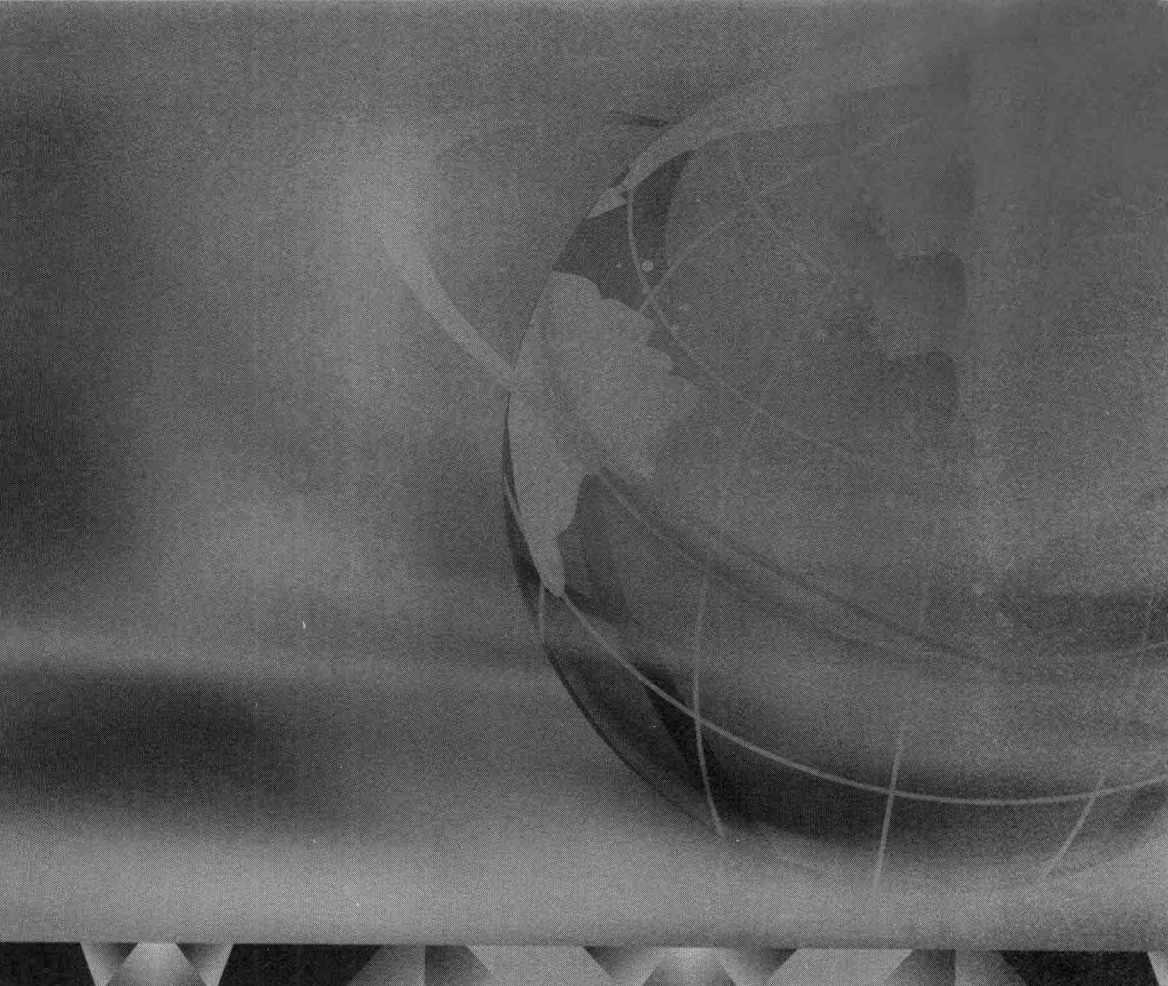




基于RS和GIS矿区景观 演变分析与生态风险评价

徐占军 著

中国农业科学技术出版社



基于RS和GIS矿区景观 演变分析与生态风险评价

徐占军 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 RS 和 GIS 矿区景观演变分析与生态风险评价 / 徐占军著.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2014. 5
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1595 - 4

