

国防电子信息技术丛书



Aeronautical Radio Communication Systems and Networks

航空无线电通信 系统与网络

【英】 Dale Stacey 著

吴仁彪 刘海涛 马愈昭 等译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国防电子信息技术丛书

航空无线电通信系统与网络

Aeronautical Radio Communication Systems and Networks

[英] Dale Stacey 著

吴仁彪 刘海涛 马愈昭 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面介绍了航空无线电通信系统及网络的相关知识。全书共分为 12 章, 首先介绍航空无线电系统、电波传播和通信方面的基础知识, 随后重点阐述了甚高频话音与甚高频数据链通信系统、军用航空通信系统、远程通信系统(包括高频话音、高频数据链通信系统和移动卫星通信系统)、航空遥测遥控系统、未来航空移动通信系统、航空电信网的组成及工作原理、航空无线电地面设备安装及使用方法、机载电子设备, 最后还介绍了航空通信系统电磁兼容及频谱管理方面的知识。

本书读者对象为民航与军航通信和导航专业的大学生、研究生以及工程技术人员, 空中交通管制和空域规划工程技术与管理人 员, 从事航空器电子设备设计和制造专业的大学生、研究生及工程技术人员。

Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, Dale Stacey

Copyright © 2008, John Wiley & Sons, Ltd.

All rights reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Ltd.

本书简体中文版专有翻译出版权由 John Wiley & Sons, Ltd. 授予电子工业出版社。未经许可, 不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2010-8181

图书在版编目(CIP)数据

航空无线电通信系统与网络/(英)斯泰西(Stacey, D.)著; 吴仁彪等译. —北京: 电子工业出版社, 2011.10
(国防电子信息技 术丛书)

书名原文: Aeronautical Radio Communication Systems and Networks

ISBN 978-7-121-14406-6

I. ①航… II. ①斯…②吴… III. ①航空通信: 无线电通信 IV. ①V243.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 168198 号

策划编辑: 马 岚

责任编辑: 谭海平 特约编辑: 王 松

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 403 千字

印 次: 2011 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

译者序

民航是一个高新技术应用非常密集的行业。通信(Communication, 简称 C)、导航(Navigation, 简称 N)、监视(Surveillance, 简称 S)和空中交通管理(Air Traffic Management, 简称 ATM)共同构成了新航行系统(CNS/ATM), 其中 CNS 为 ATM 提供了技术支持和保障。各种通信、导航和监视新技术都在空中交通管制系统和飞机机载电子系统中不断得到应用, 通过空地协作的方式来保障飞行安全和航班正点, 并提高航空公司的运输效益。

作为民航高等院校通信工程专业的教育工作者和负责人, 我一直在思考该专业如何办出水平和特色, 为行业发展提供人才支撑。在同行业内用人单位沟通时, 他们提出既希望学生上手快(过去民航院校毕业生的特点), 又希望学生基础好、后劲足(社会重点大学毕业生的特点), 但两者难以同时兼顾。在广泛调研国内外重点高校通信工程专业课程设置的基础上, 我提出了“厚基础+特色专业模块”的教学改革思路。所谓“厚基础”, 就是把学生的基础打扎实, 凡是社会和民航都需要的知识单独开课, 其目的是让学生有发展后劲, 有能力适应民航 CNS 技术的快速发展和变化。在此基础上, 我们把民航行业特殊需要的 CNS 方面的内容集成到 3 门特色专业模块上, 分别对应民航空管和航空电子的通信、导航和监视, 这些课程的内容将“与时俱进”, 随着民航使用技术和设备的变化而变化, 但所占学时又不多, 可以较好解决“厚基础”和“上手快”的矛盾。实践证明, 这种教改思路是成功的, 近年来我们培养的学生受到了民航用人单位的好评, 到社会就业的学生也表现不俗。

本书从理论、系统及实践的角度, 广泛而简洁地介绍了典型空管系统和飞机上各种不同的通信系统, 通篇包含操作实例与个例研究。它是我们选定的比较理想的民航通信模块特色教材。关于导航和监视方面的另外两本特色教材正在编写之中。

近年来, 随着我国国产大飞机项目的实施、低空开放将带来通用航空这一战略性产业大发展、空管 CNS 设备国产化进程的不断加快, 民航和航空界迫切需要一本能涵盖空管和航空电子 CNS 方面的相关著作, 由此本书应运而生。本书的翻译出版工作也得到了国家科技支撑计划重点课题(2011BAH24B12)“通用航空综合运行支持系统”的部分支持。

本书既适合于民航管理局、空域管理提供商、监管机构的工作人员, 也适合于飞机制造商、无线电设备制造商以及航空工程、通信工程或电子信息工程专业的大学生。

全书由中国民航大学电子信息工程学院的教师负责翻译, 其中马愈昭博士负责翻译第 1 章和第 2 章中的 2.1~2.7 节、第 12 章以及附录 1~4, 王文益博士负责翻译第 2 章的 2.8~2.19 节, 刘海涛博士负责翻译第 3、4、5、6 章, 冯青负责翻译第 7、8、9 章, 石庆研负责翻译第 10 章, 许明妍翻译第 11 章。全书由吴仁彪教授统一审校。

吴仁彪

于中国民航大学建校 60 周年前夕

前 言

你也许会问我为什么撰写此书，我想，正像其他作者一样，有许多许多个人的原因。首要的两个原因，也是最重要的原因，是我对飞行及无线电工程的热爱。这也许听起来有点愚蠢，不过，我的确热爱飞行，喜欢在任何飞行器里飞行，从气球、滑翔机、螺旋桨飞机、超轻型飞机到喷气式飞机，我喜欢飞行的经历。我飞得越多，感觉自己对飞行的理解就越深。

