

# 直升机技术现状、趋势和发展思路

## Status, Trend and Strategy of Helicopter Technology

吴希明 / 中航工业直升机所

**导读:**直升机具备其他飞行器无法实现的垂直起降、空中悬停和低速机动能力,能够在地形复杂的环境进行起降和低空飞行,独特的飞行特点决定了其不可替代的作用。作为军民通用的航空器,直升机在军事和民用领域具有广泛的用途,是国家综合实力的重要标志之一,直升机产业是事关国家安全、经济建设和科技发展的高科技战略产业,具有知识密集、产业关联性强、高投入、高产出、高风险、周期长的特点。本文对国内直升机技术发展现状进行了分析,指出了国内直升机技术水平与国际一流水平的差距,结合国际直升机技术发展趋势,提出了我国直升机技术的发展思路。

**关键词:** 直升机; 技术; 趋势; 思路

**Keywords:** helicopter; technology; trend; strategy

### 0 引言

与其他航空器相比,直升机具有独特的技术特点:直升机特有的旋翼系统、传动和发动机等“三大动部件”,为提供直升机提供了飞行的动力、升力和推进力,其技术复杂,研制难度大;直升机总体集成、气动、

结构强度和飞控等系统设计主要是围绕这“三大动部件”展开,系统匹配协调与集成的复杂度高;由于直升机的动部件产生的振动和噪声大,安全性、可靠性和舒适性等方面设计约束条件多;直升机低空飞行,障碍物多、气流稳定性差、易受敌攻击,对

安全性和生存性提出了更高的要求;直升机结构大多工作在强疲劳环境中,对复合材料原材料、设计及工艺有特殊的技术要求;直升机航电系统比固定翼飞机的重量轻40%左右,航电设备的热环境、振动环境和电磁环境恶劣,对设计提出了更高的要求。

技术,全覆盖的网络技术,通信链路的安全技术等,以及可望实现的激光通信之类的新型通信方式。这些技术的进一步发展必将使无人机在网络通信上又上一个台阶。

影响无人机发展的技术是多方面的,还有平台技术、隐身技术、多无人系统的协同技术、传感器技术、动力和电源技术、武器小型化技术等,这些技术需要同步发展才能支撑无人机的全面发展。

### 3 加快我国无人机的发展

我国无人机发展起步于20世纪

50年代,近十几年随着科技水平和认知水平的提高,无人机发展蓬勃兴起,但低端无人机多,中高端无人机少。毋庸置疑,我国无人机急需快速发展。我国的无人机虽较世界先进水平还有很大差距,但随着航空科研水平的进步已经有了好的基础,只要统筹规划、提高重视,并借鉴国外发展无人机的经验,少走弯路,可快速赶上,甚至后来居上。

我国发展无人机应以高端无人机为主导,重点突破影响无人机发展的关键技术和瓶颈技术,包括平台技术,主动控制技术,数据链技术,隐身技术等。

另外,要吸取国外的经验教训,提前着重研究无人机和无人机、无人机和有人机的协同技术,对通用化、模块化、标准化和互连/互通/互操作的研究尽早作出安排,这对未来无人机纳入体系作战是非常必要的。

AST

#### 作者简介

李文正,中航工业资深首席技术专家,成都飞机设计研究所高级顾问,博士生导师,长期从事飞行器型号研制和空天技术结合等预先研究工作。

这就决定了直升机的技术与其他航空器有着很大的差别。

本文通过对国内外直升机技术的现状和发展趋势进行分析,提出了我国直升机技术的发展思路,为促进我国直升机产业更好的发展提供服务。

## 1 直升机技术发展现状

### 1.1 国际直升机技术发展水平

世界直升机正处于不断技术革新的发展阶段,通过军民用市场的需求推动直升机技术的进步。在军事作战中,通常配备多种军事用途的直升机作战群,形成满足各种战术需求的作战能力;在民用领域,直升机的应用几乎涉及了国民经济建设的各个方面。因此,从市场和成本等多方面考虑,在研制新机型的同时,应重视直升机装备的改进改型和更新换代。国际先进直升机具有如下技术特征。

