16 涡轴发动机
辽宁	沈阳中体轻型飞机有限公司	HU2/HU2C 飞机
辽宁	辽宁锐翔通用飞机制造有限公司	RX1E-A 电动轻型飞机 RX4E 电动轻型飞机 RX1E-S 水上电动飞机 SY-1V 电动无人机
辽宁	辽宁联航神燕飞机有限公司	P2006/P2010 飞机
辽宁	小熊飞机制造有限公司	CC18-180 越野飞机
吉林	睿弛航空工业 (靖宇) 有限公司	JN-1 自转旋翼机
北京	北京科源轻型飞机实业有限公司	AD200 系列飞机 彩虹热气球
北京	北京华教联合飞艇制造有限公司	HJ2000 飞艇
天津	天津直升机有限责任公司	H425-100 直升机
河北	中航通飞华北飞机工业有限公司	运 5B 系列轻型飞机 小鹰 500 轻型飞机 海鸥 300 轻型水陆两栖飞机
河北	河北天启通宇航空器材科技发展有限公司	C-100 自转旋翼机
河北	捷中鲨鱼 (沧州) 飞机制造有限公司	SHARK 轻型运动飞机
河北	惠阳航空螺旋桨有限责任公司	JL-4A/1 螺旋桨 JL-5 螺旋桨 J12B-G15 螺旋桨 J16-G10A 螺旋桨
山西	大同轻型飞机制造有限公司	Ikarus C42E 运动飞机

省/市/区	单位名称	主要产品
山西	大同长鹰蜜蜂飞机制造有限公司	M4 飞机
上海	上海峰飞航空科技有限公司	V2000CG 电动垂直起降航空器
上海	上海奥科赛飞机有限公司	M2 轻型运动飞机
上海	上海达天飞艇制造有限公司	CA80 飞艇
江苏	南京轻型飞机股份有限公司	AC500 轻型飞机
江苏	南京宏光通用航空装备技术有限公司	HG2 热气球、牵引伞
江苏	常州泛太平洋航空技术有限公司	750XL 飞机
江苏	航天时代飞鹏有限公司	FP-98 无人运输机
江苏	峰飞航空科技（昆山）有限公司	V2000CG 电动垂直起降航空器
江苏	江苏中澳航空科技股份有限公司	J-230D 运动飞机
江苏	江苏双涛航空装备制造有限公司	ST 系列热气球
江苏	江苏中天航空装备有限公司	ZT 系列热气球
浙江	浙江中航通飞研究院有限公司	AG100 轻型飞机
浙江	万丰飞机工业有限公司	DA40 系列轻型飞机 ALTO 912TG 飞机 FM250 Vampire 运动飞机 Legend 600 轻型运动飞机
浙江	锐恩飞机工业（浙江）公司	RX1E-A 电动轻型飞机
浙江	浙江长鹰通航科技有限公司	M3C 超轻型飞机
浙江	浙江通飞野马飞机制造有限责任公司	B610C 轻型运动飞机
浙江	浙江斯密特直升机制造有限公司	VA115 共轴双旋翼直升机
安徽	中电科芜湖钻石飞机制造有限公司	DA20 轻型运动飞机 DA42 系列轻型飞机 DV20 轻型飞机 CA42 教练机 MPP 飞机 CU42 无人飞机
安徽	芜湖钻石航空发动机有限公司	AEC2.0L 活塞发动机
安徽	安徽益为热气球科技有限公司	YW-C30 热气球
安徽	安徽劲旋风航空科技有限公司	XF2-T 螺旋桨
福建	威翔航空科技（厦门）有限公司	CTLS/CTLSi 轻型运动飞机
江西	江西洪都航空工业集团有限责任公司	N5A 农林飞机 初教 6（CJ6）飞机

省/市/区	单位名称	主要产品
江西	江西冠一通用飞机有限公司	GA20 飞机
江西	江西昌河航空工业有限公司	AC313 系列直升机 AC301/AC301A 直升机 AC311/AC311A 直升机
江西	昌河飞机工业（集团）有限责任公司	269C 直升机（曾生产）
江西	江西直升机有限公司	JH-2/JH-2A 轻型直升机 JH-1/JH-5 无人直升机
山东	空中客车直升机（青岛）有限公司	H135 直升机
山东	青岛万丰钻石飞机制造有限公司	DA50C 飞机
河南	河南三和航空工业有限公司	SH-ZN-480-A 自转旋翼机
河南	河南乔海泽尼尔科技有限公司	CH750HD 运动飞机
河南	郑州海王实业有限公司	HW 地效翼船
河南	洛阳罗德普蓝旋翼机科技有限公司	DS-100/DS-115 自转旋翼机
河南	河南美鹰航空科技有限公司	Allegro 运动飞机
湖北	卓尔飞机制造（武汉）有限公司	JA600（Skyleader 600）飞机
湖北	中国特种飞行器研究所	AG50 轻型运动飞机 HO300 水陆两栖飞机 AS700 载人飞艇 LF910 地效飞行器
湖北	湖北航特航空飞行器有限公司	A2C 超轻型水上飞机 A2C-L 陆上飞机 A2C-QC 水/陆快速转换飞机
湖北	晨龙飞机（荆门）有限公司	Angel44 飞机
湖北	湖北通飞华中飞行器工业有限公司	AG50 轻型运动飞机
湖北	泊鹭（荆门）飞机有限公司	SeaRey 水陆两栖运动飞机
湖北	襄阳宏伟航空器有限责任公司	RQ/HW 系列载人气球、降落伞
湖南	山河星航实业股份有限公司	Aurora SA60L 系列轻型运动飞机 Aurora SA70L 系列轻型运动飞机 SA750 多用途运输机 SA70U 多功能无人机
湖南	湖南湘晨飞机工业有限公司	XY-100 自转旋翼机
湖南	湖南翔东龙飞机有限公司	XL100 轻型运动飞机

省/市/区	单位名称	主要产品
湖南	中国航发南方工业有限公司	HS6K 活塞发动机 HS9 活塞发动机 WZ8 涡轴发动机
湖南	中国航发湖南动力机械研究所	WJ9 涡桨发动机
广东	广州中德轻型飞机股份有限公司	Ikarus C42E 运动飞机
广东	亿航智能设备（广州）有限公司	EH216-S 载人无人驾驶航空器
广东	易通途（广州）航空科技发展有限公司	YTT 自转旋翼机
广东	广州极飞科技股份有限公司	PD4/PX4 农业无人机
广东	深圳市大疆创新科技有限公司	T16/T20/T10/T30 农业无人机 DJIZM48 农业无人机
广东	深圳联合飞机科技有限公司	TD550D 无人直升机
广东	雁翔和泰（深圳）科技有限公司	HT 热气球、滑翔伞
广东	中航通飞华南飞机工业有限公司	AG600 大型水陆两栖飞机 SR20 小型飞机 SR22 复合型飞机 AG300 公务机 愿景 SF50 飞机
广东	珠海市海卫科技有限公司	Triton Sport 轻型运动飞机
重庆	重庆通用航空产业集团有限公司	480B 直升机
四川	四川省天域航通科技有限公司	HY100 大型无人机
四川	四川蜜蜂飞机制造有限公司	M4/M11/M3C 超轻型飞机
四川	成都山河飞机制造有限公司	Aurora SA60L-T 运动飞机
贵州	贵阳高新泰丰航空航天科技有限公司	GGAC-100 轻型运动飞机
云南	弥勒浩翔科技有限公司	DL-2L 轻型运动飞机
陕西	中航西飞民用飞机有限责任公司	Y7 短/中程运输机 MA60 短/中程运输机
陕西	通航国际（西安）飞机技术有限公司	小鹰 700 飞机
甘肃	兰州神龙航空科技有限公司	Wild Thing 飞机 SLA 猎鹰旋翼机
新疆	新疆喆航航空科技有限公司	ZH281A 轻型运动直升机

数据来源：《2024-2025中国通用航空和低空经济发展报告》

附表 1.2 向 UOM 直报飞行动态数据无人机产品及厂商

截至 2025 年 11 月

省/市/区	厂商名称	产品型号
北京	北京远度互联科技有限公司	ZT-21V、ZT-21VC、ZT-150V、ZT-25VA、ZT-25VC、ZT-60VE、ZT-120V、ZT-60VS、ZT-39VE、ZT-39V、ZT-25V、ZT-21VA、ZT-15V、ZT-3VS、ZT-3VS型
北京	北京卓翼智能科技有限公司	ZV30E-A、TS-X8、ZV15E、ZV30E-B、ZV30E、ZV150P
北京	北方天途航空技术发展（北京）有限公司	VTL-S11-064、MC-M10-040、MC-M6E-005、MC-G2P-075、MC-M4E-061
北京	北京明光创新航空科技有限公司	3WWDZ-6X、3WWDZ-22、3WWDZ-30A
北京	北京中航智科技有限公司	TD-550
天津	航大汉来（天津）航空技术有限公司	H703、H723-100、H713-200、H713-300、H713-400、H723-200
天津	一飞智控（天津）科技有限公司	敏捷蜂II型、千机III型、敏捷蜂III型、N10多旋翼、M600多旋翼、敏捷蜂I型
天津	致导创新（天津）科技有限公司	QP532、QP530、MR616、MR413A
天津	天津航宇智能装备有限公司	HC-526E
天津	天津云圣智能科技有限责任公司	S1-CC
河北	保定国奥新能源工程材料科技有限责任公司	RL48-60、RL48-50、RL48-25、RL66-60
黑龙江	黑龙江惠达科技股份有限公司	3WWDZ-40.1B、3WWDZ-U60A、3WWDZ-U40C、3WWDZ-40.1B、3WWDZ-40A
黑龙江	中为智能（黑龙江）农业科技有限公司	3WWDZ-U70A
上海	上海峰飞航空科技有限公司	V50、V400、V1500、V2000CG（凯瑞鸥）、V50P
江苏	拓攻（南京）机器人有限公司	3WWDZ-40B（拓攻）、3WWDZ-50B（拓攻）、3WWDZ-20.1A（拓攻）、3WWDZ-15（拓攻）、3WWDZ-35B、3WWDZ-35A（拓攻）、3WWDZ-30.1、3WWDZ-31、3WWDZ-30、3WWDZ-25.1、3WWDZ-19.8、3WWDZ-16、3WWDZ-10、3WWDZ-20、3WWDZ-12

省/市/区	厂商名称	产品型号
江苏	苏州极目机器人科技有限公司	3WWDZ-U70B、3WWDZ-45A、3WWDZ-30C、3WWDZ-30B、3WWDZ-U35A
江苏	航天时代飞鹏有限公司	FP-981CS、FP-98、FP-981A、FP-985
江苏	峰飞航空科技（昆山）有限公司	V2000HCG、V2000CGF、V2000CG
江苏	昆山鲲鹏无人机科技有限公司	KP830X4A1、KP1260X6A1、KP1800X6A1
江苏	中航金城无人系统有限公司	JC-M09、JC-M15
浙江	浙江科比特创新科技有限公司	小旋风II、入云龙MC6、黑旋风、小旋风B900、小旋风X85、插翅虎M8por、插翅虎M8、插翅虎M9、玉麒麟、玉麒麟1、玉麒麟2、插翅虎M10、插翅虎M11、插翅虎M11H、插翅虎M12、770N、入云龙IIP、入云龙II-P、入云龙II-K、入云龙II、标准版、机库版、小旋风（系留版）、小旋风S（标准版）、MC61550、入云龙II机库版、MMC-970、MC6-1650、MC6-021、MMC-XXF、MMC-RYL-M6、MC6-1000、入云龙系列、MC6-1550
浙江	浙江华飞智能科技有限公司	DH-UAV-X380、DH-UAV-X400、DH-UAV-X465、DH-UAV-X720、DH-UAV-X650型、DH-UAV-X820型、GAWRJDD0012HF01、DH-UAV-X900、DH-UAV-X1100、GAWRJDD0015HF02、DH-UAV-X1550型、DH-UAV-X1550-LITE、GAWRJDD0023HF03、DH-UAV-V2300、DH-UAV-V3540、DH-UAV-X1800、DH-UAV-E3800、DH-UAV-V4350、DH-UAV-E6000、DH-UAV-X1550
浙江	杭州迅蚁网络科技有限公司	SK3、TR9、RA3、RA3P、TR9S、TR7S
浙江	桐庐韵鹞科技有限公司	X470
浙江	浙江探诺科技有限公司	LT-Patrol-1
浙江	中测航空科技（浙江）有限公司	3WWDZ-U150A
安徽	安徽天机翼无人机科技有限公司	TJ-5200、TJ-3100
福建	厦门天源欧瑞科技有限公司	OH6153、OHP1804
福建	厦门市汉飞鹰航空科技有限公司	SD-150

省/市/区	厂商名称	产品型号
江西	江西丰羽顺途科技有限公司	ARK 40、MANTA RAY、ARK20S、PW.Orca、ARK 80、ARK20、ARK40、ARK150、FZ90
江西	江西中科神飞空间信息技术有限公司	ZKSF-S616
山东	山东龙翼航空科技有限公司	LY-LYF6、LY- FT60、LY-F150Pro、LY- H300
山东	山东瑞智飞控科技有限公司	RY-V20
河南	心向山河（南阳）高科技有限公司	TH01
湖北	普宙科技有限公司	S280、S200、S220、QXYX4、S480、S400
湖北	武汉智能鸟无人机有限公司	P330 Pro、行者X500、BB4、P330Pro、P60

省/市/区	厂商名称	产品型号
广东	深圳市大疆创新科技有限公司	(DJI)U11X、M1P、L1P/L1Z、L1DE/L1ZE、M2EA、MM1A、W328、W321、WM330A、WM331A、WM331S、WM332A、WM336、WM334R、T600、T650A、M30T RTK、M30 RTK、T740、(DJI)M100、M200、M210、W323/W323A/W323B、W325、W322/W322A/W322B、精灵Phantom2、精灵Phantom、Ti2020、(DJI)M210 RTK、M200 V2、M210 V2、(DJI)M210 RTK V2、M300、(DJI)M600、M600P、M350 RTK、E2MTR-30A、W-DJI-8-10-015、3WWDSZ-10017、3WWDSZ-10016、DJI-T16(3WWDZ-15A)、3WWDZ-15.1B、DJI-T20P(3WWDZ-20A)、DJI-T10(3WWDZ-10A)、DJI-T30(3WWDZ-30A)、DJI-T40(3WWDZ-40A)、大疆(3WWDZ-U50B)、大疆(3WWDZ-U70A)、大疆(3WWDZ-U75A)、DF1A0424、CZ3SCL、DN1A0626、MT2SD/、QF3W4K、MT4MFVD、EB3WBC、L2E、L2S、MT2SD、MT3PD、L2C、QF2W4K、MT3M3VD、L2P(with SSD)、MT2SS5、MT2PD、L2A(without SSD)、DA2SUE1、FD1W4K、MA2UE1N/MA2UE3W、MT1SS5、大疆(3WWDZ-U70A)、大疆(3WWDZ-U50B)、大疆(3WWDZ-U75A)、大疆(3WWDZ-20C)、M4E、M4T、M4TD、M4D、大疆(3WWDZ-50A)、大疆(3WWDZ-20B)、3WWDZ-40B、M3TD、M3D、M3M、M3T、M3E、L3B、L3A、Matrice 400、E2MTR-100A、M3TA、MT5MFNDB、MT5MFND、M4TD-BD、Matrice 400-BD、DEN225、大疆(3WWDZ-U50D)、大疆(3WWDZ-U85A)、3WWDZ-U50C(DJI)

