



武器装备联合试验体系 构建方法与实践

The Building of Joint Test System for Weapons
and Equipment: Methods and Practice

张传友 贺荣国 冯剑尘 薄云蛟 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

武器装备联合试验体系 构建方法与实践

张传友 贺荣国 冯剑尘 薄云蛟 等著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书针对日益凸显的武器装备体系试验与作战试验鉴定需求,从武器装备试验体系的发展历程、特点规律、需求背景、军事要求和美军启示入手,紧紧围绕联合试验体系构建的基本问题,系统阐述联合试验体系的内涵特征和构建基本方法,设计提出基于试验能力、试验业务、试验系统、技术体制等结构模型的联合试验体系结构框架。以海上联合试验为例,设计联合试验体系仿真推演系统,并通过航母编队体系试验典型案例仿真推演,演示验证联合试验体系工程实践,形成联合试验体系构建的理论方法、顶层设计与推演验证技术,对推动武器装备试验场的信息化、体系化建设变革,具有重要的理论指导意义和实践引领作用。

本书是一部注重理论与实践相结合的专著。适用于战区或多军兵种联合训练体系构建的领导、管理者以及工程师参考,也可作为装备试验学科领域研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备联合试验体系构建方法与实践/张传友等著. —北京:国防工业出版社, 2017.5

ISBN 978-7-118-11241-2

I. ①武… II. ①张… III. ①武器装备—武器试验 IV. ①TJ01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 114932 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)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23½ 字数 526 千字

2017 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 108.00 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

编写组

主 编 张传友 贺荣国 冯剑尘 薄云蛟

编写者 常秀峰 杨继坤 李 进 黄继海

纪文强 王小伟 许雪梅 麻大顺

慈 旋 牛龙飞 王 辉 耿 磊

陈 峰 王宝刚 申良生 薛益新

邓万红 徐益群 王雪峥 肖 飞

刘冬冬 刘 飞

序

确保军事装备好用、管用、耐用、实用，是对参战将士生命负责、对战争胜负负责、对民族历史负责。进入 21 世纪第二个十年，我军装备建设发展跨入一个新的历史阶段。以新一代战略武器、航空母舰、五代战机为主要代表的新质作战能力建设，经历了引进吸收再创新过程，着重解决了武器装备体系家族建设的“有无”问题，后续将更多地依托自主创新能力，解决好“质和量”的问题。

军事装备试验鉴定是国家验收行为，最基本的要求、最突出的特点是规范性和权威性。试验鉴定主要依靠国家试验场考核和部队作战训练使用产生的数据，这些数据生产的理论方法和技术水平经过了仿真推演验证、工程实践检验和权威组织评估，是在规定的试验环境和条件下，通过专业人员的精密测试、有效融合、综合评估所获得，其生产过程、测试条件、融合方法等方面得到严格监管，其真实性、有效性、可信度得到利益相关者的有效认同，法律意义显著。

保证装备建设质量的关键环节是武器装备试验鉴定。伴随着信息化、体系化建设不断深化演进，武器装备建设更新迭代、滚动发展更加有序，研制、试验、生产、定型和装备等环节的质量保证作用地位更加突出。特别是贯穿于全寿命周期的装备试验环节，理论更加成熟、程序更加规范、法规更加健全、监管更加有力，对装备建设发展起到必要的质保作用和重要的推动作用。习近平主席强调指出，要高度关注装备的实战效益，严格装备定型试验和作战试验鉴定。这是我军对装备作战试验鉴定重要性认知的不断深化，逐步形成党和国家意志的重要标志，为武器装备试验鉴定工作提供了基本遵循和重要指南。

武器装备联合试验体系是试验鉴定技术创新发展的战略选项。在自主创新融入民族自强灵魂的背景条件下，信息化时代的武器装备体系，结构越来越复杂，技术跨度越来越大，单件装备之间、单件装备与系统之间、系统与系统之间、系统与体系之间的交链耦合性越来越强，装备试验考核、定型审查、装备决策所涉及的因素也就越来越多，对装备体系试验能力特别是作战试验鉴定能力的建设发展既是机遇更是挑战。当前，提高装备试验鉴定质量，基本问题是如何保证试验数据的全面性、充分性、真实性、有效性，进一步提升试验鉴定的规范性和权威性；紧迫问题是如何以武器装备体系试验和作战试验鉴定为牵引，创新试验鉴定理论方法，变革试验环境和试验条件建设模式，促进试验鉴定能力的跨跃发展。这种需要变革的环境和条件，是武器装备联合试验体系建设的主要因素，也是武器装备试验鉴定的关键技术问题。

