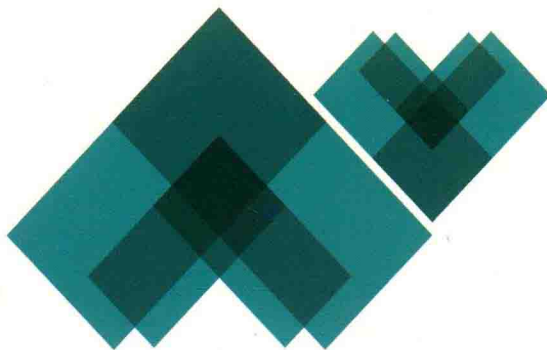


环境经济

系统动力学仿真与预警管理研究

HUANJING JINGJI XITONG DONGLIXUE FANGZHEN YUYUJING GUANLI YANJIU

陶建格 何 利 / 编著



中国环境出版社

中原工学院学术出版基金资助

国家自然科学基金（项目编号：71173248）

环境经济系统动力学仿真与 预警管理研究

陶建格 何 利 编著



中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境经济系统动力学仿真与预警管理研究/陶建格, 何利编著. —北京: 中国环境出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5111-2719-8

I. ①环… II. ①陶… ②何… III. ①环境经济系统—系统动力学—系统仿真—研究②环境经济系统—系统动力学—预警—研究 IV. ①X196

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 038349 号

出 版 人 王新程
责任编辑 孔 锦
责任校对 尹 芳
封面设计 岳 帅



出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67187041 (第一分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷	北京中科印刷有限公司
经 销	各地新华书店
版 次	2016 年 8 月第 1 版
印 次	2016 年 8 月第 1 次印刷
开 本	787×960 1/16
印 张	12.25
字 数	204 千字
定 价	59.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

课题组

课题主持人:

陶建格	中原工学院	博士	副教授
-----	-------	----	-----

课题组成员:

何利	河南工程学院	博士	讲师
周纪昌	中原工学院	博士	教授
杨俊	中原工学院	博士	副教授
卢亚丽	华北水利水电大学	博士	副教授
吴慧欣	华北水利水电大学	博士	副教授
蔡海霞	中原工学院	博士	讲师
李新杰	中原工学院	博士	讲师
赵卫旭	中原工学院	硕士	副教授

课题组顾问:

沈镭	中国科学院地理科学与资源研究所	研究员	博士生导师
薛惠锋	西北工业大学	教授	博士生导师
梁戈夫	广西大学	教授	博士生导师

鸣谢课题支持专家:

董会忠	山东理工大学	博士	副教授
张强	西北师范大学	博士	副教授

摘 要

工业革命以来,随着科学技术的进步和生产力发展水平的提高,人们创造了前所未有的物质财富,推动了社会文明进步。但与此同时,生态破坏、环境污染、水资源短缺、气候变暖等问题敲响了人类生存与发展的警钟。历史经验告诉我们,生态兴则文明兴,生态衰则文明衰。习近平同志强调:“要正确处理好经济发展同生态环境保护的关系,牢固树立保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就是发展生产力的理念。”这揭示了一个朴素而又深刻的道理——生态环境也是生产力。

本书把环境与经济协调发展放在研究的核心位置,特别是区域可持续发展问题上。内容包括环境系统与经济系统的关系,当前经济规模与结构对水环境、大气环境、土壤环境、生态环境的影响,研究环境经济系统结构、相互作用机理和预警管理机制,使经济发展回归生态文明理念下的可持续发展轨道上来。

本书研究基于系统方法论,构建区域环境经济复合系统的系统动力学模型,运用系统动力学软件 VENSIM 进行环境经济复合系统的演化仿真,运用社会系统控制论探讨经济社会发展规划的演化仿真结果,通过对比不同环境政策情况下环境经济预测,为选择科学的可持续发展道路提供理论支撑。

本书的主要内容包括:

(1) 全面梳理国内外环境经济相关文献,界定本书研究的环境经济复合系统相关概念簇,结合逻辑分析与系统分析,构建了环境经济复合系统研究框架。

(2) 根据对环境经济复合系统研究的需要,本书确定了系统分析方法,分析环境经济复合系统的要素、结构、特点和相互作用,分析了环境经济复合系统中要素的反馈机制、系统的演化模式——logistics 曲线。

