

2022电动垂直起降飞行器主要进展

The Main Progress of eVTOLs in 2022

■ 韩玉琪 朱大明 付玉 王则皓 / 中国航发研究院

近年来，电动垂直起降（eVTOL）飞行器受到航空界、政府、军方和研究机构的广泛关注，研发及融资活动呈现加速增长态势。2022年，各国适航管理机构初步理清了对这一全新品类飞行器的适航审定标准和路线，大量初创企业竞相冲刺适航认证，预计2024—2025年可完成适航认证进而实现商业运营。

截至2022年年底，美国垂直飞行协会（VFS）宣布所收录的电动垂直起降（eVTOL）飞行器设计概念已超过750个，其中包含矢量推力构型258个、复合翼构型138个、多旋翼构型215个、单旋翼构型51个，相关研发活动主要集中在美国、英国、中国和德国。

矢量推力构型

矢量推力构型的eVTOL飞行器使用矢量推进器（倾转旋翼、倾转涵道风扇等）提供升力并辅助巡航，由机翼提供巡航升力。综合考虑航程和速度，矢量推力构型最具优势，技术难度最大，是目前获得意向订单最多的构型。

乔比公司的S4

乔比（Joby）公司成立于2009年，从2018年开始S4飞机的适航审定，最大起飞质量为2.2t，航程270km，最大平飞速度315km/h，计划2025年投入运营。乔比公司的第二架预生产原型机于2022年1月获得美国联邦航空局（FAA）特殊适航认证和美国空军适航批准。2022年5月，乔比公司获得了FAA颁发的FAR-135部航空承运人证书，使之可以按



乔比公司的S4

需开展商业空中出租车运营。2022年8月，乔比公司扩展了与美国国防部（DoD）的现有合同，海军陆战队、陆军、海军和空军都将测试乔比公司的S4，并探索紧急医疗救护等使用场景。2022年10月，FAA发布了针对乔比公司eVTOL的适航审定专用条件（SC），这是其发布的第一个eVTOL适航专用条件。2022年12月，S4的空中滑行通过FAA的系统审查。

阿彻公司的“午夜”

阿彻（Archer）公司成立于2018年。该公司的“午夜”（Midnight）是一架固定翼飞机，12个电动旋翼

分布在机翼上，6个五叶片的前旋翼能够完全向前倾斜，以实现高效的、由机翼支撑的巡航模式，6个两叶片的后旋翼在飞行阶段结束后将简单地停在低阻力方向，实现垂直降落；巡航高度约610m，最高速度可达241km/h，航程可达160km；计划2024年年底通过FAA认证，2025年开始运营。

2022年4月，阿彻公司和美国联合航空公司成立了一个联合咨询委员会，以便在阿彻公司的“午夜”的开发过程中提出与维护运营概念相关的建议。2022年7月，阿彻公司选择霍尼韦尔公司提供飞行



阿彻公司的“午夜”



垂直公司的VX4

控制驱动技术和微蒸发循环冷却系统 (Micro VCS); 2022年11月中旬, 生产型“午夜”正式亮相, 11月下旬实现演示验证机Maker从垂直升降到全翼式飞行的首次完整过渡飞行; 同样在11月, 阿彻公司宣布了与联合航空公司合作开通的第一条eVTOL航线, 这条航线将运送乘客往返纽瓦克机场和曼哈顿市中心的一个直升机机场。

百合公司的“百合”

百合 (Lilium) 公司2015年成立, 2017年第一架全尺寸双座原型机首飞, 2019年5座原型机“百合”首飞。“百合”拥有36台电驱动涵道风扇发动机, 巡航高度3000m, 巡航速度280km/h, 续航里程250km左右。百合公司计划2023年开始生产5座的“百合”, 2024年前投入运营。2022年5月, 百合公司宣布成功完成欧洲航空安全局 (EASA) 第二次设计组织批准 (DOA) 审核, 正在与EASA和FAA合作为“百合”飞机进行型号认证; 2022年9月, 技术演示机“凤凰”2实现了从垂直悬停到平飞的完整过渡飞行; 2022年10月, 沙特航空公司与百合公司签署了一份谅解备忘录, 计划在沙特建立eVTOL运

