

ZIYUAN-HUANJING-JINGJI
FUHE XITONG ZHENDUAN YUJING
FANGFA YU YINGYONG

资源-环境-经济

复合系统诊断预警 方法与应用

王慧敏 仇 蕾 著



科学出版社
www.sciencep.com

资源-环境-经济复合系统 诊断预警方法与应用

王慧敏 仇 蕾 著

国家自然科学基金资助项目
(项目编号: 50379009, 70471083)

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书从理论、方法和实证三个方面系统地研究了资源-环境-经济复合系统诊断预警问题。作者以复杂系统科学为方法论,以水资源问题为导向,研究流域或区域资源-环境-经济复合系统的分析方法、系统的组织及演化模式,从新的视角运用预警方法,通过“正面”的诊断与“反面”的预警,静态与动态相结合的方法开展复合系统的诊断预警研究。本书还提供了4个应用工程案例,包括对淮河流域、江苏省资源-环境-经济复合系统、江苏省水资源承载力、陕西省生态经济系统的诊断预警研究。

本书可作为高等院校信息类、经济管理类、资源环境类等相关专业生的参考书,也可供相关科研单位、管理部门及决策部门的科技、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

资源-环境-经济复合系统诊断预警方法与应用/王慧敏,仇蕾著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018565-5

I. 资… II. ①王… ②仇… III. ①资源经济-预警系统-研究 ②环境经济-预警系统-研究 IV. F062.1 X196

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 019651 号

责任编辑:鞠丽娜 / 责任校对:赵 燕

责任印制:吕春珉 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年3月第 1 版

开本: B5 (720×1000)

2007年3月第一次印刷

印张: 13 3/4

印数: 1—2 500

字数: 280 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8002 (BF08)

前 言

如何协调人与自然的关系以实现人类社会可持续发展,是当代科学研究的前沿领域之一。摒弃以高消耗、高污染以及一系列社会、资源、生态环境问题为代价的发展模式,探讨如何统筹人与自然的和谐协调发展,走出一条适合我国国情、符合客观规律的发展道路,已经成为我国经济、社会发展所面临的重大课题。

自然环境是指客观存在的物质世界中同人类、社会发展相互影响的自然环境因素的总和,自然环境中可以用于生活和生产的物质称为自然资源,自然资源与自然环境处于紧密联系的资源-环境系统之中。人类自身也是环境的产物,人类社会、经济活动对资源、环境施加了广泛而深刻的影响,特别是随着人类活动程度的加剧,使得资源-环境-经济这一复合系统日趋复杂化。

长期以来,我国人与自然的关系相对紧张。随着我国经济社会的快速发展,人与自然的矛盾日益突出,集中体现在人与资源和人与环境两个方面。主要表现是:① 人口众多,资源有限,不合理的利用方式加剧了资源短缺程度;② 自然环境脆弱,工业化进程加快,治理不足,人与环境矛盾日趋尖锐;③ 环境严重污染,对人体健康构成危害。因此,应充分认识到协调我国人与自然关系的紧迫性和必要性。

人与自然的相互作用置于资源-环境-经济复合系统之中的研究,始于 19 世纪 30 年代,从早期资源环境约束下经济增长的发展观演变到今天的人与自然和谐的可持续发展观。在以人与自然协调为时代特征的时期里,资源-环境-经济复合系统的研究,在本质上是对其协调性的研究。只有基于协调理念,复合系统才能良性运作和发展。

资源-环境-经济复合系统是由资源、环境、经济三个子系统相互促进、相互制约而构成的开放的、动态的复杂巨系统。资源-环境-经济复合系统是将其视为一个人与自然相互作用的系统,系统内自然、经济、社会和政治因素是相互联系的。系统的协调发展有赖于资源的承载能力、环境缓冲能力、经济的生产能力、社会的需求能力、管理的协调控制能力的提高,以及各种能力的相互适应。这种系统的观点所要求的发展必须是全面的发展。

如何描述复合系统可持续协调发展的状态、发展程度和发展趋势,是一个至关重要又不能回避的问题。以往的可持续协调发展定量研究,一般是建立一套能度量发展的指标体系,采用合适的评价方法,并通过这些指标体系来表征可持续协调发展的状况以及评价发展模式是否具备可持续性。目前来看,这一步仅是对复合系统可持续协调发展的初步“诊断”(评价)阶段。这种诊断主要是从正面对其特征进行评价,是正面的、静态的,反映的是复合系统某一时段(或某一时点)的情况。实际上,可持续协调发展是一个动态过程,只从正面的角度来看其

