

# 单兵飞行器发展现状及关键技术分析

李鹏杰,张煜,李小奇,许国强,马逸麟

(中国兵器工业第二〇八研究所,北京 102202)

**摘要:**单兵飞行器突破了单兵的机动能力限制,在军用领域和民用领域均展现了广阔的应用前景,是未来单兵装备的研究热点之一。概述了单兵飞行器的定义和典型军事需求,综述了国内外具有代表性的单兵飞行器及其主要性能指标,分析了单兵飞行器高效推进、结构轻量化、飞行智能控制、能源等关键技术,并对未来发展进行展望。

**关键词:**单兵飞行器;喷气背包;单兵装备;小型喷气式发动机;飞行滑板

**本文引用格式:**李鹏杰,张煜,李小奇,等. 单兵飞行器发展现状及关键技术分析[J]. 兵器装备工程学报,2020,41(S2):8-12.

**Citation format:**LI Pengjie, ZHANG Yu, LI Xiaoqi, XU Guoqiang, et al. Development of Soldier Aircraft and Its Overview Status and Key Technical Analysis[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(S2):8-12.

**中图分类号:**E929                      **文献标识码:**A                      **文章编号:**2096-2304(2020)S2-0008-05

## Development of Soldier Aircraft and Its Overview Status and Key Technical Analysis

LI Pengjie, ZHANG Yu, LI Xiaoqi, XU Guoqiang, MA Yilin

(No. 208 Research Institute of China Ordnance Industries, Beijing 102202, China)

**Abstract:** The soldier aircraft has broken through the limitation of soldier's maneuverability, and has a broad application prospect in both military and civil fields. It is one of the research hotspots of soldier equipment in the future. This paper summarized the definition and typical military requirements of the soldier aircraft, summarized the representative soldier aircraft and its main performance indicators at home and abroad, analyzed the key technologies of the soldier aircraft, such as efficient propulsion, structural lightweight, flight intelligent control, energy, and looked forward to the future development.

**Key words:** soldier aircraft; jet pack; soldier equipment; small jet engine; flying skateboard

随着航空技术的不断发展、多域快速机动作战需求的不断迫切,单兵飞行器作为一种辅助单兵短距离飞行机动的装备,在军用领域和民用领域都具有十分广阔的发展前景<sup>[1]</sup>。单兵飞行器由微型升力发动机和操纵控制系统构成。发动机产生的推力满足单人携带少量负载升空;操纵控制系统可保持飞行平衡和改变飞行状态。整个装置由单人穿戴,可以完成短距离或垂直起降、悬停和平飞等动作。

目前,世界各主要军事强国都在关注单兵飞行器的发展

和军事应用,美军更是将由其看成影响未来作战的十项关键性技术之一。由于重量和体积的限制,单兵飞行器所带的燃料有限,飞行距离和留空时间相对较短,因此目前单兵飞行器尚未真正投入战场上使用,但未来单兵飞行器或将改变陆战战场的格局,使士兵的行动不再受到地理条件的限制,可飞越障碍物,如河流、布雷区等,也可执行侦察、城市巷战、特种突击和搜救行动等诸多任务,加快军事部署速度,对未来战场产生深远的影响<sup>[2-3]</sup>。

1 国内外研究现状

1.1 国外现状

单兵飞行器的研发历程可以追述到 20 世纪 50 年代,美国国家航空咨询委员会关于单人作战用飞行平台的可行性的研究操作,但最初研究成果没有得到实际应用。1961 年,由贝尔飞行器公司的温德尔·摩尔(Wendell Moore)发明的火箭背包在美国首飞,采用火箭发动机,共飞行 21 s<sup>[4]</sup>,尽管试验不尽如人意,但这一前瞻性的飞行器却受到众多飞行爱好者的关注。



图 1 1961 年美国火箭飞行背包

1) 动力型飞行器

按照发动机工作原理,可以分为飞机发动机型和火箭发动机型,前者包括涡喷型和涵道风扇型等,典型代表为法国“飞行滑板”、新西兰“马丁飞行背包”等,具有飞行时间长、成本低、安全性好等特点;后者典型代表是 Jet PI 公司的 H202 系列,飞行时间普遍偏短,飞行距离和高度十分受限,但装备质量轻、机动灵活,能快速穿戴,实现“想飞就飞”。