省/市/区	厂商名称	产品型号
广东	深圳飞马机器人股份有限公司	D5000、E2000、D200、V200、V1000、V500R、V10R、E2000S、E3000、V500、D2000S、D200S、D500、D20、V10、P300、飞马E2000、D2000、D300L、D300、v100、V300、飞马V200、飞马D200、F300、AF1200-C4、D1000、AF1000、FREE BIRD、F2000、AF单兵一号、J.ME、F200、F1000
广东	广州市华科尔科技股份有限公司	Voyager 4、MINI SE、F420、T210、Voyager 5、MINI PRO、R500、r400、T210MINI、V1100 PRO、R1000、T1000 PRO、3WWYZ-18、QL1500、WK1900、T1600、ZHUN準、QL 1800、QL1600、WK-1900PRO、WK1800
广东	深圳市道通智能航空技术股份有限公司	EVO Max 4T、MDX、MDA2、MDA、MDCV3、MDH、DF-1、DF-2、MDS、MDXM2、MDXM、DF-3、MDCA、MDXME2、MDXME、DF-P、DF-S、DF-L
广东	广州南方测绘科技股份有限公司	雷凌700、SF700、SF4200、SF1650、SF1200、SF600E、SF600、SF600P、SF3300、SF700 A
广东	广州极飞科技股份有限公司	3WWDZ-60A、极飞(3WWDZ-30A)、3WWDZ-U40B、3WWDZ-U75A、3WWDZ-U50D、极飞(3WWDZ-U50C)、3WWDZ-U85B、3WWDZ-U85A、3WWDZ-U85C
广东	深圳美团低空物流科技有限公司	FP400V3.2c、FP400V3.2d、FP400V3.3A、FP400V3.3B、FP400 V3.3C、FP400 V3.3D、FP400 V3.3、FP400-V3.3D、FP400 V4
广东	深圳市哈博森科技有限公司	Ocean 1、MINI 1 INCH、BLACKHAWK、HUBSAN ACE 2、BLACKHAWK2、HUBSAN ACE 2+、BLACKHAWK 3
广东	珠海紫燕无人飞行器有限公司	A1C、ZY-800-P2X、ZY-800-A2G、SDS3、F15、GWG1
广东	深圳高度创新技术有限公司	GD-T2、GD-T2.5、S160、M164、M190
广东	中山福昆航空科技有限公司	E40H、E50H、E6A、E40、E6H
广东	深圳创动科技有限公司	CD-FGA5、CD-PVA1-A、CD-PVA1、CD-FGA3
广东	深圳联合飞机科技有限公司	Q100、Q12、Q20、3WWDZ-U50C

省/市/区	厂商名称	产品型号
广东	深圳市博坦智能有限公司	DSDR04C、DSDR01C、DSDR04B、DSDR23A
广东	中山汉鲲智能科技有限公司	HK-6120、HK-6100、HK-6410、HK-8110
广东	中山凌动科技有限公司	LX1100、LX1700、LX1000
广东	深圳市翼歌科技有限责任公司	EMC100、EMC50
广东	广东容祺智能科技有限公司	RQ-KT
广东	广州迪飞无人机科技有限公司	DF-EDU 05
广东	锐川机器人（深圳）有限公司	UniDrone E900
广东	深圳镭影科技有限公司	Q20Y
广东	深圳影翎科技有限公司	DE001
广东	亿航智能设备（广州）有限公司	EH216-SA
重庆	重庆市亿飞智联科技有限公司	E25M、E260-PRO、M50Z、M40Z、E260
四川	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	CW-007、CW-15、CW-40重油版、CW-100型、CW-40型、CW-25H型、CW-25E型、CW-25型、CW-15V、PH-7E、CW-30、CW-15X型、PH-20、CW-10、CW-20、PH-007
四川	成都时代星光科技有限公司	X80、X100、X120、X150、W20、X200、X185、X30、DH50、TIM-W20-A
四川	成都奥伦达科技有限公司	M40Pro、M40无人机、MIRACLE 3 Pro、M40 Ultra
四川	四川傲势科技有限公司	XB-12、XC-15、XS-10、XC-25
四川	力动几何（成都）科技有限公司	P4S、T8B、S1
四川	成都亦航创新科技有限公司	YH-X620、x8
四川	四川翼飞科技有限公司	X8 2.0、E620
四川	中科灵动航空科技成都有限公司	灵动鹰-20E
陕西	西安亚联航空科技有限公司	YLA-6H、YLA-4SH10、YLA-4SH20、YLA-6SPRO+、YLA-6SH、YLA-6SPRO、YLA-8SPRO、YLA-4、YLA-6S、YLA-8S
陕西	西安国能数智科技有限公司	AIE F3000、AIE F1000
陕西	西安京东天鸿科技有限公司	JDX-50、JDX-20
陕西	西安探索鹰航空科技有限公司	FS20-B
陕西	西安因诺航空科技有限公司	INX4—1080

数据来源：国家无人驾驶航空器一体化综合监管服务平台

附表 1.3 中国主要大型民用无人机制造商及产品

截至 2025 年 7 月

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
北京	北京极目智尚科技有限公司	多桨或多轴	电池
北京	北京江山恒远科技有限公司	多桨或多轴	电池
北京	北京云鹏智造技术有限公司	多桨或多轴	电池
北京	北京卓翼智能科技有限公司	多桨或多轴	电池
北京	新兴际华（北京）智能装备技术研究院有限公司	多桨或多轴	电动发动机
北京	北京淳一航空科技有限公司	复合翼	油电混合
北京	北京翊蓝科技有限公司	复合翼 固定翼	电池、发动机
北京	中国商用飞机有限责任公司北京民用飞机技术研究中心	复合翼 固定翼	电动发动机、 电池
北京	天岫创新（北京）科技有限公司	复合翼 固定翼	油电混合、发 动机
北京	北京圆梦天使通航科技有限公司	复合翼 固定翼 旋翼	发动机
北京	北京翎鸥航空科技有限公司	固定翼	发动机
北京	北京航景创新科技有限公司	旋翼	发动机
北京	北京华翼星空科技有限公司	旋翼	发动机
北京	北京清航紫荆装备科技有限公司	旋翼	发动机
北京	北京中航智科技有限公司	旋翼	发动机
北京	北京华业天辉科技发展有限责任公司	旋翼	发动机、电动 发动机、电 池、氢能源电 池、油电混合
天津	天津尚飞航空科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池
天津	军研科工智能科技发展（天津）有限公司	旋翼	发动机
河北	保定国御瑞和智能装备研发有限公司	多桨或多轴	电池
河北	河北莹翌航空科技有限公司	复合翼	发动机、电池

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
河北	河北鹰东科技有限公司	复合翼	油电混合
河北	河北鹰览自动化科技有限公司	复合翼	油电混合
河北	海利天梦（香河）科技有限公司	复合翼 固定翼	发动机
内蒙古	内蒙古神鹰飞机制造有限公司	固定翼	发动机
辽宁	法库中军翼无人机科技有限公司	旋翼	发动机
上海	上海时的科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机
上海	上海峰飞航空科技有限公司	复合翼	电动发动机
上海	上海御风未来航空科技有限公司	复合翼	电动发动机、 电池
上海	麦克兰（上海）智能科技有限公司	固定翼	发动机
江苏	麦普斯创新科技（无锡）有限公司	多桨或多轴	电池
江苏	星际智航（太仓）航空科技有限公司	多桨或多轴	电池
江苏	南京航天国器智能装备有限公司	多桨或多轴 旋翼	电动发动机、 发动机
江苏	南京国业科技有限公司	复合翼	发动机、电 池、油电混合
江苏	牧羽航空科技（江苏）有限公司	复合翼	发动机、电动 发动机
江苏	牧羽天航空科技（江苏）有限公司	复合翼	发动机、电动 发动机、电池
江苏	峰飞航空科技（昆山）有限公司	复合翼	油电混合、电 动发动机
江苏	航天时代飞鹏有限公司	复合翼 固定翼 旋翼	电动发动机、 油电混合、发 动机
江苏	江苏海利天梦科技有限公司	固定翼	发动机
江苏	南京拓兴智控科技有限公司	固定翼	发动机
江苏	微至航空装备（无锡）有限公司	固定翼	发动机
江苏	艾肯拓（常熟）科技有限公司	旋翼	发动机
江苏	南京模拟技术研究所	旋翼	发动机
江苏	南京壮大智能科技研究院有限公司	旋翼	发动机

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
浙江	浙江云朵网科技股份有限公司	多桨或多轴	电动发动机
浙江	杭州紫创清飞科技有限公司	复合翼	电池
浙江	科比特创新科技股份有限公司	复合翼 旋翼	发动机、电 池、油电混合
浙江	彩虹无人机科技有限公司	固定翼	发动机
浙江	杭州牧星科技有限公司	固定翼	发动机
浙江	浙江华奕航空科技有限公司	旋翼	发动机
浙江	浙江中海云创智能科技研究有限公司	旋翼	发动机
浙江	浙江容祺科技有限公司	旋翼	发动机、电池
安徽	零重力飞机工业（合肥）有限公司	复合翼	电池
安徽	合肥览翌航空科技有限公司	复合翼	电动发动机、 电池
安徽	安徽天路航空科技股份有限公司	固定翼	发动机
福建	联特（福建）智能装备有限公司	多桨或多轴	电池
福建	漳州鹰航电子科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机
福建	厦门腾希航空科技有限公司	固定翼 旋翼	发动机
福建	福建博兆微电子科技有限公司	旋翼	发动机
福建	福建清航装备科技有限公司	旋翼	发动机
江西	江西直升机有限公司	旋翼	发动机
江西	中国直升机设计研究所	旋翼	发动机
山东	青岛智飞无人机航空科技发展有限公司	多桨或多轴	电池
山东	山东鸿升祥科技创新有限公司	多桨或多轴	电池
山东	山东科奇飞机工业有限公司	多桨或多轴	电池
山东	心圣（山东）电力科技有限公司	多桨或多轴	电池
山东	山东龙翼航空科技有限公司	多桨或多轴	电池、油电混 合
山东	山东尚飞航空科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池
山东	山东彤辉智能科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
山东	壹通无人机系统有限公司	多桨或多轴 复合翼 固定翼	电池、油电混合、发动机
山东	青岛翊蓝航空有限公司	复合翼 固定翼	电池、发动机
山东	青岛世天创新航空科技有限公司	旋翼	发动机
河南	飞侠士（河南）智能装备有限公司	多桨或多轴	电池
河南	河南鼎健航天技术股份有限公司	多桨或多轴	电池
河南	河南合动无人机科技有限公司	多桨或多轴	电池
河南	河南如虹低空智能科技有限公司	多桨或多轴	电池
河南	河南瓦特智能科技有限公司	多桨或多轴	电池
河南	河南中原空天创新科技有限公司	飞艇	电池
河南	安阳迈杰航空科技有限公司	旋翼	发动机
河南	河南三和航空工业有限公司	旋翼	发动机
湖北	翼安科技（湖北）有限公司	多桨或多轴	电池
湖北	武汉科利尔碟形飞行器有限公司	旋翼	电池、电动发动机
湖北	湖北星航航空科技有限公司	旋翼	发动机
湖北	武汉普宙飞行器科技有限公司	旋翼	发动机
湖南	湖南万竞启航科技有限公司	多桨或多轴	电池
湖南	湖南万竞智航科技有限公司	多桨或多轴	电池
湖南	湖南湘江河畔航空科技有限公司	多桨或多轴	电池
湖南	湖南懿鹏航空科技有限公司	多桨或多轴	油电混合
湖南	湖南浩天翼航空技术有限公司	复合翼 固定翼	发动机
广东	广东鲲鹏低空通用航空科技有限公司	多桨或多轴	电池
广东	广州汇天飞行汽车制造有限公司	多桨或多轴	电池
广东	广州汇天航空航天科技有限公司	多桨或多轴	电池
广东	广州汽车集团股份有限公司	多桨或多轴	电池
广东	广州市华科尔科技股份有限公司	多桨或多轴	电池
广东	汕头市美多多玩具实业有限公司	多桨或多轴	电池
广东	深圳梦之鹰科技有限公司	多桨或多轴	电池

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
广东	深圳市吉翼稳控科技有限公司	多桨或多轴	电池
广东	翎翼航空科技（珠海）有限公司	多桨或多轴	电动发动机
广东	广东海鸥飞行汽车集团有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池
广东	广东汇天航空航天科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池
广东	深圳智航无人机有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池
广东	华启天成（深圳）智能科技有限公司	多桨或多轴	电动发动机、 电池、太阳能 电池
广东	广东智联航空科技有限公司	多桨或多轴	油电混合
广东	广东高域科技有限公司	多桨或多轴 复合翼	电动发动机、 电池
广东	亿航智能设备（广州）有限公司	多桨或多轴 复合翼	电动发动机、 电池
广东	惠州众合航空科技有限公司	复合翼	发动机
广东	零重力深圳飞机工业有限公司	复合翼 多桨或多轴	电池
广东	中航华东光电深圳有限公司	旋翼	电池
广东	广东万虹科技有限公司	旋翼	发动机
广东	深圳联合飞机科技有限公司	旋翼	发动机
广东	翼航锐鹰航空科技（广东）有限公司	旋翼	发动机
广东	珠海隆华直升机科技有限公司	旋翼	发动机
海南	海南艾锐奥科技有限公司	旋翼	发动机
重庆	重庆国飞通用航空设备制造有限公司	多桨或多轴	电池
重庆	重庆翎客航空科技有限公司	多桨或多轴	电池
重庆	重庆驼航科技有限公司	旋翼	发动机
四川	成都庆军科技有限公司	多桨或多轴	电池
四川	会理华飞智控航空科技有限公司	多桨或多轴	电池
四川	四川匠心一诺科技发展有限公司	多桨或多轴	电池
四川	达天航空有限公司	飞艇	发动机

省/市/区	生产厂商名称	大型无人机产品	
		产品类型	动力类型
四川	四川沃飞长空科技发展有限公司	复合翼	电动发动机、 电池
四川	四川沃兰特商用飞机有限公司	复合翼	电动发动机、 电池
四川	四川垚磊科技有限公司	复合翼 固定翼	油电混合、发 动机
四川	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	固定翼	发动机
四川	四川省天域航通科技有限公司	固定翼	发动机
四川	中航（成都）无人机系统股份有限公司	固定翼	发动机
四川	四川腾盾科技有限公司	固定翼 旋翼	发动机
四川	四川聚变未来航空科技有限公司	旋翼	电池
四川	四川万晟华疆科技有限公司	旋翼	发动机
四川	四川自贡市航翊智云科技有限公司	旋翼	发动机
陕西	西安精科华盾应急救援装备有限公司	多桨或多轴	电池
陕西	捷飞智航科技（西安）有限公司	复合翼	电动发动机、 电池
陕西	西安富沃德光电科技有限公司	复合翼 固定翼	发动机、电动 发动机、电 池、油电混合
陕西	西安羚控电子科技有限公司	固定翼	发动机
新疆	新疆健坤航空设备有限公司	多桨或多轴	电池
新疆	新疆喆航航空科技有限公司	旋翼	发动机

