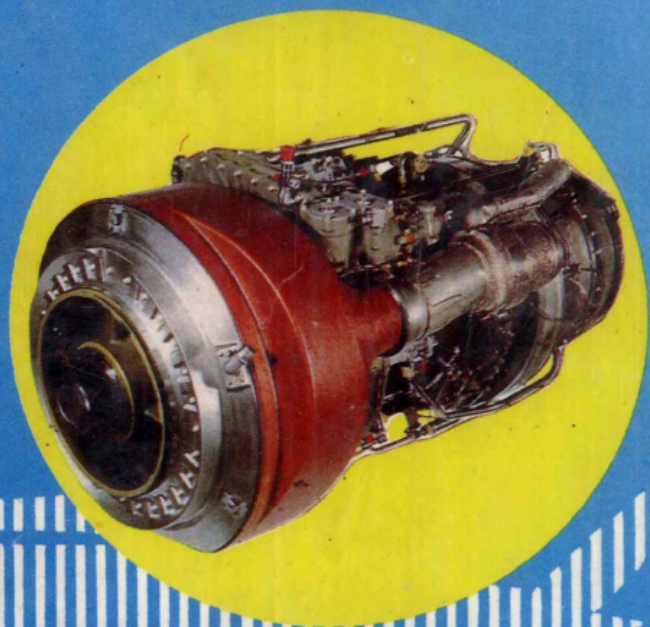


国内外

涡轮轴发动机

性能 · 结构 · 技术发展



蓝天出版社

封面设计：郭 桦

刘淑兰

国内外
涡轮轴发动机性能、结构特点
及其技术发展

1990

蓝 天 出 版 社

内 容 提 要

介绍了军、民用直升机广泛装用的涡轮轴发动机的有关理论及国内外典型型号涡轮轴发动机的构造、性能, 涡轮轴发动机发展技术和未来发展前景, 涡轮轴发动机在研制和发展中所应解决的关键问题。本书为迄今为止论述涡轮轴发动机技术及其发展的一部系统专

国内外涡轮轴发动机性能、结构特点及其技术发展

中国人民解放军总参陆航局军务科装处编

蓝天出版社出版发行

(北京复兴路14号 邮政编码:100843)

登记证号:(京)126号

北京胶印三厂印刷

787 × 1092 毫米16开本 37印张 860千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数:1-1700

ISBN7-80081-168-9/V·6 定价:15.00元

出 版 前 言

《国内外涡轮轴发动机性能、结构特点及其技术发展》一书,在总参陆航局领导支持和陆航内外航空动力界的专家、教授和广大科技人员关心下,经各方一年多的努力,终于同各界见面了。它的出版不仅对从事涡轮轴发动机技术管理、科研、教学、生产、使用人员有直接参考作用,而且也为院校航空专业师生提供了一本具有理论和实用价值的工具书。在此,我们编辑组同志,对关心、帮助本书编辑出版的有关同志表示深切感谢。并对提供大量有关信息的朋友们表示谢意。

本书出版过程中,得到陆航基地研究所大力协助,特表衷心感谢。

编 者

总编审 文裕武

主 编 郭允良

编 委 何立武 尹万力 贾伟建

严心静 吴 伟 张德康

总技校 吴大观 陈大光 顾永根

侯志兴 张洪滨

目 录

序 言	吴大观	1
-----------	-----	---

第一部分 涡轮轴发动机概论

涡轮轴发动机概论	郭允良	3
----------------	-----	---

第二部分 涡轮轴发动机型号综论

400K W (500Hp)级

涡轴 8A 型涡轮轴发动机性能和结构特点分析	李则荣	65
Allison250 型系列涡轮轴发动机的性能、结构特点	邵中延	89
阿都斯特Ⅲ B (Artouste Ⅲ B) 型涡轮轴发动机的 性能结构与特点分析	袁培益 吴 伟	94
阿都斯特Ⅲ B (Artouste Ⅲ B) 型 涡轮轴发动机的起动燃油系统	吴 伟	100
阿斯泰阻 14M 1 (Astazou 14M 1) 型涡轮轴发动机的性能结构特点分析	林生寅	107
TM 319 型涡轮轴发动机的性能、结构特点分析	苏榕榕	116

800K W (1000Hp)级

TM 333B 型涡轮轴发动机的性能和结构特点分析	陶琴华	134
R · R 1004 型涡轮轴发动机的性能、结构特点	郭允良	157
“宝石”(GEM) 涡轮轴发动机的性能与结构概况综述	丁于廉	163
MTM 385 - R 型及其发展型 MTR 390 型 涡轮轴发动机的性能和结构概述	孙礼尧 周世恒	170
T800 - LHT/APW - 800 新型涡轮轴发动机概况	郭允良	178
T800 - XX - 800 型涡轮轴发动机军用规范对其粒子分离器设计的影响	方昌德	184

