



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

国家级精品课程、精品资源共享课、精品视频公开课主讲教材

信息系统与 安全对抗理论 (第2版)

王 越 罗森林 著 ●

THEORY OF INFORMATION SYSTEM AND
SECURITY COUNTERMEASURES
(2ND EDITION)



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
国家级精品课程、精品资源共享课、精品视频公开课主讲教材

信息系统与 安全对抗理论 (第2版)

王 越 罗森林 著 ●

THEORY OF INFORMATION SYSTEM AND
SECURITY COUNTERMEASURES
(2ND EDITION)



内 容 简 介

本书全面研究和论述了信息系统安全对抗的相关理论,主要包括:现代系统理论的知识基础、信息及信息系统核心内容、信息安全与对抗基础概述、信息安全与对抗基本原理、信息安全与对抗系统方法、信息安全与对抗应用举例、量子信息学及其应用技术等。本书可供从事信息安全、信息对抗技术、通信与信息系统及相关方面教学、科研、应用的人员阅读和使用,对从事信息安全相关研究的人员也具有重要的实用和参考价值。此外,本书对于其他非专业及相关研究人员,也具有重要的指导意义。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

信息系统与安全对抗理论 / 王越, 罗森林著. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 9

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-5640-9899-5

I. ①信… II. ①王… ②罗… III. ①信息系统-安全技术-高等学校-教材 IV. ①TP309

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 190381 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 468 千字

版 次 / 2015 年 9 月第 2 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 68.00 元

责任编辑 / 王玲玲

尹 晖

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言 (第2版)

本书第一版出版至今已9年有余,随着社会、信息科技和高等教育的发展,对定位于大学生、研究生信息安全专业基础,着重于学生掌握运行基本知识和培养系统思维解决实际问题的本书,有再版需求,故作者努力命笔从命!

本书的第二版将努力回应以下三个方面的社会发展对本书再版的驱动,请广大读者批评指正。

我国社会发展的总体模式将转变为“创新驱动”,由此更需要大批杰出的、创新能力强的领导和骨干人才,延伸到高等教育的重要举措之一是加强基础和专业基础层次教育教学,而对专业基础课程内容而言,应努力加强领域系统概念和内容,并应致力于上不封顶的因材施教(对优秀学生留有足够的思维学习空间,大多学生着实受益)。随着信息化社会发展,内部矛盾之一的信息安全问题已上升到不容忽视的高度,需在发展中不断努力解决。对于涉及国家社会安全的重大问题,它的内容具有复杂系统性、人的智慧和科技前沿主导性。因此,国家、全社会(含军民融合)努力发展应对是上策。

以下简要说明本书的一些修改内容(在总体定位和结构框架不变的前提下):

第1章系统与系统理论部分,强化了矛盾对立统一律的辩证实质的诠释及与耗散自组织系统理论的紧密关联性,指出了系统中多层次自组织机能的系统集成性质,介绍了钱学森先生开放复杂巨系统及解决复杂问题的人主导的由定性到定量综合集成方法论,调整和增加了实例。

第2章信息与信息系统部分,在介绍信息各分功能组成中,用集合、运算、映射等数学概念和方法,普适地从顶层系统介绍各功能,并由此嵌入人主导这一实际存在的核心因素,调整了信息系统各分功能内容(重前沿发展),尤其是信息处理及管控功能,以“信息科技力挺社会信息化发展”替换“几种典型信息系统举例及其要点说明”部分。

第3章信息安全与对抗基础概述部分,进一步梳理和明确了一些基本概念,强化了信息犯罪取证及电子证据的论述,新增了信息安全对抗标准与组织管理内容。

第4章从耗散自组织理论延伸形成信息安全对抗原理系统中,加强发挥对立统一律实质核心机理作用的诠释,在信息安全对抗博弈模型中增加了人主导作用的总体模型,并依此介绍了信息安全正反面发展趋势及其核心机理,供实际应用参考。

第5章、第6章进一步梳理和明确了一些概念和知识,增加了知识基础部分,

而前四章内容从基础层次支持了第5章、第6章内容。

第7章量子信息学基础及其应用技术部分为新增内容,扼要地介绍了量子信息学基础(量子力学为主)及量子信息的发展前沿(实际应用为主)。

学无止境,望广大读者不吝指正!