数据来源：《2024-2025中国通用航空和低空经济发展报告》

附表 1.4 中国主要 eVTOL 制造商及产品

截至 2025 年 11 月

省/市/区	生产厂商名称	主要产品型号
北京	大众汽车集团（中国）	V.MO Flying Tiger （大众与湖南山河星航合作项目）
北京	北京航景创新科技有限公司	FWT-2000 突击鹰
北京	中国商飞北京民用飞机技术研究中心	ET480、CE-4VT
北京	天岫创新（北京）科技有限公司	天岫白鹤170kg级复合翼
北京	酷黑科技（北京）有限公司	分体式智能飞行汽车、涵道飞行器
北京	北京玮航科技有限公司	分布式涵道风扇eVTOL
天津	天津斑斓航空科技有限公司	eT-124、eT-C22纵列式可倾转旋翼
上海	上海御风未来航空科技有限公司	Matrix 1复合翼载人机
上海	上海峰飞航空科技有限公司	盛世龙、凯瑞鸥、信天翁
上海	上海磐拓航空科技服务有限公司	PANTALA Concept H倾转涵道风扇
上海	上海时的科技有限公司	E20倾转旋翼
上海	上海沃兰特航空技术有限责任公司	VE25-100复合翼
上海	天翎科航空科技（上海）有限公司	L600 Pioneer
江苏	牧羽航空科技（江苏）有限公司	EV-4升力巡航构型
江苏	航天时代飞鹏有限公司	FP-981C
江苏	齐飞航空科技（苏州）有限责任公司	复合翼分布式
江苏	亿维特（南京）航空科技有限公司	ET9载人
江苏	追梦空天科技（苏州）有限公司	DF600惊鸿、DF3000游龙
浙江	万丰航空工业有限公司	Diamond eVTOL
浙江	倍飞智航（浙江）科技有限公司	TW5000倾转翼构型
浙江	蜻蜓翼行（杭州）科技有限公司	QT-2000
安徽	零重力飞机工业（合肥）有限公司	ZG-ONE多旋翼、ZG-T6倾转旋翼、ZG-VC2
安徽	合肥览翌航空科技有限公司	客运级eVTOL

省/市/区	生产厂商名称	主要产品型号
福建	厦门腾希航空科技有限公司	Dragonfly-EV2000
江西	景德镇添翼航空科技有限公司	添翼-T1飞行汽车
山东	山东尚飞航空科技有限公司	JX1022R载人版
山东	蓝霄航空科技(济南)有限公司	LX-1
湖南	山河星航实业股份有限公司	V.MO Flying Tiger
湖南	长沙华羽先翔航空科技有限公司	鸿鹄Mark1
广东	广州汽车集团股份有限公司	GOVY AirJet
广东	广州亿航智能技术有限公司	分布式EH216-S系列
广东	深圳联合飞机科技有限公司	镞影R6000
广东	深圳智航无人机有限公司	V3000
广东	中航通用飞机有限责任公司	AG-EX矢量推进型
广东	广州汇天航空航天科技有限公司	宇航者X2、陆空一体式飞行汽车
广东	广东海鸥飞行汽车集团有限公司	EAGLE-212多旋翼、EAGLE-863-SY复合翼
广东	广州君腾航空科技有限公司	QJ-5矢量推进型
广东	深圳凌悦航空科技有限公司	EVA-C1,EVA-P5
广东	深圳市金碟科技有限责任公司	电动飞碟
广东	广东朋诚万利航空科技有限公司	PC-120/PC-500
广东	深圳市安特狗航天航空科技有限公司	AnTG One
广东	深圳市英武智能科技有限公司	旋影S-ZERO
广东	广东羽飞航空投资有限公司	羽兔 A100
四川	沃飞长空科技(成都)有限公司	分布式AE200、TF-2飞行汽车
四川	四川翼飞航空工程技术有限公司	文鳐
陕西	维新宇航科技(西安)有限公司	Vector5

附表 1.5 中国主要民用无人机飞控生产厂商

截至 2025 年 7 月

省/市/区	飞控厂家	供应整机型号		
		供应整机 型号总数	自家配套 (款)	外供配套 (款)
广东	深圳市大疆创新科技有限公司	308	92	216
北京	北京博鹰通航科技有限公司	262	0	262
广东	广州雷迅创新科技股份有限公司	231	1	230
广东	广州市华科尔科技股份有限公司	198	23	175
上海	极翼机器人(上海)有限公司	186	0	186
北京	北京微克智飞科技有限公司	147	0	147
北京	北京创衡控制技术有限公司	133	0	133
北京	致导科技(北京)有限公司	132	0	132
北京	北京翔仪恒昌科技有限公司	120	0	120
广东	广州博睿创新技术有限公司	94	4	90
广东	广州极智高新科技有限公司	80	0	80
福建	泉州云卓科技有限公司	74	1	73
福建	赫星(厦门)电子有限公司	56	0	56
辽宁	沈阳无距科技有限公司	51	1	50
广东	汕头市君翼智能科技有限公司	44	0	44
广东	深圳市翎客机器人科技有限公司	43	1	42
广东	深圳飞马机器人股份有限公司	40	33	7
北京	北京卓翼智能科技有限公司	28	27	1
广东	惠州市翼飞智能科技有限公司	27	26	1
广东	中山汉鲲智能科技有限公司	28	4	24
广东	深圳市道通智能航空技术股份有限公司	26	23	3
广东	中山凌动科技有限公司	25	5	20

省/市/区	飞控厂家	供应整机型号		
		供应整机 型号总数	自家配套 (款)	外供配套 (款)
广东	深圳市哈博森科技有限公司	24	22	2
浙江	浙江华飞智能科技有限公司	24	24	0
四川	成都纵横自动化技术股份有限公司	23	0	23
广东	广州极飞科技股份有限公司	23	22	1
广东	广东世季科技有限公司	21	21	0
广东	亿航智能设备(广州)有限公司	20	20	0
浙江	科比特创新科技股份有限公司	19	17	2
广东	汕头市欣琳玩具实业有限公司	19	4	15
广东	深圳市九天创新科技有限责任公司	19	8	11
江苏	拓攻(南京)机器人有限公司	18	15	3

数据来源：《2024—2025中国通用航空和低空经济发展报告》

附录2 国家层面低空飞行器制造相关政策法规梳理

序号	部门	政策名称	时间	相关内容
1	中国民用航空局	《智慧民航建设路线图》	2022年	鼓励运输飞机、通用飞机、无人驾驶航空器、航空发动机及模拟训练设备等的研制.....
2	中国民用航空局	《“十四五”通用航空发展专项规划》	2022年	支持开展用于通用航空高速率需求业务及运营信息传输的技术试验验证。鼓励无人驾驶航空器C2链路的研究和验证.....
3	工业和信息化部、科学技术部、财政部、中国民用航空局	《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035年）》	2023年	坚持多技术路线并举，积极探索绿色航空新领域新赛道。按照技术成熟度，稳步推进技术攻关，“十四五”期间，小型飞行器以电动为主攻方向，干支线等大中型飞机坚持新型气动布局、可持续航空燃料和混合动力等多种路线并存.....
4	工业和信息化部、教育部科技部、交通运输部、文化和旅游部、国务院国资委、中国科学院	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	2024年	推进超声速、超高效亚声速、新能源客机等先进概念研究。围绕未来智慧空中交通需求，加快电动垂直起降航空器、智能高效航空物流装备等研制及应用.....
5	工业和信息化部、科学技术部、财政部、中国民用航空局	《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》	2024年	以智能化、绿色化、融合化为导向，以应用场景创新和大规模示范应用为牵引，加快通用航空技术和装备迭代升级，建设现代化通用航空先进制造业集群，打造中国特色通用航空产业发展新模式，为培育低空经济新增长极提供有力支撑.....
6	工业和信息化部	《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2024年版）》	2024年	支持包括多种固定翼飞机、直升机、无人机及其他航空器、航天飞行器、机场地面设备、航空航天装备核心系统和关键零部件等技术装备.....
7	市场监管总局、工业和信息化部	《计量支撑产业新质生产力发展行动方案（2025—2030年）》	2025年	围绕宇航重大工程、商业航天、商用飞机、航空发动机、低空经济等国家战略性新兴产业需求，开展航天器在轨运行、卫星遥感与通信、低空飞行器等关键共性计量技术研究.....
8	中国民用航空局机场司	《民用机场无人驾驶航空器探测系统通用技术要求（征求意见稿）》	2025年	规定了民用机场无人驾驶航空器探测系统的技术要求.....
9	交通运输部、国家发展改革委、工业	《关于“人工智能+交通运输”的实施意见》	2025年	鼓励无人机、全地形车等新装备的研制。提升行业监管的主动感知、精准识

序号	部门	政策名称	时间	相关内容
	和信息化部、国家数据局、国家铁路局、中国民用航空局、国家邮政局			别与风险防控能力, 打造民航智慧安全管控体系。鼓励新型飞行器产业发展及应用, 促进低空民用航空发展.....

附录3 地方层面低空飞行器制造相关政策法规汇总

	序号	地区	日期	政策名称	相关内容
实施 规划 行动 方案	1	北京	2024年	《北京市促进低空经济产业高质量发展行动方案（2024-2027年）》	支持先进整机研制。依托北京科技创新及需求集中资源，支持各区引进、培育无人机、eVTOL、飞行汽车、新能源通用航空平台等先进整机制造项目，培育整机龙头企业和品牌产品……
	2	上海	2024年	《上海市低空经济产业高质量发展行动方案（2024-2027年）》	支持企业形成研发设计、总装制造、适航取证综合能力，重点研制4-6人座载人电动垂直起降航空器产品，带动电机、电机控制系统、飞行控制系统、复合材料等核心零部件产业链发展，加快从试点示范到规模化应用……
	3	重庆	2024年	《重庆市推动低空空域管理改革促进低空经济高质量发展行动方案（2024—2027年）》	大力发展通航制造业。完善低空制造业产业链图谱，加快集聚通用航空器、无人机、eVTOL整机制造企业，持续壮大通用航空器整机制造、发动机、航电系统、部件材料等产业链……
	4	安徽	2024年	《安徽省加快培育发展低空经济实施方案（2024—2027年）及若干措施》	推动重大项目招引落地，聚焦整机制造与关键配套开展企业梯队培育及产业链协同应用，提升低空制造业企业智能绿色制造水平，推进低空制造业集群化发展……
	5	内蒙古	2024年	《内蒙古自治区低空经济高质量发展实施方案（2024—2027年）》	发展低空制造产业。发挥呼和浩特市、包头市、通辽市、鄂尔多斯市等地区装备制造业优势，集中引进一批具有核心竞争力的头部企业，发展无人机、电动垂直起降航空器（eVTOL）、核心零部件、航空材料等低空制造业……
	6	广西	2024年	《广西低空经济高质量发展行动方案（2024—2026年）》	强化产业链供应链协同。支持有条件的城市围绕动力系统、航空材料、元器件、航空电池、飞控系统、装备维修维护等领域，加快形成系统完善、富有韧性和竞争力的低空经济产业链条……
	7	河南	2024年	《促进全省低空经济高质量发展实施方案（2024—2027年）》	提升研发制造水平。支持开展无人机整机及核心零部件、动力电池和飞行控制等核心技术攻关。支持企业针对公共服务应用开展研究，开发无人机产品，提升数据处理智能化程度……
	8	山东	2024年	《山东省无人机产业高质量发展实施方案》	支持无人机发动机、航空遥感和光电探测等优势配套产品创新研发，提高产品的全国配套率，扩大产品应用领域和范围……
	9	山东	2024年	《山东省低空经济高质量发展三年行动方案（2024-2026年）》	推进技术攻关。瞄准无人化、智慧化方向，开展精准定位、感知避障、自主飞行、光电探测、智能集群作业、反制及抗干扰、载人飞行器无人化改造等核心技术攻关……
	10	山东	2024年	《山东省通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》	加快关键技术突破。加强总装、系统、软件、零部件、材料等领域关键性能提升。开展5G地空通信、卫星互联网通信等新技术研发验证，加大飞行控制、智能避障、动力推进等核心运控技术攻关……
	11	辽宁	2024年	《辽宁省促进低空经济高质量发展的意	大力发展新能源通用飞机。聚焦通用飞机整机研发制造技术，支持新能源电动飞机族谱化发展，建立新能源电动飞

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
			见》	机行业标准、适航审定标准……
12	江苏	2024年	《关于加快推动低空经济高质量发展的实施意见》	推进低空制造产业链建设。依托各地低空产业基础，充分发挥南京、苏州、无锡、常州等航空制造业优势，打造贯通上下游、具有全球竞争力的低空制造重点产业链……
13	安徽	2024年	《安徽省工业级无人机产业高质量发展行动计划（2024-2027年）（征求意见稿）》	推动产业集群集聚。因地制宜，统筹布局，推动形成覆盖技术研发、生产制造、运营保障等多元业态、各具特色的工业级无人机产业集聚区。重点支持合肥市高新区打造新型飞行器及关键零部件研发高地……
14	湖北	2024年	《湖北省加快低空经济高质量发展行动方案（2024—2027年）的通知》	打造整机制造产业集群。支持华中科技大学组织研发团队攻关先进低空飞行器整机设计，推动中国特种飞行器研究所货运无人机、飞艇、水面飞行器研发及产业化，支持普宙科技、电鹰科技、旭日蓝天等一批本土企业做大做强……
15	江西	2024年	《江西省关于促进低空经济高质量发展的意见（征求意见稿）》	布局发展新型飞行器。瞄准低空经济龙头制造企业加大精准招商力度，重点围绕 eVTOL、无人机及零部件制造等企业招引一批引领性重大项目。鼓励我省航空领域重点企业围绕 eVTOL、飞行汽车等产品加强布局，提升整机产品规模和效益……
16	黑龙江	2024年	《黑龙江省加快推动低空经济发展实施方案（2024—2027年）》	开展民机竞争力提升工程。构建民用飞机产业发展体系，强化哈尔滨整机制造核心区作用，争创国家级战略性新兴产业集群和先进制造业集群。围绕海洋监测、航拍航测，加快 AC332、AC352 多用途直升机适航取证，推动 Y12E+ 飞机适航取证和综合航电系统国产化……
17	广东	2024年	《广东省推动低空经济高质量发展行动方案（2024—2026年）》	壮大一批竞争力强、成长性好的专精特新企业和制造业单项冠军企业，支持我省低空飞行器整机研发制造头部企业做大做强，加快产品适航取证及商业化运营进程。重点瞄准中大型无人机和 eVTOL 等新型飞行器整机制造，打造远中近结合、高低速互补、固定翼旋翼兼具的低空飞行器产品体系……
18	海南	2024年	《海南省低空经济发展三年行动计划（2024-2026年）》	招引推动低空制造突破。依托海南丰富的低空应用场景优势，以场景赋能产业，面向国内外市场精准招商，集中力量招引、培育低空经济产业链头部企业和重大项目，聚焦带动固定翼飞机、直升机、无人机、eVTOL 等低空飞行器研发、组装制造等产业落地和规模化应用……
19	四川	2024年	《四川省人民政府办公厅关于促进低空经济发展的指导意见》	打造行业标志性产品。加快发展低空领域整机制造，做强“四川造”无人机知名品牌，丰富无人机产品谱系，补齐轻型运动型飞机、特种用途飞行器等产品短板，加大适合高原飞行的相关飞行器研发力度，大力发展电动垂直起降航空器等新产品……
20	浙江	2024年	《高水平建设民航强省打造低空经济发展高地行动方案（2024—2027年）》	做大做强低空产业链。依托通用飞机、大中型无人机等低空飞行器整机及关键零部件制造业，完善相关配套产业，加快形成集研发、制造、总装、测试、检测于一体的低空产业链……