(3) 运用系统动力学理论,对环境-经济复合系统要素反馈关系进行分析。项目研究了环境经济系统的特征和生产过程理论,基于 PSR 模型,分析环境经济

系统要素的动力学反馈关系，并建立多层次的系统动力学模型。

(4) 运用计量经济学理论，研究了我国经济增长与环境污染的绿色经济增长理论模型，并对中国经济增长与环境污染排放进行实证分析，定量分析经济增长与环境污染的关系；同时，研究了我国经济增长与资源的相互作用关系，并对中国经济增长与中国能源消费和能源生产进行协整分析，定量分析了经济增长与能源支持的关系。

(5) 陕西省环境承载力仿真研究、河南省环境经济系统动力学仿真研究。建立陕西省环境承载力系统模型、河南省环境经济系统动力学模型，对相关变量的子系统进行定量研究，进行陕西省环境承载力系统动力学仿真与调控研究，进行了河南省环境经济系统动力学仿真与调控研究，探讨不同策略方案情形下环境经济系统演化，提出对策建议。

(6) 提出了 REE 复合系统的管理机制模型，并运用博弈论对作用关系进行分析，提出复合系统管理的方法、工具，运用信息系统理论，建立 REE 复合系统的决策管理支持信息系统模型。

关键词：系统动力学；云模型；环境经济系统；仿真；预警管理

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及研究的目的和意义.....	1
1.2 国内外研究现状及发展动态分析.....	2
1.3 研究的总体思路及研究方法.....	9
第 2 章 环境经济系统仿真研究理论基础.....	12
2.1 环境经济系统.....	12
2.2 云模型概述.....	15
2.3 系统动力学及 VENSIM 软件	23
第 3 章 环境经济系统动力学分析	39
3.1 环境经济与可持续发展.....	39
3.2 环境经济系统动力学分析.....	46
第 4 章 基于云模型环境经济系统要素关系模型.....	62
4.1 经济系统与环境系统协调模型.....	62
4.2 基于云模型的环境经济系统评价与优化控制模型.....	71
4.3 经济系统与自然资源协调模型.....	78
第 5 章 陕西省环境承载力系统动力学模型仿真.....	89
5.1 环境承载力系统因果关系图.....	89
5.2 系统模型变量.....	90

5.3	子系统模型及函数关系.....	96
5.4	环境承载力评价指标与评价模型.....	106
5.5	系统仿真与调控.....	114
第 6 章	河南省环境经济系统动力学模型仿真.....	126
6.1	系统因果关系反馈图.....	126
6.2	子系统模型及函数关系.....	127
6.3	系统仿真与调控.....	134
第 7 章	环境经济系统预警管理研究.....	146
7.1	基于 WSR 方法论的环境经济预警分析	146
7.2	陕西省环境经济预警评价的原则和思路.....	157
7.3	环境经济系统预警管理.....	166
7.4	环境经济系统管理对策与建议.....	173
参考文献		181

第1章 绪论

1.1 研究背景及研究的目的和意义

全球资源环境问题已经引起世界各国的极大关注，达成“后京都协议”的挑战也加剧了人们对环境治理的认识^[1]。工业革命以来，随着经济增长和技术进步，人类社会物质财富的创造能力达到了前所未有的高度。随着经济增长和消费水平的提高，人类对环境的不合理开发利用及破坏导致环境退化、资源耗竭和全球变暖，人类进一步发展受到严重制约，赖以生存与发展的自然环境面临威胁。改革开放以来，我国经济社会发展取得了举世瞩目的成就，但由于经济增长建立在高消耗、高污染的传统发展模式上，一些地区以牺牲环境为代价实现经济增长，使我国出现了比较严重的环境污染和生态破坏，资源利用、环境保护面临的压力越来越大。发达国家上百年工业化过程中分阶段出现的环境问题在我国已经集中出现^[2]。新时期，我国提出了构建和谐社会，开展资源节约型和环境友好型社会建设^[3]。

