



● 苏恩泽 著

系统论兵

XITONGLUNBING

● 军事科学出版社





作者简介

苏恩泽 空军少将，空军指挥学院教授、博士生导师，空军第一研究所及空军工程大学工程学院博士后流动站导师组成员，国务院学科评议组（航空宇航技术）成员，中国航空学会理事，中国模糊数学会理事，北京师范大学模糊控制国家重点实验室科技委委员，全国科技写作研究会顾问，总参某部、总装某研究所与北京军区客座专家，中国军事学会军队指挥分会特邀专家，中国科学院中国发展战略学研究会国防战略专业委员会副会长。

出版：《复杂系统学引论》、《智战时代与智战略》、《高技术与空战武器装备》、《空军高技术基础》、《高技术与空军作战》、《天军横空》、《武备探秘》、《e战追踪》、《系统论兵》等著作。

120052006
1201

系统论兵



PDF
PDG

自序

此前,我连续写了3本书,书的内容都是把军事理论与现代科技加以“交叉”的,加上这一本,可统称“军事—科技四重奏”了。

前3本书,即:《天军横空》、《武备探秘》和《e战追踪》分别请军事科学院彭光谦研究员、空军第一研究所张鸿元所长和总参某部戴清民部长等名家作了序。轮到这“四重奏”的最后一本,我想,自己总该有所表态才是,因此,就来个“自序”吧。

首先,要感谢为前3本作序的名家;其次,要感谢出版这“四重奏”的军事科学出版社的领导及相关的各位责任编辑;再次,还要感谢总参某部、北京军区、空军第一研究所和空军工程大学等单位。他们推荐和支持这一系列书籍的出版,显然是出于鼓励,更看重的是:把军事理论与现代科技加以“交叉”的这种努力,以至原谅了书籍内容的某些不足。

现代战争是“系统与系统的对抗”;现代国防是“复杂的系统工程”;……早已是世界各国军界的共识。因此,“系统学”理论的重要性不言而喻,这本《系统论兵》的出版,即可谓应时之急需了。

系统学,于20世纪后半叶迅速发展起来,被誉为:“使所有学科重新定向”,“令思维方式发生革命性转变”的新兴学科。

本书的内容一在讲清“系统学”原理;二在联系军事实际。总的意图是:以“系统学”来议论军事;或者说,将“系统学”用于军事。

REF 501.6

本书力求系统地、深入浅出地将系统学的最新发展,如:《老三论》、《新三论》,以及《近三论》(模糊论、网络论、思维论)等的基本规律和其间的关系,做一简明扼要的论述。

同时,又尽量将这些原理联系军队建设、军事理论、军队管理、武器装备、……等军事实际,并从指挥员、军事家的角度,探讨更新观念、准备“智战”等现实问题。

江泽民同志曾语重心长地告诫:“我反复强调要学习、学习、再学习。如果大家都有了正确思想理论的武装,有了现代科技特别是高科技知识的武装,我军的革命化、现代化、正规化建设就有了根本保障,我军的建设质量和战斗力就会大大提高起来。”本书,作为“四重奏”的最后一本,也和前3本一样,实际上可以说都是作者学习过程的心得笔记。

鉴于系统学科的新兴性质,本书内容自然会有不尽完善之处。但是,就对研究高科技战争而言,相信《系统论兵》一书的出版,对引起读者的学习兴趣和扩展读者的思维空间,都将不无裨益。

作者

二〇〇二年五月

开篇先破题。

《系统论兵》标题的意思是以“系统学”议论军事,或者说是将“系统学”用于军事。

因此,本书的内容即是在讲清“系统学”原理的基础上,联系军事实际。

什么是“系统学”呢?我国著名科学家钱学森说过,系统,就是“极其复杂的研究对象”。所以,“系统学”实际是“复杂系统学”,它是20世纪后半叶日益迅速发展起来的一门新兴学科,被誉为:“使所有学科重新定向”,“彻底改变世界科学图景”,“令科学家思维方式发生革命性转变”的“新工具”。

