

“十二五”国家重点图书出版规划项目

“十一五”国家科技支撑计划重点项目

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

中国综合生态与食物安全风险

王仰麟 蒙吉军 刘黎明 许学工
彭建 许月卿 安萍莉 赵昕奕 等著



科学出版社

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

中国综合生态与食物安全风险

王仰麟 蒙吉军 刘黎明 许学工 等著
彭建 许月卿 安萍莉 赵昕奕

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术研究与示范”的部分研究成果，丛书之一。本书基于中国生态环境和食物安全面临的风险状况，建立了综合生态与食物安全风险评价的指标体系，构建了区域生态和食物安全风险的综合评价模型，首次编制了中国综合生态和食物安全风险地图，并选择内蒙古鄂尔多斯市和湖南洞庭湖流域分别进行了生态风险和食物安全风险的认识、评价和制图，提出了生态和食物安全风险防范的策略。

本书可供灾害科学、风险管理、应急技术、防灾减灾、保险、生态、能源、农业等领域的政府公务人员、科研和工程技术人员、企业管理人员以及高等院校的师生等参考，也可作为高等院校相关专业研究生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

综合风险防范：中国综合生态与食物安全风险/王仰麟等著：—北京：科学出版社，2011

(综合风险防范关键技术研究与示范丛书)

ISBN 978-7-03-030732-3

I. 综… II. 王… III. ①生态环境—环境管理：安全管理：风险管理—研究—中国②食品安全—风险管理—研究—中国 IV. X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 060162 号

责任编辑：王倩 张月鸿 李敏 王晓光 李娅婷 / 责任校对：陈玉凤

责任印制：钱玉芬 / 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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2011 年 5 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2011 年 5 月第一次印刷 印张：28 插页：2

印数：1—2 000 字数：680 000

定价：120.00 元

如有印装质量问题，我社负责调换

“十二五”国家重点图书出版规划项目

“十一五”国家科技支撑计划重点项目

总 序


综合风险防范 (integrated risk governance) 的研究源于 21 世纪初。2003 年国际风险管理理事会 (International Risk Governance Council, IRGC) 在瑞士日内瓦成立。我作为这一国际组织的理事, 代表中国政府参加了该组织成立以来的一些重要活动, 从中了解了这一领域最为突出的特色: 一是强调从风险管理 (risk management) 转移到风险防范 (risk governance); 二是强调“综合”分析和对策的制定, 从而实现对可能出现的全球风险提出防范措施, 为决策者特别是政府的决策者提供防范新风险的对策。中国的综合风险防范研究起步于 2005 年, 这一年国际全球环境变化人文因素计划中国国家委员会 (Chinese National Committee for the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, CNC-IHDP) 成立, 在这一委员会中, 我们设立了一个综合风险工作组 (Integrated Risk Working Group, CNC-IHDP-IR)。自此, 中国综合风险防范科技工作逐渐开展起来。

CNC-IHDP-IR 成立以来, 积极组织国内相关领域的专家, 充分论证并提出了开展综合风险防范科技项目的建议书。2006 年下半年, 科学技术部经过组织专家广泛论证, 在农村科技领域, 设置了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术研究” (2006~2010 年) (2006BAD20B00)。该项目由教育部科学技术司牵头组织执行, 北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、民政部国家减灾中心、中国保险行业协会、北京大学、中国农业大学、武汉大学等单位通过负责 7 个课题, 承担了中国第一个综合风险防范领域的重要科技支撑计划项目。北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室主任史培军教授被教育部科学技术司聘为这一项目专家组的组长, 承担了组织和协调这一项目实施的工作。与此同时, CNC-IHDP-IR 借 2006 年在中国召开国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP) 北京区域会议和地球系统科学联盟 (Earth System Science Partnership, ESSP) 北京会议之际, 通过 CNC-IHDP 向 IHDP 科学委员会主席 Oran Young 教授提出, 在 IHDP 设立的核心科学计划中, 设置全球环境变化下的“综合风险防范”研究领域。经过近 4 年的艰苦努力, 关于这一科学计划的建议于 2007 年被纳入 IHDP 新 10 年 (2005~2015 年) 战略框架内容; 于 2008 年被设为 IHDP 新 10 年战略行动计划的一个研究主题; 于 2009 年被设为 IHDP 新 10 年核心科学计划之开拓者计划开始执行; 于 2010 年 9 月被正式设为 IHDP 新 10 年核心科学计划, 其核心科学计划报

告——《综合风险防范报告》(Integrated Risk Governance Project) 在 IHDP 总部德国波恩正式公开出版。它是中国科学家参加全球变化研究 20 多年来,首次在全球变化四大科学计划 [国际地圈生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)、世界气候研究计划 (World Climate Research Programme, WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP)、生物多样性计划 (Biological Diversity Plan, DIVERSITAS)] 中起主导作用的科学计划,亦是全球第一个综合风险防范的科学计划。它与 2010 年启动的由国际科学理事会、国际社会科学理事会和联合国国际减灾战略秘书处联合主导的“综合灾害风险研究”(Integrated Research on Disaster Risk, IRDR) 计划共同构成了当今世界开展综合风险防范研究的两大国际化平台。