武器装备联合试验体系是先进适用试验鉴定体系的技术支撑。先进适用的试验鉴定体系是武器装备试验鉴定体制、试验理论方法和试验保障条件建设的总体要求，但武器装备试验理论方法和试验条件建设与作战体系长期分离，试验体系构建还缺乏系

统化的理论方法支持和工程实践引领。同时，随着以航母、五代机为代表的武器装备信息化、体系化发展，装备作战试验鉴定和体系作战能力检验日趋迫切的形势下，武器装备试验对象由单个装备向装备体系转变，试验内容由战技性能考核向作战试验和效能评估转变，试验环境由简单环境向实战化环境转变，从而带来试验手段由以外场实装试验为主向内外结合、虚实融合转变，试验模式由区域性独立试验向跨靶场、跨区域、跨军兵种联合试验转变，武器装备试验体系建设模式迎来变革与创新的挑战。联合试验体系构建方法是着眼作战需求的根本牵引，推进装备试验场、部队训练场、作战研练场融合发展、创新发展的强大支撑，是试验与作战相衔接、试验与训练相融合的关键技术，可用于指导试验系统、试验单元和试验力量建设，使其在建设之初就具有体系家族特征和“生而有之”的一体化联合能力，极具前瞻性和显著的军事价值。

该专著研究探索了武器装备联合试验体系的概念内涵与特点规律、支撑技术与构造方法，设计了总体框架与结构模型、典型案例想定与仿真推演系统，并通过典型案例仿真推演，探索装备体系试验、作战试验的工程实践，形成联合试验体系构建的理论方法、顶层设计技术和推演验证技术。该专著理论起点高、涉及领域宽、工程技术实，结构合理、层次清晰、文笔流畅，学术创新价值高。

吴付书
2017年3月

前 言

21 世纪的全球很不平静。一方面，古老的亚细亚已成为全球经济最活跃的大陆，是振兴世界经济的发动机；另一方面，阿富汗战火未熄，西亚地区枪炮声不断。曾有智囊建言，美国必须实现亚洲跨越。第一原因就是“由于美国注意力在别处，中国得以在亚洲不断积聚与日俱增的影响力。美国如不重点关注亚洲，将会提供适合中国继续扩大势力范围的环境”。于是，美军扩展中亚地区军事存在、强化亚太地区部署 60% 海军力量、实施亚洲再平衡战略。美军亚太军事战略转移的步伐越来越快，针对的目标越来越明确。

军事强国发动现代战争的同时，却也引领军事革命。以信息技术为主要标志的高新技术军事应用，深刻改变战斗力要素的内涵。在信息化条件下，信息和信息技术要素的作用突显，贯穿于作战过程的始终。作战已不再是单一兵器、单个战斗单元之间的对抗，而是敌对双方体系之间的对抗。为此，我军提出了基于信息系统体系作战能力建设、加快推动战斗力生成模式转变的重大战略任务。

武器装备试验场、训练场是军事斗争准备的“准战场”，武器装备试验和部队作战训练也是在非战争条件下对战争的设计与预演。以美军为主导的现代战争表明，战争首先是在实验室推演、在研练场预演开始的。装备试验场、部队训练场、作战研练场，是军事斗争准备和部队作战能力的检验场，是体系作战能力建设的支撑平台，是开展武器装备体系试验、作战试验工程实践的主体力量，具有解决试验理论方法、推演验证、工程实践、综合评估等问题的责任、义务，必须在更宽领域、更深层次和更高起点上为武器装备发展和战斗力建设服务。

