

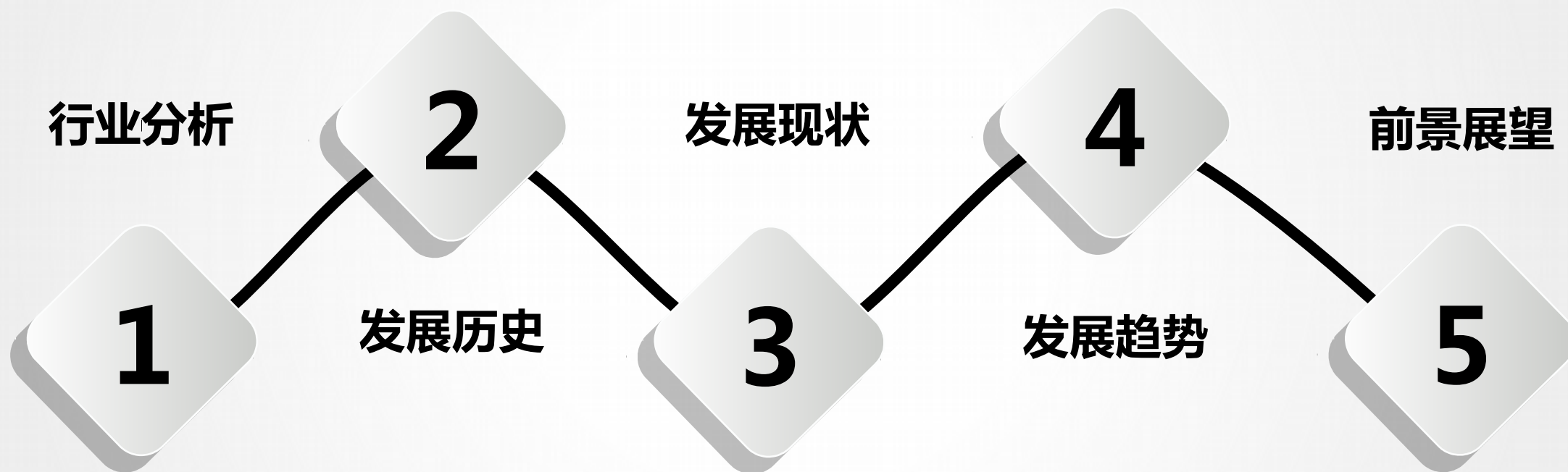
垂直起降固定翼无人机 现状与发展趋势

Vertical Take-Off and Landing UAV

宣讲人：左正立
日期：2017.11



目录





01. 行业分析

- 常规机型分析
- 新型无人机特点
- 机型发展趋势

常规机型分析



固定翼



多旋翼



直升机

■ 长久以来，在小型民用无人机市场，常规固定翼无人机与直升机两大机型长时间占据着行业主导地位；但随着市场需求与相关产业链的完善，多旋翼飞行器的崛起，改变了原有的市场格局，在无人机领域已与固定翼、直升机形成鼎足之势。

常规机型分析（续）



三大飞行器特征鲜明，在某些环节上都有着出色的表现。但随着市场需求的不断提升，其各自的缺点也逐渐显现，很难有效满足高要求、高标准以及高质量的航飞任务。因此，鱼与熊掌如何兼得的问题又重新提上日程。



新型无人机应当具备的特点



性能可靠

无人机的首要标准在于其性能的可靠性，因此，稳定的机体构架、安全高效的动能系统、可靠的飞行控制系统等是无人机的必备条件。



起降便捷

无论对于军用无人机亦或是民用无人机而言，起降方式的革新是必然趋势，垂直起降功能将是未来无人机的必备模式之一。



航时保障

民用无人机所涉足的领域已越来越广泛，航时长、航程远、速度快及载重大等指标也逐渐成为市场的硬性需求。

垂直起降固定翼 - 模式



兼具固定翼与旋翼模态的空中“混血儿”

- ➡ 具备狭小范围内起降能力，无需跑道或弹射装置；
- ➡ 能够长距离、长航时、大载重作业，极大提升任务效率；
- ➡ 即可悬停作业亦可高航速作业，更加适应复杂的作业环境。

