

MODERN AERONAUTICAL  
COMMUNICATIONS TECHNOLOGY

# 现代航空通信技术

寇明延 赵然 编著  
熊华钢 主审



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 现代航空通信技术

寇明延 赵然 编著  
熊华钢 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

航空通信是现代航空应用高速发展的基础,是集成了通信技术、系统设计技术、网络技术的综合技术。本书立足当前航空通信领域的现状,跟踪航空通信发展趋势,技术与设备并举,内容涉及了航空通信的基础、航空通信设计与装备、航空通信网络和航空通信应用四个方面,给出了现代航空通信的全貌。

本书可供从事航空通信系统设计、应用、研究和规划的工程技术人员及其他移动通信设计专业的工程技术人员学习参考,也可作为高等院校信息与通信工程、通信与电子工程等专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代航空通信技术 / 寇明延,赵然编著. —北京:  
国防工业出版社, 2011.9  
ISBN 978 - 7 - 118 - 07534 - 2  
I. ①现… II. ①寇…②赵… III. ①航空通信  
IV. ①V243.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 161207 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

\*

开本 710 × 960 1/16 印张 24 1/4 字数 458 千字  
2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

航空通信是指令和空中作战联合化的基础,通过多种并行通信、组网方式和有效地语音、数据交互,将相关的台站、节点、终端和人员联系起来完成互联通信,形成航空应用中技术、应用和指挥的有机整体。航空通信关联了飞行器所能完成的监视、侦察、预警、运输、作战等诸多任务。通过有效的通信和组网,可以实现空域和战场内环境监视、侦察情报和预警告警等信息的实时传输,可以有效地组织高密度的运输和密集式协同作战。

航空通信组网是完成航空信息传输的综合技术,它以信息论、系统论为基础,采用模拟传输、数字传输和组网技术,通过标准化的信号处理和数据格式将所涉及的地面(海面)平台、空中平台、卫星平台以及飞行器内部功能单元有机结合在一起,以达到信息资源的高度共享的目的。

现代航空的发展中,试飞验证、新飞行规划体制、精准化空中作战、无人机的大量应用都需要更新和转变现有航空通信体制。军用航空的侧重点在于有效地完成作战任务,在正确的时间通过有效地链路让正确的平台接收到准确的信息是作战任务有效实施的基础,也是军用航空通信发展的目标。

本书以军用航空通信为主线,同时融合了现代航管通信中的先进技术和系统,希望其中的技术和设计方法可以相互借鉴。本书编写立足于从技术基础到技术应用全面的介绍航空通信技术,在基础章节网罗了与航空通信相关大部分知识,在现代航空通信广泛使用的技术章节中紧密结合通信系统的发展,在现代航空通信先进技术的阐述中紧密结合学术界的相关研究,保证了全书内容的全面性、可读性、实用性和学术性。

当前我国的航空事业正处于高速自主发展的阶段,对于航空通信的技术、体系进行总体的介绍,希望可以增强对航空通信系统的认识,有助于我国新型航空通信技术的应用和新体系的建立,提高我国航空应用的信息化、网络化、自动化水平。

全书共分为 11 章,第 1、2 章介绍了技术与系统的基本概念;第 3、4、5、8、9 章介绍了航空通信中所涉及的短波、超短波、卫星、射频一体化通信和激光通信技术与系统设计;第 6 章介绍了航空遥测遥控通信;第 7、10 章介绍了航空数据链、通信通信网、机载网络的相关技术与体系;第 11 章介绍了电磁兼容与设计技术。

编著过程中,张登福教授、王彤研究员和孙晔老师对本书的结构和内容提出

了许多宝贵的意见,李峭、丁凡、何锋老师为本书审阅和指导,丁宁工程师对本书涉及的规范和参数提供了帮助,在此一并表示诚挚的谢意。本书的编著得益于大量的国内外出版的著作和文献,在此对其作者表示衷心的感谢。

航空通信涉及到的方面很广,难以在一本书中详实容纳,且由于编著者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,错漏之处诚请读者批评指正。

