

北京市高等教育精品教材
高等学校网络空间安全系列教材



iCourse · 教材

Information System and Security Countermeasures: Theoretical Part

信息系统与安全对抗

——
理论篇

王越 罗森林 著

高等教育出版社

北京市高等教育精品教材
高等学校网络空间安全系列



iCourse · 教材

Information System and Security Countermeasures: Theoretical Part

信息系统与安全对抗

— 理论篇

王越 罗森林 著

高等教育出版社·北京

增值

内容提要

本书全面研究和论述信息系统安全对抗的相关理论, 主要内容包括: 现代系统理论的知识基础及发展框架、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、赛博空间与多活性代理方法、信息安全与对抗应用举例、量子信息学及其应用技术等。

本书可供从事信息对抗技术、信息安全、通信与信息系统及相关方面的教学、科研、应用人员阅读和使用, 对于其他非专业相关研究人员, 具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

信息系统与安全对抗. 理论篇 / 王越, 罗森林著

. -- 北京: 高等教育出版社, 2019.9

ISBN 978-7-04-051458-2

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 (2019) 第 037993 号

策划编辑 时 阳
插图绘制 于 博

责任编辑 刘 茜
责任校对 陈 杨

封面设计 张申申
责任印制 田 甜

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 24
字 数 530 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2019 年 9 月第 1 版
印 次 2019 年 9 月第 1 次印刷
定 价 46.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 51458-00

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

《信息系统与安全对抗理论》第2版出版以来,信息化社会加速发展,并显露更多“信息化发展过程的进化”特征,这意味着社会信息化发展过程开始了质变发展。再深一步探究,即对应“发展进化的机理在进化”原理正加强驱动。人们面临更快发展机遇的同时,也面临严峻挑战,由此将“原书”前部基础内容,加以较深入扩充形成理论篇,力图使之在信息科技基础层及应用层能在支持社会发展方面发挥更大的作用。

本书独立形成的基本理念如下。

(1) 社会信息化发展总体上不断化解阻碍社会运行发展的各种矛盾,但矛盾是化解不尽的,化解已有矛盾的同时,一定不断会有新矛盾产生,就需要不断研究掌握新矛盾产生机理和化解机理,但这些是要根据实践情况不断学习的。运用唯物辩证哲学原理、方法分析矛盾化解矛盾,达成此目标的基础是将唯物辩证哲学的基本原理结合实践嵌入到思维,形成辩证思维方式和有效化解矛盾的科学方法,这是本书想努力表述的总原则,本书在数章中简练列出了唯物辩证哲学基本规律、思维方式及部分示例。内容较为深入,且不惜有些重复供读者参考!

(2) 现代信息社会是个开放复杂巨系统,其系统特征是核心基础,由多样多层次分系统、子系统有机整合而形成。各类分、子系统按其类别各有自身规律,此外还将紧密结合现代系统理论,在信息社会发展中,形成众多新系统架构、特征的新功能服务系统(多对前沿信息科技融入起重要支撑作用)强力支持社会信息化发展,因此本书增加以下有关现代耗散理论的一些分支延伸发展应用内容:结合人的思维活动是世界上最复杂先进、最神奇的认识能力,但人类对自身奇妙神奇思维能力却是“不自明”的。钱学森先生提出了调用人思维潜能的“从定性到定量综合集成方法”提升以人为本,认识发展“开放复杂巨系统”为人类发展服务,是理论结合实践的重要贡献,可以与现时脑科学和人工智能相互支持补充,进一步更深入更科学地实现人思维与知识的有机结合,促进社会信息化更好发展。

现在人类社会信息化发展,普遍模式是以前沿信息科技为基础,构成信息网络基础设施,在其上搭建多层次、多剖面的众多服务系统嵌入社会,促进社会信息化发展。在此发展过程中,脑科学科研成果结合人工智能发展,改进人机结合、提升人工系统服务水平,是重要发展方向。我国互联网+、美国IoT、美国国防赛博空间作战、欧洲工业4.0中强调赛博机理,都是此种模式的体现,本书将对其进行扼要介绍。

