



通信与导航系列规划教材

数据链理论与系统

Theory and System of Data Link, 2nd Edition

(第2版)

◎ 吕娜 主编

◎ 张岳彤 陈柯帆 张焕梅 蓝兴 编著

海外借



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

通信与导航系列规划教材

数据链理论与系统

(第2版)

Theory and System of Data Link, 2nd Edition

吕娜 主编

张岳彤 陈柯帆 张焕梅 蓝兴 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

数据链是按照规定的消息格式和通信协议,利用调制解调、编解码、抗干扰、组网通信和信息融合等多种技术,以面向比特的方式实时传输格式化数字信息的地—空、空—空、地—地战术无线数据通信系统。本书首先论述数据链的基本理论和关键技术;然后分析典型航空数据链系统——Link-4A、Link-11、Link-16 和 Link-22 及其作战应用;最后介绍演进中的协同与制导数据链——机间数据链、武器数据链、TTNT 和 CEC,数据链的网络化发展——航空网络,以及代表性技术——移动 ad hoc 网络和 LPI 通信技术等。

本书结合作者多年的科研和教学实践,强调理论、技术和工程实际应用的综合性,既可作为高等院校教材,也可供从事数据链通信和系统设计的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数据链理论与系统 / 吕娜主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2018.8

通信与导航系列规划教材

ISBN 978-7-121-34868-6

I. ①数… II. ①吕… III. ①数据传输—高等学校—教材 IV. ①TN919.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 183216 号

责任编辑: 张来盛 (zhangls@phei.com.cn)

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

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: 21.75 字数: 570 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版

2018 年 8 月第 2 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 69.80 元

凡购买电子工业出版社的图书有缺损问题, 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, 88258888。

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

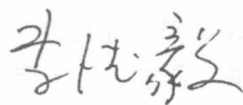
本书咨询联系方式: (010) 88254467; zhangls@phei.com.cn。

《通信与导航系列规划教材》总序

互联网和全球卫星导航系统被称为 20 世纪人类的两个最伟大发明，这两大发明的交互作用与应用构成了这套丛书出版的时代背景。近年来，移动互联网、云计算、大数据、物联网、机器人不断丰富着这个时代背景，呈现出缤纷多彩的人类数字化生活。例如，基于位置的服务集成卫星定位、通信、地理信息、惯性导航、信息服务等技术，把恰当的信息在恰当的时刻，以恰当的粒度（信息详细程度）和恰当的媒体形态（文字、图形、语音、视频等），送到恰当的地点，送给恰当的人。这样一来，通信和导航就成为通用技术基础，更加凸显了这套丛书出版的意义。

由空军工程大学信息与导航学院组织编写的 14 部专业教材，涉及导航、密码学、通信、天线与电波传播、频谱管理、通信工程设计、数据链、增强现实原理与应用等，有些教材在教学中已经广泛采用，历经数次修订完善，更趋成熟；还有一些教材汇集了学院近年来的科研成果，有较强的针对性，内容新颖。这套丛书既适合各类专业技术人员进行专题学习，也可作为高校教材或参考用书。希望丛书的出版，有助于国内相关领域学科发展，为信息技术人才培养作出贡献。

中国工程院院士



《通信与导航系列规划教材》编委会

主 编 尹玉富 吴耀光

副主编 魏 军 周义建 管 桦 高利平

编 委 吴德伟 王 辉 封同安 刘 明 徐 有 朱 蒙

曹祥玉 达新宇 吕 娜 张晓燕 杜思深 黄国策

张 婧 魏 伟 陈树新 翁木云 段艳丽 刘 霞

李 强 罗 玺 鲁 炜 李金良 李 凡 黄 涛

刘振霞 程 建 郑光威 王建峰 颜佳冰 李 晨

前 言

数据链是按照规定的消息格式和通信协议,以面向比特的方式实时传输格式化数字信息的战术无线数据通信系统。数据链作为数字化战场作战的“黏合剂”和“倍增器”,其对预警、指挥和协同等作战效能的提升作用,已在大量飞行试验和实战演习中逐渐得到验证和体现,并逐步向战斗力生成转化。

