



宋华岭 / 著

复杂性测度理论、方法与实证研究

——基于格空间熵尺度的企业复杂系统

Researches of Complexity Measurement Theory, Method and Case Study for Enterprise Complex Systems Based on the Check Space and Entropy Metrics

[illegible]

经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE



• 经济管理学术文库 •

复杂性测度理论、方法与实证研究

——基于格空间熵尺度的企业复杂系统

Researches of Complexity Measurement Theory, Method and
Case Study for Enterprise Complex Systems Based on the
Check Space and Entropy Metrics



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂性测度理论、方法与实证研究：基于格空间熵尺度的企业复杂系统/宋华岭著. —北京：经济管理出版社，2010.9

ISBN 978-7-5096-1085-5

I. ①复… II. ①宋… III. ①煤矿—工业企业管理—系统复杂性—研究 IV. ①F407.216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 173992 号

出版发行：经济管理出版社

北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 11 层

电话：(010)51915602 邮编：100038

印刷：北京银祥印刷厂

经销：新华书店

组稿编辑：申桂萍

责任编辑：刘 宏

技术编辑：黄 铎

责任校对：蒋 方

720mm×1000mm/16

14.25 印张 210 千字

2010 年 9 月第 1 版

2010 年 9 月第 1 次印刷

定价：38.00 元

书号：ISBN 978-7-5096-1085-5

·版权所有 翻印必究·

凡购本社图书，如有印装错误，由本社读者服务部
负责调换。联系地址：北京阜外月坛北小街 2 号

电话：(010)68022974 邮编：100836

前 言

作者多年来一直致力于利用系统理论、复杂性理论与社会科学理论的交叉与综合，对复杂系统——企业系统的组织管理复杂性评价问题进行研究；提出“广义与狭义管理熵理论”的研究领域，把熵理论作为一个基本理论应用于复杂工程系统和宏观与微观管理系统理论的范畴，提出了“高熵工程系统”的概念与理论，深入研究高熵工程系统的不确定性、可靠性、运行熵等复杂性问题。特别是在进行理论研究的同时，选择矿井系统，这个最为典型的人—机—环境复杂工程系统作为研究对象进行复杂性研究。

煤矿作为一个企业系统，其矿井系统又是一个人—机—环境复杂系统。在结构上研究，矿井生产系统是全部巷道、设备、地面总体布置等有秩序组合的集合体，矿井系统有开拓方式、开采方式及各子系统的布置方式，如整阶段连续开拓、分区式开拓、条带式开拓、单水平、上下山等。矿井系统结构有其特殊性，其系统结构复杂，具有特殊的结构，包含着多个相互关联的子系统，整个系统的特性既体现在各个子系统的单独特性上同时又体现在子系统之间相互关联的特性上；主系统与子系统的联结关系，如复合关系、串联、并联、混联系统等；节点与环节、各生产子系统的复合状态与相互关系、层次等影响系统结构复杂性。煤矿的一个重要特点是环境，宏观、中观主要是经济环境，但微观的生产环境是一个井工系统的环境系统，包括围岩系统、水、火、瓦斯等地质自然系统，以及工作在这个特殊环境下的矿工群体，不确定性、可靠性、安全性等都需要系统设置一定的结构来保证一定的功能，这些无疑都增加了系统的结构与运行复杂性。

所以，本项研究交叉与综合性强，难度大；复杂信息的获取和



处理与测定使得解决矿井系统结构复杂性的测定十分困难；多样性、异质性和隐喻，不同维次尺度和评价问题，需要建立多维的尺度空间模型进行评价，在理论上具有挑战性与创新性；同时，系统进行煤炭企业组织系统管理复杂性评价尺度的建模研究，在解决复杂性评价尺度的普适性、一致性、可度量性和可操作性等方面，取得突破性、创新性的成果，对推动煤炭企业组织系统复杂性科学研究，丰富管理理论与复杂性科学理论，在研究方法论与研究方法上取得创新和突破，都具有重要的理论意义。目前我国的国有大型煤炭企业，都面临或正在进行企业转型、改制、重构等问题，正是研究煤炭企业组织的绝好时机和生动实例。而且，目前煤矿企业组织管理复杂性研究较少，是一个新的复杂性研究领域。所以，研究我国重要的国民经济发展的支柱——能源型企业组织管理的实际问题，提高煤矿企业组织的管理水平，解决管理效率、生产效率和安全生产等问题，进行煤炭企业组织管理复杂性理论与实践研究，对煤炭能源产业及国民经济的安全和发展具有重要的现实意义。