I. ①基… II. ①徐… III. ①地理信息系统 - 应用 - 矿区 - 景观
生态环境 - 环境生态评价 - 研究 IV. ①X322 - 39②X21 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 064350 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 9.75

字 数 150 千字

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

版权所有 · 翻印必究

前 言

Preface

煤炭在我国能源结构中处于主导地位，作为我国的主要能源这一客观事实在这几十年内仍将继续存在。煤炭资源的开采过程，也是对矿区生态环境的人为扰动过程，引发了一系列的生态环境问题，如地表塌陷、煤矸石压占、地下水位下降、山体滑坡等，引起矿区景观生态格局的变化，导致矿区生态风险加剧，危害矿区的生态安全与持续发展。因此，利用景观生态学原理，尊重生态学过程，对矿区景观空间格局演变以及矿区生态风险进行研究，对指导矿区生态修复、维护生态平衡、实现人类与自然和谐共存的战略目标等具有重要意义。

作者以我国典型高潜水位矿区——徐州矿区为研究对象，以矿区景观斑块为基本研究单元，利用 RS 和 GIS 技术，依据景观生态学理论，从宏观尺度分析采矿驱动下景观的结构与功能的演变，掌握矿区景观生态状况，并进行了矿区生态风险评价。在总结研究成果的基础上，参考大量文献资料，写成了《基于 RS 和 GIS 矿区景观演变分析与生态风险评价》一书。该

书核心优势就是基于景观生态学的核心理念，利用 RS 和 GIS 技术对矿区生态演变以及生态风险进行评估，从宏观尺度上对矿区生态系统状态进行测定，从而能够为矿区土地复垦、景观生态修复以及生态风险管理等相关工作提供方便快捷的信息支持。研究成果对指导矿区生态环境动态监测、评价与管理，以及生态修复与重建等都具有重要的意义。

本书的完成只是本人从事矿区土地复垦与生态重建研究工作的一个暂时的定态，学术研究无止境。受本人研究水平及时间、资料所限，书中尚存分析论证之不足和某些仓促之痕迹。在此，恳请广大读者、专家和同行批评指正。

在写作过程中，参考引用了国内外大量的理论文献和典型企业的实证资料，在此，向全体文献资料的作者一并致以深切的谢忱。

徐占军

2013 年 12 月

内容摘要

Summary

本书介绍了作者以徐州市九里矿区为研究对象，研究采矿驱动下 20 余年来该矿区生态景观格局的演变情况以及矿区煤炭开采压力下的生态风险状况等成果，为类似该矿区这样的老工业基地的矿区生态修复重建以及振兴提供借鉴。

首先，本书从理论上对采矿驱动下矿区景观生态演变的特征进行了论述。从矿区的开发过程入手，分析了煤炭开采过程中矿区土地利用的变化特征和矿区景观的变化特征，从而得出了矿区生态景观干扰因子、干扰因子对景观的干扰过程以及矿区景观受干扰后的变化特征：①矿区景观格局变化快速，景观要素具有易变性；②矿区景观斑块个数呈增加趋势、斑块面积呈变小趋势；③一般来说，矿区的景观多样性会增加，而农田景观的优势度逐渐降低；④采矿一般会导致景观的分离程度、破碎度增加。

其次，以徐州市九里矿区为例，采用遥感图像计算机解译方法对多个时相的 TM 和 Spot 遥感图像资料进行解译，在此基础上，建立了一套适合矿区的景观生态分类体系及遥感影像解译技术，并对景观生态信息进行提取，采用景观指数和景观转移矩阵模型，对矿区的景观生态格局演化进行了定量分析。在矿区生态景观格局演变特征分析的基础上，从景观生态学的角度，对各景观类型的生态修复策略进行了论述。

再次，在遥感（RS）技术的支持下，利用 1987 年、1998 年、2008 年 3 个年份的 TM 影像土地分类数据，获得了研究区的景观情况。以此为基础，分析了项目区内的主要风险源如填充复垦、开采沉陷、工矿企业排污、工程建设等，并建立风险概念模型。在对填充复垦区重金属污染、开采沉陷影响、水污染、大气污染、热污染等危害分析的基础上，构建了矿区景观生态风险评价模型，采用

“风险度 = 危险度 × 易损度”公式，在地理信息系统（GIS）的支持下获得了矿区综合生态风险值。最后，借鉴国内外对风险管理经验，提出了矿区生态风险的管理防治建议。

