

区域生态风险管理研究进展

周 平^{1,2}, 蒙古军^{1,2,*}

(1. 北京大学深圳研究生院, 深圳 518055; 2. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

摘要:近 20a 来,随着生态风险评价研究的不断深化,区域生态风险评价的理论和方法日臻完善,与此紧密相关的生态风险管理日益受到了广泛关注。生态风险管理具有基于监控的反馈机制、风险受害者参与、程序灵活非线性化、关注成本效益等共同点。总结了国内外生态风险管理的研究进展,发现近年来生态风险管理的研究多是基于生态风险评价的结果,针对不同的风险类型和等级采取不同的管理措施。国内现有的研究对灾害风险管理的体系、机制建设较为成熟,但区域生态风险管理的机制研究尤其是预警和防范方面研究尚不成熟。基于此,构建了基于风险来临前、风险到来时和风险过后的区域生态风险管理的基本框架,研究结果对生态风险管理理论的构建和实践应用具有重要的意义。

关键词:区域生态风险;生态风险评价;生态风险管理

文章编号:1000-0933(2009)04-2097-10 中图分类号:Q149 文献标识码:A

Progress of ecological risk management research: a review

ZHOU Ping^{1,2}, MENG Ji-Jun^{1,2,*}

1 Shenzhen Graduate School Peking University, Shenzhen 518055, China

2 College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 2097 ~ 2106.

Abstract: During the past 20 years, with more studies on the ecological risk assessment, the theories and methods of the regional ecological risk assessment improves greatly, meanwhile the ecological risk management receives widespread attention increasingly. The researches on the ecological risk management have the common characteristics, namely, monitoring-based feedback, stakeholder input, more flexible and less linear processes and the importance of cost effectiveness in the context of limited resources. This paper summarizes the ecological risk management research progress at home and abroad in recent years. It finds that most of the researches are focus on the solutions to different kinds and levels ecological risk, which is based on the ecological risk assessment. Domestic existed researches on hazard risk management system and the building of mechanisms are relative mature, but the research on the mechanism of the regional ecological risk management is still needed. As a conclusion, this paper puts forward the principles and the concept of the ecological risk management and constructs the basic framework of the regional ecological risk management, including before risk, risk and after risk. The results would play a great significance on the theory and practices of ecological risk management.

Key Words: regional ecological risk; ecological risk assessment; ecological risk management

生态风险(ecological risk)是在一定区域内,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损伤。生态风险源包括污染物和各种灾害(包括自然灾害和人为灾害),如洪水、干旱、地震、滑坡、火灾和核泄漏等^[1],这些灾害将影响到较高层次和尺度的生态系统。当尺度扩展到区域时,区域生态风险(regional

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871048);国家科技支撑计划课题资助项目(2006BAD20B07);国家科技部基础性工作专项课题资助项目(2007FY140800-1)

收稿日期:2007-12-04; 修订日期:2008-10-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jijunm@pku.edu.cn

ecological risk) 便应运而生。2005 年松花江污水污染事件、2008 年初南方雪灾等一系列突发的生态风险事件使得人们对如何避免和减轻风险灾害带来损失的关注度越来越高。国家“十一五”规划也指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。未来生态风险管理研究的重点将从损失造成后的恢复和治理转变成损失造成之前的防范研究。近些年来,生态风险评价研究不断深化,已经从单一地点的某一风险源研究逐渐发展到区域尺度的综合多风险源的研究^[2,3],其日臻完善的评价理论和方法为生态风险管理工作提供了有力的科学依据和技术支持^[4]。

本文结合国内外生态风险评价和管理的相关文献,总结现有生态风险管理研究存在的特点和问题,尝试构建区域生态风险管理的基本框架,并展望未来生态风险管理研究的重点和方向。

1 生态风险管理的基本概念

1.1 生态风险管理

风险管理(risk management)是根据风险评估和对法律、政治、社会、经济等综合考虑所采取的一种风险控制措施^[5]。美国《联邦政府的风险评价管理》将风险管理定义为依据风险评价的结果,结合各种经济、社会及其他有关因素对风险进行管理决策并采取相应控制措施的过程^[6]。生态风险管理(ecological risk management,简称 ERM)是风险管理在应对生态风险,保障生态安全上的具体应用,它是根据生态风险评价的结果,依据恰当的法规条例,选用有效的控制技术,进行消减风险的费用和效益分析,确定可接受风险和可接受的损害水平,并进行政策分析及考虑社会经济和政治因素,决定适当的管理措施并付诸实施,以降低或消除事故风险度,保护人群健康与生态系统的安全^①。

根据荷兰健康委员会的分析框架,生态风险管理分析主要包括以下 3 个方面:①确定风险容忍度,通过设计半结构化问卷抽样调查各亚区内的群众对生态风险的态度,主要与群众关注程度、风险值高低、潜在后果和潜伏期等密切相关;②风险决策,根据生态风险管理的目标,在生态风险综合评价和分析风险容忍度的基础上,合理选择降低风险的措施,以制定风险管理方案;③实施降低风险措施^[7]。Eikenberg^[8]对洪水灾害风险管理的研究中将风险管理的内容概括为风险分析、维护改进、行动准备和灾害响应。其中,风险分析包括危险性确定、易损性分析和风险确定;维护改进包括工程措施和非工程措施两方面;行动准备包括减灾规划、早期预警和避难系统;灾害响应则包括应急救援、公众救助和恢复重建。

生态风险管理是从整体角度考虑政治、经济、社会和法律等多种因素,在生态风险识别和评价的基础上,根据不同的风险源和风险等级,生态风险管理者针对风险未发生时的预防、风险来临前的预警、风险来临时的应对和风险过后的恢复与重建 4 个方面所采取的规避风险、减轻风险、抑制风险和转移风险的防范措施和管理对策。