王 越

2015年2月

前言 (第1版)

本书作为主要重点大学和重点学科本科生、研究生使用教材，有三个基本问题应作为“前提”和基础加以优先考虑。

第一个问题，即本教材的定位问题，相对于学生是“培养类”还是“训练类”。培养类教材应具有与国际上大学相当的核心课内容。科学技术领域的核心课，主要是培养学生的科学思维，树立运动发展观，获得掌握知识及解决问题的能力；训练类课程则是传授具体的知识，为学生求职做准备，这类课讲究实用，以信息领域计算机应用技术课最为典型。作为重点学校的电子工程系信息安全与对抗专业方向的基础性核心课，课程的类别应该定位在“培养类”上，同时兼顾学生适应广泛信息领域工作时所需的基本概念和基本规律方面的内容。

第二个问题，课程内涵如何确定？在如此广泛的信息安全领域如何培养学生？若按惯例，即由各种现有技术方法入手，分门别类地分析具体技术原理、性能和优缺点等，由此引导学生悟出深层次的“道”以达到培养能力和掌握基本概念、规律，从而提高解决问题的能力的目的，这种做法一方面会使得课程内容繁杂，不易理出脉络；另一方面也容易产生“只见树木不见森林”的现象，以致疏漏了重要的系统概念和规律。信息安全和对抗实质上是系统性问题，遵守“全量大于诸分量之和”定理，而分别研究分项技术，然后简单求和，并不能代表整体，也很难“整合”成整体。因此，本书的组成首先确立内容安排的思路及内容的框架，这样就解决了本书的第二个重要问题。经过较细致的研究，作为信息领域理工科学生的信息安全与对抗专业基础课教材，本书形成三点主要思想：① 概念和原理采用“由顶层至下层”的方式展开，然后通过例子进行反馈；② 内容由“普适”开始逐渐往“专门”展开，以做到“普适”与“专门”相结合；③ 突出安全与对抗领域的基本概念、基本原理及基本方法，鼓励学生深入思考，灵活应用。

本书的主要内容及其组织顺序如下：

1. 介绍、讨论“系统”的概念及系统理论的要点；
2. 介绍、讨论“信息”、“信息系统”及其发展要点的相关概念；
3. 信息安全基本概念、“问题”的动态发展概论、安全对抗过程的要点及加强支持信息安全对抗发展的要点；
4. 信息安全领域的主要原理；
5. 强化信息安全发展的基本科技方法；

6. 信息安全与对抗的综合举例。

在第二个问题的基础上产生了第三个问题,即第二个问题中的一些思路、框架如何具体化,这也是特点的形成问题。

本书将系统理论的基本观点和原理融入内容中,用以分析研究问题。信息安全和对抗问题实质上是复杂的系统问题。各种信息系统又包括子系统,系统又融入更大的系统作为子系统(如移动通信系统是通信系统的子系统,而个人手机是移动通信系统的子系统等)。如果不以系统的功能、结构和环境间多层次、多剖面复杂动态的相互关系为基本概念来研究和分析信息安全和对抗问题,则无法贯彻上述思想。在学科方面,除自然科学外,本书还涉及人文和社会科学的交叉和融合,但作为理工科学生的专业基础课教材,本书这方面内容只能“点到为止”。此外,从法治观点看,现代社会的各种活动都应纳入法律框架中,因此,本教材中有一节专门叙述信息安全与对抗的法律问题,以形成较完整的概念。