1) 集成化、综合化、精细化的总体气动设计技术,具备面向客户需求的总体技术方案设计能力。

2) 新型旋翼系统设计技术,包括高效翼型、新型三维变化桨尖、全新气动布局的复合材料桨叶、球柔性或无轴承桨毂,实现了视情维护,桨叶具有无限寿命。

3) 直升机综合隐身技术,包括雷达、红外、声学 and 目视隐身技术。掌握了新型隐身材料和隐身结构设计技术,使直升机的雷达、红外、声学和目视特征大幅减小,提高了直升机的生存性。

4) 机体的模块化结构设计技术,简化了结构,大大减少了零部件数量,便于维护和维修;部分关键部位开始采用复合材料,提高了直升机的适坠性和抗弹击能力,有效延长直升机的使用寿命。

5) 高功重比、低油耗的发动机技术,发动机装有先进的全权数字控制、状态与使用监控等系统。能够增大直升机有效载重,提高其高温、高原性能。

6) 先进的综合航电系统和任务设备,特别是数据总线、任务计算机和综合的多功能显示器以及信息数据融合技术,实现了信息共享和多路传输,加上先进的夜视传感器和探测系统,使直升机具备全天候作战能力。

7) 以高速直升机为代表的新构型直升机设计技术,包括满足高速飞行的旋翼气动和结构设计技术、复合推力系统、新型传动系统等,其性能指标满足多种作战任务需要。

### 1.2 与国际直升机发展水平的差距

我国直升机工业历经50多年的发展,在设计、制造、试验和试飞等硬件条件方面已接近世界中上水平,形成了一定的研发、试制、生产等技术基础和工业基础。但是,我国直升机产业总体集成能力弱,支撑产业发展的技术基础较弱,还没有形成自主研发的核心技术体系,高技术含量的系统及部件的设计水平不高。

在产品方面,经过近年来的快速发展,国内直升机行业初步形成了以AC310、AC311、AC312、AC352、AC313为代表的产品谱系,但起飞重量30t以上国产重型直升机仍然是空白,在遭遇重大突发自然灾害时还不得不借用国外重型直升机执行抢险救灾任务。国产直升机的能力亟待提升,型谱亟待完善。我国疆域辽阔,地形地貌复杂,高原和次高原面积较大,适合在我国特殊的高温高原环境中使用的直升机较少,国产直升机高原能力偏弱,国产直升机必须尽快满足高原使用要求,以满足国民经济发

展和国家安全的需求。

与国外先进水平相比,在总体设计能力、若干关键技术、制造工艺水平、基础材料等方面仍有差距,在前沿及探索性技术方面缺乏自主创新,发展模式处于被动跟进式发展,缺少发明专利。最主要的差距还是表现在工程经验不够丰富,技术储备不足,尚未形成基于各类数据库和知识工程的快速研发能力;基于重要基础研究、前沿技术研究的探索研究和预先研究力度不够,难以对直升机新概念、新思路、新方法、新原理、新材料、新工艺有实质性突破。

我国直升机正处在一个战略发展机遇和技术跃升的转折期,解决严重制约国产直升机能力的瓶颈技术、共性关键技术和基础技术研究,已刻不容缓。

## 2 直升机技术发展趋势

### 2.1 军用直升机的技术发展趋势

军用直升机的发展以高新技术为依托,以军事需求为牵引,通过系统升级、更新换代、适度批量生产实现直升机技术的进步。从技术角度来看,国外新研制的直升机正朝着具有更大的任务效能、更高的生存性和更好的成本效能的方向发展,同时开展高速新构型直升机技术的研究和验证,具有显著的特点,反映了未来的技术发展趋势:

1) 设计与制造技术数字化/一体化

随着数字化、信息化、互联网、数值分析、数控等各个领域技术的迅猛发展和直升机制造业国际合作的不断深入,大大推动了数字化、信息化技术在新直升机型号设计方面的一体化进程。通过建立工程化的直升

机数字样机,实现直升机研制过程从模拟量协调向数字量协调的转变,实现了直升机设计、制造和信息的无缝集成,大大提高了型号研制效率。如RAH-66、V-22、AH-64D、EH101和NH90等先进军用直升机,都采用了设计、制造和试验一体化技术,并取得了巨大的效益。