《综合风险防范关键技术与示范丛书》是前述相关单位承担“十一五”国家科技支撑计划重点项目——“综合风险防范关键技术与示范”所取得的部分成果。丛书包括《综合风险防范——科学、技术与示范》、《综合风险防范——标准、模型与应用》、《综合风险防范——搜索、模拟与制图》、《综合风险防范——数据库、风险地图与网络平台》、《综合风险防范——中国综合自然灾害救助保障体系》、《综合风险防范——中国综合自然灾害风险转移体系》、《综合风险防范——中国综合气候变化风险》、《综合风险防范——中国综合能源与水资源保障风险》、《综合风险防范——中国综合生态与食品安全风险》与《中国自然灾害风险地图集》10 个分册,较为全面地展示了中国综合风险防范研究领域所取得的最新成果(特别指出,本研究内容及数据的提取只涉及中国内地 31 个省、自治区、直辖市,暂未包括香港、澳门和台湾地区)。丛书的内容主要包括综合风险分析与评价模型体系、信息搜索与网络信息管理技术、模拟与仿真技术、自动制图技术、信息集成技术、综合能源与水资源保障风险防范、综合食物与生态安全风险防范、综合全球贸易与全球环境变化风险防范、综合自然灾害风险救助与保险体系和中国综合风险防范模式。这些研究成果初步奠定了中国综合风险防范研究的基础,为进一步开展该领域的研究提供了较为丰富的信息、理论和技术。然而,正是由于这一领域的研究才刚刚起步,这套丛书中阐述的理论、方法和开发的技术,还有许多不完善之处,诚请广大同行和读者给予批评指正。在此,对参与这项研究并取得丰硕成果的广大科技工作者表示热烈的祝贺,并期盼中国综合风险防范研究能取得更多的创新成就,为提高中国及全世界的综合风险防范水平和能力作出更大的贡献!

国务院参事、科技部原副部长



2011 年 2 月

目 录

总序

| | |
|---------------------------------|-----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景及意义 | 1 |
| 1.2 综合生态与食物安全风险评价的基本内涵 | 6 |
| 1.3 国内外生态与食物安全风险研究进展 | 10 |
| 1.4 研究目的、内容与方法 | 18 |
| 第 2 章 中国综合生态安全风险识别与分类标准 | 24 |
| 2.1 中国生态环境脆弱性基底分析 | 24 |
| 2.2 中国综合生态安全风险源识别 | 30 |
| 2.3 综合生态安全风险分类 | 39 |
| 第 3 章 综合生态风险评估技术 | 46 |
| 3.1 综合生态风险评价的指标体系 | 46 |
| 3.2 综合生态风险评价技术标准 | 63 |
| 3.3 区域生态风险评价模型 | 70 |
| 第 4 章 中国综合生态安全风险评价与制图 | 77 |
| 4.1 研究意义与研究框架 | 77 |
| 4.2 评价因子的数据准备和相关评价 | 81 |
| 4.3 单风险源的生态风险评价 | 91 |
| 4.4 全国综合生态风险评价 | 99 |
| 4.5 专题研究与区域生态风险评价制图 | 103 |
| 4.6 生态风险评价的不确定性分析 | 112 |
| 4.7 结论与讨论 | 118 |
| 第 5 章 综合生态安全风险防范技术体系构建 | 119 |
| 5.1 综合生态风险防范研究的背景 | 119 |
| 5.2 全国不同类型生态风险防范体系 | 123 |
| 5.3 高风险区综合生态风险防范、预警及预案体系 | 130 |
| 第 6 章 鄂尔多斯综合生态风险评价与防范技术示范 | 144 |
| 6.1 示范区与数据来源 | 144 |
| 6.2 鄂尔多斯生态风险评价指标体系的构建 | 155 |
| 6.3 鄂尔多斯生态风险源分析 | 157 |
| 6.4 鄂尔多斯综合生态风险计算和分析 | 177 |