1500K W (2000Hp)级

T700 - GE - 701A 型涡轮轴发动机的性能和结构特点分析	严心静 陈弘道	191
T700 涡轮轴发动机的整体式粒子分离装置	李松航 张洪滨	230
马基拉 1A (Makila 1A) 型涡轮轴发动机的性能结构特点分析	李怀芝	241
RTM 322 - 01 型涡轮轴发动机的性能和结构特点分析	杨 铭	258
RTM 322 - 01 的研制过程	马龙根	273
RTM 322 - 01 型涡轮轴发动机的转子轴系和转子动力学问题	崔之华	282
特沃 2 - 117A (TV 2 - 117A) 涡轮轴发动机的性能和结构特点分析	张洪滨	287
透默Ⅲ C 6 (Turmo Ⅲ C 6) 型涡轮轴发动机的性能和结构特点分析	俞裕民	300

PT6 型系列涡轮轴发动机的性能和结构	侯志兴	314
苏联新型 TB3-117 系列涡轮轴发动机	周世恒 孙礼尧	323

大轴功率级——大于 1500KW(2000Hp)级

T55-L-712S/SB 型涡轮轴发动机的性能和结构特点	游中校	330
T55 系列涡轮轴发动机的技术发展基础及若干技术特点	高桂林	346
得-25 沃(D-25V)型涡轮轴发动机的性能、结构及其特性	郭允良	350
米-6 直升机的减速器 P-7 系统	张洪滨	366
米-6 直升机的燃油系统	张洪滨	372
米-6 直升机的涡轮起动发电机(AИ-8)	张洪滨	377
T406-AD-400 型涡轮轴发动机综述	瞿立生	383
T701-AD-100 型涡轮轴发动机简介	唐相碧	387

第三部分 涡轮轴发动机的技术发展

国外航空涡轮轴发动机的早期发展	瞿立生	390
国外涡轮轴发动机的现状分析	崔之华 唐相碧	395
2000 年国外军用直升机的动力装置分析	郭允良	402
国外涡轮轴发动机的未来发展	瞿立生	407
美国 Allison(艾利逊)公司的涡轮轴技术	邵中延	418
法国 TM(透博梅卡)公司的涡轮轴技术	郭允良 崔之华	428
英国 R·R(罗尔斯·罗伊斯)公司的涡轮轴技术	丁于廉	438
加拿大 PW(普拉特·惠特尼)公司的涡轮轴技术	侯志兴	441
苏联设计局的涡轮轴技术	张经敦	444
美国莱康明公司的涡轮轴技术	陈德琰	456
中国的涡轮轴技术	郭允良	463
航空涡轮轴发动机及其研制	崔之华 胡国珍	468
航空涡轮轴发动机可用功分配	姚武文	481
试飞中涡轮轴发动机使用性能的评估	郭毅联	487
直升机的发展对其动力装置的主要要求	温清澄	491
武装直升机的红外抑制技术	陈祖豪	497
直升机红外抑制系统的发展	魏福清 李黎 吴寿生 王丰	505
直升机发动机的进气防护技术	姚武文	525
直升机燃气涡轮发动机叶片在使用中的磨损问题	刘国兴	531
中小型涡轮轴发动机转子轴系的设计问题	崔之华	541
小型涡轮轴发动机的燃油控制技术	侯志兴	545
航空涡轮轴发动机安装性能的小偏差法分析、调整	张明恩	552
功率等级对小型直升机涡轮轴发动机结构的影响	张德康	565
直升机动力传动系统	顾永根	573

序 言

涡轮轴发动机是在 50 年代中期取代军民用直升机用的活塞式发动机的主要动力装置。它与活塞式发动机相比有体积小、重量轻、功率大、振动小、易于起动、操纵和维修方便等优点。从技术进步和发展来看,涡轮轴发动机是燃气涡轮发动机中的一种类别,它是活塞式航空发动机齿轮传动减速器与燃气涡轮发动机技术相结合的产物,并在性能、结构和使用要求等方面,发展成满足直升机需要的涡轮轴发动机。经过近四十年的发展使用,它显示了性能好、噪声小、有良好的稳定性等优越性。无论是过去或未来发展都受到军民用直升机使用单位的瞩目。我国直升机的动力装置,也是从活塞式发动机起步,60 年代以后才开始使用和维修涡轮轴发动机。从 80 年代初我国引进了法国“海豚”直升机的制造专利后,涡轮轴发动机的研究、发展和生产才得到重视。近十年来,由于各方面的关注,涡轮轴发动机的科研技术及生产已打下了基础,为今后研制新机创造了有利条件。

根据我国发动机研制进程来看,在认识上与国外情况类似,也曾有人以为掌握先进的、成熟的大型燃气涡轮发动机的设计研究技术,就能够容易地解决涡轮轴发动机(它是属于小型燃气涡轮发动机)研制和生产中所碰到的技术问题。经过多次研制实践,认识到涡轮轴发动机的某些部件虽可借助大型燃气涡轮发动机研制所取得的技术成果和经验,但涡轮轴发动机的技术问题,也有不少独特之处,是不能从大型燃气涡轮发动机那里“照搬”和缩型过来的。例如:离心压气机、回流环形燃烧室、高转速($40000 \sim 50000 \text{ r/min}$ 以上)的转子动力学问题、小涡轮叶片冷却技术以及由于零部件尺寸小而产生的“比例尺效应”引起的附面层和叶片封严间隙对发动机性能的影响,还有直升机发动机进气防护技术等。国外到 70 年代初,关于涡轮轴发动机的这些特殊技术,才为人们所公认,列为研制涡轮轴发动机的技术攻关项目并成为国外几家涡轮轴发动机公司的技术秘密。对此,本书的第三部分将重点论述。

