

AVIONICS

LARGE MILITARY
TRANSPORT AIRPLANE

大型军用运输机

航空电子

严利华 姬宪法 李青峰 编著



航空工业出版社

V271.4

19

大型军用运输机航空电子

严利华 姬宪法 李青峰 编著



航空工业出版社
北京

内 容 提 要

本书以国外大型军用运输机航空电子系统为主要研究对象,对其发展历史、作用、地位、现状和发展趋势做了较为系统的综述和分析。重点研究了国外目前正在服役或正在研制中的9种典型的大型军用运输机航空电子系统,分析了其主要子系统:综合显示控制管理、气象雷达、通信导航、电子自卫防御和机载数据管理和飞行管理等机载电子设备的结构、技术组成和装备特点。

本书是大型军用运输机航空电子方面内容较全面的工具书,可供从事大型运输机总体设计和从事航空电子技术研究、设计的工程技术人员及工科大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大型军用运输机航空电子/严利华,姬宪法,李青峰编著. --北京:航空工业出版社,2013.1

ISBN 978-7-5165-0101-6

I. ①大… II. ①严… ②姬… ③李… III. ①大型-军用运输机-航空设备-电子设备 IV. ①V271.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第267663号

大型军用运输机航空电子

Daxing Junyong Yunshuji Hangkong Dianzi

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

2013年1月第1版

2013年1月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:11

字数:252千字

印数:1—2000

定价:36.00元

前 言

军用运输机是现代军事运输中反应速度最快和最常用的运输工具。现代军事空运是保障战争物资和武器装备得到及时补充的重要手段,运输机的数量、水平和效能已成为衡量一个国家军事实力的重要标志。

航空电子系统(简称航电系统)是现代飞机的一个重要组成部分,它是现代飞机所装备的各电子分系统和电子设备的总称。这些分系统是通过机载高速多路传输总线互相交联,实现整个航空电子系统的综合数据处理与传输、信息共享和综合显示控制。

一般来说,对大型军用运输机而言,它通常包括综合显示控制管理(含显控处理机、平显、多功能显示器等)、气象雷达、光电探测设备、通信导航和本机信息(含惯性导航、大气数据计算机等)、任务计算机、外挂物管理等分系统和电子攻击与防御系统。各种飞机因其用途不同,机载航空电子分系统也略有不同。现代飞机的作战性能与航空电子系统密切相关,可以说,没有高性能的航电系统,就不可能有高性能的飞机。

本书在搜集大量有关军用大型运输机资料的基础上,对内容进行了系统编排和梳理,共分为12章。第1章主要介绍了大型军用运输机在现代战争中的作用和地位;第2章主要介绍了航空电子的发展历程;第3章至第11章主要介绍了国外目前正在服役或正在研制之中的9种典型的大型运输机的主要性能和其机载航空电子设计特点;第12章主要介绍了大型军用运输机航空电子系统未来的发展趋势。本书是目前介绍大型军用运输机航空电子方面内容较全面的工具书,适合从事大型运输机总体设计和从事航空电子技术研究、设计的工程技术人员及工科大专院校师生参考。

在本书编写的过程中参阅了大量资料和文献,在此仅向有关文献、资料的作者致以衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中难免有不妥和错误之处,热忱欢迎读者批评指正。

目 录

第1章 概论	(1)
参考文献	(3)
第2章 航空电子系统	(4)
2.1 航空电子发展历程	(4)
2.2 第四代先进模块化航空电子——综合模块化航空电子	(7)
2.2.1 机载航空电子技术发展趋势	(7)
2.2.2 综合模块化航空电子系统架构设想	(9)
2.3 航空电子 10 大创新产品	(9)
2.3.1 卫星导航全球定位系统(GPS)接收机	(10)
2.3.2 地形提示与告警系统(TAWS)	(11)
2.3.3 空中交通告警与防撞系统(TCAS)	(13)
2.3.4 先进气象雷达	(14)
2.3.5 数据链气象设备	(16)
2.3.6 电子飞行包(EFB)	(17)
2.3.7 增强视景系统(EVS)	(18)
2.3.8 平视显示器(HUD)	(18)
2.3.9 合成视觉系统(SVS)	(19)
2.3.10 低成本玻璃驾驶舱	(20)
2.4 机载防卫系统	(20)
2.4.1 威胁等级和易损性	(21)
2.4.2 对抗红外威胁	(21)
2.4.3 对抗无源措施	(22)
2.4.4 对抗有源措施	(22)
2.4.5 对抗雷达威胁	(23)
2.5 美军大型军用运输机的航电和自卫系统	(24)
2.5.1 平视显示器(HUD)	(24)
2.5.2 联合战术信息发布系统(JTIDS)	(24)
2.5.3 导弹告警系统(MWS)与对抗措施执行系统(CMDS)	(24)
2.5.4 箔条和曳光弹干扰	(24)
2.5.5 雷达告警接收机(RWR)	(25)
2.5.6 前视红外探测(系统)(FLIR)和增强视景系统	(25)
参考文献	(25)

