



世界著名战术运输机 发展历程

叶洲南 编著



航空工业出版社



世界著名战术运输机发展历程

叶洲南 编著

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

对世界著名战术运输机的研制历程、技术特征和改进改型以及新型大中型战术运输机的研制现状等进行了简要介绍和综合评述,简要介绍了未来中型战术运输机的主要设计方案及性能特征,简单论述了加快我国军事空运力量建设的必要性与紧迫性。

本书既可作为从事航空科研、军用/民用运输机研制的政府部门及企事业单位的管理人员和科技人员的参考书,也可作为我国航空院校师生、军事空运航空兵部队指战员、相关人员和广大军事航空爱好者了解现代战术运输机、现代军事空运以及现代战术空运的普及读物。

图书在版编目(CIP)数据

世界著名战术运输机发展历程 / 叶洲南编著. -- 北京: 航空工业出版社, 2011.12
ISBN 978-7-80243-881-1

I. ①世… II. ①叶… III. ①战术—军用运输机—技术史—世界 IV. ①E926.393-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 261450 号

世界著名战术运输机发展历程

Shijie Zhuming Zhanshu Yunshuji 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: 010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2011 年 12 月第 1 版

2011 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 10.75

字数: 208 千字

印数: 1—2500

定价: 38.00 元

前 言

20 世纪 60~70 年代，美、苏两国采用“战略空运+战术空运”的军事空运体制，通过大量列装战略运输机和战术运输机，为本国的武装力量构建了完整的军事空运后勤保障体系。其典型运行方式是：先由战略运输机将作战人员/装备/物资从后方（战略）基地空运至前方（战区）基地，经过一次卸装后，再由战术运输机将作战人员/装备/物资空运至前线野战机场；而那些战术运输机无法载运的（因重量或尺寸过大）重（大）型作战装备则经由地面道路转运至前线。与战略运输机相比，战术运输机的特点就是造价低、抗战损力强、飞行速度适当，具有优良的短距离起降性能、可以在前线野战机场的土跑道、砂石跑道甚至自然草地、雪原上起降，直接向作战部队提供支持；但其载容量和载重量较小、航程也相对较短。

在东西方冷战期间，各主要国家都组建了各种编组形式的战术空运集群，列装了大量战术运输机。美、苏两国列装的中型战术运输机都达到了六七百架的规模；法国和德国的中型战术运输机机群也有近百架的规模。在冷战时期发生的重大军事行动中，双方的战术空运力量都发挥过非常重要的作用，创造了许许多多令人眼界大开、拍案称奇的经典战例。

新型大型战术运输机集新技术革命之大成，能够载运大型作战装备，具有跨洋飞行能力，可以在前线野战机场起降。通过列装一定数量的大型战术运输机，人们将可以采用“直接抵达、直接交付”的全新军事空运体制，为本国武装力量构建一个高效、兼容、快捷的新型军事空运后勤保障系统，极大地改善其战备态势，使其具有“先敌而发、无处不往、重兵进取、直捣虎穴”的优势。战术运输机将在未来的高科技信息化（局部）战争中担当更关键的角色、发挥更大的作用。对于这一点，我们在筹划研制我国的新型军用运输机、构建我军的新型军事空运后勤保障体系时，应该有清醒的认识。

长期以来，笔者一直对世界著名战术运输机的研制历程、技术特征以及改进改型情况进行系统跟踪、分析和研究，曾经成系列地发表了一些相关文章。现

在，我国航空工业已迎来了前所未有的发展机遇，鉴于此，笔者希望对以往的工作进行回顾和总结，以期通过对文章的整理、补充和修改，梳理出一些有意义的东西。本书收录的这些文章各成一体、独立成篇，便于读者阅读；但因笔者水平有限，希望能得到大家的指教。

作者

2011 年 9 月于陕西汉中

目 录

V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机	1
C-295 小型战术运输机	20
C-27J 小型战术运输机	37
C-130 系列中型战术运输机	53
C-130J “超级大力士”中型战术运输机	69
A400M 大型战术运输机	87
安-70 大型战术运输机	104