最后，综合全部研究成果，得出以下主要结论。

第一，在煤炭开采、矿区土地利用过程中产生了一系列生态环境问题，致使矿区景观生态系统严重受损。矿区的景观生态演变是以资源开采为原动力的动态时空演变过程，是采矿对区域生态系统影响的综合反映。

第二，建立了一套适合矿区的景观生态分类体系及遥感影像解译技术，并以徐州市九里矿区为例，进行了实例研究。结果表明，采用遥感解译的方法提取景观信息，结果可靠，满足精度的要求。

第三，从景观水平和斑块类型水平分析矿区景观格局的演变特征，结果表明：首先，在景观水平上，从 1987—2008 年，整体景观破碎化程度提高，多样性增大，生态系统稳定性减低；其次，在斑块类型水平上，耕地的景观生态指标变化最大，斑块面积减少，最大斑块指数减少，边缘密度先增大、后减少，连通度减小；再次，水域用地，斑块面积增大，最大斑块指数先减少后增大，斑块边缘密度先增大后减少，连通度减小。主要是由于在 1998 年前，生态修复速度比较慢，在 1998 年后，地方政府加大土地复垦的投入和监管力度，塌陷地表被复垦为耕地、鱼塘、湿地等。

第四，分析了项目区内的主要风险源：填充复垦、开采沉陷、工矿企业排污、工程建设，并建立了相关的概念模型。通过对粉煤灰复垦区重金属的分析，发现综合污染程度范围为 10.569 ~ 15.808，平均值为 12.369，处于中等的污染程度；综合潜在生态风险指数范围为 183.121 ~ 233.621，均值为 203.014，属于中等风险。其中，Cd 污染程度比较高，需要对粉煤灰复垦区进行治理。通过开采沉陷影响分析，发现由于设有保护煤柱，开采活动对项目区内的建筑物和道路不会有明显影响，河流堤坝将随着地表沉陷产生缓慢沉陷，导致沉陷河段防洪功能降低，对村庄的影响较大，有些村庄已经搬离。为保证农作物正常生长，塌陷区的土地需要及时平整，农田灌溉水利设施应适时维修。为准确评价项目区的水环境质量，对项目区内九里湖、塌陷积水区、拾屯河进行采样，选取 pH 值、溶解氧、

BOD₅（5 日生化需氧量）、COD（化学需氧量）、氨氮、氟化物、硫化物 7 项指标。数据分析可以看出：主要是 COD、BOD₅、氟化物污染比较严重，由于拾屯河靠近工矿区，污染最为严重。通过遥感技术手段对项目区的大气环境和热环境进行了分析，发现在工矿企业附近的大气污染和热污染程度比较高，需要加强工矿企业工艺水平和排污管理的监督工作。

第五，采用“风险度 = 危险度 × 易损度”模型，在地理信息系统技术的支持下，获得了各风险小区内综合生态风险值。高风险区、较高风险区主要分布在工矿企业周边和道路沿线。这些地区由于有保护煤柱的存在，开采沉陷对其影响不大。但这些区域的人类活动强度较大、工矿企业分布比较密集，大气污染、水污染、热污染以及生态损失的程度均比较大。中等风险区、较低风险区主要分布在农用地以及村庄周边，开采沉陷、土壤重金属污染、水污染对这些区域产生风险的大小发挥了其主要作用。低风险区主要分布在项目区东北部和西南部，这些区域受到离工矿区较远，而且受到开采沉陷的影响较小。针对矿区生态风险区域分布特点提出了适合矿区生态风险管理的对策：①建立部门间的协调机制；②建立社会监督机制；③建立信息反馈机制；④抓好风险的控制和治理工作。