发展情况是不全面的。

所谓预警是对发展进程偏离期望状态的警告，既是一种分析方法，又是一个对发展进程进行监测预警的系统，不是一般情况的预测，而是特殊情况的预测，不是一般的预报，而是含有参与性的预报，不是从正面分析，而是从反面分析。这为我们进行复合系统定量研究提供了一种方法和思路。

基于上述认识，我们以复杂系统科学为方法论，以水资源问题为导向，研究了流域或区域资源-环境-经济复合系统的分析方法、系统的组织及演化模式。我们从新的视角，运用预警方法，通过“正面”的诊断与“反面”的预警，静态与动态相结合的方法来开展复合系统的诊断预警研究。在此基础上，我们将近年来的研究成果整理出版，希望能为从事复杂系统理论研究，进行可持续协调发展评价，制订社会、经济、环境综合发展决策和规划应用工作的有关人员提供参考和帮助。

本书围绕资源-环境-经济复合系统诊断预警开展讨论和介绍。全书共分8章。第1~4章侧重于阐述理论与方法，第5~8章侧重于介绍应用与实践。理论方法部分对资源-环境-经济复合系统诊断预警的基本理论、方法进行了较深入的分析，重点分析介绍资源-环境-经济复合系统免疫诊断预警机制以及动态诊断预警、静态诊断预警和智能诊断预警方法。实践应用部分有4个应用工程案例，包括对淮河流域、江苏省资源-环境-经济复合系统、江苏省水资源承载力、陕西省生态经济系统的诊断预警研究。

近年来，我们的科研工作得到国家自然科学基金（项目编号：50379009，70471083）、教育部“优秀青年教师资助计划”、水利部“948”计划、江苏省软科学重点计划以及企事业单位的委托等项目的资助，并获得省部级科技进步二等奖2项，通过省部级科技成果鉴定3项，在诊断预警研究和实践方面积累了较多的心得体会。本书的写作是在以上工作经历的基础上完成的。

在本书写作过程中，中国科学院数学与系统科学研究院陈敏研究员给予了很大的帮助，并提出了许多修改意见，在此向他表示衷心的感谢。

感谢陈军飞博士，承担了第7章的写作初稿。感谢佟金萍博士、陶立硕士、刘高峰硕士、吴铭峰硕士为本书的出版所做的大量工作。

在本书的编写过程中参考的大量文献资料已尽可能一一列出，但由于文献资料较多，疏漏在所难免，在此表示歉意，并向所有的参考文献作者表示衷心的感谢。

限于作者水平，书中难免存在差错和不完善之处，恳请广大读者批评指正。

王慧敏

2006年10月1日

于河海大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 关于复杂系统	1
1.2 复合系统的协调发展	4
1.3 复合系统诊断预警及研究进展	7
1.4 本书内容	12
第 2 章 资源-环境-经济复合系统分析	14
2.1 复合系统特征分析	14
2.1.1 复合系统概念	14
2.1.2 复合系统特征	16
2.2 复合系统要素分析	18
2.2.1 复合系统组成要素	18
2.2.2 复合系统的结构和功能	19
2.3 复合系统自组织分析	21
2.3.1 复合系统的运行轨迹及演化模式	21
2.3.2 复合系统发展的演化	23
第 3 章 资源-环境-经济复合系统诊断预警	28
3.1 关于复合系统诊断预警	28
3.1.1 诊断预警的指导思想	28
3.1.2 诊断预警的特点	30
3.1.3 诊断预警的核心内容	30
3.2 诊断预警体系结构及功能	32
3.2.1 诊断预警体系的结构	32
3.2.2 诊断预警体系的功能	33
3.3 人工免疫诊断预警机制	35
3.3.1 人工免疫诊断预警系统的设计特点	35
3.3.2 基于生物免疫机制的诊断预警原理	36
3.3.3 人工免疫诊断预警系统总框架设计	40
3.3.4 人工免疫诊断预警系统结构分析	41
第 4 章 资源-环境-经济复合系统诊断预警方法	44
4.1 静态诊断预警方法	44
4.1.1 评价指标体系	44