涡轮轴发动机与大型燃气涡轮发动机的气动热力循环原理完全相同,但涡轮轴发动机属于小型燃气涡轮发动机类,空气流量、重量、尺寸等都较小。在研制中所需工艺设备,锻铸件毛坯比较小,试验设备的规模和尺寸也较小,试验时所需的电、气、水、油料及材料消耗比大型燃气涡轮发动机要少得多。因此,涡轮轴发动机的型号生产和发展费用比大型燃气涡轮发动机要少。根据国外资料统计,涡轮轴发动机的研制费用要比大型燃气涡轮发动机节省 $3/4 \sim 4/5$, 甚至更多。研制周期也要缩短 $1/3 \sim 1/2$ 。由此可知,涡轮轴发动机的研制有投资较少,周期较短,投资见效快的特点。研制生产技术、设备条件也较易满足。这样的结论从本书的介绍中可以得到。

编写本书的目的是,试图根据涡轮轴发动机的历史发展及其性能结构特点,提供具有普及

与提高、资料性与理论分析相结合的参考书,它既可在涡轮轴发动机 理论和技术上起借鉴作用,又可起到涡轮轴发动机大型手册的作用。本书第一部分是涡轮轴发动机概论,作总的介绍。第二部分按 400kW (500Hp)级、800kW (1000Hp)级、1500kW (2000Hp)级,和大轴功率级1500kW (2000Hp)以上分别介绍国内外研制生产的典型涡轮轴发动机,按型号介绍它们的性能、结构特点及其技术发展,改进改型 的情况及其发展前景。这部分是介绍国内外涡轮轴发动机的较全面的样本手册,可供读者做新机论证和决策研究的参考,也可供研制、生产和使用单位设计、试制和使用维修时参考。

本书的第三部分 重点论述涡轮轴发动机的研制技术及发展。内容包括:介绍国外涡轮轴发动机的发展历史,2000 年涡轮轴发动机发展水平分析,及未来发展预测;中国有关公司、美国 Allison(艾利逊)公司、法国 TM(透博梅卡)公司、英国 R·R(罗耳斯·罗伊斯)公司、加拿大 P&W(普拉特·惠特尼)公司的涡轮轴发动机生产情况及技术特点,还专门介绍了苏联设计局的涡轮轴技术;此外还根据涡轮轴发动机的研制特点,分别论述了涡轮轴发动机功率的有效分配、使用性能评估、武装直升机发展对动力装置的要求 及红外抑制等问题;最后对直升机发动机进气防护及涡轮轴发动机转子动力学问题及其燃油控制技术、相关的动力传动技术等问题也作了专门介绍。

据悉,本书是国内迄今尚无专著的涡轮轴发动机的重要参考书。

本书作者多是科研、教学、生产和使用单位具有实践经验和理论基础的专家,因此对有关决策机关、科研设计部门、生产部门、使用部门作为技术借鉴和指导,它将是一本使用方便的好参考书,也是教育训练部门 以及大专院校教师和学生的重要参考资料。

航空航天工业部科技委

吴 大 观

第一部分 涡轮轴发动机概论

郭允良 编写

自一九三九年世界上诞生了直升机起,作为驱动直升机旋翼而产生升力和推进力的动力装置,从需要机械传动机构与否来分,大体上有两大类、四种形式:由活塞式发动机和涡轮轴发动机经机械传动机构驱动旋翼的机械传动型;由喷气驱动式旋翼和压缩气体驱动旋翼的喷气驱动型。

五十年代中期以前,直升机发动机基本上是活塞式发动机。从五十年代中期开始,涡轮轴发动机成功地运用于驱动直升机飞行,因其独特的优点而成为现代民用型和军用型直升机广泛使用的动力装置。

30多年来,涡轮轴发动机不断改进创新、更新换代,共发展了三代,正向第四代发展。第一代指50年代投产的,第二代指60年代投产的,第三代指70年代末、80年代初投产的,第四代指将于90年代投入使用的涡轮轴发动机。

将近半个世纪以来,随着现代航空的迅猛发展,特别是近二十年,直升机的飞行速度增长了一倍多,有效载重增长了三倍,由有效载重与飞行速度乘积表示的直升机工作能力则增长了七倍以上。这主要取决于直升机动力装置的发展和演变。自初期使用活塞发动机始,国际航空界探索了各种类型并各具特色的动力装置。图1示出一种典型直升机动力装置,即涡轮轴型。