一位朋友曾经问我：“飞机是如何飞行的？”，我想了一会儿，便用物理学和空气动力学的知识向他解释，我为自己曾经受到这些基础教育而感到荣幸。然而我想了又想，意识到在回答朋友问题的时候，我想当然地假设大部分人接受过物理学及空气动力学的教育，并且掌握全面的工程学原理，但是我发现即使具备了这些知识，飞行学仍然违背了人类的本能，的确不容易解释。

同时，我发现无线电传播这一话题也同样地不可思议。我们看不见它，它是怎样工作的呢？信号是如何在看似虚无的介质中传播的呢？我们如何预测它呢？不错，我们可以用大量的物理学公式来详细地描述无线电传播的过程，但是，这始终违背了一个外行人的逻辑。

如果我们将以上的两个话题结合起来，就产生了一门新的学科——航空无线电通信学。大部分人也许很难理解这一概念，包括我自己在内。写这本书的过程也是我进行自我发现的过程，实际上，写这本书与其说使我自己弄清了我知道多少，还不如说使我自己弄清了关于此学科我还有多少不知道的，不过，我仍然希望通过编写此书使我在手头不掌握某信息时知道从哪里可以找到该信息。

也许从工程学角度看，系统方框图显得陈旧落后，尤其是对于一些遗留问题，但是从另一个角度看，系统方框图具有有效性和可靠性的特点，这些先验信息是设计和实现下一代设备的基本条件。绘制系统方框图时必须考虑系统的用户，系统用户在定义系统结构时起关键作用。

多年前，我就开始着手收集关于与航空和无线电系统工作相关的信息，我把它们放在一个文件里，文件中收集了我用到的所有公式，随着时间的推移，文件变厚了，我也曾开设过面向无线电工程师和飞行员的培训课程。长久以来，我一直打算将所有的这些信息放在一个整洁的地方，现在我要做的正是此事，我要整理我所有的笔记，将它们书面化，编成此书。

我不敢自诩这本书囊括了关于移动无线电通信和航空移动无线电的所有知识，但是我希望这本书能够给读者提供相关的基础知识和必要的解释，同时对读者的进一步阅读提供必要的指导。此学科的发展是无止境的，学科的内容也在经历不断的增长、自我调整和更新的过程，我试图将最新的信息包含在此书中。

如果你发现书中存在歧义或需要改动之处，如果你愿意与我分享，我将珍视你的任何评论和信息，与此同时，我衷心地希望你能从我的书中获益。

你可以通过我的 E-mail 地址 dale.stacey@consultacom.com 与我联系。

祝阅读愉快！

致谢

在此，我感谢我的妻子 Mary 和我的两个小天使 Caitlin 和 Isla，感谢你们牺牲了家庭的时间支持我写这本书。

我还要感谢 Barbara d'Amato、Alan Jamieson、Kors van der Boogard、John Mettrop(排名不分先后)，在我着手编写此书时，他们给予了我热心的评论与意见。此外，我还要感谢 Liviu Popiescu、Roger Kippenberger、Carol Szabo 和 Stan Jenkins，他们为本书的编写工作做出了直接或间接的贡献。

向所有其他的航空业和无线电业的同事、同僚和领导表示感谢。他们是 Norman Rabone、John Franklin、Geoffrey Bailey、Christian Pelmoine 和 Howard Morris。感谢他们与我分享他们的经验、观点和知识，从而使本书的编写得以完成。

感谢我的大学和中学老师，他们为我的职业生涯提供了所需的基础教育和训练，其中尤其要感谢 Sparrow 先生、Wills 博士、Crawford 先生、Aggarwal 博士和 Redfern 博士。

感谢我的母亲 Elizabeth 和我的父亲 Derek，他们赋予我生命，并且在我的生活中一直给予我帮助。也感谢我的好兄弟 Paul 和 Glen，他们间接地参与了编写工作。

关于作者

作者 Dale Stacey 于 1988 年毕业于英国 Bath 大学，获得电力与电子工程专业的学士学位(荣誉生)。之后，1991 年 Dale Stacey 成为英国的一名特许工程师，1993 年成为澳大利亚的特许工程师。Dale Stacey 工作兴趣广泛，他在世界上的许多地方以无线电系统工程师和项目经理的身份工作过，最近的 15 年里他以咨询师身份工作。

作者所从事的项目涉及可行性研究、策划与设计、安装与委托、项目管理、运营/维护与系统网络管理。相关技术涉及微波无线电链路、甚高频/超高频(VHF/UHF)移动系统、GSM 第三代移动通信系统、WiMAX 与私人移动系统、甚小口径终端(VSAT)卫星系统。

项目合作单位涉及石油企业、公用事业公司与公共电信运行商(PTT)、矿业公司、移动运营商、银行、设备制造商与计算机网络供应商、互联网服务供应商(ISP)和澳大利亚、亚洲、北美和欧洲的联邦及区域政府部门。

最近的项目主要集中在航空无线电系统方面。作为咨询师，作者曾与欧控(Eurocontrol)、国际民航组织(ICAO)、国际航空运输协会(IATA)、各级政府行政机关、空中导航服务供应商(ANSP)、国际上的航空机构及公司合作。

作者拥有澳大利亚和英国双重国籍，可想而知，他时常飞行于两个大陆之间，终日与无线电打交道。

作者将他的咨询服务以及在无线电工程领域，尤其是航空移动无线电领域的教学事业视为自己生命的全部。关于作者提供的培训及咨询服务，你可以在 www.consultacom.com 上找到，或者发 E-mail 至 dale.stacey@consultacom.com。