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
21	贵州	2025年	《贵州省低空经济高质量发展三年行动方案（2025—2027年）》	培育发展低空飞行器整机总装制造产业。招引培育一批低空整机制造企业，支持产品已进入适航取证阶段的低空整机制造企业在黔设立整机制造中心，构建以整机总装为牵引、关键零部件协同配套的产业集群……
22	江苏	2025年	《加快推进低空制造产业高质量发展行动方案》	整机制造。重点发展大中型工业级无人机、电动垂直起降航空器（eVTOL）等新型无人驾驶航空器，积极布局中型轻型直升飞机、轻型多用途飞机、大中型固定翼飞机等低空通航飞机整机制造……
23	安徽芜湖	2023年	《芜湖市低空经济高质量发展行动方案（2023—2025年）》	夯实低空产业制造能力，形成产业发展引领示范体系。提升有人机、无人机整机生产制造能力，到2025年培育10家以上在国内具备明显竞争力的整机产品和通用航空整机制造龙头企业……
24	安徽合肥	2023年	《合肥市低空经济发展行动计划（2023—2025年）》	壮大本土企业。围绕eVTOL链主企业，建设eVTOL整机智造工厂。鼓励龙头企业、本地高校院所开展航空材料、电池、飞控、动力、元器件等关键技术的原始创新、技术转化及应用，形成完善的低空经济产业链……
25	河北沧州	2024年	《沧州市低空经济发展规划（2024-2030年）》	延伸绿色化工产业链推动碳纤维复合材料生产。依托现有条件促进产业链充分延伸，研发具备强度高、抗蠕变、耐腐蚀、耐疲劳、抗振性强等优良性能的碳纤维复合材料，满足飞行器大展弦比、低结构重量、全轻质结构和超高强度等多方面要求……
26	北京房山	2024年	《房山区低空经济产业发展行动方案（2024—2027年）》	支持先进整机及通用平台研制。强化新能源、氢能、交通装备等产业协作，重点发展中大型无人机及其关键零部件。支持物流无人机、eVTOL、新能源通用航空平台等先进整机研制项目培育和引进，加强整机龙头企业和品牌产品培育……
27	北京丰台	2024年	《关于促进丰台区低空经济产业高质量发展的指导意见（2024—2026年）》	推进低空飞行器整机研制。依托科技创新资源及产业链优势，加快引进和培育无人机、eVTOL、新能源通用航空器等先进整机制造项目及整机优质企业。大力支持新型低空飞行器适航取证及批量交付……
28	江苏常州	2024年	《常州市低空经济高质量发展三年行动方案（2024—2026年）》	大力招引培育重大产业项目。加大招商引资力度，重点聚焦各类低空飞行器整机、核心零部件和关键材料制造研发的龙头企业，因地制宜招引一批战略性、标志性、引领性重大产业项目。积极招引飞控系统、荷载系统等高附加值关键零部件研发生产企业……
29	辽宁朝阳	2024年	《朝阳市低空经济发展规划（2024-2030年）》	加速推动低空飞行器“引链”。在通航整机制造领域，深化与辽宁通用航空研究院的战略合作，推动“锐翔”系列新能源飞机项目在朝阳落地。以锐翔RX1E-A型双座电动轻型固定翼飞机、RX1E-S双座水上电动飞机为目标机型，在朝阳通用航空产业示范区引入整机生产线……
30	广东东莞	2024年	《东莞市推动低空经济高质量发展实施方案（2024-2026年）》	大力发展低空制造业。推动新能源、高端装备制造、新一代电子信息、新材料等行业企业参与低空经济建设，促进跨产业深度融合发展。围绕电子元器件、核心传感器、激

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
				光雷达等适配性技术及产品, 电池、电机、电控、螺旋桨、复合材料、铝镁合金等关键零部件, 加强产业培育……
31	广东佛山	2024年	《佛山市推动低空经济高质量发展实施方案(2024—2026年)》	强化低空制造产业发展系统谋划。深入开展低空制造产业发展研究, 发挥佛山制造业基础优势, 研究我市发展低空制造产业的发展方向、实施路径。系统梳理低空制造产业链企业清单, 加快绘制产业链图谱……
32	福建福州	2024年	《福州市加快推动低空产业发展行动方案(2024—2026)》	实施无人机产业链强基计划。布局福州市无人机全产业链, 重点招引我市无人机产业链缺失环节, 如碳纤维、陀螺仪、无刷电机、螺旋桨等关键材料和零部件领域重点企业。鼓励落地无人机、eVTOL等民用无人机驾驶飞行器整机生产线……
33	广东广州	2024年	《广州市低空经济发展实施方案》	做大做强低空经济制造业。围绕与低空经济发展关联的新材料、新能源、新工艺、导航定位、智慧交通等方面加大产业培育、招商引资力度, 以动力系统、飞控系统、安全系统、复合材料为重点, 加大低空制造核心关键技术攻关……
34	浙江杭州	2024年	《杭州市低空经济高质量发展实施方案(2024—2027年)》	开展关键核心技术攻坚。深入实施“尖兵”“领雁”等计划, 开展重大科技项目和首台(套)攻关。瞄准固定翼/多旋翼无人机、无人直升机、电动垂直起降航空器(eVTOL)等整机研发, 主控芯片、三电系统、机载传感器等关键零部件……
35	广东惠州	2024年	《惠州市推动低空经济高质量发展行动方案(2024-2026年)》	大力发展低空制造业。主动融入广州深圳低空产业集群, 聚焦低空飞行器整机和关键零部件研发制造, 绘制产业链图谱, 开展精准招商, 集聚一批竞争力强、成长性好的专精特新企业, 支持相关低空经济企业做大做强……
36	山东济南	2024年	《济南市低空经济高质量发展实施方案》	实施产业补链强链延链。以整机制造为重点, 加快推进轻型运动飞机、纵列式双旋翼和大载重共轴无人机、中大型工业级无人机、无人机机库机巢等产品研发制造, 实现批量化生产……
37	浙江嘉兴	2024年	《嘉兴市推动低空经济高质量发展实施方案(2024—2027年)》	实施低空产业补链强链行动。支持低空飞行器整机及关键零部件制造业发展, 完善相关配套产业, 加快形成集研发、制造、总装、测试、检测于一体的低空产业链……
38	广东江门	2024年	《江门市低空经济发展规划(2024-2035)》	通航飞机制造。重点发展应用于私人飞行、飞行观光、飞行培训的4-5座活塞类固定翼整机制造, 积极发展用于低空运动的2座及以下轻型飞机制造, 逐步推动应用于通航航线的涡轮螺旋桨飞机和公务机整机制造的发展……
39	浙江金华	2024年	《金华市推动低空经济高质量发展实施方案(2024—2027年)》	招引培育无人机产业链。全球范围内积极招引一批eVTOL(电动垂直起降航空器)、工业级无人机链主企业、反无人机系统和无人机“三电系统”关键零部件研发制造企业落户, 以整机装配为核心, 完善相关配套产业……
40	云南昆明	2024年	《昆明市促进低空经济发展的实施意见》	发展低空飞行器制造业。加大对昆明本地企业在活塞式无人机发动机、飞行器整机研发制造方面的培育扶持力度, 推动飞行器零部件设计加工、整机系统集成。依托经开区

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
				铝合金、锡合金等新材料产业优势，重点发展铝锂合金、镍基合金、高端轴承钢等航材专用合金材料产业……
41	广东茂名	2024年	《茂名市推动低空经济高质量发展实施方案（2024—2026年）》	培育低空经济制造业。围绕与低空经济发展关联的新材料、新能源、新工艺、导航定位、智慧交通等领域，加大产业培育、招商引资力度。支持通航飞机和公务机维修、翻新、改装及部件、整机制造项目建设……
42	四川南充	2024年	《南充市低空经济中长期发展规划（2024—2035）》	加大科技创新、促进技术转化，依托市域重点企业，建立低空经济研究院等创新平台，大力开展通用航空器发动机、机载设备、关键零部件的研发制造……
43	江苏南京	2024年	《南京市促进低空经济高质量发展实施方案（2024—2026年）》	支持我市无人机、eVTOL、飞行汽车等相关企业加快发展，加强国内外行业头部企业整机项目的招引合作，带动全市电机、电池、复合材料、导航通信、零部件等产业链上下游企业的集聚融合发展……
44	江苏南通	2024年	《南通市低空经济高质量发展行动方案（2024—2027年）》	提升低空产业制造能力。探索上海苏南孵化、南通转移转化路径，深度参与构建长三角低空经济产业链供应链，实现区域资源整合、优势互补。依托南通优势产业，聚焦航空材料、飞机零部件、航电设备、机载系统、电子元器件（部件）等领域，发展壮大一批骨干企业和专精特新企业。……
45	山东青岛	2024年	《青岛市促进低空经济高质量发展实施方案》	重点引进全球主流直升机、固定翼飞机、eVTOL（电动垂直起降航空器）等低空飞行器整机制造项目，加快打造无人机产品谱系，配套引进发动机、减速器、螺旋桨、飞控系统、航电系统、主控芯片、精密元器件、叶轮叶盘等关键部件项目……
46	广东清远	2024年	《清远市低空经济高质量发展三年行动方案（2024-2026年）》	支持企业做大做强。重点瞄准中大型无人机和 eVTOL 等新型飞行器整机制造，加快产品适航取证及商业化运营进程，引导中小企业专精特新发展。依托清远空域优势及广清经济特别合作区产业基础，对接亿航、大疆、小鹏汇天等龙头制造企业……
47	山东日照	2024年	《日照市低空经济创新发展实施方案（2024—2026年）》	建设产业体系。依托通用机场、应用场景建设吸引低空飞行器制造企业聚集，加大获得民航局颁发型号合格证（TC）和生产许可证（PC）企业奖励，到2026年培育3家在国内具备明显竞争力的无人机整机制造企业……
48	浙江绍兴	2024年	《绍兴市人民政府关于推进低空经济高质量发展的实施意见》	打造低空制造产业链群。围绕“机、星、器、材”关键领域，打造低空经济四大制造产业链。依托通航全产业链优势，打造具有国际影响力的低空飞行器整机制造产业链。加速推动卫星制造全产业链开发、一体化布局，打造国内领先的低空卫星制造产业链……
49	湖北十堰	2024年	《十堰市低空经济高质量发展实施方案（2024—2026年）》	加大制造产业招引力度。瞄准低空制造领域，加强与国内外头部企业对接力度，引进一批低空制造项目，打造低空装备制造基地。充分发挥整机、整装等低空头部企业引领带动作用，引导优势企业在低空产业链上、中、下游进行横向联合、纵向整合……
50	江苏苏州	2024年	《苏州市低空经济高	大力实施强链补链延链。系统梳理低空经济产业链企业清

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
			质量发展实施方案（2024—2026年）》	单，加快绘制产业链图谱。支持企业承担国家和省重大科技项目，实施重大装备关键核心技术攻关工程，鼓励“苏州制造”新型低空飞行器及零部件在国内外广泛应用……
51	天津宁河	2024年	《天津市宁河区低空经济高质量发展行动方案（2024—2026年）》	做大产业规模。针对低空经济制造所需的新型复合材料，新能源电池、关键零部件、低空飞行器检修等重点环节，鼓励我区本土高端装备制造企业和新材料制造企业积极探索“结合点”，夯实“配套链”“材料链”……
52	江苏无锡	2024年	《无锡市低空经济高质量发展三年行动方案（2024—2026年）》	推动整机制造及关键零部件技术攻关。聚焦“465”现代产业集群未来产业发展方向，支持低空装备及高端零部件研制企业统筹大学、大院、大所等研究机构技术力量，加强共性关键技术攻关，支撑长续航、轻量化、智慧化、多用途的高性能飞行器研制……
53	江苏徐州	2024年	《徐州市关于加快推动低空经济高质量发展实施方案》	推动关键核心技术攻关。充分发挥企业作为低空经济产业技术创新的核心主体作用，支持企业在低空飞行器关键原材料、中小微发动机、核心零部件、动力电池、机载系统、安全控制等方面开展技术攻关……
54	江苏扬州	2024年	《扬州市低空经济高质量发展实施意见》	发展低空特色装备和材料制造。围绕无人化、电动化、智能化发展趋势，加快构建满足不同应用场景需求的低成本、高性能、高安全低空装备产品体系……
55	广东湛江	2024年	《湛江市推动低空经济高质量发展行动方案（2024-2026年）》	进产业链协调发展。依托中科炼化、巴斯夫、宝钢、中信海直、南航通航等龙头企业优势基础，大力引育低空零部件及技术创新研制企业。支持重点中小型企业与全国份额和技术优势明显的龙头企业错位发展……
56	山西长治	2024年	《长治市加快推进低空经济和通用航空业高质量发展工作方案》	充分发挥长治工业资源优势，积极对接和吸纳国内外通航优质企业，重点发展以航空地面保障装备研发制造、无人机研发生产、维修制造为主的航空制造业……
57	河南郑州	2024年	《郑州市加快培育低空经济产业创新发展行动方案（2024—2026年）》	加快培育低空经济产业骨干企业，鼓励龙头企业、本地高校院所联合组建创新联合体，开展航空材料、电池、飞控、动力、元器件等关键技术的原始创新、技术转化及应用，引导通用航空、无人驾驶航空器装备任务系统、配套企业提升竞争力，培育一批“专精特新”企业……
58	广东中山	2024年	《中山市低空经济高质量发展行动方案（2024-2027年）》	推进产业链关键环节项目产业化。加强前沿技术规划布局，支持低空飞行器的设计与制造、航电系统和飞行控制、轻质复合材料等产品研发和产业化，鼓励企业建设无人机整机及核心零部件智能工厂，提升低空核心零部件及关键材料产业规模和效益……
59	四川自贡	2024年	《自贡市促进低空经济高质量发展行动方案（2024—2027年）》	聚焦无人机、通用飞机、电动垂直起降航空器（eVTOL）、无人机反制系统等研发制造，支持以企业为主体开展关键核心部件技术攻关，重点突破一批“卡脖子”技术，形成一批具有自主知识产权的创新成果……
60	河北廊坊	2024年	《廊坊市低空经济赋能产业高质量发展行	低空经济产业补链强链。引入一批低空基础设施建设、低空飞行器制造、低空运营服务、低空飞行保障等领域具有

