

张维明 刘 忠 阳东升 黄金才 等 著

系统工程 理论与方法



科学出版社
www.sciencep.com

系统工程理论与方法

张维明 刘 忠 等 著
阳东升 黄金才

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地总结了目前关于体系与体系工程的前沿研究,提出了体系与体系工程的基本概念、原理和方法,构建了体系工程理论与方法体系,具体内容包括三个部分:第一部分阐述了体系与体系工程的基本概念、原理及体系顶层设计和体系工程的相关方法;第二部分以军事体系为背景,提出了体系集成与构建方法、原则、流程和算法;第三部分在体系集成与构建基础上探索了体系的演化与评估,提出了体系演化模式与途径、体系鲁棒性测度与动态适应性测度以及体系测度的探索性分析框架和模型。

本书对体系和体系工程理论与方法的探索既有学术研究价值,又有教学使用价值。本书关于体系与体系工程前沿理论与方法的探索分析可供本领域的研究工作者借鉴;本书系统介绍多年研究积累的体系与体系工程实践方法,可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

体系工程理论与方法/张维明等著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-027940-8

I. ①体… II. ①张… III. ①体系工程-研究 IV. ①N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 110741 号

责任编辑:陈 迅 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年9月第一次印刷 印张:20 1/4

印数:1—1 500 字数:448 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

本书主要著作者

张维明 刘 忠 阳东升
黄金才 修保新 段采宇

前 言

10年前,当作者在国防信息化建设中首次遭遇大规模系统的规划设计与多系统的集成改造时,突然发现面临前所未有的工程实践问题,由此展开了对这一问题持续深入的探索。最初,把这一问题界定在复杂系统(或者大系统)的工程问题,因而求助于复杂系统理论与工程实践方法。在经过近三年艰辛的理论探索与工程实践后,发现在介于传统系统工程与复杂系统(大系统)工程实践之间,需要架设一座新的“桥梁”,这座“桥梁”能够从一般系统工程通往复杂的大系统工程。如何架设这座科学的“桥梁”,这就是本书探讨的主题——“体系工程”。

在重新界定这一复杂工程问题的科学领域时,作者注意到国外同行也开始把这一实践问题上升到一个学科领域问题。2003年9月,美国维吉尼亚州老道明(Old Dominion)大学的八名学者共同撰写了 *System of Systems Engineering* (发表于《管理工程学报》上),首次在学术上界定了体系与一般系统、体系工程与一般系统工程的区别与联系以及体系工程的一些基本观点。从此“体系工程”的研究有如雨后春笋一般,从学术杂志、会议到学术机构的成立,形成了一个前沿学科领域的完整生态。

作者在这一领域的探索从最初解决工程实践问题的发现到本书关于“体系工程理论与方法”的形成,先后经历了三个阶段的深入研究:第一阶段是从工程实践中总结出问题。问题的关键是传统系统工程理论与方法并不能为化解国防信息化建设遇到的困惑。这一阶段是幸运的起点,也是“苦恼”的开端;第二阶段是从理论上探索新的途径。从界定“体系”与“系统”、“体系工程”与“系统工程”的概念出发,建立“体系工程”的理论基础;第三阶段是从“体系工程”理论与方法到实践的认识。在这一阶段,作者以国防信息化建设中大规模系统建设规划、多系统的综合集成与改造为实践,从实践中检验“体系工程”理论与方法。