| | |
|--|------------|
| 6.5 鄂尔多斯生态风险防范管理对策 | 185 |
| 第7章 综合食物安全风险识别与分类 | 195 |
| 7.1 综合食物安全风险识别 | 195 |
| 7.2 综合食物安全风险分类 | 206 |
| 第8章 综合食物安全风险评估技术体系 | 211 |
| 8.1 综合食物安全风险评估指标体系 | 211 |
| 8.2 综合食物安全风险评估方法和模型 | 221 |
| 第9章 中国综合食物安全风险评估 | 232 |
| 9.1 中国综合食物安全的自然灾害风险分析 | 232 |
| 9.2 中国综合食物安全的资源约束风险分析 | 243 |
| 9.3 中国综合食物安全的生产投入约束风险分析 | 255 |
| 9.4 中国综合食物安全的消费需求风险分析 | 265 |
| 9.5 中国综合食物安全的国际贸易风险分析 | 275 |
| 9.6 中国综合食物安全风险的综合评估与制图 | 292 |
| 第10章 洞庭湖综合食物安全风险识别与防范技术示范 | 300 |
| 10.1 示范区概况及数据来源 | 300 |
| 10.2 洞庭湖区综合食物安全风险因子识别与分类 | 308 |
| 10.3 洞庭湖区综合食物数量安全风险评估 | 321 |
| 10.4 洞庭湖区综合食物可持续供给安全风险评估 | 368 |
| 10.5 基于综合食物安全的耕地保障能力评估 | 374 |
| 10.6 洞庭湖区综合食物安全风险防范与管理 | 380 |
| 第11章 综合食物安全风险防范和管理机制 | 384 |
| 11.1 综合食物安全风险预警理论 | 384 |
| 11.2 综合食物安全风险预警指标体系设计 | 389 |
| 11.3 综合食物安全风险预警模型构建及警限确定 | 395 |
| 11.4 洞庭湖区综合食物安全风险预警实证研究 | 399 |
| 11.5 综合食物安全风险防范和预案机制 | 425 |
| 参考文献 | 433 |
| 后记 | 442 |

第 1 章 绪 论^{*}

社会经济的快速发展及对自然资源的过度利用，引起环境污染、植被退化、水土流失、土地荒漠化等生态风险不断加剧，直接威胁到人类赖以生存的生态系统的安全。中国是世界上生态脆弱区分布面积最大、脆弱生态类型最多、生态脆弱性表现最明显的国家之一。构建综合生态风险防范体系，成为实现区域可持续发展的重要途径。食物安全与人类生存、国家安危、社会发展休戚相关。中国是农业大国，也是世界上人口最多的发展中国家，食物安全问题举世瞩目。识别中国食物安全风险源，进行综合食物安全风险评估和预警防范，构建综合食物安全风险防范技术体系，可为实现中国农业可持续发展及构建和谐社会奠定基础。

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

风险管理（risk governance）是一门发展很快的学科，受到世界各国的高度重视。风险管理，就是在对风险进行识别、预测、评价的基础之上，优化各种风险处理技术，以一定的风险处理成本有效控制和处理风险的过程。风险管理一般包括风险预防、风险评价、风险应对、灾后恢复等多个环节。人口膨胀、资源紧缺、环境恶化、自然灾害是当今人类面临的最重大的全球性问题，这些问题互为因果、相互制约，它们正在影响社会和经济的可持续发展，严重威胁人类的生存。人类面临的风险层出不穷，可持续发展和公众对于增加安全感的更高要求使风险管理越来越为世界各国所重视，并得到逐步推广。政府是公众的最终依赖对象，在防范和应对风险方面承担着不可推卸的责任。目前，西方发达国家政府已经提出并践行了政府风险管理的理念，美国政府大多数部门的主要职责都与风险管理有关。

在全球变化背景下，环境污染、植被退化、水土流失、土地荒漠化等生态风险不断加剧，直接威胁到了人类赖以生存的生态系统的安全。自 20 世纪 40 年代以来，生态系统服务功能维护日益受到国际社会的广泛关注。通过控制、减轻和适应风险等多种综合生态风险管理技术，建设高风险地区的综合风险防范体系，成为实现区域可持续发展的重要途径。在全球化和国际贸易迅速发展的背景下，食物安全也受到了国际社会的普遍关注。

* 本章执笔人：北京大学的蒙古军、周婷；中国农业大学的刘黎明

中国是农业大国，近年来食品安全风险逐渐凸显，全球化和国际贸易对中国食品安全也产生重要影响。以中国食品安全风险为基础，突出国际食物贸易对中国食品安全的影响，构建综合食品安全风险防范技术体系，为实现中国农业可持续发展及构建和谐社会奠定基础。

1. 综合生态风险评价及防范的研究背景

随着社会经济的发展及人类对自然资源的过度利用，许多生态系统出现退化，继而引发了一系列的生态环境问题，如水资源和能源短缺、水土流失、森林减少、环境污染、生物多样性丧失、土地荒漠化等。尤其是在生态环境脆弱的区域，沙化、盐碱化、水土流失、肥力下降、干旱化、植被退化、土地适宜性降低、灾害频度和强度增加等问题更是日渐凸出。目前，随着全民环境意识的提高，中国生态环境问题已逐渐得到各方面的重视，生态保护已被提到经济和社会能否持续发展的高度来认识。尤其是2005年松花江水污染事件、2008年的中国南方雪灾和汶川地震、2010年中国西南旱灾及青海玉树地震等一系列突发灾害事件使得人们对区域生态风险的关注度越来越高。

