

世纪航空科技丛书 总主编 张 耀

直升机发展历程

DEVELOPMENT OF
HELICOPTERS

主 编 栗 琳



航空工业出版社

直升机发展历程

主 编 栗 琳
编 写 王玉山 王绪智 张广林
张维德 曹喜金 蔡汝鸿

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书简要地描述了直升机的结构、分类和各国开展的一些探索性尝试,全面、详细地论述了军用运输直升机、武装直升机、反潜和布/扫雷直升机、搜索与救援直升机、侦察直升机、电子战直升机、警用直升机、民用直升机和特殊种类直升机的特点、发展历程、主要性能,以及在民用领域和军事领域的应用情况,并预测了各类直升机的发展趋势。对广大科研工作者和军事爱好者具有较大的参考价值。

图书在版编目 (C I P) 数据

直升机发展历程/栗琳主编. —北京:航空工业出版社,
2007.9

(世纪航空科技丛书)

ISBN 978 - 7 - 80243 - 007 - 5

I. 直... II. 栗... III. 直升机—普及读物 IV. V275-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 139259 号

直升机发展历程

Zhishengji Fazhan Licheng

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64978486 010 - 64919539

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2007 年 9 月第 1 版

2007 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092

1/16

印张: 12

字数: 286 千字

印数: 1—3000

定价: 30.00 元

序

飞机发明 100 多年了，这是不平凡的一个世纪。

1903 年 12 月 17 日，美国莱特兄弟制作的世界第一架有动力、可操纵、重于空气的载人飞行器试飞成功，标志着人类飞行的梦想变成了现实。从此，飞机为人类的进步与发展插上了翅膀，将人们的活动范围从陆地、海洋扩展到天空，并且越飞越高、越飞越快、越飞越远，创造了人类历史上一个又一个辉煌，并对社会生活的各个方面产生了和正在产生着极其巨大的影响。

飞机的发明是 20 世纪最重大的科技成果之一，也催发了新的科技文明。飞机是现代科学技术成就集成的物化形态之一，是人类科技创新能力与工业化生产形式相结合的产物。飞机在技术上是一个集众多领域之大成的综合体。军事和社会对飞行的需求使飞机走过了一个迅速而不间断的发展过程，每一步跨越都应用和体现了当代科学技术的最新成果。而航空领域的持续探索和不断创新也为诸多学科的发展提供了新的、不绝的动力，带动一批相关技术取得突破与创新。所以，航空既是科学技术的结晶，又是科学技术发展的一种动力。当前，航空工业已经成为知识密集、技术密集、高附加值、低消耗的产业。飞机虽然是实现人类飞天梦想的主要工具，但其基本功能却首先表现在军事上。

早在第一次世界大战，飞机发展尚处于稚嫩期时，就被人们匆忙推上了战场，而反过来，战争实践与军事需求又大大加速了飞机及其技术的发展。1914 年，飞机还只是勉强可用于空中观察和枪械对射的工具，4 年后，当战争结束时，它已经成为能用于空中侦察、临空轰炸和追逐格斗的有效武器系统，飞机的产量也因此急剧增加，并从此诞生了一个新的工业部门——航空工业。1939 年爆发的第二次世界大战，更充分展示了飞机的作战能力。这次世界大战可以说是从飞机突袭开始，又以飞机轰炸收尾；飞机已成为军队的主要装备，而战争的需求推动各国不断研制新的军用飞机，飞机的性能几乎达到了使用活塞式发动机所能达到的极限。

20 世纪 40 ~ 50 年代喷气技术的推广应用，80 ~ 90 年代电子信息技术的迅猛发展，给飞机发展带来了划时代的变化，不仅飞行速度、高度与航程获得极大提高，而且飞机的机动性、目标特性与信息对抗能力也有了质的跃升。朝鲜战争、越南战争、印巴战争、中东