第3章 美国 C-130J“超级大力士” (27)

3.1 C-130 研制背景..... (27)

3.2 C-130A 研制过程 (27)

3.3 C-130B (28)

3.4 C-130E (28)

3.5 C-130H (28)

3.6 C-130 系列的各种应用..... (29)

3.7 C-130J 主要性能特点 (30)

3.8 C-130J 彩色液晶显示器 (32)

3.9 C-130J 军用电子飞行数据包 TacView (33)

3.10 AN/AAR-47 系列 (34)

3.11 AN/ALE-47 箔条弹投放器 (35)

3.12 AN/ALQ-157 红外对抗系统 (36)

3.13 AN/ARC-164(V)超高频通信机 (37)

3.14 AN/ALR-56M 雷达告警接收机 (38)

3.15 AN/APN-241 导航与气象雷达 (40)

3.16 AN/APS-131/135/135(V) 机载侧视多功能雷达(SLAMMR)..... (44)

3.17 AN/APS-133/133V 气象与地形测绘雷达 (47)

3.18 RDR-1E/1F/1FB 气象雷达 (49)

3.19 Primus700A/701A 气象与搜救雷达..... (51)

3.20 C-130J 任务计算机..... (54)

3.21 1553B 数据总线..... (54)

3.22 C-130 之最 (55)

3.23 C-130 在伊拉克战争中的作用 (57)

参考文献 (57)

第4章 美国 C-17“全球霸王” (60)

4.1 C-17 研制背景 (60)

4.2 C-17 研制进程 (60)

4.3 C-17 的主要特点和性能 (61)

4.4 C-17 在现代战争中的作用 (66)

4.5 C-17 主计算机系统 (67)

4.6 C-17 任务系统 (68)

4.7 C-17 数字式飞控系统 (69)

4.8 C-17 控制与显示 (70)

4.9 C-17 导航系统 (71)

4.10 C-17 综合无线电管理系统..... (71)

4.11 C-17 告警与提示系统..... (72)

4.12 RDR-4000M 风切变雷达	(72)
4.13 C-17 驾驶杆	(73)
4.14 C-17 可靠性	(73)
参考文献	(74)
第 5 章 欧洲 A400M	(75)
5.1 A400M 研制背景	(75)
5.2 A400M 设计特点	(78)
5.3 A400M 装卸系统	(81)
5.4 A400M 动力系统	(82)
5.5 A400M 玻璃驾驶舱	(83)
5.6 A400M 电传操纵系统	(85)
5.7 A400M 通信导航系统	(86)
5.8 A400M 综合防御措施	(86)
5.9 A400M 维护与售后服务	(87)
5.9.1 A400M 飞机维修性设计	(87)
5.9.2 A400M 售后服务	(88)
5.10 A400M 执行典型任务分析	(88)
5.11 A400M 费效比分析	(90)
参考文献	(91)
第 6 章 俄罗斯伊尔-76	(92)
6.1 伊尔-76 研制背景及其演变型	(92)
6.2 伊尔-76 设计特点	(93)
6.3 伊尔-76 动力装置	(94)
6.4 伊尔-76 驾驶舱	(95)
6.5 伊尔-76 货舱	(95)
6.6 伊尔-76 航电设备	(98)
6.7 伊尔-76 主要技术数据	(99)
6.8 伊尔-82 通信中继机	(99)
6.9 伊尔-78 空中加油机	(100)
6.10 A-50 空中预警机	(100)
6.11 伊尔-76MF	(101)
6.12 阿富汗战争中的伊尔-76	(103)
参考文献	(103)
第 7 章 乌克兰安-70	(105)
7.1 安-70 研制背景	(105)
7.2 安-70 的两次试飞事故	(106)