营网络并购买100架“百合”。

垂直公司的VX4

垂直 (Vertical) 公司成立于2016年, 首架eVTOL飞机于2018年获得民航局飞行许可, 其5座VX4为倾转旋翼构型, 航程160km, 巡航速度240km/h, 最高时速320 km/h, 计划2025年获得适航证。2022年7月, 垂直公司选择中国台湾的锂电池企业能元科技为VX4的电池供应商。2022年9月, 获得了英国民航局的飞行许可, VX4原型机完成首次系留悬停试飞, 在离地面约1m处悬停了10min。垂直公司表示, VX4已获得超过1400架有条件预订, 包括美国航空公司 (已为前50架交了预付款)、维珍大西洋航空公司、日本航空公司和亚洲航空公司等。

复合翼构型

复合翼构型的eVTOL飞行器使用完全独立的推进器 (非矢量推力) 用于巡航和提供升力, 由机翼提供巡航升力。复合翼构型在航程、速度和技术难度方面都处于中等水平。

Volocopter公司的VoloConnect

Volocopter公司成立于2011年, 已完成了VC1、VC2和VC200原型机

的飞行技术验证。Volocopter公司的VoloConnect飞机为4座, 最大速度250km/h, 巡航速度180km/h, 航程100km, 商用载荷为300 ~ 400kg, 2022年5月首飞, 计划于2026年取证。2022年6月, Volocopter公司宣布将采用微软公司的Azure云计算操作系统使VoloIQ系统成为Volocopter的城市空中交通 (UAM) 工具和地面基础设施的数字平台; 委托代做 (Diehl) 公司设计并生产了一个分光器, 为飞机上的18个旋翼提供控制信息, 代做公司还将负责开发数据集集中单元 (DCU)。

峰飞公司的V1500M“盛世龙”

上海峰飞航空科技有限公司成立于2017年。该公司的自动驾驶eVTOL载人飞行器V1500M“盛世龙”飞机顶部搭载了8个旋翼提供垂直起飞及降落阶段的升力, 当高度达到150m、空速达到160 ~ 180km/h后, 机翼可产生足够的升力, 顶部旋翼旋转并锁定, 飞机进入固定翼巡航模式。V1500M可搭载4人, 最大起飞质量1.5t, 巡航速度200km/h, 最大航程250km, 计划于2024年取得适航认证, 2025年投入商业化运营。2022年1月, 峰飞公司完成V1500M的固定翼转换



峰飞公司的V1500M “盛世龙”



BETA公司的阿利亚250

飞行演示，并宣布在德国奥格斯堡成立欧洲研发及适航中心。2022年6月，V1500M改进型全尺寸验证机（2号机）完成飞行演示，相比1号验证机进行了多项升级优化。

BETA公司的阿利亚250飞机

BETA公司成立于2017年，其阿利亚（Alia）250飞机最大起飞质量约3.2t，客运型为2座，货运型载荷635kg，最高速度约270km/h，航程可达463km，2021年5月成为首个获得美国空军载人飞行许可的eVTOL，计划2024年取得FAA适航证。2022年1月，美国陆军与BETA公司签订了测试合同，将对阿利亚250进行测试以评估任务适用性，包括该机的航程、飞行高度和有效载荷等相关性能，以及运载指定货物和后勤运输任务；2022年3月，美国空军飞行员首次成功试飞阿利亚250；2022年5月，阿利亚250采用固定翼模式完成长达2200km的飞行，耗时8天并在途中充电7次；2022年9月，原型机安装了垂直起降电驱系统并开始悬停试飞；2022年12月，BETA公司与美国国家航空研究所（NIAR）和FAA合作，对全尺寸电池系统进行了15m跌落测试。

Eve公司的Eve eVTOL

Eve公司成立于2020年10月，是巴西航空工业公司的子公司，其未命名的Eve eVTOL为5座，有8个垂直起降专用推进器和两个飞行推进器，巡航速度未知，航程估计为100km，预计2025年取得适航证。2022年5月，Eve公司与Zanite公司合并后在纽约证券交易所上市；2022年7月，Eve公司在范堡罗航展上首次展示了eVTOL飞机客舱的全尺寸模型，还披露了与巴航工业和BAE系统公司签署的意向书，其中包括Eve公司的150台eVTOL的潜在订单；