附录

大中型战术运输机的现在与未来	121
国外中型战术运输机的发展与应用	140
浅谈各国军事空运力量的现状	154

V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机

应该说，人类现代航空航天的所有成就，只不过是人类在探索大自然的初级阶段中获得的初步阶段性成果而已。尽管人们不断创造的“更快、更高、更远”持续地引起轰动，让人类自我感觉良好，但实际上，我们的飞行方式却无甚创新，乏善可陈。除了现代科学的固有偏见、不可克服的技术难点或无法承受的研发费用之外，急功近利的实用主义思维也是造成这种状态的主要原因之一。人们厌烦于被“卷入”全新研制工程，因为那确实需要奉献精神。往往有的人终其一生，也难得“正果”。本文介绍的V-22“鱼鹰”倾转旋翼机正是一个这样全新的飞行器研制工程。尽管人们已经为研制成功像V-22“鱼鹰”倾转旋翼机这样的倾转旋翼飞行器持续奋斗了50余年；尽管该机已完成了全部研制计划，走完了整个试验、鉴定过程，已经装备军队并开始遂行作战任务了；尽管美国军队上上下下都在算计着该机的列装将会给自己带来的种种“好处”；但在许多人注视该机的目光里，还闪现着深深的诧异和无尽的疑惑。该机现在依然要为获得美国民众的信任而努力表现！

1. 翩跹舞蝶入眼来

迄今为止，人类只普及应用了两种载人重航空器——固定翼飞机和旋转翼飞机，也就是人们通常所说的飞机和直升机。飞机飞行所需要的升力（在高速前行中）是由机翼产生的，推进装置产生的推（拉）力基本平行于前行方向，故其速度快、航程长、载重大，但需要地面跑道滑跑起降；直升机飞行所需的升力是由旋翼装置直接提供的，前行所需要的拉力则是通过偏转旋翼而“分”出来的，故其速度慢、航程短、载重小，但却可以垂直起降。这两种飞行器各具特色，其长短优劣也难一言以蔽之。

50余年来，人类为了能够使用第三种方式——兼具上述两种飞行方式优点的新飞行方式进行飞行，进行了锲而不舍、坚韧顽强的努力。人们希望通过改变动力装置产生的拉（推）力的作用方向而使一种重航空器同时具备垂直起降和高速水平飞行的能力，而且为了实现这一想法花费了大量时间和金钱。就目前来看，在人类的这一努力中，最为成功的事例就是研制成功了“鹞”式战斗机。该

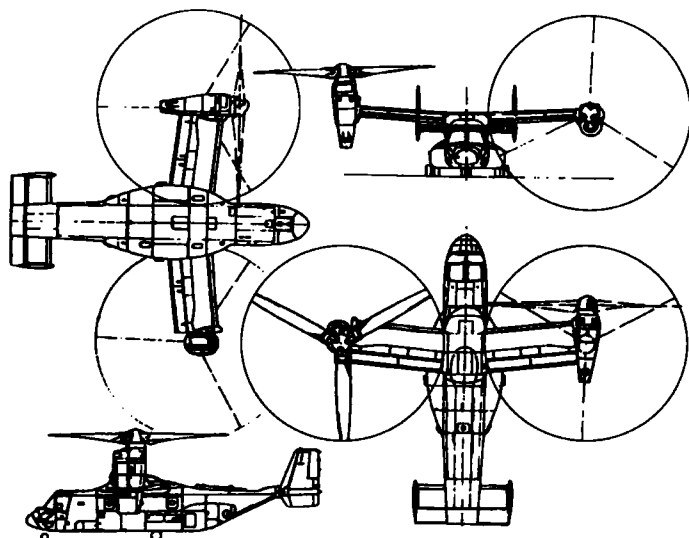
机利用矢量推力喷嘴获得了这样的起降和飞行能力；而其他大多数方案则归于失败，因为它们无法提供“足够宽松”的“转换通道”。也就是说，在重航空器从直升机飞行模式转换到固定翼飞机飞行模式的过程中，它们均无法保证航空器仍然处于可以操控或易于操控的状态之中。此外，巨大的研制费用也令人们望而生畏。

倾转旋翼机方案源自美国贝尔直升机公司。该方案认为：当重航空器以直升机飞行模式垂直起飞后，是可以将其“旋翼”向前“倾转”约 90° 而成为“螺旋桨”，使该航空器受控地转换为固定翼飞机飞行模式进行水平飞行的；反之亦然。这样，一种重航空器就能兼具垂直起降和高速水平飞行的能力。在美国陆军和美国空军的资助下，贝尔直升机公司在20世纪50年代研制了两架倾转旋翼验证机，代号为XV-3。第一架XV-3倾转旋翼验证机于1955年8月首飞，但仅仅两个月后便坠毁了；第二架XV-3倾转旋翼验证机于1958年12月首飞，至该机于1965年停飞前，共飞行了250个架次，成功完成了110次飞行模式转换。XV-3倾转旋翼验证机诱发了美国政府深入研究倾转旋翼机的兴趣。

