

2024中国低空经济行业研究报告

亿欧智库 <https://www.iyiou.com/research>

Copyright reserved to EO Intelligence, 2024

低空经济曾经只存在于科幻小说中，但在过去的十年里，这个领域经历了飞速的发展，形成了新的增长领域。如今，产品与应用场景的持续落地正呈现出积极趋势。尽管从普及程度来看，低空经济应用仍然处于起步阶段，但它已经开始为用户和企业带来巨大的价值，主要表现在减少风险、提高效率和增强生产力方面。

本报告旨在通过行业概况、产业链分析、应用场景探讨以及对未来发展趋势的预测等多个维度，深入解析当前商业级低空经济的实际应用情况，希望能够为行业从业者以及各界关注者提供实用的指导和帮助。

本报告核心观点

- ◆ 省会城市以及直辖市的郊区、县级市全域、林地、农林水域等地会率先开放空域
- ◆ 多旋翼方案已经走到了小规模生产阶段，复合翼与倾转构型紧随其后，其他技术路线依旧在探索中
- ◆ 低空经济发展集中于北美、亚太、欧洲三大区域，整体来看以中美最为领先
- ◆ 低空技术分批次爆发，短期内通信、传感器、低空飞行器增材制造将会率先突破，低空飞行进入跃升变革阶段；基于大量低空飞行数据及案例，推动飞控技术的进步，以及智能化、信息安全等低空飞行数字化进程，预计未来低空经济渗透率将会持续提高
- ◆ 低空安全的缺失将成为低空经济普及的最大障碍之一，亟需新兴技术、服务业态填补
- ◆ 低空应用场景将会按照作业类场景、安全类场景、出行类场景的顺序进行大规模应用

目录 CONTENTS

01 低空经济概述

- 1.1 低空经济定义
- 1.2 低空空域开放路线探索
- 1.3 低空经济驱动因素
- 1.4 低空飞行器技术路线
- 1.5 低空经济国内外发展
- 1.6 低空经济政策梳理

02 低空经济现状

- 2.1 低空经济基础设施现状
- 2.2 低空经济飞行器生产制造现状
- 2.3 低空经济应用技术现状及未来爆发节点
 - 2.3.1 航空电池现状
 - 2.3.2 低空飞行器电机现状
 - 2.3.3 低空飞行器飞控现状
- 2.4 低空经济产业链图谱

03 低空经济应用场景

- 3.1 低空应用场景分类
- 3.2 作业类场景
- 3.3 安全类场景
- 3.4 出行类场景

04 低空经济城市与企业优秀案例

- 4.1 优秀企业案例
- 4.2 优秀城市案例

05 低空经济挑战与机遇

- 5.1 低空安全的缺失将成为低空经济普及的最大障碍之一，亟需新兴技术填补
- 5.2 低空应用场景将从作业类场景率先渗透

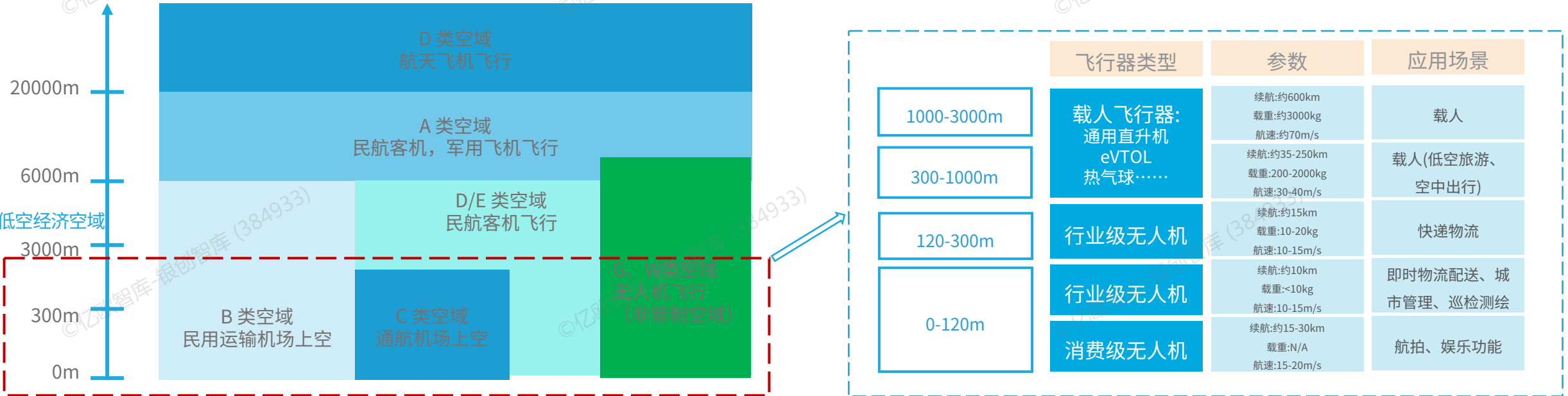


PART01.低空经济概述

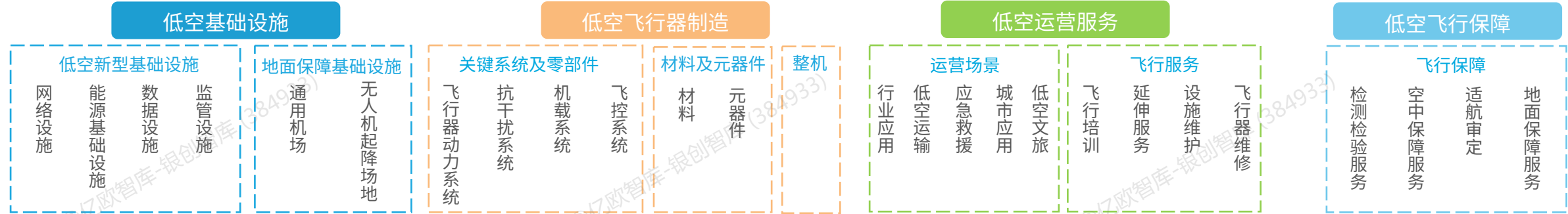
1.1 低空经济定义

◆ 低空经济是以各类低空飞行器为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合经济形态；目前，低空领域以3000米以下非管制空域为主，覆盖通用直升机、eVTOL、无人机等飞行器；低空产业涵盖低空基础设施、低空飞行器制造、低空运营服务及低空飞行保障。

亿欧智库：低空经济空域概览



亿欧智库：低空经济产业构成



资料来源：公开渠道，亿欧智库整理

1.2 低空空域开放路线探索

◆ 通过目前已确定的无人机开放空域可见，在普遍情况下，对于低度军事敏感及政治敏感的高能级城市的郊区、县级市全域、林地和农林水域等地会率先开放空域。

亿欧智库：上海无人机空域开放地图



亿欧智库：武汉无人机空域开放地图



亿欧智库：北京无人机空域开放地图



*绿色图层为开放空域、红色字体为暂不开放空域

◆ 低空经济首先由市场需求驱动，低空飞行器作为填补中长途运输的交通工具，其意义在于释放自然资源的潜力，转化为经济资源，带动产业投资，并率先占据国际标准，达成立体化的未来交通。

亿欧智库：低空经济的四大驱动因素

市场需求



低空出行可以有助于解决30到150公里的高效交通出行需求。根据经济测算，30公里内的公共出行以地铁、公交车为主，而超过150公里的距离则更适合选择高铁和飞机，每公里成本大约在0.3-0.7元左右。然而，在这个30到150公里的范围内，特别是对于例如像深圳这样地处大湾区、存在跨山跨海等特殊场景的城市而言，目前的交通工具并未能完全满足需求。低空飞行产品的出现填补了这一空白，可以扩大城际和城市都市圈的出行范围，成为现有出行方式的补充。

从传统出行到低空出行

要素生产



探索并确立空域使用权是促进低空经济发展的重要举措。低空空域作为尚未充分开发的自然资源，具有巨大的经济潜力。通过数字化手段，可以将低空空域转化为可量化、可评估、可利用的经济资源，类似于土地使用权。这种新型生产要素的确立将推动低空空域的深度开发、流转和利用，为新经济的发展注入强劲动力，产生巨大的经济和社会价值。

从自然资源到经济资源

产业投资



低空经济产业链具有全局性、战略性和外溢性的特征，同时还具备强大的产业带动作用。能够充分享受信息化、网络化、数字化和智能化技术发展所带来的红利。它将实体经济与数字经济完美融合，从而触及到社会生产和生活更广泛、更深层次的方面，全面推动国民经济发展，更好地满足社会经济活动的需求。传统基建投资面临边际效用递减，低空基础设施有望成为投资的重要选择。

从产业角度到投资角度

国际标准



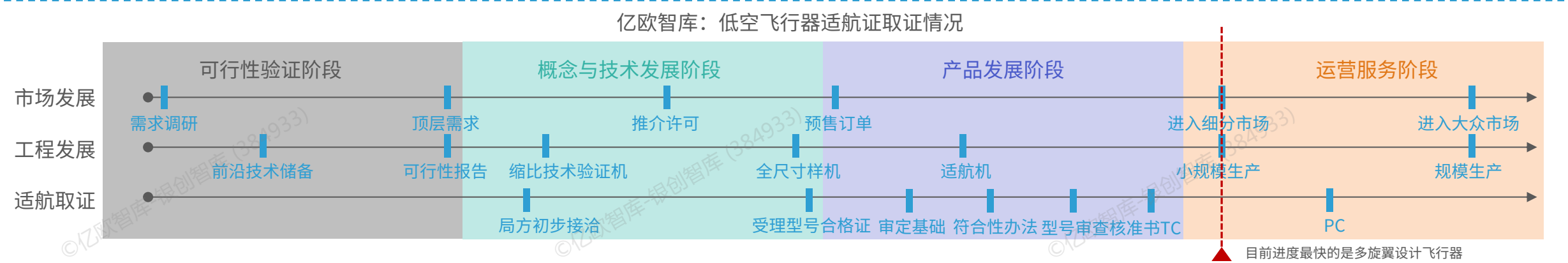
我国有望在低空经济领域率先制定国际标准和规则。在当前竞争激烈的国际环境中，低空智能融合基础设施的全数字化方法已使我国处于技术领先地位。由于发达国家对基础设施建设的投入不足，我们有机会打破长期依赖外国规则和标准的局面。加速制定与低空经济相关的规则和标准，将有助于我国在行业发展中取得主动地位，并在全球科技竞争中获得领先优势。