十五年前，在完成海上导弹试验安全控制系统工程，确保海上武器装备试验与海洋经济建设共存的情况下，我国海上试验场开启了信息化建设事业，但在复杂大系统规划与多系统综合集成建设方面，也面临着一系列问题。由此，海上试验场开始了持续不断的探索研究，提出了试验场、训练场、研练场的“三场”建设，以及试验训练一体化能力建设理论。但是，实践推进的困惑依旧，更高层次的信息化建设实践在曲折中缓步前行。

近十多年来，体系理论方法逐步成为我军信息化建设的热点技术，并在军事理论研究、作战体系建设和武器装备发展等领域广泛应用。这也给武器装备试验理论方法创新带来了曙光，引发了对武器装备试验场建设模式、发展途径的新一轮认知研究和实践探索。几年来，装备试验学术领域正逐步形成共识，这就是，无论是信息化还是一体化，武器装备试验场建设发展的本质是试验体系的滚动发展过程，遵循体系和体系工程的特点规律。联合试验体系构建方法用以指导试验系统、试验装备、试验单元、试验力量建设，使其在出生之日起就具有体系家族的共同特征，就具有“生而有之”

的联合试验能力。构建具有互联互通互操作特征的武器装备联合试验体系,是推动试验训练一体化进程、实施以试待战策略的重大举措。

国内较系统的关于体系理论方法论著主要有《体系工程理论与方法》和一些体系结构技术方面的论著,还有论著大多以复杂系统概念来论述体系问题,或者是着眼作战体系、装备体系、后勤体系来论述领域内建设问题。武器装备试验体系长期游离于作战体系之外,其构建理论方法及工程实践还缺乏系统性较强的专著。本专著切合我军信息化、体系化建设大方向,且在武器装备试验鉴定领域具有很强的前瞻性。基于升华认知、创新实践的内生动力,在前期大量研究的基础上,我们策划了本专著的编撰工作。

本专著共包含 11 章和三个附录。第 1 章绪论,主要是从体系及体系工程的视角,概述武器装备试验的构建历程、发展规律、军事需求和时代背景,强调指出联合试验体系构建的现实挑战。第 2 章美军武器装备试验体系基本情况,主要阐述美军在武器装备试验领域内一些经验做法、体系核心标准和最新启示。第 3 章武器装备联合试验体系内涵特征,主要阐述与联合试验、试验体系、联合试验体系等相关的一系列概念内涵及其基本特征。第 4 章武器装备联合试验体系构建理论方法,包括基于信息共享面向服务的架构技术、基于建模仿真的体系推演验证技术、基于互操作能力的对象模型驱动技术、基于上下结合的体系分工策略等,创新提出武器装备试验对象模型树概念。第 5 章武器装备联合试验体系构建基本问题,主要阐述联合试验体系的顶层需求问题、目标要素问题、信息基础设施问题、组织指挥问题等,特别提出试验体系变革动因、装备体系与作战试验需求,以及联合试验体系对部队训练的支持作用等。第 6 章武器装备联合试验体系结构模型设计,主要是提出联合试验体系顶层目标模型,并以武器装备体系试验与作战试验需要为例,设计开发体系结构顶层概念模型、试验高级概念模型和基于试验能力、试验业务、试验系统和技术体制等方面的体系结构模型。第 7 章武器装备联合试验体系信息服务架构,主要是建立联合试验综合信息系统和联合试验数据工程框架。第 8 章武器装备联合试验体系基础软件架构,主要阐述联合试验公共软件、软件工具、中间件接口函数和测控系统仿真代理构件等。第 9 章联合试验体系仿真推演系统设计,主要阐述试验体系仿真推演系统作用地位、总体思路、仿真平台、模型模板、应用系统、业务流程等。第 10 章航母编队联合试验体系运用实践,主要阐述航母编队防御作战配置、美军航母装备试验基本情况、航母编队联合试验总体设计、综合实施方法等。第 11 章航母编队作战能力试验仿真推演,主要是以航母特混编队体系作战为背景,阐述体系作战能力试验想定的基本要素、典型作战试验任务概念、红蓝双方装备体系编成方案、试验专用装备编成方案、仿真推演结果和综合结论。附录 A 防空反导试验指挥行为规则模型,主要以飞机防空作战能力试验指挥行为规则为例,阐述作战管理阶段、消息处理、通信检查和网络配置等阶段的指挥行为规则模型建立方法。附录 B 体系结构技术应用概述,主要阐述体系结构概念、体系结构框架演化、体系结构技术应用建议等内容。附录 C 联合试验训练模拟蓝军,主要阐述模拟蓝军的主要用途和基本能力要素,并以海空联合试验任务为背景,提出空中、水面、水下、网电等领域模拟蓝军力量的建设与运用理论。