耗散自组织系统理论的核心理论是以矛盾对立统一律研究系统运动生存过程。在应用领域以系统自组织机能为前提条件,将生存状态关联到自组织机能服务生存,由此形成在社

会及激烈安全对抗环境下,系统服务功能调控保持,避免负向逆变。“服务”逆变为“违害”效应的重视和研究,并发展“多活性代理构成复杂系统方法理论”,以“服务功能活性度”为指标提升系统安全服务水平。

信息系统与安全对抗理论的主旨是信息系统在激烈对抗环境中提升安全服务水平,但此宗旨的实现决不能只限于信息系统本身,还应研究提升信息系统生存服务的生态环境这一重大领域。信息安全生态环境因素众多,其中法律因素非常重要,是保证社会有序运行发展的底线!本书中将近期有关信息网络的新法律条例内容补入,以用于支持信息安全发展。

本书新增加“赛博空间与多活性代理方法”章节,将一些辩证哲学基本概念、原理集中叙述,并结合一些实例说明其加强人类科学思维解决复杂矛盾及增强信息安全设计的基础作用。该章还较详细地讨论了信息系统总体设计中,“服务功能”与“信息安全要求”间矛盾对立统一问题,并给出一种原理模型及定量分析方法供读者参考。

本书第8章初步介绍了量子信息学及其应用技术,因全世界科技界有关领域都在努力研究攻克量子信息技术众多困难以图逐步实践应用(同时也可大幅度增强信息安全),而作者并非该领域专家,故仍沿用第2版第7章摘录材料。

本书关联涉及众多科技及信息社会发展生态系统领域的发展前沿,社会信息化发展中的众多难题有待发展中解决,作者才疏学浅,有些内容尚属抛砖引玉,诚望不吝指教!

王 越

2018年12月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 1 现代系统理论的知识基础及发展框架 | 1 |
| 1.1 通向系统的浅显引导 | 1 |
| 1.1.1 由存在说到运动 | 1 |
| 1.1.2 由运动说到系统 | 2 |
| 1.2 系统定义及要点解释 | 3 |
| 1.2.1 系统定义及要点 | 3 |
| 1.2.2 关系的基本概念 | 3 |
| 1.3 唯物辩证法思维方式 | 7 |
| 1.3.1 辩证法思维方式简述 | 7 |
| 1.3.2 系统的对立统一范畴 | 8 |
| 1.3.3 暂立的系统公理体系 | 12 |
| 1.4 耗散自组织理论体系 | 17 |
| 1.4.1 耗散自组织理论 | 17 |
| 1.4.2 协同学理论要点 | 19 |
| 1.4.3 自组织的进化论 | 27 |
| 1.5 开放复杂巨系统理论 | 35 |
| 1.5.1 理论特征及结论 | 35 |
| 1.5.2 从定性到定量的综合集成方法 | 36 |
| 1.5.3 从定性到定量综合集成讨论厅 | 39 |
| 1.5.4 载人航天工程决策与实施举例 | 40 |
| 1.6 系统发展的综合举例 | 42 |
| 1.6.1 GSM 系统的发展与下一代移动通信系统 | 42 |
| 1.6.2 GSM 系统的组成结构及其外部拓展连接 | 42 |
| 1.6.3 GSM 系统的主要功能及成功的基本要素 | 44 |
| 1.6.4 GSM 系统的移动互联网服务及手机银行 | 44 |
| 1.7 本章小结 | 45 |
| 习题 | 45 |
| 2 信息及信息系统核心内容 | 47 |
| 2.1 引言 | 47 |
| 2.2 信息内涵及其利用的发展历程 | 47 |
| 2.2.1 信息的基本定义及内涵 | 47 |
| 2.2.2 信息的表征及特征概述 | 48 |
| 2.2.3 可以感知的信息及媒体 | 51 |
| 2.2.4 传递和利用信息的历程 | 52 |
| 2.3 信息系统及其发展的极限目标 | 53 |
| 2.3.1 信息系统基本定义 | 53 |
| 2.3.2 信息系统理论特征 | 53 |
| 2.3.3 信息系统功能组成 | 54 |
| 2.3.4 信息系统发展情况 | 89 |
| 2.3.5 信息系统极限目标及其调整 | 91 |
| 2.4 信息系统的发展是永恒的主题 | 92 |
| 2.4.1 信息科技与信息系统关系讨论 | 92 |
| 2.4.2 具有普适性的增强剂和催化剂作用 | 92 |
| 2.5 信息系统的多种庞大支持 | |