1.2 生态风险管理与生态风险评价的关系

通常,广义的生态风险评价(ecological risk assessment,简称 ERA)包括风险管理、风险评价和风险信息沟通,总称为风险分析^[9]。其中,风险管理先为风险评价划定界限,然后利用风险评价的结果作为决策依据,而风险评价则提供了一种发展、组织和表征科学信息的方式以供管理决策。生态风险评价的设计和实施为生态风险管理提供了关于生态管理措施可能引起的不良生态效应的信息,而且通过风险评价的过程可以整合各种新的信息,从而改善环境决策的制定。韩丽等^[10]总结的生态风险评价与生态风险管理的关系:生态风险评价的最终目的在于生态风险决策管理,生态风险管理是整个生态风险评价的最后一个环节。其管理目标是将生态风险减少到最小,管理决策的正确与否将决定风险能否得到有效控制。另外,生态风险评价为生态风险管理的决策和执行提供了科学基础,对于生态风险管理的结果可返回进入下一轮的风险评价以不断改进管理政策。风险分析和评价为风险管理创造了条件:①为决策者提供了计算风险的方法,并将可能的代价和减少风险的效益在制定政策时考虑进去;②对可能出现和已经出现的风险源开展风险评价,可事先拟定可行的风险

① 上海市环境保护科学院编. 环境影响评价培训教材. 1995. 70 ~ 72.

控制行动方案,加强对风险源的控制。

本文借鉴前人文献^[10],生态风险评价与生态风险管理的关系可用图 1 来进行表示:生态风险评价通过危害识别、暴露评价、剂量-效应关系评价为生态风险管理决策的制定整合提供了各种生态风险信息,其评价结果作为生态风险预警和防范措施等级确定的重要依据,整个生态风险管理工作在风险表征的基础上展开,针对不同风险源的特点和不同的风险等级,在风险来临前发布相应的风险预警等级,并在风险来临时综合经济、技术、法律和政策手段采取不同控制措施。

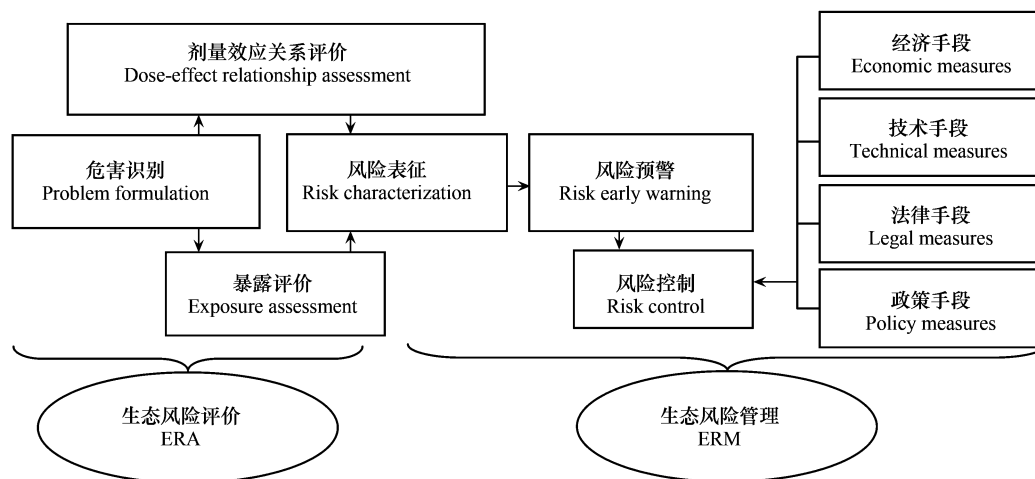


图 1 生态风险评价与生态风险管理关系图

Fig. 1 Map of relation between ecological risk assessment and ecological risk management

2 国际生态风险管理的研究

近年来,国际上对生态风险管理的研究内容主要包括风险管理的原则、内容与框架机制的研究和在具体风险管理活动中的应用研究。

2.1 对风险管理原则、内容与框架机制的研究

在风险管理机制的构建原则方面,Robin Gregory 等^[11]提出应该定性和定量相结合,基于决策分析构建评估框架。权衡各种政治环境和社会因素,对众多管理方法进行评估和挑选。评估时应遵循两个重要标准:一是管理的收益是否大于其投入的成本;二是适应性管理措施是否会引起未来管理的变革;Patricia A. Cirone 等^[12]从生物多样性角度思考生态系统风险,提出制定管理机制时将人体健康设定为重要目标和参考因素,结合流行病学和生物沉积理论治理生态系统污染。

K. L. Astles 等^[13]提出风险管理包括两个部分:降低风险即将风险带来的危害最低化和通过风险监测(即收集信息)来判断采取的管理措施是否有效地将风险危害最低化。同时,进行实时监控,当风险管理措施失效时,改进、调整高风险地区的管理措施。并且要保证科学家、管理者、风险承受者和公众对风险决策信息和反馈信息沟通的通畅性;Renn Ortwin^[14]提出了风险管理进入新时代的主要标志,即“从风险分析到风险综合管理”并提出综合风险管理的基本框架,即由“管理层”与“评价层”共同组成,管理层强调决策和改进实际行动,评价层强调知识创新;Hiroyuki Kameda 等^[15]发起开展的 DRH(disaster reduction hyperbase)项目提出建设辖区“减灾实时信息共享平台”。此外,还高度关注不同区域“综合减灾实时信息共享平台”之间的联网服务;J. H. Gentile 等^[16]总结美国生态系统风险管理也是基于地区差异分别制定措施,其具体模式为:分析该区域生态系统的特征、提炼生态风险类型和强度等多方面的指标,借鉴以往该区域已有或概念上的管理措施进行结合比对,概括出二者相互结合的新综合模型。