系统学所以有如此威力,是因为与其他传统学科相比,有很大不同。其特点是——

横断科学

乔伯·克里尔认为,任何领域研究的系统,都包含两方面:A(元素)和R(关系)。即: $S = (A, R)$ 。如限定A,则得一类事物的科学,属传统纵向科学;如限定R,不限定A,则属横向科学。系统学就属于后者,好像把所有的传统学科都“拦腰一斩”,无不“藕断丝连”。

事理科学

这是相对“物”理科学而言的,“物”理科学研究的是“物”的道理,着眼“运动”(motion),强调认识世界,分析多,综合少;而系统学作为“事”理科学,研究的是“事”的

道理,着眼“活动”(action),强调改造世界,分析少,综合多。

软科学

硬科学的对象可见可触,系一系列实体,而系统学的对象则不可见不可触,系“关系”,乃至“关系的关系”。正如我国科学家钱伟长所说,软科学就是“关系学”。如同音乐中的指挥学,戏剧中的导演学,军事中的参谋学一样。

因此,系统学的定义也与软科学的定义类似——综合运用自然科学、社会科学的理论与方法,针对现代科学、技术、管理、经济(现代社会4大环节)之间的各种复杂关系,进行组织、规划、安排、指挥、监督及预测,从而为其协调发展和优化工作提供方案和决策。

亚哲学

正因为系统学的宏观性和概括性,使它具有低于哲学,高于其他具体科学的地位,犹如马克思主义哲学指导各具体科学的一个中间“接口”。

大科学

由于系统本身趋向巨型,关系纷繁,日益复杂,再加上系统学的横断和渗透性质,使它日益视野开阔,包容增加,从而具有“大科学”的形象。

显然，要在—本简明论述的书巾，对系统学及其军事应用有所描述，是并不容易的；必须仔细选材，取其精要。为此，本书致力于——

横向容度

尽量将自然科学和社会科学结合起来，使读者能跳出自己本来狭窄的专业圈子，着力于横向比较，放开眼界。

连续线度

无论是讲原理或联系实际，都避免割裂与跳跃，力求从读者的已有知识出发，繁简灵活，体系完整。

机理深度

重在剖析机理，提高分析能力，以使“小提琴手般的专业人士”增加“乐队指挥般的系统大师”的素质。

应用角度

删去不必要的数学推导，尽量引用实例，联系军事实际，画龙点睛，强调应用，使复杂的系统学理论在读者面前，能显得深入浅出和充满生机。

目 录

第一章 基础:控制论	(1)
一、经典控制理论.....	(1)
二、现代控制理论.....	(3)
三、大系统理论	(5)
四、赛博论	(6)
五、看不见的手	(9)
第二章 核心:信息论	(12)
一、朴素信息	(12)
二、哈特莱信息	(13)
三、仙农信息	(15)
四、广义信息	(18)
五、普泛信息	(19)
六、信息概念	(20)
七、看不见的洪流	(22)
第三章 捷径:系统论	(25)
一、系统思想	(25)
二、系统工程	(27)
三、系统规律	(30)
四、系统概念	(32)
五、看不见的捷径	(39)
第四章 SCI 通论:第一次大融合	(43)
一、相同机遇	(43)
二、相通概念	(45)



三、相似缺陷	(49)
四、军事指挥员要懂《三论》	(50)
第五章 统一:耗散结构论	(54)
一、近平衡态	(55)
二、远平衡态	(58)
三、过平衡态	(64)
四、进化之路	(67)
第六章 机制:协同论	(70)
一、非线性	(71)
二、自组织	(73)
三、序参量	(75)
四、改革之路	(77)
第七章 失稳:突变论	(80)
一、新数学	(80)
二、中间态	(81)
三、尖点型	(84)
四、突变之路	(86)
第八章 DSC 通论:第二次大融合	(90)
一、系统学	(90)
二、熵	(92)
三、决定论	(94)
四、复杂性	(95)
五、军事家要通《六论》	(101)
第九章 宝库:混沌论	(106)
一、内随机性	(107)
二、初值敏感性	(109)
三、奇异吸引子	(112)
四、倍周期分叉	(115)



