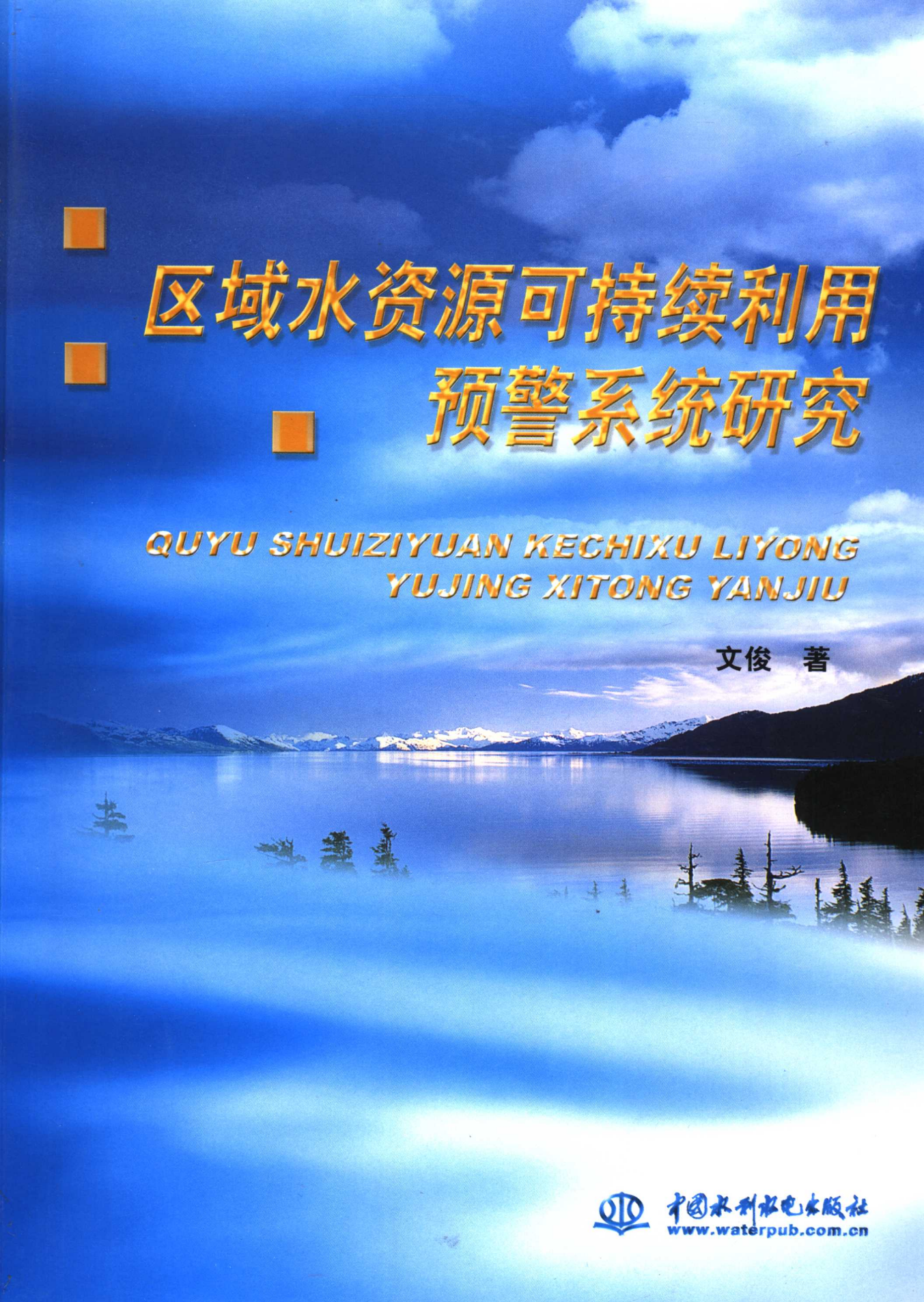


The background of the cover is a scenic landscape photograph. It shows a calm body of water, likely a lake, reflecting the sky and the surrounding environment. In the distance, there are snow-capped mountains under a blue sky with scattered white clouds. The water's surface is still, creating a clear mirror image of the sky and mountains. On the right side, the dark silhouette of a forested shoreline is visible. The overall color palette is dominated by blues and whites, giving it a serene and natural feel.

区域水资源可持续利用 预警系统研究

QUYU SHUIZIYUAN KEXIXU LIYONG
YUJING XITONG YANJIU

文俊 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

区域水资源可持续利用 预警系统研究

文俊 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在可持续发展理论的指导下,在系统研究国民经济社会发展对区域水资源提出新要求的基础上,从系统预警分析的角度,通过对区域水资源可持续利用预警系统内涵的分析,对区域水资源可持续利用预警的概念、理论、方法、模型、软件系统等进行尝试性和开拓性研究的基础上,提出区域水资源可持续利用预警的一些初步研究成果,可为制定区域水资源可持续利用方略与实施提供依据。

本书适合研究水资源可持续利用预警及水资源可持续利用理论研究的人士阅读,也可供水资源管理者在实践中借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

区域水资源可持续利用预警系统研究/文俊著. —北京:中国水利水电出版社, 2006

ISBN 7-5084-4124-9

I. 区... II. 文... III. 区域—水资源—资源利用—预警系统—研究 IV. TV213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 121388 号

书 名	区域水资源可持续利用预警系统研究
作 者	文俊 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 9.75 印张 231 千字
版 次	2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

