

区域生态安全格局:设计原则与方法

黎晓亚¹, 马克明^{2*}, 傅伯杰², 牛树奎¹

(1. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 2. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085)

摘要:区域生态安全格局概念的提出为区域生态恢复和生物保护提供了整体性对策。基于这一概念及其理论基础, 提出了区域生态安全格局设计的初步原则和方法。通过对景观生态规划原则的增补, 确定了区域生态安全格局的设计原则。根据区域生态环境问题和人类干扰的特点, 综合集成了基于格局优化、干扰分析 2 种规划途径和地理信息系统、空间模拟和预案研究等多种方法, 形成了区域生态安全格局设计的方法框架。该方法突出体现了区域生态安全格局注重针对性、区域性、系统性和主动性的特点, 满足了适应性生态系统管理的需求, 为实现区域生态安全提供技术支持。

关键词:区域生态安全; 格局优化; 干扰管理; 生物保护; 生态恢复; 生态规划

The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and method

LI Xiao-Ya¹, MA Ke-Ming^{2*}, FU Bo-Jie², NIU Shu-Kui¹ (1. College of Resource and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1055~1062.

Abstract: The newly proposed concept, the Regional Pattern for Ecological Security (RPES), provided an integrated strategy for implementing ecosystem restoration and biodiversity conservation at regional scale. Based on the concept and its theoretical basis, the designing principles and a preliminary method were put forward. The principles were determined mainly based on that of the Landscape Ecological Planning after some necessary supplementation in regard to the emerging properties of the new concept. The regional pattern design for ecological security integrated the relevant two kinds of ecological planning approaches, the Pattern Optimization and the Disturbance Management according to the features of regional ecological and environmental problems and human disturbances. Some other methods, like GIS, Spatial Simulation and the Scenarios Study, were also integrated into the planning. The designing highlighted the pertinent, regional, systematic, and active characteristics of the RPES concept, and supplied a new technical support to the Adaptive Ecosystem Management and the realization of ecological security in region.

Key words: biological conservation; ecological planning and design; ecological restoration; human disturbance; regional ecological security

文章编号: 1000-0933(2004)05-1055-08 中图分类号: Q149 文献标识码: A

区域生态安全格局(the Regional Pattern for Ecological Security, RPES)研究的具体目标是针对错综复杂的区域生态环境问题, 规划设计区域性空间格局, 保护和恢复生物多样性, 维持生态系统结构过程的完整性, 实现对区域生态环境问题有效控制和持续改善^[1]。因此, 区域生态安全格局的规划设计应该是一种多尺度多渠道的综合性研究。一方面, 它不但需要多个学科理论

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000046807); 中国科学院知识创新资助项目(KZCX3-SW-424)

收稿日期: 2003-06-03; 修订日期: 2004-02-25

作者简介: 黎晓亚(1978~), 女, 广西人, 硕士生, 主要从事景观生态学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: mkm@mail.rcees.ac.cn

Foundation item: The Development Plan of the State key Fundamental Research of China(973) (No. 200046807); Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX3-SW-424)

Received date: 2003-06-03; Accepted date: 2004-02-25

Biography: LI Xiao-Ya, Master candidate, mainly engaged in landscape ecology.

的支持,还要打破这些学科的界限,真正从系统观的高度来发现问题和解决问题。任何理论、方法、措施和手段,只要有利于防治生态风险、解决生态危机就应该积极采用。另一方面,区域生态安全格局设计应该积极借鉴相关规划设计方法及其经验和教训,如景观生态规划(Landscape eco-planning)的步骤和方法^[2-5];景观生态安全格局(Security patterns)判定方法^[6];空间明晰化的景观生态模型(Spatial explicit landscape ecological model)方法^[7];公众参与(Public participation)的规划方法^[8],预案(Scenarios)研究的方法^[9-13]、生态系统管理的概念和方法^[14]。并参考相关案例研究来发展和完善区域生态安全格局的设计方法。

本文基于这样的思路,提出区域生态安全格局设计的原则:遵循一般生态学的规律,并突出区域与景观格局研究的理论对区域生态安全格局保障特殊的要求;同时本文提出区域生态安全格局设计的方法框架,这个框架是:①积极借鉴景观生态规划、生态系统管理等可持续发展的规划的方法框架;②积极借鉴相关生态安全研究的经验,寻找能突破生态安全诊断的方法,如探讨基于干扰分析的规划方法;③借鉴和采用地理信息系统、景观格局与过程的分析、空间模拟、预案件研究等方法进行生态安全格局研究;④整合这些方法,根据区域生态安全格局设计实际应用的需要,形成方法框架,突出体现针对性、区域性、系统性和主动性,与其它协调人与自然关系的规划设计明显区别,是在不断发展的各类规划设计方法基础之上的又一探索,可为生态系统管理实践提供新的技术支撑。

1 设计原则

区域生态安全格局研究与景观生态规划一样都是以干扰排除和控制为目标、以生态学理论为基础、以景观生态学格局与过程关系为依据的生态规划模式。因此本文通过对景观生态规划的基本原则的增补来确定区域生态安全格局的设计原则^[3,15,16]。这些也是生态安全保障的基本原则,适应区域生态安全格局设计的特点,现整理如下:

