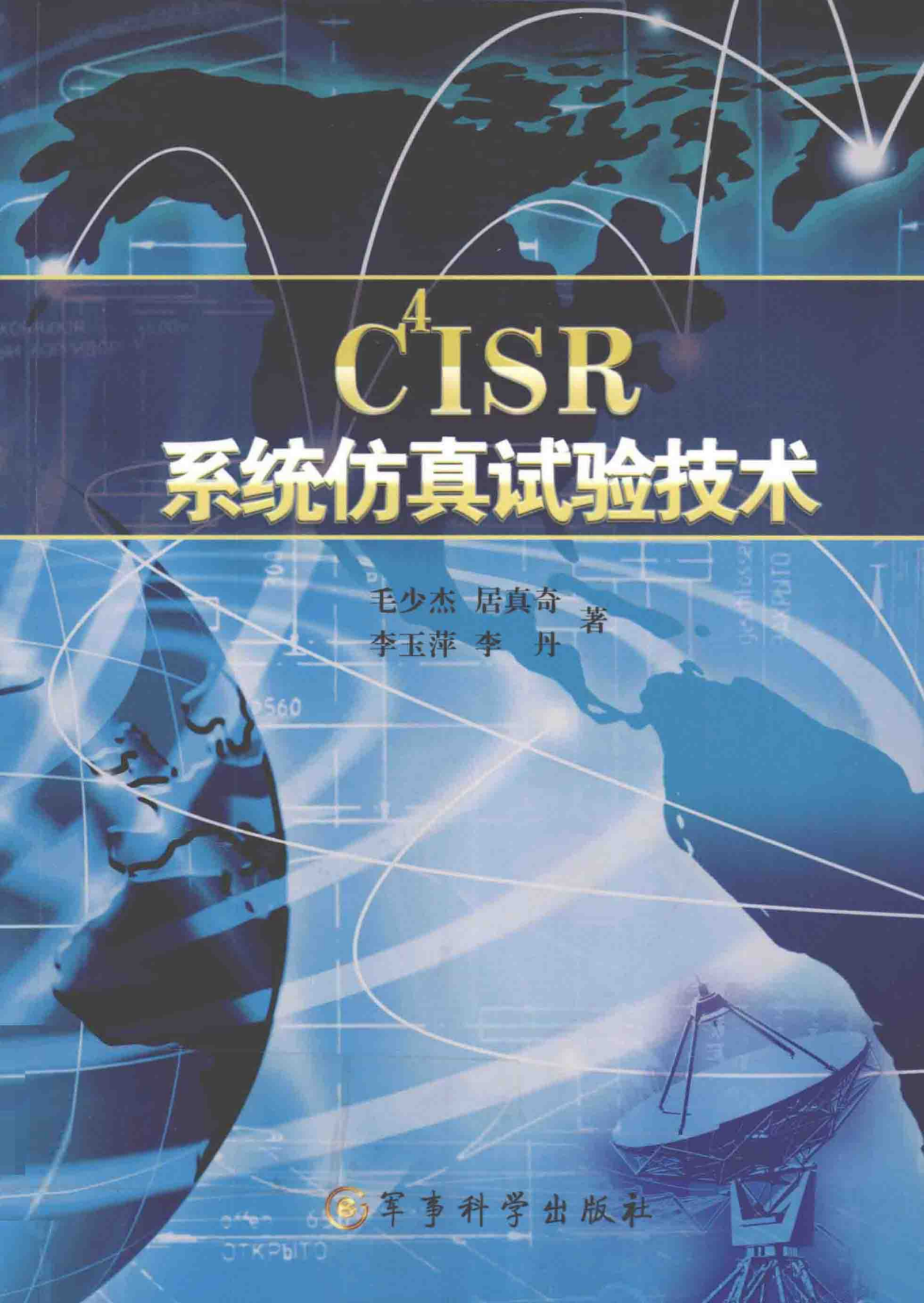




C^4 ISR

系统仿真试验技术

毛少杰 居真奇 著
李玉萍 李 丹

 军事科学出版社

C⁴ISR系统仿真试验技术

毛少杰 居真奇 著
李玉萍 李 丹

军事科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

C⁴ISR 系统仿真试验技术 / 毛少杰等著. —北京:
军事科学出版社, 2011. 12
ISBN 978 - 7 - 80237 - 477 - 5

I. ①C… II. ①毛… III. ①作战指挥系统—系统仿
真—实验技术 IV. ①E917 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 248493 号

书 名: C⁴ISR 系统仿真试验技术
作 者: 毛少杰 等
责任编辑: 杨永增
封面设计: 纪 奕
出版发行: 军事科学出版社 (北京市海淀区青龙桥 100091)

标准书号: ISBN 978 - 7 - 80237 - 477 - 5

经 销 者: 全国新华书店

印 刷 者: 北京鑫海达印刷厂

开 本: 700 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张: 28

字 数: 457 千字

版 次: 2011 年 12 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1—3000 册

定 价: 56.00 元

销售热线: (010) 62882626 66768547 (兼传)

网 址: <http://www.jskxcbs.com>

电子邮箱: jskxcbs@163.com

版权所有 侵权必究 本社图书如有印装质量问题, 请与储运部联系 (010 - 66767383)

前 言