| | | | |
|---------------------|-----|----------------------|-----|
| 体系 | 94 | 3.4.2 对抗过程要点 | 106 |
| 2.5.1 学科支持体系 | 95 | 3.4.3 对抗过程特征 | 109 |
| 2.5.2 研究支持体系 | 95 | 3.5 信息安全对抗的系统发展 | |
| 2.6 信息科技力挺社会信息化 | | 对策 | 110 |
| 发展 | 95 | 3.5.1 基本概念 | 110 |
| 2.6.1 信息社会核心内涵的分析 | | 3.5.2 不断加强中华优秀传统文化传承 | |
| 和理解 | 95 | 和现代化发展 | 111 |
| 2.6.2 信息社会发展的重要机理 | | 3.5.3 不断完善社会发展相关机制 | |
| 和规律 | 96 | 改善社会基础 | 111 |
| 2.6.3 信息社会与人才培养的 | | 3.5.4 不断完善教育体系以人为本 | |
| 共同进步 | 98 | 提高素质能力 | 111 |
| 2.7 本章小结 | 98 | 3.5.5 不断加强基础科学发展和 | |
| 习题 | 98 | 社会理性化发展 | 111 |
| 3 信息安全与对抗基础概述 | 99 | 3.5.6 依靠技术科学构建信息安全 | |
| 3.1 引言 | 99 | 领域基础设施 | 112 |
| 3.2 信息系统安全对抗的 | | 3.6 信息安全对抗的法律领域 | |
| 基本概念 | 100 | 措施 | 113 |
| 3.2.1 信息的安全问题 | 100 | 3.6.1 基本概念 | 113 |
| 3.2.2 信息安全的特性 | 100 | 3.6.2 法律法规 | 114 |
| 3.2.3 信息系统的安全 | 101 | 3.6.3 执法过程 | 125 |
| 3.2.4 信息攻击与对抗 | 101 | 3.7 信息安全对抗标准与组织 | |
| 3.3 信息安全对抗问题产生的 | | 管理 | 128 |
| 根源 | 102 | 3.8 本章小结 | 130 |
| 3.3.1 基本概念 | 102 | 习题 | 131 |
| 3.3.2 国家间利益斗争反映至 | | 4 信息安全与对抗基本原理 | 132 |
| 信息安全领域 | 103 | 4.1 引言 | 132 |
| 3.3.3 科技发展不完备反映至 | | 4.2 信息安全对抗的自组织 | |
| 信息安全领域 | 103 | 耗散思想 | 132 |
| 3.3.4 社会中多种矛盾反映至 | | 4.3 信息安全与对抗的基础 | |
| 信息安全领域 | 104 | 层次原理 | 135 |
| 3.3.5 工作中各种失误反映至 | | 4.3.1 信息系统特殊性保持利用与 | |
| 信息安全领域 | 104 | 攻击对抗原理 | 135 |
| 3.4 信息安全对抗的过程及其 | | 4.3.2 信息安全与对抗信息存在 | |
| 要点 | 105 | 相对真实性原理 | 136 |
| 3.4.1 对抗过程简述 | 105 | 4.3.3 广义时空维信息交织表征及 | |