2) 依托先进设计技术提升平台综合性能

总体设计向集成化、综合化方向发展,精细化的气动布局设计技术、全机气动干扰技术、高置信度的飞行力学分析技术正逐步应用于型号研制;全机结构振动的被动、主动控制技术达到了很高的水平,噪声控制技术获得了长足的进步,在提高直升机乘坐舒适性的同时,寿命也大幅提高,直升机的综合性能能够极大满足用户需求,如最大平飞速度超过300km/h,航程增加20%。

3) 大力开发新型旋翼系统

先进旋翼系统的研究主要集中在旋翼气动及动力学优化设计、先进翼型和平面形状研究、先进桨毂系统和高性能尾桨系统的技术开发方面,包括采用矢量推力技术设计的尾部结构,旨在提高军用直升机的机动能力和敏捷性,进而提高其生存性和任务能力。

4) 复合材料应用更广泛,智能材料前景诱人

先进复合材料将获得更广泛的使用,从而大大提高直升机零部件的使用寿命,降低维护工作负荷、使用成本和结构重量。如欧直“虎”直升机机体的复合材料占结构重量的80%以上;NH90采用全复合材料机身,整个复合材料中机身一次成型,使空机重量大为降低。随着复合材料技术的

不断发展,还将会出现集复合材料桨叶、复合材料桨毂于一体的全复合材料旋翼系统,全复合材料直升机将成为可能。

智能材料在直升机上的应用主要是智能旋翼和智能结构,主要包括采用形状记忆合金驱动桨叶后缘襟翼、在桨叶大梁中引入记忆合金驱动装置、在旋翼或结构件上铺设智能材料纤维以及在旋翼后缘安装控制舵面及舵面的智能驱动器等。应用智能材料能够实现减少操纵机构、提高性能和寿命、降低振动和噪声,是直升机技术的重点发展方向。

5) 航空电子系统向网络化、智能化方向发展

军用直升机航电系统已经进入模块化、数字化、集成化和综合化发展阶段。针对未来网络化信息战作战环境,美国等已将军用直升机特别是无人直升机作为信息网络节点纳入未来作战系统体系建设中,正在进行全面的开发和广泛的作战评估。可以预见军用直升机航电系统将向网络化和智能化方向发展。

6) 光传操纵系统将逐步成熟并获得应用

目前的先进军用直升机普遍采用的是电传操纵系统,而光传操纵系统相比电传操纵系统具有抗电磁干扰、抗电磁脉冲辐射和防雷电等优点,并且光传操纵系统的频带宽、容量大、传输速率高,能够进一步提高军用直升机的稳定性和可操纵性,采用光缆还可以减轻控制系统的重量和体积。目前一些国家正在大力开发这项技术,预计光传操纵系统在未来10年时间内将逐步成熟并将投入实际应用。

7) 生存性设计技术

提高生存性仍将是军用直升机当

前及未来发展的关键。军用直升机生存性技术主要包括目视、音响、红外和雷达隐身技术、降低易损性技术、耐坠毁设计技术、自防御措施和逃生技术等。

8) 动力装置及传动技术

现代军用直升机动力装置正朝着改善维护性、提高可靠性、降低使用成本、提升直升机性能的方向发展。

发动机向结构尺寸更小、重量更轻、功率更大、耗油率更低方向发展,结构设计实现了模块化,采用数字化控制和状态实时监控技术,减少了发动机零部件数量,降低了使用维护成本,提高了安全性;更大的功重比促进了直升机全机性能的提高,提升了直升机的机动能力。

传动系统的传输功率更大,具有更强的抗弹击和干运转能力,可靠性大大提高。

红外抑制技术和进气道除/防冰技术日趋成熟,提高了生存性和全天候任务能力。

9) 新构型技术

开展新构型研究,主要目的就是利用各种技术手段突破常规构型直升机的速度限制,提高飞行性能,改善操纵品质,以满足未来对高速、远航程军用直升机装备的需求。以倾转旋翼机和刚性旋翼复合推力构型为代表的新构型技术已经对世界军用直升机的发展方向和前景产生了深刻的影响。

