

城市空中交通市场发展前景分析

The Future of Urban Air Mobility Market

■ 王翔宇/中国航发研究院

航空“第三时代”(Third Era)已经拉开了帷幕,而城市空中交通概念的兴起,既体现了长期以来人们对于快捷的城市空中出行的固有需求,也是航空业界迫切希望电动飞行走进现实、抢占市场的必然反映。

来自全球的7家航空制造商(空客、波音、达索、GE航空、罗罗、赛峰和UTC)的首席技术官于2019年6月18日在巴黎航展上发表联合声明,在不断追求常规动力燃油效率、支持可持续燃料的商业化使用的同时,将通过研发全新的飞机和推进系统,真正实现航空运输行动集团(ATAG)确立的减少二氧化碳排放的宏伟目标,即到2020年限制二氧化碳净排放量的增长,到2050年将二氧化碳排放量降低至2005年的一半。这是整个航空业界携手关注气候变化、保护地球生态的一步,更是从莱特兄弟时代的活塞式发动机到当今的燃气涡轮发动机、再到方兴未艾的电推进系统历史性变革的一步。

20世纪早期莱特兄弟首架飞机成功上天标志着航空“第一时代”的到来。20世纪50年代喷气式飞机的出现则开启了航空“第二时代”。如今,以数字化和电气化为典型特征的航空“第三时代”已经拉开了帷幕,电动飞行概念正席卷而来,更加清洁安静、高效廉价的电气化空中旅行作为未来航空业可持续发展的必然选择,将深刻地改变人们的工作和生活方式。

城市空中交通应运而生

广泛的行业研究表明,受制于当前兆瓦级高功率密度电动机、大能量密度储能系统以及高效热管理系统的发展,全电动飞行的初始商业应用似乎更可能在有效载荷、飞行速度和航程都较小的通用航空场景下率先实现,将随着电气化技术的成熟再逐步进入大型商业运输领域。如果不了解在这条“渐进式”发展道路上孕育的全新商业模式和机会,既无法有效地对相关技术进行持续投资研究,更无法在瞬息万变的航空市场抢占先机。在此情况下,城市空中交通(UAM)应运而生,成为当下航空业界关注的核心热点。

所谓的城市空中交通,就是用一种小型的全电动或混合动力垂直起降飞行器(eVTOL)承载不超过1t的旅客和货物,以比地面出行更快的巡航速度(200km/h左右)在城市空域飞行,到达15~100km以外的目的地。直观上看,空中公交车(Air Metro)和空中出租车(Air Taxi)将是未来城市空中交通市场的主体组成部分。

据统计,目前已有近百个处于不同开发阶段的UAM项目瞄准了未来城市空中交通市场,其中既有优步(Uber)公司等飞行新势力的积极参

透,也有传统航空制造商未雨绸缪的产业再布局。无论是出于短期的商业利益考虑还是为未来开展大型航空运输业务做准备,大多数市场参与者均认为,10年内可以迎来电气化城市空中交通的首次商业运营,而完整的城市空中交通生态体系的建立,则不仅需要合适的eVTOL产品投入市场,在空域管理、适航条例、基础设施建设以及社会认知接受度等方面的完善与突破同样至关重要。

城市空中交通飞行器竞相推出

早在2016年,优步公司就发布了Uber Elevate白皮书,利用共享eVTOL飞行器为未来城市提供一键约飞机的空中交通服务,预计于2020年开展测试,自2023年起投入商业运营。优步公司将与极光飞行公司、贝尔公司、巴航工业、卡莱姆公司以及蝙蝠公司合作开展新型飞行器研制工作,每家公司都提出了自己的方案,其中极光公司的PAVX和贝尔公司的Nexus已完成首飞。Uber Elevate体系还纳入了多个科研机构 and 高校伙伴协同推进电动飞行技术提升与城市空中交通环境建设,其中美国国家航空航天局(NASA)将参与开发无人驾驶交通管理(UTM)



亿航184 (多旋翼, 亿航公司)



S2 eVTOL (倾转旋翼, Joby Aviation公司)



eVTOL Multicopter (升力巡航, Aurora公司)

和无人机系统 (UAS); 美国陆军研究实验室 (ARL) 将进行同向旋转螺旋桨的研发; Molicel公司将参与生产飞行器所需锂离子电池组; 佐治亚理工大学则负责系统安全分析和UAM市场研究。事实上除优步公司以外, 美国的Joby Aviation、Kitty Hawk, 德国的Volocopter、AutoFlightX和国内的亿航等众多的航空初创公司均在针对城市空中交通需求开展相应的eVTOL项目。