五、菲根鲍姆常数	(118)
六、自相似	(120)
七、间隙	(121)
八、军方关注浑沌	(122)
第十章 真实:分形论	(127)
一、整数维	(128)
二、分数维	(129)
三、分形分析	(133)
四、分形应用	(135)
五、战场处处分形	(144)
第十一章 宏观:模糊论	(149)
一、模糊性	(150)
二、模糊集	(150)
三、模糊评判	(153)
四、难得模糊	(156)
第十二章 微观:网络论	(163)
一、人工神经网络	(163)
二、旅行商问题	(165)
三、贵在网络	(168)
第十三章 FNC(f)通论:第三次大融合	(171)
一、建构双厦	(171)
二、FNC(f)融合	(173)
三、哥德尔定理	(176)
四、勃端姆曼极限	(188)
五、军事指挥员要更新观念	(195)
第十四章 高峰:思维论	(202)
一、思维通论	(203)
二、思维分论	(208)



三、思维专论	(221)
四、军事家要准备“智战”	(227)

第一章

基础:控制论

“一切有目的的行为,都可看成是需要负反馈的行为。”

——维纳

“对于一位伟大的将领,决不会有一连串的大功绩都是由机会或幸运造成的;这些功绩常是熟筹和天才的结果。”

——拿破仑

“控制”一词,近年在军事领域走红。这不仅因为大名鼎鼎的C³I、C⁴I、C⁴ISR、……它们的第二个C,都是专指“控制”而言,而且因为:像“控制战”、“指挥控制战”、“战场控制”、“实力控制”、“态势控制”、“武器控制”、“军备控制”等概念在军事领域也如雨后春笋。

所以,很有必要从“控制论”的基本原理上打好知识基础。

正本清源,其实,控制论,最早是从工程技术领域里走出来的。

一、经典控制理论

在工程技术领域里,系统,其概念来源于“自动”,即自动控



制系统。再追上去,则可直溯到 1788 年那台有历史意义的,引起世界产业革命的瓦特蒸汽机,因为那上面就有转速自动控制系统。

所以,讨论系统学,先要从控制论这个“基础”开始,以保持知识的系统性。

概言之,无论是什么自动控制系统,其基本任务都是——自动地维持工作设备的稳定状态(抗扰)与操纵状态(复现)。

因此,一个控制系统可以说就是在通过有测量、计算、执行功能的控制器,以足够的准确度来维持控制对象的抗扰与复现能力。控制论的经典例子,就是瓦特蒸汽机上的转速自动控制系统。它被用来自动地保持转速不变。即:

把转速作为蒸汽机的输出量,感知它的大小,并把它“反馈”回来,与输入量的给定值相比较。当发现转速偏高时,离心飞重被甩起来张开,带动套筒下移,传动杆上移,使蒸汽阀门关小,减少供给蒸汽机的蒸汽量,从而使输出功率降低,转速得以回降,于是自动地保持了转速的给定值。

同理,当发现转速偏低时,离心飞重因甩不开而收拢,使套筒上移,杆下移,蒸汽阀门开大,增加供给蒸汽机的蒸汽量,从而使输出功率增加,转速回升,于是也自动地保持了转速。

但是,这一看来足够精巧的发明,在工作了几十年之后,却出现了问题。

原来,随着技术的进步,机械的摩擦(阻尼)不断地减小,而蒸汽机本身却又不不断地大型化,离心飞重也越来越大,因而引起了转速超差、振荡等“工作不稳定”问题。

这就吸引了著名科学家麦克斯韦尔等人在理论上加以研究。于是,自动控制也就进入了理论领域。在第二次世界大战前后,自动控制理论借用富氏变换、拉氏变换等数学工具,更进一步得到了发展,在许多工程技术领域里发挥了巨大的威力。