本专著以军队科技进步二等奖成果为核心基础进行扩展编撰,主要特点如下:一

是提出“通过试验测控域与武器装备体系对抗域的动态耦合关联，形成一体化联合的装备作战试验空间”的技术思想，设计了联合试验体系框架，形成了联合试验体系构建理论。二是设计了作战试验高级概念模型、试验体系结构顶层概念模型和基于体系结构技术的联合试验体系总体框架方案，初步建立了试验能力、试验业务、试验系统和技术体制等四个视角的结构模型，形成了较系统的联合试验体系构建的顶层设计技术。特别是设计了面向服务、具有互联互通互操作能力的试验信息基础支撑平台、综合信息系统和试验数据工程，建立了试验信息和试验资源共享共用环境。三是设计了武器装备联合试验体系仿真推演系统，提供了航母编队联合试验体系运用案例，并通过仿真推演验证试验体系构建方法，形成了试验体系构建的推演验证技术。

这是一部注重理论与实践相结合的专著，虽然针对的是武器装备联合试验体系建设问题，阐述的是解决装备作战试验、体系作战能力检验的方法、技术与实践，但也适用于战区或多军兵种联合训练体系构建，实用性较强。如果您是一位领导与管理者，请重点关注本书前5章；如果您是一位学者，请重点关注前8章；如果您是一位工程师，请重点关注第6章以后。本专著还可作为装备试验学科领域研究生教学的参考读本。

本专著在提纲拟制、编撰审查和出版发行等过程中，都得到了许多领导和专家的指导、支持和帮助。对他们的幸劳和无私奉献，在此一并表示衷心感谢和崇高敬意。他们是军事科学院卜先锦研究员，国防科技大学的老松杨教授，装备学院曹裕华教授，空军某部薛维明高工，哈尔滨工程大学姜守达教授，某IT公司的刘建湘同志等。同时，还有某试验机构的许多领导和同仁，特别是陈海安、胡文萃、金振中、穆原子、张连仲、宋琳等同志，在专著成果的形成过程中倾注了极大热情，在此表示特别感谢。本书能够如期编撰出版，还得益于国家哲学与自然科学基金资助（15QJ003-037）。另外，在此还特别感谢国防工业出版社田秀岩等同志对本书出版发行工作所作的重要贡献。

由于能力水平有限，难免许多疏漏，甚至部分观点偏颇，若有批评指正将特别感谢。

张传友

2016年9月于葫芦岛

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	武器装备试验体系的构建历程	3
1.2	武器装备试验体系的发展规律	7
1.3	武器装备试验体系的军事要求	9
1.4	联合试验体系提出的时代背景	11
1.5	联合试验体系构建的现实挑战	15
第 2 章	美军武器装备试验体系基本情况	18
2.1	美军武器装备试验体系建设	18
2.1.1	联合试验训练转型建设	18
2.1.2	国家赛博靶场建设	22
2.2	美军联合试验训练核心标准	25
2.2.1	TENA 的发展过程	26
2.2.2	TENA 的驱动需求与关键功能	26
2.2.3	TENA 的基本构成	28
2.2.4	TENA 的发展思路	34
2.2.5	TENA 的典型应用	36
2.3	美军试验体系建设基本启示	37
第 3 章	武器装备联合试验体系内涵特征	40
3.1	作战体系与装备体系	40
3.2	武器装备试验基本模式	44
3.2.1	武器装备一体化试验	45
3.2.2	武器装备联合试验	45
3.2.3	联合试验典型特征	49
3.3	武器装备试验体系	50
3.3.1	试验体系概念	51
3.3.2	试验体系工程	53
3.4	联合试验体系概念内涵	54
3.4.1	一体化特征	54
3.4.2	联合试验体系	56
3.4.3	概念内涵综合结论	57
3.5	联合试验体系基本特征	59
第 4 章	武器装备联合试验体系构建理论方法	62
4.1	武器装备联合试验体系构建基本方法	62

