

# 指挥信息系统 结构理论与优化方法

Theory and Optimization of C<sup>4</sup>ISR System Structure

■ 蓝羽石 毛少杰 王珩 著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

# 指挥信息系统结构理论 与优化方法

Theory and Optimization of C<sup>4</sup>ISR  
System Structure

蓝羽石 毛少杰 王 珩 著

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书围绕指挥信息系统结构的建模、度量与优化问题,综合运用复杂性科学、网络科学和运筹学等相关理论方法,结合理论计算和仿真建模等手段,建立了系统结构的复杂网络与超网络模型,提出了系统结构特性度量方法与仿真评估方法,探索了系统结构特性优化方法与系统结构多目标优化方法,并结合典型应用案例,进行仿真实验验证与分析。

本书是作者研究团队多年来对指挥信息系统总体技术的研究成果,其内容反映了指挥信息系统总体设计领域的新思想、新方法和新理论,适合从事指挥信息系统总体设计、工程研制和装备建设等工作的研究人员与工程技术人员,也适合复杂作战体系、系统体系结构、指控组织设计、复杂军事系统仿真建模、赛博空间等军事前沿领域的研究人员。

### 图书在版编目(CIP)数据

指挥信息系统结构理论与优化方法 / 蓝羽石, 毛少杰,  
王珩著. —北京:国防工业出版社, 2015. 1  
ISBN 978 - 7 - 118 - 09946 - 1

I. ①指… II. ①蓝… ②毛… ③王… III. ①作战指挥  
系统—信息系统—系统结构—研究 IV. ①E141. 1 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 032446 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责任公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710 × 1000 1/16 印张 18 1/4 字数 325 千字

2015 年 1 月第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 78.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

作为作战要素的“黏合剂”、作战效能的“倍增器”和作战指挥的“神经中枢”,指挥信息系统已成为信息化战争条件下,各国军队重点建设的核心军事能力之一。自 20 世纪 50 年代起,在军事需求牵引和信息技术推动的共同作用下,指挥信息系统已发展到以“网络中心、面向服务”为主要技术特征的第四代系统,呈现出灵活高效、鲁棒抗毁、开放互联、自主适应等新能力特征。

“结构决定功能”是系统工程理论的基本认识。指挥信息系统结构是指挥信息系统的各组成要素及相互关系,决定了指挥信息系统的形态、属性和功能,也是指挥信息系统特性的标志和功能的载体。由于第四代指挥信息系统的复杂系统特征和结构的灵活、适变、动态特性,使得指挥信息系统结构优化成为难题,主要表现为:首先,由于前三代系统结构的特点,系统结构的设计与优化更多地是凭借人工经验进行设计。但第四代指挥信息系统组成要素繁多、关系复杂,仅凭人工经验难以给出合理、优化的设计方案。其次,系统结构的新特性使得系统的变化与选择更多了,因而带来了优化控制问题;如果不对系统结构进行合理优化,系统结构的演化将可能产生难以控制的结果。最后,体系结构等现有的系统工程理论和相关方法已难以解决这类复杂系统结构的定量分析与优化问题。因此,急需探索指挥信息系统结构建模、度量和优化方法,形成全新的指挥信息系统结构理论与优化方法,科学指导指挥信息系统的设计、工程研制、组织应用和建设发展。

在这种背景下,本书综合运用复杂性科学、网络科学和运筹学等相关理论方法,并结合理论计算和仿真建模等手段,研究指挥信息系统结构的建模、特性度量与优化等机理、方法,回答“结构是什么”、“结构如何评价”和“结构如何最优”这三个问题,为指挥信息系统的建设和科学发展提供

有益的指导和借鉴。

本书共分为七章,第一章为导论,分析了相关概念,提出了研究背景和问题;第二章系统阐述了与指挥信息系统结构相关的基础理论和指导方法;第三章阐述了指挥信息系统结构建模问题;第四章和第五章分别利用理论计算和仿真建模手段,提出系统结构特性度量方法;第六章探讨了系统结构优化方法;第七章对全书进行总结,并提出下一步的研究方向和工作。

希望本书对从事指挥信息系统总体设计、工程研制和装备建设等工作的研究人员与工程技术人员有所帮助,也适合致力于复杂作战体系、系统体系结构、指控组织设计、复杂军事系统仿真建模、赛博空间等军事前沿领域研究的研究工作者,以提供借鉴、启发思维。