特别是本项研究除了解决煤矿系统的复杂性研究的问题之外，重要的意义在于通过对煤矿系统这个特殊的人—机—环境复杂系统的复杂性测度研究，在理论和方法的研究的突破，可以为诸如航天、海洋、物探、化工、消防、救护等特殊的人—机—环境复杂系统的复杂性研究提供理论与方法支持，扩展的意义更为重大。所以，该研究具有非常重要的现实理论和实践意义。

本研究阶段沿革：经过对格空间、熵理论和各种学派复杂性研究理论及企业组织系统管理理论进行十几年的研究，对其实质与属性有着较为深刻的见解，于1996年提出“广义与狭义管理熵理论”的研究范畴。研究的第一阶段：主要研究了企业系统的多阶段、多变量、动态、不确定性和熵变复杂性问题，提出了复杂工程系统熵理论的基本概念和思想，在企业组织微观系统的研究上，应用不确定性研究的随机、模糊理论和决策理论中多阶段决策理论等，侧重内外部随机模糊变化的耗散环境下，企业组织计划与规划合理编制的研究，建立了其动态复杂性测度的熵模型，描述动态发展过程，对企业动态系统的决策与复杂性评价理论与方法有所启发，为该项目的研究认知复杂工程系统的性质和解决复杂性问题的方法打下了

基础。

研究的第二阶段：研究构建了广义与狭义管理熵理论的基本理论框架。根据熵的转化当量意义、几率意义、信息的度量或不确定程度的量度，定义了管理熵的概念、理论的研究内容和范畴；分析了企业系统管理熵的类型、属性及相互关系；建立了熵函数及评价模型；提出了广义管理熵理论的基本观点，将熵理论与其他复杂性理论与方法的综合集成，应用于管理复杂性研究，赋予新的含义，作为一种认识论与方法论来评价管理系统的复杂性。为该项的进一步研究夯实了基础。

现研究阶段：根据矿井复杂系统结构化、次结构化、非结构化及其关系等特点，扩展结构学派的研究方法，建立了格空间熵尺度的复杂性测度理论与研究方法；提出了信息力、能和结构复杂性信息量度量的基本概念、定义、基本原理和数学模型；基于信息熵理论的基本原理，构造了结构复杂性度量尺度的矢量空间、数学模型；提出了矿井系统结构复杂性评价的新尺度和评价方法和矿井系统结构的简约化、复杂性减少原理。此理论综合运用系统分析、关系论、集合论、图论、点阵论、空间理论、布尔代数、非线性数学等方法和理论，结合熵理论、信息理论和有关尺度研究的理论和复杂性研究理论来研究煤矿复杂系统结构复杂性。

这种研究方法较适应煤炭矿井复杂系统管理复杂性，即不同性质的复杂性参量交叉集合的特征，实现可操作性。同时对熵理论进行了扩展，以熵作为一个信息力的尺度来评价复杂性，以此作为一个主线贯穿研究，提出一系列的概念、理论与方法体系。力争在研究方法论与研究方法上有所创新和突破，形成独特的研究特色，为丰富管理理论与复杂性理论研究，解决我国目前进行的煤炭资源整合管理实践中迫切解决的问题做出自己的贡献。

本书的完成只是一个暂时的定态，学术研究无止境。作者力求达到上述研究目的，但水平有限，有些观点、理论和方法尚不成熟，有待进一步深入研究。也恳切希望广大学者、同仁提出批评和指导，并给予帮助。在此，对书中引用的研究成果和文献的作者表示真诚的感谢和崇高的敬意，对支持本著出版的同事、朋友和出版社的编辑们表示诚挚的谢意，并感谢国家自然科学基金



(70771060)、国家软科学计划项目 (2006GXQ3D154)、山东省自然科学基金 (Y2006H10)、山东省社科规划研究项目 (06BJJ005) 对本著出版的资助。