编著者

2011年2月

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第1章 绪论                   | 1  |
| 1.1 概述                   | 1  |
| 1.2 航空通信发展历程             | 2  |
| 1.2.1 航空通信历史             | 2  |
| 1.2.2 航空通信现状与下一代通信体系     | 4  |
| 1.2.3 航空通信操作和用户变化        | 4  |
| 1.3 航空通信                 | 5  |
| 1.3.1 航空移动通信频谱           | 5  |
| 1.3.2 航空移动通信             | 6  |
| 1.3.3 航空机载通信             | 9  |
| 1.3.4 航空通信系统性能指标         | 10 |
| 1.4 航空通信网络               | 11 |
| 1.5 航空通信发展趋势             | 13 |
| 1.6 航空通信相关组织             | 14 |
| 参考文献                     | 15 |
| 第2章 航空无线通信基础             | 17 |
| 2.1 航空通信的电波传输特性          | 17 |
| 2.1.1 无线电波自由空间传输         | 17 |
| 2.1.2 无线电几何学             | 19 |
| 2.1.3 复杂传播环境:折射、吸收、非视距传播 | 21 |
| 2.2 航空通信信道模型             | 27 |
| 2.2.1 巡航场景               | 28 |
| 2.2.2 到达和起飞场景            | 30 |
| 2.2.3 滑行场景               | 32 |
| 2.2.4 停泊场景               | 33 |

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 2.2.5 | 飞机飞过地面塔台 .....           | 33 |
| 2.2.6 | 航空通信信道参数总结 .....         | 35 |
| 2.2.7 | 航空通信信道数学模型 .....         | 35 |
| 2.2.8 | 航空信道模型的数字信号处理系统实现 .....  | 36 |
| 2.3   | 调制 .....                 | 39 |
| 2.3.1 | 模拟调制 .....               | 40 |
| 2.3.2 | 数字调制 .....               | 44 |
| 2.3.3 | 扩频调制 .....               | 49 |
| 2.4   | 复用和多址技术 .....            | 52 |
| 2.4.1 | 复用技术 .....               | 52 |
| 2.4.2 | 多址技术 .....               | 54 |
| 2.5   | 衰落和多径干扰消除技术 .....        | 57 |
| 2.5.1 | 均衡技术 .....               | 58 |
| 2.5.2 | 前向纠错编码、循环冗余校验与交织技术 ..... | 62 |
| 2.5.3 | 分集技术 .....               | 63 |
| 2.6   | 航空通信中卫星链路理论 .....        | 68 |
| 2.6.1 | 扩展噪声方程 .....             | 68 |
| 2.6.2 | 品质因数 $G/T$ .....         | 69 |
| 2.6.3 | 链路预算公式 .....             | 69 |
| 2.6.4 | 噪声温度 .....               | 69 |
| 2.7   | 航空通信传输天线 .....           | 70 |
| 2.7.1 | 全向天线 .....               | 70 |
| 2.7.2 | 航空通信中使用的通用天线 .....       | 71 |
| 2.8   | 系统的可用性、可靠性与可维护性 .....    | 76 |
| 2.8.1 | 概念 .....                 | 76 |
| 2.8.2 | 可靠性浴盆曲线 .....            | 77 |
| 2.8.3 | 多组件系统的可用性和可靠性 .....      | 78 |
|       | 参考文献 .....               | 80 |
| 第3章   | 航空短波通信 .....             | 81 |
| 3.1   | 短波通信系统的发展 .....          | 81 |
| 3.2   | 机载短波通信系统 .....           | 82 |
| 3.2.1 | 机载短波通信的特点 .....          | 82 |