① 法国“飞行滑板”Flyboard Air

法国 Zapata Racing 公司推出的 Flyboard Air 是下一代先进的个人移动设备<sup>[5]</sup>。使用 6 个小型涡轮发动机提供矢量推力。Flyboard Air EXP 结合了多种安全冗余功能和 Zapata™ 专用平衡算法,以在发生控制通道中断或多次失效时提供降级和安全着陆。最高速度 150 km/h,最大高度 1 524 m,油箱 23.3 L,最大持续飞行时间 10 min,装备重量 25 kg(不含燃料),最大载重 102 kg。并在 2016 年创造了“悬浮滑板”(hoverboard)最远飞行距离的吉尼斯世界纪录,达到 2 252 m。2019 年 7 月 14 日,在法国国庆阅兵式上,该产品发明者弗兰基·萨帕塔(Franky Zapata)手持一支步枪,穿着飞行滑板在香榭丽舍大街上空飞行展示<sup>[6]</sup>。



图 2 法国“飞行滑板”Flyboard Air

② 新西兰“马丁飞行背包”Maritin Jetpack

新西兰 Maritin Aviation 公司研制推进式单兵飞行器“马丁飞行背包”Maritin Jetpack,是世界上第一款实用型单兵飞行器<sup>[7]</sup>,排在 2010 年《时代》杂志 50 项顶级发明之列。该飞行器可垂直起降,由两侧的 2 个 V4 2.0L 发动机输出 200 马力驱动两台涵道螺旋桨产生动力<sup>[8]</sup>,最高时速 161 km/h、最大飞行高度 3 048 m,可保证在 1 000 m 高度以 74 km/h 的速度飞行超过 30 min,不载人时可以载重 140 kg 的货物飞行,同时,可折叠放在汽车车厢。系统采用垂直起降,使用电传操纵技术和弹射式降落伞系统。据报道,2015 年迪拜警方就购买了 20 台,用作高层建筑物防火侦察用。



图 3 新西兰“马丁飞行背包”Maritin Jetpack

③ 美国 JB-9 型喷气背包

美国著名喷气背包厂商 JetPack Aviation 完成了新型 JB-9 型喷气背包的试飞工作。JB-9 飞行背包可携带 10 加仑航空煤油,留空时间 10 分钟,飞行速度约 161 km/h,飞行高度超过 3 000 m。飞行试验中,穿戴上喷气背包的试飞员,从渡船上垂直起飞,围绕自由女神像前进、倒退、上升、下降、旋转,自如飞翔。



图 4 美国 JB-9 型喷气背包

④ 瑞士 Jetman

目前,世界上所有的单兵飞行器中,速度最快、飞行距离最长的,当属前瑞士战斗机飞行员伊夫·罗西发明的 Jetman 飞行器。飞行器重 54 kg,采用飞翼布局,翼展 2.4 m,飞行器的动力来自 4 台 JetCatP-200 微型涡喷发动机,主要为金属材质,除了发动机,其余部分都用航空级铝合金制造。

罗西先后驾驶单人飞行器飞越了阿尔卑斯山和英吉利海峡。



图5 瑞士 Jetman

### ⑤ 德国“狮鹫”单兵飞行器

德国 ESG 公司研制的“狮鹫”单兵飞行器,是一种类似蝙蝠式的翅膀,主要配备于伞兵<sup>[9]</sup>。其大量采用最新航空复合材料,自重约 50 kg,滑翔距离可达 200 km 机身后部设置了 2 个小的垂直尾翼,可有效提高空中飞行时的横向稳定性,不至发生意外翻滚;机翼后方增加了 2 个可上下活动的襟翼,实现了在飞行中上升和下降的可操控性。



图6 德国“狮鹫”单兵飞行器

### ⑥ 美国 H202 系列单兵飞行器

H202 系列单兵飞行器由美国 Jet PI 公司制造,其发动机使用低燃性过氧化氢和过氧化氮相互作用产生推力。H202-Z 飞行背包是目前世界上最轻最小的飞行背包,整机约为 56 kg,能携带 81.6 kg 的飞行员,最大飞行速度可达到 124 km/h。其发动机能产生近 136 kN 推力,全部飞行时间 33 s,燃料箱容积 20 L,飞行距离可达 762 m。



图7 美国 H202 系列单兵飞行器

### ⑦ 前苏联 单兵直升机

前苏联研制卡-56 直升机,可以被单人搬运同时单人使用,重量约 110kg。1971 年,苏联政府要求发展一种非常

小的直升机,能折叠收藏到鱼雷发射管等管形容器里,打算用来装备苏联军队和间谍部门之用。由于它发动机与常规直升机截然不同,需要配备 40 马力的气冷转子发动机,苏联没有大规模量产该发动机能力,因此卡-56 自设计定型后一直没有进行首飞测试。



