



中国指挥与控制学会青年科学家丛书

智能网络与指挥控制

中国指挥与控制学会青年工作委员会 编



国防工业出版社

National Defense Industry Press



中国指挥与控制学会青年科学家丛

智能网络与指挥控制

中国指挥与控制学会青年工作委员会 编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

图书在版编目 (CIP) 数据

智能网络与指挥控制/中国指挥与控制学会青年工作委员会编. —北京: 国防工业出版社, 2014. 9

(中国指挥与控制学会青年科学家丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 09722 - 1

I. ①智… II. ①中… III. ①计算机网络—智能控制—研究 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 196116 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 6 5/8 字数 191 千字

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1000 册 定价 58.00 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

本书编委会

主 编 中国指挥与控制学会青年工作委员会
顾 问 秦继荣
编 委 (按姓氏笔画排列)

丁 科	王 健	左青云	刘玉超
朱 燕	陈 波	何明捷	李永红
武云鹏	郑晓龙	郭长国	秦永刚
唐 杰	徐勇军	黄立威	韩 威
曾大军			

PREFACE | 前 言

本书是中国指挥与控制学会青年工作委员会（以下简称“CICC青工委”）成立后组织编写的第一部指挥控制领域的青年学者著作《智能网络与指挥控制》。指挥与控制起源于军事领域，但在人们的日常生活中处处可见指挥与控制行为，指挥与控制理论和方法涵盖感知域、认知域、物理域和社会域，军事指挥、城市治理、应急救援、公共安全等各个领域都离不开指挥与控制科学。

2014年5月10日在“CICC青工委”成立大会上，讨论决定9月份在大连大学召开第二届中国指挥与控制学会青年科学家论坛，并推出第一本著作。5月底确定编写人员和选题，7月底第一稿交出版社，8月初提交修改后的第二稿，8月底完成全书校对和排版工作。

全书分为指挥控制、通信网络和社交网络三部分共10个章节，介绍了指挥控制系统敏捷性、指挥系统的演化及火控系统的发展，分析了固定通信网、机动通信网以及物联网关键技术，针对社交网络的特点构建网络交互模型和大数据挖掘方法，并展示了部分实验案例。第1章指挥系统本质结构与指挥灵敏性由秦永刚编写；第2章指挥控制概念演化与系统发展分析由郭长国、李永红、朱燕编写；第3章火力控制系统概述与发展分析由武云鹏编写；第4章指控通信中的电波传播研究由王健、韩威编写；第5章战术Ad Hoc网络的

若干关键技术由陈波编写；第6章面向未来网络的SDN技术研究由丁科、左青云编写；第7章物联网的智能控制由徐勇军、何明捷编写；第8章社交网络分析概述：宏观、中观及微观由唐杰编写；第9章社交网络中的相互作用建模由黄立威、刘玉超编写；第10章网络大数据挖掘技术及其应用由郑晓龙、曾大军编写。在本书的编写过程中得到中国指挥与控制学会、中国电子系统工程研究所、北方自动控制技术研究所、中科院计算所、中科院自动化所、中电22所、清华大学、大连大学、解放军理工大学，以及国防工业出版社等单位专家的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

这是“CICC青工委”第一次组织指挥控制领域专业图书编写，缺乏经验，加之时间仓促，不妥之处，敬请读者批评指正。

CICC 青工委
2014年8月

CONTENTS | 目 录

→ 第一部分 指挥控制篇

- 第1章 指挥系统本质结构与指挥灵敏性 秦永刚/3
- 第2章 指挥控制概念演化与系统发展分析
..... 郭长国, 李永红, 朱燕/14
- 第3章 火力控制系统概述与发展分析 武云鹏/24
- 第4章 指控通信中的电波传播研究 王健, 韩威/50

→ 第二部分 通信网络篇

- 第5章 战术 Ad Hoc 网络的若干关键技术 陈波/71
- 第6章 面向未来网络的 SDN 技术研究 丁科, 左青云/102
- 第7章 物联网的智能控制 徐勇军, 何明捷/120

→ 第三部分 社交网络篇

- 第8章 社交网络分析概述: 宏观、中观及微观 唐杰/141
- 第9章 社交网络中的相互作用建模 黄立威, 刘玉超/160
- 第10章 网络大数据挖掘技术及其应用 郑晓龙, 曾大军/184