水是生命的源泉，是人类赖以生存的不可替代的资源，在社会经济发展的过程中，水资源作为基础性的自然资源和战略性的经济资源，已逐渐演变为现代社会的“瓶颈”资源，严重制约着一个地区、国家乃至全球的发展。当今世界面临的人口、资源和环境三大课题中，水已成为最关键的问题之一，水资源的可持续利用，是实现社会、经济以及生态环境可持续发展极为重要的保证，区域水资源可持续利用的预警研究正是针对目前在水资源开发利用过程中亟待解决的问题开展研究，其成果可用于指导区域水资源开发利用的实践，为区域水资源的管理提供新的思路，也是对于预警理论的丰富和拓展。

为此，本书在可持续发展理论的指导下，在系统研究国民经济社会发展对区域水资源提出新要求的基础上，从系统预警分析的角度，通过对区域水资源可持续利用预警系统内涵的分析，对区域水资源可持续利用预警的概念、理论、方法、模型、软件系统等尝试性和开拓性研究的基础上，提出区域水资源可持续利用预警的一些初步研究成果，可为制定区域水资源可持续利用方略与实施提供依据。本研究对于构建区域水资源可持续利用预警理论、方法与技术体系具有重要的现实和理论意义，对于区域水资源可持续利用调控方略和区域水资源与社会、经济、环境协调发展战略的制定和实施具有现实指导意义和应用前景。

本文的主要创新点有：系统建立了区域水资源可持续利用预警理论方法体系，主要包括区域可持续利用预警系统的概念框架、基础理论、基本方法、预警模型和决策支持系统软件等；将新三论即耗散结构论、协同论和突变论引入到区域水资源可持续利用预警系统的研究中，为区域水资源可持续利用预警系统的分类指导和分块研究提供了理论基础；应用人工神经网络方法建立了区域水资源可持续利用预警模型，模型具有不需要构造指标集和等级

值间的函数关系和计算权重值等特点,避免了权重赋值的主观性,并引入区域水资源可持续利用预警指数进行预警建模,实例验证结果表明模型具有较高的精度,具有实用性和可操作性强的特点;应用面向对象技术,研发了区域水资源可持续利用预警系统软件,建立了水资源实时监测和预警系统之间的联系,并初步构建了区域水资源可持续利用预警决策支持系统;以正在申报世界文化遗产的云南元阳哈尼梯田为研究区域的实例研究,不仅实现了对区域水资源可持续利用的现状和未来的测度、及时发布警情,而且对研究区域未来的水资源开发利用提出了调控策略和具体针对性调控措施,并用于指导当地水行政主管部门编制了“十一五”规划,真正实现了区域水资源可持续利用预警系统理论源于实践、又指导实践的完整过程。

希望本文的研究能抛砖引玉,并对他人在研究水资源可持续利用预警及水资源可持续利用理论及指导水资源管理实践时有所借鉴。

由于区域水资源可持续利用预警是一个涉及面较广且相对复杂的新概念,目前还有许多问题有待于进一步研究,也恳请各位专家学者赐教。

作者

2006年9月

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 区域水资源可持续利用预警系统研究现状及进展	2
1.3 论文的研究方案	9
第二章 区域水资源可持续利用预警系统的概念框架	12
2.1 概述	12
2.2 区域水资源可持续利用预警系统的有关概念	12
2.3 警义的概念	16
2.4 预警指标的概念	19
2.5 概念开发的几个原则问题探讨	23
2.6 本章小结	24
第三章 区域水资源可持续利用预警系统的理论体系	25
3.1 理论基础	25
3.2 预警原理	37
3.3 调控机制	39
3.4 预警分析	41
3.5 本章小结	57
第四章 区域水资源可持续利用预警系统的基本方法	58
4.1 基本方法	58
4.2 警度划分的方法	85
4.3 警兆识别法	90
4.4 本章小结	93
第五章 区域水资源可持续利用预警模型研究	94
5.1 概述	94
5.2 区域水资源可持续利用预警指标体系	95
5.3 区域水资源可持续利用预警模型	98
5.4 本章小结	107

第六章 区域水资源可持续利用预警系统的研建..... 108

6.1 系统研建的必要性及实现的可能性 108

6.2 区域水资源可持续利用预警系统的研发 114

6.3 区域水资源可持续利用预警系统实施的制约与对策 125

6.4 本章小结 127

第七章 实证分析——元阳哈尼梯田水资源可持续利用预警 128

7.1 元阳哈尼梯田概况 128

7.2 元阳水资源可持续利用预警 130

7.3 本章小结 136

第八章 主要结论 137

附录 图表目录 140

参考文献 142

致谢 147

第一章

绪 论

1.1 研究背景

可持续发展是关系人类前途和命运并为当今国际社会普遍关注的重大问题,水资源作为基础性的自然资源和战略性的经济资源,它的可持续利用是国民经济和社会可持续发展的重要保障。