本书的撰写离不开作者研究团队中其他研究人员的辛勤工作,他们为本书中的理论方法研究、应用案例准备、实验分析等做了大量严谨细致的工作,他们是易侃、邓克波、张金锋、雷鸣和张杰勇,十分感谢他们为本书付出的努力和作出的贡献。

在本书出版之际,我们非常感谢中国电子科技集团公司第二十八研究所的领导、同事及国防工业出版社的大力支持。本书的出版,得到了以下专家的关心、指导与支持,在此深表感谢,他们是:总装科技委汪成为院士、中国电科集团童志鹏院士、总参第六十一所戴浩院士、空军装备研究院费爱国院士、航天科工集团李伯虎院士、国防大学胡晓峰教授、中国电科集团的张刚宁首席科学家、左毅首席科学家和梁维泰首席专家。中国电科第二十八所徐伯权研究员和施振明研究员仔细审阅了本书初稿,提出了许多宝贵的意见;姜志平博士后、陶智刚博士,中国电科第二十八所的闫晶晶、黄松华、端木竹筠、程文迪、徐浩等也为本书的完成付出了努力,他们的有益讨论以及提供的材料给予了我们许多帮助;在写作过程中还得到了中国电科第二十八所总工程师办公室潘建群主任、孙欣副主任,信息系统工程重点实验室第二十八所分实验室的丁峰总工,总参第六十一所总体部的王春江主任,国防科技大学信息管理学院的罗雪山教授、陈洪辉教授、刘俊先教授等的支持与帮助;本书的编辑崔晓莉、赵国星为保障本书质量做了大量细致的工作,在此一并表示衷心感谢。

## 前 言

本书是作者在中国电科第二十八所和信息系统工程实验室第二十八所分实验室长期从事指挥信息系统总体技术理论研究、工程实践的基础上撰写而成的。由于指挥信息系统结构与优化是系统工程、复杂自适应系统、网络科学、运筹学等相关学科交叉形成的新兴产物,系统结构优化模型和方法还需进一步研究,再加上我们的学识有限,书中难免会出现遗漏和不足之处,敬请各位读者批评指正。

作 者

2014 年 10 月于南京

# 目 录

# CONTENTS

## 第1章 导论

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 1.1   | 基本概念 .....              | 1  |
| 1.1.1 | 指挥信息系统 .....            | 1  |
| 1.1.2 | 指挥信息系统组成要素 .....        | 1  |
| 1.1.3 | 指挥信息系统组成要素之间的关系 .....   | 2  |
| 1.1.4 | 指挥信息系统结构 .....          | 5  |
| 1.2   | 指挥信息系统及结构发展历程 .....     | 7  |
| 1.2.1 | 第一代指挥信息系统及结构特征 .....    | 7  |
| 1.2.2 | 第二代指挥信息系统及结构特征 .....    | 8  |
| 1.2.3 | 第三代指挥信息系统及结构特征 .....    | 10 |
| 1.2.4 | 第四代指挥信息系统及结构特征 .....    | 12 |
| 1.3   | 指挥信息系统结构亟待研究的理论问题 ..... | 18 |
| 1.3.1 | 研究背景 .....              | 18 |
| 1.3.2 | 指挥信息系统结构建模 .....        | 19 |
| 1.3.3 | 指挥信息系统结构度量 .....        | 20 |
| 1.3.4 | 指挥信息系统结构优化机理与模型 .....   | 20 |
| 1.3.5 | 解决问题的总体思路 .....         | 21 |
| 1.4   | 本书内容组织架构 .....          | 21 |

## 第2章 相关基础理论和方法

|       |              |    |
|-------|--------------|----|
| 2.1   | 复杂网络理论 ..... | 24 |
| 2.1.1 | 图的基本概念 ..... | 25 |