本书分为三个部分,第一部分是关于体系现象与本质的认识和体系工程的界定。第二部分着重解决体系工程实践问题,主要是体系的集成与构建。第三部分体系的演化与评价同样是解决体系工程实践问题,主要是体系的改造工程、体系的鲁棒性与适应性工程。第一部分体系,包括第一~四章。第一章绪论,介绍体系的存在与现象以及与系统的区别;第二章体系工程,剖析体系工程的内涵、内容以及过程原理;第三章体系顶层设计,阐述体系工程的首要任务及相关技术和产品;第四章体系工程相关方法,介绍了国内外关于体系工程实践的相关方法。第二部分体系集成与构建工程,包括第五~九章。第五章体系的描述与构建,建立了体系的概念模型和构建内容与流程方法,为体系的构建工程奠定了基础;第六章体系使命分解与业务建模分析,建立体系的资源需求,是体系构建工程的第一步;第七章体系资源集成,以体系资源需求为基础,集成可获取的资源;第八章业务流程规划与资源配置,在体系获取的资源基础上,规划业务流程并优化配置体系的资源;第九章体系的协同,从业务执行的有效性需求出发,对体系协作计划与编组进行优化。

第三部分体系演化与评价工程,包括第十~十二章。第十章体系演化,阐述了体系演化的本质;第十一章体系的测度与评价,建立体系鲁棒性与适应性测度模型;第十二章体系测度的探索性分析,探讨了体系测度的新的途径。

在作者经历的近 10 年关于“体系工程”问题的艰辛探索过程中,多次否定自己的认识,又重新构建自己的思路,始终都在犹豫和徘徊。本书先后七易其稿,许多学者和工程实践人员多次咨询和催促作者相关研究成果的出版。直到今天面世,作者仍然抱着非常遗憾和愧疚的心情面对读者和诸多支持、鼓励的友人。本书仍是探索之作,在“体系工程”研究的诸多方面还有待进一步完善。

关于本书的阅读,如果您是系统工程专业的研究工作者,作者期待您能提出批评和建议;如果您是非本专业的研究人员,您可以在了解体系的介绍后搜索感兴趣的内容;如果您是工程实践者,建议您重点阅读第二部分,在阅读第二部分的基础上索取您的所需;如果您是对体系感兴趣者,而非研究人员或工程实践人员,您的阅读内容主要在第一部分。

本研究得到了国家自然科学基金(No: 70771109、70701038、60504036、70401003、70271004)、新世纪优秀人才支持计划以及博士后基金(No: 20080430238)的支持,对此深表感谢!

目 录

第一部分 体 系

第一章 绪论	3
1.1 体系的存在与现象	4
1.2 体系与系统	7
1.2.1 系统	7
1.2.2 复杂系统	11
1.2.3 复杂适应性系统	12
1.2.4 体系与简单人工系统、复杂系统	14
1.3 体系的理解与认识	16
1.3.1 体系的典型定义	17
1.3.2 看待体系的不同观点	19
1.3.3 体系的综合定义	21
第二章 体系工程	25
2.1 体系工程概念与定义	25
2.1.1 体系工程的发展	25
2.1.2 体系工程的概念与定义	26
2.2 体系工程内涵	29
2.2.1 体系需求与体系结构设计工程	29
2.2.2 体系的集成与构建工程	30
2.2.3 体系的演化与评价工程	30
2.3 体系工程过程	32
2.3.1 系统工程过程	33
2.3.2 体系工程过程	34
第三章 体系顶层设计	37
3.1 概念、内容与实践	37
3.1.1 体系顶层设计的定义	37
3.1.2 体系顶层设计的内容	38
3.1.3 美军 C4ISR 顶层设计实践	42
3.2 体系需求分析	45
3.2.1 体系需求特性	45
3.2.2 体系需求生成模式	50