7.2.1 安-70 第一次试飞事故	(106)
7.2.2 安-70 第二次试飞事故	(106)
7.2.3 安-70 两次试飞事故后的决策	(107)
7.3 安-70 主要技术特点	(107)
7.4 安-70 动力系统	(108)
7.5 安-70 飞控系统	(109)
7.6 安-70 宽敞驾驶舱	(109)
7.7 安-70 宽大货舱	(110)
7.8 安-70 航电设备	(113)
7.9 安-70 试飞试验	(114)
7.10 安-70 地面维护	(114)
7.11 安-70 几种改型	(114)
7.12 安-70 经济效益	(115)
7.13 安-70 最新进展	(115)
7.14 安-70 潜在用户	(117)
7.15 与中国合作的可能性	(118)
7.16 安-70 前途未卜	(118)
参考文献	(119)
第8章 乌克兰安-124	(120)
8.1 安-124 研制背景	(120)
8.2 安-124 主要性能数据	(121)
8.3 安-124 动力装置	(121)
8.4 安-124 货舱	(122)
8.5 安-124 机载电子设备	(125)
8.6 安-124-100 及其改进型	(126)
参考文献	(129)
第9章 乌克兰安-225“梦想”	(130)
9.1 安-225 研制背景	(130)
9.2 安-225 主要性能数据	(131)
9.3 安-225 动力装置	(132)
9.4 安-225 货舱	(132)
9.5 安-225 机载电子设备	(132)
9.6 安-225 空运纪录	(133)
9.7 安-225 最近动态	(133)
参考文献	(134)

第 10 章 美国波音 787“梦想班机”	(135)
10.1 波音 787 研制背景	(135)
10.2 波音 787 主要设计特点	(136)
10.2.1 波音 787 舒适的客舱环境	(137)
10.2.2 波音 787 驾驶舱	(140)
10.3 波音 787 主要性能数据	(141)
10.4 波音 787 综合航电系统	(141)
10.5 波音 787 电动环控系统	(142)
10.6 波音 787 飞控系统	(144)
10.7 波音 787 液压和刹车系统	(144)
10.8 波音 787 维修成本	(144)
10.9 波音 787 市场前景	(145)
参考文献	(146)
第 11 章 法国空客 A380	(148)
11.1 空客 A380 研制背景	(148)
11.2 空客 A380 研制历程	(149)
11.3 空客 A380 性能特点	(150)
11.4 空客 A380 环境控制与环境监视系统	(153)
11.5 空客 A380 驾驶舱	(154)
11.6 空客 A380 综合模块化航空电子系统(IMA)	(157)
11.7 空客 A380 市场前景	(158)
参考文献	(159)
第 12 章 发展趋势	(160)
12.1 环控系统的综合化和多电化	(160)
12.2 驾驶舱布局要符合人机工程学	(161)
12.3 集总化航空电子系统	(161)
12.3.1 AIMS 的可靠性设计	(161)
12.3.2 AIMS 的总线布局与信息交联的可靠性	(162)
12.3.3 系统功能的隔离与系统可靠性	(162)
参考文献	(163)

第1章 概 论

纵观世界战争史,从古代到现代,交战双方的胜负除采用了正确的战略战术外,在一定程度上还取决于各自的军事运输能力,军事给养的及时到位是确保战争赢得胜利的重要物质条件。在现代军事运输中,反应速度最快和最常用的运输工具是军用运输机。

一般来说,运输机分为民用和军用两种。民用运输机通常按运载量的大小,分为大型、中型和小型运输机。而军用运输机则是按执行任务的性质,分为战略运输机和战术运输机。战略运输机的任务是远距离运输大量兵员和重型武器装备,飞机起飞重量^①一般都在150t以上,只能在大型空军基地或民航国际机场起降。中、小型战术运输机主要在中、小型机场起降,在战时主要用于近距离军事调动、后勤补给、空降伞兵、空投物资和运送伤员等;在和平时期,可用于救灾。

第一次世界大战期间,交战双方虽曾使用飞机运送联络人员和器材、传送紧急公文等,但没有专用的军用运输机。1916年英军曾用飞机为其固守待援的部队空运过物资,是当时较大的一次空中运输行动。1919年8月,英国正式成立了一个空中运输机构,运输机是用当时的DH-4轰炸机改装而成的。同年,德国人制造出了世界上第一架全金属运输机J13。随后,美国、英国、德国和苏联将民用飞机改装成一批军用运输机,并开始研制生产军用运输机。

真正在战争中使用运输机是在第二次世界大战期间。参战双方均使用了运输机空运了大量的军用物资和空降兵。抗日战争期间,太平洋战争爆发以后海上和陆上对外交通运输通道全部被日军封锁,只有通过空运才能得到当时美国援助的军用物资。这个空中通道,主要是从云南昆明到印度汀江,飞越喜马拉雅山的所谓“驼峰空运”。这条航线山高路险,沿途天气多变,通信导航设施严重缺乏,又有日军飞机拦截,飞行相当困难。当时使用的是C-47、C-53等运输机,为了给中国抗日战争提供物资支援,中美两国驾驶员不畏艰险,不怕牺牲,保证了这条航线的畅通,从而为中国人民最终赢得抗日战争的胜利做出了很大贡献!为此捐躯的中美两国驾驶员永垂不朽!