4.1.2	层次分析方法	45
4.1.3	模糊方法	47
4.2	动态诊断预警方法	48
4.2.1	主成分分析方法	48
4.2.2	自回归条件异方差诊断预警方法	49
4.2.3	系统动力学预警方法	52
4.3	智能诊断预警方法	57
4.3.1	智能方法的概念	57
4.3.2	人工神经网络预警方法	58
4.3.3	模糊逻辑预警方法	63
4.3.4	模糊神经网络预警方法	66
4.3.5	粗集神经网络预警方法	70
4.3.6	免疫诊断预警方法	75
第5章	淮河流域复合系统可持续发展预警	85
5.1	淮河流域基本情况	85
5.2	淮河流域可持续发展 SD 预警模型	86
5.2.1	模型概述	86
5.2.2	模型功能和结构	88
5.2.3	模型建立	90
5.3	淮河流域预警模型仿真	91
5.3.1	数据收集及预处理	91
5.3.2	模型仿真结果	91
5.3.3	政策方案设定	92
5.4	分析和讨论	93
第6章	江苏省资源-环境-经济发展诊断预警	95
6.1	江苏省资源-环境-经济矛盾与冲突分析	95
6.1.1	人口与资源、环境、经济	95
6.1.2	经济发展与资源	95
6.1.3	经济发展与环境	97
6.2	复合系统综合指标体系诊断预警模型	101
6.2.1	诊断预警指标体系构建	101
6.2.2	综合发展水平计算	103
6.2.3	协调性分析方法	105
6.2.4	诊断预警警限的界定	106
6.3	江苏省资源-环境-经济诊断预警实证研究	110
6.3.1	江苏省复合系统综合发展水平	110

6.3.2	江苏省复合系统协调发展水平分析	114
6.3.3	压力指数的计算	115
6.3.4	诊断预警结果及分析	117
6.4	分析和讨论	120
第 7 章	江苏省水资源承载力系统动力学预警	123
7.1	江苏省水资源利用概况	123
7.1.1	现状分析	123
7.1.2	存在的问题	124
7.2	水资源承载力预警的理论基础	126
7.2.1	水资源承载能力的定义及内涵	126
7.2.2	水资源承载力预警方法的选择	130
7.3	水资源承载能力的系统动力学预警	132
7.3.1	水资源承载力系统动力学模型构建	132
7.3.2	计算过程	141
7.3.3	计算结果分析	159
7.4	分析与讨论	160
第 8 章	陕西省生态经济健康诊断预警	163
8.1	陕西省生态经济系统分析	163
8.1.1	自然地理概况	163
8.1.2	生态环境问题	166
8.1.3	社会经济问题	170
8.2	陕西省生态经济健康诊断预警指标体系	174
8.2.1	健康诊断预警指标体系建立原理	174
8.2.2	指标体系构建的理论依据和原则	176
8.2.3	基于 PSR 框架的健康诊断预警指标体系与权重确定	177
8.2.4	健康诊断预警标准与数据预处理	181
8.3	陕西省生态经济系统健康诊断预警	185
8.3.1	历史数据收集及标准化处理	185
8.3.2	健康指标数据预测	185
8.3.3	健康诊断预警	185
8.4	陕西省生态经济系统诊断预警结果分析	192
8.4.1	目标层——总体分析	192
8.4.2	准则层——子系统分析	193
8.5	陕西省生态经济系统健康管理对策	200
	主要参考文献	205

第 1 章 绪 论

1.1 关于复杂系统

20 世纪后半叶，在自然科学和工程技术等各个领域，一个重要词汇开始出现并迅速成为一种研究的新概念范式——“复杂性”(complexity)。Stephen Hawking 说：“我相信，21 世纪将是复杂性的世纪。”诺贝尔奖获得者、人工智能的先驱 Herbert A. Simon 从历史发展的角度指出复杂性科学经历的三次热潮：第一次热潮发生在第一次世界大战后，以整体论(holism)、格式塔理论(gestalts)和创造性的演化(creative evolution)最受关注；第二次热潮发生于第二次世界大战后，热点问题是信息论(information theory)和一般系统理论(general systems)；当前，人们更热衷于混沌理论(choas)、复杂自适应系统(complex adaptive systems)等。

到目前为止，虽然对“复杂性”概念还缺乏严格一致的定义，但复杂性以及复杂系统研究已成为学术领域的主流方向，几乎所有发达国家都设立了复杂性研究机构，并在不同程度上取得了一定的进展。

1. 国外研究进展

1979 年，比利时著名科学家 I.Prigogine 首次提出了“复杂性科学”的概念，他认为，今天“物理科学正在从决定论的可逆过程走向随机的和不可逆的过程”。由于经典物理学在它的静态的、简化的研究方式中从不考虑“时间”这个参量的作用和无视自然变化的“历史”性，而复杂性理论研究了物理、化学中的“导致复杂过程的自组织现象”，可见复杂性科学实质上是作为经典科学的对立物和超越者提出来的。因此，我们可以认为 I.Prigogine 所说的“复杂性”意味着不可逆的进化的物理过程所包含的那些现象的总体：在热力学分岔点出现的多种发展可能性和不确定性、动态有序结构的不断增长和多样化等。

与 I.Prigogine 同时期的另一代表人物是 H.Haken，他提出的协同学则沟通了从微观到宏观的通路，使系统在宏观上表现出来的规律能和微观上的运动联系起来。