2022年9月，Eve公司使用包机运营商的直升机在芝加哥市中心进行了为期三周的城市空中交通模拟。

多旋翼构型

多旋翼构型的eVTOL飞行器由多个旋翼提供升力，通过调整各旋翼转速来控制姿态及巡飞，无机翼。多旋翼构型航程短、速度低、技术难度最小。

亿航公司的EH216

亿航公司成立于2014年，2018年获中国民航局批准成为中国第一家载人级自动驾驶飞行器适航审定试点单位。其双座EH216 eVTOL采



Eve公司的eVTOL



亿航公司的EH216-S



Jaunt公司的“旅途”

用全备份动力冗余安全性设计，以及8轴16桨的分布式电推进系统，最大载荷220kg，满载最大航程30km，最大巡航速度130km/h，包含载人级的EH216-S、应用于高层消防的EH216-S以及应用于中短途空中物流的EH216-L。2022年2月，中国民航局正式发布《亿航EH216-S型无人驾驶航空器系统专用条件》，亿航与中国民航局建立了常态化工作协同机制。2022年6月，西班牙国家航空服务提供商ENAIRES与亿航宣布将在U-Space和城市空中交通领域展开合作。2022年10月，EH216在西班牙完成欧盟的欧洲天空一体化空中交通管理研究项目（SESAR AMU-LED）飞行演示。2022年11月，亿航公司加入欧盟航天计划机构多旋翼垂直起降飞行器中的应用（SAMVA）项目，将欧洲地球同步卫星导航增强服务系统（EGNOS）应用于先进空中交通。

Volocopter 的 2X

双座 Volocopter 2X 是 Volocopter VC200 原型机的改进版，有6个Y形支柱轴上伸出，每个Y轴的交叉点有一个垂直的推进器，另外12个推进器位于支柱的端部，这18个推进

器和三相永久磁铁同步无刷直流电动机由9组电池供电。2017年9月，Volocopter 2X首次实现无人驾驶飞行，2018年1月首次载人飞行，有效载荷160kg，续航能力为27min，航程27km，巡航速度100km/h，预计2024年投入使用。2022年3月，全尺寸原型机在巴黎进行了飞行测试并测量了噪声；2022年10月，在意大利试飞并展示先进空中交通（AAM）服务，并在VoloIQ数字平台上托管交互式预订流程。

单旋翼构型

单旋翼构型的eVTOL飞行器有大的单旋翼，如电动直升机或电动自转旋翼机，无机翼或有短机翼。单旋翼构型因在噪声和安全方面存在技术难度，在研数量较少。

目前较具代表性的是美国Jaunt公司的“旅途”（Journey）飞机。Jaunt公司成立于2019年，其“旅途”飞机为5座，巡航速度282km/h，航程129km，最大起飞质量2.7t，最高飞行高度1800m，演示验证机已完成超过300h的载人飞行测试（含1000多次起飞和着陆）。2022年2月，Jaunt公司宣布被美国空军（USAF）

和美国特种作战司令部（USSOCOM）选定，继续参与美国空军创新中心AFWERX的下一阶段高速垂直起降（HSVTOL）概念挑战赛活动。美国机场管理运营商Avports公司和Jaunt公司签署了一份谅解备忘录以协调将eVTOL飞机纳入航空生态系统，Avports公司加入了Jaunt公司的基础设施联盟（Access Skyways），该联盟旨在解决城市空中交通中的一些关键挑战。2022年8月，Jaunt公司与韩国AAM服务的初创公司MintAir建立了战略合作伙伴关系，MintAir公司签署了一份意向书并将购买最多40架Jaunt公司的eVTOL。

结束语

电推进消除了温室气体和其他污染物的排放，有效降低飞行噪声，提高推进效率，降低维护成本。但受限于电池能量密度、电机功重比和效率等核心技术的发展水平，大中型纯电飞机的商业应用还有待观察，而小型eVTOL飞行器则有望在未来2~3年率先投入使用。

航空动力

（韩玉琪，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机科技情报与战略论证研究）