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
			行动方案（2024-2027年）（试行）》	行业影响力的实力企业落户。打造低空工程技术研究中心和重点实验室，推动产业创新协同应用，实施关键核心技术攻关……
61	安徽亳州	2024年	《亳州市加快培育低空经济高质量发展实施方案（2024—2027年）》	推动重大项目招引落地，聚焦整机制造、装配与关键配套开展企业梯队培育及产业链协同应用，提升低空制造业企业智能绿色制造水平，推进低空制造业集群化发展……
62	安徽马鞍山	2024年	《马鞍山市加快培育发展低空经济实施方案（2024—2027年）及若干措施（征求意见稿）》	加强无人机整机项目的招引合作，带动全市航空材料、整机与零部件、运营服务和飞行保障等产业链上下游企业的集聚融合发展。围绕低空整机制造企业发展需求，在试飞、适航取证以及商业化运营等方面，组织多方资源给予专业化指导……
63	安徽淮南	2024年	《淮南市加快培育发展低空经济实施方案（2024—2027年）（征求意见稿）》	培育壮大重点企业。建立全市低空经济产业重点企业培育库，支持寿县、市高新区无人机、电池等生产企业与高校院所开展三电系统、机载传感器、航空材料、元器件等关键技术的原始创新、技术转化及应用，提升企业市场竞争力……
64	河南安阳	2025年	《安阳市促进低空经济高质量发展行动方案（2025—2027年）》	提升研发制造水平。加快蓝天实验室建设，围绕重点领域开展科研攻坚，加快科研成果转化。加大低空经济产业领域技术创新支持和知识产权保护力度……
65	湖北荆州	2025年	《荆州市低空经济高质量发展三年行动方案（2025-2027年）（征求意见稿）》	加大低空产业招商。重点围绕低空基础设施建设、低空制造、低空运营服务、低空飞行保障等领域开展全产业链招商。积极对接国内外头部企业以及科研机构，重点引进低空基础设施建设、低空材料、零部件制造等项目……
66	河北廊坊	2024年	《廊坊市低空经济赋能产业高质量发展行动方案（2024-2027年）（试行）》	低空经济产业补链强链。引入一批低空基础设施建设、低空飞行器制造、低空运营服务、低空飞行保障等领域具有行业影响力的实力企业落户。打造低空工程技术研究中心和重点实验室，推动产业创新协同应用，实施关键核心技术攻关……
67	浙江宁波	2025年	《宁波市低空经济高质量发展实施方案（2025-2027年）》	突破低空领域关键核心技术。聚焦濒海中大型垂直起降无人机整机、动力系统、三电系统、关键材料、低空安防、数字空管、低空物联网等方向，实施低空领域科技专项，形成技术路线图及技术攻关清单，开展颠覆性技术创新和首台（套）攻关……
68	河北石家庄	2025年	《石家庄市低空经济产业发展规划（2025-2030年）》	充分发挥国家首批通用航空产业综合示范区、全国民用无人驾驶航空试验区等平台作用，扩大整机制造规模，提升关键核心零部件、载荷设备生产能力，延伸发展空管关联产业，打造全国重要的低空制造基地……
69	湖北黄冈	2025年	《黄冈市加快低空经济高质量发展实施方案（2025—2027年）》	大力引进无人机整机制造。统筹全市低空资源和政府购买服务，以应用场景牵引带动低空制造。紧盯亿航智能、普宙科技、极飞科技、纵横股份、白鲸航线等无人机整机制造头部企业，招引来黄设立生产基地……
70	辽宁朝阳	2025年	《朝阳市低空经济高	高起点引育低空制造业。推动朝阳低空飞行器产业链整

	序号	地区	日期	政策名称	相关内容
				质量发展行动方案（2025-2027年）》	合，支持引进欧洲新一代系列飞机生产项目；强化与辽宁通用航空研究院合作，加速引入锐翔电动飞机、氢能飞行器项目；建设无人机生产基地，布局工业无人机产品……
	71	重庆万州	2025年	《重庆市万州区低空经济高质量发展实施方案（2025-2027年）（征求意见稿）》	壮大低空制造业规模。以国家级万州经开区为依托，规划建设低空制造产业园，重点发展高性能复合材料、航空食品、飞行器零部件和总装等制造。支持集成电路、铜铝材料、汽车装备制造等优势产业企业丰富低空产品品类，深度融入全市低空制造产业体系……
扶 持 政 策	1	深圳	2024年	《深圳市支持低空经济高质量发展的若干措施》	鼓励产业关键技术研发。聚焦飞行器系统和飞行保障领域，鼓励行业上下游联合高校、科研院所开展关键核心技术攻关，支持在本市经营的低空经济企业主要围绕飞行器本体软硬件能力、低空飞行保障相关技术推进研发……
	2	湖南	2024年	《关于支持全省低空经济高质量发展的若干政策措施》	支持新质生产力发展。航空制造企业新获得国家通用航空器整机（不含起飞全重150千克以下无人驾驶航空器）型号合格证、生产许可证，并在省内建设生产线并投产的，按照投产后第一年销售额的5%给予一次性补助……
	3	山西	2024年	《山西省加快低空经济发展和通航示范省建设若干措施》	支持先进军用技术向通用航空领域转移转化，推动省内通航整机制造、动力系统、机载系统、地面保障设备等加快实现自主可控……
	4	西藏	2024年	《西藏自治区支持低空经济产业发展的若干政策（征求意见）》	推动创新链和产业链融合发展，鼓励区内外优势单位围绕高原飞行器、飞行服务保障系统、机场建设运营等关键技术开展科技攻关和产业化应用……
	5	河北	2024年	《关于加快推动河北省低空制造业高质量发展的若干措施》	发展智能绿色制造。推动核心企业在关键零部件制造、装配、物流等环节，建设数字化生产线、柔性生产线，打造一批智能单元、生产线、车间，积极创建智能制造示范工厂和智能制造优秀场景，推动企业智能化转型……
	6	重庆	2025年	《重庆市推动低空经济高质量发展若干政策措施（征求意见稿）》	支持低空制造业创新发展。支持低空装备企业开展“订单式”研发制造，按照不超过项目投资总额的20%，择优给予最高300万元支持。推广“低空装备+”典型应用场景，入选重点示范场景的，对每个入选重点示范场景的低空装备研制企业给予50万元补贴……
	7	四川	2025年	《支持低空经济发展的若干政策措施》	支持低空整机装备攻关。支持企业攻关高原型通用飞机、支持企业攻关大中型无人机、载人eVTOL、飞行汽车、丘陵山区低空飞行农业装备等整机产品，按项目投入的30%给予财政资金支持，最高不超过2000万元……
	8	海南	2025年	《海南省支持通用航空和低空经济高质量发展的若干措施（公开征求意见稿）》	鼓励维修制造业发展。鼓励航空领域首台（套）重大技术装备关键技术研发制造以及飞行器（含相关零部件）制造和维修项目建设，并按规定给予资金支持。支持取得民用航空器维修单位维修许可的企业，在海南开展修理、改装、翻修、拆解飞行器业务……
	9	云南	2025年	《云南省支持低空经济健康发展的若干措施》	支持昆明国家高新技术产业开发区、曲靖经济技术开发区、云南弥勒产业园区等作为承载低空制造业的重点园区，对每个园区每年最高安排5000万元，支持飞行器整

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
				机制造及材料、电池、电机、内燃机、任务载荷、飞行控制系统等产业配套发展。
10	福建福州	2023年	《福州市人民政府关于推进民用无人驾驶航空器产业高质量发展的若干意见》	支持我市民用无人驾驶航空器生产企业结合生产需求购买和引进国内外先进技术，积极争取省科技成果购买补助。落实民用无人驾驶航空器企业研究开发费用税前加计扣除政策……
11	河北沧州	2024年	《沧州市推动低空经济高质量发展若干措施》	着力打造低空飞行制造产业。聚焦 eVTOL（电动垂直起降飞行器）、飞行汽车、通用航空器等飞行器整机制造，推动机身材料、关键零部件制造、装配、通导装备、飞控动力机载、飞行服务管理软件等关键环节，积极组织产业链上下游产需对接……
12	四川成都	2024年	《成都市加快提升低空飞行服务能力培育低空经济市场的若干措施（征求意见稿）》	持续巩固工业无人机发展优势，聚焦固定翼飞机、新能源无人机、垂直起降航空器整机，以及关键零部件、飞控系统、应用载荷等重点领域，支持链主企业、重点企业集聚上下游企业，进一步完善低空航空装备产品谱系……
13	广东广州	2024年	《广州市推动低空经济高质量发展若干措施》	鼓励低空整机研发、制造、运营和检验检测能力建设项目。对在本市建设的载人电动垂直起降航空器（eVTOL）、飞行汽车、通航飞行器、非载人无人机等飞行器整机研发、制造、运营及检验检测能力建设项目……
14	浙江杭州	2024年	《杭州市支持低空经济高质量发展的若干措施》	聚焦低空装备本体软硬件能力、低空飞行保障等领域，鼓励行业上下游企业联合高校院所、新型研发机构开展前沿技术和关键核心技术攻关（控制芯片、飞控系统、智能计算、感知避障、组网集群、反制及抗干扰等）……
15	安徽合肥	2024年	《合肥市支持低空经济发展若干政策》	支持企业、高校院所加强对航空材料、电池、导航、飞控、动力、元器件等关键技术研发及应用。对提供试飞、测试、验证等服务的验证试飞场地运营企业，按照 100 元/试飞场次给予补贴……
16	河北雄安	2024年	《关于支持低空经济产业发展的若干措施》	聚焦整机装备、通导设备、新材料、关键零部件、软件开发等核心产品，在政策有效期内，产品形成的累计年度产值首次达到 2000 万元以上的企业，按照产品产值（销售额或营业收入）的 2% 给予一次性资助……
17	江西吉安	2024年	《吉安市促进低空经济发展的若干措施（试行）》	对新落户的低空经济类企业投资整机及相关制造设备的航空产业链重大项目，建立生产基地并购置生产设备的，项目验收通过后，按照不超过投入额的 20% 对设备投入进行奖励……
18	山西晋中	2024年	《晋中市支持低空经济发展若干措施》	支持先进技术由专用领域向低空经济领域转移转化，推动无人机整机制造、动力系统、机载系统、地面保障设备等加快实现自主可控……
19	江西九江	2024年	《九江市促进低空经济加快发展的若干政策措施》	支持低空经济企业做大做强。鼓励低空飞行器整机研制生产及主控芯片、核心传感器/连接器、精密器件、碳纤维机体材料等核心零部件、关键材料研制企业加大投资，做大做强……
20	四川南充	2024年	《关于支持低空经济	鼓励企业、科研院所围绕低空飞行器相关的电池系统、飞

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
			高质量发展的若干政策措施》	行控制系统、动力系统、任务载荷等硬件设备，以及低空感知、交通、导航、监管和大数据智能应用系统等核心领域开展技术攻关……
21	上海杨浦	2024年	《杨浦区促进低空经济发展的若干措施（试行）》	采用“揭榜挂帅”机制，引导企业围绕重点产业关键技术、共性技术、核心零部件、基础材料等技术瓶颈突破，联合高校院所、产业链上下游企业实施关键技术攻关和转化应用的揭榜项目……
22	深圳宝安	2024年	《深圳市宝安区关于促进低空经济产业发展若干措施》	对于落地宝安区的载人电动垂直起降飞行器（eVTOL）、非载人无人机等飞行器的整机研发、制造及运营项目，项目投资金额（不含地价）达到1亿元及以上的，按项目投资金额的20%给予一次性补贴……
23	深圳光明	2024年	《深圳市光明区促进低空经济高质量发展若干措施（征求意见稿）》	对新落户的中大型工业无人机、行业应用无人机以及载物/载人eVTOL飞行器等重点整机研制企业，上一年度产值或营收规模达到5000万元、1亿元、5亿元、10亿元的，根据贡献情况分别给予不超过150万元、300万元、1000万元和2000万元的一次性奖励……
24	深圳龙岗	2024年	《龙岗区关于促进低空经济产业发展的若干措施》	推动整机研制项目落户。吸引整机研制的低空经济企业落户本区，对于新引进的上一年度产值或营收规模达到5000万元、1亿元、5亿元、10亿元的整机企业，分别给予150万、300万、1000万和2000万元的一次性落户奖励……
25	深圳龙华	2024年	《深圳市龙华区促进低空经济产业高质量发展若干措施》	鼓励企业聚焦各类低空飞行器，以及与低空飞行器相关的电池系统、飞行控制、任务载荷、通讯、导航、自动机场、反制设备、低空数字系统等核心技术及零部件开展自主研发或购买引进国外先进技术并形成高新技术产品……
26	辽宁沈阳	2024年	《沈阳市促进低空经济高质量发展若干政策措施（征求意见稿）》	聚焦低空飞行器整机及核心零部件研发制造、新材料等领域关键技术，同一企业可以自主研发、联合攻关、揭榜挂帅等形式承担多个项目，按照不超过研发总投入50%的比例，每家企业补助金额最高不超过1000万元……
27	江苏苏州	2024年	《苏州市支持低空经济高质量发展的若干措施（试行）》	加强核心技术攻关。推动科技创新深度对接产业创新，支持低空经济产业链关键环节研发及产业化，鼓励企业围绕关键材料、核心零部件和飞行控制、智能避障、反制以及抗干扰等领域开展前沿技术和关键核心技术攻关……
28	江苏无锡	2024年	《无锡市支持低空经济高质量发展的若干政策措施》	针对整机制造及关键零部件、低空新基建等核心技术和关键工艺制定清单，通过“揭榜挂帅”等形式开展技术攻关，对技术含量高、产业带动性强、经济社会效益显著的项目，分档择优给予单个项目最高500万元研发资助……
29	湖北武汉	2024年	《武汉市支持低空经济高质量发展若干措施》	对自主研发的通用航空器产品（含中型、大型无人机）首次获得国家通用航空器整机型号合格证、生产许可证的企业，分别给予一次性奖励200万元……
30	福建漳州	2024年	《漳州市促进低空经济产业高质量发展若干措施》	对将总部或研发、生产、制造基地落户在漳州的低空经济企业，在同时获得中国民用航空局颁发的航空器型号合格证（TC）、生产许可证（PC）和适航证（AC）后，按eVTOL（电动垂直起降航空器）、大型无人驾驶航空器、中型无