战争，以及 90 年代以后发生的几次局部战争，给飞机提供了广阔的表演舞台。飞机从战争的协同力量变成了战争的主力，甚至成为决定性力量。在 20 世纪的后 50 年里，喷气式战斗机已经发展了 4 代，此外还出现了许多先进的攻击机、预警机、轰炸机、军用运输机、教练机、无人侦察机和武装直升机等军用飞行器，构成了一个完整的空军装备体系。

飞机作为民用运载工具同样得到了迅速发展和广泛应用。民用飞机每天都在造福人类。它在运输领域充分施展才能，加快了社会运转的速度，改变了人们的时空观，“缩短”了不同国家和地区间的距离。通用航空在国民经济和社会生活其他方面，也都大显身手。可以说，拥有飞机和直升机数量的多少，在一定程度上已经成为衡量一个国家经济发展水平的标志。

飞机带来了新的军事文明、新的交通文明、新的时空文明。人类与时间、人类与空间、时间与空间的关系已经并且还在因飞行而改变。航空的每一次进步，都是一次对自然、技术和人类生理与心理极限的挑战。但是，人类并不满足这些成就，探索未知的秘密，追求更大自由的脚步始终没有停歇，更大、更快、更好的飞机将会在新的一百年中不断飞上蓝天，为人类造福。

为了回顾航空领域的发展历程，梳理总结航空科技的发展经验，展望航空事业的未来前景，总装备部组织上百位专家、教授共同编写了《世纪航空科技丛书》。这套丛书共有 8 册，400 余万字，由中国国防科技信息中心和中国航空工业发展研究中心联合承担编撰任务，并由航空工业出版社出版。参加书稿编写工作的众多科技人员中有两院院士，有航空科研院所的总设计师、总工程师和知名专家，有空军、海军和陆航长期从事装备研究的专家，有院校的教授，还有长期从事科技情报研究和系统工程分析的专家。他们在繁忙的工作之际，积极撰写文稿，反复修改、核实，认真、严谨的工作态度令人感动。这套丛书具有史料丰富、内容翔实、分析全面、图文并茂等特点，既有对过去 100 多年的总结和回顾，也有对新世纪的展望和分析，是一套技术含量较高、又深入浅出的航空科技出版物。希望本套丛书能为传播航空科技知识，吸引更多读者关心航空、支持航空，并为推进中国航空事业的进一步发展做出贡献。

丛书编辑部

2007 年 7 月 20 日

前 言

直升机是依靠发动机驱动旋翼产生升力和纵、横向拉力及操纵力矩，能垂直起落的航空器。自问世以来，直升机的发展非常迅速，目前国际上已经建立起了种类齐全、性能先进的直升机体系。从 20 世纪 50 年代的朝鲜战争、60 年代的越南战争，一直到 21 世纪的伊拉克战争中，都有直升机的参与，其承担的任务也已经从过去的搜索与救援、物资运输等保障职能逐步发展到侦察和对地攻击等职能。辉煌的战果一次次验证了直升机在战争中的重要作用。

鉴于直升机在历次战争中发挥的重大作用，以及在民用领域日益广泛的应用，大量的专业研究人员和军事爱好者都对其给予了高度的关注。为了使读者能够全面、详细地了解直升机的发展历史、现状和未来，我们组织国内多家直升机研究机构的资深研究人员，精心编写了《直升机发展历程》。本书以历史事件为主线，精心遴选材料，用通俗易懂的语言，详尽而有重点地向广大读者展示了各类直升机的诞生、成长、应用和发展趋势。为了满足读者越来越高的欣赏要求，书中还配有精美的图片，特别是一些宝贵的历史资料，适合各层次读者阅读。