在学术领域，自1956年美国麻省理工学院福瑞斯特（Jay W. Forrester）创立系统动力学（system dynamics, SD）以后，系统动力学作为系统科学的一个分支，一门分析研究信息反馈系统的学科，在认识与解决复合系统问题，沟通自然科学与社会科学方面发挥了重要作用^[4]。系统动力学在环境与经济社会系统中的应用研究自世界模型Ⅱ、《世界动力学》《趋向全球的均衡》等成果开始^[5]，其已经在全球变暖、水资源保护、能源开发利用等领域取得了丰硕成果。在中国，复旦大学王其藩教授、河海大学王慧敏教授等取得了一系列相关研究（包括多项国家自然科学基金）成果^[6]。自1995年李德毅院士提出了“隶属云与语言原子模型理论”

以来,云模型理论在智能控制与数据挖掘方面得到应用,并显示出其优越性,云模型作为定性表达与定量转化的重要研究前沿,有助于解决环境经济复合系统要素时、空、量、序表示和定性与定量的转化与分析等一系列问题^[7]。

通过对社会-生态关系及各种行动的相关权衡的定量化,可较好地预测其行动的影响(Carpenter et al., 2009)^[1]。本书认为经济发展和环境保护的关系是建设资源节约型、环境友好型社会的理论基础,以环境和经济作为要素的复合系统要素和谐是建设“两型”社会的基本保证,本书以研究环境-经济复合系统为研究对象,以基于云模型的复杂系统动力学仿真研究为手段,研究复合系统的预警管理,具有重要意义。

1.2 国内外研究现状及发展动态分析

1.2.1 关于系统动力学及其在环境-经济复合系统领域应用的研究

系统动力学的理论研究领域:运用数学理论对系统动力学的理论、方法进行验证。从数学上建立系统动力学的公理体系,提出分析复杂系统一般特性的原则,运用组合拓扑理论新的观点方法分析系统的结构特性,汲取其他系统学科,如非平衡理论、突变理论的概念研究复杂系统结构的稳定性及复杂系统动态行为的非连续性,系统动力学的混沌行为模式频谱、特征根分析判别复杂系统反馈回路、参数与结构优化等。借助系统动力学,对非线性复杂系统的非平衡、分岔、混沌等特性在社会、经济、生物与环境等系统的研究中取得了丰硕成果^[7]。

自 J. W. Forrester 运用系统动力学构建世界模型,发表《增长的极限》以来,系统动力学在资源、能源与生态环境可持续发展问题的研究上已经取得了丰硕成果^[9]。美国系统学家 J. W. Forrester 和 D. H. Meadows 利用系统工程原理和系统动力学方法,构筑了一个全球范围内人口增长、工业发展、环境污染、粮食生产和资源消耗等要素相互联系、相互制约的世界模型,通过系统仿真对世纪之交的全球发展状况做定量预警,以世界模型 II 为基础发表了《世界动力学》(World Dynamics, 1971),以世界模型 III 为基础发表了《增长的极限》(The Limits to Growth, 1972),以及《趋向全球的均衡》等成果^[10]。Roger F. Naill 于 1992 年构

建并研究了美国能源供需的系统动力学模型和用于分析国家能源政策的研究工作,并提出一系列可持续发展的战略性对策,为美国分析评估了8组不同的能源政策、减少温室气体排放的潜力和所需的相应代价。英国爱丁堡大学马尔可·史勒瑟(M. Slesser)教授提出 ECCO (Evolution of Capital Creation Options) 模型,来综合反映人口、资源、环境与发展相互关系的研究方法,采用系统动力学方法,综合考虑人口资源环境与发展之间的关系,模拟不同发展策略下人口变化与承载力之间的动态变化,把承载力研究与持续发展策略相结合,强调长期性和持续性,为制订切实可行的长期发展计划提供了一条行之有效的途径。最初的 ECCO 模型是肯尼亚国家模型,建立于 1984 年,是联合国资助的承载力评价课题,此后, ECCO 模型不断改进和完善,形成了 ECCO 软件^[11]。H. C. Guo 等(2001)运用系统动力学研究了区域可持续发展战略制订与管理问题^[12], Durga. R. K (2005) 运用系统动力学研究了水资源的优化利用问题^[13-14],在国外,系统动力学已经在资源环境经济复杂系统研究领域得到了大量应用,来仿真资源利用和环境保护与经济社会发展的演化和生态经济系统的可持续发展问题。