从中国标准到世界标准

1.4 低空飞行器技术路线

◆ 低空飞行器技术路线有五种，目前多旋翼方案已经走到了小规模生产阶段，进度最快；倾转构型获得青睐较多，电动化让其机械结构的复杂度大大降低，强大的性能及生命周期可以更好的覆盖整体研发成本。

亿欧智库：低空飞行器五大技术路线					
技术方案	多旋翼	复合翼	倾转构型	完全矢量控制+倾转涵道风扇	无翼设计+系统隐藏式推进
特点	分布式旋翼设计，起飞和着陆由旋翼提供升力完成，航行中部分或全部依赖推进器提供升力，具有悬停状态的最佳效率	直接简单的设计，有机翼和独立的螺旋桨提供升力和推力，优良的技术性能，较快的研制速度，生产和维护简单	有机翼，由矢量推进器提供升力和巡航推力，重量轻，推力大，也包括倾转翼、倾转旋翼、倾转涵道，在速度和航程上具有优势	有机翼，无控制舵面，将涵道风扇与倾转机翼融为一体提供升力和推力，控制力矩，升力、推力、航向和姿态控制均由倾转涵道风扇提供。	无翼设计，有一个隐藏的推进系统，配备数个涵道风扇，流线型车身
优势	技术风险和研制难度较低，具有悬停能力，简单易用	技术性能优异，研制速度快，生产和维护简单，监管部门熟悉的适航路径和符合性方法	重量轻、推力大，在速度和航程上具有优势	较好的动力系统可靠性和噪声控制，消除了开放性螺旋桨的安全隐患	飞行速度和续航能力较好，外数个涵道风扇，流线型外表形科幻
劣势	能效不高，航程有限，速度较慢，使用场景受限	平飞阶段垂直升力系统为死重且产生额外阻力	机械设计和飞控系统相对复杂，研制风险和成本相对较高，较长的研制周期和适航认证过程	存在研制风险，高速旋转部件耐久性差，不易维护，在中低速时存在重量、成本、效率等方面的劣势	制造成本高，推进器固定，无法实现推力的平衡
目前阶段	型号合格证(TC)并已经小规模量产	型号合格证(TC)	型号合格证(TC)	审定基础(G1)	与局方初步接洽



资料来源：中国民航局第二研究所、东北证券

1.5 低空经济发展集中于北美、亚太、欧洲三大区域，整体来看以中美领先

◆ 低空经济发展整体来看以中美最为领先，美国凭借庞大的通用航空产业及附属行业积累了丰富的航空经验，特别在航线规划、飞行器设计等领域具备较大优势；中国在通用航空领域与无人机领域具备美国同样的优势，同时中国在发展低空经济中存在后发优势，能针对低空飞行特点进行基础设施的快速铺开。



1.6 多层次政策发布助推低空经济行业发展

- ◆ 在新质生产力的背景下，中央顶层设计与相关政策力推，不断深化空域改革，新兴飞行器持续涌现，战略新兴产业助推内需新动能。
- ◆ 低空经济并非近期才提出的概念，早在2010年，中央已前瞻性的规划了我们低空产业及低空空域的改革，在2022年后，政策推出速度明显加快，基础研究、产品落地、政策引导三者共振为低空产业的落地和快速发展提供了良好的土壤。

亿欧智库：低空经济行业相关政策



资料来源：公开资料、亿欧智库



PART02.低空经济现状

2.1 低空经济基础设施现状

- ◆ 建设低空智能融合基础设施是高质量发展低空经济的核心和基础，在设施网的基础上搭建以空联网、航路网、服务网为组成部分的智能融合低空系统可以有效地通过标准规范和共享设施解决有限资源的问题，降低产业门槛，解决对低空飞行器安全管理问题，推动低空空域进一步开放。
- ◆ 低空基础设施无法简单套用通用航空机场，2016年国务院发布《国务院办公厅关于促进通用航空业发展的指导意见》之后，中国民航局进一步加快了通用机场的管理改革，目前整体来看，通用机场仍然是低空飞行器基础设施的重要部分。

亿欧智库：智能融合低空系统设施的四张网

设施网 - 物理基础设施

飞行器执行飞行任务时需要依赖各种基础设施，如起降点、能源站等。同时，需要备降点、迫降点等来处理异常情况，以及维修站、接驳站、装卸站等增强设施来支持日常运维和业务需求。

基本设施

✓ 起降站

✓ 接驳设施

✓ 能源站

✓ 紧急备降

.....

增强设施

✓ 停机设施

✓ 检修设施

✓ 保障站

✓ 移动设施

.....

硬件为主



满足日常运营基础需求

硬件软件结合



满足感知和通信需求

空联网 - 感知与通信设施

建设“空联网”可以解决低空空域管理问题，通过覆盖全域的通信、导航和监测基础设施，实现飞行器信息数字化，并配备智能处理系统，以实现对所有飞行器的精细监测、识别和管理。

通信设施

导航设施

监视设施

气象设施

电磁设施

地标设施

.....

航路网 – 数字化操作系统

通过规划适航空域的航线，实现对异构、高密度、高频次和高复杂度的低空飞行的协调和监测，以主动解决飞行冲突并提高空域使用效率。

时空资源

3D地图

知识库

规则库

空域管理

飞行管理

.....

软件算力结合



满足空域和飞行管理需求

软件为主



满足监管要求

服务网 - 数字化管理系统

协同军民航管理部门、地方管理和执法部门以及城市信息、气象信息、通信和导航能力、监测能力、空中和地面信息提供部门和业务运营部门进行多方管理。为低空业务运营提供飞行服务和情报为决策提供数据依据。

低空监管/管理系统（连通军民航监管和政府管理平台）

低空飞行服务系统（连通企业，提供飞行服务）

.....

2.2 低空经济飞行器生产制造现状

- ◆ 基于新质生产力理念，以先进技术融合并应用于航天产业，降低总体成本，吸引资本入局，催生新兴商业业态，开辟出低空制造产业的新动能。
- ◆ 当前航天航空技术为单点突破，未来在新质生产力的推进下，将实现新技术群的融合应用，打开飞行器规模化生产的瓶颈。

亿欧智库：新质生产力主导下的低空飞行器制造变革

航天智能技术融合发展构成新质生产力技术

新质技术催动商业模式革新



2.3 低空经济应用技术现状及未来爆发节点

- ◆ 低空技术分批次爆发，短期内通信、传感器、低空飞行器增材制造将会率先突破，低空飞行进入跃升变革阶段；基于大量低空飞行数据及案例，推动飞控技术的进步，以及智能化、信息安全等低空飞行数字化进程，预计未来低空经济渗透率将会持续提高。
- ◆ 整体来看，电池、先进材料相关技术将会是低空经济需要持续投资的重点技术。



*技术爆发节点定义为该技术已满足低空飞行器量产机支持长续航或高载重的飞行任务

2.3.1 航空电池现状-短期内仅满足短途需求

◆ 虽然目前已经有一些样机通过了测试，显示了低空飞行电池一定的进展，但包括能量密度、比功率、充放电率、安全性和成本等方面仍然存在短板，与低空的商业化所需的高性能要求相比存在较大的差距。

亿欧智库：电动飞行器的业重，续航，重量的不可能三角

业重，续航，重量同时发展的难点

电动飞行器不可能三角

低空飞行器所需的电池应具备高能量密度、高比功率，同时满足轻量化需求。目前，目前电动低空飞行器的业重（载物重量）、续航能力和重量之间的存在一个不可能达成的三角形。在目前的电池技术水平下，通常情况下只能在这三个方面中选择其中两个进行优化，而无法同时实现三者的最佳状态。

业重：在现有的电池能量密度下，为了提高低空飞行器的载重能力，只能选择短程续航能力或者牺牲轻量化。

续航能力：提高续航能力意味着电动飞行器可以行驶更长的距离。但是，通常来说为了提高续航能力，可能需要增加电池的重量或者减少业重，从而影响飞行器的载重能力或飞行器的性能。

重量：降低电池的重量可以改善飞行器的机动性，并减少对飞行器性能的负面影响。然而，减轻重量通常会意味着只能选择短途续航或低业重。

亿欧智库：低空飞行电池需求与传统EV电池对比

低空飞行器电池需求

低空飞行器与电动汽车电池性能综合对比

随着电动汽车的蓬勃发展，锂电池技术取得了巨大的突破。但现有的EV电池解决方案无法完全满足低空飞行的特殊需求。
放电效率：低空飞行器需要高效的电池放电，以提供足够的动力支持飞行。现有的锂电池技术在高功率放电方面表现不佳，会导致性能下降和飞行时间缩短。
峰值功率持续时间：低空飞行器需要在起飞和着陆时提供瞬时的峰值功率，现有锂电池可能无法持续提供所需的功率水平，限制了飞行器的性能和操作灵活性。
每年完整循环次数：由于低空飞行存在频繁充放电需求，锂电池面临更快的老化。高频率的完整充放电循环可能会减少电池寿命，从而限制了飞行器的可靠性和持久性。
快充频率：为了实现快速的飞行任务转换，低空飞行器需要能够在短时间内快速充电。现有的充电技术可能无法满足飞行器对快速充电的需求，从而延长了地面停留时间。
安全性能和飞行风险：低空飞行器在飞行过程中可能面临迫降或避障问题。电池必须具备高度的安全性能，以确保在紧急情况下的可靠性和极端情况下的稳定性。

