

航空 电子系统

- [英] D. H. 米德尔顿 著
- 航空工业出版社



31037403

V24
10

航空电子系统

[英] D. H. 米德尔顿 著
霍曼 等译

航空工业出版社

1992

(京)新登字161号

内 容 摘 要

本书就航空电子系统的发展历史和现状进行了较为详尽的描述,并极为清晰而概括地预测了未来的发展趋势。同时书中也就通信、导航、雷达、电子战、飞行控制和管理各个领域做了专门章节的论述。它不着重理论上的推演,而侧重于物理概念的描述,由浅入深,由远及近,雅俗共赏。非航空电子专业人员认真阅读后,可对这门学科建立起一定深度和广度的认识和理解;航空电子专业人员读后能够更好地了解本学科的全面内涵,从而开拓思路,引发出新的遐想。

航空电子系统

[英] D. H. 米德尔顿 著

霍 曼 等译

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号)

—邮政编码: 100029—

全国各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

1992年10月第1版

1992年10月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16

印张: 14.625

印数: 1—1200

字数: 374千字

ISBN 7-80046-465-2/V·113

定价: 12.50元

译者序

鉴于航空电子系统在航空技术领域中的极为重要的作用和地位，我们翻译了由英国航空电子界众多有权威性的专家撰写的“航空电子系统”一书。该书不仅反应了英国，而且在某种程度上也反应了全世界在航空电子领域中的成就和目前的发展水平。

航空电子的英文原名为“AVIONICS”是Aviation(航空)取其头和Electronics(电子学)取其尾组合而成的新词。在中国大百科全书(航空航天卷)中已有明确释文：“它是研究电子技术在航空工程中应用的学科，是在航空技术和电子技术发展过程中逐步形成的。”

“航空电子”几乎与“航空”同时来到这个世界上，1903年莱特兄弟成功地实现了人类首次飞行(重于空气的带动力的飞行器飞行)之后不久，即1910年由飞机上的火花发射机和地面上的电磁检测器实现了人类首次空地无线电通信。第一次世界大战期间，飞机开始装备中波电台和手动式环形天线监听测向器。二次大战期间，航空通信由中波波段扩展到短波波段，无线电自动罗盘得到了广泛的应用。40年代末，仪表着陆、甚高频全向信标和长波罗兰等导航系统相继问世；雷达作为侦察、搜索和火力控制的探测装置开始成为军用飞机的重要装备。50年代，多普勒导航系统、惯性导航系统和塔康无线电导航系统陆续投入使用，进一步提高了飞机的导航精度。50年代末第一代机载数字式计算机首次装备F-102和F-106截击战斗机，从而开创了航空电子的新里程。今天数字式计算机几乎遍布各种军用以及民用飞机，它是航空电子系统综合化、智能化的基础；同时也是提高飞机各种电子、电气和非电系统(包括发动机、燃油、液压、环控和操纵等系统)性能的关键。

由于数字技术、微电子技术和微计算机技术的广泛应用，航空电子系统已成为现代军用飞机提高作战性能的重要手段。可以说没有先进的航空电子，就没有先进的飞机，就无法实现安全、可靠、舒适、低成本和高密度的民航飞行，也无法完成现代战争所赋予军机的使命。以色列和叙利亚在贝卡谷地区空战的58：0和最近海湾战争中多国部队和伊拉克空战的41：0的记录，尽管有种种其它因素的影响(如指挥、训练、士气、协同和后勤等)，但战败一方落后的航空电子系统是公认的重要原因。

航空电子系统的发展趋势是数字化、微型化、综合化和智能化。通过对各个分离的电子设备进行综合，能使整个系统性能达到更高的水平。最近20年综合航空电子技术已经有了很大进展，它能最有效、最充分地利用各种电子分系统和设备的信息，最佳地完成设计者所赋予航空电子系统的使命。一般地讲，综合的航空电子系统应有下述特征：

1. 通过数据多路传输总线连接各电子分系统：在各分系统间采用总线进行大量的信息交换，形成以系统管理计算机为中心的综合航空电子系统。各分系统都通过各自的接口与总线交连，实现资源共享，形成一个层次结构的计算机网络。系统管理计算机执行总线控制、任务调度、计算和监控的功能。各分系统通过自身的计算机执行分系统一级的管理和控制功能。