近年来,国内在这方面的研究文章已有数百篇、自然基金研究项目十多项,相关博(硕)士论文几十篇,研究内容主题涉及经济发展、人口增长与环境、生态、资源承载力问题、能源发展问题、海洋生态问题、水土保持问题等。马世骏、王如松于 1984 年提出城市是一类以人类的技术和社会行为为主导,生态代谢过程为经络,受自然生命支持系统所供养的“社会-经济-自然复合生态系统”^[15-16], 2010 年起,王如松教授从事管理科学部支助自然科学基金项目“产业生态系统管理机制与方法研究”(71033005/G0312)研究;以北京大学叶文虎教授为首的科学群体提出的“三种生产”理论认为:人和环境组成的世界系统,在基本的物质运动的层次上,可以抽象为由三种“生产活动”——物质资料的生产、人口生产和环境生产呈环状联结成的一个反馈系统,任何一种反馈不畅即会危害世界系统的持续和发展,反过来说,人和环境这个反馈系统的可持续能力取决于三种生产之间的和谐程度^[17];复旦大学王其藩教授构建了系统动力学的全国模型,以环境经济反馈系统为主体,研究了反馈环的灵敏变量和变量,并就灵敏变量的政策应用进行了分析^[18]。魏一鸣等 2005 年出版的《中国可持续发展管理理论与实践》中,把可持续发展系统综合集成为人口(population)、资源(resource)、经济

(economy)、环境(environment)与科学技术(science & technology)五个子系统,将人与人类的社会经济活动为一方,以人类赖以生存发展的资源 and 环境为另一方,将科技子系统作为实现对立双方相互融合、相互协调的支撑平台,构成动态开放的 PREEST 复合巨系统,剖析了系统内的作用机制,分析了系统演化过程,建立了综合评价指标体系,并研究了中国可持续发展模式的优化。

目前,系统动力学在环境经济问题研究上,对变量定性问题及其量化缺少有效的科学方法,更多借助于统计学方法与专家判断;在系统演化过程中,系统动力学研究在同一结构下系统的动力学行为和不同结构之间的进化缺少科学的判断手段。

1.2.2 关于云模型的相关研究

李德毅院士于 1995 年提出云模型理论,发表了“隶属云语言原子模型”一文,采用期望(Ex)、熵(En),以及超熵(He)来描述某一定性概念,并将其作为该概念的定性描述与定量描述之间的转换模型^[7]。云模型在统计数学和模糊数学的基础上,统一刻画了不确定性语言值和精确数值之间的随机性和模糊性,实现了定性语言值和定量数据之间的自然转换。目前基于云模型的云技术已被成功地应用于智能控制、大系统效能评估和数据挖掘中^[19]。在进行空间数据挖掘时,空间数据的不确定性是不可避免的,它主要是由随机性、模糊性、不完备性、未确知性等多种要素综合引起,并受粒度、尺度、抽样等因素的综合影响,位置不确定性与属性不确定性是空间数据不确定性的基本内容,抑制空间数据不确定性主要有数据采集和认知两种技术方向,空间数据不确定性的减少与数据的增加并不等价,在研究空间数据不确定性时,概率论和数理统计具有“硬计算”的不足,模糊集的隶属函数固有不彻底性,粗集含有局限性,GIS 数据模型存在缺陷,灵敏度分析本身也有困难,最好方法是自然语言,自然语言中含有随机性和模糊性的定性值和定量值之间的相互转换,是空间数据挖掘的研究热点。云模型汲取了自然语言的优点,能在空间数据挖掘中兼顾随机性和模糊性,在用语言值表示的定性概念与其定量表示之间建立起定性和定量间的相互映射关系^[20]。

在智能控制研究中,张飞舟等针对智能控制中经典的倒立摆系统通过引入基于云的不确定性推理与控制机制,较好地解决了三级倒立摆控制系统的稳定问题^[21];