(1)针对性原则 明确针对区域生态环境问题及其干扰来源,以排除和控制干扰为目标进行规划设计;

(2)自然性原则 以保护和恢复自然生态结构和功能为目标进行规划设计;

(3)主动性原则 控制有害人类干扰、实施有益的促进措施,加速生态系统恢复的规划设计;

(4)异质性原则 增强各层次的异质性,保障生态异质性的可持续;

(5)等级性原则 根据生态环境破坏的实际状况,确定区域生态安全建设的层次,有层次的进行规划设计;

(6)综合性原则 综合考虑生态、经济、社会文化的多样性对生态安全格局的影响,进行综合性的规划设计;

(7)适应性原则 根据生态规划方法和技术的发展、社会经济发展需求的变化,不断调整生态安全标准和格局设计以适应这些变化,保障区域生态安全格局设计是一个不断完善和发展的过程。

2 参考方法

区域生态安全格局设计是在新目标指导下进行的生态规划新方法,根据其概念,它具有针对性、区域性、系统性和主动性强的特点,并试图把目标规划与问题规划相结合。以往同类方法均不能完全满足其规划设计的具体要求,但为其提供了方法借鉴。区域生态安全格局设计需要将这些规划设计的思路和方法综合集成,来系统解决区域生态环境问题,实现区域生态安全的总体目标。具体参考方法主要包括两类规划途径:基于格局优化的规划和基于干扰分析的规划,并借鉴预案研究的方法和思路。

2.1 基于格局优化的规划

基于格局优化的规划方法是近几十年来景观生态学原理在土地利用规划中的应用所形成的一种常用的规划方法^[3,17,18]。它促使基于发展适宜性的生态规划^[19],基于系统分析与模拟的生态规划^[20],发展成为基于格局优化的景观生态规划。景观生态规划也逐渐具有完整性和系统性的方法框架,而不仅仅是一些方法,近几年来一直是研究和应用的热点。其方法和方法框架以1995年美国学者 Forman 提出所提出的最具代表性,具体步骤如下^[3]:

(1)背景分析 分析景观在区域中的生态作用以及区域中的景观格局空间关系,区域中自然过程和人文过程的特点及其对景观可能的影响,历史时期自然和人为扰动的特点。

(2)总体布局 以集中与分散相结合的原则为基础的一个具有高度不可替代性的景观总体布局模式满足最优化的生态规划需求。

(3)关键地段识别 在总体布局的基础上,对那些具有关键生态作用或生态价值的景观地段给予特别重视,如具有较高物种多样性的生境类型或单元、生态网络中的关键节点和裂点、对人为干扰很敏感而对景观稳定性又影响较大的单元,以及那些对于景观健康发展具有战略意义的地段等。

(4)生态属性规划 依据现时景观利用的特点和存在的问题,以规划的总体目标和总体布局为基础,进一步明确景观生态优化的具体目标。

(5)空间属性规划 将前述的生态和社会需求落实到景观规划设计的方案之中,即通过景观格局空间配置和属性的调整实现上述目标。这些空间属性主要包括:斑块及其边缘属性(如斑块的大小、形态、斑块边缘的宽度、长度及复杂度等);廊道及其网

络属性(如空隙(gap)的位置、大小和数量、“踏脚石(stepping stones)”的集聚程度、廊道的连通性、控制水文过程的多级网络结构、河流廊道的最小缓冲带、道路廊道的位置和缓冲带等)。之后,随着生态和社会需求的进一步改变,对方案不断进行调整和补充。

景观生态规划的原则是景观生态学中格局与过程的关系的原理,其中集中与分散原则占据很重要的位置。景观生态规划追求的高度不可替代性的景观总体布局模式满足最优化的生态规划需求,总的说来该规划方法是目标导向型的方法。

景观格局优化将其规划原则与不同的土地利用任务相结合,发现景观利用中存在的生态问题并寻求解决这些问题的整体的生态学途径^[21]。如为农业发展服务的农业布局调整、为保护生物多样性的自然保护区设计、以及为维持良好人居环境的城市规划等,相应的规划设计思路是有差异的但也有共同之处。在国外,该方法比较广泛的应用于自然保护区设计和城市规划^[22],在我国的应用还较少,有针对水土流失控制的黄土高原区域土地利用规划,和我国西部干旱荒漠-绿洲-河渠廊道的景观格局规划等一些应用^[23,24]。

在景观生态规划的体系里,景观生态安全格局的判定是由我国学者俞孔坚提出的,通过确定自然生态过程的一系列阈限和安全层次,提出维护与控制生态过程的关键性的时空量序格局,以适应生物保护和生态恢复研究的发展需求。景观生态安全格局判定是一种方法,通过阻力面模型来确定一些关键性的点、线、局部(面)或其它空间组合,可以成为关键性地段识别的方法^[6]。这种方法可以说更注重从原理上一步到位的设计,在实用性上有局限性,但其试图确定不同层次的安全格局的思路对区域生态安全格局的研究有很大的启发。

总之,景观格局优化方法非常重视空间格局与生态过程的动态关系,关注空间结构的生态学和社会经济意义研究,并试图通过提出合理的空间格局形式来降低或排除人类干扰的影响。但因没有突出强调干扰源的排除,如人类活动的特征、社会经济的驱动等,而稍显被动,显然区域生态安全格局设计的目标更加直接,方法则需要多样化。