2. 通过平视显示器(HUD)和多功能下视显示器(MFD)进行综合显示：这些显示器是综合航空电子系统的共用终端，显示经处理的系统以及各分系统的有关信息。它们不仅显示雷达、红外、火控、导航等航空电子系统的参数，而且还显示大量仪表和其它飞行系统的有

关信息，同时还随时显示各系统的“健康”信息和电子战威胁信息，使飞行员准确、及时了解全飞机的工作状态以及他所处的地位。

3. 通过双杆(驾驶杆和油门杆)上的开关、综合控制面板、预编程、触敏光屏以及语音控制等多种手段，实现方便的人机对话。

4. 通过机内测试(BIT)能力提高系统的维护特性：完善的BIT功能是现代综合航空电子系统的重要特征。各分系统都应至少具有5%的硬件专门用于BIT。一旦出现故障和某种功能丧失，立即发出告警信号。系统计算机还应能对全系统(包括各分系统)在执行一次任务过程中发生的全部故障进行存储，当飞机返航后，地勤人员可以调出所有的故障记录，采取相应的维护措施。

5. 通过系统重构和容错能力提高系统的可靠性：系统在飞行过程中发生故障或遭受战斗损伤后，系统计算机根据故障情况，把失效的分系统切除，并自动连通备用系统，使系统恢复全部或部分功能。人工智能技术将得到广泛的应用，利用计算机模拟人的思维过程，完成对系统状态的判断、选择、联想和决策。

“航空电子系统”这本书就航空电子系统的发展历史和现状进行了较为详尽的描述，并极为清晰而概括地预测了未来的发展趋势。同时书中也就通信、导航、雷达、电子战、飞行控制和管理等航空电子的各个领域都做了专门章节的论述。它不着重理论上的推演，而侧重于物理概念的描述，由浅入深，由远及近，雅俗共赏。非航空电子专业人员认真阅读以后，可以对这门学科建立起有一定深度和广度的认识和理解；航空电子专业人员读后能够更好地了解本学科的全面内涵，从而开拓思路，引发出新的遐想。这就是我们为读者翻译本书的初衷。