平均放电率
(h^{-1})

安全性
(EUCAR Level)

峰值功率持续时间(s)

每年完整循环次数

快充频率(%)

航空电池

电动汽车电池

亿欧智库：航空电池技术难点

高能量密度

高功率密度

高充放电率

长电池寿命

安全可靠

比能量 (SE) 是衡量能量密度的标准，它直接决定了飞行器的航程上限。目前低空飞行器的航程很少能突破200公里。能量密度对航程的限制阻碍了能源成本优势的发挥。未来，低空飞行器的电池组的比能量应达到380至460瓦时/千克，才能满足最低航程要求。目前尚无成熟的解决方案。

比功率 (SP) 是衡量功率密度的标准，它直接影响着飞行器的载重能力。而垂直起降阶段，功率需求最为突出。根据2022年的数据，在5C放电速率下，电池技术的比功率已达到1kW/kg，预计到2040年有望提升至2.5kW/kg。然而，要实现根本性的突破，还需要发掘新型材料来改进电芯。

充放电率 (C-rate) 是衡量电池充放电速度的标准，直接影响着低空飞行器的快速充电能力和驾驶性能。低空飞行器的快充能力决定了其航班间隔时间。若要在降落12分钟内使飞机重新起飞，需要达到5C的充电速率。对于需要更高推力/升力和加速要求的低空飞行器来说，较高的电池输出功率和C率值尤为重要。高效的电池充电巡航方案有待发掘。

目前，低空飞行器对于高充放电速率的要求会对电池寿命产生影响。以1C的充放电速率运行时，电池的循环寿命约为1,500次；而以5C的充放电速率运行时，循环寿命将下降到1,000次。EV的锂电池寿命远不达低空飞行器需求下限，较低的循环寿命将导致更频繁的电池更换，从而使运行成本大幅上升。解决此问题需要新电池材料的支持。

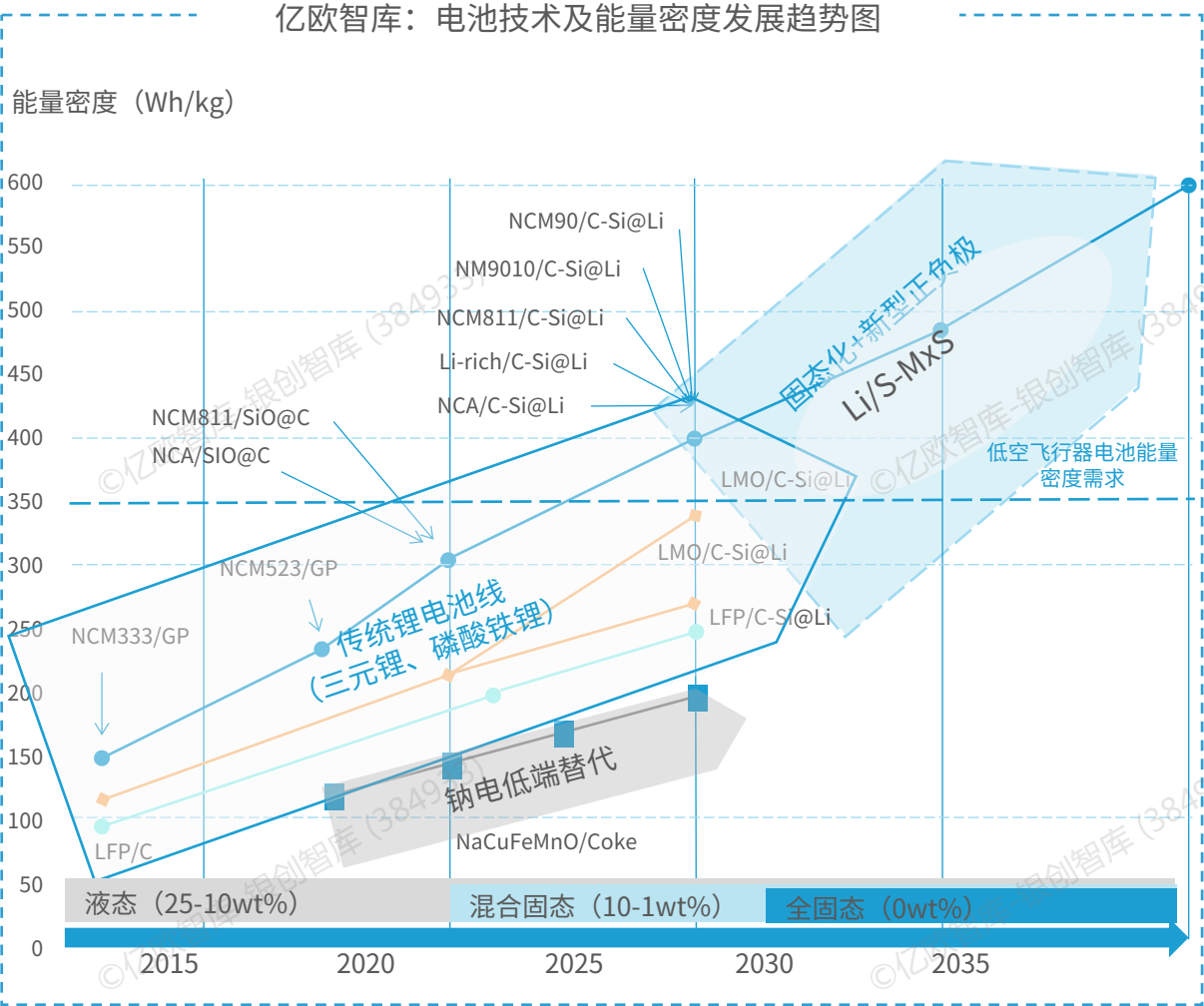
电池需要具备高安全性和可靠性，其安全系数要求远远超过普通汽车。为了确保飞行器内部人员和地面行人的安全，电池需要在单体失效的情况下继续正常工作，直到飞行器降落；同时在发生极端情况时需要保证电池不发生热失控导致连带损失，目前高安全性的锂电能量密度较低。

资料来源：公开资料、亿欧智库整理

15

2.3.1 航空电池现状-长续航技术体系仍需要验证

◆ 当前锂离子电池技术虽已取得一些进展，但仍面临能量密度限制，固态电池是未来动力电池性能提升的发展方向，同时新兴的高能量密度正负极技术方案也备受关注。固态+新型正负极电池有望解决飞行器不可能三角，然而新电池材料体系的研发和产业化仍面临诸多挑战，部分技术处于理论阶段，核心技术难点有待攻克。



资料来源：Kearney

亿欧智库：新兴高能量密度正负极

液态高镍三元锂离子电池虽然能量密度可达350-400Wh/kg但存在稳定性问题，而安全性更好的磷酸锰铁锂电池能量密度较低仅为250Wh/kg。固态电池技术被认为是下一代技术，理论能量密度将可达1000Wh/kg。

富锂锰基体系：

富锂锰基体系作为一种层状结构的锂离子正极材料，由富锂锰酸锂与层状锂金属氧化物混排形成超晶格结构。其具有高容量、低成本等优势，其理论能量密度达到了300Wh/kg，有望突破传统锂电池体系350Wh/kg的能量密度瓶颈，同时预期成本低于三元锂接近磷酸铁锂电池。有望解决高能量密度的需求。然而，实际应用中存在着首圈库伦效率低、电压衰减严重、循环性能差、充放电率性能差等问题，尚需进一步突破。

锂硫体系：

锂硫体系是以硫或其化合物为正极、以金属锂作为负极的电池体系，具有超高理论容量密度和成本低廉的优势，理论能量密度达到了2600Wh/kg，预期初步商业化产品的能量密度可突破600Wh/kg。有望满足高能量密度的需求，通过制多硫穿梭降低电极活性，解决多硫穿梭可能改进解决高充放电率与长电池寿命单独难题。然而，其电池寿命及安全可靠性尚不足以满足应用要求。

锂空气体系：

锂空气电池是以空气为正极、金属锂为负极的开放电池体系，具有理论上最高的能量密度，可达3500Wh/kg，但面临循环寿命、实用容量、倍率性能、催化剂成本高等关键挑战。然而此体系仍处于理论探索阶段，目前需攻克诸多技术难点。

2.3.2 低空飞行器电机现状-提升功重比需要材料、电机设计的同步发展

◆ 电机的进步本质是材料的进步，一代材料可以推动一代电机的发展，当前航空用电机的功重比约为10-15kW/kg。而飞行器电机需达到20kW/kg才能获得最佳的商业价值，目前要想继续增加电机的功重比，就需要在推进电机的热设计、磁性能设计、结构冷却设计等方面进行拓展。

亿欧智库：航空高性能材料

高性能导线

高性能导线是指具有优异导电性能、低电阻、轻量化等特点的导线材料。随着飞机电气化的发展，航空电机的电磁负荷不断增加。传统的铜导线材料在面对高电流密度和高温环境时可能会出现电阻增加、能量损耗大的问题。新材料碳纳米管导体具有比铜导体更小的密度和更优异的导电率，且其电导率不受温度升高影响。然而，将单个碳纳米管导体连接成碳纳米管导线的工艺复杂，且所形成的导线电阻率较高。随着碳纳米管合成技术和制备工艺的不断突破，碳纳米管导线将大规模应用于航空电机技术领域，从而提高电机系统的功率密度。