在决策程序机制的构建方面,Timothy L. McDaniels^[17]强调了明确管理目标和管理标准、指标的重要性,并提出从整体上思考管理策略,系统地制定管理目标、标准和体系;B. S. PAYNE 等^[18]提出要构建系统的决

策过程,对可供选择的决策方式进行直接描述,对风险的不确定性进行更多理智的评估;L. Failing 等^[19]强调应充分整合当地各方面有效的实践经验和科技手段,加强各方面的联系与沟通,并通过界定决策背景、明确管理目标和标准、对多种决策方法进行评估和权衡取舍、实施最终的决策方案并进行动态的实时监控来建立一个有机的决策机制。

发达国家对城市灾害管理方面的经验各不相同。美国的灾害管理实施统一领导分级管理,灾害管理法制化;日本的灾害管理有一套统一完善的管理体制并建立分级管理的科学体系。总体看来,都必须树立综合减灾的概念,必须在管理、立法、科技和教育上逐一实现综合性战略,要树立减灾防灾生态经济学的思路^[20]。

2.2 风险管理机制在具体的生态风险管理中的应用及具体管理措施的研究

目前,国际上对洪水风险管理展开的研究较多。Jochen Schanze^[21]认为洪水管理措施可分为工程措施和非工程措施、长期措施和短期措施。洪水管理机制可由3部分组成:政府监管(制定与水管理政策相关的法律法规、空间规划和自然环境保护)、金融手段(激励管理洪水的各种工程措施的试验,降低洪水风险如保险等)、信息的传达(利用媒体传达各种防洪知识、相关部门的协作、教育和预警系统的构建)。在降低洪水风险的管理措施中分3步:洪水来临前的预防、保护和准备;洪水来临时的预警、泄洪、撤离和营救;洪水过后的重建和保险补偿。Erich J. Plate^[22]构建了一个可区分不同的洪水管理方法的框架。该框架可有效地区分3种不同层面的洪水管理措施:工程运作层面、工程设计层面和包括利用投入效益分析对风险评估的工程决策层面,并指出识别不同时期变化着的不同条件进而采取适用的洪水保护措施尤其重要。Wendy Kenyon^[23]指出洪水风险管理具有复杂性、大的空间尺度、临时突发性和多方面利害冲突性等诸多特征,这就要求公众参与决策制定方案中。基于现已存在的协商机制还应建立一个新的多方参与、多层标准的方法用以评估洪水风险管理决策。

另外,还有部分学者对农药施用、外来种入侵、干旱及地质灾害风险的管理也展开了研究。Francisco Sánchez-Bayo 等^[24]对因农药流失造成的生态风险提出以下管理思路:分析不同农药的危害程度,采用不同模型和方法对生态风险进行评估;根据对预定区域的农药投入流失数量统计,辅之以区域水文-河流汇流模式的整体状况,给出空间上的风险等级预报;根据预报等级不同进行不同程度和力度的防范。Ram Ranjan 等^[25]从预防外来物种入侵和减轻入侵后的影响两个方面讨论了面临外来物种入侵风险的可更新资源的最佳保护方法,指出考虑其入侵时间和地点的不确定性对最佳管理措施的选择有着重要的意义。Stephen M. Smith 等^[26]对因干旱造成的泥炭、火灾和候鸟繁殖困难等生态风险的研究中指出目前的主要管理机制还停留在防火和调节区域水平衡等问题上,提出了一套基于GIS的指标体系,在此基础上寻求更有效的管理措施。Lidia V. Danko 等^[27]对俄罗斯贝加尔湖西部由于开展旅游业对生态系统造成的影响进行了研究,提出了严格控制旅游公司的活动和散客数量;吸引公众、企业参与生态修复和自然保护;禁止未授权的开发行为;恢复已破坏的景观;合理规划高速公路和人行步道;确定最佳的环境容量等具体管理措施。

总体来说,国外对生态风险管理的原则和机制研究关注生态风险管理措施的成本及其对后续管理措施的影响,重视多种决策方案的评估和比较权衡,强调风险各方的参与和沟通,提倡综合减灾的思路。在具体的风险管理的研究中重视具体的风险管理模型的研究,针对不同的风险危害程度采取不同的模型和方法进行评估,并依据不同等级的预报进行不同程度和力度的防范。对洪水风险管理方法研究较为成熟,洪水管理机制强调多种手段的综合运用,管理过程涵盖在整个风险过程。

3 国内生态风险管理的研究

目前,国内对于生态风险管理的研究,主要集中在原则、框架与技术方法、以及对单一风险源和区域生态风险防范对策的研究。

3.1 对风险管理原则、框架与技术方法的研究

近年来,国内对自然灾害管理的研究较为关注。史培军等^[28,29]系统地总结了灾害风险管理的体系、运行机制、方法和内容,指出风险管理不仅强调风险转移体制、机制、保险与再保险、风险教育与意识的养成以及风

险沟通与应急处置等,更要注重备灾,提出要加强国际比较研究,在中国国情的基础上,吸收世界先进且有效的管理模式和经验,进一步探讨区域发展与综合减灾的共赢机制。

在具体的原则和管理体系构建中,对外来物种入侵的研究较多。万方浩等^[30]认为应着重国家能力(即监管能力、狙击能力、预警能力、快速反应能力、信息处理能力、教育宣传能力)、研究能力和监测与管理能力三大体系的建设。霍原^[31]从法律调整机制构建的角度,指出调整机制应包括风险评价机制、引入许可证机制、检疫、监测机制、协调管理机制、长效问责机制和生态安全教育机制。蔡冲^[32]提出从建立风险评估体系和机制、健全完善相应法律法规、建立入侵生物信息数据库和健全共享交流渠道、加强检疫提高预报能力等方面构建浙江省外来入侵生物防范体系。