3.2.3 体系需求开发方法	57
3.3 体系结构设计	65
3.3.1 地位与作用	65
3.3.2 业务架构设计	66
3.3.3 信息架构设计	68
3.3.4 系统架构设计	73
3.3.5 技术架构设计	75
3.4 顶层设计检验	79
3.4.1 顶层设计评价方法	79
3.4.2 顶层设计验证方法	82
3.4.3 顶层设计检验策略	84
第四章 体系工程相关方法	89
4.1 系统网络分析方法	89
4.1.1 系统网络分析基本概念	89
4.1.2 系统网络分析方法	91
4.2 复杂系统分析方法	99
4.2.1 还原论结合整体论分析方法	99
4.2.2 定性与定量相结合分析方法	100
4.2.3 确定与不确定相结合分析方法	101
4.2.4 综合集成方法	102
4.3 作战体系的过程建模分析方法	103
4.3.1 基于 UML 的过程建模分析方法	103
4.3.2 基于 UML 的过程建模分析实例	105
4.4 装备体系分析的 CAIV 方法	109
4.4.1 基本概念与问题描述	110
4.4.2 CAIV 方法的基本流程	111
4.5 基于动态贝叶斯网的体系分析方法	112
4.5.1 理论基础:社会影响网与 DBN 理论	113
4.5.2 方法的基本概念	114
4.5.3 方法的基本步骤	115

第二部分 体系集成与构建工程

第五章 体系的描述与构建	119
5.1 体系的描述	119
5.1.1 体系的概念视图	119
5.1.2 体系的描述	120
5.2 体系的构建	131

5.2.1	体系构建思想原则与基础条件	131
5.2.2	体系构建流程与内容	133
5.2.3	针对信息化战争体系构建的关键问题	146
第六章	体系使命分解与业务建模分析	148
6.1	基本概念	148
6.2	体系使命分解与业务建模	152
6.2.1	使命分解	152
6.2.2	案例任务模型	155
第七章	体系资源集成	158
7.1	体系资源集成机制	158
7.1.1	全局资源的控制中心	158
7.1.2	体系资源需求管理中心	159
7.1.3	体系资源集成配置	160
7.2	体系资源集成方法	163
7.2.1	体系资源集成问题的数学描述	163
7.2.2	体系资源集成方法	166
7.2.3	资源集成实例分析——作战体系的资源集成	172
7.2.4	资源集成分析与结论	175
第八章	业务流程规划与资源配置	181
8.1	体系行动规划分析	181
8.1.1	基本概念	181
8.1.2	业务流程策略产生	182
8.1.3	基于效果的过程策略优化	187
8.2	体系的资源配置	190
8.2.1	资源配置的想定分析	191
8.2.2	资源配置问题的数学描述	194
8.2.3	资源配置问题的求解	197
8.2.4	MDLS算法分析	197
8.2.5	多优先级列表动态规划算法	200
8.2.6	MDLS与MPLDS计算结果与性能的比较分析	205
第九章	体系的协同	208
9.1	体系的协作计划	208
9.1.1	体系协作的基本概念与定义	208
9.1.2	体系协作问题的数学描述	209
9.1.3	问题的求解算法	211
9.1.4	结果分析与比较	212
9.2	体系的编组(成)计划	214
9.2.1	编组(成)计划问题的数学描述	215

9.2.2 编组(成)计划的生成算法	218
9.2.3 体系的编组(成)实例	219

第三部分 体系演化与评价工程

第十章 体系演化	223
10.1 体系的演化与演化模式	223
10.2 体系要素演化	224
10.2.1 体系的演化因素	225
10.2.2 体系的协同演化	225
10.2.3 体系的资源配置演化	231
10.3 体系要素的同步演化	233
10.3.1 体系的使命视图	235
10.3.2 体系的状态视图	237
10.3.3 体系的结构视图	239
10.3.4 体系的视图转移	239
10.3.5 转移触发条件	241
10.4 体系的演化工程	243
10.4.1 体系的演化过程	243
10.4.2 体系演化的整体调度过程设计	244
10.4.3 体系演化的单元调度机制	245
第十一章 体系的测度与评价	253
11.1 体系的效能测度建模	253
11.1.1 体系的效能测度建模框架	253
11.1.2 体系效能测度建模设计	255
11.1.3 体系效能测度的间接约束分析	258
11.2 体系的鲁棒性测度	259
11.2.1 体系的鲁棒性度量	260
11.2.2 案例分析	261
11.3 体系的动态适应性测度	264
11.3.1 体系动态适应性结构的复杂性分析	264
11.3.2 体系的结构适应性代价	265
第十二章 体系测度的探索性分析	266
12.1 探索性分析理论	266
12.1.1 探索性分析的特征	266
12.1.2 探索性分析的一般过程	268
12.1.3 探索性分析的原理	269
12.1.4 探索性分析的应用领域与应用方式	269