预计2045年成熟

绝缘体

绝缘体是用于隔离电导体的材料，在航空电机中，绕组上绝缘体的质量和性能直接影响到电机的安全性和稳定性。随着电机电压等级的提高以及运行环境的复杂化，对绝缘体材料提出了更高的要求。因此，需要发展更先进的绝缘体材料。聚酰亚胺等绝缘材料通常能够满足这些要求，其耐温达200℃以上，耐压等级较高。在聚酰亚胺材料中添加二氧化硅纳米颗粒可以将耐温等级提高到280℃。而聚酰亚胺材料的导热性较差，其导热系数仅为0.25W/mK。为了解决这一问题，新型的氮化硼纳米管绝缘材料被提出，具有更高的导热能力和热稳定性，能够更好地满足高功率密度电机的需求。

预计2040年成熟

磁性材料

磁性材料包括永磁材料和软磁材料等。航空电机中的磁性材料主要用于制造电机的磁体部分，直接影响电机的性能和效率。随着航空电机功率密度的提高和工作环境的变化，对磁性材料提出了更高的要求，包括更高的磁能积、更高的稳定性等。因此，需要不断发展新型的磁性材料，目前，钕铁硼永磁材料和钕钴永磁材料都具有高的磁能积，其中钕钴材料具有更高的最高运行温度，但以磁能积下降为代价。钕铁硼材料的磁能积极限目前为64 MGOe，仍需新材料来填补高磁能积的空缺，为高性能永磁电机的发展提供更多可能性。

预计2035年成熟

亿欧智库：航空电机冷却技术

航空电机冷却材料

航空电机冷却材料是用于电机散热和保护的材料，具有良好的导热性、耐高温性和耐腐蚀性。航空电机在高功率运行时会产生大量热量，需要有效的冷却系统来保持电机的稳定运行。因此，航空电机冷却材料的发展至关重要，它们能够帮助提高电机的散热效率，延长电机的使用寿命，并确保电机在极端环境下的可靠性。

多物理场耦合技术

飞机电气化推进的同时，航空电机所承受的电磁负荷不断增加。新型电工材料、电机拓扑结构和冷却方式等技术也逐渐成为关注焦点。航空电机与发动机、飞机等系统之间的联系逐渐由相对独立向集成融合发展，特别是内装式启动发电机在极端运行环境下面临着巨大挑战，其运行过程变相当复杂。这种情况下，航空电机的运行特性直接受到电磁、损耗、热、流体等多种物理场的影响，因此进行多物理场耦合显得尤为重要。

预计2035年成熟

亿欧智库：航空功率转换技术

高温高频功率变换器技术

高温高频功率变换器技术专注于在高温环境和高频条件下进行功率转换和控制。飞行器上各类电机系统的驱动电动机，以及超导电动机等，都离不开高性能功率变换器实现电能变换。在航空领域，设备需要能够在极端温度、高辐射和高振动等恶劣环境下可靠工作。传统功率变换器在这样的条件下可能性能受限，而高温高频功率变换器技术能够提供更强的环境适应性和可靠性。

第四代半导体材料

目前硅基电力电子器件的结构设计和工艺已经较为成熟，性能已经接近理论极限，在飞机电动化发展中的潜力已十分有限。因此基于宽禁带半导体材料的电力电子器件成为先进航空电机系统一个重要发展方向，宽禁带半导体具备高耐受电压和温度、高能效比、强环境适应性的优点。目前在研的第四代半导体材料包括，氧化镓、金刚石、氮化铝等。

预计2035年成熟

2.3.3 低空飞行器飞控现状-飞控飞管融合，多平台开发，进行自动飞行演变

- ◆ 飞控系统是低空飞行器最核心的子系统之一，提供飞行器的感知、控制和决策，也是自动驾驶系统核心控制系统之一。
- ◆ 飞控与飞管系统综合设计趋势显著，亟需服务商多平台开发能力。

亿欧智库：eVTOL飞行控制系统



飞行控制系统构成

低空飞行器的飞行控制技术涵盖多个方面，包括动力学模型建立、正常和降级控制律设计、电传飞控系统设计以及软硬件设计等。要求主要体现在系统工程实践能力（适航安全）、算力与人机交互（智能操控）、模块化与成本控制（通用适配）。需要具备快速、精确的响应能力以确保整个飞行控制系统的性能与可靠性。

飞行控制系统（FCS）是用以全部或部分地代替飞行员控制和稳定飞机的运动，并能改善飞机品质的反控制系统。根据边界智控，FCS由飞行增稳控制内回路和控制航迹、姿态的外回路组成：前者为主飞行控制系统（PFCS），后者为自动飞行控制系统（AFCS）、自动飞控系统（AFCS）、自动飞行仪（Autopilot）。

算法	飞行动力学	控制律	导航制导	数据转换 数据处理	传感器执行器模型	协议转换	系统工程、系统设计、市场、供应链管理、设计保障系统、审计过程、测试验证、管理过程
	余度表决	故障诊断		故障诊断		路由算法	
应用软件	飞行控制	飞行管理	健康管理	数据预处理	健康管理	协议转换	
	余度管理	协议记录					
硬件平台	虚拟化	分区管理	实时操作系统	硬件系统	操作系统	硬件驱动	
	硬件驱动	通信中间件	健康管理	通信协议	健康管理	通信协议	管理过程
硬件平台	处理器	电源	视频转换	通信接口	电源	远程数据集中器	
	存储器	通信接口	电磁兼容	传感器周边电路	执行器周边电路	互联总线	
	专用电路	自检电路		传感器原件	执行器周边电器	背板总线	
机械电气	壳体支架	散热导冷	电磁屏蔽及接地	壳体支架	散热导冷	线束固定	
				执行器机电液		电磁屏蔽接地	
计算机、交换机、控制器				传感器、执行器		通信总线	



飞行控制系统主要玩家

根据航空产业网，飞控供应商主要有两类，首先是传统的老牌飞控系统供应商，以军工单位、研究所及高校为主，如航空系国企、航天系国企、北航、南航，这类单位技术成熟，但是方案售价较高。其次是新兴的民营企业，比如边界智控、狮尾智能、致导、创衡、翔仪等，飞控方案颇具性价比，其中，边界智控、狮尾智能代表性已经部署了巡检和自动飞行解决方案。

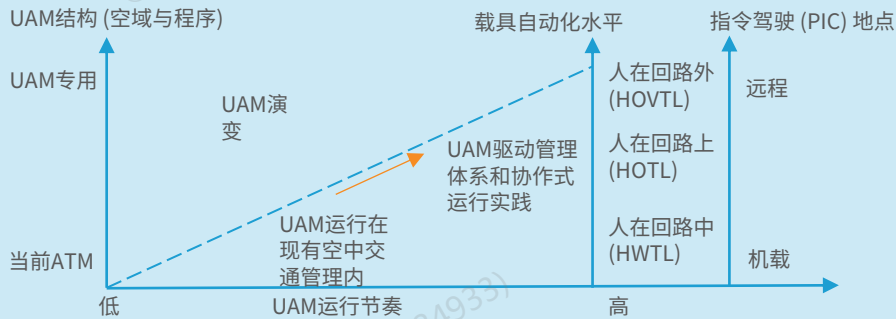


飞行控制系统发展趋势

飞行控制系统与飞行管理系统综合设计的趋势日益显著。这种趋势推动着飞行控制系统和飞行管理系统的整合，形成更为统一的系统。然而研发单位与制造商之间整合两个系统存在跨平台多协议的问题可能会引发技术上的复杂性和兼容性难题，系统的设计、研发、制造组装以及维护修理将受到挑战。未来发展需要围绕技术整合、标准化、跨界合作、用户支持以及持续改进展开，推动飞行控制系统与飞行管理系统综合设计的进一步融合与发展，为低空经济带来创造发展机遇。

亿欧智库：自动飞行演变

美国城市空中交通运行方式演变



自动飞行等级划分



自动飞行技术难点

飞控系统和自动飞行技术的复杂性体现在需要大量传感器、算法和执行器，并涉及到系统设计、集成、跨平台开发和协同兼容等方面。这种复杂性可能导致系统故障率增加，增加维护和维修成本，并且系统设计和参数调试需要大量飞行数据的支持，目前仍处于开发早期。同时，面向适航证的要求，尤其是对安全性的要求是一大挑战。





PART03.低空应用场景

3.1 低空应用场景分类

◆ 低空应用场景分为三类，第一类为作业类场景，以载物、远郊、短途作业为主；第二类为安全类场景，以载物、远郊、城区、中短途的安全应急类应用为主；第三类场景为载人、全地形、长距离的出行类场景为主。

作业类场景

- ✓ 作业类场景主要集中在工业和农业领域，场景通常分布在郊区、农田、山区等人烟相对稀少的区域，便于低空飞行器进行操作而不受地面障碍物的限制。
- ✓ 作业类场景中的低空飞行器通常不载人，主要承担监测、喷洒、运输等任务。

载物、远郊、短途

安全类场景

- ✓ 应急安全类场景涵盖高空救火、警用、医疗运输、应急电信基站建设等。这些场景通常分布在城市、郊区或特定的自然灾害发生地，需要快速响应和高效率的操作。
- ✓ 应急安全类场景中的低空飞行器有可能出现载人，负载涉及救援物资的运输，如医疗物资、通讯设备以及伤员、应急人员的运输。