序号	地区	日期	政策名称	相关内容
				人驾驶航空器，分别给予一次性 1500 万元、1000 万元、500 万元的奖励……
31	广东珠海	2024 年	《珠海市支持低空经济高质量发展的若干措施》	对新引进的低空经济制造业优质项目或已落户低空经济制造业企业的重大增资扩产项目，可优先适用市级重大先进制造业发展扶持奖励机制，给予不超过设备购置额（不含税）20%的补助……
32	北京延庆	2025 年	《关于促进北京市延庆区低空技术产业高质量发展的若干措施》	推进低空技术产业强链补链。对首次为飞行器整机制造单位提供自主研发的原材料、零部件产品，并形成有效供应链的企业，按照供需方第一年实际销售合同总额的 5%（双方各 50%）给予最高 100 万元的一次性奖励……
33	广西南宁	2025 年	《南宁市支持低空经济高质量发展若干措施（试行）》	支持低空经济产业链关键环节研发及产业化，鼓励企业围绕关键材料、核心零部件和飞行控制、智能避障、反制以及抗干扰等领域开展前沿技术和关键核心技术攻关……

附录4 低空飞行器国家标准和行业标准

序号	标准编号	标准名称	标准类别
1	GB/T 38954-2020	无人机用氢燃料电池发电系统	国家标准
2	GB/T 39567-2020	多旋翼无人机用无刷伺服电动机系统通用规范	国家标准
3	GB/T 43221-2023	无人飞艇飞行控制系统通用要求	国家标准
4	GB/T 42862-2023	民用大中型无人直升机飞行控制系统通用要求	国家标准
5	GB/T 38997-2020	轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求	国家标准
6	GB/T 45678-2025	民用系留无人机系统通用要求	国家标准
7	GB/T 44717-2024	民用无人机可靠性飞行试验要求与方法	国家标准
8	GB/T 44715-2024	民用轻小型无人机碰撞安全性要求	国家标准
9	GB/T 44168-2024	民用大中型固定翼无人机系统试飞风险科目实施要求	国家标准
10	GB/T 43369-2023	民用大中型无人机光电任务载荷设备接口要求	国家标准
11	GB/T 44166-2024	民用大中型固定翼无人机系统自主能力飞行试验要求	国家标准
12	GB/T 43370-2023	民用无人机地理围栏数据技术规范	国家标准
13	GB/T 43504-2023	民用大中型固定翼无人机飞行性能飞行试验要求	国家标准
14	GB/T 43668-2024	物流无人机货物吊挂控制通用要求	国家标准
15	GB/T 44167-2024	大型货运无人机系统通用要求	国家标准
16	GB/T 41450-2022	无人机低空遥感监测的多传感器一致性检测技术规范	国家标准
17	GB/T 41300-2022	民用无人机唯一产品识别码	国家标准
18	GB/T 44169-2024	民用大中型固定翼无人机系统地面站通用要求	国家标准
19	GB/T 38931-2020	民用轻小型无人机系统安全性通用要求	国家标准
20	GB/T 38930-2020	民用轻小型无人机系统抗风性要求及试验方法	国家标准
21	GB/T 38996-2020	民用轻小型固定翼无人机飞行控制系统通用要求	国家标准
22	GB/T 38911-2020	民用轻小型无人直升机飞行控制系统通用要求	国家标准
23	GB/T 42856-2023	民用大中型无人直升机系统飞行性能飞行试验要求	国家标准
24	GB/T 38058-2019	民用多旋翼无人机系统试验方法	国家标准
25	GB/T 38924.1-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第1部分: 总则	国家标准
26	GB/T 38924.2-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第2部分: 低温试验	国家标准
27	GB/T 38924.3-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第3部分: 高温试验	国家标准
28	GB/T 38924.4-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第4部分: 温度和高度试验	国家标准
29	GB/T 38924.5-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第5部分: 冲击试验	国家标准
30	GB/T 38924.6-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第6部分: 振动试验	国家标准
31	GB/T 38924.7-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第7部分: 湿热试验	国家标准
32	GB/T 38924.8-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第8部分: 盐雾试验	国家标准
33	GB/T 38924.9-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第9部分: 防水性试验	国家标准
34	GB/T 38924.10-2020	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第10部分: 沙尘试验	国家标准
35	GB/T 38924.11-2023	民用轻小型无人机系统环境试验方法 第11部分: 霉菌试验	国家标准
36	GB/T 38909-2020	民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法	国家标准
37	DL/T 1578-2016	架空输电线路无人直升机巡检系统	行业标准
38	DL/T 2101—2020	架空输电线路固定翼无人机巡检系统	行业标准
39	DL/T 2119—2020	架空电力线路多旋翼无人机飞行控制系统通用技术规范	行业标准

序号	标准编号	标准名称	标准类别
40	DL/T 2693—2023	架空输电线路巡检用小型多旋翼无人机系统通用技术条件	行业标准
41	DL/T 2855—2024	变电站无人机巡检系统	行业标准
42	DL/T 2908—2025	电网设备无人机图像识别系统技术要求	行业标准
43	GA/T 1411.1-2017	警用无人机驾驶航空器系统 第1部分：通用技术要求	行业标准
44	GA/T 1411.2-2017	警用无人驾驶航空器系统 第2部分：无人直升机系统	行业标准
45	GA/T 1411.3-2017	警用无人驾驶航空器系统 第3部分：多旋翼无人驾驶航空器系统空	行业标准
46	GA/T 1411.4-2017	警用无人驾驶航空器系统 第4部分：固定翼无人驾驶航空器系统	行业标准
47	HB 8566-2019	多旋翼无人机系统通用要求	行业标准
48	HB 8579-2020	民用轻小型固定翼无人机系统试验方法	行业标准
49	HB 8591-2020	民用轻小型固定翼无人机系统通用要求	行业标准
50	HB 8592-2020	伞翼无人机通用规范	行业标准
51	HB 8593-2021	民用轻小型多旋翼无人机系统飞行性能	行业标准
52	HB 8594-2021	民用轻小型无人机系统安全性设计要求	行业标准
53	HB 8595-2021	民用轻小型无人机系统便携式地面控制单元通用要求	行业标准
54	HB 8596-2021	民用轻小型无人机系统研制程序	行业标准
55	HB 8648-2022	民用直升机复合材料夹层结构镶嵌件连接强度试验方法	行业标准
56	HB 8668-2022	民用直升机复合材料机体结构典型组件试验要求	行业标准
57	HB 8669-2022	民用直升机复合材料机体结构设计要求	行业标准
58	HB 8673-2022	民用直升机复合材料机体结构制造与验收要求	行业标准
59	HB 8685-2021	民用轻小型无人机碰撞安全性试验方法：水平冲击试验	行业标准
60	HB 8686-2021	民用轻小型无人机碰撞安全性试验方法：叶片割伤刺伤试验	行业标准
61	HB 8732-2023	民用轻小型无人机系统地面滑行试验方法	行业标准
62	HB 8733-2023	中小型固定翼无人机水平测量方法	行业标准
63	HB 8734-2023	民用轻小型固定翼无人机系统方舱式地面控制站通用要求	行业标准
64	HB 8735-2023	民用无人机系统数据链通用要求	行业标准
65	HB 8736-2023	民用垂直起降固定翼无人机系统通用要求	行业标准
66	HB 8737-2023	民用无人机系统自主控制等级要求	行业标准
67	HB 8740-2023	民用轻小型无人机系统任务载荷接口通用要求	行业标准
68	HB 8758-2023	民用有人直升机无人化改装通用要求	行业标准
69	HB 8760-2023	民用轻小型多旋翼无人机系统视觉惯性里程计通用要求	行业标准
70	HB 8761-2023	民用轻小型多旋翼无人机系统地面控制单元软件要求	行业标准
71	MH/T 2008-2017	无人机围栏	行业标准
72	MH/T 2009-2017	无人机云系统接口数据规范	行业标准
73	MH/T 2011—2019	无人机云系统数据规范	行业标准
74	MH/T 6126-2022	城市场景物流电动多旋翼无人驾驶航空器（轻小型）系统技术要求	行业标准
75	NY/T 4151-2022	农业遥感监测无人机影像预处理技术规范	行业标准
76	NY/T 4616-2025	农业野生植物原生境保护点无人机监测技术规范	行业标准
77	QX/T 466-2018	微型固定翼无人机机载气象探测系统技术要求	行业标准
78	QX/T 614—2021	多旋翼无人机机载气象探测系统技术要求	行业标准
79	SF/T 0144-2023	民用无人机电子数据鉴定技术规范	行业标准

附录 5 低空飞行器产业典型案例

序号	工作单位	产品名称	产品产业链环节	核心功能 (应用场景)	核心技术	发展瓶颈及建议
1	中航电测仪器（西安）有限公司	大型无人货运飞机货运空投系统	核心系统、关键零部件	应急救援、支线/偏远山区货运物流、海岛哨所空投补给等。	<p>1.货物追踪与管理系统：通过 RFID 或可读码技术，实时监控货物状态，确保货物在运输过程中的安全性，实现机上货运系统与地面物流系统的无缝对接，优化物流网络，提升整体运输效率。</p> <p>2.货物精准空投技术：通过前期投放经验和精准算法，在主机要求的投放高度下，货物空投的投放精度为半径 100m 以内。</p> <p>3.智能感知于目标识别计技术：采用 5G-A 通感一体技术，实现多目标立体监测与智能识别，保障飞行安全；</p> <p>4.人机物智能融合技术：整合无人机、无人车及智能系统，优化跨城、山区等复杂场景的物资运输效率。</p> <p>5.故障诊断与辅助决策：使用系统状态监测，识别货运系统的工作状态，实时判断是否存在故障或隐患，并将信息传送至飞控系统和地面站，辅助主机做出决策。</p> <p>6.安全冗余设计：货运系统的备用控制接口、限动锁限动的重量，侧向限动的冗余等主要指标进行安全冗余设计，确保货运系统的运行安全可靠。</p>	<p>1.轻量化设计：在无人机研制过程中，其自身重量（空机重量）与商载重量（有效载荷）作为关键设计参数已在初始阶段予以确定。为提升整体承重性能，需对货运系统实施结构优化与材料升级，通过轻量化设计进一步降低其质量占比。</p> <p>2.低成本设计：现有的货运系统，作为飞机的配套产品，造价过高，为了更好的响应低空经济下的无人机行业，发展低成本设计是迫在眉睫。</p> <p>3.标准化、系列化发展：航空货运业发展迅猛，却因缺乏系统性、规范化的技术标准体系，导致系统及其部件无法工业化、批量化生产。推进标准化与系列化建设已成为发展货运系统的关键举措。</p> <p>4.空域管控：原有的货运系统，配套在军用机上，在低空经济的发展环境和现有军民融合的政策支持下，货运系统也逐步转向民用市场，但因空域管控原因，导致发展受阻。</p>

2	武汉航空仪表有限责任公司	低功耗防除冰系统	核心系统	保障应急、消防、电力、工程、物流、水域等多场景低空飞行器。	DPC-01 低功耗防除冰系统：系统具备高效率、低功耗和低成本的特点，由电热、电脉冲力与电排斥力多种防除冰手段耦合，适用于 eVTOL、无人机等低空飞行器，可探测飞机所处的结冰环境，并对左、右两侧机翼以及尾翼前缘的结冰防护区域进行对称周期性除冰，防止结冰厚度过大对飞机的飞行安全造成不可接受的不利影响。	当前低空经济发展迅速，低空飞行的安全保障尚未全方面的建立，具体体现在低空飞行器飞行安全标准的不完善、飞行器安全设计不充分、适航验证能力不足等多个方面，特别是针对雨、雪等复杂气象下的飞行安全无法得到充分的保障，因此建议由有关机关牵头，联合涉及飞机安全保障的相关单位针对飞行安全建立相关标准，在飞行器安全设计上进行基本的统一。
3	贵州华阳电工有限公司	eVTOL 领域飞行控制操纵系统	核心系统、关键零部件	<p>飞行控制操纵系统(FCIS)是飞行控制系统的重要子系统，是驾驶舱内的重要人机交互接口。飞行控制操纵系统主要通过采集操纵手柄的位移信号来接收飞行员的操纵指令，并通过位移传感器将位移信号转化为电信号将其传递给飞控计算机，从而完成飞行员对飞机在地面及空中的操纵。</p> <p>控制面板是指示/记录系统的重要子系统，是驾驶舱内的重要人机交互接口。控制面板系统通过 ARINC825</p>	<p>一种小型的万向节机构，可以在较小的空间内实现前后左右任意位置转动，转动同时带动每轴向四个单余度传感器输出信号，并且实现每个轴向自复位的操纵力感，操纵力感可调节，操纵角度可调节。控制面板系统采用高度集成化的设计方案，摒弃了传统航空器驾驶舱中数量繁多的单一功能仪表盘、控制器件，通过路径简单且功能清晰的少量控制器实现驾驶舱大部分的人机交互场景，大大降低了飞行员的操作负担和学习成本。控制面板系统采用 ARINC825 总线实现数据通讯，ARINC825 通讯协议的首次应用，板卡功能高度集成并分板设计，减少各个功能间的互相干扰，同时板卡之间通过方便插拔的连接器的连接，大大提升可维修性和互换性。</p>	<p>1.产品结构简单，体积小、重量轻，功能相对大飞机来说较单一，目前没有专门针对 eVTOL 操纵设备的适航审定条款，一味的参考大飞机产品以及适航审定标准，将会大大的提高产品开发难度，建议出台专门针对 eVTOL 适航审定条款，适当简化审定流程，适当降低适航审定标准，从而降低适航审定难度。</p> <p>2.目前 eVTOL 飞行器百花齐放，全国大大小小上百家主机，且每家构型均存在差异，就目前探索技术可行性来说是一种有利的现象，但是就飞行员培训，用户乘坐而言，产品还是需要一定的构型统一，建议后续随着 eVTOL 行业的成熟，将各家的构型进行逐步统一。</p> <p>3.研制设备需具备较好的经济性，能交付质量稳定性高，成本低的产品，现阶段行业产业链还需不断完善，需不断优化及补足产业链。随着产业链生态的不断建立及市场化推进，后续需进行人机交互车载化，智能化，操纵简洁化成为未来研究方向。</p>