作 者

2010 年春于烟台

目 录

1	绪论	1
1.1	研究背景与意义	1
1.2	国内外研究现状及分析	3
1.3	研究方案与技术路线	10
1.4	本书的研究内容	14
2	基于格空间熵尺度的复杂性测度理论	19
2.1	管理信息力与管理复杂性要素信息力	19
2.2	基于格空间熵尺度的复杂性测度理论	22
2.3	复杂信息力能量评价的基本模型	25
2.4	格空间理论的创建	26
2.5	三维空间复杂信息力能的测度	29
2.6	多维空间复杂信息力与能测度	32
2.7	复杂性演化规律的研究	35
2.8	评价过程总结	38
2.9	综合算法的广义模型	39
3	企业组织管理系统复杂性评价及演化规律研究	41
3.1	企业管理系统动态性复杂因果关系分析	41
3.2	企业组织复杂性熵尺度评价模型的建立	46
3.3	实证分析 1: DT 公司企业组织管理系统复杂性的 量度	50
3.4	实证分析 2: 神东煤炭公司管理系统复杂性尺度的	



量度	57
3.5 实证分析 3: Y 矿业集团有限公司企业改组三阶段 组织管理复杂性与演化评价	67
3.6 复杂性演化规律研究	85
3.7 企业管理系统复杂性减少原理	88
4 矿井生产系统结构复杂性评价	90
4.1 矿井生产系统的结构复杂性分析	90
4.2 矿井系统的结构复杂性信息量评价熵函数模型的 建立	92
4.3 多维空间复杂性信息评价模型	95
4.4 矿井分区式生产系统的结构复杂性评价	97
结论	99
5 基复杂格空间熵尺度的工程安全系统结构复杂性 评价研究	101
5.1 引言	101
5.2 矿井安全系统的结构复杂性分析与熵函数 模型建立	103
5.3 多维空间复杂性信息评价模型	110
5.4 实证分析: 龙口矿业集团的北皂煤矿安全系统 结构复杂性评价	112
结论	123
6 煤矿回采工作面生产系统运行失序复杂性评价	124
6.1 生产系统运行失序复杂性分析模型	124
6.2 生产系统运行失序复杂性尺度模型的建立	127
6.3 工作面生产系统运行失序复杂性尺度的量度	131
结论	133

7 薄煤层综普混合采、特性型、对拉工作面开采技术的复杂性评价	134
7.1 引言	134
7.2 薄煤层综普采、旋转、刀把、对拉工作面开采 技术工作面设计	135
7.3 工作面结构复杂性信息熵模型的建立	139
7.4 多维空间复杂性信息评价模型	144
7.5 实证分析：矿井掘进工作面系统的结构复杂性 评价	146
结论	151
8 企业系统车间结构与工艺复杂性多维度评价——掘进 工作面工艺复杂性评价实证	152
8.1 引言	152
8.2 企业生产系统的结构复杂性分析与评价模型的 建立	153
8.3 多维空间复杂性信息评价模型	158
8.4 实证分析：矿井掘进工作面系统的结构复杂性 评价	160
结论	166
9 基于信息度量的企业组织系统协同复杂性评价	167
9.1 引言	167
9.2 企业系统的组织协同性复杂分析与评价模型的 建立	168
9.3 熵作为协同复杂性信息含量的度量	170
9.4 企业系统的组织机构协同性复杂性分析	171
9.5 协同复杂性参量熵信息评价模型	173
9.6 企业系统的统一协同复杂性度量	176
9.7 实证分析	181
结论	193



10 寄语	195
10.1 本研究目前在复杂系统管理复杂性研究领域的 位置评价	195
10.2 本研究的特色与创新之处	196
10.3 复杂性研究的进一步探讨的问题	199
参考文献	203

1 绪 论

1.1 研究背景与意义

煤炭作为我国的主要能源之一，在国民经济和社会发展中具有重要的战略地位。我国煤炭企业组织管理落后，效率低下，事故频发，安全状况令人堪忧，国家现已经意识到这些严重威胁到国家能源安全和国民经济安全与可持续发展的问题，非常重视煤矿企业问题的研究；国家自然科学基金曾将煤矿生产安全问题作为重点的资助研究项目。