参加本书译校工作的同志有：

第1章 张炳超译，许伟武校；

第2章 许国祯译，张正则校；

第3章 姜洪法译，顾维伦校；

第4章 鲁进军译，姜洪法校；

第5章 李学国译，谢文芳校；

第6章 于 敦译，秦作森校；

第7章 邓中卫、许国祯译，

韩世杰、顾维伦校；

第8章 霍 曼译，于 敦校；

第9章 韩铁铮译，许伟武校；

第10章 杨 华译，韩铁铮校；

第11章 秦作森译，于 敦校。

名词术语解释由姜洪法译，许伟武校。

缩写词由许伟武、姜洪法整理翻译。

全书最后由许伟武统校。由于译校者水平有限，加之时间很紧，书中疏漏和差错之处一定很多，敬请各位读者批评指正。

在统校过程中未能就全书不同章节所使用的名词术语、外国人名和地名的中文译音以及参数的单位表达全部统一，但已力求做到在一章内的一致，相信不会给读者带来理解上的困

难。

最后要向积极支持和赞助本书出版的航空航天部机载设备总公司表示感谢，为他们对发展我国航空电子事业的热情和理解致以敬意。

1992.5

缩略语词汇表

AAD	automatic attitude director	自动指引地平仪
ACARS	automatic communications and recording system	自动通信和记录系统
ACCP	automatic configuration control processor	自动构形控制处理机
ACT	active control technology	主动控制技术
ACU	antenna coupler unit	天线藕合器
ADA	a computer language	ADA计算机语言
ADC	air data computer	大气数据计算机
ADD	airstream direction detector	气流方向探测器
ADF	automatic direction finding	自动测向仪
ADI	attitude direction indicator	指引地平仪
ADIRS	air data inertial reference system	大气数据惯性参考系统
ADIRU	air data computer and inertial reference unit	大气数据计算机和惯性参考装置
ADM	air data module	大气数据组件
ADMC	actuator drive and monitor computer	作动装置的驱动和监控计算机
ADS	automatic dependence surveillance	自动相关监视
ADSEL	address selective (SSR system)	地址选择器(二次监视雷达)
AEEC	Airline Electrical Engineering Committee	航空电子工程委员会
AEW	Airborne Early Warning	空中预警
AFCS	automatic flight control system	自动飞行控制系统
AFGS	automatic flight guidance system	自动飞行导引系统
AHRS	attitude and heading reference system	航向姿态参考系统
AHRU	attitude and heading reference unit	姿态航向基准装置
AI	airborne interception	空中截击
AM	amplitude modulation	调幅
AMRICS	automatic management, receiver and intercom	自动管理、接收机和机内通信系统
AMSU	aircraft motion sensing unit	飞机运动传感装置

APC	aeronautical public correspon- dence	航空公用通信
ARINC	Aeronautical Radio Inc	航空无线电公司
ASPJ	airborne self-protection jammer	机载自卫干扰机
ASV	air-to-surface vessel(radar)	空对面舰艇搜索雷达
ASW	air-sea warfare(radar)	空对海作战雷达
ATC	air traffic control	空中交通管制
ATE	automatic test equipment	自动测试设备
ATF	advanced tactical fighter	先进战术战斗机
ATR	air transport racking	运输机活动货物托架
ATU	antenna tuning unit	天线调谐装置
BC	bus controller	总线控制器
BCAR	British Civil Airworthiness Requirements	英国民航适航性要求
BFO	beat frequency oscillator	差频振荡器
BIFU	bus interface unit	总线接口装置
BITE	built-in test equipment	机内测试设备
BLEU	Blind Landing Experimental Unit (RAE)	盲目着陆实验装置
BSI	British Standards Institution	英国标准学会
CAR	Civil Airworthiness Requirements	民航机适航性要求
CCS	communications control system	通信控制系统
CDI	course/deviation indicator	偏航指示器
CDU	control and display unit	控制和显示装置
CMOS RAM	working memory(computer)	互补金属氧化物半导体随机存取 存储器
CNI	communications, navigation and identification	通信—导航—识别
COHO STALO	coherent oscillator/stable local oscillator	相干振荡器/稳定本机振荡器
CORE	controlled requirement expressi-	要求控制表示
CPU	central processing unit	中央处理机, 中心处理机
CRT	cathode ray tube	阴极射线管
CSAS	control and stability augmenta- tion	控制与稳定性增强系统
CS/MA-CA	carrier sense multiple access clash avoidance	运输机方位/多路防撞选择
CVR	cockpit voice recorder	驾驶舱录音机
DAFCS	digital automatic flight control	数字式自动飞行控制

DATAAC	data-autonomous transmission and communication	自主数据传输和通信
DECS	digital engine control system	数字式发动机控制系统
DECU	digital engine control unit	数字式发动机控制装置
DFCS	digital flight control system	数字式飞行控制系统
DME	distance measuring equipment	测距装置
DOA	direction of arrival	到达方向
DSIC	Dowty & Smiths Industries Controls	道蒂和史密斯工业控制公司
DTU	data transfer unit	数据传输装置
DVI	direct voice input	直接语音输入
EAD	electronic attitude director	电子姿态指引仪
EAP	Experimental Aircraft Programme(BAe)	实验飞机计划
EAS	equivalent airspeed	等效空速
ECAM	electronic centralised aircraft maintenance	飞机电子集中维护
ECCM	electronic counter counter-measures	电子反对抗, 电子反干扰
ECM	electronic counter-measures	电子对抗, 电子干扰
EEPROM or E ² PROM	electronically erasable programmable only memory	电可擦可编程序只读存储器
EFA	European Fighter Aircraft	欧洲战斗机
EICAS	engine indicating and crew alert system	发动机指示和座舱告警系统
EIS	electronic instrument system	电子仪表系统
ELAC	elevator/aileron computer	升降舵/副翼计算机
ELINT	electronic intelligence	电子情报, 电子侦察
EMCS	energy monitoring and control system	动力监视和控制系统
EMI	electromagnetic interference	电磁干扰
EOB	electronic order of battle	电子战斗序列
EPROM	electronically programmable read-only memory	电可编程序只读存储器
ESM	electronic support measures	电子保障措施, 电子侦察措施
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Electronics	欧洲民航电子设备组织
FAA	Federal Aviation Administration	联邦航空局
FAC	flight augmentation computer	飞行增稳计算机