12.2 体系测度的探索性分析框架.....	271
12.2.1 知识层定义及描述	272
12.2.2 技术层定义及描述	272
12.2.3 业务层定义及描述	273
12.2.4 过程层定义及描述	273
12.3 体系测度探索性分析的关键技术.....	276
12.3.1 体系效能测度的探索因子获取	276
12.3.2 体系的探索性建模技术	280
12.3.3 探索求解控制机制	285
12.4 体系测度的探索性建模.....	286
12.4.1 探索性分析模型与探索性建模	287
12.4.2 基于粒度计算的探索性分析模型	291
12.4.3 基于粒度计算的体系效能测度的探索性建模	299
参考文献	303

第一部分 体 系

第一章 绪 论

曾几何时,理论学家们想象“整个世界只不过是由各种几何图形构成的复合体”,“整个世界都可以用纯算术命题来描述和解释”,世界上包罗万象的事物都可以理解为纯数学问题。直至近代由哥白尼、伽利略、牛顿开创古典科学,还原论、原子论和决定论给人们展现一幅新的世界图景,经典力学才成为科学法则的理想典范。由于经典力学蔚为壮观的巨大成就,更促使人们深信可以利用力学的观点和方法去说明和解释一切事物。在工业化初期,无论是学者还是普通人,大家都沉浸在经典力学法则之中,成为“机器迷”,并且把这种本来只是用于描述机械运动的经典力学,提升为一种普遍有效的哲学观点,或者说提升为一种世界观——这便是机械论的世界观,也被称为“伽利略-牛顿世界观”。古典科学家们掌握着一套被坚固地确立起来的基本概念和基本规律,那就是还原论、原子论与决定论。他们深信,怀疑的思潮不可能波及他们建立的严格体系^①。然而,在解释光和电,以及后来遇到的光的偏振、衍射、干涉等复杂现象时,古典科学陷入了难堪的局面。试图用牛顿力学模型解释这些复杂现象的努力,均告失败,最终导致量子力学的诞生。

20 世纪 60 年代,新兴的系统科学、非线性科学,特别是生态科学,试图改变古典的还原论、原子论、决定论的世界图景,向古典科学发起了根本性的挑战。与古典科学注重世界的简单性和原子构成性形成对照,整体的观念、非还原的观念、非决定论的观念、复杂性观念、不可逆性的观念被突现出来,与自然界生命的原则、有机的原则相衔接。今天我们所理解的系统科学通常指的是在第二次世界大战之后兴起的控制论、信息论和系统论,60 年代以后出现的耗散结构论、协同学、突变论、超循环论等自组织理论,以及 80 年代以来日渐活跃的混沌学。这些学科有一些像维特根斯坦所说的“家族相似性”,但并没有一个通行的名称概而称之。

在系统科学领域,系统论源于系统工程和一般系统论^②。与系统工程相关的学科有归之于运筹学之下的线性规划、非线性规划、对策论、排队论、搜索论、库存论、决策论和统筹论等。它们都直接来源并服务于大企业管理和大工程管理。系统工程强调系统的整体目标,并围绕实现整体目标的最优化来配置和管理系统各部分的运作。这里最重要的思想是整体高于部分,部分受整体的支配、服从整体的目标,整体不是部分的简单线性相加。一般系统论研究关于系统一般原则和规律,其主要代表人物是奥地利血统的美国生物学家 L. V. Bertalanffy(1901~1971)。贝塔朗非的系统论最早来自他的生物有机论。在解释生命这种神奇的现象时,向来有两种观点。一种是机械论,试图用还原论将生命还原到物理化学甚至力学层次;另一种是活力论,主张生命有某种科学无法解释的神秘因素在起作用。