目 录

Contents

第一章 绪论	(1)
第一节 研究背景与研究意义	(1)
第二节 国内外研究进展	(2)
第三节 研究内容和研究方法	(8)
第二章 矿区景观演变分析的理论	(12)
第一节 矿区开发过程分析	(12)
第二节 矿区土地利用特征分析	(15)
第三节 矿区景观生态变化的特征分析	(18)
第三章 基于 RS 的九里矿区土地整理项目区景观格局分析 ...	(22)
第一节 矿区景观生态分类	(22)
第二节 矿区遥感影像处理与解译	(25)
第三节 基于遥感的景观分类结果	(37)
第四节 遥感影像分类的精度评价	(39)
第五节 研究方法	(40)
第六节 结果与分析	(50)
第七节 徐州九里矿矿区景观修复策略	(56)
第四章 基于景观尺度的矿区生态风险评价理论	(64)
第一节 风险	(64)
第二节 风险评价与生态风险评价	(69)
第三节 矿区生态风险评价	(79)
第四节 基于景观尺度的矿区生态风险评价模型	(80)

第五章 基于景观尺度的徐州九里矿区生态风险	(90)
第一节 问题形成与描述	(90)
第二节 受体与评价终点的选择	(90)
第三节 风险源的识别	(91)
第四节 暴露—危害分析	(95)
第五节 徐州九里矿区生态风险表征	(112)
第六节 徐州九里矿区土地整理项目区生态风险管理	(119)
第六章 结论与展望	(125)
第一节 结论	(125)
第二节 不足与展望	(127)
参考文献	(129)

第一节 研究背景与研究意义

一、研究背景

煤炭作为中国主要的能源,其占一次性能源利用量的比例超过74%^[1],对中国的经济建设和社会发展发挥了重要的支撑作用,其作为我国的主要能源这一客观事实在几十年内仍将继续存在。但是,煤炭开采造成了严重的生态环境问题,煤炭开采过程,也是对矿区生态环境的破坏过程,如地表塌陷、煤矸石压占、地下水位下降、山体滑坡、空气污染、重金属污染等,加剧了矿区生态系统的脆弱程度和退化速度,严重威胁矿区的生态安全。矿区一系列的生态环境问题,引起人们对矿区资源开采模式的思考,只顾开矿不管环保是不可持续的^[2,3],要实现矿区的可持续开采与发展,必须对矿区的生态环境问题进行监测、评价与管理。但矿区是一个范围比较大的区域,矿区生态环境监测、评价与管理是一个长期的全方位、多角度的动态过程,传统的实地调查、取样分析测试、统计分析等方法难以满足要求,需要将传统的环境监测技术与现代空间信息技术相结合,必须采用遥感和地理信息系统(RS和GIS)等高新技术。而利用RS和GIS技术进行矿区生态环境监测、评价与管理的一个基础和核心内容就是矿区生态景观。景观作为一种地理综合体,是一个由多个不同生态系统镶嵌组成的异质性地域,具有明显视觉特征的地理实体,以相似的形式重复出现,由斑块、廊道、基质所构成^[4]。景观嵌体的类型、形状、大小、数量和空间组合既是各种干扰因素相互作用的结果,又影响着该区域的生态过程和边缘效应^[5,6]。景观的空间格局对干扰的扩散和能量的转移有影响,特别是当某些重要景观结构退化或者被破坏将对整个生态环境产生致命影响^[7]。

而且, 矿区范围内的景观是以人类采矿及其相关活动为主要特征的景观, 土地利用方式和强度的不同会在矿区产生以区域性和积累性为特征的生态影响, 并且在矿区生态系统的组成和构成上会有直观的反映。由于景观是人类经济活动的资源和开发对象, 同时人类在矿区的经济活动主要是在景观层次上进行^[8~10], 因此, 在矿区, 以研究人类采矿及其相关活动对环境影响的适宜尺度是景观。

二、研究意义

本研究以我国典型高潜水位矿区——徐州矿区为对象, 以矿区景观斑块为基本单元, 利用 RS 和 GIS 技术, 依据景观生态学理论, 从宏观尺度分析矿区驱动下景观的结构与功能的演变, 掌握矿区景观生态状况, 并进行了矿区的生态风险评价。研究成果对指导矿区生态环境动态监测、评价与管理, 以及生态修复与重建等都具有重要的意义。

第二节 国内外研究进展

基于 RS 和 GIS 的矿区景观演变分析与生态风险评价主要是对人类采矿活动的压力下矿区生态景观演变过程以及矿区景观生态风险进行研究。本节从景观生态学以及生态风险学两方面对国内外相关问题的研究进展进行综述。