远离平衡态的研究是欧洲复杂性研究的代表，但是从目前的情况来看，I.Prigogine 和 H.Haken 所研究的系统特性仍属于“简单巨系统”特性范畴，可以直接用统计学等定量工具进行处理。当这些方法运用到更复杂的系统中时，就遇到了根本性的困难。

美国所进行的复杂性研究最具代表性的是以复杂自适应系统理论为代表的圣菲研究所 (Santa Fe Institute, 以下简称 SFI) 和以结构理论为代表的乔治·梅森大学 (George Mason University)。

美国的 SFI 成立于 1984 年, 被视为世界复杂性问题研究的中枢。SFI 热衷于不同学科之间的深入探讨与相互影响, 试图通过在各种不同的系统之间找出一些共性的“复杂性科学”研究, 致力于创造一个宽松、民主、自由的学术环境, 从而发展前沿科学, 进行学科融合的研究。SFI 每年都要举行一些研讨会, 开研讨会前都会选定主题。近年来, SFI 吸引了一批科学家, 如 John Holland、Brian Arthur、Smart Kauffman、Christopher Langton 等, 将复杂系统研究拓展到经济复杂自适应系统 (economy as an evolving complex adaptive system)、混沌边界 (edge of chaos)、人工生命 (artificial life) 和系统进化 (evolution of system) 等方面, 研究领域更渗透到经济、组织管理、危机处理、军备竞赛等。

SFI 侧重于系统的研究, 是美国研究复杂性的主要派别, 并被称为“复杂性在系统之中”。Mitchell Waldrop 出版了题为“Complexity——The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos”一书, 该书先后在中国的台湾、大陆以及日本翻译出版, 并产生了比较大的影响。

除 SFI 外, 另外一个对复杂性进行过长期研究, 并且紧密与现代组织管理相联系的机构当属美国的乔治·梅森大学以 JWarfield 教授为代表的集成科学现代研究所。该研究所主要围绕着组织管理工作进行复杂性系统的研究, J. Warfield 充分认识到组织管理中人的作用, 他根据自己的经验, 把组织管理中的复杂性问题归结为复杂性的 20 个定律 (law), 并把这 20 条定律的分类 (taxonomy) 以及有关复杂性的 5 个指标 (index) 称为 LTI 集。这个集的提出对解决组织管理中的复杂性问题有很大的帮助, 进而发展成为复杂性系统科学的核心。

2. 国内研究进展

国内关于复杂系统的研究始于 20 世纪 80 年代末钱学森关于系统科学的研究, 他提出“开放的复杂巨系统” (open complex giant systems, OCGS) 的概念。1990 年, 《自然杂志》发表了钱学森、于景元、戴汝为合写的论文: 《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》, 首次向世人公布了这一新的科学领域及其基本观点: 对于自然界和人类社会中一些极其复杂的事物, 从系统学的观点来看, 可以用开放的复杂巨系统来描述。

在建立开放的复杂巨系统的一般性理论时, 我国学者不是从复杂性的抽象定义出发, 而是从实际出发, 把复杂性与系统概念结合起来, 从方法论角度来区分复杂性和简单性问题。钱学森在 20 世纪 80 年代就指出: “凡现在不能用还原论方法处理的, 或不宜用还原论方法处理的问题, 而要用或宜用新的科学方法处理的

问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题”。这样,就从系统学的角度,给了复杂性一个清晰和具体的描述。

1991年1月,中国科学院在周光召院长的主持下召开了以“复杂性科学学术讨论会”为主题的讨论会,这是中国第一次复杂性科学讨论会。由于当时对圣菲研究所的一些研究情况与结果不够了解,这一新兴学科尚属于众说纷纭的状况,但大家对讨论交叉学科的发展有着很大的兴趣。

1992年3月,在中关村召开了以“生命复杂性与复杂性研究进展讨论会”为主题的讨论会,会议涉及大脑、神经系统、思维、基因、肿瘤、生物进化等核心要素。本次会议的突出贡献在于钱学森和戴汝为提出的“从定性到定量的综合集成法”及“从定性到定量综合集成研讨厅体系”。

1994年6月,以“开放的复杂巨系统方法论”为主题的第20次香山科学会议在北京召开,这次会议对推动复杂性的研究起到了积极的作用。

1997年1月,以“开放的复杂巨系统的理论与实践”为主题的第68次香山科学会议在北京召开,钱学森院士向会议送交了他的书面发言。参加讨论会的有11位院士和来自全国各地的多个领域的近50名专家,这是一次学科跨度很大,探讨21世纪科学发展的讨论会。

1999年3月,在北京召开了以“复杂性科学”为主题的第112次香山科学会议,旨在交流国内外已有的研究基础与成果,沟通各领域科学家对复杂性科学的认识,剖析重要的科学前沿问题和关键技术及方法,探讨在我国开展复杂性科学研究的方向、重点及途径。