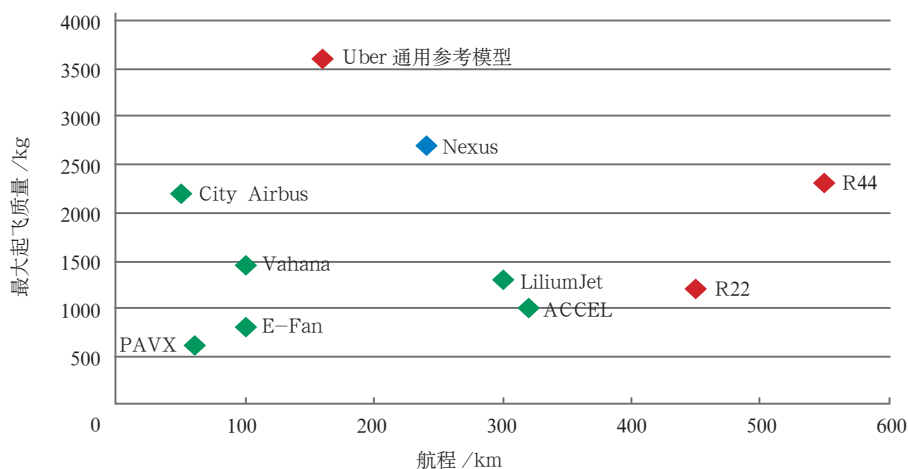
在这些飞行新势力大举进军城市空中交通市场的同时, 传统航空制造商也对这一领域表现出了极为浓厚的兴趣。2018年空客公司成立了专门的城市空中交通部门, 同年其单

座eVTOL验证机Vahana进行了50余次试飞, 飞行速度为220km/h, 航程接近100km。到2019年又启动了4座eVTOL飞行器City Airbus的研发计划, 设计巡航速度为120km/h, 最大航程为50 km, 8台100kW电动机驱动的4组同轴反转涵道风扇为该飞行器提供动力。此外, 空客公司也与西门子合作研发了一款功率为60kW的小型双座电动飞机E-Fan, 虽然其最初的目的是用于评估支线客机混合电推进系统的可行性, 但后续也可能投入到城市空中交通市场。

除了为下一代E-FanX概念机提供2.5MW发电机和电力电子设备, 罗罗公司基于M250混合动力

推进系统独自开发了5座混合电动飞行器, 这也是罗罗公司第一次提出了飞机层面的设计概念。此款串联式混合动力飞机采用了螺旋桨和倾转机翼设计, 吸收了“鹞”式战斗机的垂直/短距起降技术的相关经验。罗罗公司还与阿斯顿马丁公司和克兰菲尔德大学合作, 开发一种用于城市空域飞行的3座混合动力概念机Volante Vision, 其总体设计方案更接近于飞行汽车, 预计于2025年左右投放市场, 届时其巡航速度将达到300 km/h。

通过梳理这些项目不难发现, 一方面UAM总体设计已经突破了当前常规飞机选型的条条框框, 既有成本较低、适宜短距飞行的多旋翼飞行器 (Multirotor), 也有飞行速度更快、航程更远但结构更为复杂的有翼飞行器, 例如, 倾转旋翼 (Tilt Rotor)、倾转涵道 (Tilt Duct)、倾转机翼 (Tilt Wing) 以及升力巡航 (Lift and Cruise) 等多种设计方案竞相出现, 未来必将根据细分市场的具体需求进行有侧重的发展。另一方面, 关于这些eVTOL飞行器采用全电力还是混合电推进的争论则是从未停歇: 以优步公司为代表的城市共享运输企业普遍认为在2025年前高能量密度电池的发展足以满足小型



典型城市空中交通概念产品的最大起飞质量与航程分布 (R22和R44为罗宾逊公司生产的常规2座和4座轻型直升机)

城市空中交通飞行器的需求，除贝尔公司的Nexus概念机外，均采用了全电设计；而传统航空制造商，特别是航空发动机制造商，则倾向于充分利用其海量燃气轮机技术发展载重更大、航程更远的混合电推进系统，这样也为后续大型航空电动运输做准备。