参加本书编写工作的有：栗琳、王绪智、蔡汝鸿、张广林、王玉山、曹喜金、张维德同志，全书由高正教授审阅。

由于作者水平的限制，书中难免有不恰当的地方，欢迎广大读者对书中的不当之处提出宝贵意见。

编 者

2007 年 7 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 直升机概述	1
1.1.1 直升机的结构	1
1.1.2 直升机的分类	7
1.2 从竹蜻蜓玩具到“飞车”传说	11
1.3 直升机诞生的前奏	12
1.3.1 对直升机模型开展的探索工作	12
1.3.2 直升机的探索取得实质性进展	13
1.4 直升机进入实用阶段	16
1.4.1 活塞发动机和木质桨叶直升机	16
1.4.2 涡轮轴发动机和金属桨叶直升机	17
1.4.3 复合材料桨叶和大规模集成电路直升机	18
1.4.4 复合材料、电传操纵及隐身直升机	20
1.5 直升机的发展趋势	23
1.5.1 数字化综合设计/制造/试验一体化技术全面推广应用	23
1.5.2 倾转旋翼机技术日臻成熟,市场前景广阔	24
1.5.3 旋翼技术仍是直升机发展的主旋律	24
1.5.4 复合材料大量使用,智能材料前景诱人	25
1.5.5 航空电子向数字化、集成化、综合化、智能化方向发展	26
1.5.6 飞行操纵系统将从电传操纵向光传操纵系统过渡	27
1.5.7 减振降噪及安全性技术越来越受到重视	27

第2章 军用运输直升机

29

2.1 运输直升机首次用于兵力和物资的机动运输	29
2.2 研制突击运输直升机,提高快速反应能力	31
2.2.1 突击运输直升机的出现	31
2.2.2 陆军空中机动理论的发展	33
2.3 军用运输直升机运载能力不断增强	34
2.3.1 大中型军用运输直升机的发展	34
2.3.2 运输直升机对陆军战术及编制的影响	38
2.4 军用运输直升机的发展阶段	38

第3章 武装直升机

40

3.1 直升机平台与武器系统的最初结合	40
3.1.1 初期的探索	40
3.1.2 苏联的尝试	41
3.1.3 美国的试验	41
3.1.4 用于实战的 UH-1B	44
3.2 专用武装直升机投入实战	45
3.2.1 实战专用武装直升机的问世	45
3.2.2 AH-1 直升机的发展	46
3.2.3 米-24 “雌鹿”武装直升机亮相	48
3.3 专用反坦克直升机的出现	51
3.3.1 美军的 AH-64 “先进攻击直升机”(AAH)计划	51
3.3.2 俄罗斯发展新一代武装直升机	52
3.3.3 其他国家的武装直升机	55
3.4 武装直升机向多功能、隐身方向发展	58
3.4.1 一机多型的“虎”式武装直升机	58
3.4.2 先进的 RAH-66 隐身直升机	60

第4章 反潜与布/扫雷直升机

64

4.1 反潜与扫雷直升机成为现代战争的重要力量	64
-------------------------	----

4.2 反潜直升机性能不断提高	65
4.2.1 直升机反潜初露端倪	65
4.2.2 早期的反潜直升机	66
4.2.3 直升机搜潜与攻潜相结合	69
4.2.4 苏联研制单一功能的反潜直升机	70
4.2.5 反潜能力进一步提高	71
4.2.6 “海妖”演变成“超海妖”，“海鹰”进化为“攻击鹰”	72
4.2.7 欧洲国家联合研制反潜直升机	74
4.3 反潜直升机的搜潜设备与攻潜武器不断发展	75
4.3.1 搜潜声呐种类繁多，使用程序各不相同	75
4.3.2 发展前途广阔的非声探测	76
4.3.3 反潜直升机的主要攻潜武器	76
4.4 安全高效的布雷与扫雷直升机	77
4.4.1 直升机布雷快速灵活	77
4.4.2 直升机扫雷安全高效	78
4.4.3 典型的扫雷直升机	80

第5章 搜索与救援直升机 82

5.1 适应战争需要，发展搜索救援直升机	82
5.2 采用先进设备，提高营救能力	84
5.2.1 搜索是救生的前提	84
5.2.2 定位装置和自动控制系统是救生的关键	85
5.2.3 航程和续航时间是影响救援效果的重要因素	85
5.2.4 救护直升机的特殊系统	86
5.2.5 搜索与救援直升机应具备隐身、低空突防等性能	86
5.3 搜索与救援直升机的运用	87
5.3.1 指挥协调体系	87
5.3.2 搜索与救援的方法	89
5.3.3 搜索与救援训练	90
5.3.4 以往的教训	91
5.4 典型的搜索救援直升机	94
5.4.1 S-61R	94
5.4.2 S-65	94
5.4.3 卡-27“蜗牛”C	94