军用运输机是进行快速部署和空运兵员、装备、物资及空降空投等军事任务的运输机,和陆运、海运一起组成完整的军事运输系统。军事空运在现代战争中所处的突出地位和应付突发事件中的快速反应能力,引起了美、英和俄罗斯等军事大国的高度重视,各自形成了庞大的军事空运能力。尽管在苏联解体和冷战结束以后,一些西方国家削减了军备,但全球战略目标基本没有改变,仍然在加强空运能力,强化空军军机体系建设,以保证将部队快速部署到事发战区。冷战结束后,国际战略格局向新的方向变化。世界开始进入了一个动荡、分化、改组和向多极化发展的新时期。多极力量的竞争共存,已成为新的战略格局的基础和雏形。尽管和平与发展成为当今世界

^① 本书中的重量为质量(mass)概念,单位为kg,t。

的主流,但世界并不太平,不稳定的因素依然存在,局部战争连绵不断;民族矛盾,宗教矛盾,领土纠纷和海洋权益的争夺在加剧。随着世界人口的增加,工业资源匮乏,因争夺资源特别是海洋资源而引发的战争危险在增加。目前的世界,国际战略格局充满了变数,南斯拉夫的战火就给世界上爱好和平的国家敲响了一次警钟。上述国际形势的变化推动着各国调整自己的军事战略和武器装备发展政策,以适应未来军事斗争的需要和在新的国际战备格局中占据有利地位。注重发展高新技术装备,争夺军事科学技术优势,抢占高技术制高点,已成为大多数国家军队建设的重点。其中研制发展大型军用运输机就是许多国家的一项重要举措。近年来的局部战争中都大量使用了军用运输机,为此,对21世纪初期军用运输机研制的趋势,需要做认真分析,从中得出有益的启示和借鉴。

现代战争的特点是快速机动和深入敌后作战,要求战争行动隐蔽、部署迅速、兵力和物资快速到位,这就要靠强大的军事空运能力。尤其是在应付突发事件时所需的快速反应能力完全取决于军用运输机的保障作用。在近年来发生的一些局部战争和地区冲突中,军用运输机发挥的巨大作用就是很好的证明。

例如,1979年苏联军队入侵阿富汗,12月24~26日3天内出动了280余架运输机,空运5800名伞兵、300辆装甲车和坦克。首先空运伞兵抢占了机场和重要战略设施,然后空降了大量的作战装备,实现了快速突击,瓦解了对方的指挥系统,为地面部队快速进攻创造了良好条件。

在1991年的海湾战争中,军用运输机发挥了至关重要的作用。据统计,美国空军不仅出动了几百架C-130、C-141和C-5军用运输机,而且还调动了180余架民航后备役运输机,出勤1万多架次,为海湾战争的准备和实施起到了不可估量的作用。美军在海湾战争中的死亡人数为148人,其中被友军误伤死亡为35人,受伤人员467人,创造了近代战争史上伤亡人数的最低纪录。要做到这一点没有强大的军事空运力量是不可想象的。

在海湾战争期间美军的空运情况如下:

战略空运:(从本土到中东)总计1.58万架次。空运人员数十万,货物 $5.02 \times 10^5 \text{t}$,使用的运输机有104架C-5A/B,200架C-141B,149架C-130,以及波音747、波音707等。

战术空运:总计1.25万架次。空运人员13.4万人,货物 $1.4 \times 10^5 \text{t}$,使用的飞机是C-130。

美军在海湾战争初期,每天以124架次的频率进行空运。在头两个月的布防中,空运司令部出动的飞机累计飞行 $1.45 \times 10^5 \text{h}$,人员物资周转量达 $2 \times 10^9 \text{t} \cdot \text{km}$,在整个战争中承担了空运兵员的26.7%和装备的75.3%。

在整个海湾战争期间,美国空军的E-3预警机共出动了448架次,飞行小时达5546h,平均每小时都有5.5架次在空中值勤。E-3表现出了超常的“空中交通管制”能力,指挥控制了9万架次的飞行活动,平均每天控制飞机2240架次。

KC-135空中加油机担负了更为繁重的空中加油任务,共出动近2.3万架次,总共将 $6.18 \times 10^9 \text{L}$ 的油料加给了6.9万多架次飞机。