生态风险评价产生于20世纪80年代，主要目的是为生态系统管理与可持续发展提供科学依据和技术支持。目前，生态风险评价在欧美环境管理中的地位越来越突出，已经成为发现、解决环境问题的决策基础，并在法律上得到确认。作为一门年轻的、不断发展的实用技术，生态风险研究工作在中国还处于起步阶段，理论技术研究薄弱，缺乏生态风险评价、预警及防范的有效手段。中国现行的生态环境管理体制中对污染物的生态风险控制还没有具体的、可操作的规定，生态风险评价在建设项目环境保护管理中的应用还是个别。2005年松花江水污染事件暴露了中国生态风险管理存在的问题。为贯彻《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》，国家环境保护总局发出《关于防范环境风险加强环境影响评价管理的通知》，从源头防范环境风险，防止重大环境污染事件造成的危害和损失。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中，明确把生态脆弱区域生态系统功能的恢复重建、突发公共事件防范与快速处置以及重大自然灾害监测与防御作为重点领域的优先主题。《国家环境保护“十一五”科技发展规划》中也指出，中国生态与环境问题变得更加复杂、风险更加巨大，明确提出要展开对农药、化学药品和土壤污染的生态风险评价和管理研究。国家“十一五”规划指出要建设环境友好型社会，提出生态保护和建设的重点要从事后治理向事前保护转变，从源头上扭转生态恶化的趋势。近年来，国家陆续实施了天然林保护工程、三江源自然保护区生态保护和建设工程等多项重大生态保护及生态建设项目，反映了国家对生态保护、生态灾害预防的高度重视和迫切需求。另外，西部大开发对加强生态环境保护尤其是生态风险评估与防范技术也提出了更高、更现实的要求。

基于此，对生态环境的管理和研究要从损失造成后的恢复和治理转向损失造成之前对生态风险具有前瞻性的预警和防范能力，最大限度减少损失。因此，加强生态风险评价的基础理论和技术方法的研究，建立适合中国生态环境的生态风险评价的标准方法和技术指南，制定相应的技术规范，开发应用各种模型，完善生态风险预警、防范和应急体系，成为当前保障中国生态安全、提高生态环境管理能力的当务之急。

2. 综合食物安全风险评价及防范的研究背景

食物短缺一直是困扰人类可持续发展的全球性问题。随着人口数量不断增长、可耕地面积逐年减少以及地区发展差距日益拉大,世界食物安全形势更加严峻。据统计,目前全球缺乏足够食物的人约 8.5 亿,占总人口的 1/7,其中绝大多数集中在发展中国家和地区。联合国粮食及农业组织(后简称粮农组织)发出警告,2007 年世界粮食储备已降至 1976 年以来的最低点,36 个国家面临食物短缺,全球大米库存也降至 7210 万 t,为 1984 年以来的最低点。库存吃紧的消息使世界主要大米出口国更加重视本国的粮食安全。泰国、越南、印度、埃及和柬埔寨等世界主要稻米生产国为保证内需、稳定粮价,纷纷颁布大米出口限令,使国际市场上的大米数量骤减约 1/3,更加剧了人们对世界粮食供应吃紧的担忧,国际食物安全问题日益严峻。

中国的食物安全是一个举世瞩目的问题,中国人能不能自己养活自己一直是引人关注的研究课题。尽管中国目前已经解决了 13 亿人口的吃饭问题,但粮食供应的现实仍然严峻,中国农业面临着巨大的挑战。

其一,中国是一个受灾严重的国家,几乎每年都有不同类型的灾害同时出现。近年来受全球气候变化等影响,灾害性天气日益频繁,加之农业基础设施老化失修,导致农业灾害日益加剧。近 10 年中国年均受灾面积达 7.27 亿亩^①,农业成灾率居高不下,2004 年中国因自然灾害损失粮食 610 亿斤^②,2005 年损失达 690 亿斤,2006 年损失增加到 894 亿斤。

其二,中国耕地资源的数量和质量逐渐下降,直接影响到粮食的产量和品质。1996 年,中国耕地总面积为 19.51 亿亩,2006 年年底降为 18.27 亿亩,10 年净减少 1.24 亿亩。从长远看,随着工业化、城镇化进程的加快,耕地减少的趋势仍难以扭转。同时中国人均水资源仅为世界人均水平的 1/4,而且分布不均,水土资源不匹配,农业生产受水土资源的制约明显。2006 年,全国耕地中有较完善灌溉设施的水浇地为 8.25 亿亩,仅占耕地总面积的 45%。

其三,近年来粮食产区老人和妇女成为主要劳动力,劳动力结构不合理,劳动力素质低,直接影响了农业科技接受能力,限制了新品种、新技术在粮食生产中的推广应用。虽然近几年,国家加大了农业补贴力度,全面推进农村税费改革,种粮效益明显提高,但由于化肥、农药、农业机械等农用生产资料价格不断上涨,劳动力成本不断提高,在一定程度上制约了粮食生产投入。