与水资源弥足珍贵对应的是水资源匮乏、滥用、污染和不够理性的开发现状,局部区域已经证明,这些现状如不能得到有效改善则必将导致水资源的危机,并最终影响到水资源的安全。水资源危机主要体现为:水资源对粮食安全的影响(粮食生产所隐含的虚拟水)、水资源对人类健康的影响(水质的恶化)、水引起的生态环境问题(地面下沉、河流断流等)、争夺水资源引起的冲突(包括国家之间和一国之内战争和冲突)等方面;我国水资源总量为 28124 亿 m^3 ,其中河川径流量为 27115 亿 m^3 ,仅次于巴西、前苏联、加拿大、美国和印度尼西亚五国,居世界第 6 位。但我国人均水资源量却比较少,根据统计约为世界人均水资源量的 $1/4$,居世界 149 个国家的第 110 位,亩均水资源量也只有 1770 m^3 ,相当于世界平均水平的 $2/3$ 左右。因此,虽然我国水资源总量不少,但人均和亩均水量并不丰富,是世界公认的 13 个水资源匮乏的国家之一,水资源问题是制约我国国民经济和社会发展的主要瓶颈因素,并对国家安全产生一定影响,水资源的安全是国家安全的一个重要组成部分,表现为对经济安全、粮食安全、健康安全和生态安全产生影响。有人认为当中国基本解决了温饱问题时,又面临着第二贫困——水贫困。美国经济学家布朗 1998 年在其《谁来养活中国》一书中,曾提出水的问题已经成为 21 世纪中国经济社会发展最突出的重大问题的观点,并预测中国为了对付水资源的匮乏,将是第一个被迫重新调整经济的国家。

导致目前水资源演变成经济社会发展的瓶颈的现状同时涉及到主观因素和客观因素两方面。全球人口增长的同时必然给予水资源更大的压力,加之地球洁净水资源量的有限性,构成了客观因素的主要方面;主观因素主要表现为:人类对水资源系统和水资源开发利用行为的后果认识不足,从而导致种种水资源不可持续利用的开发行为;同时,主观和客观因素的相互交织,使水资源的可持续利用问题变得更为错综复杂。

在人类已认识到自身人口增加后果并采取了相应对策与措施,同时把自然资源可持续利用的认识上升到伦理高度的情况下,解决由于认识不足导致的水资源不可持续利用问题,成为解决水资源可持续利用问题的关键。认识不足的重要表现即为对水资源开发利用行为缺乏必要的后果分析,而事前的行为后果分析与评价,即为预警,预警的目的是判断

水资源开发利用所导致的水资源（洁净水资源）存（质）量的下降是否会影响到水资源所形成的系统的更新功能、替代功能与非替代功能的正常实现，从而保证社会经济的可持续发展；区域是可持续发展的落脚点，以区域可持续利用为约束条件，研究区域水资源可持续利用预警系统具有重要意义，对于区域水资源可持续利用调控方略和区域水资源与社会、经济、环境协调发展战略的制定和实施具有现实指导意义和应用前景。

1.2 区域水资源可持续利用预警系统研究现状及进展

预警思想和预警方法古已有之，甚至可追溯到人类进化中的一种动物本能。从人类出门前的吉凶占卜到乔迁新居时的吉凶判断、从古代烽火台到现代雷达系统无不包含着预警的思想和方法。20 世纪 40 年代初期，随着雷达、计算机的出现和战争的需要，诞生了雷达预警系统，并正式提出了预警系统的科学概念，可见，科学系统的预警研究理论和方法系统的产生距今不过 60 余年的时间。

随着系统科学的不断发展，科学预警的思想和方法便迅速地向其他领域和学科延伸，预警的系统方法被广泛地应用于经济、社会、人口、资源、环境等各个方面。以下分别综述近年来预警系统研究中比较活跃，且与本论文密切相关的几个领域。

1.2.1 经济预警系统研究

由于经济发展过程中会不可避免地出现周期性波动，经济危机的频繁发生对经济的发展有不同程度的破坏作用，从而促进人们想方设法去研究经济预警系统，为经济有效调控建立“晴雨计”或“报警器”，这种经济预警系统的研究经历了初期理论探讨、中期实践应用、近期深化拓展三个阶段。

(1) 初期理论探讨。经济预警的理论探讨可追溯到 19 世纪末，其依据在于：经济周期的探讨。英国经济学家 W. S. 杰文斯在 1875 年便提出了有关经济周期的理论假说——气象。此后人们对经济周期从不同角度进行研究，形成了各种假说。1888 年法国经济学家 A. Fourille 在巴黎统计学会上发表“社会和经济气象研究”一文，提出经济监测预警思想。他认为经济波动可以如气象观察一样预先测定，可据影响经济波动的因素来构造经济“晴雨表”。他用黑、灰、淡红和大红几种颜色代表影响经济波动因素四种状态，并据以测定法国 1877~1887 年的经济波动，1908 年英国贝弗里季绘制了描绘宏观经济波动的“国家波动图”。1909 年，美国经济统计学家 R. W. Babson 始创 Babson 统计公司，就在其刊物上发表关于美国宏观经济状态的第一个指示器——Babson 经济活动指数。R. W. Babson 正式把经济波动的测定称为经济景气分析，把对未来经济态势的预测称作经济预警。两年之后，从事景气监测的美国布鲁克达尔经济研究所，也编制了涉及股票市场、一般商品市场和金融市场等方面的景气指标。同年，法国经济恐慌委员会改组为常设机构，编制法国的各种商情指数和向政府提供关于经济危机的预警报告。1917 年美国哈佛大学在 W. M. Persons 教授领导下的景气监测研究所成立从事景气监测的“经济调查委员会”，该委员会广泛搜集美国 1875~1913 年的经济统计资料，用新的景气指数编制方法，设计出“美国一般商情指数”即哈佛指数，并从 1919 年开始在《经济统计评论》上定期发布。1920 年英国创立“伦敦与剑桥经济研究所”，并与哈佛经济调查委员会合作采用哈佛指数的构造思想和方法编制“英国商业循环指数”反映英国景气状况。1922 年