系统科学方法是 20 世纪中叶随着系统论的建立而应用到科学技术、经济、管理等多

① <http://www.frchina.net/forumnew/viewthread.php?tid=30857>。

② <http://www.eedu.org.cn/Article/ecology/ecoculture/ecostudy/200608/9154.html>。

种领域的科学方法。系统科学方法将所处理的对象作为一个系统或相关的系统,把系统作为整体,并从整体出发来研究组成系统成员之间、成员与系统之间的关系,通过对成员的认识达到对整个系统的认识。它借助于运筹学、信息论和计算机技术等现代数学和科学技术使人们对系统的整体性研究成为可操作的科学方法。系统方法在某种意义上具体化了“从了解部分到了解整体、到洞察普遍联系的道路”^①。

20 世纪末,随着信息与网络技术的飞速发展,越来越多的系统在网络环境中诞生与发展、演化与消亡,传统系统科学方法面对众多系统在网络环境中的集成与交互、演化与发展越来越显得无能为力。21 世纪初,一个在 20 世纪末备受争议、旨在解决多系统集成与交互问题的概念——体系(system of systems, SoS)被科学家广泛接受和认可,形成一个新的研究领域和方向。

信息时代,技术的多样性与领域的交叉性导致成千上万的系统建设都有各自不同的基础结构和技术支持,同时,也处于其生命周期的不同阶段(包括已经形成,或者建制之中,或者在设计阶段,等等),这些系统都各自为满足不同的,但存在重叠和交互的使命进行了需求的最优化设计,因此,这些系统对它们所需求的使命来说都或多或少存在一致性。如何集成信息时代这些成千上万的异构系统,以满足更高层次上使命需求,或者优化资源的配置,实现合理的、同步的整体演化是体系与体系工程研究所要解决的关键问题。

1.1 体系的存在与现象

在人类社会发展到信息社会的今天,科技的进步几乎每天都能带给我们新的惊喜。从生物领域到物质粒子,到太空航天,到宇宙星系的研究等领域,这种科技的进步带给我们的变化充斥我们工作与生活的每一个环节和方面。我们惊喜是因为它改变了我们的工作和生活,带给我们更多便捷和效益。然而,这种科技的迅猛发展却试图蒙蔽我们的双眼,掩盖着我们的视线,不管我们现在是否承认,它已经给我们造成这样一个事实:在我们工作生活变得越来越方便、简单、快捷和高效的背后是问题越来越复杂,问题出现影响和涉及的范围越来越广泛,后果越来越严峻。

在技术密集联合体(如一艘军舰、一个舰艇编队)中,在社会组织中,在自然环境中,在对抗激烈的战场环境中,考虑单纯的问题、孤立的事件是愚者的思维,是鸵鸟对危机的反应的思维模式^②。这种思维在学科相互交叉、领域互相涵盖、技术相互渗透、组成相互联合的今天注定失效和失败,甚至是灾难性的毁损。那么,我们需要什么样的思维、什么样的方法来解决这种相互交叉、涵盖与渗透的联合体呢?首先,我们对这种复杂联合体冠之

① 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局. 马克思恩格斯全集. 第 2 卷. 北京:人民出版社,468.