数据链的应用和发展,需要相关通信理论和通信技术的支撑,更需要对通信理论与技术的应用研究以及通信技术与系统的集成,对技术和工程应用的综合要求较高。本书从培养应用型复合人才的角度出发,在介绍数据链基本概念和基本原理的基础上,重点围绕航空数据链的关键通信技术以及航空数据链的典型应用系统进行全面而系统的论述。

全书共 10 章,可分为两部分:第一部分为数据链理论与技术,包括第 1 章~第 6 章;第二部分为数据链系统,包括第 7 章~第 10 章。各章主要内容以及修订情况如下:

第 1 章 数据链概述。本章辨析数据链的内涵,阐述数据链的理论体系架构,介绍数据链的典型系统及其特点,建立数据链的基本概念和知识体系。与第 1 版相比,第 2 版重新梳理了数据链的知识体系,系统性地给出了数据链理论体系架构;增加了与数据通信、通信网络以及数据链系统等关联概念的对比分析;规范了典型战术数据链系统的描述。

第 2 章 数据链的传输信道。本章介绍数据链通信信道的相关知识和理论。首先从电磁波传播的角度,介绍数据链的电波传播相关理论;然后从天线的角度,介绍相关天线理论和数据链使用的天线;最后,分析三种主要数据链通信信道的特点,描述通信信道模型。第 2 版补充完善了电波传播和天线的基础理论内容,如电磁感应定律、波动方程、无线电工程的分贝概念和天线参数等;梳理了波形失真与畸变对电波传播的影响,从色散效应、多径效应和多普勒效应等方面进行描述;梳理地面和机载数据链天线,重新编写了相关内容;修改超短波信道内容,增加了信道模型的介绍。

第 3 章 数据链的信号波形技术。本章围绕数据链物理层波形技术,介绍数据链系统中使用的调制技术、信息编码技术和差错控制技术的原理、性能,以及它们在相应数据链通信系统中的应用。

第 4 章 数据链的抗干扰技术。本章主要从频域角度介绍数据链的抗干扰技术。在简要介绍通信抗干扰技术的基础上,重点叙述数据链中主要的扩频抗干扰技术。由于抗干扰与数据链的波形技术关系密切,故第 2 版将本章调整到数据链的信号波形技术(第 3 章)之后,并修改了 Link-16 数据链抗干扰技术的部分内容。

第 5 章 数据链的多址接入技术。本章围绕数据链建链层技术,介绍构建数据链网络的组网技术——多址接入技术。首先介绍无线网络、移动自组织网络以及数据链的典型多址接入类型,对比各类 MAC 协议的特点;然后重点分析说明 Link-11 数据链的轮询协议和 Link-16 数据链的 TDMA 协议及其性能,简要分析 CSMA 协议;最后概括数据链 MAC 协议的发展需求,并介绍新型数据链 MAC 协议。第 2 版增加了对无线信道资源、点对点信道与广播信道、全连通网络与多跳网络等概念的描述;完善 Link-11 数据链轮询协议的性能分析,补充了 Link-16

数据链 TDMA 协议的性能分析;加强了数据链组网技术的多业务、拓扑动态、多跳等变化趋势的分析,对数据链 MAC 协议的研究方向进行重新分类,并按照新的分类介绍 USAP 和 DTDMA 协议,增加了多信道 SPMA 协议。

第 6 章 数据链的网络管理。本章围绕数据链网络的设计和维护,介绍数据链的网络管理技术。主要对通用的网络管理技术进行概略性介绍,重点讨论网络管理在数据链系统中的应用,详细分析 Link-11、Link-22 特别是 Link-16 数据链系统的网络管理。第 2 版完善了 Link-16 数据链系统的网络管理部分,增加了 Link-22 数据链系统网络管理的内容。