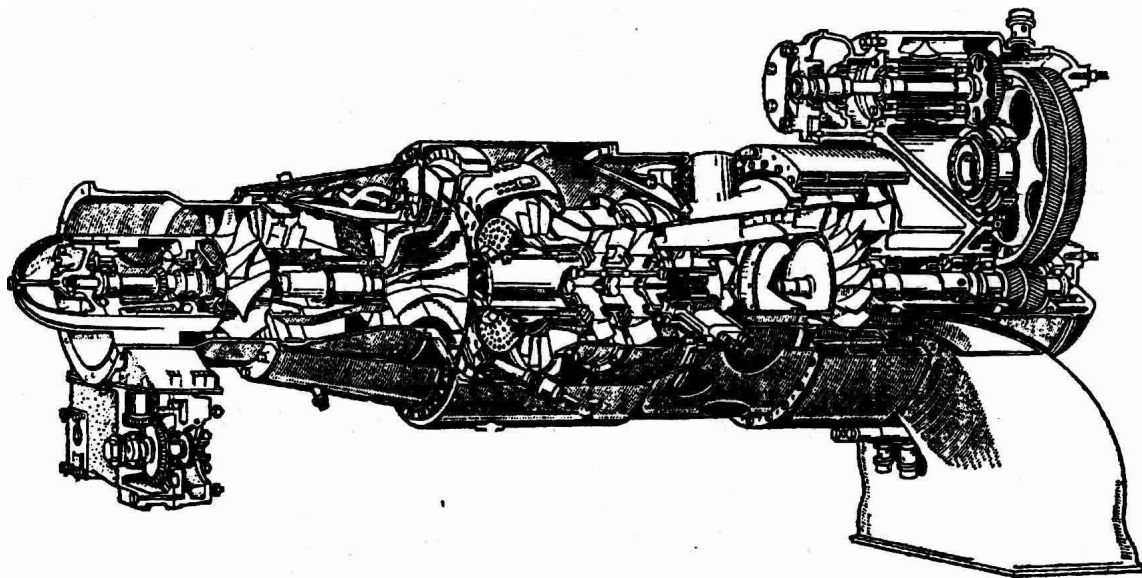


图1 典型的涡轮轴型直升机动力装置

活塞式发动机是经机械传动机构带动直升机旋翼的机械传动型动力装置。其优点是燃油消耗率低,加速性好,一定程度地改善了直升机的机动性能。其缺点是当直升机悬停时活塞发动机需水冷系统或专门的风扇冷却,增加了净重,发动机轴功率与发动机质量之比(动力装置的功率质量比)很小;此外,其传动形式构造也复杂,维修时间长(如低温下起动的加温操作),终于被优于它的涡轮轴发动机所代替。

涡轮轴发动机是经机械传动机构带动负载的另一种机械传动型动力装置。其优点在于:燃气涡轮发动机功率质量比大(500 ~ 600kw 级的发动机,几乎比活塞发动机高 2 倍之多),消耗于发动机冷却上的功率低(不需专门冷却系统);发动机维修简单(特别在低温下不需加温起动);直升机的振动小(无往复运动件、发动机转子平衡精度高);而且较小的最大截面改善了直升机的气动力性能。其缺点是:动力涡轮转速高,传动旋翼减速比大,造成减速器大而复杂;燃料消耗率一般较活塞式略高;周围介质(空气中的灰尘、湿度、温度)对其工作的影响较大;还有小外廓尺寸的涡轮轴发动机生产难度大等。

活塞式、涡轮轴式发动机作动力的直升机皆为旋翼配置了大传动比的减速器和尾桨(共轴式旋翼机除外),其中,仅消耗于方向操纵的尾桨功率,就相当于旋翼可用功率的 10 ~ 13% 左右。因此,国际航空界曾探讨过无需复杂而笨重传动机构和尾桨的喷气驱动型直升机动力,即采用喷气驱动式旋翼和压缩气体驱动旋翼式动力装置(图 2、图 3)。

喷气驱动式旋翼,是一种由液体火箭发动机、冲压式或脉动式空气喷气发动机直接周向地驱动旋翼的喷气式传动动力装置。但由于旋翼转速限制,旋翼叶端圆周速度不超过 200 ~ 250m/s,造成这种喷气发动机工作的热力过程效率较低,即燃油能量转变为驱动旋翼有效功的比率比机械式传动机构低得多。因此,虽然不需减速器和尾桨,有利于增加载重,然而却因飞行持续时间的延长,而需增加燃油储备量。这种驱动形式只在飞行持续时间低于 1 小时条件下,才比机械式传动形式具有较大的相对有效载重量(图 4)。

压缩气体驱动式,是又一种不需减速器和尾桨驱动旋翼方式。在这种形式中,燃气发生器安装于直升机机身中。在发动机中,燃料所释放的热能消耗于用作驱动旋翼的压缩空气上。压缩空气经空气管道流入空心旋翼叶片,在端部喷出,产生使旋翼旋转的圆周力。这种驱动系统经济性好,在飞行持续时间低于 2 小时条件下,其有效载重优于机械式传动系统。但这种系统能量损失大,效率仅为涡轮轴发动机动力涡轮(自由涡轮)的 60% 左右。且系统较复杂,与机械式传动的机械损失(减速器、尾桨等)相比,在使用同一燃气发生器条件下,压缩气体驱动旋翼所吸收的功率约为机械传动旋翼功率的 70% 左右(图 5、图 6)。