2002年9月,以“过程工程中的复杂系统”为主题的第190次香山科学会议在北京举行。会议的中心议题是:化学工程向过程工程的发展;复杂系统与多尺度方法;微化工系统与纳-微结构;21世纪的过程工程与学科交叉。会议针对过程工程涉及的复杂系统及其量化展开研讨,重点讨论复杂系统和多尺度方法。

2004年5月,以“系统、控制与复杂性科学”为主题的第227次香山科学会议在北京召开。会议就复杂系统与控制、社会经济与环境复杂系统、网络中的复杂性科学问题以及生命科学与复杂性这4个中心议题进行了广泛交流和热烈讨论,戴汝为院士做了“系统适应性及系统复杂性”主题评述报告。

2005年5月,在北京召开了主题为“生物与医学中的复杂性问题”的第255次香山科学会议。会议中心议题为基础医学中的复杂性问题、生物系统中的复杂性问题、脑与认知中的复杂性问题以及复杂系统研究方法探讨等。

复杂性系统的研究跨越了当今几乎所有的学科领域,限于篇幅,在此不一一列举。

1.2 复合系统的协调发展

1. 国外研究进展

人与自然的相互作用可以置于复合系统之中来研究。复合系统协调发展的研究最早应始于 19 世纪 30 年代的环境与经济协调发展研究。进入 20 世纪 60 年代,面对日益严重的、全球性的生态环境问题,人类不得不重新选择经济发展模式,考虑经济增长以什么方式能在环境资源约束下有助于社会福利的进一步增加这一问题。

20 世纪 70 年代,英国经济学家 E.F.Schumacher 指出“小型化经济”模式刺激消费的增长,造成了不可再生资源的严重短缺和环境污染,加剧了人与自然的矛盾。与此同时,Beckmann 认为经济发展、资源、环境的协调问题仅仅是一个管理问题,是人与自然协调管理的问题。

1987 年,随着“我们共同的未来”报告的提交以及“可持续发展”新理念的问世,复合系统协调发展研究才开始从可持续发展思想出发进行考虑。1990 年,Norgard 提出了协调发展理论,认为通过反馈环在社会与生态系统之间可以实现共同发展。至此,展开了以围绕复合系统可持续发展为核心内容的各个领域的研究,研究重点也由协调关系或协调度研究转向可持续度或可持续水平的研究,即可持续发展评价研究,其中以生态系统可持续发展和区域可持续发展研究最为广泛,成果也最为显著。

关于复合系统协调发展定量研究,国外发端于 20 世纪 60 年代,研究重点仍是以环境与经济的协调发展为主,目的是通过研究环境与经济关系来制定相应的环境与经济协调发展的政策,特别是经济发展政策。研究方法大致可分为数学模型法和系统模拟方法两类。20 世纪 60 年代后期,一些学者将 Leontief 的投入产出模型应用于经济行为和环境相关性的研究。20 世纪 70 年代初,Leontief 本人发展了投入产出的应用,开创了环境经济研究的新领域。1976 年,Cunmber 和 Stram 将投入产出扩展模型应用于环境约束下的经济政策分析中。

20 世纪 70 年代出现的能源危机又推动了在投入产出模型中考虑能源使用及能源相关污染物排放的研究。20 世纪 80 年代,Hetteling 在投入产出模型中增加了不同类别能源转换矩阵,分析电力、石油、煤等能源组成对环境与经济的影响。与此同时,随着人类对环境与经济相关性的认识不断深化,环境与经济协调关系的定量分析也在不断总结和发展中,涌现出许多综合性模型,如通用平衡模型、环境经济决策与多目标规划模型、区域计划多方案模拟模型以及生态模拟和经济优化综合模型等。

直至可持续发展的提出,才真正开始了复合系统协调发展的定量研究,研究

重点从环境与经济的协调发展扩展到社会、经济、自然环境的协调发展,涉及人口、经济、能源、资源、生物多样性等各个方面。

2. 国内研究进展

国内于 20 世纪 70 年代开始复合系统协调发展的研究,以区域 PRED (population resouras environment development) 系统为主要研究对象,研究集中在协调发展的内涵和定量化研究两方面。

(1) 协调发展的内涵研究

当前,协调发展的内涵研究主要侧重于以下几点:①侧重于社会属性;②侧重于世代伦理;③侧重于约束性。尽管协调发展的定义表述不一,但其本质与核心却是唯一的,即协调发展是自然环境与人类使用的一种平衡,是生态系统与经济系统之间的动态平衡。在上述核心思想的指导下,协调发展包括 3 层含义:一是协调发展表现出“共同发展、持续发展”的涵义;二是协调发展的观点更重要地体现了“相互促进”的涵义;三是协调发展并不意味着“平等发展”。