一、景观生态学研究进展

景观生态学 (Landscape Ecology) 是地理学与生态学的一个交叉边缘学科^[11~13], 以整个景观为研究对象, 重点研究景观结构和功能、景观的动态变化及相互作用机理、景观的优化结构以及合理保护与利用^[14,15]。景观生态学研究的核心是空间格局、生态学过程和尺度之间的相互作用, 强调空间异质性的维持与发展, 生态系统之间的相互作用, 大区域生物种群的保护与管理, 环境资源的经营与管理, 以及人类对景观及其组分影响^[16,17]。景观生态学起源于中欧和东欧, 其发展历史可追溯到 20 世纪 30 年代^[5], 它是 C. Troll 于 1939 年首先提出并应用的, 于 20 世纪 60 年代末至 70 年代初期形成

一门独立的生态学的分支学科,研究与景观结构、功能以及变化有关的生态学原理及其应用,即这些原理在解决人类面临的问题时的应用^[5],它作为生态学的一个新的、快速发展的、并在实践中有多方面应用的分支,已牢固的确立了地位。第二次世界大战以后,许多国家都开展了土地资源的调查、研究和开发与利用,从而出现了以土地为主要研究对象的景观生态学研究热潮。20世纪60年代开始,景观生态学首先在欧洲各地引起重视,并且被广泛接受,形成了以德国、荷兰和捷克斯洛伐克3个研究中心,当时景观生态学将研究的重点放在土地利用规划和决策上,他们以人类学为方向,强调人类在景观中的作用,并且把人类视为景观的主要组成部分,进行土地生态规划与设计 and 自然保护、环境管理等研究^[18~21],但在理论上不够深入。

景观生态学作为一个独立的学科,直到20世纪80年代以后,才真正意义上实现了全球性的研究热潮。1981年,在荷兰召开了“第一届国际景观生态学大会”,明确确立了组建国际景观生态学学术组织的原则;1982年10月,在捷克斯洛伐克召开的“第6次景观生态学国际学术讨论会”上,正式成立了“国际景观生态学协会”International Association for Landscape Ecology (简称 IALE),这次会议标志着景观生态学进入一个全新的蓬勃发展阶段。进入20世纪90年代以后,景观生态学研究更是进入了一个蓬勃发展的时期,一方面研究的全球普及化得到了提高,逐渐成为研究区域生态问题的新的有效手段;另一方面,该领域的学术专著数量空前^[22]。其中,影响较大的有 M. G. Turner 和 R. H. Gardner 和主编的《景观生态学的定量方法》一书^[23]和 R. T. T. Forman 的《土地镶嵌——景观与区域的生态学》一书(1995)^[24]。《景观生态学的定量方法》一书对景观生态学的研究的进一步量化起了很大的促进作用;而在《土地镶嵌——景观与区域的生态学》一书中,一方面更系统、全面、详尽地总结了景观生态学的最新研究进展;另一方面还就土地规划与管理的景观生态应用研究进行了阐述,更重要的是,作者结合持续发展的观点,从景观尺度讨论了创造可持续环境等具有前沿性的问题。国际景观生态学会在1998年指出,景观生态学是对不同尺度上景观空间变化的研究,包括对景观异质性、生物、地理及社会原因的分

析。景观生态学的核心主体包括景观空间格局, 景观格局——生态过程——尺度等级之间的关系, 人类活动对于格局、过程与变化的影响, 景观异质性或多样性。现在, 随着遥感 (RS)、地理信息系统 (GIS) 等技术的发展和日益普及, 以及现代学科交叉、融合的发展态势, 景观生态学在各行各业的宏观研究领域以前所未有的速度得到接受和普及^[25,26]。纵观国外景观生态学的发展与现状, 各国的景观生态学的研究都从自己的国情出发进行发展。美国的景观生态的研究主要是研究景观的结构、生态功能和动态变化, 进而为景观规划与管理提供依据。荷兰的景观生态研究是在景观生态思想指导下的土地评价、土地利用和土地规划工作, 捷克则是沿着景观规划和区域整治的方向进行, 德国开展的是生态生境的研究和大的保护区规划工作^[27~37]。