信息化条件下的现代战争是以信息为主导的体系与体系之间的对抗。 C^4 ISR 系统作为实现从信息优势到决策优势、进而到作战行动优势的技术装备,是形成体系作战能力的黏合剂和力量倍增器,目前正在推动和支持当前的新军事变革。可以说, C^4 ISR 系统已成为衡量国家军事实力和军队信息化程度的重要标志,是我军信息化建设的重要内容。

C^4 ISR 系统是一类包含多种技术和不确定性的复杂大系统,具有技术含量高、研制周期长、投资大等特点。对于这样复杂的大系统,究竟如何确定它的军事需求,如何评价它的顶层架构、规范和标准,如何协调并确定合适的技战术指标,如何评估多种可选的系统设计方案,如何测试和评价其能力,如何评价它的作战效能和平时使用效果等一系列问题,都是我们研究、设计、开发、测试和装备使用过程中必须面对的问题。

仿真试验技术为上述问题的解决提供了一条经济、有效的途径,作者结合多年来的 C^4 ISR 系统仿真试验技术研究与应用实践,力图在本书中比较系统地回答这些问题,并通过典型的应用案例加以说明。此外,还根据 C^4 ISR 系统技术和装备的发展趋势,初步探讨了网络中心化 C^4 ISR 系统仿真试验的概念、方法和技术。全书共分为 8 章,由毛少杰、居真奇、李玉萍、李丹、楚威、谢宙宇、雷鸣、周光霞和严群等共同编著,毛少杰负责全书的组织、规划和统稿。

本书所述研究成果得到了“十五”、“十一五”总装军事电子预研项目及国防科技重点实验室预研基金项目的支持。编写工作得到了中国电科第二十八研究所领导及军事科学出版社的大力支持,施振明、徐伯权和李兆芳三位研究员仔细审阅了本书初稿,提出了许多宝贵的意见,钟子发、梁维泰、万谦、戚志刚、于永生、邓克波、周芳、孙

黎阳、贺成龙、王新明、刁联旺、林剑柠、鲍广宇、李修和等同志也给予了大力支持，在此一并表示衷心感谢。同时，也感谢为本书研究成果做出贡献的课题组成员刘晓光、乔晓、谢斌、俞杰、孔晨妍、李云龙、邢利菊和崔鹏等同志。

希望本书对从事 C⁴ISR 系统总体设计、建模仿真、测试评估等工作的研究人员与工程技术人员，以及 C⁴ISR 系统装备建设的管理人员有所帮助。由于作者水平有限，书中难免出现错误，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 7 月