|              |                               |            |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 3.2.2        | 机载第二代短波通信系统组成 .....           | 82         |
| 3.3          | 航空短波通信频率管理与选择 .....           | 90         |
| 3.3.1        | 自适应频率管理 .....                 | 90         |
| 3.3.2        | 短波链路实时频率选择 .....              | 92         |
| 3.4          | 短波(HF)数据链系统与第三代短波通信技术体系 ..... | 94         |
| 3.4.1        | HF 数据链 .....                  | 94         |
| 3.4.2        | 第三代短波通信网络协议 .....             | 94         |
| 3.5          | 短波通信系统设备 .....                | 99         |
| 3.5.1        | 机载设备 .....                    | 99         |
| 3.5.2        | 地面设备 .....                    | 104        |
| 3.6          | 短波通信的软件无线电设计 .....            | 106        |
| 3.6.1        | 短波软件无线电的结构 .....              | 106        |
| 3.6.2        | HF - SR 硬件设计 .....            | 108        |
| 3.7          | 短波通信系统的发展趋势 .....             | 109        |
|              | 参考文献 .....                    | 109        |
| <b>第 4 章</b> | <b>航空超短波通信 .....</b>          | <b>111</b> |
| 4.1          | V/UHF 航空通信的发展演进 .....         | 111        |
| 4.1.1        | 军民共用 VHF 航空通信 .....           | 111        |
| 4.1.2        | 频段分离和信道划分阶段 .....             | 113        |
| 4.1.3        | VHF 数据链和 UHF 数据链的使用 .....     | 114        |
| 4.1.4        | 信道分配趋于窄化极限 .....              | 115        |
| 4.2          | V/UHF 航空通信频段划分 .....          | 116        |
| 4.3          | V/UHF 典型系统与航空通信系统指标 .....     | 118        |
| 4.3.1        | VHF DSB - AM 传输系统 .....       | 118        |
| 4.3.2        | 航空通信系统的覆盖、容量、通信质量 .....       | 121        |
| 4.3.3        | 军用机载电台 .....                  | 127        |
| 4.4          | 超短波航空通信设备 .....               | 133        |
| 4.4.1        | 机载设备 .....                    | 133        |
| 4.4.2        | 地面设备 .....                    | 137        |
| 4.5          | 超短波软件无线电设计 .....              | 140        |
| 4.5.1        | 超短波软件无线电设计结构 .....            | 140        |
| 4.5.2        | 超短波软件无线电硬件设计 .....            | 142        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 4.6 超短波航空通信发展趋势·····     | 142        |
| 参考文献 ·····               | 143        |
| <b>第5章 航空卫星通信</b> ·····  | <b>144</b> |
| 5.1 航空卫星通信发展·····        | 144        |
| 5.2 航空卫星通信系统·····        | 145        |
| 5.3 航空卫星通信组网·····        | 152        |
| 5.3.1 卫星星座网络 ·····       | 153        |
| 5.3.2 卫星与飞机通信网络 ·····    | 154        |
| 5.3.3 卫星与地面通信网络 ·····    | 155        |
| 5.4 航空卫星通信应用·····        | 156        |
| 5.4.1 AMSS 系统业务构成 ·····  | 156        |
| 5.4.2 航管卫星通信应用 ·····     | 156        |
| 5.4.3 战术指挥航空卫星通信应用 ····· | 159        |
| 5.5 航空卫星通信链路的抗干扰和抗毁····· | 162        |
| 5.5.1 航空卫星通信中的干扰模式 ····· | 162        |
| 5.5.2 航空卫星通信抗干扰方法 ·····  | 163        |
| 5.5.3 航空通信卫星的抗毁 ·····    | 167        |
| 5.6 航空卫星通信设备·····        | 168        |
| 5.6.1 机载卫星通信设备 ·····     | 168        |
| 5.6.2 星载设备 ·····         | 169        |
| 5.6.3 地面设备 ·····         | 170        |
| 5.7 几种航空通信参数指标比较·····    | 171        |
| 5.8 航空卫星通信的发展·····       | 173        |
| 参考文献 ·····               | 173        |
| <b>第6章 航空遥测通信</b> ·····  | <b>174</b> |
| 6.1 航空遥测通信的发展·····       | 174        |
| 6.2 现行的遥测通信·····         | 175        |
| 6.2.1 遥测通信构成 ·····       | 176        |
| 6.2.2 遥测通信系统设计 ·····     | 179        |
| 6.2.3 遥控 ·····           | 183        |
| 6.3 航空遥测通信应用·····        | 184        |