图8 前苏联 单兵直升机

### 2) 无动力型飞行器

翼装飞行服装(Wing Suit)主要由翼装飞行服、降落伞和头盔等组成,通过在腿部之间和手臂下形成了织物区域,增加了人体表面面积的翼展以使得升力显着增加,也被称为“鸟人套装”、“飞鼠套装”或“蝙蝠套装”等。

通常情况下,从足够高的山顶悬崖或飞机跃下,通过调节身体姿态和织物面积大小,运用肢体动作来改变滑翔方向,进行无动力空中滑翔,在到达安全极限的高度后,打开降落伞着落。无动力翼装飞行进入理想飞行状态后,飞行时速通常可达到 200 km/h 左右,翼装飞行的滑降比约 3:1,即在每下降 1 m 的同时前进约 3 m<sup>[10]</sup>。但是翼状飞行危险性极高,多次发生安全事故<sup>[11]</sup>。



图9 翼状飞行器

### 1.2 国内现状

由于航空管制仍未完全放开,国产单兵飞行器的研发和市场开发十分缓慢。

#### ① “猎鹰”轻型旋翼飞行器

“猎鹰”旋翼机由陕西宝鸡专用汽车有限公司生产,该机是德国 AutoGyro 公司生产的 MTOsport 串联式敞开座舱旋翼机的国产化改型,这也是中国唯一获得民航总局适航资格证的旋翼机。

该机重 300 kg,最大载重量 250 kg,可携带轻型作战武器和弹药。采用奥地利 Rotax 912/914 活塞发动机,功率 120

hp,最大飞行速度 185 km/h,最大飞行高度 3 800 m,最大航程可达 600 km,滞空时间可达 4~5 h。



图 10 “狩猎鹰”轻型旋翼飞行器

## ② 旅航者空中 F1 验证机

由汇天航空航天科技(深圳)有限公司研发,最大载重 200 kg,载员 2 人,续航时间约 20~30 min,最高速度 120 km/h,折叠状态下尺寸为 2×1.2 m,展开状态为 4.6×3.65 m。具有无人自主和手动操控两种控制模式,可垂直起降。



图 11 旅航者空中 F1 验证机

## ② 光启飞行背包

马丁飞行背包的中国版——光启飞行背包。由于中国光启公司入股马丁集团,因此在国内销售的飞行包就称为光启飞行包,这是全球首款商业化、实用化个人立式飞行器,由汽油发动机提供动力,两侧涵道螺旋桨提供升力,可在海拔 1 000 m 高空以 74 km 的时速飞行 30 min,载重 120 kg,售价 160 万元。



图 12 光启飞行背包

## 2 关键技术分析

目前,国内外单兵飞行器普遍处于关键技术和部件技术突破、工程样机研发阶段,系统实用化程度不高,装备普遍存在飞行距离和留空时间短、操作困难、安全性差、隐蔽性差等问题。单兵飞行器关键技术有:

### 1) 高效推进技术

要实现单兵的离地、高速飞行,推进技术是关键,推进器需满足推力大、重量轻、体积小、功耗低等要求。推进技术主要包括小型喷气式发动机<sup>[12]</sup>、涵道发动机<sup>[13]</sup>、过氧化氮发动机、大功率旋翼等,目前小型喷气式发动机是比较适合单兵飞行器的推进方式,需进一步提升推重比,同时但考虑到安全、方便等因素,还需考虑发动机的散热及与人体的隔热。

### 2) 结构轻量化

单兵飞行器的结构设计既要考虑强度、刚度等传统结构设计因素,更应加大新型复合材料的研发及应用力度、最大程度减轻机体结构重量<sup>[14]</sup>,结构轻量化技术也是飞行器设计的关键技术,但是也将面临防护能力不足等问题。同时,为了实现方便携带,还需研究飞行器的变结构设计。

### 3) 飞行智能控制技术

由于飞行员和飞行器的重量接近,飞行员在飞行中可能出现不可预知的晃动、肢体运动等,导致飞行器的重心剧烈变化,这对飞行控制技术提出了新的挑战,针对不同飞行员的重量、身高臂展等因素,还对需考虑飞行控制器的鲁棒性<sup>[15]</sup>。