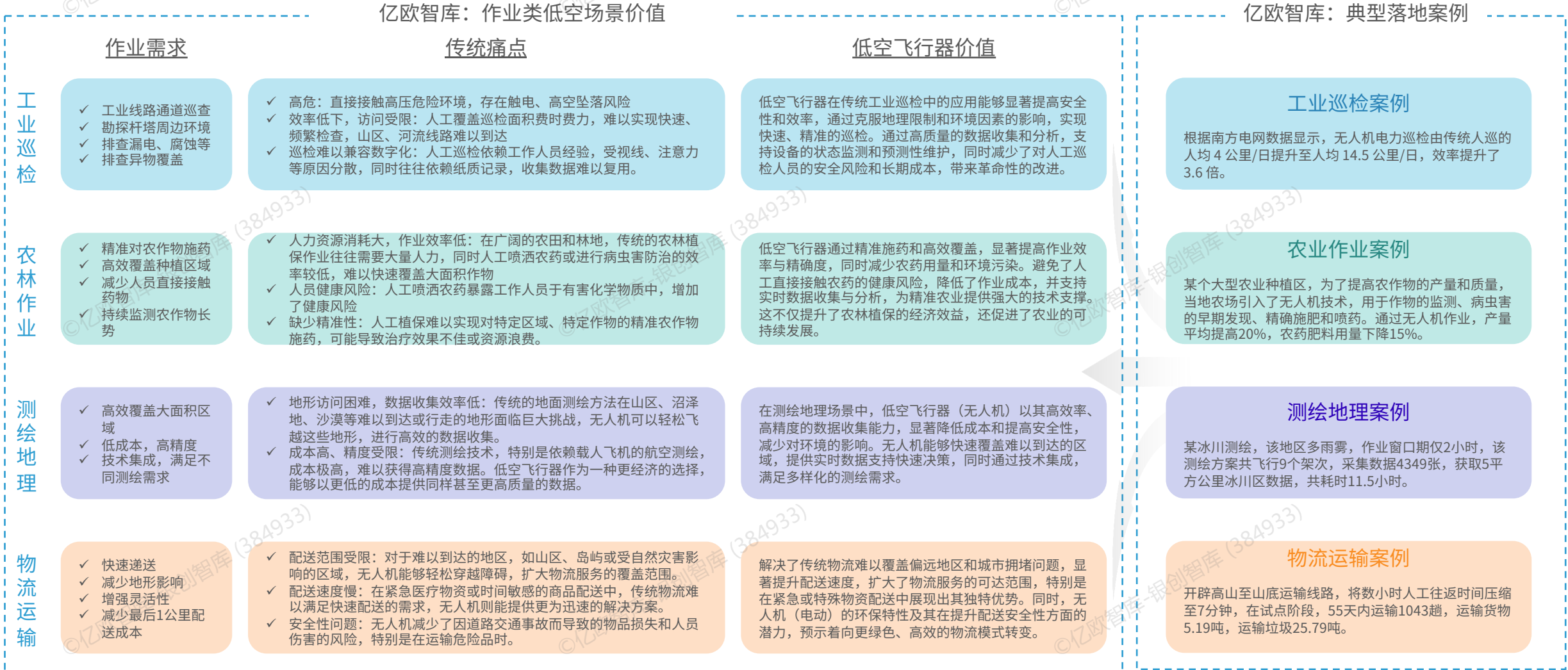
载物、远郊、城区、中短途

出行类场景

- ✓ 出行类场景包括低空旅游、私人出行等，主要集中在城市和风景名胜區。这类应用旨在提供新型的出行方式，减轻地面交通压力，提升出行效率。
- ✓ 出行类场景的低空飞行器是载人的，对安全性和舒适度的要求极高。

载人、远郊、城区、长中短途

◆ 作业类场景主要集中在工业和农业领域，如工业巡检、农林作业等，这些场景通常分布在人烟相对稀少的区域，便于低空飞行器进行操作而不受地面障碍物的限制；主要解决效率与准确性地下、传统作业成本高昂、安全风险大的痛点。



◆ 安全类场景涵盖应急安全类场景，包括高空救火、警用、医疗运输、应急通信；场景以城郊结合、无人为主、有人为辅作为主要特征；低空应急类场景凭借低空飞行器灵活部署，迅速响应的特点，主要解决传统应急手段单一、复杂、低效的痛点。



低空旅游

低空旅游案例

- 无锡打造了丁蜀低空经济产业园，为低空游览打下了基础，鼋头渚空游基地地面部分已建设完成，2024年1月运动型飞机完美完成了首飞。



PART04.低空经济城市与企业优秀案例

- ◆ 杰能科世智能安全科技（杭州）有限公司成立于2017年，总部设在浙江杭州。公司由国内资深反恐专家、行业权威技术专家等共同创立，专注于低空安全领域。
- ◆ 公司致力于为国家和地方的低空经济发展以及低空安全保障提供专业的解决方案和产品，以促进低空经济产业的有序有效发展并提供专业的安全保障服务。公司一直注重云端和边缘信息协同，努力为客户提供高效可靠的服务。

重打轻防手段单一

点状防御设施冗余

电磁干扰易发隐患

缺乏平台效能不高

亿欧智库：低空防御近年痛点

当前市场上无人机防御方面的主要装备以无人机的反制为主，各地在实施无人机管控时，只关注如何打击，无人机的防御手段较为单一和被动的。

传统低空防御以特定点为中心，形成独立运作模式。与周界实体防护不同，空域防御是建立在虚拟电子围栏上。但基于无人机的特性，点对点管控存在弊端。城市中重点单位相邻，导致设备冗余和资源浪费。

目前，无人机的反制手段多数会产生不同程度的GPS、电磁等干扰，对重点目标单位的生产安全及市民的生活都会带来隐患与影响。

无人机具有体积小、发现难、飞行速度快、行动灵活等特点。没有制定整体的防御措施，单靠点对点的孤军作战很难取得有效的防御成效。

亿欧智库：低空安全解决方案

杰能科世自主研发了1+3+N技术体系，基于世盾中央大脑平台聚焦三大关键技术突破，同时涵盖多个核心技术点。为实现高效、稳定、科学的解决方案提供了强大支持

一个平台-世盾中央大脑

3大关键技术突破

- 4柱防御单元设备提出了异构设备的信息交互方法，提高了预警与处置效能。
- 立体防御模型和监管模型按空域入侵威胁度等级详细划分多级防御圈，对空域内无人机实时位置显示与预警。
- 无人机安全监管4级架构实现了无人机飞手位置推定，解决了快速响应、联动处置的问题。

N个核心技术点

- 无线电指纹深度学习技术
- CSDTHE轨迹追踪与预测技术
- 跨域互联与分布式安全链接技术
- 基于深度学习与神经网络的融合技术
- LSTM技术
- 联合TDOA定位技术
- 多频段无线电压制技术
- 数字孪生技术
- 5G+光纤链路传输技术
- 身份识别技术

大区域城市级低空安全解决方案

实现各级部门数据共享、联动防御，无人机入侵的探测、预警与处置等监管信息的实时分流与调度。

重点区域/重大活动低空防御解决方案

实现黑飞无人机与飞手的精准定位、轨迹跟踪、态势判定与合理、科学的处置方式。

麒云低空服务管理平台

为民航、地方政府协同管理低空提供监视与调度指挥平台，促进通用航空和低空经济的繁荣发展。

飞行计划规划

空域管理及查询

航线预警

低空气象预警

驾驶舱可视化

- 27

- 盐田区拥有全国首个UAM城市空中交通融合运行综合保障基地，占地面积达4.4万平方米，为城市空中交通的运行提供了充足的空间。其拥有超过30架直升机服务覆盖了“9+2”粤港澳大湾区城市群100个直升机场，是国家民航局认定的低空改革试点单位。未来将打造全球首个无人机、eVTOL、直升机融合飞行示范基地。

- ◆ 深圳市的龙岗区、南山区、龙华区、宝安区、盐田区已出台具体扶持措施。
- ◆ 整体来看，南山区综合补贴力度最大，但部分政策需要企业获得国家级、省市级相关资质认证，同时也对企业的资本、营收也有一定要求，门槛较高。