本书贯彻矛盾对立、统一的运动发展演化的原理,并将其融入其中进行分析、综合,从而引导出建立信息安全和对抗领域普遍性的原理和方法。本书内容上着重强调系统功能、结构和环境间多层次、多剖面的关系所蕴涵的本质矛盾,以及其在现实条件约束下形成对立统一动态演化的“正”、“反”问题。研究“正”、“反”问题,是本书重要内容之一,安全与攻击的对抗问题就是一类正反斗争。矛盾是永远存在的,并且是在一定现实条件约束下,以立面不断转化主要位置的演化过程而“存在”的,在此基础上研究“正”、“反”问题的结果都是动态相对的,也包括了一切技术和理论的新突破所带来的优势。由于在发展进程中是有时间性及相对性的,因此不断发展才是硬道理。

本书列举了信息安全和对抗领域里一些典型信息系统攻击与反攻击的对抗案例,以加深读者对基本原理和方法的理解,起到“举一反三”的作用,并为信息系统安全与对抗技术等其他课程提供基础。本课程设置的信息系统安全与对抗技术基础实验课,给学生提供了一个具有一定伸缩性的基础实验平台,从而互相支持,提高学习效果。

本书的编写思路和内容框架虽已明确,但全书涉及内容非常广泛,学科间相互交叉、融合的关系复杂,此外,本书改变了教科书的惯常思路,因此书中定还存在不足之处,在努力尝试之际,望各位专家多多指教,广大读者多提宝贵意见!

王 越

2003年2月

目 录

CONTENTS

第 1 章 现代系统理论的知识基础	001
1.1 通向系统的浅显引导	001
1.1.1 由存在说到运动	001
1.1.2 由运动说到系统	002
1.2 系统定义及要点解释	002
1.2.1 系统定义及要点	003
1.2.2 关系的基本概念	003
1.3 系统理论体系的初论	006
1.3.1 唯物辩证基础层次理论及不同思维模式	006
1.3.2 耗散自组织理论体系及开放复杂巨系统	007
1.3.3 耗散自组织理论概念及原理的延伸讨论	020
1.4 系统的对立统一范畴	022
1.4.1 表征事物存在总体条件的对偶范畴	022
1.4.2 表征事物存在动态变化的对偶范畴	023
1.4.3 表征事物存在状态特征的对偶范畴	024
1.4.4 人与外部各种关联表征的对偶范畴	025
1.4.5 讨论与总结	027
1.5 暂立的系统公理体系	027
1.5.1 系统理论体系的顶层公理及内涵	027
1.5.2 系统理论体系暂立的二层次公理	030
1.6 系统发展的综合举例	031
1.6.1 GSM 系统的发展与下一代移动通信系统	032
1.6.2 GSM 系统的组成结构及其外部拓展连接	032
1.6.3 GSM 系统的主要功能及成功的基本要素	033
1.6.4 GSM 系统的移动互联网服务及手机银行	034
1.7 本章小结	034
习题	034
第 2 章 信息及信息系统核心内容	036
2.1 引言	036

2.2 信息内涵及其利用的发展历程	036
2.2.1 信息的基本定义及内涵	036
2.2.2 信息的表征及特征概述	037
2.2.3 可以感知的信息及媒体	040
2.2.4 传递和利用信息的历程	040
2.3 信息系统及其发展的极限目标	042
2.3.1 信息系统基本定义	042
2.3.2 信息系统理论特征	042
2.3.3 信息系统功能组成	042
2.3.4 信息系统发展情况	074
2.3.5 信息系统极限目标及其调整	077
2.4 信息系统的发展是永恒的主题	077
2.4.1 信息科技与信息系统关系讨论说明	077
2.4.2 具有普适性的增强剂和催化剂作用	077
2.5 信息系统的多种庞大支持体系	079
2.5.1 学科支持体系	080
2.5.2 研究支持体系	080
2.6 信息科技力挺社会信息化发展	080
2.6.1 信息社会核心内涵的分析和理解	080
2.6.2 信息社会发展的重要机理和规律	081
2.6.3 信息社会与人才培养的共同进步	082
2.7 本章小结	083
习题	083