此外,为发挥单兵飞行器的最大效用,还需搭建全方位的地面飞行管理系统,实现与其他飞行器的实时通信,并实时监测大气飞行环境和着陆环境,保障飞行员安全。

### 4) 能源技术

单兵飞行器的瞬时功率需求大,目前普遍以汽、柴油等化石燃料作为能源,存在消耗快、补给难等问题,不能满足飞行器的长时、长距离飞行要求。未来,需突破空中能源快速补充技术,同时,需研发高比能量电池技术和提升太阳能充电等能量补给效率<sup>[16-17]</sup>,扩展飞行器能量来源渠道。

## 3 下一步展望

单兵飞行器在国内的研发和市场开发基本处于空白,随着快速精准侦察打击机动的迫切需求、军事科技的进一步发展,单兵飞行器也将进入快速发展阶段,针对单兵飞行器未来发展,有以下两点展望:

### 1) 需求牵引,结合未来作战场景,创新发展

单兵飞行器具备隐蔽性、灵活性等显著特点,可大大提高士兵的作战机动能力,使士兵的行动不再受到地理条件的限制,减少士兵伤亡。未来作战中,单兵飞行器将扮演重要角色,将单兵飞行器结合我国装备发展长远规划,优先在亟需领域开展技术攻关,形成装备。

## 2) 创新驱动,深入基础技术研究

单兵飞行器属于前沿、新兴装备,涉及多学科多领域,技术复杂度高、开发难度很大,要研制出真正适合部队需求的系统,不仅应以产品快速迭代为目标,还应立足长远发展,持续深入开展小微型高效航空发动机、安全高比能量能源、飞行器自稳定飞行控制、轻质高强度材料、飞行危险预警与安全逃生等基础技术攻关。

## 参考文献:

- [1] KAPPENMAN, JEFFREY. Army unmanned aircraft systems: Decisive in battle [C]//National Defense UNIV Washington DC Inst for National Straategic Studies. 2008.
- [2] 李晓东,梁振彪. 单人飞行器:为士兵插上飞翔的翅膀[J]. 环球军事,2009,190(02):50-51.
- [3] CAO Jianliang. Single-soldier vertical take-off and landing aircraft; ,2013.
- [4] 钱亚光. 实现你的鸟人梦[J]. 科技新时代,2010(5):98-98.
- [5] 佚名. 交通拥堵不堪? FlyboardAir 或能帮你“飞”着去上班[J]. 计算机应用文摘,2016(11):70-70.
- [6] PATTON, CHARLIE. Up and Away at Annual Boat Show; Flyboard among the Attractions Drawing Attention at Metropolitan Park Event[J].
- [7] Agora vai Martin Jetpack chega em custando US mil Tecmundo. Agora vai; Martin Jetpack chega em 2012 custando USMYM 100 mil-Tecmundo [EB/OL]. <https://www. face-book. com/tecmundo>.
- [8] 刘增伟. 想飞就飞——新型飞行背包面世[J]. 科技与国力,2008(11):72.
- [9] 李晓东. 空降兵“插翅”飞行不再是梦想——德国“狮鹫”新型单兵飞行器[J]. 科技与国力,2010(7):60-61.
- [10] 陆永军. 翼装飞行运动研究[J]. 体育文化导刊,2014(4):47-49,86.
- [11] 王雪. “拟态狂欢”范式下翼装飞行运动的多重悖论[J]. 浙江体育科学,2017(5).
- [12] 袁培益,工业大学. 论航空发动机的一个新领域——微型涡轮发动机[C]//中国航空学会第一届小型发动机,第二届直升机动力与传动装置学术讨论会论文集,中国航空学会. 江西井冈山:,2007.
- [13] 冯旭碧. 某旋翼飞行器涵道桨叶设计研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2019.
- [14] 吴德隆. 飞行器结构轻量化研究与结构复合材料的发展[J]. 导弹与航天运载技术,1993(6):1-9.
- [15] 王伟,马浩,孙长银. 四旋翼飞行器姿态控制系统设计[J]. 科学技术与工程,2013,13(19):5513-5519.
- [16] WILSON III, Samuel Baxter. Soldier Portable Generator. U. S. Patent Application No 12/268,056,2010.
- [17] 周风余,温龙旺,苏鹏,等. 高压输电线路巡检机器人能源在线补给装置的研制[J]. 电网与清洁能源,2010,26(1):18-23,35.

(责任编辑 周江川)