一般来讲,由于复合系统协调发展的研究对象为区域 PRED 系统,因此,普遍将“协调发展”定义为区域 PRED 系统中诸要素和谐地、合理地、使总效益最优地发展。国内较早开始研究区域 PRED 系统协调发展的文章以《县域经济和社会同人口、资源、环境协调发展研究》为代表,探讨了县域 PRED 系统协调发展的目标和研究的指导思想。

1995 年,毛汉英提出人地关系理论是区域持续发展的理论基础的观点。区域可持续发展实质上是协调人地关系,人类必须自觉地调控自身及系统各要素的发展,使系统总体发展轨迹与资源环境容量的限制作用相适应。此后,我国学者对该系统进行了更为全面和深入的研究,其中,吴传钧院士对中国的 PRED 协调发展进行了全面的论述。吕淑萍指出了协调发展的总体目标,即生态环境趋向良性循环,环境与经济发展基本协调,环境质量达到良好水平,使人与自然和谐发展;同时她主张通过调整产业和产品结构,提倡和推进清洁生产,重点治理工业污染,控制污染物排放量,推进环境建设和基础设施建设,使生产力布局与空间布局优化,环境综合整治能力和水平提高。胡延照主张在社会协调发展方面,要重点对居民消费与社会服务、消除贫困、卫生与健康 and 防灾减灾等方面进行研究;在经济协调发展方面主要制定协调发展的经济政策。

(2) 协调发展的定量研究

协调发展的定量研究围绕区域 PRED 系统协调发展展开。顺应国际复杂系统定量化发展的趋势,国内学者从系统科学角度开展协调发展的量化分析,主要集中在 20 世纪 90 年代。

林逢春等(1995)以区域“人-环境系统是自组织系统”为出发点,应用自组

织理论建立了区域经济-环境系统的非线性演化模型。吴跃明等(1996)以可持续发展理论为指导,借助系统工程多目标优化的思想,建立了新型环境-经济系统协调度模型。汤兵勇等对协调发展指数进行研究,并构建相应的模型。

1997年开始,协调发展研究进入高涨阶段。冯玉广等(1997)在分析了区域 PRED 之间关系的基础上,基于灰色系统理论建立了区域可持续发展的判别模型和协调度计算公式,定量分析了经济与环境的协调关系标准。于合生等(1997)建立了基于 AHP 和统计分析方法集成的区域 PRED 系统综合评价模型。秦耀辰等(1997)用系统动力学的方法模拟分析了河南人地系统的自然演变模式。吴跃明等(1997)借助系统工程多目标技术和协同论观点,建立了环境-经济系统协调度模型。王浣尘(1997)把子系统之间的这种关系定义为系统集成的“协和程度”,并用“协和度”来定量表示。顾培亮(1998)从系统角度分析系统协调性。于瑞峰等(1998)通过模糊数学中贴近度的概念定义协调系数,分析了山东某县的可持续发展状况。李本刚(1998)、高志强(1999)等利用遥感与 GIS 技术,分析经济活动、人口增长与资源环境的相互影响和区域可持续发展研究。

国内对复合系统协调发展的研究以韩文秀为最早代表。早在 1993 年,韩文秀等就对系统的协调发展进行了初步研究。之后,她及她的学生进行了更为广泛深入的研究。孟轻松等(1998, 1999)对复合系统给予数学描述,分析复合系统的复合因子及协调度的概念,提出“面向协调的管理”的概念模型。袁旭梅(1998)定义了复合系统协调的概念,分析了复合系统的协调机理,给出了复合系统协调度的判定方法。白华等建立了基于“流”的协调管理模型。此外,韩文秀等人将复合系统的协调与可持续发展思想联系起来,指出可持续发展要求系统间的协调,并从混沌角度来研究复合系统可持续发展。

此外,王其藩(1999)从系统动力学的角度来研究复合系统。蔡宁(1999)基于环境经济协调发展的时空性,提出经济环境协调标准,用于分析不同时空的经济环境协调问题。廖重斌(1999)通过资源模型与社会模型衡量协调发展的水平,并提出了协调度的概念。关晓菡等(1999)将复合系统理论运用于可持续发展的协调分析。周敏等(2000)表征了可持续发展系统的协调性。曾嵘等(2000)研究了人口、资源、环境与经济系统的协调发展。徐中民(2000)、周哲(2004)等通过建立可持续度模型来研究复合系统的协调关系。于景元(2002)在钱学森教授 90 华诞之际,在由中国自动化学会、中国系统工程学会联合举办的“钱学森学术思想报告会”上提出,应从定性到定量的综合集成方法来研究复合系统的协调问题。魏一鸣等(2002)指出人口、资源、环境和经济是区域可持续发展的关键要素,这些要素组成了一个动态开放复杂系统,并对这一系统协调发展的整体性问题进行研究,建立了基于目标规划的 PRED 系统多目标综合集成模型。