在海湾战争中,美军地面部队平均每人装备的物资量达数吨。如此大的运输量,

如果没有强大的空运能力,是无法做到的。

一位日本军事评论家曾在评论海湾战争时说过,“在海湾战争中,美国军事力量最可怕之处,并不是武器的优势和众多的兵力,而是兵力和武器装备集结的速度,后勤保障的速度,以及后备力量的动员等一套完备可行的军事体制。而大规模空运及采取的后勤管理方法无疑成功地起到了保障作用”。

由此可见,军用运输机的使用直接关系到部队的应变能力和效率的发挥,在快速空运军事力量中起到关键性作用。军用运输机的数量、水平和效能,已成为衡量一个国家空军实力的重要标志,军用运输机的发展也越来越受到世界各国的重视。

现代军事空运是推进军队战略和军队快速部署的重要支柱,是保障战争物资和武器装备得到及时补充的唯一手段,运输机的数量、水平和效能已成为衡量一个国家军事实力的重要标志。

目前,世界各国均十分重视发展自己的运输机,一些军事强国正在发展自己的大型军用运输机,所谓大型军用运输机,系指起飞总重量超过 100t 或 150 座以上的运输机。

本书将对若干典型的大型军用运输机的特点逐一做一简要介绍,而对其所装备的航空电子设备将尽可能做较详细介绍。

参 考 文 献

- [1] 中国一航第一飞机设计研究院. 军用运输机发展趋势及技术分析 [J]. 飞机设计参考资料, 2001 (4): 1-27.
- [2] 胡晓峰. 论发展我国军用运输机 [J]. 航空工业经济研究, 2002 (1): 1-8, 14.
- [3] 汪海清, 奥三社. 运 8 机体结构疲劳薄弱部位的设计改进 [J]. 运输机工程, 2001, 119 (6): 6-10.
- [4] 刘信生. 科技创新促进运 8 飞机的发展 [J]. 运输机工程, 2001, 119 (6): 11-13.
- [5] 冷欣. “长空骆驼”运输机 [J]. 交通世界, 1998 (5): 40.
- [6] 郭力. 我国大型飞机发展之路刍议 [J]. 兵工科技, 2004 (4): 13-15.
- [7] 吴健, 张棋. 巨龙的天空 [J]. 国际瞭望, 2004 (10).
- [8] 凌云. 迈向攻防兼备的空军: 国产军用大飞机项目启动深度新闻 [J]. 国际展望: 半月谈, 2007 (10): 22-29.

第2章 航空电子系统

2.1 航空电子发展历程

在飞机诞生之初,人们关注的仅是飞机的推进系统和操作控制系统,随着飞机航程的增加、载荷量的加大、飞行任务的变化和安全性的提高,机载航空电子才逐渐被人们所重视。至1930年,民用航空飞机飞行机组除驾驶员之外,已开始配备领航员、机械师和无线电师。这或许就是现代机载航空电子系统的发展萌芽。

航空电子系统(简称航电系统)是现代飞机所装备的各电子分系统和电子设备的总称。一般来说,对大型军用运输机而言,它通常包括综合显示控制管理(含显控处理机、平视显示器、多功能显示器等)、气象雷达、光电探测设备、通信导航和本机信息(含惯导、大气数据计算机等)、任务计算机、外挂物(含武器)管理等分系统和电子攻击与防御系统。各种飞机因其用途不同,机载航空电子分系统也略有不同。

现阶段这些分系统是通过机载高速多路传输总线互相交联,来实现整个航空电子系统的综合数据处理与传输、信息共享和综合显示控制。

机载航空电子系统的发展已有70多年的历史,经历了分立式、联合式、综合式和先进模块化4个发展阶段。

第一代分立式航空电子系统。独立配置各电子设备或子系统,也就是说,各电子设备和子系统都是相互独立的。如通信、导航、雷达和控制等,均有专用独立的传感器、处理器和显示器,甚至不同的导航设备之间也是以分立状态布局(见图2-1)。各分系统内部和各分系统之间交互的信息基本上是对飞机进行操作控制的信息,所传输的信息交换是通过电缆点到点之间的连接来完成的。

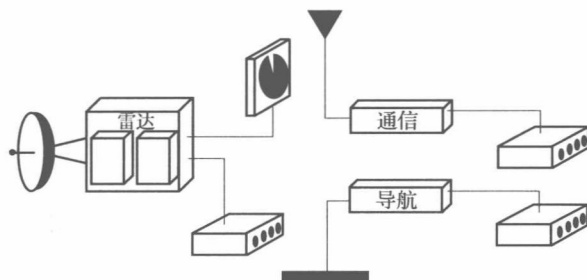


图2-1 第一代分立式航空电子系统结构示意图

第二代联合式航空电子系统。采用若干标准的数据处理器来完成通信、导航、武器投放和飞行控制的管理功能。处理器之间是通过时分多址总线(如美国国家军用标准 MIL-STD-1553B)相连。全系统采用集中管理和统一显示,实现资源共享。