4.2	基于体系结构的联合试验体系顶层设计技术	66
4.3	基于互操作可重用的对象模型驱动技术	68
4.4	基于信息共享面向服务的数据工程技术	75
4.5	基于建模仿真的体系推演验证技术	79
4.6	基于技术突破的试验体系发展支撑	84
4.7	基于统分结合的试验体系构建策略	87
第 5 章	武器装备联合试验体系构建基本问题	89
5.1	联合试验体系的顶层需求问题	89
5.1.1	联合试验体系构建内在动因	90
5.1.2	武器装备体系试验需求问题	95
5.1.3	武器装备作战试验需求问题	97
5.1.4	试验体系对训练的支持问题	101
5.2	联合试验体系的目标要素问题	103
5.2.1	联合试验体系构建原则问题	103
5.2.2	联合试验体系目标要素问题	104
5.3	联合试验体系的集成环境问题	105
5.4	联合试验体系的组织指挥问题	107
5.4.1	试验指挥体制特点规律	107
5.4.2	联合试验指挥体制构想	109
第 6 章	武器装备联合试验体系结构模型设计	113
6.1	联合试验体系构建目标模型	113
6.1.1	联合试验体系与试验场的关系	113
6.1.2	联合试验体系的系统层次关系	115
6.2	体系结构模型总体设计	116
6.2.1	联合试验体系结构总体框架	118
6.2.2	联合试验体系结构数据要素	120
6.2.3	联合试验体系结构模型定义	123
6.3	能力结构模型框架	123
6.3.1	联合试验体系能力列表	124
6.3.2	基本能力间的相互依赖关系	130
6.3.3	基本能力与试验组织的映射关系	130
6.3.4	基本能力与试验活动的映射关系	130
6.4	业务结构模型框架	131
6.4.1	试验高级概念模型	131
6.4.2	试验业务活动节点连接图	132
6.4.3	试验业务活动信息交换矩阵	132
6.4.4	试验业务活动组织关系	132
6.4.5	试验业务活动模型	135

6.4.6	试验活动信息流结构模型	140
6.4.7	试验节点、活动、角色、组织之间关联关系	140
6.5	系统结构模型框架	143
6.5.1	联合试验体系的试验系统组成框架	143
6.5.2	联合试验体系的系统功能框架	148
6.5.3	联合试验体系的系统逻辑连接关系	151
6.5.4	联合试验体系的系统通信连接关系	152
6.5.5	联合试验体系的系统数据交换矩阵	153
6.5.6	试验活动到系统功能映射矩阵	154
6.5.7	能力到系统映射矩阵	155
6.6	技术体制结构模型框架	156
6.6.1	技术参考模型	156
6.6.2	军事应用层	160
6.6.3	共性支持应用层	161
6.6.4	基础平台层	163
6.6.5	外部环境	166
第 7 章	武器装备联合试验体系信息服务架构	167
7.1	武器装备联合试验综合信息系统框架	167
7.1.1	系统需求框架	167
7.1.2	体系结构模型框架	169
7.1.3	系统开发内容框架	172
7.2	武器装备联合试验数据工程框架	179
7.2.1	美军数据工程基本情况	179
7.2.2	联合试验数据工程概念内涵	181
7.2.3	联合试验数据工程总体要求	183
7.2.4	联合试验数据工程结构框架	184
第 8 章	武器装备联合试验体系基础软件架构	188
8.1	联合试验体系公共软件	188
8.2	联合试验体系软件工具	198
8.3	中间件接口服务函数	201
8.4	测控系统仿真代理构件	204
第 9 章	联合试验体系仿真推演系统设计	209
9.1	体系仿真推演作用地位	209
9.2	仿真推演系统总体思路	210
9.2.1	系统建设发展思路	210
9.2.2	仿真平台技术体制	211
9.2.3	推演系统应用功能	213
9.3	推演系统模型数据及接口	214