1972年，在击败了有备而来的波音·沃特公司之后，贝尔直升机公司从美国国家航空航天局和美国陆军获得了一份总价值为4000万美元的合同，为其研制两架更大的、装用涡轮发动机的倾转旋翼验证机，代号为XV-15。第一架XV-15倾转旋翼验证机于1977年首飞；第二架XV-15倾转旋翼验证机于1979年首飞，并于当年完成了首次飞行模式转换。1980年，XV-15倾转旋翼验证机的飞行速度达到了 555km/h ；1986年间，XV-15倾转旋翼验证机完成了一系列试飞研究，共飞行了530余小时、实现了1500余次飞行模式转换。1981年，XV-15倾转旋翼验证机从巴黎航展上载誉而归后，又为美国政府的军政要员们进行了飞行表演。这次极为成功的演示飞行，促使美国国防部在当年12月启动了“多军种先进垂直起降飞机”（Joint Services Advanced Vertical Lift Aircraft——JVX）研制工程，下决心研制一种实用型倾转旋翼机。

1982年6月，贝尔直升机公司与波音公司联合组建了贝尔/波音直升机公司（Bell/Boeing），专门负责JVX的研制工作；同年12月，美国国防部正式公布了对JVX的“多军种联合作战要求”；1983年4月，贝尔/波音直升机公司获得了JVX初步设计合同；1984年7月，公司提交了启动JVX全尺寸样机研制工程的建议书；1985年1月，JVX的型号被定为V-22，同时还赋予绰号“鱼鹰”（Osprey）；1986年5月，V-22倾转旋翼机全尺寸样机研制合同（包括6架原型机和1架静力试验机）正式签署，至此，全尺寸样机研制工程正式启动；1988年5月，第一架倾转旋翼战术运输机原型机完成总装；1989年3月，该原型机首飞；1989年9月，该原型机首次成功完成飞行模式转换。此外，英国宇航公司、

意大利阿莱尼亚飞机制造公司和德国多尼尔公司等也都先后介入了 V-22 倾转旋翼样机的研制工作，成为贝尔/波音直升机公司的合作伙伴。随后，美国联邦航空局和美国国家航空航天局也启动了民用倾转旋翼机的研制工程。

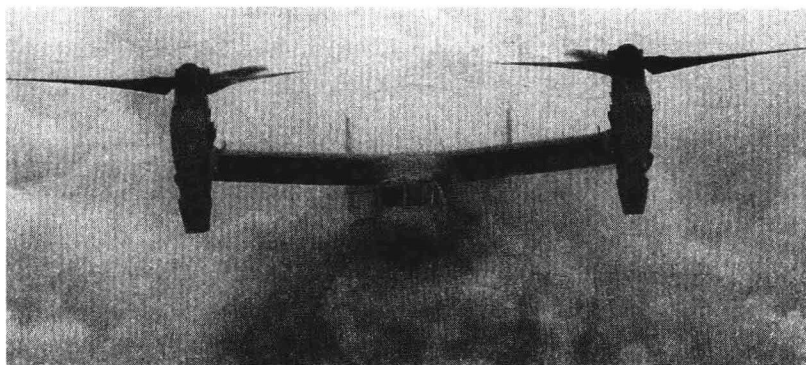


V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机四面图

1989 年 4 月，在 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机原型机成功首飞后仅一个月，时任美国国防部长切尼砍掉了该工程 3 年（1990 ~ 1992 财年）的研制经费预算，幸而美国国会的态度坚定，V-22 研制计划得以继续进行。1990 年 4 月，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼原型机开始进行鉴定试飞（计划飞行 4000h）；1991 年 6 月，5 号原型机因航电设备线路问题在首飞时坠毁；1992 年 7 月，4 号原型机又在试飞中因发动机短舱失火而坠毁；之后，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼原型机的鉴定试飞被暂时中止。1993 年 6 月，在贝尔/波音直升机公司对 2 号原型机和 3 号原型机进行了改进之后，美国政府又批准恢复了 V-22 的鉴定试飞。1994 年年底，V-22 的研制计划通过了关键设计审查，美国国防部批准开始批量生产 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机。