|              |                             |            |
|--------------|-----------------------------|------------|
| 6.3.1        | 试飞遥测 .....                  | 184        |
| 6.3.2        | 专用遥测中继飞机 .....              | 186        |
| 6.4          | 未来航空遥测通信 .....              | 189        |
| 6.4.1        | 空中客车未来遥测通信 .....            | 190        |
| 6.4.2        | 网络化增强遥测 .....               | 190        |
| 6.5          | UAV 遥测遥控 .....              | 192        |
| 6.5.1        | UAV 遥测遥控链路 .....            | 192        |
| 6.5.2        | UAV 遥测数据与遥控指令加密 .....       | 194        |
|              | 参考文献 .....                  | 199        |
| <b>第 7 章</b> | <b>数据链与航空通信网 .....</b>      | <b>200</b> |
| 7.1          | 航管 VDL 数据链 .....            | 200        |
| 7.1.1        | VDL 的发展 .....               | 200        |
| 7.1.2        | ACARS/VDL0/VDLA .....       | 201        |
| 7.1.3        | VDL1 .....                  | 202        |
| 7.1.4        | VDL2 .....                  | 202        |
| 7.1.5        | VDL3 .....                  | 205        |
| 7.1.6        | VDL4 .....                  | 208        |
| 7.1.7        | VDL 各种协议比较 .....            | 210        |
| 7.2          | 航空作战数据链 .....               | 212        |
| 7.2.1        | 数据链的诞生与发展 .....             | 212        |
| 7.2.2        | 数据链的结构 .....                | 213        |
| 7.2.3        | 数据链的参考模型 .....              | 215        |
| 7.2.4        | 典型战术数据链体制 .....             | 217        |
| 7.2.5        | 典型 CDL 数据链体制 .....          | 235        |
| 7.2.6        | 航空作战数据链发展趋势 .....           | 241        |
| 7.3          | 航空电信网 .....                 | 246        |
| 7.3.1        | ATN 功能和特点 .....             | 246        |
| 7.3.2        | ATN 系统中的通信关系 .....          | 248        |
| 7.3.3        | ATN 协议体系结构 .....            | 249        |
| 7.3.4        | ATN 路由 .....                | 251        |
| 7.3.5        | ATN 协议体系的 IP 化 .....        | 253        |
| 7.3.6        | ATN 向 ATN/IPS 协议体制的迈进 ..... | 256        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 7.4 航空电信网发展               | 259        |
| 7.4.1 ATN 近景目标            | 260        |
| 7.4.2 ATN 远景目标            | 262        |
| 参考文献                      | 264        |
| <b>第8章 射频综合化通信</b>        | <b>266</b> |
| 8.1 射频综合化通信概述             | 266        |
| 8.2 雷达信号与通信信号的特点          | 267        |
| 8.3 雷达通信一体化系统组成           | 268        |
| 8.4 雷达通信一体化关键技术           | 269        |
| 8.4.1 共用信号设计              | 269        |
| 8.4.2 综合孔径设计              | 279        |
| 8.4.3 几种超宽带多频段共用孔径相控阵天线介绍 | 288        |
| 参考文献                      | 290        |
| <b>第9章 航空激光通信</b>         | <b>291</b> |
| 9.1 概述                    | 291        |
| 9.1.1 自由空间激光通信基本框架        | 291        |
| 9.1.2 自由空间激光通信发展          | 293        |
| 9.2 无线激光通信的关键技术           | 295        |
| 9.3 激光通信信道                | 296        |
| 9.3.1 大气折射与透射             | 296        |
| 9.3.2 大气吸收                | 298        |
| 9.3.3 大气分子散射与微粒消光         | 299        |
| 9.3.4 大气湍流                | 301        |
| 9.3.5 背景光对信号检测的影响         | 303        |
| 9.4 激光通信调制编码与解调           | 304        |
| 9.4.1 激光通信调制技术            | 305        |
| 9.4.2 激光通信解调技术            | 307        |
| 9.5 瞄准、捕获和跟踪              | 310        |
| 9.5.1 捕获技术                | 310        |
| 9.5.2 跟踪、瞄准技术             | 313        |
| 9.6 机载激光通信设计              | 315        |