修订、修改、更新、责任

如果你对本书中的内容有任何反馈意见、修改意见，或者对书中各部分间的关联性有任何看法，或者你认为某些话题需要进一步加以修饰，或是需要增加新的话题，我将珍视你的反馈信息。我承诺我会认真阅读所有的评论，并在必要时在书中进行更新，我相信这是改进此书的最好方法。我将赠送你一本此书或者更新的版本，并把你对此书的贡献包含在致谢中，以示谢意。

在编写此书时，我试图保持相关的专业机构所规定的书的专业特性，与此同时，我也竭力在书中提供准确清楚的信息。我衷心地希望，在更新的版本中，我能不断地完善此书，在此过程中，你的帮助尤为重要。

本书的结构安排

本书中的章节都是以时间顺序安排的，读者可以根据自己的专业兴趣跳过某些章节。另外，书中也采用了一种矩阵式的布局结构，在理论部分和实践部分之间加了一个中间层面，称为系统层面。这样，实际上同一话题在书中被重复了三次，分别强调理论、系统结构单元和实际实现，所以读者在阅读过程中可以随时回头翻阅基本原理部分，或把注意力集中在系统层面或是物理实现部分。

为保持文章的内容在逻辑上的连贯性，我们还在附录部分中汇总了公式、变量、缩略语、常量、单位转换等。

目 录

第 1 章 引言	1	2.6.3 非视距传播	21
1.1 回顾	1	2.6.4 传播至卫星	26
1.2 当代与第二代设备	2	2.7 其他传播效应	27
1.3 未来技术	2	2.8 调制	28
1.4 操作及用户变化	2	2.8.1 调制之谜	29
1.5 航空用无线电频谱	3	2.8.2 模拟域和数字域	30
1.6 航空电信业组织结构的讨论	5	2.8.3 幅度调制(AM)	30
1.6.1 国际机构	5	2.8.4 频率调制	36
1.6.2 典型的国家机构	6	2.8.5 数字调制	37
1.6.3 产业利益集团	6	2.9 香农理论	44
1.6.4 典型的规范与专业工程机构	6	2.10 复用和集群通信	45
1.6.5 用户/操作员	6	2.10.1 频分复用(FDM)	45
第 2 章 航空无线电系统理论	7	2.10.2 集群通信	45
2.1 基本定义	7	2.10.3 时分复用(TDM)	47
2.2 传播原理	8	2.10.4 正交频分复用(OFDM)和编 码 OFDM	48
2.2.1 电磁矢量	8	2.11 接入方案	48
2.2.2 极化	8	2.11.1 频分多址接入(FDMA)	48
2.2.3 传播速度及其与波长和 频率的关系	8	2.11.2 时分多址接入(TDMA)	49
2.3 功率、振幅和分贝	10	2.11.3 码分多址接入(CDMA)	49
2.4 各向同性功率源和自由空间 路径损耗	11	2.12 抗衰落和抗多径技术	51
2.4.1 各向同性功率源的定义	11	2.12.1 均衡	51
2.4.2 推导自由空间路径损耗公式	11	2.12.2 前向纠错和循环冗余校验	52
2.4.3 功率通量密度	13	2.12.3 交织	53
2.4.4 电场强度	13	2.12.4 空间分集	53
2.4.5 电场强度与发射功率的关系	14	2.12.5 频率分集	54
2.5 无线电几何	14	2.12.6 被动接收分集	56
2.5.1 无线电地平线计算	14	2.13 带宽规范	56
2.5.2 地球膨胀因子—— k 因子	16	2.14 天线增益	57
2.5.3 海里	17	2.14.1 理想的各向同性天线	57
2.5.4 大圆距离	18	2.14.2 实际实现	57
2.6 复杂传播: 折射、吸收、非视 距传播	19	2.14.3 几种常用的航空通信天线	58
2.6.1 折射	19	2.15 链路预算	62
2.6.2 大气吸收引起的损耗	21	2.16 互调	62
		2.16.1 三阶谐波与多余谐波	63
		2.16.2 高阶谐波	66

2.17 通信系统的噪声	66	3.6.6 数据链系统的未来应用	102
2.17.1 热噪声	66	补充阅读材料	102
2.17.2 自然噪声	66	第4章 军用无线通信系统	104
2.17.3 人为噪声与干扰	66	4.1 军用甚高频通信发展历史	104
2.17.4 天电噪声	66	4.2 军用航空移动通信的发展	104
2.18 卫星理论	66	4.3 军用甚高频通信系统的缺陷	105
2.18.1 扩展噪声方程	67	4.4 新一代战术通信系统的挑战性	105
2.18.2 G/T	67	4.5 JTIDS/MIDS 系统的诞生	106
2.18.3 链路预算方程	67	4.6 JTIDS/MIDS 技术规范	106
2.18.4 噪声温度	68	4.6.1 信道划分	106
2.19 可用性与可靠性	71	4.6.2 Link 4A 空中接口	106
2.19.1 定义	71	4.6.3 Link 11 空中接口	107
2.19.2 可靠性浴盆曲线	71	4.6.4 Link 16 空中接口	108
2.19.3 几个可靠性的概念	72	4.6.5 接入方式	109
2.19.4 多元件系统的综合可用性	72	4.6.6 Link 16 数据交换	109
补充阅读材料	74	4.6.7 抖动字段	110
第3章 甚高频航空通信系统	75	4.6.8 同步字段(SYNCH)	110
3.1 甚高频航空通信的发展历程	75	4.6.9 定时同步	110
3.1.1 1947年前的甚高频无线通信	75	4.6.10 JTIDS/MIDS 的其他特性	112
3.1.2 1947年到现在的甚高频无线通信: 信道化和带宽划分	76	4.6.11 与测距设备共信道工作	112
3.1.3 当前及 8.33 kHz 信道间隔	78	第5章 远距离无线通信系统	113
3.1.4 未来航空甚高频通信	78	5.1 短波无线通信系统	113
3.2 双边带-调幅系统	80	5.2 短波通信系统的频率分配	113
3.2.1 甚高频航空通信系统特性	81	5.3 短波无线通信系统	114
3.3 移动通信的标准——3C	82	5.3.1 短波发射机	114
3.3.1 网络覆盖	83	5.3.2 短波接收机	114
3.3.2 容量	86	5.3.3 系统配置	115
3.3.3 质量	87	5.3.4 选择呼叫	115
3.4 无线电管理与许可证	88	5.3.5 短波信道的可用性	115
3.4.1 3A	88	5.4 短波数据链系统	117
3.5 甚高频“硬化”和互调	90	5.4.1 短波数据通信协议	117
3.5.1 接收机淹没	90	5.4.2 短波数据链系统部署	118
3.5.2 互调干扰	90	5.5 短波通信在民航的其他应用	118
3.6 甚高频数据链系统	91	5.6 航空移动卫星通信系统	118
3.6.1 甚高频模拟通信系统局限性	91	5.6.1 航空移动卫星通信系统简介	118
3.6.2 数据链路的发展历程	91	5.6.2 地球同步卫星服务系统	120
3.6.3 系统技术规范	92	5.6.3 天线系统技术参数	123
3.6.4 数据链系统比较	101	5.7 甚高频、高频、L波段 JTIDS/MIDS 系统与卫星通信系统的比较	124
3.6.5 航空数据链系统业务	101	5.8 航空乘客通信(APC)	125
		补充阅读材料	125