FADEC	full authority digital engine control	全权限数字式发动机控制
FCS	flight control system	飞行控制系统
FEC	forward error correction	前进误差修正
FFT	fast Fourier transform(processor)	快速傅里叶变换
FLIR	forward looking infrared	前视红外
FMCS	flight management computer system	飞行管理计算机系统
FMCU	flight management control unit	飞行管理控制装置
FMS	flight management system	飞行管理系统
FSK	frequency shift keying	频移键控
GEOS	geostationary satellite	通信卫星
G-LOC	G-induced loss of consciousness	过载而引起的知觉丧失
GPS	global positioning system	全球定位系统
HOTAS	hands on throttle and stick	双杆(油门杆和驾驶杆)控制
HOL	high-level operating language	高级语言
HSI	horizontal situation indicator	水平位置指示器
HUD	head-up display	平视显示器, 平视仪
HUMS	health and usage monitoring system	正常使用监控系统
ICAO	International Civil Aviation Organisation	国际民航组织
IEE	Institution of Electrical Engineers	电气工程师协会
IEEE	Institution of Electrical and Electronic Engineers	电气和电子工程师协会
IFF	identification, friend or foe	敌我识别
ILS	instrument landing system	仪表着陆系统
IN	inertial navigation	惯性导航
INEWS	integrated electronic warfare system	综合电子战系统
I/OU	input/output unit	输入/输出装置
ISA	instruction set architecture	指令系统结构
ITU	International Telecommunications Union	国际电信联合会
JAR	Joint Airworthiness Requirements	联合适航性要求
JTIDS	joint tactical information distribution system	联合战术信息分配系统
LATCC	London Air Traffic Control	伦敦空中交通管制中心

Centre

LCD	liquid crystal display	液晶显示器
LCFC	low cycle fatigue counter	低循环疲劳计数器
LED	light-emiting diode	发光二极管
LOS	line of sight	瞄准线
LRU	line replaceable unit	外场可更换组件(单元)
LUF	lowest usable frequency	最低可用频率
MASS	master armament selector switch	主武器选择开关
MAW	mission adaptive wing	飞行任务自适应机翼
MDP	maintenance data panel	维护数据显示板
MECU	main engine control unit	主发动机控制装置
MFCD	multi-function colour display	多功能彩色显示器
MFD	multi-function display	多功能显示器
MIDS	management information and decision support	管理信息及决策保证
MIT	Massachusetts Institute of Technology	麻省理工学院
MLS	microwave landing system	微波着陆系统
MOD	Ministry of Defence	国防部(英国)
MOSFET	metal oxide silicon field effect transistor	金属氧化硅场效应晶体管
MPCD	multi-purpose colour display	多用途彩色显示器
MTBF	mean time between failures	平均故障间隔时间
MTI	moving target indicator	活动目标指示器
NASA	National Aeronautics and Space Administration	美国宇航局
NDB	non-directional beacon	全向信标
NPL	National Physical Laboratory	国家物理实验室
PCM	pulse code modulation	脉冲编码调制
PFCU	powered flying control unit	动力飞行控制装置
PPI	plan position indicator Alt. present position indicator	平面位置指示器 当前位置指示器
PRF	pulse repetition frequency	脉冲重复频率
PSK	phase shift keying	相移键控
RAE	Royal Aerospace Establishment	皇家航空研究院
RAM	random access memory	随机存取存储器
RBI	relative bearing indicator	相对方位指示器
RDDMI	radio direction/distance magnetic indicator	无线电方位/距离和磁罗盘指示器