另外,对于区域综合生态风险防范体系建设上也进行了很多研究。周伟等^[33]在生态风险综合评价基础上,根据群众关注程度、风险值高低、潜在后果和潜伏期的不同组合确定多个容忍度水平,将全区进一步划分成若干风险管理亚区,以便于风险决策,提出决策时应以“成本-效益”为基础,确定合理的风险管理方案。刘新民等^[34]在绿洲生态风险防范对策中,提出建立起一个绿洲生态风险分析评价及防范体系:从“安全目标树”到“事件和过错树”然后到“风险问题树”再到“对策和方案树”最后再回到“安全目标树”,重复几个回合,直到满足了“安全目标树”的各种要求为止。陈星等^[35]提出应研究建立经过实践检验的系统模型和以微观样本数据与宏观检测信息支持、且相互反馈修正的预警决策支持模型,并探索区域生态安全底线预警指标,为行为决策提供科学依据。张贵祥等^[36]对广州市的生态风险整体防范中,强调应逐步建设和完善环境与生态监测网点,统一建立数据库和管理信息系统,建立生态灾害监控、预警及防御决策系统。

3.2 对单一风险源的管理对策研究

近年来,国内对转基因植物、气象灾害、城镇化过程和绿洲开发过程中的生态风险进行了研究。

张永军等^[37]在转基因植物的生态风险研究中提出要对商业化大范围释放转基因植物的生态风险进行长期监测,研发能快速准确检测转基因植物生态风险的新方法和新技术,建立转基因植物生态安全性评价的技术体系。钱翌^[38]、郭传新等^[39]认为应当从严格引种的程序、加强检疫监管、提高公众检疫意识、做好早期预警和已有有害生物的治理、加强区域部门和国际间交流合作等方面防范外来物种入侵。

对于气象灾害的管理对策中,白占雄^①以海原地区的干旱为例,分析各风险区的特征,提出了从调整优化土地利用结构入手,构建生态农业体系,建立生态安全防灾减灾机制。郝璐等^[40]对内蒙古草原地区的主要自然灾害如旱灾、白灾、黑灾、暴风雪分别提出了预防的措施:对旱灾的预防中着力于保护和改善该区域生态环境,保证草地资源永续利用,合理开发利用水资源,进行干旱的监测预防工作;对黑白灾及暴风雪的预防应搞好草原建设及管理,以草定畜,加强冬春饲草储备,提高畜牧业商品率,调整畜群结构,加大牲畜出栏率,减少冬春草场压力。申元村^[41]对沙尘暴防治中指出建立综合防治体系,与产业发展相结合,依靠科学技术,实施生态建设工程,加强法制化管理,鼓励发动公众参与生态环境保护,拓宽融资渠道等。陈辉等^[42]在对青藏公路铁路沿线的生态系统风险研究中提出要针对沿线不同区域的风险特征采取不同的具体可行的措施:如雪灾多发区要减少载畜量,采取工程措施;旱灾多发区控制人类活动的范围和强度;崩塌滑坡多发区减少工程建设和农牧活动等。

在城镇化过程的生态风险研究中,周启星等^[43]提出小城镇在发展过程中要特别重视生态规划和生态建设,合理布局工业区、交通干线与生活居住以及提高绿色覆盖率等措施。李自珍等^[44]对河西走廊荒漠绿洲开发中的生态风险控制和防范研究中,提出化解土壤盐渍化风险应以氯化物含量的控制为主,如采用排灌冲洗法或选择种植耐盐抗盐作物等;对水资源风险控制与防范应采取节约用水和农业推广应用节灌、微灌等各种新技术,提高农业用水的利用效率。

3.3 从区域(生态系统)角度整体上防范生态风险的管理对策研究

目前,对于区域生态风险管理对策的研究^[45~48],基本都是基于生态风险评价的结果,依据不同的风险级

① 白占雄. 基于生态风险评价的宁夏海原地区防灾减灾预案研究. 北京:北京林业大学学位论文,2006

别、不同的破坏程度、不同的风险特征采取相应的管理对策。

众研究提出了总体上增强区域生态系统应对各项风险灾害的具体管理措施。巫丽芸等^[46]对东山岛景观生态风险管理对策中提出沿海地区要致力于沿海防护林网的建设,构建完善的输水管网,恢复原有的地带性植被,保持物种多样性。许学工^[47]在黄河三角洲的生态风险评价研究中指出要加强水利工程的“引、输、蓄、排、灌、防”工程配套,生态工程建设,治理油田和其他工业污染,走清洁生产的道路;建设和管理好河口及滨海湿地自然保护区;建立生态风险监测和管理系统。段汉民^[49,50]指出西部开发建设过程中要坚持水土、矿产等资源的可持续利用,制定生态恢复重建标准,对生态环境进行综合的治理;建立科学的生态建设评估机制及生态环境监测体系;完善特定区域内的生态管理机构;建立符合西北地区特点的新型城镇体系和建立农村社会保障制度等对策。喻锋等^[51]在皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价中提出从土地利用格局的优化配置上维持流域生态安全。章家恩等^[52]在农业生态安全及其生态管理对策中提出了发展生态产业,加强对现有资源与生态系统的保护、培育与可持续利用;保护农业生物多样性,保障生物安全;加强农业综合抗灾能力建设,加强农业生态安全监测与法律法规体系建设。何剑刚^①在大庆地区生态风险评价中,针对洪涝、干旱、油田污染和沙尘天气等生态风险,提出以水利工程为龙头带动其他防灾体系的建设;进行生态工程建设;治理油田和其他工业污染,清洁生产;管理好市域内的自然保护区,减少人为活动对自然保护区动、植物资源的干扰。