② 美国著名作家詹姆斯·瑟伯写有一则关于鸵鸟的故事,说有一只很有权威的鸵鸟在演讲会上大力向其他鸵鸟宣扬作为鸵鸟的光荣,什么鸵鸟是世界上最大的鸟,鸵鸟生的蛋是世界上最大的蛋,鸵鸟还有一个其他动物都无法比拟的优点,那就是遇到危险的时候可以把头埋进沙丘里让自己什么都看不见。除了那个叫奥利弗的鸵鸟发出几声微弱的质疑以外,其他鸵鸟都是激动万分,欢呼阵阵。就在这时,一群猛兽狂奔而来。只有奥利弗飞快地躲在一块巨石后,那只权威的老鸵鸟和其他鸵鸟都像往常一样慌乱地把头埋进沙丘里。猛兽离开后,躲在巨石后的奥利弗完好无损,其他鸵鸟剩下的唯有累累的白骨和凌乱的羽毛。

以“体系”进行称呼。在本书中,我们将详细论述这一概念及其理论。

我们生活在众多的体系之中。如与我们日常生活息息相关的交通体系、电力体系、供水体系以及关系我们生活安定团结的国防安全体系、战争动员体系、战役作战体系、战场技术体系,等等,这些也仅仅只是我们生存环境中体系现象的沧海一粟。

体系问题与现象,以及体系工程所面临的挑战已为越来越多的学者接受或认可,并展开深入的研究。近年来,关于体系、体系对抗、体系测度、体系效能评价等,已经成为学术研究领域的前沿课题和工业制造领域的热门字眼。

尽管在体系与体系工程的认识上还没有形成统一的、为学术研究领域广泛接受的概念,但关于体系与系统、体系工程与系统工程的区别、差异已经得到众多学者的认可。

美国维吉尼亚州老道明(Old Dominion)大学的八名学者联合共同撰写了“体系工程”^[1]发表于2003年9月的《管理工程学报》上。在该文献中,首次界定了体系与一般系统,并提出了体系工程与一般系统工程的区别与联系以及体系工程的一些基本观点。2004年,“体系”被列为普度大学八个重点研究领域之一^[2],这一研究方向在航空航天学院的 Mario Rotea 教授的带领下汇集了不同学科和领域的资深研究学者。

什么是“体系”?如何界定“体系”与系统、“体系”与复杂系统、体系与其他相关概念的区别呢?依据什么原理和方法来构建一个“体系”,获取体系对抗优势?是什么控制了“体系”的行为?又是什么主宰了这个体系社会的演化?是什么导致一个体系的崩溃和毁灭?等等。这些是本书主要阐述的问题。

体系存在于我们的生活之中。随着人类文明与科学技术的进步,不同体系在其生命周期内经历着自适应的演化或有计划有指导的演化(包括人类对社会、对自然界的改造与改善)。在体系的演化过程中,体系组成、体系的存在方式、体系的组织结构、体系的行为特征以及体系的运作法则、程序等都在不断变化之中。体系的存在以其组成个体、组织结构、运作法则与程序以及与之相匹配的演化机制与演化过程见诸于世,为我们所感知。体系因其广泛性、渗透性和关联特征而存在于我们生活的不同层面、不同空间和不同领域,其涵盖范围从生物的有机体到人类的社会组织体、军事组织体、经济组织体,到城市的交通体系,以及信息时代网络环境中的新型虚拟联合体,等等。

体系总是以一种大规模、复杂交互和边界模糊的形式存在于我们的环境之中,体系的这种存在形式往往让我们难以感知它的存在,或者即使感知却不以为然,或者我们正好存在于其中而不能以理性的、宏观的思维去认识它,诸如此类的因素导致我们对它的漠视。在信息时代的今天,科技的迅猛发展在我们所生存和生活的环境中,配置或配备了更多更为先进的物理工具和手段,这些工具和手段更进一步增强了我们所存在的环境中个体与个体间的沟通和交流,弱化原有体系与体系之间的边界,使得体系内的交互更为必要和复杂。

在高科技广泛应用于军事领域的信息化战争时代,没有什么比我们所构建和依赖的军事体系更为重要。它集军事高科技与军事高科技人才于一体,其学科的交叉几乎涵盖了自然与社会科学研究的各个领域,是各国国防与军事力量现代化建设的主要特征。从规模上看,这些体系小到海上作战编队的防空、反潜或反舰作战体系,大到一次战役行动的组织、一个国家的防御体系;从技术上看,“落差”与“代沟”是体系集成与演化的关键问