但是,总的来说,这些自动控制系统处理的对象仍比较简单,属于单变量输入与输出形式,一般称为第一代控制理论,或经典控制理论。

所以,从 1788 年的瓦特蒸汽机到 20 世纪 50 年代,属于经典控制理论阶段,又称第一代控制理论时期。

经典控制理论的方法可以概括为——

将对象最常见、最基本、最不利的因素抽象出来,形成“典型系统”(线性、非线性、单变量、多变量、常系数、变系数、连续、离散……),以及“典型外作用”(脉冲、阶跃、等速、加速、正弦、随机……),在此基础上,再建构控制模型,列写控制方程,用解析或图解的方法来求解方程,从而可以对系统的各种参数作某些改进。于是,有人将经典控制理论表示为:

经典控制理论 = 解析法 + 图解法 + 经验技巧

经典控制理论的特点是:直观、灵便、成熟,直到现代仍在工程设计上广泛应用。

二、现代控制理论

20 世纪 50~70 年代,是现代控制理论阶段,又称第二代控制理论时期。

50 年代末,主要因航空、航天技术的发展,经典控制理论已逐渐满足不了要求——

一是对控制系统的要求更“高”了,不仅要稳定性好、调节时间短、静态误差小,而且还要内部结构设计合理,总体性能达到“最优”;

二是要求更“全”了,不仅要局部自动化,而且要全部自动化,并采用计算机控制。

于是,又发展了第二代控制理论,亦称现代控制理论,包括:结构理论、状态辨识、系统设计等许多内容。



现代控制理论突出的特点是:深入系统内部,解析定量表达,综合全面,总体解决。

比较可知,由于现代控制理论是在经典控制理论的方程中,引入了“中间变量”(状态变量),增大了方程的表达功能,因而更便于作内部描述,适于分析动态过程。

现代控制理论的优点是:在系统的状态方程基础上,运用数学解析方法,能从总体上、宏观上解决许多控制问题。

对系统“可控性”与“可测性”的判定,就是一例——按现代控制理论可以“预先”判断:当某一个输入对系统某一状态变量独立影响,使之达到期望值时,系统在什么条件下完全可以控制?在什么条件下不能完全控制?系统在什么条件下完全可以测量?在什么条件下不能完全测量?

除系统的“可控性”与“可测性”判定问题外,利用现代控制理论还可解决系统的“稳定性”问题。即找到系统满足稳定性的条件,什么时候稳定?什么时候不稳定?

此外,当给出优化指标时,现代控制理论还可确定系统优化的条件,以争取达到输出的“最大”值。

.....

总之,现代控制理论这种解析推导、形式完美的长处十分诱人,因此曾一度成“热”,但是,很快又发现其在实际应用上仍有许多局限。

首先是数据信息难以像理论要求的那样完整提供;其次是不够直观;不够灵敏,也不够成熟。因此,尚不能代替经典控制理论,只能与经典控制理论处于平行发展的状态当中。

表 1.1 将二者做了比较。



表 1.1 控制理论比较

	经典控制理论	现代控制理论
系 统	基本是单变量、定常系统	多变量、定常或时变
指 标	简 单	综合(既考虑效果又考虑代价)
数学工具	积分变换	积分变换、线性代数
中心问题	稳定性、动态品质	最优控制、动态识别
校正方法	有源和无源网络	计算机、微处理机
典型框图		

三、大系统理论

20 世纪 70 年代后,是大系统理论阶段,又称第三代控制理论的发展时期。

它是随着大型钢铁联合企业、电力系统、大型石油化工企业等生产实践的发展而发展的。

大系统理论的特点是:多输入、多输出、多干扰、多变量,系统堪称“巨型”,数据可谓“海量”,方程可达几千阶,参数可超几万个。这样的系统当然难于控制,也不便调试,所以难度较大。

对它的研究方向一般集中在:模型简化,递阶控制,分散控制,大系统设计优化与决策等问题上。

以模型简化为例,方法很多,一般有:

集 结 法:在保留系统主要动态特性(如稳定性)条件下,用低阶模型去代替高阶模型;但这种方法一般只适于线性系统,而且计算量也往往很大。

摄 动 法:从原高阶方程中略去含小参数的“摄动”项,得到低阶的简化模型,方法比较简便,对线性与非线性系统都适用;但