				总线与主系统进行数据通讯，采集操作控件硬线信号并转化为数字信号上报主系统，或转化为 PWM 信号直接控制控制面板系统的指示灯亮度，接收系统的指示状态信号，转化为灯光控制信号控制灯光颜色变化，以提示飞行员飞机相应设备/系统目前的工作状态。		4.低空经济适航取证条款、行业标准需与客户和局方进一步探讨，可在行业标准及取证方法领域有所突破。
4	道可智行(西安)科技有限公司	DX 移动智能无人机机库系统	整机制造、核心系统、关键零部件、载荷设备	<p>交通管理：道路监控，事故处理，流量统计。</p> <p>应急救援：快速部署，实时侦察，语音喊话指挥。</p> <p>安防监控：全天候巡逻，自动充电，远程监控。</p> <p>电力巡检：高海拔作业，精准定位，设备状态检测。</p> <p>环境监测：气体探测，数据采集，长时间作业。</p>	DX 移动智能无人机机库系统搭载自动机库、高精度定位块、多态 AI 分析引擎以及韧性抗干扰通信系统等一套完整智能化解决方案，集超紧凑设计、厘米级精准定位、端到端智能分析为一体。突破传统机库空间局限，实现极致小型化与超高自动回收成功率；首创多频多普勒约束与自适应部分模糊度解算算法，达到行业领先的厘米级定位精度；深度融合多态大语言模型，显著提升作业效率；构建全域抗干扰通信体系，大幅提升通信可靠性。	<p>技术瓶颈：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.电池能量密度限制了无人机续航时间，需要在载荷和续航之间平衡； 2.极端天气条件下的作业可靠性仍需进一步提升； 3.机库系统的小型化与功能完整性之间的优化平衡。 <p>产业化障碍：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.低空空域管理政策仍不够明确，影响商业化应用推广； 2.产品标准化程度不足，定制化成本较高； 3.专业操作人员培训体系不完善。 <p>政策建议：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.建议加快制定无人机机库系统相关技术标准和安全规范；

						<p>2.简化低空空域申请流程，扩大试点应用范围；</p> <p>3.建立无人机系统操作员资质认证体系；</p> <p>4.加大对无人机产业技术创新的扶持力度。</p>
5	追梦空天科技(苏州)有限公司	DF600 增程式电动倾转旋翼飞行器	整机制造	<p>应急、消防、电力、工程、物流、水域等多场景。</p>	<p>于 2024 年 11 月完成吨级混动倾转 eVTOL 倾转过渡全流程试飞，居于国内首位。</p> <p>倾转旋翼：掌握倾转旋翼/机翼设计，实现模式无缝切换。开发高精度飞控算法，解决过渡阶段稳定性，冗余设计与故障自修复确保飞行安全。</p> <p>混合动力：储备小型涡轴/活塞/氢燃料电池等方案，提升能量密度(达纯电池 3-5 倍)，支撑 500km 以上航程；垂起阶段电池与发电机联合供电(峰值功率超 800KW)，巡航阶段发电机主供与电池调峰，降低油耗 20%以上，并利用热电材料回收余热，提升系统效率 5-8%。</p>	<p>当前行业发展仍面临一些瓶颈：</p> <p>1.供应链体系尚不完善，关键环节在资金支持和适航合规方面存在短板，制约企业规模化推进；</p> <p>2.适航审定力量紧缺、周期偏长，影响产品快速迭代和市场落地；</p> <p>3.相关标准体系尚在探索阶段，企业缺乏明确的指引，增加了研发和合规的不确定性；</p> <p>4.低空空域试点范围有限，难以满足新型飞行器的试飞和商业化需求。</p> <p>为此，建议政府加大对关键供应链环节的资金扶持和适航能力建设支持，推动适航审定流程优化和提速，尽快制定和发布相关标准，帮助企业明确研发方向。同时，应进一步扩大空域试点范围和应用场景，为产业化和商业模式探索提供条件，加快推动行业整体发展。</p>
6	西安航空制动科技有限公司	小型飞机起落架系统(电静液刹车)	核心系统	<p>支撑飞机机体、吸收飞机着陆时的冲击能量、提供地面机动和实现飞机刹车减速。</p>	<p>ZD3200A 起落架系统采用电静液刹车技术，通过电力驱动液压系统实现机轮制动，替代传统集中式液压系统，具有高响应性、轻量化、集成度高和可靠性强等特点。</p>	<p>1.固定式起落架因结构简单、可靠性高，广泛应用于小型飞机和轻型飞行器，但在飞机巡航飞行时会产生较大的气动阻力，影响飞机燃油效率和航程因此如何进行局部整流和结构阻尼优化是目前起落架设计的一大难点。</p> <p>2.在产业化方面，目前起落架系统单机成本还是偏高，未来需要持续通过工艺革</p>

						<p>新、产业链整合以及规模化生产方面持续降低起落架生产成本。</p> <p>3.在适航审定方面，希望能够制定针对低空飞行器的适航法规，同时简化审定流程。</p>
7	西安航空制动科技有限公司	小型飞机起落架系统(全电刹车)	核心系统	<p>支撑无人机机体、吸收着陆撞击能量和水平能量、实现地面滑跑状态的转弯和差动刹车。</p>	<p>QJX-A1 起落架系统采用全电刹车技术，通过电力驱动机电作动器实现机轮制动，替代传统集中式液压系统，具有高响应性、轻量化、集成度高和可靠性强等特点。</p>	<p>1.固定式起落架因结构简单、可靠性高，广泛应用于小型飞机和轻型航空器，但在飞机巡航飞行时会产生较大的气动阻力，影响飞机燃油效率和航程因此如何进行局部整流和结构阻尼优化是目前起落架设计的一大难点。</p> <p>2.在产业化方面，目前起落架系统单机成本还是偏高，未来需要持续通过工艺革新、产业链整合以及规模化生产方面持续降低起落架生产成本。</p> <p>3.在适航审定方面，希望能够制定针对低空飞行器的适航法规，同时简化审定流程。</p>
8	西安航空制动科技有限公司	无人运输机起落架控制分系统	核心系统	<p>具备起落架舱门控制功能；具备起落架收放控制功能；具备起落架应急放控制功能；具备防滑刹车功能；具备正常刹车控制功能；具备应急刹车控制功能；具备起飞线刹车控制功能；具备起落架收上止转刹车功能；具备接地保护控制</p>	<p>LSX-A5 无人运输机起落架控制分系统着力于提高系统可靠性，采用收放双余度架构、转弯系统高精度伺服控制、应急刹车带防滑架构，整系统将传统飞机三个子系统控制部分一体化设计，增加系统之间采集、交互、告警与处置方法，增加系统可靠性；采用地面综合控制算法，降低对地面站人员依赖，增加系统智能控制；开发起落架系统仿真验证模型，缩短项目验证周期等关键技术，突破传统意义上的分立式系统架构，提高系统可靠性，为低空无人运输机行业梳理新的标准。</p>	<p>1.固定式起落架因结构简单、可靠性高，广泛应用于小型飞机和轻型飞行器，但在飞机巡航飞行时会产生较大的气动阻力，影响飞机燃油效率和航程因此如何进行局部整流和结构阻尼优化是目前起落架设计的一大难点。</p> <p>2.在产业化方面，目前起落架系统单机成本还是偏高，未来需要持续通过工艺革新、产业链整合以及规模化生产方面持续降低起落架生产成本。</p> <p>3.在适航审定方面，希望能够制定针对低空飞行器的适航法规，同时简化审定流程。</p>

				功能；具备机轮速度监控功能；前轮大角度转弯功能；前轮小角度纠偏功能；具备前轮减摆功能。		
9	贵州红阳机械有限责任公司	防尘罩	密封零部件	应急、消防、电力、工程、物流、水域等多场景。	高压、低摩擦、低泄漏密封技术应用，改善了高压系统摩擦力、泄漏量大的问题，突破了组合密封、弹簧蓄能密封圈及 PTFE 旋转轴封结构设计技术、材料配方技术、工艺设计技术及试验验证技术，实现了国产化替代，打破国外垄断，为产品轻量化提供有力支持，促进相关产业发展。	技术瓶颈： 1.正向设计能力不足，非金属材料的本构模型不够完善，仿真数据与应用数据相差较大仿真的指导性不强； 2.耐宽温域橡胶的可选材料较少，塑料的耐磨性、自润滑性、抗变性与进口材料性能有一定的差距，需要继续优化。 产业化障碍：适航周期长、单机成本高、供应链缺口。 政策建议：简化审定流程、制定相关标准、扩大空域试点。
10	北京青云航空仪表有限公司	综合智能感知系统	机载装备	飞行器导航飞行与起降引导、消防、测绘、物流、工程等多场景。	QYIS_WZ001 集成毫米波雷达、双目视觉、惯性测量单元等多源异构传感器具有提供高质量视频采集、独立测量载体三轴角速度和三轴加速度、高精度毫米波测高精度、高鲁棒的相对高度、相对位姿数据，支持复杂气象环境使用，具备视频/图像数据存储与输出功能，同时具有自检功能，此外功能可扩充地形测绘、临时着陆区识别、火灾目标识别等功能。	技术瓶颈：为适应军用场景无人机等载机着陆引导需要，具备可在 GNSS 拒止环境实现功能不间断工作能力，具备抗复杂气象干扰、电磁干扰、高自主性的特性，需要开展远距离高动态微小目标检测与高精度、高可靠、高鲁棒的多源融合的位姿解算新技术等创新研究； 产业化障碍：存在供应链不足，产业链不完备；经费支撑不足；政策建议，希望加大创新研究支持力度，试飞申请流程繁琐，北京试飞空域基地少无法达到快速验证与技术迭代的目的。

11	北京青云航空仪表有限公司	无线电高度表	机载装备	用于各类飞行器测高使用。	产品满足 CCAR-2S-R4、ARP-4754A、D0-178B、D0-160G 等适航标准，其研制保证等级为 B 级。具有同时在水面/陆地测高的适应性，天线具有耐雷电直接效应的能力，具有高度修正功能，水面、陆地基准切换功能。符合 CTSO-C87a 的技术标准。满足民用航空器的适航要求。	产品的适航取证周期较长、投入较大，适航产品的研制流程、制造符合性管理、表明符合性的各项试验，企业需要投入大量的人力和物力，完成整个适航取证，企业投入较大的资源。产品在低空经济的应用上，各 eVTOL 厂商选用设备需考虑经济成本，但单机成本价格较高，不能满足各 eVTOL 厂家对航电设备的选用需求，需进一步进行降低成本的设计，但重新取证又将面临较大的资金投入，限制了产品在低空经济方面的应用。 建议对产品适航的合格审定，进一步简化审定流程，将合格审定工作从民航局各审定中心进一步的下放，压缩审定周期。
12	贵州永红换热冷却技术有限公司	液冷板	关键零部件	动力电池	液冷板采用翅片结构一体钎焊成型，可有效提高液冷板的结构强度，真空钎焊液冷板爆破压力可以达到 6~10MPa；薄壁冷板(1.2mm 壁厚)可以达到 2.4MPa 爆破压力，同时增加了片结构，有效增强了二次换热面积，极大提高冷板换热效率，可以实现常规液冷 25W/cm ² 功率密度的换热冷却。	目前低空经济领域尚无规模化应用，无法进行批量化生产降低生产成本。
13	北京临一云川能源技术有限公司	浮空风力发电系统	整机制造、核心系统、关键零部件、原材料、载荷设备	并网发电、应急救援、孤岛供电、城市安保、气象监测	浮空风力发电系统以引射扩散升力体涵道布局为基础，采用先进风力涡轮发电机技术，利用高空风速快、风向稳，将风能高效地转化为电能，其转子设计、叶片材料以及传动系统经过精心优化，以适应高空特殊气象条件，提高风能捕获效率。广域低温气体循环技术，间接解决浮空器的气体泄漏等问题，光量子风场遥感预测系统提前对风场监测和预测，为系统运行和控制提供数据支持；晶振高功率密度直流发	1.产业结构支持：目前浮空器属于一个小众的领域，相关的产业配套还不够完善，研发初期的成本较高，需要通过产业化发展，降低原材料的成本。 2.加大投资力度：产业的发展还处于初期的上升阶段，后面想发展的更高，需要引入大量的产业资本来推动整个行业的快速发展。

					电系统助力提高发电效率和功率密度。利用大尺度充气结构气体泄漏机理分析及长时驻空气密性提升技术，浮空囊体高效氦气循环回收利用技术，实现浮空器超长时间可控驻空。	
14	中航光电科技股份有限公司	D38999HV系列耐高压大电流连接器	关键零部件	<p>1.产品具有体积小、重量轻、操作方便、连接可靠等优点，可实现电池包、PDU、控制器、电机间的高压互连；</p> <p>2.对高振动、潮湿、盐雾等复杂环境有较好的适用性；</p> <p>3.主要应用于高压动力电路的电气传输。</p>	<p>1.大电流传输技术：通过对连接器核心的接触件的研究，开发出新款开口孔接触件，与 AS39029 相比同规格载流能力提升 40%，温升降低约 30%，大幅提升接触件通流能力，对连接器载流能力提升有着关键作用。2.连接器抗振动技术：通过对连接器防松组件的研究，D38999HV 系列连接器进一步加强防松结构，在工作状态下有效提升连接器的抗振动能力，保证飞行器在飞行过程中的安全性。</p>	eVTOL(电动垂直起降航空器)作为低空经济领域飞行器的重要组成部分，动力系统所用耐高压连接器品种繁多，连接器执行标准不一，如美标 SAEJ1739、USCAR-21，国军标 GJB599、欧标 EN4165、新能源领域标准 GB/T37133，标准体系分散，导致产品设计开发时多标准交叉验证，试验项目和方法上存在明显差异，产品验收和供货标准不统一，增加开发周期和成本，影响和制约产品开发和行业发展，需要制定统一的标准来规范产品的设计、制造、试验与验收，满足 eVTOL 的使用需求。
15	沈阳沈飞线束科技有限公司	电气线路互联系统(EWIS)及线束组件产品	核心系统、关键零部件	实现全机各系统设备间电能与信号的连接传输。	<p>1.eVTOL EWIS 系统适航验证技术：欧洲、美国、中国适航当局相关 23 部、27 部、EVTOL 等低空经济相关适航规章中的 EWIS 适航条款要求、符合性验证方法等技术。</p> <p>2.高电压线路材料与连接技术：典型 800V 平台相关高压线路的线缆、连接器材料标准、选型及组件工艺、试验验证技术。</p> <p>3.电流回路接地网(ERN)技术：全复材机身结构电流回路接地网集成设计技术，实现全机信号接地等电位参考、低阻抗电流回路、故障电流注入、静电搭接防护、电磁防护、闪电防护等功能。</p>	低空飞行器是传统航空器和新能源汽车技术结合体，但其应用环境、系统架构和认证要求也有较大不同，所以传统航空器及新能源汽车类 EWIS 器件材料(线缆、连接器等)并不适合于低空飞行器，建立新标准产品及验证投入较大，标准成果也很容易被其他厂家复用。有必要在行业顶层投入资源研究建立针对低空飞行器的 EWIS 通用基础器件材料标准。