2.2 基于干扰分析的规划

干扰一般指显著改变系统自然格局的事件^[25,26],它导致景观中各类资源的改变和景观结构的重组。自然干扰可以促进生态系统的演化更新,是生态系统演变过程中不可或缺的自然现象,目前从细胞、物种、群落以及生态系统和景观层次对干扰的现象和机理都有一定研究^[27~32]。但是,某些人类干扰或人类干扰诱发的自然灾害却成为导致区域生态环境恶化的主要原因。人类干扰与洪水、火、火山和飓风等自然干扰不同,它具有干扰方式的相似性与作用时间的同步性、干扰历时的长期性与作用的深刻性、干扰范围的广泛性与作用方式的多样性、以及干扰活动的小尺度与作用后果的大尺度等特点^[25]。人为干扰如污染、捕鱼、景观变迁、入侵物种、人为生物管理、人类探险和战争等都会对区域生态环境产生深重的影响^[33~39]。干扰生态学试图全面的对干扰进行研究,将为排除与生态环境问题相应的人为干扰,或通过有益的人类干扰恢复自然生态格局与过程提供理论支持^[40~42]。

基于干扰分析的规划方法是干扰生态学的应用。该方法直接从干扰分析入手进行规划设计,对生态问题的过程和原因认识得更清楚,解决问题的手段也更直接。这类方法可以归为问题导向型的规划方法,与目标导向型的方法相对应^[43]。但截至目前,基于干扰生态学的系统性规划方法尚未见报道,现阶段的应用是从干扰的发生和影响特征出发,提出相应的控制对策,并与目标导向型的生态规划设计配合使用。主要考虑的方面有对干扰程度进行鉴别、分类,如把干扰分为:①改变过程的;②直接影响保护目标的;③间接影响的;④产生环境压力的事件等。并试图在空间上定位所有的干扰和分析这些干扰的影响^[41],再把干扰按层次分为:①景观层次;②生态系统层次;③群落层次等。还有将干扰的监测、评价和排除的过程作为景观生态规划的线索,通过明确干扰的尺度制定相关尺度的景观规划^[42],通过保持自然干扰和适度人为干扰保持景观异质性,通过景观格局配置阻挡不利干扰,谋求进行景观恢复的人为干扰与景观格局与动态相适应等^[25,26]。

此外社会经济的驱动是人类干扰的产生的根源,在基于干扰分析的规划中加入社会经济对策将使其更加具有针对性。在我国一些区域发展研究中,人们逐渐重视开发活动的失误造成的后果,即分析人为干扰,在制定生态保护战略时提出建立大系统的平衡,选择新的产业发展模式促进环境与经济的协调发展^[44],或者将区域社会经济状况纳入规划方案中^[45]。基于干扰分析的规划方法还可以放入社会-经济-自然复合生态系统的理论与方法^[46,47]中进行应用,在该理论体系中所有的干扰都是通过复合生态系统来对自然系统产生作用的。

基于干扰分析的生态规划因生态系统及其影响因素的复杂性而注定是一个比较复杂的研究途径,需要不断深入的研究,对干扰机理的理解程度将影响生态问题的解决程度。

生态安全广义上可定义为人类在生产、生活与健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,包括饮用水与食品安全、空气质量与绿色环境等基本要素^[48]。生态安全研究目前的主要内容包括生态系统健康诊断,区域生态风险分析、景观安全格局、生态安全监测与预警以及生态系统管理、保障等方面^[48]。人类干扰或人类干扰诱发的自然灾害可能影响生态安全,因此对于生态安全的研究是干扰生态学的重要内容。利用干扰生态学原理对生态安全的影响因子的产生、发展、结果的过程进行分析,可以促进生态安全研究的发展。如对生态系统健康的研究,可以通过干扰分析,识别生态系统所受的干扰的种类,干扰过

程,和干扰的影响结果,分析的结果可以作为生态系统健康评价的一个指标,继而可以作生态系统管理的理论支持。干扰过程也可以作为生态安全监测的一项内容。

对生态安全的研究可以跨越多重尺度,如自然生态方面从个体、种群到生态系统,人类生态方面从个人、社区、地方到国家。当前人们最为关切的生态安全问题如洪涝灾害、沙尘暴等大多数属于区域尺度,可按地理区(流域)、生态区或行政区进行研究。对区域尺度生态安全的分析主要包括:关键生态系统的完整性和稳定性,生态系统健康与服务功能的可持续性,主要生态过程的连续性等^[48]。这与干扰分析的类型划分和层次划分都是可以对应的。可见探讨基于干扰分析的规划方法对生态安全研究的意义非常重大。