5.4.4 米-17-IBA	95
5.5 搜索与救援直升机的未来发展	95

第6章 侦察直升机 96

6.1 采用简单目视,实现空中观察	96
6.1.1 朝鲜战争中的空中观察	97
6.1.2 直升机执行战场局部地区空中战术观察的优势	97
6.1.3 早期空中观察直升机	98
6.2 直升机性能不断提高,侦察设备日臻完善	99
6.2.1 第一次竞标,“印第安小种马”直升机胜出	99
6.2.2 第二次竞标,“基奥瓦”夺魁	100
6.2.3 其他国家的新型直升机研制	101
6.2.4 专用侦察设备不断完善	102
6.2.5 美国陆军直升机改进计划	104
6.2.6 为侦察直升机加装各种武器	105
6.2.7 侦察直升机参与各种军事行动	106
6.2.8 应对新挑战,推出新型侦察直升机	107
6.3 无人旋翼机越来越受到重视	108
6.4 小型化、微型化和无人化也是侦察直升机的发展重点之一	111

第7章 电子战直升机 112

7.1 电子战直升机的主要任务	112
7.2 电子战直升机的干扰能力不断提高	112
7.2.1 直升机初载干扰器,功能单一效果尚可	112
7.2.2 载机与电子战设备性能不断提高	113
7.2.3 海湾战争中的战场监视	114
7.2.4 法国“荷莱恩”电子战直升机系统	114
7.2.5 俄罗斯“河马”电子战直升机	115
7.2.6 机载设备的综合化、数字化	117
7.3 利用现役直升机,改装海上预警直升机	117
7.3.1 预警直升机的初次尝试	118

7.3.2 “海王”预警直升机问世	119
7.3.3 苏联研制独特的“蜗牛”预警直升机	120
7.3.4 预警直升机效能提升	120
7.3.5 “灰背隼”将取代“海王”	121
7.3.6 美国新型 V-22 “鱼鹰”预警直升机	122

第 8 章 警用直升机 124

8.1 警用直升机的特殊要求	124
8.2 警用直升机成为治安保卫的有力手段	127
8.3 警用直升机的主要型号	130
8.4 警用直升机的未来发展	133

第 9 章 民用直升机 135

9.1 民用直升机走向实用	138
9.2 民用直升机定期客运航线开始运营	139
9.2.1 短途航班	140
9.2.2 私人直升机	141
9.3 专用民用直升机投入使用	141
9.4 民用直升机的应用更加广泛	143
9.4.1 油气开发	143
9.4.2 公共服务	145
9.4.3 其他方面	147

第 10 章 特殊种类的直升机 151

10.1 倾转旋翼机获得新生	151
10.1.1 倾转旋翼机的发展历程	151
10.1.2 倾转旋翼机的性能优点	156
10.1.3 倾转旋翼机的主要用途	157
10.1.4 倾转旋翼机的技术难点	157
10.2 复合式直升机崭露头角	159

10.2.1	桨尖喷气复合式直升机	159
10.2.2	刚性旋翼复合式直升机	159
10.2.3	推力换向复合式直升机	160
10.2.4	机身侧面装螺旋桨的复合式直升机	160
10.2.5	X翼机	161
10.3	双旋翼直升机发展迅速	161
10.3.1	纵列式双旋翼直升机	162
10.3.2	横列式双旋翼直升机	164
10.3.3	共轴式双旋翼直升机	165
10.3.4	交叉式双旋翼直升机	167
10.4	无尾桨直升机研制取得进展	168
10.4.1	无尾桨系统的构型和工作原理	168
10.4.2	无尾桨系统的发展历程	168
10.4.3	无尾桨直升机投入实用	169