进一步来说，这些种类繁多、五花八门的eVTOL项目正是当前整个城市空中交通市场野蛮生长的最好写照。演示文稿上一个一个外形炫酷超前、具体参数语焉不详且研发进度犹未可知的飞行器概念被众多初创公司当成了最关键的融资工具，很显然，从技术突破到飞行试验、从适航取证到批量生产，每次动辄上亿美元的资金投入意味着其中只有极少数的公司能存活下来，而且传统航空制造商对这一领域的持续发力进一步压缩了初创公司的发展空间，要知道汽车行业这么多年来也只有特斯拉公司这一个真正破局者，这还在很大程度上得益于老牌汽车巨头对电动地面交通发展长期的心不在焉。但也要注意，即使是传统航空制造商给出的那些看起来更为清晰可行的方案构想，与人们期待的胜任城市空中交通市场需

求的产品相比仍有不小的差距。如果未来eVTOL飞行器连当前常规动力直升机的关键技术指标都达不到，那么城市空中交通市场就彻底丧失了其后续发展的根本支撑点。

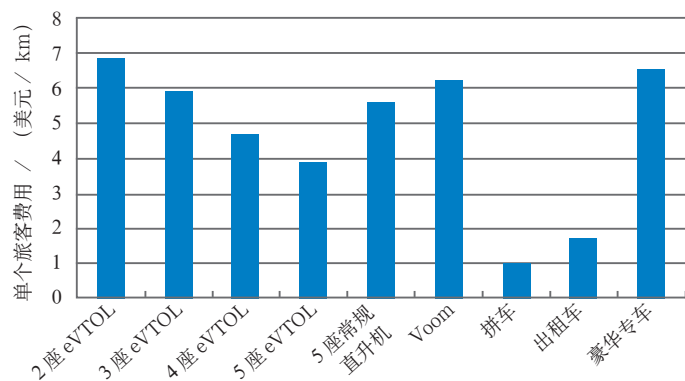
城市空中交通市场模式的艰难孕育

如果各种eVTOL飞行器在载重、航程、速度、安全性乃至低噪声等方面均取得了前所未有的突破，演示文稿上宣传的“爆点”一个接一个实现，是不是就意味着尘封的城市空中交通市场大门被彻底打开了？很遗憾，空中出租车走向市场的过程是不可能像在地面上用电动出租车替换掉燃油出租车那么简单的，还有太多产品以外的因素同样能够左右未来城市空中交通市场的发展进程，而打破这些外部因素的制约是无法在现有城市交通框架下完成的。至少目前来看，只有少得可怜的经验可供未来的电气化城市空中交通发展运营所借鉴。Voom、Blade和Skyride这3家能够提供类似城市空中交通服务的公司具有强烈的区域性，均不拥有或直接运营任何eVTOL飞行器，只是通过App的方式将旅客和常规直升机所有者/飞行员连接起来，而这

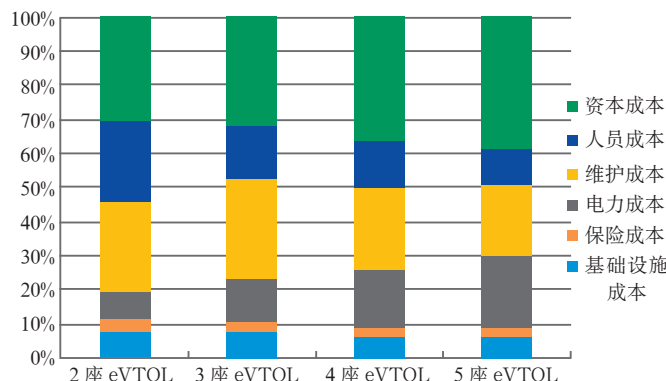
一切离创造适合城市空中交通走进千家万户的生态环境还差得太远。

尽管电动汽车的购置费用不菲，其日常通行使用却比燃油汽车划算，毕竟电费比油费便宜多了（特别是在国内），但是这一点并不适用于城市空中交通市场。相关数据显示，eVTOL飞行器每千米单个旅客产生的费用仅比搭乘常规直升机节省不到20%，其平均价格至少是地面出租车的3倍以上，基本与豪华专车花费持平。除了燃油成本变成了电力成本，目前这些城市空中交通产品直接使用成本要素与常规动力直升机相比并无根本差别，而即使是飞行耗电量最大的5座eVTOL飞行器，其电力成本也仅占总成本的2成左右。城市空中交通还是太贵了，不是谁都能玩得起的，有钱人会选择私人飞行器出行，普通人更倾向于便宜的地面交通，至少短期内海量资本的驱动而非广大民众的迫切需求将是空中出租车或者空中公交车发展的决定性力量。

一个悲观的事实就是，城市空中交通也很可能没有想象中的那么方便快捷，制约其发展的外部因素不会因为是用eVTOL飞行器还是常规动力直升机就能发生巨大变化。



不同城市出行交通方式花费比较 (来源: NASA)