可以看出,国内生态风险管理在机制、原则和技术方法上以灾害风险管理的研究和外来物种入侵的风险管理较为成熟。对于单个风险源的管理对策研究较多,在区域生态风险管理研究中,其主要研究方法是以生态风险评价的研究为重点,在评价的基础上针对不同风险源和风险等级提出具体的管理对策,但是对生态风险在区域角度上综合进行管理,形成一套完整的管理体系的研究不多。

4 区域生态风险管理的基本框架

4.1 现有区域生态风险管理研究的特点和问题

从上述文献综述可以看出,目前区域生态风险管理研究的一般思路都是在生态风险评价和分析得出不同等级的风险区域后,在不同等级的风险区域内分析风险源的特点和强度,采取不同的风险对策。Lynn McCarty 等^[53]调查众多国家关于生态风险管理的目标和标准,发现都是基于监控的反馈机制、风险受害者参与、程序灵活非线性化、关注成本效益等共同点。

国内现有研究存在的问题主要表现在以下几方面:①对于生态风险的研究还是注重于对生态风险评价的研究,在此基础上提出生态风险的具体管理对策。对生态风险管理的研究还不深入。灾害风险管理的体系、机制建设较为成熟,但区域生态风险管理的机制研究尚不完善和成熟,对于构建完整的区域生态风险管理体系方面研究尤其是对风险管理的预警机制和防范机制的研究较少;②在风险决策者、科学研究人员、风险承受者、社会公众之间尚未建立起一个良好有效的信息交流、共享和反馈机制,各部门之间过于独立,造成资源的浪费和信息沟通不畅;③生态风险总体管理对策多从法律制度、技术角度、公众舆论角度出发,如何从经济角度出发,将区域生态风险的管理与提高其经济效益结合这方面的研究还比较少;④对于如何建立有效的风险监测,风险预警和风险决策机制,仍处于探索阶段,目前尚没有一个较为完善和成熟的规范或实例。

4.2 区域生态风险的分等级、分类型管理思路

由于生态风险评价得到的各级别的风险区域内部存在一种或生态系统,而每种生态系统除了遭受共同的风险源之外还存在自己特有的风险源,因此在具体的风险管理对策研究中,应先依据生态风险评价得到的不同等级风险区域,确定其风险预警和防范的等级与力度并给出量化的标准,在此基础上,将各风险等级区域内部不同的生态系统作为保护和管理的对象,综合考虑各生态系统自身的活力、调节及抵抗各种压力与干扰的能力,并结合其遭受的风险源的类别、发生频率和强度建立预警和防范机制。在各生态系统共有的风险源

① 何剑刚. 大庆地区生态风险评价. 黑龙江:东北林业大学学位论文,2004.

的防范上要注意采取综合措施,整合各种生态系统,协同抵抗风险。

4.3 区域生态风险管理的基本框架

在上述区域生态风险管理思路的前提下,构建区域生态风险管理的框架体系。区域生态风险管理是个复杂的、动态的、综合的过程,构建完整的区域生态风险管理体系要从整体上考虑风险来临前、风险到来时和风险过后的全部过程(图2)。

(1)针对风险来临前的预防而建立长期的风险动态监测机制,由生态风险分析和评价的结果得出不同等级的风险区,在这些风险区内建立长期的风险动态观测站,记录该区域发生的不同风险的频率和强度,以便为风险预警和决策提供大量有效数据,增强其准确度。另外,还应建立完善的生态风险分级预警机制:包括预警信息的生成(警源的识别、警情的检测、警兆的识别和警度的限定)、预警信息的发布和预案系统的实施。根据风险可能带来的危害程度的不同,发出不同级别的风险警报。

(2)针对风险到来时的应对而建立应急决策机制,包括应对方案与替代方案库,多方案比选与决策模型。应急救援机制包括及时向风险管理的各相关部门传递最新信息,使得各部门的信息公开透明,调配整合各种救灾措施,将风险带来的破坏和损失降到最低;在此期间,还应重视实时监控和收集此次风险的强度、等级和动态变化特征,完善风险信息数据库,为以后该风险的管理研究提供有力的资料支撑。