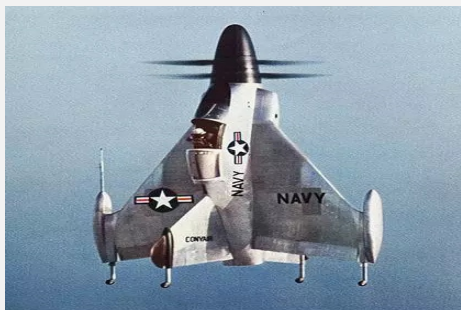


02. 发展历史

- 固定翼垂起技术发展历史
- 国外先进垂起固定翼无人机

固定翼垂起技术发展历史

由于民用无人机市场兴起较晚，因而包括垂直起降等大多数技术的研发均早于军工项目。
垂直起降方案的提出最早可追溯到二战时期，时至今日，人们仍对这项技术进行着不断地探索与研究。



竖立飞机

飞机竖立垂直起飞，升空后机身 90 度倾转。



增加竖立发动机

飞机上加装竖直推力发动机，巡航时则关闭。



倾转发动机 / 推力

动力系统可倾转，平飞与垂起共用同一套装置。

// 作为载人飞机，出于飞行员生命安全保障、作战任务严苛、系统纷繁复杂等因素，垂直起降技术的难度极高。

但对于民用无人机而言，其技术瓶颈远低于载人飞机，因而可借鉴载人机垂起技术推陈出新，开创新的篇章。

国外先进垂起固定翼 无人机

- 2006 年由美国贝尔公司研制的“鹰眼”无人机进入海军服役，该款飞机采用类似于 V-22 “鱼鹰” 的横列式双旋翼布局，可 90 度倾转的动力短舱设在翼尖位置。
- 2010 年由以色列航空工业公司研制的“黑豹”系列无人机正式亮相，采用三旋翼的布局形式，前倾转动力短舱安装于机翼靠近机身位置处。值得一提的是，该款机型为纯电动无人机。





03. 发展现状

- 民用垂起固定翼无人机市场形式
- 垂直起降布局形式分析
- 动力与能源系统分析

民用垂起固定翼 UAV 市场形式



Google

尾坐式垂起无人机



Arcturus

复合式垂起无人机



OEN

倾转式垂起无人机

载人垂直起降固定翼飞机由于复杂因素的制约，发展大致经历了竖立飞机 - 竖立发动机 - 倾转动力三个过程，但对于无人机而言，这三种布局形式均可作为研发与探索的方向。