|               |                           |            |
|---------------|---------------------------|------------|
| 9.6.1         | 机载激光通信环境约束分析 .....        | 316        |
| 9.6.2         | 机载激光通信关键技术 .....          | 317        |
| 9.6.3         | 机载激光通信应用方向和发展趋势 .....     | 318        |
|               | 参考文献 .....                | 318        |
| <b>第 10 章</b> | <b>机载设备通信 .....</b>       | <b>320</b> |
| 10.1          | ARINC429 总线 .....         | 320        |
| 10.1.1        | ARINC429 数字数据传输特性 .....   | 320        |
| 10.1.2        | ARINC429 数据字的格式 .....     | 321        |
| 10.1.3        | ARINC429 数据字传输特性 .....    | 321        |
| 10.1.4        | ARINC429 传输线负载 .....      | 322        |
| 10.2          | ARINC629 总线 .....         | 322        |
| 10.2.1        | ARINC629 总线协议 .....       | 322        |
| 10.2.2        | ARINC629 总线物理层规范 .....    | 324        |
| 10.2.3        | ARINC629 总线 MAC 规范 .....  | 326        |
| 10.3          | MIL-STD-1553B 总线 .....    | 327        |
| 10.3.1        | MIL-STD-1553B 协议 .....    | 327        |
| 10.3.2        | MIL-STD-1553B 物理层规范 ..... | 328        |
| 10.3.3        | MIL-STD-1553MAC 层规范 ..... | 329        |
| 10.4          | 交换式航电网络 .....             | 333        |
| 10.4.1        | 以太网 .....                 | 333        |
| 10.4.2        | 全双工交换式以太网 .....           | 336        |
| 10.5          | 令牌传递网络 .....              | 338        |
| 10.5.1        | FDDI .....                | 338        |
| 10.5.2        | LTPB .....                | 342        |
| 10.6          | 光纤通道 .....                | 345        |
| 10.6.1        | 光纤通道网络结构 .....            | 346        |
| 10.6.2        | 光纤通道协议结构 .....            | 346        |
| 10.6.3        | 光纤通道拓扑结构 .....            | 348        |
| 10.6.4        | 光纤通道流量控制 .....            | 350        |
| 10.7          | 航空电子统一网络设计 .....          | 351        |
| 10.7.1        | 航空电子统一网络 .....            | 351        |
| 10.7.2        | COTS 技术与开放式标准 .....       | 352        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 参考文献 .....                        | 353        |
| <b>第 11 章 航空通信电磁兼容与频谱管理 .....</b> | <b>355</b> |
| 11.1 干扰与噪声 .....                  | 355        |
| 11.1.1 噪声 .....                   | 355        |
| 11.1.2 干扰 .....                   | 356        |
| 11.2 电磁兼容 .....                   | 362        |
| 11.2.1 电磁兼容分析 .....               | 362        |
| 11.2.2 电磁兼容设计 .....               | 364        |
| 11.3 频谱管理 .....                   | 370        |
| 11.3.1 频谱管理过程 .....               | 370        |
| 11.3.2 频谱管理的理论研究和发展趋势 .....       | 371        |
| 参考文献 .....                        | 373        |
| <b>附录 发射信号类型 .....</b>            | <b>374</b> |

# 第1章 绪 论

## 1.1 概 述

航空通信是空中运输和空中作战中信息、指令传输的统称,用于完成消息、情报、文字、指令、图像等信息的传输和交换。按照航空通信传输交换的范围可分为外环通信和内环通信,外环通信是指飞行器与其他通信终端的信息传输,通常采用无线通信传输方式,可分为空空、空地(海)、空天通信;内环通信是指机载设备内部的信息交换,通常使用有线通信模式,主要分为总线模式和网络模式。

航空通信是由一系列的平台设备来实现的,完成航空通信所需的一切技术设备和传输媒介统称为航空通信系统,航空通信系统的基本模型如图 1.1 所示。

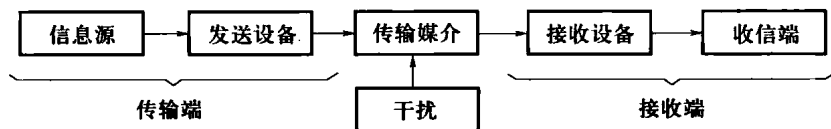


图 1.1 通信系统的基本模型

航空通信中的信息源产生信息,根据输出信号性质可分为模拟信号源和数字信号源,模拟信号源包括语音、模拟摄像等输出的连续幅度信号;数字信号源包括数据信号、指令信号、数字监控和记录信息等数字序列。模拟信号可以通过抽样和量化变化为数字信号。信息源的功能是将待传输的语音、报文、图像、数据等消息转换为包含大量低频分量的基带信号。

发送设备基本功能是将基带信号转换为合适传输介质的信号形式,并根据传输距离和传输机制按照一定的传输功率发送到传输介质。信号变换最基本的方式是调制,传输机制中最常用的是编码。在数字系统中最常用的编码是信源编码和信道编码。航空通信中最典型的发送设备是电台。

传输媒介是指从发射设备到接收设备之间的通道,航空通信中包括有线和无线两种,有线传输介质主要是同轴线和光纤,无线媒介即波长不等的电磁波。在信号传输过程中,干扰和信号衰减是必然存在的,包括热噪声、脉冲干扰、信道衰落、传输损耗等。