景观生态学在中国起步较晚, 直到 20 世纪 80 年代起才开始介绍国际上景观生态学的发展。1981 年, 黄锡畴在《地理学报》上发表的《德意志联邦共和国生态环境现状及其保护》是国内较早介绍景观生态学的文献^[38]。1983 年, 林超教授在《地理译报》上发表了 C. Troll 的《景观生态学》和纳夫的《景观生态学发展阶段》^[39~41]; 1986 年, 李哈滨在《生态学进展》上发表了《景观生态学——生态学领域里的新概念构架》, 重点介绍了北美景观生态学派的最新研究进展, 在普及景观生态学知识方面起了很大作用^[42]; 1989 年 10 月, 沈阳召开了全国首届景观生态学学术讨论会, 并出版了名为《景观生态学——理论、方法及应用》的论文集, 总结了 20 世纪 80 年代我国景观生态学的研究成果, 与此同时, 景观生态学也开始比较系统的进入大学教育。

进入 20 世纪 90 年代以后, 我国景观生态学研究进入了一个快速发展时期。1990 年, 肖笃宁等在《应用生态学报》上发表了《沈阳西郊景观结构变化的研究》一文, 该文是我国学者参照北美学派的研究方法而开展的景观格局研究的典范著作^[43]。此后一系列景观生态学的理论专著出版, 尤以肖笃宁等编著的《景观生态学》、傅伯杰等编著的《景观生态学原理及应用》以及邬建国主编的《景观生态学——格局、过程、尺度与等级》最具有代表性^[5,6,14,15]。随后, 景观生态学的应用也不断得到发展。目前, 景观生态学已在我国土

地利用变化、景观生态规划、生态安全评价以及城市景观设计等诸多领域有所应用,我国的景观生态学研究无论理论上还是应用上都取得了丰硕的成果。然而,从总体上来讲,我国景观生态学尚缺乏系统的、跨尺度的、多尺度的理论和实际研究,关于空间格局对生态过程的影响、景观尺度分析、生态风险评价等研究开展的还不多,研究大多停留在案例研究上,理论和方法方面的原创性研究尚不多见,还有待完善和发展^[31,44~51]。

二、生态风险评价研究进展

生态环境是指影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源以及气候资源数量与质量的总称,是关系到社会和经济可持续发展的复合生态系统^[52~54]。然而自从工业革命后,经济的高速增长、人口的膨胀以及城市化和工业化的进程,引发了一系列的生态环境问题,严重影响了人类的生存质量和生活环境^[55]。生态风险由此产生,最早出现在美国^[55~61]。

美国的生态风险评价源自于人体健康风险评价^[62~64]。1983年,美国国家研究委员会提出了人体健康风险评价框架,主要用于评价污染物对人体健康产生的不利影响,评价的对象比较单一。美国环境保护局于1992年对生态风险评价的内涵进行了界定,生态风险评价是评估一个或多个外部因素可能或正在导致生态的进程不利影响。其主要作用是为了协助环境保护部门了解和预测各种生态风险与其产生的生态后果之间的联系,为环境保护的决策制定提供依据。生态风险评估可以用来预测未来的不利影响或评价由于某些因素导致已发生的生态变化的可能性^[65]。

欧盟的生态风险评价研究是在化学品评价的基础上发展起来的,出现在20世纪80年代中期。欧盟的圣爱风险评价最早出现时为了避免工业活动产生的生态危害对生态环境造成不可恢复的危害,制定的一系列法律规定。例如,20世纪80年代中叶,荷兰对环境保护问题采取了双轨制的政策,通过改变环境保护政策和污染源防治政策两方面来达到保护生态环境的目的。生态风险评价是实现其目的的重要方式,通过对风险源的危害程度分析与生态风险管理来保证生态环境不遭受损害^[66]。