第3章 信息安全与对抗基础概述	084
3.1 引言	084
3.2 信息系统安全对抗的基本概念	085
3.2.1 信息的安全问题	085
3.2.2 信息安全的特性	085
3.2.3 信息系统的安全	085
3.2.4 信息攻击与对抗	086
3.3 信息安全对抗问题产生的根源	087
3.3.1 基本概念	087
3.3.2 国家间利益斗争反映至信息安全领域	088
3.3.3 科技发展不完备反映至信息安全领域	088
3.3.4 社会中多种矛盾反映至信息安全领域	088
3.3.5 工作中各种失误反映至信息安全领域	089
3.4 信息安全对抗的过程及其要点	089
3.4.1 对抗过程简述	089

3.4.2 对抗过程要点	090
3.4.3 对抗过程特征	093
3.5 信息安全对抗的系统发展对策	093
3.5.1 基本概念	093
3.5.2 不断加强中华优秀传统文化传承和现代化发展	094
3.5.3 不断完善社会发展相关机制改善社会基础	094
3.5.4 不断完善教育体系以人为本提高素质能力	094
3.5.5 不断加强基础科学发展和社会理性化发展	094
3.5.6 依靠技术科学构建信息安全领域基础设施	095
3.6 信息安全对抗的法律领域措施	096
3.6.1 基本概念	096
3.6.2 法律法规	097
3.6.3 执法过程	102
3.7 信息安全对抗标准与组织管理	106
3.8 本章小结	109
习题	109
第4章 信息安全与对抗基本原理	110
4.1 引言	110
4.2 信息安全对抗的自组织耗散思想	110
4.3 信息安全与对抗的基础层次原理	112
4.3.1 信息系统特殊性保持利用与攻击对抗原理	113
4.3.2 信息安全与对抗信息存在相对真实性原理	113
4.3.3 广义时空维信息交织表征及测度有限原理	116
4.3.4 在共道基础上反其道而行的相反相成原理	116
4.3.5 在共道基础上共其道而行之相成相反原理	119
4.3.6 争夺制对抗信息权快速建立对策响应原理	120
4.4 信息安全与对抗的系统层次原理	122
4.4.1 主动被动地位及其局部争取主动力争过程制胜原理	122
4.4.2 信息安全置于信息系统功能顶层考虑综合运筹原理	123
4.4.3 技术核心措施转移构成串行链结构形成脆弱性原理	123
4.4.4 基于对称变换与不对称性变换的信息对抗应用原理	124
4.4.5 多层次和多剖面动态组合条件下间接对抗等价原理	125
4.5 信息安全与对抗共逆道博弈模型	126
4.5.1 建模的基本概念	126
4.5.2 信息安全对抗总体模型	127
4.5.3 共道逆道对抗博弈模型	129
4.5.4 博弈模型的讨论	145
4.6 本章小结	146

习题	146
第5章 信息安全与对抗系统方法	147
5.1 引言	147
5.2 信息安全与对抗性能指标及占位	147
5.2.1 基本概念	147
5.2.2 增设可裁减的系统性能指标框架	148
5.2.3 测度概念及其安全对抗性能占位	148
5.3 信息安全与对抗问题的关系表征	153
5.3.1 基本概念	153
5.3.2 信息系统状态矢量表示及关系表征	153
5.3.3 移动通信自组织宏观有序关系形成	156
5.3.4 影响信息系统安全的几种重要关系	157
5.4 信息安全与对抗的系统层次方法	159
5.4.1 基本概念	159
5.4.2 反其道而行之相反相成战略核心方法	160
5.4.3 反其道而行之相反相成综合应用方法	161
5.4.4 共其道而行之相成相反重要实用方法	163
5.4.5 针对复合式攻击的各个击破对抗方法	164
5.5 信息安全与对抗的技术层次方法	164
5.5.1 信息隐藏及其现代密码技术	164
5.5.2 个性信息及个性关系的利用	175
5.5.3 系统及服务群体的整体防护	177
5.6 信息安全与对抗原理性应用案例	180
5.6.1 高度安全保密通话	180
5.6.2 网络安全保密通信	182
5.6.3 物理隔离信息交流	183
5.6.4 内网信息安全服务	184
5.7 本章小结	185
习题	185
第6章 信息安全与对抗应用举例	187
6.1 引言	187
6.2 移动通信系统的安全与对抗	187
6.2.1 系统知识基础	187
6.2.2 信息安全问题	188
6.2.3 信息对抗措施	188
6.2.4 无缝广域通信	189
6.3 广播电视系统的安全与对抗	190