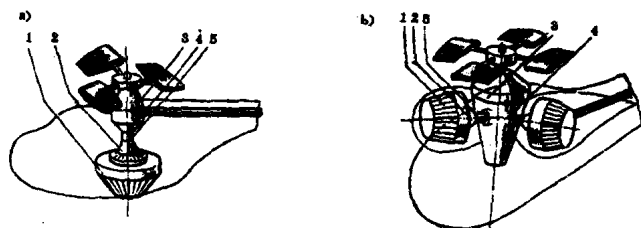


图 2 由活塞式发动机经过机械传动机构传动直升机旋翼的动力传动装置示意图

a. 具有一台发动机 b. 具有两台发动机

1、活塞式发动机 2、带有复合式离合器的发动机减速器 3、直升机减速器 4、离合器 5、传动机构

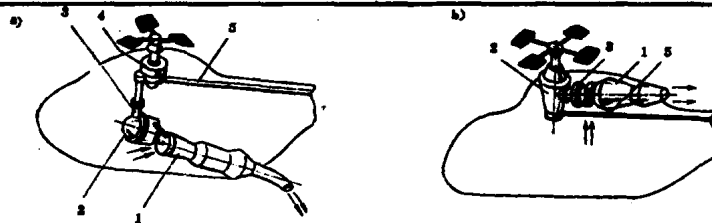


图3 由涡轮轴发动机经机械传动系统传动直升机旋翼的动力传动装置示意图

a、下部安装发动机 b、上部安装发动机

1、燃气涡轮发动机 2、直升机减速器 3、传动装置 4、减速器 5、直升机尾桨传动装置

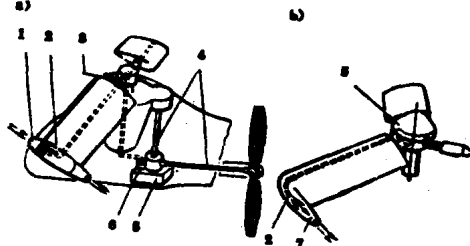


图4 直升机旋翼喷气驱动示意图

a、脉冲式空气喷气发动机驱动 b、液体火箭发动机驱动

1、脉冲式喷气发动机 2、燃油喷嘴 3、燃油分配总管 4、传动机构 5、燃油箱 6、燃油泵 7、喷管

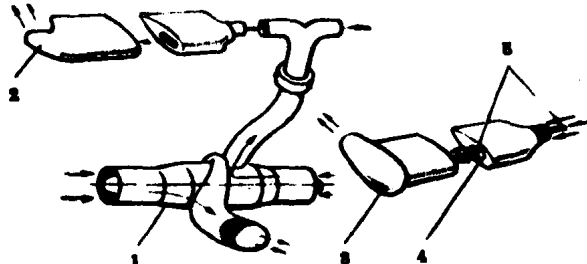


图5 直升机喷气驱动旋翼压缩空气系统

1、燃气发生器 2、喷口 3、燃烧室 4、空气通道 5、供油通道

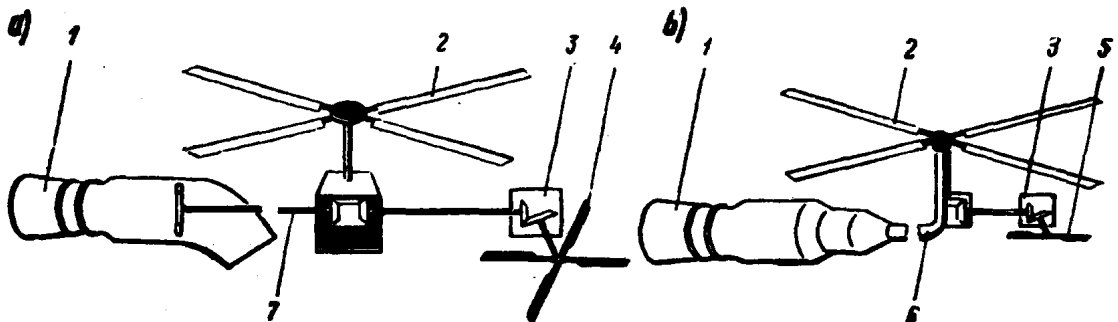


图6 直升机旋翼压缩气体驱动和机械传动示意图

a、机械传动 b、压缩气体驱动

1、燃气发生器 2、旋翼 3、尾桨减速器 4、大尾桨 5、小舵桨 6、燃气导管 7、机械传动机构

统计表明,世界各国发展至今所拥有的38000余架各类直升机中,26000架以上是军用轻型和中轻型直升机。这种轻型中轻型直升机采用喷气驱动方式并无显著优点。对于重型直

升机,需用功率较大,减速器变得非常复杂且笨重,采用喷气驱动式动力装置具有一定合理性,其有效效率在 $0.68 \sim 0.72$,可与机械式传动型动力进行竞争。但如前所述,实际上,由于燃气涡轮式发动机技术上的成熟发展和大量型号的继承性等原因,目前世界各国主流方面仍是发展涡轮轴发动机作为直升机动力。

1.0 航空涡轮轴发动机及其分类

1.1 航空涡轮轴发动机

航空涡轮轴发动机是以空气为作功工质的燃气涡轮发动机中的一种。它是主要靠输出功率带动负载工作的燃气涡轮发动机。其特点是将动力涡轮有效功率的绝大部分(95% 以上)通过输出轴带动负载。负载对航空发动机来说就是直升机旋翼,在地面则可以是坦克履带、发电机组、燃气压缩机等,在海上可以是舰艇螺旋桨等。我们这里所论述的是航空涡轮轴发动机,专指用作带动直升机旋翼的涡轮轴发动机,简称涡轮轴发动机。