第 7 章 Link-4A/Link-11 数据链系统。本章介绍美军 Link-4A 和 Link-11 数据链系统的组成、功能、网络结构、消息标准、帧结构、性能特点以及应用。第 2 版修改完善了 Link-11 数据链系统的消息帧结构以及信号帧结构,补充了对 Link-11B 数据链系统的描述。

第 8 章 Link-16 数据链系统。本章介绍美军目前广泛装备使用的 Link-16 数据链系统,该系统可实现大量平台之间快速、实时、可靠的信息分发和共享,支持不同军兵种联合作战。主要包括系统组成、系统功能、网络结构、消息帧结构、消息标准、性能特点以及系统应用,重点介绍传输体制、组网体制以及系统功能的特殊性。第 2 版修改完善了有关 JTIDS 波形的内容,增加了对 Link-16 网络中继功能和中继模式的介绍。

第 9 章 Link-22 数据链系统。本章介绍 Link-11 数据链的改进型,即 Link-22 数据链系统。简要介绍 Link-22 数据链系统的系统结构、信号特征、网络结构和消息标准。第 2 版补充完善了对 Link-22 数据链通信性能特点的对比分析。

第 10 章 数据链的发展。本章介绍适应未来作战需求的新型数据链技术和数据链系统。围绕多业务、网络化、互联互通和空天地一体化的数据链基本发展趋势,介绍近年来开展的主要研究项目以及所涉及的新型数据链和相关新技术,重点介绍机间数据链、武器数据链网络、战术瞄准网络、协同作战能力和航空网络,以及移动自组织网络技术和隐身通信技术等。第 2 版增加了“数据链的演进”一节,对数据链战术需求与技术演进的过程进行了总结;梳理了协同与精确制导需求下的新型数据链,增加了战术瞄准网络、协同作战能力等内容。

本书第 2 版由吕娜主编,张岳彤、陈柯帆、张焕梅、蓝兴编著,参与编写和修订的还有刘创、曹芳波、周家欣、邹鑫清和朱梦圆;全书由吕娜统稿。

在本书的编写和修订过程中,单位领导和同事给予了大力支持,提出了很多宝贵的建议;另外,本书参考和引用了大量新的技术文献资料。在此,向所有为本书的出版作出贡献的人们表示衷心感谢!

数据链的内涵和外延随着数字化战场的深化而不断发展,由于编者水平有限,加之时间仓促,书中定有谬误和不当之处,敬请读者批评指正。

编者邮箱: Lvnn2007@163.com

编 者
2018 年 5 月

目 录

第 1 章 数据链概述	1
1.1 引言	1
1.2 数据链概念	2
1.2.1 数据链的产生背景	2
1.2.2 何谓数据链	4
1.2.3 数据链的作用	5
1.2.4 数据链类型	6
1.3 数据链理论体系	10
1.3.1 组成要素	10
1.3.2 网络拓扑	12
1.3.3 参考模型	15
1.3.4 通信业务	18
1.3.5 关键技术	19
1.3.6 性能指标	20
1.4 数据链系统	24
1.4.1 典型系统	24
1.4.2 系统组成	24
1.4.3 系统特点	26
1.4.4 战术应用	27
1.5 关联概念辨析	28
本章小结	29
思考与练习	30
参考文献	30
第 2 章 数据链的传输信道	31
2.1 电波传播	31
2.1.1 无线电波	31
2.1.2 自由空间的电波传播	35
2.1.3 实际空间的电波传播	36
2.2 天线	47
2.2.1 基本天线理论	47
2.2.2 数据链中常用的天线	51
2.3 数据链通信信道	62
2.3.1 超短波信道	62