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| 2.1.2 | 复杂网络基本统计参量 .....     | 26 |
| 2.1.3 | 典型复杂网络模型 .....       | 28 |
| 2.1.4 | 复杂网络理论在军事领域的应用 ..... | 33 |
| 2.2   | 超网络理论 .....          | 40 |
| 2.2.1 | 超网络理论出现的原因 .....     | 40 |
| 2.2.2 | 超网络的定义方法 .....       | 42 |
| 2.2.3 | 超网络的特征和基本分析方法 .....  | 43 |
| 2.2.4 | 超网络理论在军事领域的应用 .....  | 44 |
| 2.3   | 复杂适应性系统理论 .....      | 50 |
| 2.3.1 | 复杂适应性系统 .....        | 50 |
| 2.3.2 | 复杂适应性系统建模与仿真 .....   | 51 |
| 2.4   | 体系工程理论 .....         | 54 |
| 2.4.1 | 体系的建模分析 .....        | 54 |
| 2.4.2 | 体系的运行演化 .....        | 55 |
| 2.4.3 | 体系的仿真实验工具 .....      | 56 |
| 2.5   | 指挥控制组织理论 .....       | 57 |
| 2.5.1 | 指控组织结构设计方法 .....     | 57 |
| 2.5.2 | 指控组织结构评估方法 .....     | 60 |
| 2.6   | 体系结构理论 .....         | 61 |
| 2.6.1 | 体系结构设计理论 .....       | 62 |
| 2.6.2 | 体系结构验证理论 .....       | 64 |
| 2.7   | 多目标优化理论 .....        | 67 |
| 2.7.1 | 多目标优化问题的基本概念 .....   | 67 |
| 2.7.2 | 多目标优化问题的求解方法 .....   | 69 |
| 2.8   | 本章小结 .....           | 70 |

### 第3章 指挥信息系统结构建模方法

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 3.1   | 指挥信息系统单元 .....   | 72 |
| 3.1.1 | 指挥信息系统单元定义 ..... | 72 |
| 3.1.2 | 指挥信息系统单元特征 ..... | 73 |
| 3.1.3 | 指挥信息系统单元组成 ..... | 74 |

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 3.1.4 | 指挥信息系统单元属性 .....          | 76  |
| 3.1.5 | 4类基本的系统单元定义 .....         | 80  |
| 3.1.6 | 4类基本的系统单元模型 .....         | 84  |
| 3.2   | 指挥信息系统单元关系 .....          | 87  |
| 3.2.1 | 指挥信息系统单元关系定义 .....        | 87  |
| 3.2.2 | 指挥信息系统单元关系特征 .....        | 88  |
| 3.2.3 | 指挥信息系统单元关系属性 .....        | 89  |
| 3.2.4 | 3类基本的单元关系模型 .....         | 91  |
| 3.3   | 基于复杂网络理论的指挥信息系统结构建模 ..... | 94  |
| 3.4   | 基于超网络理论的指挥信息系统结构建模 .....  | 98  |
| 3.4.1 | 指挥信息系统结构的超网络特征分析 .....    | 98  |
| 3.4.2 | 信息流模体 .....               | 99  |
| 3.4.3 | 系统结构超网络模型 .....           | 103 |
| 3.4.4 | 案例分析 .....                | 111 |
| 3.5   | 本章小结 .....                | 118 |

## 第4章 基于理论计算的系统结构特性度量方法

|       |                             |     |
|-------|-----------------------------|-----|
| 4.1   | 系统结构特性 .....                | 119 |
| 4.1.1 | 系统结构特性定义 .....              | 119 |
| 4.1.2 | 系统结构特性相互关系分析 .....          | 121 |
| 4.2   | 基于复杂网络统计参量的系统结构特性度量方法 ..... | 122 |
| 4.3   | 基于信息流模体的系统结构特性度量方法 .....    | 130 |
| 4.3.1 | 系统结构高效性度量方法 .....           | 130 |
| 4.3.2 | 系统结构鲁棒性度量方法 .....           | 139 |
| 4.3.3 | 系统结构灵活性度量方法 .....           | 149 |
| 4.3.4 | 应用案例分析 .....                | 158 |
| 4.4   | 系统结构网络化效能度量方法 .....         | 168 |
| 4.4.1 | 理论依据 .....                  | 169 |
| 4.4.2 | 系统结构的“五环”理论模型 .....         | 170 |

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 4.4.3 | 基于“五环”的系统结构网络化效能度量方法 ..... | 172 |
| 4.4.4 | 实验分析与结论 .....              | 181 |
| 4.5   | 本章小结 .....                 | 184 |