第一部分 ●●●●

指挥控制篇

第 1 章 指挥系统本质结构与指挥灵敏性

秦永刚

国防大学

根据系统工程原理，指挥与控制系统（我军一般统称为指挥系统）由技术和组织两个子系统构成。这两个子系统的本质结构对指挥与控制的灵敏性（本文指军队指挥与控制的灵活性、适应性、敏捷性，简称为灵敏性）有着重要影响。从典型特征上看，技术子系统是网状结构，由大量技术节点广域连接而成；而组织子系统是树状结构，各节点之间有着特有的、严格的关系定义，这种严格的树状隶属关系自古以来一直如此，相信将来也将继续如此。在指挥过程中，两个子系统之间有两种交互逻辑对指挥与控制的灵敏性造成影响。一种是 TOT 逻辑，即指挥信息从技术节点流向组织节点再流向技术节点，此时组织节点起到信息流转桥梁的作用，限制指挥与控制的灵敏性；另一种是 OTO 逻辑，即指挥信息从组织节点流向技术节点再流向组织节点，此时技术节点起到信息流转桥梁的作用，限制指挥的灵敏性。我们认为，要协调同步这两种交互逻辑，一种既适用于指挥人员，又适用于计算机处理的，通用、标准、可衡量、可挖掘、可视化、图表化的指挥信息的开发利用是提高指挥与控制的灵敏性的关键所在。在未来战争中，敌我行动方案和计划，包括作战命令应该使用这种通用、标准、可衡量、可挖掘、可视化、图表化的指挥信息。通过标准的流程和战术规范，面对这种指挥信息，作战决策制定的科学性、平衡度以及效率将得到保证，决策命令执行的继承性和灵

活性也将得到有效保证。未来为了在各种任务和环境下有效提高指挥效能,指挥信息本身的格式、内容、衡量指标以及可视表示方式等,还需要得到有效的开发利用。

1.1 引言

军队指挥与控制是一个对所处态势和环境不断评估与再评估以支持作战决策的制定与执行的连续过程,以最终达成军事行动目的。指挥与控制的灵敏性是指对态势和环境变化的应对能力。军事行动的巨大不确定性和不断推进的军事转型,以及不断发展的针对 21 世纪新的信息技术的无穷开发利用,要求更加强调指挥与控制在广域上的信息获取、管理、共享和开发利用,以更好地支持个人决策和群体决策。特别需要指出的是,相对成熟的指挥与控制,往往需要具备感知态势变化,采用合适的指挥模式以适应这种变化。也就是要求指挥与控制具备足够的灵敏性。正因如此,北约基于网络化能力的指挥与控制成熟度模型(NATO NEC C2 Maturity Model, N2C2M2),提出了指挥与控制灵敏性相关的关键因素。该模型定义了由 3 个轴量化的长方体模型。第 1 个轴是实体交互模式,描述各级各类部队或指挥机构之间自同步协同的程度;第 2 个轴是指挥权限分配模式,描述由上至下进行指挥权限分配的程度;第 3 个轴是实体间信息分布模式,描述各级各类部队和指挥机构对指挥信息和数据的获取自由度。3 个轴共同量化了在这个长方体当中,适应任务环境需求的指挥与控制灵敏性。^[1]

然而,正如《网络中心战案例研究》的第 3 个发现所指出的,各型各类指挥信息系统并不能使指挥梯次扁平化,经验和知识与指挥员之间的严格隶属关系同样显得重要。在较高的师和军指挥所层次,对战场空间态势的认知不仅是来自先进信息系统能力的增强,而且更重要的是指挥员及其参谋人员的经验。这似乎并不符合当年“网络中心战”的设想:代表着更短更快决策循环的扁平网状指挥结构模式代替梯次树状指挥结构模式。^[2]总体来说,美国陆军第 5 军和

第3机步师指挥员在2003年3月至4月的“伊拉克自由”行动的主要进攻性作战行动中,由于指挥信息系统的及时准确的信息支持使他们能够更好更快地做出决策。但指挥信息系统本身并不能决策,依然有大量的战争迷雾和“摩擦力”来自敌人的应对行动和战场物理环境。各级指挥员之间的交互仍然是达成快速决策的重要因素,当然这种交互来自信息系统的沟通支持,来自对通用态势图的共同理解。^[8]