9.3.1	系统数据	214
9.3.2	模型模板	216
9.3.3	系统接口	219
9.4	面向试验方案推演业务流程	223
第 10 章	航母编队联合试验体系运用实践	228
10.1	航母编队防御作战一般配置	228
10.2	美军航母装备试验基本情况	230
10.3	航母编队联合试验总体设计	235
10.4	航母编队联合试验综合实施	238
10.4.1	联合试验实施方法	238
10.4.2	联合试验组织管理	239
10.4.3	联合试验组织指挥	240
10.5	航母编队联合试验基本保障	241
第 11 章	航母编队作战能力试验仿真推演	244
11.1	作战能力试验想定基本要素	244
11.2	红蓝双方装备体系编成模拟	246
11.3	试验专用装备体系编成模拟	248
11.4	仿真推演结果与体系仿真结论	254
附录 A	试验指挥行为规则建模参考	263
A.1	飞机作战试验任务	263
A.2	作战管理阶段	266
A.3	指挥消息处理	289
A.4	指挥通信检查	295
A.5	指挥网络配置	297
附录 B	体系结构技术应用概述	298
B.1	体系结构概念内涵	298
B.1.1	体系结构概念	298
B.1.2	不同领域的体系结构差异	299
B.1.3	体系结构的技术方法	300
B.2	体系结构框架演化发展	302
B.2.1	扎克曼框架	303
B.2.2	民用体系结构框架	303
B.2.3	军用体系结构框架	305
B.3	美军常见体系结构框架	308
B.3.1	C ⁴ ISR 体系结构框架	308
B.3.2	扩展 C ⁴ ISR 体系结构框架	310
B.4	体系结构设计开发与管理	315
B.4.1	体系结构开发方法	315

B.4.2	体系结构开发过程	316
B.4.3	体系结构开发工具	318
B.4.4	体系结构管理	318
B.5	体系结构验证评估	319
B.6	美军体系结构技术应用启示	320
B.7	试验体系结构技术应用建议	324
B.7.1	提高试验体系结构技术的认知	324
B.7.2	强化试验体系结构技术的顶层设计支持作用	325
附录 C	联合试验训练模拟蓝军设计	326
C.1	试验训练模拟蓝军主要用途与能力运作	326
C.2	海上模拟蓝军构建基本思路	329
C.3	海上模拟蓝军作战运用设计	330
参考文献		333
后记		359

第1章 绪 论

体系的发展，还得从人类科学与认识论发展的历史谈起。古希腊，理论学家们想象“整个世界只不过是各种几何图形构成的复合体”，这就是几何论。随着数学发展，人们又认为“整个世界都可以用纯算术命题来描述和解释”，即数学论。哥白尼、伽利略、牛顿开创了古典科学，还原论、原子论和决定论等给人们展现一幅世界新图景，成为解释一切事物的经典法则，而经典力学法更成为科学法则的理想典范，并提升为一种普遍有效的哲学观点——机械论的世界观，也被称为“伽利略-牛顿世界观”。

20 世纪以来，新兴的系统科学、非线性科学、生物科学和量子力学，向古典科学发起了根本性的挑战。今天我们所理解的系统科学，通常是指第二次世界大战（简称二战）后兴起的控制论、信息论和系统论，20 世纪 60 年代以后出现的耗散结构论、协同论、突变论、超循环论等自组织理论，以及 20 世纪 80 年代活跃的混沌学。系统论要求把事物当作一个整体或系统来研究，并围绕实现整体目标的最优化来配置和管理系统的各部分的运行。这里有一个最重要的思想是整体观念，即整体高于部分，部分受整体支配、服从整体的目标，遵循非线性法则，强调 $1+1>2$ 。这突破了非还原论、非决定论、复杂性和不可逆等观念，拆分组合后将产生新的属性与功能。

这里系统是由若干要素以一定结构形式联结构成的具有某种功能的有机整体。有输入、有输出，与外界有物质、信息、能量交换，输出可能有偏差，为达到理想的输出，引入反馈的概念，是控制论中的核心概念，调整输入逼近想要的输出，是有意义的负反馈，起到调节和控制作用，如图 1-1 所示。