2.3 预案研究

预案(Scenario)研究特指目前广泛应用于区域发展规划、景观生态规划等领域的一种不确定性规划方法。“预案”是国内对这种方法的一种译名^[49]，“情景分析”是对该方法的另一种译名,国内从事环境规划的学者对之进行的研究较多^[50,51]。该研究主要是对未来各种可能性进行探索并寻求实现途径。它的目的不是回答“将会发生什么”,而是考虑“如果这样,将会怎样”。与“专家诊断”等其他决策方法相比,它通过一套系统的、连贯一致的方法使决策者在面临未来的复杂性、不确定性时,既能拓展思考范围,又能收敛以抓住问题的关键,从而使未来的不确定性逐渐明晰化^[49]。从“预案”的研究者、或应用者的评论中可以更好的理解预案研究的理念:Wack 在 1985 年提出通过“预案”可以为决策者对不确定的事情提供一个决策框架,这将改变决策者对于世界是如何运行的看法^[52]。他还认为预测原理是通过一个水平上的不确定性确定最有可能发生的目标事件,而“预案”过程包括“预测原理的探讨和扩充”并突出那些关键的不确定性^[53]。Gene Lessard 说“预案”也归纳出一些不可能发生的情况,它们否定的东西比确定的东西更多^[54]。2000 年,Hannes 提出“预案”给了土地使用者一个行动限制的框架,在这些限制范围内土地使用者可以最大限度的实现其想要的价值^[55]。“预案网络”研究,则不是从现在时开始研究的,而是从过去开始,通过把现状和未来认识得更清楚^[56]。可以说“预案”是应对不确定的情况下的系统性决策方法,也是一种非常实用的方法,帮助决策者在面临不同社会经济政策情势时做出合理的选择,达到一种现实的平衡。

预案研究的针对景观生态规划的操作主要是通过“由下到上(Bottom-up)”及“由上到下(Top-down)”两种思路的对接。Bottom-up 方法同时考虑所有决定规划的限制因素,以明确规划的各种可能性及其可供选择的边界范围。Top-down 方法基于景观生态学的基本原理,将不同因子经过筛选后组合成连贯的、有意义的、相互关联的景观要素组合。它着眼于控制景观结构及其变化的驱动力与过程,因此可用于把握和限定预案设计的方向性及可能性^[9,57]。针对于区域发展规划的预案研究则更灵活些,强调不同的政策必定导致不同的土地利用和区域发展的后果,也更重视公众的认同和参与性。而这些操作又都有预测型(Forecasting)和反推型(Backcasting)两种类型^[10]的方法,前者以预测模型为主要工具,后者以空间明晰化决策支持系统为工具^[7,58],不过目前这些工具都还是以知识库系统为主,不确定的东西太多,相对而言预案的方案设计是很关键的^[49,57]。

预案研究的方法与基于格局优化和干扰分析的规划方法相结合,它们是互相促进的。可以用格局优化的原理作为 Bottom-up 因子来确定各种预案的可能性;可以用干扰分析的结果,即影响生态安全水平变化的干扰因子作为 Top-down 因子。这些干扰因子一般都是极端的因子,对其应用既适用于预案研究又有助于设计出巧妙的预案满足区域生态安全格局设计的需求,还加强了预案研究对关键问题的认识。根据格局优化原理可以综合干扰因子从而增强了对预案研究目标导向性的控制。反之预案研究方法的特点也对这两种规划方法起到促进作用,预案研究的 Top-down 和 Bottom-up 方式正好对应了目标导向规划和问题导向规划,将两种规划途径结合,将安全层次很不相同的两者融合交错,使两种方法的特点和优势更加突出。因此,预案研究适应于区域生态安全格局研究的针对性、区域性、系统性和主动性强的特点。

3 区域生态安全格局设计的方法框架

在重点考虑了基于格局优化和干扰分析的规划方法,以及预案研究方法的情况下,将区域生态安全格局设计方法整合到如下几个步骤(图 1)。

(1)区域生态环境问题的分析 在区域内存在一定生态环境问题的情况下,以主动性、针对性、等级性的指导原则,通过区域景观格局与功能的分析以及相关的生态系统分析,和干扰分析两大类方法对生态环境问题存在的范围、强度、起因、过程等进行分析,然后提出一系列相应的对策。

①景观格局与功能评价 运用 RS、GIS 技术和景观生态学数量方法等,进行区域景观格局分析、格局与功能的分析。识别景观格局的状况与区域生态环境问题的关系。

②生态系统综合评价以及生物多样性状况评价 采用生态学研究的数量化方法,或其他非定量的评价方法等,评价生态系统的服务功能和健康状况,辨识生态系统存在的主要功能问题,评价生物多样性状况并评价指示物种的濒危状况,以识别生态系统状况与区域生态环境问题的关系。

③干扰分析 在区域景观、关键生态系统类型和重要物种 3 个层次上进行干扰分析,即分析景观生态功能是否完好,如果不是,是受到什么干扰影响的结果;生态系统是否健康,如果不是,是受到什么干扰影响的结果;生物物种生存状况如何,受到什么干扰的影响。分析干扰的来源、频率、强度等特征和风险程度,以及社会经济驱动机制。依据目前对自然和人为干扰对生态问题的产生和缓解的

机理的研究结果,提出干扰控制对策和相应的社会经济对策。采用的方法是生态学、景观生态学、干扰生态学的一些定性和定量的方法。

(2)预案研究 将生态功能恢复对策、干扰控制对策以及社会经济对策与预案研究进行结合,对未来的不同的干扰水平变化情况下的生态安全水平进行预测。以一系列连贯的干扰变化,或者一些交错的综合的干扰变化,或者一些极端类型的干扰变化为基础设计预案。预案研究中采取决策支持系统、预测模型、空间模拟技术等方法,来对各预案可能导致的生态安全状况进行比较和定位,对区域生态经济效应进行评估和比较。最终获得反映不同生态安全层次的一组预案和评价结果。