6.3.1 系统知识基础	190
6.3.2 信息安全问题	192
6.3.3 信息对抗措施	192
6.3.4 鑫诺卫星干扰	193
6.4 军用雷达系统的安全与对抗	194
6.4.1 系统知识基础	194
6.4.2 信息安全问题	195
6.4.3 信息对抗措施	196
6.5 信息网络空间的安全与对抗	197
6.5.1 系统知识基础	197
6.5.2 信息安全问题	198
6.5.3 信息攻击方法	202
6.5.4 信息对抗方法	206
6.5.5 对抗过程模型	210
6.6 本章小结	212
习题	212
第7章 量子信息学及其应用技术	214
7.1 引言	214
7.2 量子信息学基础知识	214
7.2.1 量子力学诞生的哲学原理导引	214
7.2.2 量子力学领域波粒二象性原理	215
7.2.3 波函数叠加原理及薛定谔方程	219
7.2.4 力学量算符表达及测不准关系	226
7.2.5 量子系统要素表征及按需变换	239
7.2.6 量子纠缠和量子不可克隆原理	253
7.2.7 量子信息学基础知识部分总结	258
7.3 量子信息的技术应用	260
7.3.1 量子密码技术	260
7.3.2 量子通信技术	264
7.3.3 量子计算技术	267
7.3.4 量子模拟技术	271
7.4 本章小结	273
习题	273
附录	274
《中华人民共和国刑法》节选	274
《计算机信息网络国际联网安全保护管理办法》(1997)	276
《全国人民代表大会常务委员会关于维护互联网安全的决定》(2000)	279

《互联网信息服务管理办法》节选（2000）	280
《中华人民共和国电子签名法》（2004）	281
《电子认证服务管理办法》（2005）	285
《商用密码产品使用管理规定》（2007）	290
《通信网络安全防护管理办法》（2010）	291
《中华人民共和国保守国家秘密法》（2010）	293
《信息网络传播权保护条例》（2013）	299
 参考文献	 304

第1章

现代系统理论的知识基础

1.1 通向系统的浅显引导

1.1.1 由存在说到运动

“运动”在这里不是指体育领域的运动，即不是指人们所进行的体力、体能测试和训练，而是指广泛意义上物质（也是一切事物）存在的运动。人们不能追问运动为什么产生、运动产生的终极原因是什么，它是一种客观存在，如同物质的客观存在一样。人们只能在承认运动客观存在的前提下去认识运动，即不断深入了解运动的各种表现形式、各种运动规律以及它们之间的转化规律等。承认物质的客观存在就应承认运动的客观存在。另外，运动也可理解为事物间普遍存在的相互作用、相互影响的过程和作用，以及结果的再变化。现代科技发展的前沿科学，很大部分是关于运动的更深入、更广泛的探索研究，而探索的重点在于复杂的运动。

人们已经按运动的本质特征分门别类地建立了有关运动的学科，即分门别类地研究重要的相互关系。例如，物理运动对应于物理学，就是通过物理量、物理参数和物理基本规律来研究物理运动（如力、动量、热参数、能量等，物理运动包括宇观、宏观、介观、微观等多种尺度运动）。化学运动主要是研究分子、原子以及原子间的运动，它必然又关联到电子、原子核间结构布局的相互影响，因此又与物理形成了交叉。实际上，人们在分门别类地研究各种运动时，逐渐体会到了种种运动间存在着互相交叉融合的现象，上述物理和化学在量子学领域的运动就是一种交叉。研究交叉作用需要综合考虑，也表明人们关注的焦点正逐渐转向综合思维。