作者一直研究中国煤炭能源问题，2007年3月曾作为联合国特邀的中国资源管理专家，并资助参加了亚太论坛，体会了国际能源竞争的残酷性和中国煤炭资源的重要性，探讨了煤炭产业与企业管理复杂性与创新发展问题；所率的研究团队一直致力于煤矿企业组织管理复杂问题的研究，已经做了大量的理论与实证研究案例。目前我国的国有大型煤炭企业，都面临或正在进行企业转型、改制、重构、资源整合等问题，正是研究煤炭企业组织的绝好时机。而且，目前煤矿企业组织管理复杂性研究较少，是一个新的复杂性研究领域。所以，研究我国重要的国民经济发展的支柱——能源型企业组织管理的实际问题，提高煤矿企业组织的管理水平，解决管理效率、生产效率和安全等问题，进行煤炭企业组织管理复杂性理论与实践研究，对煤炭能源产业和国民经济安全和发展具有重要的现实意义。



煤矿作为一个企业系统,矿井系统又是一个人—机—环境复杂系统。在结构上研究,矿井生产系统是全部巷道、设备、地面总体布置等有秩序组合的集合体,矿井系统有开拓方式、开采方式及各个子系统的布置方式,如整阶段连续开拓、分区式开拓、条带式开拓、单水平、上下山等。矿井系统结构有其特殊性,其系统结构复杂,具有特殊的结构,包含着多个相互关联的子系统,整个系统的特性既体现在各个子系统的单独特性上,同时又体现在子系统之间相互关联的特性上;主系统与子系统的联结关系,如复合关系、串联、并联、混联系统等;节点与环节、各生产子系统的复合状态与相互关系、层次等影响系统结构复杂性。煤矿的一个重要特点是环境,宏观、中观主要是经济环境,但微观的生产环境是一个井工系统的环境系统:包括围岩系统、水、火、瓦斯等地质自然系统,以及工作在这个特殊环境下的矿工群体。不确定性、可靠性、安全性等都需要系统设置一定的结构来保证一定的功能,这些无疑都增加了系统的结构与运行复杂性。所以,本项研究交叉与综合性强,难度大;复杂信息的获取和处理与测定使得解决矿井系统结构复杂性的测定十分困难;多样性、异质性和隐喻,不同维次尺度和评价问题,需要建立多维的尺度空间模型进行评价,在理论上具有挑战性与创新性;同时,系统进行煤炭企业组织系统管理复杂性评价尺度的建模研究,在解决复杂性评价尺度的普适性、一致性、可度量性和可操作性等方面,取得突破性、创新性的成果,对推动煤炭企业组织系统复杂性科学研究,丰富管理理论与复杂性科学理论,在研究方法论与研究方法上取得创新和突破,都具有重要的理论意义。

矿工是煤矿企业组织的一个特殊的群体,目前也是被忽略的群体。研究煤炭企业微观管理系统的组织结构、人群关系与生产系统和生态中观环境系统的发展、演化及组织管理系统复杂性建模与测度研究,提高煤矿企业人文系统的可靠性,生产系统的安全性,对构建和谐社会理论与实践,也具有特殊的创新意义。

特别是本项研究除了解决煤矿系统的复杂性研究的问题外,重要的意义在于通过对煤矿系统这个特殊的人—机—环境复杂系统的复杂性测度研究,在理论和方法上的研究的突破,可以为诸如航天、海洋、物探、化工、消防、救护等特殊的人—机—环境复杂系



统的复杂性研究提供理论与方法支持,扩展的意义更为重大。所以,该研究具有非常重要的理论与实践意义。

1.2 国内外研究现状及分析

复杂性研究是新兴科学,可划分为交叉学派、混沌理论学派、系统动力学派、自适应系统理论、结构基础学派等。企业是组织,企业组织作为管理的客体,其表征的属性具有随机性、模糊性、混沌边缘和突现等病定义 (Ill-defined)、尖结构 (Ill-structured) 等复杂性特征,所以企业组织管理是一个复杂性问题。组织管理复杂性研究是在复杂性科学的基础之上产生的一门新的学科,复杂性理论是其重要的理论支柱。关于组织复杂性研究方法和评价、测度方法研究一直是各学派研究的焦点。