其四,中国在粮食生产上没有比较优势,未来持续的粮食进口是不可避免的(向颖佳,2008),且中国粮食贸易的稳定性较差,大起大落的状况经常出现,在总量稳定性较差的同时,结构问题同样突出(张吉祥,2007)。近年来,国际粮食贸易格局演变和国际粮食市场行情发生了较大变化。国际市场粮食价格大幅波动。农业贸易自由化令发达国家不断强化技术壁垒和环境壁垒,使发展中国家的贸易仍然处于不利地位,扩大了收入差

① 1 亩 \approx 666.7 m²,后同。

② 1 斤=500 g,后同。

距,恶化了发展中国家的粮食安全状况(李晓俐,2007)。

其五,中国幅员辽阔、人口众多,不同地区受经济发展、饮食消费习惯的影响,居民的食物消费结构存在很大的差异;加之中国是传统的农业大国,农村人口占有很大比例,长期实行二元结构造成城乡居民在食物消费水平及结构上也存在很大的差距,这都使得中国居民食物消费特点错综复杂。到21世纪二三十年代,人口的持续增长将达到高峰期,中国粮食等食物的发展将随之进入一个重要的历史时期。根据中国人口信息研究中心的预测,到2050年,中国总人口将达15.22亿。人口的刚性增长,势必增加食物的消费需求;且生活水平的提高,居民收入的增加也刺激了居民对粮食以外的其他农产品消费需求,近年来城乡居民对于动物性食品消费的需求不断加大。人民生活水平的提高和食物消费需求的不断增长,都会对中国食物安全形成巨大的压力,造成食物消费风险。

因此,中国未来的食物安全仍面临许多不利因素,存在许多不确定性风险。

1.1.2 研究意义

1. 综合生态风险评价及防范的研究意义

可持续发展只是一种理念,是人们追求的目标,要如何实现这一目标,人们还十分迷惘。如何才能判断周围的生态系统是否健康?区域生态系统可能面临多大的风险?区域生态系统抵抗灾害的能力到底有多强?危害区域可持续发展的人类活动的限度到底在哪里?区域生态风险评价能回答这些问题,能为区域可持续发展道路提供有预见性的建议。区域生态风险评价通过评估区域生态系统遭受风险的可能性及受到生态危害的大小为风险管理提供科学依据和技术支持,从而协助人类在生产和生活时不断调整自身行为,为人类活动对生态系统的影响提供预测,进行适时的区域生态风险管理,减少生态风险损失,为区域生态环境质量改善、生态系统结构和功能维护提供理论基础。另外,区域生态系统作为区域自然因子、生物因子和社会因子的复合系统,是区域各种生物有机体的载体,是物质和能量的供应者,也是人类赖以生存和社会发展的基础。保持生态系统健康、维护生态系统良性循环是区域可持续的核心,正确及时地对生态系统中存在的风险进行预测、评价和管理,对维护区域自然、社会、经济等的和谐,实现可持续发展提供更具有实际意义的指导作用。

20世纪80年代以来,生态风险评价在欧美等国环境管理中的地位越来越突出,已经成为解决环境问题的决策基础,并在法律上得到了确认。中国尚未普遍开展区域生态风险评价,相关的理论与实践也处于起步阶段。由于环境中各种风险因子往往对整个区域产生危害,所以对受体单元的选取就不能局限于某一个体或物种,而应扩展到更高的区域层次。因此,区域生态风险评价是生态风险评价的补充和拓展,研究生态风险评价时应拓宽生态风险评价的研究领域,从区域生态风险评价及生态风险管理研究角度充实其理论体系和研究方法。

根据2008年发布的《全国生态脆弱区保护规划纲要》,中国区域空间差异显著,生态系统类型多样。同时,中国也是世界上生态脆弱区分布面积最大、脆弱生态类型最多、生态脆弱性表现最明显的国家之一。生态脆弱区大多位于生态过渡区和植被交错区,处于农

牧、林牧、农林等复合交错带，主要有东北林草交错生态脆弱区、北方农牧交错生态脆弱区、西北荒漠绿洲交接生态脆弱区、南方红壤丘陵山地生态脆弱区、西南岩溶山地石漠化生态脆弱区、西南山地农牧交错生态脆弱区、青藏高原复合侵蚀生态脆弱区和沿海水陆交接带生态脆弱区。生态脆弱区是中国目前生态问题突出、经济相对落后和人民生活贫困的区域，加强生态脆弱区的保护，增强生态管理与防范意识，有利于实现区域的可持续发展。

北方农牧交错带是中国典型的生态脆弱区，由于自然环境的复杂性、脆弱性和人为干扰的敏感性，成为长期以来研究的热点和重点区域。本书选择内蒙古鄂尔多斯作为示范区，该区位于北方农牧交错带，自然条件和人文要素，尤其是土地利用方面都表现出过渡性和波动性的特点，抗干扰能力弱，对气候变化敏感，时空波动性明显、空间分异性高，土地退化趋势明显，面临多方面的风险，基于此进行区域生态风险综合评价，建立该区综合生态风险防范体系，对该区的生态系统管理和区域发展都具有重大的实践意义，对全国综合生态风险防范也具有重要的示范意义。