目前的民用无人机市场，垂起固定翼的发展形势主要以尾座式、复合式、倾转式三大类为主。

尾坐式垂直起降无人机

由竖立飞机的形式衍生而来，以倾转机体的模式完成起飞 - 平飞 - 降落的过程，无需动力系统矢量方向的转换。



机型优势：

尾座式无人机最大的特点在于其只需一套动力装置，并且动力矢量方向无需变更，结构简单轻便、可靠性高。

机型问题：

悬停状态的抗风性较差，机身倾转时受飞机气动焦点的影响极大，飞行姿态与气动效率难以保证，也很难任意变更载荷。

改进方向：

寻求增加抗风能力的方法，例如矢量控制等策略；对于气动重心及稳定裕度的突破。

复合式垂直起降无人机

在保证常规水平推力发动机的基础上，加装竖直拉力系统，两套系统分别完成垂直起降与巡航飞行任务。



机型优势：

平飞与垂起动力模组分别独立，可根据不同使用工况各自选择最为合适的动力模块参数，如螺旋桨直径、螺距等，其控制策略也相对简单。

机型问题：

平飞时垂起动力无法发挥作用进而成为“累赘”，反之亦然，对于飞行效率的影响较大。

改进方向：

最大限度减小结构重量冗余问题，飞行效率的提升方法将是该款机型攻关的重点。

倾转式垂直起降无人机

将直升机模式与固定翼模式高度融合，动力矢量方向可自由切换，依靠一套系统完成起降、巡飞过程。



机型优势：

只做动力倾转，气动焦点影响较小，共用动力系统减少了机体“废重”，有效挂载能力较高。

机型问题：

倾转机构复杂，旋翼模式下存在气动扰流问题，且悬停与平飞状态的转换对控制策略的要求也相对较高。

改进方向：

需重点解决气动扰流问题，以及动力矢量方向的变化对飞行姿态的影响，从而提高该类别机型的可靠性。

垂直起降布局形式分析



垂直起降固定翼无人机兼具旋翼与固定翼的优势特征，但无论哪种布局形式，其自身的问题仍有待解决。

可靠性与高效性，是现目前垂起固定翼机型需要研究与突破的重点工作。



哪种布局形式最理想？

三种布局形式各自特征鲜明，关键在于谁先从根本上解决自身的问题。

油动 - 垂直起降固定翼无人机

优势：

航时长、航程远、抗风强

劣势：

故障多、震动大、维护难



电动 - 垂直起降固定翼无人机

优势：

噪音低、震动小、安全可靠

劣势：

能效比低、使用寿命短

// 如今垂直起降固定无人机市场，纯油动的机型已经很少，基本以电动和油电混合的形式为主。因为要保证垂起的稳定性，多旋翼电驱动是最稳妥的选择。但要保证长航时等需求，则更多的选择油机作为巡飞动力，其主要原因在于电池能量密度的制约。