第 6 章 航空遥测遥测系统126	第 9 章 无线电经济学 157
6.1 遥测系统.....126	9.1 引言..... 157
6.2 遥测系统现状.....126	9.2 经济学的基本准则..... 157
6.2.1 遥测系统的频率分配.....127	9.3 分析和盈亏平衡点..... 157
6.2.2 遥控系统.....129	9.4 资金成本..... 158
6.3 遥测/遥控系统的应用.....129	9.4.1 基本的财务概念..... 158
6.4 空中客车公司的未来遥测系统.....130	9.4.2 通货膨胀..... 159
6.4.1 信道分配规划.....130	9.5 安全考虑..... 160
6.4.2 系统组成.....130	9.6 可靠性成本..... 160
6.4.3 下行链路.....131	9.7 宏观经济学..... 161
6.4.4 上行链路.....131	第 10 章 地面设施及设备 163
6.5 无人机.....131	10.1 引言..... 163
第 7 章 陆地回程和航空电信网133	10.2 实际的甚高频通信设备
7.1 引言.....133	(118~137 MHz)..... 165
7.2 点到点承载形式.....134	10.2.1 甚高频发射机..... 165
7.2.1 铜电缆.....134	10.2.2 甚高频接收机..... 165
7.2.2 频分复用栈.....134	10.2.3 甚高频发射机/接收机结构... 166
7.2.3 新型的数字连接和脉冲	10.2.4 甚高频腔体滤波器..... 167
编码调制.....135	10.2.5 甚高频合路器、多路耦合
7.2.4 同步数字体系、异步传输模式	器、开关与功分器..... 167
和 Internet 协议.....137	10.2.6 其他无线电设备..... 168
7.2.5 光纤.....137	10.2.7 外围设备..... 171
7.2.6 专用网和航空电信网.....137	10.3 室外..... 172
7.2.7 PTT 所提供的服务.....137	10.3.1 传输线(VHF、L 波段及
7.2.8 无线电链路.....138	微波)..... 172
7.2.9 VSAT 网络.....140	10.3.2 天线工程..... 173
7.2.10 混合网络.....142	10.3.3 塔或桅杆..... 178
第 8 章 未来的航空移动通信系统143	10.3.4 机房..... 179
8.1 引言.....143	10.3.5 设备架..... 180
8.2 近期的可行技术.....144	第 11 章 航空电子 181
8.2.1 UAT.....144	11.1 引言..... 181
8.2.2 S 模式扩展电文.....146	11.2 环境..... 181
8.2.3 802.xx 协议族.....148	11.2.1 温度..... 182
8.3 长远的选择.....149	11.2.2 压力..... 183
8.3.1 分析.....149	11.2.3 设备测试..... 183
8.3.2 答案.....150	11.2.4 表观风速..... 184
8.3.3 定义的难题.....151	11.2.5 湿度: 0~100%..... 184
8.3.4 一个基于 CDMA 通信系统	11.2.6 射频环境、抗扰性、电磁
的建议.....153	兼容..... 187
8.3.5 软件无线电.....155	11.2.7 环境的分类..... 188
补充阅读材料.....156	