虽然可持续发展和区域 PRED 系统协调发展拥有一致的目标,即谋求不同区

域在一定时期内,实现人口、资源、环境和经济发展之间的良性循环,但二者之间有着显著的差异。主要表现在:① 区域 PRED 系统虽强调区域范围内的协调、持续发展,但仅仅限制在人口、资源、环境和发展这 4 个子系统之中,而可持续发展是一个宏观的概念,不局限于某几个子系统之中,在实际的分析过程中,根据具体的需要,可以将它分为 3 个子系统,也可以分为 4 个、5 个甚至更多的子系统。② 区域 PRED 系统的协调发展侧重研究不同尺度区域在某一时间范围内的人口增长、资源开发、生态胁迫、环境问题同发展之间的相互制约与合理匹配的关系,强调系统之间或系统内部各要素之间的和谐一致。而可持续发展则着重于从较长的时间尺度研究某一地区系统之间的相互适应和相互促进的规律,强调区域内各要素的持续发展和永续利用。可见,区域 PRED 系统的协调发展是可持续发展的前提条件。可持续发展战略的实施,必然要落实到具体的区域。要考察一个社会的发展状况是否符合可持续发展的要求,就必须考察当时的社会发展状况是否达到了人口、资源、环境和发展这 4 个系统的协调。因此,复合系统的协调发展向以可持续发展为核心的研究方向发展,以区域、流域或生态系统的可持续发展为典型案例,如王慧敏从复合系统角度出发,集中研究流域可持续发展,来看资源-环境-经济系统的协调发展。

总之,复合系统作为开放的复杂巨系统中的某一子系统,它的可持续发展与否取决于这个开放的复杂巨系统中各层次子系统及其自身系统(其本身也是一个复杂系统)的协调发展与否。因此,在考虑复合系统的复杂性、动态性等特性时,复合系统可持续发展的定量研究宜采用定性分析与定量分析相结合的综合集成方法,并借助计算机将有关的数据信息、定性认识、专家意见和数学模型等有机地结合在一起。

1.3 复合系统诊断预警及研究进展

1. 基本概念

复合系统的一个重要领域是对其评价的研究,即如何评价复合系统的可持续发展程度。目前对复合系统的评价主要是从正面对复合系统发展的静态特征进行评价,是正面的、静态的。但实际上复合系统演化是一个动态过程,仅从静态的角度来看其发展情况是不切实际的。本书提出用“诊断”来代替“评价”,同时引入预警思想,即复合系统诊断预警方法,为资源-环境-经济复合系统进行定量研究提供新的方法和思路。

诊断预警是在全面把握资源-环境-经济复合系统的运动状态和演化规律的基础上,对复合系统现在和未来的可持续发展状况进行诊断和预报,对复合系统的不可持续发展发出警报,并提出修复或防范措施。在这里,要强调预警的研究对