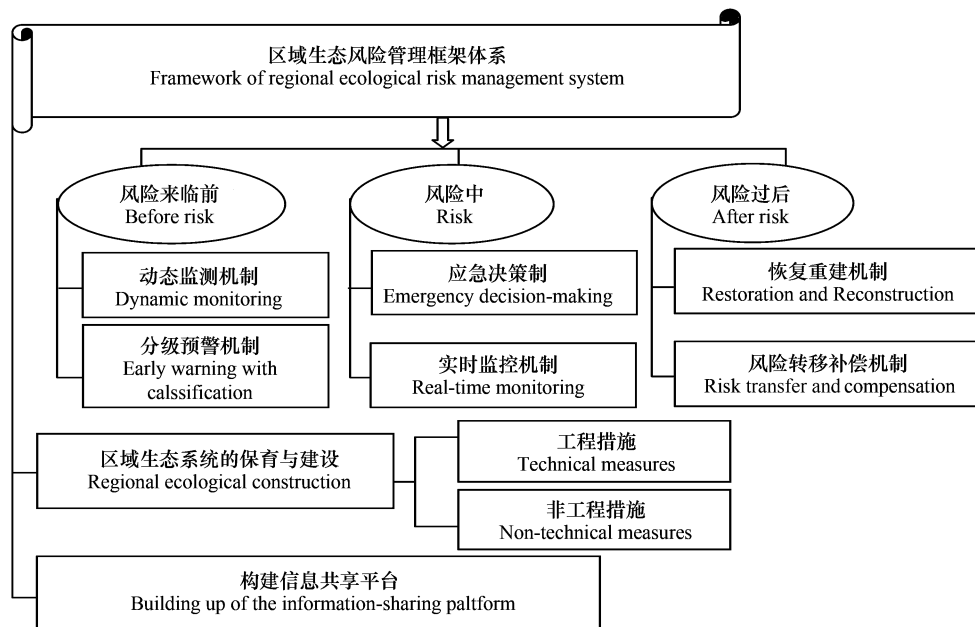


图2 区域生态风险管理框架体系

Fig.2 Framework of regional ecological risk management system

(3)针对风险过后要完善恢复重建规划机制,对风险造成的破坏和影响进行进一步的评估,对破坏区的生态恢复建设进行重新调整和修正。同时,完善风险转移补偿机制,利用金融手段和保险、再保险手段将风险造成的损失从风险遭受者一方转移到多方承担,以减轻生态风险带来的危害性和社会不稳定性。

在整个区域生态风险管理体系构建的过程中,生态系统的保育与建设应该贯穿整个风险管理过程的始终。同时,还应加强信息共享平台的构建,以便风险管理各参与方能及时沟通和交流,同时学习和借鉴国内外区域生态风险管理的最新技术经验。

5 结语

生态风险管理是建立在系统研究生态系统过去、现在及未来遭受的或可能遭受的各种风险的种类、发生强度、特征、破坏程度的基础上,对风险进行评价,根据不同的风险源和风险等级,生态风险管理者从风险未发生时的预防、风险来临前的预警、来临时的应对和风险过后的恢复与重建4个方面所采取的规避风险、减轻风

险、抑制风险和转移风险的对策和措施。在具体的生态风险管理工作中,通常是在生态风险评价和分析得出不同等级的风险区域后,在不同等级的风险区域内分析其风险源的特点和强度,采取不同的风险对策。

在整个生态风险管理机制构建过程当中,应该遵循管理投入的收益大于成本的原则;要将国家、地方政府、技术研究人员、风险承受者、社会公众统一纳入进来,自上而下建立从全国到地方的风险管理机构,并注重风险管理各参与方信息和行为的及时沟通与交流;完善相应风险管理领域的法律法规和规章制度,加强舆论宣传,培养公众形成生态保护意识和风险意识;对管理措施进行动态实时的监测,不断的回馈和调整;在整个生态风险管理的过程当中,应高度重视风险未来临时的预防工作;加强区域生态系统的保育与建设,采取必要的工程技术措施,增强生态系统自身抵御风险的能力。

如何建立有效的风险监测、风险预警和风险决策机制,将会成为以后生态风险管理研究的重点;加强区域间、部门间的交流与合作,共建信息共享平台也将成为风险管理研究中的重要工作。另外,如何使区域的生态风险管理与该地区的经济效益相结合,充分的调动群众的积极性,使得生态风险管理的效益达到最佳也会成为以后生态风险管理研究的一个方向。

References:

- [1] Fu Z Y, Xu X G. Regional Ecological Risk Assessment. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16(2): 267—271.
- [2] Chen H, Liu J S, Cao Y, *et al.* Progresses of ecological risk assessment. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1558—1566.
- [3] Wayne G Landis. Twenty years before and hence: ecological risk assessment at multiple scales with stressors and multiple endpoints. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2003, 9: 1317—1326
- [4] Cao H F, Shen Y W. Summarization of study on ecological risk assessment. *Environmental Chemistry*, 1991, 10(3): 26—30.
- [5] Liu Y H, Ge Q S, Wu W X. Risk Management — the Challenges of the New Century. China Meteorological Press, 2005. 20—21.
- [6] U. S. National Research Council. Risk assessment in the federal government: managing the process. Washington, D. C.: National Academy Press, 1983.
- [7] Eduljee G H. Trend in risk assessment and risk management. *The Sciences of the Total Environment*, 2000, 249(1-3): 13—23.
- [8] Eikenberg C. *Journalist enhandbuch zum Katastrophen management*, 5 Auflage, 1998.
- [9] Bruce K Hope. An examination of ecological risk assessment and management practices. *Environment International*, 2006, 32(8): 983—995.
- [10] Han L, Dai Z J. Study on ecological risk assessment. *Environment Science Trends*, 2001, (3): 7—10.
- [11] Robin Gregory, Lee Failing, Paul Higgins. Adaptive management and environmental decision making: A case study application to water use planning. *Ecological Economics*, 2006, 58(2): 434—447.
- [12] Patricia A Cirone, Bruce Duncan P. Integrating human health and ecological concerns in risk assessments. *Journal of Hazardous Materials*, 2000, 78(1-3): 1—17.
- [13] Astles K L, Holloway M G, Steffe A, *et al.* An ecological method for qualitative risk assessment and its use in the management of fisheries in New South Wales, Australia. *Fisheries Research*, 2006, 82(1-3): 290—303.
- [14] Renn Ortwin, From Risk Analysis to Risk Governance: New Challenges for the Risk Professionals in the Era of Post-modern Confusion. Walter J. Ammann *et al* Keynote lecture, on 3 Extended Abstracts of International Disaster Reduction Conference. Davos, Switzerland, August 27—September 1, 2006. 907.
- [15] Hiroyuki Kameda. Keynote Presentation, Information sharing for technology and knowledge based on implementation strategies-Disaster Reduction Hyperbase (DRH) project. Sixth Annual IIASA-DPRI Forum on Disaster Risk Management- Risk and Challenges for Business and Industry. Istanbul Turkey, August 13-17, 2006.
- [16] Gentile J H, Harwell M A, Cropper Jr W, *et al.* Ecological conceptual models: a framework and case study on ecosystem management for South Florida sustainability. *The Science of the Total Environment*, 2001, 274(1-3): 231—253.
- [17] Timothy L McDaniels. Creating and using objectives for ecological risk assessment and management. *Environmental Science & Policy*, 2000, 3(6): 299—304.
- [18] PAYNE B S, MILLER A C, SUEDEL B. Risk and decision methods applied to aquatic ecosystem management: Considerations for Invasive and Endangered Species. *Environmental Security in Harbors and Coastal Areas*, 127—148.
- [19] Failing L, Gregory R, Harstone M. Integrating science and local knowledge in environmental risk management: A decision-focused approach. *Ecological Economics*, 2007, 64(1): 47—60.
- [20] Jin L. Research on the comprehensive calamity protection and reduction management system in western region of China. *Engineering Science*, 2001, 3(3): 16—20.