| | | | |
|--|-----|----------------------------------|-----|
| 测度有限原理 | 138 | 占位 | 178 |
| 4.3.4 在共道基础上反其道而行的 相反相成原理 | 139 | 5.3 信息安全与对抗问题的 关系表征 | 179 |
| 4.3.5 在共道基础上共其道而行之 相成相反原理 | 142 | 5.3.1 基本概念 | 179 |
| 4.3.6 争夺制对抗信息权快速建立 对策响应原理 | 143 | 5.3.2 信息系统状态矢量表示及 关系表征 | 180 |
| 4.4 信息安全与对抗的系统层次 原理 | 145 | 5.3.3 移动通信自组织宏观有序 关系形成 | 183 |
| 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 | 145 | 5.3.4 影响信息系统安全的几种 重要关系 | 184 |
| 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 | 146 | 5.4 信息安全与对抗的系统 层次方法 | 187 |
| 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 | 146 | 5.4.1 基本概念 | 187 |
| 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 | 147 | 5.4.2 反其道而行之相反相成战略 核心方法 | 187 |
| 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 | 149 | 5.4.3 反其道而行之相反相成综合 应用方法 | 188 |
| 4.5 信息安全与对抗共逆道 博弈模型 | 149 | 5.4.4 共其道而行之相成相反重要 实用方法 | 190 |
| 4.5.1 建模的基本概念 | 150 | 5.4.5 针对复合式攻击的各个击破 对抗方法 | 191 |
| 4.5.2 信息安全对抗总体模型 | 151 | 5.5 信息安全与对抗的技术层次 方法 | 192 |
| 4.5.3 共道逆道对抗博弈模型 | 153 | 5.5.1 信息隐藏及其现代密码 技术 | 192 |
| 4.5.4 博弈模型的讨论 | 170 | 5.5.2 个性信息及个性关系的 利用 | 204 |
| 4.6 本章小结 | 171 | 5.5.3 系统及服务群体的整体 防护 | 206 |
| 习题 | 171 | 5.6 信息安全与对抗原理性应用 案例 | 210 |
| 5 信息安全与对抗系统方法 | 173 | 5.6.1 高度安全保密通话 | 210 |
| 5.1 引言 | 173 | 5.6.2 网络安全保密通信 | 212 |
| 5.2 信息安全与对抗性能指标 及占位 | 173 | 5.6.3 物理隔离信息交流 | 213 |
| 5.2.1 基本概念 | 174 | 5.6.4 内网信息安全服务 | 214 |
| 5.2.2 增设可裁减的系统性能指标 框架 | 174 | | |
| 5.2.3 测度概念及其安全对抗性能 | | | |