## 第5章 基于效果的系统结构仿真评估方法

|       |                                   |     |
|-------|-----------------------------------|-----|
| 5.1   | 系统结构仿真评估框架 .....                  | 185 |
| 5.2   | 系统结构仿真评估指标体系及计算模型 .....           | 187 |
| 5.2.1 | 系统结构仿真评估指标体系 .....                | 187 |
| 5.2.2 | 基于效果的系统结构高效性仿真<br>评估指标及计算模型 ..... | 187 |
| 5.2.3 | 基于效果的系统结构鲁棒性仿真<br>评估指标及计算模型 ..... | 192 |
| 5.2.4 | 基于效果的系统结构灵活性仿真<br>评估指标及计算模型 ..... | 195 |
| 5.2.5 | 系统结构效能仿真评估指标及计算模型 .....           | 197 |
| 5.3   | 系统结构仿真建模方法 .....                  | 200 |
| 5.3.1 | 建模方法分析 .....                      | 200 |
| 5.3.2 | 基于多 Agent 的系统结构仿真模型框架 .....       | 201 |
| 5.3.3 | 系统单元 Agent 模型 .....               | 203 |
| 5.4   | 系统结构仿真评估案例 .....                  | 207 |
| 5.4.1 | 系统结构仿真评估实验流程 .....                | 207 |
| 5.4.2 | 系统结构高效性效果仿真评估案例 .....             | 208 |
| 5.4.3 | 系统结构鲁棒性效果仿真评估案例 .....             | 214 |
| 5.4.4 | 系统结构效能仿真评估案例 .....                | 217 |
| 5.5   | 本章小结 .....                        | 219 |

## 第6章 系统结构优化方法

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 6.1   | 系统结构特性优化方法 .....  | 220 |
| 6.1.1 | 系统结构高效性优化方法 ..... | 220 |

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 6.1.2 | 系统结构鲁棒性优化方法 .....         | 225 |
| 6.1.3 | 系统结构灵活性优化方法 .....         | 231 |
| 6.1.4 | 应用案例分析 .....              | 235 |
| 6.2   | 效能驱动的系统结构多目标优化方法 .....    | 257 |
| 6.2.1 | 效能驱动的系统结构优化机理 .....       | 257 |
| 6.2.2 | 效能驱动的系统结构多目标优化框架 .....    | 260 |
| 6.2.3 | 协同感知效能及 OODA 周期优化模型 ..... | 263 |
| 6.2.4 | 应用案例分析 .....              | 266 |
| 6.3   | 本章小结 .....                | 270 |

## 第7章 总结与展望

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 7.1 | 主要工作 .....      | 271 |
| 7.2 | 主要创新观点与理论 ..... | 272 |
| 7.3 | 下一步工作展望 .....   | 274 |
|     | 参考文献 .....      | 276 |

# 第1章

# 导论

## 1.1 基本概念

21 世纪以来的“阿富汗战争”、“伊拉克战争”等几场信息化条件下的局部战争表明,以互联网、栅格和服务计算等一系列信息和网络技术为核心的新技术革命,正加速推进着新一轮的全球军事变革。为迎接这场新军事变革的挑战,打赢信息化战争,以指挥信息系统为纽带和支撑,发展和加速形成信息为主导的体系作战能力,已成为各国军队核心军事能力建设的必然选择。

### 1.1.1 指挥信息系统

根据《中国军事百科全书》<sup>[1]</sup>,指挥信息系统,以前称为指挥自动化系统,美军称为 C<sup>4</sup>ISR 系统( Command, Control, Communication, Computing, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance ),是集指挥控制、预警探测、情报侦察、通信、武器控制和其他作战信息保障等功能为一体,用于军事信息的获取、处理、传递、决策支持和对部队实施指挥与控制以及战场管理的军事信息系统,它是信息化战争最基本的物质基础,是作战要素的“黏合剂”、作战效能的“倍增器”和作战指挥的“神经中枢”。自 20 世纪 50 年代初创开始,在军事需求牵引和技术发展推动的共同作用下,指挥信息系统在不断的发展、完善和成熟。