克林顿政府上台后，启动了 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机的“工程制造与发展”（EMD）工程，即新制造 4 架 V-22EMD “鱼鹰”倾转旋翼机、改进制造 2 架倾转旋翼原型机，以加快 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机的鉴定试飞和使用鉴定进程。2000 年 4 月，在 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼战术运输机即将按计划完成军方的使用鉴定（为期 8 个月、共需飞行 522 架次）时，又有一架 V-22 “鱼鹰”

倾转旋翼机因下降速度过大、桨叶失速而坠毁，此次事故导致 19 人丧生。但仅仅在一个月后，V-22 就又恢复了试飞。2000 年 10 月，美国军方正式宣布 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机已通过试飞鉴定和使用鉴定。至此，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机实际上已经走完了整个研制、试验和鉴定过程。可是，仅过了 8 个星期，又一架 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机因液压系统故障和软件缺陷而坠毁，导致 4 人丧生。在强大的公众舆论压力下，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机再次被停飞。



V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机进行降落试飞

2001 年 12 月，五角大楼决定继续进行 V-22 倾转旋翼机研制计划，并对部分 V-22 予以改进完善，以再给 V-22 一次机会来证明自己。2002 年 5 月，V-22 终于又一次复飞了（这次使用的是第四架 V-22 EMD “鱼鹰”倾转旋翼机）。这一次，该机要在 2~3 年的时间里，每年花费 15 亿~18 亿美元，按被批准的试验和试飞项目、程序以及计划经受全面、苛刻的考验，彻底排除人们心中存在的诸多疑惑。在此过程中，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机必须规规矩矩地依次通过各个阶段试验和试飞才能获得成功。因为只有在全部分通过了某一阶段的所有试验和试飞项目之后，该机才被允许进入下一阶段的试验和试飞。如果有任一阶段的鉴定没有通过，都将会导致该计划的彻底颠覆。贝尔/波音直升机公司只有背水一战了。

尽管在 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机研制计划的开展过程中，该机曾被停飞过数次，但现在看来，五角大楼当初的决定是非常正确的。因为在其作出这一决定 5 年后的 2007 年 6 月 13 日，V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机研制计划达到了一个非常重要的里程碑——MV-22B “鱼鹰”倾转旋翼机获得了初始作战能力（IOC）。也就是说，美国海军陆战队的 MV-22B “鱼鹰”倾转旋翼机以及装备这种飞机的 VMM-263 中程倾转旋翼机中队已被美国国防部确认“已经做好了与其他海

军陆战队航空部队共同承担远征作战任务的准备”。

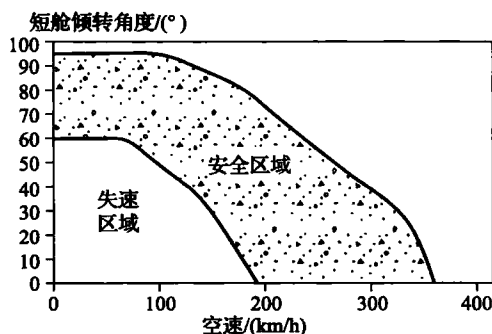
截至2010年年初，V-22“鱼鹰”倾转旋翼机研制计划已经取得了一些令人瞩目的成果。其中包括：美国海军陆战队已经编建了若干个MV-22B“鱼鹰”倾转旋翼机作战中队，已有数个美国海军陆战队倾转旋翼机中队在伊拉克和阿富汗战区成功遂行了作战任务；已有两架MV-22B“鱼鹰”倾转旋翼机成功地完成了横跨大西洋的转场飞行任务。美国空军也已接收了批量生产的CV-22B“鱼鹰”倾转旋翼机，并已开始了中程倾转旋翼机作战中队的编建工作，美国空军第一个CV-22B“鱼鹰”倾转旋翼机中队已获得了初始作战能力。尽管正在不断扩大的V-22“鱼鹰”倾转旋翼机机群仍无法彻底摆脱某些技术问题的干扰（主要是各种航空电子设备以及机械系统有时还会出现问题），V-22“鱼鹰”倾转旋翼机研制中也仍需处理一些故障和缺陷，其中某些问题也可能会比较严重，但其中的绝大部分已是在任何新型航空装备的研制过程中都会遭遇到的一般性问题了。