《瑞典经济评论》发表瑞典商情指数。1925年,德国也成立景气研究所,并发布“德国一般商情指数”。此后,日本、法国、意大利等相继效仿,并编制了本国的“晴雨计”。

(2) 中期实践应用。从20世纪30年代开始,经济预警系统便进入第二个发展阶段,即在应用中不断修正、发展和完善。1950年NBER的Moore在米契尔-伯恩斯经济预警系统的基础上,选择由先行、同步和滞后3类,共21个指标构成的预警指标体系,并采用扩散指数来综合多指标信息,用以测度宏观经济综合状态,使系统对经济波动的衰退和复苏都有良好的反映。1961年,美国商务部正式启用NBER经济预警系统,并在《经济循环发展》上逐月发表预警结果,以数据和图表两种形式提供宏观景气动向信号。这标志着宏观经济预警系统在实践中日趋成熟,已从民间研究走向官方实际应用阶段。各国政府部门相继应用预警系统这一手段来调控宏观经济运行状况。1961年,美国国情普查局开始在《商业循环发展》上报告商情,从1972年开始,由美国商务部经济分析局承担指标的编制和出版工作,并把《商务循环发展》易名为《商情摘要》。1965年,法国政府制定“景气政策信号制度”,1968年日本经济企划厅发布《日本景气警告指数》经济白皮书。

(3) 近期深化拓展。从70年代开始,经济预警系统自身不断完善深化,应用领域不断拓展。经济预警系统自身发展主要体现在:①预警指标综合化。②预警方法多样化。③预警系统趋完善化。

经济预警系统向内不断优化系统的结构和功能,同时不断向外拓展系统的应用领域。一方面国际性经济监测预警系统脱颖而出;另一方面经济预警系统从西方工业化国家向发展中国家和以计划经济为主的社会主义国家扩展。

我国经济预警系统研究始于三年自然灾害时期与恢复调整时期(1960~1965年),到20世纪80年代中后期得到了较快的发展,并提出了预警的概念和开发了经济预警系统。虽然我国对经济预警系统的研究探讨为时不短,然而具代表性的研究首推吉林大学系统工程研究所1987年鉴定的“我国经济循环的测定和预测”。同年,国家科委中国科技促进发展研究中心发表“我国宏观经济增长波动的状态分析与宏观调节问题探讨”。1989年国家统计局统计科学研究所研建我国宏观经济动态的监测预警体系。中国人民大学国民经济管理系顾海兵教授主持的国家“七五”重点科技攻关项目“国民经济动态分析及预警系统”获部重大科技奖并发表了《宏观经济预警研究:理论、方法、历史》。1993年国家统计局统计科学研究所张泽厚教授主持完成宏观经济监测预警实用系统——中国经济监测预警分析系统的研建。1990年毕大川等主编的第一本专著《经济周期和预警系统》由科学出版社出版。较有影响的著作还有顾海兵等的《中国工农业经济预警系统》和《未雨绸缪——宏观经济问题预警研究》,张泽厚的《中国经济波动与监测预警》和王晓波等的《经济周期与预警研究——理论、方法、应用》等。研建区域经济预警实用系统最早的就是1992年北京市建立的“工业经济宏观检测预警评价体系”。青年经济学家彭璧玉于2000年发表了《可持续发展的微观解理——农村工业环境经济问题研究》对农村工业环境经济作出了深刻的研究,青年经济学家叶正波2002年发表了《可持续发展预警系统理论及实践》对可持续发展预警系统作出了深刻的研究,女青年经济学家冯煜在其著作《中国经济发展中的就业问题及其对策研究》中对失业预警作出了尝试性的研究。由国家自然科学基金九五

重点支持项目,由经济科学出版社出版的《中国国家经济安全态势观察与研究报告 2001~2002》一书中对金融风险的监测预警方法和商业银行风险预警系统的初步设计作出了理论性的研究与探讨。

1.2.2 灾害预警系统研究

预警系统的研究应用于灾害预防,故有了灾害预警系统的概念和研究实践,这里我们所说的灾害预警系统主要指的是自然灾害预警系统。灾害预警系统的出现较经济预警系统晚得多,但灾害预警思想却源远流长,1500年前的涪陵石鱼(水文观测之用)便是早期人们在干旱、洪涝灾害中利用预警思想的见证。明代徐光启在《农政全书》中阐述的防灾抗灾思想的精髓便是“预弭为上,有备为中,赈济为下”的三项原则。随着现代科学技术的迅猛发展,特别是空间技术和计算机技术的发展,灾害预警思想也就演变成了为人类带来福音的灾害预警系统。我国自然灾害监测和预警系统包括:致灾因子的观测网络;观测数据的实时收集、传输、交换和电信系统;数据处理、加工、分析和诊断、模拟及预报警报的制作系统;预报警报的传播分发及服务系统四部分。灾害预警系统在防灾抗灾中的作用和地位,以及它在减灾中的效益和威力,驱使各灾种的预警系统在全球广泛发展。我国“八五”国家科技攻关项目“重大自然灾害监测与评估系统”,应用RS和GIS技术,选择对中国有重大影响的自然灾害和若干地区,建立了具有应用性质的实验系统,对重大自然灾害进行预警。

灾害预警系统在防灾抗灾中的作用和地位,以及其在减灾中的巨大效益和威力,促使各灾种的预警系统在全球范围内迅速的发展。它在新的科学技术支撑下和各国政府与国际组织财政支持下,在近期有了一个质的飞跃。

(1) 从一般定性的或单纯的台站监测预警发展到定量和利用3S技术[RS(遥感)、GIS(地理信息系统)、GPS(全球定位系统)]、计算机网络进行的四维时空监测预警网络。RS、GIS、GPS相结合的3S技术使得灾害预警系统如虎添翼,从数据采集、信息处理到成果输出具有全天候、全天时、大面积、低费用、快速高效的特点。