综合以上观点,本文将聚焦上述N2C2M2模型的3个轴中的第3轴,也就是实体间的信息分布模式,来研究指挥与控制的灵敏性。按照系统工程的观点,指挥与控制系统由技术和组织两个基本子系统构成。技术子系统,指类似“21世纪旅及旅以下部队使用L波段接收器的蓝军跟踪系统”,该系统装备至连以上部队,提供通用态势图支持,提供超视距通信和态势感知能力。技术子系统也包括先进的商业信息通信技术带来的前所未有的信息计算、存储、处理和沟通能力,这些能力几乎对任何人开放,只要一点花费就唾手可得,而且完全可以应用于军事行动之中。^[4]组织子系统,指人们所说的工业时代战争中的梯次组织指挥体系,以及信息时代大家强调的分散指挥组织体系,典型的是由指挥员和参谋人员构成的各级指挥所体系。美国陆军条令规定,军、师一般情况下部署三类指挥所,一是战术指挥所(军称C-TAC,师称D-TAC);二是基本指挥所(军称C-Main,师称D-Main);三是后方指挥所(军称C-Main,师称D-Main)。这三类指挥所在总体上呈梯次结构,构成指挥员指挥与控制的基本依托。^[8]

由于这两个子系统的本质结构对指挥与控制的灵敏性有着重要影响,因此理清这两个子系统的本质结构特征也就显得非常重要。本文讨论指挥与控制子系统的本质结构特征及其动态交互对指挥控制灵敏性的影响。全文分4小节。第1节引言;第2节讨论两个子系统的本质结构特征;第3节讨论两个子系统的两种交互逻辑及对灵敏性的影响;第4节是研究结论。

1.2 指挥与控制子系统的本质结构特征

指挥与控制系统作为更大的军事系统的组成部分，是决策制定和执行的主要系统。其主要构成包括设施、设备和指挥人员（指挥员及其参谋人员），按照一定的结构组织形成指挥任务的执行主体。用系统工程的观点分析，指挥与控制系统由设施设备构成的技术子系统和由人构成的组织子系统两个子系统共同构成。这两个子系统的本质结构对指挥的灵敏性有着重要影响。

1.2.1 技术子系统的网状交织结构

技术子系统属于指挥与控制的支持系统，由探测、通信、决策支持和态势表现等各种设施设备资源构成。比如，探测设备包括在战场上部署的能够收集数据信息的各种雷达、光学探测资源和人力情报资源等。^[5]当然，技术子系统主要指类似“21世纪旅及旅以下部队使用L波段接收器的蓝军跟踪系统”的新型信息系统，该系统装备至连以上部队，提供通用态势图支持，提供超视距通信和态势感知能力。^[8]技术子系统也指那些快速发展的先进商业信息通信技术带来的前所未有的信息计算、存储、处理和沟通设施设备，这些设施设备几乎对任何人开放，只要一点花费就唾手可得，而且完全可以应用于军事行动之中。这些技术包括个人计算机及其外围设备，网络、定位和移动通信设备等。^[4]这些技术设备很容易应用于军事行动之中。通信系统是探测设备、指挥中心和其他装备之间数据流转的媒介，也包括在技术子系统之中。

伴随着人类信息革命的深入，技术子系统具备典型的广域连接的网状结构特征。特别是以通信卫星为代表的通信技术的快速发展，以及信息和计算机技术在军事领域的广泛应用，使得技术子系统的网状特征从空间范围和信息处理、信息生成、信息分发的能力上不断改进。这使得技术子系统的网状特征也越来越显得突

出,如图1-1所示。技术子系统网由大量技术节点(TSN)构成,每两个节点之间由于现代通信技术的发展而构成实质性的可连接关系(入网以后几乎不受地域和距离的限制),而且这种连接关系是双向的。每一个节点可以实现特定的信息系统支持功能,其组成元素包括通信、技术、应用、设施等。技术子系统是指挥与控制系统的核心支撑。