接收设备与发送设备的基本功能是逆向的,主要完成解调、译码、解密等功能。其基本任务是从带有干扰的信号中正确恢复出原始信号,对于多路数据复用传输,

还包括分路功能。

收信端是指将复原的信号转换为相应的消息重新复现在应用设备,如语音、图像、态势信息等。

以上为单向通信模型,在航空通信中,还包括许多双向通信系统,即系统包含至少两套收发设备,可同时收发信息。

## 1.2 航空通信发展历程

### 1.2.1 航空通信历史

21 世纪标志着两个特殊百年的开始:一是自怀特兄弟第一次完成重量高于空中飞行的有人操纵驾驶已经有 100 年了(在 1903 年 12 月完成总距离几百英尺的飞行),二是自 19 世纪末马可尼第一个成功实现长途无线电波传输和 1902 年第一次无线电穿越大西洋的 100 年。

1837 年莫尔斯发明了电报,1876 年贝尔又发明了电话。1864 年,麦克斯韦从理论上证明了电磁波的存在,这一理论于 1887 年被赫兹用实验证实。接着马可尼和波夫等人利用电磁波做了远距离通信的试验,并获得了成功。从此通信进入了电通信的新时代。到了 20 世纪 30 年代,尤其是在 50 年代之后,在通信理论上先后形成了香农信息论、纠错编码理论、调制理论、信号检测理论、信号与噪声理论、信源统计特性理论等,这些理论使现代通信技术日趋完善。尤其是晶体管、集成电路相继问世后,不仅更加促进像电话通信那样的模拟通信的高速发展,而且出现了具有广阔发展前景的数字通信。并相继出现了脉冲通信、微波通信、卫星通信、光纤通信等新的通信手段。计算机问世后,不仅使通信技术中的许多环节实现了微机控制和管理,而且使通信的对象由人与人之间的通信扩大到人与机器、机器与机器之间的通信。通过传输系统和交换系统将大量终端连接起来的现代通信网,是一个综合性的、为多种信息服务的通信网。

在个人无线通信领域,近年来出现了多种标准和新技术的演进,通常结合先进的语音、数据、媒体和图像服务,并将这些技术通过微电子技术固化在个人应用终端中。这一发展已经改变了个人通信的格局,随着个人通信技术的进一步演化,必然触发智能化、认知化和软件无线电的下一代革命。

历史证明,航空通信的发展可以说是保守的、落后的,并且远落后于个人通信革命。第一代无线电航空通信在第一次世界大战期间随着板载收发机的应用而出现,而标准化和系统应用的 VHF 频段航空通信出现在 19 世纪 40 年代,且 VHF 频段航空通信在体系上至今没有明显的变化。这主要与航空通信体系更新的成本和应用需求的发展相关。航空无线通信的技术演进和应用如图 1.2 所示。