中国文化的思维特点也是重视综合思维，这是传统性的优点，各种复杂运动是人类科学探索研究的永恒主题。复杂运动需要在分析的基础上综合研究，例如生命运动是多种复杂运动，它是综合性的；生物化学是生物规律在化学领域中的反映；细胞的生长发育，生命的生长发育、生存等需要生物科学结合物理领域的研究，如“哥伦比亚号”航天飞机上中国中学生设计的命题，即在太空微重力环境下生物生存的综合问题。人的生命运动可被认为是宇宙间最复杂的运动，人的身体组织及器官互相配合以支持生命的延续，也支持其自身的生存，人全身数万亿个细胞的新陈代谢都与血液和体液系统相联系，进一步联系到人的思维及相关运动，则更是精细、复杂甚至神奇的。人的思维运动是极复杂的运动，它与其他重要功能相

互融合、相互支持,如语言功能就是一种与思维功能密切相关的复杂功能。每一个词的发声,由意识的产生到动作的完成,都是一个非常复杂的过程;语言与思维密切关联,但发声过程并不由思维意识完全控制,它是一种复杂运动。

总之,人是由非常多的运动有机组成的,维持生命的各种运动一旦停止,生命就会终结。一种重要运动停止,也会牵连整体生命或者致残,如心脏停止,则导致生理死亡,脑运动停止,则导致脑死亡,一旦生命运动停止,人就不存在了。生命终结后的运动是分解,即将复杂的人体最后分解成简单元素。由上述例子可以体会到:世界上除了运动之外,没有别的什么东西,这种哲理具有普遍性和深刻性;运动即物质,它是客观存在的。

1.1.2 由运动说到系统

上面谈到的各种复杂运动,是在人类认识能力不断发展的过程中必然要研究的对象,解开复杂运动之谜是认识发展中的重要目标。在漫长的认识发展过程中,直至20世纪中叶以后,人类才领悟到复杂的运动之间有些共同的规律,它们均是由多种联系相互作用、相互影响而形成的有机的、有特点的统一运动,这种运动体称为系统。形成这个概念是一个重要的突破,因为它不同于西方惯常的分析思维,即还原论的思维,而是承认综合的重要性。对复杂运动的认识要掌握其综合性,要在分析的基础上进行综合,认识其整体运动规律。所以,系统是在研究复杂运动的过程中形成的概念,是客观存在于人脑中的一种反映,它是真实的,而不是凭空臆造的。

系统的概念一经提出,便引起了很多科学家及技术专家的浓厚兴趣,他们纷纷响应并从各方面进行了研究。这种研究在20世纪40—60年代形成了高潮,并在系统的普遍运动规律领域形成了系统理论,在实际应用领域形成了系统工程学科。系统工程包括了运筹学等学科分支,在很多领域,特别是大型复杂工程项目组织管理中的应用都取得了可喜的成功。例如,第二次世界大战中,盟国运输船队采取有效的保护措施来减少损失,以完成重要的运输任务;美国宇航局出色地完成了复杂的“阿波罗”登月计划等。在我国,战国时代的田忌赛马策略(孙臧之计)就是早期运筹学思想的出色应用,钱学森先生的从定性到定量综合集成研讨厅方法则是现代的杰出范例。在系统理论方面,普里高津教授的耗散自组织理论是一个重要突破,具有战略作用和里程碑意义。