1.2.2 组织子系统的树状梯次结构

指挥与控制系统的组织子系统,从石器时代战争以来都是一种树状梯次结构,各子系统节点之间有着严格的隶属关系,相信还将在未来战争中继续如此。尽管在阿富汗巡逻的美军海军陆战队的一个团可能会负责很大一片区域,因此会按照条令规定采用一种相对分散的任务式指挥模式^[4]。但是,各级指挥员依然有着严格的上下级关系。按照美军野战条例6-0的定义,指挥员是指挥与控制的关键,正是指挥员通过控制科学行使指挥艺术。他们创造积极有利的指挥氛围,以便于培养相互信任与理解。指挥员在头脑中形成感知判断的战场态势画面,并把这种画面向他们的下级指挥员描绘出来,以指导他们采取行动获得期望的结果。这种上下级关系是树状的,而且从军事行动指挥角度,特别是从作战行动指挥的角度看,这种严格的关系树将一直持续下去,只要隶属关系树存在就不会被取代。甚至到了信息技术非常发达的未来战争中,树状指挥也不会消除。组织子系统的树状结构如图1-1所示。

组织子系统树也是由一系列的组织节点(OSN)连接而成。每一个节点履行特定的指挥职能,而且特定的边把特定的两个组织节点连接起来,每两个组织节点之间是严格的上下级关系。这种上下级关系是特定的,每一个节点只有唯一的上级,在作战指挥过程中,只对上级负责,除非指挥关系树变更。特别需要指出的是,两个节点之间的连线是单向的、严格的、强相关的。组织子系统的组成要素包括指挥员、参谋人员以及相关战术规程等。从整个指挥与控制

系统的运转机制来看,组织节点是核心驱动所在,也是整个指挥与控制系统的各个指挥中枢所在。

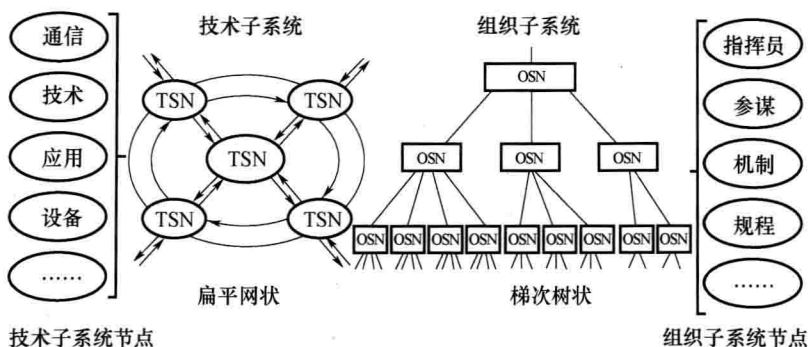


图 1-1 技术子系统和组织子系统的节点组成示意图

1.3 指挥与控制系统交互逻辑及对灵敏性的影响

指挥与控制的灵敏性,是指对态势和环境变化的处置和适应能力,表现为反应速度和能力、各种意外情况的应对能力、应对意外情况的灵活性、对变化情况的抵制调节能力、因变而变能力和适应能力 (responsiveness, versatility, flexibility, resilience, innovativeness and adaptability) 6 个方面。^[7]对于远程分布的兵力来说,各种各样军事卫星以及商业卫星通信系统的广泛应用,打破了视距内战术通信的限制^[8],可以确保战略、战役、战术各级指挥信息在广域范围内分散的技术子系统节点之间自由通信。在这种情况下,技术子系统和组织子系统之间有两种交互逻辑影响上述 6 个方面的灵敏性。一种是 TOT 逻辑,也就是指挥与控制信息流从技术节点流出,而后经过组织子系统节点处理,再流向技术子系统节点。在这种逻辑下,是由指挥员和参谋人员组成的组织子系统节点起到桥梁和限制作用,影响指挥信息流速,也就影响了指挥与控制系统的灵敏性。第二种是 OTO 逻辑,也就是指挥与控制信息流从组织节点流出,而后经过技

术子系统节点处理,再流向组织子系统节点。在这种逻辑下,是由各种设施设备和软件硬件系统组成的技术子系统节点起到桥梁和限制作用,影响指挥信息流速,也就影响了前述6个方面的灵敏性。当然,从整个较长的信息流转过程来看,这两种逻辑又是交互合一的,如图1-2所示。但是,分别从这两种逻辑限制本身来看,这两种逻辑交互的结合点或者说共鸣点是什么呢?