高健等提出了一种新型的云模型控制器建模模型,该模型不要求给出被控制对象的精确数学模型,仅依据人的感觉和逻辑判断,将人的自然语言表达的定性控制经验通过云模型转化到语言控制规则器中,实现控制映射^[22];智能控制领域虽然已经取得一些较好的研究成果,但设计出更加稳定、可靠的云规则生成器还有待进一步研究。

在复杂算法研究中,戴朝华提出云遗传算法(CGA),CGA采用实数编码的方式,沿用遗传算法交叉和变异操作,CGA充分利用云模型的特点,倾向性搜索过程可逐步向最优值靠近^[23]。张光卫提出基于云模型的进化CBEA,CBEA所采用的进化繁殖策略在每一代个体中选择出 m 个最优个体,然后让这些个体独自产生一个小的子种群,子种群中的个体数目与亲代个体的适应度相关,其基于“当前优秀个体周围往往存在更加优秀个体”的搜索经验,在进化过程中控制熵(En)和超熵(He)逐步缩小搜索空间来靠近最优值^[24]。赵志强提出学习算子的自学习进化算法,并将正态云模型引入进化过程中,提出云学习算子和基于云学习算子的自学习进化算法,仿真试验表明,该算法具有精度度高、收敛速度快等优点,能在很大程度上解决现存进化算法的低效问题^[25]。云模型与复杂系统在人工智能研究领域已经取得了相当丰富的研究成果,但目前的研究成果还没有涉及从系统整体性与涌现性角度出发,从系统应用云模型解决环境-经济复合系统演化与预测中的定性定量转换问题,时、空、量、序的维度表示与转换,我们研究认为,云模型与系统动力学结合将有效提高复杂系统演化与预测中存在的信度和效度,为解决诸如此类问题提供一种新的科学方法。

1.2.3 可持续发展及其预警管理研究

可持续发展的实质是时、空、量、序四维度上的系统发展。英文“development”是指一种渐进的有序的系统发育和功能完善过程。其发展的对象是由人口、资源、环境组成的人类生态系统。其科学问题的实质可分为三个层次:一是认识论层次,如何去把握系统的生态学实质,揭示其复杂的动力学机制与控制论规律;二是方法论层次,如何去辨识系统的结构、功能与过程,如何测度系统的复杂性、多样性和可持续性;三是技术管理层次,如何去组织、协调与建设可持续的生态技术、生态体制与生态文化。可持续发展是以保护自然资源环境为基础,以激励经济发

展为条件,以改善和提高人类生活质量为目标的发展理论和战略,强调发展的可持续性,人类的经济和社会的发展不能超越资源和环境的承载能力^[26]。

中国科学院谷树忠、姚予龙研究了国家资源安全问题,分析了国家资源安全的主体目标导向性、实现过程可控性、发展深化的长期性、空间层次差异性和系统内外互动性等特性,构建了包括社会、经济、资源、生态环境、政策法律等子系统在内的国家资源安全的系统分析框架,运用 PSR 模型,进行了国家资源安全系统动力学分析,研究了国家战略性资源安全态势综合评价中的指标遴选、耦合^[27]。国家环保总局王金南、吴舜泽等研究了国家环境安全问题,采用 DSR 方法,提出了国家和地区环境安全的“五层四维三度”复合指标体系,预测中长期国家环境安全的压力,并针对具体空间领域(南水北调东线区域)研究开发关于水环境的预警系统^[28]。河海大学王慧敏(2007)以系统方法论为基础,研究了流域和区域资源-环境-经济复合系统的分析方法,系统的组织及演化模式,运用静态与动态相结合开展了复合系统的诊断预警研究^[29]。中国科学院傅伯杰等对生态环境预警理论与方法进行了长期研究,在农村生态环境预警等上取得一定成果^[30]。西北大学高凡等(2007)采用层次分析法,建立可持续预警指标体系及预警模型,确定警界划分标准以及相应的警情信号系统,从定量的角度度量陕西省可持续发展状态^[31]。目前,在环境经济系统预警管理研究中,复合系统在同一结构下系统的动力学行为和不同结构之间的进化还没有有效判断方法,本书考虑借助系统动力学的反馈回路,发挥长鞭效应,搜寻反应结构变化的时、空、量、序变量,以及放大后的中间变量,利用云模型寻找变量变化规律,搜寻结构变量涨落点,使预警管理研究方法更科学和有效。