2.3.2 短波信道	65
2.3.3 卫星信道	70
本章小结	76
思考与练习	76
参考文献	77
第3章 数据链的信号波形技术	79
3.1 数字调制技术	79
3.1.1 BPSK、 $\pi/4$ -DQPSK 和 8PSK	79
3.1.2 MSK	86
3.1.3 QAM	88
3.1.4 网格编码调制 (TCM) 技术	90
3.2 信息编码技术	92
3.2.1 差分脉码调制	92
3.2.2 增量调制	93
3.2.3 线性预测编码 (LPC)	94
3.3 差错控制技术	96
3.3.1 差错控制方法	96
3.3.2 纠错编码的基本原理	99
3.3.3 循环码	100
3.3.4 卷积码	101
3.3.5 CRC 码	102
3.3.6 RS 码	103
3.3.7 Turbo 码	104
3.3.8 LDPC 码	106
3.3.9 交织	109
本章小结	111
思考与练习	111
参考文献	111
第4章 数据链的抗干扰技术	112
4.1 概述	112
4.1.1 通信对抗	112
4.1.2 通信干扰	114
4.1.3 抗干扰通信	114
4.2 扩展频谱技术	115
4.2.1 抗干扰通信理论基础	115
4.2.2 直接序列扩谱 (DSSS)	118
4.2.3 跳频扩谱 (FHSS)	122
4.2.4 跳时扩谱 (THSS)	124

4.2.5	调频扩谱 (Chirp SS)	125
4.2.6	混合扩谱 (Hybrid SS)	126
4.3	Link-16 数据链的扩频抗干扰	129
4.3.1	软扩频 (CCSK 编码)	129
4.3.2	跳频	130
4.3.3	跳时	131
	本章小结	131
	思考与练习	132
	参考文献	132
第 5 章	数据链的多址接入技术	133
5.1	多址接入技术与 MAC 协议	133
5.1.1	相关概念	133
5.1.2	多址接入技术	135
5.1.3	MAC 协议	136
5.1.4	无线网络 MAC 协议	136
5.1.5	ad hoc 网络的 MAC 协议	141
5.1.6	战术数据链的 MAC 协议	142
5.2	轮询协议	143
5.2.1	应用场景和协议描述	143
5.2.2	协议性能参数	144
5.2.3	协议性能分析	145
5.2.4	Link-4A 的 MAC 协议	151
5.3	固定分配 TDMA 协议	152
5.3.1	应用场景和协议描述	153
5.3.2	时隙分配	153
5.3.3	协议性能分析	161
5.4	随机竞争 MAC 协议	166
5.4.1	典型随机竞争 MAC 协议	166
5.4.2	随机竞争 MAC 协议在航空数据链中的应用	171
5.5	数据链 MAC 协议的发展趋势	171
5.5.1	基于 WNW 技术的数据链 MAC 协议——USAP	172
5.5.2	具有 QoS 的按需分配动态 TDMA MAC 协议	178
5.5.3	基于统计优先级的多址接入 (SPMA) 协议	183
	本章小结	186
	思考与练习	186
	参考文献	187
第 6 章	数据链的网络管理	189
6.1	网络管理基础	189

6.1.1	网络管理的必要性	189
6.1.2	网络管理体系结构	191
6.2	数据链中的网络管理	191
6.2.1	数据链网络管理系统的功能、组成和特性	192
6.2.2	数据链网络管理系统操作流程	193
6.3	Link-11 数据链网络管理	196
6.3.1	网络控制站	196
6.3.2	网络循环时间	196
6.3.3	运行管理	197
6.4	Link-16 数据链网络管理	199
6.4.1	网络设计	200
6.4.2	通信规划	203
6.4.3	初始化	208
6.4.4	网络运行控制	211
6.5	Link-22 数据链网络管理	213
6.5.1	网络责任	213
6.5.2	超网/网络的管理	214
	本章小结	216
	思考与练习	216
	参考文献	217
第 7 章	Link-4A/ Link-11 数据链系统	218
7.1	Link-4A 数据链系统	218
7.1.1	Link-4 系统综述	218
7.1.2	Link-4A 系统结构	221
7.1.3	消息标准、消息帧结构及信息流程	222
7.1.4	网络结构和时隙分配	224
7.1.5	网络管理	225
7.1.6	性能特点	226
7.2	Link-11 数据链系统	227
7.2.1	系统综述	227
7.2.2	系统结构	228
7.2.3	消息标准	231
7.2.4	信号波形	233
7.2.5	网络结构	234
7.2.6	网络工作模式	235
7.2.7	性能特点	236
7.2.8	Link-11B	238
	本章小结	239
	思考与练习	240