(2) 从单学科、单灾种的研究发展到多灾种综合预警系统,从一般的防御救灾发展到对抗和综合治理。多灾种综合预警系统就是灾害监测预警网络合理化,区域灾害的避防和缓减措施高效化的途径。

(3) 灾害预警统的研究方法从唯理、唯象发展到唯系。唯理研究就是直接的物理机理研究,首先建立平衡地学基本过程的动态方程,然后输入突变的脉冲,利用稳定性理论对其响应及离差进行分析,从而得到离差的时空规律。唯象研究即历史统计学,对历史灾害资料根据灾情描述进行分类和信息化编码,然后进行统计学分析,包括相关、聚类、时序和谱等。而从系统论的综合性出发,先唯象分类,然后唯理寻规,定性和定量互为补充的方法便是唯系研究法。

1.2.3 区域综合预警系统和部门专业预警系统研究

预警系统的研究后来因其在经济调控和灾害预防中所取得的丰硕成果而向两个方面发展:区域综合预警系统的研究和部门专业预警系统的研究。

区域综合预警系统的研究据其特点及研建风格来看,主要有以下几个流派:

(1) 以英国经济地理学家齐舒姆为首的区域学派。他们据区域分异规律,从区域耦合

和区际联系两个方面对区域的人口、资源、经济、能源和环境进行综合预警。其代表作是齐舒姆的《区域预测》，他总结了英国的人口、资源、经济、环境和城市等方面的研究成果，为区域综合预警系统的研究奠定了理论基础。

(2) 以美国系统学家 J. W. Forrester 和 D. H. Meadows 为代表的系统动力学派。该学派利用系统仿真技术研究复杂反馈系统动态行为的方法论即政策实验室方法论，它从工业动力学到城市动力学再到世界动力学三个阶段的发展，基本形成系统动力学的理论体系。系统动力学的研究对象是复杂系统在时间上的动态行为。它的中心思想是信息反馈，主要技术是系统仿真。其成功的奥妙在于系统因果关系的逻辑分析与反馈控制原理相结合，充分发挥人一机对话的优势，为分析动态行为提供了可行的新颖思路。它采用动态模型方法，经过建立模型、电算模拟、系统仿真等一系列程序，识别警兆，寻找警源，确立警情和预报警度。

(3) 以英国资源学家 M. Slessor 为首的资源学派。他们以区域资源的开发、利用和保护为中心，研究区域资源与人口增长、经济发展、社会进步、环境污染之间的关系。1984 年，他们首先提出资源、人口、社会、经济、环境等长期协调发展的一种新方法 ECCO 法。ECCO 法建立在自然资产基础上，可对一个国家的国民经济系统的潜力进行分析，是区域可持续发展能力的定量分析方法。

(4) 以罗马俱乐部为代表的未来学派。该学派不仅从整个地球的前途出发，而且以社会、经济、政治的广阔视野，综合阐述导致人类环境破坏、全球生态系统受损的主要原因是：人口猛增、粮食短缺、资源滥用、技术异化和发展不平衡等因素相互作用的恶果。

(5) 以联合国环境规划署 (UNEP) 为代表的协同学派。他们提议建立全球环境监测系统和计划活动中心，旨在协调联合国系统内各组织开展的各种不同的监测预警活动，使世界各地的监测预警网络协同作战，发挥整体优势，充分利用已有监测预警网络，为各国政府提供决策支持信息。

部门专业预警系统的研究具有行业特色和专业特点。其种类繁多、范围广泛。例如：森林资源预警系统、金融风险的监测预警、失业预警、商业银行风险预警系统、水资源安全预警等。

目前，预警系统的研究涌现出大批成果。大量的专业预警系统的预警成果在各种专业人才的努力下产生了程度不等的成果。预警系统在水利、水文、地质、气象、经济、金融、保险、证券、就业、减灾防灾、生物、生态、病虫害的防治、医学、卫生、交通、电力、地震甚至在博彩业等各个方面都有了从无到有、从浅到深的发展。

早在 1987 年 12 月叶臻杰对预警的方法进行过深入的研究，指出最后均应建立起预警模型来，并结合计算机科学来完善预警系统；1993 年国家信息中心信息部的唐玲在其《我国地区景气预警系统工作现状述评》一文中将我国地区景气预警系统做了历史回顾，让我们知道了 1978 年 12 月以前是我国地区景气研究的起步阶段，1980 年 1 月~1981 年 12 月是我国地区景气预警研究全面开展阶段，1992 年 1 月至今是我国地区景气预警系统初步应用阶段；2002 年朱晔、叶民强对区域可持续发展的预警系统作出了理论的研究；伊昌斌、陈基湘和鲁明中提出了建立自然资源开发利用预警系统的口号；1997 年顾海兵对中国的宏观经济的预警作出了大体的研究并回忆了中国经济预警的历史；1999 年安徽