直升机大事记

173

第 1 章

概 论

1.1 直升机概述

直升机是依靠发动机驱动旋翼产生升力和纵、横向拉力及操纵力矩,能垂直起落的航空器。它既区别于以旋翼作为主要升力来源,但不能垂直起落与悬停的自转旋翼机,又不同于不以旋翼作为主要升力来源的垂直起落飞机。

直升机属于旋翼航空器,装有一副或几副类似于大直径螺旋桨的旋翼。旋翼安装在机体上方近似于垂直的旋翼轴上,由动力装置驱动,能在静止空气和相对气流中产生向上的升力。旋翼还可以在自动倾斜器的操纵下产生各个方向的水平分力。因此,直升机既能垂直升降、空中悬停,又能向前后左右任一方向飞行,有机轮的直升机也可以做超载滑跑起飞。当发动机在空中停车时,直升机可利用旋翼自转下降,安全着陆。

由于直升机具有垂直起降能力,不需要专用的机场跑道,能长时间在空中悬停和向任意方向飞行,使得它在民用和军用方面获得了广泛的应用。在民用方面主要用于运输旅客和货物、喷药除虫或施肥、森林灭火、地质勘探、抢险救灾、医疗救护、新闻摄影、吊运重物、缉私执法、环境监测、科学探险等。在军用方面用于运

输突击、空降空投、侦察搜索、火力支援、反坦克、反潜艇、布/扫雷、电子战与预警等。直升机已经广泛应用于国民经济和国防建设的各个方面,可以说没有直升机的社会不能称之为现代社会,没有装备直升机的军队不能看做是现代化的军队。

1.1.1 直升机的结构

直升机一般由7个主要部分组成:旋翼与尾桨、动力装置及其附件、传动系统、操纵系统、起落架、机身和机载设备。

1.1.1.1 旋翼与尾桨

(1) 旋翼

直升机最显著的标志是旋翼,顾名思义,旋翼就是旋转的机翼。直升机和飞机都是重于空气的航空器,它们都需要翼面与空气发生相对运动,以产生向上的升力,来克服地球引力,实现在空中的飞行,这是它们的相似之处。但是,飞机在空中飞行,升力主要是靠与飞机机身固定在一起的机翼产生,而前进力则靠另外的螺旋桨或喷气式发动机产生。直升机在空中飞行,升力和前进力都由旋翼产生。

对直升机来说,旋翼既起到飞机机翼的作用,又起到螺旋桨(或喷气式发动机)的作用,此外还起到飞机副翼、升降舵和方向舵的作用。为了实现上述功能,旋翼

总的空气动力矢量可以变化。因此旋翼桨叶的工作环境比飞机机翼的工作环境复杂得多,这使得直升机旋翼比固定翼飞机机翼结构复杂。

旋翼系统由桨叶和桨毂组成。旋翼形式是由桨毂构型决定的,它随着使用材料、制造工艺和旋翼理论的发展而发展。到目前为止,已实际应用的旋翼形式有铰接式、跷跷板式、无铰式和无轴承式。

a. 桨毂

(a) 铰接式(又称全铰接式)

旋翼桨毂通过桨毂上的挥舞铰、摆振铰和变距铰来实现桨叶的挥舞、摆振和变距运动。典型铰接式桨毂的铰链布置顺序(从内向外)是由挥舞铰、摆振铰到变距铰,也有挥舞铰与摆振铰重合的。

在变距铰中用推力轴承来承受离心力并实现变距运动,或利用弹性拉扭杆来实现这种功能。铰接式桨毂结构复杂,维护工作量大,疲劳寿命低。

铰接式旋翼在摆振铰上带有桨毂减摆器,为桨叶的摆振运动提供阻尼。减摆器能够防止出现“地面共振”,保证直升机有足够的稳定性裕度。减摆器有液压减摆器和黏弹性减摆器两种。液压减摆器主要是用油液流动速度的损失来产生压力差,从而起到阻尼作用。用硅橡胶制成的黏弹性减摆器是利用黏弹性材料变形时产生的强大的内阻尼来提供所要求的减振阻尼。黏弹性减摆器突出的优点是结构简单,除了目视检查外,不需要维护。