涡轮轴发动机可定义为:燃气发生器中产生的燃气通过动力涡轮(定轴涡轮或自由涡轮)驱动旋转轴输出轴功率的燃气涡轮发动机。它主要用作直升机动力装置。其主要特点是其燃气发生器的剩余能量,主要部分用于产生轴功率带动直升机旋翼。它的工作原理和涡轮螺旋桨发动机基本相同,只是燃气发生器出口燃气所含的可用能量几乎全部供给动力涡轮。因此,也可以将航空涡轮轴发动机定义为不带螺旋桨而输出轴功率的燃气涡轮发动机。

目前,国际航空在直升机上使用的涡轮轴发动机有四十余种型号,轴功率在 $250 \sim 6000\text{kW}$ ($350 \sim 8000\text{Hp}$) 级范围。其中 2000kW (3000Hp) 级以上的大、中型涡轮轴发动机,目前只有美、苏研制生产,在起飞重量高于15 吨的运输型直升机上使用,如美国的 T55 系列 (3300kW 、 4500Hp)、T701-AD-100 型 (5880kW 、 8000Hp)、苏联的 D-25V 系列 (4043kW 、 5500Hp);数量占75% 以上,起飞重量在9 吨以下的直升机,则装用 2000kW (3000Hp) 级以下的中、小型涡轮轴发动机。中、小型涡轮轴发动机,特别是用在军用反坦克武装直升机上的涡轮轴发动机发展更快。

现代涡轮轴发动机的特点是:

(1)性能先进:起飞燃油消耗率 $0.272 \sim 0.340\text{kg/kW}\cdot\text{h}$ ($0.20 \sim 0.23\text{kg/HP}\cdot\text{h}$);功率质量比 $5.0 \sim 11.0\text{kW/kg}$ ($7.0 \sim 15.0\text{HP/kg}$);使装备的武装直升机整个武装系统功率质量比达 $0.30 \sim 0.40\text{kW/kg}$ ($0.40 \sim 0.55\text{HP/kg}$);

(2)经济性好:巡航工作状态的燃油消耗率可达 $0.299 \sim 0.367\text{kg/kW}\cdot\text{h}$ ($0.22 \sim 0.27\text{kg/HP}\cdot\text{h}$),维护费用低、寿命长(单元体寿命 $3000 \sim 5000\text{h}$);

(3)可靠性高:发动机提前更换率低、平均故障间隔时间长、性能衰减率低;

(4)有技术发展潜力:具有良好的功率复盖面和改型的可能性;

(5)环境适应性强:武装直升机动力的防沙能力(一般具有粒子分离器)、红外抑制能力、抗作战损伤及防坠毁能力都比较强。

随着军、民用直升机未来作战和空中运输的发展,对其动力装置将提出更高的要求。因此,现代涡轮轴发动机技术将会有更迅速的发展。

1.2 涡轮轴发动机的分类

涡轮轴发动机按有无自由涡轮,分为定轴式涡轮轴发动机(固定涡轮型)和自由涡轮轴发动

机(自由涡轮型)两种。这两类中,还可按其燃气发生器为单转子或双转子分为单转子涡轮轴发动机和双转子涡轮轴发动机(图 7、8、9)。目前国际上的涡轮轴发动机中,燃气发生器为单转子型居大多数,双转子型极少,现在正发展和投入使用的双转子涡轮轴发动机主要有英国罗·罗公司研制的 GEM(“宝石”)系列涡轮轴发动机,全是自由涡轮式的。下面框图示出涡轮轴发动机的分类情况。