2. 身手奇特惹人怜

实际上，XV-15倾转旋翼验证机的研制和试飞成功，只不过是证实了倾转旋翼机方案在技术上的可行性。研制这样一种原理新颖、系统独特的实用型飞行器，不仅需要巨额的研制经费，而且还要冒着极大的技术与工程风险。美国国防部在决定启动JVX研制项目时，承受了巨大的舆论压力。1980年4月，美军为了从美国驻德黑兰大使馆中营救被伊朗人扣押的53名美国人质，策划实施了代号为“鹰爪行动”的特种作战行动。在此次行动中，美军特种作战部队甚至还没有从集结地出发，就爪折鹰坠、惨遭失败；还稀里糊涂地丢掉了8条人命、6架CH-53D“海上种马”直升机和1架C-130H“大力士”中型战术运输机。美军特种作战部队也因此成为名噪一时的反面教员。尽管美国军方事后一再辩称，这一失败并不是由于自己的不小心导致的，而是因为美军列装的各种直升机和固定翼飞机都不具有遂行此类任务所必需的性能（如垂直起降，高速度、长航程以及高可靠性等），但美国民众依然深感颜面尽失，大有揪住军方不放、非得讨个“说法”的架势。因此，为了证实其装备序列中确实尚存在着空白，美国国防部也必须启动一个独具特色的军用航空装备研制计划。

另一方面，美国军方选中倾转旋翼机研制项目也是因为这种全新的重航空器确实具有许多奇异的性能。倾转旋翼机实际上是直升机和固定翼飞机的一种组合体，是一种能像直升机那样起飞的飞机或像固定翼螺旋桨飞机那样在空中飞行的

直升机。它具有比任何一种（无论是正在服役的或尚在论证中的）直升机或固定翼飞机更为“完整”的飞行包线、更加宽广的任务适应能力。尽管倾转旋翼机在“以直升机模式飞行”时的性能不如直升机、在“以固定翼飞机模式飞行”时的性能不如固定翼螺旋桨飞机，但它却是一种速度极高、航程极长的直升机或是一种“可垂直起降、空中悬停和超低速机动飞行”的固定翼螺旋桨飞机。毫无疑问，这样一种具有奇妙综合性能的军用航空装备，肯定将会在某些军事领域内（如特种作战领域）引发一场革命。因此，当 XV-15 倾转旋翼验证机将这种空前宽广的任务适应性、令人难以置信的机动能力和简单可靠的操纵方式如此鲜活地展现在人们面前的时候，还有谁会不相信一种实用型倾转旋翼军用航空器已经是“触手可及”了呢！



V-22“鱼鹰”倾转旋翼机模式转换通道

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的总体布局并不十分怪异：稍微前掠的上单翼 + 可倾转的翼尖发动机短舱、涡轮轴发动机 + 旋翼/螺旋桨、矩形机身 + 直通货舱、上翘折平的后机身 + 货舱后（货桥）大门、双垂尾 + 中置的低平尾、前三点式起落架 + 机腹鼓包式主起落架舱。从外观看，位于左、右机翼翼尖部位的大型发动机短舱和旋翼/螺旋桨确实会对人们产生某种视觉冲击作用，给人们留下“大马拉小车”的深刻印象；而平宽且厚实的机身尾部和相对硕大的尾翼，也会让人不禁产生些许不同寻常的感觉。

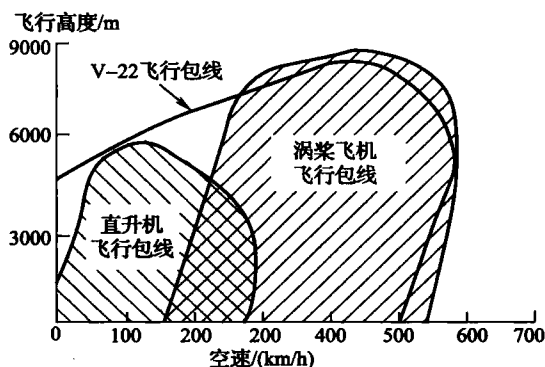
V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的主翼翼展（包括发动机短舱，但不包括旋翼/螺旋桨）为 15.52m，尾翼翼展为 5.61m；该机机长 17.47m，机高（发动机短舱垂直状态）6.73m；空机重量为 15177kg，最大起飞重量为 27442kg，最大载重量为 9072kg；最大水平飞行速度为 509km/h，巡航飞行速度为 446 ~ 476km/h；该机的最大载油量：MV-22B 基本型为 3493kg、MV-22B 选装型为 4468kg，CV-22B 基本型为 6282kg、CV-22B 选装型（加装货舱油箱后）为 11970kg；其两栖