象是“资源-环境-经济复合系统”，因此，它始终是以影响复合系统可持续发展的资源、环境、经济等各个方面的已存在和将来可能出现的问题为核心和导向。

分解资源-环境-经济复合系统诊断预警的概念如图 1.1 所示。

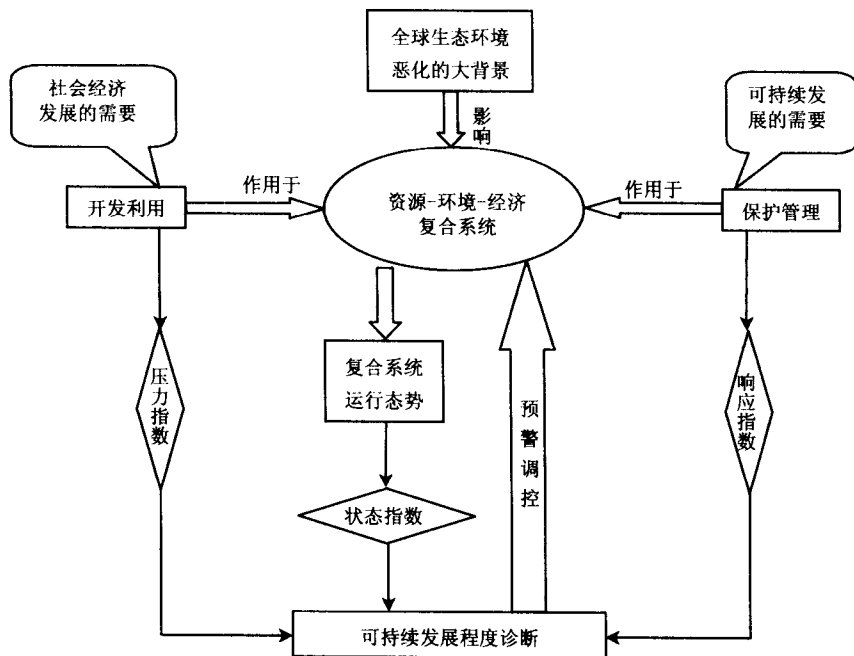


图 1.1 复合系统诊断预警概念示意图

在全球生态环境持续恶化（如温室效应、资源耗竭、生物多样性减少等）的大背景下，区域复合系统的发展状况不可避免地受到影响，但是可持续发展要求人类必须采取有效的措施来保护和管理自然生态环境，才能使复合系统朝着可持续的方向演化，才能维系一代又一代人生存和发展的需要。在多种作用力影响下，复合系统呈现一种特殊的运行态势。我们要在充分把握这种运动状态和演化规律的基础上，测度系统的状态指数、压力指数和响应指数，诊断复合系统的可持续发展程度，并根据诊断结果对复合系统进行调控管理，以维持复合系统可持续运行的态势。

诊断预警是围绕被研究对象的发展动态所展开的一整套监测、评价、预测与政策选择的理论和方法体系，包括两方面内容：一方面，对复合系统现在的“病症”（生态环境问题）进行诊断，判断其严重程度，并提出生态修复措施；另一方面，针对处于胁迫和压力下的复合系统最有可能出现的疾病症状进行报警，测定其危害等级，并提出有效的防范措施。诊断研究的重点是如何选取诊断指标和指标体系并且改进调查方法和手段，使管理者和公众对复合系统目前的生态环境问

题了解得更加详实、准确,而预警研究的重点是如何确定预警指标的阈值区间,并判断警情处于什么状态。诊断使决策者掌握当前复合系统各子系统内部和系统间的状况;预警则是预测未来可能出现的危机并发出警报,通过适当地调整管理体制与政策来促使复合系统沿着可持续的方向发展。

预警与监测有着密切的关系,特别是在资源环境保护和管理的实践中,且关注的核心都是研究对象的变化和演化趋势。因此,本书有必要将这两个概念界定清楚,从而得到更加清晰的“预警”的概念。

不管是监测还是预警都是一种主体对客体属性与主体需要之间价值关系的反映活动。主体自身的需要是主体对客体施加行为的出发点。主体选择标准与手段的实质,就是在选择与主体某种需要相联系的价值关系作为监测、预警活动的反映对象。因此从这点来讲,这两种活动都是按照明确的目标测定对象的属性,并把它变成主观效用(满足主体要求的程度)的行为,即明确价值的行为。

预警概念和监测概念的关系主要取决于人们对监测概念的界定。监测的概念最初是对事物及时地连续追踪,以时间为单位进行测量,主要是数据的收集方法。监测的任务在于对一定地域范围内的资源、环境或者经济的状态进行测量、记载、分析和评价。如果进一步拓展监测的内涵可延伸到预警的概念,即预警包容到监测概念中。但从概念的鲜明性和清晰性来看,我们坚持把预警和监测严格地区分开来。因此,我们认为监测就是用科学的方法监测和测定代表研究对象发展变化趋势的各种数据的全过程,它是一种表征资源和环境数据收集的方法,以满足评价的需要。

相对于一般的监测和评价,资源-环境-经济复合系统预警在认识层次和研究重点上有几个特点:

1) 集中性。预警的着眼点和落脚点,不满足于一般的现状的分析,而突出其先觉性和警觉性,即预警主要是对预警对象负向演化的预测,并且集中在恶化过程,严重质量突变和恶化状态分析上,突出对其可能的危害作出警示。

2) 动态性。评价的取值,一般是静态的、一次性的。影响大小、质量好坏,都是一次性的结论。预警的取值是多维的,即对时间系列变化的预测(包括不同时段)、变化速度的预测、质变点的预测等,对某一因子,可以作出恶化趋势、恶化状态、恶化速度等若干种预警。

3) 深刻性。从对事物的认识深度来说,它们存在逐步演化的过程,评价是在环境监测的基础上进行的,而预警又是在前二者的基础上实现的。预警的实现需有监测和评价等大量前期工作做基础,只有对预警对象的现状和演化趋势等的深刻认识的基础上才能实现。可以说,预警研究的目的性、针对性更集中、更强烈,对生态系统管理的作用也就更大。

如何科学地界定预警的概念,并将预警与监测、评价合理地区分开来,则具