11.3	飞机类型	188	12.2.1	干扰源	215
11.3.1	私人飞机	188	12.2.2	干扰形式	216
11.3.2	通用航空飞机	189	12.2.3	抗扰性与敏感性	217
11.3.3	商用航空飞机	189	12.2.4	干扰的测量	218
11.3.4	军用航空飞机	190	12.3	电磁兼容	219
11.4	用于私人航空的简单航空 电子设备	191	12.3.1	分析	219
11.5	分布式航空电子设备概念	191	12.3.2	信道外发射、频带外发射、 杂散发射	221
11.5.1	数据总线标准	192	12.3.3	电磁兼容标准	222
11.5.2	供电系统	195	12.4	频谱管理过程	223
11.6	航空电子机架的布置	197	12.4.1	同信道共享、相邻信道和 相邻频带兼容	223
11.6.1	航空运输支架与模块化概念 单元	197	12.4.2	系统内与系统间兼容	223
11.6.2	冷却	198	12.4.3	系统内标准	224
11.6.3	背板布线	198	12.4.4	系统间标准	224
11.6.4	其他标准	199	12.4.5	WRC 进展以及循环检查 与修订	225
11.7	航空无线电盒子	199	12.5	频率管理过程	225
11.7.1	甚高频收发机	199	12.5.1	例子	225
11.7.2	高频无线电	201	12.5.2	应急频率(3 通道保护频带 两侧)	226
11.7.3	卫星接收机系统航空电子 设备	205	12.5.3	航空用频谱与频率信息 资源库	227
11.7.4	其他设备	205	补充阅读材料		227
11.8	天线	206	附录 1	公式总结	228
11.8.1	甚高频天线	206	附录 2	量与单位	233
11.8.2	高频天线	208	附录 3	常量列表	235
11.8.3	卫星天线	209	附录 4	单位转换	236
11.9	控制共址环境	210	术语表		237
11.10	数据线、电源线、特殊电缆、 同轴电缆	211			
11.11	认证与适航维护	212			
11.11.1	认证	212			
11.11.2	欧洲民航设备组织	212			
11.11.3	主最低设备清单	212			
	补充阅读材料	212			
第 12 章 干扰、电磁兼容、频谱管理					
	与频率管理	214			
12.1	引言	214			
12.2	干扰	214			

第1章 引言

1.1 回顾

新千年伊始，标志着两个特殊的一百年：莱特(Wright)兄弟第一次驾驶比空气重的飞行器(1903年12月共飞行了几百英尺)之后人类飞行的一百年；19世纪末马可尼(Marconi)首次成功地实现长距离无线电传输，并于1902年首次穿越大西洋之后的一百年。

这两个重大发明在许多领域已崭露头角，开始改变我们的世界。在航空领域，早在50年前，协和飞机(Concorde)就进入了太空。在不远的将来，以休闲为目的的太空旅游以及洲际火箭已不再是梦想，星球大战已成现实。

同样，无线电领域也发生了深刻的变革，这主要体现在个人通信上，值得一提的是，近年来手机已日益普遍，这些手机通常带有最新的数据服务功能、TV媒体及视频功能，体积小到可以轻松地塞进裤子后口袋。同时，这些技术也取代了传统办公室的打字小组、计算机主机以及广播室。更加惊人的是，人们正酝酿着下一代的智能感知软件无线电，它是可以感知的，在技术上也是可行的，但实现起来仍需要一段时间。

航空领域的革命似乎比个人通信领域更加保守，更加缓慢。早在20世纪20年代，人们就发明了第一代无线电通信系统，第二次世界大战期间，系统中已有了完善的无线电收发器。然而，在航空甚高频(VHF)通信领域，直到20世纪40年代才制定了主要标准和实践规范，直到现在，这些标准似乎也没什么大的改变，其主要原因在于航空系统都非常坚固和完善(主流的甚高频通信系统就是一个很好的例子)，这些系统运行状况良好，航空公司通常不愿意耗费时间和金钱去更换或者改进它们(见图1.1)。

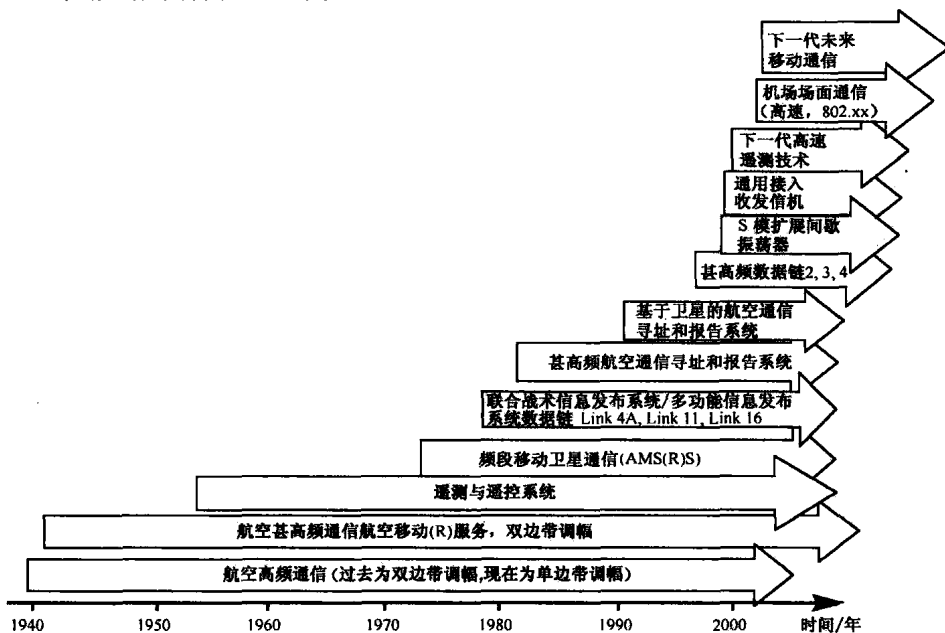


图 1.1 航空移动无线电系统的发展

1.2 当代与第二代设备

目前,为了满足用户的需求,我们需要改进传统的移动通信服务,尤其是在功能、灵活性、抗干扰(抗射频干扰和其他恶意干扰)及可靠性方面。通过引入航空通信寻址和报告系统(ACARS)、甚高频(VHF)数据链以及航空卫星服务作为过渡性的第二代设备,我们已经在某种程度上实现了面向用户需求的一些改进,但是别忘了这些只是过渡性的第二代产品,对于许多这样的系统,一些技术被生硬地应用到现存的频谱分配中,或者使用几乎在实验条件下的一些专有技术。虽然这样做为我们争取了时间,但是这些方案在技术、应用和频谱效率上并不是最优的,而且它们正在老化,并逐渐变得不合时宜。