省黄山市水文水资源的胡余忠、程其文、方炳烈研究并建立起了黄山市洪水预报预警系统,做到了预报准确、传输及时、为防汛抢险提供了科学的决策依据,取得了较好的社会效益和经济效益,为小城市的洪水预报预警系统建设提供了较好的思路;台湾研制出新的地震预警系统,该预警系统能在地震发生之前就立即告知人们可以给大家 25 秒的时间足以让人们关闭煤气阀、停止火车、存好数据库等应急措施;2002 年吉林大学洪梅、赵勇胜等对地下水水质做了很好的研究,对地下水水质现状及变化趋势适时地给出了相应级别警戒信息的方法,为地下水资源管理、减少地下水水质的恶化的风险提供了科学依据;2002 年刘作挺、梁国锋等对阳江市 2001 年前汛期暴雨预警信号发布情况作了总结,提到由于准确的预警使人们免受了许多的损失;2002 年江红平对发布预警信号的几个技术问题作出了探讨性的研究,指出了发布预警信号应遵循的四个基本原则;国家气候中心的高歌、祝昌汉和山西省卫星遥感减灾服务中心的张洪涛对北京市火险气象等级预警作出了数值模拟研究,效果好能正确反映城市和山区不同下垫面上的一些基本气候特点和变化规律,火险气象等级的界定也较为合理,较真实地反映北京火险空间分布情况,从而为城市火险预警及减灾提供了科学依据;2000 年 10 月于豪和方子节对可持续发展预警系统的概念进行了界定,分析了可持续发展预警系统指标体系的特点及构成,并运用统计学的原理对可持续发展预警方法进行了概括阐述;北京理工大学的李彭城、王栋在 1999 年 SAS 软件应用高级研讨会交流了 SAS 环境下经济运行监测预警系统模型,他们根据经济运行监测预警的概念和作用,对确立指标体系和两种指数(扩散、合成)作了详尽的阐述,并据经济波动形态理论针对中国企业经济运行模型的建立进行了深入的讨论且依托 SAS 平台建立了符合国情的企业经济运行的示范教学模型;1998 年重庆大学易正俊以宁波市经济发展为背景,用经济数学方法把经济系统在不同时期的经济运行状况划分为五类不同的经济运行模式,并对每类模式建立边界识别函数,为经济预警提供直接的定量界限;2002 年 1 月华侨大学朱晔、叶民强从复杂适应系统的角度出发,提出了使用 SWARM 软件平台来模拟实际的区域系统的运行情况,实现了对系统中的警情的实时监控,建立了基于 SWARM 的可持续发展预警系统;2002 年陈高建、朱子云对银行二级分行的利率风险预警系统进行了初步性的探讨研究,提出了银行二级分行的利率风险预警系统的基本构想;2002 年 6 月上海市气象科学研究所的谈建国等用 1989~1998 年上海逐日 4 次气象观测资料,应用美国特拉华大学的 SSC 天气分类方法确定逐日天气类型,形成了 10 年逐日天气类型日历,并通过天气类型与死亡率的对比分析,确定 MT+ 类型是上海地区形成热浪的“侵入型”气团,是具有高死亡率的天气类型,采用逐步回归方法建立了 MT+ 类型下因受热浪侵袭而超正常死亡数的回归方程,并在此基础上建立了上海热浪与健康监测预警系统;1995 年曾小原针对预警系统存在预警状态偏重定量指标而忽视定性指标从而易失去预警信息等问题,将神经网络系统应用到预警系统中,克服了上述预警系统的缺点;预警系统在工程地质中也得到深入的研究,河海大学张发明和西安地质学院刘玉海运用系统分析的方法,建立了地面沉降预测预警系统 DTLAS,实现了地面沉降的计算机管理,运用 DTLAS,可以预测未来最终地面沉降量,为市政规划和地下水资源管理提供了决策依据;在减灾防灾工作中预警系统也得到了广泛运用,广西水利厅水文水资源的俞日新的《加速预警系统建设 减轻自然灾害损失——“广西防灾减灾预警预报系统”介绍》一文,

其谈到广西防灾减灾预警预报系统的建设是以该系统为主体、连接气象、水文、海岸、自治区政府、防汛办等部门和各地市分中心的系统,其网络结构分计算机局域网互联和计算机广域连接,在网络结点上可以随时调用各部门实时信息、预报信息、历史信息及卫星云图、台风路径等重要信息,为政府领导和防汛部门决策指挥提供科学依据。

预警系统在水利防洪工作中也已经有了研究成果,华南理工大学自动控制工程系的方捷初步设计出有线洪水预警系统,对我们的防洪工作有一定的帮助。预警系统在交通领域的研究与应用近来显得更为突出,特别是铁路系统方面有了长足的进步。预警系统在灾害防治方面尤为人们所注目且得到了迅速的发展并逐步成熟起来;预警系统在耕地保护方面也取得了广泛的应用,例如:南京大学城市与资源学系的李满春 2002 年 9 月区域耕地保护进行科学化、规范化及动态监测做了一个耕地保护预警信息系统,对系统逻辑结构、总体结构和网络拓扑结构进行了初步设计,以期为区域耕地保护工作提供一个可行的系统实现方案。

总之,部门专业预警系统的研究成果颇多,涉及各行各业,在此就不再一一赘述。

1.2.4 水资源预警系统研究

目前,针对区域水资源可持续利用预警系统进行研究的成果鲜见报道,现有研究成果主要集中于对区域水资源可持续利用的评价和自然资源可持续利用预警系统的研究领域;对于水资源可持续利用评价的研究成果主要包含两个方面:一方面是对水资源可持续利用评价指标合理选择;第二方面是对水资源可持续利用评价方法及模型进行理论和应用研究。