| | | | |
|---------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| 5.7 本章小结 | 215 | 6.5.9 代理间活性协商协调 | 261 |
| 习题 | 215 | 6.5.10 管控代理的活性结构 | 262 |
| 6 赛博空间与多活性代理方法 | 217 | 6.5.11 耗散自组织与多活性代理 理论比较 | 264 |
| 6.1 引言 | 217 | 6.5.12 多活性代理应用举例 | 265 |
| 6.2 赛博空间与社会发展 | 217 | 6.6 本章小结 | 273 |
| 6.2.1 主导社会新发展 | 217 | 习题 | 274 |
| 6.2.2 面临的发展挑战 | 218 | 7 信息安全与对抗应用举例 | 275 |
| 6.2.3 思维主导的作用 | 219 | 7.1 引言 | 275 |
| 6.3 泛义网络的发展模式 | 231 | 7.2 移动通信系统的安全与 对抗 | 275 |
| 6.3.1 创新发展核心因素及体系 架构 | 232 | 7.2.1 系统知识基础 | 275 |
| 6.3.2 敏捷城市互联网+的结构 说明 | 233 | 7.2.2 信息安全问题 | 276 |
| 6.4 信息安全与对抗设计 | 234 | 7.2.3 信息对抗措施 | 276 |
| 6.4.1 辩证唯物哲学基本概念及 要点 | 234 | 7.2.4 无缝广域通信 | 277 |
| 6.4.2 信息安全设计总体层矛盾 分析 | 236 | 7.3 广播电视系统的安全与 对抗 | 279 |
| 6.4.3 信息安全设计成功存在的 原理 | 238 | 7.3.1 系统知识基础 | 279 |
| 6.4.4 人工信息系统本体存在的 原理 | 241 | 7.3.2 信息安全问题 | 281 |
| 6.4.5 信息安全对抗化解矛盾的 作用 | 242 | 7.3.3 信息对抗措施 | 281 |
| 6.5 多活性代理理论方法 | 243 | 7.3.4 鑫诺卫星干扰 | 282 |
| 6.5.1 简述 | 243 | 7.4 军用雷达系统的安全与 对抗 | 283 |
| 6.5.2 活性及其代理活性 | 244 | 7.4.1 系统知识基础 | 283 |
| 6.5.3 代理的动力学表达 | 245 | 7.4.2 信息安全问题 | 284 |
| 6.5.4 系统活性自组织机理及 二集合模型 | 246 | 7.4.3 信息对抗措施 | 285 |
| 6.5.5 系统多活性代理组成及 三集合模型 | 248 | 7.5 信息网络空间的安全与 对抗 | 287 |
| 6.5.6 代理的活性定量表达 | 249 | 7.5.1 系统知识基础 | 287 |
| 6.5.7 代理系统的功能活性 | 252 | 7.5.2 信息安全问题 | 288 |
| 6.5.8 代理系统的活性实现 | 260 | 7.5.3 信息攻击方法 | 292 |
| | | 7.5.4 信息对抗方法 | 297 |
| | | 7.5.5 对抗过程模型 | 301 |
| | | 7.6 本章小结 | 303 |
| | | 习题 | 304 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 8 量子信息学及其应用技术 | 305 | 8.2.6 量子纠缠和量子不可克隆 原理 | 347 |
| 8.1 引言 | 305 | 8.2.7 量子信息学基础知识部分 总结 | 353 |
| 8.2 量子信息学基础知识 | 305 | 8.3 量子信息的技术应用 | 354 |
| 8.2.1 量子力学诞生的哲学原理 导引 | 305 | 8.3.1 量子密码技术 | 355 |
| 8.2.2 量子力学领域波粒二象性 原理 | 306 | 8.3.2 量子通信技术 | 359 |
| 8.2.3 波函数叠加原理及薛定谔 方程 | 311 | 8.3.3 量子计算技术 | 363 |
| 8.2.4 力学量算符表达及测不准 关系 | 319 | 8.3.4 量子模拟技术 | 367 |
| 8.2.5 量子系统要素表征及按需 变换 | 332 | 8.4 本章小结 | 368 |
| | | 习题 | 369 |
| | | 参考文献 | 370 |

1 现代系统理论的知识基础及发展框架

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,这必然又关联到电子、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。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。

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。

系统科学问题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

具有外部功能、自组织机能和开放耗散结构,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。

(1) 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。因为由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。

(2) 信息:事物运动状态的表征与描述。

(3) 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由分系统自组织机能有机集成。

(4) 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. 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,等价关系的性质有以下三条。

(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是相同的、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, d 和 \bar{d} 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 $\Phi(adb) = \Phi(a)\bar{d}\Phi(b)$, 则称 A 集合与 A' 集合在映射 Φ 及运算 d 和 \bar{d} 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 d, \bar{d} 及映射 Φ 的意义上), 也是一种条件严格的关系。

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。关系的表征包括以下几方面。

- (1) 事物间各种相互作用称为存在某种关系。
- (2) 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)。
- (3) 事物间的时空比较状态。
- (4) 事物在一些作用的激发下由某种存在状态转向其他状态形成的状态转移。
- (5) 事物对某事物存在的约束关系等。

3. 系统理论涉及的几类重要关系

(1) 功能关系: 专指系统与环境间发生的主要相互作用。它使系统得以生存。实际上, 功能关系是系统多种交织关系同外部环境间的相互作用(如提供应用或服务), 其核心内涵是提供功能。