1.3 未来技术

航空领域正面临下一代(第三代)通信系统,并且设备的单位成本一直在降低。传统的航空通信系统的拥堵及不足日渐扩大和棘手,加之新技术的成熟,这些都将导致在接下来的几年中航空通信领域的巨大变革。当然,为了简化长周期系统,需要进行资源合理化配置。此外,别忘了我们的陆地移动通信系统(公共移动服务)早已实现了第三代系统,并酝酿着第四代甚至第五代系统。显然,在整个战略部署中,航空通信的发展已经滞后了,但是,幸运的是,航空通信的发展可以从先前的经验中受益,甚至可以通过购买基于这些标准的现存无线电模块设备,延用现存的无线电课程和技术。航空工业本身就和其他工业领域有相似之处,只不过是技术应用的背景略有不同罢了。

1.4 操作及用户变化

操作方面的变化主要表现在增加安全性,缩减飞机从起飞、飞行到着落整个过程中所用的时间,提高自动化程度,即减少每个空中交通管制员的工作量。此外,从第二次世界大战期间使用传统的航空系统,到现在的带有很多附加功能的计算机控制系统,用户需求也一直在快速变化。

的确,用户市场已发生了根本性的变化,从19世纪中期到20世纪八、九十年代,航空运输历来只被上层阶级及商务精英所享有。然而今天,航空运输的价格往往可以和汽车及火车的价格竞争,有时候乘坐飞机的价格甚至比把汽车停在机场或者乘车到机场更加便宜,由此所导致的需求上的变化是呈指数增长的。此外,用户市场的变化又影响着航空公司的市场状况,同时也增大了有限的空中空间和飞机场中的飞机密度。这些变化进而又影响着操作上的变化。

民用机队正逐渐庞大起来,尤其是高密度地区的吞吐量,由此,新的空客A380应运而生。经济型飞机旨在增加飞机的燃油效率,以几升每乘客英里为基准,逐渐改进。

不管是在民用航空领域,还是在军用航空领域,无人驾驶飞机(UAV)都备受关注,在航空通信系统中,无人驾驶飞机是一个全新的操作概念,它同时也对航空通信系统提出了新的要求。

此外,飞机与地面、飞机与其他飞机的数据交换能力也有待提高,这一需求促使我们引进一些新的导航和监视理念,如自由路径飞行(飞机按照类似于大圆的最小轨道飞行,代替迄今使用的空中走廊路线)。

即使是在自动相关监视模式(ADS),飞行员也必须密切注视现场交通状况以及上空邻近飞机的位置。一种新的通信系统将导致更加有效的操作来解决上述问题,它将提高空中交通管制的自动化程度,即使在意外干扰或者冲突的状况下,也能完全由计算机实现空中交通管理,在不远的将来,此项技术会变得尤为重要,因为持续上涨的燃油价格将影响航空公司的生意。