系统科学与技术密切关联到人类对复杂事物的综合认识,并取决于人类所掌握的科学技术全领域的水平。应该看到,系统理论及其应用的发展尚处在初期阶段,其学科体系结构远未达到完备的程度,对其基本规律的认识也还很不充分,例如,人类对复杂非线性科学、生命科学、思维和认知科学等领域的研究都处于初期阶段。研究的高潮过后,必然会因为碰到种种严重困难而跌入低潮,但处于低潮状态并不是消亡,而是处在理性思考和潜心研究阶段,是进一步发展的前期。

系统科学是人类进化发展中必须要解决的问题,是一种客观要求。本书仅简单讨论系统科学中的部分问题,以便为自顶向下研究信息安全对抗问题提供知识基础。

1.2 系统定义及要点解释

现在学术界、科技界对系统的定义有几十种,并没有统一的认识,本书给出一种定义。

1.2.1 系统定义及要点

具有对外部功能、自组织机能、开放耗散结构，并由多元素组成的多层次、多剖面的复杂动态综合整体称为系统。

定义中的要点说明如下：

- 开放耗散结构：结构与外部不断地进行物质、能量和信息交换，且有耗散。因为不可逆运动过程产生的熵而保持有序运动的非隔绝保守结构称为开放耗散结构。
- 信息：事物运动状态的表征与描述。
- 自组织机能：由内部结构间的相互作用关系，以及内部结构与外部环境的相互作用关系而形成的一组重要的关系组成，具有使系统由无组织的混乱状态向有序状态演变及保持事物有序运动的能力；是系统（复杂系统是由多层次分系统集成）运动生存的重要机理，复杂系统顶层的自组织机能是由分系统自组织机能有机集成。
- 序：系统总体层次上存在的主要运动规律。

系统的简明含义，是指具有系统特征的运动着的事物，是一种客观存在的事物。当支撑系统运动的关系消亡时，其运动也就停止，系统也随之消亡。

综上所述，系统是一类客观存在的事物，其因结构特征而形成了复杂的多层次和很大数量的相互交织关系（既有与外部的关系，也有内部结构间的关系），正是由这些交织的关系形成了总体运动规律。随着事物的运动，这些规律也在不断变化。需要强调的是，自组织机能并不是只有生命体才具有，非生命体系统也有自组织特性，它虽不如生命体那样神秘，但也很复杂。

以下章节中对系统运动规律的讨论，并不专门针对生命体复杂运动规律，而是针对普适的基础性自组织机能。

1.2.2 关系的基本概念

前面提到的关系是一个重要的概念，它反映了事物间的普遍联系、相互作用和相互影响，是运动（一种运动对应一组特殊关系表征）、运动状态、运动结果的具体表征。关系间的相互作用还可能形成复合关系，如亲戚的亲戚关系、朋友的朋友关系、合并关系、传递关系等。有的复合关系前后次序不可变化，例如舅父的儿子为表兄弟，儿子的舅父是舅兄弟而不是表兄弟等。

关系分为很多种类，如物理关系、化学关系、数学关系、人际关系（如朋友关系、婚姻关系、血缘关系、法律关系等），不同类别的关系具有不同的特性。

1.2.2.1 数学意义定义的一些重要关系

设 A 为集合， D 为二元集合 [对, 错]，定义 $A \times A$ 表示集合中两个元素按某规则 R 形成的组合，并考察它们到 D 的映射。如果 $a, b \in A$ ， $aRb \rightarrow$ 对，则称 R 为 A 的元素间的一个关系，也称 a, b 之间符合关系 $R(aRb)$ ； $aRb \rightarrow$ 错，则称 a, b 之间不符合关系 R 。以上是由映射概念定义的关系。数学中已有非常多的关系，并还在不断寻求新的关系，数学定理就可看作是一种约束条件下的关系，现举几个例子说明。

数学中的等价关系是一个重要的基础性关系，用 $\sim$ 表示，等价关系的性质有三条，即

- ① $a \sim a$, 自反性;
- ② $a \sim b$, 则 $b \sim a$, 对称性;
- ③ $a \sim b, b \sim c$, 则 $a \sim c$, 传递性。