1.2.4 环境安全相关研究

环境安全是在环境问题日益加剧和恶化的背景下提出来的。生态环境恶化引起生态灾难和环境破坏,区域性、单要素环境问题通过积累、叠加和扩散,逐渐发展成为全球性、复合型的环境安全问题,严重威胁人类社会的生存、发展和安全^[32]。人类社会生存与发展的角度看,环境安全问题是人类社会“继续生存还是自我毁灭”的问题,是一个比经济安全乃至国家安全更严峻的安全问题^[33]。1977年,美国著名环境专家 Lester R. Brown 在《建设一个持续发展的社会》一书中对

环境安全进行了专门论述,并将环境问题纳入国家安全和国际政治范畴^[34]。1987年,世界环境与发展委员会出版《我们共同的未来》,对环境安全问题作了比较全面的介绍^[35]。1992年,联合国环境与发展委员会通过《21世纪议程》,阐明了环境安全概念已经扩展到经济、政治、社会性的安全。此后,世界各国对环境安全问题给予了高度关注。美国在1991年公布的《国家安全战略报告》中,提出环境安全是国家安全的重要保障,将环境安全列为国家安全的一个重要组成部分。美国国防部、能源部、原环境保护局等部门,相继完成了《环境安全:通过环境保护加强国家安全》^[36]《环境变化和安全项目报告》^[37]等研究报告。德国外交部、环境部、经济合作部于2000年完成《环境和安全:通过合作预防危机》研究报告。加拿大、英国、比利时、日本等国家,北约、联合国等一些国际组织和私人基金也开展了环境安全研究。中国在2000年12月发布的《全国生态环境保护纲要》中,第一次明确提出“维护国家生态环境安全”的目标,将国家生态安全定义为“一个国家赖以生存和发展的生态环境处于不受或少受破坏与威胁的状态”,并认为生态环境安全是国家安全的重要基础。2003年,原国家环保总局组织完成了《国家环境安全战略研究报告》^[38]。同年,科技部下达了“国家环境安全及其环境管理支撑体系”研究项目,由中国环境规划院、中国环境科学研究院、清华大学等单位联合研究,结合中国环境安全的实际情况和相关数据,对环境安全评估^[39]、环境安全管理、环境安全预警^[40]、环境安全战略保障等具体问题进行了研究。当前,各国在积极应对金融危机和经济复苏的同时,也在采取各种措施,谨慎防范经济危机可能带来的环境危机。

环境安全是一个多学科交叉的新兴研究领域。目前,学术界对环境安全的认识还没有形成共识,来自不同学科领域的学者对环境安全研究视角各不相同。

(1) 基于传统安全视角的环境安全研究

该研究视角将环境问题引入军事安全、国家安全、地区安全等传统的安全领域^[41]。如 Homer-Dixon 对生态退化、环境资源缺乏与暴力冲突的关系进行研究^[42]; Mirian R. Lowi 讨论了环境与安全的关系^[43]; Dupont 对亚太地区环境安全进行了研究^[44]; Porfiriev, Allenby, Arethporter 等认为环境问题是一种新的国家安全威胁^[45]; Westing 认为环境问题与其他传统安全因素耦合引发地区冲突和难民问题^[46]。国外部分学者认为中国环境问题一旦诱发,必将超过国界,成为全