目 次

1 概述	1
1.1 C ⁴ ISR 系统	1
1.2 C ⁴ ISR 系统仿真试验	12
1.3 C ⁴ ISR 系统仿真试验技术	15
2 C⁴ISR 系统仿真试验基本方法	22
2.1 C ⁴ ISR 系统仿真试验任务分析	22
2.2 系统仿真试验模式	26
2.3 系统仿真试验阶段划分	30
2.4 仿真试验设计方法	35
3 C⁴ISR 系统仿真建模技术	43
3.1 C ⁴ ISR 系统仿真建模的作用和特点	43
3.2 C ⁴ ISR 系统仿真试验模型分类	47
3.3 C ⁴ ISR 系统仿真建模过程	51
3.4 C ⁴ ISR 系统仿真建模主要方法	55
3.5 C ⁴ ISR 系统随机特性仿真建模技术	60
3.6 C ⁴ ISR 系统仿真建模中的 VV&A	67
4 C⁴ISR 系统功能域仿真模型	87
4.1 监视与侦察功能仿真模型	87
4.2 情报处理系统仿真模型	141
4.3 指控系统仿真模型	144
4.4 通信仿真模型	155

4.5	战术级防空指挥控制系统仿真建模应用案例	164
5	C⁴ISR 系统仿真试验总体技术	189
5.1	总体设计原则	189
5.2	仿真试验能力需求	190
5.3	仿真试验环境组成结构	198
5.4	仿真试验环境信息交互关系	202
5.5	仿真试验工作流程	205
5.6	仿真技术体制	208
5.7	仿真试验环境集成规范参考模型	223
5.8	仿真与实际系统集成技术	228
5.9	通用仿真开发平台设计	242
5.10	典型 C ⁴ ISR 系统仿真试验环境介绍	270
6	C⁴ISR 系统仿真试验支撑技术	283
6.1	剧情生成技术	283
6.2	仿真试验环境配置与管理技术	303
6.3	仿真试验监视与控制技术	313
6.4	仿真试验数据采集与处理技术	319
6.5	仿真试验结果分析方法	337
6.6	C ⁴ ISR 系统仿真试验可视化技术	340
7	C⁴ISR 系统仿真评估技术	361
7.1	C ⁴ ISR 系统评估的概念和特点	361
7.2	C ⁴ ISR 系统评估指标体系	363
7.3	C ⁴ ISR 系统仿真评估原理	365
7.4	仿真评估案例	370
8	网络中心化 C⁴ISR 系统仿真试验技术初探	387
8.1	网络中心化 C ⁴ ISR 系统概念与特征	387
8.2	网络中心化 C ⁴ ISR 系统仿真试验需求分析	391

8.3 网络中心化 C ⁴ ISR 系统仿真建模方法	394
8.4 网络中心化仿真概念与方法	411
8.5 网络中心化指挥控制能力表征与评估	416
8.6 军事信息栅格信息服务能力仿真试验案例	420
缩略语	428
参考文献	431

1 概 述

1.1 C⁴ISR 系统

C⁴ISR (Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) 是指令、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察 7 个英文单词首字母的缩写。C⁴ISR 系统是由情报侦察与监视、指挥控制、通信保障等系统综合集成而形成的一体化信息系统(系统的系统),是军队作战指挥体系中采用以计算机为核心的技术设备与作战指挥人员相结合的人机系统,指挥控制是其中的核心功能。从近期几场局部战争可以看出,C⁴ISR 系统是信息化战争时代武器装备体系的黏合剂和力量倍增器,是实施一体化联合作战和夺取战场信息优势的关键装备,对战争的进程和结局具有决定性的影响。

C⁴ISR 系统是从学术理论上对军事信息系统的定义或统称,其概念范畴比综合电子信息系统小,但它是综合电子信息系统的主体。

1.1.1 C⁴ISR 系统概念及组成

(一) C⁴ISR 系统概念

C⁴ISR 系统是由指挥控制(C²)系统发展而来,其发展的历程为 C² - C³ - C³I - C⁴I - C⁴ISR。这个发展过程不仅仅是名词的增加,而是这些概念的逐步结合、系统内涵的不断丰富、系统功能的不断增加、系统能力的不断扩充和提升,反映了系统综合集成的发展过程,也是信息及其技术在战争中的地位和作用不断提升的过程。