攻击作战半径为 953km，转场航程为 3892km；该机的最大爬升率为 975m/min，实用升限为 7529m；其货舱最高 1.83m、最宽 1.80m、长 7.37m，货舱容积为 24.3m³；机组/乘员比为 (3~4)/24。V-22“鱼鹰”倾转旋翼机装用两台罗罗公司的 AE1107C 涡轮轴发动机，其额定输出功率为 4586kW/台，最大输出功率为 5093kW/台；装配贝尔/波音直升机公司自行研制的三叶复合材料旋翼/螺旋桨（以及配套的变距调速机构）和发动机短舱倾转机构（以及操纵系统）。

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的设定替换对象是波音公司研制的 CH-46“海上骑士”（Sea Knight）运输直升机和西斯基飞机公司研制的 CH-53“海上种马”（Sea Stallion）运输直升机。与这两种直升机相比，V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的性能优势主要包括以下几点。

(1) 速度高

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的最大水平飞行速度为 509km/h，约为 CH-46 和 CH-53 的两倍（CH-46 为 241km/h、CH-53 为 278km/h）。飞行速度高不仅意味着具有更宽广的任务适应能力，而且也意味着具有更高的执行任务频次、更少的暴露时间和更多的成功机会。按照美国空军特种作战部队的说法，使用一个由 V-22 倾转旋翼机与 KC-130 加油机组成的机队，只需一个晚上就可达成“鹰爪行动”的目的，且该行动会因计划简单而有更大的成功把握。类似地，如果在 1996 年的利比里亚营救行动中使用相同数量的 V-22“鱼鹰”倾转旋翼机，而不是使用直升机，则该行动只需 4 天，而不是 10 天便可完成；支援飞行架次至少可减少 50%。对于各种战场救援行动而言，高速度是完成任务的关键，因为必须赶在己方/友方人员被敌方人员发现之前就将其营救出来。



V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的飞行包线

(2) 航程长

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的作战半径比直升机要大得多。在载重 4536kg 或 2721kg 垂直起飞时，其航程大于 648km 或 1296km（CH-46 直升机为 370km、CH-53 直升机为 413km）；在载重 4536kg 短距起飞时，其航程大于 1759km，其转场航程甚至达到了 3892km。航程长不仅意味着作战半径更大，而且也意味着可在更广大的区域内进行直接部署、更远地离开各种威胁和更深入地渗透进入敌占区域。V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的航程使其可不需要加油机的支持、飞越大洋直接抵达作战地区并进入临战状态；而 CH-53 直升机在进行同样部署时，必须先用 18h 进行分解（拆卸），再用大型军用运输机将其运送到作战基地，然后用 12h 进行恢复（重新装配），并至少再花费数小时检飞一次，之后才能进入临战状态，这样是很难使作战行动达到出敌不意、攻敌不备的效果的。

(3) 变速快

由于具有大功率裕度和宽广的阻力变化特性，V-22“鱼鹰”倾转旋翼机能够在飞行中极快地提高、降低飞行速度。在 18s 内，该机就可以从速度为 420km/h 的向前水平飞行姿态转变为悬停姿态；反之亦然。这种飞行速度控制能力与地形跟随和覆盖战术能力相结合后，可以大大（与变速慢、速度低的直升机相比较）缩短其暴露在敌方对空火力网中的时间，并使驾驶员可以更加自由地选用相对安全、有效的进攻或退出航线。

很明显，这样一种可垂直或超短距离起降、能在空中悬停、长航程多用途的高速飞行平台，将会使美国军队未来的特种作战行动受益匪浅。这既是美国海军陆战队在 V-22“鱼鹰”倾转旋翼机研制计划屡遭重大挫折之时对倾转旋翼飞行器概念依然充满信心的主要原因，也是 V-22“鱼鹰”倾转旋翼机之所以能够一而再、再而三地逢凶化吉的关键所在。

3. 秉异乘风扶摇起

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机装配了许多具有“特异功能”的系统（装置）；在将这些秉性各异的系统（装置）兼容地整合进飞机或直升机的相应常规系统后，贝尔/波音直升机公司成功地使 V-22“鱼鹰”倾转旋翼机获得了海、陆、空（军）齐飞的“独门功夫”。