题,在发展趋势上,原有的落后体系逐渐被新概念体系所替代,如美国陆军对未来作战系统(future combat system, FCS)的构想,美军的弹道导弹防御体系(ballistic missile defense system, BMDS),以及美军新型的基于网络中心的“优势”组织(edge organization, EO),等等;从体系的组成看,其成员在不断发展变化中,都处在各自生命周期的不同阶段,大多数体系都是新成员与老成员的复合体。

体系以什么方式存在于我们的环境之中?密集的技术集成体(如军舰、战机、航天飞机等)是不是体系?分布的作战力量(如战役力量部署、作战编成、分布的作战系统等)是不是体系?这些问题都是体系现象研究的关键与核心。

例如,一艘大型军舰上集成了众多武器平台和系统,这些平台包括导航,对空、对海和反潜作战,搜索救援的各种传感器,对空、对海和反潜等多方面作战的武器(包括火炮、导弹和鱼雷等),协调和指挥各种作战行动的指挥控制系统、通信系统,等等。这些平台和系统构成了该体系的物理资源基础和技术基础,在这些物理配置的基础上,舰上人员的组织构成了该体系的高层关系网络。人员组织的高层关系网络通常按照不同的任务需求来构建不同的网络,如在作战训练上按方面作战来设置作战长、方面长、分队长和战位长,在行政管理上则按部门长、分队长和班长来设置人员之间的关系。这一体系通常是依据舰上平台和系统的作战使用需求来设置战位,根据战位、作战指挥效能和日常管理效能发挥的需求来设置人员以及人员之间的关系。

同一艘大型军舰构建的技术密集的联合体相比较,一次战役组织是一个相对松散的体系。这一点不仅体现在战役组织在作战平台资源的配置(如直升机与坦克、飞机与舰艇)是分布在一个广域环境中的资源配置,如一次登陆行动需要配置舰艇的火力支援、空中掩护与登陆部队的协同。从更高的宏观层次来考虑,它更体现在各种作战单元、分队和编成之间建立的高效运作的指挥、控制与通信交流的网络结构体系。如控制不同的作战平台、执行不同的作战任务就需要作战平台的操纵员、执行任务的主体间建立不同的指挥与控制结构关系、通信交流关系。

美国陆军对未来作战系统(FCS)的发展^[3]建立了体系的范例。其构想为18类独立运作的系统,在战场网络链接与操作员的操控下构建未来的作战体系。18类独立运作的系统包括一类无人值守的地面传感器(unattended ground sensors, UGS)、两类智能弹药[非直瞄导弹发射系统(non-line of sight-launch system, NLOS-LS)和智能弹药系统(intelligent munitions system, IMS)]、四类无人驾驶航空器(unmanned aerial vehicles, UAVs)(排级无人机、连级无人机、营级无人机和旅级无人机)、三类无人驾驶车辆(武装机器人车辆、小型机器人车辆、通用后勤机器人车辆)和八种地面有人驾驶车辆(车载战斗系统、运兵车、非直瞄火炮、非直瞄迫击炮、侦察与监视车、指挥与控制车、医疗车和抢修车)。这18类独立运作的系统根据作战使命的要求通过网络(信息与通信)组合为一个高效的整体,提高了作战的灵活性。

18类作战平台、网络,甚至平台和系统的操作人员,在FCS中都被作为各种独立的“系统”而存在,因此FCS也被称为“系统中的系统(system of systems)”。FCS将通过先进的通信系统和技术,实现智能个体与各种传感器、无人空中平台和无人地面平台等的关联控制,形成具有高度鲁棒性、适应性、敏捷性、灵活性的作战体系,从而达到体系对抗的