1.2.4.1 国外研究动态

国外建立的水资源可持续利用指标体系主要包括国家、地区、流域三种研究尺度,其指标体系分为质量指标(indexes of quality)、受损指标(damage)、交互作用指标(interaction)、水文地质化学指标(hydrogeochemical)和动态指标(dynamic)。可持续类别根据生态状况分为可持续(sustainable)、弱不可持续(slightly unsustainable)、中等不可持续(mediaum unsustainable)、不可持续(unsustainable)、高度不可持续(highly unsustainable)和灾难不可持续(catastrophically unsustainable)。国家水资源可持续利用指标体系,其特点是具有高度的宏观性,指标数目少。主要指标包括:地表、地下水年提取量,人均用水量,地下水储存量,淡水中肠菌排泄量,水体中生物需氧量,废水处理,水文网络密度等。地区水资源可持续利用指标体系,其特点是指标种类数目相对较多,强调生态状况。主要指标包括:地表水利用量、地下水利用量,水资源总利用量,家庭用水水质,清洁水、废水价格,水源携带营养量,水流中有害物质数量,人口、濒危物种,居民区和人口稀疏地区废水处理效率,污水利用量,水系统调节、用水分配,防洪,经济和娱乐等。流域水资源可持续利用指标体系,流域管理强调环境、经济、社会综合管理。其目的在于考虑下一代利益,保护自然资源,特别是水资源,使其对社会、经济、环境负面影响结果最小。指标体系大多为驱动力—压力—状态—反应(The Driving forces - Pressure - State - Impact - DPSI)指标。驱动力(Driving forces)为流域中自然条件以及经济活动。压力(Pressures)包括自然、人工供水,用水量和水污染。状态(State)则是反映上述的质量、数量指标。反应(Impacts)包括直接对生态的影响和流域资源的影响。

而区域水资源可持续利用评价所采用的主要方法是:发展综合指标测度(系统发展指

数),以可持续性的隶属度来度量系统在某时段相对于前一时段发展程度的高低,这种根据隶属度的评价方法仅反映了系统发展水平的高低和系统发展水平提高的程度,因此,这种方法是一个可持续不完全意义上的度量模型。

1.2.4.2 国内研究动态

王惠敏就如何度量流域可持续发展以及度量发展模式是否具备可持续性,提出了流域可持续发展分析的新思路——系统动力学预警方法,并结合实例进行了分析研究;建立了流域可持续发展预警模型,通过可持续发展能力指数调整流域发展策略,拟订不同的政策方案,进行了仿真研究,并分析和评价各种政策方案下的仿真结果,得出的对策意见和预警结果符合实际情况,为流域制定发展规划、调节各项政策提供了理论及方法、依据和决策支持。2000年10月郭安军、屠梅曾对水资源安全预警机制作出了探讨性的研究,在分析水资源安全概念三个层次的基础上提出了水资源安全预警机制原理的构架,并对水资源安全预警机制的前景作出了进一步的展望和讨论,以期引起大众对水资源问题的关注。

刘恒、耿雷华等人立足于区域(或流域)水资源的特点,考虑到区域(或流域)内社会经济发展对水的依赖程度,以及社会经济发展水平的不平衡和科技水平的差异,借鉴国际可持续发展标准和国内其他资源可持续利用的认知水平,遵循科学、实用及简明的原则,构建水资源可持续利用评价指标体系,探索性地提出了水资源可持续利用能力的五级划分标准。徐明芳、冯国章等在阐明区域水资源实行可持续利用的必要性的基础上,分析了现有区域水资源可持续利用评价指标体系的国内外研究进展和存在的不足,建立了区域水资源可持续利用评价指标体系,提出运用离差法、主成分分析和层次分析方法计算指标,利用动态和静态相结合的方法对指标进行评价;宋松柏、蔡焕杰等对区域水资源可持续利用指标体系及评价方法研究的主要内容及其研究趋势进行了探讨;邓绍云、文俊对建立区域水资源可持续利用预警指标体系进行了初步的探讨,设计了目标层、准则层和指标层3个层次的区域水资源预警指标体系的框架。

金菊良、丁晶等人认为目前提出的区域水资源可持续利用评价模型大多是用显式函数来表示评价指标与评价等级之间的复杂关系,其函数形式随区域水资源可持续利用系统评价内容的不同而变化,求解这些函数较复杂,为此,他们提出了用基于加速遗传算法的Shepard插值模型(SP模型)进行评价的新方法;宋松柏、蔡焕杰根据给定的水资源可持续利用评价等级标准,采用随机技术模拟生成足够数量的评价指标序列,应用BP网络模型,以评价指标生成序列和其所属的评价等级值来建立评价模型,并进行了实例研究,其结果表明,建立的模型实用、可操作性强;李如忠、钱家忠等,构建了区域水资源可持续利用评价的未确知测度模型,并将该模型应用于西安市水资源开发利用程度的评价,为信息不确定条件下的区域水资源可持续利用评价提供了一种新方法;金菊良、张礼兵等探讨了把层次分析法(AHP)作为确定指标权重的实现过程,并提出用加速遗传算法(AGA)修正判断矩阵的一致性,同时计算判断矩阵各要素排序权值的新方法(AGA-CAHP),结果表明,GA-CAHP方法直观、简便,计算结果稳定、精度高,在各种实际系统评价中具有应用价值;楼文高、刘遂庆在论述区域水资源可持续利用与水资源承载能力关系的前提下,提出了区域水资源可持续利用评价的神经网络方法,并建立了神经网络模型对汉中盆地水资源可持续利用程度进行了评价,应用实例表明:建立的模型与其他模

糊综合评价和属性识别方法相比,评价结果更合理可行和可靠;黄晓荣、梁川等人以人口、资源、环境、社会、经济5个子系统整体考虑,建立水资源可持续利用评价指标体系,并运用基于RAGA的PPC模型,把高维数据转换到低维子空间,获得指标体系最佳投影方向和投影值,从而做出判断,最大限度避免了模糊综合评判等方法中权重的人为干扰,该法模型简单、高效、可行;邓绍云、文俊以区域水资源承载力为考核指标初步建立了区域水资源可持续利用预警模型。