综观 C⁴ISR 系统的发展历程,以美军的 C⁴ISR 系统最具有代表性,其发展建设大致可划分为各军兵种分散独立建设、综合建设和一体化建设三个阶段,每个阶段的建设都是围绕作战应用需求进行的。

为了对付苏联远程轰炸机的威胁,1949 年美国和加拿大开始联合建设世界上第一套大型半自动化防空指挥控制(C²)系统——赛其(SAGE)

防空系统。该系统首次将地面警戒雷达、通信设备、电子计算机和显示器连接起来,实现了信息采集、处理、传输和指挥决策过程中部分作业的自动化,开始了作战过程中指挥控制方式由手工作业为主向自动化作业的转化。

20 世纪 60 年代,随着远程武器特别是战略导弹和战略轰炸机的大量装备,通信在 C² 系统中的作用日益重要。于是通信被纳入指挥控制系统,美军提出了指挥、控制和通信(C³)系统的概念,把北美防空系统和弹道导弹预警及指挥控制系统都划为 C³ 系统。C³ 概念的出现表明美军已逐渐认识到:指挥、控制与通信在现代战争中应融合为一个整体。为此,美国国防部成立了 C³ 办公室,负责全军 C³ 系统建设的管理工作。

1977 年美国国防部把 C³ 办公室和负责情报(Intelligence)工作的国防部长助理办公室等机构合并在一起成立了 C³I 办公室,首次将情报作为不可缺少的要素融入 C³ 系统中,形成了 C³I 系统。此举创立了指挥、控制、通信和情报不可分割的概念,确立了以指挥控制为核心、以通信为依托、以情报为灵魂的指挥控制系统体制。

C³I 这一术语在西方国家应用较广,除美国外,日本和北约各国均通用 C³I 这一术语。

1989 年,为了强调计算机(Computer)在军队指挥控制系统中的核心地位和和信息处理中的重要作用,美军又扩大了指挥控制系统的规模和内涵,在 C³I 系统的基础上增加了另一个 C(计算机),使 C³I 系统演变为 C⁴I 系统(Command, Control, Communication, Computer and Intelligence System)。C⁴I 表明计算机和软件不仅成为指挥所建设的关键,而且计算机和软件技术还广泛应用于通信系统和情报系统。自 20 世纪 80 年代末,美国只保留了一部分战略武器的 C³I 系统,其他 C³I 系统均改称 C⁴I 系统。这里的 C⁴I 系统和 C³I 系统还没有本质上的差别,美国 1995 财年国防报告把这样的 C⁴I 系统称为传统的 C⁴I 系统。

美国传统的 C⁴I 系统在海湾战争中经受了考验,立下了汗马功劳,也暴露出许多严重的问题:各军种 C⁴I 系统纵向指挥层次过多,各军种 C⁴I 系统横向不能互通,更不能互操作,不利于中低级别的联合作战,还有侦察情报和目标识别都存在严重问题,这些固有的问题对 21 世纪高技术战争是不能容忍的。美国把这些由各军种独立建设的传统的 C⁴I 系统称为“烟囱式”系统,缺陷主要表现在三个方面:(1)各军种独立建设的“烟囱式”信息系统不能互通和互操作;(2)系统处理情报不及时,

贻误战机；(3) 信息系统不能有效识别敌我，造成多起误伤。这些因素成了新军事革命的导火线，美国军方深刻认识到必须建设全军一体化的C⁴I系统。

1992年，美国参联会提出武士C⁴I计划。武士C⁴I计划要求21世纪军事信息系统不仅要为决策者提供信息，还要为战斗员提供信息，战斗员可以在任何地方、任何时间向任何一级指挥中心或融合中心索取所需作战信息。美国1995财年国防报告要求建设综合C⁴I系统。综合C⁴I系统除包括传统的C⁴I以外，还包括反情报、公共信息管理、信息战等。美国1997财年国防报告提出了建设C⁴ISR系统的概念。C⁴ISR系统除了包括综合C⁴I系统的内容外又增加了监视（Surveillance）和侦察（Reconnaissance）。美国防部长助理办公室信息综合集成和互操作性管理局把C⁴ISR系统定义为能在所有军事作战范围中支持指挥员进行计划、指挥和控制部队的一体化指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察的信息系统。C⁴ISR系统的战略目的是：提供为部队能在任何行动中生存并取胜所必需的获取、使用及分享信息的能力。C⁴ISR系统是一体化的、互操作的、标准化的、有效及高效的，能带给战斗员和决策者最大的利益。