					4.狭小空间及动态应用布线技术：通过柔性材料、线束预成型等技术实现狭小空间及动态应用场合的可靠布线。	
16	中国民航大学	无人机载高光谱成像仪	载荷设备	水域、植被	<p>自研高光谱成像仪可以实现无人机平台适配，实现国产多旋无人机与高光谱载荷的深度集成，续航提升至 50 分钟以上，抗风等级达 6 级，满足复杂场景作业需求，摆脱对进口无人机平台的依赖。</p> <p>数据处理系统国产化，开发出集数据接收、分析、可视化于一体的全流程平台，处理效率较国外同类软件提升 30%，且支持多源数据融合，保障数据安全与自主可控。这些突破推动技术成本下降与应用普及，加速行业国产化替代进程。</p>	<p>无人机搭载的技术瓶颈：电池能量密度不足，限制无人机续航与载荷能力，复杂水域作业时续航难突破 1 小时；倾转机构等核心部件可靠性待提升，高频次作业易出现机械故障，影响数据采集稳定性；高光谱传感器在强光或云雾环境下信噪比升高，精度波动较大。</p> <p>产业化障碍：适航审定周期长，定制化机型需重复验证，延缓落地节奏；单机成本高，国产传感器虽降价但整体系统仍超 50 万元，中小用户难以承担。</p> <p>政策建议：简化低空空域适航审定流程，对行业定制机型实施分类快速认证；制定高光谱数据采集、处理国家标准，统一技术规范；扩大空域试点范围，开放更多水域、矿区等场景的飞行权限；设立专项基金补贴核心部件研发，扶持国产供应链建设。</p>
17	汉中天行智能飞行器有限责任公司	多用途、可跨介质航行-飞行的水翼式无人飞行器	整机制造	海上抵近侦查；岛礁、海岸线巡查；海洋、岛礁航行-飞行运输；内河内湖航行-飞行运输。	<p>水上无人机气动力设计；</p> <p>水翼动态稳定性控制技术；</p> <p>通过压力传感器实时监测水翼表面流场，利用算法调整舵面偏转角度，抑制波浪扰动下的俯仰振荡；</p> <p>高能量密度混合动力技术；</p> <p>锂电池组(主电源)与氢燃料电池(辅助电源)并联架构，延长续航 30%。</p>	<p>技术瓶颈</p> <p>1.能源方面：当前电池能量密度不足，限制续航。即使如大连化物所研发的能量密度 400Wh/kg 锂电池，仍难满足长距离复杂任务需求，如长时间海洋监测、远距离岛礁物流运输等。</p> <p>2.机械结构：水翼式无人机的倾转机构可靠性存疑，水空切换时面临复杂应力，频繁切换易致结构磨损、故障，影响飞行安</p>

						<p>全与稳定性。如部分样机在测试中出现倾转延迟、不到位等状况。</p> <p>产业化障碍</p> <p>1.适航审定：适航周期漫长，相关标准模糊。水翼式无人机兼顾水空运行，现有民航和船舶适航标准难以完全适配，导致审定流程繁琐，延缓产品上市进程。</p> <p>2.成本控制：单机成本高，碳纤维等材料及高精度加工要求提升造价，售价 80 万元以内仍难让多数企业大规模采购；供应链存在缺口，部分关键零部件供应商少，影响生产规模扩大与成本降低。</p> <p>政策建议</p> <p>1.审定流程：民航局等部门应简化审定流程，针对水翼式无人机设立专项审定通道，缩短审批周期，加快产品进入市场步伐。</p> <p>2.标准制定：尽快制定专门适航标准，明确水空两栖运行的各项技术、安全指标，规范行业发展。</p> <p>3.空域试点：扩大空域试点范围，在沿海、内河等水翼式无人机应用需求大的区域，开放更多低空及水面相关空域，推动其商业化应用。</p>
18	山东柔克智能科技有限公司	高精度可见光风机监测载荷(RK-ZH2080)	载荷设备	主要应用于风电叶片智能化巡检、海上风电场抗恶劣环境监测等场景。	<p>该产品聚焦风电巡检行业痛点，在关键技术维度实现核心突破：成像层面，采用全画幅 ExmorRCM0S 传感器与多帧融合畸变矫正技术，低光照感光度提升 5 倍，动态范围提升 40%，突破弱光环境成像模糊瓶颈，可同步捕捉叶片强光与阴影区毫米级细节，成像清晰度较同类产品提升 30%，</p>	<p>技术瓶颈：高分辨率成像模块在极端低温 (<-20℃)下响应速度下降，多模态数据融合算法在复杂电磁环境稳定性待提升。</p> <p>政策建议：出台无人机载荷细分领域技术标准，规范检测认证流程；加大国产高端光学组件研发扶持，完善供应链。</p>

					符合 A 级巡检标准；动态捕捉上，融合高速快门与自适应防抖算法，在 80m/s 叶片线速度下实现毫秒级成像,解决高速运动目标漏检问题,缺陷识别率达 95%；定位分析端，创新融合卫星定位与惯性导航，结合 AI 旋转目标检测模型，实现 2-3 厘米级空间定位与风机朝向快速识别，突破传统定位偏差大、响应慢的局限；环境适配性上，通过 IP65 防护与宽温域设计，在高盐雾、沙尘等复杂环境下稳定运行，平均无故障时间超 5000 小时，适配海上陆上多场景。应用中，风电叶片巡检效率较人工提升 8 倍，海上风电场故障停机率下降 70%，年发电量提升 12%,切实解决传统巡检效率低、风险高的难题。	
19	合肥览翌航空科技有限公司	览翌航空客运 eVTOL	整机制造	城际通勤、空中出租、旅游观光、应急救援、物资转运等多场景。	<p>非倾转复合翼/高精度飞控/碳纤维复合材料：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.非倾转复合翼构型，安全可靠、制造和运营成本低； 2.高效气动设计，提高巡航升阻比，降低能耗； 3.高效结构设计，采用国产碳纤维复合材料，提高飞机承载能力，降低能耗； 4.高冗余度分布式动力架构,具有更高的单桨失效和多桨失效安全裕度； 5.高冗余度飞控架构，采用三冗余飞控设计，提高核心关键系统安全性； 6.轮式起落架，带来更简单高效的地面转场能力和空中应急处置能力； 7.舒适的客舱空间：宽大的客舱空间，提供更舒适的乘坐体验。 	<p>技术瓶颈：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.电池能量密度不足，国内供应商还需加快研发及验证； 2.国产电机技术成熟度还有待提升，需尽快能满足飞机适航取证及后续批产需求。 <p>产业化障碍：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.适航周期长，单机成本高； 2.1000 米以下空域，需要尽快真正放开； 3.政策法规体系、基础设施建设需加快推进。 <p>政策建议：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.简化审定流程，加快制定完善适航审定标准、行业标准等； 2.扩大空域试点，加快空域开放； 3.完善政策法规体系；在制定“十五五”规划中，突出低空经济及具体政策措施。

20	合肥览翌航空科技有限公司	览翌航空中型电动垂起物流无人机	整机制造	物流快运、应急救援、消防灭火、安防巡检、地质勘探、其他特种用途等多场景。	<p>非倾转复合翼/高精度飞控/碳纤复合材料:</p> <p>1.非倾转复合翼构型, 安全可靠、制造和运营成本低;</p> <p>2.高效气动设计, 提高巡航升阻比, 降低能耗;</p> <p>3.高效结构设计, 采用国产碳纤维复合材料, 提高飞机承载能力, 降低能耗;</p> <p>4.高冗余度分布式动力架构, 具有更高的单桨失效和多桨失效安全裕度。</p>	<p>技术瓶颈:</p> <p>1.电池能量密度不足, 国内供应商还需加快研发及验证;</p> <p>2.国产电机技术成熟度还有待提升, 需尽快能满足飞机适航取证及后续批产需求。</p> <p>产业化障碍:</p> <p>1.适航周期长, 单机成本高;</p> <p>2.1000 米以下空域, 需要尽快真正放开;</p> <p>3.政策法规体系、基础设施建设需加快推进。</p> <p>政策建议:</p> <p>1.简化审定流程, 加快制定完善适航审定标准、行业标准等;</p> <p>2.扩大空域试点, 加快空域开放;</p> <p>3.完善政策法规体系; 在制定“十五五”规划中, 突出低空经济及具体政策措施。</p>
21	山东柔克智能科技有限公司	机载四合一紫外检测载荷(RK-ZH2090)	载荷设备	应用于电力(输电线路绝缘子闪络、变电站设备发热)、新能源(风电叶片裂纹、光伏热斑)、轨道交通(接触网放电)领域智能巡检。	<p>该产品以技术融合创新填补国内空白, 核心突破集中于三方面: 多态传感融合上, 集成日盲紫外、红外、可见光与激光测距四系统, 其中紫外模块实现单光子级微弱放电探测, 突破传统紫外设备仅能定性判断的局限, 四模态数据实时协同分析, 可同步识别放电、发热、形变缺陷, 综合检测效率提升 40%; 系统集成上, 采用轻量化设计(重量<1.05kg、功耗<11W)较行业均值减重 30%以上, 适配主流无人机平台, 同时搭载高算力平台, 实现数据实时处理与智能报告生成, 解决传统设备负载重、数据处理滞后的问题; 环境适应性上, 通过 IP45 防护与抗强电磁干扰设计, 在-25℃+55℃极端环境下稳定运行, 突破复杂</p>	<p>产业化障碍: 四模态传感组件采购成本高, 小批量生产导致单位成本居高不下。</p> <p>政策建议: 制定无人机多光谱检测载荷行业标准, 将其纳入电力巡检装备采购优先目录; 设立专项基金支持核心传感组件国产化研发。</p>

					工况应用限制。落地应用中，输电线路巡检效率较人工提升 6 倍，配电设备缺陷发现率提高 40%，推动电力巡检从“人巡”向“无人精准巡”转型，支撑新型电力系统安全高效运行。	
22	昌河飞机工业(集团)有限责任公司	民用直升机	整机制造	航空护林、空中巡查、医疗救护、电力巡线、航空物探、空中游览等作业领域。	能够在高原和极端环境下作业；2015 年、2020 年两次赴黑龙江漠河地区开展高寒试飞，在-40℃低温下，完成了直升机发动机地面起动机、速度包线与转速包线低温验证等试验试飞，起动成功率 100%。使用升限为 6000m。	国产民机起步较晚，品牌力和市场影响力不足，类似于国产汽车起步阶段在国内市场难以被客户所接纳，而且出现的任何小问题都容易被放大。AC311A 直升机升力和传动系统部分成附件使用寿命短、翻修间隔短；定检周期短、离位检查项目多，相比于国外先进机型存在差距。 建议：实施竞争力提升工程，提升 AC311A 平台能力，加快客户急需任务设备取证，提升外载荷能力，与航发进行沟通，推进国产发动机取证和主尾减功率提升。
23	新兴际华(北京)智能装备技术研究院有限公司	大载重系留无人机消防装备	整机制造	主要用于城市高层建筑消防救援、森林悬崖飞火消防救援等场景。	整套系统智能化程度世界先进，集成技术国内领先，各项指标处国内领先，核心关键技术创新性强。关键技术与创新点主要体现在空地协同作战体系的构建，以及大载重系留无人机平台的应用。侦察载荷与喷射机构协同控制技术的运用，使得火点识别与灭火作业更为精准。箱体联动式展开技术、箱体全铝轻量化技术的采用，进一步提升了装备的便携性与可靠性。行业独创的高压供配电技术、高压高功率电控技术、高可靠冗余度的系统架构技术，则为装备提供了稳定、高效的电力保障，提高整机安全性。	技术方面：大载重系留消防无人机存在动力系统及载荷能力瓶颈、复杂环境下通信控制可靠性不足、消防系统集成难度高的问题，建议优化动力系统、采用多态通信进行模块化设计与集成以解决。 产业化方面：面临研发投入与产业化资源短缺(致研发周期长、资金紧)、专业复合型人才缺乏(人才培养与需求脱节)的问题。建议国家加大扶持，设专项基金、予税收贷款优惠；完善人才培养，推动产学研合作设课程和培训基地。 政策方面：面临空域管理政策滞后(限制部署)、缺乏标准化行业规范(制约推广及监

						管)的问题, 建议制定应急空域政策、推动行业标准制定、强化产业链协同以解决。
24	航大汉来(天津)航空技术有限公司	民用中型复合翼无人机系统	整机制造、核心系统、关键零部件	可应用于警务、应急、消防、电力巡检、海上大范围巡查等多场景。	<p>1.长航时、大机动技术。基于计算流体力学(CFD)和有限元分析(FEA), 建立气动载荷分布与结构应力的双向合模型, 将机翼形状、结构材料厚度、电池/燃油舱布局等参数统一纳入优化框架, 通过遗传算法、梯度法等自动迭代寻优, 构建高升阻比气动布局, 全机升阻比>14, 比行业同级别机型提升约 10%; 同时引入混合动力系统(如燃油发动机+电动机)的动态功率分配策略, 优化能量利用率, 实现燃油经济性提升 10%-20%, 全机综合效率提升 25%以上; 在此基础上, 应用多学科联合结构强度设计, 通过超轻复合材料, 在提高机体强度的同时最大限度减重, 实现全机结构较传统方式减重 30%, 局部刚度与全局柔性的平衡, 适应气动弹性变形。最终实现无人机最大滞空时间>11h, 远高于行业水平。</p> <p>2.远距离实时通讯技术。基于软件定义无线电(SDR)架构, 融合宽带频谱感知自适应跳频技术、交叉极化抗宽带干扰抑制技术、多载波(OFDM)传输技术与多输入多输出(MIMO)波束成形技术, 采用 OFDM 结合 Turbo 乘积码或者 Turbo 卷积码调制, 有效解决高频谱效率和高可靠性的传输问题; 实现支持不低于 64 节点并发接入, 在某个通信节点失效后, 可以无感切换通信路径</p>	<p>技术瓶颈: 当前无人机产业链上游存在关键部件(如动力系统、机载电子设备、复合材料)产品一致性差、可靠性不稳定的问题, 影响整机性能与安全。建议加强核心零部件标准化生产与检测认证, 推动高精度制造工艺研发, 提升供应链整体质量水平。</p> <p>产业化障碍: 无人机动力、通信、电子设备等领域缺乏统一的行业生产标准与市场准入制度, 导致企业研发成本高、产品适配性差。建议政府联合龙头企业制定细分领域技术标准(如混合动力系统耐久性、复合材料耐腐蚀性等), 并建立第三方检测平台, 强化产品准入检验。</p> <p>政策建议: 扩大空域开放试点, 支持企业在真实场景中验证长航时、远距离通信等关键技术。设立专项基金, 扶持国产高可靠性供应链(如耐腐蚀复合材料、高能量密度电池)的研发与产业化。</p>

				<p>和节点，保证了无人机的远程控制和异地起降。</p> <p>3.热带海岛型环境适应技术。采用先进的压流成型工艺制造碳纤维增强复合材料(CMMP)核心结构件，提供超高比强度和比刚度，实现结构件在强风载荷下的抗弯、抗压、抗扭性能；采用耐腐蚀复合材料，综合保证了无人机在海上高湿、高热、高盐雾的环境中能够持续稳定运行，打造了海上无人机环境适应性的技术标杆。</p> <p>4.远距离目标观测技术。为了使无人机更加贴合公安海防应用场景我们经过实测定制了高性能光电吊舱，体系化的满足了两方面需求，一方面定制三光吊舱，集成压缩感知成像算法；另一方面严格控制吊舱体积，使其能够符合中小型混合翼无人机的载重能力和功率输出限制，解决了高清晰度成像和探测距离的问题，为隐蔽侦查提供技术保障。</p>	
--	--	--	--	---	--



低空飞行器制造业

白皮书(1.0)