参考文献	240
第 8 章 Link-16 数据链系统	241
8.1 系统综述	241
8.1.1 发展历史	241
8.1.2 性能特点	242
8.1.3 作战效能	242
8.1.4 装备情况	243
8.2 Link-16 设备	243
8.2.1 2 类 JTIDS 终端	244
8.2.2 MIDS 终端	248
8.2.3 辅助保障设备	249
8.3 JTIDS 波形	249
8.3.1 信息加密	249
8.3.2 传输脉冲	249
8.3.3 射频调制	250
8.3.4 时隙结构与数据封装	250
8.4 J 系列消息标准	253
8.4.1 消息种类 (固定格式)	253
8.4.2 消息帧结构	255
8.5 Link-16 网络	257
8.5.1 资源分配	257
8.5.2 单网结构	259
8.5.3 多网结构	259
8.5.4 中继	261
8.6 系统功能	262
8.6.1 网络参与组	262
8.6.2 网络参与单元	263
8.6.3 初始入网、往返计时 A 和往返计时 B	263
8.6.4 PPLI A、PPLI B、间接 PPLI 和联合 PPLI	265
8.6.5 其他功能	266
8.7 Link-16 应用系统	267
8.7.1 Link-16 舰载系统	267
8.7.2 E-2C 预警机 Link-16 系统	270
8.7.3 F-14D 战斗机 Link-16 系统	272
8.7.4 系统作战能力	273
8.7.5 典型作战应用	274
8.8 性能特点	275
本章小结	276
思考与练习	276

参考文献	277
第 9 章 Link-22 数据链系统	278
9.1 系统综述	278
9.2 系统结构	279
9.3 F/FJ 系列消息标准	281
9.4 Link-22 网络	284
9.5 性能特点	287
本章小结	289
思考与练习	290
参考文献	290
第 10 章 数据链的发展	291
10.1 数据链的演进	291
10.2 协同与精确制导需求下的数据链	293
10.2.1 新型数据链的特点	293
10.2.2 美军机间数据链	293
10.2.3 武器数据链网络	296
10.2.4 战术瞄准网络技术	298
10.2.5 协同作战能力	303
10.3 航空网络	308
10.3.1 航空网络概述	309
10.3.2 航空网络特点	311
10.3.3 航空网络体系结构	312
10.3.4 技术挑战	315
10.4 移动 ad hoc 网络	317
10.4.1 移动 ad hoc 网络概述	317
10.4.2 移动 ad hoc 网络的特点	318
10.4.3 移动 ad hoc 网络的拓扑结构	319
10.4.4 航空网络与移动 ad hoc 网络	321
10.5 LPI 通信技术	322
10.5.1 LPI 通信概述	322
10.5.2 LPI 通信波形特点	325
10.5.3 LPI 通信系统性能参数	326
10.5.4 信道损耗对 LPI 通信的影响	330
本章小结	333
思考与练习	333
参考文献	333

第 1 章 数据链概述

武器装备的发展以及作战理念的变化,要求通信系统在传输指挥控制信息的同时,还要进行目标和环境等信息的交互,在共享态势的基础上完成实时、高效的指挥控制和实时、精确的协同。利用数据通信自动处理数据、自动高速传输数据的优点,提供新的通信传输性能,满足现代空战新的作战需求,于是产生了数据链。

本章辨析数据链的内涵,阐述数据链的理论体系架构,介绍数据链的典型系统及其特点,建立数据链的基本概念和知识体系。

1.1 引言

通信信号按照物理参量的基本特征,通常分为模拟信号和数字信号两大类,如图 1.1 所示。模拟信号是连续信号,在时间与幅度上均连续,其幅值在 $[0, A_{\max}]$ 区间连续变化,幅值个数无限,如图 1.1 (a) 所示。数字信号是离散信号,其幅值个数有限,可采用不同的幅值个数,即进制数不同,如:二进制对应 2 个幅值 0、1,如图 1.1 (b) 所示;四进制对应 4 个幅值 0、1、2、3,如图 1.1 (c) 所示。