进入21世纪，美军防务理论由“基于威胁”转向“基于能力”，并将网络中心战列为美军未来的主要作战样式。因此，美军提出了发展将地（海）面、空中和太空的各种传感器、指挥控制中心和武器平台集成为一体的C⁴KISR（Command, Control, Communication, Computer, Kill, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance）能力，使C⁴ISR系统的各要素与主战武器的杀伤过程和摧毁能力结合更加紧密，以实现最佳的作战效果。C⁴KISR将传统的C⁴ISR系统的认知能力与新的杀伤能力紧密结合起来，从而产生新的作战能力，无论何时何地，都可以对任何类型的目标实施发现、打击与杀伤，实现“发现即摧毁”。C⁴KISR概念和技术的开发将加速美军向网络中心战和信息战的转变过程，是美军未来军事能力发展的一种理论创新，也是美军发展未来军事能力的新举措。C⁴KISR的实现将使美军增强战斗空间的同步性，加快指挥速度，提高杀伤力、生存能力和响应能力，从而提高战斗力。从长远看，C⁴KISR将成为提高战斗力最重要的因素，并将成为美国防部军队转型战略计划的基石。

从C²、C³、C³I、C⁴I到C⁴ISR系统的演进可以看出，它不是多种信息系统的简单累加，而是对多种系统进行综合设计、综合集成、诸军种

综合运用而形成的一体化的巨型军事信息系统，并随着新的作战需求、作战理论的出现以及技术的进步而不断深化发展。

（二）C⁴ISR 系统组成

从 C⁴ISR 系统概念形成的过程分析，C⁴ISR 系统的核心目标是为了提高观察→判断→决策→行动（OODA）环中每个节点的能力以及整个环路的执行速度和质量。因此，C⁴ISR 系统可以认为主要由预警探测、情报侦察、情报处理、指挥控制、通信等功能域系统组成的一体化信息系统。C⁴ISR 系统按作战应用层次可以分成战略级、战役级、战术级 C⁴ISR 系统，按作战应用部门可以分成空军、海军、陆军、第二炮兵、天基及联合作战 C⁴ISR 系统，但核心组成部分没有变化。下面对 C⁴ISR 系统的核心组成部分即主要功能域系统进行介绍。

（1）指挥控制系统

指挥控制系统是配置在作战指挥机构、辅助各级指挥员对所属部队和武器装备实施指挥控制的信息系统，是 C⁴ISR 系统的核心。其主要功能包括战场情况汇总与分析、战场态势生成、决策支持、指挥控制和作战管理，在作战过程中辅助指挥员对部队和武器平台（系统）实施指挥控制等功能。

指挥控制系统可分为多种类型，如按指挥级别分，有战略级、战役级、战术级和战斗级指挥控制系统；按功能用途分，有联合作战、陆军、海军、空军等指挥控制系统；按装载平台分，有机载、舰载、车载指挥控制系统等。

（2）情报侦察系统

情报侦察系统是 C⁴ISR 系统的信息感知部分，包括卫星、空中、海上、地面的各种战略战役战术侦察设备和系统以及部队侦察等。情报侦察系统是搜集敌方的兵力部署、武器装备及其类型、数量和战术技术性能等情报，以及地形、地貌、气象等资料，经过分析、处理形成相应的情报产品，为军事行动和作战指挥提供决策依据。情报侦察系统分为多种类型，如按情报侦察平台分类，有卫星情报侦察系统、空中情报侦察系统、地面情报侦察系统、海上情报侦察系统和谍报侦察系统等；按情报用途分，有战略情报侦察系统、战役情报侦察系统和战术情报侦察系统等；按情报侦察技术分，有信号情报侦察系统、光学情报侦察系统以及震动、声音、磁敏和压敏等情报侦察系统等。