从历史的角度分析,贝塔朗菲创立一般系统论标志着复杂性科学的诞生。依据研究对象的变化,可把复杂性科学的发展历史大致划分为 3 个研究阶段:第一阶段,研究存在;第二阶段,研究演化;第三阶段,综合研究阶段。在此过程中,产生了 50 多个复杂性的概念和相应的测度理论与方法。对这些测度概念进行分类和比较研究,可将其大体区分为 3 类:计算复杂性、多样结构性和隐喻性。

自从 20 世纪 60 年代组织是开放系统的观点开始扩散以来,复杂性概念首先在组织理论中出现,产生了以组织内部和组织之间要素的相互作用关系和机理来计算和评价复杂性的复杂性测度方法研究。Etzioni (1961) 描述了组织的复合性特征,Simon (1962) 将复杂系统定义为具有大量相互依赖性和互动组元组成的系统,而 Thompson (1967) 则把一个复杂的组织描述为由相互依赖的组元或组元集组成加上环境相互依存的整体,Hall (1967) 描述组织的规模、复杂性和形式的相互关系,这些研究提出层级的古典观点来测度复杂性。

Klatzky (1970) 则分析了描述组织的规模与复杂性和协同性的



相互关系,提出了协同测度模型;Cohen 与 March 等提出了关于组织选择的垃圾桶模型;Granovetter (1973) 认为从复杂性理论分析出发,指出了组织行为存在着大量的连接和关联的多样性特征;Radner (1975) 提出了组织信息处理与协调与成本递减行为模型,Meyer (1977) 主张解决复杂性组织的规范与制度测度模式。

近年来,人们对组织管理复杂性的内涵认识更加深刻,研究更加深入。Streufert 和 Swezey 于 1986 年著的《复杂性、管理者和组织》一书,论述了组织管理与复杂性关系模型;Vaill、Meyer 和 Granovetter 将组织系统看作是一个复杂的、开放的自适应系统;Scott 和 Pfeffer 认为是与环境进行着耗散和依存关系;刘洪 (2004) 认为复杂适应系统的组织被认为是现代经营环境条件下企业生存的重要形式,形成组织结构变革的复杂适应系统观。Kauffman、韩玉启、冯俊文主张利用吸收组织系统环境的信息并与环境相适应和共同演化和进化,在企业信息化的过程中,提高信息技术与组织绩效的关键在于注重提高技术与企业组织复杂系统之间的适应性;Peter J. Murray (2003) 实证了管理复杂性,论证了复杂性和变化的关系。同时组织可感知复杂性经验性研究提出,如 Ashmos、Meyer 和 Scot 的研究方法,从组织的结构、目标、决策关系和战略等方面,测度评价组织的复杂性维度。一种研究提出,在组织设计中依组元间相互连接的程度来测度组织的复杂性,按照子群体、管理活动程序的耦合关系进行测度,包括 Hall 等人、Kauffman 的组织的协调机制和规范与形式化。Jan H. G. Klabbers 认为复杂自组织系统在个人之间出现,提出面对知识,在大、小规模 of 复杂设计中相互作用模型。David A. Bella (1997) 研究了组织复杂性对人文事件的影响,自组织系统、组织秩序等;Martin Kornberger (2003) 认为在组织空间中产生和激发复杂性,提出了在此空间中构建复杂性建筑的概念;Damian Hodgson (2005) 等分析了组织个人的行为、管理绩效的关系。这些研究因而产生了耗散系统与个体和群体的组织复杂性测度模型。

结构基础学派是由 J. N. Warfield、G Vickers、C. S. Pierce、J. Piaget 等人提出的思想,提出了交互式管理 (Interactive Management, IM)、解析结构建模 (Interpretive Structural