RMI	radio magnetic indicator	无线电磁罗盘指示器
RNAV	area navigation	区域导航
ROM	read-only memory	只读存储器
RTT	round-trip timing	循环计时
RTTY	radio teletype	无线电传打字机
RWR	rear warning radar	雷达警戒接收机
SAE	Society of Automotive Engineers	汽车工程师协会
SAFRA	semi-automatic functional requirements analysis	半自动功能要求分析
SAW	surface acoustic wave	表面声波
SID	standard instrument departure	标准仪表飞行起飞离场
SIGINT	signals intelligence	信号情报
SLAR	side-looking airborne radar	机载旁视雷达
SMP	systems management processor	系统管理处理机
SMS	stores management system	外挂物管理系统
SMTD	STOL manoeuvre technology demonstrator	短距起落机动技术验证机
SSEC	static source error correction	静压源误差校正
SSR	secondary surveillance radar	二次监视雷达
STAR	standard terminal arrival route	标准进场路线
STOL	short-take-off-and-landing	短距起落飞机, 短距起落
SUMS	structure usage monitoring	结构管理监控
TACAN	tactical air navigation	战术空中导航
TDMA	time division multiple access	时分多路传输
THS	trimmable horizontal surface (actuator)	可配平水平安定面(作动器)
TOA	time of arrival	抵达时间
TWT	travelling wave tube (CRT)	行波管
UDF	unducted fan	无涵道风扇
UHF	ultra high frequency	超高频
UMS	utilities management system	公共设备管理系统
USAF	United States Air Force	美国空军
USN	United States Navy	美国海军
UV PROM	a computer programme memory	紫外线可编程序只读存储器
VERDAN	versatile digital analyser	多功能数字分析仪
VHF	very high frequency	甚高频
VHLSIC	very high large-scale integrated circuit	超大规模集成电路
VHPIC	very high performance integrated	超高性能集成电路

	circu:it	
VHSIC	very high speed integrated circuit	超高速集成电路
VLF	very low frequency	甚低频
VLSI	very large-scale integration	超大规模集成
VNAV	vertical navigation	垂直面导航
VOR	VHF omni-directional radio range	甚高频全向无线电信标, 伏尔
VOR/DME	VOR directional guidance with DME distance measuring input	甚高频全向无线电信标导航和测 距设备, 伏尔/地美依
VORTAC	combination of VOR and TACAN	甚高频全向无线电信标与战术导 航系统组合导航
VOS	voice-operated switch	声控开关
VSWR	voltage standing wave ratio	电压驻波比
WAMS	weapon aiming mode selection	武器瞄准方式选择
W/SMS	weapon/stores management system	武器/外挂管理系统

目 录

译者序	(I)
缩略语词汇表	(IV)
第 1 章 航空电子设备的发展	(1)
航空电子设备的早期发展	(1)
雷达的起源	(5)
从热阴极电子管过渡到固态电路	(11)
第 2 章 系统设计考虑	(16)
影响民用飞机安全性的客观因素	(16)
ARINC规范	(19)
余度	(21)
可靠性	(22)
自检测设备(BITE)	(22)
自动测试设备(ATE)	(24)
第 3 章 数字技术	(26)
微处理机	(28)
存储器	(29)
数据总线	(30)
软件开发技术	(35)
第 4 章 驾驶舱和座舱	(39)
驾驶员的位置	(39)
仪表和显示器	(42)
航空电子——唯一的答案	(45)
显示和控制输入技术	(51)
驾驶舱系统	(53)
驾驶舱举例	(60)
军用座舱	(62)
第 5 章 飞行控制系统	(68)
飞行控制原理	(68)
控制系统的基本要素	(73)
民用飞机飞行控制系统	(74)
英国军机飞控系统的发展	(78)
先进飞行控制系统的发展	(87)
第 6 章 飞机管理系统	(91)
发动机和推力控制	(92)