(3)确定安全层次和总体规划目标 依据对区域生态环境问题的分析的结果,对区域生态安全现状进行一个综合的定位;依据对上述预案进行评价比较,在决策者参与之下,提出规划设计的总体目标。这将决定规划对象区域景观格局的生态功能选择。这些规划环节需要站在环境和发展的较高层次上进行,需要平衡生态环境保护与社会经济发展的各种矛盾。因为生态安全规划目标也有多种类型,如农业发展区域、保护生态系统自然性的自然保护区以及满足人们居住和发展的城乡区域等各有不同的安全期望值。在总体规划目标的探讨阶段需要考虑相关的政策指令,决策者的目标和利益相关者的意见等,并且随着区域生态安全格局设计方案的实施,生态安全总体规划目标也有适应性的变化。

(4)区域生态安全格局设计 基于格局与过程原理和总体规划目标,创建能够不断优化的区域生态安全格局。这个空间格局考虑了区域内多尺度多层次的生态安全问题,多方面并尽可能从根本上控制人为干扰,诱导有利的自然干扰。这一阶段需要完成区域生态安全格局规划设计方案。在以上几个阶段的分析基础上,并以自然性、异质性、综合性原则为指导,提出一组能实现不同生态安全水平的方案,或者说是一个提供了多种选择的行动框架。每一个方案包括以下行动内容:①顺应一些原有的景观格局、生态系统和干扰;②防止格局中一些关键部位被破坏;③恢复和改善格局中一些关键的部位的相关措施,对不利干扰的抵御和进行生态恢复的干扰都包含其中。

(5)适应性管理 基于区域生态环境问题持续改善的思路,需要对区域生态安全格局方案的实施进行适应性管理。首先对方案的实施效果开展监测,并且对监测结果进行评价,主要包括物种评价、生态系统评价、景观生态评价和社会经济评价等几类,以及评价这个实施过程的作用与最初目标之间的差异,由此所获得的信息反馈到对区域生态安全格局设计的研究中,以此作为设计方案调整的依据。然后,区域生态安全的新问题和社会经济发展的新需求,以及生态规划的技术和方法新的发展等也将通过监测和评价反馈到进一步的研究中,生态安全标准也许需要重新确定,以修改原来的目标或设计方案。适应性管理的过程是一个动态、综合的过程,是不断优化区域生态安全的重要保障。