(2) 结构关系: 系统内部各部分之间的相互作用。其中的主要内容构成结构。结构层次可划分为分系统结构、子系统结构、子子系统结构, 上一层次的结构关系在下一层次可能成为跨两个子系统之间的功能关系。功能和结构的划分要依据观察基点而定, 这些相互间的关系形成了系统结构的动态存在, 同时也形成了系统层次的功能。可以认为系统的“结构”与“功能”, 即哲学上所称事物的内因, 它的核心实质是动态的相互作用及其动态关系表征的系统生存。

(3) 约束关系: 实现功能、结构的前提条件、限制条件以及所需的支持条件。约束关系是关系的一种, 是事物在互相作用中对某种作用起约束作用的关系。约束关系的根源在于人理、物理、事理、生理对事物的约束, 最严格和不容逾越的是法律体系所规定的约束。深层次的约束关系是客观规律, 也可以是技术水平的限制。约束作用的表现形式多种多样, 可以是时间维上的连续作用, 也可以是不连续的阶段性作用。约束关系具有体系特征, 不同层次、不同剖面、不同时间有不同的约束条件, 它们的集成构成了约束体系。

4. 关系概念形成及关系间的关系

关系的深化及概念的形成: 概念是人对事物深入认识后所形成的本质概括, 人们往往利用概念和形成概念的思维模式进行新的认识; 深入认识各种关系同样可以得到概念(称为关

系概念)。关系的概念有利于研究复杂关系集群的组成以及关系间的关系。下面利用概念的内涵与外延研究“关系”间的关系。

(1) 种属关系:一个关系的外延被另一个关系的外延全部包括,并成为其中一部分,则外延大者称为种关系,小者称为属关系。

(2) 并列关系:在一个种关系下,平行的两个或多个属关系其外延互相排斥(不能兼者)的关系。例如,大学形成的系统与小学形成的系统,是学校下的并列关系。

(3) 交叉关系:关系的内涵与外延部分不同者。例如,中国科学院的各研究所与中国科学院研究生培养单位为交叉关系。

(4) 同一关系:两个关系外延完全相同,但内涵不同或不完全相同者(体现事物多剖面的特性)。例如,中国科学院某研究所与中国科学院直属某研究所为同一关系。

(5) 对立关系:一种特殊形式,即并列关系中其外延相互对立,处在两端位置的属概念。例如,军事演习中部队的对抗功能为对立关系。

(6) 矛盾关系:一种特殊的并列关系及对立关系,两个属关系外延的和等于种关系的外延。例如,军事演习中红军、蓝军为演习部队体系下的矛盾关系。

由系统的功能关系、结构关系及约束关系分析可得,系统可同时具有以上各种关系。

5. 关系的维系间对象的关系

设对象为 X, Y, Z , 则产生如下维系关系。

(1) 相似关系: X 与 Y 相似。

(2) 时空比较关系: X 比 Y 大, X 比 Y 前, X 比 Y 后, X 比 Y 早, X 比 Y 晚等以及时空关系组合。

(3) 占有关系: X 中有 Y , X 控制 Y 。

(4) “是”关系: X 是 Y 。

(5) 继承关系: X 某属性遗传给 Y , Y 继承 X 的某属性。

(6) 因果关系: X 是因, Y 是果, 由 X 产生 Y 。

(7) 矛盾关系: X 与 Y 为矛盾关系。

此外,还有成员关系、部分关系、组成关系、类关系等。

6. 关系的时空展开及变换

时间、空间是物质存在的基本形式,事物的存在必然在时间、空间域展开;由于事物的运动可用一系列关系表示,因此,关系必定在时空域展开。关系的时空域展开有多种样式,可单独考虑在时域或空域的展开,若想全面表示事物运动,则应在时空域联合展开。在连续状态下表征运动,常以 $\frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial^2}{\partial t^2}, \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial^2}{\partial t^2}, \nabla, \nabla^2$ 等表示;在离散状态下,则对应以差分方程和离散序列表示。

在众多关系中,变换关系是一种重要关系,它将事物性质变换至另外剖面进行表征。如将“性质”看作一种“关系”(即以关系表征性质),则变换关系也是“关系”变换,如傅里叶变换