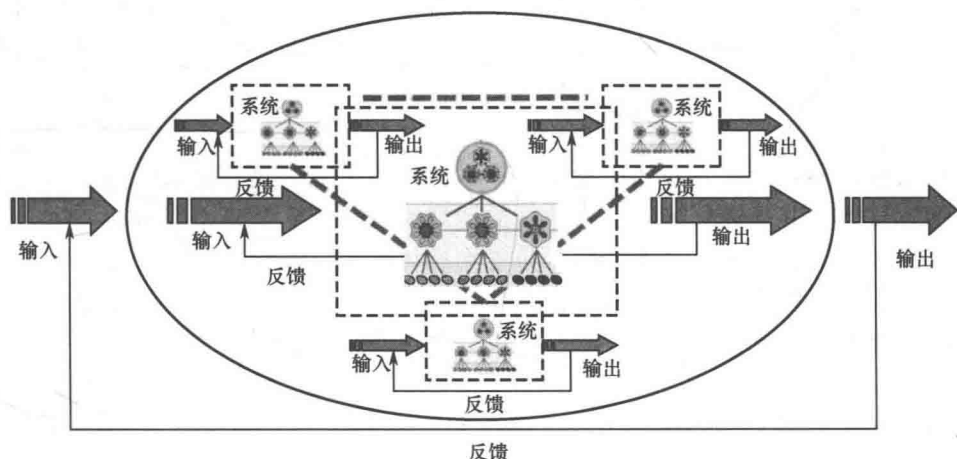


图 1-1 系统中的控制与反馈

从 20 世纪初系统论出现到今天，系统论对人类改变自然产生了重大作用，产生了

系统工程的思想方法，很多重大工程都是在系统工程理论与方法指导下实现的，如阿波罗登月计划、两弹一星工程、火星工程、神舟飞船计划，等等。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，人们需要直面众多系统在网络环境中的集成与交互、演化与发展的问題。对于这个问题，传统系统科学方法越来越显得无能为力，越来越让人们困惑。由此，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——复杂系统（过渡性的概念）——体系被科学家广泛接受和认可，形成一个新的研究领域和方向。因此，体系的概念出现不是偶然，而是随着人们对事物认识的不断提高，逐渐提炼归纳总结出来的，是人类信息技术与认识论发展的必然结果，是受解决当今信息时代多系统集成与交互问题之内生动力的驱使。现代体系的起源如图 1-2 所示。

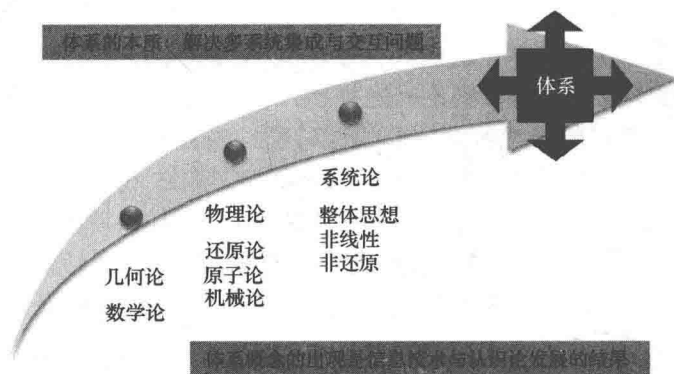


图 1-2 现代体系的起源示意图

从定量上讲，体系具有高阶次、高维数、多回路、多输入、多输出和层次性等特点；从定性上讲，体系具有非线性、不确定性、内外部扰动、多时空、开放性、自相似性、病态结构及混沌现象等特点。所有这些特点可综合为适应性、自治性、非线性、涌现性、演化性和进化性。其中，涌现性和非线性是体系不同于一般系统的最本质的特点。所谓涌现性，是指构成体系的组分之间，存在着相互作用而形成复杂结构，在表现组分特性的同时，还传递着作为整体而新产生的特性。也就是说，诸多部分一旦按照某些方式或规律形成系统，就会产生系统整体，具有部分与部分总和不具有的属性、特征、行为和功能等，而一旦把整体还原为不相干的各部分，而这些属性、特征、行为和功能便不复存在。简而言之，我们把这些高层次具有且还原到低层次不复存在的特点称为体系的涌现性。非线性是指不能用线性数学模型描述、不满足叠加原理的系统特征，是指构成体系的必要部分、大部分以及所有部分都存在着非线性，且组分之间存在着非线性的耦合关联作用，这种作用是产生体系复杂性的根源，也使得体系的动态过程呈现出多样性和多尺度性，并使得体系的发展演化变得丰富多彩。