联合式航空电子系统采用了4个重要标准,即美国空军机载计算机指令集 MIL-STD-1750A、高级语言 MIL-STD-1589A JOVIAL、时分制串行多路数据传输总线 MIL-STD-1553B 和外挂物管理接口 MIL-STD-1760。这4个标准被航空界认为是

第三代军用飞机实现航空电子初步综合的“4大支柱”(见图2-2)。

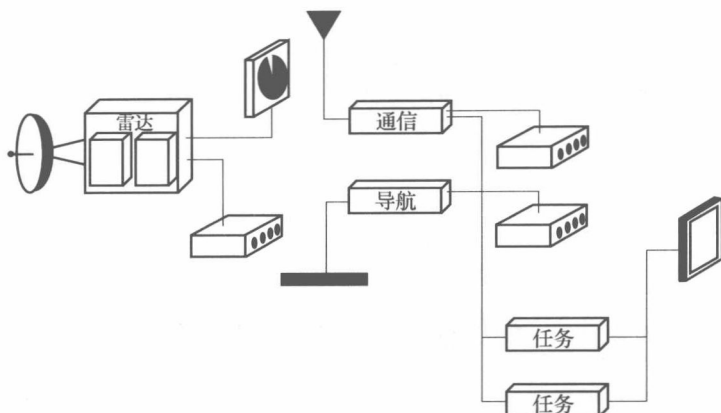


图2-2 第二代联合式航空电子系统结构示意图

第三代综合式航空电子系统。采用现场可更换单元来完成各种信号处理和信息处理功能。这种模块化设计便于系统容错和系统重构，使得三级维护降为二级维护，大大降低了成本。传感器包括雷达、通信、导航、识别、电子战等，这些传感器通过点到点光纤链路与综合核心处理机相连。飞机管理包括飞行控制、发动机控制、外挂管理、惯性导航以及液压、环控在内的公共管理系统，这些部分仍采用1553B总线相连。第三代综合式航空电子系统结构示意图如图2-3所示。

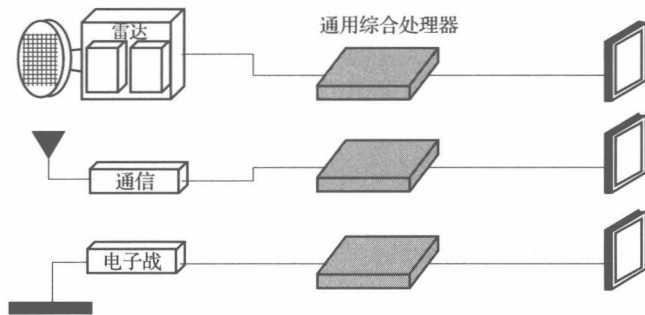


图2-3 第三代综合式航空电子系统结构示意图

第三代军用飞机典型的综合式航空电子系统框图如图2-4所示。

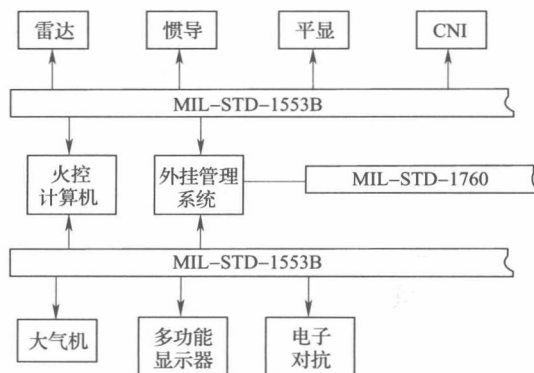


图2-4 第三代军用飞机典型综合式航空电子系统组成框图

美国于 20 世纪 80 年代初提出的“宝石柱”(Pave Pillar)计划,是美国第四代战斗机综合航电系统的基础,F-22 飞机直接应用了“宝石柱”的成果,其航空电子系统具有“宝石柱”的风格。“宝石柱”的系统结构如图 2-5 所示,它以高速数据总线、超高速集成电路(VHSIC)和通用模块为基础,进一步改进了第三代战斗机航空电子的系统结构,并提高了航空电子系统的综合化程度。