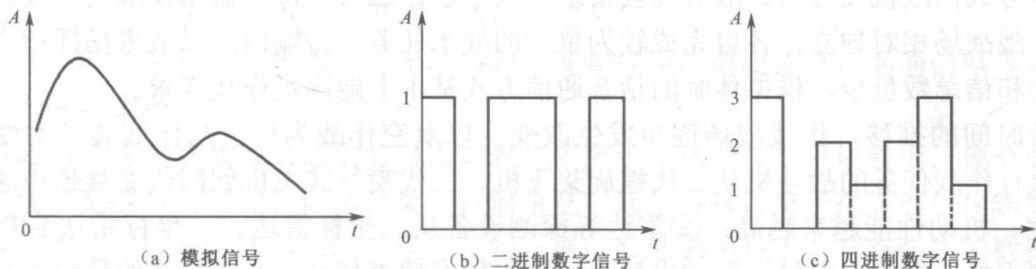


图 1.1 通信信号形式

传输模拟信号的通信方式为模拟通信。相应地,数字通信是传输数字信号的通信方式。图 1.2 所示为模拟通信系统与数字通信系统模型。从图 1.2 可以看出:由于数字信号的离散特征,便于信号的处理、存储和交换,可方便地实现信号加密、压缩编码、差错控制、多路复用以及信号再生等,极大地提高了通信的有效性和可靠性;而模拟通信一般仅对信号进行调制。因此,虽然数字通信系统占用频带宽,而且设备较模拟系统复杂,但随着信号处理技术、微电子技术的发展,数字通信已成为主要的通信传输方式。

20 世纪 40 年代,冯·诺依曼发明计算机后,计算机技术空前发展。结合计算机强大的信息处理能力与自动化能力,以及数字通信的传输能力,数据通信成为一种新的通信技术,并获得了广泛应用。数据通信的典型应用系统,有因特网 (Internet)、无线局域网 (WLAN, wireless local area network) 以及发展中的民用航空新航行系统 (CNS/ATM) 等。而在军事领域,将数据通信技术应用于军事通信的典型应用系统就是战术数据链。战术数据链系统的研制和使用,使作战战场发生了质的变化,数字化战场开始出现,作战模式从机械化战争转变为信息化战争。



(a) 模拟通信系统模型



(b) 数字通信系统模型

图 1.2 通信系统模型

1.2 数据链概念

1.2.1 数据链的产生背景

“数据链”是军事作战需求和军事信息技术发展的产物。

在数据通信技术出现之前，战场作战平台间的战术信息传输以模拟通信为主，战场指挥员以话音方式向战机飞行员、战舰驾驶员或单兵下达作战命令，协调指挥战场作战。该阶段军兵种作战战场相对独立，各自完成较为单一的战术任务，传输信息以战术指挥指令为主，信息种类和信息数量少，模拟体制的话音通信方式基本上能满足作战需求。

随着时间的推移，作战战场逐步发生改变。以航空作战为例，从作战装备的性能发展看：①执行作战任务的战斗机从二代螺旋桨飞机、三代喷气式飞机到四代隐身超声速飞机，巡航速度、机动性能越来越高；②雷达等探测设备从二坐标雷达、三坐标雷达到相控阵雷达，探测距离、探测跟踪目标数越来越大，探测精度越来越高；实施打击的导弹等武器从一般武器发展到精确制导武器，探测、定位、跟踪目标的精度越来越高。从作战模式的发展看，从军兵种独立作战到联合作战，从空中近距交战到超视距、防区外攻击，作战平台数量、作战距离、攻击目标数越来越大。这些作战需求的变化，对战术信息的通信传输提出了新的要求，如表 1.1 所示。