04. 发展趋势

- 垂起固定翼发展趋势概述
- 电池技术的突破
- 电机性能的改良
- 复合材料技术的创新
- 飞控的可靠性研究
- 行业人才的培养与引进

垂起固定翼发展趋势 概述

轻量化

相较常规布局无人机而言，垂直起降固定翼对于质量的要求更为严苛。

可靠化

垂起固定翼由于气动、控制与动力转换的复杂性，直接决定着其应当具备更高的可靠性指标。

高效化

除不受场地限制外，速度快、航时长是垂起固定翼的基本理念，高效作业是其必备条件之一。

垂起固定翼发展趋势 概述



无论哪种布局形式，均离不开电机驱动，纯电动垂起固定翼无人机将是未来研究与发展的趋势。

1 油动无人机虽然能效比高、续航时间长，但可靠性低、维护困难、可持续利用率差、震动与噪声也比较明显，对严苛的航飞航测任务越来越难以满足。

2 近些年，人们也在不断寻求与探索经济、高效的新能源方案，力求为无人机注入新鲜血液。但就目前而言，还有诸多问题有待解决，需要长时间地研究与验证。

3 电动无人机虽然在能效比上无法与油机相比拟，但安全性、维护性及可持续利用性上均有优势，如何提升能效，已成为其能否实现逆袭的关键因素。

垂起固定翼发展趋势 概述

要实现轻量化、可靠化、高效化的目标，需从以下五点着手发展：



电池技术的突破



电池相关技术的突破，是抗衡燃油动力的关键因素

- 1 改良电芯的能量密度，从而提高其能效比。
- 2 降低电池过热膨胀率，延长其使用寿命。
- 3 加强 BMS 电源管理系统的研究与创新。

电机性能的改良



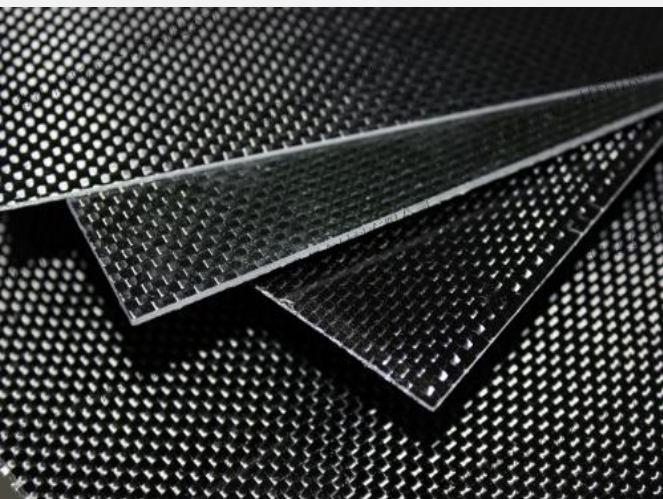
电能驱动的执行者，其性能直接影响无人机的工作效率

1 降低电机的重量，进而提升无人机的有效载重能力。

2 对悬停与巡航共用动力系统的机型，改良电机功、重平衡性显得尤为重要。

3 增强电机的散热性能，以提升使用寿命。

复合材料技术的创新



复合材料的应用已使无人机有了质的提升，但还有创新的空间

1 提升材料自身的性能。

2 改善复合材料加工与成型工艺。

3 研发性能更为突出的新型复合材料。

飞控的可靠性研究



垂起固定翼有着特殊的气动特性与运动特性，对飞控的可靠性要求更高

1 用飞控算法弥补部分机型自身的气动缺陷。

2 倾转式机型在悬停与巡航姿态转换的过程相对复杂，稳定、平滑地过渡很重要。

3 最大限度降低飞控的故障率，飞控的稳定与可靠性是飞行器的关键因素。



人才是解决一切难点的先决条件

1 推动行业人才的培养，企事业单位应与高校形成战略合作关系。

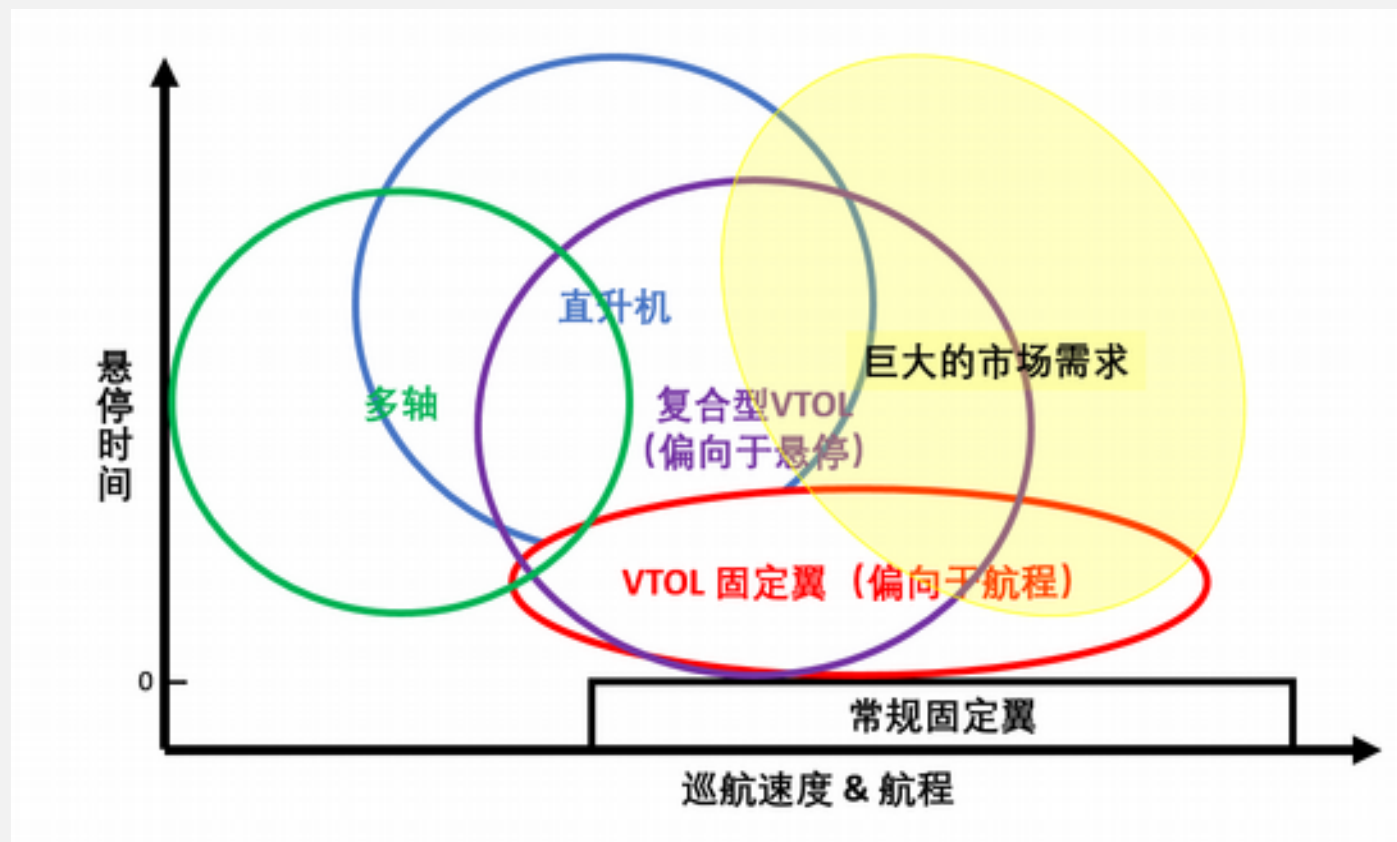
2 多旋翼的崛起让空气动力学一度失宠，对于垂起固定翼而言，气动工程师尤为重要

3 目前的无人机市场，行业需求旺盛，人才缺口还很大，需加快人才战略步伐



05. 前景展望

前景展望



垂直起降固定翼无人机市场需求极大，我们需要做的：研究、创新与发展

谢谢观看！