## 2.2 民用直升机的技术发展趋势

在军用直升机技术发展的基础上,民用直升机在满足民航适航条例的前提下,主要侧重经济性、环保性、可靠性、安全性、舒适性、操纵性、维护性及保障性技术发展。未来20年,民用直升机技术将进入一个全

面综合发展的新时期。

1) 旋翼系统仍然是直升机的核心技术,空气动力学、动力学和先进复合材料及其加工制造技术的进展,使旋翼系统结构更简单,零件数量更少,重量更轻,维护更为简单,全寿命周期成本大大降低,振动进一步减小。

2) 采用更先进的涡轴发动机,其功率重量比进一步提高,耗油率和排放水平更低,其大修间隔时间也将提高一倍,达到6000h以上。

3) 先进复合材料将作为主结构材料应用于旋翼系统、传动系统和机体结构上,复合材料占全机材料重量的60%以上,可以大大减少零部件数量和结构重量,大幅度提高直升机的可靠性、维护性和使用寿命。

4) 采用智能旋翼使直升机的性能产生质的飞跃,发展智能驾驶舱已成为可能,且智能化程度不断提高。

5) 先进的电传/光传操纵开始得到应用,有效改善了直升机的操纵品质。

6) 采用先进的减振降噪技术,如桨叶振动主动控制、高阶谐波控制等。大大减小直升机的振动和噪声水平,机体振动水平低于0.05g,舱内噪声水平低于70dB,直升机对环境更加友好,乘坐舒适性水平与固定翼飞机相当。

综上所述,不论是军用直升机,还是民用直升机,其技术的发展方向为:

- a. 提高可靠性和耐久性,使之经久耐用,安全可靠;
- b. 改善经济性,降低全寿命成本;
- c. 改善飞行性能,主要是提高飞行速度和增大航程,改善机动性及敏

捷性;

- d. 改善维护性;
- e. 减少振动,降低噪声,提高乘坐舒适性。

### 3 我国直升机技术发展思路

按照发展规划,到2020年,我国将初步形成重、大、中、小、轻型直升机型谱和中、轻、超轻型无人直升机型谱。民用直升机方面以现有直升机为平台基础,通过客户化改装和适航取证,形成能够覆盖通用航空、应急救援、准军事等应用领域的型号系列,形成国产直升机为主导的民用市场。

我国直升机的50年研制历程,主要解决了“从无到有”的问题,未来20年的核心将要解决的是“从有到好”的问题,要尽快赶上世界先进直升机的研制步伐,尽可能消除与世界先进直升机的代际差异。为满足我国未来军、民用直升机研制需求,全面掌握常规构型直升机核心关键技术,具备高速新构型垂直起降飞行器验证能力,形成具有自主创新发展能力的直升机设计体系,实现与世界先进直升机技术水平的同步发展。

在产品方面要重点开展以下工作:

- 1) 全方位提升国产直升机的高原能力,发展适合在我国特殊的高温高原环境中使用的直升机;
- 2) 要尽快开展起飞重量30t以上国产重型直升机研制工作,完善国产直升机产品谱系;
- 3) 要加快倾转旋翼机和高速新构型直升机的探索工作,突破传统直升机构型的性能瓶颈。

在直升机技术方面要重点发展以多目标总体气动综合设计技术、适航

性设计与验证技术、远程网络化综合保障技术等支撑先进直升机研发的核心技术。

### 4 结束语

为满足我国直升机的自主发展需求,解决严重制约直升机更新换代的瓶颈技术、共性关键技术和基础技术已刻不容缓,对目前我国直升机研发过程中还没有完全掌握的总体气动、旋翼、结构强度等关键基础技术进行补充完善和技术攻关,并通过型号数据比较、地面试验、飞行试验等多种方式完成验证,加速我国直升机自主设计能力的提升,形成支撑新型号发展及现有型号改进改型的技术基础,提高我国先进直升机的设计水平,实现与世界先进直升机技术水平的同步发展。

AST

#### 作者简介

吴希明,中航工业飞行器机体技术首席技术专家,中航工业直升机所总设计师,博士生导师,研究员,长期从事直升机总体设计和直升机技术预先研究工作。