1.5 航空用无线电频谱

图 1.2 和图 1.3 大致给出了当前航空通信用无线电频谱。

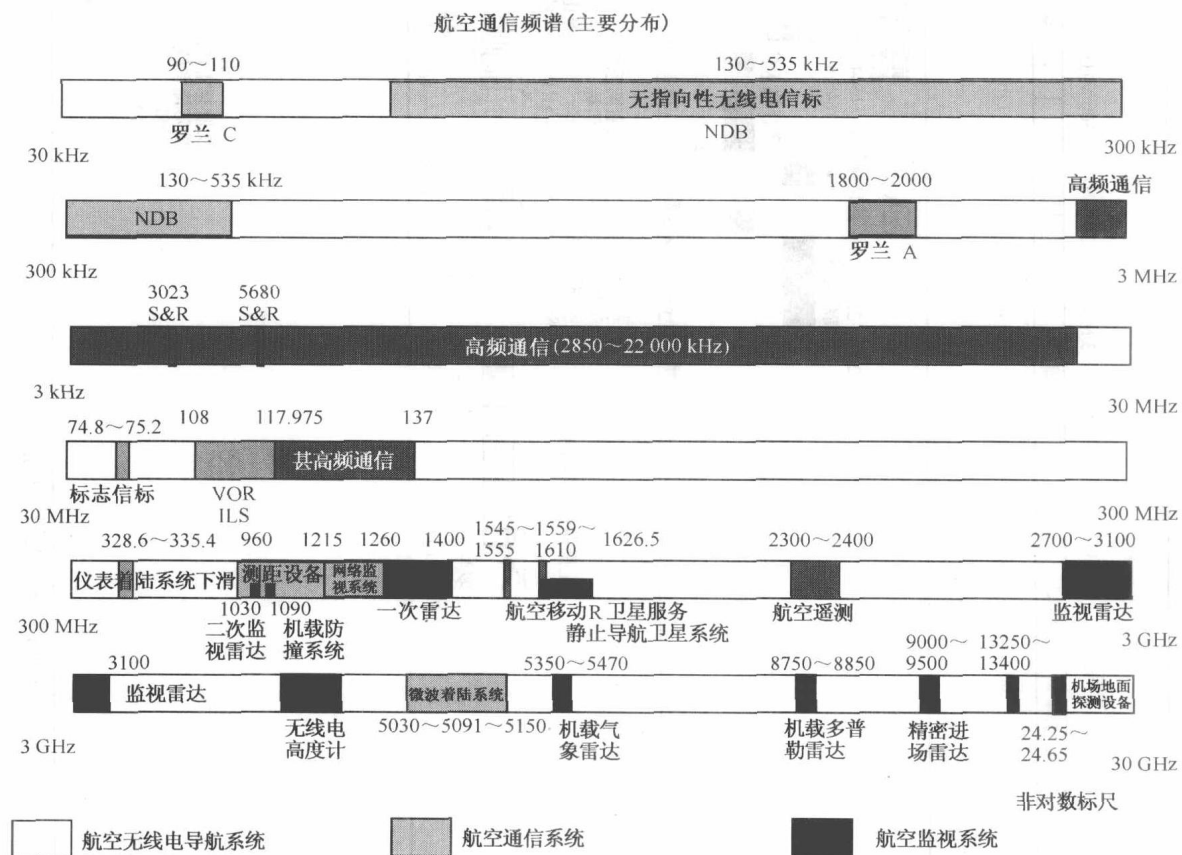


图 1.2 通信无线电导航与监视频带

甚高频(VHF)通信频带、高频(HF)频带及卫星频带大概是其中我们最感兴趣的频带,但在将来,通信频带应该会比较紧张,有可能还会包括甚高频(VHF)频带(108~137 MHz)、L频带(960~1215 MHz)、S频带(2.7~3.1 GHz)、C频带(5~5.25 GHz),或者混合频带。目前,这些频带只是被部分定义,但在即将召开的2007年和2011年世界无线电大会的航空议程中,将被正式批准生效。

此外,图中也给出了实现导航与监视功能的频带分布,以及一些鲜为人知的专业服务的频带分布。按照航空需求,该频谱分布图具有普遍性,适用于全世界,但是,我们也要注意,在某些地区和一些独立国家,该频谱分布会略有不同,这里不再讨论(更详尽的讨论见ITU无线电章程, <http://www.itu.org>)。

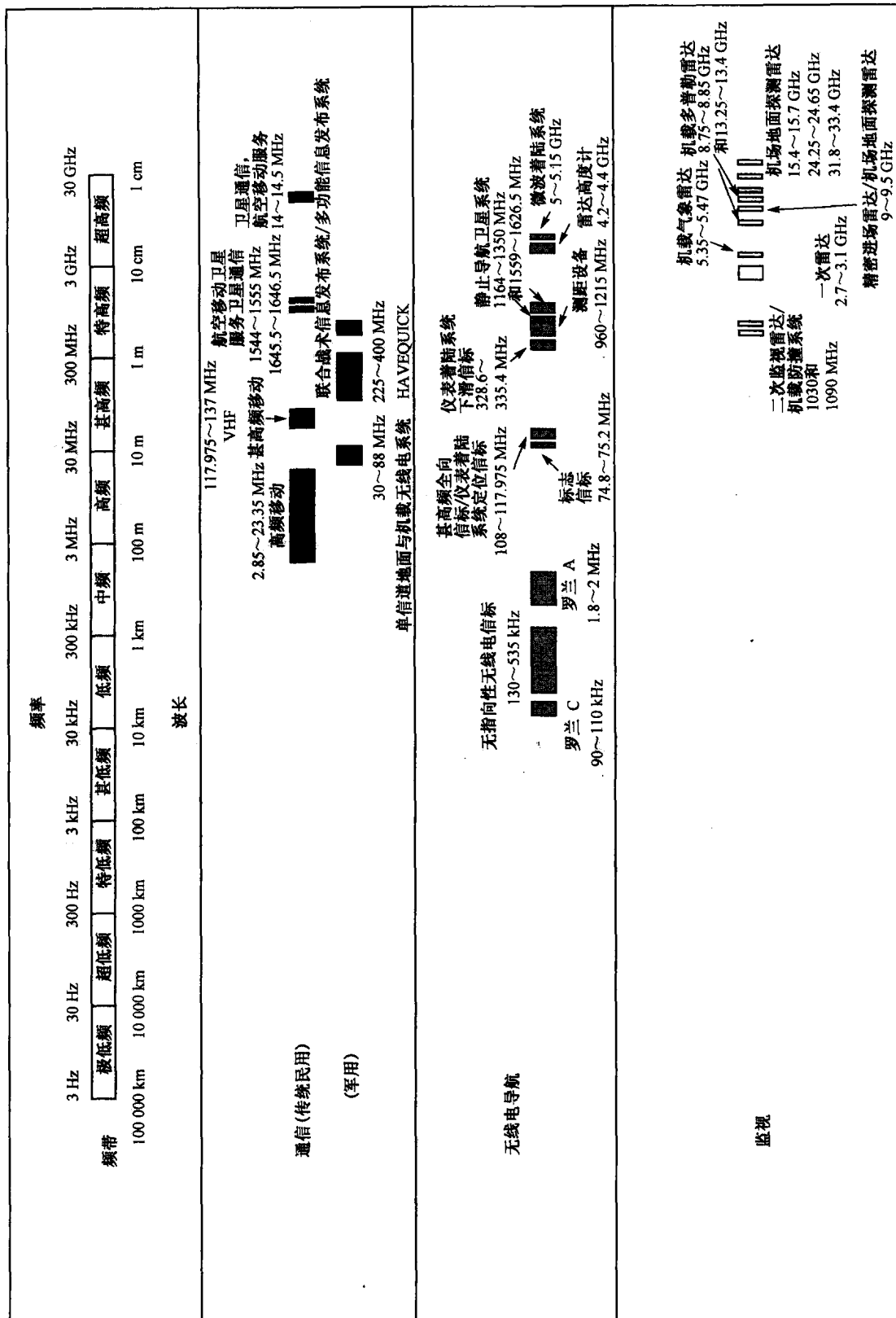


图 1.3 航空无线电频谱

值得一提的是在这一阶段的集中概念。从历史上看，国际电信联盟 (ITU) 所定义的有关航空服务的通信、导航和监视功能 (有时也称为 CNS) 是独立分配的。由于频谱资源的有限性，对于无线电服务来说，共享无线电频谱的趋势及推动力日益增长。同时也可以看到合并这些传统的 CNS 应用来共享相同波段将使这种趋势持续下去。但是，这种趋势使频谱分配、共享以及保护频谱免受有害干扰变得有些复杂，这将在后面讨论。