(b) 万向接头式及跷跷板式

20世纪40年代中期,在全铰接式旋翼得到广泛应用的同时,美国贝尔直升机公司研制了万向接头式旋翼,并将其成功地应用在总重为1t左右的贝尔47轻型直升机上。50年代中期又把万向接头式进一步发展成跷跷板式,研制了总重4t多的UH-1中型直升机和9t级的贝尔214直升机。

这两种桨毂形式与铰接式相比,结构简单,去掉了摆振铰、减摆器,两片桨叶共同的挥舞铰不承受离心力而只传递拉力及旋翼力矩,轴承负荷较小,没有“地面共振”问题。但是,这种旋翼的操纵功效和角速度阻尼比较小。为了加大角速度阻尼,这种形式的旋翼都要带机械增稳装置(即稳定杆)。

(c) 无铰式

20世纪40~60年代,铰接式旋翼成为主要的旋翼形式。但是,由于结构复杂、维护工作量大、操纵功效和角速度阻尼小等缺点,从50年代起人们除了简化铰接式旋翼结构外,还开始了无铰式旋翼的研究。60年代末及70年代初,无铰式旋翼进入了实用阶段。无铰式旋翼取消了挥舞铰和摆振铰,只保留了变距铰,所以结构相当简单。

(d) 无轴承式

无铰式旋翼仍然保留了变距用的变距铰,所以不能说是真正的“无铰”旋翼,变距铰要承受很大的力矩和离心力,结构重量很难减轻,结构复杂性难以简化,因此下一步的发展是把变距铰取消掉。无轴承旋翼就是取消了所有3个铰链的旋翼,桨叶的挥舞、摆振和变距运动都由桨叶根部的柔性元件来承担。

b. 桨叶

旋翼系统中,桨叶是提供升力的重要部件。按桨叶发展的先后顺序,可分为木质桨叶、钢木混合式桨叶、金属桨叶和复合材料桨叶。

木质桨叶有构架式和实心式两种。构架式木质桨叶由经过压制的木材制成的大梁、叶肋组、桁条组和层压板蒙皮组成;实心式木质桨叶没有空心部分,后缘部分采用轻质木材,桨叶各部分用胶粘接。

钢木混合式桨叶由承受离心力和弯曲力矩的主受力构件——大梁、木质叶肋、

前缘桁条、后缘桁条以及层压板和布制成的蒙皮构成。桨叶大梁一般是一根椭圆形剖面的钢管。

金属桨叶是由挤压的 D 形铝合金大梁和胶接在后缘上的后段件组成。后段件外面包有金属蒙皮,中间垫有泡沫塑料或蜂窝结构。同钢木混合式桨叶相比,这种桨叶的气动效率高、刚度好、加工比较简单、寿命较高。

复合材料桨叶的主要承力件是 C 形大梁。它主要承受离心力,并提供大部分挥舞弯曲刚度,它是由抗拉及抗弯方面比刚度和比强度较高的单向玻璃纤维预浸带构成。在翼型前部和后部各布置了一根 Z 形梁。前后 Z 形梁与蒙皮胶接在一起,使桨叶剖面形成多闭室结构。桨叶采用泡沫塑料作为内部支承件,前缘包有不锈钢片,防止磨蚀。

桨叶平面形状常见的有矩形、梯形和矩形加后掠形桨尖等。近年来桨尖的形状变化较多,目前已从第一代矩形、第二代简单尖削加后掠、第三代曲线尖削加后掠发展到下反式三维桨尖。这是因为桨叶尖部速度对旋翼性能有着十分重要的影响,前行桨叶尖部的空气压缩性不允许速度过大,其马赫数通常限制在 0.92 以下。后掠桨尖可以使这个临界马赫数增加几个百分点。