### 1.1.2 指挥信息系统组成要素

指挥信息系统组成要素是指为完成系统使命任务、实现系统功能目

标所必需包含的各种分系统、子系统或部件。这些分系统、子系统或部件由用于实现信息获取、传递、处理、利用、管理等功能的软件和硬件设备所构成。

指挥信息系统组成要素与系统的种类和等级密切相关。例如,对一个典型的战术级航空兵指挥信息系统而言,需要根据上级指挥部的统一部署和分配的作战任务,负责对所属航空兵部队实施指挥控制,对空中作战飞机实施指挥引导。因此,其组成要素包括:1)作战指挥分系统,用于受领上级任务,显示与分析战场综合态势,下发行作战命令,监控作战进程等;2)航空兵指挥引导分系统,用于接受航空兵作战任务,制定航空兵作战计划,实施指挥引导;3)通信保障分系统,用于监控通信网络设备运行情况、制定通信保障预案、确保各类信息的及时准确传递;4)技术保障分系统,用于系统配置、管理、推演以及文电处理等。对一个典型的战役级区域综合防空指挥信息系统而言<sup>[2]</sup>,其组成要素除了包括战术级航空兵指挥信息系统外,还包括:1)预警探测分系统,用于对空中目标进行预警和探测;2)情报综合处理分系统,用于形成综合防空情报;3)防空导弹指挥控制分系统,用于指挥地空导弹火力单元;4)高炮指挥控制分系统,用于指挥高射炮;5)侦察情报处理分系统,用于处理下属侦察部队情报;6)电抗情报处理分系统,用于处理电抗情报,形成电抗态势。可以看出,相对于战术级系统,战役级区域综合防空系统的级别更高,其规模与要素有所增加,本质上反映了单个兵种(航空兵)到多兵种(航空兵、地面防空、电子对抗等)协同作战需求的变化。

指挥信息系统处于不断发展的过程中,其组成要素的种类、范畴、内涵也在不断变化和发展。

### 1.1.3 指挥信息系统组成要素之间的关系

关系是指事物之间相互作用、相互影响的状态。

在信息时代,战争涉及的领域以物理域、信息域和认知与社会域重新界定<sup>[3]</sup>。物理域是战争的传统域,存在着战争各方物理上的各类作战部队、作战平台和装备实体;信息域是信息活动的领域,是信息产生、处理、共享和访问的领域;认知与社会域包括了所有军事人员的感知、意识、理解、决策、信念等认知活动,也包括部队实体之间的组织关系、作战条令、战术、法规、文化等。因此,本书从信息时代战争3个域的视角分析指挥信息系统各组成要素之间的关系。

指挥信息系统组成要素之间的关系是指组成要素之间相互作用、相

互影响的状态总称,包括物理域的物理连接关系、信息域的业务处理关系、认知与社会域的组织行为关系等。

### 1. 物理连接关系

从物理域角度看,指挥信息系统各个设备之间通过通信网络连接起来,并以此为载体进行组成要素之间的信息传递和交换。无论是较早的局域网,还是后来的广域网,再到目前的栅格通信网络等等,指挥信息系统各组成要素之间都会因为网络连接而产生关系,称为物理连接关系。例如,在广域网环境下,传感器节点、情报处理节点、作战指挥节点等系统组成要素通过路由器、光缆、电台等有线/无线通信设备互联,进而形成了组成要素之间客观存在的连接关系。

### 2. 业务处理关系

指挥信息系统用于支撑作战指挥业务处理流程的实现,从系统角度看,作战指挥的业务流程就是系统业务处理流程。例如,从态势感知到决策,从决策到指挥控制、从指挥控制到火力打击等。可以认为,系统业务处理流程中的各种业务处理节点之间的关系是系统业务处理关系。具体包括:从情报获取与处理到态势生成,体现为情报处理节点与指挥所节点之间的情报保障关系;从决策到火力打击,体现为指挥所节点与武器平台之间的指挥关系;在决策节点之间,上下级指挥所或者同级指挥所之间体现的是指挥关系或者协同关系;火力打击节点之间体现的是协同关系。因此,指挥信息系统基本的业务处理关系包括情报保障关系、指挥关系和协同关系等。

由于指挥信息系统本身就是以信息获取、传输、处理和利用为主的系统,从信息域角度看,系统业务处理关系最终映射到一个个信息活动上,体现为各种信息交互关系,如情报处理节点与指挥所节点之间的情报保障关系就是两者发生了情报信息交互;指挥所节点与武器平台之间的指挥关系体现为一种指挥命令信息(或控制信息)的交互,等等。可以看出,业务处理关系最终体现的信息交互关系是组成要素之间的一种逻辑关系。

### 3. 组织行为关系

指挥信息系统组成要素之间的关系还反映了指挥机构、作战实体之间的组织行为关系。这种关系与作战样式、任务类型、指挥体制、部队编成、作战条令以及参与指挥信息系统的人的行为等密切相关,属于认知域和社会域范畴。组织行为关系不作为本书研究对象。关于对指挥组织行