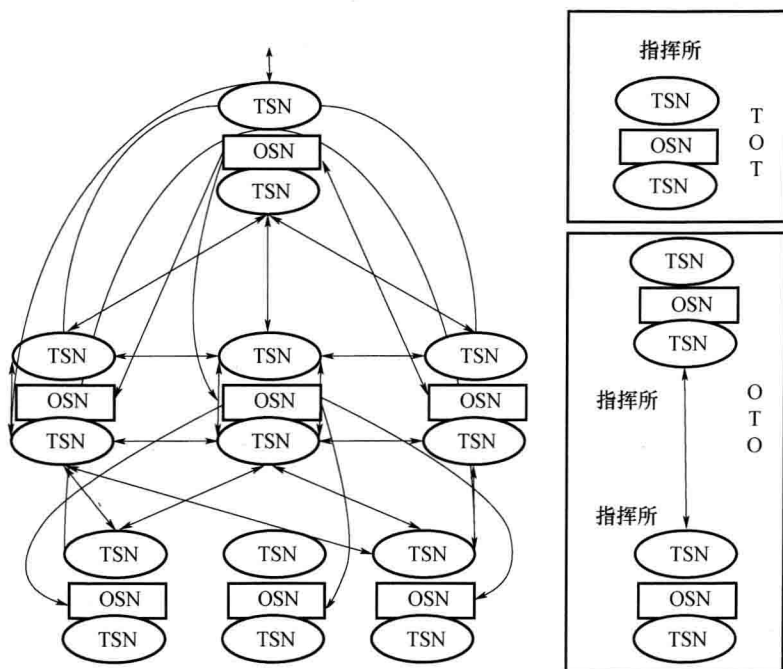


图1-2 技术和组织子系统交互逻辑关系图

本文认为,要同步和协调这两种逻辑,提高指挥与控制的灵敏性,至少有一个交互需求至关重要,那就是孙子所说的“形名(指挥信息)是也”。应该说,技术子系统本身并不限制信息流动的速度。扩展连通的信息子系统能够为技术子系统节点之间的信息流提供足够的带宽能力。组织子系统本身也不限制信息流动的速度。设

想一下,如果战略、战役、战术各级各类指挥人员是在同一个大厅里进行指挥,大家可以面对面的使用自然语言进行不断交流,每一级决策都对所有指挥员是公开、透明、面对面的,此时的指挥信息流通也就没有任何障碍了。由此可以看出,这里的问题所在就是如何在远程异地分布的指挥所之间进行高效的类似面对面的透明交流。这就需要通过提高信息共享能力,确保战略、战役、战术各级各类指挥所之间更大更高效的交互合作,确保陆海空等各军种作战部队之间简便高效的信息交流。为此,必须设计和应用一套便于更加高效准确交流的指挥信息。这种信息在技术子系统的支持下,能够在各军种之间,在使用不同语言的联军之间,实现各种决策和意图的交流和共享。当然也会抵消文献[4]所指出的“第4个根本趋势”——未来“大数据过载”带来的对指挥与控制的影响。^[4]我们相信,一种简化的“形名”(指挥信息)可以满足或最大限度地满足这种需求,使得各级各类指挥人员能够实现快速高效交流。我们把这种“形名”叫做“通用、标准、可量化、可挖掘、可视化、图表化(common, standard, measureable, minable, visualized, diagrammatic. 缩写为CSMMVD)”的指挥信息,如图1-3所示,在这种指挥信息支持下,各级各类指挥所之间以及指挥人员之间,就像播放多媒体一样进行信息的交流,进行作战方案和计划的交流,进行作战意图的交流。C意为这种信息在各军种(含各联军)各级各类指挥人员之间是通用的,虽然简单但是明了,不会有歧义;S意为这种信息是经过严格的流程规范定义的、权威的表示,每一个要素的表现、含义都是标准的;MM意为这种信息是数据关联的、可量化的、可挖掘的,便于信息系统进行统计量化和挖掘分析,便于形成各种定量结论;VD意为这种信息可以进行可视表现,就像播放多媒体一样通过图表进行含义展示,让人直观理解、快速参与、准确交流。更为重要的是,CSMMVD格式的指挥信息,在便于计算机系统之间流通表现的同时,还支持各级各类指挥人员之间进行准确的意图理解交流。这种指挥信息应该包括当前大家常说的通用态势图(COP),但是远远不止通用态势图,需要提供指挥员和参谋人员之间更高效率的态势共享和