美军前参联会副主席 W.Owens 上将把未来的网络中心思想归为 SoS (System of Systems) 思想，认为实现网络中心战的关键就是整合美军的 C⁴ISR 系统 (Command, Control, Communication and Computing systems, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance systems) 和精确制导武器 (PGM) 领域的技术优势，构建一个 SoS 提

供传感器到武器投射平台之间灵活的、无缝的链接。所以,信息时代的军事变革过程本质上就是体系的形成过程。而我们之所以要研究联合试验体系构建的理论方法及其设计技术,就是要在信息化时代条件下,针对武器装备体系试验与作战试验鉴定的迫切需要,指导解决武器装备联合试验体系构建中的一系列工程实际问题。

1.1 武器装备试验体系的构建历程

回顾历史搞清现状是面向未来的基础。受任务需要和技术推动双重作用,武器装备试验场从建立之日起,从来就是把提升能力、提高质效作为建设的重要目标。以海上试验场为例,曾先后有过“以试验为中心,以测控、通信为重点”和“以试验为中心,以测通控、通信、靶标为重点”的建设理念。在信息化建设大潮中,曾有学者提出“标准化的指导、体系化的建设、智能化的装备、一体化的能力”的技术思想,并把建成具有互联互通互操作能力的联合试验体系作为信息化建设的目标任务。从信息时代技术推动角度来看,信息化建设和体系化建设是紧密不可分割的整体,正如权威人士所讲,“信息时代军事变革本质上就是体系的形成”。拿盖房子来打个比方,体系化就像是在做预制件、搭框架,而信息化就是要在预制件和框架中加入钢筋。所以,在信息时代,武器装备试验体系的构建过程也是信息化建设发展过程。以海上试验体系建设为例,我们认为试验体系可以划分为四个发展阶段。

1. 试验系统集成建设阶段

这个阶段,是以系统工程为标志的独立试验系统分类集成建设阶段,即系统能力建设阶段,同时也是试验领域内信息化建设的探索阶段。时间是2000年之前。主要标志是海基战略导弹试验系统、战术导弹试验安全控制系统、舰炮武器试验系统和电子对抗仿真试验系统等分类专项建设。

特别是海上试验安全控制系统建设,运用系统工程思想理念,聚焦安全控制信息及高可靠性指标要求,开展安全控制系统建设。在工程建设中,统一时空坐标,发布了“测控信息传递与接口标准规范”,建成“双通道冗余备份”的实时数据传输网,完成测控、通信联网,诞生了导弹武器装备试验故障判决系统,基本建成具有数字化和网络化显著特征的战术导弹试验系统,实现了实时测量精度和安全控制高可靠性的双重保障能力,对信息化条件下的试验指控模式进行了有益的探索,也使试验场建设初步明确了数字化和网络化的建设发展方向。同期,舰炮武器试验系统建设,也首次将实装武器装备加装到陆上模拟摇摆平台上,在模拟载舰不同摇摆状态下,对舰炮武器进行试验考核,形成了集仿真、测试、评估与校验于一体的大型半实物实时模拟试验系统。电子对抗仿真试验系统建设,成为全军首批仿真实验室,使武器装备试验的模拟仿真技术应用走出了坚实的一步。

也应当看到,在此期间,国家强调国防建设服从于国家经济建设,军队建设还处于忍耐维持状态,受建设经费制约,除个别试验区域外,大部分的试验区域没有大的建设发展。即使是安全控制系统工程,也只是局部解决了导弹武器试验与海上石油经济共存这一突出矛盾,具有较大局限性。实事求是地说,这个阶段还不能称为武器装