(3) 预警探测系统

预警探测系统和情报侦察系统一样,也是C⁴ISR系统的信息感知部分,但它的重点是对目标的实时探测,探测的信息实时用于指挥和控制。预警探测包括星载、机载、舰载、地面雷达和红外等战役战术探测设备及系统。探测的目标包括:

- a) 外层空间目标,如卫星、洲际导弹等;
- b) 大气目标,如各种飞机、巡航导弹、直升机、战术弹道导弹等;
- c) 水面和水下目标,如水面舰船、水下潜艇、鱼雷等;
- d) 陆上目标,如坦克、车辆、火炮等。

与情报侦察系统相类似,预警探测系统也可以采用多种分类方法,如按预警探测平台分,有海基预警探测、陆基预警探测、空基预警探测和天基预警探测;按探测器有无发射源分,有有源探测和无源探测;按探测信息用途分,有战略预警探测、战役预警探测和战术预警探测;按目标运动特性分,有空气动力目标预警探测和弹(轨)道目标预警探测;按预警探测技术分,有无线电预警探测、激光预警探测和红外预警探测等。

(4) 通信系统

通信系统利用各种通信设备,将C⁴ISR系统各部分连接成一个有机整体,并在其间迅速、准确、安全、连续地传送话音、文字、图形图像等信息。通信系统由战略通信系统、战役/战术通信系统和网络支撑保障系统组成。

战略通信系统的任务是保障战略指挥的畅通,一般以统帅部基本指挥所通信枢纽为核心,以固定通信设施为主体,运用地下(海底)光缆、大功率无线电台、卫星、微波接力等传输通道,连通战区或军以上指挥所通信枢纽,构成战略通信网。

战役/战术通信系统通常用于保障师以上部队遂行战役作战以及师以下部队实施战术行动。战役通信系统以固定通信设施为依托,主体是机动和野战的通信装备;战役/战术通信系统中的固定通信部分通常就是战略通信系统的组成部分,机动部分则是战时开设的临时通信设施,以野战通信装备为主。

网络支撑保障系统为通信系统提供安全保密、网络管理、频率管理等支撑,是通信系统安全、可靠、高效运行,充分发挥战斗力的重要保障。

(5) 情报综合/融合处理系统

情报综合/融合处理系统是承担各类情报收集、综合/融合、分析与验证等功能的一类信息处理系统。其主要功能是收集、汇总和综合/融合 ISR 传感器送来的各种情报,形成各种情报产品,用于战略预警、战场监视、指挥决策、火力打击、精确制导、武器平台(系统)控制等各种作战行动。

情报综合/融合处理系统可以采用多种分类方法,按情报处理的层次和用途可以分成战略情报处理系统、战区情报处理系统和战术情报处理系统;按情报获取的手段可以分成雷达情报处理系统、技侦情报处理系统、电子对抗情报处理系统等;按情报使用部门可以分成空军情报处理系统、海军情报处理系统、陆军情报处理系统等。

1.1.2 C⁴ISR 系统主要功能及基本特征

(一) 主要功能

C⁴ISR 系统功能决定于系统的应用背景和研制要求。不同军种、不同级别的 C⁴ISR 系统功能不尽相同,但基本的功能应该包括信息获取、信息传输、信息处理、辅助决策、指挥控制、安全保密等功能。

(1) 信息获取功能

信息获取是指系统利用部署在战场空间中的各种 ISR 装备,全面地获取战场目标及环境信息,形成系统处理的各种原始情报。战场目标信息主要包括图像情报、信号情报、测量和特征情报以及人工情报等,战场目标包括敌方、我方和友方目标。我方和友方目标信息可以通过通报、信息共享等方式获取。战场环境信息种类包括气象、地形、水文、社情等。信息获取功能在 C⁴ISR 系统中起到“眼睛”和“耳朵”的作用,是 C⁴ISR 系统生成战场态势、形成指挥决策方案、实施指挥控制功能的基础。