注意: c 为 $\Gamma a, \Gamma b$ (Γa 表示非 a), 否则将使 $a \sim a$ 失去独立性。

等价关系是划分集合的准则, 有以下定理: 集合 A 中子集的划分必有一等价关系与之对应, 这是用自然语言表示的数学定理。证明这条数学定理要用数学方法, 首先要转到数学的语言及数学证明的逻辑构架, 再用已有的数学知识 (定理等) 进行证明。

定理: 一个集合中, 子集合的划分对应一等价关系。

设划分集合依照一个准则, 符合准则者进入子集合, 设准则为 $\sim$, 子集合中元素有 a, b, c 等, 则有 $a \sim a, b \sim b, c \sim c$ (因为 a, b, c 已进入子集合, 故符合准则), 其中 a, b, c 都符合 $\sim$, 所以 $a \sim b, b \sim c, a \sim c, b \sim a, c \sim b, c \sim a$ 。其中 $\sim$ 具有对称性、传递性、自反性, 故 $\sim$ 为一等价关系。

定理: 一等价关系可划分一子集合。

步骤 1: 设集合为 A , 等价关系为 $\sim$, 根据自反性, 可从 A 中任意挑出满足 $a \sim a$ 的 a , 再由 a 按 $a \sim b, \dots$ 挑出 $b, c, \dots$ 即可构成子集。

步骤 2: 由于 $a \sim b, b \sim a$, 先挑出 a 或先挑出 b 并无区别, 推广至任意挑选无区别。

步骤 3: 由于 $a \sim b, b \sim c$, 则 $a \sim c$, 说明使用 $\sim$ 挑选元素无其他限制 (如 $a \sim b, b \sim c, c \sim d, \dots$ 串行链)。

由步骤 2 及 3 证明了定理的完备性, 即划分子集合用等价关系即可完成, 不需要其他条件。

以上两定理的证明没有用其他数学定理加以支持, 这种证明是最简单的, 它表明了集合与等价关系间的关系, 也说明存在等价关系的事物, 从等价关系角度观察是等同的。例如, 集合中的元素, 从集合属性的角度分析相同的, 是不可区分的。

数学中的相似关系: 在等价关系中去除传递性, 即去除一种约束, 便形成了弱于等价关系的相似关系。相似一般不存在传递性。例如, 儿子像父亲, 儿子像母亲, 但父母不一定相像。数学中的运算可看作关系, 也可认为是一种映射, 故映射也可看作关系 (数学中关系的定义由映射开始, 其原因就在于此)。集合可看作是关系的集合, 同构类关系是一种复合关系 (集合映射和运算的结合)。

设 a, b, c 和 a', b', c' 分别为两个集合 A 及 A' 中的元素, $\circ$ 和 $\bar{\circ}$ 分别为两个集合中各自定义的一种运算, Φ 为自集合 A 至集合 A' 的映射, 即 $a \xrightarrow{\Phi} a', b \xrightarrow{\Phi} b'$ (Φ 为一一映射)。如果 $\Phi(a \circ b) = \Phi(a) \bar{\circ} \Phi(b)$, 则称 A 集合与 A' 集合在映射 Φ 及运算 $\circ$ 和 $\bar{\circ}$ 下构成同构关系。同构关系是一种重要关系, 在科学技术领域应用广泛, 它是相等关系的推广, 即广义的相等关系 (在运算 $\circ$ 及 $\bar{\circ}$ 及映射 Φ 的意义上), 也是一种条件严格的关系。

1.2.2.2 系统理论中的关系定义及表征

系统理论中定义的关系含义比较广泛, 主要体现事物间广泛而复杂的联系。系统的复杂性主要体现在关系的复杂性上, 如多层次、多剖面的动态纠缠的非线性复杂关系。关系的表征包括:

- 事物间各种相互作用称为存在某种关系。
- 事物间各种相互作用的结果以状态表示 (也称存在某种状态关系)。