2. 综合食物安全风险评价及防范的研究意义

“民以食为天”。食物是人类赖以生存和发展的物质基础，食物安全不仅与个人生活密切相关，更是事关国民经济发展、社会稳定和国家自立的全局性重大战略问题。从人类发展史来看，食物安全问题由来已久，随着社会的发展，人们对食物安全的关注程度越来越高，食物安全的内涵也由基本的数量安全扩展到数量、质量和可持续发展等多方面的综合安全。1972年的世界粮食危机，引发了学术界在全世界范围内对食物安全的关注和讨论，食物安全这一概念随之提出，此后，食物安全成为一门具有自己特定研究体系的、内涵丰富而复杂的研究学科，为保障全球食物安全提供了科学的参考价值。

中国是人口大国，无论在食物安全的哪个环节发生问题，都将产生严重后果。从食物的需求方面而言，目前中国的人口已经达到13亿，由于人口年龄的结构特点以及过大的人口基数，即使在严格的计划生育政策执行下，21世纪前30年中国人口总量还将持续较大幅度增长，食物的需求也会呈现增长态势。而且随着中国经济的发展，居民收入提高，人们的食物结构也会相应发生变化，居民膳食结构会逐渐提升，对食物的需求仍将继续增加；从食物的供给而言，科技进步是食物增产的有利条件，但同时人口的增长和经济的发展使得耕地减少、水资源短缺、生态环境恶化、自然灾害频繁，这些硬条件都严重限制中国食物供给量增长的速度和幅度；从食物贸易方面而言，国际食物贸易受到自然灾害、战争、政治等因素的左右，存在着供给风险。中国这样一个人口大国的食物安全不可能完全依赖国际市场，而中国食物安全同样会引发世界性的食物安全危机。因此，用发展、战略的眼光，客观、正确地认识中国食物安全状况及其演变趋势，了解和分析未来食物安全将要面临的有利和不利因素，并从国家战略的高度，提前对食物安全风险进行评价和预警防范，及早确定风险水平并采取有力措施扬长避短，防范食物安全风险的发生，实现食物可持续供给安全，从而为国民经济的可持续发展奠定坚实的基础。

本书对完善、深化综合风险领域的理论具有重要的意义，尤其是对构建国家安全体系，提高国家综合风险的防范能力具有重要现实意义。

1.2 综合生态与食物安全风险评价的基本内涵

1.2.1 综合生态风险评价的基本内涵

1. 生态风险评价的内涵

“生态风险”(ecological risk)是生态系统及其组分所承受的风险,主要关注一定区域内,具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的不利作用,即一个种群、生态系统或整个景观的正常功能受外界胁迫,因而在目前和将来该系统健康、生产力、遗传结构、经济价值和美学价值减小的一种状况。生态风险评价(ecological risk assessment, ERA)就是评价发生不利生态效应可能性的过程(USEPA, 1992),是根据有限的已知资料预测未知后果的过程,其关键是调查生态系统及其组分的风险源,预测风险出现的概率及其可能的负面效果,并据此提出响应的舒缓措施(毛小苓和倪晋仁, 2005)。生态风险评价是风险论与生态学、环境科学、地学等多学科相互交叉的新兴边缘学科,也是现代生态学研究的一个前沿性问题。它利用上述多学科的综合知识,采用数学、概率论等量化分析技术手段来预测、分析和评价具有不确定性的灾害或事件对生态系统及其组分可能造成的损伤。目前,生态风险评价对单风险源、单受体的评价研究较多,相应的模型也较为成熟,选择的评价单元多为某一物种或个体水平,较少选择生态系统或景观水平。

生态风险评价是对生态系统的组分受到外界某种危害因素的影响,在一定程度和概率上产生变化作出的评判。因此,为了能够确切描述受体在风险源的影响下达到的生态终点,必须明确以下几个概念。

(1) 风险源(stressors)。又称为压力或干扰,是指可能对生态系统产生不利影响的一种或多种化学的、物理的或生物的风险来源,包括自然、社会经济与人们生产实践等诸种因素。例如,气象、水文、地质等方面的自然灾害(如干旱、台风、洪水、地震、滑坡)、污染物、生境破坏、物种入侵以及严重干扰生态系统的人为活动(如火灾、核泄漏、土地沙漠化、盐渍化)等。

(2) 受体(receptors)。即风险承受者,是指风险评价中生态系统可能受到来自风险源不利作用的组成部分,它可能是生物体,也可能是非生物体;可以指生物体的组织、器官,也可以指种群、群落、生态系统等不同生命组建层次。生态风险评价中,受体往往包括多个类型的生态系统,如农田生态系统、森林生态系统、草原生态系统、水域生态系统以及城市生态系统等,而不同的生态系统在区域整体的生态功能方面所发挥的作用亦存在差异。