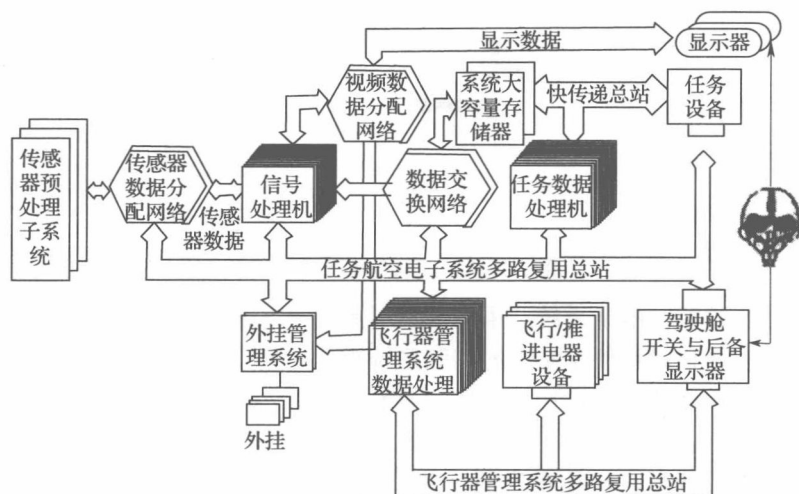


图 2-5 “宝石柱”系统结构组成框图

继“宝石柱”之后,美国又于 20 世纪 90 年代提出了功能更为完善、性能更为优良、综合程度更高的“宝石台”(Pave Pace)计划,其系统结构如图 2-6 所示。“宝石台”结构的主要改进体现在 3 个方面。一是采用了综合核心处理机(ICP)技术。二是“宝石台”系统具有更大的综合范围和更高的综合程度,实现了综合传感器(RF/EO)系统、综合飞行器管理系统、综合外挂系统。三是使用了综合的驾驶舱/驾驶员与飞机接口,减轻了驾驶员的负担,同时提供威胁、目标、地形/地貌、战术协同和飞机完好状况的全面情况。

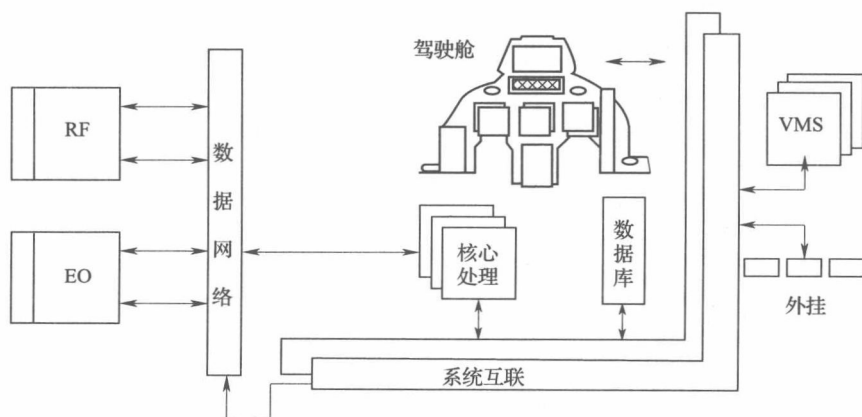


图 2-6 “宝石台”系统结构组成框图

第四代先进模块化航空电子系统。把系统综合扩展到信息链路前端的射频和天线部分（见图2-7）。把雷达、电子战、通信、导航和识别等传感器进行分类综合；用不同频段的射频模块分别执行各传感器中射频装置的功能；按微波、调频、光电等不同波段对天线孔径进行综合，以取代原传感器中各种天线的作用形成对射频资源共享和天线孔径共享，用光子器件在接收前端完成 A/D 变换。在这里，雷达、电子战等传统的传感器概念已不复存在。信号/数据处理功能由高度综合化和通用化的综合核心处理机（ICP）来完成。ICP 的基本组成包括通用处理模块和光子交换网络（PEN）两部分。每个模块通过点对点光纤与 PEN 连接，完成对来自各综合射频模块的信号数据处理。

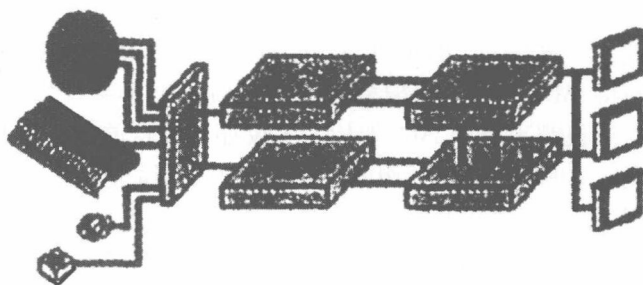


图 2-7 第四代先进模块化航空电子系统结构示意图

上述航空电子发展的 4 个阶段，主要是针对战斗机的发展而言的，但军用运输机和民用运输机航空电子系统的发展与其是同步发展的，发展思路是也相同的。航空电子技术的发展是随着与航空电子技术相关的技术的发展而发展的。只有当半导体技术、计算机技术、大规模集成电路技术、微电子技术和网络技术等发展到了一定的程度，才使得各机载仪表、运动传感器和伺服控制发展为系统自动完成各自的功能成为可能，从而减轻机组人员的工作负荷，减少机组人员的数量并提高飞机的可操作性、安全性、可靠性和有效载荷。