飞行/性能管理	(95)
公共设备管理系统	(101)
实验飞机计划(EAP)的系统	(105)
完好性和使用性监控 (HUM)	(112)
外挂物管理系统 (SMS).....	(114)
第 7 章 导航系统	(119)
无线电波的传播	(119)
导航设备	(120)
空中交通管制	(120)
导航显示	(121)
飞行管理系统 (FMS).....	(123)
点源导航设备	(123)
双曲线和网格系统	(129)
多卜勒导航	(132)
自主式系统	(133)
大气数据探测和大气数据计算机	(135)
姿态航向参考系统 (AHRS).....	(136)
激光技术	(137)
第 8 章 通信系统	(141)
设计实践	(142)
频段	(143)
HF 传输.....	(144)
UHF/VHF 传输	(145)
实时信道评估	(146)
飞机天线	(147)
接收机	(150)
频率合成	(151)
音频系统	(154)
发射机调制	(157)
信息论应用	(158)
数据传输	(159)
联合战术信息分配系统(JTIDS)	(161)
卫星通信	(163)
航空公用通信(APC).....	(163)
第 9 章 机载雷达	(166)
传播	(167)
雷达的功能单元	(169)
天线	(172)
发射机	(175)

雷达的类型	(177)
脉冲多普勒雷达	(179)
民航中的应用	(179)
军事应用	(181)
第10章 电子战—综述	(187)
电子战频谱	(189)
电子支援措施	(190)
电子对抗	(193)
光电和红外	(198)
前景	(200)
第11章 未来的发展趋势	(202)
航空电子综合	(202)
座舱综合	(204)
传感器综合	(207)
控制综合	(207)
数据库综合	(208)
知识综合	(209)
附录：名词术语解释	(211)

第1章 航空电子设备的发展

迈克尔·W·威尔逊
理学士，持有执照的工程师
英国皇家航空学会会员

威尔逊先生是航空技术方面的顾问和作家。他于1956年加入维克斯·阿姆斯特朗公司的制导武器部，后来被调去负责“先锋”号、VC10和TSR2飞机的系统工程。1965年他被任命为《国际航空》杂志的技术编辑。从1978至1981年间威尔逊先生是卡尔·拜奥尔公司的总经理。1981年他接受邀请创办《简氏航空电子年鉴》。1985年以后威尔逊先生用一半精力从事航空方面的写作和咨询，另一半用来编辑一份叫《今日预言》的基督教杂志。

航空电子设备的早期发展

在英文中航空电子设备 Avionics 一词是由航空 Aviation 和电子设备 Electronics 缩合而成的，现在已被普遍接受。航空电子工业在第二次世界大战中蓓蕾初绽，而现在已盛开迷人之花。航空电子设备一词起源于60年代的美国，当时西方的国防工业正在从整体上发生迅速的和根本性的变化，1950至1953年的朝鲜战争对此起了不小的推动作用。面对不断增长的世界范围的紧张局势，为维护本国和国际安全，紧急而又慷慨的国防预算推动了一大批新技术的发展。

航空电子设备的迅速发展当然不是孤立的，而是随着电子设备在工业、商业、科学、国防以及其它方面的广泛应用同步发展的。虽然航空电子设备在整个电子设备的市场上所占的比重较小，但是由于对航空产品有可靠性高、重量轻、体积小和耗电低等特殊要求，因而它们在发展中所产生的影响远比它们在市场上所占的比重大。严格地讲，航空电子设备一词仅适用于那些专门为航空用途而设计的并且作为飞行器的一个组成部分安装在飞行器上的电子设备。因此地面测试和检查系统不能称做航空电子设备；同样用于飞机研制和合格性鉴定而安装在飞机上的试飞设备也不能称做航空电子设备。还有，作为航空电子设备，它是靠系统中流动的电流所含有的大量信息信号，而不是靠大功率能量，去启动电磁机械装置，因此发电机也不应该算是航空电子设备。实际上航空电子设备的界线是模糊不清的，例如转弯侧滑仪(主要结构是一个电动机连着一根弹簧)现在也称做航空电子设备，从上下文中一般能足以看出这种描述是否恰当。

莱特兄弟于1903年用他们制造的“飞鸟”号飞机证实了动力飞行是可行的。在最初的几年里那些屈指可数的航空先驱者们忙于解决飞行中的基本问题，而顾不上像后人一样拿出很多时间对飞机进行“装饰”。但在1910年8月电子设备的应用被首次记入航空史册，当时加拿大的设计师和飞行员J. D. A. 麦柯迪在美国纽约州的羊头湾利用他的“柯蒂斯”水上飞机上的