(3) 生态终点(ecological end points)。指在具有不确定性的风险源作用下,风险受体可能受到的损害,以及由此而发生的区域生态系统结构和功能的损伤。生态学中,从个体、种群、群落到生态系统水平,不同组织尺度的生态终点可能不同。对于生态风险评价,生态终点应具有现实的生态学意义或社会意义,具有清晰的、可操作的定义,且易于观测和度量。除了反应生态系统的结构终点、功能终点和群落终点等要素外,更要从系统

的功能出发,选择那些具有重要生态意义的受胁迫的生态过程(如流域中的水文过程)。

2. 生态风险的特点

生态风险具有不确定性、危害性、客观性、复杂性和动态性等特点。

(1) 不确定性。生态系统具有哪种风险和造成这种风险的风险源是不确定的。人们事先难以准确预料危害性事件是否会发生以及发生的时间、地点、强度和范围,最多拥有这些事件先前发生的概率信息,从而根据这些信息去推断和预测生态系统所具有的风险类型和大小。

(2) 危害性。生态风险评价所关注的事件是灾害性事件,危害性是指这些事件发生后的作用效果对风险承受者具有的负面影响。

(3) 客观性。生态风险评价的目的是评价具有危害和不确定性的事件对生态系统及其组分可能造成的影响,在分析和表征生态风险时应体现生态系统自身的价值和功能。这一点与通常经济学上的风险评价以及自然灾害风险评价不同,前者主要分析风险造成的经济损失,而生态风险评价以生态系统的内在价值为依据,不仅考虑经济损失更着重于风险对生态系统自身结构和功能的影响。

(4) 复杂性。生态风险的最终受体包括生命系统的各个组建水平(包括个体、种群、群落、生态系统、景观乃至区域),且要考虑生物之间的相互作用以及不同组建水平的相互联系,因此生态风险相对于一切的环境风险和人类健康风险而言,复杂性显著提高。

(5) 动态性。任何生态系统都不可能是封闭的和静止不变的,它必然会受诸多具有不确定性和危害性因素的影响,影响生态风险的各因素是动态的,也使生态风险存在动态性。

3. 区域生态风险评价的内涵

由于环境中各种风险因子往往对整个区域产生危害,因此对受体单元的选取就不能局限于某一个体或物种,而应扩展到更高层次,这样对区域研究更有现实意义和指导作用。区域生态系统作为区域内自然因子、生物因子和社会因子的复合系统,是区域内各种生物有机体的载体,是物质和能量的供应者,也是人类赖以生存和社会发展的基础,保持生态系统健康、维护生态系统良性循环是区域可持续发展的核心。因此,正确及时地对生态系统中存在的风险进行预测、评价和管理,维护生态系统功能、保障区域经济可持续发展都具有重要的现实意义。

区域生态风险评价(regional ecological risk assessment)强调综合分析区域生态风险在大尺度范围内可能产生的影响,在区域尺度上描述和评估环境污染、人为活动或自然灾害对生态系统及其组分产生不利作用的可能性和大小的过程(付在毅和许学工,2001)。相对于单一地点的生态风险评价,区域生态风险涉及的因子多,存在相互作用和叠加效应,过程较复杂,在评价过程中必须考虑空间异质性。区域生态风险评价能为区域生态环境质量改善、区域生态系统结构和功能维护以及区域发展提供更具有实际意义的指导。人们可以在生态风险评价基础上作出适应生态系统自我调节机制的风险管理决策,为区域可持续发展之路提供指导,从而在维护生态系统健康发展的基础上促进区域经济与社会的发展。

区域生态风险评价是生态风险评价的组成部分，与生态风险评价原理基本相同，因此，生态风险评价已有研究成果包括概念框架、物理数学计算机方法、暴露-响应模型都对区域生态风险评价有很大的借鉴意义。但由于区域生态风险评价综合了空间信息、多种风险或多种生态终点，所涉及的风险源以及评价受体等都在区域内具有异质性，因而比一般生态风险评价更复杂，也更能解决区域发展的环境效应、区域自然灾害与污染防治以及可持续发展等问题。

1.2.2 综合食物安全风险评估的基本内涵

1. 综合食物安全的内涵

1974年11月，联合国粮农组织在世界粮食大会上通过了《世界粮食安全国际约定》，第一次提出了食物安全的概念：“保证任何人在任何时候都能得到为了生存和健康需要的足够食品。”国内对食物安全的研究，最早都是由“food security”翻译而来，由于当时中国经济落后，吃饭问题没有得到很好的解决，最早把“food”翻译为粮食，因此国内的研究大多数采用的是“粮食安全”的说法，重点研究稻谷、小麦、玉米、大豆等粮食的安全状况。但是随着中国经济的发展，人民生活水平的提高，更多的学者发现“food”一词的含义非常丰富，翻译为食物更为恰当，所以现在已经有学者提出要转变单一化粮食安全观念，树立新的食物安全观念（卢良恕，2008）。