信息获取功能主要由 C⁴ISR 系统中的情报侦察和预警探测功能系统实现,利用系统中的多种平台与探测手段实现全天候、全天时、全方位地获取战场各类目标及环境信息,并通过 C⁴ISR 系统实现各类信息源的统一组织、管理和融合,及时生成完整、正确、连续、一致的战场态势,使所有参战部队和支援保障部队实时掌握战场空间内的敌、我、友各方信息,使战场态势对己方趋向透明,确保己方在战争中的信息优势。

(2) 信息传输功能

信息传输是指系统利用部署在战场空间中的通信网络系统及设备,实现 C^4ISR 系统各功能节点之间以及与被控制的武器平台或部队之间的信息交换与传输。传输的信息包括各类情报保障信息、作战指挥信息、作战保障信息、系统运行维护信息等。传输的信息形态有文字、数据、图像、视频等。信息传输的本质是利用多种传输手段,按照一定的传输规程和接口协议,将各种形态的信息从发送端传到接收端。信息传输功能在 C^4ISR 系统中起到“中枢神经”的作用,是实现 C^4ISR 系统信息获取、信息处理、辅助决策、指挥控制等功能综合集成与运行的基础。迅速、准确、安全、可靠、不间断地信息传输是形成 C^4ISR 系统能力、发挥 C^4ISR 系统体系作战能力的前提。

信息传输功能由 C^4ISR 系统中的通信系统实现,通过综合利用各种通信设施和手段,例如光纤交换网、卫星通信、数据链、战术互联网等,将地理上分散的 C^4ISR 系统各组成部分连接起来,支持 C^4ISR 系统各功能系统之间及与相关系统的信息共享与协同运行。

(3) 信息处理功能

信息处理是指系统按一定规则和程序对信息进行加工的功能,一般包括信息类型检查、格式转换、综合/融合、显示、存取、检索等功能。

信息综合/融合是 C^4ISR 系统信息处理的核心功能,主要由 C^4ISR 系统中的各级各类情报处理功能系统实现。信息综合/融合的本质是利用各类传感器情报及其他战场信息,完成敌方目标位置和状态的估计、目标属性的识别、态势估计与威胁分析等功能,生成完整、正确、连续、一致的战场态势,为 C^4ISR 系统辅助指挥员形成决策方案奠定基础。

(4) 辅助决策功能

辅助决策是指系统辅助指挥员分析判断战场情况、定下作战决心、确定作战方针、形成和评估作战方案等。辅助决策功能的本质是充分利用计算机的高速计算能力,根据当前敌我态势和作战规则生成一些作战预案或对各种作战预案作出评估结果供指挥员选择,以提高指挥员的决策效率和决策质量。辅助决策功能决定了 C^4ISR 系统智能化的程度,提高智能化程度是 C^4ISR 系统技术发展的主要方向之一。

辅助决策功能由 C^4ISR 系统中的指挥控制功能系统实现,一般以数据库、知识库、数学模型为基础,依靠人工智能技术和信息处理技术,通过计算、推演和仿真等手段辅助指挥人员完成作战筹划与方案择优等

功能。

(5) 指挥控制功能

C⁴ISR 系统中的指挥控制包含作战指挥和武器平台（系统）控制两个功能。作战指挥功能是指指挥员利用系统将拟制的作战方案和计划信息下达各作战部队，给所属部队下达作战命令并监视它们的作战进程，根据战场态势的变化必要时调整作战方案或行动计划，实时指导和协调各作战部队的行动，达到预定的作战目的。武器平台（系统）控制功能是指系统通过与武器平台（系统）上的控制单元的铰链，实时、自动地向它们发送作战指令和提供目标指示信息，对它们的作战行动进行实时控制。

指挥控制功能由 C⁴ISR 系统中的各级各类指挥控制功能系统实现，它是 C⁴ISR 系统的核心和“大脑”。一般地说，战略战役级指挥控制系统实现的主要功能是对作战部队和单元的作战指挥，战术级指挥控制系统兼顾作战指挥与武器平台（系统）控制功能，战斗级指挥控制系统主要实现的是武器平台（系统）控制功能。