为关系相关的研究,目前学术界称为指挥控制(C<sup>2</sup>)组织设计<sup>[4]</sup>。指挥信息系统组成要素之间3种关系的层次概念如图1-1所示。

综合分析上述3种关系,我们认为:

(1) 物理连接关系可看作是一种物理关系,业务处理关系和组织行为关系可认为是一种逻辑关系。

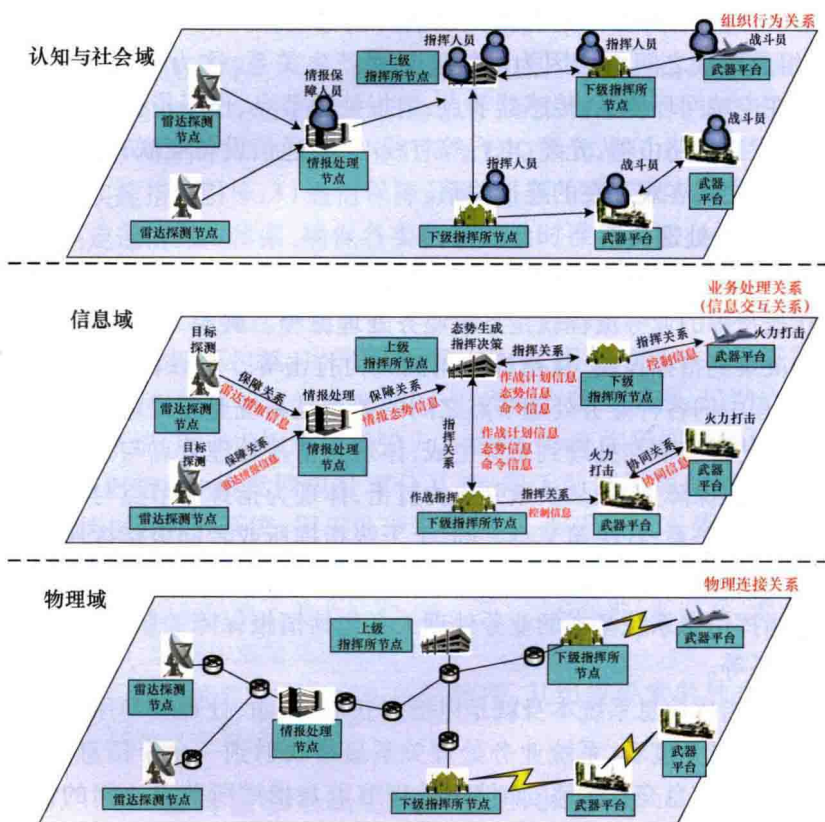


图1-1 指挥信息系统组成要素之间3种关系的层次概念示意图

(2) 物理连接关系是对业务处理关系的一种支撑和必要条件,两个系统组成要素之间只有存在直接或间接的物理连接关系,才能有信息交互的可能;组成要素之间一旦有业务处理关系,就必须在物理上是联通的。

(3) 业务处理关系是组织行为关系在系统层面的一种映射,组织行为关系是对业务处理关系的顶层需求,业务处理关系需要适应和支持组织行为关系。

#### 1.1.4 指挥信息系统结构

结构(Structure),《现代汉语词典》中给出的最基本的概念是“组成整体的各部分的搭配和安排。世界上任何事物都存在着结构,结构多种多样且决定着事物存在的本质”。《辞海》<sup>[5]</sup>中的解释是:系统内各组成要素(Element)之间的相互联系、相互作用的方式,是系统组织化、有序化的重要标志,结构既是系统存在的方式,又是系统的基本属性,是系统具有整体性、层次性和功能性的基础与前提。

从系统工程和系统论角度<sup>[6]</sup>,系统结构(System Structure)是指系统各组成要素之间各种关系(或关联方式)的总和,是系统保持整体性以及具有一定功能的内在根据。这些关系可以是数量关系(数量结构)、空间关系(空间结构)、时间关系(时间结构)和相互制约关系(相互作用结构)等<sup>[7]</sup>。总之,系统结构反映了系统各组成要素之间的相互关系和相互作用,是保持系统中各组成要素有序运作的规范和约束。