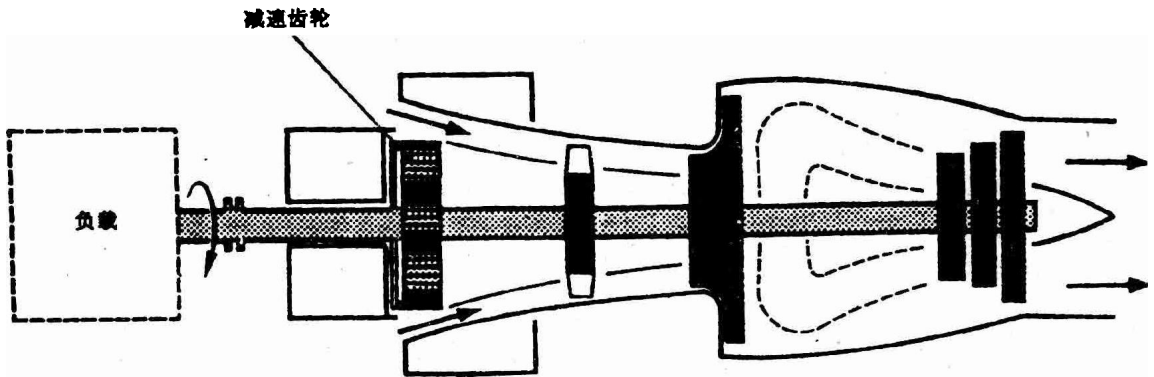


图 7 定轴式涡轮轴发动机方案

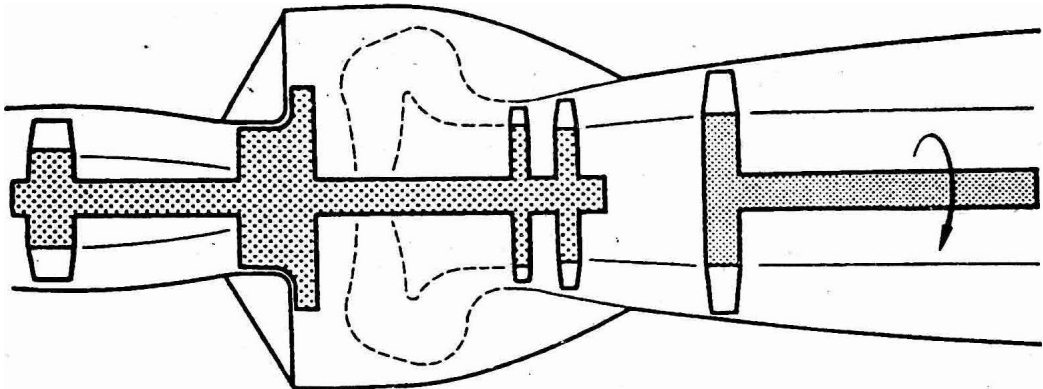


图 8 单转子自由涡轮式涡轮轴发动机方案

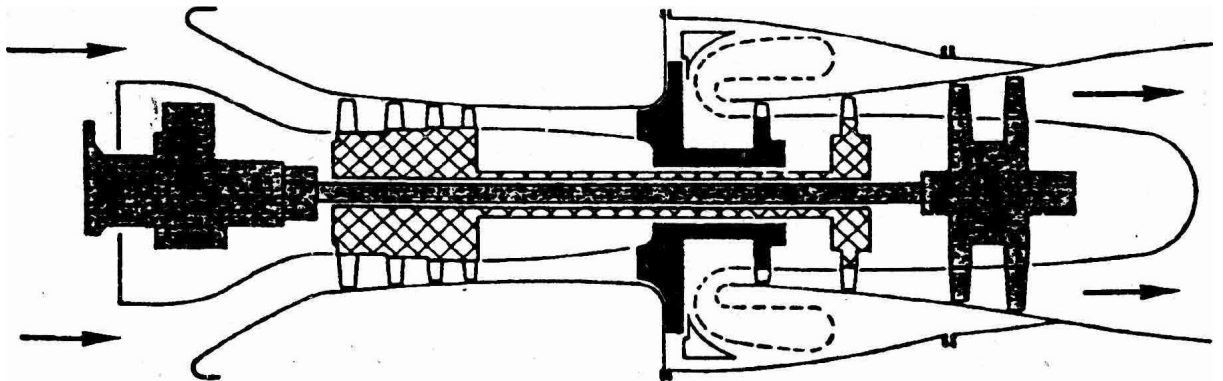
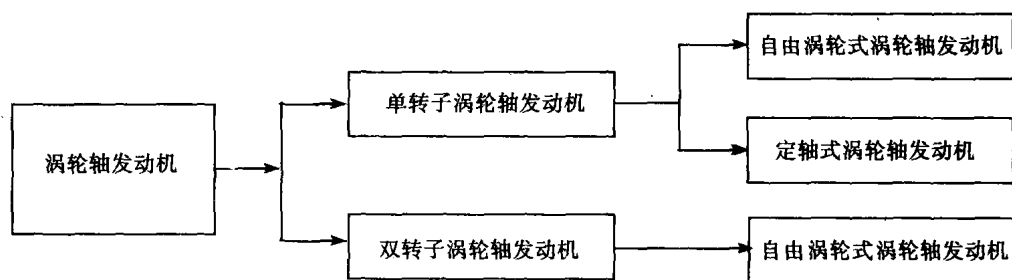


图 9 双转子自由涡轮式涡轮轴发动机方案



1.2.1 定轴式涡轮轴发动机

定轴式涡轮轴发动机(图7),也称固定涡轮型涡轮轴发动机,是涡轮既驱动压气机又同时产生输出轴功率的一种燃气涡轮发动机。其涡轮产生的功率远高于压气机所需功率,将其剩余功率经减速器(内减)输出,带动直升机旋翼或其它负载。

1.2.1.1 定轴式涡轮轴发动机的若干特点

定轴式涡轮轴发动机的主要特点是无自由涡轮,其功率输出轴与燃气发生器有机械联接。因此,使其突出的优点是:

- 1、功率传送方便、加速性能好;
- 2、结构简单,输出轴结构便于安排;
- 3、调节简单,一般采用工作状态恒转速调节规律(这一点与一般涡轮螺旋桨发动机相同)。

但上述结构也带来一定的缺点:

- 1、起动性能差,起动机要带动整个发动机的转子,因此起动加速慢;
- 2、为改善起动性能,往往在轴上要加装离合装置,以便在起动时不必同时带动惯性很大的旋翼轴,这将使构造复杂、重量增加;
- 3、动力输出转速高,使追求涡轮高转速以改善效率与旋翼要求低转速的设计增加了难度,造成直升机主减速器重量大;
- 4、低功率状态性能较差;
- 5、在同一功率状态下,输出转速无法调节。