球性的环境安全问题^[47]。国内杜玉华、文军^[48]、程漱兰^[49]等学者认为环境安全就是国家的环境的安全,环境问题的研究是国家安全领域研究的重要内容。

(2) 基于环境视角的环境安全研究

该研究视角是在环境科学领域内引入安全的概念,重新审视、思考和研究那些严重威胁人类社会生存发展、严重危及人类赖以生存的自然环境系统的安全问题,以区别于其他一般的环境问题。自 Lester R. Brown 提出环境安全概念后,国际上对环境安全概念和地位^[50,51]、环境安全与生态安全关系^[52]、全球环境安全^[53]、国家环境安全^[54]、环境安全理念^[55]等问题进行了研究。国内,张勇^[32]对环境安全基本概念和基本理论进行了分析;刘钟龄^[56]对黑河下游绿洲资源环境安全进行了有针对性的研究;曲格平^[57]认为,环境安全包括防止由于生态环境退化对经济基础构成威胁,以及防止由于环境破坏和自然资源短缺引发人民群众的不满两层含义,特别是环境难民的大量产生,从而导致国家的动荡。

(3) 基于生态视角的环境安全研究

这一视角是在生态学领域引入安全的概念,其安全主体是非人类的其他事物,或是人类赖以生存的自然生态环境。包括生物安全、生物多样性安全、景观安全等内容。生态安全有广义和狭义之分,狭义的生态安全研究主要关注非人类的生物和生态系统的安全问题,而广义生态安全在狭义的基础上把人类社会安全考虑在内^[58]。广义的生态安全与环境安全研究有一定的交叉重叠,在概念界定上也有一些不同的见解,有的学者还把环境安全称为“绿色安全”或“生态安全”,生态安全本身及其与环境安全的关系,都有待进一步探讨。

(4) 基于社会政治视角的环境安全研究

蔡守秋^[59]认为环境安全包括劳动环境、生活环境和生态环境的安全,以及环境问题在传统的国家安全和军事活动领域的反映,将环境安全分为生产技术性的环境安全和社会政治性的环境安全。蔡守秋从环境资源法学的基本理念角度,对环境正义与环境安全进行了论述,认为维护生态安全、环境安全是对环境正义和环境秩序的起码要求^[60]。

另外,针对具体区域的环境安全问题,还展开了国家环境战略、环境安全评估、环境安全保障等环境安全实例应用研究。美国 Woodrow Wilson 中心,每年都会出一份《环境变化和安全项目报告》,对全世界各个国家的环境安全状况予以关

注。国内邵东国^[61]等以甘肃省河西走廊疏勒河流域为例,建立了基于神经网络的生态安全预警模型;文传甲^[62]对三峡库区农业生态系统及农业生态经济系统进行预警分析;邹长新对内陆河生态安全预警研究并以黑河为例具体做了分析^[63]。

从现有研究来看,不同领域专家学者对环境安全的理解和关注点各不相同,环境安全的理论研究仍处于起步阶段,对环境安全的管理实践工作也处于探索阶段。总结环境安全研究存在的问题,主要可以归结为:

(1) 不同领域的研究者,对环境安全概念、内涵的界定不尽一致,存在较大分歧;

(2) 缺乏系统的理论框架,虽然对环境安全的概念、管理方法、安全战略等进行了大量研究,但是由于缺乏对环境安全的系统认识,没有形成从认识问题、分析问题到解决问题的系统框架,现有研究呈现零散、不规范状态;

(3) 对环境安全管理尤其是预警管理等重点问题研究不够,对环境安全状态的模型分析和定量研究等,还停留在对安全现状的静态评价阶段,对于长期动态安全状态预警研究很少,尤其是新的智能预警方法在环境安全领域没有得到应用;

(4) 对于主要环境管理制度如环境立法,从环境安全的角度研究较少,缺乏环境安全管理和环境立法的有机结合。尤其是对环境安全从系统认识到预警分析到环境立法缺乏通盘考虑。

环境安全是一个开放的复杂巨系统,对环境安全的研究是一项典型的复杂系统工程。因此,立足系统思维,利用系统工程理论和方法,才能更加全面地理解和把握环境安全的系统本质,探索环境安全管理新方法,提出保障环境安全的可行战略,实现对环境安全的系统研究。

1.3 研究的总体思路及研究方法

1.3.1 研究方案

本书拟采取系统工程解决问题的研究方案(系统分析),即确定研究目标、提出研究前提、建立研究基础、解析研究主体、实证研究、给出研究结论。按照该思路,以研究的系统分析为基础,运用系统建模理论和方法,确定研究框架和研