田家华在介绍自然资源可持续利用指标体系构建的非货币评价模式的基础上,提出了指标体系构建的原则、方法及评价指标体系,同时指出,可持续评价指标体系的设置应该遵循科学性、相对独立性、可行性、层次性和定量指标与定性指标相结合的原则。

1.2.5 区域水资源可持续利用预警系统研究的提出

现有的研究进展表明,区域水资源可持续利用预警系统的研究仍处于起始阶段,主要的研究还集中于区域水资源可持续利用的评价领域,在评价方法和评价指标的筛选上取得了较多的成果,神经网络、遗传算法等新的数学方法在该领域获得了较好的应用效果;主要问题在于:尚未建立系统的区域水资源可持续预警指标体系,同时各种预警方法、模型较多的停留于理论研究阶段,可操作性强、软件化的区域水资源可持续利用预警系统的研究亟待开展。

作为保证区域水资源可持续利用的重要技术手段的区域水资源可持续利用预警系统,在目前的研究进展下,存在大量研究工作尚需拓展。首先,在借鉴其他预警系统的基础上,理清区域水资源可持续利用预警系统中各个警素之间的关系,建立起一系列预警指数、较为系统的预警理论体系;其次,警兆识别、警度划分作为区域水资源可持续利用预警的重要环节,二者的研究具有重要意义;再者,在理论和模型研究的基础上,更为重要的是研建出水资源可持续利用预警系统软件,用于指导区域经济的可持续发展和水资源的可持续利用。随着系统的区域水资源可持续利用预警理论体系的建立和完善,以及预警系统软件的研建,区域水资源可持续利用预警系统必将在经济社会可持续发展中起到重要作用。

1.3 论文的研究方案

1.3.1 研究的目标和内容

通过对预警系统研究现状及其未来发展趋势的分析,本论文确立的研究目标和内容主要是:通过引入预警系统理论和借鉴相关领域预警实践成果,对区域水资源可持续利用预警系统的基本概念、基础理论和基本方法进行深入的研究,初步建立起区域水资源可持续利用预警系统的基本理论框架,这些理论问题主要有。

(1) 区域水资源可持续利用预警系统概念框架的确立,不仅要理清区域水资源可持续利用预警系统与监测系统的关系,而且要明晰区域水资源可持续利用预警系统与其他预警系统的联系和区别,形成一个具有行业特色和部门特点的概念框架。体系主要包括对区域、预警、警义、警情、预警指标和区域水资源可持续利用预警系统等概念的全面分析和深度开发。

(2) 区域水资源可持续利用预警系统理论体系的构建。不仅应借鉴经济和灾害预警

系统等已有成熟的理论,而且应侧重研究其行业特色和专业特色。这个体系主要包括对区域水资源可持续利用预警系统的理论基础、预警原理、调控机制和预警分析进行全面阐述。

(3) 区域水资源可持续利用预警系统基本方法研究,不仅要研究区域水资源可持续利用预警系统的基本方法,而且要对区域水资源可持续利用预警系统的具体方法如:警度确定方法和警兆识别方法进行探讨。在此基础上建立人工神经网络区域水资源可持续利用预警模型。

区域水资源可持续利用预警系统理论研究的目的是建立实用的区域水资源可持续利用预警系统,为区域水资源管理服务,因此本研究着重进行:

(1) 区域水资源可持续利用预警系统的研建,主要对预警系统研建的必要性和可能性的探讨,对预警系统的技术系统及其组织实施的制约因素进行全面的研究,以及开发区域水资源可持续利用预警系统——RWRFS1.0。

(2) 区域水资源可持续利用预警系统的实证分析,主要对云南哈尼梯田水资源可持续利用的总体警素进行初步的预警实证分析,以便进一步检验和丰富相关的预警理论以及技术系统。

1.3.2 研究的方法和步骤

本论文采用的研究方法和步骤主要有:

(1) 在参考已有文献的基础上,进一步收集整理其他领域的预警系统成果,实例考察现有的预警体系运行状况。

(2) 重点研究区域水资源可持续利用预警系统的行业特点和专业特色,以综合集成的方法,研究其基本概念、基本理论和基本方法问题,初步形成系统的区域水资源可持续利用预警系统理论框架。

(3) 在上述理论框架的基础上,重点进行区域水资源可持续利用预警系统的相关问题研究。比如,建设的必要性和可能性以及制约因素和对策等。

(4) 以区域水资源可持续利用为研究对象,以区域整个社会经济可持续发展为研究背景,对其进行详细的资源、社会、经济、环境和自然等方面的调查研究,建立原始数据库。

(5) 收集、分析、整理现有的资源、社会、经济、环境和自然等的分析、统计和评价指标,建立原始指标库。

(6) 建立与研究有关的原始模型库,包括数据处理模型、指标筛选模型、预警模型、仿真模型等。

(7) 应用面向对象方法理解“问题空间”,从而得出预警系统的一个规范,并用OOD方法把这个规格说明映射到“解空间”,用DELPHI实现OOA和OOD的目标——面向对象的区域水资源可持续利用预警系统的计算机技术系统。

(8) 利用上述理论研究的成果和研发的系统对云南哈尼梯田水资源可持续利用进行初步的预警实证分析。

1.3.3 研究的技术路线

本研究采用的技术路线如图1.1所示。