1.6 航空电信业组织结构的讨论

最后，在引言中，有必要提及航空领域中一些重要的利益相关者 (见图 1.4)。如果本列表不完整，对此我们表示歉意，并且需要说明的是，该列表没有特定的顺序。

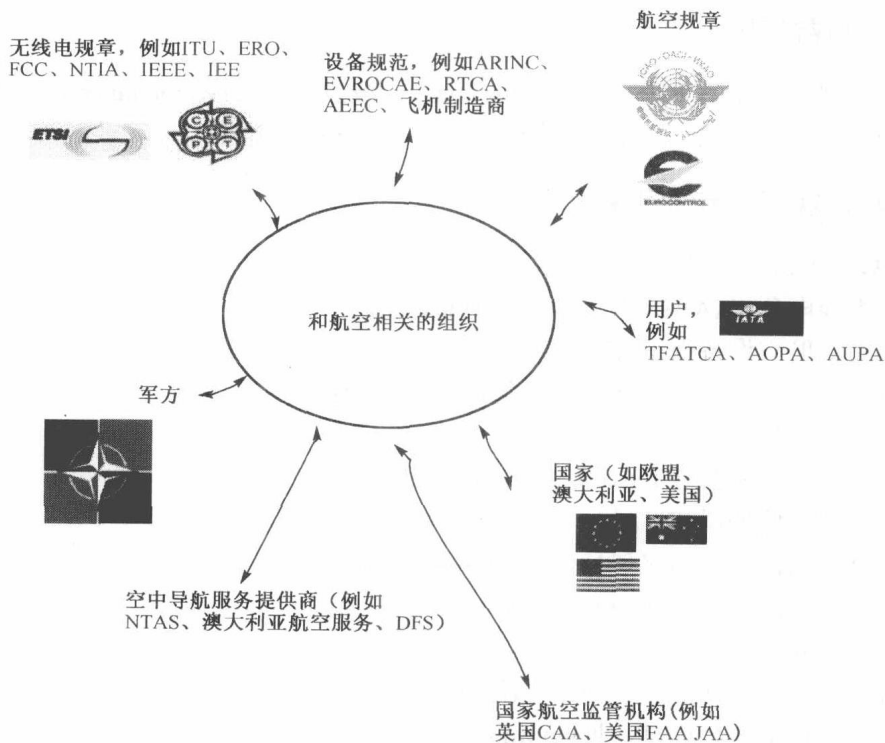


图 1.4 与航空相关的组织

1.6.1 国际机构

国际民航组织 (ICAO, 见 www.icao.int) 成立于 1944 年 12 月，其为民航航空业建立标准和实践提供指导，以促进安全、推进国际空中导航并协调国际监管。

国际航空运输协会 (IATA, 见 www.iata.org) 声称“代表、领导和服务航空公司”。它的成员包括世界上的绝大多数航空公司。从他们的网页上可以获得全部航空公司的成员列表。

在负责协调和组织欧美国家在北大西洋的军用航空和民用航空 (ICAO) 的这些国际组织中，北大西洋公约组织 (NATO, 见 www.nato.int) 占据着主体位置。

欧洲航运管理协调机构 (见 www.eurocontrol.int) 是一个欧洲主体组织，其主要负责协调并确保它们在“欧洲单一天空”政策下欧洲空域的和谐与安全。

1.6.2 典型的国家机构

在每一个国家,都具有一个制定规章的机构,以此来管理与制定本国有关飞行方面的法律和规章。例如,美国的联邦航空管理局(FAA,见 www.faa.gov)、法国的民航总局(DGAC,见 www.dgac.fr)、英国的民航局(CAA,见 www.caa.co.uk),这些组织通常管理一个国家。而欧洲联合航空局(JAA,见 www.jaa.org)则是民航局在欧洲和北美的一个广泛代表,其主要关注民航局的适航性、安全性和协调性。

同时,在每一个国家通常都存在一个航空服务供应商。例如,英国的供应商为国家航空交通供应商(NATS,见 www.nats.co.uk),在瑞士为空中导航公司(Skyguide,见 www.skyguide.cn),在德国为德国空中交通管理局(DFS,见 www.dfs.de)。

1.6.3 产业利益集团

生产商的例子有空客(见 www.airbus.com)、波音(见 www.boeing.com)、庞巴迪(见 www.bombardier.com)等(他们的供应商和相关航空业并未列在这里)。

1.6.4 典型的规范与专业工程机构

也有少数标准机构,其中与本书相关的如下:

- 航空无线电公司(ARINC,见 www.arinc.com)。
- 欧洲民用航空设备组织(EUROCAE,见 www.eurocae.org)。
- 航空无线电技术委员会(RTCA,见 www.rtca.org)。
- 航空电子工程委员会(AEEC)。
- 欧洲电信标准协会(ETSI,见 www.etsi.org)。
- 国际航空电信公司(SITA)
- 欧洲邮政电信管理会议(CEPT,见 www.cept.org)。
- 欧洲无线通信委员会(ERO,见 www.ero.dk)。
- 国际电信联盟(ITU,见 www.itu.org)。
- 电气和电子工程师协会(IEEE,见 www.ieee.org)。
- 英国工程技术学会(IET,见 www.iee.co.uk)。

1.6.5 用户/操作员

国际航空运输协会(IATA)已经提到过,其他的一些用户组包括:

- 空中交通管制员协会国际联合会(IFATCA,见 www.ifatca.org)。
- 飞机所有者和飞行员协会(AOPA,见 www.aopa.org),有时也称通用航空。
- 民航飞行员协会(ALPA,见 www.alpa.org)。

注意,这仅仅是一个列表的开始和主要参与者的一部分。