3.1 发动机

罗罗公司研制的 AE1107C 涡轮轴发动机采用了全权数字电子控制系统，配

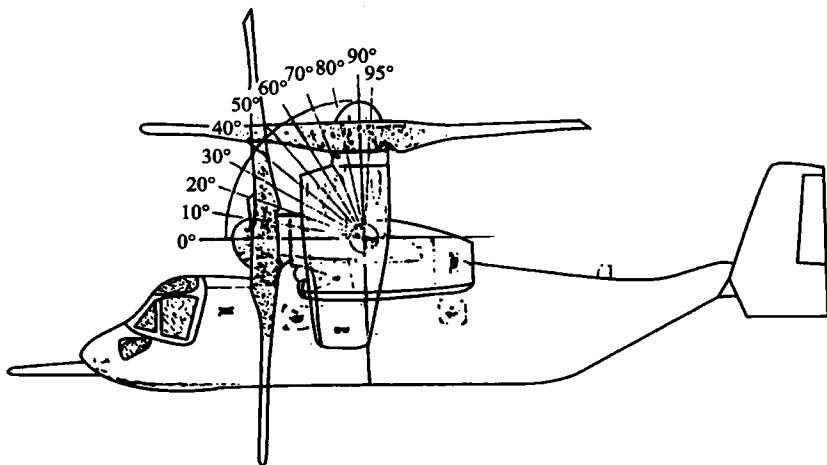
套的高压压气机在同级别发动机上装用的高压压气机中是效率最高的，它们的工作都非常可靠。选用 AE1107C 涡轮轴发动机的好处除了输出功率大、技术风险小、研发费用低之外，还具有制造技术成熟和与 T56 发动机（美国空、海军大量使用的一种涡桨发动机）具有较大的互换性等优点。

AE1107C 涡轮轴发动机具有三大特性：其一，在 V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机上的任何一台发动机停车后，另一台发动机能够通过交输轴系同时驱动两具旋翼/螺旋桨，并提供全机其他系统（如液压、电力、环控和旋翼刹车装置等）所需的动力；其二，当发动机在水平状态—垂直状态的变换过程中或处于中间任一位置时，发动机的各系统（如燃油、传动、润滑和操控系统等）均能保证其正常、稳定地工作；其三，由于引入了浮动涡轮动力输出轴，故其可根据即时运行模式优化旋翼/螺旋桨的转速（垂直飞行时用 100% 的转速、水平飞行时只用 84% 的转速），并大大减小了发动机起动力矩，还可在需要时锁住旋翼/螺旋桨。

3.2 旋翼/螺旋桨

与 AE1107C 涡轮轴发动机配套使用的是贝尔/波音公司自行研制的三叶复合材料旋翼/螺旋桨。该旋翼/螺旋桨的根部与常规螺旋桨的根部相似；而其尖端则与常规旋翼的翼尖相似。换句话说，与典型的直升机旋翼桨叶的扭曲度（12% ~ 14%）相比，V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机上装用的旋翼/螺旋桨叶片的扭曲度要更大一些（约 45%）。这样，该旋翼/螺旋桨既能够在垂直飞行状态下，像旋翼那样产生较大的升力；也能够低速前飞状态下，像螺旋桨那样产生较大的拉力。但如此优化结构也产生了副作用：一是在高速前飞时，V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机旋翼/螺旋桨的效率比固定翼螺旋桨飞机的效率要低，限制了其前飞速度；二是与常规直升机相比，V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机需耗用更大的功率才能在空中悬停。

另一方面，由于在确定旋翼/螺旋桨的大小时，既要考虑其在前飞（起螺旋桨作用）时的翼（桨）尖速度和机体的几何尺寸，还要考虑其与使用环境（如在“黄蜂”级或“塔瓦拉”级两栖攻击舰上起降时）的“兼容”问题，故 V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机的旋翼/螺旋桨只能采用小直径（11.61m）、高圆盘载荷的方案。即便如此，在旋翼/螺旋桨转动时，其旋翼/螺旋桨中心距仍达到了 14.20m。因此，尽管 V-22 “鱼鹰” 倾转旋翼机的垂直起飞性能大大低于常规直升机的垂直起飞性能，但却获得了几乎与常规直升机相同的使用环境适应能力。