	✓ 龙岗	✓ 南山	✓ 龙华	✓ 宝安	✓ 盐田
基础设施	✓ 50%补贴，单个企业年度不超100万元。	✓ 50%补贴，单个企业年度不超过500万元。	✓ (投入使用一年后的实际新增固定资产投资额)50%补贴，单个企业每年度最高资助不超过500万。 ✓ (起降场的企业，投入使用一年后，按实际新增固定资产投资额)50%补贴，每个资助不超过300万元。 ✓ 每年度该项资助金额合计最高资助不超过1000万元。	✓ 50%补贴，每个起降点、智能起降柜不超过10万元，起降场地不超过300万元。	✓ (投入使用后，按照投资金额达100万元以上(含)的项目)10%补贴，单个企业最高补贴200万元。
用地用房	✓ 实际租金50%给予补贴，单个企业年度不超100万元。	✓ 实际租金50%给予补贴，单个企业年度不超500万元，其他企业及机构平台不超过300万元。 ✓ 建设基础设施的场地按租金的50%补贴，每个场地租金补贴每年不超过10万元，单个企业年度不超过100万元。	✓ (规上企业) 租赁金额的70%给予租金资助，单家企业每年最高不超过500万元。 ✓ (非规上企业) 租赁金额的50%给予租金资助，单家企业每年最高不超过100万元。	✓ (规上企业) 租赁金额的70%给予租金资助，单家企业每年最高不超过300万元。 ✓ (规上企业厂房) 租赁金额的70%给予租金资助，单家企业每年最高不超过500万元。 ✓ (非规上企业) 租赁金额的50%给予租金资助，单家企业每年最高不超过50万元。 ✓ (适航审定中心) 前2年按照租赁的100%给予补贴，单个机构每年度不超过150万元；第3-5年按租赁的70%给予补贴单个机构每年度不超过100万元；对于建设支持进行一次性补贴，单个机构不超过1000万元。	✓ (可投入用于招商的产业空间建筑面积不低于1万平方米；对旧村屋、旧工业区旧商住区等实施升级改造并建设打造低空经济产业园区，园区改造完成后低空经济产业集中度达50%(含)以上) 实际建设费用20%的补助，单个项目最高不超过200万元。 ✓ (企业新建或升级改造配套设施) 租赁合同价格的10%给予补贴，每个场地租金补贴每年不超过50万。 ✓ 低空经济载体机构20%租金补贴，单个每年度最高不超过50万。
创新研发	✓ 给予不超过年实际运营经费的40%补贴，不超过4000万元。 ✓ 对新设立的实验室一次性奖励50万元。 ✓ 对于各类研发平台获得的市级奖励，将提供配套市级资助金额的20%，但单个主体资助金额不超过200万元。	✓ 开展关键技术攻关并获得市级资助的，资助金额的60%给予资助每个项目最高资助600万元 ✓ 获得国家、省级重大装备首台(套)认定的企业分别按30万元、15万元一次性奖励，产品年销售额1000万元以上的按30%给予奖励，不超过1000万元 ✓ 对入围国家行业主管部门发布的采购、认证、成果推广等目录的产品，按照每个目录产品5万元给予单个每年最高25万元奖励。 ✓ 对取得民用航空器型号合格证和生产许可证的eVTOL、大型/中型无人驾驶航空器，按市级资助金额的50%给予支持，单个年度不超1500万元。 ✓ 对经认定的低空领域国家实验室，国家工程实验室，航重点实验室等，按照市级资助金额的50%给予支持。 ✓ 国家级科研单位分支机构或与区内企业、院校、行业机构成立联合实验室的，给予100万元的一次性落户奖励。	✓ 支持企业开展无人驾驶航空器适航审定，符合要求的，按eVTOL、大型无人驾驶航空器、中型无人驾驶航空器，分别给予一次性1000万元、500万元、300万元资助。 ✓ 鼓励企业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。若该产品形成的累计年度产值首次达到5000万元以上，按照产品产值的2%给予一次性资助，单个企业最高不超过500万元。	✓ 对于主控芯片等核心零部件或关键材料项目，项目投资金额达到2000万元及以上的按项目固定资产投资金额的20%给予一次性补贴，每家企业不超过1000万元。 ✓ 对在中国开展eVTOL适航审定的企业，按照型号合格审定全流程中所需的eVTOL航空器费用的50%予以补贴，每家不超过3000万元。	✓ 支持企业围绕关键核心技术，加速提升主控芯片、精密元器件核心/传感器/连接器等相关核心零部件国产化能力。完成投资的实验研发、技术升级改造等投资额2000万元及以上的项目，按投资金额(不含地价)的5%给予一次性资助，单个企业最高不超过1000万元。 ✓ 对新引进的具备一定资质且符合盐田低空经济产业发展方向的研究院、适航审定中心、重点实验室、检验检测中心等给予100万元的一次性开办经费支持。
人才引进	✓ 纳入深龙英才认定范围在名额分配、住房保障等方面给予适当倾斜。	✓ 对经评价认定的顶尖人才创办的、且在南山区注册成立具有良好低空经济产业化前景且经评审通过的企业，给予最高2000万元资助;全面落实区人才工作发展扶持措施，在人才落户、安置、技能培养等方面给予相应支持并在奖励名额上予以倾斜。	✓ 对获得市级认定的重点低空经企业，纳入龙华区重点企业目录企业符合条件的人才按《深圳市龙华区重点企业优秀青年人才集聚工程实施办法》享受相关优惠政策。	/	/

深圳市低空经济发展分析

	龙岗	南山	龙华	宝安	盐田
增资扩产	✓ 年新增纳统核算的固投达到2000万元及以上的按照实际固定资产投资金额(不含地价)的20%资助,单个企业年度资助不超过3000万元。 ✓ 制造业产值首次达2000万元、5000万元、1亿元、3亿元的企业,分别给予不超过20万元、50万元、100万元和300万元的一次性奖励。 ✓ 服务业营收首次达1000万元、3000万元、1亿元、3亿元的企业,分别给予不超过10万元、30万元、50万元和100万元的一次性奖励。	✓ 年新增纳统核算的固投达到2000万元(不含地价)及以上的,按照实际固定资产投资金额的10%给予资助,单个企业年度资助不超过1000万元。 ✓ 制造业产值首次达到2000万元、5000万元、1亿元、3亿元、5亿元的企业,分别给予不超过20万元、50万元、100万元、300万元和500万元的一次性奖励。 ✓ 服务业营收规模首次达到1000万元、3000万元、5000万元、1亿元、3亿元的企业,分别给予不超过10万元、30万元、50万元、200万元和600万元的一次性奖励。 ✓ 年产值1亿元以上企业从区内其他规上企业采购原材料的,年度补助不超过1000万元。	✓ 对龙华区内的低空经济企业,年产值(销售额或营业收入)首次达到2000万元、5000万元、1亿元,分别给予一次性50万元、100万元、200万元的资助。 ✓ 对投资低空空客整机或核心零部件数字化改造项目可申请龙华区数字化改造项目资助:对数字化改造投资总额500万元-2亿元的项目,按企业数字化改造投资总额的30%给予资助,最高不超过1000万元。 ✓ 对数字化改造超过2亿元的项目,按数字化改造总额的5%给予资助,最高不超过3000万元。	/	/
应用场景	✓ 在本区开设航线的物流企业,按上年度该在本区所开航线实际飞行成本的50%补贴,单个企业年度不超过500万元,对在区内来用低空载人交通工具的企业和机构,给予年度奖励金额不超过1500万元。 ✓ 在本区开设航线的低空载人服务企业,起飞重量不超过25kg的按照25元/架次,25kg-150kg按照50元/架次给予补贴。 ✓ 对新开设航线的短条航线完成年度5000次飞行给予一次性补贴20万元,单个企业年度不超过1000万元。	✓ 医疗、应急、配送等低空物流航线,小型航空器达500架次以上的新开航线给予一次性20万元资助,单个企业不超过100万元。 ✓ 首年运营1万架次以后每增加1万架次资助10万元,次年按架次增量部分给予同等标准资助,大中型航空器达500架次以上的新开航线给予一次性35万元资助,不超过200万元。 ✓ 首年运营1万架次以后每增加1万架次资助40万元,次年按架次增量部分给予同等标准资助;低空物流中心,年度运营架次达到500架次的,按项目年度新增实际固定资产投资金额(不含地价)的10%资助,单个企业每年最高不超过100万元。 ✓ 低空经济短途运输航线,按照市级资助金额的50%给予配套支持,单个企业每年不超过400万元;eVTOL商业航线,给予一次性资助50万元。	✓ 对在龙华区开设航线的低空经济企业,分类别给予资助 ✓ 对起飞重量不超过25kg的微型小型民用无人驾驶航空器按照35元/架次给予资助。 ✓ 对起飞重量超过25kg的中大型民用无人驾驶航空器按照50元/架次给予资助。单个企业每年最高不超过1000万元;鼓励低空经济企业面向大众,开展无人机飞行表演服务,年表演服务场次超过1500场的,超出部分按每场次2000元资助,单个企业每年最高不超过200万元。	✓ 对无人机航线货运运营企业,起飞重量不超过25kg的无人机按照30元/架次给予补贴,每家企业每年度不超过500万元。 ✓ 起飞重量超过25kg的中大型无人机按照90元/架次给予补贴,每家企业每年度不超过1000万元。 ✓ 对于同时开设微型小型无人机、中大型无人机的货运航线企业,每年度该项补贴金额不超过1000万元。 ✓ 对于开设航线的eVTOL运营企业,补贴金额不超过企业上年度实际运营费用的50%。其中,空中观光游览类每人100元/架次,市内交通类每人200元/架次,城际交通类每人300元/架次,每家每年不超1000万元。	✓ 对商务飞行运营服务的企业对每年飞行架次达到300架次以上(含)的,一次性给予50万元补贴。对于新开通航线3条以上(含)的,一次性给予50万元补贴单个企业每年度最高补贴100万元。 ✓ 对提供无人机配送服务的企业经区相关部门备案,按照架次给予补贴。起飞重量不超过25kg的轻小型无人机按照10元/架次给予补贴,每家企业每年度不超过50万元;起飞重量超过25kg的中大型无人机按照20元/架次给予补贴,每家企业每年度不超过100万元。每家企业每年度补贴不超过100万元。
产业服务	✓ 提供免费或低收费公共服务的无人机飞行试验场的运营企业,运营费用按照年实际运营成本50%进行补贴,年度不超过300万元低空检测认证服务,按实际投入的20%给予资金补贴,单个主体不超过500万元低空金融保险服务,对投保低空飞行器产品或投保与低空飞行器生产保险的,给予年度总保费金额20%、不超过50万元的次性补助;行业会议与学术论坛,符合条件的活动,按照活动举办费用的50%给予奖励,不超过100万元。	✓ 支持企业、科研机构等主体开展低空仿真验证、检验检测风洞实验等服务平台建设,年度服务收入达到100万元的,按服务收入的10%给予资金补贴,单个主体每年最高不超过500万元。 ✓ 经评审认定的第三方检验检测服务机构,按照实际支付房租的70%给予租金补贴,每年度不超过100万元; ✓ 不少于50家企业参与的学术论坛、行业展会等获得国家、省、市级批复的活动,分别按一次性50万元、30万元、10万元资助 ✓ 对投保低空经济投保企业给予年度总保费金额20%、不超过100万元的一次性补助。	✓ 对参加区展会计划内的企业按照展位费的50%给予资助。线下展会每家企业单个展会区级资助不超过18平方米。线上展会每家企业单个展会不超过3万元。单家企业每年资助累计不超过50万元;举办低空经济论坛、专业会展、产业交流会等各类活动,按活动实际发生费用的50%给予单场活动最高200万元资助,同一举办机构全年累计支不超过500万元;对建设展示运营中心进行产品展示和销售的或进行公益性教培等服务的,按其建设已投入的20%给予一次性资助,单个企业最高不超过50万元;对认定为市级以上的服务平台或创新载体,按其建设已投入的30%给予资助单家机构每年最高不超过1000万元。 ✓ 支持市级以上服务平台或创新载体为区内企业提供服务的,对年主营业务收入达到200万元以上,且与区内5家以上单位签订服务合同的机构,按区内服务项目收入的20%给予资助,单家机构每年最高不超过100万元。	/	✓ 鼓励在盐田区搭建低空检验检测、适航认定等服务机构,对经评审认定的项目,按项目年度服务总金额的20%给予补贴,单个主体最高不超过200万元。 ✓ 鼓励承办或主办展会、论坛赛事、表演等活动。经区产业主管部门备案,按不超过承办方实际支出总费用的30%,给予不超过50万元资助。 ✓ 鼓励企业开展市场化飞行员培训,飞行器维修航务及救生员等培训服务。对培训合格且取得相应从业资格执照的,培训费用的10%给予培训企业补贴以上单个企业每年最高不超过50万元。 ✓ 支持打造低空科普教育培训基地,对备案且面积在1000平以上接待客流量1000人/年以上科普基地,给予20万元/年运营补贴,对取得省部级科普基地认证的,给予10万元/年运营奖励;对在盐田区保险机构投保的,按年度总保费的20%给予一次性补助,最高不超过100万元。
企业落户	✓ 整机研制企业落户,上年度产值或营收达5000万元、1亿元、5亿元、10亿元的,分别给予不超过150万、300万、1000万和2000万元的一次性奖励。 ✓ 核心零部件及关键材料研制企业落户,上年度产值或营收达2000万元、5000万元、1亿元、5亿元分别给予不超过60万、150万、300万和1000万元的一次性奖励。	✓ 本区经营不满1年,注册资本500万元以上,承诺第二年纳统营收2000万元以上企业,按实缴注册资本的5%给予最高不超过1000万元资助。 ✓ 整机企业落户,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,分别给予不超过150万、300万1000万和2000万元的一次性奖励。 ✓ 核心零部件、关键材料及运营服务企业落户,上年度产值或营收规模达到2000万元、5000万元、1亿元、5亿元分别给予不超过60万、150万、300万和1000万元的一次性奖励。 ✓ 企业落户项目投资金额(不含地价)达到1亿元的,按20%给予一次性补贴,不超过6000万元。	/	✓ 落地宝安区的整机研发、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,每家企业不超过3000万元。	/
特其他	/	✓ 短期流动资金贷款贴息支持贴现业务手续费补贴扶持,境外活动经费补贴等。	/	/	/