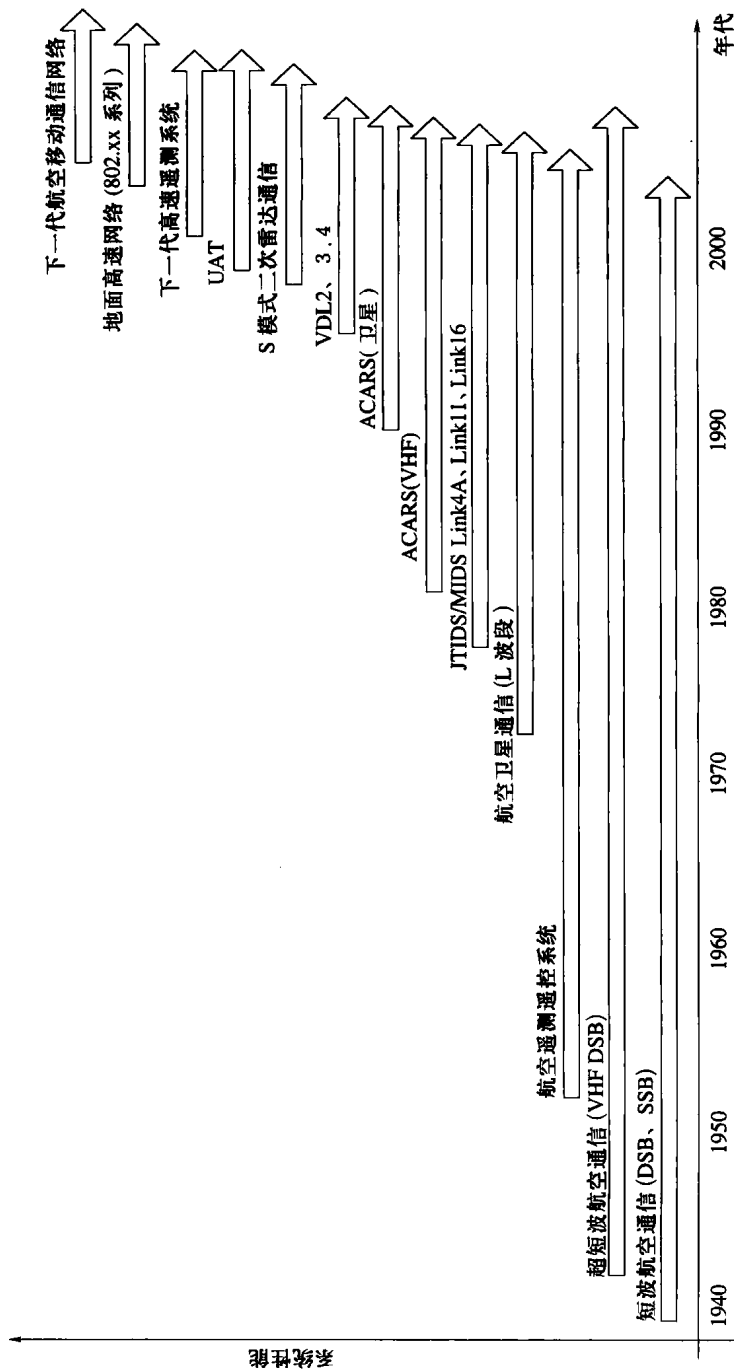


图 1.2 航空无线通信系统演进与应用年谱

机载早期通信模式是独立系统通过专用连接线完成点到点通信,在 20 世纪 70 年代随着电子技术和处理器的应用发展到系统总线通信,现在和即将应用的机载网络通信模式属于第三代机载通信。

### 1.2.2 航空通信现状与下一代通信体系

目前,针对航空移动通信系统需要增强已有的战术与战略移动通信服务性能,以提供给作战平台更多功能、更加灵活、抗干扰(射频的和恶意的)和可靠的服务,针对机内通信需要增强传输数据速率、增强实时性应用。从一定程度上讲,如 ACARS(飞机通信寻址和报告系统)、基于 VHF 通信的数据链路服务、战术数据链、通用数据链和航空卫星服务作为第二代无线通信、机载通信总线和网络已经开始实施并在填补这个缺口。这里需要强调的是填补缺口,一些航空通信中的技术,在已有的频谱分配或在试验条件下的工程应用中被提出,却只是放置的专利技术中没有应用部署。当系统的应用技术已经超前应用系统时,这种系统演进式解决方案对于技术、应用和频谱效率的提高不再是最优的,系统演进所涉及的专利和技术已经过时且逐渐不再与航空通信体系的发展相关。

鉴于第三代航空通信系统的技术已经成熟,并且装备中使用的设备成本也在不断下降,未来几年,在当前部分老旧系统导致的信息传输拥塞、饱和问题以及在新技术、新体系的可实现性的驱动下,将看到航空通信系统的革新变化。此外,很明显航空通信体系需要合理化的系统、接口、模式等设计,以简化长期使用的整套装备更新的模式,提高系统开放性和扩展性。同时,航空移动通信的伙伴——公共移动通信,已经完成了第三代系统并已经计划向第四代和认知无线电发展,航空的通信在新技术和体制的应用和部署处于落后状态,但也有优势条件,航空移动通信的发展可受益于移动通信的经验,甚至可以利用公共移动通信技术发展的教训。通过对现有基于先进移动通信标准的模块无线电装备进行移植,并部署到新的航空移动通信中,可以促成航空移动通信的跨越式发展。航空机载通信网络同样可以受益于现代公共互联网的应用技术。当然,应用到航空通信系统中的技术移植需要考虑应用系统的环境和具体需求,这与其他工业应用是类似的。

### 1.2.3 航空通信操作和用户变化

航空通信系统发展中需要关注系统操作模式和应用需求的改变。航空移动通信应用重点在于提高作战效率和安全飞行概率,减少作战和训练中飞行器在所有阶段(地面转身、空中机动等)的通信传输延迟,并使系统运行达到更加自动化,如减少地面指挥人员和飞行员的工作负荷。在军用航空通信系统中,通信和组网模式逐渐动态化自组织化,使用到的战场态势信息、武器应用信息、指挥管理指令信