表 1.1 作战需求与战术信息通信需求关系对照

	作战战场	作战需求	通信需求
作战装备	战斗机：二代→三代→四代	巡航速度↑ 机动性能↑	实时性↑
	雷达：二坐标→三坐标→相控阵	探测距离↑ 探测精度↑ 探测目标数↑	信息量↑ 信息内容↑ 信息粒度↑
	武器：一般武器→精确制导武器	打击精度↑	实时性↑ 信息粒度↑
作战模式	军兵种独立作战→联合作战	平台数量↑ 作战距离↑	通信容量↑
	近距交战→超视距、防区外作战	目标类型↑	传输距离↑ 信息类型↑
作战理念	平台优势→信息优势	态势感知能力↑	实时性↑ 信息量↑

另外，相关资料指出，现代战争“先敌发现，先敌攻击”的条件在于信息优势。美国军方及战斗机飞行员认为，决定现代空战结果的主要因素，既不是飞机的灵活性，也不是武器的射程，而是在整个作战过程中获得和保持比敌方更全面、更准确的态势感知（SA，situation awareness）能力，即飞行员拥有动态的空中态势图，包括己方和敌方所有参战单元位置、航向以及航速等。信息优势需求同样对战术信息的通信传输提出了新的要求，参见表 1.1。

针对新的作战需求，模拟通信存在很大问题。以防空作战为例，存在问题如下：

（1）通信的信息类型有限。传输的战术信息以指挥控制指令为主，很少传输空情、地理环境、天气环境等信息，更无法传输图像；因此，飞行员获得的信息量很小。这将造成飞行员等作战人员对战场态势的掌握很有限，限制了飞行员作战能力的发挥。

（2）通信的信息量有限。模拟体制下多采用人工操作的方式处理、传输战术信息，此时作战人员成为“接口”。受限于人工处理、存储与显示能力，传输信息数量、传输信息内容、传输信息粒度明显受限。这不仅造成飞行员等作战人员对战场态势的掌握有限，同时飞行员既是飞机驾驶员又是作战员，任务繁重，进一步限制了飞行员作战能力的发挥。

（3）通信信息处理速度有限。战术信息依靠作战人员进行人工处理，速度慢，无法实现自动和快速处理。

（4）通信的实时性有限。人工“接口”的存在以及模拟通信设备的性能限制，使得一次通信时间在秒级以上。

（5）通信容量有限。通信容量的直接反映是指挥引导容量。受话音通信设备和指挥人员人工指挥方式的限制，每个指挥控制台最多可以同时完成 2~3 批战机的指挥引导任务，指挥引导容量较小，无法组织实施大规模、多任务的空战。

（6）通信的距离有限。传输距离无法自动实现超视距，需要依靠地面通信网等其他通信装备的辅助才能实现。

话音通信与现代空战通信需求的对比如表 1.2 所示。从表 1.2 可以看出，模拟通信技术无法满足现代空战对实时性、信息种类、传输带宽、通信容量、抗干扰等通信传输性能的要求，需要新的通信技术。20 世纪 50 年代开始发展的数据通信技术，具有强大的数据处理能力和自动化能力等优点，能够形成自动处理数据、自动高速传输数据的通信链路，从而提供新的数据通信性能，满足现代空战新的作战需求。数据链因此产生。

表 1.2 话音通信与现代空战通信需求对比

对 比 项	话音通信性能	通 信 需 求
通信的信息类型	指挥控制指令、攻击目标	指令、态势、图像
通信的信息量	很低	较高
通信处理速度	人工处理，速度慢	自动、快速处理
通信的实时性	秒级以上	秒级以下
通信容量	≤3 批飞机	> 3 批飞机
通信效果	指挥人员指挥控制能力低	指挥人员高效的指挥控制能力 飞行员大量态势的实时感知能力
	飞行员态势信息感知能力差	
	飞行员作战能力发挥不充分	