资料来源：深圳市政府

◆ 基于大飞机技术积累发展工业无人机，并将应用经验复用至eVTOL运物，在政策面通过产学研结合、产业集群、招商引智及产业基金方面进行扶持。

亿欧智库：上海低空发展历程



亿欧智库：上海未来赛道六大计划

未来技术“筑基计划”——产学研结合，促进技术发展和产业创新。

- ✓ 筹备未来技术学院、未来产业研究院
- ✓ 组建未来产业创新中心
- ✓ 完善全球创新网络

未来布局“领跑计划”——示范场景建设，引领行业发展方向和趋势。

- ✓ 聚焦临港、张江、紫竹等地谋划未来产业先导区
- ✓ 建设未来产业加速园
- ✓ 打造未来产业试验场

未来伙伴“携手计划”——国企引领创新企业，促进企业合作与创新发展。

- ✓ 培育产业生态主导型企业
- ✓ 引进培育细分领域的创新型企业
- ✓ 构建“科学家+企业家+投资家”整合的项目挖掘与甄别机构

未来场景“开源计划”——场景突破到推广推动先进技术应用

- ✓ 发布早期验证场景
- ✓ 发布融合实验场景
- ✓ 发布综合推广场景

未来人才“雁阵计划”——尖端人才引进，支撑未来科技发展。

- ✓ 赋予科学家自主权
- ✓ 建立市场化导向利益风险分担机制

未来生态“雨林计划”——搭建产业生态，促进产业链互联互通。

- ✓ 设立引导基金
- ✓ 推动国际性组织落户
- ✓ 加强知识产权保护、数据安全、产业安全等

亿欧智库：上海EVTOL-五小龙

AUTOFLIGHT	时的科技 TCab Tech	VERTAXI 御风未来	VOLANT	PANTUO
适航取证阶段 合格证申请进入 审定	合格证申请进入 审定	适航取证阶段 M1完成首飞	合格证申请进入 审定 客运项目受理	完成缩比例试飞

◆ 川渝地区低空产业情况较为类似，空域开放较为零散，市场资本进入保守，产业链虽然较为齐全，但本地配套能力弱；基于此，成都在探索工业无人机封闭场景的应用，重庆在探索通用机场进入低空基础设施的可能性。

亿欧智库：成都地区低空经济发展驱动力与制动力

工业航空基础扎实基础产业资本雄厚

成都的工业无人机产业领先全国，大型无人机产量居首。中航无人机是国内龙头企业，加上纵横股份、时代星光等头部企业，形成完整的无人机产业链。拥有60多所高等院校和科研院所，每年电子系人才超4万，研发了5G+北斗+低轨卫星技术形成新型低空基础设施，而沃飞长空的eVTOL完成首飞，小鹏无人机制造基地在天新建成，进一步加强了成都在无人机领域的发展动力。

航空产业链齐全

成都航空产业拥有上下游企业共计244家其中青羊区聚集了181家航空上下游企业，形成了一个具有国家级特色的中小企业产业集群。金牛区拥有完整的无人机系统研制体系。这里的企业和研究机构具备大型无人机的正向设计和系统集成能力，为低空经济的发展提供有力保障。

空域政策开放拥抱程度高

成都高新区发布了《发展工业无人机产业三年行动计划（2023-2025）》，为工业无人机产业的发展明确的目标和路径。有关部门也发布了《成都市促进工业无人机产业高质量发展的专项政策》，推动了无人机产业的高质量发展。同时淮州机场的飞行通道增至6条，低空空域面积达1652平方公里，建立17个无人机专用空域，实现有人机与无人机同场飞行。

本地配套能力不足，关键生产环节缺失

低空飞行器产能只有30-40%可以在本地实现配套，电池、导航和通信模块等核心部件主要依赖于省外的供应商。相对于较为成熟的工业无人机体系，民用无人机还有空白，落后于发达地区。

空域开放面积不足，无人配送场景尚未建立

相较于深圳等领先地区，成都在空域开放方面的面积尚显不足，其发展的广度与深度仍处于初级阶段。同时，成都现行政策较为细化整体规划尚不明晰，还未形成一套全面涵盖低空产业发展的政策体系。成都的低空经济消费市场应用场景薄弱，城市还未开始规划无人机货运、商业运营等航线，且城市无人低空场景尚未建立。例如美团、饿了么、顺丰等公司还没有在成都推出无人配送服务。

开放空域分散，未形成片区

成都目前开放的空域净高不足500米，且分布较为分散，没有与周边开放空域形成连续的网络。在建设产业协同系统方面，以无人机为核心的低空产品研发和制造企业在推动产业链发展上的作用还不够明显。特别是三电系统和先进材料等方面的能力相对较弱，导致配套产品的供应不足。

发展驱动力

发展制动力

亿欧智库：重庆地区低空经济发展特点

错失先机
奋起直追



2012年，重庆成为国家首批低空空域管理改革试点城市，尽管具备了先发优势，但并未成功将其转化为先机。通用航空产业发展缓慢，未形成良好的生态体系，离实现通用航空产业成为产业发展的新增长点目标相距甚远。
2022年，重庆两江新区成为全国无人驾驶航空试验区，重点推动通航短途运输、城市空中交通UAM、无人机与有人机的融合飞行。
2023年，重庆再获试点，探索国产通用航空物流应用。企业在大安通用机场完成垂直起降无人机试飞，推动领域创新。

建设组网
城区发展



重庆市正在试点建设低空网络，重庆拥有4个支线机场、3个通用机场以及多个临时起降点，同时正处于通用机场规划建设高峰期。至2020年，重庆共有70余个起降点，已初步构建了低空网络。

支通起构建
双城布局



重庆市正在加快构建“支-通-起”降点航线网络互联，使运营实体由薄弱环节转变为承载环节。加强支线与起降点的联通，同时优化第二机场(涪陵机场)的规划,形成新布局。
低空交通网络的布局会密切结合成渝地区双城经济圈建设与重庆都市圈经济社会发展需求，结合空域结构调整，实时优化低空交通网络结构，以适应低空经济发展的需要。

◆ 儋州依托海南自贸港身份、空域适飞时间、政策扶持等相关优势，在发展低空经济方面存在发展先机；在相对低风险的固定线路短途运输、低空旅游、长途的无人机巡检、应急、勘测存在长远需求，具有推动本地低空经济长期发展的驱动因素。

自贸港政策优势

- ✓ 企业实施15%企业所得税、人才个人所得税最高15%
- ✓ 企业进口自用生产设备免征进口关税、进口环节增值税和消费税
- ✓ 进口生产原辅料免征进口关税、进口环节增值税和消费税
- ✓ 对原产于海南或含进口料件加工增值超过30%的货物进入内地免征进口关税
- ✓ 进口营运交通工具及游艇免征进口关税、进口环节增值税和消费税
- ✓ 扩大包括第五航权、第七航权在内的航权开放
- ✓ 取消飞机境外融资限制