V-22 “鱼鹰”的发动机旋翼/螺旋桨倾转行程

3.3 飞行操纵系统

V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机采用的是由通用电气公司研制的三余度、全数字式电传飞行控制系统。利用该系统，驾驶员通过一根操纵杆、一根动力杆（其上装有一个发动机短舱倾转操控轮，也可根据飞行模式使用该轮来改变旋翼/螺旋桨的转速）和方向舵踏板来操控 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机的飞行姿态。V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机的操纵品质相当好：在固定翼飞机飞行模式下像一架 C-130 “大力士”中型战术运输机，但没有那么重；在直升机飞行模式下则有点类似于 一架 CH-53 直升机。在进行飞行模式转换的过程中，该机的自动飞行操纵系统会协助驾驶员，将其操纵动作限制在转换通道允许的范围内。

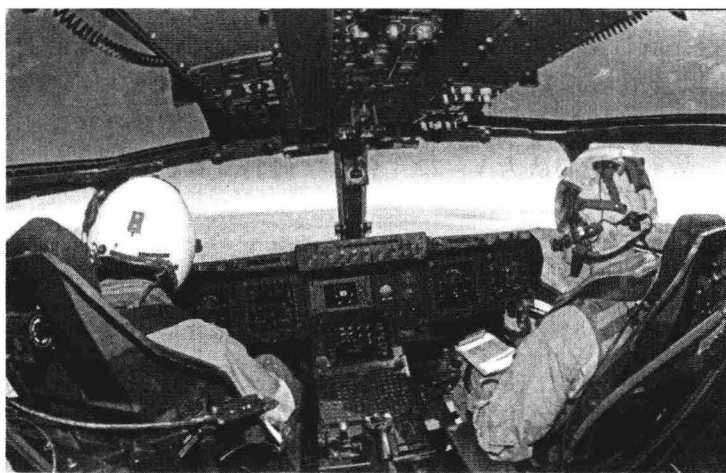
当 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机以直升机飞行模式飞行时，推、拉操纵杆可使其前飞、倒飞，侧向移动操纵杆可使其产生横滚，使用方向舵踏板（在地面上操纵前轮转弯）可使其产生偏航；推拉力杆则可增减升力，使用横向开关则可以使其侧向飞行或顶住侧风稳定住机身。当 V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机以固定翼飞机飞行模式飞行时，推拉操纵杆可实现俯仰操纵，用襟副翼可实现横滚操纵，利用方向舵踏板（驱动方向舵）则可实现偏航操纵；推拉力杆则可增减前飞速度。当发动机短舱的倾转角度小于 70° 时，飞行操纵系统就会自动取消垂直飞行操纵功能，启动水平飞行操纵功能。

3.4 折叠变形能力

V-22 “鱼鹰”倾转旋翼机具有独特的折叠变形能力。该机能在 90s 内，利

用机载动力折叠机构，从使用构型转变为存放构型或收起构型。在存放构型下，V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的外形最宽为5.61m、最高为5.56m、最长为19.20m；该机可以停放在航空母舰或LHA级两栖攻击舰的甲板上，其占据的航母甲板面积比现在航母上使用的任何现役飞机占据的面积都要窄小，可以很好地满足美国海军陆战队的要求。

V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的折叠过程为：在直升机模式（发动机短舱垂直状态）刹住旋翼/螺旋桨，使一片桨叶朝内且与机翼前缘平行，其他两片桨叶则按顺序自动朝内折叠并靠拢第一片桨叶；将发动机短舱转至水平位置，打开机翼锁；然后使机翼在不锈钢圆盘上顺时针转动90°对齐机身，此时，一个发动机短舱应转到机头前方，另一个发动机短舱则应转至后机身下沉部分的上方，此处的下沉就是为了保证机翼和发动机短舱转动所需的空間。机翼的转动和上、开锁动作均是由液压系统完成的。机翼转动时，电气导线通过圆盘来保持其电气连接的完整性。



CV-22B“鱼鹰”倾转旋翼机的驾驶舱

此外，在V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的机身结构中采用了43%的复合材料。该机上装用的航电设备都是全数字式的；每位驾驶员都配有头盔显示器和夜视装备。驾驶舱的视野开阔，驾驶员视场很好。V-22“鱼鹰”倾转旋翼机的货舱内配备了一台（908kg）电动绞车（吊车）系统，地板滑轨是可收放的；小型机动车辆（如吉普车）可经由货桥、通过后货舱大门，直接驶入货舱。V-22“鱼鹰”倾转旋翼机液压系统选用了较大的工作压力，比B-1战略轰炸机的还要大，远高于其他大多数飞机液压系统的工作压力。尽管该机已装用了大量的通信、导