20世纪末，中国农业发展进入“粮食产量供需基本平衡、丰年有余”的新阶段，2003年，以人均GDP超过1000美元为标志，中国进入食物发展与营养改善的战略机遇期，以营养平衡为核心的膳食结构改善工作凸显出其重要性、紧迫性。肉、蛋、奶、果、菜和水产品等粮食以外的食物得到快速发展，食物发展呈现多样化态势。从食物安全的高度关注人类的温饱与营养健康，更有利于缓解资源与环境压力，是现实的需要和未来的必然趋势（卢良恕等，2003）。

2003年卢良恕院士提出食物安全的含义包括了几个大的方面：从数量的角度，要求基本食品人们既能买得到、又能买得起需要的；从质量的角度，要求食物的营养全面、结构合理、卫生健康；从发展的角度，要求食物的获取注重生态环境的保护和资源利用的可持续性。食物安全是一个由食物数量安全、食物质量安全与食物持续性安全组成的整体性概念。2006年丁声俊指出，迄今，已经形成共识的食物安全内涵包括食物数量安全、食物质量安全、食物可持续安全。由这些实质性的基本内涵出发，学术界和国际组织又从不同角度出發，提出食物安全包括食物生产安全、食物加工安全、食物储备安全、食物流通安全、食物消费安全和食物卫生安全等内容。还有的专家从不同层面出发把食物安全划分为国家食物安全、家庭食物安全、食物营养安全，以及最近提出的食物可持续安全等内容。这些不同层次的食物安全的内涵是相互联系、相互统一的，当然也有不同的侧重点。2008年丁声俊提出，中国应该创新国家食物安全战略，适时把“单一化粮食安全”观念拓展为“以粮食为重点的综合化食物安全”新战略。从多年的实践来看，衡量中国粮食安全不可继续采用单项指标，需要采取内容完整、更能反映客观实际情况的指标体系。

综上所述,综合食物安全包括食物数量安全、食物质量安全、食物可持续供给安全。在数量上要求人们既能买得到、又能买得起维持正常生活所需要的基本食物,保障人们正常积极、健康生命活动的能量需要;在质量上要求人们所获取的食物营养全面、结构合理、卫生健康,保障食物的营养安全和卫生安全;在保障食物的可持续供给上要求食物的获取必须注重生态环境的保护和资源利用的可持续性,在保障满足当代人食物需求的同时,不影响后代人对食物的需求。

2. 综合食物安全风险的内涵

综合食物安全风险(integrated food security risk, IFSR)是指一定区域内,在可预见的未来,具有不确定性的自然、社会、经济等因素可能造成的食物供需失衡的程度。综合的含义既指食物来源的广泛性和多样性,又指风险源或风险因子的复杂性和综合性。综合食物安全风险较传统风险(如气象灾害风险、地质灾害风险等)更为复杂,除受到自然因素的影响外,还受社会、经济等非自然因素的影响,并且在经济全球化的背景下,随着国际食物贸易发展,一国的食物安全开始面临国际贸易的挑战。因此,综合食物安全风险不仅具有一般的风险特征,同时还表现出多因素性和综合性。

总之,未来的食物安全问题必定是一个综合性的问题,尤其要强调不同风险源和风险因子对食物安全的影响机制和防范的综合研究,制定综合性的风险管理体制和风险防范预案。

3. 区域综合食物安全风险评价的内涵

区域综合食物安全风险评价(regional integrated food security risk assessment, RIFSRA)是在全国尺度的综合食物安全风险评价基础上的深入研究。由于区域综合食物安全风险评价的风险信息更为具体,因此通过区域综合食物安全风险评价可以对一定区域特别是影响全国食物安全风险的重点区域进行研究,为风险预警和风险防范提供支持。

区域综合食物安全风险评价是以评价未来食物供需安全、食物卫生与营养安全以及食物可持续供给安全风险为目标,以综合食物安全风险识别—食物安全单风险源评价—食物安全综合风险评价为主线的风险评价研究。根据风险评价目标可以确定区域食物安全风险评价包括食物数量安全风险评价、食物质量安全风险评价和食物可持续供给能力安全风险评价三部分内容,这三个方面反映了食物安全风险评价的三个层次。食物数量安全风险评价指对未来一定范围内食物供需平衡风险的评价,食物数量安全风险评价是食物安全风险评价的基本目标。食物质量安全风险评价指对未来一定范围内食物卫生、营养安全水平风险的评价,食物质量安全风险评价是食物安全风险评价更深层次,需要以食物能够充足供给为前提。食物可持续供给能力安全风险评价指对未来一定范围内人类活动影响下的食物生产可持续发展环境状况进行的风险评价,食物可持续供给能力安全风险评价是食物安全风险评价基本目标的外延。