城市空中交通直接使用成本要素分解 (来源: NASA)

城市空中交通直接使用成本要素说明

成本要素	描述
资本成本	包括折旧成本和融资成本两部分，一般认为短期内eVTOL飞行器的资本成本不会低于同等座位数的常规直升机
人员成本	短期内无人eVTOL飞行器还是很难投入市场，而飞机驾驶员的人工成本要远大于车辆驾驶员
维护成本	eVTOL飞行器的维护工时至少占飞行时间的25%以上，这对于地面交通是无法想象的
电力成本	eVTOL飞行器每千米飞行耗电量与其座位数（载重）密切相关，其中5座耗电约为同等电动汽车的1.2倍
保险成本	考虑到空中事故的严重性（一旦发生几乎必然伴随着人身伤害），城市空中交通的保险费率要大幅高于地面交通
基础设施成本	目前Voom、Blade和Skyride的起降点都是由公司自身出资建设维护，包括场地成本、机库成本和充电桩成本等

城市空中交通的典型外部制约因素

制约因素	描述
民众意愿（经济性）	与电动汽车不同，即使不考虑eVTOL飞行器的购置成本，城市空中交通的出行费用也可能比传统地面交通昂贵得多
基础设施建设	出发点和目的地是否有合适的、空闲的垂直起降点，能够连接其他交通方式并为飞行器充电
空中交通管理	就像地面的公路、信号灯和指示牌一样，城市上空的实时飞行秩序同样需要维护与管控
时间	出于低空噪声以及飞行安全等方面的考虑，城市空中交通更多的是在白天运营（例如早7点到晚6点）
天气	城市空中交通对于恶劣天气的抵抗能力显然大幅低于地面交通（特别是在目视飞行规则下）

NASA的研究报告认为，在不考虑任何外部约束的理想情况下，2030年前美国城市空中交通市场的日均运输量超过千万次，占交通运输总量的1/5，年化市场价值达到5000亿美元，而对外部制约因素建模后得到的日均运输量仅为5万多次，年化市场价值缩水到25亿美元，在役eVTOL飞行器也只有4000架，几乎与同期北美地区客机需求量持平。考虑到美国的通航产业高度发达、人均收入全球领先，同期更大地域范围（特别对于发展中国家）的城市空中交通实际转化率只会更低。甚至可以

说，在现有条件下除非有国家意志在背后的强力推进，否则电气化城市空中交通的发展形势可能并不会与常规直升机空运有什么显著不同。

结束语

电动飞行越来越成为推动航空产业发展的主宰力量，而城市空中交通概念的兴起，既体现了长期以来人们对于快捷空中出行的固有需求，也是航空业界迫切希望电动飞行走进现实、抢占市场的必然反映。从产品自身的因素来说，城市空中交通的eVTOL飞行器对于电气化飞行技术的要求相对

较低，短期内研发成功的可能性更大，随之而来相当多的初创公司也瞄准了这一领域，但在这百家争鸣的背后，想要快速把一页页夺人眼球的演示文稿变成现实、真正拿出一款在性能上至少不输给当前常规动力直升机的电气化产品仍非朝夕之功；从产品以外的因素来说，这么多年来城市空中交通一直没有建立一种完善可持续的市场运营模式，制约其发展的太多问题不会因为采用了eVTOL飞行器就消失不见，而这些问题也不是单纯依赖eVTOL飞行器制造商就能解决的。

特别值得一提的是，就在积极布局城市空中交通市场、研发全电eVTOL飞行器的同时，传统航空动力制造商也在瞄准未来航空运输市场不遗余力地开展大功率高负载混合电推进系统研究。虽然混合电推进系统看起来在技术上更复杂，但也意味着高企的门槛隔绝了大多数飞行新势力染指这一领域的可能，传统航空动力制造商几十年来的深厚技术储备也能够充分发挥。更为关键的是，不论是客运还是货运，不论是干线还是支线，纳入混合电推进飞机与纳入常规动力飞机对于高度成熟的航空运输市场来说需要做出的改变很小，机场还是那个机场，塔台还是那个塔台，甚至从外形上看飞机可能还是那个飞机。在不远的未来，基于混合电推进系统的航空运输取代城市空中交通成为电动飞行市场的领跑者也许并不会让人感到吃惊，城市空中交通市场能否打破重重阻碍破茧而出仍需拭目以待。

航空动力

（王翔宇，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机发展战略研究）