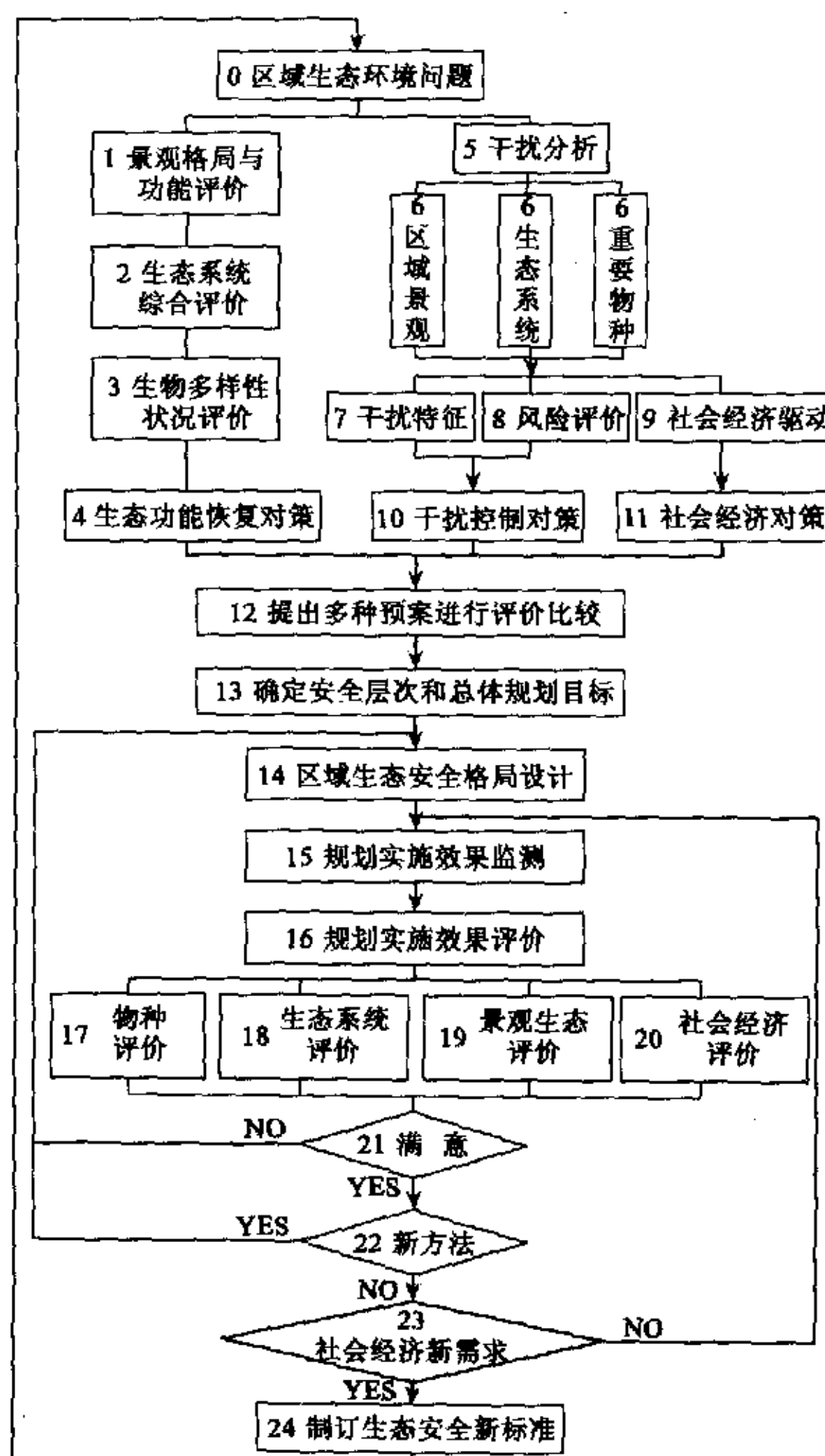


图1 区域生态安全格局设计流程

Fig. 1 The flowchart of the regional pattern design for ecological security

① Regional ecological problems; ① Landscape pattern and function assessment; ② Integrated ecosystem assessment; ③ Biodiversity assessment; ④ Strategies for ecological function restoration; ⑤ Disturbance analysis; ⑥ Landscape ecosystem key species; ⑦ Disturbance features; ⑧ Risk assessment; ⑨ Social and economic driving forces; ⑩ Disturbance control strategies; ⑪ Social and economic strategies; ⑫ Scenarios and comparisons; ⑬ Determine the security level and planning goal; ⑭ Design the regional pattern for ecological security; ⑮ Monitoring the effect of the design; ⑯ Assess the effect of the design; ⑰ Species assessment; ⑱ Ecosystem assessment; ⑲ Landscape assessment; ⑳ Social and economic assessment; ㉑ OK; ㉒ New design methods; ㉓ New demand of social and economic development; ㉔ Define a new standard of ecological security

4 结语

本文提出了区域生态安全格局的设计原则和一个初步的方法框架,该方法框架力求简洁明了地将现阶段的生态学知识和多种生态规划方法整合,适用于区域生态安全格局的设计。为了达到这个目标,本研究还需要基于区域生态安全格局的概念和相关理论细节不断深化。特别是需要广泛进行规划设计实践,积累经验,进一步丰富其概念和理论内涵,改进规划设计的思路和方法,以便更好地指导规划设计应用。

此外,人为干扰对生态环境问题的影响研究在理论和方法上尚未完善,基于干扰理论的规划方法还远未成熟,预案研究也是一种非确定性的方法。本文将各种对策分析与预案研究相结合的方法是一种积极的构想,希望能促进相关方法的发展,提高区域生态安全格局解决生态环境问题的实际能力。

还应该认识到,区域生态安全格局设计的具体实施将涉及到很多现实困难^[59]:①生态环境问题中生物多样性信息缺乏;②生态系统功能的不确定性;③生态系统开放性和联系性尺度经常超越行政管理界限;④一些公众的观念阻碍,对生态学的思想的不习惯,忽视长期生态环境效益而只注重不可更新资源的短期社会经济效益等等。区域生态安全格局设计应该认识到这些障碍,并设法从方法的不断改进上去克服它们,才能实现其规划设计目标。

总之,区域生态安全格局设计的原则和方法是在不断发展的各类规划设计方法基础之上的又一探索,该原则和方法不断研究和完善将为可持续的生态规划和实现区域生态安全提供技术支持,也可以进一步完善区域生态安全格局的概念。

References:

- [1] Ma K M, Fu B J, Li X Y, *et al.* The concept and theoretical basis of the regional pattern of ecological security. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(4):761~768.
- [2] Steinitz C. A framework for theory applicable to the education of landscape architects (and other environmental design professionals). *J. Landsc.*, 1990, **9**(2):136~143.
- [3] Forman R T T. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [4] Zonneveld I S. Land Ecology: An Introduction to Landscape Ecology as a Base for Land Evaluation. *Land Management and Conservation*. SPB Publishing, Amsterdam, 1995.
- [5] Ahern J F, Leitao, A B, Miller J N, *et al.* An adaptive framework method for landscape planning: a brief evaluation of potential planning tools. In: *Proceedings of the Poster Presented at IALE'99: The Science & The Action*. The International Association for Landscape Ecology (IALE) 5th World Congress, 29 July-3 August 1999, Snowmass, CO, USA, 1999.
- [6] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 1996, **36**(5):1~17.
- [7] Verboom J, Wamelink W. Spatial modeling in landscape ecology. In: Wiens, J. A., Moss, M. R. Eds., *Issues in Landscape Ecology, Proceedings of the Fifth World Congress*. International Association for Landscape Ecology. Snowmass Village, Co, USA, 1999. 38~44.
- [8] Decker D J, Chase L C, Forman R T T. Landscape ecology principle in landscape architecture and land-use planning. Harvard University Graduate School of Design, Island Press and ASLA, 1996.
- [9] Harms B H, Knaapen J P, Rakemakers J G. Landscape planning for nature restoration: comparing regional scenarios. In: Vos C C, Opdam P Eds., *Landscape Ecology of A Stressed Environment*. Chapman & Hall, London, 1993. 197~218.
- [10] Schoonenboom I J. Overview and State of the Art of Scenario Studies for the Rural Environment. In: Schoute J F, Finke P A, Veeneklaas R, *et al.* *Scenario Studies for the Rural Environment*. Wageningen, The Netherlands, 12~15 September 1994. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995. 15~24.
- [11] Veeneklaas F R, Berg L M, van Den. Scenario building: art, craft, or just a fashionable whim? In: Schoute J F, Finke P A, Veeneklaas F R, *et al.* eds. *Proceedings of the Symposium: Scenarios Studies for the Rural Environment*. Wageningen, The Netherlands, 12~15 September 1994. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995. 11~13.
- [12] Freemark K, Hummon C, White D. Modeling Risks to Biodiversity in Past, Present and Future Landscapes. *Technical report No. 268, Canadian Wildlife Service Headquarters*. Ottawa, Canada K1A 0H3, 1996.
- [13] Hulse D, Goorjian L, Richey D, *et al.* *Possible Futures for the Muddy Creek Watershed*, Benton County, Oregon. University of Oregon, OR, 1997.
- [14] McGarigal K. Ecosystem Management. *W&Fcon/Forestry 597b Course Notes*. Department of Forestry and Wildlife, University of Massachusetts at Amherst, Amherst, MA, 1998a.
- [15] Wang J, Fu B J, Chen L D. The principle and methodology of landscape eco-planning. *Resources Science*, 1999, **21**(2):71~76.
- [16] Jia B Q, Yang J Q. A review on landscape planning. *Arid Zone Research*, 2000, **17**(2):70~77.
- [17] Ouyang Z Y, Wang R S. The review and prospects on ecological planning. *Journal of Natural Resources*, 1995, **10**(3):203~215.

- [18] Zhang H Y, Wang Y L. Landscape ecological optimization in land resource exploitation: overview of the methods. *Earth Science Frontiers* (China University of Geosciences, Beijing), 2000, 7(8)(Special Issue): 112~120.
- [19] Odum E P. *Fundamentals of Ecology*. 1969.
- [20] McHarg I L. *Design With Nature America*. 1967.
- [21] Forman R T T. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 1995, 10: 133~142.
- [22] Fu B J, Chen L D. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(5): 454~462.
- [23] Fu B J. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 113~120.
- [24] Cheng G D, Wang G X, Xiao D N. On the characteristics of landscape ecology in arid area and its ecological landscape construction. *Advance in Earth Science*. 1999, 14(1): 11~15.
- [25] Forman R T T, Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [26] Chen L D, Fu B J. Ecological significance, characteristics and types of disturbance. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 851~856.
- [27] Hoffman A A, Hercus M J. Environmental stress as an evolutionary force. *Bioscience*, 2000, 50: 217~226.
- [28] Lytle D A. Disturbance regimes and life-history evolution. *American Naturalist*, 2001, 157(5): 525~536.
- [29] Kolbe J J, Janzen F J. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology*, 2002, 83(1): 269~282.
- [30] Reice S R. Nonequilibrium determinants of biological community structure. *American Scientist*, 1994, 82: 424~435.
- [31] Rapport D J, Whitford W G. How ecosystems respond to stress. *Bioscience*, 1999, 49: 193~203.
- [32] Boose E R, Chamberlin K E, Foster D R. Landscape and regional impacts of hurricanes in New England. *Ecological Monographs*, 2001, 71(1): 27~48.
- [33] Jackson J B C, Kirby M X, Berger W H, et al. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 2001, 293(5530): 629~638.
- [34] Godron M, Forman R T T. Landscape modification and changing ecological characteristics. In: Mooney H A, Godron M eds. *Disturbance and ecosystems. Components of response*. Springer-Verlag, New York, 1983. 12~28.
- [35] Briggs J M, Knapp A K, Brock B L. Expansion of woody plants in tallgrass prairie: a fifteen year study of fire and fire-grazing interactions. *American Midland Naturalist*, 2002, 142(2): 287~295.
- [36] Edmondson W T. *The uses of ecology. Lake Washington and beyond*. University of Washington Press, Seattle, WA, 1991. 5~56.
- [37] Shaver G R, Canadell J, Chapin F S III, et al. Global warming and terrestrial ecosystems: A conceptual framework for analysis. *Bioscience*, 2000, 50: 871~882.
- [38] Dudley J, Woodford M H. Bioweapons, biodiversity, and ecocide: potential effects of biological weapons on biological diversity. *Bioscience*, 2002, 52(7): 583~593.
- [39] Karr J R. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resources management. *Ecological Applications*, 1991, 1: 66~84.
- [40] Pickett S T A, Kolasa J, Armesto J J, et al. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, 1989, 54: 129~136.
- [41] Karen A, Poiani. A scale-independent, site conservation planning framework in The Nature Conservancy. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 43: 143~156.
- [42] David B, Kittredge Jr, Andrew O, et al. Timber harvesting as ongoing disturbance in a landscape of diverse ownership. *Forest Ecology and Management*, 2003, 180: 425~442.
- [43] Xiao P. Resource Science being Problem-oriented Science. *Advance in Earth Sciences*, 1996, 11(3): 294~298.
- [44] Zeng H, Cui H T, Huang R H. Countermeasures for ecological rehabilitation of fragile landscape in northwest arid area. *Natural Resources*, 1997, 5: 1~7.
- [45] Zhang H Y, Wang Y L. A practical approach of ecological planning of mountain landscape: a case study of Kurst mountain areas of southern-western China. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(5): 445~452.
- [46] Ma S J, Wang R S. Compound ecological system and sustainable development. In: *Complexity Research*. Beijing: Science Press, 1993. 239~250.
- [47] Wang R S, Ouyang Z Y. Ecological integrity—the scientific method for human sustainable development. *China Science Bulletin*, 1996, 41(Special Issue): 47~67.
- [48] Xiao D N, Chen W B, Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security. *Chinese Applied Ecology*, 2002, 13(3): 354~358.
- [49] Li X W, Xiao D N, Hu Y M. The landscape planning scenarios designing and the measure identification in the Liaohe River Delta

- wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(3): 53~64.
- [50] Zhang Zh X, Guo H Ch, Chen B. Economic environmental system planning for arid regions in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(7): 1019~1027.
- [51] Ou Z D, Cheng S T, Jia H F. Application of scenario analysis to the planning of Gan River basin. *Shanghai Environmental Sciences*, 2003, **22**(8): 568~588.
- [52] Wack P. Scenarios: shooting the rapids. *Harvard Nus. Rev.*, 1985b, **85**(6): 139~150.
- [53] Wack P. Scenarios: uncharted waters ahead. *Harvard Nus. Rev.*, 1985a, **85**(5): 73~89.
- [54] Gené Lessard. An adaptive approach to planning and decision-making. *Landscape and Urban Planning*, 1998, **40**: 81~87.
- [55] Hannes Palang, Helen Alumaëc, Uelo Mander Holistic aspects in landscape development: a scenario approach. *Landscape and Urban Planning*, 2000, **50**: 85~94.
- [56] Dennis List. Multiple pasts, converging presents, and alternative futures. *Futures*, 2003: 1~21.
- [57] Li X W, Xiao D N, Hu Y M. The analysis and evaluation of land use scenarios in the Liaohe River Delta wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(2): 224~232.
- [58] Dunning J B, Stewart D J. Spatially Explicit Population Models: Current Forms and Future Use. *Ecological Applications*, 1995, **5**(1): 3~11.
- [59] Christensen N L, Bartuska A M, Brown J H, *et al.* The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Application*, 1996, **6**: 665~691.

参考文献:

- [1] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础. *生态学报*, 2004, **24**(4): 761~768.
- [15] 王军, 傅伯杰, 陈利顶. 景观生态规划的原理和方法. *资源科学*, 1999, **21**(2): 71~76.
- [16] 贾宝全, 杨洁泉. 景观生态规划: 概念、内容、原则与模型. *干旱区研究*, 2000, **17**(2): 70~77.
- [17] 欧阳志云, 王如松. 生态规划的回顾与展望. *自然资源学报*, 1995, **10**(3): 203~215.
- [18] 张惠远, 王仰麟. 土地资源利用的景观生态优化方法. *地学前缘*, 2000, **7**(8)增: 112~120.
- [22] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 1996, **51**(5): 454~462.
- [23] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 1995, **15**(2): 113~120.
- [24] 程国栋, 王根绪, 肖笃宁. 论干旱区景观生态特征与景观生态建设. *地球科学进展*, 1999, **14**(1): 11~15.
- [26] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义. *生态学报*, 2000, **20**(4): 851~856.
- [43] 肖平. 资源科学是问题导向型学科. *地球科学进展*, 1996, **11**(3): 294~298.
- [44] 曾辉, 崔海亭, 黄润华. 西北干旱区脆弱景观的生态整治对策. *自然资源*, 1997, **5**: 1~7.
- [45] 张惠远, 王仰麟. 山地景观生态规划——以西南喀斯特地区为例. *山地学报*, 2000, **18**(5): 445~452.
- [46] 马世骏, 王如松. 复合生态系统与持续发展. *复杂性研究*. 北京: 科学出版社, 1993. 239~250.
- [47] 王如松, 欧阳志云. 生态整合——人类持续发展的科学方法. *科学通报*, 1996, **41**(增刊): 47~67.
- [48] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念与研究方法. *应用生态学报*, 2002, **13**(3): 354~358.
- [49] 李晓文, 肖笃宁, 胡远满. 辽河三角洲滨海湿地景观规划预案设计及其实施措施的确定. *生态学报*, 2001, **21**(3): 53~364.
- [50] 张振兴, 郭怀成, 陈冰. 干旱地区经济-生态环境系统规划方法与应用. *生态学报*, 2002, **22**(7): 1019~1027.
- [51] 欧志丹, 程声通, 贾海峰. 情景分析法在赣江流域水污染控制规划中的应用. *上海环境科学*, 2003, **22**(8): 568~588.
- [57] 李晓文, 肖笃宁, 胡远满. 辽东湾滨海湿地景观规划预案分析与评价. *生态学报*, 2002, **22**(2): 224~232.