桨叶剖面形状与飞机机翼剖面形状相似,旋翼桨叶剖面形状称做翼型(或叶型)。为了具有良好的旋翼性能,往往要把桨叶翼型设计成沿桨叶展向变化的,采用成套的翼型族去分别满足桨叶不同半径处在不同方位角的不同要求,使桨叶在不同气动环境中发挥不同翼型的性能。如后行桨叶不容易产生气流分离且具有较大的升力系数,而前行桨叶则有较大的阻力发散马赫数。

虽然无扭转的旋翼桨叶在制造上简单,

但为了使空气动力沿桨叶的分布比较均匀,减小由于诱导速度分布不均匀导致的功率损失,通常都把桨叶做成具有负的几何扭转,即桨叶安装角从叶根到叶尖逐渐减小。桨叶的扭转可分为线性扭转和非线性扭转。线性扭转桨叶容易制造,非线性理想扭转则是根据空气动力优化设计进行的扭转,但这种桨叶制造较困难。

(2) 尾桨

尾桨是用来平衡旋翼反扭矩和对直升机进行航向操纵的部件。另外,旋转的尾桨相当于一个垂直安定面,能起到稳定直升机航向的作用。虽然尾桨的功用与旋翼不同,但是它们都是由旋转而产生空气动力,在前飞时都处于在不对称气流中工作的状态,因此尾桨结构与旋翼结构有很多相似之处。尾桨的结构形式有跷跷板式、万向接头式、铰接式、无轴承式以及涵道尾桨和“无尾桨”(NOTAR)式。

1.1.1.2 动力装置及其附件

动力装置是直升机动力的提供者,它把燃料的化学能转化为机械能,驱动旋翼旋转。直升机动力装置主要有两种:一种是活塞式发动机,一种是涡轮轴发动机。

在直升机发展初期,都采用当时技术上比较成熟的活塞式发动机作为直升机的动力装置,但这种发动机存在振动大、功率重量比和功率体积比小、控制复杂等许多问题。为解决上述问题,人们研制了直升机用涡轮轴发动机。

发动机对直升机的各种使用特性都有重要影响,直升机对发动机的一般要求是功率重量比高、耗油率低、高度特性与温度特性好、起动容易、加速快、可靠性高、维修性好、振动与噪声小。直升机对发动机还有两项特殊的要求:一是要求发动机在起动停车和旋翼自转时必须能使旋翼和发动机脱开;二是要求发动机的扭矩—转速特性应保持足够的稳定性。也就是说,

任何原因的扰动引起的旋翼转速变化可由发动机轴上的输出扭矩自动增加或减少来使其恢复到原来的转速。

涡轮轴发动机的尾喷管排出的气流速度很小,产生的推力也很小,甚至完全不产生推力。它的高温燃气的热能绝大部分都是用来推动燃气涡轮的旋转,在燃气涡轮上有一根与主减速器连接的输出轴,发动机的功率通过这根轴传送出去。根据这根输出轴与涡轮的连接方式的不同,涡轮轴发动机可分为定轴式涡轮轴发动机和自由式涡轮轴发动机。

涡轮轴发动机和活塞发动机相比,其最大的优点是功率重量比大,同时,涡轮轴发动机的使用、维护也简单,所以目前涡轮轴发动机使用非常广泛,基本上取代了活塞发动机。但活塞发动机具有耗油率低、价格便宜的优点,因此仍在轻小型直

升机(如 R22 和贝尔 47 直升机,如图 1-1 所示)上使用。

在沙尘环境中飞行的直升机,其发动机应有粒子分离器,以过滤掉空气中的沙尘,提高发动机的使用寿命。军用直升机为了避免红外探测装置的探测和红外寻的导弹的跟踪,都在发动机排气管处装有排气红外抑制装置。