可见，数据链是随着武器装备的发展、作战理念的变化、通信技术的发展而产生的，它也必将随着武器装备、作战理念以及通信技术的发展而发展。因此，在对数据链的学习和研

究中，应充分注重军事需求和通信技术的结合，两者相辅相成、密不可分。

1.2.2 何谓数据链

表 1.3 示出了文献资料中对数据链较为常见的描述，分别从作战效能、战术功能、关键技术等不同角度对数据链进行阐述。根据数据链产生原因的分析，数据链是基于数据通信技术、支持多个作战平台完成作战任务的一种军事通信系统。因此，数据通信技术是数据链的核心，通信是数据链的本质内涵。

表 1.3 “数据链”的多种描述

序号	对数据链的描述
1	数据链是武器装备的生命线，是战斗力的“倍增器”，是部队联合作战的“黏合剂”
2	数据链是现代战争的“神经网络”
3	数据链是获得信息优势，提高作战平台快速反应能力和协同作战能力，实现作战指挥自动化的关键设备
4	数据链是全球信息栅格的重要组成部分，也是实施网络中心战的重要信息手段
5	数据链是链接数字化战场上的传感器、指挥中心、武器平台、作战部队的一种信息处理、交换和分发系统
6	数据链通过无线信道实现作战单元数据信息的交换和分发，采用数字相关和信息融合技术来处理各种信息
7	数据链是采用无线电通信装备和数据通信规程，直接为作战指挥和武器控制系统提供支持、服务的数据通信与计算机控制密切结合的系统
8	数据链是采用网络通信技术和应用协议，实现机载、陆地和舰载战术数据系统之间的数据信息交换，从而最大限度地发挥战术系统效能的系统
9	数据链是一种按照统一的数据格式和通信协议，以无线信道为主对信息进行实时、准确、自动、保密传输的数据通信系统或信息传输系统
10	数据链是一种链接各种作战平台、优化信息资源、有效调配和使用作战“资源”的信息系统
11	数据链采用无线网络通信技术和应用协议，实现海陆空三军战术数据系统间的实时传输，使战区内各种指挥控制系统和各种作战平台无缝链接、融为一体，最大限度地提高作战效能，实现真正意义上的联合作战
12	数据链是获得信息优势，提高各作战平台快速反应能力和协同作战能力，实现作战指挥自动化的关键

美军称数据链为“通过单网或多网结构和通信介质，将两个或两个以上的指挥控制系统和（或）武器系统链接在一起，是一种适合于传送标准化数字信息的通信链路”—— 美军参联会主席令（CJCSI6610.01B，2003.11.30）。这说明数据链本质上是一种通信系统。

数据链是按照规定的消息格式和通信协议，利用各种先进的调制解调技术、纠错编码技术、组网通信技术和信息融合技术，以面向比特的方式实时传输格式化数字信息的地一空、空一空、地一地间的战术无线数据通信系统。因此，数据链是一种高效传输、实时分发保密、抗干扰、格式化消息的数据通信网络。

指挥、控制、通信、计算机、攻击、情报、监视与侦察系统（C⁴KISR）是数字化战场联合作战体系的组成单元，数据链就是 C⁴KISR 单元间的信息传输“纽带”，是实现 C⁴KISR 的通信基础设施，如图 1.3 所示。

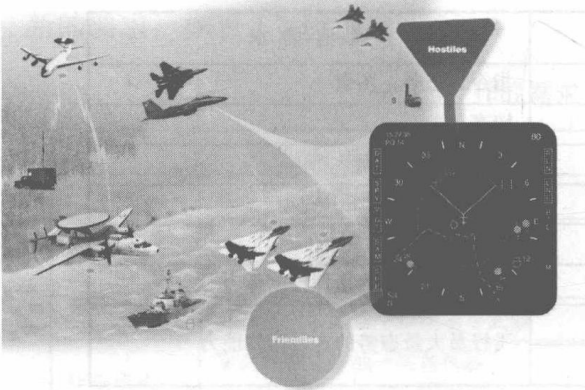


图 1.3 数据链的信息传输“纽带”作用