1.2.1.2 定轴式涡轮轴发动机结构形式

一般采用一个转子的前输出轴形式,因此它与在前面输出轴功率带动螺旋桨的涡轮螺旋桨发动机有较多共性,在发展型号上往往桨、轴兼顾。这种方案的典型型号有法国透博梅卡公司的 Artouste III B(用于 SA315B“美洲驼”直升机)(图10)、Astazuo14M(用于 AS342M“小羚羊”直升机)(图11)。

1.2.2 自由涡轮式涡轮轴发动机

自由涡轮式涡轮轴发动机(图8、9),是由独立的自由涡轮输出轴功率的燃气涡轮发动机,这种发动机是由燃气发生器和自由涡轮组成。产生有效输出功率的自由涡轮安装在发动机输出轴上,此轴在机械上与涡轮压气机轴无联系,它们之间仅有气动之间的联系。这样就能使自由涡轮转速独立于燃气发生器进行调节。此特点对具有多台发动机的直升机是非常重要的。

因而,它已代替早期发展的定轴式涡轮轴发动机,而广泛用作现代直升机的动力装置。

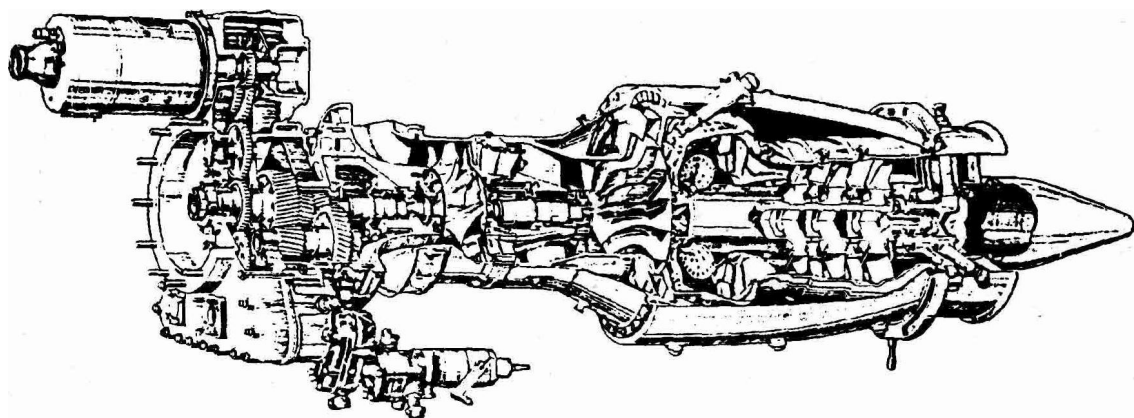


图 10 Artouste III 定轴式涡轮轴发动机

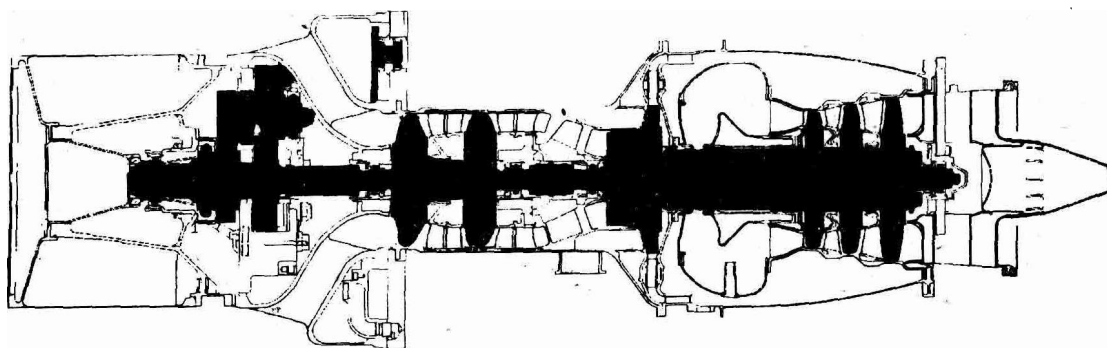


图 11 Astazou XIV 定轴式涡轮轴发动机

1.2.2.1 自由涡轮式涡轮轴发动机的若干特点

自由涡轮式涡轮轴发动机的最主要特点,在于其动力涡轮是独立的,与燃气发生器转子无机械联系,而仅有气动上的联系。这就使其具有如下优点:

1、起动性能好:它起动时供给的起动功率只需供给燃气发生器转子转动,而无需带动动力(自由)涡轮转动。因此其起动所需功率可以大大小于同量级的定轴式涡轮轴发动机。它起动加速快、时间短,而且不需在起动机与发动机间加装复合式离合装置;

2、工作稳定:这种发动机的燃气发生器不受其动力(自由)涡轮和负载的影响,其工作稳定性较定轴式好得多;

3、调节性能好:由于其燃气发生器和动力(自由)涡轮各自以不同的转速工作,这可以使旋翼转速始终调节到最佳工作转速;

4、经济性好:自由涡轮式动力涡轮的输出转速大大低于定轴式涡轮输出轴转速,因而降低了传动系统(内减和主减)的减速比和传动损失。而且,在各种使用条件下均可获得较低的燃油消耗率。这使自由涡轮轴发动机的经济性优于定轴式涡轮轴发动机;