Modeling)、通用的设计科学等方法,用于解决组织管理中的复杂性问题,其复杂性的 20 个定律 (Law)、分类 (Taxonomy)、指标 (Index) 构成了这一派别的核心理论;J. N. Warfield 教授还于 1976 年出版了专著《社会系统:计划、政策与复杂性》,对结构学派的研究方法扩展和社会系统复杂性研究。杨建梅、万江平 (2002) 应用结构学派的复杂性理论进行了复杂性工作程序的研究。达夫特·理查德 (Daft Richard) 和 Lewin 把复杂性看作组织内的活动和次系统的数量,指出它能用三维来度量,垂直维复杂性是组织中层次水平的数目,水平维是由组织必须同时处理的工作项目或横跨组织的部门,空间维为地域位置的数目。Dante P. Martinelli (2001) 强调了系统间和系统与环境间的作用复杂性,指明三个层次最适合组织管理。Sue Hignett (2003) 用人因工程学的观点,研究医疗组织尺度与复杂性的关系,三个管理层次——管理层、职员层和患者集聚的门诊层的组织结构复杂性问题。YaLi 和 XibinLi 则将复杂社会系统分解为政宪体制、组织结构和运行规范三个层次提出了复杂社会系统的三阶段设计方法。这类研究形成了结构学派的复杂性测度理论体系。

系统动力学流率基本入树的复杂系统结构建模理论和方法,就是利用行列式、矩阵代数方法计算出系统模型全部反馈环,将复杂的网络结构流图转化为简单的树结构模型,将树结构模型转化为线性代数的行列式、矩阵计算问题,来解决系统反馈动态性复杂结构分析的问题;Kiel (1994) 运用非线性动力学方法研究社会系统混沌和隐序现象;一些研究分析组织领域中的变化和复杂性的动力学特征,如组织的设计与优化,创新和进化,企业创新过程描述的复杂性测度模型,如创新组织高度柔性、结构高度扁平化、有机适应性和组织复杂性等特性模型。斯泰西、孟晓飞等通过对原始创新、技术创新与市场创新三类创新的分析,并根据巴斯德象限,提出了分析科技推动经济与社会发展的框架;然后利用这一框架深入分析了创新系统的结构及其动力;同时近年发展的应变管理理论,出现类似的系统动力学派的测度理论与研究方法。

自然科学学派认为复杂性来源于混沌,因而可以依据系统的混沌性,即混沌度来判别和度量复杂性。对于经济系统混沌性有定性



判别和混沌程度的定量判别：定性的判别主要是混沌系统的本质特征，如积用效应、奇怪吸引性、不可叠加性、非周期性、结构自相似性、分形性等性质；对连续系统混沌判定定量的判别方法主要是依据李-约克定理（Li-York）、沙可夫斯基定理和根据时间序列判定混沌的方法等来度量企业组织的耗散复杂性。Malaska 和 Kinnunen（1986）研究指出了组织决策能导致存储问题的混沌、无序和意外的结果；C&CT（Chaos and Complexity Theory）提出的研究方法在组织与管理复杂性研究的实践及应用混沌学的方法研究组织管理的复杂性问题。

钱学森、于景元等于 1990 年提出了开放的复杂巨系统的概念，1992 年又提出了从定性到定量综合集成研讨厅体系的复杂性测度理论与方法。

计算机技术的发展给复杂性研究提供了先进的工具，到目前模拟与仿真的研究方法利用描述组织复杂性计算机模型进行复杂性计算，如元胞自动机、神经网络和演化模型算法、遗传算法、演化博弈与均衡分析、模拟退火算法和仿真的 NK 模型等。

近年来，模型越来越复杂，理论的交叉与综合性越强，组织管理复杂研究上升到组织的合作、学习型组织、知识和信息管理基于组织规则的组织学习分析和认知科学的知识维度的研究层次，Carley、McMaster 就提出了组织的任务、资源、知识和人类认知的复杂性，并指出其建立数学分析和求得解析解，来测度复杂性。

同时，企业、组织与管理形式的变化带来研究的深入与变化，如虚拟组织、网络组织和混合组织的发展，使相应的管理复杂性研究应用于这些领域，如周健、李必强（2004）供应链网络是一个复杂适应系统，具有涌现、自组织、动态、非线性和演化等特征；Ryu 等、Warnecke 提出了分形工厂和分形公司的模型；Robert Spencer（1999）跨国公司混合组织供需关系的复杂性测度；胡笑寒、万迪昉（2003）针对网络环境下组织复杂性的“主观—代理”问题，识别组织复杂性的特征，建立了包含混沌理论、自组织理论、组织生态论等测度组织复杂性的理论体系；进一步构建了组合运用离散数学、随机过程和多元统计等多种方法，结合现代计算机工具包括神经网络及其他人工智能技术的方法体系，为组织复杂性