- [21] JOCHEN SCHANZE. FLOOD RISK MANAGEMENT-A BASIC FRAME WORK. Flood Risk Management; Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. Springer Netherlands, 2006. 1—12.
- [22] Erich J Plate. Flood risk and flood management. Journal of Hydrology, 2002, 267(1-2): 2—11.
- [23] Wendy Kenyon. Evaluating flood risk management options in Scotland: A participant-led multi-criteria approach. Ecological Economics, 2007, 64(1): 70—81.
- [24] Francisco Sánchez-Bayo, Sundaram Baskaran, Ivan Robert Kennedy. Ecological relative risk (EcoRR): another approach for risk assessment of pesticides in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002, 91(1-3): 37—57.
- [25] Ram Ranjan, Elizabeth Marshall, James Shortle. Optimal renewable resource management in the presence of endogenous risk of invasion. Journal of Environmental Management, In Press, Corrected Proof, Available online 4 September, 2007.
- [26] Stephen M Smith, Dale E Gawlik, Ken Rutchev, *et al.* Assessing drought-related ecological risk in the Florida Everglades. Journal of Environmental Management, 2003, 68(4): 355—366.
- [27] Lidia V danko, Sergey B Kuzmin, Valerian A. Snytko. Risk Assessment and Disaster Management for Natural and Anthropogenically Induced Geologic Hazards: Application to the Preolkhon Region, Western Lake Baikal, Siberia, Russia. Natural Resources Research, 2000, 9(4): 315—319.
- [28] Shi P J, Du J, Ye T, *et al.* Enhancing researches on integrated disaster risk and improving disaster risk coping capacity of business and industry: integrated disaster reduction in China based on “the Sixth Annual IIASA-DPRI Forum on Integrated Disaster Risk Management, 2006”. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(5): 1—6.
- [29] Shi P J, Li N, Liu J, *et al.* Discussion on harmonization way of development and disaster reduction: harmonization strategies of development and disaster reduction in China based on “The International Disaster Reduction Conference, Davos, 2006”. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(6): 1—8.
- [30] Wan F H, Guo J Y, Wang D H. Alien invasive species in China: their damages and management strategies. Biodiversity Science, 2002, 10(1): 119—125.
- [31] Huo Y. On the Construction of the Mechanism of Legal Regulation of Alien Species Invasion. Journal of Shenyang Normal University(Social Science Edition), 2006, 3(30): 95—97.
- [32] Cai C. Conception of Constructing the Zhejiang Alien Invasive Species Precaution System. Journal of Zhejiang Agricultural Science, 2007, (5): 564—567.
- [33] Zhou W, Zhong X H, Zeng Y Y. Analysis on artificial supply discharge and efficiency of mix-well in excessively pumping area. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24(3): 164—169.
- [34] Liu X M, Li Z Z, Zhao W Z. Oasis Ecological Risks & Prevention Measures. World Environment, 2006, (4): 36—40.
- [35] Chen X, Zhou C H. Review of the Studies on Ecological Security. Progress in Geography, 2005, 24(6): 8—20.
- [36] Zhang G X, Yang Z F. Important Ecological and Environment Problems and the Countermeasures in Guangzhou City. China Population, Resources and Environment, 2003, 13(4): 82—87.
- [37] Zhang Y J, Wu K M, Peng Y F, *et al.* The Ecological Risks of Genetically Engineered Plants. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(11): 1951—1959.
- [38] Qian Y. Harmfulness and Prevention Strategies of Ecological Invasion. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2001, 24(4): 62—64.
- [39] Guo C X, Yu H Y, Ma R G, *et al.* Take precaution against the risk of exotic species invasion and safeguard the safety of ecosystem. Environmental Monitoring in China, 2003, 19(3): 62—65.
- [40] Hao L, Wei G R. Meteorological disaster risk assessment and prevention of the livestock farming in inner mongolia. Meteorology Journal of Inner Mongolia, 1999, (4): 29—35.
- [41] Shen Y C. China's sand storm, dust storm & their prevention and control. World Environment, 2006, (4): 31—35.
- [42] Chen H, Li S C, Zhen D. Ecological risk assessment of regions alongside Qinghai-Xizang highway and railway based on Artificial Neural Network. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2005, 41(4): 586—593.
- [43] Zhou Q X, Wang R S. Ecological risk assessment of urbanization processes — a case study. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(4): 337—342.
- [44] Li Z Z, He J H. The ecological risk assessment and risk decision model and its application by taking the exploitation of hexi corridor oasis as an example. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 1999, 35(3): 149—156.
- [45] Wang C M, Wang J D, Liu J S, *et al.* Ecological risk assessment of forest resource in northeast China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(6): 863—866.
- [46] Wu L Y, Huang Y X. Landscape ecological risk assessment of Dongshan Island. Journal of Ocean Graphy in Taiwan Strait, 2005, 24(1): 35—42.
- [47] Xu X G, Lin H P, Fu Z Y. Regional ecological risk assessment of wetland in the Huanghe River Delta. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2001, 37(1): 111—120.
- [48] Wen J. The ecological risk and risk management countermeasures of Qian-dao Lake Scenic Area. Areal Research and Development, 2005, 24(3): 72—75.