20 世纪 80 年代末期,为了提高生态风险评价的效率,世界卫生组织、美国环保局、欧洲委员会等组织进行了合作,通过协商提出将人体健康风险评价和生态风险评价两者合二为一,认为两者的结合为评价过程和结果提供了统一的表达形式,将人类和自然环境统一成一个整体,同时提高了人体健康风险评价和生态风险评价的效率和质量。综合二者的风险评价从人体健康和生态保护的层次出发,不但能更有效地进行生态风险管理,并且能够评价生态系统各组成成分受到危害的程度^[67~73]。20 世纪 90 年代,生态风险评价从单纯依靠毒理学的评价向毒理学和模型模拟相结合转化,一些概念模型和数学模型由此应运而生。Barnhouse 等利用种群模型评价了化学毒性对种群与生态系统的危害分析,发现化学品的生态危害是可以模拟并进行预测,前提是需要大量的实验数据和长期的野外观测资料^[74]。Efroymsen 等使用 TRIMFATE 模型对空气中的污染物进行生态风险评价,得到了空气中各种污染物的暴露和危害效应^[75]。Lammert 等在对河漫滩生态系统的风险评价中,采用地理信息系统技术来模拟河漫滩最敏感物种的暴露情况,并以最敏感物种作为评价终点对风险的分布进行了空间模拟^[76]。Karman 等利用化学品危害分析和生态风险管理模型对石油提炼中产生的废水进行了动态的、跟踪的生态风险评价^[77]。

近年来随着风险评价尺度的扩大,传统的概念模型已经不能满足景观水平所涉及的多风险源、多压力因子、多风险影响的评价要求,需要专门适合大尺度的评价工具。“因果分析”法的出现是为了适应大尺度风险评价的要求而产生的。另外,一个重要的发展是提出了针对区域尺度进行风险评价的概念模型:“等级动态框架 (HP-DP)”法和“生态等级风险评价 (PETER)”法^[78~94]。

我国的生态风险评价直到 1990 年才开始受到重视。同年,国家环保局下发文件,要求各级环保部门对重大环境污染风险进行生态风险评价。但到目前为止,我国还没有发布生态风险评价技术指南以及相关的文件。自 20 世纪 90 年代以来,国内学者在引入国外研究成果的基础上,对重金属污染、水环境、食品安全、转基因作物等领域生态风险评价的研究取得了丰硕的成果。殷浩文对水环境的生态风险评价评价程序进行了探究,他认为生态风险评价由五个部

分组成：源分析、受体评价、暴露分析、危害评价、风险表征^[95~102]。付在毅等对区域生态风险评价的评价方法进行了深入的探寻，将区域生态风险评价分为6个步骤：研究区域的界定、受体分析、风险识别、暴露与危害分析和综合评价^[103~105]。

目前，我国的生态风险评价方法主要是根据研究区域以及风险源的特点建立指标体系来对整个区域进行综合评价。周启星等采用变量相关性分析的方法对城镇化过程中产生的生态风险进行了研究，得出城镇化过程中存在一定生态风险的结论^[106~108]。李自珍等对生态风险评价和管理决策模型在理论上进行了深入的探讨，并应用到河西走廊荒漠绿洲开发中^[109~112]。刘文新等用化学、毒理学和生态学数据相结合的方法对生态风险进行了评价^[113]。付在毅等以辽河三角洲湿地区域为研究对象进行了生态风险评价，以物种重要性、生物多样性、干扰度等作为评价指标，根据生境的不同对研究区域划分脆弱性等级，并利用地理信息系统技术对湿地区域进行风险的空间分布模拟^[114~116]。肖风劲等以森林火灾、病虫害和酸雨作为风险源，分析了这3种风险源对我国森林资源的危害程度，并对我国森林生态风险进行了综合评价，同时提出了森林风险区概念^[117,118]。韩丽等把生态风险分成由生物工程、生物入侵以及人类活动引起的3种生态风险，并分别阐述了3类生态风险对人类健康、生态系统的危害以及相关的评价程序和方法^[119]。阮晓红等在洪泛区应用BKH模型进行生态毒理性风险评价，对特定区域的特定风险进行量化，为洪泛区的风险管理提供依据^[120]。马德毅等采用单因子指数法和Hakanson生态风险指数法，对中国主要河流的沉积物进行潜在生态风险评价^[121,122]。

总体而言，随着引进国外的先进的评价方法，我国生态风险评价的研究尺度从个体、种群、群落扩展到了景观和生态系统层次上，但是在大多数研究中风险受体的选择仍在生物个体、种群层次上。在生态风险评价的过程中，必须以多个风险源、多种受体为研究对象，并且结合整个区域的时空信息进行综合评价，而这正是我国生态风险研究的薄弱之处，区域生态风险评价的数学模型和定量的分析方法也需要我国相关学者进行进一步的深入研究。