2.2 第四代先进模块化航空电子——综合模块化航空电子

为了降低大型飞机航空电子系统及设备的成本，从 20 世纪 80 年代末开始，国外很多航空电子技术开发商便纷纷为大型飞机研制第四代模块化航空电子系统架构，该系统架构被称为“综合模块化航空电子”（Integrated Modular Avionics, IMA）。随着微电子技术和软件技术的迅猛发展，目前在大型飞机上实现 IMA 技术所需的各种条件已经成熟，可以预见，它将成为未来 10~20 年内大型飞机航空电子系统发展的主要方向。采用了 IMA 技术后，机载航空电子设备将会得到极大优化。

2.2.1 机载航空电子技术发展趋势

未来航空电子系统及其设备的发展将由设备级向模块和片上系统级方向发展，从而提高航空电子系统性能，减少航空电子设备的体积、重量和功耗，航空电子系统及其设备的可靠性和维修性将得以较大提高，同时，航空电子系统的升级换代也将变得更

加方便。

综合模块化航空电子系统是一种在软件控制下的高度综合化的航空电子体系，其目标之一是实现模块的标准化、重复使用和可互换，这样便可通过严格定义和控制各模块的软硬件及其接口，达到用少量模块支持当前和未来多种航空电子系统功能。它将许多独立功能的设备综合到一个或几个“机箱内”，机箱内的模块通过背板总线互联，共享计算资源、容错处理、供电和 I/O 接口，各个机箱再借助总线（如航空无线电公司（ARINC）629 总线或航空电子全双工以太网（AFDX）交换网络）来形成综合化航空电子系统，从而实现各种机载航空电子功能。

在对大型飞机航空电子系统性能要求越来越高、制造成本竞争愈加激烈的今天，IMA 技术是大型飞机航空电子系统发展的必然趋势（见图 2-8）。在首个实际应用的 IMA 航空电子系统——波音 777 的飞机信息管理系统（AIMS）诞生之后，国外新型大型飞机已经开始将 IMA 航空电子架构作为机载航空电子系统的首选，如 A400M、A380、波音 787 等飞机都采用了 IMA 架构。不仅如此，目前这些新型飞机的航空电子系统综合化程度比 AIMS 还要高，例如，波音 787 采用的通用核心系统便被认为是飞机的“中央神经系统”，由其负责集中处理多种系统功能，这就使得波音 787 飞机的计算机系统减至 30 个，而波音 777 则采用了近 80 个独立的计算机系统来满足约 100 种不同设备的应用需求。

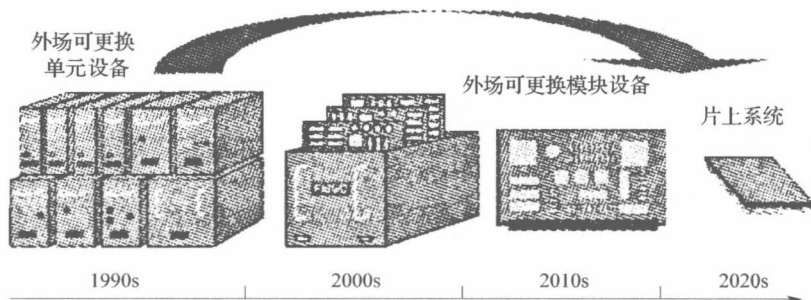


图 2-8 未来航空电子技术的发展趋势

从目前的发展情况来看，在不断降低大型飞机航空电子系统及其设备成本的同时，进一步提高系统性能，并保持系统的可靠性和易维护性，未来航空电子系统必将更加广泛地采用综合模块化的航空电子架构，并继续深化航空电子系统的横向（不同功能的系统）综合化，进一步提高各种航空电子系统设备的模块化水平，增强航空电子系统的开放性。综上所述，随着未来电子技术和网络技术的迅速发展，根据国际民航组织（ICO）的要求，并结合未来信息化发展的需要，大型飞机航电技术的发展趋势主要体现在以下几个方面：

- （1）实现数字化、综合化和模块化；
- （2）采用开放式体系结构进行系统设计；
- （3）航空电子（简称航电）系统将满足新航行系统要求；
- （4）乘客服务和娱乐系统日益完善；
- （5）系统的可靠性设计要求越来越高。