从上面的基本概念可以看出,严格意义上的系统结构概念强调的是系统各组成要素之间的各种关系或联系,不包括系统各组成要素本身。但由于这些关系是系统各组成要素之间的关系,离开了各组成要素,关系就变得毫无意义。因此,本书中系统结构的概念范畴稍微扩大,涵盖各组成要素以及它们之间的关系。

系统结构  $S$  可以抽象表示为式(1.1):

系统结构  $S = \{ \text{系统组成要素全体, 各组成要素之间的关系} \}$  (1.1)

指挥信息系统结构是指指挥信息系统各组成要素及要素之间的相互关系。其中,组成要素主要包括用于实现信息获取、传递、处理、利用、控制、管理等功能的软件/硬件设备,组成要素之间的关系主要包括物理连接关系和业务处理关系。

从系统论的角度,系统结构是指指挥信息系统存在的方式,它决定了指挥信息系统的形态、属性和功能,也是指挥信息系统特性的标志和功能的载体。指挥信息系统强调整体性,而指挥信息系统结构是确保系统整体性、发挥系统整体效能的重要因素。一个好的指挥信息系统结构,应能满足一些基本的要求,如:能支持系统完成预期的功能;各组成部分之间能方便地交换信息,信息流程要短,以减少系统的反应时间;有足够高的可靠性,故障影响要小;便于进行系统监控和故障定位;结构灵活,便于扩充,有重构能力;尽量节省投资;便于软件开发等<sup>[8]</sup>。因此,良好的系统结构决定了指挥信息系统的稳定性、可靠性、鲁棒性、灵活性、适应性、时效

性等。

指挥信息系统结构的内涵如图 1-2 所示。

从图 1-2 可以看出,指挥信息系统结构包括上层的系统逻辑结构和下层的系统物理结构。其中,物理结构是由组成要素及其之间的物理连接关系形成的系统结构,反映物理上分布的各个分系统、子系统或部件通过通信网络等而形成的实际连接情况;逻辑结构是由组成要素及其之间的业务处理关系形成的系统结构,反映各个分系统、子系统或部件之间因业务处理而形成的信息交互情况。

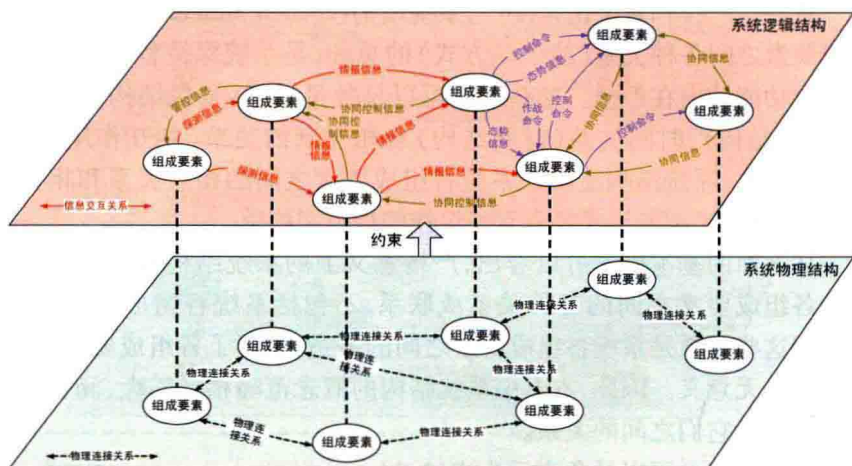


图 1-2 指挥信息系统结构的内涵

基于以下 3 点考虑,本书重点研究系统的逻辑结构,将物理结构作为研究逻辑结构的约束条件。首先,指挥信息系统的核心要素是信息,因此,组成要素之间因信息获取、传递、处理、存储、分发和使用等信息交互行为而形成的逻辑结构成为指挥信息系统总体设计中最重要考虑因素;其次,在体系与体系对抗的复杂战场环境下,指挥信息系统的业务流程要适应作战任务和环境的快速变化,其信息交互关系也因而不断变化,使得系统逻辑结构具有动态性、演化性、复杂性等特征;最后,以往关于指挥信息系统设计、分析和优化的文献中,针对系统物理结构的优化方法较多,相对成熟,而针对系统逻辑结构的建模、度量和优化还没有太多研究,难以有效指导指挥信息系统设计与分析优化。因此,在没有特别说明的情况下,后文所述的系统结构特指系统的逻辑结构。