(6) 安全保密功能

安全保密功能是指系统采取一定措施，确保其在信息获取、传输、处理、分发过程中的信息及其行为的安全可信，也包括系统的物理安全。

由于现代战争中信息的重要性日益突出，对信息的争夺更加激烈。信息对抗遍布 C⁴ISR 系统各个组成部分和信息流通环节，在信息获取、传输分发、处理与利用的过程中始终存在着激烈对抗。因此，安全保密功能将成为 C⁴ISR 系统越来越重要的功能。

(二) 基本特征

随着 C⁴ISR 系统概念、内涵和功能的不断扩展和外延，C⁴ISR 系统经历了初始发展、军兵种独立建设、综合集成和一体化建设四个阶段。系统技术体制也经历了单机结构/软件集中控制、局域网结构/CS 软件架构和广域网结构/组件与段集成技术三个阶段，目前正在向网络中心化的体制发展。总结 C⁴ISR 系统的发展历程和应用实践，C⁴ISR 系统的基本特征可以归纳为以下几个方面：

(1) 生态系统特性

C⁴ISR 系统作战使用涉及人、指挥体制、组织、武器及战场环境等因素，在作战过程中 C⁴ISR 系统和这些因素之间是相互作用和制约的关系。为了发挥 C⁴ISR 系统黏合剂和力量倍增器的作用，系统与人、指挥体制、

组织、武器、其他系统及战场环境等的关系好像一个生态系统，它们之间是一个相互依存、相互适应、共同演化发展的关系，C⁴ISR 系统 50 多年来的发展证明了这一点。比如，我们在设计开发 C⁴ISR 系统时一直强调它是一个人机结合的系统，需要设计一个良好的人机交互界面，系统要能够根据部队的指挥体制和编程关系来部署和运行，系统要具有“三互”能力，通过发展数据链技术提高信息系统与武器的一体化集成能力等。

目前，C⁴ISR 系统已发展到一体化设计与集成运行阶段，强调 C⁴ISR 系统与人和环境的一体化。生态系统的一些基本特性和规律将指导 C⁴ISR 系统的发展。

(2) 自动化的信息获取、传输、处理和分发

C⁴ISR 系统是应用传感器、计算机、通信以及相关的配套软件/硬件等技术和设备组成的信息系统。由于通信和计算机技术的发展，在 C⁴ISR 系统运行过程中，信息的收集、加工、处理、传输、分发和管理等一系列过程基本上是自动完成的，多源、实时、大容量的信息处理需求在工程应用中已得到较好的解决，利用数据链、战术互联网等手段已实现了战术信息的实时分发与共享。

(3) 指挥人员主导决策

C⁴ISR 系统能自动地把 ISR 装备获取的各种目标数据处理成有特定意义的目标信息，但对战场态势变化进行预测与分析、根据态势分析结果确定下作战决心、提出决策方案等，这些都还离不开指挥人员的参与，需要指挥员给予鉴别、分析和决定取舍。因此，C⁴ISR 系统中的决策功能一般都是由指挥员主导完成的，在系统中应提供人机交互的决策环境。目前，根据打击时敏目标和控制高速武器（平台）的需要，在某些战术级 C⁴ISR 系统中提出了全自动工作的需求，即从目标发现、跟踪、判断、决策到火力打击全过程实现自动化，作战指挥人员只处于监视管理状态，仅在发生意外情况时，才按预先确定的程序进行干预。尽管如此，对于战略战役级 C⁴ISR 系统以及大部分战术级 C⁴ISR 系统来说，指挥人员在决策过程中还是要起到主导作用。

(4) 战场环境感知、信息处理、决策到行动的闭环作用过程

在 C⁴ISR 系统作战应用过程中存在着如下的闭环作用过程：ISR 感知战场环境→对感知信息进行处理形成态势→根据态势形成决策→根据决策形成作战行动方案→作战行动改变战场环境。战场环境是系统的驱动