鼓励降税、境内外合作

补助政策优势

- ✓ 对A类通用机场建设提供10%工程结算造价补助
- ✓ 对企业、事业单位牵头的航空发展平台进行科研经费补贴
- ✓ 对符合运行条件的机场、固定航线进行经济补助
- ✓ 对重大航空技术装备关键技术项目的研发进行补贴，同时对量产扩能也进行相应补贴
- ✓ 支持航空展览会推广本地航空产业

对低空基础设施、固定航线补贴

空域优势

- ✓ 全年适飞时间大于300天，位于全国第一
- ✓ 共划设三类23个低空空域，划设了3条低空目视飞行航线，初步构建了省内低空飞行网络。



300+适飞天数、已初步构建低空网络

亿欧智库：海南儋州基于三大优势开发四大低空应用

短途、公务运输



- ✓ 海南航空旅客周转量占海南综合交通总量的84%，低空运输有望作为干线网络的有效补充，具有巨大的前景
- ✓ 另外儋州坐享华南、中西部省份和东南亚超10亿人口的“三大市场”，可着眼海南岛内、岛际及与周边大陆地区旅客运输需求。

低空旅游



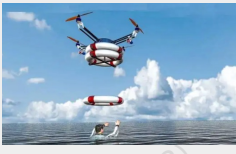
- ✓ 海南岛占有全国87.6%的跳伞运动，50%低空游览活动。目前海南环岛旅游公路驿站的总体规划布局建设一系列直升机或水上飞机的飞行驿站。

无人机服务应用



- ✓ 探索构建“航空货运—无人机物流”物流体系结构，推进偏远乡村、城郊、海岛、跨海等场景下的无人机物流。
- ✓ 工业级无人机在农林植保、电力巡线、地理测绘、海岛巡防等行业领域应用，挖掘无人机在行业细分领域的商业价值。

应急救援、航空勘测



- ✓ 服务海上石油平台通勤、高铁线路勘测、核电站检查、海上救援。



PART05.低空经济挑战与机遇

- ◆ 低空技术在多个行业中正在快速发展，并广泛应用于工业作业、应急安全等场景。随着技术进步，获取低空飞行器（尤以无人机为主）及其配件变得更加容易。违法或不规范的低空飞行活动日益增多，特别是在城市这样的复杂环境中，这些小型、低速且飞行高度低的无人机构成了一个不可忽视的公共安全隐患。
- ◆ 低空飞行器数量的持续上升将会使低空安全的重要性同步抬升，未来大数量的低空飞行器安全管理亟需超越通用航空的安全管理方式。



低空防御亟需新兴技术手段、管理手段突破目前防御局限性

低空飞行器应尽快引入ADS-B、SSR技术，减小空管难度

低空飞行器利用ADS-B通过自动广播无人机的位置和速度信息，增强避障能力，使能够实时调整飞行路径避开其他飞行器。SSR技术则通过允许低空飞行器机在受控空域内被空中交通管制监控，提高了可见性和安全性。

利用区块链落实低空飞行器专属“身份证”，购买者实名、渠道可溯源

区块链的不可篡改性质保证了每架飞行器从生产、销售到最终用户的每一步都被永久记录和验证。提高了监管效率和安全性。有助于防止非法使用和加强空域管理，从而为合规使用和空域安全提供了强有力的技术支持。

低空应用场景将先从作业类场景率先渗透

◆ 低空应用场景的渗透路径应遵循“先物后人、先郊后城”，在此基础上，作业类场景将会率先受益，其场景普遍存在于郊区、场景作业内容固定、运输物敏感程度低；安全类场景作为创新类场景将会在安全领域作为辅助设备参与应急处理；出行类场景将会在短途固定线路进行试点，但受到空域、低空基础设施、飞行累计经验等因素，在短期内无法快速进入更贴近民用的大规模市场。

亿欧智库：低空场景渗透路线

阶段	现阶段（2024）	短期（2025-2030）	中期（2030-2035）	远期（2035-2040）
小规模试点	作业类场景	出行类场景 安全类场景	出行类场景	
大规模试点		作业类场景	安全类场景	出行类场景
大规模应用			作业类场景	安全类场景 作业类场景

- 作业类场景作为最先进行小规模试点的类别，这些场景通常涉及无人机或者其他低空飞行设备在相对安全、人迹罕至的环境中进行工作，在技术成熟度和安全性方面更易于控制和验证。
- 作业类场景应用的安全性和技术问题已经在小规模试点中得到了初步解决，将会率先进入大规模的试点。
- 安全类场景在技术和操作要求上比作业类场景更为复杂和严格，其社会影响和紧迫性要求优先
- 出行类场景涉及人员直接乘坐的安全性以及相关法规和标准的制定，这需要更高的技术成熟度和更全面的安全评估。不过对于短途需求，现有的技术已经支撑其进行固定线路的小规模试点。

- 作业类场景社会 and 经济效益已经得到验证后，将会率先进入大规模应用阶段。
- 安全类场景在验证过技术和操作流程之后，将应用到更广泛的区域，以提高应急响应的效率和效果。其应急载人的经验或可复用至常规出行。
- 出行类场景进入大规模试点必须要足够数量的基础设施、载人飞行数据与经验，在此阶段小规模试点将会有所扩大，但依旧无法达到大规模应用的阶段。

- 安全类场景在公共事务、商业端的持续应用或拓展至民用消防、民用应急领域，整体提升了社会管理和公共安全。
- 出行类场景经过验证，在技术性、公众接受度达到商业化需求，在公共管理方面，低空空域进入积极开放的态势。除了B端商业线路，低空出行有望渗透入居民私人出行领域。

致谢

- ◆ 亿欧智库经过桌面研究及对相关企业、专家访谈后作出此份报告。在此，亿欧智库感谢相关企业及业内专家的鼎力支持。
- ◆ 未来，亿欧智库将持续密切关注全球工业可穿戴设备领域，通过对于行业的深度观察，持续输出更多有价值的研究成果，助力产业可持续创新发展。欢迎报道读者与我们交流联系，提出报告建议。
- ◆ 特别鸣谢



卓翼智能



杰能科世

◆ 团队介绍:

亿欧智库是亿欧旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。

亿欧智库长期深耕科技、消费、大健康、汽车、产业互联网、金融、传媒、房产新居住等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。

以专业为本，借助亿欧网的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。

◆ 报告作者:



刘旻昊

亿欧智库分析师
Email: liuminhao@iyiou.com

◆ 报告审核:



王辉

亿欧智库副院长
Email: wanghui@iyiou.com



孙毅颂

亿欧智库研究总监
Email: sunyisong@iyiou.com

◆ 版权声明：

本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的追求但不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映亿欧智库于发布本报告当日之前的判断，在不同时期，亿欧智库可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。亿欧智库不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，亿欧智库对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者可自行关注相应的更新或修改。

本报告版权属于亿欧智库，欢迎因研究需要引用本报告内容，引用时需注明出处为“亿欧智库”。对于未注明来源的引用、盗用、篡改以及其他侵犯亿欧智库著作权的商业行为，亿欧智库将保留追究其法律责任的权利。

◆ 关于亿欧：

亿欧是一家专注科技+产业+投资的信息平台和智库；成立于2014年2月，总部位于北京，在上海、深圳、南京、纽约有分公司。亿欧立足中国、影响全球，用户/客户覆盖超过50个国家或地区。

亿欧旗下的产品和服务包括：信息平台亿欧网（iyiou.com），研究和咨询服务亿欧智库，产业和投融资数据产品亿欧数据；行业垂直子公司亿欧大健康 and 亿欧汽车等。

◆ 基于自身的研究和咨询能力，同时借助亿欧网的传播优势；亿欧为创业公司、大型企业、政府机构、机构投资者等客户类型提供有针对性的服务。

◆ 创业公司

亿欧旗下的亿欧网是创业创新领域的知名信息平台，是各类VC机构、产业基金、创业者和政府产业部门重点关注的平台。创业公司被亿欧网报道后，能获得巨大的品牌曝光，有利于降低融资过程中的解释成本；同时，对于吸引上下游合作伙伴及招募人才有积极作用。对于优质的创业公司，还可以作为案例纳入亿欧智库的相关报告，树立权威的行业地位。

◆ 大型企业

凭借对科技+产业+投资的深刻理解，亿欧除了为一些大型企业提供品牌服务外，更多地基于自身的研究能力和第三方视角，为大型企业提供行业研究、用户研究、投资分析和创新咨询等服务。同时，亿欧有实时更新的产业数据库和广泛的链接能力，能为大型企业进行产品落地和布局生态提供支持。

◆ 政府机构

针对政府类客户，亿欧提供四类服务：一是针对政府重点关注的领域提供产业情报，梳理特定产业在国内外的动态和前沿趋势，为相关政府领导提供智库外脑。二是根据政府的要求，组织相关产业的代表性企业和政府机构沟通交流，探讨合作机会；三是针对政府机构和旗下的产业园区，提供有针对性的产业培训，提升行业认知、提高招商和服务域内企业的水平；四是辅助政府机构做产业规划。

◆ 机构投资者

亿欧除了有强大的分析师团队外，另外有一个超过15000名专家的资源库；能为机构投资者提供专家咨询、和标的调研服务，减少投资过程中的信息不对称，做出正确的投资决策。

◆ 欢迎合作需求方联系我们，一起携手进步；电话 010-57293241，邮箱 hezuo@iyiou.com