1.1.1.3 传动系统

直升机的传动装置是发动机驱动旋翼和尾桨旋转必不可缺的部件,它与发动机、旋翼系统共同构成了一个完整的机械运动系统。

对传动系统的基本要求是:工作可靠、扭转与弯曲振动小、传动效率高、结构与制造简单、重量轻、容易安装拆卸和维护、有起动离合器和自转离合器、运转噪声小。



图 1-1 贝尔 47 直升机

现代直升机的传动装置是由各种附件组成的、用来传递机械能的系统。目前大多数直升机的传动系统采用刚性构件,利用齿轮啮合传动原理将发动机输出的功率传递给旋翼、尾桨和其他部件。传动系统的主要部件有:主减速器、中间减速器、尾减速器、传动轴、旋翼刹车装置、离合器和联轴节等。

(1) 主减速器

主减速器为齿轮传动式,有发动机的功率输入端和旋翼、尾桨以及附件传动轴相联的功率输出端,是直升机上的主要动部件之一。其功能是减速、转向和并车。它将高转速小扭矩的发动机功率变成低转速大扭矩并传递给旋翼轴,同时按要求的转速和扭矩将功率传递给尾桨和附件等。对主减速器的要求是传递功率大、重量轻、减速比大、传递效率高、寿命长、可靠性高、干运转能力强。

(2) 中间减速器与尾减速器

中间减速器只用来改变功率传输的方向而不减速。尾减速器将功率传给尾桨,同时降低转速,减速比通常为2~3。

(3) 传动轴和联轴节

发动机与主减速器之间、主减速器和中间减速器以及尾减速器之间,还有和附件之间都需要用传动轴和联轴节将它们连接起来,以传递功率。传动轴根据用途可分为主轴、中间轴和尾轴。传动轴的负荷大,使用条件复杂,对它们的平衡振动特性及轴的可靠性要求高。

联轴节是传动轴之间的联接装置,要求以最小的功率损失可靠地传递扭矩并实现传动轴间的角位移和线位移补偿。联轴节大多数都采用柔性结构。

(4) 离合器

自由行程离合器(或称超转离合器)由星形轮、滚柱、外圈和分离环组成。它的作用是保证在正常情况下将发动机的扭

矩传递给主减速器。当发动机一旦停车时,自由行程离合器能保证将发动机和主减速器脱开,不妨碍另一台发动机工作或旋翼自转。

对以活塞式发动机和定轴式涡轮轴发动机为动力的直升机来说,还必须增加起动机离合器,以确保在发动机起动时能和惯性很大的旋翼系统及传动系统脱开,便于起动,这种离合器采用摩擦离心块,在发动机达到一定转速后再自动接通旋翼。

1.1.1.4 操纵系统

直升机操纵系统一般由周期变距操纵杆、脚蹬、油门总距变距杆、自动倾斜器、液压助力器、加载机构、卸载机构、旋翼刹车以及连杆、摇臂等组成。整个操纵系统分为3大部分:油门总距变距系统、脚操纵系统和周期变距操纵杆操纵系统。操纵油门总距变距杆,可以使直升机垂直升降;操纵脚蹬,可以使直升机转弯;操纵周期变距操纵杆,可以使直升机向任意方向飞行。

在飞行中,直升机必须有垂直位移操纵性及对三个空间轴线(即横轴、纵轴和垂直轴)的角位移操纵性。垂直位移的操纵通过改变旋翼桨叶总距和发动机油门的方法进行。在大多数现代直升机上,总距的操纵是与油门的操纵联动的。当发动机停车,旋翼转变到自转状态时,总距必须改变。直升机通过自动倾斜器周期地改变旋翼桨叶的桨距,使旋翼旋转平面倾斜,从而产生所需的俯仰力矩或横滚力矩。单旋翼带尾桨直升机用尾桨进行方向操纵。驾驶员在驾驶舱中用脚蹬就可以改变尾桨桨距,从而改变尾桨拉力,于是产生所需的相对垂直轴的力矩。在双旋翼和多旋翼直升机上,用旋翼进行方向操纵。驾驶员用脚蹬可以相应地改变旋翼桨叶桨距。

对直升机操纵系统的基本要求是:重量小、刚度大,由摩擦、活动间隙和变形