- [49] Duan H M. Risky factors and their counter-measures in the development and construction of the northwest part of China. *Journal of Shaanxi Institute of Technology*, 2002,18(3):29-33.
- [50] Duan H M. Strategy of eco-environment management in northwestern region. *Bullet in of Soil and Water Conservation*, 2002,22(6):7-10.
- [51] Yu F, Li X B, Wang H, *et al.* Land use change and eco- security assessment of huangfuchuan watershed. *Acta Geographica Sinica*, 2006,61(6):645-653.
- [52] Zhang J E, Luo S M. Discussion on the agricultural ecological security and its management countermeasures. *Chinese Journal of Ecology*, 2004,23(6):59-62.
- [53] Anne Sergeant. Editorial management objectives for ecological risk assessment-developments at US EPA. *Environmental Science & Policy*, 2000,(3):295-298.

参考文献:

- [1] 付在毅,许学工. 区域生态风险评价. *地球科学进展*,2001,16(2):267~271.
- [2] 陈辉,刘劲松,曹宇,等. 生态风险评价研究进展. *生态学报*,2006,26(5):1558~1566.
- [4] 曹洪法,沈英娃. 生态风险评价研究概述. *环境化学*, 1991, 10(3):26~30.
- [5] 刘燕华,葛全胜,吴文祥. 风险管理——新世纪的挑战. 北京:气象出版社,2005.20~21.
- [10] 韩丽,戴志军. 生态风险评价研究. *环境科学动态*,2001,(3):7~10.
- [20] 金磊. 中国西部开发的防灾减灾综合管理——兼论西部生态安全建设山川秀美评价指标体系. *中国工程科学*,2001,3(3):16~20.
- [28] 史培军,杜鹏,叶涛,等. 加强综合灾害风险研究,提高应对灾害风险能力——从第6届国际综合风险管理论坛看我国的综合减灾. *自然灾害学报*,2006,15(5):1~6.
- [29] 史培军,李宁,刘婧,等. 探索发展与减灾协调之路——从2006年达沃斯国际减灾会议看中国发展与减灾协调对策. *自然灾害学报*,2006,15(6):1~8.
- [30] 周伟,钟祥浩,曾云英. 青藏高原农牧区生态风险评估与管理策略——以山南地区扎囊县为例. *干旱地区农业研究*,2006,24(3):164~169.
- [31] 万方浩,郭建英,王德辉. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. *生物多样性*,2002,10(1):119~125.
- [32] 霍原. 外来物种入侵法律调整机制的构建. *沈阳师范大学学报(社科版)*,2006,3(30):95~97.
- [33] 蔡冲. 构建浙江省外来入侵生物防范体系的构想. *浙江农业科学*,2007,(5):564~567.
- [34] 刘新民,李自珍,赵文智,等. 绿洲生态风险及其防范对策. *世界环境*,2006,(4):36~40.
- [35] 陈星,周成虎. 生态安全:国内外研究综述. *地理科学进展*,2005,24(6):8~20.
- [36] 张贵祥,杨志峰. 广州市生态风险重点及其防范策略. *中国人口·资源与环境*,2003,13(4):82~87.
- [37] 张永军,吴孔明,彭于发,等. 转基因植物的生态风险. *生态学报*,2002,22(11):1951~1959.
- [38] 钱翌. 生态入侵的危害及防范对策. *新疆农业大学学报*,2001,24(4):62~64.
- [39] 郭传新,于海燕,马荣贵,等. 防范外来物种入侵风险,维护生态安全. *中国环境监测*,2003,19(3):62~65.
- [40] 郝璐,魏玉蓉. 内蒙古畜牧业气象灾害危险性评价及灾害预防. *内蒙古气象*,1999,4:29~35.
- [41] 申元村. 中国的沙尘暴,沙尘暴及防治. *世界环境*,2006,(4):31~35.
- [42] 陈辉,李双成,郑度. 基于人工神经网络的青藏公路铁路沿线生态系统风险研究. *北京大学学报(自然科学版)*,2005,41(4):586~593.
- [43] 周启星,王如松. 城镇化过程生态风险评价案例研究. *生态学报*,1998,18(4):337~342.
- [44] 李自珍,何俊红. 生态风险评价与风险决策模型及应用——以河西走廊荒漠绿洲开发为例. *兰州大学学报(自然科学版)*,1999,35(3):149~156.
- [45] 王春梅,王金达,刘景双,等. 东北地区森林资源生态风险评价研究. *应用生态学报*,2003,14(6):863~866.
- [46] 巫丽芸,黄义雄. 东山岛景观生态风险评价. *台湾海峡*,2005,24(1):35~42.
- [47] 许学工,林辉平,付在毅. 黄河三角洲湿地区域生态风险评价. *北京大学学报(自然科学版)*,2001,37(1):111~120.
- [48] 文军. 千岛湖风景区生态风险及风险管理对策研究. *地域研究与开发*,2005,24(3):72~75.
- [49] 段汉民. 西北开发建设中的风险因素与防范对策. *陕西工学院学报*,2002,18(3):29~33.
- [50] 段汉明. 西部地区生态环境管理的策略. *水土保持通报*,2002,22(6):7~10.
- [51] 喻锋,李小兵,王宏,等. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价. *地理学报*,2006,61(6):645~653.
- [52] 章家恩,骆世明. 农业生态安全及其生态管理对策探讨. *生态学杂志*,2004,23(6):59~62.